

前 言

本手册为医疗器械专业维修的书籍，经多位医学界人士多年实际工作经验的积累。针对国内外最新医疗仪器，如 X 射线机、超声、核磁、呼吸、理疗、生化、心电图机、脑电图机、常规等系列医疗仪器的使用及维修，注重从实用维修角度介绍，通过医学界人士的多年实际工作经验的积累，还列出了不少医疗仪器的维修实例，简单易懂。

本手册共分八篇：第一篇，总论；第二篇，X 射线机系列；第三篇，超声系列；第四篇，核磁系列；第五篇，呼吸、理疗系列；第六篇，生化系列；第七篇，心电、脑电系列；第八篇，常规系列。在一至七篇中都选择了具有代表性的机型，第八篇中我们列出了常用的医疗仪器维修方法。如：国内外照像机、麻醉机、手术设备、电动吸引器、超声雾化器、高频电刀、自动洗片机、显微镜、血压计、电泳仪、国内外色谱仪、细菌快速检测仪、临床检验仪器生理功能仪器等重多仪器的维修。

本手册主要供各级医院检验科、放射科及各科室技术管理人员、生物医学工程技术人员、维修技师和院校相关专业师生们阅读和参考。

由于时间仓促，水平有限，纰漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

本手册编委会

目 录

第一篇 总 论

第一章 概 述.....	3
第二章 医学检验仪器的维修.....	5
第一节 医学检验仪器的特点和维护要求.....	5
第二节 医学检验仪器维修应具备的条件.....	7
第三节 医学检验仪器出现故障的规律、种类和原因.....	9
第四节 医学检验仪器维修的一般步骤和常用方法.....	10
第五节 医用检验仪器常用电子元器件的检查.....	17

第二篇 X 射线机系统

第一章 基本理论.....	21
第一节 概 述.....	21
第二节 X 线的物理基础.....	22
第三节 X 线诊断机的基本组成和分类.....	24
第四节 X 线发生装置的主要元件及电路.....	26
第五节 医用 X 线检查设备的结构、基本原理与检测仪器简介.....	49
第六节 口腔曲面体层 X 线机.....	61
第二章 X 射线机的安装使用检验及维护.....	63
第一节 安装准备.....	63
第二节 机械部件的检验与安装.....	72
第三节 X 射线机的通电试验.....	78
第四节 X 射线机主要参数的检测与调整.....	85
第五节 X 射线机的使用和日常维护.....	110
第六节 X 射线机主要部件的维护.....	112
第七节 X 射线机的定期检查.....	113

第八节 X 线发生器主要参量的检测与调校	115
第九节 X 线发生器附属设备的检测与调校	123
第十节 X 线检查设备的维护和质量控制	154
第三章 X 射线机的检修	157
第一节 X 射线机故障检修的方法	157
第二节 低压电路器件故障及检修	162
第三节 高压电路器件故障及检修	175
第四节 电路故障的检查	188
第五节 典型电路故障检修	195
第六节 X 线机的故障与维修	201
第七节 X 线检查设备的故障及检修方法	271
第八节 X 线发生器低压系统的故障检修	275
第九节 X 线发生器高压系统的故障检修	332
第十节 中高频 X 线发生器故障检修	337
第十一节 附属设备的故障检修	344
第十二节 X 线影像增强、电视系统故障检修	351
第十三节 牙科 X 线机的故障检修	356
第四章 国内外医用 X 线机故障实例	359
第一节 上海医用核子仪器厂 X 线机故障实例	359
第二节 南京天宇医疗器械总公司 X 线机故障实例	361
第三节 扬州医疗器械厂 X 线机故障实例	363
第四节 重庆医用设备厂 X 线机故障实例	365
第五节 西北医疗设备厂 X 线机故障实例	367
第六节 天津理疗仪器厂 X 线机故障实例	369
第七节 沈阳医疗器械厂 X 线机故障实例	372
第八节 西南医疗设备厂 X 线机故障实例	382
第九节 上海医疗器械厂 X 线机故障实例	440
第十节 北京万东医疗装备公司 X 线机故障实例	503
第十一节 日本岛津 (SHIMADZU) 公司 X 线机故障实例	585
第十二节 日本东芝 (TOSHIBA) 公司 X 线机故障实例	634

第十三节 日本日立（HITACHI）公司 X 线机故障实例	646
第十四节 匈牙利 X 线机故障实例	652
第十五节 德国西门子（SIEMENS）公司 X 线机故障实例	682
第十六节 荷兰飞利浦（PHILIPS）公司 X 线机故障实例	706
第十七节 德国 X 线机故障实例	713
第十八节 美国 GE 公司 X 线机故障实例	720
第十九节 俄罗斯 X 线机故障实例	722
第二十节 法国罗马尼亚意大利 X 线机故障实例	725
第五章 医用 X 线管的维修	737
第一节 固定阳极 X 线管	737
第二节 旋转阳极 X 线管	743
第三节 X 线管的特性及规格	745
第四节 X 线管的常见故障	751
第五节 X 线管管套	752
第六节 特殊 X 线管	755

第三篇 超声系列

第一章 B 型超声诊断仪的维修	759
第一节 概 述	759
第二节 医学超声的声学基础	760
第三节 SSD630 型 B 超机	764
第四节 SSD256 型 B 超机	815
第五节 SSD720B 超机	835
第六节 SSD210DX II 型 B 超诊断仪简介	843
第七节 SAI32B 超机	850
第八节 检修 B 超诊断仪的一般手段和方法	853
第二章 其它 B 超机的维修	855
第一节 B 超的维修方法	855
第二节 B 超故障 33 析与排除	857

第三节 TV 监视器检修	861
第四节 B 超机器的安装调试与日常维护	864
第三章 国内外 B 型、A 型超声仪	865
第一节 日本阿洛卡 (ALOKA) 公司 B 型超声仪故障实例	865
第二节 日本日立 (HITACHI) 公司 B 型超声仪故障实例	907
第三节 日本东芝 (TOSHIBA) 公司 B 型超声仪故障实例	915
第四节 日本岛津 (SHIMADZU) 公司 B 型超声仪故障实例	931
第五节 日本东京计量仪器公司、日本宇宙樱花 医疗设备公司 B 型超声仪故障实例	932
第六节 美国 ADR 公司 B 型超声仪故障实例	934
第七节 美国 AUSONIC 公司 B 型超声仪故障实例	943
第八节 美国惠普 (HEWLETT PACKARD) 公司、 美国 ATL 公司 B 型超声仪故障实例	947
第九节 美国 DIA SONICS 公司、IMEX 公司 B 型超声仪故障实例	951
第十节 上海医用电子仪器厂 B 型超声仪故障实例	956
第十一节 四川绵阳电子仪器厂 B 型超声仪故障实例	968
第十二节 汕头超声电子仪器厂无锡海鹰集团公司 A 型、B 型超声仪故障实例	970

第四篇 核磁系列

第一章 CT 机常见故障分析及检修方法	987
第一节 CT 机的发展	987
第二节 CT 机的基本结构	990
第三节 CT 机成像原理	994
第四节 常用 CT 机基本结构和工作原理	996
第五节 CT 的基本工作原理	1010
第六节 CT 机产生故障的原因及检修方法	1015
第七节 CT 图像环形伪影故障分析	1018
第八节 岛津 CT 机故障维修	1023

第一篇

总 论

第一章 概 述

一、总 论

检验医学在国外习惯上称为实验室医学（Laboratory Medicine）。它是一门涉及范围相当广泛，包括多个专业的交叉性学科。随着现代医学的不断发展，临床检验的范围日益广泛，检验的项目也越来越多。各种定量的检测结果对疾病的诊断、治疗、预后判断和健康评价有着十分重要的价值，正在发挥着越来越大的作用。

近年来，由于临床诊断、治疗、预后监测和医学研究的诸多需要，医学检验方法的进展十分迅速，血液学、免疫学、生物化学和微生物学的任何新理论，新技术以及重大科研成果，凡是能直接用于诊断疾病的，或早或迟都会发展成为一种检验方法，进入临床实验室。相应的检验仪器更是日新月异。随着数学方法和统计学方法、电子技术和计算机技术向检验医学的广泛渗透，使得临床检验仪器都向着机械化、自动化、精密化和简易化的方向发展，大大地提高了临床检验的速度与精度以及对资料的处理能力和管理质量。随着高灵敏度、多功能、智能化程度较高的检测仪器的不断涌现和广泛应用，临床医学的发展对实验室检验，判断结果的依托性的不断增大，对检验工作者的专门知识和技术技能要求越来越高。培养和提高医学院校相关专业的各层次学生及实验室工作人员熟练掌握和使用各类现代化检验仪器，使之在辅助诊断和治疗中发挥最佳的效能，成为相当急迫、重要的事情。教育培养各层次学生和相关工作人员掌握各种常用检验仪器的工作原理、分类结构、性能指标、使用方法、常见故障的排除、临床检验仪器中的计算机技术，并了解其发展趋势，为他们更好地从事临床检验工作打下坚实的基础。

二、临床检验仪器的分类和进展

（一）临床检验仪器的分类

临床检验仪器的分类历来就是一个比较困难的问题，各方面人士对此争议较大。有主张以临床检验的方法为主对临床检验仪器进行分类的，如按目视检查、理学检查、化学检查、显微镜检查、自动化仪器检查等进行分类；也主张以检验仪器的工作原理为主对临床检验仪器进行分类的，如按力学式检验、电化学式检验、光谱分析检验、波谱分析检验等进行分类。无论种分类方法，都有其优点和一定的局限性及交叉性。近年来，由于各医学基础学科的重大突破和迅速发展，微型电脑在临床实验室的普及，特别是电子技术和计算机技术在检验仪器中的广泛应用，不仅使临床检验仪器的种类愈来愈多，更使临床检验的方法和手段发生了划时代的改变。如何科学地、合理地对临床检验仪器进行分类变得更复杂。但是，随着临床检验学科的不断发展和临床检验仪器的分类将会不断规范、完善。本手册对所介绍的各种临床检验仪器，综合以上两种分类思路并考虑到临床检验中的使用习惯，大体分成以下几类：

1. 分离分析检验仪器 低速离心机, 高速离心机, 超速离心机; 气相色谱仪, 高效液相色谱仪; 等电聚焦电泳仪, 高效毛细管电泳仪。

2. 光谱分析检验仪器 紫外—可见分光光度计; 荧光分析仪; 原子吸收光谱仪, 原子发射光谱仪。

3. 目视检验仪器 普通生物显微镜, 荧光显微镜, 紫外线显微镜, 偏光显微镜, 相衬显微镜, 透射电子显微镜, 扫描电子显微镜。

4. 细胞及分子生物学检验仪器 血培养仪, 二氧化碳培养箱, 流式细胞仪; 基因扩增仪; 氨基酸分析仪; DNA 测序仪。

5. 现代波谱分析检验仪器 质谱仪; 磁共振分析仪。

6. 临床检验常规仪器 血细胞分析仪, 凝血分析仪, 血液流变学分析仪; 尿液分析仪, 尿沉渣分析仪; 样品自动处理系统, 半自动生化分析仪, 全自动生化分析仪; 电解质分析仪, 血气酸碱分析仪; 微生物快速检测仪; 酶标分析仪, 化学发光免疫分析仪, γ 计数器, 微量蛋白比浊仪, 磁分离酶联免疫测定仪。

7. 其它临床检验仪器。

以上对临床检验仪器的分类只是本书采用的一般分类方式。目前, 在临床检验中还常常联合使用不同类别的检验仪器, 称为多机组合联用, 以达到最佳检验效果。

(二) 临床检验仪器的进展及发展趋势

临床检验仪器是在人们认识疾病、明确诊断、观察疗效、推测预后和不断提高人类的生存质量的过程中逐步发展起来的。纵观临床检验仪器的进展, 大体上可分成如下几个阶段。

17 世纪末, 荷兰人 Leeuwenhook 在诊断中创用了显微镜。随后, 人们相继应用显微镜观察到血液中的红细胞和白细胞, 并开始改变仅限于用感官直觉(色、嗅、味等)观察尿液的方式。一些只凭人们感官操纵的检验仪器不断出现。随着第一次产业革命的到来, 一些机械指针式检验仪器和检验控制装置开始问世。

20 世纪初, 由于电子管的发明及电子学的蓬勃发展, 促进了近代医学科学和自动化理论与实践的飞速发展。临床上要求检验提供的支持诊断、鉴别诊断和准确诊断的依据不断增多, 要求不断提高。这些都为近代临床检验仪器的发展奠定了基础。随着晶体管的发明, 数字化技术进展迅速, 各种模拟—数字转换技术日趋成熟。从 50 年代到 60 年代中期, 一大批数字式检验仪器开始应用于临床检验。例如, 生化分析仪就从单通道连续流动式发展到多通道连续流动式自动分析仪。在这个阶段, 虽然电子计算机的发明在科学技术领域引起了轰动, 但计算机技术并未对临床检验仪器产生革命性的影响。这是因为当时的计算机还是一种技术复杂、价格昂贵的设备, 只有少数专业人员才能掌握和操纵它。因此, 计算机很难在临床检验仪器中获得普遍应用, 只有少数需要浩繁数据处理的大型精密检测仪器如质谱仪、波谱仪、声谱仪等才尝试使用计算机技术。

20 世纪 70 年代, 随着大规模集成电路制造技术的发展, 发明了微处理器芯片。随后, 美国开始制售配微型计算机的检验、分析仪器产品。从 1975 年起, 微处理器和微型计算机在各种检验、分析仪器中的应用以平均每年 35% 的速度递增。到 20 世纪 90 年代, 由计算机系统控制的多通道的自动化分析仪, 随机任选式的、大型的、微机化的全自动生化分析仪等已在中等以上的医院普及应用。

第二章 医学检验仪器的维修

任何仪器，无论其设计如何先进、完善，在使用过程中都避免不了因各种原因，产生这样或那样的故障，只是仪器的故障率不同而已。为保证仪器的正常工作，对仪器进行正常维护和及时修理是非常重要的。限于篇幅，本章只对医学检验仪器的特点和维护要求、仪器维修应具备的条件、仪器出现故障的规律、种类和原因、仪器维修的程序和常用方法、医学检验仪器的常用电子元器件的检查等内容做些简单介绍。

第一节 医学检验仪器的特点和维护要求

一、医学检验仪器的特点

医学检验仪器是用于疾病诊断、疾病研究和药物分析的现代化实验室仪器，其主要特点如下：

1. 结构复杂

医学检验仪器多是集光、机、电于一体的仪器，使用器件种类繁多。尤其是随着仪器自动化程度的提高和仪器的小型化，仪器功能的不断增强，各种自动检测、自动控制功能的增加，使仪器更加紧凑、结构更加复杂。

2. 涉及技术领域广

医学检验仪器常涉及光学、机械、电子、计算机、材料、传感器、生物化学、放射等技术领域，是多学科技术相互渗透和结合的产物。

3. 技术先进

医学检验仪器始终跟踪各相关学科的前沿。电子技术的发展、电子计算机的应用、新材料新器件的应用、新的分析方法等都在医学检验仪器中体现出来。

4. 精度高

医学检验仪器具体说是用来测量某些物质的存在、组成、结构及特性的，并给出定性或定量的分析结果，所以要求精度非常高。医学检验仪器多属于精密仪器。

5. 对环境要求高

由于医学检验仪器具有以上特点，以及其中某些关键器件的特殊性质，决定仪器对环境条件要求很高。

二、医学检验仪器的维护

仪器维护工作的目的是减少或避免偶然性故障的发生，延缓必然性故障的发生，并确保其性能的稳定性和可靠性。仪器的维护工作是一项贯穿整个使用过程的长期性工作，因此必须根据各仪器的特点、结构及使用过程，并针对容易出现故障的环节，制定出具体的维护保

养措施，由专人负责执行。

1. 一般性维护工作

一般性维护工作所包括的是那些具有共性的，几乎所有仪器都需注意到的问题，主要有以下几点：

(1) 仪器的接地：接地问题除对仪器的性能、可靠性有影响外，还对使用者的人身安全关系重大，因此所有接入市电网的仪器必须配接可靠的地线。

(2) 电源电压：由于市电电压波动比较大，常常超出要求的范围，为确保供电电源的稳定，必须配用交流稳压电源。要求高的仪器最好单独配备稳压电源。另外应注意，插头中的电线连接应良好，使用时切莫把插孔位置搞错，导致仪器损坏。

(3) 仪器工作环境：环境对精密检测仪器的性能、可靠性、测量结果和寿命都有很大影响，为此对它有以下几方面要求：

①防尘：仪器中的各种光学元件及一些开关、触点等，应经常保持清洁。但由于光学元件的精度很高，因此对清洁方法、清洁液等都有特殊要求，在做清洁之前需仔细阅读仪器的维护说明，不宜草率行事，以免擦伤、损坏其光学表面。

②防潮：仪器中的光学元件、光电元件、电子元件等受潮后，易霉变、损坏，因此有必要定期进行检查，经常及时更换干燥剂；长期不用时应定期开机通电以驱赶潮气，达到防潮目的。

③防热：检验仪器一般都要求工作和存放环境要有适当的、波动较小的温度，因此一般都配置温度调节器（空调），通常温度以保持在 20~25℃最为合适；另外还要求远离热源并避免阳光直接照射。

④防震：震动不仅会影响检验仪器的性能和测量结果，还会造成某些精密元件损坏，因此，要求将仪器安放在远离震源的水泥工作台或减振台上。

⑤防蚀：在仪器的使用过程中及存放时，应避免接触有酸碱等腐蚀性气体和液体的环境，以免各种元件受侵蚀而损坏。

以上是有关仪器的一般性维护的主要内容，另外所有仪器在关机停用时，要关断总机电源，并拔下电源插头，以确保安全。

2. 特殊性维护工作

这部分内容主要是针对检验仪器所具有的特点而言的，由于每种检验仪器有其各自的特点，这里只介绍一些典型的有代表性的几个方面。

(1) 光电转换元件，如光电源、光电管、光电倍增管等在存放和工作时均应避光，因为它们受强光照射易老化，使用寿命缩短，灵敏度降低，情况严重时甚至会损坏这些元件。

(2) 检验仪器在使用及存放过程中应防止受污染。如有酸碱的环境将会影响酸度计的测量结果；做多样品测量时，试样容器每次使用后均应立即冲洗干净。另外，杂散磁场对电流的影响也是一种广义的污染。

(3) 如果仪器中有定标电池，最好每半年检查一次，如电压不符合要求则予以更换，否则会影响测量准确度。

(4) 各种测量膜电极使用时要经常冲洗，并定期对其进行清洁，长期不使用时，应将电极取下浸泡保存，以防止电极干裂、性能变差。

(5) 检流计在仪器中作为检测指示器使用的较多,但它极怕受震,因而每次用毕后,尤其是在仪器搬动过程中,应使其呈短路状态。

(6) 仪器中机械转动装置的活动磨擦面间宜定期清洗,加润滑油,以延缓磨损或减小阻力。

(7) 检测仪器一般都是定量测定仪器,其精度应有所保证,因此需定期按有关规定进行检查,校正。同样,在仪器经过维修后,也应经检定合格后方可重新使用。

此外,仪器维护还有其它许多特殊内容,如用有机玻璃制成的元件,应避免触及有机溶剂;气相色谱仪在使用时需避开易燃气体,且其氢气源应远离火源等。通常这些内容在仪器的使用说明书中有详细的交待,负责维护工作的人员应仔细阅读使用说明书中的有关内容,以进行正确的维护。

第二节 医学检验仪器维修应具备的条件

医学检验仪器维修应具备的条件分三个方面,具体说明如下。

一、对维修人员素质的要求

1. 具有良好的工作作风和心理素质

医学检验仪器维修是一种技术性很强的工作,维修人员必须具有勤奋好学,刻苦钻研的精神,并养成多观察、多动手、多分析、多记录、多总结的良好习惯,以不断积累经验提高维修水平。另外维修人员还应具有良好的心理素质,不要被困难吓倒,要知难而进,胆大而心细。

2. 具有丰富的知识

检验仪器维修人员的知识面要求比较广,特别是随着现代化检验仪器设备的精密度、复杂性的提高,要求知识面越来越广,且逐渐加深。通常维修医学检验仪器一般应具有以下几个方面知识:

- (1) 电工基础、电子线路、医学检验学、光学和机械基础等基础知识。
- (2) 医用检验仪器的原理。
- (3) 微型电子计算机技术。
- (4) 电子仪器设备可靠性知识。
- (5) 电子仪器设备的结构设计知识。
- (6) 计量测试方面的知识。

3. 维修人员的基本技能

(1) 熟练的焊接技术:熟练的焊接一般指能根据不同焊接对象灵活使用焊接工具和焊接方法。保证既不损坏元件,又使焊点焊牢、光滑,不出现虚焊。

(2) 能熟练掌握各种基本元器件的性能和测试方法:检验仪器中不仅大量采用各种类型的电阻器、电容、电感、半导体元件、集成电路块、光电器件、继电器、电机、泵、电表等元件,还采用各种传感器、电极、微处理器、显示器和光学器件等,要修理好仪器,必须熟练掌握这些元器件的性能和测试方法。

(3) 能熟练使用测试设备对整机性能进行测试。

(4) 具有熟练的阅读原理图能力和反读印制版图的能力：对有仪器说明书、电路原理图的仪器，要先弄清楚机原理和框图后，再按框图指引，去分析每部分的具体电路。能熟练阅读电路图，并根据电路图，对照实物找出各测试点及相应元件，就能顺利进行检修工作。

在修理中，常遇到无说明书及其它资料的情况，这就需要根据实物绘出电原理图以便修理时胸有成竹。这个过程可以分两步走：先根据实物相互位置和连线画出实体装配图，然后根据实体装配图整理绘出电路图。这是维修人员非常难掌握的一种技能，但又是提高维修水平非常重要的一关。掌握了这种技能，能面对实物的布线，头脑清晰地检查分析和处理故障，往往会事半功倍。

(5) 能灵活运用各种故障的检查方法：仪器设备故障的原因和损坏的程序千差万别。修理时，为了查找故障，可以用不同的方法，采用不同的检查程序，以尽快找出故障的根本原因为目标，就同医生诊断和治疗疾病一样，实际检修时，修理者的工作经验、学识水平和灵活采用检查方法的能力等，将起决定性的影响，能力越强，效率越高。该项能力的提高，丝毫离不开实践，应在实际工作中仔细观察，认真分析不断总结经验。

(6) 能够掌握基本操作：医用检验仪器常包括精密机械、电子、微机、各种传感器等技术内容，所以除了懂得所维修仪器设备的基本原理以外，还应掌握光学与精密机械零部件的安装、拆卸与清洗、加油、调整等项基本操作技能。另外，对仪器的整机使用、操作以及一些注意事项也应掌握，以免造成人为故障。

(7) 应具有一定的维修安全知识：维修安全包括两个方面：一是维修人员自身安全，要有良好的操作习惯和防电击等安全措施。二是仪器设备的安全，维修仪器最基本的要求之一，就是保证不进一步损坏器件或扩大故障范围。所谓胆大心细，就是指既不要被故障的难度吓倒，又要仔细分析弄清原理，合理的、正确的使用维修工具和采用恰当的方法进行检查维修，防止盲动。

(8) 要求有良好的观察、实际制作、分析与记录和总结能力：在维修时，需要敏锐的观察能力和分析故障的能力，有时为了证实某种推断还要求有进行模拟实验设计和制作能力。记录和总结是一个良好的习惯，维修人员不要把查到某个故障作为最后目标，而应从维修过程中总结经验，开拓思路，以达到触类旁通，举一反三之功效，不断提高维修能力。

二、维修工具和测试仪器

①一套小型组合工具：如电烙铁、镊子、剪刀、起子等。

②机械安装工具：大中小起子、活动搬手、台钳、手电钻等，用于拆卸、装配仪器各种旋钮、开关、电源变压器以及机械联动装置等。

③真空压力表：用于检测各种管路的负压。

④万用表、兆欧表和电容 / 电感表：万用表最好选用内阻高的万用表。兆欧表常用于仪器的绝缘检查。

⑤示波器：最好选用频率较高的双踪示波器，有条件应配备高频记忆示波器。

⑥信号发生器：有音频、高频、脉冲等类型。

⑦稳压电源：用以替代待测仪器内部的相应直流电源，进行故障诊断。

⑧各种备件和转接板：经常备一些常用的电阻、电容、晶体管和常用的集成电路块等元

器件，不但可用来更换损坏的元器件，也可用于替代法检查判断故障，以便提高工作效率。另外还要备一些机械材料，如各种螺丝、螺帽、垫圈、焊片等。

对于那些具有“积木”式结构的仪器设备，可将某一单元卸下，再通过转接板连接起来，这样可给检查和测试留出更大的空间，方便工作。

⑨逻辑探头（逻辑笔）、逻辑夹和逻辑分析仪，常用于数字电路的测试。

三、技术资料

技术资料包括：技术说明书、维修手册、仪器的结构图、装配图、电原理图、印刷电路板图、元器件明细表等。这些资料维修时可作为重要的参考依据，很方便地找出一些复杂和隐蔽故障，以提高维修效率。

另外，维修人员还应配有相关的原理书籍和元器件手册。并善于收集和整理技术资料。

第三节 医学检验仪器出现故障的规律、种类和原因

一、仪器出现故障的规律

仪器出现故障的一般统计规律是：在仪器使用的早期，出现故障的可能性较高，其原因主要是由于元器件的质量不佳、筛选老化处理不严格、装配工艺上的缺陷、设计不合理以及人为的操作失误等因素所引起，因此，这一时期的可靠性较低或者说故障发生率较高。这个时期称为仪器的早期故障期。

经过一段时间的运行后，仪器的元件、机构经过合理的调整，都已逐步适应正常的运行状态，仪器进入稳定使用期，故障的发生率较低，而且一般都是偶然性故障居多。此时仪器处于最佳工作状态，这一时期称为有效使用期。

经过长时间的运行以后，随着各种元件，尤其是易损元件、结构的磨损，损耗程度逐渐增加，仪器的故障发生率又逐渐上升，这个时期为仪器的损耗故障期。

一般仪器早期故障常发生于电子元器件上，而损耗期故障则多见于机械零部件或光学零部件。

二、故障种类及发生原因

仪器的故障分必然性故障和偶然性故障。必然性故障是各种元器件、部件经长期使用后，性能和结构发生变化，导致仪器无法进行正常的工作，如元器件老化、变质，电位器磨损等。偶然性故障是指各种元器件、结构等因受外界条件的影响，出现突发性质变，而使仪器不能进行正常的工作，如交流电压过高、仪器受冲击等。

产生故障的原因具体分析如下：

1. 人为引起的故障

这类故障是由于操作不当引起的，一般多由操作人员对使用程序不熟练或不注意所造成的。这类故障轻者导致仪器不能正常工作，重者可能损坏仪器。因此，在操作使用前，必须熟读用户使用说明书，了解正确的使用操作步骤，慎重行事才能减少这类故障的产生。

2. 仪器设备质量缺陷引起的故障

第二篇

X 射线机系列

第一章 基本理论

第一节 概 述

自从 1895 年伦琴发现 X 射线以来,首先应用于医学领域的是拍摄透视骨像,然后逐步从外科领域过渡到内科领域,使 X 线的应用范围扩展到那些对比度较差(吸收差较小)的组织系统,其发展大体可分为以下几个阶段:

- (1) 气体 X 光管和感应圈时代(1895~1916);
- (2) 热电子 X 线管、变压器式高压发生器的实用化时代(1916~1925);
- (3) 防电击、防散射 X 线装置的实用化时代(1925~1945);
- (4) 高条件、大容量、控制技术现代化时代(1945 至今)。

50 年代初 X 线影像增强器的出现,使诊断 X 线机的性能和应用范围有了一个新的跃进,最引人注目的是 X 线电视、录像和间接动态摄影,它在一定程度上解决了动态检查、影像再现等问题,并使操作简单化, X 线防护更好,机械运动更灵活、更安全,从而为现代医学技术发展提供了日益完善的诊断手段。

60 年代初,电子技术急速发展,特别是 70 年代以来,电子计算机和信息技术渗透到各行各业,诊断 X 线技术和设备发生了更深刻的变化。电子计算机断层扫描(X-CT)的出现,是 X 线机诊断技术的一个重要突破,从而使 X 线诊断学向包括 CT 图像、内照射图像、热像超声图像的综合诊断学过渡。这样, X 线机不再是一个简单的机电产品,而已经发展成为一个多学科应用的综合性医用工程设备。

由于现代医疗技术的进步,对 X 线机的要求也越来越高,越来越严格,概括起来主要有三个方面:提高 X 线图像质量;降低对医生和受检者的 X 线照射量;实现操作和诊断自动化。因此,现代 X 线机的设计和制造,除自身经济上和工艺上的考虑外,大都是按上述要求方向进行改进的。

(一) 提高 X 线图像质量

1. 高压发生装置中频化 高压发生装置由工频(50Hz)变压器式结构改为中频式或高频(200Hz~18kHz)逆变器式。这将在以下各方面显示其优点:

(1) X 射线频谱单色化:即提高了 X 射线质的平均强度(半价层)或感光有效成分。由于中频机 kV 脉动量小,它提供的 X 射线质量与三相十二峰相当,因此皮肤剂量低,曝光时间短,图像质量高。

(2) X 射线输出稳定:中频机一般采用桥式串联逆变电路,因而可以通过调频而获得不同的 kV 值,同时达到自动稳定 kV,且不存在 kV 和空间电荷补偿问题。

(3) 实现了结构小型化:按照 $E/(f \cdot n \cdot A)$:常数的规律,要得到同样电压 E,如果频率 f 增加若干倍,则圈数 n 和截面积 A 的乘积就可以减少若干倍。

(4) 有利于向智能化发展：中频机已经全部电子化，很容易引进微机技术。微机的应用将使 X 线机的性能提高到一个崭新的水平，为 X 线技术数字化创造了条件。

2. 采用特殊造影方法 为适应不断提高图像质量，出现了一系列特殊造影法（如心血管造影、小片摄影、乳腺摄影等新技术），开发出了各种型号和规格的旋转阳极 X 线管。

3. 采用足够短的曝光时间来减少影像的动态模糊度 为此，需用大功率 X 线管和供电主机，选用能供给接近直流或矩形脉冲的高压电路；选用动作迅速的无触点开关或高压控制元件；采用自动曝光装置和降落负载系统，充分利用 X 线管的负载特性以达到进一步缩短曝光时间的目的。

(二) 降低医生和受检者的照射量

(1) 选用间接摄影方式、稀土增感层、高敏感胶片。

(2) 采用 X 线电视系统或脉冲录像装置以及其它高效能荧光转换器件。

(3) 采用大功率短时间曝光、新型狭缝摄影法等。

(三) 实现操作和诊断自动化

(1) 采用脉冲透视的摄影条件自动化、智能化。

(2) 采用器官部位选择摄影条件的零钮技术。

(3) 采用遥控诊视床，包括自动透视亮度调节、自动照射野调节、自动定位等装置来进行摄影。

第二节 X 线的物理基础

一、X 线的产生

1895 年德国物理学家伦琴在研究阴极射线管中气体放电现象时，用一只嵌有两个金属电极（一个阳极，一个阴极）的密封玻璃管，将管内空气抽出，并在电极两端加上几万伏的高压。为了防止高压放电时的光线外泄，在玻璃管外面套上一层黑色纸板，他在暗室中进行这项实验时，偶然发现距管子 2m 远的地方，一块用铂氰化钡溶液浸洗过的纸板发出了明亮的荧光。再进一步试验，用纸板、木板、书都遮挡不住这种荧光，更令人惊奇的是，当用手去拿这块发荧光的纸板时，竟在板上看到了手骨的影像。当时伦琴认定这是一种人眼看不见但能穿透物体的射线。由于当时无法解释它的原理，不明它的性质，故借用数学中代表未知数的“X”作代号，称为 X 射线，一直沿用至今。由于伦琴发现了 X 射线，逐渐形成了一门崭新的学科——医用放射诊断学。他的发现在人类历史上具有极其重要的意义，它为自然科学的医学开辟了一条崭新的道路。为此，1901 年伦琴荣获物理学第一个诺贝尔奖。

二、X 线的本质和特征

科学总是不断发展的，经伦琴及各国科学家的反复实践与研究，逐渐揭示了 X 线的本质：它是一种波长极短、能量很大的电磁波。因此 X 线除具有可见光的一般性质外，还具

有自身的特性。

(一) 物理作用

1. 穿透作用 因为 X 线的光子能量很大, 波长很短, 穿透力很强, 故能穿透物质的原子间隙, 但其穿透程度与物质的性质、结构有关。人体各组织对 X 线穿透性可分为可透、半可透、不可透三等, 这种差别, 就是 X 线摄影时在胶片上构成各部组织影像的基础。

2. 荧光作用 某些物质受到 X 线照射时会产生荧光, 如磷、铂氰化钡、硫化锌等, 因而可制成:

(1) 荧光屏: 荧光屏是在一块特制的纸板上涂上一层荧光物质的纸屏。在 X 线透视时, 被 X 线照射会产生荧光, 便于观察。

(2) 增感屏: 在摄影时, 把特制的涂有荧光物质的纸板置于暗盒前后壁, 胶片在中间, X 线照射时, 胶片感光可达 90%; 而无增感屏时, 胶片所受直接感光不到 10%, 照射量大大减少了。

3. 电离作用。

(二) 化学作用

由一种淡蓝色透明的片基均匀涂上一层溴化银感光胶剂所制成的 X 线胶片, 经 X 线照射后, 再经过化学显影, 使组织影像出现在胶片上。

(三) 生物作用

生物细胞经一定量的 X 线照射后, 会产生损害、抑制甚至坏死。X 线治疗就是利用 X 线的生物作用, 对病变组织进行一定量的 X 线照射, 达到治疗的目的。

三、X 线的质和量

在应用和深入了解 X 射线之前, 首先对 X 射线本身要建立一个量度标准, 以便区别不同的 X 射线及其对物质的不同作用。

(一) 物理方面 x 射线的量和质

单位时间内通过与射线方向垂直的单位面积的辐射能量, 叫做 X 射线的量。换句话说, 从物理意义上讲, X 线的量就表示 X 射线线束内的光子数。

X 射线穿透物质的本领或者说这些光子的能量就表示 X 射线的质 (或硬度)。

(二) 诊断方面 X 射线的量和质

以上规定的量和质在实际工作中是不能直接用简便的方法测量出来的, 因而在医用诊断方面规定如下: 以 X 线管的管电流与 X 射线照射时间的乘积, 即毫安秒 ($\text{mA} \cdot \text{s}$) 来表示 X 射线的量。以 X 线管的峰值管电压来表示 X 射线的质。

第三节 X 线诊断机的基本组成和分类

一、X 线机的组成

X 线是由高速运动的电子束撞击物质而突然受阻时产生的，因此，要产生 X 线必须具备以下条件：有高速运动的电子流；有能承受高速电子撞击的阻挡物；为获得高速电子流而应有的高真空和高电压。

医用 X 线机就是根据 X 线产生的必备条件，结合医学临床诊断和治疗的需要，设计制造的一种把电能转换为 X 线能的综合性医疗设备。它的型号不一，结构差异很大，但其基本组成可以分为两大部分：

（一）K 线发生装置

是指完成 X 线产生并对其进行控制的装置。它由以下组件组成：

1. 控制台 是控制 X 线的发生时间、调节 X 线的质和量并对其进行指示的装置。
2. 高压发生器 是为 X 线管产生 X 线提供直流高电压的装置。由于电路结构的需要，为 X 线管灯丝提供加热电压的 X 线管灯丝变压器也设置在高压发生器中。
3. X 线球管 是将电能转换为 X 线能的关键部件，由 X 线管和管套组成。
4. 高压电缆 是连接高压发生器与 X 线球管的多蕊导线。

（二）X 线应用设备

是指满足临床诊断的需要而设计的各种与 X 线发生装置配套的设备。主要有：支持 X 线球管的各種机械装置，如天轨、地轨、立柱、吊架等；安置患者进行 X 线检查的各种检查床，如摄影床、诊视床；将荧光影像转换成电视图像的影像增强器和 x 线电视以及用于心血管检查的各种配套设备等等。

二、X 线机的分类

医用 X 线机按其使用目的分为诊断和治疗两大类。

（一）诊断机

是指利用 X 线透过人体所形成的各种影像对患者进行诊断的 X 线机。它又可分为多种类型。

1. 按结构形式分类

（1）便携式：这种 X 线机结构简单，重量轻，装卸方便。整机机件可分别装于手提箱或背包内携带，适合院外做流动性临时检查。

（2）移动式：这种 X 线机结构紧凑，体积小，X 线发生装置和应用设备紧凑地组装机座上，其机座带有滚轮或装有电瓶车，人力或电力驱动，移动方便。它能在病房内做流动性床边透视和摄影检查，如配有影像增强器和 X 线电视，可进行监视和介入性治疗。

（3）固定式：这种 X 线机机件多而重，结构复杂，需固定在专用机房内使用。这类机

器对供电电源、机房、安装、调试等都有严格要求。

2. 按输出功率分类

按输出功率分类是指按 X 线管的标称功率如 10kW、20kW、50kW 等，在我国通常以 X 线管允许通过的最大管电流的大小分类。

(1) 小型：最大管电流在 100mA 以下的 X 线机。

(2) 中型：最大管电流在 200~500mA 的 X 线机。

(3) 大型：最大管电流在 500mA 以上的 X 线机。

3. 按使用范围分类

(1) 综合性 X 线机：具有透视和摄影等各种功能，适合做多种疾病和部位检查的 X 线机。

(2) 专用 X 线机：为适应某些专科疾患检查而设计的 X 线机，如牙科 X 线机，乳腺摄影 X 线机、心血管造影 X 线机。

(二) 治疗机

根据 X 线的生物效应，对疾患进行治疗的 X 线机，按其用途可分为三类：

1. 接触治疗机 主要用于治疗皮肤表面或体腔浅层的疾患。

2. 表层治疗机 主要用于较大面积的皮肤或浅层疾患的治疗。

3. 深部治疗机 主要用于组织深部疾患的治疗。

三、诊断 X 线机的功能

诊断 X 线机，因其结构、输出功率不同，其功能各异。现以中型 X 线机为例，阐明其具有的一般功能。

(一) X 线透视

所谓透视就是利用 X 线具有穿透作用和荧光作用这两大特性，借助荧光屏而实现的一种诊断方法。常分为：

1. 普通透视 直接利用人体不同组织间的密度差异，或正常组织与病变组织间的密度差异，形成具有天然对比的影像而进行诊断的方法。

2. 胃肠钡剂透视 由于消化道组织间缺乏天然对比，普通透视不易发现疾患，故需口服能吸收 X 线的硫酸钡，方能形成具有明显对比的影像，以对疾患作出诊断。

(二) X 线摄影

借助 X 线机各种摄影装置将被检部位或病变的影像记录在 X 线胶片上而进行诊断的一种方法。

1. 普通摄影 是指 X 线透过人体直接照射到装有 X 线胶片的暗盒上，使胶片感光而形成影像的摄影方法。

2. 滤线器摄影 为了提高影像清晰度而设置的一种摄影。因为 X 线穿过人体时，其中一部分因人体组织的作用而产生一些方向不一、波长较长的 X 线，称散射线或二次射线。这些散射线也会使胶片感光，造成影像模糊不清，对比度下降。为了消除这种影响，在 X

线机结构上设计了滤线装置，称滤线器。

（三）胃肠摄影

又称点片摄影，是专为摄影消化道病变影像而采用的一种摄影方式。

（四）体层摄影

也称断层摄影，是专为摄取人体内部某一层组织上的病变影像所采用的一种摄影方式。因为在上述前三种摄影方式中，由于人体组织相互重叠之故，其所形成的影像必然是各组织重叠在一起的复合影像，这种影像会使某些有诊断价值的病变显示不清，造成诊断上的困难。为消除这一弊端设计了断层装置。

第四节 X 线发生装置的主要元件及电路

一、X 线球管

（一）固定阳极 X 线管

X 线管是产生 X 线的高真空精密电器元件。固定阳极 X 线管是高真空的玻璃管，电子由热阴极发射，具有 X 线量和质可以任意调节的特点。因其功率小、焦点较大，已满足不了飞速发展的 X 线影像技术的要求，因而多用于小型和部分中型 X 线机中。

1. 构造与作用 固定阳极 X 线管的结构主要由阳极、阴极和玻璃壁三部分组成，如图 2-1-1 所示。

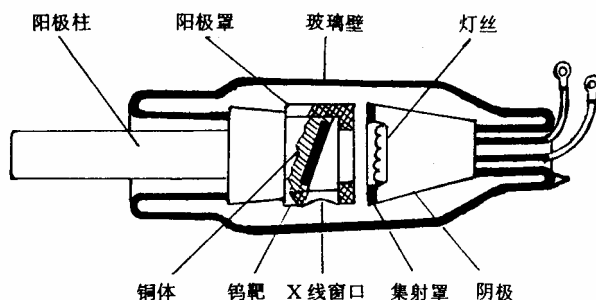


图 2-1-1 固定阳极 X 线管

阳极由靶面、铜体、阳极罩、阳极柱 4 部分组成。阳极的作用是产生 X 射线、散热、吸收二次电子和散射线。

靶面受电子轰击，而电子动能的 99% 转换为热能，只有 1% 左右转换为 X 射线能，故靶面材料选用高熔点且 X 线发射率较高的钨制成（熔点为 3370℃，原子序数 $Z=74$ ）。由于钨的导热率小，故通过真空熔焊的方法把钨靶焊接在无氧铜体上，以便具有良好的散热能力。

阳极罩在靶外面，也由无氧铜制成，其作用是吸收二次电子和散射线。高速电子轰击靶面时，会有少量电子从靶面反射回来，称为二次电子，其能量为原来的 90% 左右。二次电

子若轰击在玻璃壳上，会使玻璃壳温度升高而放出气体，降低管内真空度，甚至使玻璃壳击穿漏气；二次电子也可能再次轰击靶面，辐射出大量的散射线，严重地影响成像质量。有了阳极罩就大大减轻了上述危害。

阳极柱由紫铜制成，将铜体引出管外，通过与油之间的热传导把热传出去。

阴极由灯丝和集射罩组成，其作用是发射热电子和聚焦，使打在靶面上的电子束具有一定的形状和大小，形成X线管的焦点。

灯丝由钨制成，绕成螺旋状，作用是发射电子。灯丝通电后，温度逐渐上升，至一定值后开始发射电子。灯丝发射电流与温度之间的关系如图2-1-2所示。

当灯丝温度低于2400°K时，随着温度的升高发射电流增加较慢；而温度高于2400°K时，灯丝温度稍提高一点，发射电流却增加很多。所以在调试管电流时，应特别注意这一点。一般来说，灯丝点燃时间越长，工作温度越高，蒸发越快，灯丝寿命越短。如果灯丝电流比额定值升高5%，灯丝的寿命可以缩短一倍。所以灯丝加热电流应严格限制在额定值以下使用，同时应尽量缩短高温点燃时间。

集射罩的作用是对灯丝发射的电子进行聚焦。当灯丝发射大量电子后，接通高压时，在阳极正电场的作用下，电子将高速飞向阳极。但由于电子之间的相互排斥作用，致使电子呈散射状，特别是在阳极电压较低的情况下，散射更为显著。

为了使电子集中成束状飞向阳极，因此将灯丝装入一个用镍或铁镍合金等制成的长方形罩中，该罩称集射罩。

X线管玻璃壳是用来支撑阴阳两极和保持管内真空度 $[1.33 \times 10^{-8} \text{ kPa} (10^{-6} \text{ mmHg})]$ 以上的。它多用耐高温、绝缘强度高、膨胀系数小的钼玻璃制成。

2. X线管的焦点 电子轰击在靶面上的面积称为实际焦点。实际焦点在X线投照方向上的投影称有效焦点，或称目视焦点。设靶面与X射线投照方向的夹角为 θ ，实际焦点的长度为 b ，宽度为 a ，那么它在 θ 方向上的投影，其宽度不变，长度为 $b \cdot \sin \theta$ ，因此有效焦点为 $ab \sin \theta$ 。当投照方向与X线管轴相垂直时，这时的 θ

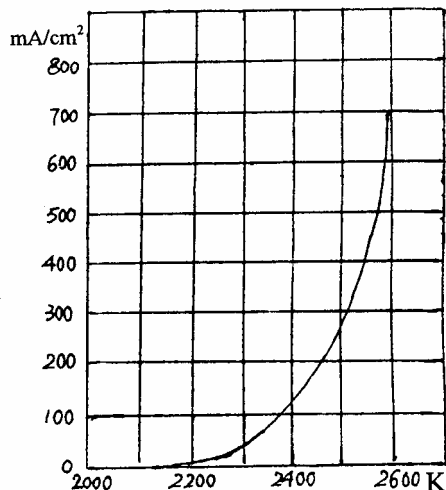


图 2-1-2 灯丝发射电子特征

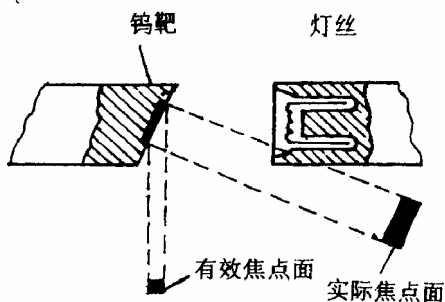


图 2-1-3 实际焦点和有效焦点

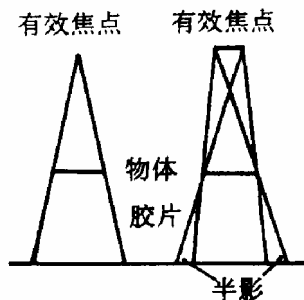


图 2-1-4 有效焦点与成像质量的关系

角称为靶角或阳极倾角。实际焦点在与 X 线管轴相垂直方向上的投影称为标称有效焦点。在 X 线管规格中,通常以标称有效焦点来表示 X 线管的有效焦点。其关系如图 2-1-3 所示。

X 线管的阳极之所以设计成倾斜一定的角度,是为了增大实际焦点面,减小有效焦点,这样既能提高 X 线管的热容量,又能改善影像质量,使影像较为清晰。

有效焦点与成像质量有密切关系。有效焦点尺寸越小,影像清晰度越高。由图 2-1-4 可以看出,当有效焦点为点光源时,胶片上的图像界限分明,清晰度高;当有效焦点具有一定尺寸时,胶片上的图像边界产生了半影;边缘模糊,清晰度降低。

有效焦点的大小与 X 线管的管电流和管电压有关。在管电流一定的条件下,管电压越高,电子间排斥力相对电场力的作用变小,所以有效焦点尺寸略有减小;在管电压一定的条件下,尤其在低压时,管电流增大,电子间的排斥力增大,有效焦点尺寸将明显增加,这种现象称为焦点增涨。所以在测量有效焦点时既要规定与管轴垂直的投影方向,还应规定相应的管电流和管电、压值,一般取管电流的最大值的 50%,管电压为 75kV 作测量条件。

(二) 旋转阳极 X 线管

固定阳极 X 线管,因阳极焦点面受温度的影响,限制了功率。要提高功率就必须增大焦点面积,这又使影像清晰度大大降低,两者不能兼顾。1930 年以后出现了旋转阳极 X 线管,其结构如图 2-1-5 所示。

从偏离管子中心轴线的阳极发射出来的电子,轰击在转动的靶面上,由于热量被均匀地分布在一个转动着的圆环面积上,使单位面积上的热量大大减小,因而大大提高了 X 线管的功率;或者说,在一定的负载功率下,阳极倾角可以大大减小,从而使有效焦点变小而大大提高了影像清晰度。所以旋转阳极 X 线管的最大优点是:功率大、焦点小。

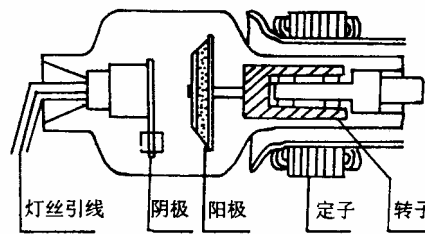


图 2-1-5 旋转阳极 X 线管构造

和固定阳极 X 射线管相比,旋转阳极 X 射线管主要是阳极部分构造不同。阳极部分主要由靶面、转子、转轴、轴承和定子组成。

靶面一上具有 $6^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 之间的倾斜角度,镶在一个直径为 70~100mm 之间的圆盘上。其中心铆接在钼制细杆上,钼杆的另一端与转子相连,转子为一表面黑化的铜管,以提高热辐射能力。转子内装有滚珠轴承,转动灵活,转子和轴承封闭在高真空的玻璃管内。定子线圈装在管壁外面,其结构和小型单相异步电机类同。转子由无氧铜制成,相当于异步电动机的鼠笼转子,转速由下式决定:

$$n=120f/p \text{ (r/min)}$$

式中 n 为转速, f 为定子中的电源频率, p 为定子的极数,一般为 2。

由于存在频率差,转子转速约落后磁场转速的 10% 左右。所以对低速管 ($f=50\text{Hz}$), $n=2700\text{r/min}$; 对高速管 (例如 $f=150\text{Hz}$), 实际转速 $n=8500\text{r/min}$ 左右。转速越高, X 线管的功率越大,它们之间的关系如下:

$$P=K \times (nd)^{1/2}$$

式中 P 为功率, K 为常数, n 为转速, d 为焦点轨道半径。

(三) K线管的规格和基本特性

各种型号的 X 线管都有它一定的规格和特性, 只有充分了解和正确运用它, 才不至于造成因使用不当损坏 X 线管的后果。

1. X 线管的规格参数 X 线管的规格参数包括结构参数和电参数两种。前者指 X 线管的结构所决定的各种参数, 如靶面的倾斜角度、有效焦点、外形尺寸、重量、管壁的滤过当量、阳极转速、工作温度、冷却和绝缘形式等等。电参数是指 x 线管电性能的数据, 如灯丝

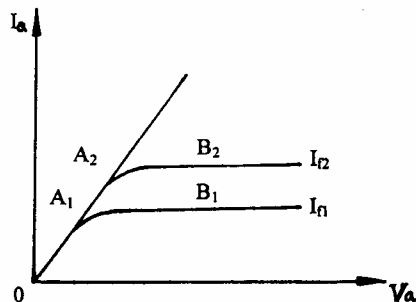


图 2-1-6 X 线管阳极特性曲线

加热电压和电流、最大管电压、管电流、最长曝光时间、最大允许功率、代表容量等等。

2. X 线管的阳极特性和灯丝发射特性 在灯丝加热电流 I_f 为某一恒定值时, 管电流 I_a 和管电压 V_a 的关系曲线叫 X 线管的阳极特性。

X 线管灯丝发射的电子大致可分为三个区域: 一是灯丝前端发射出来的电子, 它们在静电场作用下飞往阳极, 这部分电子的运动不受阻力; 二是灯丝两侧发射出来的电子, 这部分电子的运动特点是在空间交叉后飞向阳极, 因此它们的运动要受一定阻力; 三是灯丝后端发射出来的电子, 由于电子间相互排斥和电场作用力很微弱, 这部分电子滞留在灯丝后面, 形成电子云 (即所谓的空间电荷), 它们受到的阻力很大, 只能随着管电压的升高而逐渐飞向阳极。X 线管的阳极特性曲线如图 2-1-6 所示。

由图 2-1-6 可看出, 曲线可分两部分: 起始部分是上升部分, 称为比例区, 即管电流随管电压的升高而增大。这是由于空间电荷在起作用, 它满足下式:

$$I_a = A \times V_a^{3/2} / d^2$$

式中 d 为阴极与阳极之间的距离, A 为常数。

曲线另一部分为近似水平部分, 称为饱和区, 即管电流不随管电压的上升而增加。这是因为管电压已较大, 所有的空间电荷都已飞往阳极, 此时管电流的大小仅由灯丝加热电流决定, 满足下式:

$$i_a = AT^2 \times e^{\phi/KT}$$

式中 i_a 为灯丝发射的管电流密度, T 为灯丝温度, K 为波尔兹曼常数, ϕ 为灯丝材料的逸出功。

当灯丝加热电流从 I_{f1} 增加到 I_{f2} 时, 灯丝温度也从 T_1 提高到 T_2 , 由于热电子数目增加, 空间电荷数增大, 使管电流达到饱和所需管电压也增大, 饱和区的管电流也增大。

X 线管灯丝发射特性是指在不同管电压下, 灯丝加热电流与管电流的关系。图 2-1-7 是

国产 XD₅₁ 型 X 线管在三相全波整流电路中的灯丝发射特性曲线。

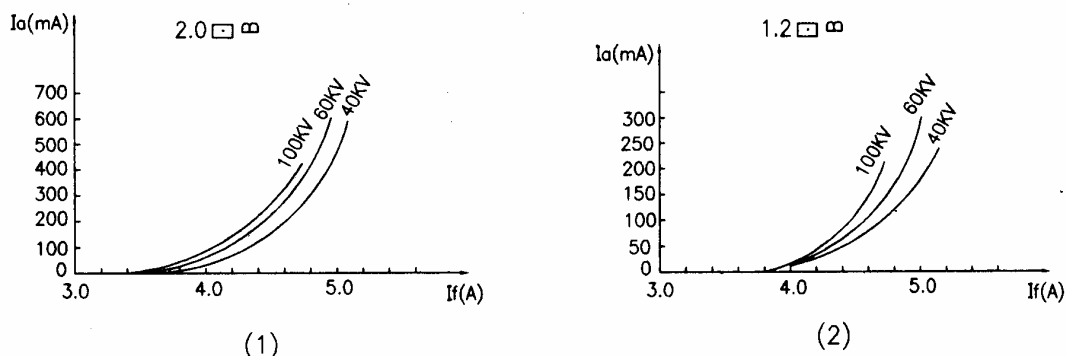


图 2-1-7 国产 XD₅₁ 型 X 线管在三相全波整流电路中的灯丝发射特性曲线

(1) 大焦点发射特性曲线；(2) 小焦点发射特性曲线

从图 2-1-7 曲线中看到，若要获得同一管电流，在 100kV 时比 60kV 时所需加热电流时要低。在同一加热电流时，100kV 时所获得管电流比 60kV 时要高。

(四) X 线管的检验

在 X 线机检修工作中，经常要对新的 X 线管进行检查和性能试验。这是一项十分细致的工作，必须时刻注意安全，切不可粗心大意。

1. 外观检验

(1) 管壁：观察 X 线管的玻璃是否有裂纹或气泡。管壁上不允许有炸裂、疤痕、杂质和气泡。至于距离窗口较远、直径小于 1mm 或长度不大于 2mm 的气泡，管壁上的水纹线及轻微划痕擦伤，一般不影响 X 线管的正常使用。

(2) 阴极：灯丝不应有断路、短路和与集射罩相碰的现象，集射罩不应松动。

(3) 阳极：钨靶面应平整光滑，不允许有龟裂或变形现象，靶面与铜体不应有明显空隙。

(4) 管内：不允许存在活动的杂质，管内金属不应有氧化生锈现象，否则说明已严重真空不良。

2. 冷高压试验 冷高压试验是在灯丝不加热的前提下，加高压于 X 线管两极以检查其真空度。其具体方法是：将 X 线管浸在绝缘油中，电压由低千伏值开始，逐步升高，直至最高千伏值的 60%。若真空不良，加高压时管内会出现蓝色电离辉光，并随千伏升高而扩大。这种 X 线管可由用低千伏开始，逐步升高电压的方法进行训练。若反复多次训练后辉光消失，说明真空度有所提高，尚可继续使用。若严重真空不良，在较低的冷高压时管内就充满了辉光，此 X 线管则已不能使用。

3. 灯丝加热试验 先用万用表测试灯丝是否通路，然后接通灯丝加热电源或用 3V 电源给灯丝供电，灯丝应全部燃亮，无明显暗区。若出现灯丝燃烧，呈现白雾状乳白色气体，说明该管已严重真空不良。

旋转阳极 X 线管在进行灯丝加热试验后，应进行阳极启动试验。应听到转子转动的声音，但不应有过大的噪声和摩擦声。

4. 负荷试验 这是在灯丝加热条件下,按照X线管的使用规格进行负荷试验。其步骤如下:

(1)透视训练:透视训练是为进一步试验X线管的真空度和提高X线管的工作稳定性。方法是:将管电流固定在2mA,用脚闸或手闸控制透视,从最低千伏开始,逐渐升高千伏值,每次增加5kV,断续曝光1~2min,间歇3min,直到最高千伏值。这中间,如果毫安表指针始终稳定,则说明X线管真空度良好,性能稳定。若试验到某千伏值时,出现指针不稳定、颤动、跳动等现象,则应将透视千伏退低一档反复进行训练,然后再逐步升高千伏值。若上述情况有所改善,则该管可以恢复使用。若无济于事,甚至指针满偏,则说明该管严重真空不良,应予以更换。

(2)摄影负荷训练:在透视训练正常情况下,应严格按使用规格进行摄影负荷训练。但要注意次数不宜过多,并有足够的间歇和冷却时间,以免造成X线管过载而损坏。旋转阳极管必须带启动装置。

上述实验管电流应稳定,管内不应有放电等异常现象。

二、高压发生器

高压发生器是X线机主机系统的重要组成部分。它的作用,一是将自耦变压器输入的交流初级低压升高数百倍,再经整流后输出,为X线管两极提供直流高压;二是将X线管灯丝初级电路输入的交流电压降压后输出,为X线管灯丝提供加热电压;三是完成管电压、灯丝加热电压交换。

由上述可知,它应包括下列元件:高压变压器、灯丝变压器、高压整流器,高压交换闸、高压电缆等等。

(一) 高压变压器

X线机的高压变压器的工作原理与普通升压变压器一样,但由于运用状态较为特殊,在构造上也有其固有的特点。

1. 铁芯 多采用闭合式的导磁体,多用0.35mm厚的热轧硅钢片($D_{41} \sim D_{43}$)或冷轧硅钢片($D_{310} \sim D_{340}$)剪成不同宽度的矩形片叠成阶梯形状。为了减少涡流损失,每片表面涂上一层很薄的绝缘漆。为了减少叠片接合处的磁阻,采取交叉叠片方法以消除明显接合,最后嵌成闭合口字形或日字形。为了使铁芯压紧减少漏磁,多用扁铁或角钢夹持并用螺栓紧固。

2. 初级绕组 由变压器的原理可知,它的初级绕组通过电流很大。中型以上诊断X线机在摄影时可达百余安培,但其电压不高,故其绝缘不十分严格,一般有0.1~0.2mm的电容器纸即可,但要用较粗的纱包线或玻璃丝包的扁铜线。有的初级绕成两个绕组,串联或并联使用。但两线圈的接线方向不能接错,否则因磁通反向抵消而无输出。

3. 次级绕组 高压变压器次级通过电流很小,一般在1000mA以下,故多采用直径较

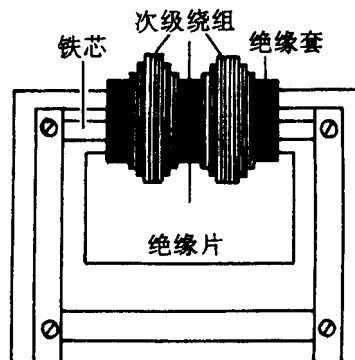


图 2-1-8 高压变压器结构示意图

小的油性或高强度漆包线绕制。又因为次级电压很高，其总匝数在数万到数十万之间，多绕成匝数相同的两个绕组，套在初级绕组上。初次级之间必须有良好的绝缘。为提高层间的绝缘强度，需数层电容器纸。图 2-1-8 为高压变压器结构示意图。

4. 次级绕组的中心接地 诊断 X 线机高压变压器都采用两个线圈串联、中心点接地方式，这样可使高压变压器的绝缘要求降低一半。

高压次级中心点接地后就获得与地相同的零电位，因此次级两根输出线的任何一根对中心点的电压等于两根输出线间电压的一半。同时由于中心点是零电位，就可以把指示管电流的毫安表串联在中心点处，安装在控制台上使控制台免受高压袭击，保证工作人员安全，如图 2-1-9 所示。

为了防止毫安表断路而使中心点电位升高，设置有保护装置，其方法有：①在两个中心点接线柱上并联一对放电针或一个纸质电容器；②在中心点接线柱上并联一只放电管。这样中心点电位升高时，以上保护装置导通接通对地回路，起到保护作用。

（二）灯丝变压器

X 线管的灯丝电流一般不超过 4~8A，灯丝电压不超过 15~20V，故灯丝变压器为 100~150W 的降压变压器。X 线管灯丝变压器的初级输入电压在小型机中多直接由自耦变压器供给，而中型以上还需经过磁饱和稳压器稳压，初级电压多为 220V。

主要特点是其次级绕组与高压变压器次级的一端相连，在工作时带有高电位，因此初次级线圈间应具有良好的绝缘。

（三）高压整流器

高压整流器是一种将高压变压器次级输出的交流电压整流成脉动直流电压的电子元件。利用这种元件可以使 X 线管始终保持在阳极为正，阴极为负的脉动直流高压状态下工作，可充分发挥 X 线管的效率。高压整流元件分为以下两种，如图 2-1-10 所示。

1. 高压真空整流管 常称高压整流管。高压

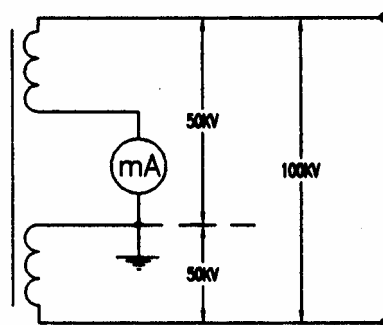


图 2-1-9 高压变压器次级中心接地

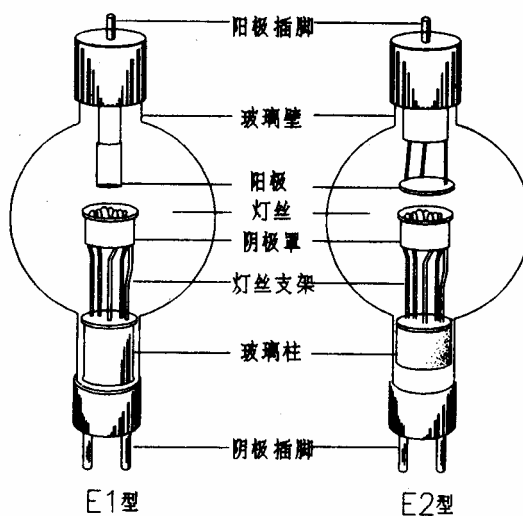


图 2-1-10 高压整流管结构

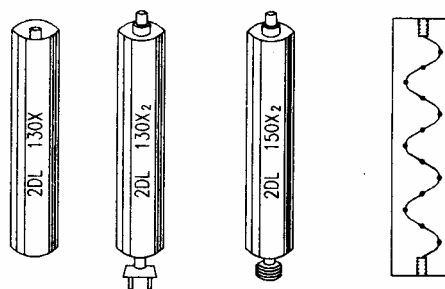


图 2-1-11 硅整流器示意图

整流管的结构与工作原理同 X 线管基本相似,即有一个能加热而发射电子的阴极,有一个接受电子和传导电流的阳极面,并且管内具有高度真空。高压整流管具有一般二极管的单向导电特性。

2. 高压硅整流管 常称高压硅堆。使用高压整流管时,灯丝需要加热,消耗一定电能,同时压降也大,还需要灯丝变压器,占体积较大。故现代用高压硅堆取代了高压整流管,它具有许多优点,主要是体积小、机械强度高、绝缘性高、寿命长、性能稳定、压降小,无需灯丝加热,从而简化了电路、缩小了发生器的体积。如图 2-1-11 所示,它由许多单晶硅做成的二极管用银丝串联而成,外壳一般用环氧树脂密封。由于硅和环氧树脂的热膨胀系数差别很大,考虑到耐压,每个硅堆首先用硅胶加以密封,然后充填环氧树脂。

(四) 高压交换闸

在较大功率的诊断 X 线机上,多配有两个或两个以上的 X 线管,以适应一机多用的需要。但由于几个 X 线管共用一个高压发生器,而各 X 线管又不能同时工作,所以高压变压器产生的高压必须经过交换装置送到不同用途的 X 线管上,这种交换装置称高压交换闸。它除了把高压输出到各个 X 线管外,还将高压发生器内 X 线管灯丝变压器的加热电压同时输送到需要的 X 线管。

高压交换闸不仅要接通高压,还要接通灯丝电压,而且动作十分频繁,因此结构上要求牢固,且有很高的绝缘强度和机械强度,并能承受所连接电路的最高电压值。目前高压交换闸多为电磁接触器式,其结构包括铁芯、吸合线圈、衔铁,和带有触点的高压绝缘臂,工作原理与普通接触器相同。

(五) 高压输送

在中、大型 X 线机中,高压发生器和 X 线管是分离部件,两者之间通过两根特制的导线连接在一起,这种输送高压的导线称为高压电缆。

高压电缆构造上要求除具有一定的耐压强度外,还要尽可能减少截面积,使其轻便和柔软。接芯线分布位置可分成同轴和非同轴两种,如图 2-1-12 所示。

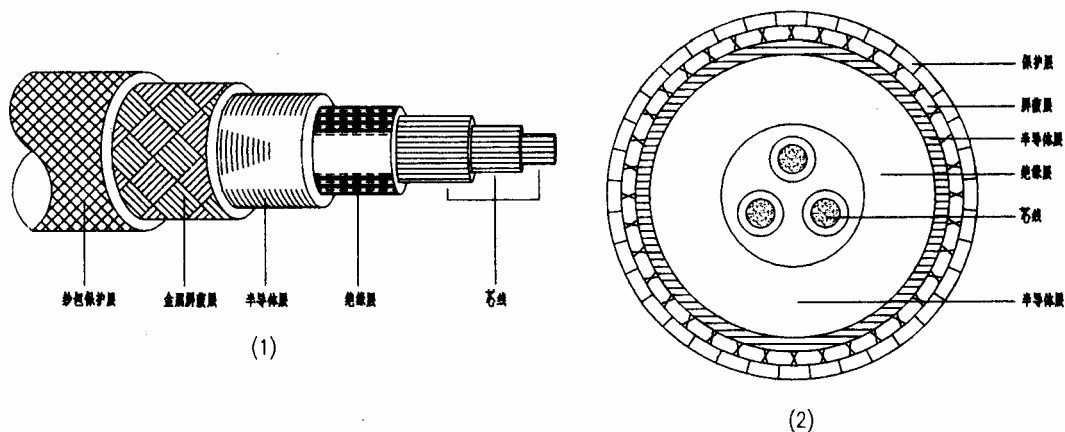


图 2-1-12 高压电缆结构图

(1) 同心圆高压电缆结构; (2) 非同心圆高压电缆结构

为方便制造加工，目前多用非同轴高压电缆，其组成及功用简述如下。

1. 导电芯线 位于高压电缆的最内层，每根芯线由多股细铜丝组成，外包绝缘橡皮。
2. 高压绝缘层 位于芯线外，由天然橡胶和化学原料配制而成，使芯线的高电压与地之间绝缘。

3. 半导体层 是用半导体橡皮紧包在绝缘层上，呈灰黑色。它的作用是消除绝缘层外表面与金属屏蔽层之间的静电场。

由物理学可知，电介质（绝缘体）受到外电场作用时其分子将被极化，形成电偶极子，并按外电场方向排列，从而使电介质两端与外电场垂直的表面上出现等量的正电荷和负电荷。这些电荷受原子核的强大束缚，不能离开电介质，称为束缚电荷。由于高压电缆芯线在直流高压下工作，形成高压静电场，绝缘层被极化，其靠近芯线的内表面层将出现负电荷，外表面层将出现正电荷。当金属屏蔽层与绝缘层某处接触不良时，接触不良处的正电荷将与金属屏蔽层形成高压静电场，使两者之间的气体产生电离，破坏其绝缘性能。因而在两层之间加一层半导体层，由于它的层内电子移动，接触不良处不能形成高压静电场。

4. 金属屏蔽层 由镀锡铜丝编织而成，包在半导体层上，在电缆的两端与插头焊接，作用是防止高压电缆击穿时操作者和病人被电击。

5. 保护层 是电缆的最外层，一般用黑色的棉纱和维尼纶线织成，其作用是加强电缆的机械防护。

为了保证高压绝缘和装卸方便，将高压电缆制成可以拆卸的形式。高压电缆的两头装有高压插头，在高压变压器和 X 线球管上装有相应的插座。具体结构如图 2-1-13 所示。

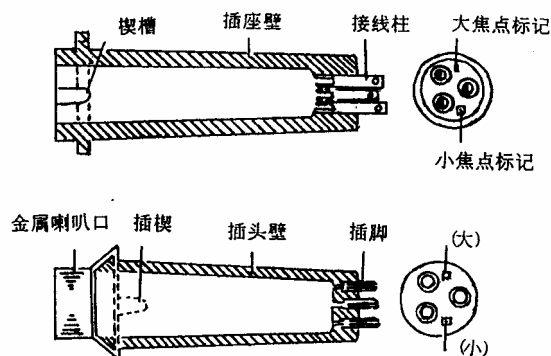


图 2-1-13 高压插座和插头结构

图 2-1-13 中插座的底部铸有三个铜接线柱，接线柱中间钻有 1cm 深的孔，使插头和插座有良好的吻合。插头的前端装有与插座相连接的三个钢制插脚，插脚上有接线孔，用来焊接电缆的芯线。在插头的里端镶有铜制喇叭口，以便与电缆金属屏蔽层相焊接，形成良好的接地。

(六) 常用绝缘材料

1. 变压器油 又叫绝缘油，它是石油经过加工提炼出来的一种矿物油，其主要作用是绝缘和散热。它的主要性能指标有：

(1) 电介质强度高：国家标准是用一个瓷制或玻璃制油杯（容量约 600ml），对变压器油进行耐压试验。如图 2-1-14，油杯内电极的圆平面直

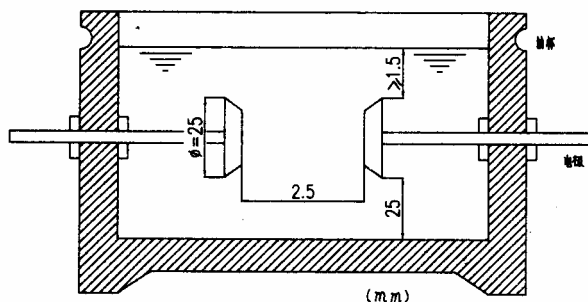


图 2-1-14 耐压试验示意图

径为 25mm，极间平行距离为 2.5mm，电极工作面上沿与油面的距离不小于 15mm。其耐压要求应大于 $30\text{kV} / 2.5\text{mm}$ ，小型组合机头和 X 线管头内用油应大于 $40\text{kV} / 2.5\text{mm}$ 。

(2) 燃烧点高：要求在 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 凝固点低：变压器油的凝固点温度即为油的标号，要求在 $-15\sim -45^{\circ}\text{C}$ 。如 45 号油其凝固点为 -45°C 。

(4) 化学性能稳定：在工作温度时不炭化，不起电解作用，不产生胶粘沉淀物，无水分。

(5) 颜色：一般为浅黄色或水白，透明无悬浮物。

(6) 导热系数高：要求油的温升为 1°C ，膨胀系数为万分之五。

2. 固体绝缘材料 X 线机制造业中，常用的绝缘材料还有绝缘纸、塑料和黄腊绸等。

(1) 电容器纸：是用纯纤维素制成而以石蜡或石油浸渍的。对它要求很高，结构必须十分均匀，不允许含杂质，对空气的渗透应极小。

(2) 塑料：是一种应用极广泛的绝缘材料，具有良好的机械强度和绝缘性能。X 线机中常用的有酚醛压塑粉、聚炳烯、尼龙 6 等。

三、高压次级电路

(一) 半波自整流与管电流测量电路

半波自整流电路中的高压变压器，一般都将初次级绕组分别套在铁芯两臂上，次级为两个绕组串联，而初级可按串联或并联连接。

但注意极性要正确，如图 2-1-15。若是串联，应是两初级绕组的首端或末端相连；若是并联，应是一个初级绕组的首端与另一绕组的首端相连。

图 2-1-16 为半波自整流电路及波形。这种电路是将 X 线管直接和高压变压器次级输出相连接，并处在交流高压状态之下工作。在正半周，阳极为正，阴极为负，有管电流通过，产生 X 线。在负半周，阳极为负，阴极为正，即在 X 线管两端加上了反向电压（又称逆电压），使管电流截止，不能产生 X 射线。这种利用 X 线管自身单向导电性进行整流的电路称为自整流电路。多用于 100mA 以下的小型机。

由于这种电路中存在逆电压，而这种逆电压是有危害的（这是因为有逆电压时，无管电流产生，因而电路中没有压降，所以该逆电压要比 X 线管导通时的电压高，因而会使高压电路中的元件击穿。另外，还会使二次电子反向撞击阴极灯丝，损坏灯丝），所以必须要有一个逆电压的衰减装置。如图 2-1-17。

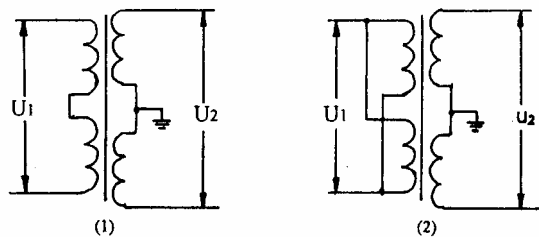


图 2-1-15 半波自整流高压电路图

(1) 串联；(2) 并联

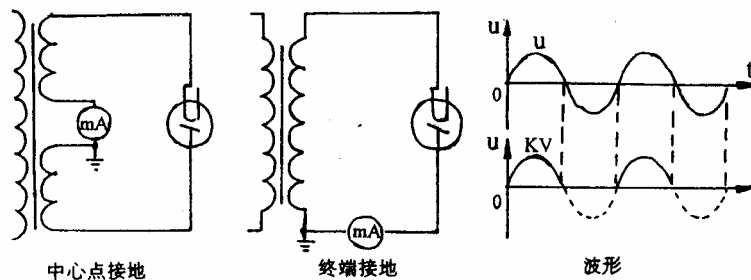


图 2-1-16 半波自整流电路及波形

它是将具有单向导电特性的硅二极管 ZB 和一个可调电阻 R_2 相并联后，串联在高压初级电路中。当在正半周时，加在二极管 ZB 上的电压为正向，二极管导通。由于二极管正向压降很小，所以初级电路内压降也较小。相反在负半周内，二极管反向截止，此时变压器的空载电流必经过电阻 R_2 而产生较大压降，这样使高压次级电压降低，使逆电压衰减。

对于它的管电流测量，由于 X 线管为单向导电，通过高压变压器次级绕组的为一脉动直流。因此，只要在两次级绕组之间直接串入一只电磁式直流毫安表即可。

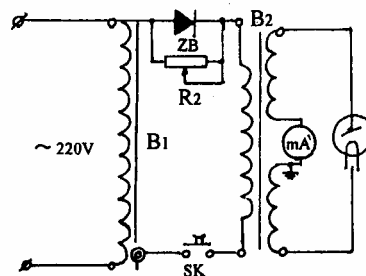


图 2-1-17 逆电压衰减装置电路

(二) 单向全波整流与管电流测量电路

中型诊断 X 线机多采用单相全波整流电路，其特点是在交流电的任一半周，X 线管都有电流通过。它与半波自整流电路比较，提高了 X 线管的效率，增加了 X 线的输出量。

图 2-1-18 为单相全波桥式整流电路及波形。4 个高压硅堆 $D_1 \sim D_4$ 组成全波桥式整流电路，接于高压变压器次级输出的两端，变压器次级中心接地。整流原理是：当某一半周使变压器次级上端为正，下端为负时，整流管 D_1 和 D_4 导通，与 X 线管形成回路；若是上端为负，下端为正时， D_2 和 D_3 正向导通，与 X 线管形成回路。这样通过 X 线管的电流方向在两个半周都是由阳极流向阴极。

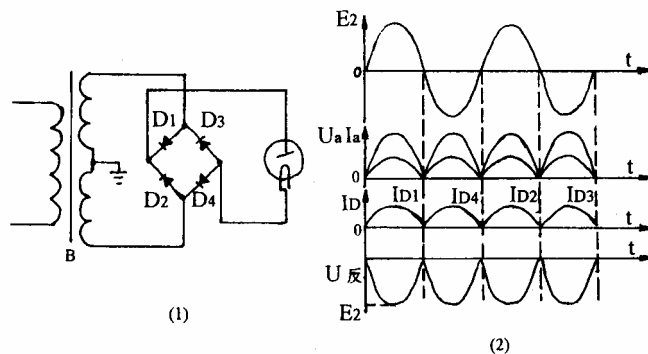


图 2-1-18 单相全波桥式整流电路及波形

对于它的管电流的测量，由于经过全波整流，流过 X 线管的电流是单向脉动直流，而

流过变压器次级的电流是交流。用交流毫安表测量时，低量程范围的刻度是非线性的，很不准确，故一般都将交流电用低压桥式整流后再供直流毫安表测量。

由于高压变压器次级电压很高，在线圈的匝与匝之间、层与层之间、线圈对地之间和高压电缆芯线对地之间均能形成电容。在高压发生时产生电流，该电流称电容电流，其值为 $3 \sim 6\text{mA}$ 。自整流电路因高压变压器次级的电流是直流，毫安表为直流，而电容电流是交流，因对毫安表指示无影响。而在全波整流电路中，高压变压器次级是交流并设置了低压全波整流电路，这时电容电流也经过了整流。由于透视时管电流比较小，所以电容电流对于它的管电流测量影响较大，必须设置电容电流补偿电路。而对于摄影，由于管电流较大，故电容电流对它的影响不大，不需要进行补偿。常见的补偿方法有下列两种：

1. 电阻分流法 最简单的方法是毫安表整流器输入端并上一个分流可调电阻，使一部分电容电流经此电阻分流而不通过毫安表，这样指示的毫安值就近似实际的管电流，如图 2-1-19 所示。这种补偿电路是固定分流式，而电容电流是随管电压的升高而增加的，故其补偿数值严格说来只对某一管电压而言是正确的，管电压改变后补偿值并不十分满意。

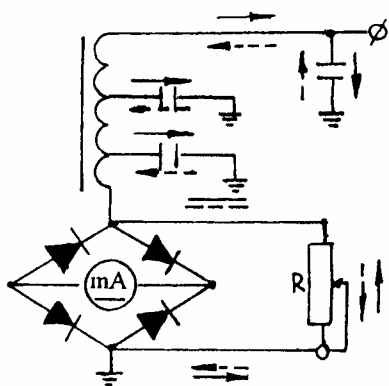


图 2-1-19 电容电流抵偿电位器的连接

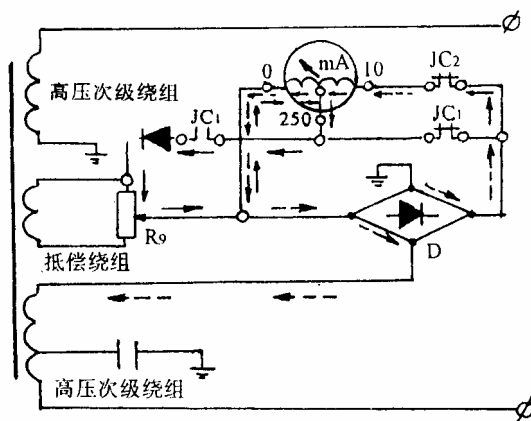


图 2-1-20 变压器式电容电流抵偿法的连接

2. 变压器抵偿法 变压器抵偿法是在高压变压器初级上附加一个独立的小绕组，且该绕组所产生的电流与管电流方向相反。由于绕组电压与千伏成正比，这样就使产生的抵偿电流与电容电流大小相等而方向相反，起到抵偿的作用，如图 2-1-20。其具体的电路原理分析将在后面的主机电路分析中详细阐述。

（三）三相全波整流与管电流测量电路

现代医学的发展对放射诊断学提出了更高的要求，如加快显示运动器官以及对器官功能进行动态观察等，这就要求 X 线设备功率大，曝光时间短，图像质量高。为了达到上述要求，除了采用大功率、焦点小的 X 线管等措施外，必须提高 X 线发生装置的输出功率并改善高压整流波形。由于 X 线发生装置的输出功率不仅与 X 线管管电流、管电压有关，而且与高压电路的形式有关，即与管电压、管电流的波纹系数有关。波纹系数越小其输出功率越大。显然，要满足要求应采用三相全波整流电路。常见的三相全波整流电路有以下几种：

1. 三相六波桥式整流电路 图 2-1-21 为六个硅堆组成的三相全波桥式整流电路及波形。

高压发生器三个次级绕组接成星形。

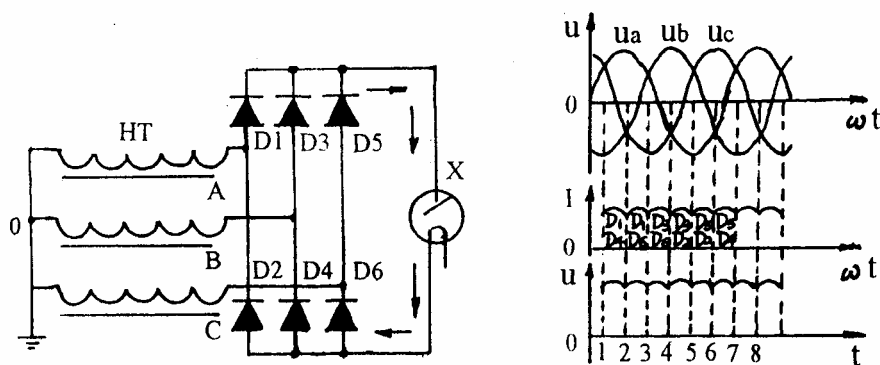


图 2-1-21 三相全波桥式整流电路及波形

当 A 相较其它两相的电位先变化至最大时，电流由 A 相到 D_1 到 X 线管，然后分两路经 D_4 、 D_6 回到 B 相和 C 相。同理可以得出 B 相是到 D_3 经 D_2 、 D_6 回到 A 相和 C 相；C 相是到 D_5 经 D_2 、 D_4 回到 A 相和 B 相。可以看出，无论哪一相导电，通过 X 线管的电流方向永远一致。而且硅堆的正向电阻很小，反向电阻可视为无限大，故三相之间的电压都加在了 X 线管上。可见 X 线管的电流和电压脉动率很小，接近于平稳直流，所以它的输出功率比单相的要大 1.57 倍，从而较大地提高了 X 线管的功率。

2. 三相十二波桥式整流电路 目前，心血管造影 X 线机等大型机组，均采用三相十二波桥式整流电路，以满足连续拍片时足够的输出功率和最佳效果。如图 2-1-22 即为三相十二波桥式整流电路及波形。

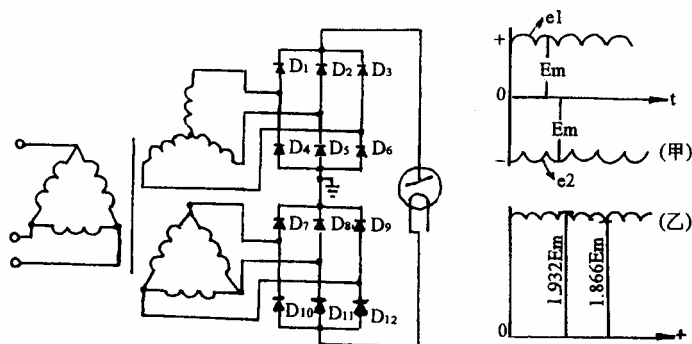


图 2-1-22 三相十二波桥式整流电路及波形

高压变压器初级绕组接成 Δ 形，次级绕组接成 Y 形（ S_1 绕组）和 Δ 形（ S_2 绕组），即 Δ —Y· Δ 联结使 S_1 和 S_2 输出电压相差 30° ，而一周期为 360° 角，所以每一个周期将出现 12 个脉冲。这样波形系数更小，使 X 线管得到更平稳的和脉动量更小的几乎是恒定的直流电压，进一步提高了 X 线管的功率。

三相十二波桥式整流电路中的中心点的电流为直流,因此可以把直流毫安表串接在中心点上,而不需要另设低压测量整流器。

四、高压初级电路

高压初级电路是对高压变压器供电的,这部分主要解决三个问题:高压调节、高压控制和高压指示。

(一) 高压调节

管电压对 X 线诊断和治疗的效果有决定性意义。由于人体各组织部位的密度、厚度的差异很大,为满足各部位对 X 线穿透能力的要求,应有一个范围很宽的管电压调节系统。常见的调节方法有初级调节法和次级调节法两种。

1. 高压初级调节法 由变压器原理:

$$V_2 = (n_2 / n_1) \times V_1$$

式中 V_2 为次级电压, V_1 为初级电压, n_1 、 n_2 分别为初、次级线圈匝数。由此可见,改变初级电压 V_1 和初级线圈匝数 n_1 都可以改变次级电压 V_2 。

(1) 调初级电压 V_1 : 这是各类 X 线机常用的较为简便的方法,即不同的管电压是由不同的初级电压决定的。自耦变压器输出电压采用抽头式或滑轮式调节方法。如图 2-1-23。

(2) 调初级匝数 n_1 : 通过改变高压变压器初级匝数的办法也可改变管电压。如匈牙利生产的 EDR-750B 型 X 线机就是采用数控电路对高压变压器初级绕组的匝数进行选择,以达到管电压调节的目的。如图 2-1-24。

其中 n_0 为基准绕组,决定高压变压器输出的最高电压。 $n_1 \sim n_7$ 是 7 个单独的不同匝数的初级绕组。当代码继电器 $BH_1 \sim BH_7$ 中任一继电器工作时,对应的初级绕组就从串联电路中断开,故通过数控电路指令继电器的工作程序,就能改变高压变压器的初级匝数而实现管电压选择的目的。其工作原理参考具体电路分析。

(3) 调初级电压、电流波形: 这种方法在自动化程度较高的现代化 X 线机中应用较广,比如通过改变串联在高压初级电路上的主可控硅的导通角来选择管

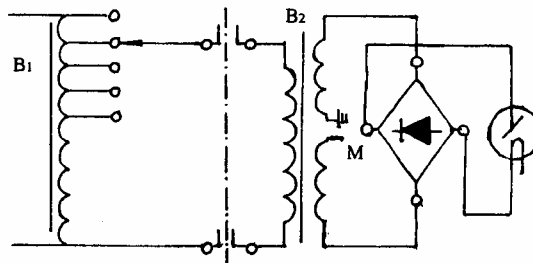


图 2-1-23 管电压调节基本电路

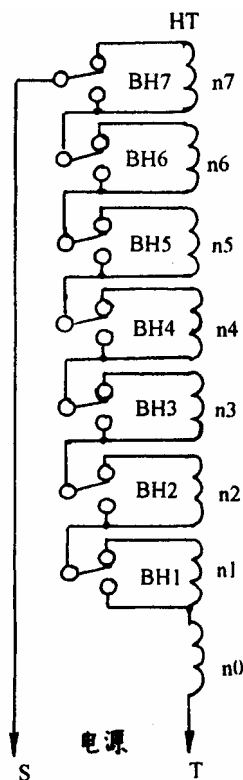


图 2-1-24 选择初级匝数调管电流

电压，在中频 X 线机中通过改变初级电流的占空比或频率来改变管电压。

2. 高压次级调节法 这种方法一般是在高压次级电路中串联高压调整管，通过改变调整管的压降而改变 X 线管的管电压。如图 2-1-25。

图 2-1-25 中 HG 为高压发生器， G_1 、 G_2 为高压调整管，BQ 为比较器。电阻 R 检出实际 kV 信号进入比较器，在比较器中与预置 kV 信号比较，然后由输出的误差信号去控制高压调整管 G_1 、 G_2 的栅极电位而改变调整管的压降，最终将使实际 kV 值与预置值相符。

(二) 高压控制方法

1. 用接触器控制的方法 这种方法是在高压初级供电回路中串接一组以上高压控制接触器的控制接点，而高压控制接触器受限时器或脚闸控制，这种控制高压通断的方法操作简便，实用可靠，为大多数中小型 X 线机采用。如图 2-1-26。

图 2-1-26 中 JC_1 为透视高压接触器的控制接点， JC_3 为摄影高压接触器的控制接点， R_1 、 R_2 为防突波电阻。这是因为高压变压器具有较大的电感，当高压突然接入时会产生超过额定值数倍的过电压和冲击浪涌电流，使绝缘受破坏。为预防这种情况，常在高压接触器的一个接点中串入一个阻值较小的电阻，称为防突波电阻。它使高压先经此电阻以较低的电压接入，然后另一个接点将此电阻短路而加上全部电压。切断时，两对接点以相反的次序断开。

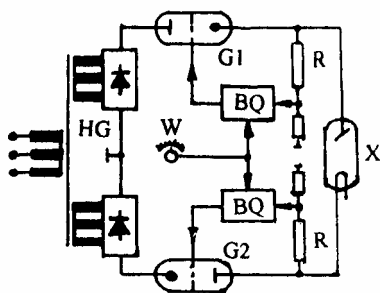


图 2-1-25 高压次级调节电路

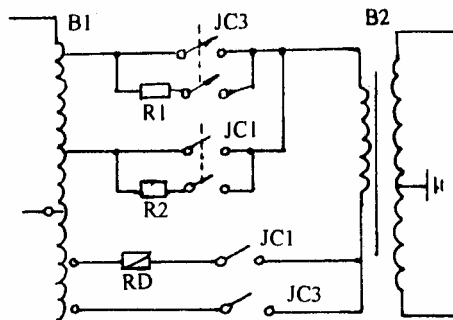


图 2-1-26 继电器控制高压

2. 用可控硅控制的方法 由于接触器的固有动作时间一般都在十几毫秒以上，不能满足在 1s 以内多次闭合与断开的要求，尤其是它缺乏对时序和状态的判断能力，负载时会产生较大的电弧放电。所以目前已大量采用可控硅组成的交流无触点开关取代接触器，可完全避免电弧放电，且控制敏捷、无噪声、电路压降小并能在每秒 200 帧脉冲的范围内与其它控制电路协调工作，以满足对运动器官快速摄影的要求。

可控硅是硅可控整流元件的简称，它有以下特点：①当阳极和控制极相对阴极而言均为正电位时导通；②一经导通，控制极便

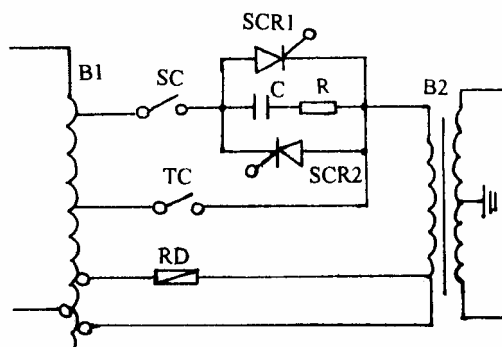


图 2-1-27 可控硅控制高压

失去了作用,要使其截止必须把正向阳极电压降到一定值,或加反向电压或断开。

用可控硅控制的基本电路如图 2-1-27。

图 2-1-27 中可控硅 SCR1 和 SCR2 组成反并联电路。当无触发信号时,电路呈关断状态。在曝光前,摄影高压准备接触器 SC 的接点先闭合,此时 SCR1、SCR2 未导通,所以高压初级仍无电压加上,构不成通路,SC 接点间不会产生电弧电流。当加上触发信号后,可控硅导通,经一定的曝光时间触发信号被切断。当初级电路中的正弦变化的电压过零时,可控硅自行关断,曝光结束。随后 SC 接点断开,SC 起高压辅助控制作用,避免因可控硅击穿而使高压失控的现象。

(三) 高压指示方法

由于管电压是高压,直接测量是困难的,故一般都根据高压变压器初级所预调的空载电压来间接求得负载时的实际管电压。但是因为存在机器内阻和各种机器阻抗,负载时要产生很大的电压降,而且这一电压降随管电流的提高而增大。为了保证实际管电压达到预定的数值,必须对此电压降进行补偿,称为 kV 补偿。通常采用预先提高高压初级电压的方法,并使得提高的电压数值与电压降数值相等。如何在电路上恰当地实现这一要求呢?首先必须了解实际管电压与初级空载电压的关系和 kV 补偿的具体特性。

1. 进行 kV 补偿的原因 因为与主电路相比较其它辅助电路消耗的功率甚小,可以忽略。所以电压降主要指主电路中的电压降。又因为 X 线管为一阻性负载,由其产生的压降基本上是阻性压降,因此主电路各部分的等效阻抗可用等效电阻代替。图 9-28 所示为单相全波桥式整流主电路的等效电路。

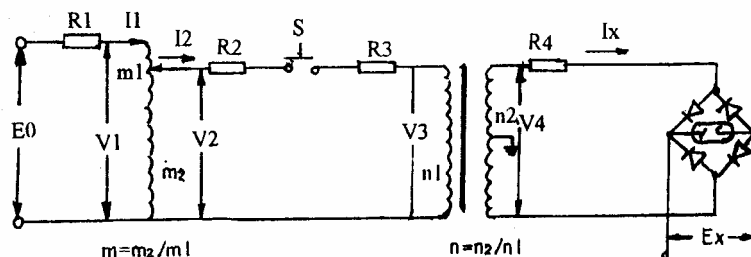


图 2-1-28 单相全波桥式整流主回路

图 2-1-28 中 E_0 为电源电压, I_1 为电源电阻, R_1 为电源内阻, m 为自耦变压器变压比 ($m = m_2 / m_1$), R_2 为串接在主回路中的自耦变压器绕组的等效电阻, I_2 为高压变压器初级电流, R_3 为自耦变压器至高压初级侧等效电阻, R_4 为高压变压器次级及整流元件的等效电阻, n 为高压变压器变压比 ($n = n_2 / n_1$), I_x 为管电流有效值, E_x 为管电压有效值。

$$\text{由于: } E_x = V_4 - R_4 I_x$$

$$\text{而 } V_4 = n V_3 \quad (1)$$

$$V_3 = V_2 - (R_2 + R_3) I_2 \quad (2)$$

$$V_2 = m V_1 \quad (3)$$

$$V_1 = E_0 - R_1 I_1 \quad (4)$$

将 (1) — (4) 代入并整理后, 得

$$E_x = n [m (E_0 - R_1 I_1) - (R_2 + R_3) I_2] - R_4 I_x$$

$$= nmE_0 - nmR_1 I_1 - nR_2 I_2 - nR_3 I_2 - R_4 I_x$$

$$\text{又因为 } I_2 = nI_x; \quad I_1 = mI_2 = mnI_x$$

代入上式, 得

$$E_x = nmE_0 - m^2 n^2 R_1 I_x - n^2 R_2 I_x - n^2 R_3 I_x - R_4 I_x$$

上式第一项为空载时管电压, 第二项为换算到高压侧的电源内阻电压降, 第三项为换算到高压侧的自耦变压器内阻电压降, 第四项为换算到高压侧的控制台至初级侧低压导线电阻电压降, 第五项为高压侧电阻的电压降。正是由于存在第二至第五项的电压降, 使实际管电压随管电流的增大而降低, 这就是要进行 kV 补偿的原因。

2. 两种形式的 kV 补偿 实验证明, 不同负载时, X 线管电压 E_x (与高压变压器初级空载预示电压 V_1 的关系如图 2-1-29 所示。

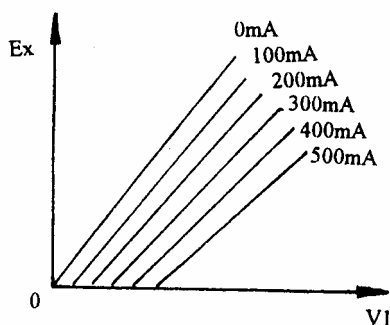


图 2-1-29 管电压与初级空载电压的关系

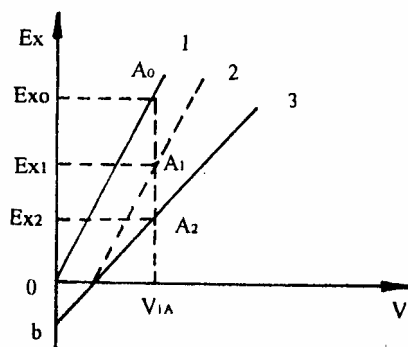


图 2-1-30 空载曲线与负载曲线的关系

由图 2-1-29 可知, 管电流为零时曲线是过原点的直线 (即空载曲线); 管电流越大, 曲线越往右移。在比较小的管电流时相对空载曲线基本上是平行移动, 在较大管电流时除平移外曲线的斜率也要变小。在图 2-1-30 中, 曲线 1 为管电压空载曲线, 曲线 3 为对应一定管电流的负载曲线。对于初级空载电压 V_{1A} 对应曲线 1 的 A_0 、管电压 E_{x0} , 对应曲线 3 的 A_2 点、管电压 E_{x2} , 总 kV 补偿值为 $(E_{x0} - E_{x2})$, 它可以理解为两部分之和, 即曲线 1 到曲线 2 所引起的平移补偿 $(E_{x0} - E_{x1})$; 另一部分为曲线 2 逆时针旋转一定角度后与曲线 3 重合而引起的斜率补偿 $(E_{x1} - E_{x2})$, 所以总补偿就是

$$E_{x0} - E_{x2} = (E_{x0} - E_{x1}) + (E_{x1} - E_{x2})$$

从物理意义上讲, 平移补偿是要补偿由于管电流经高压变压器和整流管所引起的电压降落, 这是对某一固定毫安值而言的。而斜率补偿主要补偿管电流波形随管电压升高而发生畸变, 和电源阻抗随管电压而变化所引起的电压降落。

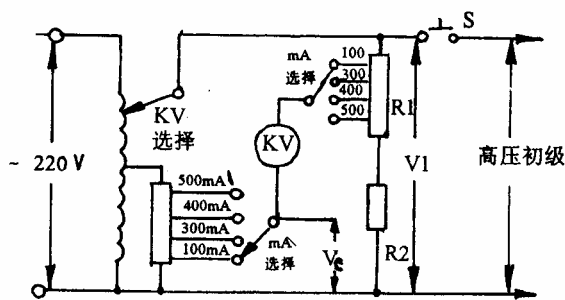


图 2-1-31 kV 预示的实际电路

3. kV 指示电路的具体实现 X 线管电压的负载曲线可用数学方程式表示为: $E_x = aV_1 - b$ 。如果一只普通交流电压表接在高压初级预置 kV 电路中, 当表头电压 $V_{表}$ 与高压初级预置的空载电压 V_1 也满足类似的关系: $V_{表} = a'V_1 - b'$, 即可在该表上低压指示实际管电压值。图 9-31 即为一个 kV 预示的实际电路。

$$\begin{aligned} V_{表} &= V_1 - V_c - IR \\ &= V_1 - V_c - V_1 / (R_1 + R_2) R \\ &= [1 - R / (R_1 + R_2)] V_1 - V_c \end{aligned}$$

此式与负载管电压曲线的数学方程式完全一致, 且截距 V_c 和斜率 $[1 - R / (R_1 + R_2)]$ 随参变量管电流的变化关系也满足要求, 所以 kV 表上的指数可以用作负载时管电压的指示。

五、电源电路

(一) 自耦变压器

自耦变压器是 X 线机各部分电路供电的总枢纽, 置于控制台内, 其作用是将供电网络单一的输入电压变为数值不同或可调的电压以满足 X 线机各部分电路对电源的不同要求。

自耦变压器就是一种单圈式变压器, 由铁芯和线圈组成, 初次级共用一个绕组, 其小功率的多用圆截面的导线, 多制成抽头式调压; 功率较大的则用矩形截面的导线, 多制成滑动式调压。它的基本工作原理同普通变压器一样。

(二) 电源电压的调节与选择

X 线机的电源输入多用 380V 或 220V 电压, 但在实际中外电源常不能完全符合这个电压, 且随供电线路负荷的变化而有较大的波动。因而在自耦变压器的输入端设有电源电压选择和调节器。当外界电压波动时, 随时可进行调整。其方法是改变自耦变压器上的匝数, 以使输出端的电压保持稳定。具体的电源电路和调节将在后面电路分析中进行详述。

六、管电流调节电路

管电流调节电路是为 X 线管提供加热电压的专用电路, 所以也称 X 线管灯丝加热电路。它包括 X 线管灯丝变压器初级和次级两部分电路。由于次级电路结构十分简单也无须调整, 所以管电流调整电路就是指灯丝变压器初级而言的。

该电路的重要元件有稳压器、空间电荷补偿变压器和 X 线管的灯丝变压器、以及大功率电阻和可调电位器等。下面就分别讲述一下各部分原理、构造。

(一) 磁饱和谐振式稳压器

由于 X 线管灯丝加热温度与管电流的稳定有密切关系, 因此要求灯丝初级电路的电压变化很小, 以保持 X 线输出剂量的稳定。当电源发生波动或因 X 线管负载时所引起的电压降, 都会使灯丝初级电压发生变化, 使 X 线管灯丝加热不稳定, 而影响到 X 线管管电

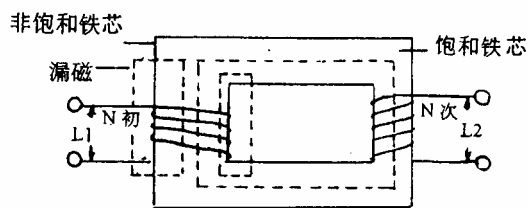


图 2-1-32 简单磁饱和稳压器

流的准确性。因而在中型以上 X 线机中多设置了稳压器。这种稳压器具有当输入电压波动较大的情况下使输出电压不变或变化甚小的作用。它多利用磁饱和原理制成。如图 2-1-32。

磁饱和稳压器的主要部分是一个饱和变压器，它的铁芯和普通变压器不同，初级线圈侧的铁芯截面积大，称为非饱和铁芯，次级线圈侧的铁芯截面积小，称为饱和铁芯。当输入电压低于正常值时，稳压器和普通变压器一样按初级线圈的匝数比的关系升高或降低电压。随着输入电压的升高，初级线圈铁芯上的磁通不断增加，而次级线圈铁芯由于截面积小于初级线圈的铁芯，磁通不能增加而达到饱和，多余的磁通只能通过空气而泄漏，称为磁漏。由此可见，在次级线圈铁芯的磁通达到饱和之后，初级输入电压在一定范围内变化时，次级线圈铁芯的磁通变化很小，因此次级线圈的输出电压不会再按比例上升，起到稳压的作用。但这种简单的磁饱和稳压器在电源电压变化时，磁通量在饱和点上仍有少量变化，输出电压仍随输入电压的波动而有一定的变化。为了弥补这一不足，通常在非饱和铁芯上加上补偿线圈 L_3 ，在饱和铁芯上加 LC 组成的谐振电路，就是目前应用较多的谐振式磁饱和稳压器。如图 2-1-33 所示。

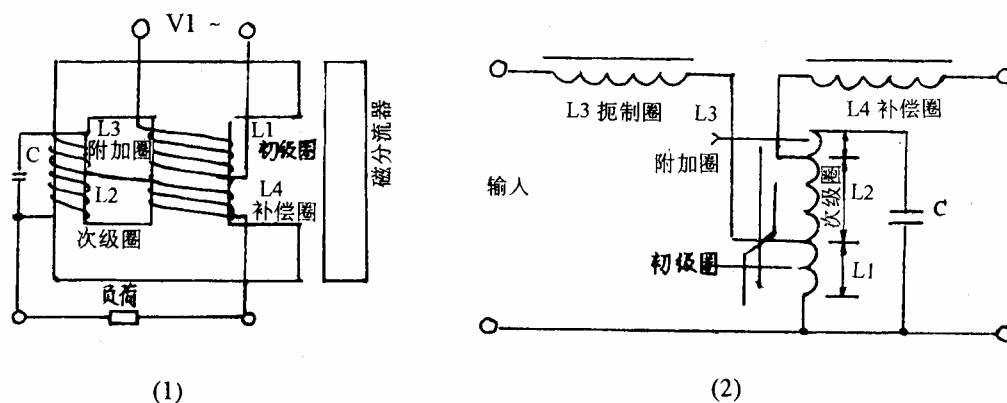


图 2-1-33 谐振式磁饱和稳压器

(1) 谐振式磁饱和稳压器原理示意图；(2) 谐振式磁饱和稳压器电路图

图 2-1-33 中 L_1 为未饱和线圈， L_2 为饱和线圈， L_3 为补偿线圈，它是一个匝数不多而可调的未饱和线圈，和 L_1 绕在同一非饱和的铁芯上。但其绕线方向和 L_1 相反，然后再与 L_2 反向串联，从而使输出电压为：

$$V_{\text{出}} = V_{L_2} - V_{L_3}$$

当电源电压变化时，在未饱和圈 L_1 上引起较大的电压变化，而 L_2 因是饱和线圈，其电压变化小， L_3 因匝数较少其电压变化也较小。如果调整 L_3 的匝数使 L_3 的电压变化量与 L_2 的电压变化量相等或相接近，使稳定性能进一步提高。

L_4 是在饱和铁芯上的线圈，其匝数可以调节，与电容器 C 组成谐振电路。当电源频率与 LC 的振荡频率相等时，电路产生谐振，谐振电流很大，很快使铁芯饱和因而减少取自电源的磁化电流，减少了电能的损耗，提高了稳压器的效率。

（二）K 线管管电流的调节及预示

X 线机电路中对 X 线管管电流的控制，是借助于改变灯丝变压器初级电压的方法来实现的。由于初级电压的改变，次级电压也得到改变，从而使 X 线管灯丝得到不同的加热温度，灯丝电子发射的数量得以控制，从而达到改变管电流大小的目的。

在实际电路中多采用在初级电路内串联电阻的方法来控制管电流。当阻值增大时其电压降增大，加到灯丝变压器初级上的电压也降低，次级也降低，灯丝发射电子数目减少，管电流也相应减少。反之，管电流就增大。

从前面讲述的可知，在中大型 X 线机灯丝加热电路中虽没有稳压装置，但存在空间电荷的影响，管电流仍随管电压的增减而增减。故常在灯丝初级电路中设置空间电荷抵偿装置。

现代中大型 X 线机空间电荷抵偿电路多采用变压器抵偿法，其抵偿方法如图 2-1-34 所示。

图 2-1-34 中 T_8 为空间电荷抵偿变压器初级线圈， R_5 为摄影毫安调节半可调电阻，组成毫安选择器，使之联动。抵偿变压器初级线圈与高压变压器的初级并联，即初级电压随千伏改变而改变，千伏值升高，初级电压也升高，反之则降低。抵偿变压器次级与灯丝变压器初级线圈反向串联，即抵偿变压器次级感应电压与灯丝变压器初级电压极性相反，因而管电压增加。灯丝加热电压随千伏值增加而降低，从而保证管电流不变。这样，X 线的质、量可以分开单独调节而互不影响。

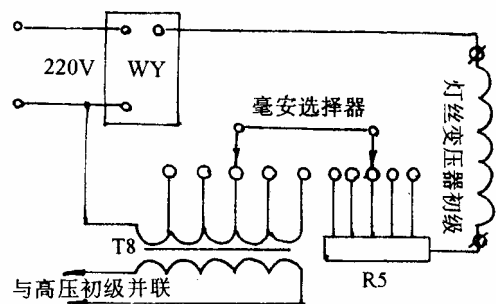


图 2-1-34 变压器式空间电荷抵偿电路

七、X 线管安全保护电路

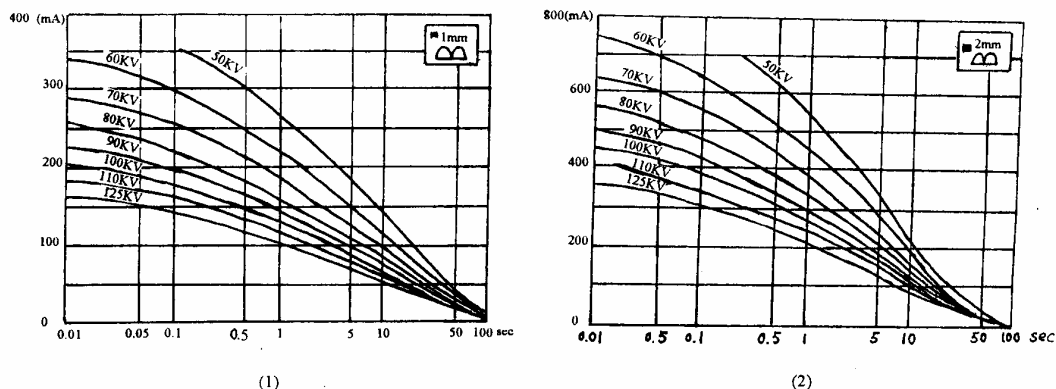
（一）瞬时负载保护电路

X 线机瞬时负载保护电路就是从电路结构上防止操作者在选择摄影条件时偶尔超过 X 线管额定负载时的一种安全措施。当这种情况出现时应保证曝光无法进行，单次的 X 线摄影是一种瞬时负载，所以这种保护仅属于一次预置保护，它对于额定值内连续重复曝光而出现的累积性过载，是不能起保护作用的。

瞬时负载保护电路要以 X 线管瞬时功率曲线为依据，D17~20/40/125 型旋转阳极 X 线管瞬时负载特性曲线如图 2-1-35。

对每个焦点，每次摄影所选择的管电流、管电压和曝光时间所对应的座标都应落在相应的瞬时功率曲线之下才允许曝光。若出现在曲线之上，则保护电路要自动阻止曝光发生。

在三钮制调制系统中，kV、mA、S 三个曝光参数自由选择，所以均采用参数联锁式瞬时负载保护电路。这种电路一般包括信号输入电路和驱动电路两部分。输入电压反映了 kV、mA、S 三个参量的变化，由这三个量决定的在瞬时功率曲线坐标系中正好落在曲线上的那些座标点，就决定了输入信号电压的临界值。一旦大于临界值，就通过驱动电路阻止曝光发生，一切可能的曝光都在临界值之下。具体的电路分析请见后面的电路分析。

图 2-1-35 DI_{7~20/40/125} 型旋转阳极 X 线管瞬时负载特性曲线

(1) 小焦点; (2) 大焦点

(二) 旋转阳极控制电路

目前中大型 X 线机均采用旋转阳极 X 线管, 此种管子具有焦点小, 功率大等优点。但必须在摄影前很短时间内达到很高的转速才能曝光, 否则, 电子集中在一点, 致使焦点面过热熔化而造成管子损坏。对旋转阳极及其控制电路的基本要求有以下几个方面:

1. 要有快速启动装置 一般要在 0.8~1.5s 的启动时间内, 将转动惯量很大的转子系统由静止达到额定转速 (低速管为 2800r/min, 高速管为 8500r/min) 需要有一个很高的启动转矩。为此, 需要使启动电容足够大和启动电压足够高。

2. 要有延时装置 延时装置就是为保证 0.8~1.5s 的启动时间, 以便在阳极达到额定转速后开始曝光。

3. 要有降压装置 阳极一旦达到额定转速后, 在曝光期间应该将启动状态的高压切换为工作状态的低压, 以适应阳极的启动转矩大, 运转转矩小的特点。由于曝光时间很短, 有的机器也采用启动和工作状态处于同一电压值的办法。

旋转阳极的转动原理是基于单相异步电动机原理, 在 X 线管阳极端装有与阳极靶同轴的鼠笼式转子, 在紧靠阳极端的玻璃外壁装置一个由铁芯和绕组组成的定子, 以构成单相异步电动机。定子绕组分启动绕组和工作绕组, 如图 2-1-36 所示。

为了使电机能够自行启动, 两个绕组在圆形定子铁芯上相差 90° 的空间角度, 这样当把在时间上相差 90° 的两相交流电引入定子后, 便产生旋转磁场, 使阳极转动。由于启动绕组和工作绕组一般由同一单相电源供电, 为了产生两相电流, 可在启动绕组中串接电容器 C 进行移相。如果电容量合适, 可使启动绕组中电流超前工作绕组中电流约 90°, 从而在定子空间形成旋转磁场, 这种电机称电容电动机。

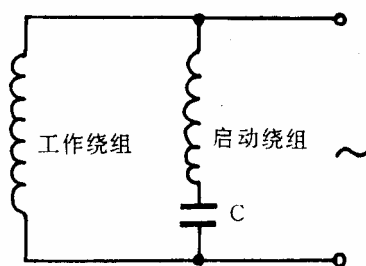


图 2-1-36 旋转阳极启动基本电路

八、限时器

限时器是用来控制摄影曝光时间的装置，它能准确地控制 X 线的照射量。限时器的种类很多，不同参数的 X 线机配有相应精度的限时器。控制 X 线曝光时间的方法一般是将限时器的触点串联在高压接触器的线圈回路中，只要控制高压接触器的工作时间即能控制曝光时间。

限时器的种类有：机械限时器、电动机限时器、电子管限时器、半导体限时器、毫安秒限时器、以及光电管和电离室限时器等。

九、接触器与继电器

接触器与继电器都是利用磁力，按照外来电信号动作的电器元件。它广泛应用于 X 线机主机各种控制电路及各种辅助装置的电路中，用以接通或断开电路。

接触器与继电器结构原理大致相同，其主要区别是：接触器一般用于大功率负荷电路中，并设有较好的灭弧装置；而继电器则用于小功率负荷电路中，触点数目多，但容量小，无专用灭弧装置。

（一）交流接触器

接触器有交流和直流两种，其主要结构均由电磁铁、触点和灭弧装置三部分组成。因 X 线机中多用交流接触器，故本节只讲述交流接触器。

1. 工作原理 交流接触器结构如图 2-1-37 所示。

当线圈有交流电通过时，线圈产生磁场，铁芯磁化为电磁铁而吸引衔铁，动触点随衔铁的吸合使触点闭合而接通电路。当线圈断电时，接触器衔铁在反作用弹簧的作用下被释放，触点断开。

2. 结构

（1）电磁铁：它是接触器的关键部件，由线圈铁芯和衔铁组成。电磁铁的形式主要取决于铁芯的形状，有螺管甲壳式、拍合式、旋转式、山字式等几种，如图 2-1-38 所示。X 线机常用的交流接触器有 CJ₀、CJ₁₀ 系列，铁芯多为山字式。

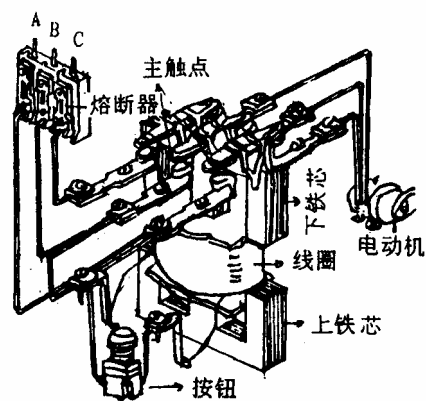


图 2-1-37 交流接触器结构图

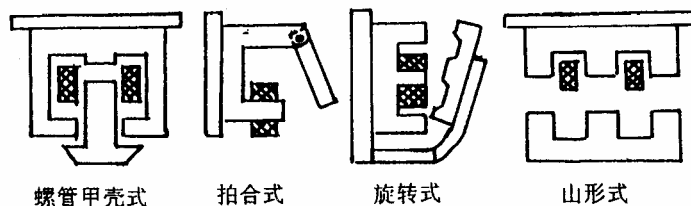


图 2-1-38 接触器衔铁的形式

交流接触器的铁芯一般用硅钢片叠成，以限制交变磁场在铁芯中产生涡流而发热。铁芯上装有一短路环，又称罩极线圈，用来减少交流接触器吸合时产生的振动和噪音。因为当线圈中通过交流电时，在铁芯中的磁通也是交流的。当磁通经过为零时，吸引力也为零，衔铁在反作用弹簧的作用下将被释放的趋势。当通过量最大时，铁芯对衔铁吸力也最大。这样衔铁受铁芯的吸力也是变化的，衔铁不能被铁芯吸牢，它在铁芯上振动，发出噪声，为消除噪声、振动，在铁芯的断面处（即与衔铁接触的横截面上）安装一个短路的铜环。如图 2-1-39 所示。

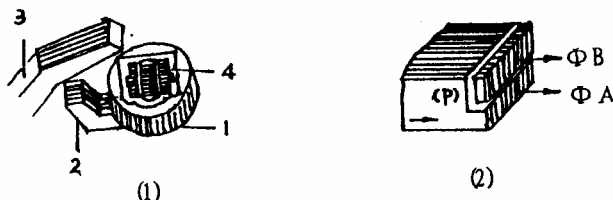


图 2-1-39 罩极线圈磁通变化

图 2-1-39 中 1 为线圈，2 为铁芯，3 为衔铁，4 为短路环。当交流磁通通过短路环时，环中感应电动势产生电流，这个电流产生的磁通量 Φ_B 与线圈电流产生的主磁通 Φ_A 相位不一致。在理想情况下， Φ_B 滞后 $\Phi_A \pi/2$ 角，如图 2-1-40 所示。两磁通分别在铁芯中产生吸力，总吸力应该为 F_A 与 F_B 之和，这样 F_p 随时间变动较小，故衔铁被铁芯吸牢，振动和噪声减少。

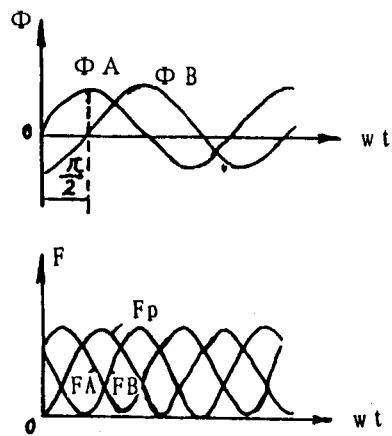


图 2-1-40 罩极线圈磁通变化

(2) 触点：以接触器触点结构来分有指式触点和桥式触点两种，如图 2-1-41 所示。

这两种触点如果在电压与通过触点的电流相同的条件下，桥式触点的断弧能力比指式触点好。

以动作来表示，触点可分为常开（NO 表示）与常闭触点（NC 表示）。所谓常开触点就是当接触器线圈通电时，衔铁动作和触点闭合，线圈断电时触点断开。所谓常闭触点，就是线圈断电时触点闭合，线圈通电时触点断开。以触点电流分有主触点与辅助触点。多数接触器都设有三对主触点、四对（两对常开，两对常闭）辅助触点。

(3) 灭弧装置：接触器接通与断开电流或电感大的电路时，两触点之间的气体在强电场作用下可出现放电现象，形成很大的电弧。它的温度很高，容易烧坏触点，使电路切断时间拖长，因此必须加设灭弧装置。常用的有两种：①多触点串联灭弧；②灭弧栅。

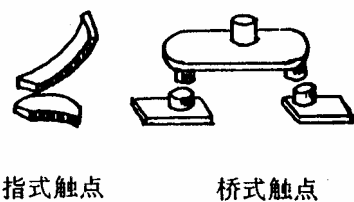


图 2-1-41 两种触点的形式

（二）中间继电器

中间继电器的工作原理与接触器相同，唯触点能通过的电流较小。它的触点较多，它可担任信号传递、多路控制和驱动电器执行工作等任务。

（三）极化继电器

极化继电器不同于普通电磁式继电器的地方，在于有附加的永久磁铁；衔铁的移动方向取决于磁化电流的极性，也就是说，衔铁的动作具有方向性。

极化继电器原理如图 2-1-42 所示。

它具有两个以上的独立线圈，绕在同一铁芯上，同时还有一块永久磁铁，有一个动触点，两个静触点。当线圈 I 通电时，动触点 C 与静触点 B 接触，衔铁不返回，仍与 B 接触作用。只有当线圈 II 通电时，动触点 C 才与静触点 B 脱离而与静触点 A 接触。当线圈 II 断电时，依靠永磁铁作用，动触点 C 仍与 A 接触。因此它具有一种极性记忆作用，能记住上次是哪个线圈通电。

此外还有弹簧继电器等几种，这里就不详述了。

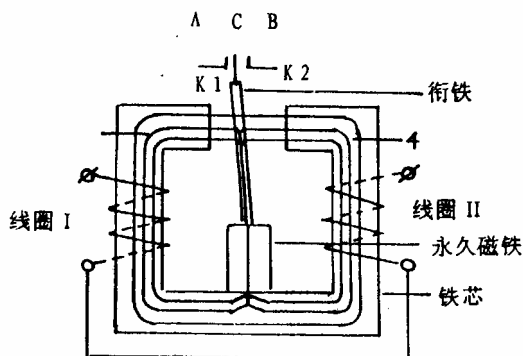


图 2-1-42 极化继电器原理示意图

第五节 医用 X 线检查设备的结构、基本原理与 检测仪器简介

一、结构简介

医用 X 线检查设备主要由两大部分组成，即 X 线发生器和 X 线检查的附属设备。

（一）X 线发生器

X 线发生器由控制器、高压发生器、X 线管组件与高压电缆组成。

1. 控制器 控制 X 线产生的各种控制电路、技术选择、产生 X 线参量设定、参量检测指示、各种电源供给分配等主要电路或控制系统由控制器控制，支持和控制 X 线的产生。500mA 以下 X 线发生器的控制器大多与操纵台为一体，而大型 X 线发生器的控制器多由控制柜与操纵台组成。

2. 高压发生器 高压发生器是一个装有绝缘油的油箱，其内装有供给 X 线管高压的升压变压器，将升压变压器次级高压交流变为直流的高压整流器、高压交换闸；供给 X 线管灯丝产生电子的降压变压器（称之为 X 线灯管丝加热变压器）。高压油箱内的绝缘油除了绝缘外还有为内部元件散热之功用。

3. X 线管组件 它由防电击防散射 X 线管套、绝缘油与 X 线管组成。X 线管的作用是直接产生 X 射线，所以它必须有能产生电子的阴极，能承受高速运动电子撞击与热传导的阳极，阴极与阳极装在一个真空度极高的玻璃罩内。X 线管阳极有静止（固定）与旋转之分，静止阳极 X 线管结构简单、容量小、焦点大；旋转阳极 X 线管结构复杂，容量大，焦点可做得很小（微焦点 0.3mm 以下）。静止与旋转阳极 X 线管组件一般结构见图 2-1-43 和图 2-1-44。

4. 高压电缆 高压发生器与 X 线管组件之间的连接电缆称之为高压电缆，它是用来向 X 线管输送管电压和灯丝加热电压的。它的结构如图 2-1-45 所示。

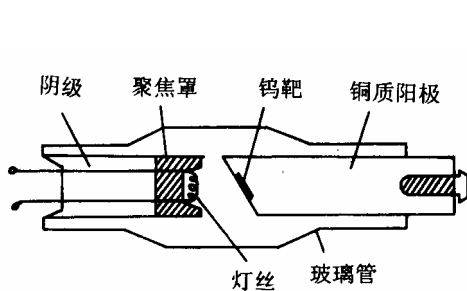


图 2-1-43 静止阳极 X 线管

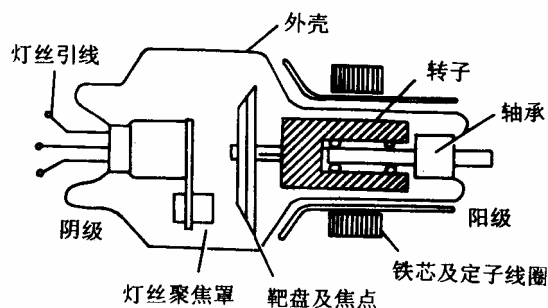
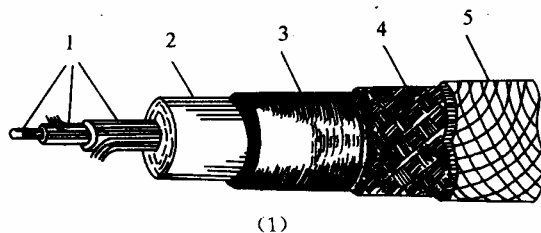
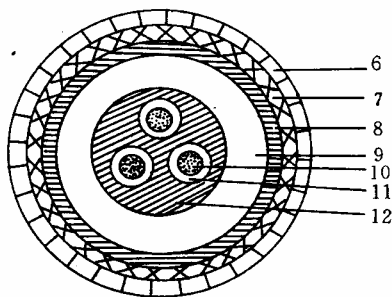


图 2-1-44 旋转阳极 X 线管



(1)



(2)

图 2-1-45 高压电缆结构示意图

(1) 同心圆形高压电缆；(2) 非同心圆形高压电缆

1. 芯线；2. 高压绝缘层；3. 半导体层；4. 金属网层；5. 保护层；6. 保护层；7. 金属网层；
8. 半导体层；9. 高压绝缘层；10. 芯线；11. 芯线绝缘层；12. 内半导体层

5. X线发生器规格 X线发生器规格目前尚未有统一的标准,各厂家自成系列。规格表示大致有以下几种:

- (1) 以额定管电压值表示。
- (2) 以最大瞬时功率表示。
- (3) 一定时间内(如0.1s),以额定管电流值和在该管电流值下的最高管电压值、额定管电压值和在该管电压值下最大管电流值并列表示,目前多用此法。
- (4) 以电容量和额定管电压值表示,这是电容器充放电式X线发生器特有的表示方法。
- (5) 我国均以最大输出管电流值表示。

表2-1-1与表2-1-2列举一些国内外X线发生器系列,供参考。

表2-1-1 国内X线发生器规格

最大管电流 (mA) 和最大管电压 (kVp)					
KB-200	单相	F78	单相	XG-200	单相
200mA	桥式		桥式		桥式
100KVp	全波	300mA	全波	200mA	全波
125KVp	整流	125KVp	整流	125KVp	整流
KB-400	单相	F99	单相		
400mA	桥式	500mA	桥式		
100KVp	全波	125KVp	全波		
125KVp	整流		整流		
KB-500	单相	FS503Y-1	单相	XG-500	单相
500mA	桥式	600mA	桥式	500mA	桥式
125KVp	全波	150KVp	全波	125KVp	全波
	整流		整流		整流
		FS803Y-1	单相		
		800mA	桥式		
		150KVp	全波		
			整流		
		2FS 302-1	高频		
		300mA			
		125KVp			
西南医疗设备厂		北京医用射线厂		上海医疗设备厂	

表 2-1-2 国外 X 线发生器规格

额定管电流(mA)和输出管电流(KVp)			输出管电流(mA)和额定管电压(KVp)					
EDI50L 300mA 125KVp 2 脉冲 500mA 100KVp 50KW			SUPER M70 800mA 60KVp 六脉冲 500mA 100KVp 420mA 125KVp 50KW			TRIDOROS OPTIMATIC 800 800mA 60KVp 6 脉冲 400mA 125KVp 50KW		
HDI50B 800mA 100KVp 12 脉冲 300mA 150KVp 80KW			SUPER M80 1000mA 80KVp 12 脉冲 800mA 100KVp 500mA 125KVp 80KW			TRIDOROS OPTIMATIC 1000 1000mA 70KVp 12 脉冲 700mA 100KVp 300mA 150KVp 70KW		
HD150G 1250mA 90KVp 二相恒压 630mA 125KVp 四极管 320mA 150KVp 112. 5KW			SUPER M100 1250mA 80KVp 12 脉冲 1000mA 100KVp 500mA 150KVp 100KW			GIGANTOS 1250 1250mA 80KVp 12 脉冲 1000mA 100KVp 500mA 150KVp 100KW		
UD150L 630mA 80KVp 高频 500mA 100KVp 320mA 150KVp 50KW			SUPER 50CP 600mA 80KVp 高频 500mA 100KVp 320mA 150KVp 50KW			POLYDOROS 50 800mA 80KVp 高频 500mA 100KVp 300mA 150KVp 50KW		
UD150B 1000mA 80KVp 高频 800mA 100KVp 250mA 150KVp 80KW			SUPER 80CP 1000mA 80KVp 高频 800mA 100KVp 500mA 150KVp 80KW			POLYDOROS 80 1000mA 80KVp 高频 800mA 100KVp 530mA 150KVp 80KW		
			SUPER 100CP 1250mA 80KVp 高频 1000mA 100KVp 630mA 150KVp 100KW			POLYDOROS 100 1250mA 80KVp 高频 1000mA 100KVp 600mA 150KVp 100KW		
SHIMADZU			PHILIPS			SIEMENS		
MGI00L-30 电容 100KV 1μF 器式			MCD105 电容 105 1μF 器式					
MC-125L-30 移动 125KV 1μF			PRACTIX33 高频 最大 110KV 移动 32mAS 3. 3KW			POLYMOBIL II 高频 最大 90KW 移动 200mAS 式 1. 6KW		
MCI25L-50 式 125KV 1μF								
MU125M 高频 400 80 移动 320 100 式 250 125 32KW			PRACTIX2000 高频 最大 125KV 移动 325mAS 式 12KW MOBII300CP 高频 最大 125KV 移动 250mAS 式 30KW			POLYMOBIL 夏 高频 最大 105 移动 250mAS 式 3KW MOBILETTPLUS 高频 30KW 移动 式		

6. X 线管规格及代用方法 在 X 线发生器检修中, 若发现 X 线管损坏只有重新更换。当没有同一型号的 X 线管时, 用其它型 X 线管代换, 则必须了解代换管与原管规格是否一

致。X线管规格参数比较多，各厂家表示方法不完全一致，在实际应用中我们只要比较其主要规格参数，一般有以下几种：

物理尺寸：总长度、最大直径、焦点中心、阴阳极端颈直径、靶盘直径等。只要物理尺寸一致，代换时在管套内装配就不成问题了。

最高管电压：一般标称有 100KVp、125KVp、150KVp。

功率：单位为 KW。

阳极热容量：单位为 KHU。

阳极倾角：单位为“度”。在一定的焦一片距离情况下，阳极倾角大小决定投照野的大小，也决定有效焦点的大小。

阳极冷却率：单位为 HU / S

阳极转速：单位为 r / min（每分钟旋转数），在 50Hz 电源时，低速标称 2 800r / min，高速标称 8 000r / min。

负载特性曲线：它是指在一定整流方式、一定 KVp 和 S 下，所允许的最大管电流。这在更换后，调整过载保护装置很有价值。

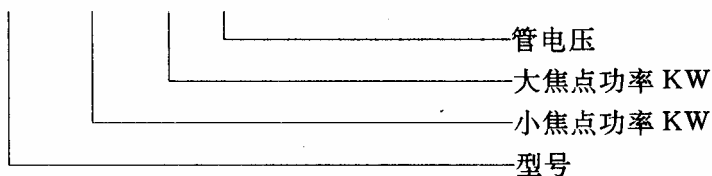
灯丝加热特性曲线：系指灯丝加热电压和加热电流的关系，一般 X 线管附带资料指的是有载情况下两者之间的关系，同时也给定了每种焦点的最大电压和电流。

为使读者在更换 X 线管时方便，现将主要生产厂家的 X 线管命名方法和对照表简述如下，供参考。

(1) X 线管命名方法

①中国杭州电子管厂 X 线管

XD51—XX—XX/1XX



②中国上海医疗器械九厂 X 线管，其命名方法与①相同。

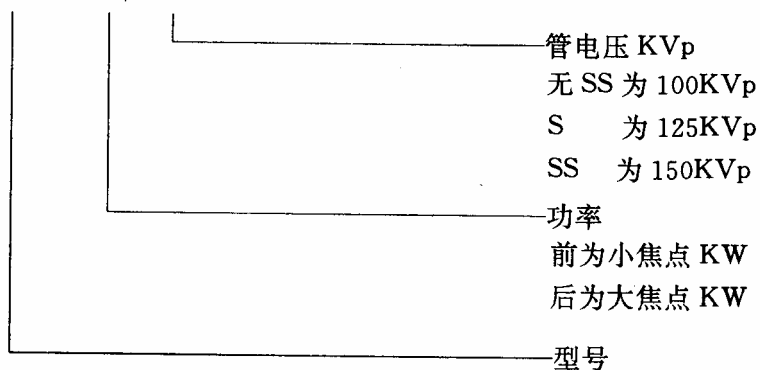
③PHILIPS X 线管

XPO XX XXX/ROTXXX



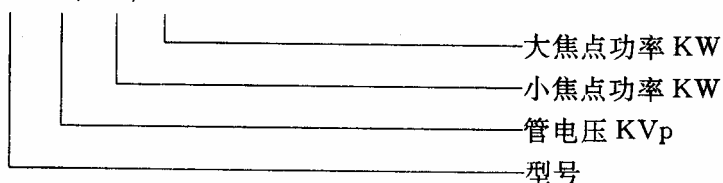
④德国 NAGO 厂 X 线管

GDXX—XX/XXSS



⑤德国 SIEMENSX 线管

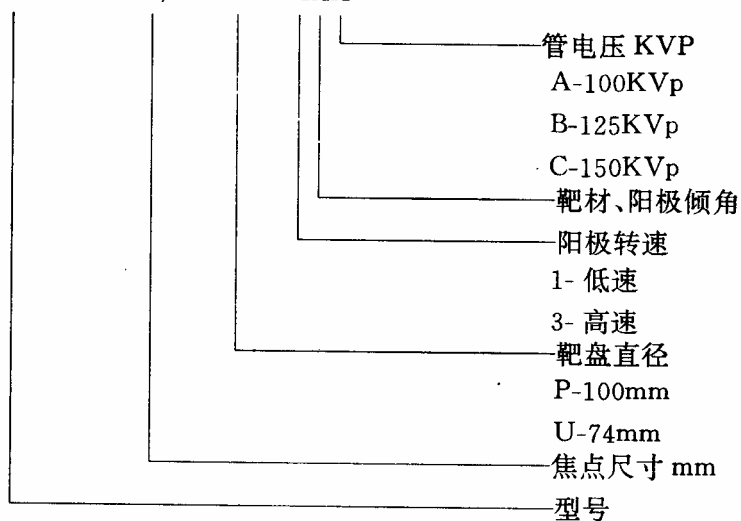
BIXXX/XX/XX



型号有 p 和 opti 等

⑥SIMADZUX 线管

CIRCLEX XX/XX P—XXX



(2) X 线管代用对照表:

表 2-1-3~表 2-1-7 给出 NAGOX 线管与国产、岛津、东芝、西门子、飞利浦主要厂家 X 线管代用对照表, 各表中所给型号能相互直接代用。

第二篇 X 射线机系列

表 2-1-3 NAGO-国产 X 线管代用对照表

国产 X 线管型号	NAGOX 线管型号	靶盘直径 (mm)	靶材	阳极热容量 (KHU)	阳极倾角 (角)	焦点尺寸 (mm)	灯丝有载 (A/V)	
							小焦点	大焦点
XD51-20-40 / 100	GD7-20 / 40S-20	70	W	80	17.5	1.0 / 2.0	5.5 / 10	5.5 / 12
XD51-20-40 / 15	GD7-20 / 40S-20	70	W	80	17.5	1.0 / 2.0	5.5 / 10	5.5 / 12
XD52-30-50-125	GD9-30 / 50S-10	80	W	120	17.5	1.0 / 2.0	5.2 / 7	5.5 / 11

表 2-1-4 NAGO-岛津 X 线代用对照表

岛津 X 线管型号	NAGOX 线管型号	靶盘直径 (mm)	靶材	阳极热容量 (KHU)	阳极倾角 (度)	焦点尺寸 (mm)	灯丝有载 (A/V)	
							小焦点	大焦点
0.3 / 0.8 P38C	GD32S-15 / 40SS-140	100	W.RE	200	12.0	0.3 / 0.8	5.3 / 8.34	5.6 / 13.6
0.8 P38C	GD32S-40SS-140	100	W.MO	200	12.0	0.8	5.6 / 17	5.6 / 17
0.6 / 1.2P38C	GD32S-35 / 95SS-140	100	W.MO	200	12.0	0.6 / 1.2	5.6 / 16.0	5.6 / 15.2
1.0 / 2.0P38C	GD32S-60 / 100SS-140	100	W.MO	200	12.0	1.0 / 2.0	5.6 / 15.2	5.6 / 19.2
0.6 / 1.2P18C	GDI2S-20 / 50SS-140RE	100	W.MO	200	12.0	0.6 / 1.2	5.6 / 1.0	5.6 / 15.2
1.0 / 2.0P18C	GDI2S-40 / 70SS-140RE	100	W.MO	200	12.0	1.0 / 2.0	5.6 / 13	5.6 / 17
0.5 / 1.5U10CN	GD7-6 / 30SS-140	74	W.MO	80	18.0	0.5 / 1.5	5.6 / 9.0	5.6 / 16.9
0.5 / 1.5 U13CN	GD7-6 / 30SS-140RE	74	W.MO	140	18.0	5.5 / 1.5	5.6 / 8.2	5.6 / 15.7

表 2-1-5 NAGO-西门子公司 X 射线管代用对照表

西门子型	NAGO 型	靶盘直径 (mm)	靶材	阳极热容量 (KHU)	阳极倾角 (度)	焦点尺寸 (mm)	灯丝有载 (A/V)	
							小焦点	大焦点
P125-30q	GD10-30s-10	86	W	120	17.5	1.2	8.5 / 9.5	8.5 / 11.7
P125-20 / 40	GD10-20 / 40s-10	86	W	120	17.5	1.2 / 2.0	8.5 / 9.5	8.5 / 11.7
P125-30 / 50	GD11-30 / 50s-10	100	W	150	19	1.2 / 2.0	8.5 / 9.5	8.5 / 11.7
P150-30 / 50	GD11-30 / 50ss-10	100	W	150	19	1.2 / 2.0	8.5 / 9.5	8.5 / 11.7
Bi125-30 / 50	GD11-30 / 50s-10	100	W	150	19	1.2 / 2.0	8.5 / 9.5	8.5 / 11.7
Bi125-30 / 50	GD11-30 / 50ss-10	100	W	150	19	1.2 / 2.0	8.5 / 9.5	8.5 / 11.7
Bi125-30 / 50R	GD35-30 / 50s-10	100	W、RE	220	14.5	0.7 / 1.0	5.5 / 9.6	5.5 / 17.5
Bi150-30 / 50R	GD35-30 / 50ss-10	100	W、RE	220	14.5	0.7 / 1.0	5.5 / 9.6	5.5 / 17.5
Bi125-30 / 101R	GD36-30 / 100s-10	100	W、RE	220	12	0.7 / 1.3	5.5 / 20	5.5 / 21
Bi150-30 / 101R	GD36-30 / 100ss-10	100	W、RE	220	12	0.7 / 1.3	5.5 / 20	5.5 / 21
Bi125-12 / 50R	GD35-12 / 50s-10	100	W、RE	220	14.5	0.4 / 1.0	5.5 / 8.6	5.5 / 17.5
Bi150-12 / 50R	GD35-12 / 50ss-10	100	W、RE	220	14.5	0.4 / 1.0	5.5 / 8.6	5.5 / 17.5
Bi125-30 / 50RS	GD37-30 / 50s-10	105	W、RE	300	14.5	0.7 / 1.0	5.5 / 9.6	5.5 / 17.5
Bi150-30 / 50RS	GD37-30 / 50ss-10	105	W、RE	300	14.5	0.7 / 1.0	5.5 / 9.6	5.5 / 17.5
Bi125-30 / 101RS	GD38-30 / 100ss-10	105	W、RE	300	12	0.7 / 1.3	5.5 / 12	5.5 / 21
Bi150-30 / 101RS	GD38-30 / 100ss-10	105	W、RE	300	12	0.7 / 1.3	5.5 / 12	5.5 / 21

表 2-1-6 NAGO-东芝 X 射线管代用对照表

东芝线管型号	NAGOX 线管型号	靶盘直径 (mm)	靶材	阳极热容量 (KHU)	阳极倾角 (度)	焦点尺寸 (mm)	灯丝有载 (A/V)	
							小焦点	大焦点
DRX 2825H	GD12S-4 / 40SS-130RE	100	W	200	12.0	0.3 / 1.2	5.0 / 5.9	5.5/15.1
DRX 3224H	GD41-22 / 50SS-130(H)	100	W	300	12.0	0.6 / 1.2	4.9 / 11.8	5.5 / 20.7
DRX 3724H	GD39-40 / 100SS-130	100	W	300	12.0	0.6 / 1.2	4.9 / 11.8	5.5 / 15.3
DRX 3725H	GD39-12 / 100SS-130	100	W	300	12.0	0.3 / 1.2	4.9 / 11.8	5.5 / 15.3
DRX 1603B	GD7a-20 / 40SS-130	100	W	140	16.0	1.0 / 2.0	5.1 / 9.7	5.1 / 14.1
DRX 3745H	GD32-12 / 40SS-130	100	W	220	12.0	0.3 / 1.0	4.9 / 11.8	5.5 / 15.3
DRX 3535H	GD32-11 / 52SS-130	100	W	220	12.0	0.4 / 1.0	5.6 / 8.6	5.6 / 17.5
DRX 2903H	GD32-60 / 100SS-130	100	W	300	12.0	1.0 / 2.0	5.5 / 15.3	5.1 / 22.3

表 2-1-7 NAGO-飞利浦公司 X 射线管代用对照表

飞利浦管型	NAGO 型	靶盘直径 (mm)	靶材	阳极热容量 (KHU)	阳极倾角 (度)	焦点尺寸 (mm)	灯丝有载 (A/V)	
							小焦点	大焦点
RO30-125	GD6-30s-10	90	W	135	17.5	1.2	—	5.5 / 14.5
RO11 / 30-125	CD6-12 / 30s-10	90	W	135	17.5	0.6 / 1.2	5.5 / 9.5	5.5 / 14.5
RO2 / 30-125	GD6-2 / 30s-10	90	W	135	17.5	0.3 / 1.2	4.8 / 6.0	5.5 / 14.5
RO2 / 50-125	GD6-2 / 50s-10	90	W	135	17.5	0.3 / 2.0	4.8 / 6.0	5.5 / 13.8
RO30 / 50-125	GD6-30 / 50s-10	90	W	135	17.5	1.2 / 2.0	5.5 / 14.5	5.5 / 13.8
RO30-150	GD6-30ss-10	90	W	135	17.5	1.2	1.8 / 6.0	5.5 / 14.5
RO2 / 30-150	GD6-2 / 30ss-10	90	W	135	17.5	0.3 / 1.2	5.5 / 9.5	5.5 / 14.5
RO11 / 30-150	GD6-12 / 30ss-10	90	W	135	17.5	0.6 / 1.2	4.8 / 6.0	5.5 / 14.5
RO2 / 50-150	GD6-2 / 50ss-10	90	W	135	17.5	0.3 / 2.0	4.8 / 14.5	5.5 / 13.8
RO30 / 50-150	GD6-30 / 50ss-10	90	W	135	17.5	1.2 / 2.0	5.5 / 9.0	5.5 / 13.8
21953 / 90-125	GD9-30 / 40s-20	86	W	120	17.5	1.2 / 2.0	4.8 / 6.0	
21954 / 90-125	GD9-2 / 30s-20	86	W	120	17.5	0.3 / 1.2	4.8 / 6.0	5.5 / 12.2
21955 / 90-125	GD9-2 / 40s-20	86	W	120	17.5	0.3 / 2.0	5.5 / 9.0	5.5 / 9.0
21 956 / 90-125	GD9-30s-20	86	W	120	17.5	1.2	4.8 / 6.0	5.5 / 12.2
21953 / 00-125	GD9-30 / 40s-30	86	W	120	17.5	1.2 / 2.0	4.8 / 6.0	5.5 / 9.0
21954 / 00-125	GD9-2 / 30s-30	86	W	120	17.5	0.3 / 1.2	—	5.5 / 12.2
21955 / 00-125	GD9-2 / 40s-30	86	W	120	17.5	0.3 / 2.0	—	5.5 / 12.2
21956 / 00-125	GD9-30s-30	86	W	120	17.5	1.2	—	5.5 / 9.0
SRO12 / 30-125	GD29-12 / 30s-40	90	RE	216	12	0.3 / 0.6	5.5 / 7.5	5.5 / 12.6
SRO12 / 50-125	GD29-12 / 50s-40	90	RE	216	12	0.3 / 1.2	5.5 / 7.5	5.5 / 14.0
SRO20 / 50-125	GD30-20 / 50s-40	90	RE	216	16	0.6 / 1.2	5.5 / 9.6	5.5 / 14.0
SRO22 / 50-125	GD30-20 / 50s-40	90	RE	216	16	0.6 / 1.2	5.5 / 9.6	5.5 / 14.0
SRO12 / 30-150	GD29-12 / 30ss-40	90	RE	216	12	0.3 / 0.6	5.5 / 7.5	5.5 / 12.6
SRO12 / 50-150	GD29-12 / 50ss-40	90	RE	216	12	0.3 / 1.2	5.5 / 7.5	5.5 / 14.0
SRO20 / 50-150	GD30-20 / 50ss-40	90	RE	216	16	0.6/1.2	5.5 / 9.6	5.5 / 14.0
SRO22 / 50-150	GD30-20 / 50ss-40	90	RE	216	16	0.6 / 1.2	5.5 / 9.6	5.5 / 14.0
SRO03 / 100-150	GD29-3 / 100ss-40	90	RE	216	12	0.2 / 1.5	4.8 / 6.0	5.5 / 18.7
SRO25 / 50-125	GD28-25 / 50s-40	90	RE	216	16	0.6 / 1.0	4.8 / 11.0	5.5 / 14.0
SRO32 / 100-150	GD27-32 / 100ss-40	90	RE	216	12	0.6 / 1.5	4.8 / 12.6	5.5 / 18.7
SRO25 / 50-150	GD28-25 / 50ss-40	90	RE	216	16	0.6 / 1.0	4.8 / 11.0	5.5 / 14.0
SRO33 / 100-150	GD27-32 / 100ss-40	90	RE	216	12	0.6 / 1.5	4.8 / 12.6	5.5 / 18.7
SRO31 / 100-150	GD27-32 / 100ss-40	90	RE	216	12	0.6 / 1.5	4.8 / 12.6	5.5 / 18.7

（二）附属装置

一套完整的X线检查设备除了X线发生器外，还需配备完成不同检查方式的辅助装置，谓之附属装置，它们有：

1. 射野限制器 射野限制器也叫射野调节器，其作用就是调节X线照射野的大小，它装在X线管室的放射窗口上。它由两对或多对活动铅板（多叶式），一组沿X线管室纵轴线作水平运动，一组沿X线管室纵轴作垂直运动。有手动和电动两种形式。它还有光源和反光镜，预示X线照射野的大小。

2. X线管组件保持器 根据用途的不同可有多种形式。如立柱式、悬吊式、多向式等。

3. 诊视检查床 诊视床是用于X线透视或点片且移动或运动灵活的检查装置，它的种类繁多，形式多样，有近控和遥控之分。

4. 普通X线摄影床 用于普通X线摄影检查，它是一种固定于地面的平形床，由床面、支架、滤线栅与托暗盒架等组成。床面有固定式与可移动式两种，有的床面还可升降。

5. 特殊X线摄影检查床 用于特殊X线摄影检查的装置也很多，繁简程度差别极大。如X线体层摄影检查床、X线体层摄影并兼放大摄影检查床等。

二、基本原理简介

（一）X线产生的基本原理

我们知道，X线是德国的物理学家伦琴在研究阴极射线管时发现的。它产生的原理是：当高速运动的电子，在途中突然急剧受阻（撞击在阻止物上），电子失去自己的能量，其能量的99%被转换成热能，只有1%转换成X线释放出来。也就是说K线产生的过程实际上是一种能量转换的过程。

由X线产生的原理可知，X线产生必须具备3个条件，即：

- （1）产生自由电子的装置—X线管灯丝。
- （2）迫使自由电子沿一定方向高速运动的装置—高压发生器。
- （3）阻止电子运动的装置—靶（X线管阳极）。

（二）X线发生器基本工作原理

X线发生器能按其本身的设计的技术条件和按操作者所要求的（选择）技术参数（条件）去控制X线的产生。X线发生器所控制的参量主要是X线的三参量即：KVp、mA、s，下面分别简述三参量的工作原理。

1. 管电压（KVp） KVp代表X线的质，决定了穿透力，所以这个量必须能高低变化（一般是40~150KVp连续可变），KVp的变化现大多采用改变高压变压器初级端所输入电压。因此，KVp变化控制可简述为：根据选定KVp值，KVp控制器自动把高压变压器初级输入电压值变为次级所对应的电压，次级输出与选定KVp值对应的电压经整流（或倍压）形成脉动或恒定直流施加于X线管两端。KVp控制有开环与闭环两种，工频X线发生器多为开环控制，中高频X线发生器均采用闭环控制。

2. 管电流（mA） mA代表X线的量，就是X线管灯丝产生自由电子的数量。自由

电子的多少由灯丝电压的高低控制，也就是 mA 的大小。一般把 mA 固定在几档 X 线发生器允许的范围内，透视的 mA 是可连续变化的（也有固定不变的）。由于 X 线管灯丝加热电压是由一降压变压器供给的，加热电压的控制是靠改变灯丝变压器的初级电压，该电压的改变目前有三种方法：一种为电阻分压法；一种为晶体管控制法；另一种为逆变变频式控制法。mA 控制过程可简述为：与设定 mA 相对应的电压加到灯丝加热变压器初级端，该变压器次级感应出一定的次级电压经阴极 X 线管高压电缆送至 X 线管灯丝，受热灯丝产生自由电子，电子在高压作用下从阴极流向阳极（高真空条件下）而形成电流。mA 控制也有开环控制与闭环控制两种形式，晶体管和逆变变频式控制均可实现闭环控制。

3. 曝光时间控制 (s) s 是用来控制 X 线产生时间长短的控制单元，该单元计时方式有：机械式（已淘汰），电动机式（已淘汰）；电子式（大多采用 RC 电路+晶闸管或时基集成电路）；集成式（多在有微机控制的 X 线发生器中，如用可编程计时器集成电路），微机式（计时由软件完成，其精度非常高）。s 控制过程可简述为：当所有曝光条件均满足后，操作者按下曝光手开关或其它曝光装置的曝光触点闭合，计时器开始启动，发出曝光控制信号去控制 X 线开始产生，当设定时间到后，计时器发出 X 线终止信号，终止 X 线的产生。

虽然 X 线发生器的种类很多，其控制复杂程度与方式千差万别，但它们不外乎是控制前面所述 3 个主要参量 (KVp、mA、s)，还有一些中间控制环节单位，如过载保护，X 线管旋转阳极定子电路控制，检测与指示电路等。控制 X 线产生过程基本是一致的，我们可把它简述为：根据摄影目的选定三参量或自动设定，三参量控制单元分别按设定参量调整至相应值并自动计算设定三参量是否在本控制器允许的范围内。若设定条件超出控制器允许的最大范围，过载保护单元工作泊动锁定曝光允许电路，不能曝光，并发出过载指示，告诉操作者重新设定三参量中的一种或两种参数。当所有设定参量均在允许范围内，若操作者按下曝光手开关第一按（准备开关）或其它附属装置请求准备开关的触点闭合，控制器发出以下指令：①X 线管旋转阳极定子启动控制电路启动，并自动检测是否启动，启动延时电路工作。②X 线管灯丝开始增温加热至设定要求的温度，并自动检测是否加热。

若 X 线管旋转阳极定子启动正常，X 线管加热正常，延时时间到，其它控制电路均正常的情况下，曝光准备一切就绪，这时控制器上准备灯亮，告之操作者可曝光。

在上述条件下，若操作者按下曝光开关或附属装置的曝光控制触点闭合，计时器启动计时，同时计时器发出曝光指令信号控制高压初级电路接通，高压变压器次级感应的电压经整流后在经高压电缆加到 X 线管两端，X 线开始产生。所设定曝光时间一到，计时器发出曝光终止指令，切断高压初级电路，X 线停止产生。

当操作者松开手开关或附属装置曝光控制触点断开时，X 线管旋转阳极定子回路断开，刹车（直流电压）回路工作使旋转阳极停止运动；X 线管灯丝加热增温控制回路断开，X 线灯丝处于预热状态，等待下次曝光。

上述为 X 线发生器控制 X 线产生的大致过程，对读者了解 X 线发生器控制 X 线产生的过程和原理有一定帮助。

三、检测仪表简介

除了总则所述常规用检测仪表外，X 线发生器检测还必须有专用检测仪表，它们有：

(一) 管电压 (KVp) 检测仪

KVp 检测仪有直接与间接测试两类。

直接测试就是把高压分配器直接插入高压回路，可在高压发生器侧、也可在 X 线管侧，大多在高压发生器侧，用示波器或直读表测试其间接指示值。高压分配器（或衰减器）电路如图 2-1-46 所示。

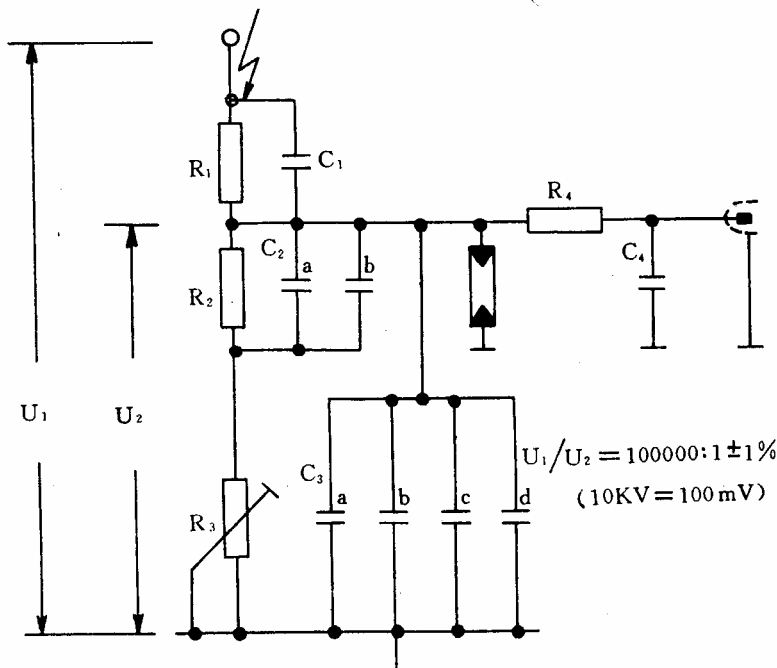


图 2-1-46 高压分配器电路图

这种高压测试仪由于直接插入高压回路，危险性比较大，使用应特别小心。下面提供两种参考型号：①YXGD 医用 X 线机高压测试仪，由辽宁省医疗器械研究所生产，②O 型插座用高压测试插头，由 SIEMENS 生产（Part No 7395320RE999），两个同时用，接示波器测量。

间接测试式的高压测试仪是将探测器置在 X 线射野内间接测量直读 X 线管电压。该测量仪安全,使用方便,但价格较贵,国内目前尚未有生产,多为进口,如德国 PTW-NOMEXX 线发生器综合测试仪。但国内由北京放射医学研究所和北京市放射卫生防护研究所研制的 RM-PX 射线诊断影像质量控制检测箱中包括有 RMP101 型管电压测试盒,测量安全,但操作测量分析费时。

(二) 曝光时间 (s) 测试仪

曝光时间测试仪有介入与非介入式两类。

介入式系统指在测量时测试仪的输入记时信号必须接入 X 线发生器计时器所控制曝光电路（如高压初级），但得采取隔离措施。这类测试仪多为脉冲计数法、数字计时法和电子

毫秒法，广范应用的是数字计时法。如：①ZYS-1 型毫安秒计可直接测 s，张家口市电子研究所；DS-1 型 X 线曝光时间测试表，辽宁省医疗器械研究所。

非介入式测试仪系指测试仪不直接接在 X 线发生器内，是将测试仪置在 X 线照射野中，直接测量 X 线产生的时间。①RMP201 型曝光时间测试器（手动计时陀螺），该测试仪只能用于单相 X 线发生器（二脉冲），由北京放射医学研究所与北京市放射卫生防护研究所研制；②PTW-NOMEXX 线发生器综合测试仪，德国 PTW 生产，价格较贵。

（三）毫安秒（mAs）测试仪

mAs 测试均为介入式，即毫安秒测试仪必须串入 X 线管电流测量回路中。该测试仪有磁电式（指针式）和数字式两类。磁电式 mAs 表大多为旧式表，现多用数字式 mAs 表，故下面介绍几种数字表：①ZYS-1 型 mAs 计，张家口市电子研究所生产；②XSM—II mAs 表，山西省医疗器械研究所生产；③PTW-NOMEX X 线发生器综合测试仪，德国生产。

（四）X 线剂量仪

X 线剂量仪为非介入式测量仪，即测量时将探测器置入 X 线射野中进行测量。如：①RMP201 型剂量仪，北京放射医学研究所与北京市放射卫生防护研究所研制；②DALI 剂量仪，德国 PTW 生产；③CONNY 数字剂量仪，德国 PTW 生产。④UNIDOS 多功能剂量仪，德国 PTW 生产；⑤PTW-NOMEXX 线发生器综合性能测试仪，德国 PTW 生产。

（五）其它测试仪

检测 X 线影像增强与电视系统分辨率测试卡，一般用 0.6~5PL/mm；还有高低对比分辨率测试卡。

X 线管焦点测试卡（星卡）用来检测 X 线管焦点尺寸，一般用 2° 星卡，如辽宁省医疗器械研究所与 PTW 等厂家生产的 2° 星卡。

上面分别简述和介绍了一些 X 线检查的测试仪，这些仪器是日常维修和质量保证(QA)、质量控制(QC)中的必备仪器。目前市售的 QA、QC 综合检测设备有适合一般医院与大医院应用的，下面推荐两种放射诊断 QA、QC 专用综合性能测试仪。

(1) RMP 医用 X 线诊断质量保证检测工具：北京放射医学研究所与北京市放射卫生防护研究所研制，所有测试工具装在一个测试箱内，其中包括：RMP101 型半值层测试仪；RMPZ01 型剂量测试仪；RMP301 型屏片接触测试仪；RMP401 型断层测试仪；RMP501 型滤线器对准测试仪；RMP601 铝梯；RMP701 和 RMP801 型高低对比分辨率测试卡；RMP901 型线束垂直测试仪；RMP1001 型 KVP 测试盒；RMP1101 型计时陀螺（只能用于单相二脉冲 X 线发生器）；2° 星卡；光度计等。再加上购一数字 mAs 表，一密度计就能够成一套比较完整的综合 X 线检查设备的性能测试仪，适合一般医院。

(2) PTW-NOMEX X 线综合性能测试仪：该仪器是电脑控制，数字化高档测试仪。它可完成测量 X 线剂量率，各种类型 X 线发生器管电压；曝光时间；mAs 值；X 线发生器的输出效率；脉冲曝光剂量；吸收函数；相对标准偏差 CTX 线积分量等。它是用来检测、验收和性能评价 X 线发生器最佳测量仪，也是科研和质量监督的最佳工具。再配备分辨测试卡、2° 星卡、光度计、密度计等专用测试仪，就能构成一个较完善的 X 线发生器质量控制的监测仪。由于该仪比较昂贵，适合大医院与科研单位应用。

第六节 口腔曲面体层 X 线机

口腔曲面体层 X 线机主要用于拍摄上下颌骨曲面断层 X 线片。近几年, 曲面体层 X 线机增设了头颅固定仪, 可作头影测量 X 线摄影, 以拍摄颅、颌面的正、侧位 X 线片, 以进行定位测量分析, 可获得颅、颌面结构关系的数据, 以提高对颌畸形的诊断和治疗水平, 观察矫治前后颌面形态变化及其疗效。

一、结构与工作原理

1. 结构 口腔曲面体层 X 线机由机头、电路系统、控制台和机械部分组成。

(1) 机头: 机头内装有 X 线管、高低压变压器的冷却油。在 X 线管窗口前放置了一个狭窄呈矩形缝隙的金属板即限域板, 限制 X 线只能从裂缝处呈近似直线束向外射出, 为了获得清晰图像, 隙缝应较小, 一般为 2mm。

(2) 电路系统: 包括电源电路、控制电路、高压初级电路、灯丝变压器初级电路、高压次级电路及管电流测量电路, 可以自动控制 X 线产生的量。

(3) 机械部分: 包括头颅固定架、底盘、立柱、升降系统和头颅测定仪等。头颅固定架由颞托板与头架组成, 并联接在立柱上, 可上下移动, 调节高低位置。颞托板能前后移动和固定, 并有指示体层向前或向后变动位置的刻度表, 立柱上有一面镜子, 以便观察患者头部就位是否正确。

立柱是承受和支持整个机器的主体, 固定于墙壁和地面。在立柱上增设一个长的支臂, 支臂上设有头颅固定仪, 头颅固定仪上有耳塞和眶点指针。

(4) 控制台: 为电路控制和操作部分, 其面板上有电源电压表、时间调节器和曝光开关等。

2. 电路原理与分析

电路原理图, 请参该机电原理图。

(1) 电源电路: 由电源开关, 指示灯 C、硅管 d 和自耦变压器 V 组成, 当电源开关接通后, 其电路如下:

电源电路: $L_1 \rightarrow a_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow \textcircled{1} \rightarrow V_5 \rightarrow V_1 \rightarrow \textcircled{2} \rightarrow FD_2 \rightarrow a_2 \rightarrow L_2$ 。

电源指示电路: $L_1 \rightarrow a_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow \textcircled{1} \rightarrow C$ 指示灯 $\rightarrow d \rightarrow FD_2 \rightarrow a_2 \rightarrow L_2$ 。

(2) 高压变压器初级电路: 由高压接触器高压变压器初级线圈, KV 表, 指示灯、硅二极管及电阻组成。

初级电路: $V_5 \rightarrow A \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow g$ 触点 4 和 3 $\rightarrow n$ 或 $O \rightarrow K \rightarrow V_3$ 。

KV 指示电路: $V_5 \rightarrow A \rightarrow KV$ 表 $\rightarrow n$ 或 $O \rightarrow K \rightarrow V_3$ 。

(3) 灯丝变压器初级电路: 由灯丝变压器初级线圈, 电阻 p、q 和开关 a_3 (摄影前灯丝加热动开关 a_3 和 a_4 接通)。

$V_5 \rightarrow A \rightarrow t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow p \rightarrow q \rightarrow a_3$ 串 V_2 。

(4) 电机控制电路: 由高压接触器、左右旋转开关及继电器和开关 W、 a_4 等组成。

左侧旋转控制电路: 按下转动开关 hL, 其电路如下:

$L_1 \rightarrow a_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow X \rightarrow (22) \rightarrow hR$ 接点 10 和 2 $\rightarrow (11)$ hLf 线圈 $\rightarrow hL \rightarrow W \rightarrow V_2 \rightarrow L_2$ 。

右侧旋转控制电路：按下转动开关 hK，其电路如下：

$L_1 \rightarrow a_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow \textcircled{1} \rightarrow X \rightarrow (22) \rightarrow hL$ 接点 10 和 2 $\rightarrow (11)$ hRf 线圈 $\rightarrow hR \rightarrow W \rightarrow V_2 \rightarrow L_2$ 。

电机工作电路：当 hL 线圈或 hR 线圈工作后，其接点闭合，电路如下：

$\rightarrow h_1$ 。接点 7 $\rightarrow$ 接点 11

$L_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow \textcircled{1} \rightarrow u_1、u_2$ 线圈 $< \rightarrow V_2 \rightarrow L_2$

$\rightarrow hR$ 接点 7 $\rightarrow$ 接点 11

高压接触器 g 线圈工作电路：

$L_1 \rightarrow a_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow X \rightarrow (22) \rightarrow hLf$ 接点 10 和 6 $\rightarrow a_4 \rightarrow g$ 线圈 $\rightarrow V_2 \rightarrow L_2$ 。

$L_1 \rightarrow a_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow X \rightarrow (22) \rightarrow hRf$ 接点 10 和 6 $\rightarrow a_4 \rightarrow g$ 线圈 $\rightarrow V_2 \rightarrow L_2$ 。

$L_1 \rightarrow a_1 \rightarrow FD_1 \rightarrow a_5 \rightarrow (21) \rightarrow a_4 \rightarrow g$ 线圈 $\rightarrow V_2 \rightarrow L_2$

(5) 高压变压器次级及管电流测量电路。

当 X 线管阳极为正电位时，X 线产生。

S_3 端 $\rightarrow$ X 线管阳极 $\rightarrow$ X 线管阴极 $\rightarrow S_4$ 端 $\rightarrow$ 地线 $\rightarrow$ mA 表 $\rightarrow S_3$ 端。

二、常见故障及维修

见表 2-1-8。

表 2-1-8 曲面体层 X 线机故障维修

故障现象	可能原因	排除方法
照片对比度不良，曝光不足	X 线管窗口对位不良	调整 X 线管窗口对位状况，使射线中心线照到胶片上
照片放大率时大时小，牙排列时宽时窄，照片上有黑条	(1) 电源电压变化较大，时高时低。 (2) 机械装置转动不良。 (3) 胶片夹太厚	(1) 加电源稳压器。 (2) 检修电机轨道，转动滑轮及连接杆。 (3) 更换胶片夹
(1) 升降系统失灵。 (2) 升降系统不稳定。 (3) 走动不稳速度不匀	(1) 油泵故障。 (2) 油质不好 (3) 管路破裂，管道通畅不良。 (4) 阀门调节不良。 (5) 电路系统故障	(1) 检修电机及供电系统。 (2) 更换油。 (3) 检修管路。 (4) 检修或更换阀门。 (5) 检修电路系统
mA 表无指示，无 X 线产生	(1) 控制电路故障。 (2) 高压接触器故障。 (3) 灯丝电路故障。 (4) 高压变压器故障	(1) 检修控制电路。 (2) 检修或更换高压接触器。 (3) 检修灯丝电路。 (4) 检修高压变压器

第二章 X 射线机的安装使用检验及维护

X 射线机是各级医院常用的医疗设备之一，X 射线机的安装与维修是其应用过程中的重要环节。由于我国目前使用的 X 射线机存在着类型众多、繁简不一等现状，对其安装和维修也就有着不同的具体要求。鉴于篇幅所限，本篇仅就常见 X 射线机的安装和维修作系统论述。只要掌握了安装维修规律，再结合对具体机型的认识，就可具备相应的 X 射线机安装维修能力。

X 射线机的安装工作十分重要，正确合理的安装，是充分发挥 X 射线机性能的必要保证。如果安装不妥，轻者会给 x 射线机的性能发挥带来影响，重者造成机器故障，进而影响机器的使用寿命。因此，在安装之前必须根据待装机器的结构类型、性能特点及环境因素等具体情况作周密筹划，然后有计划、有步骤地进行安装。

正确合理的安装包括如下内容：

1. 根据 X 射线机的结构特点及辅助设备情况，选择适当的机房。
2. 根据 X 射线机容量和对电源的要求，确定合适的电源和地线。
3. 根据 X 射线机厂家提供的安装资料和院方的使用要求，进行合理的室内布局。
4. 根据 X 射线机说明书进行机械安装和通电调试。

一台安装调试完毕的 X 射线机不仅要在正常状态下发挥各种功能并稳定工作，还需使工作人员和病人在检查中均感方便，当然更得符合防护要求。

第一节 安装准备

在正式进行机械安装、电路联接和通电调试前，所进行机房选择、电源设计、接地装置埋设等工作，统称为安装准备。

一、机房的选择

由于 X 射线机的特性，X 射线机机房的设计和建造均有别于一般建筑，而有其独特的要求，但机房的选择并无一定之规，主要应根据机器结构、医院环境、工作性质及工作量等统筹考虑。

（一）机房的位置

机房的位置应选择恰当，概括地说应做到三有利，即：

1. 有利于 X 射线机的安装和 X 射线防护 安于楼房的 X 射线机应尽可能在底层。中型以上 X 射线机大都较笨重，且工作时有较强的射线辐白射，底层搬运安装比较方便，负重较易解决，防护成本也较低。
2. 有利于 X 射线机的维护 X 射线机机房应选在地势干燥、通风良好的环境里。这样

既可避免机器受潮引发各种故障，又可保持室内空气新鲜，减少交叉感染，还能将机器产生的热量及时散发出去。同时应注意机房的防尘和防震，因为灰尘会造成触点接触不良甚至烧毁，也可使电路板部分漏电甚至短路，还会影响机械转动灵活性甚至磨损机件；而震动会使尘土飞扬，会使机件松动，甚至造成紧固件松脱而损机伤人。

3. 有利于操作和病人就诊 X 射线机机房应靠近与放射科工作密切的科室，这样能使病人尽快得到检查，减少其痛苦，又能减少病人的流量。机房设计还应考虑与暗室、阅片室、片库之间的联系，比如机房通常在暗室两边，这样，既便于工作人员间的相互联络，又缩短了传递胶片的时间。

（二）机房的面积与高度

机房面积应根据机组的结构特点来定，要有合理布局，便于工作人员和病人甚至推车、担架等出入。为适应介入放射学的发展，机房还应具有准备室、更衣室、消毒洗手室等辅助房间。

机房的高度一般不应低于 2.8m，也不宜超过 3.5m。前者可能使 X 射线管支撑装置无法安装，后者没有必要且可能会使安装难度增加。

（三）机房的结构与防护

中大型 X 射线机由于重量较大，所以要求机房结构坚固，能有效地承受负荷，防止机座下沉或悬吊机件坠落。同时，X 射线机又是一个较大的放射源，防护要求也是十分重要的。此外，鉴于现代诊断 X 射线机具有高度精密的电子器件和机械部件，还需考虑防尘、防潮等措施。

1. 机房的结构

（1）墙体：通常采用普通砖墙结构，要求较高时，也可采用混凝土墙。为了防护，砖墙应有足够的厚度，并用水泥灌缝。新建机房应根据需要准确设置预埋件并留好预埋孔。

（2）地面：X 射线机机房的地面要求平坦、光洁、无尘，以利机器的安装和保养，一般而言，水泥或水磨石地面即可，若条件许可，木板地面更为理想，既可防潮，又可防电击，还有利于保护机器及人身安全。地面应留有电缆槽，便于布线。

2. 机房的防护 机房的墙壁、楼板和门窗等的防护都应根据 X 射线机的最高使用千伏来决定，即应达到相应的铅当量：例如：125kVp 的 X 射线机房，其防护层应相当于 2mm 铅当量，即约需 24mm 厚的砖或 16mm 厚的混凝土。具体的对应关系如表 8-1 所示。需要注意的是，砖墙缝隙必需浇灌混凝土，以防漏线；另外，对 X 射线照射方向的防护应适当加强，比如，立式滤线器摄影和胸片摄影投照方向的墙壁应适当加厚，或用含钡石灰粉刷。

控制室是操作场所，通常是由墙、门、观察窗等构成一个封闭的工作室。隔墙根据具体情况，可采用砖或 XF 防护板等，门通常由铅支包裹。而观察窗镶有铅玻璃，它们都应根据 X 射线机的最高千伏达到相应的铅当量。

（四）机房的通风

机房如果通风不良，会使室内温度升高，空气浑浊，既不利于：工作人员和病人的身体健康，又影响机器的工作寿命。一般视具体情况可采用自然通风、电动抽风和空调等方法，保持适宜的室内温度。

表 2-2-1 不同管电压下常用建筑材料的铅当量

管电压 (kVp)	铅当量 (mm)	混凝土 (2.4g/cm ³)	含钡混凝土 (2.7g/cm ³)	砖 (1.6g/cm ³)
		(mm)	(mm)	(mm)
65	1.0	60	13	120~150
75	1.0	80	15	175
100	1.5	120	28	200
150	2.5	210	58	300
200	4.0	220	100	340
300	9.0	240	140	425

二、电源要求

一台 X 射线机能否发挥最大效能，满足其临床需要，除了机组本身的技术性能外，与供电电源的质量有着极为重要的关系。如若 X 射线机的供电电源质量不好，就只能降低条件使用，当然也就无法发挥机器的最大效用，对于中、大型 X 射线机尤其如此。

X 射线机对供电电源主要有电源容量、电源电阻、电源电压和电源频率等方面的要求，且不同型号的 X 射线机，其要求也不同，所以在安装机器前，必须仔细阅读说明书，按要求选定电源，保证机器的正常运转。

（一）电源容量

电源容量，针对中大型 X 射线机而言，是指供电的专用电力变压器的容量，其大小由 X 射线机摄影曝光时的最大输出功率决定。

1. 电源容量的计算

（1）单台 X 射线机电源容量的计算：X 射线机所需的电源容量，在其说明书中自有规定，也可根据 X 射线机的有关资料加以计算，计算方法如下：

第一步，计算主机最大输出功率 $P_{出}$ ，即最大管容量。

第二步，计算主机最大输入功率 $P_{入}$ 。它等于最大输出功率（ $P_{出}$ ）除以高压变压器效率（ η ）。即

$$P_{入} = 1 / \eta \times P_{出}$$

第三步，因电源变压器的标称容量均为视在功率，故需将最大输入功率换算成视在功率。即

$$P_{视} = 1 / \cos\phi \times P_{入}$$

上式中的 $\cos\phi$ 为供电电源变压器的功率因素。

第四步，计算供电变压器的所需容量 P_T 。

现以 KB-500 型 X 射线机为例，计算其电源容量。

KB-500 型 X 射线机的高压为全波整流电路，其最大输出功率为 500mA、72kVp，所以

$$P_{出} = 500 \times 1.1 \times 72 \times 0.707 = 28\text{kW}$$

若高压变压器的效率为 85%，则输入功率为

$$P_{\lambda} = 1/\eta \times P_{\text{出}} = \frac{1}{0.85} \times 28 = 33kW$$

若供电电源变压器的功率因素为 0.8, 则视在功率为

$$P_{\text{视}} = 1/\cos \varphi \times P_{\lambda} = \frac{1}{0.8} \times 33 = 41kVA$$

因为机器采用单相 380V 供电, 而供电电源为三相变压器, 故所需对应的三相电源变压器容量为

$$P = \frac{P_{\text{视}}}{2/3} = 61.5kVA$$

由于摄影曝光时间一般都在数秒钟内, 属于瞬时负载, 而变压器较强的瞬时过负荷能力, 可以使短时间负荷达到额定负荷的 2 倍, 故电源变压器所需功率为

$$P_T = 1/2 \times P = 31kVA$$

考虑到其它电路和器件, 如自耦变压器、稳压器、启动电路定子及控制电路等的功耗并留一定余量, 宜选用容量为 35kVA 以上的三相电源变压器。

(2) 多台 X 射线机电源容量的设计: 当使用多台 X 射线机时, 因为不大可能为每台 X 射线机配备一个变压器, 供电电源功率只要达到各台 X 射线机功率之和的一半即可。

治疗 X 射线机和加速器, 因为是连续工作, 供电电源容量应按一般电力设备来选择。

2. 电源容量不足的影响 电源容量不足, 主要影响 X 射线实际值的输出。X 射线机千伏采用的是预示方式, 电源容量不足, 曝光时产生的电压降将使实际千伏远远低于预示千伏, 使 X 射线输出的实际值降低, 达不到预期的摄影效果, 严重时甚至使电源掉闸, 机器无法使用。

过大的电压降, 会使某些部件, 如高压整流管等的寿命缩短, 还会造成一些器件, 如接触器、继电器等出现蜂鸣、触点接触不良进而熔化的现象, 危及所控电路和整机的安全。

(二) 电源电阻

1. 电源电阻的定义 电源电阻 R 包括供电变压器内阻 R_0 和电源导线内阻 R_L , 即

$$R = R_0 + R_L$$

诊断 X 射线机摄影曝光时的供电电流很大, 中型 X 射线机即达到数十安培, 大型机则在 100 安培以上, 在如此大的电流之下, 即使很小的电阻也能产生难以忽略的电压降。由全电路欧姆定律可知, 闭合电路中, 端电压等于电源电动势 E 与电源内部压降之差。即

$$U = E - I_L (R_0 + R_L)$$

这里: I_L 是电路中的电流

如果某供电电源的电源内阻为 0.4Ω , 则当 I_L 为 100A 时, 电源电阻的压降为 40V, 这对于 220V 供电的 X 射线机而言, 显然超出了其允许的电源电压波动范围, 从而给机器带来危害。

因此, 电源电阻不仅是电路设计的重要技术参数和 X 射线机系列产品的主要技术标准, 也是用户设计 X 射线机供电电源时的重要依据。表 2-2-2 是我国不同类别和容量 X 射线机在不同电源电压条件下, 对电源电阻的要求。

表 2-2-2 不同类别 X 射线机对电源电阻的要求

高压装置类别	标称容量 (kW) 或 (μF)	电源阻抗		推荐供电电源容量 (kVA)	
		220V	380V	单相	三相
变压器式	10kW	0.6	1.8	20	30
	16 kW	0.3	0.9	20	30
	25 kW	0.1	0.3	30	40
	32 kW	—	0.3	40	40
	50 kW	—	0.15	50	50
	75 kW	—	0.12	—	80
	100 kW	—	0.1	—	100
电容式	1μF	2	—	>2	—
	2μF	2	—	>2	—
组合式	<10kW	<1Ω	—	10	20

表 2-2-3 常见 X 射线机的电源电阻值

X 射线机型号	电源电阻 (Ω)		X 射线机型号	电源电阻 (Ω)	
	220V	380V		220V	380V
Fx-200	0.35	1.0	F ₇₈ -I、II	0.2	0.4
F ₃₀ -IIB	0.35	1.0	Fx-300	0.3	—
F ₃₀ -IIC	0.35	1.0	KB-400	0.3	0.9
KE-200	0.3	—	KC-400	0.3	0.9
KF-200	0.3	—	KB-500	—	<0.3
FZX200 / 100	<0.3	<0.1	XG-500	—	<0.4
XG-200	<0.3	<0.5	XG-1000	—	0.1

各厂生产的 X 射线机, 由于性能结构各异, 对电源电阻的要求也各不相同, 设计电源电阻时应严格按说明书要求进行。表 2-2-3 为常见 X 射线机对电源电阻的要求。

2. 电源电阻的计算 电源电阻是电源变压器电阻和电源导线电阻之和, 电源变压器内阻是变压器的技术参数之一, 由变压器本身决定, 如表 2-2-4 所示。

电源线内阻取决于电源线的材料、长度和横截面积。即

$$R_L = \rho \frac{L}{S}$$

其中 ρ 为导线的电阻率, L 和 S 分别为导线的长度和截面积。

表 2-2-4 变压器的内阻

变压器容量 (kVA)	5	7.5	10	15	20	25	30
0.02220V 相间电阻 (Ω)	0.3	0.15	0.1	0.07	0.05	0.04	0.02

一台 X 射线机, 供电电源为 25kVA, 允许的电源电阻应小于 0.3Ω, 两者间距离为 50m,

在使用铜线和铝线时，导线截面积至少分别为

$$S_{\text{铜}} = \rho_{\text{铜}} \times L / (R_M - R_0) \\ = 0.0175 \times 50 \times 2 / (0.3 - 0.04) = 6.73 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$S_{\text{铝}} = \rho_{\text{铝}} \times L / (R_M - R_0) \\ = 0.028 \times 50 \times 2 / (0.3 - 0.04) = 11.1 \text{ (mm}^2\text{)}$$

表 2-2-5 电源导线规格

芯线截面 (mm ²)	铝 线			铜 线		
	工作电流 (A)	电阻(Ω/km)	重量(kg/km)	工作电流以 (A)	电阻(Ω/km)	重量(kg/km)
2.5	12	12.6	26.9	15	7.36	42
4	19	7.8	33.9	25	4.65	58
6	27	5.25	46.1	35	3.06	78
10	46	3.15	78	60	1.48	140
16	69	1.96	114	90	1.20	211
25	96	1.27	164	125	0.74	317
35	116	0.91	203	150	0.54	417
50	145	0.63	276	209	0.39	585
70	185	0.45	351	240	0.28	787
95	225	0.33	459	290	0.20	1048

考虑到接触电阻，宜选截面积为 10mm² 的铜线和 16mm² 的铝线。除计算外，还可以通过表 2-2-5 查出导线截面积。

3. 电源电阻的测量 电源电阻测量可以使用专用的电源电阻测试仪，在无专用测试仪表时，还可以采用电压降法测量，其测量线路如图 2-2-1 所示。

图中 R 为一个大功率、10Ω 左右的电阻，V 和 A 分别为电压表和电流表，S 为电源闸。S 闭合前，电压表指示的是空载电压 V₀。S 闭合后，由于回路中存在电流 I_L，使电压表指数降低为 V₁，即电源电阻 R 上产生了 V₀-V₁ 的压降。R 的计算式如下：

$$R = \frac{V_0 - V_1}{I_L}$$

例如，测得 V₀ 为 380V，V₁ 为 360V，I_L 为 80A，可求得

$$R_M = \frac{380 - 360}{80} = 0.25(\Omega)$$

(三) 电源电压

X 射线机都使用交流电源，所谓电源电压通常是指电源自耦变压器的输入电压（无电源

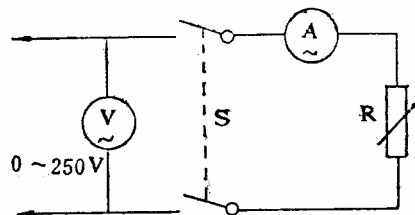


图 2-2-1 电源电阻的测量

自耦变压器者例外)。由于供电系统的不同,各厂生产不同类型的 X 射线机,都在各自的安装说明书中标出所需的电源形式和电源电压值。

一般而言,中、小型 X 射线机都采用单相 220V 或 380V 电源。大型 X 射线机由于功率大,辅助设备多,单相电源难以满足需要,都采用三相 380V 电源。由于各国电网电压可能有所不同,有的进口 X 射线机配有专用电源变压器,以便与我国的电网相匹配。

选择供电电源的电压必须与 X 射线机的要求一致。如若 X 射线机电源可选用 220V 或 380V 时,应尽量选择 380V,因为较高的电源电压降低了对电源电阻的要求。另外,对电源电压的稳定也有一定的要求,因为只有如此,才能使 X 射线机有稳定的输出。我国生产的 X 射线机对电源电压的波动,一般要求在额定电压的 $+10\% \sim -15\%$ 以内,这就要求在 X 射线机的供电线路上,不得并联能引起电源电压波动超出 10%的不定期使用的负载,如电梯、电焊机、卷扬机等,最好能使用专用电源变压器。

(四) 电源频率

电源频率是 X 射线机电路设计时的重要参数之一。在 X 射线机中许多部件和电路的工作性能受电源频率影响,如谐振式磁饱和稳压器失谐后,其输出电压会随着电源频率的升高而升高,随着电源频率的降低而降低。又如旋转阳极 X 射线机,其转速与电源频率成正比,频率降低会使转速降低,即管容量降低。而频率上升,虽能使管容量增加,但会过度磨损轴承。所以选定电源,必须考虑频率的准确稳定性,我国允许电源频率误差为 1%,即 0.5Hz。

三、接地装置的要求

X 射线机是具有高电压的医疗设备,在应用中,病人和操作人员都不可避免地会接触到机器的外壳,当设备漏电或击穿时,机器外壳就会带电,就可能发生触电,因此,X 射线机必须有防电击保护装置——接地装置。安装时,应严格按照规定,切实做好这项工作。

(一) 接地的意义

为了保护人身安全,防止触电事故的发生,电器设备都要有良好的“接地”。接地本身有两方面的意义:一是“工作接地”,即为保证某些电路的工作需要,将电路中的某一点与大地作电器上的连接,如高压次级的中心接地及某些直流电路的共用线等;二是“保护”接地,即将 X 射线机不该带电的金属外壳及与之相连的金属部件与接地装置间作良好的电器连接,一旦电器绝缘被破坏或击穿而使外壳带电时,由于人体电阻远大于接地电阻,短路电流被接地装置所旁路,使触及外壳的人体免遭电击,起到安全保护作用。

(二) 接地装置及其埋设

1. 接地装置 接地装置是连接机器外壳与大地的过渡装置,专为泄放接地短路电流而设置。它包括接地电极和接地导线两部分。

(1) 接地电极:是指直接埋入地中并与大地接触的导体或导体组合。它可以由铜板、钢管、圆钢或自来水管等制成。如用圆钢、钢管等制作,其直径应大于 50mm,长度大于 2m;若用铜板等制作,其面积应大于 0.25m^2 ,厚度应大于 3mm。图 2-2-2 是接地电极的式样。

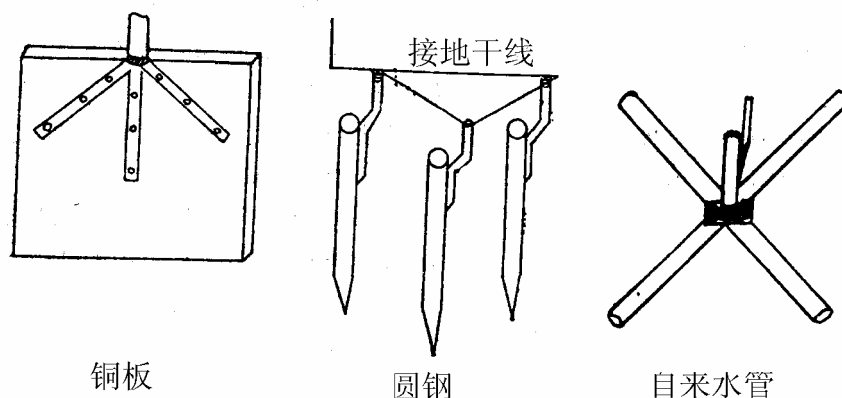


图 2-2-2 接地电极的形式

(2) 接地线：即连接接地电极的金属导体，它一般经分线板和 X 射线机金属外壳相接。接地线可用截面积不小于 4mm^2 的铜线或不小于 12mm^2 的铁丝，并与接地电极焊接牢固，焊接面积应大于 10mm^2 。应注意：X 射线机各部件的接地线必须并联地联接到接地电极的接线端。

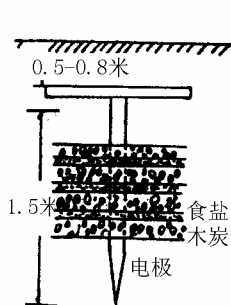


图 2-2-3 接地电极埋设示意图

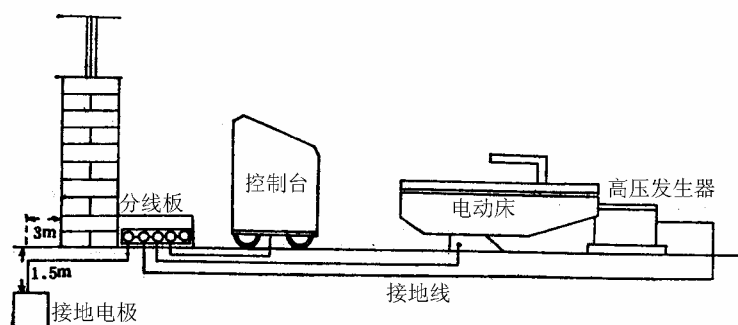


图 2-2-4 地线的连接

2. 接地电极的埋设 接地电极应埋设在建筑物 3m 以外，其深度应大于 1.5m。埋设方法分水平和垂直两种。水平埋设，是将接地电极水平放置在深度超过 1.5m 的坑中，再在接地电极四周放一些木炭、食盐的混合土，增加其导电性；垂直埋设，可先在地下挖深度 1m 左右的沟，而后将电极打入地下，露出 20~30cm 电极供焊接接地线，最后用土埋实。

图 2-2-3 和图 2-2-4 分别为接地电极埋设示意图及接地线连接图。

此外，可以利用自来水管作天然的接地装置，即将接地线焊接在铜皮上，再将铜皮紧固在经过清洁处理的自来水管上，但要保证两者间的良好接触。需特别指出：绝对不能用煤气管和暖气管作接地装置。

(三) 接地电阻及其测量

1. 接地电阻 X 射线机的外壳通过接地线与大地连接，构成了接地电路，该电路中存

在的电阻称接地电阻。接地电阻包括接地线电阻、接地电极电阻、接地电极与土壤之间的接触电阻和土壤的溢流电阻等。当机壳带电时，接地电极就会有电流流入大地，此电流称为接地电流。接地电流 I 从接地电极向四周流散，如图 2-2-5 所示。因此，离接地电极越远，电流密度越小，一般认为，15~20m 以外，电流密度即可视为零。

由于接地线和接地电极的电阻很小，接地电阻主要是土壤的溢流电阻，即接地电极到零电位点间的土壤电阻。接地电阻的实测就是根据这一点来完成的。

2. 接地电阻的测量 我国规定 X 射线机的接地电阻应小于 4Ω ，因此埋设完接地装置后，必须对接地电阻进行测量。常见方法有两种。

(1) 直接测量法：即用接地电阻测量仪（俗称接地摇表）直接测量出接地电阻。现以 ZC 系列接地电阻测量仪为例，说明其测量方法。

这种测量仪有三个或四个端钮，三端钮的标记为 E、P、C，四端钮的标记为 C2、P2、P1、C1。它们与接地电极 E' 、电位辅助电极 P' 和电流辅助电极 C ，的连接如图 2-2-6 (a)、(b) 所示。

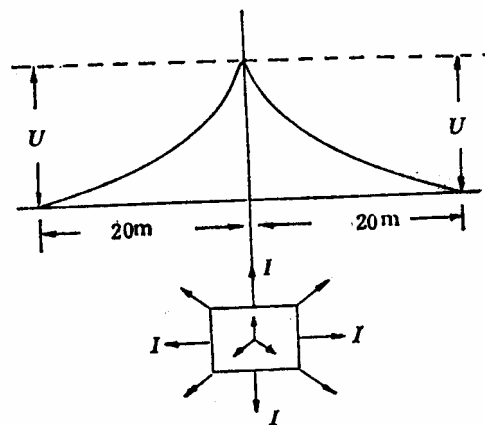


图 2-2-5 接地电流和电位分布

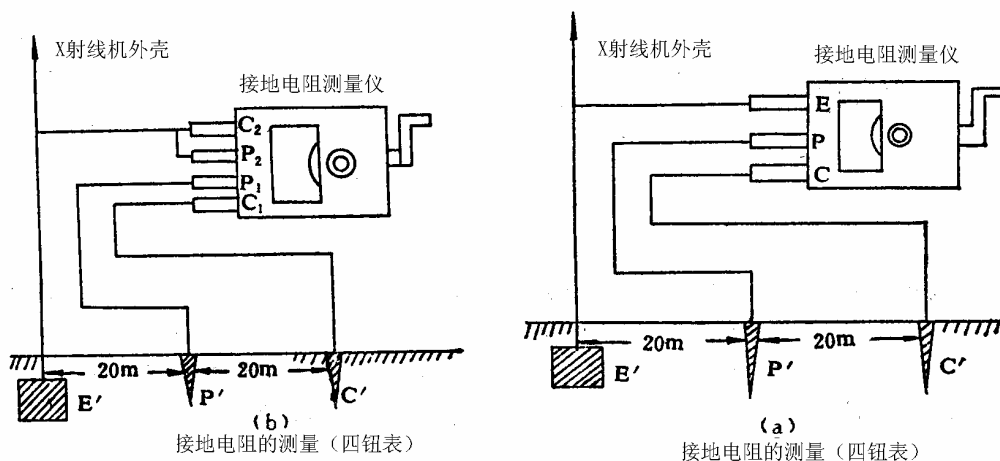


图 2-2-6 接地电阻测量仪接线图

电阻测量时，首先沿直线在距接地电极 20m 处和 40m 处将电位探针和电流探针打入地下，按上图连接并对仪表校零，使指针指在红线上。将倍率开关放在最大倍数上，缓慢摇动发电机手柄，同时调动“测量刻度盘”，直至指针停在中心红线上方。当检流计接近平衡时，加快发电机转速至每分钟 120 转，调节“测量刻度盘”，使指针稳定指在红线位置，即可从刻度盘读出接地电阻数值。

若“测量刻度盘”的读数小于 1，应将倍率开关放在较小一档，再行测量。

(2) 间接测量法：这种方法的测量电路如图 2-2-7 所示。当开关 K 闭合后，电流表 A 读出线路电流，高内阻电压表 V 读出接地电极 E 与电位探测极 T 之间的电阻（即接地电阻） R_x 上的电位差 U，则

$$R_x = \frac{U}{I}$$

采用该法测量电阻时，为保证测量精度，要用高内阻电压表，为防止电源短路，需采用隔离变压器供电。

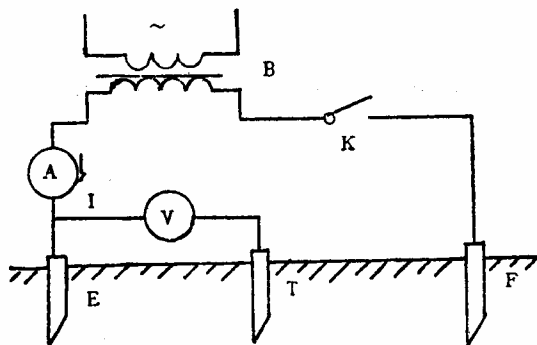


图 2-2-7 电压表电流表测接地电阻

B: 隔离变压器 E: 接地体
T: 探测电极 F: 辅助电极

第二节 机械部件的检验与安装

这是 X 射线机安装过程中的重要步骤，它的主要内容有开箱检验，X 射线机房的布局，X 射线管头支持装置的安装，床及其它机械部件的安装等。

一、开箱检验

一台 X 射线机的组成部件有很多，缺少任何一件，都会给机器的安装工作带来困难。所以，机器到货后，必须进行认真细致的检查，确保机件完好。

（一）开箱

开箱前应确认：箱体是否按放置标志正确放置；箱体本身有无破损及明显雨淋痕迹；箱体上的机器标名是否与合同相符等。只有在确认后，方可开箱，否则，应立刻组织有关方面人员一起开箱，检查箱内物品有无伤损，以便分清责任，及时处理。

开箱时，箱体不能倒置，切忌用开箱器或锤子冲击箱体，以防震坏部件。开箱后，取出装箱单，以备检验。

除不能进入机房的大型包装箱，开箱应尽可能在室内进行。这样做既便于搬运，也有利于防止机件的碰损或丢失。

（二）检验

检验的主要工作有如下几方面：

1. 开箱清点 开箱后，应根据装箱单逐箱逐件核对，直至确认无误。
2. 细心观察 应注意大部件上是否缺少小零件，机件有否明显损坏或变形、生锈及加工不全等。
3. 核对编号 有些机件，如电器连接导线，看外观并无明显区别，这时应核对编号，防止装重或装错。
4. 重点检查 对精密易碎部件，如仪表、X 射线管、影像增强器、电视摄像机、监视器

等应作重点检查，观察其是否有破损、污染及霉斑等现象。

二、X射线机房的布局

X射线机在机房中的位置设计，不仅决定着安装的成败，也影响着以后的工作效率，必须做到计划周密、反复斟酌，以求得最佳方案。

（一）基本原则

应根据机房的实际情况作合理布局，将各机件布置得整齐美观，操作方便，能充分发挥机器的正常功能。主要掌握如下几点：

1. 检查床为中心进行机件的机房布置。因为，检查床的位置决定了病人的进出路径，决定了X射线管支撑装置的位置，也与X射线的投照方向有一定关系。
2. 便于病人的检查。若条件许可，检查床上下病人这一侧应留有足够大的面积。
3. X射线的投照方向应有利于防护。
4. 操作维修方便。内容包括两个方面：一是机组各部分位置安排合适，避免操作人员工作往返过多；二是机件不宜布置得太紧密，以免影响维修人员的维护和修理。
5. 走线合理。走线应尽量整齐，避免过多的交叉，以免影响工作和美观。

（二）部件的定位

X射线机的组件如天地轨、悬吊装置、诊视床等，自身及相互间的距离都有严格限制，必须根据规定数据准确定位，作出地面和天花板的安装施工图，避免安装失败。

1. 基准线的确定 通常多以床的中心线作为基准线，所有待安装部件的定位尺寸皆以此为基准确定。一般而言，考虑到工作的方便，当床中心线作为基准线时，该线应偏离机房的中心线靠向机房的里侧，以留出较大的活动空间（图 2-2-8）。

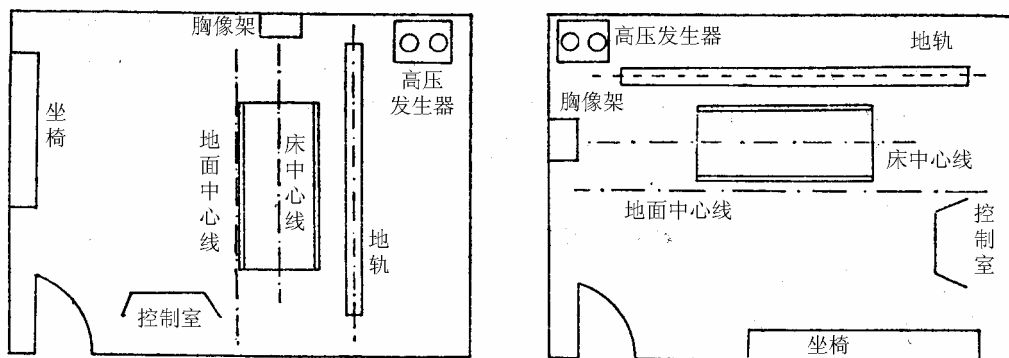


图 2-2-8 基准线的确定

2. 部件定位 以基准线为基准，按照机器说明，先用测量工具确定部件的地面定位点，并标出安装施工图，再以地面图为基准，采用铅坠定位法，测量确定部件在天花板上的固定位置，作出天花板安装施工图。

3. 认真复核 作出的施工图应认真复核，避免定位有误而造成重复安装或不能达到安

装标准。

三、X 射线管头支持装置的安装

X 射线管头支持装置是 X 射线机主要的机械结构，它不但起到支撑管头的作用，还能使 X 管头在一定范围内作多维空间运动，从而灵活地改变 X 射线的照射方向和角度，以满足不同部位、不同距离和不同角度的摄影需要。

X 射线管头支持装置的主体，在中、小型机中大多采用所谓的立柱式，通常是由天地轨、立柱和横臂等组成的，如图 2-2-9 所示。大型机则多为悬吊式，通常是由天轨、滑车、伸缩架筒和管头横臂等组成的（图 2-2-10）。

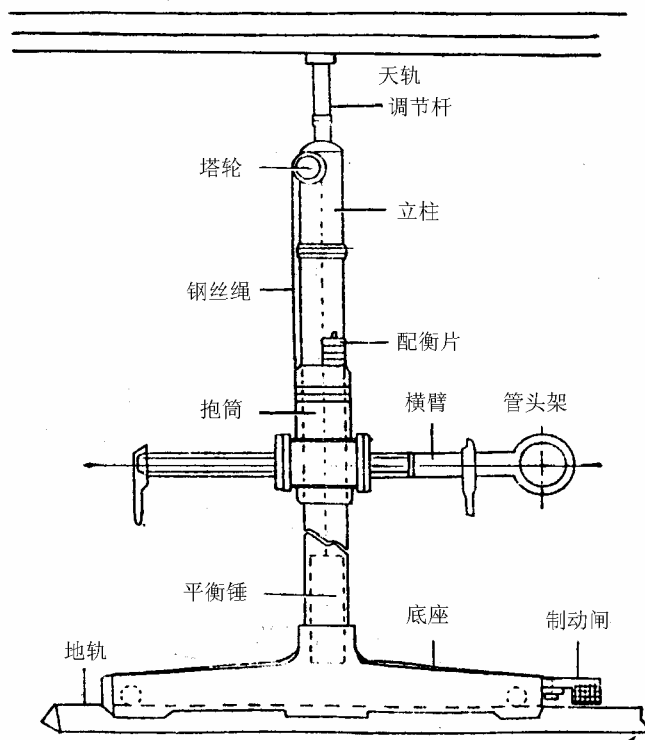


图 2-2-9 立柱式结构

（一）立柱式支持装置的安装

立柱式装置有双地轨式、天地轨式等，而后者根据天地轨是否在同一垂直面还有重合式和非重合式之分，如图 2-2-11 所示。不同结构有不同的安装要求，一般来说，双地轨式安装比较方便，只要保持地轨水平且与床中心线定距准确即可；天地轨式安装要求较高，不仅要求天地轨各自保持水平，而且要求两者保持完全平行，以保证立柱移动平稳、可靠、灵活。所以，天地轨间、地轨中心线与床中心线间的定距要十分准确。

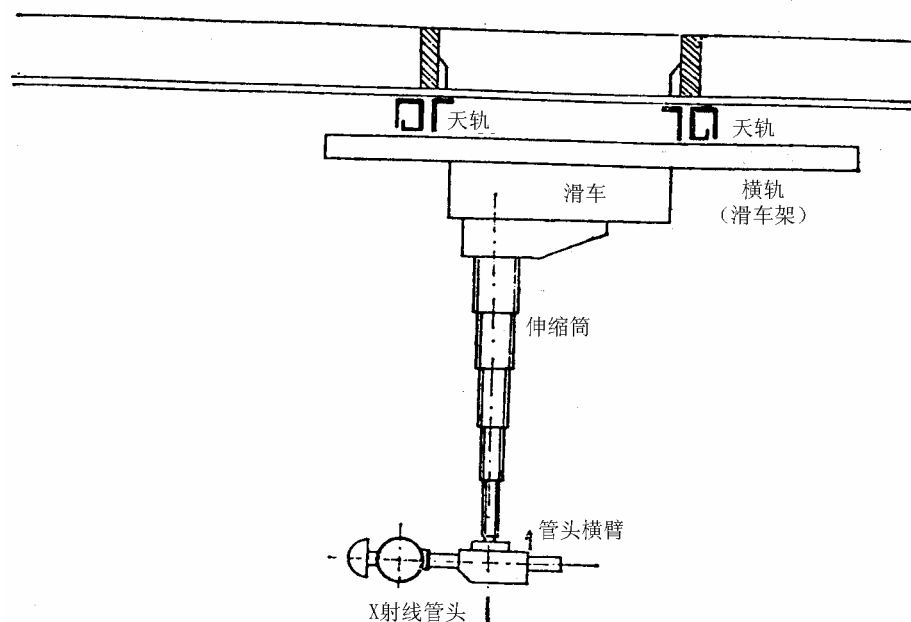


图 2-2-10 悬吊式结构

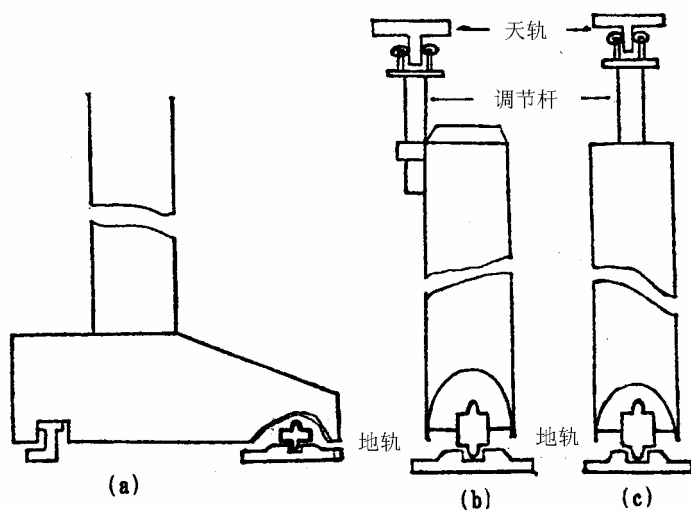


图 2-2-11 立柱形式

(a) 双地轨 (b) 非重合式天地轨 (c) 重合式天地轨

1. 天轨的安装 若天花板高度适宜，可根据安装图直接或通过厚度适当的垫板将天轨固定在天花板上这主要取决于天花板的平整度及是否容易固定。若天花板过高，即超过了立柱高度，则需加过梁，将天轨固定在过梁上，过梁嵌入墙壁的深度应大于 10cm。另外对于木结构的吊顶，可加木龙骨，既可找平吊顶，又可提高吊顶的负重。图 2-2-12 是天地轨固定

的几种方式。

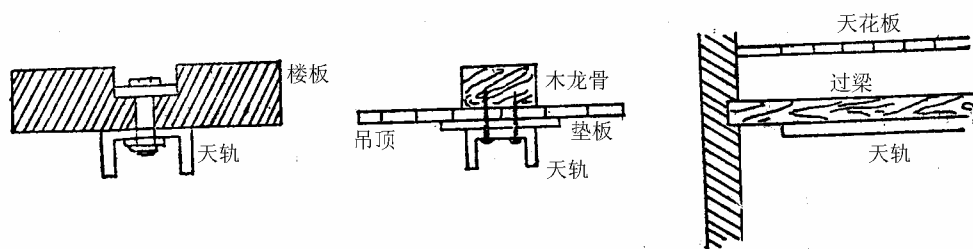


图 2-2-12 天轨固定的几种形式

2. 地轨的安装 地轨的长度约 4 米左右, 要保证其水平, 需视地面情况采取一定的措施。木制地板一般较平整, 可将地轨直接用木螺丝固定在地板上。水泥地板一般不太平整, 可加宽厚适宜的垫板, 通过垫板将地轨固定在地面上。垫板固定通常有两种方法: 一是沿地轨布局线在地面上等距离 (1m 左右) 开好约 10cm×10cm×10cm 的地坑并放入木桩, 用水泥灌实且与地面找平, 待水泥干后, 将垫板固定在木桩上; 二是用冲击钻在水泥地面上钻孔, 置入尼龙胀栓, 然后用木螺丝将垫板固定, 如图 2-2-13 所示。固定时, 应先固定地面高的地方, 逐渐找向地面低的地方, 将地面较低处垫上合适的木板条, 使固定的垫板保持水平, 然后用水泥将垫板与地面的空隙填实。

双轨安装除了要注意地轨的水平外, 还应特别注意两条地轨间要始终保持平行。另外, 加了垫板后的地轨, 立柱的高度标尺应作适度调整。

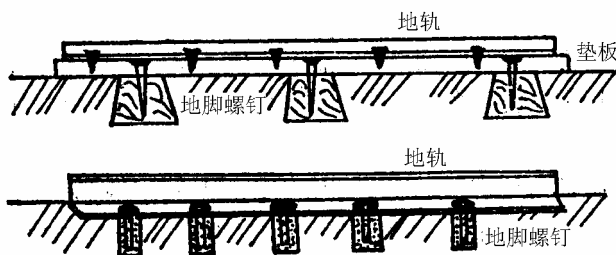


图 2-2-13 地轨的固定

3. 立柱的安装 天地轨支持的立柱包括底座、柱体、抱筒、高度调节杆及平衡锤等。安装时应先将底座和立柱组装起来, 然后把底座放在地轨的一端, 逐渐立起立柱。此时应注意将抱筒固定在适当位置, 以防平衡锤滑动。立柱立直后, 将底座慢慢滑入地轨道槽。同时松开高度调节杆的固定螺丝, 调整调节杆的高度和方向, 使滑轮进入天轨滑槽。轻推立柱沿轨道往复走动几次, 立柱应走动灵活, 无阻碍。倘若立柱走动时晃动太大, 可调节调节杆顶端的轴承, 使之与滑槽接触合适。最后装上底座防脱轨滑块和立柱限位块, 并将管头横臂装上。因此时尚未装上 X 射线管和高压电缆等, 横臂与平衡锤仍处于不平衡状态, 所以固定销仍不宜取下, 若需取下, 应将横臂用力向下方拉住, 取出固定销后慢慢升到最高位, 并锁住。

双地轨支持的立柱, 底座和柱体通常是整体装箱, 所以安装比较方便, 只需将立柱竖起, 使底座滚轮嵌入轨道, 装上管头横臂即可。

(一) 悬吊装置的安装

这种结构的特点是天轨滑车很重, X 射线管垂直照射中心范围较大: 安装时应注意: 固

定天轨的楼板和过梁必须有较大负重能力，一般天棚式吊顶不宜直接承重；天轨纵横两个方向都必须水平，固定天轨要用铁螺栓，透过楼板或过梁，用螺母上紧；过梁应选择宽度合适的“工”字钢或槽钢，过梁过长时，应在适当位置用钢筋吊拉，避免中部下垂。

1. 天轨的安装 若楼板高度合适并且平整，天轨位置又无楼房承重梁的阻挡，可直接在楼板上打孔，用铁螺栓穿过天轨、楼板，通过铁垫板用螺母固定，但应使螺母等在楼板平面之下，以待全部水平固定后用水泥抹平。这种方法施工难度较大，安装和维修也不太方便，所以在机房高度许可的情况下，宜采用架过梁的方法。即在安装时，按规定尺寸在“212”字钢或槽钢上钻好螺丝孔，将天轨固定在上面，然后将其吊起，放到天轨预定的位置和高度。“工”字钢等应嵌入墙壁 10cm 以上，水平后，两端用水泥抹平。

2. 滑车等的安装 卸下天轨一端的横档，平抬滑车架将其推入天轨轨道内，重新上好横档。卸下滑车架横档，将滑车抬起并推入滑车架轨道内，再上好横档。装上管头横臂，手动伸缩架应先松开滑车内的伸缩架止动螺丝，用力将伸缩架拉到最低位，重新上好止动螺丝。在进行此项操作时，应注意：拉动伸缩架时，用力均衡；未上好止动螺丝前不能松手。否则，将会损坏机件并危及安装者的安全。伸缩架的止动螺丝只有在 X 射线管头、缩光器及高压电缆安装完毕后，即伸缩架平衡后，方可取下。

四、检查床的安装

X 射线机中最常用的检查床是所谓的电动诊视床，它主要用于胃肠疾病的检查，亦称为胃肠床。由于诊视床包含着床体、驱动电机、点片架、滤线器，有的甚至还装有影像增强器及电视系统，故其体积和重量均较大，尤其是床身要做直立等运动，必须防止床重心移出底座范围而发生意外事故。所以，诊视床必须固定牢固，通常采用埋设地脚螺栓的方法。另外，还要求床面保持水平，对兼作摄影床的诊视床，床面中心线与立柱地轨中心线应保持平行，以保证照像质量。

（一）地脚螺丝的埋设

地脚螺丝有螺栓式和螺母式两种，如图所示。应用中以前者较为常见。

埋设时，先在地面预定位置开凿一口小底大的洞，洞深不小于螺栓要埋进部分的高度，洞口稍大于地脚螺栓的翼角或地螺母的下底长度，将其放入洞内暂时稍加固定即可，如图 2-2-14 所示。

（二）床的固定

将诊视床水平抬起，使床座固定孔对准开凿的洞口后，用厚度 20cm 左右的木块将床座垫上，把地脚螺栓穿入床座固定孔，用螺母拧上，或将地螺母对准床座固定孔，用螺丝拧住。去掉垫板，将床慢慢放下，使地脚螺栓或螺母进入洞中。调整床的水平及中心线后，用手调正地脚螺栓或螺母，从洞的侧面灌入水泥，

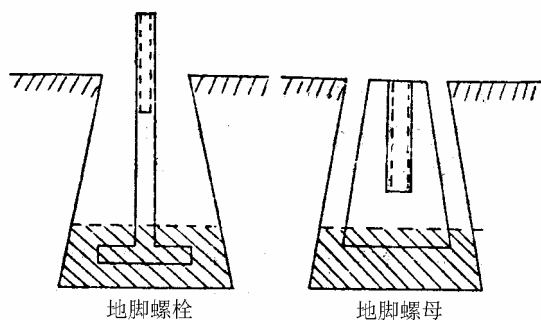


图 2-2-14 地脚螺丝的放置

待水泥凝固后，上紧螺帽或螺丝，将床固定。这种方法须留较大的地螺丝洞口，故床落地后，在一个侧面方向上会有灌注水泥的痕迹。

当床座的固定孔不在其边缘时，宜采用第二种方法。即在床座固定孔对准洞口后，在床座下垫 2cm 厚的垫板，拧上螺母或螺丝，将地脚螺丝挂住，从垫起的空隙中填入水泥，埋实地脚螺丝。待水泥干固后，把床放下，并再次找平垫实，拧紧螺丝即可。

老式的外平衡诊视床采用的是平衡铊平衡，为此，需安装相应的天轨和吊轮。

摄影平床的安装类似于诊视床，只是其床脚以承受正压力为主，活动床面的摄影床虽有重心移动，但不似诊视床严重，地脚螺丝可小一些或埋设简单些，在此不再赘述。

五、其他部件的安装

在主要的机械部件安装结束后，再将 X 射线管及缩光器等逐一装上，高压发生器、控制台、电器箱等按设计方案就位，即完成了机械部件的安装。

第三节 X 射线机的通电试验

当 X 射线机的机械安装结束，高压发生器、控制台等按计划就位后，需将各部件作电路上的连接，进行通电试验。通电试验是一项十分重要的工作，它关系到机器能否正常投入使用。一台新 X 射线机，出厂时虽经厂方调整检验，但经多次搬动、装运后，到用户手中，可能因受振造成接线松脱、部件松动脱落，甚至破碎、损坏等故障。对于机房迁移重装的 X 射线机和因故障而修理过的 X 射线机，也必须经过重新调试才能投入使用。通电试验的目的就是按照设计要求，对 X 射线机的接线、部件质量、工作性能及工作时序等作一次全面的检查，并为以后主要参数的检测和调整排除障碍。通电试验的顺序应该是先进行低压空载试验，后进行高压试验。低压试验包括电源电路、控制电路、X 射线管灯丝电路、辅助装置电路的试验；高压试验包括高压电路的空载和负载试验。

一、通电试验的注意事项

X 射线机通电试验时，不宜单人工作，并要做到谨慎细致，以防事故的发生。主要应做到如下几点：

1. 熟悉机器 应详细阅读说明书，弄清电原理图印接线图，会操作，并掌握整机工作程序，还应核实各连接线的编号和标记。

2. 仔细检查 应卸下控制台四周档板，仔细观察电路元件是否有松动、脱落、变形、受潮、霉变、变质及损坏等现象？各接线有否松脱，若有异常则需进行更换和修理。只有做好静态检查，确认无短路、断路后方可进行通电试验。

3. 测量连线 应校对连接导线两端编号是否相符，并用万用表检查其是否导通，以确定导线和接线片有否虚焊，以及导线芯线有无开路等。核对无误后，将导线接到应接位置，并由第二人负责复查。

4. 有条不紊 通电试验应分步骤进行，应将整机分成若干单元进行接线和试验，以防通电时由于某电路或某元件的故障造成其它电路及元件的损坏，同时，这样做也有利于故障

的查找和检修。

5. 先低后高 通电试验应先进行低压,后进行高压,在完成低压试验前,绝对不能接上高压初级连线,以防高压电击或在控制电路未正常时严重损坏 X 射线机。另外, X 射线管灯丝变压器初级,也应在试验该电路时才接上,如遇有含冷高压保护电路的机型,可选用合适的灯泡代替 X 射线管灯丝变压器。还要注意,凡未接导线,均需做好绝缘处理,避免导线短路损坏机器。

6. 思想集中 通电试验时必须注意力十分集中,应保持室内肃静,充分利用人的感官来发现可能的异常现象,一旦发现情况,应立即切断电源,待查明原因后方可继续试验。

7. 严防过载 主要是指在高压试验时,应有一定的曝光间隙时间,使 X 射线管能得到一定的休息,避免曝光累积的热量超过管热容量而损坏 X 射线管。

8. 记存数据 X 射线机的原始数据,对 X 射线机的故障分析和检修有着重要的意义,所以,应将通电试验过程中测得的一些重要数据一一记录下来,存档备查。

二、低压电路的通电试验

(一)电源电路的通电试验

X 射线机电源自耦变压器前的供电线路为电源电路,它主要包括电源闸刀、电源按钮、电源接触器、自耦变压器、电源电压调节器、电源指示灯及电源电压表等。

X 射线机的电源输入电压,在其技术说明书中有明确规定,但调试时按照厂家的供电电源完成的连接不一定适合用户。尤其是有些 X 射线机的输入电源既可以采用 220V,也可以采用 380V,这时,若厂家是使用 220V 完成的调试,则其接线形式在使用 380V 时,会造成自耦变压器次级电压过高而损坏电器元件;反之,则会造成机器不能正常工作,这一点务必十分注意。电源接线检查完毕后,还应用高阻摇表测试自耦变压器线圈对地的绝缘电阻,其值应大于 0.5M Ω 。

完成上述检查后,即可进行通电试验。首先将电源线连接到对应的接线柱,合上墙闸,将控制台面板上的旋钮旋至最低,按电源“ $\llcorner$ ”按钮,此时可听见电源接触器的吸合声,电源指示灯应点亮,电源电压表应有指示,自耦变压器有轻微的“嗡嗡”声。调节电源电压旋钮,电源电压指示应有相应变化。使电源电压指针指向标准位(常用小三角形或一红线作标记),用一精度较高的电压表测量自耦变压器各抽头间的电压值并加以记录,对照说明书,检查是否与之相符,若一切正常,则可结束此试验,并关闭机器。

在电源要求里已经强调,电源电阻必须小于机器所规定的数值,否则, X 射线机的容量就不能充分发挥。另一方面,机器出厂时是按照标准电源内阻来调试的,当用户的电源内阻小于标准值时,负载时主电路的压降就较小,而管电压预示是采用补偿的方法来实现的(即千伏补偿),如此,就会造成补偿过度,即实际千伏过高,为解决这一矛盾,一些 X 射线机在电源初级电路中串入一可调电阻,称电源补偿电阻。图 2-2-15 和图 2-2-16 是带电源补偿电阻 R 的三相和单相电源电路的原理图。调整时,只要将 R 与电源内阻之和调整到机器要求值。例如, KB-500X 射线机要求电源电阻小于 0.3 Ω ,若用户的供电电源内阻为 0.21 Ω ,则将 R 调整为 0.1 Ω 即可。如果用户电源条件较差,未加补偿电阻其电源内阻已经超过机器允许值,应将电源补偿电阻完全短路,并设法改善电源条件,否则,机器只能降低条件使用。

（二）控制电路的通电试验

控制电路视机型大小，其复杂性差异较大。小型机的控制电路比较简单，中型以上的 X 射线机的控制电路除具有脚闸、限时器等最一般的控制器件和控制电路外，尚有技术选择、毫安选择、千伏调节、台次切换、延时器、滤线器、胃肠摄影、断层摄影、旋转阳极启动等控制器件或控制电路，此外，还有一些联锁保护控制电路。由于控制电路的电器多、工作程序分明、电路结构复杂多样，试验时应循序渐进，按工作程序慎重地逐一完成：

通电前先确认所有接线是否都已连接正确。特别注意高压初级电路接线不能接上，并将高压发生器接线盒上的高压初级接线柱用铜线短接入地；通常还在高压初级的接线柱上并联一只量程与电路最高电压值相适应的电压表和两只串联的 220V100W 灯泡，以备在试验时观察高压初级电压。

核实无误后，合上电源闸，按下电源“通”按钮，X 射线机得电，电源指示灯亮。调节电源调节旋钮，使电源电压表指示在标准位。

1. 透视控制电路的试验 将控制台面板上的技术选择及台次切换等开关置于透视位。踩下脚闸或按下透视按钮，此时应听到透视继电器的吸合声，高压指示灯应点亮，并联在高压初级接线柱上的电压表应有指数，灯泡点燃，调节透视千伏旋钮，电压表指数和灯泡亮度应有相应变化。记下电压表的读数，并根据高压变压器的变压比换算出千伏值，与控制台面板上千伏刻度或千伏表指数相对照，便于在检修时参考。松开透视脚闸或手开关，透视高压继电器失电释放，高压指示灯灭，电压表回零，表明透视控制电路正常。

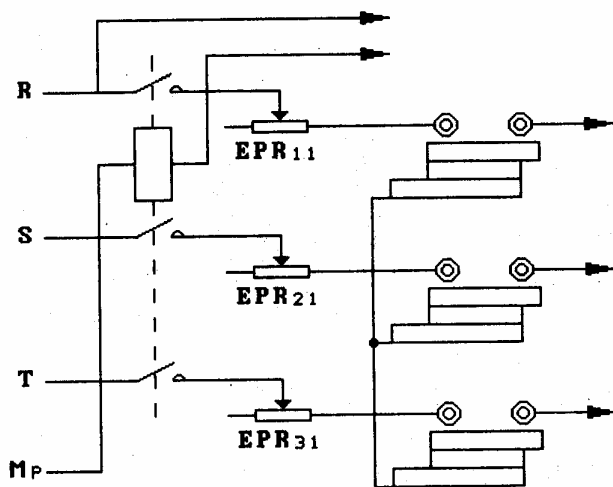


图 2-2-15 带补偿电阻的三相电源电路

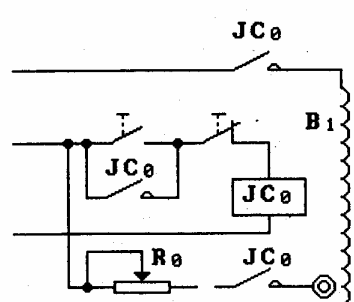


图 2-2-16 带补偿电阻的单相电源电路

2. 摄影控制电路试验 中型以上 X 射线机均有多种摄影方式，如普通摄影、胃肠摄影、滤线器摄影及断层摄影等。摄影控制电路试验时，通常也按照上述各类摄影逐一进行。

（1）普通摄影：将技术选择开关置普通摄影位，预置一限时时间，选择合适的摄影毫安、千伏值，此时千伏表应有相应指示值。按下摄影手闸，若为固定阳极 X 射线管，摄影

高压接触器工作，曝光开始，高压指示灯点亮，并联在高压初级的电压表和灯泡也相应地指示电压和点燃。到达限时时间后，曝光结束，高压接触器失电释放，高压指示灯熄灭，电压表指示回零。若采用旋转阳极 X 射线管，手闸按下后，应听到旋转阳极启动运转的声音，约 0.8~1.2s 延时后，摄影高压接触器吸合或可控硅导通，曝光开始，高压指示灯点亮，并并联在高压初级的电压表指示相应的初级电压，限时到，接触器断电释放，高压指示灯熄灭，电压表回零。若上述过程无误，则证明普通摄影控制电路正常。

应注意，有的厂家生产的 X 射线机，采用按手闸准备，松手闸曝光，最终由限时器切断曝光的方法，在试验上应加以鉴别，避免失误。

(2) 胃肠摄影：胃肠摄影是常见的摄影方式。它区别于普通摄影的主要特点，一是有状态的切换，即要从透视切换到摄影；二是它通常有多种分格方式。这就决定了其控制电路的结构相对复杂，控制接点也相对较多。在试验时，主要应注意其切换是否正常，分格定位是否准确，机械活动是否灵活等。其试验过程基本如下：

技术选择置胃肠摄影位，选择一定的毫安、千伏和时间，按暗盒尺寸选择一种分格方式。此时，踩下透视脚闸或按下透视按钮，应能进行透视控制。然后，即可进行送片和曝光，在送片的同时，荧光屏架应自动锁止，胃肠摄影准备继电器工作，各电路切换到摄影准备状态。片子到达曝光位置后，按下曝光手闸（手动送片式）或延时时间到（电动送片式），机器曝光，限时结束，曝光终止。曝光控制电路与普通摄影基本相同，只是有相应的胃肠摄影继电器及胃肠摄影准备继电器在起作用。按技术说明试完不同暗盒尺寸下的不同分格方式，如送片和曝光都正常，说明胃肠摄影控制电路一切正常。

(3) 滤线器摄影：滤线器摄影控制电路与普通摄影控制电路的区别，在于后者增加了滤线栅的运动控制电路及其相应的控制接点。试验时，技术选择置滤线器摄影位，选择一定的毫安、千伏和时间后，按下曝光按钮，应先有滤线栅的运动，而后才有曝光。并且，只有在曝光结束后，滤线栅的运动才能停止，其它状态应与普通摄影相同。若试验结果如上所述，则表明该电路工作正常。

(4) 断层摄影：这里主要说明直线断层摄影装置控制电路的通电试验。首先将技术选择置断层摄影位，确定一断层角度，任选一断层厚度，选择一定的千伏和毫安，并将限时时间预置在大于断层角度所对应时间档，同时使立柱至起始位置。按下曝光手闸，驱动装置将带动立柱走动，滤线器开始振动，扇形板至预置角度，曝光开始，此时，电压表有指数，高压指示灯亮；待扇形板转过预置角度，曝光停止，电压表回零，指示灯灭。试验应注意立柱走动是否平稳，速度是否均匀，有无机械摩擦等情况。试完全部曝光角度，若立柱运动和机器曝光均无异常，则说明该电路工作正常。

倘若所安装的 X 射线机还有其它的摄影方式，如连续摄影、荧光摄影和多轨迹断层摄影等，则同样观察其控制过程是否与说明相符，机械运动和电路工作程序是否正常，在此就不作叙述。

(三) 灯丝电路的通电试验

X 射线管有单、双灯丝（焦点）之分，前者主要应用在小型机中，中型以上的 X 射线机多采用后者。

X 射线管灯丝加热电压的高低，直接决定着管电流的大小，所以，灯丝电路中通常串有

能改变灯丝电压的电阻器和电位器等。此外，还有空间电荷补偿变压器和灯丝变压器。为确保 X 射线管的安全，不宜直接点燃其灯丝，一般用假负载来代替 X 射线管灯丝进行试验。方法有两种，可视情况选用。

1. 灯丝初级假负载法 在灯丝初级电路的接线柱上并联两只 100W、220V 的普通灯泡，来代替灯丝变压器，如图 2-2-17 (a) 所示。先选择在透视状态，闭合电源“通”按钮，小焦点对应的 D1 应点亮，V1 有相应的读数，调节控制台上的透视毫安旋钮，若 D1 的亮度和 V1 的指数都作相应的变化，说明透视灯丝初级电路工作正常。在此基础上，作一次胃肠摄影，这时，视机型及条件选择的不同，可能切换到大焦点 (D2 亮、D1 灭)，也可能是小焦点灯丝增温 (亮度增加)，总之，应与技术说明相符。其它摄影时，置技术选择于相应的摄影位。若大焦点摄影，则 D2 点亮，V2 有指数，且亮度和指数随毫安增加而增加；若小焦点摄影，则 D1 亮，V1 有指数，其亮度和指数同样随毫安增加而增加。当出现灯泡亮度和电压表指数不变化，或某档毫安时灯泡不亮和电压表没指示，或所选焦点与指示焦点相反，以及一定千伏下低毫安档电压表指数大于高毫安档指数等现象，说明灯丝初级电路有故障，须待故障排除后，才可将灯丝变压器初级接线连上：若无上述情况，则说明电路工作正常。

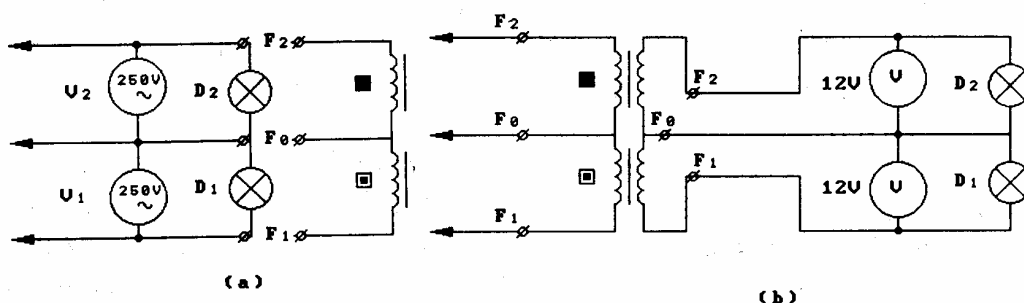


图 2-2-17 灯丝电路试验图

2. 灯丝次级接假负载 将灯丝初级接线接到 X 射线管灯丝变压器初级接线柱上，把 X 射线管阴极高压电缆插入高压发生器阴极插座内，但不可接上高压初级连接线！用夹子线将两只 12V 的汽车灯泡接到高压电缆插头的三个脚上，如图 2-2-17 (b) 所示。试验方法及所见现象应同第一种方法。若无异常，说明 X 射线管灯丝加热电路工作正常，此时，可关机取下假负载等，直接将阴极高压电缆插入 X 射线管管套内拧紧。再次开机后，取下过滤板，可透过 X 射线管透明窗口，观察 X 射线管灯丝。正常时，灯丝应该点亮，切换透视和摄影时，应有大小焦点的相应切换，调节毫安调节旋钮时，灯丝亮度应作相应变化。此时，可关闭机器，结束灯丝电路试验。

应注意，有些 X 射线机，透视状态时大焦点有预热电压，此时的大焦点会有微弱的亮度，这是正常的。

(四) 容量保护电路的通电试验

为了保证 X 射线机能进行正常的曝光，防止因过负荷而造成 X 射线管等重要部件的损坏，中、大型 X 射线机均设有容量保护电路，并且绝大多数采用的是管电流、管电压及曝光时间三参数联锁保护，当任一参量的改变引起总容量超过额定值时，该保护电路即起作用，

切断控制电路，避免高压变压器初级电路得电，防止 X 射线机曝光，同时，作出“过载”指示。

X 射线机的额定容量是其设计时的重要参数，也是 X 射线机正确使用的重要依据，因而，在每台 X 射线机的说明书中对此都作明确的规定，多用列表的形式给出，也可以用容量曲线来表示，甚至可将额定容量对应的三参量关系表置于控制台上，便于操作者随时观察。

试验时，根据额定容量表，以毫安为基本参量，改变千伏和时间，若在允许的条件范围内，曝光应能正常进行，若在超容量条件下按下手闸，机器将受到保护，而不进行曝光。逐档试验后，保护值若都符合说明书规定，则表明该保护电路工作正常。

（五）电动诊视床控制电路的试验

电动诊视床是 X 射线机的主要辅助设备之一。类型多、差异大、繁简程度不一，但从目前的应用来看，诊视床通常具有从正 90° 到 0° 到负几度、甚至负 30° 以上的床身转动范围，能作 $0\sim 100\text{cm}$ 甚至更大范围的床面纵向移动，并能使床身或床面的运动在预定的角度或位置自动停止。试验主要就是针对以上技术性能来进行。

首先应试验床身的运动方向是否与操作键的标记一致，尤其在床身运动由三相电机控制时应特别注意。接上连线，将滤线器固定，以防滤线器在床身转动时滑动，使之碰撞而受损。机器通电后，操作床身直立按钮，床身电机得电，床身向垂直方向转动。为安全起见，操作者应密切注意床身的运动方向，一旦有异，应立刻按停止按钮，切断电动机电源，关闭机器，调换电动机接线后，再进行试验应可正常。然后，试验床身卧倒方向的运动，一般在前者正常的情况下，后者不会有什么问题。以上试验只是验证床身运动的方向，故转动范围不要过大。

再试验各限位开关是否正常。床身在几个特殊位置，如垂直（ $+90^\circ$ ）、水平（ 0° ）及负角度（一般在 $-6^\circ\sim -30^\circ$ ），均设有限位开关，床身运动到该位应能自动切断电机电源，防止床身超过垂直位置时翻倒、超过负角度时挤坏部件等故障的发生。直立转动时，可压“垂直”限位开关，若床身立刻停止转动，说明此限位开关正常。再按“直立”按钮，床身继续转动，此时，操作者应注意观察床身，准备随时切断电源，直至床身停止在垂直位，否则，需调节“垂直”限位开关的位置。可用同样方法试验“水平”、“负角度”限位开关及可能有的其它限位开关。大多数诊视床在“垂直”及“负角度”位还设有相应的保护开关，以防限位开关万一失灵。由于限位开关和限位保护开关是串联的，试验后者时应将前者短路，但应十分小心。当保护开关起作用时，床身无法正常操作，以便引起操作者的重视，此时要使床身往回运动，需同时按下“复位”按钮。

床面运动和限位的试验与床身运动类似，只是比较简单，在此就不再叙述。

作试验时，还应注意观察床身转动和床面移动时速度是否均匀，有无摩擦、碰撞声，若有异常应立即停止试验，待找到原因后，方可继续试验。

三、高压电路的通电试验

所谓高压电路试验就是接上高压初级电路，在曝光时产生高压。在进行该项试验时应注意其程序，应先进行空载试验，再进行负载试验。为确保试验的安全性，在这之前，应认真检查高压变压器中心端的放电保护装置是否可靠，高压发生器外壳接地是否良好。有条件者，

可用直流 500V 或 1000V 摇表测试接地线柱与高压初次级之间的绝缘电阻，其值应分别大于 $0.5\text{M}\Omega$ 和 $200\text{M}\Omega$ ，但应注意，测试时需将高压变压器初级两端短接。上述检查都正常，方可进行高压电路的通电试验。

（一）空载试验

空载试验，是指给高压初级馈电，但不加 X 射线管。通过该试验，可检验高压发生器内各部件承受高压的能力及电路有无短路故障等情况。试验前，在高压初级串入一只量程为 10A 的交流电流表，高压电缆暂不插上，注入适量的变压器油于插座内，以防高压插座内对地沿面放电。合上电源闸，并接通机器电源，调节电源电压至标准位，选择透视方式，将透视千伏调至最大值的一半，踩下脚闸，可见串联的电流表有平稳的指数（即空载电流），控制台上的毫安表应无指数，这时，高压发生器内有轻微的“嗡嗡”声，若持续 5min 无异常，可松开脚闸，结束第一次试验。然后逐步升高管电压，每次 5kV，持续 3~5min，注意间歇，一直试验至说明书中规定的数值。

试验中应保持环境的肃静，注意力集中，以便及时发现问题。若高压发生器内有“嘶嘶”声或“噼叭”声，电流表指针明显不稳，毫安表有指数等异常现象，应立即切断电源，终止试验，待查出原因，排除故障后，方可继续进行。若无上述现象，则空载试验正常。

（二）负载试验

即加上 X 射线管这个负载后的高压电路试验。通过该过程，能检验高压电缆、X 射线管及管套的耐压及管的真空度。该项试验应严格按说明书上规定的操作规程进行，密切注意毫安表的指针及可能发出的声音，容不得半点马虎。

试验前，拆下高压初级串联的电流表，将注入高压发生器高压插座内的变压器油抽净，用洁净纱布和乙醚或酒精等，将高压插座和高压电缆插头表面擦净，不许留有水份、杂质和纤维物，在高压电缆插头表面均匀涂上一层硅脂或脱水凡士林，以便插头插入插座后排出座内的空气，防止高压下放电，然后将高压电缆插头分别插入高压发生器和 X 射线管的插座内，并旋紧电缆紧圈。对有极性标记的电缆应注意极性。

试验时，合上电源闸，机器得电，将各旋钮置透视位，调好电源电压，将千伏调节旋钮和毫安调节旋钮置最低位。踩下脚闸，毫安表应略有指示，慢慢调节毫安调节旋钮，使其升至大约 2 毫安，持续约 2min。松开脚闸，将千伏调整为 65 千伏，再断续曝光约 5min，并使室内保持一定暗度，观察荧光屏亮度是否适当。若无异常，可结束负载试验。

（三）X 射线管的高压训练

一个新的或经长期存放未经使用的 X 射线管，使用前作高压训练是十分必要的，这样做，一则可以检查 X 射线管的真空度是否良好，二则可提高 X 射线管性能的稳定性和性能，并可以使轻微真空度不良的 X 射线管恢复正常。

高压训练的步骤如下：合上电源闸，机器得电，调节电源电压至标准位，技术选择置透视位，透视千伏和透视毫安置最低位，合上脚闸或透视手开关，缓慢调节透视毫安至 2mA 处，观察毫安表是否稳定，若无异常，松开脚闸。保持毫安不变，逐渐升高千伏值，每次增加 5kV，断续曝光 1~2min，间歇 3min，直至最高千伏。

在训练的全过程中，若毫安表指数始终保持稳定，则说明 X 射线管真空度良好，性能

稳定。若出现毫安表指针不稳、颤动及跳动等现象,则说明 X 射线管有轻微的真空度不良或性能不稳。此时,应立即切断高压,并将千伏退至最低位,适当间歇后,再重新训练,方法同上。若多次训练未见改善,甚至毫安表指数越采越不正常,出现毫安表指针上冲至满刻度,电源电压和千伏表指数大幅下跌等现象,说明 X 射线管真空度已严重不良,应予更换。

第四节 X 射线机主要参数的检测与调整

新安装的 X 射线机,会由于各地电源条件的差异,使其参数发生某些变化。因此,有必要在 X 射线机通电试验之后或试验的同时对其主要的参数进行检测和调整。其根本目的就是使 X 射线机在新的电源条件下,通过调整电路的有关参数,来达到设计要求,使之充分发挥效能。

由于不同厂家生产的 X 射线机在结构和性能上存在着较大的差异,其调整的内容和方法自然也有所不同。本节将以国产且目前使用较为普遍的三钮制 X 射线机为例,介绍其主要参数的检测和调整方法。

参数调整得准确与否,直接影响着 X 射线机的应用效果和使用寿命,因此,进行此项工作时,必须做到:熟悉资料及实物,以便进行正确调整;态度认真,调整细致;注意负载时的间歇,以防 X 射线管的损坏;若无必要,拆下高压初级接线,以防电击及不必要曝光。

一、曝光时间的检测与调整

曝光时间是 X 射线机的三个基本参数之一。曝光时间的准确与否,不仅关系到摄影效果的好坏,而且关系到 X 射线管的使用寿命,大毫安、短时间摄影时更是如此。无论是新装 X 射线机,还是其限时电路经过维修的 X 射线机,都应对曝光时间进行必要的检测和调整。

所谓曝光时间,指的是曝光控制系统的作用时间。对三相电源初级控制式 X 射线机来说,曝光时间是指 X 射线管电压达到峰值电压的 75% 的起迄时间间隔。曝光时间的测试可以在空载下进行,也可以在有载下进行,后者还可分一般负载和满负载。一般负载指的是管电压为最大值的 70%,管电流为最长曝光时间所允许的最大值;满负载是指管电流为最大允许值,管电压为该电流下允许的最大千伏值。

不同类别的 X 射线机,其曝光控制系统的结构差异很大,应根据其类别、性能和所具备的测试条件,选用适当的测试方法。

(一) 电秒表法

电秒表是由电源、同步电机、继电器和离合器等组成的,其电路结构简图如图 8—18 所示。

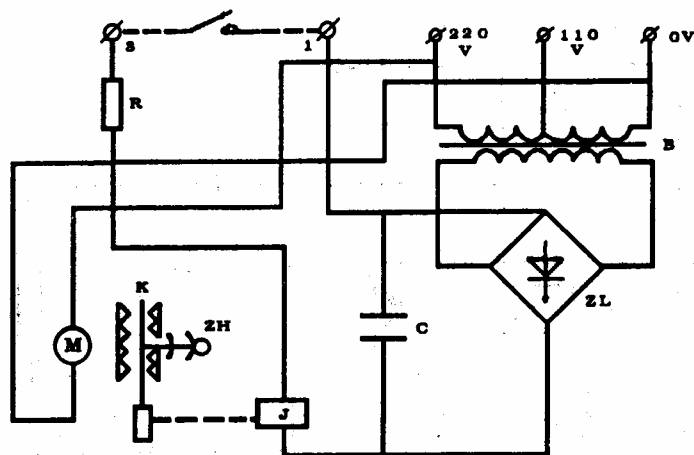


图 2-2-18 电秒表电路图

电秒表法适用于曝光时间大于 0.2s，由高压接触器控制高压的 X 射线机。

测试时，拆下高压初级接线，并将电秒表 1、3 两点接到高压接触器的一对常开接点。接通电秒表电源后，同步电机开始运转，但由于离合器齿轮 K 未咬合，表针并不转动。当 X 射线机摄影曝光，高压接触器接点将 1、3 两点接通，继电器得电工作，使离合器咬合，表针随表针轴 ZH 转动，计时开始，限时到，1、3 两点断开，继电器释放，离合器复位，计时停止，此时通过刻度盘即可读出读数，长针移动一格为 0.01s，短针移动一格为 1s。测完一次，压退针按钮，两表针即可退至原位。

为使测量结果可靠，应选择六个曝光时间，其中必须包括 0.5s、最长和最短时间。每个限时时间应连测五次，其误差按测量中的最大误差计算。

由于同步电机的转速与电源频率同步，当频率不变时，其测量值是一定值。实际值与测量值的关系为

$$T_0 = T \frac{f_0}{f}$$

式中：\$T_0\$ 为曝光时间的实际值；\$T\$ 为测量值（即读数）；\$f_0\$ 为标准频率（50Hz）；\$f\$ 为测量时的实际电源频率。

当 \$f\$ 与 \$f_0\$ 相等时，电秒表的读数即为实际曝光时间。

（二）电子毫秒计法

电子毫秒计法适用于曝光时间小于 0.2s，且由高压接触器控制高压初级的 X 射线机。

测试时，将高压初级接线断开，并将电子毫秒计的输入端与高压接触器的一对常开接点相连（图 2-2-19）。将量程选择在大于所测时间档，连接 220V 电源，打开电源开关并校零，此时表头因输入端开路无指示。摄影曝光时，高压接触器接点闭合，接通电子毫秒计输入端，表头指示值上升，限时结束，接触器接点断开，电子毫秒计指针应稳定在某位置，读出该值，即为曝光时间。按动复位按钮，指针回零。所测曝光时间应包括 0.1s 和最短时间，并应多

次测量，确定误差范围。

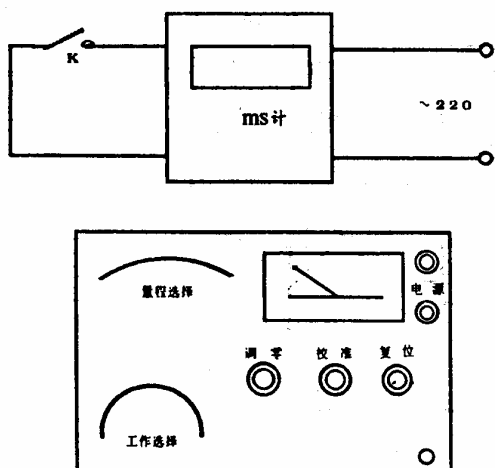


图 2-2-19 电子毫秒计及接线图

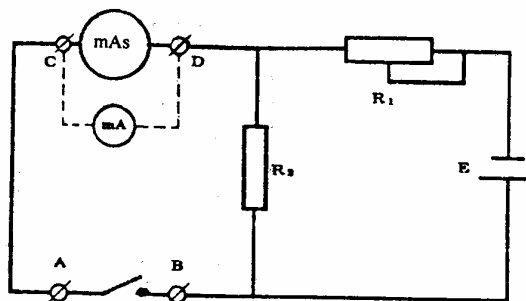


图 2-2-20 毫安秒表计时测量电路

（三）毫安秒表法

利用毫安秒表也可对 X 射线机的曝光时间进行测量，因为毫安秒本身就是管电流的毫安值与曝光时间（秒）的乘积。即

$$\text{mAs} = \text{mA} \times s$$

所以

$$s = \frac{\text{mAs}}{\text{mA}}$$

可以利用毫安秒表按图 2-2-20 所示的简单方法测量曝光时间。图中 E 可用 1.5V 的干电池，R1 为电位器，R2 为分流电阻。

先将一只量程为 100~150mA 的直流毫安表串入图中的 C、D 两点，短接 A、B 两点，调节 R1，使毫安表指数为 100mA。断开 A、B 两点，将高压接触器常开接点接至 A、B，卸下 C、D 处的毫安表，并换上毫安秒表。应注意将高压初级接线断开。打开 X 射线机电源，选好曝光时间并曝光，由于常开接点闭合，毫安秒表指数上升。曝光时间到，常开触点断开，表指针稳定地指在某一值，即为毫安秒值。假如读数为 10mAs，则时间为

$$s = \frac{10\text{mAs}}{100\text{mA}} = 0.1\text{s}$$

按退针按钮，指针退回原位。

测量曝光时间的方法，除以上所说的几种外，还可应用数字式计时仪法、脉冲计数法、记忆示波器法等，后两种方法不仅适用于接触器控制高压的 X 射线机，也适合可控硅控制高压的 X 射线机，不仅适用于空载测量，还可用于负载测量。另外，还可使用多用表，在测量 X 射线机管电流的同时，测量限时时间。

限时器种类繁多，结构不同，精度会有很大不同，无论怎样校正，总还存在误差，因此，对限时器的误差有相应的规定，我国的标准是：200mA 以上 X 射线机，其控时时间大于或

等于 0.1s 时, 误差应在 $\pm 15\%$ 之内; 小于 0.1s 时, 误差应在 $\pm 20\%$ 之内。当控时误差较大, 超出规定范围时, 应首先对有关电路进行检查, 若确定电路正常, 再对限时器本身进行检查调整或更换元器件, 并对其进行重新测试。

二、管电流的检测与调整

管电流是 X 射线机的重要参量, 它反映了 X 射线量的大小, 直接影响着摄片时胶片的感光量。无论是新装的、放置时间过长的 X 射线机, 还是经过相关电路检修的 X 射线机, 都必须对管电流进行重新检测和调整, 才能投入使用, 防止各种客观因素 (如电源条件改变、调节件移位或接触不良、X 射线管更换等) 引起的管电流不准, 造成摄片失败甚至机器损坏。

(一) 注意事项

1. 仪表的选用与连接 管电流测试的常用仪表是磁电式直流毫安表和各类毫安秒表。前者适用于长时间曝光, 直接测量毫安值, 而后者主要应用于曝光时间较短的情况, 测得的是曝光时间和管电流的乘积。现在常见的数字式毫安秒表常为多用表, 能同时显示时间, 可直接换算出毫安值。

通常情况下, 毫安表和毫安秒表串接在 X 射线机的管电流测量电路里。

2. 调整及间歇 在调整管电流时应注意调节电阻上的活动卡和滑动触头的活动方向与电阻的增减关系, 这样, 一则可以防止调节方向错误引起的重复曝光, 更重要的是可避免在调整大的管电流时, 造成灯丝过热损坏 X 射线管。同时, 还应防止多次曝光造成 X 射线管过热而损坏, 一般需在每次曝光后间歇 2~3min, 多次曝光后间歇 10min 左右, 以便 X 射线管热量的散发。

3. 毫安测量整流器的检查 如图 2-2-21 所示。当毫安测量电路中的整流器被击穿或漏电流过大时, 直流毫安表的指数会有较大的误差, 故检查时可在整流器前串入交流毫安表, 比较曝光时两者读数的大小, 当前者约是后者的 L1 倍时, 为正常, 否则证明整流器有问题, 需更换。

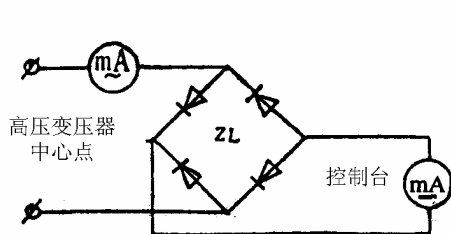


图 2-2-21 毫安测量整流器的检查

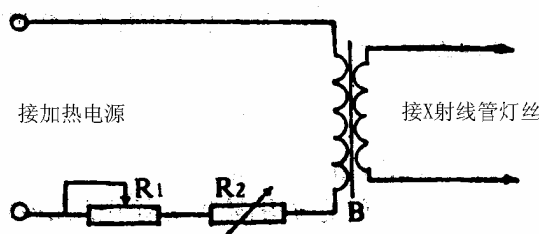


图 2-2-22 透视管电流调节电路

另外, 在能观察到毫安表读数的前提下, 应尽量选择短时间, 这有利于 X 射线管的保护。

(二) 透视管电流的检测与调整

透视管电流的大小通常由串联在小焦点灯丝变压器初级电路中的半可调电阻及电位器

来调整，如图 2-2-22 所示。

调整时，接通机器电源，置技术选择于透视，将透视千伏置于 60kV，透视毫安调节旋钮逆时针旋到底（相当于上图中 R2 最大），踩脚闸或按透视按钮，并逐渐调节透视毫安调节旋钮，使毫安值增加。注意观察毫安表，在透视毫安调节旋钮转到头时，管电流应在 4~5mA 以下，若过高或过低应关闭机器，通过调节半可调电阻（相当于图中 R1），使其符合机器要求。应注意每次移动范围不宜过大，位置固定后应保持接触良好，避免移动。

全波整流 X 射线机，有较大的电容电流流过毫安表，严重影响透视管电流指示的准确性，所以，在毫安测量电路中多设有电容电流抵偿电路，其目的就是要使毫安表的指示符合实际管电流值。电容电流抵偿的调整应在管电流调整前进行，方法如下：拆下灯丝变压器初级公用线，使灯丝无加热电压，接通机器，置透视位，选择约 70kV 的透视高压，踩脚闸后，观察毫安表，看是否指示为零，若不是，松开脚闸，调整电容电流抵偿调节电阻，直至其指示为零。

（三）摄影管电流的检测与调整

摄影毫安的检测与调整，其原理基本同透视，只是摄影毫安一般分成多档，且多为双焦点，所以，又有其独特之处。图 2-2-23 为典型的双焦点灯丝初级电路，其调整方法如下所述。

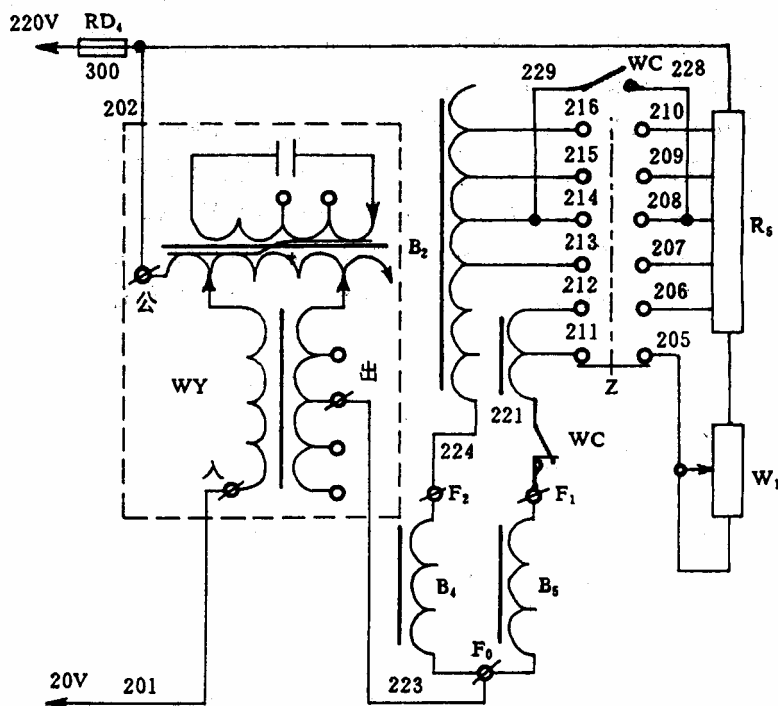


图 2-2-23 X射线机管灯丝初级电路

开机并调整好电源电压，技术选择置摄影位，摄影千伏调至 60~70kV，选择一定的曝光时间，即可从低毫安开始逐档曝光。一般而言，需要一秒左右的曝光时间，才能比较准确

地观察到毫安表的读数，所以，有条件者，应在测量电路中串入毫安秒表，这样就可以选用较短的曝光时间，既有利于操作者的防护，也有利于减缓机器的老化。当毫安表或毫安秒表的指数与选择的各档毫安值有偏差时，关闭电源，调节摄影毫安调节电阻（R5）的对应滑动触头或活动卡子（图 2-2-24），直至表的指数与选择的毫安值基本一致（误差不超过 10%，且不宜正误差）。对一些中大型的 X 射线机，机器本身就有毫安表和毫安秒表，它有一定的曝光时间界限，限时在某值以下时，用毫安秒表指示，否则，用毫安表指示。对于多个 X 射线管的 X 射线机，各管有相应的管电流调节电阻，只需分别仔细调节。

（四）空间电荷补偿的调整

在 X 射线管灯丝加热初级电路中，均设有用来补偿管电流随千伏变化的空间电荷补偿装置，有变压器式和电阻式两和。在调整管电流时，也应对其进行调整，方法是：先在某档管电流下，用 X 射线机允许使用的最低千伏曝光，再用该档管电流下最高使用千伏值的 90% 曝光，比较两次曝光时毫安表或毫安秒表的指数。若相同或相近，则表明补偿合适，若毫安随千伏增加明显增大，则说明补偿不够，需调整空间电荷补偿变压器或补偿电阻对应的接线位置，使补偿值增加，同样，当毫安随千伏增加而减小时，则对补偿装置作反向调整，直至使毫安值在高低千伏曝光下一致或相近。用同样方法，调整其余的各档毫安。

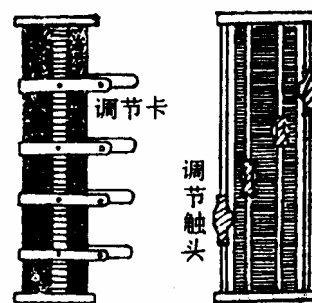


图 2-2-24 可调电阻的形式

三、管电压的检测与调整

在 X 射线机中，管电压采用预示方法，即在空载条件下用反映高压初级电路空载电压的电压表预示曝光时的实际千伏，为了保证预示千伏的准确，厂家在机器出厂时对其已作过严格的调整，预示值是基本准确的，在误差允许范围之内。但是，使用单位的电源条件，如电源容量、电源电阻等，与厂家可能存在着不一致，若机器不作调整就投入使用，必然会造成预示值与实际值不符，直接影响到 X 射线摄影、诊断和治疗效果，所以，新机安装或更换电源时，均需对管电压进行调整，使预示值在允许误差范围内。

生产及专门检修单位有调整管电压的各种专用测试设备，在一定电源条件下，可对各档毫安的千伏预示作细致调整（调整千伏补偿电阻），其调整校准的数据比较准确。而一般用户不具备这样的条件，通常只需根据厂方所提供的说明书，对照相应毫安和千伏下的空载电压是否与所给数据一致，只要电源条件好，通过调整串联在高压初级电路或千伏补偿电路中的电源补偿电阻（或电位器）即可达到目的，而无需调整千伏补偿。下面简要介绍管电压测试和调整的几种方法。

（一）分压器法

分压器法是将测量设备接在高压次级 X 射线管的两端，利用分压原理，在负载条件下直接测量管电压。测试原理框图如图 2-2-25 所示。由于 X 射线管两端是高电压，故用分压器取样，由电子仪表指示管电压的峰值，同时，还可示波器观察管电压的波形。国产 YXGD

高低压测试仪即采用分压法测高压，该方法适用于各类医用 X 射线机的管电压测试，结果准确，但应注意操作安全。

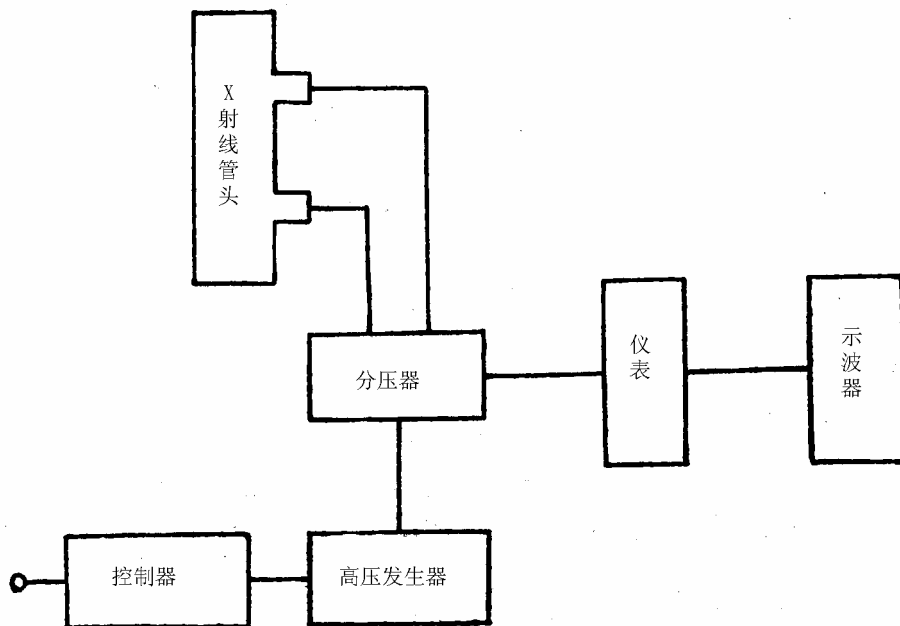


图 2-2-25 分压器法测管电压的原理框图

（二）静电电压表法

静电电压表是利用静电感应原理，使表针偏转的测试仪表，如图 2-2-26 所示。它是由感应电极板 A、表头 B 及高压瓷瓶 C 等组成的。板极可以前后移动来调节量程，近距离为 25kV 量程，远距离为 50kV 量程。它可以在空载或负载条件下对千伏进行测量，其电路接法分别如图 2-2-26 和图 2-2-27 所示。测试时，表壳接地，高压电缆芯线直接或经测试棒接至感应电极。高压接通后，仪表指示值为空载或负载高压的一半，且为有效值，换算成峰值时应根据高压整流方式乘以一定的系数。

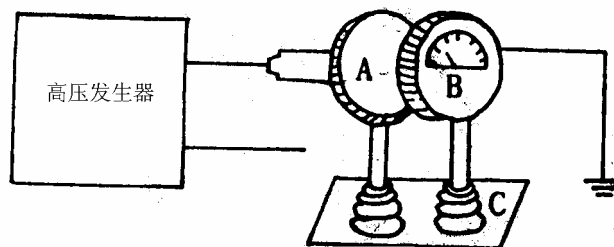


图 2-2-26 静电电压表测空载管电压

在负载测量时，高压棒引线直接暴露在空气中，应特别注意安全。引出线要短，且应有一定的硬度，以防在静电作用下左右摆动；表壳与感应电极接线应有一定间隔，并拉紧，避免高压静电吸引而短路；工作人员应离开两米以上距离观察，以防电击。

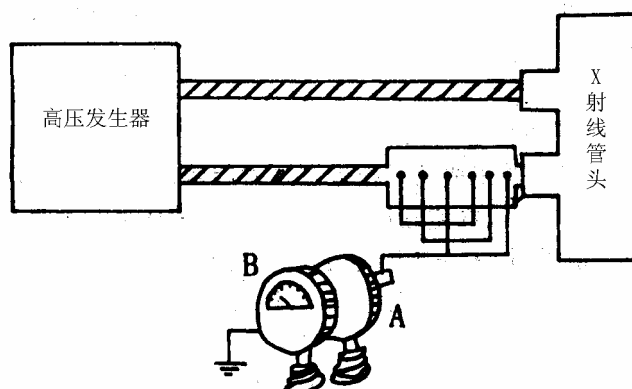


图 2-2-27 管电压负载测量

(三) 高压 (kVp) 测试盒法

测量范围：50~150kVp，每 20kVp 一档。

测量精度：用光密度计测能达 $\pm 2\text{kVp}$ ，目测可达 $\pm 4\text{kVp}$ 。

适用范围：可适用各类 X 射线发生器，如直流恒压、三相十二脉冲、三相六脉冲、单相全波。并可使用各类医用 X 射线胶片。

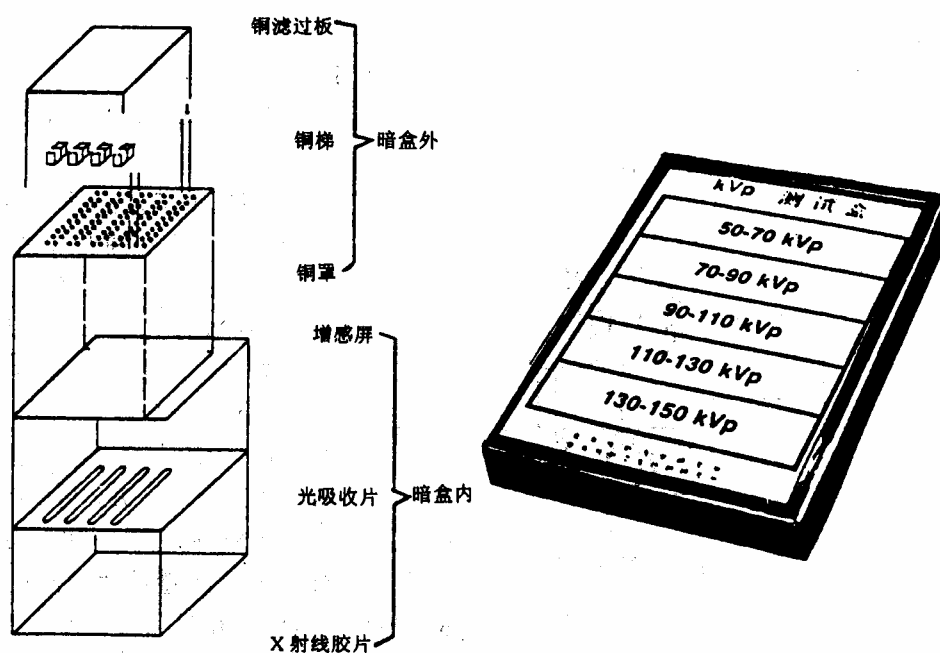


图 2-2-28 kVp 测试盒结构示意图

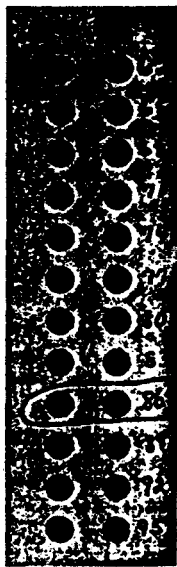


图 2-2-29 86kVp 时钢减弱行与
光吸收行光密度相近

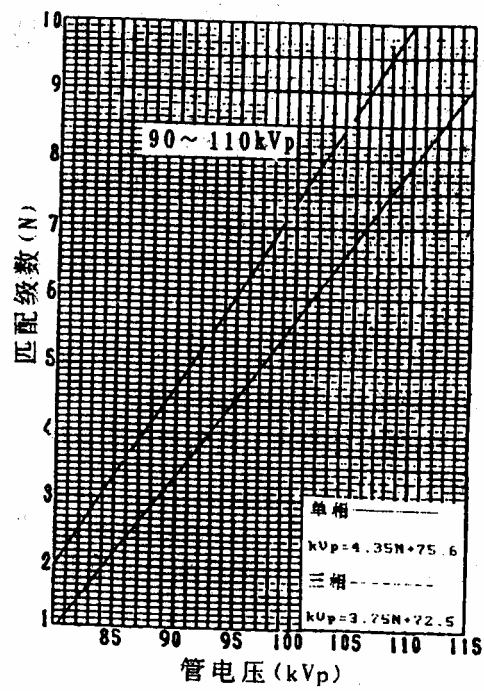


图 2-2-30 管电压 90~110kVp
匹配数与 kV 曲线

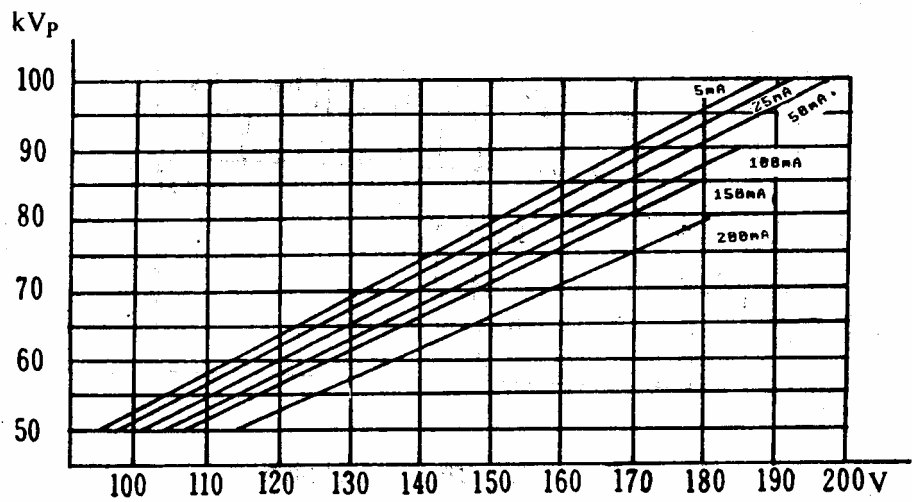


图 2-2-31 KF-200 型 X 射线机负载下的 V-kVp 曲线

高压测试盒的结构如图 2-2-28 所示。在一个普通胶片暗盒里，放入一张增感屏，屏上

覆盖光吸收片（滤光片），有五个选定区域，片盒前面放置一块带孔铅板，共十行五对，每行有十个直径为 6mm 的圆孔，每对中的一行孔正好、盖在光吸收片的灰色条上方，另一行孔的上方放置铜梯，每孔一级。每两行孔对应一个测量域值，分别为：50~70kVp、70~90kVp、90~110kVp、110~130kVp、130~150kVp。在铅孔上方各区域放置一块厚度适当的铜滤过板。经此板滤过后的 X 射线束的一部分穿过前一行孔直接作用于增感屏。增感屏发出可见光透过滤光片使胶片感光，获得十个光密度相同的圆点（称为参考行或光吸收行）。另一部分线束通过铜梯及后一排孔后作用于增感屏，增感屏也产生可见光，但形成的是十个光密度递减的圆点（称铜减弱行）。若在 50~150kVp 范围内经某一高压值 X 射线束照射后，由于铜的滤过作用，冲洗后的胶片上总能在铜减弱行中找到一个圆点，其光密度与其对应的光吸收行中圆点光密度相同或相近，这一铜梯被称为匹配级。显然高压越高，X 射线束能量越高，穿透力越强，匹配级序数就越高。图 2-2-29 中的胶片显示出 86kVp 时铜减弱行与光吸收行的光密度相近。匹配数与 kVp 的函数关系如图 2-2-30 所示，通过该函数查询 kVp，便能实现应用 kVp 测试盒检测 X 射线管电压的目的。

此外，尚有其它手段或仪表可对高压进行直接测量，这里不作介绍。

（四）初级预示电压测试法

诊断用的中型以上 X 射线机，一般在说明书中给出两组数据。一是高压变压器空载时初、次级电压的对应数值，如 KF-200 型 X 射线机为 1.9V / 1kV，XG—200 型 X 射线机为 3.1V / 1kV，分式中的分子为初级电压，而分母为次级电压；二是不同管电流及管电压下，高压变压器初、次级电压的对应数值，如图 2-2-31 及表 2-2-6 所示。

表 2-2-6 XG-200 型 X 射线机不同负载下的变压器初级空载电压

最大摄影容量	50mA/ 100kVp	100mA/90kVp 小焦点	100mA/100kVp 大焦点	150mA/ 100kVp	200Ma/ 90kVp	100Ma/ 90kVp 胃肠
高压变压器 初级电压	323V	300V	331V	343V	314V	300V

对于 XG-200 型 X 射线机，从表 2-2-6 中可见，当负载为 100mA 小焦点、90kVp 时，高压变压器初级空载电压为 300V，由于高压变压器初次级电压比为 3.1V / 1kVp，所以对 90kVp 的高压初级电压为

$$3.1V \times 90 = 279V$$

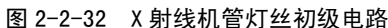
其差值为

$$300 - 279 = 21V$$

即为该负载下的千伏补偿值。

同理，可以计算出不同负载下的千伏补偿值，其数值在曝光时就等于不同负载下电压表的下降值。

现以 XG-200 型 X 射线机千伏补偿电路为例，来说明其调整过程。电路如图 2-2-32 所示，图中的 R1~R6 为不同摄影毫安下的千伏补偿电阻，R7 为电源电压降补偿电阻。



调整好电源补偿电阻后，将电压表接至 023 和 028 端，根据表 8-7 中的数据，校对高压初、次级电压的对应值，方法是拆下高压初级接线，开机并调好电源电压，选择某档毫安和相应千伏，看电压表的指示是否与表格中一致。比如，选择 100mA 大焦点、100kVp 时，kV 表指 100kY，此时的电压表应指示 331V，否则，需调整 R3 电阻。其它各档的调整方法也是一样。

$$\frac{70kV_p}{1kVP} \times 3.1V + 21V = 238V$$

曝光时，若电压表下降 21V，即指示 217V 或近似值，说明补偿准确，若差值较大，则

需调整 100mA 所对应的千伏补偿电阻 R3，使曝光时电压表的指示数值为 217V。

由于测试方法和仪表精度所限，误差在所难免，但应限制在 $\pm 10\%$ 之内。

有些 X 射线机在设计上，对电源电阻的要求很严格，在此基础上，采用逐档固定阻值的补偿方法。这种结构在电源电阻和电源容量符合 X 射线机的设计要求时，电路的千伏补偿细致，管电压准确，无需调整，否则会造成千伏不准。

四、断层摄影装置性能的检测与调整

断层摄影装置性能的优劣，直接影响着 X 射线断层成像的质量，所以，在保证床面、天地轨的平行及立柱垂直的前题下，须对其性能进行必要的检测与调整。

（一）中心垂直线的测试与调整

中心垂直线的测试，检查的是 X 射线管焦点中心、床面中心、胶片中心（即暗盒中心）是否在同一垂直于床面中心的直线上。调整准确后，便于操作人员的摆位，可保证病灶位于胶片的中心，以提高 X 射线断层的成像质量。

测试与调整方法如下：首先测量 X 射线管焦点与床面中点是否在同一垂直线上，这可以利用束光器指示灯的中心指示或采用重锤吊线法进行，确定后，固定床面板与 X 射线管套支架，并作好标记，此为以后操作的依据。再通过曝光来测量焦点、床面和胶片中心三者是否处于一条垂直线上，方法是顺床面中心线和暗盒中心线分别放一根长短不同的铅丝，并在铅丝的某一边放上铅字，作调整时的依据，若曝光后，X 射线胶片上的两根铅丝影像完全重合，则证明三者中心完全处于同一垂直线，否则需调整暗盒架或滤线器左右移动，直到两根铅丝影像完全重合。

（二）两线等距的测试和调整

两线等距的测试是检测简易直线断层装置的立柱在曝光的全过程中，所走路径是否始终与床面纵向中心线等距。检测和调整的结果直接影响着 X 射线断层摄影成像的质量。方法为：在上次测试的基础上，再选断层曝光的全过程的两端及中间的任意几点曝光，若所得影像表明两条铅丝均完全重合，即为正确。否则，应作调整，可调部分包括立柱稳定机件、摆杆和断层固定架等。

（三）断层深度的测试与调整

断层深度是由标尺指示的，该标尺指示的数值是断层摄影的实际深度，是断层摄影的重要调节指标，它的准确性直接决定着断层摄影的成败，应认真检测和调整，使标尺指数与实际值相符。

测试上可以用机器自带的专用断层深度测试规或阶梯形断层深度测试规，如图 2-2-33 和图 2-2-34 所示。

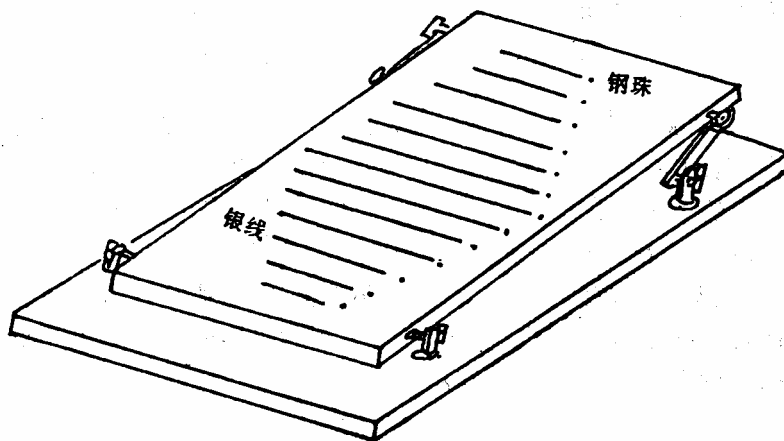


图 2-2-33 断层深度测试规

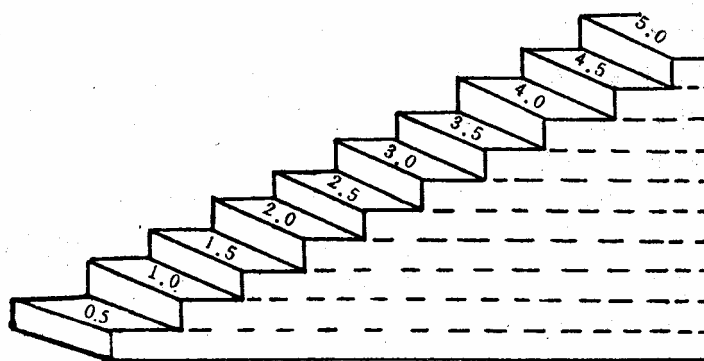


图 2-2-34 阶梯形测试规

前者是 X32 多规迹断层摄影装置上所带。在其规板上等距离嵌上银丝和钢珠，其中最长的一根为中心线。规板有两个倾斜角度，小角度时，中心线离床面的高度为 15mm，相邻两根银线距床面高度差为 0.5mm，大角度时，中心线离床面的高度为 23mm，相邻两根银线距床面的高度差为 1mm。测试时，将测试规放在床面中心线上，银丝长轴与直线断层球管运动方向垂直，测试规置大角度倾斜（也可用小角度），焦点中心线对准测试规中心线的中心，调整断层深度，使标尺指 23mm（或 15mm）处，选择适当条件作一次直线断层摄影。若胶片显示的中心银线最清晰，说明标尺指示是正确的，若中心银线显示不清晰，而其它某一根最清晰，说明标尺不准，可根据最清晰银线离中心银线的距离推算出断层的实际深度。比如，胶片上显示最清晰的是中心线上方的第一条银线，那么标尺的指示值，即实际深度应为

$$23\text{mm}+1\text{mm}=24\text{mm}$$

$$\text{或 } 15\text{mm}+0.5\text{mm}=15.5\text{mm}$$

若显示最清晰的银线是中心线下方的第二条,则标尺的指示值,即断层的实际深度应为
 $23\text{mm}-2\times 1\text{mm}=21\text{mm}$

或 $15\text{mm}-2\times 0.5\text{mm}=14\text{mm}$

以此类推。

根据上述结果,调整断层深度标尺,使其指示值为实际测量值,并再作测试,加以验证。阶梯断层测试规的结构比较简单,可以用 0.5cm 厚的长方形木板叠粘而成,并在各阶梯上嵌入对应梯高的铅字码,铅码的值即为该阶梯离床面的高度,梯规的倾斜角为 45° 。其测试方法与专用测试规相同,调整方法也一样。

(四) 断层轨迹的测试与调整

断层轨迹测试是为了检测 X 射线断层成像时,各种轨迹运动的全过程是否符合要求。它对胶片影像的清晰度和失真度都有较大影响。

1. 测试方法 通常用专用针孔测试设备,也可用一块厚 1~2mm 的铅皮,中心打上一直径约 1mm 的小孔,用 5~10cm 高的支架平架于床面上。将装有胶片的暗盒放在铅皮下面的床面上,使焦点、铅皮小孔和暗盒中心三点成一直线,且垂直于床面中心线,如图 2-2-35 所示。首先垂直曝光一次,确定好中心点,再在不移动铅皮和暗盒的基础上,先作直线断层摄影,条件用 70kVp、50mAs。然后作其它轨迹的断层摄影,条件为 70kVp、50~100mAs。胶片经显定影处理后,可显示出各种不同的轨迹图像,如图 2-2-36 所示。

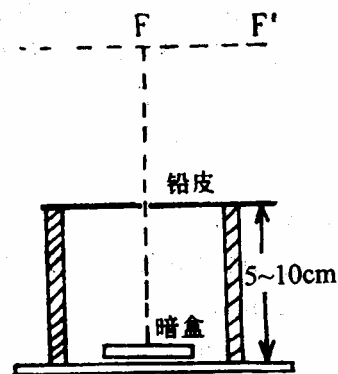


图 2-2-35 轨迹测试方法

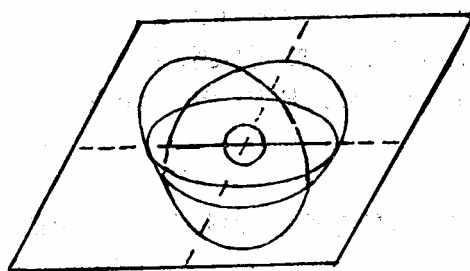


图 2-2-36 轨迹图像

2. 图像分析 从成像上可以观察轨迹是否准确、有无变形,摆角是否对称,轨迹是否有重合或开口等现象(重合和开口误差允许小于 5mm)。

直线轨迹:正确的轨迹应是通过中心点与床中心线重合的直线,且中心点两边等长。图 8-37 为直线轨迹图像分析。

圆轨迹:正确的圆轨迹应是以中心点为圆心,无断续、开口、重合的封闭圆,图 2-2-38 为圆轨迹图像分析。

椭圆轨迹:正确的椭圆轨迹应是以中心点为中心,长、短轴方向各自相互对称,无断续及畸变的椭圆,如图 2-2-39 所示。

3. 调整 在断层轨迹测试和图像分析的基础上,根据断层摄影装置的不同结构进行调

整。

(1) 轨迹不对称：圆和椭圆轨迹有开口、重合等现象：调整曝光起始限位开关的位置；有大小曲轴的断层装置，应调整曲轴凸轮的位置；调整断层驱动电机的弹簧、平衡重锤或驱动卷簧，使断层装置运动均衡；核对运动轨迹与对应的曝光时间是否相同。

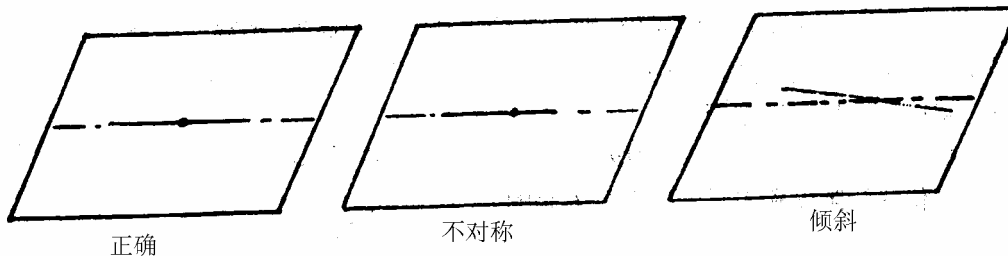


图 2-2-37 直线轨迹图像分析

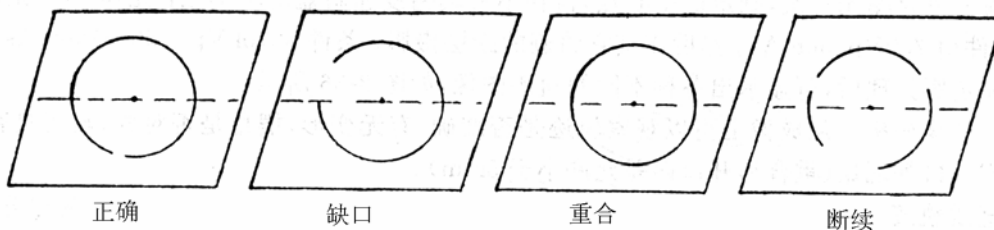


图 2-2-38 圆轨迹图像分析

(2) 轨迹不稳定：应调整各种轨迹运动系统的松紧度，检查各轴承的转动是否灵活，并加以润滑。调整电缆的位置并加以适当的固定，使各方重力相当。

(3) 轨迹畸变：如轨迹不平滑、部分弯曲等应加以调整，排除任何受阻碰磨的现象，使运动系统的滑轮、滑轨、轴承接触严密适度，使之不晃、不逛。检查床的稳定度及暗盒固定架的松紧度，使之稳定牢固。

(五) 断层曝光角度的测试与调整

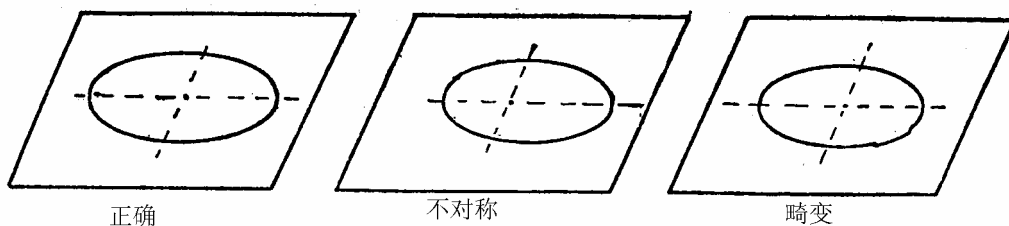


图 2-2-39 椭圆轨迹图像分析

断层摄影中曝光角度的大小与断层面的厚度直接相关，曝光角度是否对称，直接影响着断层面的均匀度。直线断层的曝光角度一般在 $5^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，其大小由一对独立可调的开关控制，多轨迹断层系统是由多个开关来控制一个完全的循环或多个循环动作，且能保证一个运动系统在曝光中作 360° 的完整动作。

各断层摄影装置上有一曝光角度选择开关，刻度会指明当前所选的曝光角，测试就是核对刻度是否准确，并检查曝光角度是否对称。

1. 直线断层曝光角的测试 可将胶片装入没有增感屏的暗盒中，直接放在 X 射线管焦点下进行曝光。胶片接近垂直放置于床面，其与垂直线的夹角不超过 15° ，且与床面中心线平行，胶片中心应与断层中心重合。在距 X 射线管焦点 40cm 处，放一块厚 1~2cm，开有 1mm 宽、3~5cm 长狭缝的铅皮，狭缝平行于床面且与立柱运动方向垂直，如图 2-2-40 所示。选择一曝光角度，用适当的条件作一次曝光，胶片经显定影后，可得到两个对顶三角形，如图 2-2-41 所示。其中 (a) 所示的是理想图形，说明该断层装置机械精度很好，一般只能获得 (b) 所示的图形，其顶角重合，延长三角形边线，可得到一顶角，该角即为曝光角，将其与所选角核对，误差要求小于 2° 。另外，从胶片上还可以看出曝光角是否对称，如图 2-2-42 所示。

2. 圆和椭圆曝光角的测试 将两张胶片分别放置于被照体平面的上下，各自距被照体平面的距离视不同轨迹来定。将一个有 1mm 直径针孔的遮线板置于遮线筒下，或将束光器的出线孔开闭到近似 1mm 的正方形，使焦点、针孔、胶片三者的中心在同一直线上，且与床中心垂直。为能显示轨迹中心，先垂直曝光一次，而后选择断层摄影条件，作圆或椭圆的断层摄影，经显定影处理后，将得到的两张轨迹大小不同的胶片重叠后作图，即可求出曝光角。图 2-2-43 即为椭圆轨迹曝光角度的测试及作图。

(六) 分辨率的测试

由于断层装置机械结构的精度、稳定度及安装的质量直接影响着断层摄影的效果，应通过分辨率的测试来确定装置的机械性能。

分辨率的测试需要用一块分辨率测试卡，卡的结构如图 2-2-44 所示。在能透过 X 射线的、宽约 5~10cm 的平板上，平行地固定着 5~7 组不同直径的金属丝，金属丝的间隔与金属丝的直径相同，五组卡为 0.2~3mm，七组卡为 0.5~3mm。该卡可以自制，但平板必须易透过 X 射线，且有一定的机械强度，最好选用有机玻璃，而金属丝则应间隔均匀。

测试时，卡应放置在被照体断层平面上，金属丝的长轴与断层运动方向成直角，从胶片成像上能看出的最细金属丝直径，即为断层的分辨率。正常的断层装置，其分辨率应达到能看清直径 1.0mm 以下的金属丝。若 2.0mm 的金属丝都不能看清，则说明断层分辨率太低此时应检查、调整机械运动的松紧度和运动系统上下支点是否在同一平面上，运动轨迹是否正常。

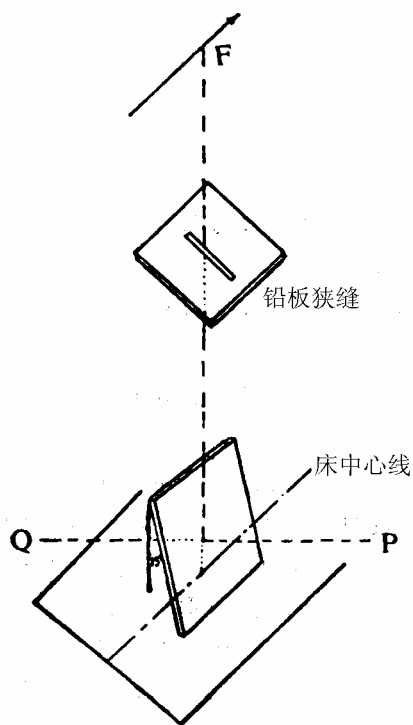


图 2-2-40 直线断层曝光角的测试

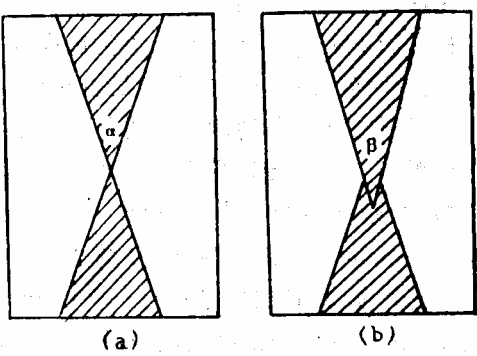


图 2-2-41 直线断层实际曝光角的确定

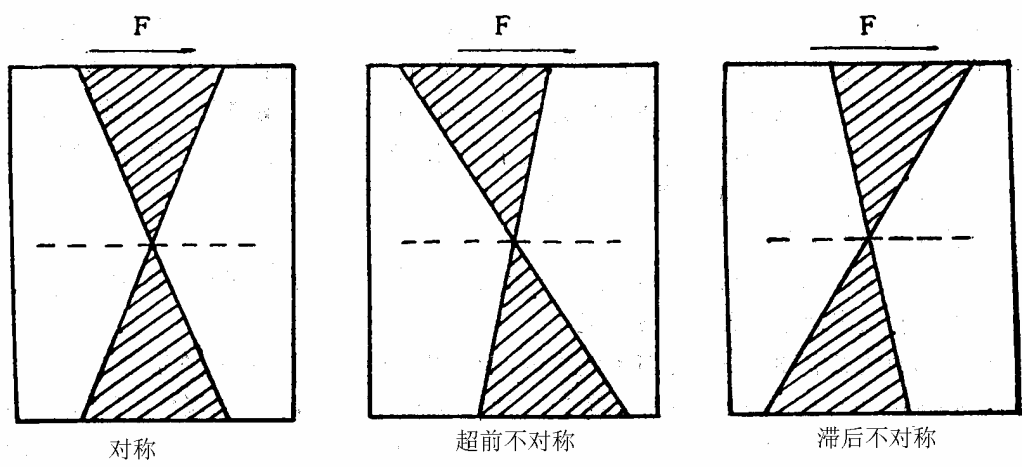


图 2-2-42 曝光角对称分析

(七) 断层运动时间与曝光时间的测试和调整

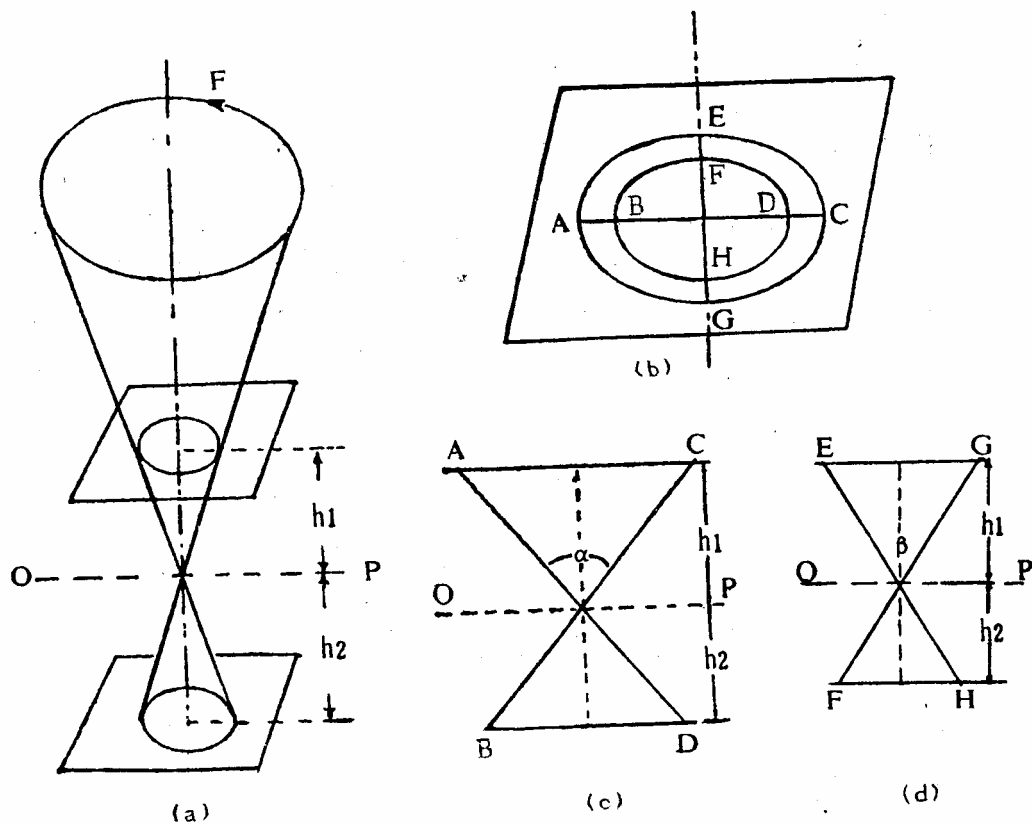


图 2-2-43 椭圆曝光角的测试与作用

(a) 布置图 (b) 底片重合图 (c) 长轴作用 (d) 短轴作用

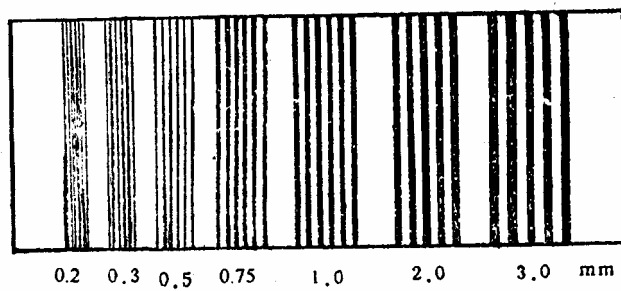


图 2-2-44 分辨率测试卡

曝光时间，在直线断层中由断层曝光开关控制，在多轨迹断层中，则大部分轨迹的曝光时间由限时器控制。测试、调整各种轨迹断层对应的实际曝光时间，不仅能保证断层轨迹的

对称性和完整性,对技术人员正确操作机器,摄取符合诊断要求的断层胶片图像,都有实际意义。

1. 直线断层轨迹曝光时间的测试

(1) 电秒表测试法:方法与一般限时器的测试基本相同,只是应注意将断层曝光开关串入测试电路,并使限时器的限时时间长于断层曝光开关所控制的曝光时间。

(2) 狭缝测试法:用1~2mm厚的铅板,在其中央开宽1mm、长50mm的狭缝,或将两块铅板合并,使其中间留一狭缝,狭缝平架于摄影床中心上方15~20cm,并与断层运动方向垂直。在狭缝下方的床面上,放置尺寸合适的装有相应胶片的暗盒,且其长边与床中心线平行,如图2-2-45所示。对准中心后,以狭缝高度为断层面,进行某一角度断层摄影,胶片经显定影后,可见许多黑白相间的条状影像,这是由于高压波形的波动造成的。对于单相全波整流X射线机,一秒钟内能出现100条较黑的条状影像,据此能算出断层曝光时间,其算式为

$$t = \frac{H}{2f}$$

式中, t 为曝光时间; H 为黑条影数; f 为电源频率,即50赫兹。

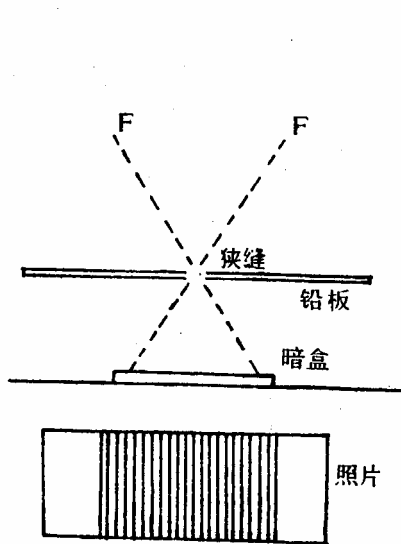


图 2-2-45 狭缝测试法

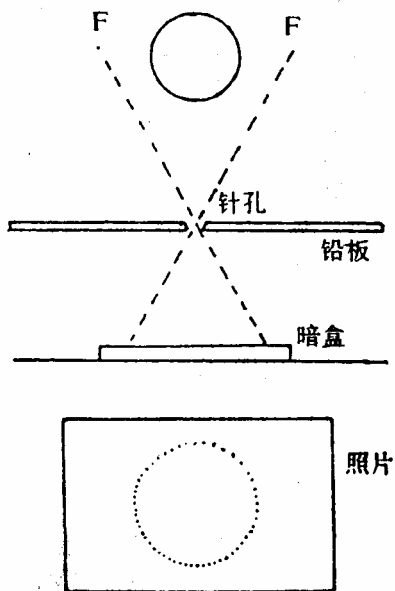


图 2-2-46 针孔测试法

2. 多轨迹断层曝光时间的测试 圆、椭圆、螺旋线等轨迹曝光时间的测试,可用针孔法进行,如图2-2-46。即在摄影床中心线上方15~20cm处,平架一中央钻有1mm针孔、厚度约1~2mm的铅板,针孔下方的床面上放置一装有胶片的暗盒(12.7cm×17.8cm)。对准中心后,采用大角度曝光,在经显定影处理的胶片上可以看到由黑点组成的轨迹,根据黑

点的数目，按前式即可算出曝光时间，当然，这时的 H 是黑点数目，高压乃为单相全波整流。

断层摄影装置性能的测试除上述所讲的方法、工具及仪器外，还可以用专用测试器，如 XT (X-raytomograph) 综合测试器，它可以对断层装置进行多功能测试。如体层厚度、层面误差、层面抹消、干扰影、轨迹运行、X 射线曝光状况、断层机影像大小、轨迹及球体成像特征、精度及分辨率等的测试。详情请参阅有关资料。

五、增强电视系统的检测与调整

要使 X 射线电视系统获得最好的图像质量，就必须对其作正确细致的调整。调整的内容主要包括增强器聚焦，电视摄像机聚焦、摄像管靶压和电子束、图像中心、自动亮度稳定电路以及自动增益控制等，有的甚至还有圆消隐等特殊电路。调整的目的，一是使系统有良好的调制传递函数，尽量减少信息在传递过程中的丢失，二是降低系统噪声，获得最佳的信噪比，最终得到有合适的对比度及亮度，最适于观察的图像。不同厂家的电视系统，其调整的内容和步骤会有差异，这里仅以运用较为广泛的、日本岛津 X 射线机配用的三菱产品。XT-2000A (C) 型 X 射线电视系统为例，简要介绍其调整过程。

(一) 调整的意义

X 射线影像增强管的输入剂量率直接决定着系统的图像质量。在 X 射线电视系统中，可见量子噪声被余辉所抑制，而余辉在不同电视系统中是不同的，所以，调整好输入剂量率和余辉，是取得良好图像质量的保证。

一般地说，影像增强管的输入剂量率越大，其量子噪声越低，反之，则量子噪声越高，但当剂量率低到一定程度时，噪声反而下降，两者的关系可参考图 2-2-47。

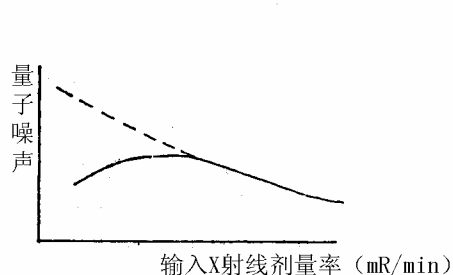


图 2-2-47 输入剂量率和噪声的关系

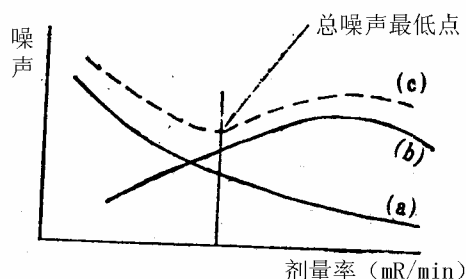


图 2-2-48 总噪声与输入剂量率的关系

(a) 电视噪声 (b) 量子噪声 (c) 总噪声

电视噪声也随着输入剂量率的增高及摄像管靶面照度的提高而下降，随着输入剂量率的减少而上升，如图 2-2-48 中的曲线 (a) 所示。

最终表现在电视监视器屏上的噪声是量子噪声 (b) 和电视噪声的总和，即两种噪声的迭加，也就是总噪声。总噪声与输入剂量率之间的关系如图 2-2-48 中的曲线 (c) 所示。

所以，在可接受的条件下，适当地选择输入 X 射线剂量，使总噪声位于其曲线的最低

点,并使自动亮度稳定装置的工作点在此附近,是最理想的调整结果。下述的调整方法就是为了达到此目的。

(二) 测试件

1. 分辨率测试卡 由多组粗细不同的平行铜丝排列而成。还有一种称矩形测试卡,是用 0.5mm 钨膜腐蚀成多组宽度和间隔不同的线条组构成。有的 X 射线机自带有测试卡。
2. 吸收体(体模) 用有机玻璃容器盛有 20cm 厚的水或用乙丙烯树脂做成。
3. 滤过板 用 2mm 铜板制成。

(三) 测试条件

将 X 射线管焦点到增强器输入屏的距离定为 1m,体模放于 X 射线管焦点与输入屏间,并使 X 射线照射野达到足够。这时,若用自动亮度稳定(即 IBS)透视,条件应为 80kV、1mA。在使用不同的滤线栅或体模时,该条件应有所改变。

(四) 调整方法和步骤

1. 增强管的调整

(1) 接通增强管电源,通过增强器镜头或光分配器的分镜头观察,最好用专用望远镜观察,应能见到输出屏均匀的深绿色背景,允许偶尔出现几个量子噪声引起的小亮点。如果输出屏上有闪光、亮斑或持续高亮度,则说明增强管部分有故障。若亮度偏高,但不是增强管真空度所引起,则通过适当降低增强管的高压,应能得到改善。

(2) 把分辨率测试卡贴在增强器输入屏前或床面前,重新透视,应能在输出屏观察到测试卡的影像。

(3) 调节增强管聚焦电压,使分辨率测试卡的影像最清晰,看其最高分辨率是多少,应能达到增强管性能所规定的极限分辨率。

(4) 多视野的增强管,应对每个视野逐个进行调整。

2. 摄像机的调整

(1) 接入光分配器和电视摄像机。

(2) 接通电视系统电源,监视器屏应出现光栅。用 50kV、0.5mA 进行透视,监视器屏应有测试卡影像。

(3) 调节摄像机的聚焦镜头,使测试卡影像最清晰。倘若聚焦镜头已调至某方向的尽头,而影像还有改善的可能,可松开摄像管的固定螺丝,稍作前移或后移,移动后应保证靶极接触良好。固定好螺丝后,可再进行聚焦镜头的调节,直至获得最佳的影像质量。

(4) 变化毫安使影像易于观察,镜头光圈用 F2-F4。调节摄像管的电聚焦(FOCUS)钮,看监视器上影像质量是否能进一步有所改善。

(5) 调整摄像管的电子束(BEAM)钮,由低向高调,直到屏幕上“云雾”消失。

(6) 重复(3)~(5)项调整,直至影像清晰悦目。

(7) 如发现监视器上影像歪斜,可以松开偏转线圈骨架的固定螺丝,转动线圈骨架,把影像调正后重新加以固定。

(8) 调整摄像机的偏转角。考虑到地磁的影响,调整时使床身处于 45°位,在这种情况下,调整行中心(H. CENT)钮和场中心(V. CENT)钮,使影像位于屏幕中心。

(9) 校正摄像管靶压。对于 NEWVICON 摄像管, 靶压应为 10~15V, 而 CHARNICON 摄像管, 靶压应为 15~25V。此值应在出厂前调好, 否则, 可由摄像机控制器上的靶压 (TARGET) 钮加以调整。

3. 自动亮度稳定装置 (IBS) 及自动增益控制 (AGC) 的调整

(1) 在缩光器前放置 2mm 厚的铜板。

(2) 把体模放在增强器前或床面上。

(3) 设定摄像机的光圈。对于 NEWVICON 摄像管, 光圈定于 F2, 对于 CHARNICON 摄像管, 光圈置 F1.4。

(4) 将控制器上的 IBS / MANUAL 钮置于 MANUAL, 即手动控制, 并关掉自动增益 (AGC) 系统。

(5) 将主监视器上的对比度 (CONTRAST) 钮和亮度 (BRIGHT) 钮置于旋转范围的中间位置, 环境亮度调到工作时的状态。

(6) 选择 100kV、2mA 的透视条件, 启动透视, 并观察影像, 逐渐降低高压, 直到电子束引起的“云雾”在屏上消失。

(7) 反复调节亮度钮和对比度调节钮, 使屏幕上得到满意的影像。

(8) 降低 5kV 的管压, 重新调整亮度和对比度旋钮, 使得在新的条件下得到最满意的影像。

(9) 看屏幕上的雪花噪声 (即量子噪声) 是否消失。

(10) 看屏幕上的电视噪声是否变得明显, 如不明显, 再降低 5kV, 重复 (8)、(9) 的工作, 直到电视噪声变得明显了, 然后在此电压下进行下面的工作。

(11) 把对比度旋钮调回到中间位置。

(12) 调节摄像机控制器的增益 (GAIN) 钮, 增大系统的增益, 直到屏幕上的影像出现黑白反转。

(13) 接通自动增益电路, 通过调节, 使电视输出信号达到稳定值。

(14) 将控制台上的 IBS/MANUAL 置 IBS 位, 即开启自动亮度稳定系统。

(15) 调节电视控制器上的 IBS 调节旋钮, 使 X 射线条件平衡在 (10) 项的千伏和毫安值附近, 这时影像的总噪声水平应该最低。此时的 IBS 平衡点电压应为 6V 左右, 否则, 重新仔细调整 IBS 钮。

4. 结束

(1) 按第 2 项的 (5) 重新调整 BEAM 钮。

(2) 检查在调整过程中电视系统是否有异常情况, 并让用户验收调整结果是否满意。若有必要, 可返回第 3 项的 (8) 按顺序重调。

(3) 填写调整记录。

六、X 射线管焦点测试

完成以上调试后, 若在临床应用的试验中发现所摄 X 射线胶片成像质量不理想, 可进一步对 X 射线管的焦点进行测量。

(一) 星卡测试法

即利用星形测试卡来测试 X 射线管焦点的性能。星形测试卡又称线对测试卡, 也称线对数连续变化矩形波测试卡, 其连续变化的数值为空间频率。在光学上, 空间频率就是用每毫米的线对数来表示的细微程度。如果将半周黑或白的宽度设为 d (mm), 则空间频率 ω 可以由下式表示为

$$\omega = \frac{1}{2d} (LP/mm)$$

例如, 空间频率 ω 为每毫米 4 线对, 表示线对半周间隔的黑或白的宽度 d 为

$$d = \frac{1}{2\omega} = \frac{1}{2 \times 4} = 0.125 \text{ (mm)}$$

图 2-2-49 所示的是 LYR-5 星形测试卡形状。它的线条用 0.05mm 厚的镍片制成, 其铅当量大于等于 0.035~0.005mm, 楔条角度为 1.5° 或 2° , 外径 57.3mm, 内径为 5.6mm, 空间频率为每毫米 0.5~5 线对, 有效覆盖面积为 2π 弧度。

星形测试卡可检测 0.3mm 以上 X 射线管焦点的成像性能, 主要的测试指标有: 有效焦点 (F_{ef}) 的尺寸、焦点各方向的极限分辨率、焦点的散焦值、焦点的调制传递函数 (M. T. F) 与相位传递函数 (P. T. F) 的数值, 还有焦点在不同放大倍率下的几何模糊等。

1. 测试方法

(1) 将星卡的轴心固定于多叶束光器的 X 射线射出口中心处, 或在束光筒 X 射线射出口的中央用托盘或放大摄影架将星卡托着。

(2) 使 X 射线管长轴与测试卡及床面保持平行, 将 X 射线胶片装入无增感屏的暗盒里或用黑纸包严平放在床面上。

(3) 调整星形测试卡至胶片的距离, 确定放大率。其放大率的确定应根据焦点的尺寸, 如表 2-2-7 所示。

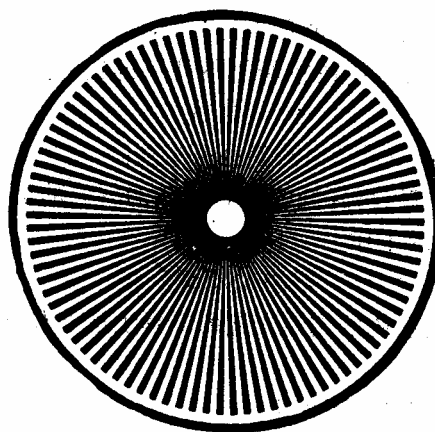


图 2-2-49 LYR-5 型星形测试卡

表 2-2-7 放大倍率表

焦点的标称尺寸 (mm)	建议使用放大率 (M')
0.2~0.3	4
0.4 ~0.7	3
0.8~1.0	2
1.2~1.5	1.75
1.6~2.0	1.5

(4) 将曝光条件调至 50~75kV、20~50mAs, 影像密度保持在 1.0~1.5 间。曝光后, 将胶片洗出晾干。

2. 数据处理 将星卡照片置于观片灯上, 从两侧向内仔细观察星形测试卡的影像, 会发现楔条影像延续到一点突然消失了(即零对比区域), 如图 2-2-50 (a) 所示。进而出现了楔条影像的反转或扭曲, 在 X 射线管长轴方向上看到的是双峰交错的模糊带, 如图 2-2-50 (b), 在 X 射线管短轴方向上看到的是扭曲的模糊带, 如图 2-2-50 (c), 两侧楔条影像连续消失的平均距为模糊直径。再通过图 2-2-51 测量出 X 射线管长轴方向上的 Z_w 和 X 射线管短轴方向上的 Z_L 毫米数值, 代入有关计算公式, 即可求得 X 射线管焦点的极限分辨率。

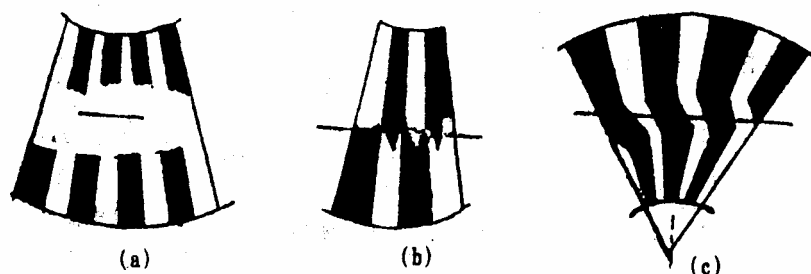


图 2-2-50 楔条放大影像图

3. X 射线管焦点成像性能的计算

(1) 标准放大率下极限分辨率的计算: 在标准放大倍率下 X 射线管的极限分辨率应大于或等于该 X 射线管焦点所规定的极限分辨率。计算公式为

$$P_{ws} = \frac{M' - 1}{Z_w \cdot \theta} \times \frac{M_s}{M_s - 1}$$

$$P_{LS} = \frac{M' - 1}{Z_L \cdot \theta} \times \frac{M_s}{M_s - 1}$$

式中:

R_{ws}, R_{LS} ——两个评价方向上的极限分辨率,

单位为每毫米线对 (LP/mm);

M' ——星形测试卡照片的放大率

M_s ——标准放大倍率。焦点标准值 $f < 0.6$ 时, $M_s = 2$; 焦点标准值 $f > 0.6$ 时, $M_s = 1.3$;

Z_w ——与 X 射线管纵轴平行方向的最外失真区的平均直径, 单位为毫米;

Z_L ——与 X 射线管纵轴垂直方向的最外失真区的平均直径, 单位为毫米;

θ ——扇形镍片(楔条)顶角的弧度, 2° 的测试卡为 0.035 弧度。

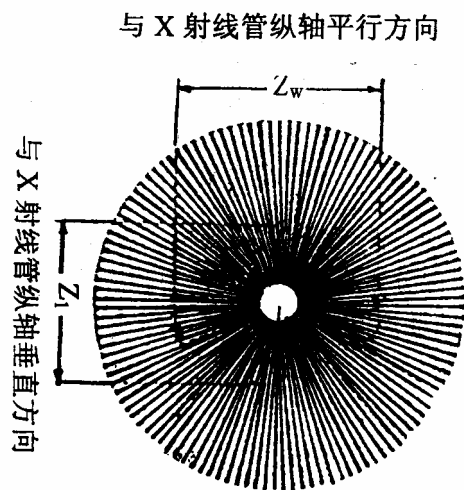


图 2-2-51 星形测试卡的 X 射线胶片

(2) 有限放大倍率的极限分辨率的计算：该值是放射学实际条件下的应用，可按下列公式计算。即

$$P_{WP} = R_{WS} \frac{M_S - 1}{M_S} \times \frac{M_P}{M_P - 1}$$

$$P_{LP} = R_{LS} \frac{M_S - 1}{M_S} \times \frac{M_P}{M_P - 1}$$

式中：R_{WP}，R_{LP}：所需放大倍率下的极限分辨率值；

R_{WS}，R_{LS}：标准放大倍率下的极限分辨率值；

M_S：标准放大倍率；

M_P：所需放大倍率。

表 2-2-8A 散焦值的计算

X 射线管标称电压 U (kV)	加载因素	
	管电压	管电流
U ≤ 75	标称电压	对应于焦点标称阳极输入功率的 50%管电流。
75 < U ≤ 150	75kV	
150 < U ≤ 200	50%标称值	

表 2-2-8B 散焦值的计算

X 射线管标称电压 U (kV)	加载因素	
	管电压	管电流
U ≤ 75	标称电压	规定的管电压下加载时间 0.1s 的 最大管电流
75 < U ≤ 150	75kV	
150 < U ≤ 200	50%标称值	

(3) 散焦值（晕值）的计算：按表 2-2-8 中所给定的两种条件，在 X 射线管恒定负载下，对星形测试卡进行拍片，然后用两测试卡 X 射线胶片的极限分辨率值来确定 X 射线管的焦点散焦值。其计算结果应小于或等于该 X 射线管所规定的散焦值，计算式为

$$B = \frac{R_{50}}{R_{100}}$$

式中：

B——X 射线管焦点散焦值（晕值）；

R₅₀——表 2-2-8A 规定条件下的星形测试卡极限分辨率值；

R₁₀₀——表 2-2-8B 规定条件下的星形测试卡极限分辨率值。

(4) 焦点尺寸的计算：星形测试卡所测出的焦点尺寸，是指在 X 射线成像中由焦点尺寸及焦点上 X 射线强度分布综合形成的模糊尺寸，虽也称有效焦点尺寸，并用 F_{ef} 表示，但

并非 X 射线管所标称的有效焦点尺寸。对于 2° 的星卡，可按下式计算。即

$$F_{ef} = \frac{0.0349Z}{M' - 1} \quad (\text{mm})$$

式中：

2——两个评价方向上的失真区直径 $2w$ 和 Z_L ，单位为 mm；

M' ——测试卡 X 射线照片上的放大倍率。

应用 Z_0 计算出的数值为 Z_L 方向上焦点的宽度；应用 Z_L 计算出的数值为 Z_0 方向上焦点的长度。

(二) 应用针孔法测试 X 射线管焦点的性能

针孔测试法是一种传统的焦点测试法，它应用了几何光学原理，主要用来测量 X 射线管的焦点尺寸。

1. 测试方法 将 1~2mm 厚的铅板剪成约 5cm 直径的圆，在圆心打一直径小于 0.5mm 的圆（针）孔，并将针孔铅板贴在束光器的 X 射线射出口的中心。取 10cm×10cm X 射线胶片一张，用黑纸包好或装入无增感屏的暗盒中，使 X 射线管焦点—针孔铅板—X 射线胶片间的距离比为 1: 2 或 1: 3，如图 2-2-52 所示。选用 50~75kV、50~100mAs 曝光。

2. 有效焦点计算 根据 X 射线胶片的成像状态，通过下式可求出有效焦点尺寸为

$$F_{ef} = \frac{D_1 \times I}{D_2}$$

式中：

F_{ef} ——X 射线管的实际有效焦点；

D_1 ——焦点至针孔铅板的距离（mm），可用立片照像法测出；

D_2 ——针孔铅板至 X 射线胶片距离（mm）；

I ——焦点影像尺寸， I_W 和 I_L 。

另外，根据得到的焦点像，可以看出焦点上的 X 射线辐射强度分布的情况以及有否焦点熔蚀及其它损坏。

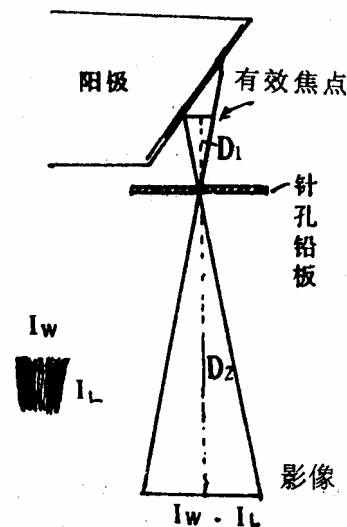


图 2-2-52 针孔测试法示意图

第五节 X 射线机的使用和日常维护

一、X 射线机的正确使用

任何设备，要想维护得好，必须做到正确的使用，对 X 射线机这种大型精密贵重医疗设备而言，更是应该如此，因为一个错误的操作，轻者达不到使用目的，造成药品器械的浪

费，重者则会造成设备的损坏。

(一)X 射线机的使用原则

1. X 射线机的操作人员，必须是经过培训，具有一定专业知识，并熟悉机器结构性能的专业技术人员。

2. 根据所使用 X 射线机的结构特性，操作者必须严格遵守使用说明中所规定的操作规程，谨慎、熟练、正确地操作机器，切不可随心所欲，草率从事。

3. 每日开机后，应根据机房的温度和机器的结构特点，给予适当的预热时间，以防在室温较低且机器预热不充分的情况下，突然进行大容量的曝光而损坏 X 射线管。

4. 曝光时应注意观察控制台上各仪表，密切注意各电器部件的工作情况，便于及时发现故障。

5. 摄影过程中，不得调节或切换任何旋钮和开关。

6. 应注意曝光间隙，禁止超容量使用，并应尽量避免不必要的曝光。

(二)正确的操作规程

每台 X 射线机都有其自身的结构特点及使用范围，也有其相应的操作规程，只有严格遵守操作规程，才能保证 X 射线机的正常使用，对于“三钮”制 X 射线机来说，其基本操作规程如下。

1. 开机前，先检查控制台面上各仪表、调节器、开关等是否处于正常位置。

2. 合上电源闸并接通机器电源，调节电源电压指示标准位置，使机器预热。

3. 根据诊断需要，进行技术选择，如台次选择、摄影方式选择、透视或摄影条件的选择等。在选择摄影条件时，应先确定管电流，再选择管电压。

4. 在进行透视或摄影曝光时，操纵脚闸或手闸时动作要迅速，用力要均衡。

5. 机器使用完毕后，应先关闭机器电源，再将各调节器置于最低位置，最后拉下电源闸。

二、X 射线机的日常维护

(一)保持机房干燥

X 射线机中有机电、电子，光学等多种器件，当其受潮后，轻者造成电路参数改变或机械部件活动不灵，重者则会使电气元件发生霉变而烧坏机器，甚至由于绝缘强度降低造成电击等事故。所以，保持机房的干燥，不仅是为了保证机器的正常运转，也是安全措施之一，必须高度重视。要保持机房干燥，首先要有良好的通风条件，此外还应注意，在清扫机房时，应尽量不用水或少用水，擦拭机器不用湿布，阴雨天关闭窗户等。如发现机器受潮，应对其作干燥处理后，才可开机。

(二)保持机房和机器内部清洁

防止尘土侵入机器内部，是保证机器正常运转的重要措施。尘土会使某些电气元件接触不良，还可造成电路短路，影响机器的正常工作，甚至烧坏机器。清洁外部尘土时，最好用吸尘器；而机器内部的尘土，最好用电吹风和细毛刷清理，决不能用湿布擦抹。有的部件可

以用布罩套盖，以达到更好的防尘效果。

(三)谨慎操作

操纵机器不应过猛，要避免强烈震动，特别是对于 X 射线管支持件和荧光屏架等，移动时更应做到谨慎小心，以防损坏 X 射线管和增强器等。

(四)注意安全检查

X 射线机在使用过程中，由于器件的使用寿命和某些客观原因，总会产生一些不安全因素，只要随时注意检查，就可防患于未然，避免重大事故的发生。日常检查的重点是，接地是否良好、X 射线管套有无漏油、管头温升是否过高、机器运转是否正常、钢丝绳有无断股、控制台各旋钮是否错位等。一旦发现异常，应立即切断机器电源，进行修复或更换。

第六节 X 射线机主要部件的维护

一、机械部件的维护

1. 应经常检查诊视床、立柱活动部分轴承的灵活度，观察其有无磨擦过大的现象，并经常在轴承轨道上涂以润滑油，以减少磨擦和磨损。

2. 为防止部件的电镀部分生锈，应经常用油布擦拭，避免火烤、碰撞喷漆或烤漆部分，以免漆皮脱落。

3. 应经常检查吊挂用的钢丝，看是否有因磨损出现的“断股”现象，若有，应立即更换以确保安全。

4. 应经常检查电动诊视床的各限位开关，特别要注意垂直及负角的限位，以免床运行时发生意外。

5. 应经常检查各部件间的紧固件，如螺丝、螺母、销钉等是否有松动或脱落现象，如有，应及时加以紧固。

二、控制台的维护

1. 控制台应置于空气流通、整洁干燥且无高温及日光曝晒之处。

2. 工作中应注意电源电压表、千伏表、毫安(或毫安秒)表的指示数是否正常，有无偏高、偏低、抖动、急冲等现象，如有，应立即停机检查，排除故障。

3. 应定期打开前后档板，对内部进行检查除尘。检查的主要内容有：继电器接点有无氧化、烧熔、弯曲变形及接触不良等现象；连接导线有无松动、断开、移位；插接元件接触是否紧密；部件有无烧焦、熔化；调节电阻的活动卡子或触头有无松脱等。如有上述情况，应立即进行处理。对于自耦变压器碳轮滑动轨迹上的碳粉，也应及时用橡皮擦净，因为碳粉一方面会增加碳轮与导线间的接触电阻，影响摄片质量。另一方面还可能造成自耦变压器由于匝间短路而烧毁。

4. 应经常检查控制台的接地是否良好，如地线电阻增大，应立即进行处理。

三、高压发生器及组合机头的维护

1. 不要随意打开高压发生器及机头，以防油液吸潮或落入灰尘后降低其绝缘强度。
2. 曝光时应经常注意高压发生器或机头内是否有不正常的声音，如有吱吱或啪啪声，应立即停止使用，进行检修。
3. 高压发生器的高压插座内，要定期更换凡士林或硅脂，一般情况下凡士林半年更换一次，硅脂一年更换一次，以防凡士林或硅脂固化使高压插座内出现气隙而造成放电。更换时，需将原填充物清除干净，并用乙醚或四氯化碳擦拭高压插头和插座，再涂抹脱水凡士林或硅月旨。
4. 定期检查高压发生器和机头外壳的接地情况，应始终保证其接地良好。
5. 如不是木板地面，最好将高压发生器置于木制底座上，以便防潮防锈。
6. 组合机头应避免剧烈振动，以免损坏里面的 X 射线管。
7. 由于组合机头体积小散热力不强，应特别注意其温升，避免阳极熔化或变压器油绝缘度降低。并应定期观察放射窗口，发现气泡立即排出，发现渗油、漏油立即处理。

四、高压电缆的维护

1. 高压电缆应保持清洁，切忌受潮、受热、受压和过度弯曲。受潮会使水分渗入内部而降低绝缘强度，可能造成击穿；受热易使其吸收水分而膨胀变形；受压和过度弯曲则可能导致电缆受损。一般而言，电缆的弯曲半径应大于 30cm，否则，一方面易使芯线折断，另一方面由于弯曲处芯线与金属网间形成的电荷相对集中而容易被击穿。
2. 要避免变压器油浸蚀电缆，因为变压器油对橡胶有较强的腐蚀作用。
3. 因 X 射线管套是通过高压电缆的金属屏蔽网接地，所以应经常检查电缆两端的插头固定环是否拧紧，若有吱吱的静电放电声，应首先检查此处。
4. 要注意 X 射线管端电缆头有无填充物因受热而流出，如有此种现象应及时处理。

五、X 射线管的维护

1. X 射线管是 X 射线机的核心部件，既贵重，又易碎，所以在使用和运输中要尽量防止震动和碰撞。由于 K 射线管的阳极端较重，存放和运输中应注意使阳极端位于下端。
2. 在 X 射线机连续工作时，应注意给 X 射线管一定的间歇冷却时间，不能让 X 射线管套的表面温度超过 50~60℃。
3. 应经常通过 X 射线管窗口观察管内是否有气泡，有的话应及时往管套内注油排气。
4. 曝光时，应经常倾听 K 射线管内是否有放电等异常声音，若有，应立即停止使用，以待处理。
5. 使用时注意 X 射线管焦点是否在窗口中心，以免影响诊断和治疗效果。

第七节 X 射线机的定期检查

在 X 射线机的使用过程中，除了要重视日常维护外，还应进行定期的检查，以便及时排除故障隐患，防止重大事故的发生，延长机器的使用寿命。可以制定出维护检查制度，如

日清洁、周检查、月保养、年检测等，这是 X 射线机正常使用的良好保障。

定期的全面检修，通常一到二年进行一次，主要有两方面的内容。

一、机械部件的检修

X 射线机的机械部件较多，如诊视床的机械部分、X 射线管支撑装置、荧光屏吊架及天地轨等。这些部件，有些长期承重，如钢丝绳、滑轮等；有些则处于频繁活动中，如轴承等，它们的故障往往是逐渐形成的，从局部的损伤发展到整件的损坏。因此，对于它们的检查，不仅要查出有明显损伤的部件，更重要的是要把那些有隐伤的部件查出来，防患于未然。检查的重点有三项。

(一)活动及传动部件的检修

检查与清洗所有滑轮、轴承、齿轮变速装置、传动装置和各种导轨，更换已损坏的或即将损坏的部件，并重新加注润滑油，使其传动平稳，活动自如，机械噪音最小。

(二)钢丝绳的检修

检查各种平衡用及传动用的钢丝绳，发现有断股或严重折痕时，应用同种规格的钢丝绳加以更换并调节，使之松紧适度；清除锈斑，并用机油润滑。

(三)紧固螺钉的检查

检查各种紧固螺钉，尤其是那些影响机器安全稳定的螺钉，如立柱高度调节杆、悬吊装置、限位开关、立柱限位块及平衡砣等的紧固螺钉。若有松动应立即拧紧，若有滑丝的应立即更换。

二、电气部分的检修

电气部分的检修包括电路检查和性能测试两个方面。

(一)电路部分的检查

1. 检查电源线的绝缘层，看其是否有老化、破损及过负荷烧焦等现象，若有上述情况应立即更换电源线。

2. 检查接地装置是否完好，若发现接地导线有局部折断应更换新线，若测得接地电阻明显增大或超过规定数值，应进一步检查各导线的连接点，必要时直接检查接地电极。

3. 检查控制台。台面上的各种旋钮、按钮有无松动、卡死等现象，指示值是否与实际值相符；仪表指针摆动时有无受阻、卡住或阻尾等现象，指示数是否与实际值相符，能否回零等。控制台内部有无连接线松动、固定件螺钉松动、绝缘层老化等现象；接触器及继电器动作时的触点接触是否良好，有无熔蚀等情况；内部尘土是否过多，尤其是自耦变压器裸露面、接触器接点、无罩继电器衔铁与铁芯的接触面等部位一定要保持清洁。若有问题应及时进行处理。

4. 检查各限位开关，主要是诊视床限位开关的控制是否正常。

(二)性能测试

X 射线机经过一定时间的运行后，其性能可能发生变化，主要参数如管电流、曝光时间

等有可能出现不准确或不稳定。因此，应对一些重要的、反映 X 射线机性能的参量和电路进行定期测试。

测试方法如第八章所述。值得注意的是，若测量时发现管电流普遍下降，不可急于调整管电流调节电阻，而应先测量灯丝的加热电压。因为，X 射线管长期使用后，其灯丝的电子发射率会逐步降低，这时尽管灯丝加热电压还保持正常，但管电流已显然不足。在这种情况下，一味地通过调节管电流调节电阻来增大管电流，可能会使灯丝电压过高而烧坏灯丝，这时最好是更换 X 射线管或降低条件使用。

机器经过定期检修后，对所发现的问题，更换的元件或更改的电路应作较详细的记录，以备以后检修时参考。

第八节 X 线发生器主要参量的检测与调校

X 线发生器主要参量系指 X 线曝光时间 (s)、管电流 (mA)、管电压 (KVp) 三参量，还有一个不可忽视的参量是 X 线输出剂量。在检修 X 线发生器时，如果正确检测与调校这些参量是非常重要的，也是非常必要的，它是保证 X 线发生器达到其设计要求，在安全范围内使用，发挥最大效能的必要条件。

虽然 X 线发生器种类繁多，其结构和性能差异甚大，但要检测或调校的主要参量也不外乎 s、mA、KVp 三参量，检测和调校顺序为 S、mA、KVp。在检测和调校时应根据各类 X 线发生器的说明书或有关电路图，必须心中有数方能着手进行。因检测和调校 X 线发生器参量是一项十分复杂和细致的工作，必须一丝不苟，认真负责，保证人机安全。

一、曝光时间的检测和调校

由于 X 线发生器种类繁多，曝光时间 (s) 计时控制器的结构，控制方法差别较大，故在此不可能介绍各种 X 线发生器的曝光时间计时器的检测与调校，只能向读者介绍一些检测和调校的基本方法和手段。

(一) 工频 X 线发生器曝光时间计时器

1. 高压发生器初级通断相位校整 相位检测和调校一般用普通示波器，示波器与 X 线发生器连接如图 2-2-53 所示。

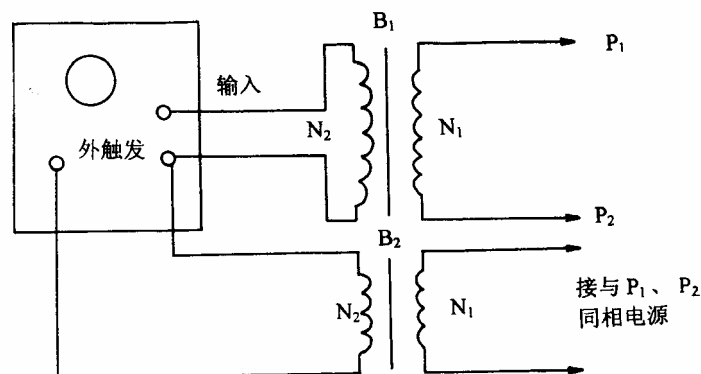


图 2-2-53 高压初级通断相位调整接线图

图 2-2-53 中，B1 和 B2 为小型降压变压器。将 P1、P2 拆下接在 B1 初级，在 B2 初级端接入与 P1、P2 同相电源，调节示波器的 TIME / DIV 和 VOLTS / DIV 等。接通 X 线发生器电源，选择一定 KVp、s 行曝光测试，同时观示波器所显示的波形，若示波器上的波形不是从电位开始，超前或滞后，则应按说明书或电路图调计时器同步电路的有关电位器，反复精确调校，使高压初级在相位点接通。如 KD-400，若相位超前，将同步电路中的 W7 电位器反时针调（阻值减小），若相位滞后将电位器顺时针调（阻值增大）。

2. s 的检测和调校 s 检测的方法很多，如示波器法、电秒表法、电子毫秒计法、数字式计时仪法、脉冲计数法、非介入法等，但目前常用的主要是示波器和数字式计时仪两种，故作者只介绍这两种基本方法。

示波器检测可适合各种 X 线发生器计时器，如图 7-5 的连接方法，此方法只能检测 0.2s 以下的时间，因为它是显示 P₁、P₂ 两端的正弦交流波，每一个周波为 20ms，显示屏最多可观 10 个周波（即 200ms），如 0.1s 应为 5 个周波数。但可以直接用示波器检测计时器电路中控制 X 线通断的继电器（直流）或可控硅、晶体管等的通断信号，这无论短或长时间均可。如 KD-400 可检测 Ja 继电器两端电位通断情况，Ja 接通时间为曝光时间。F99 型的 J6A、J6B 继电器通断时间为曝光时间。日本岛津 EDI50L 的 SecCONTROL-10 计时器 K-V11 司令继电器的通断时间为曝光时间。HDI50BN40 和 N41 计时器的 K3-V13 继电器的通断时间为曝光时间。另一种用示波器检测计时器曝光时间的方法是在 P₁、P₂ 端接一降压变压器，其次级经整流波滤波后送至示波器进行测量，此法适合任何类型 X 线发生器。

数字式计时仪法检测曝光计时器的时间，该法适用于各种 X 线发生器空载测试，且使用方便、操作简单。若 X 线发生器为主接触器控制曝光的话，空载检测时，将高压初级接线取下，把计时仪两测量笔接于主接触器空余的常开触点，即曝光时直接显示时间数字；若曝光时间为其它控制方法，则把高压初级拆下另接一较灵敏的继电器，该继电器的常开触点接入计时仪两表笔，曝光开始时该继电器常开触点闭合，计时开始，曝光结束该继电器常开触点断开，计时停止，曝光时间直接数字显示。

在检测曝光时间时，每一值应连测 5 次，每值误差按所测 5 次中的最大偏差计算。要是新安装的 X 线发生器，各档时间均应检测，平时只需检测常用的值，但不得少于 10 个，其

中包括最短和最长时间值。计时器的时间准确度或精确度有一定要求，我国规定，200mA 以上的 X 线发生器，其控制时间在 0.1s 以上时，误差范围在 $\pm 15\%$ ；0.1s 以下（短时间）时，误差范围在 $\pm 20\%$ 之内，要是精度要求高，则每控制时间应在 $\pm 10\%$ 范围以内。

如果检测时间在规定的误差范围内，一般不必进行调整，若检测时间超出规定的误差范围，则必须进行调整。在调整时应先校准 0.1s 以下的短时间，再调整 0.1s 以上的时间，由于短长时间调整相互有一些影响，因此要反复校准调整，方能精确。

（二）中高频 K 线发生器曝光时间检测和调整

由于中高频 X 线发生器均由微机控制，曝光时间多为软件控制，其精确度很高，误差范围在 $\pm 10\%$ 以内，且多均有 See 检测，可直接在控制台上显示，也可以用示波器或数字式计时仪进行检测，其方法基本与工频 X 线发生器相同，在此不再赘述。要是曝光时间误差大，这可能是软件或计数脉冲有问题，记数脉冲可测量和调校，但软件无法改变，难以调整。

二、管电流的检测与调校

管电流 (mA) 的检测目前一般用 mA 表和 mAs 表或综合测试仪进行测量。最理想的是用高精度数字自动存储式 mA 表，但实际检测应根据手中现有测试表进行选择应用。现用得最多的是 mAs 表，因为在进行 mA 检测之前要求对 See 进行精确校准，用 mAs 表所测得 mAs 值除以 Sec 即为 mA 值。在检测和调校过程中应注意以下两点：①无论是 mA 表还是 mAs 表检测 mA 均应串在管电流测量回路中。有些 X 线发生器指定有测量（一般为短路条）点，只需取下短路条，将表笔插入即可，但要注意正负极连接是否正确。有些可直接拆下控制台内 mA 表两连线接入测量仪进行测量。但绝不能允许管电流测量电路开路，否则有损失电子元件和发生电击的危险。②在测量管电流过程中必须防止 X 线管过热而损坏。就是要求每次曝光均有一定的间歇时间，一般应在间歇 1~2min 后再进行下次曝光，使 X 线管充分散热。还要注意曝光时间尽量选择短一些较好，通常选 0.08~0.1s。在调校 X 线管灯丝加热电流或电压时，一定要缓慢小范围调整，特别是微焦点和小焦点或大 mA 调整应尤为小心才是，否则会造成无法挽回的损失。

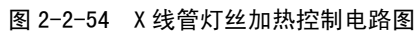
（一）透视管电流的调校

透视管电流控制形式随 X 线发生器和年代不同而不同，故调整的方法也不可能一致，在各 X 线发生器安装调试说明书均有较详细说明，故在调校时应认真阅读有关调试说明，且应严格按其调试步骤进行调试。故在此不再叙述。

（二）摄影管电流的调校

由于各种类型 X 线发生器结构和年代的不同，摄影管电流控制方法与手段差别较大，没有固定一致的调校方法，故在此也只能简单地谈一些常用方法，供读者在调校中参考。

1. 国产 X 线发生器管电流调校 国产 X 线发生器其管电流控制方法基本上都采用如图 2-2-54 所示电路进行控制。



空间电荷补偿的调校。对各档 mA 在 60KVp 和 90KVp 情况下进行两次曝光, 比较两次 mA 指示是否一致或接近。若 KVp 增加, mA 增大, 表明补偿不够则调整空间电荷补偿变压

器与 mA 相对应的接线位置，即向圈数多的位置移动接线。反之则反。因空间电荷补偿调整后对原调整的 mA 有一定影响，故应重复 mA 调校。

2. 岛津 X 线发生器管电流的调校 日本岛津生产的工频 X 线发生器有 ED125L、EDI50L、HDI50B、HDI50G 系列。高频 X 线发生器有 UD150L、UD150B、UM150M 等系列。工频各系列 X 线发生器管电流调校方法基本一样，故以 ED150L 为例，高频各系列 X 线发生器管电流调校方法也基本一样，所以从 UD150L 为例简述其管电流的调校方法。

(1) ED150L 摄影管电流的调校：ED150L 控制器面板上有 mA 表和 mAs，为了方便，调校时可用该面板上的 mAs 表检测，但在用该表检测时必须用较精确 mAs 表测量实际 mAs 数，然后用 mAs 控制板上的 VR，(mAs 表调零)校控制台面板上 mAs 表的零，再调 VR。(mAs 表校准)使该表读数与标准测量表的读数一致。

基准调整：用技术选择器选择所要调整的 X 线管；选择所要调校的键；置管电压为 60KVp；曝光试验；读 mAs 表指示的 mAs 值，若 mAs 值偏低，则顺时针稍调相对应的 mA 调整电位器，反之反时针调该电位器（如 1 管 100mA，用 TUBESTD. 排 R100-11 调）。空间电荷补偿调校。在前面基准调整所调的 mA 值，把管电压升到 90KVp，曝光试验，比较该 KVp 与基准条件下的 mAs 值，若 mAs 偏低，则反时针调节与 mA 相对应的 KVCOMP. 调整电位器（如 R100-21），反之顺时针调该电位器。由于补偿调整后，引起基准值变化。应反复调校，以使 mA 准确。

(2) UDI50L 摄影管电流的调校：由于该 X 线发生器用微机控制管电流由软件设置，调校十分方便。控制台设有 mA、kV、s 实际测量与显示（数字），可直接进行 mA 检测。为使控制台 mA 实测读数准确，在调校前，先用一精确度高的 mA 表或 mAs 表测量实际 mA 值（选择曝光条件为 60kV、200mA、63mS），调节 XSYS-86 主板上的 VR6TMA 多圈电位器，使控制的 mA 实测值与校准 mA 表或 mAs 表读数值相等。

在调校时，在控制台主板 XSYS-86 上将 S₂ 和 S₃ 开关置于如图 2-2-55 所示位（在关机情况下）：接通 X 线发生器电源，X 线管灯丝加热电流值显示在控制台显示器的右中部（如 IF=4.6），选择需调校的 X 线管和焦点；选择 40kV；管电流 63mAs。进行曝光试验，曝光结束后控制台显示器显示出实际 kV、mA 和 s 值。根据实测 mA 值的大小，用控制台上 fluoroscopytubevoltage 预置键“-”或“+”调整控制台显示器的显示 IF 值，反之则反，再曝光试验或再调 IF 值，直到实测值与预选值一致。

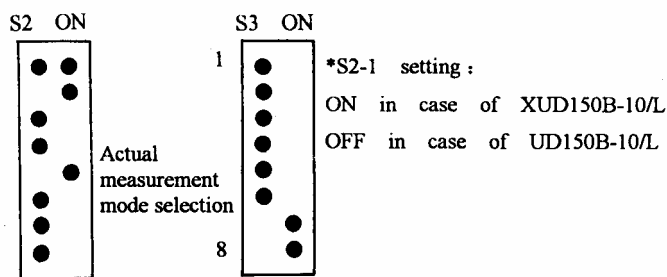


图 2-2-55 S₂、S₃ 开关位置示意图

预选 mA 不变再把 kV 置在 60kV（按 kV 选择键“+”自动从 40kV 跳到 60kV），重复

上述调校过程), 这样直到 kV 到最大 (如 125kV) 值, 调准各 kV 值 (40、60、80、100、125KVp) 情况下该所预选 mA 值。其它各档 mA 采取同样方法调校, 调校完后关机, 把 XSYS-86 主板上 S₂ 和 S₃ 开关位置复原, 所调整某一 X 线管的 IF 值自动存入 XSYS-86 主板存储器中, 不会丢失。

3. SIEMENSX 线发生器管电流的调校 TRIDOROS-OPTIMATIC 1000 工频 X 线发生器管电流的调校。调校前, 先将 X 线发生器柜打开, 把 M₁₅ 上 S₃ 置于 0.1s 位, 将测量用 mas 或 mA 表的表笔插入 M₂ 的 “mAs” 测量插座内 (取下短路半椭圆环)。接通 X 线发生器电源, 选择所要调校的 X 线管, 选择焦点。不同类型 X 线管 mas 值不一样, 这里以 Bi30/50RX 线管第 1 管为例。若先调校 Bi30R 小焦点, 其调校顺序为: 在控制台选 32mAs, 60KVp, 按下 S27 曝光手开关第一档约 3s 后再按第二档, 曝光结束读测量 mAs 或 mA 表 (32mAs 或 320mA), 若需调整请调节 X 线管匹配电位器 r1aF11。32mAs 校好后, 第二步选 10mAs、60KVp, 进行曝光试验, 调节 r42aF11 校准 10mAs; 第三步选 20mAs、117KVp, 曝光试验, 调节 r52aF11, 校准 mas。由于三步调定后, 相互影响, 故得反复进行上述三个步骤调校。再选大焦点, 选 64mAs、60KVp, 调 r1aF12; 60KVp 调 r42aF12; 32mAs、117kV 调 r52aF2, 与小焦点相同三个步骤进行调样。

POLYPHOS30 中频 X 线发生器管电流的调校。该 X 线发生器管电流调整是通过微处理器按 44kV、100mAs; 63kV、100mAs; 96kV、100mAs 三组 kV 自动调节的。调校步骤为: 把示波器接到 D1zmAsT (ZV=100mA); 接通 X 线发生器电源, 依次选 44kV、63kV、96kV 和 100mAs; 将控制台内 D20 (维修服务板) “-test” 开关按下 (V3 灯亮); 用 S27 曝光手开关触发 X 线曝光, 观示波器上的波形 (即管流), 可能偏高或偏低; 再次用 S27 触发曝光, 微处理器现在自动校准管电流。每一种应重复几次上述步骤, 直至管电流值校正准确。

POLYDOROS80 中频 X 线发生器管电流的调校。先把 D₄₅ 板 mAs 测量短路环取下, 接上测量用 mAs 表, 接通 X 线发生器电源, 按下控制台内 D₈₉ 板上的试验开关 (100mS 试验), 再进行低、高管电流调校, 其步骤为:

低管电流的调节 (以管一为例): 在控制台选小焦点, 81kV、5mAs (50mA)、80%KW。进行试验曝光, 曝光结束读 mAs 表的值, 若 mAs 有偏差, 在 D₂₄ 板上调 R₄₇ 电位器, 再行试验曝光, 直到 mAs 表读数至 5 为止。大焦点所选择的条件 (81kV、5mAs、80%KW) 与小焦点相同, 调节方法相同, 只是调 R₄₃ 电位器改变管电流。

高管电流的调节 (以管 1 为例): 大小焦点均选 81kV, 各允许的最大管电流、80%KW, 其方法同低管电流的调节一致。大小焦点管电流分别用 D₂ 板上的 R₁₅、R₁₉ 电位器调校。

因低高管电流分别调整且相互有影响, 故应反复 2~3 次调校低高管电流方能准确。

三、管电压的调校

管电压的测试方法有高压变压器初级预示电压测试法、分压器、静电电压表法、非插入法 (直接 X 线射野中测试)。这里只介绍高压变压器初级预示电压测试法与非插入法两种方法。

(一) 高压变压器初级预示电压测试法

高压变压器初级预示电压测试法是一种简单易行的方法。一般在 X 线发生器安装调试说明书均给出了各 mA 档下相对应的高压初级电压数据,故我们可测量各 mA 档下相应的高压初级电压值来调校管电压。下面以国产 XG-500 和 SIEMENSTRIDOROSOPTIMATIC1 000 两种 X 线发生器为例说明用该法测试和调校管电压的方法。

1. XG-500 管电压调校 在该 X 线发生器使用说明书中给出了各 mA 档在一定 KVp 预示值下高压初级 (P_1 、 P_2) 空载电压值,如表 2-2-9 所示。

表 2-2-9 XG-500 各档 mA 一定 KVp 下高压初级电压值

Ma	100 (小)	100	200	300	400	500
KVp	110	125	125	110	95	80
P1、P2 电压	319	362	367	342.50	309	290
调节电位器	R_{31}	R_{32}	R_{33}	R_{34}	R_{35}	R_{36}

在 026 与 031 之间接一满度不小于 500V 高精度交流电压表。

接通控制台电源,并使电源电压表指针指示在“△”处。用技术选择器选择所需测量调校的 X 线管,选择小焦点 100mA、110kV,读 026 与 031 之间接的电压表的数字,若该电压读数不是表 7-8 中所给定电压值,则调节 R_{31} , 电位器,校准高压初级预示电压值与 KVp 表读数。大焦点 100 至 500mA 按表 2-2-9 中给定参数用调校小焦点的方法依次调校。也可先按表 7-8 中给定参数分别先测量各参数,若各 mA 档一定 KVp 下高压初级电压值均偏高或偏低,则采取调节 R_{30} 电位器(总调)即可,若只是某一档 mA 下高压初级电压值不准确,则单独调某一 mA 档 KVp 调节电位器。

2. SIEMENS TRIDOROS OPTIMATIC 1 000 管电压的调校 每台 X 线发生器在出厂时,厂家都在试验报告中(一定 mAs 和一定 KVp 值情况下)给出了一组高压初级电压值(有载)。测试时只要按其试验报告给定参数测量高压初级电压值。方法为:把 X 线发生器控制拒 M_{15} 上 S_3 置 0.1s 位、在控制台上分别选择 60KVp、64mAs; 60KVp、80mAs; 60KVp、10mAs; 70KVp、25mAs,把数字电压表接在高压发生器 H_1 的 U_1 、 V_1 和 W_1 ,用 S_{27} 曝光手开关触发曝光,曝光结束,读数字电压表显示电压数值。若 mAs 是准确的,则应调节 KVp 控制供电电源(正常 165V),该电压在 D_{78} 板用 R_4 调节,各 KVp 控制信号电位器在 116 板上 32 和 1 测量点测量,若只是某一 KVp 控制信号不准,则得调整该 KVp 控制电阻器予以校整。

(二) 非插入式直接测量 KVp 法

非插入式直接测量 KVp 法(如 PTW-NOMEX)是将测量 KVp 的探测器直接置在 X 线管下的 X 线束射野内,非常安全,操作容易,精度较高,可直接观测高压波形,也可直接打印出测量数据和波形图,适用性较好,但其价格较贵。该测量仪适合各种类型 X 线发生器。

测量方法:将 KVp 探测器直接置在要测 X 线管下面的检查床上,把 X 线中心对准探测器中心,用射野调节器调整射野与探测器大小一致,将探测器与控制器连接好,接通控制器电源,选择摄影 KVp 测量技术,选择 KVp 测量范围(50~190KVp 或 80~150KVp)、高、

中、低档,约 15min 后可进行测量。按下 NUL 键清零,在 X 线发生器控制台上选择某一 KVp 和 mA 或 mAs,用手开关触发曝光,在 KVp 测试仪上直接读测量 KVp 值(一般每一 KVp 直测 3 次)。若所测 KVp 值与预示值不一致,应按说明书进行仔细调校。

四、X 线输出剂量的检测

在进行前述 s、mA 和 KVp 校准之后,应检测 X 线输出剂量。因为它可直接反应 X 线发生器的输出性能、质量与稳定性,也可进一步验证 s、mA 和 KVp 三参量调整是否准确,这可通过测量 X 线输出剂量重复性和照射量的线性反映之。还可以通过检测透射剂量效率来证明某 X 线发生器是否符合有关标准。

X 线输出剂量测量均为非插入式,有笔式剂量仪、平板形探测器测试仪,平板形探测器测试仪准确度较笔式高。

(一) X 线输出剂量的重复性

在检测某 X 线发生器照射特性时,可以先测量输出剂量的重复性,如果这一参数符合要求,就不必测量 s、mA、KVp 三参量的重复性了。

1. 检测方法 在相同 s、mA、KVp 条件下,测量 10 次输出剂量。选几种常用照射条件测量。

2. 评价方法 最简单的评价方法是,看 10 次测量中最大值和最小值之差,若最大值是最小值的 1.10 倍,则可认为这组数据的相对离散度为 3%。准确的应按下式计算这组输出剂量结果的相对标准偏差——变异系数或重复性:

$$\text{相对标准偏差} = \frac{1}{X} \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{(n-1)}}$$

式中: X_i = 每次剂量读数 $X = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$

n = 测量读数总次数; $(X_1 - X)^2 = (X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2$

对任何照射条件组合,相对标准偏差不得大于 5%。若不符合要求,则应进一步校准 s、mA、KVp 的相对标准偏差,或者检测供电电源质量情况等,查明原因所在。

(二) (照射量) 输出剂量的线性 (mAs 的互换性)

在给定 KVp,不同 mA 和 s 所组成相同的 mAs 的条件下,则输出剂量应相等,这一特性称之为输出剂量的线性。

1. 检测方法 选择 80KVp,选各设定 mA 档,再选不同 s,使 mas 相同情况下测量输出剂量。

2. 评价方法和标准 取相邻两档 mAs 的输出剂量/IGY/mas 为 K_1 和 K_2 ,由下式求出线性偏差。

$$L = \frac{K_1 - K_2}{K_1 + K_2}$$

若 $L < 10\%$,则符合标准,若 $L > 10\%$,则应重新校准 s 和 mA。

3. 透射剂量效率 (Y/T) 透射剂量效率是表示 X 线发生器和组合 X 线管装置 (包括

射野限制器)透射剂量情况,也反映了X线穿透能力和X线的质及量。不同类型X线高压发生器,获得相同透射剂量效率 $\mu\text{GYm}^2/\text{mAs}$,所给管电压不同,如表2-2-10所示。

表 2-2-10 不同高压发生电路结构的透射剂量效率

透射剂量效率 $\mu\text{GYm}^2/\text{mAs}$	比较电压 $U_v(\text{KVp})$			
	12脉冲或相当12脉冲, 逆变技术(中高频)	带滤波的6脉冲 或相当6脉冲	无滤波6脉冲	2脉冲 (单相全波整流)
0.6	62	63	67	71
0.9	66	68	72	76
1.3	71	73	77	82
1.6	74	75	81	86
2.0	77	79	85	91
2.3	79	81	88	94
2.8	82	85	92	99
3.5	87	89	97	104

注意,在所属比较电压 U_v 下的透射剂量效率额定值 Y_v ,测试条件:在25mm铝吸收物体后测量,焦点——物体距为1m,复合阳极,X线总滤过为25mm铝,无散射线。在测量时按表2-2-10根据高压发生器形式,选择与 U_v 值优先考虑 $Y_v=2\mu\text{GYm}^2/\text{mAs}$ 一致或接近的KVp值,其它条件应按表2-2-10注明设定,若条件不一致(如X线总滤过或吸收体不同),所测结果必须加以修正。将所测得的透射剂量率 Y_T 与在同类比较电压 U_v 下的 Y_v 进行比较,其误差范围为:

$$\left| \frac{Y_T - Y_v}{Y_v} \right| \leq 0.35$$

若超出这个范围,则应再细致校准KVp或mAs参数。

第九节 X线发生器附属设备的检测与调校

X线发生器的附属(辅助)检查设备,随检查目的和用途不同,差别甚大,这些设备目前已逐步专用化,如普通X线摄影装置包括普通摄影床(固定浮动)、X线管组件保持器(立柱、悬吊架);X线诊视床,它们有通用、胃肠、神经系、导管、泌尿、小儿专用诊视床;X线体层摄影装置(有简易和专用两类);血管造影检查装置(如C形臂、高压注射器、快速换片器等);X线影像成像和记录系统也是X线发生器附属设备,这些也是X线影像处理的精华。

由于附属设备种类繁多,检测和调校的方法各不相同,故本节只能简单地介绍一些基本检测方法或手段和常规调校方法,详细的调校方法各设备都有说明书,可认真仔细按说明书有关调节说明中的步骤、方法进行调校。

一、普通 X 线摄影装置的调校

（一）床面固定摄影床的调校

这种摄影床只有老式 X 线发生器配备，结构简单，调整容易。只需调整床面的水平度，用一水平仪和简单的工具就可校平，一般使用人员就能做到。

（二）床面移动摄影床的调校

床面移动摄影床有床面纵向移动（手动、电动）、床面浮动（纵横移动）和床面上下移动，有些摄影床其床面即可浮动又可上下移动称为多功能普通 X 线摄影床。

1. 床面纵向移动摄影床的调校 除了校准水平外，应调整移动平滑性和稳定性、刹车（制动器）的制动作用，只需借助简单常用工具就可完成调校。

2. 床面浮动或上下移动摄影床的调校 这类摄影床结构较为复杂，调整不十分容易，应调整的项目与门相同，需借助常用和专用工具调校，需参考这类床的说明书进行。

上述这些摄影床均配有胶片暗盒托架和滤线器装置，滤线器与托架为一体。一般要求暗盒托盘应水平度好、左右摆动范围小、手动进出自如平稳、对中心好；托架移动平稳、水平、对中心好。这些都是应校准的项目，校准需借助专用的检测仪器，如 RMP501 型滤线器对准测试器，RMP901 型线束垂直测试器等。调整时根据托架和滤线器在托架上安置情况，借助测试器和必要工具进行调校。

二、X 线管组件保持装置的调校

这类装置有天地轨和单地轨支架的立柱式和天轨悬吊式两类。要求水准：立柱式保持装置应纵向移动平稳（即轨道平直、立柱直）、制动良好、平衡系统好（上下移动松轻）；横臂左右旋转移动平稳制动好、水平度好。天轨悬吊式装置，各移动范围内移动平稳、制动系统制动效果好。它们校准调节只需水平仪和必要的工具就可完成。

X 线普通摄影的 X 线投照中心是否准确，取决于暗盒托盘、滤线器、射野限制器三者中心的准直度。射野限制器中心受 X 线管组件保持装置的垂直度、稳定性和射野限制器中心与 X 线管焦点中心对中心的影响，故除分别单独调节各装置对中心外，还应校准它们的组合中心准直。校准时可自制一些简单易行的测试工具或购置专用测器，如 RMP901 线束垂直测试器。校准不难，但应认真仔细。

三、X 线诊视检查床的调校

X 线诊视检查床由于用途、结构的不同，调校的方法差别很大，具体哪类诊视检查床如何调整，应详细参阅检查床的调试说明，此处只能简单地介绍一些通用调校方法。

（一）诊视检查床面水平调校

无论那类诊视检查床，都要求水平度好（包括纵向和横向），需借助水平仪检测。若床面本身平整度好，则应采取用金属垫片垫基座加以校正，有些床的基座上有调整水平螺栓，一般为 4 个，这样调校更为方便。若床面本身平整度差，则应先校正床面，再校组合床面水平度。

（二）诊视检查床床面纵横移动调校

1. 纵横移动范围调校 水平位时纵横移动范围应符合设计要求，若超出允许误差范围，应调整有关移动限位开关或电位器予以校准。垂直位时纵向移动限制调整，纵向向下移动应在安全范围内，否则应调校垂直位纵向移动联锁安全装置。

2. 床面中心调校 有些诊视检查床有自动中心功能当横向左或右移动，选择床面中心功能，床面自动回至中心。中心校准一般都是调整中心限位开关位置或顶压中心开关的偏心轮或凸轮。

（三）诊视检查床倾斜位置调校

诊视检查床——般有倾斜 $+90^\circ$ 、 -15° 、 30° 、 45° 的（如国产 C-30、岛津 ZS-5、ZS-15、ZS-20，西门子 SIRESKOPCX 等）；还有倾斜 $\pm 90^\circ$ 的（如岛津 ZS-30、ZS-32、ZS-50；西门子 SIRESKOP5、飞利浦 D₉₃、D₉₄、D₉₆、D₉₇等）。倾斜位置限位多为开关限位，有些限位开关在床基座底部，有些在基座旋转支承柱两侧（由随旋轴一体的凸轮或压块顶压限位开关或其它方法顶压限位开关），调校时借助于水平仪与角度尺，调界限位开关位置或凸轮、压块位置。在调整时，床垂直位绝不能调超过 90° ，以免损坏机器。

（四）诊视检查床倾斜运动速度和平稳性的调校

有些诊视检查床倾斜运动是将供给倾斜运动电机的电源经控制继电器（接触器）直接接入外电源（380V 或 120V/100V 等），即电压是不可变的，故倾斜速度不可调的。若出现运动速度不正确，则应检查供电电源频率，电压稳定情况（是否在允许的波动范围内）；还要检测电机本身是否有问题（如有无发热或不正常声音），另外应检测机械运动负荷等，这必有专用工具和有经验的工程技术人员方能进行。

有些诊视检查床倾斜运动速度是可调的，象西门子和飞利浦生产的诊视检查床多为速度可调（无级调速）。它们的控制电路一般均较复杂，调校时必须借助专用测试仪，如示波器、数字万用表、转速测试仪、钳式电流表等，而且一定要有经验的工程技术人员调校。调校时按技术说明和电路图测量控制电路各点工作电位或波形、电流等情况。一般反馈电路和电机负荷电流反馈可影响倾斜运动速度和平稳度。反馈电路的电位信号由测速直流发电机或光电耦合脉冲数码转换器反馈。若出现速度不平稳，多为反馈电路的问题。若反馈电路正常，则可通过调整控制电路中有关电位器予以校准。

（五）点片装置的调校

点片装置有手动和自动两种类型。手动式结构简单调校较容易，自动式结构复杂，且各家差异较大，有暗盒式和无暗盒式两类，调校方法和手段各不相同。但无论何种点片装置，需调校的项目无非是以下两个方面：

1. 滤线器中心与 X 线中心的调校 现所有滤线器均为活动式，正常时，滤线器中心和 X 线中心应垂直，误差不得超过 5mm，检测方法和普通摄影滤线器对中心相同，需借助专用检测仪或自制简易测试工具。在校滤线器中心前应调校好 X 线中心。如国产 C-15 床的点片装置，其滤线器中心可通过改变滤线器拉杆和滤线器托盘联接处螺钉长度来调校。其它类型的点片装置的滤线器中心可根据其结构和运动控制方式调整微分开关或控制电路中设置

予以调校。除了中心对准良好外，要求往复运动平稳，两侧距中心距应一致？

2. 托片架中心与 X 线中心一致性的调校 托片架中心代表胶片投照中心，它的中心一定要与 X 线中心垂直，特别是分格摄影尤为重要，两者中心重合误差不得超出 3mm。检测方法和普通摄影床托架中心对中心方法一致。

手动点片托片架中心调校容易，如国产 C-15 床上的点片装置的托片架中心调整只需改变点片托架拉杆和点片托架联接处螺钉的长度即可。

自动电动点片托片架中心调校有简单的也有复杂的，调校时应根据该托片架结构和运动控制方法以及调节说明、电路图等进行调校。有些可通过调整中心开关位置或顶压开关撞块位置来调整，如国产 C-30 床点片装置托片中心可调整开关位置或撞块位置予以校准。岛津、西门子、飞利浦等公司生产的诊视检查床配的点片装置的托片架中心均可调节控制电路中的有关电位器改变设定电位调校，详细调节请参考有关说明书和电路图。由于点片有各种尺寸的胶片和不同分格，故点片架中心应在各种尺寸和分格情况下综合调校，使各种尺寸和各种分格照片中心准确。

（六）诊视检查床平衡系统的调校

X 线管组件在床下的诊视检查有两套平衡系统，即点片装置纵向移动平衡和点片装置上下前后移动平衡。上下移动平衡又分为点片架内平衡锤和悬吊平衡锤与悬吊弹簧平衡。国产诊视检查床点片装置上下移动平衡多为点片架内平衡锤法，若加影像增强器和 X 线电视系统则另加一悬吊弹簧平衡。有些诊视检查床点片装置纵向移动和上下移动由一悬吊弹簧平衡器平衡，如西门子 ORBISKOP 等。无论何种平衡，点片装置在纵向特别是床垂直位时，点片装置纵向上下移动一样轻松（无论手动或电动），调整方法是增减平衡锤块，一般在新安装调好后不会变，很少需调整，除非更换 X 线管组件或减某一个部件。若为悬吊弹簧平衡调整简单，只需调节松紧平衡弹簧栓即可。

四、X 线体层摄影装置的调校

X 线体层摄影装置性能的好坏，将直接影响 X 线体层摄影的质量，故必须定期对该装置的性能进行测试和调校。

（一）中心垂直度的检测和调校

X 线管焦点中心、床面中心和胶片中心三个中心垂直度检测方法：首先校准 X 线管焦点中心和射野限制器中心，并准直。再校准 X 线管焦点中心和床面中心在同一垂线上。将装有胶片的暗盒装在托片架内，在床和暗盒中心分别放两条垂直长短不一的铅丝或其它金属丝，长轴与 X 线管长轴平行放置，在床面中心线一边作一标记。选择普通摄影（断层摆杆不动）和适当摄影条件曝光，曝光胶片经冲洗处理后，观其影像，若两条线不完全重合，则应调校。

调校方法：根据胶片两线左右偏差情况，调整床面中心或托片架中心（保证 X 线管焦点中心准确）。床面中心一般不调，特别是浮动床面，通常调整托片架中心。如调托片架和滤成器支承移动架 4 只偏心轮或托片架暗盒锁定钳等。

（二）两线等距检测与调校

两线等距，是指简易体层摄影装置，在曝光过程中，立柱所走的路径应始终与床中心保持等距离。它是影响体层摄影像的清晰度和失真度的重要因素。

检测方法：在中心垂直线检测的基础上，在床中心线上的中点两端选择不同的几点，但必须包括两个端点，用中心垂直线检测同样方法曝光，观察冲洗胶片所得的两条线影像是否都重合，若不重合应调校。

调校方法：根据两条线偏差情况，可调整摄影床、立柱稳定件、摆杆等。

（三）体层深度检测与调校

体层深度（层厚）一般是由体层深度标尺或数字指示的，它应为体层摄影的实际深度。它的准确性如何，会直接影响体层摄影的精度或准确度，因此必须经常测试与调校。

检测方法：有些体层摄影装置附带有深度测试仪，也有专用的测试工具如 RMP₄₀₁，也可自制铅字阶梯，致少每层 5mm。在此以 RMP₄₀₁ 为例简述检测方法。

用 3 块垫片 A（10mm）、B（20mm）、C（400mm）和圆盘 D（15mm），D 盘内按螺旋状排放 1~1212 个铅字码，分别放置在距圆盘底部 1~12mm 处平面上。如需测试 65mm 这一深度时，把 B 和 C 两块垫片放在体层摄影床面上，将 D 盘置于其中，另一 A 块叠在 D 盘上，焦点中心对准测试仪中心调节或选择体层深度为 65mm，选择好体层摄影曝光条件进行曝光，将曝光胶片经暗室处理，观照片上数码 5 应最清晰，6 和 4 部分模糊，7 和 3 全模糊，即深度准确。若 5 以上数码清晰，则深度偏上，反之偏下。

调校方法：若深度指示为标尺，移动标尺位置校准；若深度指示为数字式，根据深度指示装置结构和控制方式，调整电位器或其它反应深度的元部件来实现。调整后再重复测试，直至完全校准。

（四）体层摄影轨迹检测和调校

体层摄影轨迹正确与否，对体层摄影图像的清晰度和失真度影响很大，故在一定周期内进行必要的检测与调校，以保其图像质量。

检测方法：用专用针孔测试仪，如 RMP₄₀₁ 或自制测试盒，其方法为：自制宽 10cm、长 20cm、高 10~15cm 的木盒，应平整，将 10cm×20cm、1~2mm 的铅皮正中处打直径约 1mm 的圆孔，并置于木盒上固定好，木盒四周也可用铅皮包上。

测试时，将针孔测试仪置于床面上，在托片架内放一装有未曝光的胶片的暗盒，调整焦点、针孔和暗盒三点中心垂直，以测试仪针孔高度为体层摄影深度。先垂直曝光一次，确定中心点，然后作体层摄影，若为多轨迹，可先作直线体层摄影，再作其它轨迹的体层摄影。胶片经冲洗后，可显示各种不同轨迹图像。从图像上可观各种轨迹是否准确、有无变形、摆角是否对称、圆或椭圆等轨迹是否重合或开口等现象（重合或开口误差应在 5mm 范围内）。

评价：直线轨迹应是一条中心两边等长光滑平直的直线；圆轨迹应是以中心点为圆心无断和开口、重合的封闭圆；椭圆轨迹，应是以中心点为中心，长轴与短轴方向各自相互对称，无断续和开口、重合的封闭椭圆；其它轨迹应是光整，无断续和开口，重合封闭的图像。

调校：分析和观察测试所得轨迹，根据体层摄影装置的不同结构进行仔细认真调校。

（1）轨迹不对，圆和椭圆有开口、重合现象：有的应调校曝光起止限位开关位置，有

的调曝光刷或曝光光刷盘位置（如国产简易直线体层摄影装置），有的需调校各轨迹的工作点电位（如西门子 Muiltigraph 多轨迹体层摄影装置），即调节有关电位器或借助示波器调校有关测试点工作曲线等达到调校之目的；有大小曲轴的装置应调校曲轴凸轮的位置；驱动部分可调整电机弹簧、平衡重锤或驱动卷簧，使体层摄影系统运动均衡；还应进一步调校运动轨迹与对应曝光时间的一致性。

（2）轨迹不稳定：若多次测试所得轨迹不同，则应检查各轴承转动是否灵活和调整各轨迹运动系统的松紧度。

（3）轨迹畸变：如图像轨迹不光整，则应调整运动轨道的平滑度，各运动系统的滑轮、滑轨、轴承接触要严密适度不应有晃动现象。检查床和支杆的稳定度、暗盒托架的松紧度等。

（五）体层摄影分辨率的检测和调校

体层摄影分辨率是评价体层摄影装置的机械结构精度、稳定度及其它质量的重要依据。故无论是安装或大的维修后，都应检测其分辨率，是否达到满意要求，为高质量体层摄影影像提供可靠保障。

检测方法：检测仪有专用测试仪，如 RMP₄₀₁，也可用分辨测试卡。若用 RMP₄₀₁ 体层测试仪，其检测方法请见使用手册。若用分辨率测试卡测试时，卡的放置应使每条金属丝与被照体平面相交一角度，金属丝长轴与体层移动方向成直角，进行体层摄影，体层摄影检测胶片经冲洗后，从照片上能看出最细直径的金属丝就是该体层摄影装置的分辨率，一般应到 1.0mm 以下的金属丝。

调校方法：若在照片上看不到 2.0mm 的金属丝，这说明该体层摄影装置分辨率太低。认真分析造成分辨率低的原因，在无 X 线情况下观察体层摄影装置运动状态，必要时应调定机械的松紧度，检查运动系统上下支点是否在同一平面上，运动轨迹是否正常，若不正常应参照有关调校进行仔细调整，使之达到正常范围。

五、心血管造影检查设备的检测与调校

心血管造影检查设备主要包括 C 形或 U 形臂、检查床（有的称导管床）、快速换片器、电影摄影、高压注射器等，任何一环节的质量好坏将会直接影响到所得图像的质量，故这些设备应定期检测与调校，使之经常处于最佳工作状态，为心血管 X 线检查提供高质量的图像。

（一）C 形臂的检测与调校

C 形臂有地面固定式和顶棚悬吊式两类。单向检查多用地面固定式，双向检查一般为地面固定式和一顶棚悬吊式 C 形臂配合使用。C 形臂的机械结构各厂家差异不是很大，但运动控制方法各不相同，差别较大。所以在这里只能简单地谈一些通用检测与调校方法，详细检测与调校方法得参照各类 C 形臂的有关技术资料进行。

1. 运动稳定性 运动稳定性只需靠我们的耳和眼就可辨别。C 形臂在运动过程中可用耳听有否异常声音，速度是否均匀，用眼观运动是否平稳，停止运动时有否晃动或观察监视器图像在 C 形臂运动时是否晃动。

若有异常现象，应检查调整有关链条的松紧度，清洁情况，必要时调整轴承位置或清洁滑轨或加滑润剂。

2. 图像对中性 图像对中性，可在影像增强器中心处放固定标志，在移动 C 形臂情况

下观监视器上的图像中心位置是否变动。

若图像对中性不好，首先应检查或调整 X 线管组件、射野限制器是否有松动，然后检查影像增强器是否有固定螺栓或滑轨固定体松动。

3. 双对中性 用一矩形木制平整块，在六面中心刻出十字 1—2mm 直槽，在槽内涂上不透光物质（如硫酸钡）或嵌上铅等金属丝。将该矩形木制块置在检查床上，用水平仪校平，正侧面十字分别对准两增强器输入屏的中心，在透视下观其正侧位监视器上的图中心是否准确。

若单向对中性分别校准，双向对中性不好，一般调整侧位顶棚悬吊 C 形臂纵向移动工作位的开关位置或侧向旋转限制开关位置。

（二）检查床的检测与调校

无论是手动或电动检查床检测项目主要是移动平稳度和灵活度，检测方法可用手感、眼观、耳听。

如果是移动平稳度不好，则应检查调整床面移动轨道或有关轴承，调整链条松紧度，齿轮或齿条位置情况等；灵活度有问题除了检查和调整平稳度不好外，还应检查和调整电磁或机械刹车情况。

（三）直接摄影快速换片器的检测与调校

直接摄影快速换片器有 AOT 和 PUK 两类。AOT 已基本由 PUK 所取代，控制器由手动选择式、穿孔卡式到微机化控制式，如 SEP90 控制器（西门子）。由于 PUCK 换片器机械结构复杂、精度高，它的检测与调校必须用随机带的专用的工具，且应由经过培训和有相当经验的工程技术人员进行。换片器运动控制器也比较复杂，也必须由经过培训和有经验的工程技术人员借助有关仪器进行检测和调校。一般应检测与调校的主要项目有：对中性、胶片驱动运动稳定性、速率准确性、与 X 线发生器曝光同步性等。

（四）荧光间接摄影快速换片系统的检测与调校

荧光间接摄影快速换片系统包括：70mm 或 100mm 单片或卷片快速换片器，最快 6F / S；35mm 电影摄影系统，最快 150F / S。该换片器机械结构没有 PUCK 复杂，但精度同样要求高，控制电路比较复杂。需检测与调校的项目有图像位置准确度、驱动胶片（或卷）准确性、运动稳定性、快门打开与 X 线发生器曝光控制脉冲的一致性（或同步性）等。这些项目的准确与否，可从所得照片观察出来。这些项目检测与调校方法请详细参照其安装调试和维修服务说明，严格按有关步骤进行。

（五）高压注射器的检测与调校

高压注射器种类较多，现大多均用电机式的。注射机械结构部分各厂家差异不是很大，但控制电路差异较大。

需检测与调校的项目有机械稳定性、各参量（如压力、注射速度、注射量等）控制准确度、安全性等。机械稳定性可在抽、排气和试注射时观察到；各参量控制准确度与否，可从注射后所显示的参数观看，注射结果显示参数与实际给定参量比较即可；若某一参量（如压力）超过限制或允许范围，控制器应立即停止工作，并发出警报，这可在试验运行中检测。

调校时应根据高压注射器机械与电路结构借助必要工具，按有关说明书进行。

六、医用 X 线影像增强电视系统的检测与调校

医用 X 线影像增强电视系统主要由三大部分组成，即影像增强器、电视摄像系统和图像监视器，且缺一不可。它们的简单工作原理与过程为：当 X 线穿过被摄人体部位，经被摄部位不同密度和厚度组织吸收后，形成与组织密度、厚度相反的不同强度的 X 线，该 X 线投射到影像增强器输入屏。由输入屏的荧光层，将所投射的 X 线转换成与 X 线强度相一致的荧光，再由光电层把荧光转换成强弱不同的光电子，电子经电子聚焦，在高电场作用下高速飞向输出屏，高速电子撞击输出屏的荧光层上，激发荧光层产生荧光，但该荧光比输入屏的荧光强度增加几千倍以上。输出层的荧光图像经光分配器或直接用电视摄像机摄取。摄像机将摄取的荧光图像由摄像管阳极（靶极）端光电转换器转换为与输入靶荧光图像亮度相一致的电信号，经摄像头进行放大形成视频信号，再经视频放大处理后送致图像监视器，再一次经放大等必要的处理，处理后的视频信号送到显像管阴极，形成电子经聚焦，在高电场作用下，高速撞击监视荧光屏上，产生可见荧光形成 X 线图像。

为保 X 线电视图像稳定，X 线电视系统提供亮度控制信号（IBS 或 ABC），该信号取出各厂家不同，SIEMENS 用光电倍增管放置在影像增强器光分配内直接接收输出屏的荧光，由光电倍增管转换成与荧光亮度成比例的电信号；日本 SHIMADZU XT-1 000A、2 000A 和 3 000 电视系统 IBS 取自 CCU 控制器，即用电视信号控制 X 线剂量；PHILIPS XG 电视系统也是取的电视信号作为 X 线剂量自动控制信号。

自动控制原理简述如下：无论取摄像机的视频信号或光电倍增管的电压信号作为 X 线剂量自动控制的控制信号（或称反馈信号），它在送入 X 线剂量控制电路之前必须经一定处理变成与图像亮度相对应电压信号。X 线剂量自动控制实现的方法各厂家或不同 X 线发生器差别较大，但不外乎控制 KVp 或 mA，或者 KVp、mA 都受控。下面简述几种 X 线剂量自动控制实现的方法和工作原理。

（一）F108-I 型透视 K 线剂量自动控制器

该控制器是采用固定 mA，自动调节 KVp 的方法，其电路结构简单，适合各类型 X 线发生器实现透视 KVp 自动调节。参见 F108-I 型透视 KVp 自动控制电原理图。

控制器基准电压（或参改电压）为 4V，也可根据实际情况设置不同基准电压值（用 W2）。当透视时，透视接触器常开触点闭合，J₂ 继电器工作，J₂ 的 15、16 触点闭合，基准电压加入使 IC₃ 输出端为正，BG₁ 导通，J₃ 工作，J₃ 的 21、1 常开触点闭合，控制 KVp 电机 DD 顺时针转动，带动臂顺时针滑动，使高压初级电压升高，提高 KVp 值，透视图像亮度增加，IBS 也增高。当 IBS 达到与基准电压相等时，IC₃ 输出为零，BG₁ 截止，J₃ 不工作，J₃ 的 21、1 触点断开，DD 停止。反之，IC₃ 输出为负，BG₂ 导通，J₄ 工作，它的 21、1 常开触点闭合，DD 反时针转动，带动滑臂反时针滑动、使高压初级电压下降，透视图像亮度降低，IBS 减少，当 IBS 达到基准电压相等时，BG₂ 截止，J₄ 不工作，DD 停止，从而达到透视 X 线剂量自动控制的目的，使得透视图像亮度稳定。该控制器的缺点是：实际透视 KVp 在原发生器的透视 KVp 表反映不出来，有待改进。作者认为，因多数国产 X 线发生器的透视高压初级是由滑动碳轮调节，有手动和电动方式，最好完全利用原 X 线发生器透视高压

初级调节部分, 透视 KVp 由原 X 线发生器上的透视 KVp 表指示。若原机为手动调节, 可将手动旋转部分去掉, 把 X 线剂量自动控制器中的 DD 电机装在透视高压初级调节透视 KVp 滑架支杆两端的适当位置, 即将碳轮架用皮带或拉线与 DD 转轴轮盘 (另制) 固定即可, 若要实现手动调节, 只需在 X 线剂量自动控制器中 IBS 信号输入端采用一切换开关, 再加两只电阻一电位器就能解决。若原机为电动调节, 则只需将 J₃、J₄ 继电器控制触点串接入原电动机运转控制回路就可以了, 省去 DD 电机。

(二) 本岛津 (SHIMADZU) 工频 X 线发生器透视 X 线剂量自动控制器

XEDI50 和 XHDI50 等类 X 线发生器, 透视 X 线剂量自动控制器均采用固定 mA, 调节 KVp 的方式。详细原理电路图请参考 XEDI50 和 XHDI50 的透视 kV 控制电路图。

该系统的技术指标: 透视管电压控制范围 40~120KVp; IBS 控制基准电压 6V; IBS 作用响应时间 0.5s; F-KVp 响应时间约 0.5s。

在手动情况下, 由 F-kV (手动调节) 设定透视管电压 FK3 经管电压信号发生电路进行功放后成为 FPV (设定管电压) 信号。

当没有透视时, 高压初级反馈信号为零, FAV 信号为零, 门相位仅由 FPV 信号决定, 并输送到 SCR 驱动电路, 但由于信号开关电路还处在关断状态, 驱动信号不能到达 SCR, 它不会导通。

在透视接通时, 高压初级反馈信号经最大值保持电路检出, FAV 有一定电压值, (实际电压信号) 与 FPV (设定电压信号) 经差分放大电路进行比较并放大。由于最大值保持电路存在泄漏现象, 故不能完美保持其最大值, 因此, 差分放大输出信号是正负信号并有脉动波形。故经滤波电路检出其直流成份, 即 FRV 信号。

合成电路是一个加法运算放大器。当 FPV 与 FRV 相加使 FCV 升高时, 使主 SCR 导通角加大, 实际透视管电压升高; 当 FPV 与 FRV 相加使 FCV 减少, 使主 SCR 导通角减小, 实际透视管电压降低; 当 FPV 与 FRV 相加使 FCV 与 FPV 相等、即 FRV 等于零, 实际透视管电压与设定透视管电压相等, 使主 SCR 导通角在设定值, 透视管电压保持不变。

在 IBS 透视技术情况下, 把 IBS 电压信号输入到差分放大电路, 它与基准电压进行比较, 为了使透视图像稳定, 避免闪烁感, 差分信号经积分电路进行积分, 然后与基值电压合成 VIB 信号, 这便是 IBS 透视管电压设定值, 送入透视管电压信号发生电路以后的控制情况与手动情况一致。

(三) SHIMADZU 中频 X 线发生器透视 X 线剂量自动控制器

(X) UDI50 系列 X 线发生器透视 X 线剂量自动控制是采用 mA 和 KV 控制方法, 就 X 线剂量自动 KV 设定与 XEDI50、XHDI50 系列 X 线发生器的 X 线剂量自动 KV 设定基本类似, XUDI50 只多了模拟开关通道, 它的 FKVA 相当 XEDI50 或 XHDI50 的 VIB (KV 设定)。当选择 IBS 自动控制技术时, 有关模拟开关通道通路, 在自动透视过程中, 与 IBS 成比例变化的 FKVA 信号一路送入透视 mA 控制单元, 一路送入 X 线管管电压控制单元, 经较精确处理并形成相应的振荡脉冲, 送入 IGBT 驱动器, 驱动逆变器工作, 产生一定脉冲频率的初级电压, 获得一定的透视管电压。

当 IBS 信号电压低于基准电压时, FKVA 信号电压升高, 一路送入透视 mA 控制单元,

产生较高频率脉冲,使灯丝加热逆变器输出较高频率的灯丝加热初级电压, mA 增加。另一路送入管电压控制单元,使送入 IGBT 驱动器脉冲频率增大,管电压升高。

(四) PHILIPS 透视 X 线剂量自动控制器

PHILIPS 透视 X 线剂量自动控制器是由透视管电压和管电流控制两部分组成。下面以 SUPERM—100X 线发生器所配 TV 透视 X 线剂量自动控制器为例,简述其工作过程或原理。

透视管电压自动控制。当自动透视时来自电视通道的图像的亮度变化信号 (IBS) 为两个电压值相等极性相反的电信号,最大值为 16V,该电压信号送到 X 线发生器自动透视控制器的 D₁₄ 经平衡检测,获得正负变化的 KV 控制电压信号。该电压信号幅度放大与限幅处理送到 KV 调节积分放大器,产生 KV 校准电压信号。这个 KV 校准电压信号送到 D₁₅ 板与锯齿波发生器产生的锯齿波进行比较放大产生脉冲,其脉冲宽度大小代表控制透视高压初级电压可控制的导通角,脉冲信号经脉冲变压器驱动可控硅。当图像亮度信号未达设定亮度时 (亮度大或小),则控制透视高压初级电压可控硅的导通角发生变化。当图像亮度稳定时,电视通道来的图像亮度信号电压为零,控制透视高初电压可控硅的导通角就固定在某一导通角上,从而实现透视管电压自动控制,保证图像亮度自动稳定。

透视 mA 自动控制的控制信号是来自透视 KV 反馈与透视 mA 反馈的电压信号,当透视时图像亮度变化,图像亮度信号变化,这个变化的亮度信号电压送至透视 KV 自动控制器,使透视 KV 变化。与透视高压初级并联的透视 KV 反馈信号变压器的输出电压变化。该电压信号与 mA 反馈信号送到 D₁₃ 板经合成处理获得一个 mA 校准信号。此校准信号送到 D₁₆ 板与锯齿波发生器产生的锯齿波进行比较放大,产生一定脉冲宽度的脉冲,由脉冲变压器将该脉冲送到透视灯丝加热初级电压控制的可控硅控制极,驱动可控硅导通,给透视灯丝加热初级供给一定的电压,控制透视 mA 的大小,从而实现了 mA 的自动控制。

在专门 X 线电视透视用 X 线检查设备中,如 BV22 等,X 线发生器的 X 线剂量自动控制与 SUPER 系列不同,透视 KV 和 mA 是分别自动调节,透视 KV 自动控制与国内各厂家基本类似,即由电机带动电刷在自耦变压器移动控制透视高压初级电压,控制电路比 SUPER 系列的要简单得多,故在此略。透视 mA 自动控制由电视通道 M₆X 线控制电路板的 mA 控制部分完成。控制过程是这样的,在 SHKV 和 mA 调节控制板上,自动透视技术时,有一参考 mA 控制电压信号送到电视通道 M₆ 板的 mA 控制透视 mA 参考输入端经放大与电视亮度信号电压相加,经比较放大再与锯齿波合成产生一定脉宽的触发透视灯丝加热电压控制可控硅的触发脉冲,实现透视 mA 自动控制。

(五) SIEMENS 透视 X 线剂量自动控制系统

SIEMENS 透视 X 线剂量自动控制系统是一个通用的独立单元。该单元为 Z₄₈。是透视 X 线剂量自动控制,而且也是电影摄影、荧光摄影、数字电影摄影、DSA 等 X 线剂量自动控制的公共通道。自动控制信号由置在 I. I. 输出屏一定位置或光分配器中的光电倍增管采集。故各种技术 X 线剂量参数值可分别由不同技术单独设定,这些剂量参数值分别去控制光电倍增管的高压,改变光电倍增管的灵敏度,从而实现各种不同技术要求不同 X 线剂量的目的。

光电倍增管 M₈₂ 接受影像增强器输出屏光亮度 1% 的光,产生与光强度相对应的电流,

该电流由光电倍增器（管）的信号引线形成的电容 CK 积分，每 20ms 完成一次积分。D₂板上 V₂ 三极管使电容 CK 放电约 40 μS，形成锯齿波电压，根据倍增器（管）电流其锯齿波的幅值范围为 0~10V_{max}，该幅值为影像增强器的实际亮度，即为 U_{ck}。U_{ck} 电压经阻抗变换器送到 D₂V₁₂ 电子（晶体管）开关。这个开关在每次积分周期结束闭合约 100μS，把积分值传送到起到后级阻抗变换器的贮存电容器，在 D₁M₄ 点形成 U_{actual} 实际电压，该电压随锯齿波幅度变化而变化。当 I_{multiplier}=常数时，U_{actual}=常数。I_{multiplier} 波动，相应的电压在点 M₄ 每 20ms 发生一次跳跃。

M₄ 点的 U_{actual} 与 M₂ 点设定参考电压 U_{ref} 相比较。当 U_{actual} 与 U_{ref} 相等时，D₂板上 U_{M1} 为 0V，即为平衡状态。在影像增强器输出屏亮度变化的情况下（即病人部位或体位变化），U_{actual} 也会发生变化。U_{actual} 与 U_{ref} 比较的差值经放大形成 U_{M1}，或正或负，U_{actual}>U_{ref}，U_{M1} 为正，反之为负。按照 X 线发生器的不同，U_{M1} 送到不同控制 KV 和 mA 的装置。对 T. O 系列 X 线发生器，U_{M1} 送到 KV 电机 dm 和 mA 控制单元。对 P. O 系列 X 线发生器，U_{M1} 作为电子调整装置（KV、mA）输入信号。对 POLYDOROS 系列 X 线发生器，U_{M1} 作为 mA 输入调节信号。X 线发生器调节透视 KV 和 mA，使得影像增强器输出屏的亮度达到要求亮度，U=0V，透视 KV 和 mA 调节停止。若透视部位或身体变化时则重复上述调节过程，使 X 线剂量自动控制到设定要求的值。

七、医用 X 线影像增强电视系统的检测与调校

（一）影像增强系统

影像增强器由影像增管、管容器、支持部件和电源等组成。

1. 影像增强管的结构 影像增强管是一个大型玻璃或金属真空管，管内真空度很高。外管臂涂有黑色物质作为光封闭层。它的前端为一大面积输入屏，紧贴着输入屏的是光电阴极，中部内管壁有聚焦极，尾部为一小面积的输出屏，输出屏前方有一锥筒形加速极（阳极）。

2. 影像增强器工作过程 当透过人体强弱不同 X 线投射影像增强器的输入屏上时，使输入屏荧光层产生与 X 线相对应强弱不同的荧光，形成光子影像，即将 X 线转换成可见光影像。影像光子作用在光电阴极，使其产生强弱不同的光电子，即把光子转换电子，形成电子影像。光电子在阳极电场作用下，获得动能，通过静电透镜聚焦高速飞向阳极撞击在输出屏上，使输出屏的荧光层激发强弱不同的荧光，即将电子影像转换成荧光影像，但其亮度比输入屏荧光影像的亮度增强了 1 000~10 000 倍之多。

3. 影像增强器的电源 供给影像增强器的工作电压有：阳极电压（25~35KV），聚焦极电压（0~25KV），阴极电压（-550~0V）。常用的电源装置有两类。一类为普通型，该类为低频电源。它是用升压变压器升压，经整流器整流，电容器升压滤波，用电阻分压取得各极所需工作电压。另一类为高频振荡式供电电源装置，它由直流电源、振荡电路、变压器、整流器和倍压整流、电阻和电容器组成。但也有只是供给阳极的高压单独用高压发生器。各厂家采用的方法各不相同。

4. 光学系统 可参考有关 X 线影像增强电视系统的光学部分，此处不作介绍。

5. 影像增强器主要技术参数与测量方法

（1）视野：是指在给定的电极电压下，照射 X 线与影像增强器轴线平行，在输出屏上

显示的最大输入图像尺寸。但由于 X 线管发出的是点源射线，而被照体不可能离 X 线管无限远，也不可能紧贴影像器输入屏，故有效视野总比标称视野小，一般要小 1 英寸。

(2) 输出图像直径：系指在给定电极电压下，有效输入视野在输出屏上映出的图像直径，一般为 15~30mm 之间。

(3) 图像分辨率：将影像增强器输入屏置于 X 线管中心 1m 处，在输入屏中心贴上分辨率测试卡。选择 45KVp 的 X 线管管电压，调节 X 线管管电流使输出屏口分辨率卡图像到最佳。观察图像分辨率（以 LP/mm 表示），一般增强器分辨率在 2.5~5.0LP/mm 以上。

(4) 图像对比度：在影像增强器输入屏中心部放置相当于入射面有效面积 10% 的 2mm 厚的圆形铅板，从输出屏上观察没有铅板部分的最大亮度与有铅板部分的亮度之比（用照度计测量），谓之图像对比度，一般为 6:1、12:1、15:1 或更高，图像对比度越大越好。

(5) 对比灵敏度：测试方法与 (3) 基本相同，只是将分辨率换成 JEDEC 透度计，它是一块打有直径 0.6mm 小孔、厚为 20mm 的铝圆盘，小孔深度分别为其厚度的 1.5%~7%。影像增强器所能发现的最小百分数为对比灵敏度。能发现的数值越小对比灵敏度越高。

(6) 转换系数：系指在 X 线照射下输出屏的亮度 (cd/m^2) 与在输入屏测得的 X 线剂量率 (mR/s) 之比。即：

$$\text{转换系数} = \frac{\text{输出屏图像亮度} (\text{cd}/\text{m}^2)}{\text{输入屏X线剂量率} (\text{mR}/\text{s})}$$

转换系数愈大，获得同样亮度的图像所需要的 X 线剂量愈小。

(7) 畸变：由于增强器存在几何失真，因此其输出图像边缘区域显得比中心区域扩张一些。设输入屏中心区域 1cm 长度在输出屏上图像缩小率为 M_0 ，而等效于输入屏直径 90% 的长度的缩小率为 M_{90} ，则畸变定义为：

$$\text{畸变} = \frac{M_0 - M_{90}}{M_0} \times 100\%$$

上述这些参数多数用户是无法测试的，只有生产厂家才能用专门测试方法进行测试。表 2-2-11 给出一些厂家影像增强器的主要技术参数的典型值，供读者参考。

表 7-10 影像增强器主要参数

型号	输入屏尺寸 (mm)	输出屏尺寸 (mm)	中心分辨率 (LP/cm)	转换因数	对比度	畸变 (%)	厂家
BV25	250 / 150	20	44 / 55	110 / 55	14:1	10	SIEMENS PHILIPS TOSHIBA SHIMAZDU 瓦里安 匈牙利 上海九厂 瓦里安
RFXG2010 / 22	230 / 130	20	38 / 53	180 / 65	22:1		
E5758	230 / 150 / 110	20	44 / 50 / 60	200	20:1		
E5761	230	20	42	180	22:1		
E5759	150	15	44	160	20:1		
E5824	320	25	44	180	24:1		
1A-9W	230	21.5	32	170	30:1		
VX1-600HS	215 / 160 / 110	20	42 / 50 / 60	150	25:1		
BK9 / 6 / 4	210 / 150 / 115	20	30 / 40 / 64	110 / 55 / 27	16:1		
VX1-6	230	20	40	110	20:1		
VX1-520	270	20	40	100	14:1		

(二) X线电视系统

医用 X 线电视系统各生产厂家虽不相同,但就其主要结构和工作方式基本是一致的,故在此我们仅以西安航空航天第 504 研究所 XTV-ZHD54 系列医用 X 线电视系统为例,简述其结构、工作过程、主要电路、各测量点电位和波形、技术参数和测试方法等。

XTV-ZHD54 系列电视设备均由二部分组成,一部分是摄像机头,另一部分是主监视器,其中 ZHD5400A 型的摄像机头包括光学镜头、摄像管、偏转线圈、预放器、行扫描电路、场扫描电路及高压供电网络等部分组成。XTV-ZHD5401 型摄像机头是由光学镜头、摄像管、偏转线圈、预放器、扫描系统电路板、高压电路板 6 部分组成。摄像机控制部分在主监视器内。5400A 型主监视器除了有显像管、监视器扫描电路板、视放板外,还包括摄像机控制部分电路(含高压电路、恒流聚焦电路、同步机、中间放大器、I.B.S 电路和电源六部分)。对 5401 型监视器部分和 5400A 型相同,摄像机控制部分包括由同步机、中间放大器、I.B.S 电路和电源整流电路组成的中控板恒流聚焦及电源稳压组成的电源分配器,二块电路板组成。摄像机头和主监视器之间 5400A 型通过一根 20m 十九蕊电缆连接;5401 型通过一根 15m 十蕊电缆连接。XTV-ZHD54 系列电视设备的组成电原理方框图如图 7-8 所示。下面我们将以 5400A 为基础,对框图内各电路的正常工作数据逐一介绍。

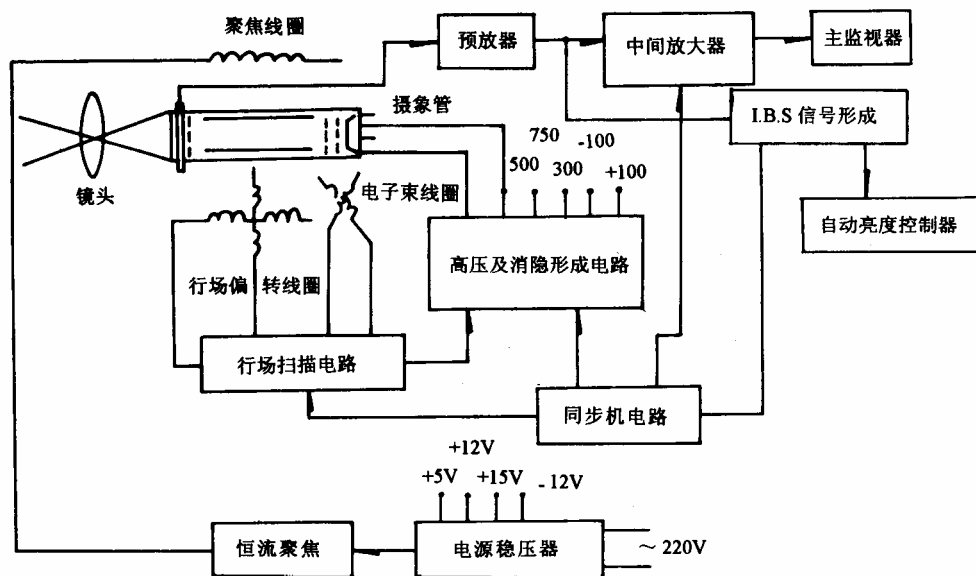


图 2-2-56 XTV-ZHD54 系列电视设备方框图

1. 光学镜头 光学镜头的作用是将外界影物的图像清晰地、均匀地聚焦于摄像管的靶面上。光学系统的各项参数直接影响到 X 线电视系统的有关指标,如镜头的焦距{数将决定图像的放大率;镜头的聚焦状态将影响到图像清晰度;镜头的孔栏大小将影响到系统灵敏度。但是,由于光学镜头是一套机械光学系统,又封闭在摄像机机械接口内,安装调试完毕后,如无人为拨动,自身的故障率很低。54 系列医电设备使用下述的 3 种光学镜头:西北光学仪器厂的华山(55mm)镜头;福建顺昌 8461 厂的 GDS-50B 和 GOS-35 光学镜头。

2. 摄像管 摄像管是医电设备的关键器件之一。医用 X 线电视区别于其它工业监视电视之外, 在于它要求高灵敏度、高分辨力、低惰性, 而这 3 项技术要求均需由摄像管的高性能来保证。

XTV-ZHD54 系列电视设备使用的是 CdSe 光电导摄像管, 光电导摄像管由 1 个对可见光图像可转换成电荷图像的靶面和 1 个产生电子束的电子枪组成。电子枪和磁聚焦、磁偏转线圈共同组成一套电子光学系统, 用于形成电子束, 并将其聚焦和实现扫描偏转。

在 XTV—ZHD54 系列电视摄像机中, 摄像管各电极所需的电压, 均由高压电路产生和供给, 各电极正常工作的电压范围如表 2-2-12。

表 2-2-12 摄像管各电极的工作电压范围

电极名称	直流电压范围 (对地)	备注
阴极	3.5~4V	
调制极	-10V~40V	
加速极	280~300V	
聚焦	420~450V	可调
网压	700~800V	
靶压	10~25V	按推荐靶压选择
灯丝	6.3V	

在实际使用中, ZHD-5400A 型机摄像管的靶压可由主监视器背面标有“TARGET”电位器在 0~100V 内调到最佳值; 电子束电压由标有“BEAM”电位器在 0~100V 内调整; 聚焦电压由标有“FORCUS”电位器在 380~450 内调整。对 XTV-ZHD5401 型机摄像管的靶压可由摄像机头高压电路板上 W3 调整; 电子束电压由 W2 调整; 聚焦电压由 W1 调整; 网压由 W4 调整。

3. 偏转线圈 在 XTV-ZHD54 系列电视设备中, 摄像管电子束的磁聚焦、扫描偏转和电子束校正都是由偏转线圈部件来完成的。

校正线圈: 作用是校正摄像管电子枪的电子光学系统中, 由于各电极尺寸加工及其装配的误差, 而造成因轴对称被破坏产生的像差。校正线圈放置在调制极附近, 通过其产生的固定直流磁场, 调整发射电子束的角度, 控制其方向以校正电子束对准聚焦透镜中心。

聚焦线圈: 利用聚焦线圈产生的磁场的作用, 影响所获的图像的分辨力和畸变。聚焦线圈在管轴中心产生的磁通 B 一般在 40~60Gs。

场、行偏转线圈: 产生与管轴垂直的, 场行之间相互正交的偏转磁场, 使电子束向光电导膜扫描。偏转线圈的位置、磁场分布、场、行正交性都会影响图像的扫描线性和畸变。

XTV-ZHD54 系列电视设备都使用的是上海广播器材厂生产的 1 英寸 PJ-25QD 型偏转线圈, 其主要数据见表 2-2-13 所列。

表 2-2-13 PJ-25QD 偏转线圈技术参数

型号	基本参数	工作电流	工作条件

	行 (mh/Ω)	场 (mh/Ω)	聚焦 (Ω)	校正 (Ω)	行	场	聚焦	校正	V _{g3}	V _{g4}
PJ25/QD	0.8/2.1	28/66	84	600	260	35	124	±10	475V	750V

4. 预放大器 XTV-ZHD54 系列 X 线电视摄像机预放大器有 3 个特点:

(1) 高电流增益: 通常状态下摄像机工作时摄像管靶端的输出信号电流约为 $0.3\mu\text{A}$, 预放大器的输出信号电平, 在临界饱和时, 在 75Ω 的负载上有 $0.7\sim 1\text{V}$ 电平, 其电流增益为:

$$Ac = 20\lg \frac{(0.7 \sim 1)/75\Omega}{0.3\mu\text{A}} \approx 90\text{db}$$

(2) 低噪声特性: 电视设备的固有噪声, 主要取决于预放大器的噪声。ZHD54 系列的预放大器电路中, 由于采用了优质的低噪声高跨导场效应管和良好的噪声抑制电路等措施, 其信噪比可达 48dB 以上。

(3) 为了保证得到 800 电视线的水平分辨率, 预放大器必须有大于 10MHz 的视频带宽。

5. 行扫描电路 行扫描电路的作用有两点, 一是为行扫描线圈提供与行推动脉冲同步的行扫描电流, 实现摄像管电子束的水平扫描偏转; 二是为高压产生器提供激励脉冲 (又称反峰脉冲) 实现高压和行扫描电路的锁定, 起到保护摄像管的作用。电原理图请参考 XTV—ZHD5401 型摄像机扫描系统电原理图的上半部分。图中 BG₂ 是倒相级, BG₄ 是隔离级, BG₆ 是行输出管。R₅ 用于调整行激励大小, R₈ 调整行扫描幅度, R₉ 调整行扫描的线性。R₆、R₇ 是分压器, 从 R₇ 上分出约 $15\sim 20\text{V}$ 的反峰脉冲, 用作高压产生器的激励脉冲。

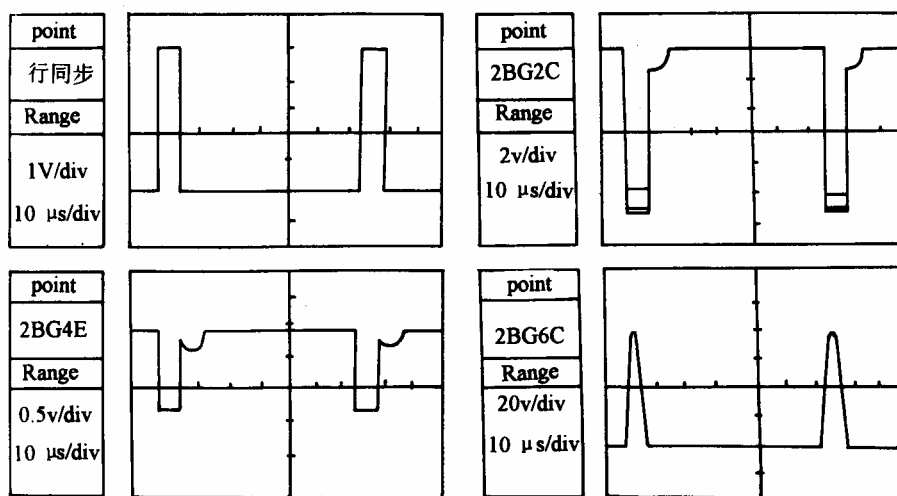


图 2-2-57 行扫电路有关点波形图

相对应的各点直流电压如下：

测试点	行同步	BG2C	BG4E	BG6C
直流电压	1. 1V	10V	11. 5V	6. 3V

行扫描电路工作的正常与否是依次检查输入的行同步脉冲、BG₂ 的倒相脉冲、BG₆ 的反峰脉冲来判断其各点脉冲的波形图，见图 2-2-57 所示。

对 ZHD-5400A 型 X 线电视设备的行扫描电路，其故障率最高的是由于十九蕊电缆 7 脚电缆线（传送行同步脉冲信号）易于从根部折断，造成行同步脉冲丢失，行扫描电路不工作，高压电路没有各路高压输出，电视无图像。此类故障约占电视设备总故障率的 30%。对 XTV-ZHD5401 型 X 线电视设备，由于改进了电缆，此类故障几乎降低到 0。

6. 场扫描电路 场扫描电路的功能是为场偏转线圈提供和场推动脉冲同步的场扫描电流，实现摄像管电子束的垂直扫描偏转。

场扫描电路的电原理图可参考 XTV-ZHD5401 型摄像机扫描系统电原理图下半部分。它是采用一块 μ PCI031 集成电路和其外围电路组成。 μ PCI031 集成电路里包括场振荡、场同步、整形及功率输出等部分组成。

表 2-2-13 提供了正常工作时 μ PCI031 各管脚的管脚特征，交流波形和直流电压数据，供维修时参考。

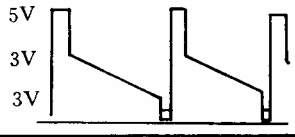
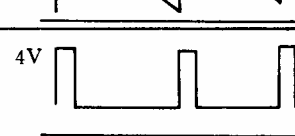
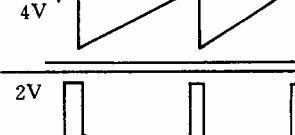
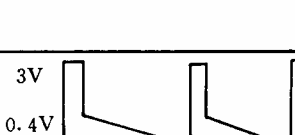
7. 高压供电网络及复合消隐电路 本部分电路功能有二种：①供给摄像管各电极的电压：摄像管的靶压、调制极电压、加速极电压、网压和聚焦电压都来自主监视器中的高压产生器电路经过 20m 十九蕊电缆送到摄像机头，在本电路板上分别经过阻容滤波网络滤波，才加到各自电极上，以保证摄像管的正常工作。②复合消隐电路：复合消隐电路由 BG₁、BG₂ 两级反相放大器组成，由同步机来的正极性复合消隐信号，经过二级倒相，仍变成正极性复合消隐信号，送到摄像管的阴极，从而使得在行、场消隐期间（此时是扫描的回扫期），摄像管的扫描电子束被截止，在监视器显示屏上，没有电子束回扫的轨迹。电路原理图请参考 XTV-ZHD5401 型摄像机高压电路电原理图。

8. 中间放大器 中间放大器（视频处理器）的功能主要是对预放器送来的视频信号进行处理，包括箝位（直流电平恢复）、复合消隐信号混入、白电平切割、复合同步信号混入，以组成全电视信号供监视器和其它终端负载使用。同时，它也对预放器来的视频信号提供 6~10dB 的电压增益。中间放大器电原理图请参考 XTV-ZHD5401 摄像机中控板电原理图上半部分。

中间放大器各级正常工作数据和波形见表 2-2-14。

9. 同步信号产生器 在电视设备中，一幅图像形成的过程，是将图像由摄像机逐行扫描分解成时间系列信号，经有线或无线方式传送到电视监视器，再由监视器以隔行扫描的方式，还原出原来图像的过程，同步信号产生器的作用是：

表 2-2-13 μ PC1031 场扫描组件各管脚工作数据

管脚号	功 能	对地直流电压	交流波形
1	场扫描输出	4.5~5.8V	
2	电源电压	10.5~12	
3	自举电容	10.5~11.5	
4	场振荡信号输入	5.1~8.6	
5	场推动输入	50~500mV	
6	同步调整	1.2~2V	
7	整形输入	4.1~4.8	
8	地	0V	
9	负反馈电容	5.2~6.1V	
10	扫描同步箝位	10.5~12V	

- (1) 保证摄像机、监视器行、场扫描的同步。
- (2) 保证监视器扫描还原图像过程中的隔行。

表 2-2-14 中间放大器（视频处理器）各级工作数据

位号	电路性质	直流电压	交流波形
5BG26	箝位端	1.2~1.4V	 0.7V
5BG3C	倒相放大	$\pm 11V$	 1.5V
5BG6E	视频信号	1.6V	 1.6V 0.2V
V01, V02	全电视信号	3.2~3.8V	 1.8V 0.5V

为了使得电视设备中各部分之间保持时间上和相位上严格的一致性，为此在电视设备中送入了各种专门的同步信号脉冲，使电视摄像机和监视器的行场扫描等各部分能同步、同相地工作，使其误差能控制在允许的范围之内。这种产生各种同步信号的电路，我们将它叫做同步信号产生器，或称之为同机。

XTV-ZHD54 系列 X 线电视要求同步信号产生器提供下列 4 种脉冲信号：①正极性的行推动脉冲 8.2 / 64 μ s；②正极性的场推动脉冲 480 μ s/20ms；③正极性的复合消隐信号；④负极性的复合同步信号。

行推动脉冲主要供摄像机行扫描电路作行扫描同步脉冲使用，其脉冲宽度为 8.2 μ s (12.8 %H)，脉冲极性为正极性。场推动脉冲，供摄像机场扫描电路作场扫描同步脉冲使用，其脉冲宽度为 480 μ s (7.5H)，脉冲极性为正极性。复合消隐脉冲的功能有二，其一是消隐，就是在一定的时间里即在消隐脉冲期间内，抹去扫描电子束的痕迹；其二是利用复合消隐电平作为整个视频通道黑电平的基准，在此基础上建立视频通道里的亮度鉴别等级阶数，这一点是在中间放大器里将复合消隐信号混入并配以箝位电路实现的。在复合消隐脉冲里，它包括行消隐脉冲和场消隐脉冲两种并复合而成一规则脉冲串，其中行消隐脉冲为 11.8 μ s (18.5 %H)，场消隐脉冲为 1600 μ s (25H)，之所以选择它们的脉冲宽度大于行、场消隐脉冲的前沿稍早于行、场推动脉冲前沿。复合消隐脉冲的极性也是正极性的。复合同步脉冲是同步机提供的 4 种脉冲中最复杂的一种，这是监视器和其它终端设备的隔行扫描系统的特殊要求决定的，在隔行扫描系统中，扫描场分为奇数场和偶数场，它们的场扫描起始点不在一起而是有半行之隔，两场合并组成一帧完整的图像，为了使得在场同步脉冲到来期间行同步脉冲不至丢失，在场同步脉冲期间加了行同步的刻槽脉冲。为了保证奇数场和偶数场之间不发生并行现象（并行的结果是显示图像的清晰度显著下降，这是我们要避免的），在场同步脉冲的前后各加 5 个一倍行频的前后均衡脉冲，以平衡隔行扫描中两场间的差别。从上述可知，复合同步脉冲中包括行同步脉冲 4.7 μ s/64 μ s，场同步脉冲 160 μ s/20ms，刻槽脉冲 4.7 μ s/32 μ s，均衡脉冲 2.35 μ s/32 μ s 共同组成的有规律的脉冲序列。复合同步脉冲在中间放大器电路里和经箝位、黑白电平切割处理的视频信号相混合后，共同组成全电视信号供监视器等终端设备使用，确保它们的行场扫描和摄像机的行场扫描同步，并保证它们的相邻两场之间的场扫描

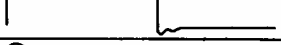
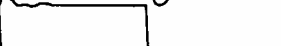
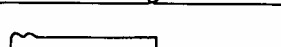
隔行的实现。

10. 恒流聚焦电路 在电视摄像机内,为了产生供摄像管电子束进行磁聚焦的聚焦磁场,必须对聚焦线圈提供聚焦电流。但是由于聚焦线圈供电就会随着温度的变化引起聚焦电流的变化,造成图像清晰度的降低。所以必须采取稳定电流的措施,采用恒流聚焦方法。

XTV-ZHD54 系列摄像机聚焦线圈额定聚焦电流为 120mA 左右。实际检查时当测得 8R10 精密电阻上电压在 1.9~2.15V 之间,相应的聚焦电流为 $I_f=112\sim126\text{mA}$,恒流聚焦电路工作正常。当聚焦电流不同时,聚焦电压也要适当调整,才能保证电视图像清晰度最佳。

11. 高压产生器 高压产生器的功能是保证摄像管正常工作所需的各组直流高压。它包括-100V 供调节电子束电压使用;+100V 供调节靶压使用;+300V 供加速极电压使用;+450V 供调节聚焦电压使用;+750V 供网压使用。高压产生器的工作过程是:来自行扫的 15.625KHZ 反峰信号,作为 CP 脉冲触发双稳态电路 H_{013} ,在 H_{013} 的 Q 端和 $\bar{Q}$ 端分别输出两组相互反相的 7812.5HZ 的对称方波。这两组脉冲分别经 9BG₂ 和 9BG₃ 隔离后,推动 9BG₄、9BG₅ 推挽放大输出,经高压变压器升压后再分别由有关二极管整流、滤波即得到摄像管各电极所需的电压。其中:网压是经倍压整流、滤波后由十九蕊电缆送到摄像机供电网络的;加速极电压经半波整流滤波后,由十九蕊电缆送到供电网络;靶压、电子束电压、聚焦电压则是整流、滤波后,先送到主监视器上的靶压电位器(TARGET)、电子束电位器(BEAM)、聚焦电位器(FORCUS),再由十九蕊电缆送到摄像机供电网络供摄像管使用。高压产生器正常工作时有关点的工作数据及交流波形见表 2-2-15。

表 2-2-15 中间放大器(视频处理器)各级工作数据

接点	交流波形或直流电压	直流电平
H013(1)端(CP)	 18V _{p.p}	1V
H013(6,9)端(Q, $\bar{Q}$)	 13V _{p.p}	7V
3DK7 E 端	 10V _{p.p}	4.8V
3DK10H C 端	 20V _{p.p}	11V
高压变压器(4)端	 480V	不能测
高压变压器(5)端	 330V	不能测
高压变压器(6)端	 140V	不能测
24 蕊插座(8,9)端	-100V	
24 蕊插座(11,12)端	100V	
24 蕊插座(14,15)端	300V	
24 蕊插座(17,18)端	450V	
24 蕊插座(20,21)端	750V	

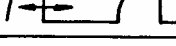
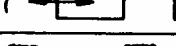
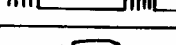
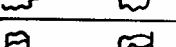
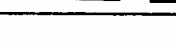
注意, 高压变压器 (4)、(5)、(6) 三端测量时用示波器观察要慎重, 此三点是交流高压, 易损坏仪器, 如不会测量可不测量, 若 3DKIOH (C) 端正确, 则此三处基本正确。测 750V、450V 直流电压时, 也要慎重。

12. 自动亮度稳定电压形成电路 (LB. S) I. B. S 电路是医用 X 线电视设备的专用电路。在用 X 线电视进行诊断和检查时, 如使用的 X 线剂量偏小, 则电视图像信号幅度小, 显示图像的对比度不够, 信噪比差, 层次不丰富, 清晰度下降。为保证显示图像有良好的信噪比和对比度, 必须提高输入 X 线剂量以提高信号幅度。相反, 若输入剂量过大, 图像进入饱和区, 也会造成显示图像的层次不丰富, 对比度下降, 出现一片白色的淹没区, 像质仍然不好。经常调节 X 线剂量的大小, 若由人工完成则很不方便, 也很难匹配恰当, XTV-ZHD54 系列医用 X 线电视, 利用 LB. S 信号, 自动亮度控制器, X 线机高压发生器一起, 使整个 X 线电视系统具有图像自动亮度稳定功能。

LB. S 电路电原理图请参看 XTV-ZHD54X 线电视使用说明书中的原理图。

11JCI74LS123 组件是双单稳电路, 由它将同步机来的行、场推动脉冲延迟, 并在图像画面中心位置形成一个约 10cm×10cm 的窗口; 11BG₁、11BG₂ 是一组放大器, 把预放器来的视频信号进行放大; 11BG₄、11BG₅ 是窗口取样, 使窗口内的视频信号通过, 窗口外的视频信号被抑制; 11BG₆ 检波, 对窗口位置内的视频信号进行检波, 得到 L.B.S 信号经 11BG₇ 发射极输出, 供自动亮度控制器使用。标准 I. B. S 电压为 1.2~5V (1.2V 是电视在暗状态时测试, 5V 是在临界饱和状态时测试)。I. B. S 电压大小可由 11W₃ 调整, 窗口位置由电位器 11W₁, 11W₂ 调整。I. B. S 电路正常工作数据见表 2-2-16。

表 2-2-16 I. B. S 电路工作数据

检测点	电路性质	直流电压	交流波形
74LS 123-1	行推动	3.1V	 4V/64ms
74LS 123-9	场推动	7.3V	 5V/20ms
74LS 123-13	行延迟脉冲	2V	 4V/24ms
74LS 123-5	场延迟脉冲	1.7V	 4V/20ms
11BG9-C	合成窗口信号	0.8V	 /20ms
11BG2-E	视放输出	2V~4.5V	
11BG5-E	窗口视频	0.7V	 6V
11BG7-E	I. B. S 输出	4.8V	

13. 电视监视器 XTV-ZHD54 系列 X 线电视监视器分主监视器和副监视器两种, 两者的区别在于主监视器内还包括部分摄像机控制电路, 副监视器则是一纯监视器, 但是作为监视器部分电路, 二者是完全一样的。监视器部分电路组成方框图如图 7-10 所示。从图 7-10

中可见,它的组成和普通电视监视器的组成基本一样,所以在这里我们对监视器的各部分工作原理不作详细分析,仅提供各部分电路的工作数据,以作维修、调试 XTV-ZHD54 系列 X 线电视监视器时参考。

电视监视器的设计的指标:

分辨力, 水平中心 不小于 1000TVL

垂直中心 不小于 400TVL

亮度鉴别等级; 不小于 9 级

视频带宽: 12MHz

几何失真: 小于 2%

显像管 (C. R. T)

XTV-ZHD54 系列监视器均采用 35SG18Y14 型单色高分辨力显像管,该管静电聚焦磁偏转(偏转角 90°)、热套式防暴屏,发光颜色为白色,分辨力高(1200TVL),且整个屏幕分辨力均匀,其管径为 20mm,该管主要参数见表 2-2-17。

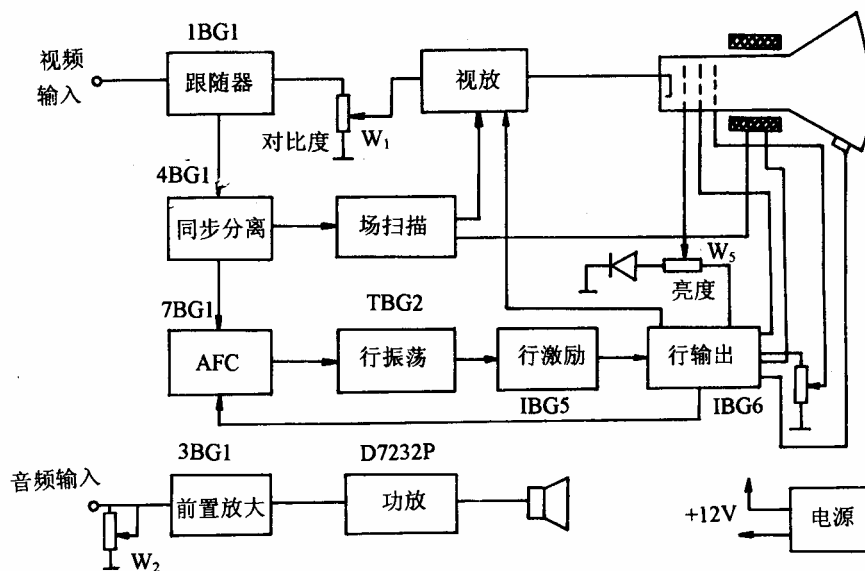


图 2-2-58 监视器方框图

表 2-2-17 35SG18Y14 显像管主要技术参数

Uf	If	Ua1	UmT	Ua2.4	Ua3	中心分辨力	边缘分辨力
11V	91mV	400V	-45v -75V	12KV	0~400V	>1200TVL	>1000TVL

(1) 行扫描电路: 行扫描电路包括同步分离行同步脉冲提取微分电路, 鉴相器、压控振荡器、行激励和行输出等电路, 它的任务是为显像管行偏转线圈提供与摄像机行扫描在频率、相位上保持严格关系的线性良好的水平偏转锯齿电流。另外, 将行反峰信号经过行输出

变压器升压，再分别经整流、滤波后为显像管各电极和视放电路板提供除+12V 以外的所有直流电压。表 2-2-18 是行扫描电路正常工作时的各项数据。

(2) 场扫描电路：场扫描电路是为显像管场扫描线圈提供垂直偏转锯齿电流。监视器场扫电路和摄像机场扫电路使用的是同一型号场扫组件，电路结构也一样，仅电路元件参数有区别（表 2-2-19），以适应不同的场偏转功率的要求。

(3) 视频放大器：视频放大器的作用是将摄像机送来的视频信号，不失真地放大到显像管所需的信号调制幅度上，以达到在荧光屏上显示出一幅清晰、生动的图像。为此，要求：①视放有足够的带宽并且在一定的通带特性；②有较高的电压增益和较宽的输出动态范围，对比度调整时通带特性不应变化；③便于注入辅助的复合消隐信号。

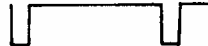
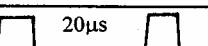
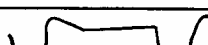
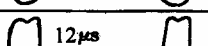
14. X 线电视系统的技术指标

(1) 图像分辨力：

水平中心分辨力 不小于 800TVL

垂直中心分辨力 不小于 400TVL

表 2-2-18 行扫描电路工作数据

接点号	电路特性	直流电压	交流波形
7BG1b	行同步	-0.15V	 8V _{p-p} /64μs
7BG1c	分相放大器反相信号	10.5V	 6V _{p-p} /64μs
7BG1e	分相放大器同相信号	0.6V	 6V _{p-p} /64μs
7D17D2 结点	鉴相积分信号	11V	 5V _{p-p}
7R6、7R7 结点	AFC 控制电压	11V	 0.2V
7BG2c	行振荡信号	2.2V	 20μs 8.5V _{p-p}
7BG3c	行激励信号	10.4V	 15V _{p-p}
7BG4c	行反峰信号	28V	 12μs 200V _{p-p}
J ₁₃	高压	13KV	一般无法测量
J ₅	视放供电	120V	
J ₆	加速极电压	600~800V	

(2) 亮度鉴别等级： 不小于 8 级

(3) 信噪比： 不小于 48dB

(4) 图像几何失真： 不大于 2%

(5) 扫描非线性：

水平方向 不大于 10%

垂直方向 不大于 8%

(6) LB. S 电压: 1. 2~5V

(7) 话路:

带宽 100~6 000Hz

不失真功率 大于 0.5W

(8) 整机功耗: 65W (主监视器)

(9) 扫描体制:

扫描比率 2:1 隔行扫描

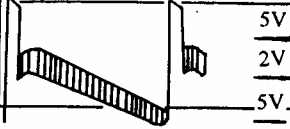
扫描行数 625 行

扫描场数 50 场

帧形比 1:1

(10) 视频输出阻抗: 75Ω

表 2-2-19 MpC1031 各管脚参数

管脚号	功能	直流电压	红笔对地电阻	交流波形
1	场扫描输出	4.5~5.8V	5.7~6.8K	 5V 2V
2(10)	电源电压	10.5~12V	≈50Ω	 5V
3	自举电容	10.5~11.5V	0.4V	 7V 3.5V
4	场振荡信号输入	5.1~8.6V	5.7K	 7.5V
5	场同步输入	50~500mV	2.7K	 4V
6	同步调整	1.2~2V	7.2~8.2K	 3V 4V
7	整形输入	4.1~4.8V	7.0~8.7K	 1.5V
8	地	0V	0	
9	负反馈电容	5.2~6.1V	6~7.4K	 1.5V

15. 电视设备的系统调试 此处以 XTV-ZHD5401 (III) 型 X 线电视设备为例, 介绍如何将一台因某种原因被调乱了的设备恢复到正常技术状态的调试方法和调试程序。即: ①恢

复电视摄像管的正常工作电压：标准靶压、最佳聚焦电压和合适的电子束电压；②恢复电视扫描系统的正常扫描靶面、符合出厂指标的扫描几何失真和非线性失真以及恰当的电子束校正电流选择；③恢复电视设备的正常的灵敏度、分辨力、信噪比和亮度鉴别等级；④恢复电视监视器的标准的扫描幅度和线性。

对于 XTV-ZHD5401(Ⅱ)型电视设备和 ZHD5400A 型电视设备的系统调试,可参照(Ⅲ)型设备的方法进行,但有些程序可以省略,方法可以简单些。在设备调试时,建议工作方式以自然光工作为好,这样采用广播测试卡,可以充分测试电视设备的各项指标;桌面联调,调试安全、方便;还可以避免 X 线对人体的伤害。

电视设备调试程序如下:

(1) 电视监视器调整: 电视监视器的调整连线框图,如图 2-2-59 所示。图 2-2-60 中电视信号源可采用 S305A 全频道电视信号发生器; 示波器可使用 SS-5702 双线示波器或其它通道带宽大于 20MHz 的双线示波器。调试时,主、副监视器分别进行,电缆连接方法: 用一根两端装好 Q₉ 插头的 SYV-50 电缆一端接到电视信号源的視頻输出端,以得到标准全电视信号,另一端接到副监视器的 VIDEOIN 视频输入端即可。

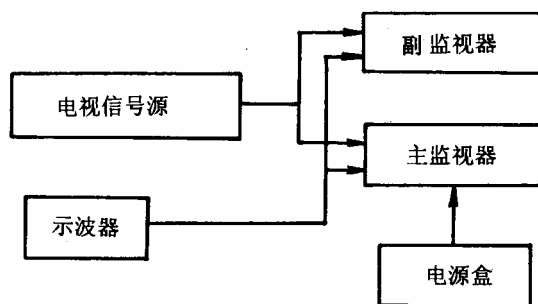


图 2-2-59 电视监视器调整框图

对主监视器,则要做适当改动,打开监视器机壳,取出中控板,将连接中控板的 24 蕊插头 21、22 两脚短接,从主监视器上的 VIDEOOUTPUT 端输入视频信号。对于 XHD-5400A 型设备的主监视器,则是打开监视器机壳,取出 CZ₁、CZ₂、CZ₃ 电路板,在 CZ₃ 的 24 蕊插座上将 18 脚、16 脚短接或用转接板,在转接板上将 18、16 脚短接,然后从主监视器的 VIDEOOUTPUT 端输入全电视信号对监视器进行调整。

在监视器调整前,先用示波器和万用表检查行扫描电路各级工作情况应符合说明书要求指标的数据,然后由电视信号源送入方格信号,调整场幅度电位器 5W₃ 和场线性电位器 5W₂; 行幅度线圈 7L₂ 和行线性线圈 7L₃,使监视器画面显示在水平方向有 14 个方格信号,在垂直方向有 10.5 个方格信号(在计数时黑白格都算有效数),而且在水平方向,每个格子的长度,和垂直方向每个格子的长度都大致相等,即作为监视器扫描幅度的校准。

(2) 中控板的检查与调整: 监视器调试结束后,取下 24 蕊插头 21、22 脚短接线,插好中控板,固定好紧固螺钉,用示波器和万用表检查中控板的各检测点的数据应符合说明书所给指标。然后按下列步骤进行:

①用双端 Q₉ 头的电缆,一端接示波器,另一端接主监视器的 VIDEOOUTPUT 端,观察中控板的全电视信号输出应如图 2-2-60,调整 5W₃ 电位器使同步头信号为 500mv; 调整 5W₁ 电位器使箝位电平为 150~200mv; 将 5W₂ 电位器反时针旋到底。



图 2-2-60 中控板全电视信号波形

②用短接线,一端接中控板的 TP2,另一端接监视器对比度电位器的中点,观察监视器

画面显示 L. B. S 窗口信号位置, 调整电位器 $11W_2$ 、 $11W_3$ 使窗口位置位于监视器画面中心, 用万用表测 L. B. S 输出电压应在 $1\sim 1.4V$ 之间。

对于 ZHD-5400A 型 X 线医电设备则取下 CZ324 蕊插座 16、18 脚上的短路线, 插上 CZ₃ 电路板, 按上述的①步骤进行调整; 结束后再插上 CZ₂ 电路板, 用短路线, 一端接在监视器对比度电位器的中点上, 另一端接在 $11BG_{10}$ 的集电极上按上述的②步骤进行调整。

(3) 电视设备系统调试: 电视设备系统调试连线方框图如图 2-2-61 所示。调试前先用示波器和万用表检查扫描系统电路板和高压电路板。同时根据摄像管上所印的 ET 摄像管标准靶压数, 调整高压板靶压电位器 W_3 , 使摄像管工作靶压和标准靶压一致。然后按如下步骤调整:

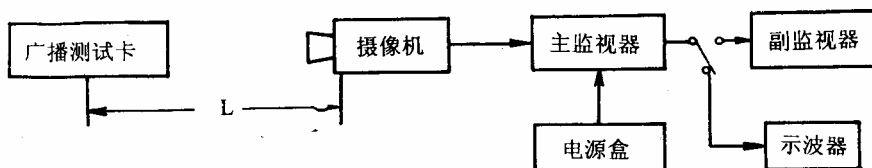


图 2-2-61 管电压负载测量

①调整好摄像管靶面到广播测试卡像面之间的直线距离 L , 此距离对于 9 英寸电视系统为 70cm, 对于 6 英寸电视系统为 85cm。

②接通电源后, 调整摄像机镜头的光学聚焦和摄像管电聚焦电压 (高压板 W_1 电位器), 使电视设备聚焦状态最好, 调试时应注意预置摄像机镜头光圈, 使之处于所显示的图像不饱和的适当位置。

③调整电子束校正电位器 (扫描系统 C_{962} 电路板的 W_7 、 W_8 电位器), 使显示图像和整个画面均无水渍印。则先进行此项调整, 再调试聚焦状态。

④调整摄像机 C_{962} 扫描板的行位移电位器 W_3 和场位移电位器 W_6 , 使显示图像和画面中心与摄像管的光轴中心基本一致, 然后调整摄像机头的几何位置, 使广播测试卡的画面中心, 基本位于监视器荧光屏中心上。

⑤反复调整扫描系统 C_{962} 电路板的行幅度电位器 W_2 、行线性电位器 W_1 、场幅度电位器 W_5 , 场线性电位器 W_4 , 使监视器显示的测试卡大圆直径为 $192\sim 198mm$, 其水平方向, 垂直方向, $\pm 45^\circ$ 方向所测得的显示圆直径的误差最大不超过 8mm, 并且在过圆心的水平和垂直方向上, 目测不感到有明显的非线性失真存在。

⑥复调摄像机的光学聚焦和电聚焦, 使电视设备的聚焦状态最佳, 显示画面上 600TVL 应能穿透。

⑦调整 C_{963} 高压板电子束电位器 W_2 , 并配以调整摄像机镜头的光圈大小, 以示波器观察, 使临界饱和状态时, 输出视频信号的峰—峰值为 $2\sim 2.2V_{p-p}$ 。

⑧盖上摄像机镜头盖, 用示波器观察全电视信号输出波形和图 2-2-60 一样, 此时检测: 复核同步头信号应为 500mv;

复核箝位电平应在 $150\sim 200mv$ 之间;

测出电视设备的系统噪声信号峰——峰值应小于或等于 40mv;

打开摄像机镜头盖，调整中控板白切割电位器 $5W_2$ ，并配以调整摄像机镜头光圈，使临界饱和状态时图像视频信号的峰—峰值为 $1.5 \sim 1.8V_{p-p}$ ；

观察显示图像的亮度鉴别等级，在监视器亮度和对比度电位器最佳搭配下应大于或等于 8 级。

⑨I. B. S 电压调整：在临界饱和状态下，调整中控板 C_{964} 上的电位器 $11W_1$ ，使其在 I. B. S 输出端测得直流电压为 5V。对于 6 英寸定位系统，不测此项指标。

⑩话路通道检查，在音量电位器适中时，声音应清晰，无明显杂音及交流声。

⑪电视设备系统调试结束后，注意检查设备内有无多余物，一定要清理干净，并上好机器外罩。

对于 5401(II)型设备的系统调试，仅无③、④二项工作，其余均一样。对于 ZHD-5400A 型设备除无③、④二项工作外，还应注意有以下差别：一是摄像管工作状态是在高压供电网络电路板上反映出来的，而靶压、聚焦电压、电子束电压的调整是通过调整主监视器后面的 TAR-GET、FOCUS、BEAM 三个电位器来实现的。二是行幅度和线性的调整是通过改变行扫电路板的 $2R_8$ 、 $2R_9$ 实现的；场幅度和线性的调整是通过改变 $3R_4$ 、 $3R_3$ 实现的，也可以用外接电位器调好后用等值电阻换上即可。

七、X 线电影系统的调校

(一) 电影摄影机的结构

现在大型 X 线机组中配用的电影摄影机，多数为 Arritechn035R 90 或 35R150 型。所用电影胶卷为 35mm 型（标准型）或 16mm 型。

电影摄影机由机体、镜头和片盒三部分组成。机体上安装有遮光器、压片板、胶片传送设备和相关的电路、指示器等；镜头是安装在机体的镜头架内；片盒是安装在机体的片盒架上，用固定片盒手柄固定。

遮光器是一个扇形旋转盘，位于镜头和窗口之间，在胶片前进时，它遮挡住从镜头来的入射光线，使胶片不感光。

在胶片静止时，压板把胶片压紧于窗口，保证胶片上影像清晰而不模糊。

胶片传送设备由电动机和齿轮组两部分组成。电动机带动齿轮，齿轮带动胶片卷轴、遮光器和曝光开关触点等。胶片按间歇方法前进，每一个影像的胶片，前进时间和间歇时间之比约为 4:1 或 5:1。

电影摄影机的摄影频率，各型摄影机不同，综合起来在 15~150 帧/s 之间，如 Arritechno 35R 90 型电影机的最快速度为 90 帧/s；而 Arritechno 35R 150 型为 150 帧/s，频率不能低于 15 帧/s。实际工作中应用的频率与 X 线机组输出容量有关。输出容量大，摄影频率就可高。

(二) 电影摄影机控制器

电影摄影机控制器为电影摄影机提供电源电压、监测摄影机胶片、处理摄影机胶片从前进到停止的信号，由电子控制系统控制、稳定摄影机的曝光率，使摄影机胶片曝光相位和电源频率之间有一个固定的相位关系。

1. 控制原理 把电影摄影机的控制的控制原理简化成图 2-2-62，一个方波电压参考值，其频率与预调的曝光率相符合并与电源频率同步。

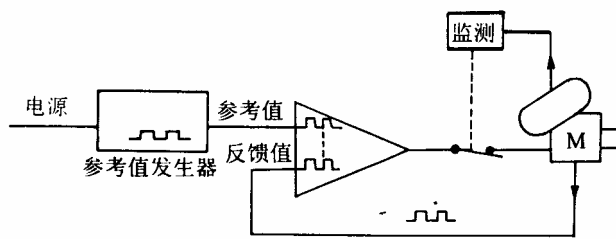


图 2-2-62 控制原理图

参考值信号由曝光率选择器选择，经伺服放大器放大后控制供给摄影电动机的电流。

反馈值信号由摄影机内脉冲触发产生，也是一个方波电压。反馈值信号和参考值信号比较，控制电动机的电流。而且反馈值信号的相位和参考值信号相位一致。

Arritechno 电影摄影机具有胶片监测系统。片盒内装的胶片不足或片盒内胶片已用至数量不足时，自动切断摄影机电路，以免发生无片曝光。

在双向电影摄影工作中，两个摄影机的走片动作相位必须相差 180° 。因为只有交替工作才能防止一个方向的散射线影响另一个方向的影像质量。故在双向工作时，A 项送出的参考值时钟脉冲与 B 项送出的参考值时钟脉冲相位差 180° ，即 180° 后 B 向才动作，如图 2-2-63 所示。

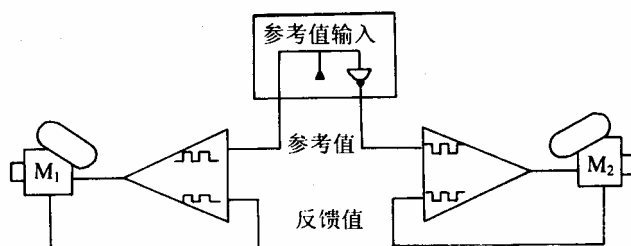


图 2-2-63 双向电影工作原理

2. 控制电路 控制电路由参考值发生器、反馈值发生器、比例放大器和输出放大器等电路组成。其电路方框图如图 2-2-64 所示。

(1) 参考值发生器：参考值发生器由电源同步方波发生器、曝光率选择器、程序分配器、锯齿波发生器、相关相位控制信号发生器等组成。

电源同步方波发生器产生 $3\,000\text{Hz}$ （电源频率为 50Hz ）的基本频率。这个方波电压在分频器内分频产生与电源频率一样的 50Hz ，在数字相位比较器内与电源频率比较。方波差信号在滤波器内平滑并调节电压控制 $3\,000\text{Hz}$ 振荡器。用这样的方法使振荡器的振荡经分频后与电源频率同步。

电压控制振荡器产生的 $3\,000\text{Hz}$ 经可编程分频器分频产生预计值。曝光率选择器确定分频比例，因此得到参考频率。

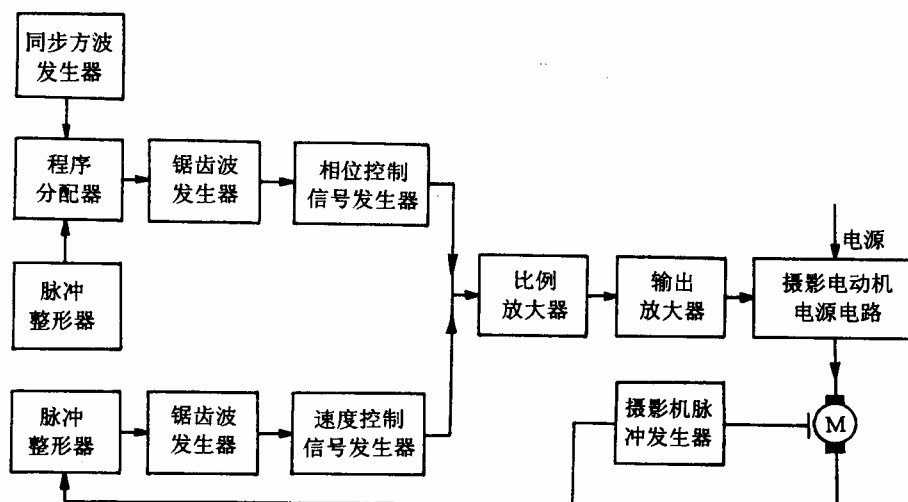


图 2-2-64 摄影电动控制电路方框图

参考值锯齿波发生器供给一个（负的）直流电压，它与参考值成比例。锯齿波电压的斜率与参考值成比例，它的周期 $=1/f_{\text{参考}}$ 。这个锯齿波电压的幅度只与频率有关。而且，参考值锯齿波发生器供给一个交换比例放大器时间常数的信号，它是在摄影机电路内与曝光率选择有关。

（2）反馈值发生器：反馈值发生器是实际值发生器。反馈信号由电影摄影机内光栅脉冲发生器产生，它相当于摄影机快门打开相。这个信号由脉冲整形器整形为方波电压，然后微分，输送给实际值锯齿波发生器。

反馈值锯齿波发生器产生锯齿波电压，它的斜率与参考值成比例，它的周期 $=1/f_{\text{反馈}}$ 。这个锯齿波电压的幅度可用下式表示：

$$u = U_1 \cdot \frac{f_{\text{参考}}}{f_{\text{反馈}}}$$

如果 $f_{\text{反馈}} = f_{\text{参考}}$ ， $U_1 = \text{常数}$ ，即幅度只与速度有关。而当 $f_{\text{反馈}} > f_{\text{参考}}$ ，幅度就小于 U_1 ，反之，幅度就大于 U_1 。

这个信号经过阻抗转换器输入于比例放大器。在这个电压上加上一个负值，即常数电压 U_1 ，以便使同步旋转（ $f_{\text{反馈}} = f_{\text{参考}}$ ）之和为零。由于摄影机曝光率是正确的，所以比例放大器的输出停留在现存值上。当反馈值与参考值不同时，比例放大器的输入电压不等于零，使电动机电压通过输出放大器而改变。

反馈值锯齿波电压送到速度控制信号发生器和比例放大器。在正确速度时，速度控制信号发生器输出的信号电压为+4.7V左右。当速度变慢时输出信号电压大于+4.7V，使比例放大器的输入信号电压成为正值，以便使摄影机转速加快。

（3）比例放大器：比例放大器为比例积分微分调节器（PID）。比例放大器的输入电压

为相关相位控制信号电压和相关速度控制信号电压之和。其输出电压驱动输出放大器。当输出为+15V时，输出放大器被截止，摄影机停止转动。当输出为-15V时，输出放大器为全导通，摄影机快速转动。电影机的摄影速度，即每秒钟摄影帧数受此比例放大器的控制。

(4) 输出放大器和电影机的电动机电路：输出放大器的工作原理，如图 2-2-65 所示。当晶体管 V_7 、 V_8 象开关似的导通时，扼流圈 L_1 和转子内电流按照指数函数增加，只要转子电压一超过相对于输入电压 U_e 的参考值，运算放大器 J_1 的输出电压就从-15V 跃变至+15V，晶体管 V_5 导通， V_7 、 V_8 截止。电动机电流通过二极管 V_3 、 V_4 按照指数函数降低。当转子电压低于参考值时，运算放大器 J_2 输出正电压，而 J_1 的输出变为负电压，晶体管 V_5 截止，而 V_7 、 V_8 导通，电源电压又供给至电动机转子上。

精密电阻器 $R_{17}/R_{18}/R_{19}$ 上产生的负电压与转子电流成比例。当这个电压超过运算放大器 J_3 的正相输入端上由电位器 R_{20} 调节的负电压值时， J_3 的输出电压从-15V 跃变至+15V，因此，运算放大器 J_1 的输出电压跃变至+15V， V_5 导通， V_7 、 V_8 截止，使其不能超过用 R_{20} 调节的最大电流值。

定子磁场线圈经过串联电阻器 R_{16} 接收电流，磁场电流也流过精密电阻器 $R_{17}/R_{18}/R_{19}$ 。

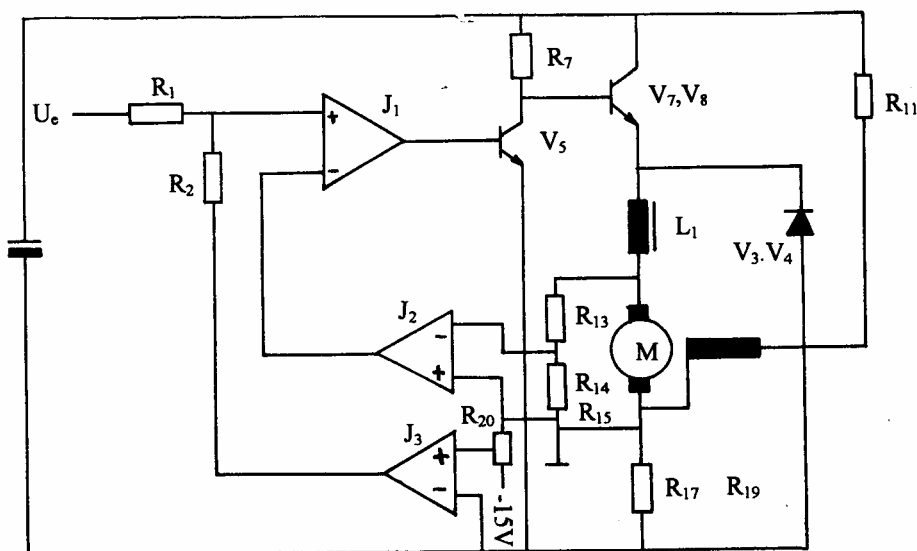


图 2-2-65 输出放大器原理图

(5) 电影机的电源电路：两个变压器线圈接成三相电压电路，6 个脉冲电压通过三相桥式整流器输送给电影摄影机的电动机。

在实际工作中均采用自动电影系统控制电影机的工作、X 线控制脉冲产生、X 线曝光释放、光分配器和电视光阑的自动变换等同步动作。

(三) 电影摄影系统的调校

电影摄影系统的调校必须由有经验的工程技术人员，借助特殊测量仪器，参考该系统的调整说明，严格按步骤实施。这里以西门子 Cinematic 电影摄影系统为例，简述其调校过程。

1. 电影摄影 KV 指示的调校 此调校适合配用工频 X 线发生器（如 T. 0、G. 0）的

电影系统。

(1) 在电影摄影控制台上选择手动方式。

(2) 把 X 线发生器 N₁₁ 上的 D₁₅₉ 电路板用延伸板延伸出来，去掉 27 跨接条，经 27 靠电路板侧送零电位。

(3) 在 X 线发生器控制台选择 35KV，调 D₁₅₉ 板上 R₆ 电位器，使电影摄影 KV 表指示到 35KV；在 X 线发生器控制台选 90KV，调节 D₁₅₉ 板上 R₉ 电位器，使电影 KV 表指示到 90KV。

2. 电影摄影机运转工作脉冲的调校 各种速度与脉冲周期对应关系如表 7-20。调校时，把示波器接在 M₁₃ 的 D₂₂ 板的测试点 3；选择不同 f/s，用 M₁₃ 上 S₁ 开关触发电影摄影机工作，同时观察示波器实际方波周期时间 T，用 M₁₃D₂₂ 板上的 R₅₁ 电位器调准。允许偏差范围为：

表 2-2-15 f/s 与 T 的对应关系

f/s	12.5	25	50	75	100	
T	80	40	20	13.3	10	mse

12.5 f/s $\pm 10\text{mse}$;

25 f/s $\pm 3\text{mse}$;

50 f/s $\pm 2\text{mse}$;

100 f/s $\pm 0.5\text{mse}$

3. 电影摄影剂量自动控制的调校

(1) 在电影控制台上选择 KV 手动，Filml、blackness 校整置在 0 位，电影剂量控制自动，在准直器上放 0.6mm 的铜板。

(2) X 线发生器 M15 “SS” 开关置在 O 位。

(3) 把电压表接在 Z₄₈D₂ 板的 D₁₁、和 OV 测量点。

(4) 把 M₁₂D₁₄ 电路板用延伸板延伸出来。

(5) 在 X 线发生器控制台上选 70KV。

(6) 把 X 线发生器柜内 N₁₁D₄₁ 电路板取掉。

(7) 影像增强器输入屏选取大野。

(8) 按下 M₁₂D₁₁ 电路板上的按钮 S₂，电影摄影 KV 表显示 70KV。

(9) 去掉 M₁₂D₁₄ 延伸板上的 30 跨接条。

(10) M₁₅SS 开关置在①位。

(11) 按下 M₁₂D₁₁ 试验开关 S₂ 或摄影曝光开关，转动 X 线发生器柜 MzmA 电位器 R4a 的刻度盘，直到达到要求的 X 线剂量为止。

(12) 在准直器上再加 0.3mm 的铜板。试验电影摄影曝光，X 线剂量率应降到原来值的 45%~55%。若 X 线剂量不在这个范围内，则应在 X 线发生器控制台上重新选择 KV 值，而后去掉 0.3mm 铜板。若 KV 电影摄影值发生变化，则要重新按前面步骤进行调校。

(13) 在试验期间，调 Z₄₈D₆ 电路板上的 R₅ 使 Z₄₈D₂M₁ 测量点电位为 OV。

4. 电影摄影图像位置的调校 首先应检查校准好 X 线管+准直器中心与影像增强器的中心的准直。

(1) 取下电影摄影机，松开其前端接口板上下两面 8 个顶紧螺钉，把光分配器换到电

影摄影位。

(2) 把电影摄影机装回原位, 将随摄影机带的小反光镜置在摄影机输出窗上, 在透视下调准直器, 使影像增强器输出的图像尺寸与摄影机输出窗大小一样。

(3) 调整摄影机前端接口板上 4 个调整螺栓, 观察摄影机输出窗上反光镜 (在透视状态下), 使得影像增强器输出屏图像的 4 边与摄影机输出窗 4 边完全重合为止。

(4) 取下摄影机, 将摄影机前端接口板上下面 8 个顶紧螺钉上紧, 将光分配器反光镜交换到原位, 放回摄影机。

除了前述调校外, 其它调整请参考电影摄影机系统的调节说明。

八、荧光摄影系统的调校

(一) 荧光摄影机的结构

荧光摄影机有四种类型, 即 70mm 和 100mm 卷片式, 100mm 和 106mm 单片式。

荧光摄影机由机身和镜头两部分组成。机身内有胶片传送系统、胶片供收装置、号码感光器、快门等。镜头尺寸为 1:45/210 (70mm), 1:6.3/400mm (100mm)。

(二) 控制器

这里以西门子 100mm 荧光摄影系统为例简述其控制器的结构和工作过程。它由直流电源、滤波器、速度选择器、逻辑电路、电动机控制、多路开关板、电动机控制输出级和电动机位置反馈信号发生器、比较器等部分组成。

当技术选择器选择在荧光摄影技术时, 各项准备工作完成后 (如收片盒已装好、1. D 卡插好), 按下曝光开关, X 线发生器进入曝光准备过程, 同时光分配器将反光镜转至 100mm 摄影机输出口, 摄影机把胶片送入曝光位。待 X 线发生器准备延时到后, X 线产生, 100mm 胶片曝光。曝光结束后, 电动机控制器发出电动机转动信号, 电动机转动, 将已曝光的胶片送入收片盒, 同时又送一张胶片到曝光位置, 等待下一次曝光。

(三) 荧光摄影系统的调校

以下调校是以 SIMENS SIRC MATIC 103 荧光摄影系统为例。

1. 摄影机控制土 15V 电源的调校 将数字电压表连接到 $N_{21}D_1G(OV)$ 和 $D_1A(\pm 15V)$ 或 $D_1B(-15V)$, 用 $N_{21}D_{41}A$ 板上 R_{15} 调校 +15V, 用 R_{16} 调校 -15V。

2. 摄影机中 R_1 电位器的调校 把 N_{21} 中 D_3 板取下 (应在无电源供给情况下)。将数字电表连接到 $N_{21}D_9$ 、F 和 D_{10} 11 测量点。打开摄影机外罩, 在供片盒中装以用过的胶片, 并插入供、收片盒, 接通 N_{21} 电源。用手反时针转动带有 4 个槽口的轮, 直到供片盒中的胶片送出供片盒刚能看到胶片边缘为止。松开 R_1 电位器卡栓, 而后转动该电位器直到电压表的读数为 $\pm 0.2 \sim \pm 0.3V$ 为止, 上紧 R 电位器卡栓。

3. 摄影机驱动电机的调校 把示波器接入 $N_{21}D_{10}$ 板的 N 和 Q 测量点, 选择 1f/s, 触发连续曝光 (应在无 X 状态下)。调节 $N_{21}D_{10}$ 板 R_{58} 电位器使示波器上的波形与调试说明书中一致。再选择 3f/s, 将数字电压接到 $N_{21}D_{10}$ 的 O 和 Q 测量点。触发连续曝光, 用 $N_{21}D_{10}$ 板上 R_{24} 调节数字电压表读数为 OV。把示波器改接至 D_{10} 的 L 和 Q 测量点。触发连续曝光, 用 $D_{10}R_{15}$ 电位器调校周期时间为 0.5S。

4. 图像位置的调校 图像位置的调校与电影摄影机基本相同,详细调校请参考调节说明书。

5. $M_{11}D_{16}$ 板有关电位的调校 在X线发生器柜 M_{15} 上,把 S_5 置到自动1位。将数字电压表连接到 $M_{11}D_{15}$ 板①测量点,另一表笔接OV,准直器开至II最大野,在准直器上放1.2mm的铜板(4块)。用 M_{15} 上的 S_4 透视开关进行透视,改变FFD或铜板数,使透视KV为70KV。数字电压表读数应为 $+5.6 \pm 0.05V$,该值可用 $D_{16}R_{11}$ 调校。

把 M_{15} 上 S_5 置到自动2位,重复上述过程,①点电位也应为 $\pm 5.6 \pm 0.05V$,用 $D_{16}R_{10}$ 调校。

把数字电压表改接在 D_{16} ②测量点。将 $M_{15}S_5$ 置在自动1位,用 S_4 透视,然后选择“Low”(即薄体厚),②点电位应为 $-5.6 \pm 0.05V$,用 $D_{16}R_{13}$ 调校。选择“medium”②点电位应为 $-6.6 \pm 0.05V$ 用 $D_{16}R_{14}$ 调校。选择“high”②点电位应为 $-7.78 \pm 0.05V$,用 $D_{16}R_{15}$ 调校。

6. 每张荧光照片剂量调校 在准直器上放0.6mm铜板,示波器接到 N_{27} 的TP测量点。把 M_{15} 上 S_5 置在自动1位,用 $M_{15}S_4$ 透视。然后把 $M_{15}S_5$ 置到固定值位,将 M_{11} 上 S_1 置在“service”位,在透视压下 N_{27} 上 S_1 开关,用 $Z_{48}D_6$ 板上的 R_7 调校光电倍增管输出信号积分时间,在示波器上观积分上升时间,标准值应2.5Sec,即50R/图像。

详细调校请参考 SIRCAMATICSI03 安装调试说明书。

第十节 X线检查设备的维护和质量控制

X线检查设备属大型贵重精密医疗设备,为保持X线检查设备正常运转,提高其使用效率和延长使用寿命,加强X线检查设备的维护和质量控制是非常必要的,也是放射科各类使用和维修工程人员的职责。

一、X线检查设备的正确使用和常规保养

(一) 正确使用

(1) 制定正确使用X线检查设备的严格规章制度。放射科领导和工程人员应监督各类使用人员,加强管理。

(2) 对入科各类工作人员,在上岗前应经专门培训,必须掌握X线检查设备的基本知识和如何正确使用,考试合格后方可上岗。

(3) 由于X线检查设备种类繁多,结构和性能差别较大。因此,每个使用人员在操作不同X线检查设备时,应首先了解该设备的主要结构和性能,做到心中有数后方能上机操作,操作时应严格按操作程序或步骤进行,绝不可随心所欲。

(4) 在当天首次使用X线检查设备时,应对X线管进行必要的老化训练,切勿突然大容量曝光,以免X线管损坏。

(5) 在摄影曝光过程中,不得改变任何摄影曝光参数,以防产生严重后果。

(6) 严禁连续大容量和超负荷使用。

(7) 在操作设备或曝光过程中应认真观察控制台各仪表工作是否正常,其它各电路或

机件有否不正常声音，发现问题应立即停止操作或曝光，及时通知维修工程人员或上报。

(8) 不能频繁开启和切断设备电源，因为开关电源时会对电子元件产生很大的浪涌电流使其易于损坏。

(二) 常规保养

常规保养是针对使用人员的，在平时工作中应做到以下几点：

(1) 保持机房通风良好和设备干湿度的要求。特别是湿度不能超出允许范围，否则容量造成机械部件生锈，引起机械活动不灵。电路参数发生改变，元件易于损坏，这在南方尤为重要。在用空调的机房，使用设备通电之前必须先启动空调工作 15min 以上。在清扫机房时，尽量少用水。清洁设备时，不要用湿布，使设备保持干燥。

(2) 工作开始前和结束后，应做好机房和设备清洁卫生，防止灰尘进入机内。设备应有防尘布罩，以保其清洁。

(3) 在使用过程中，随时注意是否有不正常现象出现。如机械活动部分是否灵活，固定部分是否有松动，运转声音是否正常，X 线管管套有否漏油，管套表面温度正常否等。若发现异常现象，应立即停机，通知维修工程人员采取措施进行必要处理之后方能再使用。

(4) 操作要仔细、轻、稳，严禁野蛮操作使用。要象战士爱护武器一样爱护设备，使设备延长使用寿命。

二、X 线检查设备的日常维护和定期检测

X 线检查设备的日常维护和定期检测是针对维修工程人员而言的。维修工程人员做好日常维护和定期检测工作，就能使设备在最佳状态下运行，充分发挥其应有效能，为放射科各项 X 线检查提供可靠保障。

(一) 日常维护

维修工程人员每天应巡视每套设备，有利及时发现和解决问题。掌握每套设备的工作状态，做到心中有数。日常维护应做到以下几点：

(1) 监督和指导使用人员正确操作设备，督促使用人员搞好设备清洁卫生。

(2) 在巡视过程中，应仔细检查控制台各仪表指示是否正常，各开关旋钮、按键状态如何，有异常现象及时修理。对旋钮和各机件固定螺钉螺栓经常紧固，特别是经常活动部位的螺钉或螺栓必须每天检查，不得有误。

(3) 对经常活动部位和钢丝绳表面应经常上滑润剂，保持其灵活度。

(4) 检查各接地导线是否接触良好，以保证工作人员、患者和设备的安全。

(5) 检查高压电缆排列是否正常，不能过度弯曲、受潮和受热。表面不能有大面积损伤，特别是金丝网切忌不能断裂，两端接地应良好。高压电缆在高压发生器和 X 线管套侧的紧固端盖必须牢固压紧。

(6) 检测供电电源的质量是否符合设备要求（如电压波动、电源频率、电源内阻）。若经常出现电源质量问题，则应采取措施，降低 X 线发生器条件使用，并建议有关部门改善供电电源的质量，以保证 X 线发生器的使用寿命和性能。

(7) 若出现由于 X 线发生器引起 X 线摄影或透视图像质量不稳定的现象，应停机进行认真分析，找出原因所在，采取必要的措施修理和调校，使它达到最佳工作状态后再投入使用。

用。

（二）定期检测

1. 机械部分的定期检查

（1）活动和转动部分的检修：1 个季度或半年检查一次轴承、滑轮、导轨和转动装置（齿轮、齿条、变速箱等），必要时进行调整或更换部件。对它们进行清洁和加滑润剂。使之活动自如，转动平稳，机械噪音小。

（2）紧固件的检修：1 个季度或半年检查一次。检查各紧固件有否错位、松动。特别是各紧固螺钉或螺栓尤其重要。若有错位或松动，应进行仔细调校，重新紧固。

（3）钢丝绳的检查：1 个月或 1 个季度检查一次。发现断股或严重折痕应更换。清除钢丝绳表面污垢，上滑润剂，检查调整其松紧度。

2. 电气部分的检测

（1）各连接电缆或导线的检查，一般半年或 1 年进行 1 次。主要检查电缆引线或导线绝缘层是否老化、损伤，若绝缘层老化应更换，绝缘层损伤可采绝缘措施处理。

（2）紧固各连接导线固定螺钉，1 个季度 1 次。

（3）检查继电器或接触器的触点接触情况，必要时清洁或调整触点，使它们接触良好，一般每年 1 次。

（4）清洁各元器件表面灰尘，1 个季度或半年 1 次。

（5）各控制单元和直流电源电压的检测。各点电压或电位应符合说明书中或试验报告给定的值，每次测量应记录存档，以便今后比较，一般 1 个季度或半年进行 1 次。

（6）各限位开关的检查。应检查开关位置是否准确，有否松动。一般 1 个季度或半年进行 1 次。

（7）性能测试。对 X 线发生器应测试的参量主要有：X 线管管电压、管电流、曝光时间和 X 线剂量；对 X 线影像增强电视系统应测试的参量为：自动剂量控制的稳定性、图像的分辨率；还有其它附属装置的性能测试，它们测试和调校方法均在前面有关节中叙述过了。X 线发生器和它配套使用的附属装置的性能测试调校一般应 1 个季度或半年进行 1 次。

三、X 线检查设备的质量控制

X 线诊断基础依赖于 X 线图像的判断，而这种判断只有在 X 线图像质量具有最佳内涵的条件下才是成功的。为使 X 线图像质量在最佳，除了其它因素外，对形成 X 线图像的 X 线检查设备，在使用期间处于最佳质量运转状态是非常重要的，故对 X 线检查设备施行质量控制也是必要的。

X 线检查设备质量控制的标准和具体实施方法，我国现还没有做出统一的标准和实施规范，可参考有关资料。

第三章 X 射线机的检修

X 射线机，尤其是大型的 X 射线设备，涉及的学科之广、技术之新，甚至能与航天技术相比，因此，如何运用科学的方法提高对 X 射线机的检修能力，已经是广大科技人员，尤其是临床工程技术人员亟待解决的问题。为了有效、快捷地进行故障的检修，我们不但需要具备一套通用故障寻找和维修的思想方法与手段，还需要有对具体问题作具体分析的能力。从这个意义上来说，一个维修工作师所涉及的知识应比从事某一特定产品设计的工程技术人员要广泛得多，临床工程师可能会面临电子学、物理、化学、光学、机械、测量理论及仪器操作等多方面的知识，这些知识不仅需要通过理论的学习；还需要大量的实践来积累。本章将从掌握 X 射线机的通用维修方法入手，通过对 X 射线机常见故障的分析和检修，再结合典型故障的诊断和维修，系统地掌握 X 射线机故障现象的判断与分析故障的定位与隔离、故障的测试技术及故障修复技术等。

第一节 X 射线机故障检修的方法

为了顺利地排除故障，恢复 X 射线机的正常运行，需要熟悉机器的结构及设计数据，熟悉各类故障的特点及产生原因，按照检修原则、注意事项合理地运用检修方法，这是做好检修工作的重要保证。

一、X 射线机故障的分类

X 射线机的故障通常可分为机械故障和电器故障两大类。

（一）机械故障

即机械部件所发生的故障。通常有四种情况。

1. 机械转动件失灵或卡死 这是一种常见的故障，大多是因为机件受潮而生锈、润滑不及时、杂物侵入未及时处理等原因造成。轻者增加磨擦，降低灵活度，使操作变得笨重；重者至使机件锈死或卡死而不能活动。

2. 机械精度改变 由于机械磨损，机件在长期使用后，会出现机械稳定度降低、运动过程中晃摆等现象。

3. 机件弯曲、变形、破碎及断裂 这种故障多半是由于碰撞或因调整不当使某些机件受力不均及位置不正所引起。

4. 机械连接固定件松动或松脱 如铆钉、螺钉、螺母等在机械活动中受力松动或脱落。

后两种故障不仅影响机械的正常运行，还很可能导致严重后果，造成机器损坏，甚至出现危险，应特别注意检查并及时维修。

（二）电路故障

1. 按故障性质分

（1）开路故障：开路有完全与不完全之分，完全开路（如断线）是指电路中没有电流，不完全开路包括因接触不良、元件变质等原因引起的电路不“畅通”，而使电路中电流明显低于正常值的现象。开路故障将会造成所控电路工作不正常或不工作，进而使某一局部甚至全部电路停止工作。

（2）短路故障：指由于导线绝缘被破坏或因绝缘强度降低而击穿；各种原因造成不该连接的导线、元件间的碰接；元件变质漏电使电路中电流大大超过正常值等。这类故障危害极大，不仅会使局部电路工作不正常，而且会使导线、元件过热甚至烧毁，保险丝熔断，造成局部或整机停止工作。

（3）元件老化、损坏故障：元件在长期使用中，由于质量和自然寿命所致，会发生损坏，造成开路或短路等现象，如电阻烧断，电容器、晶体管击穿等。元件老化则不然，虽然其参数发生改变，但并没有完全损坏，它可能只表现为电阻的增大或减小、电容器漏电、晶体管参数变化等。这种故障使电路参数发生不同程度的变化，造成某电路或整机工作异常，具有较强的隐蔽性，不太容易判断，只有通过细心检查、逐级测量、分析比较方能找出故障所在。

2. 按故障所在电路的性质分 根据 X 射线机电路及结构的特点，通常又把电路故障分为低压电路故障和高压电路故障两大部分。

（1）低压电路故障：指发生在电源电路、灯丝初级电路、高压初级电路、控制电路等电路中各元件及电路上的故障。如自耦变压器、稳压器、限时器、旋转阳极启动器、继电器等。

（2）高压电路故障：指发生在高压次级侧的电路或元件的故障。如高压变压器、灯丝变压器、高压电缆、高压交换闸及 X 射线管头等。

检修时，应先根据故障现象判断是高压电路故障，还是低压电路故障，而后进行逐级检查，以减少试验次数，缩短检查时间，实践证明，这是一种行之有效的方法。

二、故障发生的原因及故障特征

（一）故障产生的原因

1. 正常损耗 这是由机械和电气元件的使用寿命所决定的。比如，X 射线管长期使用后，灯丝发射电子的能力会逐渐降低，阳极会由于老化而产生龟裂，使 X 射线输出量大幅度下降。此外，变压器油老化会造成绝缘强度降低，接触器接点的工作电弧会使接点打毛或熔化等等。这些机械和电子元件的使用寿命难以用一确切的时间来衡量，主要取决于使用是否正确和维护是否得当，正确的使用和合理的维护就能延缓它们的老化过程，也就提高了使用寿命。

2. 使用不当 使用不当会造成 X 射线机直接损坏或间接损坏（如缩短寿命），从而影响工作。比如，当小型的不带容量保护装置的 X 射线机选择的曝光条件超过了其能够承受的最大容量时，就能导致一次性过载而损坏机器。中、大型 X 射线机虽然都带有容量保护装置，但由于其一次性保护的特点，当连续工作造成的阳极累积热量超过其能够承受的最大

值时，同样会导致机器过负荷而损坏。因此，正确地使用 X 射线机是设备安全的重要保证。

3. 维护不当和维修不及时 日常的维护和定期的检修能及时地发现隐患，防患于未然。如高压电缆插座中的填充物（凡士林等）在温度较高时会溢出，使座内间隙增大，空气进入后就容易发生击穿，所以要做定期的维护和维修，最少六个月填补一次填充剂。此外，如电机变速器、轴承等均需定期维护，进行清洗，并添加润滑剂，否则就可能会影响活动的灵活性，增大噪声，甚至不能正常工作。

4. 调整不当 如果机器调整不当就投入使用，不但不能充分发挥效用，甚至会造成机器的损坏。比如，X 射线管管电流未做严格调整，不但影响机器使用效果，而且还会造成 X 射线管损坏。

5. 机器质量不佳 可能是某些元器件工艺不良或质量不佳导致使用时损坏，也可能是设计不合理或元器件的电性能及机械性能不符合使用要求而损坏。是否因质量问题引起元件的损坏应根据具体情况作细致的分析，因为有时是机器内部潜在故障未能及时发现所引起，对这一点应特别加以注意，以防止故障的进一步扩大。

6. 电源的影响 当外电源检修后，可能会出现三相电源相序改变，这时，三相电机运转方向相反，倘若不及时调换接线，就可能发生故障甚至事故。有的机器对于不符合要求的相序即不工作。

可以看出，故障产生的原因很多，但归纳起来说，事实上只有三个要素在起决定作用，这三个要素就是操作者、环境和设备本身。操作上的规范程度，环境的好坏，以及设备的质量决定故障的严重程度和发生率。

（二）故障特征

X 射线机发生故障的程度不同，其特征就不同。硬故障表现得比较绝对，故障特征明显，比如短路、开路及损坏等；而软故障表现得比较模糊，故障特征就不很明显，比如元件老化、变质但未完全失效等。熟悉故障的特征及表现形式，对于故障的判断和查找是很有帮助的。

1. 突发且现象持续的 有些故障突然发生后，现象明确。例如 X 射线机高压部分绝缘材料被击穿时，会出现电流突然显著增大，这个现象始终持续，只是程度会逐渐加重。这类故障，特别是上述的高压故障，应尽可能少做试验，以免扩大故障，造成更大损失。

2. 偶发且时有时无的 有些故障是偶然发生的，表现为时有时无，没有规律性。这主要是由于接触不良，经常发生在接插件、开关、接触器等器件上，接线或电路板的虚焊也会产生这种现象。

3. 规律性的 有些故障是在某些特殊条件下发生的，表现为有一定的规律性。例如 X 射线机低千伏时工作正常，但到某千伏以上时管头就发生放电，降低条件后又能正常工作，这表明管套内的绝缘油耐压不够，需要更换。还有遇热或受潮时出现故障现象等。

4. 渐变性的 有些故障现象的程度随着时间加长和条件加大而加剧，直至完全不能工作。这主要是器件的老化所致，尤其是电子器件。

总而言之，X 射线机的故障特征有多种，抓住这一表面现象，去分析判断，检查测量，就能找出问题的实质，从而避免故障的扩大并得到及时检修。

三、检修原则及注意事项

(一) 检修原则

1. 检修人员应具有检修 X 射线机的专门知识和一定的维修经验，应能有效地利用 X 射线机的相关技术资料和数据，并应具有严肃认真的工作作风。

2. 应注意仔细观察，全面详细地弄清发生时故障的表现和工作状态，并能根据故障特征进行综合分析，制定出合理的检修计划，切忌盲目检修。

3. 检修后对机器进行必要的试验和调整，并填写较为详细的维修记录。记录中应包括检修对象、故障现象、检查结果及处理方法等。

(二) 注意事项

1. 要按检修计划进行检查，并视具体情况灵活掌握，遇有新酌情况，应先从电路原理上认真分析，修订计划，而后继续检查。

2. 检修时应注意拆卸的顺序，记录编号，以避免复原时增加不必要的麻烦，甚至造成新的故障。卸下的东西应分别放置，检修后及时装上，以免遗留机内引起电路短路，甚至高压放电，损坏 X 射线管和其它部件。

3. 检修低压电路或进行高压电路测量检查时，必须拆下高压初级接线，并将高压发生器上的高压初级接线短接，以防发生电击事故。产生高压时，除使用专用的测试设备，绝不允许在高压电路内进行测试或检查。

4. 对高压电缆或通过高压电缆进行测量检查时，必须先将高压电缆芯线对地放电，以免引起高压电击，危及人的生命。

5. 重视防护。必须进行曝光试验时，应关闭束光器，或用铅皮等将 X 射线管头窗口遮盖。

6. 短路故障时，应避免重复试验，如高压击穿、机器漏电、电流过大等。如非试不可，应选择低条件，一次将故障现象观察清楚，若反复试验，则会造成故障扩大或损坏器件。

四、X 射线机故障检查的常用方法

当 X 射线机出现故障时，检修者首先要做的就是明确机器的哪部分出了故障，是什么类型的故障以及引起的原因。要迅速地查明故障并加以排除，需要有合理有效的检查手段，切忌只顾分析线路图，纯理论地寻找故障，也要避免盲目进行测量，过度地耗费精力。

(一) 直观法

也称感触法，即利用人的感官通过看、听、嗅及触摸等手段来确定故障的所在。这种方法适用于表面故障的检查，如用眼观察 X 射线管灯丝是否点燃，电路中有无打火与放电，元件及接线有无损坏或脱落等；用耳听机器工作有无异常声响，旋转阳极启动运转是否正常，接触器、高压交换闸是否工作以及高压发生器或管头内有无放电声等；用鼻闻出某些机件，如导线、变压器线包高热或烧焦时的糊味；在机器断电后，用手触摸某些元件，如电阻、变压器、X 射线管头，应从其温升可以判断出电路是否正常。事实表明，绝大部分故障可以通过直观法并运用一般知识初步分析确定。

（二）短接法

当怀疑某控制回路应通未通时，可以用导线短接某段线路或某些控制接点，借以判断故障所在。此法简单易行，只需一条夹子线，即可通过逐点短路的方法查出故障，是检查 X 射线机这类设备开路故障的极为有效的手段。该法的运用可以通过图 2-3-1 作简单说明，图中 RD 为熔断丝，TC 为透视接触器，WC 为胃肠摄影接触器，JK 为脚闸。假设该机其它工作正常，只是透视时无影像，并发现透视时 TC 来工作，就可以确定为该电路故障。很显然，在 A、B 电压正常时，引起这种现象的可能性只有四种，即，熔断丝烧断、脚闸未闭合、胃肠摄影接触器常闭接点未接上、透视接触器线圈开路。此时可以利用短路法，当短接 JK 时工作正常，说明脚闸接触不良；当短接 WC 时，工作恢复正常，说明该接点开路；若将 JK、WC 均短接，TC 仍不工作，说明 TC 线圈断路或熔断丝烧断。

（三）切除法

切除法又称为隔离法，即将电路分段，分成几部分逐个进行检查，以排除相互的影响。该法适用于短路故障的检查，也是对一些疑难故障进行定位的有效方法。以灯丝电路为例(图 2-3-2)，当机器工作后，熔断丝烧毁，X 射线管灯丝不亮，可以确定为灯丝电路故障，但具体在什么地方，则可通过切除法迅速加以查明。方法如下：将打叉处，即 203、223 导线从接线柱上拆下，换上新熔断丝，若故障仍存在，说明在稳压器部分；若故障消失，说明故障在后级电路，可继续分段检查。比如再将 F1 上接线拆下，若故障还存在，说明是大焦点线路有问题，如此一步一步，就能查出故障所在。

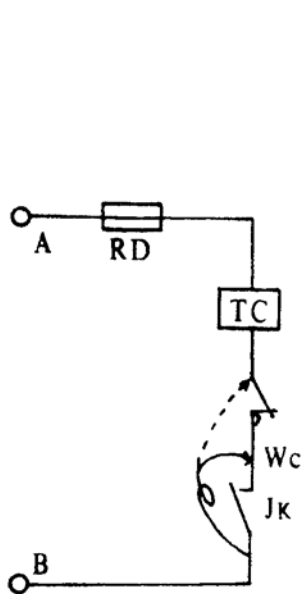


图 2-3-1 短路法示意图

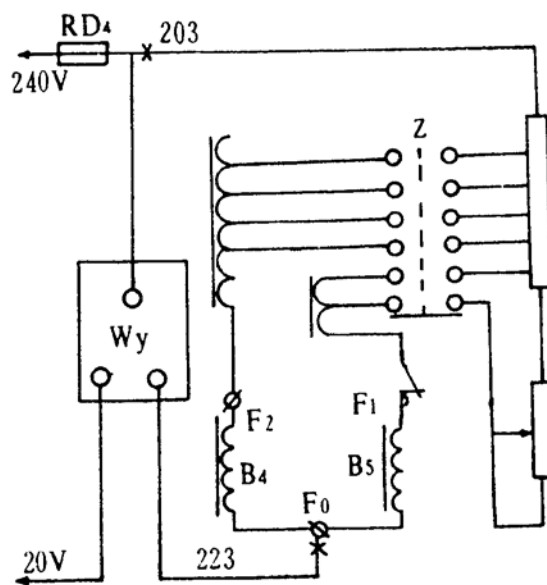


图 2-3-2 切除法示意图

这是在单元电路中运用切除法，在整机电路甚至整个系统中也是如此，只是切的块要大

些，即将与故障发生有关的单元电路甚至各个系统逐个切除。

（四）替代法

替代法又称为置换法，一般指的是用型号相同或数值相近的元器件及电路板替代可疑部件进行检查的方法。用人来驱动电器（如继电器）等的动作也可以认为是替代法。这种方法适合于对电路中的某一元器件或电路有怀疑，又无其它更好的方法鉴别其好坏的情况下使用。但要注意，进行替代之前，必须对电路中的电参数进行测定，只有在电参数正常的情况下才能进行替代，避免损坏替代件甚至扩大故障。

（五）测量法

测量法也称为仪器仪表法，是借用测试仪器仪表，如万用表、电压表、电流表、示波器等进行检查。因为人的感觉器官只适用于检查具有比较明显表面现象的故障，而无法确定一些故障发生的原因、性质及位置，更无法对故障作出“定量”判断，所以，在很多较复杂的场合要通过测试仪器仪表来检查，即使是具有计算机自检功能的 X 射线设备也不能例外。作为维修人员必须熟悉常用测试仪器仪表的使用，测试中应弄清测什么、何时测、在哪里测、为什么测和如何测，并能根据测试结果作出分析。如果不知道预期测量结果是什么，就没有必要进行测量，因为此测量结果无助于故障的判定。

上述五种故障检查法，并非是孤立的，一个故障的检修，可能用到其中的一种或几种甚至全部方法，只有在实际中灵活运用，理论结合实际，才能准确、快捷地排除故障。

第二节 低压电路器件故障及检修

电路故障的发生绝大多数是由于各种原因引起的电路元器件的损坏、变质或失灵，掌握各种电路器件的常见故障，熟悉其故障现象，有利于故障的定位，对故障的分析判断及提高检修速度都具有重要意义。

一、自耦变压器的故障及检修

自耦变压器是 X 射线机的主电源，它需要提供多种电压和不同电流给各电路，抽头多，负载电流大，容易产生的故障现象有如下几种。

（一）线圈匝间短路

自耦变压器的线圈，是用漆包或丝包铜线绕制，并经浸漆烘干而成，近代大型 X 射线机都采用漆包扁铜线绕制，匝间应有良好绝缘。当线圈匝与匝间的绝缘物被破坏而形成的短路称为匝间短路；层与层间绝缘破坏引起的短路称层间短路；而数匝以上被短路则称局部短路。

1. 自耦变压器发生短路后的常见现象

（1）电源保险丝熔断：短路严重时，输入电流剧增，导致保险熔断或过载断路保护器动作而切断电源。

（2）交流振动声增大：程度一般的自耦变压器短路虽不至于造成保险丝熔断，但由于

其引起的阻抗下降及初级电流的增大,会使磁路失去均衡,较严重时,自耦变压器发出嗡嗡的声响,同时被短路的线圈会很快发热。

(3) 输出电压改变:轻度的匝间短路,无明显特征,保险丝不会立刻熔断,但因变压器匝比已经改变,其输出电压必然改变。当短路发生在初级时,输出电压会升高;当短路发生在次级时,输出电压下降。同时,自耦变压器的空载电流也会较正常时为高。正常时,200mAX 射线机的自耦变压器空载电流小于 2A,500mAX 射线机空载电流小于 5A。

2. 造成匝间短路的原因

(1) 碳轮调压的自耦变压器,若维护不及时,裸露面上附着的大量尘土、杂物受潮后会导电而引起匝间短路;碳轮质量不佳时,脱落的碳沫附着于裸线的表面,也会引起匝间短路。

(2) 碳轮压力过大、变形也易造成自耦变压器的匝间短路。通常,设计上允许碳轮短路一匝线圈,但使用中若长期有两匝以上的线圈被短路则是不允许的,那样会形成比较大的短路电流,时间一长就会烧坏绝缘,引起匝间短路。

由于结构上的原因,抽头式自耦变压器不易发生匝间短路。

3. 修理方法 清除裸线表面杂质,倘若裸线表面部分的匝间短路已使绝缘物遭到破坏,应将原绝缘物清除,灌入绝缘漆,经烘干后使用;若匝间短路在线圈内层,则需重新绕制或更换线圈;若碳轮的变形等质量问题,则应更换碳轮。

(二) 线圈漏电

线圈漏电是指自耦变压器线圈的某一部分,直接与地(即机壳)相通的现象,也就是线圈对地短路。这种现象多发生在线圈与铁芯之间或线圈的某一引线与机壳之间。

1. 漏电后的现象

(1) “麻电”:线圈对地短路,机器通电后控制台外壳带电,当控制台接地欠佳时,触其外壳会有麻电现象。

(2) 空载电流增加:在自耦变压器初级回路中串入一只量程在 10A 以上的交流电流表,电流表指示数远大于正常值。

(3) 漏电严重时,电源保险丝也会很快熔断,切断电源,从而使机器无法工作。

2. 漏电的原因, 按国家规定,低压电器都经过 1500V、1min 的耐压试验,故漏电的原因主要有:

(1) 保管维护不善,变压器受潮或附着水,使线圈发霉、绝缘程度下降。

(2) 内层线圈与铁芯之间绝缘物被破坏及线圈机械性损伤,如磨擦、划伤都会造成线圈绝缘物质受损,降低绝缘强度。

(3) 自耦变压器的引出线与机壳短路,或因引出线上的其它元件与机壳短路而造成自耦变压器线圈对地的间接短路。

3. 修理方法

(1) 对因绝缘受损引起的漏电,应根据受损程度在漏电处重新处理,如加绝缘纸、绝缘绸或涂以绝缘漆。

(2) 对引线与机壳短路造成的漏电,只要找出短路处,加以绝缘处理即可。

（三）碳轮接触不良和碳轮磨损

碳轮式自耦变压器，由于调节时碳轮在外线筒面频繁地活动，很容易造成接触不良或磨损。

1. 现象

（1）碳轮接触不良时，电源电压表或千伏表指示不稳，时高时低，还可能引起其它电路工作不稳定，负载时，接触面处可见有较严重的火花。

（2）轻微磨损是正常现象，但磨损严重时，会使碳轮与自耦变压器外线筒裸线形成面接触，从而通过碳轮造成匝间短路，出现前述的各种匝间短路现象。

2. 原因

（1）碳轮是靠弹簧片的压力与自耦变压器裸线表面紧密接触的，当弹簧片变形或脱出时，对碳轮的压力减小，造成接触不良。

三、继电器的故障及检修

继电器和接触器都是 X 射线机电路中的重要控制器件，其频繁动作的工作特点，导致其故障的多发。继电器和接触器工作原理相同，故障也大体一致。

（一）接点故障

继电器在工作时，接点要承受很大的冲击力，倘若接点电流较大，特别是在电路中存在感性元件时，在接点闭合或断开的瞬间，还会有较大的电弧产生，从而造成接点故障。此类故障发生后，将造成接点接触不良、接点间电弧加剧及接触电阻增大，最终出现所控电路工作不稳定，甚至不能工作的现象。

1. 接点压力不足 继电器接点间应有一定的机械压力，方能使接点接触；良好，保持工作的稳定。这种压力来自接点弹簧，小型直流继电器靠的是接点动臂或静止臂金属簧片本身的弹性。当弹簧或簧片损伤、变形、损坏时，都会造成压力不足。修理时；对于轻微变形，可拆下矫正，使之恢复原状。若为严重变形、损坏，则应加以更换。

2. 接点熔蚀损坏 继电器接点所能承受的电流是有限的，如 CJ10—20 型接触器，其接点的额定电流为 20A。当接点电流长时间超过额定值时，接点温度升高，其断开或导通时产生的电弧也较严重，造成接点表面熔化，使接点接触不良、接触电阻增大，这反过来又使电弧加剧，如此恶性循环，最终损坏接点。另外，造成接点熔蚀损坏的原因还有接点不清洁等。接点熔蚀损坏严重时应加以更换。

3. 接触桥弯曲变形，接触桥是桥式动触点的连接体，多用铜板制成，长期冲击下容易发生变形、断裂及位置不正等故障。修理时，变形者可将接触桥矫正复原，但要防止用力过猛使之折断；裂缝或折断的应更换新品。

（二）继电器线圈的故障

1. 开路 继电器线圈开路多发生在线圈引线处，这是因为绕制继电器特别是电压继电器线圈的漆包线很细，当引线端遇扭折、受潮或受其它隐伤后，经长期动作即可能因受振而折断。也有引线端松脱造成的开路。

线圈开路后，通电时听不到衔铁的吸合声，开放式的看不见其动作，由于触点不动作，

就达不到所控状态。此时用电压表测量其线圈两接线端，应有电压指示，断电后，拆去有关分路导线，用万用表测线圈两端电阻，应为无穷大。

2. 短路 继电器的短路，多发生在线圈内部，造成的原因主要有以下几方面。

(1) 线圈两端电压过高：因电压过高，电流增大，温升加快，导致绝缘破坏而短路。

(2) 线圈受潮或有机械性损伤：使线圈绝缘遭到破坏而造成短路。

(3) 交流继电器（或接触器）的频繁动作：因为继电器吸合过程中的线圈工作电流（励磁电流）较吸合后的工作电流大几倍甚至十几倍，温升较快，久而久之，使绝缘降低甚至老化而烧毁，造成线圈短路。当由于某些原因，如衔铁上有比较厚的尘土，造成衔铁吸合不严，甚至不吸合时，更易使线圈绝缘老化和烧毁。

线圈短路后，轻者继电器吸合不牢，重者则有烧焦的迹象，留下异常气味和烟迹。通电测量时，线圈两端电压值显著下降，拆下线圈测量，可见其阻值明显减小。

3. 检修 对于继电器线圈出现的故障，引线折断者，若能焊接，做重新焊接并进行绝缘处理即可。若为线圈内部开路，以及线圈局部短路或烧毁，则需重新绕制线圈或更换新品。绕制时，应根据原线圈上的数据，用同样线径的漆包线绕同样的匝数，这样绕成的线圈，其电参数（如直流电阻）应与原线圈相同。

（三）交流继电器罩极圈断裂

罩极圈也称短路环，它的断裂是交流继电器和接触器常见的故障，不明显时，可能只是一条不规则的裂缝，须仔细检查才能发现。

1. 原因 因为在 X 射线机中，继电器、接触器是动作最频繁的工作器件，每次动作都会产生较大冲击，这对于比较脆的罩极圈来说，就容易被振断。

2. 现象 罩极圈断裂后，其作用自然消失，继电器会由于衔铁无法可靠地吸合而发出连续的振动鸣叫声，同时，由于其接点也无法接触好，造成被控电路工作极不稳定。倘若故障发生在高压接触器，其破坏性更大，可能因产生过电压而使高压部件被击穿。这种故障，因为有特殊的鸣叫声，比较容易判断。

3. 检修 修理时，卸下继电器，拆出铁芯并撬下罩极圈，将槽口清理干净，换上新的罩极圈即可。无成品罩极圈时可以用铜板按原尺寸自制。

（四）衔铁错位或铁芯端面粗糙不平

有些继电器，由于制造时精度不够，或固定衔铁的 U 形夹板在动作中变形，以及固定螺丝松动，使衔铁动作时，难以控制在中心线的位置上，造成衔铁与铁芯错位。

此外，继电器铁芯表面在不断撞击中受伤，或因受潮而生锈，均会造成铁芯端面不平，从而使磁阻增加，衔铁吸合不牢，接点接触不良，并发出鸣叫声，影响所控电路的正常工作。应注意，此时发出的鸣叫声是断续的，无一定规律。

修理时，若衔铁错位，则根据其原因或紧固螺钉，或调整 U 形夹板。若为铁芯端面不平，则可用细金刚沙（200 号）在玻璃板上研磨，使端面光洁。研磨轨迹应是“8”字形或“S”形，以防将平面磨偏，造成更大不平。

四、限时器的故障及检修

限时器是 X 射线机的重要电路，一旦出现故障，轻者影响影像质量，重者则可导致 X

射线管损坏。由于限时器的类型很多，故障的现象和原因也会有所不同，这里主要以电子限时器的常见故障为例，并简要介绍其它类型限时器的故障检修。

（一）电子限时器的常见故障及检修

电子限时器有电子管限时器、闸流管限时器、晶体管限时器及集成电路限时器等。由于现代的 X 射线机已基本不采用前两类限时器，故这里主要以现在应用最为普遍的晶体管限时器为例，以熟悉其常见故障及检修方法。

1. 晶体管故障 无论是三极管、二极管，还是可控硅和单结晶体管，其常见故障主要有二种，一是被击穿，二是内部开路。造成的原因可能是晶体管本身质量问题，也可能有过电压或过电流情况存在，不论是击穿，还是开路，都会使所控电路不能正常工作。

当怀疑有上述故障发生时，通过观察限时继电器的工作状态并用万用表作进一步测量即可确定，这时需更换同型号或可替换型号的新管。

2. RC 电路的故障 RC 电路是限时器的基本电路，它的主要故障有以下几种。

（1）电容器击穿或开路：这会导致 RC 回路短路或开路，晶体管不能正常工作，限时器无法限时或限时不停。

（2）电容器漏电：漏电后的电容器两端充至工作电压的时间延长，甚至不能充到工作电压，致使限时不准或不停。

（3）电阻开路或烧毁：这同样会切断 RC 回路，使充放电不能进行，不能正常限时。

（4）电阻阻值改变：使 RC 常数发生改变，引起限时延长或缩短，使限时不准确。

3. 高灵敏继电器的故障

（1）线圈开路或烧毁：高灵敏继电器的线圈匝数很多，线径很细，内阻较大，一般在 1500 欧姆以上，工作电流多数在几毫安至几十毫安，故较易发生开路或烧毁。此时，继电器不能工作，将其拆下测量，若线圈的直流电阻为无穷大时，说明开路，若电阻过小，则为局部短路或烧毁。

（2）接点故障：高灵敏继电器的接点间隙很小，长期工作后可能出现间隙改变，产生接点打火进而粘在一起等故障。仔细观察时可发现常开接点合不上，常闭接点断不开等现象，相应的控制电路也就出现应通不通，应断不断的现象。高灵敏继电器的修理很难保证技术数据符合质量要求，所以一旦发生上述故障，需更换新品，避免造成更大的危害。

4. 限时器检查程序 晶体管限时器，电路结构比较复杂，出现异常时应根据各电路特点和工作时序，逐级进行电参量的测定，以便快而准地查出故障所在。检查程序如下：

（1）拆下高压初级接线，确定是否各档限时均出现同类故障。

（2）确定限时器供电电源的交流输入电压是否正常。

（3）确定整流后的直流电源电压是否正常。

（4）确定最末控制级，即高灵敏继电器的工作状态有何异常，是不能工作，还是不能释放。

（5）测量各级的工作电压是否正常。

（二）其它限时器的常见故障及检修

1. 机械式和同步电机限时器的故障与检修

(1) 动力部分的故障：如发条折断，同步电机线圈短路、开路、烧毁及转子卡死等。线圈可以按原规格重新绕制，转子的轻度卡死经清洗并加润滑油可消除，重者需更换机芯，发条可更换新品。

(2) 传动部分故障：长时期工作磨损或维护不善，使齿轮传动机构出现转动不均、时转时停、卡齿等现象。一般经清洗，加润滑油后即可得到改善，严重者则需更换新品。

(3) 接点故障：常见的有接点电流过大而烧坏，接点因固定螺丝松动而错位，其结果是造成接触不良或开路。接点轻度烧熔可用细砂纸轻轻磨平，再用四氯化碳清洗干净，重者则需更换新品；接点错位只需重新矫正接点位置并加以固定即可。

2. 光电及电离室限时器的故障及检修 其控制原理与电子限时器并无多大差别，只是此时对限时电容充电的电流取决于光电管或电离室所接受到的 X 射线照射强度的大小，所以，除了光电管和电离室及相应放大器的损坏会造成限时不能结束外，其它的故障基本同电子限时器。

五、旋转阳极启动装置的故障及检修

该电路出现故障时，极易造成 X 射线管阳极不能转动，使 X 射线管过载而损坏。

(一) 定子绕组的故障与检修

定子绕组是由启动线圈和运转线圈组成的，封装于 X 射线管管套内。绕组的三根引线固定在管套的阳极端接线柱上，并通过三根连接线经高压发生器接线柱与控制台的启动电路相连。一般情况下，绕组很少发生故障，可能的故障有以下两种。

1. 开路 开路故障多因连接线断线或连接线和定子绕组引线在接线柱松脱所致。三根引线中有任何一根开路或松脱，都会使定子绕组中的一个或两个线圈不能得电，造成 X 射线管阳极不能转动。

2. 短路 短路故障的形式主要有二：一是 X 射线管套上的定子线圈接线柱对地局部短路；二是绝缘破坏而短路。起因多是由于继电器接点故障，电路未能切换到降压运行状态，导致线、圈过热而造成。线圈短路或漏电严重时，X 射线管阳极不会转动，同时因线路中电流增大，可能烧断保险丝，使整个定子供电线路断电；线圈轻微短路时，X 射线管阳极可能达不到额定转速，造成瞬时负载能力下降，有可能在正常的曝光条件下损坏 X 射线管阳极靶面。

检查定子线圈开路和短路时，应先切断有关分路，再测量定子绕组的直流电阻，该阻值一般在十几欧姆到几十欧姆之间，且运转线圈电阻小于启动线圈电阻。若测得的阻值过高或无穷大，说明定子线圈或连接线接触不良或开路；若测得的电阻很低则说明定子线圈或连接线有短路。

检查定子线圈对地漏电或短路时，需打开管套的阳极端盖，卸下三根连接线，分别测量三个接线柱与管套间的直流电阻，应为无穷大。若有阻值说明定子线圈对地漏电，若阻值很小或等于零，则说明定子线圈对地短路。

(二) 剖相电容器的故障与检修

1. 击穿或开路 电容器被击穿或开路，旋转磁场就不能产生足够的启动力矩，X 射线管阳极便不能转动。

2. 漏电 电容器漏电后, 启动电流和运转电流都将减小, 使启动运转力矩减小, X 射线管阳极转速降低; 这种故障不很明显, 对 X 射线管有较大威胁, 所以在工作中若发现旋转阳极转速有明显降低, 摩擦声增大, 定子断电后的自转时间明显缩短, 应对电容器进行检查。

(三) 旋转阳极启动装置检查程序

该装置有否故障可根据转子是否转动及转速是否正常来判断。其检查过程如下。

1. 检查定子供电电源是否正常。

2. 观察启动继电器的动作是否正常, 接点工作是否正常。

3. 观察(或测量)启动保护继电器(或感应线圈)工作是否正常, 或测量定子绕组是否有启动及运转的电压和电流。

4. 断开不正常分路, 测量对应定子的直流电阻是否正常。

5. 斯开剖相电容器一端接线, 测量其是否有击穿、漏电及开路等现象。

6. 测量降压运转回路是否有开路。

若上述检查均属正常, 则为旋转阳极 X 射线管转子故障。另应注意, 试验前先拆下高压初级接线。

六、电动诊视床的故障及检修

虽然各种电动诊视床的运动范围、运动方式有很大不同, 但其基本工作原理并无大的区别, 发生故障较多的是驱动电机及一些限位开关。

(一) 驱动电机故障

1. 电机引线开路 不论是单相还是三相电机, 只要有一相开路就无法运转, 仅有嗡嗡声。检修时, 对单相电机先查其引线是否开路, 若无, 再用万用表欧姆档检查剖相电容; 对三相电机应先检查电源保险丝是否有某相熔断, 再查电源接触器接触是否良好及引线有无松脱等。

2. 剖相电容器的故障 单相电机作动力时, 通常均采用剖相电容提供较大的启动力矩。当其击穿、短路或开路时, 电机将无法启动, 只听到有低沉的嗡嗡声, 如不及时切断电源, 电机定子线圈极易发热而烧毁。

另应注意, 三相电机的外部电源相序发生改变时, 电机运动方向也将改变, 这时它所驱动的床身、床面运动方向与运动控制方向相反, 此时应立即停机, 任意调换二根电机引线, 以保证电机转动方向正常。

(二) 限位开关故障

1. 开关簧片变形或弹力减弱 这种故障除开关本身质量问题外, 多因限位开关位置调整不当, 致使簧片长期受压过量所造成。若簧片变形严重, 将压不开接点, 失去限位作用。一旦发现这类故障, 应立即停机, 进行修复或更换, 以免出现意外。

2. 限位开关移位 限位开关多用螺丝固定。为便于位置上的调整, 螺孔多为长条形, 长期碰撞压合中, 很易使螺丝松动, 使限位开关位置不正或移动, 导致限位不准。当垂直位置限位偏差较大时, 床有翻倒的危险, 故应及时调整。

七、活动滤线器的故障及检修

这里只介绍运用最为广泛的弹簧（减幅）振动式活动滤线器的故障及检修。

弹簧振动式活动滤线器是利用弹簧片的弹性使滤线栅作往复减幅振动的。作滤线器摄影时，首先通过振动线圈将滤线栅拉向一边，使支持滤线栅的四根弹簧贮能，曝光前振动线圈释放，滤线栅依靠弹簧的力量往复振动，振动时间应大于 15s。

（一）机械故障

弹簧振动式滤线器的主要机械故障有弹簧片移位和衔铁位置不正。这是因为运输和长期使用中的振动使四根弹簧片和衔铁的固定螺丝松动，造成弹簧片移位和衔铁偏离原位。弹簧片移动后，四根弹簧片在振动时失去谐调性，并相互牵制，使滤线栅的运动很快停止。衔铁偏离原位，轻者增大摩擦，重者吸合不上，滤线栅振动受阻，使滤线栅振动时间变短，甚至根本无法振动。

出现上述故障后，当滤线器摄影曝光时间稍长，就会在 X 射线胶片上出现暗条阴影。所以应调整好四根弹簧片和衔铁的位置并加以固定，测得的振动时间应大于 15s。

（二）电路故障

1. 整流二极管击穿 二极管击穿的原因主要是工作瞬间的过电压。二极管击穿后，振动线圈采用桥式整流的 X 射线机通常会造成控制电路保险丝熔断，使机器不能曝光，若能曝光，由于振动线圈未能工作，滤线栅无动作声，曝光时间稍长，胶片就会有暗条产生；振动线圈采用半波整流的 X 射线机，其振动线圈将因为工作电流不足而不动作，通常会限制 X 射线机曝光。

2. 二极管开路 二极管开路后，振动线圈得不到足够的（或没有）工作电流而不能工作，滤线栅不动作，有的 X 射线机不能曝光，有的 X 射线机虽能曝光，但胶片有明显的暗条阴影。

3. 电磁铁线圈烧毁 振动继电器线圈的线径较细，设计时只考虑其瞬时工作的特点，一旦通电时间过长，线圈就会发热而烧毁，其结果也是滤线栅不动。若曝光，胶片上有暗条。

4. 接点的故障 振动继电器（有的机器还有滤线器曝光继电器）接点接触不良时，会使曝光无法进行；而接点粘连则可能造成滤线栅不动、机器曝光，使胶片出现暗条。这时应清洁接点或更换新品。

八、胃肠摄影装置的故障及检修

各种胃肠摄影装置的结构差异很大，通常自动化程度越高，电路设计越复杂。在设计上，胃肠摄影装置应根据需要使用多种规格的 X 射线胶片，且每张胶片又可作多种分格的摄影。所以，从结构上来说，胃肠摄影装置有其共同的特点，即各种开关多，且开关的接通或断开通常是以碰撞或压迫的形式，比较容易发生故障。

（一）开关故障

胃肠摄影装置上的开关主要有电磁制动开关，透视—胃肠摄影切换开关，暗盒规格、分格控制开关以及曝光开关等。这些开关通常选用轻巧灵敏的微动开关或行程开关，机械强度较差，经常的机械压迫或碰撞，常会造成压而不合、松而不断或压而不断、松而不合的故障，

原因多是弹簧片移位、变形卡死及弹力减弱等，也有少量因质量欠佳而压折。

故障发生后，视其现象，根据电路原理及工作程序进行具体分析。常见的有不能切换到摄影，切换后不能曝光，胶片走位不对，跳片及电磁闸失灵等故障。

开关变形、簧片移位、卡死等可调整复位，簧片折断或弹力减弱者需更换新品，但应注意更换后开关的工作状态应与原先一致。

（二）电磁铁的故障

胃肠摄影装置上电磁铁较多，如定位电磁铁、制动电磁铁、跳片电磁铁等，也是较易发生故障的地方。

1. 制动电磁铁故障 制动电磁铁的常见故障是线圈开路 and 接地不良。电磁铁的引线随点片架的移动而活动，容易使引线折断；电磁铁线圈的一端与机壳相接，多用螺丝加以固定，容易松脱或接触不良。这些故障都使电磁铁线圈不能得电，造成制动失灵。

2. 定位电磁铁故障 定位电磁铁常见的故障是线圈开路和定位销卡死或定位销复位弹簧损坏。故障发生后，定位失灵，造成拍片重叠。检修时卸下电磁铁，若线圈接头处开路，重新焊好即可；若断在线圈内部，则需重新绕制；若属弹簧损坏或定位销卡死，则要更换弹簧并使定位销活动灵活。

九、断层摄影装置的故障及检修

（一）直线断层摄影装置的故障

直线断层主要是由驱动装置、定位器、摆杆等构成的，卷簧式的还有脱钩盒。故障主要发生在定位器和脱钩盒上。

1. 定位器故障 定位器的常见故障是扇形板变形和曝光接点接触不良。

（1）扇形板变形：扇形板是控制曝光开始和终止的机件，正常情况下应该平整光洁，在摆杆的带动下，随立柱走动压合曝光开始接点和切断曝光终止接点。当其变形时，曝光接点就压不上或压合不均匀，虽然立柱照常走动，但出现不曝光、曝光时有时无、曝光时间过长等现象。

检修时，卸下定位器，将扇形板整平。要注意装配好摆杆，使其移动平面与扇形板平行。

（2）曝光接点故障：曝光接点故障有变形、脱落、接触不良和损坏等，它们都会造成曝光不能进行，但不影响立柱的正常走动。修理时，打开定位器，视接点的损坏程度进行修复或更换。

2. 脱钩盒故障 脱钩盒的结构如图 2-3-3 所示。其中 A 为电磁铁，B 为衔铁，D 是挂钩，C 是预备接点，E 为预备接点调节螺丝。曝光前，将立柱拉向脱钩盒一边并用 D 挂住，此时 E 应正好与 C 压合。曝光开始，A 得电吸动 B，D 被顶向上方，立柱脱钩走动。其常见的故障有：

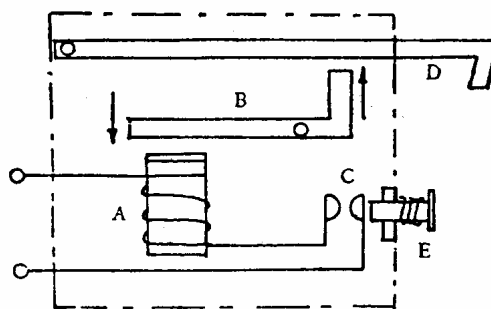


图 2-3-3 脱钩盒结构示意图

- (1) 电磁铁线圈开路。
- (2) 电磁铁衔铁卡死。
- (3) 预备接点变形或损坏。

当发生上述三种故障时，断层摄影时衔铁不动作，立柱不能脱钩，从而不能走动。前两种故障多因其受潮或遭灰尘污染所致，线圈发霉造成开路，衔铁生锈和杂质侵入则造成其活动不灵或卡死。后一故障多因调节螺丝调整不当，即盒内部分过长顶坏了接点所致。

电磁铁部分的修理如前所述，接点损坏，则加以更换，并调节 E，使挂钩时正好压合接点。

(二) 多轨迹断层摄影装置的故障

多轨迹断层摄影装置结构复杂，主要的故障有传动系统故障、定位中心（定位灯中心）偏移、摄影片架不正等，这里不作详细介绍。

十、X 射线电视的常见故障及检修

X 射线电视的基本组成有影像增强器、摄像机、监视器及光学系统等，其系统工作框图如图 2-3-4 所示。它是一个相对独立的系统，严格地讲并不是单纯的低压电路，但属辅助电路范畴，现就其一些常见故障的检查程序做简要介绍。

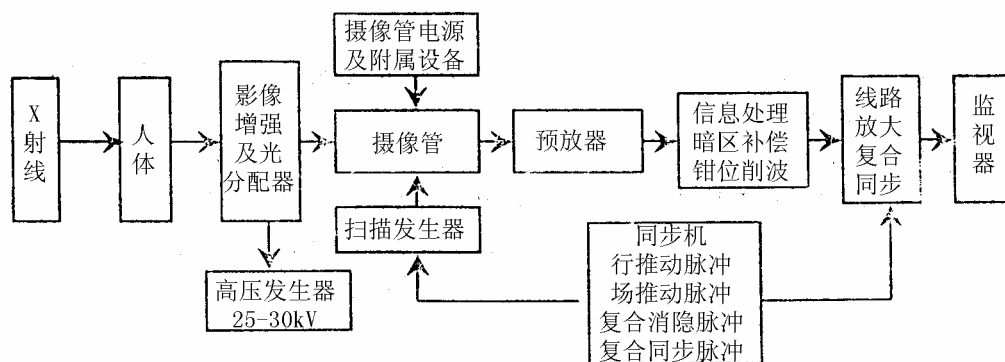


图 2-3-4 X 射线电视系统框图

(一) 有光栅无图像

当监视器上有光栅，但无人体组织图像时，首先应检查影像增强器输出屏有无图像，确认有图像，再按图 2-3-5 所列程序检查。

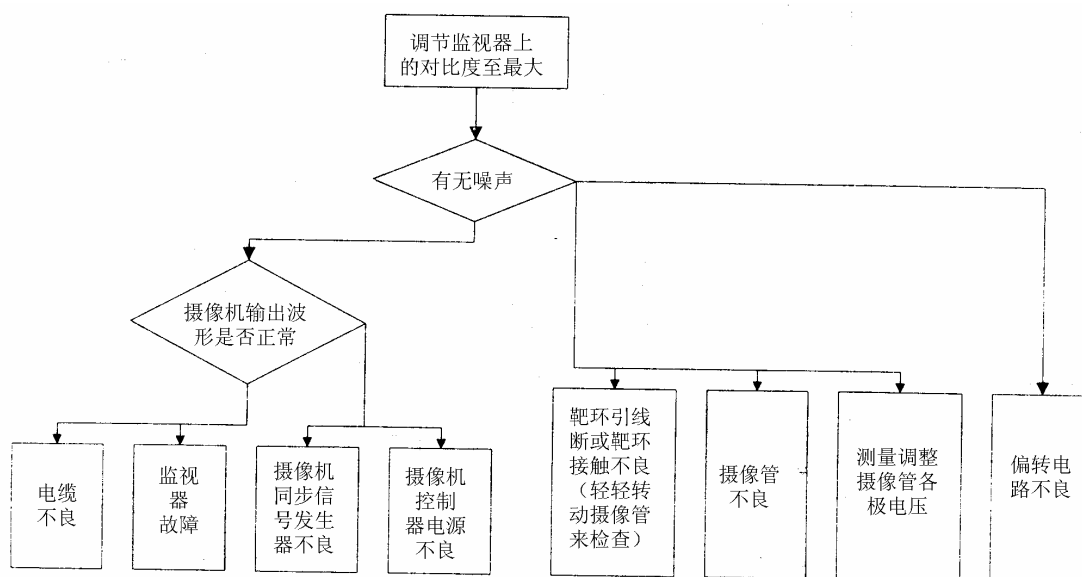


图 2-3-5 有光栅无图像检查程序

(二) 有低频噪声

有低频噪声时，电视屏幕亮度正常，有图像，但图像出现大面积底色不均匀或大面积模糊，整个屏幕布满“雪花”，影响图像的清晰。此时，可根据图 2-3-6 所示的程序检查。

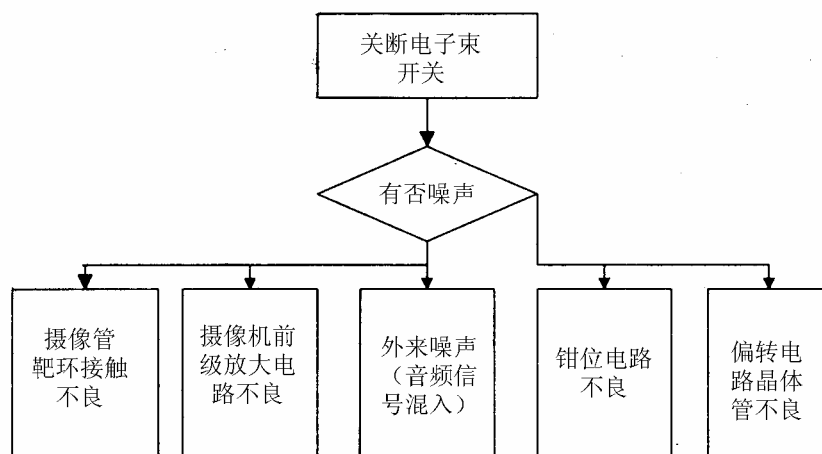


图 2-3-6 有低频噪声检查程序

（三）同步不良

同步不良时，电视屏将出现弯曲断裂、斜影条及花纹并带有上下滚动的不稳定图像，此时的检查程序如图 2-3-7 所示。

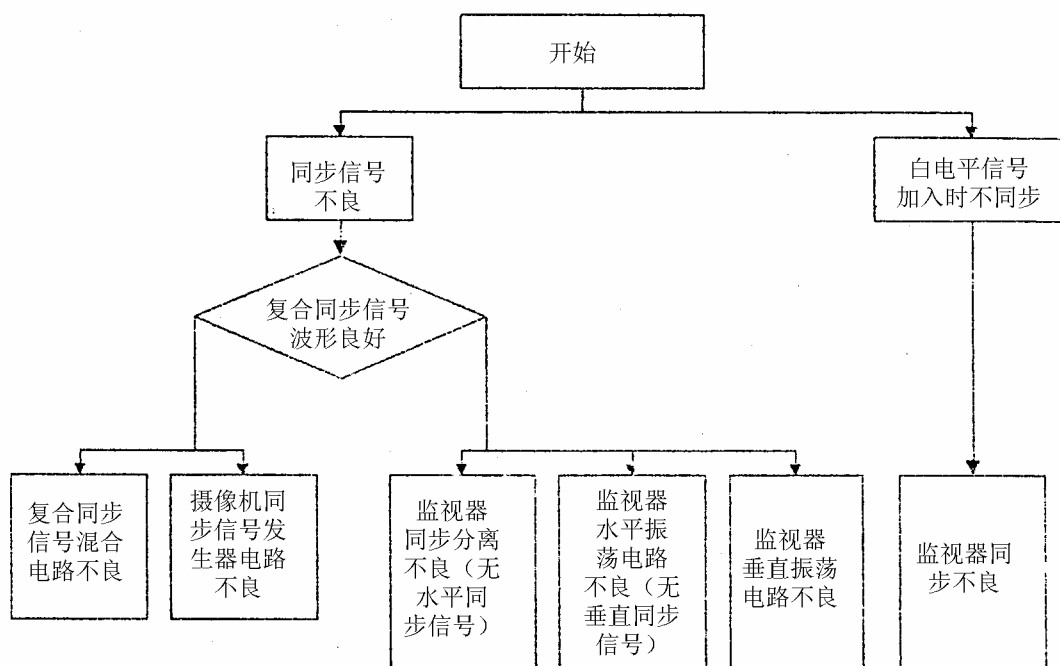


图 2-3-7 同步不良检查程序

（四）空间分辨率不良

这是指电视屏幕上有图像但不清晰，图像中本应看到的细微组织分辨不清，以致无法诊断。检查过程如图 2-3-8 所示。

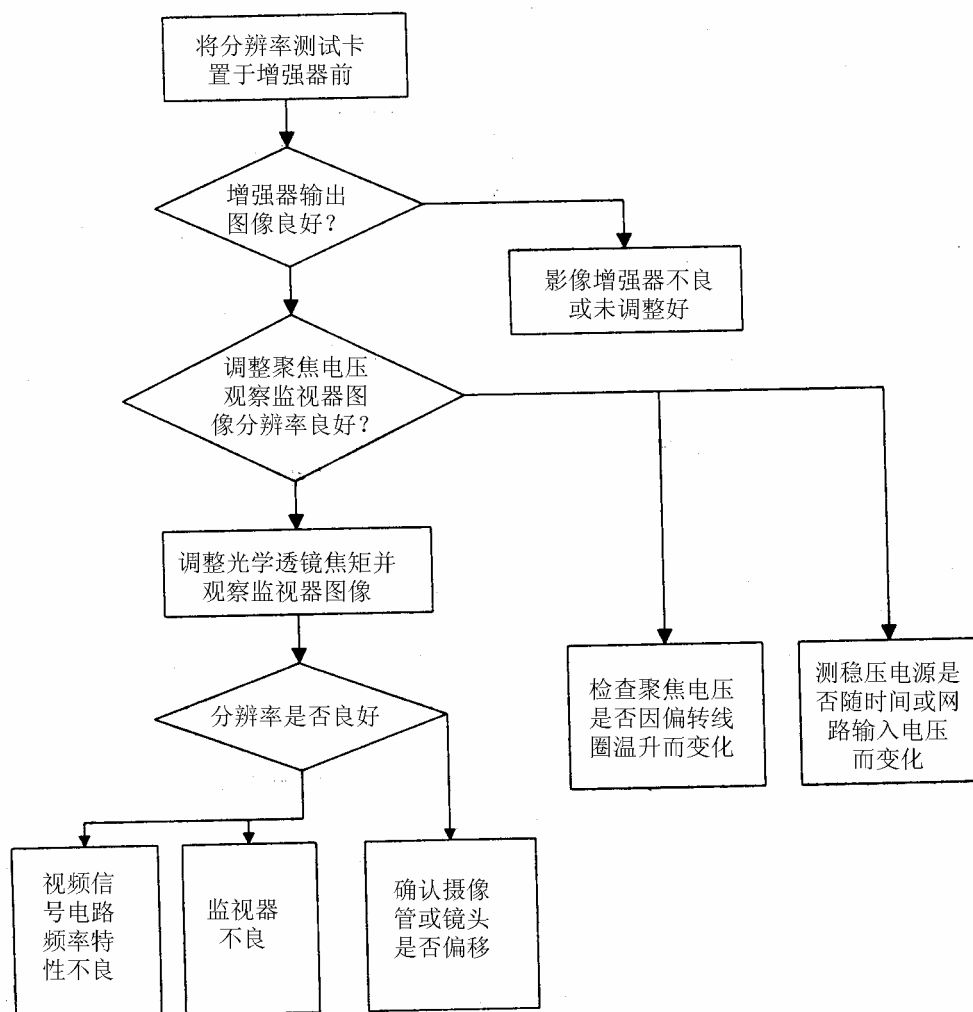


图 2-3-8 空间分辨率不良检查程序

(五) 对比度不良

对比度不良是指电视屏幕有图像，但图像反差低，即密度分辨率低，此时按下述程序检查调整，如图 2-2-9 所示。

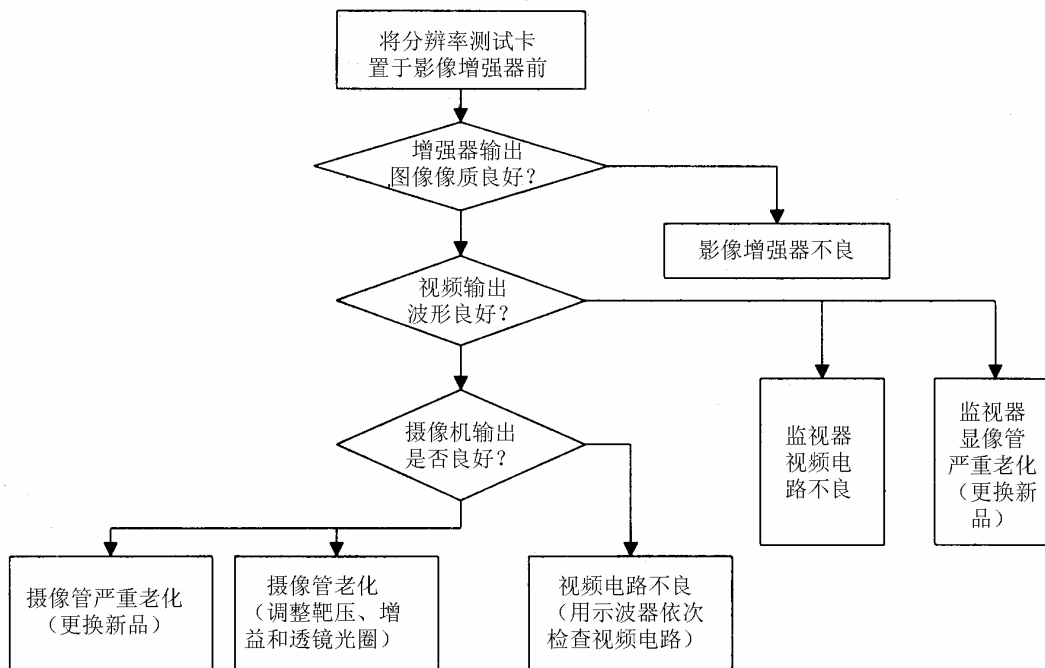


图 2-3-9 对比度不良检查程序

第三节 高压电路器件故障及检修

造成高压器件故障和低压器件故障的原因虽然有所区别，但检修方法却基本相同，只是在检修中应更为谨慎，防止故障的扩大和电击事故的发生。

一、X射线管的常见故障

(一) X射线管灯丝开路

1. 故障现象

- (1) 曝光时无 X 射线产生，毫安表无指示。
- (2) 通过 X 射线管窗口可见灯丝不亮。
- (3) 测量 X 射线管灯丝，阻值为无穷大。

2. 原因分析

- (1) X 射线管长期使用后，灯丝发射率降低，为得到额定管电流，势必要提高其灯丝电压，最终导致灯丝烧断。
- (2) X 射线管真空度被破坏，大量的进气使灯丝通电后迅速氧化烧断。
- (3) 错误调高灯丝加热电压。当高压电缆插头插座接触不良时，摄影毫安不足，盲目调高灯丝电压后，一旦插头插座接触恢复良好，就会导致灯丝因电压过高而烧毁。另外，更

换电缆头时，若错接大小焦点接线，较高的大焦点电压很容易使小焦点灯丝烧毁。

(4) 灯丝变压器初级线圈局部短路和毫安调节电阻短路都会造成灯丝电压增高，也可能烧断灯丝。

(二) X 射线管阳极靶面损坏

1. 故障现象

(1) X 射线输出量显著下降，X 射线胶片感光度不足。

(2) 由于阳极金属被高温蒸发，可见玻璃壁镀有薄薄的金属层。

(3) 通过放大镜，可见靶面有龟裂、裂纹及熔蚀等现象。

(4) 焦点严重熔化时溅落的金属钨可能使 X 射线管爆裂损坏。

2. 原因分析

(1) 过负荷使用。有两种可能：一种是过载电路失灵使一次曝光即超过 X 射线管额定容量，导致 X 射线管瞬时过载而损坏；另一种属操作失误，即多次曝光，未注意间歇，使焦点由于累积热量超过其允许值而熔化蒸发。

(2) 旋转阳极 X 射线管转子卡死或启动保护电路出现故障，在阳极不转动或转速过低的情况下曝光，导致阳极靶面瞬间熔化蒸发。

(3) 散热不良。当散热体与阳极铜体接触不够紧密或油垢过多，使阳极热量不能及时地传导到油介质中去，致使阳极过热、焦点面损坏。

(三) X 射线管真空度降低

即 X 射线管漏气、进气。根据真空度降低程度的不同，可分为轻度真空度不良和严重真空度不良。

1. 故障现象

(1) 轻微的真空度不良，在 X 射线机曝光时有如下现象：开始 mA 表指示偏高，加高压数次后，mA 表指示数逐渐稳定，提高千伏后，mA 值又偏高，数次曝光后，又逐渐稳定，再提高千伏后还重复上述现象，但用作冷高压训练时，管内没有明显辉光。这种情况，多是制造时管内留有残存气体，经适当训练后，可继续使用。

若真空度比上述情况稍差，则透视荧光屏上影像清晰度降低，X 射线穿透力不足，增加千伏，影像更不清晰，摄影时影像过淡甚至没有影像。这是由于管内气体分子电离后，正离子与射向阳极的电子束发生碰撞，既降低了电子速度，又干扰了聚射方向。这时，冷高压下可见微弱辉光，X 射线管已不能正常使用。

(2) 严重的真空度不良则会出现不同现象，一是 mA 表指示异常，全波整流 X 射线机 mA 表指针冲至满刻度，甚至撞坏指针，烧毁表头。自整流 X 射线机出现指针在零位颤动、倒退、向上跳动或极不稳定，这是因为前者的电离电流是直流，而后者的电离电流则为交流；二是由于电离电流的存在，使负载电流明显增加，高压变压器和自耦变压器有比较严重的嗡嗡声，电源电压表和千伏表指示数下降，过载保护电路可能工作，熔断丝易熔断；三是用作冷高压试验时，X 射线管内有明显的淡红、淡黄或蓝紫色辉光，如管内真空完全等于大气压，则可能产生弧光放电，灯丝点亮时会立刻烧毁。

2. 原因分析 使用中阳极过热，使金属内部残存气体逸出或使阳极铜体与玻璃焊接处

发生微小裂隙而进气；运输或使用中遭受强烈震动造成裂隙；二次电子造成玻璃壁击穿，形成的微小针孔使 X 射线管进油进气。

（四）旋转阳极转子的故障

1. 故障现象

（1）延时、启动电路均正常，但旋转阳极转速明显下降；曝光结束后，阳极很快停止转动（无刹车电路）；曝光时阳极不转动。

（2）曝光时，管电流剧增，电源保险丝熔断；阳极靶面某点被熔化。

2. 原因分析 X 射线机曝光时，旋转阳极转子的温度很高，长期工作后导致轴承磨损变形及间隙改变，固体润滑剂分子结构也会改变，最终导致旋转阳极电路正常情况下的转速下降和转子卡死。

当 X 射线管出现上述任一故障时，便需更换新品，更换时，应注意 X 射线管的电气规格和几何尺寸必须一致。

二、X 射线管管套的故障及检修

（一）X 射线管管头漏油

1. 故障现象 使用中管套有油渗出，摇动管套从透明窗口可见管内有气泡。若漏油严重，接通高压时会引起高压放电。为确定管套的漏油位置，可将管头擦拭干净并置于烤箱内，温度控制，在 60℃ 左右，保持一段时间，取出后再作认真检查。

2. 原因及修理

（1）管套铸造或焊接处有砂眼或缝隙。对薄钢管套的砂眼或裂缝，可用锡焊处理；铸铝管套的砂眼可用环氧树脂封补，而后置于 60℃ 的烤箱内烘烤 24 小时。

（2）窗口裂缝或窗口密封垫圈失效，应更换新品或更换窗口下耐油橡皮垫圈。

（3）加油孔或排气孔封孔螺丝耐油橡胶垫圈或铅垫圈破裂；螺丝固定不紧。垫圈破裂应更换新品，螺丝固定不紧应查明原因进行修复。

（4）高压插座裂纹或铜接线柱与绝缘介质压铸不紧。前者需更换新品，后者则可用环氧树脂封补或更换新品。

（5）胀缩器老化、破裂，应更换新品。

（6）高压插座的固定螺圈松动。多因插座下垫圈失效所引起，应更换新垫圈。更换前应先取出 X 射线管，以免损坏 X 射线管。

（二）管套内高压放电

1. 故障现象 管套内高压放电时，可以听到吱吱啪啪的放电声，管电压越高，放电声越大，毫安表指针冲至满度或出现不稳现象。

2. 原因及修理

（1）绝缘油耐压过低或油内有纤维等杂质。更换绝缘强度高于 30kV / 2.5mm 的绝缘油。

（2）管头内有既不接地又不带电的悬空导体离高压过近，高压发生时产生感应电荷，当电荷累积到一定程度时，发生间断性的静电放电。修理时，必须拆开管头，使此导体接高压或接地。比如，管头内固定 X 射线管阳极的插座，通常也是三个铜芯线的高压插座，当

三个芯线间没有短路，就会感应带电，从而引起放电。

(3) 灯丝接线柱松脱或在更换新管时引线过长而靠近管套，在高压电场的作用下，即可引起放电。必须拆开管头，将灯丝引线固定，引线过长时应适当剪短。

(4) 管套漏油，使管套内出现气泡，导致管套内发生放电。应消除漏油并注满油。

(三) X 射线管位置不正

1. 故障现象 摄影时，可见胶片的某一侧影像不清晰；从窗口观察，可见 X 射线管的 X 射线射出口（或焦点）不在窗口的中心；用荧光纸或增感屏直接遮于窗口曝光，所见 X 射线影像有暗区或半明半暗。

2. 多因装配时固定不紧导致 X 射线管位置改变。应拆开管套，检查校正并重新固定。

三、X 射线管的更换

更换 X 射线管是一项十分细致的工作，维修人员不仅要有熟练的维修技术，还要了解管套的结构和拆装程序。更换 X 射线管一般分为三个步骤。

(一) 旧管的拆卸

1. 综合式机头 图 2-3-10 为一般综合式机头的内部结构，其旧管的拆卸顺序是：先从窗口把螺母 1 取下，将机头室内的油全部倒出，再将机头下端的定位旋钮 2 取下，并将螺钉 3 松开，法兰盘 4 即可取出。而后把机头上端的螺钉 5 松开，即可取出其中的转盘刻度盘，在其上端的法兰盘 6、叉子和机头两端的罩子 7 就可松动。再把机头从接线柱 8 上取下，叉子就可和机头分离。

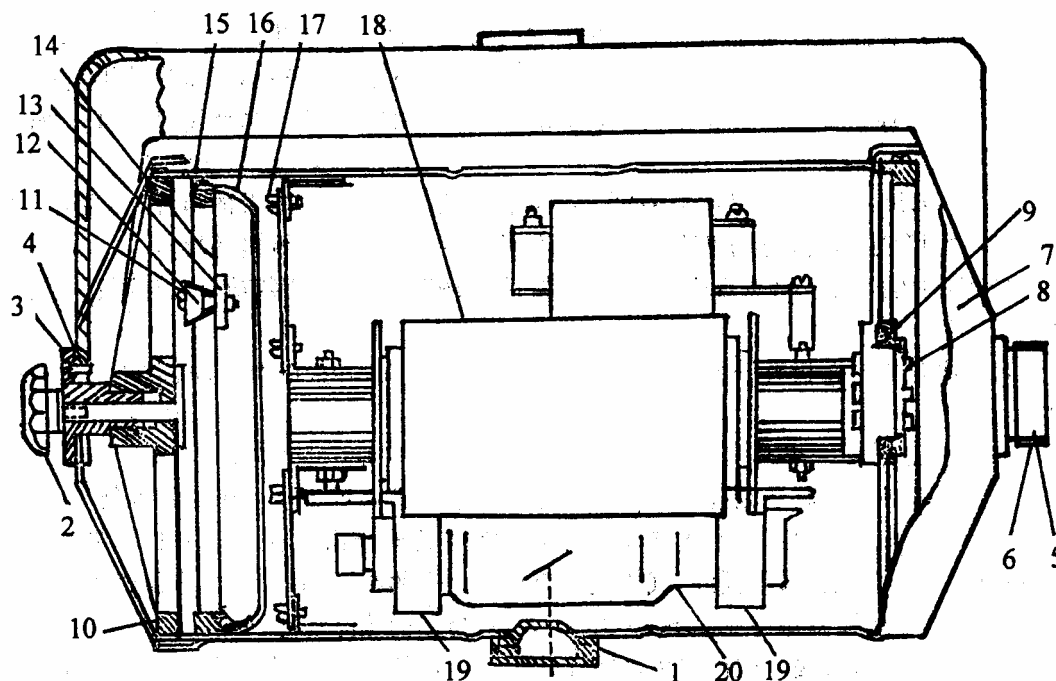


图 2-3-10 综合式机头 X 射线管的更换

把接线柱 8 的螺母松开, 将接线柱 8 整个推入机头筒内, 取下铝盘 10, 再将螺栓 11 放松, 楔形块 12 和拉板 13 就可取下, 胀圈 14 和弹簧 15 以及胀缩器 16 也可随之取下。再松开螺钉 17 和内部机件 18, 即可将高压变压器、灯丝变压器、X 射线管等整个提出。X 射线管 20 一般是用绝缘酚醛板或塑料制成的半圆形卡环 19 固定于管壁的两端, 固定的螺丝也是绝缘材料制成, 质地脆弱, 应小心旋转, 防止损坏。

2. 管套内 X 射线管的拆卸 中型以上 X 射线机的 X 射线管, 一般都装于单独的管套内, 拆卸时应根据 X 射线管的不同, 采取不同的方法。

(1) 静止阳极 X 射线管的拆卸, 要先拧脱管套两端的金属盖, 将胀缩器的固定螺钉松开, 将油从管套中倒出。静止阳极 X 射线管的阳极较重, 并在阳极柄(阳极延伸于管壁外部分)装有铝制散热体, 故管体的主要固定部件是从阳极经散热体与阳极侧高压电缆插座固定的, 但也有的在阴极侧加以辅助固定。在取管子时, 先卸下阴极端灯丝引线, 并记下接线方式与位置, 然后, 再从阳极端拧开散热体与插座的连接固定螺钉, 即可将原管取出。

(2) 旋转阳极 X 射线管因管套内有定子线圈, 所以固定结构比较复杂。通常阳极和阴极都有固定装置, 但大部分主固定装置是用卡销在一定方向上固定于阳极的高压插座上的。有的在管壁的阴极侧粘贴一个有缺口的绝缘筒, 绝缘筒再与管套固定。取 X 射线管时, 要根据管套的具体结构, 将固定机件逐件取下, 并记下机件的原来位置, 不可丢失。

(二) 新管的安装

1. 将所有拆卸下来的零件用乙醚或四氯化碳擦拭干净, 置于干燥洁净的器皿内。

2. 综合式机头中的 X 射线管取下后, 要立即将机头内部机件整体(主要是高压变压器、灯丝变压器)放于装有标准性能的绝缘油内或原机头筒内用油浸泡, 并应加以适当的遮盖, 防止高压机件长时间暴露在空气中, 吸收水分或受灰尘污染, 导致绝缘性能受影响。

3. 管套或机头的内部必须用乙醚或四氯化碳反复擦拭干净。

4. 装 X 射线管前, 应对新管进行必要的性能测试。主要是保证其灯丝完整, 燃点均匀, 管内真空度良好。

5. 固定管子时, 应特别注意调整阳极焦点中心, 使之与放射窗口重合。

6. X 射线管固定后, 应进一步检查大小焦点灯丝接线是否正确。

7. 一切无误后, 将各组件按原位置装好, 只留下注油孔即排气孔, 以待注油排气后封闭。

8. 如无原规格型号的 X 射线管, 可选用规格特性相近的 X 射线管代替, 但必须符合下述要求:

(1) 外部尺寸(长度与最大直径)合适。即在不改变其它机件位置的情况下, 经适当改变固定机件即可装入, 同时管壁四周与地(外壳)的间距应符合绝缘性能的要求。

(2) X 射线管灯丝加热规格、电子发射特性、阳极特性以及负载功率应与原管相同或近似。

(3) 注意旋转阳极转子能否顺利伸入定子线圈的铁芯内, 以及启动、运转电压是否一致。

（三）注油排气

1. 真空注油法 将注油孔尚未封闭的管套或组合机头置于一个密封的容器内，用真空泵以大约一个大气压的压力抽真空，使容器内的空气逐渐排出。然后打开油阀，使油进入容器，在油注满管套或机头的同时，气体被全部抽出。有的在注油的同时，容器四周有加热装置，使流经容器的油温保持在 40~60℃ 之间，以保持油的绝缘性能。

2. 手工注油排气法 这种方法，尽管比较麻烦，但作为一种辅助手段还是经常用到。方法如下：在油初步注满后，摇动管套或利用管套的胀缩器挤压，使气泡慢慢逸出。由于管套或机头内各机件的位置与体积不同，变压器匝、层间隐浮的气泡，只能在一定的压力下才能排出，故需不断地用手轻轻摇动管套或机头。还可给 X 射线管施加较低的管电压，使油产生一定速度的对流，利于气泡从各个角落排出。

手摇排气法不容易一次将管套或机头内的气泡全部排出。往往看到气泡已经很小，但放置数小时后，气泡又会逐渐增大，故需经常摇动、静放、排气、再摇动、再静放、再排气，这样多次反复，才能将气泡完全排除干净。静放时，若放入 50~60℃ 的干燥箱内，更有利于气泡膨胀和排出。

（四）性能试验

新换装的 X 射线管必须进行高压训练，然后按额定数值校准并调整管电流，即使是同一规格型号的 X 射线管，由于灯丝发射特性的差异，在换装后也必须重新调整方可正式使用。

四、高压电缆常见故障及检修

（一）电缆击穿

电缆击穿是指电缆绝缘层被高压所击穿，使电缆芯线的高压与接地的金属屏蔽层短路。击穿的部位多发生在高压插头附近。

1. 故障现象

（1）击穿时，高压次级电路的电流增大，毫安表根据不同的接线情况和不同的整流电路，可出现指针满度、不稳及倒退等现象。

（2）由于高压初级电流相应增大，电源电压降增加，kV 表指针下跌明显，机器过载的嗡嗡声很大，电源过载保护装置可能工作，保险丝可能熔断。

（3）透视时荧光屏暗淡，摄影时影像清晰度和对比度显著降低，甚至出现白片。

（4）如击穿不久，可在电缆击穿点附近闻到臭氧或橡胶烧焦的气味。

2. 原因分析

（1）灌注电缆头填充剂时，填充剂没有充满电缆与插头之间的空隙，留有空气，在高压电场作用下，气体产生电离放电，破坏了橡胶的绝缘性能。

（2）加工电缆头时，绝缘橡胶被刮伤，使其绝缘性能降低。

（3）电缆插头在 X 射线管管头上固定时，电缆扭曲过度，使用时电缆随 X 射线管头频繁活动，使绝缘橡胶产生微小裂缝。

（二）高压电缆插头击穿

1. 故障现象 电缆插头击穿时，故障现象与电缆击穿相同。

2. 原因分析

（1）插头曾因碰撞形成伤痕。

（2）插头与插座之间充填的凡士林有杂质或水分，使高压沿插头表面爬电而击穿，也可借此将电缆击穿。

（3）工作时间过长使管头温度过高，或因电缆芯线插头与插座接触不良，接触电阻生热使凡士林受热熔化流出，空气进入插头插座之间的空隙，引起插头沿面放电击穿。

（4）高压插头本身质量不佳，如材料有杂质，含有气泡等造成击穿。

（三）高压电缆芯线开路

1. 故障现象 电缆三根芯线同时开路的现象很少见，多数情况下是一根开路。若小焦点芯线开路，则透视时 X 射线管灯丝不亮，无 X 射线产生；若大焦点芯线开路，则摄影时 X 射线管大焦点灯丝不亮，无 X 射线产生；若为公用线开路，则 X 射线管大小焦点灯丝都亮，但亮度很低，无 X 射线产生，此时若测量灯丝变压器次级，大小焦点均有电压；若芯线不完全开路，时接时断，则可见荧光屏有荧光闪动，mA 表指示不稳。

2. 原因分析

（1）芯线质量不好，弯曲过度时折断。

（2）焊接引线时不牢固。

3. 芯线断头的判断

（1）将高压电缆直接透视观察。

（2）用交流摇表判断，方法如下：用一块 1000V 的交流摇表，其中输出端的一端接未断芯线的插脚，另一端串一交流 PA 表（也可用万用表 0.5mA 档）接于开路芯线的插脚。摇动摇表，如 mA 表指针摆动幅度很小或不动，说明无电容电流流过，则断口就在这一头；如 μA 表指针摆动幅度较大，说明有电容电流流过，则断口就在另一端；若两端测量， μA 表指针摆动幅度都很小或不动，则说明该电缆芯线采用同心圆方式排列，此时，应将接在未断芯线插脚上的接线改接到另一未断芯线的插脚或金属屏蔽层上，重复上述测试，即可确定断头在哪一端。

（四）高压电缆芯线短路

1. 故障现象 芯线短路的高压电缆，在阳极端仍可继续使用，在阴极端短路则根据短路情况的不同有不同的现象。

（1）轻微短路能使灯丝加热电压降低，曝光时 mA 表指示数偏低或不稳定，严重短路时，能使 X 射线管灯丝不亮，无 X 射线产生。

（2）用万用表测量时，可见灯丝变压器初级电压比正常值低。毫安调节电阻温度异常升高。

（3）拔出高压电缆两端插头，用万用表测量，可见短路芯线的两个插脚导通或只有很小电阻（轻微短路）。

2. 原因分析 多因电缆插头灌注填充时，未将芯线的引线拉直，使用时，填充剂受热

熔化，造成引线轻微或全部短路。

（五）高压电缆的修理

高压电缆击穿、芯线开路或短路多发生在电缆的头端或近头端，修理时，须将击穿、开路或短路部分截掉，重新灌注，方法如下：

1. 确定大小焦点、公用线在电缆两头的接线位置，并做好记录。
2. 取下高压插头。先焊开插脚的引线和金属屏蔽层，再将插头浸入加热的变压器油中，使原来的填充剂熔化，用力拔下插头。
3. 锯去故障部位。
4. 将绝缘层切去 1cm，露出芯线，
5. 根据电缆插头的长度，剥去保护层和金属屏蔽层，轻轻刮、去半导体层，要注意使半导体层能恰好伸到插头的喇叭口内。将绝缘层表面锉削修整，粗细以能顺利插入高压插头内孔为准，如图 2-3-11 所示。

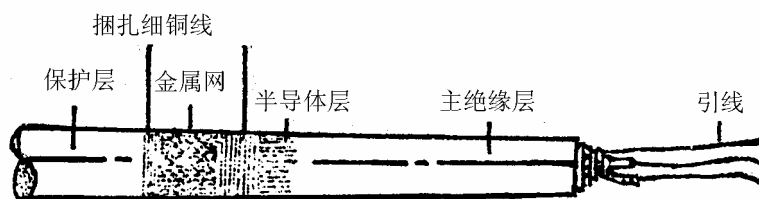


图 2-3-11 高压电缆头的加工

6. 用三根较长铜引线锡焊到芯线上，引线直径以能顺利通过高压插头插脚上的小孔为准，引线芯线焊接处，应套上耐高温的绝缘套管。

7. 将三根引线穿过高压插头插脚的小孔，大小焦点和公用线的位置应与原先电缆接法一致，如图 2-3-12 所示。

8. 将高压插头推入已修整好的电缆头中，并试验进出是否顺利，如有阻碍或三根引线弯曲交叉，应加以排除。

9. 用四氯化碳、乙醚或无水酒精清洁电缆头和高压插头，并用热风加热。

10. 将煮好的填充剂（一般用 90% 的松香和 10% 的变压器油在电炉上加热熔化）注入高压插头内，拉直三根引线，将高压插头推入电缆头。灌注时宜将电缆与地面成 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 角，便于多余的松香垂直下滴，不致于粘到高压插头外面。

11. 检查三根芯线是否有开路、短路，待填充剂凝固后，焊接金属屏蔽层和插脚引线。

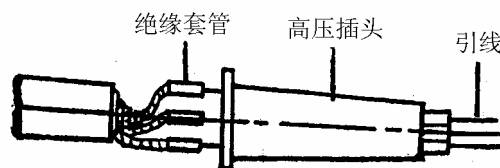


图 2-3-12 引线穿过插头示意图

五、高压整流器件的常见故障

现在采用的高压整流器件基本都是硅整流器，常称为硅堆或硅柱，其主要故障有击穿和开路两种情况。

（一）整流器击穿

1. 故障现象 对于全波整流的 X 射线机，mA 表将冲至满度或极不稳定，最终均导致主电路保险丝熔断。

2. 原因分析 整流器击穿，证明耐压不够，通常是高压过高，也可能是器件老化。任一整流器的击穿，对于单相桥式整流电路而言，将导致短路（即不经过 X 射线管）电流流经 mA 表，使其冲至满刻度；对于三相十二管高压整流电路，短路电流虽不流经 mA 表，但仍会造成管电流极不稳定。

（二）整流器开路

1. 故障现象 mA 表读数约为正常值的某个分数值或根本没有。

2. 原因分析 当单相全波整流电路中有一只整流器开路，流过 X 射线管的管电流只能是半波，电流值减半；三相十二管整流电路有一只整流器开路时，mA 值应为正常值的 $2/3$ 。当有多只整流器开路，则视情况有不同结果。以单相桥式整流电路为例（图 2-3-13）：若为 K1 和 K4 或 K2 和 K3 开路，则 mA 表指示数减半；若开路的两只整流器为其它组合，或两只以上整流器开路，则 X 射线管中无电流流过，mA 表无指示。

整流器损坏时，可用 2500V 的摇表进行检查，还可用互换法确定，下面根据图 2-3-13 介绍该方法。断开电源，将 K1 拆下，并用最低条件曝光，若原短路故障消失，说明 K1、K3 中有一只被击穿，若故障仍存在，则应是 K2、K4 有一只被击穿。如为前者，再用 K1 换下 K2（或 K4），若短路故障又重新出现，说明 K1 损坏，否则是 K3 损坏，同理可确定 K2 和 K4。

六、高压变压器的故障及检修

（一）高压对地击穿或两线圈之间击穿

1. 故障现象 单相高压变压器多为二个次级线圈，其中一个线圈的始端直接接地，另一线圈始端通过 mA 表接地；而三相高压变压器则多为两组次级线圈，通常其中的一组输出通过高压整流器正端接地，另一组输出经高压整流器负端接 mA 表再接地。所以，当击穿发生在不同部位时会有不同的故障现象。

（1）单相高压变压器经 mA 表接地的线圈末端（高压端）对地击穿时，全波整流 X 射线机的 mA 表冲至满度，自整流 X 射线机 mA 表指针在零位颤动，mA 表很容易因大电流通过而烧毁。三相高压变压器经 mA 表接地的任一线圈的任一端对地发生击穿，mA 表均应冲至满度。此时的电压表和千伏表指示数将明显下降，机器过载声很大，保险丝熔断，无 X 射线产生或 X 射线甚微。

（2）直接接地线圈末端（三相时为相应线圈的任一端）高压对地击穿时，mA 表无指

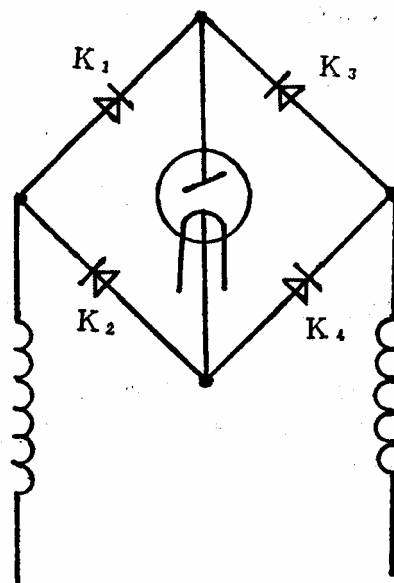


图 2-3-13 高压整流电路简图

示数或甚小，而其它故障现象同上。

2. 原因分析

- (1) 绝缘油质量下降，高压沿线圈边沿击穿。
- (2) 高压经绝缘支架表面或内部击穿。
- (3) 绝缘油耐压性能降低或有杂质和气泡，使高压通过油内杂质或气泡对地击穿或从两个线圈之间击穿，击穿瞬间可以听到放电声。

(二) 高压变压器次级局部短路

1. 故障现象 高压线圈局部短路后，透视时荧光屏慢慢暗下来，X 射线穿透力不足，mA 表指示比正常值稍低或正常，高压初级电流增大，有明显的机器过载的嗡嗡声，短路严重时，保险丝熔断，无 X 射线发生。

2. 原因分析 多因匝间或层间绝缘物被破坏引起短路，或因变压器油多年使用未做过滤，层间形成絮状物而导致放电击穿。

(三) 高压变压器次级线圈开路

1. 故障现象 高压变压器次级线圈开路后，工作时高压通过断线头放电，可有吱吱的响声，荧光屏有荧光闪动，mA 表指示不稳。当断口距离较大时，则无 X 射线发生，mA 表无指示。

2. 原因分析

- (1) 绕制线圈时导线有隐伤，使用日久后形成开路。
- (2) 绕制线圈时导线焊接不良，长久使用后，使导线松脱开路。
- (3) 线圈层间固定不紧，装拆时不慎拉动线圈外层，拉断了导线。
- (4) 高压击穿时，把导线烧断。

(四) 高压变压器的试验和检查

当确定为高压变压器本身的故障时，应将变压器从机头或高压发生器油箱内拆下，按下述步骤进行检查。

1. 外观检查

- (1) 高压线圈是否脱出变位，引线有无断开，线圈表面有无击穿及烧焦的痕迹。
- (2) 高压带电元件有无断开、松脱或离地电位过近等现象。
- (3) 机壳内有无突出的尖端。
- (4) 高压绝缘支架有无击穿的痕迹。一般在高压击穿后会留下痕迹，如碳化物或焦臭气味等，但线圈内部局部短路，从外观不易发现。

2. 直流电阻测量 用万用表 $R \times 10k$ 档或用 $R \times 1k$ 档，分别测量两个线圈的直流电阻值，正常情况下，两个阻值应相等，如某一线圈阻值无限大，则说明该线圈开路，如阻值过小，则说明该线圈局部短路。

3. 通电试验 以单相变压器为例，把高压变压器浸入变压器油中，两个次级线圈的始端与铁芯短路并与地线相接，高压初级通过一个 10A 的交流电流表接一功率较大的可调变压器。从 0V 开始逐步升高输入电压，注意电流表指示不要过大，当电压升至 50V 左右时，通电 30min，断电后，用手触摸两只线圈，如有热感，说明线圈有故障。如未见异常，可将

电压升到 100V，通电一段时间后再做检查，若仍无异常，应检查与高压变压器次级线圈连接的灯丝变压器、高压绝缘支架等部件，检查变压器油的绝缘性能是否符合要求。

上述试验时，必须注意安全，防止电击事故的发生。

七、灯丝变压器的故障及检修

X 射线管灯丝变压器的次级与高压相接，故在使用中常有高压击穿等故障出现。

（一）灯丝变压器次级线圈对地或对初级线圈击穿

1. 故障现象 击穿时，主电路电流增大，电压表、千伏表指针下降，机器过载的嗡嗡声很大，保险丝熔断，毫安表冲至满度。

2. 原因分析及修理

（1）绝缘油含有水分、杂质，耐压性能降低，使灯丝变压器初次级间的绝缘物耐压也降低。

（2）油垢沉积于灯丝变压器次级线圈的绝缘筒上，造成高压沿面击穿。

（3）变压器曾经从油内取出，在空气中受潮，装入时未经烘干处理。

（4）突波引起击穿。

修理时，击穿的绝缘筒、绝缘纸应更换新品，重新绕制次级线圈，必要时可重新绕制初级线圈。

（二）灯丝变压器次级线圈引出线接触不良或开路

1. 故障现象

（1）接触不良时，可见 X 射线管灯丝亮度不够，灯丝电压低于正常值，严重的接触不良可导致开路，造成灯丝不亮。

（2）X 射线管灯丝变压器次级共用线开路时，X 射线管大小焦点都亮（较暗）。

2. 原因分析及修理 灯丝变压器次级线圈用线较粗，引线接头有时焊接质量不良，造成接触不好甚至开路。只需重新清洁焊牢即可。

（三）灯丝变压器次级线圈短路

1. 故障现象 灯丝变压器次级线圈轻微短路时，灯丝亮度不足，变压器初级电流增大，毫安调节电阻电压降增大，温度升高，初级电压降低。严重短路时，灯丝电路保险丝熔断，灯丝不亮。

2. 原因分析及修理

（1）高压击穿时损坏绝缘层致使灯丝变压器次级发生短路。

（2）灯丝变压器次级线圈导线较粗，工作电压不高，绕制时层间多不加绝缘物，如绕制时擦伤导线绝缘层也可引起短路。

因绝缘物被破坏，修理时，应更换新线重新绕制。

（四）灯丝变压器初级线圈开路

1. 故障现象 X 射线管灯丝变压器初级线圈开路，可见 X 射线管灯丝不亮，无 X 射线产生。

2. 原因分析及修理

(1) 高压击穿时, 把变压器线圈导线烧断。

(2) 引出线焊接不牢而脱焊。

修理时, 脱焊者重新焊牢; 击穿烧断时应重新绕制线圈或更换。

(五) 灯丝变压器初级线圈短路

1. 故障现象 灯丝变压器初级线圈严重短路时, 保险丝立刻熔断, 如为局部短路, 相当于初级线圈匝数减少, 而变压器初级电压未变, 故灯丝变压器次级电压升高, 使灯丝变亮, 有烧毁 X 射线管灯丝的危险。

2. 原因分析及修理 高压击穿时, 初级匝间或层间绝缘物被破坏引起短路, 应重新绕制初级线圈或更换灯丝变压器。

八、高压发生器与机头内的静电放电

(一) 故障现象

高压发生器内或机头内静电放电时, 可听到吱吱的放电声或间断的跳火声, 各种仪表指示正常, 机器仍可使用。

(二) 原因分析及修理

1. 高压发生器上盖与铁箱外壳的固定螺丝没有拧紧, 以及铁箱外壳没有接地或接地不良。高压通电后, 铁箱外壳受高压感应而带电, 待电荷积累到一定程度形成较高的电位, 即可发生火花放电, 第二次放电则要隔一段时间。把箱盖螺丝拧紧并接好地线即能消除此故障。

2. 高压发生器或机头内有不接地又不带电的导体, 当其距高压较近, 即可受感应而带电, 电荷积累至一定电位, 引起放电。修理时将此金属带电或接地, 或使其远离高压, 还可改用非金属材料。

3. 高压变压器油质不好或含有较多的浮尘物质。工作时高压插座与变压器油接触面产生静电放电, 发出吱吱声响, 严重时会有微小火花, 并可看到变压器油沿着放电方向涌起。修理时, 将变压器油过滤, 排除杂质, 并把油加足, 使油面没过应该浸入油中的机件和螺丝。

九、变压器油的耐压试验与过滤

变压器油在高压发生器和 X 射线管套内的作用, 除了利用其对流来帮助散热外, 更主要的是提高高压元件之间、高压元件与机壳之间的绝缘强度。变压器油在长期使用中, 由于水分、杂质的侵入, 造成其绝缘强度的降低, 如检查中发现油中杂质较多、混浊或高压下油箱、管套内有啪啪的放电声, 都要对变压器油进行耐压试验和过滤。

(一) 油耐压试验

1. 试验设备及物品

(1) 0~50kVp 的高压试验台。

(2) 油杯和电极, 如图 12-3-14 所示。

(3) 0~100℃温度计。

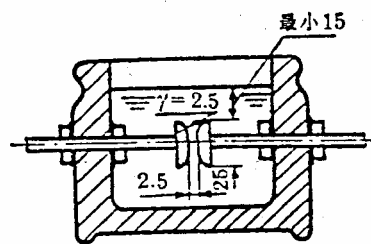


图 2-3-14 油杯及电极

(4) 取油样导管，盛油样瓶。

2. 试验前的准备工作

(1) 试验前，应先用乙醚或四氯化碳将油杯和电极清洗干净，调整好电极间的距离，使其精确地平行相距 2.5mm，电极与油杯壁和油面的距离不得小于 15mm。

(2) 用作耐压试验所需的油样应不少于 0.5kg，作简化试验或全分析所需油样不应少于 1kg。取样的工具和试样瓶应保持内外清洁和干燥；取样时应在干燥的空气条件下，取容器内的中下层油；所取油样注入试样瓶内待测。

(3) 若待测变压器油距离高压试验台较近，可用取样工具直接从高压发生器（或机头内）将油样取出，倒入油杯内，但试样的温度应接近于室温。

(4) 用被测油冲洗油杯和电极 2~3 次，然后将试样油沿油杯壁注入油杯中，并静止 10~15min，使气泡从油中逸出。

3. 试验步骤

(1) 检查高压电路的接线，高压调节器应置于零位，保护性机件应保证灵敏有效。然后将油杯接入高压电路，同时在高压变压器与油杯之间串入一只 5~10Ma 的保护电阻。

(2) 闭合电源开关，缓慢升高电压，升压速度每分钟 3kV，直到油中发生十分明显的火花为止。发生击穿前瞬间的电压表指示值称为击穿电压。如产生不十分明显的破裂声或电压表指针发生抖动，均不能称为击穿电压。

(3) 油样被击穿后，可用玻璃棒在电极中轻轻拨动数次（但不可触动电极之间的距离），以清除滞留在电极间的游离碳。静置 5min 后，再进行下一次试验，如此进行 5 次。

(4) 试验结果应取 5 次试验的平均值，但如 5 次测试值中，任一数值与平均值的偏差超过 $\pm 25\%$ 时，则应继续试验，直至获得 5 个与平均值相差不超过 25% 的数据为止。

(二) 变压器油的过滤

当发现变压器油绝缘性能下降，或油中有杂质、水分时，都需将油重新过滤。

1. 滤油设备及物品

(1) 滤油机及其油管、储油桶。

(2) 烘箱、滤油纸（一般用中性）、打孔机、温度计。

2. 滤油前准备工作

(1) 将全部滤油设备用油冲洗干净后，装配待用。

(2) 按油杂质的性质，确定过滤时油的加热温度，如表 2-3-1 所示。

表 2-3-1 变压器油过滤时的加热温度

油中杂质成分	炭粒	水分	炭粒+水分	水分+不溶性油泥	炭粒+不溶性油泥	炭粒+水分+油泥	可溶性油泥（低温时可沉淀）
净化处理的设备	压滤机	压滤机	压滤机	连续过滤或用离心机	连续用离心机+压滤机	离心机+压滤机	离心机
净化处理设备入口的油温（℃）	50~60	20~35	20~35	20~35	50~60	20~35	20~35

3. 过滤步骤

- (1) 在滤油机的铸铁滤框间放置滤纸，一般放置 2~3 张，旋动加压手柄，将滤框压紧。
- (2) 将进油管插入待过滤的油中，出油管放入储油桶。合上电源闸、滤油机工作，平均每小时更换一次滤纸，每次只换去进油侧的一张，而将新滤纸置于出油侧。若合闸后，油不仅不进滤油机，反而在桶内翻滚，则为三相电机相序不对，调换其中的两相接线即可正常。
- (3) 滤油机的工作压力大约为 4~5 个大气压（即 4. 2~5. 2kg / cm²），滤纸良好，油即能连续流出，当压力过大时，应检查滤油机油管是否堵塞，滤纸是否已经饱和。
- (4) 每小时取一次样，进行耐压试验，直到绝缘性能合格为止。
- (5) 为保证效果，滤油工作应在干燥的室内进行，过滤合格的油应密封存放。
- (6) 对有油垢的高压发生器也可用出油管的强大油流冲刷，反复过滤多次，即可达到清洁变压器的目的，并可避免变压器层间进气。

第四节 电路故障的检查

X 射线机是由各种电气元件按照一定的电路设计组合而成，元器件的种类，尤其是常用元器件是有限的，常见的故障也正如前面所列举的，有比较突出的现象。但在复杂的电路结构中，机器所表现出来的故障现象与典型的元器件故障并不能简单地一一对应，也就是说，同类元器件同种性质的损坏，在不同机器上会表现出不同的故障现象，而不同元器件发生的故障或相同元器件发生的不同故障则会在同一机器上表现为一致的故障现象。所以，只有进行认真的分析推理，才能根据 X 射线机的异常现象，通过适当的检查程序，较快地查找出故障所在并加以排除。故障检查中应注意以下几个方面。

1. 仔细观察故障现象，先作故障的基本分析定位，是属高压故障还是属低压故障。
2. 对照电路结构，确定可能导致该故障现象的元器件及电路连线等，并确定应先作检查的重点器件及电路，如电容、晶体管、继电器接点等。
3. 运用正确的测试技术逐一检查，以最终确定故障所在。

一、电源电路故障现象及检查

电源电路的结构较简单，大多数故障只需通过直接观察和简单的测量即可查出，下面是几种常见故障的检查过程。

（一）按下电源“通”按钮，电源指示灯不亮，自耦变压器无声

1. 故障分析 由自耦变压器无声和电源指示灯不亮，可以断定自耦变压器无输入电压，可能的原因有：电源保险丝熔断、电源接触器接点接触不良、电源“通”开关接触不良及电源接触器线圈开路等。

2. 检查程序

（1）用电压表测量电源闸有无输出电压，无电压是电源闸保险丝熔断，有电压则为控制台内故障。

（2）打开控制台观察有关连接线有无松脱和接触不良。按“通”按钮，观察电源接触

器是否吸合，若未吸合，故障在电源保险、“通”、“断”按钮和接触器线圈，逐一检查排除。若吸合，则故障在接触器接点或碳轮接触不良。

(二) 按下“通”按钮，自耦变压器有电，电源指示灯亮，但松开“通”按钮后，自耦变压器断电，指示灯熄灭

1. 故障分析 电源接触器工作后，靠自锁接点维持工作，当自锁接点或回路出现接触不良和开路，即可出现上述故障。

2. 检查程序

(1) 检查自锁回路连接线是否松脱。

(2) 检查自锁接点接触是否良好。

(三) 按下“通”按钮，电源保险丝立即熔断

1. 故障分析 电源保险丝熔断，证明电流过大，其原因为电路中有短路。故障可能发生在电源电路，也可能在其它电路。

2. 检查程序

(1) 观察连接导线有无松脱而与地及机壳短接，或有无互相搭碰而短接的。

(2) 运用切除法拆去自耦变压器所有输出线，再次通电，若现象消失，是其它电路故障，否则，则为电源电路本身故障。若属其它电路故障，则将拆下的连接线逐一接上，每接通一根通电一次，当出现前述现象时，说明故障在该条导线连接的电路中。若属电源电路本身的故障，则重点检查接触器线圈是否短路和自耦变压器是否匝间短路或对地短路。

(四) 低毫安摄影时，机器一切正常；高毫安摄影时，电源接触器掉闸

1. 故障分析 这实际只是一种异常现象，其原因是电源电阻过大或供电容量不足。当高毫安摄影时，供电线路压降过大，使电源接触器线圈两端的电压不能维持接触器的吸合，使衔铁落下而切断电源。

2. 检查程序

(1) 若有串接于电源电路中的补偿电阻则短路之。

(2) 测电源电阻的阻值，若过大，应增加电源线的截面积或更换容量适当的电源变压器。

二、X射线管灯丝电路故障现象及检查

X射线管灯丝电路的结构差异较大，通常情况下，灯丝加热是在机器电源接通后就开始，但近代一些大型X射线机是在机器曝光前1~2s开始加热。现以前者为例，简述其检查过程。

(一) 开机后X射线管灯丝不亮；或曝光时无X射线，检查时发现灯丝不亮

1. 故障分析 X射线管灯丝不亮，多为X射线管灯丝加热电路发生了开路或接触不良等故障，使X射线管灯丝无加热电流通过所致。这类故障多发生在高压电缆插头、高压交换闸、毫安调节触头和空间电荷补偿变压器（或电阻）抽头等可动接触处。

2. 检查程序

(1) 拆下控制台中的高压初级连接线。

(2) 双球管以上 X 射线机, 可先通过交换台次来判断是灯丝变压器初级电路故障, 还是灯丝变压器次级电路故障。如一台球管的各技术选择灯丝都不亮, 可交换到二台球管, 若其正常, 基本可以断言灯丝电路正常, 其故障多在高压交换闸或一台球管阴极电缆接触不良和灯丝开路。若二台球管灯丝也不亮, 则说明故障多在灯丝变压器初级电路。因为两管通常不可能同时发生灯丝开路故障。

(3) 若属灯丝变压器次级电路故障, 则依次检查阴极高压电缆插头接触是否良好、X 射线管灯丝是否开路, 最后检查高压交换闸。

(4) 若属灯丝变压器初级电路故障, 双焦点 X 射线管, 可切换焦点, 判断是大焦点灯丝电路故障, 还是小焦点灯丝电路故障, 从而缩小故障范围。

(5) 拆下灯丝变压器的初级连接线, 换接上 220V100W 灯泡, 接通机器电源, 若灯泡亮, 则故障在灯丝变压器; 若不亮, 故障在相应电路。也可用电压表直接测量灯丝变压器初级接线端有否电压来判断故障所在。

(6) 确定为灯丝初级电路故障后, 逐一改变毫安选择, 若灯泡始终未亮, 则开路发生在各公用线上。若只有某一档毫安灯泡不亮, 则故障多为该档毫安对应的毫安调节触头和毫安选择器接触不良。

(7) X 射线管灯丝电路局部发生短路也会使 X 射线管灯丝不亮, 但此种情况下会伴有保险丝熔断、元件发热等现象, 容易与开路故障区别。采用隔离法逐段检查即可查出故障所在。

(二) 开机后 X 射线管大小焦点灯丝都亮, 但比正常亮度暗, 曝光时, 毫安表无指示

1. 故障分析 正常状态下, 除大焦点灯丝在小焦点透视时预热的 X 射线机外, 绝大多数 X 射线机的大小焦点灯丝不能同时点亮, 一旦出现这种情况, 说明灯丝电路有故障。从灯丝电路可以分析, 只有当灯丝变压器次级公用线、阴极高压电缆公用线或高压交换闸公用线开路时, 才会发生这一现象。因为上述连接线中的任一条开路, 其灯丝变压器次级电路都会像图 2-3-15 所示的那样。这时, 大小焦点灯丝变压器得电, 都有电流流过两个灯丝, 故大小焦点灯丝都亮, 但由于阻值增加, 其亮度较正常为暗, 且无电子发射所需的温度。另因高压不能通过公用线加到 X 射线管阴极, 故 mA 表无指示。

2. 检查程序

(1) 切换大小焦点, 观察灯丝点亮情况, 应看到无论切换在大焦点还是小焦点, 两灯丝都点亮。

(2) 从 X 射线管头阴极端拔下电缆, 用万用表交流电压档 (50V 量程) 测量公用线与大小焦点插脚间的电压应为零。

(3) 再拔下阴极电缆另一端, 测量阴极电缆公用线是否开路。若无开路, 说明灯丝变压器或高压交换闸有开路, 应卸下高压发生器封盖螺丝, 抬起顶盖, 检查高压交换闸和灯丝加热变压

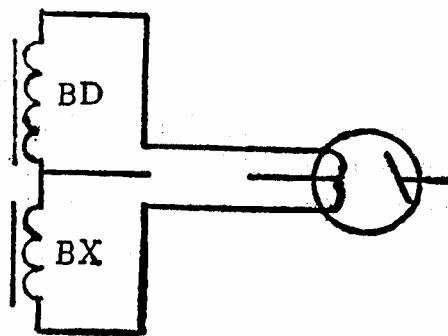


图 2-3-15 共用线开路

器，故障多为高压交换闸公用线引线脱落或接触头接触不良。

注意：进行第（2）项工作时，一定要先拆下高压初级接线并短接入地！同时将高压电缆芯线对地放电！切记。

（三）透视或摄影时，管电流不稳

1.故障分析 管电流的大小，主要受灯丝温度控制，而灯丝温度的高低取决于灯丝电流的大小，由此可见，管电流不稳定是因灯丝加热电流不稳所造成。在灯丝电路中，影响灯丝加热电流不稳的主要原因是稳压器输出不稳及各种接触不良，如可调元件的触头接触不良；高压交换闸阴极端触点接触不良以及高压电缆插头插座接触不良等。其中以后两者比较多见。

2. 检查程序

（1）拆下稳压器输出连接线，在公用线与输出端并联一只 220V100W 灯泡作负载，灯泡两端并联 250V 的交流电压表或万用表，调节稳压器输入电压，看其输出。是否稳定在 220V。若不稳定，则稳压器有故障，检查是否由于电源频率不稳所引起，但应重点检查稳压器谐振电容的质量；若稳定，则证明电路中有接触不良的现象。

（2）将拆下的连接线复位，机器通电，摇动阴极电缆，观察灯丝亮度是否随电缆摇动而变化，若是则为电缆插脚接触不良，应关机拔下电缆，将插脚槽口分开一些，重新插上插头，并拧紧电缆紧圈。

（3）逐一检查其它接触处，若都无接触不良现象，最后再抬起高压交换闸，检查其阴极触点，并加以修复。

如果毫安值只是随 kV 的增减而同向变化，则为空间电荷补偿没有调整好，重新调整空间电荷补偿装置的抽头后即可恢复正常。

三、透视及点片摄影控制电路故障现象及检查

控制电路是 X 射线机电路结构中最复杂的部分，也是各种 X 射线机电路结构差别最大的部分。它的主要作用是控制高压接触器接点的闭合和断开或可控硅的导通和截止，从而控制高压的发生和停止，产生所需质和量的 X 射线。

从工作特性出发，这里将透视及胃肠摄影控制电路的故障现象和其它摄影控制电路的故障现象分别加以叙述。

（一）各种技术选择正确，踩上脚闸，透视高压接触器不工作

1. 故障分析 高压接触器不工作，表明控制电路有故障发生。X 射线机的透视控制电路均比较简单，多数是用脚闸或透视开关直接控制透视高压接触器的工作线圈，通过其接点的闭合和断开，来控制高压变压器初级的通断。其控制电路中一般都串有技术选择开关、胃肠切换接点（或开关），以及毫安选择开关等。因此，出现透视高压接触器不工作的现象，应首先检查上述各元件是否有接触不良现象，最后检查透视高压接触器线圈是否开路。

2. 检查程序

（1）检查控制电路电源是否正常，电源保险丝是否良好。

（2）若电源正常，应首先检查脚闸是否良好。一般中型以上 X 射线机都设有与脚闸并联的透视开关，若按动此开关时透视高压接触器工作，说明脚闸接触不良或断线。

(3) 若按动手开关高压接触器仍不工作, 则故障通常不在脚闸。运用短路法, 将有关接点逐一短接, 即可找出接触不良的接点。

(4) 最后检查透视高压接触器的线圈是否开路。

(二) 透视正常, 胃肠摄影时, 摄影高压接触器不工作

1. 故障分析 中型以上的 X 射线机, 多采用半自动或全自动胃肠摄影装置。而国产 X 射线机则以半自动装置居多, 胃肠摄影时, 只要将送片架推至摄影位置, 电路自动由透视切换至摄影状态并自动曝光, 完成这些动作的主要机件是各触点开关。各种型号的 X 射线机, 其胃肠摄影控制电路虽繁简不一, 但其控制过程是基本相同的。

从上述分析可以看出, 引起该现象的故障若在普通摄影控制电路, 则胃肠摄影时的切换应该正常, 但不曝光; 若在胃肠摄影控制电路, 则胃肠摄影时相关的继电器应不能工作, 由此导致摄影无法进行。

2. 检查程序

(1) 将技术选择置普通摄影位, 按手闸后若不曝光, 则故障在普通摄影电路, 若能正常曝光, 则故障在胃肠摄影控制电路。

(2) 检查胃肠摄影预备开关接触是否良好和透视摄影切换继电器线圈是否开路。通过送片架送片, 观察切换继电器是否动作来判断: 若不动作, 为上述两元件故障, 再用万用表即可查出; 若动作, 证明上述两元件正常。

(3) 检查胃肠摄影继电器线圈是否开路, 这时须将送片架推至曝光位置。

(三) 透视中, 进行一次胃肠摄影后, 继续进行透视时, 透视高压接触器不工作

1. 故障分析 该现象多因操作失误或片盒驱动电路故障使送片架未复位所引起, 即胃肠摄影后, 由于准备继电器没断电, 使电路仍处在胃肠摄影状态而未切换至透视状态。

2. 检查程序

(1) 将送片架复位, 一般即可恢复正常。

(2) 若仍不能透视, 需检查胃肠准备继电器常闭接点是否闭合。

四、摄影控制电路故障现象及检查

摄影控制电路, 是控制电路中最复杂的部分, 所以, 在机器出现异常现象后, 应根据机器的结构特点和电路工作程序, 认真分析, 逐级检查, 逐步缩小故障范围, 查出故障所在。下面以常见的带旋转阳极电路的 X 射线机为例简述其检查过程。

(一) 故障现象

透视正常, 普通摄影时, 预置条件正确, 按下曝光开关, 不曝光。

(二) 故障分析

摄影控制时的工作程序一般为:

按手闸→摄影准备继电器工作→启动延时→延时结束(有手闸二档者合)→限时器工作→高压接通。

（三）检查程序

1. 打开控制台，拆下高压初级接线。

2. 按手闸，听旋转阳极是否转动，若不转动，故障多在摄影准备继电器工作回路及旋转阳极启动电路。前者用万用表直接测继电器线圈上是否有电压，用短路法检查各接点是否接上；后者检查启动电路剖相电容是否击穿或开路，定子线圈连接线是否松脱。

3. 若 X 射线管阳极启动运转正常，则故障可能在手闸二档、启动保护电路、限时电路及高压控制器件（接触器和可控硅）及电路。

（1）观察延时继电器是否工作，若未工作可能是延时继电器线圈开路、延时电路故障（延时电容质量、充电电压不足等）、启动电流不足等。

（2）若延时器工作，采用短路法短接手闸二档并检查限时电路，观察曝光继电器是否工作，主可控硅控制高压者测可控硅触发脉冲是否产生，否则为限时器故障。

（3）若上面检查均属正常，可能为二只主可控硅同时开路和高压接触器线圈控制回路故障及其接点接触不良。检查高压接触器线圈是否开路的方法是短接其控制接点，若其吸合，则为限时器及其它控制接点故障，否则是其线圈开路。若高压接触器已工作，则是其接点故障。

五、高压电路故障现象及检查

高压电路发生的故障，基本可分为开路和击穿两种，其故障现象完全不同，易于分辨。开路故障表现为：各电压表预示正常，曝光时指针无变化，机器无异常声音，但无 X 射线产生，毫安表无指示。短路故障则表现为：各电压表预示正常，曝光时指针大幅度下跌，毫安表指针将视高压电路形式和短路部位而出现上冲、颤抖、不稳，机器有异常声音，保护元件动作或烧坏。

由于不同 X 射线机的高压电路差异较大，同样故障表现出的现象会有所不同，如 X 射线管真空度降低，在全波整流高压电路中，毫安表将冲至满度，而在自整流高压电路中，则表现为毫安表无指示，指针在零位颤动、倒退或跳动等现象。这里主要以四管全波整流的高压电路为例，说明其常见故障现象和检查方法。

（一）各种技术选择正确，电压表预示正常，曝光时，毫安表无指示，无 X 射线发生

1. 故障分析

X 射线管两端有一定的直流高压，灯丝有一定的加热温度，是 X 射线产生的必要条件，由故障现象可以判断，其故障只能是 X 射线管两端无高压或 X 射线管灯丝未正常加热。

2. 检查程序

（1）首先检查 X 射线管灯丝亮度是否正常和受控，若发生异常，如灯丝不亮或亮度极低且不受控等，则故障在 X 射线管灯丝电路，应按前述的 X 射线管灯丝故障检查程序排除故障；若无异常，则故障在高压电路。

（2）拆下高压变压器初级连接线，在控制台的高压初级接线柱上并联一只 220V100W 灯泡和一 250V 的电压表，而后进行一次曝光，并观察灯泡亮度和电压表的指示数。若灯泡不亮，电压表无指示，则为高压初级电路有故障，应重点检查高压接触器的常开接点接触是否良好，或主可控硅是否导通；若灯泡亮且电压表指示数正常，则为高压次级电路故障。

(3) 把高压变压器初级连接线接好。从 X 射线管端拔下高压电缆并架在空中，在插头上系一细棉纱，进行一次曝光，若棉纱轻轻飘起，则证明高压发生器有高压输出；若棉纱无飘动现象，则说明高压发生器内有开路故障而无高压输出。应抬起高压发生器顶盖进行检查，最常见的故障是高压交换闸阳极引线松脱。

若该故障现象发生在高压发生器维修后的通电试验中，则有可能是高压硅堆极性方向装反，或高压变压器次级线圈极性方向装反。

(二) 各种技术选择正确，曝光时电压表指针大幅度下跌，毫安表指针上冲，高压发生器内有超负荷声

1. 故障分析 这种现象表明有短路故障存在，是由高压元件击穿而造成的。由于高压元件比较多，要快而准地找出故障所在，须运用隔离法逐一进行试验。

2. 检查程序

(1) 首先检查 X 射线管真空度是否降低。可将两根高压电缆从 X 射线管头端拔出，用绝缘架架空固定，并注意两电缆间的距离不小于 1m，在透视状态下用最低千伏瞬时曝光一次，如故障消失，可证明故障在 X 射线管头内，拆出 X 射线管进行真空度测量即可得到验证。若故障现象仍出现，再进行下面的试验。

(2) 将两根高压电缆逐根自高压发生器端拔出，每拔一根，用以上条件透视曝光一次，哪根电缆拔出使故障消失，即为哪根电缆击穿。若两根电缆拔出后，故障仍然存在，则应对高压整流元件进行检查。

(3) 先在高压发生器的高压插座内注入少量变压器油，以免进一步试验时，引起高压插座内高压放电。然后按照高压硅堆击穿的检查方法，对整流元件进行检查。若四只整流元件皆无击穿现象，则应检查高压变压器次级。

(4) 从油箱内将高压变压器抬出，进行外观检查或仪表测量，如不能发现故障，再将变压器次级输出线自 X 射线管灯丝变压器的接线处焊开，并置于适当位置。高压变压器初级串入量程为 20A 的交流电流表，以最低千伏对高压变压器进行空载试验。若电流表指示数较正常空载电流大许多，说明高压变压器次级线圈有击穿或短路故障，否则为灯丝变压器被击穿或短路。

3. 注意事项

(1) 试验时所加高压应为机器的最低千伏，曝光时间应尽量短，次数应尽量少，以防故障的扩大。

(2) 油箱内操作时，应注意清洁，不得将杂物、水分带入油箱，更不能将螺丝、垫圈等物件遗留在油箱中，并应尽量减少高压变压器在空气中的暴露时间。

(3) 应注意灵活运用上述的检查程序。如双球管 X 射线机，一台透视出现高压击穿时，可将其切换到二台，以最低条件进行一次曝光，如故障现象消失，证明故障在一台管头或高压电缆。若故障现象仍存在，则为高压发生器内故障，而不必对高压电缆和管头进行检查。又如，故障出现时，有明显的橡胶击穿异味，或高压发生器内有明显的放电声，则可直接检查对应部件。

（三）透视时温升很快，管套过热

1. 故障分析 X射线管温升过快，一般为透视管电流过大所致。因此，应观察毫安表指示数是否过高，若指示数并不高，应考虑是否毫安表指示数与实际管电流不符，根据经验，通过观察荧光屏亮度即可证实，比如，毫安值不大，而亮度很高，多为上述原因。从电路分析中可知，毫安表分流电阻阻值变小、整流器质量不佳及电容电流补偿电路过度补偿均会出现毫安表指示小于实际管电流，其中尤以整流器漏电和电容补偿过度为多见。

2. 检查程序

（1）将机器调在低千伏透视位。

（2）在毫安表电路中，串入一只量程为 5mA 的直流毫安表（亦可用万用表直流 5mA 档代替），观察其透视电流值是否一致，若差值较大，是毫安表故障，否则说明毫安表无故障。

（3）在管电流测量整流电路前串入一只量程为 20mA 的交流毫安表，看其透视管电流指示，若交流毫安表指示比控制台毫安表指示成倍增高，则说明分流过大，应重新调整电容补偿装置，并对毫安测量整流器质量进行检查。

第五节 典型电路故障检修

一、F78-II 型 300mAX 射线机电路故障的检修

（一）故障现象

正常选择曝光条件并按下曝光手闸，阳极正常启动旋转，但松开摄影手闸后无 X 射线产生（不曝光），mA 表无指示，阳极旋转不能停止，关机后，阳极慢慢停止转动。透视时一切工作正常，但点片摄影时，出现的故障现象同上。

（二）故障分析（参见原理图 7-19）

本机普通摄影时正常工作程序为

按手闸→JC8 得电工作（准备）→JC5 工作→阳极启动 $\xrightarrow{\text{延时}1.2s}$ →J4 工作 $\xrightarrow{\text{松手闸}}$ →JC8 释放→JC3 工作（曝光） $\xrightarrow{\text{限时完}}$ →J1 工作→JC3、JC5 释放（曝光结束） $\xrightarrow{\text{JC5常开接点断}}$ →JC6 释放→阳极制动。

胃肠摄影的工作程序为

拉动片盒操纵手柄→胃肠摄影切换开关 K1 左合→JC8 工作（准备）→JC4 工作→阳极启动 $\xrightarrow{\text{延时}1.2s}$ →J4 工作 $\xrightarrow{\text{压K3开关}}$ →JC8 释放→JC2 工作（曝光） $\xrightarrow{\text{限时完}}$ →J1 工作→JC2、JC4 停止工作（曝光结束） $\xrightarrow{\text{JC4常开接点断}}$ →JC6 释放→阳极制动。

若 J1 有故障，J2 能辅助切断曝光。

现因阳极能启动不能制动,可以确定曝光控制过程的某一环节必定有问题,故可先撇开高压电路,暂确定为低压电路故障。可能出现故障的环节有:启动延时(保护)电路不正常;手闸卡死导致 JC8 不能释放;限时不能终止(同时限时保护电路不起作用);制动电路故障;其它相关线路故障等。

(三) 检查定位

由于可能出现故障的环节还比较多,可作进一步的试验,将故障定位在重点电路或器件上,方法如下:拆下高压初级接线,重复普通及点片摄影,故障现象不变,且曝光时,高压初级无电压;进一步观察,普通摄影时,JC5 工作,JC3 不工作,点片摄影时,JC4 工作,JC2 不工作,这时可确定为摄影高压接触器 JC2、JC3 的控制线路有问题,可能性最大的是 J4 未工作或虽工作但相应接点不能接通,以及 J08 相应接点未接通,也有可能是 JC2、JC3 共同通路有断线等;经观察证实 JC8 继电器未释放。

(四) 测试检查

由于 JC8 继电器受控于手闸和了 4 继电器,故直接测量启动保护电路中 J4 两端是否有直流电压,若有电压可能是 J4 线圈开路、控制 J08 的接点粘熔或手闸卡死。测量表明 J4 两端没有电压,证明它未工作,造成 JC2、了 C3 不能工作,机器无法曝光。进一步测量启动保护电路,以确定具体故障元器件。

1. 测稳压电源(BG201 两端)直流电压正常,故可排除直流电源故障。如测得电压值很低,可考虑是 BG201 击穿,或滤波电容 C601 及整流器 BG601 击穿(此时,其它直流电源也没有);如测得完全无电压,可能为熔断丝 RD7 熔断,或电源变压器 B1 供电有开路现象;倘若测得的电压比正常值高许多,则可能为稳压管 BG201 损坏开路。

2. 由于测得了 4 两端无电压,故可先不考虑其线圈开路的可能。

3. 测 BG204 发射结电压为反偏,即其基极电压过高,可能是前级晶体管没有导通或有其它开路现象。若为正偏,可考虑是 G204 射集极间开路或相应接线开路,现可暂不予考虑。

4. 测 BG205 发射结电压亦反偏,其基极电压几乎为零,可能为前级无电压注入或基极开路。若为正偏置,且集电极电压接近于电源电压时,应考虑是 BG205 集电极和发射极间开路,因为此时正常的集电极电压应接近于 BG206 等决定的基准电压,再进一步测量则可确定是否是由于 BG206 击穿导致 BG205 集、射间开路。

5. 测 C201 两端电压很微小,可能是其本身击穿或前级无输入。

6. 测由 BG211、BG212、BG213 组成的“与门”输出,几乎为零伏,可确定其有故障。

7. 分别测量 BG214~BG216 的负极,发现 BG216 负极直流电压为零,另两者正常,极有可能 BG216 或 C204 击穿,再用交流电压档测得 C204 两端有电压,证明 C204 未击穿,最终确定为 BG216 击穿。若 BG216 负极直流电压不是零,只是较低(电源电压在 R210 上的分压),则应考虑为灯丝开路;而 BG214、BG215 负极为低电压,可考虑是启动电容击穿或运转线圈回路有断路,但此时阳极不能旋转,故不在本故障范围。

(五) 修理

将 BG216 更换同型号整流二极管,电路控制过程即恢复正常。

若仍无 X 射线产生(不曝光),可继续检查高压初级有无电压;灯丝电压初级电压是否

正常；灯丝是否燃亮；乃至高压电缆有无开路等。这里不作详述。

（六）结论

明确故障现象、熟悉的机器工作程序、合理的测量手段及严谨的逻辑推理是检查故障的必要条件。从以上检查故障的过程中可以看出，简单的测量和直接的观察能较好地做到故障的初步定位。比如本例的不曝光这类综合性故障，因为判定了高压初级无电压、高压接触器不工作，故可将故障范围确定在低压部，然后从明显可以观察到的非正常工作器件（继电器等）入手进行逆向的观测。在确定了 JC8 未工作后，由于本例中前级现象已不易直接观察（J4 为密封式继电器），故采用逐级地向前测量的方法。这种从末级故障向前测量—推断—再测量—再推断，直至查出导致故障最原始元器件的方法，可以称为逆向思维法，是 X 射线机维修中的常见手段。在测量中，一定要清楚正常状态应是什么样的，正常的电参量（如电压）应是什么，只有如此，才能从测量结果中得到分析推理的依据，以便作出下一步合理的检查和测量，否则便会多走弯路，做一些徒劳无功的工作。

二、KB-500 型 500mAX 射线机电路故障的检修

（一）故障现象

正常选择条件作普通摄影，压下手闸第一档，旋转阳极运转，但压下手闸第二档，机器不曝光，mA 表（或 mAs 表）无管电流指示，松开手闸，旋转阳极经数秒钟后停止转动。透视时，一切工作都正常，点片故障同上。

（二）故障分析

本机普通摄影时的工作程序为

按手闸第一档（SK1 合）→Fja、LJ 工作→阳极启动 $\xrightarrow{0.8s后}$ 延时及延时辅助继电器
TJ、HJ 工作→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{阳极降压运行。} \\ \text{延时保护继电器KJ工作} \end{array} \right.$ $\xrightarrow{\text{按手闸二档（SK2合）}}$ 曝光辅助继电器 SJ 工作→限时
器工作→触发主可控硅导通（曝光） $\xrightarrow{\text{限时完}}$ 主可控硅过零截止（曝光结束）→松开手闸
→Fja、LJ、SJ 均释放→旋转阳极制动。

从工作程序及故障现象分析：因为旋转阳极能正常制动，表明其启动及延时都正常（即 SJ 必已工作），所以故障只可能出现在限时器电路及高压初次级电路中。

（三）故障定位（参考图 7-23）

拆下高压初级在控制台中 P1、P2 的接线，摄影时故障同前，同时测量 P1、P2 伺电压，无指示，可确定为低压电路故障。另外可以看出高压保护继电器 SC 已工作，测得 S1 与 P2 间有电压，快速熔断丝 RD6 完好，故可排除进线及保险丝故障，再测 A、B 间与 C、D 间均无脉冲触发电压（用示波器 20kHz 档观察更明显），可确定为限时电路内部有故障。

(四) 检查与测量 (参考图 7-28)

1. 限时电路的工作程序 SJ 工作 $\xrightarrow{\text{自检正常时JF工作并自锁}}$ Ja 工作 $\rightarrow$ Jz 工作

电源电压过零时 $\rightarrow$ SCR101 导通 $\rightarrow$ $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow J_G \text{ 工作 (曝光指示)。} \\ \rightarrow \text{限时器开始控时} \rightarrow \text{时间到} \rightarrow \text{单结晶体管UJT102导通} \rightarrow \\ \rightarrow \text{同步触发脉冲产生} \rightarrow \text{A、B与C、D输出同步触发脉冲。} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{SCR103导通} \rightarrow J_x \text{ 工作} \rightarrow J_e \text{ 工作并自锁} \rightarrow J_a \text{ 释放} \rightarrow J_z、J_G \text{ 失电释放。} \\ \rightarrow \text{SCR102导通} \rightarrow \text{UJT101停止振荡} \rightarrow \text{A、B与C、D停止输出触发脉冲。} \end{array} \right.$

松开手闸, SJ 释放, 限时电路恢复原始状态。

2. 观察

(1) 自检: 用延伸板分别将限时电路板 (共二块) 接出观察, 开机后 Jx 工作, “工作并自锁、Jx 再释放, 表明自检工作正常。若自检不正常, 可能的故障有: 24V 直流稳压器无输出或输出很低; Jf3 接点接触不良; 限时器 (RC 电路、UJT102、SCR103 等) 不正常。

(2) 曝光: 按下手闸二档且 SJ 工作后, a、Jz 均正常工作, 但 JG 未工作, 说明与其相关的电路有故障。由于 JZ 能正常工作, 所以 24V 直流电源、Jf3、Jal 接点均无问题, 可能的故障是 SCR101 未导通, JG 线圈开路等。

3. 测量

(1) 测量 SCR101 阴极对地直流电压为零, 证明其未导通, 否则极有可能是 SCR101 焊接不良。可能引起此现象的有同步信号发生器无同步脉冲输出、D112 开路、Jz1 接点接触不良, 以及其本身故障和相关线路开路等。

(2) 再测 A1、A2 两端, 即 BG103 集、射两极, 有电压输出 (示波器可见足够幅度的脉冲电压)。若无, 则为同步信号发生器故障, 如 BG103 击穿等。

(3) 依次测 D112 负极、SCR101 触发极对 A2 均有电压, 排除了二极管 D112 开路和继电器 Jz1 接点接触不良的可能, 剩下的可能只有 SCR101 开路或焊接上有虚焊现象。

(4) 断电后, 用 $R \times 1\Omega$ 档测 SCR101 阴极与印刷板电路板焊接点的电阻, 阻值为零, 说明接触良好, 最终确定为 SCR101 损坏 (开路)。

(五) 修理

更换 SCR101 (型号为 3CT5KC)。按下手闸再作曝光, 限时电路工作正常, 测量 P1、P2, 有正常电压产生。若 P1、P2 间仍无电压产生, 应考虑振荡器部分故障或两只主可控硅同时损坏。

(六) 结论

从本例中再次看出了熟悉机器工作程序和认真观察对故障定位的巨大帮助, 从启动与制动正常即可将故障定位在限时电路和高压电路, 再通过 P1、P2 间电压测量及限时电路中各继电器工作状态的直接观察, 很快缩小了故障检查范围, 只需进行几次有针对性的测量即可找出故障所在。故障检查中要善于对比, 以便迅速确定公用电路有否故障, 如本例中的 (四)、

2. (2)。

三、岛津 XHD150B-10 型 800mAX 射线机故障的检修

(一) 故障现象

透视时, mA 表无指示, 自耦变压器有严重的过载嗡嗡声, 保险丝 F-FL 熔断。

(二) 故障分析

由于有保险丝熔断的现象, 说明电路中有短路故障, 包括一般性短路和高压击穿。又因为短路现象发生在透视曝光时, 故最大的可能为高压击穿, 在这里可排除 X 射线管真空度不良和阴极高压电缆击穿, 因为这时 mA 表不应该无指示, 而应指示满刻度并进行过电流保护, 参见图 2-3-16。所以, 可能的故障是, 阳极高压电缆击穿、高压整流器击穿及高压变压器击穿等。

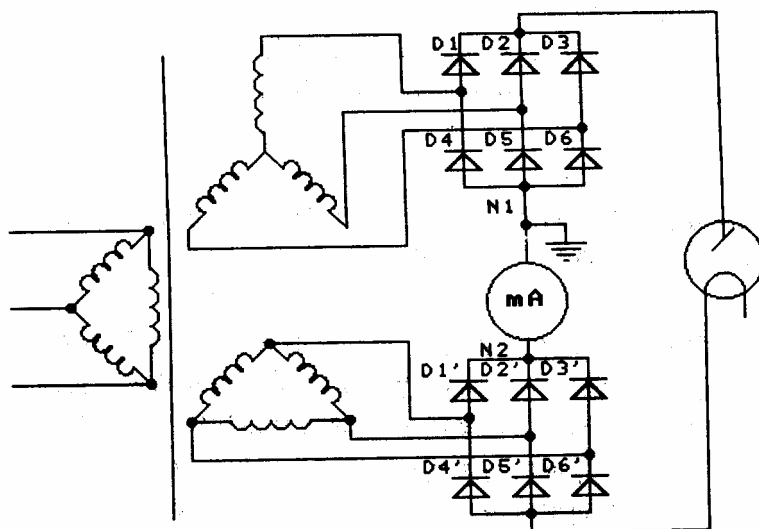


图 2-3-16 高压整流及 mA 检测

(三) 试验及故障定位

1. 拔下高压发生器上的高压电缆, 用最低条件透视, 故障现象不变, 说明不是高压电缆(阳极)击穿故障, 若为阳极电缆击穿, 此时故障应消失。

2. 吊出高压发生器及整流器, 拆下 D1、D2、D3、D4 及 D1'、D2'、D3'、D4', 1000V 摇表逐一测量其反相电阻, 应为无穷大, 否则为击穿。注意: 这里由于整流器较多, 不宜采用前面所介绍的方法逐一拆下试验, 以免试验次数过多, 造成新的故障现象。

测试结果表明, D2、D4、D2'、D4' 均击穿短路。

(四) 修理

用国产 2DL150X1 (或用同型号高压整流管) 替换被击穿的整流管并经加工固定装入高

压发生器，经高压试验台耐压试验，结果正常。再将发生器与原主机联接试验，最低千伏时又出现前述故障，重测 D2、D4、D2'、D4'，表明又被击穿。

（五）再分析

由于高压试验台耐压试验时一切正常，而接入原主机后即出现整流器击穿现象，说明主机电路有故障，可能是高压初级（T1、T2）电压过高。

（六）再测试

拆下高压初级接线！由于该机透视时高压初级的电压为正弦波的某导通角，近似于三角波，不宜用电压表直接测量，故在 T1、T2 接入示波器观察，所得波形如图 2-3-17 所示。从波形可以看出，其正半周（U 正 V 负时）为完整的正弦波，负半周则为正确的三角波，由此可见，该机的高压初级电压有问题。



图 2-3-17 透视时实测得到的高压初级波形图

（七）测量与检查

从波形图可见，当 U 相为正电压时，高压初级全周导通，这与 SCR1、2 交替受导通角触发脉冲的控制导通有异。通过原理分析，可首先排除是 SCR1、2 被击穿，因为那样的话，高压初级波形应为完整的正弦波。用示波器观察 4GB、K2，是规律的间隔为 360° 的触发脉冲，即正常，故可排除 SCR2 全周导通；考虑到防突波组件 SCR7 等与 SCR2 并联，当 SCR7 在 U 相为正时立即被触发也能得到上面所示的高压波形，测量 SCR7 触发极与阴极间（G7、K7）有 4V 的直流电压，所以为 SCR7 受触发而导通。观察 K1-F1 透视继电器常闭接点动作，但关机后测量 1GA、1GB 间始终处于短路状态，查明为这两常闭接点的上端靠得过近造成短路。

（八）修理

分开短路处，（或更换 K1-F1 继电器）后，测得 T1、T2 为正确的三角波。再更换高压整流管，并排气滤油后与原主机联接，一切恢复正常。

（九）结论

造成本机故障的根本原因在高压初级。由于它的透视千伏采用导通角控制，当高压初级为全波时，166V 的单相电源（UV 相间）产生的 kVp 远远大于机器的最高工作千伏，造成整流器的击穿，故表现出来的是高压击穿现象。而导致高压初级电压波形异常的原因却不是透视千伏控制电路，而是摄影用的防突波电路在透视时被触发导通，所以，在故障排除上，不但要弄清各单元电路的原理，更要弄清互相的联系与影响。从该故障的排除中可以看到，对于高压击穿故障，应考虑器件老化性能下降所致，还要考虑是否是控制出现故障所致。如开始时能对透视高压初级电压波形进行观察，即可避免整流器的第二次击穿，更重要的是可

避免多次试验可能造成的其它高压元器件的损坏。

通过 X 射线机电路故障维修实例可以看出, 一个维修工作者要迅速、准确、可靠地排除故障, 必须注意以下几方面能力的培养: 一是要有良好的观察能力, 因为通过观察确定故障现象, 是检修者能正确推理的依据, 是一切分析的基础; 二是具备良好的电路分析能力, 因为只有正确分析电路, 才能可靠地掌握机器的工作程序, 才能根据具体故障现象进行合理的逻辑推理, 从而找出故障所在; 三是要有将各种检修方法进行灵活组合的能力, 因为检修方法只有运用得合理才能获得事半功倍的效果。此外, 熟悉 X 射线机的常见故障现象及造成的原因, 对于其快速修复会有很大的帮助, 因为 X 射线机的基本原理是一致的, 基本单元和常用器件的故障都有一定的共性, 是有规律可循的。

第六节 X 线机的故障与维修

一、X 线机故障分类

由于近代 X 线机的发展, 医用 X 线机已不再是一种单纯的由电路和简单的机械装置组成的机电产品, 而是集各种电路于一体的医学工程设备, 电路结构十分复杂, 机械结构和应用设备也越来越多, 因此故障是多种多样的。若按 X 线机的机件性质来分基本上可分机械故障和电路故障两大类。

(一) 机械故障

机械故障是指 X 线机各种机械部件所发生的故障, 常见的有四种情况:

1. 转动件失灵或卡死 这是机械中常见故障, 多因机件受潮生锈、润滑不及时或杂物侵入后未清除造成的。
2. 机件变形断裂 这种故障多因机件受压、碰撞造成的。有时也因安装调整不当使某些机件位置不正、受力不均造成的。在安装时应认真检查, 一旦发现应及时纠正或更换。
3. 连接件松动或脱落 这种故障多因安装时未将各固定螺钉拧紧, 在机械长期活动中逐渐松动或松脱。这是一种具有很大危险和破坏性的潜在故障, 应特别注意检查和及时维修。

(二) 电路故障

电路故障按故障性质分为:

1. 断路故障 是指电路中电流被完全切断或电流值远低于正常值的现象。如由各种原因造成的连接线折断、松脱和接触不良。故障发生后视故障所在位置不同, 可使局部电路或整机电路工作不正常或完全停止工作。
2. 短路故障 是指由于连接线和元件的绝缘强度下降而被击穿使电流直接通地; 由于各种原因使不应该互相连接的导线和元件间发生碰接, 使电路短路; 由于某些元件漏电而使电路中的电流远大正常值等现象。这种故障危害极大, 轻者使保险装置烧毁, 重者使元件或局部电路因电流过大而烧毁。
3. 元件损坏或老化 是指电气元件失去应有的性能而无法使用, 如 X 线管真空度下降、元件破碎、晶体管击穿等。这种故障除元件本身已不作用外, 还将造成电路断路或短路故障。

由于 X 线机的电路结构通常可分为低压电路和高压电路两部分，因此其故障也可按所在电路分为低压电路故障和高压电路故障。前者是指在电源电路、灯丝初级电路、高压初级电路、控制电路、辅助电路中发生的各种故障；后者是指发生在高压次级电路中的各种故障。

在 X 线机检修中，根据故障现象，首先判断出是高压电路故障还是低压电路故障，然后进行逐级检查，减少试验次数，减少检查时间。

二、故障检查的基本方法

X 线机的检修是以 X 线机的工作原理和设计参数为依据，以故障现象为线索，通过分析和推理，采用恰当的方法检查出故障，予以排除，使机器恢复正常的复杂过程。因此，掌握分析故障的一般程序和故障检查方法，是优质快速排出故障的重要保证。

（一）检查故障的一般程序

X 线机发生故障后，必然出现各种现象，这些异常现象虽多，但都具有一定的特征。在分析故障时，首先根据整机电路工作原理，经过分析推理和必要的试验，判断故障所在的电路，即故障在高压电路还是在低压电路，在低压电路是在哪部分，最后运用恰当的检查方法将故障检查出来。

图 2-3-18 是一般 X 线机不产生 X 线时的故障检查程序图。

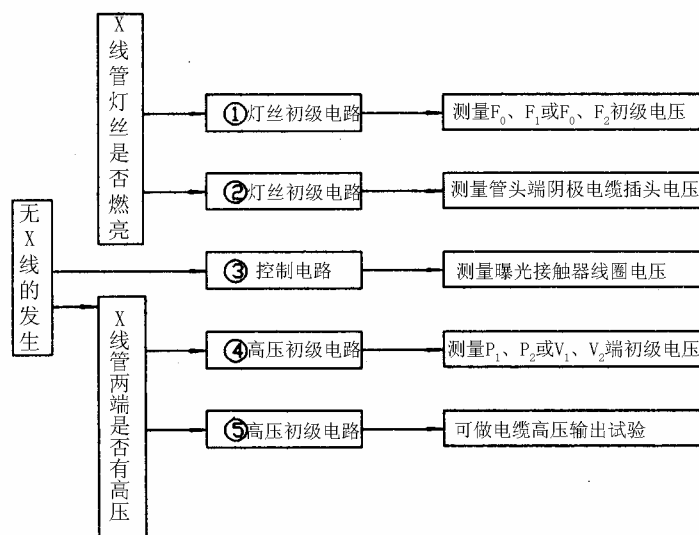


图 2-3-18 X 线机综合故障检查程序图

（二）检查故障的基本方法

1. 感触法 又称直观法，是利用人们的感觉器官直接发现故障的一种方法。该方法适用于表面故障的检查。如通过观察可以发现 X 线管、高压整流管、电子管的灯丝是否燃亮；电路中有无放电现象；元件有无损坏；连接线有无脱落等。通过耳听可以发现机器工作时产生的异常声音，旋转阳极启动运转是否正常，接触器、继电器是否正常工作。通过气味可以判断某些元件或导线是否因电流过大而高热烧焦或击穿。在机器断电后，用手触摸某些元件

或其温度的高低判断出电路的工作是否正常。

2. 短接法 是指用导线把由电器控制的电路的通断直接接通的方法。这种方法多用于低压电路中断路故障的检查。检查时只要将怀疑点逐一短路即可查出故障所在,如图 2-3-19,是 X 线机电路中的一部分,TC 是接触器线圈,WC 是继电器的常闭触点,JK 为脚闸,RD 为保险丝。当 A、B 间有 220V 电压输入时,闭合 JK 后,TC 应工作,若不工作,则是电路中发生断路故障,此时就可以用短接法将 JK、WC 常闭触点和 RD 逐一短接,短接到哪一部分后 TC 恢复工作,则被短路部分发生了断路故障。

应该指出的是,使用短接法时,其被短接两点的电位必须相同,否则将使电路发生短路,造成更大的故障。

3. 切除法 又称断路法,是指根据故障现象和电路结构,断开一部分电路检查另一部分电路,逐步缩小检查范围,查出故障的方法。这种方法多用于低压和高压电路中短路故障的检查,特别对一些电路结构复杂,难以判断所在的故障更为适用。图 2-3-20 为一例,若电路 X、Y 端有电压输入后,按下手开关 SK,保险丝 RD 立即熔断。很明显,这种故障说明电路发生了短路故障。由于短路故障可发生在每个元件和每条连接线上,判断故障所在较难,若逐个元件检查,时间既长也不方便,此时就可以用切除法检查,先将图中 A 处的连接线拆下,

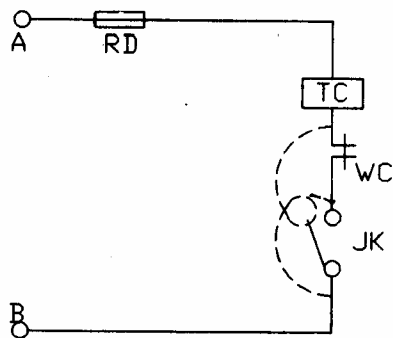


图 2-3-19 短路法图例

再将 A 处接线复原,由 C 处将 J 支路切除,再进行一次通电试验,即可检查出是 B₂ 短路,还是 J 支路短路。

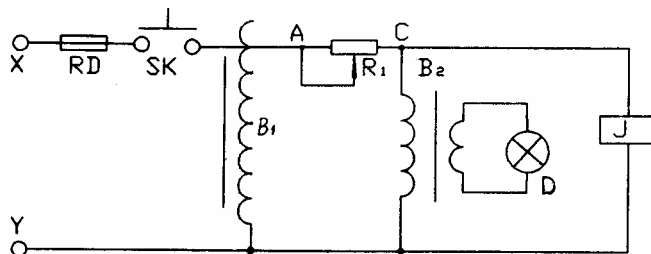


图 2-3-20 切除法图例

4. 代替法 也称置换法,是指用人工驱动电器动作,如接触器、继电器,或用同型号或数值近似的元件置换可疑元件或以相同性能的电路板代替可疑板的检查方法。这种方法多在对某一元件、机件或电路板质量有怀疑,但又无其它条件对其进行鉴别的情况下才使用。

5. 测量法 也称仪表法,是指用各类仪表、计时器和示波器等测量电路及元件的额定数值是否正常的检查方法。这种方法是 X 线机检修中最重要的、最普遍、最准确的方法。运用不同的仪表检查不同的故障,既迅速又准确。由于仪表能直接指示数据或波形,因此更适用于检查那些因电路或元件参数发生改变而出现的故障。

以上 5 种方法不是孤立的，检修中，5 种方法几乎都要用到。因此，在实际工作中，要结合机器发生故障的现象，从实际出发，以准而快地查出故障为原则，灵活地综合地运用上述方法。

三、故障维修注意事项

（一）检修原则

（1）检修者必须具有 X 线机的专业知识和一定的实践经验，要有严肃、认真的检修态度。

（2）检修者一定要对所检修的 X 线机说明书以及有关资料数据认真阅读和掌握，掌握操作程序，并弄懂机械的结构原理、电路工作原理。

（3）全面地了解故障发生的情况和现象，综合分析，制订检修计划，检修完毕应对机器进行校验和必要的调整。

（二）检修注意事项

（1）按检修计划逐步进行检查，检修中使用的仪表精度要高，至少不能低于机器所用的等级，以免测量误差大，影响检修工作。

（2）检修中凡拆下的导线应作好记录并加以编号，以免复原时出现错线错位，造成故障。

（3）在检修曝光电路故障中，为减少不必要的 X 线产生，应把高压初级连接线拆下，并短接后接地，以免发生电击事故。

（4）在测试 X 线管灯丝时一定要把高压初级连线拆除。

（5）带有高压电缆的 X 线机或高压电容的 X 线机通电后，由于电容通电和高压静电作用，高压电缆的插头上的金属脚电位很高，应对地放电后方可接触，否则会发生电击事故，危及生命。

（6）当遇到短路故障时，如高压击穿，机器漏电等情况，应尽量避免过多重复试验，非试不可时，应降低条件，防止故障扩大。

四、故障综合分析举例

（一）F30-II B 照像 mA 正常，透视时荧光屏亮度正常，但 mA 指针倒退

从现象上看，说明 mA 测量电路发生故障。照像正常说明 $D_1 \sim D_4$ 是完好的。本机采用的是变压器式电容电流补偿，透视时， JC_1 接通，切断 250mA 档，同时接通 D_5 ，使电容电流反向流入电流表，只有表内无管电流流过时，指针才反向，因而怀疑 JC_3 常闭未接通。具体检查方法：①断电后，用万用表 X1 档测量负和 10mA 端，mA 表指针动，说明 mA 表内部导通；②用万用表测量 JC_3 常闭触点，是开路，高压经 G_8 构成回路，只有电容电流流过。

说明判断正确，经处理 JC_3 接点，一切正常。

另外，当组合机头 X 线管有轻微漏气，漏气电流与管电流相反，当前者大于后者时，指针倒退。

(二) F78-II 投照条件不过载, 但过载指示灯亮, 不能曝光

本机设有容量保护电容, 其作用是从电路上防止操作者选择的摄影条件超过 X 线管容量时切断高压, 该机采用的是 kV-mA-Sec 联锁, 为一次性保护 (如图 9-81)。

图 9-81 中 70V 直流电源变压器通过整流稳压供给保护电路作直流电源, 并为 BG305 的发射极提供基准电压 VB, 变压器 B₁₁ 的初级与摄影高压变压器初级相并联, 初级电压随 kV 的提高而增加, 它的次级 XY 端摄影 mA 调节旋钮 XK1~200 及摄影时间调节旋钮 XK2~10。所选定的相应电阻 R₃₀₇~R₃₁₂ 进行串联后输出相应的电压, 这个电压反映了 kVP、mA、Sec 三个参数关系, 把这个电压整流后进行滤波作为 VA 与 BG30s 基极电压 VB 进行比较, 当 VA<VB 时, BG₃₀₅ 截止, BG₃₀₄ 截止, 工: 不工作可进行摄影; 反之, BG₃₀₄ 导通, J₃ 工作切断高压, 并致使过载指示灯亮, 当投照条件选择不过载而过载指示灯亮, 则故障在容量保护电路。具体检查方法见流程图 (图 2-3-21)。

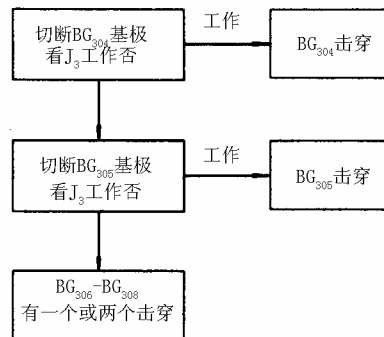


图 2-3-21 流程图

(三) XG-200 旋转阳极延时由 0.8~1.2s 增至 5s

按下该机手闸旋转阳极转, 正常时, 0.8~1.2s 后即可听到高压继电器吸合的声音。但 5s 以后, 才能听到曝光声音, 说明延时过长, 这样容易烧毁旋转阳极线圈。因为旋转阳极在设计时允许承受瞬间过载 4 倍左右的电压, 当 0.8~1.2s 后, 一旦达到额定转速, 即可降低供电电压, 用以保护额定转速。如果延时过长, 极易使线圈发热, 绝缘层破坏, 同时病人也不易配合, 照片质量不好。

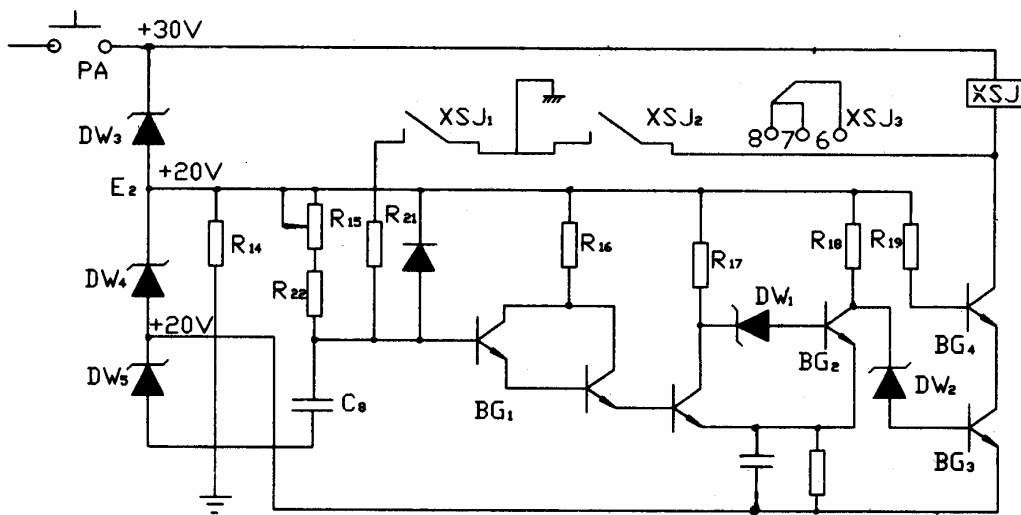


图 2-3-22 XG-200 旋转阳极延时电路

延时过长主要是在延时器上,该机的延时器及工作原理在前面介绍主机电路时已经介绍了,不再详述。具体故障检查方法见图 2-3-22。

由电路图 9-89 可知,延时时间长短决定于 C_8 、 R_{22} 和 R_{15} ,随着使用时间的延长电容 C_8 的容量不会变大,唯一能变大的是电阻,同时也与充电电压有关系,电压越低充电时间越长,延时时间越长。经测量电阻 R_{22} 、 R_{15} 正常,测量电源电压,发现 E_2+20V 处仅有 12V 电压,进一步检查,是 DW_5 稳压管击穿并呈现一定电阻,更换新品后正常。

(四) 毫安表无指示也无 X 线发生

出现上述故障可按表 2-3-2 进行检查。

表 2-3-2 毫安表无指示时检查程序

检查顺序	故障可能原因	检查部位
X 线管灯丝变压器初级电路的故障(有故障时, F_0 与 F_1 或 F_2 无电压或电压很低)	稳压器有故障; 空间电荷抵偿器故障; 灯丝加热元件有故障; 灯丝变压器初级线圈有故障; 灯丝电路熔断器有故障	测量稳压器有无输出电压; 检查空间电荷抵偿变压器是否有输出电压及断路; 检查灯丝加热电阻及电位器有无断路或接触不良; 测量灯丝变压器初级线圈是否导通; 检查灯丝电路熔断器是否熔断或接触不良
次级电路的故障(有故障时, X 线管灯丝不亮)	灯丝变压器次级有故障; 高压电缆心线有断路; 高压电缆插头与插座接触不良; X 线管灯丝断路	测量高压发生器端阴极插座有无输出-电压; 测量高压电缆心线是否导通,或测量管头端电缆插头有无输出电压; 测量管头端电缆插头有无输出电压; 测量管头阴极电缆插座灯丝回路是否导通
控制电路的故障(有故障时,按下曝光手闸,高压接触器不工作)	机器过载; 透视摄影交换闸未交换; 脚闸或手闸有故障; 滤线器有故障; 限时器有故障; 旋转阳极启动电路有故障; 高压接触器线圈断路	观察过载指示灯是否燃亮,预置条件是否超过允许规格; 检查各选择器的位置是否正确; 检查脚闸、手闸引线是否断路,接点接触是否良好; 检查滤线器工作线圈是否得电工作,所控接点能否闭合; 测量限时器电源是否正常,限时器机件有无损坏; 测量旋转阳极启动电路运转电压是否正常,检查分相电容器、电压继电器是否损坏; 测量线圈是否通路或线圈两端有无电压
高压变压器次级电路的故障(有故障时, P_1 与 P_2 间无输出)	高压接触器触点有故障; 初级电路有断路; 电路熔断器烧毁; 初级无输入电源	测量触点接触电阻,检查触点有无损坏; 检查电路各连接线有无松脱; 测量熔断器是否导通; 检查自耦变压器的千伏调节炭轮是否接触良好
次级电路的故障(有故障时,初级正常,但无 X 线)	高压整流电路有故障; 高压电缆插头与插座接触不良; 高压变压器次引线或线圈断路	检查高压整流管灯丝是否加热、硅整流:器是否断路; 可做次级有无电压输出试验; 检查电缆固定环是否旋紧,电缆插头的插脚是否损坏 抬出高压变压器检查

（五）毫安表指示满刻度

可能出现该故障的原因是：①半波整流 X 线机球管真空不良；②全波整流 X 线机高压整流管真空不良或硅堆整流器击穿；③全波整流 X 线机高压电缆或插头、插座击穿；④全波整流 X 线机高压变压器、灯丝变压器及其它绝缘物击穿；⑤全波整流 X 线机 X 线管真空不良。⑥毫安表分流器烧断。

具体分析检查：在具体确定控制台无故障后，应按如下步骤检查：

（1）首先观察高压电缆两端及插头、插座处有无明显的击穿或烧焦或臭味，如无异常则可检查 X 线管管头。

（2）拆下控制台内 X 线管灯丝初级接线 F_0 、 F_1 或 F_0 、 F_2 使 X 线管灯丝不加热，用低千伏做透视，观察 X 线管有无辉光。若有辉光，则为 X 线管真空不良所致；如无辉光而毫安表满刻度，此时应特别注意管头端座有无击穿现象。以上无异常，则需进一步检查。

（3）拔出高压发生器端的电缆，并在高压插座内注入变压器油，仍用低千伏做透视试验，将有两种情况：①若故障消失（即毫安表无指示），则可判断高压电缆击穿，然后将两电缆逐根插入插座，通高压可判断哪一根电缆击穿；②若故障依旧，则可判断故障发生在高压发生器内，需对高压发生器做进一步检查。高压发生器内有高压真空整流管（或硅堆整流器）、灯丝变压器、高压变压器、绝缘支架等部件，这些部件中整流管真空度不良，其它部件击穿都将使毫安表指针冲到头，因此首先应检查高压整流管的真空度是否降低，此系常见故障。如果机器是用硅整流器整流，可用代替法或类似上述方法进行试验，可找出击穿的硅整流器，在排除整流部分故障之后，如故障依旧，则灯丝变压器或高压变压器有击穿，应抬出高压变压器检查。

五、X 射线发生原理及基本认识

（一）X 射线产生的条件

X 射线是在高度真空的 X 射线管中产生的。更确切地说，是高速电子与阳极靶面相互作用的结果。高速电子与靶面物质的相互作用是很复杂的。一般说来，高速电子在失去其全部动能而变成自由电子之前要穿过很多原子间隙，经过很多次碰撞，发生多种作用的物理过程。从能量转换角度来看，高速电子能量损失分碰撞损失和辐射损失两种情况，碰撞损失将全部变为热能，使阳极温度迅速上升，99%左右的高速电子动能都在碰撞损失中转换为热能，辐射损失是高速电子与靶原子内层电子或原子核相互作用的结果，以辐射 X 射线光子的形式而损失能量，这部分能量大约占高速电子总动能的百分之零点几。可见，在 X 射线管中的 X 射线能的转换效率是很低的。

（二）X 射线的结构

从 X 射线的结构分析看，有连续 X 射线、标识 X 射线。X 射线的量和质还有物理方面的量和质。X 射线贯穿物质的本领叫做 X 射线的质（或硬度），它只决定于每个光子能量的大小，而与光子的数目无关，所以，X 射线的质用波长或频率来表示。诊断方面的量和质是根据 X 射线量和质的物理概念，在医用诊断方面有习惯的度量标准。通常以 X 射线管的管电流与 X 射线照射时间乘积，来表示 X 射线的量，单位： $\text{mA} \cdot \text{s}$ ；以 X 射线管的峰值管电

压来表示 X 射线的质。

（三）X 射线的本质和特性

1. X 射线的本质

从 X 射线的本质和特性看，X 射线是一种不可见光，具有光的一切通性。光是一种电磁波，且有波、粒二象性。这是光的本质，也是 X 射线的本质。在电磁波谱中，X 射线是介于紫外线和 Y 射线之间的电磁波，同时具有波动性和微粒性。前者的特征是具有波长和频率；后者的特征是具有能量、动量和质量。二象性是统一的。

2. X 射线的特性

X 射线除了上述的共性以外，由于其波长短，光子能量大，具有与其他电磁波不同的特殊性质。

（1）物理效应

穿透作用：穿透作用是指 X 射线通过物质时不被吸收的本领。穿透性取决于物质对 X 射线的吸收作用。

电离作用：电离作用是物质受 X 射线照射时，使核外电子脱离原子轨道的作用。电离过程又分为一次电离和二次电离。由于电离作用，使气体能够导电；某些物质可以发生化学反应；在有机体内可以诱发各种生物效应。电离作用是 X 射线损伤和治疗的基础。

荧光作用：有些物质（如磷、铂氰化钡、硫化锌镉、钨酸钙等）受 X 射线照射后，由于电离或激发使原子处于激发状态，回到基态过程中，由价电子的能级跃迁而辐射出可见光或紫外线光谱，这种光谱就是荧光，而 X 射线使物质发生荧光的作用叫做荧光作用。

热作用：物质吸收的 X 射线能最终绝大部分转变为热能，使物体温度升高，这就是热作用。

还有干涉、衍射、反射、折射作用，这些作用与可见光一样，在 X 射线显微镜、波长测定和物质结构分析中都得到应用。

（2）化学效应

感光作用：当 X 射线照射到胶片的溴化银上的时候，由于电离作用，使溴化银药膜起化学变化，出现银颗粒沉淀，这就是 X 射线的感光作用。银颗粒沉淀的多少，由胶片受 X 射线的照射量而定，再经化学显影，变成黑色金属银，组成 X 射线影像，未感光的溴化银则被定影液溶解，使组织影像出现在胶片上。

着色作用：当某些物质（如铂氰化钡、铅玻璃、水晶等）经过 X 射线长期照射后，其晶体脱水而改变颜色，叫做着色作用。

生物效应：X 射线对生物组织细胞具有破坏、瓦解的作用，称为 X 射线的生物效应。生物效应是由 X 射线的电离作用所造成的。凡生长力强和分裂活动快的组织细胞，对 X 射线特别敏感，容易被破坏；X 射线停照后，恢复也慢。而软组织对 X 射线敏感性较差，破坏性也相对小一些。

六、X 射线管

（一）概述

X 射线管是 X 射线机中的主要元件，是一个高真空器件。目前所使用的是热阴极电子 X

射线管，其基本原理是利用阴极的热发射电子束在高压电场的作用下高速飞向阳极靶面，由于电子束受到急剧的阻止，在阳极靶面产生能量转换，除大部分转变为热能外，同时还激发发出 X 射线。为此，一个 X 射线管辐射 X 射线，必须具备以下条件：①一个能发射电子的阴极；②一个真空度较高的空间，使电子运动不受阻挡；③一个受电子轰击而产生 X 射线的阳极。

医用 X 射线管按用途可划分为：诊断用 X 射线管和治疗用 X 射线管。

对诊断用 X 射线管的基本要求是：具有小的焦点和大的功率。这样会减小由于焦点所引起的几何模糊度；同时由于输出功率大，曝光时间可以缩短，因而便减小了移动模糊度。

对治疗用 X 射线管的基本要求是：治疗用 X 射线管焦点尺寸不是决定性要素可以作的大一些，适用于较长曝光时间，而且应为固定阳极。由于阳极靶面所承受的总热量是很大的，通常采用风冷或流动的水（油）冷却，以达到临床使用要求。

（二）固定阳极 X 射线管

如图 2-3-23 所示，固定阳极 X 射线管的结构是由阳极、阴极和玻璃壳三个部分组成。

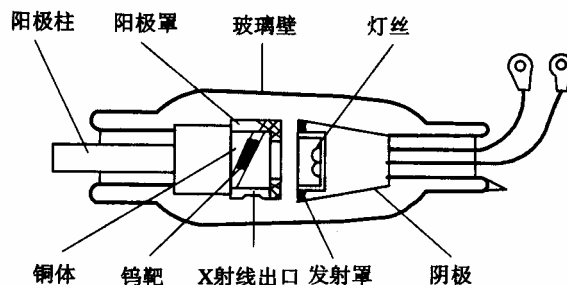


图 2-3-23 固定阳极 X 射线管结构示意图

固定阳极 X 射线管的阳极是由靶面、铜体、阳极罩、阳极柱四部分组成，阳极的作用是产生 X 射线，散热、吸收二次电子和散射线。靶面是用钨制成，钨导热率小、高熔点；阳极罩在靶外面由无氧铜制成，吸收二次电子和散射线；阳极柱由纯铜制成，将铜体引出管外，与油之间热传导把热传出去。阴极是由灯丝和集射罩组成，其作用是发射电子和聚焦，使打在靶面上的电子束具有一定的形状和大小，形成 X 射线的焦点，其灯丝是由钨制成，绕制成螺旋管状，作用是发射电子；为了适应一个 X 射线管不同使用功率的要求，一般装配长短两根灯丝，形成双焦点，阴极具有三根引线，其中一根为公用线，其余为大小灯丝的引线。

（三）旋转阳极 X 射线管

因固定阳极 X 射线管阳极焦点受温度影响，限制了功率，要提高功率就必须增大焦点，就会使清晰度降低，为此，1927 年以后研制出旋转阳极 X 射线管。如图 2-3-24 所示：

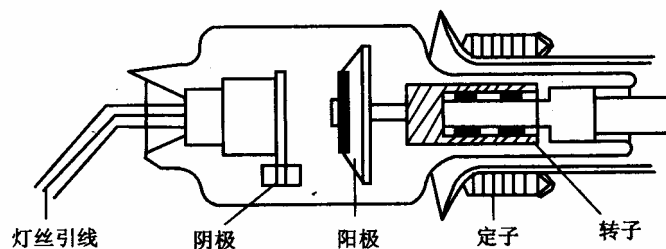


图 2-3-24 旋转阳极 X 射线管结构示意图

从偏离管子中心轴线的阴极发射出来的电子，轰击在转动的靶面上，由于热被均匀地分布在一个转动着的圆环面上，使单位上的热量大大减小，从而提高了 X 射线管的功率。目前旋转阳极 X 射线管功率为 20~50kW 的较多，有的高达 150kW 以上的；有效焦点多为 1~2mm²，微焦点可达 0.05~0.3mm²，摄影清晰度极高。与固定阳极相比，旋转阳极 X 射线管主要是阳极部分构造不同，阳极部分有靶面转子、转轴、轴承和定子等组成，其靶面角度在 6°~18° 之间的倾角，镶在一个直径 70~100mm 之间的圆盘上，中心钼杆与转子连接，20 世纪 60 年代以后生产的旋转阳极 X 射线管，其靶面多为铱钨合金镶在钼或石墨基体上，这样，比纯钨靶相比有以下优点：①铱钨合金靶面晶粒较细，抗热胀性提高，再结晶温度上升，靶面不易龟裂；②X 射线辐射率下降较慢；③大大提高了热容量。

旋转阳极转子是连接由无氧铜构成的旋转阳极靶，相当于异步电动机笼型转子，转速由下式决定：

$$n = \frac{120f}{P} \quad (\text{r/min})$$

式中 n ——转速；

f ——定子电源频率；

P ——定子极数，一般 $P=2$ 。

由于存在转差率，转子转速约落后于磁场转速的 10% 左右，对中速管（ $f=50\text{Hz}$ ）实际转速 $n=2700\text{r/min}$ ，对高速管（ $f=1560\text{Hz}$ ）实际转速 $n=8500\text{r/min}$ 左右。转速越高，X 射线管的功率越大。

（四）X 射线管的焦点

电子轰击在阳极靶面上的面积称为实际焦点。实际焦点在 X 射线投照方向上的投影称为有效焦点或目视焦点。为了获得清晰的图像，减小几何模糊度，要求缩小 X 射线的有效焦点，可以通过减小阳极靶面倾角达到这一目的。从实际投照需要出发，要求有效焦点面越小越好；但是，这样必然要求实际的焦点面缩小，在一定的阳极负载功率情况下提高了靶面的比容量，不利于热量的扩散。因此，阳极倾角不宜太小，但也不能过大，阳极倾角过大将会增大有效焦点面，使图像模糊不清。固定阳极 X 射线管实际焦点与有效焦点如图 2-3-25 所示。

由于固定阳极 X 射线管阳极焦点面受温度的影响不仅限制了它的功率，而且，也限制了有效焦点在临床上的应用，要提高功率就必须增大焦点面，焦点面增大又影响了影像的清晰度，两者不能兼顾。为此，旋转阳极 X 射线管较好的解决了这一矛盾。旋转阳极是将钨

制的阳极圆盘固定在电动机转子上，当电动机转动时阳极圆盘随之转动，阳极的实际焦点沿着钨盘的表面旋转，其轨迹为一圆环，使所产生的热量分布在一个连续运动着的环面上，虽然实际焦点面积较大，但有效焦点却很小，提高了 X 射线影像的清晰度。旋转阳极的实际焦点与有效焦点如图 2-3-26 所示。

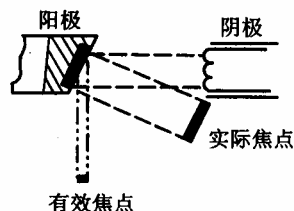


图 2-3-25 固定阳极实际焦点与有效焦点

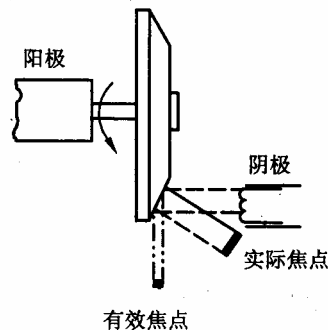


图 2-3-26 旋转阳极实际焦点与有效焦点

（五）X 射线管规格和基本特性

各种型号 X 射线管都有它一定的规格和特性，只有充分了解和正确运用才不会造成因使用不当而损坏 X 射线管。

1. X 射线管的规格参数

X 射线管规格参数包含结构参数和电参数两方面，结构参数指 X 射线管结构所决定的各种参数，如靶面倾斜角度、有效焦点、外形尺寸、重量、管壁的滤过铅当量、阳极转速、工作温度、冷却和绝缘形式等。电参数指 X 射线管电性能的规格数据，如灯丝加热电压和电流、最大管电流、管电压、最长曝光时间、最大允许功率、代表容量等。

X 射线管规格参数主要包括：最大峰值电压、标称焦点尺寸、最大阳极负载、最大透视生热率、阳极盘结构、阳极盘直径、阳极盘靶角度、阳极热容量、最大阳极冷却速率、固有滤过（铅当量）、封装情况等。

特别要注意以下几项参数：

（1）最大管电压：指加于 X 射线管两极间的最高电压值，单位为千伏（kV）。此值由 X 射线管长、形状、绝缘介质的种类以及管套的形式等决定，若超过最大管电压值，则导致管壁放电或击穿。

（2）最大管电流：指在某一管电压和曝光时间内所允许的最大电流平均值，单位为毫安（mA），在调整管电流时不得超过额定值，否则将导致焦点面过热而损坏或缩短灯丝的寿命。

（3）最长曝光时间：指在某一管电压和管电流条件下所允许的最长曝光时间，单位为秒（s），使用中若超过此值，热量的积累将使焦点面过热而损坏。

2. X 射线管灯丝加热特性和阳极特性

X 射线管的灯丝在发射电子时大致可分三个区域：一是灯丝前端发射出来的电子，它是在静电场作用下飞向阳极，这部分电子的运动不受阻力；二是灯丝两侧发射出来的电子，这部分电子是在空间发生交叉后飞向阳极的，因此它们的运动要受到一定的阻力；三是灯丝后

端发射出来的电子，由于电子相互排斥和电场作用力很弱，这部分电子滞留在灯丝后面，形成“电子云”（即所谓空间电荷），它们受到的阻力很大，只能是随着管电压的升高而逐渐飞向阳极。

X 射线管的阳极特性是在 X 射线管阳极特性曲线的起始部分成为比例区时，由于空间电荷的作用，管电流随管电压的升高而增大；在曲线近似水平部分为饱和区时，因为管电流已较大，所有的空间电荷都飞向阳极，管电流基本不随管电压上升而增加，管电流大小仅由灯丝电流来决定。

（六）特殊 X 射线管

1. 三极 X 射线管

三极 X 射线管是在 X 射线管的阳极与阴极之间再加一个控制栅极，当控制栅极加上一个对阴极而言的负电位（2~5kV）或负脉冲电压时，管电流被截止，当负电位或负脉冲消失，管电流导通，X 射线发生；由于脉冲电源无机械运动的惯性，因此，三极 X 射线管能实现快速断续 X 射线摄影，频率可达 200 帧 / s。这种 X 射线管早在 20 世纪 60 年代就开始应用，目前，不仅应用于电影 X 射线机，还用于电容充放电式 X 射线机。

三极 X 射线管的灯丝加热电流比一般 X 射线管的灯丝加热电流要高得多，主要由于栅极负电位对电子流起阻止作用，因此，三极 X 射线管的灯丝特性要比一般 X 射线管差。管电压与截止栅压的关系称为三极 X 射线管的截止特性，不同管电压使电流截止的栅极负压是不同的。做瞬时 X 射线摄影时，在三极 X 射线管的栅极上加矩形负脉冲电压，对 X 射线本身来说，瞬时摄影时间可缩短到 10 μ s，但由于高压电缆存在电容，其实际使用的临界值为 1ms。现在的三极 X 射线管，最大管电流可达数百毫安，X 射线脉冲持续时间为 1~10ms，因此，可使 X 射线高速电影摄影控制成为现实。

2. 软组织摄影用 X 射线管

软组织 X 射线管一般用铍作为输出窗口，软射线极易穿过，X 射线管的玻璃窗较薄，包括其它滤过在内，总滤过量不大于 0.7~0.9mm 厚的铝。软射线 X 射线管的阳极靶用钼制成，它的 X 射线发生效率是钨靶的 0.57 倍，软 X 射线的管电压较低，由于空间电荷影响，其管电流较小，阳极与阴极之间距离较短，使极间电场强度增大，降低空间电荷影响，普通 X 射线管极间距离为 17mm 左右，而软射线管距离一般只有 10~13mm，所以其管电压最高不超过 60~80kV，由于极间距离缩短，在相同灯丝电流加热的情况下，其管电流比一般 X 射线管电流要大。

（七）X 射线管的检验和使用

1. X 射线管的检验

在 X 射线机检修工作中，经常要对新的或在用的 X 射线管进行检查和性能试验。这是一项十分细致认真的工作，不可粗心大意，还要注意安全，检验内容有如下方面：

（1）外观检验

先观察管壁是否有裂纹或气泡、疤痕、杂质。如距离窗口较远，直径小于 1mm，长度不大于 2mm 的气泡、水纹线、轻微划痕，一般不影响正常使用。阴极灯丝不应有断路及与集射罩相碰现象，集射罩不应松动。阳极钨靶面应平整光滑，不允许有龟裂或变形现象，靶

面或铜体不应有明显的空隙。管内不允许有活动的杂质，管内金属不应有氧化生锈现象。否则，证明管内已严重真空不良。对 X 射线管的外观检查，可用放大镜观察，则会更清楚。

(2) 冷高压实验

就是在灯丝不加热的前提下，加高压于 X 射线管两极，以检查其真空度。具体方法是：将 X 射线管浸泡在绝缘油中，由低电压开始，逐步升高，直至最高电压值的 60%，若管内轻度真空不良，加高压时会出现蓝色电离辉光，并随管电压升高而扩大。这种 X 射线管经过多次由低电压开始，逐步升高压的方法进行“训练”，使辉光消失，说明真空度有所提高，尚可继续使用；如 X 射线管严重真空度不良，在较低的冷高压时，管内就充满了辉光，此种 X 射线管已不能使用。在 X 射线管试验中，还要注意区别电离辉光与玻璃荧光，有些管子因二次电子的作用，使近阳极端的玻璃产生荧光，这种荧光随管电压增加而消失，并不影响 X 射线管的使用，而电离辉光则是气体电离所致，它随管电压升高而更加明显。

(3) 灯丝加热试验

先用万用表测量灯丝是否通，然后接通加热灯丝电源，或用 3V 电池直接给灯丝供电，灯丝应全部均匀燃亮，无明显暗区，如是两个灯丝，则都要加热检查，当灯丝加热时，出现灯丝烧断，呈现白色雾状气体，则说明该管已严重真空不良。对旋转阳极 X 射线管还要进行阳极起动试验，此时则要求管子转动的声音越小越好。

(4) 负荷试验

这是在灯丝加热条件下，按 X 射线管的使用规格进行负荷试验，按以下两步进行：透视训练，这是为进一步试验 X 射线管的真空度和提高 X 射线管的工作稳定性。方法是：将管电流固定在 2mA，进行透视操作，从最低电压开始，逐步升高电压值，每次增加 5kV，断续曝光 1~2min，间歇 3min，直至升高到最高电压值，此过程中毫安值指示应始终稳定，则说明 X 射线管真空良好，工作稳定，若训练到某挡时，出现毫安值不稳定，颤动、跳动等现象，则必须退回到最低千伏值从头开始，再逐步升高千伏值，直至上述现象改善或有所改善，则说明该管还可使用，如这样反复多次，现象不变，或毫安表针冲至满刻度，则说明真空不良，不能使用。摄影负荷试验，在透视训练正常情况下，还应严格按照规定进行摄影负荷试验，曝光次数不宜过多或过于频繁，要有足够的间歇和冷却时间，以免造成 X 射线管过载而损坏；对不带管套的 X 射线管，应放在有防护装置的绝缘油箱内试验，旋转阳极 X 射线管必须带启动装置，在旋转阳极转动时加高压试验，决不允许在旋转阳极静止不转的状态下进行试验，以上这些试验必须达到管电流稳定，管内设有放电等异常现象时才能使用。

2. X 射线管的使用

X 射线管是贵重真空器件，使用中应注意下列事项：

(1) 对开始使用或更换新的 X 射线管时，必须严格按使用规格表来调整管电流，使其与管电流选择器上的标称值相符。

(2) X 射线机安装完毕后，在投入使用之前或机器放置较长时间，欲再次使用时，都必须对 X 射线管进行透视训练。

(3) 在曝光时，应严格按使用规格表进行，不得超负荷使用，要特别防止连续过载发生，因大多数 X 射线机，没有连续过载保护装置，全靠操作人员的适度掌握。在实际工作中损坏的 X 射线管中，大多数是负荷连续过载造成 X 射线管过热，有少数是外力碰撞造成。

(4) 配用旋转阳极 X 射线管的 X 射线机, 曝光时应注意倾听旋转阳极的声音是否正常, 若旋转阳极未转动或转速不够, 虽然有保护装置, 但亦应停止曝光。有条件时使用转速仪测定阳极转速, 在一般情况下, 旋转阳极从定子电源断电到停转应有 30s 以上的自由转动时间, 若时间过短, 说明转子摩擦过大, 曝光时转速不够, 则此种管子应该更换。

(5) 定期对 X 射线机进行调整、校正, 包括管电流、管电压、限时器及过载保护装置, 按卫生部颁布的使用 X 射线诊断放射防护及影像质量保证管理规定每年进行验收检测, 达到规定指标的方可继续使用, 对成像设备和器材定期进行稳定性检测。

(6) 日常使用时, 动作要轻, 不得碰撞; 保管存放时, 应将 X 射线管阳极置于下面垂直位置, 室内温度保持在 10℃ 以上。

(八) X 射线管的故障分析与原因

1. 灯丝断路

现象: 灯丝加电压后不亮。加高压后无 X 射线发生, 毫安表无指示或微动但不受调; 测量灯丝变压器一次电流很小, 但电压却很高; 用万用表测量灯丝电阻不导通; 其管壁上覆盖一层蒸发的钨膜而黑化。

原因: 当 X 射线管受剧烈振动后灯丝被断开。X 射线管大量进气, 灯丝表面逐渐氧化, 通电后灯丝立即烧断。X 射线管使用年久灯丝蒸发而变细, X 射线发射率降低; 此时, 如想使其保持原发射率, 必须提高灯丝电压, 因而烧断灯丝。X 射线管灯丝变压器一次侧电路中的降压电阻短路, 使输出电压升高, 或人为地过高调整灯丝电压。如果当灯丝未加热而给予较高的管电压时, 因无电子发射, 灯丝会受到过大的电场拉力, 当超过其自持的机械强度时会被拉弯或拉断。灯丝引线焊接不良或接触不好。在自整流 X 射线机中, 若阳极散热不好而产生逆电流, 则当电子轰击灯丝时也能将灯丝打断。

2. 阳极焦点靶面损坏

现象: 在透视或摄影时, 因焦点面出现不平或因玻璃壁上附着大量焦点熔化后飞溅的金属粉末, 使 X 射线散射或对 X 射线增大吸收, 而使影像清晰度降低。此时当灯丝加热时, 其灯丝的亮度较往常变暗。由于阳极金属的蒸发管壁上可见到被镀上的一种灰白暗亮的金属层。

原因: 主要是因使用过量, 曝光间歇的冷却时间不够, 致使焦点面热量逐渐累积而超过其最高限度, 使焦点面熔化或部分蒸发。当旋转阳极 X 射线管在摄影时阳极未转动或转速甚低而加上了高压, 使阴极电子集中打在一点上, 则此点立即因受高热而熔化损坏。当 X 射线管阳极散热体与铜柱接触不紧密, 不能将热很快传到油介质中去, 造成阳极逐渐过热而使焦点面损坏。

3. 真空度降低

此种故障较为常见, 通常称为“漏气”或“进气”。在实际上 X 射线管内气体的增加并不完全是由外部进入, 也可能由管内金属材料析出, 故称为真空度降低。

现象:

(1) 在较轻微的真空度降低时, 加高压后管内有轻微的淡兰辉光, 透视影像清晰度降低, 摄影效果不好, 穿透力不足, 增加管电压时影像清晰度反而下降。X 射线管灯丝温度在 X 射线发生时增高, 如电路上没有灯丝增温的装置, 就会造成这种现象, 使管内气体分子电

离活动加剧。当 X 射线管两端加上高压后，气体分子在管内移动，正离子趋向阴极，减少了阴极外围空间电荷效应，灯丝表面电场力增加使发射电子增多，并且由于正离子撞击阴极灯丝而使灯丝温度升高，致使在 X 射线发生时灯丝增亮，管电流增加。此时，气体电离现象更为严重。当毫安表指针颤动，看上去显示指针变粗，这是因为电离而造成管电流不稳所致。

(2) 当严重的真空度下降时，加高压后，管内有明显的淡绿、淡黄或蓝、紫色辉光，毫安表指示异常。如是全波整流高压电路，可见毫安表指针冲至最大，甚至撞坏指针、烧坏表头。这是管内气体在高电压作用下的电离电流。如在自整流式 X 射线机中，电离电流系交流成分，故可使表针大幅度抖动。当高压变压器二次电流加大后，也引起一次线路电流增大。当 X 射线发生时可听到高压变压器有较大的嗡嗡声，此时，一次侧电路的电流加大，熔断器可能被熔断。一次侧和二次侧电压表的指针都有明显的降落和下甩的现象，这是由于一次电流过度增大引起异常压降的缘故。当然在高压击穿短路或整流管漏气也有类似现象，应予以鉴别。

(3) 完全进气而引起管内真空度破坏，X 射线管可能因氧化而在加热后烧毁或玻壳破损造成局部渗进绝缘油，此时，当加高压后，两极间有明显的击穿放电现象。

原因：

引起 X 射线管大量进气而导致 X 射线管真空度降低的原因，常见的有如下几种情况：一是在制造 X 射线管过程中没有将残留气体全部驱尽，在使用时由于温度的变化或高速电子的撞击，使管内这些残留气体分子释出，造成管内气体增加。故一个新的 X 射线管或放置时间较久而未使用的 X 射线管，在使用前，都要经过严格的高压训练。在训练中或未训练的管子，都可能造成管内连续放电击穿而完全损坏。二是由于超负载使用或散热不好导致旋转阳极过热，使阳极铜柱与玻璃焊缝处胀裂而进气。三是在运输或使用中受剧烈振动，使玻璃壁出现裂隙。四是室温变化极大，骤冷骤热，使 X 射线管玻璃壁因温度剧烈变化而膨胀或收缩，造成管壁裂缝进气。

4. 管内有荧光

现象：

当加高压后，管内有蓝色或紫蓝色的荧光出现。

原因：

这种现象的原因是一部分低能量的散射电子，冲击玻璃壁后产生波长较长的荧光射线。当管电流越大时，荧光越显著；但是，如果增加管电压时则荧光强度减弱，这是因为散射电子能量加大透过玻璃壁而射出管外，当管电压增至一定值后，荧光即消失，这是玻壳材料引起的，不影响 X 射线管的使用。但此种情况要注意与真空度下降相区别。如真空度下降时，当加载高压后，管电压升高，其辉光现象也越严重。

5. 旋转阳极不转动

现象：

起动旋转阳极不转动有两种情况：一是起动旋转阳极后没有任何反应；二是起动旋转阳极后有异常声响，但不转动。

原因：

此种现象除了是旋转阳极起动电路故障外，还可能是管内阳极转子轴心变形、转子摩擦力增加或使用时间过长、阳极轴承磨损严重所造成。当旋转阳极不转动时，这种 X 射线管是不能使用的。

6. 玻璃壁破损

现象：

X 射线管玻璃壁上可见到裂纹，在管套内的 X 射线管如果玻璃壁破损，则从管套窗口即可看到冷却油进入 X 射线管内，转动 X 射线管套可听到冷却油的流动声。

原因：

X 射线管玻璃壁破损通常是玻璃壁出现裂纹或被击穿所引起。除了这些原因还有因外力因素所造成。当裂纹的轨迹呈现光滑形状时，这是由于管子本身的应力不足所造成；而当裂纹的轨迹为不规则且呈尖棱状时，则是由于振动所致。对于击穿玻璃壁是由于该处绝缘强度不足的缘故。

七、X 射线机系统结构分析与故障排除

（一）概述

一台 x 射线机系统因容量大小和使用目的的不同，其结构繁简千差万别，但一般情况下是由主机系统和辅助设备两部分组成。主机系统是指围绕产生 X 射线的主电路及其它部件构成的系统；辅助设备是指主机以外的各种辅助和直接为临床诊断服务的设备。具体构成如下所示：

X 射线机系统：主机系统；辅助系统。

主机系统：X 射线管组件；高压发生器；控制部分。

辅助系统：各种机械设备：诊断床、摄影床、天地轨、悬吊架等。

影像处理系统：影像增强器、电视系统、数字减影系统（DSA）电影、摄影机、录像等。

其他附属器具：滤线器、增感屏、胶片、快速换片机、高压注射器等。

X 射线机系统就其电路组成一般包括：电源电路、高压一次和千伏电压补偿电路、高压整流电路、管电流测量电路、X 射线管灯丝加热和管电流控制电路、曝光限时电路、瞬时负载限制和保护电路、旋转阳极起动延时和保护电路、整机控制电路和附属设备电路共十部分构成。分析 X 射线机电路就是要从电路的各个部分开始。

X 射线机控制系统围绕对 X 射线机的量和质进行控制，近年来已有很大的发展，控制精度不断提高，操作更加简便，自动化程度越来越高。在 20 世纪 50~60 年代出现了精良的光学图像转换元件；运动范围很大的诊断床、断层床；20 世纪 80 年代开始出现遥控床、摄影床；旋转阳极 X 射线管的出现，为快速动态摄影具备了初步的基础，控制系统出现了二钮制（kV 和 mAs）时间控制精度达到 0.003~0.01s，管电流的控制比数达到 50（即 20~1000mA）。20 世纪 60 年代以后，由于电视系统以及电子图像转换技术的发展，使 X 射线的光电效应得到了很大增益，除了某些特殊要求外，X 射线机的临床诊断能力在一定条件下不再单纯依赖 X 射线管的瞬时容量，而是取决于所应用的 X 射线影像增强器，大面积电离室，直流高压开关管，调整管等。随之控制系统在稳定、快速、准确和操作快捷方面出现了以电视监视调制为基本手段的遥控和自动 X 射线机控制系统，只需要调整千伏电压，然后选择

摄影器官或部位。特别是近年来计算机技术广泛应用在 X 射线机控制系统中,使 X 射线机控制系统设计水平和现代科学技术水平逐步相近,中频 X 射线机和高频 X 射线机的普遍应用,使 X 射线影像质量、X 射线诊断技术和水平都有极大的提高。

(二) X 射线机的电源电路

1. X 射线机的电源结构与原理

X 射线机的电源电路用于对整机的电源供给,通常包括自耦变压器的供电回路和电源通断控制两部分,可分为:①开关控制,有抽头调节电源电路,这种电路一般用于小型机器;②接触器控制,是用滑轮调节电源电路,一般用于中型或大型机器;③具有电源电压自动补偿的电源电路,多用在电源电压波动较频繁的区域,把输入电压的一部分取样,与一个固定值参考比较,经放大后驱动伺服电动机带动处在自耦变压器上的碳轮进行调节,直至比较器无信号输出为止,这种调节一般在旋转阳极起动完毕以前进行,曝光期间严禁调节;④有断相保护装置的电源电路,此电路对三相电源供电的大型 X 射线机所采用,如图 2-3-27 所示。

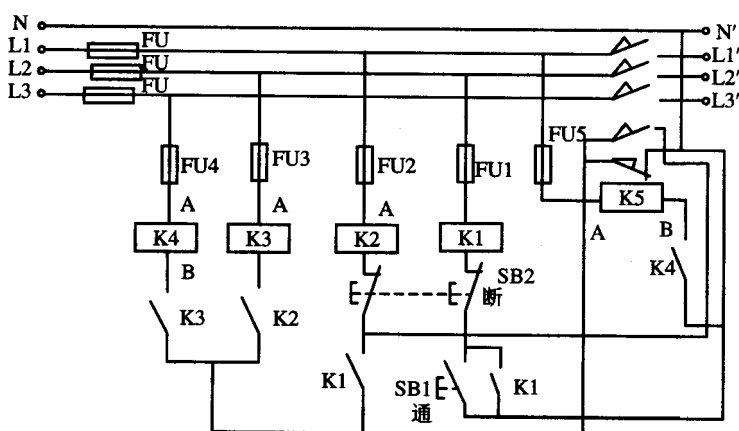


图 2-3-27 有断相保护的电源电路

当三相电源全正常时,按下电源开关 SB1, K1、K2、K3、K4、K5 工作后机器得电,如果工作中某一相断电,最终导致接触器 K5 停止工作而切断电源。

2. X 射线机的电源故障分析与排除

电源部分主要的部件是自耦变压器和接触器,也是比较容易出现故障的部位。

(1) 绕组断路

故障现象:

断路如果发生在输入端之间,则各抽头无电压输出或等于输入电压值,空载电流为零。断路如发生在引线处,则只是所断处无电压,其余正常。如发生在输入端以外,则只须测量断路的外端。造成自耦变压器本身断路的可能性不大,一般是由于引线处的焊点出现虚焊所造成。

故障排除:

如果断路发生在引线处,是可以找到的,通过测量可以判断出来,如果是虚焊所造成的现象,通过测量也同样可以判断出来,找出故障所在进行排除;如果是在绕组中间断路,只

有重新绕制。

(2) 匝间短路

故障现象：

当出现匝间短路时，其空载电流大，严重时出现异常声响，熔断器熔断。如是输入端匝间短路，可使输出端电压升高，绕组温度高。造成这种故障的原因是：自耦变压器抽头间的绝缘被破坏。碳轮式自耦变压器，多因碳轮滑动部分绕组外表面附有潮湿的尘埃、杂质或金属异物引起匝间短路。有些机器的碳轮结构为双轮式，当碳轮架变形，或碳轮处的弹簧老化造成弹性变差，使碳轮与自耦变压器线圈接触不好造成局部温度升高，或两个碳轮不在一线上，都可使自耦变压器烧坏。

故障排除：

当出现匝间短路时，只有更换新的绕组；对于由碳轮接触不良造成绕组过热而烧坏的现象，除了更换新的绕组之外，还要修理碳轮，更换碳轮上面的弹簧。

(3) 绕组漏电

故障现象：

绕组漏电主要是绕组与铁心之间绝缘下降或破坏所造成。此时，电流增大，各匝间电压都发生变化，使各控制电路不能正常工作。当漏电严重时，可使电源保护装置工作，熔断器熔断。这种现象多数是由手潮湿进水或机械性损伤而造成。还有长时间不检修、碳轮磨光、脱落，造成金属架与线圈搭碰引起漏电。

故障排除：

当出现绕组漏电现象时，首先检查是否存在机械性损伤，如果没有则要对绕组进行烘干处理，必要时再作绝缘处理；检查碳轮接触情况及是否有金属搭碰现象。

(三) 高压一次侧电路

高压一次侧电路是对高压变压器供电，经过整流后构成 X 射线管的电压。这部分电路有：高压控制、高压调节和高压指示三个部分。

1. 高压控制方法

(1) 采用接触器控制的方法

在控制方法中有接触器控制的，大多数用在中小型 X 射线机上，如图 2-3-28 所示。

这种方法是在高压一次侧的供电回路中串接一组以上的高压控制接触器，来控制接点，这些高压接触器受限时器或脚闸控制。用这种方法控制高压的通断方法比较简单，使用可靠，维修也比较简单。

(2) 采用晶闸管控制的方法

采用晶闸管控制是近些年来普遍使用的方法，一些 X 射线机生产厂家都采用此种办法。由于接触器动作时间一般是在十几毫秒以上，不能满足 1s 以内短时间、甚至多次闭合与断开的要求及其电弧放电大等问题。采用晶闸管控制可以达到敏捷无噪声、电压降小；并在 200 帧 / s 脉冲范围内与其他控制电路协调工作，以适应快速摄影的需要。如图 2-3-29 所示：

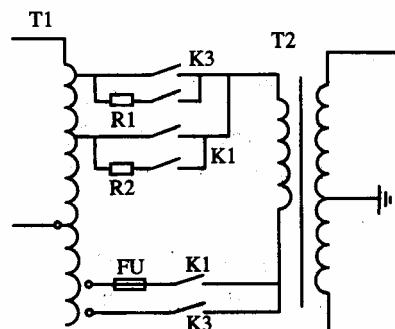


图 2-3-28 接触器控制高压原理图

图中的 S1 为透视高压接触器控制接点, R 和 C 是阻容保护元件, 是为了限制晶闸管在导通时产生过电压或过电感造成的串联谐振用的。由于有电阻 R 和电容 C 的存在, 可使高压一次侧两端有泄漏电流通过, 但其高压二次的最大电压小于 2kV 时, 对摄影和防护不会有影响。这种由两个普通晶闸管按反向并联连接的高压一次侧控制电路, 需要两个互相绝缘的控制极信号源和散热片。同时, 应有相应的零相位合闸电路, 以保证控制电压和曝光时间的准确。

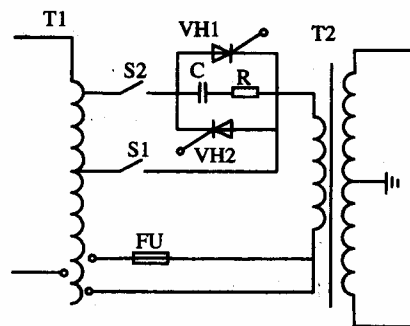


图 2-3-29 晶闸管控制高压电原理图

普通晶闸管有以下特点: ①当阳极和控制极相对阴极而言均为正向电压时导通; ②一经导通控制极便失去作用, 要使其截止必须正向阳极电压降低到一定值或加反向电压或断开。

双向晶闸管与普通晶闸管相比有以下优点: ①具有对称的伏安特性, 即无论管子上加正向或反向电压, 它的伏安特性是对称的, 都可以由截止转变到导通, 相当于两个相同的普通晶闸管反向并联连接。②不需要两个互相绝缘的控制极信号源及散热。③加载过电压时不会由于热击穿而损坏; 因此, 不需要过电压保护元件。④能承受的电压上升率比普通晶闸管高。⑤控制极可以用任何一个方向的电流触发, 因而触发信号可用交流信号、直流信号和脉冲信号三种。但是双向晶闸管承受过电流能力比普通晶闸管小, 其安全系数要高一些, 并要用合适的快速熔断器保护。

2. 高压调节方法

管电压对 X 射线诊断和治疗效果有决定意义, 由于人体各组织密度、厚度差异很大, 应有一个范围很宽的电压调节系统, 中小型 X 射线机管电压调节范围在 30~90kV, 大功率 X 射线机 X 射线管电压调节范围为 30~150kV。常见的高压调节方法:

(1) 调节一次电压

根据变压器一次侧、二次侧对应关系, 来实现管电压的调节。调一次电压是指改变自耦变压器对高压一次侧高压器的供电电压, 这种方法是 X 射线机最常用的比较简便的调节方法。如图 2-3-30 所示:

此方法多采用抽头式或碳轮式调节, 还有粗细调节配合, 调节一次电压一般还分为手动和电动调节两种形式, 前者调节精度较低, 对电源波动不能实现适时控制和调整。目前, 大型 X 射线机多采用电动调节, 用一个伺服电动机自动改变一次电压, 开环控制是在曝光前完成电压的选择和调节; 闭环控制是能够实现曝光期间电压的动态调整。

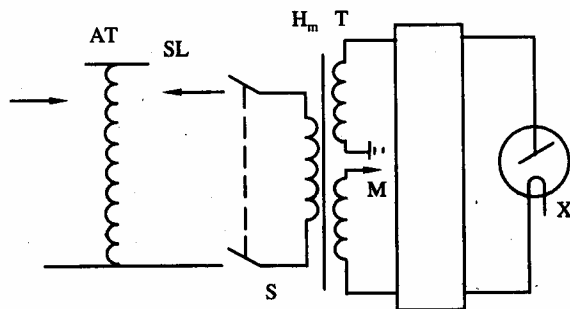


图 2-3-30 调一次电压的管电压调节电路图

(2) 调电源内阻或调一次侧匝数

这种方法在国产机器中应用较少。

(3) 调节一次电压、电流波形或频率

这种方法在自动化程度较高的现代 X 射线机中应用比较广，如通过改变串联在高压一次侧电路上的主晶闸管导通角来选择 X 射线管的管电压，在中频 X 射线机中，通过改变一次电流的占空比或频率来改变管电压。

(4) 高压二次调节法

这种方法一般是在高压二次电路中串联高压调整管，通过改变调整管的压降而改变 X 射线管的管电压。

基本电路图 2-3-31 中的 HG 为高压发生器，G1、G2 为高压调整管，BQ 为比较器。它是由电阻 R 检测出实际的电压信号进入比较器，在比较器中与预置的电压信号进行比较，其输出的误差信号来控制两个高压调整管 G1 和 G2 的栅极电位而改变调整管的压降，使实际的电压值与预置值相符。

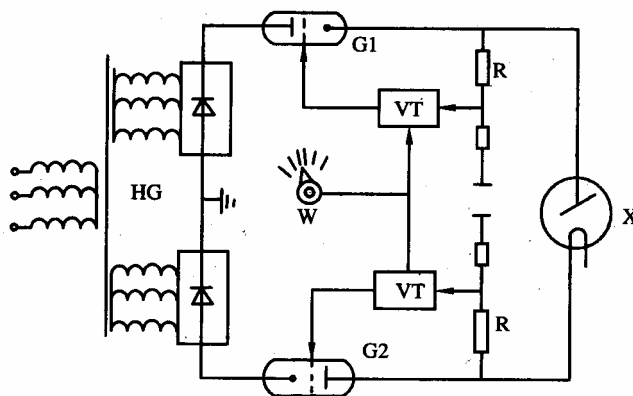


图 2-3-31 调高压二次的调节电路图

这种电路能进一步减少高压整流输出电压的脉动率，可产生高品质的 X 射线；而且管电压的开关时间短 X 射线的脉冲性能好，可达到 2ms 脉冲曝光；对电源内阻要求不高。但结构复杂。

3. 高压指示方法

高压指示就是要解决实际管电压的测量和指示问题。但是管电压是高压，直接测量是困难的，一般采用高压变压器一次侧预调的空载电压来间接求得负载时的实际管电压；由于存在电源内阻和机器阻抗、负载时的压降，并且随管电流增大而增大；为此，对此电压降进行补偿，称为电压补偿。通常都是先提高高压一次电压的方法，使提高的电压数值与曝光时所产生的压降数值相等。

(四) 高压变压器

1. X 射线机高压变压器的特点

X 射线机的高压变压器是产生交流高压的元件，其特点是：

(1) 变压比大，二次输出电压很高，一般诊断机在 30~150kV（峰值）之间，治疗机可在 200~250kV 之间或超过 250kV。

(2) 一般小型诊断机为数千伏安, 而较大型的诊断机约 10~50kVA。

(3) 由于在绝缘油中使用, 提高了各部位的绝缘性能, 又因时间使用的短, 一般不考虑散热问题, 只在计算时考虑有效电阻。

2. 高压变压器的构造

变压器的构造是由铁心、一次、二次两个绕组以及一些绝缘挡板和隔板组成。对其要求是结构要紧凑、体积小、重量轻, 具有良好的绝缘性能, 坚实耐久, 在负载之下不应该过分发热, 并且其内部不应产生过大的电压降。其线圈和铁心分为单臂、双臂结构。

3. 高压变压器的检查与试验

(1) 外观检查高压绕组绕制情况, 是否有断线, 引线焊片是否有松动移位现象, 高压部位的焊片有无突出尖端, 是否有击穿的碳渣或焦臭气味, 同时还要观察高压二次绕组间绝缘纸的老化程度。

(2) 试验测量, 高压变压器的许多故障不能全凭外部的检查来发现问题, 必须采用必要的试验与测量。首先要对两个高压绕组进行直流电阻的测量, 主要检查线圈内部的完整性和接头情况, 以及有无短路和断路, 在正常情况下, 两个绕组阻值应相同或接近, 否则, 电阻大的一组必有断路, 电阻小的一组必有短路。绝缘电阻的测量可用兆欧表测量, 阻值应接近无穷大。电压比测定, 可按照图 2-3-32 所示测量。

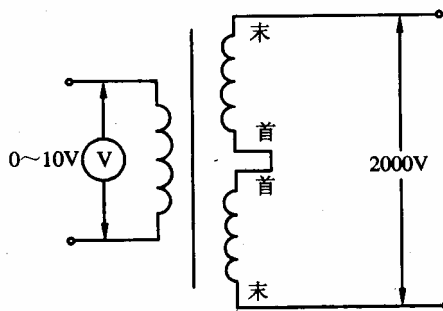


图 2-3-32 高压变压器变比测量接地

4. 高压变压器故障分析与排除

(1) 二次绕组漏电击穿

故障现象:

这种现象轻微漏电时, 高压变压器内有较小的放电声, 电压越高放电声越大。当高压绕组漏电或击穿时, 一次电流异常增大。透视和摄影效果差或无 X 射线发生。以上这些故障主要原因是绝缘性能下降或变坏所造成。如绝缘油中水分含量

过高。因此, 绝缘油不应长期暴露在潮湿的空气中, 尤其是在雨天、潮湿的霉雨季节特别要注意。还有绝缘油内含有纤维、毛发、游离碳和其他杂质时, 可使电荷沿着这些杂质而形成极间放电的媒介。所以, 应将油用滤油机将油中的杂质过滤, 经过检验耐压达到合格后再使用。当绝缘油中含有气泡, 在高压电场作用下气体被电离, 产生离子放电。

故障排除:

对于二次绕组击穿故障, 必须更换新的绕组, 先将新的绕组烘干, 然后再将高压变压器内绝缘油重新过滤或更换新的绝缘油, 最后把高压变压器放进去, 进行真空处理。维修后的高压变压器必须放在油内抽真空, 将油中气泡抽净后才能通高压。

(2) 空载电流过大

故障现象:

在一般情况下, 高压变压器的空载电流与满载电流的百分比为 10%—100% 不等, 视机器的功率和整流电路不同而易。对于大中型机器一般为 10% 左右, 而对自整流电路的小型机器可高达 100%。造成电流过大的原因有铁心松动使接缝变大, 磁阻增加; 或硅钢片之间

的氧化膜脱落边缘有毛刺使涡流损耗增大；再有就是绕组匝间短路。

故障排除：

打开变压器油箱将变压器取出，检查铁心是否松动以及接缝是否变大；如果发现硅钢片氧化膜脱落或边缘有毛刺，要拆开变压器铁心处理带毛刺的硅钢片，然后再插入；针对上述问题均须逐一解决。

（3）高压变压器的绝缘处理方法

高压变压器在维修时，由于长期暴露在空气中，很容易受潮。因此，当重新使用时必须进行绝缘处理，包括干燥与真空注油两道工序。干燥一般是放在 80℃ 的干燥箱内连续烘干 8h，最好使用真空烘干箱再以 50~60℃ 烘干 1h，然后注油（油耐压大于 30kV / 2.5mm 有效值）。注油后排气 30min，逐渐解除真空，再静止 1h 后，在高压中心接地的情况下，逐步升高一次电压进行空载试验。最后将一次电压增至额定值的 120% 时维持 15min，应无异常现象才可使用。

（五）高压整流电路

1. 高压整流器

早期生产的 X 射线机高压整流通常采用高压真空二极管整流，后来随着半导体工业的发展，现已采用半导体整流器取代原来的高压整流管。目前所使用的半导体高压整流器是高压硅整流器，这种高压整流器具有以下特点：

（1）寿命长、机械强度高、无须灯丝加热，其内阻小、产生热量也小，温升高可提高绝缘性能。

（2）由于无灯丝变压器，高压发生器可做的体积很小。

（3）半导体高压硅整流器正向压降小，其直流转换效率较高。

（4）由于高压硅整流器本身不产生 X 射线，故不必考虑防护问题。

2. 高压整流器的使用

（1）加于高压整流器两极间的管电压必须低于管子的最高工作电压，否则会引起管壁放电或沿面爬弧现象。

（2）使用时应用乙醚或四氯化碳将其表面擦拭干净，组装时务必接触良好，以免放电损坏。

（3）对于高压整流管灯丝电压，必须调整到规定的数值，不能在欠压下工作，要确保灯丝要点亮。

（4）更换新管时要注意型号、外形尺寸、固定方式。对高压整流管还要重新调整灯丝电压和进行高压训练。

（5）高压变压器的油温不得超过 70℃。

3. 高压整流电路原理和特点

X 射线机的高压整流电路用于高压变压器的二次输出交流，通过整流元件变换为直流高压送到 X 射线管的两端。在小型 X 射线机中采用结构简单的半波自整流电路，在中型 X 射线机中，常采用单相全波桥式整流电路，在治疗机中常采用倍压整流电路，以适应高压小负载的需要。在大型 X 射线机中采用三相六波桥式整流电路，如图 2-3-33 所示。

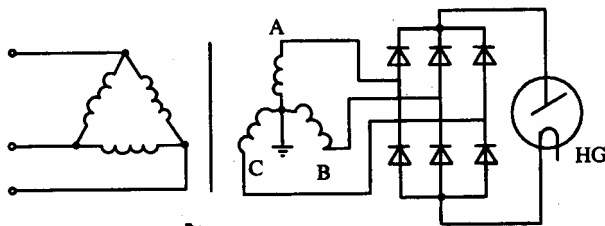
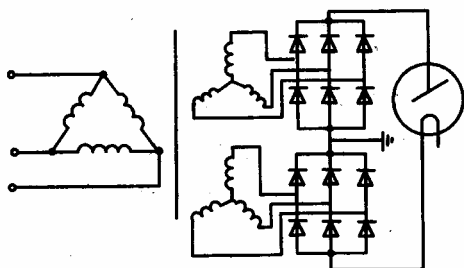
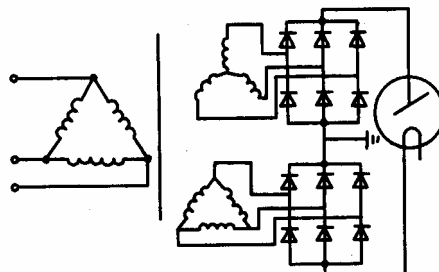


图 2-3-33 三相桥式整流电路图

还有三相双重六波桥式整流电路，如图 2-3-34 所示。

三相双重六波桥式整流电路按 Δ -Y、Y连接，即高压二次两组Y连接绕组串联，而中心接地，整流波形仍为六波，但此时整流输出电压正负端对地电位对称。二次绕组共6个，需12个整流器，每相电压与整流后电压之关系与三相六波整流相同两组输出电压串联，整个输出电压为某一组的两倍，脉动量仍为13.4%。现在，大型机组均采用三相12波桥式整流电路，以满足连续拍片时足够的输出功率和最佳效果。在采用 Δ -Y、 Δ 连接是实现三相12波整流电路之一。如图 2-3-35 所示。

图 2-3-34 三相双重六波
桥式整流电路图 2-3-35 Δ -Y、 Δ 连接
的三相12波整流电路

另外，还有三相双重12波整流电路和曲折连接法的三相12波桥式整流电路，这里不再做叙述。

4. 高压整流电路故障分析与排除

(1) 对于半波自整流电路来说大多数故障现象表现为一次电流过大，可有如下情况

1>一次电流过大熔断器烧断

出现这种现象时，除高压端有漏电击穿等绝缘性能下降所引起以外，在半波自整流电路中，当逆波衰减器的分流电阻开路时，磁化电流显著增加，因此一次电流也加大，导致熔断器烧断。

2>一次电流比正常值略大

当把逆波衰减器的分流电阻短路时，这就相当于把二极管短路，和普通的半波自整流电路一样，此时由于二次产生磁化使一次电流增加。

3>一次电流增大，二次电流反而减小

当硅二极管的极性接反时，就会使一次侧、二次侧的连续磁化作用相加，磁化电流也增

加，所以一次电流增大。又由于此时 X 射线管导通是发生在硅二极管截止的半周内，一次电流通过分流电阻产生很大的电压降，使管电压大大下降，在没有稳压器的情况下灯丝电压也由于主电路电压降增大而降低，因而二次电流显著减小。有时是在维修整个机头时人为造成的故障。

(2) 在单相全波桥式整流电路中主要表现的故障现象

1>一次电流大熔断器烧断

产生此种故障现象除了高压有漏电击穿等故障外，当高压整流元件损坏或 X 射线管短路（如 X 射线管含气、进油或半导体整流器被击穿）时也会发生。此时的高压变压器处于被短路状态。

2>毫安表指数比往常偏低很多，透视和摄影效果减弱

这种现象大多是由于桥式整流电路中的四个整流器件其中一个开路的原因。此时相当于半波整流电路，X 射线管电流约为原来数值的 0.7 倍左右。

3>灯丝加热时双焦点 X 射线管两个灯丝同时为暗红色亮

此现象是由于灯丝变压器二次公用端开路的原因。有可能是高压电缆或高压发生器内的接线断路，或高压插头插座、管套内等处断路。在一般情况下，要首先检查高压电缆、插头插座、X 射线管套，最后再检查高压发生器。

(六) X 射线管灯丝加热电路

对 X 射线管灯丝加热电路的基本要求是可调 and 稳定。稳压一般采用磁饱和谐振式稳压器，此种稳压器的稳压电源稳定度能达到 $\pm 1\%$ ，基本上能满足管电流的稳定要求。但对电源频率变化十分敏感。因此，也有利用电子稳压器的。在 X 射线管灯丝一次侧电路中串联可调电阻，作为管电流选择，以选择透视及摄影所需的毫安调节，在 X 射线管灯丝的一次侧电路中还设置空间电荷补偿器，以补偿由于空间电荷效应而造成的管电流受管电压引起的变化，当摄影时能够自动进行灯丝预热和增温，以满足大的管电流的发射需要。因此，大多数灯丝电路中都采用如下结构模式：交流稳压器—空间电荷补偿装置—管电流调节电阻—灯丝变压器—X 射线管灯丝。X 射线管灯丝稳压系统如图 2-3-36 所示。

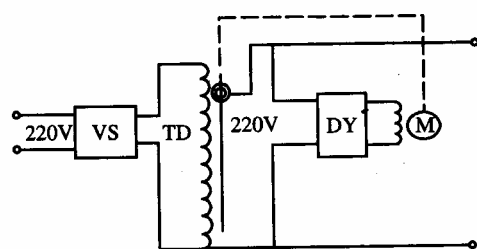


图 2-3-36 灯丝稳压系统电原理框图

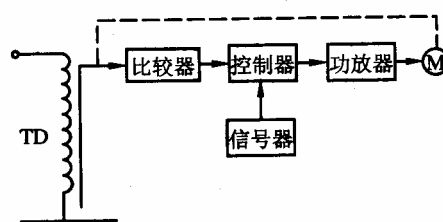


图 2-3-37 电子自动调压装置框图

图中 VS 是磁饱和稳压器，DY 是电子自动调压电路，TD 是一个特设的自耦变压器，M 是调压用的伺服电动机。其电子自动调压电路分为比较器、控制器、信号源、功率放大器四部分。电子自动调压装置框图如图 2-3-37 所示。

(七) 管电流测量电路

1. 管电流测量电路原理

管电流是 X 射线量的间接指示, 通常采用一只磁电式直流毫安表来测量管电流的平均值, 并且具有两种量程和刻度, 以适应透视和摄影的需要。目前, 大多采用电子毫安秒表及数字式毫安秒表。在所有的 X 射线机中, 管电流测量电路都是在管电流所经过地电位, (称为中性点) 自整流管电流测量电路如图 2-3-38 所示:

为防止测量电路接触不良或断路时引起中心点电位升高而造成电击危险, 一般在中心点之间跨接一只电容器或大电阻做保护。单相全波整流方式管电流测量电路如图 2-3-39 所示。

在这种高压整流方式中流过 X 射线管的电流是单相全波脉动直流, 而流过中心点的电流是交流。所以, 不能直接串入直流毫安表来测量, 如使用交流毫安表, 又因低量程范围内刻度是非线性的, 很难指示准确。为此, 一般均采用中性点的交流经全波整流后再经直流毫安表来测量管电流。对三相整流方式的管电流测量是电路流过中性点的电流也是交流, 故也需经三相全波整流后再流入直流毫安表来测量管电流。对三相双重六波和三相 12 波高压整流电路, 流过中性点的电流为直流, 故可直接将毫安表串入进行测量。

2. 管电流测量电路故障分析与排除

(1) 毫安表指数较往常偏低

故障原因:

当毫安表指数较往常偏低时有两种情况: 一是 X 射线强度不减弱, 二是 X 射线强度不仅减弱, 而且透视摄影受影响。属于第一种情况时, 多数是毫安表本身或毫安表电路元件有故障所造成。如: ①毫安表整流器某一组发生断路或击穿变成半波整流, 其指示数值为原来的 0.7 倍; ②毫安表保护电容或放电器漏电形成分流; ③毫安表本身的机械故障等。属于第二种情况时, 多是高压电路发生故障而引起, 可能是: ①电源条件显著变坏, 在 X 射线发生时比往常有较大的压降, 引起管电流的减小; ②高压整流器有一臂损坏开路, 单相桥式全波整流电路变成半波整流, 毫安值为原来的 0.7 倍; ③X 射线管灯丝电路发生故障, 使 X 射线管灯丝加热管电流下降; ④X 射线管使用日久, 灯丝衰老, 发射率下降; ⑤全波高压整流电路中, 电容电流补偿器部分短路, 形成分流。

故障排除:

对于第一种情况可更换毫安表, 如果是毫安表整流器损坏, 应更换新品, 只要其中有一个二极管短路或断路, 都是不能使用的; 属于第二种情况时, 先检查电源情况, 当 X 射线发生时电压降的变化, 必要时打开高压变压器, 检查高压整流器, 测量 X 射线管灯丝加热

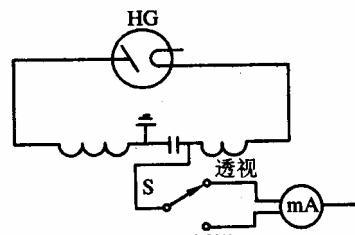


图 2-3-38 自整流管电流测量电路

图 7-16 自整流管电流测量电路

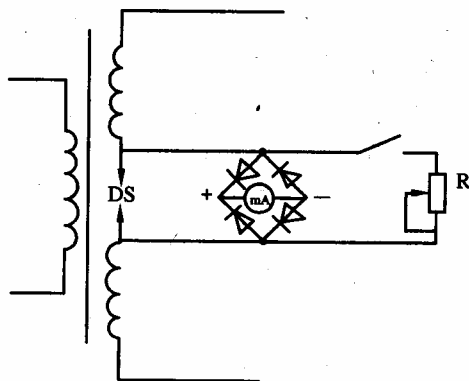


图 2-3-39 单相全波整流管电流测量电路

电路，检查和测试 X 射线管，以排除 X 射线管灯丝衰老、发射率下降问题。

(2) 毫安表指数较往常偏高

故障原因：

在指数偏高的同时有两种情况：一是 X 射线强度与透视和摄影效果未有显著增强；二是在毫安表指数偏高的同时，其透视和摄影效果也随之增强。如是属于第一种情况时多数是毫安表本身或毫安表电路元件发生故障，如在整流电路中电容的问题或毫安表分流电阻断路，使电流全部进入表内动圈。另外，表内可动部分失去平衡，过度灵活。如是第二种情况则可能是：①电源频率增高，使 X 射线管灯丝电压升高，管电流增大。②灯丝一次侧控制电阻局部短路或调节夹子位移。

故障排除：

如果属于第一种情况，要检查在毫安表整流电路中电阻是否断路，毫安表本身的机械故障；属于第二种情况，要测量电源频率，检查灯丝电阻局部是否有短路现象以及调节夹子移位或松动。

(3) 毫安表指针颤动

故障原因：

在高压发生时，毫安表指针颤动，显示指针变粗，但 X 射线发生正常。这种现象可能是：①表内轴尖与轴座过松或游丝问题。②表内测量机构固有频率与转矩频率共振或指针平衡锤松脱。③含有交流成分的电流进入直流毫安表。如在自整流电路中，当 X 射线管轻微漏气时，由于产生电离后的正离子轰击阴极形成逆电流，此时可见到毫安表指针颤动而明显变粗。

故障排除：

打开毫安表检查机械部分，轴尖与轴座是否过松、游丝问题等，如果 X 射线管有轻微漏气时，也可以出现这种现象，可以重新训练 X 射线管，有时会得到一些改善，必要时更换新的 X 射线管。

(4) 毫安表无指示

故障原因：

透视与摄影效果正常，但无指示。当高压发生时，可听到毫安表接线处有放电声。这种情况的原因有：

(1) 毫安表电路中有断路、短路现象。此时电流虽然不经毫安表，但仍构成通路，故有 X 射线发生。

(2) 毫安表本身动圈断路、游丝烧断或脱焊。

(3) 与毫安表并接的保护电容器或放电管击穿短路。

故障排除：

首先检查毫安表本身是否正常，先排除机械故障，再查找短路和断路问题，检查毫安表电路中的电容器、放电管是否被击穿，发现损坏时更换新品。

(八) 曝光限时电路

1. 概述

曝光限时电路又称限时器，是用来控制 X 射线摄影的曝光时间，以便准确控制 X 射

线的照射量。在应用上, X 射线机用的限时器大致分为机械式限时器和电子式限时器两大类。机械式限时器包括钟表式和电动式。随着电子技术的发展, 目前大中型 X 射线机均采用电子式限时器。其工作稳定可靠, 控时精度高, 早期产品有电子管充气稳压管或闸流管等作为控制元件。目前, 已广泛采用晶体管、晶闸管、集成电路等半导体器件控制, 性能都很好。

2. 使用单结晶体管和晶闸管的简单限时电路

这种电路特点是结构简单, X 射线机主电路是以高压接触器控制曝光, 由限时器来控制接触器的通断。如图 2-3-40 所示:

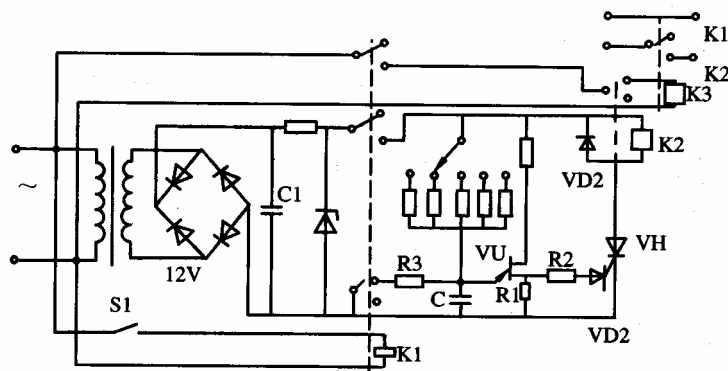


图 2-3-40 简单限时电路

该电路工作程序如下: ①当手闸 S1 闭合后→继电器 K1 工作→接触器 K3 工作, 限时器也同时得电→曝光开始。②限时器到达后→VU 导通→VH 导通—继电器 K2 工作→接触器 K3 断电→曝光结束。

3. 使用单结晶体管和三端双向晶闸管的限时电路

该电路用到两种特殊晶闸管: 即双向二极管 (又称二端交流开关或硅五层二极管——NPNPN 五层二极管) 和双向晶闸管。

其双向二极管的外部工作特点是:

- (1) 当两端电压高于转折电压 V_{FB} (由管子结构决定) 时, 管子导通。
- (2) 当流过器件电流小于维持电流时, 器件关断。

双向晶闸管的外部工作特性是:

(1) 具有四种导通方式, 控制极上加正或负的触发信号都可使器件导通。我们设 A1 为第一电极, A2 为第二电极, G 为控制极, 并以 A1 电位为基准, 比如 A2+ 表示 A2 电极相对 A1 为正电位。则四种导通方式可表示为: A2+G-, A2-G-, A2+G+ 和 A2-G+。其中以 A2+G+、A2+G- 两种导通方式的触发灵敏度最高; 而 A2-G-、A2-G+ 两种触发灵敏度较低, 特别是 A2-G+ 的灵敏度最低。

(2) 当流过器件电流小于维持电流时, 关断。所以, 当控制极 G 上无触发信号时, 加在电极 A1、A2 间的交流电压过零时, 器件将自行关断。使用双向晶闸管的限时电路。如图 2-3-41 所示:

上述电路原理分析可以看出其中的同步触发脉冲形成电路是为了使主电路实现零相位合闸。在机器预热期间,晶体管 VT 基极为单相全波整流后的脉动波形,其集电极电压因经过滤波、稳压作用而形成恒定直流。在交流电过零时,VT 被截止,其余时间均饱和导通,故集电极将输出过零正脉冲信号去触发晶闸管 VH1。

随着曝光开始, 接在单结晶体管 VT2 发射极的 RC 电路开始充电, 限时到达瞬间发射极电压高于 VT2 的峰点电压, VT2 导通, 晶闸管 VH2 被触发, 振荡器的电源被短路 2kHz 振荡信号消失, 双向晶闸管在交流电过零时自动截止, 曝光结束。

利用计数式数字电路可以组成更准确的曝光限时电路。其电原理见图 2-3-42 所示:

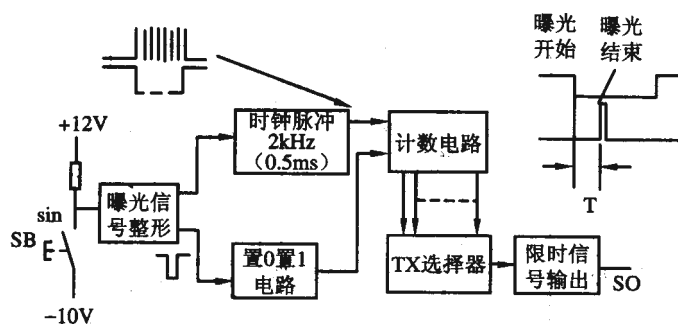


图 2-3-42 一种计数式限时电原理框图

曝光开始时按下按钮 SB 接通 -10V，使 SIN 点信号由高电位跳向低电位，经单稳态的曝光信号整形电路形成负脉冲送到置 0、置 1 电路，同时还输出一个持续时间与手按下 SB 同等长的低电位，在这段时间内 2kHz 时钟脉冲发生器产生时钟振荡。计数电路共有四级，每级都是 8421 码十进制计数分频器。

对于时钟脉冲发生器可以有多种形式，如图 2-3-43 所示：

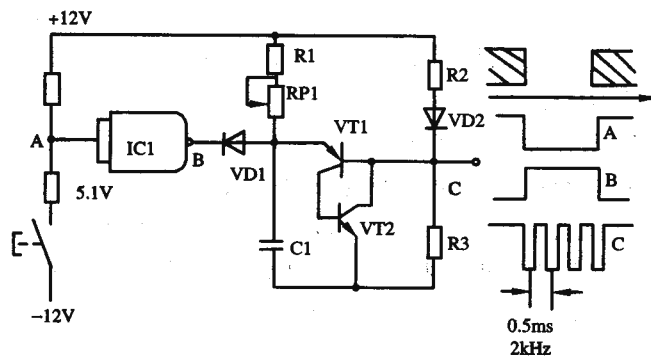


图 2-3-43 时钟脉冲发生器一例

当 SB 开路，A 为高电位，B 为低电位，使 VD1 导通，C1 电压为 0.7V，由 VT1、VT2 组成的互补对被截止，C 点电位为 R2、R3 的分压约为 7V。当 SB 被按下时，由于 VD1 截止，而使 C1 通过 R1、RP2 充电，当 C1 端电压高于 1.4V 左右，互补对导通，C1 迅速放电后又使互补对截止，而 C1 又重新充电，这一过程重复发生，就在 C 端输出一系列负的窄脉冲，调节 RP1 可使脉冲频率为 2kHz（周期 0.5ms）VD2 为温度补偿，使时钟频率稳定。十进制分频计数器可以采用一种 MOS 电路，如 MMJ-4。曝光结束信号由与门 DA1 输出跳变，只有 DA 的两个输入端都有高电位时，才是曝光结束时刻。

5. F99-1 型 X 射线机限时电路

(1) 原理分析

本机是采用普通晶闸管无触点开关同步限时电路。如图 2-3-45，主晶闸管 VH1、VH2 按反向并联连接在摄影高压一次侧回路中。在摄影开始瞬间，当交流电压过零时由触发电路

输出一恒定直流触发信号加于 VH1、VH2 的控制极而使两个晶闸管交替导通，曝光开始，限时到达后，触发信号断开，主晶闸管在交流电过零时自动关断，曝光终止。

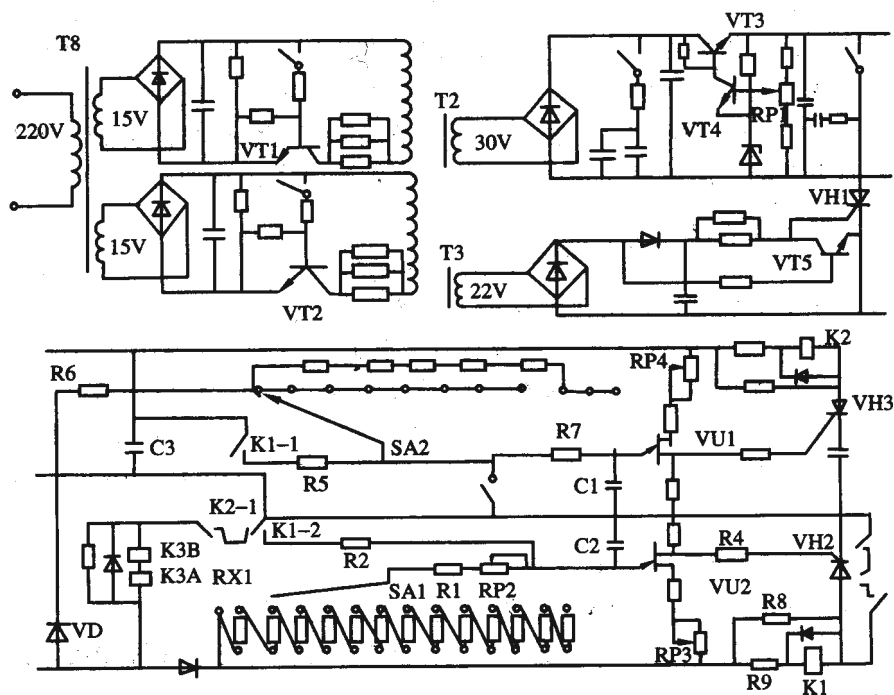


图 2-3-44 F99-I 型 X 射线机限时器电路

(2) 结构组成

图 2-3-44 的电路是由直流稳压电源、同步信号发生器、限时电路和触发电路共四部分组成。

1>稳压电路由 T2 的 30V 绕组、VT4、VT3 等构成串联稳压电路、输出稳定的 25V 直流电压作为限时电路电源，调节 RP1 可校准输出电压。

同步信号发生器是由电源变压器 T3 的 22V 绕组、VH1、VT5 等构成。从 VT5 集电极将输出一系列过零脉冲送到 VH1 控制极，由于其阳极电压未加上，该晶闸管处于触而不通。

2>限时电路由主限时电路和过时保护电路组成，它们的电路结构基本相似，主限时电路由 VF2、VH2 等构成，过失保护电路由 VF1、VH3 等构成它们都是利用 RC 充电延时原理，使电容器端电压达到单结晶体管发射极的峰点电压后导通，从而切断高压，达到限时的目的。

3>触发电路由两组构成，主要器件有：T1 的两组 15V 交流绕组、VT1、VT2 等。当曝光继电器 K3A、K3B 工作，两组触发电路将同时输出一恒定直流电压分别加到两个主晶闸管的控制极而交替导通。

(3) 限时器的调整 (如图 2-3-45)

该电路能自动保证在交流电过零附近接入高压，无须严格进行高压接入相位的调整，只需要对两套限时器的时限精度进行调整即可。调整过程中，应将高压变压器的一次侧断开。主限时器的调整，限时时间由 0.025~5s 共分 23 挡，而 0.02~0.1s 这五挡，由于调节晶闸

管触发信号的关断位置及时间误差要求严格，所以要在长余辉示波器的观测之下进行调整；0.12~5s 则用数字毫秒计或使用 401 型电秒表进行测定。

在做 0.02~0.1s 时间校准时，要用长余辉双线示波器，使用时要注意外壳与人体不要接触，并站在绝缘垫上以免发生触电。将示波器设置 I “扫描时间 100ms” 与 0.3s 之间“触发选择”转到“自励”X 轴选择到扫描位置，经三分钟预热后调亮度，使横直线长度约为 20cm，然后调节 II，使屏幕上的两条直线相距 3cm 置 I 转至“AC”输入 II 转至“DC”，量程放至（2V/cm），将控制台摄影管电流和管电压调至最低（25mA、50kV），接入测试电路。

（4）0.12~5s 时间的校准

将摄影管电压调至 50kV，将数字毫秒表接至电阻 R3 的两端，开机测试各挡时间，其误差应不大于±10%，若超过应重新调整电位器 RP3，达到后锁紧。

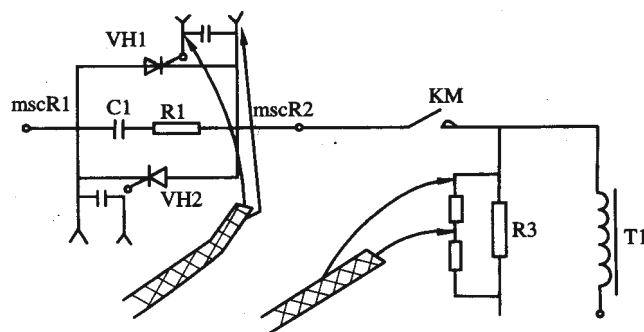


图 2-3-45 短时间测量电路接线图

表 2-3-3 过时保护电路调整表

限时范围	0.02~0.2s	0.25~0.3s	0.4s	0.5~0.6s	0.8~2s	2.5~5s
标称时间	0.24s	0.36s	0.48s	0.8s	2.3s	6.0s

对过时保护电路的调整：将主限时器中电容器 C2 短接，按下表调整电位器 R61，各挡误差均小于±10%后锁紧。

（5）限时器的故障分析

1>限时器不工作，不能切断高压

故障原因：

出现这种故障现象的原因有：由于时间选择开关 SA1 接触不良或充电回路中有虚焊、脱焊等现象，使 C2 或 C1 充电回路不通；个别限时电阻损坏开路；晶闸管 VH2、VH3 损坏不导通；K1 或 K2 不吸合使 K3A、K3B 不释放；由于 K1、K2 是接插件，如接插脚接触不良而致不工作；电容器 C2、C1 变质损坏；单结晶体管 VU2、VU1 损坏。上述情况都是在限时器故障中较常见的。

故障排除：

首先检查时间选择开关 SA1 接触情况，有无虚焊、脱焊现象；检查相关的接插件及线路有无断路的现象；测量限时器电路板单结晶体管是否损坏，电容器 C2、C1 容量是否有变化。

2>摄影时间不准

故障原因:

限时器电路中可调电位器阻值变化,调整的位置变动;对于有两套限时器电路的可能是第一套限时器不工作,只有第二套限时器工作。

故障排除:

这种故障有时通过调节可以解决,如在 0.1s 以下各挡普遍延长或缩短时可调节电位器 RP2;如在 0.1s 以上各挡普遍延长或时缩短时可调节电位器 RP3;第二套限时器共分六挡,如误差较大可调节电位器 RP4 加以修正:当限时器只有数挡时,则是由于第一套限时器不工作而由第二套限时器控制时间的原因。因此,对这部分检修最重要是要先分析故障的现象,然后再去实际检查逐一排除。

以上是以北京产 F99-1 型 X 射线机限时器为例介绍了其原理及常见故障的分析。除此之外,还有单相全波集成电路晶闸管限时器、三相 12 波集成电路晶闸管限时器、三相四极管控制限时器。在这里不再叙述。

(九) 自动曝光控时

1.概述

自动曝光系统是在 X 射线通过被照物体后,以达到胶片上所需的感光剂量(即胶片密度)来决定曝光时间,胶片感光剂量满足后,自动终止曝光。所以,自动曝光系统实际上是一种间接的限时装置,也称为 mAs 限时器。

在一般 X 射线机中的三钮调制系统中,每次摄影时都必须调节的三个参量:即管电压、管电流和曝光时间。管电压决定 X 射线的对比度,管电流与曝光时间的乘积决定影像的密度和清晰度。其操作比较复杂,照片质量也难以保证。除非是在投照工作时间较长的技术人员经验丰富,对机器比较熟悉,可以大大提高照片质量,但也不能完全保证每张照片曝光条件都十分合适。而在单钮制调制系统中,摄影时只根据体厚选择管电压一个参量,采用自动曝光控制,再配合自动连续降落负载系统,就能更充分发挥 X 射线管的效能,获得清晰度稳定、高质量的 X 射线照片。

对于自动曝光系统自 20 世纪 30~40 年代就开始研究,由于问题的复杂和技术的难度,长时间没有推广应用。开始是应用于间接摄影机器上,没有用在其他综合的 X 射线机中使用,到 20 世纪 70 年代,由于控制系统的改进,才使这一技术能在现代综合性的 X 射线机中得到应用,但使用效果未令人满意,随着 X 射线机中的中频机、高频机和数字化的飞速发展,将会在实现自动曝光控制的闭环控制和全部自动化。

目前,常用的两种形式的自动曝光控制,是以荧光效应控制光电管的自动曝光控时系统和 X 射线对空气的电离效应为基础的电离室自动曝光控时系统,它们的共同特点都是采用某种对 X 射线敏感的检测器件,把 X 射线剂量转换成直流电流或电压,这个电流或电压正比于 X 射线剂量率,将它对时间积分后的电压就正比于所接受的 X 射线剂量,当把这个积分电压与一个正比于胶片感光密度的设定电压进行比较,由一个门限检测器给出剂量到达设定值的曝光终止信号以切断高压,这就形成了自动曝光控制。

2.光电管自动曝光控时原理

(1) 光电倍增管

光电倍增管是一个具有不透明铯—铯光电阴极和多级二次发射的高真空玻璃管。如图 2-3-46 所示：

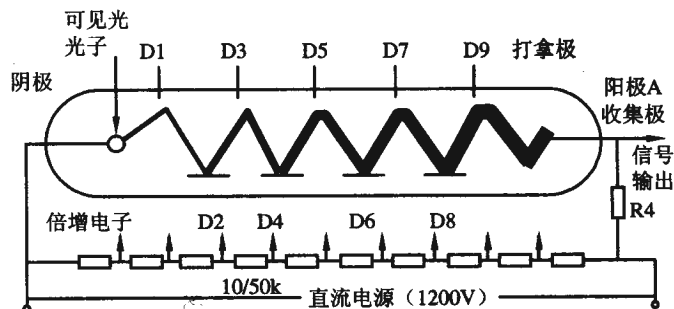


图 2-3-46 光电倍增管的工作原理图

这是一种光电倍增管（MULTIPLIER）的示意图。它有一个管壳，壳内保持高度真空，在阴极与阳极之间有若干个打拿极。在阴极附近有可见光的输入口，当有可见光射入并达到阴极时，由于光电效应使阴极发射光电子由第 1 打拿极 D1 电位比阴极高，光电子就飞向 D1 并轰击出二次电子，由 D2~D9 逐级升高，电子数量逐级增加，一般光电倍增管的增益可达数万倍。最后电子都到达电位最高的收集极，即阳极，形成光电倍增管电流，在外电路负载电阻上形成信号电压，光电倍增管输出的信号电压的幅度正比于输入的可见光光子的能量与数量，因此它可以作为光强的探测元件。

光电倍增管的供电要求是一个稳定的直流电源，电压约 1200V，从阳极到阴极用一系列电阻构成一个多极分压器，保证各打拿极电位差符合工作需要。其光电倍增管的输出信号是负极性的，即当输入可见光增强时，电子数量增加、管电流变大、信号电压降低。

（2）光电信增管自动剂量控制

利用光电倍增管构成的自动剂量控制原理图。如图 2-3-47 所示：

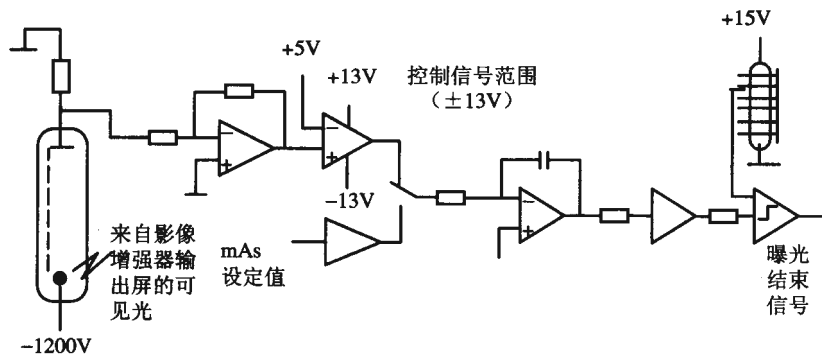


图 2-3-47 光电倍增管自动剂量控制原理图

由影像增强器输出屏发出的可见光经分光采样送至光电倍增管，它的输出信号经放大后变为控制信号。这个控制信号正比于光电倍增管所接收的光强，因而信号正比于影像增强器

所接收到的 X 射线剂量率。控制信号经过一个积分器按曝光时间积分，积分后的电压则正比于剂量率对曝光时间的积分即 X 射线剂量。当它达到某一定值时，便由门限检测器给出曝光结束信号，切断高压，这样就形成了自动剂量控制。

3. 电离室自动曝光控时原理

电离室自动曝光装置是利用 X 射线对气体电离的物理效应，电离电流正比于 X 射线强度，也正比于胶片密度。当 X 射线胶片达到理想密度时，通过电离室电流的作用，将自动切断曝光。它比光电管自动曝光系统的应用范围广泛，在各种诊断 X 射线机的摄影中都可采用。在国内常见的机器多数还都是进口机器。

(1) 电离室结构与原理

电离室的结构包括两个金属板平行电极，中间为气体。两极板间加上直流高压，空气作为绝缘介质并不导电，但当 X 射线照射时，气体被 X 射线电离的正负离子在强电场的作用下，形成电离电流。电离电流的大小和是否成为饱和状态，取决于 X 射线辐射的量及 X 射线量子的能量。利用这一物理特性，将电离室置于人体与胶片暗盒之间，在 X 射线照射时，穿透人体的那部分 X 射线将使电离室产生电离电流，此电流作为信号输入到控制系统，待 X 射线胶片达到预定的浓度时，则控制元件自动切断高压。

为什么将电离室置于人体与胶片暗盒之间而不置于胶片之后是有下述原因：

1>由于暗盒、增感屏、胶片大量吸收 X 射线，如将电离室置于胶片之后，其所获电离电流甚微，需要增加结构复杂的高灵敏度放大器。

2>由于增感屏与胶片对 X 射线的吸收在很大程度上取决于 X 射线的质（管电压），如将电离室置于暗盒之后，需要有电压值跟随的补偿系统。

3>电离室产生均匀的电离电流不应受暗盒金属结构部分（如暗盒盖、铅、弹簧卡等）的影响，如置于暗盒之后，这种影响是不可避免的。

为了提高电离室控时的准确性和稳定性，对制作电离室有许多特殊的技术要求。首先，要选用高原子序数的重金属作为电极的材料，使金属吸收 X 射线量子后释放出来的电子将再次激发气体电离，这种电离——光电效应可使电离电流升高几十倍，大大提高了灵敏度。电离室的厚度要尽可能的小，表面积要稍大，故选择 $400\text{mm} \times 400\text{mm} \times 15\text{mm}$ 大小和厚度较合适。

其次，要求驱动电路在微量的电流情况下要驱动数十安培以上的大电流控制元件，这就要求前置放大器能

将电离电流放大 10 倍以上，放大器组件的静态电流自动稳定和零点漂移都要很小。再次，整个电离室并不完全都是测量 X 射线剂量所需的区域，而是根据各种生理部位摄影的需要。目前，大都采用“三野原理”，如图 2-3-48 所示。

安置在电离室表面中心位置，三个测量野可根据不同部位的摄影要求，用开关选择作为分别使用或任意组合。三个测量野是用喷雾法将导电物质喷涂在塑料薄片上，夹在低密度泡沫塑料之中，周围的保护环与连接线也都是喷涂的导电物质。这样就保证在 X 射线胶片上不留下任何部位的影子，整个电离室除测量野以外都用泡沫塑料充填，然后用两块很薄的铜

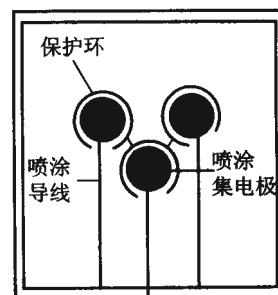


图 2-3-48 “三野”电离室基本结构图

块夹住，以保证电离室的机械强度。

(2) 电离室自动剂量控制

如图 2-3-49，这是一个电离室自动剂量控制的原理图。

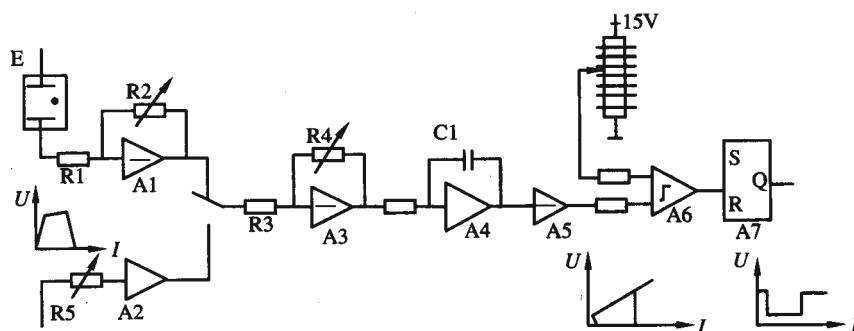


图 2-3-49 电离室自动剂量控制原理图

电离室输出正比于其所接受的 X 射线剂量率的电流，经过 A1 和 A3 两级放大，然后在 A4 积分器对时间进行积分。这积分后的电压就正比于电离室接受 X 射线剂量率与时间的乘积，积分电压经 A5 放大后送到 A6 门限检测器。当积分电压到达预先设定的门限值时，意味着 X 射线剂量已达设计值，A6 输出信号触发 RS 触发器 A7，送出曝光结束信号，立即切断高压。A1、A2 中的 R2、R4 可调电阻控制其增益，以适应选择不同的电离室或不同数目的电离室。与电离室并列可供选择的 A2 是设定 mAs 值的工作方式。

4. 自动曝光控制故障分析

此部分电路对于早期产品由于其结构原因和不同，故障率也是很高的。可能有如下情况：

1>电离室部分的故障。由于使用不注意往往造成没有信号输出的现象，但遇到这种情况，必须逐级查找。

2>电路方面的故障。放大器工作不稳定、漂移或放大器损坏，都可造成自动曝光不准，以至无法使用。

3>对于光电倍增管结构除上述电路方面的故障以外，还有光学方面的故障。如受到剧烈振动，长时间使用或密封不好有灰尘进入造成自动控制不准或管子老化。

4>供电电源问题。当电源不稳定时，容易将电源烧坏，要从头检查测量。

(十) 瞬时负载保护电路

1. 概述

瞬时负载保护电路又称 X 射线管安全使用保护电路，或称为 X 射线机容量限制电路。实际上就是从电路结构上防止操作者在选择摄影条件时，超过 X 射线管的额定负载的一种安全措施；当出现这种情况时，应保证无法曝光，单次的 X 射线摄影是一种瞬时负载，所以，这种保护仅属于一次性预置保护，它对于额定值内的连续重复曝光而出现的累积性过载，是不起保护作用的。预防累积性过载问题应根据 X 射线管和管套的热容量特性，视具体情况保证相邻两次曝光之间有足够的间歇时间，以便让 X 射线管冷却。

X 射线物理学指出-X 射线管的输入功率绝大部分转变为热量，只有极少量的能量转换

为 X 射线能, 其结果将使阳极温度很快上升, 但 X 射线管的实际焦点每平方米在单位时间内所承受的容量是有限的, 如超过此容量数值, 将会使阳极熔化蒸发, 使 X 射线管玻璃溅上一层此类金属吸收 X 射线, 使 X 射线强度减弱, 有时还会使管内真空度下降, 即使焦点温度在它的熔点以下, 但由于过热, 冷却时钨面收缩, 内部承受很大的压缩应力, 这种应力常使钨面发生裂痕, 使阳极表面变得较粗糙, 所发生的 X 射线中散射线增多, 有用的中心线束大大减弱, 这种粗糙阳极 X 射线管所发生的 X 射线只能达到原来的 50%。因此, 阳极靶面所能承受的最大功率是有限制的, 一般用代表容量来表示。对于固定阳极 X 射线管是指在单相全波整流线路中, 在 1s 时间内所达到的最高负荷量。而对旋转阳极 X 射线管, 则是指在三相全波整流线路中, 在 0.1s 时间内所达到的最高负荷量。

瞬时负载保护电路要以 X 射线管瞬时功率曲线为依据。对每个焦点, 每次摄影所选择的管电流、管电压和曝光时间所对应的坐标点都应在瞬时功率曲线以下才允许曝光, 绝不允许在曲线之上曝光, 如出现在这种情况, 则保护电路要切断曝光, 所以说 X 射线管的瞬时功率与施加于其上的管电压、管电流和照射时间有关。一般是采用三参量自由搭配的调节方式, 属于一次性预置保护, 在所有的大中型 X 射线机都设置有瞬时功率保护电路, 还有一些机器设置有参量保护电路, 如过流保护、过压保护、冷高压保护等。

2. 瞬时负载保护电路类型

在瞬时负载保护电路中主要有以下几种形式:

(1) 参数连锁式瞬时负载保护电路

在三钮制调制系统中管电压 (kV)、管电流 (mA)、曝光时间 (s) 三个曝光参数均自由选择, 所以均采用参数连锁式瞬时负载保护电路, 这种电路一般包括信号输入电路和信号输出电路两部分, 输入模拟电压反映了管电压、管电流、曝光时间三个参量的变化, 由这三个量决定在瞬时功率曲线坐标系中正好落在曲线的哪些坐标点上, 就决定了输入模拟电压的临界值, 一旦大于临界值, 就通过驱动电路阻止曝光, 所以一切可能的曝光都在临界值以下, 驱动电路可以采用晶体管电路, 也可以采用线性集成电路。北京产 F99-1 型 X 射线机就是采用此种电路原理, 如图 2-3-50 所示。

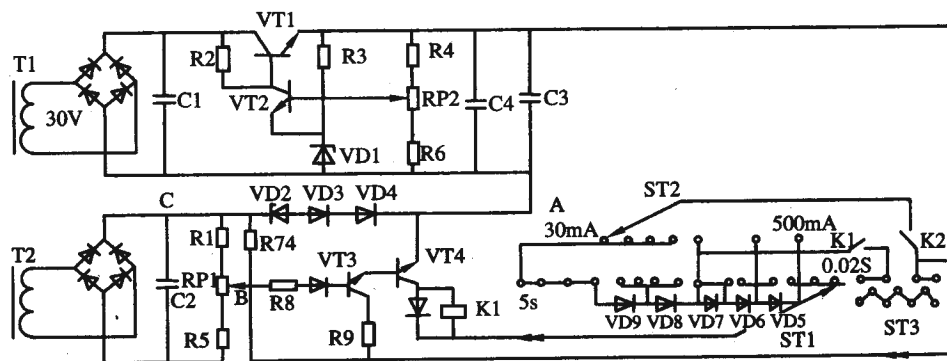


图 2-3-50 F99-1 型 X 射线机瞬时负载保护电路

该电路是由 T1、VT1、VT2 等组成稳压电路, 供给开关管 VT3、VT4 的工作电源, 同时供给到由 R7、VD2、VD3、VD4 构成二次稳压电路, 作为复合开关管输入端的基准电源,

其中 VD3、VD4 用做温度补偿。

由图中可以看出, 信号输入是由千伏表的端电压, 经技术选择开关 AJ、管电流选择器 ST2 加到千伏过载变压器 T2 的一次侧, 然后经整流而获得, 因为每挡毫安值对应的最高千伏值是不同的, 所以改变 ST2 的位置, 将切换 T2 的一次侧抽头, 使电压输入到 T2 一次侧后, 在二次侧感应出一个相同数值电压, 即不同管电流条件下的 X 射线管的极限功率都通过 T2 输出相同的模拟电压, 此电压为过载临界电压, 这个电压由 VT17 整流、C2 滤波、R1、RP1、R5 分压后, 取出 VBC 和 VD2 上的基准电压 VCA 反向串联后加到复合开关管的输入端, 当瞬时负载不超过时, T2 输出的电压小于临界电压, 复合开关导通, 继电器 K1 工作, K1 的常开接点接通摄影准备工作接触器线圈得电, 曝光可以进行; 当瞬时负载过载时, T2 输出的电压大于临界电压, 这时复合开关管被截止, K1 不工作, 曝光不能进行。调整电位器 RP1, 可以改变临界状态。

时间过载电路由管电流选择器 ST2、摄影时间选择开关 ST1、技术选择开关 ST3 和二极管等构成，它们之间的搭配控制着 CH8-9、CH8-13 的通断，当在容许范围内时接通 K1 能够工作，允许曝光，反之开路，不允许曝光，这就控制了每一毫安挡的最长曝光时间，二极管 VD5 一 VD9 构成门电路，当出现时间选择开关 ST1 处于低毫安挡的最长曝光时间位置，而管电流选择器 ST2 由低毫安转到高毫安挡时，二极管截止，使电路不接通，达到容量保护的目的。其中 K1、K2 是切换继电器开关，当 1 台摄影时 S1 工作，管电流固定为 300mA，最长曝光时间限制在 0.6s。

(2) 负荷率计式瞬时负载保护电路

这种保护电路的基础是参量连锁保护电路,是将管电压、管电流、曝光时间三个参数量连锁的模拟信号送到一个称为负荷率计的指示仪表上(实际是一个直流电表)当预置的一次曝光负载超过额定值时,则通过驱动电路使保护继电器工作,使这次曝光不能进行,由于设置了负荷率电表,可以指示每次操作时 X 射线管负荷的百分数,所以这种电路也称为负荷率电路。负荷率计所指示的是一次性的曝光负荷率。负荷率计电路原理如图 2-3-51 所示。

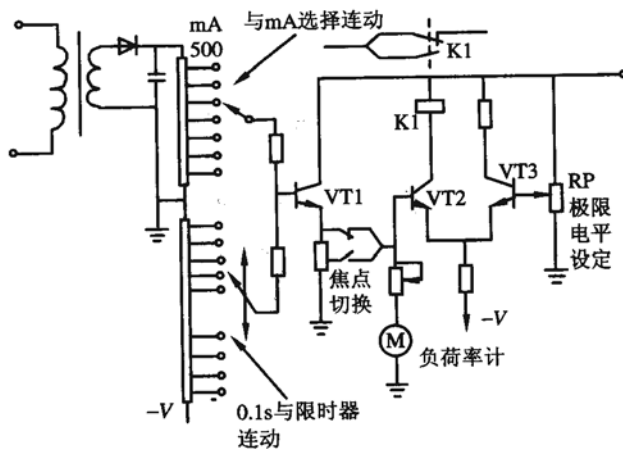


图 2-3-51 负荷率计电路原理图

这是由管电压信号变压器、管电流和曝光时间选择器、VT1 构成的射极跟随器等组成的

连锁信号输入电路。变压器一次电压反映了管电压的变化，二次电压经整流滤波和电阻分压，由管电流选择器输出；时间模拟信号电压由负压分压电阻，通过时间选择器输出，使 VT1 基极电压反映了管电压、管电流、曝光时间三个参量的连锁关系，再经过射极跟随器和焦点选择开关，将信号电压加到直流电表 M 上，该电表刻度若以最大允许负载为 100 进行校正，则 M 的读数可直接换算为该次预置负载为额定负载的百分数表示，这就是负荷率计。

由 VT2、VT3 等构成保护电路。这是一个差分放大器，RP1 作为极限负载设定，当 M 表指示超过极限百分数时，保护继电器 K1 工作，表示过载，不能曝光。

由集成电路构成的负荷率计电路如图 2-3-52 所示。

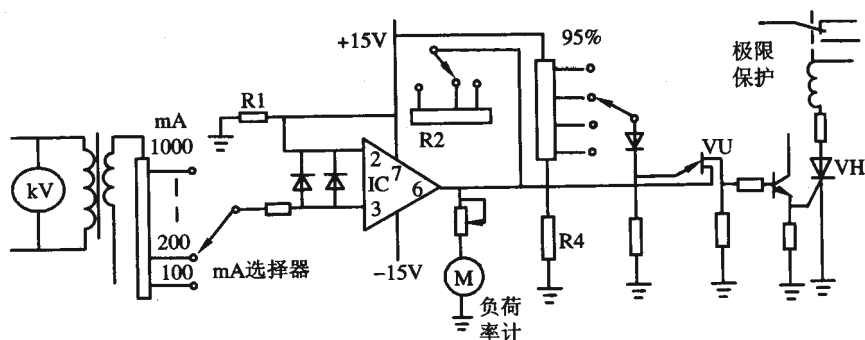


图 2-3-52 集成电路构成的负荷率计电路

图中的 IC 构成同相放大器，工作于线性放大区。IC 的同相端 3 的信号反映了管电压、管电流的变化关系，即管电压、管电流、曝光时间三参量的连锁变化关系，此电压加到负荷率表上，以指示此次预置负载为额定值的百分数。

保护电路利用了三端器件 PUT 管特性。由 R3、R4 构成分压电路，以设定可调单结晶体管 (PUT) 控制极的门限电压，此门限电压校正以 X 射线管额定负载的百分之几作为保护起点。当送到 PUT 管阳极端的连锁信号电压高于控制极上的门限电压时，PUT 管导通，VH 晶闸管被触发，保护继电器工作，使这次曝光不能进行。

(3) 降落负载式瞬时负载保护电路

所谓降落负载曝光，就是以 X 射线管最大允许功率开始曝光，以后将按 X 射线管瞬时功率曲线随时间而连续或分段地自动降低，这样一次摄影就是降落负载曝光。

采用降落负载曝光时，X 射线管一开始就工作在最高允许功率，靶面温度立即升到极限，以后的整个曝光过程中，X 射线管始终工作在允许的功率极限，而靶面温度也保持在极限，这样就能充分发挥 X 射线管的效能，尽可能地缩短曝光时间，减少影像的动态模糊，以获得高质量的 X 射线照片。降落负载曝光一般应用于单钮制调制系统中，其管电压是恒定的，以后的管电流将按瞬时功率曲线的指数变化规律随时间而连续或分段地自动降低。此部分电路一般采用电机自动调节灯丝一次侧电路所串电阻或自动转换电阻器。在自动降落负载时，由于管电流随曝光时间的增长而减少，导致主电路电压降的减少，使管电压相对增高，故在控制系统内必须有相应的管电压补偿电路。降落负载曝光按负载降落的形式分为连续降落和分级降落两种。连续降落负载曝光是 X 射线管瞬时负载功率沿着功率曲线随时间而连续降

低,靶面温度始终处在极限状态。而分级降落负载曝光瞬时功率的降低不是连续的分级降低,而是分阶段的降低。降落负载曝光应配合自动曝光控时系统,以达到最佳摄片效果。在目前的大功率 X 射线机组中已普遍采用。

3.瞬时负载保护电路故障分析与排除

对瞬时保护电路这部分的故障分析与维修,在实际应用中虽然故障发生率不是很高,但是对这部分电路的工作情况要定期进行检查,有时这部分电路已经出现了偏差,而且还在继续工作,没有真正起到保护作用,结果出现了问题。所以对这部分电路在每次维修时或定期的检查都是必要的。下面以北京产 F99-1 型 X 射线机容量限制电路故障进行分析。

(1) 千伏电压超过过载规定值过多

故障原因:

这种情况如果超过规定值 5kV 才显示过载,说明电位器 RP1 抽取的分压电阻值小,应适当增加;如低于规定值过多,说明电位器 RP1 抽取的分压电阻大,应适当减小。

故障排除:

按照机器安装说明提供的安全使用条件,逐级检验其灵敏度高低,然后调整电位器 RP1,调整范围不宜过大,要判断准确后再调整。

(2) 预示条件不过载但也不能曝光

故障原因:

可能是管电流选择器、时间继电器和技术选择开关接触不良,继电器 K1 不工作,电路调整不当。

故障排除:

首先测量继电器 K1 线圈两端电压,检查 K1 是否工作,这种情况断路的可能性比较大,应查找管电流选择器 ST2,时间选择器 ST1 或技术选择开关 ST3 接触情况,因为这些部位都是经常使用的,有正常磨损所造成,也有长时间的氧化所造成接触不良,导致继电器 K1 不工作。另外,电位器 RP1 抽取的分压电阻偏大,适当减小即可。

(十一) 旋转阳极控制电路

1.基本原理和特点

旋转阳极控制电路包括旋转阳极起动电路和延时保护电路。这部分电路也是 X 射线机中非常重要的一部分。因为在大中型诊断 X 射线机中均采用旋转阳极 X 射线管,此种旋转阳极 X 射线管具有焦点小、功率大等优点。但是,摄影时必须在很短的时间内使阳极达到很高的转速才能曝光,否则,电子将集中撞击小块面积,即撞击一个点,致使焦点面过热熔化而造成管子损坏。同时为减小阳极轴承磨损,延长 X 射线管的使用寿命,在曝光结束后,阳极应在很短时间内停止转动。这样就要求旋转阳极控制电路工作必须稳定可靠,保证上述的各项要求,使 X 射线管得以正确使用。具体讲对旋转阳极起动和延时保护电路的基本要求有以下几个方面:

(1) 快速起动装置

即要求在曝光前很短的时间内(对中速管在 0.8~1.2s、高速管在 2.4s)将转动惯量很大的转子系统由静止状态达到系统转速(中速管在 2800r/min、高速管在 8500r/min),这一点对旋转阳极来说要求它的机械强度好,能耐受很大的角速度,对电路来说要求提供很大的起

动电流,使起动电容足够大和起动电压足够高,以便达到所需的转矩。

(2) 延时装置

延时装置就是为了保证一定的起动时间,以便在阳极达到额定转速之后才送出曝光开始信号。

(3) 降压装置

当阳极一旦达到额定转速之后,在曝光期间应将起动状态的高压切换为工作状态的低压,以达到阳极起动转矩大、运转转矩小的要求。有的机器考虑到曝光时间很短采用起动和工作状态为同一电压值。

(4) 保护装置

该电路中保护电路是不可缺少的,以避免阳极未转动或转速不够而加高压曝光,造成 X 射线管立即损坏。最常用的办法是在定子回路中设置电压、电流继电器或互感器来进行检测和保护。

(5) 制动装置

这部分电路主要是为了减小阳极轴承磨损,延长 X 射线管的使用寿命。要求曝光结束后,阳极应在很短时间内停止转动。其原理是在曝光结束后,定子的电压断开后,立即有一脉动直流电压加至工作绕组,以产生一个制动力矩,使已在旋转的阳极迅速停止转动,几秒钟后,又将此脉动直流电压自动切断。尤其是 8500r/min 的高速管,制动装置是必不可少的。因为转子的机械共振一般发生在 5000~7000r/min,制动装置将使转子尽快通过这一临界转速,避免出现共振而损坏管子。

2. 旋转阳极起动电路

在旋转阳极 X 射线管内的阳极端装有与阳极靶同轴的笼型转子,在 X 射线管管套内装有一个靠阳极端由铁心和绕组组成的定子,这样就构成了单相异步电机。定子绕组分起动绕组和工作绕组。为了使电机能够自行起动,两个绕组在圆形定子铁心上相差 90° 电角,这样当把在时间上相差 90° 的两相交流电引入定子后,便产生旋转磁场,使阳极转动。由于起动绕组和工作绕组由同一单相电源供电,为使两个绕组的电流在时间上有一个相位差,可在起动绕组中串接电容器进行移相,此电机称电容电动机。在起动绕组中串接电容后还加大了起动转矩,此转矩的大小与电容器的电容量有关,容量越大,起动转矩越大。有些机器为加大起动转矩加一较高电压,待起动后转入正常运转时,即将此电压降低。但考虑到其工作时间不长亦可采用同一电压值。X 射线管旋转阳极起动基本电路如图 2-3-53 所示。

旋转阳极转动的方向,决定于起动绕组与工作绕组的接法。如果将任一绕组的两端换接一下,将会改变转动方向。转动方向对新型 X 射线管的使用没有什么影响。对旧型号 X 射线管,主要是其固定阳极靶的螺母是顺时针方向的,安装时必须使转子逆时针方向转动才不会使阳极靶面上的固定螺母松动或脱落损坏 X 射线管。

目前用于诊断的中型 X 射线机组一般均采用中速旋转阳极 X 射线管。当电源频率为 50~60Hz 时,其阳极转速为 2800~3000r/min。在大型机组中为提高 X 射线管的功率,采用倍频以提高阳极转速的方法,其转速可高达 8500~

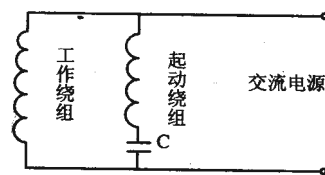


图 2-3-53 旋转阳极起动基本电路

10500r/min。表 2-3-4 是各种旋转阳极管转速周期与电源频率关系。

表 2-3-4 各种旋转阳极管转速周期与电源频率关系表

项目	中速管	高速管	超高速管
转速 (r/min)	2800	8500	17000
每转周期/ms	21.4	7.06	3.53
所需电源频率/Hz	50	150	300

在过去的 X 射线机中，曝光完毕后由于阳极的惯性作用，阳极要继续转动很长一段时间，这样不但产生噪声而且还增加了阳极轴承的磨损，缩短了 X 射线管的使用寿命。为此，有些诊断 X 射线机采用曝光终止自动控制电路。其原理是在曝光结束时定子的工作电压断开后，立即有一个脉动直流电流经工作绕组，产生一个制动力矩，使已在转动的阳极迅速停止转动，经几秒延时后，此脉动直流电流自动切断。

3. 旋转阳极起动保护电路

(1) 原理和特点

为了充分发挥旋转阳极 X 射线管的特点，使影像更加清晰，提高临床使用条件。所以，就要求在曝光前，要确保阳极旋转，并达到规定的转速后才能接通高压进行曝光。在曝光结束后，为延长 X 射线管的使用寿命，还要加入工作绕组一个脉动直流电流起到制动力矩，以防止 X 射线管长时间转动，缩短 X 射线管的寿命。为此，采用旋转阳极起动保护电路。这种电路，各种机组有所不同，形式上有简单的，也有复杂的，但其所要完成的功能基本上是一样的。一般的是在启动电路中串联一电流继电器或电流互感器，以检测定子绕组是否有起动电流通过。当这些条件满足后，阳极即能起动旋转，延时器开始工作，大约经过 1s 左右的延时，旋转阳极便可达到规定的转速。曝光即可开始。当有一路出现问题时，即阳极达不到转速要求，延时器不能工作，曝光不能进行。有的电路延时器用延时继电器或半导体延时电路，有的还在起动电容器两端并联一电压继电器或电压互感器，只有当阳极转速达到规定数值后，电容器两端电压才上升到指定继电器的吸合电压值，使继电器工作，电路接通，曝光开始。除了上述保护电路之外，还有的电路加入灯丝保护电路在此部分，当灯丝电路有故障，造成短路或断路时，都可以直接反映到保护电路中，使延时继电器不能工作，曝光无法进行，起到保护作用。

(2) 两种旋转阳极起动保护电路原理

1>下面以 F99-1 型 500mA 诊断 X 射线机旋转阳极起动保护电路介绍如下。如图 2-3-54 所示：

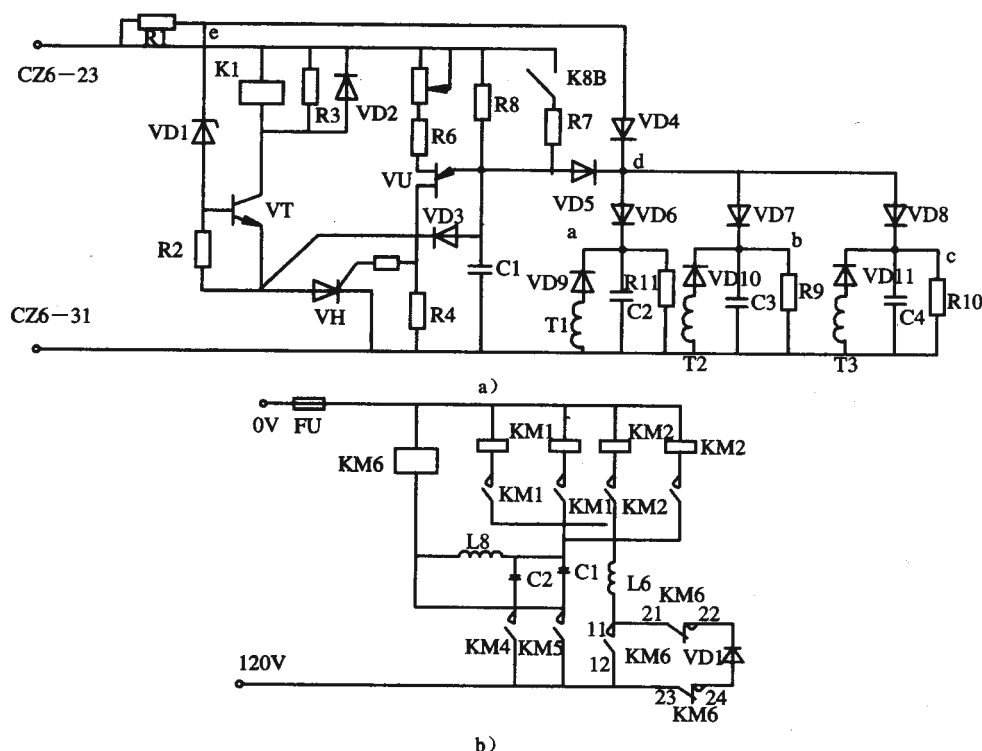


图 2-3-54

a) F99-I 型 500mA 诊断 X 射线机起动保护电路 b) 旋转阳极起动电路图

本电路包括信号输入和放大执行两部分电路。①当按下手闸第一挡后，信号输入是一个由 VD6~VD8 构成的三输入端与门电路，三输入端的信号分别来自起动电流互感器二次绕组 T2，起动电压互感器二次线圈 T1 和 X 射线管灯丝电流互感器二次线圈 T3，它们的一次线圈分别接在旋转阳极起动电路和 X 射线管灯丝加热一次侧电路中。输入交流信号分别经整流和滤波后变为直流电压信号（约 10V），出现在 a、b、c 三点上，在准备曝光期间，当阳极起动时，如上述三输入端之一无信号，则与门输出端 d 和 e 点均为低电平，执行电路将使保护继电器 K1 不工作，使曝光不能开始，达到保护的目；只有在三个输入端同时都有信号输入，d 和 e 点均为高电平，才有可能曝光。②执行电路由 VT1、VT2、VH 等元件构成。当机器预热或旋转阳极起动或灯丝加热电路出现故障时，使 d/e 两点处于低电位。由 VD5 的箝位作用，使 C1 不能充电，则 VT2、VH、VD1、VT1 均处于截止，保护继电器 K1 不工作，将预上闸 KM3（图 2-3-56）线圈回路切断，曝光不能开始。当 X 射线管正常起动和灯丝正常加热时，与门输入端 a、b、c 均为高电位，输入端 d 和 e 也为高电位，VD5 截止，电容 C1 通过 R8 充电，约延时 1.2s 后，单结晶体管 VT2 导通，在 R4 上形成的脉冲电压使晶闸管 VH 触发而导通，同时 VD1 和 VT1 也相继导通，保护继电器 K1 工作，其常开接点将预上闸 KM3（图 2-3-56）线圈回路接通，使曝光可以开始。继续按动手闸第二挡，曝光即可进行。当曝光完毕后，T2、T1 失电，C3、C2、C1 通过电阻 R9、R11 放电，e 点电

位开始下降。当e电电位降至约8V时,VD1、VT1截止,VH关断,K1失电,电路恢复到起始状态。改变R5,可适当改变延迟时间。当作点片摄影时,由于片盒到位后须经0.3s延时才能曝光,此时点片摄影接触器K8B工作,将电阻R7与R8并联,使充电电阻减小,此时的起动延时时间为0.8s。

2>F78-III型300mA诊断X射线机旋转阳极保护电路如图2-3-55所示:

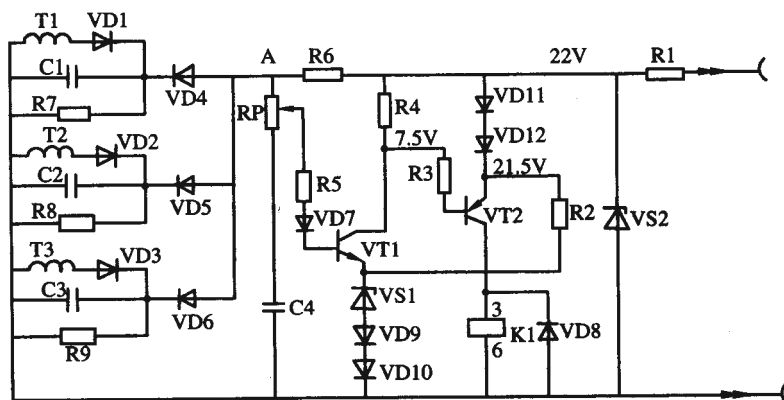


图 2-3-55 F78-3 型 300mA X 射线机旋转阳极起动保护电路

该电路也包括两个部分即信号输入电路和开关电路。信号输入电路由三个与门组成,每一个门电路的信号输入电压分别由起动电流互感器二次绕组 T2、X 射线管灯丝电流互感器二次绕组 T3 和起动电压互感器二次绕组 T1 提供。这些互感器的一次绕组,接于旋转阳极起动电路或 X 射线管灯丝加热一次电路内。每个门电路由互感器绕组、二极管、电阻和电容器组成。当机器接通电源后,由于 R6 的降压使 A 点电位很低,约 2V 左右。因此,三极管 VT1 的基极电位低于发射极电位 (7.9V) 而截止,充电电容 C4 被 VD4 (或 VD5、VD6) 和 R7 (R8、R9) 断路。在摄影时,当按下手闸后,X 射线管旋转阳极起动,X 射线管灯丝增温,则 T1~T2 的二次侧产生一感应电压。经 VD1 (或 VD2、VD3) 整流,C1 (或 C2、C3) 滤波,产生约 10V 的直流电压,其极性使二极管 VD4~VD6 因反向电压而被截止。则稳压电源经 RP、R6 向电容器 C201 充电,当其电压达到约 9V 时,VT1 的发射极加上一正向电压而立即导通。继而 VT2 导通,推动继电器 K1 工作,由于有一常开接点串接在摄影接触器线圈回路,这就为控制电路中摄影接触器 KM2 或 KM3 的工作提供了条件。其充电时间为 0.8~1.2s,可改变电位器阻值进行调节。曝光完毕后,T2、T1 失电,C4、C1、C2 通过 R7、R8 放电。如旋转阳极没有转动或者未达到规定的转速或 X 射线管灯丝没有燃亮增温,都将使其中的一个门电路输入电压为低电位,只要二极管 VD4~VD6 中的某一个仍在导通,则充电电容器 C4 被断路,不能充电。此时 VT1、VT2 均被截止,K1 不工作,其接点不闭合,曝光无法进行,从而起到保护作用。如果旋转阳极起动电路出现短路,使电流过大时,则起动电路中,熔断器 FU 烧断,起动电路失电,阳极不能转动,也能起到保护作用。

4.故障分析与排除

上述介绍的两种旋转阳极起动保护电路其原理都是利用了电压或电流互感器组成与门电路作为信号输入,这部分电路出现故障的频率是很高的,可有如下现象:

(1) 旋转阳极起动旋转但不能曝光

故障原因:

1>X 射线管灯丝未点亮, 灯丝互感器二次无感应电压, 使电路中的 C4 (图 2-3-55) 或 C1 (图 2-3-54a) 电容不能充电, 继电器 K1 (图 2-3-55) 或 K1 (图 2-3-55a) 不工作。

2>电路中的继电器接触不良, 接插不牢、松动或线圈未接入。

3>单晶体管 VT2 或晶闸管 VH 损坏, 或者是 VT1 损坏 (图 2-3-54)。

4>旋转阳极未达到规定转速, 互感器感应电压偏小, 未能使二极管 VD4、VD5 (图 2-3-55) 或 VD5 (图 2-3-54a) 截止, 充电电容 C4 (图 2-3-55) 或 C1 (图 2-3-54a) 不能充电, 继电器 K1 (图 2-3-55) 或 K1 (图 2-3-54a) 不能工作。

5>充电电容器本身 C4 (图 2-3-55) 或 C1 (图 2-3-54a) 变质损坏。

6>延时继电器 KM6 (图 2-3-54b) 未工作, 线圈断路, 或控制接点开关工作不良。

故障排除:

1>按下手闸开关, 经 1.2s 延时后继电器 K1 (图 2-3-55)、K1 (图 2-3-54a) 是否工作。

2>检查继电器 K1 (图 2-3-55)、K1 (图 2-3-54a) 接触情况及继电器本身是否有故障。

3>检查电路板上单晶体管及晶闸管, 测量旋转阳极电压和电流互感器二次侧有无感应电压。

4>打开 X 射线管窗口观察 X 射线管灯丝是否点亮, 如果已亮再查找和测量旋转阳极起动保护电路板上灯丝互感器二次侧有无感应电压。

5>用电容表测量充电电容 C4 (图 2-3-55)、C1 (图 2-3-54a) 容量。

6>检查延时继电器 KM6 (图 2-3-54b) 工作情况, 测量继电器线圈, 检查继电器各组接点控制开关工作情况。

(2) 起动延时时间过长或过短 (图 2-3-54a)

故障原因:

1>可调电位器阻值变化

2>充电电容容量改变

故障排除:

1>可调电位器 RP 损坏或阻值变化, 重新调整是否有变化, 否则应更换新品。

2>充电电容器 C1 (图 2-3-54a)、C4 (图 2-3-55) 老化或电容量改变, 变大或变小, 在一般情况下电容量变大较多, 属于老化现象。

(十二) 技术选择及其控制电路

技术选择及其控制电路是指按照临床技术要求利用某些电器元件和电子器件组成的以控制 X 射线的发生和中断, 并能协同某些机械动作的综合电路。通常是以接触器和继电器为主要执行元件。这部分电路结构比较简单易懂, 因机器不同所控制的方法和形式也是不同的, 但控制的目的均要达到临床的技术要求, 只要按照其控制的逻辑电路关系从头开始逐级的分析, 去结合实际的故障现象, 比较容易找出故障所在。为此, 对这部分电路只在其中的一部分作以介绍, 下面以 F99-1 型 500mAX 射线机普通摄影控制电路为例分析如下。如图 2-3-56 所示:

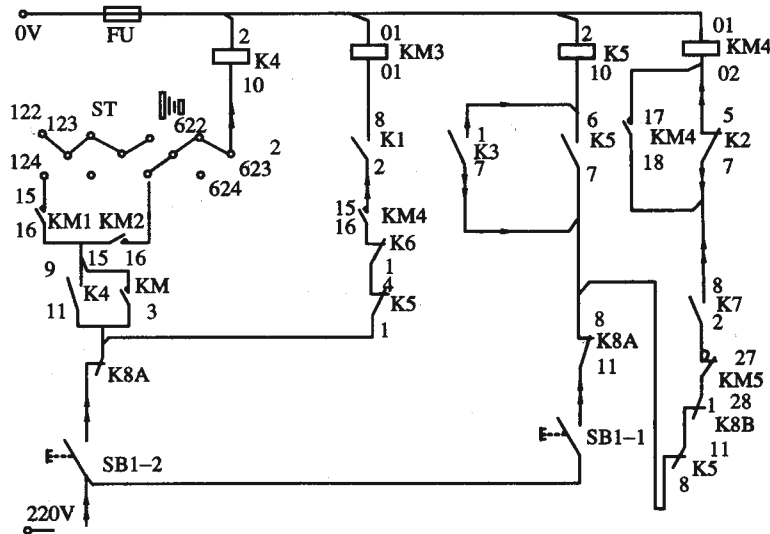


图 2-3-56 F99-I 型 500mA 诊断 X 射线机普通摄影控制电路

1.F99-I 型 X 射线机普通摄影控制电路原理

本机组是双管双床 X 射线机。两个床均可作普通摄影。当诊视床球管作普通摄影时，将技术选择开关 ST 的第一挡按下，而当摄影床球管作普通摄影时，将技术选择开关 ST 的第三挡按下。如所选择的摄影条件不过载，则过载保护继电器 K7 工作，接点 2、8 闭合。

当按下手闸的第一挡 SB1-1 时，摄影准备接触器 KM4 得电工作并自持，X 射线管灯丝升压增温。球管阳极起动旋转，经 1.2s 延时后，K6 工作接点 2、8 闭合。

接着按下手闸的第二挡 SB1-2，则摄影高压接触器 KM3 得电工作。由于接触器 KM1-15、16 或接触器 KM2-15、16 接点已闭合，则上闸继电器 K1 随即得电工作并自持。当正弦波过零时，主晶闸管被触发导通，曝光开始。到达预置的时间后，主晶闸管触发信号消除，在过零时自行关断，曝光结束。

稍后，由于保护延时器中的下闸继电器 K3 工作，其接点 1、7 闭合，使下闸继电器 K5 得电工作并自持，同时使 KM4 和 KM3 失电。当松开手闸 SB1-2 时，K1 失电，松开手闸 SB1-1 时，K5 失电，电路恢复到起始状态。

K6 是主晶闸管短路保护继电器，当主晶闸管短路时工作，接点打开，KM3 不能吸合，曝光无法进行。

2.故障分析与排除

(1) 按下或松开手闸 SB1 时不曝光，毫安表也无指示

故障原因：

出现这种故障现象对北京产 F78 型或 F99 型诊断 X 射线机其曝光手闸有两种形式：一种形式是按下去是预热，经 1.2s 延时后抬手曝光；另一种形式是手闸分为两挡即按下第一挡是预热，经 1.2s 延时后，再按下第二挡才是曝光。虽有上述区别但所控制的原理是一样的，可能有如下原因：

1>手闸中的接点接触不良，主要是由于经常使用后造成导线开焊、折断比较多。

2>技术选择按键选择错误或技术选择开关接触不良,造成这种情况主要原因是选择开关氧化所造成。

3>曝光条件过载,使过载保护继电器工作接点打开,此时当控制台无指示时往往容易只考虑手闸的故障,应该全面检查控制台的各种工作情况。

4>旋转阳极 X 射线管灯丝不亮或阳极不转动,使起动电路保护继电器工作,接点打开,出现这种故障时,只要重新起动一次,并仔细听旋转阳极,是否转动,待 1.2s 后是否有很小的继电器工作的声音,如果有声音说明继电器工作,不曝光是继电器接点接触问题,如果无声音说明继电器不工作,应继续查找其他部分。

5>摄影高压接触器不工作,使高压一次侧回路断路,这种情况要从该控制电路所涉及线路去查找,找到每一步都要具体检查机器的实际工作情况,并结合实际测量情况。

6>摄影准备接触器或旋转阳极起动继电器不工作,接点未接上,此时要重点检查接触器和起动继电器,如果其本身器件正常,再查找线路。

故障排除:

1>检查手闸接触是否良好,测量接触电阻,有无断路现象。

2>测量相关电路的技术选择开关接触是否可靠,有时元器件经过长时间使用,容易出现氧化现象,造成接触不良;应进行适当的清洗和调整,经修理可以恢复,必要时应更换新品。

3>检查过载保护是否正常,如果曝光条件已经过载,致使过载保护工作,造成不能曝光。

4>打开 X 射线管窗口,观察 X 射线管灯丝是否点亮,如果 X 射线管灯丝不亮,则旋转阳极起动保护电路发挥作用,1.2s 延时继电器没有工作。

5>按照普通摄影控制电路检查摄影准备接触器、摄影高压接触器工作情况。

(2) 曝光到时限后不终止

故障原因:

1>限时器本身有故障不工作,不能切断高压。

2>限时器所控制的中间继电器损坏,继电器绕组断路不工作,不能切断高压。

故障排除:

1>检查限时器电路板电源是否正常,接插件有无短路、断路现象。

2>测量限时器所控制的继电器线圈电阻是否正常,接点接触情况,如果出现断路时,则继电器不能工作,也就不能切断高压。

(十三) 典型故障维修实例

以北京医用射线机厂生产的 F99-I 型 500mA X 射线机器为例,介绍典型故障分析及故障排除方法。

1. 无 X 射线发生

故障分析:

此种故障可能涉及到高压部分、电源部分和控制部分的问题,要结合实际情况进行具体分析。

首先要检查整机电源部分是否正常,熔断器是否烧坏,电源电压是否可调;其次是检查技术选择开关是否可控;最后检查控制部分是否正常。通过这些步骤的检查可以初步判断故障所在部分。此时,可以将高压一次侧连接线拆下,将电流和电压调置最低,限时器调置 0.5s,

进行曝光试验，来检查曝光控制程序是否正常，如果不正常，则应该按照系统控制程序逐级检查，如果曝光程序正常时，可在高压一次侧连接一个假负载或电压表，来观察输出情况。经过检查，发现输出不正常，无电压输出。说明是控制系统有故障，按控制系统再分析，逐步将故障范围缩小。

故障排除：

当初步断定是控制系统旋转阳极起动保护电路的问题时，就要按照机器提供的技术资料进行查找。在普通摄影中，当手闸接通后，旋转阳极起动电路中的摄影准备接触器 KM4 或 KM5（图 2-3-54b）触点接通工作，同时使 KM6（图 2-3-54b）延时继电器得电吸合工作，交流电加于旋转阳极定子绕组，旋转阳极起动，灯丝增温，使得旋转阳极起动保护电路中的三个互感器 T1、T2、T3 感应出 10V 左右的电压，经过延时电容 C1 经由 R8 开始充电，经 1.2s 后是单结晶体管导通，继而使 VT1 图 2-3-54a 导通，继电器 K1 工作，接点 2、8 闭合。当按下手闸第二挡时，曝光开始，限时器开始工作，如图 2-3-54b 当摄影完毕后 KM6 失电，快速接点 11、12 断开，因此时电源经 KM6 的 21、22 和 23、24 常闭接点，由二极管 VD1 整流产生一个脉动直流，流经电机的工作绕组，以便产生一个制动力矩，使旋转阳极迅速停止转动。这样一个普通摄影曝光过程。

在检查中发现，当按下手闸后摄影准备接触器工作，此时延时继电器 KM6 没有同时工作。这就造成旋转阳极不能得电工作，使之不能曝光。测量 KM6 继电器线圈两端电压有电，关掉机器测量 KM6 继电器绕组阻值无穷大，说明 KM6 继电器绕组断路。更换新品后故障排除，机器恢复正常。

2.X 射线发生时有时无

故障分析：

针对 X 射线发生时有时无的现象分析，这是一种接触性故障。

1>电源部分：供给控制系统电源有接触不良现象，使某些控制电路工作不稳定。

2>高压部分：先考虑 X 射线球管部分，检查 X 射线球管灯丝是否正常燃亮，检查高压电缆有无异常现象，包括高压电缆插头、插座以及连接情况。

3>控制部分：先将控制台中高压一次侧 P1、P2 端子断开，连接一只 220V/100W 灯泡，进行普通摄影曝光试验，检测机器曝光控制系统工作程序是否正常，按照机器曝光控制程序观察实际现象，如果当按下手闸后，只有摄影准备继电器工作，其余均无动作和反应时，需要在控制系统查找摄影准备继电器工作后，同时工作的 KM6（图 2-3-54b）是否工作，如果按下手闸后，旋转阳极起动运转正常。但是不能曝光，无 1.2s 延时继电器工作，说明旋转阳极起动保护电路系统还有故障，应该检查旋转阳极起动保护电路中起动电压、电流互感器和 X 射线管灯丝电流互感器是否有 10V 左右电压。

故障排除：

1>打开 X 射线球管窗口，检查 X 射线球管灯丝是否能正常燃亮，旋转阳极靶面是否有被高压打坏的现象，检查高压电缆与 X 射线球管和高压发生器连接情况，用万用表 RX1k Ω 挡测量高压电缆是否有短路和断路，测量高压发生器内部交换开关切换接触和线路连接情况，必要时打开高压变压器检查。

2>按照系统控制线路,查找系统控制中断的位置的器件,按下手闸第一挡摄影准备继电器 KM4 工作并自持,X 射线管灯丝增温,1.2s 后启动保护电路 K1 工作,测量其 2、8 点接触;按手闸第二挡摄影继电器 KM3 应该工作,(I 台 KM1、II 台 KM2 接点闭合)上闸继电器 K4 工作,触发晶闸管导通,曝光开始,经延时后,下闸继电器 K5 工作,使 KM4、KM3 失电,电路恢复起始状态。要检查上述曝光步骤;如果无 1.2s 延时继电器工作,要查找这种故障现象说明 X 射线管旋转阳极启动保护电路没有问题。问题出现在高压部分,X 射线管灯丝电路有问题,在检查 X 射线管灯丝是否亮时,是将 X 射线管向右旋转观察,结果是正常的 X 射线管灯丝亮着;当将 X 射线管向左旋转观察时,X 射线管灯丝就不亮了。这就造成了 X 射线发生时有时无的现象。说明 X 射线管阴极高压电缆有断路现象,造成 X 射线管灯丝不亮,无 X 射线发生。经过重新灌注高压电缆插头或更换新品后,故障排除,机器恢复正常。

3.毫安表指示到头

故障分析:

这种故障现象考虑到是高压部分的问题,首先检查 X 射线管灯丝是否点亮,在转动 X 射线管时,内部如果有异常声响,则说明 X 射线管已被击穿损坏;检查插头有无裂缝、拉弧现象;检查高压电缆有无击穿现象;打开机器时,高压发生器有无异常声响,温度是否正常等。

故障排除:

对于高压系统的故障排除难度不是很大,因为故障比较容易发现。但在具体的故障修理中必须仔细认真,若是 X 射线管损坏就要更换新管;若是高压电缆被击穿就要重新灌注高压电缆插头或更换新的高压电缆。

4.高压电缆与插头的连接方法

首先将高压电缆头端按插头尺寸剥制,使之露出芯线、绝缘橡胶、半导体层和金属网。将三根金属牵引线穿过插头中间的小孔,与高压电缆的相应芯线焊好,并套上绝缘套管,再将绝缘充填液体(体积为松香 90%、变压器油 10%),加温至 80℃,徐徐倒入插头内,然后,轻轻将电缆头部拉入,待冷却后剪去多余的引线部分与触头焊接牢固,最后将接地环有金属屏蔽层用锡焊接。在灌注过程中一定要把空气从插头内排除,否则会发生电离,使绝缘剂分解而引起击穿。

八、医用 X 射线电视系统

(一) 医用 X 射线电视概述

自 20 世纪 50 年代后发展起来的医用 X 射线电视是工业电视技术在医疗领域中应用最早同时也是最成功的技术之一。其基本原理是利用影像增强器将不可见光(即 X 射线)转换为亮度很高的可见光图像,再通过摄像机转换成电信号,经过放大处理后用电线传送到监视器,显示出人体各部位的组织结构图像。这种由 X 射线影像增强器、摄像机、监视器和完成视频信号处理及整机协调工作的控制器组成的系统称为医用 X 射线电视(XTV)。

1.X 射线电视的作用

在医学诊断中,采用 X 射线电视系统比起原来使用的荧光屏具有以下优点:

- (1) 提高了亮度,使 X 射线透视、胃肠造影及其他造影都彻底摆脱了传统的暗室操作。
- (2) 大大减低了病人和医务人员所接受的 X 射线辐射,使用 X 射线电视系统进行透视、造影检查相当于用原有荧光屏检查所需剂量的十分之一左右。
- (3) 由于剂量减低了, X 射线管的负载也减轻,有条件采用更小焦点进行工作,有效地提高影像的清晰度。
- (4) 可供多人同时观察学习,扩大会诊和教学科研的效果。
- (5) 由于 X 射线电视系统以把微光图像转换为具有一定电平的信息,这就便于传递、录像和图像的信息处理;实现遥控、遥测,使医务人员完全避免 X 射线辐射。
- (6) 由于通过了影像增强器使图像亮度显著增强,可通过光学系统(透镜组、光学纤维)直接把图像耦合至快速电影机,便于进行动态记录和观察。

2.X 射线电视的临床特点

医用 X 射线电视与工业用闭路电视相比,除应用了影像增强器将 X 射线光子转换为可见光等环节外,其余部分基本相同。但是在临床上医用 X 射线电视又有它的特殊要求。医用 X 射线电视系统是一种低照度即微光闭路电视,并要求信噪比、分辨率要比一般电视高,有较好的成像调制传递函数综合分辨力(M、T、F)。其 X 射线电视的临床特点是:

- (1) 一般工业电视如果画面清晰,大面积对比度良好,尽管亮度分布不太均匀,局部有清淡阴影,可认为是“无损大局”的。但在医学诊断中,这种情况即局部阴影或轻微暗点恰恰是严重病灶的重要表现。
- (2) X 射线透射人体较厚部位时将产生大量散射线,显著降低图像对比度,严重破坏图像质量,这在一般工业电视上是不常遇到的。
- (3) X 射线电视系统中的某些敏感器件,尤其前级元件(如射像管、预放电路),在 X 射线辐射环境里会变成噪声源。
- (4) 为了提高信噪比,一般工业电视习惯上采用提高照度作为有效措施。但对病人的 X 射线照射量各国都有严格控制,可以说 X 射线照射量越低越好;而且还要求对病人敏感部位的防护。
- (5) 医用 X 射线电视要求操作要简单,性能可靠稳定,无调整使用,一般是在重要场合下长时间连续开机使用的,如:心导管探查技术、冠脉造影、起搏器的安装、灌注治疗等。如出现故障将对病人是极大的威胁,另外操作使用者是医生而不是电视专业人员。
- (6) 要求摄像管采用低惰性,因为透视检查除了诊断静态解剖学病变外,主要用来观察人体个脏器器官的动态功能。

总之,医用 X 射线电视的要求在某些方面比广播电视、工业电视要求高这是不容忽视的。其性能对比表 2-3-5 所示:

表 2-3-5 三种电视主要性能对比

项目	彩色电视	黑白工业电视	医用 X 射线电视
水平分辨力	250~350TVL	400~550TVL	800~1200TVL
带宽	5~6MHz	6MHz	12~24MHz
信噪比	50dB	26~40dB	>40dB
灰度	7 级	6~7 级	>8 级

3. X 射线电视的系统结构

按其结构方式，X 射线电视又可分为以下两大类型。

(1) 荧光屏直接摄像式

荧光屏直接摄像式 X 射线电视的原理如图 2-3-57 所示。

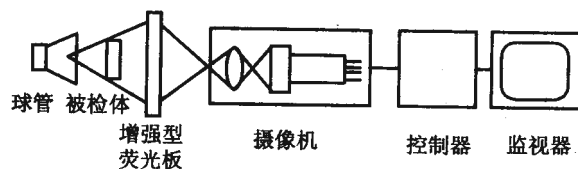


图 2-3-57 直接摄取型电视示意图

透过人体 X 射线投射到荧光屏上形成影像，再经过一组透镜照射到超正析摄像管的靶面上形成电视信号，最后在监视器屏幕上还原为图像进行观察。这种直接式 X 射线电视的关键器件是高灵敏度的超正析摄像管，它在工业电视领域中普遍采用，其成本较低，便于试制。但采用直接摄像形式 X 射线电视系统的信噪比等性能较差，已逐渐被淘汰。

(2) 影像增强器式

这种形式的 X 射线电视装置又可分为两类：即 X 射线影像增强器—摄像机—电视装置系统。如图 2-3-58 所示：

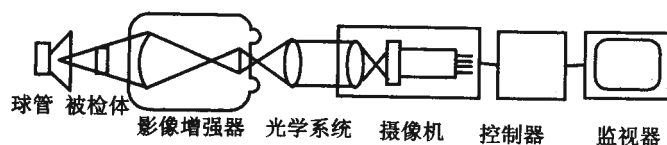


图 2-3-58 影像增强器型电视示意图

还有是荧光屏—可见光影像增强器—超正析摄像机—电视装置系统。这两类装置的关键器件是影像增强器，它们都具有比较复杂的光学透镜系统，系统性能和图像质量较好。其中采用影像增强器 X 射线电视装置的是目前最常用的。

4. 系统部件

(1) 影像增强器

这是 X 射线电视中的关键器件，其主要作用是：将不可见的 X 射线图像转换为可见光图像；将图像亮度提高到近万倍，以便使用光电导摄像管进行电视摄像。

(2) 摄像机

由摄像管、光学镜头、偏转系统、扫描电路、补偿电路、校直电路、前置放大器等组成。它的主要任务是把增强器输出的可见光信号转换为电视信号。影像增强器输出的可见光投射到摄像管的靶面上，摄像管完成光电信号转换。偏转系统是在扫描电路产生锯齿波作用下使电子束进行扫描，把电视信号由摄像管内提取出来。前置放大器的作用是把微弱的电视信号预先放大，保证送到控制器信号处理的图像品质。校直电路和聚焦电路是为了使电子垂直靶上，使图像清晰。补偿电路的作用是使图像亮度均匀。

(3) 控制器

控制器的作用主要是对视频信号加以处理,使其变为全电视信号,完成摄像机和监视器的同步工作。同时还要产生整机所需要的各种电源和各种控制信号。包括同步、圆消隐、黑斑补偿、X射线剂量自动控制电路等。

(4) 监视器

监视器由同步分离、视频电路、扫描电路、电源电路等组成。它的任务是将摄取的电视信号还原为图像。

(二) X射线电视的工作原理

把X射线图像转换为可见光图像,再通过摄像管把图像分解成具有一定电平的亮度信息,这是医用X射线电视的主要环节,主要由X射线影像增强器、光学镜头、摄像管、预放器、视频通道、行场扫描和监视器七部分组成。

由X射线管产生的线束射入人体后,其中一部分能量被人体吸收散射,其余经人体脏器的不同衰减后到达影像增强器的输入屏,在碘化铯等荧光物体作用下,X射线图像被转换成可见光图像,这幅光像使紧接的光电阴极产生光电子,构成一幅电子图像,并在25—30kV电场作用下,经过电子聚焦使光电阴极上的电子以高能形式飞向增强管输出屏,在输出屏荧光物质作用下产生一幅尺寸较小的倒置光像,然后通过光学镜头,在摄像管靶面上成像,接着摄像管输出一个与光像对应的电视图像信号源,此信号电流先经过预放器进行低噪声放大再送至视频通道进行信号的处理加工,构成全电视信号,最后在监视器屏幕上再现出人体内部结构图像。医用X射线电视系统框图。如图2-3-59所示:

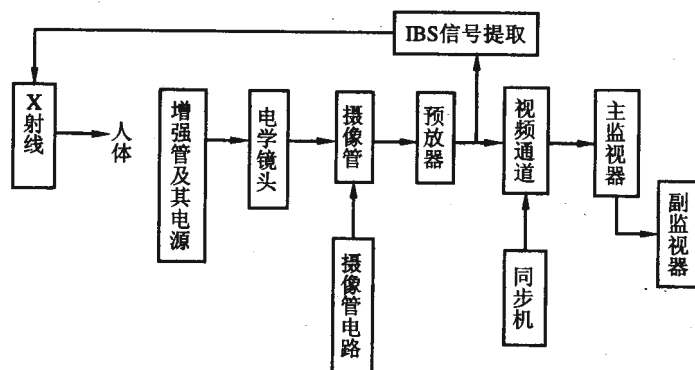


图 2-3-59 医用 X 射线电视系统框图

1. X射线

为了减小图像的几何模糊度,要求X射线管焦点尺寸应在1mm以下。目前已广泛采用0.6mm或0.3mm焦点的X射线管进行X射线透视,效果比较理想。

由于人体胖瘦不一,各部位组织密度及吸收射线也差别很大,就X射线管透视条件的调节范围在40~110kV、0.1~3mA中任选,因为电视系统的工作动态范围远较荧光屏窄,当管电压高于正常值或低于正常值都会使图像质量明显下降,如果完全用手动调节十分麻烦,而且效果也不好。所以要求X射线源与X射线电视系统自动亮度控制系统协调动作,

当病人体厚变动时, X 射线的工作参量要能及时跟踪变化, 使影像增强器输入屏的剂量保持恒定, 这种自动跟踪病人体厚和内部结构而改变 X 射线参量的方法被称为 A.B.C 或 I.B.S, 它可以单独控制管电压 (kV) 或管电流 (mA), 也可同时控制管电压和管电流两个参量。国产 F113-1 型 X 射线电视系统的 I.B.S 信号是自动控制管电压参量, 把管电流固定在 0.5mA 或 1mA 上。有些机器是管电压和管电流同时控制。

2.X 射线影像增强器

(1) 基本结构

影像增强管的结构剖面图。如图 2-3-60 所示:

影像增强器从外形看它是一个大型的玻璃管, 表面涂有黑色敷物作为光封闭层, 管内保持高度真空。其管内前端是一个较大的输入屏, 紧贴输入屏是光电阴极 (两者之间有很薄的透明层) 管内壁有聚焦电极 (通常加 0.6kV 电压), 尾端有面积较小的输出屏, 输出屏的前方是锥筒形加速电极 (即阳极, 通常加约 25kV 电压)。

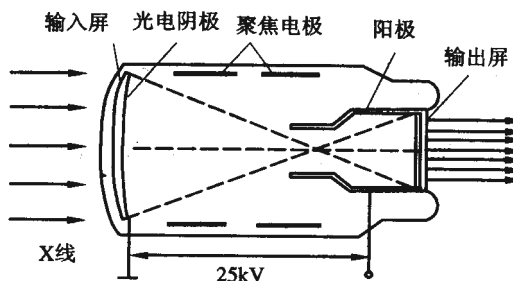


图 2-3-60 影像增强管结构图

1>输入屏

输入屏面上涂有一层荧光粉, 近年来一般采用碘化铯荧光粉, 因其具有 X 射线吸收率很高、荧光效率高、影像分辨率高以及与光电阴极光谱相匹配的优点。

2>输出屏

涂有硫化锌镉荧光粉的输出屏, 可以把电子影像转换为荧光影像 (电致发光), 颜色为黄绿色, 与人眼敏感的光谱相适应。为提高输出屏的分辨率, 其荧光物质颗粒很细, 涂层密度大, 涂层薄 (约 0.05mm), 荧光粉层前面喷镀一层铝膜, 使之与阳极连接。

3>光电阴极

铯-铷型光电阴极。当输入屏荧光影像的光子照射到光电阴极面时, 另一面就发出电子从而形成电子影像, 完成光电变换过程。

(2) 影像增强管的技术参数

影像增强管是 X 射线电视系统中最关键的器件, 其技术性能的优劣对整机的工作和图像质量影响很大, 因此熟悉影像增强管技术参数是非常必要的。下面介绍影像增强管的几个主要技术参数:

1>视野: 视野是在指定的电极电压下, 用与影像增强管轴线平行的 X 射线照射时, 在输出屏上显示的最大输入图像尺寸。一般有 5in、6in、7in、9in 和 12in (1in=2.54cm) 等固定视野的, 还有 11/7in、9/5in 以及 4/6/14 in 各种可变视野增强管。

2>输出图像直径: 表示在指定的电极电压下, 有效视野在输出屏上映出的图像直径。一般为 15mm、20mm、30mm。

3>图像分辨率: 在 X 射线管电压 45kV, 电流 0.1mA 的条件照射下, 将影像增强管输入屏置于球管中心 1m 处, 在输入屏前安放分辨率测试卡, 观测输出图像在 1cm 宽度内能看清的黑白线对数。目前影像增强管的分辨率可达到 25~50 线对/cm 以上。

4>影像对比度：在影像增强管入射面中心部位放置相当于入射有效面积 10% 的 2mm 厚的原形 X 射线屏蔽铅板，从输出屏上观察没有铅板屏蔽部分的最大亮度与铅板屏蔽部分亮度之比，称为影像的对比度。显然对比度越大越好，一般为 6:1、12:1、15:1 或更高。

5>X 射线吸收率：表示输入屏荧光粉层对入射的 X 射线吸收能力。影像质量取决于输入屏的分辨能力和量子噪声，也取决于输入屏所吸收光量子的多少。荧光粉层越厚，X 射线吸收力越强，但分辨率下降。为此，采用原子序数很高的碘化铯以达到提高 X 射线吸收率而又不降低分辨率的目的。

除上述五种参数外，还有转换系数、真空度、信噪比、灰度等级等技术参数，可参照有关资料查对。

(3) X 射线影像增强器的电源

X 射线影像增强器工作时需要加速电压，一般为固定值(25~30kV)，聚焦电压约为 550V 左右。此外还需要离子泵电压，它要根据增强管的型号而定。大多数增强管采用钛离子泵，其交流电压为 2.5~5V，电流 2~3A。西门子公司生产的增强管除钛泵外，还设有围拢泵，大约为直流 2kV。

加速电压和聚焦电压需要稳压电源，因为它直接影响增强管的工作质量，离子泵电压在增强管工作时不接通，直到增强管有必要排气时才工作，所以对稳定度要求不高。

增强器的工作电流非常小（20gA 左右）。目前广泛采用半导体振荡电路经变压器升压及倍压整流以取得 25kV 的加速电压，其电路原理如图 2-3-61 所示：

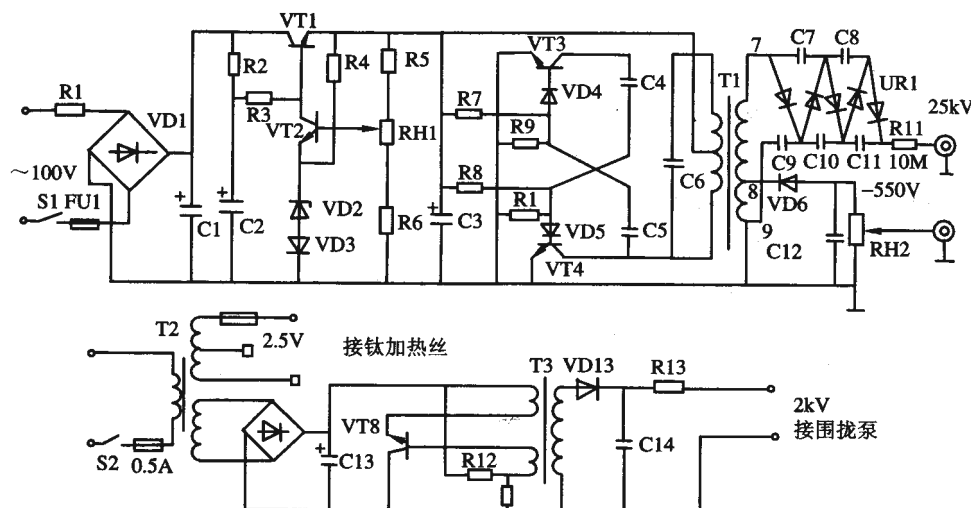


图 2-3-61 X 射线影像增强器电源电路图

该电路由四个部分组成：直流稳压、25kV、550V 电压产生和短路保护。（短路保护电路略）VT1 和 VT2 组成 100V 直流稳压电源，RH1 用来调节输出电压值。本直流稳压电源设有短路保护电路，其作用是当增强管高压电路击穿或增强管内严重放电时用以自动切断高压，以防止故障扩大。VT3、VT4 是功率振荡管，由 C4、VD5 和 C5、VD4 两组交连元件把它们的集电极和另一管的基极互相接在一起构成正反馈条件而产生振荡，工作频率大

约为 15kHz，变压器 T1 二次电压为 5kV，经倍压整流器 UR1 产生 25kV 直流电压。变压器 T1 的抽头 8 约为 550V，经 VD9 半波整流后供给电子聚焦使用。

增强器电源整个部分可以单独装在一个小盒内，并放在机架上与增强器固定在一起，用高压电缆将加速电压和聚焦电压接至增强管。因该电源在一般情况下不容易出现故障，所以提倡一体化封装，即高压电路直接装入增强管套个空间部位，安装使用都比较方便。

钛泵电源和围拢泵电源一般采用另一电源变压器，二次电压为 0~2.5—5V，电流 3A，并串有 20W 线绕电阻以调节加热电流。围拢泵电压为直流 2kV，电流 2mA，可以逆变法取得，也可以用工频电压。

3. 光学镜头

X 射线影像增强器输出屏的光像要经过光学镜头传递给摄像管的靶面上，因此对光学镜头的要求：成像清晰；透过率强；像面照度分布均匀；图像失真小；目测镜（摄像管一端）有可调光栅等。详细结构在这里不多叙述。

因光学镜头都是用软质玻璃制成的，维修时不能用坚硬物体接触其表面，也不能用手指接触镜面，因手指的油污易使镜头表面污染发霉，在一般的情况下应不要打开，要注意空气干燥程度，忌潮湿，当发现表面有霉点时，应使用专门的镜头纸擦净。

4. 摄像管

(1) 摄像管结构与类型

摄像管是摄像机的核心部件，基本上分为两大类即利用外光电效应和利用内光电效应。外光电效应是指光电阴极在光照射下激发出光电子；而内光电效应是指当光线照射在某些半导体薄层时薄层上各点的纵向电阻随照度强弱不同而变化，照度强的点的纵向电阻值小，照度弱的其电阻值大。

摄像管的种类很多，有超正析管、光电导型视像管、CCD 管等。在光电导型视像中，根据光电靶材料的不同，又可分为硫化锑视像管、氧化铅视像管、硅靶视像管以及各种新型光导视像管，如硫化镉复合靶视像管、硒化镉视像管、碲砷硒视像管、碲镉锌视像管等。在医用 X 射线电视早期使用超正析管、硫化锑和氧化铅视像管。因早期使用的视像管都存在许多不足之处，如超正析管尺寸庞大，信噪比不高；硫化锑管的惰性和暗电流都比较大；氧化铅管分辨率较低，光电靶制造难度大成本高等。随着科技技术的进步，应用于 X 射线电视系统都采用新型摄像管以提高整机的技术指标。在这里介绍的是国产 P113-1 型 X 射线电视系统使用的硒化镉光导视像管，其结构如图 2-3-62 所示：

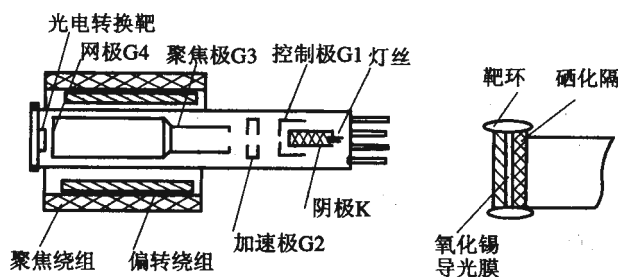


图 2-3-62 视像管结构示意图

其主要结构由电子枪和光电转换靶两部分组成。电子枪的功能是产生电子束，它的结构很像示波管或显像管的电子枪。各部分的作用如下：

- 1>灯丝：用来使阴极加热；
- 2>阴极：与一般电子管热阴极相同，用来发射电子，表面涂有活性材料以提高电子发射率；
- 3>控制极：控制电子束电流的强弱；
- 4>加速阳极：产生加速电场，为电子束加速，由于与控制极电位不同，形成第一级电子聚焦；
- 5>聚焦电极：主要用于聚焦，与控制极、加速极一起构成电子透镜；
- 6>网电极：位于第二阳极之后，其作用是使电子束较好地垂直于靶面，同时它还可以吸收负离子。

摄像管为8脚管座，各级引出脚的功能如下：

- 1>1、8两脚为灯丝加热，电压6.3V、95mA；
- 2>7脚为阴极，一般接地电位；
- 3>2脚为控制极（G1），接有负电位，为了控制电子束强弱，此电压为可调，即电子束控制极电压约从-10V到-80V；
- 4>5脚为加速极（G2）也被称为第一阳极（A1），接有固定的300V电压；
- 5>6脚为聚焦极（G3）也被称为第二阳极（A2），接有420~470V电压；
- 6>3脚为网极（G4）接有750V电压。

（2）摄像管工作原理

阴极被灯丝加热后发射出大量热电子并在阴极附近形成电子云。由加速极A1上的电位构成的电场可延伸到阴极附近，吸引电子飞出G1的小孔形成电子束。G1上有负电位，对电子束形成闸门，G1电位越低，飞出电子数量越少。由于加速极G2的形状和电位使电场分布形成若干电场等位面，而电力线方向与等位面垂直，这就是第一级电子会聚。同样。当聚焦极G3的形状和电位在G2与G3间又形成若干电场等位面，电子飞行至这一区域造成第二次会聚。

套在摄像管玻壳外面的线圈组中包括一个磁聚焦绕组。当通入直流电流后，产生轴向的聚焦磁场（约0.0053）使电子束在磁场作用下受到双重聚焦形成极细的电子束，一直向前冲向靶面。网极G4接有更高的正电位，它的等位面与靶面平行，目的是让电子束扫到靶面任何位置时，都能顺着电力线方向垂直于靶。

摄像管的第二个组成部分是光电转换靶。其结构见图7-40中所示，在靶的最左侧为平板光学玻璃，玻璃内侧蒸镀一薄层透明导电的氧化锡膜称为信号电极。玻璃外表面为一层防反射膜，在氧化锡右侧是一层硒化镉光敏半导体层。当光照后光导体材料中的原子被打出光电子，自由电子增加导致电阻率下降，电阻率下降程度在一定范围内与光照强度成比例关系。

硒化镉光敏半导体的另一个特点是其横向电阻率远远大于纵向电阻率，故每一个单位（通常称为像素）可以等效为一个电阻与一个小电容的并联单元。光电转换靶就是由数十万个RC并联组合单元的组合物，它们的左端在氧化锡导电薄膜作用下连接在一起传导到靶环

上作为信号输出端。它的右侧为开路，等效为数十万个选择开关的接点，等待电子束选择性接通。

当没有光照到光电转换靶时，电子束在 40ms 期间把数十万个轮流扫完一次，使每个电容都充上电。当增强器输出屏有图像出现时，光像就通过镜头透照在光电靶上。由于光像有对比度，落到每个像素上的光照就不相同，各单元的等效电阻 R 将随该单元的光照强度而变化，光照越强 R 越小，使并联于其上的等效电容放电越多。在这种情况下，靶面右侧就根据光像各部分光照的分布产生一幅电位高低不平的电荷图像。当下次电子束扫描到来时就要对不同单元进行不同程度的补充充电。当靶面有光照但照度十分均匀时，由于各单元等效电阻 R 值相同，因而输出电流也为固定值。一旦照度变化，但仍然十分均匀则输出信号中不仅反映出各像素单位时间照度变化的交流成分，也能反映照度平均变化的直流成分。

摄像机是由摄像管、聚焦线圈、偏转线圈、扫描电路、同步机、预放器、视频处理等电路组成。如图 2-3-63 所示：

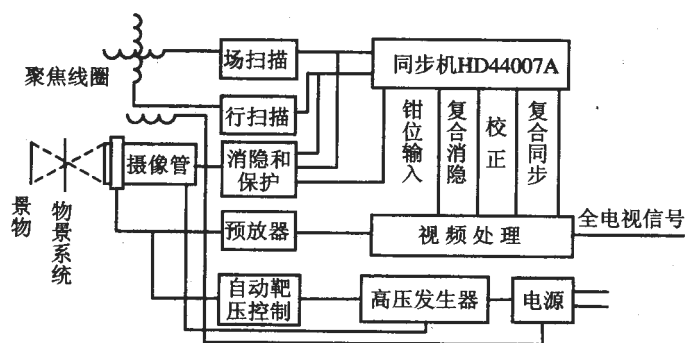


图 2-3-63 黑白电视摄像机原理框图

5. 摄像管的附属电路

在摄像管电路中主要包括：摄像管高压网路、磁聚焦稳流电路、行偏转电路、场偏转电路和停扫保护电路。

(1) 摄像管高压网路和停扫保护电路

摄像管工作时为了控制电子束，要求加速电场和聚焦，需要各种不同的工作电压。由于工作电流很小，所以利用 +12V 电源，采用逆变方法产生不同电位的高压比较方便。如图 2-3-64 所示。

驱动信号源是由行偏转绕组上分压得来的。通过 KMI 把输入脉冲分成极性相反的两个对称脉冲。两个 3DK7 作为缓冲放大，两个 3DK10H 为末级输出。经变压器升压在二次相应抽头上用 4 个二极管取得 -100V、+100V、+300V 和 +500V 电压。网极电压较高，采用两个二极管和两个电容的倍压电路取得。停扫电路在一般电视机中采用大量电子元件构成场停扫复合保护电路。当扫描电路出现故障时能及时切断摄像管的电子束，防止靶面“烧伤”。F113-1 型电视系统中把高压网路的驱动脉冲取自行偏转绕组，一旦行偏转线圈无偏转脉冲时，摄像管工作电压全部切断。

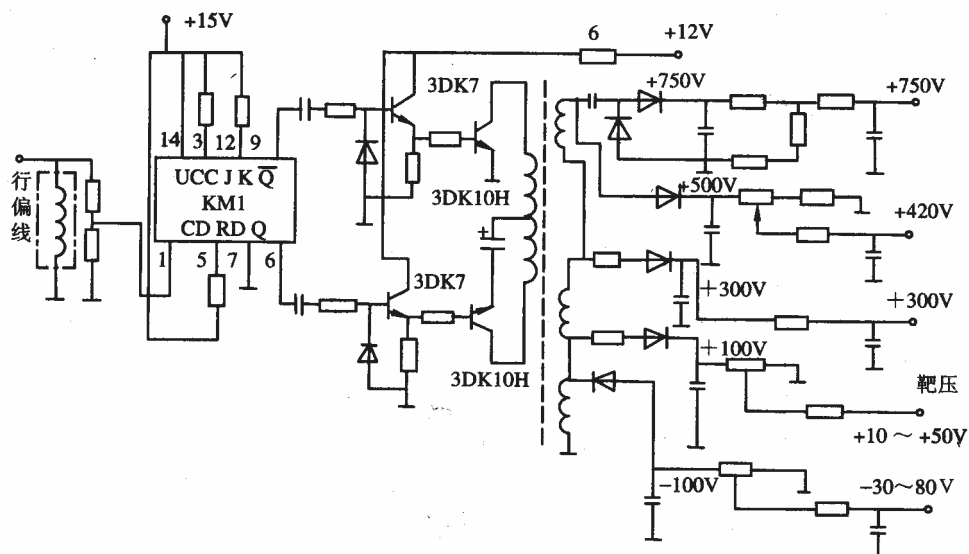


图 2-3-64 摄像管高压网路和停扫保护电路

(2) 磁聚焦稳流电路

聚焦是否稳定将直接影响整个系统分辨力的稳定性。尤其是在医用 X 射线电视中，特点是开机次数频繁，使用时间长短不一，没有较长的预热时间，而且要求无调整使用等，这就要求磁聚焦电路必须具有稳流功能。磁聚焦绕组的直流电阻在常温下约为 80Ω 。但经工作一段时间后，绕组温度上升，直流电阻增大，电流减小使聚焦的磁场减弱，影响原有的聚焦性能。使用稳流电路会克服这一缺点。稳流电路的原理与直流稳压电路原理相同，区别在于取样不是电压信号，而是电流信号。地 F113-1 型 X 射线电视的磁聚焦稳流电路入图 2-3-65 所示：

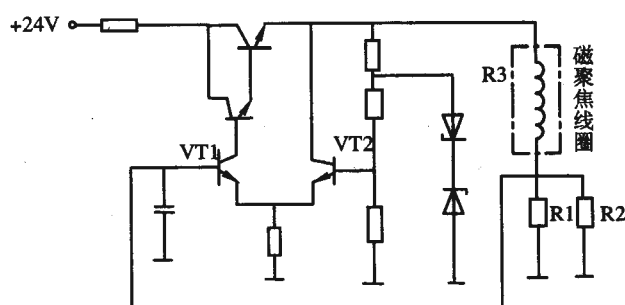


图 2-3-65 F113-I 型 X 射线电视磁聚焦稳流电路

图中的 VT2 基极稳定为 3V 基准电压，VT1 基极电压取自聚焦绕组 R3 (80Ω) 与 25.5Ω 的分压点。电路设计在 $I_{R3}=120\text{mA}$ 时电路平衡，即 VT1 基极电压也为 3V，这时 R3 上端为

12. 66V。如果聚焦绕组工作数小时后,因温度升高其直流电阻变为 88Ω ,此时在直流稳压源输出电压不变的条件下,聚焦电流将下降为 111.5mA 。分压点电压也下降为 2.8V ,其结果使输出电压自动上升至 13.6V ,分压点电压重新获得 3V ,这样就保证流过聚焦绕组的电流始终保持在 120mA ,使磁聚焦稳定。

(3) 场偏转电路

场偏转绕组由电感和电阻两个分量组成,场频为 50Hz ,所以工作时以电阻分量为主。只要绕组两端加上锯齿电压,绕组中就可以产生锯齿电流。 50Hz 锯齿电压的产生是由场同步脉冲触发一个晶闸管,使其导通给一个电容器放电,当同步脉冲消失后,晶闸管截止,电容器再逐渐充电即形成锯齿波电压。摄像管场偏转电路如图 2-3-66 所示。

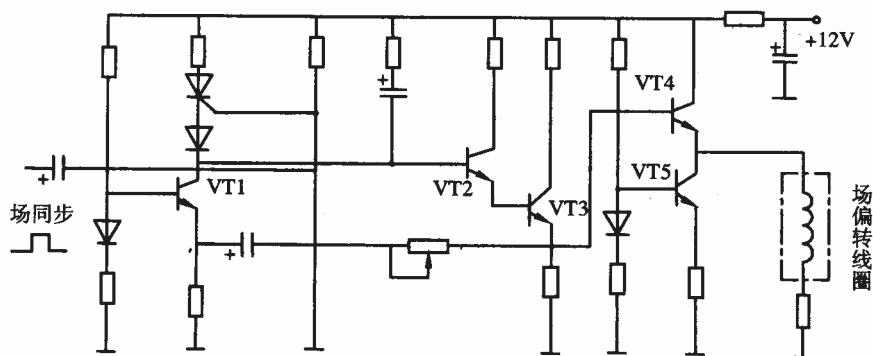


图 2-3-66 摄像管场偏转电路

在电路中采取由 VT1、VT2、VT3 组成自举电路,这样以补偿 RC 电路中充电随电容器的电压升高,充电电流逐渐减小,以至线性段不长的不足。图中的 $22\mu\text{F}$ 电容充电速度与 VT1 工作状态有关而电容两端电压又改变 VT2 及 VT3 工作点,这就使电容后期充电线性延长。VT4 为发射极跟随器,将 VT3 发射极上的锯齿电压变为锯齿电流送进偏转绕组。为了保证有足够大的输出幅值而不被削波,VT4 发射极电阻必须足够小,故采用 VT5 取代发射极电阻。

(4) 行偏转电路

在行偏转电路中也是由电感和电阻两个分量组成,但行频较场频的工作频率高,它的基频感抗就高得多。行频绕组直流电阻为 2.6Ω ,电感 78mH ,基频感抗为 78Ω 。而场偏转绕组的直流电阻为 64Ω ,电感 26mH ,基频感抗仅 8Ω 。因此,在行偏转中电感的感抗起主要作用。因行偏转绕组的匝数少,这就要求大幅度电流,所以行输出级一般工作于开关状态以提高工作效率。要求行输出电路要采用较完善的行线性校正电路,使行锯齿电流具有较好线性。F113-1 型 X 射线电视系统摄像管行偏转电路如图 2-3-67 所示:

行同步的正脉冲注入 VT1 的基极,它的集电极产生负极性电压波形。经过射极跟随器 VT2 到达行输出管 VT3 基极。在负脉冲到来之前 VT3 导通。当负脉冲加到 VT3 基极时,VT3 截止。因电感电流不能立即停止,于是向逆程电容 C 充电,极性为上正下负。只有当电感的磁能全部变成逆程电容的电能时才为零,这时 C 中电荷又向 L 反放电形成 LC 振荡过

程。因为正程期间电感里的磁能全部变为C中的电能，所以C上的电压幅度高，此即为VT3集电极的反峰电压。其中的L1~L7对扫描电流增长速度起补偿作用，以获得较好线性。

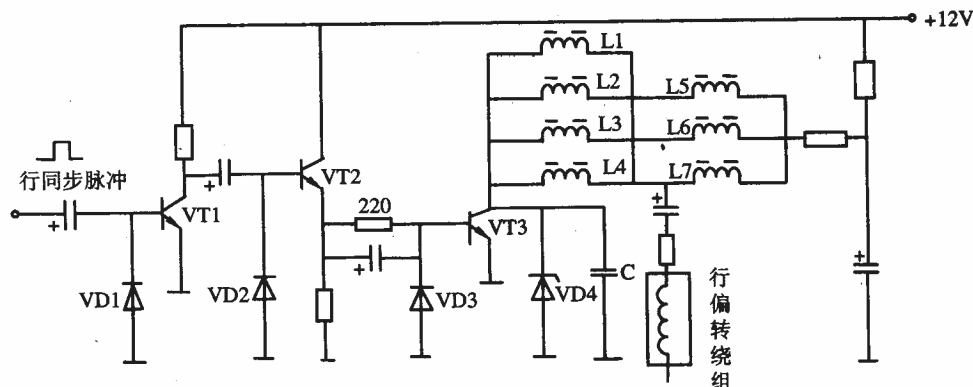


图 2-3-67 F113-I 型 X 射线电视摄像管行偏转电路

(5) 预放大器

电视系统的预放大器和大功率音频放大器里的前置放大作用有些相似，主要是对摄像管输出的弱信号进行低噪声的前置放大。由于电视摄像机必须装在增强器上，距离监视器较远，为了避免外界干扰或电缆传输损耗，所以在紧接摄像管输出端必须先经预放大器才能把信号电平提高，输出阻抗降低，以保证整机具有较好的信噪比。预放大器电路如图 2-3-68 所示：

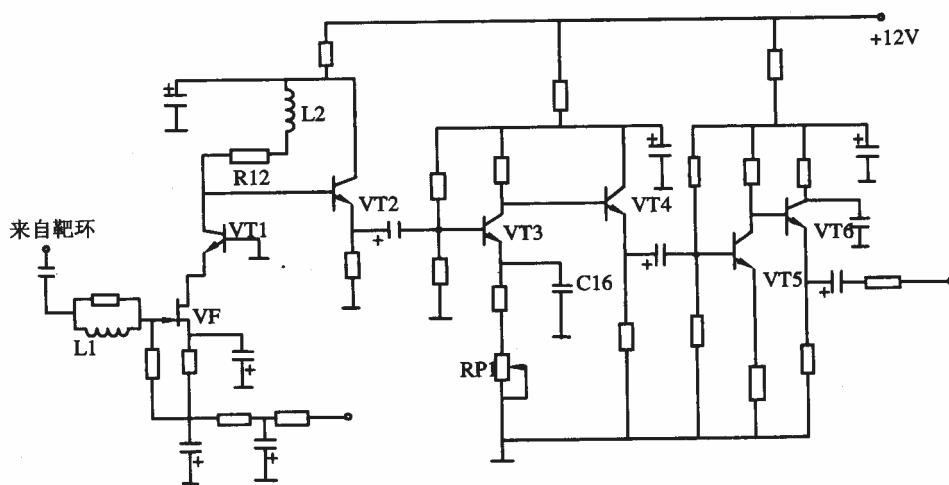


图 2-3-68 预放大器电路

在摄像管靶环和预放大器输入端串入一个小电感 L1，它对于提升高频起补偿作用。一个作用是因预放大器输入电容主要由摄像管输出电路与预放大器等效输入电容共同构成的，利用小电感 L1 可将两部分电容隔开。另一个作用是 L1 与摄像管输出电容以及预放大器输入电容组成串联谐振电路，调 L1 可改变谐振频率，调节 R 可改变谐振回路中的高频品质因数值。在

检修过程中应特别注意，不要随便触动这些部位。从靶环到预放器场效应管 VF 栅极之间的任何导线和元件的几何位置也不能随便挪动，它在很大程度上决定视频通道的频响。

VF 和 VT1 组成高阻低噪声的源地——基地电路，有效地防止单场效应管共源放大电路因密勒效应引起的等效电路电容增大的缺点。为了补偿 VT1 负载电阻 R12 上的分布电容 CO 的影响，又串入了小电感 L2，使 L2 与 CO 组成并联谐振，以抵消由于 CO 所造成的高频跌落。VT3 的发射极上接有一个小电容，以构成高频补偿电容的电流负反馈共发射极放大器。C16 在低频段容抗很大，在高频段容抗下降，也使本机增益增加，起到高频提升作用。RPI 用来调整频率补偿特性。

总之，预放器首先应注意有较高信噪比，更换 VF 时，必须精心筛选高跨导低噪声的管子，低噪声比高跨导更重要，必要时可用两只低噪声场效应管并联使用以提高等效跨导。一般可选用进口管子比较好。

在预放器电路中至少有三处频率校正电路，如果没有扫频仪和模拟网路时，最好不要随便更动任何一个补频环节，因为各补频环节的综合效果是把频幅特性调平坦，而且预放器的特性又与整个视频通道特性相互匹配有关。对该部分电路的各种现象应认真分析其原因，而后在采取针对性的措施，切不可盲目进行，以免异常现象扩大。

(6) 视频通道

从预放器输出的视频已有一定电平，并具有较好的频幅特性，但对于电视图像信号来说还必须在视频通道中进一步进行信号加工处理后才能监视器上显示出清晰稳定的电视图像。在视频通道的信号加工处理部分至少应包括：混消隐电路与切割电路、混消隐和混同步电路、输出放大分配电路、视频信号加工的其他电路（其中有：孔阑校正电路、暗区校正电路）以上这些电路都是为了在监视器所得到的视频图像更清晰稳定。在实际应用中异常现象比较少，故此部分在这里不多叙述。

(7) 同步机

在电视系统中包括两套扫描电路，即摄像管扫描和显像管扫描。这两套扫描电路必须保持严格同步，主要由同步机进行严格控制。故此同步机的主要功能是产生标准的行同步脉冲、场同步脉冲、复合消隐脉冲和复合同步脉冲。

1>行脉冲与场脉冲

这是同步脉冲的基准，它决定电视系统的行频与场频。X 射线电视系统应和我国的广播电视体制一致。我国广播电视实行 CCIR-625 / D 体制，采用 2:1 隔行扫描，每帧图像由两场组成。每帧行数 625，帧频 25Hz，每帧两场；行频为 15625Hz，行扫时间为 64gs，行同步 HS 的脉宽 4.7gs；场频为 50Hz，场扫时间为 20ms，场同步 VS 的脉宽 160gs (2.5H)；槽脉冲为了在场同步期间不失去行同步信号，在场同步脉冲信号顶上开 5 个槽脉冲，其重复频率为两倍行频，脉宽为 4.7ms；均衡脉冲为了保 1:2 隔行扫描的精度，防止奇数场与偶数场恢复时积分差异，在场同步前后各加 5 个均衡脉冲，其重复频率等于两倍行频，脉宽为 2.35gs；行消隐脉冲 HA 的重复频率等于行频，脉宽为 12gs；场消隐脉冲 VA 的重复频率等于场频 50Hz，脉宽为 25H。

2>复合消隐脉冲

在监视器里，为了便于回程回扫亮线不在显像管屏幕上出现，要求在扫描回程给显像管

控制栅足够强的负脉冲,使电子束在扫描逆程完全截止,就需要复合消隐脉冲。它的前沿比开始回扫时间提前,而持续时间比逆程期略长。此外,摄像管的回扫也需要复合消隐脉冲。

3>复合同步脉冲

为了传输便利,将行同步脉冲与场同步脉冲在同步机中组合成复合同步信号,然后送到视频通道内与视频信号叠加,成为全电视信号。以上各主要脉冲先由一个较高频率的主振器产生,然后经过分频和整形电路分别获得,故彼此间严格保持固定关系,其工作频率是两倍行频(31250Hz)。分频器和脉冲鉴形则采用集成电路,即31250Hz的晶振信号先通过二分频获得15625Hz行频,再经625分频得到50Hz场频。故此,场频与行频间保证了严格的312.5的比例关系。

(8) I. B. S 信号提取

图像亮度的自动控制信号有多种提取方法,国外广泛采用光电倍增管从增强管输出屏后方的光路中取出,这种信号是随画面平均亮度变化的,称为平均值取样法。其结构原理框图。如图2-3-69所示:

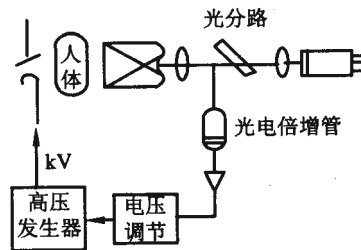


图 2-3-69 亮度自控信号平均值取样法

国产F113-1型X射线电视系统是采用峰值取样法,它是从电视通道中引出“半成品”作为控制信号用。所谓“半成品”图像信号,是指未经钳位、黑白切割和未经叠加消隐、同步复合信号图的图像信号。临床上习惯将检查部位放置中心位置,于是把中心的位置区域作为I. B. S信号控制区域,它的幅值是随控制区内的视频信号峰值电压而变化,故称峰值取样法。当图像亮度最满意时,I. B. S信号电压是4V。其原理框图。如图2-3-70所示:

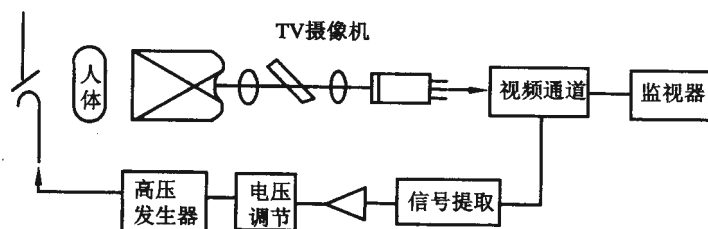


图 2-3-70 亮度自控信号峰值取样法

(9) 图像监视器

监视器的主要功能是将全电视信号转换为光像,供临床使用,故称为电视系统终端设备。虽然监视器在国内外都有各种品牌供应,只要体制相符都可以使用;但医用监视器的视频带宽较宽,总的分辨能力高;所以医用监视器还是以专用监视器比较好。近年来,由于电子器件的高速发展,集成化程度日益提高,以将分立元件作成小体积的一体化,把视频通道、同步机、电源等电路全部装在主监视器内,摄像管的靶压、电子束也都在监视器上调整。监视器的电原理框图。如图2-3-71所示:

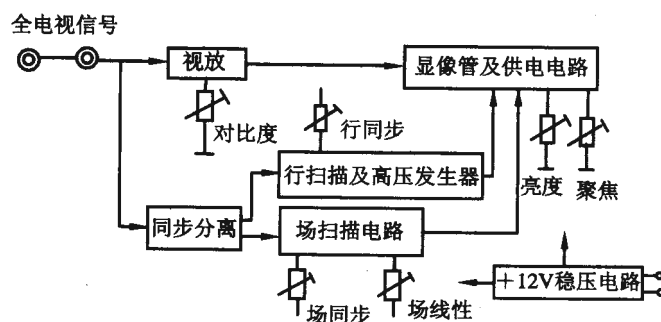


图 2-3-71 监视器电原理框图

监视器各部分功能如下：

1>视放

是对全电视信号进行放大，当输入幅值为峰值 1V 时，输出大于峰值 60V，总增益 34dB 以上，带宽为 25~12Hz。需要采取多级组合放大，对比度控制是视放的总增益控制。

2>显像管及其供电电路

通过显像管把视频信号转换为光像。X 射线电视系统专用的显像管工作原理结构同广播电视显像管一样，但电子枪和聚焦系统的精度要求高，电子束细。显像管的第一阳极电压 800V，第二阳极电压 13kV，第三阳极电压 120V，均由行输出变压器经整流后提供。另外还包括对显像管的亮度和电聚焦控制。

3>同步分离电路

将全电视信号中的行同步与场同步以微分与积分电路分离出来，并经整形与放大后分别送到行扫描与场扫描电路，以保证显像管电子束的偏转动作与摄像管一致。

4>行扫描电路及高压变压器

它是产生使电子束沿水平方向扫描偏转所需的锯齿波电流，并利用回扫期间反峰脉冲经升压整流作为显像管电子加速所需的高压。

5>场扫描电路

在场同步信号控制下，产生使显像管电子束上下扫描偏转所需的锯齿波电流。

6>电源电路

提供+12V 稳压电源，作为各单元的工作电压，显像管灯丝电压也由 12V 稳压电源供给。

7>音频通道

为了实现遥控操作，医用 X 射线电视系统应包括音频通道，供医生和病人同时对话使用。两路音频电路结构相同，分别安装在主、副监视器内，也只有安在主监视器内实现控制，每路最大输出功率为 70mW，带宽为 200~7000Hz。

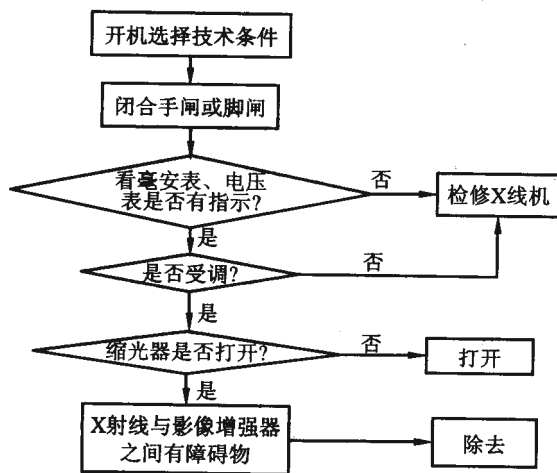
(三) X射线电视故障分析与排除

X射线电视是由影像增强器、光学透镜、摄像机、控制器、监视器以及电源部分组成的一个复杂系统，在其运行过程中发生的故障种类繁多，原因也比较复杂。这些故障涉及到电视系统的各种部件，从影像增强器的异常、光栅的异常、图像的异常、电源故障以及一些机器特有的功能故障等。为此，要准确快速地判断和排除故障，首先要对 X 射线电视系统电路原理的理论熟悉弄懂；在此基础上要对 X 射线电视系统硬件结构有一个全面的了解。其次是要有运行、日常维护和维修方面的经验。当出现故障时就可以根据故障的现象分析和判断，才能有目的有步骤按程序的实际检修，以至故障排除。下面就 X 射线电视系统常见故障的判断分析与排除介绍如下：

1. 电视系统无图像

(1) X射线机的检查

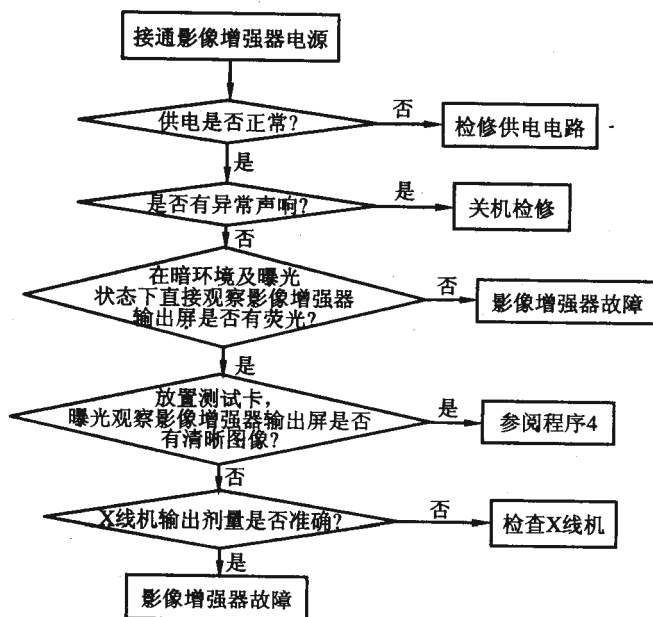
按照下面检修程序对 X 射线机工作是否正常先作出判断。请查看检查程序 1 所示：



(2) 影像增强器的检查

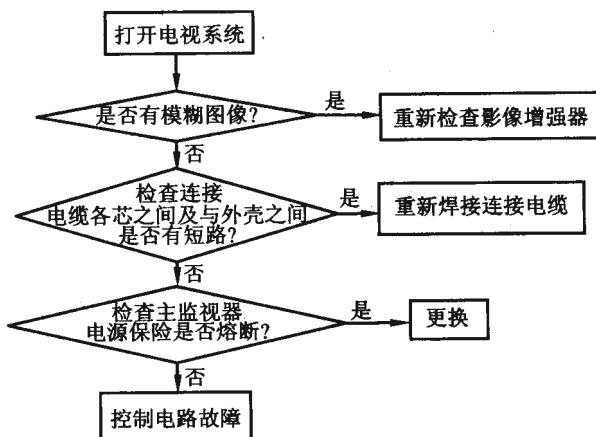
在对 X 射线机检查正常后才能做影像增强器的检查，如果 X 射线机检查正常则可按下面的程序步骤结合实际分析。请查看检查程序 2 所示：

程序 2



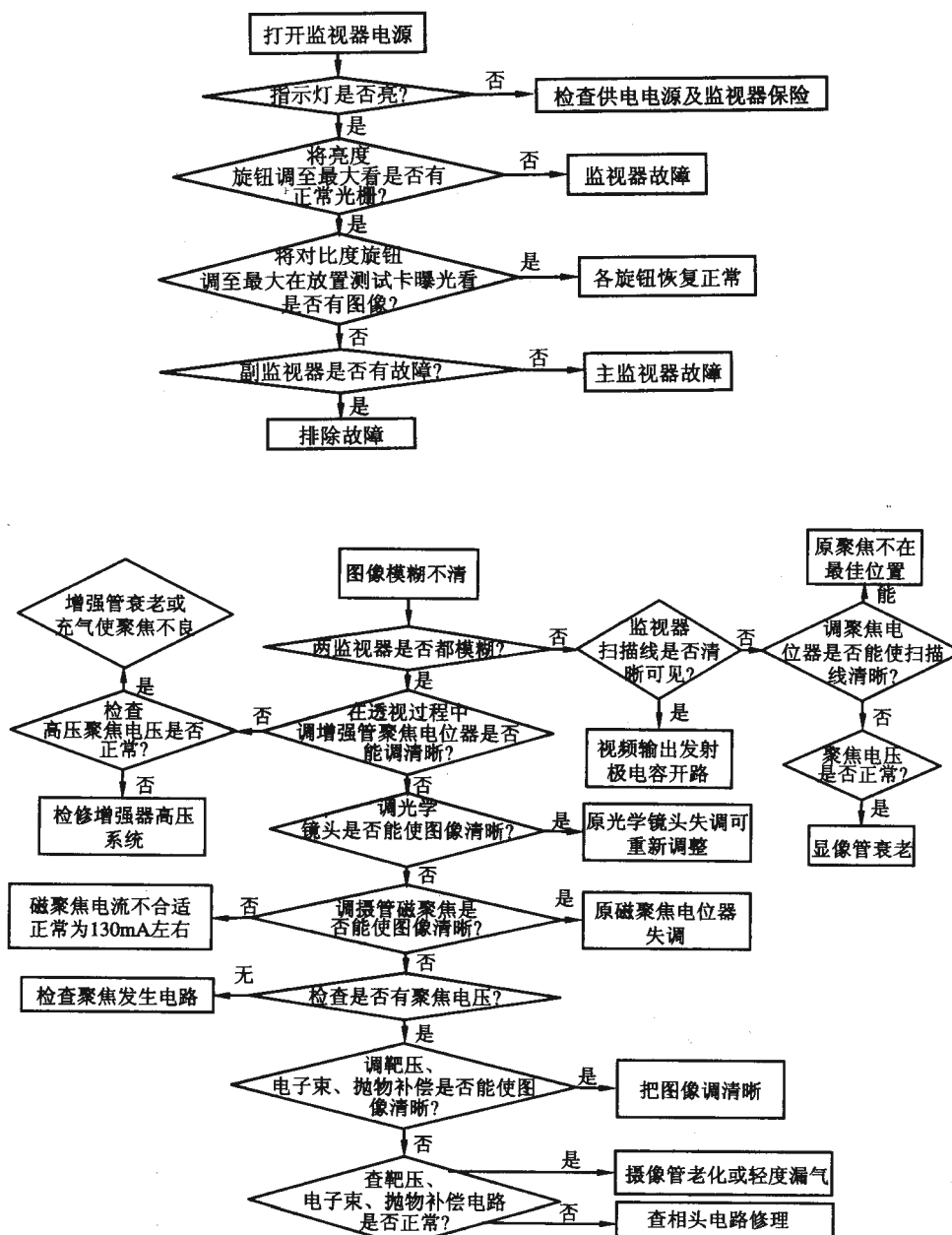
(3) 摄像机的检查

当对影像增强器检查正常后再检查摄像机部分，最简单的方法是将摄像头拆下，将镜头对准其他物体观察监视器是否有图像，按实际检查情况逐级排除。请查看检查程序 3 所示：
程序 3



(4) 监视器的检查

如果确认前面的检查没有问题，则最后检查监视器，针对此种故障对监视器作出判断。请查看检查程序 4 所示：
程序 4



图像模糊不清检查程序

2. 有图像但模糊不清楚

这类故障比较复杂，问题较多。必须仔细认真的分析和检查，当分析了故障原因后，在实际的检查过程是十分重要的，故障的排除往往不是一次就判断准确，总要一步步逐级去找，一定要把实际检查的具体情况与故障现象结合起来，再有目的去找。如出现这类故障可按下面对图像模糊不清检查程序逐级检查。

3. 监视器的故障分析与排除

(1) 无光栅

首先检查 12V 稳压电源，在正常情况下负载电流约 0.8~1A 之间，若电流过大，则说明负载电路有问题；如某些元器件损坏、短路或晶体管击穿等，应分别将行、场扫描板、视放板或显像管座拔下，按部分查出负载电流过大的原因。如果负载检查仍然没有找到故障所在，则属于 12V 电源本身问题。

(2) 无光栅但有一条水平亮线

这表明行扫和高压电路正常，故障在场扫描部分。对场扫描部分的故障最好用示波器检查速度比较快，而且准确。此时可先检查场偏转线圈上的电压波形来分析故障原因，还要看场扫电路所用器件情况去分析，如检查场偏转线圈上无电压波形，电路所选用集成电路结构，则很容易判断是该集成电路损坏的可能性很大。

(3) 无光栅，且 12V 稳压负载电流偏低

这可能是行扫描故障，可用示波器观察反峰电压波形，其脉宽约 12 μ s，幅值约 150V，如无波形，检查行推动变压器二次侧是否有行推动脉冲，而行输出变压器上无波形可能是行输出管损坏。如反峰电压波形和幅值正常，应直接测高压（正常时 13.5~14kV），如无高压则可能是高压硅堆损坏。

(4) 有光栅，但出现倾斜宽条纹

这是行频不同步的原因，如果图像上下滚动则是场频不同步，此时可检查同步分离电路和鉴相电路元件是否有损坏。

(5) 有光栅但无图像

可用示波器检查监视器输入端有无全电视信号，如有 1V 左右信号，则说明是监视器视放电路故障。此时应检查视放管工作情况，视放输出级是否损坏。还可用小旋具触动监视器视频输入端，看显像管是否有干扰波纹，如有干扰波纹，表明监视器正常，故障在前级。

4. 视频通道和同步机的故障分析与排除

首先在仔细阅读视频通道和同步机电路图后，接如下顺序进行检修，要在先排除该部分电源故障前提下，查找相应信号电压，可电压往前逐级查找测量，主要检测 19 芯电缆插座相应电压通过实际测量数据判断故障所在。

1>检查通道的供电电源，（以 n13-1 型 X 射线电视系统为例）拧下主监视器 19 芯电缆，用万用表检测 19 芯电缆插座的第 2 脚，应有+12V 电压，否则通道电源有故障。

2>用示波器检查同步机的工作状态。在 19 芯插座第 1 脚为场推动脉冲，应为正极性 5V，第 7 脚为行推动 HD，正极性 5V，第 16 脚为复合消隐脉冲，为正极性 5V。以上几个工作状态是必须要首先检查的。

3>检查摄像管高压供电电路。

其方法是：给高压产生电路送进行推动脉冲。用一个 50 μ F / 16V 电容从第 7 脚跨接到 12 脚，这时用万用表检测插座第 13 脚应有 100V 电压，14 脚为-100V，17 脚为+750V，18 脚应为+130V，19 脚应为+500V。若在检查中发现某个电压不正常或为零值，则应检查相应元件有无损坏，如各脚电压基本正常，则问题故障在摄像机部分。

5. 摄像机故障分析与排除

1>拆下摄像机，连接 19 芯电缆，取下摄像机镜头，用小旋具轻触摄像管靶环，此时，如果视频通道正常，监视器屏幕上应有明显的干扰信号，如果无反映，说明通道有故障，可用此方法逐级测量各工作点状态。

2>如果按以上方法触动靶环，监视器屏幕有明显干扰，则表明视频通道正常，故障可能在摄像管本身。

3>检查摄像管灯丝加热状态，其灯丝正常时应为暗红色，测量 1—8 脚电压应为 6.3V，3 脚为+750V，5 脚为+300V，6 脚为+420V。如果发现有电压不正常或为零时，应继续检查 19 芯电缆插头或电缆本身有无断路。

6. 摄像管磁聚焦电路故障分析与排除

1>有图像但散焦严重，如果出现这种故障时调整聚焦电位器无变化。可检查聚焦绕组是否断线，应在切断电源的情况下用万用表电阻挡测量，如果绕组的测量结果正常，则是稳流电路故障。

2>拆下 19 芯电缆，用 80Ω 电阻插入主监视器插座的 4 与 8 脚之间，如串入电流表应在 120mA 左右，如无电流或电流过大过小均表明稳流电路有故障，此时需要逐级测工作点。

九、X 射线机的安装与维护

（一）医用 X 射线机安装对机房位置的要求

对房屋的选择与要求，X 射线机是否能够充分发挥其效能，与房屋的选择有很大关系。在一般情况下 X 射线机组应设置在医院楼房底层的尽头，这样能保持清洁、安静和安全使用，而不应安放在人行通道的附近，在南方为防止潮湿可选择在二楼比较合适。这是 X 射线机机房的周围要求。对房屋本身的要求是，机房面积不能过小，除机组所要占用的面积以外，还要考虑工作时的使用面积，具体大小要视机组的具体情况而定，但所用房间的原则是大些为好，主要考虑防护要求。其房间的高度应在 3m 以上，并要求空气流通，阳光充足，地面干燥，温度适宜。同时机房还要靠近暗室、阅片室，以减少工作人员往返的疲劳，以提高工作效率。所有进出的大门要宽，其宽度不要小于 1.2m。如果门太小时安装机不能运进去，反而更麻烦。对遥控操作的机组要有控制机房，检查室与控制机房要安装铅防护玻璃，面积在 $1200\text{mm} \times 800\text{mm} \times 20\text{mm}$ ；并且还要有机房到检查室的防护门。

1. 机房墙壁应有足够的厚度

对于诊断机至少要用 25cm 厚度的水泥砖墙或 15cm 厚度以上的水泥墙，其上下水泥楼板也应适当加厚。对不同的管电压常用建筑材料的铅当量如表 2-3-6 所示：

表 2-3-6 在不同管电压下常用建筑材料的铅当量

管电压/kV	铅当量/mm	混凝土 ($2.4\text{g}/\text{cm}^2$)	含钡混凝土 ($2.7\text{g}/\text{cm}^2$)	砖 ($1.6\text{g}/\text{cm}^2$)
		铅当量/mm	铅当量/mm	铅当量/mm
65	1.0	13	13	120~150
75	1.0	15	15	175
100	1.5	28	28	200
150	2.5	210	58	300
200	4.0	220	100	340

300	9.0	240	140	425

2. X 射线机的安装位置

X 射线机在机房内的布局，要随机组的种类、结构特点、规格大小、机房条件和工作性质的不同而不同，不能一概而论，要因地制宜地进行布置。总的原则是既有利于机组性能的正常发挥，又能方便地操作、维修和可靠的防护。对于单球管机组，所有部件可放置在同一机房内，控制台放在机房一角并以铅防护，如有铅房则更好，而对双球管或三球管的机组，要根据配置至少要安装在两个房间，控制台要安装在两个房间中间，其中间要有控制室，两侧安装不小于 2mm 铅当量的铅玻璃作为观察窗。如果没有合适的房间而必须同置于一个机房时，则控制台应远离 X 射线球管，周围要有铅屏风。

(二) 医用 X 射线机对供电电源的要求

一台 X 射线机是否能够发挥其最大效能，满足临床需要，除了机组本身的技术性能有直接的关系外，还和供电电源条件质量有着极其重要的关系。在实际工作中，往往由于购置了一台大型机组后，由于电源条件达不到机组的要求，只好降低条件使用，未能充分发挥机组的效能，造成很大的浪费。因此，在增设 X 射线机时应同时考虑电源条件，不能盲目购置。

对供电电源的要求主要包括：电源容量、电源内阻、电压波动范围和频率变化范围。

1. 电源容量

电源容量是指供给 X 射线机组电源功率的大小，其数值对于诊断 X 射线机是根据机组的代表容量进行计算。代表容量对于静止阳极 X 射线管的机组是指摄影时间为 1s 时的最大输出功率；而对与旋转阳极 X 射线管的机组则是指摄影时间为 0.1s 时的最大输出功率。X 射线管的输出功率与高压整流电路方式有关。对于单相全波整流电路为 0.74，而对于三相六波或十二波整流电路分别为 0.95 和 1。

2. 电源电阻

电源电阻包括电源变压器的内部电阻和电源导线电阻。对于诊断 X 射线机，由于在曝光时的电源电流很大（中型机组一般为 100A 以上），因此即使电源电阻很小，所产生的电压降也是不可忽视的，当此电压降超出机组所规定的数值时，将使管电压降低，影响投照效果。对于电源电阻的要求一般不能偏离规定值的 5%，对于采用三相电源的 X 射线机，各电源的内阻不对称性应不大于 $\pm 10\%$ 。国产 X 射线机所要求的电源电阻比国外同类型机组一般高 1~2.5 倍。

所示用电源的电源电阻数值是否符合 X 射线机的要求，需要对电源电阻进行测量，测量的方法很多，但最简单的办法如图 2-3-72 所示。

图中 R 为线绕电阻（功率：1000W、阻值：20 Ω ），也可采用 1000W 电炉代替。设 U_0 为 S 未闭合时的电源电压值； U_1 为 S 闭合后的电源电压值；I 为闭合后的电源电流值；应该注意：此测量要迅速、读数准确。则电源电阻可由下式求得：

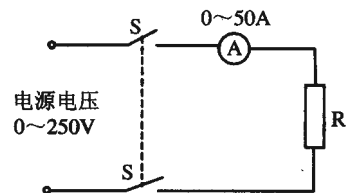


图 2-3-72 电源电阻的测量电路图

$$R = \frac{U_0 - U_1}{I}$$

3. 电源电压波动范围

一般 X 射线机的机组本身都有一自耦电源变压器，当供电电压发生变化时，可通过此自耦电源变压器进行适当的调整，以保证其输出电压值。但对供电电压波动的范围是有一定要求的，如超过规定值，机组将不能正常应用，一般允许的电源电压波动范围在 90%~110%之间。

4. 电源频率变化范围

交流电源的频率对 X 射线机的使用有着重要的意义，因为 X 射线管灯丝电源一般由铁磁谐振式稳压器供电，而此种稳压元件对电源频率十分敏感，略有波动都将会使其输出电压值产生较大的波动，进而使灯丝电压也产生波动，影响使用效果。因此，电源频率应相当稳定。目前，我国供电频率规定为 50Hz，其变化范围为 49.5~50.5Hz 之间。

除上述几个方面以外，还应注意合理选用电源变压器至 X 射线机组间的电源导线截面积和距离，二者的标准是使总电源电阻不超过机组规定的数值，否则将产生较大的压降。所选用的电源导线的截面积和长度与所配置的电源变压器的容量有关，容量较大时电源导线的截面积可以小些，距离越近导线面积越小。常用的电源导线芯线截面积和每公里电阻值如表 2-3-7 所示：（20℃时）。

表 2-3-7 电源导线规格表

芯线截面积/mm ²	铝线每公里电阻/Ω	铜线每公里电阻/Ω
2.5	12.6	7.36
4	7.88	4.65
6	5.25	3.06
10	3.15	0.84
16	0.96	0.20
25	0.27	0.74
35	0.91	0.54
50	0.63	0.39
70	0.45	0.28
95	0.33	0.20

（三）医用 X 射线机对地线的要求

由于 X 射线机在使用中，患者和操作人员经常接触机组外壳，如果地线接触不良，接地电阻太大或因断路，一旦机组内绝缘破坏或带电体与金属外壳相连，将使外壳带电发生人身触电事故。经验证明，工频电流最危险，50mA 的工频电流通过人体时就有生命危险，100mA 则足以致人于死命。电流通过心脏或大脑器官时最危险，通电时间越长，危险性越大。因此，在使用 X 射线机时，必须使各部件都要有良好接地，并使接地电阻不得大于 2Ω。

1. 接地装置

X 射线机需要的接地一定要可靠，而且要专门制作地线具体要求是：如用铜板做接地物应不小于 0.5m^2 ，厚度不小于 1mm ，再用截面积不小于 4mm^2 的铜线焊接在铜板上，要埋于 1.5m 以下的潮湿而且好的土质中，在埋前还应在铜板的四周放置木炭和食盐，以降低土壤的电阻率，使其与大地保持良好的接地。如果有条件，上述材料标准应当再加大一些，这样可以多使用几年。如果没有铜板也可用镀锌角钢制作，每根长 2m ，一端做成尖，当选择好地方后，挖出新的土（没有废墟）在 1m 以下，长约 10m 的沟。然后，将角钢以每隔 $2\sim 3\text{m}$ 打入一根，然后，用镀锌钢带将每根角钢焊接连好。此时，用接地电阻测试仪测量，如果不够标准，则再继续延长挖沟及打入角钢，并连接焊好，直至达到标准为止。

装好后的地线要用接地电阻测试仪进行测试，如果没有达到标准还要继续重新制作和埋藏，直至达到标准，否则就不能使用。测试好的地线每年还要进行测试检查，以确保安全：不能将地线接至煤气管道、暖气管道，自来水管最好不用，因其接地不可靠，尤其在冬天使用暖气的季节。

2. 保护接地和保护接中线

把 X 射线机组所有金属部件的金属外壳用导线同接地极可靠的连接起来，称为保护接地。保护接地使用于电压小于 1000V 而电源中性点不接地的电器设备，当人体接触到带电的外壳时，由于人体电阻（一般按 800Ω 计算）比接地极的电阻（小于 2Ω ）大的多，几乎没有电流流过人体，从而保证了人身安全。按照新规定要求不允许保护接零，必须按标准保护接地不能与电源中线连接，必须单独连接保护接地，而且要确保地线的可靠。

（四）医用 X 射线机的安装工作

1. 机械部分的安装

机械部分的安装在 X 射线机组中是第一步的工作，要按照机器所带安装使用说明按要求安装，按机组的各部分的安装，要根据机组的特点按步骤进行，这里不再叙述。

2. 电气部分的安装

电气部分的安装要在机械部分安装之后进行，主要是线路的连接，一定要对号连接不要搞错，当所有连线全部接好后，最后，还要检查一边，看是否有错误。

3. 高压部分的安装

在高压部分的安装中，高压发生器的安装较为简单无须打开，但应检查绝缘油液面，距离油箱盖内表面不大于 20mm ，否则要添加符合标准的变压器油，以达到规定的高度。高压电缆的连接所有插头插座都要用干净纱布蘸乙醚或四氯化碳擦拭干净，然后用硅脂或脱水凡士林涂一层在插头上，然后按照定位插口插入，在此过程中还要把插座内的气体排出。

（五）医用 X 射线机通电试验要求和注意事项

1. 当机组的连线全部接好后，在通电前要再检查一边，然后按照先低压控制，后高压训球管的步骤进行。当接通电源后先观察控制台指示情况有无异常，包括声音、气味、指示的变化等，此时如果无变化则可进行机组的低压控制试验，而后做球管训练，对球管的训练要一步步进行，一定要从最低管电压 50kV 开始，管电流要在 1mA ，直到管电压加到 120kV 为止，待训练 30min 后，可以调高管电流达到透视条件 2mA 。

2. 当球管训练完毕后，要对 X 射线机的容量限制保护做检测和试验，要按照工厂提供

的说明,按每个挡的条件进行检测,必要时给予调整。此项测试完毕后,可进行各挡电流的测试和曝光,看输出情况,必要时应调整。最后测试时间。

(六) 医用 X 射线机的日常维护

X 射线机是一种精密贵重的医疗设备。因此,用户不仅要了解机器的技术性能、结构原理及操作规程,同时还要善于做日常的维护和保养工作,以便充分发挥其效能,延长使用年限,保证机器和人身安全。为此应有如下要求:

1. 机器应安置在空气流通、整洁干燥的室内,忌潮湿、高温和阳光直射。
2. 经常保持机器外表的整洁干净,控制台应定期打开后盖除尘,检查的重点是各接触器接点触头,可用绸布擦拭,检查接线有否松动,必要时给予紧固。
3. 出现故障后或发现元器件损坏时,应查明原因后在更换,更换后对相应有关数据进行调整后才能使用。
4. 定期清洁处理高压发生器及球管的高压插头插座,并均匀涂满硅脂。
5. 高压发生器的绝缘油需要补充时,要检查新油性能,合格后方可加入(绝缘强度不低于 3000V/2.5mm 有效值)。
6. 球管长期未使用或更新时,使用前必须对球管进行训练,使用过程中如发现有放电,应立即停止使用。
7. 球管要在容量范围内使用,并保证足够的间歇时间,勿使球管表面温度过热(小于 70℃)。
8. 经常检查注意各运动部分、各部分的固定情况、钢丝的润滑情况以及平衡是否有失调等。

第七节 X 线检查设备的故障及检修方法

由于 X 线检查设备是一种精密贵重的医疗设备,种类繁多,结构千差万别,如何检查修理它们,不可能完全一致,故本节只能大致地介绍 X 线检查设备故障的一般分类、故障产生原因、故障的一般特征、故障的一般检修方法和注意事项,供读者参考。

一、X 线检查设备故障的一般分类

X 线检查设备一般由机械部件、电器部件、真空器件或光学器件等组成,故其故障也可分为四大类。

(一) 机械部件故障

1. 机械活动部件失灵或卡死 这是一种常见故障,多因机件受潮而生锈或滑润不好,或杂物侵入后未及时清除而造成的。轻者摩擦力增大,活动受限。重者锈死或卡死,致使机械或机件不能活动,甚致损坏。

2. 机械件精度改变 这是由于在长期使用中机械部件磨损所致。机件磨损后,使其稳定度降低,在机械运动过程中出现晃摆现象。这些多发生在经常活动的部件,如 X 线管保持装置、诊视检查床及点片系统。

3. 机件变形、断裂、破碎 这种故障多为操作不当，如碰撞、挤压等，或因调整不好使某些机件受力不均等引起。

4. 机件连接固定件松动或脱落 如铆钉、螺钉、螺栓、螺母在长期使用中机件受力且活动中产生松动或脱落。

（二）电路或电器部件故障

1. 断路 断路不仅指电路中的电流被完全切断，如断线，而且包括因接触不良、元件变质等所引起的电路不“畅通”现象，使电路中的电流值远低于正常值。使所控制的电路不能正常工作或完全停止工作。

2. 短路 这种故障是指由于导线绝缘破坏或绝缘强度降低而击穿；不应连接的导线或元件之间发生碰接；某些电子元件变质漏电或击穿；金属导电物侵入或灰尘过多受潮导致电路中电流值远大于正常值。这种故障危害极大，它不仅会使局部电路工作不正常，而且还将导致元件烧毁，使整机停止工作。

3. 元件老化损坏 在长期使用过程中，由于元件质量和自然寿命的原因，会发生老化损坏。这种故障发生后可能引起断路或短路现象，但多数是引起电路的参数发生不同程度的改变，使电路产生异常。

（三）真空器件故障

1. 真空度下降 真空度下降有质量问题和使用时间长引起。真空度轻度下降，经一定方法处理可继续使用。中度和严重真空度下降，一般不能再使用。

2. 玻璃管壁裂纹或破裂 这种故障多为使用不当，操作用力过大或撞击。也可由制造质量问题引起，或管内某部件脱落，如 X 线管阳极靶盘脱落等。真空管固定不牢活动时损坏管壁，或由于真空度下降，工作电流增加过大，致使管壁裂纹或破裂。

3. 极间短路或电极断路 短路或断路故障可由制造质量不好或使用调整不当、老化等引起。这种故障不能恢复。

（四）光学部件故障

光学部件一般用在 X 线影像增强电视系统中和 X 线射野限制器的准直器中，如光学镜头、光分配器反光镜、X 线射野限制器反光镜。光学部件一般很少出现故障。光学镜头可出现聚焦不良或损坏，反光镜出现故障不能修复。

二、故障产生的原因

（一）正常性损耗

X 线检查设备中的机械部件、电气元件、真空器件及光学系统都具有一定的使用寿命，在使用过程中，有些部件逐渐老化，使其性能降低，将会造成工作不稳定，甚至不能工作。如 X 线管在长期使用后，会产生阳极过热而蒸发生成金属附着在内管壁上，X 线输出量受到较大的影响，继而导致真空度下降，以致完全损坏；X 线管加热灯丝，在长期使用中，也会逐渐蒸发，灯丝变细，发射率变化，使用效果变差甚至引起灯丝断路。影像增强管、摄像管、显像管等真空器件，在使用一定时间后，都会产生程度不同的老化，其效率或效果逐渐

低下，可能会导致完全不能使用。其它机械机件和电气部件都会逐步老化，甚至完全失去功效。正常性损耗与设备所处环境，使用和维护条件有着直接的影响。若所处环境条件良好，使用得当，使用频度不十分高，维修得好，则各部分寿命会延长，反之则使用寿命就会变短。

（二）使用不恰当

若不遵守设备操作规程或操作不细心，将会造成某些部件过早损坏，甚至造成严重后果，造成无法挽回的损失。如野蛮操作，会引起机械部件撞坏，真空器件撞破或碎，其损坏是无法修复的。若 X 线发生器在连续使用大容量长时间曝光，将会导致超负荷而损坏，尤其 X 线管和高压系统。所以正确地操作使用是十分重要的。

（三）保养和维修不及时

对设备若不作日常保养和定期维修，是设备出现故障的重要因素之一。如机件连接出现松动，得不到及时调整紧固，继续发展下去就会导致机件损坏或变形，轻者机械精度变差活动受限，重者不能工作；电器元件或电路长期得不到清洁，灰尘过多，受潮或通风不好，将会导致电子元件或电器件损坏；X 线发生器主要参量没有定期检测和调校，某参量超出允许范围，特别 KVp、mA、s 大出最大允许额定值，将会引起 X 线管、高压发生器等严重损坏；其它应定期维修或检查的项目，哪一个环节不做好，都会使设备产生相应的不应有的故障。

（四）参量调整不当

参量调整不当不仅影响设备整体性能和图像质量，而且更重要的是有可能损坏机件或电气元件，产生严重后果。如前述 X 线发生器的三参量调整不当产生的后果。若供给电子元件或电路的电源调整超过允许偏差范围，会导致电子元件烧毁；若控制电路中工作点电位调整不好，可使电路不，能正常工作，也可使电路中某些元件损坏等。

（五）质量问题

某些机件常因制造工艺粗糙，精度差或选材不好，造成在使用中损坏，有些电气元件由于本身质量不好，特别电性能差，在使用中参数改变或损坏。还有电路的连接件质量欠佳，常出现接触不良或接不上，甚至出现短路。电路板焊接不好，或表面处理欠妥，可引起电路不能正常工作或损坏电子元件。真空器件使用不久出现真空度下降，电极短路或断路、管壁破裂等现象属质量不好所致。

（六）供电电源质量

X 线检查设备对供电电源质量要求非常严格，特别是 X 线发生器，不同类型的 X 线发生器要求不一样。一般要求供电电源电压波动范围在 $\pm 10\%$ ，频率 $\pm 0.5\text{Hz}$ ，电源内阻 $\pm 10\%$ 。若供电电源质量差，可出现 X 线图像质量不稳定现象，严重者可损坏元器件。所以 X 线检查设备要求有专用变压器，理想的变压器带自动调压或在变压器加稳压器，导线截面应足够大。

（七）供电电源相序

有些 X 线检查设备对供电电源相序要求严格。如匈牙利 750mAX 线发生器的 KVp 控制为编码继电器式的，当相序不对时，KVp 控制编码继电器工作不准确；有些设备中有自动

相序检测系统，当相序不正确，部分或整个系统不能正常工作。特别是由三相电动机带动运转的活动装置，如诊视床等，当相序不对时，出现与设定方向相反方向运转，若不注意将会造成严重事故。这种现象一般是在电源检修或换相后出现。应引起使用和维修工程人员的重视。

（八）设备所处环境

X 线检查设备所处环境优劣程度，也是引起其故障多少、大小的主要原因之一。一些自动化程度较高的 X 线检查设备，由于有计算机和大量的电子元器件，对机房自然环境安装调试状态要求极严，还要要求有非常好的供电电源，否则会影响设备性能，损坏元器件等。所以 X 线检查设备的机房应有良好的空调、高质量的供电电源，应精心地安装调试方能减少故障发生。

三、故障的特征

在检修 X 线检查设备时，分析其故障发生的特征或表现形式，有助于判断和查找故障所在。

（一）突发性和持续性

有些故障是突然出现的，故障现象持续不变。如高压部分绝缘材料击穿时，电流突然增加，故障现象持续，X 线管真空度下降也可产生这种现象。电路中某个元器件击穿短路或断路、各种原因使某一部分或某一部件突然损坏均可有该特征。

（二）偶然性和时有时无的特征

有些故障现象的产生是偶然性的，且没有什么规律性，时有时无，这是我们常说的软故障。这类故障多为插接件、开关或继电器接触不良，电路板某元件虚焊或某元件受环境因素影响电性能有时发生变化，某参量改变，致使某电路工作不正常。此类故障一般不易查找，必须仔细分析、认真查找方能排除。

（三）渐变性

某些故障现象是逐步发展，开始表现轻微渐进加重，以致不能工作。如真空器件的真空度下降，可能刚开始是轻微的，随时间增加，真空度明显下降，甚至完全失去功能。有些电子元件由于质量或长期使用老化，电性能逐渐变差，最终可能会完全损坏。这类故障借助测量仪表检测有关参量变化或质量鉴别是比较容易找出故障所在的。

（四）规律性

有些故障现象的产生具有一定的规律性，只有在某一条件下才出现或阶段重复出现同样故障现象。如 X 线发生器当在低 KVp 下工作正常，但升高 KVp 到某一值时，X 线管、高压电缆插头与 X 线管或高压发生器电缆插头与 X 线管或高压发生器插座之间或高压变压器油箱内有放电现象，说明 X 线管或高压变压器油箱内的绝缘油耐压不够或其中某变压器绝缘不好所致，若是高压电缆插头与插座老化或充填不好有气体，这类故障排除容易。

四、一般维修方法和注意事项

医用电子仪器一般维护方法完全适合于 X 线检查设备的维修。这里简述检修 X 线检查设备主要注意事项。

(1) 在进行故障检修之前, 应先详细了解故障发生时设备所处工作状态和故障现象。根据故障现象的特征, 结合设备说明书或电路图, 进行认真分析, 先判断或确定故障大致范围, 有计划地检测查找, 切忌盲目着手检修。

(2) 在进行 X 线发生器检查测量或功能试验时, 应将高压初级导线取下, 并将高压发生器高压初级接线柱短接, 以防发生电击事故。高压电路的测量检查必须用专用的高压测试仪器, 这也包括测量影像增强器和监视器高压电路, 否则将会损坏测量仪器或电路中的元件, 还有可能发生高压电击的危险, 应引起维修工程人员的高度注意。

(3) 在检测高压发生器时, 检测前应高压放电, 即高压次级端(整流器)用一绝缘导线对地放电。取下高压电缆测量时, 高压电缆也应对地放电, 否则会发生电击事故。

(4) 在检修中应注意 X 线辐射防护。若要直接在有 X 线产生情况下测试或观察, 应采取必要的防护措施。如铅屏风、铅衣、铅手套或铅眼镜, 尽量减少不必要的辐射, 以免影响身体健康。

(5) 若 X 线管损坏在更换时, 应先弄清代换管是否与原管同型号, 不同型号更换能否与原 X 线发生器匹配, 如阳极旋转速度、容量、灯丝尺寸等应与原管对照, 应做哪些参量改动, 一定要在有把握的情况下才能更换。更换后在通电调试 X 线管工作参量时, 应先将灯丝加热电压放在最低位, 在低 mA 下透视按 X 线管老化训练方法老化 X 线管; 老化完成间隔一定时间再调试摄影用各档 mA, X 线管安装调试及安装前的检查方法请参考有关详细资料, 否则将会导致 X 线管损坏, 造成不可挽回的损失。

第八节 X 线发生器低压系统的故障检修

X 线发生器的故障率在低压系统比较高, 大约占 80% 左右。由于各类 X 线发生器的结构形式、生产年代、电路繁简程度差别甚大, 故检修难易程度也不同。在检修时应根据不同类型的 X 线发生器实际情况, 采取相应的检修措施, 排除故障, 使其恢复正常运转。

一、主电源控制系统故障检修

主电源控制系统系指从外供电源总开关至 X 线发生器的自耦变压器(工频)初级端或系统供电变压器初级端和逆变器直流变换器(中高频)。主电源进入的通断控制各类 X 线发生器差别不十分大, 但电源电压调节和交直变换器控制方式各不相同。这个系统的故障检修比较容易, 只需简单仪表就能判断和确定故障所在。

(一) 开关直接接通、切断主电源, 电源电压调节抽头式手动选择的电源控制故障检修

这种控制主电源方式只在一些小型(50mA 以下)或较旧式的 X 线发生器中应用。电源的通断用双掷开关或电源选择器控制; 电源电压调节用波段开关实现。它的故障主要有:

1. 电源回路断路

(1) 故障现象：电源开关或电源电压调节器置在电源通位后，电源指示灯不亮，电源电压表无指示，机内无任何反应。

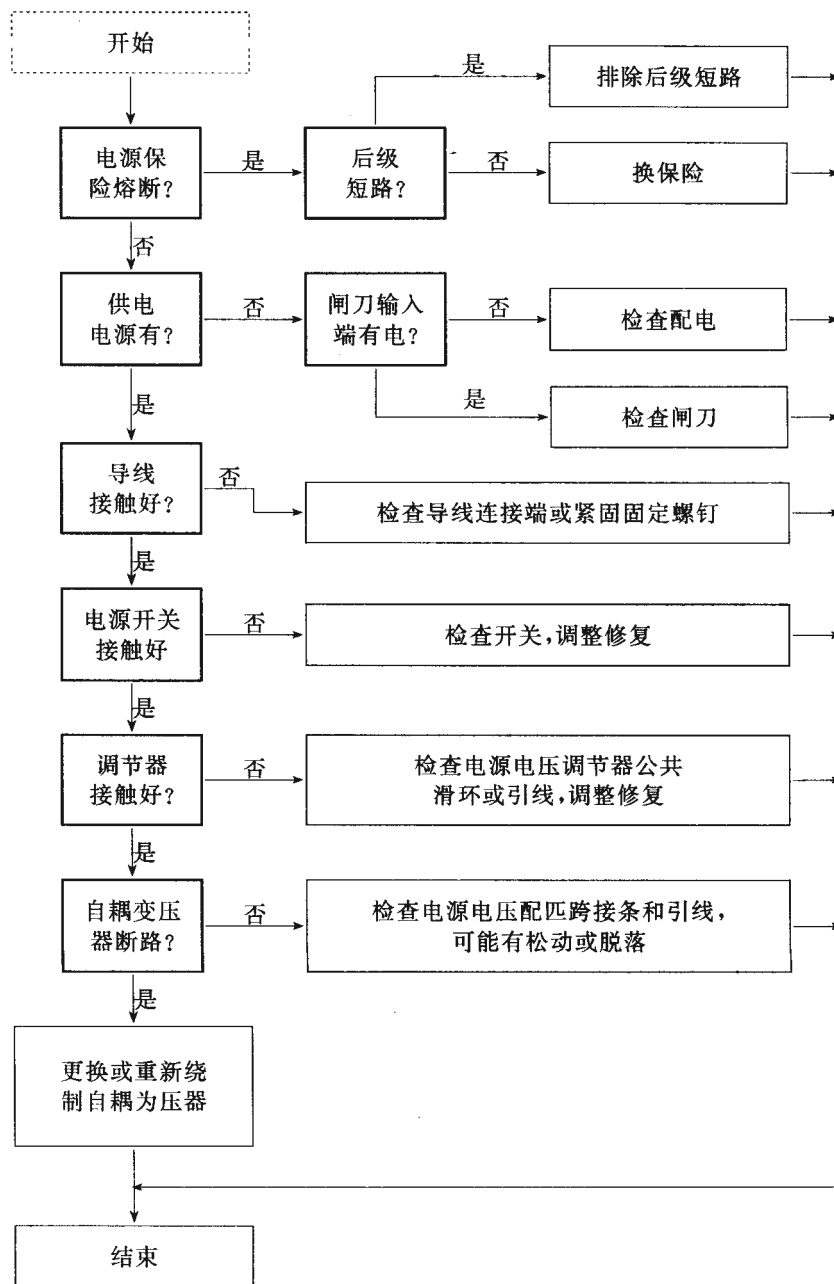


图 2-3-73 电源回路断路故障排除流程图

(2) 故障分析：该故障有以下几种可能：①主电源保险熔断；②主电源供电闸刀和前

级电源不正常；③闸刀至 X 线发生器电源导线两端接线柱螺钉松动或导线连接端脱开了；④开关或电源电压调节器接触不良或损坏；⑤自耦变压器不正常。

(3) 故障排除：以流程图表示，如图 2-3-73 所示。

2. 电源回路短路

(1) 故障现象：电源开关一拨至电源通位时，电源保险就熔断。

(2) 故障分析：这种故障除了电源回路短路引起外，其它后级任何部分的短路均可产生同样的现象，一般有以下几种可能：①保险后级与火线相连的导线脱开触击金属部分，对地短路；②电源电压调节器的调节触片间短路或与触片连接的引线脱焊或固定螺钉脱落、引线触击金属外壳或与其它引线相撞形成短路；③自耦变压器线圈短路；④自耦变压器后级短路。

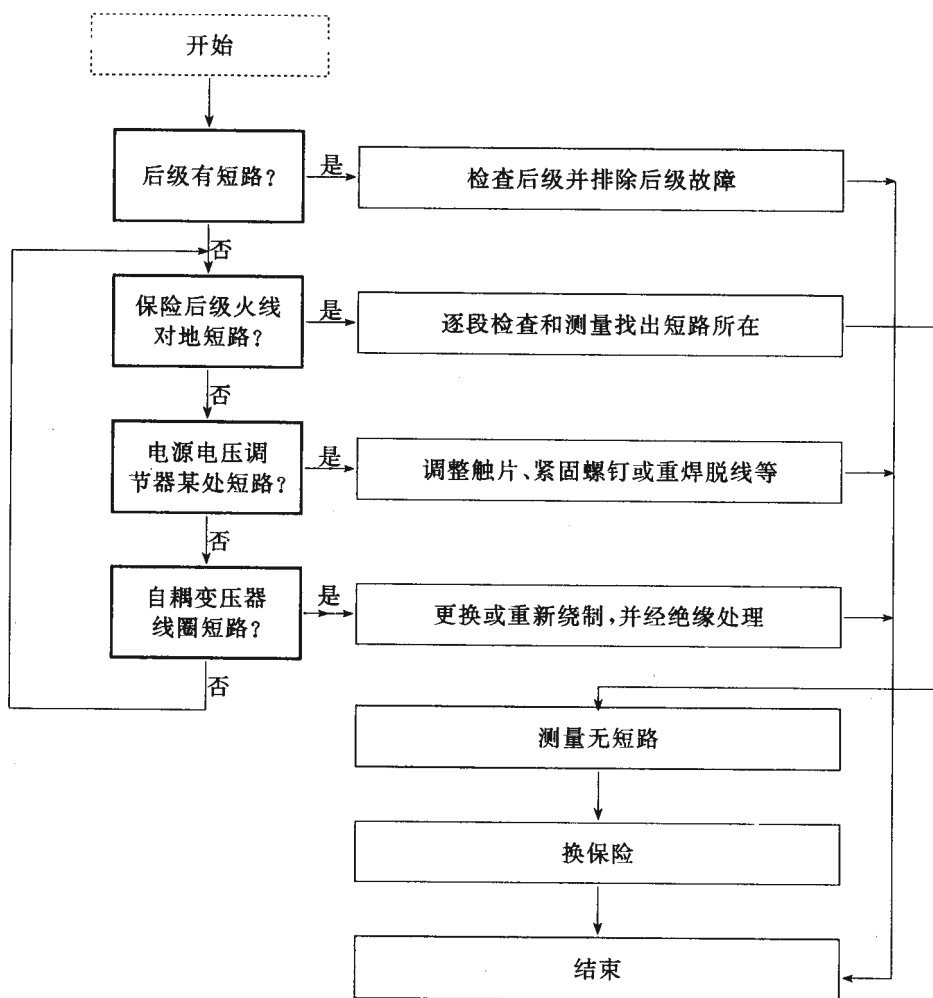


图 2-3-74 电源短路故障排除流程图

(3) 故障排除：流程图如图 2-3-74 所示。

(二) 接触器控制电源通断电源电压滑轮式调节的电源回路故障检修

这种类型的电源电路用在中、大型工频 X 线发生器 (200~500mA)。电源的通断由电源接触器控制, 接触器由电源通断按钮或键控制。电源电压的调节由一套机械和拉绳传动系统带动滑动碳轮在自耦变压器上连续滑动实现的。国产 200、300、400、500mA X 线发生器均属这种形式, 电路结构差别不大, 大多只是电路中符号不同而已, 故在这里笔者以 XG-200X 线发生器的电源电路为例, 简述其故障检修。电路原理图如图 2-3-75 所示。

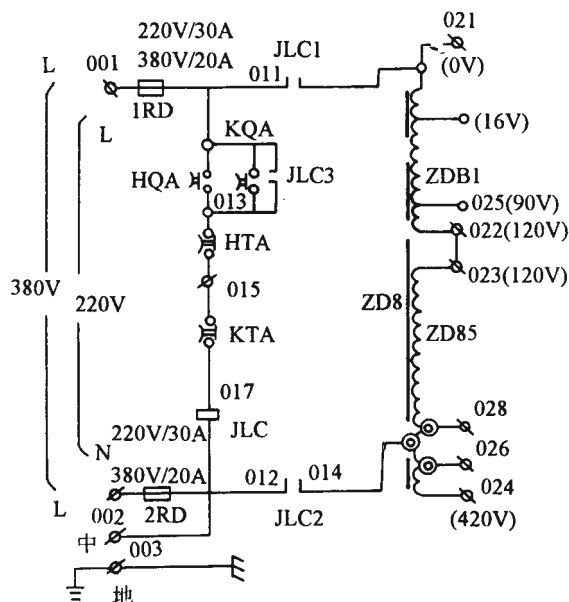


图 2-3-75 XG-200 电源电路原理图

1. XG-200 电源接触器控制回路故障检修 故障检修如表 2-3-8 所示。
2. XG-200 主电源电路故障检修 故障检修如表 2-3-9 所示。

表 2-3-8 XG-200 电源接触器控制电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
按下电源接通按钮 HQA 或 KQA 后, JLC 电源接触器不工作	无外电源供给; 电源导线两端接线端松动或脱落; 1RD 断路; 011 至 HQA 与 KQA 之间的导线松动或脱开; 013 至接触器线圈 017 之间导线松动或脱开; HTA 或 KTA 电源切断按钮触点接触不良或损坏; HQA 和 KQA 接通按钮接触不良或损坏; JLC 线圈的导线断路	用万用表的交流电压档和欧姆档就能检测判断其所有故障所在。先测 001 与 003 之间有无电源、总闸刀是否有电压, 有电压闸刀上的电源导线端接触不良, 紧固螺钉即可。若 001 与 003 之间电压正常, 断开总电源闸刀, 取下 1RD、2RD 的情况下用欧姆档逐段测量各可能出现故障的部分, 即可立即排出
按下 HQA 或 KQA 后 JLC 吸合, HQA 或 KQA 松开	JLC ₃ 自封触点接触不良; 触点脱落或断裂; 与引线连接的螺钉松动; 与 JLC ₃ 点连接的 011 或 013	将万用表放在欧姆档, 在去掉 1ZD 和切断电源总闸的情况下, 打开接触器绝缘保护罩, 将该接触片向下压, 检测是否通路若接触良好, 则检

JLC 落下	导线断路	测 011 与 013 与该触点连接的导线或连接螺钉即可检出故障所在
按下 HTA 或 KTA 后, JLC 不落下	JLC 磁化	将 JLC 的衔铁取用砂纸或在较粗槽的地面上打磨衔铁接触面的表面; 最好更换 JLC 较妥

表 2-3-9 XG-200 主电源电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
按下控制台上电源接通按钮 KQA, JLC 工作, 电源指示灯不亮, 电源电压表无指示	2RD 保险熔断; JLC 或 JLC ₂ 接触不良螺钉松动; 014 与碳轮之间引线接触不良; 电源电压调节碳轮与表面线圈接触不良; 碳轮损坏; 电源电压适合改接联线松动或脱开; 自耦变压器线圈断路	先测量 2RD 通路否? 它不通路更换, 若通路, 测量 021 与 014 之间是否有电压存在? 若有电压, 在切断电源总闸刀和取下 1RD 和 2RD 条件下, 进一步检测 014 至碳轮本身和它与自耦变压器表面接触, 023 与 022 或 025 之间的跨线接触, 自耦变压器的线圈是否断路, 经逐段检测不难找出其故障所在, 根据故障部位和情况做适当处理可恢复; 若无电压, 则检测 JLC ₁ 和 JLC ₂ 触点引线接触
JLC 一工作 1RD 或 2RD 就熔断	014 或 021 导线连接端脱开与金属外壳相撞; 自耦变压器线圈对地或其之间短路; 碳轮与自耦变压器表面接触不良打火; 自耦变压器后级某处对地短路	这种故障不能再通电试验, 以免引起主电源回路中元部件损坏。先取下自耦变压器后级各供电保险。借助万用表, 用断开法逐段检测 014 与 021 之间各有关部分。若是导线对地短路重新处理即可; 接触不良只需清洁和调整; 自耦变压器短路必须更换或重新绕制

(三) 接触器控制电源通断、电源电压自动调节式电源电路故障检修

这种形式的电源电路多用在大型或自动化程度较高的工频 X 线发生器中。接触器控制电路与主电源电路与 2 中相差不大, 主要区别是电源电压调节是自动实现的, 控制电路相对复杂一些, 各厂家差别较大。这里笔者以岛津 HDI50B 和西门子 T. 01000X 线发生器的电源电路为例简述其故障检修。

1. HDI50BX 线发生器电源电路故障检修 该电源电路由四部分组成: 自耦变压器供电电路 (主电源供电)、电源接触器控制电路、电源电压自动调节电路、稳压电路。电路原理图参见该机的电源电路原理图。

(1) 自耦变压器供电电路故障检修: 见表 2-3-10 所示。

表 2-3-10 HDI50B 自耦变压器供电电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
按下控制台电源接通键, 电源接触器工作, 各指示灯不亮, 各仪表无显示	电源接触器触点接触不良; 连接电源导线的螺钉脱落或松动; 串在 U、V 相中的稳压器初级线圈断路或进出该线圈的导线连接固定螺钉松动; U、V、W 导线与碳轮连接处松动或脱落; 碳轮与自耦变	先自耦变压器侧用万用表测量 U、V、W 之间有无电压存在。若无电压存在, 故障在前级, 而后在接触器上测量三相之间的电压, 无电压检测接触器的触点与导线连接的固定螺钉情况, 采取相应的措施予以修复; 有电压, 则测量稳压器初级进出端的电压情况, 确定故障所在, 若 U、V、W 之间有

	器线圈表面接触不良或碳轮损坏； 自耦变压器线圈断路；自耦变压器 中心引线松动或脱落；中心平衡电 阻断路	电压存在，将表笔放在 U、V、W 三碳之间测量电 压，无电压检测碳轮与 U、V、W 之间导线连接； 有电压检测碳轮与自耦变压器线圈表面接触和线 圈情况，从而逐一排除故障
当控制台上电 源接通开关一接 通，内部总开关 就自动跳开	此故障非常少见，可能有以下几 种原因： 主回路中任一导线脱开对金属 外壳与地短路；自耦变压器线圈短 路；稳压器和其它供电源短路等	首先不能再通电试验，以免引起不必要的损坏。 而后确定故障在主回路还是在外电路引起，故先把 有关外电路与主回路断开。再借助万用表逐段检测 主回路故障所在，导线脱落重新接好。若自耦变压 器线圈短路，则只能更换或重新制

表 2-3-11 HD150 电源电压自动调节系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
电源电压调节偏 高，自耦变压器 U、V、 W 输出电压高出设定 值	由于无电压表指示一般不易 发现，只有在季度检修或其它原 因检测电压标准值时可能发现。 可能故障有：L ₁ 、L ₂ 、L ₃ 三相中 某一相缺相；D4-01 至 D4-06 三 相整流桥某一整流管断路； R8-01 或 R8-14 阻值改变；LSV 基准电压偏高	测量 LSV 基准电压是否是-10V，若 LSV 高，调 R8-01 使 LPV 与 LSV 一致若 LSV 值正常测量 LPV 反馈值，该值低，用 R ₈₋₀₁ 调 LPV 值与 LSV 一样。 若 C ₄₋₀₁ 电容器两端电压值偏低，选测 L ₁ 、L ₂ 、L ₁₃ 之间电压正常否，电压不正常，检测 L ₁ 、L ₂ 、L ₃ 采样回路；电压正常，检测 D ₄₋₀₁ 至 D ₄₋₀₆ 整流二极 管，有损坏，更换即可
电源压失调即电 源电压变化时 L-DM 电机没反应(在任何 状态下)	±15V 电源没有；M1-02 放大 器损坏(6 输出为零)；R10-2 短 路；R11-02 断路；C4-02 击穿短 路；D1-03、D1-04、Q1-02、Q2-02、 D2-02、D2-04 断路；K—RM 触点 打火焊在一起短路；L-DM 公共端 脱开或 L—DM 损坏	先测量±15V 电源，若该电源正常，测 C4-02， 两端有否电压存在。若有电压存在，测量 K-LL、 K-LU 断电器工作情况，不正常检测 Q1-02、 Q2-02、D1-03、D1-04；正常，检测 LU ₁ 、LL ₁ ， 电压确定可控硅工作状态，在 L-DM 端测 LU ₁ 、 LL ₁ 电压确定电机好坏，若 C4-02 两端无电压存 在，检测前级各有关元件或触点(R-RM)工作情 况，确定故障所在
电源电压调节偏 低，自耦变压器 U、V、 W 输出电压低于设定 值	LSV 基准电压绝对值低于 10V， LPV 反馈值高	调 R8-01 使 PV 与 LSV 一样
电源电压调节碳轮 调至最低端，LL 限位 开关动作，K1-AT 工 作，各种功能不起作 用，控制台 Over 指示 灯亮	电源电压过高超过允许范围； LSV 过低或断路；放大器损坏； Q ₂₋₀₂ 击穿 03 可控硅击穿；C ₅₋₀₂ 击 穿	先测量 LPV 电位是否超过-10V，若超过，则 属电源电压过高，应立即关机，待电源电压正常 再开机；若 LPV 绝对值低于 10V，测量 LSV 是否 是-10V，若是-10V，测 M ₁₋₀₂ 输出是否是负值， 若不是，则 M ₁₋₀₂ 损坏，更换；LSV 绝对电压值低 于 10V，调整 R ₈₋₀₁ 、使 LPV 降低；前级工作正常，

		检测后级 Q ₂₋₀₂ 和 D ₂₋₀₃ ，逐步找出故障所在
电源电压调节碳轮调最高端 Lu 限位开关动作，K1-AT 工作，控制台 OVER 指示灯亮	电源电压过低；D ₄₋₀₁ 至 D ₄₋₀₆ 整流桥某一二极管断路；L ₁ 、L ₂ 、L ₃ 某一相缺相；C ₈₋₀₁ 漏电或短路；R ₈₋₀₁ 断路；C ₅₋₀₁ 短路；M ₁₋₀₂ 损坏；Q ₁₋₀₂ 击穿；D ₂₋₀₄ 击穿	先测量 LPV 电位是否是 -10V。若绝对值低于 10V，检测电源电压是不是过低，L ₁ 、L ₂ 、L ₃ 之间有电压存在，两者均正常，重点检测整流器、C ₈₋₀₁ 、R ₈₋₀₁ 、C ₅₋₀₁ ；若 LPV 正常，检测 M ₁₋₀₂ 输出和后级的 Q ₁₋₀₂ 、D ₂₋₀₄ ，若其中有一项损坏必须更换方可恢复正常

(2) 电源接触器控制电路故障检修：电源接触器控制电路检修相对比较容易，请参照相关表结合 HD15013 电源接触器控制电路实际不难检修，故这里不再叙述了。

(3) 电源电压自动调节系统故障检修：电源电压自动调节系统电路原理图及工作原理请参阅 HD150B 功能说明书或有关资料。故障检修如表 2-3-11 所述。

(4) 稳压电路故障检修：稳压器由电流互感器和控制变压器组成。它出现故障是很少见的，就是出现不稳压一般也表现不出来。一般可能出现不稳压和输出电压异常(过低或 0)。若稳压不起作用，在电源电压变化比较大的条件下，会产生 mA 或透视 KV 不稳定现象；若输出电压异常，所有工作电压也异常，X 线发生器不能正常工作。出现上述故障，主要检测互感器次级线圈和 BOR 电位器；DSA1 和 DSA2，控制变压器本身。

2. Trodoros Optimatic1000 电源电路故障检修 它的电源电路由 3 部分组成：自耦变压器供电电路、电源接触器控制电路、电源电压自动调节控制电路。其工作原理和电路图请参考 T. 01 000 说明书及电源电路图。

(1) 自耦变压器供电电路故障检修：它的故障现象、故障分析和故障排除方法基本和 HD150B 自耦变压器供电电路故障检修大体一致，故请参考表 2-3-10 结合具体实际予以检修。

(2) 电源接触器控制电路故障检修：可参考相关表结合本控制电路能很容易地检修。

(3) 电源电压自动调节控制电路故障检修：电路工作过程请参考 T. 01000 的功能说明书，故障检修如表 2-3-12。

表 2-3-12 T. 0 1000 电源电压自动调节控制电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
电源电压调节偏高超出+3%	此故障一般不能直接反应出来，而是其它电路由于电源电压高引起不正常或损坏时，方引起注意，可能产生故障的有： Uref 由于 R ₃ 、R ₄ 阻值发生变化而增加； R ₁ 、R ₂ 阻值发生变化 Uact 值减少	只要重新调整 R ₄ ，改变 Uref 电位就可恢复正常状态但要经常监测电源电压情况，若继续出现同样故障应更换有关电阻或电位器
电源电压调节偏低，超出一3%	R ₃ 、R ₄ 、R ₆ 阻值发生变化 Uact 值减少； R ₁ R ₂ 阻值发生变化 Uact 增加	同上
电源电压调节不工作	这种故障一般也不能直接反应出来，而是 mA、KVp 等输出不稳定，透视或照片反应或在检测 mA、KVp 时发现。一般可能有以下几种原因造成： il 损坏；V5 击穿；R ₉ 、V ₇ 、V ₁₇ 、V ₁₆ 、	先测 UA，UA 不正常检测 il、R ₉ ； UA 正常检测后级有关元件测量 V ₁₆ 、V ₁₈ 或 r ₁₀ 和 r ₁₃ 的电位，若 r ₁₀ 有负电位 -15V 而 r ₁₃ 有正电位+15V，则 V ₇ 击穿应更换；若它们电位正常，检测 V ₁₆ ，

	V ₁₈ 、V ₂₂ 、V ₂₃ 、V ₁₂ 、V ₁₃ 、V ₁₄ 、V ₁₅ 断路； 24V 交流无等	V ₁₈ 、V ₂₂ 、V ₂₃ 、V ₁₂ 、V ₁₃ 、V ₁₄ 、V ₁₅ 是否有断路；检测交流 24V 电源
S65、S66 某一限制开关工作，nm 电机不再转动	此故障在电源电压条件非常差时可能出现电路引起的可能有： il 损坏；V ₂₂ 、V ₂₃ 或 V ₁₂ ，V ₁₅ 击穿。Urdf 或 Uact 丢失	先检测电源电压，若电源引起，应关机，待电源正常开机自然自动恢复正常。若 UA 始终是正或是负，则应检测 il 和 uref、uact；若 Ua 正常，检测 V ₂₂ 、V ₂₃ 、V ₁₂ 、V ₁₅ 。

（四）接触器控制电源通断、有交直变换器的电源电路故障检修

这种方式的电源电路用在中高频 X 线发生器中，由于不需电源电压调节，故没有自耦变压器。但高频逆变器需供直流电源，所以要交直变换器和平滑器。这里以岛津 UDI50L 和西门子 POLYPHOSa0X 线发生器为例简述其故障检修。

1. UDI50L 电源电路故障检修

（1）电源接触器电路故障检修：它的电路比 EDI50L 和 HDI50B 要复杂，电路原理图可参考原机电原理图，故障检修如表 2-3-13。

表 2-3-13 UDI50 电源接触器控制电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
按下控制台上 LINE ON 键后，MG-L 电源接触器不工作，LINE ON 指示灯不亮，控制台无任何显示	F-T2. O，F-T2. 2，F-10LA、F-100LB 保险任一个熔断；LINE ON 键接触不良；EMC-90J ₉₁ 、J ₉₇ 、J ₁₀₀ 插接件松动 EMC-90D ₁₃ 损坏；M ₄ 失效；Q ₂ 失效；Q ₄ 击穿；D ₁₁ 击穿；其它阻容元件损坏；MG-L 线圈断路	先观控制台上 LINEOFF 灯是否亮，若亮则可断定，各保险和 D ₁₃ 正常，则主要检测 LINEON 键和各插接件有关引线，M ₄ 、Q ₁ 、Q ₂ 工作状态，检测 F-100LB 和 MG-L 线圈通路情况，即逐段测量电位就可找出故障所在。若 IINEOFF 灯不亮，重点检测各保险、插接件、D ₁₃ 等即可
电源总闸一合上，X 线发生器就自动上电工作	EMC-90Q1 击穿；D ₁₂ 击穿；M ₄ 的 1、2 之间击穿；MG-L 接触器机械部分卡死，或触点打火焊在一起，LINE ON 键触点短路	只要在关掉电源情况下，用表测量 EMC-90Q1、D ₁₂ M ₄ 的 1、2、LINE ON 触点是否完全通路。或去掉 F-10LA 保险，合上总闸，观故障现象，若故障消失，则肯定为 LINEON 触点短路。反之去掉 F-100LB 保险，若故障消失，M ₄ 的 1、2 或 D ₁₂ 击穿，更换元件；M ₄ 的 1、2 或 D ₁₂ 击穿，更换元件；故障存在，检测 MG-L
按下 LINE OFF 键，不能关机	LINE OFF 键接触不良；EMC-90J96A. 4 接触不良或脱开；Q ₁ 断路；MG-L 磁化	首先在 EMC-90 上测量 Q ₁ 基极电位(在 LINE OFF 按下)，若有电位存在，则排除 LINE OFF 和 J96A. 4 接触不良；再测 Q ₁ 集电极，若不为 OVQ ₁ 损坏，若 OVOMG-L 磁化

（2）主电源电路、交直变换和直流平滑电路故障检修：电路原理图参见 UDI501。主电源交直流平滑电路原理图，故障检修见表 2-3-14。

2. POLYPHOS30 电源电路故障检修 POLYPHOS30 电源电路由电源通断控制电路、交直转换即整流电路和平滑电路组成。

(1) 电源通断控制电路故障检修: POLYPHOS30 的电源通断控制电路的型式与 POYPHOS 系完全相同, 和 POLYDORS 系列基本相同, 所以故障检修只需以 POLYPHOS30 为例, POLYDOROS 可参照检修, 它的故障检修如表 2-3-15 所示。

(2) 主供电交直转换和平滑电路的故障检修: 这部分 POLYPHOS 与 POLYDOROS 系列差别较大, POLYDOROS 系列复杂得多。限于篇幅, 这里只简述 POLYPHOS30 该部分的故障检修, POLYHOS30 主供电交直转换和平滑电路的故障检修如表 2-3-16 所示。

表 2-3-14 UD150 主电源、交直转换和平滑电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
按下控制台 LINEON 键时, MG-L 吸合, 但 LINE ON 灯不亮, X 线发生器不工作	只有一种可能, 就是 MG—L 的 1、2 或 3、4 触点接触不良或该触片紧固螺钉松动脱落	测量 MG—L 的 1 和 3 若无电压。关掉总电源, 紧固或检查 MG-L 各触片螺钉; 打磨清洁触点或调整动触片, 手动试验接触应良好
LINE ON 一按下, 显示器出现 LINE、volt over 或 Charge volt Trouble, FAULT 灯亮	主电源电压过高超出 10%; MG—RS 由于 K, 无限时与 NG—I 同时工作, 电源接通时产生较大浪涌电流	首先测量输入的电源电压, 若高出允许范围, 应采取降压措施, 正常后再开机; 若电源电压正常, 把输入转换器的 U、V、W 导线取下后, 通电试验 K, 和 MG—RS 工作状态
直流输出电压过低, 显示器显示 Charge Volt trouble, FAult 灯亮	三相电源缺一相; DU、DV、DW 整流某一个断路或击穿短路; MG—D 没吸合; C1 至 C8 某一个击穿或漏电	先去掉至平滑器的引线, 在 RSU、RSV、RSW 至整流器端测量三相之间的电压, 判断是否缺相; 再测量各整流器之间的电压确定整流器断路或短路与否; 若前两者正常, 关掉总电源, 待平滑器电放完后用表的欧姆和电容档分别测量电阻和电容判断其好坏; 上述均无问题肯定是 MG-D 没工作, 重点检测它即可排除故障

表 2-3-15 POLYPHOS 30 的电源通断控制电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
控制台上电源接通键 “S ₁ ” 按下后, 整机不工作, 即控制台上各指示灯和参数指示仪无反应	主电源 U ₁ 、U ₂ 保险接触不良或熔断; 电源通断控制电路供电回路保险 U ₄ 、U ₅ 和 P ₁ 接触不良或熔断; T ₁ 本身问题; V ₃ 损坏, C ₂₂ 漏电或击穿; S ₁ 键接触不良; NS ₁ 线圈断路或 NS ₁ 触点接触不良; NS 主触点接触不良; NS 线圈断路	先测量 U ₄ 、U ₅ 输出端之间的电压, 无电压存在, 检测 U ₁ 、U ₂ 、U ₄ 、U ₅ ; 反之把 D ₃₄ 板延伸出来, 测量 1、2 之间, 3、7 之间的电压, 1、2 之间有, 3、7 之间无, 检测 F ₁ , 交流供电正常测量 C ₂ 两端电位, 无电位, V ₃ 损坏, 更换; 有电位, 按 S ₁ , 观检 NS ₁ 工作, 不工作 S ₁ 接触不良或损坏; 工作, 测量 D ₃₄ 的 4、5 之间无电压, NS ₁ 接触问题; 有电压, 观 NS ₂ I 作否, 不工作 NS 圈线断路, 反之主触点接触不良

S ₁ 按下后一松开电源就门动切断	NS 的 13、14 自封触点接触不良或 D ₃₄ 的 6、7 和 NS ₁₄ 之间引线断开	检测 NS ₂ 的 13、14 触点和有关引线。
S ₂ 按下电源不切断	S ₂ 接触不良或与之连接的引线断路; NS ₂ 线圈断路	测量 NS ₂ 线圈两端, S ₂ 按下无电位存在, S ₂ 或引线问题; 有电位存在, NS ₂ 线圈断路, 必须更换

表 2-3-16 POLYPHOS 30 主供电交直转换和平滑电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
控制台电源接通键按下后, V ₁ 电源通指示灯不亮, NS 工作正常 (即按 S ₁ 和 S ₂ 时能听到 NS 吸合声) 控制台上其它指示仪表无反应	此故障多为 NS 接触器的主触点接触不良; U ₃ 保险松动或熔断	先测量 U ₃ 输出端与 U ₁ 或 U ₂ 之间两相的电压, 无电压, U ₃ 松或熔断; 反之 NS 主触点不正常, 只要测量 NS 主触点标号为 L ₁ 、L ₂ 、L ₃ 之间有无电压就可判定
电源一接通 U ₁ 、U ₂ 、U ₃ 全部或某两个立即熔断。	V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 某一整流器击穿; D ₁₂₅ 板上 C ₁ 、C ₂ 、C ₃ 保护电容某一个击穿短路; 平滑滤波电容 C ₁ 和 C ₂ 击穿短路	先取下 D ₁₂₅ 电路板逐一测量 V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 、C ₁ 、C ₂ 、C ₃ 很快就找到故障所在, 这些元件损坏只能更换。
整流器输出直流电压降低; 控制台出现故障信息	V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 中某一个断路; NS 上 L ₁ 、L ₂ 、L ₃ 至 V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 整流器靠 V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 端导线端紧固螺针松动或脱落; 后级的某元件漏电或短路	将 W1K ₇ 插接件取下测量整流器测输出电压若电压正常检测后级; 若电压不正常, 检测 V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 输入端电压, 三相之间有电压存在, 则肯定 V ₅ 、V ₆ 、V ₇ 某一个断路, 断开主电源, 直接检测 V ₅ 、V ₆ 、V ₇

二、自耦变压器故障检修

在工频 X 线发生器中, 自耦变压器为各电路及其元件提供所需的电压源。

(一) 线圈短路故障检修

故障检修如表 2-3-17 所示。

表 2-3-17 自耦变压器线圈短路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
电源保险在开机后立即熔断	线圈匝间、层间或局部绝缘层破坏 (老化或撞击)、层间或局部短路; 金属导电物浸入; 滑动碳轮调压式自耦变压器表面灰尘, 杂物附于当受潮时造成匝间短路; 碳轮严重变形与线圈表面接触超过两匝以上而引起匝间短路	若为金属导电物浸入, 只需仔细检查清除碳轮调压式自耦变压器表面灰尘或杂物应及时清除, 若因受潮造成线圈短路, 则应对其进行烘干处理; 若是碳轮变形则重新更换调整; 是匝间, 层间或局部线圈短路只有更换或重绕制

交流振动声增大	线圈匝间或层间短路；其它同上	在自耦变压器初级端串接电流表，空载电流偏大
输出电压发生改变	同上	同上
控制台上带电现象	线圈与铁芯或线圈某一引线与机壳相触；线圈受潮造成漏电	在取下自耦变压器连接的保险或有关引线；用表测量或仔细检查。若为外边的线圈对铁芯短路，可加绝缘纸或涂绝缘漆进行处理；引线触机壳重新紧固或调整位置；线圈受潮应进行烘干处理或改善环境

（二）线圈断路故障检修

自耦变压器断路故障非常少见。该故障出现时现象为：电源接通后，控制器无任何反应。这种故障多为制造质量问题，如线圈有焊接的地方；焊接脱焊。也有可能线圈短路时产生大电流而线圈造成断路。线圈断路只有重新绕制或更换。

三、供给各系统主要工作电源故障检修

在 X 线发生器中有许多电气元件，这些元件的工作需要提供与之相适应的工作电源，有交流和直流两种电源。在工频 X 线发生器中，不同工作交流电压多直接由自耦变压器提供，有些需用不同的变压器提供，直流电源一般由变压器提供多组所需交流电压，经整流和平滑滤波，再稳压输出。中高频 X 线发生器的电源均由多个变压器提供不同电压源。直流电源不论工频或中高频 X 线发生器除特殊需要电压值外，目前常用的电压值有 $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 、 $\pm 15V$ 和 $\pm 24V$ 等，稳压均用专用集成电路实现。要求工作电流较大（如 $2\sim 10A$ ）的直流电源稳压调制一般用大功率三极管。而对哪些要求工作电流大，精度高的直流电源，则必须用专用的稳压电源。

这部分的故障率相对比较高，大致要占总故障的 40%左右。但故障现象直观，比较容易找到，普通电源修理也比较简单。下面介绍几种常用电源故障的检修。

（一）供接触器、继电器工作电源的故障检修

供给接触器、继电器工作电源电压一般有 100V、110V（日本、美国）、220V。工频 X 线发生器直接由自耦变压器提供，中高频发生器由变压器提供。

该电源可能出现的故障有：保险熔断、接触不良。保险熔断一般可能是接触器或继电器线圈漏电或短路、引线脱开对地短路，电源质量不好，使用时间长自然熔断等原因引起。接触不良一般是长期使用未有定期维护而造成。借助万用表能很快找到故障所在。若保险熔断，则应排除无短路后方能更换保险。接触不良找出部位做相应处理即可。

（二）ED 和 HDI50 系列 X 线发生器直流电源故障检修

岛津 ED 和 HD 系列 X 线发生器直流电源为 $+12V$ 、 $\pm 15V$ 三种，典型电路原理图参见 ED 系列 X 线发生器直流电源原理图。

这种直流电源结构简单，整流稳压每种电压只需一块集成电路。常见故障有：

1. 标称值电压变低 此故障多由所供电路中某元件变质或性能低下，使工作电流增加，造成工作电压下降；稳压输出滤波电容漏电或集成电路本身变质引起。该故障只需把输出端

保险取下,检测输出电压,若正常,检测有关供电单元;不正常,检测滤波电容和稳压器可用替代法很快判断出故障所在。

2. 无电压输出 当某一电压无输出时,所有控制电路工作不正常或保护电路工作,仪表指示不正常。这种故障可由所供给电源的单元某元件击穿短路引起该电路保险熔断或某元件损坏、稳压电路中某电容击穿短路或稳压电路损坏造成输入端保险熔断等原因引起。检测方法同上。

(三) 西门子 X 线发生器直流电源故障检修

西门子 X 线发生器直流电源一般有 $\pm 5V$ 、 $\pm 15V$ 、 ± 24 等,1A 以下的电源用 78 或 79 系列集成稳压器稳压,但用得较多的是用 723 集成稳压器和三极管稳压,各种电源电路结构完全一样,只是跨接不同而已。故障检修如表 2-3-18 所示。

表 2-3-18 西门子 X 线发生器典型直流电源电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
输出端电压值偏低	所需供电单元中元件变质或漏电,工作电流增加,引起电压下降; C_7 、 C_8 、 V_7 、 V_8 漏电; V_5 、 V_6 电性能改变; i_1 、 i_2 性能变差; 电路中其它电阻或电位器阻值改变; V_1 、 V_2 整流器某桥臂断路,成为半波,输入电压下降	先将电路板延伸出来,将输出端与外供电路断开,测量输出端,电压正常,检测供电单元; 电压不正常,检测 723 的 7 和 12 脚之间输入电压,不正常检测 V_1 (或 V_2); 正常调节 R_6 (R_{15})调整至标准值; 反之采用替代法代换 i_1 (i_2)、 V_5 (V_6); 前述方法无效,更换 V_7 (V_8)或 C_9 、 C_8
输出端电压值偏高	i_1 (或 i_2)损坏或电性能变坏; V_5 (V_6)击穿; 电路中电阻或电位器的阻值改变	首先检测 V_5 (V_6)是否正常。不正常更换 V_5 (V_6); 正常,替换 i_1 (i_2); 输出电压值还不正常检测有关电阻或电位器或调节电位器使之恢复正常
输出端无电压	所需供电单元中元件击穿短路; V_7 (V_8)击穿; V_5 (V_6)损坏 i_1 (i_2)损坏; V_3 (V_4)断路; V_1 (V_2)损坏; 输入交流电源无	先将电路板延伸出来,将输出端与外供电路断开测量输出端,电压正常,检测供电单元; 电压仍无,检测 C_1 (C_2),有电压存在,检测 i_1 (i_2) V_5 (V_6)、 V_7 (V_8)、 C_6 (C_8); C_1 (C_2)无电压,检测 V_3 (V_4)K、 V_1 (V_2)和输入电源即可排除故障

四、逆变器故障检修

逆变器主要在中高频 X 线发生器中应用,管电压(KV)和管电(mA)的初级电流源分别由主逆变器和 X 线管灯丝加热逆变器供给,它们的工作原理和控制方式与工频 X 线发生器完全不同,故在这里有必要简述一下逆变器的结构和原理及其控制方式。

(一) 逆变器的结构和原理

逆变器中直交变换目前有两种方法实现、一种是用可控硅,西门子采用这种方式,另一种是用大功率 MOS 管,岛津 UD 系列 X 线发生器采用此种方式。这里以西门子 POLYDOROS 80X 线发生器的主逆变器为例,简述其结构和原理。

1. 电路结构 逆变器可等效一个串联振荡电路。它由两组逆变器组件 WM_1 、 WM_2 电容器 W_1 、 C_2 、 C_3 、高压变压器 (T_1 / T_2 的电感 H_1)、阻流圈 W_1 、 L_9 以及它们的损耗电阻 R 构成, 如图 2-3-76 所示。

电路中的损耗电阻 R 包括振荡电路的线电阻和高压变压器的初级边有效电阻。电路中的四个可控硅分成 TH_1 / WM_1 、 TH_2 / WM_2 、和 TH_1 / WM_2 、 TH_2 / WM_1 两组轮流导通。可控硅导通由逆变器控制电路控制。反向电流二极管 V_1 / WM_1 、 V_2 / WM_1 、 V_1 / WM_2 、 V_2 / WM_2 分别与四个可控硅反并联。

2. 可控硅导通时序和电流波形 可控硅导通时序和电流波形如图 2-3-77 所示。

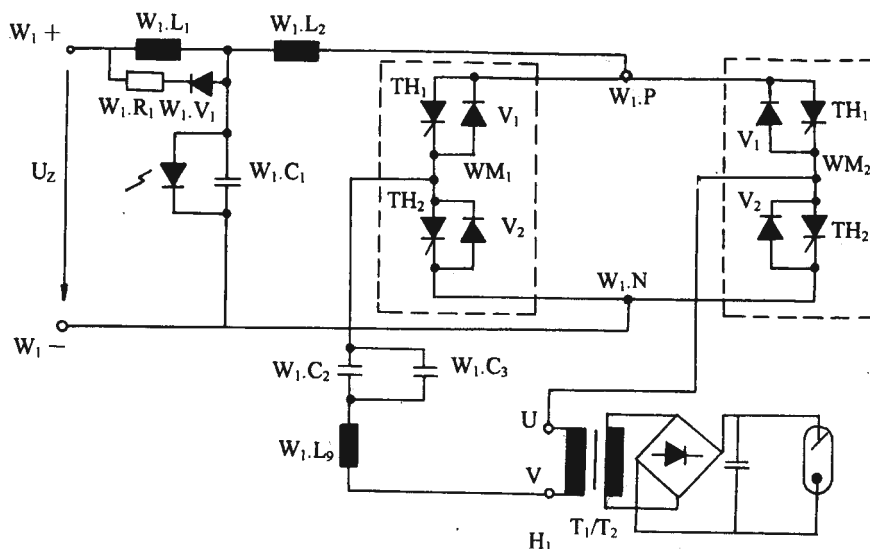


图 2-3-76 有短路消除电器的逆变器原理图

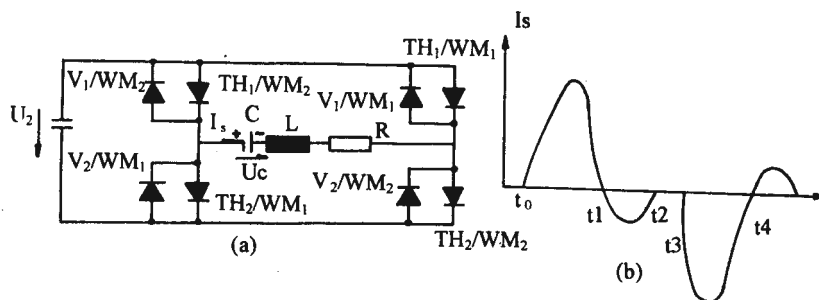


图 2-3-77 逆变器等效原理图

逆变器的两组可控硅按下列时序被触发导通。 t_0 : TH_1 / WM_2 和 TH_2 / WM_2 被触发导通。 $t_0 \sim t_1$: 中间电路的直流电压 U_z 产生一个“正”的电流流过可控硅 TH_1 / WM_1 、振荡电路 C 、 L 、 R 和可控硅 TH_2 / WM_2 。同时, 电容 C ($W_1 \cdot C_2 / W_1 \cdot C_3$) 充电。由于这是一个串联振荡电路, 所以电容 C 上的电压 U_c 大于 U_z 。 $t_1 \sim t_2$: 由于 $U_c > U_z$, 所以电容 C 上电压 U_c 产生一

个“负”的电流，从电容 C 的“+”，经二极管 V1/WM1、V2/WM2、R、L 回到电容 C 的“—”端形成放电回路。在放电电流的作用下，可控硅 TH1 / WM1 和 TH2/WM2 被关断。由于电阻 R 的消耗，流经二极管的“负”电流比流经可控硅的“正”电流小。t₃：可控硅 TH1/WM2 和 TH2/WM1 被触发导通，上述过程重复（仅电流方向相反）。这样，就形成一个振荡的交变电流。

逆变器振荡器的振荡频率由电路中 L、C 元件所决定，设计值为 7.5kHz，则周期 $T=1/f \approx 133\mu s$ ，在图 7-22 中，振荡电流半波（t₀~t₁）持续时间约为 65μs。反向振荡电流的大小取决于损耗，即取决于曝光参数的选择，但反向振荡电流总是比主振电流为小。

逆变器的触发来自逆变器控制电路。如上所述，逆变器的两个半桥臂是交替触发导通的。这就存在这种可能，即下一个半桥臂可能在前一个半桥臂振荡所产生的反向电流还在流动时就被触发导通。这意味着，前一对可控硅还没有被截止前，后一对可控硅就被触发导通，从而造成桥的短路。这种情况是要防止的。由于目前可控硅的关断时间不可能做得很小，Polydoras80 所用可控硅的关断时间约为 18/Is。但由于电路中反并联二极管的存在，使关断时间增加到约 35μs。由此就可确定最短触发周期 T_{min} 为：

$$T_{\min} = 2 \times (65\mu s + 35\mu s) = 200\mu s$$

最高触发频率 f_{max} 为：

$$f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}} = 5kHz$$

触发频率若大于 5KHz 就会造成桥的短路。

最高触发频率下的逆变器振荡电流波形如图 2-3-78 所示。

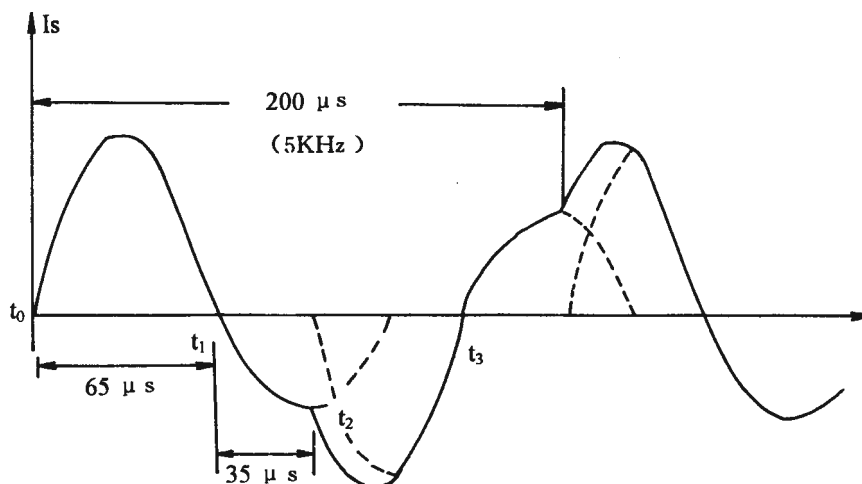


图 2-3-78 最高触发频率下的逆变器振荡电流 Is

3. 逆变器短路消除电路 短路消除电路如图 2-3-79 所示。

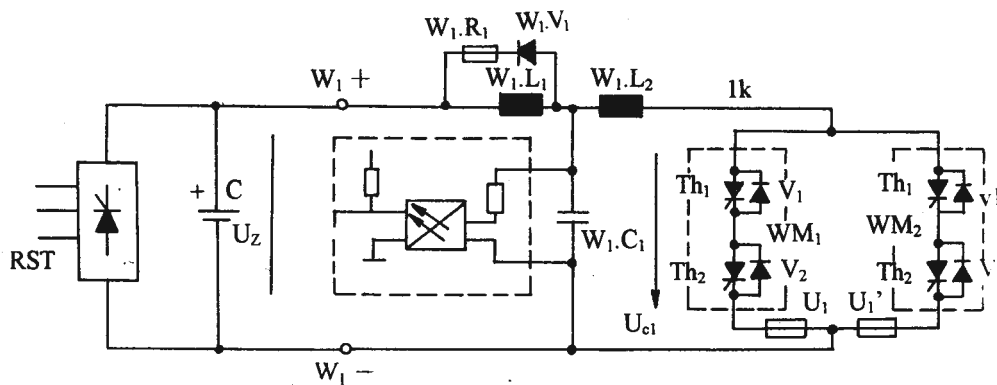


图 2-3-79 有短路消除电路的逆变器原理图

(1) 构成：由 $W_1 \cdot C_1$ 、 $W_1 \cdot L_2$ 、光电耦合器、 $W_1 \cdot L_1$ 、 $W_1 \cdot R_1$ 、 $W_1 \cdot V_1$ 等构成逆变器短路保护消除电路。

(2) 作用：①当逆变器一旦短路时，立刻输出故障信号，切断曝光；②当逆变器可控硅因触发频率超过 5kHz 而造成短路时，在短路时间超过由 $W_1 \cdot C_1$ 、 $W_1 \cdot L_2$ 构成并联谐振的半个振荡周期后，自行关断短路可控硅。注意，可控硅因击穿而短路是不可恢复的。

(3) 原理分析：当逆变器一旦短路时，电容器 $W_1 \cdot C_1$ 端电压 U_{c1} 将迅速从额定中间电压 U_z 下降，至低于 20V 时，由光电耦合器输出高电平故障信号，切断曝光。同时，一旦短路出现，由 $W_1 \cdot C_1$ 、 $W_1 \cdot L_2$ 通过短路可控硅构成并联谐振电路，短路电流 I_k 是正弦衰减波形。在 I_k 出现第一个负半波时， $W_1 \cdot L_2$ 上感应电压对 $W_1 \cdot C_1$ 反向充电，此电流流过短路可控硅的反并联二极管，立即使短路可控硅自行关断。

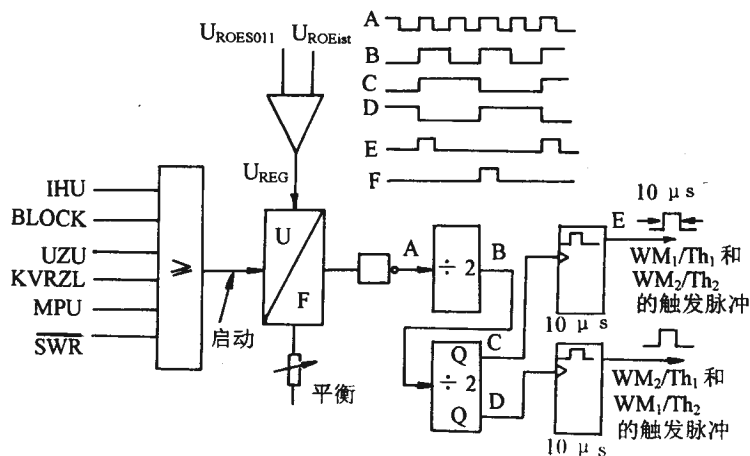


图 2-3-80 逆变器控制原理和波形图

图 2-3-79 中， $W_1 \cdot L_1$ 可防止中间电路的滤波电容 C 在逆变器短路时产生过大电流； $W_1 \cdot V_1$ 和 $W_1 \cdot R_1$ 可防止短路消除后， $W_1 \cdot C_1$ 的过充电，这时， $W_1 \cdot L_2$ 上的过电压可通过 $W_1 \cdot V_1$ 、 $W_1 \cdot R_1$ 向中间电路泄放。

4. 逆变器的控制 逆变器控制原理和脉冲波形如图 2-3-80 所示。

由 Uroesoll 与 Uroeist 比较后输出控制信号，并送到 U / F 变换器，输出一定的频率信号，然后经四分频和单稳态后，输出一定频率的脉宽为 10 μ s 的逆变器触发脉冲。

由于逆变器触发脉冲的最高频率为 5kHz，故 U / F 的最高输出率为 20kHz，它对应 UREG $\geq 12V$ 情形。这个频率可由电位器调节。

（二）故障检修

1. 短路故障检修 逆变器中发生短路故障可由 WCI、V₁、V₂、TH₁、TH₂ 任一元件击穿短路造成。这些元件一般不易发生击穿，若击穿多为本身质量问题或可控硅触发电路不正常引起。这种故障出现，控制台上显示 KV 的显示器显示“ERR”、mas 的显示器显示错误信息号“200”或“101”，控制柜 D₉₀ 板上 V₂₀ 或 V₂₈ 指示灯亮。

该故障出现时，应立即切断 X 线发生器的电源，逐一检测 WI、CI、V₁、V₂、TH₁、TH₂ 能准确判断出故障所在。

上述任一个元件短路均需更换。TH₁ 或 TH₂ 损坏必须更换型号相同的可控硅。

2. 断路故障检修 W₁·L₁、W₁·W₂、TH₁、TH₂、W₁·L₃、W₁·L₄、W₁·L₅、W₁·L₆、L₇、L₈、U₁ 等元件可明显反应出来。

当 W₁·L₁ 断路控制台可能显示“200”错误信号，D₉₀ 板上 V₂₀ 和 V₂₈ 亮。该故障只要检测 W₁+与 W₁-之间，W₁·C₁ 两端的电压就可判定。

其它元件断路只有在曝光准备或曝光过程中反应出来。不能曝光或立即切断曝光，控制台上显示“101”。

这种故障多为逆变器短路造成损坏其中某个或多个元件，元件质变问题也可引起。

先检测 W₁·P 和 W₁·N 两电压端判断 W₁·L₂ 好坏。再检测 WM₁、V₁、V₂ 和 WM₂V₁、V₂ 两端电压，若无电压检测 L₇、L₈、U₁；有电压，切断总电源检测 TH₁ 和 TH₂（应待 W₁·P、和 WQ·N 两端电压为零时检测，以防电击）。上述任一元件损坏只能更换。

3. 触发故障检修 逆变器可控硅触发脉冲由 D₄₁ 控制，触发器为 D₄₃。它的故障一般要在曝光准备或曝光过程中反应出来。当触发脉冲频率高或低于设定 KV 要求频率、逆变桥某一臂无触发脉冲时，在曝光过程中，KV 监控检测到实际 KV 与设定 KV 不一致，立即闭锁（BLOCK）保护并切断曝光和触发脉冲，控制台显示“10 尸故障信号”。

这种故障需借助示波器检测触发脉冲。先在 D₄₃ 板上输入端测量四组脉冲，判断是 D₄₁ 还是 D₄₃ 板的故障。若输入脉冲正常，检测 D₄₃ 的 4 组输出脉冲（示波器电源必须加隔离变压器，用一小型变压器接在 D₄₃ 输出端 G₁、K₁，示波器测探头接在该变压器次级端）；检测到某一组输出脉冲不对，然后逐段检测该组各部。若 D_{4a} 板输入脉冲不正常，检测 D₄₁ 板。

岛津 UD 系列 X 线发生器的逆变器中直交变换用大功率 MOS 场效应管，触发不需脉冲变压器，直接由光电耦合元件。它的故障也有三类即短路、断路和触发不正常。当这些故障出现时，控制台均显示出错信息，有关电路板上的故障指示灯亮。检修时参照电路图检测有关工作电位或波形找出故障所在。

五、X 线管灯丝加热电路故障检修

(一) XG-200X 线管灯丝加热电路故障检修

1. 电路结构 该电路由谐振式磁饱和稳压器 WY、空间电荷补偿器 KHB2、KHB3、mA 选择器、mA 调节电位器、透视 mA 调节器 TW、灯丝加热大焦点变压器 DJBI、小焦点变压器 XJBI 等组成,参考 XG-200 型机电原理图 X 线管灯丝加热部分的电路图。

2. 故障检修 如表 2-3-19 所示。

表 2-3-19 XG-200X 线管灯丝加热电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
透视无 mA	技术选择器、透视 mA 键、SCR 上透视 mA 调节环引线连接处等接触不良; TW 断路; XJBI 断路; WY 无电压输出; 高压交换闸或高压电缆两端接触不良; X 线管灯丝断路, 透视高压初级断路	先测量 WY 输出电压, 无电压, 检测稳压器 WY, 有电压, 在高压发生器测量 F_0 与 F_2 之间的电压, 无电压在控制器内逐段检测回路各点电压; 有电压, 先从 X 线管套窗观察灯丝是否亮, 亮加热回路正常, 检测高压初级; 不亮取下高压初级测量 X 线管侧高压电缆端加电压, 有电压, 处理高压电缆与使之接触良好; 无电压继续向前级检测
透视 mA 低下	WY 电压输出偏低, TW 碳刷接触不良; 引线连接、高压交换闸、高压电缆接触不良	同上
各档摄影 mA 随 KV 变化而变化大, KV 升高 mA 增加	此故障是空间电荷补偿器失效引起, 如 KHB 补偿变压器线圈断路、与初级连接引线断路等	只要是在 KHBI 端测量电压是否随 KV 改变而改变, 是, KHBI 线圈断路; 否, 检测 KHBI 引线连接
某一档摄影 mA 无	mA 选择器接触不良或引线脱落、断开	对照电路图, 哪一档 mA 无, 检测哪一档 mA 选择器和引线
各档 mA 均无	WY 无电压输出; SCR 断路; 142 至 TR_2 的引线或 159 至技术选择器的引线、技术选择器至 01 的引线断路或接触不良; 高压交换闸或高压电缆公共端接触不良; 摄影高压初级无	先测量 142 与 01 之间电压, 无电压, 检测 WY; 有电压, 只需检测 01 与 159 之间和 SCR。检测 F_0 与 F_1 或 F_2 均有电压, 则一定是高压交换和电缆接触问题, 请按本表透视无 mA 有关步骤检测
大焦点 mA 正常, 小焦点 mA 无或小焦无 mA 正常大焦点 mA 无	灯丝加热变压器断路; 高压交换闸或高压电缆大或小焦点的接触点接触不良; 大或小焦点加热变压器线圈轻度短路	先测量 F_0 与 F_1 或 F_2 之间的电压, 电压高于正常值, 后级断路; 电压低正常值, 灯丝加热变压器线圈有短路
透视 mA 不稳定, X 线摄影 mA 不稳定, X 线摄影照片质量差	此故障多为谐振式磁饱和稳压器失去稳压作用, 可能故障原因有: 谐振电容容量改变; 谐振电容击穿; 电源频率波动超过 $\pm 1\text{Hz}$, 铁芯夹持件松动	在稳压器输入、输出端各接一交流电压表改变输入端电压 (170~250V), 观察输出端电压变化, 若该电压随输入电压变化而变化, 则检测谐振电容, 用替代法最有效。若谐振电容是好的, 则用示波器或频率计测量电源频率, 频率波动超出允许范围应改善电源质量。铁芯夹持件松动, 开机后控制器内振动声 (蜂鸣声) 大, 只要紧固四周螺钉螺栓即可恢复正常

(二) 岛津 ED 和 HB 系列 X 线管灯丝加热系统故障检修

1. 电路结构 ED 和 HD 系列 X 线发生器 X 线管灯丝加热系统基本相同, 该系统由 mA 调整、mA 控制和晶体管单元等组成。如图 2-3-81 所示。

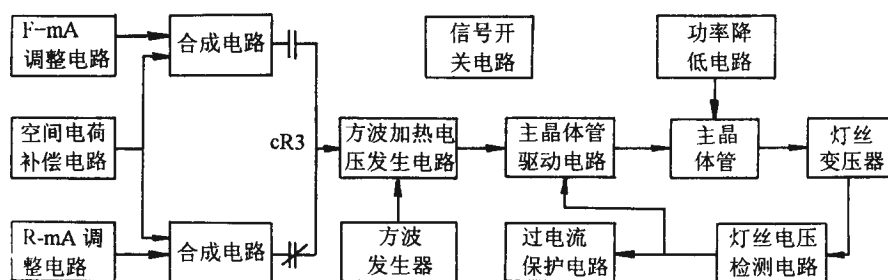


图 2-3-81 ED 和 HD 系列 X 线发生器灯丝加热系统框图

本系统的 X 线管灯丝电流是由大功率三极管控制的, 比用可控硅控制相位的方法, 稳定度高, 且无噪声。

本系统采用非线性空间电荷补偿电路, 使补偿特性得以改善。因此, 管电压的改变对管电流的影响很小, 管电流可以作到准确调整。同时, 由于本系统的空间电荷补偿在 60KV 左右为零, 所以, 在 60KV 条件下的标准管电流的调整, 以及空间电荷补偿的调整, 可以各自独立进行。

由于 mA 调节单元采用了微调, 因此, 比在轴电阻上用卡环调整的方法要简便得多。另外, 本系统还提供了各种保护电路。

2. 电路工作原理 由于 mA 调节电路设定的信号电压与来自空间电荷补偿电路的补偿信号, 经合成电路合成为管电流调整信号。这是一个直流电压, 它由矩形波加热电压发生电路变换为矩形波, 再去驱动主晶体管, 使灯丝加热电流成为矩形波。为了恒定电压, 从灯丝电压检测电路引出实测信号反馈到驱动电路, 以使实际电压与设定电压相符, 而不受电源波动的影响。为了防止灯丝因过电流而烧断, 还设置了过电流保护电路。而透视 mA 与摄影 mA 设定信号的切换是由断电器电路来执行的。

图 2-3-82 所示 mA 控制电路原理图中⑤是 mA 调整电阻, 由直流稳压电源④供电, ⑤输出的是与 mA 大小成正比的电压, 这个电压加到运算放大器⑥的同相输入端。矩形波发生器⑩产生一个与灯丝加热用交流电源①同步的如图 2-3-83 (b) 所示的矩形波电压, 它控制着三极管 (11) 的导通与截止。b 点为正常的信号电压时导通, 零电位时截止。这样, ⑥输出的直流电压在这里被矩形波电压所调制, 因此, 三极管⑦基极输入信号为矩形波电压, 由于三极管的放大作用, 其集电极电流也随基极电流的变化做同频率的而幅度大得多的变化, 所以在电阻 R 两端形成了如图 2-3-83 (c) 所示的电压波形。灯丝变压器②由交流电源①供电, 由于受到整流器⑨和三极管⑦的控制, 以致流过初级绕组的电流也是矩形波, 如图 2-3-83 (d) 所示。其波宽与波幅由三极管⑦基极输入信号决定, 即脉冲宽度由矩形波发生器决定, 是一个固定不变的值, 而脉冲幅度由 mA 调节器设定, 是一依 mA 大小而正比变化的值。波幅变了灯丝加热电流也随之变化。这种控制方法使灯丝加热电流成线性改变, 延迟时间为零。

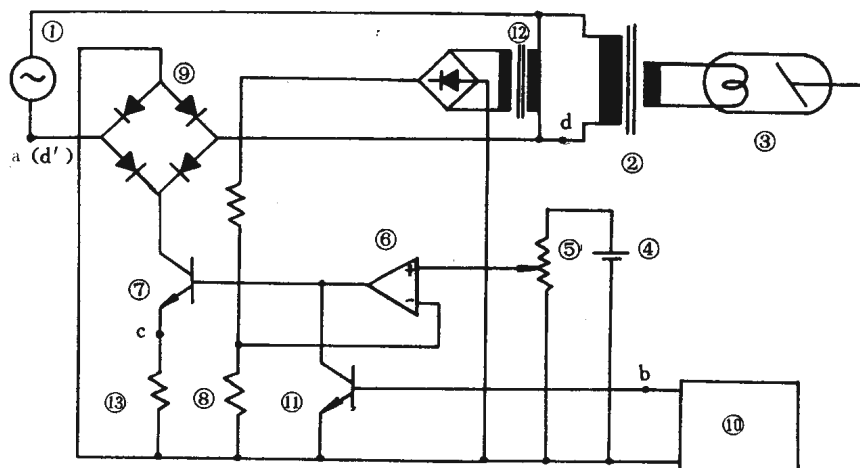


图 2-3-82 电路原理

电阻⑬为灯丝电流检测电阻，它的端电压反应了灯丝电流的大小。灯丝电压检测变压器⑫的输出电压反应了灯丝加热电压的大小，这个电压经过整流后加到灯丝电压检测电阻⑧，并反馈到运算放大器⑥的反向输入端，如果实际电压高于设定电压，则使⑥的输出电压降低，如果实际电压低于设定电压，则使⑥的输出电压升高，就是说通过这种反馈作用，使实际电压与设定电压趋于平衡，即使电源电压发生波动，也能保持灯丝加热电压的稳定。

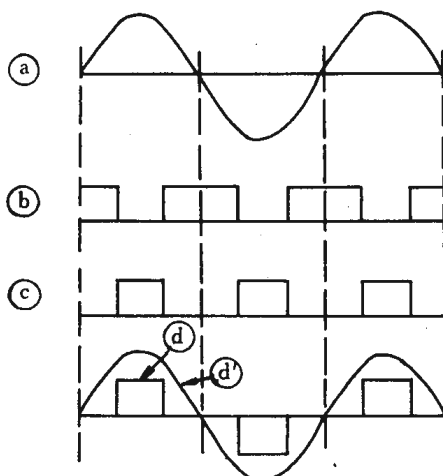


图 2-3-83 波形图

3. 故障检修 由于这部分电路比较复杂，无论出现任何故障，先应仔细分析，读懂电路图，判断故障大致范围。借助万用表和示波器进行检测。下面列举一些常见的故障和检修，如表 2-3-20 所示。

表 2-3-20 ED 和 HDX 线发生器 X 线管灯丝加热系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
摄影各档 mA 正常, 透视 mA 低下	透视 mA 调节电位器碳刷接触不良; R ₁₆₋₀₁ 电位器碳刷接触不良	检测两电位器
透视 mA 随 KV 增加而升高	此故障为空间电荷补偿未引入(FKV), 有可能 K ₁ -SF ₁ 触点接触不良。9C-2 插接触不良; 透视 KV 控制电路板上 R ₁₁₋₀₂ 断路	改变透视 KV, 观摄影 KV 是否随之变化, 不变; R ₁₁₋₀₂ 断路; 变化, 检测 K ₁ -SF ₁ 触点和 9C-2 插接的接触(用测电位的办法)
透视 mA 和摄影 mA 均低下	矩形波发生器输入双 15V(15VA、15VB) 丢失一组及某元件损坏(mA 控制 1 / 2); mA 控制 2 / 2 板 Q ₂₋₀₃ 和晶体管单元 Q ₂ 导电性能改变; mA 控制 2 / 2D ₅₋₀₁ 至 05-04 桥某一个断路	先检测 15VA、15VB; 输入双 15V 正常, 用示波器逐级检测 mA 控制 1 / 2 板点各波形(E ₁ 至 E ₁₄); 波形正常检测 mA 控制 2 / 2 板 Q ₂₋₀₃ (用代替法)和 D ₅₋₀₁ 至 D ₅₋₀₄ 以及晶体管单元 Q ₂ (代替法)
mA 不稳定	此故障多为该系统中的电容器、集成块、三极管的电性能变差, 故障应在 mA 控制板和晶体管单元中	先测 mA 控制板 2 / 2TB 触发信号是否稳定, 若不稳定检测前级, 逐段测量或代换试验; 若 TB 信号稳压, 晶体管单元的问题, 用代替法排除
摄影 KV 改变 mA 改变	KV 补偿不正确	测量 mA 调整板 KCM 信号是否随 KV 改变而变化, 不是检测 KCM 控制部分, 反之重新调整 “KVCOMP”
控制台电源一接通, OVER 指示灯就亮	此故障表示 X 线管灯丝没有加热, 保护电路工作, 或者是保护电路某元件损坏使 K2-Bu 工作。可能故障有: mA 控制 1 / 2 2C 插接件接触不良; ±15V 直流电源或双 15V 交流不存在、A ₁₋₀₆ 、A ₁₋₀₇ 或 A ₁₋₀₈ 、A ₁₋₀₉ 同时损坏、Q ₂₋₀₁ 损坏; mA 控制 2 / 2 板集成块、三极管损坏或电阻断路, 电容器击穿等; 晶体管单元 Q ₂ 失效、Q ₁₋₀₁ 至 Q ₁₋₀₆ 某个击穿、C ₆ 插接件接触不良或该插接元件无电源供给; X 线管灯丝加热公共回路断路等	检测 mA 控制板 Q ₂₋₀₁ 集电极的波形, 波形不正常, 检测双 15V 交流和 ±15V 电源和各点波形; Q ₂₋₀₁ 波形正常, 检测 mA 控制 2 / 2 板, 先检测 A ₁₋₀₄ 和 A ₁₋₀₅ 输入、输出端的电位, 正常 D ₄ 击穿; A ₁₋₀₅ 的 2 脚电位低于 1.5V、D ₅₋₀₁ 至 D ₅₋₀₄ 某个击穿, 或 X 线管灯丝加热公共回路断路或无供加热交流电源
透视 mA 正常, 摄影 mA 无, OVER 指示灯亮	mA 调整电路不正常; 4C 插件接触不良; mA 控制 2 / 2 板与 CR ₃ 连接的 KC 常开触点接触不良	测量 mA 控制板 2 / 2CR ₃ 点电位, 改变 KV 或 mA 应变化, 若无电位, 4C 插接件接触或引线问题; 有电位, 改变 mA 不变, KV 变电位变化小, 可能是 mA 调整板 ±15V 电源无; CR ₃ 电位正常, K1-C 触点接触不良
mA 偏高或偏低	可能是系统中的某电阻的阻值, 或三极管导电性能改变, X 线管灯丝阻值改变	只要是 mA 是稳定的, 只需重新调整 mA 调整器的参数

表 2-3-21 T。0 1000X 线发生器 X 线管灯丝加热系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
透视 mA 不稳定, 摄影 mA 也不稳定摄影照片质量差	N ₃ 稳压器工作不正常, 参考表 7-32	参考表 7-32
透视 mA 无, 摄影 mA 正常	M ₂ 上 D ₁ -D ₄ 与 N ₃ 输入来的电压选择端 11-14 的跨线、rw1-rw4 的触点、KVD1-KVD4 与 t3 的 0-40 端跨线、r2a 调整刷, hu 触点接触不良: r8 断路	参照该系统电路图×10-41-5 逐段检测故障分析可能出现的故障部分, 用测量电压法就能很快找出故障所在
透视 mA 低下	N ₃ 输出电压偏低; rw1-rw4、r2a 上调整刷、r8 该回路各插接件高压交换闸接触不良	同上
自由选择方式摄影质量不稳定, 随 KV 变化照片黑化度变化大	N11253 至 M ₂ K ₂ 电缆断路或接触不良; D ₆₉ 板插接不好; D ₀₆₀ 板 r25-r34 电阻群中某电阻断路	参照 X10-2-40-6A 电路图在 N ₁₁₂₅₃ 的 8 和 9 之间测量电压, 无电压, M ₂ K ₂ 接触或引线问题, 有电压, 取下 D ₆₉ , 逐个测量 r25-34, 检查 D ₆₉ 接插件
透视 mA 正常, 摄影准备正常, 但不曝光	不曝光有多种原因引起, 摄影加热不正常是其中原因之一, 如: fwX 线管选择继电器触点接触不良; 回路中某电阻断路; 回路中插接不好; hu10、11 或 16、17 常开触点接触不良; V ₂₂ 开路; br 线圈开路或触点接触不良	测量 D ₇₁ 板 9 和 11 之间有无电压, 有电压, 测 10 和 12 或观 br 工作否, 工作。V ₂₂ 桥为半波, 用替代法很有效; D ₇₁ 的 9 和 11 无电压, 用测量电压法逐段检测前后级能较快找到故障所在部位
摄影 mA 低下, 在各种条件相同的情况下, 摄影照片黑化度偏淡, 多工作台时, 只有某一台有该现象	回路中与该工作台 X 线管有关某处接触不十分好; X 线管灯丝发射率变小	先检查连接和 fw 触点接触; 清洁有关电阻器刷与电阻表面使之接触良好; 取下高压电缆重新清洁插头和插座, 重新充填并紧固好各端盖。若 mA 还低下, 则应重调整 r1a、r42a、r52a 上的电刷位置校准 mA
摄影 mA 不稳定, 摄影照片质量不稳定	回路中接触不良; 自动控制单元不正常, 使 M ₁ 带动 r43 电刷位置不正确	检测回路接触, 对照安装调试说明书检查 r43mA 刻度指数是否对, 不对检测 MI 控制, 如 M2r1 电位器电刷接触不好等
负荷降落部分故障, 透视 mA 无, 摄影 mA 高或低, 不曝光, 曝光过程中突然终断	X1263-43-4 电路图中 V ₉ 断路, 透视和摄影 mA 无, 摄影保护电路工作; D ₆₉ 上 ±15V 电源无与 V ₉ 断路一样; D ₆₉ 和 P ₁ -P ₄ 焦点板中某元件或 mA 反馈不正常	检测 ±15V 电源和 D ₆₉ V ₇ 集电极电位, 若正常, 检测 V ₉ ; 不正常检测 P ₁ -P ₄ 板有关电位(Ur11 和 Ur13), 用示波器在曝光过程中测 P ₁ -P ₄ 板 C ₁ 波形和 mA 反馈波形

(三) 西门子 T. O1000X 线发生器 X 线管灯丝加热系统故障检修

T. O1000X 线发生器 X 线管灯丝加热系统的结构形式、工作原理与国产工频 X 线发生器 X 线管灯丝加热电路基本类似, 只多了自动 KW 和负荷降落技术。电路原理图参考该机有关电原理图。

电源由 N_3 谐振磁饱和式稳压器供给输出电压可选, $100 \sim 250V$ 。 R_{42a} 和 R_{52a} 为匹配不同 X 线管和高压电缆长度的校准电阻 (多为滑动)。 R_{43} 自动 KW 控制, 由自动保护控制 M_1 电动机带动。 R_{25-34} 为空间电荷补偿, br 防冷高压保护。 R_{2a} 和 R_{2b} 灯丝预热电阻, 预热电压由 N_3 提供 $40 \sim 100V$, t_{18} 用于匹配 $0.22mm$ 的微焦点。透视加热由 N_3 提供 $40 \sim 100V$ 选择电压经与透视 KV 成比率 t_3 、 R_{2b} 送至小焦点加热变压器 t_3 。左半部为 mA 测量与降负荷控制单元。

故障检修如表 7-34 所示。

(四) 中高频 x 线发生器 K 线管灯丝加热系统故障检修

中高频 X 线发生器 X 线管灯丝加热控制是采用变频逆变式。由于它是闭环控制, 所以精确度高, X 线管的电流重复性好。在这里简介岛津 UD150 系列和西门子 POLYDOROS 系列 X 线发生器的 X 线管加热系统的基本结构和工作原理。其检修在后面介绍。

1. UD150 系列 X 线发生器 X 线管灯丝加热系统

(1) 系统结构: 该系统由两部分组成, 即 mA-POWER-UD 和 mA-CONT-UD, 其结构简图如图 2-3-84。

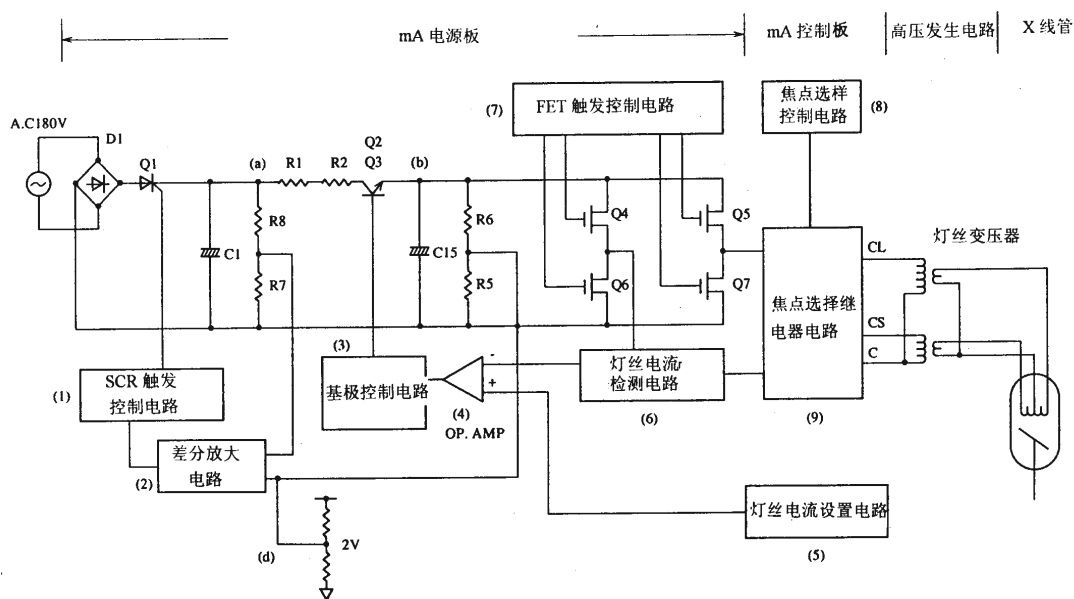


图 2-3-84 UD150 系列 X 线机发生器 X 线管灯丝加热系统结构简图

(2) 工作原理: $180V$ 的交流电压经 D_1 整流。通过控制 SCR 改变 Q_1 的导通相位, 使

(a) 和 (b) 之间约为 30V, 经 C_{15} 平滑。由灯丝电流设定电路 (5) 的设定值, 送到运放 (4) 同相输入端, 实际灯丝电流测量电路 (6) 测量到的值送到运放 (4) 反相输入端进行比较; 而后送到 (3) 晶体管基极控制电路, 控制 Q_2 、 Q_3 的导通, 为灯丝提供设定需要加热电流。

通过 FET 门控电路 (7) 的输出脉冲, 使 FET Q_4 、 Q_7 及 Q_5 、 Q_6 交替导通, 使 Q_2 、 Q_3 输出的直流电压, 经 Q_4 - Q_7 逆变输出为 15KHz 的交流。

15KHz 的交流送到 mA-CONT-UD 的焦点选择电路 (9), 进行大小焦点改换, 然后通过灯丝变压器, 输入到 X 线管的灯丝, 使之加热。

2. POLYDOROS 系列 X 线发生器 X 线管灯丝加热系统 本机中, X 线管灯丝用一个逆变器产生的中频电流加热。逆变器固有频率为 10KHz, 周期 $T=1/f=100\mu s$ 触发频率由 500Hz (透视时) 到 7.5KHz (摄影增温加热时) 之间变化, 触发频率越高、灯丝加热电流的有效值越大。

(1) 系统结构: 灯丝电路分为两个控制电路, 灯丝电流控制和管电流控制。前者从属于后者, 管电流的差异可通过调节灯丝电流来校正。电路原理如图 2-3-85 所示。

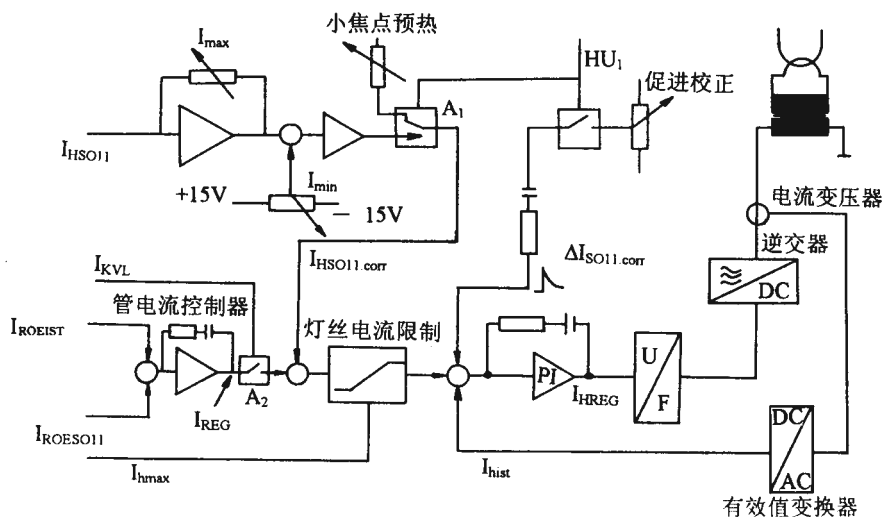


图 2-3-85 灯丝加热原理图

(2) 工作过程

①灯丝电流控制: 预热或透视: 这时, 模拟开关 A_1 断开, 小焦点预热是选择不同电阻进行的, 对各 X 线管分开调节; 大焦点预热是以限制发射为目的, 即预热电流调节在不能发射 X 线的范围内。

摄影准备灯丝增温期间: 这时, A_1 受 UA_1 信号启动而接通。微处理器根据摄影参数和储存在 PROM (可编程只读存储器) 里的 X 线管发射曲线, 计算出管电流和灯丝电流的预置值, 在接口 D_{30} 作 D/A 变换后, 输出 I_{HSO11} 信号, 此预置值应与所用 X 线管特性一致, 故需要进行校正。方法是大电流用乘法, 小电流用加法。然后, 通过模拟开关 A_1 , 就成为校正后灯丝电流预置值 $I_{Hsolcorr}$ 。

灯丝电流限制器：它把预定的灯丝电流限制在最大值（ I_{Hmax} ）范围内。 I_{Hmax} 值也储存在 PROM 中，随 X 线管和焦点而异。预热时， I_{Hmax} （约为 3.5A。摄影灯丝增温时， I_{Hmax} 更大（随管子和焦点而定），由微处理器输出。

控制过程： $I_{Hsollcorr}$ 通过灯丝电流限制器后加到比例——积分器 PI 的相加点上，在这里与一个指数衰减的灯丝加热增温信号 $I_{Hsollcorr}$ 相加，然后与灯丝电流实际值 I_{Hist} 相比较，由 PI 控制器输出误差积分信号 I. REG，送到 U/F 变换器，控制逆变器触发频率变化，从而控制灯丝电流的变化，直到灯丝电流校正后的预置值和实际值相等为止。

I_{HREG} 与灯丝电流间的关系是，当 $I_{HREG}=0V$ 时，触发频率为 100Hz，灯丝加热电流最小；当 $I_{HREG}=13.5V$ 时，触发频率为 7.5KHz，灯丝加热电流最大。

I_{Hist} 提取电路：由电流变压器从逆变器取出振荡电流，并送到 AC/DC 变换器变成直流电压，它正比于灯丝电流有效值，成为 I_{Hist} 信号。

②管电流控制：管电流预置值 $I_{ROES011}$ ，在摄影预热或透视时由微处理器输出。它和曝光开始后的管电流实际值 $I_{HREGist}$ 相比较，由管电流控制器输出误差信号 IREG。在高压逆变器启动信号 SWR 输出约 3.5ms 以后，微处理器输出 IRCL 信号，启动模拟开关 A2，这样，使 I_{HREG} 通过 A2 与 $I_{Hsollcorr}$ 相加，使灯丝加热电流增大，实际管电流增大；当实际管电流大于预置值时，IREG 与 $I_{HSONcorr}$ 相减，使实际管电流回降。

③降落负载时的灯丝加热：当采用降落负载曝光（一点技术）时，管电流预置值 $I_{ROES011}$ 按存储在 PROM 里的降落负载表，以规定的时间间隔降低，所以灯丝加热电流和实际管电流也按相应的规律变化。

3. X 线管的 PROM X 线管的可编程只读存储器（PROM）中储存了供微处理器计算负载、灯丝电流和管电流的所有数据。具体来说，存储有每个 X 线管各个焦点的灯丝发射特性的有关参数；各种管电压下，灯丝加热电流与管电流的关系；对应不同管电压下的最大管电流值；在不同曝光时间下的恒定负载功率和降落负载功率；最大灯丝加热电流值等等。

一个 X 线管的 PROM 可满足所接的一个 X 线管的需要。为了把需要的数据存储于 X 线管的 PROM，每个 X 线管都要有相应的发射曲线。曲线是以每间隔 6KV 为一级储存于 PROM 的，而每一个 KV 级的曲线又分为 21 个管电流 IROE 级。这样，根据需要的 IROE 值就可从曲线上确定所需要的灯丝电流值。最大灯丝电流 I_{Hmax} 代表了 X 线管相应焦点的最大允许灯丝电流，并作为限制 X 线管相应焦点的最大灯丝电流。最大管电流 I_{ROEmax} 以每 6KV 一级储存，最大管电流与 KV 有关。在 PROM 里，还包含了降落负载摄影时，计算管电流降低的所有信息。

其故障检修请参考中高频 X 线发生器故障检修部分。

六、KV 控制与高压初级电路故障检修

工频 X 线发生器的 KV 控制有手动式调节，手动式又有抽头（小型）式和滑动式调节，另一种为电动式。高压初级通断有接触器和可控硅两种形式的控制。而中高频 X 线发生器的 KV 控制是改变触发逆变器的触发频率或频率不变改变逆变器输入电压实现。高压初级通断由供给逆变器的触发脉冲控制。

(一) XG-200X 线发生器 KV 控制和高初级电路故障检修

该机KV控制手动滑动式调节,高压初级通断由接触器控制。电路原理图参见XG-200KV控制和高压初级电路原理图。故障检修如表2-3-22所示。

表 2-3-22 XG-200KV 控制和高压初级控制电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
透视、摄影 KV 表均不指示	此故障为 KV 测量电路故障,可能原因有:与 101 相连引线断路;C ₀₂ 、C ₀₄ 、C ₀₆ 引线断路;该回路中的 360/34 变压器线圈断路;整流桥断路;回路电阻断路;KV 表损坏	用测量电压法测量回路中各点电压能较快找出故障所在
透视 KV 有指示,摄影 KV 无指示或摄影 KV 有指示,而透视 KV 无指示	摄影 KV 无指示可能原因:TA 开关触点或自耦变压器上与 028 相连的碳轮与自耦变压器表面接触不良;028 与 TA 连接引线断路。透视 KV 指示无可能原因:TA 开关触点或透视调节碳轮与耦变压器表面接触不良;026 与 TA 连接引线断路	用同上方法检测。清洁自耦变压器上碳轮滑动面调整碳轮位置;紧固螺钉或清洁 TA 开关或调整其触点
透视或摄影 KV 在调节其调节旋钮时 KV 不变	KV 调节拉线断开	调节 KV 的调节器无阻力或能任意旋转,这种现象肯定拉线断开,必须重调整更换拉线
透视或摄影 KV 旋钮旋动阻力大	此为机械故障,如碳轮架或自耦变压器表面太脏;碳轮变形等	在切断电源的情况下,检查各可能出现故障的部位;也可先清洁碳轮架和自耦变压器表面灰尘,调整碳轮
透视无 X 线	TC 接触器没工作;TC 触点、透视 KV 调节碳轮接触不良;TRD 熔断	先观控制台透视 KV 有无指示,无指示,碳轮接触不良;有指示检测 TC 和 TRD
摄影无 X 线	SC 接触器不工作;SC 触点、摄影 KV 调节碳轮接触不良	先观控制台摄影 KV 有无指示,无指示检测碳轮;有指示检测 SC 和它的触点,SC 工作触点接触不好,SC 不工作检测 SC 控制电路

(二) HDI50 系列 X 线发生 9SKV 控制和高压初级系统故障检修

1. 透视 KV 控制和高压初级系统故障检修

- (1) 系统结构和工作原理:该系统的结构和工作原理请参考本章有关部分。
- (2) 故障检修:如表 2-3-23 所示。

表 2-3-23 HD150 系列 X 线发生器透视 KV 控制和高压初级系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
无论手动或自动 KV 失调, KV 表始终指示某一 KV 值。	F-KV Control 电路中 A ₁₋₀₅ 损坏; R ₄₋₀₉ 断路; C ₁₋₁₀ 漏电	测量 A ₁₋₀₅ ③端, 调节 KV, 若电位变化 A ₁₋₀₅ 坏了; 电位不变化, 测量 VIB 点电位变化, 检测 R ₄₋₀₉ 和 C ₁₋₁₀
KV 表指示正常, mA 表正常, 透视亮度不变	KV 反馈和保持电路故障, 如: T ₁ 线圈、D ₁ 、R ₁₋₀₁ 、R ₂₋₀₁ 、D ₃₋₀₃ 、Q ₁₋₀₁ 断路; K2-F1 触点接触不良; D ₂ 、C ₁₋₀₂ 、C ₈₋₀₁ 短路; A ₁₋₀₁ 、A ₁₋₀₂ 、A ₁₋₀₃ 、D ₃₋₀₄ 、Q ₁₋₀₂ 不正常; D ₄₋₀₁ 击穿	先测量 FAV 电位, 无电位存在, 逐段检前级; 有电位存在, 测量后级各测量点波形和电位, 均正常, D ₄₋₀₁ 击穿
手动 KV 指示正常, 透视无 X 线产生	A ₁₋₀₁ 损坏; Q ₁₋₀₁ 的 C-E 短路; A ₁₋₀₃ 、D ₃₋₀₄ 、Q ₁₋₀₂ 、A ₁₋₀₄ 、A ₁₋₀₇ 、Q ₁₋₀₄ 、D ₄₋₀₂ 、D ₃₋₀₅ 、Q ₁₋₀₃ 、D ₄₋₀₁ 、FBV 输入波形不正确, T ₂ 线圈断路	先观 D ₅ ALARM 灯是否亮, 测 FAV 电位高于 6. 2, 检测 FAV 前级正常, 检测 A ₁₋₀₇ 、Q ₁₋₀₄ 、D ₄₋₀₂ ; D ₅ 不亮, 检测 FCV 和 FBV 测量点的波形, 波形不正确, 检测该信号的前级; 波形正确, 检测后级工作波形
KV 表指示未满度, 手动 KV 未完全调至最大, 控制台 OVER 灯亮, X 线切断	FVMAXSET 电位偏高, 该回路中电位器电阻值改变, R ₁₋₀₂ 电位改变	只需重调 R ₁₂₋₀₁ 电位器使手动 KV 调节器至最大, FK ₃ 点电位为 6V 再调 R ₁₋₀₂ , 使 FKV 与 M 点为 4V 即可
在自动透视技术下, KV 最大时, OVER 灯亮, X 线切断。	TV ₇ 信号偏低; R ₂₈₋₀₂ IBS-LIMIT-120KV 调整不当或阻值改变	测量 TV ₇ 端最大值应为 6V, 不是, 调 IBS; 是 6V, 调 R ₂₈₋₀₂ , 使 VIB 为 6V
自动透视 KV 反应速度慢, 即监视器上亮度不稳定, KV 表来回摆动	此故障可由 IBS 产生电路中的灵敏度和 FV-Control 电路中 R ₁₈ IBSRES-PONS、R ₇ SYTSENSE 调整不合适引起	按安装调试说明书重新调整三个电位器即可
手动 KV 透视正常, 自动透视, 透视刚开始, 自动切断 X 线	IBS 产生控制或 VIB 前级故障。如 IBS 至控制台内的引线短路或 IBS 信号很低; A1-OA 至 A1-10 损坏, 形成 VIB 的电路电阻或电位器断路, K2-F1 或 K2-IBS 没工作或在回路中的触点接触不良	在手动 KV 下进行透视, 测量 TV, 点电位是否随 KV 改变而改变, 不变检测 IBS 引线和 IBS 产生控制单元, 变, 检测后级, 先断开 VIB, 在其输出侧加 3V 左右电位, 选择自动透视, 在自动透视下观 K ₂ -F 和 K ₂ -IBS 应工作, 不工作检测其控制部分, 反之逐段检测 IBS 控制 KV 的回路中的电位

2. 摄影 KV 控制和高压初级控制系统故障检修

(1) 系统结构: KV 控制电路原理图、高压初级控制电路原理图分别参见相应的电路

图。

表 2-3-24 HD150 系列 X 线发生器透视 KV 控制和高压初级系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
手动自动 KV 失调, KV 表指示不变, KV 调节电机不动	RKVCONTROL 板 R ₁₀₋₂ 断路, 4K 插接件接触不良; C ₁₋₀₁ 漏电; M ₁₋₀₁ 、D ₁₋₀₁ 、Q ₁₋₀₁ 损坏	测量 RK ₅ 点, 调节 KV 调节器, 该点电位有无变化, 无变化, 检测 4K 接触; 有变化, 依次检测后级各元件输入输出电位
改变 KV, KV 表变化, 但 KV 调节电机不动	MOTORCONTROL 板 R ₉₋₀₁ 、R ₉₋₀₅ 断路; C ₉₋₀₁ 漏电; M ₁₋₀₁ 损坏; R ₁₁₋₀₁ 断路	测量 M ₁₋₀₁ ②电位, 随 KV 调节不变, 测 RPV 电位变化, 如变, R ₉₋₀₁ 或 R ₉₋₀₅ 断路。M ₁₋₀₁ ②电位变化, 测 M ₁₋₀₁ 输出, 若不变, M ₁₋₀₁ 损坏; 若变, R ₁₁₋₀₁ 断路
改变 KV, KV 表变化, 但 KV 调节电机只能单向调	M. C 板 D ₁₋₀₁ 或 D ₁₋₀₂ , Q ₁₋₀₁ 或 Q ₂₋₀₁ 断路; K-RL 或 K-RU 线圈断路; K-RL 或 K-RU 常开触点接触不良; D ₂₋₀₁ 或 D ₂₋₀₂ 断路; RU ₁ 或 RL ₁ 至电机引线断路	改变 KV, 观 K-RL 或 KRU 是否工作, 那一个不工作, 检测那个级控制部分; 两者均能随 KV 改变而交替工作, 检测 RU ₁ 或 RL ₁ 电压, 有电压, 检测后级, 无电压, 检测触点接触、R ₇₋₀₁ 、R ₇₋₀₂ 、RT ₀₅ 、R ₇₋₀₆ 或 D ₂₋₀₁ 、D ₂₋₀₂
改变 KV, KV 表变化, 但 KV 调节电机置最高	M. C 板 KV 反馈电位器损坏或接触不良; 1R 接插件接触不良; R ₉₋₀₂ 、R ₉₋₀₆ 断路, M ₁₋₀₁ 损坏; Q ₁₋₀₁ 短路	测量 RSV 电位是否正常, 正常应为正电位, 不是检测前级; 是检测后级, 方法同上
摄影曝光工作正常, 但照片密度偏低	SCRI-SR ₆ 中某一组或三相中各一个断路, 损坏; SCR 单元中某一组或一个触发元件损坏 K ₃ -V ₁₁ 接通 IGA、IGB 或接通 2GA、2GB、或 K ₃₋₁₃ 接通 3GA、3GB 的触点接触不良	将示波器分别接入 T ₁ , T ₂ , T ₃ 测量电压波形与 U、V、W 电压波开是否一致(示波器电源隔离且不接地), 能较快判断那组的问题。若检测可控硅本身正常, 则检测触发电路
摄影曝光指示灯亮, 照片未感光	MAGSW-R 未吸合或两组触点接触不良; 两组可控硅断路或触发电路不正常	先透视试验, X 线产生, 可判断可控硅本身正常; 测量可控硅输入端三相电压, 无电压, MAGSW-R 不正常, 该电压正常, 检测触发电路
透视、摄影技术出现 OVER 指示灯亮	SCRI-SR ₆ 一组或多组可控硅击穿; 变压器初级线圈有短路; 整流管短路; 高压电缆击穿; X 线管漏气等	在切断电源情况下, 用表直接测量 SCR1-SCR ₆ 各可控硅的阳-阴极, 可确定可控硅的好坏; 若可控硅正常, 应检查高压回路
透视正常, 摄影时, 准备开关按下, OVER 指示灯亮	肯定是 SCR5 和 SCR6 击穿或 C1-03 击穿	直接测量 SCR5、SCR6 和 C1-03 或用替代法

(2) 工作过程

①高压初级 SCR 工作过程：当 SECCONT. 电路中 K_3-V_{11} 触点接通时，其常开触点接通 IGA、IGB 和 2GA、2GB，供给 SCRI-SCR4 控制极触发信号而导通，UV 两相接入 T_1 、 T_2 在 K_3-V_{11} 接通约 5ms (90℃) 后， K_3-V_{13} 接通，它的常开触点接通 3GA 和 3GB，供给 SCR₅-SCR₆ 控制极触发信号而导通，W 接入加到 T_3 ，从而接通高压初级。

②KV 控制工作过程：由 R—KV 调节器设定的 KV 信号电压 RK_3 ，或由 AUTOSHOT 电路设定的 KV 信号电压 KR_6 ，送到 M_{1-01} 经 M_{1-01} 、 D_{1-01} 和 Q_{1-01} KV 发生电路，获得与 RK_3 或 KR_6 成比例的 KV 电压信号 RKV ，该信号送到后级合成电路与 mA 补偿合成形成 RPV 信号，并输送至 KVMOTORCONTROL 电路，由 KV 控制电机带动碳轮滑动，当 KV 调节反馈信号 RSV 与 RPV 相等时电机停止运转，从而获得设定的 KV 高压初级电压。

(3) 故障检修：如表 2-3-24 所示。

3. 自动曝光点片摄影 KV 和 mA 控制故障检修

(1) 电路结构：电路原理图参见相应电路图。

(2) 工作过程：来自透视 KV 控制电路的 FKV 信号，输入到起始 KV 设定电路 M_{1-01} 、 M_{1-02} ，经处理后形成 RK_6 电压信号，然后进入摄影 KV 补偿电路 M_{1-03} 、 M_{1-04} ，产生与摄影起始 mA 相对应的 KV 补偿信号 AVM ，与 RK_6 一起送入摄影 KV 控制电路确定点片起始 KV 值。 M_{1-03} 输出引入摄影 mA 形成电路 M_{1-05} 、 M_{1-06} ，产生摄影 mA 设定电压信号 CR_4 ，送入 mA 控制电路中设定起始 mA 值。 RK_6 经摄影 KV 控制电路处理后形成 RKV 信号，该信号与 AVM 送入曝光终了 KV 显示电路，控制台摄影 KV 表显示出曝光终了时的 KV 值。

(3) 故障检修

①摄影 KV 与透视 KV 跟随关系不准确：此故障多为摄影起始 KV 电压设定电路调整不合适或某电阻、电位器的阻值发生变化。正常时，透视 KV 与摄影 KV 的比率关系为：F-KV40 又才应 R-KV70；F-KV80-RKV85；F-KV120-R-KV100。

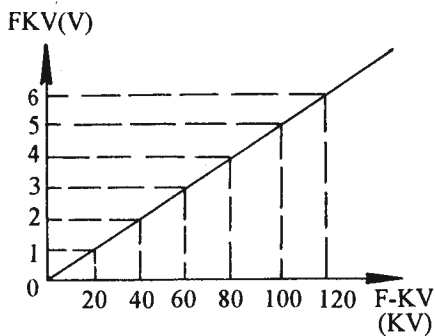


图 2-3-86 F-KV 与 FKV 的关系

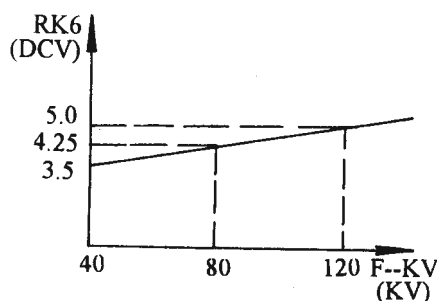


图 2-3-87 F-KV 与 RK6 的关系

先测量 EXPOSUREMODECONTROLII (简称 EMC—II) 电路板 FKV 点的电位与透视 KV 变化关系是否正确，正常时，透视 KV 与 FKV 电位关系如图 2-3-86 所示。如对应关系不准确，调校 F-KVCONTROLI。电路板上的有关参数；要是关系准确，调整 EMC—II R_{11-03} 、 R_{4-01} 、 R_{3-01} 使 KRs 点电位与 F-KV 的关系如图 2-3-87。

②摄影 KV 表无指示 (OKV) 或不随 F-KV 变：F-KVCONTROL 板至 EMC II 的插接件

接触不良、EMC II 上的 C₃₋₀₁ 漏电或击穿、R₁₇₋₀₁ 或 R₁₉₋₀₁ 断路、M₁₋₀₁ 或 M₁₋₀₂ 损坏，K₂-AS₂ ④接触不良等均可引起。

先测 EMC II 板 FKV 点电位是否随 F-KV 变化而改变，不变检测前级接插件和 C3-01。FKV 改变，检测后级。

③自动 mA 不准确：自动摄影时间短或长。此故障为 EMC II 板自动 mA 电路调整不当或元件损坏、参数发生变化等原因引起。

按安装调试说明 AUTOSHOT 调整的自动 mA 调整进行重新调校。

(三) T. 01000KV 和高压初级控制系统故障检修

1. 透视 KV 和高压初级控制系统故障检修 该系统透视 KV 由自动控制单元 Z48 自动控制，其结构和工作原理请参考本章第三节第五部分。高压初级为单相，由 DM 带动 KV 调节碳轮在 U 相自耦变压器滑动获取高压初级电压。通过 DS 透视接触器的触点加到高压变压器 T₁ 的初级，电路原理图参考 T.01000×1022-2-10。

表 2-3-25 T. 01000KV 和高压初级控制系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
透视 KV 偏低，图像亮度低	Z ₄₈ D ₆ 板自动透视 1 或 2 的 R ₁ 或 R ₃ 电位器调节不合适。或者阻值改变，使得供给 M ₈ ，光电倍增管的高压增加，灵敏度高，导致 KV 减低	调校 Z ₄₈ D ₆ 板 R ₁ 或 R ₃
透视 KV 偏高，图像亮度强	M82 光电倍增管的高压降低，灵敏度低，导致 KV 升高	调校 Z ₄₈ D ₆ 板 R ₁ 或 R ₃
透视 KV 不随体位变化而改变	由于 Z ₄₈ 是自动剂量控制公共通道，若其它技术剂量控制正常，则故障在 DM 透视 KV 调节电机控制电路中，如 Z ₄₈ D ₂ 板 V ₃ 无电源供给或其它元件损坏；WR1 触点接触不良；KK ₃₁ 插接件接触不良或引线断路；DM 线圈断路等	在 Z ₄₈ D ₂ 板上检测 M1 点电位是否随体位变化而变化，是，检测 U ₁ 保险、WR ₁ 、k ₃₁ 和 dm；不是，检测 D _{2.26} 输入电位变化否，不变检测 D ₁ 板各测量点电位；变检测 D ₂ 、V ₃ 、V ₇ -V ₁₆ 、V ₁ 、V ₂ 等
透视 KV 到最大	此故障是由于 M ₈₂ 光电倍增管高压低或无，可能原因有：Z ₄₈ D ₆ R ₁ 或 R ₃ 断路；fR ₁ 或 fR ₃ 的触点接触不良；M ₈₂ 高压控制电路不正常；D ₅₉ U ₁ 保险断路；Z ₄₈ 至 M ₈₂ 的电缆断路等；±15V 电源无	取下 D ₅ 板，检测 Z ₄₈ D ₆ 板 M ₁ 和 M ₂ 之间的电位是否准确，若无电位或很低，检测 fR ₁ 或 fR ₃ 触点和 R ₁ 或 R ₃ ±15V 电源；电位正常检测 D ₅ 板有关元件和 248 至 M ₈₂ 之间的电缆
透视无 X 线	M16dm 所带碳轮接触不良；T ₁₁ 的 D ₁ 板 U ₇ 熔断；DS 接触器触点接触不良	测量 M ₁₆ D ₁ 板 U ₇ ，没有熔断，测 D ₁ 、31 与 N 之间有无电压，有电压，DS 触点问题，无电压 dm 所带碳轮接触不好
透视正常，但透视 KV 表无指示	M ₁₆ T ₁₃ 线圈断路；D ₁ 板 V ₁ 、C ₁ 、R ₁₀ 、R ₁₁ 断路；M ₂₁ 至 M ₃₀ 、N ₁₁ 、N ₄₁ 的引线断路或接触不良；D ₇₄ 板上的元件损坏或 KV 表损坏	测量 M ₁₆ D ₁ 板 1、2 之间有无电压(透视时)，无电压，T ₁₃ 线圈断路；有电压，检测 D ₁ 板 3 的电压，无电压 D ₁ 板有元件损坏，有电压测量 M ₁₆ 至 N ₄₁ 之间的插接和引线，即在 N ₄₁ D ₇₄ 的 4 测量电位，无电位，引线断路或插接不好，有电位，D ₇₄ 板上的元件或 KV 表 D 损坏

故障检修如表 2-3-25 所示。

2. 摄影 KV 和高压初级控制系统故障检修

(1) KV 控制系统的结构：该系统 KV 选择为固定值式，由波段开关或按键选择，控制相应 KV 继电器，继电器的触点接通 KV 设定。还有 mA / KV 补偿、KV 反馈，KV 电机驱动等电路组成。

(2) 工作过程：由 KV 选择电路产生 KV 设定信号 KVso11 和不同 mA 产生的 KV 补偿电压、KV 调节反馈信号 KVist 相加，经放大器放大，送 KV 电机驱动电路，驱动 KV 调节电机 AM 带动自耦变压器的 KV 调节碳轮滑动。当 KVistprim 反馈信号与 KVso11.UmAXRi (mA / KV 补偿) 相加为零时、KV 电机停转，所选择的 KV 就设定好了。若 mA 或 KV 改变重复上述过程。

当电路出现故障或所选择的 mA 和 KV 超过最大允许值时 ($U_{ist} > U_{soll}$) 保护电路工作。当在曝光过程中，若无 X 线产生或检测电路故障，KVistsec 信号没有时，保护电路工作立即切断曝光。

(3) 故障检修：如表 2-3-26 所示。

表 2-3-26 T.0 1000KV 控制系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
摄影 KV 均高或低	此故障一般不易发现，只有在摄影照片黑或过淡时反应，或在进行质控监测中发现。可能原因有：KV 设定电路的直流电源 16.5V 偏高或低；mA × RixCorr 电路 10~15V 直流电源不准确；KVist-prim 反馈电路故障；放大和电机驱动电路故障	在发生器的信号测量板 D ₁₁₈ 板上测量 37-36、37-39、1-30 三点电位，是否满足说明书中要求的值，不是检测这三个控制电路，反之检测后级控制电路
某一档 KV 开始摄影条件变化大，即输出剂量随 KV 变化曲线在某一档 KV 时发生转折	X1022-34-8A 图中 D ₁₀₉ 电路板上各档 KV 设定电阻群中某一档 KV 设定电阻的阻值发生改变	测量 D ₁₁₈ 板 37-36 点电位，各档值是否是 10:1V 的关系或直接测量 D ₁₀₉ 板上 R ₃ -R ₅₃ 电阻群各电阻的阻值。有条件的用 KV 测试仪测量和校准各档 KV 值，或用剂量仪测量 KV 与剂量的关系，并绘制 KV 剂量关系曲线，对照仔细校准
KV 调节电机置最大，过载保护工作	D ₁₀₉ R ₅₇ -R ₆₃ 某电阻断路，40VK 从任一档 KVso11 均在最大；反馈电路故障；放大和电机驱动电路不正确	测量 D ₁₁₈ 板 37-36 点电位，改变 KV，电位不变，检测 R ₅₇ -R ₆₃ ；改变，检测反馈 KVsitprim 信号电压控制和放大，电机驱动电路
KV 调节电机置最小	D ₁₀₉ R ₃₁ 或 L ₂₂ 槽 D ₁₃₉ 板 R ₅ 、R ₆ 断路；L _{22.54} 至 G _{21.6} 引线断路；反馈和放大，电机驱动电路故障	测量 D ₁₁₈ 板 37-36 点电位，改变 KV，电位不变，检测 R ₅₇ -R ₆₃ ；改变，检测反馈 KVsitprim 信号电压控制和放大、电机驱动电路

3. 高压初级控制故障检修 该系统高压初级控制由 AM 调节设定的三相初级电压, 经 SS 接触器触点送至可控硅输入端, 曝光过程中, 触发脉冲触发其三相可控硅使高压初级接通。故障检修如表 2-3-27 所示。

(四) 中高频 X 线发生器 kV 控制和高压初级控制系统故障检修

有关这部分的结构、工作原理和故障检修请参考本节有关部分, 这里就不再叙述了。

七、过载保护控制系统故障检修

为了防止 X 线发生器在使用过程中所选择的参数超过该 X 线发生器允许范围, 或某部分发生故障产生部分部件损坏, 如 X 线管、高压器件等, 从而设计了自动保护系统。过载保护是根据 X 线管的功率和 mA、s、KV 三参量确定的。送入过载保护控制的就是这三参量, 当这三参量任一个或二个超过一定条件下的允许值, 保护电路工作, 不能曝光, 起到自动保护作用。

表 2-3-27 T. 0 1000 高压初级控制系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
曝光准备时间到后, SS 接触器不工作	旋转阳极控制故障; 过载保护电路工作; D ₁₂₉ 板控制 SS 电路故障; M ₁₅ 上 SS 开关接触不良	参照 X1022-30-8 图, 观察 V ₂₄ 、V ₂₅ 灯是否亮(D ₁₁₈ 板), 亮检测有关过载电路; 不亮检测 HU 控制和 D ₁₂₉ 板, 这两者正常, M ₁₅ S ₂ 接触不好
曝光准备正常, 但不能曝光	可控硅触发控制电路或曝光控制电路故障; 可控硅断路; SS 接触器没工作或触点接触不良; KV 调节碳轮接触不良	准备过后观 X1022-30-8 图中 V21 灯亮否(D118 板), SS 不工作, 检测 SS 控制; 亮, SS 工作, 测量 SS 接触器触点输入端三相之间电压正确否, 不正确, 检测 KV 调节碳轮和引线; 正确检测该触点输出端电压, 三相电压不对, SS 触点接触不好, 电压对, 检测可控硅触发和可控硅, 曝光控制电路等
曝光准备正常, 一按下曝光开关, 高压就切断	高压初级断路或控制高压初级通断可控硅击穿短路; 高压变压器初级断路或短路; 在曝光时高压输出检测电路没有检测到实际输出信号, 保护电路工作立即切断 SS 接触器	先观 D ₁₁₈ 板上 V ₂₀ 和 V ₂₃ 灯是否亮, 亮, 在准备中测量可控硅输入端三相电压, 不正常检测前级; 正常检测可控硅有无断路和短路, 可控硅正常, 有可能高压变压器初级或后级高压部分的故障, 检修方法见高压故障检修部分

(一) XG-200 过载保护控制系统故障检修

该系统电路原理图请参考 XG-200 说明书。

1. 工作过程 当摄影 KV 改变时, 则 028 与 021 之间的电压也同时改变, 引起 R₁₁—R₃₀ 两端电压的改变, 通过 mA 选择开关与控时保护继电器 SJ₁—SJ₅ 的搭配选择, 使过载保护信号电压加至测量比较电路 B₁₀—B₂₂ 之间, 并通过测量比较电路加到 NPN 晶体管的基极和发射极之间, 当摄影 KV 超过容许值时, 则基极为负, NPN 管截止, GBJ 不工作, 切断

摄影接触器 SC 的通路。同时过载继电器 GD 工作，使过载指示灯亮，告知过载。同样当 mA 或 s 在一定 KV 下任一个参量超出容许值时，都能给出过载信号阻止曝光。

2. 系统故障检修 如表 2-3-28 所示。

表 2-3-28 XG-200 过载保护系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
任何状态下过载指示灯均亮	KB 变压器 021 和 028 无电压供给或线圈断路；整流桥 R9、R10、平衡桥 B10、B22、3DK4、与 3DK4 发射极相连的 2CP12、GBJ 线圈断路；0-11 无电源供给	测量 B10 与 B22 之间的电位是否随 KV、mA、s 改变而变化，变，检测平衡桥、3DK4、ZCP12、GBJ 和 0-11 电源；不变，检测 KB 供电和它本身，整流桥等部分
任何状态下均不超载	此故障危险性很大但使用人员不会注意，一般在大检修或质控监测过程中发现，可能原因有：B10 引线断路；平衡桥 2DW1 断路；SJ1-SJ5 控制电路无电源供给；3DK4 击穿等	同上
某一档 mA，某一档 s，在任何 KV 情况下均过载	某档 mA，某档 s 选择继电器触点接触不良或引线断路；某电位器调整不当	检测 s 选择 SJ1-SJ5 触点接触，若接触良好，调整有关电位器，使其恢复正常

(二) HDI50 过载保护系统故障检修

该系统是一种保证 X 线管使用在额定负载之内，预示最大额定值百分数，防止过电压和超低电压以及超 mA 运行的保护性电路。负载因素的允许值是因技术方式而异，间隙性曝光，允许负载因素控制在最大额定值的 80%。如果设定的负载因素 (mA、KV 和 s) 超过上述允许百分数，保护电路起作用，不能曝光。

表 2-3-29 BD150 过载保护系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
任何状态下控制台上 OVER 指示灯均亮	RKV 设定电路故障使得 RKV 信号电压过高或过低；O. L. P 板 2P 插接件接触不好；O. L. P 板某放大器工作不正常；Q ₁ 击穿等	测量 O. L. P 板上 LN、RKV、PN 等信号是否符合说明书中给定范围值，不是检测各有关电路；是检测 D ₁₋₀₃ 、D ₁₋₀₄ 、D ₁₋₀₈ 输入端的电位，判断那一路的故障，那一路电位不正常，检测那一路，若电位均正常，Q ₁ 击穿，更换即可
过载保护失效	此故障是十分危险的，因使用人员不会注意到，只有检修或质量监控时发现。可能原因有：O. L. P 板 5P 插接不良；无电源 (±15V±12V)；Q ₁ 、K ₂ -OLP 线圈断路；R ₂₅₋₀₁ 断路 D ₁₋₀₃ 、D ₁₋₀₄ 断路；M ₁₋₀₁ 、M ₁₋₀₂ 、M ₁₋₀₃ 或有关电位器损坏；RKV 电路故障，RKV 信号电压不正常	测量 O. L. P 板 D ₁₋₀₃ 、D ₁₋₀₄ 输入端电位，若无电位，检测 ±12V、±15V 供电，供电正常；检测 RKV 和 M ₁₋₀₁ ~M ₁₋₀₃ ；若 D ₁₋₀₃ 、D ₁₋₀₄ 输入端电位正常，检测 Q ₁ 基极电位，无电位，检测 R ₂₅₋₀₁ 、D ₁₋₀₃ 、D ₁₋₀₄ ，有电位，Q ₁ 或 K ₂ -OLR 线圈断路

系统由 $KV \times mA \times s$ 信号形成电路, 执行电路, 过管电压保护电路, 发射限制电路组成, 电路原理图参见相应电路图。

故障检修如表 2-3-29 所示。

(三) T. O 1000 过载保护系统故障检修

该系统由信号产生电路所产生信号分别为 U_{igj} (模拟 mA 计算值)、 U_{igq} (mA 设定模拟值)、 U_{igu} (设定 KV 模拟值)、 U_{igt} (设定 S 模拟值) 和 U_{igp} (按 X 线管焦点预设定功率模拟值)、 U_{igt} (X 线管最大容许 mA 模拟值), 和设置、执行电路组成。

当给定条件下, U_{igj} 、 U_{igu} 、 U_{igt} 任何一参量的电压超过允许范围时, 过载保护执行电路工作, 从而阻止曝光。

该系统的故障检修与前两种 X 线发生器基本类似, 这里不再列出, 只是把各测量点的正常电压值列出, 当有故障时, 只要测量这些点电压就能很快找出故障所在范围。这些电压均在 D_{116} 板上测量, 它们是:

(1) U_{igj} 与 mA 值对应关系: 见表 2-3-30。

表 2-3-30 U_{igj} 与 mA 值对应关系

$U_{igj} \text{①-②} (V) \pm 2\%$	mA
0.5	10
1.0	12
1.5	16
2.0	20
2.5	25
3.0	32
3.5	40
4.0	50
4.5	64
5.0	80
5.5	100
6.0	125
6.5	160
7.0	200
7.5	250
8.0	320
8.5	400
9.0	500
9.5	640
10.0	800
10.5	1000

(2) U_{igq} 与 mA 值之间的关系: 见表 2-3-31。

(3) U_{igu} 与 KV 值的关系: 见表 2-3-32。

(4) U_{igp} 与 X 线管焦点功率、s 的关系：见表 2-3-33。

表 2-3-31 U_{igq} 与 mA 值的关系	
$U_{igj①-②}(V) \pm 2\%$	mA
11.5	3
12.0	4
12.5	5
13.0	6
13.5	8
14.0	10
14.5	12
15.0	16
15.5	20
16.0	25
16.5	32
17.0	40
17.5	50
18.0	64
18.5	80
19.0	100
19.5	120
20.0	160
20.5	200
21.0	250
21.5	320
22.0	400
22.5	500
23.0	640
23.5	800

表 2-3-32 U_{igu} 与 KV 值的关系	
$U_{igj①-②}(V) \pm 2\%$	mA
2.35	25
	30
2.5	32
2.70	35
3.00	38
3.00	40
3.45	42
	48
3.50	50
3.60	52
3.70	55
3.90	60
4.00	63
4.10	66
4.20	70
4.30	73
4.40	77
4.55	81
4.60	85
4.75	90
4.90	96
5.00	102
5.15	109
5.45	125
5.60	133
5.75	141
5.85	150

表 2-3-33 U_{igp} 与 X 线管焦点功率、s 的关系

+ (s)	P_{12R} $U_{igp}(V) \pm 2\%$	P_{30R} $U_{igp}(V) \pm 2\%$	P_{50R} $U_{igp}(V) \pm 2\%$	P_{70R} $U_{igp}(V) \pm 2\%$	测量点
0.01	10.8	12.7	13.9	14.7	⑥—(16)
0.1	10.7	12.7	13.7	14.5	⑥—(15)
0.4	10.2	12.4	13.4	14.2	
0.64	10.1	12.3	13.3	14.0	
0.8	10.1	12.2	13.2	13.8	
1.0	10.0	12.0	13.1	13.7	
1.2	10.0	12.0	12.9	13.5	
2.0	9.8	11.8	12.5	12.9	
2.5	9.7	11.6	12.2	12.7	
3.2	9.6	11.4	12.0	12.3	
5.0	9.1	11.0	11.4	11.7	

(5) U_{igt} 与时间 t (ms) 的关系：见表 2-3-34。

表 2-3-34Uigt 与时间 t (ms) 的关系

Uigt④-(13) (V) $\pm 2\%$	ms
2.4	5
3.5	10
4.0	12
4.5	16
5.0	20
5.5	25
6.0	32
6.5	40
7.0	50
7.5	64
8.0	80
8.5	100
9.0	120
11.5	400
12.5	630
13.0	800
14.0	1250
14.5	1600
15.0	2000
15.5	2500
16.0	3200
16.5	4000
17.0	5000

(四) 中高频 x 线发生器过载保护系统故障检修

中高频 X 线发生器过载保护系统其控制参量也是根据一定的 X 线管的功率, 允许 KV、mA 和 s 值最大范围而限制的, 它完全由软件自动限制。故一般不会出现故障, 有故障多为软件问题, 无法检修, 只有更换。

八、X 线管旋转阳极启动控制系统故障检修

旋转阳极 X 线管转子和定子构成单相异步式感应电动机。为了提高阳极的热容量, 在 X 线管加高压之前使阳极旋转, 有低速 (2800r / min) 和高速 (8000r / min) 两种。该系统由转子、定子、剖相电容器、电压切换和保护电路组成。下面分别讨论低速和高速旋转阳极启动控制系统的一般结构, 工作过程和故障检修。

(一) XG-200 旋转阳极启动控制系统故障检修

1. 结构 该系统为低速旋转阳极启动装置。由启动线圈 QQ 和运转线圈 YQ, 剖相电容 C、切换、保护和启动控制等组成。

2. 工作过程 当 PA 接通 (曝光手开关准备挡), SFJ 工作, ZSFJ 触点闭合, 电流流经 YQ、LJ、LJ 工作, 触点闭合, 电流经 C、YJ、QQ, 旋转阳极启动。随着启动速度的增加, C 两端电压升高, 旋转阳极转速达到额定值时, YJ 工作, LJ 落下, SRI 串入 YQ 回路。当 0.8Sec 延时到后 XSJ 工作, 接通 FZJ, FZL1-2 断开, 阻抗器 XLK 接入, 使旋转阳极运转电压在几十伏状态下运行。

3. 故障检修 如表 2-3-35 所示。

表 2-3-35 XG-200 旋转阳极启动控制系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
旋转阳极不启动, 不能曝光	定子绕组 YQ、QQ 断路和短路; 剖相电容 C 击穿或断路; SFJ 线圈断路或 ZSFJ 触点接触不良; ZFZJ 触点接触不良; WJ 触点接触不良; LJ 线圈断路; 回路中引线脱开或断路, 101 与 102 电压不正常等	首先测 101 与 102 是否有 220V 交流电压, 无电压检测保险和引线; 有电压, 按下 PA, 观察 SFJ 工作否, 不工作 SFJ 线圈断路或引线断路; SFJ 工作, 检测 ZS-FJ ₁₋₂ 、ZFZJ ₁₋₂ 触点, 用测量电压法, 若正常, 测量 101 与 295、297 之间的电压, 电压正常检测定子绕组和引线剖相电容 C, 测量定子绕组, 可用万用表欧姆档, 直接测两绕组欧姆值, 正常在+几至数十欧姆, 启动线圈比运数线圈阻值大; 电容器应断开引线测量电容值。
旋转阳极启动速度慢	剖相电容器 C 漏电或容量减少	用替换法, 替换 C 或直接测量 C
旋转阳极启动速度慢, X 线管管套发热	C 容量减小或变质, 旋转阳极定子绕组匝间短路或对地轻度漏电	C 检测用同上方法, 定子绕组可用直接欧姆测量法判断
旋转阳极启动正常, 但不曝光	YJ 线圈断路; LJ 触点(串入线圈回路)接触不良; SR ₂ 断路; 连接至 YJ 线圈的引线脱开或断路; 串入 XSJ 回路 YJ 触点接触不良	在旋转阳极准备期间, 观察 YJ 是否工作, 工作检测串入 XSJ 回路中的 YJ 触点; 不工作测量 YJ 线圈两端有无电压, 检测 LJ 触点和 SR ₂ , 有电压, YJ 线圈断路

(二) STARTER-3 旋转阳极板启动控制系统故障检修

1. 结构 该启动器采用了半导体元件, 电路简单, 故障率低, 易于保养与维修, 广泛用于低速旋转阳极 X 线管。

2. 工作过程 接通曝光开关的预备级, AC₁₀₀V 即加到端子 2, 继电器 K₁ 工作, 接通定子线圈电源, 旋转阳极开始转动。

如果上述工作正常, 那么, 主线圈中的电流流过电阻 R₂, 而副线圈中的电流流过 R₃, 它们各自的端电压分别使光电耦合器件 D₇ 和 D₃ 中的发光二极管通以电流, 其可控硅部分在光作用下而导通。

因此, 延时电容器开始充电, 充电电路是: AC₁₀₀V→端子 2→R₁₀→整流二极管 D₈→D₃→D₇→R₆→延时调整电阻一延时电容器→端子 1→OV。经过一段时间后, 延时电容器两端的电压升到继电器 K₂ 的工作电压值, K₂ 立即吸合。

由于 K₂ 工作, 双向可控硅 D₁ 因其控制极电路开路而关断。与此同时, 经过 0.02 秒后继电器 K₃ 工作, 一方面定子线圈的工作电压由 125V 切换为 40V; 另一方面端子 7 和 8 形成通路, 接通曝光电路。台面上的“READY”灯亮, 表示准备就绪, 旋转阳极转速计上升到规定值, 曝光可以开始。

3. 故障检修 如表 2-3-36 所示。

表 2-3-36 STARTER-3 旋转阳极启动 2S 故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
旋转阳极不启动, READY 灯不亮, 不能曝光	F-1A、F 引 A 熔断; K ₁ 、K ₂ 、K ₃ 触点接触不良; D ₁ 断路; C ₉ 剖相电容器击穿或断路; K ₁ 线圈断路; D ₃ 或 D ₇ 断路; X 线管定子绕组断路或 X、Y、Z 三引线连接端脱开松动, 引线断路等	先测量 F _{1A} 、F _{11A} 两端有否 125V 电压, 没有电压 F _{1A} 或 F 引 A 熔断, 找出熔断原因后, 更换保险; 有电压, 在准备时, 观察 K ₁ 工作否, 不工作检测 K ₁ 、K ₂ 、K ₃ 触点接触、D ₁ , 直接测量 X、Y、Z 之间的电压, 有电压, 检测其引线和定子绕组或剖相电容 C ₉
旋转阳极启动速度缓慢	C ₉ 剖相电容器变质	用同样容量电容器代换或直接测量
旋转阳极启动速度缓慢, X 线管套发热	C ₉ 漏电容量减少, 旋转阳极定子绕组匝间短路或对地轻度漏电	直接测量定子线圈的欧姆数可判断
旋转阳极启动正常, 但 READY 灯不晃	D ₈ 、R ₁₀ 、R ₆ 、R ₃ 、D ₃ 和 D ₇ 的 4. 5 端断路; K ₂ 、K ₃ 线圈断路; K ₃ 回路中 K ₂ 触点接触不良等	准备时, 测量 C ₄ 两端有否电压, 无电压, R ₁₀ 或 D ₈ 断路; 有电压, 测量 R ₁₆ 和 1 端与 R ₆ 两端的电压情况确定 D ₃ 、D ₇ 是否好, R ₁₆ 无电压, D ₃ 不好, R ₆ 无电压 D ₇ 不好, 电压均正常, 观察 K ₂ 工作否, 工作, 观察 K ₃ 工作否, 不工作 K ₂ 触点接触不良

(三) POLYPHOS-30M 旋转阳极启动控制系统故障检修

1. 结构 该系统比岛津 STARTER-3 更简单, 可靠性比较高, 因为几乎全是晶体管元件控制, 电路原理图如图 2-3-88 所示。

2. 工作过程 曝光准备开关按下, ZB 变低, HR 吸合 HR₄ 和 7 闭合, 同时 WR 吸合, 触发 J₁₉ 导通, 电流流过定子线圈, 旋转阳极开始启动运转, R₂₅₆ 上产生的电压送到 J₁₇ 和 J₇, 形成 BR₁ 信号, 该信号送至 CPU, 监示阳极是否工作。

当 1. 2s 延时到后, WR 落下, R₂₁ 或 R₂₂ 串入 J₁₉ 触发回路, 控制其导通角, 使输入定子的电压降低维持运转。

曝光结束后 1. 2s, ZB 信号变高, HR 落下, 切断 J₁₉ 触发控制, 切断定子电源, 同时 CPU 发出 ZB11s 低信号 (11s) J₁₈ 导通, 脉动直流加在定子线圈起制动作用。

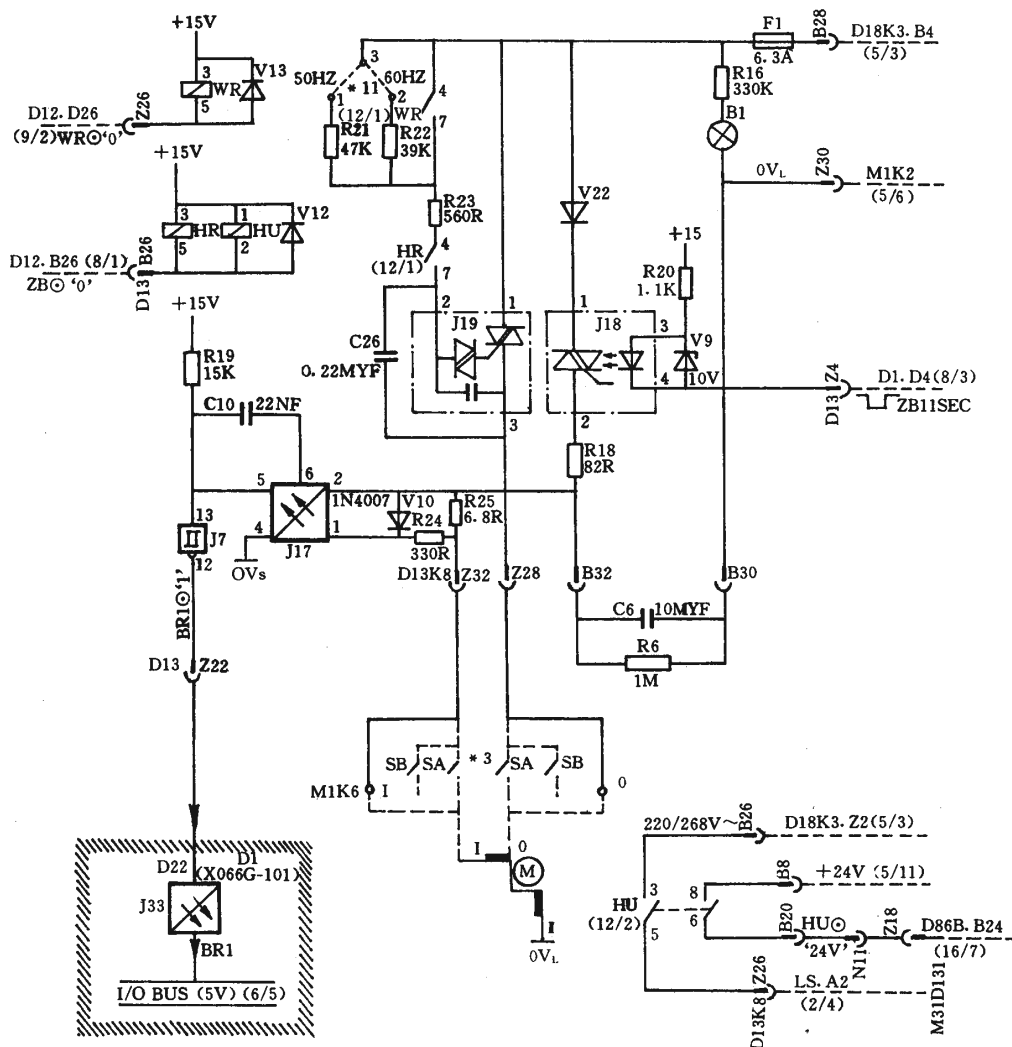


图 2-3-89 polyphos-30 旋转阳极控制原理图

3. 故障检修 如表 2-3-37 所示。

表 2-3-37 POLYPHOS-30 的旋转阳极启动控制系统故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
准备期间控制台指示 KV 显示器 Err, mas 显示器显 3 或 5, 旋转阳极不运转	F ₁ 熔断; WR ₄ 和 7、HR ₄ 和 7 触点接触不良; 几损坏; R ₂₃ 断路; 控制器至 X 线管套 0、I、重三引线接触不良或引线断路; 定子绕组断路	观 B1 指示灯, 不亮 F1 熔断或 220V 电源无; 亮, 检测 0VL 与 J19 的 3 有无电压, 无电压检测 J ₁₉ 和 WR ₄ 和 7、HR ₄ 和 7 触点; 有电压, 检测 D ₁₃ 插件件, 0、I、II 引线和定子线圈。在进行上述检测时, 将 D ₁₃ 板延伸出来, 取下延伸板

		B ₂₆ 、Z ₂₆ 跨接条靠板侧输入 OV，使 WR、HR 工作
旋转阳极启动速度慢	C ₆ 容量改变或漏电 J ₁₉ 性能变差、导通程度不好、电压变低	用代换法，代替 C ₆ 和 J ₁₉
旋转阳极启动速度慢，X 线管套发热，F ₁ 常熔断	C ₆ 变质；J ₁₉ 性能变差；定子绕组匝间短路或绕组对地轻度漏电等	同上，代换 C ₆ 和 J ₁₉ ；直接测量绕组欧姆值即可
旋转阳极启动正常，但同样有 Err3 或 Err5	R ₂₄ 断路；V ₁₀ 击穿 R ₁₉ 断路；J ₇ 、J ₁₇ 损坏 D ₁₃ 、Z ₂₂ 接触不良	取下 D ₁₃ 板，测量 R ₁₉ 、R ₂₄ 、V ₁₀ 正常否，正常，检测 J ₇ 、J ₁₇ 的输入输出判断其好坏，J ₇ 、J ₁₇ 工作正常，D ₁₃ 、Z ₂₂ 接触不好
曝光结束后旋转阳极不制动	V ₂₂ 、R ₁₈ 、R ₂₀ 断路；J ₁₈ 损坏；无 ZB11Sec 低信号输入	取下 D ₁₃ 板测量 V ₂₂ 、R ₁₈ 、R ₂₀ ，正常，取下 Z ₄ 跨接条输入低信号，若制动产生，2B11sec 信号不对，反之 J ₁₈ 损坏

（四）岛津 SA-40 旋转阳极启动系统故障检修

SA-40 型高速旋转启动系统是用来驱动旋转阳极 X 线管之阳极作高速旋转的一个装置，该装置采用了晶体管变频系统，结构紧凑，重量轻，并具有包括 RPM（每分钟转速）控制功能在内的许多优点。

1. 结构 该启动系统由下述的三块印刷电路板（P. C. B）及其附属电路组成：

端子单元（接线图 501-07814）；

电源单元（接线图 501-07813）；

控制单元（接线图 501-07813）。

结构框图如图 2-3-89 所示。

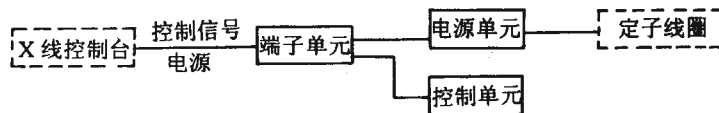


图 2-3-89 SA-40 旋转阳极系统组成框图

各 P. C. B 的功能如下：

端子单元：与外部单元连接，发出和接收输入和输出信号。

电源单元：整流，电压转换，过电流保护和变频等。

控制单元：通过输入信号实行对电源单元的控制。

注意：SA-40 的电源一般直接连接到 X 线控制台的自耦变压器，没有专用绝缘变压器，电源电路对于机壳（地）存在有一个电位差，因此，千万不要把总电源电路以及它的输出端子与地相连；绝对不要把示波器与地相连；不要把检测端子 GNDS（⊥）与 XOVS（↓）或 EARTH（⊥）相连。在使用示波器时要特别注意！

2. 工作过程 SA-40 的工作过程，主要是电源单元的工作过程，故这里以电源单元为

主介绍其如何工作。

SA-40 的基本电源电路大致分为整流电路、电压转换电路和变频电路等三个部分（图 2-3-90）。现分别介绍如下。

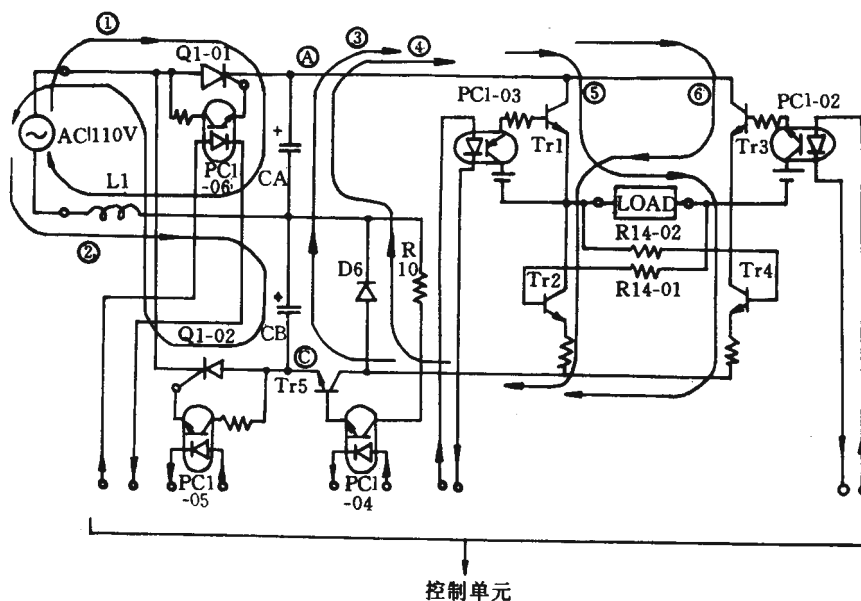


图 2-3-90 SA-40 电源电路原理简图

(1) 整流电路：该电路把从外部输入的 AC 电源进行整流和滤波使之成为 DC 电源，过程如下：AC 输入的的第一个半周经可控硅 Q_{1-01} 之后给电容器 CA 充电，流向如线路①所示；下一个半波经 Q_{1-02} 给 CB 充电，流向如线路②所示。由于 CA 和 CB 是串联的，所以 A 和 C 点间的电压约为 DC360V（空载时）。换句话说，X 线管阳极高速旋转所需的电压是经过倍压整流电路获得的，可控硅 Q_{1-01} 和 Q_{1-02} 的开与关是由控制单元通过对光电耦合器件 PC_{1-05} 和 PC_{1-06} 实行通断控制实现的。

(2) 电压转换电路：X 线管阳极高速旋转需要的电压大约为 300V（负载时），而常速旋转只需这个电压的 1/2，因此该电路要根据旋转速度来转换电压，转换由 Tr_5 完成。 Tr_5 关断时（即 PC_{1-04} 的控制信号关断时），负载电流如通路④所示，经过二极管 D_6 回到 CA；也就是说，此时只有 CA 是供给负载电流的电源，负载电压约为 150V，也就是常速旋转电压。 Tr_5 导通时（即 PC_{1-04} 的控制信号被加上时）， D_6 因在反向电压作用下而关断，负载电流如通路③所示经过 Tr_5 回到 CB，因此负载电压跨于 CA 和 CB 的两端，约为 300V，这就是高速旋转电压。

(3) 变频电路：大功率三极管 Tr_1 - Tr_4 组成了桥电路。控制桥电路的是光电耦合器 PC_{1-02} 和 PC_{1-03} ，它们根据控制单元送来的信号交替地通和断，由于控制单元中逻辑电路的作用，如果 PC_{1-02} 导通，则 PC_{1-03} 截止；反之， PC_{1-02} 截止，则 PC_{1-03} 导通。现假定 PC_{1-03} 导通，则 Tr_1 导通，同时 Tr_4 也导通（基流经 R_{14-02} ）；因此，负载电流如通路⑤所示回到电源。如果是 PC_{1-02} 导通，那么 Tr_3 和 Tr_2 则导通，负载电流如通路⑥所示。它们交替地往复工作，使

负载电流变成需要的交流。这就是说，该电路把整流后的直流又变换为一种交流，然后供给负载（X线管阳极启动器）。它的工作频率由控制单元决定，可变换为 50、60 和 180Hz 三种频率。

3. 工作方式、输入输出波形和工作程序 为了便于维修，这里给出各工作方式的输入、输出波形和工作程序，当该系统出现故障时，按工作程序和输入、输出波形就能较快地找出故障所在，故在此也不再列出故障检修。

各工作方式的输入、输出波形如图 2-3-91 和图 2-3-92。工作程序如图 2-3-93、图 2-3-94 和图 2-3-95。

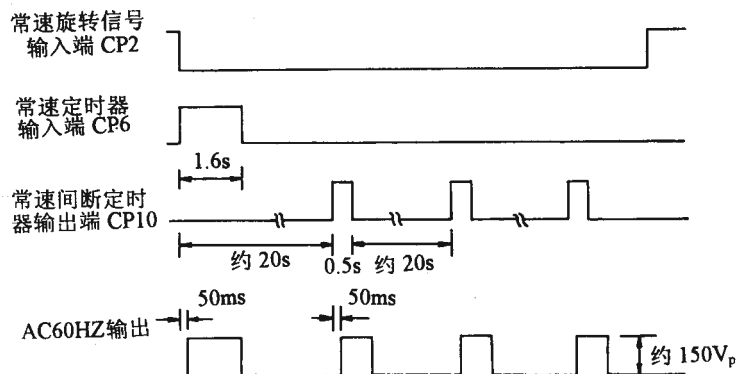


图 2-3-91 常速旋转方式输出波形图

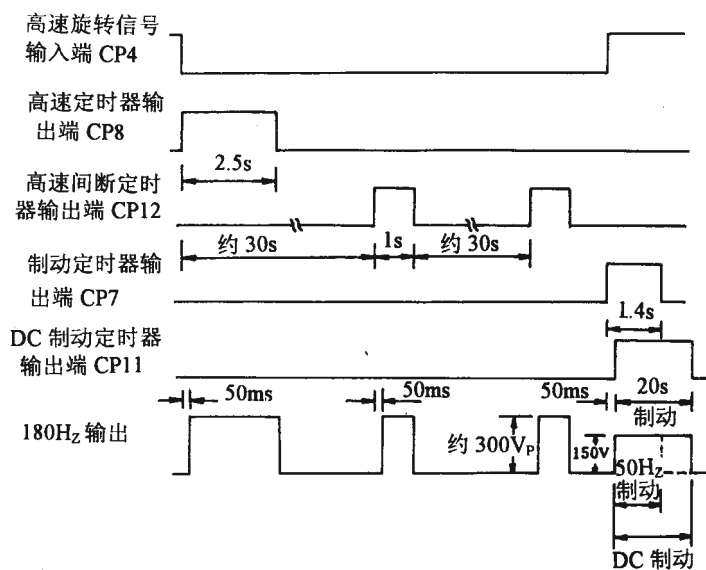


图 2-3-92 高速旋转方式输出波形图

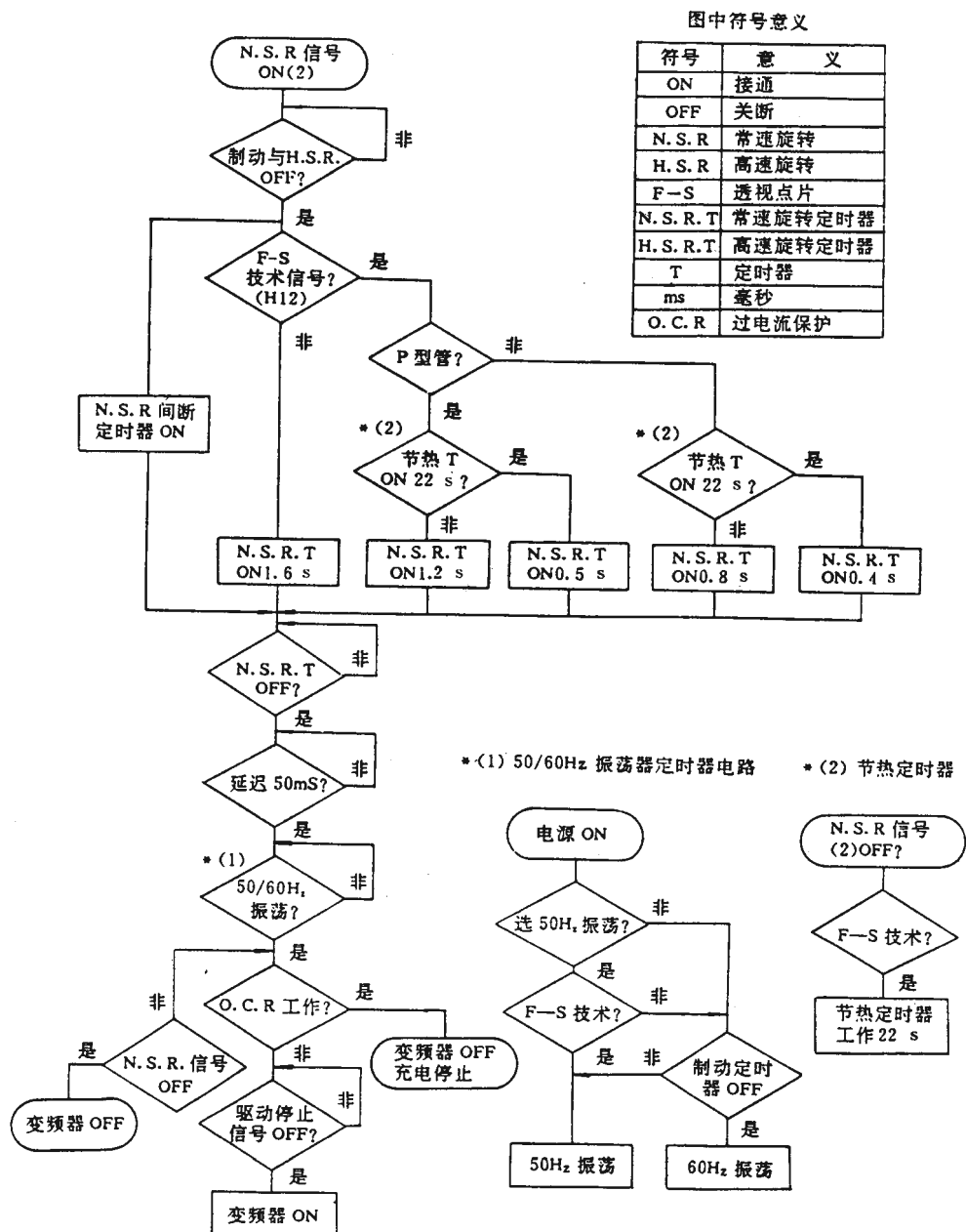
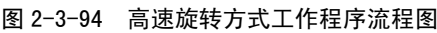


图 2-3-93 常速旋转方式工作程序流程图



POIYDORSO 100X 线发生器采用由西门子公司研制出来的功能齐全的标准旋转阳极起动装置 N₈₁。它满足阳极起动电路各方面的要求, 比如为阳极定子提供低、中、高各种频率的电源; 起动和维持旋转的不同电压; 起动后转速的监测; 曝光结束后的制动等等。所有功能和监测都是在微机的控制下按一定的程序进行的。

2. 阳极定子的启动原理 N_{18} 的电源组件构成了阳极定子的启动电路如图 2-3-96 所示。

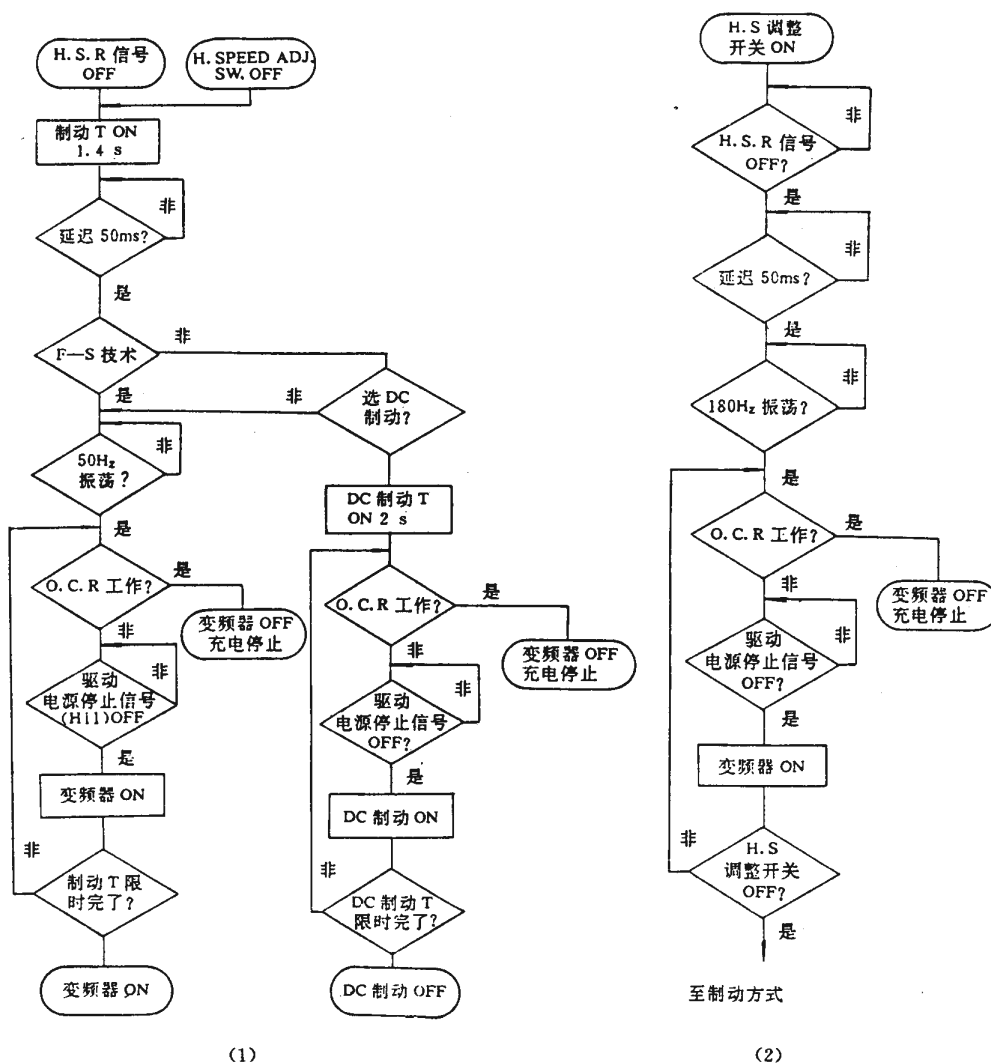


图 2-3-95 制动方式和高速旋转调整流程图

(1) 制动方式; (2) 高速旋转调整

三相 380V 电源由 R、S、T 加到由 V_1 、 V_2 、 V_3 三组共六个可控硅组成的可控三相整流桥，即中间直流电压电路。输出的直流电压 U_z 的高低是由阳极定子工作状态来决定的。比如摄影工作时有：准备期间， $U_z=160V$ ；起动加速时， $U_z=500V$ （电网 380V）；维持旋转时， $U_z=120V$ （180Hz 工作）或 $U_z=160V$ （60Hz 工作），制动时， $U_z=160V$ 。实际上， U_z 的变化是控制整流桥中可控硅导通角，即通过改变触发脉冲的相移来实现的，这也是由微处理器（MPU）根据固化程序进行的。

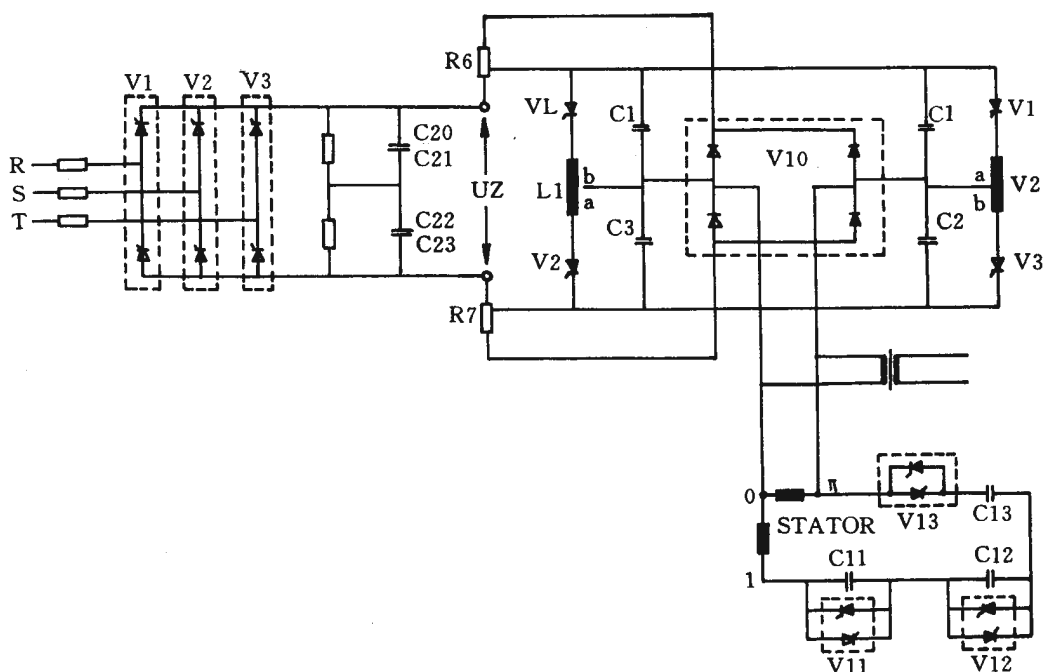


图 2-3-96 定子启动原理图

中间直流电压经电容器 (C_{20} 、 C_{21} 和 C_{22} 、 C_{23}) 滤波后送到逆变器。逆变器的作用是把直流电压变换成交流电压, 逆变器的输出频率视旋转阳极所要求的旋转速度而定。高速管要求起动电压的频率一般为 180Hz, 它的旋转阳极的转速约为一般 X 线管转速 (起动电压的频率为 60Hz) 的三倍。逆变器的可控硅分二组, V_1/V_2 、 V_3/V_4 是交替被触发导通的。为了使后一对可控硅, 被触发导通前能关断已导通的前一对可控硅, 电路上加上了双绕组扼流圈 L_1 和 L_2 。现首先假设可控硅对 V_1/V_2 被触发导通, 如图 2-3-97 所示。由 U_Z 产生的电流由“正”端经 R_6 、 V_1 、 L_2 -a 到定子绕组 II、0 经 L_1 -b、 V_2 、 R_7 回到 U_Z 的“负”端。这时 C_3 、 C_4 被 V_1 、 V_2 短路, 而 C_1 、 C_2 则被 U_Z 充电到所加的直流电压。在 V_1/V_2 触发脉冲切断, 而 V_3/V_4 被触发导通时, 就有一个方向相反的电流流经定子绕组。在此同时, C_1 、 C_2 通过 V_4 、 V_3 迅速放电, C_2 放电的脉冲电流流经 L_2 -b, 从而在 L_2 -a 产生一个电压脉冲, 结果使 V_1 的阴极电位比 V_1 的阳极电位为正, 因此可控硅 V_1 因失去维持电流而截止; 同理, C_1 的放电, 使 L_1 -b 产生一个电压脉冲, 使 V_2 的阳极电位比 V_2 的阴极电位为负而截止, 上述工作原理也适用于 V_3/V_4 先导通, V_1/V_2 后导通的情况。 V_3/V_4 导通时, 电流经 R_6 、 V_4 、 L_1 -a 到定子绕组 0、II, 经 L_2 -b、 V_3 、 R_7 回到 U_Z 的“负”端。上述 V_1/V_2 、 V_3/V_4 交替导通的过程, 就形成一个交变电源加在定子线圈两端, 波形接近方波, 频率由逆变可控硅的触发信号频率决定。

图 2-3-97 中, a、b、c、d 为阻尼二极管, 为避免电容放电时与相应的电感线圈发生振荡。比如 C_1 放电后, 为防止 C_1 与 L_1 的 a 段电感线圈发生振荡, L_1 的 a 线圈中电流将沿 d、

R6、V4 通路流通，并把能量消耗在 R₂ 上。

一定频率的电源加到主线圈 II 上，并且通过移相电容 C₁₁、C₁₂、C₁₃ 接到起动线圈 I 上。由于电源频率有很大的变化范围，为配合不同频率的电源相移 90° 的要求，所以相移电容的容量也要有较大的变化。这里用三个可控硅导通状态的组合来实现四种相移电容量（配合四个电源频率）的变化。即输出第一种频率时，三个可控硅全导通，相移电容为 C₁₃（22F）；输出第二种频率时，C₁₃ 与 C₁₁ 串联（11F）；输出第三种频率时，C₁₃ 与 C₁₂ 串联（6.8F）；输出第四种频率时，C₁₃、C₁₁、C₁₂ 三者串联（5.2F）。这些控制工作是由 MPU 按固化程序来完成的。

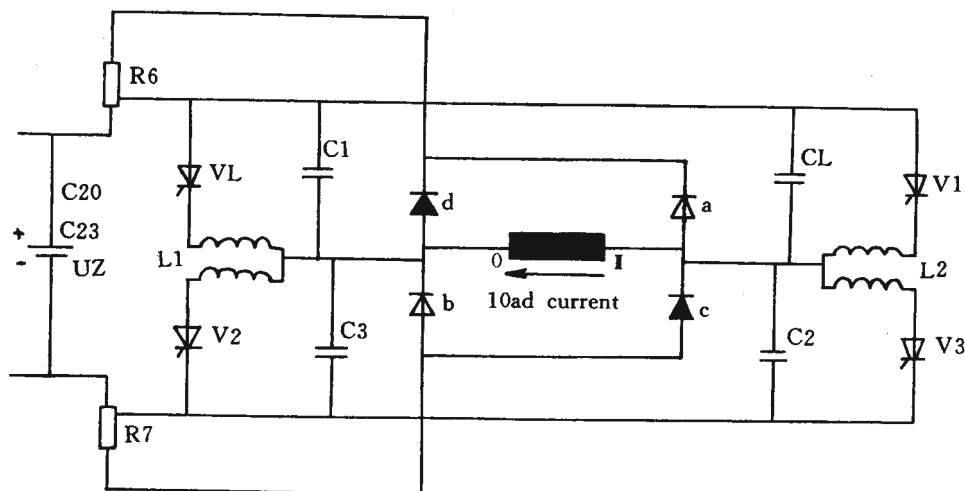


图 2-3-97 逆变器工作原理图

3. 工作过程 这里举一例来说明 N81 的工作模式。

（1）准备：X 线发生器开机后或上一次曝光之后，还没有进行摄影或透视。中间电压 U_z=160V，逆变器停止工作，即 V₁、V₂、V₃、V₄ 都截止。

（2）摄影工作启动：当发出曝光准备信号（手闸按下一档）时，阳极定子开始加速启动，中间电压 U_z 升到最高值 500V，频率控制按所选用的 X 线管型号而有几种不同的程序，对应阳极靶盘质量不同有四种程序；TRMO 程序号对应靶盘质量为 630g；TRM：程序号对应靶盘质量为 700g；TRM：为 800g；TRM：为 1000g。每个程序把加速过程分成四个阶段频率是 89~120 个 158→187Hz。自启动开始，89Hz 驱动持续 250ms，120Hz 持续 200ms，158Hz 持续 280ms，187Hz 持续 450ms。

在加速的四个阶段中，MPU 相应地控制 V₁₁、V₁₂、V₁₃，使 C₁₁、C₁₂、C₁₃ 组合成合适的移相电容，因为 C₁₁=22μF，C₁₂=10PF，C₁₃=22nF，所以可有以下几种电容量：

22μF C₁₃

11μF C₁₃ 与 C₁₁ 串联

6.8μF C₁₂ 与 C₁₃ 串联

5.2μF C₁₁·C₁₂·C₁₃ 串联

在加速过程中，有监测电路监测实际转速，当 TRM3 程序完了时如果阳极尚未达到额定转速（10 000 转 / min），则 MPR 给出指令重复 TRM，程序的最后二阶段，即变换器重新给出 158Hz→187Hz 两个阶段的驱动电源。

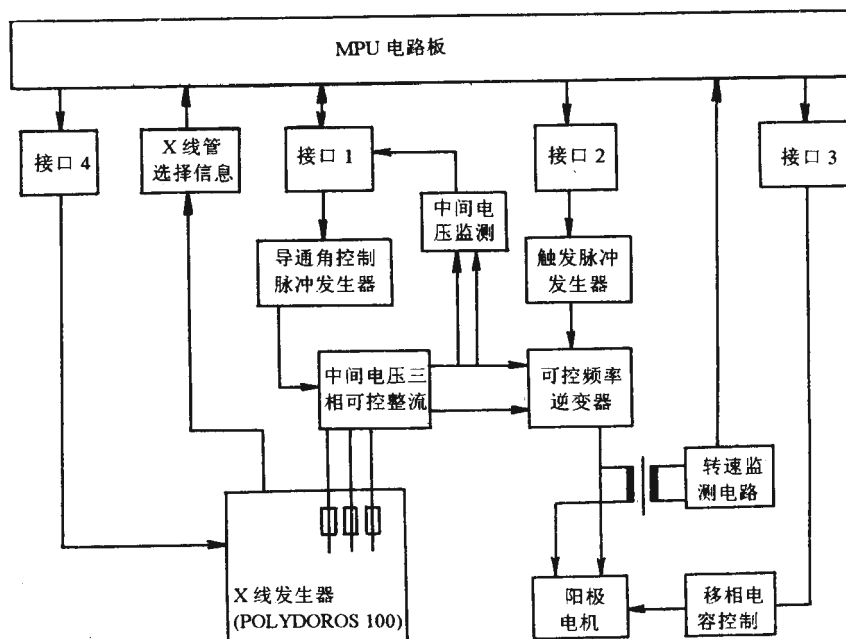


图 2-3-98 MPU 控制作用方框图

（3）维持旋转：当阳极达到额定转速时，由检测电路送出信号，通过 MPU 控制 U_z 下降到维持电压。

（4）制动：曝光结束后，MPU 给出指令使逆变器停止振荡而保持一组可控硅导通，另一组截止。这样就使定子主线圈内流有直流电流，供电电压为制动工作时的 U_z （160V）。制动是周期性进行的；制动进行测速→两组可控硅都截止，进行测速十换另外→组可控硅导通继续制动，0.5s→停止制动进行测速→…如此反复多次，当测速结果为阳极转动低于 10r/s，则制动工作停止，最大制动时间约 6s。

测速是利用主线圈电路中的一个变压器，耦合出去转子转动时的感应电压，由这电压频率得知转子转速。当这电压频率小于 10Hz 时，即为制动完毕。测速时逆变器停止振荡即不加驱动电源。

（5）透视工作的启动与维持：透视开始的同时阳极定子启动的 U_z 电压下，中频率地启动一段很短的时间，使旋转阳极转速上升到 3 600r/min。然后 MPU 控制逆变器停止振荡，阳极依靠惯性自由转动，即维持电压为 0V。当阳极转速逐渐下降到 960r/min 即测速电压频率小于 16Hz 时，MPU 控制逆变器重复一次短时间的加速，使阳极转速再次上升到 3 600r/min。如此不断循环进行，因而保持了阳极转速在 960~3 600r/min 的范围内。

4. MPU 的控制作用 上述的工作模式实际上是由一个 MPU 电路板控制执行的，图

2-3-98 是 MPU 板控制作用框图。首先阳极启动的 MPU 需要由 X 线发生器送来的有关所选择的 X 线管的型号的信息。常有一台发生器配用几个 X 线管的情况,那么当被选中的 X 线管需要曝光阳极启动电路就根据接收到的 X 线管型号信息,按程序执行一系列的启动—维持—制动工作。先是 MPU 通过接口 1 送给导通角控制脉冲发生器 U_z 设定值信息,由三相全桥可控硅把三相电网电源变成直流中间电压源 U_z 。 U_z 电压经过监测电路反馈实际值给接口 1,形成闭环调节,保证了 U_z 的精确性。

启动阳极定子的各阶段的频率信号由 MPU 通过接口 2 产生触发脉冲去控制逆变器,与此同时 MPU 通过接口 3 去控制移相电容与启动频率同步改变达到与各阶段的频率相匹配。转速监测电路把实际电机转速信息送回 MPU。

制动工作的控制流程与启动工作相似,它是由控制逆变器给出一定的直流与转速监测配合,反复制动,直到转速低于 10r/s 为止。

阳极启动完毕达到额定转速后,MPU 通过接口 4 给允许曝光信息,X 线发生器才能产生 X 线管所需的高压,否则就不允许曝光,这就包含了各种保护功能。

此外 MPU 还控制着检测和故障显示电路,当有故障时它会指示出故障的所在,使检修方便。

5. 故障检修 由于该系统由微机控制,自动化程度比较高,设有自动诊断软件,当发生故障时均自动不允许曝光同时有错误码显示,告知故障范围,给检修带来很多方便。表 2-3-38 列出 N81D63 板可能显示的错误码、可能故障范围和检修方法。

表 2-3-38 N81 旋转阳极启动系统故障检修

D ₆₃ 显示错误	可能原因或故障范围	检修
01	供给启动器的主电源 R、S、T 缺相(保险熔断或引线断路);或相序不对;D ₆₂ 板某元件损坏或板接插不好	先检测三相输入到 N ₈₁ 的电源,电源正常,检测 D ₆₂ 和相序
02	D ₆₅ 上 J ₅ 、J ₆ 、J ₇ PROM 损坏或 D ₆₅ 有问题	更换 J ₅ 、J ₆ 、J ₇ 软件固化芯片或 D ₆₅
03	D ₆₅ 板接插不好;±5V 电源无;D ₆₅ 上 J ₁ 、J ₂ 、J ₄ 8155RAM;芯片损坏	测量±5V 电源;检查 D ₆₅ 插接;更换 J ₁ 、J ₂ 或 J ₄ ;更换 D ₆₅
04	±5V 电源无;D ₆₅ 上 J ₁₃ (8085)CPU 损坏	检测±5V 电源;更换 J ₁₃ ;更换 D ₆₅
05	D ₆₅ 接插不好;D ₆₅ 上 J ₉ 、J ₁₀ 失效 D ₆₅ 上 J ₅ 、J ₆ 、J ₇ 损坏;电源电路故障	检查 D ₆₅ 接插;更换 D ₆₅ 的 J ₅ -J ₉ ;检测电源电路中 R ₀₁ 、R ₁₀₂ 、V ₁₁ 、V ₁₂ 、C ₁₃ 、K ₁ 插接;检测 D ₆₈ 触发脉冲等
07	D ₆₆ 板逆变器可控硅触发故障或可控硅损坏;D ₆₇ 0 板 T ₁₀ 线圈断路或接插不良;D ₆₇ 板 J ₂₁ 、J ₃₂ 、J ₃₃ 、J ₂₄ 、J ₂₅ 、J ₂₆ 、J ₂₉ 、J ₃₀ 失效	检测可能出现故障的电路
10	±5V、±15V 电源故障;D ₆₁ 板监测±5V、±15V 电路故障;K ₁ 接触不良;D ₆₁ 板接插不好	在 D ₆₁ 板观 V ₃₀ 绿色指示灯是否亮,亮检测 D ₆₁ A ₁₉ 的接插,否则检测有否±5V、±15 电源输入,无检电源部分,反之检测 D ₆₁ 有关元件

11、12、13	D ₆₆ 板 V ₍₁₁₎ 、V ₂₍₁₂₎ 、V ₃₍₁₃₎ 、V ₄₍₁₄₎ 可控硅击穿或反偏压；V ₁₀ 击穿；C ₃₍₁₂₎ 、C ₄₍₁₁₎ 失效漏电或击穿；定子对地或引线对地漏电短路；监测电路故障	在 D ₆₆ 板上直接测量有关元件；测量定子和引线是否正常；检测监测电路
21、22、23、24	D ₆₆ 板 C ₁₍₂₄₎ 、C ₂₍₂₃₎ 、C ₃₍₂₂₎ 、C ₄₍₂₁₎ 失效；V ₁ 和 V ₃ 击穿或 V ₂ 和 V ₄ 击穿；V ₁₀ 断路或击穿；V ₁ 、V ₂ 、V ₃ 、V ₃ 触发脉冲相序不正确	在 D ₆₆ 板上直接测量有关元件；测量定子和引线是否正常；检测监测电路
31	D ₆₀ 板中间电压电路故障，如板接插不好；D ₆₂ 接插不好；触发脉冲不对(D ₆₂ 板)；D ₆₀ 板可控硅损坏等；同 10 错误码	测量中间电压在初始化过程中的波形或先在 D ₆₆ 观 V ₅₄ 指示灯是否亮，不亮检测有关控制电路
32	中间电压电路故障如：中间电压控制可控硅 V ₁ 或 V ₃ 、L ₂ 、C ₄ 或 C ₂ 失效；D ₆₀ 板控制 V ₁ 、V ₂ 和 V ₃ 的触发脉冲电路故障；监测量电路故障	直接测量中间电压(将后级取开)；有电压，检测监测电路或后级电路；无电压检测 V ₁ 、V ₂ 、V ₃ 及 D ₆₀ 的触发脉冲是否正确
33	D ₆₆ J ₁₁ 失效；D ₆₆₀ 板 R ₁ -R ₃ 断路；D ₆₆ 或 D ₆₆₀ 接插不好(该故障在曝光准备阳极启时出现)	先检查 D ₆₆ 和 D ₆₆₀ 接插，测量 D ₆₆ R ₁ 、R ₃ ，上述正常，检测 D ₆₆ J ₁₁
34	逆变桥短路；定子绕组短路；同 31。	同 31
35	中间电压故障，D ₆₆ 、D ₆₅₀ 板有问题；总电源质量不好，在曝光过程中电压过低，引起中间电压降低	将 X 线发生器 SSOFF，观错误信息是否还存在，检测 D ₆₆ 或 D ₆₀₅ ；故障多次出现，解决电源质量问题
36	D ₆₆ 故障；中间电压控制不正确；供电回路引线端固定螺钉松动或接触不良，引起阳极旋转回路电压降过大	检查供电回路接触和电压质量，检测 D ₆₆ 和中间电压控制
47	X 线管工作时间过长或定子绕组短路发热，定子上过温开关工作	冷却 X 线管或测量定子绕组是否正常
51	阳极要求最小转速没达到，可能原因有：D ₆₈ 触发脉冲幅度太小；D ₆₆ 板后面 R ₆ 和 R ₇ 卡环松动或调整不合适；X 线管套过热；定子绕组故障	先测量定子绕组是否正确；检查 X 线管套是否过热；检测 D ₆₈ 触发脉冲正确否；检查 R ₆ 和 R ₇ 卡环情况，均正确检测监测电路
52	电源电压质量差；D ₆₇₀ 至 D ₆₇ 之间或 D ₆₆ 至 D ₆₇₀ 之间屏蔽不好等	检测电源质量；检测有关屏蔽，更换 D ₆₇₀
53	D ₆₇ X 线管选择电路故障；D ₆₇ 与 X 线发生器接口电路故障；+24V 无；X 线发生器 X 线管选择激励电路故障；D ₆₇ 插接不好	在 D ₆₇ 板测量 A ₁₃ (ROEF)点信号，若在阳极启动时为低，检测 D ₆₇ 接插，若为高，检测+24V 和相应 X 线管选择控制号是否正确
54	D ₆₇ X 线管选择电路故障；D ₆₇ 与 X 线发生器接口电路故障；+24V 无；X 线发生器 X 线管选择激励电路故障；D ₆₇ 插接不好。 检修时 D ₆₇ 的延伸板用错也可出现 54 错误码；	在 D ₆₇ 板测量 A ₁₃ (ROEF)点信号若在阳极启动时为低，检测 D ₆₇ 接插，若为高，检测+24V 和相应 X 线管选择控制号是否正确

	D ₆₇ 上 1 与 A、2 与 B、3 与 C、4 与 D 一个没连接上时，选择那一管就可能出现此故障	
57	N ₈₂ 程序错误；X 线发生器与 N ₈₂ 之间数据传输故障；X 线发生器与 X 线管对应的 PROM 不匹配或失效	检测可能故障部分

通常 N₈₁ 出现故障时，在 D₆₃ 上显示出错误码，但也有些故障不显示错误码。这里介绍几种可能出现的故障，如表 2-3-39 所示。

表 2-3-39 N₈₁ 无错误码显示可能发生的故障

D ₆₃ 显示错误	可能原因或故障范围	检修
D ₆₃ 错误码显示器不显示无任何字符	D ₆₁₀ 板上保险熔断；D ₆₅ 板 J ₅ 、J ₆ 、J ₇ EPROM 或 J ₁₅ PROM 引脚接触不好或损坏；D ₆₅ 插接不好	检查 D ₆₁ 和 62 板上绿灯，不亮检测电源和 D ₆₁₀ 板保险；检 D ₆₅ 插接和有关 E-PROM 和 PROM
N _{8116A} 的保险一个或多个熔断	D ₆₆ 板上逆变器短路；中间电压控制电路中某元件损坏造成短路；D ₆₅ 延伸板用错(维修时)；D ₆₁₀ 或 D ₆₁ 板上某元件损坏；C ₆ 、C ₇ 或 C ₈ 击穿	取下 D ₆₀₀ 和 D ₆₁₀ ，试验，若保险继续熔断，C ₆ -C ₈ 中有击穿；若保险没熔断，取下 D ₆₆ 分别测量 D ₆₆ 、D ₆₁₀ 、D ₆₀₀ 板有关元件有否损坏，再一块板一块板插回试验。检测 D ₆₄ 板有关元件
控制台上显示错误码为 116 或 119，但 D ₆₃ 没显示错误码	D ₆₄ 板 J ₁ 、J ₂ 、J ₅ 、J ₇ 或有关电阻故障	检测 D ₆₄ 板有关元件

九、曝光时间控制（限时器）系统故障检修

曝光时间的限制，由限时器控制。它们有机械、电动、电子管、晶体管、集成电路、微机软件控制等多种型式。前三种已经淘汰、只是老机器中使用，晶体管和集成电路式在工频 X 线发生器中应用，中高频 X 线发生器中均采用软件控制，一般不会有故障，故这里只介绍目前用得比较多的晶体管控制式限时器的故障检修。

（一）XG-200JSB-23 型限时器故障检修

1. 结构 该限时器由电源、时控和保护等电路组成。电路原理图请参考有关资料。

2. 工作过程 当旋转极正常，0、8s 延时到后，XSJ 触点闭合，接通限时器电源。在此时 Clt 电容两端为零，T₄ 截止，T₃ 导通，T₁、T₂ 导通，JSB 吸合，JSB 常开触点接通 SC 接触器回路，SC 工作，接通高压，曝光开始。同时 JSB₁ 和 JSB₂ 触点断开，Clt 经 R1t 电阻群开始充电。C2t 经 R2t 电阻群也开始充电。当预置的曝光时间到时，Clt 两端电压升高到恰好使 T₄ 导通，T₃ 截止，T₁ 截止，JSB 落下，曝光终止。若限时电路故障不能使 T₁ 截止终止曝光，则 C2t 充电电压升高，使 UJT 导通，SCR 导通，而使 T₂ 截止切断 JSB 的共电回路，终止曝光（这里设置时间稍长或等于限时电路设置时间），起到保护作用。

3. 故障检修 如表 2-3-40 所示。

表 2-3-40 JSB-32 型限时器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
旋转阳极正常，但不曝光，限时器不工作	XSJ 触点接触不良，B 变压器线圈短路；D ₁ -D ₄ 任一断路；T ₄ 、W ₁ 、T ₂ 、T ₁ 或限时电路其它元件损坏；JSB 线圈断路等	先取下 JSB-32，检测 B 和整流器和可能出现故障的元件，也可不取下 JSB-32，打开外罩，去掉高压初级，行曝光试验，测量各点电位，找出故障所在处
到预制时间不能切断高压，即曝光不是到预置时间终止，保护电路工作	D ₅ 、D ₆ 、T ₄ 、Cl _t 、T ₁ 、T ₂ 、T ₃ 、R ₄ 损坏，R _{lt} 电阻群中某一电阻断路；时间选择时接触不良或公共引线脱开、断路	先取下 JSB-32，检测 B 和整流器和可能出现故障的元件，也可不取下 JSB-32，打开外罩，去掉高压初级，行曝光试验，测量各点电位，找出故障所在处
曝光不能自动终止	此故障一般不会出现，也不允许出现，一旦出现不能再使用。可能原因有：T ₁ 、T ₂ 、击穿；W ₄ 、SCR、UTJ、Cl _t 、C _{2t} 损坏；时间选择器接触不良或有关引线断路，D ₈ 击穿	先取下 JSB-32，检测 B 和整流器和可能出现故障的元件，也可不取下 JSB-32，打开外罩，去掉高压初级，行曝光试验，测量各点电位，找出故障所在处
曝光时间不准确	Cl _t 、R _{lt} 电阻群变质。时间选择器接触不良	检测 Cl _t 更换之，检查清洁时间选择器波段开关的触点，检测 R _{lt} 电阻群
任何一档时间曝光，曝光时间长短无变化	UTJ、SCR、W ₄ 损坏	代换法
工作不稳定	电容、晶体管受潮或变质	代换法，去潮

（二）N-40 限时器系统故障检修

1. 结构 该系统由秒选择电路、电源同步电路、限时电路、保护电路等组成。秒选择电路和一般国产 X 线发生器的限时器的选择电路，基本相同，故这里只介绍电源同步、限时和保护电路即 s 控制，电路原理图和原理请参考 HD150 电路图和功能说明。

2. 工作过程 25VA 和 25VB 为相位差 180° 并与自耦变压器 UV 相同步的交流电压，加到 a、b、c 三个端子上。由于 RC 电路的移相作用，使得 D1-02 阳极端和 b 点之间电压比 a、b 间电压提前了约 50°。经 D1-01、D1-02 和 D1-03 整流合成后在 e 点每隔 360° 出现一个零电位与电源零相位同步的电压。该电压信号加到 Q₁ 的基极，当 K₁-T₁ 和 K₂-T₂ 触点闭合时，Q₁ 在零相位截止，其集电极每隔 360° 产生一个窄矩形脉冲。在该脉冲的作用下，D₃₋₀₁ 导通，K₃-V₁₁、K₃-V₁₂ 和 K₃-V₁₃ 吸合，触发主可控硅，接通高压初级 X 线产生，从而保证高压在零相位开始产生。

当曝光开始时，K₁-T₁ 吸合，C₄₋₀₁ 经秒选择器开始充电，当其充电电压上升到高于 D5-02 控制极电压时，D₅₋₀₂ 导通，则 D₃₋₀₃ 也导通，K₃-V₂ 吸合，终止曝光。

如果高压初级主可控硅三相中有一相或两相可控硅击穿，在摄影准备期间，NT-1 和 NT-2 之间有电位差，使 K_z-BU 吸合，则 K₁-T₁ 不会吸合，不可能曝光。

3. 故障检修 如表 2-3-41 所示。

表 2-3-41 N-40 限时器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
曝光准备正常,按下曝光开关不能曝光	+15V 无; R ₃₋₀₁ 、D ₆₋₀₁ 、D ₃₋₀₁ 、R ₁₆ 、D ₁₋₀₉ 、R ₁₄ 、Q ₂ 断路; 线圈断路; K ₁ -T ₁ 、K ₂ -T ₂ 触点接触不良等	先测量+15V 有否,再测量 Q ₁ 集电极输出波形,无波形输出,检测 R ₃₋₀₁ 、K ₁ -T ₁ 、K ₂ -T ₂ ; 有波形输出,检测 D ₆₋₀₁ 、D ₃₋₀₁ 、R ₁₄ 、Q ₂
曝光时间不稳定	C ₄₋₀₁ 变质或受潮; D ₅₋₀₂ 电性能变坏; R ₁₂ 接触不好	用代换法
各档时间偏长或偏短	C ₄₋₀₁ 电容量发生改变; D ₅₋₀₂ 导电性能改变; R ₁₂ 和 R ₁₋₀₂ 阻值改变	调整 R ₁₂ 重新校准
某档限时时间不准确	Sec 选择电路限时设定电阻群中某电阻阻值改变或选择器波段开关某触点接触不好	清洁或调整 Sec 选择器限时选择波段开关触点,测量电阻群某档电阻的阻值
曝光不能自动终止	R ₁₀ 、C ₄₋₀₁ 、D ₅₋₀₂ 、R ₁₋₀₂ 、R ₁₂ 、D ₆₋₀₉ 、R ₂₋₀₂ 、D ₆₋₁₀ 、D ₆₋₀₆ 、D ₃₋₀₉ 、R ₂ 、D ₆₋₀₃ 断路; Sec 选择电路接触不良或断路; K ₃ -V ₂ 线圈断路; K ₃ -V ₂ 接触不良	去掉高压初级,行曝光试验,观 K ₃ -V ₂ 工作否,工作,检测其触点; 不工作检测前级。用示波器测量 C ₄₋₀₁ 两端的电位变化情况,判断 Sec 选择电路的好坏,若变化正常,检测 D ₅₋₀₂ 和 D ₃₋₀₃ 之间的元件或电位

(三) 光电限时系统故障检修

常用光电限时有两种方式,一种以荧光效应控制的光电倍增器(有固态和真空管两种)自动控时,另一种是以 X 线对空气的电离效应控制的电离室自动控时。其工作原理为:当光电倍增器接收与 X 线剂量成比率的荧光转换成直流电流或电压,或电离室把接收到的 X 线剂量转换成与之成比率的直流电流或电压,该电流或电压经时间积分后的电压正比于接受的 X 线剂量。这个积分电压与正比于胶片感光密度的设定电压进行比较;当积分电压与设定电压相等时,自动终止曝光,由于篇幅限制,这里只介绍岛津 SPT-10 型光电限时系统。

1. 结构 它由光电传感器和控制器组成。光电传感器由光探测器和光电倍增管构成。光探测器把穿过物体的 X 线转换成荧光,经光导板传送到光电倍增管,使之产生与 X 线剂量成正比的光电流信号,送入控制器。控制器由 AUTOSHOT 电路板、积分电路板和控制板构成。电路原理图和工作原理请参考 SPT-10 光电限时系统说明书。

2. 工作过程 当曝光开始时 RE₄ 吸合,同时光电倍增管输出电流,送到积分比较电路,经 R₅ 给 C₅ 充电,该积分电压送至比较器 K₂₋₁,当积分电压上升超过设定参考电压时,K₂₋₁ 输出为正,Q₁₋₁ 导通,驱动 RE₃ 工作,同时 Q₂ 也导通,从而产生 X-RayOFF 信号,终止曝光,此种方式为荧光摄影式光电传感器工作方式。当在直接摄影时,由和 K₁₂₋₁、K₁₂₋₂、C₂₈₋₁、C₂₈₋₂、R₂₅₋₁、R₂₅₋₂ 组成集分比较电路。可实现“与”、“或”功能,其控制方式与上述相同。

3. 故障检修 以流程图表示,如图 2-3-99~图 2-3-102 所示。

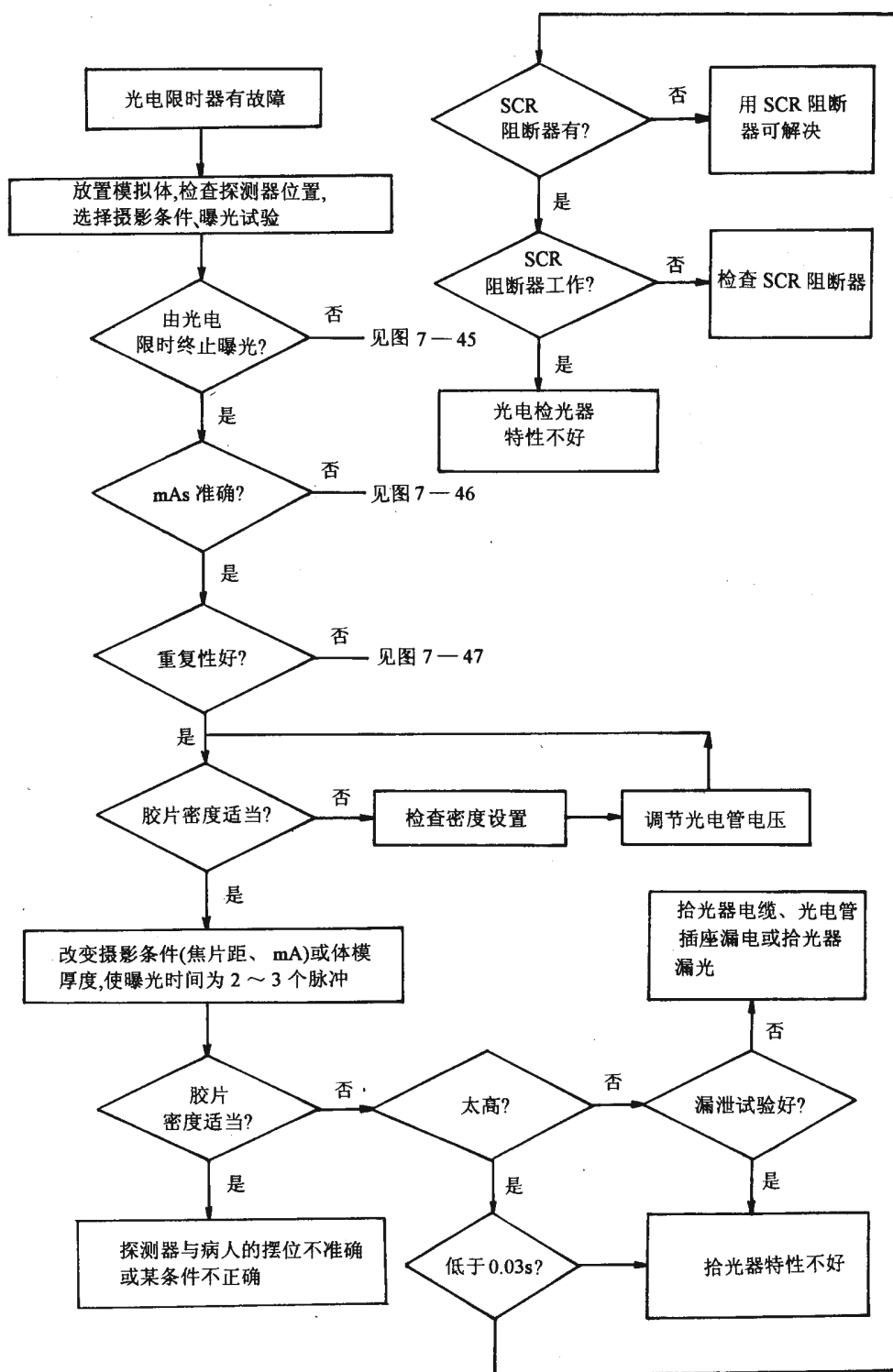
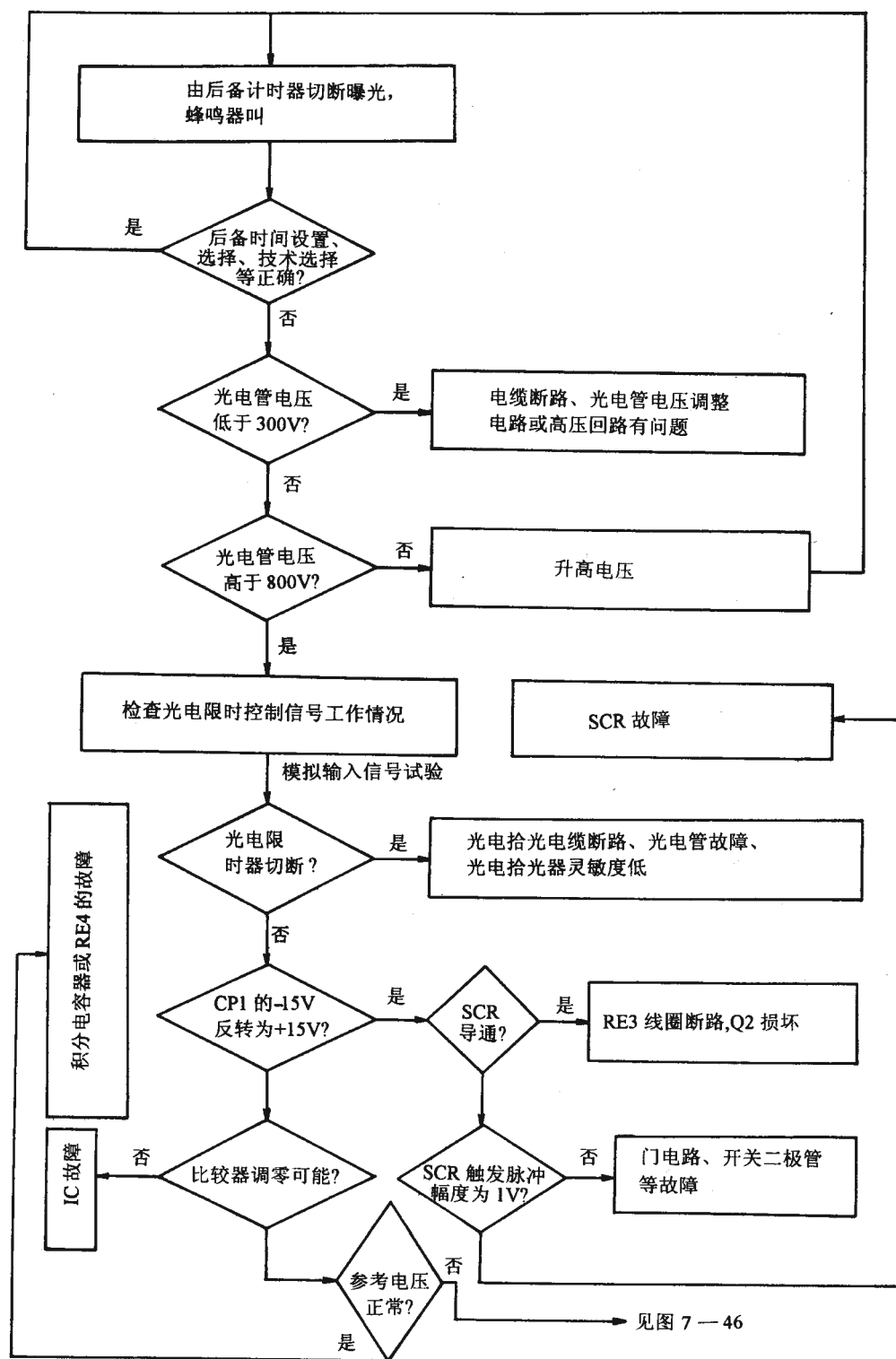


图 2-3-99 光电限时系统故障检修流程图



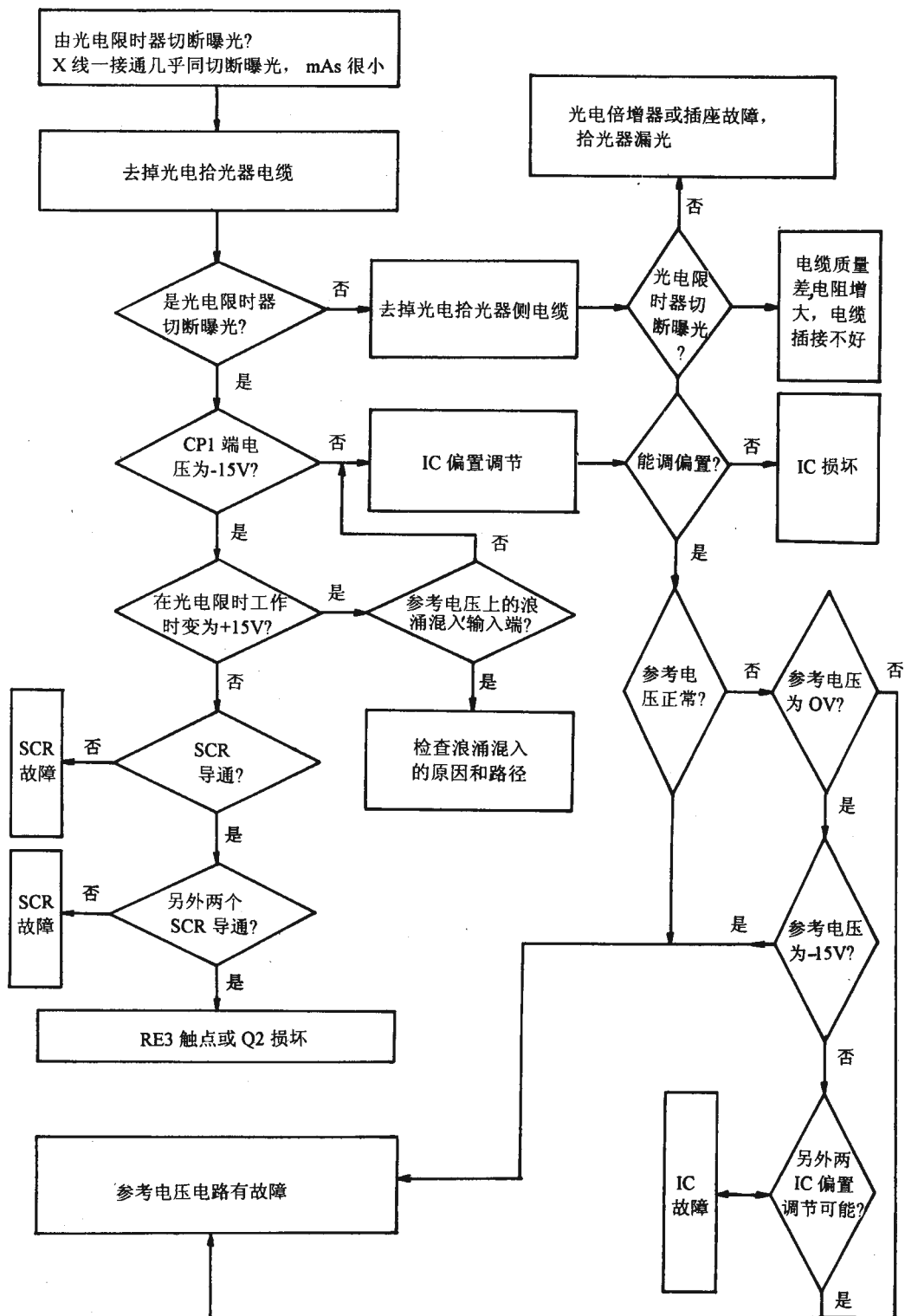


图 2-3-101 几乎接 X 线的同时切断曝光故障检测流程图

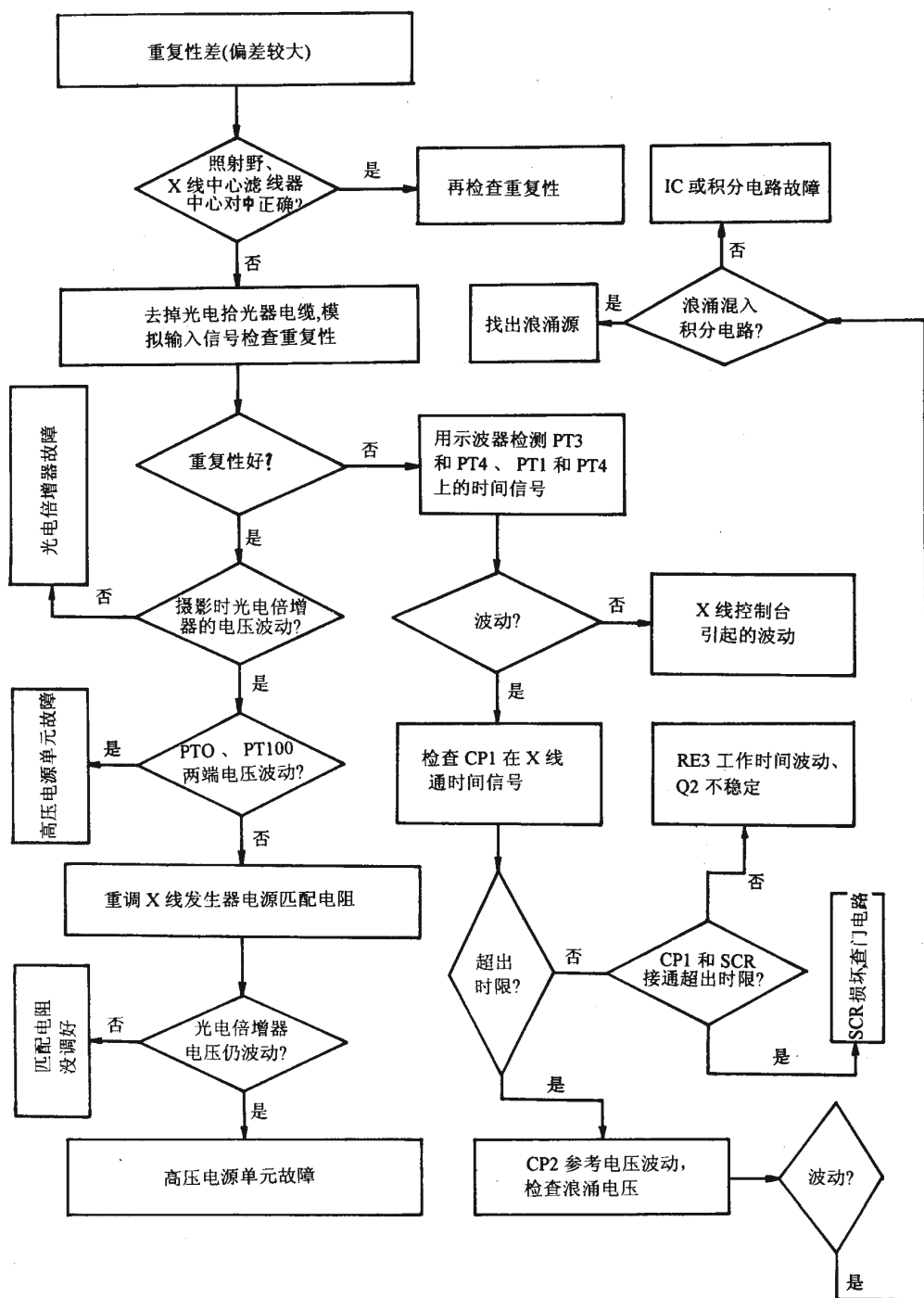


图 2-3-102 密度偏差大检修流程图

十、操作控制系统故障检修

控制 X 线曝光环节完成各种技术操作的控制系统，称为操作控制系统。是 X 线发生器中的命令发出机构，根据技术操作形式命令执行机构完成各种操作。如 X 线管选择、透视和胃肠点片摄影、普通摄影、滤线器摄影、体层摄影等技术。由于这部分是由按键或其它选择器、开关、继电器等组成，故常见故障有以下几种：

（一）接触不良

按键、开关或选择器的触点、继电器的触点在长期使用过程十，触点变形、氧化或灰尘落入均可产生触点接触不良。各按键、开关或选择器、继电器上引线端与触片的焊接或紧固螺钉松动造成引线端与触片接触不良。

这种故障出现时其现象为：无控制命令发出，过载电路工作，有关指示灯不亮或闪动，操作功能失效，但有时工作正常。

检修故障的方法：根据所选择的技术方式，对照电路原理图，观察相应的继电器和执行机构是否工作，判断故障是执行机构还是控制命令发出的故障。是控制回路酌故障，可采用测量、短路法就能较快地找出故障所在。清洁触点调整触片、紧固螺钉或重焊接引线等，视故障情况而定。

（二）断路

按键、开关或选择器、继电器触片严重变形或损坏造成断路；引线焊接端脱开；紧固螺钉脱落；引线自身断路；继电器线圈断路；控制回路保险熔断；元器件自身断路等均引起断路故障。

故障现象：所选择的技术操作不工作，可能有关指示灯不亮或闪动、过载电路不工作。

故障检修方法、检测方法同上。对无法修复的元器件只得重新更换。象引线接端脱开，重新焊接，螺钉脱落重上螺钉紧固好即可。

（三）短路

按键、开关或选择器、继电器触片上引线脱开与周围电器或金属件短路；器件固定件松动、造成器件移位与其它部分短路；绝缘物损坏；某些元件自身短路，如二极管、继电器的线圈等。

故障现象：开机或某种技术操作时，控制回路供电保险熔断，整个控制系统或其它系统无电源，严重短路时有保险爆炸响声或对地放电打火声；造成元器件烧坏并有异味等。

故障检修：有该故障出现，绝对不能再通电试验，以免引起新的故障，使整个系统不能重新恢复使用。用测量与断开法找出故障所在。根据出的故障情况做相应的处理或更换元器件修复。

上述为工频 X 线发生器的操作控制系统的故障检修。而在中高频 X 线发生器中，操作系统的各种工作命令由中央处理器控制，由于是软件系统完成，故障率很低。故障多发生在控制按键、电源、接口电路（IC 芯片），当这些部分出现故障时，控制器均自动显示错误信息，告诉其故障范围，但检测比工频 X 线发生器要难一些。

第九节 X 线发生器高压系统的故障检修

高压系统包括高压发生器、高压电缆、X 线产生组件（X 线管组件）等。在曝光过程中，高压系统各部件均承受很高的电压，故在长期使用中可能时有故障发生，就高压系统的基本结构而言，各生产厂家基本类似。所以这里就不具体介绍哪种类型 X 线发生器高压系统的故障检修，只介绍它们的共同常见故障检修。在进行高压系统检修时，应特别注意，防电击和故障范围的扩大，以免造成不可挽回的损失。

一、高压变压器故障检修

故障检修如表 2-3-42 所示。

表 2-3-42 高压变压器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
mA 表指针冲至满刻度，电压降很大，高压发生器内过载声大，保险熔断，无 X 线	在全波整流式高压发生器中，此现象多为次级经 mA 后的一组线圈对地击穿短路，或两线圈之间击穿，一般由绝缘油质量下降、高压经绝缘物表面击穿	去掉高级初级和各条高压发生器的引线，打开高压箱紧固螺栓或紧固件，抬起高压变压器。检查线圈表面有无放电痕迹，或绝缘油中是否有电击黑色带，用表测量次级线圈对地电阻或比较两组线圈的阻值。若线圈表面与固定件绝缘击穿，线圈无短路击穿，重新采取绝缘措施，更换绝缘油，反之更换高压次级线圈
mA 表指针在零位来回摆动，其它同上	此现象为自整式 X 线发生器，其它同上	去掉高级初级和各条高压发生器的引线，打开高压箱紧固螺栓或紧固件，抬起高压变压器。检查线圈表面有无放电痕迹，或绝缘油中是否有电击黑色带，用表测量次级线圈对地电阻或比较两组线圈的阻值。若线圈表面与固定件绝缘击穿，线圈无短路击穿，重新采取绝缘措施，更换绝缘油，反之更换高压次级线圈
mA 表无指示或微动，其它同上	直接接地的次级线圈对地击穿短路，其它同上	去掉高级初级和各条高压发生器的引线，打开高压箱紧固螺栓或紧固件，抬起高压变压器。检查线圈表面有无放电痕迹，或绝缘油中是否有电击黑色带，用表测量次级线圈对地电阻或比较两组线圈的阻值。若线圈表面与固定件绝缘击穿，线圈无短路击穿，重新采取绝缘措施，更换绝缘油，反之更换高压次级线圈
透视或照片感到穿透力不好，但 mA 指示无多大异常，高压发生器过载声较大，保险熔断。无 X 线	此故障多为次级线圈局部短路。如匝间或层间绝缘物受破坏而引起的短路	去掉高级初级和各条高压发生器的引线，打开高压箱紧固螺栓或紧固件，抬起高压变压器。检查线圈表面有无放电痕迹，或绝缘油中是否有电击黑色带，用表测量次级线圈对地电阻或比较两组线圈的阻值。若线圈表面与固定件绝缘击穿，线圈无短路击穿，重新采取绝缘措施，更换绝缘油，反之更换高压次级线圈
mA 表指针不稳，	高压次级线圈某处断	同上，测量次级线圈的阻值偏大或无限大，重新绕制或

透视时荧光屏或显示器上图像闪动，高压发生器中有吱吱放电声	路，但断端之间距不大，有高压时，断端之间放电	更换线圈
mA 表无指示，无 X 线	同，上，线圈多处断路，断端之间距离大	去掉高级初级和各条高压发生器的引线，打开高压箱紧固螺栓或紧固件，抬起高压变压器。检查线圈表面有无放电痕迹，或绝缘油中无电击黑色带，用表测量次级线圈对地电阻或比较两组线圈的阻值。若线圈表面与固定件绝缘击穿，线圈无短路击穿，重新采取绝缘措施，更换绝缘油，反之更换高压次级线圈

二、X 线管灯丝加热变压器故障检修

由于 X 线管灯丝加热变压器的次级与高压相连，有时会出现高压击穿。其自身由于质量或长期使用初次级线圈都会出现故障，故障检修如表 2-3-43 所示。

表 2-3-43 丝灯加热变压器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
mA 表冲到头或无 mA，电压降大，控制台和高压发生器内过载声大保险熔断	高压箱内绝缘油老化或有水分、杂质，使灯丝变压器线圈绝缘物耐压降低造成线圈对地短路，线圈绝缘物破坏或线圈松动靠至铁芯等造成短路	去掉高级初级和各条高压发生器的引线，打开高压箱紧固螺栓或紧固件，抬起高压变压器。检查线圈表面有无放电痕迹，或绝缘油中无电击黑色带，用表测量次级线圈对地电阻或比较两组线圈的阻值。若线圈表面与固定件绝缘击穿，线圈无短路击穿，重新采取绝缘措施，更换绝缘油，反之更换高压次级线圈
mA 明显偏低，灯丝加热初级电压降大。电流增加	多为次级线圈轻微短路，因次级层间无加绝缘物，长期使用导线外绝缘破坏，或绕制时擦伤引起的短路	同上，也可在去掉高压初级的情况下，取下 X 线管端高压电缆，测量其灯丝加热电压，在初级端接电流表，若灯丝加热空载电压低，次级电流大，次级空载电压低，次级有短路
mA 明显偏高初级电压降大，电流增加	初级线圈局部短路，相当初级线圈减少，使次级电压升高，有此现象绝对不能再通电试验，否则有烧毁 X 线管灯丝的危险	去掉灯丝加热变压器初级引线，测量初级线圈阻值比正常值小；取出该变压器，重新绕制线圈或更换线圈
曝光时无 mA、无 X 线	初或次级线圈严重短路	先检测灯丝加热电路保险或过载保护，测量线圈阻值，其它同上
曝光 mA 无，无 X 线	初、次级线圈断路，次级线圈一般均较粗断路比较少见	测量初级加热电压高出正常值许多，且改换 mA，变化很小，去掉初级引线，测量线圈阻值无限大；重新绕制或更换

三、高压整流器故障检修

高压整流器有两种类型，一种为真空管，另一种为固态硅整流器，前者已淘汰。高压硅整流器常见故障检修如表 2-3-44。

表 2-3-44 高压硅整流器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
mA 表指针冲到头，无 X 线，电压降大，高压发生器过载声大，保险熔断	一个或多个硅整流器短路。长期使用已到寿命，或有过电压、过电流而击穿；绝缘油绝缘程度差或整流器连接松动有高压时放电击穿	去掉高压初级，断开机器电源，用引线对地放去高压电容电压，分别取出四个（单相全波）整流器，用表测量能很快判断所击穿的硅整流器（阻值为零、或变小、正常时正反向阻值均无限大）；整流器损坏无法修复，只能更换
mA 减半	单相全波整流式当一个硅整流器断路，形成半波整流，质量问题或使用寿命已到，过电压或过电流时损坏整流器	同上，用 Mn 表检测或用代换法
mA 无，也无 X 线	至少是同极相连的两个以上硅整流器断路，同上	同上，用 Mn 表检测或用代换法

四、高压交换闸故障检修

高压交换闸是交换 X 线管工作的器件，凡能带两个以上 X 线管的高压发生器均须配有交换闸，实际上它是一个继电器，线圈供低压，衔铁下端带一绝缘架，绝缘架上有两对相互绝缘的动触点，动触点的触片分另引三引线与灯丝加热次级（阴极）相连，阳极端动触点的触片引线与交流输出正极相连。当要使用某 X 线管时，给某 X 线管交换闸线圈供电，吸合衔铁带动动触点与该 X 线管用高压插座上的静触点接触，从而接通该 X 线管的通路。在带两个 X 线管的高压发生器中也有用电动机控制两管交换的，象国产早期 KB、KC—400X 线发生器采用此种方式，现已少见。故故障检修以继电器式为例，如表 2-3-45 所示。

表 2-3-45 高压交换闸故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
曝光时 mA 无指示（有 mA 表）或透视无 X 线，摄影胶片未感光	若有灯丝加热保护的 X 线发生器，保护电路没工作，证明加热正常，这很可能是阳极端的交换闸未工作或触点接触不良；若没有灯丝保护的 X 线发生器，阴阳极端的交换闸不工作或触点接触不好均可引起	选择另一 X 线管试验，若该管工作正常，肯定是交换闸的问题；再交换至有问题的一交换闸，听两交换闸是否均有吸合声，若吸合正常，则必须抬起变压器部分检测交换闸触点；若不吸合，检测交换闸线圈是否正常（用表测量线圈阻值），必要时也得打开高压油箱
过载保护工作，不能曝光	交换闸未工作，交换闸触点接触不良，与动触点相连的引线断开等	选择另一 X 线管试验，若该管工作正常，肯定是交换闸的问题；再交换至有问题的一交换闸，听两交换闸是否均有吸合声，若吸合正常，则必须抬起变压器部分检测交

		换闸触点；若不吸合，检测交换闸线圈是否正常（用表测量线圈阻值），必要时也得打开高压油箱
mA 时有时无或不稳定	交换闸的动触点与高压插座上的静触点接触不良	选择另一 X 线管试验，若该管工作正常，肯定是交换闸的问题；再交换至有问题的一交换闸，听两交换闸是否均有吸合声，若吸合正常，则必须抬起变压器部分检测交换闸触点；若不吸合，检测交换闸线圈是否正常（用表测量线圈阻值），必要时也得打开高压油箱

五、高压电缆故障检修

高压电缆是将高发生器产生的高压和 X 线管灯丝加热电流供给 X 线管，并形成高压回路。进口 X 线发生器的高压电缆一般故障率比较低，但国产的高压电缆由于质量不完全过关，故故障率相对比较高。常见故障和检修如表 2-3-46 所示。

表 2-3-46 高压电缆故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
有 mA 表指示的 X 线发生器，根据不同整流方式和接线，mA 可出现冲到头不稳或倒退，电压降很大，过载声大过载保护工作，并可闻到放电声和焦味；无 mA 指示的发生器，除无 mA 表反应外其它相同	高压电缆插头和电缆的任何部位击穿均可引起。电缆长期使用，绝缘层老化或金属层破坏、有高压时电场分布不均而击穿；电缆头充填不好留有气泡，在高压电场作用下，气体电离放电，击穿绝缘层；加工电缆头不好，使绝缘性能降低；电缆本身质量不好等	由于击穿时留有痕迹和烧焦味，一般很容易找到击穿部位。多发部位在电缆根部和过度弯曲部分。若为根部，将插头取出，截去击穿部分，重新灌注电缆头；若中部或截去击穿部分电缆不够长，则可采取将击穿处小心挖去，用高绝缘胶充填，外表作适当处理，将金属层尽量与原排列一样，再在外采取绝缘保护，将修理部分置在不易移动和不弯曲的位置，最好的办法是更换新电缆
曝光时无 mA 显示；有自动保护系统的保护系统工作，不能曝光	芯线断路。芯线质量不好，或弯曲过度使芯线断开；在灌注电缆头时引线焊不好；电缆使用时间长，老化移动频繁使芯线折断	改换焦点或 X 线管试验，能很快判断哪根引线断路。也可用万用表直接测电缆头两端对相应的端头予以确定。快速解决办法，更换有现存电缆或阳极端电缆正常交换使用
曝光时 mA 偏低许多，或无 X 线。有灯丝加热过流保护的、保护系统工作	高压电缆芯线短路，一般指阴极端，多为在灌注电缆头时，三引线未拉直，当环境温度高，使用过程中，充填剂软化，造成芯线相互短接	取出阴极端高压电缆插头（高发生器侧与 X 线管侧均取下），用万用表直接测量就可证实，重新灌注电缆头或更换或检查阳极用电缆是否正常，若正常，将两根电缆交换使用即可。 注意，将阳极电缆头取出后，测量灯丝加热初级电压判断是否高压电缆芯线短路，再用上述方法测量高压电缆芯线

六、X 线管管套故障检修

这里所说的管套除了金属仓体外，还包括热膨胀器和 X 线射出窗口。常见故障和检修如下：

(1) 管套仓体某处渗油：尤以 X 线管温度高为甚。此故障多为铸造时产生的砂眼，属质量问题。解决办法：更换管套；将油倒出，取出 X 线管和真空注油处理；若砂眼非常小，也可将砂眼向上，待管套冷却不渗油时点焊砂眼即可。

(2) 仓体联接处渗油：此故障一般紧固螺钉松动、紧螺钉时四周用力不一致，造成某处有缝隙；联接处油密封圈损坏只得重新更换。

(3) 射出窗渗油：有机玻璃窗老化或油温过热挤坏；油封损坏或变形；紧固螺钉松动；紧固圈变形或松动。取下射野限制器，很容易直接查出故障所在。根据情况做相应处理即可。

(4) 阳极端头侧渗油：紧固螺钉松动；油密封圈损坏等。查出很容易，螺钉松动重新紧固。油密封圈损坏必须更换。

(5) 阴极端渗油：紧固件松动；膨胀器老化破裂；油温过高挤坏膨胀器等。紧固或调整紧固件；更换膨胀器。

七、X 线管故障检修

由于 X 线管是玻璃真空器件，一般价格都比较高，且易于损坏。故在检修过程中必须认真仔细，一点都不能马虎，否则会造成不可挽回的损失。

常见故障和检修如表 2-3-47 所示。

表 2-3-47 K 线管故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
无灯丝加热保护的 X 线发生器，其它工作正常，但曝光时无 X 线，mA 表无指示	X 线管灯丝断路，灯丝使用寿命已到；灯丝加热电压过高、调节 mA 时错误提高电压等烧断灯丝；灌注电缆头时大小焦点引线焊接错；X 线管大量进气等	观察灯丝是否点亮；测量灯丝加热初级电压高于正常值；去掉电缆，用万用表测量灯丝通路情况，断路时阻值无穷大。灯丝断路无法修复，只能更换 X 线管
有灯丝加热保护的 X 线发生器，保护电路工作，不能曝光	X 线管灯丝断路。灯丝使用寿命已到；灯丝加热电压过高、调节 mA 时错误提高电压等烧断灯丝；灌注电缆头时大小焦点引线焊接错；X 线管大量进气等	观察灯丝是否点亮；测量灯丝加热初级电压高于正常值；去掉电缆，用万用表测量灯丝通路情况，断路时阻值无穷大。灯丝断路无法修复，只能更换 X 线管
X 线照片感光不足，且清晰度降低	阳极靶面损坏。散热不好，造成阳极过热使焦点面损坏；过载保护失效，造成超负荷使用，或使用不当，即连续高负荷使用等，致使焦点面热量累积超过允许极限，焦点面熔化，旋转阳极 X 线管的启动电路故障或定子、转子故障，曝光时阳极转速低或不转，瞬时损坏靶	在 X 线管灯丝点亮情况下，从射出窗观阳极靶面，立即判断阳极是否损坏，若 X 线管的玻璃壁上由于阳极蒸发镀上了金属层，也不能直接观察到靶面，有这种现象也可断定阳极靶有严重蒸发，可能已损坏。阳极靶面损坏不能修复，只得更换 X 线管

	面	
mA 指示偏高且不稳定	真空度轻微降低,这在新 X 线管或长时间未使用的 X 线管,刚开始使用时可能出现该故障,此属 X 线管本身质量问题	出现该故障时,在透视情况下,从低 mA 低 KV 开始训练 X 线管,经老化训练后可继续使用,最好在每天使用前在 2mA 档从低 KV 开始逐渐升高 KV 训练,有利提高其真空度
X 线穿透不足, KV 越增加越明显	真空度降低。X 线管本身质量问题;长期使用,靶和灯丝蒸发使管内真空度低下	行冷高压试验,观察有否辉光现象,该故障可见微弱的辉光。若在 X 线管壁上有较厚的金属层,证明该管已不能继续使用,或呈金属层附于管壁,属 X 线管本身质量不好,也不能使用必需更换
mA 指示满度或指针颤动,电压降大过载声大,过载保护工作,保险熔断	严重真空度下降。超负荷使用;X 线管质量不好;长期使用,靶和灯丝自然蒸发;操作不当使 X 线管强烈受振或绝缘油绝度下降,油内有杂质通高压时放电等致使 X 线管壁产生裂隙,大量进气	若有两个工作台(即两个 X 线管),交换至另一台试验,另一台正常,取下 X 线管侧两高压电缆插头(不要完全取出插座),有灯丝加热保护的得采取措施不让保护电路工作;在低 mA 和低 KV 下曝光试验,能很快判断肯定 X 线管严重漏气,该故障无法修复,只能更换 X 线管

第十节 中高频 X 线发生器故障检修

中高频 X 线发生器可靠性比工频的高,故障率也比工频的低。一旦出现故障时,它能自动显示故障信息,告诉其范围,但检修有一定的难度。下面介绍岛津 UDI50 和西门子 POI. Y-DOROS 系列 X 线发生器的故障检修。

一、UDI50 系统 X 线发生器检修

当所选择的条件超过所用 X 线管和 X 线发生器容许的最大或最小值时,控制台显示器显示故障信息,“OVER”灯亮的处理方法。如表 2-3-48 所示。故障检修如表 2-3-49 所示。

表 2-3-48 UDI50X 线负载参数选择错误显示故障信息

错误信息“OVER”指示灯状态	原因	处理方法
mAs too Small 亮	所选择的 mAs 小于 0.5mAs 或 mA 低最小 mA 值	重新选择 mAs 或 mA
Emission OVER 亮	KV 选择过低或低 KV、mA 调整不准确	重新选择 KV,必要时重调 mA(低 KV=40 档)
Tube Load OVER 亮	所选择条件超过所用 X 线管的额定值	降低条件
mAs OVER 亮	mAs 超过 800mAs,一般正常使用不会出现,由安装调试或维修后技术参数设置不对	按安装说明重新设置有关技术参数。
Generator Load OVER 亮	所设置的额定参数超出该 X 线发生器额定	按安装调节说明重

	值。当所选择条件超过本 X 线发生器的额定值时	新设置有关额定参数
Please Get mAs down 亮	所用 X 线管的管电流值, 所设置的 mAs 超过 10Sec(两钮技术), 对所使用 X 线管在参数设置时, 没设置对	根据所用 X 线管重新设置
HU OVER predicted 亮	所选择的条件超过所使用 X 线管的累积热容量	降低条件, 使错误消失为止

表 2-3-49 UD150X 线发生器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
HU Full Stored OVER 灯亮	X 线管累积的热容量超过允许的值, 连续大负荷曝光。	不要连续大负荷使用, 间隙时间要适当长些
Thermal OVER OVER 灯亮	X 线管组件上的热开关工作。使用大负荷、旋转阳极定子或转子有问题引起过热, X 线管有问题	检查 X 线管套外是否过热, 不热, 热开关的故障, 过热, 采取冷却措施, 使 X 线套冷却, 在错误信息消失后, 试验 X 线管旋转阳极是否正常。不正常检测旋转阳极启动电路和定子线圈; 旋转阳极正常, 观察使用, 若不出该故障, 则为使用不当, 继续出现故障, X 线管或绝缘油有问题
Line Voltage OVEROVER 灯亮	所供电源电压超出允许范围, 或电源电压检测电路故障	若经常出现该现象, 则应改善供电电源质量, 如加稳压器。当外供电源正常, 仍有该现象, 检测 EMC—90 板上有关 LV0VR 控制部分
mA Trouble OVERFAULT 灯亮	灯丝加热控制器的故障	检测 MA CONT UD 板 mABR 和 MASP 信号输入前级判断故障来自何单元, 多数在 mAPOWERTUD 有问题
Fluo Over CurrentOVER 灯亮	透视管电流超过 6mA。透视 mA 调节错误, 或灯丝加热电路和高压、X 线管有故障	先测量 Measure—70 板 CP1, 点电位, 检测设置透视 mA 是否正确, 其比率为 1V / 1mA, 不正确重新设置; 正确逐级检测后级透视 mA 控制信号, 若 mA 控制信号正常, 检测灯丝加热初级、次级、X 线管和高压系统, 逐一排除
Radio over Current OVER 和 FAULT 灯亮	摄影管电流超过所选 mA 的 13%, IF 调节不当; 灯丝加热、高压电路或 X 线管有问题	测量 mACONTUD 板 CP1, 点电位, 是否正确, 不正确, 重新设置; 正确逐段检测后级控制信号和灯丝加热初级电压、电流, 若正常则为高压电路和 X 线管的故障
Set v0ltage OVEROVER 灯亮	管电压设置值不正确, 在安装或维修时设置不对	重新设置
Charge Volt TroubleOVER 、 FAULT 灯亮	逆变器直流供电电路中的平滑电容充电故障, 或充电电压检测电路故障	在 KVCONT—90 板测量 VP ₁ 、VP ₂ 电位, 不正常, 检测前级和平滑电容; 正常检测 VP 可确定 A ₁₁ 是否损坏
Feedoack Trouble	管电压反馈电路故障; 高压	测量 KVCONT—90 板 CP ₃₁ 和 CP ₃ , (曝光过程中) 电位与

OVER、FAUIT 灯亮	初级, 高压次级等高压系统 断路或阳极端高压电缆接 触不好	所选择 KV 是否相对应。是, 检测后级电路; 不是, 检 测高压初级电压, 不正确, 高压初级控制故障, 反之高 压系统故障
Measurd KV OVER OVER、FAULT 灯亮	实际管电压超过允许范围。 高压初级供电电压不正确; mA 调节不对; 高压系统或 X 线管打火等	检测逆变器触发脉冲; 检测高压初级电压是否正确, 若 mA 或 mas 输出低, 重新调整 mA; 上述正常, 高压系 统或 X 线管的故障
mA Troable OVER、 FAULT 灯亮	灯丝加热控制器故障。安 装或维修时 mA 调整错误等	先检查相应 mAIF 值是否正确, 不正确, 重新设置; 正 确, 检测加热控制系统

二、POLYDOROS 系列 X 线发生器故障检修

POLYDOROS 系列 X 线发生器自动化程度要高于 UDI50 系列的 X 线发生器。特别是在维修服务诊断方面考虑得比较好, 如在发生器柜前右上有一块 Dgo 维修服务板, 在板上可测量到与 X 线有关的主要参数和主要直流电源电压。各工作状态以指示灯亮形式表示, 非常直观, 一旦有故障, 只要观指示灯亮情况就能较准确地告知你故障在何范围内, 同时控制台可能有错误信息显示, 为准确判断故障和维修提供了有力的帮助。这里笔者只向读者介绍该 X 线发生器可能出现的故障信息和可能发生故障的部位, 如表 2-3-50 所示。

表 2-3-50 POLYDOROS 可能故障信息和部位

故 障	可能故障原因部位
1	控制台 D89 板故障; D89 插接不好; 直流供电电压不正确
5	控制台 D89 板故障; D89 插接不好; 直流供电电压不正确
6	D89 板 RAM 损坏; 控制台 D89 板故障; D89 插接不好; 直流供电电压不正确
7	计时器故障; 控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
9	未选择工作台
10	D89 板 J33EPROM 损坏或它的控制逻辑故障
11	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
12	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
13	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
14	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
15	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
16	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
17	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
20	控制台 D ₈₉ 板故障; D ₈₉ 插接不好; 直流供电电压不正确
30	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题; 控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题; 控制柜与控制台 FOC 连接问题
31	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题; 控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃

	故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
32	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
33	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
34	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
35	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
36	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
39	控制台 D ₈₉ 板故障；D ₈₉ 插接不好；直流供电电压不正确。控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题，控制柜 D11 板 V33 亮。
40	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
41	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
42	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
43	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
44	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
45	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
46	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
51	CPU 连接故障 (RSS)，一般在开机时出现
52	CPU 连接故障 (RSS)，——一般在开机时出现
53	CPU 连接故障 (RSS)，一般在开机时出现
54	CPU 连接故障 (RSS)，一般在开机时出现
80	控制台 D89PJ24PROM 故障 (可能接触不好)
81	D89 (控制台) 板 J25PROM 故障 (可能接触不好)
82	D89 (控制台) 板 J26PROM 故障 (可能接触不好)
100	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题 (控制柜 FLO 发送后，控制台无 FL 释放)
101	Ir>16ref (上显示 D2(-)或 Ur6actual<>Ur6ref (显示 D42) 或电流测量电路转换不好

102	lhactual<>lhref (显示 D ₂₅ 和 D ₂), 在灯丝变换器短路的情况下, 不显示 D ₂ ; 和 D ₂
103	SS 接触器没有工作或通过 ASK16 的门的触点不好
104	在 D ₅₅ 中间监测 UZ 二 UZre 信号错误, (Uzmin、Uzmax、Id-max)
106	ZB 后, 控制台没有传送任何数据到控制柜, 控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题; 控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题; 控制柜与控制台 FOC 连接问题
109	在初始化期间摄影信息输入电路故障 (检测 D ₄₅ 、D ₄₀ 、D ₃₀ / D ₃₀₀ 、D ₃₅)
110	读回 Jhmax 所需值超出输出 Jhmax, 所需值容限的 ±200MV (D ₃₀ / D ₃₀₀ 调整 OK?用 D ₃₀ / D ₃₀₀ 试验程序试验 OK?)
111	读回 JL 值超出输出几所需容限值的 ±200mV (D ₃₀ / D ₃₀₀ 调整 OK?用 D ₃₀ / D ₃₀₀ 上试验程序试验 OK?)
112	读回 Vz 值超出输出 Vz 所需值容限的 ±200mV (D ₃₀ / D ₃₀₀ 调整 OK?用 D ₃₀ / D ₃₀₀ 上试验程序试验 OK?)
113	读回 Vtube 值超出输出 Vtube 所需值容限的 ±200mV 读回 V: 值超出输出 Vz 所需值容限的 ±200mV (D ₃₀ / D ₃₀₀ 调整 OK?用 D ₃₀ / D ₃₀₀ 上试验程序试验 OK?)
114	A / D 转换电路故障 (模拟—MUX、SH、A / D 转换器) 读回 Vz 值超出输出 Vz 所需值容限的 ±200mV (D ₃₀ / D ₃₀₀ 调整 OK?用 D ₃₀ / D ₃₀₀ 上试验程序试验 OK?)
115	读回 Jtubt 值超出输出 Jtubt 所需值容限的 ±200mV 读回 Vz 值超出输出 Vz 所需值容限的 ±200mV (D ₃₀ / D ₃₀₀ 调整 OK?用 D ₃₀ / D ₃₀₀ 上试验程序试验 OK?)
116	X 线管在连续工作期间旋转阳极启动器故障 (N81 启动器上出现 10、53、58、35 错误码)
117	ZB / ANL (D ₃₀ / D ₃₀₀ • D ₁₄) 发出后启动器错误 (D ₃₀ / D ₃₀₀ \ D ₁₄ 、D ₃₀ / D ₃₀₀ 、F ₃₀ 发出信号), 可能启动器有故障
118	ZB / ANL (D ₃₀ / D ₃₀₀ 、D ₁₄ 、D ₃₀ / D ₃₀₀ 、F ₃₀) 发出信号前启动器中有错误 (启动器有 54 / 01 错误码)
119	X 线管阳极运转相序错误 (启动器出现 51 / 58 / 53 / 34 错误码)
121	控制柜中 D ₁₁ 故障; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障等
122	控制柜中 D ₁₁ 故障; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障等
123	控制柜中 D ₁₁ 故障; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障等
124	控制柜中 D ₁₁ 故障; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障等
125	控制柜中 D ₁₁ 故障; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障等, 控制台 D ₃₄₀ 接触不好; D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障
128	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
129	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
130	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
131	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
132	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障;

	控制柜到控制台 FOC 连接故障
133	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
134	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
135	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
140	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
141	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
142	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
143	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
144	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
145	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
146	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障或油压开关的问题 (D ₃₆₀ 板上 X4 连接器) 或 D ₃₁ X 2. F8 接触不好
147	控制台中 D ₃₄₀ 损坏; D ₃₄₀ 接触不好; 供电电源故障; 控制柜中 D ₁₁ 或 D ₃₃ / D ₃₄₀ 损坏; 供电电源故障; 控制柜到控制台 FOC 连接故障
160	FL 单元故障; 所选择装置没有 FL 单元
161	K1 插头在 D ₃₁ 上设编程
162	控制台在 D ₃₂ 上设编程
163	电离室在 D ₃₂ 上设编程
164	X 线管 PROM 失效
170	到 Digimatik (D39) 或 Digimatik (115) 中接口故障; KV 或 MA 总线上编码错误
180	FL 方式译码期间错误
181	透视接口 D ₃₆ 脱出或损坏
184	电离室 (光电限时) 接口 D ₃₂ 脱出或损坏
185	D ₁₁ 损坏; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障
186	D ₁₁ 损坏; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障
191	D ₁₅ 板上 J ₃ 的 PROM 试验出错
192	D ₁₅ 板上 J ₈ 计时器试验期间出错
193	到 X 线管负荷计算机的接口 (D ₁₁ / D ₁₅) 中有故障
194	到 X 线管负荷计算机的接口 (D ₁₁ / D ₁₅) 中有故障

195	到 X 线管负荷计算机的接口 (D ₁₁ / D ₁₅) 中有故障
196	到 X 线管负荷计算机的接口 (D ₁₁ / D ₁₅) 中有故障
197	到 X 线管负荷计算机的接口 (D ₁₁ / D ₁₅) 中有故障
198	到 X 线管负荷计算机的接口 (D ₁₁ / D ₁₅) 中有故障
199	到 X 线管负荷计算机的接口 (D ₁₁ / D ₁₅) 中有故障
200	逆变器短路
201	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 (G ₁)
202	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 (G ₂)
203	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 (G ₃)
204	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 (G ₄)
205	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 (G ₅)
206	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 (G ₆)
207	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 ((G ₇))
208	D ₃₁ 上所选用装置编程序错误 (G ₈)
209	D ₃₁ 上 X 线管程序错误 (1 管)
210	D ₃₁ 上 X 线管程序错误 (2 管)
211	D ₃₁ 上 X 线管程序错误 (2 管)
212	D ₃₁ 上 X 线管程序错误 (4 管)
221	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
222	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
224	控制柜与控制台之间数据传送故障，控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
225	控制柜与控制台之间数据传送故障。控制台 D ₃₄₀ 板接触不好、D ₃₄₀ 失效、电源问题；控制柜 D ₁₁ 、D ₃₃ 故障电源等问题；控制柜与控制台 FOC 连接问题
228	所谓 KV 值>X 线管 PROM 中给定的 KV 值，D ₃₁ 上设置的 KV>X 线管 PROM 的最大 KV 值， 用乳腺摄影时 KV>49KV
240	用乳腺摄影时 KV>X 线管 PROM 的最 KV 值
241	KVLMITPROG 超过 D ₃₁ 板上所设置 KV
242	首次使用加负载太长
243	IROE 实际值超出正容限 (D ₃₀ 试验 OK)
244	IROE 实际值超出负容限 (D ₃₀ 试验 OK)
245	负荷计算 1 错误；KV 值没存在 IROEPROM 中
246	负荷计算 2 错误；KWS 值没存在 IROEPROM 中
247	用 3 钮技术时负荷计算 3 错误；IS 调节时间<允许时间
248	负荷计算 4 错误；X 线管电流值没有存在 IROEPROM 中
249	POLYDOROS 不能识别的程序

250-	
255	D ₁₁ 损坏; D ₁₁ 插接不好; 供电电源故障

当出现表 2-3-63 中所列故障信息时, 先观察控制柜中 D11 板上的 J117-119 三个显示器是否显示错误码, 可以进一步告诉故障所在部位, 其错误码所表示的意思请读者参考说明书。出现故障时为了排除故障, 说明书中还给出了如何运行试验程序, 能比较准确地诊断出故障所在位, 给维修提供了很多方便。

第十一节 附属设备的故障检修

一、活动滤线器的故障检修

目前使用的活动滤线器有两种, 即弹簧振动式和电动机带动往复式两种。由于频繁使用, 故其故障率相对比较高。常见故障检修如表 2-3-51 所示。

表 2-3-51 活动滤线器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
用滤线器摄影时, 有时所摄照片上有铅条影, 尤以长时间曝光为甚	若为弹簧振动式多为四根弹簧片松动或调整不好, 弹簧变形或损坏; 衔铁或电磁铁架固定螺钉松动使滤线器移动受阻。 若为电动往复式则可能是: 电动机速度不准确; 滑道有脏物或变形等	重新调整四弹簧片位置并固定牢, 用手动试验活动应灵活; 调整衔铁或电磁支架位置并紧固好 先清洁滑道或整形滑道; 电动速度应在电路中调节或更换电机
用滤线器摄影时滤线器不工作, 不能曝光	控制器至滤线器的引线松动或断路; 供电电源无; 整流器损坏; 电磁铁线圈断路或短路; 电动机控制故障或电动机线圈断路等	去掉高压初级, 根据电路图逐段测量, 能较快判断故障所在。若整流器、电磁铁线圈, 电动机线圈断路或短路则必须更换
用滤线器摄影时, 滤线器移动, 不曝光	曝光控制触点接触不良或触点损坏、引线断开	去掉高压初级, 用测量电压的方法判断, 或关掉机器电源, 直接测量、清洁触点或调整触片、焊接引线

二、普通摄影床故障检修

普通摄影床现今用得比较多的为浮动式。有床面纵向浮动和床面纵横向均浮动两种, 其制动有电磁和手动机械式两种。常见故障检修如表 2-3-52 所示。

表 2-3-52 普通摄影床故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
床面移动不灵活刹车失灵	床面滑道变形; 滚动轴承损坏或太脏; 滚动轴承调整不好; 刹车调整不好	手动机械刹车可重新调整位置并紧固, 损坏严重不能修复的, 必需更换或重加工; 电磁刹车测量其线圈供电或线圈本

		身, 调整位置等
刹车失灵	长期使用固定螺钉松动或磨损; 电磁刹车供电故障; 电磁刹车线圈短路或断路	滑道变形取下床面板正; 清洁轴承; 调整刹车
滤线器架活动受限	滑道太脏或生锈; 滤线器架变形或四个滑轮位置调整不好或损坏	清洁滑道; 调整滤线器架或紧固螺钉; 调整或更换滑轮

三、X 线管组件保持装置故障检修

1. 与摄影床为一体 X 线管组件保持装置故障检修 这种保持装置一般为 X 线中心与滤线器中心始终保持一致, 焦一片距有可变和不可变两种, 保持装置有可移动和不可移动两种形式。常见故障多为: 移动不灵活, 一般由机械故障或调整不合适、滑润不等引起, 根据其故障情况采取相应的措施予以修复; 电磁或手动机械刹车故障, 重新调整或更换即可。

2. 单地轨式 X 线管组件保持装置故障检修 常见故障也是移动受限, 由机械和电磁刹车故障引起。检修方法同上。

3. 天地轨式和悬吊式 X 线管组件保持装置故障检修 常见故障和检修方法同上。

四、体层摄影装置故障检修

1. 简易体层摄影装置故障检修 该装置一般只能行直线体层摄影, 由摆杆、定位器、驱动器、制动器等部分组成。其故障检修如表 2-3-53 所示。

表 2-3-53 简易体层摄影装置故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
层面不对 (实际层面与标称指示层面不一致)	摄影床面变形; 一般床面在长期使用期间沉下; 定位器指示针松动或变形	用水平仪检测床面是否平直、若床面变形必须校正, 再用第三节有关 X 线体层摄影装置的调校方法调校
断续或不曝光	定位器的扇形板变形; 扇形板导电环某处损坏或不清洁; 曝光触点变形等	取下定位器, 若扇形板变形不严重可校整, 严重者则应更换; 导电板有脏物应先清洁, 若有损坏, 小面积可采取镀锡严整, 大面积或损坏严重应更换扇形板; 校整曝光触点
X 线管组件保持装置移动不平稳	天地轨变形或有脏物或横臂旋转部分不好; 体层摄影装置与摄影床的连接松动; 定位器上摆杆定位滑道变形	去掉摆杆, 保持装置置在普通摄影位, 移动保持器, 检查其纵向移动是否灵活; 转动横臂检查活动情况; 检查连接和定位滑道滤线器移动情况
按下曝光准备开关, 驱动器不工作	控制电路故障; 控制器至摄影床或摄影床至驱动器的电缆接插不好; 引线或驱动电机线圈断路; 供给驱动电机的电源有故障等	用测量法逐段检测驱动控制回路或供给驱动电机的电源

2. 多轨迹体层摄影装置故障检修 多轨迹体层摄影装置与简易式相比, 其结构复杂得多, 形式也多样化, 故障也可能各不相同。这里以西门子 Multiplanigraph 3D 为例, 简述其

常见故障检修, 请参见表 2-3-54。

表 2-3-54 Multiplanigraph 3D 故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
层面不对	床面变形(一般下沉); 调整不准确; 层高指示器故障	先用水平仪测量床面水平情况, 必要时校整床面水平。然后用层厚测试仪行体层摄影, 通过所摄影胶片观其层厚误差, 打开床旁体层摄影控制盒, 从层高机械显示器的联动轴上取下卡档圈, 松开卡环, 将联动轴上的啮合离开显示器的啮合, 手动显示器啮合齿轮, 使显示器上的显示数字与所摄影胶片上实际层厚一致, 再曝光试验反复调整, 直到满意为止
摆动不稳定	悬吊架轨道变形或轨道内有脏物; 链条松紧度不合适, 长期使用或调整不当等引起	用测量轨迹的方法可观察到体层摄影轨迹不好。先清洁轨道和链条并加滑润剂, 再测检轨迹, 若故障仍存在, 则应按调节说明书调整链条的松紧度
自动中心不准确 (即摆杆不在垂直位)	长期使用悬吊架上纵横移动跟随电位器固定件松动, 或电位器阻值发生变化; D ₈ 电路板上 R ₄₉ 、R ₅₀ (纵)、R ₅₄ 、R ₅₅ (横) 电位器阻值改变等	按调节说明书中第 3. 2 项调整自动中心
直线体层摄影轨迹不对称, 其它轨迹始末端有开或重合过多	该故障一般只能在质量控制或大检测时发现。多为长时间没有校准或某元件性能发生变化等	按调节说明书的第 5~8 进行重新调整
实际曝光时间与所选轨迹标称时间不一致	调整不当或速度控制电路有故障; 使用时间长未做校准; 发生器中与各轨迹相匹配时间控制电路故障(一般该电路控制时间比所选轨迹设定时间短才发生该故障)	按调节说明书第 4、5、8 项重新调整, 该部分校准后再校准 X 线发生器 D ₉₃ 电路板与轨迹相匹配的时间
直线体层摄影正常, 其它轨迹摄影按下曝光准备开关后驱动不工作	由于直线正常, 证明驱动控制系统 D ₁₂ 、D ₁₃ 板可能没有故障, 很可能是正、余弦波形发生器 D ₁ , 板的问题等。	首先测 D ₁₁ 板 ±15V 电源, 然后用示波器测量 D ₁₁ 板 17、18 输入、输出的波形, 波形无或不正常, 可采用替换法替换有关元件
除直线外其它轨迹体层摄影均正常	直线控制电路故障, 如 D ₆ 板损坏, D ₅ 板 12、13 等损坏	测量 D ₅ 、D ₆ 板上有关集成块输入、输出的信号电位就能很快判断其是否有问题
各种轨迹均不工作	直流电源、主电源 U ₁ 、U ₂ 、U ₃ 保险熔断	测直流电源和主电源即可

五、电动诊视床故障检修

电动诊视床有近控和遥控操作两种类型。机械结构和控制电路结构各厂家差别较大,故故障检修不可能一致。这里只以上海医疗器械厂 X02 型近控电动诊视床和日本岛津 ZS-30 遥控电动诊视床为例,简述故障检修。

1. X02 近控电动诊视床故障检修 如表 2-3-55 所示。

表 2-3-55 X02 电动诊视床故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
床身和床面电机反转	此故障为 011、012、013 输入三相电源相序不正确,一般在配电系统检修或倒电时致使相序错误	一旦出现该故障,应立即断开机器电源,与配电室联系,让其校准相序或在配电系统不再改动情况下,将 011 与 012 或 013 交换接入电闸,一定告诫配电室人员不能再出现相序错误
床身运转时,电机声音大且动转慢	机械故障:减速器漏油致使减速齿轮滑润不好;主传动轮与大齿盘齿合不好或滑润差,制动电磁铁位置不合适。 电路故障:若是某一运转方向出现,则为 ZC ₄ 或 FC ₄ 触点接触不好;两方向均一样,可能是。与 11 无电源供给或引线断路;ZDT 线圈断路;ZD 电机某组线圈短路或断路等	去掉 ZD 上传送皮带,用手动摇把摇动减速器主轴,以观察减速器与大齿盘和主传动轮啮合情况,若不好,清洁并上滑润剂或调整、更换减速器。 去掉 IRD1-IRD3 保险,行床身运转试验,用摇把能否摇动,不能摇动,检查 ZDT 位置和测量 512 与 0 之间有无电压判断 ZC ₄ 或 FC ₄ 触点接触和 ZDT 工作情况,电压正常,ZDT 线圈断路,更换;若能摇动和 ZDT 工作正常 ZD 电机有问题,更换
床身或床面运转,某一方向工作正常,另一方向不工作	限位开关位置不对或触点接触不好、损坏;控制开关触点接触不好或损坏;能运转组接触器在不能运转组接触器线圈供电回路的触点接触不好或引线断路;接触器线圈断路或在电机供电回路中的触点接触不好或引线断路	首先做运转试验,观察应工作的接触器是否工作。若工作,该接触器的触点接触或引线问题(用测量法);若不工作,则检测该接触器线圈供电回路的限位开关,直接测量接触器线圈两端的电压很快能判断故障所在
床身和床面运转均不工作	该故障为公共控制部分的故障。如三相电源无;3RD 保险熔断;BHC 接触线圈断路;BHC 线圈供电回路限位开关接触不好或损坏,或引线断路	首先测量三相电源是否正常,再观察 BHC 是否工作。可按下故障复位按钮观 BHC 是否工作,不工作 3RD 或 004、031 引线断路,BHC 工作检测限位开关和引线

2. 配 X02 诊视床的点片装置故障检修 如表 2-3-56 所示。

表 2-3-56 配 X02 诊视床的点片装置故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
点片时荧光屏不制动	2ZDK 点片制动开关位置不对或该开关顶压杆损坏	用于动制动开关试验应制动,调整 2ZDK 位置或检查其顶压杆
点片托片架移至	若阳极不旋转,可能是 WZK 触点接触不	用测量电乐法即时判断 WZK 开关与连

曝光位时, 旋转阳极不旋转或不曝光	好或损坏或至 WZK 的引线断路; 若旋转阳极和准备正常但不曝光, 则为 WK 开关接触不好或损坏, 至 WK 的引线断路	接至该开关引线正常与否, 同样用测量电压法判断 WK 和连接至该开关引线是否正常
点片摄影胶片价格不准确	DLK 或 UJK 开关, 接触不好或损坏; 0 与 11 之间无电源供给; BJ 线圈断路; UJ 机械故障; 定位电磁线圈断路; 定位电磁铁衔铁杆卡此或复位弹簧损坏	先测量 0 与 11 之间供电是否正常; 检查当点片托片架从曝光移至停止位时, UJ 带动的指示器是否转动, 若不转动, 检测 DLK 和 UJK、引线和 UJ 线圈; 转动检测 BJ 带动刷和定位电磁铁是否正常

3. ZS-30 遥控电动诊视床故障检修 如表 2-3-57 所示。

表 2-3-57 ZS-30 电动遥控诊视床故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
床身、床面纵向、点片换片器架等运转方向错	此故障为 011、012、013 输入二相电源相序不正确, 一般在配电系统检修或倒电时致使相序错误	一旦出现该故障, 应立即断开机器电源, 与配电室联系, 让其校准相序或在配电系统不再改动情况下, 将 011 与 012 或 013 交换接入电闸, 一定告诫配电室人员不能再出现相序错误
床身、床面纵向、点片换片器架运转时, 声音大, 速度慢, 保险熔断	减速器或机械传动部分滑润不好、啮合不好等; 电动机刹车供电回路或刹车线圈断路、短路; 电动机定子绕组有短路, 电刷接触不良等	先检查传动机械部分是否正确, 必要时予以清洁或上滑润剂及调整; 去掉电机供电引线, 操作运转试验, 观其电机刹车是否工作, 若工作, 有可能电动机有问题, 或刹车位置不好, 反之检测刹车供电回路
某一方向运转正常, 而另一方向运转不工作或位置不对	限位开关触点接触不好或损坏; 接触器触点接触或触点片上引线故障; 接触器线圈断路	首先做运转试验, 观察应工作的接触器是否工作。若工作, 该接触器的触点接触或引线问题(用测量法); 若不工作, 则检测该接触器线圈供电回路的限位开关, 直接测量接触器线圈两端的电压很快能判断故障所在
除压迫器和床面横动能工作外其它均不工作	肯定是 200V 的三相电源供电不对或床基部三个保险熔断; RO 接触器没工作等	先测量输入三相电源, 正常, 检测三个保险, 保险正常, 用测量法判断 RO 工作情况
所有运转功能均无	L ₀ 与 AO 或 L ₁₀₀ 与 A ₁₀₀ 之间的保险熔断; L ₀ 与 L ₁₀₀ 无 100V 电源	先测量 L ₀ 与 L ₁₀₀ 输入电源, 正常检测保险

4. SFC-65 点片换片器故障检修 如表 2-3-58 所示。

表 2-3-58 SFC-65 常见故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
所照胶片上有静电痕迹	环境湿度变小; 传片系统接地不好; 传片滚轮过紧; 胶片厚; 传片速度过快	首先检查机房湿度和胶片。若湿度、胶片无问题, 检查接地和传片滚轮, 若上述均正常, 则要检测校准传片电机速度或改变伺服放大电路板上 R11B-03 电阻值(减

		小), 使电动速度减慢
按下选片按钮后, 过一会 SWEEP 灯亮, 无胶片显示(指示器不亮), Ready 灯不亮	胶片尺寸偏大; 供片盒变形; 吸盘脱落、不平或损坏; 真空泵漏气或不工作; 真空管道漏气或电磁阀工作不正常; 卡片; 控制电路故障	首先检查有无卡片, 若无卡片, 打开换片器外罩, 检查吸盘有无脱落, 吸盘无脱落装上试验片, 试验吸盘、真空泵和真空管道电磁阀等。上述均正常, 打开控制器外罩, 用 SA 或 SB 开关复位, 再试验选片工作是否正常, 正常, 是 SMA 或 SMB 工作不对, 不正常检测控制电路
点片分格不准确	增感屏架停止原点位不对; 调整分格电位器阻值改变; $\pm 15V$ 电源电压值变化	按安装调节说明书检查调整增感屏停止原点位(用 V_2 调校); 各分格用有关电位器校准
按下选片按钮后, Advance 灯一直亮	此故障表明吸片正常, 可能是 MR-A 或 MR-B 程序器、某控制继电器或延时器工作不正常, 如 R55A、KR9A、DC 伺服放大电路板 K3B 或放大器、集成电路有故障	装试验片, 选片吸片提起, 按控制器继电器板上 SA 键, 观传片工作否? Ready 灯亮否? 若不是, MR-A 有问题或某继电器触点接触不好, 或 MR-B 有问题, 若是, 控制 MR-A 的控制回路不正确, 按动作程序图观察 R55A、KR9A、K3B 是否工作, 即可找到故障所在

SFC₆₅ 点片换片器的电路结构与 SFC₅ 或 15 的电路结构基本类似, 在国内使用的用户比较多。SFC₆₅ 点片换片系统的结构、工作原理和详细的电路分析请读者参考 SFC₆₅ 技术说明或有关资料, 故这里就不再详细列举其故障检修, 只是简述最常见的故障检修。

岛津在 90 年代初开发了一种标准化的控制器 (USBC₈₅), 可与各种无暗盒遥控床匹配。由于它是微机控制, 故结构简单, 自动化程度较高, 可靠性好, 故障率较低。即使出现故障控制器自动显示错误信息, 故障检修可按技术手册中 USBC₈₅ 现场服务方法章进行, 给维修工作人员提供了方便。

六、快速换片器故障检修

目前用得比较多的是 PUCK 快速换片器。它已从旋钮、继电器、穿孔式发展到微机化, 前两种已基本完全淘汰。由于微机化控制使得可靠性和自动化程度高, 故障率低, 且有自动故障诊断系统, 检修相对比较容易。故这里仅以西门子穿孔程序控制式 PUCK 换片器为例, 简单介绍一些常见故障检修实例, 如表 2-3-59 所示。

表 2-3-59 穿孔程序控制 PUCK 换片器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
按下曝光准备开关后, X 线发生器准备正常, 但松开该开关时换片器没有起动	控制器至换片器的电缆接插不良或引线断路; K_5 插头接触不良; PR_6 线圈断路; 速度控制板中 PR_{19} 控制回路故障; 串在 PR_{19} 线圈供电回路的 PR_{15} 和 PR_6 触点接触不良; PR_1 线圈断路; PR_1 控制 am1 电	松开曝光准备开关, 观 PR_6 工作否, 不工作, 检测 K_5 接插, PR_{11} 的 1、3 触点和 PR_6 线圈; 反之观 PR_1 工作否, 不工作, 检测 PR_6 的 1、3 和 PR_{15} 的 1、4 接触以及 PR_1 线圈, PR_1 工作, 检查控制器到换片器的电

换片	机运转的触点接触不好; G ₂ 板接插不好; am1 电机供电回路故障或 am1 有问题	缆接插是否良好, 检查 am1 供电回路等逐一排除
已曝光胶片没有完全进入收片盒, 造成卡片	此故障多由机械故障引起, 如收片盒变形或内部某元件松动或脱落致使胶片不能完全进入; 胶片进入收片盒通道传送轮松紧不一致; 胶片引导器损坏	首先检查收片盒是否正常, 无异常, 打开换片器主体外罩, 检查胶片引导器是否完好或变形(该引导器为塑料片), 正常, 试验传胶观胶片进入收片盒途中有无偏斜, 是, 应调整传送轮的松紧度, 使两侧一致
运转速度过快或过慢	速度控制板 G ₁ (402)i 板 1、C ₃ 、V ₁ 故障; V ₁ 基板控制信号电压升高: 如 R ₉ 、R ₈ 、R ₅₁ 、R ₅₂ 、R ₁ -R ₆ 等阻值发生变化	检测 G ₁ 板上各测量点的电位(改变运转速度程序测量比较); 把 G ₁ 取下测量町凝元件是否正常或用替换法能比较快地找出故障所在
所摄影胶片未曝光	串在曝光释放回路的 PR ₆ 、s12、s13 的触点接触不好; 控制器到换片器或到 x 线发生器的电缆接插不好或引线断路	先检查 X 线发生器是否正常, 不正常检修之; 反之再用测量法检测町凝部分
到设定程序停止位时胶片驱送和曝光不能自动停止	穿孔卡程序设置错误(在 Stop 线上未打孔); 穿孔卡读出器上 b8 灯损坏或位置不对; G3 板 V4、V10、V15、V16、G1 板上 V17、V18 或该回路中某电阻、电位器等损坏; G1、G3 板插接不好; PR13 线圈断路	将程序穿孔卡插入穿孔卡读出器座, 进入读出器, 观郎灯是否亮, 不亮灯损坏, 更换; 亮, 检查程序穿孔卡 Stop 线上打孔否, 上述正常, 移动程序穿孔卡至停止位, 观 B8~B11 灯息否, 不息, 检查 G1、G2 板插接和测量两板与停止有关的元件

七、电动高压注射器故障检修

电动高压注射器种类较多, 电路结构差异大。限于篇幅这里只能以西门子 SIMTRAC—DH 电动高压注射器为例, 简述其常见故障检修, 如表 2-3-60。

表 2-3-60 SIMTRAC—DH 故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
接通电源后只有电源开关上的指示灯亮	±12V 电源电路故障; K ₅ 继电器在+24V 供电回路的触点接触不良; F-UE 电路故障如 D ₃ 、H ₃ 、K ₅ 线圈断路、R ₈₁ 断路和 D ₂₇ 击穿; JIV 或 J5S 接插不好	打开控制器外罩检查 F ₄ 、F ₅ 保险, 测量±12V 电源; 检查 JIV 或 J5S 接插; 开关电源观 K ₅ 是否工作, 若工作, 测量 JIV 的 20 有否+24V, 无, 该回路 K ₅ 触点接触不良, 有, 测量 J5S 的 4 并向后级查找; K ₅ 不工作, 检测 K ₅ 线圈回路供电控制电路元件或 K ₅ 线圈本身
注射时无异常即指示灯均正常, 但无压力显示	注射头内压力传感器损坏; 压力检测控制电路板上集成电路故障或电阻断路或其它元件损朝; 压力显示电路故障	打开控制器外罩, 在主板上测量 MP ₁₀ 或 MP ₁₁ 点电位, 行试注射或手动注射。若电位无变化, 打开注射头外罩, 检测 IC ₁ 的 1 端, 注射时有否变化, 有变化后级电路或插接问题, 无变化 IC ₁ 或前级的电阻传感器损坏; MP ₁₀ 或 MP ₁₁ 电位有变化, 检查

		压力显示电路
一开机控制器注射头上过载指示灯亮, 除电源指示灯外其它灯全灭	F-UE 控制电路故障, 如集成块、二极管、电阻、电容故障; $\pm 12V$ 电源故障; 控制器至注射头连接电缆引线断路或短路	打开控制器外罩, 在主板上测量 MP35、36、40、41、42、44、45、47 等电位判断输入过载保护电路的信号正常否, 不正常, 检测相应电路; 正常, 保护电路元件故障, 逐级检测, 不难排除
在注射过程中, 过载指示灯亮	注射空针针筒或活塞变形、造影剂浓度高、导管细或弯曲过大等造成注射阻力过大而过载; 注射头驱动机械故障; 驱动电机控制电路故障; 检测电路故障; 控制器至注射头连接电缆引线断路或短路; 注射速度设定电路故障	去掉注射针筒, 试注射, 故障消除, 检查可疑部分; 若故障还存在, 打开注射头检查驱动机械, 机械正常检测驱动控制电路, 可采取输入速度控制信号, 模拟输入观电机运转, 若运转速度能随输入信号高低变化, 控制电路正常, 检测速度设定, 反之不正常, 检测控制电路。上述试验故障尚还未排除, 应检测过载保护电路与连接电缆引线
控制器上指示无异常, 按下注射头上抽或排开关时, 指示灯不亮, 抽或排功能无	抽或排开关触点接触不好或损坏; S_3-S_8 开关触点接触不好或损坏; J4A 插接不好; D_4 或 D_5 断路	打开注射头外罩, 测量抽排指示灯供电回路, 能很快判断故障所在
只打造影剂不曝光或只曝光不打造影剂, 不打造影剂也不曝光	只打造影剂不曝光。可能是: K_4 线圈断路; INST 电路中 IC2、3、9 控制 K_4 的部分损坏; K_4 的 6、8 常开触点接触不良。 只曝光不打造影剂。可能是 K_3 控制逻辑电路 JC3、9、14、19 部分损坏; VOLUMEN 信号控制逻辑电路故障等。 不曝光也不打造影剂。可能是: J_8 插接不好或 J_8 的 2、J8 的 15 引线断路; D_{28} 断路, K_3、K_4 控制逻辑电路故障	去掉 X 线发生器高压初级, 试验观 K_4 是否工作, 检测 K_4 的 6、8 触点接触和 J_8 插接连接; 反之检测 IC1、3、9 或 K_4 线圈。 用控制器上手动注射开关试注射, 观 K_3 工作否, 工作, 检测 K_3 的 3、5 常开触点接触及后级电路; K_3 不工作, 检测 IC₃ 的 9、14、19 和 K_3 线圈; 上述正常, 检测 VOLUMEN 信号控制逻辑电路。 用控制器上手动注射开关试注射, 若注射正常, 有可能 D_{28}、J_8 接插不好或引线断路; 反之检测 K_3 和 K_4 控制逻辑电路

第十二节 X线影像增强、电视系统故障检修

一、X线影像增强器故障检修

X线影像增强器故障检修见表 2-3-61。

表 2-3-61 X 线影像增强器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
无图像	高压电路故障：增强管真空度严重下降或损坏(使用寿命到或质量问题)	首先判定高压是否有问题，用测量或感应法、放电法等，高压正常，增强管损坏，无法修复，只能更换
图像聚焦不好	各电极电压不对：聚焦电路故障，管内电极移位或对地短路；外磁场干扰也可引起	首先调节聚焦电位器，观图像能否良好聚焦，不能，检测聚焦电路和各电极电压，各极电压正常故障还存在，增强管有问题，只得更换
X 线量子噪声大	增强管本身质量不好或老化	增加 X 线剂量噪声明显减小，增强管老化，适当调整 X 线剂量予以补救；反之增强管质量问题应更换
图像中有斑点	增强管输入或输出屏有杂质，属本身质量问题(生产工艺)；增强管老化	更换
背景图像压缩到一边	增强管真空度下降	更换
图像时有时无	高压放电打火，如高压电路故障；高压插头与插座之间放电；高压电缆击穿等	首先清洁高压插头、插座，并观有无放电痕迹。若有应将痕迹去掉，痕迹较深时，去掉后应用绝缘物充填修理光整，上好绝缘油并紧固好；高压电缆击穿故障在高压发生器与增强器分离的老式增强系统中多见，将击穿处挖去，用绝缘物充填外表加固并固定牢，减少活动；上述均好则检测高压电路
离子斑	此故障在无 X 线时就会出现，属增强管真空度下降	更换
图像变暗(X 线剂量增加很多)	增强管质量问题或老化使其量子效率降低，转换系数跌落而引起	若 X 线剂量增加太多，应更换增强管
图像中部明显变暗，暗区呈柜或方形	由于长期使用特别是分格摄影，使中部输入输出屏老化，量子效率低，所致	轻度尚可使用，严重者应更换增强管

下面介绍一下西安航空航天第 504 研究所影像增强电视系统配东芝增强器，电源故障的检修方法。

1.24V 直流电源故障检修 该电源是一个单独的供电盒，它出现故障时，增强器无图像。

判断该电源是否有问题的方法：一是直接用万用表测量输出电压是否是 24V，二是检查高频高压部分有无感应电或高频声。一般可能是整流器、滤波电容器、调整器 VP33391B 或电阻等损坏。该电源损坏可用 400mA 以上多选择可调稳压器替代，作应急处理，再修复之。

2. 高频高压故障判断方法 在高压接线排的①与⑥之间，用万用表直接测量-550V 电压。若-550V 与+24 工作电流（135mA）正常，25KV 输出至呈增强管的高压引线或 50Mn

电阻断路,或者是增强管损坏;-550V降低,并伴高压打火,此为高压插头与插座接触不良或受潮及有脏物,只需清洁高压插头和插座,重新封好即可;-550V忽高忽低(图像变化大),滤波电容损坏;-550V降低,+24V工作电流增加(200~300mA)高压损坏。高压产生器损坏,不能自行修复,只能更换。

二、XTV-ZHD54 系列 X 线电视系统故障检修

1. 无图像故障检修 无图像故障出现时,首先应判断是显示器,还是摄像机的故障。在自然光状态下,对该系统进行测量检查,其检修流程图如图 2-3-103 所示。

2. 摄像机故障检修实例

(1) 摄像管故障检修:如表 2-3-62。

表 2-3-62 摄像管故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
无图像	灯丝断路或短路;脱靶;电极短路等	判断灯丝断路或短路,用测量法和观察其点亮即可;电极短路用测量法判断;若摄像管各工作状态正常,很可能是脱靶。上述故障无法修复,只能更换
灵敏度降低	老化	降低电子束电压,升高靶压提高灵敏度,若灵敏度严重降低,更换摄像管

(2) 预放器故障检修:如表 2-3-63。

表 2-3-63 预放器故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
无图像	输入级 3DJ8G 工作电位不对或损坏;后级放大器工作电位不对或损坏;各级耦合电容、电阻断路或短路	测量 3DJ8G 漏极电位(正常 3.5~3.8V)和后级放大器各工作电位;用示波器逐级检测波形,疑某元件有问题,可采取代换法,能较快判断之
灵敏度降低 图像暗或无	第二组放大器工作电位调整不当或该放大器偏置电阻变质等	取下摄像机头用自然光检查,若图像正常,调整第二组放大器工作电位(1.2~1.4V),用代换法
自激	接地不好或接地处理不好	预放器屏蔽盒、偏转线圈外罩、摄像机头外罩接地处理;预放输出端串约 51Ω 电阻

(3) 扫描电路故障检修:如表 2-3-64。

表 2-3-64 扫描电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
显示器左侧变黑	行扫电路故障,属行激励不足。如 BG ₄ (3DK9M)性能不好、R ₅ 阻值变大、C ₅ 变质等	用示波器检行扫电路 TP③和 TP④波形,减小 R ₅ 阻值或减小 C ₅ 电容值或更换 BG ₄
显示器出现右侧垂直条带影	行激励过渡。如 BG ₄ 性能改变, R ₅ 或 C ₅ 变小	同上,增大 R ₅ 或 C ₅ 或更 BG ₄
显示器上出现垂直灰色条纹	场扫电路故障。如 IC ₁ (μPC1031)损坏; C ₁₂ 干涸;场偏转线圈断路等	用示波器测量场扫描电路 TP①和 TP②点的波形,用代换法代换 IC ₁ 和 C ₁₂
场不同步	IC ₁ 性能不好或损坏、C ₁₆ 电容变质等	用示波器测 IC ₁ ①、④、⑤脚的波形(正常周期为 20ms),用代换法代换 C ₁₆ 或 IC ₁
图像上部拉伸	场扫电路故障。如线性、幅度调节不当或电位器阻值改变; IC ₁ 性能变坏或 C ₁₅ 变质等	用示波器测量 IC ₁ 的④的波形,重新调线性或幅度,若不能排除,代换 IC ₁ 或 C ₁₅

(4) 高压电路故障检修: 如表 2-3-65。

表 2-3-65 高压电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
无图像	振荡器及前级电路故障; +12V、+15V 电压未加上; 高压变压器线圈断路; 靶压或电子束电压低下; 无加速极电压, 无灯丝电压(R ₂ 或 RA ₂₂ 断路)	首先检测+12V 和+15V 观看灯丝点亮否, 前述正常, 测量 TP ₄ ~TP ₇ 各点电压, 无电压, 检测变压器和振荡电路; 有电压, 调整或校准各极电压, 若某一极电压低或无, 则可能是整流器、电阻、电位器断路
监视器上显示较规则的圆形光斑且对比度强	无网压。如 BG ₇ 或 BG ₈ 断路; C ₇ 、R ₁₁ 、R ₁₂ 、W ₄ 断路	测量 TP ₆ 网压, 若无, 切断电源, 直接测量 BG ₇ 、BG ₈ 、C ₇ 、R ₁₁ 、R ₁₂ 和 W ₄
图像模糊	聚焦电压改变, 如 R ₁₅ 断路; W ₁ 阻值变化; R ₁₄ 阻值改变	调 W ₁ 电位器观图像能否清晰, 不能, 则 R ₁₅ 断路, 更换 R ₁₅
图像很淡, 信号略强图像即饱和	电子束电压太负, 由 W ₂ 阻值改变或调整不当引起	重调 W ₂ 使 TP ₇ 点电压与要求的值一致
图像有跳动亮点	靶压太高, 由 W ₃ 阻值改变或调整不当引起	重调 W ₂ 使 TD ₈ 点电压与要求值一致
有回归线	复合消隐形成电路故障。如 R ₂₄ 、R ₂₅ 、R ₂₇ 、R ₂₈ 断路, BG ₁₅ 、BG ₁₆ 性能变坏或损坏	用测量法与代换法排除

(5) 视放处理器故障检修: 如表 2-3-66。

表 2-3-66 高压电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
无图像	5C2、5C5、5C7、5C9、5R3、5R4、5D1 及各三极管偏置电阻某一个元件断路; 5BG1~5BG5 某一个损坏	首先检测 5BG1 的基极电位是否为 1.3V, 不是, 5D1 或 5R3、5R4 断路, 是, 1.35V, 用示波器测各级波形能较快判断故障所在
图像上部扭曲	无复合同步信号。如 7BG ₂ 、5BG ₆ 损坏; 7R ₃ 、7R ₄ 、5W ₂ 、5C ₁₁ 、5C ₁₀ 任一个断路; 71C 性能变差或损坏	用示波器依次检测 71C⑩脚、7BG ₂ 的 e 极、5Q ₁₁ 和 5BG ₆ 的 e 极, 5C ₁₀ 两端, 判断复合同步信号丢失在何处
图像向右侧压缩, 伴有模糊黑色回扫线	复合消隐电路故障。如 7G ₁ 损坏; 7R ₁ 或 7R ₂ 断路	用示波器检测 71C⑩脚、7BG _{1b} 、C, 判断复合消隐信号丢失在何处
图像灰层次不丰富	全电视信号箝位电平不正确。如 5W ₁ 或 5R ₂ 、5R ₃ 、5R ₄ 阻值改变, 5D ₁ 或 5BG ₁ 性能改变	用示波器检测全电视信号中的箝位电平, 调节 5W ₁ , 使该电平为 200mV

(6) I. B. S 形成电路故障检修: 如表 2-3-67。

表 2-3-67 高压电路故障检修

故障现象	故障分析	故障排除
图像局部过饱和	窗口取样电路不正常。如 11W ₂ 或 11W ₃ 阻值改变; 11R ₂₆ 或 11R ₂₇ 阻值改变等	重调 11W ₂ 或 11W ₃ 即可
I. B. S 透视方式, KV 始终在最小值	I. B. S 信号电压过高且不受控。由 11BG ₆ 的 c 与 e 短路引起	更换 11BG ₆
I. B. S 透视方式, 图像亮度高	I. B. S 信号电压偏低。如有关放大器偏置电阻阻值改变等	调节 11W, 使 I. B. S 信号在饱和状态下为+5V
I. B. S 透视方式, KV 至最高	I. B. S. 信号无。I. B. S 信号产生电路任何一个元件损坏或断路均可引起	用测量法检测电路中有关元件

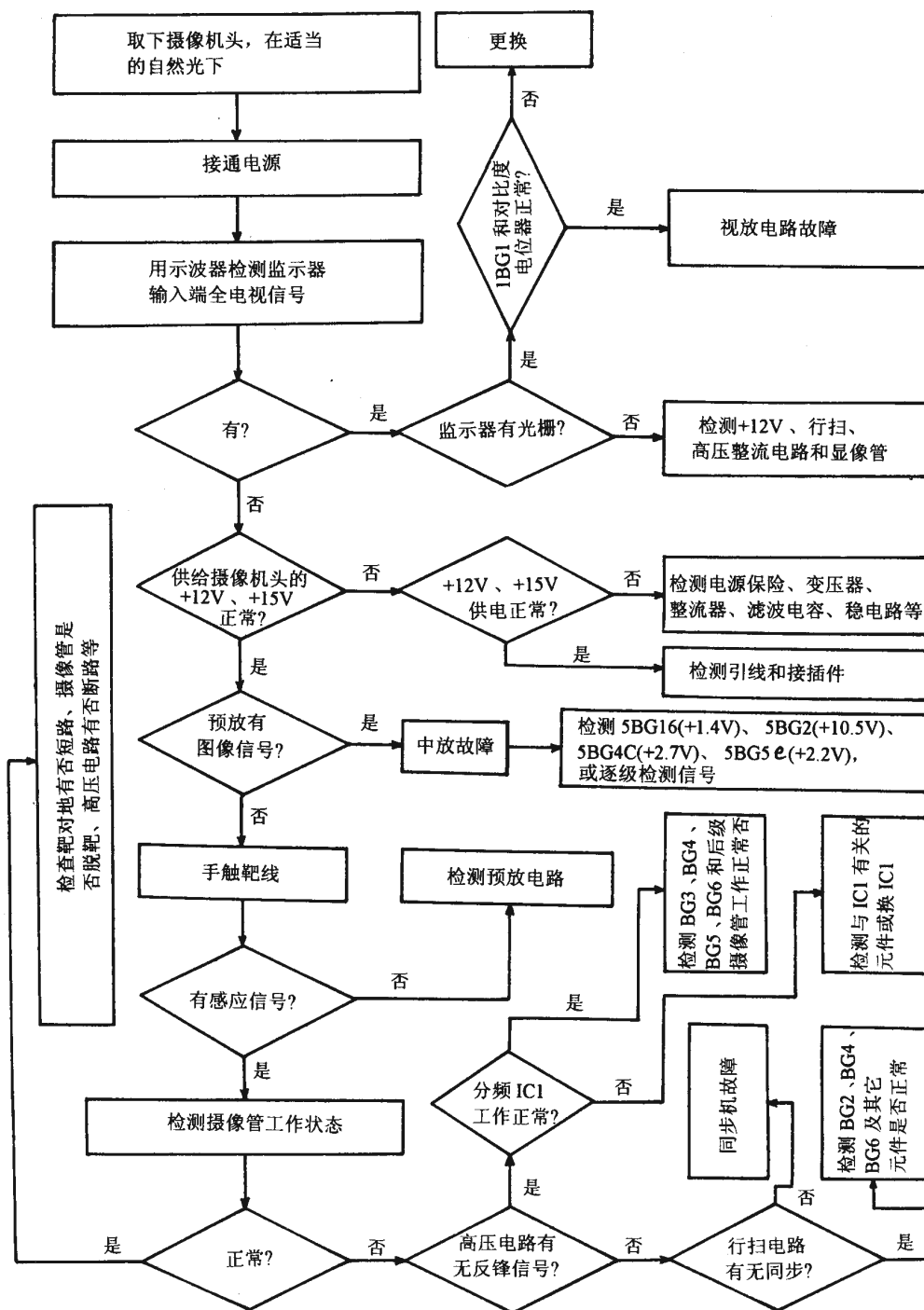


图 2-3-103 电视系统无图像故障检修流程图

三、图像记录系统故障检修

这里所指的图像记录系统只包括快速电影摄影、70mm 或 100mm 快速摄影和磁录像机。这些系统使用的单位很少，已基本淘汰，目前已由数字电影和数字储存系统所代替，故此处不赘述。

第十三节 牙科 X 线机的故障检修

牙科 X 线机又称牙片 X 线机，是为了解病牙的根类情况而对牙齿拍摄 X 线片的一种仪器，由它拍摄的牙齿 X 线片称牙片。这种仪器是口腔专科或口腔医院的专用设备之一，主要拍牙片、咬殆片和咬翼片。

牙片 X 线机为固定阳极 X 线管，焦点比较小，清晰度高。牙片 X 线机体积小，安装简单，移动方便。机头转动灵活，使用方便。

牙片 X 线机分为座式、壁式和附设综合治疗台上三种型式。座式又分为可移动式和不可移动式两种。可移动式牙片 X 线机在立柱底座上安装有滑轮可自由移动。壁式一般固定在墙上，运动比较方便，也有吊在顶棚上的。另一种是和综合治疗台连接在一起称为附设综合治疗台牙片 X 线机。

牙片 X 线机由机头、活动臂和控制系统三部分组成。

机头包括 X 线管、升压变压器和冷却油。X 线管是以钨丝为阴极钨靶为阳极的真空玻璃管。变压器分高压变压器和低压变压器两种，升压变压器是将 220V 电压升到 40~70KV 的高压，供 X 线管阳极使用，低压变压器是将 220V 电压降到 6~12V，供 X 线管阴极灯丝使用，使灯丝产生电子，在阳极高压作用下产生 X 线。

活动臂由数个关节和底座组成。

控制系统是对 X 线管产生的 X 线进行调节和限时的低压系统。

牙片 X 线机的控制系统元件安装在一个箱内，称控制台。控制台内装有电源电路自耦变压器、继电器和电阻等部件。亦装有电脑系统，可自动选择曝光时间。

牙片 X 线机的主要技术参数：

管电压：60~70KV

管电流：10mA 或 0.5mA

焦点：0.8mm×0.8mm 或 0.3mm×0.3mm

一、电路原理

（一）电路原理方框图

电路原理方框图如图 2-3-104 所示。牙科 X 线机的基本电路分高压和低压两部分。低压部分有电源电路、控制电路、高压初级电路、X 线灯丝加热初级电路；高压部分为高压次级电路、X 线管灯丝及管电流测量电路。

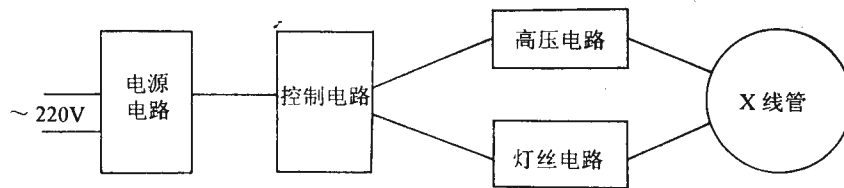


图 2-3-104 牙片 X 线机原理框图

(二) 电路分析

以 F-22 型牙片 X 线机为例，简单介绍其电路情况。F-22 型牙片 X 线机是一种半波自整流牙片 X 线机。电路图如图 2-3-105 所示。

电源电路由电源插销 C、保险丝 F₁、电源开关 K₁、电源电压补调节器 K₂、自耦变压器 B₁ 和电压表 V 组成。接通电源，调节 K₁ 使电压表 V 指示到 220V，其电路如下：

$C_2T_{0-1} \rightarrow K_1' \rightarrow F_1 \rightarrow K_2 \rightarrow B_1 \rightarrow OV \rightarrow K_1'' \rightarrow C_2T_{0-2}$ 。

高压初级电路设有逆电压衰减装置 D₁，并将电阻 R₁ 串联在电路里。当限时器 XS 工作时，高压初级电路接通，其电路如下：

$B_1V_X \rightarrow D_1$ 和 $R_1 \rightarrow B_2 \rightarrow XS \rightarrow B_1OV$ 。

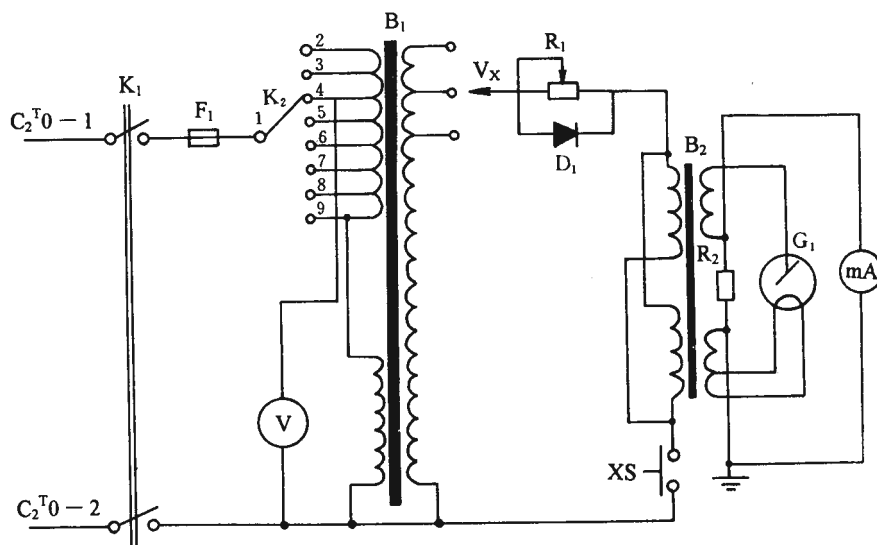


图 2-3-105 F-22 牙片 X 线机线路图

高压电路为一自整流电路，高压变压器 B₂ 和 X 线管 G₁ 安装在组合机头内，mA 表串联在高压变压器次级中心接地点，当 X 线管阳极为正电位时，X 线管 G₁ 有电流通过，X 线发生。

电路中电阻 R₁ 和硅整流管 D₁ 组成一个逆波衰减装置，作用是在 X 线管 G₁ 导通时，D₂ 也导通，电阻 R₁ 被旁路，高压变压器 B₂ 得到足够电压。当交流电压反向时，G₁ 不导通，

D_1 也不导通, R_1 和 B_2 串联, 使 B_2 的初级电压下降, X 线管 G_1 的反峰电压也随之下降, 这样, 使 X 线管有较好的工作条件。

二、常见故障及维修

1. 保险丝熔断

(1) 故障现象: 摄影开始, 保险丝立即熔断

(2) 故障原因: ①电路有短路现象; ②自耦变压器故障; ③机头故障。

(3) 排除方法: ①检查各接线端及机头和柱体的旋转部分是否有短路故障; ②检查自耦变压器; ③检查高压初级电路及元件; ④检修机头。

2. 无 X 线产生

(1) 故障现象: mA 表无指示, 无 X 线产生。

(2) 故障原因: ①接触元件接触不良; ②高压初级电路故障; ③高压变压器及 X 线管故障。

(3) 排除方法: ①检修按钮及限时器; ②检查电阻阻值及电压值是否正常; ③检修接触元件及保护元件是否正常; ④检查高压变压器及 X 线管。

3. 限时器故障:

(1) 故障现象: ①限时器无齿轮响声; ②限时器不能复位。

(2) 故障原因: ①动力发条或弹簧折断; ②传动齿轮故障; ③闭锁及擒纵机构失灵。

(3) 故障检修: ①检修或更换发条与弹簧; ②调整或更换齿轮, 活动部分加润滑油; ③调整发条位置并重新固定。

4. 时有时无 X 线

(1) 故障现象: 时有时无 X 线产生。

(2) 故障原因: ①接点接触不良; ②簧片变形。

(3) 故障检修: ①调整触点间距离, 消除触点上的氧化物及污物; ②更换失去弹性的簧片。

5. 组合机头内有高压放电

(1) 故障现象: 行曝光时, 听见机头内有较大的响声。

(2) 故障原因: ①机头漏油, 有气泡产生; ②机头内有悬浮物; ③绝缘油老化; ④高压变压器次级故障。

(3) 故障检修: ①排气加油, 密封漏油部位; ②清除机头内尖端, 固定或取出悬浮物; ③更换绝缘油; ④检修高压变压器, 线圈故障应重绕或更换。

第四章 国内外医用 X 线机故障实例

第一节 上海医用核子仪器厂 X 线机故障实例

一、F30 型 30mA X 线机故障检修 4 例

故障例 1: 电源电压过高击穿高压线圈

故障现象: 透视中突然发现无 X 线产生, 整机电源被切断。

故障检修: 电源 15A 管状保险丝熔断。更换保险丝后机器接通电源, 发现 X 线机电源 V 表针指满刻度以外 (正常应为 220V), kV 调节置 75kV 处。将电源电压调整到 220V 处, kV 调节到最低, 透视 mA 也置最低。踩下脚踏开关接通高压, mA 表指针冲顶, 电源保险丝又熔断。根据 mA 表冲顶的现象可初步判断高压部分已出故障。因为本机为组合式机头, 随即将联接 X 线管头的 5 芯电缆插头拔下。在高压初级和灯丝初级进线处联接两只 220V60W 的白炽灯, 更换好电源保险丝后, 再踩下脚踏开关, 两只白炽灯正常燃亮, 并受调。这说明控制部分是正常的。然后, 拆下白炽灯, 更换上备用 X 线管头, 接通电缆, 从最低 mA、kV 起打高压, 并逐步调节 kV 及 mA, 一切正常。说明前一只 X 线管头确实已出高压故障。再打开机头检查, 发现一组高压变压器次级线圈被击穿。

故障例 2: 控制台侧插头绝缘木炭化, 造成芯线短路

故障现象: 整机不经开启就有电, 呈开机状态, mA 表在零刻度颤动, 机壳带电。透视时继电器动作, 无 X 线产生。有时整机无电, 无特别气味及其他现象。

故障检修: 检查发现保险丝熔断, 更换后现象仍旧。先拆掉控制台至 X 线管的控制台侧电缆线, 试验一切正常, 机壳仍有电。检查电源线发现机器无自身接地, 将电源零、火线调换, 机壳无电, 空载正常。接上电缆线, 机器呈短路状态。

断电休息片刻, 接上 A 端, 断开 B 端, 试验, 故障仍存在。估计初级电缆线有故障, 因无特别气味, 检查电缆插头两端, 发现控制台侧插头绝缘胶木炭化, 造成芯线短路或接触不良。更换插头后, 能够正常使用。经多次透视后又出现上述现象, 检查插头, 又被炭化短路。插头接线号为③、⑤间炭化较重, 并波及④端。经再次修复后, 故障排除。

故障例 3: 高压变压器初级线圈产生异常高压

故障现象: mA 表上冲, 高压初级电流增大, V 表下跌, X 线管内充满辉光。连续更换两只 X 线管, 在试验过程中都先显示正常, 后很快重现原故障, 即使降到最低的训练 X 线管的条件也无济于事。在换第一只 X 线管后, 因 X 线管未经打压试验, 故认为属 X 线管质量差; 换第二只 X 线管又损坏后, 才意识到故障的复杂性。

故障检修: 1. 测量高压线圈阻值, 均为 40k Ω , 与该机型正常阻值相符; 2. 给高压变压

器初级加 3.2V 电压，测得次级单线圈电压为 460V，算出的电压比值略高于正常值，但两线圈数值一致；3. 检查 X 线管灯丝变压器初、次级间绝缘良好；4. 在连续损坏 X 线管后，拆卸高压变压器，仔细观察，发现两个线圈相对处各有一个发黑小针孔，见图 2-4-1 所示，用手可抹到炭迹，高压线圈塑料绝缘卡板上有一片炭污。

故障分析：由于几只 X 线管无谓地损坏，可断定不是 X 线管的质量差。引起能损坏 X 线管的因素有两种：一是高压变压器初次级线圈比不当，经检测和换算比较，排除了这一因素；二是产生异常高压。经检查发现两线圈之间相对处均有炭迹针孔，见图 2-4-2 所示。当两点击穿与炭迹形成通路。但输出并未短路时，只造成高压变压器初级电流增大，线圈每匝感应电压（每匝伏数）增高。这种过程还可恶性循环，迅速在 X 线管两端形成异常高压，致使 X 线管很快损坏。

故障排除：去掉两只高压线圈表面两层绕线，重新引极固定。去掉塑料卡片，换 X 线管并进行高压试验后，机器恢复正常。

故障例 4：X 线管进气

故障现象：新换 X 线管近一年，在一次搬迁后开始胸透时，操作人员听到 X 线管内有“吱吱”声，随即停机检修。

故障检修：观察 X 线管窗口，灯丝正常点亮。结合 X 线管新换不久和机器发生故障时的情况，分析是绝缘油耐压不够或高压部分有放电现象。拆开组合机头经对绝缘油打压、检测各接线、焊点、高压初、次级绕组，在无异常结果的情况下，重新将组合机头封好，排气沉淀后试机，灯丝正常点亮，当脚开关踩到第二下时，突然 mA 表上冲到顶。观察灯丝已呈暗红色，据此判断，X 线管已严重进气不能使用。更换新管后，恢复工作。

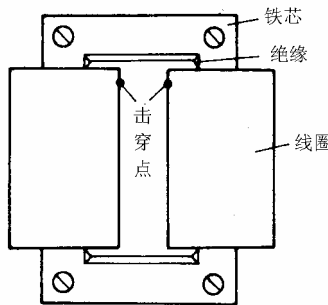


图 2-4-1 高压线圈

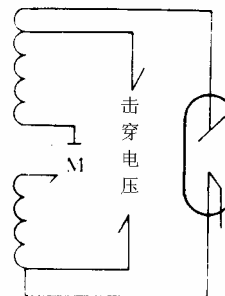


图 2-4-2 高压线圈

二、F50-1 型 50mAX 线机故障检修 1 例

故障例 1：逆电压衰减器硅二极管 ZCZ-20A 击穿

故障现象：曝光后的 X 线胶片清晰度差，骨纹理不清。

分析与检修：胶片清晰度差，穿透力不足，原因何在？有四个怀疑点：1. 高压变压器本身有故障问题；2. X 线管阳极靶面打麻；3. 高压初级供电接触不良或供电不足；4. 高压初级电路的逆电压衰减器故障。本着先易后难的检查原则，先点燃灯丝，可见 X 线管阳极靶面很光滑，无麻点，排除 X 线管焦点不良的第一个原因。接着检查高压初级供电电路。本机高压初级由自耦变压器供电，见图 2-4-3 所示。自耦变压器 B_1 采用抽头方式，每个抽头差值多数为 10V，对应管电压 kV 调节 XK_1 ，每档为 5kV。摄影时高压的接入受 JC_1 接触器控制，经查自耦变压器供高压初级各抽头的电压（空载测）均正常，检查 XK_1 各触点接触良好，该疑点亦可排除；检查 JC_1 接触器的触点①、②和⑤、⑥时，发现有打麻现象，这是一个产生电压降使高压初级供电不足的原因，进行了认真的处理。下一步是对高压初级电路上的逆电压衰减器检查。检查前首先弄清它在线路中的作用。本机高压次级是靠 X 线管自身

整流的，属半波自整流 X 线机，其特点是 X 线管在正半周内 X 线管导通，有管电流，有 X 线输出。

经检测该机硅二极管下降 0mV，正反自相同，用 Ω 档测正反自只有 0.5Ω ，证明该二极管击穿短路。由此引起高压初级失去整流作用，高压初级电流没有直流成分，直流换算效率大为降低，初级绕组失去连续磁化功能，使高压变压器效率大大减小，消耗增大，次级高压降低。另外，由于二极管正反向只有

0.5Ω ，它与分流电阻相并联只有近 0.5Ω 阻值，这样与线路原设计相差较大，完全失去逆电压衰减器的作用。此时由于次级磁化使高压初级电流增大许多，因此在高压变压器内部电压降加大，在高压初级电路上电压降也增大，加之摄影接触器触点上的电压降，在负载下管电压降低。

换上同型号硅二极管一只，开机，X 线胶片曝光后清晰度满意。实践证明，逆电压衰减器硅二极管击穿短路后，使高压初级电流增大，电压降超过原设计要求，故致高压次级电压减弱，X 线管电压不足，X 光胶片清晰度差。

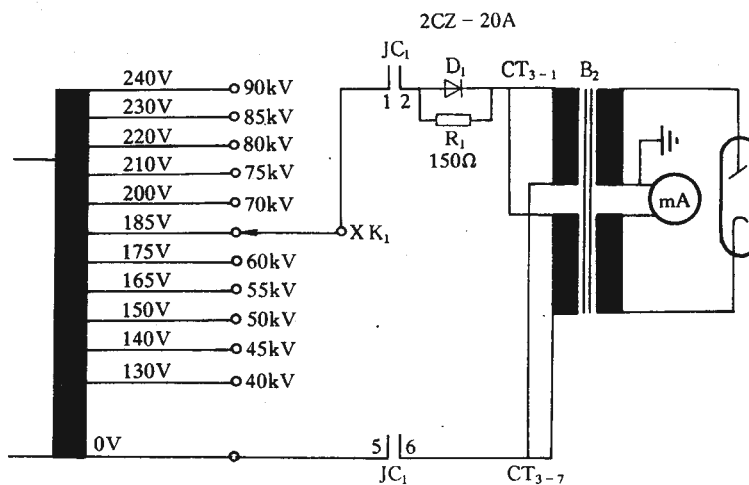


图 2-4-3 高压初级自耦变压器电路

第二节 南京天宇医疗器械总公司 X 线机故障实例

一、NXF50-II 型 50mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1：变压器初级公用线折断

故障现象：该机为单 X 线管 X 线机。立位透视及点片正常，而将 X 线管改换为卧位照相时无 X 线产生。

故障检修：该机为组合机头。根据故障现象分析，考虑为灯丝电路故障。首先去掉高压初级，并从窗口观察灯丝点燃情况。当处于主位，用 5mA 档透视及用 50mA 档点片位时，灯丝均正常点亮，而将 X 线管头改换为卧位照相时，大、小焦点灯丝都不亮；因此，初步断定为组合机头内灯丝电路接触不良。打开组合机头，取出机头组件，首先发现灯丝变王器初级公用线芯折断。通过模拟试验，即当 X 线管头处于立位时，灯丝公用线由于重力关系而接通，而当变换为卧位时，公用线断开，仅以部分电线胶皮相连。重新连接该线后，X 线机恢复正常工作。

故障例 2: 自耦变压器断路

故障现象: 接通电源后, 电源 V 表指针冲满度, X 线管灯丝不亮。

检查与分析: 1. 测电源 V 表两端电压 220V, 与供电电压相等, 该机用单相 220V 电源。查 V 表无故障, 据线路图分析, 该机用 V 表量程为 180V, 两端分别接自耦变压器 0V 与 180V 抽头。实测电压已超过 V 表量程。因此, V 表指针冲满度系自耦变压器 0V 与 180V 抽头电压升高所致; 2. 测 X 线管灯丝加热变压器初级电压, 及地对 P1、地对 F2, 电压均为 0V, 查熔断器 RD4 未熔断。据线路图分析, 该机灯丝加热变压器的电源不是直接从自耦变压器的抽头中获得, 而是通过一组线圈从自耦变压器上感应获得, 单供灯丝变压器初级用。从变压器的工作原理可知, 若自耦变压器线圈内无电流通过, 则该感应线圈也就无电压输出。可见 X 线管灯丝不亮, 其故障则在自耦变压器; 3. 查自耦变压器, 该机用自耦变压器为固定抽头式, 两端输入电压为 220V, 测各抽头的输出电压发现, 0V 至 30V 各抽头对 35V 至 240V 各抽头间的输出电压均为 220V, 0V 对 30V 以内各抽头的电压为 0V, 35V 对 240V 以内各抽头间的电压也为 0V, 针对此现象, 拆掉自耦变压器各抽头的接线, 测自耦变压器发现, 自耦变压器内部断路, 断路点在 30V 与 35V 抽头之间, 接上电源后, 两段间的电压均为 220V。综上所述: 测量检查时出现的各种现象, 以及 V 表指针冲满度, X 线管灯丝不亮, 均为自耦变压器内部断路所致。

故障排除: 由于修理条件的限制, 不可能立即将变压器换新, 故试用粗铜线将 30V 抽头与 35V 抽头联接, 通电后试验发现, 用此法修理对管电流、管电压等有关参数影响甚小, 而管电流、管电压等有关参数均为可调, 因此用此法修理后只需做适当调试即可使用。

二、NXF50-III型 50mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1: 高压整流硅管击穿

故障现象: 该机安装使用不久, 在透视时出现 mA 表指针到头, 机头内可听到“咕噜”水泡声, 不能工作。

故障检修: 首先考虑是高压机头内有击穿现象。先将窗口铝片取下, 发现管内有大量气泡, 当时考虑是否管内产生气泡后放电而引起, 又向管内注油, 排气后, 机头仍不能正常工作。最后将 X 线管头卸下, 发现管内的油呈黑色, 用万能表测两只高压线圈, 结果 Ω 值相等, 说明高压线圈正常, 再用 $M\Omega$ 表测高压整流硅管, 发现一只击穿。由于不能买到同样的硅管下(硅管是特制的), 只好将两只整流硅柱取下来, 按半波整流要求接线, 同时在控制台内装上逆电压衰减器, 重新换新变压器油, 排气后接线, 机器正常使用。

故障例 2: 限时电路二极管 D_2 开路

故障现象: 安装完机器做普通摄影试验, 按下摄影按钮 AN_1 , 机器不曝光, mA 表五指示, 蜂鸣器叫声不停, 直至松开 AN_1 。

故障检查: 根据故障现象, 结合电路图分析, 疑是限时继电器 JC_0 未工作所致, 查 JC_0 未工作, 测线圈两端无电压, 说明限时电路有故障。正常时电路工作应是: 按下 AN_1 接通电源后, 很短时间内电容 C_4 两端充至电源电压, 形成一个触发脉冲作用于 555 时, 其电路的触发端管脚②→管脚⑧输出端呈高电平→ JC_0 工作→摄影继电器 JC_1 工作→高压初级导通

→曝光。检查输出端在限定时间有高电平，于是疑为二极管 D_2 开路或焊脚未焊好， JC_0 线圈引线未焊好。结果测出 D_2 开路。

故障排除：由于 D_2 开路→ JC_0 不工作→其常闭接点接通蜂鸣器电路，使其叫声不停，常开接点断开 JC_1 电路，机器不曝光。更换同型号的二极管，将其焊好，试验机器摄影正常。

三、NXS-100 型 100mAX 线机故障检修 3 例

故障例 1：电压比较器损坏

故障现象：开机时蜂鸣器报警，电压高和低指示灯同时工作，透视及拍片均无 X 线。

故障检修：1. 根据其现象，拆掉控制台上的所有负载，开机仍有上述现象；2. 扩大自耦变压器电，源调节电机的活动范围，现象仍不能消除；3. 测标准输入电压正常，采样输入电压可调，LM339 的+15V 端正常，而二路比较器及蜂鸣器输出却均为高电平。造成此现象的主要原因可能是 LM339 内部电压比较器损坏，标准输出电压失常，使 3DK4B 开关三极管饱和导通，而致高、低电压指示灯及蜂鸣器工作。更换 LM339 后，通电开机一切正常。

故障例 2：整流电源线路硅桥半臂击穿

故障现象：照相不出 X 线。

故障检修：因该机系组合式机头，为检修方便，首先将控制台一 X 线管头的电缆从 X 线管头端取下来，检测供电情况，发现高压初级 P_1 、 P_2 供电正常并受控，灯丝加热初级线端 F_0 、 F_2 无电，但交换继电器 KA_2 工作正常。经进一步检查发现照相 mA 交换继电器各档均不工作。测继电器线圈两端无电，测 15V 硅桥输入端亦无电。再查该硅桥已半臂击穿，进而看到整流电源板被鼠尿短路，线路烧断。修复并更换新硅桥后故障排除。

故障例 3：过载保护电路板开关 3DK4 虚焊

故障现象：照相不出 X 线，过载报警器连续报警。

故障检修：首先检查 mA、摄影时间和 kV 等参数的选择使用情况，发现均无过载现象。将上述各参数均调至最低档位，报警器仍是发声不止，说明上述故障非属过载所致，乃是过载保护线路故障引起的。详细检查发现过载保护电路板一只 3DK4 开关管的基极脱焊，经重新焊接后故障排除。

第三节 扬州医疗器械厂 X 线机故障实例

一、YZ-100 型 100mAX 线机故障检修 4 例

故障例 1：绝缘油量少，致使灯丝变压器击穿

故障现象：新机试透视时，高压发生器内有沉闷的“吱吱”声，荧光屏亮度、mA 表指示未发现异常。检查发现变压器绝缘油较少，加了 5kg 后再试，此现象依然存在，而且不久 mA 表指针冲满度，X 线机自行停机。

故障分析：根据上述现象，分析故障有以下几种可能：1. 高压变压器线圈层间短路或

击穿；2. X 线管灯丝变压器层间击穿和高压与支架放电、漏电；3. 硅整流管击穿；4. 高压电缆插座击穿。

故障检修：择一晴朗干燥天气，拆掉高压初级 P_1 、 P_2 ，并短路接地。打开高压发生器盖，将其抬出绝缘油面，架在油箱边上，仔细检查，发现大焦点灯丝变压器被击穿，次级引线处（上缘）呈黑色烧焦状，近处油箱壁有被击穿痕迹。取下大焦点灯丝变压器，重新绕制初、次级线圈，经烘干处理，装机后，加满绝缘油，30min 后，机器工作正常。

故障原因：由于途中运输和装机前放置不当，将高压发生器倒置，使绝缘油从油箱盖板缝中漏出。该机大、小焦点灯丝变压器固定在高压发生器盖板下，绝缘油量不够，灯丝变压器没有浸没在绝缘油中，而裸露在空气中，从而降低绝缘强度。

由于灯丝变压器次级在电路中与高压变压器次级的一端相接，处在高压下工作，对绝缘强度有很高要求。当大焦点灯丝变压器缺油，绝缘强度降低时，试机，高压通过，大焦点灯丝变压器就被高压电击穿。更换灯丝变压器，重新处理，加注变压器油后恢复正常。

故障例 2：高压电缆绝缘性能下降

故障现象：踩下透视脚踏开关或按下摄影手开关后，机器发出爆响声，如同鸣枪，X 线质量有所下降。

故障检修：由于高压电缆要承受很高的电压，电缆与电缆插头之间常用松香和变压器油配好的缘绝填充物灌注，以防止气隙存在，提高绝缘强度。此例故障由于电缆头灌制不良，再加上拍摄不同部位时管套需频繁地改变方向，致电缆金属屏蔽层全部磨断，而未引起注意。电缆在电缆头内松脱，并大量进气。当接通高压时，在高压电场的作用下，密集的电荷放电与空气相撞击发出爆响声。在这种情况下，高压电缆头端的绝缘层极易被击穿。

由于电缆头端的绝缘层绝缘性能已下降，于是，锯掉了头端的一截电缆，剥制后重新灌制了电缆头，连接好后开机，故障排除。

故障例 3：接线错误

故障现象：更换新 X 线管（前一 X 线管使用不到一年）试机时发现，透视 mA 偏低，台面 mA 旋钮调到最大位只有 2.5mA，摄影 mA 正常。

故障检修：1. 在 X 线机不通电情况下，用万用表电阻档测量 mA 表、透视灯丝初级电路和各电阻器，均未发现异常；2. 通电检查灯丝初级输出，电压受调，指示正常；3. 准备调整灯丝电压（一般不宜调整）发现，透视灯丝初级电压调整环 318 在电阻器上位置不对，按电路图规定各 mA 调整环正常排列是： R_6 上 100mA（313）、60mA（314）， R_7 上 30mA（315）、15mA（316）透视档（318）。而该机 318 的位置在 R_6 上，排在 315、316 之前，明显不合理，把 318 调回 R_7 上，透视 mA 几乎不指示；4. 检查高压变压器上接线板， F_0 、 F_1 、 F_2 号码与图纸无误，但仔细检查发现 F_0 线与控制台接线板上的 F_0 线颜色不对，拆下高压变压器上 F_0 、 F_1 、 F_2 三线与控制台内三线测量，查出 F_0 、 F_1 号码，原厂错放，引起两线错接。两线调换后试机，故障消失，透视 mA 指示正常。

故障例 4：低压电路极化继电器接点对控制台壳短路

故障现象：拍完一张片后，关机，当拍第二张片时，按下电源按钮，闸刀开关保险丝熔断，更换保险丝，按下按钮，保险丝又熔断。

故障排除：此故障为低压电路故障。原以为自耦变压器有短路故障，检查自耦变压器均未发现异常。用万用表检查-160V线（即501号），发现对控制台壳有短路现象，进一步检查发现502号（JH-E正动接点）对控制台壳有短路，拔去极化继电器JH-E，故障排除。更换JH-E极化继电器，机器恢复正常。

二、YZ-100-C型100mAX线机故障检修2例

故障例1：高压插头击穿

故障现象：踏脚踏开关，电压降落很大，mA表冲顶，控制台内发出“嗡嗡”声。

故障排除：根据故障现象，推断高压部件击穿。为了避免检查中把故障扩大，采取由近及远的方式，进行试验性检查。拔掉高压发生器端正、负电缆后加高压，试验结果正常。拔X线管端电缆，发现阳极电缆固定环内插座外口凝积许多凡士林，而插头上却出现异常现象，有烧焦气味，并有6cm长的纵行裂隙，后段局部膨凸畸形，已查明故障所在。按常规更换电缆插头，处理插座内的弧痕，故障排除。

故障例2：高压电缆插头击穿，X线管含气

故障现象：该机为100mA单相全波硅整流固定阳极单管X线机。透视或摄影时，mA表指针均冲顶；电源V表指示急剧下降；自耦变压器、高压发生器嗡叫声大；电源熔断丝熔断，且无X线产生。室内无明显焦味与冒烟现象。X线管灯丝点亮。

故障排除：据所见现象，可确定为高压电路故障。依传统检查方法，先把阴极（一）高压电缆队K线管端拔出，架空做高压通电试验，结果发现故障现象未消失，只见电缆插头壁部冒浓烟，填充物少许并，蠢，嗅及焦味。随后把该电缆的另一端从高压发生器端拔出（此时，该电缆的两端插头均从相应的插座内拔出），通高压试验，故障现象消失。据此可确定故障为电缆插头击穿。按组装电缆插头的常规方法进行组装。冷却完毕后，再行高压试验。但上述故障现象仍然存在。此时考虑为组装质量差或采用的变压器油不纯（此油不是从该机发生器内取出的）或插头插座间充填的凡士林含有水分等缘故所致。在处理变压器油和再一次重建电缆插头之后，再次通高压试验仍无效。这时架空X线管端通以高压，故障现象不复存在，证实了重建的电缆插头是成功的。根据以上检查可断定X线管亦有异常。结果在冷高压的情况下见到X线管辉光放电，说明X线管含气。更换新X线管，机器正常运行。

故障分析：电缆插头击穿与X线管含气同时存在属少见故障，很可能是电缆插头质量差（如接触电阻大），在X线管含气的情况下致高压次级回路电流增大，使插头压降增大，温度升高，填充物外溢，其绝缘下降而导致击穿。

第四节 重庆医用设备厂X线机故障实例

一、FX100 II、III型100mAX线机故障检修2例

故障例1：高压硅柱上锡焊脱落

故障现象：试机时，脚踏开关响，而荧光屏无X射线，高压发生器内“吱吱”响，经

分析，这是高压发生器内的放电声，说明接触不良，也可能是焊点脱落：

故障检修：首先取出高压发生器上的“+”、“-”两根高压电缆。松开螺帽，拉出高压硅柱，仔细观察，发现有一只高压硅柱上的锡焊脱落，用电烙铁焊好，盖好高压发生器，拧紧螺帽仔细查对好“+”、“-”两根电缆线，进行透视试验，一切正常。

故障例 2：高压联线引起高压电路故障

故障现象：在机械安装、电路联线、低压试机都正常之后，接上 P1、P2，用透视最低 mA（约 0.2mA）、最低 kV<50kV）瞬时曝光时，发生了 mA 表指针冲到满度。

分析与排除：这一现象说明故障发生在高压电路。为了找到故障发生在高压电路里哪一部分，对高压电路分段通电，从 X 线管头、高压发生器上电缆插座处分别拔出高压电缆，每次通电仍用透视最低条件曝光，mA 表指针每次都是冲到满度。这说明故障发生在高压发生器内。为此，把高压部件从油箱里提出。仔细检查发现，在油箱盖下面接线柱 M 的接线鼻子移位，接线鼻子有个尖端与 P₁ 接线柱极近，大约只有 1mm 间距。这样造成高压变压器的初次级线圈经 M 接线鼻子尖端与 P₁ 接线柱间，在曝光瞬间高压放电，形成一定的放电电流。mA 表是串接在高压变压器次级线圈的中心点，M 点放电电流也经 mA 表对地形成放电，因放电电流较大，在透视低条件下也大于 mA 表的量程而使表针冲到满度。如果提高透视 mA 或延长曝光时间，也有可能打坏 mA 表或引起其他严重故障。把 M 接线鼻子的尖端锉平，松动 M 接线柱螺母，调整 M 接线鼻子在合适的位置后紧固螺母，再把高压部件放入油箱里静置 15min 后，先用透视最低条件曝光试机正常，直到 5mA、70kV 透视曝光和摄片试机也都正常，故障排除。

二、FX200 型 200mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1：摄片高压室灯开关接线柱与摄片控制按钮引线短接

故障现象：进行暗室透视时，发现机器电源接通后，室灯开关控制高压线路的通断和 X 线的产生。当室灯开关闭合，室灯燃亮的同时，控制台内有继电器相继工作的声音。关掉室灯，暗室内的机器荧光屏上出现高亮度的 X 线（和正常透视亮度相比较），数秒后 X 线自动切断，荧光屏亮度消失。经过几次试验，发现这种现象和正常摄片的工作程序一样，X 线出现的长短受控制台时间选择器的制约，也就是说，室灯开关替代了摄片按钮 AN₄ 或 AN₅。

故障检修：打开控制台盖板，摘除高压初级接线 Jx₁₋₇ 及 Jx₁₋₈ 做空载试验，闭合室灯开关，发现 JC₁₀、JD₄ 及 JC₂ 相继工作，关掉室灯开关，JC₁₀ 工作停止，高压接触器 JC₃ 工作，直至限时器所选择的时间结束，JC₃ 工作才停止。根据以上现象，查阅线路后推断，故障的出现可能有两个方面的原因：一是室灯开关错接在摄片控制线路上；二是室灯开关与 AN₄ 或 AN₅ 形成短接导通。当时分析第一种原因可能性小，因为室灯线路一直工作正常，又未做过改动，所以重点查找第二个方面的原因，结果发现床下接线柱大面积受潮氧化，生成许多铁锈致使室灯开关接线柱 Jx₅₋₅ 和摄片控制按钮引线接线柱 Jx₅₋₆ 间形成短接，导通了摄片施令继电器 JC₁₀。除潮、除锈后，机器工作恢复正常。

故障例 2：限时器电阻 R₁₄ 对地短路

故障现象：松开手开关后，高压接触器立即释放，各时间档均不能正常曝光。取掉摄影

高压初级熔断丝试机时，高压接触器 JC₃ 开始还能吸合，逐渐不再得电吸合。

故障分析：高压接触器 JC₃ 不能正常工作，限时器控制电路故障可能为：1. 控制 JC₃ 线圈回路的 JD₄ 接点接触不良，使工 C₃ 不能正常得电；2. JC₁₀ 接点接触不良或 JD₄ 自锁触点接触不良，使 D₄ 不能正常工作；3. 充电电容 C₃ 损坏，使稳压管 GW₁ 两端电压瞬间升高，启辉导通，使 JD₅ 工作，切断 JD₄ 回路；4. C₃ 放电回路开路，C₃ 不能对 R₁₄ 放电，导致充电时间失常。

故障检修：拆下后护板，开机观察，发现稳压管 GW₁ 间断启辉，JD₅ 随 GW₁ 启辉发出“嗒啦、嗒啦”的接点动作声。为排除 GW₁ 故障，先将高压保护线路中的稳压管 GW₂ 与其互换，但现象依旧。此时怀疑是否 JC₃ 常开接点粘连，使 C₃ 在开机后即经限时电容充电。但测 JC₃ 接点开断正常，同时测充电电容 C₃ 和放电回路均正常。在检查试机中发现 GW₁ 由间断启辉渐变为—开机即连续启辉导通。因此将整个限时器支架铁板拆下观察，发现在支架铁板底面固定放电电阻 R₁₄ 和限流电阻 R₁₆ 的胶木板上，固定 R₁₄ 下端的空心铆钉和胶木板固定螺钉之间有明显炭化痕迹。测铆钉与支架铁板导通。原因：一是固定螺钉位于两个铆钉之间，与 R₁₄ 一端的铆钉间距非常靠近；二是故障出现前一天连续降雨，空气湿度大，控制台靠窗放置，胶木板在潮湿空气中，使绝缘性能下降而导电。在使用中限时完毕后，C₃ 对 R₁₄ 放电时，逐渐将胶木板击穿炭化形成对地通路。由于 R₁₄ 下端对地导通，相当于将全部限时电阻短路。所以在开机后形成 GW₁ 上端接电源正极，下端经 JC₃ 常闭接点、R₁₄ 下端对地导通的现象，使 GW₁ 启辉导通。JD₅ 两组线圈分别经稳压管 GW₁ 和 JD₄ 常闭接点得电，同时对接点产生吸力，导致接点左右移动，使 JD₄ 不能正常工作，JC₃ 不能正常吸合，无法曝光。

第五节 西北医疗设备厂 X 线机故障实例

一、K200 型 200mAX 线机故障检修 1 例

故障例 1：高压电纜击穿

故障现象：透视时 mA 表冲满刻度。机器过载声很大，透视电路螺旋瓷熔断器 BX₂ 熔断。

故障分析：故障有以下几种原因：1. 高压发生器绝缘物击穿；2. 高压电缆击穿；3. X 线管真空度严重降低。

故障排除：拔出高压发生器箱上的两根高压电缆，在透视条件下控制台开机加高压，故障现象消失，证明高压发生器以前没有故障。进一步检查高压电缆。拔去 X 线管端两根高压电缆，将高压发生器箱端的高压电缆逐根插入插座内，插入一根，通一次高压。检查第一根电缆时，没有出现故障，当检查第二根电缆时，故障出现。由此可以断定，此根高压电缆击穿。仔细观察高压电缆，发现高压插头端部的高压电缆被击穿，并嗅到橡胶烧焦气味。截去被击穿电缆部位，恢复高压插头，按上述方法重新检查高压电缆无异常现象。插好 X 线管端两根高压电缆，接通高压试验，机器工作正常。

二 I、X200-II 型 200mAX 线机故障检修 3 例

故障例 1: 高压线圈内部短路

故障现象: 透视照片均烧高压初级保险器。

故障分析: 根据故障现象, 可以认为故障发生在公共的高压部分。

故障检修: 本着先易后难的原则依次进行检查: 1. 将高压发生器侧的阳极和阴极电缆取下, 插座内倒满绝缘油, 接通机器控制台电源, 进行空载透视和照片试验。还是烧保险器, 说明故障发生在高压发生器内部; 2. 抬出高压发生器, 观察, 无明显击穿烧焦痕迹, 因高压变压器初级线圈圈数少, 并且输入电压低, 出故障的可能性小, 怀疑高压线圈有短路; 3. 将两个高压线圈中的一个从铁芯上取下, 把发生器放回油内, 在初级用调压器加电压, 并串联一只 10A 的 mA 表进行试验, 加上电压后 mA 表指示电流很小, 也没有其他异常现象。将取下的高压线圈放回铁芯上, 再取下另一高压线圈进行上述试验。当初电压加到 30V 时, 电流已超过 6A, 说明该线圈内部有短路。因该机出厂时间较长, 难买到同类线圈, 故用 $\varnothing 0.19\text{mm}$ 的高强度线绕制 23150 圈代用, 高压发生器经抽真空加温处理。使用近一年, 效果很好。

故障例 2: 高压变压器硅二极管与管座接触不良呈半波整流

故障现象: 透视档与摄片档均不出 X 线。

故障检修: 经检查控制电路工作正常, 将控制台内高压初级端 P_1 、 P_2 拆除, 用万用表测高压初级, 输入电压正常, 当时判断故障可能在高压发生器内。把变压器从油箱中抬出, 检查发现四只高压硅桥都有松动, 拆下硅桥用 $M\Omega$ 表测正反向电阻均正常, 将硅桥重新装上后, 用 Ma 表测硅桥接线柱发现: 四只硅桥中有一只不导通。拆下不导通的那只硅桥看到管子与管座根本没有接上, 在硅桥座内放入一枚二分硬币, 装上硅桥后测量正常。经过紧固处理通电试机发现, 摄片各 mA 档的 mA 值增加一倍, 重新调整后机器工作正常。

故障原因: 考虑出厂安装时由于硅高压二极管与管座接触不良呈半波整流状态, 便采用增加灯丝加热电压来提高管电流, 以补偿因半波整流而造成 mA 减半的缺陷。由于机器工作在半波整流状态, 高压发生器内的振动加大, 引起其余整流管松动, 而不出 X 线。

故障例 3: 脚踏开关螺钉松脱

故障现象: 透视、摄影均无高压, mA 表无指示, 在此之前透视曾多次发生断保险器现象, 更换后工作几分钟即又熔断。

分析与检修: 按常规分析, 透视摄影均无高压, 故障原因可能在低压线路, 也可在高压电路部分, 但从故障现象看, 透视保险缓缓熔断可怀疑新换的熔丝过细、接触不良或电路局部短路, 电流增大所致。

打开机壳, 拆除高压初级 P_1 、 P_2 , 检查低压控制电路, 开机, 电源继电器 ZK 工作, 当踩脚踏开关时, 透视继电器 TJ 不动作, P_1 、 P_2 接线端无电压输出, 关机检查脚踏开关, 踩下导通, 松开能断, 说明脚踏开关良好。接着检查透视继电器, 发现线圈引线接触不良, 紧固螺母后透视继电器工作, P_1 、 P_2 有 130V 左右输出, 但随着踩踏次数的增加, 加热与控制电路熔断器 BX_2 (6A) 发烫, 电源继电器 ZK 随着脚踏开关的动作, 发出轻微的“格格”异

常声，但继电器衔铁又未分开，仔细观察，可觉继电器线圈外壳发烫，测 ZK 线圈两端电压可由 220V 上升到 310V，怀疑继电器罩极线圈破裂或脱落、衔铁有污物、磁漏等故障，拆开继电器，清除污垢，检查短路环并无松脱，装后故障依旧。

继续查找控制电路直流电阻及导通情况，打开脚踏开关盒盖，测量每个单一线头、线尾，既无断线又无相互短路之处，脚踏开关铁壳与控制台接地线接触良好，合上盖后，踩下脚踏开关故障依然未除，并发现每次在刚松开关而又不完全松开关时，电源继电器才发出异常声，因此再次打开脚踏开关，用绝缘棒人为地按下脚踏开关磷铜簧片，电源继电器再未发生撞击异常声，线圈供电电压正常，保险丝也不烫。

原来，脚踏开关的上盖有凹型绝缘压杆，其压杆中心由螺钉固定在金属盖上，由于固定螺钉松脱并超出凹型绝缘杆的凸面，使其螺钉裸露在外，当不踩脚踏开关时接点分开，螺杆也不与簧片接触，处于正常状态。踩下脚踏开关时，簧片相互接触，透视继电器 TJ 得电吸合，而在松开关一瞬间因簧片弹性使接点离开，但由于压杆失去绝缘作用，上接点簧片通过螺钉仍然与闸壳相连，因此，漏电电流部分反馈到自耦变压器，使局部绕组电流增大，电压也随之发生变化，自耦变压器输出各电路机件不能正常工作，另部分漏电电流通过导体而入地，只因该机电源继电器利用地线做回路，漏电电流又经继电器线圈，虽呈现出一定的电阻和压降，但仍会对其产生影响使之发出异常声，幸亏该机接地良好，又是木板地面，用户尚无麻电感觉，同时踩脚踏开关时是处于瞬间小电流漏电，尚未引起电源保险器 BX1 的熔断。紧固压杆螺钉，并在凹面内涂一层绝缘胶，恢复原状试之，异常消失。

技术开关转为摄影条件后，按下手开关，摄影高压接触器 XK 不动作，拧开手开关，发现弹性铜柱一高一低，经调试后 XK 工作，接上高压，机器工作正常。

第六节 天津理疗仪器厂 X 线机故障实例

一、F200-1A 型 200mAX 线机故障检修 4 例

故障例 27: X 线管含气；高压插座击穿

故障现象：X 线管管套经常有少量绝缘油渗出，当 X 线管阴极在下时，漏油严重。透视或摄影时，mA 表指针均急冲至顶，电源 V 表指示急剧下降，电源接触器 JG1 吸合不稳，高压初级熔断器熔断，且无 X 线发生。

故障分析：根据故障现象，可确定为高压电路故障，因为当 X 线管、高压整流管真空度下降，高压电缆、高压发生器的次级线圈等机件击穿时，引起高压电路电流增加，初级电流也随之增加，电源电压降增大，而出现以上现象。

故障检修：1. 拆下高压初级线圈两端 P₁、P₂，测量两端有电压输出，且高压发生器初级线圈导通，证明故障在高压次级电路；2. 取下 X 线管窗口过滤板观察，灯丝正常点亮，管套内有大量气体。由 X 线管端拔出阴极电缆，大量绝缘油流出，检查发现高压插座底已被击穿。更换高压插座，注入新的绝缘油，排气，接上 P₁、P₂，通高压试验，故障仍旧；3. 拔出高压电缆，测量检查电缆无故障，检查高压发生器端的高压插座，阴极插座有裂纹，将高压变压器由油箱中抬出，迅速更换高压插座，同时检查高压线圈等未见明显异常，将高压发

生器放入油箱，等气泡溢出，高压机件充分浸油后。通高压试验，故障仍未消失；4. 重新将两高压电缆从 X 线管端拔出，分别架于木凳上。用透视脚踏开关，以最低管电压，做高压试验，故障消失，两高压电缆有高压输出，证明故障出在 X 线管；5. 拆去 X 线管灯丝初级 F_1 、 F_2 、 F_6 ，插上高压电缆，做冷高压试验，X 线窗口出现蓝光，证明 X 线管含气；拆开管套，更换新管，注油排气，高压训练后，透视、摄影试验，故障消失。

故障例 1：旋转阳极启动电路电容器 C_1 烧毁

故障现象：1. 开机后，约 105 左右。控制台内可见烟雾上飘。且伴有焦糊味；2. 曝光时旋转阳极电流继电器吸合后不释放。

分析与检修：首先确定焦味来源，经检查发现焦味是由旋转阳极启动装置板下方的连线烧焦引起的。拆下该装置线路板，此板由一 JS₁₄A 延时继电器 TDR、电压继电器 VR、电流继电器 CR 和一只并联于 VR 两端的电容 C_1 组成，见图 2-4-4 所示，逐一检查后发现， C_1 支路烧毁，芯线暴露，电容器本身温度很高，以至其塑料外壳部分熔化。拆下电容，更换一只 75 μ F、450V 电容器（原电容器为 70 μ F、200V），并更换烧焦线路。通电后，观察 5min 未见异常。按下 PA 按钮，发现旋转阳极电流继电器不工作，高压接触器 SC 不吸合，无 X 线产生。排除各有关继电器无断路及短路故障后，检查手开关 PA，发现接触不良。调整后，旋转阳极电流继电器工作，控制电路接通，高压回路通电，X 线产生。但同时发生电流继电器吸合曝光完后不释放。关机后，检查 CR 线圈正常，衔铁光洁面无油污，开机后，再做高压试验仍不释放，并可见 C_1 下端冒烟，紧急关机后，察看该电容已烧毁。

该机改装后使用的均是同型号电容器，虽时常更换并没引起足够重视。此次更换另一型号电容器（75 μ F、450V），其目的是为提高耐压能力，增大电容量。值得注意的是：旋转阳极启动转矩与启动线圈中所串接的电容的容量有很大关系，如果电容器的容量太小，在启动瞬间就会达不到额定转矩。这时由于启动电流加大，在短时间内又有一较高电压，加上电流继电器长时间吸合通电，且频繁启动旋转阳极，使之难以从启动电流很快转换为稳定电流。由于电路故障，电压增高，电路内电流不能随之减少，迫使 CR 继续维持工作。是什么原因造成这只电容器短路，使其过热而烧毁呢？

为进一步查清这个故障，拆开 C_1 “母”电容外包装壳，发现其内还有一很小的“子”电容，

其耐压仅为 160V，容量为 47 μ F，与外壳上厂家所标出的给定值相差甚远，是一典型的“大套小”以次充好的产品。也就是说当通电时两极电压超过规定数值后，很容易被击穿（曾用表测量 C_1 无放电现象），使其短路或造成其它电路元件的损坏。查出故障后，经更换新电容器，电流继电器 CR 导通。并于曝光完毕后断电释放，上述故障排除。

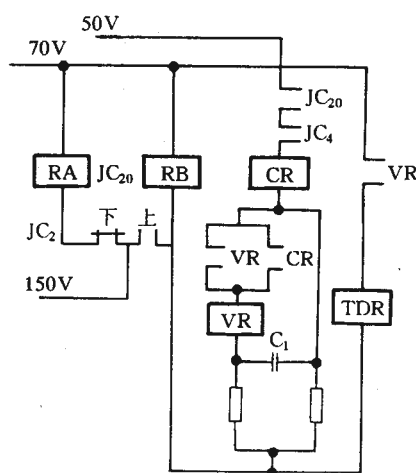


图 2-4-4 改装双 X 线管旋转阳极启动装置控制电路

故障例 2: X 线管大焦点变压器次级线圈移位对地放电

故障现象: 在透视过程中荧光突然消失, mA 表指针冲至满刻度, 且指针不稳定, 机器交流“嗡嗡”声增大。

故障检修: 拧下高压发生器面板上的观察孔, 对高压发生器进行观察, 见 4 只高压真空整流管灯丝燃亮正常。加高压进行负载试验, 发现 X 线管大、小焦点灯丝变压器铁芯间有气泡产生, 且在高压绝缘油面上有烟雾产生, 于是判断该机故障是 X 线管灯丝变压器其中之一初、次级之间击穿。将高压变压器抬出, 观察两 X 线管灯丝变压器, 发现大焦点灯丝变压器次级线圈严重移位, 几乎与铁芯相碰。该处铁芯上有黑色炭化物附着, 在大焦点灯丝变压器次级线圈表面靠近铁芯处可见到一圆形黑洞, 直径约 2mm, 系高压击穿电容器所致。由此可见该机故障是 X 线管大焦点变压器次级线圈移位后对地(即铁芯)放电。将 X 线管大焦点灯丝变压器次级线圈复位后, 用乙醚将铁芯壁上及大焦点灯丝变压器击穿处积炭除去, 并做木楔对大焦点灯丝变压器次级线圈加以固定。将高压变压器复原静置 2h 后, 开机负载试验, 从 45kVp 升到 85kVp, 机器透视正常, 故障现象消失。

故障例 3: 整流管回路 101 端接线松动

故障现象: 透视有 X 射线发生, 大 mA 值照相, 照片明显曝光不足。

故障检修: 根据现象判断, 故障可能出在 X 线管加热电路, 不排除整流管加热电路。首先判断是否有 X 线管加热不足表现, 用 30mA、50mA 档, 60kY、1s 曝光, mA 表指数正常, 打开机器观察加热电阻 R_8 、 R_9 , 调整距离都很正常, 拆掉 P_1 、 P_2 高压初级接头, 观察 X 线管窗口加热、增温情况正常, 证明 X 线管加热电路正常。为证明整流管加热电路有故障, 首先用 150mA、0.2s、60kY 摄肺像, 结果照片明显曝光不足, 近乎白片。用 50mA、0.4s、60kV 摄同一人肺像, 情况大不相同, 照片黑化度大大提高。故此测量整流管加热情况: 该整流管为涂钍灯丝, 灯丝电压为 6.5V。查整流管电路, 首先去掉 P_1 、 P_2 高压初级, 打开高压变压器上圆盖, 通过油测量 G_{1-4} 各管灯丝电压, 发现电压为 6V 左右, 低于额定电压。查电路发现 101 端接线松动, 接牢, 重新调整为 6.5V, 恢复正常使用。

二、F200-2 型 200mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1: 高压硅整流器一端电极引出螺钉脱落

故障现象: 该机透视效果差, 其亮度还不如一台 10mA 机器的亮度, 透视 mA 值可以调整。初步检查发现拍片各档均示 mA 值很低, 30mA 档实出 25mA 左右, 调高灯丝加热电压, mA 值增加很少, 而用 70kV 时, 可以达到 35mA, 调整空间电荷补偿变压器接线位置无效。后试用 50、100、150、200mA 档曝光, 在 50kV 时均为 25mA 左右, 并且随 kV 值升高, mA 值也有所上升, 但远远达不到预定值, mA 档越高, 实际输出 mA 值相差越多。

故障检修: 按常规首先考虑为 X 线管灯丝加热电路故障, 但是调整 X 线管灯丝初级电路的 mA 调节电阻阻值, 比原定位置相差太多, 而且各档 mA 还是达不到预定值, 分析不可能所有 mA 档的调整卡子均失调, 而且测量灯丝有载电压也基本正常, 大、小焦点灯丝交换点亮也无明显故障。因而认为该故障不是由 X 线管灯丝加热电路引起。又进一步仔细检查, 发现在曝光时, 高压发生器内有很轻的“吱吱”声, 证明有高压放电, 先从高压发生器上边

的窗口观察未发现明显放电部位，后将四螺钉松开，抬出变压器观察，发现有两个高压硅整流器的一端电极引出螺钉脱落，使高压硅整流器电极离开电极卡座约 2cm~3cm 远，因其脱落端位置不易看到，所以未被发现。随即将螺钉配好旋紧，再安进电极卡座，并使其接触良好，将变压器放入油中，静置一段时间后，气泡也排至油面，开机试用 50kV、30mA 曝光，基本正常，重新微调各档 mA 调节卡子，使各档 mA 至预定值后，经实际透视，拍片均工作正常。

故障例 2：限时器裂缝至刷片与其接点不能接触

故障现象：选用 0.5、0.6s 时间摄影时，X 线发生不中断。

故障分析：在正常情况下，X 线摄影继电器 JC₃ 受限时继电器 JC₈ 的控制，限时继电器工作原理如下：当开机后，限时器电源变压器得电，计时电容器 C₁ 充电，按下摄影按钮（手开关）第一位，摄影准备完成，按下第二位，由于照相预备继电器 JC₅ 工作而使 JC_{5.5} 常闭接点断开，JC_{5.2} 常开接点闭合，致使 C₁ 放电回路形成，充电回路断开，停止充电。C₁ 放电回路经：C₁→JC_{5.2}→604→AMK_{2.1}（任意一档，根据选择时间不同而异）→601→C₁，随着 C₁ 的放电，限时电子管栅极电位由负转正，电子管导通，JC₈ 限时继电器工作，曝光继电器 JC₃ 工作，摄影曝光开始。随着放电电子管栅极电位又降至使该管截止状态，JC₈ 停止工作导致 JC₃ 不工作，曝光结束。X 线摄影继电器 JC₃ 受限时继电器了 C₈ 的控制，而 JC₈ 的工作时间长短由 RC 放电回路中时间电阻 R 的阻值大小所决定。根据以上故障现象考虑有关时间电阻未接入放电电路或放电电阻与电容 C₁ 间有断路，使 C₁ 的电位失去泄放的回路，致限时电子管一直处于通路状态，最终造成摄影时有关回路限时失控，X 线不能停止。

故障检修：打开控制台前面挡板，观察时间选择开关接点与刷片的接触情况发现 0.5s、0.6s 档时间接点与该闸旋钮刷片间存在 1mm~1.5mm 间隙，拆下高压发生器初级 P₁、P₂，进行无载试验（仍用 0.5s、0.6s），发现摄影继电器 JC₃ 吸合后不能落闸，而其他时间各档由于与刷片接触良好，摄影继电器工作正常。当进一步检查其部分接点与刷片接触不上的原因时，可见该闸限时时间档电木板有 3 条深浅程度不同的裂缝，有一条裂缝贯通上下，在其主轴接合部一 10mm×5mm 碎块脱落形成缺损，使 0.5、0.6 接点与其他接点不在同一平面。0.5、0.6 两接点所在固定电木板翘向上方，使刷片与其接点不能接触。将原件拆下，因破损严重，更换同型号备件，经通电试验，X 线机限时器工作正常，故障排除。

第七节 沈阳医疗器械厂 X 线机故障实例

一、F2X03-200 / 100 型 200mAX 线机故障检修 6 例

故障例 1：X 线管放电

故障现象：做胸部透视，踩下脚踏开关数秒后，透视初级保险丝 BX₃ 熔断，同时 mA 表指针撞至顶点，V 表及 kV 表指示下降。

故障检修：1. 把 BX₃ 重新更换接好。拆去高压初级引线 P₁、P₂ 并将其短路接地，并在 P₁、P₂ 接线柱上接一个 100W 白炽灯做假负载，开机做透视动作，当踩下脚踏开关时，控制

台内各元件动作正常，白炽灯燃亮。据此，可初步排除控制台内故障；2. 把 P_1 、 P_2 引线重新接回，将 X 线管端两根高压电缆拔出，分别固定好，开机做透视动作，踩下脚踏开关，保险丝 BX_3 不断，各仪表指示正常。据此可初步判定故障出在 X 线管内；3. 打开 X 线管放射窗口，发现 X 线管壁上有多处大小不等的黑斑，管套内严重缺油，把手指从窗口伸进管套摸管壁上的黑斑发现，这些黑斑为一些黑色粉末状物质沉积而成。将变压器油从放射窗口倒出，看到油呈酱黑色并悬浮大量黑色粉末状杂质；管套内壁及 X 线管外壁也挂有大量黑色物。将管套两端盖打开，又看到阳极端的膨胀器底部有大片深浅不等的麻坑。将管套内壁及 X 线管外壁用纱布擦拭干净，再用新变压器油反复冲洗直到无杂质为止，重换阳极膨胀器，将 X 线管组装好，加入标准变压器油，静置排气后上好端盖，重新试机，机器恢复正常。

故障分析：由于管套内严重缺油，加上变压器油在长期使用中因水分、杂质侵入而使绝缘强度下降，导致 X 线管在工作中有轻微放电，因本机设有隔室防护装置，轻微放电声未能引起工作人员注意。当所用透视条件增大时，放电也大，并将阳极膨胀器底部打出麻坑，因膨胀器为黑色胶皮制成，被放电打下的胶皮粉末和放电产生的炭化物悬浮于油中，使油呈酱黑色。这些粉末在电荷积累至一定电位时，又引起放电，如此恶性循环，最终导致故障严重。本故障的检修步骤、故障排除方法也适用于其他型号的 X 线机。

故障例 2：高压绝缘支架固定螺钉与 Z_3 阴极短路

故障现象：无论透视或摄影，当开关闭合后，mA 表急冲到顶，V 表、kV 表指示下降，机器过载声加大，瞬间后，机器自动关闭。

故障检修：根据上述现象，初步认为，故障不在低压部分，而在高压部分。1. 将两条高压电缆自高压发生器端拔下（高压插座内注入高压绝缘油），以透视方式 40kV 试验，上述现象仍存在，说明 X 线管、高压电缆正常，故障在高压发生器内；2. 将高压整流管灯丝变压器初级拆下，4 只管子熄灭，以透视方式，在 40kV~70kV 之间内试验，高压整流管无辉光，上述现象亦消失；3. 使 Z_2 、 Z_4 （两者公用一灯丝变压器）亮，重复上述试验，故障现象消失，仅使 Z_1 亮，试验证明故障现象又出现，仅使 Z_3 亮，试验时发现，除 mA 表无指示外，其余现象同前；4. 将高压发生器内的元件拾出，发现 Z_1 高压绝缘支架（其一端有螺旋口，使高压整流管旋入而被固定，另一端由金属螺钉固定于高压变压器的铁芯上）自螺旋口到固定螺钉处有一深为 1mm 变曲裂痕，其上有明显的炭迹，以致 Z_1 与 Z_3 的阴极与地短路；5. 将元件拆下后，将炭迹擦洗干净，并用砂纸将裂痕打平，重新装上，故障消失。

故障例 3：机头高压放电

故障现象：踩下透视脚踏开关时荧光屏不亮，而机头阴极端出现“吱吱”声。kV 表下降很大，mA 表指针急冲至顶，高压发生器内有超负荷的“嗡嗡”声。

故障检修：从故障现象来看，应考虑为高压放电故障。首先细心检查高压电缆及两端插头，均见完好无烧焦痕迹，无臭味。拆下高压初级 P_1 、 P_2 ，做空载试验，低压电路工作均正常。观察 X 线管灯丝亮度随 mA 调节而变化。接上高压初级 P_1 、 P_2 ，在高压发生器阴极、阳极端插座内灌油，开机通高压实验，高压发生器均无异常。认定故障在机头内。打开机头阴极端盖，见膨胀器有一处焦黑状小孔，拆下膨胀器发现油量不足，3 条灯丝引线弯曲部在

油面处，有一根引线绝缘套管焦裂，确认高压放电所致。将机头油倒出，可见绝缘油混浊，有很多黑颗粒状杂质，这是高压放电造成的。更换焦裂的灯丝引线套管及膨胀器，重新灌油排气处理，试机，恢复正常。

故障例 4：灯丝变压器次级线圈匝间短路

故障现象：2-10BEY1-100X 线管损坏后，更换 ERGD045 / 1300KX 线管，按固定、接线、注油、排气常规操作。未安装 X 线管前，进行控制部位试验。摘掉 P₁、P₂，接通电源。电源电压指示 220V，给透视条件，各部受控，未发现异常改变。安装 X 线管，给透视条件，小焦点灯丝点燃。接 P₁、P₂，给透视条件，各部位受控，但无 X 线产生，mA 表无指示，荧光屏不亮，调节 mA 无变化。

故障检修：摘掉 P₁、P₂，给透视条件，X 线管小焦点灯丝点燃。给照相条件，大焦点灯丝点燃。给透视条件测量 P₁、P₂，一次电压为 190V。灯丝 F₀、F₁ 初级电压为 160V。空载 F₀、F₁ 二次电压为 6V。有载 F₀、F₁ 电压为 3.5V。因 F₀、F₁ 有载电压低，分析可能为小焦点变压器次级线圈匝间短路。而 ERGD045 / 1300KX 线管小焦点需电压为 7.5V~4.3V。虽小焦点灯丝点燃，但电子数不够，所以无 X 线发生。拆开小焦点灯丝变压器，发现次级线圈中有绝缘不良和匝间短路现象。分别用 $\varnothing 0.51\text{mm}$ 漆包线和 $\varnothing 0.81\text{mm}$ 双绞色铜线重新绕制变压器。初级为 1000 匝，次级因 ERGD045 / 1300K 小焦点耐压为 7.5V~4.3V，所以，把原来的 23 匝增加到 26 匝，按常规处理完毕后，重新装入 X 线发生器内。测量 F₀、P₁ 二次电压，空载电压为 6V~9V。有载电压为 4V~7V。接 P₁、P₂，mA 表指示正常，mA 可调范围 2mA~9mA。荧光屏荧光、图像显示清晰。

故障例 5：尘埃引起自耦变压器接触不良

故障现象：曝光时偶而出现继电器吸合不牢，出现轻微“嗒嗒”声。当时未引起重视，可近日此种现象出现较频繁，特别是使用较高条件摄影时，此故障更突出，且同时出现 kV 表下降，mA 表指示不稳现象。

故障检修：因故障发生在曝光时，故考虑为摄影高压接触器吸合不牢，打开控制台，拆下 P₁、P₂ 重新试机，故障消失。表面上看象是高压次级故障，但通过进一步检查高压初级电路有关部件，发现 kV 调节碳轮与自耦变压器接触处尘埃较多，彻底清理后试机故障消失，机器工作正常。

此故障是由于 kV 调节碳轮滑动处有尘埃致碳轮和自耦变压器接触不良，在有负荷时电压降过大，造成继电器线圈电压不够，吸合不牢，从而出现 mA 表上下摆动和 kV 表下降的现象。

故障例 6：透视继电器 TJ 主接点熔蚀

故障现象：常规透视时，踩下脚踏开关，突然出现荧光屏先亮后暗现象，遂停机检修。

分析与检修：该机一直专用于透视检查，此故障突然出现，且无规律。通常是踩下脚开关后，荧光屏立即由亮转暗，也有时稍持续一段时间然后转暗。分析可能为透视线路或原件接触不良可能性大。打开控制台，检查技术选择开关 JSK 及 mA 选择器 mAK、透视 mA 调节电位器 W、动作自如。各组接点接触良好。检查透视电路：501→JSK→517→508→WJ6→502→JK→542→TJ→219→BX5→227→ZB40V，见透视继电器 TJ 虽动作，但有打火放电

现象,察看其主接点呈黑锈色,且高低不平,熔蚀严重,尤以右侧主接点损坏显著,拆修中发现该主接点引出线已脱焊,致使高压初级接触不良,这是造成继电器主接点损坏的直接原因。重新将其焊接牢固,并将该继电器主接点打磨平整抛光。同时,对脚开关 JK 的弹簧片接点也进行了除锈除尘处理,经处理后试机,荧光屏亮度恢复正常,故障现象消失。

二、FZX-200 型 200mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1: 初、次级绕组间绝缘降低

故障现象: 高压变压器工作时“嗡嗡”声较大。卸移放置二十多天后重新安装时,低压各部均正常;高压部分以 45kV 透视条件空载试验时,高压箱内“嗡嗡”声更大,电源保险丝熔断。再试时,技术选择开关被烧毁。

故障检修: 换新技术开关,重新检查各部接线。拆下高压电缆做空载试验,仍然出现故障。重点检查高压变压器、整流硅柱和灯丝加热变压器。测定硅柱良好,高压线圈两个直流电阻相等,用交流电 220V 做逆向测定高压变压器时,初级线圈感应输出的电压基本相等。将硅柱复位,先接阳极端两只,通电试验无故障现象。从电缆座上拆掉两个灯丝变压器次级接线头,接上硅柱通电试验,也无故障现象。确定高压变压器和桥整流电路是好的。将次级接线头复原,试验时故障又出现。用 $M\Omega$ 表摇测两个灯丝变压器次级对地的绝缘电阻时仅有 $200M\sim$ 。说明初、次级绕组间绝缘降低,在高电压下形成短路。将两个灯丝变压器卸下,拆去次级线圈,绝缘层不动。用 5mm 有机玻璃作一绝缘筒套在其上,用同样线径重绕各次级线圈。变压器装好后,摇测结果:其次级间绝缘电阻均为无穷大。经干燥处理后复原,仍空载试验,故障消除,“嗡嗡”声减小,接上负载,机器正常。

故障例 2: 高压线圈击穿

故障现象: 透视时电源电压降明显增大,高压变压器内有放电声,保险丝很快熔断。摄影时 X 线量不足,电压降亦明显增大。

故障检查: 根据现象,初步判断为高压部分故障。逐根拔掉高压变压器端电缆,短时间通高压试验,故障仍旧。抬出变压器机芯,发现高压次级线圈未接 mA 表那组内层已烧焦变形,并可嗅到焦糊味,油箱底部可见沉淀杂质,油质近于蓝色并有酸味。

故障分析: 机器曾停用四年多并放在潮湿的仓库里致使绝缘油耐压值明显降低,绝缘油耐压不够,致使高压线圈击穿,次级线圈中电流增大,初级回路中电流亦增大,使保险丝熔断。

故障排除: 购买原厂同型号高压次级线圈,拆除旧线圈,仔细清除已炭化的杂质,保护内层的初级线圈外面的绝缘层。换上新线圈后,重新装入 C 字型铁芯时,其两铁芯断面必须紧密接触,减少磁漏。用乙醚将各部分擦洗干净,注意不要遗留下纤维物。用干燥箱烘干 20h,其温度保持在 85°C 左右,并注意通风(油桶及机芯要分别烘干)。待烘干物件温度降至室温时取出。用 $M\Omega$ 表测试高压次级线圈与地之间,低压线圈与地之间,及高压初级之间的绝缘电阻(测试时应拆除接地以及变压器接线板上所有接线,因为接线板的各接线柱之间绝缘值只在 $7M\Omega\sim 20M\Omega$ 之间,无法测得各点的实际数值)。各点的绝缘值应在 $500M\Omega$ 以上,正确恢复各点接线。注入足量合格油,封好油箱,静止一天。给透视条件, mA 表指数正常,高压变压器内无异常声音,逐渐提高 kV 和 mAs 做摄影试验,机器正常。

三、FZXI-200 型 200mAX 线机故障检修 6 例

故障例 1: 高压接触器剩磁引起 X 线管损坏

故障现象: 透视、摄影时 mA 表指针均上冲至顶点。35A 电源保险丝熔断,

故障检查: 根据故障现象, 故障多发生在高压电路。采用分段检查, 先拔出高压电缆插头, 当拔出近管头端高压电缆插头时, 加高压 mA 表无指示。由此确定故障出在管头内。拆开管头, 取出 X 线管, 见管内有少量绝缘油进入, 玻璃管壁近窗口侧有一处呈放射状炸裂纹。据此得出产生上述故障现象是 X 线管真空度严重不良所致。仔细观察已损坏的 X 线管, 可见阳极靶面有明显的高温熔蚀现象, 很显然, X 线管真空度严重不良是由于靶面熔化, 其高温金属滴落管壁, 而造成管壁炸裂进气。

该机使用的国产 2-10BEY₁-100 型双焦点固定阳极 X 线管, 最高热容量可达 30 万热单位, 若机器的防过载保护电路不出故障, 使用时按机器规定的条件, 注意适当的间歇时间, 一般不会超过管子允许的热容量。经检查该机防过载保护电路完全正常; 机器每日工作量很少, 并且注意了每次拍摄之间的间歇时间。为进一步查找靶面熔化原因, 对机器的 X 线管管电压 kV、曝光时间 s、X 线管灯丝电压进行了测量。结果: 除 kV 值正常外, 其余均不正常。X 线管灯丝电压各 mA 档均比正常值明显增高, 而曝光时间值也都比各预选的时间值明显延长。显然, X 线管灯丝电压增高使管电流 mA 值增大, 加之曝光时间延长, 在一定的管电压 kV 之下, 超过了 X 线管所能承受的热容量, 导致靶面熔化。X 线管损坏。对于 X 线管的超负荷, 采用联锁方式的过载保护电路不起作用:

首先检查 X 线管灯丝加热电路, 发现垂直放置于控制台内的摄影 mA 调节电阻 R₆ 最上端的接线夹 (线号 320) 固定螺钉偏向一侧, 线夹松动, 受震动下滑, 与相邻的 220mA 档接线夹 (线号 306) 挨在一起。这样便使实际串入灯丝电路中的 mA 调节电阻值减少, 加在灯丝变压器初级上的电压增大, 变压器次级的 X 线管灯丝电压也随之增大。对于曝光时间延长, 首先怀疑电子管限时器故障, 将电秒表接至限时继电器 X 了的常开接点, 对限时器直接进行测量, 发现比预选值延长, 调节限时微调电位器 W₃, 仍达不到校整的目的, 对限时器所有元件进行检查未发现异常, 而在检查 C₃ 电容器放电回路时, 测得摄影继电器 SJ 串接在 C₃ 电路中的接点 SJ₁, 由于严重炭化及积尘太多, 接触电阻增大, 这样等于在 C₃ 的放电回路中串进了一个“电阻”, 加长了 C₃ 的放电时间, 导致限时器限时时间延长。经砂磨和调整 SJ₁ 触点位置后, 故障排除。但是, 当将电秒表接至高压接触器 XK 的常开接点进行测量时, 发现所测时间值仍比预选值延长, 而再测限时器时间值却又正常。通过观察发现, 在听到限时继电器 XJ 衔铁落下的声音后, 过一段时间才能听到高压接触器 XK 衔铁的落下声, 用 V 表监测 XK 线圈两端的电压, 在限时继电器失电后, XK 线圈两端的电压同时消失, 而 XK 的铁芯与衔铁却仍然吸合, 过一段时间之后才能落下。显然这是 XK 铁芯剩磁引起的。

故障排除: 将 320 号线夹的固定螺钉扶正, 把线夹移至 R₆ 的最上端并紧固。更换 X 线管后, 重新进行 X 线管电流 mA 值校整。对有剩磁的高压接触器更换新品或更换接触器的铁芯和衔铁, 购不到同类型接触器时, 应急修理可采用在接触器的铁芯与衔铁的接触面加贴薄透明胶布的方法。实践证明此法能基本消除剩磁所产生的影响。

故障例 2: X 线管灯丝公用线断路

故障现象: 透视 mA 表不指示, 无 X 线产生。

故障检修: 开始取下高压发生器侧阴极电缆, 在插座处测大、小焦点灯丝变压器次级电压正常, 检查在插头处导通电缆三根芯线和 X 线管灯丝三根引线的连接情况, 无短路和断路。用四节一号电池逐一给大、小焦点灯丝通电, 均能正常燃亮, 当把此电缆装回后, 大、小焦点灯丝仍不点亮。此时, 测小焦点灯丝变压器初级负载电压时, 发现大、小焦点灯丝变压器初级同时都有电压指示, 当从控制台接线处拆除小焦点灯丝加热初级电路中接线号 318 号, 电压均为 0V。把 mA 选择 mA_k 调至大焦点, 技术选择 JK 调至摄影位也出现了大、小焦点灯丝都不燃亮和初级均有电压指示的现象。把大焦点灯丝加热初级电路中接线号 319 断开, 初级电压同样均变为 0V。最后取下 X 线管侧阴极电缆, 检查导通电缆三根芯线至灯丝变压器次级的接触情况, 发现公用线已处于断路, 足以说明断路是发生在高压发生器侧电缆插头、插座间, 把电缆插头公用线接线柱的前端开口适当扩大装回后, 观察大、小焦点灯丝亮度正常。再测大、小焦点灯丝变压器初级, 同时都有电压指示的现象消失。接回 P₁、P₂ 试机, 透视工作恢复正常。

故障例 3: X 线管头放电击穿胀缩器

故障现象: 在 X 线管头阳极侧连续发生两次放电, 而且都在同一部位, 将胀缩器击穿, 形成一个边缘整齐的小圆洞, 致使绝缘油外溢不止。

故障检修: 先将 X 线管阳极端头的固定螺钉旋下, 取下胀缩器, 发现固定 X 线管阳极的散热柄脱落, 当时以为机器在长期运行中, 来回移动立柱及 X 线管, 将固定螺钉震松, 乃至阳极柄脱落而掉在胀缩器上。当机器使用时, 阳极上数十千伏的高压, 通过胀缩器而对空间 (穿过胀缩器) 放电, 将其击穿为一个小洞。当修补好后 (方法见后), 把固定 X 线管的散热柄又重插入插座的固定铜脚上。将固定螺钉旋紧即可。但是仅使用十多天, 阳极散热柄又再次脱落, 几乎仍然是掉在上次击穿的同一部位上 (胀缩器仍按上次拆卸的方位装上的), 又击穿一个小洞。为了查清原因, 此次把整个 X 线管取下并清除管壳内的沉淀物。这时才发现有一个半月形的铜楔。经观察研究, 此铜楔是插入 (钳镶) 在阳极散热柄与 X 线管固定螺钉孔内的, 把铜楔插入再拧紧固定阳极散热柄上的螺钉, 方能牢固地将 X 线管固定稳妥。经过这次处理后已使用很长时间, 再未发生此类故障。

耐油胀缩器的修理: 将胀缩器取下, 用草纸及纱布擦净油迹。同时又用无水酒精及乙醚进一步擦干, 再用质地较细的小木锉在击穿孔的内、外两面均锉成毛糙面备用。而后再剪取两块面积与上述糙面相等的耐油橡皮, 均同样锉成毛糙面备用。最后用超粘胶 (高级万能胶), 均匀地涂在胀缩器及两块耐抽橡皮的四个毛糙面上, 约等 5min (稍干) 后, 分别粘贴在击穿孔的内、外两个补面上。随之用虎钳 (或重物压牢) 夹紧在修补面的内、外两侧。约等 8h 后, 取下虎钳, 将胀缩器内、外用无水酒精及乙醚快速冲洗一次, 彻底晾干后再装上 X 线管头的阳极端头。现已使用较长时间并未发现漏油, 证明效果良好。

故障例 4: 高压硅桥不完全击穿

故障现象: 大焦点 100mA 摄影, 偶尔出现 mA 表抖动并听到控制台内有“哒哒”声, 照片穿透力明显不足, 甚有白片, 时间竟达半年之久。透视工作正常。

初步检查：1. 用 50mA、60kV — 70kV 摄影，无上述故障发生。用 100mA、60kV — 70kV 摄影，故障偶尔发生一次，并随 kV 的增大而次数增多。用 150mA、50kV 摄影，每次曝光都发生上述故障。同时发现高压变压器次级中心端并联的放电管 FD 随“哒哒”声而产生辉光放电；2. 由于限时预置在 0.2s~0.3s（没敢用长时间），究竟是摄影高压接触器 XK 还是过流继电器 GJ 发出的“哒哒”声，经多次观察难以确定；3. 拆下高压初级 P₁、P₂，接 100W 白炽灯做假负荷试机，故障消失。

故障分析：mA 表断路或接触不良，致使次级中心端处高电位，FD 辉光放电，但摄片穿透力应正常。如 XK 本身或控制电路有故障，在 50mA 摄片也应出现上述故障。均不会引起“哒哒”声和 FD 辉光放电同时出现，因此考虑 X 线管真空不良或高压部分漏电或击穿，所造成的负载电流增大，使串联在高压初级电路的 GJ 工作，瞬间出现很快的“哒哒”声。

故障检修：1. X 线管做冷高压试验，试至 90kV 和给 X 线管灯丝加热做有载高压试验，透视和 50mA 摄影无上述故障发生；2. 按高压机件发生漏电击穿的鉴别方法分别拆下 X 线管、阴极、阳极电缆、高压硅桥、灯丝变压器，以最低的电压瞬间接通高压也无上述故障发生；3. 把同规格、同期产品正常工作的 X 线机使用的 X 线管、电缆、高压硅桥逐一置换于本机上，做 150mA、50kV、0.2s~0.3s 摄影试机，当替换上 4 只高压硅桥后，上述故障消失；4. 采用替换法检查，最后确定是高压硅桥 K₄ 不完全击穿故障。更换 K₄，故障排除。

故障例 5：旋转阳极线圈短路

故障现象：钡餐透视中 X 线突然中断，高压初级保险丝熔断，换上同型号保险 10A，透视曝光又立即熔断，说明高压部件有故障。

故障检测：低压测试，各种数据都与说明书的数据相符。高压测试，透视管电流 2mA，管电压 60kV，高压初级线路电流 11A（正常值 2.2A）。摄影管电压 70kV，管电流 50mA，高压初级线路电流 30A（正常值 21A）。X 线管冷高压试验，管内无辉光，无放电声，mA 表无指数。对高压变压器逆行性能试验，无放电声及电流增大声。绝缘油耐压试验，为 23000V（额定不能低于 25000V）。高阻表测试，高压变压器初次级对地及初次级之间电阻 2400MΩ，测高压变压器两个次级，线圈电阻为 6kΩ。巨输法通电测试，按照 1:372 的比率，在高压次级线圈上加上 186V 交流电压，测出阴极侧线圈初级电压为 0.5V，阳极侧线圈初级电压 0.55V。显示出两个线圈不平衡。

故障原因：1. 主要是绝缘油耐压过低；2. 高压变压器上两线圈反输电电压不平衡。根据以上测试分析，高压变压器的初级电流是由次级线圈中的电流所控制。当次级电流发生变化时，初级电流也随之变化。如果次级线圈有匝间或层间短路，就必然产生短路电流反应在初级线路中使保护装置工作。

故障排除：1. 更换高压变压器油（常规耐压试验 40000V）；2. 已查出阳极侧线圈反输电电压高 0.05V，说明该线圈次级有层间或匝间短路，对该线圈进行解剖，从外层脱落，脱到三层时发现线圈边缘有小米粒大的电击黑点，脱到四层发现 1~5 匝已形成匝间短路。按常规重绕制外四层，全部组装测试，各项数据符合机器使用标准。

故障例 6：继电器 XJ 与 R₁₄ 连接线断路

故障现象：在摄影时断续曝光，且无规律，有时曝光正常，有时完全不曝光。

故障检修：拆下高压初级 P_1 、 P_2 ，按下摄影手开关观察继电器 X 的工作情况，结果 XJ 继电器的工作状态与故障现象相符，这说明故障发生在 XJ 继电器的工作电路。在机器完全不曝光时，将双三极电子管 G_1 的⑥、⑧脚短路，结果 XJ 继电器仍不工作，故排除了电子管的故障，测量 R_{12} 、 R_{15} 的阻值均正常，无开路故障，检查 XJ 继电器正常，其供电电源亦正常，当用导线将 XJ 继电器的线圈一端（与电子管 G_1 ⑥脚连接端）与电子管 G_1 ⑥脚短路时，XJ 继电器便正常工作，由此确定 XJ 继电器与电子管 G_1 ⑥脚的连线断路。经检查发现，XJ 继电器与 R_{14} 的连线在 R_{14} 的焊点附近折断，但尚能接触，在摄影高压接触器 XK 吸合出现振动，使导线的断端接触不良，而出现上述故障现象。将折断的导线焊接后，机器恢复正常。

四、FZX II -200 型 200mAX 线机故障检修 3 例

故障例 1：X 线管损坏

故障现象：透视时 3mA、60kV~80kV 正常；照相时 50mA、70kV 以下，1s 正常；100mA、70kV 以上、2s 时，mA 表指示先正常。持续约 0.5s~1s 后，mA 表指针上撞至顶点，相片显示 X 线穿透力不足。

故障检修：1. 先做冷高压试验，在 80kV 条件下 X 线管无辉光和荧光；2. 有载试验：3mA、60kV~90kV 透视，mA 表指数正常。以上检查表明 X 线管真空度良好。打开 X 线管套取出 X 线管观察可见：X 线管壁上镀一层较厚的金属层，靶面熔化而脱落，熔化的钨水滴落在玻璃壁上，致使玻璃壁熔化但未穿透。从而判断：由于 X 线管靶面熔化，致使 X 线穿透力减弱，X 线发生时 X 线管增温，X 线管电流增大。更换 X 线管后，机器恢复正常。

故障例 2：小焦点引线与高压插座接线未固定牢

故障现象：透视时荧光屏较暗，mA 表指示小于 0.5mA，有时仅见指针轻微摆动，而摄影各档正常，mA 表指示准确。

故障检修：根据检修步骤，先检查管灯丝，水平位 X 线管灯丝大、小焦点均亮。高压电缆无漏电现象及断路、短路等。打开高压发生器，高压插座及其上面接线点均正常，桥堆上有一硅脚从卡夹上滑出，接触仍好，将其按入复位。再检查其他线路均未见明显故障现象。而透视时出现以上故障。重新检查 X 线管，水平位灯丝亮，在将 X 线管旋转至垂直位过程中，突见小焦点灯丝暗了一下，可见故障在 X 线管内。打开 X 线管阴极端，发现小焦点的引线与高压插座接线点未能牢靠固定，在垂直位时导线与接线点不完全脱离，从而增加了阻抗，使透视 mA 减弱。将接线脚上的螺钉旋紧，使导线牢靠固定，机器恢复正常。

故障例 3：高压交换闸阴极端触点接触不良

故障现象：正在透视时，mA 表指针不稳，忽高忽低；荧光屏忽明忽暗，荧光时有时无。

故障分析：分析此故障与管电流的大小直接关系，管电流的大小是受 X 线管灯丝温度高低的限制，而灯丝温度的高低又是受灯丝加热电流的限制。可想而知，灯丝加热电流不稳是造成管电流不稳的主要原因。灯丝加热电流不稳的原因有两个：一是稳压器输出的电流不稳；二是高压交换闸极端触点接触不良。

故障检修：先对稳压器及元件进行检查未见异常，最后将高压发生器从油箱中提出，发

现高压交换闸阴极端触点接触不良。将其阴极触点重新处理，使之接触良好，故障消除。

五、FZX II A-200 型 200mAX 线机故障检修 4 例

故障例 1: X 线管漏气

故障现象: 摄影时，条件为 70kV、100mA、1s。mA 表指针到顶，高压发生器发出“嗡嗡”声，kV 表下降很大。

分析与检修: 根据故障现象很可能是高压部分击穿短路，负载电流过大所致，原因可能为高压电缆击穿；高压变压器及 X 线管灯丝变压器次级短路；高压整流硅桥击穿；X 线管漏气等。

检查时，未发现异常气味，但发现 X 线管套烫手，电源保险丝熔断。

1. 用割离法分段检修。先将高压电缆从高压发生器侧拔出，往插座内倒入绝缘油，在高压初级 P_1 上加钳型电流表，做曝光动作，观察 mA 表及钳型电流表，结果无异常，可排除高压发生器内故障；2. 插上高压发生器侧电缆，拔掉 X 线管侧两根电缆头，分别悬空固定好，通高压，做曝光动作，结果无异常，故可排除电缆击穿的可能；3. 插上 X 线管侧电缆，拆下 X 线管灯丝加热变压器初级连接线，给 X 线管打冷高压，曝光后故障现象又重现；4. 此时怀疑 X 线管真空度下降或管套内绝缘油耐压不够，打开放射窗，在暗室中观察，降低使用条件，做曝光动作，见 X 线管内出现近于淡黄、淡绿色电离辉光，为此判定该 X 线管子真空度下降。后用透视条件训练，已不能恢复正常，只好报废。换新 X 线管，恢复正常使用。

故障例 2: 供电回路继电器 2J 接点接触不良

故障现象: 透视正常。普通摄影时，mA 表指针大幅度地左右摆动，继电器发出“喀嗒、喀嗒”吸合不稳的声音。

故障检修: 按下摄影手开关，发现高压接触器 ZK、中间继电器 ZJ 有“喀嗒、喀嗒”的吸合声。此时，测量高压接触器 ZK 线圈电压不稳。初步分析，可能是中间继电器 ZJ 的吸合、释放造成了高压接触器的吸合不稳。经过几次通电试验后，又发现继电器 AJ_1 也吸合不稳。根据电路原理确定故障在旋转阳极启动保护电路中。首先测量可控硅 G_{11} 的触发电压为 0.8V，然后用一根导线将可控硅 G_{11} 阴、阳极短路，故障现象仍然存在。用万用表测量 C_8 的容量参数，无断路、击穿、漏电现象。又测量继电器 AJ_1 ，线圈电压不稳。故障可能在供电回路中，检查继电器 ZJ 接点，发现 ZJ 的常开接点①、②工作后接触不良。用细砂纸打磨接点表面，用 95% 乙醇擦洗。再通电试验，机器恢复正常。

故障例 3: 负载电路过载继电器 BJ 线圈开路

故障现象: 技术选择开关选择在摄影档时，过载指示灯亮，摄影不能进行，透视正常。

故障检修: 先将摄影条件调到最低，结果过载指示仍然亮，这说明过载电路有故障。正常情况下过载继电器处于工作状态，过载灯亮，说明该继电器未工作，其原因有：1. 过载电路电源故障；2. 双三极电子管故障；3. kV、mA 或 s 参数异常；4. 电阻 R8 或 R9 开路；5. 过载继电器 BJ 故障。经检查过载电路电压正常（270V），双三极电子管 Q_1 正常。将电位器 W_4 ②脚焊开，故障仍然存在，说明 kV、mA、s 三个参数正常，测量电阻 R_8 、 R_9 阻值

正常。由此考虑故障发生在过载继电器 BJ 上。拔下继电器 BJ，测量其线圈阻值为无穷大，说明继电器 BJ 线圈开路。更换同规格继电器后，机器恢复正常。

故障例 4：电动遮光器硅桥 ZL₂ 内部击穿

故障现象：开机，扳动遮光器开闭开关 KN_{3.6} 向左右移动，遮光器铅门不运动，遮光器电机 M₁、M₂ 均不得电。

故障检修：经操作可知，荧光屏上下、左右制动电磁铁得电正常。通电测量电机 M₂（或 M₁）得电电路的交直流电压，可初步测试三个位置的电压，从而将故障原因缩小到一定的范围。先测硅桥 ZL₃ 的输入两端的电压，用万用表的 50V 交流档检测，线号 22、39 两端的正常输入电压应该是 27V 交流；然后测硅桥 ZL₃ 的输出两端电压，用万用表的 50V 直流档进行检测，线号 132、133 两端的正常输出电压在 25V 左右；再测遮光器电机 M₂（或 M₁）两端电压（将遮光器开关闭合），正常的直流电压为 24V。根据上述的三个测试点进行检测，打开控制台后板，测量 ZL₃ 输入两端的电压，万用表指针指示 27V，正常；测量 ZL₃ 输出两端的直流电压，指针指示为 0V，异常。初步判断硅桥 ZL₃ 内部击穿或断路。将 ZL₃ 的印刷板取下，单独测试 ZL₃，结果击穿。把 Ms（QL3A）型硅整流器换上，通电后立即被击穿。由于没有同型号（2A / 200、36 / 30V）的硅整流器，只好用 IN4007 型的 4 只二极管组成一个桥式电路，将线路恢复原状，开机扳动遮光器开关，遮光器电机 M₂（或 M₁）得电工作，机器恢复正常。

六、FZXIII-300 型 300mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1：旋转阳极启动电路二极管 G₁₂ 烧毁

故障现象：透视正常，摄影时无 X 线产生。

故障分析：经试验，发现 SJ 摄影继电器不工作。SJ 不工作是因其 ZJ 的 142、97 接点不闭合。ZJ 接点不闭合，说明 ZJ 线圈不得电，ZJ 线圈受控于 AJ₁ 的 11、12 接点，测得 AJ₁ 线圈未断路，但 AJ₁ 线圈两端无电压。

故障检修：拆除高压初级端，通电试验，发现旋转阳极启动电路的启动电压正常，无运转电压。断电后，取下旋转阳极启动电路板，检查发现 R₅（24Ω）电阻联接运转线圈一端的焊点脱焊，R₈（5.1Ω）电阻、G₁₂（2CPI6）二极管烧坏，致使 AJ₁ 继电器无电而不能工作，摄影时无 X 线产生；将 R₅ 重新焊好，取同型号二极管和电阻，焊好后，通电试验，机器恢复正常。

故障例 2：稳压器谐振电容器损坏

故障现象：X 线量不足，mA 表指示过低。经调整灯丝加热电阻，mA 值可达预定指示，但不久又逐渐下降，虽经反复调整灯丝加热电阻，最终亦不能达到预定值。

故障检修：拆下高压初级线，察看灯丝亮度，较正常时暗，测试稳压器输出电压为 165V（应当 220V）。再测稳压器输入电压为 220V，初步确定为稳压器故障。拆下稳压器输出、输入接线，用 Ω 表测其阻值，未发现异常。随后测谐振电容器，发现其阻值偏高，按其原容量更换新品，故障排除。

故障分析：国产机通常采用谐振式磁饱和稳压器。该稳压器的谐振电容是与绕在饱和铁

芯上的线圈相并联，组成谐振电路。其作用为减少电能损耗，提高稳压功率。由于该机谐振电容器容量减少，电能损耗增大，输出降低，致使灯丝加热不足，X 线量减少。

七、FZXN-300 型 300mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1：供限时电路 C₇ 充电的一组动接点接触不良

故障现象：一片双次、四次点片摄影出现黑化度相差悬殊的影像。异常现象产生的原因：过载保护继电器供 C₇ 充电的一组动接点接触不良。

故障检修：根据 X 线机在使用中的特点，每点片一次，机器电源要断、通一次，否则不曝光；同时，一片双像中出现色调差异的影像，推测是 C₇ 充电容量不一，曝光时间不准而造成的。用万用表测量 C₇ 的充电情况，表笔事先接于 C₇ 两端，机器通电，待 BJ 继电器吸合时 C₇ 充电，表针随即升至 350V，而后缓缓降落回零（电容器通过万用表内阻放电），移离表笔反复测量 C₇ 两端均处于零。据此推断电容充电正常，故障发生在 BJ 继电器。拆下 BJ 继电器，发现控制 C₇ 的一组接点及弹簧片支架上涂布一层黑色粉末。用纱布擦去垢粉清拭干净，把受损的接点用细砂纸和硬纸片打磨；同时把接点的静弹簧片向动片方向调整缩小其间距。经过整修的继电器装回原位，机器通电试验，不仅可间断连续摄影，并且一片双像的黑化度一致。

故障例 2：手开关接点脱落，接线松动；延时电路中电容器 C₅ 损坏

故障现象：按下曝光手开关，旋转阳极不启动，且无 X 线产生。

故障检修：拆开曝光手开关，发现其内接点均已脱落，焊牢后，按下手开关仍不曝光，进一步检查，发现手开关连线的控制台端接线松动，焊好后，再接手开关，故障消除。但发现将手开关一次性按到第二档，旋转阳极启动很短时间后即曝光。这种现象是因延时电路中电容器 C₅ 有故障，当换掉 C₅ 后，此现象消除，工作正常。排除原来简单故障后，又发现新的故障，由于后者出现，于是拆下 X 线管头上的遮光器，开机后，经窗口发现阳极靶面一周有烧熔痕迹。这是因旋转阳极没有达到转速就曝光的缘故。由此可知，后者故障早已存在，只是平时没有注意。

第八节 西南医疗设备厂 X 线机故障实例

一、KF-200 型 200mAX 线机故障检修 8 例

故障例 1：高压电缆小焦点插头轻微炭化

故障现象：透视荧光屏亮度低，调透视 mA 调节电位器，mA 表指示始终为 0.5mA，小焦点 25mA 档摄片，胶片不感光，调该档在摄影 mA 调节电阻 R₅ 上的位置，输出也不到 5mA。大焦点各档摄片均正常。

故障检修：在透视（25mA）档，观察管窗口，小焦点灯丝燃亮。拆下 P₁、P₂，并接上一个 200W 的白炽灯，通电后合上手开关或脚踏开关，各继电器均正常动作，白炽灯亦燃亮。由此判断故障不在控制台内。偶然发现高压发生器上的阴极高压电缆松动，拔出电缆，见电

缆的公共点和大焦点插头正常，小焦点灯丝插头有轻微炭化。用砂纸磨光插头，按要求注入绝缘介质后插上电缆并旋紧。接上 P_1 、 P_2 ，透视下观察 mA 表，透视 mA 可由透视 mA 调节电位器任意选择，荧光屏亮度恢复正常。25mA 档的 mA 输出也可达 25mA，摄片正常，故障排除。

故障例 2：高压电缆放电

故障现象：该机在透视中突然自高压箱处发出放电声，其音响类似几挂小鞭炮在燃放，但机器仍见荧光，透视不受影响。停机观察也未见异常。开机再试，则现象消失，继续透视后声音再现并在高压箱和机头两处来回转移且时有时无。

故障检修：经查发现，两根高压电缆的地网只剩下一根在高压箱处尚没有完全断下，其余三端都已完全开路。用细铜丝缠绕并焊接后，机器的放电声完全消失。

故障分析：在单相全波整流的输出高压中，除了平均直流高压之外还叠加各种高次谐波成分，特别是二次谐波，其幅度可达高压峰值的 42%。正常时电缆的分布电容将谐波短路，一旦地网与机壳开路即产生谐波放电现象，且开路间隙越小放电越容易，故当一端开路间隙变大时，放电即转移到另一端。在电缆活动时，若一端的地网与机壳接触，则放电立即消失，致使现象时有时无。

故障例 3：高压整流管灯丝变压器 B_6 击穿

故障现象：选择透视时，透视脚踏开关压合后，mA 表指针升到顶端，然后透视高压回路中的保险丝熔断，无 X 线产生。

故障检查：1. 将两根高压电缆自 X 线管端拔掉架起，两根高压电缆插头相距 1m 以上并距离地面及墙壁 1m 以上，周围无金属物，压合脚踏开关依然有以上故障现象；2. 将两条高压电缆自高压发生器端拔下，高压插座内注满高压绝缘油，开机压合脚踏开关，依然有以上故障现象；3. 将高压发生器观察口盖打开，开机压合脚踏开关，观察四只高压整流管，无高压放电辉光现象，上述故障现象依然存在；4. 将四只高压整流管取出，开机压合脚踏开关，上述高压放电现象依然存在，但发现高压变压器端子板底面（近油箱一面）有放电火花；5. 将高压变压器支架从油箱中抬出架好，观察三个高压整流管灯丝变压器，两个 X 线管灯丝变压器以及两个高压线圈，外表均未发现异常现象，用 $M\Omega$ 表测量各线圈对地无击穿；6. 将三个高压整流管灯丝变压器初级及次级线圈逐个断线，放入油箱中空载通电试验，结果发现 B_6 整流管灯丝变压器初级、次级都断开时，开机压合脚踏开关，高压放电现象消失。高压变压器接线端子板底面放电现象也随之消失；7. 将 B_6 高压整流管灯丝变压器卸下，用 $M\Omega$ 表测初级对地；次级对地均无击穿现象。再角 $M\Omega$ 表一端接初级一端，另一端接次级一端进行测试，结果发现击穿现象。

故障排除：更换损坏的高压整流管灯丝变压器 B_6 初次极间的绝缘套，故障消失。

故障例 4：高压整流管阳极管断路致半波整流

故障现象：摄片时 mA 表指示减半，胶片影像较淡，透视时 mA 表指示亦减半，荧光屏荧光暗淡。

故障检查：全波整流 X 线机若有一只高压整流管灯丝或其电路断路，即变成半波整流，控制台 mA 表指示减半。打开高压发生器箱上圆盖发现一只整流管灯丝不亮，开机后检查发

现四只高压整流管灯丝均燃亮正常,观察发现有一只高压整流管呈漂浮倾斜状态,用乙醚清洗手臂,从观察窗口把手伸进高压发生箱内检查,触摸到整流管阳极端同其螺纹固定铝套脱离,另外固定阳极端的绝缘胶木支架已折断,用于绑固的线绳也已变松。

故障排除: 由于高压整流管阳极端螺纹铝套顶丝未拧紧,在高压交换闸频繁的振动下,使折断的胶木支架晃动并使固定绳变松,整流管阳极端也脱离螺纹固定铝套,使之在绝缘油内倾斜漂浮,致使此整流管阳极断路,造成半波整流。将整流管从油箱中取出,将螺纹固定铝套旋下来,套在整流管阳极端,把顶丝拧紧,更换一个同规格的绝缘支架,将整流管安装上,绝缘油静置一天后,试机恢复正常。

故障例 5: 滤线器接点电击产生凹陷

故障现象: 用滤线器摄影时,当按下手开关,曝光一次以后紧接着产生第二次曝光。

故障检修: 先取下床面板,断掉整机电源,观察滤线器 Lk_1 是否能正常动作,用万用表 Ω 档 ($R \times 1k\Omega$) 测其滤线器动作后 Lk_1 两端(这时要断掉 Lk_1 任意一端接线)的电阻,发现电阻在 $5k\Omega \sim 10k\Omega$ 范围,没有达到电阻无穷大的要求。同时发现附在 Lk_1 、 Lk_2 周围的污物、油液较多,用酒精清洗 Lk_1 、 Lk_2 周围,干净后待挥发完毕再用万用表 $R \times 1k\Omega$ 档测其滤线器,动作后的 Lk_1 的电阻仍在 $10k\Omega$ 到 $15k\Omega$ 之间活动,再取下 Lk_1 、 Lk_2 接点,发现该两对接点由于电击产生严重不规则的凹陷。用喷灯熔化银片填补在凹陷接点处进行修补,打磨光洁重新安装上,再测滤线器动作后的 Lk_1 两端电阻为无穷大,说明故障已排除。然后接上 Lk_1 、 Lk_2 的端线,断掉高压初级接线。 P_1 、 P_2 ,接上电源试机,并松掉凹凸轮固定螺钉,调整到与滤线器振动曝光时间同其指示时间相符为止,装上床面板,接上 P_1 、 P_2 线,按下电源开关,机器正常工作。

故障例 6: 整机带电

故障现象: 开机后全机壳及立柱等全部带电。

故障检修: 该机故障一般为机器元件或某些接线等与机壳相连所造成。为分清是哪一部分电路有异常。检查时采用断路法。首先从控制台接线柱上拆下高压变压器及诊视床的联接线,开机后再测量机壳已不带电,这说明控制台没异常,接上高压变压器的接线再测量也没异常,最后接上诊视床的 14 号线时故障又出现,故障出在滤线器电路。将床板拆下,发现滤线器启动线圈 QJ 的表层有磨损,线圈外露,与支撑滤线器盖板的铁片碰接,因铁片生锈用表测量机壳与 14 号线之间有 $1.5k$ 左右的电阻值。这样自耦变压器 20V 接线经 QJ 与机壳相联接,所以造成全机带电现象。因 QJ 线圈还能工作,在修理时用绝缘胶布进行绝缘处理,机器恢复正常。为了预防触电,重新检修了保护性接地线,使接地电阻符合要求。

故障例 7: 摄影手开关、线路手开关接点断线

故障现象: 按下电源按钮 AN_1 或 AN_3 ,电源继电器 DC 工作,辅助继电器 FJ 同时工作。按下手开关 SK 时,用滤线器或不用滤线器均出现摄影继电器 SC 有时工作,有时不工作现象。当按下手开关 SK,摄影继电器不工作时,用手转动手开关以下电线或往上顶一项,则会出现摄影继电器 SC 工作现象,且机器工作一切正常。

故障原因: 根据故障现象,考虑为手开关接点接触不良或手开关的两条电线接点断开。

故障检修: 拆下 P_1 、 P_2 ,拆开手开关,观察手开关内接点、接触点,均未发现异常现象,

分别用万用表测量 S_1 到手开关的一接触点和 S_2 到手开关的另一接触点,发现 S_2 到手开关的一接触点出现时通时断现象,对此线外皮进行纵形切开,结果在距手开关接点 2cm~3cm 处出现横形断线,截除此段线,重新焊接后,开机试验,故障消失。

故障例 8: mA 表测量电路继电器 PJ 衔铁与控制接点固定螺钉松动

故障现象: 偶尔发现,透视时 mA 低。0.5mm,但透视 mA 调节钮已经旋至最大。

分析与检修: 从上述现象分析,该故障可来自灯丝加热电路或 mA 表测量电路。1. 断开 M 点串入交流 mA 表,踩下脚踏开关,旋动 mA 调节钮,指针在 0~6mA 范围内变化,确认灯丝加热电路正常;2. 断开电容电流抵偿电位器 W2,故障依然存在;3. 用万用表 RX10k 档测 ZL 整流桥未发现部分击穿或严重漏电;4. 给表头通一直流电并控制电流判定表头完好;5. FJ 继电器在透视位得电后工作,但仔细观察发现该继电器衔铁与控制接点通断的“王”型塑料架固定螺钉松动,虽然 FJ 工作,衔铁通过“王”型塑料架也拉动了弹片,但就差一个极小的间隙,使常开接点不能闭合,常闭接点不能打开,因此,控制接点依然与 mA 表 200 端相接,不能转换到 20 端,故误认为 mA 值很低,实际上透视时已长时间处在高 mA 值下,重新拧紧螺钉试机,恢复正常。

二、KF II-200 型 200mAX 线机故障检修 4 例

故障例 1: 旋转阳极延时电路可控硅 SCR 损坏

故障现象: 摄片时按下手开关 I 档, SK_1 旋转阳极得电启动,接着按下手开关 II 档 SK_2 ,摄影继电器 SC 无吸合声, mA 表没指示,无 X 线产生。

分析与检修: 打开控制台盖板,

拆下高压初极 P_1 、 P_2 ,按下手开关曝光观察发现,在摄影辅助继电器 FJ_1 、 FJ_2 ,旋转阳极电流继电器 LJ,电压继电器 Y 工先后工作吸合后,旋转阳极延时继电器 KJ 不吸合。按程序在继电器 FJ_2 、Y 工工作后,其常开触点接通旋转阳极延时电路,如此电路正常,在延时 1s 后 KJ 应吸合。根据故障现象,怀疑故障发生在旋转阳极延时电路

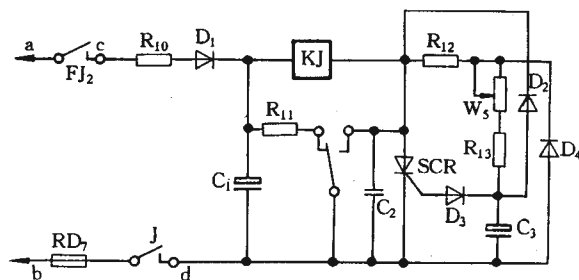


图 2-4-5 旋转阳极延时电路

路及相应供电线路,见图 2-4-5 所示。根据电原理图得知,旋转阳极延时电路采用交流 160V 供电,由继电器门 2、YJ 动触点先后接通此电路,经限流电阻 R_{10} 、二极管 D_1 整流和电容 C_1 滤波后变成平稳的直流电,通过 KJ 线圈, R_{12} 、 W_5 、 R_{13} 向 C_3 充电,1s 后可控硅 SCR 导通, KJ 线圈得电, K 了触点闭合,于是自保,接通摄影继电器 SC 线路。通电模拟曝光检查,用万用表交流档测 a 与 b, c 与 d 之间输入电压均正常;由此可知旋转阳极延时电路供电正常,保险 RD_7 、两动触点 FJ_2 、YJ 接触良好。用万用表直流档测 C_1 两端电压为 38V,与正常电压参数相比较偏高(正常情况下该点电压约 25V 左右),检查 R_{10} 与 D_1 ,除发现 R_{10} 表面有变色现象,均未发现异常。拔下继电器 KJ,量其线圈阻值正常,将万用表直流档串入可控硅 SCR 阳极,指针指示为零,说明可控硅 SCT 未导通。用万用表 SCR 控制极和阴极

加一个瞬时模拟触发信号，继电器 KJ 仍不吸合，故怀疑可控硅 SCR 损坏。用同型号可控硅更换后，曝光试验 KJ 吸合，机器恢复正常工作。

故障例 2：旋转阳极电路接线对地短路

故障现象：在行头颅摄片后，再开机时，摄片 X 线管旋转阳极就开始转动。但各控制系统的继电器均不工作。

分析与检修：根据故障现象，认为旋转阳极电路与其他电源有短路，并跨越了 YJ 和 LJ 继电器直接给旋转阳极线圈 B₆ 或 B₇ 加入一个短路电压，使其阳极可转动，根据这一现象重点检查了 X 线管与控制台的连线，从外表看均正常。把旋转阳极启动电路中 RD₇ 保险丝取下，开机试验，故障现象消失。此时做摄片试验，各控制系统继电器工作程序正常，旋转阳极电路启动正常。同时发现 X 线管侧有打火放电声。查 X 线管侧固定阳极接线的夹子穿破，号线的绝缘层对地形成短路。将短路处进行处理，将 RD₇ 复位，再次开机试验，故障现象消失，做摄片动作，机器恢复正常。

故障例 3：电缆芯线断路；测量电路整流二极管 ZL 击穿

故障现象：摄片、透视时，射线时有时无，mA 表均无指示。

故障检修：打开控制台，拆下高压初级 P₁、P₂，加 60W 白炽灯作假负载。mA 选择器置于任何一档，合上手开关或脚踏开关，接触器吸合，继电器动作，曝光指示灯均亮。由此分析，故障出在高压部分。从 X 线管窗口观察，当 mA 选择器在小焦点各档时，大、小焦点灯丝均不加温。换大焦点各档时，大、小焦点灯丝同时加温。此种情况多属灯丝变压器次级公用端开路，可能是高压电缆或高压发生器内的接线断路或高压插头、插座、管套内等处断路。首先考虑活动较多的电缆，经测量阴极公用线电阻无穷大，从弯曲处剥出芯线见公用线断开切下断端，处理好芯线焊接后，重新灌注电缆头。射线正常，但 mA 表无指示。查测量电路整流管 ZL 中两只二极管击穿；换同型整流管，摄影正常，透视时 mA 表反偏。而各线头经查无错接，调电容电流抵偿电阻 W₂，使 mA 值在 3mA 左右。

故障例 4：电路有错误接线

故障现象：该机一直只能用于普通透视、胃肠检查及不加滤线器一般摄影。近日发现，用床下滤线器摄影时，旋转阳极能够启动，但依声音判断其转速不够，所摄 X 线片都带有细细的铅条影。

故障检修：从 X 线片上带有细铅条影看，滤线器振动有障碍。查滤线器各部位，均未发现有机械性障碍。在滤线器摄影条件下通电试验，滤线器未动作。测 14 号、13 号（42 号）接线柱间的电压为 0V，测 QJ 线圈完好，常闭接点 QJ₁ 接触亦佳。检查包括普通滤线器摄影转换开关在内的 QJ 电源电路，无异常。测 14 号、43 号（41 号）接线柱间电压，为 220V，查 QJ₁ 常开接点，分离良好。加上滤线器后，滤线栅并未动作，即 QJ 常开接点并未闭合，JSB 却能得电，使机器曝光，说明线路上必有与电源间的“搭桥”短路存在。按电原理图，仔细循序检查线路，在床脚下的接线板上发现，于 4 号及 41 号接线柱间跨接一条直径约 1mm 粗的塑皮铜质导线。认为此导线属不合理接线，遂将其拆除。再次通电试验，见滤线器仍未动作，机器也未曝光。仔细观察各继电器动作程序：当按下手开关时，辅助继电器 PJ₁、FJ₂ 得电工作，其常开接点 FJ₂ 闭合，旋转阳极电流继电器 LJ 立即动作。电压继电器 YJ 理

应工作,但它却未动作。查旋转阳极电路,未发现异常。查 YJ 线圈两端电压仅几伏,要求为 127V。待将 R_7 阻值调至 $0.6k\Omega$ 后, YJ 线圈获额定电压而工作, KJ 亦工作,滤线器也动作,能控制曝光,故障完全排除。

此次检修，前后实遇到两种故障。第一是 4 号与 41 号接线柱间不应有的跨接导线，因 4 号柱即摄影手开关的 S_3 、41 号柱（也即 43 号）与 JSB 的下端相连。由于这条短接线的存在，它不仅将滤线器控制电路抛开，就连摄影控制继电器 KJ 的一组常开接点和摄影辅助继电器的一组常开接点均被抛开，实现曝光与旋转阳极的转动与否无关。只要手开关 SK_1 、 SK_2 控制就行了；第二是旋转阳极虽能启动，但未加速到正常转速就曝光了。虽然 LJ 得电接通了加压电路，只由于 R_7 阻值过大，使加压线圈不能获得额定电压，YJ 则不能工作。其常开接点不能闭合。这样摄影控制继电器 KJ 也就不能得电工作，它的常开接点不闭合，滤线器不动作，计时器也就不能得电工作。

三、KFIII-200 型 200mAX 线机故障检修 2 例

故障例 1: 接线错误

故障现象：新购 X 线机开机后，当进行滤线器或断层摄影时，第一次曝光所摄照片显影正常，下一次摄影时听不到滤线栅的吸合声，冲洗出的照片上留有铅条影。

故障检修: 拆下高压初级 P_1 、 P_2 及床面暴露滤线器。进行曝光试验发现, 当曝光结束后, 滤线栅摄影曝光控制继电器 QJ_1 的自锁接点一直吸合不断开, 常闭接点不闭合。经仔细分析电路图发现, 开机后滤线器一直有 20V 与控制电路无关的电压存在, 见图 2-4-6 所示。以至当第一次曝光结束后, 由于 QJ_1 自锁接点的自锁, 使 QJ_1 持续得电, 其常闭接点不能闭合, 在下次曝光时, 滤线栅储能线圈 QJ 不得电, 滤线栅也不能振动, 从而使所摄照片上留有铅条影。为此, 将 439 号线从 20V 上改接到 0V 上, 故障即排除。

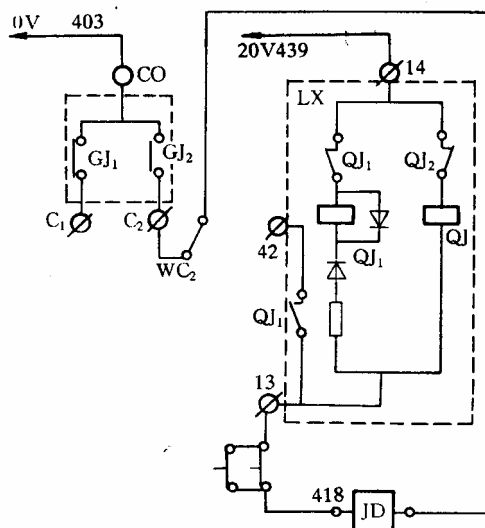


图 2-4-6 电路原理图

故障例 2: 点片开关 AN₅ 传动轴卡死

故障现象:新装 X 线机,在控制台空载试验时,接动点片架刚一离开原始位置,在旋转阳极启动的同时,高压继电器也立即工作,并且出现连续曝光现象。

分析与检修：从原理图中可知，当拉动点片架时，ZK 接点闭合，电路从透视切换到点片，胃肠摄影继电器工作，接着旋转阳极启动，做好摄影准备，一经点片架到位，点片定位头触及 AN₅ 开关其接点闭合，SC 工作，曝光开始。现在照片架未到位，SC 就工作，说明 AN₅ 开关接点已经闭合或有短路现象。

从控制台接线柱上拆下 8 端子引线,用万用表测量 4 端子与 8 号线之间导通情况。点片

第三篇

超声系列

第一章 B 型超声诊断仪的维修

第一节 概 述

80 年代以来,随着超声材料和工艺水平、计算机技术、电子技术的迅速发展,超声诊断设备在提高图像质量、丰富检测功能、开拓新的成像技术和进行超声组织研究等方面都取得了显著的成效。超声诊断设备的新技术又促进了临床诊断向更高层次发展。

B 型超声诊断仪以其独特的实时显像、诊断域宽、准确直观、真实感强、操作简便、无创伤、诊断快速、廉价的优势,已成为现代临床医学中重要的常规诊断设备。

我国自 80 年代以来,B 型超声诊断仪在全国各大、中、小医院先后得到普及,对提高我国的医学超声诊断水平起了重要作用。目前仍以进口设备为主。主要进口的设备有日本阿洛卡的 SSD 系列,东芝的 SAL 系列,日立的 EUB 系列,岛津的 SDL 系列,横河的 RT 系列,三荣测器的 ZH 系列;欧美等国的设备有美国惠普(HP)ATL 系列,美国 SPA 系列,西门子的 SL 系列,英国的 GL 系列,澳大利亚的 MI 系列。以上这些先进设备的主要功能大体可以分为 4 类,即①用于心血管检查的相控阵扇形扫描(电子相控阵及环形相控阵)以及脉冲波和连续波多普勒功能的相控阵扇形扫描显像诊断系统;②主要用于腹部脏器诊断的多功能复合扫描(线性扫描、扇形扫描、凸形扫描、表浅血管多普勒)超声诊断设备;③用于心血管及腹部检查,以机械扇扫为主的扇形扫描诊断设备;④用于眼科,颅脑泌尿系统及表浅血管多普勒显像等方面的超声诊断设备。

目前,国产超声设备在科研生产领域已取得了突破性进展,现已能生产机械扇形扫描、电子线性扫描以及相控阵扇形扫描等多种类型、不同档次的超声显像诊断设备,形成了一定规模的产业力量,主要有四川绵阳电子仪器厂生产的 CX-860 超声扇形显像仪,上海超声波仪器厂生产的 SSZ-100 型扇形扫描实时显像仪,天津医疗电子仪器公司的 SC-400 型(线阵)便携式超声显像仪和 CX-1100 型多功能超声显像仪,上海医用电子仪器厂生产的 CX-851 超声实时显像仪(线阵)和 CX-960-1 多功能超声诊断仪(线阵、凸阵、机式扇扫),江宁机械厂生产的 STN2031 型线性电子扫描超声波诊断仪,汕头超声仪器研究所生产的 EUB-301 线阵/凸阵超声诊断仪,EUB-305 线阵/扇扫超声诊断仪,安科公司的 ASU-010 型相控阵超声诊断仪(带连续多普勒和脉冲多普勒),ASU-01C 型彩色多普勒系统等。这些国产 B 型超声诊断仪对我国超声临床诊断的发展和普及应用发挥了重要作用。

为了更有效地发挥先进的超声诊断设备的各项功能,以提高临床诊断水平,就必须保证仪器设备的正常运转。80 年代初以来引进的大量设备现在已经进入维修高峰期,为了搞好维修,本章将以国内占有率高,最具有代表性的日本阿洛卡的 SSD-630 型和 SSD-256 型 B 超为主进行介绍。SSD-630 型 B 超属 80 年代末的中高档类型设备,其工作原理只作了简要介绍,重点突出了故障现象的分类,故障的可能单元和印刷电路板,重要的正常参考波形,

典型故障排除实例，观察监视器和照像监视器的故障排除以及维修后的调整方法。SSD-256 型 B 超属 80 年代初的中档设备，其重点介绍的内容和 630 型相仿。

SSD-720 型 B 超，东芝的 SAL-32B、SAL-50A 型 B 超由于资料和篇幅所限，只是一般介绍扇扫探头。ASU-28 资料属阿洛卡的早期产品，谨供维修参考。

上述举例了大量的国内外各类超声诊断设备，因其功能、性能的不同，电路结构的复杂程度相差甚大，但其基本原理则大同小异。作为医学工程维修人员重点熟悉一台典型设备的工作原理，即可达到触类旁通的目的。本章提供的典型故障图像，对于检修不同机型的 B 超都是有很好的借鉴作用，可以启迪工程人员的维修思路，以达到事半功倍的目的。

为了搞好 B 型超声诊断仪的维修应注重考虑以下三个条件：①维修人员应具备一定的电路基础，熟悉模拟电路，数字电路，计算机原理，并有丰富的实践经验；②对超声诊断仪的工作原理要有一个基本了解，若能熟悉 B 超的物理基础，设计原理，各单元部件的主要功能，技术参数，操作方法，性能鉴别则维修工作会更顺利；③要具备必要的维修所需物质条件，各种技术资料、电路图纸、电路延伸板以及基本检修工具如示波器、数字表、各种螺丝刀、烙铁（包括吸焊烙铁）、内六角等，若有条件，可以配在线逻辑测试仪、逻辑笔以及必备的备份元器件。

第二节 医学超声的声学基础

一、超声波简述

超声波是一种频率大于 20kHz 的机械波，它是由媒质中的质点受到机械力的作用而发生周期性振动产生的。根据质点的方向和波的传播方向的关系，声波可分为以下二种最基本的形式。

（一）纵波

媒质中质点的振动方向与波的传播方向平行的波称纵波（图 3-1-1）。纵波又称为胀横波或压缩波，它可以在气体、液体、固体中传播。

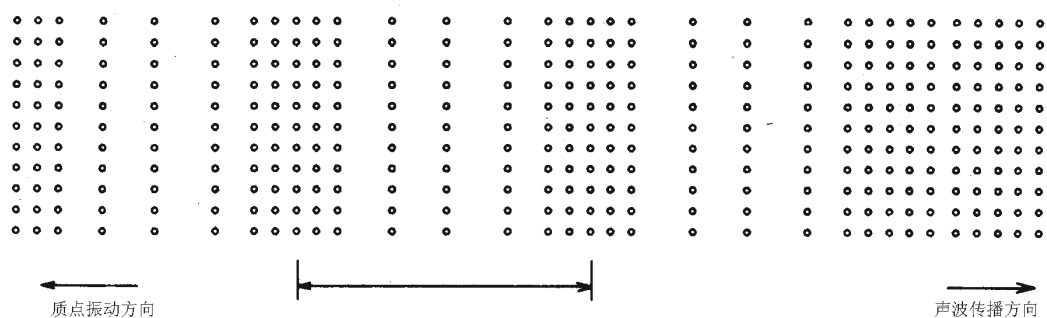


图 3-1-1 纵波

（二）横波

媒质中质点的振动方向和波的传播方向相垂直的波这是横波（图 3-1-2）。横波又称为切变波，它只能在具有切变弹性的媒质中传播。

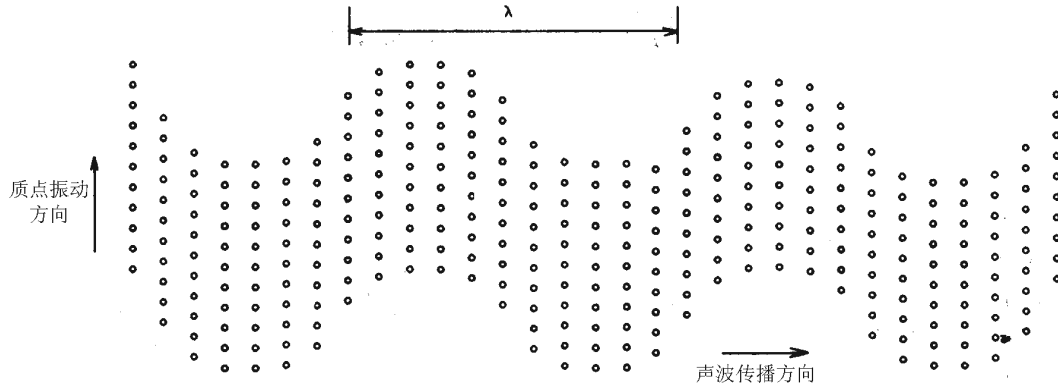


图 3-1-2 横波

医用超声波的传播媒质主要是人体软组织。由于声能是以纵波的形式在人体内传播，而横波由于在生物组织内具有极大的衰减，故横波无法为医学诊断所应用。

声波在传播时，根据弹性媒质质点的振动状态，可分为平面波、球面波和柱面波三种波型。为了便于理解，先介绍波动过程中常用的两个概念。①波阵面：波源在弹性媒质中振动时，振动将向各个方向传播，在某一时刻波动传播到媒质各点，以同相位振动（即位移的大小和方向以及运动方向都相同）的质点所联成的轨迹曲面称为波阵面（wave front）或波前。②波线：在各向同性的媒质中，波的传播与波阵面相垂直的线称为波线（wave ray）。

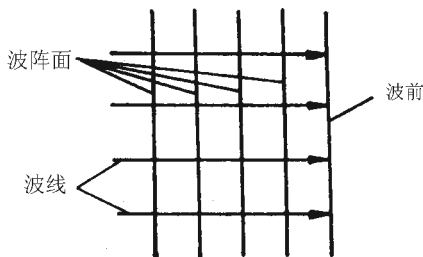


图 3-1-3 平面波示意图

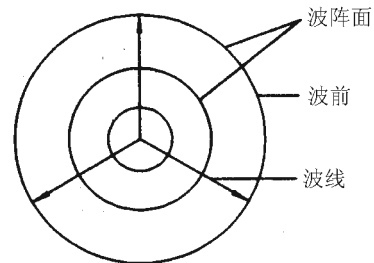


图 3-1-4 球面波示意图

1. 平面波 波阵面为一平行平面的波称为平面波，任意时刻波到达各点的轨迹是一个平面，当波源线度远大于波长时，波阵面可被认为是一个平面，实际上理想的平面波是不存在的。

平面波传播时，波束不发生扩散，但由于介质对波的衰减作用，其振幅将随传播距离的增大而逐渐减小（图 3-1-3）。

2. 球面波 波阵面为同心球面的波称为球面波。球面波在各向同性媒质中，各方向的传播速度相同。如果波源的线度甚小于其波长时，可被近似认为是球面波。波线是以波源为中心的半径，成辐射状，形成一点波源，球面波的振幅与波源距离的平方成反比（图 3-1-4）。

3. 柱面波 波阵面为同轴柱面的波称为柱面波。如果波源是置于各向同性无衰减无限媒质中的一个很长的圆柱体，当它作径向振动时，在媒质中就形成柱面波。

二、超声波的物理量

（一）周期（T）

波在媒质中传播时，媒质质点完成一次全振动，质点在平衡位置来回振动一次所需的时间称为振动周期，即波的周期。单位为秒（s）。

（二）频率（f）

单位时间内媒质质点完成一个全振动的次数称为频率，基本单位是赫兹（Hz）。

（三）波长（λ）

在一个周期内，波的传播距离定义为波长。单位为米（m）。波长对纵波来说就是两个相邻的稠密区（压缩区）中心点的距离或两个相邻的稀疏区（伸张区）中心点的距离；对横波来说是两个相邻波峰间或两个相邻波谷之间的距离。

（四）声速（C）

单位时间内声波传播的距离称为声速，用符号 C 表示，单位为米/秒（m/s）。超声波在大多数软组织中的传播速度相差不大，平均声速为 1540m/s，而在骨骼中其传播速度比在软组织中快 3 倍。声速在决定声阻抗以及回波测距精度上是一个重要因素，波长决定了极限分辨率，频率决定了可成像组织的深度。

声传播的一个基本特征是：声速决定了频率与波长间的关系。

$$f \cdot \lambda = C \quad T = 1/f$$

超声波的频率自 20kHz 至 1000MHz，而用于人体诊断是 1~15MHz。表 3-1-1 给出了医学超声诊断设备中常用的几种超声频率与其波长、周期和极限分辨率的关系。

表 3-1-1 f、T、λ 的关系 (C=1540m/s)

项目	频率 (MHz)								
	1	2	2.5	3	3.5	5	7.5	10	15
波长 (mm)	1.50	0.75	0.60	0.50	0.43	0.30	0.20	0.15	0.10
周期 (mm)	1	0.5	0.40	0.33	0.29	0.20	0.13	0.10	0.06
极限分辨率	0.75	0.375	0.3	0.25	0.22	0.15	0.10	0.075	0.05

超声波的解析表达式：可用正弦函数亦可用余弦函数表达。

质点位移 X 为

$$X = A \sin t$$

其中，A 是位移的最大幅度， $\omega = 2\pi f$ 是角频率，t 为时间，对上式微分可求得该质点的

速度

$$U = A \cos t = U \cos t$$

其中, U 为质点运动速度的最大值。再经微分后便得到质点运动的加速度

$$b = -A \sin t = -B \sin t$$

其中 B 为质点运动加速度的最大值。综上所述, 可用图 3-1-5 表示超声波的波形。

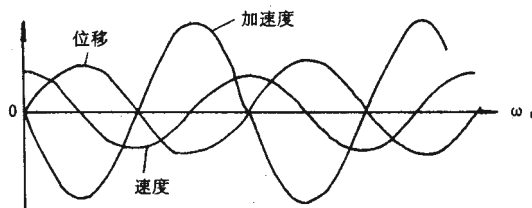


图 3-1-5 超声波的波形

(五) 声压

声波在弹性媒质中以质点位移周期性交替变化的方式传播导致了声波传播路径上媒质各点压强值的周期性变化, 这种压强的变化量即为声压 P

$$P = P' - P_0$$

其中 P_0 是无声场时媒质的压强, P' 是媒质的实际压强。

(六) 声阻抗

声压与声速的比值即为声阻抗 Z_{sp} 。

$$Z_{sp} = \text{声压} / \text{声速}$$

超声波幅度的分贝表示法, 声幅度相对比值的分贝数定义为:

$$(A_1/A_2) \text{ 分贝数} = 20 \log (A_1/A_2) \text{ dB}$$

超声波强度的分贝表示法, 声强度相对比值的分贝数定义为:

$$(I_1/I_2) \text{ 分贝数} = 10 \log (I_1/I_2) \text{ dB}$$

三、超声波的传播特性

(一) 惠更斯原理

在波动过程中, 波源的振动是通过媒质中的质点而依次传播出去的, 媒质中任一点的振动将直接引起邻近各点的振动, 把这种振动都可看作是一个新的波源—子波源。在其后的任意时刻, 这些子波的包络就是新的波阵面, 这就是惠更斯原理。应用这一原理, 可根据某一时刻波阵面的位置, 用几何作图法确定下一时刻波阵面的位置, 从而确定波的传播方向。

(二) 超声波的叠加原理

各个振源在媒质中将独立地激起与自己频率相同的波, 各个波的传播就像其它波不存在一样, 遵循波的独立传播原则。而各个波相一交叠的区域, 媒质质点的振幅则是各个独立波振动的矢量和, 这就是波的叠加原理。

(三) 超声波的反射、折射与透射

超声波在非均匀性组织内传播或从一种组织传播到另一种组织, 由于组织声阻抗不同, 在声阻抗改变的分界面上便产生反射、折射与透射。原媒质中的超声波称为入射波, 在分界面处入射波的能量一部分被产生反射, 另一部分能量将通过界面继续传播, 这就是透射。透射的超声波传播方向与入射波的传播方向不同, 因而这部分透射过的超声波又称折射波。入

射波与界面法线的夹角叫入射角。反射波与界面法线的夹角叫反射角。入射角与反射角相等。这也是超声波的反射定律。折射波与界面法线的夹角称为折射角。反射角的正弦与折射角的正弦之比等于入射波媒质波速与折射波媒质波速之比，这也是超声波的折射定律。

（四）超声波的衰减

超声波在人体内传播时要产生衰减。产生衰减的原因，是由于人体组织对超声波吸收、反射、绕射、折射和散射等物理现象造成的，在医学超声工程中，通常用半值层这个参数来说明生物组织对超声波吸收的大小。半值层的定义为超声波传播过程中其强度衰减到一半时的距离。骨质的半值层很小，故超声波很难通过骨质传播；血液和软组织的半值层较大，可以认为它们能传播超声波。任何一种媒质的传播距离都是有限的，超声波的衰减不仅与媒质半值层有关，而且也与超声波的频率有关。一般来说，频率越高被媒质吸收就越多，能量衰减也就越大，因此探测深度增加时，所使用的探头频率也要降低。

四、超声换能器

超声诊断仪是利用超声换能器发射超声波和接收回波，所以它是超声诊断仪的重要部件，又称作探头。超声换能器可将高频电能转换成机械能而发射超声波，又可对超声回波进行接收而转换成电能，是一种电—声、声—电转换器件。超声换能器性能的优劣，直接影响到成像的质量。

超声换能器是用压电材料制成的，下面将简单介绍一下压电效应。

单晶体的石英和多晶体的压电陶瓷如钛酸钡、锆钛酸铅等都具有压电效应。

1. 正压电效应 片状压电材料两端（厚度）受到拉力或压力的作用而产生几何形变时，由于内部介质正负电荷中心的相对位移，在此材料的两个电极面上将产生符号相反的束缚电荷，其电荷密度与所施加外力成正比。这种由于机械力的作用而激起电介质晶体表面电荷的效应，称为正压电效应。

2. 负压电效应 如果在晶体表面沿着电轴方向施加电压，则由于电场作用，引起电介质内部正负电荷中心位移（受到电场拉曳而分离），这一极化位移又导致晶体的几何应变（形变）的这种相反的压电效应，称为负压电效应。

一般情况下，压电效应是线性的，但当电场过强或压力很大时，就会出现非线性关系。

晶体和陶瓷片因切割方向和几何尺寸的不同，产生机械振动的固有频率也不同。当外加的交变电压的频率与固有频率一致时，产生的机械振动最强。当外施的机械力的频率与固有频率一致时，所产生的电荷也最多。在超声波诊断仪中激励脉冲的频率必须与探头的固有频率一致。

第三节 SSD-630 型 B 超机

一、工作原理

（一）功能综述

1. 系统描述 如图 3-1-6。SSD-630 是由发射（TX）电路、接收（RX）电路、数字扫

描转换器（DSC）系统控制、面板、键盘板、探头选择、照相单元、观察监视器、生 信号单元（选配件）和电源等组成。

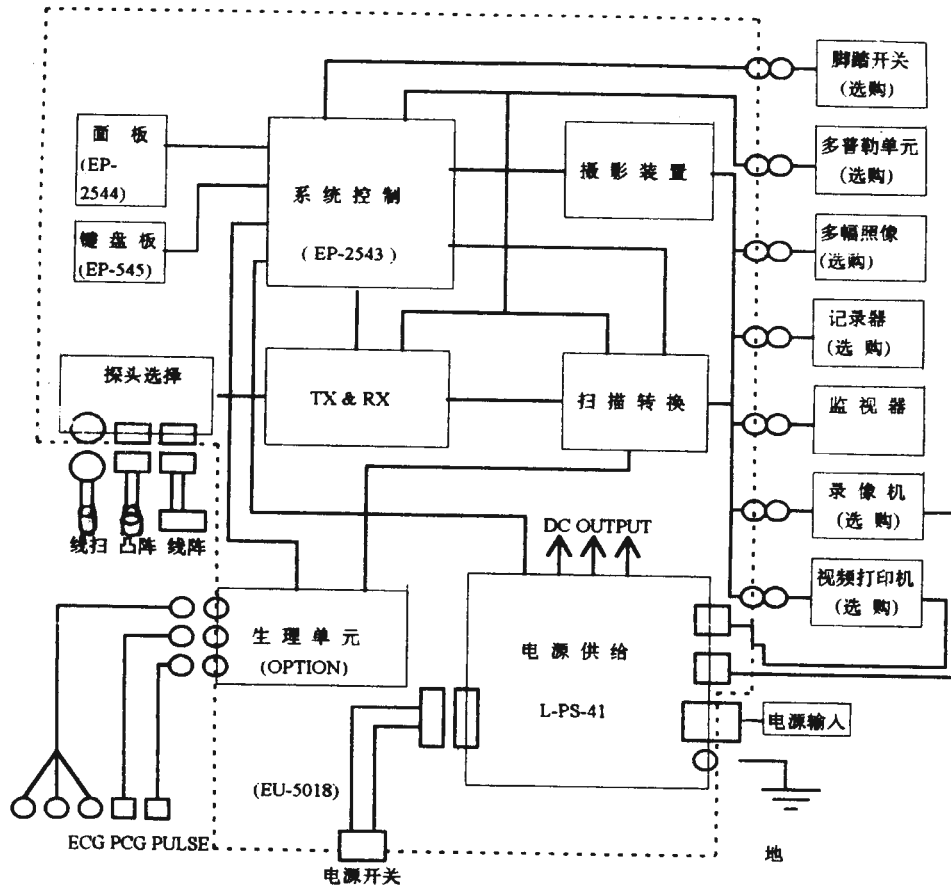


图 3-1-6 SSD-630 B 超系统框图

在发射和接收部分，定时系统应能保证电子扫描和机械扇扫描同步地发射和接收。超声回波的接收，放大和图像处理由接收电路板（RXCCT）完成，并将其超声信号输出到 DSC 部分。

DSC 系统转换来自 RX 单元的超声信号，经 A/D 转换后的数字信号存储在存储器中，当需要时由 TV 定时部分读取。然后加上后处理（POSTPROCESSIN），文字图符处理，变成复合视频（COMPOSITE）TV 信号输出到观察监视器，进行图像显示。DSC 还存储对生理信号和录相机（VTR）的视频信号，并产生记录器所需信号。

系统控制有该设备所需的各种操作信息功能和各部分信息或一部分与另一部分（面板和图像记录部分）之间信息交换的接口功能。

面板部分根据外界不同操作状态（模式、放大等）进行信息处理并送系统控制。

键盘板部分输出键入的字符信息经系统控制送到字符、图形（GCDC）产生板。

探头开关部分完成将高压电源接通到两种电子线阵探头。

照相部件用来对 14cm (5.5in) TV 监视器的图像照相，这是一台自动的波拉相机。

生理信号单元（选购件）的信号可以同时显示在 M 方式和 B 方式的荧光屏上，且与心电图信号同步。

观察监视器采用 9 英寸显像管，其对比度和亮度可以在前面板调节。

电源供给部分由一个串联稳压电源和一个开关电源组成。加到发射电路的高压 (HV) 可以被控制。

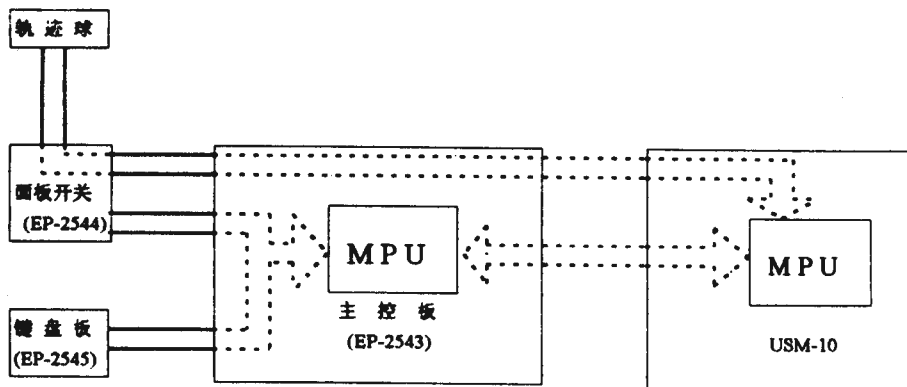


图 3-1-7 SSD-630B 超面板功能

2. 面板信息 如图 3-1-7。来自面板开关 SW、轨迹球、灵敏度时间补偿 (STC)、增益 (GAIN)、对比度 (CONTRAST) 和键盘板的所有信息均被送到主控板。微处理器 (MPU68B09) 控制接收来自面板开关和键盘板的信息，经可编程键控板、显示控制 IC 和返回应答信号点亮指示灯。轨迹球信息 (X, Y) 和 STC 被直接送到图像存储单元。对比度被译码后送往数据总线。

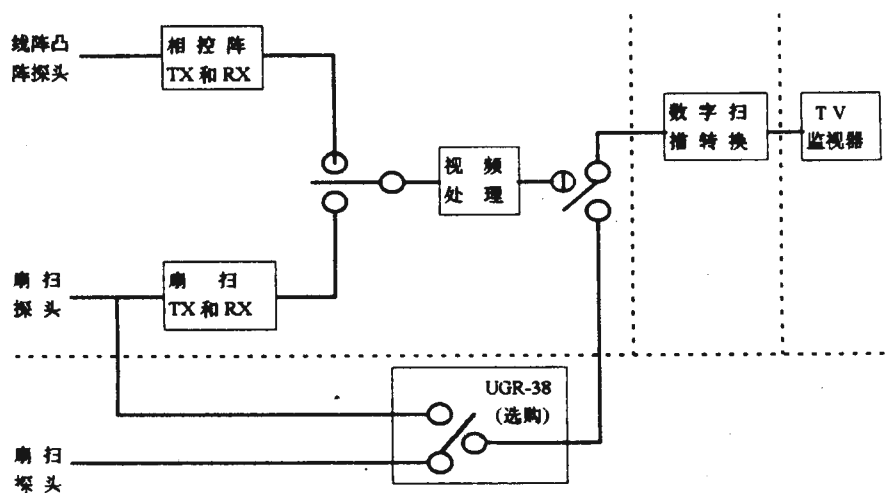


图 3-1-8 信号流程

3. 超声信号流程图 (ECHOFLOW) 如图 3-1-8。来自电子扫描探头线阵 (凸阵) 和机械扇扫探头的超声模拟信号经各自的 TX 和 RX 电路送往接收单元 (EP-2535) 中的视频处理电路。该电路要完成滤波处理, 对数 (LOG) 放大, 检波和前处理。

视频信号被送到 DSC 单元, 然后转换为复合 TV 信号输出至 TV 监视器显示。若使用多普勒组件 VGR-38 探头经发射、接收电路也将其信息送往 DSC 进行变换处理。

4. 电源 (L-PS-41 单元)

- (1) +5V (20A): 超声主控单元。
- (2) +5V (3.0A): 超声主控单元。
- (3) -5V (1.5A): 超声主控单元。
- (4) +7, 5V (0.5A): 面板。
- (5) +15V (4.0A): 观察监视器和主控单元。
- (6) -15V (1.5A): 超声主控单元。
- (7) +23V (1.4A): 照相单元。
- (8) +350V (最大) (15MA): 用于机械扇扫探头驱动。
- (9) +200V (最大) (50MA): 用于电子线阵探头驱动。
- (10) AC100V (1.5A): 用于 TV 监视器、录像机 (VTR)、视频打印机和风扇。

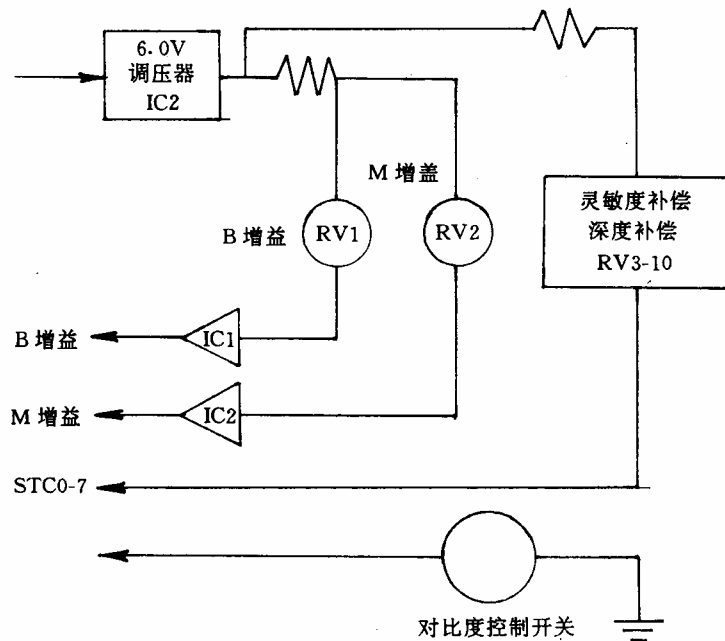


图 3-1-9 面板框图

(二) 成像单元

1. 面板板 (EP-2544) 如图 3-1-9。该板由键盘开关 (KEY SWITCH)、增益电压控制钮 (GAINVOLUM)、一组灵敏时间控制 (STC) 灵敏度深度补偿和对比度控制开关组成。键盘开关组成矩阵, 由键盘送信息到主控板进行译码。装在键盘开关中的 LED 指示灯由 5V

供电，并由主控板驱动。

增益电压被连接到一个 6V 电源经电阻降压所得 5V 电源上。B 型增益和 M 型增益两个电位器得到的电压，其直流信号经缓冲器送到主控板。

STC 由 8 个滑动电位器组成，均被连到由 6V 电源经电阻降压为 1V 的电源上。STC 电位器上所得直流信号直接送到主控板上。

旋转式对比度切换开关是一个单刀 8 位开关，其公共端接地。每个位置分别和 CONTR 0 到 7 连接，任一位置调低都可以决定对比度电子。该信号也被送到主控板。

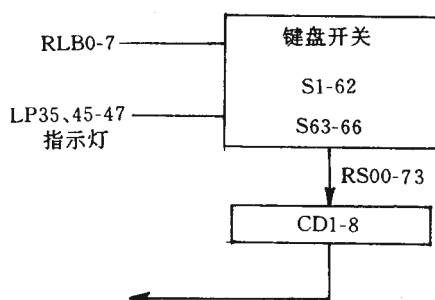


图 3-1-10 键盘板

2. 键盘板 (EP-2545) 如图 3-1-10。该板是由 66 个键开关和二极管矩阵组成。该开关包含在矩阵中，行和列线被送到主控板。LED 发光二极管包含在键开关 S63-65 中，由 LP35、45 和 47 的信号点亮或熄灭。

3. 主控板 (EP-2543) 电路方框图参照阿洛卡原理说明中的主控板 (MAIN CONTROL)。该板包含微处理器 (HD68B09)，并从面板读取信息并送到 DSC 系统组成。它也控制 LED 的亮与灭。当生理选购件与主机相连时，该板也将控制其生理信号；当与多普勒 (DOPPLER) 单元连接时，也与其交换信息。

(三) 发射和接收

1. 线路配置 该框图由 7 块印刷电路板组成，此部分执行电子扫描和机械扇扫的扫描控制以及超声的发射和接收。参照阿洛卡原理说明中的发射和接收单元框图。线阵、凸阵和机械扇扫探头直接连到该方框。这个单元完全受 DSC 控制。输出到 DSC 的信号包括视频信号和用于机械扇扫探头控制的数字信号部分。

2. 回波信号流向

(1) 电子扇扫：电子扇扫探头（线阵和凸阵）经过探头选择电路 (EP-2547) 和高压控制电路 (EP-2546) 接到发射电路与接口 (EP-2536) 和接收电路 (EP-2535)。超声波的发射和接收就是通过该板实现的。接收的回波信号被放大、相加、对数压缩、检波和信号处理，再输出到 DSC 中的 A/D 板作为 DSC-VIDEO 信号。

(2) 机械扇扫：扇扫探头中的晶体换能器只有一个单元阵子，所以发射和接收电路只需一套。这套收发电路位于机械扇扫接收板 (EP-2537)。

接收的回波信号在 EP-2537 中被放大，然后送到 EP-2535 作对数压缩、检波和信号处理，最后输出到 DSC。

3. 电子扫描 在电子扫描中，每幅超声图像含有 128 条超声束，这些声束从扫描探头的一端到另一端，每次只改变一条声束的发射和接收位置。

(1) 128 条超声波束的获得是由逐次改变加在各组换能器的发射和接收宋产生的。换能器振子的工作是由 DSC 单元输出稳定的 TX 0~19, CH 0~4 和 HVSC 0~17 信号决定的。

(2) 电子聚焦：在一组换能器的不同阵子中，加不同的延迟时间，则在发射和接收超声波束的过程中，自动完成波束的聚焦。这就是超声波聚焦的原理。

SSD-630 中的聚焦有 5 种深度，即宽范围、焦点 1、焦点 2、焦点 3 和焦点 4。焦点 1 到焦点 4 可以组成多焦点。

电子聚焦工作原理如下（发射聚焦和接收聚焦可以分别设置）：①发射聚焦：发射触发信号是 TX0-TX19 来自 DSC，它们输出到发射和接口板（EP-2536）时，将按发射聚焦点的要求作延时量的处理。发射电路依靠这些定时控制信号驱动不同的换能器阵子组合；②接收和聚焦：DSC 给出聚焦编码到 EP-2536。EP-2536 设置需要的延时量到接收电路 EP-2535。从 DSC 输出的 VAP 信号送到 EP-2535 来控制接收阵子数量。设置延迟时间的工作是在每次发射之前即刻完成的。换能阵子数目控制是在图像产生期间进行的。

4. 机械扇扫中的角度检测和马达控制（EP-2537） 在扇形扫描中，一个直流马达用来驱动换能器摆动，换能器（通过传动机构）和电位器的轴与马达的轴相接。因此换能器的超声波束方向可由检测电位器的输出来确定。

电位器输出信号用 POP-SIG 表示，POP-SIG 信号和超声波束方向之间的关系示于图 3-1-11。

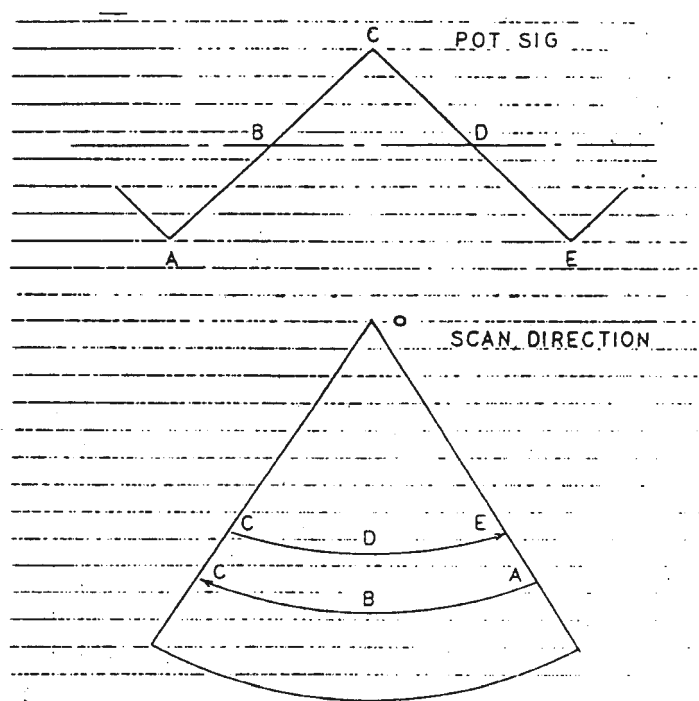


图 3-1-11 POP-SIG 信号和超声束方向的关系

POP-SIG 信号主要用于角度检测和马达的速度控制。角度检测的目的主要是为了将超声回波信号能按换能器的实际方向写入到 DSC 的存储器中。

为了给 DSC 提供换能器的方向，超声波是从某一参考方向开始记录发射的数目，经计算即可确定。所需编码送到 DSC，这时电位器信号即作为给定的发射点开关信号。

为使马达以恒速旋转，角度检测和马达控制板（EP-2537）检测电位器信号的频率，使

用一个伺服电路给马达提供电压，使其工作在恒速状态。

在 M 显示方式，电位器信号用来控制马达，使换能器停止在由 M 采样线所预定的方向。

（四）DSC（数字扫描转换器）系统

1. DSC 指标

存储器容量：512×512×6 bit

处理：先进的算法：帧相关

行插值：多至 11 点

丁校准：可由软件设定

增强：抑制

斜率 1

斜率 2

写入图像放大倍数：×0.75，×1×2

显示：灰阶条：64 灰阶

字符：64 字符（宽）×40（高）

图形：640 点×240 点

超声扫描线：128 条

显示屏数目：可用 1 或 2 个屏

2. 工作原理 电路原理框图参照阿洛卡 SSD-630 的 DSC 方框图。该 DSC 工作在同一系统中（XY 型），像早期的 300 系列。超声视频（usVIDEO）的获取是来自 TX&RX 单元，经 A/D 变换后存储在存储器（MEMORY）中，经图像处理到输出。该输出信号属复合视频信号（COM-POSITE）。

（1）方向存储器写入数据：一条超声扫描线如同一个 VECTOR（矢量）。在该矢量中，起始点的成分 XO，YO（初始矢量座标）和 XY（矢量座标）方向可表达为 AX 和 Ay（倾斜角度）。对于 X 和 Y 方向，在地址板有一个独立的计数器，写地址就是由该地址计数器所决定。

在地址板和地址更新中，对于每个计数器和运行该计数器是由 AX、Ay 的时钟来决定，XO，YO 数据变成了初始值。

在模数（A/D）转换，数模（D/A）板中，模拟信号转为数字信号后，超声（US）视频被送到行缓冲器板和存储在线存储器中，然后，超声视频由存储板上的写周期信号读出，并写入存储器板。

在线缓冲板中写计数器的时钟信号（CLK，XA，SB，YA，YB）像超声信号一样被缓冲到存储器。当下一个数据被同时写入存储器时，是由时钟信号来定。当存储器的 X 字位被打开，下一个像素将被写入 X 方向，当 Y 字位被打开，下一个像素将写入 Y 方向存储器。在存储器的一个写周期里，DSC 利用该系统可以同时写入 2 个像素。

（2）从存储器读出数据：读地址是由地址板产生的，在 TV 信号的同步下 16 个像素被同时读出。在并一串转换后，两行像素从存储板被读出。

由使用后处理或定时的 TV 场开关信号选择像素的上一行和下一行，然后在 TV 的水平方向上进行平滑处理。在 A/D，D/A 板中，灰阶被加到超声平滑数据中。该超声平滑数据增

强处理和转换为模拟信号。然后将字符、图形同步信号，消隐信号，影像区域信号相加成为 TV 复合视频信号。

(3) XO 、 YO 、 ΔX 、 Δy : 随图像信号放大量变化的数据 XO 、 YO 、 ΔX 和 ΔY 需要写入存储器，这些数据表存储在超声接口板上的 ROM 中。根据 CPU 的指令与面板有关的放大系数和超声地址等数据被预置成 ROM 地址。数据输出如 (XO 、 YO 、 ΔX 、 ΔY) 被送往地址板。

二、故障维修

(一) 故障种类

1. 超声图像 (usimage) 故障现象

(1) US-1: ①超声图像显示不全; ②在特殊方式, 超声图像显示不全; ③超声图像仅在线阵 (凸阵) 扫描方式显示不全; ④超声图像显示不全仅指机械扇扫方式; ⑤超声图像显示不全仅指电子扇扫方式 (本仪器无电子扇扫); ⑥在多幅超声图像显示中仅特殊超声图像不显示。

(2) US-2: 超声图像区域的显示变成白色。

(3) US-3: ①干扰点或线被显示在超声图像区; ②有规则的行或垂直条纹被显示在超声图像区。

(4) US-4: ①在线阵 (凸阵) 方式显示的超声回波信号欠佳; ②在机械扇扫方式显示的超声回波信号欠佳; ③在电子扇扫方式显示的无回波信号欠佳。

(5) US-5: ①在线阵 (凸阵) 方式、超声图像上有噪点干扰; ②在机械扇扫方式, 超声图像上有噪点干扰; ③在电子扇扫方式, 超声图像上有噪点干扰; ④在各种扫描方式的超声图像上都有噪点干扰。

(6) US-6: ①在线阵扫描方式, 超声图像的灵敏度低; ②在机械扇扫方式下, 超声图像的灵敏度低; ③在电子扇扫方式下, 超声图像的灵敏度低; ④在所有超声扫描方式, 超声图像的灵敏度低。

(7) US-7: 同样深度的超声图像中亮度不同。

(8) US-8: ①超声图像改变如增强、无层次、图像变得模糊或其它类似的图像; ②在机械 (电子) 扇扫、凸阵扫描中, 超声图像上有波纹干扰。

(9) US-9: 超声图像的形状显示不正常。

(10) US-10: ①在线阵 (凸阵) 扫描方式中, 无用的多倍的超声图像被显示; ②在机械扇扫方式中, 无用的多倍的超声图像被显示; ③在电子扇扫方式中, 无用的多倍的超声图像被显示。

2. 字符、图形 (CHARACTER, GRAPHIC) 部分故障现象

(1) CG-1: 监视器上显示的全是字符。

(2) CG-2: ①仅仅是卡尺, 图表不被显示; ②仅仅是卡尺, 图表显示不正常。

(3) CG-3: ①监视器全白; ②干扰光点或条纹部分或全部被显示。

(4) CG-4: 定时和日期显示不正常。

(5) CG-5: ①击键盘字符不显示; ②字符显示不正常。

(6) CG-6: 测量值不正常。

3. 定时系统、监视器 (TIMING, MONITOR) 故障现象

(1) TM-1: ①在任意监视器上全无图像; ②监视器的局部不显像。

(2) TM-2: ①在任意监视器上所有图像均不同步; ②在任意监视器上超声图像不同步。

(3) TM-3: ①在任意监视器上当亮度变化时, 整个图像出现抖动; ②在观察监视器上, 当亮度变化时, 可以看到整个图像在抖动。

4. 电源供给、记录器、面板开关和控制系统故障现象

(1) PM-1: 电源无输出或输出不正常。

(2) PM-2: ①面板开关或控制部件失控; ②面板开关或控制部件工作不正常; ③照像机快门失灵。

(3) PM-3: ①照像监视器的图像不正常 (观察监视器正常); ②回放图像不正常, (通常超声图像显示正常)。

(4) PM-4: ①所有图像不能被记录, 记录器正常; ②所有图像不能被记录 (记录器不正常); ③记录的图像不正常 (记录器正常); ④图像不能被正常记录 (记录器状态不佳)。

5. 生理信号系统故障现象

(1) EU-1: ①心电图 (ECG) 波形不能被显示; ②心电图 (ECG) 波形显示不正常或灵敏度低; ③心电图 (ECG) 波形在个别方式显示不正常或不显示; ④心电图 (ECG) 同步不正常。

(2) EU-2: ①脉搏波形不显示; ②脉搏波形显示不正常或灵敏度低。

(3) EU-3: ①心音波形不显示; ②心音波形显示不正常或灵敏度低。

6. 多普勒系统故障现象

(1) DP-1: ①多普勒图像不显示; ②多普勒图像在特殊方式下显示不正常; ③多普勒图像在个别探头作用时不显示; ④多普勒图像在连续波 (CW) 或脉搏波 (PW) 不显示。

(2) DP-2: ①多普勒图像显示不正常; ②多普勒图像在个别方式显示不正常; ③多普勒图像在个别探头作用时显示不正常; ④多普勒图像在连续波 (CW) 或脉搏波 (PW) 不显示。

(3) DP-3: ①在多普勒图像上出现镶边噪声, 或整个图像都有噪声干扰; ②在多普勒图像上出现镶边噪声, 这是在个别方式或整个图像都有噪声; ③在多普勒图像上出现镶边噪声, 这是在个别探头方式或整个图像都有噪声; ④在连续波或脉搏波方式, 多普勒图像上出现镶边噪声。

(4) DP-4: ①多普勒图像的灵敏度低; ②在个别扫描方式, 多普勒图像的灵敏度低; ③在个别探头作用时, 多普勒图像的灵敏度低; ④在连续波或脉搏波方式, 多普勒图像的灵敏度低。

(5) DP-5: 多普勒声音低或无输出。

(6) DP-6: ①多普勒在 PPM 时不显示; ②多普勒 PPM 显示时不正常。

(二) 印刷电路板 (PCB) 故障对照检查

见表 3-1-2。该表将上述 6 个部分的故障现象统一列表, 通过对照查找该表, 可以从故障现象迅速、准确地压缩到有关故障电路板, 为下一步的电路板检修奠定了基础。

表 3-1-2 印刷电路板故障检查对照

(三) 印刷电路板检查程序

1. 印刷电路板检查程序

(1) 所需检修工具和仪器设备

①示波器的要求

灵敏度: 5MV/DIV

频率范围: DC 到大于 50MHz

最大输入电压: $\geq 400V$

②复用表

等级: A 类

范围: ACVDCVDCA

③扩展卡: EP-3251

④测试篇

仿真器: RM1 型号-412

⑤探头

线阵探头: UST-5024N-3、5 或 UST-5017 N-5; 机械扇扫探头: ASU-32H-3、5 或 ASU-32-3

(2) 印刷电路板检查程序

①操作: 你首先要熟悉该机器的操作。对于任何不能诊断和检修的故障, 要请教技术人员给予指导, 不要随意改变印刷电路板元件或开关, 以免造成更大的故障。对于不同的机型和软件, 在执行操作时会有小的区别。如果你缺乏足够的资料或请求技术支持请看有关资料如维修手册中的转换表。

②外部噪声: 瞬时噪声可能由外部引起。可由线性输入部分或改变可能引起噪声的单元着手检查。检查有无某设备引起的电源变化产生的噪声或如同邻近间的 X 射线设备。当着探头可能是关闭时, 由荧光灯能否产生任意的噪声。当你鉴别噪声是外部引起时, 但又不能从理论上解释, 可以请教于技术指导。

③电源部分 (L-PS-41): 根据表 3-1-3 检查每个部分的电压值。

表 3-1-3 电源部分检查

检查点	条件	标准值
L-PS-41 J410 PIN10	实际负载	$+5.0 \pm 0.2V$ DC
L-PS-41 J413 PIN 1	实际负载	$+15.0 \pm 0.3V$ DC
L-PS-41 J413 PIN 3	实际负载	$-15.0 \pm 0.3V$ DC
L-PS-41 J413 PIN 4	实际负载	$+5.0 \pm 0.1V$ DC
L-PS-41 J412 PIN 6	实际负载	$-5.0 \pm 0.1V$ DC
L-PS-41 GEV-HV (HVA) PIN6	实际负载 探头: 行场控制 8, 9	$+170 \pm 6V$ DC
L-PS-41 GEU-HV (HVB) PIN7	实际负载 探头: 1 HVCONT: 8, 0	$-200 \pm 6V$ DC
L-PS-41 GEV-HV (HVC) PIN1	实际负载 探头: 扇扫行场控制: 4, E	$+350 \pm 10V$ DC
L-PS-41 J411 PIN 4	实际负载	$+6.6VDC \sim 15.0VDC$

对于阿洛卡（630）的 A 超方式，检查隔离变压器（PTV-009）的输出。

注意：高压的输出仅仅是当选择的探头是在联机状态下才有可能。

当着无高压输出时，检查主控板（EP-2543）的 H、V、控制数据是否正常（表 3-1-4）。

表 3-1-4 主控板 H、V 数据检查

数据	数据	数据	数据	数据	数据	数据	数据			
0	1	2	3	4	5	6	7	±450V	+200V	-200V
×	×	×	×	×	×	L	L	关	关	关
×	×	×	×	×	×	H	H	关	关	关
H	H	H	H	H	H	L	H		0V	-30V
L	L	L	L	L	L	L	H		+200V	-200V
H	H	H	H	H	H	H	L	0V	关	关
L	L	L	L	L	L	H	L	+450V	关	关

（4）探头：线阵（凸阵）。

①在 B 方式完成初始化后，准备一个薄的金属条如粗电线或硬币，在探头上来回移动，观察屏幕上回波的接收情况，观察监视器正常应有回波同步移动，否则更换探头。

②用同样方法检查机械扇扫探头（详细参看 ASV-32 维修手册）。检查电位器上的信号。检查 EP-2537 扇扫接口板。若电位器上的信号不正常则更换探头。若故障仅仅是在机械扇扫时出现且不能排除，则更换探头。若代换探头后，故障依然存在，可按其它检查处理。

③对于生理信号的检测（心电图，肌电图，心音图，脉搏）：若全部信号不正常的，则故障存在于 EV-5018 以后。若仅仅是在 B 方式，心电图信号不正常，则心电图和脉位调制印刷电路板不正常；若心电图或心音图，脉搏波是断续的或灵敏度低，可检查心电图导联线、心音图、微音器或者脉搏波传感器。当上述两项检查，故障仍不能排除时，可查 EU-5018 以后部分。

④监视器：若故障仅仅是限制在监视器，可用同型号监视器代换。若无监视器，可按下述方法检查，若视频信号是正常的，首先检查输入电源（15V，2A 保险丝）。当看无图像或是全白，首先检查和调节对比度、亮度旋钮，排除不正确的操作。

2. 检查主控板（EP-2543）

（1）检查程序

①查看方框图；

②检查开关：见表 3-1-5。

③电路板上查电源和时钟信号；

④无行场信号：通过 7 脚查 HVCTO。L-PS—41 的高压输出是由 HV 数据所控制；

⑤面板信息包括（开关、灯、键盘和控制部分）：选择控制钮和脚踏开关通过该板；你必须鉴别故障部位是在该板以前还是在该板之后。该信号进入键盘板中的 MPU 开关信息是 SELA（~7，SELB0~7，RLA0~7，RLB0~7。点灯信号是来自 MPU，LP00~47 接线。可参看面板（EP-2544）如图全键盘板单元的每一个开关和灯，是否均与键盘板相联系；

表 3-1-5 主控板开关预置检查

S1、S2 拨动开关	61M4458 和此前：两个开关是在相反的方向				
	61M6474 和此后：两个开关再相同的方向				
S3 DIP 双列直插式开 关	1	ON OFF	625/50 525/60	5	ON OFF 正常
	2	ON OFF	出口和美国 日本	6	ON 正常
		OFF			
	3	ON OFF	探头同线圈 探头	7	ON 美国 OFF 阿洛卡
	4	ON	同打印	8	ON 美国
		OFF			OFF 阿洛卡
	日本 100V 525/60	1OFF 5OFF	2OFF 6ON	3OFF 7OFF	4OFF 8OFF
	出口 220V（625/50） 240V	1ON	2ON	3ON	4OFF
		5OFF	6PN	7ON	8OFF
	出口 115V（525-60）	1OFF	2ON	3ON	4OFF
		5OFF	6ON	OFF	8OFF
	美国 115V（525/60）	1OFF	2ON	3OFF	4OFF
		5OFF	6ON	7ON	8ON
	注：出口是指除日本、美国以外的亚洲国家				

⑥若故障与医院的名字，时间，和日期有关，可检查电池和集成块 IC3H；

⑦当清除作用失效时，若属软件问题可关机，在项目 2 复位拨动电路开关（TOGGLESW），重新接好 J5121，再次开机后即可恢复正常状态。若故障与 MPU 有关，可代换该印刷电路板。

（2）面板（EP-2544）

①若操作是正常的，则检查开关、各控制旋钮；

②移动轨迹球，使+X、-X、+Y、-Y 被输出。

（3）键盘板（EP-2545）：若操作正常，则检查每个键，当着移去键盘板的印刷电路板时，注意不要取下键帽。

（4）接收电路（EP-2535）

①看方框图；

②若故障与线阵（凸阵）方式有关，可检查：

PRE OUT TP16

LIN RX TP3

RE STC TP1

MECH

③若故障与机械扇扫有关，可检查：

MECH RX TP4

MECH

④若故障与探头有关，可检查：

FO CONT TR5（对于可变带通滤波）

DSC VIDEO TR15

⑤若故障与聚焦、延迟有关，可检查：

X-CLR

X-AE 0~5

X-ADRS 0~5

X-DATA 0~3

⑥若故障与开关和控制钮的操作有关可查：

CONTRAST TP14

AGC TPI3、18

GANN (B、M) TP7、9

STC TP8、12

要确定这些信号是否有故障，通过测定控制电路或实际的超声视频（数据）信号来判断。

（5）发射和接口电路（EP-2536）

①查看方框图；

②若故障与线阵（凸阵）的超声图像有关可查：二极管 D_2 上的发射波形；若线阵（凸阵）的超声图像有故障，可检查发射波形的前一级。在探头和接收电路中检查发射信号是否正常；若发射信号不正常，详细检查情况如下：

③若发射信号不正常可查：

HVA（约 200V）

TX 01~19

④若增益，STC，对比度和自动增益控制信号不正常可查：

增益 1：B GAIN

M GAIN

B/M GAIN

增益 2：STC（STC 0~7）

USBLK/

B/M 增益选择输出（1C 6D）

自动增益控制，对比度，预置灵敏度时间控制，多普勒

GOUE 0~3

GEUD 0~7

⑤若可变带通滤波器工作不正常，可检查：

VBPST/

VBP 0~2

(6) 机械扇扫接口 (BP-2537)

①查看方框图;

②若故障与机械扇扫超声图像有关可查: 在 TP₄ 点查发射波形, 若线阵或 (凸阵) 的超声图像不正常, 可查发射前一级, 若线阵 (凸阵) 方式图像正常, 可查扇扫探头和接收单元电路, 若不正常, 可向下查看。

③若发射不正常, 可查

HVC (约 450V)

OFFCNT (OCV)

MECH/PLW 0~2

GEVD 0~7

GEUE 4~8

④若接收不正常, 可查

MECH US TP5 (印刷电路板的超声输入)

PRE STC TP19

GAIN 2

MECH RX TP16 (印刷电路板的超声输出)

GEUD 0~7

GEUE 4~8

⑤对于机械扇扫在 B 方式若马达不转, 发射、接收两者都不正常, 需查信号: HOLD/RTST/ TP13

MOTR TP18

+V TP8 (+6、18V)

-V TP9 (-6、18V)

若光栅不全, 马达转动, 但图像不是实时显示, 或马达转动不正常; 若故障仅仅是在机械扇扫时出现, 则属探头引起或连接插头未接好, 可查下列信号:

POT SIG TP10

(7) 定时产生单元 (EP-2538)

①查看方框图;

②该印刷电路板产生的参考信号包括各种时钟数据总线和探头编码信号被输入到该板及下列信号又从该板输出。若输出信号不正常, 可查该板下列信号

15MHz TP2

3MHz TP1

1MHz TP

765KHz

USBL/

PREST/

SYSGT 1~3

HOID

LINS/
LINST/
BCONTE/
B/M GT
VCD 0, 1
FCCOD 0, 1
FCACD 0, 1
DF AREA
USOG 0/, 1/
TXTR 0~19
LACH 0/~9/
PROBE 1/
FCCOD 2~9

(8) GEU 板 (EP2-2539)

- ①查看方框图;
 - ②该板接收和发射 GEU 和 DSC 的控制信号。
- 下列信号输出到 GEU:

VBPST/
OFCENT/
VAP 0~4
HV O/
NMI/
HV OFF/
CH 0~4
HVSC 0~17
GEUE 0~9
X RST/
X CLK/
ECG LP/

下列信号输出到 DSC:

GEUD 0~7
FR END/
STAT
BLANK
ECG FM/ (至 UECG 和 PPM PCB)
DSC A0/~A7/

重要信号如数据总线 (DATA BUS) 地址总线 (ADDRESBUS) 超声消隐 (USBLK) 和机械扇扫/线阵信号为输入, 上述信号为输出。检查输入信号是否正常, 输出信号是否变

化。

③若心电同步信号（R 波延迟）不正常。检查 SYNC ON 的输入信号（来自主控板数据总线）和输出信号。

（9）模数、数模转换单元（EP-2205）

①查看方框图；

②超声图像不正常：首先要确定是 A/D 转换以前还是以后。查 USINPUT TP₁，根据探头型号和扫描方式的不同，其波形是不同的。当增益控制和 STC 的信号是变化的，检查 ECHO VIDEO 部分是否变化。当 A/D 输入波形不正常，检查该电路以前 DATA 线路。检查 TP₃、TP₄、TP₅测试点的电压。当电压是正常时查 DATA 信号。根据方框图向下查看。

③TV（包含 ECHO VIDEO）不正常。查 TV VIDEO（正）TP₁₃，（负）TP₁₄。若 TV 信号不正常查：

FIL ON、

OVIY、（心电图的脉位调制、图形）

SYNC

BLANK

IMG

若 ECHO VIDEO 信号不正常，可在 TP₇查参考电压，DAVID 0~5（认真识别）

若增强电路，嘎玛校正，灰阶刻度不正常，可查：

DATA BUS

ADRS BUS

ADRS 0~7

ENHCT 0~2

ENHW 0~3

ENHRD

④若生理的脉冲位置调制信号（PPM）不正常，可查 PPM 电路的 DATA，在 B 方式心电图同字符、图形一起附加到亮度信号（OVLY）

（10）线性缓冲（EP-2214）该系统有 S/N：61M4458 和以前的功能）

①查方框图；

②超声图像不正常：该板可引起几何缺陷如深部黑，雪白，位缺少和写错误。参考信号可查：12MHz

WE 0~7

RAS A

RAS B

CAS 1~4

CLK XA

CLK XB

CLK YA

CLK YB

有关数据查：

SWD OA~5A

SWD OB~5B

上述的大多数信号是脉冲信号，若不能肯定该板是否有故障，可用代换法能很快确定故障板[S/N61M6474 以后的单元功能包含在地址板（EP-2573）、存储板（EP-2572）和定时板（EP-2574）]。

（11）存储板（EP-2213 系统有 S/N：61M4458 和以前的功能）存储板（EP-2572 系统有 S/N：61M6474 和以后的功能）

①看方框图（该方框图与单元电路是相符的）；

②超声图像不正常：该板可引起几何缺陷，如深部黑，雪白，位缺少和有规律的点线图像。

若在超声图像上，显示有规律的点线图像，则该板可疑，可查 RAM（存储集成块）的输入输出信号。

（12）后处理板（EP-2216 系统有 S/N：61M4458 和以前的功能）定时器（EP—2574 系统有 S/N：61M6474 和以前的功能）

①看方框图（该方框图与该单元电路是否相符的）；

②EP-2216 板包括：定时发生器（如涉及时钟 TV 信号），水平方向平滑电路，线储存电路，M 方式地址电路。

EP-2574 也包含储存器，定时控制电路（该电路包含在 S/N：61M4458 以前的线缓冲电路）。

③如果需要可查看方框图检查信号。该板也许会引起几何缺陷，如深部变黑，雪白，缺位和波纹干扰。若数据线路不能肯定是否有故障，可采用代换方法排除。当门阵列电路不正常时则不能代换，否则会损坏印刷电路板。

（13）地址电路板（EP-2215 该系统有 S/N：61M4458 和以前功能，EP-2215 该系统有 S/N：61M6474 和以后的功能）

①看方框图（该方框图与单元电路符合）；

②该板包括：存储器写读的地址发生电路。关闭屏幕控制电路，X-Y 计算电路；

③由涉及到的方框图开始检查有关信号，若该板有故障，可采用代换方法，当门阵列电路有故障时，则不允许代换，否则会损坏印刷电路板；

（14）超声接口电路（EP-2395）

①看方框图；

②该电路由下面的 ROM 表组成，从 ROM 中读出各种信息和读超声信号，再写入存储器。

冻结控制

回波擦除

M 方式时间标记

读轨迹球

探测电路板选择

③由方框图的有关参数信号开始检查;

(15)微处理器(MPU)(EP-2212 该系统有 S/N: 61M4458 和以前的功能,双 MPU(EP2630 该系统有 S/N: 61M6474 和以后的功能)

①看方框图 (该方框图对该单元由方框图的有关参数信号开始检查);

②该电路板对于 DSC 和测量操作系统都与 MPU 有关。

(16)字符图形单元(GCDC)(EP-2210-该系统有 S/N: 61M4458 和以前的功能)A-GDC (EP-2629-该系统有 S/N: 61M6474 和以后的功能)

①看方框图 (该方框图对该单元电路板有效);

②该电路板控制图形和字符的显示;

③由方框图检查有关参数信号和 RAM 的输出信号。

注: 该电路板对于在字符、图像的 RAM 中和有关信号的范围可以修理, 但对与 MPU 有关的故障则只能采取代换该电路板。

(17)高电压信号(HVS)控制板(EP-2546)

①看方框图;

②对于线阵(或凸阵)方式的传输, 在探头 1 和探头 2 之间, 该电路板设计成由探头的信号转换探头编号。

注: 该板可能会引起这样的故障、如在线阵(凸阵)方式, US 图像不显示和回波损失。

(18)探头选择(EP-2547)

①看方框图;

②该板被连接到每个线阵(凸阵)探头。

注: 该板可能会引起这样的故障, 如 US 图像不显示回波、丢失和探头编码不能被读。另外该板有许多故

障是由接触松、接触不良或附着灰尘引起的。

3. 心电图(ECG)和脉搏波(EP-2616)

(1)检查程序

①看方框图;

②检查 ECG (EKG)、脉冲(PULSE)、心音(PCG)和其它有关的故障。输出是 OVIY/, 检查 OVLY/的输出, PPMEN/和 PPMOT/到判定故障是否发生在该板的前或后部分。

(2)记录器接口(RECORDER ITF) EP-2396

①看方框图;

②该板是记录器的接口, 当检查该板时, 首先检查故障是否发生在 SSD—630 主机(包括记录接口)或记录器。

记录器需求信号

SWEEP

PPM SWP CATE/

M BLANK

REC VIDEO

若上述信号不正常可检查,

US VIDEO

IH
MARK
W-DATAEN/
LINE START
PPM

③由 CPU 的数据总线进入记录方式和速度信息。BUSY, JAM/, 从记录器 RECORDER 进入 CPU

(3) 录像机存储器 (VTR MEMORY) EP-2206

①看方框图;

②信号是在 VCR (VTR) 回放图像冻结时发生故障则为该板有故障。

注: 该板通常比其它板的故障率高, 对于帧 (FRAME) 和场 (FIELD) 的使用要注意, 该板属扩展购件, (VCR), (VTR) 回放信息不可能没有该机。

4. 照像单元 (PHOTOGRAPHING UNIT) SSZ-600 P/PA/35

(1) 检查程序

①首先要决定是 SSD-630 或 SSD-600 有故障。若仅仅是 SSD-600 监视器不正常和其电路有故障, 可检查下列输入到 SSD-600 的信号:

VIDEO

CAMERA (SHUTTER)

+23V DC

②仅仅是图像的极性不正常 (SSD-600 的监视器是正常的)。

注: 参考仪器手册, 若图像是扭曲的, 先调整再试着安装照像机。

(2) 生理信号单元 (EU-5018)

①看方框图;

②在 ECG (EKG), PCG 和 PULSE 时检查与电路有关的故障。若 ECG (EKG) 在 B 方式中不正常, 可查 TP402 信号, 若 ECG (EKG) 在 M 方式中不正常, 可查 TP104 信号。若 ECG 同步不正常, 可查 R-R R-R/。若 PCG 不正常, 可查 PCG 输出, 若 PULSE 不正常, 可查 PULSE。在这些单元中, 检查其输入输出信号, 以确定故障是在主单元或是在主单元以前或以后。

(3) 多普勒单元 (VGR-38)

①由操作不当能引起故障吗?

②详细请看 VGR-38 手册。

注: 在有噪音的情况下, 检查改型技术报告的处理结果和测量错误。

(4) 记录器 (SSZ-95/SSZ-320)

①由操作能引起故障吗?

②在手册中查看故障排除部分;

③详细内容请查阅适当的记录器手册, 例如, SSZ-95 对于纸的堵塞可查看切割器单元。

(5) 录像机 (VTR)

①由操作能引起故障吗?

②查看 VCR (VTR) 手册有关故障排除部分;

③用监视器检查 VCR (VTR) 信号和 SSD-630 电视视频信号进行比较。

注: VCR (VTR) 回放变坏的图像进行比较。回放图像相片的质量在暂停变坏, 是单元没有 VTR 存储设备, 对于单元有 VTR 存储器设备时冻结是允许的。

(四) 调整标准

1. 调整步骤

(1) 面板板 (EP-2544): 这一部分必需使用 UST-5024N-3. 5 或 UST-5017N-5 的线阵探头 (表 3-1-6)。

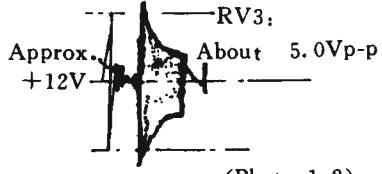
表 3-1-6 面板调整

项目	条件	测试点	调节部位	标准
增益电压		TP1	RV12	+5.00±0.05Vdc
STC 电压	STC0~7: 各档	TP2	RV11	+1.00±0.01Vdc

注: STC 控制范围表示在面板上, 如 0、1、2、3、5、8、12、18、cm. 但它们在程序中代表着如 0、1、2、3、4、5、6、7

(2) 接收电路板 (EP-2535): 这一部分必须使用 UST-5024N-3.5 或 UST-5017-5 的线阵探头 (表 3-1-7)。

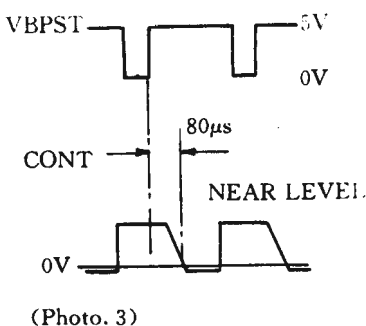
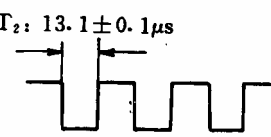
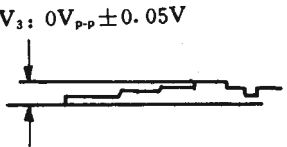
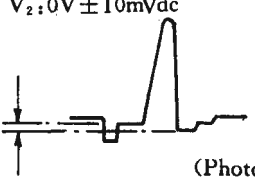
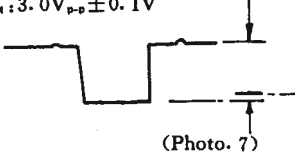
表 3-1-7 接收板调整

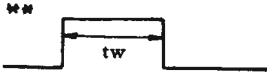
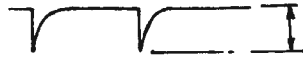
项目	条件	测试点	调节部位	标准
检测器输出电平	B 方式 增益: 最小 STC: 最小 对比度: 1	TP11	RV3	 Approx. +12V About 5.0Vp-p * (Photo. 1,2)
	B 方式 增益: 最小 STC: 最小 对比度: 1	TP12	RV4	基础电平 0~20mV
视频放大	B 方式 增益: 最小 STC: 最小 对比度: 1 冻结: ON	TP ₁₄	RV ₆	基础电平 0±10mVdc
噪音电平	B 方式 3 级聚焦 MAG: 1.0 增益: 最大 STC: 最大 对比度: 1	显示图象	RV ₄	超声图象的 80%区域是白色
	选择增强 (ENHANCE) 功能的后处理斜率 1 (SLOP1), 选择高级 (HIGH) 功能和降低上面的阴影到低部。选择移位 (SHIFT) 功能和提高灰阶 2 级。			

(3) 发射和接口板 (EP-2536): 这一部分必须使用 UST-5024N-3. 5 或 UST-5017N-5 的

线阵接头（表 3-1-8）。

表 3-1-8 发射和接口板调整

项目	条件	测试点	调节部位	标准
可变带通滤波器远点部分控制	B 方式	J ₁ B ₂₃ TP ₁	RV ₁	 (Photo. 3)
STC 基础时钟	B 方式	TP ₆	RV ₆	 (Photo. 4)
直流电平	STC 0~7: -边	TP ₄	RV ₃	 (Photo. 5)
积分常量	STC 3, 4: +边 0~2, 4~7: -边	TP ₄	RV ₂	 (Photo. 6)
STC 增益	STC 3, 4: +边 0~2, 4~7: -边	TP ₅	RV ₄	 (Photo. 7)
增益控制部分 最大增益	B 方式 STC 0~7 预制在中间 B 增益: 最大	TP ₉	RV ₈	0 ± 0.01Vdc when MAX (Photo. 8)

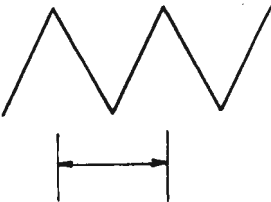
定时部分	B 方式	TP ₁₀	RV ₉	 tw ... 600 ± 50ns (EP-2536D) ... 650 ± 50ns (EP-2536B,C) (Photo. 9)
预制 STC 范围	B 方式	TP ₁₁		V₇: 2.8V_{p-p} ± 0.2V  (Photo. 10)

注: **此信号可以是这 6 个脉冲的任一个

(4) 机械扇扫接口 (EP-2537); 这一部分必须使用 ASU-32H-3. 5 或 ASU-32-3 的机械扇扫探头 (表 3-1-9)。

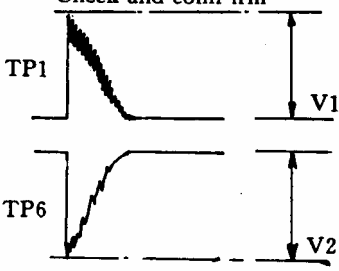
表 3-1-9 机械扇扫接口调整

项目	条件	测试点	调节部位	标准
电位数的参数电压		TP ₈	RV ₂	+V0=6.18±0.03Vdc
		TP ₉	RV ₃	-V0=-6.18±0.03Vd
电位信号补偿	B/M 方式 冻结: B 方式开 (ON) 移动 M 方式游标和在该位置预置 J2-B27 电位信号是 4V	TP ₁₀	RV ₅	补偿电压 V=0.00±Vdc
电位信号增益	B/M 方式 冻结: B 方式开 (ON) 在 M 方式移动游标和在该位置预置 J2-B27 电位信号是 4V	TP ₁₀	RV ₄	Vpot=-8±0.05Vdc
冻结观察 (FSURV)	B 方式 冻结: ON	TP ₁₇		检查和确认该电压大约是-10V
F/V 转换增益	B 方式 线性密度: 低 最大可获范围: 4cm	TP ₁₆	RV ₈	Vdc ASU-32H-3. 5 about + 2. 3Vdc ASU-32-3 about + 3. 0Vdc  (Photo. 11)

频率/电压(F/V) 转换增益	B 方式 线性密度: 低 最大可获范围: 4cm	TP ₁₀		*** 确认 *** Check and Comfirm T1...ASU-32H-3.5 about 80ms ...ASU-32-3 about 67ms  (Photo. 12)

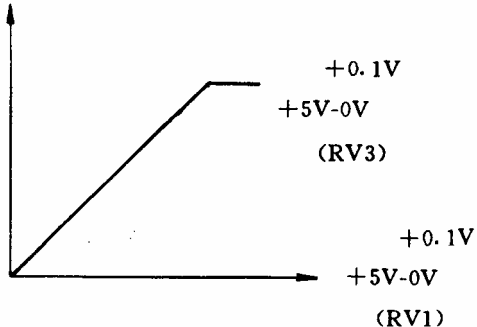
(5) A/D, D/A: EP-2205, 见表 3-1-10。

表 3-1-10 A/D/D/A 调整

项目	条件	测试点	调节部位	标准
复合视频输出	B 方式 RV7 反时针最大	TP ₁₃	RV ₆	1.3V _{P-P} ±0.08V 看下图 TP ₁₃
消隐脉冲电平 (正)	B 方式	TP ₁₃	RV ₅	消隐电平 0.0±0.08VDC 看下图 TP ₁₃
视频输出波形	B 方式	TP ₁₃		对于最小过冲和下冲看图 TP1、2、13、 14、15
限幅器电平	B 方式	TP ₁₃	RV ₇	在灰阶刻度最大畸变之前顺时针转动 RV7 到右边 图 TP13、14、15
消隐电平(负)	B 方式	TP ₁₄	RV ₈	0.0±0.08Vdc
滤波器增益	连接 ASU-32WL-7.5M 方式最大可获范围: 11cm	TP ₁₆	(RV ₁)	*** 确认 *** Check and comfirm  V1=V2 (Photo. 17)
	连接 AUS-32WL-7.5M 方式最大可获范围: 4 cm		(RV ₂)	
	连接 AST-5024N-3.5M 方式最大可获范围: 11cm		(RV ₃)	

(6) 心电图 (ECG) 和脉搏波 (PPM) (EP-2616): 见表 3-1-11。

表 3-1-11 心电图和脉搏波调整

项目	条件	测试点	调节元件	标准
PPM 扫描补偿和增益	M 方式	TP ₁	RV ₁ RV ₃	

(7) 生理学单元 (EP-5018): 见表 3-1-12。

表 3-1-12 生理学单元调整

项目	条件	测试点	调节元件	标准
心电图补偿	短路 J ₇₄₀ 的 4 和 1, 3 脚	TP ₁₀₃	RV ₁₀₂	0±10mV
心电图增益	① 短路 J ₇₄₀ 的 1 和 4 脚, 经 ATT 连接振荡器 3 和 4 脚 ② 预置振荡器的频率为 10Hz/2VP-P ③ 调节 RV ₁₀₅ 使 ATT 的值上升到 2VP-P 标准值	TP ₁₀₃	RV ₁₀₅	60±0.5db
心音图补偿	拔掉 J742	ICA ₂₀₁ 的 6 脚	RV ₂₀₁	0±5mVDC
心音图增益	① 经 ATT 连接振荡器 J742 的 F 脚和 7 脚 ② 预置振荡器的频率为 500Hz/2VP-P 和 ATT 到 40db	TP ₂₀₁	RV ₂₀₂	2VP-P±0.1V
脉冲 1 共模拟制比补偿	① 通过 206 除去 CD203 (调整后恢复此部分) ② 短路 J743 的 7 脚和 2 脚, 连接振荡器的 F 和 7 脚 ③ 预置振荡器的频率为 50Hz/2VP-P	TP ₂₀₂	RV ₂₀₃ RV ₂₀₄	(振幅)5Mvp-p 或更小 (补偿) 0±5mV 或更小
		ICA20 5 的 6 脚	RV ₂₀₅	0±10mV 或更小
R 波形的检测	连接心电模拟器 (或人体) 到 J ₇₄₀	J ₇₁₀ 的 3 和 4 脚	心电同步	输出的脉冲宽度不变, 且波形是稳定的, 心率将在 30~195min 范围

(8) 多普勒单元 (UGR-38): 这一部分必须使用 ASU-32 系列机械扇扫探头 (表 3-1-13)。

表 3-1-13 多普勒单元调整

项目	条件	测试点	调节部件	标准
源电压: EP-2589	多普勒开 (630。。。M 方式)	IC8A 的 16 脚	L-PS-45	+5±0.2V
		IC4C 的 16 脚	L-PS-45	+15±0.3V
		IC6K 的 6 脚	L-PS-45	-15±0.3V
		IC NJM7812A 输出		+12±0.3V
DIP 开关预置到关 EP-2588				在正常工作状态所有开关 2 均开
D/A 输出补偿 EP-2589	J ₄₁₁ 开	TP ₁	RV ₂	0±0.05V
D/A 输出放大器增益 EP2589	连接 1, 3, 5, 7, 9, 11 脚和 J ₄₁₁ 的 13 脚到地	TP ₁	RV ₁	1.5V±0.05

2. 波形图 下面波形均为上述“标准”项目中所对应的图号。

(1) 接收电路: 见图 3-1-12。

EP-2535 (RX CCT)

TP11 DC 2V/DIV
0.2msec /DIV

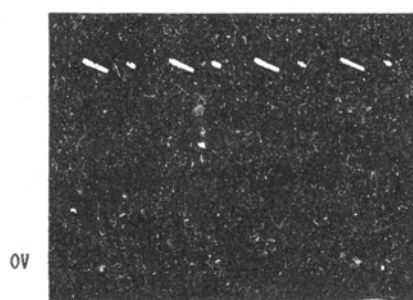


Photo. 1

EP-2535 (RX CCT)

TP11 DC 2V/DIV
0.1msec /DIV



Photo. 2

图 3-1-12 接收电路波形

(2) 发射和接收: 见图 3-1-13 和图 3-1-14。

EP-2536 (TX & ITF)

J1 B23

DC 2V/DIV
20 μ sec/DIV

TP 1



0V

0V

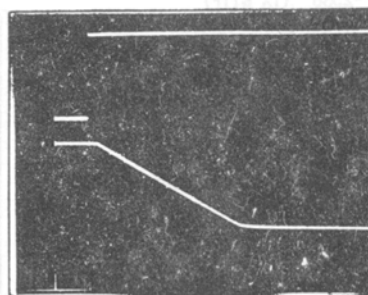


Photo. 3

EP-2536 (TX & ITF)

TP 6

DC 2V/DIV
2 μ sec /DIV



0V

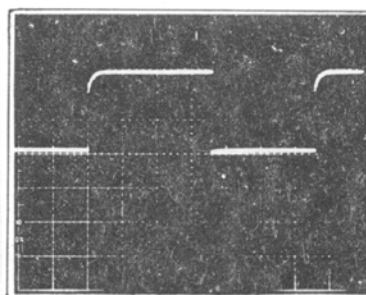


Photo. 4

EP-2536 (TX & ITF)

TP 4

DC 0.1V/DIV
50 μ sec /DIV

STC

0-7 : - side

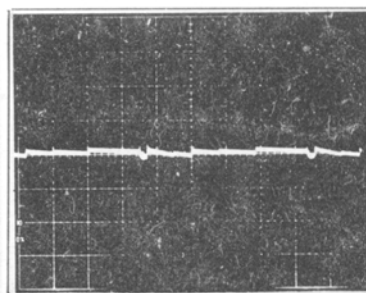


Photo. 5

EP-2536 (TX & ITF)

TP 4

DC 50mV/DIV
50 μ sec/DIV

STC

3 : + side

0-2,4-7: - side

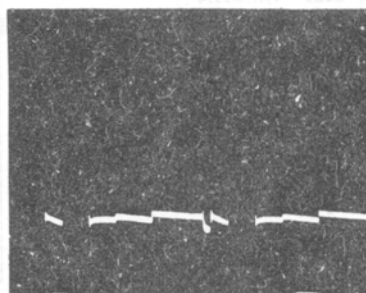


Photo. 6

图 3-1-13 发射和接收波形 (1)

EP-2536 (TX & ITF)

TP 5 DC 1V/DIV
50 μ sec /DIV

STC
3,4 : + side
0~2,5~7: - side

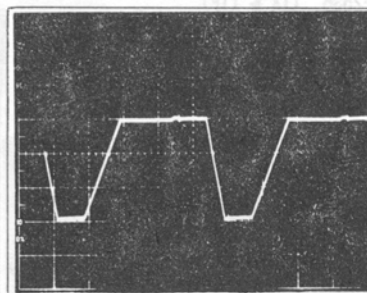


Photo. 7

EP-2536 (TX & ITF)

TP 9 DC 0.1V/DIV
50 μ sec /DIV

0V

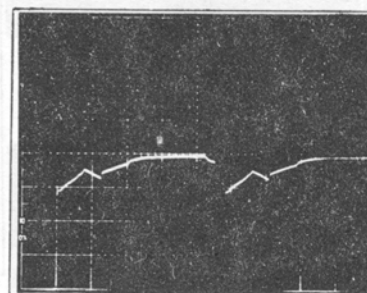


Photo. 8

EP-2536 (TX & ITF)

TP10 DC 2 V/DIV
0.2 μ sec/DIV

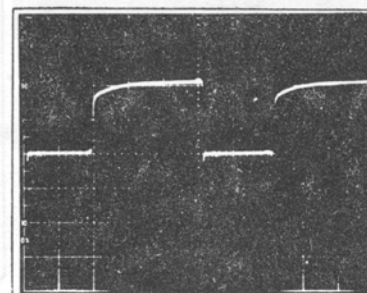


Photo. 9

EP-2536 (TX & ITF)

TP 7 DC 1V/DIV
50 μ sec /DIV

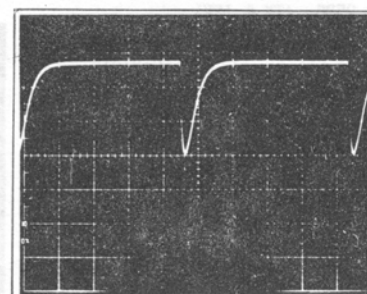


Photo. 10

图 3-1-14 发射和接收波形 (2)

(3) 机械扇扫：见图 3-1-15。

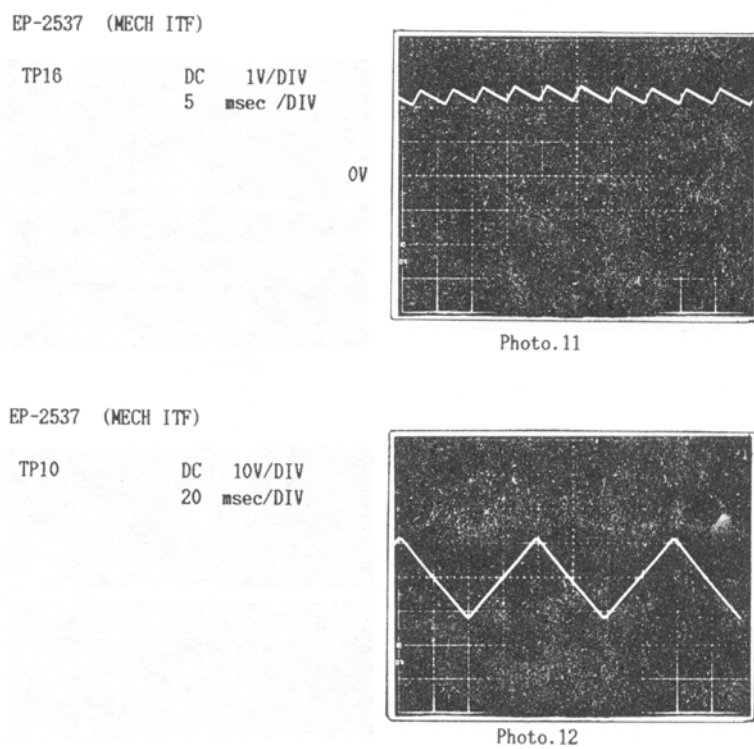


图 3-1-15 机械扇扫波形

(4) A/D D/A：见图 3-1-16 和图 3-1-17。

EP-2205 (A/D D/A)

TP13 DC 0.5V/DIV
10 μ sec /DIV

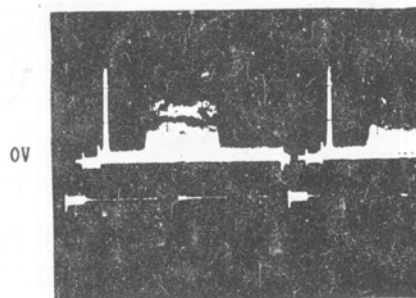


Photo.13

EP-2205 (A/D D/A)

TP13 DC 0.5V/DIV
1 msec /DIV

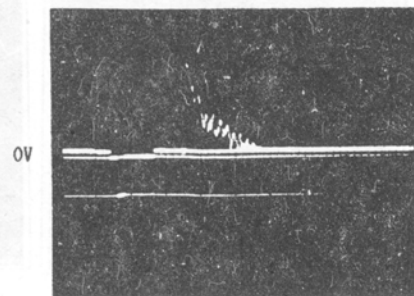


Photo.14

EP-2205 (A/D D/A)

TP13 DC 0.5V/DIV
2 msec/DIV

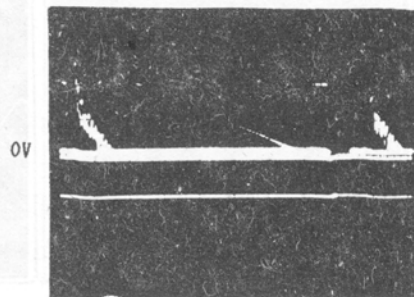


Photo.15

图 3-1-16 A/D D/A 波形 (1)

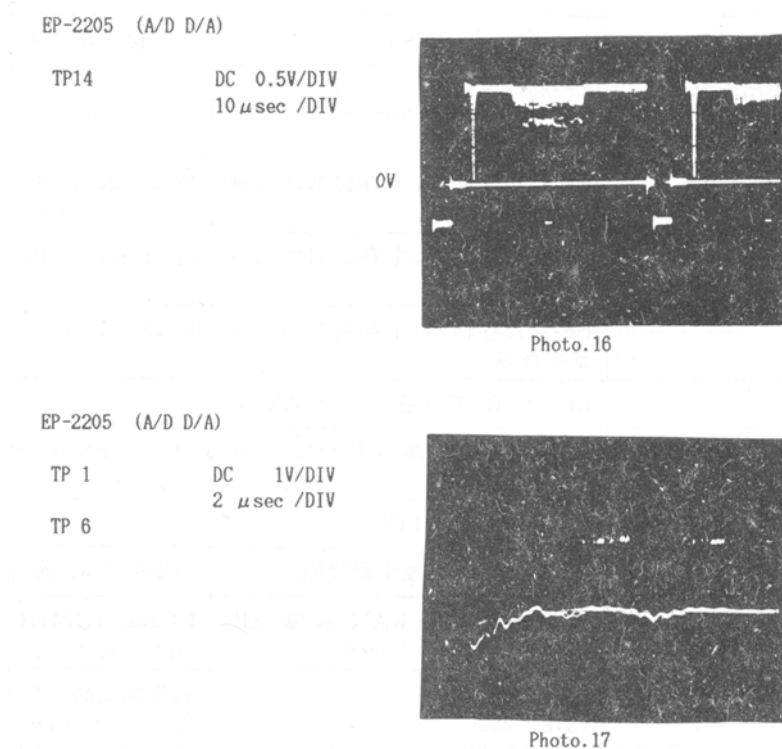


图 3-1-17 A/D D/A 波形 (2)

三、典型故障分析

表 3-1-14 SSD630B 超典型故障

故障现象	故障原因	检查部位
1. 对线阵或凸阵探头而言, 则为有时不能触发	发射接收正常, 但时间控制不对, EP-2538C	I C18F 74HC163P
2. B 方式正常, M 方式不正常	线存储器写启动地址故障, 为 M 方式时间定时不正常, EP-2574D	I C10K I C74H C374
3. B 方式正常, M 方式不正常	线存储器写启动地址故障, 为 M 方式时间定时不正常, EP-2574D	I C10K I C74HC374
4. 图像右边缘变白	高压开关控制故障, EP-2539E, GEV 地址	1CF2 SN74ALS 596AN
5. 无超声图像	对 TV 复合信号而言, 输出缓冲器]有故障, EP-2205D AD/DA, 也可在 DSC 前先检查有无超声信号	I C15 LX002
6. 灰阶分割成段	对图像增强而言, 可能 ROM 表有故障, EP-2205DAD/DA	1C2D(74HC574P)

第三篇 超声系列

7. 工作时间系统不出现图像	EP-2205 AD/DA, 也可能是板子	重新插好印字板
8. 工作时间系统不出现图像	EP-2572 存储器	
9. 工作时间系统不出现图	EP-2572 存储器	
10. 无图像	EP-2572 存储器, 主存储器的写地址有故障	I C1B SN74L S240N
11. 无图像	EP-2572 存储器, 主存储器的写地址有故障	I C1B SN74 240N
12. 图像区扩大	EP-2572 存储器, 主存储器的写地址有故障	I CB6 SN74LS 240N
13. 无图像	EP-2395E-I 超声接口 X. Y. $\Delta X \Delta Y$	
14. 全黑	地址总线错误, EP-2212 D-3MPU	I C4A SN74L S245N
15. 灰阶不正常	EP-2630B, 双 MPU	
16. 全屏横线	EP-2629C, 字符发生器故障	ICD6HM6264AL P-15
17. 杂乱的图符	存储器控制和 RAM 故障, EP-2629 A-GDC	1C18E TC7411CD2P IC14HUPD41416C-12
18. 全部超声图像没有(包括线阵扇扫)	(1)超声电源 (2)EP—2536 (3)EP—2535 (4)EP—2538 (5)EP—2539 (6)EP—2205 (7)EP—2572 (8)EP—2573 (9)EP—2574	超声触发高压控制信号, 查超声信号, 以区分 DSC 以前或以后部分, 先查 D/A 输出, 若无再查 A/D
19. 图像中间出现等距黑白线条	可排除探头, EP-2572, EP-2205, 高压通道。	EP-2539 的 IC11B
20. 屏幕一片白	EP-2573	线缓冲 ICG11
21. 灰阶分成段且发黑	定为 DSC 部分开关不起作用, EP-2630	1 C6D
22. 图像有指纹状	EP-2630, EP-2539 接触不良引起	重插该板子
23. 位置错位	EP-2215, EP-2573	I C14A
24. 仅扇形有两处异常	与发射接收无关, 可查速度和探头 EP-2537	I C26
25. 灰阶不是很正常图像错位	若垂直加长, 则为地址 EP-2215, EP-2573	1 C16C
26. 图像扭曲	EP-2216, EP-2574	ICBM IC4C
27. 图像有固定残缺	为 X 写地址计数器, 先查超声高压触发信号 270/s, 若有, 则为 EP-2215, EP-2573	I C16D
28. B 方式正常, M 方式不正常	EP-2205, A/D、D/A	I C5A
29. 满屏竖线	EP-2214, EP-2573	I C9D
30. B 方式正常, M 方式不正常	EP-2395	改变工作方式, 若只有 M 方式故障, 则范围可缩小 1C5M
31. B 方式正常, M 方式不正常	EP-2395	改变工作方式, 若只有 M 方式故障, 则范围

		可缩小 1C5M
32. B 方式正常, M 方式不正常	EP-2395	改变工作方式, 若只有 M 方式故障, 则范围可缩小 1C5M
33. 图像全白	完全属 DSC 部分, EP-2205	I C4B
34. 超声位置提高	EP-2395	在 I C1L8 脚和 I C8J2 脚之间断线
35. 扇扫图像缩小, 其它正常	EP-2573	ICIC 写地址计数器
36. 等 R ₆ 离发黑	EP-2572	
37. 扇扫只出现一半	可排除 RX、TX, 可能是 EP-2537 接口	
38. 杂乱的字符	与字符有关的电路 EP-2629, A-GDC	
39. 无图像, 屏幕出现字符	EP-2573, 2573, 2205	
40. 扇扫图像不正常	发、收都有, 查 EP-2537	
41. 图像正常, 但有干扰条	公用电源, 电源波纹因数大, 接地不好(包括探头内外)	
42. 图像正常, 但有干扰条	公用电源, 电源波纹因数大, 接地不好(包括探头内外)	
43. 在医院显示区有乱的字符显示	EP—2543 的 RAM 或 EPROM 程序乱	关机将机内电池与 J5 的 IC3H 的 281 脚断开, 并与地瞬间短路几次(时间不能长)
44. 全部超声图像均无	(1)超声电源 (2)TX 发射的高压控制信号 (3)有无 RX 信号 (4)地址时间电路 EP—2538, EP—2539 (5)A/D、D/A、EP—2205 (6)存储器 EP—2572 (7)EP—2573、2574	
45. 线阵凸阵无, 扇扫正常	可排除 EP-2537(扇扫)DSC, 可能是: EP-2536、2537、2538、2539, 高压开关控制(HVSCO)和探头选择	
46. 无扇扫图形	EP-2537, 探头, 探头选择, HVC 和地址时间	
47. 在线性方式图像变白(即高电平)	虽然 DSC 是共用, 但地址时间 EP-2573 不同, 还有存储器 EP-257	
48. 超声图像内有干扰点出现	查 EP-2535, EP-2574, EP-2572, EP-2573	
49. 超声图像内存在有规律的横线、纵线	一般应是 DSC 系统故障, 查 EP-2574, EP-2573	
50. 超声图像范围, 线阵凸阵图	查 EP-2535, EP-2537, EP-2538, HVS(有 5 个	

像有缺损(漏掉)	开关), 其中一个损坏	
51. 扇扫图像有漏掉	查探头 EP—2537	
52. 全部图像有噪声(排除外部噪声干扰因素)	电源波纹因数较大, 若负载太重, 也可引起 EP-2535 有噪音, EP-2573、2205	
53. 线阵和凸阵灵敏度低	排除 DSC 查电源, 特别是 HVEP-2535、2536	
54. 扇扫灵敏度低	电源, 探头(包括探头选择), EP-2537	
55. 全部图像灵敏度低	共公通道 EP-2535	
56. 图像灰阶模糊或没有	属 DSC 故障, EP-2205、2572、2573、2574	
57. 图像形状尺寸不对	查 EP-2573, 可能无 Ay、AX	
58. 线阵凸阵图像重迭	查 EP-2535、2538、2539、2572、2573	
59. 扇形重迭	查 EP-2537、2573、2572	
60. 整个图像区出现字符、字母	查电源, EP-2543(控制面板开关), EP-2629、2572、2630	
61. 游标、图符没有或不正常	查 EP-2543、2630、2629	
62. 日期、时间不对	查 EP-2543, RTM 实时时钟	
63. 字母不能从键盘输入	查 EP-2543, 键盘, 电源, EP-2630, 2629	
64. 计算值不对	查 EP-2630, 2543, 2629, 键盘	
65. 监视器全黑	若照像监视器正常, 则查监视器, 否则查 DSC 电源, EP-2205	
66. 图像滚动不同步	调观察监视器同步钮, 或用录像信号输入, 若不同步, 则为观察监视器, 否则为主机 EP-2574 和电源	
67. 在图像的一定探度上出现不同亮度光带	可查 TC, 因 STC 某段无增益, 则出现光带, 查 EP-2543、2535 和面板	
68. 没有心电波形	查 EP-2205、2616、5018	
69. 心电波形不对, 灵敏度低	查 EP-2539、2616	
70. 心电图同步不正常	查 EP-2539、2616	
71. 没有多普勒(DOP)图像(B 方式正常)	查电源, EP-2543, UGR-38, EP-2535、2537、2390、2630	
72. 多普勒的声音低	查 UGR-38	
73. 扇型图像内混有横条纹而不出现图像	EP-1248E-5	调 RV101 电位器
74. 出现杂乱无章的光栅或光栅缺损	余弦电位器出现了干扰	正余弦电位器

注: 以上典型故障主要是根据资料整理, 未作检验证实, 仅供参考

四、监视器故障检修

(一) 由故障现象查电路板

见图 3-1-18 和图 3-1-19 所示。

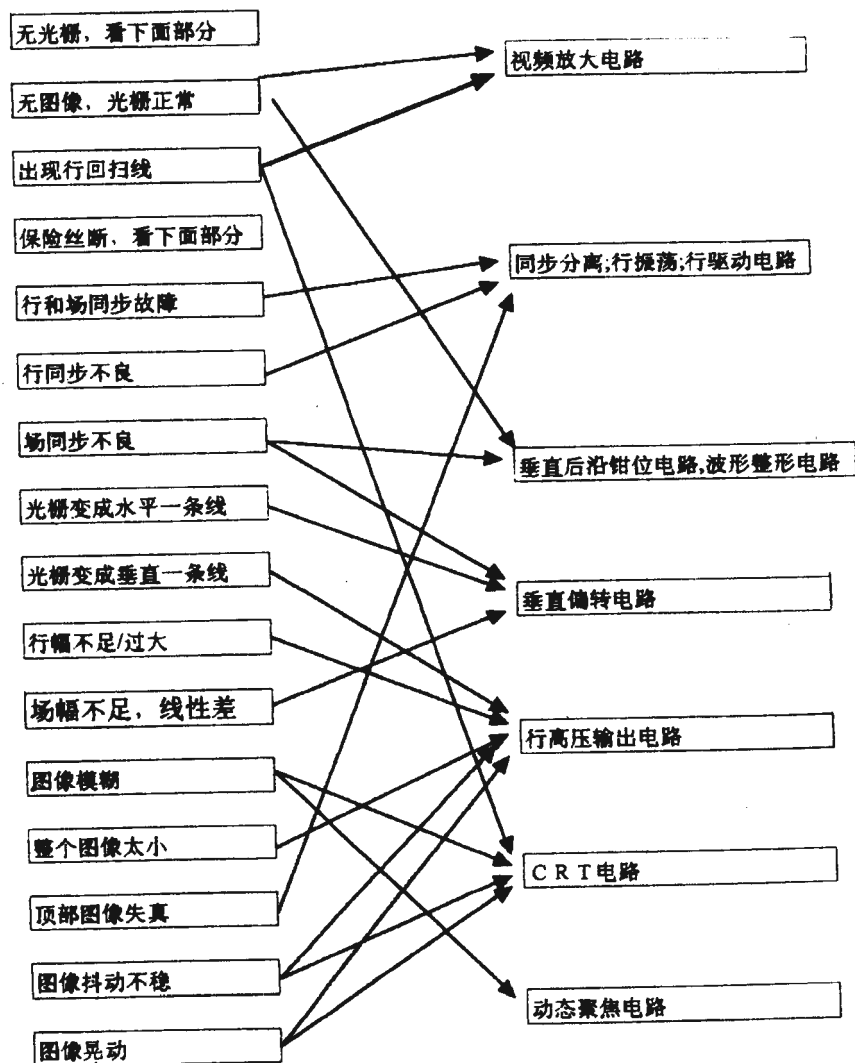


图 3-1-18 故障现象对应图

(二) 由电路板压缩到故障点

从第一级或末级电路开始查各级波形或电压, 即可容易地查出故障部位。

1. 视频放大电路 如图 3-1-20 和图 3-1-21。

出现回扫线的可能原因: R_{59} 、 CD_{16} 、 $CD/7$ 或 C_{44} 故障。

2. 同步分离, 行振荡器和行驱动电路 如图 3-1-22, 同步分离电路选择同步信号从 ICI

的 2 脚输出。同时还产生行振荡和行驱动信号。若同步分离电路有故障，则无光栅。

(1) 同步电路故障：见图 3-1-23。

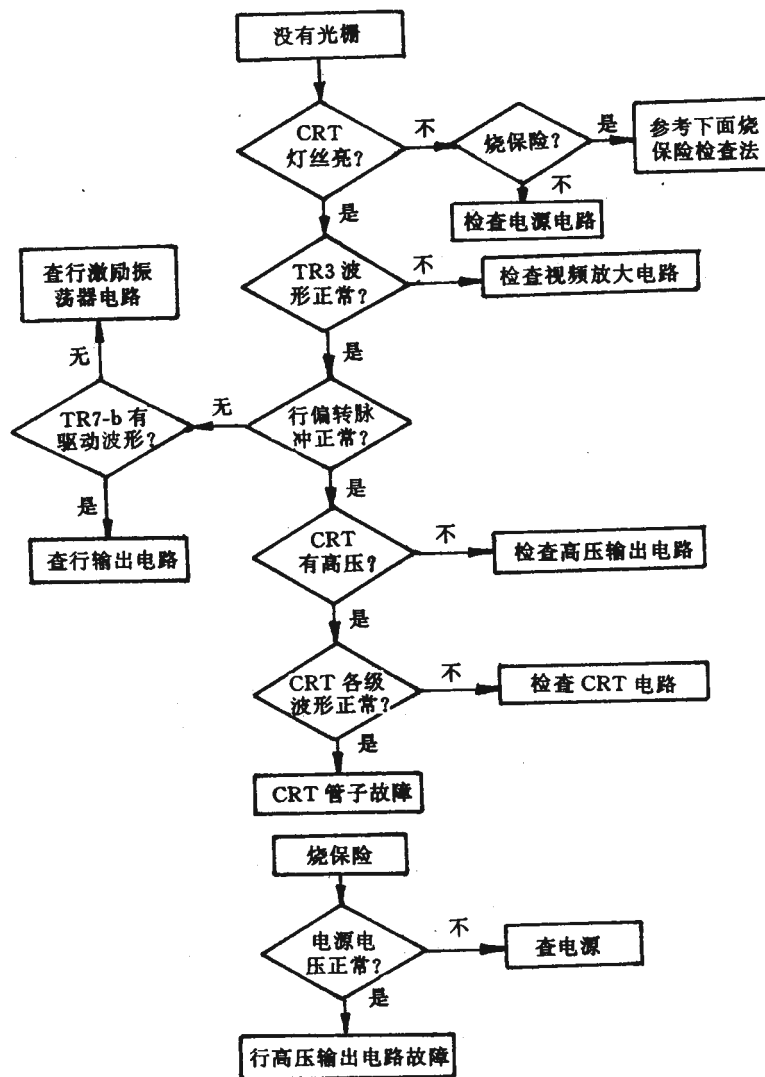


图 3-1-19 检查流程图

故障举例：见图 3-1-24。

(2) 水平同步故障：水平同步控制扭曲，在某种程度上是系统故障，可按表 3-1-15 及图 3-1-25 识别。

表 3-1-15 水平同步故障检查

相位鉴别电路	用一些方法可以形成一帧图像，但行线始终存在
	行线减少，但一帧图像也无法形成
行振荡器电路	许多行线出现，引起无帧图像

显示屏上行线向右下方偏斜,属行振荡器频率太高;显示屏行线向左下方偏斜,属行振荡器频率太低。

振荡频率不稳的鉴别:在监视器上,首先根据行线的倾斜方向来确定振荡器的频率是太高或太低。①若振荡器的频率太高,可能是 IC1-9 脚电压低。②若振荡器的频率太低,可能是 IC1-9 脚电压高。若连到 IC₁ 的 4 脚和 9 脚的 C₁₈、C₁₉ 和 R₃₂ 的 AFC 平滑电路有故障,则图像将变形,行同步将不稳定。③没有光栅,行振荡器停振。

由于行输出晶体管 TR₇ 的基极无行驱动脉冲而引起。检测 TR₇ 基极波形,很容易发现该故障(图 3-1-26)。

3. 后沿钳位垂直波形整形电路 如图 3-1-27。

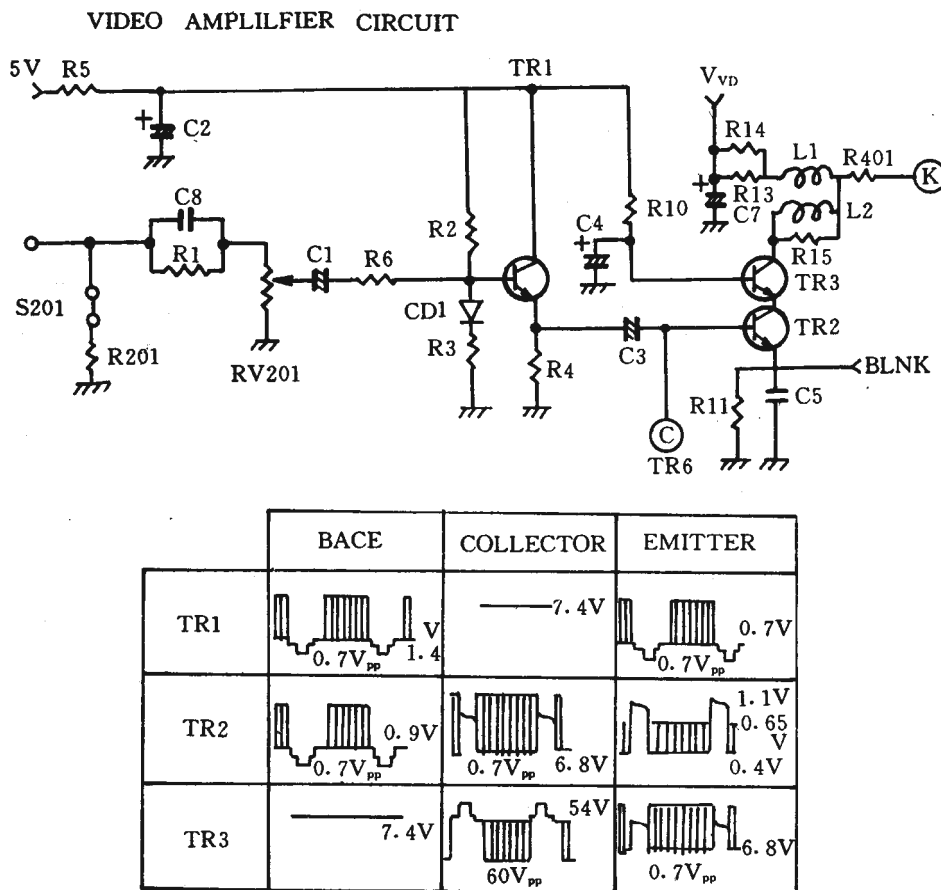


图 3-1-20 电路及波形图

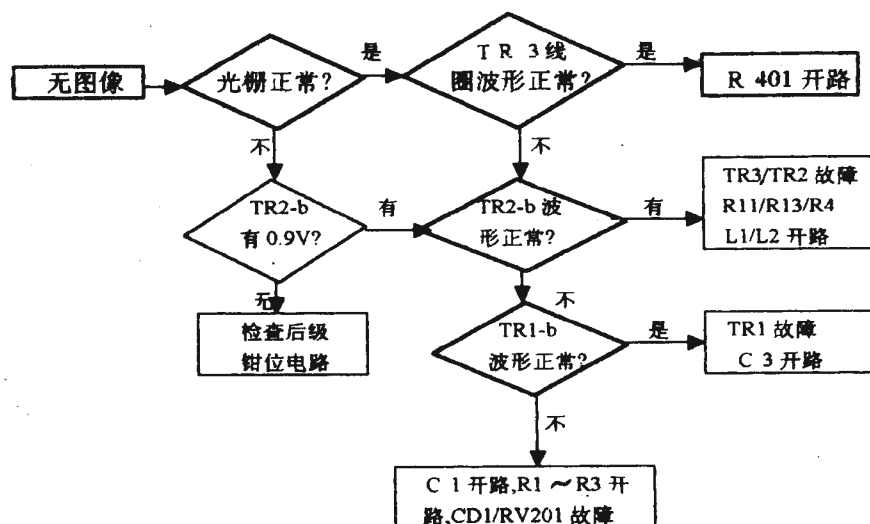


图 3-1-21 检查流程图

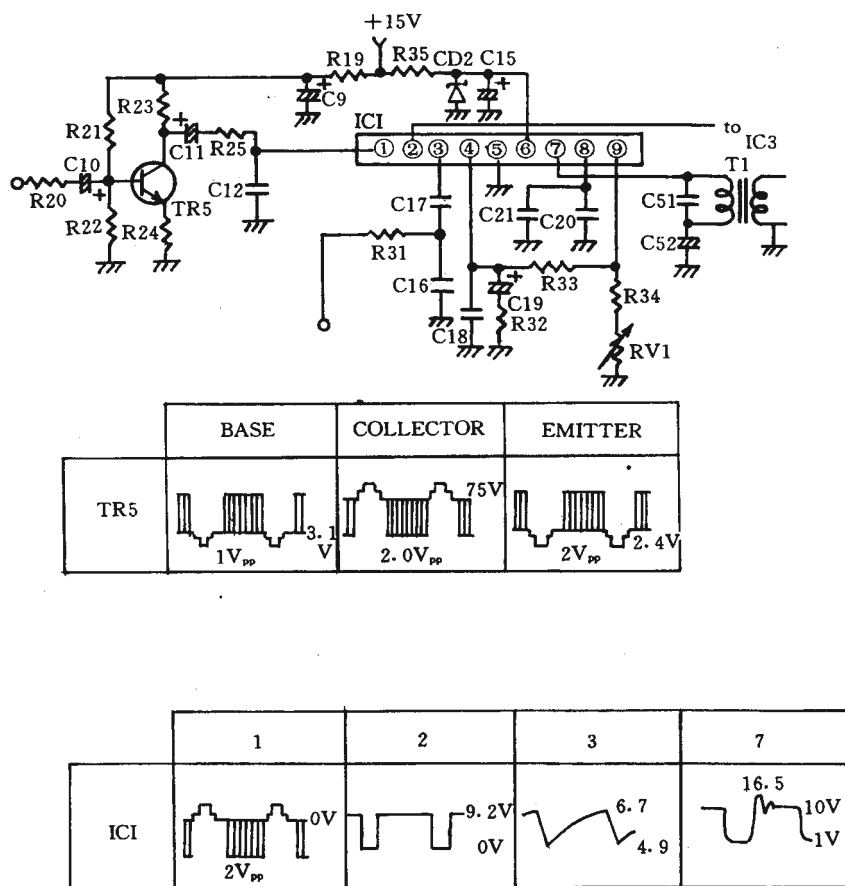


图 3-1-22 电路及波形图

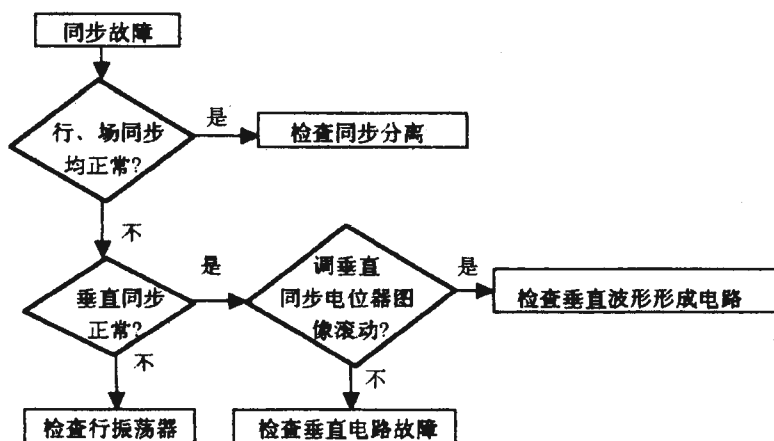


图 3-1-23 检查流程图

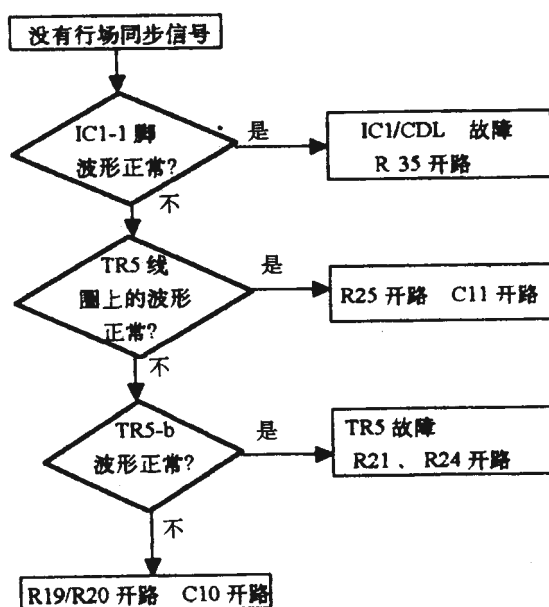


图 3-1-24 故障举例

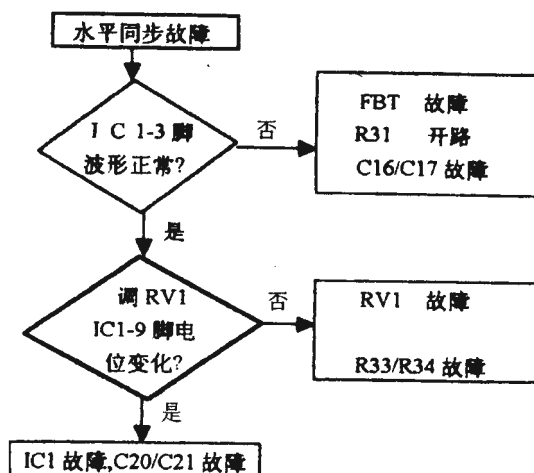


图 3-1-25 检查流程图

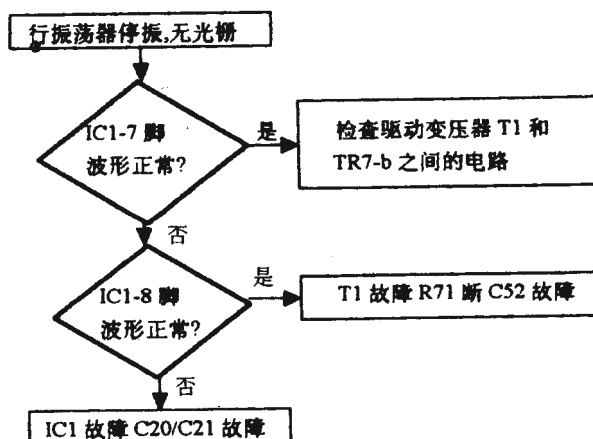


图 3-1-26 检查流程图

当视频信号输入后, 为了保证图像始终稳定, 在不考虑改变对比度的前提下, 后沿钳位电路应保持黑色电平有一个固定的亮度。

垂直波形电路从同步信号选择垂直同步信号, 整形后的波形可提供稳定的隔行扫描特性。

在限幅电路中, IC_3 属混合电路, 其故障可由测试各点波形查出。

故障举例: 见图 3-1-28。

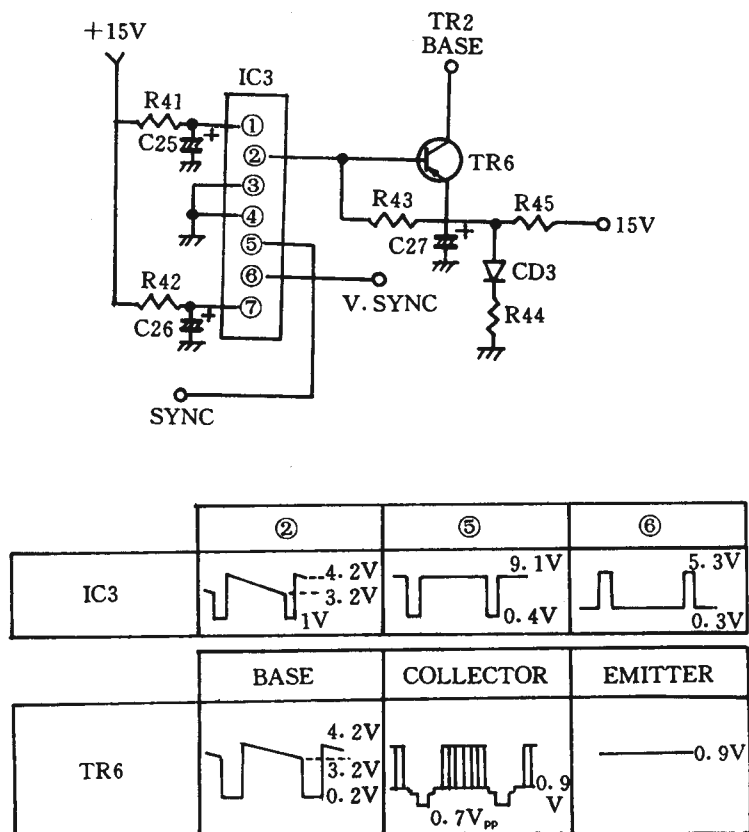


图 3-1-27 电路及波形图

4. 垂直偏转电路 如图 3-1-29。

故障举例：

(1) 光栅变成水平一条线：当垂直偏转线圈上无锯齿波电流时，则出现该故障。可检查 IC 电路周围的电阻、电容等元件。

(2) 垂直幅度太窄：当流过垂直偏转线圈上的锯齿电流幅度不足时，则出现此故障。可检查 IC2、RV2 和周围元件。

(3) 垂直线性差：当流过垂直偏转线圈的锯齿波电流线性不好时，则出现此故障（图 3-1-30）。

垂直锯齿波波形如图 3-1-31。

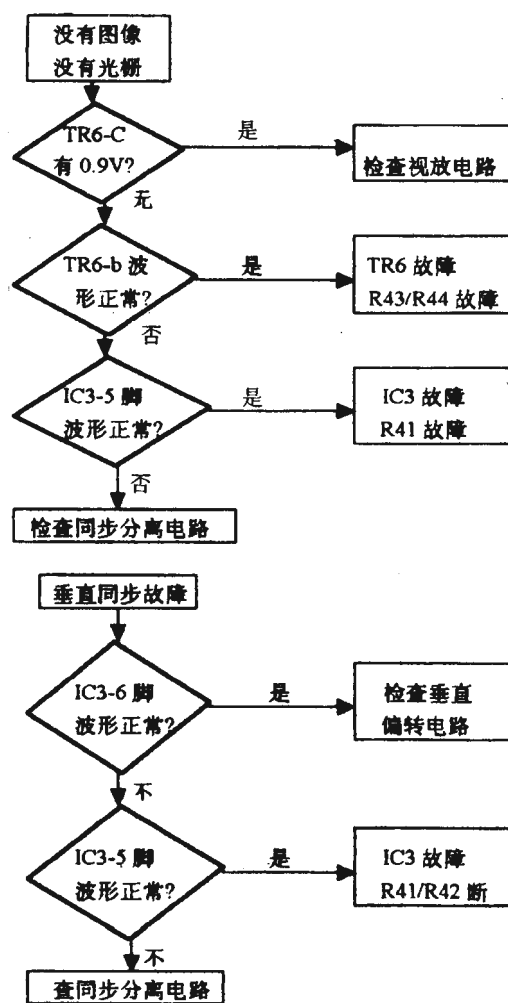


图 3-1-28 检查流程图

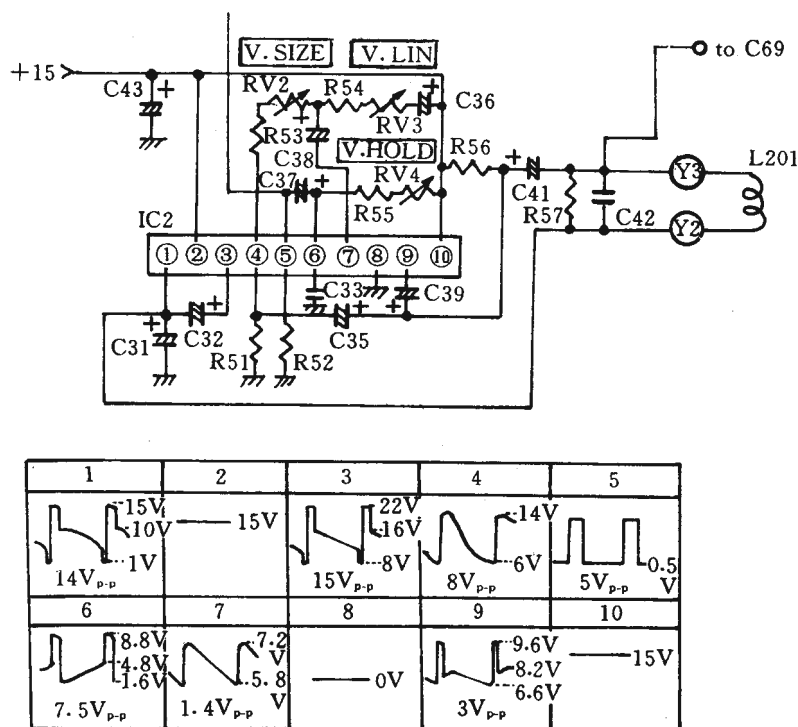


图 3-1-29 电路及波形图

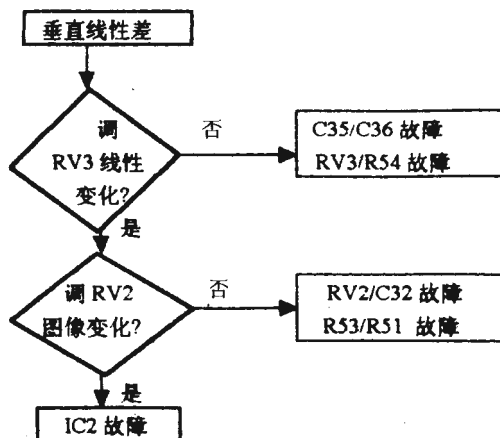


图 3-1-30 检查流程图

5. 行高压输出电路 如图 3-1-32。

(1) 无光栅：当无高压供给显像管时，则出现此故障，可能原因如下：①无行偏转脉冲加到回扫变压器的初级线圈；②高压整流二极管 CD_{15} 损坏；③回扫变压器自身损坏。

(2) 当电源开关接通时烧保险：因电源+B 过流引起烧保险。原因如下：①晶体管 TR_7 集电极和发射极之间短路；② CD_6 短路；③ C_{55}/C_{56} 短路；④回扫变压器 (FBT) 局部短路。

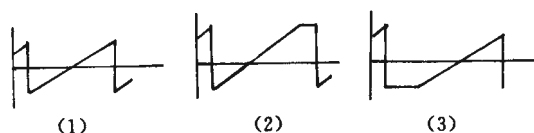


图 3-1-31 锯齿波波形图

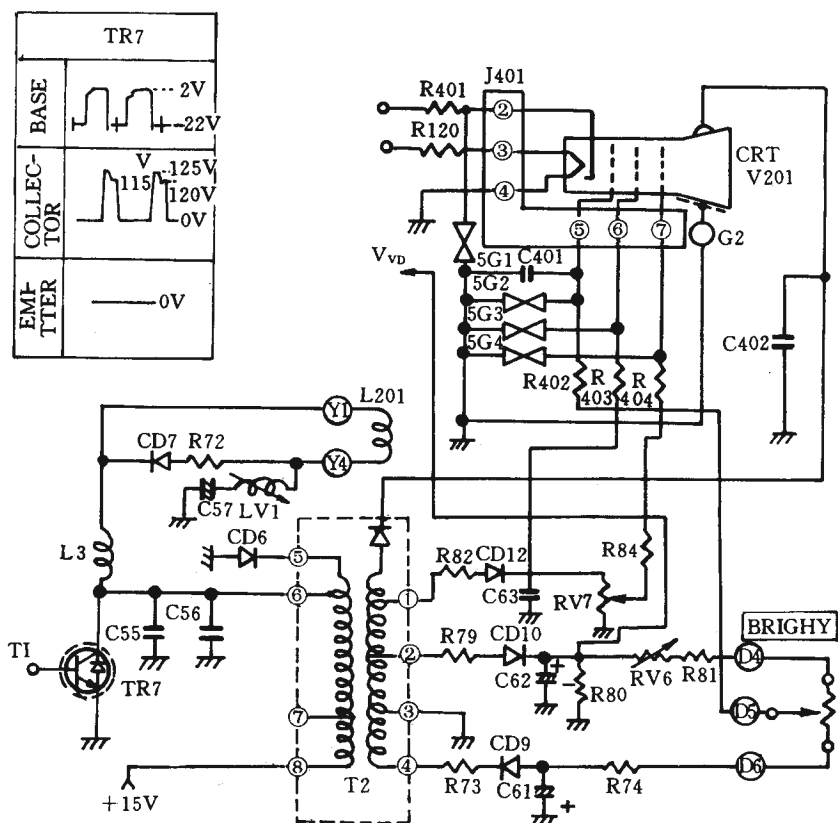


图 3-1-32 电路及波形图

(3) 行偏转线圈无偏转电流，造成光栅垂直一条线：当无锯齿波电流流过行偏转线圈时，则产生此故障。可能原因是 L_3 、 L_{201} 、 LV_1 等任一元件开路。

(4) 图像扭曲、抖动：在监视器的左下角出现垂直线或微弱噪点，可能原因如下：① 高压整流二极管 CD_{15} 损坏；② 行逆程回扫变压器等故障。注意，该回扫变压器属一体化的结构，尽管是二极管损坏，也得一起更换。

6. 阴极射线管 (CRT) 电路 该电路的故障大体分为两类，一是电源供给电路，二是阴极射线管本身故障。该电路故障容易被查出。

(1) 有高压，但无光栅：检查 CRT 的灯丝是否亮，若不亮查 R_{120} 是否开路和 CRT 的灯丝是否断。

(2) 调节亮度电位器，光栅亮度不变：调节亮度控制电位器而 G_1 电位不变，则出现上述故障。可能原因：① R_{74}/R_{81} 开路；② RV_6/RV_{202} 故障。

7. 动态聚焦电路 如图 3-1-33。使发散的超声束聚焦，用以补偿 CRT 屏幕，使图像清晰。注意，高压已被应用到该电路。对于检查波形和电压，已经使用 1000V 的高压探头或更高（图 3-1-34）。

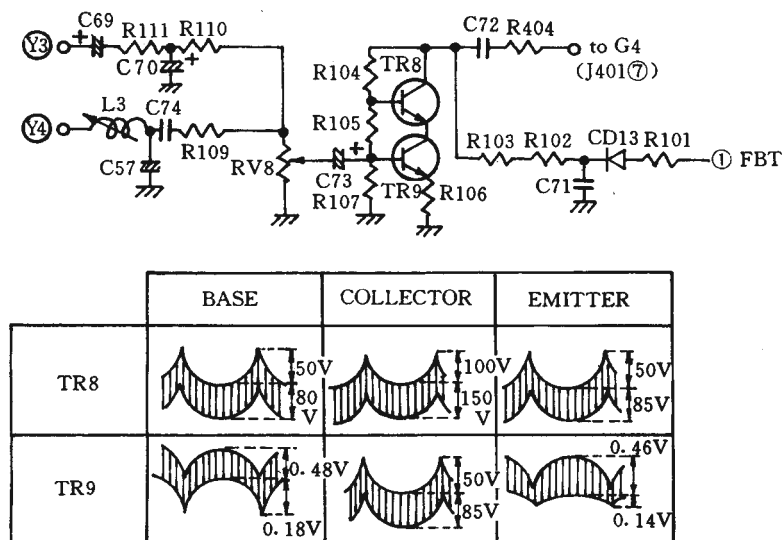


图 3-1-33 电路及波形图

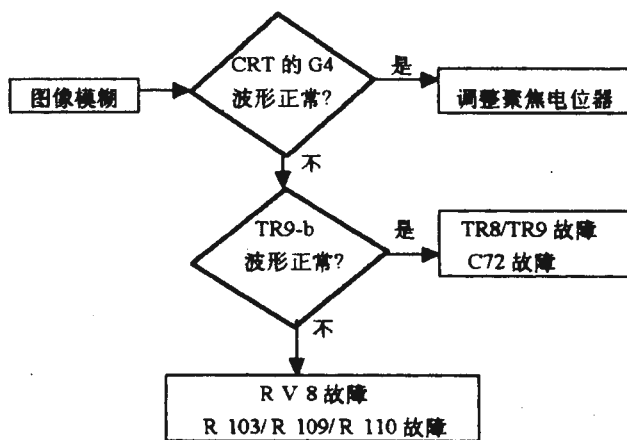


图 3-1-34 检查流程图

(三) 维护部分

1. 维护

(1) 内部调节和维修处理：在主机后面板上，卸下 5 个调节螺丝即可打开该机。再在

内部底板上卸下 4 个螺丝，印刷电路板就可以装卸和维护。

(2) 清洁显像管的荧光屏：监视器在工作期间，由于高压静电作用，荧光屏表面容易积上一层灰尘，影响图像的清晰度，故应定期清除。

(3) 警告：晶体管（特别是绝缘栅型场效应管）对电击是很敏感的，一旦超出电压范围，立即损坏，因此必须注意其正确的操作。特别是行偏转电路属高压开关电源，因此该电路稍有操作不慎，即会引起晶体管的损坏。如为了检查高压，用改锥进行高压火花放电，容易引起行管损坏。若使用高压表测量是允许的。

若不直接测高压而要知道高压是否存在，可用下述方法：①拔掉显像管的管座；②允许电源开关接通 2~3s；③拿一根导线，一端接机壳（或底板），另一端靠近显像管的阳极，若有火花放电说明有高压，否则无高压。

2. 操作步骤 在左面板的控制操作。

CONTRAST：调节监视器的对比度。

BRIGHTNESS：调节监视器的亮度。

在后面板和内部的控制。

H. HOLD：当行同步失控时，调节该旋钮。

V. SIZE：预置垂直图像的大小。

V. LINE：图像上部扩大时，调其线性。

V. CENTER：当图像不在中心位置时，调该电位器。

FOCUS：使图像聚焦清晰。

第四节 SSD-256 型 B 超机

一、工作原理

(一) 工作流程

SSD-256 B 超机属腹部脏器线阵扫描仪，其基本组成包括发射与接收单元（TX/RX）、数字扫描转换部件（DSC）、键盘、面板开关组件、超声探头、观察监视器、摄影监视器和电源部件（图 3-1-35）。

面板上的开关编码数据，馈送开关信号到 TX/RX 单元及 DSC 部件，面板也产生控制信号，并传送这一控制信号对 TX/RX 组件中的放大器作 STC 及增益控制。

发射/接收单元在电子扫描时，传送发射控制信号到超声探头，并将来自探头的接收信号作电子聚焦、放大检波、变换处理后传送到 DSC 部件及同步控制的有关系统。

DSC 部件对来自 TX/RX 单元的超声视频信号，在完成 A/D 转换后，将图像数字信息存入存储器中，该信号与来自键盘的字符和图形数据合成，再经 D/A 转换为 TV 复合视频信号，传送到观察监视器和摄影监视器。

电源部件供给各单元直流电源。

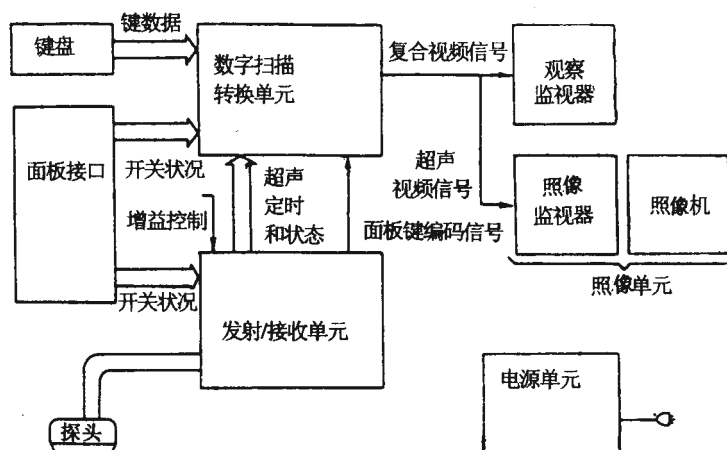


图 3-1-35 工作流程图

(二) 发射工作原理

激励发射的超声脉冲重复周期是由侦查的深度决定的，如深度为 18cm，则发射脉冲周期为 270s。发射脉冲电压加在探头换能器阵子两端，使其激励而产生超声波。

为了获得清晰的超声图像，除了增加尽可能多的声速外，在 SSD-256B 超中还采用了三段动态电子聚焦。探头换能器中的 80 个振子与 80 组发射电路相连接，如图 3-1-36 聚焦点采用 16 个振子为一发射/接收组产生一条扫描线，聚焦深度可达 115mm。焦点 2 采用 12 个振子为一组，产生一条扫描线，聚焦深度为 70mm。聚焦 1 采用 8 个振子为一组产生一条扫描线，焦点深度为 45mm。其阵子聚焦延迟时间如表 3-1-16。

表 3-1-16 不同聚焦方式（延迟时间）焦点扫描原理

相对振子数目	FOCUS MODE			
	1	2	3	BROAD
1	X	X	50ns	X
2	X	X	130ns	X
3	X	60ns	200ns	X
4	X	140ns	260nS	X
5	60ns	210ns	310ns	50ns
6	140ns	260ns	340ns	120ns
7	190ns	300ns	360ns	160ns
8	210ns	310nS	370ns	180ns
9	200ns	300ns	370ns	170ns
10	160ns	280ns	350ns	140ns
11	100ns	240ns	320ns	80nS
12	0ns	180ns	280ns	0ns
13	X	100ns	230ns	X
14	X	0ns	170nS	X
15	X	X	90ns	X
16	X	X	0ns	X

注：“X”代表不参与发射/接收

在选择三个焦点时,即三段动态聚焦同时开启($F1+F2+F3$),必须经过三次发射接收,第一次为 5-12 号振子(8 个)参与发射/接收,第二次为 3-14 号振子(12 个)参与发射/接收,第三次为 1~16 号振子(16 个)参与发射/接收以形成一条超声信号线,即三个聚焦区域中超声信号的组合,成为一条自浅部至深部均为窄细的超声束,这有利于提高横向分辨率。但三个聚焦同时开启,形成一条超声信息线需要三倍的时间,图像会出现闪烁。因一帧图像为 128 条超声信息线,则完成一帧图像所需要的时间 $T = \text{焦点数目(动态聚焦开启数目)} \times 128 \times 270s$ 。在观察心脏搏动时,为避免一帧时间变得太长,动态聚焦数目仅采用一个焦点。

若在同一阵子上所加激励发射脉冲的顺序方向相反,则反向激励所产生的扫描线和正向激励的扫描线有微小的偏离,即一组阵子经正反向激励可以形成两条扫描线,此现象称互有原理。

超声波束的扫描,由 1~16 号振子, 2~17 号振子……组合发射/接收,每次发射/接收后再将振子的发射互有一次,这样 80 个振子(实际为 79 个)将可获得 128 条超声扫描线即 $(79-15) \times 2 = 128$ (因第一次参与发射的 16 个振子才产生 1 条扫描线),如图 3-1-37 所示。完成一帧图像后,再重复上述过程,即可获得实时的回声图像。

(三) 接收放大

接收回声信号是接收经发射激励的振子和经动态聚焦后的输入信号。因为各换能器振子产生回声的时间不同,需经相位延时相加(使相位相同,幅度相加)。此任务是由发射/接收开关组件的延迟线来完成的,且发射/接收延迟时间完全相同。接收输入的 0~1V 的变化信号,经对数压缩和放大,并作 4 项预处理:①信号不作增减;②等值线增强,作为轮廓边缘增强;③等值线加强+自动增益控制(AGC)用于对强回声信号作 AGC 和轮廓增强;④快速时间电路(FTC)使 UCG(M 型超声心动图或所有超声心动图别称)波形变为细条曲线。在信号放大过程中还要作灵敏度时间控制(STC)和增益的调整控制,以补偿超声在人体中的衰减。

1. 阻塞问题 由于发射信号幅度较高,常达百伏以上,接收发射信号后,在接收每条超声信息的开始瞬间,常产生电路灵敏度下降或完全失灵现象,即称阻塞现象,它影响对近区的探测。缩短阻塞时间的方法有:①输入电路采用限幅器,限制过大的信号输入;②减小

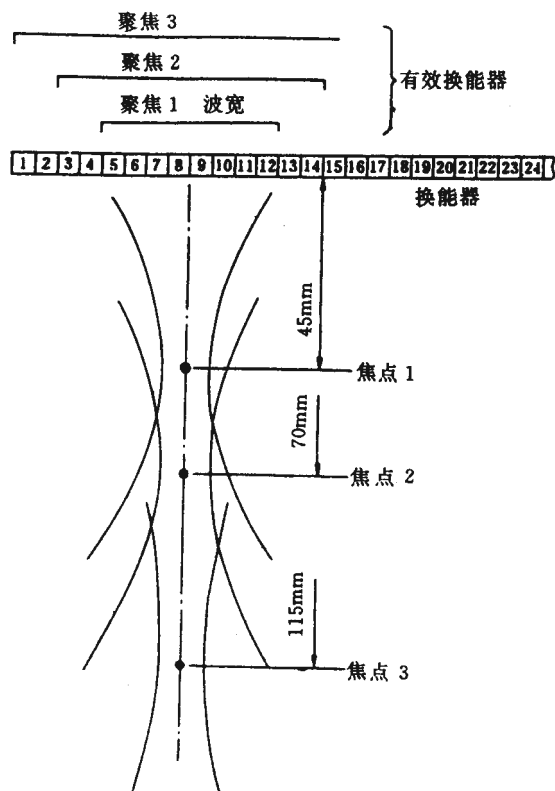


图 3-1-36 超声束聚焦

耦合电容，以减小电路时间常数；③用增益补偿的方法，抑制近区回声信号的增益。

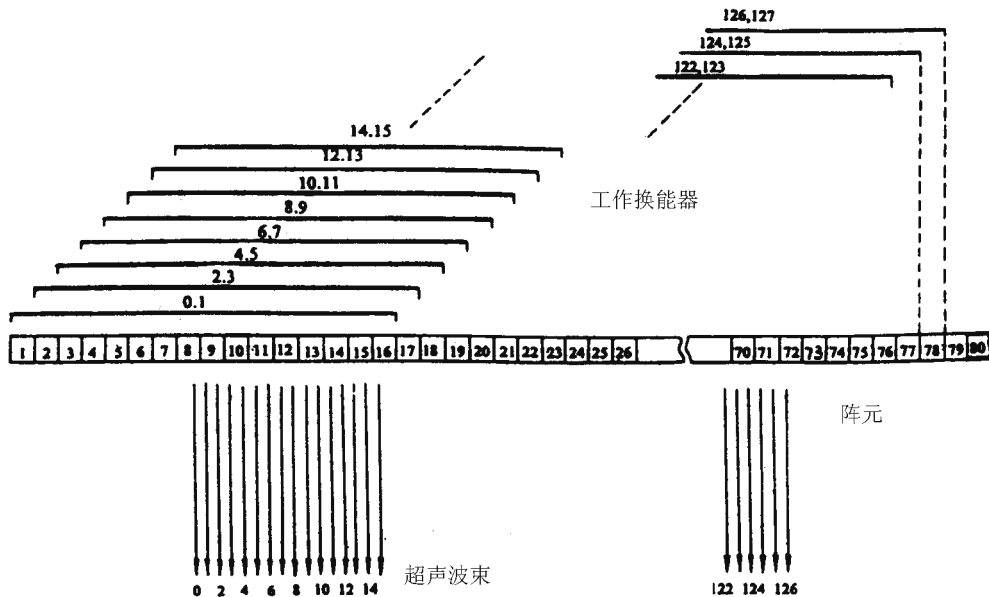


图 3-1-37 多元线阵换能器阵元组合移动图

2. 对数压缩 在医用超声脉冲回声中，回声的最大信号幅度与最小幅度之比的动态范围可达 100db 左右。而医用诊查要求范围为 50~100db，所以通常要求提高发射接收超声波幅度，降低接收回声噪声和提高接收换能器的灵敏度，以提高放大器接收弱信号的能力。接收机的总增益一般设计为 80~100db。其二采用对数放大器，对强信号进行对数压缩以满足显示要求。

3. 灵敏度时间补偿 (STC) 调节 STC 均设置在前面板上，由增益 (GAIN) 和 STC 的混合信号作为近区和远区的增益控制，如 STC 输出变化 1V 电压，主放大器的增益可改变 20db。通过滑动 STC 键（一般分 8 段）使 0~5V 的输入电压控制放大器的增益，则可改变 100db。

4. 频率特性和抑制特性

(1) 频率特性：超声脉冲是衰减波，其频谱较宽。放大器带宽直接影响仪器的总分辨率、灵敏度和信噪比，实际应用中采用折衷方案，对于医用诊查要求一般带宽为 800~1000KHz 即可。

(2) 抑制特性：对于超声振子产生的无用波和杂乱的小波不予显示，接收放大器设有抑制电路，由抑制电压来控制显示信号的阈值并改变图像显示的对比度。

超声回波信号经放大和预处理后成为视频信号，再送至 DSC 单元。

(四) 数字扫描转换器 (DSC)

由发射/接收单元输出的超声视频信号经 DSC 单元的 A/D 转换器变为 6 位数字信号存入

缓冲存储器（采用了一读三写方式工作）。

在缓冲存储器和主存储器之间有一加法器，即缓冲存储器的新数据与主存储器的旧数据在加法器中相加平均，再存入主存储器，使图像变得柔和（即完成行、帧相关处理）。

主存储器具有 $256 \times 512 \times 6$ 位的容量，以便存入两幅超声图像（其中一块电路板上有 32 片 16K1 位动态 RAM，存储 6 位超声数据的低 4 位另一块电路板有 16 片 16K1 位动态 RAM，存储 6 位超声数据的高两位。在一个存储周期（1.87s）内 RAM 以三读一写的速率工作。

为了执行此项操作，地址发生器提供了两个地址，一个用于并列信息的前 4 个像素，另一个用于其余的 4 个像素，利用上述操作，所用超声信息即可存储在主存储器中。但是，当冻结或动态聚焦改变时，为了避免写入不需要的信息，就停止从缓冲存储器向主存储器传送数据。

从主存储器读出的数据存储在行存储器中，行存储器由 8 片 128×8 位的静态 RAM 组成，各存储一条超声扫描数据（ $64 \times 8 \times 6$ 位），当一个存储器读出信息时，另一个从主存储器接收信息。在两个行存储器电路板中，和主存储器电路板一样，一个用作 6 位信息的低 4 位，另一个用作高两电位，从行存储器读出的数据又成为 6 位串行信息，并传送到视频处理器。

视频处理器对信号进行处理，完成行间插值，图像增强（r 校正电路）及要求在屏幕上显示的灰阶、字符、标志等信息相加输出，再经 D/A 转换，将数字信号变为模拟信号，同时与电视同步信号混合，成为电视（TV）复合视频信号。

DSC 变换过程需受地址、定时、TV 同步和超声接口等部件来控制以上操作，而超声诊断仪的全部控制信号均由微处理器同步完成的。

二、典型故障介绍

首先是将故障压缩到单元，其次是由单元故障缩小到印刷电路板。每个故障分别按故障现象、故障原因和主要检查点来介绍部分故障。

（一）查找故障单元

1. 整个荧光屏图像故障 见表 3-1-17。

表 3-1-17 荧光屏图像故障

故障现象	故障原因	检测部位
(1) 监视器全黑	(1) L-IPS-3F 电源供给单元 (2) UM-207U 即 DSC 单元 (3) IP-36 观察-监视器，IP-36 照像监视器	(1) L-PS-3F 电源供给单元 $\pm 15V$ 和 $5V$ 电源输出 (2) 主机后面板连接电缆有无视频输出
(2) 场幅图像滚动	(1) 监视器组件的 IP-37 的垂直偏转同步信号或照像监视器的 IP-36 的垂直偏转同步信号 (2) UIM-207U (DSC)	检查主机后面板的视频输出连接线
(3) 监视器上显示随机的亮点和符号特征或连续的水平线向右移位	在 DSC 单元 UIM-207U 组件的异常运行	EP-13621 1. 中 2. (1) 3TRB 信号等

2. 超声图像故障 见表 3-1-18。

表 3-1-18 超声图像故障

故障现象	故障原因	检测部位
(1)在任何扫描方式均无超声图像	(1)GEU—23(TX&RX 单元)无超声视频信号输出 (2)UIM—207U(D. S. C)视频数据传输故障	检查 GEU—23(TXL&RX)单元的 EP—1600 主板, TP603—超声视频
(2)垂直条纹代替了超声图像	(1)GEU—23(TX&RX 单元)没有超声定时信号(同步信号)输出 (2)UIM—207U 的定时时钟故障	检查 GEU—23 单元的 EP—1598
(3)在超声图像区全白	(1)GEU—23(TX&RX 单元) (2)UIM—207U(D. S. C)缺少视频数据转输流 (3)L—PS—3F(电源供给单元)	1. GEU—23 反射接收单元 2. L—PS—3F—15V 电压 (1. 2A)
(4)在 B 型 M 型方式灵敏度均低	1)L—PS—3F(电源供给单元) (2)GEU—23(TXL&RX 单元)	L-PS—3F(电源单元)+120V 电压

3. 其它超声图像故障 见表 3-1-19。

表 3-1-19 其他超声图像故障

故障现象	故障原因	检测部位
字符或图标显示异常或全无显示, 键盘不能输入	(1)UIM—207U(D. S. C) (2)L—KEY—3(键盘板)	EP—1365 超声接收板 EP—1465 程序 ROMICS EP—1363 电视同步的 2/3VCHarSET/信号 EP—0833C3/3 1C7C9 脚视频输出

(二) 检查每一单元故障

1. TX 和 RX 单元故障 见表 3-1-20。

2. DSC 单元故障 见表 3-1-21。该单元引起的故障按功能分类如下:

(1) 6800MPU 系统

6800MPU EP-1465B, US 接口 EP-1365

CG-接口 EP-0833C-5, 图像存储器 EP-1149D-5

(2) 定时控制系统

超声同步系统: EP-1364 (地址发生器), EP-1365 (接口)

EP-1363 (TV 同步)

(3) 视频数据流程

写入系统: 模拟电路 EP-1140C-U (A/D 和 D/A)

数字电路 EP-1141 (线缓冲), EP-1142 (加法器)

表 3-1-20 TX 和 RX 单元故障

故障现象	故障原因	检测部位
(1)超声图像显示故障, 超声图像显示(全黑)	(1)检查电源供给 L-PS-3F(+15V) (2)在超声回波视频电路故障 EP-1600 主放大器 EP-1611 STC 增益控制	1. 电源单元+15V 输出端 2. EP-1600TP603 视频输出 3. EP-1611TP12 的 STC 输出
(2)超声图像灵敏度低, 穿透性差, 出现白噪声	(1)电源电压故障 L-PS-3F(+15V) (2)定时系统故障 EP-1598(控制信号)	(1)L-PF-3F120V 电压 (2)EP-1598 控制超声触发脉冲 (3)参考第(三)部公
(3)超声图像灵敏度低 2 A. 垂直方向缺少回波(灵敏度低的体现) B. 垂直条件随出现噪声	(1)部分发射电路不工作 EP-1599(TX 和 RX 电路) (2)EP-1599 的延迟电路故障	在 EP-1599 板上 (1)在 R1 或连续观测发射波 (2)在 TP101. 201 观测接收波 (3)检查 TX/RX 的门选通信号 (4)参考第三部分检查单个发射振子的方法
(4)有关记录器故障超声心动图(UCG)不能被记录	(1)记录器的扫描故障 EP-1598(控制信号) (2)记录器的视频电路故障 EP-1598(控制信号)	(1)EP-1598 的 TP8(扫描信号)TP6(消隐 2) (2)EP-1600(主放大器)TPT04M-视频
(5)人体标志中的探头标志和游标工作不正常	(1)面板接口 EP-1611 (2)操作杆(JOY-STICK) (3)在 DSC(UIM-207U)中的 EP-1365(接口)	(1)EP-1611 的 R45/46(JOY, HV) (2)EP-1365 在 A/D 转换器的输入端操作杆的行场电压(JOY, HV 电压)

EP-1336-U (主存储器)

读出系统: 模拟电路 EP-1147C-U (定时器)

数字电路 EP-1366-U (主存储器), EP-1144-U

(线存储器) EP-1143 (视频处理器)

表 3-1-21 DSC 单元故障

故障原因	检查部位	故障现象
(1)监视器全黑 图像移动	(1)视频系统故障 EP-1140C-U(A/D 和 D/A) (2)定时系统故障 EP-1363(TV 同步)	(1)EP: 1140C-U(视频输出 1) (2)EP-1363 TP3(复合同步 1) TP4(复合消隐 1)\
(2)监视器上出现有规律的图符 MPU 不起作用, 存储器不能清零	(1)定时系统故障 EP-1362 (2)6800MPU 系统故障 EP-1465B, EP-1365, EP-0833C-5	EP-1362Φ1/, Φ2/, ΦSTRB/等 EP-1463B 若电源瞬时故障, MPU 的功能会停止, 查发光二极管 LD1 是否亮, 中断请求信号 IRQ 是否为正常高电平

(3)图形显示故障 a. 距离标志、游标标志、人体标志等均不显示 b. 标志全无或部分缺损 c. 出现满屏回扫线	(1)若显示与面板信息不对应查 EP-1365(接 口) , EP-1465B(6800MPU)若图形部分或整个故障查 EP-1149D-5RAM 芯片故障	(1)查 EP-1365 有关信号(开关信号等) (2)EP-1465B 程序 ROM ICS (3)EP-1149D-5 1C8C- (2)图形视频 (4) TP6(VID AV)等信号流程: 面板接口-6800MPU 一图形一显示
(4)图形显示故障 a. 无字符显示 b. 字符部分或全部错 c. 键盘输入不正常	(1)TV 同步系统故障 EP-1363 (2)CG—接口故障 EP-0833C-5 (3)接口故障 EP-1365 (4)键盘板故障	(1)EP-1363 垂直图调整 (2)EP-0833C IC7C-9 脚: 视频信号 (3) 仅 为 键 盘 输 入 故 障 时 查 EP-0833C-5KBD0~7 字符信息显示流程: 面板接口呻 6800MPU→CG→接口→显示 键盘输入流程: 键盘输入→CG 接口→6800MPU→CG 接口→显示 6800MPU 故障也影响字符显示
(5)超声显示区故障 1 a. 超声显示区不执行初始清零 b. 出现垂直条	(1)系统接口故障 EP-1365 (2)定时系统故障 EP-1362 (3)地址系统故障 EP-1364	(1)检查来自接口的超声同步信号 US BLK/, U5 LINE START/, USFRA ME END/, DEL HOLD/, WREQ/, SHIFT/等 (2)查与定时系统有关的信号 WRITE, WRITE OK, TAS/, CAS/, WE/, REQ/, HOLDI/, 2/, ROW/C01, BUR/W, TVS/L (3)查与地址有关的信号
(6)超声显示区故障 2 a. 超声图部分或全部故障 b. 出现水平条	(1)EP-1144-U 线性存储 (2)EP, 1143-U 主存储器	查每个数据线
(7)在超声图像显示区的故障 3 超声图像显示区变成全白	定时系统 EP-136-2 故障	AD/DA 或 RAS/, CAS/, ROW/COL 等
(8)人体标志中的探头标志和游标的工作不正常	(1)接口 EP-1365	查 EP-1365A/D 转换器输入电压
(9)图像混乱	同步不良查 EP-1140(A/D , D/A)EP-1465 和 TV 同步	
(10)图像模糊	查 EP-1140D/A	
(11)出现 16 根横条	EP-1149	将 16 个存储器的输出依次瞬间接地就可发现故障板 4F 不良
(12)产生不必要的超声缺损	EP-1149 不良	5E 不良
(13)出现横条纹(出现不必要的超声)	由于超声线性不良, 应查主存储器线缓冲加法器须核对数据线性, EP-1142 不良	2D 不良

(14)图像二次重影	从照片上发现深度方向的地址异常(出现反复相同的图像)EP-1252B 不良	4A 不良
(15)整个屏幕出现杂乱无章的文字,符号	应考虑时标同步和字符发生器EP-1465	1D 不良
(16)整个画面出现文字符号	CG-接口字符发生器板	1A 不良
(17)只有文字存在垂直方向晃动	只有文字符号不良时应考虑文字发生器接口板或时标同步板EP-0833C-5	5C 不良
(18)超声线跃变为新的超声线(只表示相同的超声)	线性存储器不能正常读/写EP-1144	5C
(19)超声区出现微薄的条纹花样	主存储器的 RAM 接点发现+5V 短路接地 EP-1143	5D
(20)超声图像模糊	EP-1140 不良	
(21)TV 垂直不同步	EP-1148	6F
(22)图像增强方式未被使用	EP-1145 要校对图像增强处理的视频	
(23)超声区内全白	无-15V 电源或 EP-1140A/D 不良	
(24)超声波线出现不需要的回声信号	EP-1021 可将收发板一一拔出,当不需要的回声消失时即为该故障	
(25)出现不需要的干扰(象降雨一样)	EP-1021 应为收发部分故障	
(26)超声信号出现 4 条缺损	EP-1021 4 条缺损属收发半个板故障 8 根才是整块板	IC204 不良

三、观察监视器 (IP-37-090-TV) 故障检修

(一) 故障现象和检查点

1. 故障程序框图与有关故障查找依据 见图 3-1-38。

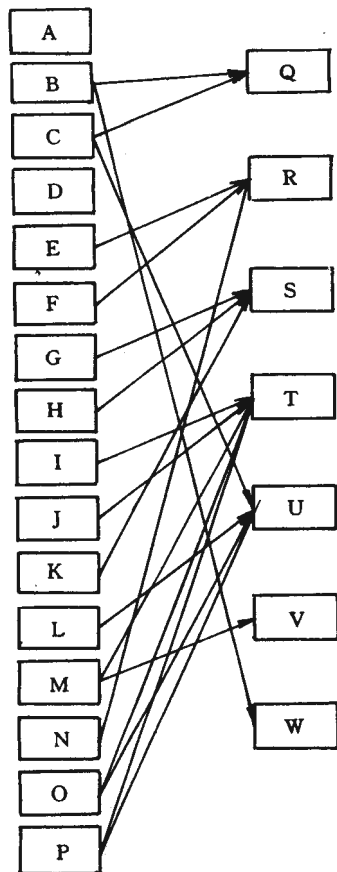


图 3-1-38 故障程序框图

A. 没有光栅; B. 有光栅, 但无超声图像;
C. 消隐线可见; D. 保险丝断; 已水平与垂直同步均不稳定; P. 水平同步故障; G. 垂直同步故障; H. 光栅变成水平一条亮线; I. 光栅变成垂直一条亮线;
J. 水平幅度不足或过高; K. 垂直幅度不足或线性差
儿. 图像散焦; M. 图像变小; N. 图像上部扭曲;
O. 图像抖动; P. 图像自激; Q. 视频放大电路; R. 同步分离电路, 同步振荡和驱动电路; S. 垂直偏转电路; T. 水平输出和高压电路; U. CRT 电路; V. 电源电路; W. 后沿箝位电路

2. 无光栅 见图 3-1-39。

3. 保险丝断 见图 3-1-40。

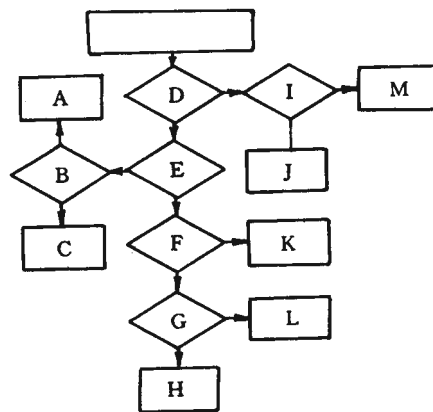


图 3-1-39 无光栅检查

A. 检查水平振荡和驱动电路; E. 检查 Q44 基极的驱动波形; 巴检查水平输出电路; D. CRT 的灯丝是否亮; 已检查水平偏转脉冲; F. 检查 CRT 的高压; G. CRT 高压是否达到性能指标; H. CRT 损坏; I. 检查保险丝是否断小检查电源电路; K. 检查高压输出电路; L. 检查 CRT 电路; M. 参看下面的检查程序

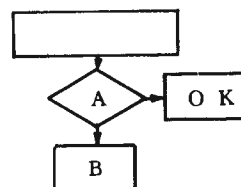


图 3-1-40 保险丝断检查

A. 电源电路是否符合技术指标; B. 该故障通常发生在水平输出电路

(二) 电路检查程序

1. 视频放大电路 从第一级到末级(或相反)逐级检测电压和波形如图 3-1-41, 能很快压缩到故障元件。其流程图如图 3-1-42。

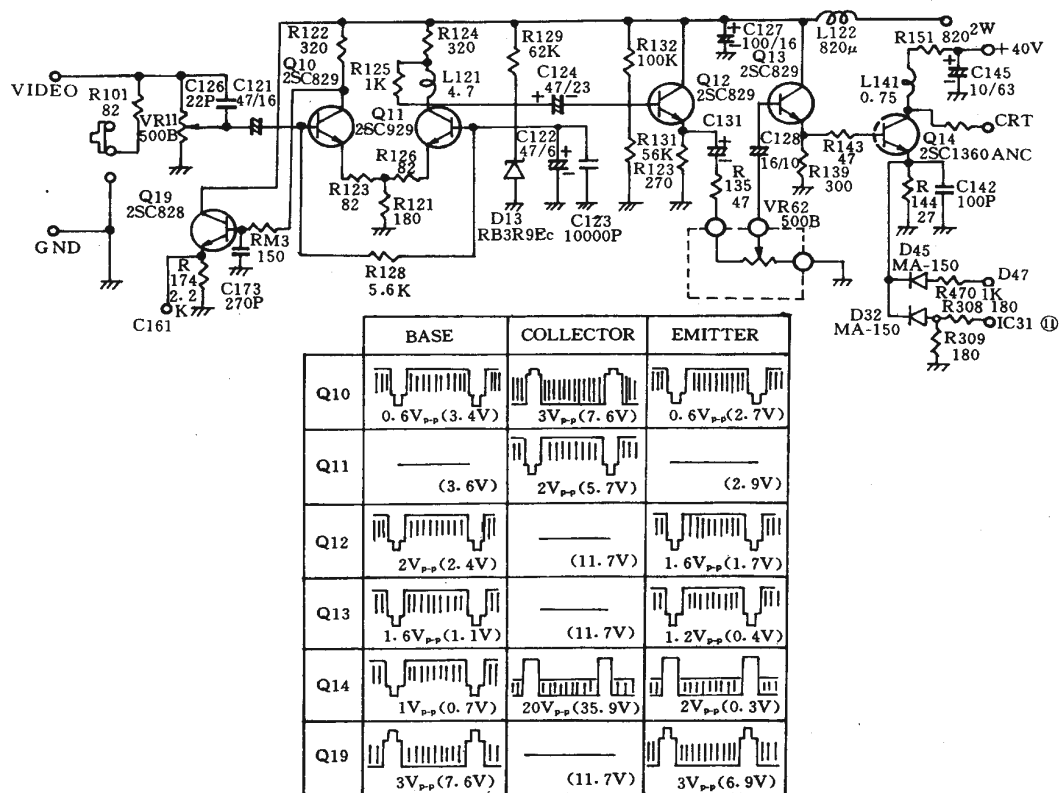


图 3-1-41 电路及波形

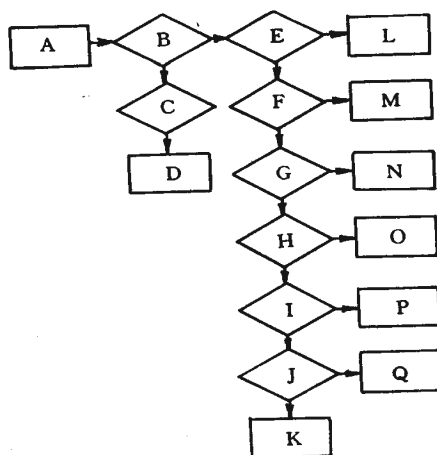


图 3-1-42 流程图

2. 同步分离, 水平振荡器和驱动电路 见图 3-1-43。该电路使用了集成块 (IC41), 确定故障原因, 可检查集成电路周围元件, 开路电阻, 短路或开路电容。流程图如图 3-1-44。

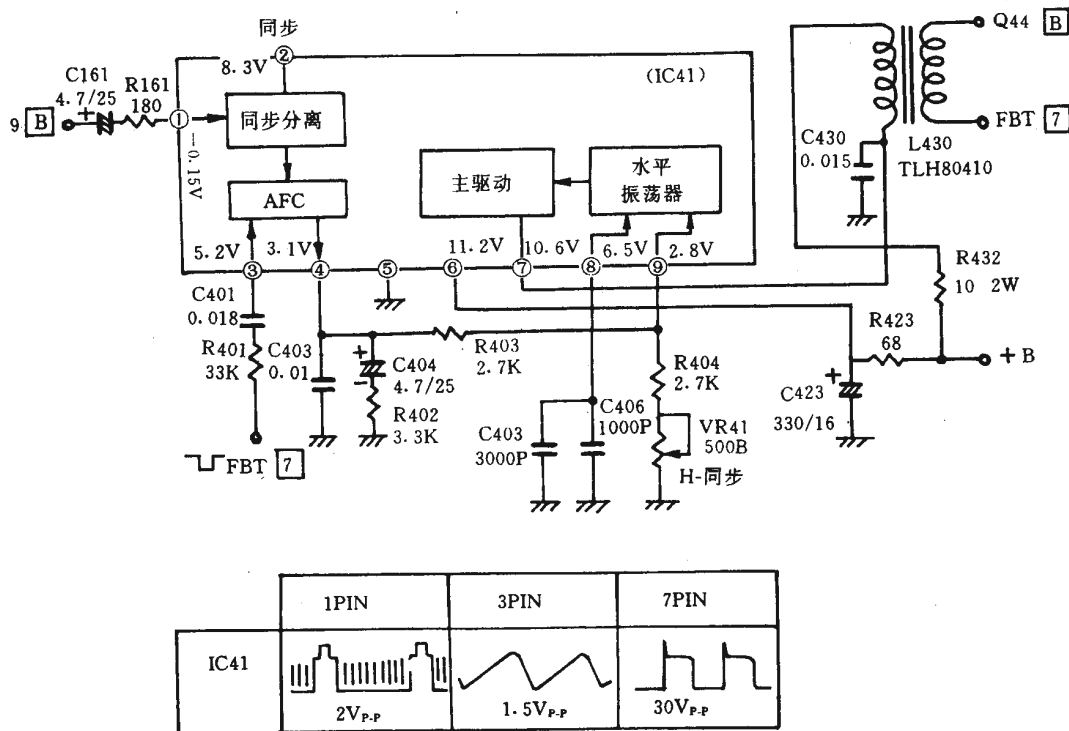


图 3-1-43 电路及波形

- (1) 水平同步失灵: 见图 3-1-44 (1)。
- (2) 无光栅 (水平振荡器停振): 如图 3-1-44 (2)。当水平驱动脉冲未加到行输出晶体管的基极时, 则出现此故障, 可逐级检查波形, 不难确定故障部位。
- (3) 后沿钳位电路: 电路如图 3-1-45, 检查程序如图 3-1-46。
- (4) 垂直偏转电路: 如图 3-1-47, 检查程序如图 3-1-48。

①光栅变成水平一条亮线: 当锯齿波电流未加到偏转线圈时, 即产生此故障。可检查集成电路外围电路的电阻电容是否开路或短路。

②垂直幅度不足: 当流过偏转线圈的锯齿波电流幅度不足时, 即产生此故障。检查 IC、RV 及外围元件是否损坏。

③垂直线性不良: 该故障是由流过偏转线圈的锯齿波电流的线性不良引起。图 3-1-48 中的

(1) 为正常波形, (2) 为底部图像压缩, (3) 为顶部图像压缩。

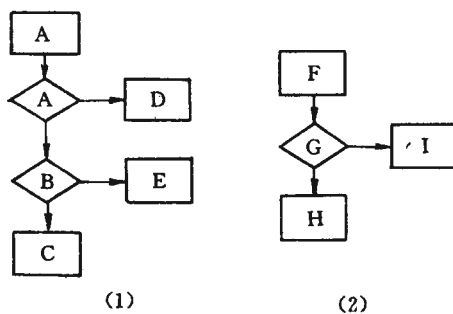
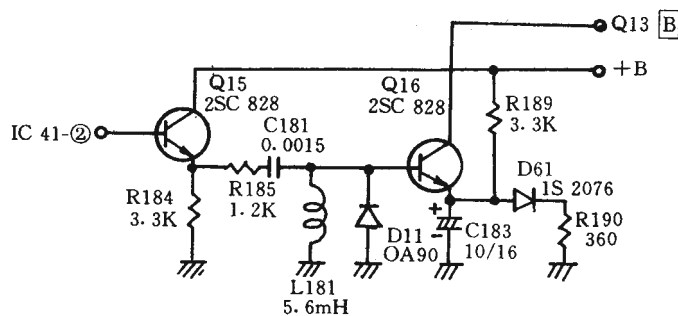


图 3-1-44 检查流程图



	Base	Collector	Emitt er
Q15	 10V _{p-p} (9.0V)	 (11.7V)	 10V _{p-p} (8.6V)
Q16	 1V _{p-p} (0V)	 1.6V _{p-p} (1.1V)	 (1.8V)

图 3-1-45 电路及波形

(5) 行输出电路和高压电路：如图 3-1-49，此电路的故障类型如下：

①无光栅；当 CRT 无高压时，可产生此现象。可能原因是行偏转脉冲未加到回扫变压器的初级或回扫变压器故障或高压整流故障。

②电源或高压整流保险丝断：此故障是由十 B 过流引起可查下列元件。Q₄₄ 的 C-E 短路，D_{43A}，D_{43B} 短路；回扫变压器 C₄₄₁，C₄₄₂，C₄₄₃ 短路。

③水平偏转停止（垂直线有）：当锯齿波电流未加到水平偏转线圈时产生此故障，可检查 L₄₀₃，L₄₀₄ 或偏转线圈（DY）是否开路。

④图像扭曲和晃动：此现象是在左边底部有垂直线或少数杂波其原因可能是 D₄₇ 或回扫变压器 FBT 开路。

(6) CRT 电路：主要问题是电源供给和 CRT 管子故障。由于电路简单，故障容易确定。

①无光栅（CRT 的高压正常）：观察 CRT 的灯丝，若不亮则检查 R₇₀₁ 是否开路或灯丝断。

②调整亮度（BRIGHTNESS）电位器时亮度不亮：当旋转 BRIGHTNESS 钮，阴极电位不变，可能原因是 R₄₅₆，R₄₆₅ 开路或 VR₆₇，VR₆₃ 故障。

(7) 电源电路：①由于该电路采用开关可调稳压电源，因此有高效低耗特点；②行逆程脉冲被用于该开关电路，故电路简单；③当无电

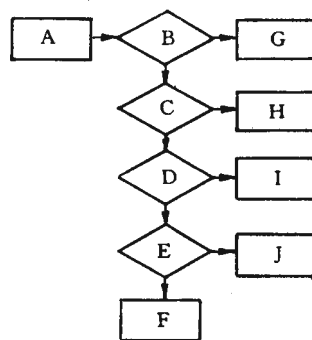


图 3-1-46 检查流程图

A. 图像和光栅均无；B. 在 Q₁₆ 发射极有 1.8~2.2V 电压吗；C. 在 Q₁₆ 的基极有波形吗；D. 在 Q₁₅ 的发射极有波形吗；E. 在 TR₇ 的基极有波形吗；F. 检查 IC₄₁；G. 检查视频放大电路；H. Q₁₆ 有故障；I. C₁₈₁，D₁₁ 短路；R₁₈₅、C₁₈₁ 开路；J. Q₁₅ 有故障。

流时, 若+B 不是 12V, 则属电路故障。

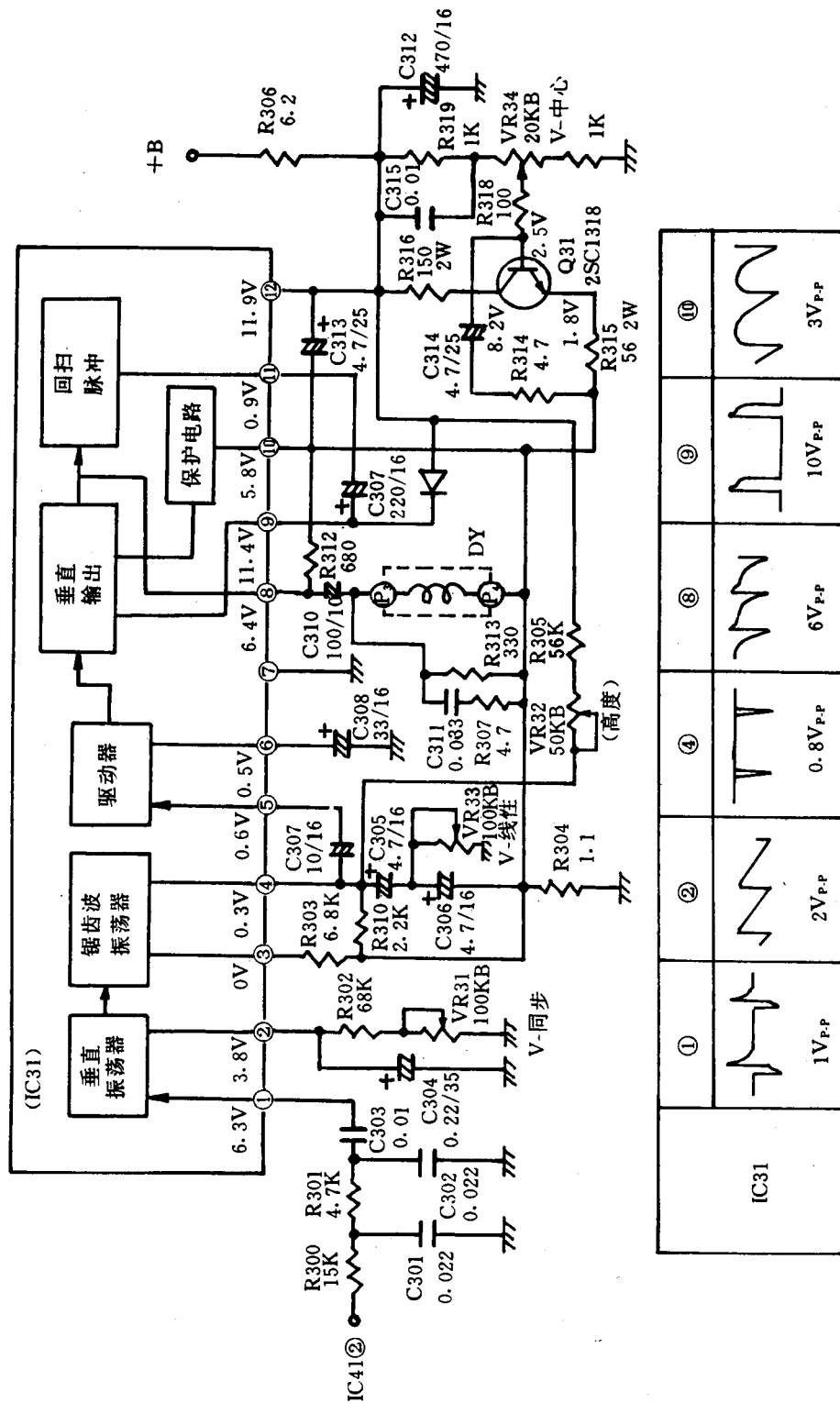


图 3-1-47 电路及波形

(三) 维护

1. 清洁显像管 由于静电作用，显像管表面总是易于吸取空气中的尘埃，使清晰度降低，所以请定期清洁。

2. 检查维修时的注意事项 由于显像管灯丝很脆弱，当其过电压时，会突然引起管子损坏，故需谨慎。特别是水平电路属高压大功率电路，稍有不慎会引起管子损坏。请使用高压测试器测量高压；而不要用起子作火花放电试验，若无测试器且 CRT 管座已拔掉，则要用接地的导线将 CRT 阳极的高压放掉。

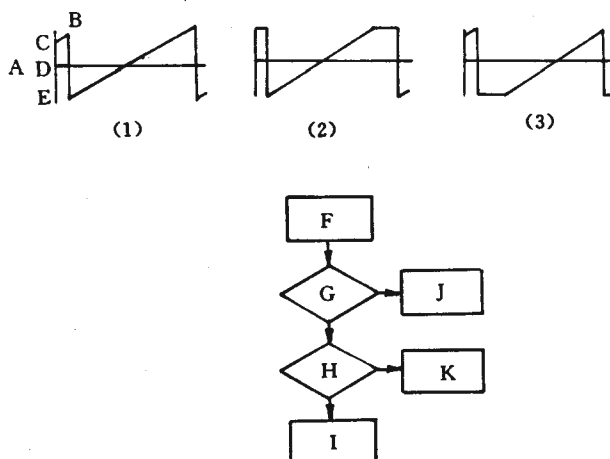


图 3-1-48 检查流程图

A. 电流；B. 图像；巴底部；D. 中心；巴顶部；F. 垂直线性不良；G. 调节垂直线性电位器 RV₃₃，其线性变化吗；H. 调节垂直高度电位器 RV₃₂，图像变化吗；I 集成电路 IC 故障；

J. 检查 C₃₀₅、C₃₀₆、R₃₁₀；K. 检查 C₃₁₀、R₃₀₅、R₃₁₂、RV₃₂

3. 面板旋钮的调节使用

(1) 对比度 (CONTRAST)：当图像对比度太弱或太强时可调此电位器。

(2) 亮度 (BRIGHTNESS)：当图像太亮或太暗时调此电位器。

4. 后面板旋钮的调节使用

(1—) 水平同步 (H、HOLD)：当图像失调或出现斜条纹或横杠，可调该旋。

(2) 垂直同步 (V、HOLD)：当图像重叠或上下滚动时，可调节该旋钮。

(3) 垂直线性 (V、LIN)：当图像在顶部或底部失真时。调整此旋钮。

(4) 垂直高度 (V、HEIGHT)：当测试卡图变成椭圆时，调整此旋钮。

(5) 聚焦 (B、FOCUS)：当图像模糊或散焦可调此旋钮。

(6) 垂直中心 (V、CENTER)：当图像偏离中心时可调此电位器。

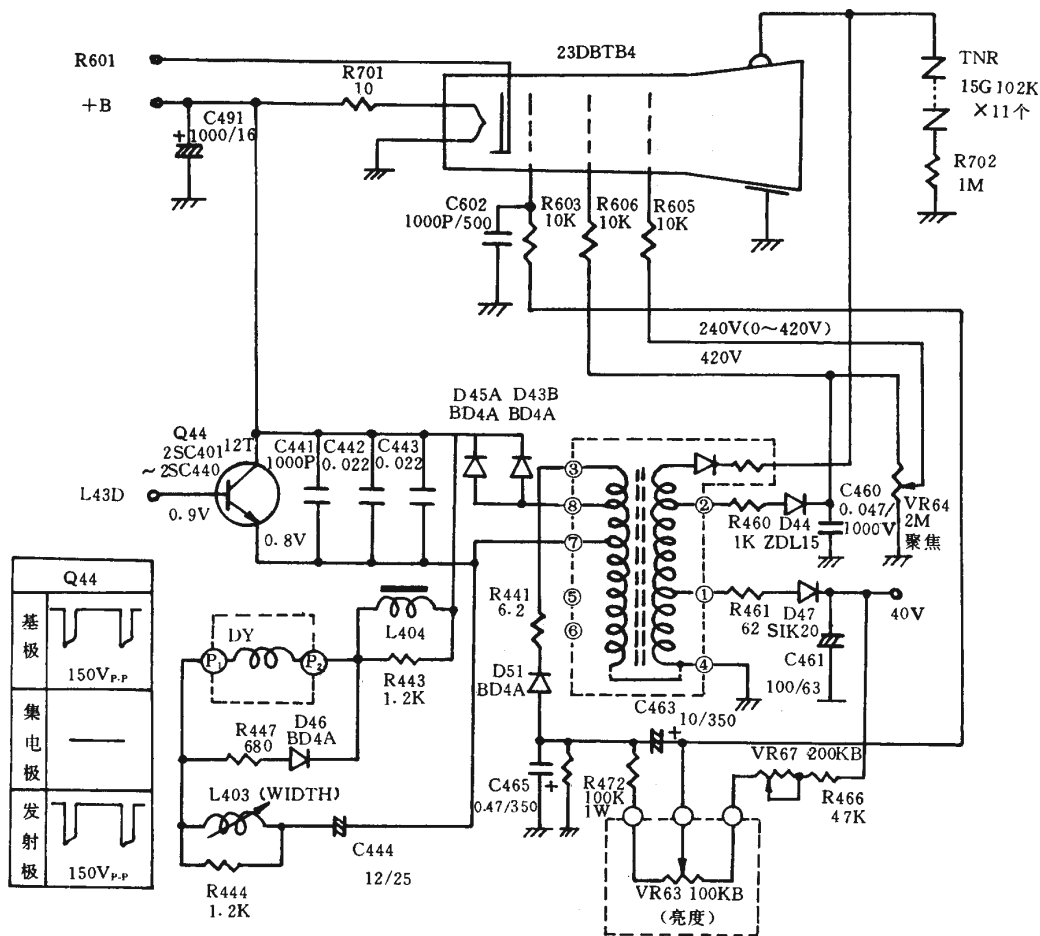


图 3-1-49 电路及波形

四、照像监视器 (IP-36-055TVTH) 故障检查

(一) 故障现象和检查点

1. 故障程序框图与有关故障查找依据 见图 3-1-50。
2. 无光栅 见图 3-1-51。
3. 保险丝断 见图 3-1-52。

(二) 电路检查程序

1. 视频放大电路 从第一级到末级 (或相反) 逐级检测电压和波形, 能很快压缩到故障元件。其流程图如图 3-1-53。
2. 同步分离电路见图 3-1-54。由视频复合信号分离出同步信号供给水平和垂直电路。若 H 和 V 均无同步或信号弱, 则故障局限于本电路, 故该电路的故障相对容易确定。
3. 后沿钳位电路 当视频信号输入时, 不要由于对比度的改变而影响亮度的不稳定。

检查程序如图 6-50。

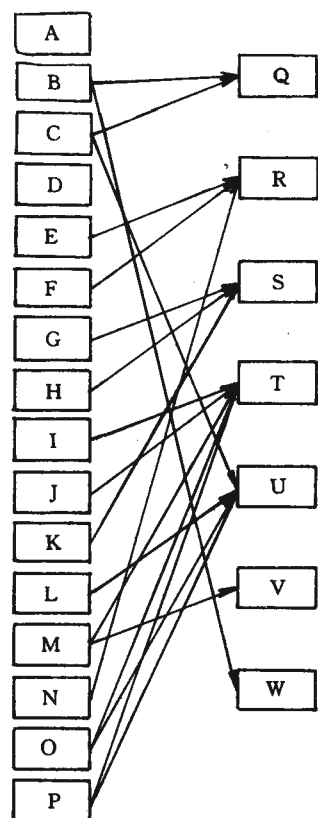


图 3-1-50 故障程序框图

A. 没有光栅；B. 有光栅，但无超声图像；C. 消隐线可见；D. 保险丝断；E. 水平与垂直同步均不稳定；F. 水平同步故障；G. 垂直同步故障；H. 光栅变成水平一条亮线；I. 光栅变成垂直一条亮线；J. 水平幅度不足或过高；K. 垂直幅度不足或线性差；L. 图像散焦；M. 图像变小；N. 图像上部扭曲；O. 图像晃动（JITTERING）；P. 图像卷边（RINGING）；Q. 视频放大电路；R. 同步分离电路；S. 垂直偏转电中路；T. 水平振荡器和驱动电路（AFC）；U. 水平输出和高压电路；V. CRT 电路；W. 电源电路；X. 后沿箝位电路

4. 垂直偏转电路 见图 3-1-56。图中（1）为正常波形，（2）为底部图像压缩，（3）为顶部图像压缩。

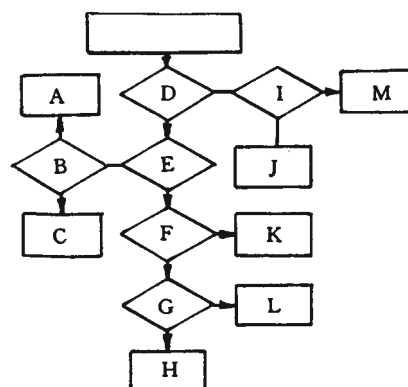


图 3-1-51 程序检查框图

A. 检查水平振荡和驱动电路；B. 检查 TRn 基极的驱动波形；C. 检查水平输出电路；D. CRT 的灯丝是否亮；已检查水平偏转脉冲；F. 检查 CRT 的高压；G. CRT 高压是否达到性能指标；H. CRT 损坏；I 检查保险丝是否断；J. 检查电源电路；K. 检查高压输出电路；L. 检查 CRT 电路，M. 参看下面的检查程序

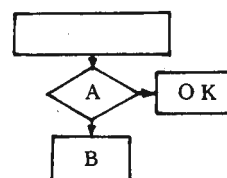


图 3-1-52 程序检查框图

A. 电源电路是否符合技术指标；B. 该故障通常发生在水平输出电路

(1) 光栅变成水平一条线：当锯齿波电流未加到偏转线圈时，即产生此故障。可检查集成块外围电路的电阻、电容是否有开路或短路。

(2) 垂直幅度不足：当流过偏转线圈的锯齿波电流幅度不足即产生此故障。检查 IC、RV。是否损坏及外围元件。

(3) 垂直线性不良：该故障是由流过偏转线圈的锯齿波电流的线性不良引起。

5. 水平振荡器和驱动电路 (AFC)

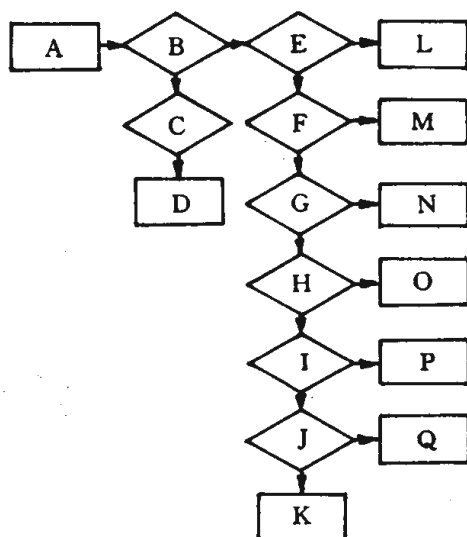


图 3-1-53 检查流程图

A. 没有图像；B. 是否有光栅；C. 测 TR₃ 的基极电压有 (2.5~3.2V) 吗；D. R₁₃、R₁₅ 开路；检查后沿钳位电路；E. TR₃ 集电极波形正常否；F. TR₃ 基极波形正常否；G. TR₁₇ 基极波形正常否；H. TR₂ 集电极波形正常否；I. TR₂ 基极波形正常否；J. TR₁ 基极波形正常否；K. C₁、R₂ 开路；L. R₁₉ 开路；M. TR₁₃、TR₁₄ 故障；N. R₈₄、R₅₇ 开路；P. TR₂ 故障

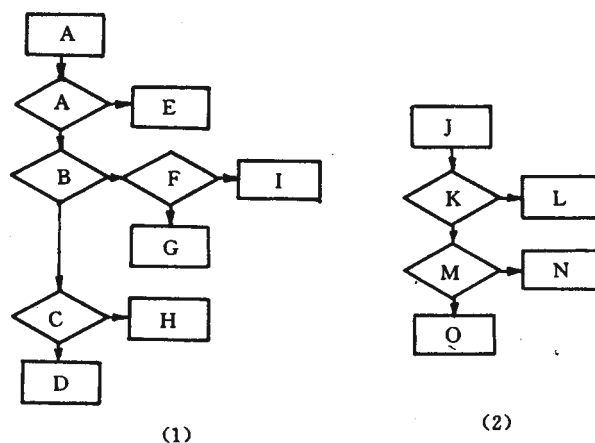


图 3-1-54 检查流程图

(1) 流程图; (2) 举例

A. 水平垂直同步信号均有故障; B. 垂直同步有故障; C. 调节 H 同步, 以获得单一图像; D. 检查水平振荡电路; E. 已检查同步分离电路; F. 调节 V 同步, 图像向上或向下滚动吗; G. 检查垂直振荡电路; H. 检查 AFC 电路; I. 检查积分电路; J. H、V 同步均无; K. 在 TR6 的基极有波形吗; L. TR₆ 故障; R₂₄, R₂₆ 开路; O. C₇ 开路; R₂₁ 开路

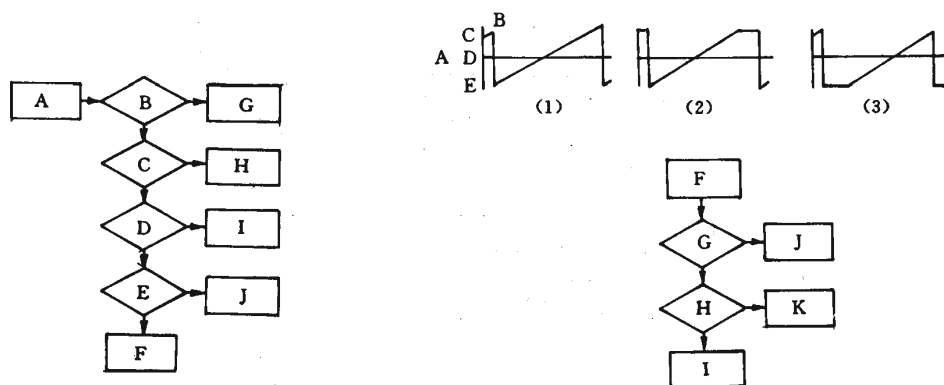


图 3-1-55 检查流程图

图 3-1-56 波形及流程图

A. 图像和光栅均无; B. 在 TR9T 集电极有 (2.5~3.2V) 吗; C. 在 TR₆ 的基极有波形吗; D. 在 TR₆ 的基极有波形吗; E. 已在 TR₇ 的基极有波形吗; F. R₂₉, C₁₀ 开路; G. 检查视频放大电路; H. TR9 故障; LTR₆ 故障; R₃₆, C₁₅ 开路; J. TR₇ 故障; R₃₁, C₁₂ 开路

A. 电流; B. 图像; C. 底部; D. 中心; E. 顶部; F. 垂直线性不良; G. 调节垂直线性电位器 RV₄, 其线性变化吗; H. 调节垂直高度电位器 RV₃, 图像变化吗; I. 集成电路 IC 故障; J. 检查 C₅₀, C₅₁, R₆₉, RV₄; K. 检查 C₄₇, R₆₅, R₆₆, RV₃

(1) 水平同步中断: 旋转水平同步控制钮能够提供一故障型号的指示, 检查程序如图 3-1-57 (1)。

(2) 没有光栅（水平振荡器停荡）：当水平驱动脉冲未加到其输出级晶体管的基极时，即产生该故障。可用跟踪测量各级波形来确定其故障。检查程序如图 3-1-57 (2)。

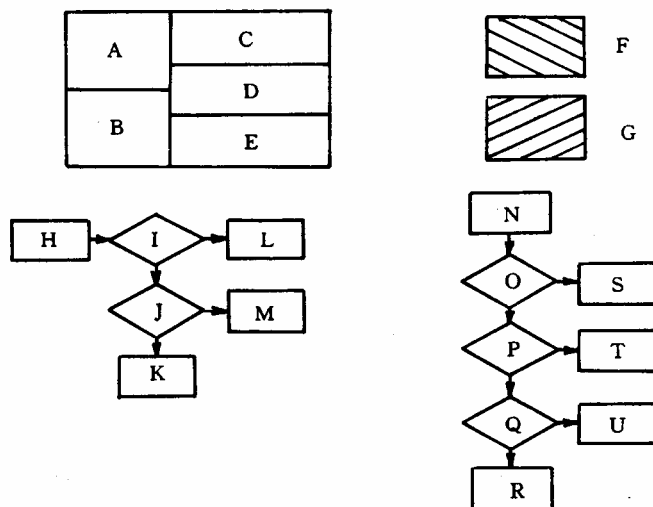


图 3-1-57 检查流程图

A. 相位鉴频器电路；B. 水平振荡器电路；C 当出现水平故障时，要获得信号图像是困难的；D. 水平线数可以被减少，但无信号图像；E 水平线很多，图像全然不能获得；P. 倾斜线指向右下方表示振荡器频率太高；G. 倾斜线指向左下方表示振荡器频率太低；H. 行同步失灵；I. (B)点波形比较加到相位鉴频器吗；J. (A)点电位因线圈 L1 变化得大吗；K. 振荡器电路故障；L. 检查 C₂₂, C₂₃, R₅₇, FBT(高压包)；M. 相位鉴频器电路故障，检查 R₅₆, CD₅, CD₅, CD₆, TR₁₀ 以决定振荡器的故障；观察倾斜线方向来决定振荡器的频率是高或低。若振荡器的频率降低，检查引起震荡晶体管(TR)基极电位降低的元件。若 AFC 平滑电路(C₂₄、C₂₅、R₄₇)在相位鉴频器电路输出有故障，会产生波动的图像或不稳定的行同步；N. 水平振荡器停振；O. TR₁₂ 集电极的波形正常吗；P. TR₁₂ 基极的波形正常吗；Q. TR₁₁ 集电极的波形正常吗；R. 查 TR₄, L₁, R₅₆, R₅₁, R₅₂；S. 查驱动变压器到水平输出 TR₁ 的基极波形；T. 查 R₅₆, T₁, TR₁₂, C₃₀；U. R₅₃ 开路

6. 行输出电路和高压电路 此电路的故障类型如下：

(1) 无光栅：当 CRT 无高压时，产生无光栅。可能原因是偏转脉冲未加到回扫变压器的初级或回扫变压器故障或高压整流故障。

(2) 电源或高压整流保险丝断：此故障是由+B 过流引起可查下列元件。TR₁₃、C-E 短路，CD₉ 短路，回扫变压器，C₃₁、C₃₂、C₃₆ 短路。

(3) 水平偏转停止（垂直线有）：当锯齿波电流未加到水平偏转线圈时产生此故障，可检查 L₂, L₃ 或 L₁₀₁ 是否开路。

(4) 图像自激和抖动：此现象是在左边底部 有垂直线和少数杂波其原因可能是 CD₁₁ 或回扫变压器 FBT 开路。

7. CRT 电路 主要问题是电源供给和 CRT 管子故障。由于电路简单,故障容易确定。

(1) 无光栅 (CRT 的高压正常): 观察 CRT 的灯丝, 若不亮则检查 R_{20} 是否开路或灯丝断。

(2) 调整亮度 (BRIGHTNESS) 电位器时亮度不亮: 当旋转 BRIGHTNESS 钮, 阴极电位不变。可能原因是 R_{75} 开路或 RV_6 , RV_{102} 故障。

8. 电源电路 IC_1 为+5V 的三端稳压块, 若无电压输出, 首先检查 IC_1 和 TR_{14} 可能损坏。

(三) 维护

1. 内部调整和维修顺序 关掉电源, 旋开主机两边的 6 个螺丝即可打开上盖。请移去高压帽地线, CRT 插座, 电源连线 2P, 垂直线性控制连线器 3P, 偏转线圈连接器 4P 和底板底部电压连线, 并抽出印字板, 此时即可进行维修。

2. 清洁显像管 由于静电作用, 显像管表面总是易于吸取空气中的尘埃, 使清晰度降低, 所以请定期清洁。

3. 检查维修时的注意事项 由于显像管灯丝很脆弱, 当其过电压时, 会突然引起管子损坏, 故需谨慎。特别是水平电路属高压大功率电路, 稍有不慎会引起管子损坏。请使用高压测试器测量高压, 而不要用起子作火花放电试验, 若无测试器可将 CRT 管座拔掉, 则要用接地的导线将 CRT 阳极的高压放掉。

4. 面板旋钮的调节使用

(1) 水平同步 (H、HOLD): 当图像失调, 或出现斜条纹或光带, 可调该电位器。

(2) 垂直同步 (V、HOLD): 当图像重叠或上下滚动时可调节该电位器。

(3) CONTRAST (对比度): 当图像对比度太弱或太强时可调此电位器。

(4) BRIGHTNESS (亮度): 当图像太亮或太暗时调此电位器。

(5) V、LIN (垂直线性): 当图像在顶部或底部失真时, 调整此电位器。

(6) V、HEIGHT (垂直高度): 当测试卡图变成椭圆时, 调整此电位器。

5. 后面板的调节旋钮功能说明

(1) H、FREQ (行频): 当图像出现失调或斜条纹和光带时, 调 H、HOLD 不能消除时可调该电位器。

(2) FOCUS (聚焦): 当图像模糊或散焦可调此电位器。

(3) V、CENTER (垂直中心): 当图像偏离中心时可调此电位器。

第五节 SSD-720B 超机

一、典型故障介绍

(一) 故障单元检测

1. 监视器整个屏幕图像故障 见表 3-1-22。

表 3-1-22 整个屏幕图像故障

故障现象	故障原因	检查部位
(1)整个监视器屏幕无图像(全黑)	(1)L-PS-12C(电源单元) (2)UIM-406(DSC 单元) (3)IP-0901-TH(观察监视器) (4)IP-0501-TH(照像监视器)	(1)L-PS-12C $\pm 15V$, +5V 输出电压 (2)在主机后面板上查视频输出连接电缆
(2)在垂直方向图像滚动(FLOWS)	(1)观察监视器 IP-0901-TH 或照像监视器 IP-0501-TH 垂直同步故障 (2)UIM-406(DSC)	在主机后面板上查视频输出电缆
(3)随机的字符或图点显示在屏幕上或在行方向的左边或右边有噪声线滚动(FLOWS)	(1)在 UIM-406(DSC)单元 MPU 不正常 (2)L-PS-12C 的 $\pm 15V$, +5V(25A)不正常	L-PS-12C 单元的每个输出电压

2. 超声图像故障 见表 3-1-23。

表 3-1-23 超声图像故障

故障现象	故障原因	检查部位
(1)在各种扫描方式均无超声图像,但有光栅	(1)L-PS-12C (2)GEU-25(TX 和 RX 单元)没有超声视频信号产生 (3)ULM-406 视频电路故障	(1)L-PS-12C 单元的+350V, $\pm 15V$, +5V (2)GEU-25(TX 和 RX 单元)EP-1711(TX 和 RX 电路板)J203SCM 视频
(2)在屏幕上无超声图像和出现行频条或超声图像被冻结或不更新	(1)ASU-28S(机械扇扫) (2)GEU-25(TX 和 RX 单元) (3)UIM-406(DSC)	(1)GEU-25 EP-1712(扫描控制)TP ₄ , TP ₅ , TP ₂ , TP ₂ (2)UIM-406EP-1248(方向寻址)TP ₂
(3)在超声扫描方向上无图像或图像全白	(1)ASV-28S(机械扇扫) (2)GEU-25(TX 和 RX 单元) (3)UIM-406(DSC)	(1)GEU-25 EP-1712(扫描控制)TP ₁ , TP ₂ , (2)UIM-406EP-1248(方向寻址)TP ₁
(4)超声图像全白	(1)GEU-23(TX 和 RX 单元) (2)EP-1700(主单元) (3)UIM-406(DSC)	(1)GEU-25(TX 和 RX 单元)EP-1711(TX 和 RX 电路)J ₂₀₃ SCM 视频 (2)EP-1700(主单元)TP ₁₀
(5)远场超声图像不更新	(1)GEU-25(TX 和 RX 单元) (2)UIM-406(DSC)	GEU-25(TX 和 RX 单元)TP ₂₀₇ TP ₁

3. 除超声图像外的其它故障 见表 3-1-24。

(二) 单元电路故障检测

1. 发射接收单元故障 见表 3-1-25。

2. DSC 单元故障 见表 3-1-26。该单元故障的可能原因按功能分类如下:

(1) 6800MPU 系统: 6800MPU EP-1465 B-31, 超声接口 EP-1653B, M-方式接口 RP-

1652C-31, 多普勒接口 EP-1654, 字符 (CG) 灰阶 (GR) CPU EP-1656B-31。

表 3-1-24 其他故障

故障原因	故障现象	检查部位
(1)B 方式图像超声心动图时, 生理信号不显示	(1)EP-1470(主单元) (2)UIM-406(DSC)	EP-1470(BIO 信号放大)TP204, J103
(2)生理信号仅在超声心动图(UCG)显示	(1)EP 1470(主单元) (2)EP-1700(主单元) (3)GEU-25(TX 和 RX 单元) (4)UIM-406(DSC)	(1)EP-1470 BIO(信号放大)TP-204 (2)EP-1700(面板接口)J15529 脚 (3)GEU-25 EP-1713(同步和控制)ICD10 脚
(3)A: 从键盘不能输入字符	(1)UIM-406(DSC) (2)L-KEY-3(键盘板)	参考本节有关部分
B: 字符或图像不能被显示或不正常		

表 3-1-25 发射接收单元故障

故障现象	故障原因	检查部位
(1)在监视器屏幕上无超声图像(但有光栅)	(1)电源故障 L-PS-12(+350V, $\pm 15V+5V$) (2)视频回波系统故障 EP-1711(TX 和 RX 电路) (3)STC 波形故障 EP-1711(TX 和 RX 电路) (4)控制系统故障 EP-1713(同步和控制)	(1)电源输出电压 (2)EP-1711J ₂₀₃ SCM 视频 (3)EP-1711 TP ₂₀₃ STC (4)EP-1713J ₂₄₂ 2 脚 TX 触发
(2)A: 图像区全是行线而无图像 B: 超声扫描线方向缺超声图或全白	COS 信号故障 EP-1712(扫描控制)	(1)EP-1712 TP ₄ TP ₃ $\pm V_0$ EP-1712 TP ₁ , TP ₂ COS
(3)在记录器, 超声心动图, 生理信号和量程/定时标记不被显示	(1)记录器扫描故障 EP-1713(同步和控制) (2)记录器视频信号故障	(1)EP-1713TP ₂₀₄ 水平 (2)EP-1713TP ₂ 肖隐 BLK (3)EP-1713J ₂₀₄ 记录器视频
(4)在记录器, 量程/定时标记和生理信号不被显示	(1)标记发生器电路故障 EP-1713(同步和控制) (2)记录器的视频放大故障 EP-1711(发射和接收电路)	(1)EP-1713IC3B3 脚 M-标志 (2)EP-1711 J ₂₀₄ 记录器视频
(5)卡钳, 游标, 增益自动显示运行不正常	(1)面板接口 EP-1700 (2)操纵杆(或轨迹球) (3)UIM-406(DSC)	(1)操纵杆电压不正常 EP-1700, TP ₁₄ , TP ₁₅ (2)M 方向电压不正常 TP ₁₇ (3)B, M-增益不正常 EP-1700TP ₁₁ TP ₁₂

表 3-1-26 DSC 单元故障

故障现象	故障原因	检查部位
(1)在监视器屏幕上无图像	(1)视频系统故障 EP-1659B-31(A/D , D/A)EP-1403C-31(视频处理) (2)定时系统故障 EP-1648C-31(定时)	(1)EP—1659B—31 视频输出 1~4-COMP 同步/(A26)—COMP 消隐/(B26) (2)EP—1403C—31 —DA10~7 (3)EP—1648C—31 —12Mhz—HD/, VD/
(2)A: MPU 失去功能和所有存储器不能清零 B: 图样连续显示不正常 C: 在整个屏幕上字符显示不正常	(1)定时系统故障 EP-1648C-31(定时) (2)6800MPU 系统故障 EP-1653B-31(超声接口) EP-1652C-31(M 型接口) EP-1465B-31(6800MPU) EP-1403C-31(视频处理) (3)6809CPU 系统故障 EP-1658B-31 (CG, GR CPU)EP-1657C-31(CG, GR 地址)	(1)EP-1648C—31 ϕ 1/, ϕ , HD/, ϕ STRB/, 等 (2)EP—1465B—31 —地址总线 —数据总线 —读, 请求(1RQ) — 68003 脚 ϕ 1 37 脚甲 ϕ 2 2 脚 <u>HALT</u> 40 脚 RESET —由于电源瞬间故障使 MPU 的功能停止运行 (3)在各电路板上查数据总线和地址信号 (4)RAM 选择信号(I/OX...) (5)EP-1656B-31 内部请求、数据总线, 地址总线等 (6)EP-1657C-31-到地址总线的有关点一到地址总线的有关点
(3)灰阶故障 A: 刻度标尺, 卡钳尺, 灰阶条等全部不显示 B: 部分或全部标记缺少 C: 屏幕上出现一些点或线	(1)当面板开关状态与灰阶不对应时查 EP-1658B-31(超声接口) (2)当部分或全部标记有故障时查 EP-1656B-31(CG, GR CPU)EP-1657C-31(CG, GR 地址) EP-1658B-31 (CG, GR RAM 存储器故障) EP-1465B-31(6800CPU) EP-1403C-31(视频处理)	(1)EP1465B-31 查与开关数据有关的信号等 (2)EP-1465-31 查 ROM 程序 (3)EP-1656B-31 查 ROM 程序数据总线, 地址总线 (4)EP-1657C-31 CG, GR-CLR(B 27)GMA0-7, CG CLK 等 (5)EP-1658-31 -IC-2E13 脚 VDGI -IC-2D13 脚 -G1~G ₈ 的 14 脚 -F1~F ₈ 的 14 脚等
(4)字符故障 A: 仅仅是字符不显示 B: 部分或全部字符无或字符故障 C: 不能从键盘输入字符 D: 时钟功能不正常	(1)当不能从键盘输入字符 EP-1656B-31 (CG, GR CPU) (2)键盘板 (3)仅当字符不显示时 EP-1658B-31(LG, GR 存储器) (4)部分或全部字符无或字符闪烁 EP-1657C-31(CG, GR 地址)EP-1658B-31 在/CG, GR 存储器 RAM 故障	(1)EP—1656B—31 IC-9B 的 D ₀ ~DC ₇ -IC-9B 的 11 脚 -IC-9B 的(HEN51)1 脚 (2)EP-1658B-31 -IC-7C10 脚(VDC 中 ϕ 1) -IC-4C, 4B 的 RAM 输入/输出端 -IC-2C, 2B 的 RAM 输入/输出 -CGCLR, CGCIK, S/FTLD/ (3)EP-1657C-31-CGA 0-13-GR/CG
(5)超声图像故障 1(B 型) A: 在超声区初始化清零不执行 (主图像故障)	(1)定时系统故障 EP-1648C-31 (2)超声数据系统故障 EP-1659B-31	(1)EP-1659B-31 查参数电压 TP2, 3-IC-2C 的 A/D 转换输出-ADE 0~5V (2)EP-1248E-5 -TP3, 2, 1, 4

B: 出现水平条(行场) C: 出现黑或白的噪点 D: 图像出现镶边 E: 超声扫描的 128/64 线不转换 F: 超声显示 G: 在行方向有时缺几条线 H: 超声区全黑或全白 I: 图像被冻结或冻结不释放 J 心电波形不显示	EP-1400B EP-1645 EP-1646B-31 EP-1403C-31 (3) 地址系统故障 EP-1647C-31 EP-1248E-5 (4) 接口系统故障 EP-1653B-31 (5) 心电图存储系统 EP-1655B-31	—R. T. S. T —R/W, W/R —FREEIE/(冻结), SYNC FRAME(帧同步) (3)EP—1648C—31 —B—CAS/—B—RAS/—INHIBIT—SETO SE—LECT—6MHZ—HRST —VA0~8—LINE RST, —LINE SET/ (4) 各个板的超声数据 EP—1400BEP— 1465EP—1646B—31 EP—1403C—31 (5)EP—1655B—31 来自 J₁IC—5F1 脚, ECG 输入 信号 DISP/, ECG/ (6)KP—1653C—31 128/64 —ECGFRAME—TRIG/ —TRIGSYNC/—B—FREE2E—B—ERASE— SCANON/ (7)EP—1647C—31 TP_{1~5} —USI~7—DRCT A0/~A7/ —HA0~7—VA0~7 —MAI0~17—MA_{20~27}
(6)超声图像故障 2(B/M 型) A: M 型的超声图像显示可能不正 常 B: M 型的超声图像无 C: BAR/SCRI 不转换 D: B/M 型不能预置 E: B 方式的超声图像不正常 参考(5) F: 无时间标记 G: 生理信号不显示	(I)地址系统故障 P-1248E—5(方向寻址) P-1641C—31(M 型地址) (2) 定时系统故障 P-1643C—31(M 型定时) (3)M 数据系统故障 P-1642C-31(M 型线缓冲) (4)接口系统故障 P-1653B(超声接口) E-1652C-31(M 型接口)	(1)EP-1248E-5 TP3, TP2, TP1 rP4 R. T. S. T. USA0~A7 (2)EP—1641C—31 A0~A6 WE0/~3/CAS 0/~3/ (3)EP—1642C—31 P3, TP6, TP1 时间标记 ENIC —7C 8 脚与 M 有关数据等 (4)EP-1643C-31-LB-WCLK/-TRIG-SYC/-BR-SCR -FRZ/, MRK ON/-SGL, UPP-LOW-EXT MARK-1K CLK (5)EP-1653B — M — SCROLL/-B-FREEZE/-RANGE MARK/ — SCANON/-B/M 方式 I/, II/, III/-PROBE I/ II/, III/-P. R. M—TRIG/-TRIG-SYNC/ (6)EP—1652C—31—M—CLK/—EXT MARK/— VPPER—LOWER—SNGL—DUBL—BAR— SCRL—TIME—MARK/
(7)超声图像故障 3(M 型) A: 荧屏全白或全黑和在 M 型无 超声图像显示 B: BAR/SLRL 不转换 C: 时间标记不显示 D: 生理信号不显示	(1)接口系统故障 EP— 653B, P—1652C—31 2)超声数据系统故障 , P—1429 EP—1641C—31 EP. 642C—31 3) 定时系统故障 EP-1643C—31	参考(6)
(8)面板信息故障 A: 面板开关的所有指示灯持续亮 B: 操作面板开关, 其功能不变 C: 摇杆不动而计算标记却移动 D: B—增益, M—增益的显示值不正	1)接口系统故障 EP- 653B(超声接口)EP • 652C—31(M 型接口) 2)视频系统故障 EP—1403	(1)EP—1653B 与每个面板开关和进入数据总线的中断有关信号 (2)EP—1652C—31 与每个面板开关和从数据总线上读出有关信号 (3)EP—1403C031—数据 0/~7/和与灰阶 VID0~5 的外部有关信号

常 E: 心率的显示值不正常 F: M 方向的显示位置和功能不正常 G: 图像增强功能不正常 H: 开关范围不正常 I: 标记参数开关无效 J: M—速度不正常		

(2) 6809MPU 系统: 字符 (CG) 灰阶 (GR) CPU: EP-1656B-31; 字符 (CG) 灰阶 (GR) 地址: EP-1657C-31; 字符 (CG) 灰阶 (GR) 存储器: EP-1658B-31; 6800MPU: EP-1465B-31。

(3) 定时控制系统

①超声同步系统: BM: EP-1748E-5 (方向寻址); M: EP-1652C-31 (M 型接口); B: EP-1648C-31 (-31) (定时); M: EP-1643C-31 (M 型定时); B: EP-1647C-31 (B 型地址); MEP-1641C-31 (M 型地址)。

②TV 同步系统: EP-1648C-31 (-32) (定时), EP-1657C-31 (CG, GR 地址) (录像机重放), EP-1659E-31 (A/D、D/A)。

(4) 超声数据总线: 模拟电路: EP-1659B—31 (A/D、D/A); 数字电路: EP-1429 (M 型式存储器); EP-1642C-31 (M 型线缓冲), EP-1400B (存储器 I/O), EP-16459 (存储器), EP-1646C-31 (线缓冲)。

(5) 生理信号系统: 心电图存储器: EP-1655B-31; 超声接口: EP-1653; M 型接口: EP-1652C-31。

二、电源供给单元 (L-PS-12C) 故障与维修

关于输出电压的预置, 通常输出电压在出厂时已校准精确, 对于一些特殊电压电平需要时是允许调整的, 可按下列程序处理。

在任何情况下, 首先打开电源单元顶盖, 方可进行调节。

(1) 在前面印刷电路板垂直支架里的散热器上, 调节校正-15V2A, 15V2A 和 5V1. 5A 时, 可调相对应的电位器 (图 3-1-58)。

注意触电 (线的端点有 250~500V 电压) 和输出电压升高 (当各自电压不经控制直接整流, 其最大输出电压可达 550V)。

(2) 对于 250V、300V 和 350V 开关是在印刷电路板右上部, 终端设备的跳线位置。首先将开关预置到对应的电压上, 然后微调电位器, 可使输出电压改变几伏 (图 3-1-59)。然后用改锥在后面板的小孔处 (图 3-1-60), 调节 5V、25A 输出电压到精确值。



图 3-1-58 电位器调整

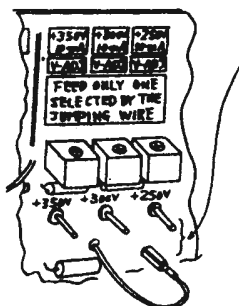


图 3-1-59 电位器调整

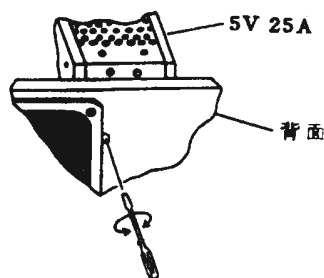


图 3-1-60 精确调整

(3) 不规则的电压输出。①输出电压太低：输出电压预置电位器是否预置太低？是否因负载太重引起？输入电压是否低于标称值？是否在过流状态下预置电位器使电压太低？

②输出电压太高：预置电位器预置电压是否太高吗？

③波纹电压太大：输入电压是否低于标称值？是否因超负载引起？单元长时间工作其温度范围是否超出额定值？

(4) 超电流保护：超电流保护的下列型号可由各自输出电压来决定：

-15V2A “7” 特性

5V2A “7” 特性

15V2A “7” 特性

-5V10mA 下降特性

250V/300V/350V10mA 下降特性

保险丝（备用半压）

5V 25A 下降特性

23V 1A 保险丝（使用内部相同的 12V1. 5A 和 15V1. 5V 保险丝）

注意，当代换保险丝时，包括机上使用的保险，一定要按规定规格更换，确实起到保护功能。

(5) 故障维修：除整流极外，所有输出的电源地线均与印刷电路或单元的地相连。因此就总体而言，采用相同电路板或元件进行代换是最简单、最可靠的故障定位方法。

首先用隔离变压器进行压缩，在其输入正常规定电压，检查其输出电压是否正常，若不正常则故障部位应是输入与输出之间。

注意，在代换电路板或元件时，一定要确实关闭电源开关。这不仅是为了避免触电和短路的危险，而且可以防止不慎碰到其它输出电压，造成 IC 集成块、晶体管或其它元件损坏。

①查 23V1A 电源：

测变压器 10 和 11 脚电压应为 18~23VAC；

其两端分别与二极管 D1 和白线相连，该电压为 18~23VAC；

在二极管 D1 和黑线之电压为 20~33VAC；

在 PC2-CN 的 1 和 2 脚电压为 20~33VAC；

输出端电压为 20V~33VDC。

②查 15V2A 电源:

23V1A 输出电压要首先正常;

PC1-CN 的 1 和 2 脚电压是 18-23VAC;

PC1-CN3 的 10 脚和 PC1-CN4 的 6 脚电压为 20~30VDC;

PC1-CN3 的 1 和 3 脚电压是 15VDC;

PC2 输入线的 11 和 13 端电压是 15VDC;

外部输入端应是 15VDC。

③查 5V1A 电压:

电源变压器的 12 和 13 端之间电压应是 9.4~13VAC;

PC1-CN30 的 1 和 2 脚电压是 9.4~13VAC;

PC1-CN4 的 3 和 5 脚电压是 5VDC;

PC2 输入端 3 和 5 脚之间的电压是 5VDC;

外部电压是 5VDC。

④查-15V2A 电源:

变压器的 14 和 15 端之间的电压是 18~23VAC;

PC1-CN40 的 1 和 2 脚电压是 18~23VAC;

PC1-CN3 的 7 和 9 脚电压是 15VDC;

PC2 输入端 17 和 19 之间的电压是 15VDC;

外部输出端电压为 15VDC。

⑤查-5V10mA 电源:

-15V1.5A 输出电压首先要正常;

外部输出端电压是 5VDC。

⑥查+250V/300V/350V10mA 电源:

变压器的 16 和 17 端之间的电压是 10.8~15VAC;

PC1-CN50 的 4 和 5 脚电压是 10.8~15VAC;

变压器 18 和 19 脚之间的电压是 145~200VAC;

PC1-CN50 的 1 脚和 2 脚之间的电压是 “5~200VAC”;

PC1-CN4 的 1 和 2 脚之间的电压是 250V/300V/350VDC;

PC2 输入端 1 和 2 脚之间电压是 200~300V/350VDC;

PC2-CN50 的 1 和 2 脚电压是 250V/300V/250VDC;

外部输出端 TBs 电压是 250V/300V/350VDC。

⑦查+5V25A 电源:

变压器 20 和 21 端电压是 90~110VAC

PC3 输入 1 和 3 端电压是 90V~110VAC

PC3 输出 5 和 7 端电压是 90V~110VAC

U1 输入端 AC1 和 AC2 之间电压是 90~110VAC

U1 输出端+V 和-V 之间电压是 5VDC

U1 读出端+S 和-S 之间电压是 5VDC

外部输出端 TB6 电压是 5VDC

过电压保护是否起作用? (可通过开关电源观察)

注意, 以上所述电路, (+15V2A、+5V1.5A 和 -15V2A 电压有时由 PC2 的偏离引起 PQ1 输出电压故障。但若断开 PC1 和 PC2 连线 (PC1-CN3 和 4 脚), 测试 PC1 的输出又是不可能的。现若证实 PC2 输入、输出的导电性和电阻值是正常的, 断开负载 (本电路负载) 在 PC1 的 PC1 负-CN3 和 4 端测其输出电压。

例如, 在 +5V1A 电路中作以下检查:

断开 CN4 的 4-5 脚, CN4 的 5 脚和 +5V1A 端之阻值 TB4 为 0;

+5V1A 输出 OV 端和 CN4 的 3 脚之阻值 TB3 为 0;

跨接在 CN4 的 4 或 5 脚与 3 脚之间的阻值约为 4700, (即 R3 两端的阻值)。

在上述处理过程中需要注意以下事项:

不要使用过高电源进行电路测试 (特别是不能使用兆欧表), 普通测试可用内部的约 3V 的电源较为合适; 当要证实电阻数值时, 要注意测试极性 (当测试电压是正向与二极管并联, 没有关系, 低的电阻值将是外部的实际值); 测试连接时, 直到它的电阻值读数稳定再离开 (由于电容器的充电, 立即读数时, 测试的阻值几乎是短路的)。

第六节 SSD-210DX II 型 B 超诊断仪简介

该机是 80 年代中期日本阿洛卡公司推出的小型手提式 B 超。目前阿洛卡公司已不再生产, 而由我国上海医用仪表厂与该公司合资生产。该机主要用于腹部及妇科的检查, 其主要特点是: 机器灵小, 图像清晰, 操作简单, 还可以配 20 多种不同的探头以扩展更多的功能。其结构简图如图 3-1-61。

一、探头 (PROBE)

该机标准套使用的 3.5MHz 电子线阵探头, 由 64 个阵元和两块线路板 (PCB) 组成。每个 PCB 由 4 个发射信号放大器和 4 个 8 通道模拟转换器及 2 个 4bit 的计数器组成, 它们构成了三个部分:

(一) 扫描控制电路 (scancontr01)

由 TX/RX 来的控制信号 (CTRL1~8) 作为 4bit 计数器 IC1、IC2 (TC520) 的输入时钟, 当 CLK 信号到上升沿, MAINBLK 信号为 0 时, 输出结果向上计数并保持直到下一次上升沿的到来; 当 MAINBLK 为 1 时, 输出全部为 0。这里 MAINBLK 是作为 IC1、IC2 的

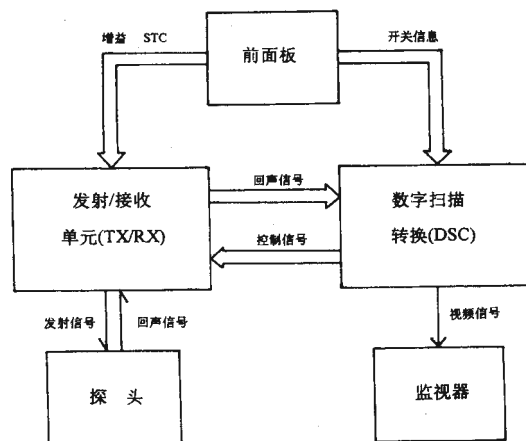


图 3-1-61 SSD-210DX II 型 B 超诊断仪结构简图

复位信号，高电平有效。计数器 3bit 的输出作为模拟转换器的解码信号来控制扫描地址（即各阵组合的发射），转换器直接与阵元连接，IC3~6 为模拟转换器。

（二）发射（transmission）

由 TX/RX 来的信号 TRG1~8 经发射放大器（HIC1~4）放大后，输入到模拟转换器，每个转换器选择 8 个阵元（每通道 1 个）；接收到 TRIG 信号的阵元被激励，同时有 8 个被激励。注意：当选择近场聚集时，只有 6 个被激励，该探头的发射组合采用一种重复的分组顺序扫描方式，即第 1、第 2 次组合相同；第 3、第 4 次组合相同，等等。

（三）接收（reception）

回波信号（ECOH）被 8 个阵元接收，然后分作 8 路送往模拟转换器，再被接收放大器（HIC1~4）放大后，送往 TX/RX 单元。

二、TX/RX 单元

该部有一块 PCB，即 EP-1839C，它产生发射脉冲 TRIG1~8，然后送往探头。由探头来的回波信号，在总增益（GAIN）和 STC 的控制下被放大，然后送往 DSC。

（一）发射

由控制部分送来的发射请求信号（TXRQ）经脉冲发生器 IC3~6、IC48 产生脉冲信号。TXRQ 送往多谐振荡器 IC3，在 TXRQ 为高电平时，产生一方波脉冲，再经 IC5、IC6 产生一振荡正弦脉冲。该脉冲经延时线 DL1 延时和延时量选择器 IC7~12 选择后，产生信号 T1~T4。IC7~12 是由探头编码 PCDA1、A2、A3 和 NEAR/及延时后的脉冲作为它的输入而产生选通控制信号的。而声束的聚集通过电子聚集系统来实现。在该系统中，沿深度方向上确定了两个焦点，它们的选择可从面板上的开关 FRRATE 产生 NEAR、DFC 信号，控制延时量的选择来实现的。

（二）接收

回波信号的接收可以看作是发射过程的逆过程。从探头来的 8 路回波信号首先进入 IC23~30 进行相位调制，后经过 IC31~33 选择接收阵元的数目，再进入 HIC2 作相加处理；由 IC34-41 构成的延时量选择器选定各回波的延时量，以便确定回波的焦点；相加后的回波经过延时（DL2）及缓冲（TR19，TR20）后，进入高频放大器 HIC3，再经过对数放大，检波等电路，被送往 D. S. C。

（三）脉；中发生器及地址控制（burstgeneratorandaddresscontrol）

由 DSC 来的发射请求信号 TXRQ 决定了激励脉冲的发送位置，而频率由所连探头的编码 PCD 决定。

当 FRRATE 键置于 UP 位置时，IC2 选通 1Y=1B，TXRQ 作为计数器 IC13 的时钟信号，产生控制信号 CTRLA~D。此 4bit 的信号被用来作相位控制。而其中 3bit 的输出 A~C 作为解码器 IC14 的输入，产生 8bit 的输出 CTRL1~8，送往探头，控制扫描地址。当 FRRATE 置于 OFF 的位置时，IC2 选通 1Y=1A，NEAR 作为时钟，产生 CTRLA~D。FRRATE 的开关信息由焦点选择信号 DFC 表示。

（四）8 通道多路转换器

依据选择焦点的情况，在每个阵元组合中采用了 8 个或 6 个阵元工作。声源与各阵元之间的距离不同，所以，回声信号的相位也不同，这就要进行相位调制，使互相一致。该转换器（IC_{23~30}）就是用来作相位调制的。电路中采用了 TC4051 作相位调制器，它的工作情况是这样的：当 INH 信号为低电平时，由 A、B、C 三端的输入信号选通道 1~8，使之与 COM 输入相连接。

（五）对数放大、检波及视频放大

经过相位调制及相加处理后的信号，经高频放大器 HIC₃、HIC₄ 及缓冲器 TR19、20 后，分别放大和缩小了 +60dB、+30dB、-30dB，后进入对数放大器 IC42，得到动态范围为 120dB 的信号，再分为两路进入检波电路 HIC5，两路的相位相差 π ，经检波后进入视频放大电路，放大后的输出电压达到 TV 要求的输入值。

（六）GAIN 及 STC 发生器

STC 信号由 STC 信号发生器 HIC7 产生，送往检波电路。由于人体组织对声波的衰减，使各深度层产生的回波的强度不同。因此，为得到一幅高质量的超声图像，可以通过操作面板上的 GAIN、NEAR 及 FAR 键，使回波信号的放大率达到最佳水平。在电路中，一条完整的 STC 曲线是这样得到的：首先，远场增益信号 FARSIG 进入 HIC7，得到远场 STC 曲线，然后与总增益相加，其结果再与近场增益相加，就得到一条完整的 STC 曲线。

（七）几种主要的时基信号

USBLK 作为 STC 信号的基础信号，同时作为零电平调节电路的控制信号，由 TXRQ 产生。CTRLA~C 作为多转换器的输入信号，对 TX/RX 信号的相位进行调制，同时作为解码器的输入码。

DFRST 此信号在 TXRQ 信号的上升沿产生各种信号，在一幅画面完成，计数器清零时，变为高电平。

$T_1 \sim T_4$ 它产生 TRIG_x 信号，通过给脉冲信号一定的延时量而得到，延时量的大小 $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ 。

TRIG1~8 由 T1~4 产生，被 CTRLA-C 控制，送往探头。几种信号的周期波形如图 3-1-62。

三、DSC 单元

本单元由三块线路板和一块面板（KEYBOARD）组成。图像存贮器的容量为 $480 \times 256 \times 4\text{bit}$ ，字符存贮器的容量为 $256 \times 256 \times 1\text{bit}$ ，超声发射在图像冻结状态下停止。

（一）模/数（A/D），数/模（D/A）转换板（EP-1894）

1. 主要功能

- （1）将 TX/RX 来的信号进行 A/D 转换；
- （2）将数字信号转换成模拟信号，送 TV 显示；
- （3）使可变焦点的选择及发射时间间隔与所连探头相符；

(4) 使采样速率与诊断深度相符。

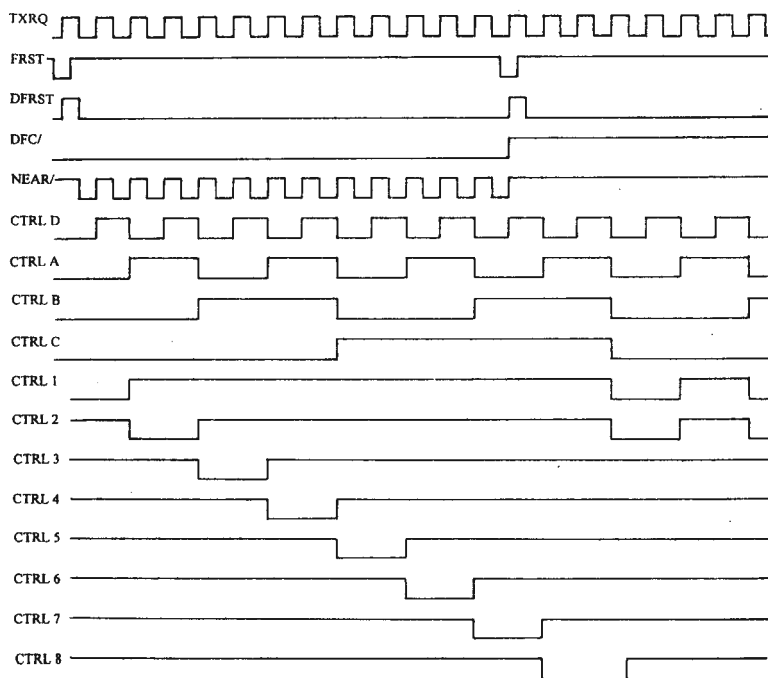


图 3-1-62 几种信号的周期波型

2. 电路构成

(1) A/D 转换: IC6A 为 A/D 转换器, 模拟信号经低通滤波器 (LPF) 后进入该 IC, 滤波器截止频率 $f_c=2.5\text{MHz}$, 输入为 $0\sim 2\text{V}$ 。IC6B 产生的电平为 1V , 所以输出为 $0\sim 1\text{V}$, 模/数转换器将输入信号按电平大小分成 32 段, 输出信号表示这样的信息: 0000 表示模拟信号为 0V , 1111 表示 2V , 等等。该输出为模拟输出数据信号 ADO $\sim$ 3, 信号被锁存于 IC2F 中, 然后送往存储器的串/并 (S/P) 转换器。A/D 转换器的工作时钟固定为 $1/2\text{Ps}$ 。

(2) D/A 转换器: IC7A 为 D/A 转换器, 数字信号经该 IC 变为模拟信号, 由于 D/A 输出为电流信号, 因此有必要设置电流/电压 (I/V) 转换器 IC7B。模拟信号的一部分经缓冲器 7F 变成外接信号 (EXT () UT), 另一部分通过模拟开关 ICTD 和缓冲器 IC6F 送往显示器 (CRT)。同时外部设备送来的回送信号, 被送往检波电路 IC6B、IC6A 和模拟开关 IC7D。IC7D 可以在接到回送信号时, 由 EXTOUT 转为 EXTIN。

(3) 频率倍增器: 该部分使用 8bit 的频率倍增电路。该电路决定了采样速率与所接探头和诊断深度相符合。一个与诊断深度相关的常数从 ROM2E 中读出, 以 8 位二进制数 D0 $\sim$ 7 表示, 高即二进制的 11111111 时, 计数器 IC10 的进位信号就产生了时钟 ET。由于 IC1, IC2 的作用, 使 ET 的频率等于 $1/4f_s$ 。虽然 A/D 转换器的工作频率固定为 $1/2f_s$, 但是图像存储器的写入操作却在前述的进位信号 ET 的控制下运行。同样, 动态聚焦中的焦点变换信息及与诊断深度有关的发射时间间隔, 也从 2F 中取出, 然后送往各控制电路。

(二) 图像存储板 (MEMORY) EP—1895C

1. 主要功能

- (1) 存储经 A/D 转换的图像数据 (DATE);
- (2) 产生存储器的读写地址 (R/WADDRESS);
- (3) 产生灰阶杆数据;
- (4) 产生系统时钟。

2. 电路构成

(1) 图像存储器 (IMAGEMEMORY): 该部分包括 S/P 转换器、存储器和 P/S 转换器。S/P、P/S 转换器作为接口电路, 以解决较慢的存储器运算速度和较快的数据输入/输出之间的矛盾。

数据信号首先进入移位寄存器 IC1A-1D (74LS164), 然后由与时钟 ET 同步的时钟信号 SFT 控制, 进入 IC2A-2D 进入 S/P 转换。这样 4bit 的串行视频数据信号就转换成 32bit 的存储器数据 MD00-31。8 位数据信号进入寄存器后, 当 TV 不读, LTV 为 0 时, 先在锁存器 IC2A-2D 中暂存, 等待存储器的写入; 当 TV 读时, 即 WEN/为低电平时, 在 LTV 的上升沿, 则写入存储器。锁存时钟信号为“LTV”。以 TV 显示读出时, 8 位数据信号从存储器读出后, 在寄存器 IC3A-3D 中暂存, 然后当其 15 脚为高电平时, 在 FO 时钟的上升沿进行 P/S 转换, 成串行输出, 送缓冲器。IC4E、5E、6F、6G 组成相关电路 (插值系统), 其作用是在 IC6G、6F 得到前一行数据增量的平均数, 然后与主存储器的读出数据和电视时钟信号 CBLK、CSYC、PED 及灰阶数据信号 GY0~3 和字符数据信号 GDT 相加, 送往 D/A 转换器。

前面介绍已经讲过, 本机图像存储器的容量为 $480 \times 256 \times 4\text{bit}$, 在电路中选用了 8 片 $16\text{K} \times 4$ 的 DRAM (型号为 TMS4416)。

(2) 存储器地址发生器: 存储器的写地址和读地址要求各自独立, IC8B、7C、7D 和 9B 产生写地址, IC8A 产生读地址。由频率倍增器输出的时钟信号 ET 为高电平时, 使写地址在 fs 的上升沿向上计数。IC8B 的 15 脚输出, 作为 IC7C 的使能信号, 起控制 8 位地址总线的作用。当 RCHG/信号为低电平时, IC7C 和 7D 作加法计数, 其结果产生深度方向的地址; 同样 IC9B 产生水平方向的写地址。由 IC9B 输出的地址码的第一级 FSYC 被送往 TX/RX, 作为二幅超声图像的帧同步信号。同时, 深度方向的地址与由频率倍增器输出的表示焦点变换的信息 CHG0~5 分别作比较, 输出 NEAR/, 在动态聚焦系统中执行控制焦点变换的操作。

由于读地址与电视信号同步, 所以 IC8A 只产生水平方向的地址。在深度方向的地址与 TV 时钟地址 HA08~03 相同。多路开关 IC6C、6D、7A、7B 作为地址选择器, 选择写地址或读地址给存储器。电路中, 上述各集成块的工作情况大致相同, 以 IC7A 为例, 3、4、5、6、10、11、12、13 脚为地址输入端, 2 和 14 端为选通控制, 当 WRT/ (写状态信号) 为低电平时, 选通写地址与输出接通。当 COL/ (列地址选择) 为低电平时, 选通 WA11 或 RA06 到 7 脚; 当 COL/为高电平时, 选通 WA06 或 RA00 到 7 脚, 同样 9 脚输出也是这样选通的。这样, 由 WRT/和 COL/两个控制信号就能唯一地得到一个地址。

(三) 控制板 (CONTROL) EP-1896-1

1. 主要功能

- (1) 产生存储器时钟;
- (2) 产生 TV 信号;
- (3) 产生字符、测量卡钳的信息;
- (4) 控制整个 DSC 系统的工作。

2. 电路构成

(1) 存储器时钟: 存储器运行所必需的基础时钟由 IC5E、6E、7E 产生。系统时钟 f_0 被 IC5E 分频 16 倍, 得到时钟 ROM7E 的地址 HA03~00。图像存储器运行所必需的时钟信号 CAS、RAS、WE 等被编入 ROM, 被地址访问读出的数据锁存进 IC6E, 然后以 f_0 为时钟, 被送往存储器的控制电路和其它电路。

(2) TV 时钟: 组成 TV 信号的消息信号及同步信号等产生于 IC6F、5F、7G、7C、7F、8F、6A 和 7A, 当然也就产生了存储器的读出时钟信号。计数器的特点是时钟信号经过 n 个触发器, 被分频为 2 的 n 次方倍, 所以系统时钟被 IC5E、IC5F、IC6F 分频 640 倍, 产生 TV 扫描水平方向的地址, 供给 ROM8F。TV 信号所需要的水平同步、水平消隐、存储器时钟等被编入 ROM, 在 $1/8f_0$ 周期读出的数据锁存进 IC7F, 然后送往各电路。

IC7C、7B 把 1H (HRST) 分频成 625 或 525 倍, 产生垂直方向的 TV 地址, 然后送往 ROM6A。垂直消隐、垂直同步及读地址的控制信号被编入此 ROM, 其输出信号经驱动电路 IC7A 送往各回路。

同样, 在字符存储器中, 也会用到水平地址和垂直地址的问题。

(3) 字符存储器: 该存储器是一个辅助存储器, 在电视屏幕上显示体位标记和字符信息。电路中选用了 4 片 $2K \times 8$ 的存储器 6116, 总容量为 $256 \times 256 \times 1\text{bit}$ 。IC6D、IC6C、IC6B 和 IC5C 为地址选择器, 分别选择地址, 使 TV 读出或 MPU 访问存储器。其选择情况与主存储器相同。

在 TV 读出状态下, TV 水平和垂直地址被选择, 由存储器 IC8E、8D、8B 读出的字符数据, 进入移位寄存器 IC4D 进行 P/S 转换, 经过 $1/2f_0$ 周期移位后, 送入 D/A 转换器。

当 MPU 访问时, 地址选择器选择 MPU 地址 “AR”, 数据总线 D0~7 通过 IC3D 与存储器的数据线接通, 使存储器执行读/写操作。当 IC3D 的 19 脚控制信号为低电平时, A 端与 B 端接通, 这时, 若 1 脚 DIR 为高电平, 则执行写入操作; 若 DIR 为低电平, 则执行读出操作。当 19 脚为高电平时, A 与 B 断开, 使 MPU 离开字符存储器。

IC7D 为一个 D 触发器。MPU 访问字符存储器阻断信号 INH 与 HA01 一起形成 MPU 的工作时钟 MPCK。

(4) DSC 控制: 所有 DSC 状态的控制由内部的 MPUIC2A 实现。MPU 的程序贮存于 E-PROMIC4A 中, 其容量为 4Kbit。DSC 输入控制信号 (面板信息, 探头编码等), 经过三态数据转换器 IC3F 进入 MPU。控制信息 (冻结、图像、聚集选择等) 的处理结果经缓冲器 IC3E 送往各单元。IC3C、2B 和 1B 产生的时钟信号 TSYC, 确定了与所连探头及诊断深度相符的发射时间间隔, 即发射重复频率。用图形表示的信息 (如 ID 码, 体位标记等), 先写入字符存储器, 然后被 MPU 访问读出, 在电视屏幕上显示出来。

（四）按键接口板 EP-2214

该板主要输入各种控制信息，电路组成主要是——组开关线路。控制 DSC 的键盘开关分布在 KD (KEYDRIVE) 和 (KEYSENSE) 线的交叉点上。

带有发光二极管的冻结开关 S21 用来指示是否工作在冻结状态。在冻结状态，发光二极管点亮。开关使用的是橡胶接触点式，接触点电阻高达几百欧姆。

四个输入端“4~1”和一个公共端 C 用来表示外围设备来的开关信息 (DISTFRRATE 等)，所有开关信息都被送往 MPU，与开关状态对应的运行操作被 MPU 的程序控制。

S21 (冻结开关) 和 K1 (冻结遥控继电器) 是并列安装的。安装了脚踏开关和遥控开关 (附加件) 就可以从外界控制冻结开关的 ON/OFF 状态。

四、电源及监视器

该机使用 220/110V 交流输入并转换成多直流输出，供给全系统工作。主要输出电压有： $\pm 5V$ 数字集成电路工作电压， $\pm 12V$ 运算放大器工作电压， $\pm 30V$ 探头激励电压和 +12V 监视器工作电压等。

AC220V 输入变压器线圈后，输入各种交流电压，送往 EP-1882。在 EP-1882 中，CD1、3、5、7、9、11 是桥式全波整流器，IC1、2、3、4、5、6 是各电压的稳压管，其中，IC1 是大功率稳压管。

该机使用 7 吋监视器，其原理同一般视频监视器 (图 3-1-63)。

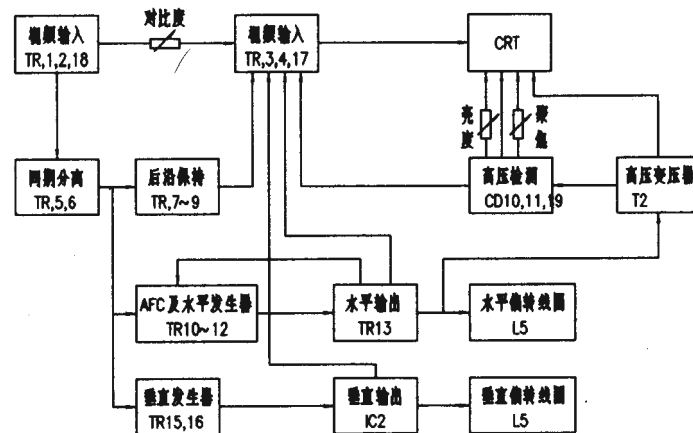


图 3-1-63 监视器框图

第七节 SAI-32B 超机

一、TV 监视器

(一) 不同类型故障应检查的电路 (如图 3-1-27)

表 3-1-27 不同类型故障及对应电路

故障	视频	同步分离	H 同步	V 同步	调制	消隐	偏转线圈	CRT	高压包	直流 12V	备注
HV 同步	0	0									查输入信号
H 同步		0	0								查输入信号
V 同步		0		0							查输入信号
H 线形成				0							
V 线性形成			0								
聚焦不良								0	0	0	
异常亮度	0				0			0		0	查输入信号
异常对比度	0				0			0		0	查输入信号
斑点形成											
无图象	0				0	0		0	0	0	
图象不稳定			0	0					0	0	
图象失真			0	0						0	
偏离图象位置			0	0						0	
过度漂移	0	0	0	0						0	

(二) 故障预防

1. 设备的安装 SAL-32 的工作场所, 不要安装在靠近机械设备或产生强磁场的地方。
2. 清除灰尘 由于 CRT 表面的静电作用, 易吸附空气中的灰尘。脏时可用软布清除。要特别注意 CRT 高压帽的灰尘, 它可以引起高压漏电 (清理时, 要关闭电源, 以防高压危险)。
3. 显像管的代换 CRT 的使用期限约为 3 500h, 若发现在使用期外, 回波亮度不足, 此时可用新管代换。

(三) 监视器的重调

1. VR 的正确位置 在印刷电路板上预置可调电位器 (VR) 在开启电源前, 下列 VR (包括各类产品) 必须调节到各自正确位置 (表 3-1-28)。对于一些已被固定或不希望重调的 VR, 这种预置是不必要的。

表 3-1-28 VR 的正确位置

编号	标记	功能	调节位置	备注
VR ₃₀₁	HELIGHT	垂直幅度	旋钮中心位置	
VR ₃₀₂	V. HOLD	垂直同步	旋钮中心位置	
VR ₃₀₃	V. LIN	垂直线性	旋钮中心位置	
VR ₃₀₄	V. POS	垂直位置	旋钮中心位置	
VR ₂₀₂	SUB BR 1GHT	副亮度控制	旋钮中心位置	
VR ₂₀₃	FOCUS	聚焦	旋钮中心位置	
VR ₂₀₄	H. POS	行位置		
L ₂₀₁	H. HOLD	行同步	逆时针方向	旋转到极限时，不能过度用力
L ₂₀₅	WIDTH	行幅度	顺时针方向	

注意，若这些电位器不正常的设置，将引起电路性能恶化，损伤和元件损坏。

2. 发热实验 在预置每个 VR 时，如表 3-1-28 所示，需要先输入合适的信号和电源，且需至少 10min 的稳定后再进行调整处理。

3. 同步调整

(1) 初步的调节：当 CRT 显示超声区面向下漂时，先粗略的调整 L₂₀₁ 和 VR₃₀₂。顺时针转动 L₂₀₁ (H. HOLD) 振荡频率将降低。若逆时针转动磁芯，则振荡频率将升高，超声区表面将向上漂移，如图 3-1-64。

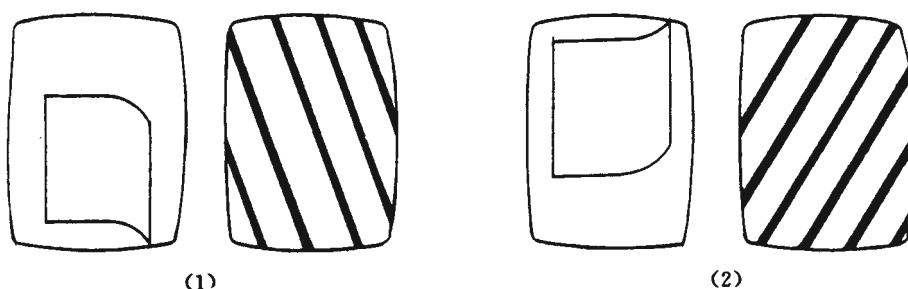


图 3-1-64 频率调整

(1) 行频过低；(2) 行频过高

若顺时针调整 VR₃₀₂ (V. HOLD)，振荡频率将下降，图像区将向右漂移。反之，振荡频率增加，图像区将向左漂移。

将 L₂₀₁ 和 VR₃₀₂ 两者配合调节，可获得正确的图像。

(2) 行同步调整 (H. HOLD)：当屏幕显示偏向右上或右下边不在波段范围中心附近，可调磁芯以获得稳定的图像。注意，当频率不正常时，可在 R₂₁₄ 或 R₂₁₅ 的非接地端，测量其振荡频率（不加信号），调 L₂₀₁ 的磁芯，使其频率为 15.94-0.1KHz

(3) 垂直同步调节 (V. HOLD)：调节 VR₃₀₂ 使频率范围在中心附近完成垂直同步的控制。

4. 副亮度控制 (SUBBRIGHT) ①提供一个合适的信号和直流电源; ②调整亮度和对比度旋钮到最大位置 (均为顺时针方向); ③调整 VR₂₀₂ (SUBBRIGHT), 以屏幕最亮而又不出现回扫描线为最佳位置。注意, 顺时针调节 VR₂₀₂, 屏幕将变暗, 反之则变亮。

5. 视频宽、高幅度调节 (WIDTH, HEIGHT) 如图 3-1-65 (1)。

- (1) 输入正常信号, 使屏幕显示正常的行、场超声区。
- (2) 输入的直流电源满足正常电压电平。
- (3) 调节亮度和对比度旋钮使屏幕亮度合适。
- (4) 调节 L₂₀₅ (WIDTH) 使显示区的 H 幅度为 100mm。
- (5) 调节 VR₃₀₁ (HEIGHT) 使显示区 V 幅度为 75mm。

注意, 若顺时针调节 L₂₀₅ 则 H 幅度减小, 反之则增幅, 调 VR₃₀₁ 也是如此。

6. 调节行、场显示位置 (H. POS, V. POS) 如图 3-1-65 (2)。

- (1) 输入正常信号, 行场显示将出现在屏幕上。
- (2) 调节 VR₂₀₄, 使 L₁ 和 L₂ 的值相等, 若达不到, 可按上述 H 同步的步骤调整, 在这种情况下, 调整同步状态是不影响其它做法。

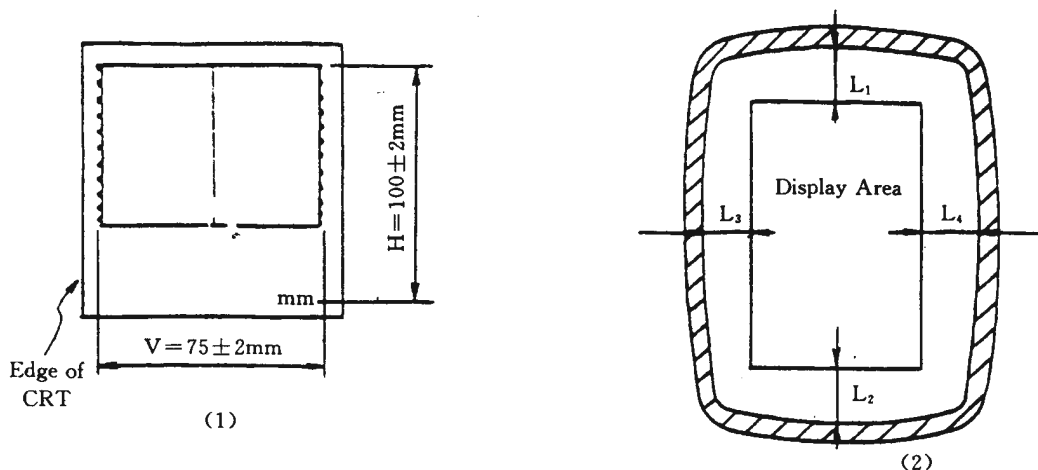


图 3-1-65 幅度调节

(1) 显示区域幅度调节; (2) 显示区域位置调节

(3) 调节 VR₂₀₄ (V. POS) 使 L₃ 和 L₄ 的值相等。

注意, 若 VR₂₀₄ 是按顺时针方向调整, 图像区是向下移动, 反之则相反。

7. 垂直线性调节 (V. LIN)

(1) 提供一个横条信号或键入一个字符 (例如 H) 则单纯的英文字符 H 将被显示在屏幕上。

(2) 调节 VR₃₀₃ (V. LIN) 使横条或字符均匀地等距离地显示在垂直方向。

注意, 顺时针调节 VR₃₀₃ 时, 若信号在屏幕的右边扩大, 在左边又压缩。或逆时针调节 VR₃₀₃ 时, 结

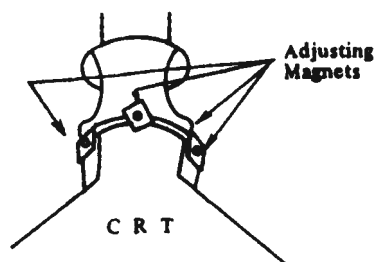


图 3-1-66 失真调节

果相反，则为垂直线性不佳。

8. 聚焦调整 (FOCUS)

(1) 键入一个字符 (例如 H)，英文字符 H 将显示在屏幕上。

(2) 在显示区的中心，在右上角的中部，一面观察字符，一面调节 VR₂₀₃ (FOCUS)，使字符聚焦最好。连续校正使每个字符的聚焦都达到要求。

9. 失真调节 监视器上出现失真，可以通过调整偏转线圈上的磁片角度位置，使其显示正常。这种调节必须是在加电情况下进行的，在调整期间要特别注意 (CRT 的阳极帽有高压，偏转线圈有大的电流通过) 要确实戴绝缘手套或其它防护用具。可按下列步骤处理：

(1) 输入适当信号，使监视器出现行场光栅。

(2) 输入直流电源，使其显示合适的电平。

(3) 调节改变磁片的角位置，使其在 CRT 上获得正常的图像显示。

(4) 在调整工作完成后，要进一步检查证实图像的大小。

第八节 检修 B 超诊断仪的一般手段和方法

B 型超声波仪一般有三大部分组成，即换能器 (探头)、主机、监视器 (图 3-1-67)。

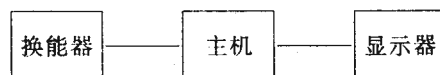


图 3-1-67 B 超仪的组成

当 B 超出现故障时，首先要将故障范围缩小，也就是判断从显示器里面见到的故障是换能器引起的，还是主机或显示器引起的。其判断的方法：

(1) 用新的探头或好探头接在有故障的 B 超仪上，如果故障消失，则证明是探头故障；如果故障仍存在，而且跟原探头接上时故障的现象一样，则证明原探头是好的。

(2) 将主机的视频信号 (VIDEOOUT) 输入到其它好的显示器上，如果原故障消失，则证明原监视器有故障。如果是稍微高级一点的 B 超仪，一般有二个显示部分，其中之一是诊断时医生观察图像用的，另一个小显示器用于照相。我们从观察孔里也能看到显示图像，这时，二个显示器的图像应该是一致的，即正常图像，如果一个显示器显示正常图像另一个显示异常图像，那么，显示异常图像的监视器有故障。

(3) 当将探头和显示器的故障情况确定以后，就很容易地判断主机是否有故障。当然大部分是由于主机故障引起的，而且主机电路复杂，信号繁多，相对比较难修理。

B 超仪的主机不论大小，型号如何，大体由以下部分组成：接收/发射及模拟信号处理部分，DSC 部分 [即数字信号转换部分]，电源部件 (图 3-1-68)。

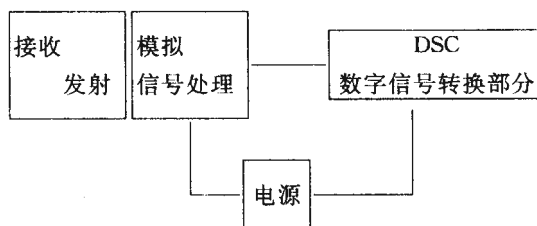


图 3-1-68 B 超仪主机

(1) 首先要检查电源是否正常。用万用表可以测得通常有好几组电源，有时是保险丝断了，将电源引起的故障排除在外以后，进入信号电路部分。

(2) 电路的前半部分是发射/接收电路和模拟信号处理部分。可以用示波器测量这一部分最后输入到 DSC 部分的信号，同时调节面板增益和 STC 增益，看它的信号变化是否正常，对照正常信号图，如果信号正常，那么可以将故障缩小至 DSC 部分。

(3) 当输入的 DSC 信号正常，而输出不正常时，显然是 DSC 部分产生了故障，在主机里面，大部分故障均由 DSC 部分引起，所以对 DSC 还要进行分析。

从图 3-1-69 可以看到，DSC 大体可以分为三部分。信号通道主要是将回声信号数字化后，进行数字转换、存贮、处理。字符框标部分主要是显示各种诊断需要的字符、框标及刻度等，而这二部分工作均需各种各样的控制信号，同时还要有控制部分将二部分协调叠加起来。

如果 DSC 出现故障，同样也要将故障压缩到更小的部分里。一般来说，如果显示的框图正常，各框标及刻度测量也正常，仅在回声区有异常，那大部分是信号通道的故障，通过各种信号的测量再进一步确认。

如果有正常回声信号，而在正常回声信号上有异常的字符、框标显示，则一般是字符框标电路故障，同样通过进一步测量再确认。

如果控制部分有故障时，包括 cpu 有故障时，那么信号和字符标记都是异常的，而且显示器上会出现各种各样的不正常显示。控制部分比较难修理。

以上介绍的只是一般修理的手段，我们的目的是通过分析电路，通过测量，尽快地将故障压缩到线路板，然后再修理线路板。如果条件允许，有相同型号的 B 超仪，我们可以用线路板交换法，这样可以比较容易地、快速地查出故障，也是一种简便的途径。

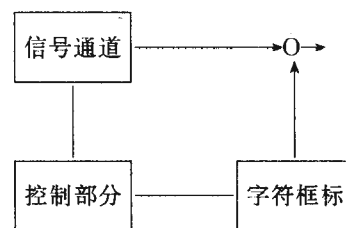


图 3-1-69 DSC 组成

第二章 其它 B 超机的维修

第一节 B 超的维修方法

一、B 超机的整体检查

（一）外观检查

机器外壳是否有外伤或碰坏；检查连接线连接情况；有无受潮现象；灰尘多时应用除尘器吹干净。

（二）电源部分检查

根据表 3-2-1 检查整机电源工作是否正常；测量其电压是否符合标称电压值。如果测量到某一路电源不正常，则应断开该部分连接插头（也就是断开负载），再测量这部分电源电压值，以判断是电源本身有问题还是负载其他电路有故障。这样可以大大缩短查找故障的时间。

表 3-2-1 电源

接线端子		直流电压	供给	
J102	3pin 4	+5V GND	晶体管、厚膜逻辑电路运算放大器	EP-1893C EP-1671-1 EP-1672-1 (UST-5020)
J102	1 4	+5V GND	厚膜逻辑电路运算放大器	
J102	1 4	+12V GND	厚膜电路	EP-1893C
J102	1 4	-12V GND		
J102	1 4	+30V GND	复合厚膜电路	EP-1671-1 EP-1672-1 (UST-5020)
J102	1 4	-30V GND		
J102	1 4	+5V GND	A/D、D/A 变换器、晶体管、运算放大器	EP-1894
J102	1 4	-5V GND	A/D、D/A 变换器、晶体管、运算放大器	
J102	1 4	+12V GND	A/D、D/A 变换器、晶体管、运算放大器	
J301	1 4	+5V GND	晶体管、晶体管逻辑电路、存储器	EP-1895C
W1	1 4	+12V GND	TV 监视器	UPC-1366A

（三）探头检查

首先检查该部分电源情况，即 $\pm 5V$ 、 $\pm 30V$ 是否正常（J101：H1、G2、J1、H2；K1、J2、K2、H3）。再检查探头导线插头与机器插座有无异常，如果没有发现问题，再检查探头部分，其方法是：在探头上涂耦合剂，然后用一枚硬币直立在探头的探测面自一侧缓慢向另一侧移动，此时，屏幕上应出现一条连续滑动的回波信号，其回波信号不应同时在两个或两个以上位置出现，如果移动到某个位置时其回波异常或没有回波，即说明有故障。当然，如有条件最好的办法是换一只探头测试。探头检查方法如图 3-2-1 所示。

当确认探头有问题时，如果没有把握，最好不要自己动手修理。因为探头为密封装配，不易拆卸，复原则更难；其内部集成电路 NJH3401 比较难找；探头内的晶片制作精细，稍有不慎就可能造成无法补救的损失；另外，探头的价值很贵，在便携式机器中与主机相比价格在 1:1。

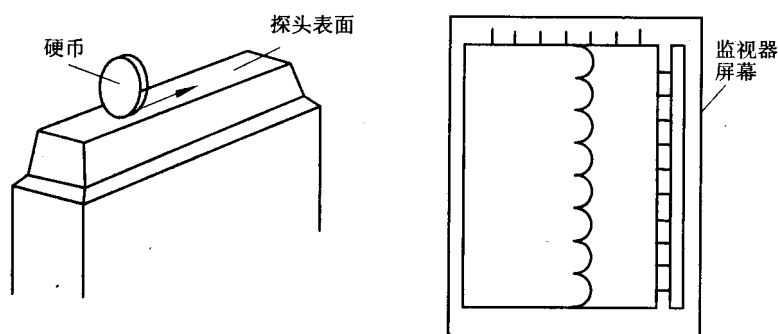


图 3-2-1 探头检查方法示意图

（四）超声图像处理部分检查

超声图像处理部分一般分为两个单元：即发射/接收单元和 DSC 单元，通过观察这两部分检测，可以很快的判断出是哪一部分的故障。

（五）TV 监视器检查

这部分的检查相对比较容易些，如果还觉得判断困难时，可再找一台监视器用视频电缆连接起来，观察是否有异常来判断故障所在。

二、B 超机各部分电路板检查

1. 首先要仔细观察电路板上的各种元器件有无异常，如烧坏、断裂、变形等。
2. 观察电路板上所有的焊点情况，有无开焊、断裂、印刷线路烧断、腐蚀或受潮现象。
3. 检查电缆线及连接插头插座，是否有断路、短路现象，接触是否良好。
4. 当上述这些方面全部检查后，再去根据故障现象判断和查找相应的电路部分。

三、B 超机对元器件的要求

1. 所更换的元器件必须符合机器要求的规格型号。
2. 换上去的器件要确保质量，并要求性能稳定、可靠，最好经过筛选。

3.在更换元器件焊接线路板时,要特别注意温度,做到既能焊下元器件又不能把线路板烫坏,在焊锡没有完全熔化时不能硬拔元器件,以免拔坏线路板。

4.新的元器件其规格型号符合要求了,还要注意体积的大小,是否有足够的空间。

5.对代用的器件,一定要弄清该器件的作用,要掌握硬件知识,代用起来会更方便。

四、注意事项

1.在拆或装各部分连接电缆以及拔下电路板时必须关断电源。

2.拉出的电路板在检测时,必须注意绝缘隔离。

3.在检修电路板时,要注意静电,尤其是 MOS 电路以及目前生产的机型所使用的大规模集成电路。

4.在维修中使用的示波器,其频率特性在 100MHz,最大输入电压 300V 以上,灵敏度 5mV/div。

第二节 B 超故障 33 析与排除

一、屏幕上无光栅、无图像

故障原因:

(1) $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 电源故障;

(2) 全电视信号故障;

(3) 监视器故障。

故障排除:

(1) 检查电源相应的电压值,测量 $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 确认电源电压是否正常。

(2) 查找全电视信号,最好的办法是另外找一台监视器,用视频电缆连接起来,看是否有全电视信号,如果有全电视信号,而且超声图像正常,则说明是监视器故障;如果还是什么都没有,就应该往前查找视频输出部分。

二、屏幕上有光栅,但无图像、无灰阶、无刻度

故障原因:

(1) 系统时钟停止;

(2) ADC 电路故障;

(3) 监视器故障。

故障排除:

(1) 此种故障现象可以判定监视器行场扫描是正常的,无图像要首先检查视频部分,如果检查监视器本身没有问题,就要检查视频输出是否正常。

(2) 测量系统时钟电路中 IC1G-10、J203-1 测量点波形。

(3) 查找 ADC 电路。

三、图像异常扭曲或滚动

故障原因：

- (1) 系统时钟不稳；
- (2) 全电视信号电平过高或过低；
- (3) TV 信号故障。

故障排除：

造成图像异常扭曲或滚动主要是两个问题：一个是由于系统时钟部分问题造成的，一个是全电视信号电平造成。遇到这种两种情况时，还是先查找全电视信号是否正常，用示波器测全电视信号，看有无异常，尤其是电平的高低，然后再找系统时钟问题，应该说故障比较局限。

四、屏幕有光栅有刻度有灰阶，但无超声图像

故障原因：

- (1) -12V、±30V 电源故障；
- (2) 发射/接收电路故障；
- (3) 图像存储电路故障；
- (4) 探头故障。

故障排除：

(1) 这种故障从系统电路图中可以分析出无超声图像先不要考虑其他方面是否有问题，应先检查电源是否正常。

(2) 在保证电源正常的情况下，主要查找属于发射/接收部分电路，这些电路要用示波器测量其波形，测量 J204-1、IC6A-5、IC1A-6 这三个点，然后再查找图像存储电路有无问题，接着测量 IC1A~1D-2，逐级判断。

(3) 如果上述的检查都没有发现问题，可考虑探头问题，判断探头好坏的最好办法是找一只型号相同的好探头接上测试，在没有办法的情况下可以打开探头，但要十分小心，以不破坏密封条件为原则，否则，即便是修好了也达不到密封的要求，要慎重考虑选择维修办法。

五、超声图像某部分灵敏度过低或过高

故障原因：

- (1) 发射/接收相位控制电路故障；
- (2) 探头故障。

故障排除：

(1) 超声图像的这种部分灵敏度变化先检查相位控制，测量 IC14-1~9 的波形，通过测量波形再分析可能发生的部位。

(2) 当判断这部分没有问题时，再查找探头问题，包括探头连接线以及插头部分等，总是要一部分一部分的查找，而不应找一下相位，没有结果就又去找探头，这样的维修工作量大，反复多。

六、超声图像灵敏度低

故障原因：

- (1) $\pm 30V$ 电源故障；
- (2) 发射/接收控制电路故障；
- (3) 接收电路故障；
- (4) STC 电路故障；
- (5) 探头故障。

故障排除：

- (1) 先测量 $\pm 30V$ 电源电压是否正常。
- (2) 如果其电压正常，则接着测量发射/接收电路的 TP15、接收电路 TP10~3 和 STC 电路 TP14 的波形是否正常。
- (3) 最后考虑探头问题。

七、探头一被接触干扰就增大

故障原因：

- (1) 探头屏蔽不好；
- (2) 探头有断线或接触不良。

故障排除：

- (1) 要首先检查探头的连接情况，由于探头经常使用，其连接电缆线是否有折断，尤其是使用时间较长的机器，很容易造成这种故障。
- (2) 检查探头接地是否良好，电缆与探头连接处是否被折断。

八、超声图像一部分回波泄漏

故障原因：

- (1) 地址控制电路故障；
- (2) 探头故障。

故障排除：

- (1) 检查上述这两种故障原因时，对地址电路的检查也只能测量波形，主要测量 IC14-1~9 这些部分。
- (2) 当检查上述部分没有发现问题时，可考虑怀疑探头有问题。

九、超声图像垂直亮线漂移

故障原因：

- (1) 发射/接收延迟时间不稳、延迟线故障；
- (2) 发射/接收电路故障；
- (3) 探头故障。

故障排除：

- (1) 用示波器检测 TP12、10~3 波形。
- (2) 在上述检测正常时，考虑探头故障。

十、增益控制不工作

故障原因：

- (1) HIC7 故障；
- (2) RV1~3 故障。

故障排除：

- (1) 检测 TP1、TP14、RV1~3 这些测量点，然后分析故障出在哪一级。
- (2) 检查增益调节电位器。

十一、超声图像变成黑白条纹而无图像

故障原因：

- (1) 发射控制电路故障；
- (2) 冻结电路故障。

故障排除：

- (1) 考虑上述这两部分有问题时，主要测量 IC8F-6、IC9F-6。
- (2) 还有 IC2B-11、IC2E-11、IC3E-9 这几个测量点的波形，根据出现的异常波形判断故障所在的部分。

十二、有发射波无超声图像

故障原因：

超声波发射时间未与图像数据存储地址对应。

故障排除：

检查 IC8F-6 的波形来加以判断。

十三、超声图像闪烁

故障原因：

- (1) ADC 电路故障；
- (2) 图像存储电路故障；
- (3) 线相关处理电路故障。

故障排除：

检测 J203-1 \ IC1A~1D-2、IC7G-8、111C7F-8 这些点的波形来分析故障所在部分。

十四、冻结功能无效

故障原因：

- (1) 冻结开关损坏；
- (2) I/O 接口电路故障。

故障排除：

- (1) 检查冻结开关 S23；
- (2) 测量 IC3E-9 点波形，以排除接口电路故障。

十五、图像无灰阶无刻度

故障原因：

主要是灰阶电路部分故障。

故障排除：

测量 IC5G-3、2、6、7 这些点的波形是否正常。

十六、ID 编码测量刻度标记显示不规则

故障原因：

图表存储电路故障。

故障排除：

测量 IC6E-6、ICIE-5 这两个点波形。

第三节 TV 监视器检修

一、TV 监视器检修流程图

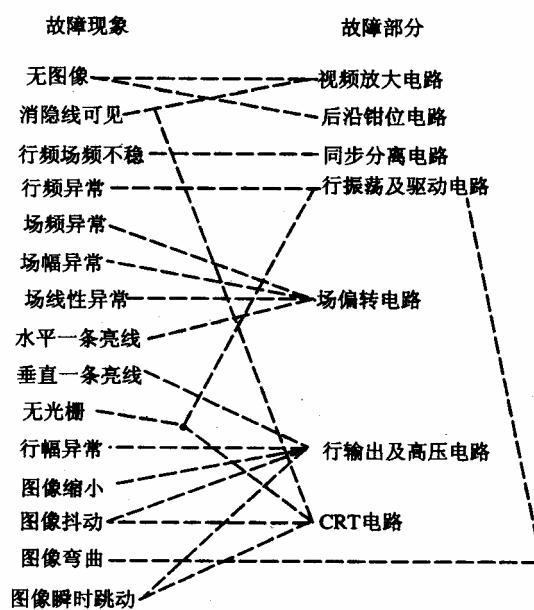


图 3-2-2 TV 监视器检查流程图

二、TV 监视器电路检修步骤

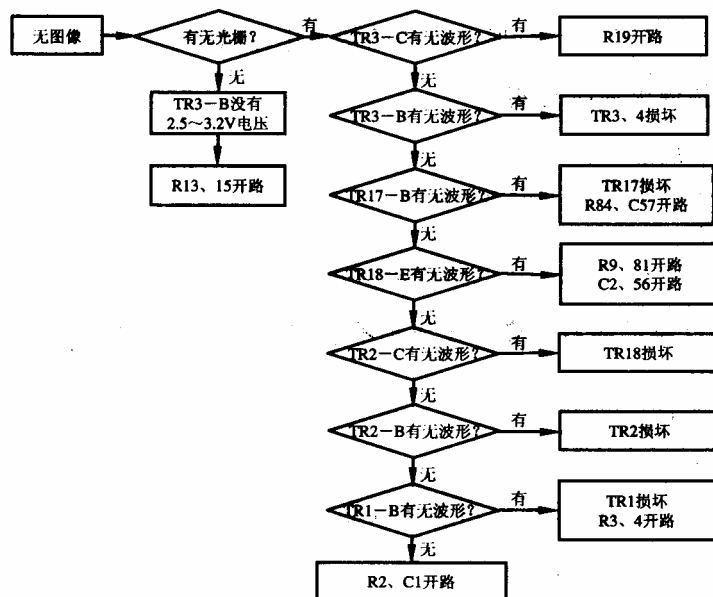


图 3-2-3 视频放大电路检查步骤

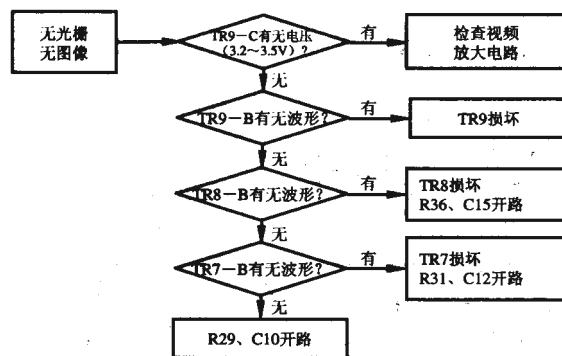


图 3-2-4 后沿钳位电路检查步骤

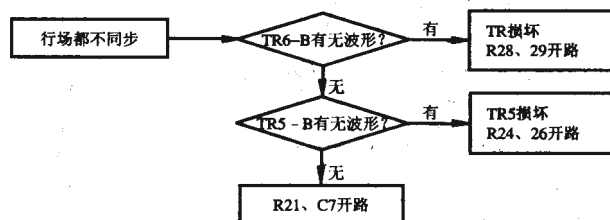


图 3-2-5 同步分离电路检查步骤

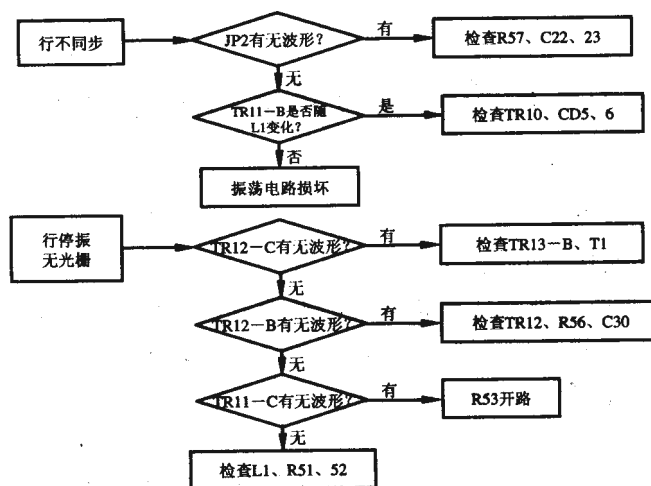


图 3-2-6 行振荡及驱动电路检查步骤

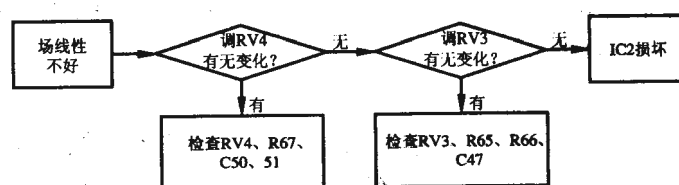


图 3-2-7 场偏转电路检查步骤

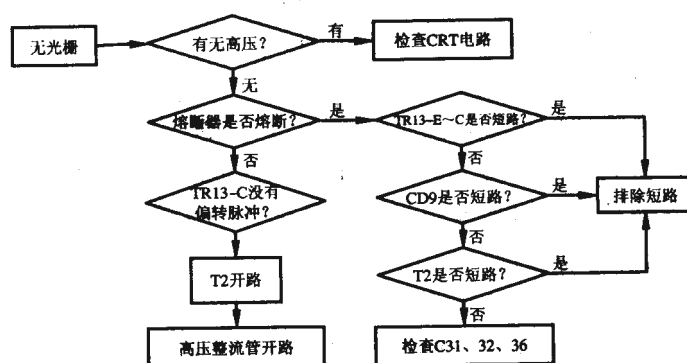


图 3-2-8 行输出及高压电路检查步骤

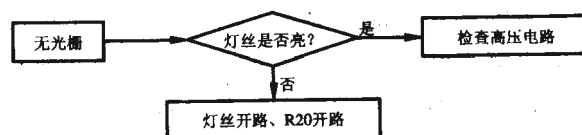


图 3-2-9 CRT 电路检查步骤

第四节 B 超机器的安装调试与日常维护

一、B 超机器的安装

(一) 机房的环境要求

B 超机房要选择周围环境整洁干净的地方,要远离动力用电设备,如锅炉房、大型 X 线设备等。在一般情况下,与功能检查科设备安装在一起,这样方便于患者检查。

(二) 机房要求

B 超机房应设缓冲间,里面一房间为机房,外面一房间为工作室,并装有适当的按机房使用面积及机器和工作人员足够冷、热量的空调机组,以保证机房的温度和湿度。在一般情况下,B 超机房温度控制在 25℃左右;湿度控制在(50~60)%。

(三) 电源及地线要求

B 超机器用电必须安装有净化稳压电源,最好不用其他形式的稳压电源。要按照 B 超机器的所需功率有余量的配备。在一般情况下,可按照所用机器的功率再加一倍的功率选择配备净化稳压电源。同时,还要有保护接地线,要求保护接地线接地电阻不大于 2Ω。无保护接地线的机房,必须制作专门的接地线,以确保漏电的安全问题。

(四) B 超机器的调试

当机器就位后,首先检查测量净化稳压电源的电压是否准确正常,其次要检查机器有无因运输过程中所造成的接插件电路板的松动、移位或损坏;检查监视器有无异常损坏,以上这些检查是必须的。但这些检查没有发现问题时,可加电观察机器的初始工作状态:调整监视器亮度和对比度,然后,逐级测试机器所具备的各项功能及显示。对新的机器是不需要任何调整即可工作;对已用过的机器重新安装时,需要做一些必要的检查,如探头的工作情况,可用基本测试方法检查探头有否异常,有条件时,可用测试模块来检查一下整机的灵敏度、信号增益、噪声、线性等。

二、B 超机器的日常维护

(1) B 超是一种精密的电子仪器,要有专人负责每日的清洁和擦拭工作,尤其是对探头的日常维护尤为重要,用完的探头一定要擦拭干净,因为探头上面残留的耦合剂是有腐蚀性的,如果维护不好将缩短探头的使用寿命。

(2) 要注意 B 超机器的散热和通风,每月要检查清洗一次机器的通风过滤装置。保证机器工作时不致过热而烧坏机器。

(3) 所用卫生纸要选择质量好一些,不能用质量差的卫生纸,不能只考虑节约。因为长期使用质量差的卫生纸,其纸中的杂质和灰尘太多,严重影响机房的清洁,更重要的是这些杂质和灰尘都将被吸入机器里面,造成机器不能很好通风散热,长时间工作机器容易烧坏元器件。

(4) B 超机器要做到强制性维护,定期进行维护保养、检修除尘;尤其是大型高档超声机,更应该加强日常维护,强调机房环境,以有利于机器的正常运行。

第三章 国内外 B 型、A 型超声仪

第一节 日本阿洛卡（ALOKA）公司 B 型 超声仪故障实例

一、SSD-118 型 B 型超声仪故障检修 22 例

故障例 1: 屏幕上没有影像

故障现象: 整个屏幕上没有影像。

故障原因: 1. $\pm 5V$ 、 $\pm 15V$ 、 $+15V$ 电源不正常; 2. 复合视频信号中断 (EP-1831C);
3. 电视监视器故障 (1P-0504-TH); 4. 电缆断线或接头不良。

故障检修: 故障的主要检测点如下: 1.L-PS-25B、 $CN_2 \pm 15VDC$ 、 $CN4 \pm 1.5VAC$;
2. EP-1827C、 IC_2D 、 PIN_4 。

故障例 2: 屏幕影像混乱

故障现象: 屏幕影像混乱;

故障原因: 1. TV 信号过低或过高; 2. 视频信号不同步; 3. 视频监视器故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下: EP-1827: IC_2DPIN_4 、1P-0504-TH、RV2。

故障例 3: 屏幕无显示

故障现象: 屏幕上什么也没有, 或面板开关根本不起作用。

故障原因: 1. 计算机时钟信号错误; 2. 计算机外围电路使得计算机不能正常工作。

故障检修: 故障的主要检测点如下: EP-1508C: IC_7G 、 PIN_{14} , $ICTGPIN_2$, IC_7G 、 PIN_4 。

故障例 4: 无扇扫图像

故障现象: 没有扇扫图像及屏幕暗。

故障原因: 1. 发射、接收电路及外围电路有故障; 2. 超声空时传递电路故障; 3. 存储器单元控制信号有故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下:

EP-1998B TP_{18}

EP-1998B TP_{22}

EP-1830C IC_7G PIN_2

EP-1829C IC_2B PIN_{13}

EP-1928C IC_7K PIN_8

EP-1927C IC_6J PIN_{13}

EP-1827C (AD) (DATA₀~DATA₃)

EP-1828C (VIDEO₀~VIDEO₃)

EP-1929C (DA、DATA₀~DATA₇)

故障例 5: 无超声图像, 图像变白

故障现象: 没有超声图像, 图像变白。

故障原因: 1. 发射、接收单元及外围电路有故障; 2. 存贮器单元的存贮时间信号有故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下:

EP-1998B TP₁₈

EP-1827C ICTG

EP-1827C (AD) (DATA₀~DATA₃)

EP-1828C (VIDEO₀~VIDEO₇)

EP-1929C (DA、DATA₀~DATA₃)

故障例 6: 出现黑白窄的横向条纹

故障现象: 在超声图像上出现黑白窄的横向条纹。

故障原因: 主要是跳跃缓冲存贮器的 IC 故障或外围电路有故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下: EP-1829PIN₁₁、PIN₁₄、ICTA、IC_{6A}、IC_{5C} 和 IC_{5D}。

故障例 7: 超声图像上出现黑白相间的辐射条纹

故障现象: 在扇形超声图像上出现黑白相间的辐射条纹。

故障原因: 帧存贮器的 IC 或其外围电路有故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下: EP-1828C 共 32 个 IC 的 PIN₁₄。

故障例 8: 图像灵敏度低

故障现象: 整个超声图像灵敏度低。

故障原因: 超声扫描电路有缺陷; 超声探头有故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下: EP-1998B TP₁ (+350V)

EP-1998B TP₄

EP-1998B TP

故障例 9: 图像冻结或图像丢失

故障现象: 在超声图像上有时出现辐射状的明亮的亮线, 有时图像冻结或图像丢失。

故障原因: 扇扫探头有故障, 方向地址系统发生故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下: EP-1831C IC₂ (±V₀)

EP-1831C TP₁

EP-1831C IC_{4F} PIN₁₂

故障例 10: 图像横向摆动

故障现象: 超声图像横向摆动。

故障原因：扇扫探头故障，方向地址发生器故障；电机速度不稳定。

故障检修：故障的主要检测点如下：EP-1831C TP₁
EP-1831C TP2

故障例 11：监视器上出现垂直条纹，图形字符没有显示

故障现象：在整个监视屏上出现垂直的条纹，图形字符没有显示。

故障原因：图形存储器或他的外围电路有故障。

故障检修：故障的主要检测点如下：EP-1508C：IC5DPIN4 和 PIN5。

故障例 12：M 模式图像不能被记录器正确记录

故障现象：M 模式图像不能被记录器正确记录。

故障原因：视频寄存器有故障，锯齿波电压信号异常。

故障检修：故障的主要检测点如下：EP-1998B TP19
EP-1831C IC11 PIN11

故障例 13：面板开关工作不正常

故障现象：面板开关工作不正常。

故障原因：面板接口故障（EP-1830C）；背面板故障（EP-2042）。

故障检修：故障的主要检测点如下：EP-1830C：IC3CPIN3、PIN9。

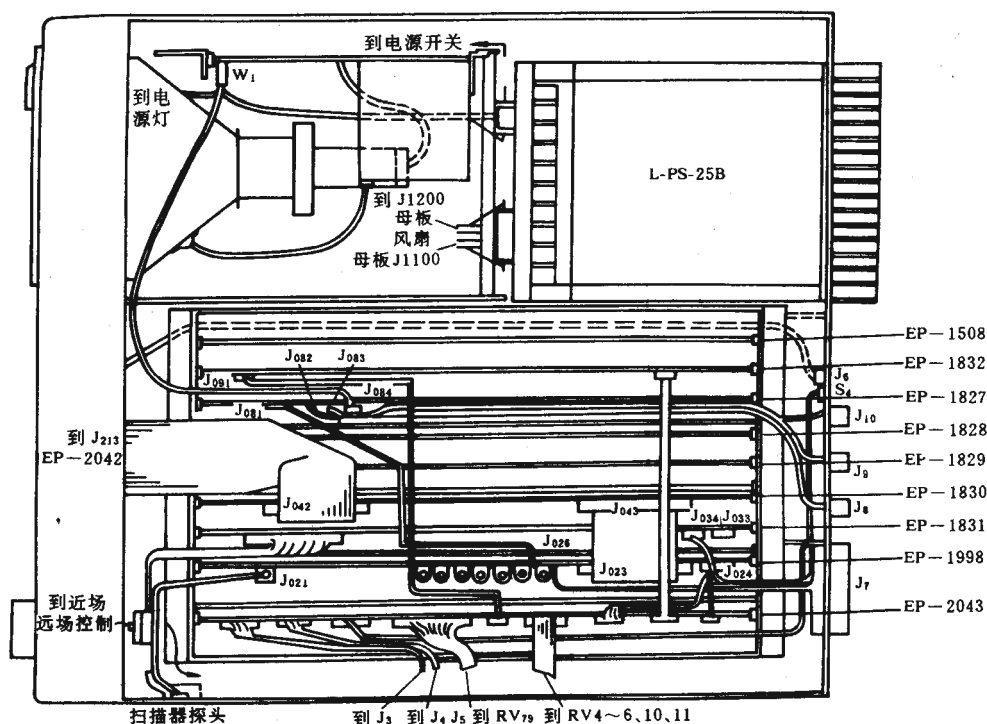


图 3-3-1 SSD-118 型 B 超仪各单元联接图

故障例 14: 生物信号不能正确显示

故障现象: 生物信号不能正确显示。SSD-118B 超仪各单元联接见图 3-3-1 所示。

故障原因: 生物信号放大器有故障; 生物信号寄存器有故障。

故障检修: 故障的主要检测点如下: EP-2043 J₁₁₈PIN₂、TP₁₀ EP-1832 1C₉G:
PIN₃、PIN₆

故障例 15: 显示部分综合故障

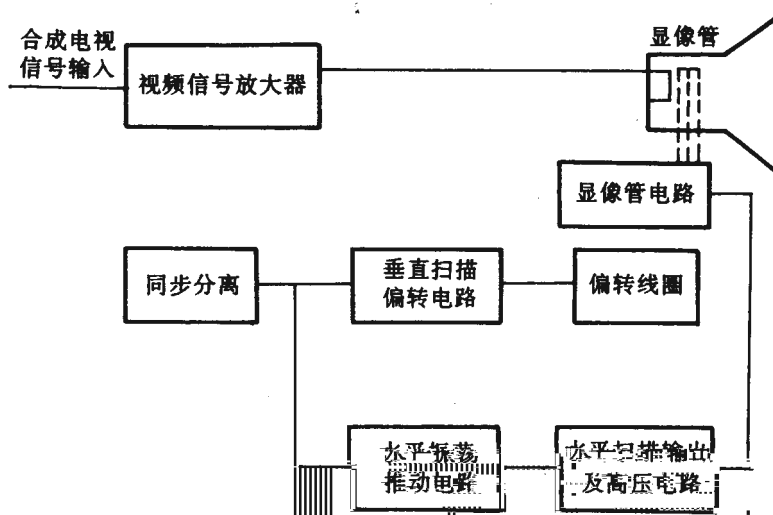


图 3-3-2 显示部分方框图

故障现象: 显示部分是 B 型超声诊断仪的重要组成部分之一。B 型超声的诊断图像通过显像管显示出来。当仪器出现故障时, 在荧光屏上也会出现不正常的图像, 给检修仪器提供线索, 图 3-3-2 所示为显示部分方框图。可按照荧光屏显示的现象进行故障判别。

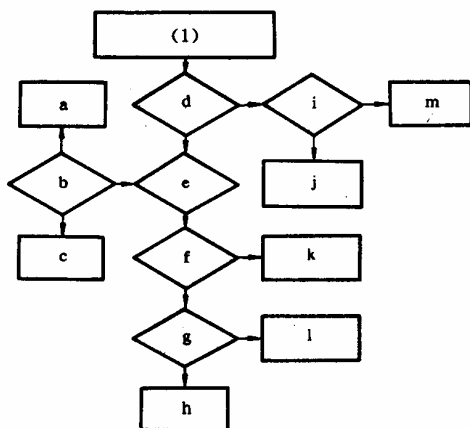


图 3-3-4 没有光栅检查程序

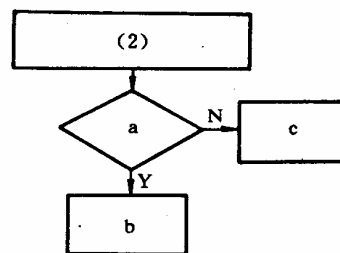


图 3-3-5 保险丝烧断检查程序

图 3-3-3 所示右列为组成显示部分的基本电路。

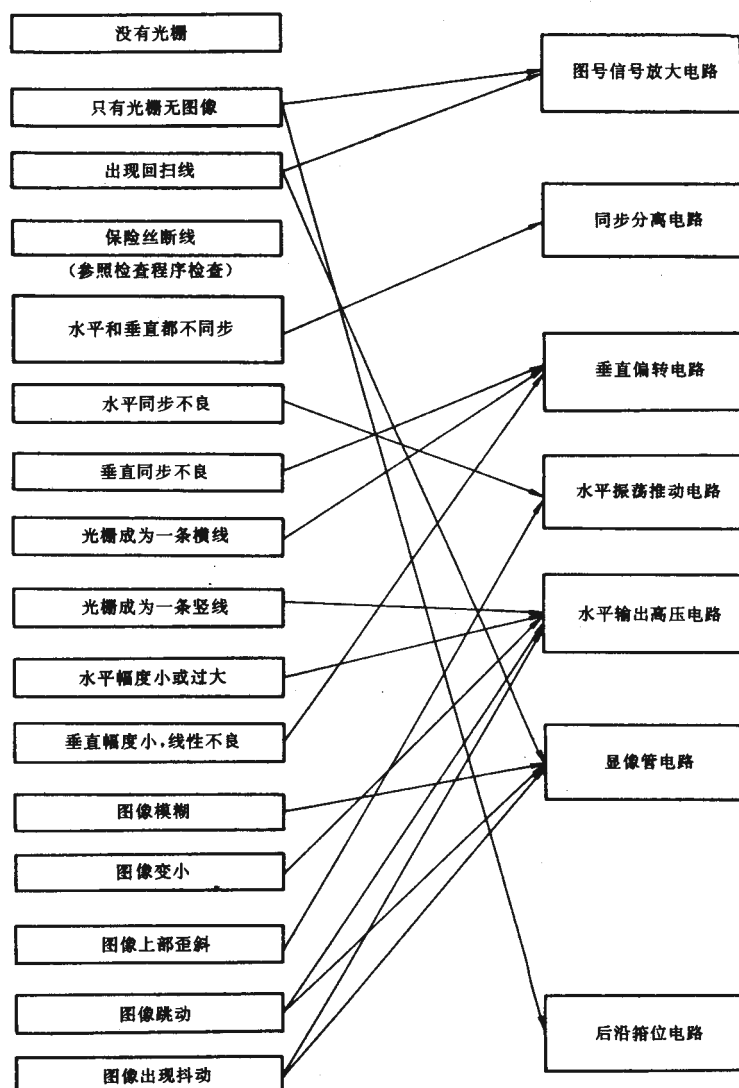


图 3-3-3 显示故障查找步骤

当荧光屏上出现左列的故障时,可沿着箭头所指的电路查找故障所在。没有光栅时的检查程序,见图 3-3-4 所示,箭头指示为方向查找顺序部位。

故障检修:1.无光栅。(1) 检查水平振荡和推动电路;(2) 检查水平输出管基极推动信号波形;(3) 检查水平输出电路;(4) 显像管(CRT)的灯丝亮了吗?(5) 检查水平偏转脉冲有吗?(6) 检查显像管上高压加上了吗?(7) 显像管各个电极电压正常吗?(8) 显像管不良;(9) 保险丝断线吗?(10) 检查电源电路(电源电路在主机内);(11) 检查高压输出电路;(12) 检查显像管电路;(13) 按保险丝断线程序查找。

2. 保险丝断线检查程序, 见图 3-3-5 所示。

(1) 检查电源电压正常吗? (2) 检查水平输出和高压电路; (3) 检查电源供电电路。

故障例 16: 图像放大电路故障

故障现象: 图像放大电路见图 3-3-6 所示。没有图像时检查程序见图 3-3-7 所示。

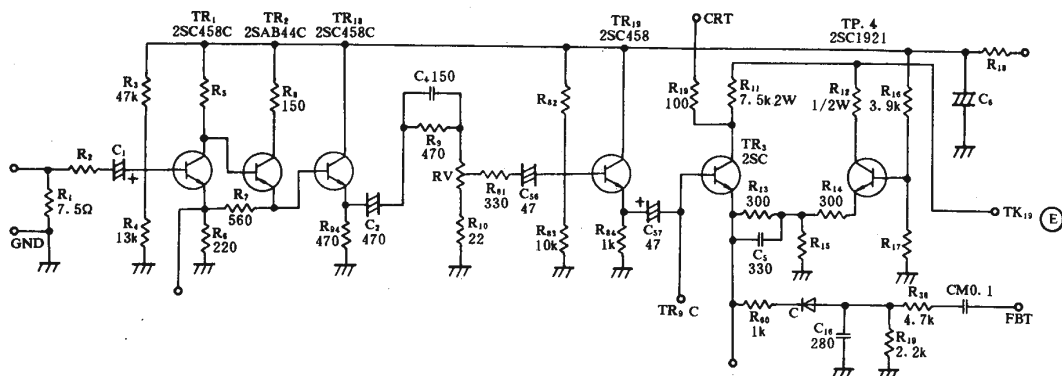


图 3-3-6 图像放大电路图

故障检修: 1. 没有图像; 2. 有光栅吗? 3. TR₃ 基极电压有吗 (2.0V~2.4V)? 4. R₁₃、R₁₅ 开路, 检查后钳位电路; 5. TR₃ 集电极波形有吗? 6. TR₃ 基极波形有吗? 7. TR₁₉ 基极波形有吗? 8. TR₁₈ 发射极波形有吗? 9. TR₂ 集电极波形有吗? 10. TR₂ 基极波形有吗? 11. TR₁ 基极波形有吗? 12. C₁ 开路、R₂ 开路; 13. R₁₉ 开路; 14. TR₃、TR₄ 不良; 15. R₈₄ 开路、TR₁₇ 不良, C₅₇ 开路; 16. R₉、R₈₁ 开路, C₂、C₅₆ 开路; 17. TR₁₈ 不良; 18. TR₂ 不良; 19. TR₁ 不良, R₃、R₄ 开路。

出现回扫线: 应该着重检查 R₅₈、R₅₉、R₆₀、R₇₂、CD₄、CD₁₂、C₅₅ 等元件是否不良。

故障例 17: 同步分离电路故障

故障现象: 同步分离电路见图 3-3-8 所示。

这部分电路主要作用是从复合图像信号中取出同步信号, 分别送到水平、垂直电路去, 用来实现同

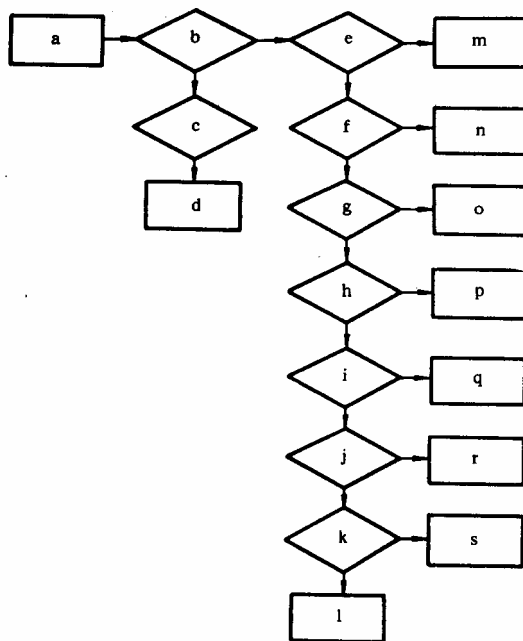


图 3-3-7 没有图像检查程序

第四篇

核磁系列

第一章 CT 机常见故障分析及检修方法

第一节 CT 机的发展

我们通常所指的 CT 是 X 射线 CT，全称为 X 射线电子计算机断层摄影，简称为 CT，是一种放射学成像方法，它可提供人体横断切面的图像，还可以把这些横断切面图像加起来作三维图像重建。尽管 CT 的基本原理几十年来已广泛使用，但直到 1973 年第一台计算机断层 X 射线扫描机才应用于医学临床的检查。从那时起，CT 扫描机已经经过五代的发展和进步，所以，CT 机的发展通常以“代”（generation）来划分。CT 机的分代主要以 X 射线球管和探测器的关系、结构、探测器的数目、排列方式和两者的运动方式来划分。实际上按“代”的划分并不能完全反映 CT 机性能的优劣，因为 X 射线球管系统、探测器的性能和计算机的运算速度等硬件更为重要。

一、CT 机的分代

（1）第一代 CT 机 X 射线为单射束，有单个或数个探测器，运动方式是平移加旋转，扫描时间长达数分钟，临床检查只限于头颅扫描。

（2）第二代 CT 机 X 射线为多射束，探测器从数个至几十个，运动方式还是平移加旋转，扫描时间缩短到 18s 左右。开始扩大到全身的扫描应用，但 I 临床运动伪影很明显。

（3）第三代 CT 机 X 射线为扇形束。探测器也相应呈扇形排列，其数目多达几百个。运动方式为旋转方式。扫描时间一般为 2-5s，最快可达 1s。临床应用功能也明显增加。在近两年所生产的滑环式 CT 机是第三代机型的一个突破。

（4）第四代 CT 机 与第三代 CT 机基本相同。只是在探测器的排列上为圆周状，固定在扫描架四周，达到每半度一个探测器，为闪烁式晶体探测器，还有用一千多个探测器的，主要是为了提高图像质量。其运动方式为 X 射线球管旋转。扫描时间也在 2s，重建 512×512 图像的时间在 45s。

（5）第五代 CT 机 超高速机型 CT 机（ultra fast CT，UFCT），与以前的 CT 机已有根本的区别。

电影 CT（cine CT）较第三代、第四代 CT 机的扫描速度明显提高，可实时显像。为了减少毫安秒（主要是毫安）即 X 射线量，探测器改为稀土元素，主要用于心脏等检查。但效果并不十分理想，目前也尚未广泛用于临床。随着 UFCT 等的出现，估计电影 CT 不会有很大的发展和提高。

二、新型 CT 机的特，陞和临床应用

（一）滑环式 CT（cycle CT）

以往生产的 CT 机，其球管系统的电力及信号传递都采用电缆来进行连接高压电缆和信号电缆。因此，每作一次旋转扫描之后，都必须使其球管作反方向旋转运动，回到起始位置，然后再作第二次扫描，这样很明显影响了扫描速度的提高。而滑环式 CT 机其 X 射线球管系统的电力和信号的传递均由高压或低压滑环装置来实现，使 X 射线球管只作一个方向的旋转运动，大大提高了扫描速度。滑环式 CT 机按其扫描形式划分又分为两大类。

1.螺旋型连续式扫描

X 射线球管不停地作旋转运动，在扫描过程中持续发射 X 射线。检查床（病人）则沿扫描平面的垂直方向作水平匀速移动，速度为层厚的距离/s。其球管的旋转速度一般为每秒 1 周，最短 0.6s 1 周。两种运动轨迹的组合，形成了螺旋形不间断式扫描。在实际上这种扫描方式所获得的 CT 图像不是一个标准的人体横断面图像。其代表机型为德国西门子公司生产的 SOMATOM-PLUS 系列的各种机型；滑环形式为高压滑环。

2. 间断式扫描

即 X 射线球管的运动方式与前述相同，扫描时间为 1s，检查床不动，此时球管旋转发射 X 射线；检查床移动时间 1s，停止发射 X 射线。这样是扫描一层完毕后，检查床移动一次，临床上所获得的 CT 图像与普通 CT 图像是一致的，也是标准的横断面图像。这种机型比较多，其代表机型为美国通用电气公司生产的 GE CTprospeed，此机型为高速滑环式。另外还有与上述机型相同的机器，有德国西门子公司生产的 SOMATOM AR. C、AR. T、AR. HPCT 机，其滑环形式为低压滑环。

3. 螺旋型连续式多层扫描

目前，比上述性能更高的机器已经投入临床使用，为螺旋连续式多层扫描，每扫描一周可采集多层数据，然后对数据进行处理和重建，即可显示扫描的多层图像，也就是人们所说的多层螺旋。也就是说在 X 射线球管每旋转一周所采集的数据可分多层进行处理和重建，充分运用了计算机的高速运算和对大量数据进行处理的功能，这样就大大提高了病人检查的速度，减少了照射计量，是当前 CT 机的发展方向。

从根本上来讲，螺旋型连续式 CT 机为高速滑环式 CT 机的演变，其 X 射线球管的热容量大，两者的原理是一样的。螺旋型连续式扫描与间断扫描的区别在于，螺旋型连续式扫描时检查床的移动一个是匀速运动；而间断式扫描时检查床是间断移动的，即扫描完一层，检查床移动一次，其移动的距离就是扫描的层厚。

另外，根据滑环结构以及所提供的电力情况，又分为高压滑环和低压滑环两种。高压滑环的 CT 机，其高压发生器与普通 CT 机一致，有专门的高压发生器在外面，通过高压电缆连接到滑环上，然后经过高压滑环输送到 X 射线球管内。而低压滑环则是将高压发生器与 X 射线球管装在一起，成为一个整体，而且体积很小，安装在扫描机架内，并随扫描做旋转运动，其电源只是由变压器输出的动力电连接到滑环上，然后通过滑环输送到 X 射线发生系统。这种机型是目前临床应用比较广泛的，而且扫描速度很高，都在 0.6s 的扫描速度。

（二）UFCT

1984年由美国 Imatron 公司率先研制成功，直到近几年才逐步用于临床，适用于心脏和全身各部位的检查。X射线的产生采用最先进的电子技术（electronbeam technology），球管的阳极与阴极分离，从阴极的电子枪发射电子束，经加速形成高能电子束，再通过聚集和磁场偏转线圈，投射到呈 210°弧形的阳极靶面，产生 X 射线束，代替传统的机械性旋转，扫描速度达到 50ms。探测器则排列在与阳极靶面相对的位置。其扫描方式有以下 3 种：

1. 连续式扫描（cinema）

采用多靶和探测器环在极短的时间内完成多层面（8 个）和多幅图像（80 幅）扫描，适用于心脏功能检查；

2. 触发式扫描（flow study）

由门电路控制，分别用于心动周期的不同时相扫描，测定血流量；

3. 容积式扫描（volume）

在一定的间隔时间内对感兴趣的脏器和部位进行扫描，用于形态诊断。

（三）PET/CT

PET/CT 是 2001 年由美国 GE 公司首先研制成功的，是最新的全身 PET 扫描部分和螺旋 CT 机的组合；CT 机除了可以独立完成诊断扫描、定位等功能外，还可以进行 PET 扫描的衰减校正；利用一台计算机系统进行数据处理和图像重建，这种 PET/CT 的有机结合，也同时提高了 PET 的诊断水平；这是目前影像学中在世界上最先进的机器。目前，国内已有 10 台 PET 机器，但都是单纯的 PET，而不具备 CT 机和 PET 机器两者的结合。今年，德国西门子公司也研究出同类产品 CT/PET，各项性能指标以及硬件配置将会更好。CT/PET 机器能够提前做出肿瘤疾病的诊断。

三、CT 机的发展和趋势

（一）扫描速度

CT 机的扫描时间在不断地缩短，经历了从低速到高速以及超高速的变化过程，以前的机器结构要想提高扫描速度是很困难的，连接的高压电缆和信号电缆必须使旋转扫描的 X 射线球管回转 to 起始位置才能进行下一次扫描；目前生产的滑环式 CT 机就不需要旋转的 X 射线球管回转的起始位置，可进行连续的一个方向旋转，其扫描速度已提高到 1s，最快扫描速度现在已达到 0.6s；UFCT 扫描速度缩短至 50ms。

（二）计算机

计算机在 CT 机中的应用和发展可以说是最快的，一方面，由于采用了大规模集成电路，元器件的集成化和微型化程度越来越高，使 CT 机的计算机体积明显缩小，运算速度大幅度提高：计算机体积由过去的一个房间那么大，缩小到现在还不到 1 立方米大小。因此，CT 机所用计算机是向微型化发展，包括滑环式高速 CT 机，也多采用微型计算机；另外，除了提高扫描速度上作了较大的改进以外，还运用计算机使采集的数据运算速度极快，图像的重建速度由数分钟缩短至数秒或实时完成，即扫描完一层，即可重建成 512X512 图像，

也就是说在扫描过程中即可达到动态和实时显像的目的。

（三）探测器

探测器的数量在增加，其类型由原来的晶体型发展到气体型，现在又由气体型向固体型方向发展，并以高密度集成化排列，增加探测器的数量，缩小探测系统的体积。目前使用的滑环式 CT 机探测器数量有 704 个。

（四）功能

由过去复杂的计算机操作和命令，变成现在不断增加和扩大的功能键以及应用范围：计算机应用界面更完备，均设有对话框，错误信息显示和报告，自动化水平在迅速提高，操作程序更加简便。

（五）X 射线球管和高压发生器

X 射线球管的热容量在大大增加，以适应螺旋型快速扫描和动态扫描的需要。高压发生器的体积现在已做的很小，由原来只能安装在扫描机架外面单独的高压发生器，必须用高压电缆连接起来，发展到现在安装在扫描机架内，与 X 射线球管装在一起，并随球管一起旋转进行扫描，这种结构多用在低压滑环式 CT 机上。另外，就是高压发生器单独安装在扫描机架外面，其高压是通过扫描机架上的高压滑环连接到旋转扫描的 X 射线球管，这种结构是高压滑环式 CT 机。

（六）图像空间分辨率（spatial resolution）

在图像空间分辨率上已有了进一步的提高，从过去的 3mm 提高到 0.35mm。在第 1、2 代到第 3、4 代 CT 机中，空间分辨率的提高比较显著，而到了高速 CT 机和超高速 CT 机之间，在分辨率上就无明显差别。影响空间分辨率提高的因素有许多，以探测器的数量和质量以及扫描矩阵的关系这些因素最为密切。扫描矩阵已由原来的 128×128 、 256×256 提高到 512×512 ，现在最高已提高到矩阵 1024×1024 ，原来的 128×128 和 256×256 矩阵已经淘汰落后。为提高空间分辨率除了上述分析的因素以外，还有矩阵的提高与计算机的功能和数据的处理关系密切。

由于 CT 机以上几方面技术的不断改进，使得 CT 机在临床应用上更加方便自如，图像更加清晰，在各种冠状位、矢状位和其他位置的扫描和重建都非常方便，图像更加接近解剖，并可做到三维重建、图像旋转以及伪彩色技术处理。

第二节 CT 机的基本结构

CT 机的基本结构包括：X 射线发生系统、X 射线探测系统、扫描机架、计算机系统、图像显示和记录部分、操作控制台以及必要的附属设备。其主要结构部分及相互关系如图 4-1-1 所示：

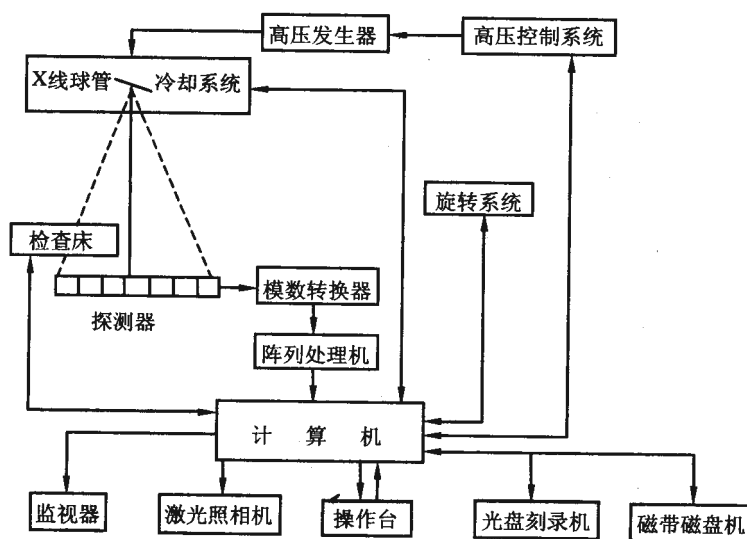


图 4-1-1 CT 机主要系统部件框图

一、X 射线发生系统

X 射线发生系统包括高压发生器、X 射线球管、冷却系统及前准直器等。这个系统的主要目的是产生一个稳定的、高度准直的 X 射线束，即扇形束。

（一）高压发生器

它是为 X 射线的产生提供一个稳定的直流高压，其高压值的大小直接影响 X 射线能量值的变化，而 X 射线能量与吸收系数关系极为密切，因为只有在 X 射线能量稳定的情况下，才能准确地反映被扫描物体的 X 射线吸收系数，所以稳定的高压是 CT 成像质量的重要基础之一。在任何一种型号的 CT 机所应用的高压系统都必须采用高精度的反馈稳压措施，以达到 CT 机的技术要求。

（二）X 射线管

CT 机用的 X 射线管与一般普通 X 射线机所用 X 射线管相同，均为高度真空的二极管，也分为固定阳极和旋转阳极两种。固定阳极 X 射线管只能用于扫描速度慢、需要电流值小的第 1、2 代 CT 机；旋转阳极 X 射线球管适用于扫描速度快、需要电流值大的机器，这种 X 射线管的热容量也很大，如第 3、4 代 CT 机，它需要在很短的时间内（1s 或数秒）产生足够的能量，并要求较高的电流值。由于 X 射线管在发生 X 射线时要产生大量的热能，其旋转阳极能使热能均匀地分布在整個圆形靶面上，一方面起保护作用，另一方面有助于散热。在 X 射线管结构上，钨靶阳极的 X 射线管靶面其耐热性能要高于普通阳极 X 射线管靶面。

（三）冷却系统

对于固定阳极 X 射线管采用油冷式的冷却系统即可以达到要求。对于旋转阳极 X 射线管来说，常需要将大量的热迅速散掉，多采用油—风冷却方式，即阳极靶面的热能首先传给周围的油，再经过高压油泵输送到散热器，散热器上有冷却风扇，这样将热能散到空气中，

经过冷却的油再循环回到 X 射线球管中，以控制 X 射线球管的温度。由于第 3、4 代 CT 机扫描时间比较短，而且扫描间隔周期也短，故在短时间内要作多次扫描，阳极靶面的热能会成倍的增加，所以必须要有良好的冷却散热装置，才能保证 X 射线管的连续工作。尽管如此，在实际工作中，还会经常需要等待 X 射线管热量达到下一次扫描时的温度要求方可继续进行。

（四）前准直器

这部分亦可称为聚焦系统，它具有去除散射线，能使 X 射线呈束状排列，还可以调节层厚的扫描厚度。

二、X 射线探测部分

这部分包括探测器、模数转换器和后准直器，其作用是探测穿过人体后的 X 射线量，并转化为数字信号。

（一）探测器

探测器可分为气体和固体两大类。前者采用气体电离的原理，探测器内多充有惰性气体，如氙气（xenon）或氪气（krypton），当 X 射线射入后，使氙气产生成对的光电子，由收集电极集中后，便产生与 X 射线强度成比例的电流。后者常用碘化钠（NaI）、碘化铯（CsI）、钨酸镭（CDW04）、锗酸铋（BGO）作为荧光体，它们当受到 X 射线照射后发出荧光，然后再经过光电转换和信号放大。目前，碘化钠已极少使用。

气体探测器和固体探测器各有优缺点，气体探测器灵敏度差一些，但利用率高，受温度湿度影响小一些，性能也比较稳定。固体探测器灵敏度高，容易受温度湿度影响，使用一段时间后其性能指标会有些变化，由于其余辉时间（激发荧光后恢复到原状态的时间）长，使利用率降低。固体探测器的分辨率要比气体探测器分辨率高。对固体探测器来说，使用一段时间后有些探测器性能指标可能有些变化，会造成 CT 图像上的伪影，以至扫描出来的图像无法诊断。这时，可以用软件将性能和曲线不太好的探测器隔离起来，即不运用这些探测器所采集的数据，将其放置一段时间不用，当经过一段时间放置的探测器如果再重新检查，则有一些还可以恢复使用，有一些是不可以恢复使用的。

在探测器的排列和数量方面有许多不同，第 1、2 代 CT 机探测器的数目是从单个至数十个，目前第 3、4 代 CT 机的探测器大都在数百个，甚至千余个，第 3 代 CT 机探测器的排列是沿 X 射线球管的对应扇形面呈弧形排列，是与 X 射线球管同时旋转，相对运动的；第 4 代 CT 机则是固定在扫描机架圆周内的 360°，一般是以每半度一个探测器或多达一千多个安装的，是不随 X 射线球管旋转的。当然，探测器个数越多，空间分辨率就越高。在目前的螺旋形 CT 机中还常使用气体探测器，以第 3 代 CT 机型的结构形式，其探测器数量大多在数百个。

（二）模数转换器

模数转换器的作用是将探测器所形成的光电信号转化为数字信号，并输送到阵列处理机，主要是 A/D 的转化过程。

（三）后准直器

后准直器位于探测器前面，其结构与探测器做在一个整体上，在被扫描物体后方，主要的作用是除去通过 X 射线被照射物体后产生的散射线，结构比较简单。

三、扫描机架部分

这部分包括扫描架和检查床两部分。扫描架部分是将 X 射线发生部分、探测器部分、准直器部分、旋转部分以及模数转换部分和控制部分等组成的一个扫描系统。将这些部分装置在扫描机架中，其中间是一个直径 60cm 的孔径（有的扫描机架中间孔径为 70cm），将被扫描物体至于中心，旋转部分将围绕被扫描物体作匀速旋转。以前的 CT 机器其高压发生器都在扫描机架外面安装，目前生产的低压滑环式 CT 机器，其高压发生器与 X 射线球管全部装在一起，并位于旋转部分，与探测器一起对扫描人体做相对旋转运动。检查床部分可以作升降动作和前后移动，设定扫描层厚多少，检查床前后移动距离多少，将病人被扫描部位送入扫描机架的中间孔内进行扫描。

四、计算机系统

计算机系统在第 3、4 代 CT 机中，包括阵列处理机（图像处理计算机）反投影器和计算机主机。其作用是处理数据，完成图像的重建、控制和检测整个 CT 系统。

（一）阵列处理机

阵列处理机它是在主计算机的控制下工作的，接受模数转换器或磁盘输入的数据，反投影器也在其中工作，经过处理后再交予主计算机。

（二）主计算机

主计算机是 CT 机的中央处理系统，与 CT 机各个部分都有传出、传入的广泛通讯联系，主要的功能有：①将扫描系统所获得的数据，根据不同的需要，按照不同的数学计算模式，完成图像的重建；②对图像（数据）的管理和运用；③检测和控制 CT 机的整个系统工作，特别是扫描机架部分的工作状态，并能发现和校正扫描机架这部分所出现的偏差，用报告的形式显示错误信息以及机器故障。

以前生产的 CT 机所用主计算机是由小型计算机来完成的，其运算速度是很慢的，重建一层 512×512 图像大约需要 15~45s。近几年来，计算机在 CT 机中的应用多采用并行微型计算机，功能比较齐全，重建一层 512×512 图像时间为实时的（即扫描完一层图像立即显示），主要是以体积小、运算速度快、互不干扰等为特点，这也是发展方向。

五、图像存储、显示和记录部分

这部分包括磁盘（硬盘）或光盘、磁带或软磁盘、显示器和照相机等。

（一）磁盘、光盘、磁带和软磁盘

磁盘或光盘是将计算机处理过的数字信号按计算机的指令，自动由磁盘机存入磁盘或光盘的某个特定区域。以前生产的 CT 机磁盘只有一个，其中包括系统程序数据和图像数据，工作起来对运行速度影响很大。目前生产的 CT 机很多是两个磁盘系统，即一个是系统程序

控制数据磁盘，另一个是专门存储图像的数据磁盘，而且磁盘容量很大，可存储 512×512 的图像数据 4000~5000 多幅；光盘的存储容量则更大，可多达上万幅图像数据。当这些磁盘存满图像后，计算机可以给予指令，将图像磁盘内以存满的数据删除，可以重复使用。利用磁带机，可以将存入磁盘内的图像数据复制到磁带上。磁带也可以保存或重复使用。软磁盘是由软盘驱动器操作的，其功能与磁带一致，但容量小，目前，多采用光盘刻录机，这样可存储大量的图像数据，今后在这些方面会有很大的进展。

（二）显示装置

CT 机用的显示装置常用高分辨率黑白电视监视器，而且，屏幕比较大，可显示 16 个灰阶。目前生产的 CT 机显示器可显示 1024×1024 矩阵图像。

（三）照相机

以前生产的 CT 机常配备多幅照相机，它是将 CT 图像视频信号用电缆传输给多幅照相机的视频输入接口，再经过多幅照相机内的阴极显像管（CRT）投射到单面药膜的感光胶片上，胶片大小一般为 $20\text{cm} \times 25\text{cm}$ 、 $25\text{cm} \times 30\text{cm}$ 或 $36\text{cm} \times 43\text{cm}$ ，多幅选择有 2、4、6、9、12、24 等。目前多幅照相机已经落后，被淘汰。近几年来，CT 机都配备激光照相机，这种照相机效果十分理想。它是用激光头将图像扫描到感光胶片上的，其图像质量的好坏与激光头光束质量有直接关系。激光照相机的接口有红外线接口和数字接口两种。

六、操作控制部分

操作控制这部分有两个作用：一个是临床使用人员的日常操作；另一个是维修人员的维修操作。

（一）日常操作

可以通过操作控制台的键盘将必要的指令输入计算机，再由计算机通过控制部分执行，比如扫描的厚度、间隔、电压、电流、时间等以及扫描的部位与方式、图像重建的算法、CT 值的测定、对图像窗宽、窗位的调节、病人资料的输入和图像的管理、记录等。

（二）维修操作

CT 机的运行情况，检查运行当中是否出现错误，如有故障可查出有关的错误信息，以指导维修。对机器所出现的误差还要进行校正和调整，修正相关的数据。如图像的均匀一致性、CT 值的校准、伪影的消除等。

第三节 CT 机成像原理

CT 扫描过程首先是用高度准直的 X 射线束扫描人体的某个部位，并围绕该部位做 360° 匀速转动，穿过人体的 X 射线再经准直后，由探测器（detector）接收。探测器接收的大量信息经模数转换器（A/D convertor）将模拟量转换成数字量输入计算机，计算机计算出该断面上个单位体积的 X 射线吸收值（CT 值），并排列成数字矩阵（digital matrix）。数字矩阵再经数模转换器（D/A convertor），用黑白不同的灰度等级在监视器荧光屏上显示，就获

得该部位的横断面解剖结构图像。CT 机的 X 射线部分结构如图 4-1-2 所示。

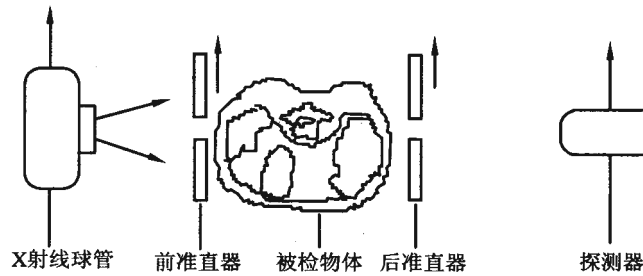


图 4-1-2 CT 机 X 射线部分结构示意图

当 X 射线穿过人体某一部位时，不同密度的组织对 X 射线的吸收量也不同。组织密度越高，如骨骼，吸收 X 射线越多，探测器接收到的信号越弱；相反，组织密度越低，如脂肪和空气等，吸收 X 射线量越少，探测器接收到的信号越强。探测器分辨 X 射线量的敏感程度比 X 射线透视（荧光透视和电视增强透视）和 X 射线胶片摄影等高得多。因此，其对组织密度的分辨率较常规方法高 10~30 倍。可见人体 X 射线吸收的系数与形成的像素有直接的关系，即在单元分得越小，要求出的吸收系数越多，像素越小，数目多，就越能反映组织的密度和解剖结构，像素是用黑白不同的灰阶将吸收系数反映在 CT 平面图像上，也是构成 CT 图像的最基本单位。像素从根本上说是一定体积的 X 射线吸收系数，这种含有一定厚度，的像素也称为体素。目前最小为 $1.0\text{mm} \times 1.0\text{mm} \times$ 厚度（最小为 1mm ）。因此，CT 值测得的数据最小为 1 个像素所代表的吸收系数，通常为多个像素的平均值。

矩阵（matrix）是构成一幅 CT 图像吸收系数（像素）的排列方式，以前生产的机器一般是以 128×128 、 256×256 、 320×320 、 512×512 ，而现在的机器都在 512×512 或 1024×1024 。其矩阵越大，像素越小，探测器的数目越多，所收集的信息数据量成几何倍数增加，这样，对计算机的要求也就越高。所求得衰减系数越多，也就越精确，建立的 CT 图像则更能接近实际解剖结构。

CT 图像重建的过程即为求得每一个吸收系数的复杂数学运算过程。其数学运算的方法必须以尽可能短的运算时间和准确反映组织吸收系数为前提。主要有以下几种方法：①反投影法（back projection），也称综合法（summation method）；②迭代法（iterative methods），包括代数重建法（simultaneous reconstruction）、逐线校正法（ray-by-ray correction）、逐点校正法（point-by-point correction）；③解析法（analytic methods），包括二维傅立叶变换法（two-dimensional fourier analysis）、滤波反投影法（filtered back-projection）、和褶积反投影法（convoluted back-projection）。这三种方法，目前多采用解析法，此方法不仅运算量小，而且，图像质量也比较好。

第四节 常用 CT 机基本结构和工作原理

一、系统结构

常用 CT 机共分两大部分，一部分是探测系统，一部分是图像系统。图 4-1-3 为整机系统框图。

探测系统中包括旋转部分有 X 射线发生系统、聚焦系统、数据测量系统；扫描机架不动部分有扫描系统和滑环；除此之外，还有病人检查床系统、电源配置系统。

图像系统中包括图像控制系统、图像重建系统、数字接口电路、系统磁盘、图像存储磁盘、磁带机、光盘机、监视器、键盘、鼠标和电源等。

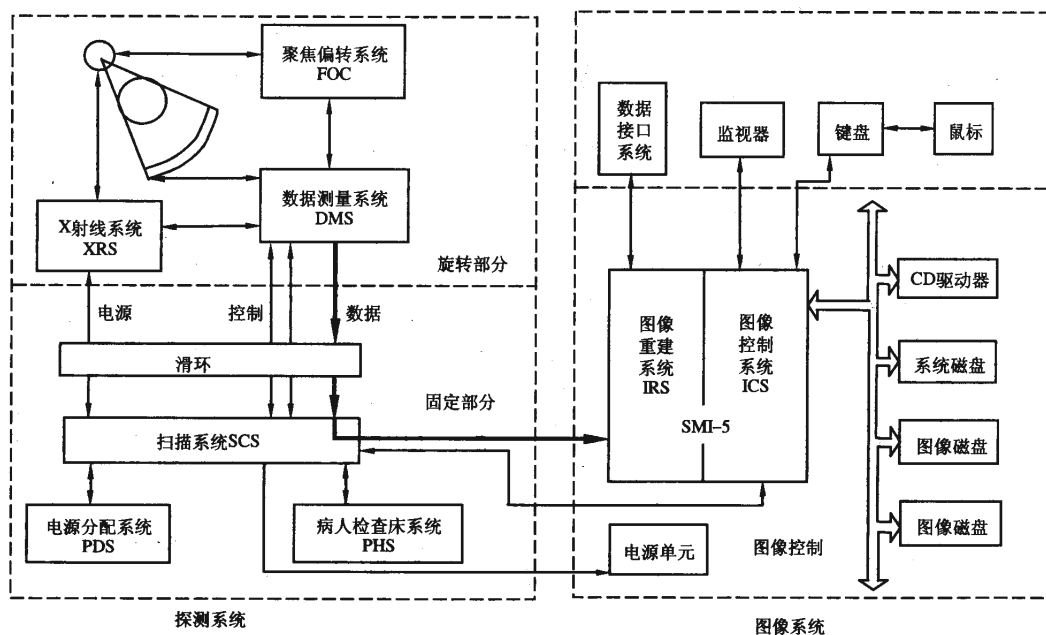


图 4-1-1 CT 机整机系统框图

二、主要单元线路

(一) 探测系统

图 4-1-4 中以滑环为界的左半部分是扫描机架的不动部分，右半部分是旋转部分。

扫描机架的不动部分，是由电源配置箱供给机架连接，还通过滑环送给旋转部分：电源通过整流后接到扫描机架主板 D30 板，从主板 D30 板连接到控制扫描旋转、机架倾斜的控制板 D31 板，然后，再连接扫描旋转电动机和机架倾斜电动机；病人检查床控制是由 D35 板控制的，通过 D35 板连接床升降电动机和床面水平移动电动机，以控制病人扫描床的运动；扫描机架的两个控制键盘开关为 D34 板，控制扫描机架的倾斜角度、病人床的升降和

床面的水平移动以及定位灯的操作；通过主板连接扫描室外面 X 射线发生指示灯。

扫描机架的旋转部分，首先是滑环部分，它有两部分电缆连接，一部分是电源，一部分是信号；电源配置有 X 射线系统、数据测量系统、数据采集系统电源。通过滑环送入的电源经过电源配置一部分供给 X 射线射线发生部分，电源板 D20 板、D21 板，还有一部分供给逆变器 D22 板，然后，连接 X 射线管的旋转阳极 D23 板、灯丝电流控制板 D24 板、准直器控制板 D25 板。在 X 射线管部分中还有 D28 板。在数据测量系统中通过滑环连接模数转换 CPU 板 D26 板和 D27 板函数控制；还有通过滑环和数据测量系统连接到旋转系统中的数据测量控制功能 D5 板，然后与聚焦偏转系统和探测器高压系统连接，D4、D5、D6、D7 板；与旋转系统的数据测量部分连接的数据采集板（即 D3 板），然后与探测器连接。

1. 电源分配系统

如图 4-1-5，通过电源分配变压器连接到扫描系统电源变压器，其中 400V 通过滑环供给扫描系统的旋转部分，连接到（XRS）X 射线发生系统、（FOC）聚焦偏转系统、（DMS）数据测量系统中，即（DC1，DC2）电源变换、（FOC/DHV）聚焦偏转与探测器高压、（DPS）数据采集系统电源；另外，还有 400V 电源供给扫描旋转电动机和扫描机架倾斜电动机两部分；其中 230V 电源供给扫描机架风扇；电源部分的两个 24V 和一个 8V 电源是供给主板（D30），通过 D30 板的电源分配，再送给病人检查床控制部分的 D35 板，通过 D35 板的控制连接到水平移动电动机；还有一部分电源连接到 D36 板继电器板，并连接到病人检查床升降电动机，以控制病人检查床的升降运动。

2. 扫描系统

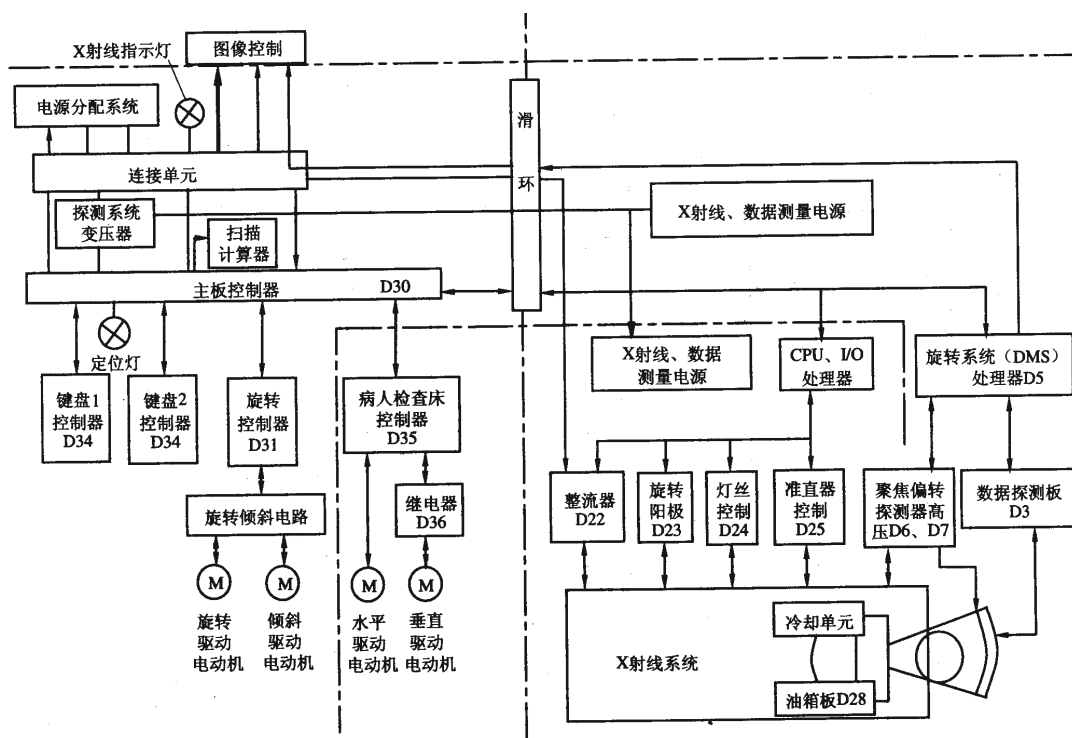


图 4-1-4 探测系统框图

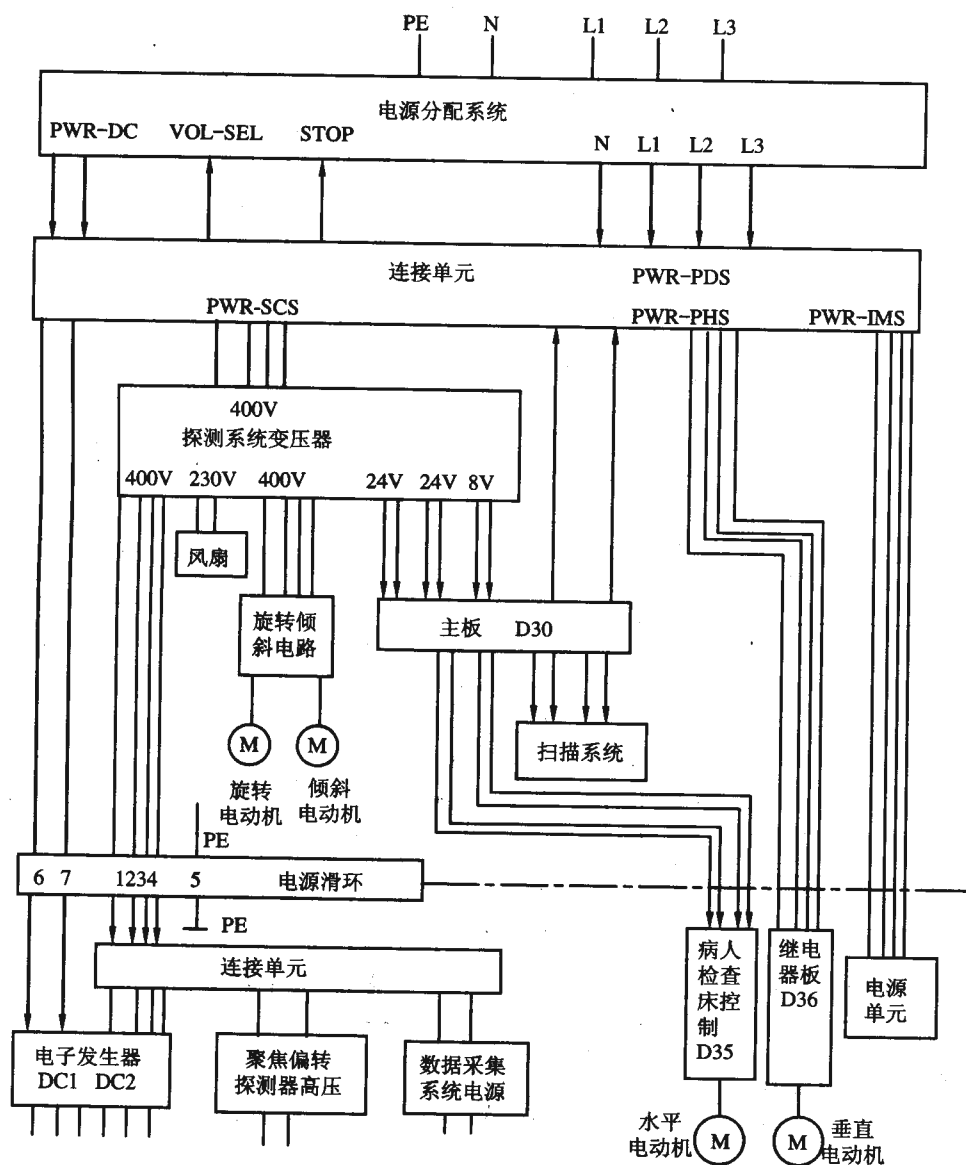


图 4-1-5 电源分配系统框图

图 4-1-6 中的黑色部分为扫描系统，这部分电源也是由电源分配系统供给的，然后，连接到扫描机架的变压器和主板 D30 板，通过 D30 板再连接到 D31 板来控制扫描旋转和机架的扫描倾斜角度两个电动机；D31 板连接倾斜角度传感器控制扫描机架的倾斜角度。另外，由 D31 板还连接到 D33 板以控制灯光的打开和关闭；由 D30 板分别送到扫描机架两边的控制键盘 D34 板，来控制扫描时病人的定位，包括控制病人检查床升降运动、病人检查床的水平移动和定位用的定位灯控制，所有这些控制都是由 D30 板传输达到控制的。

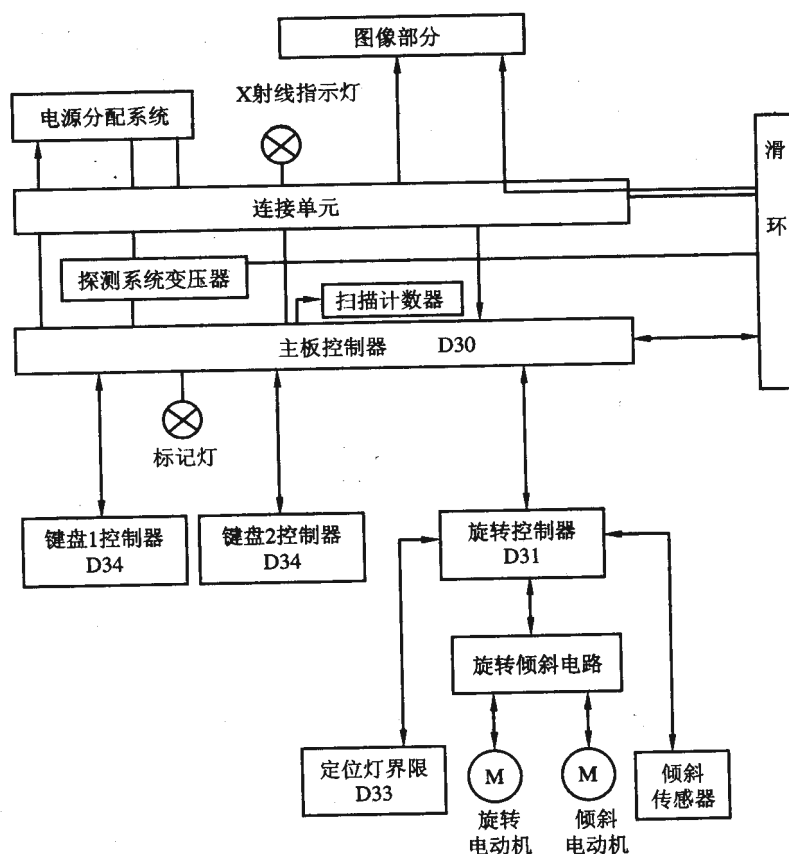


图 4-1-6 扫描系统框图

扫描的旋转部分是也是由 D30、D31 板实现控制的，其电源是由探测系统部分变压器供给 24V、24V、8V 电源到 D30 板，然后，再由 D30 板供给 D31 板的电源分配部分以及病人床的控制，其数据信号部分是从图像控制系统输入到 D30 板的 ICS 联络部分，然后，送到微处理器，从微处理器再送到联络部分，后送到 D31 板旋转的联络部分，通过 D31 板的微处理器将信号送给驱动器，以驱动旋转电动机工作，旋转电动机是一台三相电动机，是一个固定的旋转速度；扫描机架的倾斜角度是由倾斜传感器、倾斜电动机和显示部分组成，由扫描机架两边开关控制倾斜角度。另外，还有停机报告等功能。图 4-1-7 为扫描架倾斜系统。

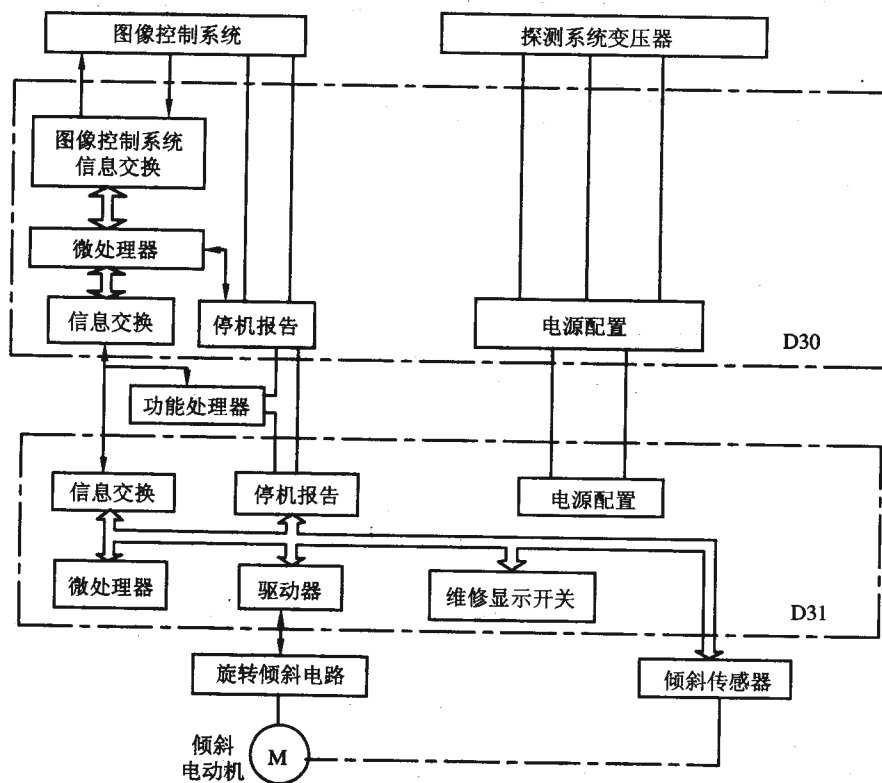


图 4-1-7 扫描架倾斜系统框图

3. 病人检查床系统

图 4-1-8 中的黑色部分为病人检查床系统，其控制是由 D30 板和 D35 板以及 D36 板、37 板来实现的，从 D30 板连接到病人检查床控制 D35 板后，连接继电器板 D36 板，由 D35 板连接升降编码电位器，另外还连接到 D37 板通过 D37 板连接到水平移动编码器；其电源是由探测系统的变压器输出两个 24V、和一路 8V 电压供给 D30 板的电源分配部分，然后，由 24V 和 8V 分别加到 D35 板。控制信号是从图像控制系统先给 ICS 部分联络后，再送给 D35 板的微处理器，到驱动器和控制继电器到 D36 板，由 A/D 变换器控制床的垂直高度和水平移位，另外，在 D35 板上还设有维修转换开关，以利于维修的方便。此外，还有停机的报告功能。检查床垂直运动系统，如图 4-1-9 所示：

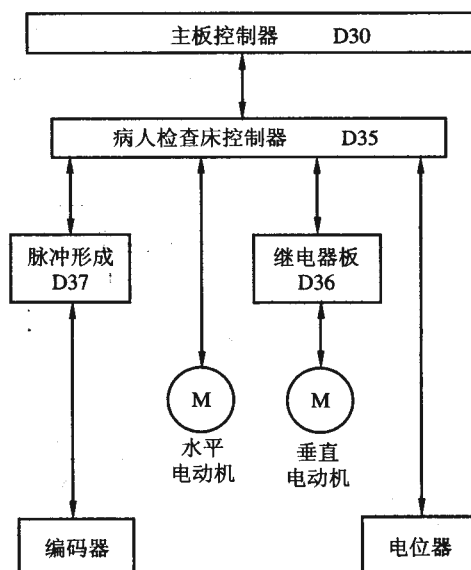


图 4-1-8 检查床单元框图

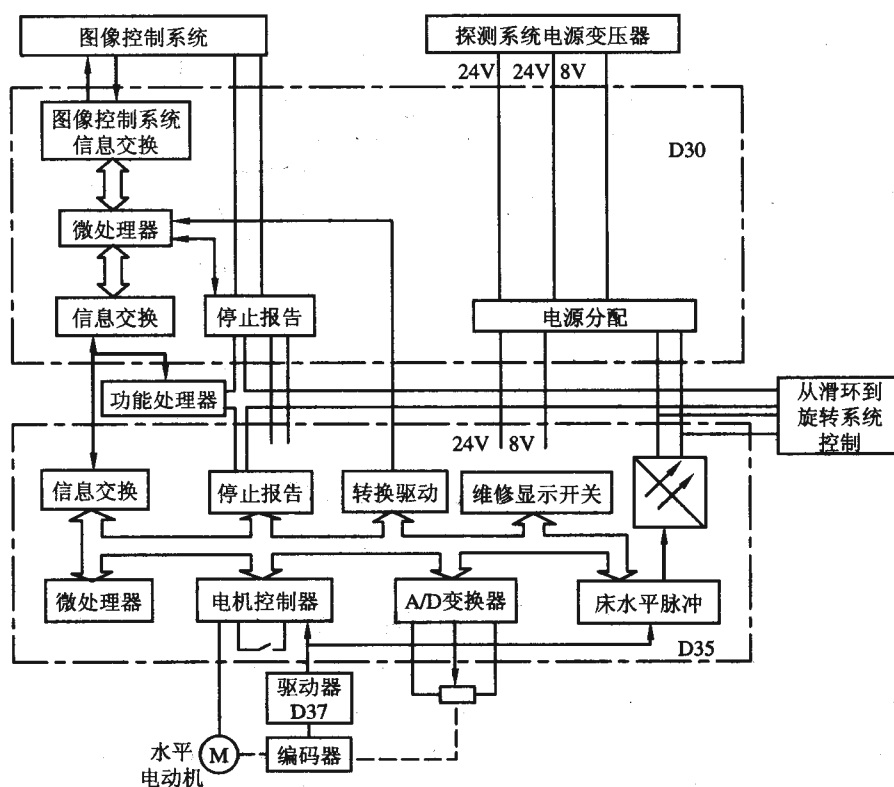
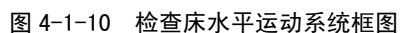


图 4-1-9 检查床垂直运动系统框图



X 射线系统是由 X 射线电源部分、数据测量系统、X 射线系统 CPU、I/O、逆变器、X 射线管灯丝控制部分、准直器控制部分、聚焦系统和 X 射线管的旋转阳极部分等组成。图 4-1-11 中的黑色部分为 X 射线系统。

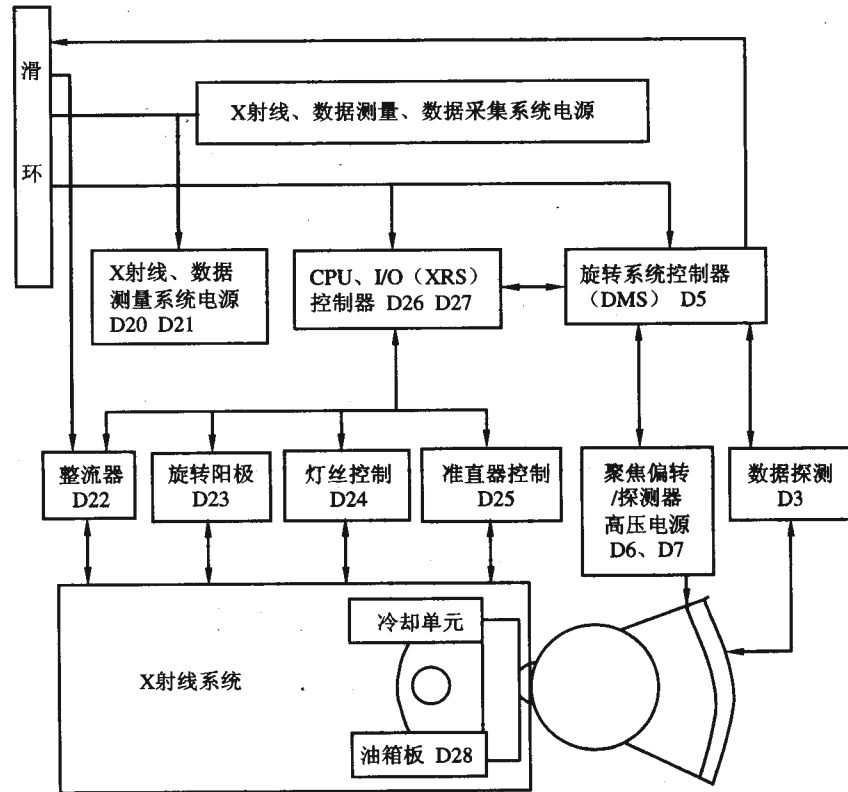


图 4-1-11 X 射线系统框图

X 射线系统电源是由电源配置系统 (PDS) 连接到扫描系统的 415V 或 500V 直流电压通过滤波器直接送给逆变器, 然后由逆变器再送给 X 射线的高压变压器来供给 X 射线管; 通过滑环从扫描系统输出的 AC400V 电源, 通过滤波器一部分送给旋转阳极控制和起动电路, 一部分送给 X 射线系统的电源供给部分, 即 DC1、DC2 板; 通过 DC1、DC2 板将输出的 +40V 供给 X 射线管灯丝正常加热电路、+70V 供给 X 射线管灯丝增温加热电路、+24V 供给各种控制电源、整流器、X 射线管准直器、旋转阳极控制板、电动机和转换开关等、+8.5V 供给数字电路、+19V 供给模拟电路、AC24V 供给扫描旋转部位标记灯、+53V 供给聚焦偏转线圈、+19V 电源供给稳压电路+15V, 提供 CPU 板、地址板等电源、-19V 电源供给稳压电路-15V, 提供 CPU 板、地址板等电源; 其中 X 射线管系统中 +40V 和 +70V 为灯丝加热部分电源, 在数据测量系统中, +24V、+8.5V、±19V 送给这部分电源、整流和变换器; 聚焦偏转系统由 ±19V、+19V、+53V、+19V、+15V 提供电源; X 射线管准直器电源由 +24V 提供; AC24V 供给旋转部分的扫描线定位灯; 另外还有三路电源供给数据测量系统 D3、D5 板和聚焦系统的 D6 板。其 X 射线系统的电源配置如图 4-1-12 所示。

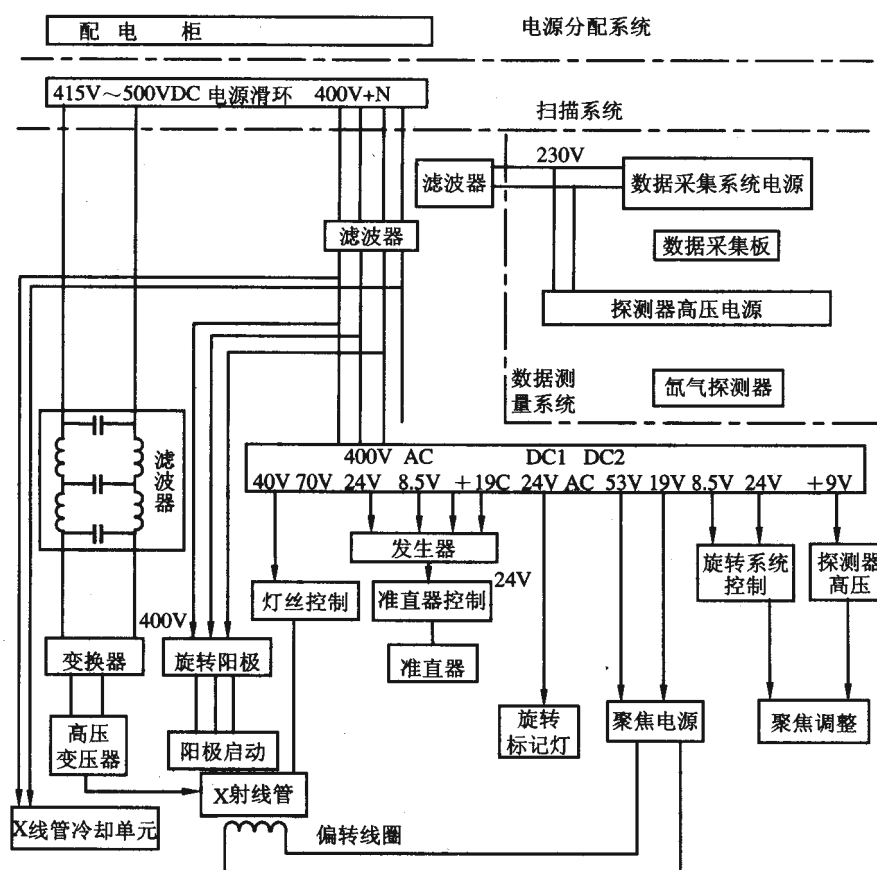


图 4-1-12 X 射线系统电源配置框图

在 DC2 (D21 板) 电源板上通过熔断器 FU2 输出 +53V; FU3、FU4 输出 8.5V (+5V) 旋转阳极控制、数据探测板; FU5、FU6 输出 $\pm 19V$ ($\pm 15V$) 聚焦偏转控制、旋转系统控制、探测器高压电源; FU7 输出 +19V 聚焦偏转电源; F8 输出 5V 信号指示灯; FU8、FU9 输出 AC24V 旋转部分扫描定位灯电源, 通过地址板实现控制; FU10 输出 AC22V 供给 DC1 板; FU11 输出 +40V 供给 X 射线管灯丝正常加热电路; FU12、FU13 输出 +8.5V 供给稳压电路 +5V, 提供 CPU 板和地址板电源; FU14 输出 +24V 送给控制电路板、旋转阳极控制板、X 射线管准直器、整流器; FU15 输出 +19V 供给稳压电路 +15V 主要是整流器、CPU 板和 I/O 板; FU16 输出 -19V 送给稳压电路 -15V 供给 CPU 板和地址板; FU17 输出 +70V 供给 X 射线管灯丝增温加热电路。

在 400V 电源中还有一部分通过滤波器输出的 230V 供给 DPS 部分电源和 DHV 部分的探测器高压, 由探测器电源部分再供给氙气管探测器部分。

在 X 射线系统中, 电源部分的 DC1 和 DC2 两板是非常重要的组成部分, 在扫描系统中, 首先将电源送给 DC1 板 (D20 板), 由这块变换器板输出 650V/20kHz 的电压供给 DC2 板 (D21 板), 再由 D21 板的高频变压器输出相应的电压, 经过整流来供给 X 射线部分和数据的测量

部分及探测部分，另外还有扫描位置定位灯等。图 4-1-13 为 DC1、DC2 电源框图。

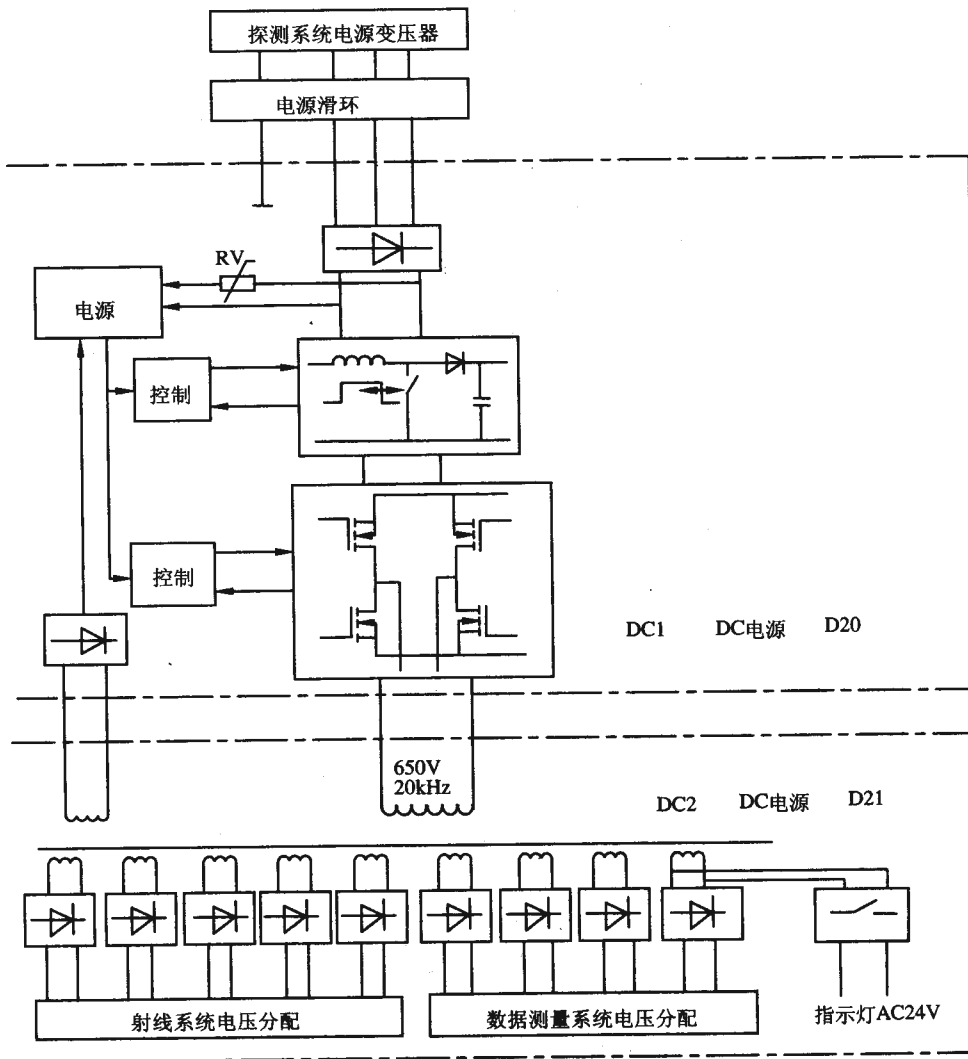


图 4-1-13 DC1、DC2 电源框图

在 X 射线发生器控制系统中，当信号到达扫描系统后，通过并送给 D5 板即数据测量系统，然后到达 X 射线发生系统的 CPU 板即 D26 板，通过 D26 板将信号送给 D27 板即 I/O 板，通过 D27 板的处理再分别与 D21 板、D22 板、D23 板、D24 板、D25 板和 D28 板连接来达到控制。也就是 D27 板的扫描定位灯与 DC2 板连接；准直器控制与 D25 板连接；X 射线管灯丝控制部分与 D24 板连接；旋转阳极控制与 D23 板连接；逆变器的控制与 D22 板连接；另外还有 X 射线管的高压测量、管电流测量、X 射线管的冷却温度测量和 X 射线管旋转阳极的转速测量部分连接到 D28 板上，这块板在 X 射线管总成部分。图 4-1-14 为发生器控制系统框图。

5. 数据测量系统

数据测量系统这部分是通过滑环部分由电源配置到 X 射线系统、数据测量系统、数据采集系统电源、聚焦偏转、探测器高压、旋转系统的控制、数据探测部分和探测器组成。图 4-1-15 中的黑色框部分是数据的测量系统。

图 4-1-15 中自电子发生器 X 射线系统通过聚焦偏转系统 D6、D7 板和探测器高压 D4 板连接到探测器部分和数据探测板 D3 板，由数据采集系统电源供电，通过旋转系统控制部分 D5 板连接数据线和控制线，通过滑环部分再连接到图像控制系统。

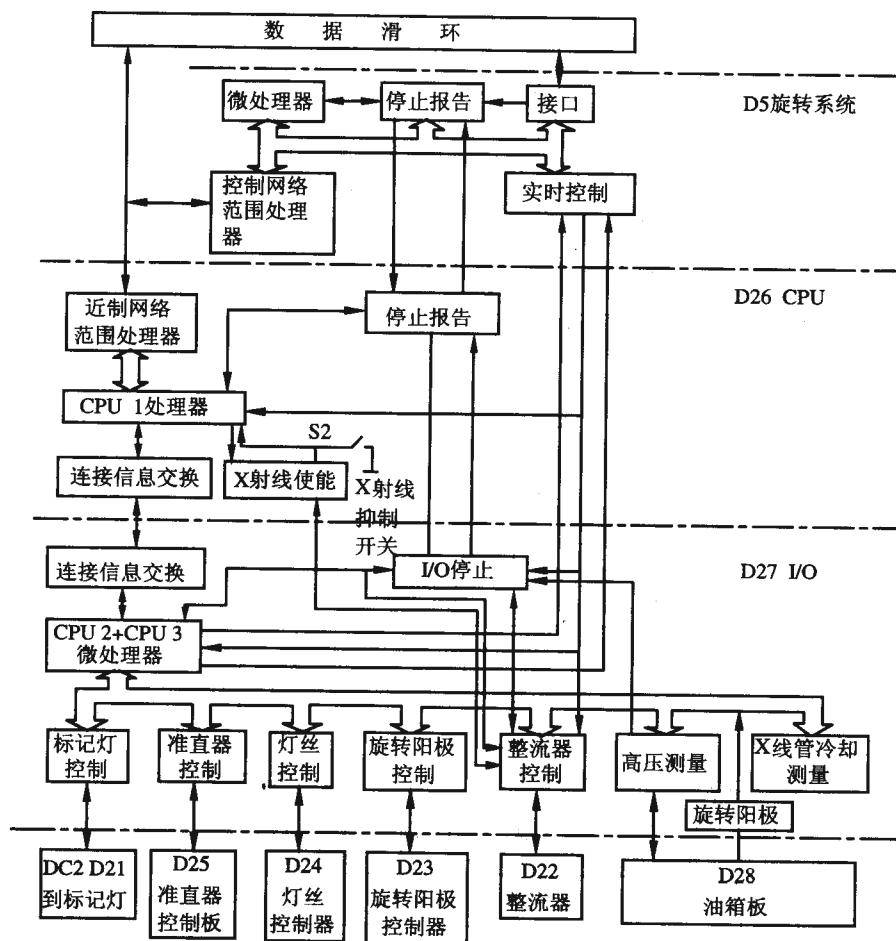


图 4-1-14 发生器控制系统框图

数据测量系统这部分信号是从 D30 板到 D32 板，通过数据环到数据转接器 D37 板，一部分到达旋转系统的 D5 板耦合后连接到微处理器、实时控制、聚焦偏转、串行数据管理；另一部分送给电子发生器部分中的微处理器、地址、X 射线管灯丝、扫描旋转部分、X 线管旋转阳极、高压等控制部分，由 D3 板数据探测板将探测信号送到 D5 板进行控制 and 处理，通过串行数据接口与图像处理系统连接。图 4-1-16 为旋转系统控制框图。

数据测量系统信号处理是由探测器输入信号后到放大器，经过放大器放大后输出电压，再给浮点的放大器，通过浮点放大器送给 A/D 变换器，到达并行/串行输送到图像阵列系统。数据信号处理框图，如图 4-1-17 所示。

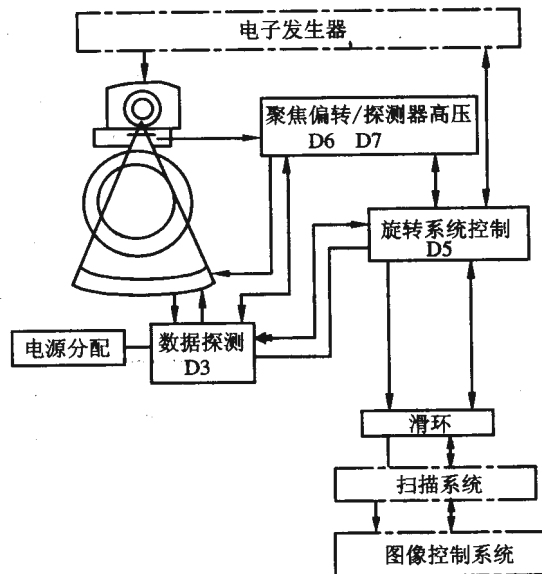


图 4-1-15 数据测量系统框图

数据测量系统电源部分是从扫描系统输入的 230V 加到 D4 板的变压器，输出 600V 电压到稳压控制器后输出 480V 电压，再加到滤波器，通过滤波器滤波后输出准确的标准 450V 电压，供给探测器部分和电压监测部分。图 4-1-18 为探测器电源框图。

6. 聚焦偏转系统

聚焦偏转系统这部分主要是两大部分，一部分是 D7 板（FOCREG），一部分是 D6 板（FOCPOW）和 D10 板；还有与聚焦偏转系统的探测器高压电源部分。在数据探测系统中，是由旋转系统电路控制聚焦偏转。为了获得符合要求的 X 射线辐射源，焦点的偏转系统为电子控制，对实际焦点位置的测量，是由位置检测器送给数据，收集板进行选通，焦点的偏转通过磁性实现偏转，X 射线系统根据焦点位置还具有前后准直器进行定位；其飞焦点系统必须与数据测量系统的操作同步调节，数据传输是由旋转系统控制的；当触发数据采集板同时给数据测量系统和 X 射线系统信号，由数据测量系统输出结果，再准确的读到图像处理系统。在 D7 板中一部分是焦点的参考位置信号，一部分是焦点实际位置信号，通过调节器连接到 D6 板以及 D10 单元到偏转单元实现聚焦偏转。图 4-1-19 为聚焦偏转系统框图。

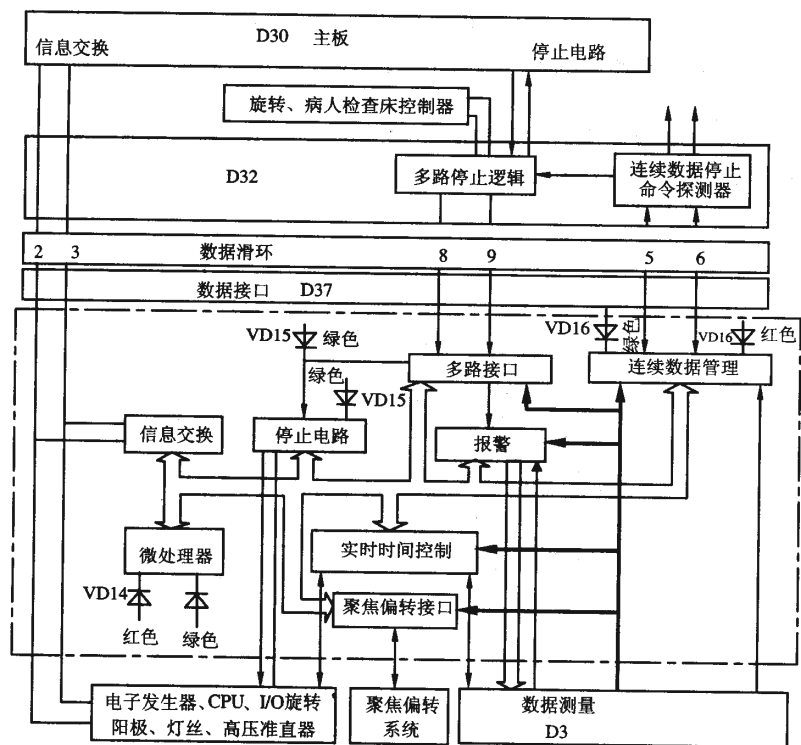


图 4-1-16 旋转系统控制框图

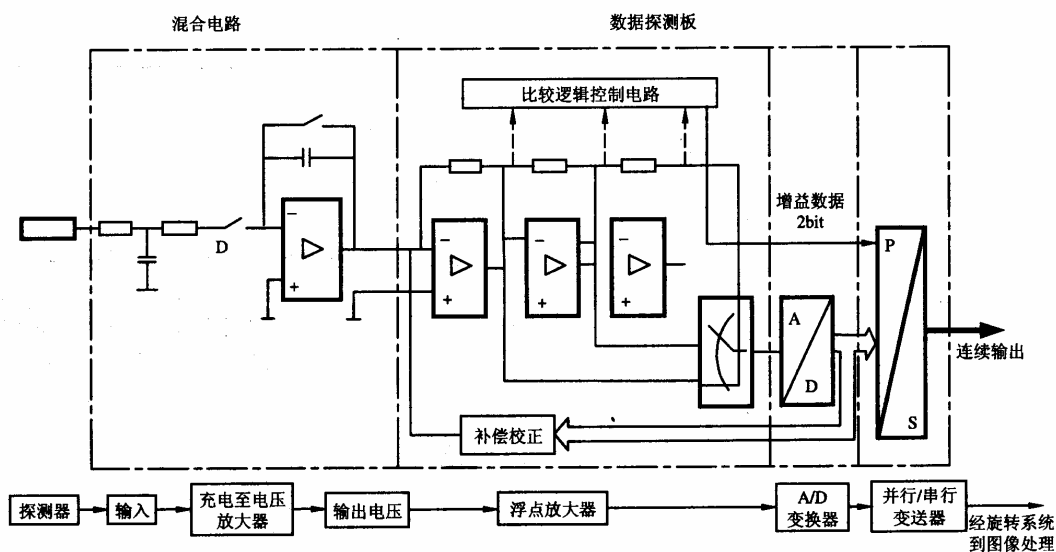


图 4-1-17 数据信号处理框图

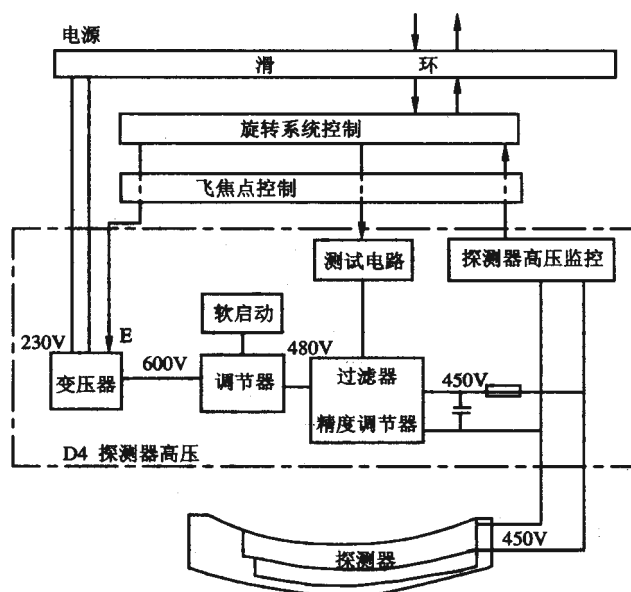


图 4-1-18 探测器电源框图

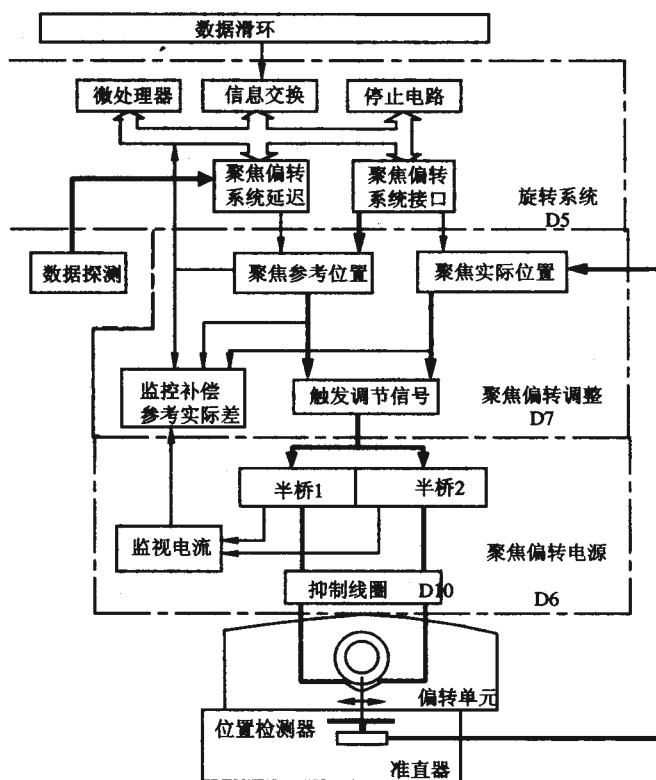


图 4-1-19 聚焦偏转系统框图

这部分包括图像重建系统和图像控制两大部分，由扫描系统所探测得到的数据信号送给

图像的重建阵列系统,通过计算机对图像的控制与磁带机、磁盘机、监视器和键盘鼠标连接,这部分的磁盘机有两个,分为系统程序用磁盘和图像存储用磁盘。在系统磁盘中只有机器的所有运行程序在里面;而图像磁盘中只存储扫描后的数据图像,图像磁盘的容量一般的可存储 512×512 图像 4000 幅左右。经过图像重建系统和控制系统后还与数字接口连接或红外接口连接激光照相机。

第五节 CT 的基本工作原理

CT 扫描机是一种完全新型的图像诊断设备。它是使用仪器调整出细小的 X 线,以笔形线束或扇形线束射入人体,再用电子探测器检测出通过的 X 光量。如图 4-1-20 所示。

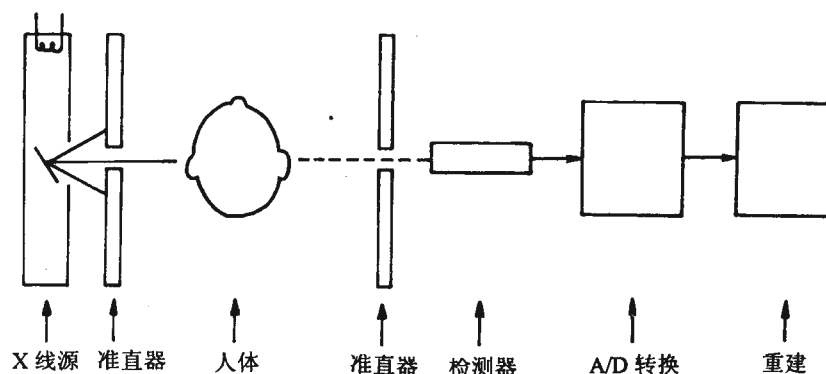


图 4-1-20 CT 摄影构造示意图

由 X 射线管发射出来的 X 光经过准直器 (Collimator) 调准、集中、缩小后射入人体,通过人体的 X 光又经过另一个准直器的调准、集中后才射入探测器。由于 X 光在射入人体和探测器前都经过准直器的调整,故使散射线的发生几率很小。

当 X 线通过人体时,其强度依受检层面组织、器官和病变等的密度 (原子序数) 的不同,而产生相应的吸收衰减,此过程即 X 线通过人体时其能量的吸收减弱过程。探测器收集上述衰减后的 X 线信号 (X 线光子) 时,借闪烁晶体 (或氙气电离室)、光导管和光电倍增管的作用,将看不见的 X 线光子转变为可见光线 (闪烁晶体的作用),再将光线集中 (光导管的作用),然后由光电倍增管将光线转变为电信号并加以放大。借助模拟/数字 (A/D) 转换器将输入的电信号转变为相应的数字信号后,由计算机处理重建一幅横向断层的图像。这是一幅由各像素的吸收系数排列成的图像,所以完全可以排除上下重叠影像的影响,

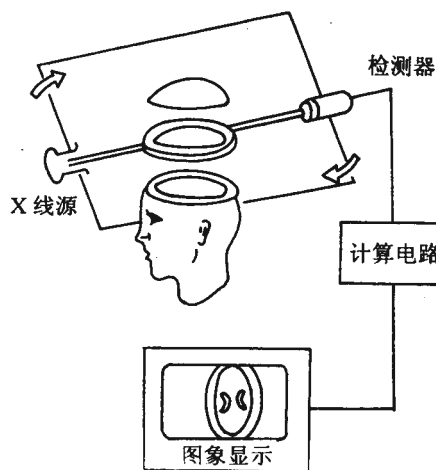


图 4-1-21 CT 扫描所得横断面图像示意图

使图像的细微结构显示清楚。CT 扫描所得横断面图像的示意图如图 4-1-21 所示。

对于第一、二代 CT 机而言，X 射线管与探测器以相对位置安装在同一扫描机架上，同步地对人体进行扫描，在一次直线扫描结束后，机架旋转一个角度 θ ，再进行下次扫描，于是获得多组数据，如图 4-1-22 所示。

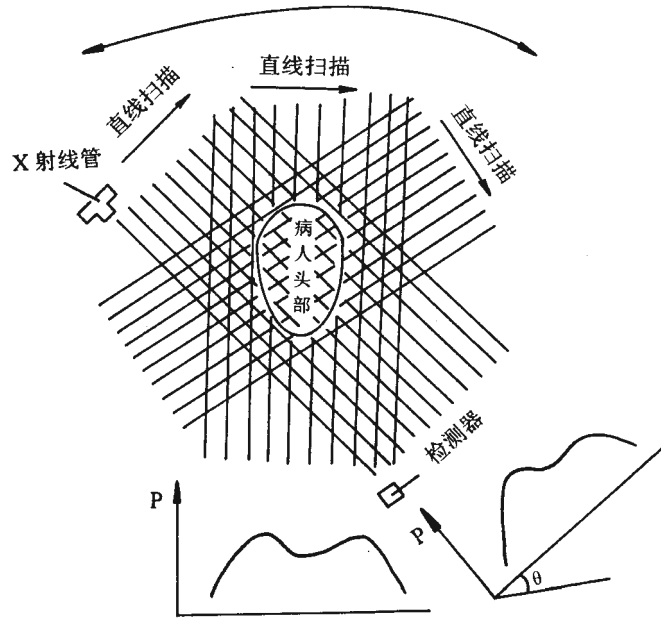


图 4-1-22 直线扫描示意图

第一代 CT 扫描机一般取 $\theta=1^\circ$ ，一个断层图象扫 180° ，如一次直线扫描为 256 数据，则一个断层的总信息量为 $256 \times 180 = 46080$ 个投影值，通常一个横断面所需的时间为 4min。这些投影值即称作原始数据。这些原始数据经电子线路放大，A/D 转换，存入磁盘，由计算机进行运算处理。对于矩阵为 160 的一幅完整的扫描图像，可建立 46080 个方程，求解 $160 \times 160 = 25600$ 个未知数，即 μ 值，矩阵中的每个像素的吸收值均可求解出来。而全身 CT 机，采用扇形 X 线束，多个探测器及旋转采样，不仅提高了扫描速度，而且也使图像分辨力大幅度提高。

在早期的 CT 机中，病人头颅的上半部置于内部装满水的橡皮袋中，皮袋紧贴头部，使病人头部周围均用水包围着，如图 4-1-23 (1)。皮袋的四边是相互垂直的，可以说头部周围的空气完全由水来取代。水的吸收值与脑组织的吸收值相近似，所以在扫描时，透过水袋后的检测值的误差远比头部在空气包围情况下检测值的误差要小得多，因而大大提高了检测的准确度。现在 CT 机上已不用水袋，而用楔形有机玻璃块来替代，也能获得同样的效果，如图 4-1-23 (2) 所示。

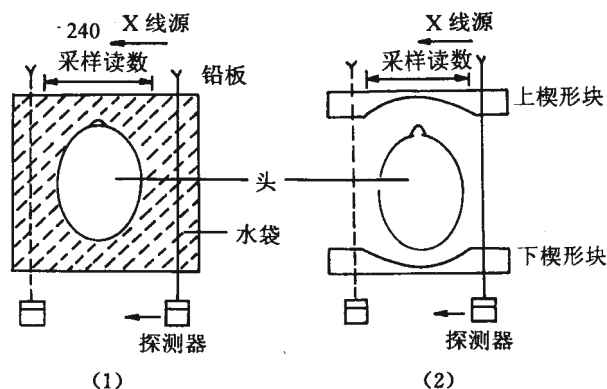


图 4-1-23 CT 机中的水袋和楔形有机玻璃

如前所述，X 射线穿过人体某部位时，不同密度的组织对 X 射线的吸收量是不同的，密度越高吸收 X 线越多，探测器接收到的信号就越弱，反之，组织密度越低，吸收 X 线量越少，探测器接受到的信号便越强。根据物理学中光的吸收定律，X 线穿过人体某部位时的吸收按指数规律的衰减公式为：

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

式中 I_0 ——入射 X 线强度
 I ——通过物体吸收后的 X 线强度
 d ——物体的厚度
 μ ——物体的线衰减系数

将上式中 μ 移到等号的左边，并取对数，得

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu d \quad \text{或} \quad \mu = \frac{1}{d} \ln \frac{I_0}{I}$$

根据上式，代入已知的 d 和 I_0 ，便可求出 I 值。由上式可求得 μ 为 X 线所贯穿各组织元素总的吸收系数。由于实际上沿 X 线通过的路途中被检体的密度等是不同的，一般将被检体分解成许多 (n 个) 小的单元 (立方体)，并且假设每个立方体的衰减系数是均匀的，分别为 μ_1 、 μ_2 、 μ_3 …… μ_n 那么，则可以得到：

$$I_n = I_0 e^{-(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 \cdots \mu_n)d}$$

$$\text{或} \quad \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 \cdots \mu_n = \frac{1}{d} \ln \frac{I_0}{I}$$

该方程即为 CT 重建图像的基本方程。如果已知式中的 I_0 、 I 和 d ，即可求出沿 X 线路径上的吸收系数之和 $\mu = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 \cdots \mu_n$ 。因为重建一幅 CT 图像，必须求解每个小立方体的吸收系数 μ_1 、 μ_2 、 μ_3 …… μ_n 。由于几个未知的 μ 不可能从一个方程中解出，故必须从不同的方向进行扫描，收集足够多的采样数据，建立足够多的方程，从而求出吸收系数 μ 。这些复杂的运算工作是靠高速电子计算机来完成的。

另外,在 CT 扫描采集信息过程中,只有获得准确的数据,才能进行正确的计算。因此,对采集到的数据必须进行修正。首先是修正零点漂移即空气减除,在数据采样过程中,由于探测器漂移, X 线的变化及其它因素的影响,从而引起探测器读得的空气的 CT 值不是一 000 而造成的失真,在重建图像前应进行校正。如当一次平移扫描结束旋转时, X 射线束被铅板挡住,不能透过。此时探测器上接收到的信号应为零。下一次采样应从零(或同一电平)开始。可是,由于各探测器参数并不完全一致,并且各探测器余辉时间也不相同,所以扫描下一次时,各通道的输出就不相同。有的通道会是零,有的会是负,有的会是正。我们把这种现象称为探测器的零点漂移。如图 4-1-24 所示。

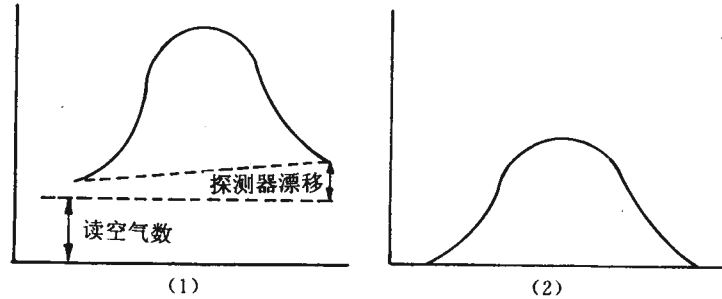


图 4-1-24 修正零点漂移

为了修正原始数据零点漂移所带来的误差,当每次扫描开始时,首先应探测各通道的零点漂移值,然后每一个原始数据减去(或加上)对应通道的零点漂移值(视零点漂移的正负值去减或加),这样,各通道就都会从零开始,使零点漂移得到了修正。这种修正工作是由 A/D 微处理器来完成的。

其次是对射束硬化效应进行补偿。这是因为当 X 射线透射过人体某部位时,虽然使用滤过板,使 X 线尽量接近单色辐射,可减少硬化效应的影响,但实际上射束硬化效应仍然存在(图 4-1-25)。当 X 射线穿过被检体时,低能射线很快被衰减,吸收曲线接近高能射线,使得被检体的外观变薄,从而造成采样数据失真。

补偿射束硬化效应就是对射束硬化效应失真进行校正如图 4-1-26 所示。射束硬化失真随穿透被检体的横向距离有如图 4-1-26 (2) 所示的杯形作用,故被检体的重建图象失真必须有如图 4-1-26 (3) 的射束硬化曲线来进行校正。补偿射束硬化效应亦称线性化,它是在 A/D 转换器中进行的。这是针对每一个探测器,并根据它的特性事先制定了相应的校正曲线表,这个校正用线性表事先已编成文件存放在数据库中。当进行射束硬化校正时,只要从数据库中调出一组线性表对各探测器的采样值进行校正就行了。

最后是进行正常化处理,此项工作是在线性化和减空气处理后进行的。CT 扫描时,每一条射线束或一组射线束在同一次扫描过程中,环绕被检物体在不同方向上扫描,它所采集的数据经内插后的总和应是相等的。如图 4-1-27 所示,各方向扫描所得的数据总和均为 10。正常化处理就是对扫描数据的总和做检验,并进行校正。

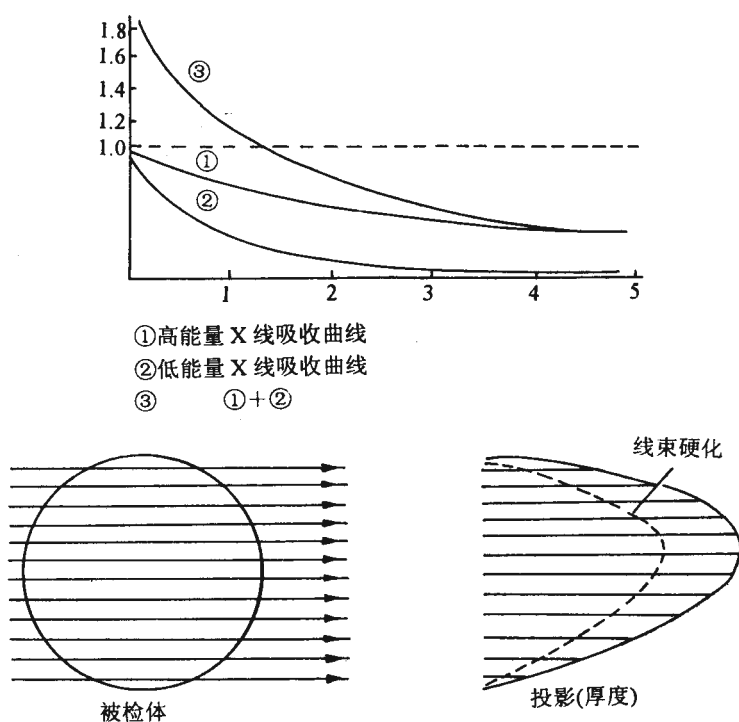


图 4-1-25 线束硬化失真

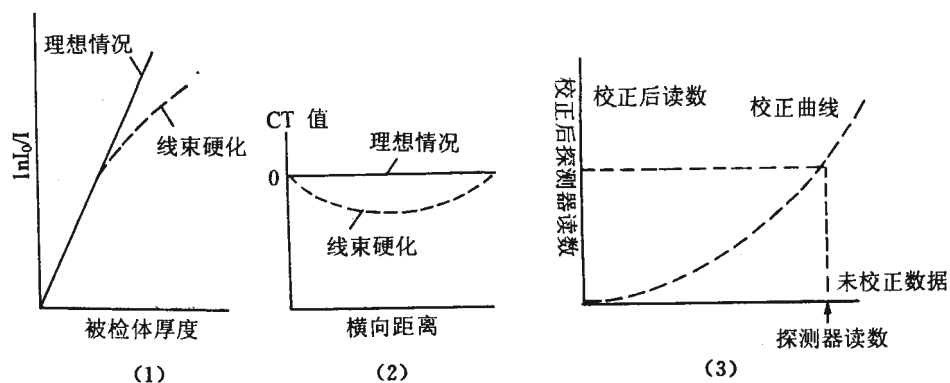


图 4-1-26 射束硬化校正

(1) 线束硬化产生的非线性失真；(2) 杯性作用；(3) 线束硬化校正曲线

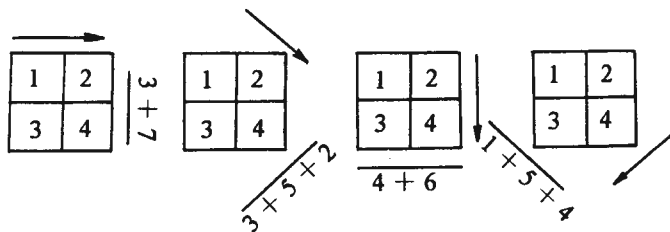


图 4-1-27 正常化处理示意图

第六节 CT 机产生故障的原因及检修方法

CT 机汇集了 X 线机、计算机、图像处理机等先进技术，不但有复杂的电子线路，而且还有计算机软件系统。维修时，既涉及到硬件的测试与更换，又需对软件进行检查和参数校正，保养和维修工作较复杂，通常可分为日常定期维修和故障检查修理两种。出现故障时，要谨慎地进行检查和修理，切忌盲目乱拆乱卸，以免使故障扩大。

各代 CT 机结构有所不同，首先应针对具体机型，掌握说明书上所指出的项目和规定，进行定期检查和维修，以便及时发现问题，解决问题，避免一些故障。CT 机在日常使用过程中，由于种种不同的原因而造成某些元器件及机器产生故障，使其性能下降或停机，原因很多，各型各色，故障现象有时变化也很大，有的故障现象相同，但发生的部位、部件不同，有时还可能出现同一个部件产生不同的故障现象。CT 机的故障通常可分为机械故障、电器故障和计算机软件故障等。

机械故障常见的有转动部件失灵或卡死；以及长期使用后磨损造成机械精度改变，弯曲、断裂、固定件松动或脱出，如螺钉、螺母、铆钉、键等。

电器故障就其性质而言，基本分为三种：开路故障、短路故障、漏电故障。

软件故障最常见的是软件被破坏，致使 CT 机不能正常工作或停机；以及部分软件参数改变，出现异常图像，这就要对软件中的有关参数进行校正。

一、产生故障的原因

在日常工作中，造成 CT 机故障的原因常表现为：

（一）正常性损耗

无论国产还是进口，任何机器、任何部件都有一定的寿命，没有不坏的机器。如 CT 机的 X 线管，在长期工作中，因阳极不断蒸发的金属附着在管壁上，或阴极灯丝逐渐因点燃而变细，内阻增大，使其发射电子的能力减低，造成 X 线管衰老，故 CT 机的 X 线管受曝光次数的限制，此种情形便是正常性损坏，无法修理，只有更新。此外，如 CT 机的光电倍增管也随使用年限的增长而逐渐衰老，还有继电器触点的损坏，轴承的破裂等，很难用某一规定的使用时间来衡量，但可通过正确地使用和维护，延缓其老化过程，延长使用年限。

（二）性能调整欠佳

CT 机是精密医疗器械，在安装和检修调整机器过程中，必须按照机器说明书中的技术要求逐步调试和校准，如扫描床的进出速度、图像对比度、密度分辨力、CT 值校准、图像尺寸大小、译码器的调整、高压波形的测试调整等，都应细致认真对待，若调整不当，轻则工作不稳定，重则使元器件寿命缩短，甚至无法正常扫描工作。若致电流过大，或电压过高均易导致元器件的损坏。

（三）人为地损坏

这是由不正当的操作造成机器的损坏，如操作者对机器不熟练，对使用者要求不严，不按常规使用，如在不预热 X 线管的情况下，便接通高压扫描，这样会迅速降低 X 线管的使用寿命，使其突然高温而造成 X 线管阳极靶面烧伤，轻则使 CT 图像质量欠佳，重则造成 X 线管报废。另外，有的操作员工作时将喝水杯或饮品放置在操作台上，不小心碰倒会造成操作台键盘进水，轻则停机，重则造成机器进水短路而损坏。

（四）机器本身质量欠佳

早期的 CT 机，因设计、制造的质量不好，而且很多元器件质量也不过关，经常发生故障，有的甚至修不胜修。

（五）电源不稳的影响

CT 机对供电要求十分严格，由于电源电压的忽高忽低，除影响机器的正常使用外，同时还影响机器的使用寿命。如磁盘机、磁带机正在高速旋转，磁头正在读取数据，浮在盘面上；机器正在扫描中，此时突然停电或换闸，就有划坏磁盘，破坏软件工作的可能，也会造成设备多处损坏，给修复带来极大困难。

（六）平时保养不好，维修不及时

CT 机的日常定期保养十分重要，需经专门培训，固定专人负责。如继电器触点不清洁，机器内的灰尘没及时清除，高压电缆插头硅脂或变压器油没及时添加或更新、机械部分的润滑欠佳、计算机柜内的空气过滤网不勤清洁，会造成通风不畅；高压电缆过度弯曲或受潮，会使其绝缘强度降低，造成高压击穿故障等。

二、故障检修原则与方法

（一）检修原则

（1）检修时必须由具有 CT 机专业知识和一定实践经验的工程技术人员负责，要有严肃、认真的工作态度。

（2）先调查后动手：即当发生故障时，首先观看终端显示屏上的错误报告信息，向操作者了解发生故障的前后情况，然后再结合故障现象动手检查。

（3）先外后内：即先检查机器外部元器件，以及各开关旋钮的位置是否正确，然后再打开机器内部进行检查。

（4）先静后动：即先在不通电的情况下，用眼观、鼻闻、耳听及万用电表测等，静态

观察有无响声和气味。然后再接通电源,逐步认真分析和测量,找出故障发生的位置和原因。

(5) 先读图后动手:检修者一定要对所检修的 CT 机说明书以及有关资料数据认真的阅读和掌握,掌握各种软件操作程序,并弄清机械的结构原理,电路的工作原理。机器发生故障时,先读懂故障部位的电路原理图,最好以流程图的形式逐步列出,特别是对继电器的工作状态分析,一环扣一环,以流程图的形式可省时省力,加快找到发生故障的原因,然后再动手找出排除故障的方法。

(6) 充分发挥故障诊断软件的作用,CT 机的软件中,一般都设置了各种校验程序,其中也包括故障诊断软件。发生故障时,运行这些故障诊断程序,可提示故障部位,性质及其相关信息,结合故障现象,参考这些信息,追根求源,便可找出故障所在。

(7) 综合分析,制定检修计划,切忌无计划的“盲动”检修。检修完毕,应对 CT 机进行综合校验和必要的调整,并填写检修记录。

遵循上述原则,可少走弯路,加快检查和排除故障的速度,提高检修工作的效率。

(二) 检修注意事项

(1) 在带电情况下进行检修时,所用检修工具如仪表测试笔、接线夹、螺丝刀等,其金属暴露部分尽量少,以免造成短路。如无专用工具,可在普通工具上加装绝缘套管。

(2) 按制定的检修计划逐步进行,检修用仪表要保证一定的精度,避免测量误差过大,影响检修工作。

(3) 凡拆下的导线均应作好记录并加以标记,以免复原时出现错线错位,造成新的故障,对需要调节的元器件,调节前后都应做好测量记录,以免错乱。对拆下的零件、螺母、螺钉等要分别放置,不可乱丢,检修后应及时装回原处。

(4) 当遇到短路故障时,例如:CT 机高压击穿、机器漏电、电流过大等情况,应尽量避免过多的重复试验,非试验不可时,应选择低条件,谨慎从事,防止将故障扩大。

(三) 检修方法

在日常检修 CT 机中,会碰到性质、现象不同的故障,也有繁简、大小、隐蔽和明显的故障,这就应根据不同情况,对症下药,采取有效的检测手段,才能“准而快”地查出故障所在。在检修 CT 时常用的查找故障方法有以下几种:

1. 控制台面板法 即利用 CT 机操作台上设置的开关、按键、插子 L、旋钮和各种指示器等来缩小故障的查找范围。

2. 直接观察感触法 即利用人的眼、耳、鼻、手等感官,来发现较明显的故障。例如接线松动或脱离、电子管灯丝是否点燃,电阻烧坏断裂,电解电容电解液外溢、变压器烧焦,高压电缆击穿,漏油、速度不匀, mA 表上冲, KV 表不稳等明显故障适用此法。但也要注意,用此法找到的故障,有时可能是发生故障的表面现象,不是原因所在,因而不应急于更换零件,应认真分析引起故障的真正原因,否则故障非但不能排除,反而会加重。

3. 信号注入法 即利用逻辑测试笔或信号发生器输出各种不同频率的信号,加到待修件的输入端,在输出端用示波器观测其波形的变化,此法对因放大器引起的故障帮助很大。

4. 对比代替法 即用新的元器件或电路板替换怀疑有问题的元器件或电路板,观察故障能否排除。此法需有大批的零备件,既快又省事,对因元器件变质、虚焊等隐蔽的故障甚

有效。

5. 切割法 即有时一个故障现象牵涉面很广，会有好多个故障引起的可能，必须将这些可能性一个一个地排除，最后只剩下一种可能性。或者对于难于判断故障所在或现象相同而部位不同的故障采用此法很有效。如 X 线部分的 mA 表上冲，可先将变压器端电缆拔出进行高压通电试验，而后将 X 线管侧电缆拔出，这样很快便可得出结论。对于计算机系统的故障，可利用终端板来分段查找，逐段排除，这样可逐步缩小故障的搜寻范围。

6. 软件法 即充分利用故障诊断软件来查找故障，指明方向，加快排除故障的速度。

7. 测量法 即用万用表、计时器、示波器等进行测量，将所测数据与原资料进行对比，以便迅速准确地判断故障所在。在使用中，不同的故障，不同的部位，不同的技术要求，要选择不同的仪表。总之，测量法是检查故障常用和可靠的方法，而各类仪表又是检修的重要工具，是检修工作者的耳目，应熟练掌握并倍加爱护。

在 CT 机的检修工作中，方法是多种多样的，实践多了还会有很多小技巧，积累许多小经验。希望 CT 工程技术人员结合发生故障的现象，部位，从实际出发灵活掌握和运用。

第七节 CT 图像环形伪影故障分析

CT 图像产生环形伪影是第三代 CT 机常见故障之一，造成和引起环形伪影的因素很多，要排除此类故障，必须找到其产生的原因，在排除故障过程中，有时可能几个因素互相牵制或同时存在，必须按一定的程序，逐步查找，直至最后排除故障，使 CT 图像恢复正常。

一、产生环形伪影的因素

(1) 数据收集系统 (DAS): ①电源: 电压超差或纹波过大，主要是机架上供给 DAS 的四组电源，其中有一组是专供探测器的高压电源；②通道放大板；③横/数转换板，在 GE9800CT 机上共有 12 块；④缓冲板；⑤安装和固定通道板、A/D 板的底座。

(2) 探测器。

(3) X 线管的输出量不足。X 线管和探测器的相互位置调整不当。

(4) 准直器内有异物进入，或内部的滤波片损坏等。

(5) 2%边缘控制片松掉，若此片松动，落入 X 线照射场内，便引起有害的 X 光反射。

(6) QCAL 斜片松动，QCAL 是用来校准 X 线管在不同温度情况下，光束位置的计算标准。如果此片松动，会造成以前校准的参数失效。

(7) 模型校准数据不准 (PhantomsCAL)，由于时间长久，球管校正参数发生变化，DAS 系统等电路参数发生变化，环形伪影大多出现在图像靠中心位置。

(8) 阵列处理器 (AP)，其中电路板，电源不正常等。

二、检测及分析处理

(一) 数据收集系统 (DAS)

首先，观察环形伪影是单环还是多环。单环时，多由通道放大板或探测器产生，可互换通道板，查出有故障的板号与位置。

多环时，需分下列几种情况分析：①每道圆环间距 0.8cm，多由 A/D 板引起；②多环集中在图像中心部分，表明 X 线管输出量不足，需重做模型校准；③整个图像上都有“环”，特别是用 10mm 层厚扫描时更严重，多系球管位置偏移，需进行调整校准。

（二）检测探测器

（1）压力检查，即检查探测器内部氙气压力，正常情况下对 GE9800CT 机应大于 275PSIG。

（2）检查连接探测器偏平型软电缆，如果 DAS 等测试均通过，但环形伪影仍然存在，可考虑是探测器某个单元（单环时）或某几个单元（多环时）坏了，或者是连接探测器与滤波放大板的软电缆有故障，其检查方法如下：首先，查出引起环形伪影的通道所在的板号位置，将对应板的软电缆与相邻的软电缆互换位置。再用 DAS 诊断程序测“环”所在的通道号，如果号码位置移动了 16 个数字，这说明相应的探测器单元或软电缆有问题。再用万用表测量软电缆各条引线，从而判断是否软电缆问题。

（三）检测准直器

当环形伪影的出现与温度有关时，或在 X 线管热时，或多是“黑”、“白”环成对出现。

可采用 120kV、200mA 的技术条件扫描 20 张，若前 10 张出现环形伪影，说明在 X 线管冷时出现；若后 10 张出现，说明在 X 线管热时出现。此种情况，多系准直器内划伤或脏了，必要时可拆下球管，仔细检查准直器的情况。

（四）检测 AP 系统

由于 AP 工作不正常，也会引起环形伪影，通常情况下运行 AP 测试程序均能发现问题。快速准确地判断 AP 系统有无问题的简单方法是：在 CT 机工作正常时，对标准水模进行扫描，并保留 RAWDATA，取一空白磁带或软盘，将扫描水模的 RAWDATA 录制下来，同时将水模的标准图像拍摄下来。当怀疑 AP 系统有故障时，可将录制下来的 RAWDATA 返送到磁盘中去，进行图像重建。如果能将水模的扫描数据重建成水模的标准图像，则证明 AP 系统工作正常，反之，则可判定 AP 系统有问题。

三、环形伪影故障举例

由于 CT 机机型很多，生产厂家也不同，故在以后的故障举例中，分别列出机型名称，以便读者借鉴。

例 1：GE9800CT 机

故障现象：进行轴位扫描时，图象中心出现单环伪影，很有规律、位置不变。伪影环密度偏低，环内、外密度稍偏高，类似于未校准的环形伪影。进行模的校准后，暂可消除。但检查不到 10 名病人，环形伪影重新出现。随着 kV/mA 值的增加而显著，做平片扫描时，在 90 度或 270 度方向上图像正中心出现一条横向直线伪影。计算机错误报告表中无任何错误信息。

检测及分析处理：对数据收集系统（DAS）用诊断程序检查，未发现异常。手动打开检查滤线器，发现滤线器中央部位有一条细裂纹，该滤线器介于探测器与球管之间靠球管侧，由聚四氯乙烯压制成抛物线形，其功能是滤掉无用的软 X 线，当 X 射线通过人体时，由于

其制成抛物线形状的作用，使到达探测器的 X 射线为能量分布相对均匀的硬射线束。该滤线器安装在电动机驱动位移的装置上，可通过调用指令来选择其位置。由于频繁地机械运动及振动，以及长时间 X 射线照射的影响，使其机械强度下降而产生裂纹破损。裂纹初期，经校准可暂消除，继续扫描裂纹加大，伪影依旧出现，故凡是经过校准不久，环形伪影又重新出现，应考虑该滤线器是否完好无损。此种环形伪影的特点是环形内外密度上有差别，而故障通道引起的环形伪影线条较清晰，这是二者鉴别之处。更换新的滤线器后，故障消除。

例 2：GE9800CT 机

故障现象：在进行校准模扫描时，图象上出现明显的高亮道环形伪影。

检测及分析处理：测量探测器的电源，500V 高压消失，进一步检测，有一个通道对地短路，无信号电流输出。查错误记录表中没有相应的错误信息报告。进一步对探测器进行细致地检查，仍测不出高压，诊断为探测器本身有故障，更换新的探测器后故障排除。

例 3：GE8800CT 机

故障现象：轴位扫描图像中出现多个同心的环状伪影；定位扫描图像上分布有粗细黑条影，间距不等。

检测及分析处理：运行 SUDS 程序，无论 offset 或 CAL2，其平均值与标准差各通道都在规定的范围之内。在一次反复运行 SUDS 中，发现 offset 的平均值上下变化较大，原调在 15.50~16.5 之间，后变到 14.53~19.99 之间。进一步测量探测器的 +500VDC 电源，为 +148VDC。将此电源调节到 +500VDC 后，在扫描过程中测探测器的 +500VDC 电源，发现在 +467VDC~497VDC 之间变动。诊断为图像的多环伪影由 +500VDC 电源所致，更换该电源后，重建图像正常。

例 4：机型：GE9800CT 机

故障现象：图像中出现很有规则的低密度粗线条同心圆环形伪影。

检测及分析处理：查计算机错误记录表中没有相应的故障信息，可以随意地多次取得故障图像。无论是扫描病人的数据或者是经 DC 取得的数据，只要在 SLCF 中，便可用 CTDS 中的 GA 进行诊断。其方法是在 GA 中调出存在 SLCF 中的故障图像，这时在图像上会出现一些互相平行的竖线，用十字光标寻找该竖线所处的滤过板号和 A/D 板号。若上述竖线的以上两个板号中，某个号数不变，该板便是故障所在。更换此板故障即可排除。

例 5：机型：GE9800CT 机

故障现象：图像中出现粗细不等的高亮度同心圆环形伪影。

检测及分析处理：在错误记录表中无相应的故障信息提示。可以随意地多次取得故障图像。运行 CTDS 中的 DQ 程序，运行 AUXILIARYCHANNEL 程序，发现 +5VDC 电源电压偏低，测量 DAS 中的 +5VDC 为 4.61VDC，将该电源调整到 +5VDC 的规定范围内，图像恢复正常。

例 6：机型：GE9800CT 机

故障现象：图像中出现粗细不等的高密度同心圆环形伪影。

检测及分析处理：查错误记录表中有故障信息为：WAIT TOO LONG TO OFFSETSMOOTHING。此故障不能随意获得故障图像，当扫描机架内温度过高时，故障随机产生，和温度密切相关，改善机架的通风散热条件后，故障排除。

例 7：机型：GE9800、9000、8800 及 640 型 CT 机

故障现象：图像中出现密度不等的同心圆环形伪影。

检测及分析处理：查错误记录表中找不到相应的故障信息，首先，应排除其它产生环形伪影的可能性，再采用 CAL CHECK 进行检查，通常情况下 CALCHECK 的图像出现环形伪影，提示模型校准软件数据失效。其原因是 CT 机的数据产生和数据收集系统，包括执行机构的机械运动，电器性能和外界环境，随着时间的推移及环境条件的变化，其性能和状态参数也会随之改变，产生的数据和收集的数据也将有所变化，若以上诸因素很不稳定，那么，原来校准的“标准数据”便不能完全适应以上因素的变化，将产生一定的偏差，表现在图像上便出现密度不等的同心圆环形伪影。此种故障的解决办法是重做一次模型校准，环形伪影即可消除。

例 8：机型：第三代各型 CT 机

故障现象：采用骨窗观看图像时，发现图像上有一低密度环形伪影。

检测及分析处理：查看错误记录表中没有相应的故障信息。有时可重复获得故障图像，有时扫描某几层图像正常，某几层又出现环形伪影。时好时坏，无一定规律，用 CTDS 中有关程序检查均通过，无异常表现，但故障图像仍时有发生，无特定办法查找故障原因。在对 DAS 系统各电路板进行清洁时，发现电路板连接端子处有绝缘油污，经检查发现 A/D 板上绝缘油垫融化，流进接线端，使其接触不良。对该油污处进行彻底处理后，故障排除。

例 9：机型：岛津 SCT-3000TX 型 CT 机

故障现象：图像中出现多个同心圆环形伪影。

检测及分析处理：①首先对球管进行加热训练，空气参数校准，再扫描时图像环形伪影仍然存在。②用保存的 RAWDATA 重建图像正常。③运行 ILCAL 程序，检查 L 系数调整表正常。④检查探测器及数据收集系统未见异常。⑤检查探测器+300V 电源正常。但进一步检查探测器左、右两边地线端时，发现一端接地线螺丝松动，接触不良。拧紧该地线端，使其接触良好，多环伪影消失，图像恢复正常。其原因是由于探测器一端地线接触不良，引起探测器左、右两边的氙气电离室内形成不同的电压差，致使探测器电离室达不到稳定的工作状态，收集的数据必然不准确，多环伪影随之产生。

例 10：机型：Picker-IQ 型 CT 机

故障现象：头部扫描，图像正常；腹部扫描，图像变暗。进行半场视野扫描水模，CT 值及图像正常；全场视野扫描水模，其外周出现一高亮度圆环，此时测水模内 CT 值为一 30 左右，正常时水的 CT 值应为 0。

检测及分析处理：根据故障现象，环形伪影出现在全场扫描的外周，而半场扫描正常，初步判断故障在数据收集系统。首先检查准直器、毫安补偿器至球管射线输出口前的各有关部件，均无异常发现。再检查半场和全场视野扫描时，缩光器的工作状态，发现缩光器在全场扫描时，工作位置不正常，挡住了部分 X 线，致使 mA 下降，图像分辨率降低，外周出现高亮度圆环。该缩光器是由继电器通过电机来控制缩光器的工作，打开缩光器检查，发现遮光铁片不能滑动，铁片运动的滚珠生锈卡死，经过润滑处理后，运动自如，缩光器工作正常。该机在行全场视野扫描时，缩光器继电器不工作，靠弹簧的弹性力使遮光片滚珠运动，故该故障无错误信息报告。

例 11: 机型: 岛津 SCT-3000TXCT 机

故障现象: 在进行 YCALIB 工作中, 前两次执行完毕后, 重做第三次时, 系统返回到 RE-DAY 方式, 显示下列信息在荧光屏上:

TO MANY BAD VIEW

检测及分析处理: ①在上述故障发生后的同样条件下, 用 YCALIB 中的"XTESTB"指令进行检查, 仅显示通道数据而没有通道数据分布图显示在荧光屏上, 且程序执行中断。②重新接通电源, 直接执行 "XTESTB", YCALIB 不工作, 此时, 分布图成一条线显示在荧光屏的最下边, 表明分布图不正常。③用保存的正常 RAWDATA 进行重建, 图象正常。排除重建系统的问题, 故障在 DAS 中。④运行 DASCHK 程序的 XTESTB: XTESTB: 显示右边数据明显不正常; OTESTA: 全部通道的数据显示在最下边; ADTYPE: 1~13 号积分板 $\geq 0077XX \sim 0100XX$, 14~27 号积分板 $\geq 100\ 000$; 左边和右边的数据不一样。⑤在此种情况下进行扫描, 左右数据不同, 此时将 I. EVEL 调节至 -700, 当进行 360° 扫描时, 重建出多环同心圆伪影图像, 环与环之间距相等。⑥对 DSA 右边的 +15V 电源进行测量, 指示为 OV。⑦空载测量 +15V 电源供电, 无异常。⑧拔出 DAS 右边的积分电路板, 牛 15V 供电正常。通过上述测量分析, 证明右边积分电路板有问题, 更换新板后, 一切恢复正常。

例 12: 机型: GE MAX640 型 CT 机

故障现象: 在进行轴位扫描时, 无图像或图像呈现不规则伪影; 而行侧位 Scout (定位) 扫描时, 在定位图像下方出现一条白带。

检测及分析处理: 根据 MAX640CT 机数据收集系统框图 (图 4-1-28) 进行分析如下:

(1) 首先将保存的 RawData 文件装入硬盘, 用该数据进行图象重建, 结果图象正常, 从而证明 FPU 功能正常。

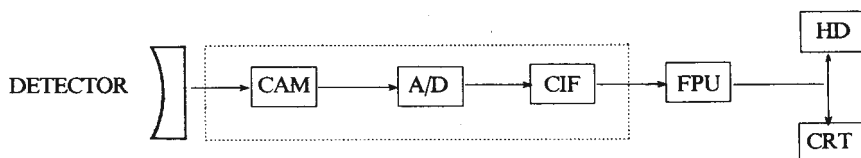


图 4-1-28 MAX640 CT 机数据收集系统框图

(2) 对 CIF 板进行检测, 该板为 DAS 的控制和接口板, 测试结果正常。

(3) A/D 板的 Offset 调整, 当故障发生时, 观察 Offset 指示灯, 已偏离正常状态, 经调整后恢复正常。

(4) CAM 板的检测

①观察原始数据: 用低扫描参数行空气轴位扫描, 并保留其原始数据, 利用 Support 程序对该组数据进行观察分析: 选择一个 View (例如第 65View) 来观察所有 511 个通道在该点的采样值, 发现从第 68 通道至 131 通道, 共有 64 个通道数据为 0。又通过进一步查找 68~131 通道与 CAM 板的对应关系发现, 68~99 通道对应 CAM1 号板 CN3 接头的 1~32 脚;

100~131 通道对应 CAM1 号板 CN4 接头的 1~32 脚；至此初步判断 CAM 1 号板 CN3、CN4 接头所对应的电路有故障。

②将 CAM 1 号板与 CAM4 号板对换位置，然后再进行侧位 Scout 扫描，结果前述故障现象图像下方的白带伪影出现在图像上方。从而证明 CAM 1 号板故障，更换该板后图像恢复正常。

第八节 岛津 CT 机故障维修

一、岛津 SCT-3000 型 CT 机故障维修

例 1：在扫描过程中，突然听到高压掉闸声，图像监视器上出现雪花状图像，机器不能进行正常扫描工作。

检测及分析处理：

(1) 运行 DASCHK 程序，凡球管不发射 X 线的项目检查均正常，只要涉及球管发射 X 线的项目，就会监听到“嘭……”的脉冲敲击声。判定 DAS 系统工作基本正常。

(2) IXAGING 检查，采用小电流方式球管有 X 线输出，但仍能监听到“嘭……”的声响，从第二项以下检查不工作。故球管能工作，问题在高压系统中。

(3) 在高压控制柜上进行近台检测。小电流时现象同 2 所述，KVCH 表“+”、“—”极指示均为 150kV 左右，未见异常，KVOUT 表指示“—”极高于“+”极约 20kV，KVBAL 灯不亮，其它指示灯显示正常，200mA 以上试验不能进行。初步判断 kV 平衡系统有问题，且位于 kVOUT 的“—”极。

(4) 关闭整机电源后，待 kVCH 表指示电压降至安全值以下，打开高压发生器顶盖，旋动两个放电钮，放掉残存电荷，待两极监视充电指示灯完全熄灭后，再开启箱封盖，用电容表和电阻表分别测量“—”极平衡板上每一个元件实际数值，结果发现有一只电容器的容量下降至 50PF 以下，该电容器的标称值为 1000PF，由 16 个并联而成，至此可以判定该电容器损坏，其它元件无异常。

(5) 取下高压平衡板，更换一只新的同型号电容器。开机行近台试验工作正常，再行遥控扫描成像良好，故障排除。

例 2：在扫描过程中，图像模糊不清，X-RAY 指示不中断，射线脉冲指示仅 120（正常时应为 600）。再次进行扫描时，X-RAY 指示灯显示 2s 后，突然熄灭，扫描工作无法继续进行。

检测及分析处理：

(1) 在高压控制柜上用“LOCAL”方式进行控制，进行曝光时，仍无射线产生，ROT 指示灯不亮，表明旋转阳极有问题；TEMP 指示灯先亮后灭，表明球管温度异常；HEAT—OK 指示灯正常，表明灯丝电压无异常。

(2) 检查球管，发现阳极没有发出旋转声，说明旋转阳极没有转动，其原因通常由于旋转阳极启动电路或球管本身有问题所致。

(3) 用延伸板引出控制球管定子电压的 STARTER-3PC 板，在 READY 操作下测试该

电路中的继电器 K_1 、 K_2 、 K_3 ，结果证明旋转阳极启动电路工作正常。至此可以判定球管本身有故障，更换同型号的新球管后，扫描工作恢复正常。

例 3：在扫描过程中，图像中心出现多环带状圆形伪影。机器其它各部分工作正常。

检测及分析处理：

- (1) 对球管扫描参数重新进行校正，环形伪影仍然存在。
- (2) 用保存的 RAW DATA 进行原始图象重建，无多环伪影，表明图象重建系统工作正常。
- (3) 用服务程序运行 ILCAL 程序，进行 L 系数调整表格的检查，表格内数据正常。
- (4) 对探测器、数据采集系统 (DAS) 进行检查，无异常。
- (5) 打开扫描架前盖，测量探测器的 300V 电源电压正常，但在检查探测器左、右两端接地线时，发现右端接地线螺丝松动接触不良，拧紧该接地线，使其接触良好后，水模图像恢复正常，多环带状圆形伪影消失。

例 4：当按下 start 键时，扫描工作不进行，ROT 指示灯不高，机器处于保护状态。

检测及分析处理：

- (1) 观察高压控制柜上 ROT 指示灯不亮，证明球管旋转阳极电路没有工作。
- (2) 从电路分析，ROT 灯不亮，其和 Relay Driver 板上的 K_{13} 继电器与 Start Board 上的 K_{13} 继电器工作与否有关。经检测发现 X_1 接线端子上的 100RE 和 ORE 无 100VAC，故 K_2 不工作。而该电源电路中串联有继电器 K_{14} （常闭）， K_{16} （常开）和 K_{15} （常闭）的三付接点。
- (3) 检测继电器 K_{16} 工作正常， K_{14} 不动作属正常， K_{15} 动作，属不正常，因正常情况下 K_{15} 不工作。
- (4) 画出该部分时间控制电路，如图 4-1-29 所示。

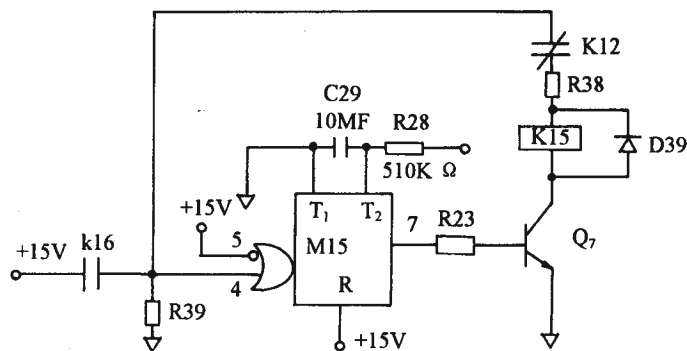


图 4-1-29 时间控制电路

该电路如果在 15s 之内不接通 X 线，便自动 Reset 恢复原始状态。图 8-10 中 M_{15} 为双

精密单稳态多谐振荡器，稳态时，7 脚输出高电平“1”；暂态时，7 脚输出一定宽度的低电平“0”。正常工作情况下，Ready 指示灯亮时，继电器 K_{16} 工作，+15V 的上升沿加到或门的 4 脚，7 脚则输出一个宽度约 5.1s 的低电平，此时三极管 Q_7 的基极不具备导通条件， K_{15} 继电器便不会动作，旋转阳极启动后， K_2 和 K_{12} 继电器工作， K_{12} 常闭接点打开，MIS 由暂态变为稳态，7 脚输出高电平“1”， Q_7 仍不能导通， K_{15} 也不会工作，机器便进入正常扫描工作。实际测量发现，只要机器通电，即使 K_{16} 继电器没有工作时， K_{15} 继电器便得电工作。而当 K_{16} 不工作时，测得 M15 的 4 脚有 14.1V 左右的电压，为高电平，而正常时应为低电平； K_{16} 工作时，7 脚一直保持高电平“1”，无低电平输出，判定 M_{15} 损坏。原因是由于 4 脚为高电平， M_{15} 就实现了暂态到稳态的过渡，即使 K_{16} 工作时 4 脚电位也未发生变化， M_{15} 也不会再变为暂态，7 脚一直为高电平， K_{15} 也一直工作。因为 K_{15} 为旋转阳极启动检测电路中的保护继电器， M_{15} 的损坏，致使 K_{15} 误动作，扫描无法进行，ROT 指示灯不亮。更换新的 M_{15} 后，机器恢复正常工作。

例 5：扫描工作中断续出现中止扫描，并可从喇叭中听到“嘣”声，重建图象呈雪花状，计算机终端屏上出现“!”提示，随时间的推移而故障频繁，最后直至加不上高，KVCONT 70 板上的 D_{68} 、 D_{70} 和 Relay Driver 板上的 D_{14} 故障灯点亮。上述故障现象有时关机重新再开机可正常工作，但维持时间不长。

检测及分析处理：

- (1) 行近控曝光试验，贴近球管可听到管内有打火声。
- (2) 进一步检查，发现球管油路冷却系统的尼龙胶管连接处裂口向外渗油，随着时间的推移，渗出的油越多，循环冷却时进入气体越多，导致球管真空度下降，继而产生打火放电，中止扫描工作。
- (3) 对球管油路冷却系统进行处理，加油、排气、密封，直至不再渗油，脱机进行油循环试验正常后，重新安装回原位，高压训练后扫描正常。

例 6：扫描图像中心向四周放射出呈水纹状伪影，时轻时重，影响诊断工作。

检测及分析处理：

- (1) 用 SCT-3000TE 检修程序行 DASCHC 的三、四两项检查，结果在 DASmap 和 DE-TECTORmap 的图上有不良通道显示，在图中间有一编织状的竖条，初步怀疑 DAS 系统有接触不良现象。
- (2) 检查探测器至 DAS 的电缆连接情况，并重新加固后，做 DASmap 正常。但把扫描架前盖上好，再做试验，故障重又出现。
- (3) 进一步检查时，无意中发现 DAS 系统中的一个电扇很快停止转动，而其它电扇断电后因惯性而旋转不止。重新接通电源，观察 5 个电扇的运转情况，发现该电扇旋转速度较其它四个电扇慢并伴有轻微振动，将该电扇电源切断，盖好机架盖，再做试验，图像伪影消朱。
- (4) 因电扇质量欠佳，当扫描机架盖好后，整个机架内呈封闭状态恰似音箱一样，产生共鸣，进而加大振动，使 DAS 系统中个别通道时通时断，数据丢失，导致图像呈水纹状伪影。

例 7：在扫描图像上有一单环伪影。

检测及分析处理:

(1) 即使改变扫描技术参数 (mA、层厚、位置等), 单环伪影仍出现在图像的相同位置处 (可用“SBAD”程序检测)。

(2) 调用保存的正常“RAWDATA”进行“RECAL”图象重建, 图像正常, 无单环伪影。

(3) 采用“SBAD”程序检测, CRT 上显示 ch=177 或 234, 由于上述故障现象的“RAW, DA-TA”已经保存下来, 执行“DXRECAL”程序, 单环伪影仅显示出左半边。

(4) 更换 234 号通道的积分电路板 (R3) 并重新执行 Calibrations, 图像恢复正常, 单环伪影消失。

(5) 如上所述, 当环形伪影很淡时 (几乎和正常图像无区别), 可通过交换积分板和校正参数来试着恢复正常图像。但如环形伪影十分明显 (明显区别于正常值), 请按下述步骤检查:

①应用“DASCHK”(OTEST、ADTYPE、ESTEST、ENTEST、EXTEST、XSTEST 等) 程序检测 ch=234”是否为错误数据。

②交换积分板 (R3) 的位置, 重复步骤 (1) 观察故障通道是否改变: 若坏通道随交换积分板的位置发生改变一积分板有故障; 用“DASCHK”程序测试, 若坏通道位置无变化一继续步骤。

③交换连接信号电缆, 重复步骤 (1): 坏通道没有变化一故障可能发生在积分板后面的部件上; 坏通道随交换信号电缆而改变一故障可能发生在积分板前面的部件上。如果问题存在于积分板之前, 应采取下列措施: 更换信号电缆、清扫探测器 X 线接收部件、清扫准直器箱内部。

例 8: 在扫描图像上经常出现较淡的环形伪影。

检测及分析处理:

(1) 经过对上述故障现象的多幅图像检测分析, 发现引起故障现象的通道号不确定。

(2) 对测试水模进行扫描, 然后用“SBAD”程序查找造成伪影的通道。

(3) 显示扫描所得“RAWDATA”的轮廓线图像 (在 IBM 上), 然后用“XCURSOR”程序查找增益开关区 (通道)。

(4) 执行步骤 2 和 3 后相比较, 通道号相同。

(5) 改变扫描条件 (mA 等), 环的位置也相应改变。此时, 再重做步骤 2 与 3, 定位通道仍相同, 无变化。

(6) 执行“DASCHK”测试无异常发现。

(7) 更换 AGA/AD 电路板并做 Calibrations 后, 图像恢复正常。

(8) 注意, 对于 SCT-3000TX, 有 4 块 AGA/AD 板分别位于机架的左右两边, 通过半扫描可判别故障位于左边或右边。而要进一步判定是奇号板还是偶号板尚有一定困难。但是, 如果重做“TCALIB”之后故障现象依旧, 可通过交换左右两边的板来进行判别。

例 9: 扫描图像中出现环形伪影涉及到多个通道, CT 值普遍增高。

检测及分析处理:

(1) 经试验故障现象与扫描条件无关。

(2) 运行“RECAL”程序调用正常“RAWDATA”，重建图像正常。调用有故障现象的“RAWDATA”重建图像伪影出现。按下述步骤处理：

- ①运行“OTESTA”结果发现对应积分板 L₇ 和 L₆ 的图像不正常。
- ②运行“OTESTB”结果也发现对应积分板 L₇ 和 L₆ 的图像不正常。
- ③运行“ADTYPE”显示 L₇ 和 L₆ 的数据如下，其它电路板数据显示正常。

7 号积分板 (L₇):

```
102776 100000 100000 100000
100000 100000 100000 100000
100000 100000 100000 100000
100000 100000 100000 100000
```

8 号积分板 (L₆):

```
103325 101764 100000 100000
100000 100000 100000 100000
100000 100000 100000 100000
100000 100000 100000 100000
```

(3) 交换积分板 L₇ 和 L₆ 的位置，该现象依旧出现。

(4) 执行“IBMCHK”试验，发现图像正常。

(5) 重新拔插或清扫积分板和 DAS 部分的 IBM 电路板连接件，该现象并没有改善。检查电源部分亦正常。

(6) 更换时间控制电路板，扫描图像恢复正常。

(7) 注意，对于 SCT-3000TX 系统，也需先交换 AGA/AD 板位置，再更换时间控制电路板。

①若存在上述故障现象，但运行“ADTYPE”结果正常，有可能是位于 PCU 中的算术部分 (FFE) 也存在故障。同样同正常的原始数据检查，但其计算方式有所不同。运行“ADTYPE”操作不经过 FFE。但运行“DASCHK”却要应用 FFE，然后计算平均值等。

②在有的情况下，即使执行“FFECHK”也没发现什么错误，这时应先运行“OTESTA”或“OTESTB” (来找出异常数据)，随后运行“BDISP”或“BMAPDISP”，直接检查 IBM 中来自 DAS 的数据。若数据正常，问题可能发生在 FFE 之后要执行的处理过程中。如果发现在执行“OTESTA”或“OTESTB”前后检查结果相同，可以判定来自 DAS (包括 IBM) 的数据是不正常的。

例 10: 轴位扫描图像上有如同下雨时雨线样伪影。当 CRT 上显示“Push(START)Button”时，即使压下 START 键，也不产生 X 线，且“X-READY”灯不亮。

检测及分析处理：

(1) 将高压控制柜设置成近控方式 (Local)。进行“Ready”操作，检查“ROT”并不工作，但可听到球管阳极转动的声音。

(2) 检查“STARTERUNIT”部分，如图 4-1-30 所示。

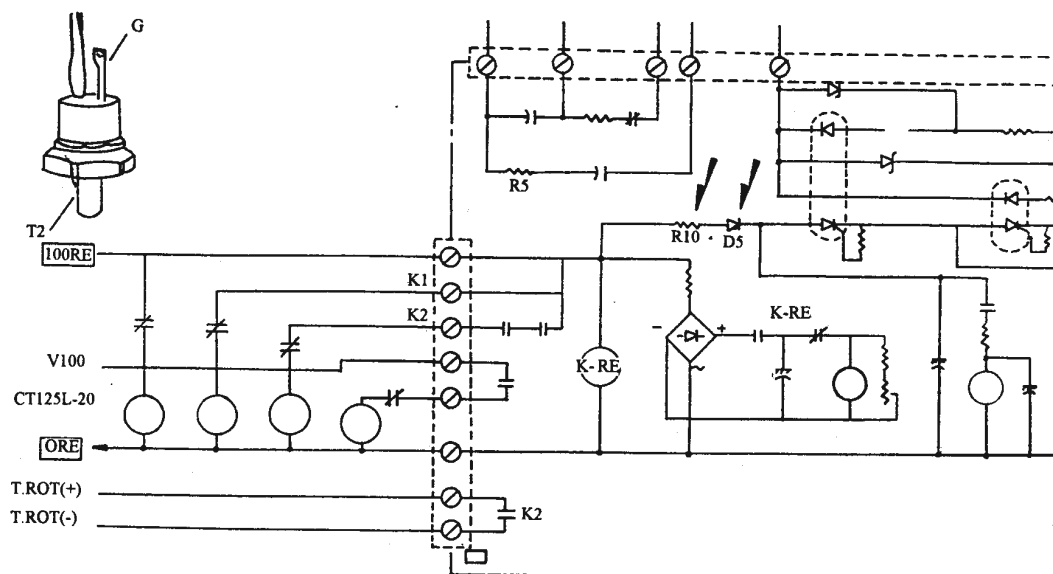


图 4-1-30 STARTER UNIT 电路

- ①在“Ready”操作时，测量 100RE 和 ORE 之间有 100VAC 电压，属正常范围。
- ②与此同时，继电器“K-RE”得电吸合工作，而继电器“K₂”不吸合。
- ③根据继电器“K₃”不得电的提示，检测“K₂”的线圈供电回路，结果发现 R10(100Ω/2W)烧坏，二极管 D₅ 正反向均不通。

(3) 用同规格的电阻和二极管换上后，轴位扫描雨线样伪影消失。

例 11：扫描图像上偶尔发现单雨线样伪影，有时一天 1~2 次，有时整天都不出现。

检测及分析处理：

- (1) 观察发现与扫描参数的设置无关。
 - (2) 调用有该故障现象的“RAWDATA”，执行“RECAL”操作，单雨线样伪影仍然存在。
 - (3) 检测有该现象的原始数据。
- ①用“BMAPDISP”程序显示数据，画面上出现无数白点（导致白点的通道和脉冲并不确定）。

②运行“BDISP”检测部分结果如下：

418th Pulse	110730	<u>121040</u>	111012
421th Pulse	116722	<u>114677</u>	116340
424th Pulse	122526	<u>100077</u>	121356
429th Pulse	125142	<u>100077</u>	<u>117737</u>
430th Pulse	127346	<u>106277</u>	<u>117777</u>

凡画横线上的数据均属异常数据（导致雨线伪影），通道不确定，现象发生在通道 1、6、7、40、102、103、229、231 和其它一些通道。由检测的数据发现，117777 数据出现频率最

高。

(4) 考虑到问题发生的频率, 执行“DASCHK”无明显结果。

(5) 检查 DAS 电源无异常, 清洁电路板及接插件, 现象依旧。

(6) 根据步骤(2)检测的异常数据分析, 怀疑该故障由数据传输线路故障所致, 因此, 更换“AGA/AD”和“DASCONTRD”板, 结果故障排除。最后确定“AGA/AD”板有问题。

(7) 注意, 数据传输线如图 4-1-31 所示。图中“Rotation Cable”和“DASRLY”是串行传输线, 若该部件有问题, 和例 11 中所述故障相比, 获得的异常数据有可能更不规则。需要指出的是:

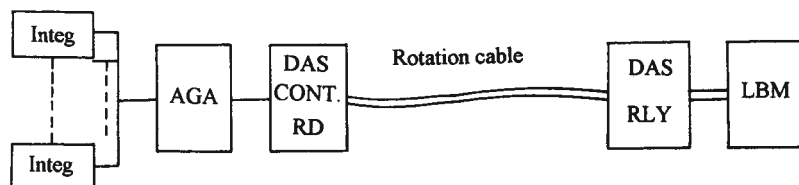


图 4-1-31 数据传输线

①当球管等放电时, 有时也能看到单雨线样伪影图像 (而放电声往往听不到)。测试有放电发生时的有效原始数据, 有雨线样伪影的脉冲曲线通常向右或左改变方向, 当然, 若球管放电, 应注意检测 kV、mA 和 MC 波形。

②地线和动力线有问题时, 有时也可导致单雨线样伪影。有时空调设备和 CT 系统共用一路动力电, 当温控开启或关闭时, 也会造成图像上出现单雨线样伪影。

例 12: 在上午扫描第一层头颅时, 仅显示出头骨的轮廓像。

检测及分析处理:

(1) 调用正常时的“RAWDATA”进行图像重建, 故障图像也出现, 仅有骨的轮廓影。

(2) 进行“ROC”测试时, 显示错误发生在“FBP”。

(3) 进行“FBPCHK”测试, 报告错误出在“FBPIPELINE#1”上。

(4) 交换“FBPIPELINE”#1 和#2 的位置, 错误报告指出仍在#1 上。

(5) 将 FBPIPELINE 板上#1 和#2 开关互相切换后, 错误发生在插入#1 边的#2 位置上。故确定 FBPIPELINE 电路板#1 边故障, 更换后图像恢复正常。

例 13: 扫描图像如同大理石纹样黑白相间。

检测及分析处理:

(1) 首先改变扫描技术参数, 所得图像仍如上所述。

(2) 运行“RECAL”调用正常时的“RAWDATA”, 结果和上述相同 (说明故障位于重建之后)。

(3) 进行“ROC”测试, 报告错误发生在“DFP”。

(4) 运行“DFPCHK”测试, 程序停留在“C. MEM”处不再继续往下执行。(“C. MEM”测试与 arithmetic 电路板有关), 故确定 DFP arithmetic 电路板故障, 更换该板后, 大理石纹样图像消失。

例 14: 扫描图像的 CT 值普遍较标准值高 20 到 30, 在 CT 图象上出现条状影 (由于脉

冲错误)。

检测及分析处理:

- (1) 运行“RECAL”程序进行正常的“RAWDATA”重建,结果正常。
- (2) 运行“DASCHK”程序发现“XTESTB”曲线位置很高(由于X线曝光量不足)。
- (3) 观察高压控制柜仪表,发现(一)端kV值正常,(+)端kV值降到100kV以下(正常设置为120kV)。
- (4) 交换(+)端和(一)端Grid Driver板,上述3中的异常现象出现在(一)端。故确定Grid Driver板有故障,更换该板后,故障排除。

例15: 只有采用头部5mm层厚扫描时异常。

检测及分析处理:

- (1) 扫描水模发现水的CT值约为6000,而空气的CT值约为-1600,体部/婴儿体部和头部图像正常。故怀疑校正表有问题。
- (2) 对于头部5mm,运行“T”和“CCALIB”后,扫描图像仍不正常。然而,运行“KCALIB”,图像正常(很可能是“LCALIB”表有问题)。
- (3) 对于头部5mm扫描,当运行“LCALIB”时,用“ILCAL”初始化后,图像恢复正常。结论为在“SYC. TB”中的“LCALIB”表有问题。
- (4) 应注意以下几点:
 - ①如果保存有正常的“CALLOAD”软盘,在上述2的检测中可执行“CALLOAD”。
 - ②在运行“KCALIB”程序时,图像正常,这是因为这一操作的CT值是通过“KCALIB”程序补偿的,而没有参考用于扫描的“LCALIB”表等。
 - ③万一将来又出现同样的故障现象,在相同的表处便会有坏扇区,因而需要进行DISK测试,故障发生频率低时,需要用长期测试进行观察,其简单方法如下:

一是改变“SYC. TB”区(当“SYC. TB”正常时进行)。

R

RENAME SYC. TB BAD. TB 改变坏区名字

R

XFER BAD. TB SYC. TB/C 建立新的文件区

R

二是在进行上述修改后,如故障现象不再发生,重新制作一份备用盘,其原因是如果仍使用以前的备用盘装载,还会用到坏区。

例16: 测量扫描图像的CT值比标准值高7~8。

检测及分析处理:

- (1) 运行“RECAL”调用正常的“RAWDATA”重建出的图像,测量其CT值属正常。
- (2) 运行“DASCHK”程序,结果“XTESTB”曲线稍偏高。
- (3) 检测高压部分:
 - ①测量mA反馈信号正常,但是“ $\pm$ kVFB”电压相当高(大约4V)。
 - ② $\pm$ PH电压约6~7V。
 - ③kV SEL电压正常

④用分压器测量球管（十）、（一）端电压约低于正常值 5kV（两端压降为 10kV 左右）。

⑤充电电压正常。

⑥测量供给高压四极管、灯丝和变压器的电压为 100VAC 正常。

⑦上述变压器的初级电压为 280VAC（供给栅极驱动板）正常。

⑧用兆欧表检测 FB 检测电阻 $10M \times 8$ 发现 8 个 10M 电阻中有几个不正常，更换同阻值的新电阻后故障排除。

例 17：小电流训练球管到 60kV 左右被阻断，后发展到小电流也无法启动，一启动便被阻断，高压控制板上的 kVok 绿灯熄灭，kV 控制板上的过载红灯 DTz 点亮。

检测及分析处理：

（1）首先用高压表测量高压实际输出值，发现 100kV 档为 88kV、110kV 档为 100kV、120kV 档为 110kV 左右。初步怀疑高压保护电路有问题，在检查保护电路时发现实际反馈值过高。

（2）察看 kV（+）和 kV（-）两端不对称，调节可变电阻 VR_{13} 和 VR_{14} 也不能使其达到正常值，故怀疑反馈电路有故障。

（3）高压反馈电路如图 8—13 中的箭头部分所示，它的阳极和阴极端各由一个 $10m \times 8$ 电阻器和一个 $1000pF \times 8$ 的电容器并联而成，中心点接地。

（4）kV 控制板上还串联有 $4K\Omega$ 的电阻来分压。其分压比为 $4K: 10M \times 8 = 1: 20\,000$ ，当管电压为 40kV 时，AE、KE 分别为 20kV。 $4k\Omega$ 电阻两端电压为 $20kV/20\,000 = 1V$ ，即反馈电压与实际电压之比为 1V: 40kV。产生反馈电压发生变化，说明该比值被破坏。

（5）在构成此反馈电路的原器件中，高压电容是最易受损的，常被击穿。一旦电容器击穿短路 10MD 的电阻。也就是说，如一个电容器被损坏， $4K\Omega$ 电阻的两端电压就为正常电压的 114%，若损坏两个电容就为正常电压的 133%。

（6）由于反馈电路和电压调整电路的作用，必将高压向低调整，因而使实际高压值低于预置电压值。小电流训练是从 40kV 开始训练，一启动，反馈回来的电压就超过了 120%，而 40kV 为最低训练电压，所以使 kV 控制板超载红灯 D_{72} 点亮，同时高压控制柜上的 kV ok 绿灯熄灭。

（7）根据上述故障分析，打开高压发生器，检查两侧高压电容，发现数个黄色表皮纸已涨开，用手一捏电容器已变软，打开外层，发现其内部有击穿炭化痕迹。更换新品后，机器恢复正常工作，高压训练正常。

例 18：在进行定位扫描时，虽然机架处于垂直位，但角度指示为“-88”，而定位扫描工作不能进行。

检测及分析处理：

（1）按下床的升降开关，升降高度与显示值相符，实际上，床高和机架倾角指示值来自可变电阻的检测值

（2）位于扫描机控制板上的“DIP SW₃”开关被用来指示各自电位器的值如表 8-1。

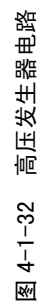


表 4-1-1 各自电位器显示值

	开关 SW ₃ 的设置		显示值	设备位置
	NO. 3	NO. 4		
机架倾角	ON	OFF	+000	0° 处
床高	OFF	ON	+1269	800mm (床高指示)
床的位置	OFF	OFF	+1769	床在最外面

由表 4-1-1 各自电位器的显示值可看出，机架倾角指示不正常（注意，不同型号的系统指示结果不同）。

（3）用万用表测量“TILTSIG”电压信号，发现异常。

（4）测量机架倾角位置电位器发现焊点脱落，重新焊好该电位器的连线，调整角度和 SCONST 后，机架倾角显示正常，定位扫描恢复工作。

例 19：扫描工作中，将跟踪球向下移动时，但图像上的光标却不移动，向上移动跟踪球、光标随之移动正常。

检测及分析处理：

（1）运行其它需要用到跟踪球的程序（如 ROI、MAG 等），现象同上。（该现象发生于任何程序，根据软件表很有可能是跟踪球和读入电路的故障）。

（2）执行“IVMCCHK”测试：

①运行测试结果正常。

②功能检测（控制台检查）发现，如上所述仅 Y 轴向下方向数据不变。

（3）根据跟踪球信号流程，从控制台控制板上测量跟踪球信号发现仅一 Y 信号波形不正常。从而判断跟踪球本身有故障，更换新的跟踪球后，运动正常。

例 20：扫描开始时，屏幕上显示出“DFPERROR”错误信息，扫描工作不能进行。

检测与分析处理：

（1）运行“DFPCHK”测试程序，错误信息报告如下：

① Running TEST OF DFP……

PASS FALL

RAM 0 1

SMEM 0 0

② READ ERROR MESSAGE

TIME OUT!! WRCMD

TIME OUT!! WRCAT

（2）拔出“DFPPCB”，清洁处理后，错误信息照样存在。更换一块新的“DFPPCB”板后，错误信息消失。

例 2 重：扫描可以正常到位，顺时针扫描正常而反时针旋转时，中止扫描。

检测及分析处理：

（1）按下 ABORT 开关，机架也不返回至 R4400 位置。

（2）运用“SCNTEST”程序给出 RO° 指令，机架仍无任何动作。

(3) 用近控操作盒给出 RO° 指令, 机架仍不转动。

(4) 检测 RO° 信号的 I/O 部分, 工作正常。用同步示波器测量 M10-14 脚 RO° 工作信号为低电平属正常。

(5) 检测与机架旋转有关的“OVER RUN”和“DONE/BUSY”信号, 发现即使没有达到“OVERRUN”, 在返回的信号中总是报告“BUSY”。用同步示波器测量“DONE/BUSY”信号, 发现 RM03... 3 脚总是低电平。

(6) 检查电机驱动板, 发现继电器 K-L 在 R4400 位置时关断, 但接点却仍处于闭合。更换同型号的新继电器后, 机架转动如常。

例 22: 在 1.9 秒档扫描时, 压下 START 按钮不能进入扫描工作。

检测及分析处理:

(1) 采用其它几种扫描速度, 工作正常。

(2) 在线情况下, 采用“SCNTEST”测试, 用近台控制检查时, 也发现只有在 1.9 秒扫描无“FWD/REV”旋转。

(3) 测试轴位电动机驱动板上 RO° F 和 R440° F 信号为低电平属正常, 此时继电器 K-P 和 K-F 得电工作, 但是继电器 K-R 和 K-L 却不动作。

(4) 检查上述继电器电路中的有关元件, 发现二极管 D22 和 D25 完全呈开路状态。更换此二极管后, 1.9s 扫描速度工作正常。

例 23: SCT-2000T 机, 在轴位扫描时, 当一切准备完毕按下 START 键, 此时从扫描架内传出一声巨响(喀哒声), 但该层图像却正常。

检测及分析处理:

(1) 首先检查巨响来自机架内何处, 结果发现由球管内发出, 当球管旋转阳极达到 Ready 状态, 听到巨响, 此时若触摸球管, 可感到振动较大。刹车后, 旋转阳极立即(30s)停止旋转。

(2) 从机架上测量旋转阳极启动信号 X、Y 和 Z, 在启动、运转、停止的各电压值无异常。

(3) 测量 $\Omega_{XY}=15\Omega$ 、 $\Omega_{ZX}=42\Omega$ 、 $\Omega_{YZ}=55\Omega$, 电阻值正常。故判断球管阳极损坏, 更换新球管后恢复扫描工作。

(4) 注意, 旋转阳极启动运行时, 由于移相电容的关系, V_{XZ} 较 V_{XY} 低。

$V_{XZ}<V_{XY}$ ($V_{XY}\approx 320V$ $V_{XZ}\approx 260V$) 一般情况下, 线圈电阻值有如下关系(EIMAC750 000 和 1 500 000H. V.):

$$\Omega_{XY}=15\Omega\pm 2\Omega \quad \Omega_{XZ}=50\Omega\pm 5\Omega \quad \Omega_{YX}=\Omega_{XY}+\Omega_{XZ}$$

例 24: 扫描结束后, CRT 上显示出大理石纹样图像, 当再次压下 START 键扫描时, 无 X 线产生。

检测及分析处理:

(1) 检查高压控制柜面板上的运行指示灯, 发现 HEAT. OK 灯不亮, 属异常。

(2) 切断电源后立即开启, 电流表指针摆到“6.5A”, HEATOVER 电路工作(因为 HEATOVER 电路工作, “mA CONT. (B)”的开关电路停止工作, 导致灯丝电路无电流, 故 HEAT. OK 灯不亮)。

(3) 在高压发生器上取下 C 和 CL 接线端, 接入 10011/100W 电阻, 再接通电源, 工作正常。从而证明问题发生在高压发生器, 高压电缆或球管。

(4) 从球管上拔出高压电缆 (一), 在电缆头 C 和 CL 端连接一卤灯, 开启电源后工作正常 (注意此项测试必须待全部放电结束后进行操作)。至此, 确定 X 射线管故障。更换新 X 射线管后恢复工作。

例 25: 扫描工作中, 按下 START 键, 无 X 射线产生。

检测及分析处理:

(1) 在高压控制柜上进行近控操作, 高压系统加温正常。但随着电流值的增加, 发现面板上的 ROT 指示灯不亮。

(2) 检查启动单元电路, 如图 4-1-43 所示。

①当 ReadyON 执行时, 测量单元电路中的 100RE 和 ORE 之间电压为 100VAC, 属正常。

②检测二极管 D₅ 有电压输出, 继电器 K₁ 得电工作。

③检查 T. ROT (+) 和 T. ROT (-) 没有导通, 故检测继电器 K₂ 的线圈没有得电不工作。当检测 K₂ 旁边的电阻 R₁₃ 时, 发现焊点脱落, 属虚焊, 重新焊接后, 开机工作正常。

例 26: 当进行扫描时, 发现 X 线发生不连续并伴随 CPU 功能异常, 无法进行扫描工作。

检测及分析处理:

在高压控制柜上行近控检测:

(1) 首先, 设置成小电流训练 X 射线管, X 线发生时, kV BAL 和 mAok 灯灭, 且系统立即复位。可观察到高压发生器上 (+) 端的放电器放电。

(2) 观察 mA 反馈波形, 发现有瞬间大波动。

(3) 拔出高压电缆 (球管侧), 再用小电流训练 X 射线管, 故障现象不变。

(4) 交换高压发生器内的四极管和栅板驱动板的 (+) 和 (-) 边的位置, 开机试验, 故障依 1 日。

(5) 切断高压控制系统电源, 检查高压发生器, 发现接线端 GTI 和 CL 处有放电痕迹。

(6) 用兆欧表检测高压发生器中灯丝加热变压器的初级和次级, 均为 on。故断定灯丝加热变压器损坏, 更换新的变压器后, 开机工作正常。

例 27: 在轴位扫描期间, X 线产生中止, CRT 上也不显示“DATA ACQUISITION OVER”的字样。

检测及分析处理:

(1) 检查高压控制柜面板上各个指示灯, 无异常指示, 观察脉冲指示值为“068”, 非常小。

(2) 因为 CRT 上无“DATA ACQUISITION OVER”提示, 故运行“DASCHK”程序检测。

①运用 OTESTA, ADTYPE、ESTESTA 检测均正常。

②运用 XTESTA 检查结果正常。

③采用 ROTSPD 程序测试, 结果也发现不显示“DATA ACQUISITION OVER”提示。

(3) 采用定位扫描 (CR) 方式, 各项提示完全正常。

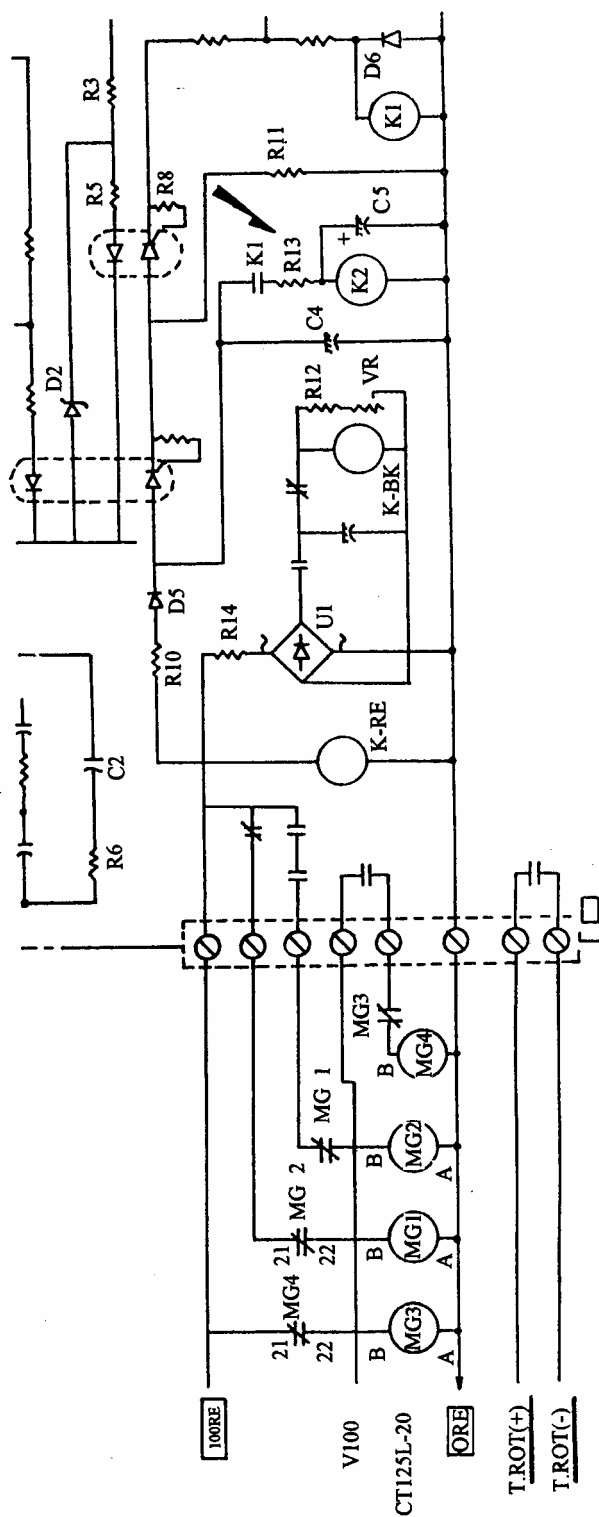


图 4-1-43 启动单元电路

(4) 根据上述现象, 对轴位扫描旋转译码器进行检查:

①在近控方式下使机架旋转, 同时测量机架后面的终端板上的 CR3 和 CR5 接线端的波形, 结果正常 (是基于“1800 个脉冲/360° 旋转速度来计算脉冲周期的”)。

②检测 DASRLYPB 板上的 M1-6 脚和 M2-7 脚信号都正常。

③检测 DASCONT. RDPCB, 板上的信号 (注意应打开机架前盖, 从测量点引出线来, 以使机架旋转), 结果发现在接线端 A-28 (ROTP) 输出不正常, 但 A-31 (B-31) 和 A-32 (B-32) 正常; 更换 DASCONT. RDPCB 板后, 机器恢复工作。

例 28: 扫描工作期间无 X 线产生, 但在 CRT 上可显示出大理石纹样的图像。

检测及分析处理:

(1) 检查高压控制器上的脉冲计数器指示为“2”脉冲。

(2) 当行近台控制在 13ms 方式下产生 X 线时, 产生 2~3 个脉冲便复位。

(3) 在 300ms 方式下工作进行如下检测:

①mAFB 检测波形有振动现象。

②kV 波形检测, (一) 端波幅偏低, -pH 因 kV 反馈低而增加较多, 两个 (+) 端输出波形都在正常范围, 如图 4-1-44 所示。

③交换栅极驱动板和高压四极管的 (+)、(-) 端, 故障现象仍停留在 (-) 端。

④测量高压四极管灯丝变压器次级电压 (+)、(-) 边均为 280VAC, 属正常规定值。

(4) 重点对 (-) 端的充电电压进行测量记录比较如下:

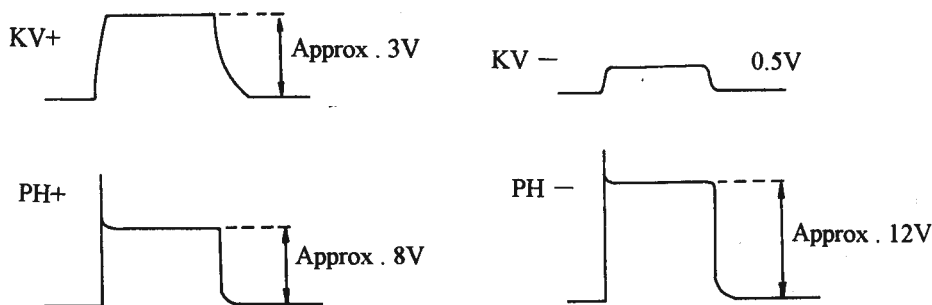


图 4-1-44 Kv、PH 波形图

CH (+) CH (-)

在 Ready 时: 150kV 150kV

产生 X 线时: 150kV 120kV~90kV (由产生 X 线脉冲数决定)

①更换 kVCONT. PCB 板后, 现象照旧。

②从高压发生器里拔出高压电缆 (注意应将插座内灌满高压绝缘油, 以防高压放电)。采用低条件产生 X 线, (-) 端充电电压仍然异常。更换高压发生器后试机扫描正常。

例 29: 在扫描工作期间, 在 CRT 上显示“Recons-tracting”信息后而死机停止工作。

检测及分析处理:

(1) 发生上述现象时, 通过“DXCHK”检查数据传输情况, 发现“DAS→IBM603/603”通过正常。但是接着出现以下错误信息:

IBM→FFE ★★★/6

Error Code 377K777K

(2) 执行“IBMCHK”和“DEPCHK”程序检测结果正常，但是采用“FFECHK”程序运行时，出现系统死机不工作，而提示光标仍在闪动。

(3) 检查各接插电路板、CPU 电源均正常。更换 FFE/P 正电路板后机器恢复工作。

例 30：在扫描工作结束后，CRT 上不出图像，并无法退出扫描程序，按下 ABORT 和 CTRL-A 都不起作用。

检测及分析处理：

(1) CPU 复位之后，启动系统再按下 MODESET 进行扫描时，系统又死机，此时功能键如上述现象一样不起作用。

(2) 当采用定位扫描 (CR) 时，在 CRT 上显示如下信息：“SCN. TBFiledataerror”。当用 PRMT 检查扫描参数时，显示“Filedataerror”信息。

(3) 用 RECAL 调用正常原始数据结果正常，运用“DASCHK”程序检查无异常。

(4) 测试 ROC 和 CPU (在 D. P. F 软盘中)，没有发现错误信息。

(5) 由上述 (2) 中检测提示，说明硬磁盘可能有坏区。当运行“BURSTLOAD”至第 7 张软盘时，系统返回提示符处，并报告如下错误信息：

ERROR ER CODE=000030

ACO=……

!

(6) 运行“DKINIT”程序，在 (1-) ~ (5) 项检测中键入 1，又出现下列错误信息：

Disk ERROR—BAD BLOCK=034730

=034731

=034767

寄存在磁盘驱动单元里的 Bad Block Table 如下：

CYL Head BYTE (LENG)

378 2 01777 (08)

389 6 18824 (06)

193 8 16094 (14)

重新运行“DKINIT”程序时，显示“Timeout”错误信息：

Disk ERROR-BAD BLOCK=034730

=034731

=034767

TIME OUT-BAD BLOCK=03420

(7) 如磁盘坏区不太多时，可采取重新格式化后再重新安装扫描软件，可恢复磁盘机的工作；若重新格式化磁盘后，仍不能恢复工作，则必须更换磁盘机。

例 31：当扫描工作开始时，CRT 上显示“<settingupstart……>”信息，系统无法正常工作。

检测及分析处理：

(1) 当按下 ABORT 键时, CRT 上显示 “Aborted!!” 系统不返回到>READY>提示下, 压下 CTRL-A 后可返回>READY>方式下。机架也不能从 R0° 回到 R130° 处。

(2) 由于机架停止在 R0° 处, 通过 “SCNTEST” 程序试图将机架旋转至 R440 处, 此时 CRT 上报告出如下 “Busy” 信息:

? 3

Now Rotating the Scanner!

Busy!

Type[YES]to list Commands.

(3) 切断控制台电源后再开机, 当机架再次试图旋转到 R440~位时, 出现下列信息, 再无更多显示。

? 3

Now Rotating the Scanner!

(4) 运用机架近控开关盒也不能使机架旋转到位。

(5) 检测 I/O 口, 结果发现 “INAI BIT4 (OVERRUN)” 信号有效, 检查机架后的 “OVERRUN” 开关 (Ls) 闭合, 因为机架旋转过头所致。

(6) 即使旋转电机刹车力很大, 该现象仍然发生, 将刹车上的弹簧换新后试机, 故障现象也存在。

(7) 测量 “LSArmature” 和 “LSSwitch” 之间在 R0° 和 R440° 时的距离, 发现在 R0° 处的距离很短, 仅 1mm, 故导致 “OVERRUN” 发生。

(8) 重新调整转角检测鼓轮齿轮和机架旋转齿轮的啮合关系, 调大 R° 时的距离, 调小 R440° 的距离, 同时, 也要调整 R40° 和 R130° 时位置。试机扫描正常。

例 32: 在定位扫描时, 发现扫描床和定位扫描获得的图像定位线不一致, 然而床位显示值与预置值相符。

检测及分析处理:

(1) 用水模检测, 发现实际扫描位置和定位图像设置位置偏差大约 20mm。

(2) 实测床面移动距离, 得到如下结果:

进床方向: 床位指示值为 500mm, 测量值为 500mm。

出床方向: 床位指示值为 500mm, 测量值为 520mm。

重新运行 “SCNST” 后, 偏差依旧。

(3) 调整移动床电动机的传送链条和皮带、减速齿轮和床位编码器, 效果不明显。

(4) 根据上述检测分析, 更换位置检测编码器后床移动正常。

例 33: 任何时候系统都不响应键盘的输入, 在屏幕上一直显示 “>READY<”。

检测及分析处理:

(1) 在 CPU 面板上压下 RESET 开关, 系统不返回提示符, 仅显示 “>READY<”, 而 RUN 灯熄灭。

(2) 关闭电源再接通电源, 系统启动, 在显示出 “PLEASEWAITFORDISKREADY!” 之后, 光标显示于屏幕左上部后不再往下执行。

(3) 测量 CPU 部分和各组控制电源, 结果正常, 各电缆连接处也无异常。

(4) 在 20 号槽沟中, 仅检测 CPU 板, 也无任何字符显示。

(5) 当执行 “On line testing only in the console control” 时, 工作正常。故判断 CPU 板有问题, 更换一块 CPU 板后, 屏幕提示符出现, 接受信息正常。

第九节 西门子 SOMATOM 各型 CT 机故障维修

例 1: DR₃ 型 CT 机扫描机架旋转电机故障

故障现象: 在扫描时报告错误信息为: CN0062, 运行 RESET 后无法复位。观察 G4037 电源控制柜, 发现 24 直流指示灯熄灭。

故障分析和检查:

(1) 检测 G4037+24V 电源仅+8V 输出, 调整 U_{max} 电位器不起作用, 仍只有+8V 输出。取下+24V 电源进行测试, 电源工作正常, 说明该故障不是电源本身造成的。

(2) 仔细查找+24V 电源的外围电路及有关连接线, 发现在+24V 送往 Gantry 旋转电机制动部分的 X103 (1) 端接点处与外壳短路。

(3) 拆开电机至制动部分查找短路原因, 结果发现制动部分两根引线中有一根引线 (+24V) 表皮被磨损, 裸露部分与电机外壳接触, 导致+24V 对地短路, 从而使+24V 电源不能正常工作。

故障处理: 用绝缘胶布将磨损裸露的导线包扎, 重新装好电机, 在 Service 状态下旋转 Gantry, +24V 指示灯亮, 机器工作正常。

例 2: DR3 型 CT 机扫描机架旋转电机故障

故障现象: 在扫描时报告错误信息为: CN0004: Time-out (Gantry)。故障初期在 Service 状态下手控旋转 Gantry 一周, 做 RESET 后可以继续扫描, 但后来故障频繁出现在 Gantry 逆时针 (CCW) 旋转扫描出图像后, 下一次扫描不能继续进行, 并报告 CN0004 错误信息。

故障分析和检查:

(1) 在 Service 状态下, 用手控 Gantry 旋转, 发现 Gantry 逆时针方向旋转时, 经过开关 S₁₀ (Rotary Switch) 后, 在开关 S₃ (RotaryLimitSwitchCW) 处本应准确地立即刹车停住, 但在故障出现时却不能停在开关 S₃ 处, 而是沿原方向下滑一段距离后再停住, 导致下一次扫描时, Gantry 找不到起始位置, 即报告 CN0004: Timeout (Gantry) 错误信息。

(2) 将开关 S₃ 与开关 S₄ 互换后试机, 故障现象仍然存在, 故排除了开关本身的故障, 推断故障与旋转电机刹车制动系统有关。

(3) 拆开电机制动部分, 未发现有明显故障痕迹。当拆卸制动部分的轴套时, 手感轴套与旋转轴间的配合有些松, 从而造成刹车制动不灵。

故障处理: 更换一个轴套后, 重新装配好电机, 在 Service 状态下旋转电机, Gantry 在 S3 开关处可以准确刹车而不下滑, 故障排除。

例 3: DRH 型 CT 机扫描机架旋转电机故障

故障现象: 开机时, 做 RESET 不成功, 机架及病人床瞬间断电, 错误信息报告为: Time-out (Gantry), 机架不能正常旋转。

故障分析和检查:

(1) 机架旋转的基本控制过程是: K10 12D₅ 板接受计算机信号, 并对其进行处理放大, 控制机架旋转, 而机架下 K₁₀ 12D₁ 板通过光电转换发出一脉冲至 K1012D₃ 板, 经 D₃ 板处理后反馈给计算机, 从而控制扫描机架按照设定的程序进行旋转工作。据此分析可能是 D₅、D₃、D₁ 板故障。

(2) 将 D₅ 板上的开关 S₁ 及 G4037D2 板上的开关 S₁、S₂ 置于 Down 位置, 进入 Service 状态, 按下 D₅ 板上的开关 S₂、S₃, 发现 CW 及 CCW 继电器吸合, 机架旋转瞬间马上断电, 由此分析故障可能出在 D₃ 板或 D₁ 板上。

(3) 拔出 D₃ 板上的有关集成电路块 J₁、J₂、J₃、J₄, 更换新的集成电路块, 试机故障依旧。

(4) 拔出 D₁ 板检查, 发现该板上丁 1 (OPB626) 光电耦合器被油污复盖, 导致信号无法正常传递, 在机架旋转瞬间, 计算机不能将旋转信号送至 D₅ 板上, 故瞬间断电, 并报告上述故障信息。

故障处理:

对 D₁ 板表面进行彻底清洁后, 重点对 J₁ 进行认真擦拭干净, 重新安装后, 试机正常。

例 4: DR3 型 CT 机 PANDOROS 高压系统故障

PANDOROS 高压系统由 4 个基本单元组成: 即①高压发生器(High Tension Trans-former: H1); ②控制单元 (Cotrol Unit: H2); ③连接和监控单元 (PANDOROS Connection Board PANDOROS); ④油循环冷却单元 (CoolingUnit)。

故障现象: 更换球管 (非新球管) 后进行耐压训练时, 当训练到 75kV 时即出现打火现象, PANDOROS D₇₅ 板上 “SS” 灯亮, 提示高压打火。

故障分析和检查:

(1) 用示波器监视 D₆₁ 和 D₆₂ 板, 用透视曝光条件, D₆₁ 和 D₆₂ 板上监视不到 kV+和 kV 一信号。

(2) 拔掉 H₂ 一侧至球管端的电缆, 仍监测不到 kV+和 kV 一信号。在 D₁₁、D₁₃₆ 板上用万用表检测无管电流。检测 H₁ 下方的 D₃₉ 板 UH1 无电压, 证明 H₁ 高压没有加上。

(3) 检查 H1 左方一排保险丝, 发现 U₄ 和 U₆ (16A) 熔断。

故障处理: 由于此种 16A 保险丝无备件, 用 8A 保险丝两股并联使用。开机后, 在 D₃₉ 板 UH₁ 测量为 8V 左右电压, 用透视条件监测 D₆₁ 和 D₆₂ 板 kV+和 kV 一, 训练球管时, kV+、kV 一随电压提高而升高, 训练至 125kV, 扫描正常。

例 5: DR₃ 型 CT 机高压系统故障

故障现象: 扫描图像呈花纹状影像 (无 X 线影像), 报告故障信息为: CN0115, 即高压故障。

故障分析和检查:

(1) 手控曝光测试高压系统, 预备状态即发现 mA+、mA 一 (D₇₅ 板) 灯亮, 提示高压过流保护。

(2) 测量 D₁₁ 板上球管灯丝预热电流为 0.79A, D₁₃₆ 板球管电流 2.6mA, 在允许工作范围内。

(3) 用示波器监测 D₆₁、D₆₂ 板上 kV+kV 一测试点, 结果发现在预热曝光时, kV 一即

有约 20kV 的电压，正常状态下，此时 H2 内的控制三极管不应有电压过来，证明 H2 有问题。

(4) 打开 H₂，观看 V₁₃ 和 V₁₄ 点亮正常，无破裂漏气现象。将 kV 十和 kV 一两侧 M₁₇ 对调，故障现象换到 kV+侧，进一步将 M₁₇ 上 5 块板 D₂₀₁、D₂₀₂、D₂₀₃、D₂₀₄、D₂₀₅ 逐一对换，当进行到 D₂₀₃ 板时，故障互换，故判断 D₂₀₃ 板有故障。

故障处理：若有备板，更换 D₂₀₃ 板即可。当时无备板，故对 D₂₀₃ 板仔细进行检查测量，结果发现一处明显虚焊，重新焊好后，工作正常。

例 6：DR₃ 型 CT 机 PANDOROS 连接与监控部分故障

故障现象：在未曝光时，D₇₅ 板上的 V₁₉ 灯便点亮。正常情况下是在曝光开始，旋转阳极启动指示灯 ZB 灯亮后，V₁₉ 和 V₂₀ 两灯同时亮。

故障分析和检查：

(1) 根据原理图 X1552-19 和 X1552-16 可知，正常工作时，在 MP2 测试点，曝光瞬间有“┐┐”跳变。未曝光时，D₁₃₁B/10 脚应为“1”高电平。DmA、B、C、D 4 块板相同。

(2) 用一块好的 D₁₃₁ 板依次替换 D₁₃₁A、B、C、D 四块板，当换至 D₁₃₁B 板时，V₁₉ 灯不亮，初步断定故障在 D₁₃₁B 板上。

(3) 经与正常时 D₁₃₁B 板对照测试发现，故障出现时，在 D₁₃₁C 板 23 脚上有一个不高不低的电平(约 5V)。进一步检查发现 D₁₃₁B/17 脚、D₁₃₁B/14 脚的非门不翻转，断定(FZH111)非门损坏。

故障处理：更换 FZH111 集成块后，V₁₉ 指示灯不亮，扫描工作正常。

例 7：HiQ2 型 CT 机扫描机架旋转电机故障

故障现象：在扫描过程中，逆时针旋转下碰撞限位开关而中止扫描，手推机架离开限位开关后，能继续扫描，但越往后发展，碰撞限位开关越频繁，扫描速度也较正常时变化较大。

故障分析和检查：

(1) 用自检指令 TIM1-4 进行旋转速度检测，结果发现 8S、4S 扫描速度基本正常，而 2. 7S、1. 3S 扫描速度明显与正常相差很大，调节旋转速度电位器，效果不明显。

(2) 检测旋转电机的直流电阻，用手推机架旋转时检测，发现电机电阻忽大忽小变化不稳定，怀疑电枢绕组有问题。

(3) 进一步检查 4 个电刷，发现严重磨损变短，导致与电枢接触不良。

故障处理：如有备用电刷，更换四支新电刷即可。若暂无备件，可用国产电刷改制代替，故障即可排除。

例 8：CR 型 CT 机扫描机架旋转故障

故障现象：开机进行校准工作时，在 OFFSET 后报告错误信息：?US0080: Time-out Measurement CP2021: Stop Return 2 按 RESET 键，在 OFFSET 后仍报告上述错误信息。OFFSET 无效，机器无法进入正常工作。

故障分析和检查：

(1) 退出 MSO4 程序，调用 ASO4 程序进行 TIMS (7s 模式) 测试；在规定时间内扫描无法完成。提示测量超时等错误信息。

(2) 进行 TIM4 (5s 模式) 测试，能在规定时间内完成扫描，但显示的扫描波形的幅

值超出正常值很多。

(3) 用手控方式 (Service 状态下) 旋转机架, 发现电机转动不平稳, 旋转途中似有停滞现象。另外, 在电机旋转过程中, 发现电机旋转控制器 E₇ 上的旋转方向指示灯 M₁、M₂ 指示不正常, M₁ 亮时, M₂ 断续闪烁, M₂ 每闪 1 次, 扫描机架即伴随发出相应的振动声。改变旋转方向, M₂ 亮时, M₁ 也断续闪烁, 且每闪 1 次则机架发出相应的振动声 (而正常工作时, 当 M₁ 亮时则 M₂ 不亮, 反之, 当 M₂ 亮时则 M₁ 不亮)。同时电流控制指示灯也不断闪烁 (正常时应不亮)。

(4) 引起上述故障的原因有: ①机械故障; ②旋转途中误触发刹车信号; ③旋转信号误触发; ④旋转控制器置 7 故障。因 E₇ 为专用直流电机控制器, 它由 4 块电路板 (D/A 转换控制板 A₁、机架旋转控制板 A₂、电源板 A₃、可控硅板 A₄) 组成, 它接收 D₁₈ 板传送来的 ①ROS0~7 旋转速度控制信号 (八位二进制数); ②ROD O/I 旋转方向控制信号 (cw/ccw); ③CEN 使能信号; ④ROBC 旋转制动控制信号。

(5) 认真检查机械传动部分无异常。手控旋转过程中, 观察 D₁₈ 板上电机制动指示灯工作正常。断开 E₇ 上 X₂ 插头的 10、11 脚 (ROD O/I) 之一, 使 D₁₈ 板上只有一个旋转方向控制信号输入 E₇, 手控机架朝一个方向运转, 但故障现象依旧, 从而断定 E₇ 有问题。

(6) 检测 E₇ 控制器上的 A₃ 板各种输入/输出电压正常, A₄ 可实现电机正、反转, A₁ 板工作无异常, 判断 A₂ 板有问题。

故障处理: 更换 A₂ 板后, 机架旋转正常, 机器恢复工作。

例 9: CR 型 CT 机 ROI 控制板故障

故障现象: 扫描、图像显示及存储、照像工作正常, 使用 ROI 测量感兴趣区时, 光笔一触即呈停滞状态, 电阻板状态不能复位, 按键提示灯闪烁不止, 再进行其它工作无效, 整套 ROI 组件失控。

故障分析和检查:

(1) 图像监视器上有光点, 单层图像静止 ROI 测量仍无效, 查 MS04 程序下无错误信息提示。

(2) 运行 BS04 诊断程序 BCT、ENA、TES/COM、TES/ROI、TES/CON 时, 报告错误信息如下:

IM0203: Error from ROI-Console after reset.

IM0202: Error from Operator Console after Function Call.

IM0204: Error from ROI-Console after Function Call.

(3) 根据 BS04 有关诊断程序段的提示分析, 问题在 COMI 板和 ROI 板上。

故障处理: 将 D₁ 板上的 X₆ 插头拔去, 换上专用短接插头, 在 BS04 的 BCT 子程序中, 键入 #TES/X6, 程序顺利通过, 排除了 COMI 板的故障, 更换 ROI 控制板后, 运行诊断程序呈 ENDOFARUN 正常。再由 BCT/POSI 对电阻板光点上下左右四个边缘进行重新调整后, ROI 功能正常。

例 10: CR 型 CT 机反向扫描中止故障

故障现象: 单向扫描正常, 反向扫描启动后, 扫描未结束, 则中途停止, 报告错误信息为:

PrizectionReceiveOOXX (每次均不同)

US0080 Measurement Time out.

故障分析和检查:

(1) 单向扫描正常, 证明 PDPII/84, BSPII、MMCT—2、DAS、DMC、PPU 等系统工作正常, 问题可能在 SCU 系统。

(2) 运 TS04 诊断程序检查 SCU 系统, 其子程序为: @T4、*DAT (Reset)、*FUN (启动功能试验、TUB (球管位置)、ROTAT (Y) (旋转功能)、按功能键 12 (启动 MACRO 指令), GAN-COU (旋转计数), 压下 START 按钮, 以每 8 个 AP 角脉冲为 1° 对照显示出结果, 在旋转起始段 (Forward) ROLs15-ROS S11) → 加速度 (ROLS15-DWS) → 数据采集段 (DWS-DWS) → 减速段 (DWS-ROL S₁₄) 工作基本正常, 但在 BackWaxd 处没有结果显示, 应重点检查。

(3) 打开机架, 检查机架后盖左上方的 S₁₄、S₉ 开关, 发现有移位。

故障处理: 对 S₁₄、S₉ 开关进行重新调整, 其方法是: 先调两头再调中间即先获得 ROL 与 DWS 之间的近似值, 再调 ROL 与 ROSS 之间数据, 每调整一次输入一次程序, 并作一次记录, 逐一进行, 直至调准为止。注意正、反向调整互有影响, 应相互兼顾。从机器启动到刹车停转时间应在 22~24s 之间, 由 E7 的 R₄₅ (粗调) 和 R₄₆ (细调) 来调整速度, CW 调速度加快, CCW 调速度则减慢。

例 11: CR 型 CT 机油温监控电路故障

故障现象: 在正常扫描工作中, 曝光突然中断, 并报告错误信息如下:

CP0091: NO PPU STATUS RECEIVED

CP2112: TUBE COOLING FAILURE

CP2117: WRONG RESET CONTROL SIGNAL

CPI003: FATAL ERROR—CALI-SERVICE.

按 RESET 键后, 仍提示上述信息, 机器不能进入扫描工作。

故障分析和检查:

(1) 打开机架门检查 COOLINGSET, 发现冷却系统风扇正常, DIG4060 油温监控板上 V₉ 发光二极管频繁闪烁, 表明油路循环正常。

(2) 检查左机柜内务板信号指示灯, 发现 D₁₆ 板 V₂₂ 发光二极管处于红灯点亮状态, 说明 D1G4060 板所测油温信息未能传送过来, 首先怀疑继电器 K₁₂ 没有工作。

(3) 为进一步确诊, 短接 X₂ 插头的 5、6 脚, 将“油温正常信息”直接送给计算机, 此时, D₁₆ 板 V₂₂ 发光二极管红灯熄灭, 压下 RESET 后则机器可正常曝光工作。确诊故障在 D1G4060 板上。

(4) 因 V₉ 闪烁, 说明经 R₃、C₁、V₄ 使 V₁ 三极管导通电压已进入 X₃ 插头的第四脚, 这样经 R₂ 电阻来的一路+24V 电压经过 R₆、V₁ 管后, 在 a 点形成一低压分压电平, 此点的电压低于稳压二极管 V₅ 截止电压, 使 C 点处于低电平, 故三极管 V₂ 便处于截止状态。另一路牛 24V 电压经并联电阻 R₉、R₁₀ 进来后, 再经 R₁ 在 V₃ 管基极产生一高电平 (此时 V₂ 截止), 使 V₃ 管导通, K₁₂ 得电工作。若 X₃ 插头第 4 脚无电压进来, V₁ 管基板为低电子而截止, 则 a 点为+24V 高电平, V₅ 稳压管导通, 经 R₇、R₈ 电阻分压后, 在 C 点形成高电平,

从而使 V_2 被经 R_9 、 R_{10} 来的+24V 电平导通，b 点随之变成低电平，使 V_3 截止， K_{12} 便不能得电工作。

故障处理：实测 V_3 管基极电压存在，而 K_{12} 不能得电工作，取下 V_3 管检测，发现基极一发射极击穿， V_3 管型号为 BAW59，选用 $BV_{ceo}>50V$ 、 $I>500mA$ 的国产三极管 3DG12B 替换后，机器工作正常。

例 12：AR、C 型 CT 机定位床故障

故障现象：开机进入正常工作程序后，机架面板显示灯正常，但在其上操作定位床升降按钮时，床只能上升不能下降。

故障分析和检查：

(1) 打开定位床后部盖板，拉出 D_{35} 控制板，将 Servicemode PHS Controller S_1 微动开关向右拨到手动位置处，压下 S_8 复位开关，此时压下 S_2 开关，床可上升，压下 S_3 开关，床可下降，并可听到 D_{35} 板上微型继电器 K_2 工作的吸合声，但 D_{36} 板上的下降继电器 K_2 不工作，故定位床升降电机 (Vertical Motor) 不得电。

(2) 由电路分析， D_{36} 板得电工作的必要条件是：① D_{36} 板上升继电器 K_1 互锁接点应闭合；②三个防碰撞的微动开关 S_4 、 S_5 、 S_6 应常闭；③下降极限开关 S_7 应常闭。检查结果发现 S_7 处于常开位置，导致定位床只能升不能下降的故障。

故障处理：拆下 S_7 开关检查，发现不锈钢外套被压变形后将 S_7 开关顶开，重新修整好不锈钢外套，再将 S_7 开关装回原位，定位床升降自如。

例 13：AR、C 型 CT 机 X 线管灯丝电路故障

故障现象：正常开机进入操作系统后，Gantry 两边控制盘指示灯不亮，一切功能失灵，重做 RESET 后无效，机器无法进行扫描工作。

故障分析和检查：

(1) 在操作台上进入 REPORT 子程序，查出故障信息为：EX0713，该信息的含意是 E 表示错误，X 表示 X 线系统，0713 表明 X 线管灯丝电路有故障。

(2) 打开 Gantry 前盖， D_{21} 板为灯丝电源控制板，供给灯丝的电源为+40V，+70V 为升温电源，在产生 X 线时，灯丝电压由+40V 预热电压提高到+70V。该电源由 D_{24} 板的 W214 上的 AC_1 、 AC_2 端连接至组合机头 ROTANX 的相应输入端。

(3) 在通电情况下，测量 D_{24} 板 AC_1 、 AC_2 的输出电压为 0V，正常应为+40V，即表明 ROTANX 内 X 线管灯丝没有供电。检查 D_{21} 板的输出+40V，+70V 均正常，其下一级即进入 D_{24} 板的灯丝电源输入端，测量 D_{24} 板+40V 端不正常，+70V 端有电压，晃动一下 D_{21} 板到 D_{24} 的连接电缆插头，两种电源又正常，再晃动一下连接电缆插头又不正常，说明接头处有接触不良现象。

故障处理：拔出 D_{21} 板至 D_{24} 板的电缆插头，仔细检查芯线无折断现象，进一步检查发现插头有一芯线缩进插座内，将插座进行修复后，开机 Gantry 控制盘指示灯正常，恢复扫描工作。

例 14：CR 型 CT 机高压系统故障

故障现象：在正常扫描过程中，经常出现扫描中止，复位后仍不能扫描，并报告故障信息为：CP4003，CP4048。

故障分析和检查:

(1) 查故障信息码 (CP4003) 提示为自耦变压器上的电刷运动速度太慢, 不能按预定时间到达指定位置或根本不动。CP4048 提示为触发逻辑错误。

(2) 检查自耦变压器上电刷的位置发现不正确, 关机后手移炭轮至起始位置, 重新开机初始化, 仅能进行几次扫描, 又出现上述故障。

(3) 由电原理图分析可知, CPU 发出的控制信号经功率放大后驱动 24V 直流步进电机 Am401 带动自耦变压器电刷来回滑动。当 FORW 低电平时, 光电耦合器导通, 此时 V_5 截止, 电流经 V_3 从 A→B 流过电机经 V_6 形成通路, 电刷向前滑动; 当 BACKW 低电平时, 光电耦合器 d 导通, 则 V_6 截止, 电流经 V_4 从 B←A 流过电机经 V_5 形成通路, 电刷向后滑动。经检测控制逻辑电路工作正常, 判断故障在直流步进电机本身。

故障处理: 检测电机转子线圈发现时通时断, 打开电机检查发现炭刷严重磨损变短, 弹簧压力已不够, 造成接触不良, 使电机负载时转速太慢或不转, 使自耦变压器电刷停留在错误位置而发生故障, 更换新炭刷后, 故障排除。

例 15: AR. C 型 CT 机 COLLIMATOR 故障

故障现象: 在对 X 线管预热与校准的过程中, 该程序不能继续执行, 经多次 RESET 失败, SYSTEMREPOT 提示 EX0708 错误信息。

故障分析和检查:

(1) 由 EX0708 错误信息分析, 该故障来自机架内 X 线管侧 COLLIMATOR CONTROL 电路。

(2) 由该机原理图分析, 该机仅在 X 线管侧有 COLLIMATOR, 在检测器侧没有设置。其层厚控制是经影像控制系统 (ICS) 将所选层厚信息送到 X 线功能控制系统 (XRS), 由 D₂₇ 板 I/O 电路控制 X 线管侧 COLLIMATOR 控制电路 D₂₅ 板工作, 以达到调节所需层厚之目的。X 线管侧 COLLIMATOR 设有 4 个微动开关, 其不同的组合状态送给 XRS, 用以控制 COLLIMATOR 驱动电机的工作, 其不同的组合工作状态如下所示: “1”=ON、“0”=OFF

层厚 (mm)	S_1	S_2	S_3	S_4
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
5	1	0	0	0
10	1	1	1	1

(3) 根据上述工作原理分析, 首先开启机架前盖, 观察 D₂₇ 板上 COLLIMATOR 指示灯的工作状态, 该板上指示灯和 4 个微动开关的对应关系是: $V_9 \rightarrow S_1$ 、 $V_{10} \rightarrow S_2$ 、 $V_{11} = S_3$ 、 $V_{12} \rightarrow S_4$ 。若选用 2mm 层厚时, V_9 、 V_{10} 指示灯应亮, V_{11} 、 V_{12} 应灭, 此时无论选用哪一种层厚, 而 4 个指示灯均点亮, 检查 4 个微动开关工作正常, 用新的 D₂₇I/O 板替换后, 反馈信号 4 个指示灯正常, 但 COLLIMATOR 驱动电机仍不工作, 判断 D₂₅ COLLIMATOR 驱动电路板有故障。

故障处理:

(1) 由电原理图查出, COLLIMATOR 有 SPEED 0、SPEED1 和 RUN 3 个控制信号, 均来自 D₂₇ 板。其工作状态如表 4-1-2。

表 4-1-2 控制信号工作状态

	SPEED0	SPEED1	RUN
调节	0	0	5V
低速	1	0	未用
正常速度	0	1	16V
没有运转	1	1	0V

(2) 测量 D₂₅ 板供给 COLLIMATOR 驱动电机的电压, 任何状态下均无输出, 经检查为 D₂₅ 板上的驱动集成电路块损坏, 更换新 D₂₅ 板, 用校准程序 PSDOffset adj 进行调整后, 恢复正常工作。

例 16: AR.C 型 CT 机电源分配箱故障

故障现象: 在正常扫描病人时, Gantry 突然停止旋转, 同时可听到较大的马达刹车声, 计算机提示 RESET。按常规执行 RESET 程序无效, 须调用 SYSTEM-RUN 程序中的 Startup-warmup, 执行 go 后, 使 Gantry 旋转, 再取消 Warmup 指令, 这样做相当于将 Ganty 从静止态送入旋转工作状态, 并需重新输入病人有关参数。

故障分析和检查:

(1) 查故障报告中提示为 EM0102 错误, 此错误是由主控制板 (MasterBd) 发出的, 其原因有: ①病人床位置不正确; ②接触不良; ③软件处理错误; ④电源电压波动等。

(2) 首先检查病人床控制板各组电压及有关参数, 并进行运动试验正常。

(3) 检查 Gantry 中 7 组相关接触器的工作状态, 其中 6 组工作正常, 发现 K₅ 工作异常, 该接触器在进入正常扫描模式时应得电吸合工作, 而此时仅抖动一下便断开, 查 K₅ 的受控电路为旋转控制板 (ROT), 更换 ROT 板后, 现象依旧, 证明 ROT 板工作正常。

(4) 检查 ROT 板的受控电路是主控制板 (Master), 测量 Master 板各参数正常, 而 Master 板又受控于电源分配箱的控制。

(5) 检查电源分配箱各保险丝工作正常, 但发现从稳压电源至电源分配箱接线柱处有烧焦的部分, 经分析为接线柱螺丝松动导致接触不良而产生弧光放电。

故障处理: 更换新的接线柱, 彻底清洁接线后, 重新拧紧接线夹, 试机工作正常。

例 17: AR.C 型 CT 机 ROTANX 故障

故障现象: 在扫描过程中曝光中止, 同时可听到从机架内传来旋转部分停止运动的较大刹车声, RESET 指示灯熄灭, 查 SYSTEM REPORT 提示 EX0702 错误信息, 扫描工作无法进行。

故障分析和检查:

(1) 开启机架前盖, 察看曝光记录表近 13 万次。在 Master 板上插入 Service key 后, 在操作台上进入 Service 功能区, Service/Maintenance/TubeHistory 查出球管有严重打火现象。

(2) 在曝光方式下, 用示波器检查 I/O 板 (D₂₇) 的 HT-Drop 测试点 KVUVP 异常, 进而判断球管损坏, 需更换组合机头式 ROTANX 系统。

故障处理:

(1) 机械安装:

①由于 ROTANX 组合机头很重，需利用扫描床作为升降机使用。首先将机架上的 ROTANX 旋转至 6 点钟位置，由于 CT 机处于断电情况下，应从电源分配箱内 X1-PHS、X7a-PHS 两点引出电源供给扫描床工作，可通过一个开关来控制床的升降。

②在拆下旧 ROTANX 前，应取掉机架上的漏斗型盖子，首先将 AP 脉冲光电转换器 LLBA 拆下来，并且脱离接插件，取掉 X301、X302、X305、及 D₂₅ 板上的 X218 插头拆下 COI. LIMATORBOX，拔出 ROTANX 上的 X263、X264、X217、X252-1、X252-2、X243 电缆及地线。

③取掉固定 ROTANX 的四个螺栓前，将扫描床面伸出，固定好钢丝绳，吊起 ROTANX 脱离原位。然后，用同样方式更换上新的 ROTANX，4 个固定螺栓的紧固力为 65Nm（牛顿），COLLIMATORBOX 的两个固定螺栓的紧固力为 50Nm。所有电缆插头对号入原位，并用专用工具调整好 LIBA，拆去起重工具。

（2）软件校准调试：

①进入 Service/Adjust/Getfering 程序开始训练 X 线管，技术条件为：80kV/50mA/5s，110kV/50mA/3s、130kV/70mA/3s 三种，曝光数 10 次而结束。

②进入 Service/Adjust/PSDOffset 程序，调整 DAS 中的位置敏感元件 PSD。然后将万用表接入 D7 板上的 X1020V 和 X102DIFF 上，调整电位器 R73，使电压为 0mVDC。

③在 X 线曝光区安置一根偏中心的直径为 100mm 的铝杆，然后再进入 Service/Adjust/DetectorAlignment 程序，进行曝光，如曝光不成功则有 XR0706、ED0718 错误信息提示，说明 LIBA 的位置需仔细调整。如曝光成功，屏幕上会出现曝光后的图像，即可退出程序，继续进行下一步调整。

④拆下 COLLIMATOR 外罩，松开上面 2 个固定螺栓，在两个未用插孔内插入两个专用千分表，并调准零位后，再进入 Service/Adjust/TOP-BOTTOM/Z-AdjustmentTOP-BOTTOM 程序运行，此时在屏幕上报告出左、右螺栓应前后调整的数据及误差范围，允许误差范围为 DifferencesLMRi8 以内。达到标准后，固定 COLLIMATOR 两个螺栓，应再测试一遍，然后退出程序。

⑤进入 Service/Adjust/Voltage 110kV 水模校正程序；Service/Adjust/TXX/Tables 表格修正程序。

⑥进入 Service/TableGeneration/DifferenceCalibration/Diffcal 空气校正程序。

⑦进入 Service/TableGeneration/BeamCentering 水模校正程序。

⑧进入 Service/TableGeneration/BeamHardening 水模校正程序。

⑨进入 Service/TableGeneration/Scaling 表格校正程序。

上述所进行的空气和水模校准，X 线管温度在 900~1100kelvin 之间变化，全部校正完毕后，应将所有校正表格数据写入磁带或磁盘保存，其方式是：进入 Service/Maintenance/Adjust SAVE 程序，在提示中键入 YES 后即可完成，并将转录的磁带或磁盘标明时间、内容后存档。一旦表格数据丢失，即可重新拷入系统使用。

例 18：AR. C 型 CT 机 Inverter 故障

故障现象：在扫描病人过程中，突然曝光中止，查错误信息报告为 EX071a，并提示 Press ResetandTryAjain，按 Reset 键后无效，关机后重新启动，进入球管预热程序，对球管进行加

热训练，提示加热和校准两项均失败，无法进入正常扫描工作。

故障分析和检查：根据错误信息报告 EX071a 分析，故障发生在高压系统，突然曝光中止的原因来自高压逆变器（Inverter）有过电流发生。在正常工作情况下，Inverter 的工作电流为 100App。发生此故障时，Inverter 检测到电流大于 160A，即在一个触发周期内为 320App 的大电流。而导致该故障的主要因素有：①Inverter（D2₀）本身有问题；②输入/输出控制板（I/O 板 D₁）有故障；③ROTANX 有故障；④Tank 板（D2₀）有问题。由引起 Inverter 故障的 4 个有关因素，应逐步进行检查和测量，其方法步骤如下：

（1）在正常开机状态下，在 D₂₈ 板上测量 MAPOS、MANEG、HTPOS、HTNEG 之间的电压，如果 MAPOS 和 MANEG 或 HTPOS 和 HTNEG 之间的电压不是 -0.2V 和 +0.2V，说明 D₂₈ 板有故障应予以更换。若在 D₂₇ 板上测量上述成对信号不是 -0.2V 和 +0.2V，则证明 D₂₇ 板有问题应更换，测量结果均在正常范围之内。

（2）直接测量 Inverter 的输出波形是否正常。若测量 Inverter 的大体波形基本正常，但可测量到大于 160A 的尖脉冲，说明球管内有严重的高压打火现象发生，此时应首先考虑更换 ROTANX 组件。

（3）在 Inverter（D₂₂）和 ROTANX 之间的 W216 电缆上用钳表直接测 Inverter 的电流值，视其是否超过正常值。

（4）对电流脉冲进行测量，若仅存在 POS 或 NEG 电流脉冲，其中一边丢失。应在 CH1 和 CH2 测试点上测量，检查输送到 Inverter 上的开关信号是否存在，如果开关信号丢失，则应检查 Inverter 和 I/O 板之间的 X236、X237 电缆是否接触良好或有否断裂处，若电缆无任何问题，则应更换 D₂₇ 板。

（5）在进行动态测量完毕后，再进行静态测量 INV+和 AC₁ 或 INV-和 AC₁ 之间的电阻值，此电阻值应大于 0.5MΩ，如果所测得的值小于 100Ω，证明 Inverter 有故障应更换新件。

在进行上述检测中，当进行到第 5 步时，实测得 INV+至 ACL 为 0.35Ω，INV-至 AC₁ 为 522Ω，反复测量均如此，至此，已完全可以判断，Inverter 组件有故障，需更换新件。

故障处理：经更换一套新的 Inverter 组件后，试机扫描正常。

第十节 GE8800 型 CT 机故障维修

例 1：Gantry 驱动系统故障

故障现象：①Gantry 旋转速度太慢，正常速度为 7s/周（快速）和 11s/周（慢速）；②当 Gantry 旋转几圈后，用手摸电动机，有微热感；③数据收集不全。

故障分析和检查：由 Gantry 轴向驱动原理可知，从计算机→控制电路→功率放大电路→直流电动机→Gantry，一般情况下，首先考虑电子线路部分的故障，然后再考虑机械、电动机等不易损坏的部件。

（1）检测测速电机的输出电压，随转速增加而增加。

（2）检查功率放大电路的输入，测量 TS17 的 4、6（地）接线端，在慢速旋转时为 13V 左右。

(3) 检查功率放大电路的输出, 测量 TS17 的 2, 5 (地); 7, 5 (地) 接线端, 在无信号输入时, 此电压分别为 32V 左右; 测量 TS17 的 2, 7 之间的电压应为 0V。当有信号输入时 2、7 两端电压不平衡, 随旋转方向的改变, 其电压极性也随之改变。

(4) 检测直流电动机, 重点是测量其流向电动机电枢的电流。可通过测量继电器 K₉ 上的串联电阻 R₄ (0.01Ω) 上的电压, 正常值为: ①慢速旋转时 ≤ 0.2V (20A); ②快速旋转时 ≤ 0.3V

(30A), 如果测得电流太大, 说明电枢有短路存在, 电流稍大一些, 但电机外表不发热, 也可正常工作, 但应随时注意, 否则持续大电流会损坏功率放大器管。本例即为持续大电流, 引起大功率三极管 2N3236 击穿损坏。

故障处理:

(1) 若因大电流是由于电枢短路所引起, 则必须由专业电机厂重新绕制电枢、浸漆。需注意与其同轴相联的测速电机, 操作时最好取下来, 最后再安装。另外因电枢短路必定引起磁体退磁, 故必须对磁体进行重新充磁处理, 最后空载加电测转速, 正常值为: ①加 11.3V 电压时为 692r/min; ②加 22.6V 电压时为 1385r/min。

(2) 因该输出电路是由 40 只大功率三极管 2N3236 组成一个电桥, 电桥的每一个臂由 10 只三极管并联, 通常情况下, 仅某一臂中某些大功率三极管损坏, 更换下如无同型号三极管时, 可用代用品, 一般参数为: $V_{BC} \geq 100V$, $I \geq 15A$, $P \geq 150W$ 。如 2N3055 即可。

例 2: 数据收集系统故障

故障现象: 在进行扫描过程中, 曝光突然中止, 荧光屏上报告故障信息如下:

★ZERODATAERROR★

RDATA ABCOD=60 VIEW=447 CHANEC# =476

DATA=000 000K……。

故障分析和检查: 根据故障信息可知为 DAS 中第 476 号通道工作不正常, 将位于 DAS 箱内的第 476 号通道板的第 35 号板与 34 号板对调位置, 开机试验, 故障信息中报告第 460 号通道故障, 因此可确定原第 476 号通道损坏。

故障处理:

(1) 在无备件的情况下, 可进行应急修理, 即将有故障的 476 号通道的第 35 号板取下, 在该板上找到一排 16 只 51Ω 电阻, 从下向上数到第 12 只电阻即是第 476 号通道, 将其从板上取下来, 而将邻近的两个通道即第 11 只电阻与 13 只电阻的输出端各并一只 100Ω 电阻, 再将两只 100Ω 电阻的另一端并联后接在原第 12 只电阻的输出位置上即可。开机后重作一次校准文件即可恢复工作。

(2) 上面仅举一个实例, 若其它通道有问题, 也可仿效上方法, 结合 DAS 原理图进行应急处理。

(3) 注意, 拔插 DAS 通道板时, 应注意切断 DAS 电源。由于应急修理时, 采取了并联通道法, 改变了原通道参数, 故原来所作的校准文件将使扫描图像出现伪影, 需重新再做一次校准文件, 伪影即可消除, 恢复正常工作。

例 3: 扫描机架位置电位器故障

故障现象: 在扫描过程中, A/N 屏上报告故障信息为: Timeout on Gantry Rest

Check。机架在逆时针方向旋转到 2400 位置时，在该处来回振荡，扫描工作无法继续进行。
故障分析和检查：

(1) 根据故障提示，首先检查机架驱动系统，检查电动机伺服驱动部分，测量 TS17 第 4 端的电压在 0~3.6VDC 之间跳变，证明机架电动机伺服驱动部分无故障。

(2) 机架电动机伺服控制信号是由位置/速度板 (POSITION/SPEEDREF) 所提供的，位置设置命令与位置电位器取得的参考电压值进行比较后决定其工作状态，测量位置状态取样参考电压在 0~10VDC 之间跳变，因而可初步判断故障发生在位置电位器上。

(3) 切断电源，取下该位置电位器的有关接线，手推机架旋转，监测该电位器的阻值变化，在机架发生振荡的位置处，该电位器的阻值发生跳变，说明该电位器此处有接触不良或损坏。

故障处理：

(1) 更换该位置电位器。由于进口原装电位器难以找到，可用国产多圈电位器 (10K Ω 20 圈) 替代，但因国产电位器轴柄略粗，不能插入相联的齿轮中去，故必须小心地车细后方能使用。

(2) 在取下电位器时，应记录其在此位置处的阻值，电位器阻值变化方向与机架旋转方向的关系，而后依照同样的情况，将新电位器安装上去，然后手推机架旋转一周，观察机架旋转到极限位置时，电位器是否还有多余的圈数。

(3) 注意，国产多圈电位器内部阻丝的绕向和原件相反，故接入电路时应将 CW 和 CCW 的连线对调。

例 4：机架测速系统故障

故障现象：开机后，机架往一个方向快速、不停地旋转，直至撞击位置保护开关而使 K，继电器工作为止。

故障分析和检查：

(1) 检测机架旋转电动机同伺服驱动板的控制信号始终是 18.96VDC，而正常时应为起步时是 18.96VDC，运行时慢速为 3.75VDC，快速时为 7.5VDC。

(2) 检测扫描板 SCANNER (J) 上，马达测速信号始终为 0VDC。判定为马达测速信号断路，而致扫描控制电路上的场效应管失去作用，始终输出驱动马达起步时的高电压，从而使马达一直以快的起步速度旋转。进一步检查后发现，马达测速部分接线松脱，致使马达测速信号断路。

故障处理：重新固定好马达测速部分接线后机架工作正常。

例 5：“Low Speed Rotor Control”板故障

故障现象：扫描中不产生 X 线，故障显示为 “Rotorerror”。

故障分析和检查：

(1) 采用手动方式试验，曝光条件为 110kV，40mA，按下 Rotor 键，X-Ray 控制柜中继电器只响一次，此时也未听见旋转阳极启动声，说明阳极未准备，故对 SARC 控制部分进行检测。

(2) SARC 正常运转时，当 Rotor “O” 的电平信号送至微处理器 8048 时，Lo SPD

PILOT 有效,继电器 K₂₃ 得电工作→K₁、K₃ 得电, 50msec 延时, LOSPDACCEL 有效, A₂A₄KT 上电工作, 经 0.85sec 延时, 继电器 KT 释放, EXPINT 有效, Rotor 开始旋转—继电器 K₂₀₉ 上电, 当 Rotor “O” 为低电平信号时, LOSPDPILOT 变高→K₁、K₃ 释放→K₂₀₉ 掉电释放, 经 50msec 延时→K₂ 上电工作→50msec 延时→KT 上电, 2sec 时, KT 失电→K₂ 失电→刹车工作结束。在上述工作过程中, A₄A₁ 板上的 LED 指示灯点亮顺序为: LOSPD PILOT 亮→LOSPD ACCEL 亮→LO SPD ACCEL 灭→EXP INTLK 亮→BRACK 亮→LO SPD ACCEL 亮→全部熄灭。

(3) 根据上述工作原理, 打开 SARC 柜, 将 A₄A₁ 板上的左 1 开关切换至 Rotor Start 处, 可见 K₁、K₂ 工作, 但 Rotor 未启动, 而指示正常。将开关设置为高速时, Rotor 工作正常, 说明信号处理器无异常, 故障局限在低速控制部分。

(4) 当开关位于 Rotor Start 处时, 即是 Rotor “O” 为高电平, 此时 K₁、K₂、KT 应得电工作, A₂A₄ 板的 3 与 5 端应导通, Rotor 应加速启动, 即 29 与 30 端、6 与 7 端应有加速电流产生, Q₄₂ 和 Q₅₁ 应处于截止状态, K₄₃ 应失电, A₁ 的 26 端电平为 0, Rotor on 信号被送回微处理器。但当用万用表检测 A₁ 的 26 端时为 1.5VDC, 说明 K₄₃ 没有失电, 而检测 A₁ 的 29 与 30 端, 6 与 7 端却无交变电流产生, A₁A₄ 板上 (LOW Speed Rotor Control) 的 3 与 5 没有导通。在 KT 闭合状态下, 测量 CR₈ 的触发电平有 ±2VDC 跳变, 测量 CR₈ 的阳、阴极端不导通、证明已断路损坏。

故障处理: CR₈ 可控硅的型号为 SC146M, 若无同规格的型号, 可用 Y1006D 代替。

例 6: 24V 直流电源故障

故障现象: 不产生 X 线, 故障显示为 “Rotorerror”。

故障分析和检查:

(1) 打开 SARC 柜, 将 A₄A₁ 板上的左 1 开关拨至 RotorStart 处, 观察 Rotor 不动作, 继电器 K₁、K₃ 无动作, LED 指示无异常, 故对其外围控制电路进行检查。

(2) 在低速位置上, 拨动 Reset 开关, 发现 A5K4 始终未工作, 由电路图分析 SARC 上电时, SOLED 亮, K₂₀₄ 应吸合, 120VAC 加在 K₄ 的工作线圈上, K₄ 得电工作。而此时 K₂₀₄ 始终不吸合, 检测发现 24VDC 丢失。

(3) 结合 Power Supply and Rotation Protection 电路, 由于没有 24VDC, 选择 Rotor Start 时, K₂₃ 不吸合, 引起 K₁、K₃ 不吸合, Rotor 不启动。根据电路图逐级查找, 发现 VR₁₇、CR₁₄ 各端均无电压, 查找变压器 T₂ 初级, 无输入电压, 进一步检查发现 TS4-10 插头严重氧化, 导致 117VAC 不能送到 T₂ 的初级。

故障处理: 将 TS4-10 插头打磨干净, 更换一个新插座, 通电试验, 一切正常。

例 7: FIL TER APERTURE 故障

故障现象: 当进行头部扫描时, 报告 FILTERTIMEOUT 错误信息, 使头部扫描无法进行。但进行胸、腹部扫描时, 工作正常。

故障分析和检查:

(1) 用 TABTEST 检测, “HEAD” 指令不执行, 而 FIL TERMOTOR 总是从 “BODY” 一直运行到 “AIR” 处, 或从 “AIR” 直接到达 “BODY” 位置, 中间经过 “HEAD” 处时不停止。

(2) 根据上述试验, 首先假设起始位在“BODY”位置上, 发出“HEAD”指令后, “HEAD”应为高电平, “AT AIR”、“AIR”、“AT HEAD”均为低电平。同时“AT BODY”为高电平, “BODY”为低电平。经分析床下“Monitor Bd”电路图可知, TP_6 应为低电平, 即 RUN FILTER CCW 为低电平, 此时, “RUN FIL TERCW 为高电平, 使得“FILTER MOTOR”向 CCW 方向工作, 当经过“HEAD”位置时, 使得“AT HEAD”为高电平, 即 RUN FIL TERCCW 为高电平, 这时, RUN FIL TER CW 同时保持为高电平, 致使“FILTER MOTOR”停止“HEAD”位置上。

(3) 根据上述分析, 首先测量“HEAD”信号, 即发出“HEAD”指令后是否为高电平; 再测量 TR_6 、 TP_7 两点, 当发出指令时, “FILTER MOTOR”是有工作信号; 其次测量“AT HEAD”信号, 并观察“FILTER MOTOR”工作到“HEAD”位置时, 有无反馈信号。经实测此时无反馈信号, 使“FILTER MOTOR”经过“HEAD”位置时不能停下来。

(4) 检查 J_{13} 板上的反馈驱动信号 (+24DC) 转换为 TTL 电平 (+5VDC) 的集成电路块 U_{86} 有问题。

故障处理: 取下有问题的 U_{86} 集成电路块, 更换同型号的集成电路块后, 机器恢复正常工作。

例 8: 监视器亮度故障

故障现象: 在机器运行过程中, 监视器的亮度突然变暗, 用亮度、对比度的电位器进行调节, 当调到最大值时, 整个荧光屏仍非常暗淡, 无法正常显示图像。

故障分析和检查: 从故障现象可知, 视频通道工作正常, 可初步判断为黑电平调节部分发生变化, 对其重新调节, 无任何好转; 调节加速极电平, 无任何变化。测量 CR_{14} 负极电压为 600VDC。静态测量 CRT Interface 板上的加速极回路时, 发现该回路中的放电电容 C_2 对地击穿短路, 导致显像加速极电压为 0V, 因此, 当调节加速极电压或黑电平时, 荧光屏上的图像仍然很暗淡。

故障处理: 一般情况下, 更换一只同规格的电容器后, 机器即恢复正常。若暂时购不到合适的电容器, 也可将此电容器从原电路板上拆除, 重新调整黑电平后, 也能恢复监视器正常工作。

例 9: X 线管故障

故障现象: 在扫描过程中突然自行中止扫描, X 线控制柜内的“Technique Overload”指示灯亮, 扫描工作不能继续。

故障分析和检查:

(1) 按“OL/RESET”键, 使“Technique Overload”指示灯熄灭后, 试扫描未听到第二轮继电器吸合, 检查继电器 $49K_{20}$ 和 $2K_2$ 均已得电工作, 但继电器 $49K_3$ 没有工作, 怀疑 SARC 控制柜内的 Interlock 继电器没有工作所致。

(2) 打开 SARC 控制柜, 发现 F_5 保险丝熔断, 更换后采用手控曝光试验, 第二轮继电器得电工作, 但不能保持。检查 SARC 柜内其它各继电器工作正常。

(3) 测量 TS_3-H_7 与 TS_3-H_9 (定子绕组主线圈抽头) 之间的加速及运行电压均基本正常。测量 TS_3-H_8 与 TS_3-H_9 (定子绕组付线圈抽头) 之间的加速及运行电压分别为 7.4VAC 和 1.8VAC, 较正常值 (85VAC 和 40VAC) 明显降低。

(4) 进一步测量定子绕组付线圈的直流电阻和工作电流, 分别较正常值明显减小和显著增大。用听诊器在管套上可听到较大的交流噪声, 而听不到旋转阳极的加速、运转声, 故判断为定子绕组副线圈短路。

故障处理: 通常情况下, 应更换一只新的 X 线管。但若无备用 X 线管的情况下, 也可将旧 X 线管上的定子绕组取下来换上, 给 X 线管套按常规行加油排气处理后, 故障即可排除。

例 10: S140 计算机故障

故障现象: 在扫描病人过程中, 供电电源突然中断, 有电后再开机时, 磁盘 Ready 灯亮, S140 Power ON 后, 荧光屏上出现“OK”和“!”, 但键入 100027L 时, 磁盘 Ready 灯闪一下后熄灭, 荧光屏上无任何信息, 重复几次均如此, 系统不能启动运行。

故障分析和检查:

(1) 通常情况下, 系统不能启动, 首先应考虑计算机和磁盘机系统(包括软件)的故障, 特别是在扫描过程中突然停电的情况下, 往往可能损坏软件而使系统不能正常启动。打开磁带机, 用系统诊断带(DTOSTape)运行 S140 计算机诊断程序(ACCEPT), 全部顺利通过, 可认为计算机系统工作正常, 故障重点疑为磁盘机系统。

(2) 检查磁盘机各工作电压(+5V、±12V)正常, 启动时观察各指示灯正常, 检查各接口板未发现异常, 彻底清洁磁盘机系统后键入 100027L, 故障依旧, 此时重点怀疑软件有故障。

(3) 装上软件带(load From Cold), 从 MT02 开始试装软件, 先键入 F 后回车, 再键入 DZO 时, “笛”, 一声鸣叫后, 磁盘 Ready 灯灭, S140 “死板”。重复上述操作仍如此。从 MT04 或 MT05 开始, 当键入 DZO 后亦如此, 无法安装软件, 故障重点疑为磁盘机接口板。

(4) 用磁盘诊断带(SP DIAG Tape)先做格式化(Format), 报告出: DIA STATUS=100 000, Contr01 Full TimeOut, Bad Sector, Data Error, Address, Error 等一系列错误信息。再运行诊断程序(DIAG), 报告出: Cantrol Full-Bo timeout, Probable Failure-1.Disk Controller, 最后做可靠(RELI)测试时, 报告出: Testing UNITO 后, 再无反应。至此, 一般可认为磁盘机的接口板有故障。为进一步明确故障所在, 用磁盘机的最小系统来做如上诊断, 故障不变。可确认为磁盘机接口板为故障重点所在。

(5) 为进一步排除其它可能的影响, 又用系统诊断带(DTOS)诊断其它系统: ①RunAP 全部程序(ACCEPT)时, 不能进行, 只出现==>后而停止, 但 Load 每个子程序(如 AP Test、AP ARTH 等)均可装入并运行, 但均出错; ②RunLCDTST 时报告出: NOResponse From LCD, 而后不断报出 Timeout Error; ③Run V9TST 时报告出: Driver Error=510, Ramtek, STATUS=000100 等; ④Run 其它程序也出错。为排除相互干扰的可能性, 又用每一个最小系统分别 Run 其诊断程序, 结果仍不变, 故障的可能性为计算机或诊断带, 原来对磁盘机系统的故障怀疑不完全成立。

(6) 更换一盘诊断带(DTOS Tape)进行诊断, 结果故障一样, 排除了诊断带的问题。将重点怀疑的 S140 计算机 CPU 板和 128K 存储器板拿到另一台正常工作的机器一试, 证实为 CPU 板故障。

故障处理：更换 S140CPU 板后，重装软件，一切恢复正常。象这种计算机本身所有诊断程序均顺利通过无错，而本身的 CPU 板确有故障，实为罕见的 S140 计算机故障。

第十一节 GE9800 型 CT 机故障维修

例 1：高压伺服系统故障分析

故障现象：在扫描过程中，扫描程序自动从 M 级跳到 R 极，无法重新进入 M 级而正常扫描，查看错误信息记录为：20F0 2109 20F0 2109 20F0 2109 20F0 2019。

system detected malfunction in generaror, recheck O. K, you may retry scan, 计算机报告 X 线发生器系统工作不正常。查看高压控制柜通常有两种现象：(1) 高压控制柜内可听到“啪啪”声，连续不断，打开高压柜门，可见 servo motor 上面的拨杆不断碰打限位开关。

(2) 高压柜内 servo motor 不动作。

故障分析和检查：

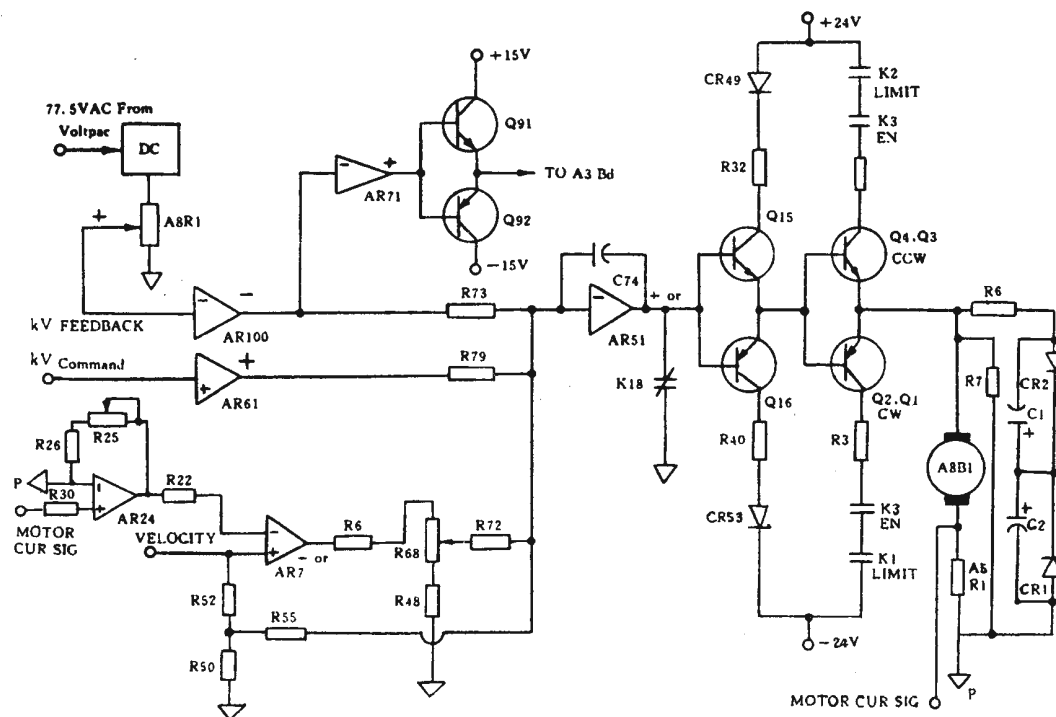


图 4-1-45 高压伺服系统控制原理图

(1) 从高压伺服控制电路基本原理框图(图 4-1-45)可知, kV 给定信号来自 TGGC 的 kV 控制命令, 此命令值和 kV 反馈信号比较后进入运算放大器的输入端, 经预推动后而送到马达功率放大驱动电路, 带动伺服马达转动, 调整高压变压器的初级电压, 同时也带动与其同轴相连的精密电位器(XG₁A₈R₁), 它直接反映出电刷所处的位置, 也间接反映出此刻 kV 值。由该 CT 机电路图(P7-19-5B2)中可知, 运算放大器采用的积分控制调节器, 此种调节器在稳态时, 积分电容(C₇₄)不起作用, 相当于把运算放大器输出和输入间的反馈回路断开, 这时运算放大器的放大倍数就是其开环放大倍数, 其数值很大, 使伺服系统工作准确。当 kV 给定与 kV 反馈信号达到某一平衡值时, 则马达驱动电压值为零, 即到达稳态。由于 C₇₄ 在动态过程中的作用, 保证了伺服调节过程中不会发生超调和阻尼过大的现象。

(2) 根据上述伺服控制的基本原理, 由故障现象可初步判断故障发生在高压伺服系统, 结合伺服系统电路图(P7-19-5B5. 6)进一步检查发现, 高压柜内 XG₁A₄A₄ 板上“kVservo”指示灯(绿)灭, XG₁A₄A₅ 板上 F₁、F₂ 保险丝熔断, 更换同型号 F₁、F₂ 后, 开机立即熔断, 这就基本可判断电路中 Q₁、Q₃ 有击穿短路, 为进一步证明故障所在, 卸下 Q₁ 和 Q₂ 三极管固定螺丝, 取下该管, 进行静态测量 Rbe、Reb、Rbc 和 Rcb, 由静态测量值可看出 Q₁ 管: Rbe=500, Rec=0. 3, 而 Q₃ 管: Rbe=1, Rec=0, 进一步证实了两管均有击穿短路现象, 致使 P₁、F₂ 熔断, 而伺服马达不动作。值得注意的是, 若 PN 结正, 反向电阻正常(Rbe, Rbc 约为 40), 应注意 Rec, Rce 的测量。若买不到同型号的三级管则可用 2N6259, 3DD₈, 代替 Q₃ 管, 用 3CD30C, 3AD30C 代替 Q₁ 管。

故障处理: 一旦找出故障所在位置后, 更换 Q₁ 和 Q₃ 三级管, 机器即可恢复正常。但值得注意和重视的是: ①Q₁、Q₃ 两个三级管的集电极限流电阻 R₂、R₃ (0. 25, 25W) 有可能烧坏, 即使换上 Q₁、Q₃ 管后, 系统仍不能正常工作, R₂、R₃ 两个电阻国内购置困难, 可用并联电阻法来解决。②若更换的 Q₁ 或 Q₃ 和原管不一样, 其特性会有差异, 在进行硬件复位时, 可能出错, 应进行 kV offset 和 kV slope 调整。也可采用先粗调, 即调整 XG₁A₅A₁ 板上的 R₉₄ 和 R₁₁₄。电压表分别接入 XG₁ A8TB1-A₃ 和 B₃ 之间, 调整时其电压值均为 224V 较好, 然后再按说明书中所述方法调整。③通常情况下, Q₁ 和 Q₃ 同时损坏的机率较小, 一般仅是其中的一个三极管有故障, 此种情况时, 便会造成伺服马达调节失控, 可见伺服马达顶上的拨杆不断碰打限位开关。上述故障是 9800CT 机高压伺服系统的常见故障之一。

例 2: 轴位电机测速表故障分析

故障现象: 在扫描病人过程中, 突然扫描中止, 机架上显示错误码为 152, 终端显示屏上显示为: SYSTEM DETECTED MALFUNCTION DURING DATA COLLECTION 退出扫描, 返回到 R 级, 重新进入 M 级, 机架上显示错误码为 152, 且机架显示屏最后一栏显示出三个半截 0, 即 UUU, 而终端显示屏上显示信息为: TUBE INITIALIZATION, SCANDISABLEDSEE ERROR LOG.TUBE COOLLNG FA ILED INITIALIZATION。仅就终端屏的报告分析, 完全是 X 线管有问题, 是否与机架转速无关, 其实不然, 查看错误逻辑信息表, 计算机的记录为 B098H, 和机架显示的 152 信息完全一致。

故障分析和检查: 进一步观察上述故障发现, 高速(2S)扫描较低速扫描时发生频繁, 低速时, 有时顺时针旋转轴位扫描可进行, 而反时针扫描旋转则中途停止, 机架上无任何显示, 而此种情况时终端屏上显示为: RETRY ABORTED SCAN (Y/N)。OR 仁 EJND

SERIES?SYS—TEM DETECTED MALFUNCTION IN TABLE/GANTRY. RECHECK OK TOU MAYRETRYSCAN, 若输入 Y, 有时扫描不能进行下去。而在高速扫描时, 常报告 B098H 错误码, 进一步用 TGGC REGESTER 板检查, 让机架以不同的速度旋转, 发现 8S、4S、3S 时, 转动基本正常, 而 2s 时则立即出现 B098H 错误, 且各种速度下, 机架转动的速度均不够稳定, 出现 B098H 码即提示轴位旋转速度错误。

引起 B098H 错误的主要原因, 经分析是由于轴位电机测速表 (TACHOMETER) 电枢与 4 个电刷接触处太脏, 因电枢与电刷来回反复磨擦, 产生粉末, 接触不良, 再者, 电刷长期磨损变短, 弹簧压得不紧, 导致其轴位旋转速度反馈电压不稳, 造成 AXIALSERVOCMD 信号不正常, 使机架转速忽高忽低不稳定。在进行 3s 以下中低速扫描时, 因其转速不稳, ENCODERCHAANDCHB 信号脉宽变化较大, 故不能发出正确的 DAS 触发信号, 故报告 DATA COL-LECTIONERRORS。中止扫描。当进入 2s 快速扫描时, 速度快, 由于 TACH 反馈电压不正常, 通常使机架转速很大而超过允许值, 碰撞机械限位开关而立即停止扫描。

故障处理: GE9800CT 机出现上述转速不稳的 B098H 错误, 在排除 AZIMUTH POT, ENCODER, TGGCGANTRY Bh AND CABLE RAKE-UP DRUMS 故障的前提下, 大多数是由于轴位电机测速表太脏或受损所引起的, 故障初期, 只要用软质棉布沾少许 95% 酒精擦拭一两遍电枢与电刷接触处, 故障即可排除, 进行正常扫描。开始时每 3~4 周擦一次即可, 后期每周擦 1 次, 晚期每周擦 2~3 次, 故障现象频繁, 此时应进一步检查后, 考虑更换测速表。

在 TGGC GANTRY 板上, 用示波器检查 “AXTACH” 信号 (TP₂), 用 TP₃ 为模拟地, 用 2s 轴位扫描, 检查轴位扫描时机架的旋转速度, 在示波器上测速表的输出幅度应低于 0.4V。

如果测得测速表的输出幅度大于 0.4V, 可再用 95% 酒精擦一次。注意, 千万不能用细砂纸打磨, 这样不但不能使故障排除, 反而会破坏电枢的光洁度, 使电刷磨损加快, 如果用 95% 酒精清洁测速表后, 示波器测得的波形幅度低于 0.4V, 则可进行轴位扫描, 如果清洁后, 幅度仍大于 0.4V, 则说明故障不能排除, 应按下列方法更换轴位电机测速表:

- (1) 从 ATTHEREM 上切断 X-RAY 驱动电源。
- (2) 关断机架扫描驱动开关。
- (3) 去掉机架两边的盖板。
- (4) 打开机架顶盖和前盖。
- (5) 用手旋转机架 X 线管至 0° 位置。
- (6) 从 ENCODER 驱动接线盘 TS-11 上取下轴位电机测速表的两根输出信号线 (1 和 2 接线端)。
- (7) 松开 ENCODER 和测速表联轴器上的 4 个内六角螺丝, 使 ENCODER 和测速表从联轴器上脱开。
- (8) 去掉固定在轴位电机上的 ENCODER 支架上的 4 个大螺丝, 然后小心地将 ENCODER 组件取下放置在旁边, 注意不要使信号线过度弯曲, 以免折断芯线。
- (9) 从电机轴上取下 ENCODER 和测速表联轴器, 然后拧下电机轴上固定测速表的大螺母, 注意, 拧此螺母时, 机架应转至锁定位置锁住, 否则无法松动该螺母。

(10) 从电刷架上取下两个固定螺丝, 小心地从电机轴上取下测速表组件 (电刷架, 4 个电刷和电枢)。

(11) 安装上新的测速表电枢、电刷架及 4 个电刷。

(12) 按上述 (6) ~ (10) 的步骤, 将所有元器件装回原位。

(13) 进行 ENCODERANDAXLALPOT 的调节。

(14) 用 2S、3S、4S、8S 扫描水模, 仔细观察此时机架的旋转速度。

注意事项:

(1) 对于 CT9800FPS AND QUICK SYSTEM, 在扫描中发生轴位速度错误 (B098H), 一般都是由于轴位测速表电枢太脏或电刷受损所致。而对于 CT9800FPS 系统, 可能发生 DA—TA COLLECTION ERRORS 的有: AP LITES 207, CIO STATUS 402, LOST DATA WITHIN VIEWS。对于 CT9800 QUICK 系统, 可能发生 DATA COLLECTIONERROES 的有: DAS IOP SEMA PHORE ERRORS, TERMINATION CODE 111, VIEWLENGTHERROR。通常收集数据错误往往发生在机架轴位旋转速度错误之前, 因此对终端显示屏上提示的错误信息, 应区别不同情况具体分析。

(2) 对于更换的轴位电机测速表组件, 美国 GE 公司的元件序号为 46-194465p15, 而 4 个 TACH 电刷序号为 46-194465p17, 这些序号在一般维修手册中是无法找到的, 记住此序号对欲购买 GE 公司的轴位电机测速表组件的用户是有帮助的。

(3) 对于更换新的测速表组件时, 必须和拆下的旧的测速表组件逐件认真对照, 完全相符后, 方能更换, 因为我们发现, 有的组件虽序号相符, 但仔细对照后, 发现其电枢宽度, 磁体外径略有不同, 虽也能安装上, 但 C 触发脉冲却无法调出, 若进入 M 级, 则机架上显示 151 错误码, 这一点是须引起重视的。

(4) 更换轴位电机测速表组件时, 应认真保护好四只电刷, 因电刷后面是靠弹簧压紧, 使其接触良好的, 安装时, 电刷极易弹出受损。

例 3: 高压充电回路故障分析

故障现象: 在扫描病人中, 都有几层图像上出现线状伪影, 在定位 (Scout) 图像则表现为径向垂直的约宽 5mm 的白条。

故障分析和检查:

(1) 用保存的原始图像数据 (RawData), 进行图像重建, 图像清晰无线状伪影, 表明 AP 系统工作正常。

(2) 检测 DAS, 探测器电源, DASTrigger 信号均正常。

(3) 检测 X 射线管阳极电压和电流, 结果发现每当图像上出现线状伪影时, 球管的电压和电流, 在曝光过程中的瞬间几乎为零。接着检测高压电缆正常, 检测球管阳极电压波动时, 发现 TGGC 的 PRI 信号不正常。根据高压初级电路图 (4-1-46) 分析如下。

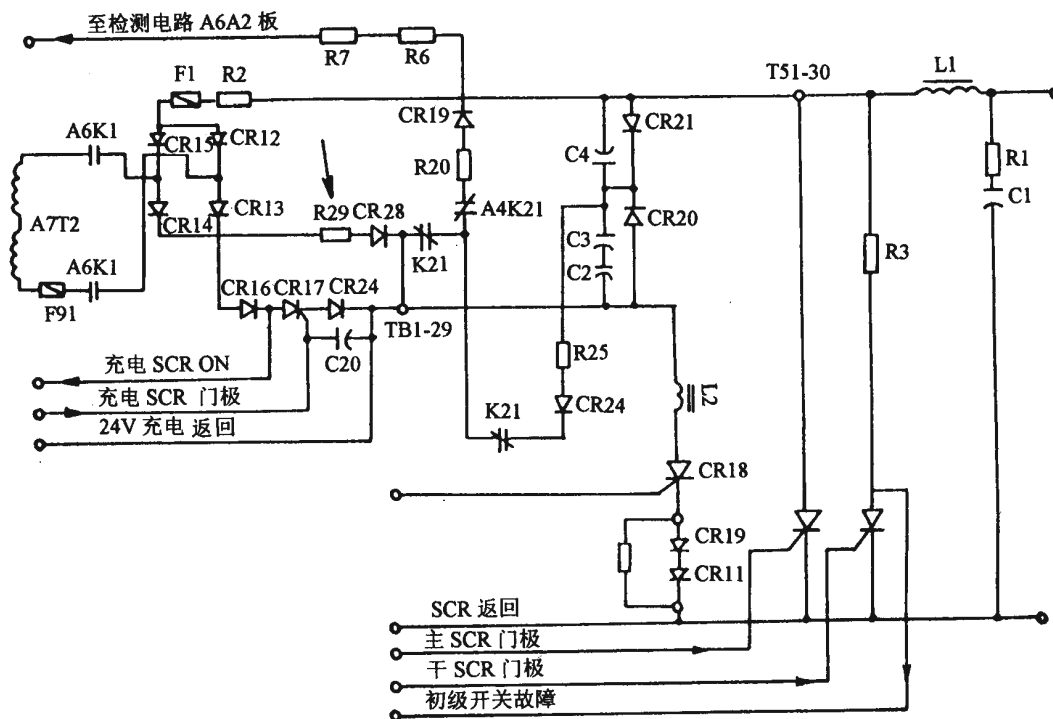


图 4-1-46 高压初级控制电路图

由图 8-17 可知，在排除 TGGC 有关电路板故障后，引起 PRI 信号异常的只能是与其相关的外部控制电路，经检测发现 XG1 的换向电容 COM CAP C4 在充电后，很快漏掉，在曝光期间，当 TGGC 检测到 C4 两端电压低于额定值（一般应大于+120VDC，其典型值为+200VDC）时，便首先关断阳极电压，给 C4 充电，由于充电回路电阻很小，充电很快完成，紧接着 TGGC 又使高压接通，直到扫描结束，因而造成线状伪影。

（4）造成 C4 漏电的原因由高压初级控制电路图分析，一是充电电路本身有问题，经检测各有关元器件性能良好，无漏电现象。二是辅助充电回路异常。在充电可控硅 CR17 导通期间，其充电电流从桥式整流电路的正极→CR16→CR17→CR24→CR20→C4→R2→F1→桥式整流电路的负极。在充电可控硅 CR17 关断期间，其充电辅助电路经 R29→CR28→CR20→C4→R2→F1 以微弱的电流维持充电，以补偿换向电容器 C4 自身漏电的电压降。经检测辅助充电回路，发现 R29 开路，造成辅助充电回路不起作用。

故障处理：由上述检测已证明 R29 损坏，更换同型号的电阻后，故障排除，机器恢复正常工作。

例 4：轴位驱动控制系统故障分析

故障现象：开机后，当进入 M 级时，听不到扫描机架的转动声，显示屏上报告：Tube Initialization Failed, Scan Disabled See Error LOG. Tube Cooling FailedInitialization. 查看错误逻辑信息表为 B097H，即轴位驱动位置错误。

故障分析和检查：

(1) 根据错误记录 B097H 的提示, 引起轴位驱动位置错误的原因有: ①伺服系统; ②轴位驱动控制系统; ③轴位驱动电机。

(2) 当操作程序进入 M 级时, Axial pilot RLY 信息出现在 A₆A₁ 板上, 继电器 K₄₀ 得电而动作, 使其常开接点闭合, 若轴位驱动开关闭合, 则 A₁A₁ 板上的 24V 直流电压经 LS₂、LS₃、LS₄、K₄₀ 的常开接点, 加到继电器 A₁K₂ 的线圈上, 使其得电工作, 常开接点闭合, 将轴位伺服电压比较器输出的电压加到轴位电机上, 使机架作旋转运动, 从而完成扫描工作。

(3) 首先观察和测量轴位驱动控制系统的继电器 A₁K₂ 和 K₄₀ 是否工作, 结果发现 K₄₀ 动作正常, A₁K₂ 无反应, 经检测发现 A₁K₂ 线圈烧坏, 致使伺服电压无法加到驱动电机上, 故不能进行扫描工作。

故障处理: 经检查 A₁K₂ 继电器线圈是采用全塑密封一次成形, 120VAC 供电, 将其线圈拆出, 按其规格采用环氧树脂板制作好线圈骨架, 用线径为 0.21 的高强度漆包线绕 2100 匝, 实测直流电阻 108 左右, 用调压器供 120VAC 测试, 观其工作正常, 接入原电路, 机架旋转运动自如, 恢复扫描工作。

例 5: 机架运动障碍

故障现象: 机器不能进入 M 级“SCAN”程序, 错误信息码为 B094H (Gantry 和 Cable Takeup spool 转动不同步), 此时退出 M 级, 重新再次进入后错误信息码为 B095H (G-FLAG 恒为高电平)。

故障分析和检查: 根据错误信息提示, 打开机架后盖, 检查 T-FLAG 和 G-FLAG, 结果发现 G-FLAG 板固定螺丝松动, 光电转换器窗口磨损。由于固定螺丝松动, 导致 T-FLAG 和 G-FLAG 不同步, 因而中断扫描报告错误信息为 B094H, 同时 G-FLAG 松动后, 在机架不停的旋转中与光电转换器窗口来回磨擦, 产生粉末, 致使 AZMISH ZERO DETECT 电路出错而报告 B095H 错误信息。

故障处理: 彻底清洁光电转换器窗口, 重新调整 G-FLAG 及 T-FLAG 之配合, 使之完全同步后, 机器工作正常。

例 6: 伺服放大器故障

故障现象: 在扫描运行过程中, 突然停电, 开机后进入 M 级, 行 8s、4s、3s 扫描时工作正常, 当使用 2s 扫描时, 不能继续扫描工作, 错误信息为 B098H。退出 M 级再重新进入 M 级时, 系统不能进入“SCAN”程序, 当关掉 X 线及驱动电源后, 可进入“SCAN”扫描程序。

故障分析和检查: 根据错误信息提示, 首先检查机架驱动部分电路, 当检查 AXIAL SERVO AMP 时, 发现该放大器盒上的 OV/LVLED 指示灯点亮, 打开放大器控制盒顶盖, 测量各组保险丝管, 结果发现 F803 保险丝熔断。因机架在扫描旋转中突然断电, 轴位电动机产生很高的反向电动势, 由于已断电, SERVO AMP 外部保护电路均失效, 导致 AXIAL SERVO AMP 内部保险烧坏, 2s 转动时, 负载重因而出现 OV/LV 故障而禁止 AXIAL SERVO AMP 输出, 则机架停止转动, TGGC 发出 B098H 错误码。又由于 AXIAL SERVO AMP OV/LV 故障是自锁性的, 因而必须复进 AXIAL SERVO AMP 才能重新进入 M 级进行扫描。

故障处理: 查明原因后, 更换一只同规格 (5A) 的保险丝后, 进入 2s 扫描, 工作正常。

例 7: 高压充电回路障碍

故障现象: 在进入扫描工作时, 荧光屏上提示: System, Detected Malfunction in Generator Recheck O、K You may Retry Scan. 再次进入扫描程序提示如上述, 不能进行扫描工作。

故障分析和检查:

(1) 进入维修程序, 查故障码为 2106, 即准备曝光时, 充电可控硅仍处于导通状态, 其导通期间不充许曝光。

(2) 根据图 4-1-46 高压初级控制电路分析, 在上一次曝光结束后, 充电可控硅 CR₁₇ 应导通为 C₄ 充电, 充电时间不大于 40ms, 在 XG₁A₄A₄ 板上的充电指示灯一闪即灭。此时 XG₁A₄A₄ 板上的指示灯一直亮而不熄灭, 表明对 C₄ 一直处于充电状态。

(3) 导致充电不止的原因有①C₄ 本身漏电, 不能充至 185V 以上; ②充电可控硅 CR₁₇ 击穿短路, 当 C₄ 充电达到 185V 以上时而不截止; ③充、放电电源电路、逻辑控制电路故障等。

(4) 测量 C₄ 两端电压为 213V, 说明 C₄ 可充电至额定值, 无漏电现象, 同时也证明充电电源电路工作正常。测量充电可控硅 CR₁₇ 的阳极和阴极之间电阻没有击穿现象, 取下 CR₁₇ 的状态测试线, 此时测试板上的充电指示灯熄灭, 说明逻辑控制电路没有问题。

(5) 测量 TB1-16 与 TB1-11 两端电压为 8.5V, 正常应在 40V 以上, 故怀疑 CR₁₇ 可能有轻微击穿现象, 更换同型号可控硅试验, 故障现象依旧。仔细检查电路各元件时, 发现 CR₁₇ 阳极和阴极之间并联着一只 400V、0.68 的电容器, 而该电容器在电路图中却没有画出来, 电路板上也无标号, 取下测量阻值仅为 600, 正是其漏电而导致 C₄ 充电不止。

故障处理: 更换一只同规格的电容器后, 扫描工作正常。

例 8: 扫描床 15VDC 故障

故障现象: 在扫描过程中, 系统曝光不能完成, 扫描机架上显示故障码为 257, XG1A12 板上 K1 继电器过早断开。

故障分析和检查:

(1) 查故障码 257 为 “X-Ray Tube Currentnot Present after firmwa rerequest.

(2) 将万用表串入高压发生器 XG2-mA 上测量球管电流, 并用示波器在高压衰减器上测高压, 曝光时高压和管电流瞬间消失。检查高压发生器及其控制部分完好。观察 XG₁A₇A₁ 板上曝光时间控制继电器 K₁₅ 过早断开, 使系统扫描中断。

(3) 查继电器 K₁₅ 是由继电器 K₉₂ 的 Close Sofety Contan ctor 信号控制, 该信号来自床下 TGGC 的 A₃ 板。检测 Close Sofety Contanetor 控制信号+24V, 曝光时中断。检测 TGGC 的 A₃ 板上与此信号相关的集成电路块 U128A 的 1、2 两脚和集成电路块 U₁₅₉ 之 11 脚, 发现只要这些输出端的任一 5V 电平迭落, 上述故障现象即发生。更换 TGGC 的 A3 板, 故障仍然存在。

(4) 再次检测低压电源相关输出, 均在额定允许范围, 但检测 15V 电源输出时, 发现交流成分太多, 测量相关的滤波电容器, 结果为低效, 致使交流成分增多。

故障处理: 更换 15V 电源滤波电容器后, 检测其输出正常, 恢复扫描工作, 故障排除。

例 9: DAS 电源故障

故障现象：扫描图像上出现不规则条状伪影，并伴有局部环状伪影，故障持续发生，不能自行恢复。

故障分析和检查：

(1) 查错误表中的故障码为 COB5H，即 Aperture openmovent notcomplete without 20seconds。检测机架 Collimator 控制板+15V 电源无电压输出。

(2) 打开 DAS 电源控制箱，发现 DAS+15V 电源在开机后 3~5min 后变为 0V，关掉 DAS 电源后再开启，3-5min 后又变为 0V，取掉负载检测仍无+15V 电压输出。

(3) 根据原理图，检测+15V 电源，发现其并联调整管 Q₁ 和 Q₂ (FBN—L164) 已损坏。

故障处理：更换 Q₁ 和 Q₂ 三极管后，故障排除。若找不到同型号的管子，可用 3DD15、BU15、2SD113、2N6249、3DD175C、3DK210F 等代换。若-15V 电源损坏，其故障与+15V 电源损坏现象相似，检测与处理方法类同。

第十二节 其它 CT 机故障分析与排除

下面介绍。

一、西门子 SOMATOMAR. TCT 机几种常见故障及其排除

(一) 频繁出现“RESET”现象

故障分析

这一故障的频繁出现一般是在扫描过程当中，计算机在对话显示窗上显示“RESET”这样的错误信息，以致使机器停止扫描工作。当出现这种故障时，在计算机中的“REPORT”报告中也只能报告出 X 射线系统部分的故障（即“EX081C”），而不能报告出具体的故障所在，还必须在实际硬件中去查找。

故障排除

这种故障的出现可先按照计算机“REPORT”报告的故障范围查找，对 X 射线系统进行逐级检查，首先检查 DC1 (D20)、DC2 (D21) 两板，测量相应的电压值是否正常，这两板如果出现问题是不能正常工作的，如测得 D20、D21 两板正常时，应接着查找 CPU 板 D26 和 I/O 板 D27、D28 板工作是否正常，因为 D27 板要控制 X 射线系统的准直器、X 射线管的灯丝、旋转阳极、逆变器以及 X 射线管的高压千伏的测量、管电流的测量、温度的测量和旋转阳极转速的测量等。当上述的某一个部分出现问题时都不能正常工作或根本不能工作。

“RESET”错误信息的出现，还涉及扫描系统相关的每一块电路板的工作状态，但最主要的还是要重点检查 X 射线管部分包括 X 射线管灯丝、高压和旋转阳极这些部分，应着重查找 X 射线球管部分，因为 D28 板装在球管的总成部分，是连接 X 射线球管的高压、管电流、X 射线管温度和旋转阳极转速保护的电路；在检查中，发现检测旋转阳极转速的红外导光束外面有油，顺着导光束查找外面的油是 X 射线管总成里面沿着导光束渗出的绝缘油，绝缘油沿着红外导光束直到导光束与 D28 板插座处，当把红外导光束插头拔出后，发现红

外导光束插头上也有绝缘油,这样绝缘油就挡住了红外导光束的传输,使实际的旋转阳极转速没有经过导光束正常传输出来,造成 D28 板识别信号不稳定,经常在临界的工作状态,因为绝缘油是可流动的。D28 板的工作不正常使机器频繁出现“RESET”现象,造成在扫描过程中停止。

图 4-1-47 中显示 D28 板部分电路,与 X 射线球管旋转阳极的位置画有两条光缆线路,上面一条是发射,下面一条是接收,X 射线管旋转阳极转速的变化就可以通过 D28 板的这部分电路控制输出信号给 D27 板的 CPU3,当旋转阳极的转速没有达到额定要求时,即没有信号送给 D27 板的 CPU3,如果 CPU3 有一路信号没有送入时,即可使 X 射线系统停止工作,如果 X 射线管旋转阳极的转速达到了额定要求,正常的信号送到 D27 板的 CPU3,此时,当其他电路都正常时,X 射线发射部分即可正常工作,就没有“RESET”现象出现。

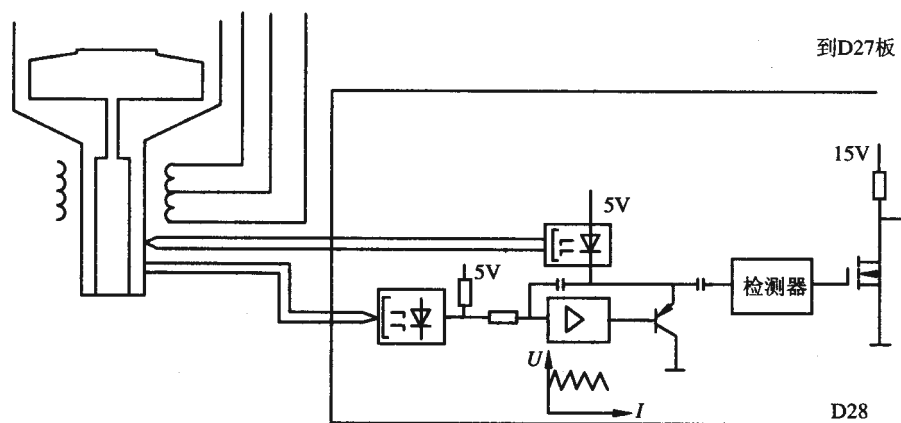


图 4-1-47 旋转阳极转速控制电原理图

检查出是因导光束与球管总成密封处渗出的绝缘油沿着导光束流到光缆接口处,而使光缆信号传输受到影响,不能正常接收旋转阳极转速信息。只要不让它再继续渗油就可以解决问题,必须将导光束外面以及插头处用纱布或棉花擦干净,再将导光束插座里面导光部分擦干净,故障即可排除。

(二) 扫描机架不能加电

故障分析

出现这种故障时说明扫描机架内部部分存在故障,并不是扫描机架内部所有的部分全部不能加电,只是有故障的部分不能正常工作,使计算机的检测不能通过,导致不能加电扫描。这类比较明显的故障,在计算机的“REPORT”报告中可以查到一些错误信息,对上述故障在计算机上显示“EX0839”这样的错误信息,这种错误信息还是与 X 射线系统有关。

故障排除

对这种故障还是要从 X 射线系统的电源开始查找,检查 X 射线电源输入端通过滤波器后是否正常,测量电压值,如果电压正常时,再检查 D22 板,因为这一路电源是直接供给 D22 板的,检查结果发现 D22 板工作不正常,无输出。D22 板是一个逆变器,以供给 X 射线管高压系统,如果这部分出现故障,扫描机架是加不上电的,此时必须更换新板,若想修

理这块电路板，还要看损坏的部位，如果故障范围小，修起来可能容易一些，有些故障修起来要困难或不能修。

（三）扫描床不能退到位

故障分析

当病人扫描完毕后，将床从扫描孔中退出时，扫描床不能退到最后，如果退到最后，扫描机架就断电，而且失控而超过限位开关，扫描床只能升不能下降。此时计算机不会在“REPORT”报告中显示任何错误信息，只有实际检查来发现问题。

故障排除

扫描床的升降和水平移位，主要是由 D35 板控制，扫描系统也有一定的控制作用。水平移位退到位就立即断电说明控制电路出现错误或限位开关没有起作用，检查水平移位限位开关，如果正常则继续查找 D35 板相应的控制电路，检修 D35 板，更换损坏的器件，如果有条件还是应该更换新板。

（四）不能将图像传输到激光相机

故障分析

当扫描的图像需要输出时，就将图像数据传输给激光相机，如果不能传输，此时显示屏信息栏内显示传输方面的错误信息；当打开传输信号时，只显示一下传输信号就立即停止，显示传输失败。根据这种现象可有以下几种情况：①激光相机系统有故障；②激光相机与 CT 机接口有问题；③CT 机数字图像传输或系统软件控制有错误。

故障排除

出现这种故障后，首先要考虑激光相机工作是否正常。如果激光相机本身具有自检能力，可进行自检程序检查，当通过了自检程序时可拍自检照片，看是否有问题，如果没有问题，则应该查找 CT 机部分；因为在购买 CT 机时，用户是自选激光相机型号和品牌，所以 CT 机与用户所配激光相机接口是不一样的，有数字接口或光缆接口两种，如果排除激光相机的问题，就要继续查找 CT 机部分的图像传输，检查电缆的插头、插座连接是否可靠良好，光缆有无被损坏或被折现象；检查 CT 机软件部分，最好结合计算机所报告的错误信息和范围来分析，可在 CT 机的运行程序中恢复以下表格，然后重新引导机器，在激光相机 SID 上重新设置所需的图像条件，最后问题得到解决。

（五）执行扫描病人时扫描机架断电

故障分析

当出现这种故障时，扫描机架的不正常现象，可表现为三种情况：①扫描机架左侧手动控制机架倾斜、床的升降、水平移位和定位灯的开关没有显示，只有右侧显示，此时如果进行病人扫描程序则扫描机架断电；②当系统引导程序完毕后，扫描机架上电，但又立即断电，使之无法工作；③在扫描的过程当中断电，使整个扫描系统停止。以上这三种现象在计算机中的“REPORT”报告显示“EM0807”或“EM0102”的错误信息，在报告的简要解释中不能说明具体故障部位或号码，只能说明有线路中断的地方。

故障排除

根据计算机“REPORT”报告的错误信息，分析整个扫描系统的控制与联系，最主要的

部分是 D30 板，即主板，还有与主板相连接的各部分，则重点是检查 D30 板，首先检查电路板的电源输入及电路板本身稳压电源电压是否都正常，检查与电路板连接的所有插头、插座接触是否良好，因为这种故障现象在“REPORT”中没有具体的故障部位，故障现象是变化的不一样的，考虑这是一种接触问题的可能性比较大；按故障现象查找与 D31 板的连接情况，排除机架控制开关失控问题；检查 D30 板所有连接的插头、插座接触情况，是否有因长时间使用或机房湿度大，使接插件氧化造成接触不良，要对这些接插件进行处理，使之接触良好，然后再引导机器。经过对 D30 板连接插头、插座的检查处理，结果故障排除，机器正常工作。

（六）在扫描过程中出现“床运动不稳定”错误信息

故障分析

当进行扫描时，在错误信息显示窗中出现“床运动不稳定”的错误信息，使正常的扫描停止；在计算机中的“REPORT”报告可显示“EM0807”这样的错误信息。从故障的现象上分析，不是固定的某个部分的损坏或某个电路板有问题，但表明是扫描系统病人床运动问题，应该说故障部位比较容易确定。

故障排除

针对这种故障现象以及计算机所报告的错误信息，主要就是查找病人扫描床的水平运动问题，因为计算机中的错误信息显示比较清楚，所以首先还是要查找其控制电路板 D35 板，看工作是否正常。此时可打开维修开关，做床本身的升降运动和水平移动，来观察床的运动情况，尤其是床的水平运动情况，检查相关的机械传动部分，有无碰撞或磨擦的阻力；检查电动机运转情况，是否平稳，有无异常声响等。当这些方面检查完毕后，也没有发现问题，但是在检查中发现床面上的海绵垫放置的不均匀、不对称，当病人躺在上面时，就把没有放好的海绵垫压下去了，造成移动床面与床身磨擦，当扫描完一层图像时，床是要按照所设置的层厚，做前进或后退移动。所造成的压力越大摩擦阻力越大，驱动床水平移动的电动机负荷越大，使床移动的速度和距离都要受到影响。例如，计算机设置扫描层厚为 10mm，当床受到这种阻力后，可能造成移动的距离误差，就不是每层 10mm，有可能是 8mm、7mm，这样计算机就报出“床运动不平稳”的错误信息。此时，只要将床上的海绵垫重新放置好问题就解决了，机器本身是没有问题的。

（七）整机系统程序运行正常，但扫描机架加不上电

故障分析

出现这种现象首先表明整个系统软件程序没有问题，但扫描机架加不上电，计算机的“REPORT”报告中，提示通讯联络问题，没有其他错误信息显示。主要是计算机与扫描系统的联系中断，这种中断所涉及的范围比较广泛，包括 CT 主计算机、计算机与扫描系统接口、计算机与扫描机架的通讯联络连接线路和电缆。

故障排除

根据上述对故障的分析，考虑控制整个扫描机架通讯联络问题，首先还是要查找 D30 板，因为扫描机架的控制信号都要通过这块电路板，然后驱动各个部分工作，如果 D30 板损坏，就可以造成这种故障现象，如果将 D30 板更换新板之后，故障依然存在，这表明问

题不在 D30 板。其次要考虑计算机主机与扫描机架的连接电缆是否有问题或断路，检查 CT 主机与扫描机架两边电缆有无损坏，连接插头、插座是否接触良好，对所相关的线路进行逐段检查和测量，经过对这些电缆相关的线路测量，没有发现断路现象。此时如果扫描系统 D30 板没有问题，相关电缆线路也没有问题。再查找就是计算机部分，为此，对计算机部分首先考虑与计算机主板接口问题，把计算机主板（D25 板）更换后机器还是不能使扫描机架加上电，这些相关的电路板都考虑后均没有发现问题，则更换计算机的副板，当把计算机主板（D25 板）的副板也更换新品之后，机器故障仍然存在，表明计算机系统还有故障，最后将计算机部分的主板和副板同时更换，整个系统恢复正常。因为在计算机部分电路板的更换和检查是主板和副板分开进行的，没有考虑到两块电路板同时损坏。回顾整个故障排除过程，说明计算机的主板和副板全部损坏，则会造成计算机主机与扫描机架通信联系中断。

（八）在执行扫描过程中突然停止，扫描机架不能加电

故障分析

当在扫描过程中出现扫描机架断电，多数是属于 X 射线系统的故障或电源方面的故障，主要检查这些部分的电源。此时，计算机中的“REPORT”报告显示“EX0802”的错误信息，这种错误信息说明有硬件损坏，需要进一步查找。

故障排除

打开扫描机架，检查相关的电源电压，重点检查 X 射线部分；检查逆变器部分工作是否正常；X 射线管旋转阳极转动声音是否正常，有无异常声响，测量 DC1(D20)板 650V/20kHz 输出电压是否正常，其检查的结果是正常的，接着再往下找 DC2 板上所有电源情况，检查每一部分的输出是否正常，熔断器是否熔断，当检查到有一路是送至“FOC”系统+53V 供给聚焦偏转线圈电源有问题，那么其中的全波整流就有一只整流二极管被击穿，造成输出电压异常不能工作，将击穿的二极管更换后，电路恢复正常。

（九）机器在工作时扫描机架突然断电

故障分析

当扫描机架在工作时出现这种现象，说明在 X 射线系统、扫描控制系统以及数据测量系统都可能出现故障，在硬件查找之前，可先看计算机中的“REPORT”报告，此时显示“EX0832”的错误信息。

故障排除

根据计算机所报出的错误信息和提示，首先检查 X 射线系统各个部分的各级电源电压，指示灯的显示：在数据测量部分要检查电源电压值是否稳定、准确，当检查到扫描系统部分时扫描机架两边的控制面板指示灯不亮，说明扫描系统的电路有问题，机架没有完全加电工作，测量控制扫描系统部分 DC2 板（D21）电源电压，结果发现该板上的 P14 熔断器熔断，F14 的电源是整流后送给控制电路板、旋转阳极、X 线管准直器，造成扫描机架两边的控制部分无电压而不能工作，将该熔断器更换新品后，机器立即恢复正常。

（十）扫描机架不能加电

故障分析

对于扫描机架不能加电这一故障现象，在许多故障中，均表现这样同一种现象。在具体

分析中，总是要结合计算机的“REPORT”报告所显示的错误信息进行有的放矢检查。但是，计算机所报告的内容和范围是有限的，如果在维修机器中，完全按照计算机所报告的内容检查维修时，有时是要走弯路的，还必须考虑与错误信息相关的方面。

当出现上述故障现象时，计算机的“REPORT”报告显示“EX0802”错误信息，显然是 X 射线系统的问题，在报告中解释为 X 射线管问题。

故障排除

根据计算机“REPORT”报告和解释初步考虑 X 射线管损坏，因为 X 射线管是有寿命的器件，其寿命的长短差距很大，但是生产厂家是保证 2 万次曝光，有的是曝光几次就损坏了，有的曝光几十万次才损坏。因此，判断 X 射线管损坏需要慎重。在考虑更换 X 射线球管之前，还是先检查 DC1 和 DC2 两板，测量所有的输出电压是否正常，检查到 X 射线管灯丝电压不正常，无+40V，发现控制灯丝电源的熔断器 P11 烧坏，将烧坏的熔断器更换新品后，机器故障排除。两个月后，机器又出现同样的错误信息，在一般情况下可以考虑是 X 射线球管损坏了，如果我们完全按照计算机所提示的故障现象去解决问题时，将会造成经济上的损失，而在实际检查中又发现熔断器 P11 损坏，而不是 X 射线球管损坏，其原因是由于所换上去的熔断器质量问题，当我们用一只进口的相同规格的熔断器换上去，故障即可排除，而且一直用到这只 X 射线球管损坏也没有再出现这样的问题。

二、CT 机的维修方法

（一）熟悉 CT 机的系统理论

要想动手维修 CT 机，必须要首先懂得 CT 机的系统理论、X 射线基本知识以及硬件结构的组成等，其理论学习是十分重要的，要具备计算机理论、数字电路和模拟电路理论知识，要有一定的电子技术水平，这些都是必须具备的条件。

（二）要有广泛的硬件知识

掌握硬件知识对维修工作比较重要的，CT 机都是一些进口设备，其硬件的质量和性能都是很优越可靠的，必须注意每一次的维修，不要把无故障的器件损坏，尤其是在拆卸器件时，对不熟悉的器件不能轻易地拆卸，在检查器件的过程当中同样要小心，对需要检查的部位不熟悉时，要在查阅技术资料后，再动手检查或修理，以免在检修中造成损坏，因为这些器件的价值都很贵重，在国内是找不到的。

（三）遇到问题要仔细分析

每当机器出现故障时，总要对故障进行一下仔细认真的分析，并查看计算机所给出的错误信息以及后面的解释，根据这些信息和实际现象进行综合分析和判断，问题大概出现在哪些部分，而不能盲目的动手造成故障的扩大，形成动过的地方或部分都有问题，没有动过的地方或部分都没有问题的局面，使故障扩大化，造成维修上的困难，必须有目的的逐级检查。如果有实际经验，则可以减少一些步骤，但要有一定的把握。

（四）检修时要仔细认真

在检修机器时要求必须仔细认真，尤其是对于经常运动的部分，对所有动过的地方都要

仔细的进行检查，拧过的螺钉是否拧紧，布置的电缆是否捆好，电路板是否插好，接插件是否都插好，虽然这些都是一些小问题，但不可忽视。

（五）更换元器件质量要好

当检查到损坏的元器件或修理电路板时，需要更换新的元器件，必须仔细核对型号和规格，并要求质量要好，性能可靠，所有的参数要准确，而不能用普通的或一般的民用元器件来代换，一定要用质量好的、可靠的元器件换上去，在更换损坏的器件时，还要对所换的新品进行检测。如果用上质量不好的元器件，将会带来新的故障或给故障判断增加难度。然而，这些难度，都是人为造成的。

（六）注意防止静电

目前所生产的 CT 机都采用大规模集成电路或超大规模集成电路，在维修时必须注意防止静电，尤其是在操作带有大规模集成电路板时手腕必须带有接地线，以免造成集成电路的损坏，这也是必须注意的操作规程。

（七）数据的调整 and 校准

在检修的过程当中，对电路中需要调整的地方必须用标准的仪器设备进行测量，之后需要进行调整时，方可进行调整，而不能随意进行调整，也不能多次的做反复调整，以防将器件损坏时问题还没有解决；对机械部分的调整同样是不应做较大范围的调整。

（八）维修工具

维修 CT 机器时所用的工具最好是选用进口的。包括各种旋具、内六角扳手、活扳手、呆扳手、扭力扳手、尖嘴钳、斜嘴钳、电烙铁等；要选用一块进口功能比较好的数字万用表；有条件时可配一台双踪 100MHz 示波器。

当每次修完机器后，如果涉及到图像质量问题时，都需要进行数据的修正和校准；当机器用过一段时间后 X 射线管的发射能力发生变化，此时也要进行校准和数据修正，尤其是当更换新的 X 射线球管时，更应该做一次比较全面的数据修正和校准，必须要做的如：CT 值的调整、均匀一致性的调整、探测器参数的调整、X 射线管输出剂量等这些必须的参数；当然调整机器也需要相应的水模，同时也比较费机器。因此，在一般情况下不需要做；在每天开机器时自动运行校准的程序，对小范围的误差是可以修正的。

三、CT 机的安装与调试

（一）环境要求

1. CT 机房的位置

CT 机房应选择距离供电电源变压器较近的地方，最好在一层的一端，以便空气的净化和卫生；要方便 CT 机器的运输，一般都与放射科接近。同时还要方便病人检查。

2. CT 机房的环境

CT 机房应选择周围空气流通的地方，并且周围有花草和树木或绿地，而不应该靠近锅炉、厨房或路边太近，以及灰尘较多的地方。

（二）机房要求

1.机房面积

CT 机房的面积要根据所选用的 CT 机型来决定, 有的 CT 机型可以使机房面积小一些, 而有的 CT 机型则需要机房要大一些; 另外, 还要看附属设备的多少; 在一般情况下, CT 机器的生产厂家都提供机房的最小面积和布局平面图, 用户在准备机房时可按照生产厂家所提供的平面图的大小准备, 在实际上应该再大一些比较好, 扫描室面积应不小于 36m^2 , 控制室面积应不小于 15m^2 。整个 CT 机房主要包括: 扫描室、控制室两大部分; CT 机器设备主要包括: 扫描机架、电源变压器、计算机及图像处理部分、交流稳压电源、激光相机、UPS、附属设备等, 这些都要考虑在内: 尤其是扫描机房, 实际要求机房面积大一些比较好, 这样有利于 X 射线的防护。

2.机房设施

CT 机房一般不设计窗户, 主要是为了防护, 其次是为了清洁; 机房内部要进行装饰, 墙壁的装饰要有利于清洁和卫生, 主要是为了防止灰尘; 地面要达到水平要求; 扫描室灯光要明亮, 要有排风设施, 能够将 X 射线对空气电离所产生的臭氧排出去, 作到定时通风及新鲜空气的进入; 控制室也要留有新风口, 定时通风; 机房需要安装空调, 要计算机房的热量和需要的功率, 保证机房的温度设计要求, 还要有一定的余量; 扫描室还要安装去湿机, 可根据扫描室房间面积计算去湿量, 一般扫描室面积在 36m^2 需要 24 小时去湿量在 20L 水, 尤其是在南方气候比较潮湿, 安装去湿机是必须的, 北方在夏季时也同样需要去湿, 使扫描室和控制室的温度和湿度以达到 CT 机的设计要求; 一般 CT 机房温度控制在 $20\sim 22^\circ\text{C}$ 之间, 湿度控制在 $50\%\sim 60\%$ 之间。

（三）电源和地线要求

1.电源

由配电室送入机房需要 380V 三相四线电源, 按照所选用 CT 机对电源功率的要求进行安装, 并配备相应的大功率交流净化稳压电源, 在一般情况下稳压电源要选用比 CT 机功率要大一些的稳压电源比较好, 普通 CT 机器所用交流稳压电源功率在 60kVA, 有些 CT 机器要求电源功率要大一些, 功率在 100kVA, 最主要的是根据 CT 机器所需的功率进行配备; 供电电源入产后通过交流稳压器后再接入 CT 机设备, 使用时也要每天先开交流稳压电源, 达到稳压值稳定后, 再打开 CT 机器设备的电源开关; 当电源按规定安装入户到机房后, 还要对电源内阻进行测试, 测试方法及对电源内阻的要求可参照 X 射线机有关要求和技术指标。表 4-1-3 是负载在 75kVA 时供电电源变压器至机房的距离所需导线截面积。

表 4-1-3 CT 机电源使用条件表

电源变压器与 CT 机房距离/m	导线截面积/ m^2	电源变压器与 CT 机房距离/m	导线截面积/ m^2
0-30	35	61-76	70
35-45	35	76-91	70
45-61	60	91-100	95

2.地线

CT 机对地线的要求与普通 X 射线机的要求是一样的，必须有单独的安全保护接地，没有安全保护接地的机房要制作接地装置。而且，要按规定每年都要对安全保护接地进行测试，要求接地电阻不大于 2.对不合格的保护接地要重新制作。

（四）CT 机的安装与调试

1.CT 机器设备安装位置

首先将 CT 机的扫描机架定位，然后定位扫描床；电源变压器最好放在机房既便于操作、维修又不妨碍日常使用的地方；计算机及控制部分要放在视线比较好的地方，要便于操作和观察，激光相机可以放在操作方便的位置；LIPS 电源的位置不要距离计算机图像处理系统太近，防止对计算机磁盘的影响，可以另选一个位置，但也要便于维修和操作。

2.CT 机器个部分电缆连接

当 CT 机主要的部分定位后，即可按顺序连接各部分电缆，按照电缆上面的标记和号码连接，对于另外配备和制作的线路，也一定要做好标记和号码，防止出现错误，同时为以后维修提供方便；并打开扫描机架，检查扫描机架的转动部分和不动部分的所有元器件、接插件、连接电缆；检查计算机图像处理部分电缆连接情况；连接电缆和检查元器件这些工作是十分细致的工作，必须仔细检查，一定要准确无误。

3.CT 机器加电试验

（1）CT 机器系统加电

在确定所连接的电缆准确无误，所有的元器件、接插件都没有问题后，可以加电观察，观察扫描机架内部各部分电路工作状况和现象，观察计算机部分工作状况，系统程序运行情况以及运行速度，能否按时间运行到机器的准备工作状态，如果加电观察没有发现问题。此时，还需要检查电源相序，否则扫描机架内部的旋转部分的旋转方向相反，有些 CT 机器可能不用检查电源相序，如以前生产的 CT 机器，主要是 CT 机器在这方面设计的结构、电路选用以及元器件的不同：

（2）X 射线球管训练

以上这些做完后，进行程序运行，对 X 射线球管进行训练；对于以前生产的 CT 机器，其 X 射线球管的训练是需要手动训练，尤其是新机器或新换上去的 X 射线球管，要按照由最低电压（50kV）开始，每隔 5kV 提升一次高压，X 射线管电流在 5mA 上，每次加高压的时间在 1min 左右，开始加高压时的时间可以适当缩短，主要考虑到 X 射线球管的稳定，直到高压加到 120kV 为止，在此期间如果出现毫安和千伏值有变化或异常声响时，则需要重新开始；对 X 射线球管的训练方法基本与普通 X 射线机训练 X 射线球管的方法相同。近些年来生产的 CT 机器，对 X 射线球管开始使用时的训练是比较简单的，——一般在计‘算机系统程序中设有自动 X 射线球管训练程序，只要打开这个程序，就会自动进行训练。

（3）CT 机器的数据校准

对于以前生产的 CT 机器，在数据校准方面是要维修工程师在维修程序中按照机器所设计的程序按步骤逐项修正，内容很多也很复杂，包括重建图像的均匀性、——致性、噪声大小、CT 值误差、探测器的检查等方面，计算机的运算速度也很慢，每做一项测试和修正都需要相当长的时间；在近几年所生产的 CT 机器都具有自动校准功能，可以修正一定范围

内的误差,如果超出所能修正的范围时,需要工程师进入维修程序进行修正;除此之外,在每天开机器时 CT 机会在训练完 X 射线球管之后进行自动修正,这种数据的修正是在当时机房的温度和湿度进行的,当这些程序进行完毕后即可扫描检查病人。

(4) CT 机器的调整

对于新安装的 CT 机器一般不用做更多的调整,但要做各种测试和扫描,首先进行水模扫描测试,根据测试情况,进行相应的、必要的的数据修正,数据修正完毕后还要进行水模扫描,检查数据修正结果,一直达到标准要求为止。CT 机器的数据修正对 X 射线球管的耗费比较大,应尽量少做,平时是不需要做的;只有在更换新的 X 射线球管或机器使用时间比较长以及在每天开机时的自动测试时超出的修正范围,在这种情况下必须要进行机器的数据修正。因为,当机器使用时间比较长时,其 X 射线球管发射能力会有所降低。所以,应该做必要的调整,保持扫描图像质量。

四、延长 CT 机 X 射线管使用寿命的方法

我们都知道 CT 机 X 射线球管是有寿命的,当 X 射线发射到一定的次数之后,X 射线球管就不能再继续使用了,必须更换新球管。新的球管工厂是有保用次数的。一般热容量在 150 万以上的 X 射线球管保用 3 万次,如果在保用期间损坏,工厂可给予更换,但要在保用 3 万次的基础上减掉已用曝光次数为更换球管的保用次数。因此,CT 机的 X 射线球管是消耗品。根据我国的实际情况,CT 机的 X 射线球管都是使用到一点也不能使用为止,才更换新管,不可能同国外相比,X 射线球管更换的那样频繁,因为 CT 机所用 X 射线球管是价值很高的器件,如果能够有一个好的环境条件,正常的操作和使用以及定期检查维护,是可以大大延长 CT 机 X 射线球管使用寿命的。为此,从以下几个方面叙述:

(一) CT 机房环境

CT 机房环境包括:室内外环境、机房电源条件两大部分。机房室外环境要有良好的通风条件,周围有花草树木,要远离食堂、锅炉等污染较大的地方;机房室内要保持恒定的温度和湿度,温度 20~22℃之间,湿度 50%~60%之间,并且要定时通风;要求机房电源稳定,减少动力设备用电 CT 机的影响,所配用交流稳压器性能要好,最好是用净化交流稳压电源。

(二) 日常操作与使用

要求操作人员一定按机器的操作规程使用,仔细认真学习操作手册,作好培训:在扫描工作时要控制 X 射线球管的温度,不要使 X 射线球管温度升至报警后,出现计算机要求球管温度下降才能扫描的信息才停止扫描,应安排好各种病人的扫描部位扫描顺序,也就是扫描条件大的与扫描条件小的穿插进行,使 X 射线球管温度不致过热。

(三) 日常保养与维护

CT 机器在医院设备管理中属寸:大型设备,必须实行强制性定期维护,有专人负责检查机器运行情况,对机器进行必要的维护保养,重点检查的内容包括:扫描机架旋转部分和不动部分,检查 X 射线管的油循环和散热系统,检查冷却风扇是否转动以及清扫散热器上面的灰尘,对扫描机架和计算机的过滤装置要定期更换,以保持扫描机架和计算机系统的温度不致过热,有一个良好的通风环境;检查净化交流稳压电源:正作情况以及 UPS 电源,

对 UPS 电源要定期放电;为了节省 X 射线球管的消耗,还可以利用机器软件系统对扫描条件进行适当的调整。除此之外,每天要注意控制机房的温度和湿度。

五、PICKER PQS 螺旋 CT 维修一例

故障现象:定位像有水平方向片状伪影,轴位图像异常(用脑窗看颅内软组织一片漆黑,颅骨依稀可见)。

分析与排除:由故障现象分析,故障可能源于信号采集通道。该通道包括探测器模块、探测器母板和 WFSCC 板。先查 VFSCC 板。打开机架侧面板,内部有三块完全相同的 WFSCC 板,它们所处的通道各不相同。用两两替换的方法,扫描水模,故障不变。由此判断 WFSCC 板无故障。做 DITA 测试,观察探测器数据的显示情况。屏幕上显示一条宽度为 100D 的水平亮线,说明有一探测器母板损坏。打开机架前面板,小心卸下锥形面板,露出探测器环,根据 DITA 提供的数据找到相应的探测器母板。仔细检查,此母板上两只保险管中,一只内部已烧断。换上同一型号保险管,开机扫描水模,发现定位像仍有水平方向的伪影,但伪影范围大大缩小,同时轴位图像有规则的条状伪影。怀疑由原故障探测器母板供电的 10 块探测器模块中有损坏的。逐一检查这 10 块探测器模块,发现其中一模块上有烧灼的痕迹。仔细辨认,是一贴片小电容被烧毁。将此模块同别的模块交换位置,做几次扫描。每次交换位置,扫描所得图像中伪影的位置也相应变化。由此判断故障模块就是这一块。换用新探测器模块后,扫描恢复正常。

六、SCT-3000TX 型 CT 机积分板的检修

CT 机积分板损坏,可导致 CT 影像出现环状伪影。这种故障的分析,可掌握以下几个要点:

第一、用 DAS 软件检查。进入 DASCHK 程序项,运行[1]OTESTA、[3] ESTESTA 和 [9]XTESTB 等项。[1]显示 DAS 系统 0-64 个通道的 DAS 静态平均噪声图,通过此项检查,可了解各积分板电源的供给情况和通道的静噪电平范围。[3]显示 X 线球管旋转而不曝光时, DAS 系统 0-512 个通道的静噪图,此项既可了解积分板的供电和通道静噪状态,还可了解 X 线球管运行时的供电情况。[9]显示 X 线球管曝光且没有旋转时,各通道输出的原始数据图,此项可了解球管的工作状态、DAS 系统各通道的正常工作情况。一般这三项, DAS 系统积分板上通道故障都可以检查出来,但如果是通道电源短路故障,仅靠软件检查,就难以确定到板或点了。

第二,积分板的供电电源测试。运行 DASCHK[1]检查发现,最下方静噪图为一水平直线,可确认积分板系统故障。打开扫描机架,机架内右侧有三组供积分板的“+”、“—”15V 电源,用直流电压表分别测试每一组电源输出值是否相符,若输出为 0V 的,一定有电源短路故障。空载启动,测试该电源工作正常时,分别插入有关积分板,边插边测,即可找出故障板。第三,查找故障点。由于该机器的积分板是分立元件构成,一般故障通道可以通过 DASCHK 中程序[9]或[10]查出,但电源短路仍需实测,最后更换故障元件。

值的注意的是,在进行积分板供电电源测试时,拔、插积分板前一定要先断掉 DAS 系统电源,否则,将损坏 DAS 控制及 A/D 转换等板,造成更大的损失。

七、Rhino 5.0 CT 球管损坏鉴定及原因分析

故障现象: 触摸屏上显示出错信息为: ERRORS: 1017。Ready 绿色指示灯(爆光准备指示灯)熄灭,无法继续执行扫描程序。按常规处理方法,进行程序整理关机后再开机,故障依旧。查看有关错误信息代码提示为 High Speed Starter Driver:Possibies BAD XSC,STARTER,CABLES,DIB,FUSES,ESTOP PRESSED,LOW LINE,SLIP RING,EXCHANGER。

分析与检测: 在检修时发现,该 CT 机主机系统参数设置 EPROM 存储器过期失效,有关的主机参数,如球管曝光次数、出错信息回顾显示、故障诊断程序等都无法调用执行、根据出错代码 ERRORS1017 的提示和 Ready 绿色指示灯不能维持点亮而熄灭这一故障现象,说明故障出自 High Speed Starter Driver(高速启动驱动器)部分。考虑到 CT 球管的旋转阳极启动电路、灯丝加热电路及取样保护电路与 High Speed Starter Driver 部分有关,而且 CT X 线管属易耗品,加之根据我院安装使用这台 CT 机一年半以来的供电情况(在开机状态,供电电源突然中断 15 次,其中三次是正在扫描病人时断电,而每次断电都导致计算机程序混乱而不能正常使用,有时也曾导致 CT 机硬件损坏),先打开扫描架外壳,将 CT 球管高压电缆从高压发生器端拔出(首先确认 CT 机球管是否良好),用直流稳压电源作 X 线管灯丝供电电源,再用短导线将电源供给大焦点两端,直流供电电压由 0V 开始缓慢上调,确保供给大焦点灯丝电流为 2A,此时的电压读数为 0.9V,用欧姆定理可算出大焦点灯丝电阻 $R=0.45\Omega$ 。根据自 Picker 公司维修站工程师的维修经验,判断 X 线管焦点短路(Filament Shorted),确切地说,应为灯丝电阻变小。正常情况下,Rhino5.0 球管大焦点的灯丝电阻在供电电流为 2A 时,其灯丝电阻测算值应该在 1-1.2 Ω 之间。由此推断:由于 X 线管灯丝电阻变小(0.45 Ω),导致灯丝预热电路供电电流远远大于 2A,灯丝加热检测保护电路动作,导致 High Speed Starter Driver 不能正常工作,因此提示 ERRORS1017 出错信息。导致灯丝电阻变小的原因,是由于 X 线管玻璃损坏进油,灯丝由于油冷却达不到真空时的加热电阻(灯丝电阻属于正温度系数电阻)。

为确认球管损坏,而非其他故障,进一步采用 X 线管灯丝负载替代法加以检查:用长约 80cm X 线机高压电缆(接近 CT 球管高压电缆长度)作高压发生器阴极端灯丝引出连线,以 12v65w 车用灯泡作 X 线管灯丝模拟负载(因其供电电流为 2A 时的灯丝电阻为 1 Ω 左右,接近 X 线管灯丝电阻),然后开机,接通扫描架电源,Ready 绿指示灯亮并保持(开始时灯泡特亮,此时的灯丝电流约为 6A,约 2 秒后,灯丝亮度减弱到微亮,此时的灯丝电流为 2A),由此证明 High Speed Starter Driver 部分无问题,故障源于 CT 球管。

拆下 CT 球管及油循环热交换系统,检查油循环管路及注油口,发现注油口内可观察到气泡,胶管因负压变扁,由此可以进一步确认 CT 球管因 X 线管漏气进油损坏。换用新管后,经球

管训练,中心校准,水模检验等各种测试合格之后,投入正常使用。

原因分析:更换 EPROM 存贮芯片后,可显示球管曝光次数为 84842 次及有关出错信息。从 98 年 3 月 15 日至 2000 年 8 月 2 日期间,非正常关机(电源突然中断)多达 15 次之多,其中三次是正在扫描病人时供电中断的,其中一次是由于控制台主机空气过滤网尘堵,强制关断主机电源。CT 机球管的使用寿命,除自身的质量问题外,与 CT 机工作运行环境有关。导致这次 CT 球管损坏的主要原因是供电电源多次突然中断,致使球管热交换系统失电,球管热量不能散发,更为严重的是,扫描状态下突然失电,高速旋转阳极不能制动停止,靠其自然停转需很长时间,而且到达一定转速时,容易产生共振,长时间运转的机械磨损和振动对高精密的 X 线管极为不利。过高的扫描条件也会增大 X 线管的热量,降低球管的使用寿命。

第二章 国外 X-CT 机故障检修实例

第一节 日本岛津（SHIMADZU）公司 CT 机故障实例

一、SCT-100N-2S 型 CT 机故障检修 6 例

故障例 1: X 线管损坏

故障现象: 扫描重建图像颗粒增大, 分辨率下降, 运行 A/DCHECKPROGRAM, 发现 16 路 A/D 水模轮廓曲线均上升, 空气值最大可达正值 (标准为一1000 左右)。检查 BP、CV 程序和 kV、mA 及四极管电压 V_1 、 V_2 以及 X 线管灯丝电压、电流, 均正常。

分析与排除: 根据上述现象, 可以考虑是从 X 线管到检测器、对数放大器到 A/D 转换器这一通道有故障, 导致到达计算机的量值减少。其可能原因有: 1. A/D 转换电路不良, 导致整个 A/D 量偏移; 2. X 线管及检测器上的准直器偏移, 使到达检测器的 X 线量减弱; 3. X 线管老化, 射线量不足。由于检测器和对数放大器分别为 1-6 个, 所以不可能是导致此故障的原因。

经检查排除前两项原因之后, 首先调整 mA 设定板上的 VR 电位器, 使 mA 量由 25mA 上升到 29mA, 再运行 A/DCHECKPROGRAM, 结果 16 路 A/D 轮廓曲线均下降, 因而可以断定是 X 线管不良。更换 X 线管后恢复正常。

故障例 2: X 线管灯丝断路

故障现象: kV 正常, mA=0, 但 RESET 后 kV 表下降缓慢, 四极管电压 V_1 、 V_2 均降为 2kV 左右, 灯丝电流为零 (正常预热状态约为 0.65A), 灯丝电压大于 100V (正常预热状态为 65V)。

分析与排除: 该机供灯丝的电源为直流 130V。在有灯丝负载时, 经调整、保护及直流交流变换后电压降低为 65V 左右。因而分析上述故障现象可知 A=0, V=100V, 说明灯丝回路可能为空载, 其可能原因是: 1. 灯丝变压器断路; 2. 灯丝整流电路断路; 3. 高压电缆断路; 4. X 线管灯丝断路。排除故障时, 首先用示波器检查高压变压器上的 C、CS 端, 有峰值大于 100V 的方波; 再测灯丝变压器阻值正常, 拔掉 X 线管负端高压插头, 测灯丝电压 >10V, 正常。再将插头插入 X 线管, 并从高压发生器端拔出负载高压电缆插头, 再用三用表测灯丝电阻, 结果为无穷大, 说明灯丝断路。更换 X 线管后工作正常。

故障例 3: 四极管阴极与栅极短路

故障现象: 电子管灯丝与栅极短路

故障排除: 电子管由于长时间灯丝 (直热式) 加温, 使栅极或阴极有可能发生变形而短路。此时用万用表电阻档 (高阻档) 测量可见, 阴极与栅极导通。遇到这种情况, 采用电击

办法, 将报废的四极管进行修复。用一只变压器按图 4-2-1 所示接成回路。首先将开关 K 置于 1 处, 给电容 C 充电。后将开关拨至 2 处, 此时可看到四极管中有微弱的闪光。把管子从电路中取下, 用万用表电阻档测量, 如阴极和栅极之间电阻值显示为无穷大, 即表示此管已修复, 可安装使用。

故障例 4: 电子管灯丝接触不良

故障现象: 电子管灯丝接触不良。

故障检修: 由于 4PR-400A 电子管

的灯丝电

流较大, 管脚与引线之间很易氧化或焊

锡脱落, 引起接触不良。处理方法是将管脚中的剩余焊锡清除, 用小圆锉或小钢针去除管脚上的氧化物, 重新灌满焊锡便可。如氧化比较严重, 上述方法处理仍不见效时, 可将电子管脚外包绕的铝环用钳子剪断, 全部管脚连同电木板同时焊下, 认真刮除引线 and 管脚上的氧化层, 先把引线上焊一层焊锡, 再将全部管脚连同电木板全部焊牢便可。采用以上方法, 修复了几只原已报废的 4PR-400A 型管, 现使用的一只已超过 3000 多个小时。

故障例 5: VIDEOOUTPUT 板大量集成块损坏

故障现象: 监视器光栅正常, 但无图像。

分析与检修: 产生无图像的原因很多, 应采用分割法进行检查。首先对 VIDEOOUTPUT (板号为 105-09925 视频输出) 板用示波器测量 CP₁ 和视频输出端, 结果没有视频信号输出。那么可肯定故障出在 D/A 转换之前。M₃₄DAC1106 的①脚为 D/A 转换的时钟输入端, 测量结果无脉冲输入。该时钟脉冲是由 M₃₁74LS74AN 的⑥脚输出, 由 7MHz 主时钟脉冲为 D 触发器的 CP 脉冲, 检查 7MHz 主时钟无脉冲。7MHz 主时钟脉冲由 B₂-⑨脚输入, 经 M₃₀ 反相器④脚输出, 测 M₃₀ 输入端③脚有脉冲输入, 而输出端④脚无脉冲输出。怀疑是 M₃₀ 坏, 用万用表测④脚对地电阻为 28.7Ω, 说明输出端对地有短路故障。由于 M₃₀④脚输出 7MHz 主时钟脉冲分别供给 10 块集成块, 只有采用断路法才能分别判断是哪一块集成块短路。首先断开 M₃₀ 的④脚, 测得它的对地电阻为 28.7; 然后分别测量这 10 块集成块的 7MHz 输入端, 发现都对地击穿, 其电阻为几欧姆到几十欧姆, 有的对地仅为 3.1Ω。又分别对其余的集成块进行测量, 由于 M₃₃、M₃₂ 输入与输出短路, 输出端对地只有 3.1Ω, 所以 12 块 74LS153 ①脚对地电阻为 7.4Ω, ⑭脚对地电阻为 21Ω, 全部击穿。VIDEOOUTPUT 板共有 34 块集成块, 经过测量发现竟有 31 块击穿短路, 其中 M₃₄D/A 转换集成块也不例外, 仅有 3 块集成块未击穿, 它们是 M₃₆、M₄₀ 和 M₂₈。

什么原因会损坏这么多集成块? 经调查是维修中当机器出现无图像故障时, 有很强电脉冲进入该板, 或是将板插错位置。更换新板后, 故障排除。

经验教训: 对于大型贵重的医疗仪器, 要请专业维修人员进行修理, 否则会使故障扩大, 甚至造成严重的后果, 造成不必要的经济损失。

故障例 6: 热交换器 CN₂ 电缆接插件松动

故障现象: 机器工作时, 曾一度频繁出现不规律的扫描中途停止或未到扫描标准电压 (120kV), 射线停止发生, ALARM 指示灯 (HEATEX、DOOR、H. STAB、CONTAL) 闪

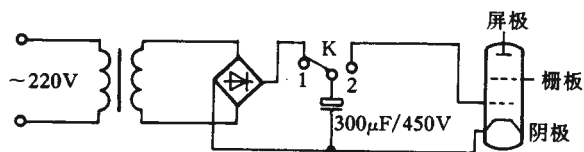


图 4-2-1 变压器电路图

烁，有时这种现象经常自动消失。一周后，ALARM 灯 HEATEX 以下全部熄灭。

故障检查：由于 HEATEXCHANGER（热交换器 HE-04）的指示灯 PL₄、PL₅ 随 ALARM 指示灯同时熄灭（PL₄ 的不正常是指示给操作者冷却油流量较少，不能完全连续不断流动，或有其他异常发生），在这种情况下，应检查油传送系统，因此首先应想到 HEATEX 的 FLOWSW 接触不良，所以对油量 SW 小开关进行调整，但不见缓解，同时发现继电器 K₁、K₂ 吸合不稳。当检测线路时发现 CN₂ 接插件有轻微的打火现象，按压 CN₂ 接插件现象消失，松手后又重复出现。

故障分析：由于长期热交换器 HEATEXCHANGER 的自身工作震动，使 CN₂ 电缆接插件松动，引起 IC₆（1/3）、IC₅（3/6）、IC₅（4/6）、TR₂₋₂、TR₃ 不能正常工作，以至影响 K₁、K₂ 的正常工作，使通过 6 针插头 6PCONN 串联在 H. T. STABOR 点 M-2 继电器回路上的 K₁（1-7）切断，T₁、T₂ 也随之切断，X 线停止发生。控制台上的 ALARM 指示灯中 DOOR、H. STAB、CONTAL 都接在 HEATEX 的后级，所以 HEATEX 灯不正常，以后的灯同样不正常。起初没考虑到 CN₂ 接插不良，是因为 PL₂ 正常，给人一迷惑现象。

故障排除：插头与插孔松动接触不良，用焊锡在插头端加固插紧，工作正常。

二、SCT-100N2 型 CT 机故障检修 2 例

故障例 1：X 线管驱动电机端减速器齿轮损坏

故障现象：CT 机扫描中，突然机械动作停止。控制台 kV 表指针正常，当切断高压，重新给工作程序，荧光屏出现 SCANNING NOT READY 字样。

故障检修：出现 SCANNING NOT READY，可表明故障在扫描部分。首先排除了电机烧毁，又排除了剖相电容故障。在通电试机时，观察 SSR₁~SSR₆ 继电器各接点工作正常，用眼观察驱动 X 线管作直线往复运动的电机，发现电机尾部散热用同步风扇的转动是正常的。故障在电机前端减速器部位。经配换减速器齿轮，试机正常。

故障例 2：四极稳压管 V₂ 漏气

故障现象：开机训练管时，控制台上 kV 表指针跌回零位，即使高压接通、扫描开始，但亦不能持续一个层面，高压同样被切断。经互换高压稳定器中四极稳压管 V₁ 和 V₂，通高压后，自耦变压器碳刷滑动时有放电声，kV 表指针不稳，控制台上高压稳定器指示灯熄灭。

故障检修：通高压发现四极稳压管 V₂kV 表指针于零位，管 V₁kV 表指针指于正常值 5kV。说明四极管 V₂ 老化漏气短路后，电流全部通过 V₂ 管，则管 V₂kV 表无指示。用新四极管替换 V₂ 管后，试机正常。

三、SCT-100N3 型 CT 机故障检修 2 例

故障例 1：高压硅桥电容器 C91 击穿

故障现象：在扫描过程中，突然控制台面上的 kV 表、mA 表指针均落到零点，V₂ 表指示为零，高压发生装置 CT-130MH 内发出“嗡嗡”声。

故障分析：CT-130MH 的高压次级电路中采用了双绕组分别二倍压整流的形式，且其 kV 表、mA 表的接地线均在阴极侧。根据图纸（图号：502-00700K，502-00704K），结合故

障现象分析：阳极侧高压次级绕组对地击穿；高压硅桥 S_{91} 击穿；倍压整流电容器 C_{91} 或 C_{92} 击穿均会出现此现象。

故障检修：除去 CT-130MH 所有外接线，将其内容物从油箱内吊起，外观检查无异常发现，而用现有的测试工具又无法直接检查怀疑的高压元件，于是自制了图 4-2-4 所示的简单试验线路来对 CT-130MH 进行高压试验（此时应将 K_1 、 K_2 、 R_1 、 R_2 、 C_s 、 C 良好接地）。

试验步骤如下：1. 闭合 SW_1 使 R-11 得电工作；
2. 选 V 表指示 60V（据发生器的参数计算约为 37.5kV），按下 SW_2 观察 V 表，其指针陡落至 30V，CT-130MH 内有“嗡嗡”声，这样证实了原分析，

故障在 CT-130MH 内；3. 取下 S_{91} 同样进行高压试验，V 表指示正常，且无“嗡嗡”声，可见阳极侧高压绕组正常；4. 用 S_{92} 代替 S_{91} 试验，V 表指针陡落，且有“嗡嗡”声，可见 S_{91} 正常；5. 取下 C_{91} 的连线试验，结果正常，可见 C_{92} 正常；6. 取下 C_{92} 的连线对 C_{91} 试验，V 表指针陡落，且有“嗡嗡”声，可见 C_{91} 击穿；7. 更换 C_{91} ，机器恢复正常。 C_{91} 为 0.5 μ F/50kV，而扫描时其充电至约 30kV，此次 C_{91} 损坏是由于扫描时外电源波动，在高压次级产生瞬间过电压而致。

故障例 2：灯丝加热电路检测电阻 R_{17} 损坏

故障现象：在机器预热加压过程中，突然自耦变压器的滑动退回起始位，kV 表、mA 表示数均陡落至零。

故障检修：1. Fi1A 表、Fi1V 表示数分别为 0.9A、92V，其次开机约 10s 后，显示值分别自动由 0.68A、64V 上升至 0.9A、92V；2. 拆下高压初级，将阴极电缆从 X 线管端拔出，用一整流管替代 X 线管做灯丝假负荷试验，结果同前述，可见故障不在 X 线管本身，而在其供电电路；3. 查灯丝供电电路：从图纸 502-00704、502-07082C 分析知， Q_5 为灯丝加热电压、电流调整管，在 PCBB（mA CONTROL）板上测 UCE_5 、 UCE_6 开机后约 10s 突然下降，并测知 UCU_6 的下降是 M-1 的输出电压升高所致，而 M-1 的输出电压是由灯丝加热电流检测电阻 R_{17} （3.4）和管电流检测电阻（20012）的电压信号在 M-1“-”端与基准电压信号加算的结果来控制，测 R_{17} （在 PCBB 板上由 2 个 6.82W 的电阻并联）两端的电压在开机约 10s 后自动由 2.4V 降至 0.2V。用 3.4 的电阻替代 R_{17} ，机器恢复正常。可见此故障是由于开机后 R_{17} 的阻值突然下降所致。

四、SCT-2000T 型 CT 机故障检修 3 例

故障例 1：计算机硬盘故障

故障现象：该机内装有两台相同的硬盘，一台作为系统盘，另一台作为扩展盘。系统盘内装有机程序，在工作时调用频繁。扩展盘只是用来存贮扫描后的图像，使用较少。但是在扩展盘内还保存有机程序的备份，这样当机器使用久了，系统盘出现故障时，可简单地将扩展硬盘变为系统盘而使机器恢复使用。故障盘可以暂不使用或拆下修理，处理过程可在

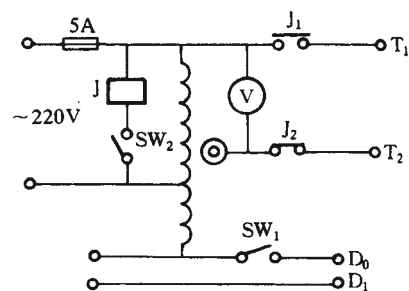


图 4-2-2 自制简单的试验电路图

半小时内完成，其余修复工作可以在机器不使用时再进行。

故障排除：首先关掉电源。打开计算机柜前盖板，把磁盘接口板上的拨盘开关由“0”转到“1”。然后盖上前盖板，接通电源，启动机器。当“R”提示符出现后，输入：

R	R
<u>DIR NSYS</u>	<u>DIR DPO</u>
R	R
<u>QEDIT SYC TB</u>	<u>DELETE IM</u>
	R
<u>* 57.1 000001</u>	<u>BSYS</u>
<u>ESC</u> <u>Z</u>	<u>RAWAREAS==?</u>

等到“*”型提示符出现后，用功能键初始化图像和原始数据存贮区。到此，机器就可以恢复工作了（有时可能需要重装校正文件）。除了图像存贮数量有所减少外，无其他改变。

故障例 2：压力开关接触不良

故障现象：扫描过程有时出现中断现象，经多次观察发现扫描中断伴随 TEMP 灯闪，不扫描。

检查与分析：TEMP 是 X 线管循环油冷却压力和过温保护指示灯，两个保护相串联。首先从外观检查扫描架内 X 线管部分，通电后油泵运转正常，X 线管和冷却部分声音都正常，外表无渗油迹象。再检查温度传感器，经试验约 80℃时断开，属正常。为验证压力开关，把 RESET 回路中的 KITUBETEMP 常开接点和过温保护短接后，可使机器运转继续扫描。通过 TEMP 灯观察，故障有时仍出现，从而证实为压力开关引起。但是要判断是由于压力开关接点接触不良还是 X 线管内有气泡造成压力开关释放，需把遥控开关拨到 LOCAL 上，使扫描控制脱离计算机，人为慢慢转动 X 线管往返几个 360°，再倾斜扫描架，这样若有气泡会在不同的角度由油泵抽入压力开关腔内，使压力开关有反应。但经 TEMP 灯间接观察一切正常，说明 X 线管内没有气泡，可基本判断为：压力开关在机器扫描时触点受到振动而跳跃接触不良，引起保护电路动作。

故障排除：压力开关修理需要拆开油路，但 X 线管是美国产 S—785 型，它没有简易排气装置，所以一旦拆开进气后，排气却很难；为了使 CT 尽快工作，把压力开关从保护回路中拆开，其接点接入一个延时继电器，通过延时 2s~4s 来躲过压力开关跳跃时间，同时再并上一个指示灯监视压力开关接点情况，然后把延时继电器接点和过温接点接入保护回路，恢复电路正常工作。

故障例 3：双向可控硅 D₁ 损坏；继电器 K₃ 接点烧毁

故障现象：选择 6.8s、609 个脉冲做正常腹部扫描时，突然机器中断扫描，监视器上出现圆形雪花状图像，当再次按曝光 START 按钮时，扫描不进行，ROT 灯不亮。

检查与分析：监视器上圆形雪花状图像是高压脉冲少于 609 个所致，ROT 灯是 X 线管旋转阳极运转灯。因此首先检查阳极启动器部分，经检查 F-11A10A 保险管熔断，D₁ 双向可控硅击穿导通。由电路可知，D₁ 起着旋转阳极启动时“导通”和运转时“关断”作用，特

别在关断时 D_1 将承受电感性负载所产生两倍以上的高电压，所以损坏机会较多。 D_1 一旦击穿导通， K_2 失去作用，靠 K_3 转换到运转状态。在 K_3 动作时，由于电压高、电流大，本身接点容量小，产生拉弧形成短路，造成 F-11A 10A 保险管烧断， K_3 接点烧坏，使旋转阳极主电路无电流流过，使 K_2 、 K_3 相继释放， K_3 常开点 7~8 切断了 X-RAY 回路，使扫描脉冲少于 609 个。由于 X-RAY 回路不能恢复，所以再次按下 START 按钮时，扫描不再进行。

故障排除： D_1 双向可控硅 SM6G14 型铁壳圆形封装，由于此件一时买不到，只好用通用继电器代替。其线圈分别接 K_1 、 K_2 接点，然后更换 K_3 继电器，再用电秒表分别校对 K_2 、 K_3 延时时间即可使用。

五、SCT-3000T 型 CT 机故障检修 3 例

故障例 1：X 线管冷却系统漏油

故障现象：扫描中断续出现中止扫描，并且喇叭中传出“嘣”声，重建图像为麻饼形，计算机仅有“!”提示，且随时间延长而出现频繁，致不上高压；高压控制柜中“KVCONT70”板的 D_{68} 、 D_{70} 及“RELAYDRIVER”板的 D_{14} 故障灯亮。有时关机后再开机又正常，但不能继续长时间工作。曝光试验中贴近 X 线管可听到管内有打火声。

检查与分析：“嘣”声为喇叭传出的放电感应，在检查 X 线管（S-785）时，发现 X 线管油路冷却系统的尼龙胶管连接处裂口漏油。漏出的油越多，循环冷却时进入气体也越多，导致气体进入 X 线管容器内，使其真空度下降，继而打火放电，中止扫描。

故障排除：将 X 线管同冷却系统一起拆下，截去尼龙胶管裂口部分，进油端浸入不含有杂质的冷却油内，另一端稍离开油面，两端距离尽可能远些，X 线管相对盛油器皿位置低些，X 线管冷却油流出端抬高；给油泵电机加电，注意观察尽可能使气体全部排出，不再进入气体，两端对接时要浸在油面下进行，不需断电，用紧固圈固定紧。然后将胶管拿出把油擦净，再继续通电半小时进行油循环试验，看是否有油漏出。如果有，则要重复上述操作，一定要紧固接口，直至不漏油。最后安装上机进行调试，调试中仍需注意冷却系统及 X 线管是否有异常情况。

用这种方法仅一天时间（包括调机）就完成了全部操作。重装后 X 线管又连续曝光二万余次才报废。在没有备用 X 线管、真空泵，只有冷却油的情况下，此方法简单方便地排除了故障。

故障例 2：冷却油泵转轴磨损造成流速不匀

故障现象：开机进行 X 线管训练结束，最后空气校正时，不上高压，高压控制柜 PANEL DRIVER 板上的 TEMP 指示灯闪动，KV CONT-70 板上故障灯 D_{68} 、 D_{70} 亮，同时 RELAY DRIVER 板上继电器 K_{11} 抖动。

检查与分析：TEMP 指示灯受 K_{11} 控制， K_{11} 受 X 线管冷却油路循环流量开关 S_1 （常开）及与其串联的 X 线管温控开关 S_2 （常闭）控制。当循环油流速不够或不匀时， S_1 将不会闭合或闭合又瞬间开启，致 K_{11} 不工作或抖动；另外是 X 线管过热使油温过高引起 S_2 开启。为查找原因，打开龙门架前盖检查，X 线管温度不高，但发现冷却油泵转轴声音不均，当即将 S_1 短路进行反复试验，最后确认由于油泵转轴框动造成流速不匀（即冲击 S_1 闭合力量不匀），致 K_{11} 抖动，出现上述故障现象。

故障排除：此种情况在暂时不具备维修条件下，采用短路 S_1 使之常闭的办法，进行正常工作。但应注意：1. S_2 系统一定是正常的。当由于油泵原因而影响散热时， S_2 能及时补控；2. 拉长扫描间隔时间，给充足的时间散热；3. 要常听油泵转动声是否异常，如不转动时，无声。此法使 X 线管又连续曝光五千余次，尔后具备了维修条件，将 X 线管拆下更换了油泵又继续使用。

故障例 3：胀缩器破裂漏油

故障现象：扫描时中断并伴放电声，高压控制柜 kV CONT-70 板上 D_{70} 及 RELAY DRIVER 板上 D_{14} 故障灯亮。

检查与分析：打开龙门架前盖，发现 X 线管有冷却油漏出，将 X 线管拆下，察看为阴极端漏油，打开密封口，发现胀缩器已破裂。原因可能为连续长期高温下使用，使质量不高的胀缩器老化破裂，冷却油从此裂口漏出，循环中进入气体，加高压后发生放电，导致中断扫描。

故障排除：将原报废 X 线管上的胀缩器拆下更换上，安装好后使用正常。但应注意：1. 应补满漏油及完全抽真空；2. X 线管内进行一次清洁处理，不能残留杂质；3. 安装时放好密封圈，均匀紧固螺钉，谨防渗油；4. 安装好后将阴极端向下放置数小时观察是否渗油；5. 在调试安装中注意是否有异常现象。

六、SCT-3000TX 型 CT 机故障检修 4 例

故障例 1：高压控制系统接触器引线 with 接点间接触不良

故障现象：在扫描过程中突然高压加不上，按动 **START** 键不起作用，**X-RAY-ON** 字符灯不亮，高压开关不动作。

分析与检查：1. 程序自检。做 IMAGING 测试，低于 100kV 程序运行正常，高于 100kV 程序则不能进行。但程序监视器上无异常字符显示；2. 局部 (LOCAL) 试验，小电流曝光正常，大于 200mA 时出现同上现象，见其他指示无异常，只有 **ROT** 灯不亮，即旋转阳极没有启动；3. 观察 X 线管曝光前后高压发生器“+”、“-”高压监视灯亮。根据上述检测，判断为高压控制器故障。旋转阳极的启动，主要由控制器中 STARTERCT 板控制。用万用表测试该板在曝光时 X、Y、Z 输出电压几乎为 0V，正常为 60V (AC)。继续查找该板上有关控制继电器和接触器，测得 MC_2 接触器控制线圈开路，同时见此接触器活动铁芯的行程变短，有内部受阻现象。

故障排除：拆下 MC_2 接触器，打开其底盖，测控制器两引线间阻值正常，系引线 with 接点间接触不良；在铁芯处取出两粒脱落的白金接点，恢复了铁芯运行的正常间距。经调整后复原，测线圈接触良好。装板试机，故障排除。

故障例 2：机架指示器内电容器漏电

故障现象：设备启动后，当文字监视器 CRT 显示 INITIALIZE THE DIRECTORIES COMPLETED 后，提示 SCANNER NO POWER。X 线管例行老化训练不能进行，机架及扫描床提示器均无指示，各控制开关失灵，扫描器无电源。

故障检修：由于扫描机架、扫描床指示器均无显示，各控制开关失灵，扫描系统不动作，

第五篇

呼吸、理疗系列

第一章 呼吸机仪器的维修

第一节 概 述

自从 1929 年世界上出现第一台呼吸机开始到现在，随着科学技术的飞速发展，使得呼吸机的功能更加日渐完善，正逐步向智能化纵深方向发展。机械通气作为一项人工代替通气功能的有效手段，正在被普遍地应用于各种原因导致的病人呼吸功能衰竭和手术后病人的持续性治疗，同时还用于吸入性麻醉等。我国呼吸机的发展起步较晚，近几年由于科学技术的引进与吸收，也相继生产出了一些高水平的呼吸机。

一、呼吸机的应用范围

在通常情况下，正常人主要通过自己的呼吸摄取空气中的氧气来满足各器官组织的氧化代谢需要。如果呼吸系统受到损伤，如药物中毒、溺水、休克，或由于其它生理功能的紊乱引起呼吸衰竭，单靠病人不健全的呼吸功能已不能够或根本不能满足各器官对氧气的需求。这时就需要借助呼吸机对病人进行抢救治疗，利用呼吸机来帮助病人提高肺通气量，以解除病人缺氧和二氧化碳在病人体内的滞留，改善病人的换气功能。

呼吸机主要在以下几种情况下使用：

- (1) 胸科手术过程中及术后病人的维持；
- (2) 严重的胸、脑外伤以及肺损伤；
- (3) 神经系统疾病引起的呼吸功能衰竭；
- (4) 急性心肌梗死或，心脏停搏复苏后导致的呼吸停止或呼吸功能不全；
- (5) 窒息、电击、溺水、药物中毒等引起的呼吸衰竭；
- (6) 休克肺、肺水肿、吸入性肺炎等引起的呼吸衰竭；
- (7) 急慢性支气管炎、哮喘、肺心病。

二、呼吸机的分类

按照国际标准化组织 1972 年的规定，医用呼吸装置主要分为以下几大类：

- (1) 肺通气器：①控制型；②辅助型；③控制—辅助型。
- (2) 复苏器：①手动；②气动；③电动。
- (3) 吸入治疗用通气器。
- (4) 体外式通气器：①铁肺；②胸胃式；③带式。
- (5) 摇动器。
- (6) 电刺激器。
- (7) 高频通气器：①高频正压通气；②高频射流通气；③高频振动。

三、呼吸机的功能组成

当前在世界上应用的呼吸机多达几百种,从简单的气动定压呼吸机到装有电子计算机及多种辅助设备的定容型呼吸机。尽管它们在设计、构造及操作方法上各不相同,但所具有的功能主要有以下几部分。

(一) 基本功能

- (1) 提供可变通气压力或容积;
- (2) 调节呼吸频率或呼吸周期;
- (3) 调节吸气流速或吸、呼比;
- (4) 调节辅助的通气灵敏度。

(二) 次级功能

- (1) 调节吸入气、氧浓度;
- (2) 加湿、加温功能;
- (3) 压力安全阀。

(三) 特殊功能

- (1) 压力波型选择;
- (2) 呼气流速限制;
- (3) 深吸气功能;
- (4) 呼气末正压 (PEEP);
- (5) 压力支持 (PSV);
- (6) 自发通气回路 (自主呼吸通路): ①间歇强制呼吸 (IMV); ②持续气道内正压呼吸 (CPAP)。

(四) 附属功能

- (1) 监测系统;
- (2) 报警系统;
- (3) 记录系统。

四、呼吸机所具备的报警功能

呼吸机可在以下情况下发出警报:

- (1) 电源切断;
- (2) 压力过低、过高;
- (3) 空气和氧气压力不足;
- (4) 辅助呼吸时自主呼吸停止;
- (5) 辅助呼吸时自主呼吸与机械呼吸不协调;
- (6) 氧浓度过低、过高;
- (7) 湿化器中水量不足;
- (8) 气道口湿度过高、过低;
- (9) 呼气时间不足,吸、呼气比过大;

- (10) 病人窒息;
- (11) 潮气量过低、过高;
- (12) 预置的气体流量不供给。

第二节 呼吸机制

正常人在静息时每分钟氧消耗量约为 20ml。随活动程度的增加, 人体的耗氧量也随之增加。当人进行剧烈活动时, 其耗氧量大约为静息时耗氧量的 20 倍。所以一个人要维持正常的生理活动每天要吸入 10000~12000L 空气, 以补充体内氧的消耗。由体外吸进来的氧经气道到达肺泡, 通过毛细血管与静脉中的血红蛋白进行氧合, 形成动脉血循环, 源源不断地将氧合的血红蛋白传送到人体的各组织器官, 进行新陈代谢, 其代谢物又被静脉血带回到肺部进行氧合, 各器官组织产生的二氧化碳同时被静脉血带到肺部, 然后通过口呼气过程将二氧化碳呼出体外, 形成一个完整的呼吸过程。

人体进行呼吸的动力主要来源于呼吸肌、胸廓、肺等组织器官。当吸气时, 呼吸肌收缩, 由于肺和胸廓都是弹性组织, 这时胸廓和肺同时扩张, 胸廓容积增加, 肺的容积也增加, 胸腔内产生负压, 空气被吸到肺内, 当肺的容量达到一定量时, 吸气过程结束。这时呼吸肌扩张, 胸廓和肺在组织的弹性作用下被牵拉回位, 使肺内体积减小, 形成呼气过程, 将气体排出体外。

一、肺的容积划分

按照呼吸运动及其幅度的变化, 可将肺的容积划分为若干部分, 肺容积的状态变化是产生肺通气的主要理论依据, 其各部分划分如下:

(一) 潮气量 (TV)

在静息呼吸时每次吸入或呼出的气量被称为潮气量。潮气量 (TV) 随年龄、性别、体表面积、呼吸习惯等的不同而不同。在静息状态下潮气量一般是比较稳定的, 但是每间隔一定的时间即每经过 30~40 次呼吸之后, 就会有一次不由自主的深吸气动作, 这种过程被称为叹气, 这时的通气量约为静息时潮气量的 2 倍。

(二) 功能残气量 (FRC)

在静息呼吸时, 每次呼气末肺内残留气量称为功能残气量。功能残气量是衡量肺弹性的一个重要指标, 功能残气量的大小与肺弹性的大小成反比。如果没有功能残气量, 肺泡气氧分压在呼气末将会减低到静脉血的水平, 在吸气时又会接近空气中的氧分压, 那么在动脉血中的氧分压、氧含量就会随每次呼吸运动而发生很大波动。相反如果功能残气量过大, 则吸入的新鲜气体被其过度稀释, 从而减少肺泡毛细血管膜两侧的气体分压差, 不利于气体交换。

(三) 肺活量 (VC)

在进行深吸气后作深呼气, 所能呼出的最大气量称为肺活量。它是评价肺功能的常用指标。肺活量的大小受呼吸肌力、肺、胸廓弹性及气道阻力等因素的影响。

（四）残气量和总肺容量

残气量是用力呼气仍残存在肺内的气体量（RV）。总肺容量是作最大吸气后肺内总含气量（TLC）。

从肺容积划分（图 5-1-1）可以看出：

总肺容量（TLC）=残气量（RV）+肺活量（VC）

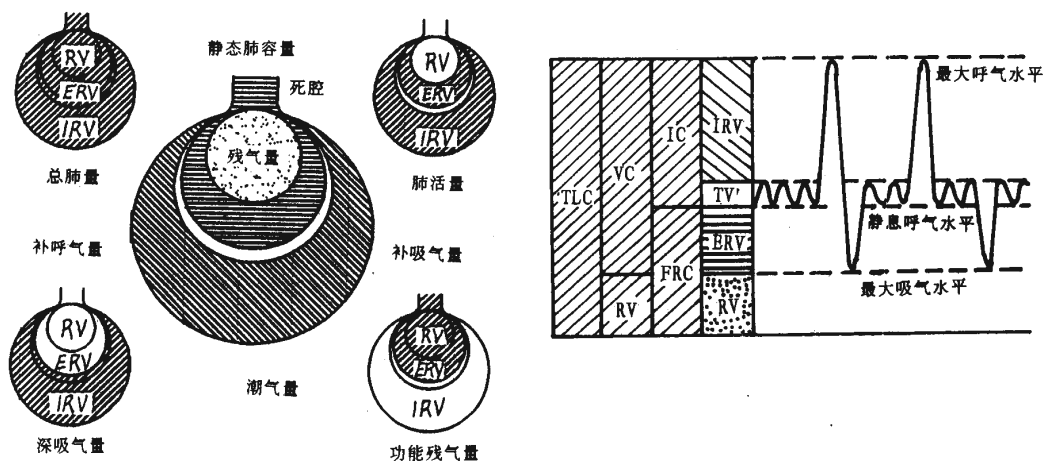


图 5-1-1 肺容积划分

TLC: 总肺容量; VC: 肺活量; RV: 残气量; IC: 深吸气量; FRC: 功能残气量;
IRV: 补吸气量; TV: 潮气量; ERV: 补呼气量

二、肺的气体弥散

弥散是指气体通过肺泡、毛细血管膜与血液进行气体交换的过程。某种气体的弥散能力与其分子量的平方根成反比，与在水中的溶解度成正比。氧与二氧化碳的弥散速率之比可用下式表示为：

$$\frac{\text{二氧化碳弥散速率}}{\text{氧的弥散速率}} = \frac{\sqrt{32} \times 0.592}{\sqrt{44} \times 0.0244} = \frac{20.6}{1}$$

从式中可以看出，二氧化碳的弥散能力为氧的弥散能力的 20 倍多。因此一般的弥散障碍并不会导致二氧化碳的滞留，而主要影响肺泡中氧向血液的弥散。图 5-1-2 表示的是氧通过血—气屏障（弥散距离）进入血浆，与血红蛋白结合的过程。

在氧弥散的过程中，任一环节发生问题，都能导致弥散距离的增大，而致使弥散能力下降。例如肺泡膜或毛细血管壁增厚，肺泡内或间质水肿、纤维化，毛细血管腔扩张与增大，红细胞膜病变等。除弥散距离外，弥散能力还取决于肺泡与毛细血管间的气体分压差，以及有无血液流过与毛细血管相接触，能进行肺功能活动的肺泡面积（弥散面积）的大小。肺纤

维化时弥散距离增大；弥漫性肺气肿时肺泡毛细血管床被破坏，弥散面积缩小，都能导致弥散能力的下降。

三、阻力与顺应性

呼吸运动是一个复杂的力学过程，呼吸功能的消耗主要用来克服三种阻力，第一种阻力是胸廓与肺组织的弹性阻力；第二种是气流通通过呼吸道时产生的摩擦力；第三种是胸廓及肺组织在呼吸运动过程中由于变形受到的粘性阻力。弹性阻力所消耗的呼吸功大约 70%，非弹性阻力所消耗的呼吸功约为 30%。非弹性阻力的主要来自气流阻力，只有小部分来自呼吸器官的粘性阻力。

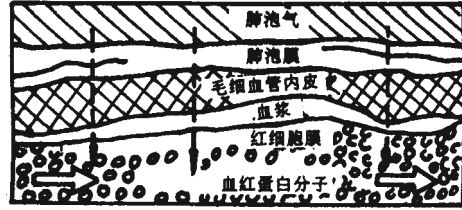


图 5-1-2 氧与血红蛋白结合的过程

(一) 弹性与顺应性

弹性是指物体在受到外力作用时发生形变后恢复其原状的能力。胸廓与肺组织都是弹性器官，故此都具有弹性。呼吸器官的弹性在习惯上都用顺应性这一概念来表示。所谓顺应性是指在静态条件下，每单位压力变化时所产生的容积变化。表示为：

$$\text{顺应性 (C)} = \frac{\text{容积变化 } (\Delta V)}{\text{压力变化 } (\Delta P)} (\text{L/cmH}_2\text{O})$$

如果容积变化是固定的，胸壁的顺应性决定于经胸壁压的变化，肺顺应性决定于经肺压的变化。呼吸器官总的顺应性经胸壁压的变化，肺顺应性决定于经肺压的变化。呼吸器官总的顺应性与肺和胸壁顺应性的关系为倒数和的关系，即：

$$\frac{1}{C_{\text{呼吸器官}}} = \frac{1}{C_{\text{肺}}} + \frac{1}{C_{\text{胸壁}}}$$

弹性阻力与顺应性是两个相反的概念。顺应性降低，意味着弹性阻力增加；顺应性增加，意味着弹性阻力减小。

(二) 气道阻力

气道阻力顾名思义就是当气流通过气道时产生的摩擦力，是非弹性阻力的大部分。与气道阻力相比，呼吸器官的粘性阻力较小，临床意义不大，一般不作考虑。

某段气道的阻力，是以单位气体流速下所需该段气道两端压力差来表示。整个气道的阻力用公式表示即为：

$$\text{气道阻力} = \frac{\text{大气压} - \text{肺泡压 } (\text{cmH}_2\text{O})}{\text{气流速度 } (\text{L/s})}$$

在生理情况下，整个气道的阻力 50% 位于鼻及口腔，25% 位于声门，15% 位于气管支气管，只有 10% 位于直径 2mm 以下的小气道。一个正常成人的气道阻力为 0.5~1.5cmH₂O/(L.s)。一般情况下，由于在呼吸时气道口径发生变化，所以呼气阻力都大于吸气阻力。这

就告诉我们，在使用呼吸机时，应根据病人的实际需要，选择合适的吸呼比，以保证病人呼气充分。

第三节 呼吸机的气体切换形式

在讲述具体的呼吸机之前，先介绍一下负压呼吸机和正压呼吸机。

一、负压呼吸机

这种呼吸机向病人提供的是负压通气，所以被称作负压呼吸机。它的工作原理是把病人放在一个压力可以减小的密闭容器内，只把病人的头部露在外面。然后对这个容器进行抽空使其内部产生负压，这个负压传递到胸廓内的空间，使胸廓和肺组织容积由于受到压差的作用而增大，这样在气道内就产生一个压力递减度，这时大气中的空气就会通过露在外面的鼻和口腔，沿着气道内的压力递减度进到肺腔内，当达到一定量时，使这个密闭容器内的压力恢复到大气压，这时胸廓和肺组织就会向反方向恢复它原来的形状，同时也将进入到肺内的空气排到体外。这种呼吸尽管比较符合生理特点，但由于操作及对各种呼吸参数不易掌握，目前已不再使用。这种呼吸机叫做体外通气机，有时也被称作铁肺。

二、正压呼吸机

正压呼吸机是利用增加气道内压力的方法将空气送入肺内，肺内的压力使肺腔扩张，当压力失去后，由于肺腔组织的弹性，将肺恢复到原来的形状，而使经过交换的一部分空气呼出体外。目前在世界范围内所有的呼吸机几乎都是利用增加气道内压力给病人送气。

三、呼气相和吸气相的切换形式

不同种类的呼吸机，其吸气相和呼气相的转换方式也有所不同。目前呼吸机呼吸相的切换主要有以下四种形式：

（一）时间切换

负压呼吸机采用的是时间切换。现代的时间切换呼吸机都是采用电子仪器进行控制，利用各种无稳态多谐振器确定呼吸的周期或频率以及呼吸比。这些电子电路用以启动调节电机或空气流量电磁阀。这种气体切换形式是先预置某一吸气时间，当吸气时间达到预置值时，呼吸机自动将吸气相转变为呼气相，它的特点是当吸气时间固定后，当病人的顺应性、气道阻力发生变化时，吸气压力、容积以及流速都要发生相应的变化。

（二）容量切换

呼吸的周期运动是由送给病人的空气容量所决定的，只有当送给病人的空气容量达到预置值时，呼吸机才进行切换工作，由吸气相转换为呼气相。它配备有压力释放阀，但向病人送入空气的过程中如果压力超过了预置值时，不管所送给病人的空气容量够与不够，只要压力释放阀一工作，机器就自动地将吸气相转换为呼气相，以避免对病人造成严重损伤。这种切换形式的优点是能保持稳定的通气量。

（三）压力切换

这种切换形式是送给病人体内的空气压力超过预置值时，呼吸机便将此时的吸气相切换成呼气相。因压力是预先设定好的，当病人的顺应性、气道压力发生变化时，潮气量将随之发生变化。它的特点是不能保持稳定的潮气量。

（四）流量切换

流量切换是吸气时气体流速的波形随时间的变化而变化。当流速达到预置值时，机器自动地将吸气相转换为呼气相。

以上四种切换形式中最基本的是压力切换和容量切换。但一般先进的呼吸机上面的四种切换形式都应该具备，以满足不同的临床要求。

四、呼吸模式

所谓呼吸模式，是指呼吸机以什么样的方式向病人进行送气，来达到最好的通气治疗效果。

（一）强制性通气（CMV）

当病人没有任何呼吸能力时，采用这种通气方式。呼吸机将会按照医生所设置的潮气量、呼吸频率、吸呼比以及气体流量等将正压气体输送给病人。它提供给病人的呼吸曲线如图 5-1-3 所示。

图 5-1-3 中， P_0 是呼吸机在设定潮气量、呼吸频率、吸呼比、气体流速后送给病人的吸气压力； P_a 为消耗在气道阻力的压力； P_b 为消耗在弹性阻力的压力； t_1 为呼吸机的注气时间； t_a 为吸气末正压，叫作平原期，它在临床上的实际意义是：当呼吸机给病人按照预先给定的量进行送气停止后的一段时间内呼气阀不立即打开，而是继续保持关闭状态，使吸入的气体在病人肺内停留，同时维持气道内正压的继续存在，其目的主要是改善气体在肺内的分布，促进肺泡中氧向血液弥散，减少无效腔通气。如果吸气末正压时间过长，会使平均气道内压增加，加重心脏循环负担，所以最长不应超过呼吸周期的 20%； t_3 为呼气时间，取决于所设定的吸呼比； t 为呼吸周期； f 为呼吸频率二者互为倒数。

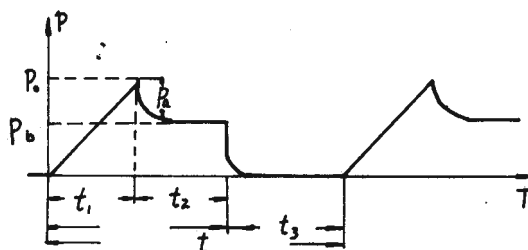


图 5-1-3 呼吸曲线

（二）强制性深呼吸（CMV+SIGH）

这种呼吸一般是经过 30~40 次呼吸之后加入一个深呼吸过程，其呼吸过程前面已经讲过，深呼吸时的波形如图 5-1-4。

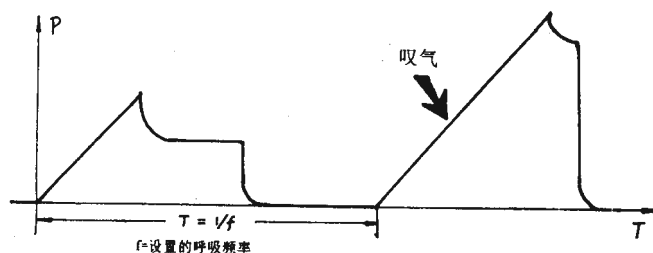


图 5-1-4 深呼吸时的波形

从图 5-1-4 中可以看到, 右边这个波形就是经过几十次呼吸后, 呼吸机产生一个深呼吸通气, 其通气量约为正常通气量的 2 倍。此过程用以解除病人长时间的通气而产生的疲劳。

(三) 辅助强制性通气 (Assisted+CMV)

在辅助强制性呼吸过程中, 病人可以自己引发一个机械性通气。病人只需要有一点小的呼吸就能使呼吸机按照医生设定的潮气量给病人通气, 此时呼吸机的频率不再按照所设定的固有频率, 而是根据病人的实际需要呼吸机自动跟踪。只要病人有自主呼吸, 就触发呼吸机产生一个送气过程。如果病人没有自主呼吸能力, 呼吸机仍然工作在强制性通气方式 (图 5-1-5)。

图 5-1-5 (1) 是病人在没有自主呼吸条件下的机械通气, 图 5-1-5 (2) 是在自主呼吸触发下的机械通气。

(四) 间歇性同步间歇强制呼吸 (SIMV)

经过长时间治疗, 病人开始有自己的呼吸, 而且能够不完全依靠呼吸机时, 可使用这种通气方式。其目的是为了病人逐渐地脱离呼吸机, 逐渐降低强制性通气的密度, 更多地进行自主呼吸, 在强制性通气的过程中一旦病人有一个自主呼吸且只需每秒吸入 0.1L 的气体就能触发呼吸机按医生设定的潮气量及气体流速向病人送气。病人每触发一个机械通气, 呼吸机将提前所设定的呼吸频率的 25% 给病人通气 (图 5-1-6)。

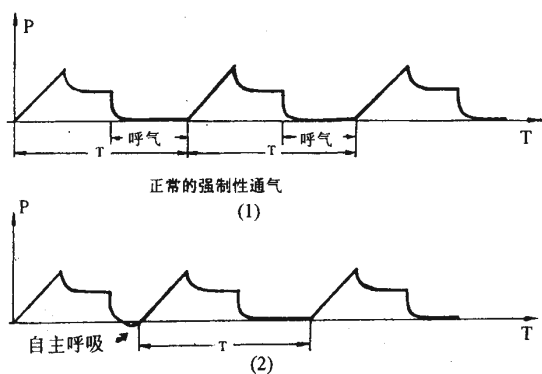


图 5-1-5 辅助强制性通气

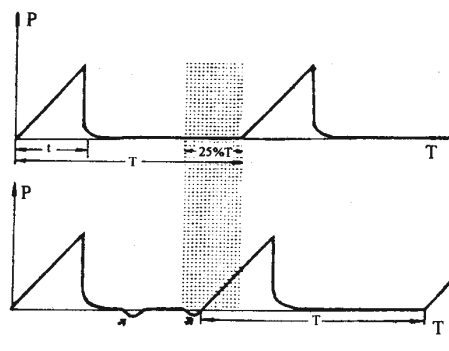


图 5-1-6 间歇性同步间歇强制呼吸

(五) 延长指令通气 (EMMV)

这是一种新型的通气方式,它主要是能依照病人自主呼吸的强弱而随时自动调节强制性机械通气。这种呼吸方式使病人总能得到所设置的分钟通气量,它适合于任何类型的病人,可以说 EMMV 是一种万能的辅助性通气。由于这种呼吸方式能按病人的实际需要,使病人吸入的气体超出了设定值,故叫作延长指令通气。

基本原理是:假设有一个气缸被一定量的稳定气体充满,如果没有自主呼吸,流入气缸的气体会将活塞逐渐地推到所设置的潮气量,然后被压下来,使这一部分气体作为强制性通气输送给病人。但是如果病人有一次自主呼吸将气缸内的气体吸入,那么活塞将需要更长的时间达到强制性通气的水平。如果病人完全能自主呼吸,那么活塞将永远达不到触发水平,也就不会有强制性通气。呼吸模式如图 5-1-7。

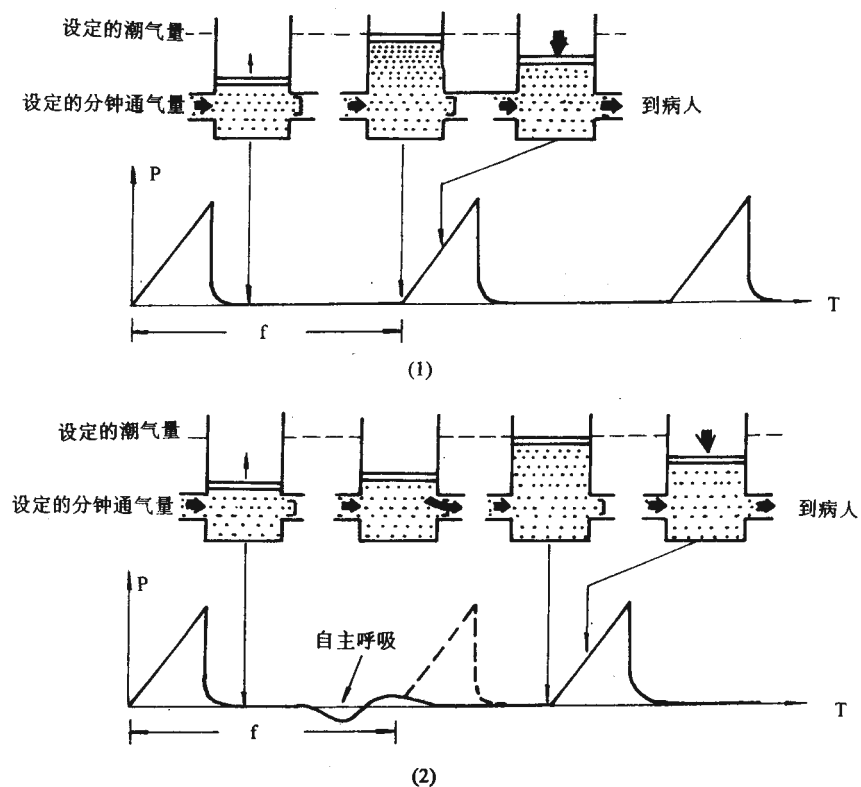


图 5-1-7 延长指令通气的呼吸模式

(1) 无自主呼吸; (2) 有自主呼吸

(六) 呼气末正压 (PEEP)

无论是自然呼吸或普通机械通气,当呼气终了时气流停止,肺泡内压等于大气压。呼气

末正压就是人为地在呼气末气道内及肺泡内施加一个高于大气压的压力，这样可以防止肺泡陷闭的发生，增加功能残气容积。因肺泡压力升高，在吸氧浓度不变的前提下，肺泡—动脉血氧分压差增高，有利于氧向血液弥散。

同时由于肺泡，充气的改善，可使肺顺应性增加，减少呼吸功。也有人认为，呼气末正压能促进肺泡表面活性物质的生成。

PEEP 的应用，也可能对机体造成不良影响，主要为各种气压损伤以及因平均气道内压升高而致使胸内压上升，导致静脉回流障碍。也可能产生或加重机械通气的其它综合病，如颅内压升高、肾功能减退、肝瘀血等。

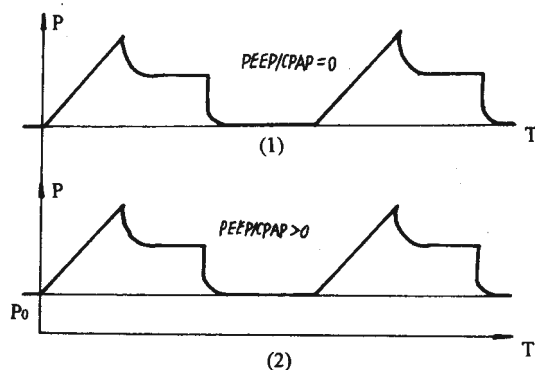


图 5-1-8 持续气道内正压呼吸

(七) 持续气道内正压 (CPAP)

有人称之为自主呼吸条件下的呼气末正压。CPAP 是在自主呼吸条件下，在整个呼吸周期内人为地施加一定量的气道内正压，它与呼气末正压相比能更好地达到防止气道萎陷，增加功能残气量，改善顺应性及扩张上气道的作用。如图 5-1-8 所示。

图 5-1-8 (1) 是当 PEEP/CPAP=0 的条件下即没有设定气道内正压的通气波形，这时 $P_0=0$ ；图 5-1-8 (2) 是在设定有气道内正压时的通气波形，即有一个 $P_0>0$ 的压力维持在水道内。

第四节 医用空气压缩机

呼吸机气源的供给形式目前只有两种，一种是电动呼吸机，它采用的是电机直接带动皮囊，利用皮囊的压缩将空气直接以吸气的形式输送给病人；另一种则是利用医用空气压缩机作为呼吸机的原动力，将压缩成一定压力的新鲜空气输送给病人，它的外形如图 5-1-9 所示。

一、外部结构

医用空气压缩机的外部结构包括医用压缩空气输出口（共有 3 个）、面板、空气过滤器（对压缩机吸入空气中的粉尘及其它杂质过滤掉）和箱体。

二、面板

如图 5-1-10 所示。

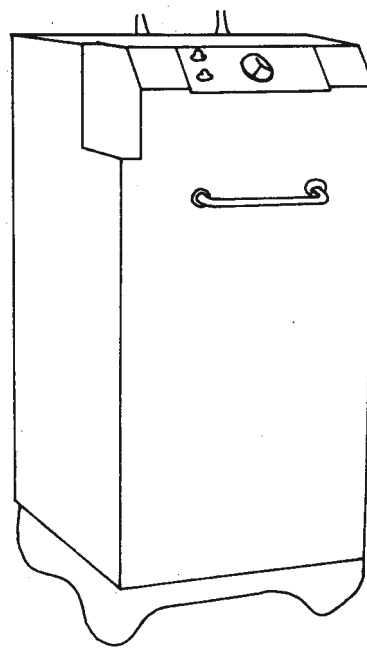


图 5-1-9 医用空气压缩机外形

(1) 过热报警：当压缩机机温过高时发出报警，将机器电源切断，防止压缩机因过热而损坏。

(2) 低压报警：当压缩空气的压力低于所要求的工作压力时，发出报警。

(3) 时间表：显示压缩机的工作时间。

(4) 压力表：指示压缩空气的压力。共分三种颜色，其中黄色表示低压；绿色表示中压即供给呼吸机的工作压力也叫作安全压力；红色表示高压。

(5) 电源开关。

(6) 压缩机过载保护装置：当空气压缩机负载过大或由于其它某种因素导致空气压缩机机电流过大而产生过载时，该保护装置将自动切断空气压缩机的电源。当查找出引超过载的原因并排除后，按下此装置进行复位。

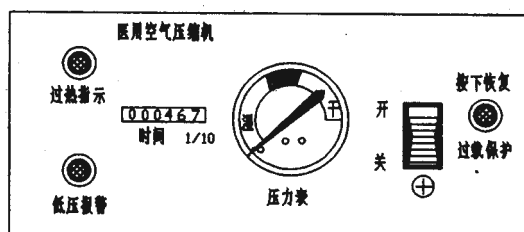


图 5-1-10 医用空气压缩机面板

三、内部结构

医用空气压缩机的内部结构如图 5-1-11 所示。

- (1) 电机：220V 单相交流电机，50Hz。
- (2) 压缩机：无油压缩，其气缸用陶瓷烧结经研磨而成。还有用金属材料作的。
- (3) 压缩空气输出管。
- (4) 压缩机吸入空气过滤器。
- (5) 散热风机：单相 220V、50Hz，主要给空气压缩机散热。
- (6) 蓄电池：给报警器提供电源。
- (7) 压缩空气输出口：供给呼吸机。
- (8) 三通接头。
- (9) 输出空气压力调节阀。
- (10) 压缩空气散热排管。
- (11) 贮水罐。
- (12) 放气压力调节阀。
- (13) 放气口。
- (14) 过热保护器。
- (15) 输出压缩空气接头。

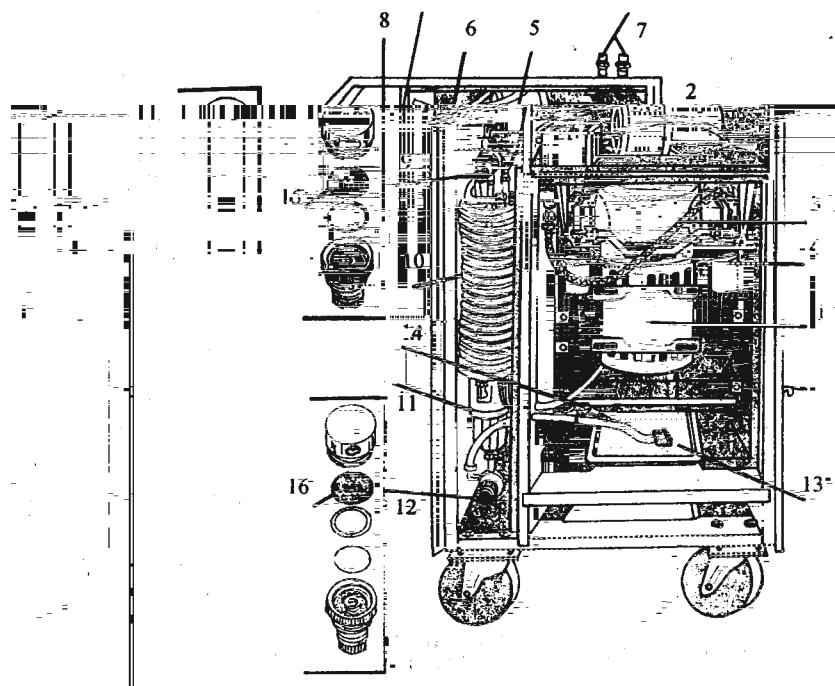


图 5-1-11 医用空气压缩机的内部结构

1. 电机；2. 压缩机；3. 压缩空气输出管；4. 压缩机吸入空气过滤器；5. 散热风机；6. 蓄
器
1
调
器
7. 压缩空气输出口；8. 三通接头；9. 输出空气压力调节阀；10. 压缩空气散热排管；
11. 贮水罐；12. 放气压力阀；13. 放气口；14. 过热保护器；15. 输出压缩空气接头 过

||

四、压缩机的工作原理

这是一种双缸压缩机，大气中的空气经空气过滤器过滤，经压缩机的吸气阀门进入气缸，经压缩机压缩后，由高压输出管传送到压缩空气散热排管进行散热后，经输出气体压力调节阀调节输出压缩空气的压力，超过或剩余的压力经放气压力调节阀的放气口放出。

图 5-1-12 是一个压力调节阀结构简图。经过调节旋转手柄 1 选择或者调节所要求的压力，这个压力通过弹簧 2 传递到隔膜 3 与从阀体 4 来的压缩空气的压力相平衡。如果压缩空气的压力大于所调整的压力，这时的平衡被破坏，所选择的弹簧的压力不足以克服高压空气的压力，高压空气便使隔膜将其顶针打开，使高压空气从阀体输出口向外界释放。

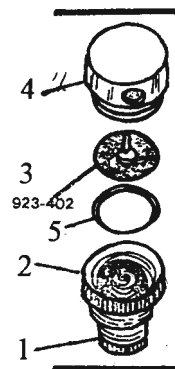


图 5-1-12 压力调节阀结构图

压缩机的工作原理及结构与我们在制冷专业中所描述的开启式压缩机的工作原理相同、

结构相同，这里不再重复。

第五节 SC-Z 型电动呼吸机

这是上海医疗器械厂生产的运动呼吸机，它结构简单，操作方便，适用于中小型医院及野战抢救，是一种应用比较普及的呼吸机。它的外形结构如图 5-1-13 所示。

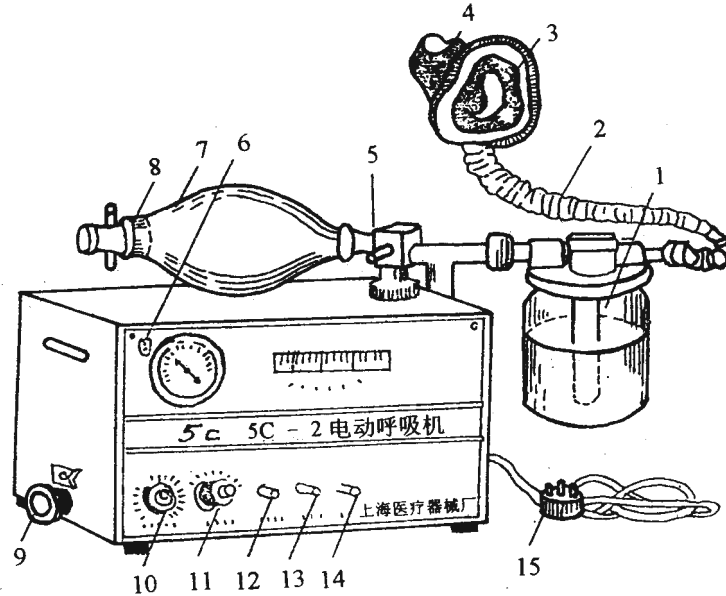


图 5-1-13 SC-Z 型电动呼吸机外形结构

1. 潮化罐；2. 橡胶波纹管；3. 面罩(该机刁：附)；4. 呼吸阀；5. 分流阀；6. 频率校正器；7. 橡胶弹性球；8. 进氧阀；9. 潮气量调节旋钮；10. 呼吸频率调节旋钮；11. 呼吸比值调节旋钮；12. 正负压开关；13. 潮化温度调节旋钮；14. 电源开关；15. 电源插头

一、各部件功能

(一) 橡胶弹性球囊

它的主要功能在电动呼吸机出现故障或者在没有电源时，通过人工手段向病人传送一定量的正压通气。

(二) 分流阀

它是连接呼吸机与病人管道实现气体分配的主要部件。其结构见图 5-1-14。

阀 1 是单向阀，是氧气进口；阀 2 接湿化器到病人；阀 3 是进气阀；阀 4 是弹性球囊阀。

(1) 当旋扭 A 旋至电动位置时，阀 1、2、3 相连接，在病人进行呼气时阀 2 关闭，病人呼出的气体由呼气阀排出。同时阀 1、阀 2 打开，空气和氧气在叠形皮囊产生的负压

作用下进入呼吸机为病人的吸气作准备。当病人呼气结束后，呼气阀关闭，叠型皮囊开始压缩，这时由于皮囊产生的正压阀 1、阀 3 关闭，阀 2 打开。呼吸机向病人传递一定量的正在通气。

(2) 当旋钮 A 旋至手动位置时，阀 4 与阀 2 相连接，通过弹性橡皮球囊人工向病人传递新鲜空气。

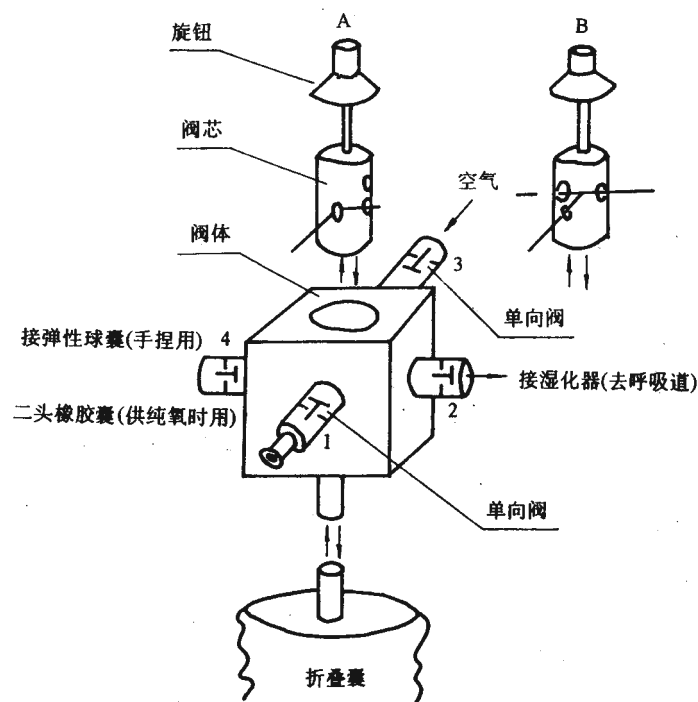


图 5-1-14 分流阀结构图

(三) 湿化器

气道主要有鼻腔、口腔、咽喉气管、支气管等组成。这些器官只起到气体的传输作用，不具有气体切换功能，其中喉的上部分为上呼吸道，它是调节吸入气体的重要器官。鼻腔及口咽部粘膜表面积很大，血液循环旺盛，吸入气体在这里进行加温、加湿、或对超过体温的吸入气体进行散热。一般情况下，由于呼吸道的调节作用，无论吸入气体的成份性质如何，当到达肺泡时，都能被调节成接近体温，相对湿度 100% 的肺泡气。

在普通环境中，成年男性静息时每天从呼出气体中丢失大约 250ml 的水和 350ml 的热量，吸入气体愈干、愈冷，则丢失水份及热量愈多。长期吸入干燥、寒冷的气体，可导致呼吸管脱水，纤毛功能减退，且极易患气管炎、支气管炎等呼吸道疾病。因此对于那些丧失呼吸功能及通过人工气管进行呼吸的病人，吸入的气体必须进行人为的加温、加湿，以保护呼吸道粘膜、纤毛及腺体功能的正常发挥。

呼吸道的湿化有蒸汽加湿、雾化加湿、气管内直接滴注等方法。

湿化器的结构如图 5-1-15 所示。

湿化器的加温控制电路如图 5-1-16 所示。

湿化器主要是通过加热器对其中的水进行加热，使其成为具有一定温、湿度的气体，供给病人。其加热温度范围为 $55\sim 65^{\circ}\text{C}$ ，到达面罩的湿度为 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

在这个电路中， W_2 是温度调节，根据 W_2 所调节电位的大小对晶单管 BG_4 进行控制。由 BG_4 产生的触发脉冲的大小决定可控硅的导通角来限定流过加热器电流的大小，从而控制加热器的加热温度。

其中 R_{33} 、 BG_4 、 R_{34} 、 W_2 、 C_6 组成了一个单晶管弛张振荡器，如图 11-17 所示。

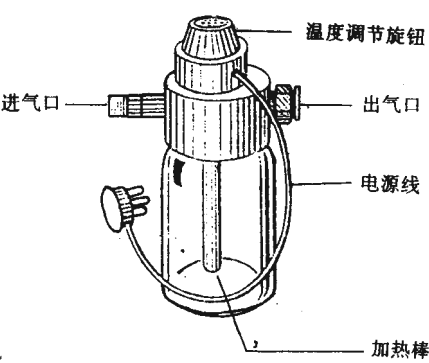


图 5-1-15 湿化器的结构

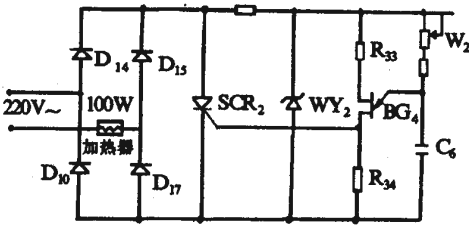


图 5-1-16 湿化器的加热电路

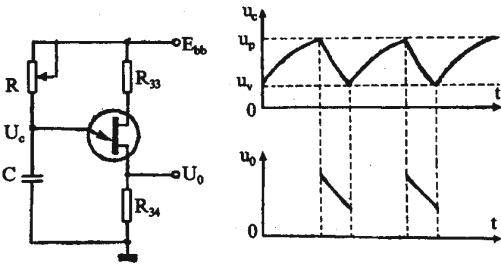


图 5-1-17 单晶管弛张振荡器电路

从电路上可以看出，改变 W_2 的阻值，可以改变 C_6 的时间常数，这样使得输出 V_0 的脉冲宽度和脉冲个数发生变化，使得 SCR_2 可控硅的导通角导通的大小得到改变，这样通过电热管的电流大小得到控制，使湿化器的加热湿度可大可小。

二、气、电路分析

(一) 潮气量的调节

图 5-1-18 是 SC-Z 型呼吸机潮气量调节示意图。该机潮气量的调节，是通过改变摆杆支点的位置来改变折叠皮囊上下移动的幅度，从而改变供给病人潮气量的大小。当把摆杆的支点向左移动，摆杆的摆幅增加，折叠气囊被压缩的幅度增加，输出的潮气量增大，最大为 200mi。如果将摆杆支点向右移动，这时摆杆的摆幅减小，折叠皮囊被压缩的幅度减小，潮气量减小。

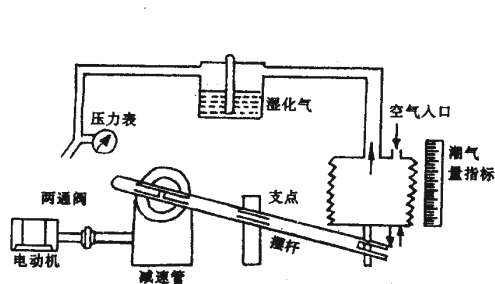


图 5-1-18 SC-Z 型呼吸机潮气量调节示意图

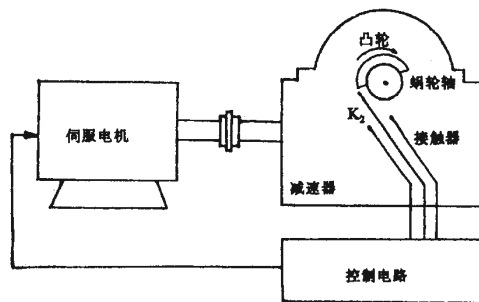


图 5-1-19 呼吸比的调节原理示意图

(二) 呼吸比和呼吸频率的调节

图 5-1-19 是该呼吸机呼吸比的调节原理图，从图中可以看出开关 K_2 在凸轮的拨动下不断地与左右两个触点交替的接通与断开，去控制时间电路来改变吸气相和呼气相的时间。

图 5-1-20 是该呼吸机的电路图。各部件功能为： K_1 是呼吸频率选择开关，12~32/min； $R_1 \sim R_{11}$ 是分压电阻； K_2 是吸呼比选择开关，分为 1:1.5、1:2、1:2.5、1:3 四档； $R_{12} \sim R_{15}$ 为吸气相电阻，阻值较小； $R_{16} \sim R_{19}$ 为呼气相电阻，阻值较大； BG_1 、 BG_2 为电流放大器； BG_3 为单晶体管； W_1 为呼吸频率微调电位器。

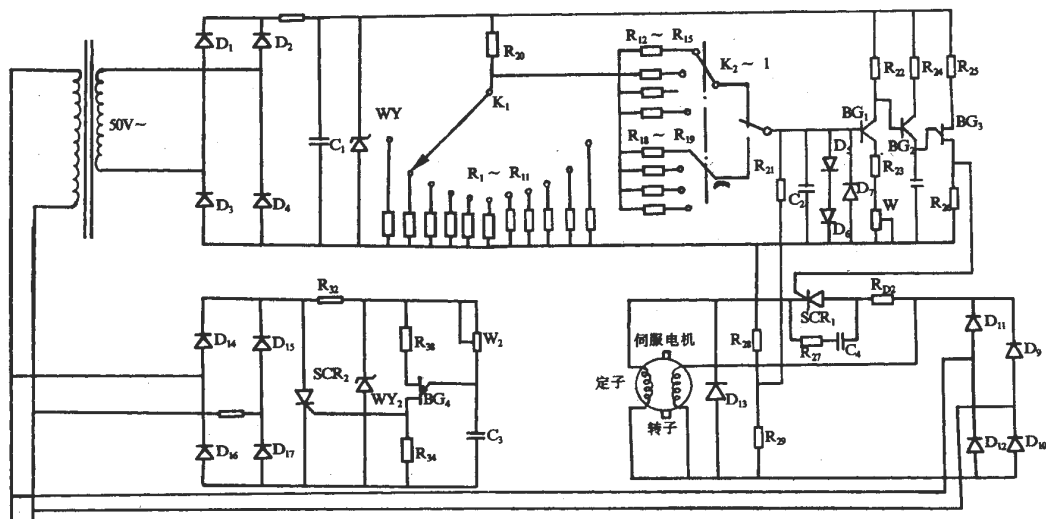


图 5-1-20 电路图

R_{24} 、 BG_2 、 C_3 、 BG_3 、 R_{25} 、 R_{26} 共同组成一个单结晶体管弛张振荡器。 BG_2 相当于一个可变电阻，由它放大后的电流的大小直接影响着该振荡器输出触发脉冲的幅度和脉冲频率，通过改变可控硅 SCR_1 导通角的大小来改变电机的转速，使呼吸频率改变。其工作过程是：

当呼吸频率选择开关 K_1 选择在 $R_1 \sim R_{11}$ 的某一位时, 在 A 点有一固定电压, 通过 $R_{12} \sim R_{19}$ 某一位向电容 C_2 进行充电, 充电电流经 BG_1 进行放大后去控制单晶振荡器的输出触发脉冲的大小, 使其控制可控硅 SCR_1 的导通角来改变电动机的转速, 使偏心轮的旋转周期随电动机转速的改变而改变, 以实现呼吸频率的调节。

$R_{12} \sim R_{19}$ 是吸呼比分压电阻。 $R_{12} \sim R_{15}$ 阻值较小为吸气相电阻; $R_{16} \sim R_{19}$ 阻值较大为呼气相电阻。每一组分为 4 档分别对应于 1:1.5、1:2、1:3。凸轮在电机的带动下不断地将吸气相和呼气相开关 K_2 上下接通。

当 K_2 与 $K_{12} \sim K_{15}$ 的任一电阻相接时, 由于其阻值小, 对 C_2 的充电电流较小, 经 BG_1 放大后致使电动机转速变快, 那么在吸气相时所用的吸气时间就较短。

相反当凸轮将 K_2 拨向呼气相时由于其阻值较大, 通过 $R_{16} \sim R_{19}$ 的某一位向 C_2 充电时, 由于充电电流变小, 经后级电路处理后使 SCR_1 可控的导通角变小, 电机转速变慢所以在呼气相时所用的呼气时间稍长。

$D_5 \sim D_7$ 作为限幅保护电路。 C_2 是平滑和滤波电容, 也就是说, 在 K_2 由呼气相向吸气相的转过程中, 利用自身的存贮电荷继续维持电路工作使电机作平稳过渡。

R_{21} 、 R_{28} 、 R_{29} 是稳速电路。其原理是当电源电压由于波动升高时, 由于可控硅 SCR_1 的导通角不变, 也就是说控制绕组的电压不变, 而转子绕组的电压升高, 转速增加, 那么在 R_{21} 上的电压是一个负向增加的电压, 经电流放大后, 使后面振荡器的输出频率降低, SCR_1 可控硅的导通角变小, 电机转速降低。如果电压降低其过程相反。

R_{27} 、 C_4 是可控硅保护电路, 同时也是一个低通滤波器。 D_{13} 是续流二极管, 它的作用是防止可控硅阻断时由于电动机产生的反电动势超过可控硅的转折电压将可控硅损坏, 给反电动势提供一个释放回路。

第六节 全能呼吸机气路分析

全能呼吸机是一种功能齐全、既有定容又有定压呼吸双重作用的呼吸机, 是目前呼吸机发展的方向和趋势。下面结合具体气路图给大家介绍一下各功能在气路中的具体过程。

图 5-1-21 是一个在选定呼吸参数后的病人吸气流程图。图 5-1-21 中各部件功能分述如下。

- (1) 空气过滤器: 主要对来自空气压缩机来的新鲜空气进行过滤。
- (2) 空气报警传感器: 当没有空气提供时该传感器发出警报。
- (3) 空气压力调节器: 主要调节适用于该呼吸机的空气压力。
- (4) 氧气过滤器。
- (5) 氧气报警传感器: 当没有氧气供给时该传感器发出警报。
- (6) 氧气压力调节器: 意在调节适用于该呼吸机的氧气压力。
- (7) 空气、氧气混合器: 意在给需要氧治疗的病人提供不同氧气浓度的空氧混合气体。氧气浓度以 21%~100% 连续可调。
- (8) 充气阀: 供送病人的空氧混合气体通过该阀向气路提供。它通常与电动阀 (10) 配合使用。以满足不同的通气模式要求。

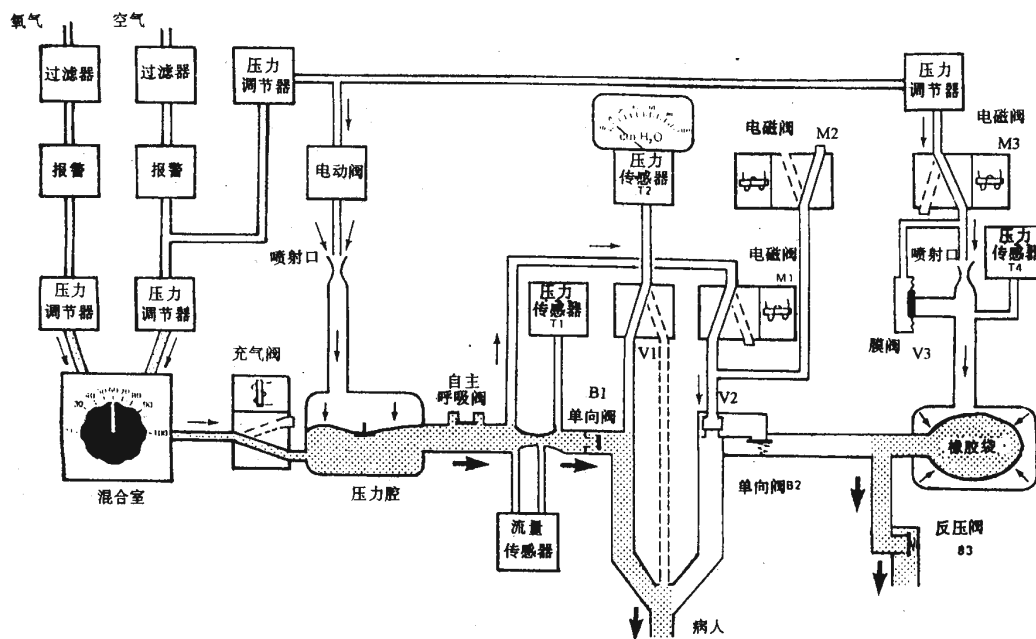


图 5-1-21 病人吸气流程图

(9) 压力调节器：主要用来调节各气体喷注口的压力。

(10) 电动阀：是呼吸机向病人提供各种通气模式的关键性部件，也是经常需要调节的部件。它由电子线路进行控制，与充气阀(8)共同配合实现潮气量的不同供给；PEEP/CPAP；叹气；以及、八、门、八等三种不同形式的气体供给方式。气体流量也是由电子线路控制该电动阀实现的。

(11) 压力腔：吸气相和呼气相、各种气体的切换形式都是通过压力腔来实现的。

(12) 自主呼吸阀：当病人有自主呼吸时该阀打开。

(13) 气道压力表：主要监测病人管路中的气体压力。由 T_2 压力传感器检测。

(14) 单向阀或者叫作吸气阀：此阀只有在病人进行吸气或呼吸机工作在吸气相时打开。在呼气或呼气相时该阀关闭。

(15) 气体流量传感器：主要监测提供给病人的气体流量。

(16) 三通阀：也叫作三通接头，它主要与病人面罩相连接。

(17) 充气管：对呼气阀提供一个动力。

(18) 呼气相切换管。

(19) 肺参数测试单元：主要是顺应性和阻力进行监控。

(20) 反压阀：只有当病人进行呼气或呼吸机在呼气相时该阀打开。

(21) 压力调节器：主要调节肺功能参数测量单元的气体喷注口的压力。

图 5-1-21 中的阴影部分是呼吸机按照医生设定的各种技术要求向病人进行通气。图中机器工作在 CMV 的通气模式下。充气阀当满足所设定的潮气量后关闭，电动阀打开按照设

定的气体流量以及吸呼比决定电动阀开启的程度。因在 CMV 方式下，自主呼吸阀关闭；单向阀打开，呼吸机处在吸气相，所以 M_1 电磁阀打开。气体通过充气管（17）对呼气阀 V_2 进行充气， M_2 电磁阀也处于关闭状态，以保障呼气阀的严密性，这时新鲜的空氧混合器通过面罩输送给病人。从图 5-1-21 中还能看出，该呼吸机的通气方式是一种吸气末正压通气。

当病人有自主呼吸时，自主呼吸阀打开，病人将通过自主呼吸阀将大气中的新鲜空气呼吸进来，这时呼吸机停止向病人进行机械通气，充气阀（8）、电动阀（10）关闭。

在呼吸机进行机械通气或病人处在吸气相时，肺参数测量单元的 M_3 电磁阀打开，将橡胶袋中的气体排出；为下一次的呼气作准备。由于是通气，这时的 V_2 关闭，单向阀 B_2 由于受到反作用力也处于关闭状态，橡胶袋中的气体在喷注气体压力的作用下通过单向阀 20 排出到大气中去。

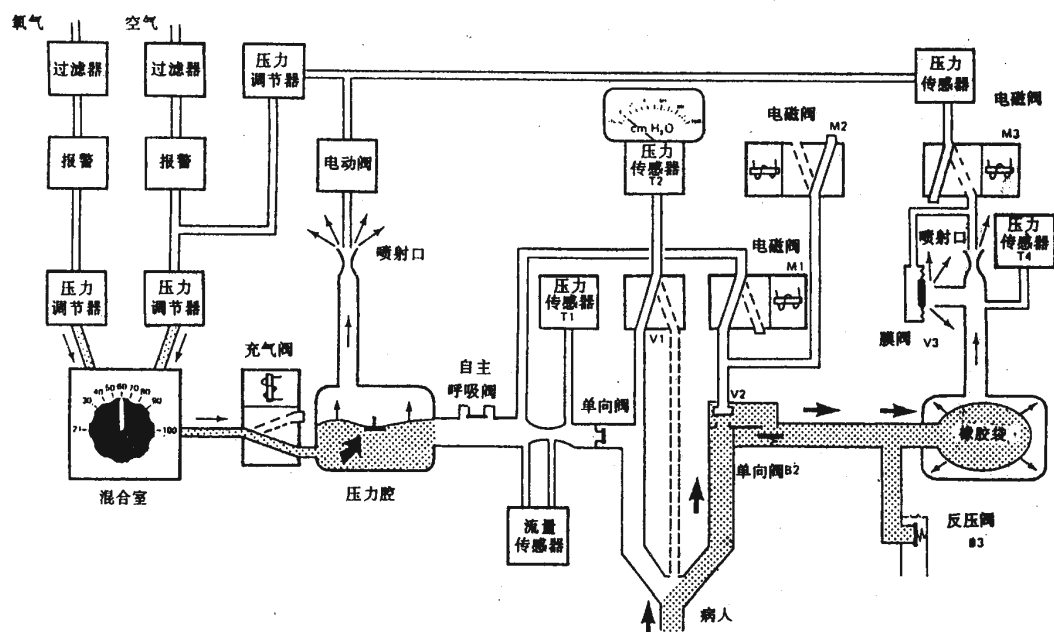


图 5-1-22 病人呼气时的气路流程

图 5-1-22 是病人处在呼气时的气路流程。

当呼吸机按照医生所设定的各种通气指数和吸呼比完成通气后，呼吸机由吸气相转换为呼气相，这时电动阀关闭，充气阀打开，给压力腔充气，单向阀（14）关闭， M_1 电磁阀关闭， M_2 电磁阀打开， V_2 中的气体通过（18）排向大气。这时 V_2 呼气阀打开单向阀 B_2 由于受到正压的作用，也处于开启状态，肺参数测试单元中的橡胶袋被再一次由呼出气体充满，单向阀（20）也同时受到呼气压力的作用，打开将呼出气体排出到大气中去。由于在呼气相时 M_3 电磁阀关闭，那么肺部的参数通过压力传感器 T_4 检测提供到电路中进行处理，然后指示给医护人员。

第七节 体外碎石机

1969 年联邦德国道尼尔公司开始研制体外冲击波碎石机, 1980 年, 第一台体外冲击波碎石机投入临床应用, 此后, 体外冲击波碎石机发展极其迅速。从其应用来说, 已经研制生产肾结石体外冲击波碎石机、胆结石体外冲击波碎石机和通用型多功能体外冲击波碎石机。从其结构来说, 冲击波发生源的原理各异, 采用的定位方式不一。冲击波发生源不只限于利用液电效应产生液电冲击波, 此外, 还有利用压电效应, 聚能激光, 电磁感应和微爆炸等多种原理产生冲击波, 力求使作用于结石的冲击波性能更为理想。结石的定位装置, 患者的监护系统以及治疗操作系统都不断得以改进, 使体外冲击波碎石机的性能日趋完美。

目前, 世界上除德国外, 法国、中国、美国、以色列、意大利和日本等许多国家的不同厂家都在研制新型体外冲击波碎石机, 世界上已有数十种型号的体外冲击波碎石机在各个医院内使用。

一、工作原理

体外冲击波碎石机主要由体外冲击波发生源、冲击波的触发系统、冲击波与人体的耦合、结石定位系统、计算机控制操作系统和治疗床等六部分组成。

(一) 冲击波发生源

冲击波发生源是体外冲击波碎石机的核心部分, 由其产生的冲击波必须具备如下特性: ①冲击波形具有很陡的前沿, 冲击波的持续时间很短, 瞬时发生的冲击波具有很高能量; ②冲击波高度聚焦; ③冲击波在声阻抗近似于人体组织声阻抗的介质中自由传播, 当进入人体时没有能量损失; ④冲击波在结石中产生的机械应力强度超过结石的强度; ⑤不损害人体组织, 能可靠地连续产生具有稳定压力的冲击波, 根据不同工作原理可采用不同类型的冲击波发生源来产生冲击波。下面仅举常见的两种冲击波发生源。

1. 液电冲击波发生源 如图 5-1-23 所示。位于半椭球体第一焦点 (P_1) 处的电极在水中发生高压火花放电, 引起周围水介质爆炸性地蒸发, 形成迅速膨胀的等离子体而产生冲击波。如此产生的冲击波瞬时的峰值可达千巴级。位于第一焦点 (F_1) 处的冲击波经半椭球反射体聚焦于第二焦点 (F_2) 处, 被精确定位于第二焦点 (F_2) 处的结石将被在此处聚焦的高能量密度的冲击波所击碎; 由于水和人体组织具有相似的声学性质, 选用水作为冲击波和人体之间的耦合介质, 冲击波经由水进入人体, 不会对人体组织引起损伤。

液电冲击波发生源是由德国道尼尔公司发明, 最早应用于体外冲击波碎石机的冲击波发生源, 其技术成熟可靠, 目前大部分体外冲击波碎石机都采用此冲击波发生源。采用液电冲击波发生源的体外冲击波碎石机如下所列: 德国道尼尔公司的 Dornier 系列体外冲击波碎石机, 美国 Medstone International 公司的 Medstone 系列体外冲击波碎石机, 法国 Northgate Research 公司的 SD 系列体外冲击波碎石机以及我国研制生产的各种型号的体外冲击波碎石机。

液电冲击波发生源的优点是技术成熟, 安全可靠, 能量大, 特别适用于大结石和肾的鹿角结石的碎石治疗。但所使用的水下火花放电电极是损耗件, 需经常更换, 因此研制寿命长、

质量高的水下火花放电电极非常重要,减少电极的更换不但可简便操作,而且降低治疗费用。此外,由于冲击波的产生是“爆炸性”的,不但噪声大,而且高压电流对患者心脏造成一定危险,必需采用心电 R 波触发确保治疗过程中患者的安全。

2.电磁冲击波发生源 电磁冲击波发生源的基本工作原理是电磁感应,即由电脉冲导致金属薄箔的运动,从而在水介质中形成冲击波,经声透镜聚焦,如图 5-1-24 所示,电磁冲击波发生源为一金属管套,其一端是一扁平的螺旋卷绕线圈,线圈上面是一个铜箔,两者中间为一绝缘膜。扁平线圈一端接地,另一端接电源和控制系统。电源和控制系统经由电容/电阻电路产生高压(高压范围可调,最高可达 30kV),当控制线路发出信号时,贮存在电容器中的电能瞬间向扁平线圈释放从而形成强磁场,在铜箔上产生感应电流,此电流和扁平线圈中的电流正好相反并形成反向磁场。由于磁场方向相反,铜箔和扁平线圈相斥,铜箔被上推而突然压缩铜箔上面的水从而产生冲击波。此冲击波的波形具有陡峭的前沿,峰值可达 200 巴。在其经由管状通道,声透镜和人体组织的前进过程中,冲击波波形的前沿越来越陡并由声透镜聚焦于焦点 F 上,人体结石被置于此焦点 F 上,结石在冲击波的张力和压力作用下被击碎。整个金属管套内充满水,声透镜起聚焦作用,置于金属套管的另一端。此电磁冲击波发生器通过软胶薄膜和人体耦合接触。由于铜箔和金属管套都接地,对患者和操作人员都无触电危险。为保证绝对安全,在金属管套外表可涂有绝缘层。

电磁冲击波发生源无需更换电极,其部件损耗很小,而且可以得到重复性很佳又很稳定的能量。对患者心脏无危险,一般采用呼吸触发,当有特殊医疗需要时,也可采用心电 R 波触发,无噪音。

电磁冲击波发生源是由德国西门子公司和梅兹大学合作研究发明的。西门子公司研制生产的 Lithostar 型体外冲击波碎石机采用此电磁冲击波发生源;道尼尔公司新型的 Compact 体外冲击波碎石机也采用电磁冲击波发生源。

(二) 冲击波的触发系统及冲击波和人体间的耦合

冲击波的触发产生必须保证对患者各器官功能无损害,确保患者安全;同时又要使冲击波进行有效冲击,命中率高。共有下列五种冲击波的触发方式:①心电 R 波触发:对于液电冲击波发生源,由于其为高电压、强电流、“爆炸性”地产生冲击波,有可能会影响心功能,甚至对患者造成危险,因而一定要采用心电 R 波触发;②呼吸触发:由于患者呼吸时,结石位置会有一定移动(约可达 2~4cm)影响冲击波碎石的命中率。采用呼吸触发产生冲击波可显著提高冲击波的命中率;③呼吸与心电 R 波同步触发;④自动连续触发:预先置定的时间间隔和触发次数,自动连续地触发;⑤手动触发。

冲击波必须经由某种声阻抗和人体组织声阻抗相近的介质耦合无障碍地进入人体,以避免冲击波在进入人体的界面处产生反射导致应力而伤害人体。理想的耦合介质为水。冲击波和人体间的耦合方式有下列三种:①水槽式:这是最早采用的冲击波和人体间的耦合方式。人体浸在水浴中,冲击波经由水直接进入人体。水槽式耦合的优点在于冲击波传播过程中能量损失小,缺点是治疗不方便,对水温及室温都有一定要求;②水盆式:水盆式是将水槽缩小为水盆,只需将患者治疗部分浸入水中即可;③水囊式:也称干式,水密封于水囊中通过软胶薄膜和凝胶介质与人体耦合接触。其优点为患者治疗时不需浸入水浴,命中率高,但由于冲击波需经由软胶薄膜进入人体而使能量有所损失,水囊需要有气泡排除装置。

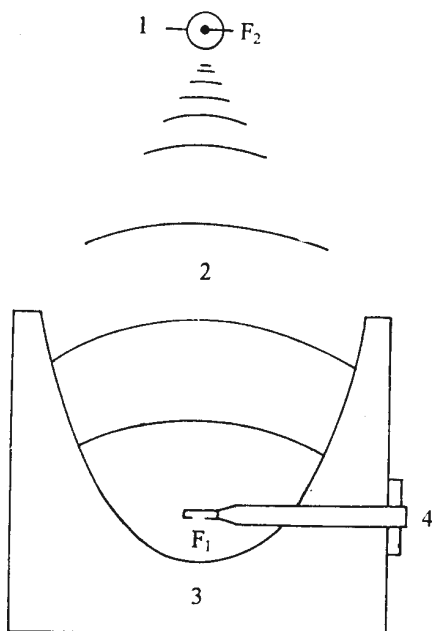


图 5-1-23 液电冲击波发生源工作原理示意图

（F1 为第一焦点，F2 为第二焦点）

1. 冲击波聚焦斑；2. 冲击波；3. 半椭圆反射体；
4. 水下火花放电电极

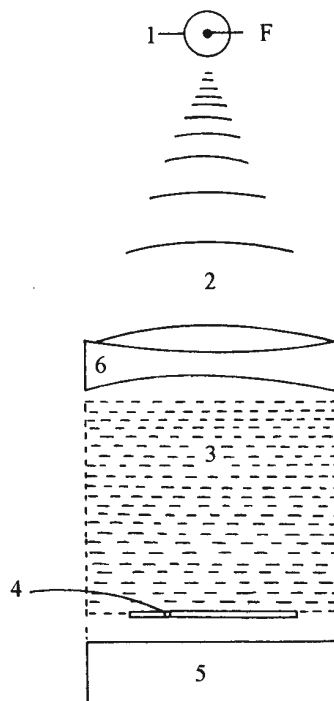


图 5-1-24 电磁冲击波发生源工作原理示意图

（F 为声透镜的焦点，也即冲击波聚焦焦点）

1. 冲击波聚焦斑；2. 冲击波；3. 水；4. 金属箔；
5. 电磁线圈；6. 声透镜

（三）结石定位系统

用于使结石和冲击波聚焦焦点重合，要求结石图像清晰，能方便迅速地寻找结石，准确地进行结石的定位并监测碎石的过程。

1.X 射线定位系统 其优点是 X 射线图像清晰，可迅速地找到结石和判别结石的粉碎情况，操作者容易掌握定位技术，缺点是对 X 射线下不显影的结石难于准确定位。操作者和患者都受 X 射线辐射，对人体有一定程度损害，不能用于实时连续观察击碎结石过程。

定位方式：

（1）两个互成约 90° 角的双轴向 X 射线定位，如图 5-1-25 所示。两个交角约为 90° 的双轴向 X 射线束的相交点必须和冲击波发生源半椭圆反射体的第二焦点正好重合。半椭圆反射体置于可进行微调的支架上以便于使其第二焦点与两个 X 射线束主轴线的交点相重合。可三维运动的治疗床操作灵活方便，能快速调整使结石置于 X 射线系统的十字准线上因而

整个定位系统可快速准确地进行结石定位。配有两个 X 射线影像增强器使图像清晰，而且 X 射线球管位于治疗床下面，使工作人员所受 X 射线辐射极少。

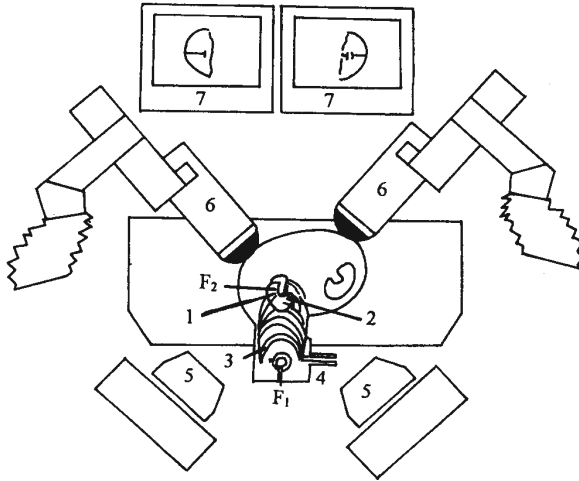


图 5-1-25 互成约 90° 角双轴向 X 射线定位系统示意图 (F₁ 为第一焦点, F₂ 为第二焦点)

1. 结石; 2. 肾脏; 3. 半椭圆反射体; 4. 水下火花放电电极;
5. X 射线球管; 6. 影像增强器; 7. 电视监视器

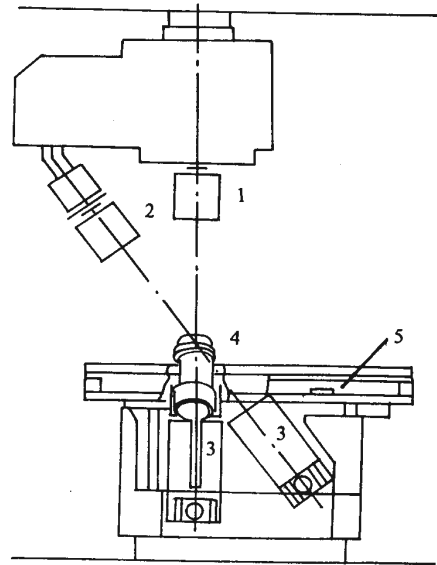


图 5-1-26 互成 45° 角双轴向 X 射线定位系统示意图

1. X 射线球管 1; 2. X 射线球管 2(45°);
3. 影像增强器; 4. 冲击波发生源; 5.X 射线摄片盒

(2) 两个互成 37° 角的双轴向 X 射线定位，如图 5-1-26 所示。先由垂直的 X 射线束找到结石所在，即结石的平面位置，再由倾斜 37° 角的 X 射线束确定结石的纵向位置，由电机驱动带有自动瞄准装置的定位系统可快速准确地进行结石定位，并配有自动曝光装置，以确保 X 射线正确曝光。

此外还有可转动的 X 射线机取两个互成 45° 角轴向进行结石定位等其它类型 X 射线定位系统。

2. 超声波定位系统 法国 EDAP 公司最先采用超声波定位技术。随着超声波定位技术的不断提高，不但用于快速准确地进行定位，而且在整个碎石过程中用于连续观察碎石情况并可及时发现结石是否偏离焦点。其优点是对 X 射线下显影或不显影的各种结石都能定位，无 X 射线辐射，且安装方法简便，价格便宜；缺点是超声图像不如 X 射线清晰，要求操作人员熟练操作，掌握超声图像的分辨。

定位方式：超声波定位系统中的超声扫描探头的位置有多种方式，近年来又加上计算机图像处理系统，超声波定位技术有了很大发展。

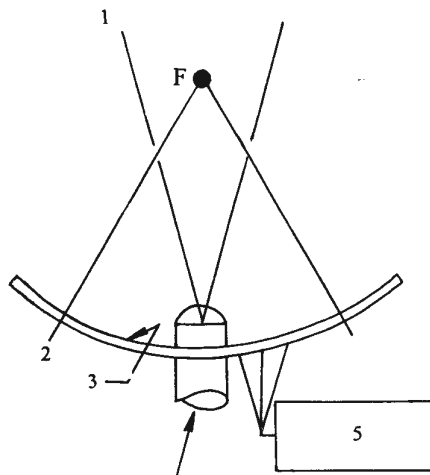


图 5-1-27 置于压电冲击波发生源圆盘中心的超声波扫描探头定位示意图

1. 超声波扫描; 2. 冲击波聚焦; 3. 压电晶体组件;
4. 超声波扫描探头; 5. 脉冲发生器

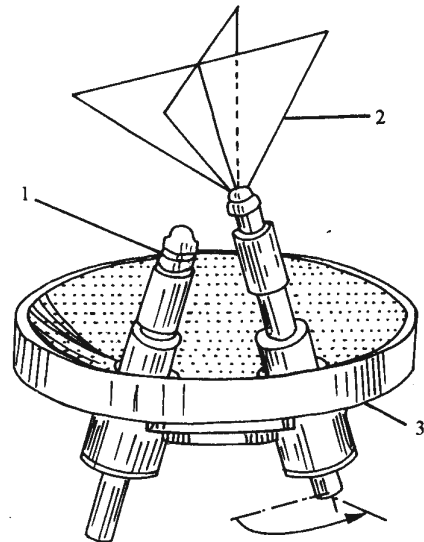


图 5-1-28 置于压电冲击波发生源上的两个超声波扫描探头定位示意图

1. 超声波扫描探头; 2. 超声波扫描; 3. 压电晶体组件

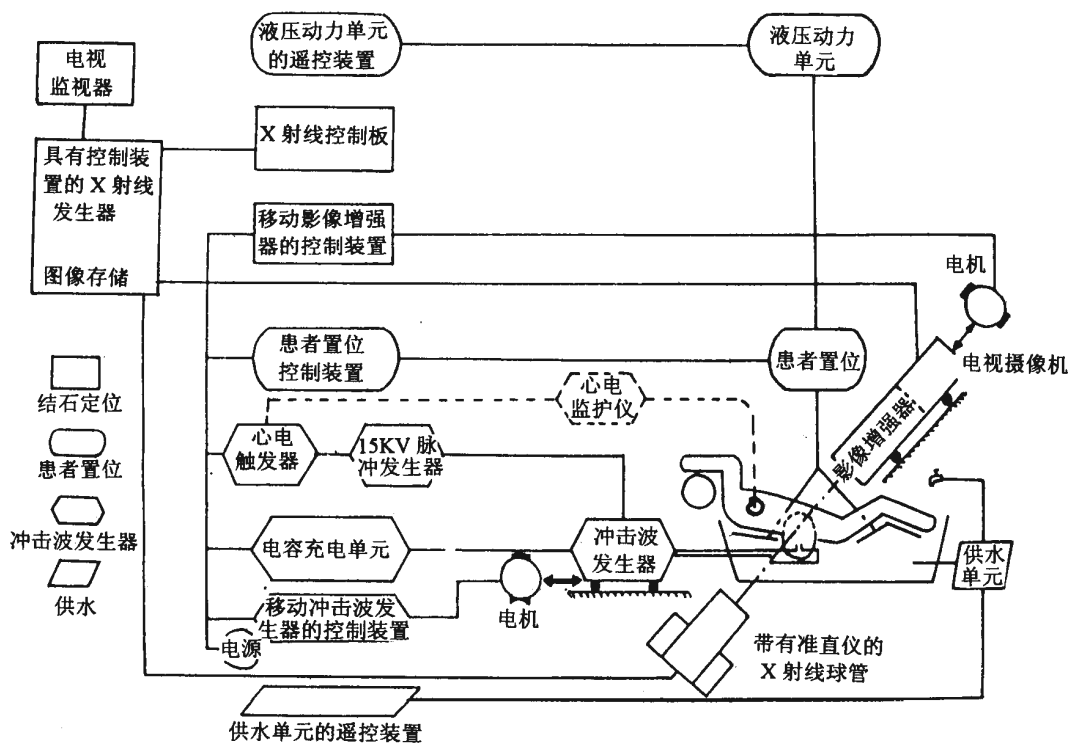


图 5-1-29 Dornier HM3 型体外冲击波碎石机工作框图

(1)采用一个装在冲击波发生源上的超声波探头进行结石定位和实时监测,如图 5-1-27 所示。采用高分辨率扇形超声波扫描探头,牢固地安装在压电冲击波发生源球形盘的中心。冲击波聚焦焦点和超声波扫描探头的相对位置是固定的,并在监测屏幕上以光标显示,将超声图像上的结石和光标重合便能实现精确定位。

(2)采用两个装在冲击波发生源上的超声波探头进行结石定位和实时监测,如图 5-1-28 所示。两个 B 超扇形扫描头互成一定角度地装在压电冲击波发生源球形盘上,各自可旋转 90° ,沿轴向截面进行扇形扫描。扫描探头可沿轴向上下移动。这样由两个扫描探头实现结石的定位将更为精确,方便、迅速、准确。

3.X 射线和超声波双重定位系统 近年来,新型体外冲击波碎石机采用 X 射线和超声波双重定位系统,利用两种结石定位系统的优点,相互弥补各自缺点,使定位系统性能更趋完美。

二、典型体外冲击波碎石机简介

(一) Dornier HM₃ 型体外冲击波碎石机

德国道尼尔公司研制的 Dornier HM₃ 型体外冲击波碎石机为水槽式液电冲击波体外碎石机,采用 X 射线定位(图 5-1-29)。该机的液电冲击波发生源包括储能电容充电单元,高压脉冲发生器,水下火花放电电极,半椭圆反射体和心电 R 波触发单元。冲击波能量是从电容充电单元获得。水下电极火花放电由心电 R 波触发。冲击波与人体间的耦合采用水槽式。水温由热电偶控制。半椭圆反射体和 X 射线通道位于水槽底部。冲击波发生源和水槽由支架支撑。水处理系统包括水软化器和去气装置以确保冲击波能量最佳传递。水温由调节器调节。该机的 X 射线定位系统包括 X 射线发生器(高压发生器和控制柜),两个 X 射线球管,两个影像增强器和两个电视监视器,两个 X 射线球管位于水槽下面,X 射线经由水通道进入人体可减少游离 X 射线的辐射剂量,减轻对医务人员的损害。两个 X 射线影像增强器位于水槽上方两侧,可自由回旋。当患者置位后,将影像增强器转至 X 射线中心位置并由电机驱动沿 X 射线束方向移动。当碰到患者时自动停止移动,两个电视监视器位于控制操作室。电视屏幕上的十字标记和结石的 X 射线影像重叠时即达到精确定位。

HM₃ 型碎石机治疗吊架根据人体解剖特点设计,由液压装置快速平稳地调节吊架位置,使患者处于舒适、稳定的位置,以使结石精确地与半椭圆反射体的第二焦点重合。该机的水处理系统包括水的软化设备和去气装置,目的为将作为耦合介质的水软化和去气,以保证冲击波的最佳传播、水的温度由水温调节装置调温。两次治疗之间的排水和充满水所需时间约为 30min。

(二) Dornier GM₂ 型体外冲击波碎石机

Dornier GM₂ 体外冲击波碎石机是德国道尼尔公司为治疗胆石症而研制设计的。该机为水囊式液电冲击波体外碎石机。采用超声波定位。

1.治疗单元 采用传统的液电冲击波发生源,液电冲击波发生源固定在 C 型旋臂上,由计算机控制并监视所有移动,操作十分方便。电极采用公认的高效能水下火花放电电极,使用改进型半椭圆反射体,第一焦点和第二焦点间距为 11cm,采用具有压力控制感应系统的水囊。

2.超声定位系统 该系统包括内置和外置的超声成像系统。内置的超声波扫描头可用于结石的定位并连续观察碎石过程。为得到最佳图像，内置的超声波扫描探头可沿半椭圆反射体的长轴转动，最大转动角度为 90° 。外置的超声换能器固定在多关节臂上，可向任何方向移动以得到结石的最佳图像，最后的定位用光笔指在显示屏幕设在多关节臂踝部的角度探测器向计算机提供结石的几何位置。由计算机计算结石与治疗焦点的相对距离以将患者置位，多关节臂上装有超声波定位系统的控制钮，操作简便。而且该探头容易移开，可用作标准的超声波诊断仪，以进行治疗过程的监护和常规超声检查，整个定位过程由计算机指示并通过控制系统控制电机进行动作。

3.等中心的齿轮转动系统 治疗单元的固定座置于 C 型悬臂上。根据治疗的需要，可将治疗单元向任何方向移动并可将冲击波发生源置于治疗床的上方或下方进行治疗。等中心的齿轮转动保证治疗单元经过半圆周的移动也不会改变治疗焦点的位置，一旦将焦点对准结石，医务人员可着手找出最佳的治疗通道，而无需重新定位。当任何仪器或电源出现故障时，自锁的齿轮系统移动不会超过 1° ，确保患者的安全。

4.治疗床 适合各种体态的患者置位，可进行三维（上下，左，右和前后）和两个转面（左，右倾斜和前后倾斜）的自由活动。

5.控制操作台 采用 motorola 6800 型计算机系统进行控制，操作台上将多关节臂和内置的超声成像系统进行切换显示，同时还显示有心电图和呼吸信号，并且通过键盘和控制钮进行治疗系统的操作。

（三）Siemens Lithostar 型体外冲击波碎石机

德国西门子公司研制成功的 Lithostar 型体外冲击波碎石机，不仅是现代化、高性能的碎石机，而且可以用于完成所有和治疗结石症有关的诊断和辅助治疗。采用新型电磁冲击波发生器，X 射线定位，是一种水囊式体外冲击波碎石机。

1.电磁冲击波发生源 利用电磁原理产生冲击波。由电脉冲导致金属薄膜的运动从而在水介质中形成冲击波，经声透镜聚焦。冲击波由水囊耦合进入人体。冲击波的触发方式是呼吸同步。使用较低的冲击波能量可得到理想的治疗效果，因而可以降低患者人体上的应力。两个冲击波治疗头对称地放于患者两侧，以便从左侧或右侧进行碎石治疗。

2.X 射线定位系统 由两套互成 37° 角的 X 射线球管和影像增强器组成。一套 X 射线球管和影像增强器是在正常的主轴位置也即垂直位置，胶片盒可以很方便地移动至瞄准的 X 射线通道之中进行摄片。另一套 X 射线球管和影像增强器和主轴成 37° 角。

当第一套 X 射线定位系统在水平方向确定结石位置后，借助于电子指示器在监视屏幕上标出结石位置，由计算机控制进行对中。然后由第二套 X 射线定位系统确定结石的垂直向位置，计算机控制治疗床垂直移动使结石与治疗焦点重合。自动瞄准系统以保证患者接受最低的 X 射线辐射剂量并实现两束 X 射线，治疗焦点和结石的精确重合，而且由于减少 X 射线的散射而提高影像质量。

采用呼吸触发结石定位。此 X 射线定位系统还能自动调节控制 X 射线剂量。

3.治疗床 治疗床可由电机驱动进行三维运动。可以很方便地插上腿支架和污物盆以进行泌尿系统的诊断和治疗。

4.操作控制台 利用计算机辅助治疗，配有心电图和呼吸信号监视器以及两个 X 射线影

像荧光屏。可进行下列遥控操作：移动治疗床；触发冲击波；移动 X 射线机；实现 X 射线束的对准，影像的交换和治疗过程的记录，还能显示冲击波能量冲击波冲击次数，X 射线累计计量以及数字式影像储存。

（四）Sonolith 3000 型体外冲击波碎石机

由法国 Technomed International (TMI) 公司研制成的 Sonolith 3000 型体外冲击波碎石机于 1986 年问世，这是世界上第一台适用于治疗尿石症和胆石症的通用型体外冲击波碎石机。该机为水盆式液电冲击波体外碎石机，采用超声波定位。它将治疗的有效性，患者的安全性，系统的流动性和技术的可靠性等优点集于一身。

1. 冲击波发生系统 该机液电冲击波的产生是由位于半椭球反射体第一焦点处的电极之间进行水下火花放电形成冲击波压力脉冲，在水中传播以最小的反射和散射进入人体，聚焦于第二焦点也即结石所在处将结石粉碎。

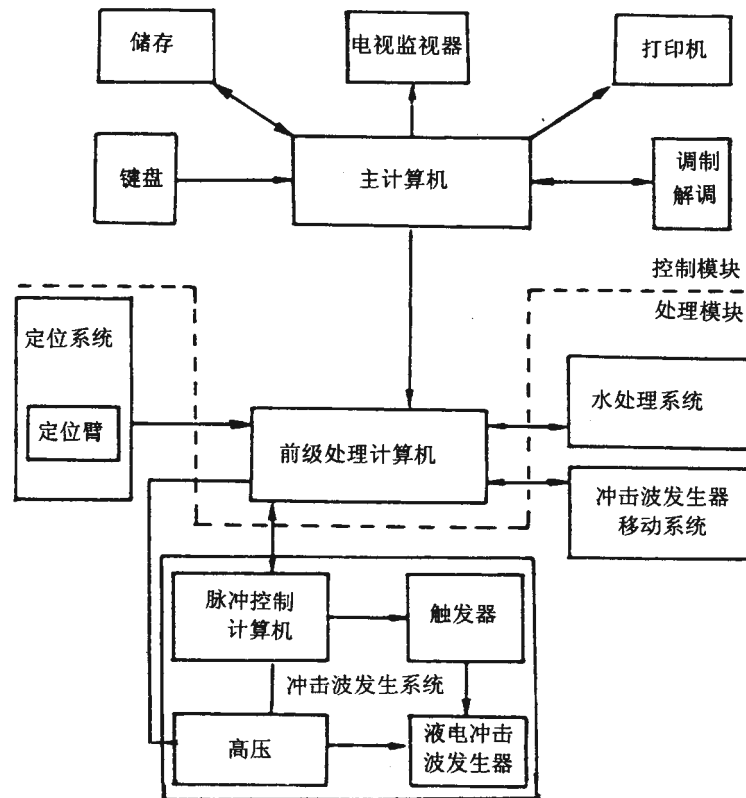


图 5-1-30 Diatron 型液电冲击波发生源工作框图

本机采用的 Diatron 型液电冲击波发生源工作框图如图 5-1-30 所示。Diatron 型液电冲击波发生源的优点如下：①液电冲击波的发生极其迅速；②瞬时产生的冲击波峰值很高，这是有效击碎结石的关键因素之一。在任何情况下都不会产生张力波；③冲击波聚焦焦斑范围为

0.7cm×1.5cm; ④采用独创的电脑程序系统——程序等离子态区系统 (comp AS), 不断调整水下火花放电电极之间的间隙距离使其保持不变以更好控制第二焦点处聚焦冲击波峰值的范围, 尽可能保证稳定的冲击波峰值而获得最佳疗效; ⑤延长水下火花放电电极的使用寿命, 减少电极消耗; ⑥采用心电触发, 由脉冲控制计算机控制储能电容器和心电 R 波同步放电; ⑦冲击波发生源置于不锈钢水盆中, 而水盆下有能移动的机架。只需移动冲击波发生源使半椭圆反射体的第二焦点和结石重合, 而患者不需移动位置。患者接受治疗部分浸没于水盆中, 冲击波由水介质耦合进入人体。

2. 超声波定位系统 本定位系统的独特性在于将超声波扫描探头和独创的多关节活动定位臂相结合, 提供清晰的胆结石和肾结石图像以便精确定位。

根据患者的体态和治疗方式选择最适宜的超声传感器频率。多关节活动臂可自由旋转, 灵活移动。手动超声传感器可快速、有效地对各种成分的结石进行定位, 包括 X 射线下不显影的结石。治疗过程中可实行实时超声波成像监测而不干扰冲击波的传播。

3. 计算机控制治疗系统 具有多种用户语言的 lithsoft 操作软件控制治疗操作。采用软按键技术便于操作。操作者通过荧光屏幕上的指令一步步地完成程序操作, 所有必要的功能都可通过荧光屏下方的 8 个控制键完成。该机另一独特的安全特征是内含检测程序。每当主机启动后, lithsoft 程序便通过仪表检测仪器的各种安全性和可靠性。其中两项最重要的检测项目是冲击波发生源可否在其工作区域内自由移动和多关节定位臂可否正常工作。

(五) EDAP LT-01 型体外冲击波碎石机

法国 EDAP 公司继德国道尼尔公司之后, 研制成采用新的压电晶体冲击波发生源和超声波定位系统的水囊式新型体外冲击波碎石机, 也被称为第二代体外碎石机。新型体外冲击波碎石机克服了 Dornier HM₃ 型体外冲击波碎石机设备复杂, 需要更换电极以及售价和操作费用都比较高缺点。该公司研制的 EDAP LT-01 型体外冲击波碎石机, 冲击波和人体间的耦合首次采用水囊式。由于取消了水浴, 利用超声波对结石进行迅速而准确的定位也得以实现。从此以后, 液电冲击波体外碎石机也从水槽式改进为水囊式, 除了 X 射线定位方式外, 还发展了超声波定位方式以及 X 射线和超声波联合定位方式。

1. 压电冲击波发生源 压电冲击波发生源由一系列压电发送器组成。320 块压电晶体块覆盖于一球形盘上, 压电晶体块的总表面面积是焦斑面积 (其直径为 4mm) 的 10 000 倍。换句话说, 每块压电晶体只需承担冲击能量的 0.31%, 就可在焦点处得到加强 320 倍的能量。这样, 每个发射点的能量比较小, 使碎石过程更为安全可靠; 而且, 对于压电晶体的损耗微乎其微。经以 10 倍于最高临床使用的冲频率和 2 倍的最大额定功率进行连续 100 小时的疲劳试验, 未发现压电晶体的损毁。计算机据此算出压电晶体和冲击波发生源的寿命为 10 年左右, 也即 10 年之中的设备运转费用主要是电能的消耗。

压电晶体块由固态电子线路驱动工作, 能量从 0 至最大可连续调节, 非常稳定可靠, 而且便于维修。

2. 冲击波和人体间的耦合 首次采用水囊耦合方式。利用橡胶薄膜和凝胶介质实现与人体紧密接触耦合, 水囊内充满软水, 并以甲醛作为防腐剂。在连续使用的情况下, 用户每 6~9 个月可自行更换 1 次。水囊的膨胀或收缩, 可根据患者的需要在操作台上进行摇控操作。

3. 超声波定位系统 采用高分辨力扇形超声波扫描探头, 牢固地安装在冲击波发生源球

形盘的中心。冲击波聚焦焦点和超声波扫描探头的相对位置是固定的，并在监视屏幕上以光标显示。能精确快速地进行定位，结石和焦点的重合精度为1毫米。

在治疗过程中可进行连续、实时超声波扫描，能随时观察结石粉碎程度；并可随时发现结石偏离焦点以便及时纠正，大大提高冲击波命中率。配有特殊装置确保只在结石和冲击波聚焦焦点重合时才触发冲击波以避免冲击波的无效冲击。采用计算机进行定位并能数字存储16帧超声波图像。

4.操作控制台 治疗过程中的所有移动都在操作控制台上进行遥控，由电动机驱动。冲击波发生源的工作也由操作台进行遥控。采用计算机辅助治疗操作，并在屏幕上显示冲击波聚焦焦点的空间位置，及时打印出关于碎石的治疗报告。

（六）KDE 系列体外冲击波碎石机

中国科学院电工研究所与北京医科大学人民医院合作，1984年10月研制成功中国第一台实用样机——E 8410型体外冲击波碎石机，1985年8月19日在该样机上进行第一次治疗肾结石患者的临床试验，获得成功。卫生部组织了对该机的鉴定，认为整体研究工作达到国际水平，临床效果良好，填补了我国医学领域的一项空白。

在E 8410型实验样机的基础上，经过不断改进，中国科学院电工研究所体外冲击波碎石实验室研制的KDE系列体外冲击波碎石机具有粉碎肾结石、胆结石、输尿管结石和膀胱结石的优良功能。现仅举KD-1型体外冲击波碎石机作一介绍。

该机的结构和特性如下：

（1）液电冲击波发生源产生的冲击波波形良好，脉冲窄，前沿陡，达到联邦德国Dornier HM3型体外冲击波碎石机的水平。所需治疗能量小，多在50J即取得良好的碎石效果，对人体组织损伤小。发生源的水下火花放电电极寿命为1000次冲击波左右。

（2）冲击波和人体之间耦合方式为水槽式。

（3）采用互成约90°角的双轴向X射线定位系统，应用分辨力很高的影像增强器和电视系统。配备水槽内X射线点片装置，可在工作位置上随时进行摄片。并采用治疗中无水摄片和定位装置，可增加在治疗过程中对结石的观察和分辨能力，从而相对扩大了治疗适应证。其对结石的分辨力可达2mm左右。同时，为提高定位的精度和速度，设计了机械定位装置，使用这种定位器可缩短定位时间，只需30~180s即可准确定位。这种定位装置是国内外同类机型所没有的。在整个一次碎石治疗过程中，X射线累计照射量小于3R，对患者的损伤小。

（4）采用心电R波触发，可避免对心脏的干扰和影响。

（5）采用宽调速力矩电机，使机械运动系统的三维运动灵活方便，噪音小，调节精度达1mm。

（6）治疗操作过程集中控制，便于操作，节省人力。

（7）维修方便，价格低廉，为国外同类型机型的1/10左右。

在KDE-I型体外冲击波碎石机的基础上，中科院电工研究所又推出KDE-II型及KDE-III型体外冲击波碎石机以及NE系列肾胆石通用型体外冲击波碎石机。目前，中科院电工研究所正在综合国际上各种类型的体外冲击波碎石机的特点，结合我国实际条件和临床应用的各种需要，对已有机型不断进行改进。

三、常见故障及排除

由于目前体外冲击波碎石机的种类繁多，型号各异，不能一一例举，因此我们仅以西门子公司 Lithostar 体外冲击波碎石机为例，对碎石机各部分的故障作一描述。Lithostar 型体外冲击波碎石机在目前仍属于较新型的体外碎石机，其冲击波发生源采用电磁冲击波发生源，并为此配备了一套比较复杂的水处理系统，X 射线定位方式为两个互成 37° 角的双轴向 X 射线定位系统。

（一）冲击波发生源及水处理系统

由于采用电磁冲击波发生源，因此相对于电极放电式的液电冲击波发生源来讲，大大提高了冲击波发生源的使用寿命，其主要破损元件为电磁线圈和振动片，一般情况下线圈和振动片的寿命为 8 万次冲击波。其损坏时的故障现象主要表现为高压报警（高压检测偏离正常值），真空泵保持跳闸（由于真空管道进水，振动片破损所致）等等。

该机的水处理系统比较复杂，主要作用是对两个冲击波头内的水进行软化和去气泡，见图 5-1-33 所示，每个冲击波头有一个进水管，一个出水管，一个真空管道，一个压缩空气管道。在冲击波头工作时，其腔内的水处于循环状态，将气泡及冲击波产生的热量排出冲击波头，同时，由真空泵将振动片与线圈间抽成真空，以防击穿。压缩空气管道的作用为给水囊以一定的压力，使水囊与人体形成充分耦合。

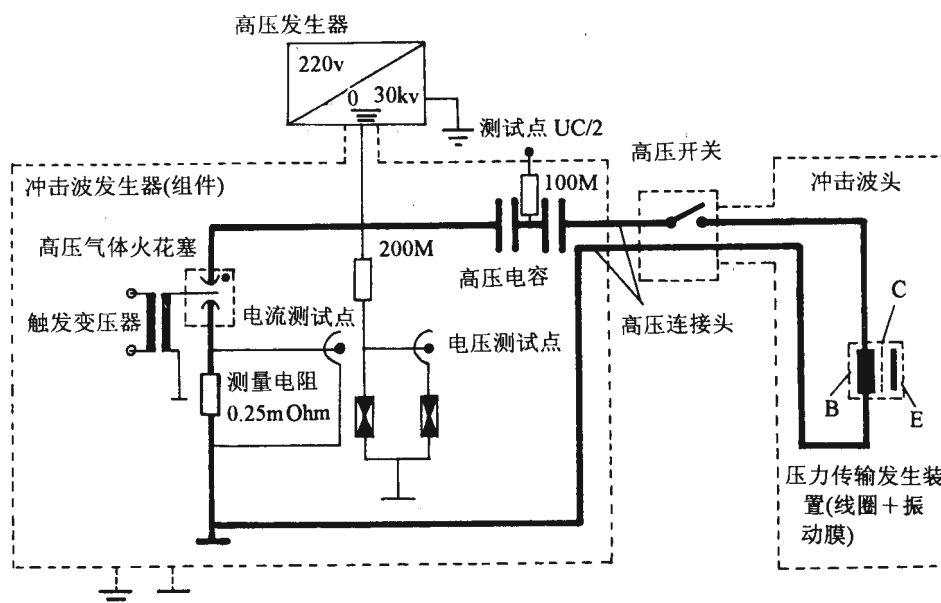


图 5-1-31 冲击波高压发生系统

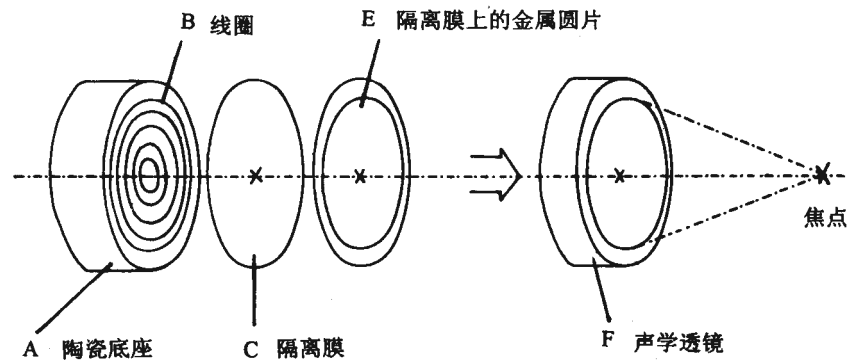


图 5-1-32 线圈和振动片结构图

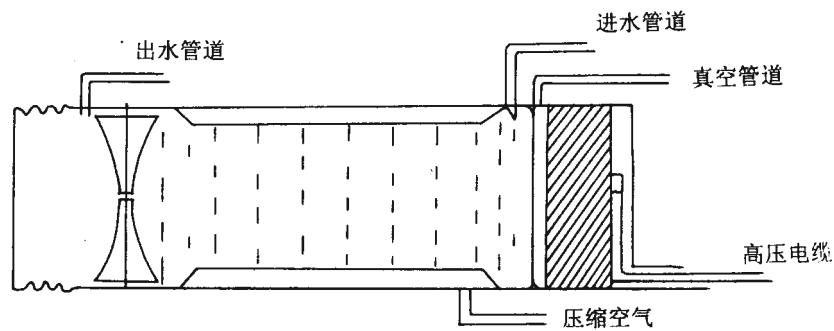


图 5-1-33 lithostar 冲击波头示意图

冲击波发生源与水处理系统常见故障见表 5-1-1。

表 5-1-1 冲击波发生源与水处理系统故障处理

常见故障	可能原因
(1) 按下冲击波启动按钮无冲击波产生，并报错误指示（非正常操作除外）	(1) 高压电源无高压输出 (2) 高压电容充不上电 (3) 高压开关接触不良 (4) 冲击波头坏，高压电路保护
(2) 虽有冲击波产生，但声音异常，并常伴有连击现象	(1) 冲击波头寿命到 (2) 冲击波头漏水
(3) 左右冲击波头均充水不足	(1) 初始化水处理灌注时间不充分 (2) 公共水路管道系统水流量不足 (3) 过滤塞需清洗
(4) 单侧冲击波头充水不足	(1) 初始化水处理灌注时间不充分 (2) 探头内必须先充满足够的空气
(5) 水处理系统掉电	(1) 真空电磁阀进水； (2) 压缩机不工作

(6) 冲击波头内汽泡无法排出	(1) 水循环管道不畅; (2) 水和负压不够; (3) 大循环泵 M15 工作异常
(7) 水处理指示灯闪烁, 冲击头不工作	需要对水箱内陈旧水进行更换
(8) 冲击波头指示灯闪烁	冲击波头计数器满 30 万次需要清零
(9) 流量计流量下降, 水处理 OK 指示灯不亮	(1) 更换过滤塞; (2) 冲洗输水管道; (3) 检查水泵 M15
(10) 水处理 OK 指示灯灭, 同时探头充气不足	检查压缩空气泵, 压力表, 空气管道有无漏气

表 5-1-1 所列是水处理系统的常见故障, 当然, 各种机型结构不一样, 故障现象也会千差万别, 但是其原理基本上是一致的。水处理系统结构如图 5-1-34 所示。

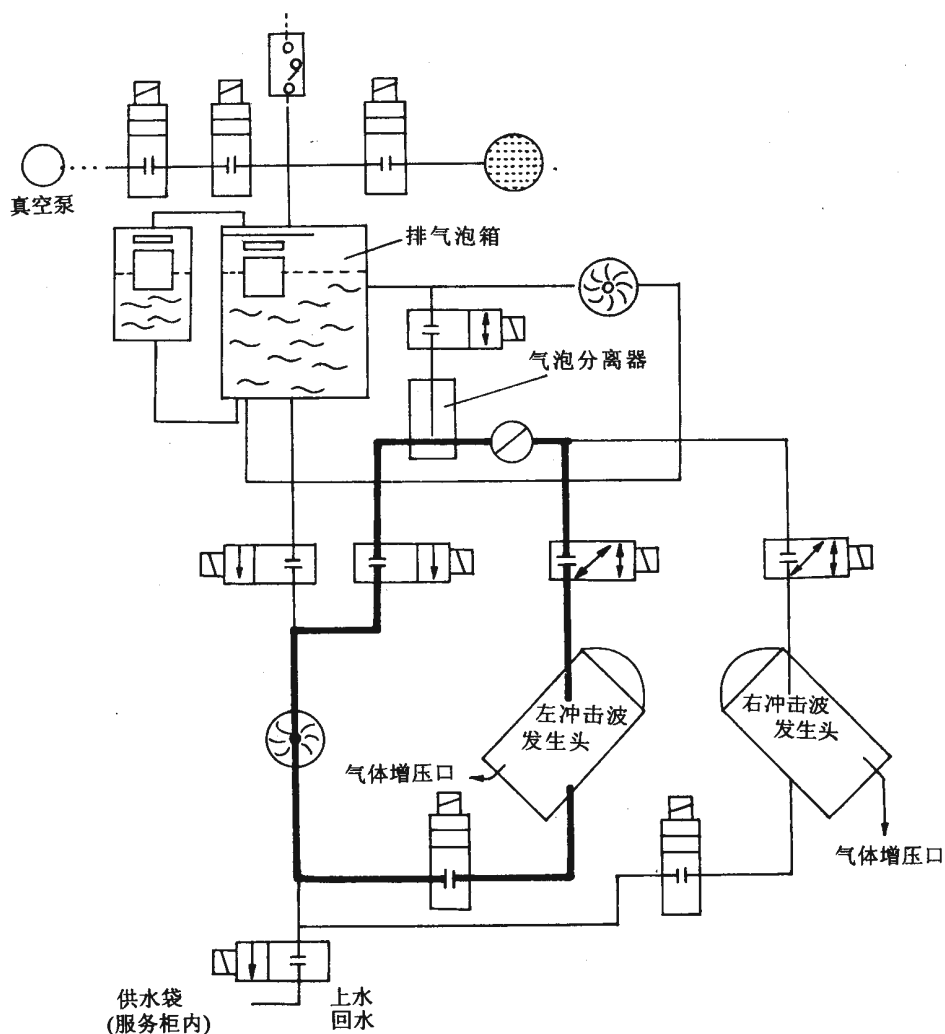


图 5-1-34 水处理系统图

(二) X 光定位系统

如图 5-1-35 所示，两个 X 光丘管、影像增强器、摄像管、电视系统构成了 X 光定位系统。X 光定位系统常见故障及排除方法如下所述。

故障 1：在使用过程中，用丘管 I 对病人进行正位（平面）透视时，监视器 I 显示正常，而当使用丘管 II 对病人进行斜位透视时，监视器 II 无 X 线图像，观察 X 线控制台 P01yhophs 30 无异常显示。将两路电视通道进行交换，监视器显示正常，因此可以把故障缩小到下述范围：①影像增强器 II 工作不正常，无信号输出；②摄像管 II 无电视信号输出。

我们首先检查影像增强器 II 的电源部分，发现供片影像增强器的高压电源的初级保险 0.25A 烧坏，更换保险管后，再通电，透视仍无图像，检查发现所换保险丝已烧坏，检查电源电路，发现电源变压器 T_1 烧坏。为查清原因，逐个检查电路元件，发现三路高压中供影像增强器阳极的 25kV 的升压电路中的振荡功率管 2N3054 击穿，由于国内市场上无此元件及进口替代件，改用体积较大的国产 3DD60D 代用，由于体积不适，改在机箱处连接，同时将重新做好的变压器换上，再开机加电，此时听见床下有高压打火的响声。经检查打火出自影像增强器 II 的高压插头处。发现其管型插头上有一针眼大的小孔，周围已发黑，说明由于插头绝缘性不好或受潮导致击穿与机壳构成打火回路。由于该电缆特殊，若向西门子公司订购既需要时间，价格又昂贵。因此我们采用聚四氟乙烯材料用车床重新加工了一个电缆接头，装上后机器不再出现打火，且前述故障消失。由此看出，该故障最初是由于电源接头击穿而引发的。

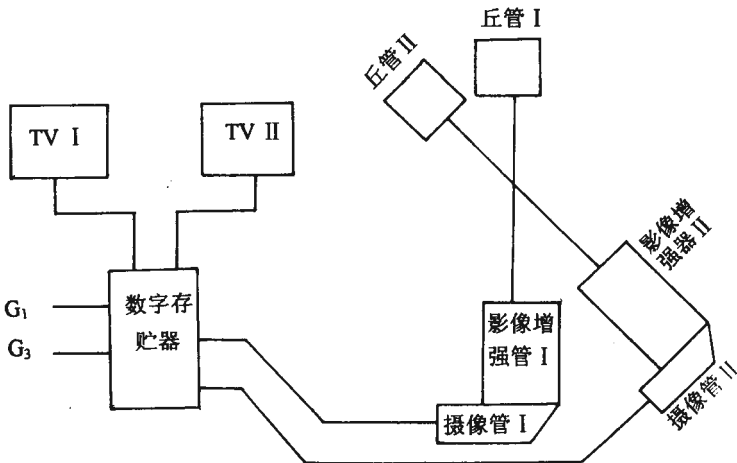


图 5-1-35 X 光定位系统框图

故障 2：片盒不能拍片。该机 S 片盒通常不用时放在床的一头，当需要拍片时将其拉到平面工作位置进行。出现故障时，拍片虽然到位，但紧急开关不起作用，其它一切正常。检查发现暗盒限位开关失灵。更换限位开关后仍不能拍片。打开暗盒，发现里面一凸轮电机已卡死，无法运转，后调整好位置后，一切正常，透视顺利进行。

故障 3：与丘管 I 对应的显示器 I 图像暗淡，此时操作台上显示 kV，mA 值偏高。但丘管 II 与监视器 II 正常。怀疑丘管 I 对应的影像检验器与摄像管有异常，检查发现摄像管 I 的光圈控制电机电压指示灯不亮，调整电机电压，指示灯亮，此时再做透视，发现 X 线剂量

明显降低，图像正常。

故障 4：在对病人进行结石定位透视时，监视器 I 显示正常，当用丘管 II 对病人进行斜位透视时，图像并没有在监视器 II 上显示，而是跳到监视器 I 上，并且冲掉监视器 I 上原有正位图像。该故障较为少见，因为两路电视系统基本上互不交叉，分析有下述几种可能：① MEM03KOPU 图像数字存贮器呈双路输入，单路输出，OUT II 无输出，OUT I 同时输出图像 I，选 II 时输出图像 II，故均在监视器 I 上显示；② P₅₁ 板输出 X₃、X₄ 两路电视信号出现串路；③ 选择键 G₁、G₃ 输出信号有问题。

由于第②种原因可通过分段更换检查因此先此下手，经检查，排除了电视信号串换的可能性。因此需对①、③两种情况做一检查。检查先从选择键（控制台上）G₁、G₃ 开始（G₂ 为拍片选择正常），由原理图查知，G₁、G₃ 信号输出除供给 X 光机部分外，还控制电视系统的显示。查 G₁、G₂ 信号与 lithostar 的接口为 D₈ 板（光电耦合板），见图 5-1-36，查 D₈ 板的 d₄、d₈ 脚，d₄ 为 G₁ 信号输入，d₈ 为 G₃ 信号输入。当选择 G₁ 时，发现 d₈ 为 24V，d₄ 为 12V，即 d₄ 没有回到低电平，断开 d₄ 输入线，测量 d₈ 为 24V，d₄ 板内为 12V，d₄ 输入（外端子）为 0V，由此可以断定，d₄ 线的高电子是在 D₈ 板内产生的，从 D₈ 板的原理图可以看到，d₄、d₈ 输入线由两个反相二极管进行隔离，正常情况下不会发生短路，当其中一个二极管击穿，则有可能产生上述情况。d₄ 呈高电平多由于 V₇ 击穿，静态测 V₇ 良好，很可能 V₇ 发生热击穿。换一国产二极管 2CP₁₄，结果 d₄ 呈电平正常。进行透视，监视器 I，监视器 II 均正常显示，未发生串位显示。说明故障点明确。

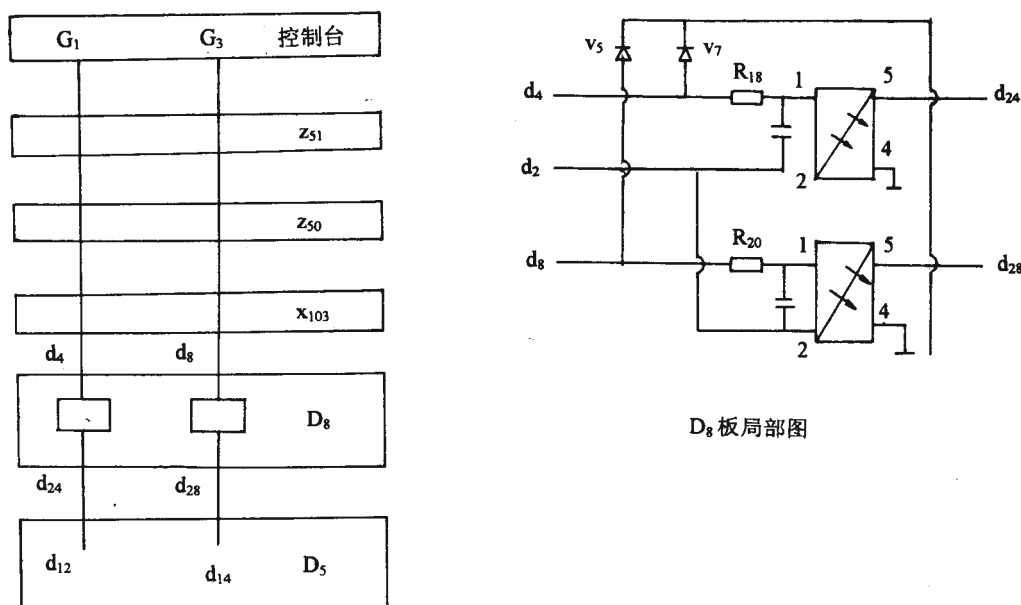


图 5-1-36 D₈板局部图

(三) 治疗床与控制系统故障

Lithostar 碎石机治疗床在结石定位中起相当关键的作用。由于冲击波治疗头位置固定，因此结石需要靠治疗床的三维移动来置于冲击波焦点处。治疗床的升降靠升降电机及齿条带动，水平二维移动靠两个水平电机及丝杠运行。并且在床与基架之间按装有多个限位开关来保护床的移动超限，为了准确的定位结石，床的移动单位为毫米。床主要发生的故障为机械故障及操作者的非正常操作，举例如下。

- 1.床无法向一方向运动 可能原因为：①运动超限；②冲击头过早升起；③限位开关失灵。
- 2.拍片盒不能推到拍片位置 可能原因为：①冲击头没有完全落下；②限位开关失灵。
- 3.机器加电后显示 Error 0-32，不能顺利使用 这种情况多是由于安全开关中的某一个不能闭合造成 24V 电压加不到继电器上而造成的，可按图 5-1-37 进行分析测试。

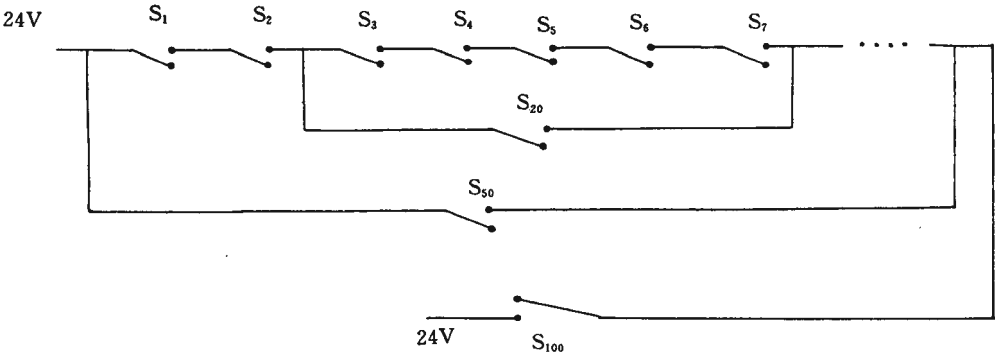


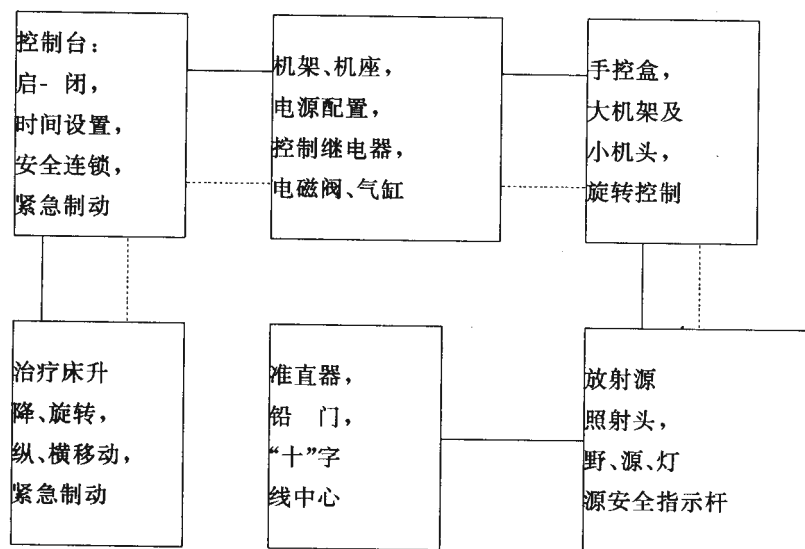
图 5-1-37 床位控制原理图

S₃. 床最高位限位开关;S₅. 暗盒架停放限位开关;S₇. 床左右,前后限位开关;S₄. 床最低位限位开关;S₆. 探头工作停放限位开关;S₂₀. 床下复位加电开关;S₅₀. 总复位开关

第八节 放射治疗机

一、⁶⁰Co 治疗机（THERATRON 60）

⁶⁰Co 机是带有放射源的设备，维修时一定要当心，一要大胆，二要细心。进入机房前一定要先注意安全连锁是否起作用!进入机房后一定要看源指示杆是否在安全位!这要养成一种习惯。

图 5-1-38 ^{60}Co 治疗机各大部件关系框图

（一）基本工作原理

^{60}Co 治疗机各大部件关系见图 5-1-38。各框图的内容即它所完成的任务，实连线为电源，虚连线为控制关系。仅从机器所完成的任务角度看，最基本的工作原理即能控制放射源从安全存放位置到达指定治疗位置，并在指定治疗位置停留所需时间，后再返回到安全位置。机器的各个设备都是为完成这个任务，再加上医学上、安全上的需要而配置，组成一部完整的治疗设备。这个简单过程的实现是通过一个气缸活塞来带动放射源抽屉往返移动完成，见图 5-1-39。平常前后缸电磁阀均不带电，前缸进气口通，排气口闭；后缸阀正好相反，这时储气筒内存有一定压力的气体经前阀进入前缸将活塞推向后，带动源抽屉将源存放在安全位置。治疗时前后缸电磁阀同时得电，过程与不加电时以上过程正好相反。储气筒气压经后阀进气口进入后，推源抽屉向前移动一定距离将放射源推到指定治疗位置。一旦治疗结束断电或意外情况发生断电、紧急情况断电，这时前后电磁阀失电，前缸通后缸排，储气筒内气进入前缸将源推回到安全位置。

（二）故障分析举例

1. 治疗中光野突然消失 可能的原因有：6V 电源无；保险丝断；灯连线碰铁，断线，灯坏。查后确定灯坏，因射野灯和放射源都装在源抽屉上，更换务必小心，必须按一定步骤进行，否则就可能受到照射。

（1）更换射野灯：①一定要先打开机器，让气压泵工作，建立系统气压。此时前缸进有一定压力的气体，防止处理中源滑出安全位置造成不必要照射；②当系统气压建立后，关掉机器；③卸下机头前盖两侧两个埋头螺钉，卸下前盖，拆下灯电源插头；④用设备提供专用工具“T”形杆，插进源抽屉子 L，松开阻止块下方两个螺钉；⑤用另一根头部带红色部

分“T”形杆插进源指示杆，轻轻拉灯架（注意不能拉力过大，如拉不动，可再松松两个螺丝），直到拉出灯架组件；⑥小心更换灯后，细心恢复以上备件。并把两个“T”形杆放回原处以备用；⑦更换射野灯后，应对灯光野与照射野的重合性进行检查，调整。

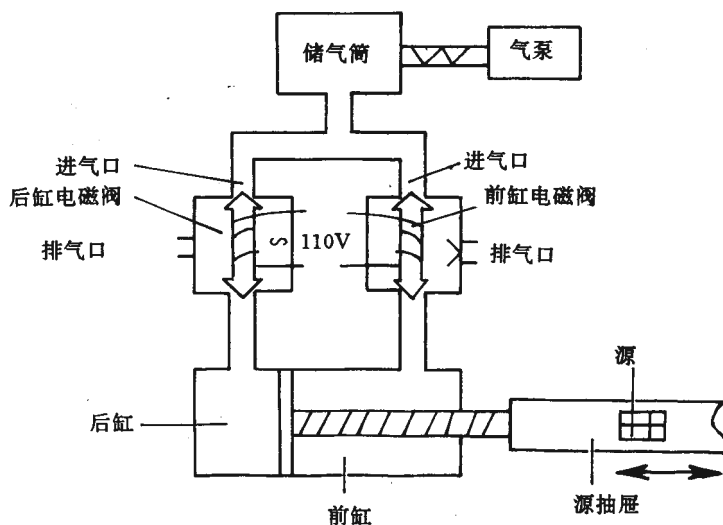


图 5-1-39 工作示意图

(2) 射野中心“十”字线调整：①将治疗床面放到零位并锁紧；②将机架臂、机头精确设到零位；③用设备提供的专用工具磁性距离指示杆升床面和杆尖轻轻接触，取下定距杆；④在床面上贴一方格纸，打开射野灯，在“十”线纸上投影点上打一个点，旋转准直器90°在纸上产生一个新的投影点并划下这个点，重复以上再产生两个点。将第一点与第三点连接，第二点与第四点连接，产生一个交点；⑤放松固定“十”字线螺钉，调整“十”线交点使交点投影与纸上找到的交点重合。再按第四步进行直到旋转准直器到任意角度，“十”字交叉点的投影落入±1mm圆内，此点即为“十”字线中心，也就是等中心点。

2.放射源突然出不来 从图纸上分析：①首先想到的是气压；②电磁阀加电否；③各项连锁是否完成；④电磁阀坏；⑤卡源。

检查实例：根据分析查气压没问题。电磁阀加上电，连锁都完成，最后怀疑到电磁阀坏。测量电磁阀线包是好的，为进一步证实，就一个人进入机房听阀芯体动作声，能听到阀芯体动作声，说明电磁阀启闭是好的。再怀疑源抽屉被卡？人工拉源抽屉也拉不动，后放掉气拉能拉动，说明抽屉滑道未卡。打上气后一切如故，只有怀疑前阀排气孔有问题，细查前阀顶端排气孔被小机头摆齿上油污经导线外壁加上灰尘日积月累被堵。捅后一切恢复正常。教训是进入机房听阀芯体动作声时忽略了听排气声。

(三) 综合分析

一台设备几乎都是机电一体化，了解机电的相关性很重要，将两者结合起来分析讨论有助于问题的解决。同一种故障现象，可能由多种因素引起，往往不是一种必然的因果关系，只有掌握分析方法，加上熟悉图纸，才能较快地排除故障。学会把一个复杂问题化简，就可

以把一个整体问题分块处理。遇到一个新问题先不要急于动手，先要冷静地分析，理出一条线索，思路尽量宽一些，多考虑些引起故障的各种因素，一个一个排除。

二、SL75-14 直线加速器治疗机

SL75-14 是机电一体化组成的紧凑式等中心兆伏级射线治疗机器。它可提供 4、6、8、10、12、14MeV 电子线和 8MeVX 线静态和动态方式治疗。具有楔形野 X 线治疗，剂量可自动依次分两次给出，所要求的楔形角度可根据总剂量和楔形剂量合理比例的改变来实现 0~60° 之间楔形角度的设定。为充分保证病人的安全，系统提供双通道剂量监测系统，确保安全运行程序。

（一）主要组成部分

1. 机架装置 滚筒、臂、照射头。

2. 调制器柜 主电源分配、高压产生、高压脉冲形成网络，±15V、±10V 电源，及读出电路板等。

3. 监测控制柜（MCC） 作测试调整机器用，上面有各种监测仪表、指示灯、控制开关等。对故障监测、机器调整是很有用的装置。

4. 治疗控制柜（TCC） 是一台专用计算机，存放着各种治疗参数和一些机器工作参数。通过接口电路控制着机器的运行和监测机器运行的正确性。一旦出现某种故障，可使机器停机并提示出现故障的原因，对维修也是一个重要参考设备。

5. 治疗控制终端（TCT） 是一个控制台，可做人机对话。设置治疗一切数据，启动加速器治疗运行，出现故障及时记录故障原因在提示栏内。用主菜单第五项可对机器进行检测。

6. 运动控制器 操作机架、机头、铅门、床的运动，必要时可以紧急制动。

7. 水制冷器 使成 20℃ 循环水对机器内发热元器件磁控管、双腔调谐器、偏转室、聚焦、对中线圈散热。

（二）随机图纸系统

为有效地使用随机文件，了解图纸编号，尽快找到所需图纸，对分析、查找故障点能起到事半功倍的作用。本系统采用 MEL 方式管理，图纸编号共用 12 位数码，前 7 位数码表示 SL75 机器系列号，如“4513 327…”；接下来的 4 位数码用于区别该机器的各大系统，如“4513 3276000”的后 4 位是指 MCC 监控系统；图号“4513 327 6100”的后 4 位 6100 是指 MCC 第一层，依次类推，6800 即第 8 层；机架编号 2000，滚筒 3000，臂 4000，照射头 5000；TCC 和 TCT 是 7000 系列；病人支撑系统是 8000 系列；运动控制器 8500 系列；调制器柜是 9000 系列；系统图纸用 OO×× 系列。机器中的各大部件连接是通过多路连接器完成，它的编号也和所在图号取得一致，如 PL/SK 64B-A，即是 MCC 第四层的 B 号接插件，A 为接插件上的针号。再如继电器 RL64-A，即指 MCC 第四层上继电器 A。这里以“0”开头的后 4 位数码是用来表示系统图号，在系统图中都给出许多相关电路图的中间关系、相互作用，对了解整体关系很有用。

（三）基本工作原理

图 5-1-40 给出 SL75-14 工作原理框图。从 MCC 中 P.R.F 发生器出来的重复脉冲经

62E-60M-90M 到闸流管前置脉冲板的 LL 端，升压后触发闸流管，对每一个脉冲产生一个负向高压脉冲，这个负向高压脉冲通过高压电缆送往机架上的脉冲变压器升压，然后同时加到磁控管和电子枪阴极。磁控管产生 2998MHz 微波，并进入加速器的波导管，同电子枪发出的电子作用。加速器的波导管由前后各一个离子泵保持高真空状态（约 10^{-6} torr 以下）。电子束在微波场中获得能量而被加速，在加速管的末端电子已获得相当高的能量。电子束经过一个漂移管进入偏转室，在偏转室横向磁场的作用下，电子束偏转 96° ，而后打靶产生 X-线（X-线方式），或者直接穿过一个薄的金属窗（电子线方式）。靶和窗后是照射头，它由准直器和可变光阑组成，限光筒是为电子线野所设置。从图 5-1-40 中可看出，有两个闭环控制系统：一个是 AFC 自动频率控制系统，从波导管取出微波信号进入双腔调谐器调谐将高低腔差信号检波放大去驱动磁控管调谐电机，使磁控管的谐振频率保持在一个定值上，使 AFC 误差为零，该 AFC 的工作过程的描述见图 5-1-41；另一闭环系统即为控制束流对中的 GUN、2R、2T 系统，综合的结果使照射区域剂量均匀，从受射线束作用的电离室中取出 2T、2R、GUN 各自的信号，进行放大、校准、平衡后反馈到各自的控制电路，调整束流的质量和和对中情况，使各自对称的电离室所受的射线一致差值为零，即野区剂量分布均匀。图 5-1-42 给出了使束流对中的工作过程。

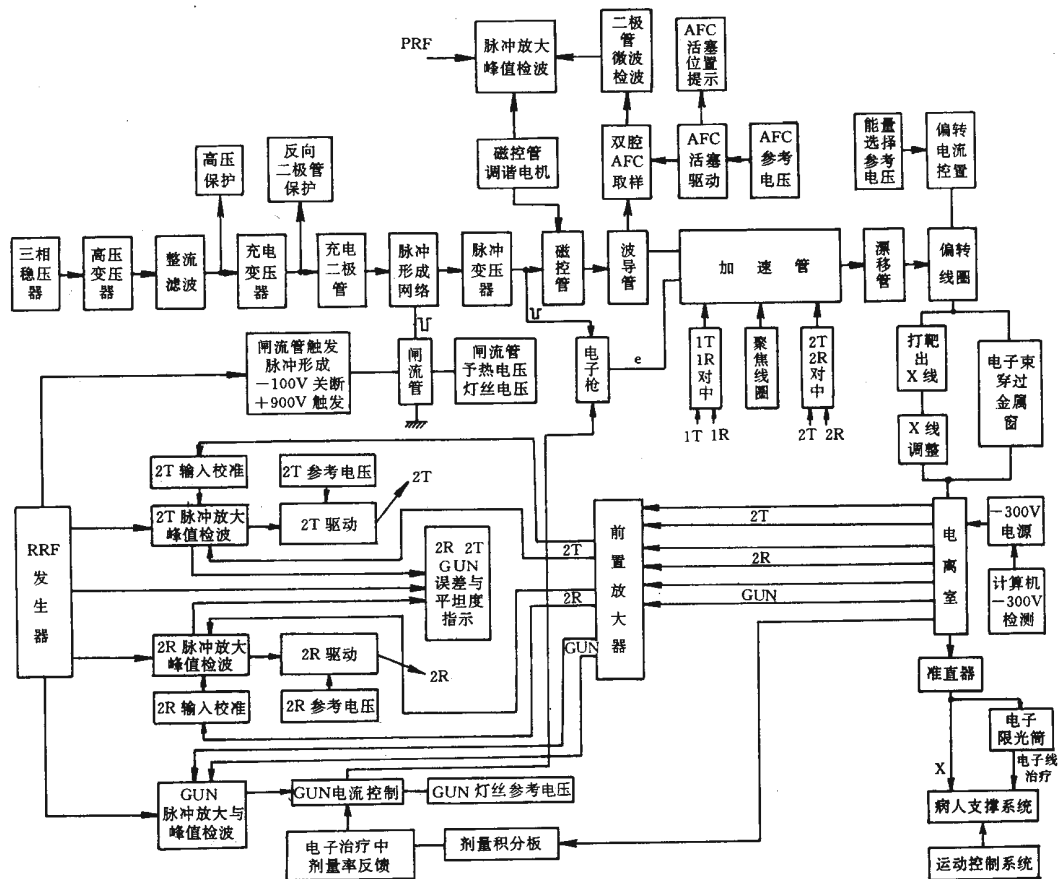


图 5-1-40 SL75-14 工作原理框图

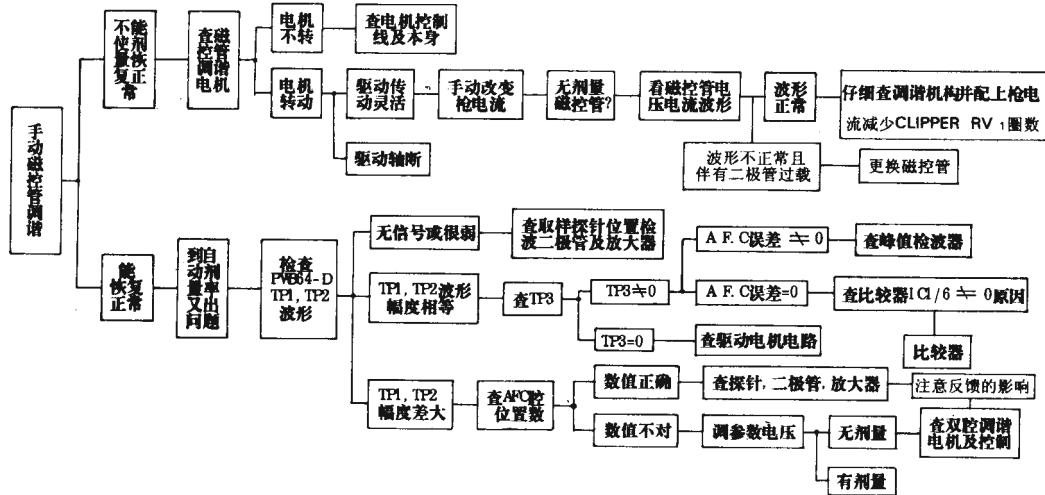


图 5-1-41 AFC 调谐流程图

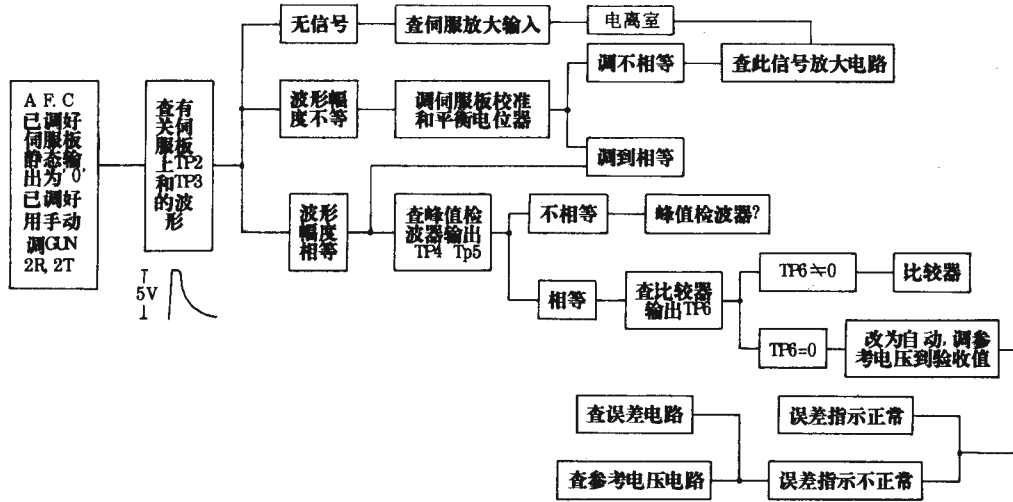


图 5-1-42 束流系统查找流程图

(四) 常见故障处理

由于电子束在加速管中获得能量传输过程中受到多种因素的制约，如分布电容、温度、地磁、湿度、电网的波动等的影响，磁控管谐振频率会发生一些变化，AFC 系统就是用来在谐振频率 f_0 附近 $\pm 20\text{KHz}$ 内来自动稳频。由于某种原因频偏超出了自控范围，就会出现输出剂量低、不稳、平坦度故障等。就需人为地再行调谐。常见的故障现象是平坦度故障切机，从 MCC 仪表上看，平坦度超限跳闸、也可能伴有 2R 误差很大。因平坦度指标是一个综合效果，现象是平坦度故障，但不一定准是平坦度检测电路问题，往往是其他因素造成的综合结果，处理时一定要慎重，不能就事论事，要不就要返工。一般先要看磁控管的谐振频

率有无偏移,用手控 AFC 调谐,一旦射线束的质量得到改善,随之问题也就得到解决。

(1) A.F.C 自动频率控制系统常见故障,多反应在输出剂量率上,无剂量率,剂量率低,剂量率不稳等方面,也是故障出现较多的系统,涉及的相关因素也较多。一般查找的方法是先将 AFC 从自动位转到手动位,在 MCC 上开机、用手控直接控制磁控管调谐活塞,改变磁控管的调谐频率,根据手动调谐看能否使剂量率恢复正常的思路进行,可参照 AFC 腔调谐框图 5-27 的步骤处理。按图纸 4513 237 0022 电路图查找,即可找出故障点加以处理,并把剂量调到最大输出量。

(2) 束流控制系统常见故障是系统中参数变化使误差指示变大出现平坦度故障。该系统所涉及部件多板电离室、前置放大器、峰值检波器、比较器、驱动器以及一些外围电路中的元器件故障。查找故障可按图 5-1-42 束流控制系统流程图进行。参照以下电路图查找:

4513 327 0023 电子枪灯丝控制

4513 327 0025 2T 2R 束流对控制

4513 327 0026 伺服误差及平坦度监测

按流程图分析结合图纸在测试点检测,即可压缩出故障点加以排除。GUN.2R.2T 故障的排除及调整都会影响到射野平坦度这个指标,一定要在满足平坦度要求这个指标下反复调整 GUN.2R 及 2T 使各个误差接近于零且保证照射区剂量均匀。

(3) 为保障机器有效安全运行、病人的安全治疗以及工作人员和非工作人员的安全,机器设有保证安全的连锁装置,只有全部满足安全措施,机器才能正常运行,因此也就带来一些容易出现的故障。

①直流+25V 连锁:此+25V 电源来自 6800 层变压器 T_2 、保险丝 FS_2 整流后得到,一路用于设备运转连锁,完成全部连锁,设备准备灯亮;另一路用于治疗连锁,有两个作用:照射头选择到位后头准备灯亮;A.F.C 设置灯在自动调整中一直是亮的直到 A.F.C 调整好后灯熄灭,说明控制准备好,这时才能开始治疗。此连锁出故障后,设备启动按钮按下后无叫声;头准备好灯不亮(HEAD READY)。按图纸 4513 327 0013 和 4513 327 0015 查找即能找出故障。一般用短路法查找故障。

②—24V 交流连锁:此电源来自调制柜中变压器 T_8 、保险丝 FS_2 、连锁主电源、水流、水温、包括部分治疗连锁,剂量一、二通道及时间通道。该连锁出现问题,主电源灯熄灭(MAINSTOP);低压停灯灭(LTSTOP)。按图 4513 327 0013 和 4513 327 0015 查找就能解决问题。

③运动安全连锁:运动启动按钮按下,从 6700 电源板的+24V,经过机架限位开关、回到机头安全防碰开关、床紧急制动开关后使安全防碰继电器 RL91-D 吸合。此时 9100 上变压器 T,次级经整流约+24V 电源将运动准备灯点亮,运动安全连锁完成。一旦运动系统出问题运动准备好灯熄灭,就按图纸 4513 325 0033 这个回路查找就能解决问题。

(4) 利用 MCC 上的故障检测指示灯查找故障

①PWB63-A 板:用来检测真空度 10^{-5} 跳闸信号;聚焦线圈电源;偏转磁铁电源;反向二极管过载检测;只要其中一个产生故障,都会禁止脉冲重复频率发生器工作,停止治疗。正常情况下这些检测电路的输入端都是在-10~-12V 电压控制下, TR_2 关断, TR_1 也关断。由 TR_1 集极送到 P.R.F 脉冲发生器板-12V 关掉 P.R.F 板上 TR_{14} ,使 P.R.F 脉冲能送到闸流

管重复脉冲板上,形成3微秒脉冲再升压去触发闸流管工作。若由于某种原因输入端电压变得大于-5V以上时,TR₂导通,从而TR₁导通,这时由TR₁集电极有一个接近0V的电平到P.R.F板上使TR₁₄导通禁止P.R.F脉冲发出,此时机器就出现故障中断治疗。

②PWB63-B板:检测磁控管电源,A.F.C调整包括腔和相位,高压过载,在正常下高压过载输入端在-3.7V控制下,TR₂导通,TR₃截止。当高压电流过载时引脚3上的输入电压变得更负到-11V时TR₂截止,TR₃导通。高压过载灯亮,此时+12V经D₇使TR₃一直导通,D₃的正端被D₆钳位在一个低电平下TR₂一直截止,这时即便高压已恢复正常,但由以上的钳位作用TR₃导通,过载灯一直亮,此时需再按一下过载灯按钮使TR₂和TR₃反转后过载灯才能熄灭。

还有一些指示灯为水流、水温、低压、电子枪、高压、设备门、气压、治疗门、设备准备好、机头准备好等,都提供相关电路情况,只要抓住相关电路查找就能排除故障。

10个继电器的功能如下:RL63-A:管水流;RL63-B:治疗室门;RL63-C:设备启动预警;RL63-D:设备门;RL63-E:设备等待;RL63-F:照射头等待;RL63-G:真空10⁻⁴跳闸;RL63-H:磁控管灯丝电源故障;RL63-J:辅助高压启动;RL63-K:磁控管灯丝控制。

(5) 读出显示与实际机械尺寸刻度不符时的检查与调整

①先查手轮部分机械零位:看运动控制器手轮是否在中间未启动位置(关)。可在中间位到0V间接一数字表测其电压,不得大于100mV;否则松开电位计轴让手轮处在机械零位,调轴使数字表指示为±0.1V,后紧上手轮与轴的联结。

②最大速度的设置:将手轮保持在最大位置调手轮装置中的RV₆,使手轮中点上的电位不超过±10V、

③建立大马达控制板:PWB91-D 4513 326 0008。在测试点A $\frac{1}{K}$ 与OV间指一数字表,调整RV₃使读数为±0.1V。马达极限电流设定:先将RV₂反时针转到头;在电机终端2串联10A的直流电表,电机端接正,连线端接负;阻止机架转动。慢慢按顺时针方向转动手轮,直到电流稳定下来,此时调RV₂使电流表指示在4.5A,放回手轮。调RV₁使机架转动平稳。

④小马达控制建立:PWB91-A、B、C, PWB92-A、B、C (4513 326 0006),联好400Hz连线,RV₁、RV₂、RV₃、RV₄反时针转到头。在测试点接上示波器。

Y输入接到TP₁(Y设定灵敏度为0.3V/cm);

触发端接到TP₂(测量速度为1s/cm)。

最大速度设定:将手轮调到最大位置,调RV₂使速度增加,直到示波器上幅度变到最小。如图4513 326 0006上“B”,然后再将RV₂同方向转两圈。

从手轮最大位置返回电机速度逐渐减小,直到示波器上图形为“C”所示。调RV₃增益直到波形变为“D”所示。再降低增益直到波形下降沿振荡刚好停止。然后同方向将RV₃再转两圈。

调RV₄使设定极限电流不超过7A。

⑤调读出电路板时注意的几点:

插拔印刷电路板之前应关掉电源。

调整前所有读出板均应插入，否则将会影响 A-D 转换的精度。

采用四位半数字表，以获得 VDU 读数的精确度。

确保 4153 327 0030 上的 10 伏电源应在 $10.000\text{V} \pm 2\text{mV}$ 以内。

将 DVM 联在 PM376-EE 在 TCC 上的角 U 与角 A 之间，调整 PWB93-A 上的 RV-6 使 DVM 的读数为 $10.000\text{V} \pm 2\text{mV}$ 。

在图 4513 390 0566 将 IC4-3 暂时接到模拟 0V，DVM 接在 PWB76-EE 的脚 V 和模拟 0V 之间，调 RV₁ 使 DVM 读数为 $5.000\text{V} \pm 2\text{mV}$ 。调好后拆除 IC4-3 到 0V 的连线。

在 TCT 上选诊断 5，然后在 TCC 调 PWB76-D 上的 RV₃（偏置）和 RV4（增益）使 TCC 上显示下列读数：

0V REF 0± （RV3）

10V REF 4 000±1 （RV4）

DLAPHRROTNCAl 2 000±1（机头校正调 RV5）。

⑥必要时还需再调读出电位计机械中点，调轴位使读出电位器的中点输出电压在 $0\text{V} \pm 100\text{mV}$ 以内。

读出校正系统校正方法：

参照电路图 4513 327 0030 PWB93A、B、C

4513 390 0564 PWB76EE

4513 390 7924 PWB76D

表 5-1-2 有关参照

运 动 部 件	DVM 测量点负责 笔连接 PWBEE 脚 A（模拟零）正 接下	校正板			运动位置		校正公式
		印制板	增益	偏置	A	B	
机 架 角 度	PWB76-D 脚 5b	PWB93-A	RV5	RV4	0°	180°	$G=25b(B-A)/(b-a)$ $D=25B+12\text{mV}$ A\B 单位为度
铅 门 转 角	PWB76EE-脚 z	PWB93-C	RV6	RV2	30°	180°	
床 面 角 度	PWB76-FE 脚 10	PWB93-B	RV2	RV3	0°	180°	
床 圆 盘 角度	PWB76-EE 脚 K	PWB93-C	RV5	RV1	0°	180°	
铅 门 “X”	PWB76-D 脚 Nb	PWB93-C	RV7	RV3	3.0cm	30.0cm	$G=250b(B-A)/(b-a)$ $D=250B+12\text{mV}$ A\B 单位为 cm
铅 门 “Y”	PWB76-D 脚 Bb	PWB93-C	RV8	RV4	3.0cm	30.0cm	

床面高度	PWB76-D 脚 11b	PWB93-B	RV8	RV4	100.0cm (0.0)	145.0cm (45.0)	$G=50b(B-A)/(b-a)$ $D=50B+2mV$
+10V 参考电压	PWB76-FE 脚 PU	PWB93-A	RV6		10.000V $\pm$ 2mV		

注：“A”（单位）：为表中运动所设定的不同位置，转角单位为度；平动单位为 cm；“a”（mV）：为运动在“A”位置时 DVM 上所读出该位置上的电压值；“B”（单位）：为表中运动所设定的另一位置；“b”（mV）：运动设定到“B”位置时 DVM 上所读出的该位置上的电压值

$$G = \frac{25b}{b-a} \cdot (B-A)mV/unit$$

$$D = 25BmV/unit + 12mV$$

得出“a”，“b”数据后，按上校准公式计算出 G、D。依照表中相关的校准板上的增益和偏置电位器进行调整。

运动在位置“B”按表调整相应读出校正板上的增益电位计，使 DVM 上的校正值为“G”mV。

仍在位置“B”，调整相关的偏置电位计使 DMV 上指示为校正值“D”。

查“B”位机械刻度与读出数字是否一致。

再将运动返回到“A”，查“A”位读出数与机械尺寸是否一致，如果不是，则应重新测“A”位“a”；“B”位“b”重新计算 G、D，进行调整，直到达到线性要求读数正确。

现以机架旋转角度读数校正为例按上表进行调整。

置运动于机械零位，用 DVM 查控制电位计停止位读数是否为 $\pm 0.1V$ 。如果不是先调整读出电位计的机械零位，使读数为 $\pm 0.1V$ 以内。

按表 5-1-2 将 DVM 接在 PWB76-D 脚 5b 检测点。

按表 5-1-2 将运动置于“A”位（0°），记录 DVM 上读数作为 amV。

按表 5-1-2 将运动置于“B”位（180°），记录 DVM 上读数作为 bmV。

按公式计算出 G、D。

调整 PWB93-A 上增益电位计 RV₅，使 DMV 读出数为“G”。调偏置电位计 RV₄使 DMV 上指示为“D”值。

查“B”位的显示读数是否正确。

参照机械刻度检查 VDU 上读数是否一致。

否则应重新调整。

（五）故障分析举例

电路中有不少是双通道的，若一路信号有问题，可用两路信号交叉法来判断；对一个大系统，可用分割法处理，切断一段看另一段；或用短路法短掉一段来判断查找。测电压、看波形、作标记、记线号，做到心中有数再动手，以免扩大故障。

1.故障现象 所有治疗参数均已设定。按 START 按钮不启动加不上高压，显示：READY

TO START。

故障分析：根据治疗连锁图 4513 327 0015 启动高压完成有两条支路，一条是控制支路，在运动准备好后有一个机内+24V 电源经用户门连锁、控制台终断、暂停按钮和启动按钮闭合使 PWB76DDRLA 得电自锁，在写 08 指令下 PWB76-PTR7 导通、RL76DD-A 工作，加高压控制支路完成。另一支路是由控制支路通过 RLA 动合触点启动 RLC 的动合触点闭合连通交流 24V 到高压接触器 CON90D。这两条支路哪一条出故障均加不上高压。本次出故障经查是由 PWB76-P 上的 TR₇ 开路引起。换 TR₇ 后故障排除。象连锁出故障就可采用分段法处理，短掉一段看故障是否还存在，若不存在即在被短掉的这段中元器件有故障，很快就可以查出加以排除。

2.故障现象 开机加高压不出线无剂量输出，显示 DosiMetryFault 切机。

故障分析：先从治疗状态转到测试状态，从自动改到手动调谐。在手动调谐下能出线，剂量率正常，枪电流也正常，AFC 误差也正常，观察各仪表指示未发现异常现象。转到治疗位开机就是不出线无剂量率，观察仪表指示只有 AFC 误差偏向正的一边，其他均正常。按图 5-1-41 步骤查 AFC 系统，在 PWB62—D 脉冲放大峰值检波板上接示波器于 TP₁、TP₂ 点观察，TP₁ 点幅度在 10V 以上，而 TP₂ 点幅度只有 2V 左右，一般平衡下应在 8V 左右。这下好象发现了问题，就着手调整两路增益电位计使两道平衡，调 RV₁ 想降低 TP₁ 的幅度效果不明显，调 RV₂ 要使 TP₂ 的幅度提高同样不明显。后将两路输入信号一交换，结果 TP₁ 幅度更小，TP₂ 幅度更大。从现象看问题应该出在两路输入信号的前面。前面就是双腔调谐器和射频检波二极管。检波二极管有输出不会出问题。双腔调谐器的位置数字也未变，调谐活塞手动也灵活，估计不会出问题。只好向后查，当查到比较器 IC₁ 的输出端 TP₃ 时发现有一个固定的 8V 输出，从反向输入端 2 加一个正信号而输出端还是 8V 不变，判定 IC₁ 损坏。换掉 IC₁ 后又重新调整了两路平衡。TP₁、TP₂ 都能调到 8V，AFC 误差回到零，输出剂量率达到要求，机器恢复正常。

讨论：本次故障是 IC₁ 损坏，在输出端产生一个固定的 8V 电压，经磁控管驱动电路将磁控管调谐活塞置在一个不变位置，使磁控管的输出频率远高于调谐频率 f_0 。所以从波导管探头取样频率很高，使高腔输出信号的幅度很高，低腔输出幅度很低，这个大的固定差使脉冲放大电路已无法拉回。经交换两路输入端所产生的结果，看来问题好象发生在前面，而实际问题发生在后面。这就提醒我们一个问题，在有反馈回路存在下，看问题一定要全面，注意到反馈支路的影响。

3.故障现象 平坦度故障切机，提示 Flatnessfault 18。

故障分析：因平坦度反映束流受多方控制因素的综合效果，可按图 5-1-42 的思路进行查找。如上所讲应先看 AFC 系统，将束流的质量调好，看能否解决问题？否！按仪表提供的信息，2R 误差超标，重点从 2R 对中电路查起，先在 MCC 上把 2R 置手动，调 2R 来改变 2R 误差无效，动 Gun 也未改变且对称性反而变差。看来调整已不能使系统恢复正常，故障可能出现在 2R 对控制电路中。将示波器接在 PWB65C 的 TP₂ 和 TP₃ 上，能看到从电离室来的信号约 0.5V，两道信号基本平衡，当把示波器探头接在 TP₄、TP₅ 后，TP₅ 有 5V 电平信号，TP₄ 就看不到信号，再把探头移到 IC₂ 的输入端，输入端③有 0.5V 电平，而输入端⑤就测不到。在 TR11 的漏极有信号，源极就测不到信号结果是 TR11 损坏开路。更换 TR11 后，

调整 2R 电路后 2R 误差接近零。平坦度误差也恢复正常。从 TCT 上开机一切恢复正常。

4.故障现象 大机架转动控制失效操作不转动。

故障分析：按运动控制按钮，运动控制灯亮，说明运动控制连锁完成。连锁回路没有问题 RL90-D 加电。只有在手动使能下安全条件满足 RL91-B 得电工作，在 RL91-B 电机继电器工作下，停止继电器 RL90-K 也工作下，运动继电器 RL90-A 才工作。以上提供了机架转动的必要条件，这时只要手轮控制器有正向电压（C、W）或负向电压（C、C、W）输出、逻辑门选通、加法放大器、比较器、驱动电路工作，电机无故障机架就能运转。经查本次不转动是因门电路 IC9 出问题安全信号故障，RL91-B 得不到电所致。本系统还出现过手轮 IC 出问题，输出一个固定电压，电机只向一个方向转动，还出过驱动板保护二极管击穿故障。只要弄通 4513 327 0028 电路图，大马达电路出故障就能很快找出故障点加以排除。

5.故障现象 正在治疗中突然机器终断，无任何提示，按任何键均无反应。

故障分析：再开机后屏幕上只出现一个主菜单，按键盘上任何键均无反应，得不到任何讯息。先从控制台电源入手，查 5V 电源，有；查 5V-24V 转换电源，也有。进一步就将从发码电路到 ASCII 码传输线找。在图纸 4513 390 0084 上 IC₁₂ 串行输出器输出端角 25 上接示波器，在键盘上按 ERASE 键（1011 1111）和个键（1000 1001），均能看到有串行信号输出，但将示波器探头放到的 TR₁ 集电极后信号就消失了，查 TR₁ 基极 0.7V，集电极 0V，认为 TR₁ 击穿，换后故障照旧，后又认为 TR₁ 深饱和。我们在此走了弯路，只认为 TR₁ 集电极 0V 是饱和，没有怀疑集电极 0V 本身无电压这一事实。像这类故障就应先查工作电压，再查编码电路和传输电路，一直将键码查到送上数据总线，到微处理器 2650 接收，及字符发生器接收，一般就能查出问题所在。本次死机故障经查是老鼠将信号线咬断，使键码发不到总线上所致。在 5V 电源丢失、24V 电源丢失、编码器、串行器、TR、及光耦合器故障时，都会引起类似故障发生。

三、近距离遥控后装治疗机（WD-HDR18 型）

当代多功能型后装机是 80 年代后期发展出来的新一代后装机型，目前国内使用的国产机型主要有广东威达，天津希克、华扬等。所用放射源均为圆柱形铱-192，最高强度 370GBg（10ci），半衰期 74d。治疗机都有 18 个通道，并备有各种施用器，插针及治疗软管。本节以广东威达 WD-HDR18 型后装机为例，简要介绍后装机的原理及维修。

（一）基本框图

系统组成见图 5-1-43 和图 5-1-44。

（1）计算机：整个系统的控制核心，控制治疗机的运转、病人治疗数据的输入、建立治疗计划、输出等剂量曲线、存取治疗计划、放射源信息管理等。

（2）治疗机：实施治疗计划。

（3）数字化仪：提供坐标重建的原始数据。

（4）绘图仪：绘制治疗计划的等剂量曲线。

（5）打印机：记录治疗过程以备存档。

（6）UPS 不间断电源：在突然停电时有一定时间保存治疗数据并将放射源退回安全位置，防止信息丢失和保障病人安全。

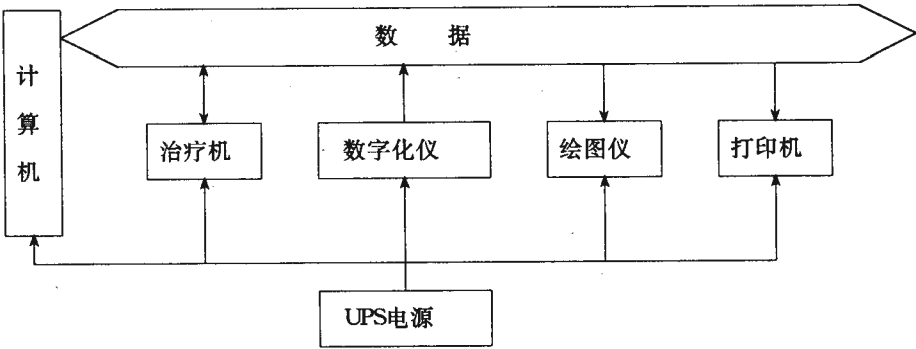


图 5-1-43 后装机组成框图

(二) 基本原理

后装机主要由两部分电路构成：电机驱动电路，信号检测电路。

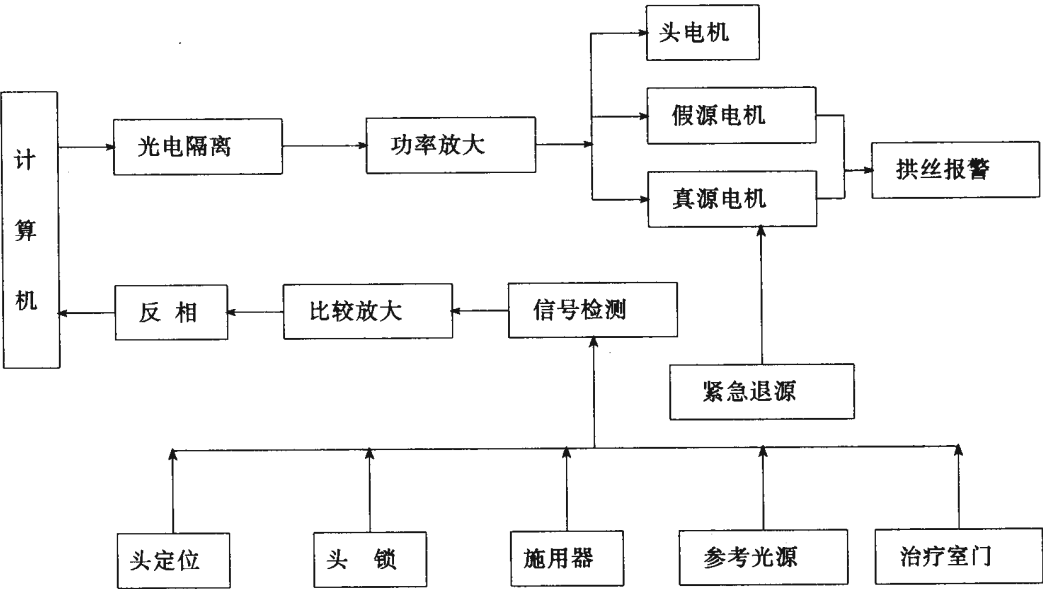


图 5-1-44 治疗机框图

1.电机驱动电路 计算机向治疗机发出指令，指挥治疗机头电机、真源驱动电机、假源驱动电机，分别完成相应操作，实施治疗。电路原理如图 5-1-45。

2.信号检测电路 用于检测治疗机当前状况。如头锁是否锁紧，施用器是否插上，治疗

室门是否关紧, 以及真(假)源是否在安全位置, 通道是否通畅等。其电路原理如图 5-1-46。

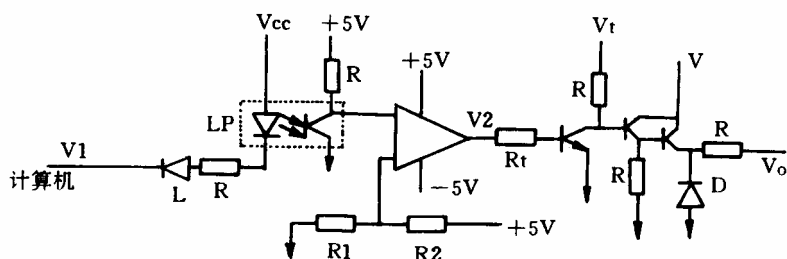


图 5-1-45 电机驱动电路原理图

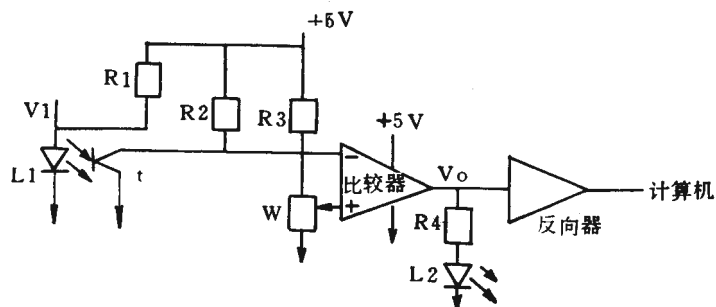


图 5-1-46 信号检测电路原理图

(三) 常见故障分析处理

后装机常见故障分析与处理见表 5-1-3。

表 5-1-3 常见故障及处理

现象	分析	处理
进入治疗状态还未自检, 计算机即提示真(假)源不在安全位置, 同时真(假)源驱动电机开始抖动	(1) 真(假)源参考光源由于钢丝长期摩擦, 致使发光管或受光管表面收到污染, 受光管不能正常工作 (2) 发光管或受光管损坏或性能不佳	将参考光源拆下, 用无水乙醇清洗之 更换新的元件
自检时所有通道均找不到, 且头电机不转	(1) 电源保险丝熔断或整流桥损坏, 致使 24V 电压加不上 (2) 电机驱动电路故障	参看图 5-1-46 解决
一个或几个通道找不到	法兰盘顶丝松紧不合适(太松, 法兰盘与电机转动不同步; 太紧, 电机转动时抖动太大)	适当调整法兰盘顶丝松紧度, 直到适中为止
固定几个通道找不到, 且显示的	(1) 五对发光、受光管中有个	更换相应的发光管或受光管

通道顺序杂乱无章	别损坏或性能不好,导致相应的编码错误 (2) 信号检测电路故障	参看图 5-1-46 解决
自检时真(假)源参考点故障 (电机不动)	电机驱动电路有故障	参看图 5-1-46 解决
自检时真(假)源参考点故障 (电机转动)	(1) 参考光源孔隙太大,不能完全遮住光线或发光、受光管损坏、性能不好 (2) 信号检测电路故障	更换参考光源或发光、受光管 参看图 5-1-46 解决
开始治疗时提示治疗机头锁没锁	查看头锁下的金属片是否正好在发光、受光管之间	若不是,则调整发光、受光管的位置;否则参看图 5-1-46 解决
开始治疗时真(假)源拱丝报警	一般适当调整病人体位就可解决,但有时真(假)源钢丝打折可造成灵敏度过高,这时必须更换钢丝或放射源	
治疗完成后真源不能退回	电机驱动电路故障	先用直流电机紧急退源,以保证病人安全,再参看图 5-1-46 解决
使用直流电机退源时,应先关掉治疗机电源,并等直流电机反转半圈以后再关断其电源,以免卡死真源电机		

第九节 AK-10 型血液透析机

由瑞典 Gambro 公司生产的 AK-10 型组合式血液透析系统由 BMM10-1 血液监控仪和 UDM10-1 透析液监控仪组成。这种机型国内引进较多,其初期产品使用年限已达 10 年以上,出现的故障比一般机型要多,因此介绍该系统具有典型的指导意义。

一、血液透析原理

血液与透析液中的水、电解质和中、小分子物质可通过分隔该两种液体的半透膜,进行弥散和渗透。根据 Gibbs—Donnan 膜平衡原理,半透膜两侧液体各自所含溶质浓度梯度差及它所形成的不同渗透浓度,可使溶质从浓度高的一侧通过半透膜向浓度低的一侧移动(弥散作用);而水分则从渗透浓度低的一侧向浓度高的一侧渗透(渗透作用),最后达到动态平衡。因此,当血液进入透析器时,其代谢产物如尿素、肌酐、胍类、中分子量物质和过多的电解质如钾等便可通过透析膜弥散到透析液中,而透析液中的物质如碳酸氢根或醋酸盐等也可弥散到血液中,达到清除人体代谢废物和纠正水、电解质及酸碱平衡的治疗目的。由于透析液的渗透浓度接近或仅略高于尿毒症患者血浆中的渗透浓度,因此在血液透析过程中,依赖膜两侧渗透浓度差达到水分清除的作用甚微。若在透析液一侧增加负压,扩大膜两侧的压力差(跨膜压),则可显著增加体内水分的排出(超滤作用),故血液透析主要通过超滤作用达到清除体内过多水分。在透析过程中,渗透、弥散、滤过和超滤等作用同时进行,对每种可透过物质进行交换或排出,使机体内的环境接近正常人,从而达到治疗目的。

1. 血液监控仪的功能 人体内的血液经过造瘘或穿刺引出体外,经血泵使血液通过透析

器与其中的透析液进行渗透、弥散、滤过和超滤，对每种可透过物质进行交换或排出，然后将血液送回人体内。在此过程中，要对动脉压、静脉压监测，并对回静脉的血液进行空气检测，为防止体外循环的血液凝固，由肝素泵向血中不断注入肝素。

当发生报警时，可将血泵上的白色手柄拉出，顺箭头方向（逆时针）转动，将血液送回病人体内。

当需要紧急透析时，对来不及作瘘的危重病人，就用一根穿刺针穿入病人的静脉或动脉上，调节好动脉夹、静脉夹的开放时间。当动脉夹打开、静脉夹关闭，血液从体内抽出，血液在透析器中进行交换，此过程结束后，静脉夹打开，动脉夹关闭，使交换后的血液泵回人体内，完成一个循环。

某些报警发生时，螺丝管夹夹住动脉及静脉回路管。

2.透析液监控仪的功能 图 5-1-47 为透析液监控仪工作流程图。

为防止水中有毒物质在透析时进入血液中，必须对透析用水进行处理。透析用水主要通过过滤、活性炭吸附、软化、去离子和反渗透等步骤处理。

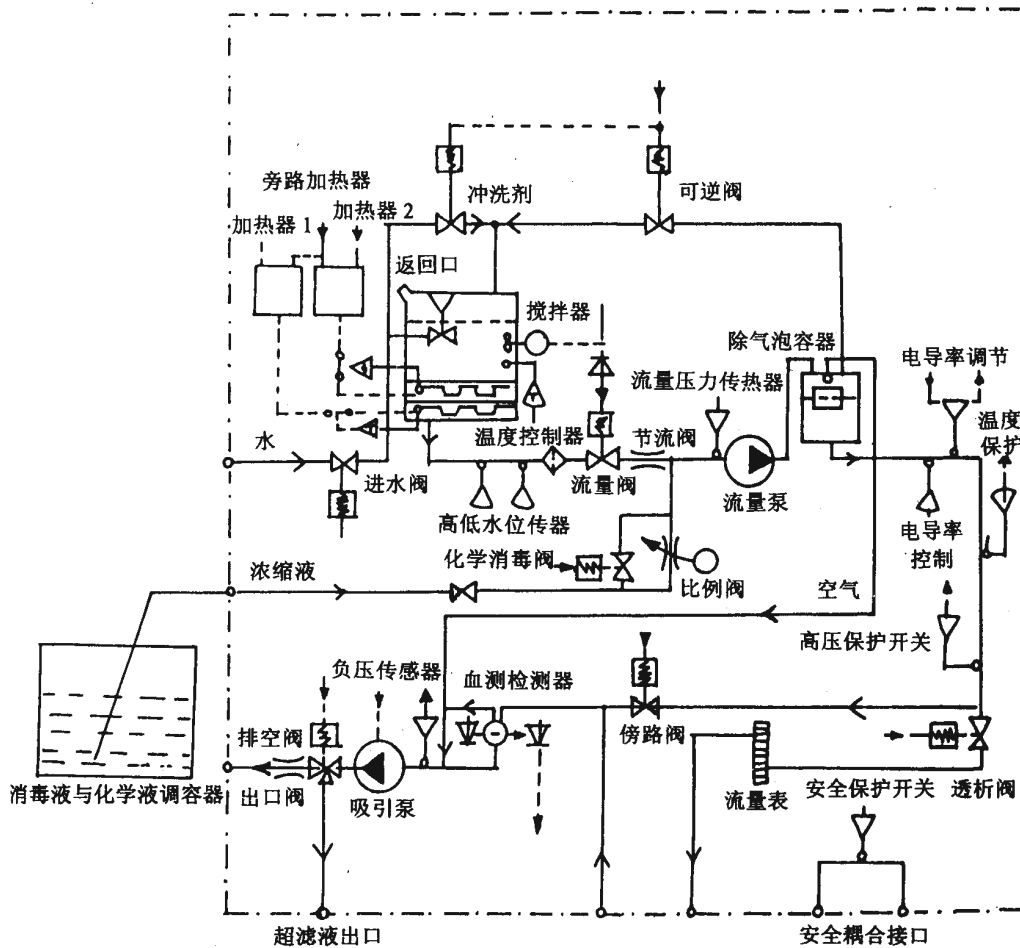


图 5-1-47 透析液监控仪工作流程图

经处理后的自来水变成软水或精制水通过进水阀进入加热槽,并由温度传感器检测加热槽内水的温度。加热后的软水经流量阀、节流阀、流量压力传感器进入流量泵。由高、低水位传感器控制水位。低水位报警时,流量泵停止工作,加热槽停止加热,水位灯亮。高水位报警时,进水阀关闭,水位指示灯闪动。

在负压的作用下,流量泵按 34:1 吸进软化水和浓缩液,混合成透析液。透析液进入脱气泡装置。在脱气泡装置上有一个可逆阀与加热槽相连,在出现高压报警时(20.0~22.6kPa (150~170mmHg)),可逆阀打开。同样在消毒期间,可逆阀也打开。经脱气泡装置后的透析液进入电导率测量池,在测量池上还装有温度传感器,用以监测透析液的温度。

透析液经过电导率测量池之后,如果温度和电导率在报警范围以内,透析液经透析阀、安全保护装置、流量计进入透析器进行透析。否则,透析阀关闭,旁路阀打开,透析液旁路排出机外。进行透析时,如果透析液的压力超过 20.0~22.6kPa (150~170mmHg),高压保护装置发生报警。

经透析器之后的废透析液进入血漏检测器,如有漏血存在,便发出报警信号,停止透析,使透析液旁路。如无漏血,由于吸引泵的作用在透析液侧的压力总是小于血液侧的压力,即产生一负压,由负压传感器检测。经吸引泵将废透析液排出机外。

在吸引泵之后还有一个三通阀,即超滤阀,在作超滤时,超滤阀打开,超滤液从面板上的凸嘴中流入量筒中。

安全保护装置监测安全耦合座内的压力。防止在透析过程中错误地使用热水消毒键、化学消毒键、排空键而发生危险。当透析结束,透析器接头放回安全耦合接口时,其压力小于 10.0kPa (75mmHg),上述三个键的操作才起作用。

图 5-1-48 为透析液监控仪结构示意图。

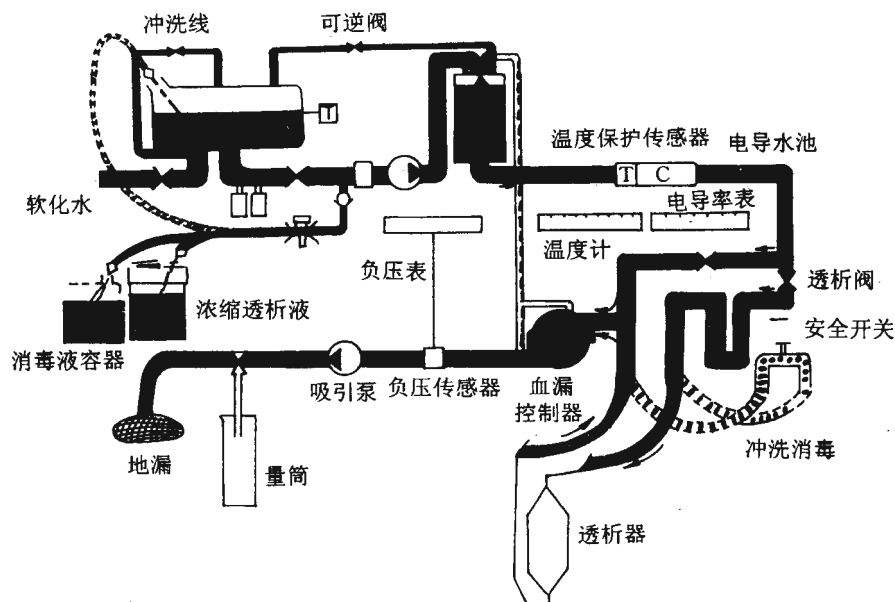


图 5-1-48 透析液监控仪结构示意图

二、AK10 血液透析机的报警装置

AK10 血液透析机的报警有三种情况：临床报警、技术报警及操作指令。临床报警是由于漏血或探到空气而引起的报警，“消声”钮及有关的报警指示灯亮；技术报警是指机器电气部分出了毛病，且能不断检测本身的功能，报警时有关的报警指示灯快速闪动；操作指令是当操作人员应采取行动时，机器上的指示灯会慢速闪动。

（一）血液监控仪的报警

当临床报警发生时，在没采取其它措施之前，先检查病人身上的接合处，然后压下消声按钮，终止蜂鸣器的叫声，若在 30 秒内故障没有排除，蜂鸣器会再次发声。根据所亮起的报警灯应采取以下步骤：

1. 气泡检测复位灯亮 这时血泵、肝素泵停止转动，血夹收紧。这是由于滴注室内存有过的空气或泡沫而引起的报警。用注射器抽出滴注室内空气，压下气泡检测复位按钮，使灯熄灭。

2. 动脉压报警灯亮 血泵、肝素泵停转，血夹收紧。病人与血泵之间的负压增加而引起报警。可能是病人血压降低，或动脉针的位置改变，或病人与血泵之间的动脉回路管扭曲而引起。

3. 静脉压报警灯亮

（1）血泵间断的转动：这是由于静脉回路压力太高所致，可能是由于静脉滴注室后面的血路堵塞或病人的位置发生变化。

（2）血泵、肝素泵停转，血夹收紧：这是由于静脉回路压力太低所致。可能是由于管路松脱，滴注室前段堵塞，病人血压下降或病人位置发生变化而引起。压下静脉压报警按钮，使血泵转动，以便检测出发生报警的原因。

（二）透析液监控仪的报警

1. 血漏报警灯亮 报警时间超过 20s 后，血泵、肝素泵停止转动，血夹收紧，透析压或跨膜压降到 -6.7kPa （ -50mmHg ），而透析液傍路流走。若不能立即查出血漏，可单独试验，以证实透析液中是否含有血液。

（1）有微小的血漏：一般在 1~2min 内因血液凝固而停止。按下血漏报警钮，使灯熄灭，继续透析。

（2）有较大的血漏：按下报警傍路钮，中止透析。这时血漏探测器会由干净的透析液清洗干净。接着要考虑是否把血液赶回到病人体内。当血漏发生时，未经消毒的透析液混入血液部分，会有污染血的危险，在没将血液赶回病人体内之前要查到这一点。

（3）没有漏血：若血漏报警灯亮而又查不出有血漏现象，那么血漏探测器的光源可能有毛病。

2. 透析压报警灯亮 该报警有 10s 延时装置。

（1）透析压报警灯快速闪动，但没有蜂鸣器报警声，说明透析压不正确。透析完毕后修理机器。

（2）透析压报警灯一直亮。这表示透析压虽然正确，但调节的报警极限太窄，需重新调节报警极限。

(3) 透析压报警灯快速闪动, 并伴有连续的蜂鸣声。这说明透析压力太高。若蜂鸣器断续发音, 可能是因为透析液管道扭曲或透析液管道堵塞。

(4) 透析压报警灯慢慢闪动, 而蜂鸣器响个不停, 说明工作人员所选择的压力令跨膜压大于 0kPa, 这是机器不能接受的。

3. 透析液温度报警

(1) 温度报警灯亮。表示温度在极限值以外。这时, 透析液旁路直到温度恢复正常。如果温度太高, 检查水源的温度。温度太低, 检查机器。

(2) 温度报警灯快速闪动。说明温度控制或监测部分工作不正常, 需要检修机器。

4. 透析液电导率报警

(1) 电导率报警灯亮。表示电导率在极限之外, 透析液不经透析器而旁路流走。检查透析液是否充足; 浓缩液吸引管安放是否合适; 浓缩液在吸引管中的流动是否畅通无阻, 以及水的供应是否充足。

(2) 电导率报警灯快速闪动, 表示电导率电路工作不正常。

5. 水位高/低报警

(1) 水位报警灯亮。说明水位太低, 水流不足。检查水源。

(2) 水位报警灯快速闪动。说明水位太高。若流量正确, 完成透析后修理机器; 若流量不正确, 检查透析液管或排水管是否堵塞或扭曲, 否则需要检修机器。

6. 消声按钮灯闪动, 蜂鸣器断续响起 这是电源方面有问题。检查电源、保险丝、插头等。若保险丝完好, 电源供给部分没有问题, 说明机器需要修理。

7. 热水消毒灯快速闪动 说明已过了 15 分钟, 水还没达到规定的温度, 说明机器需要进行维修。

8. 序贯透析按钮灯和透析压报警灯轮流快速闪动, 同时蜂鸣器连续发声 说明超过滤方式不能正常操作。不能用序贯透析按钮触发序贯透析。按下消声按钮终止蜂鸣器报警, 放开序贯透析按钮, 结束透析, 维修机器。

三、机器的消毒与清洁

该机器有四种不同的消毒与清洁方式: 排空、清洗、热水消毒和化学消毒。在做以上任何一种方式之前, 一定要压下报警旁路按钮 (灯亮), 压下 TMP 按钮 (灯灭), 把透析液管放回到安全耦合座上, 浓缩液吸引管插入到加热槽内。

(一) 机器的排空

(1) 压下排空按钮 (指示灯亮)。当机器已排空时, 排空灯开始闪动。

(2) 压下电源总开关 (灯灭), 目的是为了重新调整程序。

(二) 清洗

(1) 按下化学消毒按钮直至灯亮。然后立即按下排空按钮 (灯亮), 当最后排空步骤完成后, 化学消毒灯熄灭。当机器排空后, 排液灯开始闪动。

(2) 压下总电源开关 (灯灭), 重新调整程序。

（三）热水消毒

如果使用葡萄糖，在进行热消毒时，首先完成清洗程序。

（1）压下热消毒开关直至灯亮。如果超滤管路要消毒，压下 UFP 按钮（灯亮），将超滤排出管放入 5L 的容器内。当加热槽内的水温上升到 92℃左右时，机内的计时器开始工作，让热水冲洗机器约 25min。当机器排空时，排空灯亮，排空完毕，灯开始闪动。注意：因测量温度的传感器位于加热槽的下流，故在温度表上只能显示出 85℃。

（2）压下 UF 按钮及总电源开关。

（3）关掉水源。

（四）化学消毒

（1）首先把机器排空。

（2）从加热槽内取出浓缩液吸引管，把它插入到装有 3500ml 的消毒液内。

（3）按压化学消毒钮直到灯亮。如果超滤管路需要消毒时，序贯透析按钮灯亮。将超滤排出管放入到 5 公升的容器内。当机器内充满消毒液时，化学消毒灯开始闪动。

（4）将浓缩液吸引管插回到加热槽内。

（5）若机器需要作隔夜消毒，关闭电源开关，在机器上挂上标签以示机器内存在消毒液。若超滤管路已经消毒，应放松 UF 按钮，移开超滤排出管若要继续进行自动消毒，再按压一下化学消毒钮，化学消毒灯停止闪动但仍亮。20min 后，排空灯亮，经过两次清洗和两次排空后，化学消毒灯熄灭，排空灯则持续亮到第三回即最后一次排空。排空完毕，排空灯开始闪动。

（6）做残存化学消毒液的试验。

（7）压下 UF 及电源总开关按钮，关闭水源。

四、性能检查

将机器安装好后，要对机器的有关性能做一全面检查。在作性能检查时，要利用启动盒 K06934（10010B）和参考表 K07046（10104）。其步骤如下：

（1）把透析液管的出口和入口接到参考表上，把浓缩液吸引管插到装有足够浓缩液的容器中。

（2）尽可能宽的调节静脉压和电导率表的报警范围。

（3）把透析压调到 20.0kPa（-150mmHg），温度钮调到 37.5℃，血漏灵敏度调到“10”。

（4）拔出动脉压监示板，迫使动脉压报警旁路。

（5）打开电源开关，电源指示灯亮。这时温度指示灯、电导率指示灯、水位指示灯都亮。

（6）压下空气检测旁路按钮和报警旁路按钮，指示灯亮。

（7）放松 TMP 和 UF 按钮，使指示灯熄灭。

（8）按要求接上病人血液管路。动脉和静脉管道的一端插入到装有水的容器中，而动脉和静脉的另一端接到透析器上。

（9）过载保护的检查。开动血泵，使其在尽可能低的速度下转动。用手抓住血泵上的白色手柄，迫使血泵停止转动。20s 后，血泵又重新自动转动。调节血泵流量到 300ml/min。

(10) 空气检测器的检查。放松空气检测报警旁路按钮（灯熄灭），用注射器向滴注室内注入空气，直到空气检测复位灯和消声按钮灯亮。这时血泵停止转动，蜂鸣器发声，血夹关闭。用注射器抽出滴注室的空气，压下空气检测复位按钮使其灯熄灭。

(11) 动脉压监测器的检测。从水容器中取出动脉血管并把它插到静脉压显示器嘴上，当静脉压表指示到 $-20.0 \sim -26.7\text{kPa}$ ($-150 \sim -200\text{mmHg}$) 时，动脉压报警灯和消音灯亮。这时蜂鸣器鸣叫，血泵停转。如必要可调节动脉压报警装置的灵敏度。

(12) 静脉压报警的检查。把装在静脉压表上的高低压极限报警调节指针向上或向下移过表针，静脉压报警指示灯和消音灯亮，蜂鸣器发声，血泵停转。

(13) 血漏检测器的检查。向下转动血漏灵敏度调节钮，直到血漏报警灯和消音灯亮。这时蜂鸣器叫，血泵停转。血夹关闭，透析压降到 -6.7kPa (-50mmHg)。然后把血漏灵敏度钮调回到“10”，按下血漏复位按钮，使血漏检测器复位。

(14) 透析压的检查。①使用参考表，检查透析压应该是 $-20.0 \pm 1.3\text{kPa}$ ($-150 \pm 10\text{mmHg}$)；②分别移动透析压表上极限调节指针，向上或向下超过极限值，在 10s 之后，透析压报警灯和消音灯亮，蜂鸣器叫。然后将指针调回；③将透析液管道的一端堵住，这时透析压报警灯和消音灯闪动，蜂鸣器叫。

(15) 透析液温度的检查。在参考表上，透析液的温度应是 $37.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

(16) 电导率的检查。分别移动电导率表上的两个报警极限调节指针超过限定值，这时电导率报警灯和消音指示灯亮，蜂鸣器叫，透析液流量降到零。

(17) 流量检查。透析时流量计上的读数大约为 500ml/min 。

(18) 连接安全检查。从透析液监控仪端拔掉连接监控仪的两个电缆，这时消音灯亮，蜂鸣器叫，血夹关闭。按下消音按钮，蜂鸣器停叫。

(19) 跨膜压和排空检查。①把启动盒接到透析液监控仪上，把启动盒接上电源。在启动盒上把压力调到 13.3kPa (100mmHg)，打开启动盒上的电源开关。按下透析液监控仪上的 TMP 按钮（灯亮），当跨膜压调到 -20.0kPa (-150mmHg) 时，参考表上的读数为 $-6.7 \pm 1.3\text{kPa}$ ($-50 \pm 10\text{mmHg}$)；②从透析液监控仪上去掉启动盒，重新接好两个监控仪之间的连接电缆；松开 TMP 按钮（灯灭），把浓缩液吸引管插回到加热槽中，把透析液管接回到安全耦合座上。按下排空按钮（灯亮），当机器排空完毕后，排空灯开始闪动。关上电源。

(20) 热水消毒的检查。①热消毒时，当水温达到 70°C 时，透析液的流量为 250ml/min ；②热消毒时，不论压力调节钮置于何处，透析压总是保持在 -20.0kPa (-150mmHg)；③热消毒的时间约为 30min。

(21) 电源报警装置的检查。拔掉血液监控仪上的电源插头，消音灯应该亮，蜂鸣器鸣叫。

五、故障维修

常见故障维修见表 5-1-4、表 5-1-5 和表 5-1-6

表 5-1-4 电源故障维修

故障现象	可能原因	排除方法
(1) 按下电源开关而血液监控仪和透析液监控	(1) 没有将 AK—10 的电源插头插妥在墙插座上。	1) 将电源插头插好。 (2) 检查插头是否完全插好。

仪都没有接通电源，引起间歇性蜂鸣报警及“消音”指示灯亮。	(2) 没有将电源插头插好在机器支架下的插座上。 (3) AK-10 支架下的插座有毛病。 (4) 血液监控仪 (BMM) 的主电源保险丝断了或没有完全放好。 (5) BMM 一号电路板的保险丝 (F₃) 可能断了。 (6) 墙插座没有电源或墙插座三条电线接线错误。	(3) 检查插座或更换 (4) 若保险丝断了，用 TT630mA 的保险丝更换。 (5) 用 2.0A 的保险丝更换。 (6) 检查墙插座电源，作适当修理。 改正 接线错误。
(2) 按下电源而血液监控仪 (BMM) 和透析液监控仪 (DFM/UDM) 都没有接通电源，但没有蜂鸣报警。	(1) 蓄电池的电压太低。	(1) 检查主变压器副板 TPI/TP2 的充电电压。新式机器为+16V，旧式机器为+14V。电压若非+16V，ICI 可能有故障。若电压正确，则检查 F1 保险丝。将蓄电池充电。
(3) 按下电源开关只接通了 BMM 的电源而没有接通 DFM/UDM，出现连续的蜂鸣报警，同时“消音”指示灯亮	(1) 把 BMM 与 DFM/UDM 连接起来的信号电线没有插好。 (2) 没有电源到 DFM/UDM	(1) 将该插头拔出，然后小心地垂直插入。 (2) 检查 DFM/UDM 的电源插头或在机器背面的电源保险丝。
(4) 按下电源开关，BMM 及 DFM/UDM 运转，而出现连续的蜂鸣报警但“消音”报警灯不亮	(1) “消音”指示灯烧了或放置不当。	(1) 检查指示灯泡，若烧了用 14V 的灯泡置换
(4) AK-19 发出报警时只亮起“消音”钮而报警指示灯没亮	(1) 可能报警灯泡烧了或位置未放好。 (2) 充电电压或 Z12R 可能太高。	(1) 找出有报警的来源再检查报警灯。若灯泡烧了，用 36V 灯泡置换。 (2) 检查主变压器副板上 TPI/TP2 的电压。新式机器为+16V，旧式机器为+14V

表 5-1-5 血液监控仪故障维修

故障现象	可能原因	排除方法
(1) 肝素泵虽已开动但不转动，没有报警（观察时已安上肝素管路）	(1) 肝素泵的滚柱未正确安放。 (2) 六角螺丝没有上紧。 (3) 肝素电机轴与肝素滚轴脱节。 (4) 肝素泵上面的一条电线断了。	(1) 移出滚轴再重新插放，插放时确定锁定针已扣在滚柱的隙缝上。 (2) 必须上紧六角螺丝。 (3) 检查 BMM 机内的轴心接头是否良好。检查时需要移开轴上黑色的胶套。 (4) 将电线焊回原来位置。

(2) 肝素泵虽已开 动且转动, 但灌注 量不正确。	(1) 滚轴肮脏。 (2) 滚轴的管子有空气。 (3) 管子的放置法有问题。 (4) 在治疗期间或重复使用后, 管子变扁。 (5) 转子的其中一个滚轮不转动。 (6) 使用非“金宝”的血液管路 于 AK—10 上。 (7) 肝素泵罩子不能持紧肝素管。	(1) 移开转子, 用水清洁滚轴 (不要用含酒精 或碘酒的溶液清洁), 然后抹干。 (2) 确定已将所有空气赶出肝素管子。 (3) 确定把管子沿相同隙缝放置。 (4) 移动管子, 使滚轮压不同的部位。 (5) 将转子的塑胶板拉离滚轮两侧, 用水清洗 后抹干, 再放回转子。 (6) 只使用“金宝”的血液回路管。 (7) 更换整个肝素泵罩子, 用新出的罩子代替。
(3) 血液泵虽已开 动但不转动, 没有 报警	(1) 泵可能过度负荷。 (2) 转子的安装不正确 (3) 仪表板与发动机控制板之间的 插头松脱。 (4) Q ₁ 、Q ₃ 、Q ₇ 、Q ₉ 其中一个或 多个复合三极管坏了。	(1) 检查血液泵的泵轮轴压入段是否被挤住不 动。 (2) 移开转子再重新插放, 确定转子完 全压下。(3) 接回插头。 (4) 用指头触摸 Q ₃ 或 Q ₇ , 最热的管子有问题。
(4) 1111 泵间歇转 动	(1) 可能触发了单针透析, 但 SN/ON 灯不亮。	(1) 按下 SN/ON 一次, 好确定机器目前的透析 方式。检查灯泡, 若烧了更换 (35V)。
(5) 血泵发出杂 声, 频率与泵的转 速一样	(1) 手柄的白色持杆突出转子之 外。打开泵盖, 用慢速开动血泵。 小心用指头推动中心的白色手柄, 观查转子是否转动不顺。 (2) 泵外壳上/下之螺丝 (由白胶 盖盖着) 松脱。	(1) 拉出手柄取出转子。将手柄推回原 来位置, 同时用力将两金属持杆推入。将手柄稍 微拉出, 然后把转子放回原位。 (2) 移去盖子, 上紧螺丝, 然后插回盖 子。
(6) 静脉压报警不 断而穿刺针所得压 力正常	(1) DFM/UDM 上所调的负压太 高, 令负压往负方走。	(1) 将表头上的报警极限分开至适合病人的范 围。 (2) 用 UDM 的透析压或电解度表头代替, 再 次检查。
(7) 预充管路时发 生静脉压报警, 表 针指向负压	(1) DFM/UDM 上所调的负压太 高, 令负压往负方走。	(1) 在准备及预充时, 负压应保持一 6.7~— 13.3kPa (—50~——100mmHg)
(8) 静脉压表针不 断指向最高负压	(1) 电源板的 F ₄ 保险丝烧了。	(1) 用 200mA 的保险丝更换。
(9) 气泡 • 监测器 不能复位, 不断发 出报警	(1) 捕气囊的液面不适当。 (2) 捕气囊没有适当放于探测器 中。 (3) 监测器的宽度调校不良。	(1) 血液液面必须高于监测器, 避免假 报警的发生。 (2) 重新放好或更换新型有透明盖 • 子的气泡 探测器外罩。 (3) 调校其宽度。

表 5-1-6 透析液监控仪故障维修

故障现象	可能原因	排除方法
(1) 漏血探测器发生报警, 经测试并没有漏血发生	(1) 正面板上之漏血调校盘并非调至“10”。 (2) 透析液的喉管接头不紧密有漏气。 (3) 给小平板外加的接头可能爆裂。 (4) 漏血探测器内室不清洁。	(1) 将漏血调校盘调至“10”。 (2) 使喉管接头紧密相接。 (3) 换, 上新的接头。 (4) 用柔软、清洁的湿布清洁探测器室的内部。不要使用含酒精或碘酒的溶液。
(2) 漏血指示灯闪亮	透析液监控仪漏血系统设有自检功能, 若自检功能测出毛病, 漏血报警指示灯闪亮(快闪)。但若漏血敏感度太接近报警位置或调校得不正确, 也会发生指示灯闪亮。	将面板上漏血敏感度调至“10”。依使用手册调校敏感度。除去毛病后必须按下“漏血”警报按钮, 才能停止报警。
(3) 面板上温度表所显示的温度低, 有报警, 而透析液或排出来的水也是凉的	(1) 加热器的 10A 保险丝断了。 (2) 过热保护器被触发 (3) 水槽温度传感器插头的接触点有毛病。 (4) 水槽的温度传感器或其电路有毛病	(1) 更换保险丝。 (2) 使其复位并检查低水位报警点。 (3) 清洁或改换插头。 (4) 检查水槽内温度传感器及其电路。 必要时更换温度传感器或集成电路, 或电容器或电阻。
(4) 温度表所显示的温度低, 但没有报警	(1) 参看故障(3)中的原因 (2) 自来水的温度太低, 大多发生在 110V 的机器。 (3) 电导率测量池上的温度传感器或其电路出了毛病。	(1) 参看故障(3)的排除方法。 (2) 增加自来水的温度或用特别的节流器减低透析液流量。 (3) 检查温度传感器及其电路, 必要时更换之。
(5) 温度不定且发出高温报警	加热器的光敏继电器(固态继电器)或其电路有毛病。	检测温度调节电路及光敏继电器。
(6) 温度表显示最高的温度 100℃	(1) 电导率测量池上的温度传感器断线 (2) 温度显示电路有毛病。	(1) 检查 P61 接头的焊接点及传感器的电线。 (2) 检查温度显示电路。
(7) 进行热消毒时, 温度偏低	(1) 其中一个过热保护器被触发。 (2) 当温度上升至某一温度时, 水槽中的温度传感器就断开, 但当温度下降时又回复正常。	(1) 将过热保护器复位, 然后检查低水位报警点。 (2) 在进行热水消毒期间, 检查水槽中温度传感器相应电路上的电位。必要时更换传感器。
(8) 开动机器时出现低水位报警	(1) 自来水的压力刚到达可接受的最低压力。 (2) 当水位从正常高度跌至低水位时, 低水位报警的压力传感器灵敏度可能过敏感, 也可能低水位的报警线调得太高。	(1) 在机器支架下有一个减压阀, 把在阀上的锁定圈取出。拉下红色圈。顺时针方向转阀门的旋钮。若仍无效, 就要安装加压力泵。注意: 根治方法还是把水压提高, 进入透析液监控仪之前的自来水水压

		不能低于 0.5kg。 (2) 调校其灵敏度和报警线。
(9) 机器起动后, 需要比正常长的时间才使低水位报警复位	(1) 入口的水压太低。 (2) 水过滤心堵塞了。	(1) 提高水压。 (2) 更换过滤心。
(10) 进行热水消毒 时产生低水位报警 而终断消毒程序	(1) 水温高时, 低水位压力传感器发生故障。 (2) 作热水消毒时, 高水位报警是不会显示出来的, 但入口阀仍会自动关闭。若水温高时, 高水位压力传感器发生故障, 即使水位低, 入口阀仍然关闭, 发出低水位报警。	(1) 更换有问题的压力传感器。若手上没有零件。暂时用药液消毒, 不要使用热水消毒。 (2) 更换有问题的高水位压力传感器。
(11) 不能使低水位报警复位	(1) 入口阀或其电路有故障 (2) 低水位压力传感器有毛病	(1) 检查电磁阀的驱动电压及电阻, 必要时更换电磁阀。若手上没有零件可以替换, 可换上冲洗阀的电磁线圈, 只是不要使用药液消毒, 直至装回零件。 (2) 更换有毛病的压力传感器。
(12) 治疗期间发生高水位报警	(1) 入口的水压比正常高很多。 (2) 浮动阀不能完全关闭。 (3) 水进入了浮动阀的浮动球内	(1) 在机器支架下有一个减压阀, 把在阀上的锁定圈取出。拉下红色圈。逆时针方向转阀门的旋钮。 (2) 关掉机器, 然后取出搅拌器。再开动机器, 调校螺丝。 (3) 更换浮动阀, 或将水完全倒出后, 用硅胶密封
(13) 机器起动后立即发生高水位报警	(1) 曾做过药液消毒。 (2) X 口阀不能完全关闭。	(1) 正常。 (2) 检查电磁阀及阀门。必要时加以更换。
(14) 透析压报警灯连续快闪	(1) 浓缩液吸管只吸取空气, 而没吸液体。 (2) 流量泵的齿轮与泵的电机退耦。 (3) 流量泵的齿轮损耗。 (4) 流量泵不能转动自如。	(1) 检查管子。 (2) 检查所定除气值电压是否在 8.3~8.43V 之间; 检查齿轮是否退耦; 必要时更换齿轮或电机。 (3) 更换齿轮。 (4) 更换电机。
(15) 透析压报警灯连续慢闪	(1) 透析压预定值旋钮调至“正”或 0kPa。 (2) 透析液压力传感器有毛病。 (3) P65 接头松脱	(1) 将旋钮调至 -2.7kPa (-20mmHg) 或比之更负的数值。 AK-10 设定这个报警, 防止液体因正压或渗透压而退回血液中。

		(2) 检查压力传感器电线及电路。必要时更换之。 (3) 重新接上, 可能需要清洁。
(16) 透析压报警灯忽闪忽灭, 压力表的指针徘徊于 0 与正压之间	(1) 负压泵与排液口之间的节流口堵塞。经常取出节流口再放回时就会发生这毛病。因为密封圈的一部分被削出而堵塞了接流口 (2) 机器的排液管堵塞了。 (3) 负压泵不灵。	(1) 开动机器直至毛病出现。停止机器, 然后小心除下接头。找出闭塞处。取出节流口, 用水清洗。放回节流口时小心检查有没有碎片。 (2) 检查排液管, 可能床脚压在上面。 (3) 检查电机的电线以及负压泵上传感器板的插头。
(17) 透析压报警灯忽闪忽灭, 压力表的指针到达 53.2kPa (-400mmHg)	(1) 问题若只发生在透析进行期间, 则透析阀门或其电路出现毛病。 (2) 旁路阀门或电路有毛病。	(1) 检查阀门的推动电压及电阻。必要时加以更换。若手上没有备件, 可暂时利用冲洗阀作备件, 但没有备件前, 不要进行药液消毒。 (2) 检查旁路阀门或电路, 必要时加以更换。
(18) 压力表的指针指向最大的正数或, 最大的负数	负压泵的压力传感器发生故障或电线焊接点从传感器板脱落。	检查板上的焊接点。必要时更换传感器。
(19) 透析压报警不断而所显示及其调校的数值正常	(1) 在压力表上两个报警极限调至仪表的同一边了。 (2) 压力表可能出问题。	(1) 将上、下极限分开至正确的范围。 (2) 尝试将压力表的插头插到电导率表上, 以确定压力表是否出问题。必要时更换压力表。
(20) 间歇在流量计内发现气泡	(1) 由于将透析液负压旋钮太快调至高的负压。 (2) 除气装置的外壳上金属接头(凸管)堵塞了。	(1) 将旋钮调回低的负压。等待压力稳定下来, 然后逐渐将压力提高, 每次调高 6.7kPa (50mmHg), 直至到达所需压力。 (2) 将机器排空, 然后用注射器和管子检查金属凸管。
(21) 不断在流量计内发现气泡	(1) 参看故障(20)。 (2) 除气装置下段外壳的接头与流量计之间的液体通道有漏气。 例: ①除气装置下段外壳的接头; ②电导率传感器的入口接头; ③电导率传感器左边的胶盖; ④电导率传感器与温度传感器之间的连接处; ⑤压力传感器块件; ⑧流量计下面的黑色盖等等。	(1) 参看故障(20)。 (2) 将透析液负压旋钮调至 -2.7kPa (-20mmHg)。找出漏水处及盐渣。将一小段血液管路置于: ①电导率传感器之入口接头之间; ②电导率传感器之出口接头之间; ③旁路块件之出口接头之间。这样就能找出漏气之处
(22) 只在漏血探测器内发现气泡,	流量计上部的黑色盖与漏血探测器外壳之间的液体通道漏气。	找出漏气之处。

而不在流量计内		
(23) 在排液管发现多于正常的气泡, 但漏血探测器内却看不见那么多的气泡	若夹住除气单元金属接头上的硅管, 在短时间内排液管不会有气泡, 那么水槽出口与除气单元之间的液体通道出现漏气。 例如: ①在水位压力传感器块件; ②在水位压力传感器块件与除气单元之间的接头; ③在流量泵入口/出口接头; ④除气单元上部之三个接头。	找出漏气之处。
(24) 压力表的指针前后摆动, 稳定不下来	(1) 如果需要较高的透析负压而负压泵的齿轮已耗损, 压力便会上、下波动而很难到达高的负压 (2) 由于压力旋钮太快调至高的负压 (3) 流量泵或负压泵的电机电不能转动自如。 (4) 漏气。	(1) 检查负压泵齿轮。 (2) 将压力旋钮调回低的负压。待压力稳定下来, 再逐渐将压力提高, 每次升高 6.7kPa (50mmHg), 直至到达所需压力。 (3) 检查流量泵或负压泵, 必要时更换。 (4) 检查漏气。参看故障 (21) 及故障 (23)。
(25) 透析液压力表不能到达高的负压	(1) 漏气。 (2) 负压泵的齿轮耗损。	(1) 检查漏气。参看故障 (21) 及故障 (23)。 (2) 检查负压泵, 必要时更换
(26) 流量计所显示的流量低	(1) 流量允许在 450—550ml/min 之间。 (2) 高水位压力传感器下面的水过滤屏障可能堵塞。 (3) 流量阀与流量泵入口之流量节流口闭塞。通常高透析液负压也同时出现。 (4) 流量泵的齿轮与电动机去耦。 (5) 流量泵电机停顿或电刷损耗。 (6) 若排水管流量正常, 则由于旁路阀不能完全关闭。 (7) 除气压太低。	(1) 检查流量计的误差范围是否在 $\pm 10\%$ 。检查时, 先待电导率稳定在透析病人的范围内, 然后用量杯测量单位时间从机器排水管排出的水流量。 (2) 清洁屏障。维修手册中有高水位压力传感器的插图, 而屏障的位置就在该传感器下。移去压力传感器后, 可取出水过滤屏障加以清洁。注意: 屏障上有“手柄”, 放置时必须向小室的底部而并非与压力传感器接触。放回压力传感器前, 确定垫圈已放置妥当。 (3) 参看故障 (16)。 (4) 参看故障 (14)。 (5) 检查流量泵电机及电刷, 必要时更换。 (6) 用手推动, 然后重复开关数次, 以检查能否完全关闭。必要时更换电磁阀。检查阀门, 必要时加以更换或将隔板翻转另一面, 然后重新装回。 (7) 检查除气压。如发现压力太低, 依

		照维修手册首先检查流量压力传感器, 然后调校电机控制板上的 R44。若情况仍没有改善, 则要考虑流量泵可能已损耗。
(27) 透析液流量不稳	(1) 单针透析时。 (2) 透析液负压上下不定。	(1) 正常。 (2) 参看故障 (24)。
(28) 电导率低或不稳	(1) 浓缩液吸管上的过滤器堵塞了。浓缩液吸管的闭塞多因浓缩液中含有杂质或结晶体而引起。储存透析液的室温太低或浓缩液配制不当都会产生结晶。 (2) 比例阀中较小的硅管闭塞了。这种闭塞是由于开始作热水消毒、药液消毒或排液前没有先让电导率下降至最低值。 (3) 比例阀调校错误。 (4) 比例阀的轴与步进电机的连接不佳。 (5) 由于除气不良或漏气, 使气泡穿过电导率监测器。 (6) 流量泵去耦。 (7) 电导率传感器上的电路板, 其上元件或插座脱离焊接点。 (8) 电导率调节或显示电路出现故障。 (9) 高的正压流量压力传感器与透析液通路之间出现漏电。	(1) 将吸管从 PVC 软管拔下, 然后以逆流方向在水龙头下冲洗, 再重新接回若觉得接头松脱, 可剪去接头一小段的 PVC 软管。 (2) 更换硅管。若没有多余硅管, 用热水冲洗后再使用直至取得硅管更换。 (3) 重新调校比例阀。 (4) 上紧螺丝然后按维修手册“电导率调校”调节比例阀。 (5) 若发现极细小的气泡, 必须将除气压调至较高值 (最高值为 8.43V), 同时检查 P87; 9 号针与 16 号针之间的泵电压。若泵电压太大, 将除气压调回原来的数值。安装涡轮配套件。 (6) 检查流量泵。 (7) 检查焊接点。重新焊接松脱的元件或插座。 (8) 依照维修手册做好特别调校 (静态调校)。 (9) 断开压力传感器, 用三用表找出漏电之处。
(29) 电导率显示为正常但又同时出现浓度报警	(1) 电导率表上的两个报警极限调至仪表的同一边。 (2) 仪表可能有毛病。	(1) 将报警极限分开关至正确位置。 (2) 将电导率仪表的插头接在透析压力仪表上, 好知道仪表是否有故障。必要时更换仪表。
(30) 电导率表显示高电导率	(1) 若机器装有可变钠控制器, 数值不是调得不对就是组件的插头没有接上透析液监控仪。 (2) 比例阀调节不当	(1) 取出插头再放回, 注意插头的方向。若机器装有可变钠控制器, 检查 P21 接头 8 号针与 10 号针之间的电压是否 6V。如果不再用可变钠控制器, P21 接头 8 号针与 11 号针须调至所要的电导率值。4V 为 14ms, 3.2V 为 13.2ms。以此类推。 (2) 重新调校比例阀 i
(31) 发生电导率	电导率报警系统共分三组: 一个是电导率	向“金宝”维修人员求助

报警，电导率报警指示灯闪亮	仪表上可调校的报警；另一个可调校的报警是位于透析液监控仪背面控制板；而最后一个报警是不能调校的，藏于一号微处理器内。若后备的报警电路感·应到电导率超出 11ms 和 17ms 之外，而其它两组可调校的报警电路却没有报警时，微处理器就会使电导率报警灯闪亮。	
(32) 不能进行热水消毒，药液消毒或排水	(1) 透析液喉管没有接上 DFM/UDM 的旁路安全口。 (2) 没有按亮“报警旁路”按钮或没有关上“跨膜压”按钮。 (3) 漏气。 AK—10 的旁路安全口必须先有一 75mmHg 的负压才能进行消毒或排水。 (4) 流量泵或负压泵需要更换零件。 (5) 旁路安全压力传感器有故障。	(1) 开始任何消毒方式之前，必须将透析液喉管接上安全口。 (2) 用任何消毒方式之前，必须按下“报警旁路”按钮和关上“跨膜压”按钮。 (3) 检查所有喉管接头、小平板附加接头及漏血探测器的垫圈，看看是否有漏气。 (4) 检查并更换有毛病的泵或零件。 (5) 调校或更换压力传感器。
(33) 不能进行排水	(1) “报警旁路”按钮没有压下或“跨膜压”按钮没有放开。 (2) 透析液喉管没有接上 DFM/UDM 的安全口。 (3) 旁路安全压力传感器发生故障。	(1) 压下“报警旁路”按钮及放开“跨膜压”按钮。 (2) 开始排水前，必须将透析液喉管接上安全口。 (3) 调校或更换压力传感器。
(34) 药液消毒不能完成	(1) 消毒溶液不够。注意消毒时“漏血报警”及“温度报警”灯都会亮起。此乃正常现象。然而在热水消毒的时候，低水位报警会终断消毒程序。 (2) 高水位压力传感器（黄色）调节不当。	(1) 每次药液消毒最少需要 3000ml 的溶液才能完成整个过程。UDM 则最少需要 3500ml 的溶液。 (2) 调校高水位压力传感器。
(35) 在旧机器热水消毒经 50 分钟至 1 小时后还未完成，在新机器热水消毒指示灯闪亮	(1) 热消毒时水流速太高。流量超过 250ml/min，则太快，无法正常加热。 (2) 供给 AK—10 的电压太低。 (3) DFM/UDM 内有两个过热保护器，可能其中…一个加热器的过热保护器起动了。	(1) 调校电机控制板的 R₄₃。 热水消毒进行 10~15min，正常的流速应为 200ml/min，表头中的流量每隔一段时间停止一次，此乃正常现象。 (2) 与院方电工组联系，检查并作适当的维修。 (3) 将位于 AK-10 左边水槽前面两个保护器都压下来复位。然后检查低水位报警点。

(36) 在热水消毒、药液消毒或冲洗期间, 水经水槽的溢流出口流出	(1) 高水位的报警线调得太高。 (2) 虽然已触发高水位报警, 但自己太容易复位。	(1) 调校高水位报警线。 (2) 调校高水位报警的压力传感器及报警线。

第十节 其它类呼吸机

一、KTH-2 型可控同步呼吸机

(一) 基本结构原理

KTH-2 型可控同步呼吸机属电控气动、时间切换型呼吸机, 主机由电路、气路两大部分组成。图 5-1-49 为主机电路、气路方框原理图。由图 5-1-49 可知, 整机由电路部分产生脉冲信号控制气路, 使气路有间歇正压的潮气输出。

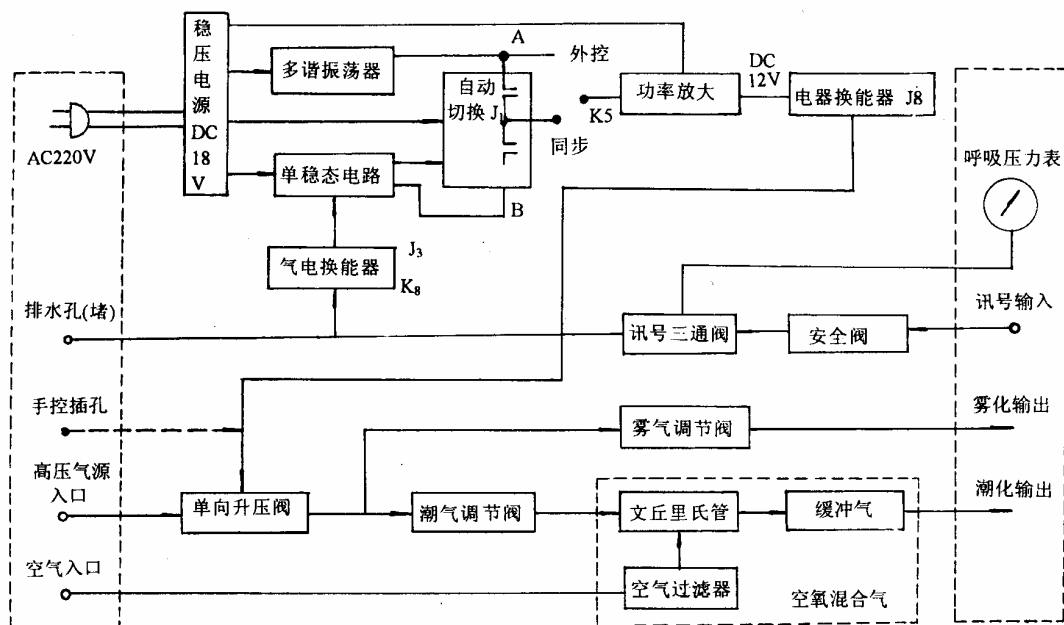


图 5-1-49 主机电路、气路方框原理图

该机电路部分由稳压电源、多谐振荡器、单稳态电路、自动切换电路和功率放大电路组成。电路原理图参见该机电路图。

自激多谐振荡器产生的机控呼吸信号——方波脉冲, 由 A 点输出。T₃、T₄ 组成恒流源。接通电源后, 无论 T₁ 截止、T₂ 导通或 T₁ 导通、T₂ 截止, 电路均呈暂稳状态。这两种暂稳状态按选择的频率和吸呼比不断循环, 形成自激振荡。其频率由电阻 R₃~R₈ 及电容 C₂ 决定。

电位计 W1 为频率微调，吸呼比由电阻 $R_{11} \sim R_{13}$ 决定。

单稳态电路产生同步吸气方波脉冲，由 B 点输出。病人吸气信号输入到气电换能器，其作用相当于使开关 K_3 闭合，在电阻 R_{25} 上产生一矩形脉冲，通过电容 C_4 、电阻 R_{26} 微分，经二极管 D_3 整流后成为单稳态电路的触发脉冲。三极管 T_6 、 T_7 和电容 C_7 等元件组成射极耦合基极定时单稳态触发器。在无触发信号时，三极管 T_7 饱和导通， T_6 截止，电路处于稳态。暂稳态维持时间（即吸气时间）则由电容 C_7 通过电阻 $R_{30} \sim R_{35}$ 放电时间决定。

自动切换电路由三极管 T_8 和 T_9 、电容 C_8 、电阻 R_{40} 等元件组成。当同步吸气停止时， T_8 截止， C_8 通过 R_{40} 充电，5s 后使 T_9 基极电位降至 T_9 的阈值电压，此时 T_9 导通，继电器 J_1 吸合。机控 A 点讯号进入功放，同步呼吸就自动切换到机控呼吸。如果自主呼吸恢复，则 T_9 立刻截止， J_1 释放，同步信号从 B 点输入到功放，仍作同步呼吸。

功放部分由三极管 T_{10} 、 T_{11} 等元件组成。由 A 点或 B 点输出的机控或同步信号通过功率放大，使继电器 J_3 吸合，控制气路工作。

在气路部分中（图 5-1-49），高压气源经减压后输入单向升压阀。该阀是受继电器 J_3 控制的气开关，输出后分成两路，一路经潮气调节阀进入空氧混合器，吸带空气后，作为潮气输出；另一路经雾气调节阀输出，控制活瓣呼气阀启闭，或作为药物雾化的气源。从呼吸活瓣内引出的病人呼吸道压力信号输入机内，与安全阀、信号三通阀、排水器相连。安全阀可使呼吸道压力工作在安全范围内。信号三通阀分别连接压力表或气电换能器，产生同步触发信号，也可与二者同时相连。

机外呼吸活瓣通过螺纹管、雾气管与主机相连，然后与病人呼吸道连接。为了使输出的潮气含有一定的温度和湿度，可串接加热湿化器，同时也可加接药物雾化器，进行药物雾化吸入治疗。

整机还附有手控装置，可用手指按一定节律堵塞和放开泄气小孔，控制对病人的送气频率。

（二）故障及排除方法

在气路部分中，一些主要零部件发生故障，可使气路不工作（表 5-1-7、表 5-1-8）

表 5-1-7 气路故障现象及原因

故障现象	原因
（1）除电路故障外引起的不同步	（1）换能器灵敏度变差。 （2）讯号三通阀没有按操作说明书放在规定位置。 （3）附件管道联接错误。 （4—）活瓣使用时未垂直置位。 （5）排水器帽盖未拧紧。
（2）气源接通后未通电源就发生送气	（1） J_3 气电控制继电器机械位置被卡死，使泄气孔始终不通。 （2）单向升压阀上 0.2mm 泄气孔堵塞。 （3）使用手控后，手控装置内橡皮不复位（可仔细拆开，重新装配）。

(3) 潮气量不足。在电路正常情况 下,用肺模型测得每次潮气量 小于正常值,或正负压力表指 示的呼吸道压力明显偏低。	(1) 附件没有按规定方式联接。 (2) 管道或接口松动、漏气。 (3) 湿化器、雾化器盖子未拧紧。 (4) 活瓣清洗后装配有误或皮膜破裂。 (5) 空氧混合器喷嘴堵塞。 (6) 调节阀旋钮未开足。 (7) 单向升压阀发生故障。 (8) 排水器盖未旋紧。 (9) J ₃ 气电控制继电器机械位置卡死,以致不能有效地闭住吸气口。 (10) 呼吸道阻力过大。被痰液、异物阻塞,应及时采用吸痰、湿化等措施
(4) 耗氧量大	(1) 呼吸道管路漏气。(2) 单向升压阀小孔变大。(3) 空氧混合器中文丘里管未调整好,或喷嘴孔径偏大。

表 5-1-8 电路故障现象及原因

故障现象	原因
(1) 指示灯不亮或呼气、吸气指示不正常	(1) 保险丝或指示灯损坏。 (2) 印刷线路板与插座接触不良。 (3) 控制指示灯的 J ₂ 继电器损坏。
(2) J ₃ 气电继电器不工作,且线圈 两端无 12V 脉冲电压	(1) 18V 稳压电源故障或功率放大电路故障。 (2) 产生机控讯号的多谐振荡器和产生同步讯号的单稳态部分同时损坏。
(3) 机控时不工作	(1) 多谐振荡器故障。 (2) 自动切换部分 T ₉ 管或者 J ₁ 继电器损坏。
(4) 因电路故障引起同步控制不工作	(1) 单稳态电路故障。 (2) 自动切换部分故障,其中三极管 T ₉ 击穿或漏电流太大,使继电器 J ₁ 始终吸合的可能性很大。

1.单向升压阀 它是用于气流控制的气动射流元件,它的泄流小孔堵塞时,气流通道开放。电路控制部分通过 J₃ 可有规律地堵塞小孔,形成送气和呼气。该孔被尘粒堵塞时,将出现长送气故障,此时可拆开升压阀,用细金属丝疏通小孔。近年来单向阀的结构已有改进,小孔堵塞现象基本排除。但皮膜损坏,推动杆和弹簧移位等仍可引起升压阀故障。

2.气电换能器 它是将吸气信号转换为电脉冲信号的传感器,在装配时需仔细调节,用专用仪器测量灵敏度,使其有足够的灵敏度而又不致于误动作。气电换能器由一平整的带金属片的皮膜形成二个腔室,其一与患者呼吸道相联,其二直通大气。当病人吸气时,产生的负压吸动皮膜,金属膜片将两金属触点短接,产生单稳态触发信号。经长期使用后,皮膜易损,弹性变差,金属膜片及触点也易氧化,均可引起同步灵敏度降低,这时需及时更换。

3.空氧混合器 又名文丘里管,高压气或氧气流经混合器喷嘴后,形成高速气流,卷吸周围空气混合后作为潮气输出。长期使用后,喷嘴易为尘粒堵塞,可拆下后疏通,按原相对位置距离装配。

4.呼吸活瓣 本机采用半开放活瓣,当吸气活瓣打开,气流进入患者肺部时,呼气活瓣

关闭；呼气活瓣排气时，吸气活瓣关闭。长期使用后，皮膜易打穿，造成潮气量不足，故应注意皮膜的更换。当活瓣口与螺纹管或直接管连接处产生松动、漏气时，应及时采取防漏措施。

二、DDH-1 型呼吸机

DDH-1 型呼吸机是参照日本阿克玛 ARF-850E 呼吸机技术指标国产化的产品，是电动、定量型呼吸机，既可控制呼吸，也可同步呼吸。该机体积小、重量轻，便于携带，不仅可用在病房，还可在野外作紧急抢救用。利用汽车蓄电池，加一交直流变换器，即可给呼吸机供电。

（一）结构原理

DDH-1 型呼吸机由控制电路、伺服电机、传动电磁阀（电磁离合器）、齿轮、齿条传动装置、风箱及有关气路和阀门所组成。图 5-1-50 为结构原理框图。

该呼吸机以直流伺服电动机为动力源，电机内部已装有减速装置，受控制电路调节控制。吸气时，控制电路使传动电磁阀吸合，使电机带动齿轮、齿条系统把圆周运动变为直线运动，压缩风箱，输出气体送病人呼吸道。风箱杆上装有一挡板（光阻断片），当风箱动作达到预定潮气量时，该挡板便遮住光电开关中的光，使传动电磁阀释放，电动机便与传动装置脱离连动关系。

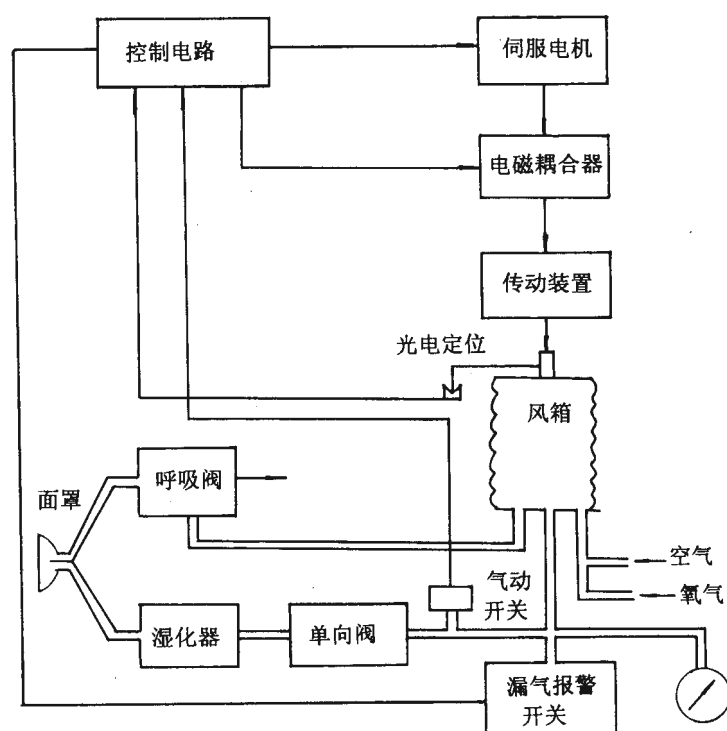


图 5-1-50 结构原理框图

风箱压缩时,压缩空气从吸气阀门经湿化器向患者供气;此时氧和空气的输入阀门关闭;呼气阀门使呼气通道阻断。

从吸气阀门出来的压缩气体另一支路通到压力表和漏气报警器。如果风箱或其它通路发生漏气,气压低于 0.49kPa ($5\text{cmH}_2\text{O}$),持续 10s 以上,就会发出漏气报警。

风箱压缩到由潮气量所预定的位置时,传动电磁阀释放。风箱由内部弹簧作用力而伸展,返回到初始位置,此过程为呼气时间。呼气时,呼气通道打开,吸气阀关闭,空气和氧气输入阀门打开,补充新鲜的空气、氧气。

从风箱开始伸展,到复位所用时间,与风箱压缩长度及风箱本身弹力的大小有关。从呼气相转换为吸气相采用时间切换方式,即由预置的呼吸频率所决定。

对于 DDH-1 型及 ARF-850E 呼吸机,标准的吸呼比为 $1:2$ 。这里所谓 $1:2$ 不是一个定值,只要吸呼比在 $1.5\sim 2.3$ 之间,就可认为在正常工作范围。若超出这个范围即为呼气时间不足或呼气时间延长,均可通过调节流率(电机转速)使其工作在标准状态。

同步触发信号是通过气电换能器(气动开关)得到,病人自发吸气产生的负压只要达到 0.1kPa ($1\text{cmH}_2\text{O}$),即可使气动开关动作,产生触发信号,使呼吸机转入同步呼吸状态。

(二) 电动机调速电路

电动机控制电路见图 5-1-51 所示。

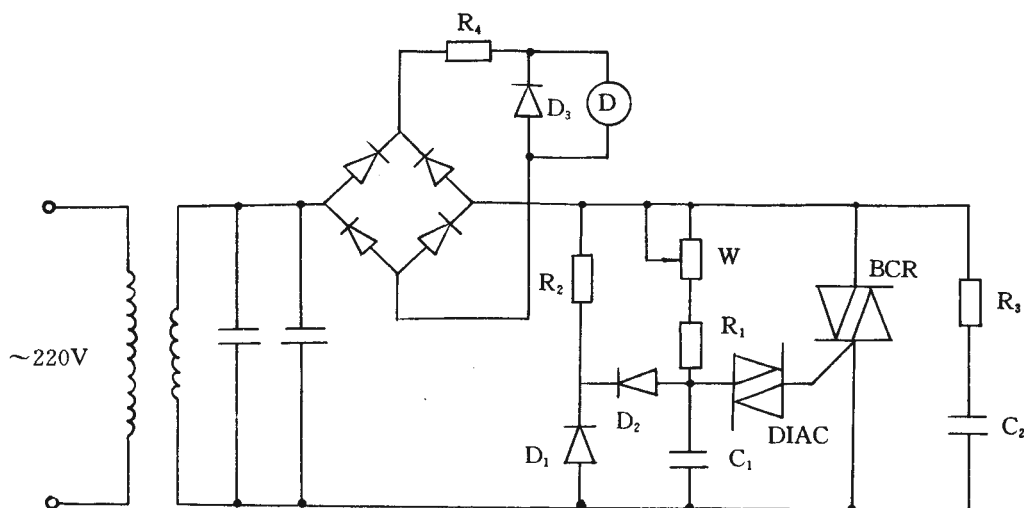


图 5-1-51 电动机调速电路原理

DDH-1 型呼吸机是用双向二极管 DIAC 触发双向可控硅 BCR, 利用可控硅导通角的改变对直流电动机进行无级调速。在图 5-1-51 中, 当交流电源电压为上正下负时, 电源通过负载(直流电机)、电位器 W 、电阻 R_1 给电容器 C_1 正向充电, 当 C_1 上的电压大于双向触发二极管的转折电压(大约 30V 左右), 双向二极管转折导通, 电容 C_1 上电压便通过双向二

极管向可控硅控制极放电，使双向可控硅触发导通。当交流电压过零反向时，可控硅关断。由于触发电路工作在交流电路中，因此正负两个半周对称地分别发一次正脉冲和负脉冲给双向可控硅控制极，使其在正、负半周内对称地各导通一次。

增大电位器 W 阻值，使 C_1 充电变慢，即延迟了电容电压到达使双向二极管转折导通的时刻，使可控硅导通角减小，输出电压降低。反之输出电压升高，从而达到交流调压的目的。将此交流电压再经桥式全波整流后控制直流伺服电动机的转速。

二极管 D_2 、 D_1 及电阻 R_2 的作用是当交流电压反向时，使电容 C_1 上的电荷放电，每周开始时电容器 C_1 上的电荷总是从零开始充电，从而消除滞后现象。

（三）使用双向可控硅应该注意的问题

（1）双向可控硅的过电流能力比一般可控硅小，故选用元件时，过电流安全系数要比普通可控硅大。双向可控硅额定通态电流用交流全波有效值表示，与普通可控硅用半波平均值表示有所不同。例如一只额定通态电流 $I_T(RMS)$ 为 500A 的双向可控硅元件，相当于两只额定通态电流 $I_T(AV)$ 为 225A 的普通可控硅元件（从参数系列中可以查到，近似值为 200A），其关系式为：

$$I_T(RMS) = 2.22I_{T(AV)}$$

（2）双向可控硅接电感性负载时，由于负载电流的滞后作用，当一个方向的电流过零关断时，元件立即瞬时加上阶跃的反向电压。如果元件的断态临界电压上升率 du/dt 值较低，会引起失控（误导通）。因此双向可控硅虽然不需要过电压保护，但是为了限制加在元件上的 du/dt 值，仍需要在元件两端并接电阻与电容，如图 5-2、4 中的电阻 R_3 、电容 C_2 。通常小电流双向可控硅电阻取 100 Ω 左右，电容取 0.1 μF ，就可把临界电压上升率（ du/dt ）限制在元件允许使用范围内。

（3）由于使用时，可能处于不同的功率状态下工作，应该加接散热板。为使可控硅管壳和散热片之间的热阻减到最小值，最好使用导热硅脂。

（4）用万用表简单判别双向可控硅好坏的方法：①用万用表 $R \times 1K$ 档测试，当两支表笔接触其主电极两端时，指示的阻值应趋无穷大。说明双向可控硅元件，在其控制极上未加触发电压时是处于阻断状态。②用万用表 $R \times 1\Omega$ 档测试，当两支表笔分别接主电极 T_1 和 T_2 ，再用与 T_1 相接的表笔同时和控制极 G 相接，这时指示的阻值明显变小，说明双向可控硅因触发导通而处于通态。当与 T_1 接触的表笔脱离 G 后，双向可控硅仍处于通态。若对调两表笔，重复上述步骤，仍有以上现象，说明该双向可控硅元件是好的。③当始终与主电极 T_1 接触的表笔脱离控制极 G 时，若万用表指示的阻值又增大，说明控制极的触发特性不良。④对于大电流用的可控硅元件，用万用表测不到该可控硅元件的维持电流，故不能用万用表测试。

（四）故障及维修

1. 呼吸机不启动

可能原因：①电源线没接电源；②保险丝断；③开关没打开。

2. 开启电源开关，机器面板无任何显示，风箱不动作，但可听到电机转动声

故障原因分析：参见图 5-1-52。该机电源经变压器分为三组。第一组 DS_1 为 110V，供

给电动机调速电路；第二组经 DS_2 整流后为传动电磁阀 (n1) 提供工作电压；第三组经 DS_3 整流后得到 (V_2) +10V 电压供断电报警电路并再经集成电路 IC_{20} (7805) 稳压得到 (V_{DD}) +5V 电压。 V_{DD} 为本机电路主电源，如果有异常，该机即不能正常工作。

故障排除方法：①测量集成电路 IC₂₀（7805）输出电压（正常为+5V）；②断开 IC₂₀ 所有负载，再测 V_{DD}，如为+5V，则推断 IC₂₀ 负载有短路故障。在断电条件下检查有关元件及其引线。更换损坏元件。如断开 IC₂₀ 所有负载，V_{DD} 不为+5V，则更换 IC₂₀（7805）。

3.呼吸机正常工作时，突然停止，红灯闪烁，声报警

可能原因：①停电或电源连接处松动所致；②气路中有泄漏的地方，致使气压降低；③每分钟通气量（流率）不足。

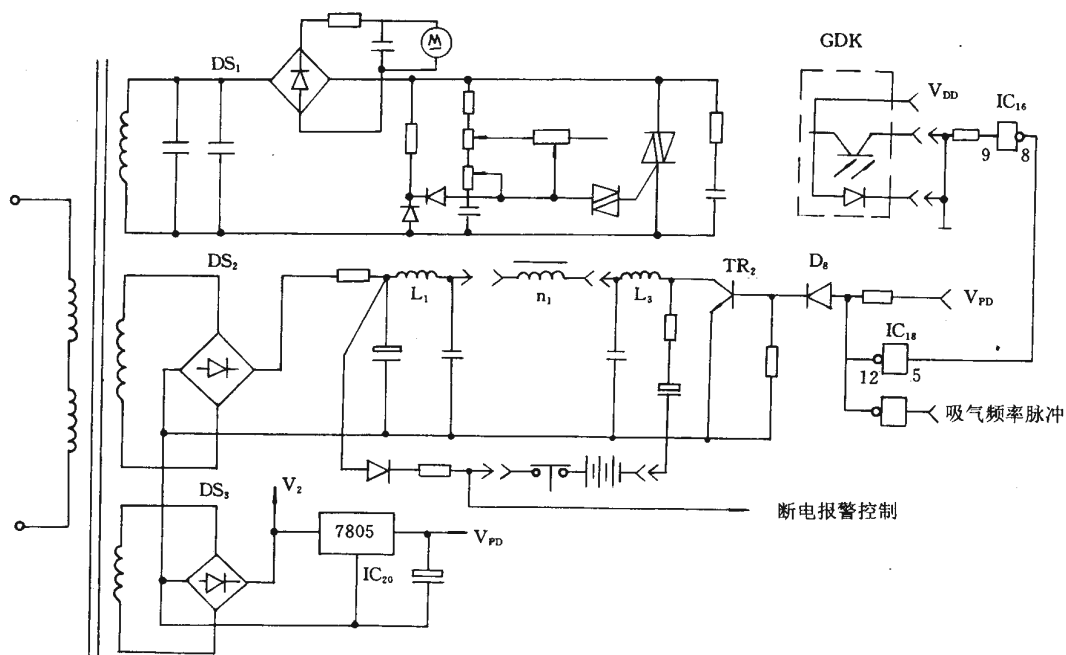


图 5-1-52 DDH-1 型呼吸机控制电路图

4.开机工作一段时间后,风箱停止动作,红灯闪烁,声报警,停机数分钟后,机器能自动恢复

故障原因分析：机器根据选定的呼吸频率使吸气进程开始，吸入气体的量值由预先选定的潮气量决定，风箱杆上装有一挡板，当风箱动作达到预定潮气量时，该挡板便遮住光电开关 GDK（参见图 5-1-52），GDK 的 c、e 结开路→IC₁₆（8）脚为高电平→IC₁₈（12）脚为低电平一开关管 TR₂ 截止一传动电磁阀（n₁）释放一吸气终止。此时风箱靠自身的弹簧力作用，返回到初始位置，等待下一个吸气脉冲，这样就完成一次呼吸循环。当吸呼比小于 1/2 时，红灯闪烁，同时报警。由分析推断故障点①光电开关；②吸气脉冲产生电路；③传动电磁阀及其控制电路。

故障排除方法：①测二极管 D_8 阳极电压，若不在 $0.2\sim 2.8V$ 有规律地变化，则表明故障发生在光电开关或脉冲发生电路。更换故障元器件；②测三极管 TR_2 集电极电压 U_c ，若 U_c 不在 $+35\sim 0V$ 间有规律变化，则表明故障发生在三极管 TR_2 上。更换三极管。

三、西门子 900C 伺服呼吸机

900C 是德国西门子公司生产的一种伺服呼吸机。它可以通过呼吸方式选择开关选择 8 种不同的通气方式：①定容控制通气（VolumeControlledVentilation, VCV）；②定容控制通气+深呼吸（VCV+SIGH）；③定压控制通气（PressureControlledventilation, PCV）；④压力支持通气（Pressure Supported Ventilation, PSV）；⑤同步间歇强制通气（Synchronised Intermittent Mandatory Ventilation, SIMV）；⑥同步间歇强制通气+压力支持通气（SIMV+PSV）；⑦持续气道正压通气（Continuous Positive Airway Pressure, CPAP）；⑧手动呼吸（Manual Ventilation, MV）。

（一）结构原理

图 5-1-53 为 900C 总功能图，900C 由气动单元和电子单元两个独立的单元组成。

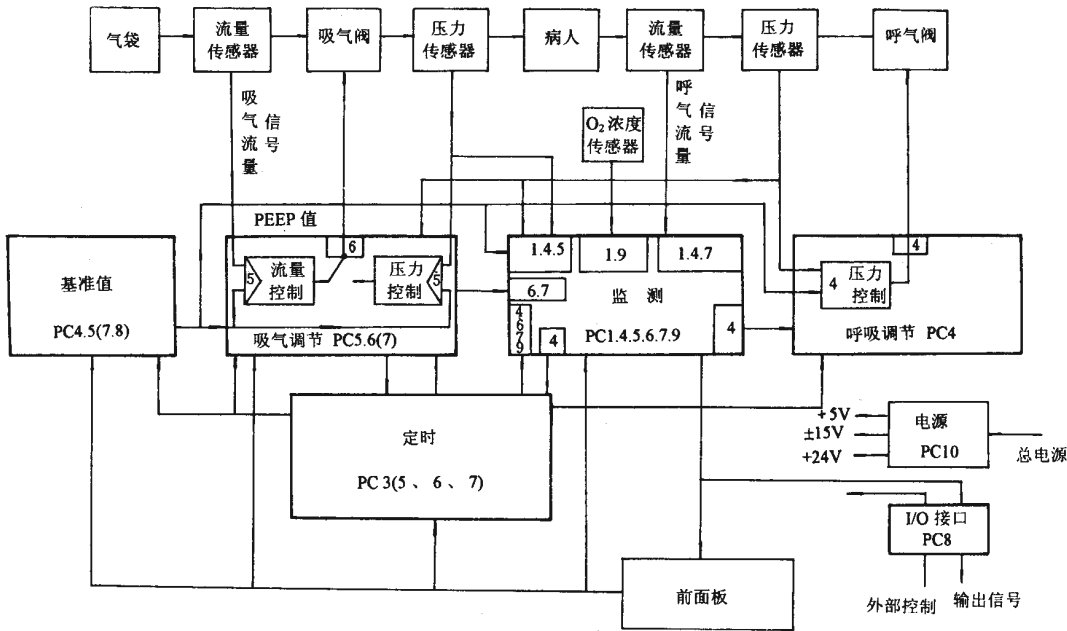


图 5-1-53 900C 总功能图

1.气动单元 气动单元的主体是一个气体传送系统，其内部装有两个压力传感器，两个流量传感器和两个伺服阀门。每个传感器不断地把测量到的实际工作值馈送给电子单元，伺服阀门作为系统的控制部件用来调节吸入和呼出气体的传送量。气动单元方框图如图 5-1-54 所示。

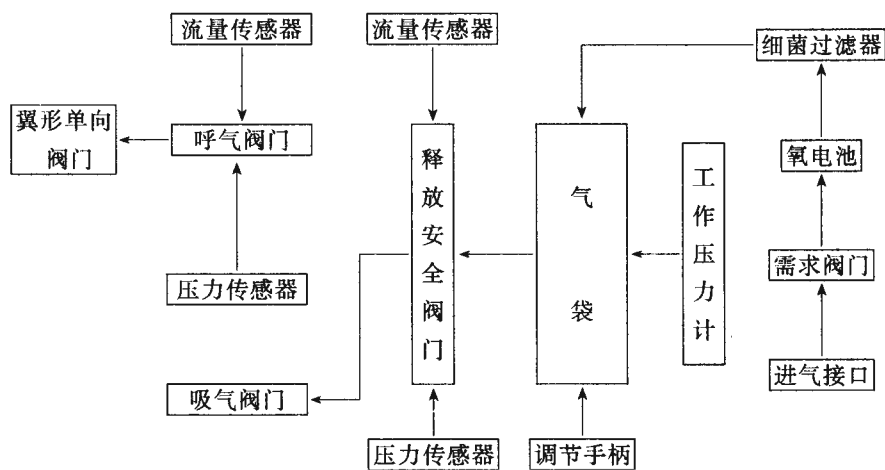


图 5-1-54 气动单元方框图

从医院中心供气装置、氧气瓶或空气压缩机来的气体经空氧混合器接到高压进气口，再经需求阀门，单向阀门和细菌过滤器充入气袋。其中下压力板通过杠杆臂调节需求阀门的开启与关闭。气体接通前，由于气袋是空的，压力板向上升到了最高位置。这使得需求阀门完全打开。当连接高压气体后，气袋开始充气。压力板逐渐下降。压力板右侧的顶块推动杠杆臂并迫使需求阀门关闭。此后压力板就处在调节位置上。也就是说，在吸气阶段气体可连续不断地流入气袋，使气袋中的气体容量保持稳定。如果是由恒定气流（来自气流计）经低压接口进入的情况，多余的气体将通过释放阀门从气袋中泄漏出去。

各部分元件的作用：

（1）氧电池：呼吸机使用的氧电池，可以输出正比于电池内绝对氧密度的电压。在恒定工作压力和恒定温度条件下，输出的电压正比于相对氧浓度。每个氧电池的输出电平在整个寿命期内基本上是稳定的。在一般空气中，氧电池的输出电压为 7~15mV。

（2）细菌过滤器：它将滤除 99.998% 的尺寸大于 0.3 μ m 的颗粒。

（3）调节手板：它可以通过调节弹簧而获得恒定的工作压力。

（4）工作压力计：通过一根塑料导管连接到安全阀门上。

（5）释放/安全阀门：它可在两种情况下打开：①如果气袋中的气体过多，下压力板的金属棒将推动杠杆释放多余的气体（释放功能）；②当工作压力超过 11.8kPa（120cmH₂O）时，阀门也要释放气体，以保证气路压力不致过高（安全功能）。

（6）流量传感器：吸气和呼气两个流量传感器具有相同的结构。气体从两个并联的通道穿过流量传感器，其中大通道是主通道，小通道是测量通道。主通道上装有金属网，由此引起的阻力迫使部分气体进入测量通道中。气体进入测量通道时，压力的变化将作用于一个小的金属圆盘上，圆盘又通过支架把压力传递到半导体应力计上，应力计由弹性硅棒两面的扩散电阻组成。电阻构成了文氏电桥电路的一部分。电桥的另一部分安装在传感器接口线路板上。进入通道的气体流量越大，应力计上的压力就越高。这将引起电桥电路中阻值的改变并转换成相应的信号电压。流量前置放大器的输出电压是流量的非线性函数，放大器的信号分别在吸气流量和呼气流量线路板上进行线性化处理。传感器内还装有一个 22 Ω 、6W 的电

阻，它是用来给呼气流量传感器加热的。电阻工作时热量达到 60℃左右，可以防止水汽的凝结。吸气流量传感器内也有一个同样的电阻，但由于不工作电压，此电阻无加热作用。

如果水汽在呼气流量传感器内凝结，金属网的阻力就会增加，输出信号也将随之增大。这可以从分钟呼气量仪表和数字显示表上看出来（读数增加）。药物、粘液和分泌液等的淤积也会出现同样结果。

（7）压力传感器：吸气和呼气通道的压力传感器具有相同的结构。气体压力作用于一个硅胶膜片上，膜内装有半导体应力计（类型与流量传感器内的相同）。应力计的扩散电阻是文氏电桥电路的一部分，电桥另一部分安装在传感器接口线路板上。压力放大器的输出电压正比于气体压力。当更换压力传感器时，前置放大器的零点和增益都需要进行调整。每个压力传感器都通过塑料导管和细菌过滤器连接到各自的通道中。吸气通道中的塑料导管和细菌过滤器每操作 1000h 要求给以更换。呼气通道中的塑料导管和细菌过滤器在每个病人使用后应彻底更新。

（8）翼形单向阀门：它的用途是为了防止空气通过呼吸道倒流进入病人气路。同时由于病人的启动呼吸需要在呼气通道中进行检测（通过气压降），这一阀门对实现这种功能也是必不可少的。

（9）吸气与呼气阀门：吸气阀门由步进马达通过开有对数偏心槽的凸轮和可活动杠杆臂进行动作。呼气阀门与牵引磁铁有关。

2.电子单元 电子单元由三个控制系统组成，两个用来调节气体的吸入量，一个用来调节气体呼出量。根据不同的定时控制以及所选择的呼吸机工作方式，在某段时间内只能有一个控制系统起作用。其中每个控制系统中都装有 PID 控制器（比例、积分、微分作用）。PID 控制系统框图如图 5-1-55 所示。

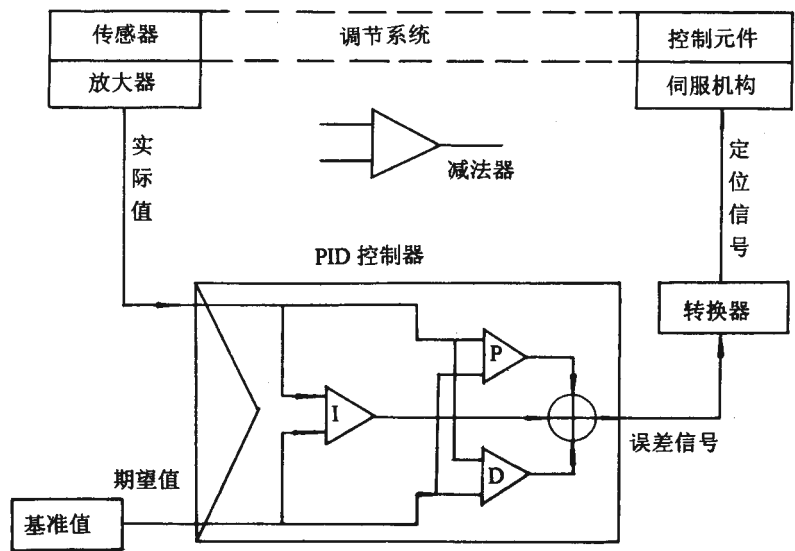


图 5-1-55 PID 控制系统框图

控制部件根据 PID 控制器的输出信号进行操作（定位）。比例作用就是通过连续的基本

第六篇

生化系列

第一章 ISP 半自动生化分析仪

第一节 概 述

ISP 又叫 VITALAB 21, 是荷兰 VITAL 公司生产的半自动生化分析仪。该仪器由计算机控制, 可使用动态法、两点法、终点法三种方法测量。它具有试剂空白校正、定标、动态方法的线性检查等功能。上述功能都可由操作者编制程序, 然后将程序存入仪器内部存储器, 需要某一项检查时, 仅需调出该程序, 操作者根据仪器的提示, 即可按步骤操作。

该仪器具有重量轻、设计紧凑、使用方便灵活等优点。它的所有计算都是自动进行的。计算结果除了在 6 位数字液晶显示器上显示外, 也同时在字符热敏打印机上打印出测试参数、样品号、测量结果和其它相关数据。

ISP 采用流动池方式测量样品。流动池的容积为 $32\mu\text{l}$ 。其内部安装有加热/冷却部件和温度传感器, 用于控制流动池的温度。本机可提供 25°C 、 30°C 、 37°C 三种温度, 温度误差不大于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。温控采用的是 Peltier 元件, 其加热/冷却速度快、精度高。在通常条件下, 从某一温度变化到另一温度只要 $2\sim 3\text{s}$ 。

本仪器吸收液泵为“Bellows”泵。其吸液的精度高, 可以自行设定其吸液量。但吸液量必须是 $25/\text{A}$ 的倍数。最大吸液量为 $1500\mu\text{l}$ 。

ISP 的所有控制是由一片 8080CPU 来完成的。系统程序存放在 3 片 EPROM 中, 其存储容量为 12K。另外, 还有一片 2K 的静态存储器, 用于存放结果数据、中间数据、测试参数等。图 6-1-1 是该机外形图。

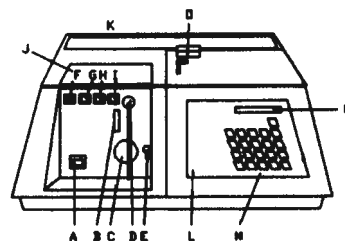


图 6-1-1 外形图

一、技术指标

(一) 测量范围

1. 吸光度 $0.3\sim 2.3$ 。
2. 因数 $0.0000\sim 19999$ 和同范围的负数。
3. 标准 $0.0000\sim 19999$ 。
4. 浓度 $0.0000\sim 19999$ 。
5. 样品号 $1\sim 9999$ 。
6. 延迟时间 $2\sim 9999\text{s}$ 。
7. 测量时间 $2\sim 9998\text{s}$, 每 2s 测量 1 次。

(二) 分辨率

1. 仪器内部 0.1mABS 。
2. 显示 1mABS 。

3. 可靠性 在 340nm 波长下, 2ABS 的干扰<2mABS。

(三) 数字显示

六位液晶显示, 第一位是功能符号显示; 第二位只能显示 0 和 1; 后四位显示测量数值。

(四) 波长范围

300~1000nm。

(五) 波长选择

干涉滤光片, 带宽 8~12nm。

(六) 光源

石英碘灯 12V、20W。

(七) 打印机

可打印字母和数字, 每行 20 个字符。

(八) 电源

(110V 或 220V) $\pm 10\%$ 。

(九) 泵

泵的吸入量为 25~1500 μ l。设置时应输入 25 μ l 的倍数值。

(十) 流动比色皿

为可拆式石英比色皿, 容量为 32 μ l。

(十一) 环境温度

+10 $^{\circ}$ C~+30 $^{\circ}$ C。

(十二) 体积

41cm $\times$ 32cm $\times$ 14cm。

(十三) 重量

10. 5kg。

二、仪器结构

(一) 光路部分

图 6-1-2 是本机的光路图。光源灯 84 发出的光通过透光孔到达流动比色皿, 再经过选择滤光片 134 照射到光电池 201 上。这和普通的光电比色计的工作原理基本相同。所加的选择滤光片的作用, 一是可防止杂散光进入光电池; 二是对 500nm 以上的光进行一些衰减, 使到达光电池的光强和 500nm 以下的光强大致相等, 以利于放大器对灵敏度的调节。

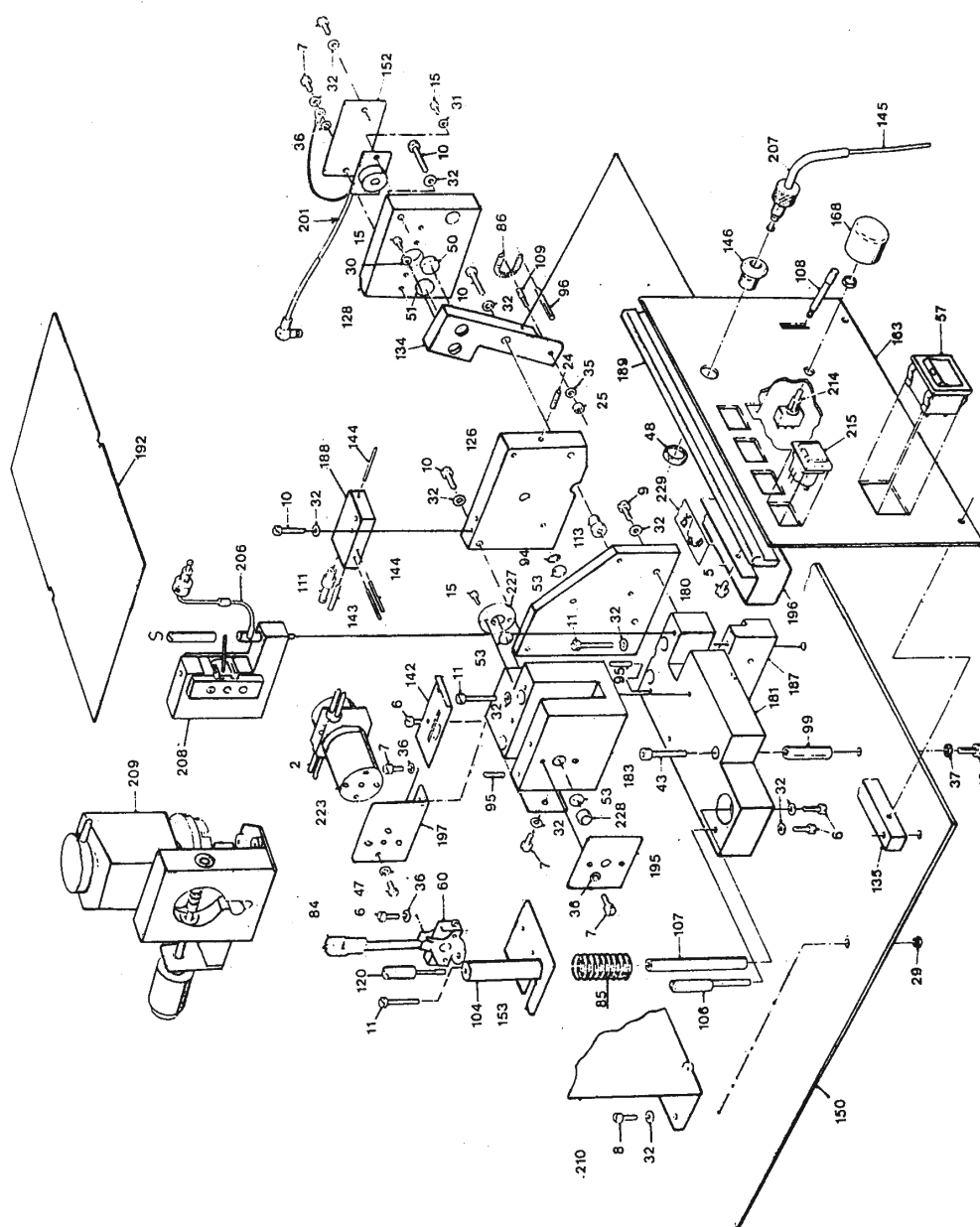


图 6-1-2 光路图

光源灯固定在可调节的底板 153 上，底板上还装有一个铜管，管内装有一个弹簧。旋松铜管旁边的固定螺钉，便可用铜管上部的螺钉 120 调节光源灯的垂直位置。底板的左后部还开有一个缺口，缺口内安放有一只偏心螺钉 106。调节 106，可以改变光源灯的角度，使进入光路的光最强。需要注意的是，在调节过螺钉 120 和 106 后，一定要用固定螺钉将底板固定好，使灯的位置不再发生变化。

滤光片安放在滤光片室 183 内，从面板上可以方便地更换滤光片。

本机的比色皿是一个可拆式流动比色皿。其结构是在一块 10mm 厚的金属块上，打一个约 6mm 的孔，在孔的两边固定上两块约为 3mm 厚的石英片，孔的两端处还打有两个小细孔，用两个细金属管引出，一个为进液孔，一个为出液孔。因为测量要在一定的温度下进行，比色皿两边装有两组 Peltier 元件。只要所加电流方向不同，该元件可以在 10s 内将温度升高或降低到所设定的温度。在该金属块中，还设有用以感测温度的热敏电阻。

流动比色皿固定在支架 208 上，再用长螺钉 S 将支架 208 固定在仪器底座上。当需要检查流动比色皿时，可将 S 旋松，将其向上提即可把流动池取出。

需要强调指出的是，对该流动比色皿不要随便拆卸，以免因装配不合适造成漏气或石英片的破碎。在非拆不可的情况下，拆卸时一定要注意石英片的安装方向，即较大的一面贴向金属块，否则，会造成石英片的永久性损坏。

光电池被安装在一块盒架内，然后将其固定在光路支架 128 上。

（二）电路部分

本机的电路部分由 5 块电路板组成，它们是主电路板、控制电路板、打印电路板、显示电路板以及插在主电路板上的存储电路板。各电路板之间用扁平电缆联接，其中主电路板和控制电路板固定在底板上，打印和显示电路板固定在上盖上。具体电路将在下面予以介绍。

（三）吸液部分

吸液部分由吸液咀、流动池、电磁阀、管路连接器、以及小马达带动的泵体部件所组成。整个管路如图 6-1-3 所示。

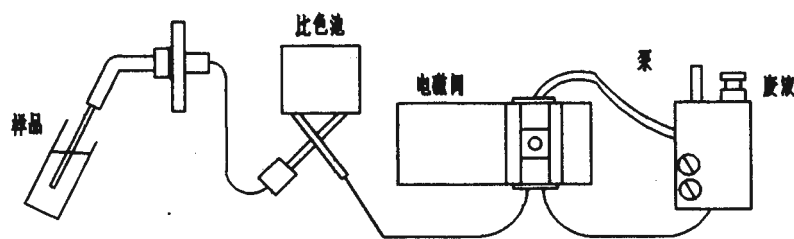


图 6-1-3 管路图

小马达带动泵抽吸液体时，压管式电磁阀将阀体中右面的弹性管道压扁并阻断，样品杯中的液体通过比色皿→电磁阀左边的管道→管路连接器→到达泵内。前面的液体绝大部分用来冲洗比色皿，只有后面一小截作比色分析用。

排液时，电磁阀倒向，阀左侧的管子被阻断。马达反方向运动。泵内吸入的液体通过电磁阀右侧的管道—管路连接器—废液管，被排到机外废液杯中。

泵体部件如图 6-1-4 所示。

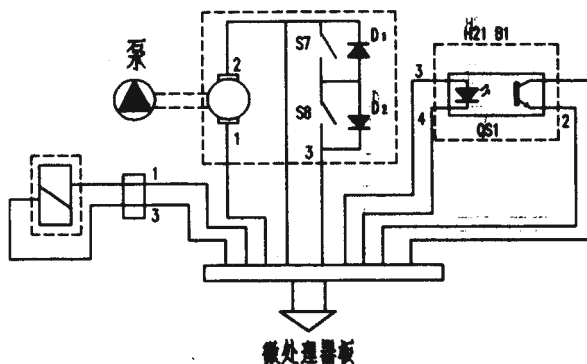


图 6-1-4 泵体部件图

马达通过挠性轴连接到泵体 M。马达转动时，通过齿轮带动泵心伸缩变形，使液体抽吸或排出泵外。限位开关 S₇、S₈ 限定泵心上、下的极限位置。光电耦合器 OS1 用来计数齿轮转动的圈数，控制吸液的容积。

（四）打印机

本机使用的是 B6P 型热敏式打印机。它由 6V 直流电机、机械传动齿轮、热敏打印头(片)、同步控制滑盘等组成。所谓热敏式打印，是通过加热电路将热敏打印头上的半导体加热点加热，加热点在受热显色的热敏纸上烫出字符。

打印头又叫打印片，它是一块长 5cm、宽 1.2cm 的陶瓷基片，上面均匀地附着有 10 个半导体加热点，每个加热点通过敷铜引线和外加热驱动电路相连，每点打 2 个字，每行最多能打 20 个英文字母或数字。每个字符由 7×5 的点阵组成，如图 6-1-5 所示。

打印机每秒可输出 1.5 行数据。热敏纸夹在打印片与传动(走纸)轮之间。在打印过程中，走纸轮带动热敏纸向前走，打印片受控水平摆动，打印片上相应的加热点被加热。在上述动作的精密

配合下，便将不同的字符打印出来。热敏点的电阻值在 100K 左右。打印头的寿命只有 80 万行左右。使用时一定要注意以下几点：一是不要让打印机空打，否则会缩短其寿命；二是该打印机的齿轮和凸轮是用有机材料制成的，寿命比较短。打印机和印刷电路板之间是靠上面镀有铜铂的塑料薄膜作连接导线的，要严防弯折而造成铜铂断裂。

打印机被固定在仪器的上盖上，有一个小拨杆伸出壳外。安纸时，需将此拨杆向后拉，以便装纸。装好纸后，再将其推回。

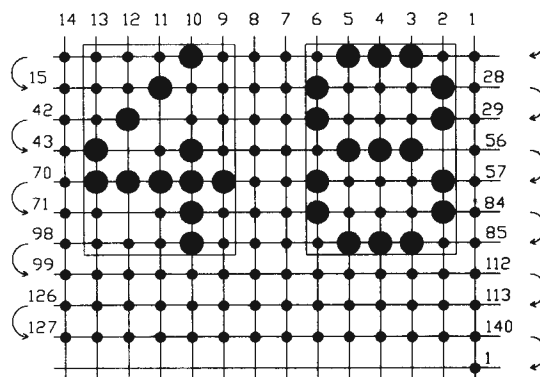


图 6-1-5 字符原理图

第二节 电路分析

本机的电路部分由主电路板即微处理器板、吸液控制板、显示板、打印电路板和存储电路板组成。图 6-1-6 是本机的方框图。

一、主电路板

模拟信号通路、微处理器、光源和电源电路均安装在主电路板上。

(一) 前置放大器

光电池测量的信号通过一条同轴电缆加到了前置放大器。本机的前置放大器由 IC31、OP3、CMP2、继电器 REL 和一些分立元件共同组成，如图 6-1-7 所示。这是一个可程序的输入放大器，其增益受 4 位数据线 D1~D3 控制。根据 D0~D3 的不同组合，共有 16 种增益。测量时，仪器会根据需要自动选择合适的增益。

来自数据总线的 D0~D3，经 IC31 的 OP3 中的 4 个比较器到 4 个模拟开关（FS2）的控制端，产生增益控制信号。

这些增益为 1.5 的幂，即 1.5^0 、 1.5^1 、 1.5^2 …… 1.5^{15} ，转换成数字即为 1、1.5、2.25……483。

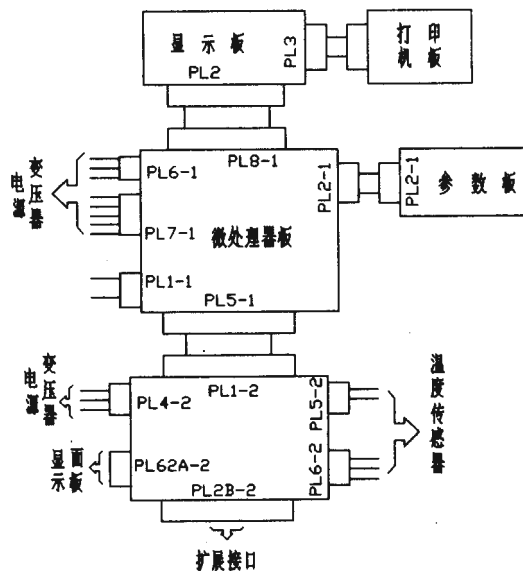


图 6-1-6 方框图

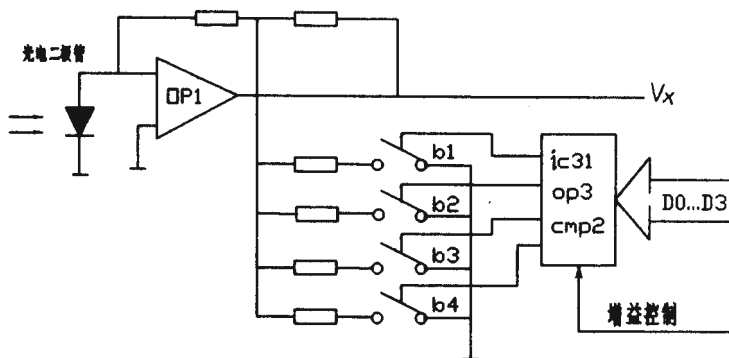


图 6-1-7 前置放大器电路

(二) 电压/对数转换器

前置放大器输出的信号送到了电压/对数转换器电路。设前置放大器测得的信号电压为 U_0 ，测得的样品信号电压为 U_x ，CPU 可设置一增益系数，使空白液输出为 10V。另外，根据朗伯-比尔定律，可知：

$$A = -\lg(h/I_0)$$

式中：A 为被测溶液的吸光度，h 为透过溶液后的光强， I_0 为入射光的强度。

h 和 U_x 成正比， I_0 和 U_0 成正比。在前置放大电路中，在相同的增益系数下，

$$T = h/I_0 = U_x/U_0 = U_x/10$$

$$A = -\lg U_x/U_0 = -\lg U_x + 1$$

在电压/对数转换器中有一个对数曲线发生器，其波形实际为电容放电电路的波形，即 $U_p = 10e^{-kt}$

式中：k 为系数，t 为时间。

U_x 和 U_p 连接到比较器 CMP1 的两个输入端，其输出端控制一个触发器。此触发器再去控制计数器。由比较器的性质可知：当 $U_x = U_p$ 时，比较器翻转，使触发器改变状态，计数器停止计数。即

$$A = -\lg U_x/U_0 = +\lg U_p/U_0 = k_1 \lg e \quad (U_x = U_p)$$

$$\text{令 } k_1 = k_1 \lg e$$

$$\text{则 } A = kt$$

由式中可以看出，吸光度 A 与时间 t 呈正比关系，t 越大，计数值越大。

这部分电路如图 6-1-8 所示。它包括一个精密电压源（它产生一个 10V 的电压）、对数曲线发生器 OP2、快速比较器 CMP1、计数器控制触发器 IC1、两个 8 位二进制计数器 IC33、IC34、两个 8 位的 3 态缓冲器 IC27、IC28。

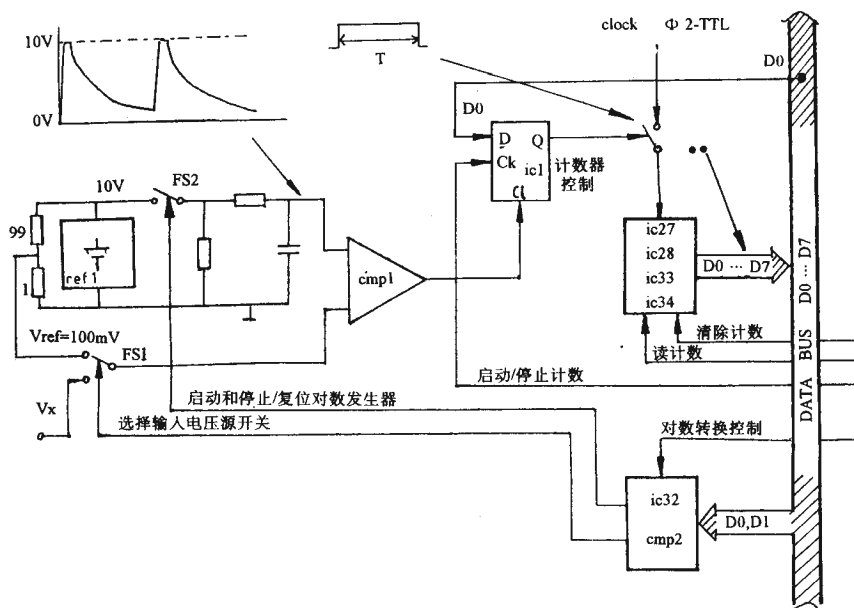


图 6-1-8 电压对数转换器

在对数转换开始时，应先清除上一次测量的计数值。由 CPU 向地址 4600H 进行一次写操作，即可清除上一次的计数值。在对数转换过程中，输入的电压有样品测量电压 U_x 和标

准电压 U_{fef} 。标准电压用来补偿误差，其数值为 100mV 。这两种电压被交替测量。对数曲线发生器实际上是一个电压充放电电路。选择充放电开关， U_x 、 U_{ref} 开关是 DO 和 D1 控制，因此，CPU 可向存储器地址 4700H 中写入 DO 和 D1 ，即可控制转换过程。下面仅就测量电压 U_x 的情况作一介绍。

关闭开关 FS2 ， 10V 电源向电容器 C18 充电。大约 1s 之后， C18 两边的电压充至 10V 。在此同时， FS2 开关打开， C18 放电， FS2 开关接入 U_x ，使 $\text{DO}=1$ ，并向存储器 4500H 进行“写”操作，启动计数器控制触发器，使计数器 IC33 和 IC34 开始计数。

当 CMP1 的两端电压相等时， CMP1 的输出端使计数触发器复位，并使计数器 IC33 和 IC34 停止计数。

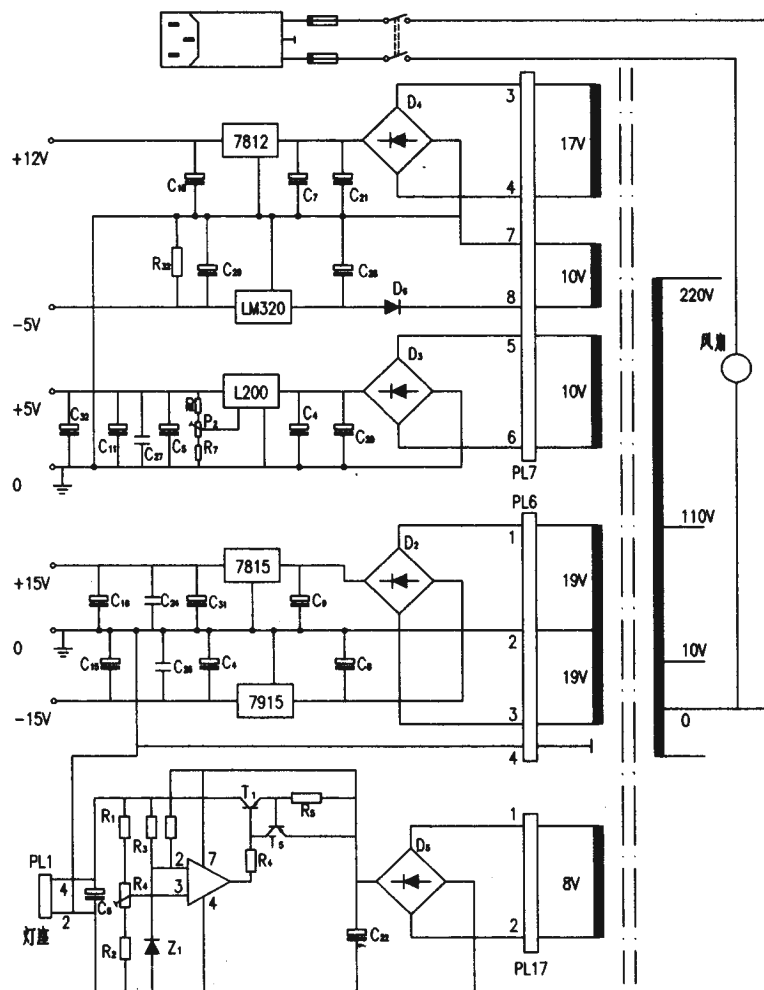


图 6-1-9 光源和电源电路

电路中的参数发生变化时，会影响计数的精确性。为了补偿这些误差，在实际电路中，测量信号和参比信号是交替测量的。 100mV 的电压取自 10V 精密电源的分压。在对数转换

后, 与其相对应的计数值为 20 000。对于电路参数变化所引起的误差, 可用下面的公式补偿:

$$\text{计数值} = \text{实际测量值} \times \frac{20000}{\text{实际参比值}}$$

使用这个公式时, 实际参比值的范围应在 19 000~21 000 之间。若超出这个范围, 仪器显示 “HELP”。

信号经过电压/对数变换后送往 CPU。CPU 通过 IC27 和 IC28 两个缓冲器读入计数值。低位送入 4600H 中, 高位送入 4700H 中。通过 CPU 处理后的信号, 最后送数字显示器显示, 并由打印机将测量结果打印出来。

(三) 光源电路

本机的光源电路安装在主电路板上。图 6-1-9 是其电路原理图。这是一个普通稳压电路, 输出电压为 11.5V。可以通过调节电位器 R4 来调节此电压的高低。Z1 是一个 6.2V 的稳压管, 其负端接 OP4 的负输入端。提供一个参比电压。正输入端接到电阻网络的分压端。OP4 驱动达林顿管 T1。调节 R4 即可调节 OP4 的输出电压, 从而调节 T1 的电压。电阻 R6 连接到 T2 的 eb 之间, 为电路提供过流保护。

(四) 电源电路

电源电路也处在主电路板上, 提供±15V、±5V 和+12V 三种直流电压; 见图 6-1-9 上部。这些电源电路的原理比较简单, 这里不再赘述。

二、控制电路

控制电路位于仪器底板的左前方。它主要有两种功能, 一是控制流动池的温度; 二是控制泵的转动情况。

(一) 流动池的温控电路

我们已知, 本机流动池的恒温即加热和冷却是通过一个叫做 Peltier 的元件控制的。Peltier 元件安装在流动池的两边, 通过它的电流方向不同, 会产生加热和冷却两种不同的状态。电流正向时为加热, 反向时为冷却。具体电路见图 6-1-10。

流动池温度的感测是通过一个线性电阻网络来完成的。这个网络由两个热敏电阻以及 R36、R52 两只精密电阻组成, 两只热敏电阻作温度传感器。它们安装在流动池内部。R36 和 R52 安装在电路板上。网络中的 A 点联接到 1V 的精密电压源上。热敏电阻的阻值随流动池温度线性变化, R36 两端的电压值也线性变化。这个电压作为监测电压送到放大器。为了方便, 下面分 4 步予以叙述。

1. 输入放大器 OP3 作输入放大器, 其型号为 OP07。通常的运算放大器需要外围电路, 这种型号则不要。输入放大器的作用是将热敏网络上 R36 两端的电压放大, 其放大倍数由 P5 调节。B 点接一个 286.3mV 的参比电压。这个参比电压是由 OP2 产生的。将其接入 OP3 的负输入端, 相当于热敏网络感应的温度值是 15℃, 当热敏网络感应到此值时, OP3 输出为 0V。

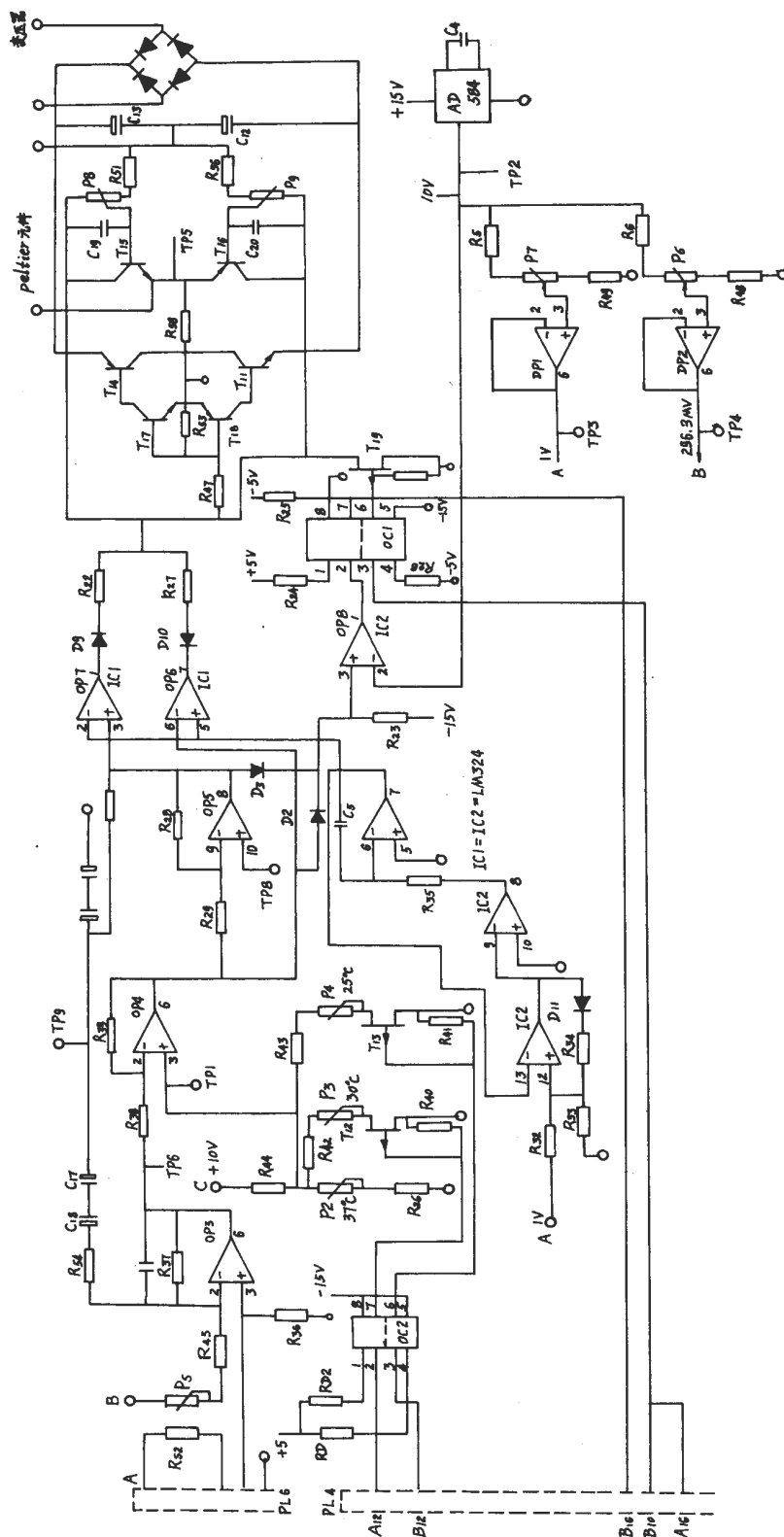


图 6-1-10 温控电路



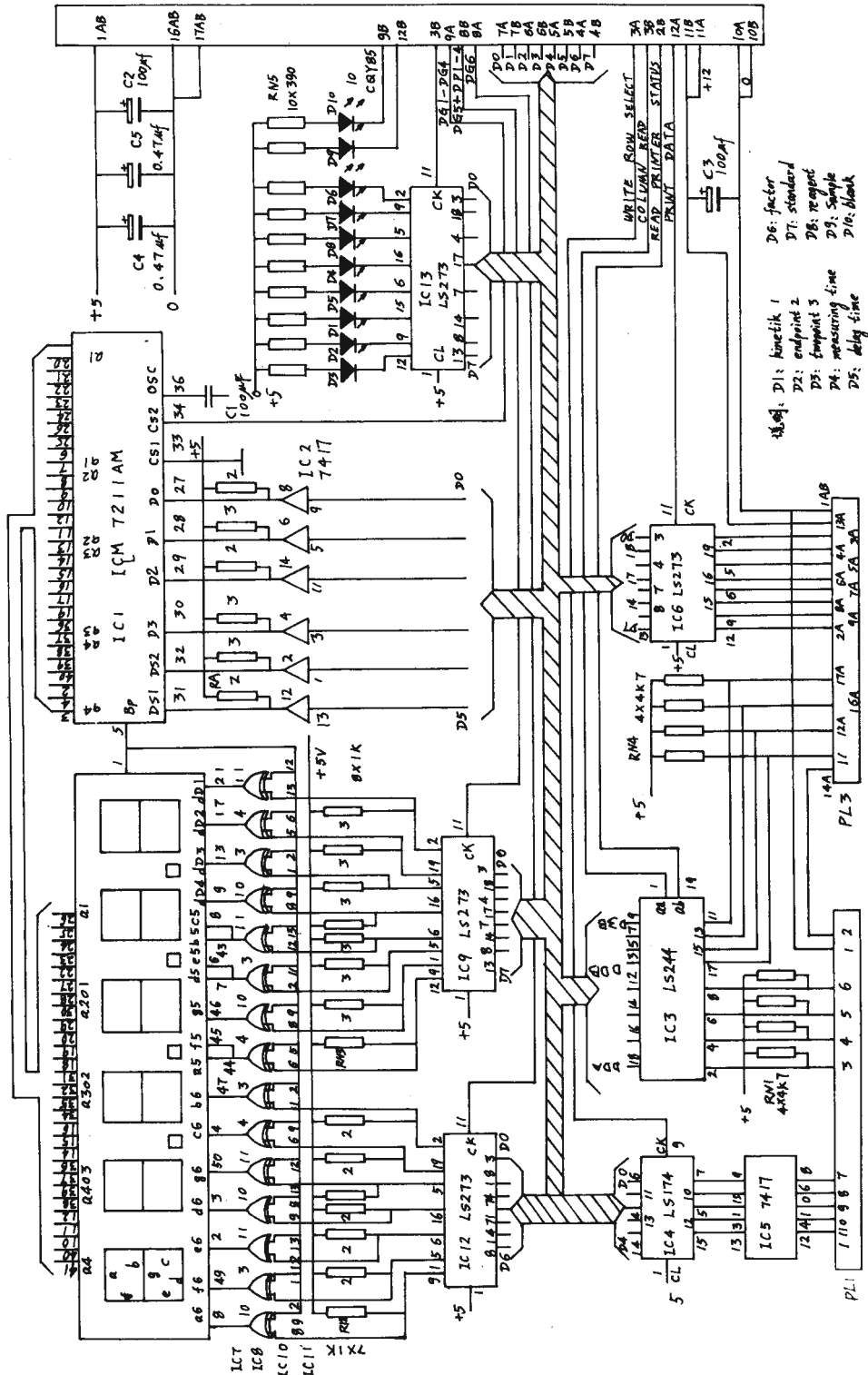


图 6-1-12 显示控制电路

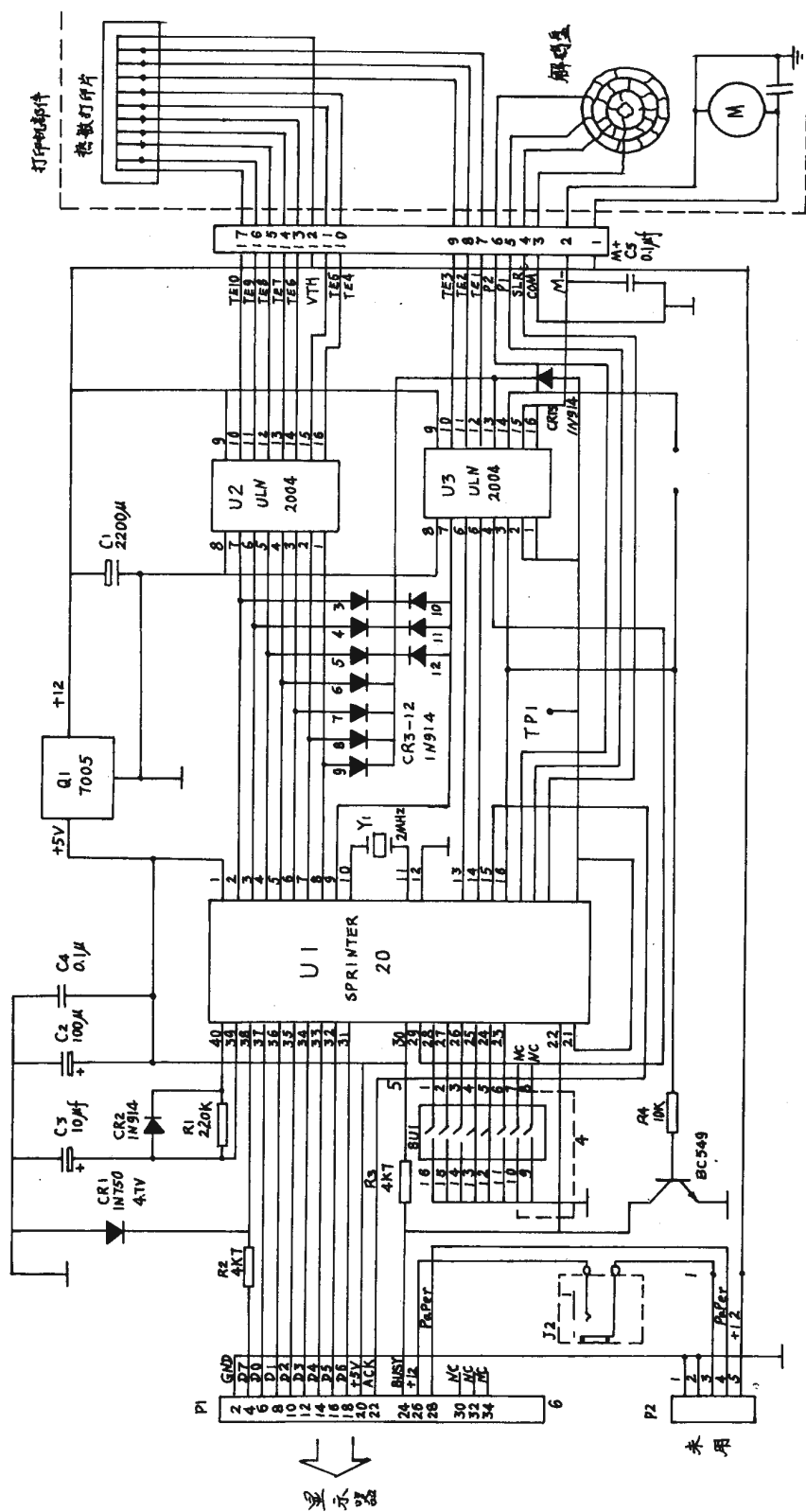


图 6-1-13 打印机板电路

2. 差分放大器 这部分电路是为设置流动池温度设计的。它由差分放大器 OP4 和开关电路 T12、T13 等组成。OP3 的输出端连接到 OP4 的反相输入端，OP4 的正向输入有三种状态。这三种状态的电压值分别对应 25、30 和 37℃ 三种温度。电路中 C 点连接参比电压，该电压值为 10V。该 10V 电压由 REF1 产生。温度的选择由 CPU 向 4C00H 中写入的数据决定。当 CPU 执行完“写”操作后，即设置了一种温度。

OP3 的输出电压（实际温度）和设置的电压（设置的温度），分别接到 OP4 的负和正相输入端。OP4 将其差值信号放大后，送给双比较器 OP5 和 OP6。

当温度为 0.1℃ 时，OP4 的输出相当于 10V。

3. 双比较器 双比较器由 OP5、OP6、OP7 等组成。流动池的加热和冷却，取决于 OP4 输出电压的极性。OP4 的输出分别接到 OP5 和 OP6 的反相输入端。OP5 和 R28、R29 构成一个反相跟随器。它们将 OP4 的输出反相后，加到 OP7 的正相输入端。OP6 的正相输入端和 OP7 的反相输入端都接一个振幅为 10V 的三角波。OP5、OP6、OP7 封装在同一个芯片 IC1（LM324）中。这样 OP6、OP7、D9、D10、R22、R27 形成了一个具有加热和冷却双重功能的控制电路。

4. Peltier 元件驱动电路 Peltier 驱动电路是一个互补电路。T17 和 T14 用于冷却，T18 和 T11 用于加热。驱动电源是一个 8V 单向脉动的电压。通过 Peltier 的电流由 P8 和 P9 调节。调节 P8 可以控制 T15，向 Peltier 提供冷却功率；调节 P9 可以控制 T16，向 Peltier 提供加热功率。

T19 是一个开关管。它的控制端是 OC1 的 6 脚，由 CPU 提供控制信号。当控制信号为低电平时，T19 导通，使 T11、T14、T17、T18 的控制端接地，Peltier 处于不工作状态。

（二）泵的控制电路

泵的动作是由微处理器的数据总线 DO~D1 控制，可参阅“存储器分配图”。图 6-11 为泵控制原理图。当 DO=1、D1=1 时，T4 和 T5 都导通，其集电极输出为 0V。由于 T6 截止，驱动管 T9 输入端为 0V。T7 也是截止的，故 T9 和 T10 的脚 1（禁止端）为 +12V。T9 和 T10 不工作。

当 DO=0、D1=1 时，T4 截止，T6 和 T7 导通，T9 和 T10 的脚 1 为 0V，T9 和 T10 的“禁止端”信号无效。此时 T10 导通、T9 为 0V。这是吸液过程。

当 DO=1、D1=0 时，T9 向泵提供功率，T10 输出为 0V。这是排液过程。

CPU 从光耦合器的输出来计算脉冲的个数。此脉冲个数与泵转动的位移相对应。每一个计数值为 251。

（三）其它控制电路

CPU 通过数据总线 D3 控制电磁阀和 PRIME 指示灯，它们的动作与排液过程同步。DO=0、D1=1、D3=1 时，泵是吸液状态。电磁阀压住排液管，灌注灯（PRIME）亮。当 DO=1、D1=0、D3=0 时，泵为排液状态。电磁阀压住吸液管，PRIME 熄灭。

电磁阀选位和 PRIME 的功率是由 T8 提供的。其它的开关和 LED 指示器的工作过程，由于原理简单，这里不再赘述。

三、显示板电路

(一) 显示控制电路

这部分电路控制 6 位液晶数字显示器, 所包含的电路为 IC1、IC2、IC7~IC12 共 8 块芯片, 如图 6-1-12 所示。

IC1 (ICM7211AM) 是一个 4 位数字显示译码/驱动器。在这里用于驱动 DG1~DG4 的显示。IC1 内部有一个频率发生器, 作为显示器的基准频率。这个频率发生器不需要太多的外部电路, 仅需在其 36 脚外接一个 100P 的电容器即行。IC1 内部还有一个 4 位的输入数据锁存器和一个两位选择数码管的数据锁存器。选择数码管的两位数据经锁存器和译码器之后, 连接到显示锁存器的“允许”端, 用于选择数码管。CPU 用 DO—D3 显示数据。D4、D5 用于选择数码管。

数码管 DG5、DG6 的选择控制和小数点的显示, 是用两个 8 位寄存器 IC9 和 IC12 锁存数据的。寄存器 IC9 用于控制 DG5 和小数点; IC12 用于控制 DG6 显示。这两个寄存器的输出经过一系列的双输入“或门”到显示器。这些门电路包括 IC7、IC8、IC10、IC11。它的另一端接 IC1 的基准频率输出端。该基准频率为 35Hz。

(二) 打印机接口电路

打印机接口是一个标准的并行接口, 这个接口包括寄存器 IC3 和 IC6。打印机根据其工作状态设置两个“工作状态”信号, 并通过 IC3 到数据线的 DO 和 D1, 供 CPU 输出数据时使用。这两个信号分别为: BUSY→D1; ACK→DO。其功能如图 6-13 所示。

BUSY 为电平电压。ACK 为下降沿触发, 是一脉冲信号。存储器 4400H 是用来控制打印机的。其中 D7 是 CPU 向打印板送数据选通信号。若 D7 有效, 打印的字符或数据便被送给打印机板上的锁存器。

(三) 键盘接口电路

ISP 的键盘为平面薄膜开关键盘。它是一个 4×5 的矩阵形排列。共 20 个键。“行读”由 IC3 组成, “列写”由 IC4 和 IC5 组成。除此外, 还有一个走纸“Paper”键。

(四) 打印机板电路

打印机板电路如图 6-1-13 所示。微处理器板送来的+12V 电压经三端稳压器 7805 稳压后, 产生+5V 电压供 VI 等使用。

VI 控制打印机的所有动作, 包括 20 个字符缓冲器等。并联接口的 D7 作为“数据选通信号”送给 U2。这个信号用来检查被打印信号的合法性。当打印机处于 BUSY=1 时, U1 不接受字符。当 BUSY=0 时, U1 才接受字符。选通信号 D7 上的正脉冲的宽度必须≥25s, 以便使 DO~D6 在数据接口线上稳定地进入 U1。此后, BUSY=1, CPU 不再向接口送字符。直到 BUSY=0。

第三节 使用方法

一、面板介绍

本机的面板见图 6-1-1 所示。面板上各部分的功能如下：

A. power 电源开关。

B. 滤光片室。

C. 吸液嘴。

D. 吸液按钮。每按一次该键，仪器按所设置的容量值从吸液嘴抽吸一次液体。

E. 滤光片选择范围拨杆。使用 330~500nm 范围的滤光片时，拨杆向上搬。使用 500~1000nm 范围的滤片时，拨杆应向下搬。

F. temp 温度选择键。按一下该键，该键上的指示灯闪。此时可以选 25、30、37 三个温度值中的一个，然后按 enter 键。即可将所选的值输入仪器。

G. flush 冲洗键。按下此键后，仪器 Pi 1500~1 的吸液量不停地抽液，直到再按一下此键后才停止抽吸。

H.volum 吸液容积选择键。按一下该键，该键上的指示灯闪，显示器同时显示现有的吸液容积。如不需要改变，应按一下 enter 键。如认为不合适，可以输入新的容积值，然后按一下 enter 键。输入的值应是 25 的倍数。如所选的值不是 25 的倍数，无论超过多少，仪器均认为是下一个 25 的倍数值。如无论输 301 还是 324，仪器均自动将它改为 325。

Lprime 灌注键。按一次该键，该键上的指示灯亮。仪器以 1500l 的容量抽吸一次液体。

J. 键盘。键盘上各键的功能如下：

. 小数点键。

+/- 正负数键。可变换使用。

clear 清除键。如按 proc 后再按此键，可以清除已编入的程序。在两次测量之间按此键，可显示下一个样品的编号。按此键后再连续按 return 键，可以回到所需要的任一步。

enter/start 输入键。按过其它键后，再按此键，才可将所选定的参数输入到仪器中。此键主要用来配合其它键使用。

yes 是（肯定）键。

no 否（定）键。在输入程序参数时，仪器的指示灯闪烁，表示询问。可通过 yes 和 no 键的选择，来回答仪器的询问。

proc 程序键。此键有 4 个功能：

- (1) proc+ abs/conc 可以打印出仪器存储的测量程序目录。
- (2) proc+ clear 可清除已编制好的测量程序。
- (3) proc+ reture 可用来编制测量程序。
- (4) proc+ 程序号可用来调出所需要的程序。

return 倒退键。每按一次此键，可以倒退一步。在编程序时，按一次此键，可再现最后一个询问。在已进入测量样品时，按一次此键，可显示样品的吸光度。并倒退一个样品号。若继续按此键，能使操作步骤一步步倒退。

abc/conc 吸光度/浓度转换键。可根据需要进行二者的转换。

zero 调 0 键。按一次此键可以使仪器自动调节。点。

paper 走纸键。按此键可以使打印机向外走纸。

K. 显示器。本机使用的是可显示 6 位数码的液晶显示器。除了显示测量数据外，它还可以显示一些提示字符。它所显示的字符及其意义如下：

A——吸光度 b——调 0

C——浓度 d——吸光度/分钟或吸光度

F——因数 n——样品号

P——步骤或参数。 S——标准

t——时间 (s) E0000——低于范围

E9999——超出范围 HELP——仪器有故障，需要排除。

L. 发光二极管指示灯。本机在编制程序或测量样品时，都是以应答方式进行操作的。面板上共有 10 个发光二极管作指示灯，用来表示仪器的询问或状态。这些指示灯表示的意义如下：

kinetic 动力学法 endpoint 终点法

two point 两点法 measuring time 测量时间

delay 延迟时间 factor 因数

standard 标准 reagent 试剂

sample 样品 blank 空白

二、使用方法

在进行测量时，首先要将检测项目编制好程序。用户允许编制的程序号从 40~69，每一个编号对应一个测量程序。编好后可存入仪器的内部存储器中。对不想要的程序，也可以将其清除后再编其它程序。

(一) 编程序

1. 动力学方法

A. 在 40~69 之间选一未使用的样品号。

B. 按 proc+ return 此时打印机打印出“PROGRAMMODETESTNUMBER (测试号)”。

C. 输入欲编程序的号码。如输入 40，则在测试号后打印出“40”。

n 输入测试项目 (厨英文输)。ISP 的说明书中附有编码表。用不同字的组合代表不同的英文字母。如 33、34、35……58 分别代表 A、B、C……Z26 个大写英文字母；65. … . 90 分别代表 a……z26 个小写字英文字母。在编程序的过程中需要输入英文字母时，应输入相应的编码。如 39 代表 G, 48 代表 P, 52 代表 T, 若欲输入 KGPTH 寸，则需依次输入“39enter…” “48enter” “52en-ter”，打印机便依次打出 G、P、T。

E. 按 enter 键。此时打印机打印出：FILTER: (滤光片)。

F. 输入测试项目所需要的滤光片的波长。并在滤光片槽中换上相应的滤光片。如测 GPT 所需要的是 340nm 的滤光片，则需输入“340”，并在滤光片槽中换上 340nm 的滤光片即行。此时，打印机在 FILTER 后面打印出：340，接着打出：SELECTSIPPERVOLUME (选择吸

入容量)。

G. 输入所需要吸入的样品液量。如选 350 μ l, 则依次按“3”“5”“0”三个键即行。此时仪器在 VOLUM 后面打印出: 350, 接着打出: SELECTTEMPERATURE (选择温度)。

H. 输入测试所需要的温度。如需 30 $^{\circ}$ C, 则按 30enter。此时, 打印机在 TEMP 后面打印出: 30, 接着打印出来: SELECTPROCANDSETPARAMETER (选择程序和设置参数)。

I. 此时仪器右方操作板最上方的三个指示灯闪亮。显示器显示“P”。提示操作者在这三个参数中选一个。在测 GPT 时, 因使用的是动态法, 应选 kinetic 旁边的代号“1”, 即按“1enter”。此时 2 和 3 两个指示灯灭, 指示灯 1 即 kinetic 亮。显示器显示“P1”。接下来 factor 指示灯闪, 询问是否需要因数。

J. 如有因数按 yes 键, 并输入 F 值。F 值可按以下公式计算:

$$\text{无标准时: } F = \frac{\text{总反应体积}}{\text{样品体积}} \times \frac{10^3}{\text{试剂克分子消光系数}} \times \frac{60}{I}$$

$$\text{例如: GPT } F = \frac{440}{40} \times \frac{1000}{6.22} \times \frac{60}{I} = 1768$$

因为 GPT 是负反应, 该值应为负值。故应输入 -1768

$$F = \frac{\text{标准液浓度}}{\text{每分钟标准液吸光度变化} - \text{每分钟试剂空白吸光度变化}}$$

K. 有试剂空白输入 yes, 否则输入 no。

blank (空白) 与 reagent (试剂) 指示灯同时闪烁。

L. 输入测量时间 (s)。GPT 应输入 20enter。

measuringtime (测量时间) 指示灯闪。

M. 输入延迟时间。GPT 应输入 40enter。

delay (延迟) 灯闪。

N. 动力学方法结果计算:

酶活力单位 = (样品每分钟酶活力变化 - 试剂空白每分钟酶活力变化) $\times$ 因数

如果程序中不输入试剂空白, 则认为试剂空白每分钟吸光度的变化为 0。

假如反应方式是吸光度下降, 应在因数前面加负号。

每分钟吸光度的变化量, 是按照程序在测量时间中两次吸光度相减而得出的。酶活力单位和因数都是在测量时间中每分钟吸光度变化的平均值计算而来。

非线性计算:

在测量中出现非线性时, 按下式计算:

$$\text{非线性 (NL)} = \frac{\text{每分钟吸光度变化 (1)} + \text{每分钟吸光度变化 (2)}}{2 \times \text{每分钟吸光度变化}} \times 100\%$$

如果非线性大于 5%, 每分钟吸光度变化大于 0.01, 显示器上有 F. C (或 d) 的符号闪烁。在试验结果下面打印出非线性%。在这种情况下, 应重新测量样品, 消除非线性过大的原因。此时, 如果按 return enter 键, 仪器重复测量一次, 不再需延迟时间。如果需要延

迟时间，按 `clearreturn enter` 键，便可得到新的测量数值。

2. 终点法 使用终点法测量时的编制程序过程和动态法时相同，这里不再赘述。在输入过标准液的浓度后。通过下式计算：

A. 不要样品空白的计算：

$$\text{浓度} = (\text{样品吸光度} - \text{试剂空白吸光度}) \times \text{因数}$$

$$\text{因数} = \frac{\text{标准液浓度}}{\text{标准吸光度} - \text{试剂空白吸光度}}$$

B. 要样品空白的计算：

$$\text{浓度} = [(\text{样品终点的吸光度} - \text{试剂空白吸光度}) - (\text{试剂终点吸光度} - \text{试剂空白吸光度})] \times \text{因数}$$

$$\text{因数} = \frac{\text{标准浓度}}{(\text{标准终点吸光度} - \text{标准空白吸光度}) - (\text{试剂终点吸光度} - \text{试剂空白吸光度})}$$

3. 两点法 与动力学法基本相同。只是每一个样品测量两次。即在测量周期开始时测量吸光度 A1，测量周期结束时测量吸光度 A2，两次吸光度之差为样品吸光度。

两点法结果计算：

$$\text{浓度} = [(\text{样品第二次吸光度} - \text{样品第一次吸光度}) - (\text{试剂空白第二次吸光度} - \text{试剂空白第一次吸光度})] \times \text{因数}$$

$$\text{因数} = \frac{\text{标准液浓度}}{\text{标准液两次吸光度变化} - \text{试剂空白两次吸光度变化}}$$

(二) 消程序

用户可以消除不再需要的程序，步骤如下：

- (1) 按 `procclear` 键，打印机打印出：DELETEMODETESTNUMBER；
- (2) 输入要消除的程序号。比如想消除 59 号程序，按 59 即行。

(三) 改程序

改程序只适合下述两种情况：

(1) 在编程序的过程中，欲修改已编过的参数，可按 `return` 键，每按一次，倒退一步。倒退后重新输入即行。

A. 在编制程序名时，可以倒退一步更改。

B. 进行到输入 FILTER 步骤时，不能倒退。这时按 `return` 键，则回到 TESTNUMBER

C. 在 SELECTSIPPERVOLUME

SELECT TEMPERATURE

SELECTPROC. ANDSETPARAMETERS 时，不能倒退。

D. 在 factor 时不能倒退。如按 `return` 则回到第一步。 $\frac{\text{PROGRAM MODE}}{\text{TEST NUMBER}}$

E. 在输 “standard”，“reagent blank”，“sample blank”，“delay” 时，按 `return` 键，可倒退一步。

(2) 对已编好的程序，只能临时修改温度和容量两个参数。

A. 修改温度：按 **temp** 键，然后输入欲使用的温度数，再按 **enter** 键即行。

n. 修改吸液容量：按 **volum** 键，输入新的容量值，再按 **enter** 键即行。

（四）查阅仪器中的测量程序目录

要了解仪器中已存储了哪些测试参数（或测量程序），可以按 **procabc/COHC** 键，使仪器打印出一张测试目录表即行。

（五）调程序

用户在进行测量前，应先调出测量项目的程序，调的顺序为先按 **proc**，再按测量程序号。等仪器打印出程序参数后，便可进行测量。

（六）操作

（1）插上电源线，打开电源开关，可听到蜂鸣声，仪器显示“**AXXX**”数值。

（2）按下清洗键，此时 **flus** 和 **prime** 两个指示灯同时亮。清洗周期开始。将吸液嘴插入蒸馏水中，可看到液体的吸入。经 3 次清洗后，按清洗键，使清洗停止。

（3）根据测量项目选择程序号。按清洗键，然后输入程序号。打印机便打印出程序号及各参数。核对滤光片和波长范围拨杆。

（4）打印完程序参数后，如试验选择为终点法，会出现“**NEWCALIBRATION?Y/N**”。它表示仪器询问有无新标准。“有”，按 **YES** 键，“无”按 **NO** 键。

如果选择动力学方法，会出现“**NEWREAGENTBLANK?**”。它表示仪器询问有无新的试剂空白。同上，也可以用 **YES** 或 **NO** 键来选择。

（5）**BLANK** 灯亮。应吸入蒸馏水调 0。即吸入蒸馏水后按 **ZERO** 键，仪器便自动在显示器上显示 **A0000**。

（6）**regent** 灯亮。要求吸入试剂。此时只要将试剂送到吸液嘴，按吸液钮后，仪器便自动测出试剂的吸光度，并自动打印出测试结果来。

（7）终点法时，**standard** 灯亮，吸入标准后，仪器打印出标准值和因数（若在参数 **NEWCALIBRATION?Y/N** 后回答 **NO**，则 **standard** 灯不亮，不用吸入标准）。

（8）**sample** 灯亮。这时吸入待测样品，仪器便自动打印出样品号码和测试结果。然后，一个个顺次吸入样品测量即行。

测试完毕后，要用蒸馏水冲洗五遍以上。对较长时间不用的仪器，则应把仪器中的水排空，并盖好机罩保存。

第二章 国内外生化分析仪

第一节 美国贝克曼（BECKMAN）公司 生化分析仪故障实例

一、贝克曼 700 型全自动生化分析仪故障检修亚 3 例

故障例 1：吸液探头驱动控制固态继电器损坏

故障现象：采样器的吸液探头不动作，仪器无法对样本进行测量。

分析与检修：直接用吸液管对样本进行手动吸液，然后操作分析仪的有关程序，可以显示并打印测试结果。这说明分析仪主机部分无故障，故障的原因可能是：1. 主机的电脑控制部分故障；2. 主机与采样器之间的电气连接不良；3. 采样器的吸液探头的有关电路或机械故障。

首先对主机与采样器的电气连接部分进行检查，未发现松动和断路现象。然后用 99 号程序进行检查，进一步查清是主机电脑控制信号部分还是采样器本身的电路或机械故障。下面介绍 99 号程序的检查方法：

依次开机：按 **Proc** 键；按 **9 9 Enter** 键；按 **3** 键：

1. 当采样器接通电源时屏幕显示第一行后的指示方块亮；2. 用手拨转盘，当转盘停在“开始稀释”位时，第二行显示后面的指示方块亮；3. 用手拨杯检测杆，当杯检测杆未被外圈上的反应杯顶开时，第三行显示后面的指示方块亮；4. 用手拨转盘或吸液探头，当外圈上的“X”杯位对准吸液探头时，第四行显示后面的指示方块亮；5. 每按 **1** 键时，稀释头动作一次；6. 当按 **2** 键时，稀释头连续动作。按 **Stop** 键停止动作，在做下一项检查前，再按一次国键，使稀释头回到原位；7. 每按 **3** 键时，吸液探头动作一次。当按 **4** 键时，吸液探头连续动作，按 **Stop** 键即停。可是当按 **3** 键时，吸液探头不动作，拆开采样器的外壳，检查采样器的机械部分，未发现卡死现象。再检查吸液探头的有关电路。由于吸液探头是由电机传动的，而电机的电源又是通过固态继电器控制的。在按 **3** 键的同时，测得电机线圈上无 220V 电压，继续测得固态继电器的输入端电压约为 2V 左右，而输出端仍为开路状态，即电机得不到电源，故判断固态继电器损坏。由于原装固态继电器不易购买，因此可用北京半导体十一厂生产的了 GX-4F（4A 380V）型固态继电器直接代换。

换上元件后，吸液探头动作，仪器恢复正常。

故障例 2：微处理器工作异常

故障现象：1. 显示屏不显示；2 显示屏出现跳跃的不规则字符；3. 仪器在进行样品测量期间，几分钟或半小时不等，又自动重新开始工作。

分析与检修：上述 3 种现象，除第 1 种现象可能与显像管灯丝电路阴极、栅极、加速极、高压阳极等有关外，均与微处理器工作不正常有关。对于微处理器作为控制、数据和处理的仪器，在怀疑 MPU 或 CPU 工作不正常时，首先应该检测 MPU 的 3 个基本信号，即复位（Reset）、时钟（Clock）及准备好（Ready）信号。这 3 个信号有一个出现故障，将会导致整个仪器工作出现异常。

当复位信号出现异常时，MPU 将不能按照 ROM 中固化程序依一定秩序工作，导致 MPU 无法工作或进入死循环状态，显示屏无任何显示，或出现跳动的不规则字符。由于 MPU 复位信号不良，产生不规律的经常性复位，导致仪器在工作期间，突然返回到初始状态，重新工作。BECK-MAN700 型全自动生化分析仪复位电路，见图 6-2-1 所示。

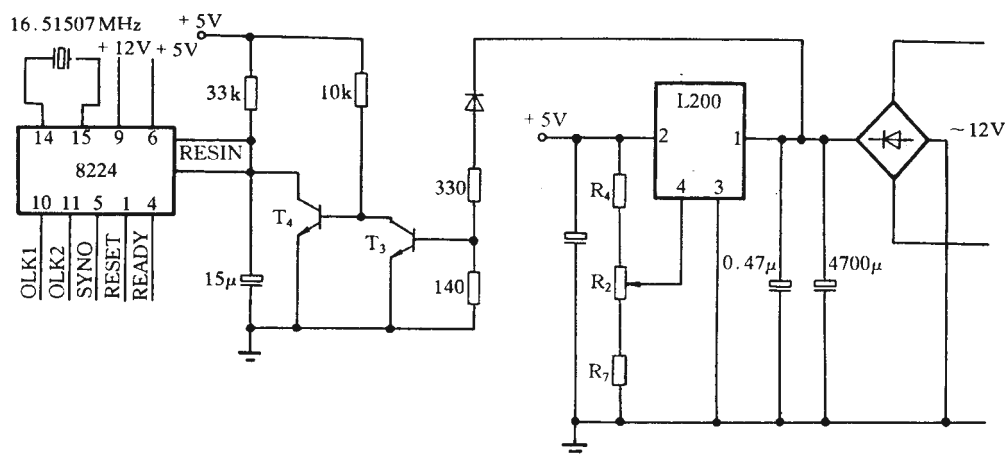


图 6-2-1 复位电路图

12V 交流电经过整流桥整流、电容滤波后得到一个较平滑的直流电压，此电压与 6V 左右的稳压管 D_7 相连。当电源接通时， D_7 击穿， T_5 导通， T_4 截止，由 R_{33} 和 C_{31} 产生一个积分延时波形输入到 8224 时钟发生器的复位输入端 RESIN，在他的①脚产生由高到低的复位信号，这样使得 8080CPU 复位进入初始工作状态。

在维修过程中发现：电网电压波动太大或低于 170V，或稳压管 D_7 工作性能不良，接通电源后， D_7 不能保持击穿状态，将会出现 T_5 截止， T_4 导通状态，8224 芯片输入端，RESIN 保持低电平，那么在他的，RESET 输出端将无复位信号出现，常会出现上述 3 种现象之一。对于电网电压波动较大的地区，应配上具有稳压功能的 UPS 电源。如 D_7 工作性能不良或损坏，可用 2DW7C 来替换原机中的稳压管，即可排除故障。

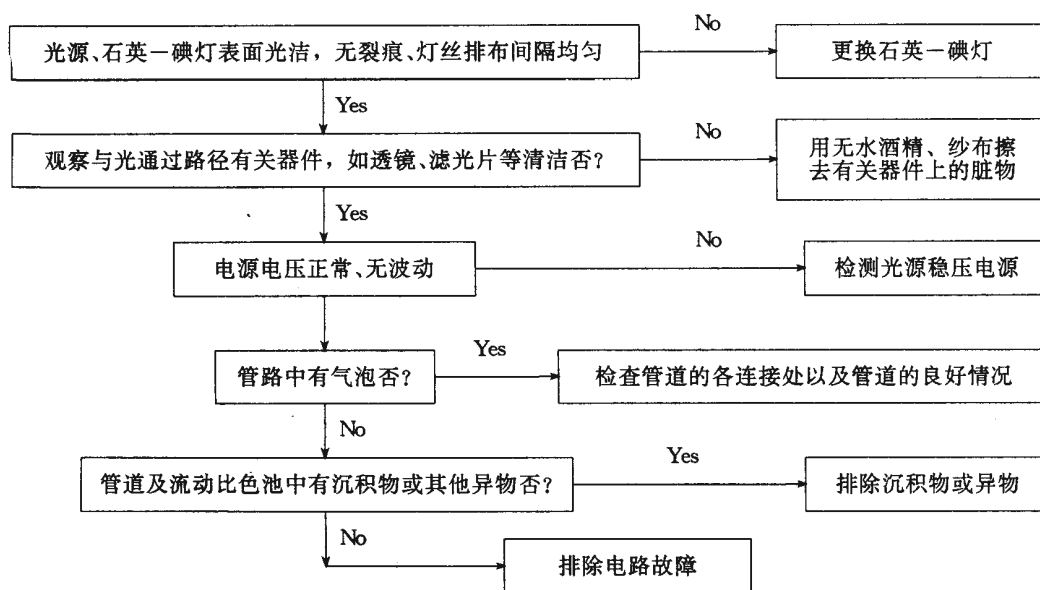
同样，当 Clock 信号出现异常时，MPU 也不能正常工作，可用带宽 40MHz 示波器测试时钟信号，观察其波形的形状和频率，则可判断时钟信号的好坏，当 Clock 信号异常时，通常是由于晶振或 8224 芯片性能不良或损坏所致，需予以更换。在该仪器中，没有使用 Ready 信号，将此端直接与 +5V 相连。

故障例 3: 测量结果异常

故障现象: 1. 用清洗液冲洗多次后, 使用同一标准样品进行多次连续测量, 结果重复性差; 2. 用标准样品或待测样品进行测量时, 所显示的结果与正常值偏差大。

分析与检修: 无论使用何种类型的生化分析仪, 操作者都会经常遇到上述故障现象。但这类故障现象所涉及的范围较宽。当光源、石英—碘灯老化或碘灯电源电压波动或管路、流动比色池中有气泡或沉积物, 或电路元件性能变坏时, 都将可能产生上述故障。查找此类故障, 一般按光路、管路、电路的顺序进行查找。检查步骤如下:

光路、管路所引起的上述故障较易排除, 但电路上的故障排除是较难的, 在此简述测量电路的工作原理, 并给出维修中所遇到的故障及排除方法。BECKMAN700 型生化分析仪测量原理框图见图 6-2-2 所示。



OP₁ 放大来自紫外增强型光电二极管微弱的光电转换信号, 在 CPU 控制下, 放大倍数可编程以满足测量中不同波长信号的要求。Vin/Tlog 对数转换由一个高精度的 10V 参考电源 (REF₁)、一个对数曲线发生器 (OP₂)、一个高精度的比较器 (CMP₁) 及场效应开关等构成。测量计数电路由计数控制触发器 IC₁、两个双 4 位二进制计数器 (IC₃₃、IC₃₄) 及两个三态八总线缓冲/驱动器构成。在测量之前, 两个测量计数器均清 0, 并且 C₁₈ 充电至 10V。过 1ms 后, 将 IC₁ 置位, 使 IC₃₃ 和 IC₃₄ 开始计数, 与此同时, 10V 参考电压分压得出的 100mV 电压 V_r 或 U_x 接入 CMP₁ 同相输入, 即 FS₁₂ 或 FS₁₃ 导通, FS₁₁ 截止, C₁₆ 放电。OP₂ 输出与 CMP₁ 的反向输入端相连, 当 U_r 或 U_x 大于 C₁₆ 的放电电压 U_{C16} 时, CPM1 输出翻转, 使 IC₁ 复位, IC₃₃ 及 IC₃₄ 停止计数, 然后将已进行对数转换的计数器计数通过 IC₂₇ 和 IC₂₈ 读入 CPU 中进行处理和显示。U_{C18}(t) = 10e ^{$-\frac{tr}{\tau}$} (t ≥ t₀, t₀ 作为计时起点), 当 U_r 接入 CMP₁ 正端时,

器动作不到位，报警。

分析与检修：在大量维修实践中发现，该仪器稀释器故障率很高，90%以上是由于稀释器驱动板故障而不能进行自动测量，所遇到的上述3种现象都是由于驱动板中驱动管 Q₁₇ 软击穿损坏所致，究其原因可能是：稀释器内部装配太紧凑，散热条件差，尤其是靠近底板的驱动管 Q₁₇ 几乎无法散热，采用功率超过原管几乎一倍的 120W 的大功率塑封 TIP142 代替 Q₁₇ (2N6045) 后，所修复的稀释器均能长期正常使用。

故障例 5：温控板因化学试剂溅入引起短路

故障现象：1. 开机后，主机报警，按任何键均无反应；2. 过 1min~2min 后，流动池冒出使人晕眩的气味。

分析与检修：打开主机盖，发现温控板印刷电路大面积腐蚀，有两处被烧穿，两块 LM324，两块 OP07 与一块 MCT6 的引脚都有不同程度的烧坏变黑。取下温控板，将上述集成电路芯片一一取下，用酒精反复擦洗温控板，使板上的污物及被腐蚀处擦净。再根据电原理图，将损坏的线路修整好，确认无误后，将新的集成电路芯片焊接在温控板相应位置，然后开机，用示波器测量测试点波形电压，均正常，开机一段时间，无异样气味冒出，可断定温控板已基本修复。温控板修复前有异样气味冒出，肯定是由于流动比色池温度过高所致，拆开流动池，发现固定两个小石英玻璃帽片的塑料帽和石英玻璃烧粘在一起，仔细将塑料帽与石英玻璃分开，用酒精，纱布反复清洗石英玻璃片使之完全清洁为止。然后将塑料帽修整，再重新将流动池安装好。但开机后，仍然报警，按任何键无反应。确认外围检测元器件，如位置检测的光电耦合器件及微动开关等均是好的前提下，判断主机 CPU 板有异常。

通常来说，导致 CPU 板不能正常工作的可能性，大致可分为：1. CPU 的 Reset、Clock 等信号异常；2. 门电路、译码芯片工作不正常，损坏等；3. 地址、数据总线缓冲/驱动器损坏；4. RAM 芯片损坏；5. ROM 芯片损坏。

用示波器观察 CPU 的 Reset、Clock 等信号基本正常，再观察每位地址、数据，均有信号。但发现数据位 D₂ 信号幅度与其他数据位相比较非常微弱，接近低电平。关机，用万用表电阻档测量 CPU 各地址线，数据线对地电阻，未发现异常。再测量 IC₁₅、IC₁₆ 两片 8216 数据驱动器的输出端 D₀~D₇ 的对地电阻，发现 D₂ 位与地基本相通短路。然后将具有插脚的 CPU 芯片、数片 ROM 芯片、RAM 芯片取下，再测其 D₂ 位对地电阻仍为 0。用分割的方法，把与 D₂ 直接相连的各芯片分组与 D₂ 位分割开来，找出损坏芯片。

经过 3、4 次的分割发现，IC₂₅ (74LS244) 与 D₂ 相连的缓冲单元对地短路。造成 ROM 中的指令无法正确地读入 CPU，仪器无法工作。装上一插座，插上一片新的 74LS244，机器工作完全正常。究其原因，发现 IC₂₅ 与 D₂ 直接相连的缓冲输出端与温控板 OC₂ 光电耦合器的第②脚相连，由于温控板短路，-15V 电压经 OC₂ 加入 74LS244 上，使 74LS244 中与之相连的缓冲器输入、输出端击穿，对地短路。

故障例 6：电磁泵推动连杆损坏

故障现象：不能进样。

分析与检修：不能进样：一是电路故障，此机是在 MPU 的统一管理下，由微处理器发出指令，控制驱动电路驱动风琴式泵的压缩与伸展产生正压和负压进行吸样和排样，然后通

过延时电路控制电磁式泵对进样导管的挤压与松弛，有条不紊地采集样品进行测定。上述任一电路引起风琴式泵或电磁式泵不工作都会造成不能进样；二是机械故障，如流动比色池及导管阻塞，风琴式泵漏气，电磁泵坏，都会引起不能进样。打开机壳检测，证明电路无异常，尔后，发现电磁泵推动连杆在试剂的严重腐蚀下已断裂（泵线圈完好）。因本仪器生化室每天都要用，为此，仔细研究了损坏部件，设想加工一个连杆，从连杆的材料和工艺来看并不复杂。材料系轻质有机料，易于购得，于是利用有机玻璃在手电钻上经锉刀粗磨、定位打孔、最后安装试机，结果完全符合要求，经两年多时间的使用观察，效果比较满意。

故障例 7：市电电压低引起的故障

故障现象：每次空调启动时，或附近有大功率电器启动都会引起正在测试时显示器字符突变，尔后，又需重新采样，重新启动仪器。

分析与检修：此故障是在仪器投入使用后不久就经常发生，曾做过多次实验，在不开空调和附近不开大功率电器的情况下，仪器尚能正常使用。有时在电压很正常的情况下，上述故障也经常发生。怀疑是仪器内部稳压电路出了故障，通过对仪器内部稳压电路进行了全面的测试，均未发现任何故障，于是设想能否用 2 台稳压器进行稳压试验，试验结果表明，完全可行，而且在电压偏得很低的情况下，启动空调设备和大功率用电设备，故障也未再出现过，并且用 UPS 做第二稳压源，效果更好。有一次还因雷电磁线，电压突变，第一台稳压器烧坏，而 UPS 和仪器均未受损，这样又保护了较高级的稳压器和仪器。

故障例 8：电源整流桥散热条件差

故障现象：开机后温度出现报警，并且显示温度过高，在开启空调的情况下，保持室内与仪器所需求的温度，也经常出现此种故障。

分析与检修：出现此故障，初步分析是仪器某个元件热稳定性变差而引起温度超过规定值使 MPU 发出控制信号报警，经对报警电路的详细检查，均未发现什么异常。再从整体分析，该仪器元件排列较紧凑，内部较大电流的元器件不少，并且还有聚光灯热量较高，内部空间又小，使温度传感器超标的情况可能发生，从而引起较大温度报警，使仪器不能进入工作状态。在仔细检查电路未发现故障的情况下，有意将外壳竖起来，进行通电试机，这样故障次数明显减少，通过测温，发现 3 个整流桥的散热板温度差值太大。试验用一块 5X5cm，厚为 0.5cm 的散热板面固定在原整流桥散热板上，并且不影响原来美观和机壳的安装。经一年多时间的使用，此故障再未出现过。

故障例 9：显示故障码 E9999（波长为 340nm 时）

故障现象：波长选用 340nm 时，空白液的吸光度（ABS）值通不过，CRT 出现 E9999。

分析与检修：该仪器在工作中，能以 3 种方法分析样品：即终点法、初速法和动态法，但仪器的工作原理仍以比色方法为基础，结合计算机技术而实现的。图 6-2-3 所示是其光学系统原理图。

从图中看，他与国产 721 分光光度计的光学系统有许多相似之处，特殊点有：1. 多加了 3 块滤光片，作用是减少其他杂散光干扰；2. 色散棱镜换成了全息光栅：一是因为光栅的分光作用更好，另一是其相应的调整机构简化；3. 普通定量型的比色杯换成了流动比色杯（FLOWCELL）。其中，流动比色杯是一个较新的概念，所谓流动比色杯就是一种既能用

它做空白液测定,又能用它做样品比色的装置。它的内腔容量只有 321。工作中,比色测定的液样是处于静止状态来比色的,而流动一词的含意主要是指仪器能自动地将已测过的样品排出,并将待测样品注满比色杯中做好下一个测定的准备。为完成此功能,仪器配有一个专用的液流系统。

图 6-2-4 所示是其液流系统原理图。系统的工作过程如下:

在动力泵工作的同时,钳制阀(Pnich Valve)已夹住排液管(Drain),样品从样针吸入,通过比色杯时,少部分用于比色测定,之后,钳制阀松开排液管,夹住进液管(Fill),动力泵吸入的废液通过排液管排出,该动作完成后,仪器进入比色测定程序。这就是一个完整的工作循环,该循环由微机控制协调动作。

本例故障产生的原因如下:

1. 光源灯电源出现故障; 2. 光源灯破损或老化; 3. 光源灯位置不合适; 4. 滤光片发霉或太脏; 5. 流动比色杯内有气泡或异物存在; 6. 前置放大电路有故障。

对于 1、2 种情况,造成光源灯不亮或亮度不足,而 3、4、5 种情况则产生光亮减弱的后果。

从这些原因中可以看出,该故障的本质是透过流动比色杯的光亮度达不到测定要求所致。检查这种故障,应遵循一定的顺序。

1. 管道内是否有气泡; 2. 光源灯是否发亮; 3. 光源灯电源是否正常; 4. 滤光片是否有霉斑或不清洁; 5. 流动比色杯内是否有异物; 6. 光源灯位置是否合适; 7. 前置放大电路是否正常。

当管道内有气泡或光源灯有故障时,故障就不止在 340nm 波长出现,而是所有波长的 ABS 值均为 E9999。

管道内出现许多气泡,原因有:(1)管道接头松动;(2)管道老化破裂;(3)动力泵内的波纹管(Bellows)有小裂纹。

对于(1)种情况,重新连接管道,拧紧即可。对于(2)、(3)种情况,则要用同型号

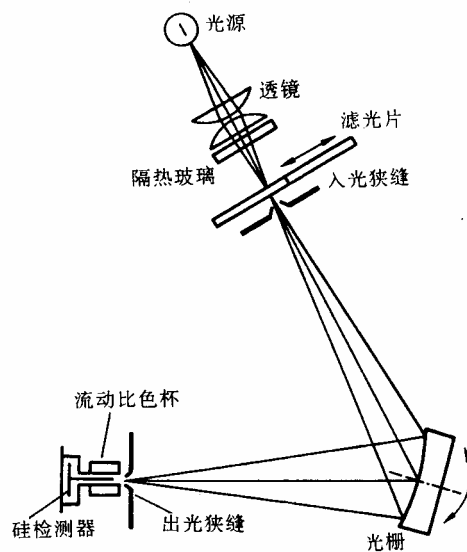


图 6-2-3 光学系统原理图

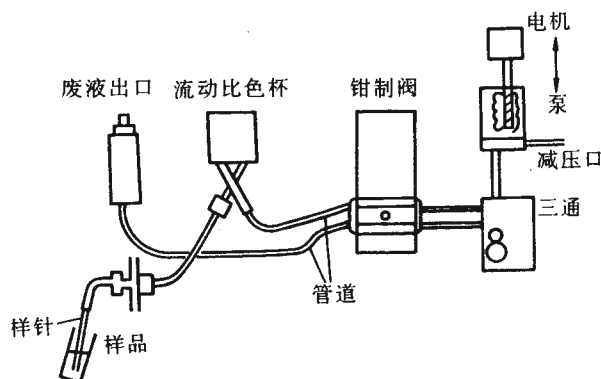


图 6-2-4 液流系统原理图

的元件更换。工作完成后要开机检查，压 Prime 键，让泵工作几分钟，气泡就会消失。

光源灯不亮时，取下测一下电阻即可判断好坏。正常时其冷阻值为 1.2Ω 。如果更换灯泡，就一定要做其位置校准。

校准方法：开机待几分钟后，压 ZERO 键，等 ABS 值出现，压 PROC 键，任选一使用 340nm 波长的项目直至程序完成到测定空白液一步。此时观察空白液的 ABS 值是否为 0.000，若有偏差，见图 6-2-5 所示，边做位置调整，边观察 CRT 上的 ABS 值，直到满意，然后重复一次，若符合要求，就拧紧定位螺钉以防变动。

滤光片斑点处理方法：拆下滤光片架，小心取出滤光片，先用一个当量的盐酸擦洗，然后再用甲醇或蒸馏水清洗。如果情况严重，则需更新。

最后取出流动比色杯，从其透明的石英玻璃窗口观察其内部是否有异物存在，若有，拔下比色杯上两条管道，取一个 10ml 的注射器，抽上蒸馏水，用一条合适的软管，接到比色杯和注射器上，然后推注射器，用强水流冲出异物，若此法不能排除故障，则需拆开比色杯取出异物。

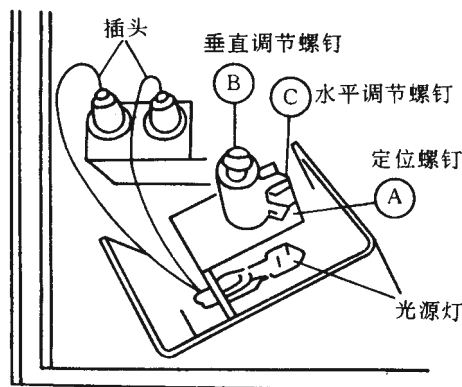


图 6-2-5 调节螺钉位置图

故障例 10：显示故障码 E9999

故障现象：仪器在使用过程中有时吸光度值（ABS）会显示出 E9999。

分析与检修：此故障的出现一般有 4 种情况，现将异常情况排除方法介绍如下：

1. 流动比色池不洁净。由于使用过程中冲洗不彻底，造成污物在流动池壁附着，光线无法透过。清除方法是用专用清洗液连续冲洗 10min，再用蒸馏水冲洗 5min 即可。如仍达不到要求，可用 98% 酒精冲洗 1min，蒸馏水冲洗 1min，至 E9999 消失为止。

2. 流动比色池内有气泡。用吸满蒸馏水的注射器，从吸液管吸头部用力推注，反复 2 次—3 次可将气泡排出。

3. 滤光片发霉。由于室内空气潮湿，霉菌在滤光片上大量生长繁殖，阻挡了光线的通过。清除方法：将滤光片卸下，用棉棒蘸取 5% 稀盐酸反复擦洗，最后用蒸馏水洗去盐酸，然后将滤光片放入箱温为 37℃ 的烘箱内烘干，然后按原位置装上即可。

4. 灯源位置变动。由于工作环境震动或搬动仪器，有时会使灯源位置发生变化，光线无法到达光敏系统。调整方法为：将主机盖板打开，用小螺丝刀调整灯源上、下及左、右调节旋钮，到灯源射出的光线完全透过光窗为止。

故障例 11：监控器 OPB866T55 损坏

故障现象：当采样杯运行至“样品标准”时，吸液探头不落下，同时发出报警声。显示为：“DILUTERRESET”。若改用手动操作，则正常。

分析与检修：由上述情况知，故障大体出现在采样稀释部分。先调故障查询程序，检查

各部运行状态，具体操作如下：按数字键“9”、“0”，再按“Enter”键。此时，显示出欲查询的“主菜单”。然后按“3”，显示出欲查询的采样器各部状况。其中：MIXTUREHEAD: 3 和 MIXTURECONT: 4 分别是吸液器单次连续运行检查，按“3”、“4”观察。其运行正常，说明故障出在稀释器，仍按“9”、“0”键，再按“Enter”，再按“2”，此时显示出可查询的稀释器各部状况。逐项按动数字键，观察运行情况。

首先是两个注射器同时微动，做排气动作。当运行至两注射器同时吸液，又应同时排液时，只有样品注射器回位，而试剂注射器略动一下，且此项前光标闪动。恢复主程序即依次按 Proc、0 和 Enter 键，进入操作程序。当再次运行至两注射器同时排液时，试剂注射器不回位，也恰是采样杯置“样品标准”位置时，发出报警声。用对比法测量，发现试剂注射器的监控器 OPB866T55（集电极输出）无变化，试将其和样品注射器的监控对换，则出现相应的故障现象。更换此管后，再开机，一切正常。

此种故障一旦报警且下标显示为“DILUTER ERR PRESS TO CONT”会使人误解，一时难以检修。但先利用故障查询程序来确定部位，再以比较法等来判断故障元件，则往往易找出原因。但要注意该机的 EPROM 块部位不能互换。

故障例 12: 达林顿管（IN6045、IN6042）损坏

故障现象：稀释器的两注射器不吸液，仪器无法对样本稀释。操作主机：主机显示操作程序，但稀释器不动作。

分析与检修：首先排除主机与稀释器的连线接触不良。然后用 99 程序测试，按 Proc 键，出现一个菜单，按回后再按 Enter 键，又出现一个菜单，对应第 2 项为稀释选择项，按回后，又出现如下菜单：

```
Sample volume 100l    1
Reagent volume 1000l  2
Taka sample          3
Dilute              4
Reagent SYR. cont    5
Sample SYR. cont     6
Both SYR. cont       7
Valve to Reagent     8
Valve to Sample      9
Back to menu         0
```

此时按 1，光标移到第 1 行，写入 100，即样本取 100 μ l，按 Enter 键后，再按回，光标移到第 2 行，写入 1000，即试剂取 1000 μ l，按 Enter 键。按 3 键时，两注射器应同时吸下取样；按 4 时，两注射器应同时上移进行稀释；依此类推，按 5 时，试剂注射器连续动作，按 6 时，样本注射器连续动作；按 7 时，两个注射器同时连续动作，按 Stop 键时，停止。可是在测试过程中，当按下同时，两个注射器动作幅度很小，这更说明主机工作正常，故障出在稀释器。

打开外壳，检查机械部分及电源电压正常，怀疑为电机驱动电路有故障，在不通电时测得 12 只达林顿管中有两只 c、e 极间击穿（IN6045，IN6042）。换上两只新管，机器工作正

常。

故障例 13: 固态继电器损坏

故障现象: 转盘样品取样器不工作。操作主机; 主机显示操作程序, 说明主机工作基本正常。

分析与检修: 首先排除采样器与主机连线接触不良, 然后用 99 程序测试, 按 Proc 键, 屏幕上出现一个大菜单, 按 99, 再按 Enter 键, 此时又出现一个菜单, 按 3 键, 采样器不动作, 按 1 键时, 取样探头动作一次, 按 2 键时, 取样探头连续动作, 按 Stop 键停止动作。这说明采样器有故障。

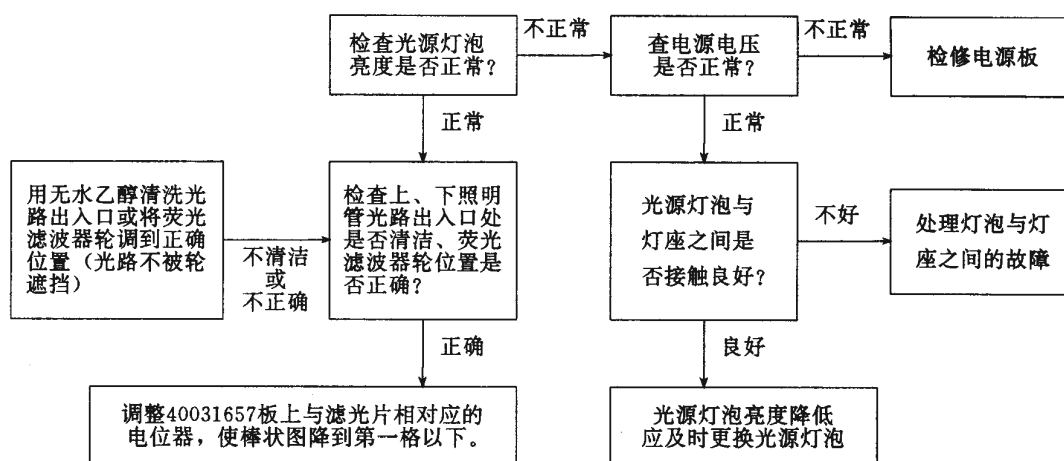
打开采样器外壳, 检查采样器机械部分, 未发现故障, 当通电按 3 键时, 测量固态继电器上无 220V 电压, 电机不得电, 故判断固态继电器坏。更换一只新继电器后, 采样器工作正常。

二、贝克曼 ENCORE-II 型生化分析仪故障检修 16 例

故障例 1: 棒状图高

故障现象: 棒状图高。

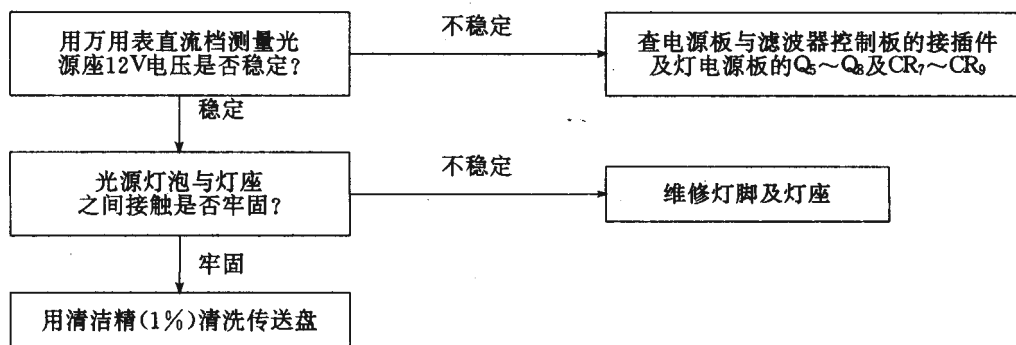
故障检修: 棒状图是该仪器测量的吸收率在监视器上的直观反映, 做空白噪声检测时如棒状图高度超过标定的第一格, 测量结果就不准确。出现该故障现象, 可按如下检修程序检修:



故障例 2: 棒状图不稳定

故障现象: 棒状图不稳定。

故障检修: 当棒状图忽高忽低时, 仪器无法测得正确的结果。出现该故障现象, 按如下程序检修:



故障例 3: 仪器死机

故障现象：仪器死机。

故障检修：仪器出现死机现象，主要原因有：1. 机器过热，环境温度过高；2. 系统或数据软盘信息丢失或损坏；3. CPU 板或 ROM 板等与母板之间接触不良。

故障例 4: 无棒状图

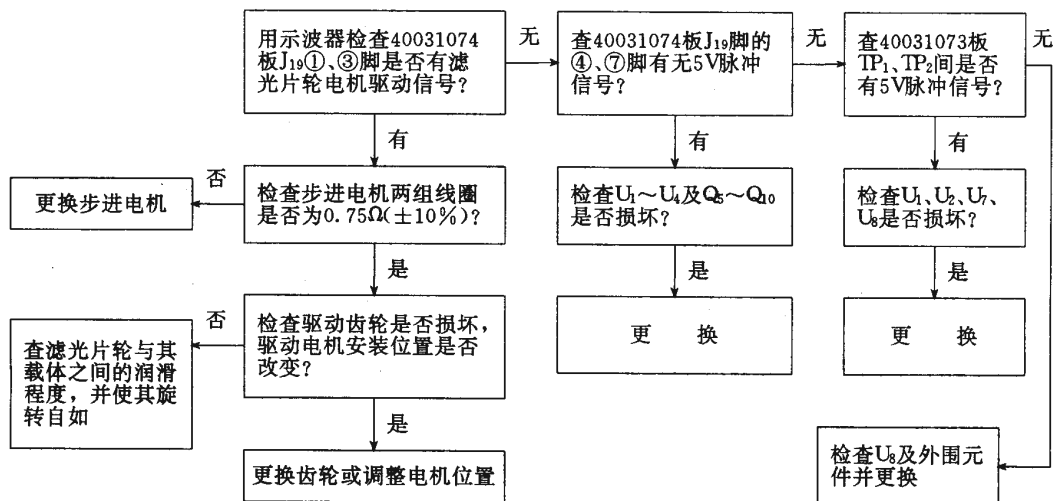
故障现象：无棒状图。

故障检修：出现此现象，主要原因有：1. 40031071 板电源未加上；2. 该板 Q_1 或 Q_2 有故障；3. 光电倍增管及输出线有故障；4. PMT 装置与分析板之间的扁平电缆未接好。

故障例 5: 旋转滤光片不到位

故障现象: 旋转滤光片不到位。

故障检修：在机器检测样品前，仪器本身做自检工作。如出现自检不通过并显示“FILTERFAULT”字样，说明旋转滤光片不到位，可按如下程序检修：



故障例 6: 加样器采样臂不到位

故障现象: 加样器采样臂不到位。

故障检修: 加样器采样时易出现走不到传送盘上的现象, 其主要原因有: 1. 样品臂驱动齿轮不清洁; 2. 用于样品臂定位的红外线发射、接收管或其电路有故障; 3. 样品臂定位片位置不对。

故障例 7: 光路脏污

故障现象: 在做空白检查时, 荧光屏上显示的检测峰有部分闪动, 测试数据超出正常范围, 调节 Optical Clock PWB 上的电位器 R5 效果不明显。

分析与检修: 此故障是因测试光路脏、光强度减弱引起的。

此种情况, 首先检查光源灯泡电压是否符合规定数值 (灯泡为 12V、100W), 必要时可进行调整, 同时可更换新的光源灯泡, 如果效果还不明显可清洗光路各部, 并对各波长的电路控制进行校正, 主要调节 R₅ 和 PMTPOTPWB 上各波长相应的电位器, 参照下表调节:

Position Wavelength (nm) Pot

A	292	R ₁
B	340	R ₂
C	405	R ₃
D	Blank	R ₄
E	450	R ₅
F	420	R ₆
G	500	R ₇
H	520	R ₈
I	550	R ₉
J	580	R ₁₀
K	600	R ₁₁
L	620	R ₁₂
M	650	R ₁₃

通过反复调节, 故障即可排除。

故障例 8: J₁₉ 插头接触不良

故障现象: 在荧光屏上时而显示滤光片错误。

分析与检修: 造成这种故障主要是 MOTOR DRIVER PWB 上的 J19 插头接触不良, 发热过度并开始碳化引起漏电, 导致步进电机工作不稳。

如遇此故障, 若无新件可换, 可将连线剪断, 直接将各线焊接在插座上, 此法不仅可排除上述故障又能解除仪器的后顾之忧。

故障例 9: 微型继电器 K₂ 损坏

故障现象: 开机后, 当仪器显示 “PressONKey” 时, 压 “ON” 键无效, 不能进行下一步工作, 时而间隔一定时间又可进行, 软盘指示灯也不亮。准备关机时, 压 “Standty” 键也

无反应。

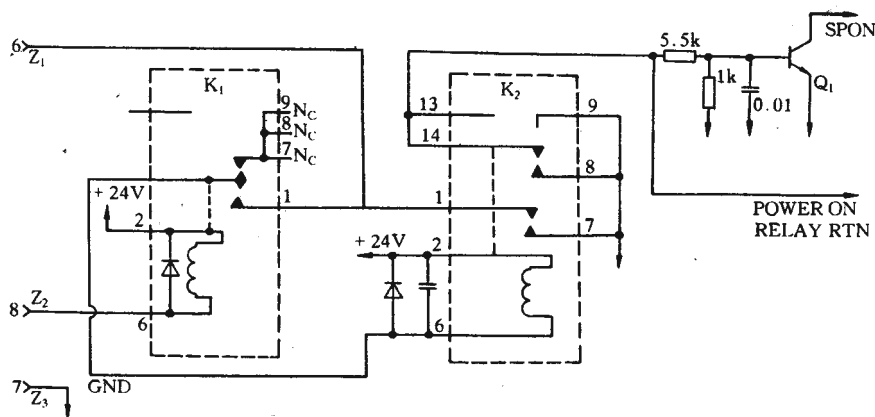


图 6-2-6 部件连接图

分析与检修：此故障是 Keyboard Interface PWB 上的 Kz (191TE2AI-24L) 微型继电器⑭～⑧，①～⑦两组接点工作状态不良，时而闭合，时而断开所致。

该零件的连接见图 6-2-6 所示。

如果出现上述现象，最好更换新件，若无新件更换，可用一单刀单掷开关代替某一组接点。

若代替①～⑦这组接点，当荧光屏上显示“Press ON Key”时，就接通开关，在停机时再将开关断开，仪器立即进入“Standty”状态，然后即可关机。

故障例 10：CPU 板到横向臂的控制线折断

故障现象：在 PipetiorP-100 系统中，也经常出现吸液臂抖动，臂抬不起来，显示器显示 U68，压“ClearErrorKey”和“HomeKey”无效等现象。

分析与检修：这些现象原因是从 CPUBoard 引出的插座 P10 到横向臂 (LateralARMS) 的连接线折断所致。需重新焊接即可消除，并将其根部焊接处套一塑料套管，以加大转折角度来延长使用期。

故障例 11：测温热敏电阻回路开路

故障现象：屏幕一直显示 TEMPLOW (即温度低)，用温度计测转盘内的温度已超过设置值。

分析与检修：因盘内温度上升，说明加热器工作正常，产生此故障的原因可能为：1. 热敏电阻失效，造成电桥输入一直不平衡；2. 温度控制电路故障。温度控制的原理见图 6-2-7 所示。

首先测温度控制板热敏电阻输入端两极间的阻值 (正常时应为 2k 左右)，此时为无穷大，即热敏电阻开路，拆下转盘可见热敏电阻已破，换上新的热敏电阻，再测控制板 RT 间阻值仍为开路。因安装在转盘上的热敏电阻是经碳刷至中间连接板再与控制板相连，检查此部分连线，发现转盘上热敏电阻一输出脚至碳刷的输出线端开路。恢复接线，测 RT 间阻值正常。

通电试机，屏幕温度显示正常，对温度控制板进行调试后，使屏幕显示的温度值与实际温度相符。

故障例 12: A/D 转换器 (ADC-120) 损坏

故障现象: 仪器开始工作正常，30min 后屏幕上无吸光度峰值显示。停机一段时间后再开机，上述故障重现（即 30min 左右重现故障）。

分析与检修: 可造成吸光度无显示的原因有：1. 光源无；2. 滤光轮位置不正常（即不到位）；3. 光电倍增管无输出；4. 模拟部分无输出等。见图 6-2-8 所示。

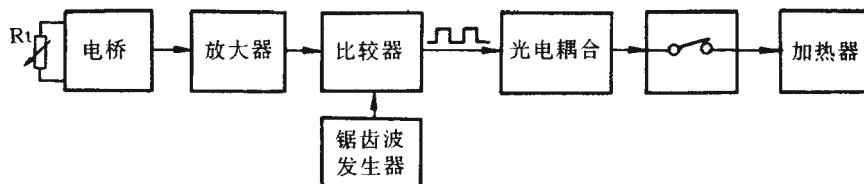


图 6-2-7 温度控制原理图

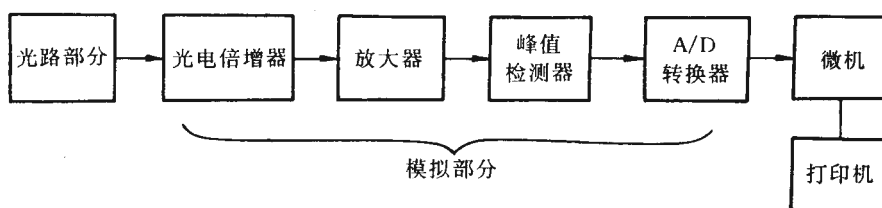


图 6-2-8 模拟原理框图

此故障为仪器工作 30min 后发生，估计为某元件发热后工作不正常。采用加热法促使故障出现，察看光源正常；测光电倍增管的输出波形正常，由此可排除 1、2、3 几种可能，即故障定在模拟部分。测放大输出、峰值检测电路输出均正常，A/D 转换输入正常，但无输出，即 A/D 发热后工作不正常。更换 A/D 转换器（ADC-120）后，仪器工作正常。

故障例 13: 保险丝 F_4 和继电器 K_4 损坏

故障现象: 清洗转盘时不供水。

分析与检修: 产生此故障的原因可能为：1. 加水泵坏；2. 控制电路故障；3. 微机未输出控制信号。见图 6-2-9 所示。

拆开仪器后盖板，当仪器进行清洗时，泵不工作，测其输入无电源，测微机输出的 FLUSH 信号正常，而所对应的发光二极管不亮，检查控制板，发现该路的保险丝 F_4 及继电器 K_4 已坏。换此两元件后供水正常。

故障例 14: 温度传感器损坏

故障现象: 仪器开机后, 屏幕比色槽温度显示处显示高温 (TEMPHIGH), 而此时比色槽实际温度为室温。

分析与检修: 从故障现象分析, 故障出在比色槽温度控制电路中。经检查控制电路测试电压正常, 将比色转子取下试将一近 $5\text{k}\Omega$ 电阻并在比色槽温度控制板 (Temperature Control Board) 联接温度传感器处 (电路板标示 TR 处), 如此时屏幕有温度显示说明该电路板功能正常。取下试验电阻, 用万用表测量比色转子上温度传感器两端直流电阻, 此时测得电阻值近 $1\text{k}\Omega$, 判定为温度传感器损坏。更换上专用温度传感器 (TEMPSENSOR, 部件编号 066113-000) 故障排除。若一时无法得到专用温度传感器可采用以下方法: 取小型玻璃热敏电阻规格为 $2.5\text{k}\Omega/25^\circ\text{C}$ 、 $8.4\text{k}\Omega/0^\circ\text{C}$ 。将其改装后装入原先的温度传感器套子中用硅胶封闭, 注意保持内部干燥。安装完毕将比色转子装上, 用专用温度计置比色槽中调整电路板上电位器 R_2 、 R_{11} 和 R_1 使其温度分别为 25°C 、 30°C 和 37°C 。用此方法换温度传感器, 仪器使用半年多来效果良好。

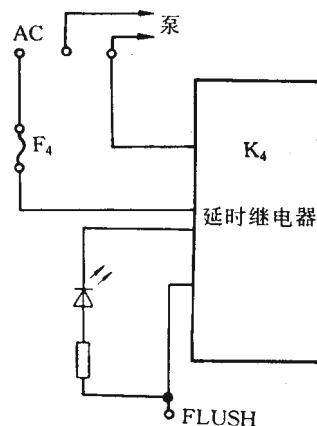


图 6-2-9 输入信号图

故障例 15: 风动开关未打开

故障现象: 仪器开机 30min 后, 屏幕比色槽温度显示处仍显示温度低 (TEMPLOW), 打开仪器盖板不见有热风吹出。

分析与检修: 从故障现象分析, 故障出在仪器浊度控制部分。经检查电热器阻值正常, 风扇也正常。检查中发现, 在热气通风管道中的风动开关未打开, 用手动使其打开后该故障排除。如仪器使用长久而不及时清除通风口滤网上的灰尘, 可使风力下降也会发生上述故障。用轻质铝片剪成适当大小, 粘合在风动开关的挡风片上增加挡风面积, 使风动开关能有足量力度打开。上述装置经改进后再无类似故障出现。

故障例 16: 排空阀 L_3 阻塞

故障现象: 每次项目测定完毕, 后取出加样转盘, 在比色槽处总有积水。

分析与检修: 从故障现象分析, 故障出在仪器水、气系统。当每次项目测定完毕仪器应自动清洗、排空, 使比色槽保持干燥。打开仪器后盖, 检查水、气电路板 (Hydropneumatic Driver PWB) 在仪器清洗排空过程中各输出电压情况。经检查发现高压、排空、真空等电磁开关均有 110V 电压输出, 各相应电磁阀也有动作, 此说明电路基本正常。在检查气路中发现高压阀 (L_2) 和排空阀 (L_3) 上端均有高压, 而排空阀下端在电磁阀动作时无气压输出, 因此判定为排空阀阻塞。由于排空阀阻塞, 导致排空压力不足使比色槽积水。将排空阀 (L_3) 取下, 换上同型三通电磁阀 (3-Way Solenoid Valve, 部件编号 15100253-000) 即可排除故障。也可将该电磁阀经清洗、疏通修复后再使用。

三、贝克曼 SYCHRONCX5 大型全自动生化分析仪故障检修 3 例

故障例 1: ALK 蠕动泵出口处的过滤网在检修时错误地安装到入口处

故障现象: 终端显示“CO₂ CalibrateFailed”(定标失败)。

分析与检修: 通过离子定标报告得知定标失败是由于 SPAN 所致。CO₂ 的 SPAN 值要求 ≥ 450 , 而定标报告是 43, 相差较多。SPAN 值低说明 CO₂ 电极的灵敏度低, CO₂ 电极灵敏度低可能是由以下几个原因: 1. CO₂ 电极性能变差; 2. CO₂ 电极膜弹性变差; 3. 碱性液使用时间较长, 而被中和使其碱性变差; 4. 室内温度变化较大; 5. CO₂ 电极管路堵塞, 造成 CO₂ 碱性液流量小而影响 SPAN 值。依据以上几个可能的原因分析如下: CO₂ 电极膜是刚刚换的, 而且室内温度是稳定的, 碱性颜色粉红说明可用。排除了以上几个原因, 最后怀疑 CO₂ 电极管路堵塞, CO₂ 电极是玻璃电极, 有一进液口和一出液口, 流过电极头的液体酸碱度改变形成电位差, 如果电极头堵塞, 那么流过电极头的碱性液流量减少, 使电极检测到的电位差值很小, 造成 SPAN 值低。

拆下 CO₂ 电极头, 发现电极膜内有红色的细小颗粒, 拆下电极膜, 发现电极头的进液管和出液管有红色颗粒堵塞, 证实上述的分析是正确的。那么这些红色颗粒是从哪里来的呢? 仔细观察, 发现 DEBUBBLER (去气泡器) 中也有此红色颗粒, 沿着管路向前查找, 发现 ALK 蠕动泵出口处的 INLINE-FILTER (过滤网) 装在了入口处。由于碱性液蠕动泵是每分钟都在转动, 所以蠕动泵管磨损也特别厉害。那些红色细小颗粒即为蠕动泵管被磨损下的颗粒, 正是由于这个原因才在蠕动泵管的出口处装上了过滤网, 以过滤磨损下的细小颗粒, 将过滤网装在了入口处根本起不到过滤作用。处理方法是: 用蒸馏水清洗过滤网、去气泡器、管路和电极头, 并正确安装过滤网。再重新定标, 顺利通过。至此, 故障彻底排除。在此提醒保养维修人员在清洗过滤网和更换蠕动泵管后, 一定要正确安装。

故障例 2: 检测样品针旋转的光电传感器性能不良

故障现象: 终端显示“MotionError: SampleProbeRotate”(样品针旋转错误), 样品针和样品搅拌棒相撞, 并且此故障时有时无。

分析与检修: 样品针的旋转是由光电传感器来定位的, 位置是由电脑的调试程序来调整的。终端显示“样品针旋转错误”, 刚开始怀疑是由于样品针长时间转动造成他的定位螺钉松动, 致使定位不准。这样, 通过诊断调试程序来重新调试样品针的位置。调整方法如下:

- 在主屏幕下按 F4 键, 进入特殊功能菜单
- 移动光标的 3 项诊断/调试项, 按选择键并按“Y”
- 按 F2 选择调试方式, 按“Pre Screen”键
- 移动光标到样品系统, 按选择键
- 移动光标到样品针旋转系统, 按选择键

进入样品针旋转调试程序, 按照电脑终端所示步骤调整即可。调试完毕后, 退出调试程序回主屏幕。开始作样品, 过几分钟后, 又出现“MotionError; SampleRotate”并且样品针向内旋转撞向样品搅拌棒。按“HOME”键使样品针归位, 再重新作样品, 过一段时间故障依旧。排除了上述原因, 怀疑样品针的电机驱动板不良。CX5 的电机驱动板共有 5 块, 而且这 5 块驱动板是一模一样的。驱动样品针的板是第 2 块 MSC1 板, 而第 3 块驱动板 MSC4

板功能未全应用。将这两块板互换，结果故障依旧。至此，怀疑检测样品针旋转的光电传感器性能不良，造成故障时有时无。由于没有这种传感器，将试剂针的传感器拆下和样品针互换。结果，试剂针发生同样故障。可以肯定，样品针上的光电传感器性能不良。通过贝克曼公司维修站换了一个传感器，故障彻底排除。

故障例 3：样品针的头部有轻微弯曲

故障现象：在作样品时，屏幕显示：“WaterBlankFailed”（水空白失败）。将反应杯取出擦干净之后，作一段时间样品后再次水空白失败，而且时间长短不定。

分析与检修：读水空白失败的原因是由于反应杯较脏，造成反应杯透光率下降。当低于某一值时反应杯被电脑确认不可以再用而显示“Water Blank Failed”。在主屏幕下按 F8 键，再按 F6 键就可以观察到所有 80 个反应杯的透光率。如果 80 个反应杯的透光率都低于极限值，那么说明光源或者是光路以及后面的检测电路、信号处理电路（包括光电转换器、LOG/ADC 板、MAC 板等）故障。通过观察 80 个反应杯的透光率，发现只有几个反应杯的透光率低。说明电路部分无故障。CX4 读水空白是在清洗站的第 3、4 号针位置。3、4 号针的作用是吸走 1、2 号针所加的清洗液，然后再加入去离子水。这时在反应盘的旋转周期读水空白。那么，只在水气路部分查找此故障。造成故障的原因可能有：1. 反应杯破碎；2. 样品针或试剂针尖部弯曲，将样品或试剂喷射在反应杯壁上，不易被清洗掉；3. 清洗站的 1、2、3、4 号针不在反应杯的中央，反应的废液不易被清洗掉；4. 水气路部分故障，真空度不够，废液和洗液吸不净。

在 Standby 状态下将反应盘取出，观察每一个反应杯的壁上，没有发现破碎的反应杯，杯底部没有残留的废液，说明水气路部分没有故障，真空度是够的。发现几个反应杯上有附着物，将其用棉签擦掉后把反应盘装回。那么，造成反应杯壁脏的原因是什么呢？观察发现样品针的头部微微向反应盘中心位置弯曲。将其顺直，正好对准反应杯中心位置即可。清洗站 6 号针均不在反应杯中央，通过诊断/调试程序将其调到反应杯中心位置。把清洗站的 5、6 号针上的反应杯橡皮擦更换，并且使其对正反应杯中央。经过这样处理后再制作样品，至今未出现“水空白失败”。故障得以彻底排除。至此，可以证实造成此故障的原因是样品针头向一侧弯曲将样品注射在了反应杯壁上，而清洗站的清洗针位置又不在反应杯的中央，造成反应杯壁不易清洗干净，使透光率下降，造成仪器检测水空白失败。

四、贝克曼 DU 型自动生化分析仪故障检修 1 例

故障例 33：电源板上晶体管 Q₂ 损坏

故障现象：接通电源，该机不能进行自检，自检显示窗出现“VISBLESOURCEFAIL”的故障提示信息。

分析与检修：经查 DU 机的维修手册知，自检窗出现的故障提示信息，提示可见光源故障。

1. 检查光源灯是否损坏，拆下该灯，用万用表检查，该灯是好的。又对供给光源灯的灯电压进行检测，该电压为 0V，正常值应为 11V 左右。电源板的 6A 保险管也没有熔断。

2. 经过上述常规检查，分析故障可能是在电源板上或是在控制电源板的中心控制板上。因为电源板电路的工作是由来自中心控制板的输出信号（VISEN1.15 端）启动，此信号关闭

电源板上晶体管 Q_2 ，通过 Q_2 的 e 极在电源板的控制集成块 U_1 的 DT 端产生一个启动信号。

3. 从 Q_2 的 b 极断开电源板和中心控制板，用示波器测量中心控制板的输出信号（VISEN11.5 端），从示波器上观察，该信号是正常的。所以可以排除是中心控制板信号异常而引起的故障。

4. 进行了上述 3 部分的检查，可以确定故障就在电源板上。用示波器观察 Q_2 的 e 极，发现 Q_2 的 e 极持续一个高电压，怀疑 Q_2 有故障，焊下 Q_2 进行测量，发现 Q_2 已损坏。该管 2N3904 在市场上买不到，经查手册，可用国产管 BC546 代换，换上该管，机器正常工作。

第二节 美国核电子（ELECTRONUCLEONICS INC）

公司美国 IL 公司生化分析仪故障实例

一、核电子公司 GEMSTARTM 型自动生化分析仪故障检修 11 例

故障例 1：过零触发集成电路 CA3058 损坏

故障现象：仪器的分析仓不升温，打印出“TEMERROR”报警，仪器不执行任何操作。

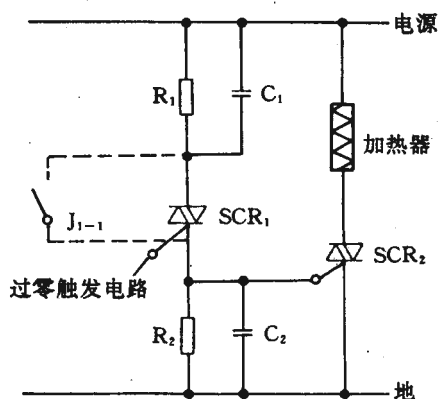


图 6-2-10 温度控制部分电路图

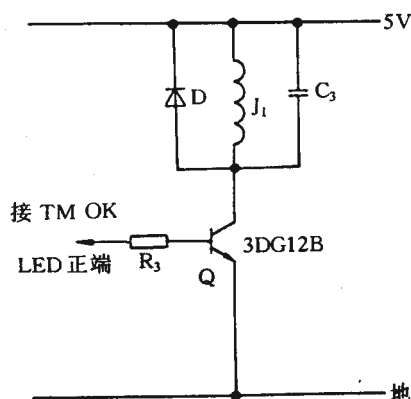


图 6-2-11 温度控制电路图

分析与检修：经检查发现，分析仓不升温的原因是控制加温元件的可控硅 SCR_2 不工作，见图 6-2-10 所示，而加热元件是好的； SCR_2 不工作是由于驱动它的 SCR_1 不工作，根源在于一片 CA3058 过零触发集成电路损坏。此元件一时又难以买到，只好另选别的办法。如果人为地短接 SCR_1 后分析仓升温达到 37°C 时，仪器面板上的 Temperature OK LED 指示灯点亮，当分析仓的温度超过一定的温度或低于一定的温度 LED 灯都会熄灭，这说明温度测量与指示电路良好，由此另设计了一套温度控制电路来代替原控温电路，见图 6-2-11 所示。

新增设的电路是将原仪器的测温显示信号引出做开关电路的控制信号。加温初期温度低于 37°C ，LED 不亮，其正端为低电平， Q_1 截止，继电器 J_1 不工作，其常闭触点 J_{1-1} 接通，

使 SCR₂ 触发导通, 加热器得电工作, 分析仓升温, 当温度达到 37℃ 时, LED 点亮, 其正端为高电平, Q₁ 导通使继电器 J₁ 动作, J₁₋₁ 断开, SCR₂ 截止, 加热停止, 通过这个新电路的控制将分析仓的温度控制在 37℃ ± 0.1℃, 符合生化反应的要求, 仪器工作正常。

故障例 2: 滤光片轮盘上磁敏定位传感器损坏

故障现象：滤光片轮盘定位失灵（NOHOMEPOSITION）报警，滤光片轮盘久转不停选不到预定波长的滤光片，仪器不能工作。

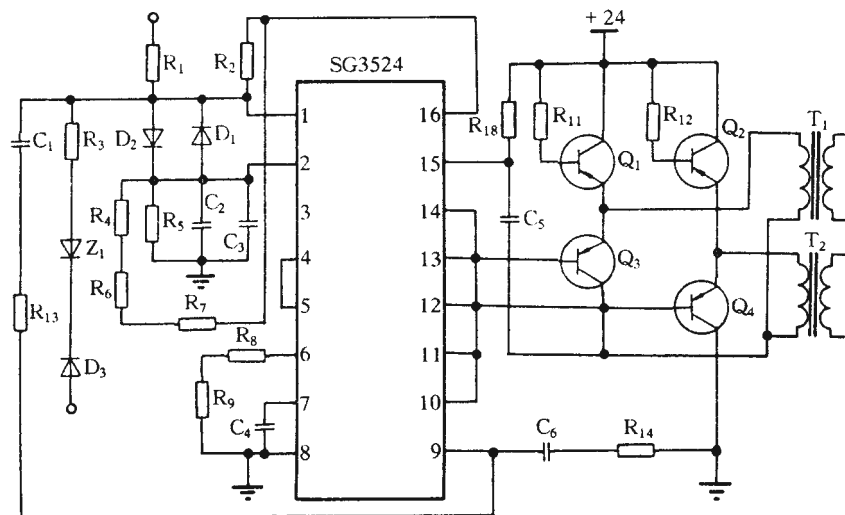


图 6-2-12 低压部分原理图

分析与检修：经检查是滤光片轮盘上用于磁敏定位传感器的高强度磁钢脱落并且丢失。磁敏开关元件已经损坏，在无法搞到原型号元件的情况下，设计了一个光敏传感器控制电路来替代原磁敏传感电路，所用元件少，费用不多并且获得了较高的灵敏度，使这台停用近半年价值万余美元的仪器重新投入了临床检验。

新增设电路见图 6-2-12 所示。本电路中采用两级放大电路来实现光电控制。电路的工作原理为：当滤光片轮盘上的挡光板转至光敏传感器槽内，S 端电流 I_s 近于零， Q_1 基极电位为低电平， Q_1 截止，电源 $E_c (+15V)$ 经 R_6 和 R_{43} 降为 5V 左右为逻辑高电平，再经 RAM I/O 送至 CPU 去控制滤光片轮盘电机动作，当滤光片轮盘挡板转开， I_s 随之增大，则在 R_2 上将有 1.22V 的压降， O_1 、 O_2 导通， V_o 为低电平（约为 0.3V），实现了状态翻转。

在实际制作是挡光板要比光传感器开口宽出 0.3mm，这样加上光传感器开口宽 1.9mm，定位宽度大约为 1.5mm 左右，比原磁敏元件定位宽度 1.3mm 要准确一些，光束可最有效通过滤光片中心位置；另外 Q₂ 要选择穿透电流尽可能小的，以保证 V₀ 有可靠的状态维持。新增设的电路焊在一块印刷线路板上，安在机内空余地方。

故障例 3: 无温控指示或温度不符 37℃

故障现象：开机后十几分钟，没有温控指示或温度不符 37℃。

分析与检修：关掉电源，拔下电缆线，打开仪器上盖，重新通电，观察电源板上温控加热指示灯 DS₅ 是否亮？若亮，则用手触比色杯架是否热？若热，则过十几分钟，看 DS₅ 是否有交替亮灭过程？若有，看温度是否为 37℃？若是，则判断为屏幕指示灯坏，实际温控正常，应更换指示灯。

若 DS₅ 始终不亮，且比色杯架不热，则按温控电路查电源板上的元件 CA3058、4N33、T27KB 及 24V 电压是否正常。如查出是哪个元器件损坏，更换即可。

CA3058 可用 CA3059 代替，但 T27KB 一定不要用普通三极管代替，否则 37℃ 控制会不准。

故障例 4：水试验通不过，显示故障码 E01、E96 及 E97

故障现象：仪器水试验通不过，屏幕显示 E01、E96 及 E97。

分析与检修：1. 由于仪器使用时间长，滤光片受潮发霉，尤其是紫外波长 340nm、405nm 和 500nm 的滤光片，影响了透光度。应取下滤光片轮盘，用丙酮及软质物擦拭滤光片，重点为 340nm 滤光片。若不行，要更换损坏的滤光片。更换滤光片时，应注意不要损坏其他滤光片，选用的以能粘住为度的胶水，以便下次更换时能顺利取下。

2. 因比色杯光面受损，影响透光度，应更换新比色杯，重新进行水试验。

3. 光源灯长时间使用老化，应更换。更换时，不要用手触灯泡，以免油污污染灯泡，造成局部过热而损坏。

4. 还有几种特殊情况也有影响。如 F₆、F₇ 通电就熔断，使 ±15V 电压不正常。这时应打开密封盒，检查前置放大部分的电容 C₄、C₅、C₆、C₇ 是否击穿。如有击穿的，更换新品即可。还碰到过一例是 CPU 板上金属封装的 LM356 损坏而使水试验通不过的，更换新品即可。

5. 如以上各种方法未排除故障，则应更换 CPU 板上的 3 片 8155，即可排除故障。

注意更换各元件时，不要带电操作，也不要弄错方位，否则容易损坏其他关联元件。

仪器不宜长期闲置不用，应经常通电。仪器应在干燥无灰尘的环境中使用。做试验时，应注意不能让试剂溅到滤光片上腐蚀滤光片。定期冲洗过滤网，保证仪器内无灰尘。

故障例 5：仪器时好时坏，测试值重复性差

故障现象：1. 机器性能不稳定，测试值重复性差；2. 在显示器出现故障时，关闭电源、启动电源还会出现短时间工作，随之又重复前面故障，随后 +5V 指示灯发暗，再测电压只有 IV 左右。空载通电试机 +5V 又正常，加上负载后又重复上述故障，更换稳压管 S150/M232K 和旁路电容 4700F/50V 元件，原故障仍未排除。

分析与检修：在没有线路图的情况下，了解机器性能，熟悉工作原理，是检修人员首先应该完成的工作。

GEMSTAR 生化分析仪是一种小型血液生化分析仪器。配有独立的打印机，可打印出全部测量结果，显示屏可显示字符和测定结果。但有全自动和半自动区分。

该仪器检测原理与普通光电尝试浓度比色计相似，由于采用微型计算机技术实现测定自动化，提高了精确度和运算速度。该机由 3 部分组成：分析测定样品的主机；撞针式打印机和一些用来加入样品试剂附件及震荡混合器。其电路数据微处理，电源整流板、整流稳压板

和数据电路组成。

主机正面有字符显示器和操作键盘，右侧是进样器，中间有一个可移动的带槽格架，用电机通过脉冲电压驱动格架左右移动。架的底部装有加热器，旁边有一个震荡式混合器。光源通过透镜和比色杯照射在滤光片上，射出单色光经聚光镜聚在光电管上，光电管与前置放大器密封在仪器前部的铁盒中，面板设有各种操作按键。

具体检修过程如下：

1. 电源电压调整板上有 5 个指示灯为红色发光二极管，代表着各电路需电压的指示。在出现显示故障时+5V 指示灯不亮，其他几个指示灯均为正常。应检查电源供给电路一整流稳压电路。根据时好时坏现象应检测是否有元件损坏，同时软故障也不能排除。

2. 首先用旁路电阻、电容和二极管元件，采取代用法观察稳压板电路各电位变化情况以缩小故障范围，但通过检测证明故障不在稳压电路中。应将检修目标缩小至整流电源上的主要元件。

3. 改用“点电位”测试法，方法是用万用表直流档接桥式整流输出端，观察电位变化，开机 20min 后电压出现波动，而后瞬间电压消失，立即用万用表交流档测变压器输出端电压值仍正常，说明故障在桥式整流电路中，主要元件为 PCK10F ED18505 整流桥，外形为扁圆状中间有一个小孔，有 3 个接线端子，其中小孔用螺钉固定在机架上，并与电源负 5V 输出端连在一起，该元件目前国内市场买不到，选用国产全桥代替，耐压要选足够值的产品，中间有一圆孔做固定用。安装方法是全桥负极一端剪掉。中间圆孔用螺钉固定在机壳上作为接地用，将变压器输出端接桥的，正负极成为半波整流电路，通电考验 2h，机器工作正常，实践证明只要耐压满足条件，半桥整流同样能满足电路需要。

4. 测试指示重复性差的检修步骤：

在电路各电压值均为正常的情况下，应着手以下三种方法：其一、检修脉冲式混合振荡器，调整小锤与试管架的合适距离，调整中心须注意传感器定位板不能与其他部件接触，以防短路损坏电路元件；其二、擦洗有色光片上的油污和灰尘，增强聚光透明度以提高稳定性和灵敏度；其三、注意选用合格的试杯，选用近期出口的新试剂。根据实践中经验，只要做到以上三点并注意正确操作，在电路正常的情况下，就能排除重复性差和测值不准确的故障。

故障例 6：水定标通不过

故障现象：水定标通不过。

分析与检修：水定标通不过，就不可能测定任何样品。此故障可能有几种原因：1. 比色杯不干净，换个新杯子；2. 透镜或滤光片脏，进行清洁处理；3. 光源灯老化，换新灯泡（8V 20W）；4. 光电管或前置放大器故障；5. 微处理器控制电路故障。着重检查几个线性放大器 U_{42} 、 U_{43} 、对数放大器 Z_2 和 A/D 转换器 U_{46} ，即可排除故障。

故障例 7：水定标能通过，但不能测定样品

故障现象：水定标能通过，但不能测定样品。

分析与检修：如果所用试剂正常，样品浓度也没有超出范围，那么这个故障多发生在混和器上。样品与试剂没有充分混合，必然导致测量吸光度超出仪器所能接受的范围。由于水定标不需混合，所以混合器的损坏不影响水定标。常见故障原因有：1. 混合器的供电保险

丝熔断。在来自微处理器电路板的混合器驱动信号线上，有一个红色塑料管，里边是保险管（个别仪器上没有这个保险管），经常有熔断现象；2. 混合器已坏；3. 混合器敲击棒折断或松动；4. 混合器位置失调；5. 混合器控制电路故障；可主要检查接口芯片 U_{30} 和缓冲器 U_{29} 。

故障例 8：仪器不能自动运行

故障现象：仪器不能自动运行，表现在仪器显示混乱，不执行输入给它的指令或比色架、滤光片轮发生误动作等。

故障检修：此故障应着重考虑中央微处理器 8085A 和几个只读存储器 EPROM 片子的故障。EPROM 可以用空白的 2732 型存储器通过程序复录仪从正常 Gemstar 生化分析仪的 EPROM 片于上进行复制。

故障例 9：随机存储器 RAM 损坏

故障现象：仪器不能储存所输入的参数。

故障检修：仪器在不关机的情况下，也不能保存操作人员输入的标准值、编组内容、各通道参数等数据。此故障是微处理器电路板上的随机存储器 RAM 损坏，用新品更换，故障即可排除。

故障例 10：比色架起始位置改变

故障现象：比色架起始位置改变。

故障检修：仪器在按过复位键或一个操作程序完成之后，比色架将自动回到起始位置，起始位置改变将影响仪器正常工作。这个起始位置实际上由一个霍尔元件确定。测定样品时，步进电机将按微处理器所规定的步数运行，使每一个比色杯中心与光路中心（光轴）相一致。所以，起始位置准确与否，影响着所有比色杯进行光路中进行比色的位置，影响着测定结果的准确性。检查比色杯起始位置，最好用生产厂家的专用调整工具。没有条件的单位可以用测量方法：按过复位键后，光斑的中心点距左数第 6 个比色架格子的左内壁 92mm 远（距右内壁 104mm 远）。

故障例 11：仪器运行过程中有较大响声

故障现象：仪器运行过程中有较大响声。

分析与检修：仪器在进行样品与试剂的混合时，会有较大的敲击声，那是正常的。但在比色架左右移动时发出较大的声响，则一般是比色架滑动导轨缺油、不平滑所致。一般涂些润滑油就能排除。有些时候，一次所测定的样品不足 12 杯时，由于比色架后面几个格子内没有比色杯，那么放于仪器内的比色杯夹子就会随着比色架的移动而摆动，极易损伤仪器并发出碰撞声。因此，无论一次测定样品多少，第 12 个比色架格子内一定要有比色杯，才能使夹子稳定。

二、美国比公司 IL-508 型自动生化分析仪故障检修 8 例

故障例 1：氯旋转杯驱动电机碳刷损坏

故障现象：开机做校验时，CRT 显示屏上出现“FAULT 31SPINOUTFAILURE-CL”（错

误 31: 氯旋转杯转动错误)。每当出现这一错误信息时, 整个分析系统都不能继续进行工作。

分析与检修: 据该机资料介绍, 氯旋转轴与 24V 直流电机转轴由橡胶质联轴器连在一起, 假若电机或有关控制电路有故障, 则旋转杯不会转动。开机检查电机有无 24V 电压供给, 检测结果正常, 说明控制电路是好的。再测电机线圈阻值, 发现其呈开路状态 (正常值应为 10Ω 左右)。将电机拆开, 发现其中一碳刷已严重磨损, 无法再用。因无备用碳刷, 只能找一体积较为接近的碳刷按原来 $3\text{mm}\times 2.5\text{mm}\times 2\text{mm}$ 的规格进行加工, 并用无水酒精清洁电机转轴, 复位后试机, 旋转杯恢复正常运转。

故障例 2: 生化部分的传送臂卡死

故障现象: 生化部分的传送臂在校验、测定过程中, 时常出现运行不到位而卡死现象, 致使该分析系统无法工作。

分析与检修: 由该机资料分析得知, 该传送臂的传送工作是通过传送螺杆, 由步进电机、传送臂驱动电路和生化驱动电路控制的。由于该机生化和电解质传送臂工作原理相同, 两部分控制电路结构也完全相同。所以, 为便于尽快压缩故障范围, 可将生化、电解质驱动电路板进行互换, 只是在互换时须注意 JJ2 的 3~4 短接头只用在接通电解质, 而 JJ3 的 5~6 短接头仅用在接通生化。互换之后, 故障依旧, 说明故障出在机械部件上。经仔细观察发现, 传送螺杆末端的弹性联轴器和步进电机转轴之间装的光学编码圆盘两处相连接的地方, 均有“擦边”现象。后将联轴器和编码圆盘进行重调, 并在螺杆上加润滑油, 试机, 故障消失。在此需要强调的是, 调整编码圆盘时应将电源关闭, 使其圆盘正对着发光二极管 (光电耦合器), 而固定于机身的永久磁铁 (起始点) 可粗略地对着传送臂上霍尔效应开关, 取样针也需正对着旋转杆 (通用杯), 然后紧固螺杆末端的内六角螺钉, 否则会出现定位不准等情况。

故障例 3: 稀释针控制线折断

故障现象: 电解质部分的稀释针不动作。

分析与检修: 由该机电路图分析得知, 稀释针是由 24V 直流电机、电解质驱动电路控制的。若电机或驱动电路有故障, 都可能产生这一故障。为此, 首先对电机进行检测, 其线圈阻值与正常值相符。对驱动电路输出部分进行检查, 工作状态也属正常。于是可基本肯定故障出在控制输出到被控制部件这一环节上。经仔细查找, 发现卷轴板 (REELBOARD) 上 J133C 20 芯扁平线打折处因长期往复拉动, 使 17、18、19、20 号连线已被撕裂折断, 而这 4 条连线正好是控制稀释针电机的。经重新处理这条扁平线后, 该功能恢复正常。

故障例 4: 取样针工作时, 塑料冲针箱漏水

故障现象: 取样针工作时, 塑料冲针箱漏水。

分析与检修: 冲洗取样针的真空系统堵塞或漏气。冲洗针内、外的真空管道受阻不仅漏水也可造成样品间污染。

1. 检查真空管道是否通畅, 尤其是各个接头处是否阻塞, 可拆下管子用长针通好; 2. 如管道全部通畅, 仍有漏水现象, 应考虑塑料冲针箱内部阻塞, 可拆下塑料冲针箱冲洗。安装取样针应按要求去做。

经常检查真空系统管道的接头处, 必要时可尽早冲洗。

故障例 5: 定标时打印出的钾钠测定值为“R”

故障现象: 定标时打印出的钾钠测定值反复为“R”，表示数据超出范围。

分析与检修: 在样品通过 3 个电极时，必须经过 4 条斜形小管，由于血清内含有蛋白质和盐类，易造成小管阻塞，使样品不能顺利通过，见图 6-2-13 所示。排除方法是将钾钠和参比电极拆下，用细针将其通开，同时用蒸馏水冲洗干净，然后安装上 3 个电极即可使用。如果冲洗后，仅仅是钾或钠定标出现“R”，则应分别更换钾电极或钠电极。但钾钠定标均出现“R”时，应考虑更换参比电极。

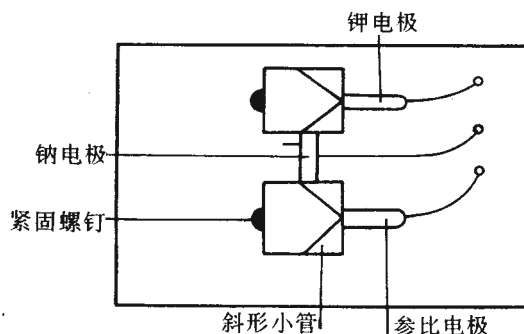


图 6-2-13 结构图

为防止斜形管阻塞，每天在关机前用仪器自带的电极活化剂活化电极，这样既能保养电极，也冲洗了斜形管，另外还需多做电极休息，抽空留在管内的液体，保证管道通畅。

故障例 6: 搅拌槽不转动或转动时声音异常

故障现象: 搅拌槽不转动或转动时声音异常。

分析与检修: 搅拌槽结构见图 6-2-14 所示。搅拌槽不转主要是由于电机绕组烧坏或定位电磁阀不工作引起，判断方法：首先打开仪器后面板，在相应电机部位（仪器共有 9 只搅拌吸液槽）找出绕组引出线，用万用表测量其电阻值，一般测量值在几百欧姆即为良好。然后，给电机加上相应电压，观察电机是否运转，可以从较低电压逐渐增加电压值。若电机仍不转，可拆下机壳，逐步由外向内检查。这种有阻值而加电压不转的情况，大部分是由于工作试剂渗入内部，引起接点部分氧化所致。只要拆下后用清洗剂清洗即可恢复运转。另一种情况是电机能运转，但加上定位电磁阀后声音异常。这种故障是电磁阀工作状态不正常造成的。在这里电磁阀用来控制电机的转与停，若电磁阀有信号输入而不工作，阀杆不向后移动，电机运转时旋转轴与阀杆碰撞，发出异常声音，时间长了会将旋转轴碰坏。这通常是电磁阀线圈断路所致。维修阀时要注意，拆卸一定要记下线圈的圈数与线径。线圈数 9800 匝，线径 0.08mm，重新绕制时使之相符。

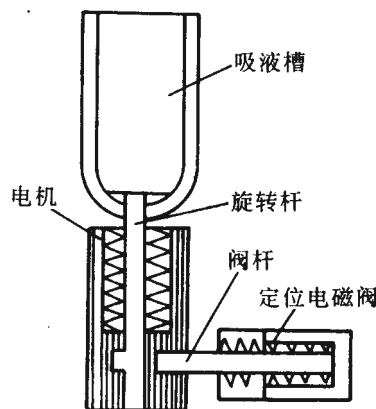


图 6-2-14 搅拌槽结构图

故障例 7: 搅拌槽定位光控开关失灵或损坏

故障现象: 工作中搅拌槽到位不停止。

分析与检修:故障是由定位光控开关失灵引起。倘若损坏或由于渗液挡住光线透射强度,则输出信号无变化,使搅拌槽到位后不停止仍向上或向下移动。此时首先将光控开关拆下清洗、烤干,在发光管上加 3V~5V 电压,观察接收管阻值是否变化,若有变化,则装回原处可正常工作;若无变化,则可用国产的红外发射、接收管替代。注意国产的管子体积会比原来器件大,需重新加工固定,否则会影响定位精度和工作状态。结构见图 6-2-15 所示。

故障例 8: 分析仪综合故障

故障现象一: 采样针不动。

故障原因: 传送臂控制线与绕线轮长期摩擦受损,使采样动作的电机电源线断开。

故障排除: 沿磨断处剪齐,重新对位压上接头后仍可继续使用。

故障现象二: 采样针不动。

故障原因: 控制采样针下降的电机,因固定基座的螺钉松动,致使电机转轴偏位,影响采样针动作。

故障排除: 将固定螺钉复位拧紧即刻纠正。

故障现象三: 采样针不动。

故障原因: 采样针上升复位的弹簧稍紧,在采样针程序下降时,受到的弹簧拉力稍大,难以使采样针下降到位。

故障排除: 用近似规格的钢丝弯成 1.5cm 长的“S”形钩,一端挂在弹簧的一头,另一端挂在原来的弹簧挂座上,延长了弹簧长度,使采样针下降受到的拉力减小。同时也确保采样针上升到位。

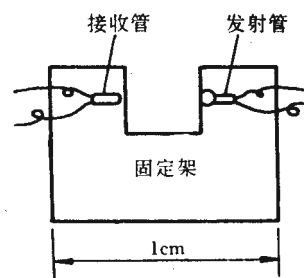


图 6-2-15 光电器件结构图

故障现象四: 传送臂不动。

故障原因: 步进电机与丝杆间的弹性联轴节上弹性钢片断裂。

故障排除: 用牙科包牙薄钢片照原样剪制,打孔,再用铆钉固定,便可修复弹性联轴节。

故障现象五: TCO2 注射器针栓不下降。

故障原因: 针栓下降的起步弹簧断裂。

故障排除: 用近似规格的钢丝自行复制便可代用。

故障现象六: TCO2 注射器内磁力搅拌铁棒不传动。

故障原因: 更换 TCO2 活塞尖时,退出玻璃针筒或组装时,难免碰及磁力铁芯,使其偏位。影响磁场磁力,使之不能很好地让铁棒旋转。

故障排除: 打开黑色磁力搅拌器盖,将磁力铁芯复位即可。

故障现象七: 更换活塞尖时,注射器针筒破损。

故障原因: 冬天,玻璃注射器针筒质脆易裂。

故障排除: 更换活塞尖时,先用 40℃~60℃ 温水预温活塞尖和玻璃针筒,然后再塞入便可避免破损。

故障现象八: 氯旋转故障。

故障原因: 比色杯转轴下的磁力止动插销失灵。

故障排除: 拆下氯程序分配器,取出磁力止动插销,清洁处理,修复止动插销复位弹簧,再组装复位氯程序分配器,故障排除。

三、美国 IL 公司 MCA 型微量生化分析仪故障检修 1 例

故障例 1: 转盘失控

故障现象: 当仪器进入分析测试状态时, 转盘一直不停地高速旋转, 仅当按面板上的 Stop 键时才停止。整机的自动分析测试中止。

分析与检修: 输入维修磁带, 测试转盘速度, 发现在加温时 (Incubate) 转盘速度 RPM 高达 4000RPM, 超过正常值的 40 倍, 因此可确定故障为转盘速度失控。电机逻辑电路控制参看维修资料。

当数字电路板提供的 RUN (分析), ACCEL (加速), TNCOB (加温) 任一为低电平引起固态继电器 U 的触点闭合, 偏压电阻接入电路中; RUN. ACCEL 接入积分电路运放 U_8 的正端使得加至 U_8 正端的偏压发生变化, RPM. SIGNAL 的脉冲宽度改变, 从而改变转盘速度。

当光敏三极管检测一个 (CUVETTE (杯) 的光孔信号时, 产生 SENSE 感应脉冲, 经 U_{10-10} 非门输出至 U_{4-12} 触发器, U_{4-12} 的 Q 端向固态继电器 U_{14-13} 提供一个 125s 的负窄脉冲 CUVETTESYNC, 使运放 U_8 的积分网络的触点接通, 这样引起积分电容通过积分电阻放电, 使 U_8 的输出接近于 0, 通过反向运放 U_9 使 MTRGATECTRL 为高电平, 借助于 MOS 场效应管驱动电机旋转。

据以上分析, 用双踪示波器检测 RPMSIGNAL, CUVETTESYNC 信号脉冲, 发现两者均无; 检测 CUVETTESENSE, 发现其负脉冲幅度非常小, 幅值仅有 -0.4V, 而正常值应为 -2.4V。这样, 已不能使 U_{10-10} 门翻转。

基于以上分析判断, 故障的原因可能有两个: 一是光孔光路出现故障; 二是光敏三极管光电转换性能变差。经进一步检查, 光孔光路正常。那么故障就出在光敏三极管了。对此, 最省事的办法是换该管。但一时无法购买到相同规格, 大小封装的管子。因此, 通过改变偏置电路电阻, 重新设置其工作点使其功能恢复。经反复计算, 试验取 $R_{30}=2k$, $R_{31}=0.1k$ 。通过这样处理后 CUVETTE SENSE 负脉冲峰值从 -0.4V 下降到 -2.4V, 符合要求。这时电机仍不受控, CUVETTESYNC 负窄脉冲仍无, 用示波器逐级跟踪, 发现 U_{14-12} 触发器有输入脉冲无输出脉冲, 更换同样规格型号 (74123) 的集成块后仪器恢复正常。经一年多使用, 效果良好。

第三节 美国雅培公司 美国泰科内康仪器集团 (TECHNICON INSTRUMENTS CORPORATION) 生化 分析仪故障实例

一、雅培公司 ABBOTTEPX 型全自动生化分析仪故障检修 1 例

故障例 1: 开关电源调整集成块 IC₃₀₁ (TDA4601A) 和开关管 Q₃₀₂ (2SC3460) 损坏

故障现象: 开机后, 屏幕无光栅, 触摸屏幕无反应。

分析与检修: 由于没有监视器的任何资料, 所以只能根据检修彩电的经验摸索修理。出现这种故障现象, 故障可能在电源电路或行扫描电路。将监视器从生化分析仪上取下, 用万用表 1k Ω 档测量行输出集电极对地电阻, 正向电阻为 5k Ω , 反向电阻为 8k Ω , 并有充放电现象, 这表明行输出电路正常, 故障可能在电源电路。将开关电源板从监视器上取下, 首先检查电源进线处的 2A 保险, 已熔断。再测量开关管 Q₃₀₂ (2SC3460), 3 个极间均短路。由于没有电路原理图, 维修难度就大了。于是根据电路板元件, 仔细地画出了电路原理图, 见图 6-2-16 所示。从图中发现, 该机系欧洲彩电机芯, 台湾生产, 采用自激并联调宽式开关稳压电源, 开关电源提供+110V、+80V、+19V、+5V、-8V 5 种电压。

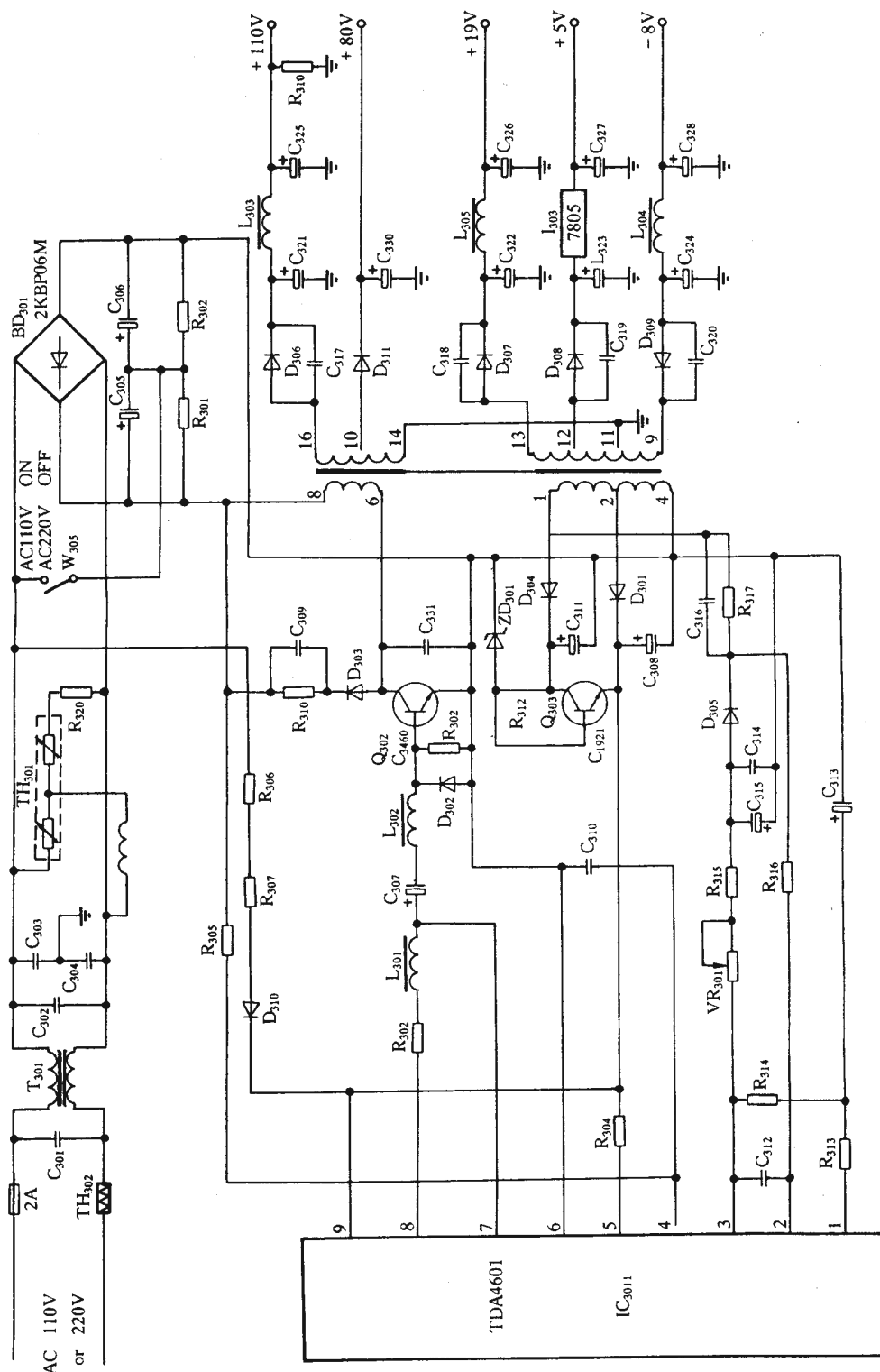
该监视器工作电压为交流 110V 或 220V, 联通 W30s 来转换。本仪器使用交流 110V, 用调压器输出交流电压 110V, 联通 W_{30s}, 换上 2A 保险和 Q₃₀₂, 在+110V 输出端和地之间接上一只 60W 白炽灯作假负载。通电试验, 白炽灯不亮, 测量各输出端电压, 均为 0V。测量 Q₃₀₂ 的 c 极电压为+300V, b 极电压为 0V。这表明开关电源整流滤波正常, 开关电源没有启振; 测量有关元件, 均未发现异常。最后怀疑开关电源调整集成块 IC₃₀₁ (TDA4601A) 损坏, 用 TDA4600P 更换, 开关电源启振, 灯泡亮, 测量 5 种电压正常。将开关电源板装入监视器, 开机光栅正常, 故障排除。

二、美国泰科内康仪器集团 RA-1000 型全自动生化分析仪故障检修 2 例

故障例 1: 晶体三极管 Q₆ (2N3725) 损坏

故障现象: 电源开关置 ON 位, 机身左侧风机运转, 光电比色单元灯泡亮, 但磁盘驱动器不工作, 整机不进行自检, 更无法进入工作准备状态。

分析与检修: 该机共设有三组电源, 第一组 PS₁ 为+5V、 $\pm 15V$ 、+12V, 分别供给各控制电路板; 第二组 PS₂ 为+24V, 主要供给 B₁、B₂、B₃、B₄ 和 B₆ 轴流风机; 第三组 PS₃ 为+7.2V, 供光电比色单元。而这三组电源均不是该机生产厂家自己的产品, 所以, 均无原理线路图, 就连基本的线路方框图也没有。本来, 在电子仪器设备维修工作中, 电源故障是比较容易分析判断和修复的。但由于各设备采用的电源类型不同, 又无线路资料, 因此给分析检修带来了较大困难。



从现有资料中得知，总电源单元的 T_1 首先将 220V 交流变换为 115V。然后再分配给各组电源。因机身左侧风机为 115V 供电，光电比色单元的灯泡是亮的，所以，初步分析判断 115V、+7.2V 电源正常。初步检测证实，整机无法工作是由于 PS_1 、 PS_2 两组电源故障引起的。

PS2 +24V 电源铭牌上标有如下标记：
NIGHT-MITE MODEL MMII-E0915/115
408W 105/128VAC 47-63Hz
V1=24V 17A

从标牌上看出，该组电源功率不是很大，对输入电源要求也不是很高。因而可用一般的调压器作为输入电源来帮助检修。首先进行静态检测，各保险电阻及其他元件均未见异常。这时只好将元件最集中的部分根据实物结构描绘出其部分线路进行仔细分析。其部分线路见图 6-2-17 所示。

从描绘出的线路图看出， Q_5 和 Q_6 的集电极、发射极是分别接在一起的，在电路板上很难测得其真实状态。取下 Q_5 测量未见异常，取下 Q_6 测量，发现其 b、e、b、e 结及 c、e 极间均只有 10 左右的阻值，已近似短路。 Q_6 原装管为 2N3725，查手册知，可用国产管 3DK3D 代用，于是暂用国产管 3DK8F 替代。焊接好后，将调压器调至 115V 并接至该电源的输入端，这时测得空载输出电压为 +27V，空载通电试验 3h 无异常，仪器恢复，整机工作正常。

故障例 2：反应盘单元预热器电热丝烧断

故障现象：开机 30min 后，仍见指示温度错误（TEMPERROR），整机无法进入准备状态。

分析与检修：正常情况下，开机约 20min 左右，仪器便由预置状态转入准备状态，遇到特殊情况或有急诊，也可在短短的几分钟之后把温度跨越过去而进入工作准备状态。

根据有关资料分析得知，温度错误可能由三种原因引起：一是气浴温度不正常；二是试剂预热单元工作状态不对；三是有关风机运转不正常。而前两者温度错误又有超出上限和超出下限之分。根据分析，首先察看反应盘下风机，运转正常。后检测反应单元预热器的工作电压（ A_5 、 J_4 的①、③脚）为 115V，在用万用表的“ Ω ”档检测预热器电热丝时（ A_5 、 J_4 的①、③脚），发现已经开路。将反应盘组合逐一拆解，直接察看预热器热丝，见确已烧断。将其取出对症处理，然后将各部分恢复，整机很快进入准备状态。在开机短时间内，作为温度跨越也完成可以。

故障维修过程中应注意的几个问题：

1. 该分析仪的几组电源分别独立，若这几组电源出现故障，可将其分别脱离主机单独

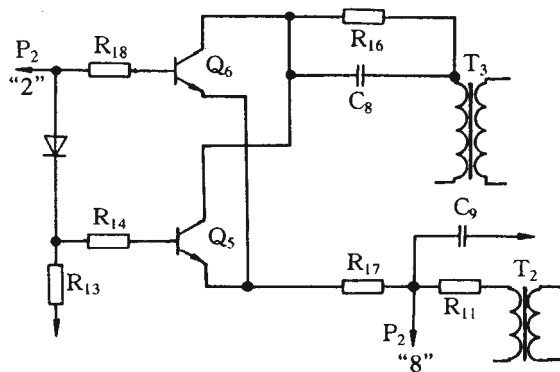


图 6-2-17 电路图

检修。因取下来之后，既可以方便地进行静态检测，又可以用调压器直接接入 115V 电源作动态检测，直至确实将故障彻底排除再恢复到主机原位，这样可避免反复拆装，省力省时。

2. 在维修工作中，多次碰到这样的现象，即某些元器件在原电路板上作静态检测，很难真正确定其好坏，这时只得采用其他检测方法：一是将所怀疑元件从电路板上取下来测量；二是靠检测动态参数来判断某些元器件的性能，否则会造成误判，延误检修时间。

3. 在检修工作中，还经常碰到没有线路图的情况，给分析判断带来困难，这时可根据实物结构绘出局部线路原理图，作进一步分析。虽然这是一种费时的笨法，但也是不得已而为之。此方法适用于单面或双面印刷电路板，对于 3 层以上的印刷电路板则很难根据实物绘制其原理图。

4. 反应盘组合的预热器必须在+24V 电源正常且风机运转时才能通电试机，否则，预热器热丝会烧得很红，容易烧断热丝和将固定热线的支撑架烧焦，缩短预热器使用寿命，进而影响整机的正常工作。

5. 预热器在反应盘组合的最底部，要对预热器进行修复或更换，则必须将标本、试剂探针组合、标本、试剂、惰性液的吸、排分配组合、反应盘及风机等取下来之后才能进行。因此，整个拆解与恢复相当繁琐，操作过程中需大胆谨慎，否则会引起其他人为故障。

第四节 荷兰威图 (WITATROM) 公司生化分析仪故障实例

一、ISP-M 型半自动生化分析仪故障检修 5 例

故障例 1: 显示电路板积尘太多

故障现象: 根据检测项目需要，输入一个波长为 340nm 的滤光片，再按动 Black<自动调零>灯亮，显示器出现 A: 0000，但总是跳动不稳，误差超出 5%，使之无法提取数据，稍稍稳定时，立即做试剂<GPT 标准液>测试，打印出来的数据，即是 A: 9999，再换一种试剂测试，出来的数据还是 A: 9999。再一次重复以上程序，结果还是一样。

分析与检修: 根据以上故障，更换其他滤光片作 GPT 测试时，显示器数据呈现不稳状态，但是还可适用，检测机器各项电压基本正常，也没出现脱焊和断线的现象，只是在更换波长为 340nm 滤光片这一档中，显示器总是会出现 A: 9999 显示，继续对机器检测，发现显示电路板灰尘很厚，使之厚厚盖在集成显示电路板上，造成显示程序混乱的现象，经过清洁处理，插上电源再试，故障排除。

出现以上故障，其主要的原因是由于机器操作人员平时没有对机器进行很好地保养，使机器后尾的排风扇日久天长积累的灰尘没有得到处理，造成不必要的麻烦，该故障隐蔽性强，复杂程度较高，绝对不能盲目拆卸。在维修中，只有认真思考，才能保证少走弯路，同时，避免造成不必要的损失。

故障例 2: 五通阀内部脏堵

故障现象: 整机工作正常，数据稍有误差，吸液也正常，而废液不从 WASTE 处流出，反而从机器内泵系统 A 处流出。

分析与检修：该机的液体回路（见图 6-2-18 所示）由样品杯、流量室、电磁阀、五通阀及泵组成。其中电磁阀是 DC12V 供电，分常开、常闭通路，受中间磁棒控制（图中实体黑圆为磁棒）；五通阀是一个尺寸为 4cm×2cm×1.5cm 的黑色方块，其内部构造见图中用虚线表示；泵系统是由电机、升降杆、伸缩袋组成，具有正、反转功能。

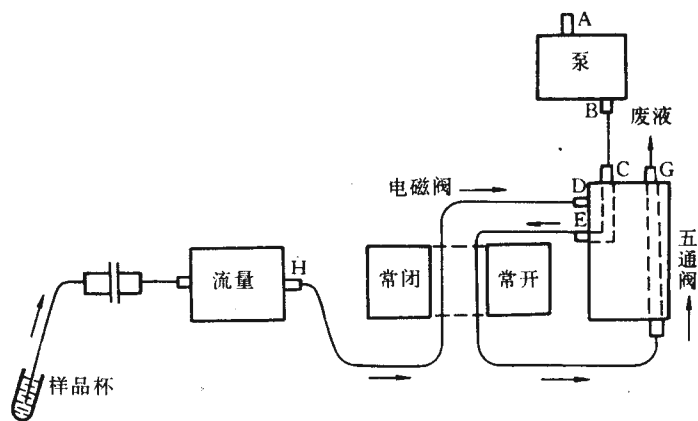


图 6-2-18 液体流程图

按下机器样品按钮时，泵电机正转使升降杆向下运动，伸缩袋膨胀，

在 B 处形成负压；同样电磁阀工作，磁棒由左向右运动，常闭通路打开，常开通路截止，于是样品经样品杯、流量室、电磁阀 H0 管路到五通阀，完成一次定量吸液。样品经检测系统检测后，泵电机自动反转，升降杆上升，伸缩袋被压缩，在 B 处形成正压，同时电磁阀 DC12V 断电，磁棒从右回到左边，DH 通路被卡死，EF 通路导通，于是被检测过的样品在正压作用下经五通阀，EF 管路又到五通阀的 FG 内路，最后经废液管流出。这样就完成了一次样品的循环与检测。

该故障是液体回路发生堵塞，从吸液正常来看，从样品杯到流量室及电磁阀的 HD 管道是畅通的，故障应在泵系统和五通阀及 EF 外路管道。电磁阀在机器吸液检测后不断电导致的 EF 管路不通和五通阀内部的 CE、FG 管路发生堵塞都会使被检测液体在泵系统的 B 处的负压下经泵内部流向 A 处。

检查电磁阀工作状态及五通阀各外部管路，发现电磁阀工作正常，在 DC12V 断电后，EF 管路是导通的。将五通阀从系统中取出，注意要小心，样品不要流到电路板上造成短路。用压缩泵检查五通阀的内部，发现 FG 段不通。最后，清除 FG 段内部污物，五通阀接入系统，故障排除。

泵系统的 A 出口头是封闭的，在中间处有个小孔与一细塑管相连，只有泵内伸缩袋内压力达一定值时，伸缩袋内的液体才能通过小孔流出去。为了防止液体从 A 处的塑料接头处流到机器线路板上，用密封防水胶将此处密封。

故障例 3：流动比色池石英光窗太脏

故障现象：使用 340nm 滤光片试验时，测试结果数值不准。

分析与检修：仪器出现这种现象，考虑可能是流动比色池太脏引起测量数值不准，按一般维修方法，将温度放在 37℃ 处，用 10% 清洗液充满比色池放置 15min 浸泡，然后反复多次冲洗，时好时坏。故怀疑流动比色池石英光窗老化损坏，后经专业维修单位判定此件已坏，无法修理，更换了新件。开机试验，透光度为 2.3~2.5，使用正常。但用后 2h 又出现数字乱蹦现象，打开机器再次进行检查，测供电电源 11.6V，属正常。检查中发现由于流动比色

池位置不正且吸液管不紧，弯度大，重新调整流动比色池位置和吸液管，使其弯度适宜，不漏气，开机试验，故障排除。

为了节省开支，建议使用部门把原来怀疑是坏的流动比色池光窗取下，用硫酸浸泡 15h 以后清除污物；完成这个清洗程序后，将流动比色池光窗重新装在仪器上，试验零调节正常。吸光度 0.001 正常，其他数值均正常。此后，做了 4000 多例分析，没有出现重复性故障，使用结果满意。

故障例 4：集成块 8739H5002 损坏

故障现象：不吸样。

分析与检修：输液管不洁，用清洗液冲洗无效。拔下输液管，用针管打入蒸馏水冲洗后，开机试验吸样正常。同时又发现新故障，程序输不进去，无法继续测试。经核查证实，在维修过程中曾有水滴入仪器中，电路板、记忆板 3 处短路，逐一烘干排除 3 个短路点，开机试验程序可输入，但又出现输入第一程序，再输下一个程序时，第二个程序又把第一个程序顶掉的故障。经检查，系 8739H5002 集成块损坏，更换 8739H5002 集成块后，程序输入、输出正常。

这次维修开始时故障并不大，只是因吸管内堵塞，虽很快排除，但由于清洗输液管时不慎将水滴入仪器中，使故障扩大，既延误了修理时间，又损坏了机内元件，造成经济损失，应引以为戒。

故障例 5：比色池与石英透光镜片中间的塑料圈受热变形和移位引起透光孔变小

故障现象：340nm 波长调零不好，或不能自动调零。因此机器无法进入程序工作。而其他波长均可自动调零，进入程序工作。

分析与检修：对此故障，采用 BS932 洗净液清洗比色池和管路的方法，只能解决单纯因比色池脏而造成的故障，而多数仪器经比色池清洗后仍无法排除故障，但检查有关电路及光源灯均正常。针对这一特殊故障现象，解剖该仪器的微型流动比色池，发现他是一不锈钢正四方体，上下固定两个半导体加温降温器，前后侧装接进液出液管及测控温传感器，左右打通为光检测孔，并装接由石英透光镜及压封塑料圈组成的一组合元件。光路检测是一对不足 3mm 直径的石英平镜片，通过塑料圈粘压在比色池两孔外侧。经分离后用放大镜观察几台仪器，比色池与石英镜片中间的塑料圈均有受热变形和移位。透光孔变小，严重者不能透光。这是造成 340nm 波长通光量不足，不能自动调零进入程序工作的故障原因。而其他光谱因该仪器采用石英碘化光源，可见光区光强度大，还可通过仪器调零。

分析上述故障产生的原因是：流动比色池是一个不锈钢金属体，由于测控温传感器装接在比色池后侧，用来测该组合器件内液体温度，故一旦开机，操作者未从吸嘴吸入空白水时，测控温传感器就只能测比色池内空气温度。由于空气导热慢，而仪器金属池上下加温器升温迅速，造成了过热烧坏石英窗塑料圈，因此出现 340nm 波长透光不足，仪器不能自动调零，无法进入程序工作。

修复方法：换新比色池代价太高且又很难买到，自制则很难达到原仪器要求，故采取用 301 胶粘合方法，经两年多运行，至今均未再发现修复机再出现 340nm 波长不调零故障。具体修复方法是：拧下比色池及各部插、管口，将石英窗从热变塑料圈内取出，处理干净。注

意石英窗非常小，只有 3mm。清除比色池透光孔边的粘合物，用 1:1 调制的 301 胶粘在石英窗与比色池接合外边沿处一圈，不要太多。待固化 6h 后，就可在胶与石英窗边沿处刷一层黑漆，注意不要把漆刷到石英窗透光面上，做到既能防杂散光影响，又确保光通过。然后按原样组装，通电，仪器恢复正常工作。

二、ISP-II 型半自动生化分析仪故障检修 8 例

故障例 1: 不吸样

故障现象: 不吸样。

分析与检修: 不吸样原因有 3 点: 1. 硅胶管因长期的压迫造成不畅通; 2. 吸样池出现一小孔, 造成无负压; 3. 电磁阀故障。

检修步骤如下:

1. 把硅胶管拿下, 用手揉搓, 用针管注水试验, 直到顺畅出水为止, 安装时把堵塞的地方换个位置使用, 如不行, 还需更换硅胶管。

2. 吸样池出现一小孔。在修理过程中, 硅胶管和泵都正常工作但不吸样, 并可看到吸样池有水珠顺泵滴下, 这时就考虑是否吸样池漏水, 吸样池为塑料制成且很硬, 出现的小孔不易查找, 仔细查找后, 可以找到小孔, 用 502 胶封住, 用水再试至不漏水珠为止。

3. 电磁阀故障, 可以把电磁阀全部拆开, 把上面的铁锈及杂质去掉, 通电试验, 听到清脆的响声为止。再按原样装好。

故障例 2: 光路透射率低

故障现象: 透射率低, 从仪器上反映出 340nm 的透射率远小于 10%。

分析与检修: 对该故障可按下列 3 方面的进行检修:

1. 调节灯泡的角度。拧松紧固螺钉 B, 反复调节 A、C 两个螺钉, 直到大于 10% 即可。

2. 光源石英碘灯由于长期使用需更换。在更换之前首先测量灯泡的两端电压是否为 12V? 如果是, 则考虑更换灯泡。飞利浦公司射灯灯泡与该机的性能一样, 更换后性能基本上达到要求。

3. 由于环境的因素, 镜片上有可能沾上灰尘, 可用擦镜纸擦去滤光片以及透镜上的灰尘, 透射率即可提高。

比色池如果有气泡或污染也可影响透射率, 这时可以反复冲洗, 直到达到要求。但万一不行, 可把比色池拆下, 用蒸馏水冲洗, 再用擦镜纸擦干两个玻璃片后, 再开机试验。

故障例 3: 不吸样

故障现象: 不吸样。

分析与检修: 此故障原因很多: 1. 给仪器通电, 步进电机不转, 用万用表测量电机电压正常。此时应立即断掉电源, 因为很有可能是转轴被卡住, 转轴是比路士泵的精密部件, 其被卡住后通电, 很容易损坏比路士泵。这时应用手慢慢转动皮带, 使转轴转到一个合适的位置, 再接通电源, 使其回到起始位置。

2. 皮带和齿轮啮合不良, 皮带在齿轮上打滑, 不能带动齿轮转动, 检查电机发现电机轴晃动幅度较大, 噪声较大, 估计电机性能变差。因暂无新电机可更换, 便将固定电机的螺

钉松开,重新调整电机的位置,使皮带拉紧,同时在皮带上撒一点松香末,以增加其摩擦力。

3. 管路系统有漏气现象或比路士泵未能抽真空,检查各管道看是否有破裂漏气处,同时紧一下顶盖的4个螺钉。

故障例 4: 340nm 波长报警

故障现象: 340nm 波长报警。

分析与检修: 1. 检查光源,调节灯夹固定调节螺钉和灯横自调节螺钉,改变灯泡的位置,使光源正对通光孔,若发现石英—碘灯光线暗淡,可以更换灯泡,注意不要用手触摸灯泡。

2. 英窗透光性差。因石英窗附着在比色池内与血清直接接触,容易被污染而影响透光度。将石英窗拆下,放在清洗液中浸泡清洗,因石英窗是贵重元件,拆卸时注意不要碰损。

3. 40nm 滤光片发霉。340nm 滤光片是由特殊材料制成的,遇潮湿会发霉变质。当出现 340nm 波长报警时,可调用主程序 5,检查其透光率是否低于 1.3%,若低于 1.3%,则证明滤光片已发霉变质,这时可将 340nm 滤光片拆下后放到烤箱内烘烤(注意温度不要太高)后再用或换上新的滤光片。

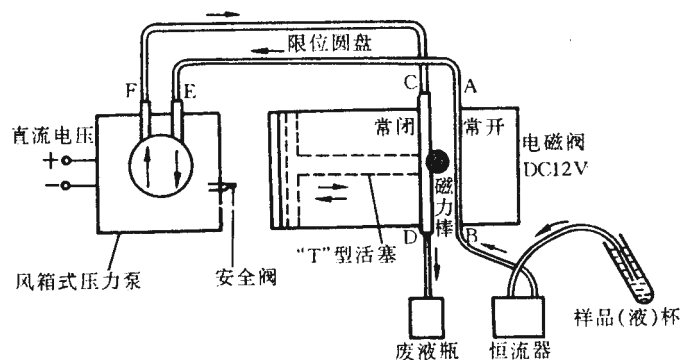


图 6-2-19 液体流程图

故障例 5: T 型活塞限位圆盘脱落

故障现象: 吸液正常,但在排液时,样品液不仅从废液排除管路流出,同时也从吸液管路里返流回样品杯,特别是在机器自动清洗时,大多数液体返回样品杯。

分析与检修: 见图 6-2-19 所示,液体流通管路是由风箱式压力泵、电磁阀、(DC12V)、恒流器及样品杯组成。电磁阀由限位圆盘、T 型活塞、磁力挤压棒(图中黑色圆柱体)组成。

吸液时,按下测量键,自动控制电路给压力泵一正向直流电压,压力泵则顺时针转动,在 E 处形成负压,因此时电磁阀处在断电位置,T 型活塞和磁力棒均靠近左侧,CD 管路截止,AB 管路导通,于是样品液在负压作用下,经恒流器、AB 塑料软管到压力泵,数秒钟内完成定量吸液。

排液时,吸入管路的液体被检测后,机器把获得的信号送入微机处理系统进行自动处理,其结果很快被显示或打印出来。完毕,控制电路首先给电磁阀 12V 电压,于是电磁阀的 T

型活塞从左向右移动,推动磁力棒也从左向右移动,CD管导通,AB管截止,2s后,控制电路才给压力泵一反向直流电压,于是压力泵逆时针旋转,在F处形成正压,其结果是被检测后的液体在正压的作用下,从F处经FC、CD管路到废液瓶。完成排液后,控制电路先给压力泵断电,T型活塞和磁力棒从右向左回归原位,CD段通管又截止,AB管又导通。为下一次作好准备。

了解其工作原理后,不难看出废液从吸液回路返回有两种可能:

1. 在排液时,自动控制电路给压力泵和电磁阀的电压的时序发生了变化。如果先给压力泵通电,后给电磁阀通电,那么在压力泵反转时,因排液回路CD截止,吸液回路AB导通,所以液体首先从吸液回路返回样品杯。检查测量控制电路给出电压的时序,其结果是正常的,即先给电磁阀通电,后给压力泵通电,因此可以排除控制电路的故障。

2. 虽时序控制电路正常,CD、AB管均未被卡死(均导通),那么液体必然会从吸液与排液两路排出。在排液时发现,虽然控制电路时序正常,但往往是压力泵先运转而电磁阀的磁力棒后从左向右移动,这样AB管因未被卡死,所以液体从吸液管返回样品杯。

进一步检查还发现,T型活塞的左侧露在缸体外面一些,在排液时,压力泵先运转,而活塞慢慢从左向右移动,1s后磁力棒才动作将AB管卡死。原来是T型活塞的限位圆盘在活塞长期撞击下从电磁阀的左侧脱落下来,这样T型活塞在12V断掉后从右向左移动时,在惯性作用下,便会露出缸体,致使在电磁阀通电时由于T型活塞远离磁力棒一些,电磁力要克服比正常时大一些的阻力,才能将活塞吸动推动磁力棒从左向右移动,将AB管卡死。这就是时序控制正常而磁力棒总落后压力泵一个节拍动作的原因。

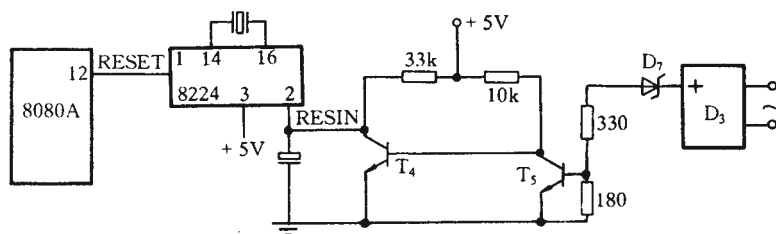


图 6-2-20 电路图

在线路板下面找到限位圆盘,然后将其固定于原处,用塑脂胶粘牢,故障排除。

故障例 6: T₅管损坏

故障现象:一开机即见仪器左边 Temp、Volume、Flugh 3个指示灯亮,键盘左侧操作者指示灯全亮,荧光屏显示“8880”。按任何键均无反应(走纸键除外)。

分析与排除:依据以上现象,估计控制电路或其外围电路故障。该机的CPU为8080A,将其和外围可插拔IC拔下再插回,故障依旧。其脚为RESET(复位端),高电平有效,实测为4.62V,则肯定故障在此。CPU的⑫脚又与8224(时钟发生和驱动集成电路)的①脚相连,其②脚电压为0.10V。

从电路图上分析②脚应为高电平,③脚为+5V,用螺丝刀将②、③脚短接,仪器即进入正常状态,这就证明CPU和8224完好,怀疑C₃₁短路,拆下测量正常。因实际电路与原图

不符，故将该部分画出，如图 6-2-20 所示。

仔细观察部分印刷电路板，发现 D_7 被换过，其上的标志不清，两端实际电压为 6.2V，认为是 D_1 耗掉过多电压使 T_5 截止， T_4 导通，造成 C_{31} 无法充至高电平，后将一稳压管（6V）倒接做二极管使用，则仪器正常。

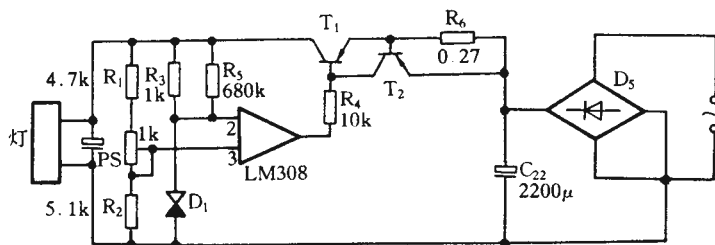


图 6-2-21 电路图

但次日早上，故障又现，换上 D_7 两端电压变 0.78V，测量发现 T_5 损坏引起 T_4 导通，后将 T_5 拆下，用 9013 代替，仪器正常。但没多久又重复以上故障，还是 T_5 损坏，测量硅桥 D_5 输出电压为 10V，则 T_5 的 e 极电压为 $(10-0.78) / (330+180) \times 180=3.3V$ ，这样大的电压将 T_5 烧坏，则排除了 D_7 为二极管正向导通应用的可能，将拆下的 D_7 重新装上（起稳压管作用），再换一个新 9013，试机，仪器正常。

故障例 7：比较器 DP_4 （LM308）工作状态异常

故障现象：灯不亮。

分析与排除：检查灯及其连接部分，均完好，测整流器 D_5 输出端 B 点电压为 12V，正常。将 DP_4 （LM308）⑥脚对地短接，灯亮，则肯定 T_1 无故障。测量 DP_4 ⑥脚为高电平，③脚电压大于②脚电压，则怀疑 D_1 损坏，因一时找不到同型号管子，用一个 6V 稳压管代替，故障依旧，再换 LM308，灯仍不亮。调节 R_4 也无用。从电路图 6-2-21 所示可知：经硅桥整流的电压加在 R_3 （680k）和 D_1 上，考虑 R_3 过大，致使电流过小， D_1 没有起稳压作用，导致③脚电压大于②脚，使⑥脚为高电平，导致 T_1 截止或导通不足而带不起大电流的负载。后在 R_3 上并联一个 47k 电阻后，灯亮，仪器正常。

故障例 8：电磁阀故障

故障现象：按正常操作规程开机时应：

1. 先吸进清洁液，待吸液指示红灯熄灭打出结果后，再按下吸液开关，红灯亮同时吸入标本液，2. 放松吸液开关，红灯灭，仪器开始检测并打印出结果。

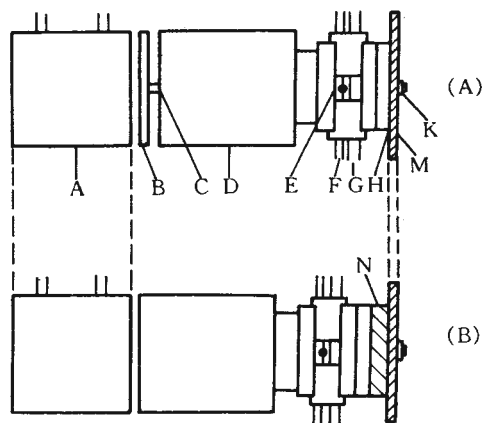


图 6-2-22 比路士泵与电磁阀安装位置图

而在操作中遇到的故障现象是：吸入清洁液后红灯灭时，清洁液从吸液管回流出来，吸标本液时同样回流，影响测试结果，仪器无法正常使用。

分析与检修：根据故障现象，原因通常有两种：1. 吸液系统比路士泵工作程序紊乱；2. 液体部分电磁阀不转换。

打开机壳试机，比路士泵工作程序正常，排除了上述第一种故障原因，重点对液体系统电磁阀进行检查，发现电磁阀工作程序失控。

比路士泵和电磁阀的相对安装位置如图 6-2-22（A）所示。电磁阀在开机时处于自由状态，即截止杆 E 阻断排液管 F。按下吸液开关，指示红灯亮。

当红灯熄灭时电磁阀通电转换，使截止杆向右动作，阻断进液管 G，开通排液管 F，进入检测状态。

废液排出后电磁阀断电，回到自由状态，完成一个标本的检测。但仔细观察发现，红灯熄灭电磁阀不动作，吸液管仍处于导通状态。比路士泵向外压迫排液废液时，因排液管仍被阻断，废液被迫沿吸液管流回比色池，造成故障。

测量电磁阀供电电压，在红灯熄灭时为直流 12V，属正常。因而怀疑是电磁阀机械故障造成不转换。在自由状态下观察电磁阀芯片 B 和传动顶杆 C 暴露在比路士泵 A 与电磁阀 D 之间的 5mm 宽的狭缝中，考虑故障与此有关。将芯片手动拨入电磁阀壳体中，开机按程序操作，截止杆立即转换，阻断吸液管 G，故障消失，多次试验均如此。因此，分析认为：在一个检测程序结束时，截止杆 E 向左弹回，顶撞 B、C，使之露出电磁阀壳体形成伸出量。电磁阀通电后，弹力无法克服此力矩伸出形成的下坠力矩以使 B、C 动作，因而截止杆仍阻断排液管。

故障排除：旋下电磁阀固定螺钉 K，在固定板 M 与电磁阀壳体 D 之间的 H 面上，加入 4mm 厚的垫片 N，使 A、D 间狭缝变小，从而使 B 在自由状态下不外露，如图 6-2-22（B）所示。经此处理后多次试机，电磁阀能及时转换截止杆，液体不再回流，交付临床使用后反映良好。

第五节 日本日立（HITACHI）公司生化分析仪故障实例

一、日立 706、706D 型全自动分析仪故障检修 3 例

故障例 1：集成运算放大器 IC₂ 损坏

故障现象：用标准试剂做校样，按正常程序操作，仪器运行正常，但打印的分析结果与标准值进行比较，结果出现严重偏差。

分析与检修：仪器操作运行程序正常，说明故障部位应局限在比色信号输入回路即 A/D 转换电路前。

A/D 转换电路是把模拟信号转换为二进制数字代码，以供计算机识别、运算、处理。A/D 转换电路的转换速度很高，用测试仪器在线检测，一般较难判断其性能好坏。为便于区分故障部位，可先在 A/D 转换以前利用现在的测试手段，判断一下波长选择，对数转换和比色计部分是否工作正常。若无异常，再重点检查 A/D 转换电路的故障。

用示波器监视 A/D 转换电路板输入 A26 端的电压波形参数。用一张一般信纸对折一下在钨灯与反应管之间晃动，人为间断地改变钨灯与反应管之间的光亮度，这时光度计因光亮度改变应产生相应的反射光谱的变化，发射光谱转换成光电流，经对数转换，波长选择，最终在 A/D 转换电路板 Az6 端表现为模拟电压幅度发生相应变化。

经过试验，A/D 转换电路板 A26 端无相应变化，说明 A/D 转换以前的模拟信号没有传送过来，可暂排除 A/D 转换电路故障的可能性。再把示波器探头接到波长转换电路板 CN31 的④、⑤端进行监测，再重复上步的试验动作，监测结果仍无反应。把示波器探头接到对数转换电路板的 TPI 检测输出端进行监测，再次重复上述试验动作，监测结果还是无任何反应。经过以上几次试验，可暂排除波长转换电路、对数转换电路出现故障的可能性，造成分析结果误差的原因基本已局限在钨灯与对数转换电路之间。

打开光度计上盖板，仍然重复上述试验动作，可观察到光度计的光谱排列受光亮度的改变而按规律产生相应的变化。光度计受控而其光谱又变化规律，只是对数转换信号无输出，可基本确定是对数转换电路故障造成结果误差。

用万用表直流电压档测对数转换电路的集成运算放大器 IC₂ 的供电电压，正常。再测 IC₂ 的第⑥脚输出端对地电压，结果近似于电源电压。短路 IC₂ 输入端②、⑧脚，输出端⑥脚电压仍不为 0V，由此可判定是 IC₂ 内部损坏。经更换 IC₂ 集成运算放大器后，当输入电压为 0V 时，输出也为 0V。重新由键盘向 CPU 输入操作程序，测定标准试剂校样，打印的数据结果与标准值比较相符合。

由于该仪器电路复杂，为了较快速地查找故障原因，所以在判断故障部位时，不要过细地研究其内部电路工作原理，只要求先概括地熟悉其控制方框图，按信号流程顺序逐步检查，再根据仪器显示的某项故障代码，先判断出造成这种故障的大概范围，然后再对照电路图找出故障点。这样检修效率高。

故障例 2：晶体三极管 Q₂ 损坏；24V 变压器次级线圈烧毁

故障现象：调用氙灯开启程序后，氙灯不亮，屏幕显示启动失败。

分析与检修：氙灯电源由两部分组成：高压部分由 220V 交流通过 8 倍压整流电路后，产生约 1700V 左右的直流高压，为氙灯提供击穿电压；另外 220V 交流经整流滤波后，产生约为 300V 的直流电压，为氙灯击穿瞬间提供维持电流。低压部分由开关电源构成恒流源，为氙灯提供约 10A 的电流，维持氙灯的正常工作。

调用开氙灯程序后，主机发出选通信号，使氙灯电源加电，低压电源工作。由于氙灯未击穿时的电阻很大，电流几乎为零。恒流源电压上升，该电压上升到 30V，使稳压管 CR₁、CR₂ 击穿，继电器 J_{1.2} 触点闭合，高压部分加电。当高压达到击穿电压时，氙灯击穿，导通电阻迅速下降，恒流源提供约 10A 电流，此时其输出电压仅为 12.5V 左右，不足维持 CR₁、CR₂ 的击穿，使继电器 J_{1.2} 释放，J_{1.1} 闭合，产生应答信号，通知主机氙灯开启成功。

启动氙灯后无反应，首先检查高压回路。经观察发现，继电器 J₁ 不动作，故高压部分未通电，可能低压部分电压过低引起的。测量低压输出，电压为 0V；检查开关电源供电回路，220V 输入正常，辅助电源 24V 没有，进一步测量发现 24V 变压器次级线圈烧毁。检查变压器后级负载，无短路现象。该变压器为 E 型变压器，输出额定值为 24V、1A，选用 24V、33W 的 C 型变压器代换，断开高压部分，通电测量，开关电源启振，输出电压 32V。由此

可知高压部分工作正常，氙灯击穿后不能维持，可能是开关电源带载能力较差，维持电流不够造成，须进一步对低压部分进行检查。

低压部分原理如图 6-2-23 所示。低压电源采用脉宽调型开关电源，由 SG3524 产生振荡脉冲，经两级三极管驱动后，控制开关管的开启、关断；电流反馈信号经其①、②脚输入，控制开关脉冲的占空比，从而控制开关电源的输出电流。断开高压后，用示波器观察⑫、⑬脚的输出波形，波形良好，占空比约为 50%，因为开关电源后级负载很小，说明其转换效率不高，带负载能力差。测量驱动管 Q₁、Q₂ 发射极波形，两管信号幅值略有差异；接上高压后，在氙灯击穿瞬间，两信号幅值相差较大，Q₂ 发射极波形幅度偏低，波形失真，拆下测量，Q₂ 管 c、e 极间开路。更换该管后，氙灯可正常开启。

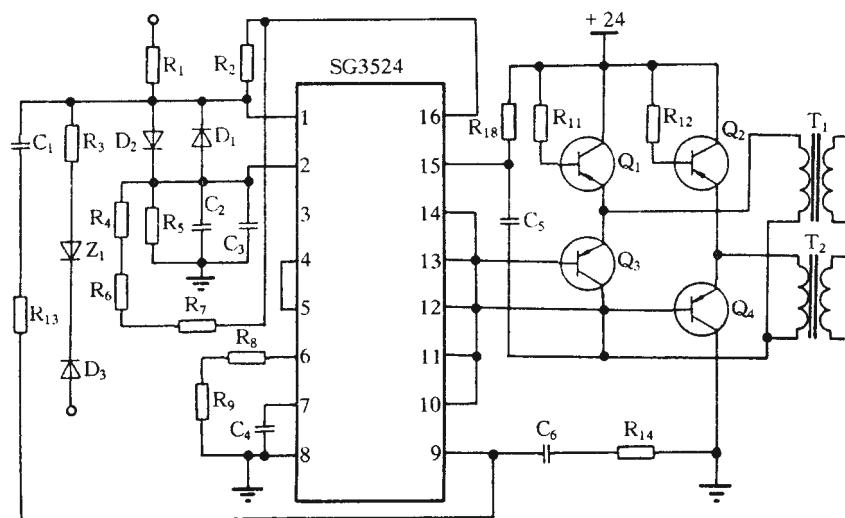


图 6-2-23 低压部分原理图

由此可知，由于 Q₂ 管 c、e 极间开路。使 Q₂ 失去对振荡脉冲的放大作用，导致其中一个开关管不能完全开通，开关电源转换效率降低。因此氙灯击穿后，低压电源不断提供足够

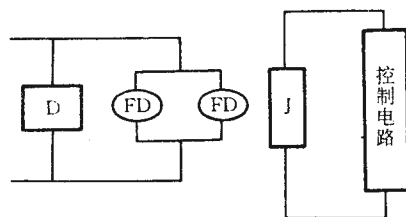


图 6-2-24 接线图

的工作电流，使氙灯无法正常开启。

故障例 3: 制冷压缩机损坏

故障现象: 开机后，电源断路器自动保护，测量压缩机线圈对地短路。

故障检修: 原压缩机型号为 AE4440A，美国泰康 280W；代用机型为 CAZ4440A，法国泰康 280W。

将原压缩机取出，将新压缩机装入，按图 6-2-24 所示接通电源线。将工：触点短接，接通电源，压缩机及风扇开始运转，测试其各项指标，看是否能达到仪器要求。

维修时室温为 21℃，湿度为 30%，制冷系统真空度 19Pa，采用 R₁₂ 制冷剂，平衡压为 0.395MPa，开机排气压力 0.63MPa，吸气压力 0.05MPa，吸气口管壁温度 3℃，排气管壁温度 52℃，试剂室蒸发器为 6℃，分析室蒸发器温度为 11℃。

将制冷系统装入该仪器内，长期运转，其各项温度指标均在正常范围内。

二、日立 7150 型自动生化分析仪故障检修 3 例

故障例 1: 比色池进液管接头松动

故障现象: 仪器开机后，做比色池空白测定 (CELLBLANK) 时，CRT 画面中报警条例显示 CELLBLANK 异常。

分析与检修: 查阅使用手册中 ALARMS 可知：该报警属仪器系统故障 (InstrumentAlarm 2)，故障代码为 22-1~22-6，故障等级为 WARNING，他表明仪器在做空白检查时，所测定的空白吸光度异常，于是参阅使用手册和维修手册进行如下检查：1. 取出比色池仔细察看，未发现比色池污染，而是清洁，无裂纹；2. 反应槽水质清亮无气泡，但有少许水垢沉于槽底，于是开机后在维修画面 (MAINTENANCE) 中将游标移至 “INC, WATEREXCHAGE” 进行水交换以清洗反应槽，然后又在维修画面中进行比色池空白地检查，故障依旧；3. 在维修画面中重复进行池空白检查时，经仔细观察发现比色池中清洗水的量似乎不够，取出比色池后发现水的量只有池容量的二分之一左右，故障可能是因为水量不够，造成比色误差。检查发现仪器左侧下部供水管道接口部渗水严重，估计是接头松动，经重新安装调整后，渗漏消除；4. 在维修画面中执行 DISK 程序，并松开仪器北面右侧清洗水量调节阀的螺母 B，将其针状阀 A 调至合适位置。注意：在实际调整过程中，因清洗水柱入比色池中时有一定压力，故水位调节应以比色池中不会溅到相邻的比色池为准，以防交叉污染，水位可调至距比色池顶部 3mm~5mm 为佳，然后将螺母 B 紧固，盖上机盖，开机后仪器工作正常，至此，故障排除。

故障例 2: 主控污水通路的电磁阀 SV₃₁ 脏堵

故障现象: 操作监视器 (OperationMonitor) 画面上，出现报警信号 “VACUUMTANK31-1”。

分析与检修: 若卸开前面右半部面板，检查真空罐，发现其前仓储有暗褐色废积液，再卸下左侧面板，检查电磁阀 SV₃₀、SV₃₁、SV₃₃，发现 SV₃₁ 有废积液堵塞。该故障应立即处理，否则，轻则会导致自动停机，重则造成真空系统污染而损坏设备。

故障排除分两步进行，要求在关机状态下实施。

1. 维修者在主机前边操作，小心地卸下真空罐与主机的各连接部件。切记避免拧坏玻

璃插管。取出真空罐，倒掉污水，再用蒸馏水多次冲洗干净，并烘干，依原样装入机内。

2. 使用外部电源 $\sim 110\text{V}$ （使用 $\sim 220\text{V}$ 自耦变压器）启动电磁阀 $5V_{31}$ ，用橡皮囊吸球吸出 SV_{31} 阀门内的堵塞物，将污水排完，再用蒸馏水多次冲洗干净。为操作方便应先将 $8V_{31}$ 卸离固定板，即把排水管取下。维修完毕，应依照原样安装正确。

接通主机电源，试机、考机 30min。

探讨 SV_{31} 堵塞现象的出现，发现机器启用一年后开始发生的，平均每 3 个月一次。由于 $5V_{31}$ 主控污水通路，这说明和污物性质有关（ SV_{30} 、 SV_{33} 未发生过堵塞），但也不排除 SV_{31} 电磁阀疲劳及其他部件隐性故障所致。

故障例 3: 光源灯泡老化

故障现象: 被检项目打印输出的数据不稳定、重复性差或超标。

分析与检修: 测试数据不稳定原因主要有光源老化、洗涤导管污染、反应杯不洁等。日本专家检修通常是全部更换以上可疑部件。经多次实验，认为虽然洗涤导管、反应杯超过使用期限，但不是导致故障发生的主要原因。导致故障发生的主要原因是分光光度计的光源灯老化。一般光源灯泡使用 6 个月（有时不足 6 个月）就应该更换，否则易出现测试数据不稳定、重复性差或超标等。

更换灯泡方法详见 7150 自动生化分析仪维修手册。

三、日立 835-50 型高速氨基酸分析仪故障检修 1 例

故障例 1: 图谱的基线不稳，杂峰多；样品峰的重复性差、分离度差

故障现象: 图谱的基线不稳定，杂峰多；样品峰的重复性差、分离度差。

分析与检修: 在采用氨基酸分析仪的氨基酸分析中，其分离柱是分析仪的核心，性能的优劣直接影响到分析结果。由于分离柱结构简单，往往不认为会发生故障，把分离柱造成的故障误认为是仪器其他部分的故障。

日立 385-50 型氨基酸分析仪备有 2.6mm $\times$ 150mm 钢柱，固定相为公司专有的#2619 或#2619F 离子交换树脂，交联度 12%，粒径 5 μm ~6 μm 。流动相为 4 种不同 pH 值的钠离子缓冲液，茚三酮为显示剂。当用日立公司提供的分析程序分析 3.0nmol/50 μl 标准蛋白质水解样品时，应得到 18 种氨基酸的标准图谱。

当分离柱有故障时，分析上述标准样品不会得到不正确的图谱，形态形状各异。从图谱中将看到下列现象：图谱的基线不稳定，杂峰多；样品峰的重复性差，包括峰位置（保留时间）和峰面积；样品峰的分离度差。例如苏氨酸（THR）和丝氨酸（SER）的峰连在一起。

产生分离柱故障，通常是未及时洗脱污染所致。有时在制备缓冲液和样品时，不小心也会造成污染。例如蒸馏水不合格、试剂不纯、容器冲洗不干净、样品中含有蛋白质等。由于污染改变了分离柱的性能，使样品图谱无规律。由此可见，为防止污染，在分析样品后必须及时洗脱，配制缓冲液和制备样品时，必须慎重。

发现上述故障现象时，不能立即确定一定是分离柱的故障。如地线接触不良或有外界强电干扰时，例如附近有电焊机工作，特别是他和分析仪共用一相市电的情况下，也会产生图谱的基线不稳定，杂峰多的现象。当液路部分有漏液或管路中有气泡或泵压不稳定，造成流速不稳定时，也会出现样品峰重复性差的现象。当缓冲液变质（例如 pH 改变）、显示剂变

质或氮气不纯时,也会产生样品峰重复性差,分离度不良的现象。当打印绘图仪或记录器不良时,也有可能出现基线不稳定,峰重复性差和分离度不良的现象。因此,在排除故障时,必须先确定是分离柱故障还是其他部分故障。当确定其他部分正常,确实是分离柱故障时,首先打开泵进行排气,然后用缓冲液进行洗脱,缓冲液可先用酸性,然后用中性、碱性,最后用 Na^+ 离子液进行平衡。根据分离柱污染的程度,确定洗脱时间的长短。如果污染不严重,这种方法很有效。如不见效,而且拌有泵压较高,则可能是污染严重,有部分堵塞。此时,必须将分离柱中的树脂取出进行处理,然后重装分离柱。处理的方法是:(1) 将污染树脂移入烧杯,浸没在 2N 的 NaOH 溶液中,加热至 70°C ,边加热边搅拌 1h,必要时加入少量 EDTA,以利排除金属离子的污染、过滤,用水冲洗至中性;(2) 将树脂转移入烧杯里,浸没在 4N 的 HCl 溶液中,加热至 70°C ,边加热边搅拌 1h,必要时加入少量 EDTA。除气 15min~30min,并在 70°C 时抽滤,用水冲洗至中性;(3) 上柱前用 0.2N 的 NaOH 溶液平衡,注意一次装填有可能不成功。可以照此重装多次,直至达到目的。若有备份柱,可用备份柱作分析对照。另外在排除故障时,也可以先采用洗脱法,排除故障,再检查仪器其他部分的程序。若有一根备份柱,采用代换法,很快就可把故障压缩到是否是分离柱故障。

第六节 意大利科尼公司 意大利生物技术公司法国梅里 埃公司生化分析仪故障实例

一、意大利科尼公司 SPRING616 型全自动生化分析仪故障检修 4 例

故障例 1: 试剂选择电路集成电路 74LS244 和接口芯片 COP8720CN 损坏

故障现象: 开机后,试剂选择电磁阀车头单向朝右走不停,不回到中心位,计算机自检失败。屏幕上不出现 HOME 状态。

分析与检修: 试剂选择电路由计算机中央处理器输出指令经 I/O 接口电路输出控制信号选通试剂选择电路,从而控制选择电磁阀的自检和规定位上工作。而试剂选择电路由 A0050302 控制板组成,电路中主要由 74LS244 接受 I/O 输出信号后片选输出控制信号给相关的光电耦合器 S21MD4 (属日本产 6 脚集成芯片),由光电耦合器输出端控制试剂选择转动电机的正、反方面向电源和吸样蠕动电机的电源。可见试剂选择的控制应考虑是否有输入信号。输入信号是否正常驱动控制。该故障可从如下两部分来检修:

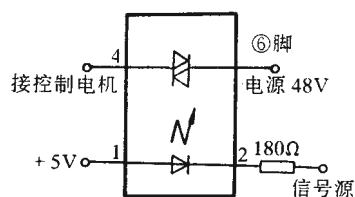


图 6-2-25 S21MD4 原理图

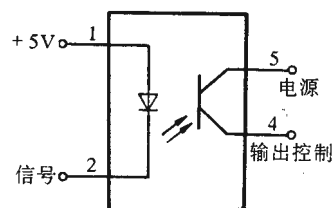


图 6-2-26 4N35 原理图

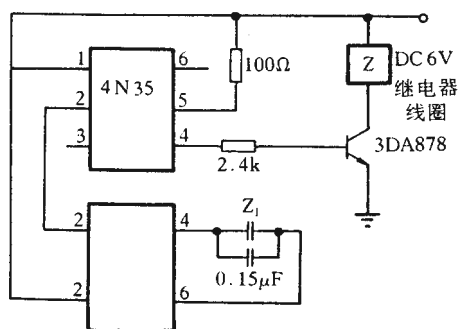


图 6-2-27 组合代换接线图

1. 选择试剂的电磁阀朝一个方向运行，到位后不能自停。说明计算机微处理器 I/O 接口电路有部分指令在执行。此现象一般局限于试剂选择电路中的控制芯片。光电传感器和电耦合器失效等；检修时应首先拔下同步电机电源控制插线，用逻辑信号笔测量控制信号中 74LS244 芯片①脚上的电平是否为高电平（此脚为选择电磁阀走到最右端 16 位，光敏传感器被遮光的信号脚），③脚电平是否为高电平，人为转动试剂选择轴使遮光铁离开光电传感器重复测量①脚、③脚；看电平是否变为相反电平，如③脚电平不正常，说明 74LS244 芯片信号未输出，①脚电平不正常说明光敏传感器 H22A1 损坏；如电平正常，说明光电耦合器 S21DM4 损坏；S21DM4 在该仪器中控制各电机的电源，故障较多；而此芯片国内无货，可采用国产光电耦合器件（型号为 4N35）与分离元件相组合的办法代换，组合方法见图 6-2-25、6-2-26、6-2-27 所示。而本例故障属 74LS244 损坏，更换新品后，选择试剂电磁阀停止往右运行，但屏幕仍无 HOME 显示，不能自检。

2. 无 HOME 状态，试剂选择不能自检定位，不能按位逐进。前面讲到输入信号来自 I/O 接口，接口芯片 COP8720CN 信号输出脚⑬、⑭脚接至试剂选择电路芯片 74LS244 的②、④脚；74LS244 的输出信号是⑩、⑪脚，可用逻辑脉冲笔测量⑩、⑪两脚电平，若其中一个为低电平，相对应的输入信号②、④脚应为低电平。通过测量发现②、④脚无电平；拔下接口排线，从②、④脚先后人为加入高电平，发现试剂控制正常；可见接口芯片信号输出，引起

屏幕无 HOME 显示，换 COP8720CN 芯片后工作正常。

故障例 2: 选择试剂电磁阀损坏

故障现象: 开机后，选择试剂电磁阀不运行，电磁阀不吸动，屏幕显示:

No worklist selected

No panel selected

Wait a moment please……

General noming

分析与检修: 此时按任一健，屏幕总是停在此状态，用检测磁盘检查发现试剂无任何反应，对 X、Y、Z 轴测定，发现 X、Y 轴可按序自控，仅 Z 轴不能上下动作，其他测试项目正常，这说明 Z 轴无信号控制（无检测磁盘时，可用 MS-DOS3.30 检查文件是否正常）。Z 轴受 A0050901 与 A0050603 两电路 4 板控制他们之间有一根 10 芯可随 X、Y 轴移动的控制排线，因此应首先排除控制排线引起的故障。在正常工作中此排线跟随 X、Y 轴的移动变化频繁，长期弯扭后可引起排线内部导通不良或断路，导致 Z 轴信号丢失。检修时取下排线测量通断，如有断线现象就必须重新加工压插排线，若手中无压线工具，可采用手虎钳代替压插；压插前首先拆除排线，拆除时应注意不要把排线座两旁的固定塑料卡挑断。压插时要求排线对应排针位置对线良好，然后用手虎钳夹逐渐地、两面均匀加压，一直到压平为止。加工后重测量排线通断，确认完好，方可使用。排线经重新代换后，Z 轴控制信号恢复正常；但仍不能正常动作，此时查电源部分，发现 DS，发光二极管电源指示灯不亮，2.5A 保险烧断；换 2.5A 保险后 Z 轴上下动作良好。但只要一运行试剂选择项目，保险立即烧坏，此时应特别注意因试剂选择电路中控制的两个电机和一个电磁阀均属电流比较大的控制元件。为避免损坏其他芯片和扩大隐患，分段拔下与控制有关的连线插座，保留一条试验通路后重新更换 2.5A 保险，拔下电磁阀插线后，试运行发现保险工作正常，Z 轴上下动作正常，测电磁阀线直流电阻仅 0.4Ω ，正常电阻为 100Ω 左右，DC 电压 10V，DC 电流 20mA，可见此故障因电磁阀线圈短路烧坏控制 Z 轴试剂选择电路中的电源保险丝所致。

故障例 3: 光电传感器 H22A1 被异物遮挡

故障现象: X、Y 轴定位不准，折断稀释针。

分析与检修: X、Y、Z 轴控制由 A0050603 和 A00668101 线路板控制，电路上由片选芯片 74LS244 管理输入。输出信号，定位准确度与光敏传感器 H22A1H22A1 的灵敏度有关，所以首先应考虑光敏传感器的灵敏度异常，若碰到 H22A1 光敏元件有灰尘和异物遮光或管子本身特性改变就会产生定位不准动作。光敏元件的测量可以停机后加 DC5V，用逻辑笔参照电路测量好坏。H22A1 光敏传感器在常光下输出脚是低电平，遮光下是高电平。经测量发现一光敏元件因遮光处内有异物，从而影响光敏元件灵敏度，导致不定位使吸针折断，当更换吸针无原配件时，可采用医用 20G 穿刺针头代换；因 20G 针头外径稍大原吸针，原吸针折断后无法从吸座上拔出；可采用微型手电钻配稍小于原针直径的钻头钻通吸针座，取出原断吸针后，装上医用 20G 针头，用胶水固定代换针头时应严格按原吸针长短固定（因吸针长短影响吸入量参数和测量读数的精确度）。

故障例 4: 读数重复性差、误差大, 屏幕显示时间错误

故障现象: 试剂测定中读数重复性差, 误差大并停机; 屏幕显示: TIMEERROR (时间错误)。

分析与检修: 从故障现象可知, 该仪器读数的准确与比色光源的强弱及吸样标准量的多少有关; 所以可首先用测试软盘测定光强度排除光源是否正常; 测量前用稀释的 840 洗净液清洗光源灯泡和 340nm 滤光片, 测时调整固定灯泡的螺钉, 使光源波长满足 340nm 正常光源波长。

常见此故障在吸量减少情况下发生, 因该机的测定中吸入量的下限为 10 μ l, 上限为 50 μ l, 工作中试验项目的不同吸入量也不同, 当吸入量上下限未定准时, 将出现读数误差; 另外吸入量主要是由 Z 轴吸针和微量注射器吸入, 而 Z 轴吸针插入样品杯深度与吸量多少成正比, 他受光敏传感器和胶木盘孔位配合控制, 当胶木转盘固定轴位螺钉移位后, 孔位与光敏元件对位不准, Z 轴下移位不够, 吸入量将减小。所以应仔细观察转盘的旋转对位情况 (校对转盘位置时须用 5/64 英制的内六角板手调整; 调整时用力应适当, 以防损坏胶木转盘)。调整后如读数仍不准, 则是微量注射器吸入量引起。

常见为微量注射器泵内胶管长期受压变形后弹性差, 从而吸入量减小。所以在当日完成工作后必须把泵上压紧螺钉旋松, 同时在胶管和活动泵塞处加入少量滑石粉以便保护胶管弹性, 不至于出现胶管半堵塞情况, 同时应定期给各传动轴加少量润滑油, 因微量注射器传动轴润滑差, 轴面摩擦阻力大; 从而注射器不能按量吸入样品。本故障的发生主要是因微量注射器转动轴润滑差引起的。当向注射器垂直轴上加入少量润滑油后, 反复推动几次后重新试机, 屏幕上 Time Error 显示消失, 仪器工作正常。

二、意大利科尼公司 CA-1000 型全自动生化分析仪故障检修 1 例

故障例 1: 废液渗漏引起线路板腐蚀

故障现象: 泵管破裂后, 如果只注意更换泵管, 对渗漏出的废液清除不仔细, 会引起分析盘下的线路板腐蚀, 严重者可导致加样系统工作失灵。

分析与检修: 据了解流动式生化分析仪的蠕动泵装置下及分析盘附近, 均有线路板与上述部位相毗邻, 一旦发生泵管渗漏 (特别是不易发现的慢性渗漏), 带有腐蚀性的废液就会滴漏在线路板上, 如果不能及时地发现并彻底地给予清除, 就会造成严重后果。

经过反复观察和总结, 认为预防流动式自动生化分析仪泵管破裂后废液腐蚀线路板应采取以下措施:

1. 经常检查泵管, 并根据开机工作量大小, 隔 1 天~2 天工作完毕时可将固定泵管螺钉拧松, 使泵管恢复弹性以延长其使用寿命, 并要定期更换泵管。
2. 操作人员应经常观察加样臂和吸液臂的工作情况, 防止反应杯和洗涤槽中的液体外溢。
3. 可用滤纸分别盖在上述易渗漏和外溢的部位下的线路板上, 这样发生渗漏时容易早发现、早处理。
4. 一旦发生渗漏和外溢, 首先应考虑有腐蚀线路板的可能, 要立即打开左盖罩, 卸下分析盘, 用手电筒照射仔细查找漏液的流向, 特别是线路接头和板上的焊点部位。

如果发现线路板上有液体痕迹,可用吸水纸吸取,然后用干棉球沾无水乙醇进行擦洗。此项工作操作人员完全有能力完成,边远单位千万不要等代理商或专职人员来维修处理,否则将造成较大损失,甚至停机。

采取上述措施后,CA-1000 型全自动生化分析仪再也没发生过线路板被废液腐蚀的现象。

三、意大利生物技术公司 BT-2245 型全自动生化分析仪故障检修 5 例

故障例 1: 泵定标不通过或泵定标通过检样不全

故障现象: 1. CRT 显示泵定标不通过,仪器锁于 SEVERCHEAK 页; 2. 仪器试剂仓里有试剂而 CRT 显示无试剂。

分析与检修: 其故障原因是光电检测电路断路,较易发生于近传动臂一端。由于传动臂每日工作左右上下移动近千次,故其与 CPU 间的连接线路(传送信号及指令)极易磨损扭断,从而使光电检测信号与 CPU 间的联络中断,出现上述故障现象。经重新焊接或更换连线后,可排除故障。

故障例 2: 死机故障

故障现象: CRT 无显示,外设无应答。

分析与检修: 分析死机原因是: 1. 外电压过高,熔丝熔断; 2. 电源故障; 3. 仪器内部短路或断路。通电开机检查: 1, 熔丝完好, 2. 电源电路指示灯亮, 比色器光源——碘钨灯亮, 用万用表测得电源电路直流输出电压依次为: -5V、+5V、-7V、+7V、碘钨灯电压+12V。因此,初步判断仪器内部存在短路或断路故障。

进一步检查发现: 连接传动臂与主数据板(DATE 板)的 6 根连接线中两根断开(近传动臂端)。但是,重新焊接后故障依旧。估计,在正常工作传动臂转动过程中,断开的两线曾受力牵扯后碰接短路,引起计算机的芯片烧毁。拆下仪器的主数据板(DATE 板)、视频控制板(VIDEO)及外设控制板(READ 板),经离线检测发现; Z80CPU、62C256 等多片芯片烧毁,更换后,视频信号恢复,外设应答。

故障例 3: 指令丢失故障

故障现象: 正常工作状态下,原有指令丢失或不能完成指令改写。

分析与检修: 分析这一故障与仪器计算机部分的存储器有关。该仪器采用寄存器为 74HC166N; 译码器为 74HC139; 驱动器为 74HC244; 随机存取存储器为 62C256; 经离线检测各 IC 完好。

进一步分析检查发现: 维持 RAM 内存信息的电池枯竭。更换相同容量的电池,故障排除。这一故障提示,尽管 62C256 功耗较低,一般仅 50mW 左右,但维持其工作的电池经多年使用后也应更换。

故障例 4: 活塞密封不良

故障现象: 仪器检测数据重复性差,工作无法正常行。

故障分析: 1. 检查所使用的试剂,无异常; 2. 检查蠕动泵及泵管是否损坏、漏液,经

查正常；3. 检查管路系统，正常；4. 检查活塞泵部分，此时发现自检定标时，有气泡产生且是从下部升上来的，故怀疑是活塞部分损坏，造成漏液，使吸取的试剂不准确，造成测试不准。

故障检修：旋下螺钉，检查活塞，发现密封不好，上下拉伸时漏液，此活塞为塑质一次性产品，须要原厂的零件更换，应急的措施是取下活塞连杆，把活塞头在水平面上反复敲几下，使活塞涨开，涨开后再装回到仪器上，试机，工作正常。

故障例 5：达林顿管 TIP122 软击穿

故障现象：仪器试剂盘温度达不到 37℃，不能加温，使血糖、尿素、肌肝等多项参数无法测试。

分析与检修：1. 察看电脑内菜单，检查试剂盘的设置温度为 37℃，正常；2. 察看电脑的菜单，检查试剂温度，显示只有室温；3. 仪器的控制及数据处理采用 286PC 机，有人曾用他拷贝过软件，为此，怀疑电脑感染病毒，用杀毒软件检查，并没有感染病毒，又考虑是电路故障；4. 测量传感器和加热器都正常，测量加热器电压，刚开机有电压，稍后电压即消失，怀疑是控制电路故障，经查控制板，发现有一部分烧黑，达林顿管 TIP122 的散热片螺钉已松动，装上开机，管子发烫，用无水酒精棉降温加热盘，温度能上升一会，故确定是达林顿管 TIP122 软击穿，更换新品后，仪器恢复正常。

四、法国梅里埃公司 CI 重 NLINE150 型全自动生化分析仪故障检修 1 例

故障例 6：取样针突停

故障现象：取样针到达标本杯口时突然停住，不去取样，同时主机报警并显示无标本，而实际上标本杯里的标本却是满的。

分析与检修：此机设计很精巧，取样针不但可以取样，而且还把此金属空心针设计成了信号探针，当针一接触到标本液面，就从金属针输出一个低电平信号给主机，主机得到此信号后取样针停止运动，接着才开始抽吸标本，得不到液面给的信号，取样针不停，会一直下插（直到限位开关起作用），抽吸不到液体机器就会报警并显示无标本。

显然，此机是取样针在标本杯口就得到了一个低电平停针信号，而后又因在杯口上方吸不到标本即出现无标本报警显示。

停针信号怎么来的？

检修中遇到 3 种情况都导致取样针突停标本杯口，吸不到标本的故障：

1. 连接取样针到主机的电缆线折断：因取样针经常上下运动，折来折去把此电缆的铜芯折成了两段，上下段有时接触，有时断开。当下段接触上段时就好像给了上段一个低电位信号，也就相当于给了主机一个低电位停针信号。把此断点焊好后故障排除。

2. 在探针（取样针）电缆的接头与机壳之间有导电体。因振动摩擦等原因使一段小铜丝掉在了电缆线接头与机壳之间。遇此故障，不但会突然停针，而且取样针还会在铅垂方向，上、下颤动不停。

3. 轴润滑不好。此机使用初期，只在传动机构中加注了一般的润滑油，天长日久，因齿轮和传动杆以及轴和轴套的摩擦，会在轴表面生成黑色的粘性物质，从而导致了摩擦力的增大，而此机取样针刚好有一个防冲针自动保护装置，只要针头阻力大于一定值，如针戳

到了铁架上，一个过阻力信号立即输给主机，主机即指令停，从而导致了突然停针的故障。清除掉粘性物质后，改用硅脂定期润滑，此后未再出此类故障。

第七节 上海医用分析仪器厂 山东高密分析仪器厂 生化分析仪故障实例

一、上海医用分析仪器厂 SF-I 型生化分析仪故障检修 8 例

故障例 1: 光源灯泡老化

故障现象: 仪器开机 20min 后，对一样品进行多次测量时，所得读数每次相差较大且无规律。

分析与检修: 由使用说明书和测量电原理图得知，见图 6-2-28 所示，仪器送电后，在没有测量前（图中样品池处空着，光线经滤光片直达光电管），按下 K21，调节 W23 使电表 M 指示在 4V~4.5V 之间。这样即保证了下级对数运算电路的工作点，使之工作在高灵敏度区域。当 M 表指示值一旦调节确定后，在没有进行测试样品时，表指示应一直保持在确定值上。但是，该仪器在通电调节好 M 表指示值后，经十多分钟，M 表指示开始在确定值上左右无规则地漂移摆动。这样可判断故障不在对数运算电路及以后各级上，而是发生在这点的前部分，他可能发生在后半部（光电管，A₁、A₂ 线性放大器）或前半部（光源灯、灯稳压源）。进一步检查，取下滤光片，在此处放一张较厚的白纸，使达到光电管的光线明显

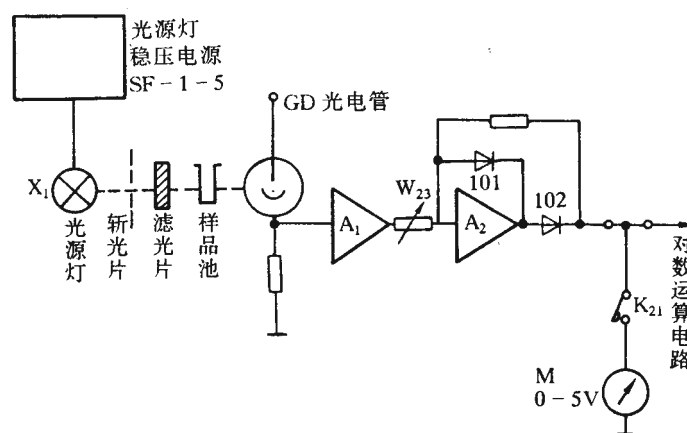


图 6-2-28 测量部分电原理图

减弱，按下 K21，调节 W23 使 M 表指在 4V 左右。经 15min 后，再观察 M 表指示值，发现指针摆动明显减小。从光线减少、波动变小，可认为故障就出在光源灯和灯稳压源上。使用说明书标出，光源灯工作电压 6V，电流 0.42A，寿命为 200h，但该仪器上光源灯更换时间

并不长,即远没达到 200h。光源灯似乎没有什么故障。故障出在灯稳压源上,取下白纸把滤光片放回原处,将 M 表指示调回原值(4V~4.5V),在 M 表指示值出现摆动时,用万用表测量光源灯稳压源输出直流电压,此直流电压为 6V,并无不稳定现象。故障又回到光源灯,只有怀疑灯泡了。再更换一只新灯泡,上述现象消失, M 表示值稳定。经对样品多次测量,变差减小,重复性在要求范围内。

至此,说明故障为光源灯灯泡本身质量不良所引起的。

故障例 2: 进样电机不动作

故障现象: 进样电机不动作。

故障检查: 1. 测量线路板 SF₁₋₁ 的⑪脚对机壳无电压; 2. 按下启动按键 K₆ 时, 线路板 SF₁₋₆ 的③脚无电压输出; 3. 按下启动按键 K₆ 时, 线路板 SF₁₋₂ 的⑧脚有 10V 电压, 但⑪脚无电压; 4. SF₁₋₁ 线路板的⑩脚有 8V 电压, 但进样电机①和②脚间无电压或电压很低(正常应为交流 130V); 5. 电机两绕组的输入电压正常(①—②间应为交流 130V, ③—④间应为交流 220V) 但电机不转。

原因与排除: 1. 进样控制部分电源损坏常见原因是 1BG₁ 或 1D₅ 管子损坏; 2. 6MS₁ 或 6BG₁ 损坏; 3. 2MB₂, 2BG₂ 或 2D₁ 管子损坏; 4. 可控硅 1BG 损坏或二极管 1D₆、1D₇、1D₈ 和 1D₉ 中部分损坏, 或电容 C₃ (1μF、630V) 损坏; 5. 电机损坏或电机内变速齿轮损坏。

故障例 3: 进样逻辑不对

故障现象: 进样逻辑不对。

故障检查: 1. 将插在 CZ₄ (参见使用说明书) 上的⑨脚插头 CT₄ 拔下, 用万用表测②和⑧脚及①和⑧脚:

- (1) 当空白比色皿在测量位置时, 均应直通;
- (2) 当样品比色皿在测量位置时, ②和③脚间直通, 而①和③脚间应不通;
- (3) 无比色皿架在测量位置时, 均应不通, 测量后发现与以上情况不符。

2. 根据进样不正常的现象, 按进样系统逻辑简图分析故障原因(参见使用说明书中“八、仪器原理”一节)。然后按进样逻辑(SF₁₋₆ 电原理图检查有关各点电压, 找出损坏的管子或虚焊处。

常见原因如下:

- (1) 当进样逻辑在 1s 或 5s 时均不对;
- (2) 1s 对, 5s 不叉寸;
- (3) 5s 对, 1s 不对;
- (4) 空白比色皿时进样不对;
- (5) 无论是空白比色皿还是样品比色皿进入测量位置均不停, 电机连续动作。

原因与排除: 1. 微动开关损坏或识别器的开关触发器位置移动。开关触发器位置的调整方法如下:

- (1) 当测量位置无比色皿架时, 比色皿和空白开关触发器均应不触动微动开关;
- (2) 当测量位置是空白比色皿时, 比色皿微动开关(下面一个)应被触动, 而空白微

动开关（上面一个）不被触动；

（3）当测量位置是样品比色皿时，两个微动开关均应被触动。

2.（1）6MS₁₁或BG₆损坏；（2）6MS₆、6MS₅或6BG₄损坏；（3）6MS₆、6MS₃或6MG₃损坏；（4）6MS₅损坏；（5）6MS₁或6MS₂损坏。

故障例 4：稀释器不动作或动作异常

故障现象：与稀释器联合做自动加液时不能使稀释器动作或动作不正常（不包括稀释器本身故障）。

故障检查：1. 测量 SF₁₋₆ 线路板⑮脚的电压不正常；2. 测量 6MS₁₂ 的⑤脚，⑩脚或⑪脚的电压不正常；3. 测量 SF₁₋₆ 线路板的⑨脚、⑫脚或⑬脚的电压波形不正常。

原因与排除：1. “加液”按键开关或 K9 开关损坏；2. 6MS₁₂ 损坏；3. 4BG₄、4BG₁ 或 BG₁ 损坏。

故障例 5：数码管不亮或很暗

故障现象：数码管不亮或很暗（除按下“加液”按键之外）。

故障检查：1. 测量 CZ₈ 两端间无交流 220V 电压；2. 测量 SF₁₋₄（整流器）线路板的①和②间无交流 46V 电压；3. 测量 SF₁₋₄ 线路板的④脚无+15V；4. +15V 电压有，但⑧脚无+10V 电压；5. +15V 电压有，但⑫脚无—15V 电压。

原因与排除：1. 进样组件的继电器 J（参见进样控制组件接线图）损坏；2. 变压器 B₂ 损坏；3. 4BG₄、4BG₁ 或 BG₁ 损坏；4. 4BG₂ 损坏；5. 4BG₅、4BG₃ 或 BG₂ 损坏。

故障例 6：测量读数均为“0000”，空白记忆指示灯常亮

故障现象：测量读数显示均为“0000”且空白记忆指示灯常亮。

故障检查：测量前将 K₉ 拨向“定标”，将光密度值为“0”的中性滤光片放入比色皿架的空白位置，另取一块光密度值较低的中性滤光片放入样品位置，然后将 K₇ 拨向“移动”，同时依次测量以下各点电压：

1. 当空白进入测量位置时，SF₁₋₆ 线路板的⑨脚无 10V 电压；2. SF₁₋₆ 线路板的⑨脚有电压时，SF₁₋₁₀ 线路板的⑮脚没有电压；3. 当空白在测量位置时，SF₁₋₁₀ 线路板的⑩脚有 10V 电压，则在样品进入测量位置后，依次测量 SF₁₋₁₀ 线路板上以下几点电压：

（1）10BG₆ 的 c 极无电压；（2）若 10BG₆ 的 c 极为 10V 而 10BG₇ 的 c 极亦为 10V 左右（应为 0.2V 左右）；（3）若 10BG₆、10BG₇ 的电压均正常，而 10MS₃ 的⑩脚为 8V 以上（应为 0V 左右）；（4）若 10MS₃ 的⑩脚为 0V，而 10MS₂ 的⑧脚输出亦为 0V 左右（应为 10V）。

原因与排除：1. SF₁₋₆ 线路板上 6MS₆ 或 6BG₃ 损坏；2. 检查 CT₄ 的⑧脚的连线有无脱焊或断线；3.（1）10BG₆ 损坏；（2）10BG₇ 损坏；（3）10MS₃ 损坏；（4）10MS₂ 损坏。

故障例 7：测量读数为“0000”，空白记忆指示灯正常

故障现象：测量读数为“0000”，而空白记忆指示灯正常（即空白时灯亮，其后 5min 内灯暗）。

故障检查：测量方法同上，依次测量以下各类电压：

1. 用示波器测量线路板 SF₁₋₁₀ 的⑩脚，无测量开门脉冲（此时脉冲很窄，应注意观察）；

2. 按下光调节按钮 K_{21} , 表头 M 无读数; 3. 关掉电源开关, 并拔去 SF_{1-9} 线路板, 依次按下各测定选择开关, 并调节相对应的因数调节电位器, 借助过渡插件板测量⑧脚和⑫脚之间的电阻, 发现为无穷大 (应为 $0k\Omega \sim 47k\Omega$); 4. 用示波器测量 SF_{1-10} 线路板上 $10BG_2$ 的 c 极, 发现无波形; 5. 在以上情况正常条件下, 用示波器测量 SF_{1-10} 线路板的⑭脚, 发现无波形, 这时造成故障的原因较多, 应按下列步骤依次检查:

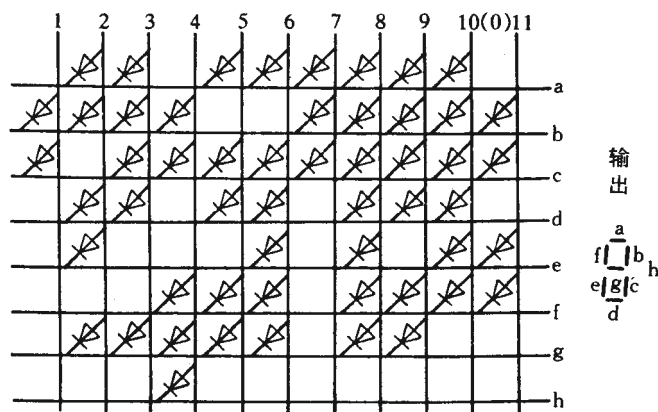


图 6-2-29 译码电路图

(1) 用万用表测量 SF_{1-8} 的④脚, 发现无电压或超过 $10V$ (应为 $0.5V/u3V$); (2) 测量 SF_{1-8} 的⑬脚无电压或超过 $10V$ (应为 $4V \sim 5V$); (3) 用示波器测量 SF_{1-10} 线路板上 $10MS_1$ 的⑧脚, 发现无波形 (应与测量开门脉冲相同); (4) 以上均正常的条件下应参照前面所列的电压波形图, 依次检查下列管子有无损坏: $9BG_3$ 、 $9BG_4$ 、 $10BG_4$ 、 $9BG_5$ 、 $9BG_6$ 、 $9D_6$ 、 $9D_5$ 、 $10MS_1$ 、 $10MS_3$ 及 $10BG_3$; 6. 用示波器测量 SF_{1-10} 线路板的⑭脚的波形, 正常, 此时故障在 F_{1-11} 线路板上, 按下列步骤检查: (1) 测量 $11MS_{18}$ 的⑧脚和⑥脚的电压, 应为 $0V$, 发现为 $10V$ 左右; (2) 检查各计数管: $11MS_3$ 、 $11MS_6$ 、 $11MS_9$ 、 $11MS_{11}$ 。

原因与排除: 1. (1) CT_4 的⑥脚和 CT_6 的⑧脚之间的连线脱焊或断线; (2) SF_{1-6} 线路板上 $6MS_8$ 或 $6BG_2$ 损坏; 2. (1) 光源损坏; (2) SF_{1-7} 线路板上有管子损坏。常见故障是 $7BG_1$ 或 $7BG_4$ 损坏; 3. (1) 相应的因数调节电位器损坏或接触不良; (2) 相应的测定选择开关接触不良或焊点脱焊; 4. $10BG_1$ 或 $10BG_2$ 损坏; 5. (1) $8BG_1$ 损坏; (2) $8BG_2 \sim 8BG_8$ 均有可能损坏, 常见故障是 $8BG_3$ 或 $8BG_4$ 损坏。另一可能原因是继电器 8 了损坏; (3) $10MS_2$ 损坏; 6. (1) $11MS_{18}$ 损坏; (2) 常见故障是 $11MS_3$ 损坏。

故障例 8: 打印机打印出的数值与显示读数不符

故障现象: 打印机打印出的数字与显示读数不符。

故障检修: 1. 打印机本身故障, 请参阅 LY_4 打印机的说明书; 2. 故障一般在 SF_{1-16} 线路板上。此时故障较为复杂, 可按下述方法检查:

(1) 将“0”中性滤光片放入空白位置,另取一块中性滤光片放入样品位置,将 K_9 拨向“定标”,然后将 K_7 拨向“移动”,使中性滤光片进入测量位置;(2) 然后调节“因数调节”电位器,使读数逐渐变大,调节时逐位进行,使每位读数从。变到 9;(3) 每调节一个数字,将 K_9 拨向“测定”,然后开启打印机,按一下打印机本身的“打印”按钮,将数字打印下来,然后关掉打印机,仍将 K_9 拨向“定标”;(4) 如此进行,使每位从 0~9 均打印下来(最高一位只有 0 和 1);(5) 类似上述方法,拨动小数点开关 K_{23} ,使小数点处于不同位置,同时打印下来。

待上述操作结束后,仔细对照打印下来的数字和应显示的数,找出不相符的规律,参照 SF-1-16 线路板的电原理图,分析可能出故障的范围,然后用万用表仔细测量有关各点的电压,找出损坏的元件,更换。

二、山东高密分析仪器厂 GF-234 型生化超微量自动分析仪故障检修 2 例

故障例 1: 矩阵译码电路数码 2 这一列二极管中有一只击穿损坏

故障现象: 用以显示 Y 方向进样位置的荧光数码管出现错误显示。所显示的 1~11 个数中,只有“2”显示是正常的,其余数码均不能辨认。

分析与检修: 当进样板位于 Y 方向“2”位时,数码管能正常显示,可初步排除取样电路及数码管本身的故障。拆下由二极管组成的矩阵译码电路板,测译码板输入端各数码显示时的电位,发现数码“2”输入端在显示任何数码时均为高电位+30V,断开数码“2”输入端,故障依旧,说明故障仍在译码电路,根据电路板画出线路图(见图 6-2-29 所示。此机不供图纸)。经分析线路得妇,若数码“2”这一列二极管中有一个反向击穿,便会出现上述故障,实测果然如此,更换二极管后,故障排除。

故障例 2: 进样板 K 方向两个行程开关松动

故障现象: 进样板 X 方向不运动,不能完成进样动作。但强行按动 X 方向进样按钮能听到电机发出的“嗡”声(短时间按动)。

分析与检修: 此机进样板 X 方向可左、右两个方向运动,是由改变 X 方向驱动电机的转向来控制的,打开机器,发现进样极已移至左端,但启动时电机仍发出“嗡”的响声,显然极限位控电路未起作用,进一步分析:自动进样时,进样板移至最左端(右端)应停止前进并开始向右(左)方向进样,此时电机应与原来的转向相反。那么就是说电机反向控制电路也未工作。仔细观察并借助万用表发现:进样板虽移至最左端但并未使极限位置控制及电机正反相控制两个行程开关完全压下,使其仍处于断开状态,造成上述故障。

此故障是由于两个行程开关的固定螺钉松动,在进样板的碰撞下造成移位而产生的。只要将开关移回原位并加弹簧垫片,用螺钉紧固即可排除故障。

三、山东高密分析仪器 FBT-224 型半自动生化分析仪故障检修 3 例

故障例 1: 光源灯灯座引线焊接点开焊

故障现象: 有时各项指标所测得的数据会突跳跃式地大大偏离误差范围。如本该 7.400 的数据, 会突变成 20.00, 但当检修人员检修时, 屏幕显示又正常。此故障时常产生, 最后是几个星期所测数据均不准, 无法出检验报告, 被迫停机。

分析与检修: 启动机器自检程序, 一切正常, 未发现有异常信息出现, 初步判断故障不在主电路上, 有可能在液路或光路上。对液路进行多次清洗, 确信很畅通后再试机, 故障依旧, 排除液路系统故障, 遂拆开机壳检查光路系统, 只见钨灯表面有一层白色的附着物, 很明显光源已达不到要求。轻轻拉动灯座上的导线, 有一根一拉就下来——焊接不良, 重新焊接此导线, 再换上一新钨灯后试机, 一切正常, 故障排除。

因导线与灯座焊接点接触不良, 所以导致光源忽亮忽暗, 使得所测数据会发生突跳现象, 到后来由钨灯表面附上白色物质后, 导致了所有数据均不准。这些白色物质又是哪里来的呢? 仔细观察灯座, 发现灯座与灯靠得较近的一块绝缘胶木已烤成了深褐色, 由此可判断是灯泡长期烘烤胶木蒸发出来的一些白色物质附在了灯泡上, 从而导致所有测试数据不准。

故障例 2: 显示屏亮度调节电位器 P_1 接触不良

故障现象: 分析仪搁置数日之后, 使用时屏幕显示很暗。

分析与检修: 该机显示元件为 LM038, 为迅速找出故障原因, 首先查阅 LM038 各脚功能及参数。其①脚为+5V 电源端; ②脚接地; ⑧脚为控制端; ④脚为液晶显示亮度调节端; ⑥端为读写端, ⑦~⑭脚为数据端。测量①脚+5V 电源正常, 在工作状态下测量各数据端、读写端、控制端, 其逻辑幅度正常。测试④脚电压值为 0.3V。从元件对该脚电压要求值比较相差较大, 从电路图得知该脚电压由+5V 电源通过电位器 P_1 提供。因+5V 电源正常, 故障源只有两个, 即电位器 P_1 与液晶显示元件 LM038 出现故障。试调电位器 P_1 , 当调整工具插入电位器槽孔内时, 显示屏突然变亮, 这说明电位器 P_1 可能接触不良。检查 P_1 的 3 个焊点正常, 用无水酒精滴入电位器电阻内, 反复几次旋转电位器, 最后恢复原位; 用电热风吹干, 然后通电试机, 显示屏显示亮度正常。

使用中又出现温度异常, 表现为温度达不到要求值, 并来回大幅度跳动。检查结果仍是温度取样电路中的电位器接触不良, 用同样方法处理后仪器恢复正常工作。

分析以上原因可能是仪器搁置时间较长, 检查室内湿度大, (空调冷凝水向室内渗漏等) 造成, 电位器发霉, 使仪器出现故障。因此提醒仪器操作人员应注意仪器的维护保养。

故障例 3: 比色杯开裂

故障现象: 不吸液。

分析与检修: 不吸液一般由以下几种原因造成: 1. 吸液泵及吸液泵控制电路有故障; 2. 吸液管路堵塞或漏气。

打开泵罩盖，按动吸液泵按钮，泵工作正常，说明泵及泵电路工作正常。停止吸液泵工作，将管路一头脱开，用注射器插入管头内，另一头插入液体中，推进注射器，液体内出现气泡，说明管路无堵塞。因此断定是管路出现漏气，逐一检查管路及比色杯，发现比色杯开裂。由于比色杯开裂漏气，虽然吸液泵工作正常，使管路没有负压形成，所以不能正常吸液。更换比色杯，故障排除。

第三章 分光光度计

第一节 单色器

分光光度计和光电比色计最主要的区别是用单色器代替了滤光片，其余部分则大体相同。

单色器又叫单色光器，是用来从光源送来的复合光中选取高纯度单色光的装置，它可以在工作波长范围内选择任意波长的单色光。

分光光度计中所用的单色器有两种类型，即棱镜单色器和光栅单色器。无论是哪种单色器，其主要部分都是由入光狭缝、出光狭缝、色散元件、准直镜以及附属机械装置所组成。入光狭缝起着限制复合光进入单色器的作用；色散元件起着把复合光分解为单色光的作用；准直镜的作用之一是把来自入光狭缝的光转变为平行光，投射到色散元件上，其作用之二是把来自色散元件的平行光束聚焦于出光狭缝上，形成光谱像；出光狭缝是单色光的出口，它只让光谱带中额定波长的光从狭缝中透出，而将其他波长的光挡住，不许其通过。

色散元件——棱镜或光栅，通过机械装置连接到波长盘（轮）上，转动波长选择钮（机构），可以改变棱镜或光栅的角度，从而改变单色器出射光束的波长，从波长盘或波长计数（显示）器上读取射光的波长值。

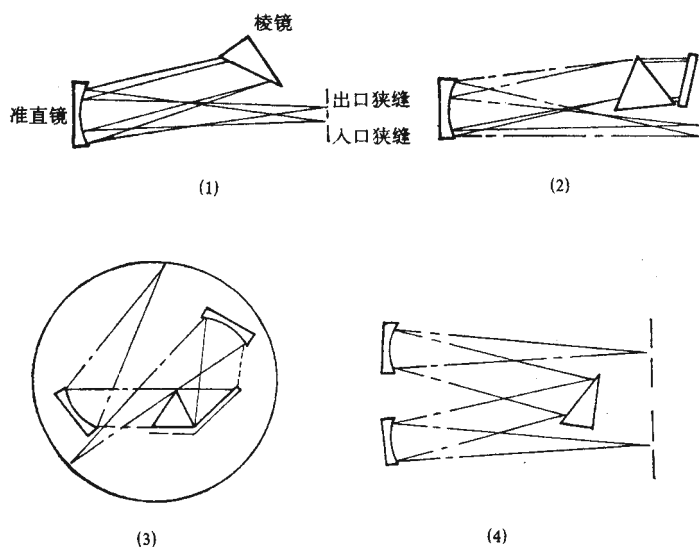


图 6-3-1 棱镜单色器光路图

单色器通常是以设计者的名字命名的。常用的棱镜单色器有图 6-3-1 所示的 4 种形式。常用的光栅单色器有图 6-3-2 所示的 3 种形式。

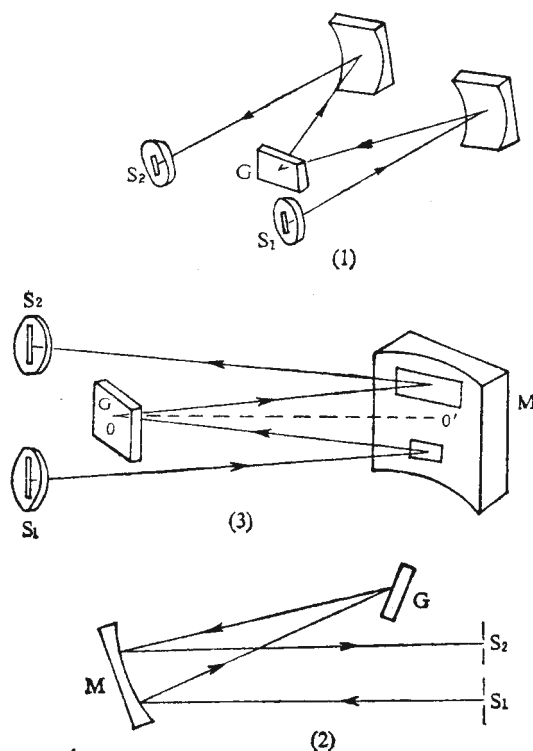


图 6-3-2 光栅单色器光路图

(1) 泽尼-特纳式；(2) 利特罗式；(3) 艾伯特式

一、色散元件

色散元件又叫分光元件，它是将复合光分解为单色光的装置。分光光度计中常用的色散元件是棱镜和光栅。

(一) 棱镜

1. 棱镜的色散原理 棱镜是根据透明物质（如玻璃、石英）的折射率和光的波长有关这一性质而工作的。棱镜的形状如图 6-3-3 所示。

在几何光学中我们知道，光从一种介质射到另一种介质时，一部分光从界面反射回去，另一部分则改变前进方向进入第二种介质，如图 6-3-4 所示，前者称为反射，后者称为折射。若入射角为 i 、折射角为 θ ，则其折射率 n 为： $n = \sin i / \sin \theta$ 。不同的光学材料具有不同的折射率。即便是同一种光学材料，以相同的入射角照射，若波长不同，得到的折射角也不一样。透明物质的折射率 n 和入射波长 λ 的关系可以用下列经验公式表示：

$$n = A + B/\lambda^2 + C/\lambda^4 + \dots$$

式中 A、B、C 的数值与物质的性质有关。从式中可以看出：波长越长，折射率越小。表 6-3-1 实际测得的数据说明了这一点。

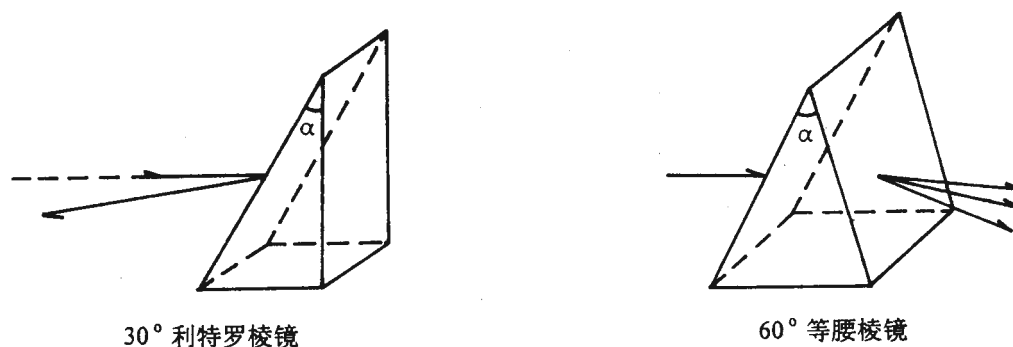


图 6-3-3 棱镜的形状

表 6-3-1 冕牌玻璃折散率与波长的关系

波长 (nm)	颜色	折射率
400	紫	1.523
450	蓝	1.528
550	黄绿	1.519
590	橙黄	1.517
620	红	1.514
750	深红	1.513

这样，当含有不同波长的复合光通过棱镜时，由于各种波长的光在棱镜内的折射率不同，因而被分解成不同的角度而散开，这种现象称为棱镜的色散作用。

色散过程如图 6-3-5 所示。图中 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 分别表示不同波长的光。且 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$ 。 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 表示光束从空气进入棱镜，又从棱镜进入空气，两次折射的总偏向角。 α 为棱镜的顶角。由于不同波长的光具有不同的偏向角，波长越短，偏向角越大，所以 $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3$ 。这样，不同波长的光便以不同的方向射出棱镜，成为按照波长顺序排列起来的光谱。若让一束白光通过棱镜，将图 6-3-5 中的受光屏右转 90° ，则可以看到如图 6-3-6 所示的光谱图案，从图 6-3-6 中我们可以看出，棱镜的色散是非线性的。棱镜的非线性色散在这里有两层含意，一是指在不同的波长区色散不一样，在紫色端色散好，即分的比较开，在红色端色散差；二是指各种单色光之间的分界线不是直线而是弧形。这两点给棱镜

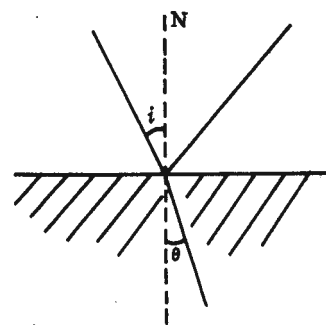


图 6-3-4 光的反射和折射

的设计和制造带来了许多麻烦。

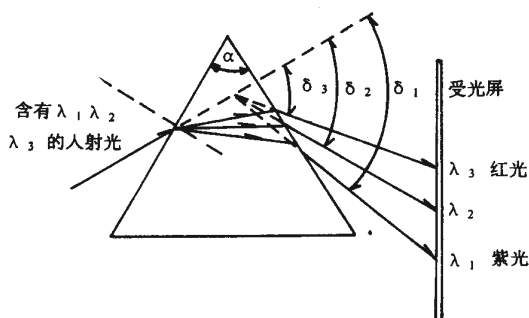


图 6-3-5 玻璃棱镜的色散

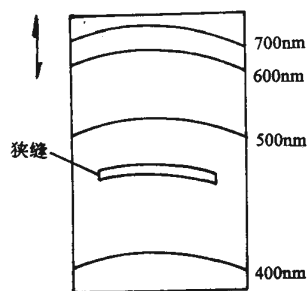


图 6-3-6 玻璃棱镜的非线性色散示意图

为了克服棱镜单色器的这两点不足，在实践中采用了许多相应的措施来进行补偿，如为了克服第一点不足，采用了渐进凸轮（又叫阿基米德凸轮）或鼓形轮来进行波长调节；为了克服第二点不足，将狭缝做成弧形来近似吻合光谱的弯曲。尽管采用了以上这些复杂精密的机械结构，但也只能作近似的补偿，而不能完全消除其影响。

不同材料的棱镜，其色散特性相差很大。图 6-3-7 为不同材料色散元件的色散特性。

前面是以顶角为 60° 的等腰棱镜为例叙述的。但分光光度计中最常用的是另一种顶角为 30° 的直角棱镜，又叫利特罗棱镜。其立体图见图 6-3-3 所示，截面图如图 6-3-8 所示。该镜的长直角这一侧面镀有铝反射膜。光线进入棱镜后，由棱镜的铝反射面反射回来，再度进入空气。由于经过棱镜两次，其效果相当于一个顶角对折起来的 60° 等腰棱镜。它的优点一是节省材料，二是对石英棱镜来说，由于光线以相反方向通过同一棱镜，可以自动消除石英双折射的影响。国产 72 型分光光度计采用 60° 等腰棱镜。721、751、XG-125 型等仪器都采用 30° 直角棱镜。

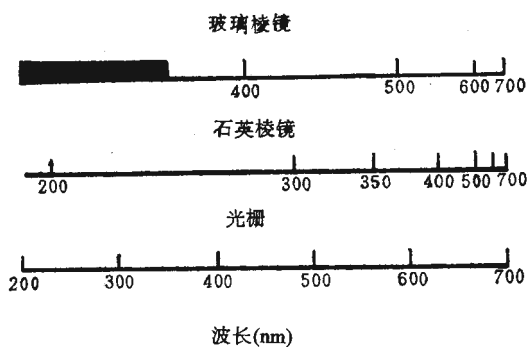


图 6-3-7 不同材料色散元件的色散特性

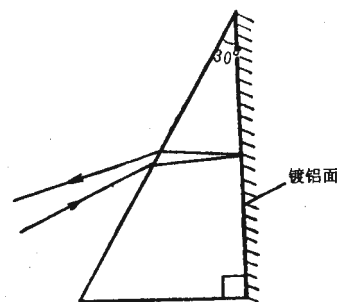


图 6-3-8 30° 利特罗棱镜

2. 棱镜的分辨率 它指的是棱镜能够分辨两条相邻谱线的能力。仪器的分辨率越高，它可以分辨的波长间隔越小。在数值上，分辨率 R 等于两条谱线的平均波长 λ 与这两条刚能分辨开的谱线之间的波长差 $\Delta\lambda$ 之比 ($R=\lambda/\Delta\lambda$)。为了得到较高的分辨率，在调整光路时，

应使来自狭缝的光束照射于棱镜的整个平面上。

(二) 光栅

光栅色散均匀、谱线清晰、工作波段宽，是棱镜无法比拟的。再加上它所造成的单色器的结构比较简单，所以近年来逐步取代了棱镜，而成为色散元件的主角。

所谓光栅，原是指大量等宽、等间距的平行狭缝所组成的光学元件，但实际所使用的光栅多为反射型复制光栅，它是在平面玻璃上粘结上一定角度刻槽的铝反射膜而制成的，如图 6-3-9 所示。由于铝膜很薄（约 $0.1 \sim 1.5 \mu\text{m}$ ）、很亮，故从外表看不出和一般的反射镜有什么明显的差异。

1. 光栅的色散原理 光栅是根据光的衍射和干涉原理工作的。图 6-3-10 是光栅的色散原理图。图 6-3-10 中 G 代表光栅，L 代表会聚透镜，S 是放在透镜焦平面上的受光屏，b 为狭缝宽度，d 为光栅常数——狭缝宽度与不透光部分之和， θ 为衍射角。当入射光垂直照射在光栅上时，可推导出光栅方程如下：

$$n\lambda = d \sin\theta \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

由光栅方程可以看出： $\lambda = d/n\sin\theta$ （d/n 为常数）

不同波长的光具有不同的衍射角，二者成比例关系。波长长者衍射角大，波长短者衍射角小。因此，利用光栅可以把不同波长的光分开，这就是光栅的色散原理。

光栅方程中的 n 称为干涉级数。当 $n=0$ 时，衍射角 $\theta=0$ ，光波未发生衍射。此时，入射光在 M_0 处形成一条明亮的亮纹，这条亮纹称为。级极大或称为。级像。 $n=1$ 时，称为 1 级像； $n=2$ 时，称为 2 级像……。但随着级数的增加，光的能量也越来越弱。1 级像能量最大，在实际中被最常使用。

利用光栅分光时，有一个级次干扰的问题。由光栅方程可以看出，1 级光在 400nm、600nm 等处和 2 级光在 200nm、300nm 等处是互相重叠的。也就是说高级次光对低级次光产生了干扰。为了克服高级次光的干扰，在光色散前或色散后，要用滤光片将高级次光滤去。一般的紫外分光光度计有三块滤光片即可满足要求。

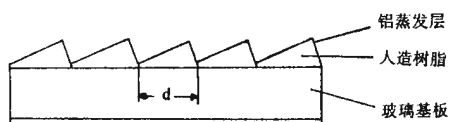


图 6-3-9 光栅横截面

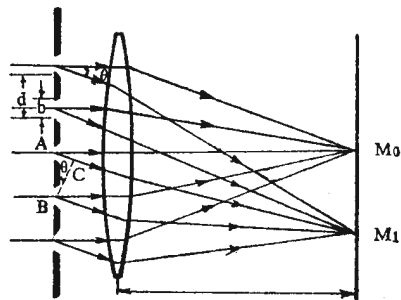


图 6-3-10 光栅衍射示意图

2. 光栅的类型 实际应用的光栅基本上是反射式光栅。从光栅的外型看，可把它分为平面反射光栅和凹面反射光栅两类。其中，平面反射光栅比较常用。它一般在每毫米内刻有 600 条或 1200 条的三角线槽。凹面反射光栅的线槽刻在凹球面镜上，它本身起着色散元件

和准直镜两个作用，即不用聚光透镜就能产生锐线光谱。由凹面反射光栅构成的单色器，其机械结构更为简单。

从光栅的刻制方法看，它可分为机刻光栅和全息光栅两类。机刻光栅是用金钢刀挤压镀于玻璃片上的铝膜而成，由于制造机刻光栅对环境条件的要求十分苛刻，且生产周期长、成本高，一般只能制成少量的原刻光栅，又称母光栅。而实际应用的是质量稍逊于原刻光栅的复制光栅，它是利用原刻光栅当坏模复制而成的。

全息光栅是采用双激光束干涉和照像技术制成的光栅。全息光栅杂散光小、分辨率高。用这种技术容易制成大密度（如 6500 线/mm）和大面积光栅，生产成本也比较低，是一种新型的优质光栅。

需要指出的是，光栅表面的铝膜质地很松软，极易擦伤，所以在维护时，严禁用任何擦拭物擦拭，更不能用手去触摸，否则会造成永久性损坏。万一光栅上落上了灰尘，只能用吹气球吹去。

二、准直镜

准直镜是一块凹面反射镜。在几何光学里我们知道，凹面镜有会聚光线的作用。一束平行于主轴的近轴光线，射到凹面镜上时，它的反射光线将会聚于主轴焦平面上。焦点 F 位于凹面镜曲率半径的 1/2 处。利用光的可逆性可知，如果将光源放在焦点 F 的位置，则光线经凹面镜反射后，就变成一束平行于主轴的平行光，如图 6-3-11（1）所示。若是一束不平行于主轴的近轴光线投射到凹面镜上时，它的反射光线将会聚于凹面镜的焦平面上，如图 6-3-11（2）所示。根据这一性质制成的凹面镜叫准直镜。

准直镜大都采用球面反射镜，也有的采用旋转抛物面镜。

通常入光狭缝和出光狭缝处在准直镜的焦平面上，这样，从入光狭缝来的光线经准直镜反射，变为平行光投照到色散元件上。色散元件分光后的光线，经准直镜会聚后，投照到出光狭缝。准直镜可以用一块，也可以使用两块担当。

准直镜的反射镜面通常也镀有铝膜。在可见光区，铝膜外面常常再镀上一层二氧化硅保护层，但在紫外区，为了保证较高的反射效率，常常不镀这一保护膜。对于这种无保护膜的准直镜，要采用和光栅相同的保护方法维护。

采用凹面光栅的单色器，不需要准直镜装置。

三、狭缝

一般的单色器都有两个狭缝，一个叫入光（或入射）狭缝，一个叫出光（或出射）狭缝。入光狭缝是复合光进入单色器的入口，它起着限制光能的作用。出光狭缝是单色光的出口。起着控制单色光纯度的作用。当色散元件受波长机构调节而偏转时，色散后的光谱便垂直于狭缝作扫描运动。只有波长范围很窄的单色光从狭缝中透出，如图 6-3-6 所示，其余的光被挡在狭缝之外。

狭缝通常是由两块加工为锐边缘的金属片组成。其边缘保持彼此平行，并处于同一平面上，如图 6-3-12 所示。

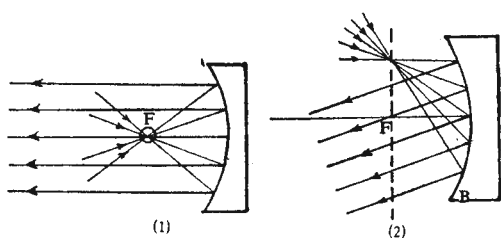


图 6-3-11 准直镜示意图

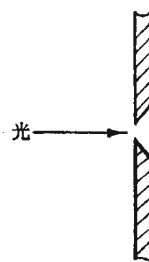


图 6-3-12 狭缝

狭缝可分为连续可调式、分档可调式和固定式 3 种类型。在采用棱镜作色散元件的记录式分光光度计中,为了使投射到检测器上的光的强度变化尽可能小,或为了保持一定的带宽,必须使用连续可调式狭缝,使各波长都以相等的能量进入检测器。但是,连续可调式狭缝的机械结构比较复杂,加工精度要求高,其成本也高。多用于棱镜作分光元件的中、高档仪器。连续可调式的入光和出光狭缝通常是连动的。这时,从单色器出射的单色光的能量正比于狭缝的平方。

固定式狭缝结构简单、加工方便。但是,对于棱镜单色器来说,固定式狭缝在长波段和短波段透出来的光谱带宽是不同的。这种结构多用于普通仪器,如 721 和 722 型。

对于光栅单色器,由于它的色散是线性的,故不需要改变狭缝宽度来适应某一固定的输出带宽。这使得结构简单、成本低廉的分档可调式狭缝,在以光栅作分光元件的分光光度计中得到了广泛的应用,如 WFZ800-D2 型紫外分光光度计使用了三档可调式狭缝。也有使用十几个狭缝的仪器。分档可调式通常是将缝宽不同的各档狭缝安装在滑动架或转动轮上,可以根据需要,自动或手动调节。

四、波长调节机构

前面已经提及,为了使单色光依次通过出光狭缝,在分光光度计中需要用波长调节机构来使色散元件慢慢偏转。

在采用棱镜作色散元件的单色器中,由于棱镜的色散是非线性的,所以,在这种系统中,常采用凸轮、鼓形轮等驱动机构来使波长读数趋于线性,图 6-3-13 为一凸轮装置示意图。转动凸轮,即可带动棱镜偏转。

由光栅方程可知,光栅的色散是线性的。即在光栅转动过程中,输出波长入与光栅的偏转角 θ 的正弦成正比。

$$\text{即: } \lambda = d/n\sin\theta$$

所以,光栅的波长调节机构应为一正弦机构。正弦机构的工作原理如图 6-3-14 所示,图 6-3-14 中 A 为杠杆的长度。光栅固定在杠杆的左端点。X 为推杆的移动距离。在手动或马达的转动下,丝杆推动杠杆绕其左端点转动。杠杆的转动带动了光栅的偏转,使不同波长的光依次从出射狭缝透出来。在光栅偏转的同时,波长计数器将出射的波长显示出来。

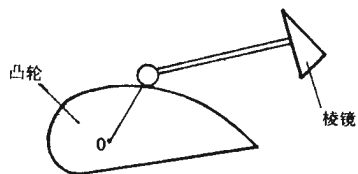


图 6-3-13 凸轮装置示意图

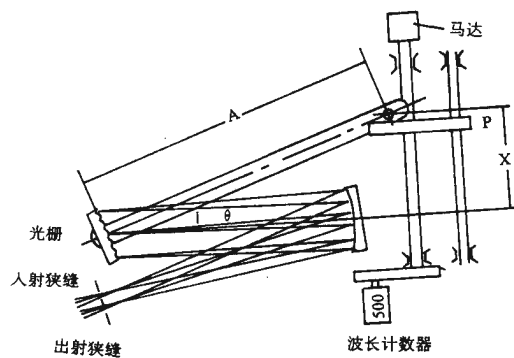


图 6-3-14 正弦调节机构

由图 6-3-14 中可以得出： $\sin\theta = X/A$

将 1、2 式合并，可得： $\lambda = (d/nA) X = KX$

式中： $K = d/nA$ ，为一常数。(3) 式说明；采用正弦机构后，出射波长入与推杆移动的距离 X 成正比。

在实际应用中，通常都采用灵敏度和精度都非常高的丝杆作为推动杆。

单色器一般都单独装在一个暗盒中，并将暗盒全密封或半密封起来，以防止潮湿、灰尘以及有害气体进入单色器，对单色器造成不良的影响。无特殊情况不要轻易打开单色器。

第二节 721 型分光光度计

721 型分光光度计结构简单、使用方便、性能稳定，是目前我国各类实验室中应用最多的一种通用、普及型分光光度计，在各级医院中也得到了广泛的应用。该机的外形如图 6-3-15 所示。

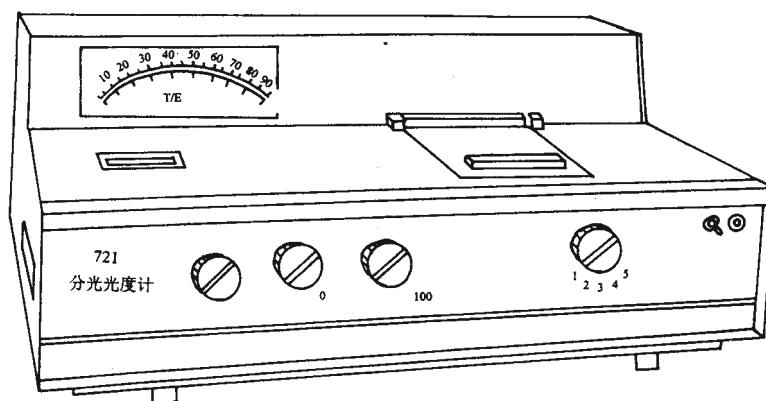


图 6-3-15 721 分光光度计外型

其主要技术指标如下：

- (1) 波长范围：360~800nm。
- (2) 波长精度：360~600±3nm，600~700±5nm，700~800±8nm。
- (3) 灵敏度：用含铬量 2.5μg/ml 的重铬酸钾溶液在 440nm 处测量，仪器的吸光度应 ≥0.01A。用 150μg/ml 的硫酸铜溶液，在 690nm 处测量，仪器的吸光度应 ≥0.01A。
- (4) 重现性误差：不大于 0.5%。

该机设计紧凑，采用的是一体化结构。它利用 12V、25W 的钨丝灯泡作光源，靠改变光源灯的电压高、低的方法（也有的厂家使用其它的方法）来调节光的强度，不但提高了光源的利用效率，还延长了灯泡的使用寿命。

仪器附有 0.5A、1A、1.5A 三块中性滤光片，用以提升空白而进行高浓度溶液的分析。使用时，只要将这 3 块中任一合适的滤光片放入空白光路中，便可以进行较高浓度的测定。最后，将测出的浓度加上所使用中性滤光片的浓度即行。

仪器还附有一块锗钨滤光片，从侧面看，它呈粉紫色，是作波长校正用的。

一、原理：结构及光学系统

（一）工作原理

721 型分光光度计的工作原理可以用图 6-3-16 所示的方框图加以说明。

从光源发出的光，经单色器色散后，变为单色光。此单色光透过比色皿中的待测液，照射到光电管上。光电管将这一随溶液浓度不同而变化的光信号的强弱转换成电信号的大小。该电信号经放大器放大，最后由微安表将测试结果显示出来。

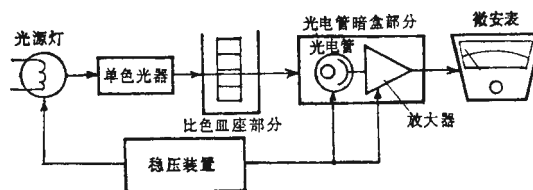


图 6-3-16 721 型分光光度计工作原理方框图

（二）光学系统

721 型分光光度计采用 30° 利特罗式单色器，其光学系统如图 6-3-17 所示。由光源 1 发出的复合光射到聚光透镜 2 上，由它会聚后，再经过平面反射镜 7 将其偏转 90°，反射至狭缝 6 的进光孔，由此进入到单色器内。狭缝正好处在准直镜 4 的焦平面上。准直镜将此光线反射后，便形成一束平行光线，射到棱镜 3 上。光线进入棱镜后，先在其中色散，但到达背面时，色散光被其背面的镀铝层反射回来，重新返回准直镜。准直镜将其反射、会聚，然后从狭缝 6 的出光孔送出，经过透镜 8 照射到比色皿 9，被样品吸收。

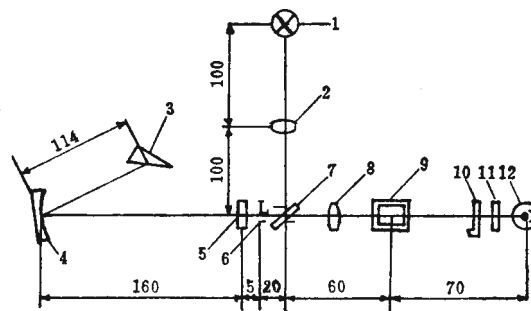


图 6-3-17 721 型分光光度计的光学系统

1. 光源灯；2. 聚光透镜；3. 色散棱镜；4. 准直镜；5. 保护玻璃；
6. 狭缝；7. 反射镜；8. 聚光透镜；9. 比色皿；10. 光门；11. 保护玻璃；12. 光电管

掉一部分后到达光电管 12。在比色皿和保护玻璃之间有一个光门 10。其作用是在仪器调零时，用它来切断光路。

棱镜 3 受机械装置驱动偏换，调节它，可连续地把不同波长的单色光送出单色器，对所分析的样品进行任意波长的测量。

(三) 结构

仪器内部的结构如图 6-3-18 所示。

1. 光源灯 光源灯装在仪器后部中间的灯室内，为 12V、25W 的钨丝灯。灯座固定在灯架上，能在一定的范围内上下左右调整。灯架又固定在底板上，必要时，可以旋松底板上 3 个固定螺丝来调整灯泡的位置。

2. 聚光镜和反射镜 入射光在进入狭缝之前，先用聚光镜 2 将光线会聚在一起。然后，由反射镜 7 将光线反射到入光狭缝上。聚光镜安装在筒内。镜筒和反射镜又安装在同一个金属部件上，如图 6-3-19 所示。此部件的上部还安装有图 6-3-17 中的聚光镜 8。聚光镜筒带有螺旋，调节它，可以改变聚光镜的焦距。

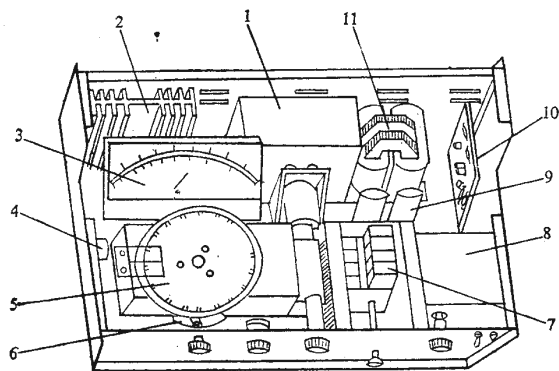


图 6-3-18 仪器内部结构示意图

1. 光源灯室；2. 稳压电源功率管及散热片；3. 读数电表；4. “0”粗调电位器；5. 单色器部件；6. 波长选择摩擦轮机构；7. 比色槽部分；8. 光电管暗盒；9. 滤波电容；10. 稳压电路板；11. 电源变压器

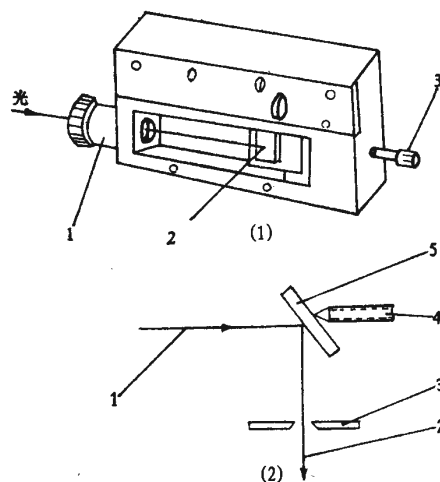


图 7-19 聚光镜及其反射部件

(1) 1. 聚光镜筒；2. 反射镜；3. 反射角调节螺杆；4. 小聚光镜
(2) 1. 入射光；2. 出射光；3. 狭缝；4. 调节螺钉；5. 反射镜

反射镜可以用反射角度调节螺杆进行调整，以改变光线的反射角度，使得反射光束能正确地射入进光狭缝。

聚光镜和反射镜在出厂时都已经调节在最佳位置，平时不能轻易调节。

3. 单色光器部分 此部分包括狭缝部件、准直镜部件、棱镜及其转动部件等。其外部及内部结构分别如图 6-3-20 和 6-3-21 所示。

(1) 狭缝：狭缝处于单色器暗盒的左壁上，其结构如图 6-3-22 所示。它的出光孔和进光孔分别处于同一狭缝的上下位置，为 0.3mm 的固定式狭缝。它采用的是双层结构。固定板上打有进、出光孔。两片光缝片固定在进、出光孔的外面。从外部只能看到两块光缝片所

组成的一条缝。

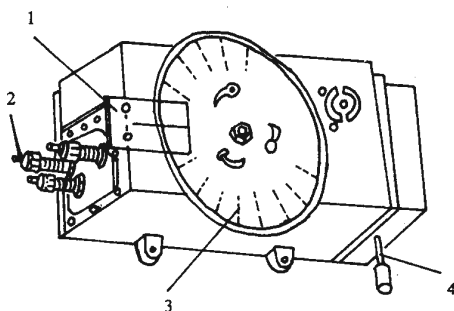


图 6-3-20 单色光部件

1. 刻度指示片；2. 波长校准调节螺杆；3. 波长刻度盘；4. 反射镜调节杆

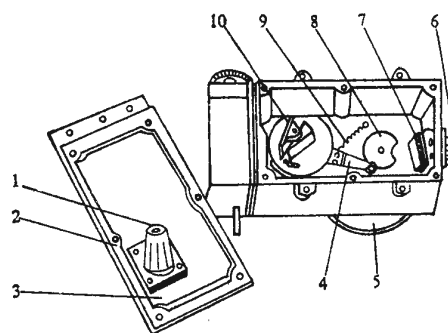


图 6-3-21 单色器内部结构示意图

1. 干燥剂筒；2. 密封圈；3. 盖板；4. 杠杆部件；5. 波长读数盘；6. 波长调节杆；7. 准直镜；8. 波长凸轮；9. 弹簧；10. 色散棱镜

（2）准直镜：准直镜为一凹面镜。为了增大反射效果，其表面镀有铝层。它安装在一个方形镜座上。背面有 4 个相同的细纹调节螺杆，如图 6-3-23 所示，其中 B、C 两只用来调节反射到棱镜上的光的位置，以及单色光在出光狭缝的上下位置；左边一只用来校正波长；中间的一个作固定用。B、C 两只螺丝不要轻易调节。

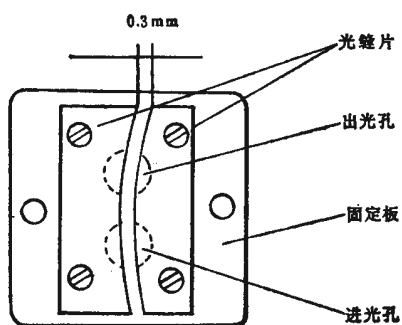


图 6-3-22 狭缝部件

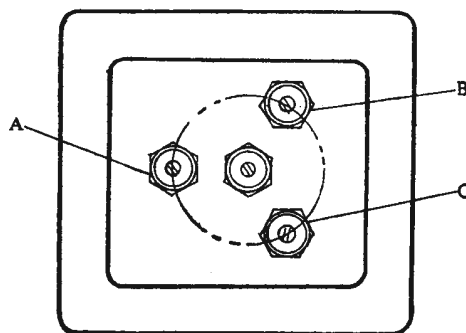


图 6-3-23 准直镜后面的调节螺钉

（3）棱镜及其转动部件：可参看图 6-3-21。棱镜安装在一个圆形活动板上，板的中间固定有一个轴。该轴的另一端由上下两个轴承支撑。板上还固定了一个杠杆 4，杠杆的前端有一个小滚珠滑轮。在弹簧 9 的拉力下，小滑轮始终紧靠着凸轮 8 的边缘。凸轮的中间也有一个轴，轴的另一端固定着波长读数盘 5。当我们调节波长时，波长读数盘带着与它同轴的凸轮一起转动。凸轮的边缘推移杠杆，杠杆便带着圆盘和棱镜一起偏转。因凸轮 8 是偏心的，它转动时，在不同的位置，可使棱镜偏转不同的角度。这就使得棱镜色散后的单色光，可根据需要，从出射狭缝中透射出来。透射出来的单色光的波长，在波长盘上显示。

4. 比色皿座架及光门部件 整个比色皿座，连同滑动座架，全部安装在一个暗槽中。

暗槽被置于光路中间，上面有盖板盖住。滑动座架下面装有定位装置。拉动座架，能使 4 个比色皿依次正确地处于光路中。

光门部件装于比色皿暗盒的右侧。它是一个靠本身重量绕其旋转轴自然下垂的铁片。当比色槽上的盖板打开时,该铁片自然落下,挡住射到光电管去的光线,对光电管有一定的保护作用。当盖板盖下进行测量时,靠一个顶杆将铁片推开。

5. 光电管暗盒 光电管暗盒处在仪器前部最右端。暗盒内除了装有一只 GD-7 型光电管之外, 还装有微电流放大器和一只盛放硅胶的筒。干燥的硅胶呈蓝色, 有较好的吸湿作用。当发现其颜色由蓝变粉后, 应及时将硅胶筒旋出, 给以更换或烘烤, 以保证暗盒内的干燥。

6. 稳压电路部分 该部分由钨灯稳压电路和放大器稳压电路两部分组成。钨灯稳压电路的大功率整流管(后改为桥堆)和调整管装在仪器的左后侧,二者都带有散热片。除了一些调节电位器外,其余部分安装在仪器右后侧的一块印刷电路板上。

全机用一只电源变压器供电,它供出 17V、两组 15V 和 6V 四种电压。整机功耗为 40W。

二、电路分析

721 型分光光度计的电路系统分为放大器电路和稳压电路两部分。

(一) 放大器电路

本部分的电路如图 6-3-24 所示。它和光电管一起，装在一只暗盒内。

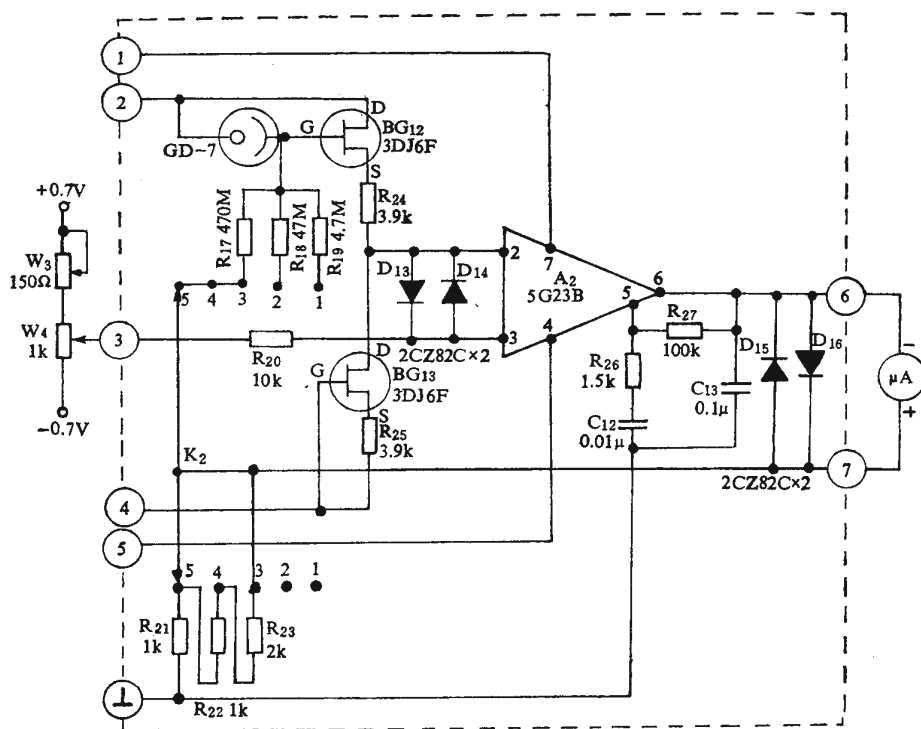


图 6-3-24 微电流放大器电路

为了便于理解，我们将其简化为图 6-3-25。它由两极组成，其中 BG₁₂、BG₁₃ 为输入极，集成电路 A₂ 为放大极。

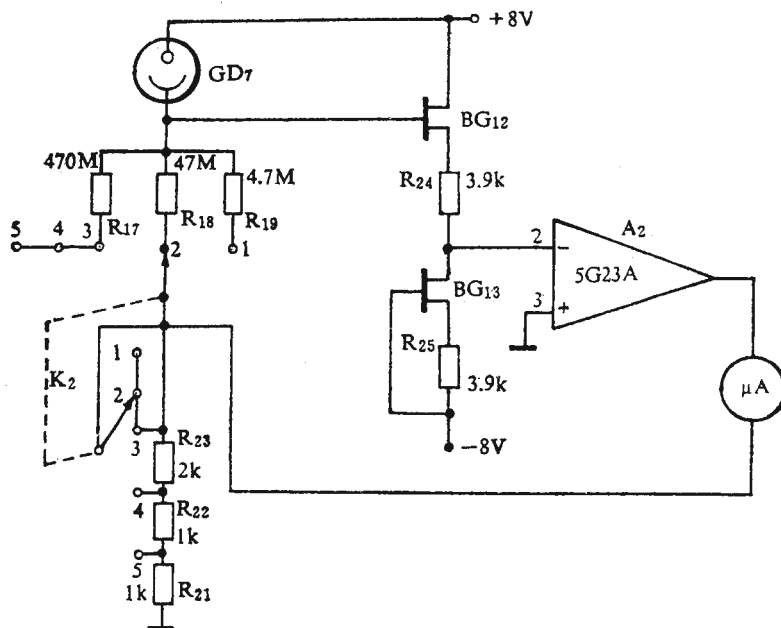


图 6-3-25 放大器简化电路

本电路由输入阻抗较高的结型场效应管 3DJ6 (BG₁₂、BG₁₃) 作输入极。输入电压从 R₁₇ (R₁₈、R₁₉) 上获得。BG₁₂ 是一个源极输出器，BG₁₃ 作为源级输出器的恒流源电路。这两只管子是配对的，其特性相同，偏置又对称，能有效地消除 BG₁₂ 栅源电压失调漂移。本被主要起阻抗变换作用，即，将输入的高阻信号变为低阻信号。

本极的工作电流为 0.2~0.4mA。在挑选管子时，不但要求其饱和漏电流 I_{DSS} 匹配，同时还要求 V_{DS}=6V、I_D=0.3mA 处特性的对称。BG₁₂ 的输入阻抗要求高于 R₁₇ 两个数量级。但对 BG₁₃ 无特殊要求。

BG₁₂ 的输入信号加于运算放大器 A₂ 的反相端，经 A₂ 放大后，再由表头将测量结果显示出来。

由于运算放大器具有高增益、低漂移的特性，并且输出信号又通过表头内阻（约 4k）及 R₂₁~R₂₃ 构成一闭环深度负反馈电路，所以，整个放大电路的灵敏度和稳定性都较高。

K₂ 是放大器的灵敏度选择开关，其中，1、2、3 档是靠增大光电管的负载电阻（增大输入电压）来提高灵敏度的；4、5 档是靠减小电路的反馈量（由 R₂₃→R₂₂）来提高灵敏度的。

原电路中的其他元件的作用如下：R₂₄ 为输入级的偏置电阻；R₂₅ 是为了减小恒流输出的差异而串接的电阻；D₁₃、D₁₄ 为 A₂ 的输入保护二极管；由于两只二极管反相并联，对于大于 0.7V 的干扰信号，无论从 2 端还是从 3 端来，都因二极管导通而不能进入放大器。R₂₀ 为平衡电阻。

W₃、W₄ 为放大器调零电位器。细调 W₃ 在面板上，粗调 W₄ 在仪器左侧的盖板内。它

们能综合补偿整个放大器的失调电压和光电管的暗电流。 R_{26} 、 R_{27} 为集成电路所需要的泄放电阻。 C_{12} 、 C_{13} 为防止 A_2 振荡和消除干扰所加的元件。 D_{15} 、 D_{16} 为保护微安表用。它们的工作原理同 D_{13} 、 D_{14} 一样。

(二) 稳压电源电路

稳压电源电路由放大器稳压电源电路和钨灯稳压电源电路两部分组成。

1. 放大器稳压电源电路 放大器稳压电源电路如图 6-3-26 所示。

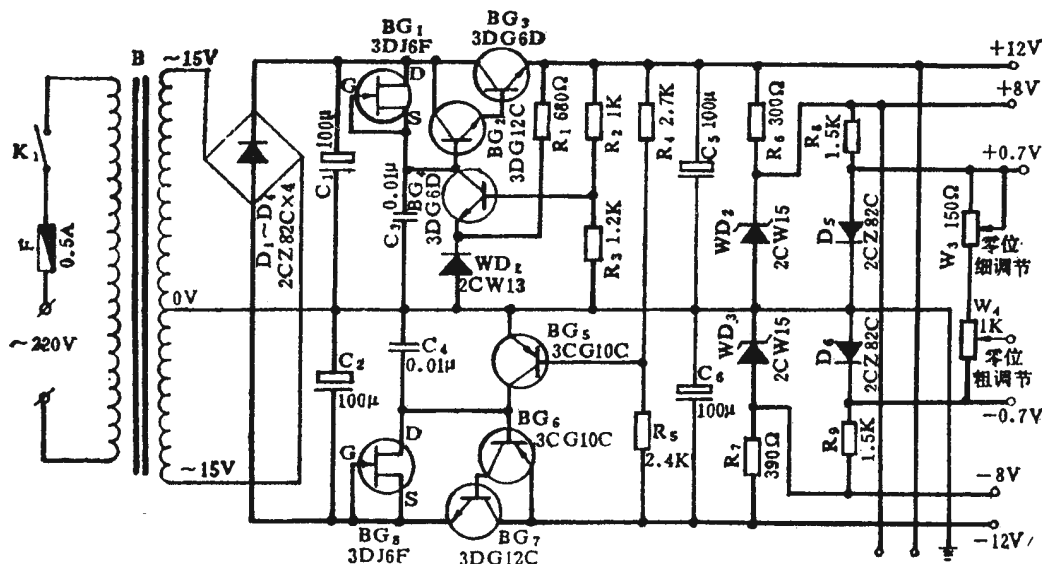


图 6-3-26 放大器稳压电源电路

这是一个串联调整式稳压电路；它输出 6 种电压，其中 $\pm 12\text{V}$ 供运算放大器用； $\pm 8\text{V}$ 供放大器的输入级用；它们由 R_6 、 WD_2 、 R_7 、 WD_3 二次稳压后供出； $\pm 0.7\text{V}$ 取自硅二极管 D_5 、 D_6 的结电压，供放大器调零电路 W_3 和 W_4 调零用。此外， $\pm 8\text{V}$ 电压还作光电管阳极电压及钨灯稳压电源基准电压用。

BG1 和 BG8 两只场效应管接成恒流源形式，作为放大管 BG4、BG5 的负载电阻用。

-12V 的取样电压由 R4、R5 的中间取得，其基准电压以 0 电位为参考点。因 R4、R5 接在 $\pm 12\text{V}$ 之间，故 -12V 是不独立的。 $+12\text{V}$ 出现了故障，-12V 也不能正常工作。这点在检修时一定要注意。

2. 钨灯稳压电路 钨灯稳压电路如图 6-3-27 所示。

本电路也是一个串联调整式稳压电路，其输出电压为-3.7V（或5V）至-11.5V连续可调。它采用集成运算放大器5G23A（A1）作放大环节。

A₁的同相端3端接基准电压,该电压是十8V电压经R₁₅、W₁、R₁₆、W₂分压后供给。W₂用来调节输出电压的高低。它就是仪器面板上的“100”调节电位器。W₁位于印刷电路板上,用来配合W₂的调节。若W₂调到头后仍不能将光源灯的电压调到11.5V,可调节W₁,使之达到。A₁的反相端2作为取样输入端。

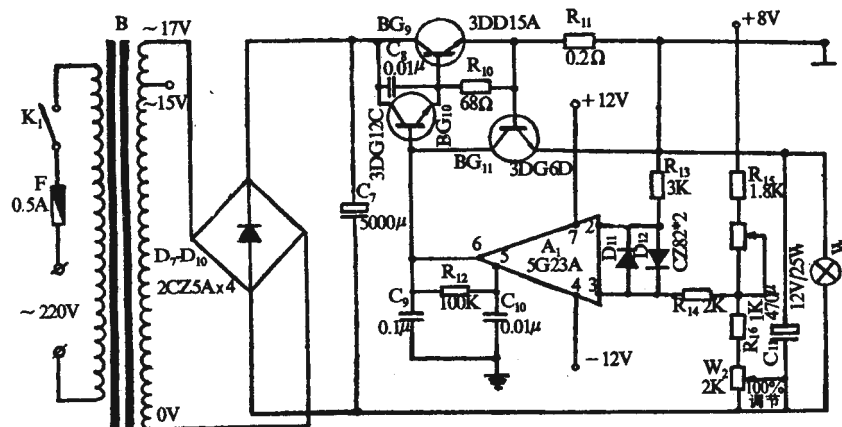


图 6-3-27 钨灯稳压电路

电路中 BG₁₁ 和 R₁₁ (0.2Ω) 为过流保护电路。当正常工作时, 流经 R₁₁ 的电流不超过 2A, 它上面的电压降小于 0.4V。此时, BG₁₁ 处于截止状态, 对电路正常工作没有任何影响。当输出端的电流因不正常状况而猛增时, R₁₁ 上的电压也跟着很快上升。当电压上升到 0.6V 以上时, BG₁₁ 导通, 其集电极电压降低, 促使复合调整管 3DG12 和 3DD15 截止。从而起到了保护作用。

三、使用方法

(1) 仪器在未接通电源时, 电表的指针必须位于。刻度上。若不是这种情况, 要先进行机械调 0。

(2) 接通电源开关。旋动波长钮, 调到所需要的波长下, 预热 20min。

(3) 灵敏度选择开关放在合适的位置。一般是放在“1”。因为这一档最稳定。当在此不能将表针调到 100 时, 再逐步升高。

(4) 掀开比色槽的盖板, 调节“0”旋钮。使电表的指针指在。位。

(5) 将空白液和待测液依次放进比色槽中。并让空白液处于光路。将比色槽的盖板盖下, 调“100”钮, 使表针指在 T=100 处。

(6) 依次将样品液拉入光路, 并读取测试结果。

(7) 如果大幅度改变测试波长, 需稍等片刻, 等灯热平衡后, 重新校正“0”和“100”, 然后再测量。

四、电路的调整和检查

(一) 电源变压器

电源变压器各抽头的电压值如图 6-3-28 所示。

(二) 稳压电源

稳压电源输出的电压可借助于整机电路图右下角的插座, 或者到光电管去的七脚插头来

测量。各脚电压值如图 6-3-29 所示。 $\pm 0.7\text{V}$ 电压可测。点调节电位器的中心抽头对地或 0 点粗调电位器的下端对地的电压。

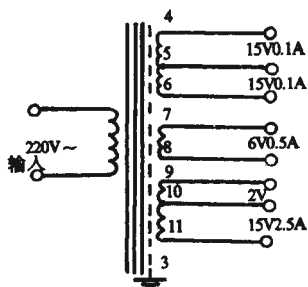


图 6-3-28 电源变压器各抽头电压值

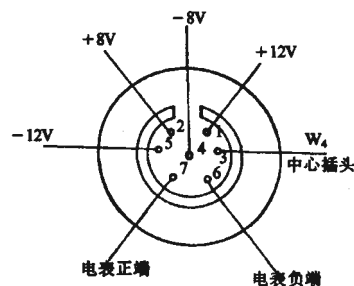


图 6-3-29 稳压电源输出电压

钨灯的供电电压若用“100”电位器 W_2 调不到 11.5V ，可用稳压电路板上的电位器 W_1 调节。调节时，先将 W_2 顺时针调到底，然后，再调节 W_1 ，使钨灯两端的电压为 11.5V 即可。

钨灯稳压电源的纹波应小于 2mV 。

由电路图可知， -12V 和钨灯稳压电路的基准电压都取自于 $+12\text{V}$ 这一组。所以，如若 $+12\text{V}$ 这一级出了毛病，会影响下面两组电压的正常工作。检修时要注意，若这三组电压都不正常，除了变压器之外，应首先排除 $+12\text{V}$ 这一组的故障。

（三）放大器

当面板上的。点调节电位器 W_3 向左或向右调节到头仍不能将表针调到 0 时，可将仪器左侧的小盖板打开，调节 W_4 。调节时，先将灵敏度选择开关置于 1，调 0 电位器 W_3 放在中间位置（即 W_3 从任一端开始调 5 圈），然后，再调 W_4 ，使表针指 0 即行。

五、光路调整

（一）光源灯的安装与调整

光源灯安装在仪器后面的灯座上。更换灯泡时，应将灯头尽量往灯座里塞，使灯丝的走向与进光孔平行，然后，再紧固灯座上的螺纹套。调整时，把波长盘旋至 580nm 处，光源灯开到最亮，旋松灯座上的两个固定螺钉。前后移动灯的位置，使预先放在比色槽右侧的白纸片上呈现的黄色光斑均匀、完整，然后再将螺钉紧固。有时候需要调节灯座架，才能使光斑最佳。光源灯有两个引头，为了防止接触不良所造成的光源灯发光不稳，采用了焊接连接。在焊接时，要防止焊点与灯头的铜皮相碰及两个引出头相碰，以免电源短路。

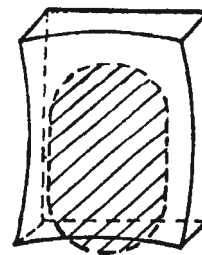


图 6-3-30 光斑在准直镜的位置

（二）聚光镜及小反光镜的调整

入射光在进入进光狭缝之前，先用一个聚光透镜将光源成像在狭缝上。聚光镜的焦距可以通过旋动有螺纹的镜

筒进行调整。入射光依靠安装在镜筒盒内的小反光镜的反射作用,使光束正确地落在入射狭缝上(见图 6-3-19 所示)。小反光镜背面有一个角度调节杆,当发现从入光狭缝射到准直镜上的光斑偏左或偏右时,便需要调节小反射镜的角度,使光斑落在准直镜的中间靠下位置,如图 6-3-30 所示。

(三) 单色器的调整

在上述光源灯座位置、聚光镜筒及小反光镜的位置均合适时,光斑经准直镜反射后,就落在棱镜的中间位置,如图 6-3-31 所示。如果光斑落在棱镜的左侧或右侧,可以调节准直镜背面的 B、C 两个螺钉,使光斑合适。

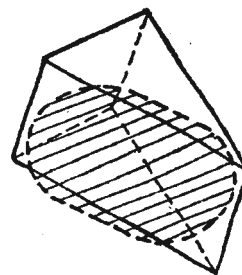


图 6-3-31 光斑在棱镜折射面的位置

六、波长校正

分光光度计的波长精度(或曰波长准确度),是分光光度计的重要指标之一。它指的是波长显示装置所显示的波长值,与狭缝此时出射的实际的波长值(又叫真值)之间的符合程度。通常用二者之差来表示其误差的大小。波长误差大,会影响测量精度。所以,对任何分光光度计而言,均要求它在波长精度的允许误差范围内工作。如果发现波长超差,就需要及时校正。

分光光度计波长的校正有许多方法,如可以用有色溶液、干涉滤光片、锗钽玻璃(滤光片)、氧化钽玻璃(滤光片)、以及汞灯等来进行波长校正。其中汞灯发射的光谱是一系列线状光谱。它的波长很稳定。它本身的误差仅有 0.01nm,是一切分光光度计确定波长的依据。但它使用起来不太方便,一般在生产或进行计量检定时才用。在修理或使用过程中进行波长校正时,通常利用干涉滤光片、锗钽或氧化钽滤光片来进行波长校正。本机附有一块锗钽滤光片,可以用它来进行波长校正。

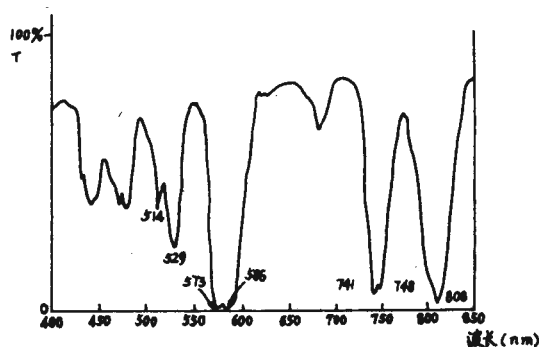


图 6-3-32 锗钽滤光片的吸收光谱曲线

锗钽滤光片是一种含有锗和钽金属的特殊玻璃片。在可见光区,它有一系列固定的吸收峰,如 529、573、586、741、748、808nm 等,如图 6-3-32 所示。

这些吸收峰的波长变化很小,可以用它们来校正分光光度计的波长。但因 721 分光光度计的分辨率较低,分不开 573 和 586nm、741 和 748nm 这几个靠得比较近的峰。808nm 又不在它的工作波长之内。通常是用 529nm 这一较窄的吸收峰来进行波长校正。校正的方法如下:先将波长盘置于 580nm 处,观察仪器出射的光应为黄色(或者将波长盘置于 590nm 处,观察仪器出射的光应为橙色)。如若不是,可打开仪器左侧的小盖板,调节准直镜最左侧的波长校正螺钉,使光为黄色。这一步为粗调,只有粗调后,才能进行细调,否则会越调越乱。

在比色皿架中垂直放上锳钹滤光片。锳钹滤光片的颜色和中性滤光片的不同，从侧面看，它呈淡红色。然后，从 520nm 附近向 530 处慢慢转动波长盘，边转边观察表针，正常时，应在 $529\pm 3\text{nm}$ 处有一个吸收峰，即表头指示的透射比最小。若此吸收峰的波长值超过这一范围，就需要进行校正。方法是：将波长盘调在 529nm 处，若刚才测得的吸收峰小于 529nm，应顺时针调节螺杆，使指针返回最小示值，反之，应进行反向调节。

需要指出的是，这样的校正只是一点校正，这一点的波长准确了，并不能保证其它点的波长不超差。粗略的两点校正，可将波长盘再旋回 580nm 处，观察出射光的颜色，应仍为纯黄色。否则，说明波长误差太大，应调节波长凸轮的位置。

更精确的波长校正，可由计量单位进行。

七、常见故障及其排除方法

（一）打开电源开关，指示灯和光源灯都不亮

这种故障通常在电源线和变压器的初级之间。如保险丝、插头、插座、开关等部分。可根据电路图，用三用表逐步判断。

（二）指示灯亮而光源灯不亮

打开仪器后面板，观察灯丝是否烧断。如果烧断，应更换新灯泡。若没有烧断，可用三用表测量灯泡的供电电压，若有电压，仍是灯泡的故障。若无电压，说明钨灯稳压电源没电压送来。可以先看一看仪器能不能调 0。如不能调 0，故障多在 +12V 电源部分。因这部分控制了所有的供电电压。钨灯电源也可能没有故障。若可以调 0，则故障在钨灯稳压电源部分。如保护电路起作用、调整管或集成块损坏等。

（三）指示灯和光源灯正常，但调 0 不起作用，即调 0 时，表头指针不偏转

（1） $\pm 0.7\text{V}$ 调零电压没有送来。应根据电路，查找断线或故障点。

（2）粗、细调电位器内部开路。需更换。

（3）集成电路 A2 损坏。需更换。

（4）表头开路（正常时表头的内阻为 $3.5\sim 4\text{K}$ ）。需更换。

（5）七芯插头与插座脱落。应重新连接。

（四）调 0 旋钮能起作用，但调不到 0 位

（1）先检查光门能否关严，如不能关严，需先修复光门部件。

（2）0 点粗调电位器 W4 调节不合适。可参照放大器的调整部分，调整 W4。

（3）仪器严重受潮。可打开光电管暗盒，用电吹风吹上一会儿，使其干燥。受潮还会引起慢 0 点漂移和变换灵敏度档时，0 位相差过大。

（4）放大器故障。需检修放大器。

（五）仪器在任一灵敏度档时都调不到 100

（1）光源灯老化、发黑或光源电压不正常。需更换灯泡或修理钨灯稳压电源。

（2）光源灯或其它光学元件位置不合适，使到达光电管的光太弱所致。打开仪器后盖板，看灯丝是否垂直，并且正对准进光孔。可在比色皿暗盒内的左侧置一白色纸卡，波长盘

置于 500~600nm 之间,调亮光源灯,观察光斑。正常时,应为一清晰、明亮、四周边缘分明的长方形光斑。否则,应调整光源灯座或松动灯架固定螺丝,调节灯架的位置,使达此效果。若仍无光过来,需要进一步调整光路。

(3) 若光斑正常,则为光电管衰老或放大器部分的故障。应更换光电管或修理放大器。

(六) 仪器接通电源后,表头指针指在 0 位以下,调不到 0 位

可先调节 W_4 ,看是否正常。无效时,再检修放大器。

(七) 电表指针摇摆不定

先打开比色槽的上盖,看 0 点时指针稳否。若不稳,属于电路本身问题。如放大器稳压电源不稳,光电管暗盒内受潮,放大器本身质量有问题等。

若 0 点稳定而 100 处不稳,则除了光源灯跳火、光源电压不稳外,主要来自外界干扰。如磁场干扰、严重的气浪波动等。应设法避开。也不完全排除放大器的故障。

(八) 每次指针回 0 时,重复性差。若用手轻轻弹击表壳,指针才能回到 0 位

这是表头的轴尖磨损所致。需重新研磨轴尖或更换新的表头。

(九) 变换灵敏度档时,0 位变化太大

更换灵敏度档时,从 1 档到 3 档之间,透射比的变化应小于 15%。若相差过大,且随仪器开启的时间有所变小,则为光电管暗盒受潮所致,可用电吹风吹入热风使其干燥,并更换受潮的硅胶。

(十) 在测量过程中“100”处经常变化

(1) 光源发光不稳。如不是灯泡损坏,则应检修光源灯稳压电源。

(2) 机箱变形,使每次光门开启大小不一样。应修理光门部件。

(3) 放大电路不稳所致。应检修放大电路。

(4) 比色皿在比色皿架中放置的位置不一致,或其表面有液滴。用擦镜纸擦干净比色皿表面,然后将其安放在比色槽靠出光孔的一边,上面用定位夹定位。

(5) 光电管衰老或供电电压波动过大。应更换光电管或加交流稳压器。

(十一) 光源灯亮,但无单色光从单色器中透射出来

此故障为光路问题,可顺着光路,一步步查寻。

(十二) 测定时,准确性差

有可能是波长不准所致,需校正波长。

(十三) 调零时,指针停不到 0 点,但可以停在 0 的左和右侧

这是调。电位器接触不良所致。可打开该电位器擦拭或更换新的电位器。

(十四) 机械部分故障

(1) 波长盘转动不灵活。可能是波长盘的轴与轴套犯卡所致。此时,需要拆下波长盘的转轴与轴套进行修理。其步骤如下:①打开面板,先拆下单色器部件,再拆下图 7-33 中 3、

4、5 所示的螺母、垫圈，然后，取下波长盘。但要注意，波长盘上的刻度极易擦去或弄模糊。所以操作时要特别小心，不要用手触摸刻度线。②拆下固定单色器底板的 6 个紧固螺丝：③往下敲凸轮的轴，或用手握住凸轮的边缘，从单色器内拔出凸轮轴。其它地方不要拆卸。④用细沙纸打掉轴或轴套上的毛刺，擦上润滑油，重新安装。⑤安装时，当杠杆前端的小滑轮落入凸轮的凹槽时，面板的刻度应对准 -20° 。然后紧固各螺母。装好后，整个刻度盘应能在 $360\sim 800\text{nm}$ 之间旋转，当转到 -20° 时，杠杆的小滑轮能自动落入凹槽，并能听到落入的响声。否则，为装配不合适。⑥最后，需要校正波长。

(2) 旋转波长调节器时，旋钮太紧，波长盘却不转动。这种现象有两种可能：一是波长盘和其轴套卡住，二是调节旋钮本身的轴套卡住。第一种故障的处理方法已经叙述过。若是第二种故障，则应拆下调节杆本身的轴套，修去毛刺，然后复原。

(3) 旋动波长调节器时，波长盘不转。这是橡皮摩擦轮打滑所致。可重新安装波长轮的轴套，使其稍向上一点，能摩擦住波长盘的下表面即可。

(4) 旋转波长调节器时，波长盘转动，但出射光的颜色不变化。这种现象一般是波长盘上的紧固螺母松脱所致。可先转动波长盘转轴，使杆杠的滑轮落入凹槽内，然后，把波长盘置于一 20° ，再紧固波长盘的固定螺母即行。上好后，需重新校正波长。

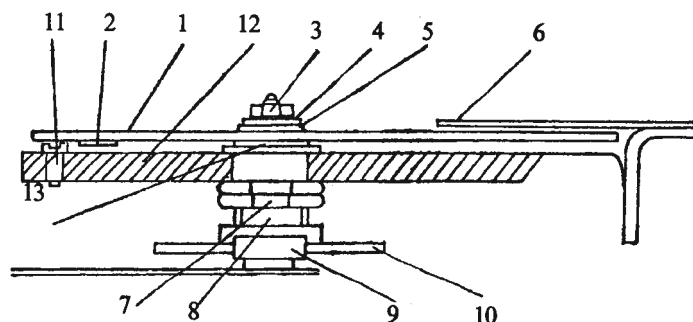


图 6-3-33 波长转盘示意图

1. 波长盘面板；2. 止档垫板；3. 螺母；4. 弹簧垫圈；5. 垫圈；6. 指示片；7. 并紧螺母；8. 轴套；

9. 轴承杠杆；10. 凸轮轴；11. 止档螺钉；12. 止档；13. 六棱垫圈

第三节 紫外-可见分光光度计的使用和常见故障

及排除方法

分光光度计是由光、机、电等几部分组成的精密仪器，为保证仪器的正常运转和测定数据的正确可靠，不仅应注意正确安装调试，按操作规程正确使用，按仪器说明书进行日常性的保养等，还应定期对仪器的主要指标如波长准确度，波长精度，测光度准确度，测光度重复性等进行校正。

一、仪器的安装

紫外-可见分光光度计应该安装在环境良好的实验室中。安装时应注意以下问题：

（一）开箱打开仪器包装箱

首先应按照装箱单清点数量，做好记录，看有无缺件，是否有明显的运输损伤情况。主机应放在坚实平稳的工作台上，零配件、备件应按不同的要求进行保存。

（二）安装

在安装前必须认真通读说明书，在充分理解的基础上才能动手安装，切忌边看说明书边进行安装。对安装紫外—可见分光光度计的工作环境有如下要求：

1. 避免日光直射。

2. 防尘和防腐蚀 实验室应有一定的防尘条件，如采用水磨石或打蜡地板，双层门窗，工作人员进门要换鞋等。另外必须防止腐蚀性气体进入仪器室。

3. 防电磁干扰 现代仪器中有大量的电子系统。仪器的工作状态和精密情况与电子系统工作状态的好坏直接相关。外界如有强烈的电磁干扰，仪器就不能准确、稳定的工作。所以在仪器的周围不应该有产生强电磁场的设备。

4. 温度控制 环境温度的变化对仪器的工作精度有明显的影响，应该适当控制仪器室的温度。

5. 湿度控制 湿度过高不仅影响仪器的工作状态，而且也影响仪器的使用寿命。安装紫外—可见分光光度计的实验室应尽可能的干燥，相对湿度低于 60%为好。

6. 防震 紫外—可见分光光度计中有许多精密零部件是经不起震动的，否则会直接影响仪器的工作精度。因此，仪器应安放在远离震动源的地方，放在坚固稳定的实验桌面上。

二、紫外-可见分光光度计的使用和日常维护

对新购进的仪器安装好后，应按照仪器说明书对各项性能指标逐项进行检查、校正，记录下原始数据，建立该仪器的技术档案，供以后定期维护校正时查阅。另外，为能正确使用和保护好仪器，保证测试数据的正确可靠，对大型精密的仪器应有专人管理，并制订切实可行的操作规程，做好日常使用、维护记录，建立必要的规章制度。

三、紫外-可见分光光度计常见故障和排除方法

紫外-可见分光光度计常见故障和排除方法简要列表叙述如表 6-3-2 所示。

表 6-3-2 常见故障现象及排除方法

现象	故障原因及排除方法
接通电源后，指示灯不亮，仪器不工作	1. 电源线接触不良；接好电源线。 2. 保险管坏；检查保险管，换新的。 3. 电路故障；整机检查，并与厂方联系。
不能调零	1. 光门不能完全关闭；检修光门盖。 2. 微电流放大器损坏；放大器输入端在没有外界信号，正反相都应接近于 0，对称性较好，属正常。如一端远远超出另一端不平衡，放大器坏，更换放大器。

不能置 100%T	1. 光能量不够；变换灵敏度开关，满足此条件，无反应，检查样品室内有否光亮，如偏离光电管接收光窗，能量微弱，检查灯源室及单色器，调整光源，使仪器正常工作。 2. 光源（钨灯、氘灯）损坏；更换新的。 3. 比色器架没落位；检查比色器架子，摆正位置。 4. 光门未能完全打开，或单色光偏离；检修光门，使单色光源完全进入接收器。
测光精度不准	1. 由于仪器受振动等原因使波长位移；采用干涉滤光片或其它方法进行波长校正。 2. 比色器受污染；使比色器保持清洁。 3. 样品混浊，配制溶液不准确；应仔细操作每个步骤。
噪声指标异常	1. 预热时间不够；需预热 20 分钟。 2. 光源老化；更换光源。 3. 环境振动过大，空气流速过大；调换仪器运行环境。 4. 样品室不正；对正样品室。 5. 电压低，强磁场；加稳压器，消除干扰。
其它	1. 程序错误；正确操作，关闭其它无关程序，检查计算机是否有病毒。 2. 不明故障原因；与厂家联系，说明故障现象。

第四节 53W 型紫外-可见分光光度计

53W 型紫外—可见分光光度计是由上海光学仪器厂生产的，能测定紫外、可见和近红外区域的吸收光谱，大量应用于物理学、化学、生物学、药品检验、医学、环境保护等方面进行定性定量分析。

主要技术规格：

- ①工作波段：200～800nm
- ②波长精度：±0.5nm
- ③波长重复性：0.5nm
- ④波长示值：直接显示 1nm，刻度 0.2nm/格
- ⑤杂散光：在 220nm 处低于 1%
- ⑥分辨率：仪器能分开 365.02nm、365.48nm、366.29nm，三条谱线
- ⑦透过率测量范围：0～100%T（数显 1.000 相当于 100%T）
- ⑧吸光度测量范围：0～2A（数显 1.000 相当于 1A）
- ⑨透过率精度：±0.5%
- ⑩透过率重现性：0.5%
- ⑪光源：钨灯、氘灯
- ⑫检测器：真空光电管

一、光学系统

系统原理框图如图 6-3-34 所示。

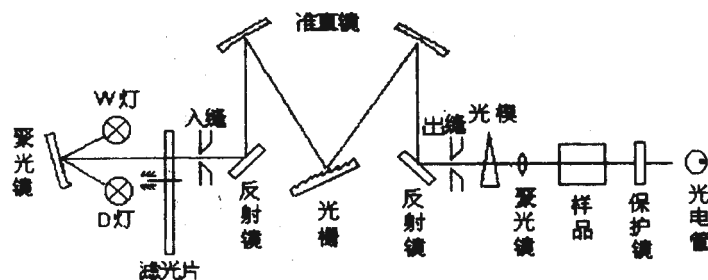


图 6-3-34 53W 分光光度计光学系统框图

光源（钨灯 W 或氘灯 D）发出的光通过球面反射镜反射并聚焦在入射狭缝处，再经过平面反射镜射到准直镜，变成平行光束，射向光栅，经光栅分光后的衍射光束又经准直镜反射并聚焦在出射狭缝处形成一连续光谱带。转动光栅，各种波长的单色光依次由出射狭缝射出，经光楔、石英聚光镜，照射到样品池上，经溶液吸收，透过的光能被光电管接收，光电管将光信号转化为电信号，再由前置放大器放大，送入数字式电压表，显示出被测溶液的 T、A、C。滤色片可消除杂散光。为了满足使用者的不同要求，入射狭缝有四种不同宽度可供选择。调节光楔位置，可将空白溶液的透光度调到 100%。

二、仪器结构

仪器为积木式结构。主机部分包括光源室、单色器和光度计三部分，电气系统位于主机的右后方。数显箱在仪器的上面，便于操作、观察。光源的电源部分另外单独放置。

1. 光源室

光源室由溴钨灯、氘灯以及它们的切换装置凹面反光镜组成。溴钨灯和氘灯都用螺钉紧固在灯架上，可以前后、左右、上下进行调节。光源切换由拨杆控制凹面反光镜完成。

使用氘灯时要注意：因其点燃后很烫，沾染上的污物不易除去，所以在安装调整时，应带洁净的手套，用酒精擦拭干净后再安装。另外，过强的紫外线对眼睛有害，调整时尽量不要看紫外光。

2. 单色器

单色器中平面反光镜、准直镜、聚焦镜都分别固定在各自镜座上，镜座可以作俯仰、前后调节。出厂时，各部件位置已调好，用户不要随意调节。

3. 光度计

光度计由连续光楔、试样槽、光电管组成。旋转面板上的小手轮，连续光楔在光路中沿垂直于光路的方向缓慢移动，因此出射狭缝输出的单色光可以作不同程度的衰减。它用作调 100%T。

三、电路系统：

图 6-3-35 为原理框图。

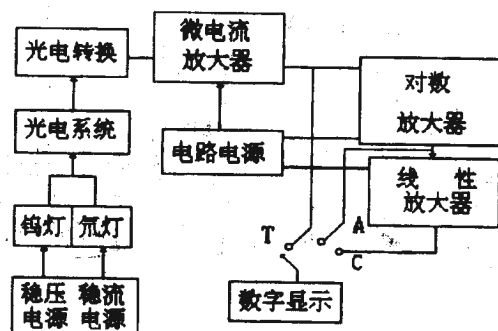


图 6-3-35 53W 电路系统原理框图

透过试样的光线由检测器转变为极微弱的电信号，然后经放大器将微电流放大后作为透射率显示 (T)；将放大后的信号作对数运算，显示吸收率 (A)；将吸收率线性放大作为浓度显示 (C)。

1. 检测器

检测器采用国产特制宽光谱侧窗接收式真空光电管 (P_1)，其检测范围为 190~850nm。

2. 前置放大器 (微电流放大器、静电计)

(1) 微电流放大器、静电计：由于光电管的内阻很高，且输出电流微弱，需要对其进行转换和放大后，才能送显示器。因此，前置放大器是一个微电流放大器，通常也称静电计放大器。

微电流放大器的特点是输入阻抗极高 ($\geq 10^{13}\Omega$)，输入失调电流小 ($\leq 10^{-12}A$)。为了建立微电流的测量概念，下面列出各种仪器测量电流的极限：

满量程 $\sim 10^{-5}A$ ——指针式电流计

$10^{-6} \sim 10^{-11}A$ ——灵敏电流计 (检流计)

$10^{-11} \sim 10^{-15}A$ ——静电计

微电流放大器的关键是输入级，它的特点也基本上体现在输入级部分上，对前置放大器一般要求是：

- 控制栅电流噪声起伏小 (不超过最小被测电流的 10%)。
- 具有小的输入电容。
- 栅级绝缘电阻尽可能取高阻 (不小于接在输入端电阻的 100 倍)

输入级的输入部分应安装在高质量的绝缘体上，以免由于漏电流而影响微弱电流的测量。

测量电流采用间接的方法：测量流过电阻两端的电压降或在指定的时间间隔内电容器两端的充电电位。

测量微弱电流时必须同时考虑到测量仪器的灵敏度和响应时间。一般测量电流的数量降低一个数量级，电路的响应时间就延长二个数量级，测 $I_{min} \approx 10^{-15}A$ 时，响应时间 $\approx 50s$ ；

$I_{\min} \sim 10^{-14} \text{A}$ 时, 响应时间 $\approx 50 \times 10^2 \text{s}$ 。

由上述可知, 测量高内阻的弱电流要求仪器具有较高的灵敏度, 大的漏电阻, 小的电容, 小的响应时间。

静电计原理简图: 如图 6-3-36 所示。

若运算放大器输入电流可以忽略, 即认为输入信号源 I_F 全部流入反馈电阻 R_F , 放大器的开环增益 $\geq 90 \text{dB}$ 、 Σ 点是虚地, 则输出电压 $V_0 = -I_F R_F$ 、即输出电压正比于被测输入电流。可见, 按直接放大线路工作的直流放大器质量大大地依赖于 R_F 高欧电阻的性能。

在仪器中, R_F 采用 1G 高阻、在 V_0 输出为 1V 时, 可测电流达 110^{-9}A 。

由图可见, 在测量微电流时, 其测量下限受到运算放大器基极电流的限制, 被测电流应远远大于运算放大器的基极输入电流, 即: 当 $I_F = 10^{-11}$ 时, 运算放大器的输入电流应不大于 10^{-13}A , 为此, 采用静电计管 (DC-2 型)。其参数如下:

灯丝电压: $U_n = 2 \text{V}$ 灯丝电流: $I_n = 55 \text{mA}$

阳极电压: $U_a = 6 \text{V}$ 第二栅极电压: $U_g = -3 \text{V}$

阳极电流: $45 \pm 25 \mu\text{A}$ 第二栅极电流: $\leq 8 \times 10^{-14} \text{A}$

放大系数: 1.3

(2) 53W 微电流放大器: 电路原理如图 6-3-37 所示。

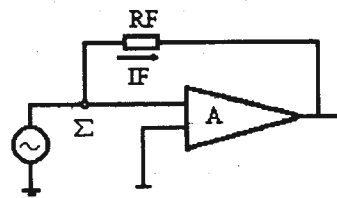


图 6-3-36 静电计原理简图

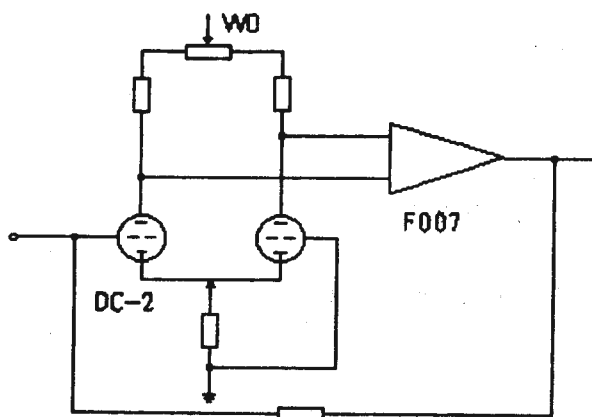


图 6-3-37 53W 微电流放大器电路

它与 F007 组成高输入阻抗微电流放大器, 无需过载保护。采用双三极管 (DC-2), 组成桥式平衡放大电路, 能进一步减小电源变化而引起的电路温漂, 提高电路的稳定性。

微电流放大器安装在一个屏蔽罩内, 如图 6-3-38 所示, R_F 为玻璃密封的真空高阻。光电管底脚引线接 -15V 电源, 顶端引线将光电流直接送到静电计管栅极 (管顶), 引线不与其他部分接触, 避免了连接线的漏电。为减小漏电, 光电管、静电计管、真空高阻一定要

保持清洁。

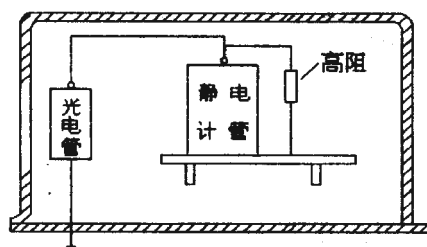


图 6-3-38 微电流放大器结构

3. 对数放大器

由比耳定律得知，吸收率 $A = K \lg (1/T)$ ，欲知仪器测量溶液的吸收率，须将前置放大器的输出 VO（即 %T）进行对数转换。

利用晶体管基极—发射极的输入特性作为运算放大器的反馈函数，组成对数放大器。

晶体管的基极—发射极正向电压 V_{be} 与反向饱和电流 I_s 有如下关系（基极和集电极短路）：

$$I_c = I_s \cdot e^{qV_{be}/KT}$$

I_s : $I_{b_{e0}}$ 反向饱和电流 q : 电子电荷量

T : 绝对温度 I_c : 晶体管集电极电流

$$\text{取对数后, } V_{be} = \frac{KT}{q} \cdot \ln \frac{I_c}{I_s} = \frac{KT}{q} \lg e \cdot \lg \frac{I_c}{I_s}$$

由此可见：发射极基极电压 V_{be} 与集电极电流 I_c 成对数函数关系。若在运算放大器反馈回路中置有 PN 结，运算放大器 A_3 、 A_4 则可组成对数运算放大器。

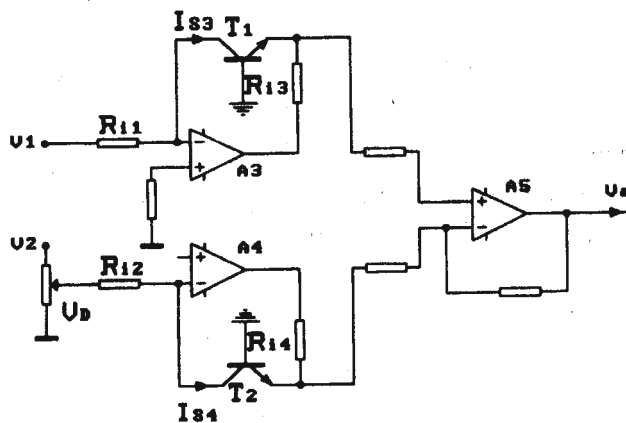


图 6-3-39 对数比较放大器电路图

反向饱和电流易受温度影响,因而将使对数转变产生较大误差。为消除温度对反向饱和电流的影响,本仪器采用对数比较放大器进行温度补偿。

对数比较放大器电路,如图 6-3-39 所示。

图中 $R_{i1}=R_{i2}$, $R_{i3}=R_{i4}$; T_1 与 T_2 参数对称,特性相同; A_3 、 A_4 为差分放大器,其放大倍数为 K 。经计算得

$$V_a = K' \cdot 2.3 \frac{KT}{q} \cdot \lg V_T$$

由于采用了对数比较电路, V_a 消除了反向饱和电流的影响,其中 T 的影响是比较小的,在 27°C 附近,温漂为 $0.3\%/^\circ\text{C}$ 。由于仪器吸收率 A 的量程为 $0\sim 2$,对 T 的影响可以忽略,本对数放大器也可满足精度要求。

4. 钨灯稳压电源

稳压电源采用 WB712 硅集成块。当电网电压在 $220\text{V} \pm 10\%$ 变化时,该集成稳压电源能保证稳压 12V 的输出,满足主机的正常工作,保证仪器的稳定度与精度。

5. 氙灯稳流电源

氙灯是利用弧光放电原理来进行工作的,它的工作分为三个过程;首先加上灯丝电压预热(一分钟左右)。然后加高压激发,使气体发光,与此同时将加热灯丝电源断开。最后,要有稳流装置来限制其电流。这三个步骤和普通的日光灯工作过程一样,只是对电流的稳定性要求更高罢了。

氙灯的伏安特性较复杂,从图 6-3-40 所示。有多段负阻区,正常工作点也多处于负阻区内,因而不宜使用稳压电源直接接在灯管两端供电,而应采用稳流电源供电。由此可见,供电电源的稳流精度直接影响氙灯输出的稳定度。图 6-3-41 所示为其框图。

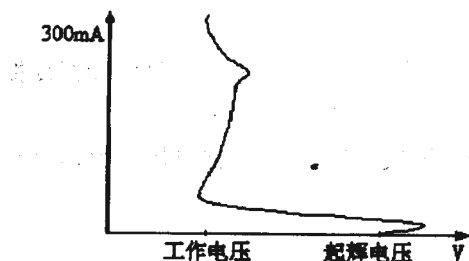


图 6-3-40 氙灯伏安特性曲线

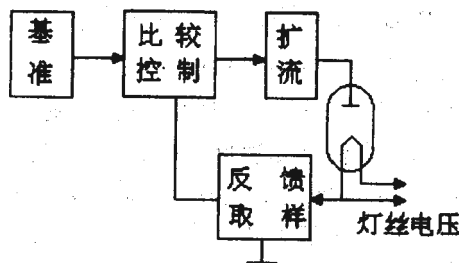


图 6-3-41 氙灯稳流框图

基准单元是稳流电源的关键,为此,在元件选择上采用温度系数为 10^{-6} 数量级的高性能器件—温度补偿型标准稳压管 DW234,并精选最佳稳定点,以此来确保基准的稳定度。

比较控制单元是稳流电源的核心,对该单元的要求是:

(1) 必须能分辨基准和取样信号间由于任意原因引起的极微小差异,即须有很高的比较分辨力。

- (2) 尽可能少地向基准或取样单元摄取信号电流，以免破坏它们的状态。
- (3) 自身的各个电参数须稳定，外界因素如电网、温度波动引起的电参数变化要非常小。

- (4) 有一定的输出驱动能力，能驱动电流放大单元。

本仪器采用了高增益 ($\geq 10+5$)、低功耗 (几个毫瓦)、低漂移、高抗干扰能力的集成运算放大器 F012，确保了该单元的功能。为保证其工作的可靠性，在 F012 的输入、输出端均采取了保护措施。电流放大单元采用复合三极管，使输出电流和取样电流接近相等。

反馈电流单元则在元件选择和工艺布局上使该部分能准确无误地将输出电流的变化馈向比较单元。

四、仪器的使用：

1. 光源选择：200nm~400nm 用氙灯，400nm~800nm 用钨灯。
2. 准备工作
 - (1) 闭合光源电气箱各开关。
 - (2) 选择波长与比色皿。
 - (3) 预热 20~30 分钟。
3. 测量 T
 - (1) 波段开关置 T。
 - (2) 打开试样槽盖，调节 0%T。
 - (3) 把参比溶液移入光路，合上试样槽盖，调节 100%T 手轮，使数 C 为 1.000。
 - (4) 置被测试样于光路中，读出 T 值。
4. 吸光度测量：将波段选择开关置 A，其它步骤同上。
5. 浓度测量
 - (1) 波段开关置 C，将空白液或蒸馏水置于光路，置电表于 0。
 - (2) 置已知浓度的标样 A 于光路中，调节 C 旋钮，使电表显示浓度读数。
 - (3) 置已知浓度的标样 B 于光路中，检查电表读数。
 - (4) 置被测试样于光路中，读出其浓度值。

五、精密测试时仪器操作技巧

53W 可用于定性、定量分析工作，其定量分析精度相当高，在高精度分析工作时做到以下几点将有益于提高分析结果的准确性。

1. 在电网与仪器间接入交流稳压器，交流稳压器的功率不应小于 100VA。
2. 保持环境条件的稳定。仪器周围尤其是灯室周围的温度，气流尽量保持恒定或比较恒定。
3. 预热时间三十分钟以上。
4. 快速测定有利于将各种漂移引起的测量误差减小。

六、仪器电子系统的维护与典型故障分析

1. 防尘

一般光学仪器均有防尘要求。尘颗粒或尘丝会降低电路绝缘性能,增大漏电,使电路线性度、稳定性、转换精度等变差,故仪器不使用时须用塑料罩罩上,若已有积灰,除尘时尽量吸除、揩除,切忌吹除。

2. 防潮

潮气比尘埃有更强的侵入力。光度箱内的干燥程度对仪器示值的稳定性有直接影响,故常须检查光度箱的两个干燥盒内的变色硅胶的颜色,如发现泛红,即应调换新的蓝色硅胶。

3. T-A 转换精度的恢复

仪器在使用一段较长的时间之后 T-A 转换关系会有些微量的变异,为此,每隔一段时间,应检查和恢复 T-A 转换精度。53W 数显箱右侧有两小孔,分别标有“0A”和“1A”字样,小孔内有两处精密多圈电位器,供恢复 T-A 转换精度之用。

当透过率“T”值显示为 1,000 时,吸收率“A”值应为 0.000,若“A”值有偏差,则应调节“0A”电位器校正,而当“T”值显示为“0.100”时,“A”值应为“1.000”,若有偏差则调“1A”电位器来校正,一般需往复几次校正才能满足。即

当 $T=1.000$ 时, $A=0.000$

当 $T=0.100$ 时, $A=1.000$

4. 光源灯泡的更换与光学调整

拆去光源室外罩即可更换灯泡。

(1) 钨灯的更换:钨灯在出厂时已经调整好了,当钨灯使用长久后已经发黑,则可以拔出灯泡,把新的灯泡重新插进。

(2) 氙灯的更换:更换氙灯时,把氙灯的三根插头拔出,松开夹紧螺钉,把氙灯取出,换上新的氙灯后,重新拧紧螺钉,把插头插到插座上。

在光源灯更换后,点亮灯,调节它的位置直到成像在入射狭缝中心,然后精调灯的位置,使电表读数达到最大值。

(3) 钨灯的光学校正:

①波段开关选择“T”。

②点亮钨灯。

③将波长置于 550nm。

④调节 100%T/0A 旋钮直到电表指示最大值,然后固定。

(4) 氙灯的光学校正:

①波段开关选择“T”。

②点亮氙灯。

③将波长置于 250nm。

④调节 100%T/0A 旋钮,直到电表指示近 50%T。

⑤戴着手套,手动调节氙灯的位置,直到电表指示最大值,然后固定。

注意:灯点亮一段时间后不能用手碰灯,不能留有指纹。

长时间的紫外线照射对眼睛有害,戴上太阳镜可以保护眼睛。

5. 波长的定标检查

仪器使用半年左右或搬动后要检查波长精度以确保仪器使用。

对于波长的检查,最好用低压汞灯的线光谱。这时,须拆下原来的氙灯。如果没有条件,可以用氙灯作为校准光源,氙灯本身有两根亮线 486.0nm 和 656.1nm 可作为校正光谱线。

校正方法如下:

- (1) 使用钨灯时,校正方法同 721 分光光度计。
- (2) 用氙灯精确校正波长(波长差在 3nm 以内时)。

将范围选择开关置于“0~100%T”。

将波长置于 480nm。

点亮氙灯。

调节 100%T/0A 旋扭直到电表显示达 50%T。

从 480~490nm 缓慢转动波长旋钮,观察电表读数,寻找出一峰值波长。

重复上述步骤 2~3 次,求出峰值平均波长应与 486.0nm 一致。

七、常见故障的排除

1. 仪器的光源灯不亮

(1) 由于稳压器与光源室之间的连接线断路、光源灯座焊线接触不良、光源开关损坏而使灯不亮时,应检查电源接线、稳压电源输出导线是否脱焊,找出原因,重新接线修复。

(2) 当保险丝断时,应按原来规格换上新的保险丝。

(3) 光源电源箱、电器系统损坏引起光源灯不亮时,应按线路图进行检查,寻找故障并排除或请有关部门检查修复。

(4) 当光源灯损坏时应按原来规格换上新的光源灯。常见的是光源灯损坏,但为了尽量避免调整灯源的麻烦,在尚未查明原因之前,不应立即取下灯泡,应先作检查,观察灯丝是否烧断,肯定是灯泡烧坏了,这时应更换同规格的灯泡,但换上新灯泡以后,灯丝往往偏离原来的位置,必须重新调整。参见“光源灯泡的更换与光学调整”。

2. 仪器的光源灯亮而无单色光

(1) 由于光源室内凹面反射镜位置安放不正确而引起的无单色光可按光源的调整方法,调整拨杆上的圆柱头螺钉,使拨杆定位正确、保证光源发出的光通过凹面反射镜反射并聚焦在入射狭缝处。

(2) 由于单色器部分光路走失而引起的无单色光可接单色仪器路进行校正,寻找原因并修复,由于光轴校正涉及面较广,工作量较大,必须在熟悉整个仪器结构的基础上,才能得到正确调整,决不能盲目调整。

3. 仪器在使用时不能置 0%T

(1) 由于试样室和检测器之间的光阀不能自动切断光路而引起的故障,应该调整试样室移门上的挡块和光阀的阀门,使其正常工作。使打开试样室盖时,光阀自动关闭,盖上试样室时,光阀自动打开即可。

(2) 由于电器系统损坏而引起时,可按电器系统的线路图进行检查,寻找出故障并修复电器系统。

4. 仪器在使用时不能置 100%T

(1) 由于试样室和检测器之间的光阀没有全部开启而不能调 100%T 时,应调整试样室移门上的挡块和改变光阀顶杆的长度,使光阀顶杆能使光门全部打开。

(2) 由于试样槽定位放置不正确或比色皿在试样槽框架内安装的位置有松动移位引起100%T 调节故障时, 应该重新校正试样槽定位部件的安装、正确安放好试样槽架和夹紧比色皿在试样槽框架内的位置。

(3) 光源灯选择有误时应该根据测量的波段工作范围, 正确选择好光源灯。

(4) 当滤光片位置不正确时, 可查找滤光片组成部分, 寻找原因并修复。

(5) 由于电器系统损坏而引起故障时, 应按照电器系统的线路图进行检查, 找出故障并检修电器系统。

(6) 光路走动, 光电管位置不正确。

5. 仪器在使用时能量不足会影响稳定性

(1) 由于光源灯的位置走失而引起时, 应该按光源室的调整部分进行调整。

(2) 光度箱位移使通过出射狭缝的单色光不能全部进入光度箱时应松开光度箱底座的紧固螺钉, 调整光度箱的位置, 使光度箱完全接收出射狭缝过来的单色光, 然后紧固螺钉。

(3) 由于光电管的位置走失, 使单色光不能完全进入光电管时可按光电管的调整部分进行调整。

(4) 狭缝双定位: 由于狭缝双定位使入射狭缝的光经过单色器不能完全通过出射狭缝时, 应以一只狭缝为基准, 将另一只狭缝的弦线松开, 重新绕, 使入射狭缝和出射狭缝在工作时同步, 也就是使入射狭缝和出射狭缝同时打开或同时变换位置。

6. 仪器的波长精度走失

(1) 光栅位置走失, 使仪器波长精度走失时, 应接单色器光路的调整部分进行调整。

(2) 当波长零位走失和波长精度走失时, 应按波长精度的调整部分进行调整。

(3) 由于计数器跳齿不能正确读数时, 可松开计数器连接螺钉, 取下计数器, 将其弹簧片向里压紧一些, 使计数器既能舒适旋转, 又不跳齿。

(4) 在使用时丝杆旋过头而使精度走失时, 应按波长精度调整部分进行调整。

7. 仪器精度正确, 但在测试时有误差

由于比色皿配对有误差, 引起测试精度超差。我们先检查未放比色皿但放上金属试样槽架时, 拉动拉杆观察四个孔位置的读数应一致。放上比色皿, 根据专业标准规定, 仪器在全波段范围内比色皿配对误差不大于 $\pm 1\%$ 。

使用比色皿的注意事项:

(1) 比色皿用毕后应用溶剂和蒸馏水冲洗, 揩净无水渍, 存放在干燥处, 待下次再用。

(2) 使用比色皿时, 在比色皿内的溶液不宜放太满, 以防溢出, 在取比色皿时必须接触磨砂面, 防止通光面擦毛。在使用石英比色皿时, 更应注意通光面的污染, 即使手指印存在或有一丝水痕印, 对紫外线亦有很强的吸收, 以致读数误差超过很大。

(3) 测定挥发性溶液最好加盖, 以免气体散发在试样室内, 影响测定结果。

第五节 724 微机型可见分光光度计

724 微机型分光光度计基于 721 型分光光度计基本原理, 采用微处理机进行运算和控制。数据处理精度高, 有简便操作的自动 100%、OA 按键; 浓度测量具有直线回归校正曲线的

高精度演算等程序，并将演算结果中的斜率（K 值）截距（B 值）、回归校正曲线的相关系数（R 值）输出显示；在没有标准溶液的情况下，可将已确定的 K 和 B 值手控输入进行浓度测定。

一、仪器的结构与原理

本仪器利用相对测量原理工作，即先选定一溶剂作为空白溶液（或参比溶液）将其透过率（透过比）作为 100%（或吸光度、浓度为，0）然后测定试样的透过率（或吸光度浓度），读取相对比值。对于浓度测量，还须测出标准浓度溶液来标定曲线斜率。仪器的结构框图见图 6-3-42。

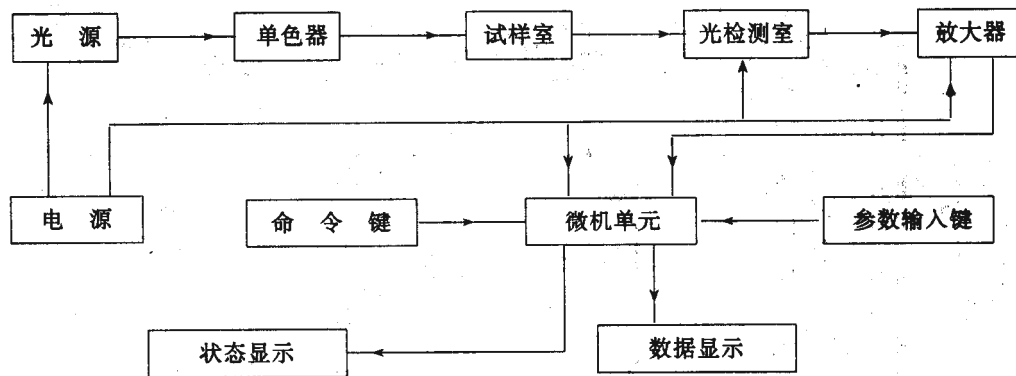


图 6-3-42 仪器结构框图

光源发出的复色光经单色器内光栅色散形成单色光谱。光谱经波长选择后，得到所需波长的单色光，该单色光在试样室内穿过被测样品，其能量被样品吸收一部分，剩余光能被检测器接收，转换成为电信号，经放大后送至微机单元进行运算处理由显示器给出测量结果，命令键用来设定测量模式，参数输入键用于浓度测量时输入测量参数。

二、电路原理

该仪器的电路系统可分为四个部分：电源部分、放大电路、微机单元及显示电路，如图 6-3-43 所示。

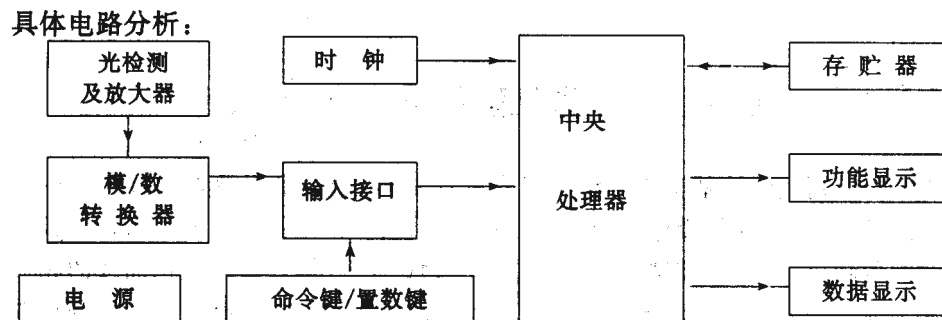


图 6-3-43 电原理方框图

电源电路分别给放大电路、微机单元及显示电路提供合适的电压。放大电路将光检测器

送来的信号进行放大后送入微机单元中的 A/D 转换器, 将模拟信号转变为数字信号, 该信号经输入接口送到 Z80 中央处理器。存储器分为程序存储器与数据存储器, 存储操作程序及处理的数据。显示器显示仪器功能和测量结果。

1. 稳压电源电路

如图 6-3-44 所示。电源主要分以下三部分。

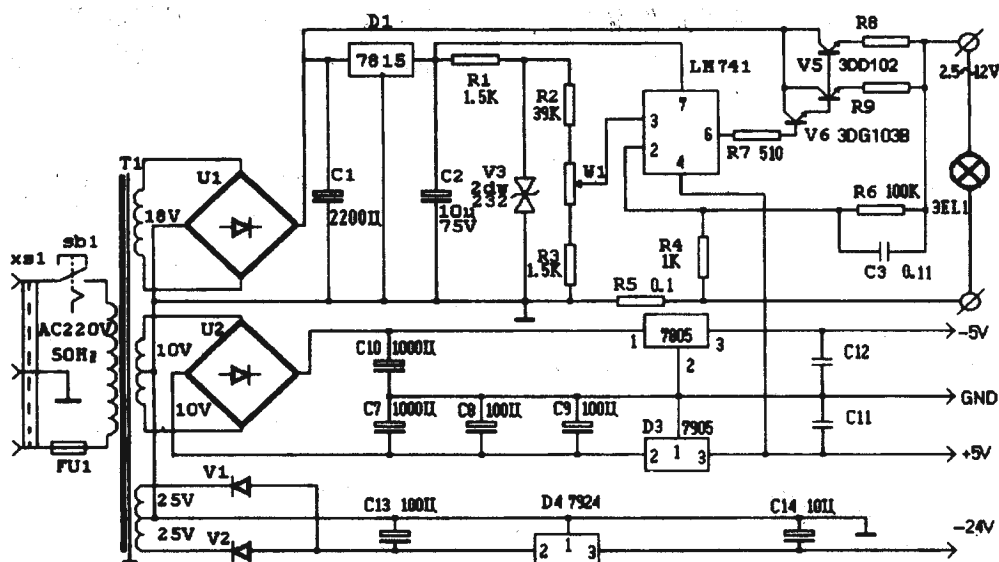


图 6-3-44 电源电路

(1) 钨灯稳压电源: 该电路采用集成稳压电源 7815 产生 12V 电源, 经运算放大器 LM741 及调整管 3DD102 产生 2.5~12V 连续可调直流稳压。放大器反相输入端 2 脚作为取样输入端, 当电压产生波动时通过负反馈起到稳压作用, 放大器同相输入端 3 脚接到 100% 调节电位器 W_1 的中心抽头, 当调节 W_1 时可改变放大器的输入电压使输出 6 脚的电压连续可调, V_3 为带温度补偿的稳压二极管, 3DD102 为大功率三极管, 当基极电压变化时, 其 ce 结电阻随之变化, 从而达到改变输出电压的目的。

(2) 光电管供电电源: 该电路采用集成稳压电源 7924 产生 -24V 电压作为光电管 GD-31 的工作电压。

(3) 放大器及微机单元稳压电源: 该电路采用 7805 及 7905 产生 $\pm 5V$ 电源作为放大器 3140 及微机单元各芯片的工作电压。

2. 主机板电路

如图 6-3-44 所示, 主机板电路分放大器电路、微机控制单元电路和显示电路三部分。

(1) 放大器电路: 放大器电路与光电管一起装在光电管暗盒内。光电管 GD-31 产生的电信号送到运算放大器 AC1 的反相输入端, 由于光电管的内阻很高, 所以输入电阻 $1R_2$ 的阻值为 $1.5G$ ($1.5 \times 10^9 \Omega$), 这样才能使放大器具有足够的放大倍数。同相输入端通过 $1R_1$ 接地, $1R_1$ 选择与 $1R_2$ 相同阻值的电阻起到电路平衡作用。1W1 为仪器调零电阻, 其接到

放大器的(1)、(5)脚之间,通过调节偏置起到调零的作用。放大后的信号经1R3接到A/D转换器IC2的信号输入端。

(2)微机单元电路:

①A/D转换电路:模数转换采用的是3位半双积分型A/D转换器5G14433,其内部结构及引脚图如图6-3-45所示。

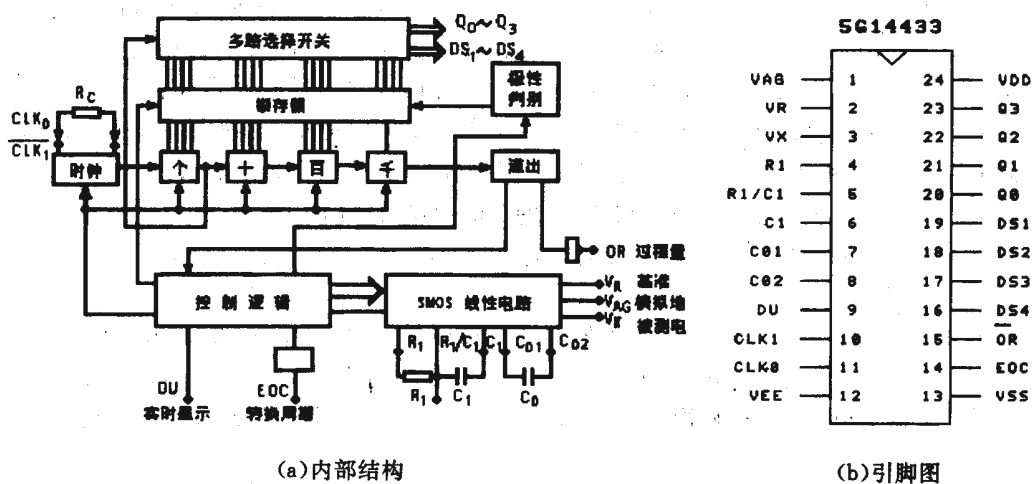


图 6-3-45 5G14433 模数转换电路内部结构及引脚图

芯片工作电源为 $\pm 5V$,正电源端接VDD(24端),模拟部分负电源端接VEE(12端),公共接地端为VSS(13端)。基准电压输入端为VR(2端),由5V电源经2R1及2W2分压提供+2V或+200mV基准电压,接地端为VAG(模拟地1端)。放大器输出的模拟信号测量电压量程为1.999V或199.9mV。时钟振荡器外接电阻RC(2R5),外接失调补偿电容CO(2C3)和外接积分阻容元件R1、C1(2R5)接入CLK1和CLK0(10、U端),阻值为47k Ω ,时钟频率随RC增加而下降。外接失调补偿电容CO(2C3)接入CO1、CO2(7、8端)。外接积分阻容元件接入R1(2R4)、R1/C1、C1(2C2)(4、5和5、6端)。转换标志有转换周期结束标志和过量程标志,转换周期结束标志由EOC(14端)输出,过量程标志由OR(15端)输出,本电路该脚为悬空。转换更新控制,其控制端为DU(9端),本电路中DU与EOC连接,即每次A/D转换结果的输出都被更新。转换结果以BCD码形式分时按千、百、十、个位由Q0~Q3(20~23端)送出,相应的选通信号由DS1~DS4(19~16端)提供。

5G14433的工作过程:5G14433的DU和EOC连接后与Z80的,INT(16)端相连,5G14433加电后,对外部模拟输入电压信号进行A/D转换,由于DU与EOC端发出中断请求信号,每次转换完毕都有相应的BCD码及相应的选通信号出现在Q0~Q3和DS1~DS4上。Z80中断后,执行中断服务程序,Z80读取数据,当DS1选通以后,根据Q0~Q3检查输入量是否过量程或欠量程。根据Q2判断正负,Q2=1为正;Q2=0为负。根据Q3确定

千位数, $Q3=1$, 千位置 0; $Q3=0$, 千位置 1, 然后中断返回分别重新等待选通 bS2、DS3、DS4, 对应将百位、十位、个位数送入 Z80 中。

②输入接口: 由于 5G14433 为随机输出信号, 如果直接与存储器相连就有可能将存储器中存储的有用数据冲掉。所以 14433 输出的数据经八同相三态缓冲器/线驱动器 244 后送到 Z80。当 CPU 允许其传输数据时给控制端 1 石、2 石输入一个低电平, 此时 244 处于导通状态, 将 A/D 转换电路送来的数据传输到 Z80。

③微机单元连接电路: 存储器选用 64K2764EPROM 及 16K6116RAM。译码器选用 74LS138, 74LS138 有六个输入端, 其中 A、B、C 为译码输入端, EI、E₀、E3 为选通输入端, 8 个译码输出为 Y0~Y7。Z80 中的 A0~A10 地址线用来选择 6116 及 2764 的片内地址, 分别对应 6116 的 A0~A10 及 2764 的 A0~A10; MREQJ)。A12~A15 作为译码器的输入, 译码器输出端作为片选信号, 其中: (Y0) → 6116CE·端; (Y1) 个 IC3 的 1G 和 2G; (Y2) → IC10 的·fG 和 2G; (Y3) → IC11 的 CLOCK (11 端); (Y4) → IC13 的 CLOCK (11 端); (Y5) (Y6) 分别作为输出接口 IC14 和 IC15 的选通信号, 2764 的片选信号直接取自 Z80 的 A15。Z80 的八位数据线 DO~D7 为双向数据线, 分别与 6116 的 DO~D7、2764 的 DO~D7 对应连接, A11 与 2764 的 WE (23 端) 连接。A/D 转换器输出的信号及面板各键控制信号分别经接口电路 IC3 及 IC10 接到 Z80。

④时钟电路: 时钟电路由双 D 触发器 74LS74 及 6 非门 74LS04 组成, 74LS04 的 2 端 3 端共同连接一个 0.1F 的电容, 并通过 2R7 及 2R8 分别接到 4 端及 5 端, 1 端及 6 端短接构成了一个振荡电路, 振荡频率经 74LS74 中的 D 触发器 2 分频后接到 Z80 的 5 端作为 Z80 的时钟。

③键盘控制: RESET 键: 复位键, 正常工作时 5V 电源经 2R0 给 IC6 的 11 端一个高电平, 当按下面板上的 RESET 键时, IC5 经 2R9 放电, IC6 的 11 端变为低电平经 IC6 的 8 端给 Z80 (26 端) 输入一个低电平, 使 Z80 复位, 此时仪器显示原始数字。

MODE: 工作模式键, 按此键, 仪器循环进入 T-B 透过率测量—截距读出或截距参数输入。同时 T 明亮或闪烁 (T 测量明亮, B 读出或输入闪烁); A-K 吸光度测量——斜率读出或斜率参数输入, 同时 A 明亮或闪烁 (A 测量明亮, K 读出或输入闪烁); C-CS 浓度测量——标准浓度参数输入, 同时 C 明亮或闪烁 (C 测量明亮, CS 输入闪烁)。

R 键: 相关系数读出键, 测量浓度时, 运用多个标准式样校正曲线, 按此键, 数值显示即为相关系数。

NO 键: 标准式样读入键, 浓度测量时, 运用多个标准式样校正曲线时, 每按此键一次, 即读入一个试样, 供内部运算。

“+”、“-”键: 浓度参数输入、读出键, 与 MODE 中工作模式对应, 参数输入时, 按“+”键, 数字量增加, 按“-”键, 数字量减小, 快速按下即放任一“+”或“-”键, 所显示的数字即为对应的 B、K、CS 值, 如同时按下“+”和“-”两键, 可任意移动小数点。

“SETDET”: 100%T/OA (基准参考) 键, 调节 100%粗调旋钮使 T 值为 95~100 或 A 值及 C 值为 0.046~0.176 之间, 按此键, 即可测量数值为 100%T 或 0.000A (或 C)。

(3) 显示电路:

①数据显示: 显示测量数值或输入参数。该仪器选用 4 块 BS682R 构成 4-位 LED 显示

器，有 4 根位选线及 8X4 根段选线，段选线控制字符选择，位选线控制显示位的亮暗，其工作在动态显示方式下，4 位段选线并接在一起，分别接到 IC12 的 7 个输出端（9-15 端），位选接到 IC11 的四个输出端。因此，在每个瞬间，八位 LED 只能显示相同的字符，要想每位显示不同的数字，必须采取动态扫描显示方式。即在每一瞬间只使某一位显示相应字符，在此瞬间段选控制输出相应字符段选码。位选控制端在该显示位送入选通电平（共阴极接低电平，共阳极接高电平）以保证该位显示相应字符。如此轮流，使每位显示该位应显示字符，并保证延时一段时间，以造成视觉暂留效果。

其工作过程为：Z80 将要显示的字符以 BCD 码的形式送到 IC11，IC11 选通后将数据仍以 BCD 码形式传送到 IC12 的输入端 A、B、C、D 端；IC12 译码后从 a、b、c、d、e、f、g 7 端将数据输出至 4 块 LED 的对应段，此时，4 块 LED 上所表示的字符相同，为了使四块 LED 所显示的千、百、十、个位数区分开，本电路采取动态扫描方式，即每块 LED 分时导通，每块位控制端分别经一个三极管接到 IC11 的输出端，个、十、百、千位分别接到 IC11 的 9、6、5、2 端，当 Z80 送来的为千位数时，IC11 的 2 端送来一个低电平将 LED 的千位点亮，其它位虽然也带有相同的字符，但由于没有位选信号所以不亮，只有千位显示出相应的字符。当 Z80 送来百位数时，位选信号只将百位点亮。百位块显示相应的百位数……如此往复，并使每次点亮延迟一段时间，扫描频率适当，就可以看到一组稳定的数字。

每位的小数点（dp 段）分别接到 IC13 的输出端（5、6、9），Z80 通过 IC13 控制每位小数点的点亮。

②功能显示：T、A、C 功能显示，分别指示仪器处于透过率 T/截距 B，吸光率 A/斜率 K、浓度 C/标准浓度 CS 的工作状态，指示上档时，稳定明亮，指示下档时，闪烁明亮。电路中 T、A、C 分别对应 2D4、2D5、2D6。2D7 为负值显示符号，其明亮时表示数值为负值。

三、仪器的维护和保养

1. 仪器在长时间使用后或经运输剧烈震动后，需检查仪器波长准确度。

（1）零级光谱的检查：开启试样室盖，开启电源，将 COARSESETDEF 纽顺时针旋到头，将波长旋至 000 附近，此时应在试样室右侧看见一光斑。调波长钮使光斑最亮，轮廓最大与完整，则此时的波长显示为 000，表示波长精度准确无误，如误差大于 002 或-998 应作适当校正。

（2）其它光谱线的检查：当零激光谱偏差小于 5nm 时，可用附件盒中的一块锗钨玻璃装入玻片架中、插入试样槽内，利用其 586、741 和 808nm 三条吸收峰线来检查，即在这三处波长附近逐点测吸光度，寻找较大值，若吸收峰线所在波长与名义波长不相符偏差较大时，应做适当校正。

校正方法：

- a. 卸下 SAMPLE 钮，取下试样室内试样槽；
- b. 将仪器底部向上翻转，拧下 4 只固定仪器前面板的螺钉；
- c. 拧松波长计数器支架两螺钉，移开吻合齿轮；
- d. 调整波长，使光斑最亮，轮廓最大而完整；
- e. 调整波长计数器为 000；
- f. 重新使齿轮吻合，紧固支架螺钉恢复原状。并试调整波长，当光斑与波长一致时，

即可完全恢复整机原状；

(3) 如零级光谱正确无误，而工作波长偏差较大时，表明正弦机构系统失调，需由经专门训练的技术人员利用低压泵灯谱线进行校正。

2. 仪器光源所用卤钨灯的使用寿命一般为 500h，当发现在工作波长内，透过率空白值不能调至 100%T 或吸光度、浓度空白值不能调至 0.000 时，以及开机预热后，仪器示值仍以较大速度变化（如 $>0.5\%T/3min$ ）时，经检查无其它操作和环境问题，且光检测器内保证干燥的条件下，尽管光源仍明亮，应考虑更换新灯。

第六节 751G 型分光光度计

751G 型分光光度计是“紫外、可见、近红外分光光度计”，可以测定各种物质在紫外光区域、可见光区域及近红外光区域的吸收光谱，也可以作一般比色分析用。

一、主要技术参数

波长范围：200~1000nm

波长精度：Hg237.80nm 处 $\pm 0.3nm$

Hg576.90nm 处 $\pm 1.5nm$

光源：氢弧灯，钨丝灯

分光系统：自准式

色散元件：石英棱镜

接收元件：紫敏光电管 GD-5 和红敏光电管 GD-7（GD-6）

吸收光测量范围：0.04~2

二、光学系统

光学系统与 721 型类似，也是单光束、自准式光路，其示意图如图 6-3-46 所示。

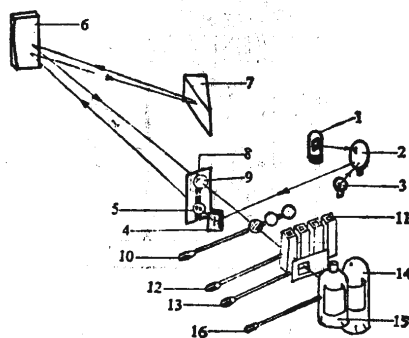


图 6-3-46 光学系统示意图

1. 氢弧灯；2. 凹面反射镜；3. 钨丝灯；4. 平面镜；5. 入射狭缝及石英窗；6. 球面准直镜；7. 石英棱镜；8. 出射狭缝；9. 石英透镜；10. 滤光片架拉杆；11. 比色皿；12. 比色皿拉杆；13. 暗电流控制闸门拉杆；14. 紫敏光电管；15. 红敏光电管；16. 光电管调动架拉杆

由于普通光学玻璃对紫外线有较强的吸收,所以各光学系统元件均以石英玻璃制作。钨灯只能产生可见光和近红外光,因而用氢灯来产生紫外光。

氢灯型号为 QD5 型,它是利用弧光放电来进行工作的,所以又叫氢弧灯。其结构同真空二极管相似,有三个引出头,两个为灯丝(在下部),一个为阳极(在上部),管壁为石英玻璃制成,管内充有高纯度氢气。它的工作分为三个过程:首先加上灯丝电压预热(一分钟左右),然后进行高压激发氢气,使氢气激发发光。与此同时将加热灯丝电源断开,最后要有稳流装置来控制其电流。因此氢灯都用高稳定的稳流电源供电。

GD-5 紫敏管工作在 200~625nm 范围内,而 GD-6 (GD-7) 红敏管工作在 625~1000nm 范围内。

其它光学部分与 721 型相同,不再赘述。

三、仪器结构介绍

本机由主机、钨灯放大器电源、氢灯稳流电源三个独立的箱体组成。其中主机部分由光源室、单色器、试样室和光电管(放大器暗盒)组成。

1. 光源室

光源室位于主机背后,内装氢弧灯、钨丝灯及凹面反射镜。凹面反射镜表面镀铝。为了减少对紫外线的吸收,铝面上没有镀保护膜,所以容易擦伤,而且沾污后也不好擦拭。因此在更换调整灯泡时要小心。

光源室背后有一手柄,在使用氢弧灯时,转动手柄,使它朝向氢弧灯,反射氢弧灯的光线。使用钨丝灯时,使它朝向钨丝灯。凹面反射镜背后有调节螺丝,如果反射的光线偏离进光孔,可以用它们调节。和 721 的光源灯一样,本仪器的钨灯和氢灯位置也可以上下左右调节。

2. 单色器

单色器由狭缝、准直镜、棱镜等组成。其中准直镜与 721 型一样。

(1) 狭缝:与 721 型不同,光强是靠调节狭缝来控制的,其入射狭缝孔和出射狭缝孔装在一个狭缝机构上,要开同开,要闭同闭,如图 6-3-47 所示。

狭缝的宽度控制是利用平行四边形的弹簧支架,支持两片狭缝刀片,通过蜗杆带动一个偏心双面凸轮,使得狭缝的宽度改变,缝宽可以 0~2mm 连续变化。光的进光缝口和出光缝口均由石英窗封闭,用以保护狭缝。

(2) 棱镜及其转动部分:棱镜及其转动部分是一个悬挂机构,装置在单色器躯壳上面,伸入躯壳内部。其转轴配有两个精密的滚珠轴承,通过连杆和波长转轮衔接。

当调节旋钮时,波长轮转动带动凸轮形螺旋鼓轮,从而使紧靠在螺旋槽边上的杠杆顶端得到位移。杠杆的另一端固定在棱镜转轴上,因此杠杆角度的变化,使得棱镜的角度跟着作

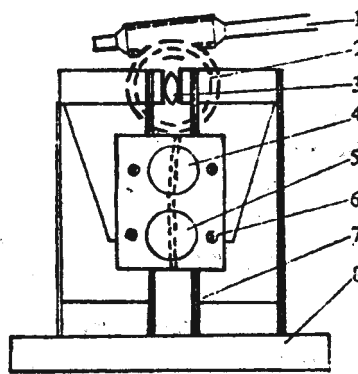


图 6-3-47 狭缝示意图

1. 蜗杆; 2. 蜗轮; 3. 偏心凸轮; 4. 出射狭缝; 5. 入射狭缝;
6. 固定螺钉; 7. 弹簧薄片; 8. 座杆

相应的旋转。这样，棱镜色散后形成一组色带便在狭缝上移动，达到了选择不同波长单色光的目的。

3. 试样室

试样室里装有滤光片架、小反光镜、比色皿架等，其中比色皿架和 721 型类似。滤光片架装有小反光镜，使光源灯来的光线经小反光镜成 45° 射入进光狭缝。必要时可调节滤光片下方小孔内的调节螺钉，以改变入射到单色器内的光的角度。

滤光片架上开有三个圆孔，其中一个是什么也没有放的通孔，另外两个分别装有 365nm 和 580nm 两块滤光片，其目的是为了减少杂散光，提高仪器的单色性。但在一般要求不高时，可以不使用，通常将通孔放在光路中。

4. 光电管—放大器暗盒

暗盒内装有 GD-5、DG-6 两只光电管及微电流放大器部件。为了防潮，还有一只硅胶筒。两只光电管装在一块拖板架上，拖板上有电接触点，拉动与拖板相连的手柄，就可以有选择地把所需光移入光路中，去和放大器相接，以适应不同波长的需要。

光电管前面有一暗电流控制闸门，它是一个开孔的拖板，拉出手柄，可以使光进入光电管，推入手柄，暗盒的进光孔被挡住，光线便达不到光电管。它还有三个相应的接触点，用来转换电路，以便调节暗电流。

光电管受光后所产生的光电流，流过一个 $2\text{k}\Omega$ 的高阻，在其上产生电压降，这个压降是用电位差计测量原理来测定的。即将这个电压与一个已知电压相比较，当二者相等时，放大器的输出指示为零。这个已知电压是由读数电位器的转角决定的，所以读数电位器的转角就作为被测电压的一个量度。

四、电路分析

751G 型的电路由钨灯稳压电源、氢灯稳流器、微电流放大器及电源四部分组成。如图 6-3-48 所示。

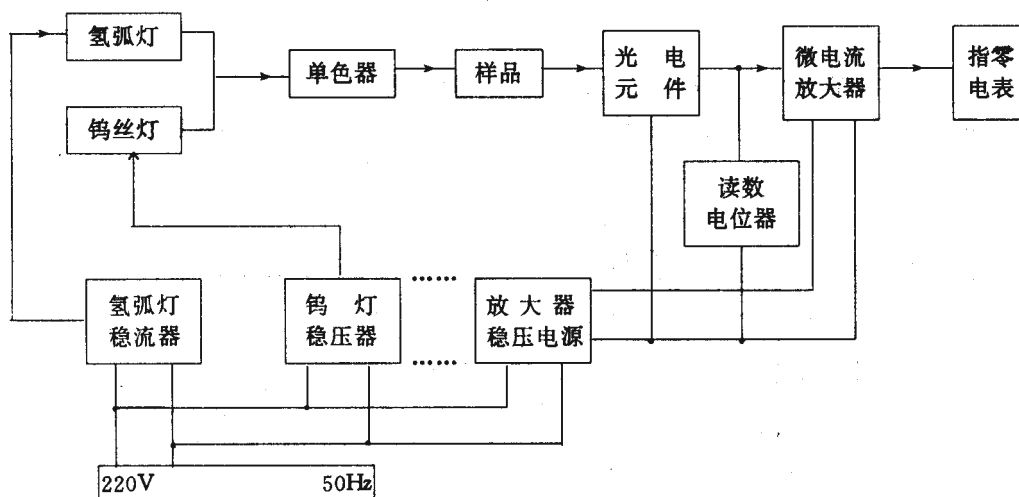


图 6-3-48 751G 型分光光度计电路框图

1. 钨灯稳压电源

751G 型钨灯稳压电源电路如图 6-3-49 所示。

该电路是一个晶体管、集成电路混合型电路,采用WA715B硅集成稳压器件为核心所组成的串联式稳压电路。由于该集成稳压器件具有较高的放大倍数,故该电路的稳压性能较好,其输出电压的纹波系数小于0.1%,稳定度小于2mV。

在主回路中,交流 12V 电压经整流、滤波后,加到调整管上,经调整后输出 6V/6A 的直流电压,供钨灯用。

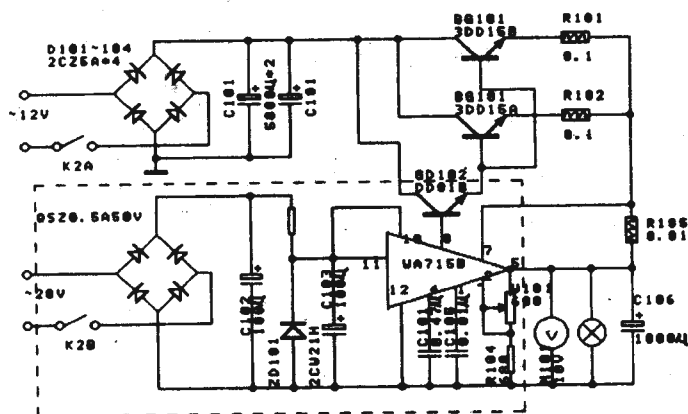


图 6-3-49 钨灯稳压电源电路

稳压部分采用单独供电，交流 20V 电压经整流、滤波与 DZ101 稳压后，加在集成稳压块 WA715B 的 10，11，12 脚。

电位器 W101 和 R104 为取样电路。C106 为输出电容,作用是改善脉冲电流负载下的动态性能。C101 为补偿电容,作用是消除高频自激振荡。

2. 氢灯稳流器

751G 型稳流器如图 6-3-50 所示。这是一个由晶体管和集成电路器件组成的电路。其线

路主要由氢灯供电高压、氢灯灯丝电压、可控硅触发电路、稳流环节和高压触发环节等部分组成。

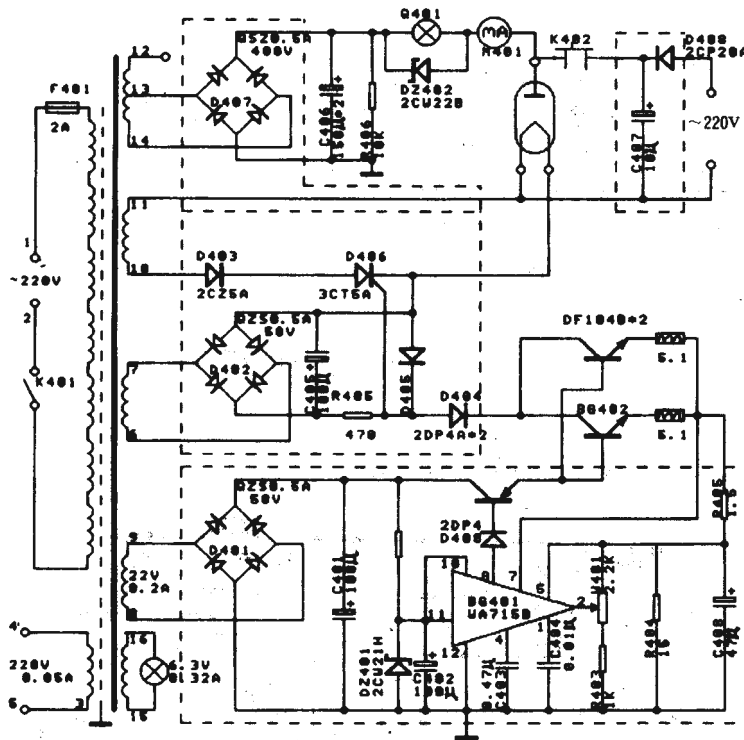


图 6-3-50 稳流器电路

当输出电流有变化时，与调整环节相串联的电流取样电阻上的电压也发生相应的变化。此变化的电压与基准电压比较，其差值经放大器放大后，推动调节环节，使之做出相应的调整，从而使输出电流保持稳定。这也是一个有比较放大器的串联调整稳流器，属于闭环负反馈自动调节电路。

接通电路后，变压器次极都加上了电压，整个电路开始动作。变压器抽头 13、14 间的 -110V 电压经 D₄₀₇ 整流、C₄₀₆ 滤波，得到 150V 左右的直流高压。此电压经过指示灯 Q₄₀₁、电流表 M₄₀₁ 加于氢灯的阳极，作为氢灯供电激发电压。

变压器抽头 11、10 之间的电压经 D₄₀₃ 整流后，加在可控硅 D₄₀₆ 的阳阴之间，使其处于待触发状态。

变压器抽头 7、6 间的 10V 电压经 D₄₀₂ 整流、C₄₀₅ 滤波和 R₄₀₅ 限流后，得到一直流电压。此电压下正上负，加在可控硅的控制栅极和阳极之间，使可控硅导通。这样，变压器抽头 11、10 间的 10V 电压便加在了氢灯灯丝两端，对氢灯进行预热。数秒钟后，灯泡内的氢气达到电离激发态，被阳极激发点燃。氢灯一旦起辉，经过氢灯降压还剩下的 74V 左右的

高压加于灯丝和地之间。此电压促使二极管 D_{405} 导通。这样氢灯便经过 $D_{405} \rightarrow$ 调整管 $BG_{402} \rightarrow R_{405} \rightarrow R_{404} \rightarrow (W_{401} + R_{403}) // R_{404} \rightarrow$ 地，构成电流通路。此主回路一导通，可控硅的栅极便失去正的触发电压（此时其触发电压为 D_{405} 的管压降 $-0.7V$ ），可控硅又是工作在交流脉冲状态下，这样，当加在可控硅上的电压过。它便截止，将氢灯灯丝供电电源切断。

氢灯回路中串联的指示灯和电流表是为了指示氢灯是否起辉及氢灯工作电流的大小的。稳压管 DZ_{402} 为指示灯提供一稳定电压。

氢灯的稳流过程是由稳流器部分来承担的。这部分电路位于线路的下部。它和一般的串联稳压电路极其相似。所不同的是：其取样电路串联在输出回路中，为电流取样。电流取样电路为 R_{403} 和 W_{401} 。和它们并联的电阻 R_{404} 为分流电阻。它将大部分电流分去，只留下一小部分给电流取样电路，以使集成稳压块 BG_{401} 建立合适的工作点。在工作时，改变 W_{401} 的中心抽头，即可改变取样电压。经集成稳压块 BG_{401} 后，使调整管 BG_{402} 做出相应调整，即可达到调节输出电流的目的。 W_{401} 是装在印刷电路板上的，出厂时已经将其调在氢灯的额定工作电流值 $300mA$ 。

放大部分 BG_{401} ，也选用了 $W715B$ 集成稳压电路。电路的 2 脚为输入端，8 脚为输出端。由于其功率较小，外接了三只大功率管作为推动级和调整环节。 BG_{403} 为推动级，两只并联的耐高压大功率管 BG_{402} 为调整管。本电路的 10 和 11 脚为电源输入脚。是由变压器的 9、8 抽头间的 $20V$ 电压经 D_{401} 整流、 C_{401} 滤波和 R_{401} 、 DZ_{401} ，稳压后供给。”

触发环节由 D_{408} 、 C_{407} 和 AN_4 组成。这是半个半波整流、电容滤波电路。平时， C_{407} 上充有 300 多伏的直流高压。当某些氢灯的起辉电压比较高，主回路上的电压不能将其引燃时，按下 AN_4 （此钮处于稳流器面板，带有 N 符号）即可将 300 多伏的高压加在氢灯阳极，迫使其燃烧。通常在稳流器接通电源 $4-5$ 秒钟后，氢灯指示灯仍然不亮，电流表上无指示时，可以利用这一机构。若按几次 AN_4 仍不亮，可能是氢灯有问题或是灯丝预热电路有故障。

3. 微电流放大器

如图 6-3-51 所示。751G 型分光光度计的微电流，在与光电管相串的 R_5 上形成伏特级光电压，此电压再经过电压放大和电流放大（阻抗变换）。由指零电表内阻及反馈电位器组成的反馈网络。反馈网络输出的电压与 R_5 上的电压相串联，构成串联电压负反馈。补偿线路用于补偿光电流在 R_5 上形成的电压，当二者大小相等、方向相反时，指零电表指零，此时补偿装置的读数即为被测光信号的一个量度。

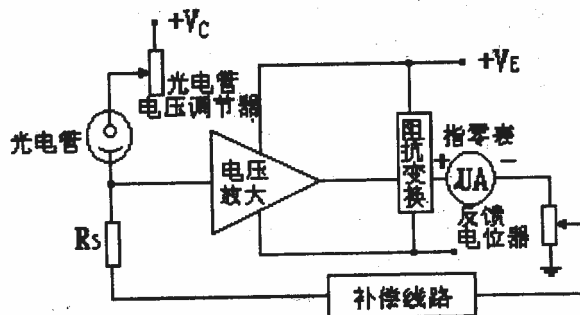


图 6-3-51 微电流放大器方框图

微电流放大器电路图见图 6-3-52。其中，输入电路由光电管及其负载电阻 R_5 组成。电压放大级由绝缘栅场效应管 BG_1 、 BG_2 、 W_5 、 R_6 等组成， BG_2 与 W_5 组成恒流源作为 BG_1 的负载。阻抗变换级由结型场效应管 BG_3 、 BG_4 及 R_7 、 R_8 、 R_9 、 W_2 组成， BG_3 为源极跟

随器, BG4 与 W6 组成恒流源作为源极跟随器 BG2 的一部分源极电阻用。反馈网络由电表内阻 (2k Ω) 及反馈调节电位器 W4 组成, 属于串联电压负反馈。补偿电路分为两部分: 暗电流补偿由直流稳压电源 C (6V), R10 及 W3 组成。光电流补偿由直流稳压电源 B (6V)、R11、W2, 暗电流开关 K, 灵敏度选择开关 S1、S2 及 R1~R4, 读数电位器 W1 等组成。

4. 微电流放大器稳压电源

如图 6-3-53 所示, 该电源结构简单, 共有 4 种电压输出。 $\pm 13V$ 是两组完全相同的电路, 两组电源相串联, 中间接地。两组 6V 的电源在电路构成上完全相同, 相互独立, 供补偿电路用。

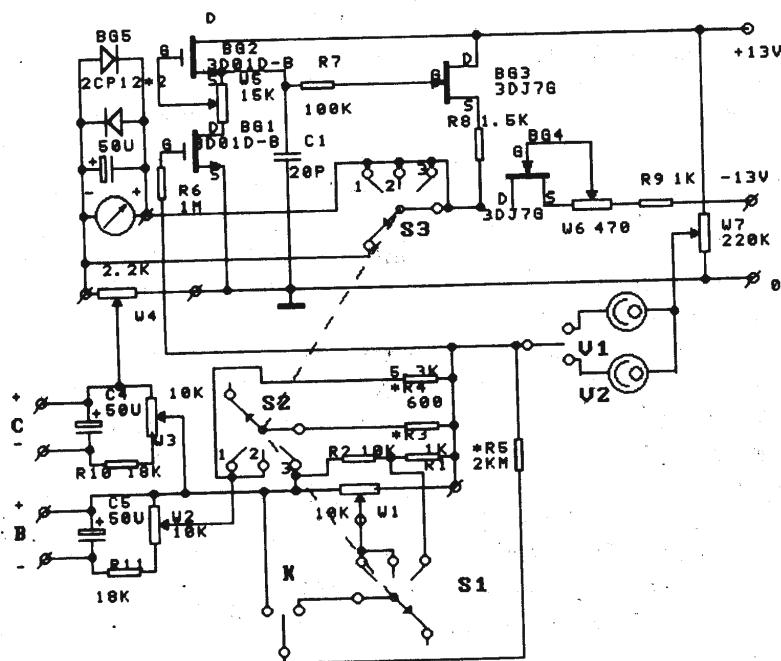


图 6-3-52 微电流放大器电路

五、常见故障及其排除方法

常见故障现象分析和检查方法: 按仪器使用说明书的操作步骤开启各部件电源, 此时, 光源灯亮。待预热后, 把选择开关置“校正”位置, 光闸门置于闭合位置, 光路调整合适。

1. 调节暗电流, 指零电表指针无反应。

(1) 可能原因:

- ①放大器稳压电源无输出。
- ②检查机后 20 芯插头有否脱掉。
- ③指零电表线圈损坏或严重卡针。

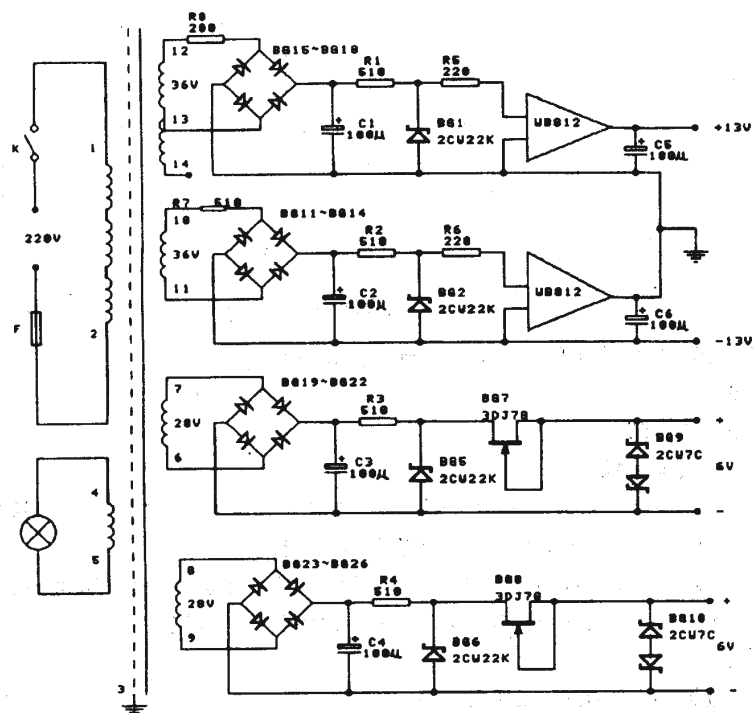


图 6-3-53 微电流放大器稳压电源

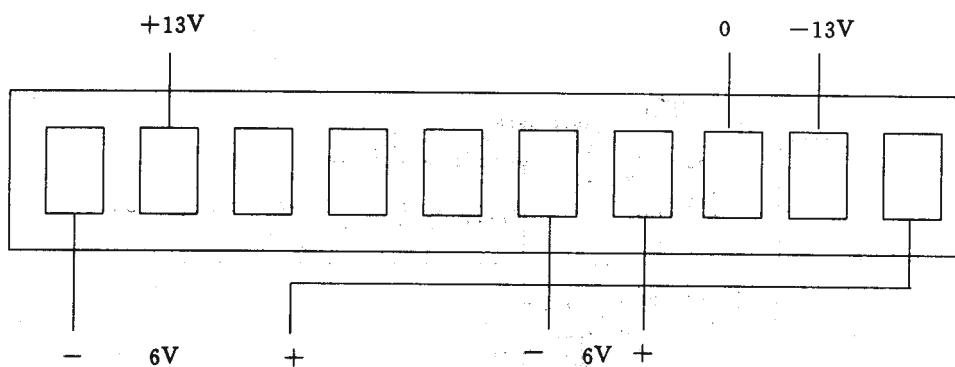


图 6-3-54 稳压电源插座各脚电压图

(2) 检查方法：用万用表检查稳压电源后部连接插座上的各点电压，见图 6-3-54。如各点均无电压或有几组没有，则为放大器稳压电源故障。如各电压均正常，则故障出在放大器或电表。可先将电表部分排除，用万用表电阻档检查主机插座 13、14 脚，测仪器电表的内阻，应为 2k 左右，若为无穷，可能为电表部分开路，再进一步判断开路位置在连线部分还是在表头。

第七篇

心电、脑电图机系列

第一章 国内外心电图机检测仪器的维修

第一节 心电图机的主要结构

一般心电图机主要由导联输入部分、前置放大器、电压放大器（又称中间放大器）、功率放大器、记录器、1mV 标压发生器、电源供给电路、热笔加热电路、走纸部分等构成。现将各部分做一个简单介绍。

一、输入部分

输入部分除电极以外，还包括导联线、导联选择开关、高频滤波等。

（一）导联线

导联线的作用是将电极上获得的心电信号送到放大器输入端，分别为红、白、黄、蓝、黑 5 根导联线，即四个肢体和胸部各 1 根，有的心电图机胸导联线有 6 根，分别各有一个带吸球的胸电极，使用时全部一次吸在胸部相应的部位上，然后转换导联选择开关即可切换成各种胸导联。因为电极获取心电信号仅有几个毫伏，故导联线必须使用屏蔽线，以减少电磁感应引起的干扰。

由电极拾取的心电信号，通过导联线首先传输到心电图机的第一级放大器即输入缓冲放大器。缓冲放大器的目的主要是为了提高电路的输入阻抗。减少心电信号衰减和匹配失真，对电压增益一般要求不高。心电信号由人体传导到心电图机的输入电路，其中要经过人体内阻、电极与皮肤接触电阻以及输入电路的平衡电阻等因素的衰减。如果放大器的输入阻抗很低，那么心电信号经过串联在信号通路里的上述几种电阻衰减之后，最后在放大器的输入阻抗上得到的被放大的有效信号电压就会降低。由于人体电阻和皮肤与电极的接触电阻分散性很大，输入阻抗过低还会造成心电信号失真。如果输入阻抗较高，就会避免上述因素的不良影响。

（二）导联选择开关

它的作用是将同时连接于人体的 5 个以上电极的导联线按需切换成某一个导联。这种开关一般有三种，第一种是圆形波段开关，第二种是琴键开关，第三种是触摸开关。波段开关一般是多层单刀多掷（式）。琴键开关也有多刀多掷（式），它有两种类型：一种是自锁式，每一个琴键的按下和跳起与别的键无关；另一种是互锁式，依靠按下的键推动一个卡片，卡住某一键，别的键则正好不被卡住而被弹簧弹起。用琴键开关的优点是可以任选一个导联，而不象圆形波段开关那样需作顺序切换。

二、前置放大器

心电图机对前置放大器的要求主要有：

（一）高输入阻抗

由于各电极与皮肤间的接触电阻有不同而使输入到前置放大器的信号源内阻也有变化，而且信号源的内阻本身也较高，所以就要求前置放大器具有高输入电阻，否则所测信号就会产生极大的误差，同时也降低了抗干扰能力。

（二）高抗干扰能力

因心电图机是一个高灵敏度、高输入阻抗的放大装置，容易受到机外各种电磁信号的干扰，尤其是市电 50Hz 交流电的干扰，因为它的频率在心电图机放大器的频率范围之内，因此，前置放大器必须具有高抗干扰能力，才能把干扰信号抑制掉。

（三）低零点漂移

前置放大器的零点漂移主要由温度引起，而且对整机影响量大，因为这种漂移经中间级、功率级放大后漂移也被放大，因此要求前置放大器因温度而引起的零点漂移越小越好。

（四）低噪声

由于前置放大器为心电放大的第一级，而输入的心电信号又十分微弱，这就要求前置放大器本身噪声比心电信号更微弱，才能把心电信号检测出来（一般要求把放大器产生的噪声折算到输入端必须小于 $15V_{p-p}$ ），否则描记的心电信号可能被噪声所淹没。

三、1mV 标准信号发生器

这是心电图机内部产生的标准 1mV 幅度信号的装置，为给描记的心电波作幅度定标，即在描记心电图之前记录下此信号，与以后描记的心电图形的幅度相比较，借以测量心电信号各波的强度，在调试心电图机时通过微调使前置放大器输入 1mV 标准电压时在记录器描记出 1cm 幅度高的波形。1mV 标准信号一般设计在前置放大器中，产生的方法有两种，一种是用标准电池分压器取得，另一种是采用机器内部直流电源分压取得。

四、电压放大器

电压放大器又称为中间放大器，它的任务是将前置放大后的心电信号进行电压放大，以推动后级放大器工作。一般心电图机在中间放大器中采用隔断直流即 RC 耦合电路，双 T 型滤波电路消除 50Hz 市电干扰、基线移位控制、增益调节、封闭电路等。电压放大器多采用恒流源式对称差分放大电路。

五、功率放大器

电压放大器的信号电流和功率都很小，功率放大器就是将电压放大器的电压信号变换为电流和功率信号去推动记录器使其偏转，在记录纸上描记出心电信号来。功率放大器多采用对称式互补射级输出器单端推挽放大电路。

六、记录器

记录器是将电信号转换成机械运动的装置。心电信号经心电图机导联选择以及心电放大器放大后，驱动记录器，使之转角随心电信号变化而变化，在转轴上固定一支记录笔，笔也

随之摆动。从而在记录纸上描记出随时间变化的心电图曲线来。

七、走纸传动装置

走纸传动装置的作用是使记录纸按要求随时间作匀速运动,使记录下的心电波形的时间呈线性,一般心电图机记录纸的传动是依靠一个微型电动机和一套传动齿轮来推动的。走纸速度一般为 25mm/s 和 50mm/s 两种,两种速度可以通过改变快慢齿轮来实现,若采用的是直流电机,则可改变其工作电流来实现。每种速度必须保持恒定,因此,传动装置中采用了稳速及变速电路。

第二节 心电图机的主要技术指标

心电图机的质量如何是由很多技术参数决定的。我国 JJG544-88 规程主要技术指标,是根据我国生产、应用的具体情况制定的。熟悉技术指标,并理解其内含,对使用、调整、维修心电图机是很必要的。

一、心电图机的技术指标

- (1) 机内定标电压: 直流 1mV , 误差不大于 $\pm 5\%$ 。
- (2) 耐极化电压: 施加 $\pm 300\text{mV}$ 模拟极化电压其灵敏度变化不大于 $\pm 5\%$ 。
- (3) 灵敏度转换: 应具备 $\times 1/2$ 、 $\times 1$ 、 $\times 2$ 三档。各档转换误差不大于 $\pm 5\%$ 。
- (4) 灵敏阈(小信号记录分辨力): 不大于 $20\mu\text{Vp-p}$ 。
- (5) 噪声电平: 由于元器件的热噪声引起,折合到输入端的噪声电平不大于 $15\mu\text{Vp-p}$ 。
- (6) 记录(走纸)速度: 25mm/s 、 50mm/s 两档,误差不大于 $\pm 5\%$ 。
- (7) 滞后: 记录系统引起的机械滞后不大于 $\pm 0.5\text{mm}$ 。
- (8) 时间常数: 不小于 3.2s 。
- (9) 幅频特性(频响范围): 频率在 $1\sim 75\text{Hz}$ 范围变化时,记录幅度变化应在 $7.1\sim 10.5\text{mm}$ 范围之内,用分贝数表示即在 $-3.0\text{dB}\sim +0.4\text{dB}$ 范围之内。
- (10) 输入阻抗: 不小于 $2.5\text{M}\Omega$ 。
- (11) 共模抑制比(CMRR): 不小于 89dB 。
- (12) 移位非线性: 描笔在 $\pm 20\text{mm}$ 范围内偏转,其移位非线性不大于 $\pm 10\%$ 。
- (13) 基线漂移: 不大于 $1\text{mm}/10\text{s}$ 。
- (14) 输入回路电流: 各导联的输入回路电流不大于 $0.1\mu\text{A}$ 。
- (15) 道间干扰: 多道(导)心电图机由于道间干扰而产生的描笔记录幅度不大于 0.5mm 。
- (16) 电源泄漏电流: 小于 $100\mu\text{A}$ 。

二、心电图机技术指标的检验方法

在对心电图机的各项技术指标进行检验之前,应首先调整好阻尼。阻尼过大过小,都会造成心电信号记录波形的失真,阻尼正常才会保障记录波形的逼真度,也才能保障检验结果的准确性。阻尼调整: 方法如下:

将心电图机记录速度置 25mm/s , 灵敏度选择开关置 $\times 1$ (10mm/mV) 档,描笔调至

记录纸的中心位置，然后启动记录开关（以下简称上述条件为标准记录条件）。以每秒 2~3 次的频率重复按动心电图机上的定标开关，调整增益，使记录波形幅度为 10mm，同时调节描笔阻尼电位器，使记录波形的阻尼适中。当阻尼调整正常后，在检验过程中不应再随意调整阻尼。由标准信号源输出标准 1mV 定标信号（误差小于±1%）加入心电图机的第 1 导联，在标准记录条件下，由第 1 导联记录外输入的定标信号，调整心电图机增益，使描笔记录的信号幅度为 10mm。之后，导联选择开关置机内定标位置（1mV TEST），重复按动标压开关，记录定标信号波形幅度记为 H_1 ， H_1 应在 9.5~10.5mm 范围之内。定标电压的相对误差由下式计算：

$$\delta u = \frac{H_1 - 10}{10} \times 100\% < \pm 5\%$$

三、心电图机主要技术指标的内含

（一）输入阻抗

心电图机的输入阻抗即为第一级放大器（前置放大器）的输入电阻，一般要求大于 2.5MΩ，这样可减少本身就很弱的心电信号的损失，以及因电极接触电阻不同而引起的波形失真等。

（二）灵敏度

心电图机的灵敏度是指输入 1mV 电压时，描笔偏转的幅度有多少毫米，通常用 mm/mV 表示，它反映了整机放大器放大倍数的大小。心电图机的标准灵敏度为 10mm/mV，一般要求心电图机的最大灵敏度大于 15mm/mV，并且连续可调，才能满足各种心电测量。

（三）噪声

这里指的是心电图机内部元器件工作时，由于电子热运动等产生的噪声，不是因使用不当外来干扰形成的噪声，这种噪声使心电图机在没有输入信号时仍有微小杂乱波输出，这种噪声如果过大，不但影响图形美观，而且还影响心电波的正常性，因此要求噪声越小越好，在描记的曲线中应看不出噪声波形。噪声的大小可以用折合到输入端的作用大小来计算，一般要求低于相当于输入端加入几微伏至几十微伏以下信号的作用。

（四）时间常数

当加入直流信号时，心电图机描记出的信号幅度值将随时间增加而逐渐下降，时间常数是指在直流输入时，输出幅度自 100% 下降到 37% 左右所需的时间，这个指标一般要求大于 3.2s，若过小，幅值就下降过快，甚至会使输入信号为方波信号时输出信号变成尖脉冲，这就不能反映心电波形的真实情况。

（五）线性

线性是指输入信号幅度变化时，输出信号应与输入信号成正比变化，如当心电图机处于 10mm/mV 标准灵敏度情况时，给心电图机分别输入 0.1mV、0.2mV、0.3mV……不同的幅值信号时，如果输出描记下来的信号高度分别为 1mm、2mm、3mm……，则说明心电

图机线性误差为零,实际上由于心电放大器非线性失真等原因,心电图总是存在一定线性误差,例如输入为 0.5mV 时,输出描笔描出 4mm 的高度,则误差为

$$\frac{5mm - 4mm}{5mm} = 20\%$$

这种线性误差越小,说明非线性失真越好。

(六) 两极化电压

尽管心电图机使用的电极已经采用了特殊材料,但是由于温度的变化以及电场和磁场的影响,电极仍产生极化电压,一般在 300mV 左右,这样就要求心电图机要有一个不受极化电压影响的放大器和记录装置。

(七) 灵敏阈

灵敏阈又称最小灵敏度,因为心电信号是非常微小的,为了使心电图机能够把微小信号能够真实地描记出来,能描记的最小信号值,称灵敏阈值,要求不大于 $20V_{p-p}$ 。

(八) 滞后

滞后又称回零特性,为了使心电图机能够将心电信号不失真地描记出来,就要求心电图机的放大器、记录器有一种特殊功能就是回零特性好,也就是说描记的信号能克服机械性能不良影响,不变形地记录出来。

(九) 移位非线性

为了使心电图机真实的描记出心电信号,要求心电图机的记录笔不论在中间位置还是在偏上 15mm 或偏下 15mm,都要真实地记录出心电信号来。

(十) 基线漂移

心电图机的基线应该是稳定的。

(十一) 辨差比

辨差比的定义与差分放大器的共模抑制比的定义相似,不同之处在于心电图机的辨差比是指整机的差模放大倍数 $K_{差}$ (差模的心电信号放大倍数) 与共模放大倍数 $K_{共}$ (干扰、噪声信号的放大倍数) 之比,即

$$\text{辨差比} = \frac{K_{差}}{K_{共}}$$

一般要求大于 89dB。由于心电图机采用了高质量的差分放大器,故这一指标均能满足要求。

(十二) 阻尼

在心电图机中,阻尼是指用以控制记录器产生自身振荡的作用力,这种作用力使用得当将阻止记录器按它本身的振荡频率运动,使记录器描记的心电波形

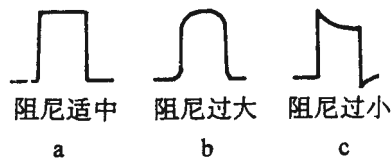


图 7-1-1 心电图机描记阻尼大小波形

不变形，否则记录下的波形出现失真，造成伪差。阻尼过大、过小、适中三种情况下描下的定标波形如图 7-1-1 所示。

阻尼过大时，定标波前沿时间增加，可使心电图 R 波变钝，小的 S 波甚至消失，ST 波变为有弧形状等；阻尼过小时，定标波出现明显过冲现象，记录器自身振荡影响心电图 R 波和 S 波的描记，使它们增高或加深等。在描记心电图之前，调节阻尼电位器，使之处于阻尼适中状态。

（十三）频率响应

在心电图机输入相同的幅值信号时，测其输出信号随频率变化的关系称为频率响应。这种频率响应主要取决于心电图机放大器和记录器的频率响应（频响应越宽越好）。一般心电图放大器的设计上比较容易满足频宽要求，而记录器就要困难的多。

（十四）走纸速度

由传动装置控制记录纸运动的速度称为心电图机的走纸速度。由于心电图记录在纸上，时间间隔用横坐标表示，因此走纸速度的准确性就直接影响到所测量波形的时间间隔的准确性，这就要求走纸速度均匀。在常用的 25mm / s 和 50mm / s 两档走纸速度中，误差均不应大于 ±5%。

（十五）电源泄漏电流

为了保障操作者和病人的安全，要求心电图机工作时具有良好的绝缘性能。即使在使用多年或大修以后，其绝缘性能也不能降低，应当满足电源输入时机箱的绝缘电阻应不小于 20M，泄漏电流小于 100μA。

第三节 心电图机的常见故障及分析方法

一、开机后立即烧断保险丝

- （1）AC 交流输入回路短路。
- （2）电源变压器次级短路。
- （3）整流电路有烧坏二极管的问题。
- （4）调整管（稳压电路）或功率管对地短路。

二、蓄电池不供电

蓄电池失效、充电电压太低或控制电路有问题。

三、走纸不稳

- （1）纸卷不整齐，进口机器使用国产的心电图记录纸，而纸卷中心孔有一个凹槽要用小刀刮掉。
- （2）走纸器安装不当或丢掉固定销子现象。
- （3）走纸橡皮轴老化或有异物。

- (4) 走纸马达与走纸齿轮结合太紧。
- (5) 走纸马达中心轴弯曲。
- (6) 记录纸型号不对而且太厚所造成。

四、将导联开关置于“0”位有干扰

- (1) 放大器不对称，共模抑制比太低。
- (2) 电源滤波性能不良。
- (3) 前级屏蔽不良，仪器接地不良。
- (4) 机器内部潮湿或灰尘太多。

五、做人体有干扰

- (1) 电极有锈或极化，电极与导联线接触处有锈造成接触不良。
- (2) 电极与病人四肢、胸部接触不良。
- (3) 导联线插头与机器插座接触不良。
- (4) 心电图机的内部屏蔽驱动电路不良或右脚电极驱动电路不良。
- (5) 导联线的屏蔽线有断的现象。
- (6) 人体使用的金属床没有接地，使用地点距电台或电视机太近，应加屏蔽或使用屏蔽褥子。
- (7) 人体距大金属物较近，而且该金属物又无接地线。
- (8) 电源线与导联线交叉或从人体周围通过造成干扰。
- (9) 地线不良或未接地线。
- (10) 机内 5mA 病人保险线断了。

六、基线漂移（不做人体时有基线漂移）

- (1) 耦合电容器不良，如漏电或电容器上灰尘大。
- (2) 放大器电路板漏电。
- (3) 放大器及电源部分某个元件温度特性不良。
- (4) 输入保护管漏电。
- (5) 标准电池漏电。
- (6) 走纸部分不良，如走纸马达转动电流大，引起电源不稳而造成描记基线不稳。

七、做人体时基线不稳（不做人体时心电图正常）

除有以上故障外还有如下几点：

- (1) 电极带固定太紧或太松。
- (2) 病人精神紧张。
- (3) 吸呼动作太大。
- (4) 做人体的房间有移动物体。
- (5) 供电电流不稳或距动力设备太近。

八、无 1mV 定标电压

- (1) 标准电池无电或电路有故障（不能产生 1mV 标压）。
- (2) 放大器无电源或光耦合元件不良。
- (3) 记录笔固定不紧或盘香弹簧脱焊。
- (4) 灵敏度电位器调整不当。
- (5) 1mV 标压开关不良。
- (6) 位置反馈式电流计如 ECG-5151 型心电图机和 10kHz，振荡器工作不正常。

九、单偏（导联选择开关“0”位时）

- (1) 功率放大器不良，或工作点调节不当。
- (2) 移位电位器不良。
- (3) 耦合电容器有一个不良。
- (4) 记录器线圈一侧损坏。
- (5) 位置反馈检测部分有问题。

十、阻尼不正常

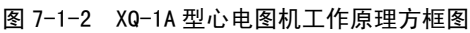
- (1) 记录笔压力不良，（压力大阻尼大）。
- (2) 记录笔温度不良（温度高阻尼小）。
- (3) 记录笔老化或磨出一个凹口。
- (4) 记录器磁铁退磁。
- (5) 1mV 标压开关失效。
- (6) 盘香弹簧不良。
- (7) 阻尼电位器或反馈电路断路。

十一、波形失真（做人体心电图不准）

- (1) 除第九和第十项问题外，有 1mV 标压不准，走纸速度不准。
- (2) 放大器线性不良。
- (3) 记录笔的机械零位与电气零位不统一。
- (4) 心电图机放置位置比较潮湿。
- (5) 导联线或电极接错。
- (6) 导联线芯线与屏蔽线短路。

第四节 XQ-1A 型心电图机

XQ-1A 型心电图机是上海医用电子仪器厂在本厂生产的 68722 型、XD-4 型和 XD-2 型心电图机的基础上综合其优点生产出来的一种全晶体管式心电图机。将此型号机器的工作原理分析一下，对了解国产大部分心电图机和国外的产品也是很有益处的。图 7-1-2 和图 7-1-3 分别为该机的方框图和原理图。



一、输入部分

输入部分包括导联线、导联选择开关、高频滤波电路。

(一) 导联线

导联线一共有 7 根, 分别称为右手 RA、左手 LA、左腿 LL、右腿 RL、胸 1CH₁、胸 2CH₂、胸 3CH₃。它的作用是把从电极上得到的微弱心电信号传送给导联选择开关。本机胸导联设有 3 个, 分别由 CH₁~CH₃ 引入。各导联线均采用屏蔽电缆线。

（二）高频滤波电路

高频滤波电路的作用是阻止高频信号输入放大器，同时又不影响心电信号的输入。

有时在心电图机周围存在着电台、电视台、短波电疗机、高频电刀及用电量大的设备(如X线机)的“通”和“断”瞬间,都将产生较强的高频信号的干扰。为了减少干扰,可采取许多措施,如心电图机机壳接地等。在心电图机电路上设计高频滤波电路,这也是减少高频

干扰的有效方法。

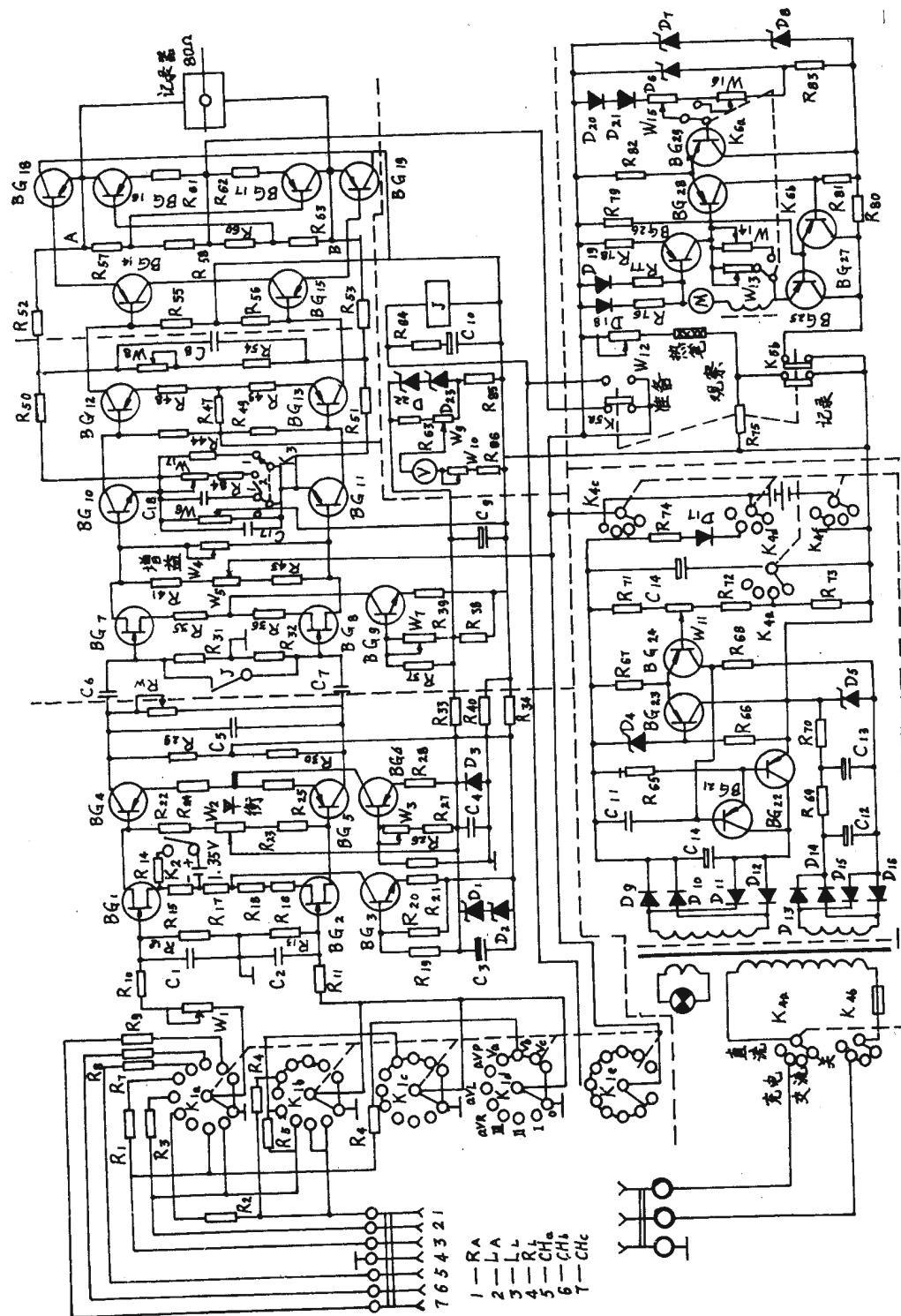


图 7-1-3 国产 XQ-1A 型心电图机电路原理图

高频滤波电路由 W_1 、 R_{10} 、 C_1 、 R_{12} 和 R_{11} 、 C_2 、 R_{13} 组成对称的 RC 低通滤波电路，由于心电信号频率很低（大部分在 $0.1\sim 50\text{Hz}$ ），故 C_1 、 C_2 的容抗很大，侧输给 BG_1 、 BG_2 的信号损失极小；但高频干扰信号频率很高，多在 1MHz 以上，故 C_1 、 C_2 的容抗很低，比 (W_1+R_{10}) 和 R_{11} 低得多。根据分压原理，输给 BG_1 、 BG_2 的信号就十分微弱，即高频信号被 C_1 、 C_2 “旁路”掉了，从而起到了高频滤波的作用。

W_1 主要是为了平衡电极和皮肤的接触电阻而加入的，防止因接触电阻不平衡而使后面差分放大的共模抑制比降低。

W_1+R_{10} 、 R_{11} 的作用还有：当有高压意外地碰到电极时，阻止高压进入仪器，防止仪器因此受损；当仪器本身带上高压时，又可阻止大电流通过病人，以保护病人的安全。

（三）导联选择开关

为方便描记各导联心电图，工作时将所有电极同时安放在人体相应部位上。由于本机是单通道输入、放大、记录，不可能同时将接收到的几个导联的信号同时输入、放大、记录，为此，采用导联选择开关依次选出所需要的导联，导联选择开关由 K_1 的前 4 层完成，第 5 层另作它用。 K_1 是五刀十一位波段开关，5 层分别用 K_{1a} 、 K_{1b} 、 K_{1c} 、 K_{1d} 、 K_{1e} 来表示。第 1 层的作为正刀（正极），经可变电位器 W_1 、电阻 R_{10} 输给前置放大器 BG_2 栅极。例如当拨至“0”时，不难看出正刀和负刀均接地，此时心电图机无信号输入，即为“0”导联，一般在此位进行校验机器。

二、前置放大器

前置放大器由两级差分放大器组成，在第一级放大器中还设有 1mV 定标电压发生器。

差分放大电路由 $BG_1\sim BG_3$ 组成，采用场效应管 BG_1 、 BG_2 作输入级， BG_3 作恒流源，这样可满足前置放大器要求高输入电阻、低噪声、高抗干扰能力和工作点稳定的要求。

场效应管的输入电阻很高， BG_1 、 BG_2 的栅极与 R_{12} 、 R_{13} 并联后，放大器的输入电阻基本上等于 R_{12} 、 R_{13} 分别为 BG_1 、 BG_2 的栅漏电阻，其作用是吸收场效应管栅源间泄漏的电子，从而产生栅偏压（负压）。

由于采用 R_{17} 、 R_{18} 源极串联负反馈，稳定了工作点；另外还可适当调整本级静态工作点，使场效应管在零温度系数情况下工作，从而有效地克服了温度漂移。

由 BG_3 组成的恒流源电路，更有效地克服了零点漂移和提高共模抑制比，增强了抗干扰能力。 BG_3 的基极由 R_{19} 、 R_{20} 分压取得一个固定的电压（ -0.13V ），使集电极具有恒流输出。 R_{21} 是恒流源的负反馈电阻。 D_1 、 D_2 和 C_3 使电源电压进一步稳定，从而使 BG_3 的基极电位更为稳定，恒流特性更好。

R_{22} 、 R_{23} 、 W_2 是 BG_1 、 BG_2 的负载电阻， BG_1 、 BG_2 的特性不可能完全一致，使 BG_1 、 BG_2 的输出不一定平衡，加了 W_2 后，可以调节 BG_1 、 BG_2 的放大能力，使输出为差模信号，因此 W_2 称为前级平衡电位器。

1mV 定标电压发生器电路由 R_{15} （ 10Ω ）、 R_{14} （ $13.5\text{K}\Omega$ ）、按钮开关 K_2 以及锌汞电池（ 1.35V ）组成，它们组成串联电路，当按下 K_2 ，上述串联电路接通，在 R_{15} 上产生电压为：

$$\frac{R_{15}}{R_{15} + R_{14}} \times 1.35 = \frac{10}{10 + 13500} \times 1.35 \approx 1 \times 10^{-3} \text{ V} = 1 \text{ mV}$$

定标时不断按动 K_2 ，当 K_2 合上（由于导联选择指向“0”，故无心电信号输入）时，由于在 R_{15} 上产生有 1mV 的电压，这就相当于在 BG_1 栅、源极之间改变了 1mV 的电压，相当于单端输入 1mV 的电压。因为差分放大器的单端输入与双端输入放大倍数相同，因此描笔在记录纸描出 1mV 的高度，当 K_2 按下一段时间后放开， K_2 断开，1mV 没有加入，描笔回到原来状态。这样，只要不断按动 K_2 ，则描笔在记录纸上描出输入为 1mV 时输出幅度的方波，适当调节整机增益，把 1mV 输入时输出的幅度调到规定的高度，以后就可以测定心电波电压的大小，从而达到定标的目的。

第二差分放大电路由 $BG_4 \sim BG_6$ 组成具有恒流源的差分放大电路，作为前置级放大器的第二差分放大电路，其结构与第一级相似，并与第一级直接耦合。稳压管 D_3 和电容 C_4 用以稳压和滤波，以稳定 BG_6 的基极电位，使 BG_6 具有良好的恒流特性。 R_{24} 、 R_{25} 分别是 BG_4 、 BG_5 射极上的反馈电阻，以稳定 BG_4 、 BG_5 的直流工作点。 R_{29} 、 R_{30} 分别是 BG_4 、 BG_5 的负载电阻， C_5 跨接于两输出端上，用以滤除高频信号。 W_3 接在恒流 BG_6 的基极电路中，可调节 BG_6 的工作电流，以保证 BG_4 、 BG_5 工作在线性区以内。

两级放大均加了负反馈，放大质量较高，但总放大倍数才 20 倍左右，即把 1mV 的心电信号放大到 20mV 左右，其灵敏度由 RW 电位器调节。

三、电压放大器

电爪放大器一共有三级，均采用差分放大电路，另外还为连续描记时设计了一个封闭电路。

（一）第一级放大

第一级放大由 BG_7 、 BG_8 、 BG_9 组成，也是具有恒流源的差分放大电路，这级与前置放大器之间采用阻容耦合，这是因为，在记录心电图时，电极与皮肤间为了减少接触电阻涂了一层氯化钠溶液或导电膏等，在接触处产生几十毫伏的极化电压与心电信号一起输给前置放大器，由于极化电压为直流电压，将使前置放大器输出直流电压产生偏移，这在前极还不算有多大问题，因为增益不大，但以后各级放大如果都采用直接耦合的方式，极化电压经几级偏移后，使放大器失去放大作用，以致不能描记心电波形，因此需要将极化电压在电压放大前隔掉，故前置放大器与电压放大器之间采用阻容耦合，由 C_6 、 R_{31} 和 C_7 、 R_{32} 完成，又因为心电信号频率很低，所以阻容数值选得要足够大，心电信号才能顺利通过，因此 RC 时间常数便成为心电图机的主要技术指标之一。本机 C_6 、 C_7 为 2f， R_{31} 、 R_{32} 为 1.6M Ω ，故时间常数 τ 为

$$\tau = R \cdot C = 1.6 \times 10^6 \times 2 \times 10^6 = 3.2 \text{ (s)}$$

由于 BG_7 、 BG_8 采用输入电阻极高的场效应管，所以它们的输入电阻并不影响时间常数，若 BG_7 、 BG_8 采用晶体三极管，则晶体三极管的低输入电阻将影响时间常数。

W_7 用来调节这级的工作点，因为以后各级均采用直接耦合方式，所以 W_7 也是调节以后各级静态工作点的电位器。

W_5 的作用类似于前置放大器中的平衡电位器 W_2 ，因此称 W_5 为后级放大的平衡调节电位器，使输出为差模信号，通过调节 W_5 ，放大器增益改变时热笔基线基本不动，则说明后级平衡。

由 R_{41} 、 W_5 、 R_{42} 串联后与 W_4 并联，所以改变 W_4 可以改变 BG_7 、 BG_8 漏极负载的大小，从而改变这级的增益，达到改变整机增益的目的，所以 W_4 为整机增益调节（细调）电位器。

（二）第二级放大器

第二级放大器由 BG_{10} 、 BG_{11} 组成一般的差分放大电路， W_6 为描笔移位调节（或零位）电位器，通过使 BG_{10} 、 BG_{11} 具有一对不对称的射极负反馈电阻的调节，使两管工作在不对称的情况下使输出不平衡，以达到描笔偏移的作用。

K_3 为衰减开关，当 K_3 拨至“1”位置时， R_{44} （750）与 W_6 并联，当 K_3 拨至“1/2”位置时， R_{84} （1k）、 W_{17} （2.2k）串联再与 W_6 并联，由于两个位置不同，使 BG_{10} 、 BG_{11} 的发射极电阻（负反馈电阻）不同，电阻大增益小，从“1”拨到“1/2”时，适当调节 W_7 ，可使增益恰好是“1”的一半。

（三）第三级放大

第三级放大由 BG_{12} 、 BG_{13} 组成一般的差分放大电路，与第二级不同之处是这一级采用 PNP 型三极管，这是便于设置静态工作点，可获得较宽的动态范围。

（四）封闭电路

放大器有时处于输入端开路的情况，例如当导联选择开关 K_1 从一个导联转换到另一个导联的转换过程中，电极换位置、电极悬空等，使前置放大器处于开路状态，这样干扰信号极易串入高放大倍数的多级放大器，导致描笔强烈的抖动或漂移，严重时将损坏描笔或放大器；使之不能“连续描记”。封闭电路的设置解决了这一问题，它的作用是在输入开路的时间里使控制继电器工作，将 BG_7 、 BG_8 的两个输入端短路，避免了干扰的串入。

封闭电路由继电器 J、 K_{1e} 、 R_{64} 、 C_{10} 及 K_{5a} 组成。 K_{1e} 为导联选择器 K_1 的第 5 层，这一层的刀与前 4 层的刀相差一角度，当 $K_{1a} \sim K_{1d}$ 的刀与某一位接触时， K_{1e} 的刀却是悬空的，当 K_{1e} 从一个导联转换到另一个导联时， K_{1e} 的刀立刻与下一“位”接触一下即断开，当接触时使 18V 的电源加到继电器 J 上，同时对延时电路（ R_{64} 、 C_{10} 组成）通过 R_{64} 对 C_{10} 迅速充电，J 工作，其常开触点闭合，将 BG_7 、 BG_8 的两个栅极短路。当 18V 的电源断开后，由于 C_{10} 上已充有电，通过 R_{64} 、J 放电，约 0.2s，已足够完成导联的转换及各种不同导联的极化电压经 C_6 、 C_7 的充放电达到新的平衡，描笔也能很快回到基线位置，以便连续进行下一个导联的描记。如果心电图机电源已打开，应将 K_5 旋转在“准备”位置，这时继电器 J 工作，将 BG_7 、 BG_8 的两个栅极短路，电压放大器的输入端短路，即使 K_1 不放在“0”位，此时如果连接或更换电极也无妨，从而保护放大器和描笔不因前置放大器的开路而受损。

四、功率放大器

前置放大和电压放大可把毫伏级的心电信号放大到几伏。但是，本机采用的记录器是动圈式的记录器，驱动描笔偏转的线圈阻值约 80，如果将它作为电压放大器的负载，而电压放大器的输出电阻很高（有数千欧），显然阻抗不匹配，最后的负载上仅得到很小一部分功

率，不可能推动描笔工作。所以，电压放大后，必须进行电流放大，也就是功率放大，这样的负载上可获得足够的功率驱动描记笔工作。

功率放大器由 BG₁₄~BG₁₉ 组成，BG₁₄、BG₁₈ 和 BG₁₅、BG₁₉ 分别组成复合管作射极输出，负载为 80Ω 的描笔线圈接于 BG₁₈、BG₁₉ 的射极（也是复合管的射极），而 BG₁₆、BG₁₇ 分别为 BG₁₈、BG₁₉ 的可变射极电阻，因此这种电路实质上是一种双端输出的复合管射极跟随器。我们知道，射极跟随器虽无电压放大作用，但却有较大的电流放大作用，其输入阻抗高而输出阻抗低，这样正好能解决负载与放大器之间的耦合矛盾，即阻抗匹配与功率放大的问题。

R₆₁、R₆₂ 分别为 BG₁₆、BG₁₇ 的射极电阻（负反馈电阻），用以稳定静态工作点，电阻 R₅₇~R₆₀ 组成交叉反馈电路，形成正反馈，增加输出功率。

下面简略分析一下工作过程。从电压放大器输出端分别与功率放大器的输入端 BG₁₄、BG₁₅ 的基极相连，静态时，若整个放大器处于平衡状态（可以通过“零位”等调节实现，则两个复合管的射极 A、B 间电压 U_{AB}=0，无负载电流，描笔居中；若放大器不平衡，静态时 U_{AB}≠0，描笔将偏向一边，有差模信号输入时，设在某一瞬间 BG₁₄ 基极电位上升，则 BG₁₅ 的基极电位下降（差模信号所致），由射极跟随作用，A 点电位上升，B 点电位下降，故 U_{AB} 增加，描笔正向偏转；与此同时，由于 A 点电位上升，通过 R₅₇ 与 R₅₉ 分压，使 BG₁₇ 基极电位上升、集电极电位下降（BG₁₇ 的反相作用），通过 R₅₈、R₆₀ 分压，使 BG₁₆ 的基极电位下降，BG₁₆ 集电极电位（即 A 点电位）进一步上升，故这一过程是正反馈过程；同样分析，由于 B 点电位下降，正反馈作用使 B 点电位进一步下降，这就导致 U_{AB} 进一步增大，就这样，此电路利用正反馈作用，以小的信号输入，得到大的功率输出。

从下面分析可以看出，BG₁₈、BG₁₆ 分别与 BG₁₉、BG₁₇ 工作在推挽状态，即一个信号（电压和电流）增加而另一个信号减少；另外 BG₁₆~BG₁₉ 接成电桥形式，而负载接于电桥的两个端点（A、B）上，故称这种电路为单端桥式推挽功率放大电路。采用复合管的目的是提高晶体三极管的 β 值，众所周知，β 值越大，则射极跟随器的电流放大作用越大，输出阻抗降低得更多，有利于功率放大。

五、负反馈电路

这部分电路由 R₅₀~R₅₃ 和 C₁₈、W₈、R₅₄、C₈ 等组成，作用有二：一是产生深度负反馈，提高放大器稳定性等性能；二是产生阻尼调节，补偿记录器描笔高频响应差的缺陷。

设某一瞬时 BG₁₀ 的基极电位上升，经 BG₁₀、BG₁₂ 两极反相作用使 BG₁₂ 的集电极电位上升，由 BG₁₄、BG₁₈ 复合射极跟随器的“跟随”作用，则 A 点的电位也上升，再通过 R₅₂、R₅₀ 反馈到 BG₁₀ 的射极使其电位上升，从而抵消了 BG₁₀ 基极电位的上升，故这是负反馈（电压串联负反馈）。由于经三级反馈，而且 R₅₀、R₅₃ 的阻值（4.3k）数值不够大，故为深度负反馈。R₅₁、R₅₃ 的作用与 R₅₀、R₅₂ 一样，也是深度负反馈支路。

在上述反馈回路中，还接有 W₈、R₅₄、C₈ 和 C₁₇、C₁₈，它们的接入可将反馈信号“旁路”掉一部分，电容的容抗在频率增高容抗降低，所以在高频时，负反馈作用减少，使放大器的频率较高时放大倍数提升。

由于记录器是动圈式的，频响特性不好，如图 7-1-4（a）所示的下部曲线，即随频率的增加曲线向下偏，由这种电路的作用使曲线提升，其结果补偿记录器频响，合适地调节 W₈，

使之得到较好的频率响应曲线,如图 7-1-4 (b) 所示。

另外增益高需要补偿作用强,增益小需要补偿作用弱,所以接入 C_{18} ,当 K_3 拨向“尸”时, C_{18} 按入, W_6 两端并联电容增加,补偿作用加强;当 K_3 拨向“1/2”时, C_{16} 断开, W_6 两端并联电容减少,补偿作用也降低,适当选择 C_{17} 、 C_{18} 的数值,可使 K_3 拨向“1”和“1/2”时阻尼一样,不影响心电波形的描记。

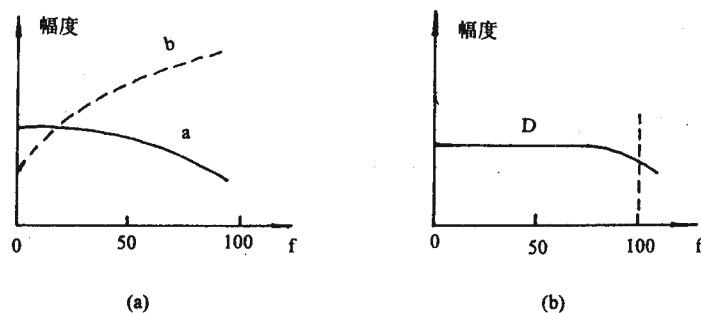


图 7-1-4 频率响应特性

六、稳速电路

本机采用直流电动机带动走纸传动装置,为了保证心电周期等“时间”参数描记的准确,就要求电机转速稳定,即稳速。对于恒磁直流电动机,电势方程为:

$$E = U - IR$$

其中: E 为电动机反电势,与转速成正比; I 为负载电流,与负载力矩成正比; R 为线圈电阻; U 为电动机外加电压。

由于 E 与转速成正比,要稳速则要求 E 恒定,当记录纸从大圈走到小圈时,则负载力矩随之减小,引起 I 减少,若外电压 U 不变,从(以上)式可见,则 E 势必增加,转速加快。所以,在这种情况下,只要使 U 同时随之下降,则可保证 E 恒定达到稳速的目的,稳速电路就是根据这一原理设计出来的,它包括基准部分、取样放大部分、比较放大部分、复合调整部分等,由 $D_6 \sim D_8$ 、 $D_{19} \sim D_{21}$ 、 $BG_{25} \sim BG_{29}$ 组成。

(一) 各部分电路

1. 基准部分 基准部分提供一个稳定的直流电位,供比较放大的一个输入端作基准电压。由稳压管 D_7 、 D_8 稳定 15V 电压,由 D_6 、 R_{83} 提供稳定的 11V 电压。基准电压由盒式电位器 W_{15} 、 W_{16} 分压经变速开关 K_{6a} 供给 BG_{29} 的基极。 D_{20} 、 D_{21} 两只二极管串联对稳压管进行温度补偿。

2. 取样放大部分 取样放大的作用是:从电机负载电流变化量中取出一部分,将它放大送比较放大的另一输入端,取样电路由 D_{18} 、 R_{76} 和 D_{19} 、 R_{77} 组成, D_{18} 、 D_{19} 处于正向导通,管压降为 0.7V,电机通过取样电路与电源相连,故电机(负载)电流与取样电压(BG_{26} 基极与+电源之间的电压)成正比,由 BG_{26} 对取样电压进行放大,可通过 W_{13} (或 W_{14}) 调节其放大倍数, D_{18} 、 D_{19} 对 BG_{26} 发射电压进行温度补偿。

3. 比较放大部分 由 BG₂₈、BG₂₉ 组成双端输入（分别输入取样和基准信号）单端输出的差分放大电路，由 BG₂₈ 的集电极输给调整管工作。

4. 复合调整部分 由 BG₂₅、BG₂₇ 组成复合调整管，R₇₉ 作调整管的温度补偿电阻。由于电机与调整管串联，调整管根据取样电压的变化而“调整”加于电机上的电压，以达到稳速的目的。

（二）稳速过程

假如某一瞬时电机（负载）电流 I 增加，故在 R₇₆、R₇₈ 上压降增加（方向是上“+”下“-”），则 BG₂₆ 的基极电位下降，BG₂₆ 的集电极（也是 BG₂₈ 的基极）电位上升，BG₂₈ 的集电极（也是 BG₂₇ 的基极）电位下降，由 BG₂₇、BG₂₅ 的跟随作用，使 BG₂₅ 的射极（也是与电机连接端）的电位下降，由于经 BG₂₆、BG₂₈ 放大作用，BG₂₅ 射极电位要比 BG₂₆ 基极电位下降得更多，因此，加于电机上后电压 U 增加，这样 I 和 U 均增加，E 可保持不变，从而使转速稳定。

这个电路通过两档变速开关 K₆，获取两档基准电压，以对电机两档电压进行调节，从而实现 25mm / s 与 50mm / s 两档变速。

七、辅助电路

除了厂前面介绍的封闭电路以外，辅助电路还有：

（一）电压指示电路

电压指示电路的作用是给主电源+18V 予以指示，但主要是在使用电池供电时以指示电池电压，防止电池过放电而损坏仪器。

电路由 D₂₂、D₂₃、W₉、W₁₀、R₆₃、R₈₅、R₈₆ 及电表组成，当电源电压低于两稳压管 D₂₂、D₂₃ 稳压值之和时，R₈₅ 上压降基本为零，电表指针基本不动；当电源电压超过两管稳压值之和时，D₂₁、D₂₂ 起稳压作用，R₈₅ 的电压也随电源电压增加而增加，电压指针随电源电压变化而指示位置不同。适当调节 W₉、W₁₀ 的数值，可使指示器的指针，在电源电压为：16V 时，在红黑交界处；20V 时，在红色区的右端；18V 时，在红色区的中间（正常）。

当指针离正常区相差较大（低于 16V 时），说明电池电压不足，必须重新充电。

（二）描笔加热电路

本机描笔采用的是热笔式，利用加热到一定温度的热笔与热敏式记录纸接触，使接触处改变颜色进行描记的。热笔加热电路由 W₁₂ 热笔电阻丝、R₇₅ 与 18V 电源串联组成，当开机时，K_{5b} 处于“准备”档，电源通过 W₁₂、R₇₅ 对热笔进行预热，当 K_{5b} 置“记录”档时，R₇₅ 被短路，对热笔加热电流增加，调节 W₁₂ 使热笔加热到适当温度，可描记出线条浓淡合适的波形。

八、电源

本机电源有两套，一是由 15 节可充放电的镍镉电池组成直流电源；二是使用交流电源，用市电 220V 经变压、整流、滤波、稳压电路获得 18V 稳定的直流电源。

电源的使用由 K₄ 控制，当 K₄ 置“直流”档时，变压器不工作，指示灯不亮，电源使用

电池，其负极通过 K_{4f} 输出，正极通过 K_{4c} 输出；当 K_4 置“充电”档时，变压器通电，指示灯亮，经稳压的 24V 电源“-”端通过 K_{4f} 接电池负极，其“+”端通过限流电阻 R_{74} 、充电二极管 D_{17} 的作用主要是防止对电池的反充电；当 K_4 置“交流”档时，使用的是交流电源变换成稳压的直流电源，电路由 $BG_{21} \sim BG_{24}$ 、 $D_9 \sim D_{16}$ 等组成，这是一般的整流、滤波、稳压电路，这里不再分析其工作原理。

第五节 68722 型和 XDH-2 型心电图机的检修

68722 型和 XDH-2 型心电图机都是混合采用电子管和晶体管的国产心电图机，它们在电路原理上非常相似，所以在本节中，我们将这二种机器的检修结合起来讲，对各种常见故障现象和产生原因加以必要的说明，以便读者在检修时作为参考。

68722 型、XDH-2 型心电图机在封闭继电器闭合时，后级放大器输入端短路，但功率放大器是工作的，此时旋动基线移位电位器、热笔会随之移动，所以这两种机器都可以在封闭状态下，以热笔是否随之移动，来检查后级放大器的工作是否正常。

一、干扰

(1) 导联开关置于“0”位时有干扰：后级输入短路后有干扰，当基线移位到记录纸的上、下端时更明显，这是由 18V 电源不稳而引起的，其原因：①桥式整流管有损坏（2CZ11K 或 2PP2B）；②滤波电容漏电。

(2) 后级输入不封闭时有干扰：其原因除上述外，还有：①前级电子管配对不好；②+200V 滤波电容漏电；③阳极电阻 R_{16} 、 R_{17} 或栅极分压电阻 R_{14} 、 R_{15} 变质；④导联开关到前级电子管栅极连线脱落；⑤前置放大器或其他元件变质或假焊；⑥电动机电源线距离前级放大板太近（68722 型）；⑦耦合电容外壳接地不良（XDH-2 型）；⑧后级放大器输入保护稳压管差别太大，未配对。

(3) 接地不良，各处螺丝未紧固：这一个问题两种机器都有，XDH-2 型因为采用了塑料面托板和塑料框架，使整机接地造成困难，且因操作按键上有 110V 交流电动机电源开关及引线，按键与心电放大板距离较近，也容易引起干扰。为了防止干扰，XDH-2 机采取了一定的屏蔽和接地措施，所以在检修 XDH-2 时，应特别注意这些屏蔽和接地措施，并且保证接地良好，接地线的走向也不应任意改变，各处固定螺丝要注意拧紧。

做人体时有干扰可参阅第六节（心电图机常见故障及分析方法）。

二、抖动

机器在“0”导联时，基线抖动，其原因如下：①热笔压力过重；②电子管噪声，较大或固定不合格；③前级平衡电位器或前级恒流源调节电位器接触不良；④恒流源稳压管工作不稳定；⑤恒流源晶体管（3DG6）不稳定；⑥前级阳极电阻 R_{16} 、 R_{17} 噪声过大；⑦基线移位电位器接触不良；⑧后级放大器中某一晶体管工作不稳定。注意此外，对于 XDH-2 型机，两个耦合电容 C_4 、 C_5 内部与外壳漏电，也可能引起抖动。

三、基线漂移

机器在“0”导联时，基线漂移，其原因如下：①耦合电容漏电；②封闭继电器触点有漏电。对于 XDH-2 型机来说，后级放大器中场效应管输入电阻不稳定也可能引起漂移。

四、打定标波不正常

(1) 开机后正常操作打不出定标波形来：其原因：①热笔架与记录器轴松脱；②记录器线卷断（正常时，线卷电阻 68722 机为 80，XDH-2 机为 64）；③锌汞电池失效；④定标电路断线；⑤定标开关失效；⑥增益电位器旋至短路；⑦导联开关第五层刀与掷相碰；⑧延时电路中晶体管击穿；⑨延时电路中晶体管 I_{ceo} 不良，继电器触点吸上后断不开（采用 $3A \times 31$ 型晶体管在气温较高时）；⑩继电器接点断不开；⑪前置放大器的工作点未调好或恒流管击穿；⑫68722 机中导联开关螺杆与前级平衡电位器相碰。

(2) 定标波幅值太大，调不小：其原因：①记录器盘香弹簧脱焊；②增益电位器连线脱落。

(3) 定标波幅值正常，但做人体时心电波幅特别大：其原因：①锌汞电池电压不足；②定标电路分压电阻变值。

(4) 定标波幅值正常，但做人体时心电波幅特别低：其原因是定标电路分压电阻变值，1mV 电压偏高。

五、热笔移位幅度小或线性不好

其原因：①热笔机械零位不对；②档笔架档板角度太小；③后级放大器工作点未调好；④后级放大器晶体管有软击穿现象；⑤热笔架螺丝与记录器罩壳碰；⑥记录器故障。

六、热笔单偏或移位幅度很小

其原因：①耦合电容有一只漏电；②后级放大器中有一只晶体管损坏；③移位电位器坏；④对于 XDH-2 型机还有可能是移位电位器或增益电位器有一只脚和它的接地屏蔽罩相碰。

七、正、常电压参数

此类故障可用短路法及测量法配合进行判断检查。后级放大器正常工作时，若调节移位电位器，各晶体管集电极对地电压 V_c 和管压降 V_{ce} 都随之变化，变化范围参数值如下：

(1) 68722 型机：

BG ₁ 、BG ₂	V_c	-2.5V~+2.8V	V_{ce}	5.3V~0.3V
BG ₃ 、BG ₄	V_c	-2.2V~-17.2V	V_{ce}	-16.2V~IV
BG ₅ 、BG ₆	V_e	-1.6V~-16.5V	V_{ce}	16.3V~1.4V
BG ₇ 、BG ₈	V_c	-18V	V_{ce}	16.5V~2V
BG ₉ 、BG ₁₀	V_e	-1.4V~-16.3V	V_{ce}	0.5V~16V

(2) XDH-2 型机：

BG ₁ 、BG ₂	V_D	3.0V~3.3V	V_{DS}	2.6V~2.63V
BG ₃ 、BG ₄	V_c	7.2V~8.0V	V_{ce}	5.0V~5.8V
BG ₅ 、BG ₆	V_c	+7.5V~-6.5V	V_{ce}	15.5V~0.5V

BG ₇ 、BG ₈	V _e	+8.2V~-5.8V	V _{ce}	18.2V~4V
BG ₁₂ 、BG ₁₃	V _c	-10V	V _{ce}	18.4V~4.2V
BG ₁₄ 、BG ₁₅	V _c	+8.0V~-5.6V	V _{ce}	1V~16V

八、阻尼不适

(1) 阻尼过大：其原因：①笔压太重；②笔温太低；③阻尼电位器或电容器数值不当；④热笔架螺丝与记录器罩壳碰，尤其是有些塑料罩壳容易相碰受阻造成。

(2) 阻尼过小：其原因：①笔压太轻；②笔温过度；③阻尼电容或阻尼电位器调节不当；④记录器失磁。

九、时间常数过小

其原因：①封闭继电器接点漏电；②锌汞电池容量不足；③后级保护稳压管有击穿或反向电阻过小；④场效应管栅源之间击穿。

十、电源部分故障

(1) 烧保险丝：其原因：①滤波电容短路；②电动机线卷短路；③整流二极管击穿；④电源变压器内部短路。

对于 XDH-2 型机，尚有可能因热笔电位器 W₁₃ 固定螺丝松脱，使电位器与电源开关相碰，使交流 22V 连线对地短路，造成保险丝烧毁。

(2) 低压电源不正常（-18V 或 ±10V 电源）：其原因：①输入电压过高，调不小：其原因有取样放大晶体管断脚、复合调整晶体管有一只击穿、取样电位器断或连线断；②无输出或输出电压很小：其原因有取样放大晶体管击穿、复合调整晶体管断脚或连线断、变压器绕组断线、取样电位器与电源输入端连线断、稳压管 2CW₂ 击穿等；③输入电压低，调不高：其原因可能是基准电压电路或晶体管 b 脚或 e 脚断；④电源电压不稳定：其原因有桥式整流器有一只整流管断脚、稳压管工作不稳定、晶体管工作不稳定、电源电压变化范围大于 220V ±10%。

(3) 无输出：原因为振荡器中晶体管或变压器损坏，可拆下后测量晶体管特性或变压器线圈的电阻来判别，并用代换法作进一步试验判断。更换上新元件后，输出电压过大，对于 68722 型机而言，要考虑适当减少 R₅₈（1.2KΩ）或 R₅₉（10k）加以解决。对于 XDH-2 型机而言，可能是错将推挽振荡器接成并联型单边振荡器了，此时，只要纠正振荡变压器接线就可解决。

若换新元件后仍无输出，则可能是振荡变压器引线接错或假焊引起。

(4) 输出电压较低：其原因可能是倍压整流器中一只整流二极管质量不好。

十一、走纸部分故障

(1) 电动机不转：其原因：①电动机两端电压未加上；②电动机线圈断路或短路；③电动机转子与定子间因生锈卡死；④抛相电容断路。

(2) 电动机能转而橡皮轴不转：其原因是传动轴与齿轮间螺丝未紧固，或橡皮轴齿轮间螺丝未紧固或塑料齿轮固定螺孔裂。

(3) 走纸器出现时走时停：其原因是定转向离合器中弹簧失效或制动柱磨损。

第六节 ECG 型心电图机

心电图机在生理功能检测仪器中占有重要地位，它从发明并在医学上应用至今已有近百年的历史。随着科学技术的发展，心电图机正迅速从模拟式向智能化转变，目前智能化心电图机已在临床上广泛使用。智能化心电图机是在模拟式心电图机的基础上发展产生的，因此它们有许多基本电路结构是相同的，工作原理也相似。所以，介绍原理内容时，以临床使用最多的 ECG-6151 型和 ECG-6511 型为主，其余型号仅作一般介绍。

故障与维修部分。结合各型号仪器的特点，以最常见的典型故障为主。而型号不同的心电图机，其故障现象又可能是相似的，因此故障分析有其共性，可以互为借鉴，并触类旁通。在心电图机的故障与维修中，这一点尤为重要。

一、ECG-5151 型心电图机的故障与维修

(一) 性能参数

该机采用晶体管电路与集成电路混合的电路结构，是智能化心电图机问世之前，模拟式心电图机系列中性能比较好的一种；应用光电耦合隔离器使前置放大电路浮地，在记录器上采用位置反馈技术提高频响，有多种供电方式，可适应不同工作环境的需要。

主要性能参数：

输入阻抗	$\geq 100\text{M}\Omega$
漏电流	$\leq 10\mu\text{A}$
灵敏度	20mm / mV, 10mm / mV, 5mm / mV
时间常数	$\geq 3.2\text{s}$
定标电压	1mV
CMRR	$\geq 100\text{dB}$
频率响应	0.05~1000Hz
记录速度	25mm / s, 50mm / s
非线性	$\pm 5\%$
噪声电平	10 $\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
电源功率	28W

(二) 原理简介

ECG-5151 型心电图的电路由放大电路部分、记录电路部分和交直流供电电路部分组成。

1. 放大电路部分 心电信号由电极从受检者体表拾取后，经过屏蔽式导联线和输入保护电路（由 $R_{101\sim 109}$ 和 $NE_{101\sim 109}$ 组成限制 68V 的高压保护；由 $R_{111\sim 119}$ 、 $D_{101\sim 118}$ 、 $C_{101\sim 109}$ 组成限制 13.6V 的低压保护）送到由 $Q_{101\sim 109}$ 和 $Q_{111\sim 119}$ 组成的缓冲放大器，参见 ECG-5151 型心电图机放大电路原理图。

缓冲放大器输入阻抗很高、输出阻抗低与威尔逊网络能很好匹配，所以它起到阻抗变换

器的作用（电压增益为 1）。接在威尔逊网络和导联屏蔽线之间的屏蔽驱动电路（由 Q_{110} 、 R_{130} 和 $R_{140\sim142}$ 组成的屏蔽驱动器、由 R_{120} 和 $D_{119\sim120}$ 组成的保护电路及防止高频干扰的 L_{101} 共同组成）的作用是减小由于导联芯线与屏蔽线之间的分布电容所引起的屏蔽漏电流，提高输入阻抗和共模抑制比（CMRR）。

心电信号经威尔逊网络通过导联选择器开关（ S_{20} ）送到前置放大器进行放大。在导联选择器开关上还有一个封闭（INST）开关，其作用是当从一种导联转换到另一种导联的转换瞬间内，将输入端暂时短路，避免外来干扰窜入。从导联选择器开关送来的心电信号，到差分放大器（由场效应差分对管 Q_{201} 、恒流源 Q_{202} 和运算放大器 IC_{201} 等组成）进行交流放大（增益为 14 倍）。交流放大级还包括由 Q_{212} 、 D_{206} 和 D_{207} 、 Q_{304} ，及光电耦合器 PHC_{202} 组成的 1mV 定标产生器，由 D_{208} 与 D_{209} 反相并联和 C_{203} 与 C_{204} 反相串联组成的脉冲干扰抑制器。

C_{206} 与 R_{219} 和 R_{215} 组成时间常数电路， C_{206} 亦是隔直流的心电信号耦合电容器。心电信号经 C_{206} 送到 IC_{202} 直流放大器（增益为 10 倍），其输入端也设一个由 Q_{205} 和 Q_{206} 组成的封闭电路，当心电图机输入端开路时或停止记录时，使直流放大器的输入端接地，防止干扰，确保仪器的安全。由 Q_{302} 、 Q_{303} 和 $Q_{209\sim211}$ 、 PHC_{203} 组成的封闭控制电路来控制其工作。

IC_{203} 、 Q_{207} 、 PHC_{201} 和 IC_{301} 组成光电耦合放大器，其传输特性的线性比较好、衰减小，绝缘隔离性能好。 $R_{501\sim506}$ 和 $C_{501\sim504}$ 的“双 T”网络与 Q_{301} 和 IC_{302} 组成有源带阻滤波器，对滤除 50Hz（60Hz）附近的交流干扰很有效。 IC_{302} 亦是分压负反馈式灵敏度选择电路的一部分，它由 $R_{314\sim316}$ 和灵敏度转换开关 S_{202} 组成，改变放大器的电压增益，实现三档（1/2、1、2）灵敏度选择。

放大电路部分备有示波器输出插口（CRO），由 IC_{303} （1/2）和 J_{201} 组成，可将心电信号输出；还备有有机外信号输入直流放大插口（DCINPUT），由 IC_{303} （1/2）和 J_{202} 组成，将输入的信号放大和记录。

为防止仪器漏电，确保受检者的安全，放大电路部分备有浮地电压产生电路，由 $Q_{401\sim405}$ 、 $D_{401\sim418}$ 和变压器 T_{201} 等组成。产生 $\pm 9V$ 电压供浮地部分各电路的工作电源，+4V 电压作光电耦合器的驱动电源。

2. 记录电路部分 IC_{304} （1/2）为限幅放大器， R_{334} 是限幅调节电位器，可将描笔的记录幅度限定在 $\pm 22mm$ 之间。 R_{501} 是基线移位电位器，实现基线调零。另一半 IC_{304} （1/2）作心电信号与位置反馈信号的比较放大器，其输出经由 $Q_{302\sim309}$ 等组成的对称差动功率放大器后，成为驱动笔马达的偏转电流，决定描笔的偏转幅度，参见 ECG5151 型心电图机记录电路原理图。

位置反馈放大电路包括 10KHz 正弦信号振荡与放大电路（由 Q_{301} 、 IC_{301} 等组成）、位置反馈传感器、反馈信号检波器（ IC_{305} ）、反馈电压放大器（即角位移放大器 IC_{302} ）及角速度放大器（ IC_{303} ）等，其中 R_{324} 是阻尼调节电位器。位置反馈放大电路的作用是代替机械弹簧使记录器的基线复零，因此俗称它为“电子弹簧”。它使本机采用的电磁传感式位置反馈记录器的频响特性得以提高。

走纸速度控制电路由稳速控制脉冲产生器（ IC_{404} 等）、马达驱动电路（ Q_{411} 、 Q_{412} ）和过流保护（ Q_{410} ）、走纸马达（M）、转速传感器（G）、纸速转换开关（ S_{501} ）等组成。当马

达转动时, 由转速传感器检测到的转速信号反馈到 IC₄₀₄、通过改变它的输出脉冲宽度调整马达的转速。

描笔温度控制电路由 1. 6KHz 自激多谐振荡器 (Q₄₀₇、Q₄₀₈) 及控制管 (Q₄₀₉)、笔温调节电位器 R₅₀₃、为记录笔提供加热电流的复合驱动电路 (m₄₀₄、Q₄₀₅) 及加热控制管 (Q₄₀₆) 等组成。调节 R₅₀₃, 可改变振荡器的周期, 即改变加热脉冲的宽度, 从而控制改变描笔的温度。

非浮地±9V 电压产生电路是直流变交流再转变为直流的电压转换电路, 即直流 / 直流转换电路, 它由振荡电路和整流稳压电路组成。其电路结构和工作原理, 可参考 ECG 系列心电图机的有关内容。

3. 交直流供电 / 充电电路部分 该电路包括变压整流稳压电路、串联型稳压充电电路、电压指示电路、交直流转换和过放电保护电路、蓄电池供电控制电路和自动定时电路, 参见 ECG-5151 型心电图机交直流供电电路原理图。亦可参阅 ECG-6151 / 6511 型心电图机中相同的内容 (见后)。

(三) 故障与维修

ECG-5151 型心电图机的故障与维修见表 7-1-1。

表 7-1-1 ECG-5151 型心电图机的故障与维修

故障现象	原因与维修
接通仪器电源, 作心电图记录, 发现只有 I 导联信号, 其他各导联均无心电信号 (1mV 定标正常)	从心电图 12 导联信号产生原理知, II 导联是 R—F 间的心电信号、III 导联是 L—F 间的心电信号。若 F 信号输入通道有故障, 使威尔逊网络失去平衡, 其他各导联的心电信号均无法产生和通过。 检查 F 信号输入通道: 1. F 电极是否接触良好? 2. 导联线断否? 3. 输入平衡电阻(R₁₀₃、R₁₁₃)断否? 4. 缓放(Q₁₀₃、Q₁₁₃)是否故障? 5. 威尔逊网络有否断线? 6. 导联选择开关(S₂₀₅)触点是否良好? 发现上述故障, 予以检修(或更换)即可恢复电路正常工作(图 2—1)
接通仪器电源, 记录笔发生单偏, 调节基线移位电位器 (R ₅₀₁)还起作用	记录笔发生单偏, 故障原因比较多, 但 R₅₀₁ 仍起作用, 说明故障发生在前置放大电路。 用示波器检查前置放大电路的三个测试点: 1. 查 TP—2, 无输入信号时, 其输出电压应为 0V; 1mV 定标时, 应测得电压为+60mV。 否则为 IC₂₀₂ 故障。 2. 查 TP——3, 无输入信号时, 其输出电压应为 0V; 1mV 定标时, 应测得电压约为+30mV。 否则为 IC₂₀₃、PHC₂₀₁ 和 Q₂₀₇、IC₃₀₁ 故障。 3. 查 TP—4, 无输入信号时, 其输出电压应为 0V; 1mV 定标时, 应测得电

	压为 0.5V。 否则为“双 T”有源滤波器或 IC₃₀₂ 故障
接通仪器电源, 记录笔发生单偏, 调节基线移位电位器 (R ₅₀₁) 不起作用	在排出前置放大电路故障的情况下, R₅₀₁ 不起作用, 可认为是主放大电路有故障。 用示波器检查: 1. 查 IC₃₀₄(1 脚) 输出电平(调节 R₅₀₁) 是否在 ±8V 间变化。 否则为 IC₃₀₄ 故障。 2. 查 TP—4, 是否输出 5V_{p-p}(10KHz) 正弦波信号。 否则为 Q₃₀₁ 或 IC₃₀₁ 故障。 3. 查 TP—5, 有否 100mV_{p-p}(10KHz) 位置反馈电压。 否则为 IC₃₀₅ 或 IC₃₀₂ 故障。 4. 当 IC₃₀₄(1 脚) 输出调至 0V, 记录笔处中心位置, 其(7 脚) 输出是否为 0.7V_{p-p}(10KHz) 交流电压。 否则为作比较放大器的 IC₃₀₄(1 / 2) 故障。 5. 若 IC₃₀₄(7 脚) 输出正常, 则可能是 Q_{302~305} 或 Q_{306~309} 故障
接通仪器电源, 按 S ₂₀₁ (定标开关), 无 1mV 定标信号, 而, 心电信号记录都正常	对比 1mV 定标电压产生及定标控制的工作原理, 可先检查定标开关 S₂₀₁ 的接触是否正常, 若接触良好, 则用万用表检查: 1. 当按下 S₂₀₁ 开关, Q₃₀₄ 集电极电压应为 0V。 否则为 Q₃₀₄ 或 PHC₂₀₂ 的发光二极管有故障。 2. 若 Q₃₀₄ 正常, 而 PHC₂₀₂ 输出不为 0V。可判断为 PHC₂₀₂ 中的光敏三极管有故障
接通仪器电源, 按启动记录开关 S ₂₀₃ (RUN 位置), 不走纸、马达也不工作	在确认机械传动装置无故障后, 对电路作检查: 1. 查 TP—7, 如无纸速对应频率脉冲输出(25mm / s 时为 200Hz 的 1.8V_{p-p}; 50mm / s 时为 400Hz 的 1.8V_{p-p}) 说明走纸转换开关 S₅₀₁ 故障或 IC₄₀₄ 故障。 2. 查 Q₄₁₂, TP—7 如有脉冲输出, 应查马达驱动管 Q₄₁₂, 其集电极输出电压若很高(25mm / s 时应为 2V, 50mm / s 时应为 4V), 可能是马达转子线圈故障。若输出电压很低, 则为 Q₄₁₂ 故障。 3. 查 Q₄₁₀, 马达过保护管 Q₄₁₀ 若有故障(如集电极与发射极间击穿), 则马达不工作, 即不能走纸
接通仪器电源, 工作方式选择开关 S ₂₀₃ 置观察或记录位时, 描笔均不热, 笔温控制(R ₅₀₃) 调节不起作用	因为采用脉冲调宽式供电使描笔加热, 所以可依次检查: 1. 用万用表查描笔电阻值, 如断路, 说明描笔已烧坏。若阻值正常, 可确定描笔无故障。 2. 用示波器查描笔接线插座(CN₅₀₁、CN₅₀₂) 是否有加热脉冲电压输出。若无输出, 则有可能: ①说明 Q₄₀₆ 故障或 S₂₀₃ 及接插处的接触不良; ②说明 Q₄₀₇、Q₄₀₈ 故障或 C₄₁₄、C₄₁₅ 故障(均造成自激多谐振荡器停止振荡)

二、ECG-6151-型心电图机的故障与维修

(一) 性能参数

ECG-6151 型心电图机是微处理器控制的单导便携式心电图机，它具有自动选择和转换导联、自动调节基线位置、自动进行增益控制、自动记录 12 导联心电图等多项自动功能。该机波形描记精确，供电方式灵活，浮地措施得当，液晶显示清晰，手动自动兼备，是综合性能指标较高的一种典型仪器。它体积小，重量轻，适合巡诊便携及野外战场急救使用。

主要性能参数：

输入阻抗 $\geq 100\mu\text{A}$

漏电流 $\leq 10\mu\text{A}$

灵敏度 $\times 2 (20\text{mm} / \text{mV})$, $\times 1 (10\text{mm} / \text{mV})$, $\times 1 / 2 (5\text{mm} / \text{mV})$

时间常数 $\geq 3.2\text{s}$

定标电压 $1\text{mV} \pm 3\%$

CMRR $\geq 100\text{dB}$

频率响应 $0.05 \sim 100\text{Hz} (3\text{dB})$

记录速度 $25\text{mm} / \text{s}, 50\text{mm} / \text{s}$

非线性 $\pm 2\%$ 以内

电源功率 25W

(二) 原理简介

ECG-6151 型心电图机由浮地前置放大电路、自动键控电路、控制与主放大电路、交流供电充电电路等四部分组成。

因 ECG 系列的心电图机，其电路结构和工作原理有的电路很相似，所以分析时，结合型号特点，重点介绍一次，不再重复。

1. 浮地前置放大电路 记录心电图时被测试者的右腿电极和前置放大电路的“地”应与机壳相绝缘，即不能与机壳的地相接，故称前者为“浮地”。

浮地前置放大电路包括输入电路、前置放大电路、中间放大电路，参见 ECG-6151 型心电图机原理电路图。

(1) 输入电路：输入缓冲放大器由平衡电阻 ($R_{385 \sim 393}$)、电压跟随器 ($IC_{301 \sim 302}$)、低压保护 ($D_{380 \sim 397}$) 等组成。

表 7-1-2 导联选择逻辑功能表

输入编码			导联选择逻辑功能			
IN	B	A	IC ₃₀₄	IC ₃₀₅	IC ₃₀₆	IC ₃₀₇
0	0	0	TEST	aVR	V ₂	V ₆
0	0	1	I	aVL	V ₃	闲置
0	1	0	II	Avf	V ₄	闲置
0	1	1	III	V ₁	V ₅	闲置
1	X	X	不工作	不工作	不工作	不工作

导联选择电路 (IC₃₀₄₋₃₀₇) 是由 CPU 控制的模拟电子开关, 可以自动或手动选择导联。其中 A、B 端控制信号来自 IC₁₀₁ 的 PE 端 (23、24 脚), IN 禁令控制端信号来自 IC₁₀₇ (12 脚)。导联选择逻辑功能如表 7-1-2 所示。

屏蔽驱动电路由 IC₃₀₃ (1/2) 构成。因为电极与缓冲放大器之间由一条长 1.5~2m 的导联线 (多芯带屏蔽层的电缆) 相连接。导联线的输入线 (芯线) 与屏蔽层之间存在着分布电容 (约 100pf/m), 为了消除干扰, 均将屏蔽层良好接地。在 50Hz 时, 屏蔽层分布电容的容抗可达几兆欧, 与前置放大器的输入阻抗差不多, 且相并联, 这就降低了心电图机的输入阻抗。又因各股芯线的屏蔽分布电容值不完全相同, 使前置差分放大器输入阻抗不平衡, 导致 CMRR 下降。屏蔽驱动电路可以消除屏蔽分布电容的影响。它为一电压跟随器 (增益为 1), 输入阻抗很高, 同相输入端接威尔逊网络中心点 (即信号地), 输出端接屏蔽层的地。这样既保证屏蔽层的地与信号地之间是等电位, 又将屏蔽地与信号地隔离开, 保持了输入电路的高输入阻抗。

右腿电极驱动电路由 IC₃₀₃ (1/2) 和 R₃₈₀₋₃₈₂、R₃₇₉、R₃₁₁、R₃₁₂ 等组成。有的心电图机把右腿电极作为心电信号的零电位, 对共模干扰的抑制能力很差。右腿电极驱动电路是把右腿电极作为抑制共模干扰的参考点, 在右腿电极与威尔逊网络的三个顶点之间加一级驱动电路, 它是一个反相输入求和运算放大器。三个拾取电极 (R、L、F) 上的心电信号通过缓冲放大器之后分别加到威尔逊网络三个顶点并分别通过 R₃₈₀₋₃₈₂ 接到 IC₃₀₃ 反相输入端 (7 脚), 同相输入端 (6 脚) 接浮地, 输出端接到右腿电极上。当右腿电极因感应等原因使干扰信号电位发生变化时, 其他三个肢体电极上也会感应到同相位的共模干扰信号。三路共模干扰信号经过缓冲放大器后又反馈到 7 脚, 它们经右腿电极驱动电路后与原干扰信号的相位正好相反, 通过 R₃₁₁ 送到右腿电极上恰好抵消了其上的共模干扰信号, 使右腿电极电位维持在一个恒定的电平上。因人体为一个导体, 从而也抵消了其他肢体电极上的共模干扰信号, 提高了共模抑制比。改变 R₃₁₁ 的大小, 可以改变抗干扰的能力, 阻值越小, 表示其抗干扰的能力越强。当然, 阻值过小, 也会引起自激。由于右腿电极驱动电路的作用, 使心电信号与干扰信号没有共同的零电位, 故不会引入心电信号到 IC₃₀₃ (1/2) 中。

(2) 前置放大电路: 前置放大器 IC₃₀₈, 对导联选择后的心电信号进行差分放大, 增益为 20 倍。它的 19 脚是定标信号发生器控制端, 定标时从控制电路送来控制信号, 产生 1mV 定标电压。Rx 是外接定标电压幅度调整电位器。

起搏脉冲抑制器用脉冲展宽法将起搏脉冲幅度降低。

耦合前置放大器的 8 脚为输入端, 10 脚为基线调节控制端。当调节基线钮时, 10 脚输入电压在 ±6V 之间变化, 用以改变基线位置, 此级增益为 2.5 倍。

光电耦合驱动器将心电信号电压变为驱动电流, 供给光电耦合器 PC—02 的发光二极管, 通过 “电—光—电” 的变换, 将心电信号耦合到非浮地的高增益放大器。

由 C₃₀₁、R₃₃₅ 和 R₃₃₆ 组成单端 RC 耦合电路, 即时间常数电路。

INST 电路由 Q₃₀₁、Q₃₀₂ 和驱动器 Q₃₀₃ 组成, 亦称基线置零电路。当按 “RESET” 键或转换导联时, 电路受 CPU 的控制, 使 IC₃₀₉ 瞬时短路、关闭后级, 抑制干扰信号输入, 同时 C₃₀₁ 迅速放电, 使基线复位, 为再记录作好准备。

(3) 中间放大电路: IC₃₀₉ 是增益为 40 倍的直流放大器。VR₃₀₁ 是置零调节电位器, 确

保基线在转换灵敏度时不会移位。

IC_{311~313} 等组成增益与基线自动控制电路，产生自动增益控制电压和基线移位自动控制电压。CPU 给 IC₃₁₁ 的 4、5 脚送来控制电平，控制电路的工作（自动记录时）与停止（非自动记录时）。

灵敏度和滤波器选择电路由 IC₃₁₀、R_{347~349} 和 R₃₅₀ 等组成。灵敏度转换和滤波器的选择，通过 A、B、C 端（11、10、9 脚）接受 CPU 的 PG 端（31、32 脚）和 PF 端（29 脚）的控制电平作用进行转换。R₃₄₂、C₃₂₆ 组成肌电干扰滤波器，消除高于 35Hz 的肌电干扰。

光电耦合（PC-02）电路将选定灵敏度后的心电信号放大（2.5 倍）并耦合到非浮地的高增益（500 倍）放大器，放大后将心电信号送至主放大器。

2. 自动键控电路

（1）键控编码电路：SW_{701~710} 共 10 个按键，开关选定后由 IC₇₀₁ 进行键控编码，当按任一键时，输出一组控制电平送到 CPU 处理后，形成相应控制信号。逻辑真值如表 7-1-3 所示。SW₇₁₁ 是 1mV 定标按键。

表 7-1-3 逻辑真值表

开关功能		输入端	逻辑值	输出端逻辑值	
		4 3 2 1	9 7 6 5	13 12 11 10	
开关名称	ON 时功能	R ₄ R ₃ R ₂ R ₁	C ₄ C ₃ C ₂ C ₁	D ₄ D ₃ D ₂ D ₁	ST
SW ₇₀₁	START/STOP	0 1 1 1	1 1 0 1	0 0 0 0	II
SW ₇₀₂	INST/RESET	1 1 1 0	1 1 1 0	0 0 0 1	II
SW ₇₀₃	ADV ↓	1 1 1 0	1 1 0 1	0 0 1 0	II
SW ₇₀₄	REV ↑	1 1 1 0	1 0 1 1	0 0 1 1	II
SW ₇₀₅	1/2	1 1 0 1	1 1 1 0	0 1 0 0	II
SW ₇₀₆	1	1 1 0 1	1 1 0 1	0 1 0 1	II
SW ₇₀₇	2	1 1 0 1	1 0 1 1	0 1 1 0	II
SW ₇₀₈	AUTO	1 0 1 1	1 1 1 0	0 1 1 1	II
SW ₇₀₉	HUM	1 0 1 1	1 1 0 1	1 0 0 0	II
SW ₇₁₀	25/50	1 0 1 1	1 0 1 1	1 0 0 1	II

（2）显示电路：IC_{702~703} 为显示译码器，它将四位二进制数据变为十进制数据，即对 CPU 送来的导联转换信号进行译码。其编码与对应导联选择状态的关系如表 7-1-4 所示。

IC_{705~709} 为液晶显示驱动器，共为 20 个异或门作脉冲相位控制门用，一个输入端加 32Hz 脉冲波，另一输入端分别接译码器输出端。当译码输出为高电平时，相应异或门的输出脉冲与输入脉冲相位反相；为低电平时，则为同相位。

显示器采用低压省电的（LCD）液晶显示器，在公共控制端（1、2、36、39、40 脚）加 32Hz 脉冲控制信号，每个显示环节的控制端；通过 20 个异或门的输出，同时加上同频率、同幅度的脉冲。当这个脉冲与公共端的脉冲同相位时，LCD 不显示；两脉冲相位相反时则有显示。

表 7-1-4 编码与对应导联选择状态

IC 编 码	输入编码				输出编码								导联选 择状态
IC ₇₀₂	D	C	B	A	Q ₇	Q ₆	Q ₅	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	
IC ₇₀₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	TEST
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	I
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	II
	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	III
	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	aVR
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	aVL
	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	aVF
	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	V ₁
IC ₇₀₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	V ₂
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	V ₃
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	V ₄
	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	V ₅
	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	V ₆

为解决两种走纸速度的转换，在 LCD 的 5、6 脚间加脉冲反向器 IC₇₀₄ (1 / 6)。

Q₇₀₂ 和 LED₇₀₁ 为记录启动指示，Q₇₀₃ 和 LED₇₀₂ 是 INST 指示，均由 CPU 控制。

3. 控制与主放大器电路

(1) 控制电路：该机突出特点是使用微计算机对整机工作进行程序控制。单片微机 IC101 内有 CPU、RAM (128×4 位)、程序计时器、时钟脉冲发生器、30 路输入 / 输出 (I / O) 通道，4 位算术逻辑运算单元、8 组输入输出接口等，是特制的专用集成电路 (MSM5840RS)。其引脚及功能分别是：

①输入端 PK：接收来自键控电路的编码 (BCD) 数据，标志各功能键的选通状态。

②输出端 PE：输出四位 (A、B、C、D) BCD 数据。一路送到键控电路 IC_{702~703} 的 10、11、12、13 脚，译码后通过异或门驱动 LCD，显示所选择的导联；一路 CPU 的 23、24 脚输出数据 A、B，经 CNJ₁₀₂ 加到 IC_{304~307} 的 A、B 控制端，25、26 脚输出的数据 C、D 则经 IC₁₀₇ 处理，变成四选一的控制信号送到导联选择器的 IN 禁令控制端，经组合后对 12 个标准导联进行选择。

③输出端 PF：输出四种功能控制信号，即自动 / 手动转换、信号封闭、交流滤波转换和记录器的启动 / 停止的显示控制。

④输出端 PG：输出三种功能控制信号，灵敏度 (A、B) 控制信号由 31、32 脚输出，一路送到前置放大器控制灵敏度转换；一路送到 IC₁₀₇，的 2、3 脚，经处理送到键控电路控制 LCD 显示出灵敏度标记。33 脚输出记录启动 / 停止控制信号。34 脚在自动记录时，每记录完一导联便输出一个负脉冲信号至 IC₃₀₈，启动毫伏电压产生器，完成一次自动定标。

⑤输入端 PH：36 脚接收检纸电路 (IC₁₁₃) 送来的检纸脉冲，37 脚接收 IC₃₁₃ 送来的自

动增益控制脉冲。

⑥输出端 PD: 送四位高位地址数据到地址总线, 作 ROM 选址脉冲和 IC₁₁₀ 的时钟脉冲。

双向数据传输端 PA、PB: 分别接两组数据总线, 经过锁存器 IQ₁₀₃、IC₁₀₄ 给 ROM 提供地址数据, 接收从 ROM 或程序控制器 IC₁₀₆ 和程序予置开关 SW₁₀₁ 送出的信号。

⑦其他 I / O 通道引脚:

5 脚: 输出 131KHz 同步时序脉冲信号, 接到 IQ₁₀₃、IC₁₀₄ 的 5 脚、IC₁₁₀ 的 9 脚、分频器 IC₁₀₅ 的时钟脉冲端 10 脚, 作同步时序用。

7、8 脚: 置零和方式控制端, 接到 IC₁₁₀ 的 5 脚 (高电子), 解除初始置零状态, 使 CPU 准备工作。

9、10 脚: 两脚间接 4. 2KMz 晶体振荡器, 为系统时序脉冲信号源。

12 脚: 输出读出指令, 低电平有效。

22 脚: 输出选址信号, 低电平有效。

35 脚: 输入 IC₁₀₅ 分频后从 12 脚输出的 256Hz 的脉冲信号。

控制电路还有确保一个导联选通其他导联全被断路的门控电路 IC₁₀₇, 存储着全部自动记录操作程序的可抹擦编程的只读存储器 (EPROM) IC₁₀₂, 地址锁存器 IC₁₀₃、IC₁₀₄ 由 IC₁₀₆ 和 SW₁₀₁ 组成的程序控制器, 通过预置六个开关编制 (记录时间、增益控制、基线移位等) 简单的自动控制程序, 在自动工作方式时, 通过 CPU 完成记录程序的自动控制。分频器 IC₁₀₅ 将 CPU 送出的 131KHz 的脉冲进行分频。由 5 脚输出 $(1 / 2^5)$ 分频产生的 4096Hz 脉冲信号, 既作键控电路编码器的时钟脉冲又作音响电路的驱动信号。经 $(1 / 2^9)$ 分频产生的 256Hz 脉冲信号和 $(1 / 2^8)$ 分频产生的 512Hz 脉冲信号, 分别由 12 脚和 13 脚输出, 作 25mm / s 和 50mm / s 两种走纸速度的电机转速控制脉冲。经 $(1 / 2^{12})$ 分频的 32Hz 脉冲信号由 1 脚输出作液晶显示器的驱动信号。蜂鸣器电路由 IC₁₀₈、IC₁₀₉ 和蜂鸣器 BZ₁₀₁ 组成, 每按键一次控制蜂鸣器响一声, 表示键控开关的选通。检纸电路由 IC₁₁₃ 和检纸光敏传感器 PHC₁₀₂ 组成, 在 SW₁₀₁ 的检纸方式预置在 ON 时, PHC₁₀₂ 将带黑框标记的记录纸上黑白变化, 变成电压信号变化的脉冲, CPU 对检纸脉冲的计数, 控制自动记录程序。IC₁₁₀ 为 D 通道锁存器。

电机调速、稳速控制电路有由 Q₁₀₂、Q₁₀₅、PHC₁₀₁、Q₁₀₃ 组成的光电耦合转速控制电路, 将 256Hz (25mm / s) 或 512Hz (50mm / s) 的转换控制脉冲耦合到非浮地的锁相稳速电路; 波形变换器 IC₁₁₁, 将电机速度传感器感应到的交流波形变换成同频率的脉冲信号, 送到相位比较器 IC₁₁₂ 的 3 脚, 作比较信号。在 STOP 状态时, CPU (33 脚) 输出高电平, 经 IC₁₀₈ 反相输出低电平, Q₁₀₂ 截止, PHC₁₀₁ 的 8 脚输出高电平, 使 Q₁₀₅ 导通, 其集电极输出低电子, Q₁₀₄ 和 O₁₀₁ 截止, 电机因无驱动电流而不工作。而在 START 状态时, CPU (33 脚) 输出低电平, 过程相反, 使电机转动工作。电机工作时, 若速度变快, 则 IC₁₁₂ 的 3 脚输入的反馈控制信号频率变高, 经比较放大使其输出的驱动电压变低, 电机转速因驱动电流的减小而变慢, 等到反馈脉冲 (比较信号) 与控制脉冲 (基准信号) 相位相同时, 电路趋于稳定, 电机转速也就稳定。

若改变振荡器 (基准信号) 的频率 (256Hz 或 512Hz) 则对应改变纸速 (25 或 50), 达到调速目的。所采用的锁相稳速电路的控制频率特别稳定, 所以走纸速度很准确。

(2) 主放大器电路: 由 2 级主放大器 IC₁₁₄ \ IC₁₁₅ 和四支功放管 Q_{108~111} 接成互补推挽功率放大器组成。IC₁₁₄ 是专用集成电路, 其中包括极限放大器、比较放大器、位置反馈放大器和阻尼控制放大器。VR₁₀₃ 是调节热笔上下极限位置的电位器、VR₁₀₄ 是改变阻尼大小的电位器, VR₁₀₂ 是增益微调电位器。当静态时, 心电信号和位置反馈信号均为零, 功放电路输出为零, 记录器中无电流, 热笔不动作处于零位; 动态时, 心电信号经 VR₁₀₂ 送到 IC₁₁₄ (12 脚) 输入端、另外位置传感器将检测到的正比于热笔转角的反馈电压加到另一输入端 (3 脚)。若反馈电压与心电信号相位相同幅度相等时, 比较差值为零, 热笔停止工作。若比较差值不为零, 经比较放大输出后再由 IC₁₁₅、Q_{108~111} 放大, 驱动笔马达带动热笔在记录纸上描记出心电图。

热笔加热控制电路由 IC₁₁₆ 和笔温调节电位器 VR₁₀₅ 组成。采用调宽脉冲方式, 开机后 IC₁₁₆ (2 脚) 输出一个周期为 0.85ms、脉冲宽度为 0.06ms、幅度为 +12V 的脉冲电压给描笔预热。启动记录后, IC₁₁₆ 控制端 (4 脚) 加上高电平 (+5V), 使供电脉冲频率增高, 周期缩短为 0.5ms, 使热笔温度升高。

位置反馈式记录器由笔马达和同轴电位器式位置检测器组成。利用电位器转动臂与记录器线圈同轴的特点, 使位置反馈式记录器的线性很好, 描记的心电图波形清晰。

4. 交流供电充电电路

(1) 交流供电装置 (SB-613D): 交流电源经保险丝 F₈₀₁、开关 S₈₀₁ 加到电源变压器 T₈₀₁ 降压, 输出 17V 交流电压, 由 D₈₀₁ 桥式整流、C₈₀₁、IC₈₀₁ 稳压后输出 +12V 直流电压。D₈₀₂ 可防止反向充电。

由调整管 Q₈₀₁、驱动管 Q₈₀₂、比较放大器 Q₈₀₄、产生基准电压的 D₈₀₄、R₈₀₅, 取样电阻 R₈₀₆、R₈₀₉、VR₈₀₇ 等组成充电电路。充电电压为 14.5 ± 0.2V, 调整 VR₈₀₇ 可改变稳压输出。

Q₈₀₃、Q₈₀₄ 组成充电过流保护电路, 充电电流限制在 200mA。热敏电阻 R₈₀₉ 通过测蓄电池温度变化限制充电电流过大。D₈₀₃ 防止反向放电。S₈₀₃、S₈₀₄ 为防止电源插座短路的保护开关。

(2) 电源变换电路: 由 IC₃₁₄ (1/2)、Q₃₀₄、Q₃₀₅、Q₃₁₁、Q₃₁₂、变压器 T₃₀₁ 组成浮地直流一直流变换器, VR₃₀₂ 是改变振荡强弱的反馈量调节电位器。输出 ±8V、+5V、+3V 直流电压。

由 IC₃₂₀ (1/2)、Q₃₀₇、Q₃₀₈、Q₃₁₀、变压器 T₃₀₂ 组成非浮地直流一直流变换器, 输出 ±8V 直流电压。ZD₃₀₈ 保护 Q₃₀₈ 不被反向击穿。

(3) 电池保护电路: 由 IC₃₂₀ (1/2)、稳压管 ZD₃₁₆、电阻分压器 R_{30C}、R_{30B}、R_{30D} 等组成电池电压检测保护电路。使用蓄电池时, 电压降到 10V 时保护电路工作, 使用干电池 (一次性) 时, 电压降到 6.5V 时, 保护电路工作。

由 IC₁₁₇、Q₁₀₇ 等组成自动断电定时电路, 在使用蓄电池供电工作时, 若暂时不作记录或忘记切断电源, 则会自动关闭蓄电池供电, 节省电源。使用交流供电时, 电源不会被切断。

ECG-6151 型机的交流供电充电电路与 ECG 系列其他型号机的供电电路均有相似之处, 可以互相参考。

(三) 故障与维修

ECG-6151 型心电图机故障与维修见表 7-1-5。

表 7-1-5 ECG-6151 型心电图机故障与维修

故障现象	原因与维修
接通电源后, 第 II 导联心电信号记录正常, 其他各导联均无心电信号	根据单导心电图机的 12 导联心电信号形成原理可知: R 信号通道故障时, III 导联心电信号记录正常, 其他各导联无心电信号; L 信号通道故障时, II 导联心电信号记录正常, 其他各导联无心电信号; F 信号通道故障时, I 导联心电信号记录正常, 其他各导联无心电信号; 某一胸导联信号通道故障时, 相对应的胸导联无心电信号, 其他各导联心电信号均正常。(上述规律亦适用于其他型号的单导心电图机)。 综上所述, 可判断为 L 信号通道故障。检查 L 导联电极接触情况、导联线通断、通道中各元件焊接情况和 IC₃₀₁(缓放)是否故障
接通电源后, 双极性导联(I、II、III)心电信号正常, 单极性导联(aVR、aVL、aVF、V ₁ ~V ₆)既无心电信号, 也无定标信号	因为该机的单极性导联是以浮地电位为信号零电平。当与浮地电位保持一致的右脚电极驱动电路有故障时, 便使单极性导联失去零电平, 心电信号没被放大, 故无法记录心电信号。 检查右脚电极驱动电路 IC₃₀₁(1 / 2)的反相输入端(7 脚)和输出端(8 脚)是否均为零电平?否则为该驱动电路故障
接通电源时, 记录笔单偏, 约 3s 后又恢复到原位置。所有导联, 既无心电信号又无定标信号。	所有导联既无心电信号又无定标信号, 说明故障在公共信号通道上, 差分放大器 IC₃₀₈ 为其第一级。其输出若为一直流电平, 则通过 C₃₀₁ 耦合至后级, 使记录笔单偏, 时间常数电路决定 C₃₀₁ 充电时间, 过后记录笔又恢复原位置。 用示波器查 IC₃₀₈ 的输出端(12、13 脚), 无信号时, 12 脚应为零电平; 通过打定标, 12 脚输出应为 20mV, 若无输出, 则为 IC₃₀₈ 故障
接通电源, 记录笔单偏(向上), 基线调节钮(VR ₁₀₁)失灵, 调增益电位器(VR ₁₀₂)至最小可使记录笔复位。其他功能均正常	记录笔向上单偏, VR₁₀₂ 调至最小时, 它可复位。说明在放大通道下有——负电压信号输入。基线调节钮失灵, 表明故障发生在主放大器之前。若光电耦合器 PC—02 中的发光二极管坏, 则光敏二极管无工作电压。这样一直加在其上的负偏置电压便加到 IC₃₁₄ 反相输入端(7 脚)经主放大后, 即可使记录笔产生向上单偏。 用万用表检查 PC—02 的输出端(发光二极管)的正反向电阻值, 若差别不大, 说明发光三极管故障
接通电源, 交流干扰严重, 使用交流滤波器作用也很小, 无法描记心电图	心电图机的心电信号被交流干扰, 说明其抗干扰性能下降。而决定抗干扰性能(共模抑制比)的是前置级的差分放大器的对称特性。 若 IC₃₀₈ 内的差分放大器的阻抗网络对称性或放大器开环增益对称性失衡, 则引起 CMRR 明显下降, 使交流干扰十分严重, 滤波器功; 无法滤除, 即 IC₃₀₈ 故障。 更换新的 IC₃₀₈ 应先调准灵敏度, 再在 Rx 处接 500 Ω 电位器, 按定标开关, 调电位器, 使记录的标压幅度为 10mm。定标电压调准后, 再去掉电位器
接通电源, 按各功	按 SW ₇₁₁ 开关有定标信号且伴有蜂鸣声, 而按其他各功能开关既无信号也无蜂鸣

能选择开关均失效，液晶显示状态不变。唯定标信号正常，且随 SW ₇₁₁ 按下伴有蜂鸣声	声。其区别是定标信号控制通道没有经过键控编码器 IC₇₀₁，而其他各功能开关的键控信号均通过 IC₇₀₁，若 IC₇₀₁ 故障，则 CPU 无正确键控编码输入，因而各功能开关失灵。 用示波器检查 IC₇₀₁ 输出端(10、11、12、13 脚)的键控编码(电平)，若无正常编码输出，则认为 IC₇₀₁ 故障；如输出编码正常，可进一步检查反向门 IC₇₀₄(1 / 6)的输出端(4 脚)，它是选通脉冲通道。若输入(3 脚)正常，而无输出脉冲，可认为是 IC₇₀₄(1 / 6)故障
接通电源，转换导联选择时，液晶显示器上指示相应导联选择的箭头不动，其他显示功能正常	从 TEST 至 V₆ 的导联转换，都是 CPU 对应送出导联转换编码，经过导联显示译码器 IC₇₀₂ 和 IC₇₀₃ 译码，然后通过异或门驱动液晶显示器显示出相应导联选择状态(即控制箭头移动指示选择的导联)。若箭头不动，而 CPU 送出的导联转换编码又正常，则可能是 IC₇₀₂、IC₇₀₃ 有故障。 用示波器检查：从 TEST 至 V₁ 导联转换，显示器箭头不动，则测 IC₇₀₂ 各对应输出端电平，从 V₂ 至 V₆ 导联转换，显示器箭头不动，则测 IC₇₀₃ 各对应输出端电平。参照输入编码与对应输出状态的电平表，若输出不正常，则为 IC₇₀₂ 或 IC₇₀₃ 故障
接通电源，液晶显示器各状态显示均不正常，键控功能不灵	液晶显示器各状态显示均不正常，键控功能失灵。说明控制液晶显示器工作的 CPU 可能没有控制编码送出。 用示波器检查：CPU 的晶振 X₁₀₁(9、10 脚之间)有否 1V_{P-P}(4MHz)脉冲；CPU 从 5 脚是否有同步时序脉冲(131KHz)输出；若均正常，可进一步检查 IC₁₀₅ 和 IC₁₁₀ 采用新集成电路替换法，直至控制电路工作正常，则液晶显示器故障消除，各键控功能得到恢复
接通电源，按 START 键，快速走纸，纸速转换开关失控，液晶显示正常	当锁相控制电路中的相位比较器 IC₁₁₂(3 脚)没有马达转速反馈脉冲时，其输出(13 脚)很高的正电压，使马达转速加快。说明转速反馈回路可能右故障，该回路包括转速传感器、C₁₁₉、C₁₂₀、IC₁₁₁。 用示波器检查： 1. 耦合电容 C₁₁₉ 有否 0. 2V_{P-P} 正弦信号电压； 2. IC₁₁₁(10 脚)输出 8V_{P-P} 方波脉冲； 3. 用万用表查转速传感器线圈有否断线； 三项中任一项不正常，即为故障产生的部位
接通电源，按 START 键作心电图记录，发现不走纸，而其他功能均正常	心电信号通道和液晶显示功能均正常而不走纸，说明走纸控制电路有故障。 若走纸传动机构是正常的，则可用万用表依次检查： 1. IC₁₁₂(14 脚)有无驱动脉冲输入； 2. PHC₁₀₁(8 脚)输出是否为零电平； 3. IC₁₀₈(1、2 脚)输入是否为低电子、(3 脚)输出为高电平、Q₁₀₂(集电极)输出为零电平； 4. IC₁₁₂(13 脚)核对纸速对应输出电压； 若发现输入或输出电平异常，即为故障所在
接通电源工作时，突然断电，仪器不	用 SB—611D 型干电池代替 SB—613D 型交流充电 / 供电电路工作，仪器即恢复正常；说明 SB—613D 型电路有故障。

记录、无显示。用 SB—611D 型干电池代替 SB—613D 型电源工作，仪器恢复正常。	用万用表查：SB—613D 型电路板，9~11 脚间应有+12V(S ₈₀₂ 在 OPE 位置)，12~11 脚间应有+14.5V(S ₈₀₂ 在 CHG 位置)输出。若全无输出，则故障发生在 S80：之前，应检查 D ₈₀₁ 、T ₈₀₁ 及 S ₈₀₁ 等。若无+14.5V 输出，则为充电稳压电路(Q _{801~804} 等)故障；若无+12V 输出，则为 IC ₈₀₁ 故障(有报道称，IC ₈₀₁ 为 UPCI4312H 集成块，可用国产 W78T12 替换)
接通电源，记录笔不动(记录器不工作)也不走纸	如果能确认记录器无问题，记录笔不动，则是主放大器有故障；若确认走纸传动机构无问题，则不走纸是因走纸控制电路有故障。能使这两部分同时有故障的原因，可能是非浮地的±8V 电压产生器故障(因为，仅+8V 或-8V 不正常，记录笔应单偏，不致于不动)。 检查非浮地±8V 电压产生器是否有故障，主要先查振荡电路：1. IC₃₀₂(3、4 脚)输入电压为 3V，(2 脚)输出 30KHz、6.5V 的振荡电压； 2. Q₃₀₈ (8) 集电极输出 30KHz、16V 脉冲方波电压； 3. Q₃₁₀ 基极应有一 2V 的反向偏压。发现所测试为异常，则是故障所在
接通电源，定标及记录心电图均正常，但记录笔在记录过程中总是抖动	记录笔抖动，说明心电信号接地不良和心电信号伴有共模干扰。 因为心电信号输入端接地是通过屏蔽驱动电路 IC₃₀₁(1 / 2)，而抑制共模干扰是通过右脚电极驱动电路 I₃₀₃(1 / 2)。若 IC₃₀₃ 故障，则会使两个驱动电路失效，记录笔在记录过程中就抖动。 IC₃₀₃ 是双运放集成电路 AN6561，一半接成电压跟随器作屏蔽驱动电路，一半接成求和运算放大器作右脚电极驱动电路。 用示波器或万用表，以常规方法检测电压跟随器和求和运算放大器。若不正常，可确认为 IC₃₀₃ 故障

三、ECG-6511 型心电图机的故障与维修

(一) 性能参数

ECG-6511 型心电图机采用位置反馈记录装置、频响宽、阻尼特性好、描记心电图形清晰。该机具有交直流两用功能，有可充电电池及充电装置，交、直流转换方便。它的自动电子延时断电装置，在开机后不马上作心电记录时，能自动切断电源。

该机体积小、易于携带，适用于临床诊断、抢救及监护心电，参见 ECG-6511 型心电图机原理方框图。

主要性能参数：

输入电流 <100μA

漏电流 <10μA

灵敏度 ×2 (20mm / mV)，×1 (10mm / mV)，×1 / 2 (5mm / mV)

时间常数 3.2s

定标电压 1mV±3%

CMRR >100dB

频率响应 0.05~100Hz (3dB)

噪声电平 $10\mu\text{Vp-p}$
 记录速度 25mm/s , 50mm/s
 示波输出 单端输出阻抗 $<100\Omega$
 输出电压 $0.5\text{V}\pm 5\%$ / 1mV (灵敏度: $\times 2$)
 频响, 250Hz (3dB)
 移位幅度与线性 20mm (最大) $<\pm 5\%$
 直流电源 $220\text{V}\pm 10\%$ ($50\text{Hz}\sim 60\text{Hz}$)
 可连续工作时间 $\geq 2\text{h}$
 充电时间 10h

(二) 原理简介

1. 前置放大电路 参见 ECG-6511 型心电图机前置放大原理图。电极通过导联线输入心电信号。去颤保护电路 $R_{100\sim 108}$ 在导联线与缓冲放大器之间。 $IC_{100\sim 102}$ 为缓冲放大器 (电压增益为 1), 其电流增益极高, 它起阻抗变换器 (高阻输入, 低阻输出) 作用, 使与导联选择电路能更好地匹配。 IC_{112} (B) 为屏蔽驱动电路, 提高导联线与屏蔽线之间的交流阻抗, 即提高抗干扰性能。

导联选择电路由 $IC_{103\sim 106}$ 4 个多路模拟开关通过控制电平来完成, 控制电平由光电耦合器 PHC_{100} 和 PHC_{101} 及 IC_{110} 和 IC_{110} 按规定程序提供。导联选择电路所选择的任一导联心电信号, 送入高共模抑制比的差分放大器 IC_{107} 进行放大 (增益为 20 倍)。

Q_{100} 、 ZD_{100} 、 R_{100} 、 R_{134} 、 R_{135} 组成定标电路 (提供 1mV 的标准电压)。 D_{120} 、 D_{121} 、 C_{111} 、 C_{112} 组成脉冲抑制电路, 防止较强的起搏脉冲信号把前置放大器阻塞, 影响正常心电图记录。

C_{113} 与 R_{146} 和 R_{147} 组成阻容耦合电路, 隔离直流电平, 通过心电信号。它的时间常数为 3. 2s 以上, 可以有效地通过低频端的心电信号。

Q_{101} 、 Q_{102} 为封闭电路, 按 RESET 键或导联转换时, 二开关管导通, 使 C_{113} 快速充电达到平衡, 使偏移的基线恢复到原位置。 IC_{108} (A) 为电压放大器 (增益为 4 倍)。 IC_{108} (B) 和 Q_{103} 是光电耦合器的驱动器, 放大心电信号并驱动光电耦合器 $PC-02$, 将“浮地”的心电信号变为“非浮地”的心电信号供记录器描记成心电图。

R_{167} 、 C_{121} 组成肌电滤波器、由 Q_{105} 和 Q_{106} 组成的驱动电路所控制。

灵敏度选择电路由直流放大器 IC_{115} (B)、反馈电阻 R_{175} 、 R_{176} 、 R_{178} 和 R_{119} 组成, A / B 控制端的电平决定灵敏度选择。在标准灵敏度“1”时, 该电路的增益为 16。由 IC_{115} 输出的信号送到 IC_{119} 作灵敏度选择、或送 50Hz 交流干扰滤波器 (由 IC_{116} 等组成)、或送至主放大器, 是通过 IC_{119} (9 脚) 的电平来控制。

IC_{109} (A)、 IC_{109} (B) 是电极脱落检测电路, 即以 14V 为参考电压的电压比较器。当由导联线输入的心电信号上其极化电压大于 $+200\text{mV}$ 或电极脱落时, 该电路会输出一个信号, 通过光电耦合器 PHC_{102} , 使面板上电极脱落指示灯亮, 报警电极已脱落。

Q_{109} 是主封闭 (M INST) 控制的两个开关管之一 (另一个为 Q_{410} 在电源电路), 它将前置放大器的输出封闭, 使记录器基线置零。

前置放大电路中浮地部分所需电源, 由 Q_{107} 、 Q_{108} 和 T_{100} 等组成的直流 / 直流转换电路产生浮地 $\pm 8\text{V}$ 和 $+3\text{V}$ 电压供给。

2. 键控电路 参见 ECG-6511 型心电图机键控电路原理图。IC₂₀₅ (A)、IC₂₀₃ (B)、IC₂₁₂ 及 SW₂₀₁、SW₂₀₂ 等组成键控编码电路。IC₂₁₂ 是一个加减计数器, 当导联选择按 SW₂₀₁ 键 (ADV) 或按 SW₂₀₂ 键 (RED) 时, 其 10 脚若为高电平则成加法计数器, 若为低电平则成减法计数器。IC₂₁₂ 输出编码与导联选择状态可查阅规定的关系表。开机接通电源时, 由 R₂₀₅、C₂₁₀ 和 IC₂₀₃ (A) 组成的编码器置零电路, 向 IC₂₁₂ 送去一个正脉冲, 使其输出全部置零。

电子开关电路 IC₂₀₂ 和 IC₂₀₁ 与按键 SW_{205~212} 相配合, 实现对 3 种工作方式、灵敏度选择及 2 个滤波器工作的控制。

译码器 IC₂₁₃、IC₂₁₄ 将二进制编码变为十进制编码信号, 经驱动放大器 IC₂₀₆ (A~F)、IC₂₀₇ (A~F)、IC₂₁₅ (A) 使发光二极管 LED_{201~203} 对应显示出所选择的导联。

走纸速度的选择是由 R-S 触发器 IC₂₀₈ (A) 和 IC₂₀₈ (B) 来完成。接通电源, IC₂₀₈ (A) 的 8 脚输入一复位信号, 使开机即置于 25mm/s 状态。

走纸稳速电路采用锁相技术, 由晶振产生 32.768KHz 的信号, 经 IC₂₀₉ 作 128 或 64 分频后, 得 256Hz 基准频率或 512Hz 基准频率。2 个基准频率分别为 25 或 50 纸速作相位比较用。IC₂₁₀ 为相位比较器, 14 脚为标准频率输入端, 3 脚输入走纸马达速度传感器的信号, 若二信号有误差, 则相位比较器会输出一个误差电压经平滑滤波去控制马达转速向正确速度靠近, 实现稳速。在基准频率很精确时, 走纸速度不需要调整。

马达的转与不转由 Q₂₀₃ 的基极电平决定, 因 IC₂₀₂ 在驱动 LED 灯亮时, 亦对 Q₂₀₃ 送一高电平使其截止, 马达则按规定速度旋转, 反之则不转。

3. 主放大电路 由 IC₃₀₁、IC₃₀₂ 和 4 个功率驱动管 Q_{301~304} 及笔温控制电路 IC₃₀₃ 等组成。IC₃₀₁ 内有限幅放大器、比较器、位置传感放大器、阻尼控制放大器。

IC₃₀₂ 采用脉冲调宽方式。

该主放大电路与 ECG-6151 型主放大器电路基本相同, 工作原理亦相同, 故不重复。

4. 电源电路 参见 ECG-6511 型心电图机电源电路原理图。用交流电源, 选择开关 SW₄₀₁ 置于 OPR, 交流 220V 经变压器 T₄₀₁, 由 D₄₀₀ 桥式整流、滤波, 交流指示 LED₄₀₁ 亮; 用充电电路, 选择开关 SW₄₀₁ 置于 STBY, 由 Q_{406~409}、ZD₄₀₂、VR₄₀₁ 等组成。充电电压由 VR₄₀₁ 调整, IC₄₀₅ (A) (B) 及 LED₄₀₂ 组成充电指示电路。

充电时, 充电电流在 R₄₄₀ 上产生压降较大, 使 Q₄₀₅ 导通, 并对 C₄₁₀ 充电。因此 IC₄₀₅ (B) 输入端 (7 脚) 有一个逐渐升高的电平输入, 即输出一个逐渐下降的电平, 加到 IC₄₀₅ (A), 亦使其输出一个逐渐升高的电平, 当它达到使 Q₄₀₄ 导通时, C₄₁₀ 上的电压经 Q₄₀₄ 迅速放电, 使 IC₄₀₅ (B) 的 7 脚为零电平、8 脚为高电平, 则 LED₄₀₂ 亮。同时又使 IC₄₀₅ (A) 输入为高电平、输出为低电平, Q₄₀₄ 又截止, C₄₁₀ 又开始充电。如此循环, LED₄₀₂ 便不断闪烁发亮表示正在充电, 约充电 10 小时后电池电压已升高, 充电电流渐小, 在 R₄₄₀ 上的压降不足以使 Q₄₀₅ 导通, 使 IC₄₀₅ (B) 的输出呈高电平状态, LED₄₀₂ 为常亮, 表示充电工作完成。

如用交流电源工作时, 交流突然断路 (相当 SW₄₀₀ 断开), 由于 IC₄₀₃ (A) 的 1、2、8 脚同处于低电平, 其输出 9 脚为高电平, Q₄₀₀ 导通, 使继电器 RY₄₀₀ 吸合, 触点从①—④相接转为①—②接通, 电池电源便自动向各电路供电, 确保仪器正常工作。同时 9 脚的高电平使 Q₄₁₄ 导通, 接通电池电压指示电路。

电池电压指示电路由 LED₄₀₀、LED₄₀₁、LED₄₀₃ 等组成。Q₄₀₂ 与 ZD₄₀₀ 组成稳压电路, 通

过调 VR₄₀₀ 得到 2.5V 参考电压。IC₄₀₁ (A)、IC₄₀₂ (A)、(B) 是 3 个电压比较器, 其输入正向端即为 2.5V, 而负向端是随电池电压高低在变化。当电池能量充足时, 各比较器负向端输入电压均高于+2.5V, 因此各输出端均为高电平, 所以 3 个指示灯均亮。当电池能量因消耗而电压逐渐降低时, 3 个比较器从 IC₄₀₂ (B) 开始, 其负向端依次低于 2.5V, 使指示灯依次不亮。灯亮的个数可以反应电池的剩余能量。

当电压低到极限值 (约 10V) 时, IC₄₀₁ (B) 组成的闪烁振荡开始工作, 使 LED₄₀₃ 按一定节律闪烁发亮, 提醒使用者应给电池充电, 电池过放电会影响寿命。而 IC₄₀₄ (B) 的 8 脚输出高电平, 使 IC₄₀₃ (C) 输出低电平、Q₄₀₁ 集电极为高电子, IC₄₀₃ (A) 的 9 脚输出低电平, Q₄₀₀ 便截止, RY₄₀₀ 释放 (①—④接通), 电池电源供电电路自动断开。

用电池电源工作时, 若长时间 (约 4min) 不进行记录心电图的操作, 则因 C₄₁₂ 被充电, 使 IC₄₀₆ (B) 的 8 脚输出高电平到 IC₄₀₃ (C) 的 12 脚, 其输出 10 脚即为低电平、Q₄₀₁ 截止、IC₄₀₃ (A) 的 9 脚为低电平、Q₄₀₀ 截止, RY₄₀₀ 释放使电池电源自动断开。在交流电源工作时, 由于 D₄₁₁ 与电源相通, 使 Q₄₁₁ 始终导通, 定时电容器 C₄₁₂ 放电, IC₄₀₆ (B) 的 8 脚始终为低电平, 不影响继电器工作。定时电路的设置, 可以避免浪费电池能量。

由 IC₄₀₆ (A)、Q₄₁₂、Q₄₁₃、变压器 T₄₀₂ 组成的直流变换电路, 产生非浮地±8V 电压, 供主放大器工作。

(三) 故障与维修

ECG-6511 型心电图机的故障与维修见表 7-1-6。

表 7-1-6 ECG-6511 型心电图机的故障与维修

故障现象	原因与维修
接通电源, 各功能选择开关正常, 定标信号亦正常。选择任一导联时, 均无心电信号、记录笔受交流干扰严重	定标信号正常, 说明差分放大器 IC ₁₀₇ 及其后面的电路工作正常, 故障发生在它之前。 任一导联均无心电信号, 说明导联选择电路 IC _{103~106} 同时故障, 一般±8V 供电正常情况下, 4 个 IC 电路同时故障的可能性不大。通过检查若电路正常, 则有可能心电信号从输入端没送入。 若电极安放均正常, 信号地若不为零电位, 则心电信号就送不进来。可检查 3 处是否为零电位: 1. 威尔逊网络中心点; 2. 屏蔽驱动电路 IC ₁₁₂ (B)的(6 脚)端点; 3. 右脚电极通过 R ₁₀₉ 的接地点; 若不为零电位, 即为故障
接通电源, 各功能显示状态正常, 可以记录心电图。无定标信号, SW ₂₀₃ 定标键无作用	唯定标信号通道发生故障, 才会有此现象。 用万用表检查: 1. 定标信号电压产生电路的主要元件 Q ₁₀₀ 和 ZD ₁₀₀ ; 2. SW ₂₀₃ 键及 IC ₂₀₃ (D)和 IC ₂₁₅ (C)反向门; 3. 光电耦合器 PHC ₁₀₁ 中的发光二极管(6 脚); 以上 3 部分构成定标信号通道, 若一处故障, 通道即断
接通电源, 各功能显示状态正常。不能记	如确认心电信号可以正常输入, 而定标信号通道又正常。该故障产生原因可能是封闭信号通道故障, 若处于常闭状态, 则 IC ₁₀₈ (A)输入端接地或差分放大器 IC ₁₀₇ 故

录心电图，无定标信号	障，使心电信号和定标信号均无法通过。 用示波器检查： 1. 在 CHECK 和 START 状态时，若 IC₂₁₅(6 脚)输出为低电平，则说明封闭信号通道上的逻辑控制门有故障； 2. IC₁₀₇(6 种)输出应为 OV； 以上两处为该现象的主要故障点
接通电源，导联选择和显示均正常。记录心电图时，心电信号失真或波形颠倒	记录的心电图失真或倒置，说明心电信号通道正常。若从键控电路送来的控制导联选择电子开关 IC₁₀₃₋₁₀₆ 选通的编码(由 J₂₀₀ 的 1、2、3、4 脚送出)正常，则故障可能发生在导联选择编码锁存器 IC₁₁₀ 和 IC₁₁₁ 处。因为经过它，按一定逻辑关系(可参阅导联选择与对应的 A、B、C、D 的逻辑关系表)输出低电平到各电子开关的 IN 端子，控制导联开关依次选通。若其故障，则输出电平混乱，会使 1 个以上电子开关处于常通状态，这样各导联的心电信号就被重复选择，在记录的心电图上出现重叠失真和 R 波颠倒。 用示波器或万用表检查 IC₁₁₀(3、4、11、10 脚)输出电平，若其变化不符合规定的逻辑关系，则可确定为故障
接通电源，灵敏度选择和显示功能正常。无论灵敏度选在哪一档，定标信号电压，均为 0.5mV	ImV 定标时，其记录电压幅度应随灵敏度的不同档而发生变化，否则可认为灵敏度转换开关 IC₁₁₉ 故障(档不变化)、键控电路故障(控制编码错乱)、连接电缆和接插件(J₁₀₁ 的 8、9 脚)故障。 由于灵敏度选择和显示功能正常，说明键控电路没问题。 用示波器或万用表检查： 1. J₁₀₁ 的 8、9 脚电平是否正常(3 档分别为 00、11、10)； 2. IC₁₁₉ 的控制编码与转换功能是否正常； 若发现不正常，则为故障所在
接通电源，选择导联在 ADV 或 RED 状态时不动作。导联选择 LED 显示不变	导联选择 LED 显示不变，说明是能使其变化的产生控制编码的加减计数器 IC₂₁₂ 故障，或由 IC₂₀₅(A)和 IC₂₀₃(B)组成的脉冲产生电路故障及导联选择开关 SW₂₀₁ 或 SW₂₀₂ 故障。 用示波器或万用表检查： 1. 按动 SW₂₀₁ 和 SW₂₀₂，其功能是否正常； 2. IC₂₀₃(B)的 4 脚和 IC₂₀₅(A)的 3 脚是否有脉冲； 3. IC₂₁₂(9 脚)是否为零电平、(6、11、14、2 脚)输出编码是否正常； 查出不正常处，即为故障点
接通电源，转换工作方式或转换灵敏度，其 LED 显示均不正常	若 6 支 LED₂₁₄₋₂₁₆ 和 LED₂₁₈₋₂₂₀ 个别或全部损坏，则其显示就不正常。如果键控电子开关 IC₂₀₂ 故障或 SW₂₀₅₋₂₁₀ 故障，也会使其 LED 显示不正常。 用示波器或万用表检查： 1. 6 个按键 SW₂₀₅₋₂₁₀ 的功能是否正常； 2. 6 个发光二极管 LED₂₁₄₋₂₁₆ 和 LED₂₁₈₋₂₂₀ 是否正常； 3. 每当按一次键时，IC₂₀₂ 的对应输出端是否为低电平； 如有不正常，即为故障点

接通电源，心电图机工作正常。当交流供电突然中断时，仪器即停止工作	心电图机备有蓄电池，具有供电自动转换功能。因此，交流供电突然中断时，应该自动转换为蓄电池直流供电工作(即继电器 RY_{400} 触点从①—④相接转换为①—②相接)。现在随着交流供电中断，仪器即停止工作，说明交直流供电转换功能故障。 用万用表检查： 1. 蓄电池输出端保险丝 $F_{400}(3A)$ 是否熔断； 2. 继电器控制电路 $IC_{400}(A)(9)$ 脚输出是否为常低电平，其输出与输入间逻辑关系应符合规定要求； 3. Q_{400} 导通与截止是否均正常； 4. 继电器 RY_{400} 的工作是否正常；若查出异常处，即可确认为故障点
接通电源，定标信号描记正常，某导联或相关导联的心电图记录不正常，有时所有导联均伴有干扰或电极脱落指示灯闪烁报警	这种心电图记录不正常的情况，是因心电信号通道一路或多路被阻断，说明故障发生在威尔逊网络之前，如缓放 $IC_{100-102}$ (集成电路 $KT-2$) 有断路故障；全导伴有干扰或电极脱落指示灯闪烁，说明有电源电压经人体以共模信号形式进入输入端，使缓放过载不工作，这可能是因缓放内部被击穿所致。 用示波器或万用表检查： 将导联线 $R、L、F、V_1 \sim V_6$ 分别与 RF 短路，并测量缓放输入端及输出端对地的电压，正常应为 $0V$，若有较大电压，则说明有击穿。亦可输入共模电压检查，短路 $R、L、F$ 和所有的导联线，在其输入端与地间加 $0.5V$ 电压，分别测缓放输入和输出，正常值为 $0.5V$，若无输出则为缓放断路故障。 在确定缓放为故障后，值得注意的是，在更换专用集成电路($KT-2$)时，别忘记将其改接成电压跟随器形式，其管脚排列亦应与 $KT-2$ 排列一样，方可直接代换

四、ECG-8110K 型心电图机的故障与维修

(一) 性能参数

该机是一种小型智能化心电图机，它能自动分析程序对心电信号进行分析并打印出结果。具有单导、双导、三导 3 种记录方式，可以储存和分析 10s 内的心电信号。该机操作简便，手动和自动操作均可，机内装有蓄电池，交直流两用，特别适合野外诊断和抢险急救。

主要性能参数：

导联 标准 12 导联

定标电压 $>10mV \pm 2\%$

漏电流 $10\mu A$

灵敏度选择 $20mm/mV, 10mm/mV, 5mm/mV$

时间常数 $\geq 3.2s$

CMRR $>100dB$

频率响应 $0.05 \sim 100Hz (3dB)$

记录速度 $25mm/s, 50mm/s$

电源功率 35W

直流电源 12V, 连续工作 2h, 充电时间为 10h

(二) 原理简介

该机由心电信号处理电路、控制电路、键控电路和电源电路等 4 部分组成。

1. 心电信号处理电路 参见 ECG-8110K 型心电图机前置放大电路原理图。从电极拾取的心电信号经导联线送到具有高输入阻抗、电压增益为 16 倍的前置放大器 IC₂₀₁、IC₂₀₂ 和 IC₂₀₃ 进行放大。其中 IC₂₀₂ 放大 3 个肢体导联的心电信号, IC₂₀₁ 和 IC₂₀₃ 分别放大 6 个胸导联的心电信号。3 个肢体导联心电信号经运算放大器 IC₂₈₀ 后, 得到第 I、II 导联的心电信号。

IC₂₀₄ 是多路转换开关, 通过它的高速转换分别对 I、II 和 V₁~V₆ 导联的心电信号进行采样, 采样周期为 250 μ s (即采样频率为 4KHz)。采样后量值化的心电信号, 先由 IC₂₀₇ 和 IC₂₀₈ 进行缓冲放大, 后送入直流分量补偿电路。参见 ECG-8110K 型心电图机信号变换电路原理图。由 IC₂₁₃、IC₂₁₁ 和 IC₂₀₉、IC₂₁₀ 等反馈电路组成直流分量补偿电路, 用以消除迭加在心电信号上的直流成份。

IC₂₁₄ 是 8 位移位寄存锁存器, 提供相同的采样控制信号, 以便 8 个导联的量值化的心电信号经 IC₂₁₃ 和 IC₂₁₁ (增益为 7.6 倍) 及 IC₂₁₅ 和 IC₂₁₂ (增益为 16 倍) 两次放大后, 送到 IC₂₁₇ 作 A/D 转换。转换后的心电数字信号, 经 IC₂₁₈ 检索, 在 CPU 控制下, 送到控制电路去。由 I、II 导联的心电信号数据, 经组合运算得到 III、aVR、aVL、aVF 4 种导联的心电信号数据。

心电信号处理电路的微计算机由 IC₂₂₀ (CPU)、IC₂₁₉ (总线驱动器)、IC₂₀₅ 和 IC₂₀₆ (32K 的 RAM)、IC₂₃₂ (8K 的 RAM)、IC₂₃₃ 和 IC₂₃₄ (PROM)、IC₂₃₅ (时钟电路) 等组成, 参见 ECG-8110K 型心电图机数据处理电路和存储电路原理图。它完成控制 A/D 转换、存储心电信号数据和操作程序。CPU 中 P₂ 接口的 P₂₄ (12 脚) 为数据输出端, P₂₃ (11 脚) 为数据输入端。心电信号数据, 在 CPU 控制下, 由 IC₂₂₂ 调制成脉冲调制信号, 以串行方式通过 4 个脉冲变压器 (T₂₀₂~T₂₀₅) 进行传输, 参见 ECG-8110K 型心电图机数据传输电路原理图。

以上电路均采用浮地供电, 由 IC₂₂₃、IC₂₂₄ 等组成 $\pm$ 8V 和 +5V 浮地电压产生电路。锂电池组 (BAT₂₀₁) 为备用电源。

2. 控制电路 控制电路由 IC₄₀₈ (CPU)、IC₄₁₅ (总线控制器)、IC₄₀₇ (64K 的 ROM)、IC₄₀₆ (32K 的 RAM)、IC₄₁₄ (初始化置零电路)、IC₄₀₁ (1/2) (加热脉冲产生器)、IC₄₀₅ (D/A 转换器) 等组成, 参见 ECG-8110K 型心电图机控制电路和 D/A 转换电路原理图。

控制电路除控制数据处理电路的工作外, 还监控各功能键控开关和指示灯的转换、控制走纸电路和记录器及对心电数据的自动分析等。IC₄₀₈ (CPU) 有两组 8 位输出接口, P₅₀~P₅₇ (17~19 脚和 21~24 脚) 是各功能键控开关选通编码的输出 (入) 接口, P₆₀~P₇₀ (25~32 脚) 是指示灯选通时输出编码接口。另有一组 8 位 I/O 接口, 其中 P₂₃ (12 脚) 为心电数据调制信号输入端, P₂₄ (13 脚) 为调制信号输出端。各接口编码真值, 可参阅该机的维修手册。

IC₄₀₇ 存储心电数据的自动分析程序, IC₄₀₆ 存储分析后的心电数据, IC₄₁₆ 存储字符数据。总线控制器 IC₄₁₅, 在 CPU 控制下, 将字符数据和心电数据送到记录器并打印出结果。

IC₄₀₁ (1/2) 产生加热脉冲, 由电容器 C (0.33 μ) 与 R₄₀₁ 的时间常数, 决定加热脉

冲的宽度。改接 C₄₀₁~C₄₀₆ 可改变脉宽,从而调节记录器打印热头的温度。通过 IC₄₀₅ (D/A) 转换后的模拟心电信号,送至 CRO 插口输出。

3. 键控电路 IC₅₀₁ (导联选择译码器)、IC₅₀₃ 和 IC₅₀₄ (LED 驱动器)、IC₅₀₅ 和 IC₅₀₂ (数据选择器)、IC₅₀₆ (译码器)、IC₅₀₈~514 (走纸马达控制电路)及 SW₆₀₁~609 (键控开关)、LED₅₀₁~516 和 LED₆₀₁~603 (发光二极管显示器)等组成。

IC₅₀₁ 和 IC₅₀₆ 的输入编码来自 CPU 的 P₆₀~67, 和 P₃₀~31 接口, 输出译码经 IC₅₀₃、IC₅₀₄ 和 IC₅₀₇ 驱动器, 给出选择导联指示灯的显示状态和 5 种键控功能的显示状态, 参见 ECG—8110K 型心电图机键控电路原理图。

走纸马达控制电路采用脉冲锁相环技术。由 X₅₀₁, 晶振输出 10MHz 的基频, IC₅₀₉、IC₅₁₀ 分频产生 4 种频率的走纸马达转速控制脉冲, 经 IC₅₀₈ 选择, 送入具有脉冲整形、相位比较、启动控制作用的马达稳速控制电路 IC₅₁₂, 以便作相位比较。由马达转速传感器检测到的马达转速信号, 经 IC₅₁₄ 放大和脉冲整形, 与马达转速控制脉冲进行相位比较, 结果有一个直流输出电压, 送到脉宽调制器 IC₅₁₃, 控制其压控振荡器产生相应频率的脉冲输出, 控制 Q₅₀₁ 为马达提供脉冲电流, 以稳定马达转速, 参见该机型马达控制电路原理图。

通过 CNA104 连接电缆将 9 个功能键控开关和 LED 显示器与主键控电路相连, 参见该机型功能键连接原理图。

4. 电源电路 电源电路由稳压充电电路、交直流供电转换控制电路、电池电压检测指示电路和+9V 及+5V 稳压电路等组成。电路结构和工作原理对比 ECG-6151 型机和 ECG-6511 型机均有许多相似之处, 参见该机型电源电路原理图, 故不一一赘述。

(三) 故障与维修

1. 系统故障自检 该机具有系统故障自检程序。当接通电源后, 便会自动进行自检, 遇有故障或不正常情况, 该机可向操作者显示或打印出故障及其原因。可以出现的情况:

(1) 若电极检测和手动记录的指示灯 (LED₆₀₃、LED₅₀₈) 同时闪亮, 可能是主控制电路的 IC₄₀₇ 发生故障;

(2) 若电极检测和分析的指示灯 (LED₆₀₃、LED₅₁₆) 同时闪亮, 可能是 IC₄₀₆ 出现故障;

(3) 若打印出 009 一口口 (口口一口 O), 则表明数据处理电路可能有故障。其中 009 为输入区分类码, 以后的 5 个位置中若某位有具体数字 (1、2、4、8) 时, 表示该对应部位有故障。详细可查阅使用手册中的“系统故障信息识别图”。

(4) 若打印出 ECGerror 一口口, 则表明数据处理电路与控制电路间的联系有故障。其中 (口口) 的字符与可能的故障, 对应有: (FA) 为数据噪声、(FB) 为检索溢出、(FC) 为存储溢出、(FD) 为病员有误、(FE) 为参数有误、(FF) 为指令异常, 等等。从手册中可详查, 故不一一列举。

2. 通电检查故障流程 见图 7-1-5。

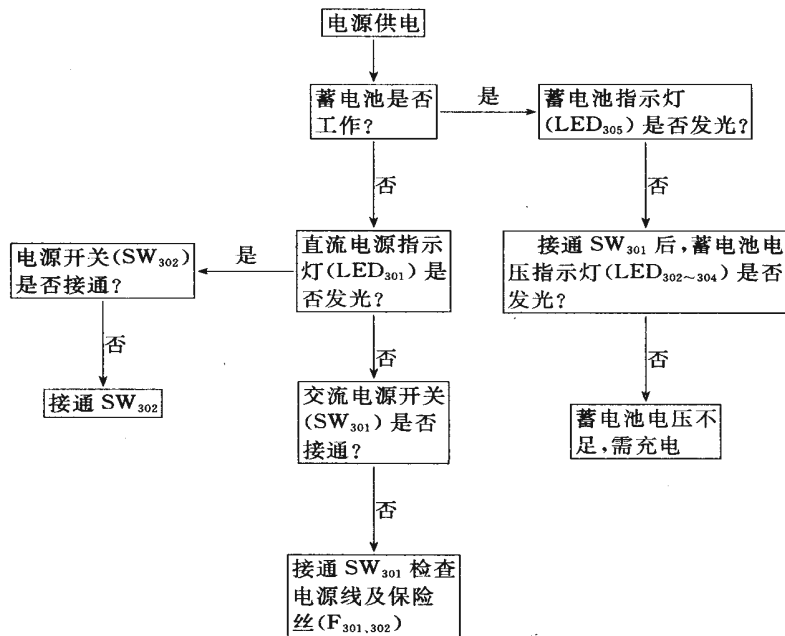


图 7-1-5 通电检查故障流程图

3. 无记录波形检查流程 见图 7-1-6。

五、国产心电图机的故障与维修

(一) 性能参数

以XDH系列为代表的几种型号国产心电图机应用较早。XDH-3型为全晶体管电路结构，而XDH-3B型机为晶体管—集成电路混合式电路结构，比3型增加了屏蔽驱动电路、威尔逊网络、位置反馈记录器和交直流两用电源供电等电路，其他部分基本相同。因都没有浮地措施，所以抗干扰性和安全性指标不高。

在掌握 ECG 系列心电图机电路原理的基础上，不难理解 XDH 系列机。为便于对比，这里仅以 XDH-3 型心电图机为例，作一简单介绍。

主要性能参数：

输入阻抗	10MΩ
定标电压	1mV (±5%)
灵敏度	5mm / mV, 10mm / mV, 20mm / mV
时间常数	>3. 2s
CMRR	>7500:1
噪声电平	≤15μV _{P-P}
记录速度	25mm / s, 50mm / s
非线性	≤10%

频率响应 80Hz (−3dB)
电源功耗 45W

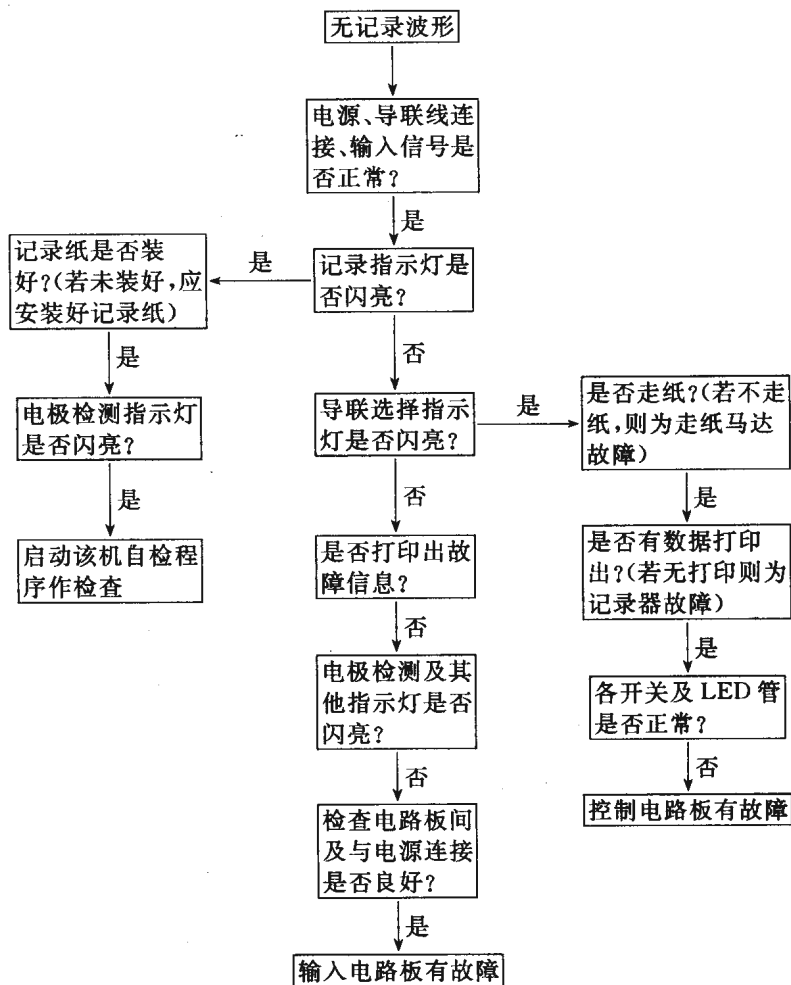


图 7-1-6 无记录波形时的检查流程图

(二) 原理简介

XDH-3 型心电图机由输入电路、前置放大电路、后级放大电路、记录器和电源电路等组成。参见该机型的原理方框图和电路原理图。

1. 输入电路 电极拾取的心电信号经由 R_{1-6} 、 N_{1-6} 、 BG_{1-4} 组成的除颤高压保护电路，到导联选择（五刀 11 掷）开关 K_1 ，其中一刀专供导联转换瞬间，启动继电器 J_1 ，封闭后级放大器以便连续描记。

2. 前置放大电路 由一对低噪声场效应管 BG_5 、 BG_6 和二对晶体管 BG_{7-10} 组成差分放大器， BG_{11-13} 组成共模负反馈电路，提高输入阻抗、减小失真。由 R_{20-27} 、 W_1 、 W_2 组成分压网络从机内电源电压 $\pm 10.5V$ 分出 $1mV$ 作定标信号电压，加到场效应管源极两端，该电路比较稳定可靠。其中 W_1 为 BG_{5-6} 的源极平衡电位器、 W_2 为 $1mV$ 定标电压调整电位器、

K₃ 为定标电压按钮。

3. 后级放大电路 由一对场效应管 BG_{14~15}、二对晶体管 BG_{16~19} 差分放大器组成, 心电图信号由一对共集电极电路 BG_{20~21} 直接耦合到 4 支功放管组成的 (BG_{22~25}) 桥式功率放大器, 记录器接在二桥臂的中点。由于采用深度负反馈对频率特性作一定补偿, 因此提高整机的稳定性能并改善频率响应。其中 W₃、W₄ 分别为 BG_{14~15} 漏极平衡电位器和漏极电压调整电位器, W₅ 为增益细调电位器、W₆ 为基线移位调节电位器、W₇ 为阻尼调整电位器。K₅ 为灵敏度控制开关。

4. 记录器 采用动圈式磁电记录器, 其线性和复位性能相对较好。K₂ 为记录控制开关, W₉ 为热笔温度调节电位器, K₅ 为走纸速度转换开关。

5. 电源电路 变压器 B 的次级由 D_{7~10} 作桥式整流, 经 C₂₂、BG_{26~29} 的滤波和稳压, 输出 21V 电压并经 R_{98~99} 分压为±10. 5V 供各级使用。W₈ 为输出电压调节电位器。

(三) 故障与维修

国产心电图机的故障与维修见表 7-1-7。

表 7-1-7 国产心电图机的故障与维修

故障现象	原因与维修
接通电源, 保险丝烧断, 心电图机内有烧焦味	心电图机内有对地短路故障才会有此现象。可能的部位有: 变压器 B 有因受热而短路点、电机绕组及引线对地短路、电容器(如 C _{17~18} 、C _{20~22})被击穿、输出电源电压线有对地短路处。 切断电源, 用万用表逐点检查, 发现短路点故障, 修复后再继续检查, 以防多处短路故障
接通电源, K ₂ 在记录位置, 记录笔移位小, 描记不出合格心电图	心电图信号增幅不够或记录器故障, 均可使移位不足。检查电源直流电压是否为±10. 5V、后级放大器供电是否标准。记录器线圈局部短路或与铁芯接触。 用万用表检查电压±10. 5V 及各级电压, 不足时可调整 W ₈ 、W ₄ 。检查记录器接线情况, 若发现需更换时, 需注意描笔更换后的压力调整及记录器的阻尼调整
接通电源、描笔发生单偏	差分放大器失去对称平衡, 或局部一侧短路、损坏、对称耦合电容器漏电或单侧击穿等均可发生描笔单偏。 应逐级检查各对称管有无损坏、短路, 电容器(C ₄ 、C ₅)和继电器(J)有无漏电
接通电源, 发现描记的心电图失真或不成比例	描记出的心电图线性差; 主要是前置放大器和后级放大器的工作点不对称所致, 另外电源所供工作电压若不标准也会影响差分放大器的线性。记录器故障描笔安放不牢等也会造成心电图失真。 用万用表检查电源和各级电压。排出记录器机械故障。如有更换晶体管, 应调整好工作点
接通电源, K ₂ 在各位置时均有程度不同的干扰, 封闭电路不起作用	严重干扰来自心电图机的外部和内部两方面。 仪器接地不良、电极安放不适或受检者身体原因(皮肤出汗、衣服潮湿或带静电等)或有高频电刀、大功率理疗机靠近, 导联电缆及插头座有断路或短路等均引入交流干扰。 仪器内部产生干扰主要有: 差分电路不对称、两侧电路不平衡、电源电压不准或不稳、滤波电容器漏电、整流桥路某一臂故障等。 临床应用中, 该机受交流干扰严重, 必耐心检查, 逐项消除

接通电源，作心电图记录，记录纸不动或纸速很低	转换开关 K_2 、 K_5 如接触不良或故障、电容器 C_{28} 、 C_{29} 断线或坏、走纸传动机构松动或锈死、记录器电机绕组短路或断线等均影响走纸正常。 用万用表检查接触或漏电，给传动机构适当加润滑油、调整紧固件

受篇幅所限，不能列举更多型号心电图机进行分析。作为心电图机的维护人员，多搜集各种心电图机的资料和原理图是有益的，可以互相补充，提高维修技术。

第七节 常见心电图机的维修

十一、心电图机的维修的方法

心电图机是一种比较精密的电子仪器，它的电路和机械部分都有严格的规定和性能标准，要求必须达到临床所需要的性能指标才能在临床上使用，是在生物医学工程中比较具有代表性的理论与实践。因此，在检修心电图机时，不能仅仅满足于修复或更换一些已损坏的元器件，更重要的是要使修复后的心电图机重新调整所有必须的参数，以达到规定的各项性能和指标要求，这样，才能交给临床使用。显然，这是一件十分细致且有一定难度的工作。不能粗心大意，否则不但不能将机器修复，反而损坏了机器原有的功能和特性，造成更大的故障，同时也影响了机器的正常使用寿命。对于医学工程技术人员来说必须掌握生物医学的理论，在实际工作中，有时我们将机器修好后，没有用心电图综合测试仪去检测应有的技术参数和性能指标，结果临床不能使用，说明机器没有完全修好，还存在故障。因此，重新修理后的机器必须进行严格检测。

（一）检修工作的基本要求

1. 阅读仪器技术资料

在检修机器之前，应该详细阅读仪器的说明书，要了解仪器的结构原理，尤其是电路原理图，并弄清各元器件的作用和位置，以及规定的性能指标。

阅读说明书时，应当与实物对照，了解机器面板、机壳、机底所设的各种旋钮、螺钉、电键、插座等与内部线路或机械部件之间的关系，并看懂其正确的使用方法。当打开机器的盖板或取出机体之后，还需要继续对照图纸，全面了解机器的整体结构、部分结构和各部分之间的相互关系，要做到心中有数，这时才可以开始进行检修；不要还没有弄清楚使用方法和仪器结构就动手先拆机器，要防止机器还没修好反而被拆坏了，再装起来也不容易了，这些一定要注意。

2. 检修机器时应注意的问题

在检修机器的工作中，应该注意下列几点：

（1）首先应该先了解仪器在发生故障以前的使用情况，和发生故障的经过，掌握这些资料和信息，对分析和找出故障原因有很大的帮助，可以少走许多弯路，缩短维修时间。如果需要修理的机器以前曾被修理过，那就必须先全面仔细查看一下已修过的地方，是否符合原图纸要求，有无变更。

（2）然后作直观检查，看仪器的外部特征和新旧程度，以有利于判断故障的性质、范

围和难易程度。一般来说，新的机器如果有故障，多数是由于使用不当而造成的人为故障，重点应在这些方面考虑；而旧机器多属于自然损坏或多次的维修没有完全解决的问题，有时维修中所更换的元器件不完全符合要求，元器件老化变质等。在直观检查时，先不要接通电源，以免不小心而短路，造成更大的故障。在仔细的直观检查中要重点看是否有元器件脱焊、烧焦、变形、线路断线、短路以及机械零部件的损伤、松脱等，这些都可以在直观的检查中发现。

(3) 对机器内部电路板上的电位器不要盲目随便地调动，因为这些电位器对各部分电路工作点包括：各静态工作点、动态平衡、静态平衡、阻尼、正负电源平衡、电源电压等。当没有确定是哪一部分问题时，就调整这些电位器，将使电路的性能发生变化，也可能造成一些技术指标下降，甚至停止工作，给维修带来许多困难和麻烦，此时必须重新从头开始检测各个工作点。

(4) 维修过程中，在每一次接通电源时，都应注意机器面板上的旋钮位置。一定要把记录开关置于“封闭”状态；灵敏度开关置于最小，并设置 10mm / 1mV 的标准位置；要将热笔调在中间位置，这样在检测各工作点时其数值就比较准确；要将导联选择器置于“0”位置，不要接入导联线，但要注意接好地线，以防触电或干扰，在故障没有完全排除时，不要接人体试验机器。

(5) 当接通电源后发现打火、冒烟或有烧焦的异常气味时，应立即切断电源，检查原因。如果在打开封闭开关时，热笔剧烈的上下摆动，必须立即将记录开关置于封闭位置，否则会将热笔打坏。

(6) 在检修时，要注意不能用金属工具随便乱碰电路或元器件；在检测各工作点时，要注意不要使电路短路；也不要没有弄清故障之前，就盲目的拆除各种元器件。

(7) 当热笔的动作不正常时，不要做记录，除浪费记录纸外，对维修也不会有多大指导作用；如需要测试可在观察位置上短时间测量。

(8) 在使用专用仪器检查电路时，应考虑一下该仪器对电路是否有损伤作用，如果有损伤作用，应设法避免损伤后再进行检测。

(9) 在检修机器时，不要随便更改原电路结构，也不要随便改变原使用的元器件型号和规格。如果确认某些器件已坏，需要更换还没有相同型号的器件，则需要代换，此时，一定要按原型号的参数去考虑，掌握相应的元器件技术参数是非常必要的。

(10) 目前，许多新型心电图机都采用 MOS 元器件比较多，这样，在拆卸过程中，要注意防止静电，必须采取防护措施，以防止元器件的损坏；有时元器件已经因静电而损坏还不知道。

(11) 对记录器和直流电机不要任意拆卸，如必须拆卸时，应注意防止失磁和错位，检修人员最好做一些记录，如位置、次序，在一些断开的导线上作记号等，这样，给维修会带来方便。对检测各工作点电压值和各种观测数据都应记录下来，以便与标准对照，也为以后检修时作为参考。

(二) 检修步骤和方法

1. 确定故障部位及发生原因

我们检修一台心电图机，目的就是要找到故障点。为此，必须先进行仔细的调查分析与

试验, 才能将故障范围逐渐由大变小, 直至故障彻底排除。

(1) 调查方法

调查仪器使用的现状和历史, 可用询问、查看、观察等方法来进行。首先询问使用人员仪器发生故障时的现象或在使用过程中的异常情况; 其次是查看仪器档案、使用记录以及发生故障时所记录的波形, 如果有以前的维修记录则更好; 再次是观察机器在没有接通电源的情况下, 热笔的机械零位是否在记录纸中心, 热笔固定是否可靠, 热笔压力是否合适(热笔正常压力为 3g); 然后再接通电源观察各部分的工作状态有无异常, 可以在此首先观察记录器工作情况, 看描笔位移是否达到 $\pm 20\text{mm}$, 检查线性是否良好噪声是否异常, 最大灵敏度是否能达到, 走纸机构动作和速度是否正常。此外, 还应注意机内有无异常声响和气味。

通过上述的调查工作之后, 维修人员便可以对故障范围作出一个初步判断, 再结合机器的电路原理图综合分析可得出产生这种故障的几种可能性, 然后, 在此基础上采取机器工作点测试和测量, 根据测试和测量的结果, 再进一步判断故障的关键所在。

(2) 检修试验程序

应先附件、电源后其他。由于附件的使用最频繁、最多, 也最容易发生故障, 与其他部分的部件是不同的, 如导联线, 往往是因其开路、短路或漏电, 造成心电图描记的干扰和失真。作为电源部分, 也是最容易发生故障的部分, 包括电源线、插头。所以, 应先检查附件和电源。

应先机外后机内。先检查机器面板各控制旋钮、开关是否工作正常。因为这些检查和修理比较简单, 也容易判断, 而且比较直观; 但是同样要熟悉电路原理, 有一定的维修经验才能达到迅速准确的作出判断。如果故障在这些机器的外部, 就不必再深入到内部去检查修理。比如, 热笔部分螺钉松动或被人为随便动过, 造成描记异常。只要打开盖板拧紧再加以调整就可以了。

还应先常见后特殊。在实际的维修工作中, 有很多故障是经常碰到的, 而且是重复出现的, 对这些经常发生的故障, 都有基本的维修方法和思路, 可以按照每一个步骤去修理、去考虑; 对于特殊的故障在电路分析上就要复杂一些, 考虑故障范围要大一些, 经过逐步测试和判断, 使故障范围缩小直至排除。

2. 常用的试验方法

当通过机外的检查和简单测试不能发现问题时, 就要打开机器进行全面的检查, 可利用仪表来测量电路的阻值、电压、电流和各工作点的波形, 并将所测到的数值与仪器正常时的数值相对照, 进行比较, 这样能有效地分析和判断故障所在。常用的仪表有万用表、真空管毫伏表和示波器等, 但至少要有万用表(500型)。

当仪器的故障比较严重又难以判断时, 需要进一步确定故障的部位, 在可能发生故障的范围内采用分割检查法, 判定故障发生在分割点的前面或是后面, 然后按分割点去检查, 从而缩小故障范围, 直到找出故障所在。常用的几种故障判断方法如下:

(1) 常采用的两种分割法

开路法: 把怀疑有故障的电路断开, 再接通电源观察是否出现同样的故障现象, 如果不再出现, 则可确定故障在被断开的部分, 如果还出现同样的故障现象, 则再作分割试验。比如, 心电图机有交流干扰需要修理, 就要断定交流干扰是从那一部分来的, 首先检查定标,

将导联开关置于“0”位置，此时如无干扰说明干扰来源于前级放大器，否则就在后面，再往下查找。

短路法：它与开路法的原理是相同的。其方法是用一根短导线将怀疑发生故障的部分连接起来，看故障是否重现来判断故障所在。短路法常用在差分放大器的平衡输入、输出端。例如当心电图机发生热笔单偏不受调时，可将放大器的两输出端短路，如热笔立即回到零位，说明故障不在功率放大器部分，而在功率放大器的前面。

(2) 代替法

代替法是用相同规格的元器件、部件来代替被怀疑部分的器件进行试验，如果故障不再出现，就可确定该怀疑的部分即为故障部分。这一方法虽然简单，但是必须在有备件的情况下才能做到。同时，即使备件丰富，也要在经过仔细分析研究后才能进行，否则，容易将元件和电路板损坏，如果反复更换元器件不仅不能排除故障，往往电路板多次焊接反而将电路板损坏，造成不必要的损失。

(3) 干扰追踪法

这种方法是判断放大器故障常用的一种方法。主要是利用螺丝刀从放大器的末级向前，逐级接触管子的基极（栅极）、集成元件的输入端，看热笔的摆动情况，来判断故障发生在哪一级。例如机器无定标，电源正常。则可用此法从后级开始，用工具逐级接触各级管子或集成器件的输入端，看描笔是否动作来判断故障所在。

(4) 故障人工重现法

在维修工作中，经常会碰到一些软故障，故障现象时好时坏，时有时无，对这种故障可以采用人工重现法来解决。因为这种故障是在一定的环境和条件下才发生，故必须人为地采取使其重现的方法，如加温、加压、降温、振动及用测试笔触动焊接点等方法来使故障重现，以便从中抓住故障现象，确定故障原因；采用这些人工重现的方法一定要适中，要掌握维修原则而不能乱用，以防故障扩大。

以上介绍的几种检修方法是在心电图机维修中较常用的方法。在实际工作中，有时利用一种方法就可以找出故障所在，解决问题。有时则需要同时使用几种方法，才能奏效。因此，必须根据实际情况灵活运用，从中选择最合适的方法来排除故障，但总是离不开一些实际经验，必须善于总结。

3.故障排除和修复

当仪器的故障部位确定后，具体排除和修理相对于查找故障要容易一些。对部件的损坏应尽量修复使用。如导联线，一般情况下是局部的损坏，对于塑封的插头和分线器需要由中间用刀片切开，经过修理即可解决。还有一些心电图机是动圈式记录器，因其长时间使用，造成盘香弹簧开焊；此时，只需重新仔细焊接就可恢复使用，不用更换新品。凡是不能修复的元器件，则一定要更换新品。如晶体管、集成电路元件、电容、电阻等，必须用同规格的元器件来更换，这些器件更换后还要重新测定各个工作点工作情况，必要时需调整。因为更换后的元器件可能会影响原来的技术参数，有时会遇到一些故障不用更换元器件，是属于电路板问题，包括（虚焊、漏焊、修理时的错焊）只要按电路原理图检查就可以发现。当故障排除完毕后，还必须进行修复后的校验工作，这是不可缺少的。当机器的所有参数都测试完毕后，符合技术标准也还要用模拟心电图发生器做一次校准，这样才能正式交给，临床使用。

（三）心电图机电路对元器件的要求

心电图机的各级电路在设计上对元器件都有一定的要求，在某些线路中应用的元器件还有特殊的要求，这是维修工作中必须注意的一个重要问题。

1. 对缓冲级元器件的要求

缓冲级是心电图机整机线路最前面的部分，其输入端需与人体连接，所以对元器件的要求十分的严格。

（1）对注入管子的电流要尽可能小，这是为了安全使用的需要。同时还要考虑到印刷板的漏电，可能会影响注入电流，因此这一级的器件的安装采用支架悬空连接。对管子的噪音要求在 $10\mu\text{V}$ 以下（使用晶体管特性图视仪测得）。对管子的 β 值一般常取 $100\sim 300$ 之间。

（2）对阻容的要求

缓冲级的阻容器件都是经过“老化”处理后配对挑选，因为缓冲级的增益由电阻反馈网络来决定，且各级缓冲放大器的输入阻抗与各级的输入电阻直接有关，如果阻、容不对称，将影响 CMRR。因此缓冲级的阻、容采用高精度、低噪声元件。

2. 对前置级元器件的要求

早期生产的心电图机，无缓冲放大级，前置级属于第一放大级，其输入部分直接与人体相连，此时对前置级的要求同缓冲级一样。近期生产的心电图机，均有缓冲放大级，前置级是放在缓冲级与导联选择网络后的放大级，此时对它的要求与缓冲级有所不同，即输入阻抗和对注入电流的要求可以降低一些。故目前常采用结型场效应管（J-FET 管）作为心电图机的前置级，一般常用 2SK34、2SK48 等。该管的 I_g 注入电流 VDG 不能超过 6V。选管时可参照图 6-70 所示的简易测量法作测试，其条件：温度 25°C 左右，湿度 50% 以下。

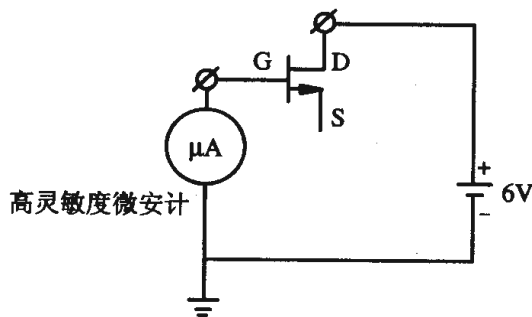


图 7-1-7 I_g 的简易测量法

3. 耦合电容及其后一级电路中元器件的要求

在耦合电路（RC）中电容 1. $5\mu\text{F}$ ，电阻 2. $2\text{M}\Omega$ ，这里的电容如果漏电，其漏电电压将影响心电图机的正常工作，可能产生基线漂移或移位等现象。所以对耦合电容应选用耐高压的聚脂涤纶电容，并经过严格挑选，可用万用表 $R \times 10\text{k}\Omega$ 电阻挡及相应的摇表来测其绝缘阻抗。对后一级所用的管子和 RC 电路耦合，要求是注入电流要小，输入阻抗高。

4. 对“浮地”电路的要求

采用“浮地”电路的心电图机，要求“浮地”部分的阻容与接地部分应小于 100pF，此时的阻抗主要为容抗。因为一般隔离变压器、光电耦合器件的绝缘电阻可以做得很高，在大于 1000M Ω 以上，所以关键是隔离变压器和光电耦合隔离器件的绝缘容抗。如是采用 1 匝变压器及性能良好的光电耦合器件，其绝缘阻抗可以达到微微法。因此，在更换和安装“浮地”部分的控制元器件时，一定要注意原有的绝缘措施。

第二章 国内外心电图机

第一节 日本光电公司心电图机故障实例

一、ECG-5151 型心电图机故障检修 26 例

故障例 1: 记录单元放大电路故障

故障现象: 接通电源后记录笔单偏, 基线调节钮不起作用。将 DC / OFF / ECG 开关 (在机器侧面) 拨至 OFF 位置, 故障仍旧。

分析与检修: 首先对记录器进行直观检查, 笔电机是否转动灵活, 电机线圈与外壳是否有摩擦或短路现象 (可用万用表测笔电机线圈任一端与外壳之间是否有短路)。然后检查位置反馈传感器线圈是否断线。如果笔电机良好, 位置反馈传感器也无断线, 则故障在记录单元放大电路。

用示波器或数字电压表检查限幅放大器 IC₃₀₄ 第①脚的输出是否正常。正常情况下当调节基线调节钮时, IC₃₀₄ 第①脚输出电压应在 $\pm 8V$ 之间变化。如果基线调节钮不起作用, IC₃₀₄ 第①脚输出一个固定的直流电压, 除非基线调节电位器损坏或 $\pm 8V$ 电压不正常, 那么就是 IC₃₀₄ (1 / 2) 已发生故障。如果 IC₃₀₄ 第①脚输出情况正常, 则应进一步对后面电路进行检查。

记录单元放大电路由比较放大器 (IC₃₀₄ 后 1 / 2)、驱动电路 (Q₃₂~Q₃₀₅ 和 Q₃₀₆~Q₃₀₉)、记录器和位置反馈放大电路 (其中包括检波器 IC₃₀₅、角位移放大器 IC₃₀₂ 和角速度放大器 IC₃₀₂) 等组成。上述电路中的任何部分发生故障, 都可造成本例的故障现象。

用示波器检查 TP₄ 有无频率为 10kHz、峰—峰值为 5V 的交流电压信号。有, 说明由 Q₃₀₁ 组成的振荡电路和放大器 IC₃₀₁ 工作是正常的; 没有, 可进一步检查 C₃₀₁ 的发射极有无 10kHz、峰—峰值为 3V 的正弦信号电压。有, 说明 Q₃₀₁ 损坏; 没有, 说明 Q₃₀₁ 组成的振荡电路中有故障。如果上述检查情况正常, 再用示波器检查 TP₅ 有无频率为 10kHz、峰—峰值 100mV 位置反馈检测电压。有说明位置反馈检波器 IC₃₀₅ 和角位移放大器 IC₃₀₂ 工作正常, 如果 TP₅ 为一个直流电压, 说明 IC₃₀₅ 或 IC₃₀₂ 有故障。

接着用示波器检查 IC₃₀₃ 的第⑥脚输出是否正常, 正常情况下应有 10kHz、峰—峰值为 1V 的交流信号电压。如果第⑥脚输出直流电压, 说明 IC₃₀₃ 损坏。如果有上述交流电压, 则要进一步对 IC₃₀₄ 的后 1 / 2 进行信号跟踪检查, 正常情况下, 当记录笔在中心位置时 (检查时可用于将记录笔拨至中心位置), IC₃₀₄ 第⑦脚应输出一个 10kHz、峰—峰值为 0.7V 的交流电压信号。

如果这里输出不正常, 而是较大的电压 (不论是正是负), 都说明 IC₃₀₄ 后 1 / 2 发生故障。如果 IC₃₀₄ 第⑦脚输出正常, 那么故障发生在驱动电路的激励放大电路 Q₃₀₂~Q₃₀₅ 或功放管 Q₃₀₆~Q₃₀₉ 上。

一般说来,由于激励极晶体管 $Q_{302} \sim Q_{305}$ 工作在小电流、小功耗状态,所以较少发生故障,而功放晶体管 $Q_{306} \sim Q_{309}$ 要为笔电机提供偏转电流,处于大电流、大功耗工作状态,所以发生故障的几率大。检查功放晶体管,更换新管后,故障即可排除。

故障例 2: 记录笔单偏

故障现象: 记录开关处于 STOP 位置,导联选择开关处于 0 位,调基线电位器记录笔仍偏向一侧。

分析与检修: 为了区分记录笔单偏是放大系统还是位置反馈系统引起,先断开负反馈电阻 R_{98} 即集成电路 YS_4 (型号 FC-54B) 的反相输入端①脚,移动基线调节电位器 W_4 ,则 YS_4 的①脚电位应有正负变化, YS_4 输出端⑥脚也应有正负变化。如果放大系统没有故障,由于断开了反馈系统,记录笔将大幅度上下移动,这样,故障就出在位置反馈系统。如果记录笔仍单偏不动,故障就出在阻容耦合电路电容 C_{10} (2F) 以后的放大系统,因 C_{10} 以前的前置放大电路直流成分无法耦合通过。

对位置反馈系统引起的故障,先强行将记录笔拨到零位,测记录笔调零电位器 W_{11} 中心端电位,由于静态,约等于 0V,是位置反馈放大器故障,可能是 R_{96} 、 C_{23} 、集成电路 YS_5 或外围电路故障引起。如果中心端电位远离 0V,则可能是位置传感器一组线圈断路,整流滤波电路 BG_{39} 、 BG_{40} 坏掉一组,可分别检查。

对耦合电容 C_{10} 后引起的故障,以集成电路 YS_2 为分界线,判断故障是后级放大引起,还是限幅放大器、功率放大器引起。测 YS_2 的输出端⑥脚静态电位,如果远离 0V,是后级放大器故障。断开负反馈电阻 R_{15} ,测场效应管 BG_{28} 、 BG_{29} 的漏极电位,如果远离 0V,是 BG_{28} 、 BG_{29} (型号 2SK48) 坏,如果是 0V,是 YS_2 、 R_{74} 、 C_{18} 损坏。

若 YS_2 的输出端⑥脚静态电位等于 0V,进而测限幅放大器 YS_3 的输出⑥脚的静态电位,调节基线电位器 W_4 ,如果输出电压为某一定值,是限幅放大器故障。分别检查 R_{81} 、 C_{19} 、 YS_3 ,如果输出电压有正负变化,是功放电路故障,分别检查 R_{86} 、 C_{20} 、 YS_4 、 $BG_{31} \sim BG_{34}$,直到修复。需要说明的是,检查单偏故障之前,应先确认稳压电源正常。

故障例 3: 记录笔驱动电路功放管损坏

故障现象: 心电图机在工作时(观察和走纸)记录笔偏向一侧,不受基线移位电位器的调整。

分析与检修: 该机的记录笔驱动电路是推挽功率输出,由 Q_{306} 、 Q_{307} 、 Q_{308} 、 Q_{309} 两对参数配对的晶体三极管组成。功放的输入级在输入正、负信号时,电流分别流经 Q_{306} 、 Q_{308} 和 Q_{307} 、 Q_{309} 两个通道,使记录笔向两个不同方向偏移。记录笔偏向一侧说明有一电流通道发生故障,检查中确认是 Q_{307} 管子的 b、e 结烧坏。该管型号为 2SD355D,硅管,功率 800mW,频率 100Hz。在没有 2SD355D 管的情况下,对同型号运转正常的机器进行实际测量,发现该管在工作时,最大电流不超过 500mA。于是根据实测值应急选择了一对国产 3DK4C 管来代替原 Q_{307} 、 Q_{308} 配对管。3DK4C 管的主要参数是: ICM800mA、PCM700mW (不加散热片), $f_T \geq 100\text{MHz}$ 。该机采用了国产晶体管应急修理后,至今已使用 8 年,工作正常。

故障例 4: 记录单元电路中集成放大器 IC_{301} 损坏

故障现象: 接通电源后记录笔单偏,基线调节钮不起作用。将 DC / OFF / ECG 开关(在

机器侧面)拨至 OFF 位置,故障仍旧。而且用手拨动记录笔时,记录笔的力矩很小。当调节基线钮时,记录笔可调到中心位置,稍微调过一些,记录笔又偏向另一边。

分析与检修:该故障一般发生在记录单元电路中的位置反馈信号产生电路,即由 Q_{301} 等组成的振荡器和放大器 IC_{301} 上。

由 Q_{301} 组成的振荡器产生一个 10kHz 的交流电压信号,再经 IC_{301} 放大后送到位置反馈传感器的原边线圈上。当记录笔在心电信号电压的作用下发生偏转时,就在位置反馈传感器的副边线圈上感应到的一个与上述频率相同的交流电压信号,这个感应电压正比于记录笔的偏转角度,然后经 IC_{305} 检波得到一个正比于角位移的直流电压。这个直流电压经角位移放大器 IC_{302} 放大后送到 IC_{304} 第⑥脚输入端,与第⑤脚输入的心电信号电压进行比较,两者大小相同时,记录笔偏转到一定角度不再偏转;如果位置反馈信号产生电路发生故障,位置反馈便失去作用, IC_{304} 的第⑥脚得不到角位移电压信号,只有第⑤脚尚有心电信号电压输入,经放大后再经驱动级为笔电机提供驱动电流。由于没有反馈电压,从而使记录笔失去回零力矩,因此当记录笔发生单偏时只要用手拨动一下记录笔,如果发现记录笔无力,即可判定故障发生在位置反馈信号产生电路。用示波器检查 TP_4 无 10kHz、峰—峰值为 5V 的交流电压信号,说明 IC_{301} 已损坏,更换 IC_{301} 后,仪器修复。

故障例 5: 10kHz 振荡器中振荡电感线圈 L_{301} 局部短路

故障现象:接通电源后记录笔有时单偏,有时正常。定标时,记录波形幅度一会儿变大,一会儿变小,有时产生振荡式大幅度变化。

分析与检修:这种故障一般发生在主放大电路的位置反馈电路内。经检波器 IC_{305} 检波并经过 IC_{302} 放大后的位置反馈电压是使记录笔产生回零力矩的反馈信号,当这个反馈信号不稳定时,必然会影响到记录笔的偏转幅度,即改变了整机的灵敏度。

用示波器检测发现, Q_{341} 发射极输出的振荡电压不稳定。有时波形幅度变大,有时波形幅度变小,当波形幅度变小时,正弦波形严重失真变形,有时甚至停振。用手拨动电感线圈 L_{301} 时,上述现象更严重。从而判定 L_{301} 电感线圈有局部短路。更换 L_{301} 后,故障排除。

故障例 6: AC-512D 放大单元集成放大器 IC_{202} 损坏

故障现象:接通电源后,记录笔产生单偏。

分析与检修:检查 TP_2 的电压,正常状态下,在无信号输入时,应为 0V;毫伏定标时,应为 60mV。

用示波器或电压表测 TP_2 电压,在无信号时不为零,而是一个较高的直流电压(无论是正或是负),说明 IC_{202} 发生故障。更换 IC_{202} ,故障排除。

故障例 7: AC-512D 放大单元光电耦合放大电路故障

故障现象:接通电源后,记录表产生单偏。

分析与检修:检查 TP_2 电压,在无信号输入和定标时均正常。接着检查 IC_{203} 的第⑥脚输出是否正常。正常情况下,在无信号输入时, IC_{203} 第⑥脚输出约为 1.4V,定标时第⑤脚输出电平有微弱降低,如果此处电平不为 1.4V,而是一个高于或低于 1.4V 很多的直流电平,而且在定标时电平又不变化,则说明 IC_{203} 发生故障。更换 IC_{203} ,故障即可排除。

如前面的检查都正常,则应检查 Q_{207} 的供电电压是否正常。正常时 Q_{207} 的集电极电压

应为 4V 如果无+4V 电压,说明+4V 供电电路发生故障。如果+4V 电压正常,应进一步检查 TP₃ 的输出情况。

应当注意,检测 TP₃ 时的接地点与检查 TP₁ 和 TP₂ 的接地点是不同的,前面是接浮地,后面是接电源地即接机壳地,也可接基板上的电压 0V 接点。

TP₃ 的输出电平在无信号时应为 0V,如果不为 0V,调整 R₃₀₄ 应起作用,并可调到零。毫伏定标时 TP₃ 的电压为+30mV,如果无信号时 TP₃ 输出不为 0V,而是一个较大的直流电平,并且调 R₃₀₄ 不起作用,说明 IC₃₀₁ 或者光电耦合器 PHC₂₀₁ 发生故障。一般说来,光电耦合器发生故障时,发光二极管损坏的情况较多。发光二极管与普通二极管检查方法大致相同,可用万用表检查其正反向电阻,如正反向电阻都很小(导通),或都很大(断路),说明光电耦合器已损坏;如果光电耦合器良好,则故障在 IC₃₀₁ 上。

如果 TP₃ 输出正常,再检查 TP₄。TP₄ 在正常情况下无信号时,输出为 0V;毫伏定标时,输出为 0.5V。如果输出不正常,则故障发生在 IC₃₀₂ 上。更换 IC₃₀₂,故障即可排除。

故障例 8: 毫伏定标按键损坏

故障现象: 开机后,按 1mV 定标按键无定标信号,但能描记出心电波形。

分析与检修: 根据故障现象判断,故障发生在由 Q₂₁₂、D₂₀₆、D₂₀₇ 光电耦合器 PHC₂₀₂ 和 Q₃₀₄ 组成的定标信号发生电路中。当按下 1mV 定标按键时,Q₃₀₄ 的基极因得到偏置电压而导通、从而驱动光电耦合器 PHC₂₀₂ 工作,使光电耦合器的次级光敏三极管感应到发光二极管的发光而导通,继而使 Q₂₁₂ 也导通,这样在二极管 D₂₀₆、D₂₀₇ 上得到一个约为 7.5V 的电压,经可调电阻 R₂₄₃ 及分压电阻 R₂₁₀ 和 R₂₀₉ 分压后送往 Q₂₀₃ 实现 1mV 定标。因此,在正常情况下,Q₃₀₄ 的集电极约为 0V、PHC₂₀₂ 的次级光敏三极管的集电极约为 0V,Q₂₁₂ 的集电极约为 9V。检修中,用万用表检测到 Q₂₁₂、PHC₂₀₂、Q₃₀₄ 的集电极均与正常值不相符,分析可能是 Q₃₀₄ 基极未得到正确偏置所致,再次检测 Q₃₀₄ 基极电压为 0V,R₂₃₈ 与定标开关相联处为 0V,测试结果与分析一致,判断可能是 1mV 定标按键 AKC₃ (S₂₀₁) 损坏。更换新的 1mV 定标按键后,重新开机,按 1mV 定标按键,有定标信号,仪器恢复正常。

故障例 9: 毫伏定标控制电路故障

故障现象: 在记录心电信号时正常,但无毫伏定标信号,按定标开关不起作用。

分析与检修: 故障发生在 1mV 定标控制电路中。

毫伏定标过程是:当按下 1mV 定标开关时,Q₃₀₄ 基极通过 R₃₂₈ 和定标开关接点接到电源正极,Q₃₀₄ 因基极得到正偏压而导通,Q₃₀₄ 导通驱动光耦合器 PHC₂₀₂ 工作,光电耦合器次级光敏三极管导通,Q₂₁₂ 也因此而导通。+9V 的浮地电压通过 Q₂₁₂ 和电阻 R₂₄₂ 为稳压二极管 D₂₀₇ 提供工作电流,在稳压二极管 D₂₀₇ 上端得到 7.4V 稳定电压。这个稳定电压再通过 R₂₄₃、R₂₁₀、R₂₀₉ 的分压送到输入差分放大器,提供标准毫伏电压。

首先检查一下毫伏定标开关,开关良好。然后用示波器或万用表逐级检查 Q₃₀₄、光电耦合器 PHC₂₀₂、Q₂₁₂、稳压二极管 D₂₀₇、D₂₀₆ 等元件的输出电压。正常情况下,按下毫伏定标开关,Q₃₀₄ 集电极应近似 0V。光电耦合器 PHC₂₀₂ 的光敏三极管集电极也应近似 0V。Q₂₁₂ 集电极应为+9V,D₂₀₇ 上端应为+7.4V。当按下 1mV 开关时,Q₃₀₄ 集电极电压不为 0V 而为一个高电平,可能是 Q₃₀₄ 或光电耦合器 PHC₂₀₂ 的发光二极管发生了故障。如果 Q₃₀₄ 集

电极输出情况正常，而 PHC₂₀₂ 的输出端（光敏三极管的集电极）不为 0V，则说明光电耦合器中的光敏三极管损坏。更换损坏的器件，故障排除。

故障例 10：差分放大器故障

故障现象：接通电源后，记录笔情况正常，基线移位钮调节正常，但不能观察和记录心电信号，也无毫伏定标信号。

分析与检修：此故障一般发生在 AC-512D 单元电路的差分放大电路中。为进一步证实、可将记录 / 观察 / 停止工作方式转换开关选在观察工作状态而后接通电源，这时记录笔产生大幅度偏转，经过约 3s，记录笔又逐渐回到中心位置。这是因为，由于差分放大器发生了故障，IC₂₀₀ 输出一个直流电压，由于 IC₂₀₀ 后面接着时间常数电容 C₂₀₆，在刚接通电源的瞬间，IC₂₀₁ 输出的直流电压对 C₂₀₆ 进行充电。由于电容电压不能突变，因此，这个直流电压就通过电容 C₂₀₆ 全部加到后级放大器。由于机器置于观察工作状态，这个电压经后级放大后使记录笔大幅度偏移。随着时间的延长，电容 C₂₀₆ 充电完毕，IC₂₀₁ 输出的直流电压全部降落在 C₂₀₆ 上，IC₂₀₁ 第⑧脚输入电压为 0V，所以记录笔又恢复到原来的中心位置。

差分放大器主要由场效应差分对管 Q₂₀₁ 和 IC₂₀₁ 组成，只要采用代换法，用同类型的新元件代替，即可排除故障。

故障例 11：左脚信号输入通路故障

故障现象：接通电源，在记录心电信号时，只有第 I 导联有信号，其他各导联均无心电信号，毫伏定标功能正常。

分析与检修：本例故障只会发生在信号输入电路中的左脚信号输入通路上，其中包括左脚电极、导联线、输入平衡电阻、缓冲放大器、平衡电阻、导联选择开关等。这条通路上任何一部分有故障，使信号不能通过，都会造成上述故障现象。

第 I 导联描记的是人体左右手之间的心电信号，第 I 导联信号正常，说明左手和右手这两条信号输入通路没有故障，故障出在左脚信号输入通道上。第 II 导联是右手左脚之间的心电信号，第 III 导联是左手左脚获取的心电信号。当左脚信号输入通路因故障被阻断，就不可能记录第 II、第 III 导联的心电信号。同时，由于左脚信号通路发生故障，使威尔森网络失衡，破坏了获取其他各种导联信号的基本条件，使得其他各导联均无心电信号。

对本例故障，只需对信号输入电路中的左脚信号输入通路各个环节逐一排查，即可将故障排除。实际情形多数是左脚导联线断线引起的。

故障例 12：走纸控制电路故障（不走纸）

故障现象：开启电源，启动记录开关后，走纸电机不工作。

分析与检修：首先对走纸电机的机械传动机构进行检查。看传动齿轮是否啮合不良；齿轮有无损坏（特别是与主齿轮啮合的从动轮不是用金属材料制成的，而是尼龙材料制成，比较易于损坏）；传动机构是否有异物卡住。经检查机械传动机构正常，因此判定故障出在走纸控制电路中。

对走纸控制电路进行检查，先检查 TP₇ 是否输出走纸驱动脉冲。

正常情况下，在走纸速度选为 25mm / s 时，TP₇ 有频率为 200Hz、峰—峰值为 1.8V 的脉冲信号；走纸速度选在 50mm / s 时，TP₇ 有频率为 400Hz、峰—峰值为 1.8V 的脉冲信

号。

如果 TP₇ 上没有上述脉冲输出, 检查走纸转换开关是否损坏?Q₄₁₀ 集电极与发射极间是否击穿短路?如这两个原件无故障, 则是 IC₄₀₄ 损坏。

如果 TP₇ 有正常脉冲输出, 则进一步检查 IC₄₀₄ 第⑩脚输出电压是否正常。正常情况下, 纸速选在 25mm / s 时, 这里的输出电压应为+1V; 纸速选在 50mm / s 时, 输出电压应为 +2. 4V。如果此处无电压输出, 则说明 IC₄₀₄ 有故障。如果有正常电压输出, 则进一步检查 Q₄₁₂ 的集电极输出电压是否正常。Q₄₁₂ 集电极输出电压的正常值是: 纸速为 25mm / s 时, 电压为 2V; 纸速为 50mm / s 时, 应为 4V。如果这里电压很高, 而走纸电机仍不工作, 可能是电机转子线圈断线, 或电机转子线圈接线板与记录单元电路板接触不良。如果此处电压很低, 可能是 Q₄₁₂ 有故障。

最后, 将异常的元器件更换, 即可排除故障。

故障例 13: 走纸速度过快

故障现象: 接通电源启动 START 后, 走纸速度很快, 转换纸速选择开关不起作用。

分析与检修: 这种故障的原因一般是发生在电机转速反馈回路, 电机转速传感器损坏或因电路板之间的接触不良而使电机转速传感器的反馈电路有中断的地方。因为在无电机转速检测信号反馈到 IC₄₀₄ 的情况下, 电机驱动脉冲不能与反馈信号进行比较, IC₄₀₄ 的⑩脚输出的电压很高, 因此使电机转速失控。只要用万用表检查电机转速传感器线圈是否断线、电路板上的接插部分有无接触不良, 故障即可排除。

故障例 14: 走纸速度不能转换

故障现象: 在启动 START 后, 只能以 25mm / s 或 50mm / s 的一种速度走纸, 转换走纸速度选择开关不起作用。

分析与检修: 本例故障原因较简单, 只是因为纸速转换开关不良或电路板接插处接触不良而引起的。只要用万用表对开关和连线进行检查, 很快可找到故障点。

故障例 15: 工作方式转换正常, 在停止和观察方式时走纸不停

故障现象: 接通电源后, 当工作方式转换开关置于 STOP 或 CHECK 位, 即在没有启动记录的情况下就走纸。

分析与检修: 本例故障是由于工作方式转换开关接触不良或电路板间的接插部分接触不良而引起的。

当工作方式在 STOP 或 CHECK 位时, IC₄₀₄ 第⑨脚通过工作方式转换开关的接点对地短路, 使 IC₄₀₄ 振荡电路停止振荡, IC₄₀₄ 第⑩脚不会输出电机驱动电压, 走纸电机不工作。当工作方式开关转换到 START 时, IC₄₀₄ 第⑨脚从接地状态变为对地开路, 这时 IC₄₀₄ 开始正常工作, 为电机驱动晶体管提供驱动电压, 走纸电机工作, 开始走纸记录。

当工作转换开关接触不良或电路板接插部分接触不良时, 就会在停止或观察方式时使 IC₄₀₄ 第⑨脚不能接地, 造成误走纸的故障情况。此时对工作方式转换开关进行清洁处理, 或更换新的开关, 并使电路板接插件接触良好, 故障即可排除。

故障例 16: 笔温控制电路电容器 C₄₁₅ 损坏

故障现象: 工作方式选择开关置于记录位时, 记录笔不热, 调节笔温调整旋钮不起作用。

分析与检修: 当出现记录笔不热的故障时, 首先检查记录笔并未发现烧断, 因此, 判断是由笔温控制器 Q₄₀₇、Q₄₀₈、Q₄₀₉ 和脉冲放大器 Q₄₀₄、Q₄₀₅、Q₄₀₆ 组成的笔温控制电路有故障。从原理图上可知道, 笔温控制是一个中心振荡频率为 1.6kHz 的多谐振荡器, 脉冲放大器是一个 Q₄₀₄ 和 Q₄₀₅ 组成的复合驱动电路, 它的启动是由 Q₄₀₆ 的截止与导通来决定的。当方式选择开关置于记录位时, Q₄₀₆ 因下偏置电阻 R₄₂₀ 通过方式选择开关接地, 而截止, 从而使振荡器输出的加热脉冲经 Q₄₀₅、Q₄₀₄ 放大后为记录笔提供加热电流。根据上述分析, 先用万用表检查 Q₄₀₆ 基极电位近似 0V, 属正常。尔后, 用示波器分别观察 Q₄₀₄、Q₄₀₅、Q₄₀₆ 的集电极, 均无脉冲波形, 再用万用表检查 Q₄₀₈ 集电极电位, 发现始终为低电位, 故说明多谐振荡器停振。继续检查振荡器中各元器件, 发现 C₄₁₅ 已变质。更换一只同一型号的电容, 重新开启仪器, 记录笔便能描记出清晰的心电波, 仪器恢复正常。

故障例 17: 记录笔不热, 调笔温控制钮不起作用

故障现象: 记录笔不热, 调笔温控制钮不起作用。

分析与检修: 记录笔加热是采用脉冲供电方式进行控制的, 由 Q₄₀₇、Q₄₀₈ 等组成自激多谐振荡器由 Q₄₀₉ 为 Q₄₀₈ 基极提供正向偏置电流。调整温度控制电位器, 就能调整 Q₄₀₉ 的导通程度。也就等于改变了 Q₄₀₈ 的基极偏置电阻的阻值大小, 使振荡周期发生变化, 从而改变了加热脉冲频率, 也就改变了记录笔的温度。

当出现记录笔不热故障时, 首先用示波器检查记录笔插座的两个接线插座是否有加热脉冲电压输出。检查时, 可拔下记录笔接线插头, 在记录笔插座上接一个 2k 左右的电阻。如果有脉冲电压输出而记录笔不热, 说明记录笔的加热电阻丝已烧断, 也可用万用表检测记录笔的阻值, 如果断路, 说明记录笔已烧坏。如果没有加热脉冲电压输出, 则应进一步检查 Q₄₀₆ 是否经常处于导通状态, 如处于导通状态, 记录笔就不会被加热。加热电路的启动是由 Q₄₀₆ 的截止与导通来决定的。当 Q₄₀₆ 截止时, Q₄₀₇、Q₄₀₈ 组成的自激多谐振荡器的振荡脉冲才可以加到 Q₄₀₅ 的基极进行放大, 然后驱动 Q₄₀₄, 为记录笔提供加热脉冲电流。而在 Q₄₀₆ 导通时, 振荡脉冲经 Q₄₀₆ 对地短路, 这时记录笔就得不到加热脉冲电流。Q₄₀₆ 的导通与截止是由工作方式选择开关控制的: 在 STOP 方式时, Q₄₀₆ 的下偏电阻处于悬空状态, 此时 Q₄₀₅ 导通, 使记录笔得不到加热电流; 当在 CHECK 和 START 工作状态时, Q₄₀₆ 下偏电阻通过工作方式选择开关接地, 使 Q₄₀₆ 基极分压很小, Q₄₀₆ 截止, 振荡器输出的加热脉冲经过 Q₄₀₅ 和 Q₄₀₄ 放大后, 为记录笔提供加热电流。如果工作方式选择开关接触不良, Q₄₀₆ 的下偏电阻在 CHECK 和 START 工作方式时就不能良好接地, 因而 Q₄₀₆ 始终处于导通状态, 从而使得记录笔不能加热。电路板上的接插处接触不良, 也能造成记录笔不能加热。

另一种情况是由于自激多谐振荡器停止振荡, 如果在 CHECK 和 START 方式时, Q₄₀₇ 始终处于截止或导通状态, 就说明自激多谐振荡器发生故障。如 Q₄₀₇ 始终处于截止状态, 那么记录笔就不能得到加热脉冲电流。如果 Q₄₀₇ 始终为导通状态, 则有可能烧毁记录笔。自激多谐振荡器停振, 很可能是耦合电容 C₄₁₅、C₄₁₄ 有故障, 当这两个电解电容因老化失效时, 即可使电路停振。

故障例 18: 记录笔烧毁

故障现象: 记录笔不能描记出任何痕迹, 用手接近记录笔无温感。

分析与检修: 记录笔开路损坏的情况有两种: 一种是无论工作方式选择开关置于什么状态, 当接通电源开关时, 记录笔就被烧红, 因过热而损坏。其原因是由于 Q_{404} 或 Q_{405} 发射极与集电极击穿短路使记录笔处于直流大电流工作状态而烧毁。

另一种情况是开启电源后, 将工作方式选择开关置于观察或记录时, 记录笔就热到烧红状态, 这种情况一般是由于自激多谐振荡器停振, Q_{407} 因击穿损坏而经常处于导通状态, 使得 Q_{404} 处于常导通状态给记录笔加上了直流电压, 时间稍长就会使记录笔烧毁。

Q_{409} 的作用是控制自激多谐振荡器的振荡频率。当调整 R_{503} 时, 即可改变 Q_{409} 的导通程度, 从而改变振荡频率。当 Q_{409} 处于常截止状态, 会使振荡器停振, 使 Q_{407} 处于常导通状态。+12V 直流电压加在记录笔的加热丝上, 把记录笔烧毁。 R_{503} 是记录笔温度调整电位器 (在机器的右侧)。当电位器损坏断路或电路板的接插部分接触不良时, Q_{409} 就会因得不到偏置电压而截止, 也会造成记录笔过热烧毁。

故障例 19: 电源开关接触不良

故障现象: 插上电源开机后, 记录笔上下满幅直打, 此时工作方式开关处在 STOP 状态。要等开机数分钟后才能稳定工作, 这样很容易把记录笔打坏。

分析与检修: 根据故障现象判断, 此故障点应在封闭控制电路之后或在电源部分。本着先易后难的原则, 先用万用表直流电压档查+12V 主电源, 为防止记录笔损坏, 在短时间开机的情况下, 发现电压抖动比较大, 电源变压器次级交流 18V 输出, 也是这种情况。变压器初级交流 220V 输入抖动更大, 因变压器之前无其他元件, 怀疑是电源开关接触不良。关掉电源并拔去电源线后, 测开关两组触点, 其中一组接触不良, 由于无此开关, 将其短路后机器恢复正常。

故障例 20: 记录笔调不到中心位置

故障现象: 开机调记录笔, 发现记录笔只能在图纸的上半部范围内移动, 把笔往反方向 (下半部) 调整, 记录笔跳至另一边 (记录纸下半部), 又只能在下半部范围内移动, 无法调至中心点。

分析与检修: 记录笔在单边 (上部或下部) 都有定标信号, 调增益键, 有幅度变化, 怀疑故障在功率放大级和零位调整电位器。测量功放各点电压均在正常范围内, 用信号注入法检查, 也未发现故障。检查零位调整电位器也都正常, 认为电路部分基本正常。最后检查记录器时, 用手轻轻拨动记录笔, 发现记录笔每次上下转动到中心点时, 都能感觉到沉重感, 移动不灵活。细致观察, 发现记录笔轴与记录笔尾端的间隔太小, 当记录笔移到中心点时相互顶挤, 影响了记录笔上下灵活转动。

取下记录笔, 用什锦锉锉去记录笔尾端约 0.5mm, 使记录笔能够灵活地通过中心点, 故障排除。

故障例 21: 振荡电路电容器 C_{211} 损坏

故障现象: 机器使用数十分钟后, 转动导联开关 (换档位) 就出现无心电信号, 如果关

机重开（不动导联开关）或者开动走纸，又恢复正常，再转换一档导联开关又重复上述现象。有时机器使用多日，又不出现故障。

分析与检修：从故障现象看，是因转换导联开关，才出现的无心电信号，先怀疑是导联开关有故障，反复检查导联开关未发现故障。随后根据故障出现在机器使用数十分钟以后，只要关机再开或开动走纸，故障又能消失（这两者的共同点是触动了电压），认为是机内某一电路产生振荡，出现故障，触动电压后振荡停止，故障消失，再转换导联开关则起振出现故障，应检查与导联开关直接相连的电路。重点检查封闭控制电路，对 Q_{209} 、 Q_{210} 、 Q_{211} 、 D_{205} 、 D_{204} 进行检查均未找出故障。对封闭控制电路进行仔细的分析： Q_{211} 是一个反相器，振荡由 Q_{209} 组成，当转换导联开关时电路产生振荡而使饱和导通，封闭放大电路，导联开关定位延时 0.2s 停振，即 Q_{205} 、 Q_{206} 截止，打开放大电路。该电路如果产生自激振荡，就有可能长时间锁闭放大电路，出现无心电信号现象。 C_{211} 的作用就是防止、消除自激振荡，如果 C_{211} 失效或由于温升引起失效，振荡电路就可能产生自激，出现上述故障现象。根据这个分析结果，更换一只 C_{211} 后故障排除。

故障例 22：工作方式选择开关触点严重氧化

故障现象：记录笔不热。

分析与排除：根据故障现象判断，故障部位一是在记录笔，二是在笔温控制电路。经过两机调换记录笔试验，记录笔正常，因此故障在笔温控制电路。

依据笔温控制电路分析，首先检查 9V 和 12V 电源电压，经检测正常。于是检测 Q_{408} 基极电压为 0.7V， Q_{407} 基极电压约为 0.3V。判定记录笔加热控制开关 Q_{406} 处于导通状态，使 Q_{404} 、 C_{405} 处于截止状态，记录笔停止加热。因为此时工作方式选择开关置于记录（START）状态，故可判定从 Q_{406} 基极经电阻 R_{420} 、工作方式选择开关 S_{203} 到 0V、地这条路径上有开路现象。经仔细检查发现工作方式选择开关触点有多处严重氧化，氧化层很厚。用细砂纸对氧化的开关触点细心打磨，再用无水酒精擦净，凉干。试机，故障排除。

故障例 23：导联开关触点严重氧化

故障现象：定标能够打上，导联记录为直线。

分析与检修：根据故障现象分析，1mV 定标与心电信号同走一路，送入放大电路，由此说明电路没有故障，故障出在导联开关或信号输入电路中。先检查导联开关，发现导联开关的触点有多处严重氧化。于是用电子元件润滑剂喷洗表面，去掉氧化层，然后再用镊子小心搬动簧片，增加簧片弹性，开机试验，故障排除。

故障例 24：导联开关氧化

故障现象：导联开关置定标位置时打不出定标，描记为光滑直线。导联开关置 I 导联时既打不出定标也无心电信号描记，描记亦为光滑直线。导联开关置其他各导联时打定标和心电信号描记均正常。故障时有时无。

分析与检修：除定标和 I 导联位置加不进信号外其他各导联都正常，说明从输入到输出的各电路均能正常工作。根据故障现象，I 导联加不进信号的原因只能是导联开关接触不良或封闭电路有故障，无定标的原因只能是定标电路本身有故障或封闭电路有故障，而在其他导联能打定标则说明定标电路并无故障，描记为一光滑的直线则说明前置放大器的输入端不

会悬空。所以可以初步断定，故障原因在于导联开关在定标和 I 导联的位置时，封闭电路处于闭锁状态。当导联开关转换时，前置放大器输入端的电压阶跃会引起放大器阻塞，浪费记录时间和记录纸，因此该机在导联选择器上采用了一个能使前置放大器输出端在此时短路的联动闭锁，以便使记录笔迅速回到零位。因此，故障很可能出在导联开关的联动闭锁上。

打开机壳，卸下导联开关，最上面的一层即为封闭用。观察各触点，确有污垢和氧化现象。用无水乙醇仔细擦干净（如用精密电器清洁剂效果更好，还可以容易地对其他各层进行清洁），对导联开关对准位置装好，整机恢复原状，再开机检查，故障消失。经过一段时间使用，再未出现前述故障。

故障例 25：蓄电池故障

故障现象：蓄电池充不上电，机器在直流供电时不能工作。

故障排除：首先从机器上取出蓄电池，在蓄电池有电极的面上可看到六个小圆圈，用两把 2 号钟表螺丝刀插进圆圈的缝里，通过圆圈向上撬开其他圆盖。取下圆盖可见里面有一个橡皮盖，拿下橡皮盖见有一个小圆孔，从孔中可以看到里面盛有液体。用注射器向 6 个孔内加蒸馏水，加至离孔面 5mm 处。用一台 1A~3A、0V~30V 稳压电源，在充电电路串一只 10Ω、10W 电阻，稳压电源电压先放在 30V 输出对蓄电池充电，可以看到充电电源慢慢地增大，当充电电流超过 300mA 时，调低充电电压，使充电电流不超过此值。就可连续给蓄电池充电 7h。之后，在蓄电池电极上并一只 10、10W 电阻，对蓄电池放电，并监测蓄电池电压，当电压低于 10V 时，终止放电。然后再采取上述充电电路，充电电流 300mA 情况下，充电 7h。这样蓄电池处理完毕，心电图机就可恢复直流供电工作。

在给蓄电池充电时，还会出现另一种情况，按上述充电电路联接，稳压电源调到 30V 输出，充电电流一直不变，约为几个毫安。出现这种情况，通常拿起蓄电池向地面适度的撞击，注意力度适当，不要撞坏蓄电池外壳为原则，撞完放下后，按上述充电方法试一下，如情况依旧，则重复上述方法。一般这样处理后都能使蓄电池按上述充电过程放电，蓄电池恢复正常。蓄电池处理完后，装回橡皮盖，盖上硬塑圆圈，用少量 502 胶水滴进缝中粘牢。注意缝中不要全部封死，要留气孔。

故障例 26：封闭控制电路中 Q₂₁₀ 三极管 c、e 极间开路

故障现象：心电图机运行开关置 STOP 档时，不能封闭前级信号，转动导联开关，记录笔出现大幅度摆动。

分析与检修：心电图机的封闭控制电路是为了使运行开关在停止档（STOP）或在导联转换过程中将前级信号短路，同时也将耦合电容一端接地，避免记录笔大幅度摆动。而当心电图机工作在观察档（CHECK）或运行档（RUN）时，电路的封闭状态则应解除，其工作原理如下：

当工作方式选择置于 STOP 档时，+9V 电源经 R₃₃₀、R₃₃₁ 到地，R₃₃₀ 上的电压降使 Q₃₀₂ 导通，于是 Q₃₀₃ 也导通，光电耦合器内发光器点燃，耦合器内阻减低，+9V 电源经 R₂₃₂、R₁₃₁、耦合器接地，R_m 上的电压降使 Q₂₁₁ 导通，其 c 极电压通过 D₂₀₄、R₂₃₈ 加到 Q₂₁₀ 的 b 极，使 Q₂₁₀ 导通，+9V 电源经 R₂₃₅、R₂₃₆、Q₂₁₀ 接地。在 R₂₃₅ 上产生的电压降使 Q₂₀₉ 导通，于是+9V 电压经 Q₂₀₉、R₂₄₆ 加到 Q₂₀₅、Q₂₀₆ 的 b 极，两管同时导通，使 IC₂₀₂ 的⑧脚与 C₂₀₆

的右端经 R₂₁₆ 接地，实现封闭状态。如工作方式选择开关置于 CHECK 或 RUN 档时，R₃₃₀ 和 R₃₃₁ 中则无电流流过，R₃₃₀ 上无电压降，故上述过程将以相反的方向出现，Q₂₀₅ 也就处于截止状态，一 9V 电压通过 R₂₄₅ 和 R₂₄₆ 加到 Q₂₀₅、Q₂₀₆ 的 b 极而截止，封闭解除。IC₂₀₁ 输出的心电信号顺利加至 IC₂₀₂ 的输入端，C₂₀₆ 两端也无跳变干扰电压。当导联开关在旋转过程中瞬时开关 INST 的动触点接地，R₂₃₃ 上的电压降经 D₂₀₅（对+9V 而言 D₂₀₅ 正端为负）加至 Q₂₁₁ 的 b 极而导通。Q₂₁₀、Q₂₀₉、Q₂₀₅、Q₂₀₆ 又如前所述完成封闭任务。当导联开关转动停止，INCT 触点断开，封闭即又解除。

如封闭控制电路出现故障，可按表 7-2-1 逻辑检查每级晶体管的有关电极电压，如查到那一级电压与表所示不符，则是该级元器件出了故障，应仔细检查。

表 7-2-1 晶体管电极电压表

晶体管序号	Q ₃₀₂	Q ₃₀₃	Q ₂₁₁	Q ₂₁₀	Q ₂₀₉	Q ₂₀₅ 、H ₃₀₆
测量电极	C	C	C	C	C	B
封闭电压	有（0.7V）	低	高	低	正	正
解除电压	无	高	低	高	负	负

先将导联开关转到 O 档，再打开电源开关（事先拨去导联线）。将工作方式选择开关在 STOP 档与 CHECK 档之间反复转换，按表中的顺序和注输的电极逐一测量各管电压，看其是否高、低（或正、负）发生变化。检查发现 Q₃₀₂、Q₃₀₃、Q₂₁₁ 的极电压都符合表 1-1 中逻辑。当测量 Q₂₁₀ 的 c 极时，该点电压一直是 8.6V 保持不变，不能转变为低电压。于是重点检查此极各元器件。结果发现 Q₂₁₀ 的 c、e 极间开路。换上一只 3DG120C 后，再测各极电压均符合表中所示，故障排除。

二、ECG-5303 型心电图机故障检修 2 例

故障例 1：直流一直流变换器中电源调整三极管 Q802、Q803 损坏

故障现象：3 支记录笔均偏向一边，平衡调节亦不起作用。

分析与检修：从现象分析系为±12V 电源不平衡所造成。由电路可知，该机有两组±12V 的电源：一组是经降压整流滤波和 IC 集成稳压电路输出，该组电压正常；另一组是由上述的±12V 电源经 UP-4245 直流一直流转换器，输出±12V 电源供给输入电路和前置放大电路。经查此板只有电压输入而无电压输出。进一步检查，发现 Q₈₀₂ 和 Q₈₀₁ 两只三极管损坏，该管原型号为 2SC696，最大功耗为 750mW。换上两只国产 3DA87B 管，故障排除。

故障例 2：封闭控制电路中 IC₃₀₉ 损坏

故障现象：定标不起作用，走纸和导联选择均正常。

分析与检修：通电后，在 STOP 状态下功能正常。在非 STOP 状态下，用手触摸输入端，不见记录笔有干扰信号，证明故障出在封闭控制电路中。查 IC₃₀₉ 的⑨脚输出的封闭控制信号，当改变工作方式选择开关于 RUN、CHECK 或 STOP 状态时，IC₃₁₀、IC₃₁₁、IC₃₁₂ 的输出端电位均相应变化，唯独 IC₃₀₉ 的⑨脚始终为零。断开与⑨脚相关联的线路，情况依旧，证明 IC₃₀₉（MCI4075 三输入三或门电路）已坏。更换新片，故障排除。

三、ECG-5403 型心电图机故障检修 14 例

故障例 1: 导联选择逻辑控制电路故障

故障现象: 接通电源, 当按下导联选择开关时, 所选的导联逻辑状态混乱。按下 I、II、III 导联开关, 选中的却不是 I、II、III 导联, 而是其他导联, 而且所选中的导联是随机无规律地改变。或者当选择导联转换开关时, 导联指示不转换。

分析与检修: 本例故障发生在导联选择逻辑控制电路, 见图 7-2-1 所示。

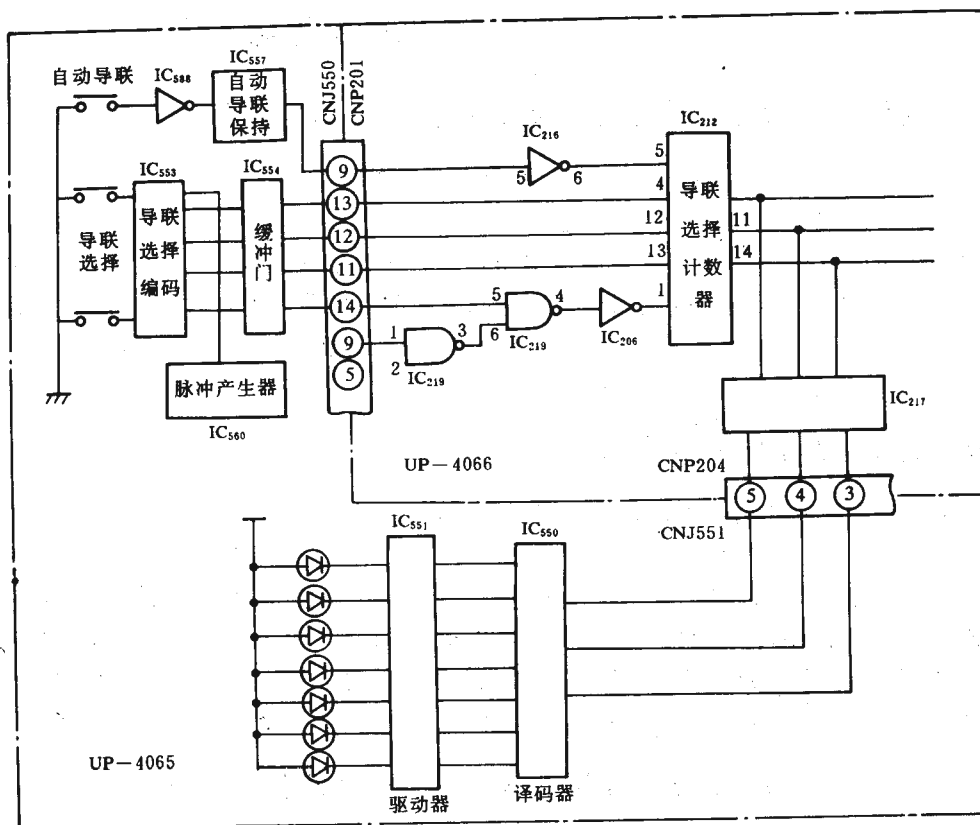


图 7-2-1 导联选择控制电路图

关于导联选择状态与导联选择编码“ABC”的对应关系见表 7-2-2。

表 7-2-2 导联选择状态与导联选择编码 ABC 的对应关系表

导联选择 状态显示	导联选择 编码情况			
	C	B	A	ST
TEST	0	0	0	输出脉冲
I/II/III	0	0	1	
aVR/aVL/aVF	0	1	0	
V1/V2/V3	0	1	1	
V4/V5/V6	1	0	0	
X/Y/Z	1	0	1	
EXT/EXT/II(EXT)	1	1	0	

IC₅₆₀等组成脉冲产生电路,它为导联选择编码器 IC₅₅₃提供时钟脉冲。正常情况下,IC₅₆₀第⑫脚应有频率为 0.1MHz 的时钟脉冲输出。如果没有时钟脉冲就会使导联编码器 IC₅₅₃的工作失常,从而造成导联选择不正常。检查方法:接通电源后,用示波器检查 IC₅₆₀第⑫脚是否有振荡脉冲输出。如果无脉冲输出证明 IC₅₆₀有故障。如果上述检查正常,则应进一步检查导联选择编码器 IC₅₅₃的输出是否正常。用示波器探头分别接在 IC₅₅₃的第⑩、⑪、⑫脚(A、B、C 编码输出端)和第⑭脚(选通脉冲输出端),按下导联选择开关时,其输出逻辑关系应当与表 7-2-1 一致。如果输出编码不正常,说明故障发生在 IC₅₅₃上,如果编码正常,则应进一步检查导联编码缓冲门 IC₅₅₄的输出是否与表 7-2-1 相一致。如果不正常,说明缓冲门 IC₅₅₄发生故障。如果 IC₅₅₄输出正常,则应按照逻辑控制关系进一步进行检查。

由缓冲门 IC₅₅₄输出的导联选择编码送到 B 控制电路板上的导联编码计数器 IC₂₁₂的输入端。在手动工作方式时,IC₂₁₂工作在预置计数工作方式,这时 IC₂₁₂的第⑮脚输入应为高电平。IC₂₁₂第①脚有导联选择脉冲输入时,导联编码便由输入端送到输出端。据此,可用示波器检测 IC₂₁₂的输出编码是否与表 7-2-1 一致。如果输出不正常,则应检查 IC₂₁₂第⑤脚的输入是否为高电平,如果不为高电平,说明 IC₂₁₆或 A 控制板上的 IC₅₅₇或 IC₅₅₈发生故障。如果 IC₂₁₂的第⑤脚输入为高电平,应检查其第①脚在手动转换导联时有没有选通脉冲输入。如果没有选通脉冲输入,故障可能发生在 IC₂₀₆和 IC₂₁₉的 3 个逻辑门上。如果 IC₂₁₂脚输入也正常,而输出不正常,说明故障在 IC₂₁₂上。

如果 IC₂₁₂的输出编码,在手动转换导联时正常,故障发生在 IC₂₁₇至 A 控制电路板上的 IC₅₅₀和 IC₅₅₁这条分支电路上。只要用示波器,沿着这条支路逐级跟踪检查,就能很快找出确切的故障原因,并将故障排除。

综上所述,总结出手动导联选择故障检查流程如下,接通电源后,用示波器进行检查:

IC₅₆₀第⑫脚有无脉冲输出?

有↓ →无, IC₅₆₀故障。

IC₅₅₃导联编码输出是否正常(参照表 1-1)?

是↓ →否, IC₅₅₃故障。

IC₅₅₄输出导联编码是否正常?

是↓ →否, IC₅₅₄故障。

检查 B 控制电路板 UP-4066

IC₂₁₂输入导联选择编码是否正常?

是↓ →否, 连接电缆或插头插座接触不良。

IC₂₁₂第⑤脚是否为高电平?

是↓ →否, IC₂₁₆故障或 IC₅₅₇故障。

IC₂₁₂第①脚有无导联选通脉冲?

是↓ →否, IC₂₀₆或 IC₂₁₉故障。

IC₂₁₂输出导联编码是否正常?

是↓ →否, IC₂₁₂故障。

IC₂₁₇输出导联编码是否正常?

是↓ →否, IC₂₁₇故障。

再检查 A 控制电路板 UP-4065

IC₅₅₀ 输出导联编码是否正常?

是↓ →否, 连接电缆或连接处接触不良。

IC₅₅₀ 输出导联编码是否正常?

是↓ →否, IC₅₅₀ 故障。

IC₅₅₀ 输出导联编码是否正常?

是↓ →否, IC₅₅₀ 故障。

导联选择显示 LED 不良。

应当注意, 在用示波器对导联选择编码进行检查时, 每检查一处应当在按下导联选择开关的情况下进行检查, 这样才能得到可靠的检查结果。

心电图机发生本例故障现象时, 用示波器检查 IC₅₅₃ 第⑮脚无脉冲输入, 即 IC₅₆₀ 第⑫脚无脉冲信号, 从而判定 IC₅₆₀ 发生故障, 更换 IC₅₆₀ 后, 故障排除。

故障例 2: 手动记录方式逻辑控制电路故障

故障现象: 在手动工作方式时, 启动 START 开关后, 不走纸, 记录器托架不释放。但导联选择功能正常, 可观察到心电信号。自动工作方式完全正常:

分析与检修: 这种故障情况乍一看象是走纸传动电路故障; 但仔细分析一下, 就会排除走纸传动电路故障的可能性。因为自动工作方式仪器工作正常, 说明走纸传动电路工作是正常的。同时也说明记录待时单稳电路 IC₂₂₇ 的工作是正常的: 匡此故障可能发生在 IC₂₂₇ 以前的逻辑控制电路中, 如图 7-2-2 所示。

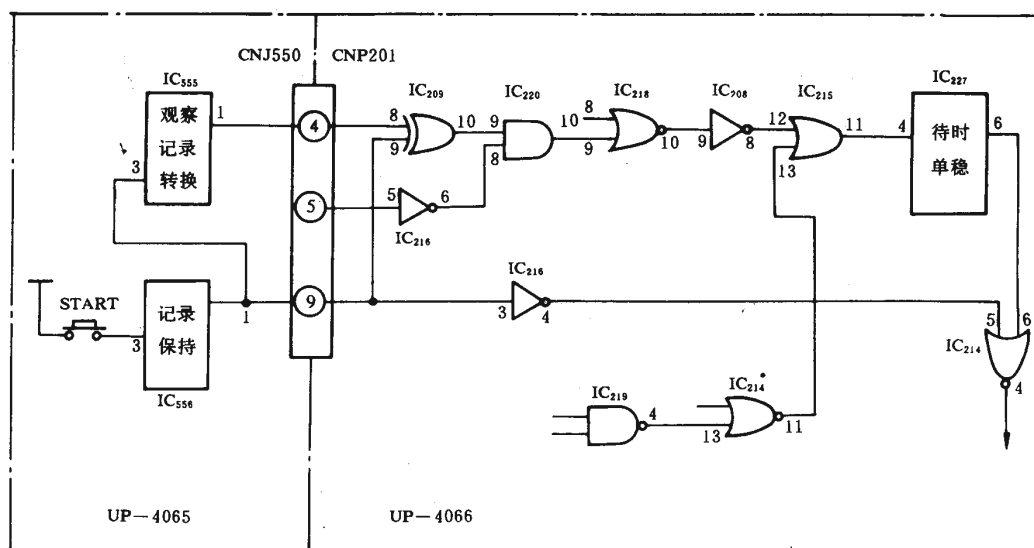


图 7-2-2 逻辑控制电路图

自动和手动工作方式、START 指令都由 IC₅₅₆ 发出。自动工作方式时启动记录 (START) 开关能走纸, 说明 A 控制电路板上的 IC₅₅₆ 工作正常。那么故障发生在 IC₅₅₆ 到 IC₂₂₇ 之间的手动记录逻辑控制电路中。

检查方法：接通电源后用示波器检查 A 控制电路板，当启动记录开关时；

IC₅₅₅ 第①脚输出是否由低电平变为高电平？

是↓ →否，IC₅₅₅ 故障。

检查 B 控制电路板，当启动 START 开关时，IC₂₀₉ 第④脚有无正脉冲输出？

有↓ →无，IC₂₀₉ 故障。

IC₂₂₀ 第⑩脚有无正脉冲输出？

有↓ →无，进一步检查 IC₂₁₆。

第⑥脚是否为高电平，如为高电平则 IC₂₂₀ 故障。如不为高电平是 IC₂₁₆ 故障。

IC₂₁₈ 第⑩脚输出有无负脉冲？

有↓ →无，IC₂₁₈ 故障。

IC₂₁₅ 第⑪脚有无正脉冲输出？

无↓

IC₂₁₅ 第⑫脚输入是否为低电平？

否↓ →是，IC₂₁₅ 故障。

IC₂₁₄ 第⑬脚输入是否为高电平？

否↓ →是，IC₂₁₄ 故障。

IC₂₁₉ 故障。

故障例 3：自动记录工作方式逻辑控制电路故障

故障现象：在自动工作方式，启动 START 后，记录指示灯亮但是不走纸，记录笔托架不释放。导联选择也不能自动转换到 I、II、III 导联。即无心电信号，也不能自动转换导联，而手动工作方式时完全正常。自动导联和自动增益显示也正常。

分析与检修：手动工作方式正常，说明待时单稳电路 IC₂₂₇ 的工作是正常的。因为手动工作方式和自动工作方式时都是通过记录待时单稳电路 IC₂₂₇ 产生 START 待时指令脉冲的。因此上述故障的原因，可能发生在记录待时单稳电路 IC₂₂₇ 到 A 控制电路板之间的自动记录逻辑控制电路中。见图 7-2-3 所示。

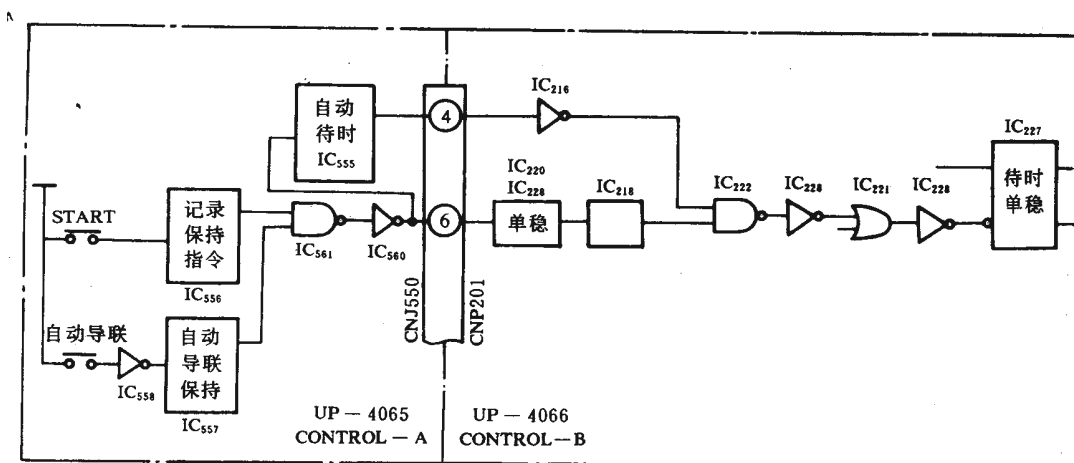


图 7-2-3 自动记录逻辑控制电路

IC₂₂₀ 和 IC₂₂₈ 的各一个逻辑门组成单稳态触发器。IC₂₁₈ 的两个逻辑门组成另一个单稳态触发器，其功能是产生触发脉冲。在自动工作方式时，当启动记录开关后，由 A 控制电路板经电缆 CNP₂₀₁ 的第⑥脚送来一个高电平，使 IC₂₂₀ 和 IC₂₁₈ 逻辑门组成的单稳态触发器产生一个正脉冲，这个正脉冲再通过 IC₂₂₂、IC₂₂₈、IC₂₂₁ 等 4 个逻辑门，启动记录待时单稳态触发器，使它产生一个 2s 的 START 待时指令脉冲信号，去启动自动记录的工作程序。如果因单稳态触发器损坏不能产生触发脉冲或者上述 4 个逻辑门中有任何一个逻辑门发生故障时，都可造成本例的故障情况，只要用示波器逐级检测在启动 START 开关时有无正常的脉冲信号，就可以很容易地找到故障点了。

需要指出，除了上述原因，还有几种情况也是引起本例故障的原因。其一是：IC₂₂₁ 第⑨脚的输入逻辑电平不正常。正常情况下 IC₂₂₁ 第⑨脚应为低电平，自动转换导联时，第⑨脚有正脉冲输入。如果第⑨脚始终为高电平，那么除了 IC₂₂₁ 本身有故障的可能性以外，与 IC₂₂₁ 第⑨脚相接的分支电路都有发生故障的可能性。

其二是：由 A 控制电路板送出的指令不正常，也可造成本例故障情况。这时故障发生在 A 控制电路板上。假如启动 START 时由 CNP 第⑥脚送来的电平不是由低变高，而始终为低电平，这就要进一步检查 A 控制电路板上的 IC₅₆₀、IC₅₆₁ 是否正常。正常情况下，在自动工作方式时，IC₅₆₁ 第②脚应为高电平，启动 START，IC₅₆₁ 第①脚输入为高电平，第③脚输出由原来的高电平变为低电平，经 IC₅₆₀ 反相后输出一个高电平。如果 IC₅₆₁ 输入逻辑关系正常而输出不正常，则故障在 IC₅₆₁。如果 IC₅₆₀ 失去反相作用，则故障原因在 IC₅₆₀。如果按下自动导联开关后，自动导联指示灯也不亮，那么故障可能在 IC₅₅₇ 或 IC₅₅₈ 上。其三是：B 控制电路板上的反向门 IC₂₁₆（第①、②脚门）损坏或者 A 控制电路板上的自动待时指令电路 IC₅₅₅ 损坏。也可造成本例故障现象。

当启动记录开关时，用示波器检查：

IC₅₆₁ 第③脚输出是否由高变低电平？

↓ 是 → 否，IC₅₆₁ 故障。

IC₅₆₀ 第②脚是否由低变高电平？

↓ 是 → 否，IC₅₆₀ 故障。

IC₁₂₀ 第⑫脚有无正脉冲输出？

↓ 有 → 无，IC₂₂₀ 或 IC₂₀₈ 故障。

IC₂₁₈ 第③脚有无正脉冲输出？

↓ 有 → 无，IC₂₀₈ 故障。

IC₂₂₂ 第⑪脚有无负脉冲输出？

↓ 有 → 无，IC₂₂₂ 或 IC₂₁₆ 故障。

IC₂₂₈ 第④脚有无正脉冲输出？

↓ 有 → 无，IC₂₂₈ 故障。

IC₂₂₁ 第⑩脚有无正脉冲输出？

→ 无，IC₂₂₈ 第⑨脚输入是否为低电平？

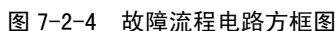
↓ 是，IC₂₂₁ 故障

→ 否，故障可能在 IC₂₀₁⑧、⑨、⑩脚门或 IC₂₀₈①、②脚门；

→否, IC₂₂₈故障。

故障例 4: 自动记录方式逻辑控制电路故障

分析与检修: 图 7-2-4 所示是故障流程电路方框图。



- 1635 -

待时单稳触发器，产生约 2s 的自动记录待时指令，使机器在约 2s 时间内使走纸电机停止转动，另一方面又通过 IC₂₁₅ 的一个逻辑门，送到导联选择计数器 IC₂₁₂ 的计数脉冲输入端，使计数器加“1”，以便为下一个导程心电信号的自动记录做好准备。

为便于分析检查故障点，根据图给出故障检查方法：

接通电源并选择自动方式，当启动记录开关（START）时，用示波器检查：

IC₂₂₇Q 端有无 2s 的负脉冲输出？

↓有 →无，IC₂₂₇ 故障。

IC₂₂₉ 第⑩脚有无 2s 的负脉冲输出？

↓有 →无，IC₂₂₉ 故障。

IC₂₁₁ 第③脚有无正脉冲输出？

↓有 →无，IC₂₂₁ 故障。

IC₂₂₄ 第①脚 Q 端是否输出高电平？

↓是 →否，IC₂₂₄ 故障。

IC₂₂₂ 第⑩脚有无振荡脉冲输出？

↓有 →无，IC₂₂₂、IC₂₃₀ 故障。

IC₂₀₃ 第①脚 Q 端有无脉冲输出？

↓有 →无，IC₂₀₃ 故障。

IC₂₀₆ 第④脚有无脉冲输出？

↓有 →无，IC₂₀₆ 故障。

IC₂₂₁ 第⑮脚启动 START 4s 之后输出是否由低变为高电平？

↓是 →否，IC₂₁₁ 故障。

启动 START 4s 之后 IC₂₂₅ 第⑥脚输出是否由低变为高电平？

↓是 →否，IC₂₂₅ 故障。

当启动记录开关 4s 之后，IC₂₂₄ 是否被置零，Q 端第②脚输出由低变为高电平？

↓是 →否，IC₂₂₄ 故障。

启动记录开关 4s 之后，IC₂₃₀ 是否被触发，Q 端第⑮脚输出由低变为高电平？

↓是 →否，IC₂₃₀ 故障。

启动记录开关 4s 后，IC₂₀₂ 第⑬脚有无振荡脉冲输入？

↓有 →无，IC₂₀₆ 或 IC₂₀₈ 故障。

启动记录开关约 5s 后，IC₂₀₂ 第⑩脚有无正脉冲输出？

↓有 →无，IC₂₀₂ 故障。

定标完成后 IC₂₀₃ 是否重新被置零，Q 端第⑩脚输出是否由低变为高电平？

↓是 →否，IC₂₁₈ 故障。

启动记录开关约 4s 后，IC₂₀₁ 第⑩脚有无正脉冲输出？

↓无，IC₂₀₁ 或 IC₂₀₈ 故障。

上面的检查必须注意给定的条件，即每检查一级，必须重新启动记录 START 开关，并用示波器仔细观察检测点的电位或波形变化情况。检查时还应注意输入输出的时序关系。

故障例 5: 控制电路 A 中集成块 C_{201} 损坏

故障现象: 手动工作正常, 而自动方式工作时, 按下 START 键后, 不走纸, 此时导联选择也不能转换到 I、II、III 导联。

分析与检修: 按下 START 键后, 用示波器检查 CNP_{201} 的⑥脚为高电平, IC_{220} 的⑪脚也有正脉冲输出, 这说明 A 控制电路和由 IC_{216} 、 IC_{220} 组成的单稳电路工作正常, 故障最有可能出在 IC_{215} 、 IC_{201} 、 IC_{221} 上。测 IC_{201} 的⑩脚为恒定高电平, 不正常, 与上述判断相符。为了进一步确定存在故障的集成块, 将 IC_{215} 的⑤脚、 IC_{201} 的⑩脚、 IC_{221} 的⑨脚之间的联系中断。按下 START 键后, 用示波器测 IC_{201} 的⑩脚仍为高电平, 测其⑧脚、⑨脚皆为高电平, 而此时 IC_{208} 的②脚为低电平, 故确认 IC_{201} 损坏。换上同型号 MC4081 后, 将切断的地方重新焊接上, 按下 START 键, 机器工作正常。

故障例 6: 传送单元电路分频器重 C_{113} 损坏

故障现象: 无论是手动方式工作, 或是自动方式工作, 按下 START 键后, 都不走纸, 但此时记录笔托架已释放。

分析与检修: 从现象可以看出故障可能发生在记录传送单元电路、走纸传动机构两部分。用手拨动压纸轮, 转动比较轻松, 进而把故障压缩在传送单元电路。在手动方式工作时, 按下 START 键后, 用示波器检查记录传送单元电路 UP-4252 板上相位比较器 IC_{122} 的⑬脚无直流电压输出, 其⑭脚无脉冲输入。纸速在 2.5mm/s 时, IC_{118} 的④脚无 128Hz 脉冲输出, 此时 IC_{118} 的⑥脚为低电平, 而③脚无脉冲输入。测 IC_{114} 的③脚有 32.7kHz 脉冲输出, 而④脚恒为低电平。为了确定 IC_{114} 和 IC_{113} 的⑩脚之间的联系切断, 进一步检查 IC_{114} 的④脚, 发现此时有脉冲输出。故确认分频器 IC_{113} 损坏。换上同型号的 MC4020 后, 机器恢复正常。

故障例 7: 走纸逻辑控制电路故障

故障现象: 接通电源, 无论是手动还是自动工作方式, 启动记录 START 开关后走纸电机不工作。手动选择导联的功能正常。在自动工作方式时, 启动 START 开关后虽然不走纸, 但可自动定时转换导联, 并可观察到心电信号。

分析与检修: 根据上述的故障情况来看, 故障发生在走纸控制电路。走纸电机工作必须有两个条件: 第一要由 B 控制电路板给传动单元电路提供一个记录的指令信号, 就是要给传动单元电路 IC_{117} 第①脚发送一个低电平的控制信号; 二是传动单元的走纸控制电路必须工作正常。因此本例故障原因可能发生在两块电路板上, 即 B 控制电路板 (UP-4066) 或传动单元电路 (UP-4252), 为了确定故障电路板, 首先用示波器检查记录指令信号是否送到 UP-4252 上。正常工作时, 当启动记录开关后, UP-4252 上 IC_{117} 第①脚应由高电平变为低电平。如果这时的控制电平正常, 说明故障在传动单元电路 UP-4252 上。如果不正常, 则说明故障发生在 B 控制电路板 UP-4066 上。

由于在手动和自动工作方式时启动记录 START 开关后都不走纸, 那么故障可能发生在 B 控制电路板 UP-4066 上的手动和自动逻辑控制的公共通路上, 见图 7-2-5 所示。

可按照下述顺序进行故障检查:

接通电源, 启动记录开关时用示波器检查:

IC₂₂₇ 的 Q 端是否输出 2s 的记录指令脉冲?

↓ 是 → 否, IC₂₂₇ 故障。

IC₂₁₄ 第④脚是否在 2s 之后输出高电平?

↓ 是 → 否, IC₂₁₄ 故障或与 IC₂₁₄ 第⑤脚相连接的集成块 IC₂₁₆ 故障。

IC₂₂₆ 第⑩脚是否输出为低电平?

↓ 是 → 否, IC₂₂₆ 或与 IC₂₂₆ 第⑧脚相连接的集成块 IC₂₂₇ 有故障。

IC₂₀₇ 第⑪脚输出是否为低电平?

↓ 是 → 否, IC₂₀₇ 故障。

故障发生在 UP-4066 到记录传动单元 UP-4252 上的连接电缆上。

故障例 8: 走纸逻辑控制电路故障

故障现象: 接通电源, 无论是手动还是自动工作方式, 启动记录 START 开关后, 走纸电机不工作, 手动选择导联的功能正常。在自动工作方式时, 启动 START 开关后虽然不走纸, 但可自动定时转换导联, 并可观察到心电信号。

分析与检修: 经过检查发现, B 控制电路已有正常的走纸指令 (低电平) 输出。故障发生在记录传动单元 UP-4252 上。

为尽快地查找故障点, 首先可利用示波器, 对走纸脉冲信号进行跟踪检查。因为没有 256Hz 或 128Hz 脉冲信号源, 走纸控制电路就不能正常工作。故障检查方法如下:

接通电源后, 用示波器检查:

IC₁₁₄ 第④脚输出有无 32.768kHz 脉冲?

↓ 有 → 无, IC₁₁₄ 或晶振器 X₁₁₀ 不良。

IC₁₁₃ 第⑥脚第⑬脚输出有无 265Hz 和 128Hz 脉冲?

+有 → 无, IC₁₁₃ 故障。

纸速在 25mm/s 时, IC₁₁₈ 第④脚有无 128Hz 脉冲?

↓ 有 → 无, IC₁₁₈ 故障或纸速选择开关接触不良。

IC₁₂₄ 第⑨脚有无脉冲输出?

↓ 有 → 无, IC₁₁₉ 或 IC₁₁₈ 其他两个逻辑门故障。

IC₁₂₂ 第⑬脚有无直流正电压输出?

↓ 有 → 无, IC₁₂₂ 不良。

检查 Q₁₁₄、Q₁₁₅ 及走纸电机是否良好? 接插联接是否良好?

如果上述检查都正常, 再进一步做下述检查:

启动记录开关后用示波器检查:

IC₁₁₆ 第⑥脚输出是否为高电平?

↓ 是 → 否, IC₁₁₆ 不良或纸速选择开关接触不良。

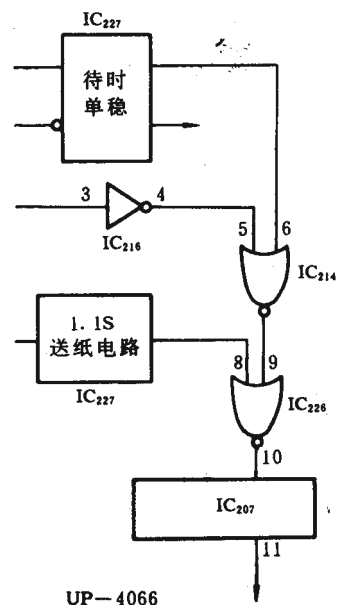


图 7-2-5 自动和手动方式记录指令传送公共通路

IC₁₁₄ 第⑧脚是否为低电平?

↓ 是 → 否, IC₁₁₄ 不良。

IC₁₁₇ 第⑧脚输出是否为高电平?

↓ 是 → 否, IC₁₁₇ 不良。

IC₁₁₄ 第②脚是否为低电平?

↓ 是 → 否, IC₁₁₄ 不良。

Q₁₁₂ 可能击穿损坏造成集电极对地短路。

故障例 9: 记录笔温度控制电路故障

故障现象: 一是三导记录笔都不热, 不能描记心电信号, 调整笔温控制钮不起作用; 二是某一导的记录笔不热, 不能描记心电信号, 调整笔温控制钮不起作用。

分析与检修: 三导记录都不发热。这种故障一般是发生在三角波发生器电路 IC₀₀₁ (下 1 / 2) 和电平移位放大器 IC₀₀₁ (上 1 / 2) 中。因为三导加热脉冲产生电路及驱动电路 IC₀₀₂、Q₀₀₅、Q₀₀₆、Q₀₀₇, 同时发生故障的情况是极少见的。

首先用三用表检查记录笔电阻是否正常, 正常情况下记录笔冷阻约为 10, 如果记录笔正常则应进一步用示波器检查 TP₁, 正常情况应有频率为 1. 9kHz、峰—峰值为 6V 的三角波。如果没有三角波信号, 说明 IC₀₀₁ 下 1 / 2 发生故障。如果三角波电压正常, 进一步检查 TP₃, 应有顶部被限幅的三角波形。

如果没有上述波形输出, 说明 IC₀₀₁ 已损坏。无论检查到 IC₀₀₁ 的下 1 / 2 或上 1 / 2 发生故障, 都无需再进一步检查, 因为两个放大器在一个集成块里。只要更换新的 IC 故障就排除了。

某一导或两导的记录笔不发热。这种故障发生在相应的记录笔加热控制电路里, 或是记录笔本身的加热电阻丝已烧断。可首先用万用表检查记录笔的电阻, 如果电阻无穷大, 说明记录笔已损坏。如果记录笔良好, 那么故障发生在 IC₀₀₂ 的 4 个放大器或 Q₀₀₅~Q₀₀₈ 之中。只要用示波器检查相应导联放大器输出端是否有峰—峰值为 6V 的矩形脉冲, 就能很快排除故障。

故障例 10: 记录笔单偏故障

故障现象: 接通电源后, 第二支记录笔发生单偏, 调节基线旋钮不起作用, 其他两导的记录笔正常。

分析与检修: 故障可能发生在主放大电路板 UP-4245 以后的电路。这是因为当接通电源后, 仪器处于 STOP 状态。此时记录笔温度控制电路板上的主封闭电路工作, 将前级输出的信号对地封闭短路, 即去掉了前级电路对主放大电路的影。向。此时记录笔单偏, 且调基线旋钮又不起作用, 说明故障只能发生在主放大器及其以后的电路里。

为了确认判断的准确性, 可将第二导的主放大电路板与第一导或第三导的主放大电路板进行对调。如果对调电路板后故障情况不变, 则说明第二导的记录器发生了故障。如果对调电路板后故障情况也发生了转移, 则说明故障发生在主放大电路板上。再对主放大电路板进行详细检查。例如分别检查限幅放大器 IC₆₀₃ (前 1 / 2)、激励放大器 IC₆₀₃ (后 1 / 2)、位置反馈检波器 IC₆₀₄、角位移放大器 IC₆₀₁ 和角速度放大器 IC₆₀₂ 的工作情况是否正常, 10kHz

正弦信号是否正常。

故障例 11: 记录笔单偏

故障现象: 接通电源, 当将工作方式选择在观察 CHECK 或记录 START 方式时, 其第一导(例如第二导)的记录笔发生单偏, 调基线旋钮不起作用, 且无定标和心电信号。在 STOP 工作方式时, 记录笔不发生单偏且基线旋钮调节正常。

分析与检修: 本例故障一般发生在前置放大电路 UP-4248 上。这是因为, 在 STOP 方式时正常, 说明主放大电路工作正常。虽然在主放大器之前的信号通路上还经过 UP-4251、UP-4249 和 UP-4250 3 块电路板, 但 UP-4250 是全导灵敏度选择电路板, 信号只是经过机械开关的接点和电阻分压进行传输, 信号在 UP-4251 (笔温控制电路板) 上也只是经过主封闭电路, 因此本例故障一般不会发生在这两块电路板上。UP-4249 (灵敏度分立衰减 1/2) 电路板, 设有外输入放大器和示波输出放大器, 但在用本机记录心电图时, 信号不经过上述放大器, 灵敏度分立衰减 1/2 开关是机械开关, 即使开关接触不良, 也不会造成本例故障。因此本例故障只可能发生在前置放大电路的信号传输通路上。

那么输入电路如果发生异常是否可能造成本例的故障现象呢? 回答是否定的。因为在前置放大电路里, 时间常数电容是隔直流的。假如前面的电路因故障而输出一个直流电平, 由于电容的作用, 也不会造成使记录笔长时间单偏的现象。

由上述分析可以确定故障发生在前置放大电路板 UP-4248 上。

将示波器探头接在前置放大电路的测试点 TP₁ 上, 在不接导联线的情况下将工作方式置于观察 CHECK 位置时, TP₁ 应为 0V, 当按下 1mV 定标开关时, TP₁ 处的定标信号电压应为 0.1V。如果 TP₁ 处在上述情况下始终为一个直流正电压 (或负电压), 说明 IC₇₀₀ 已发生故障。

如果 TP₁ 处的测试正常, 则应进一步检测 TP₂ 处的输出电压是否正常。正常情况下, 当在观察 CHECK 方式时, 在无信号输入的情况下, TP₂ 的电平应为 0V。定标时 TP₂ 的输出定标信号幅度应为零点几伏。如果此处的输出不正常, 始终是一个正 (或负) 电压, 则应进一步检查 Q₇₀₅ 集电极电压是否正常 (应为 4V)。如果 +4V 电压正常, 说明 IC₇₀₁、IC₇₀₂ 或光电耦合器 PHC-700 三者其中之一发生了故障。应当指出, VR₇₀₀ 是置零调节电位器, 当 VR₇₀₀ 调整不当时, TP₂ 的输出也不是 0V。当更换新的光电耦合器或 IC₇₀₁、IC₇₀₂ 后, 应当重新调节 VR₇₀₀ 使 TP₂ 在无信号时输出为 0V。IC₇₀₁ 和 IC₇₀₂ 是同一块双运算放大器集成块, 它的故障可能性是比较大的。

如果 TP₂ 的检查结果正常, 本例故障可能发生在最后一级的放大器 IC₇₀₃ 上。

故障例 12: 自动导联转换控制电路计数器 IC₂₁₂ 损坏

故障现象: 手动工作正常, 而自动工作方式时, 只能记录 I、II、III 导联的心电信号, 导联不能向下转换。

分析与检修: 从故障现象可以看出: 故障发生在导联转换控制信号 A、B、C 产生之前的控制电路。

按下 START 键, 用数字逻辑笔测量计数器 IC₂₁₂ 的⑮脚只出现一个正脉冲, 而 IC₂₁₅ 的⑤脚始终为低电平。测自动记录时间控制电路输出 IC₂₀₃ 的⑬脚, 大约每 5s 出现一个正脉冲,

这说明自动记录时间控制电路工作正常，故障发生在自动导联转换电路。

接着用逻辑笔测量自动导联转换电路，发现在 IC₂₀₈ 的②脚为高电平时，IC₂₁₀ 的⑨脚也为低电平。用万用表测量其电压为 3.7V，测量 R₂₁₇、R₂₁₈ 的阻值也正常，C₂₁₄ 两端电压为 6.3V，故怀疑 IC₂₀₁ 损坏。换上同型号的 CD4081 后，IC₂₀₁ 的⑩脚有正脉冲出现，但导联仍不能转换。测量 IC₂₁₂ 的⑤脚不断有正脉冲输入而计数器 IC₂₁₂ 的各脚逻辑电平也都正确，故认为计数器 IC₂₁₂ 损坏。换上同型号的 MC14516 后，机器工作正常。

故障例 13：手动 / 自动记录逻辑控制电路三态缓冲器 IC₂₀₇ 内部击穿

故障现象：走纸电机不工作；导联无法转换且没有指示。

分析与检修：1. 用直接加电法排除了走纸电机自身故障的可能性；2. 走纸电机的驱动和导联选择的转换和指示是由导联选择开关的触发信号经编码器编码后的 A、B、C 三路信号经可置数的二进制可逆加法计数器 IC₂₁₂、三态缓冲器 IC₂₁₇ 及四二通道选择器 IC₂₀₇ 后控制的。根据维修说明书上所提供的编码对 A、B、C 三路信号进行跟踪分析发现：IC₂₁₂ 的输入正常，但没有输出。检查 IC₂₁₂ 的外围控制信号都正常，因此怀疑 IC₂₁₂ 损坏，以同型号的集成块替换，开机，故障依旧；3. 继续对 A、B、C 三路信号进行跟踪分析发现：可置数的二进制可逆加法器 IC₂₁₂ 的输入和输出都已经正常，但缓冲器 IC₂₀₇ 和选择器 IC₂₁₇ 却没有输出。查有关手册知：缓冲器 IC₂₀₇ 的①和⑮脚及选择器 IC₂₁₇ 的⑭脚为控制端，只有为低电平时才能有输出。测量时发现其为高电平。由分离法可判断此高电平为 IC₂₀₇ 内部所产生。由此可以判断 IC₂₀₇ 内部击穿。用一同型号的三态缓冲器更换，开机，故障排除。

在一路信号的传输过程中，同时损坏两个集成块的情况比较少见。并且在静态无法找到故障原因时，还要注意信号的动态跟踪分析。

故障例 14：灵敏度选择开关 SW₇₇₀ 故障

故障现象：在做心电图记录时，一导不规律地出现异常高波，记录笔打满偏，过一会，能自行消失，恢复正常。

分析与检修：该机从导联输入选择后，心电信号的放大就分为 3 个通导。第一导出现了异常，检查的着眼点就放在一导的放大电路。能够引起放大器增益改变的因素中，首要考虑的一是电源电压的改变，二是灵敏度选择电路故障。测量放大器各单元的供电电流均属正常，增益细调电位器调节控制良好。考虑到故障出现不规律，又能自行恢复，认为电路元件不会有明显损坏，故障是属由接触不良等情况造成的。静态检查寻找电路中是否有接触不良虚焊的元件。经检查各电路板上元件焊接良好，插头插座无氧化锈蚀现象。最后，在对灵敏度选择开关 SW₇₇₀ 各触头测试时，发现该开关×1 / 2、×4 两键一导的接点有不稳定的接触电阻，用 500 型万用表测在 0.5 以上。

取下灵敏度选择单元板 UP4250，用注射器往开关内注入无水乙醇，反复按动开关，再甩出废液，反复几次，然后低温烘干。测量触点电阻时均为零。安装试机，反复做记录操作试验，未出现上述故障。经临床使用数月证实原故障已排除。

全导灵敏度选择电路是一个分压式负反馈放大器。图 7-2-6 所示为一导简化电路。灵敏度选择开关选择的分压比不同，决定放大器的增益不同。灵敏度选择开关置×1 档，即×1 键按下时，反馈信号从 R₇₇₂、R₇₇₃ 的连接点取得，此时放大器增益为 10 倍。从实际电路看，

反馈信号要经过×1/2、×2、×4 三个开关的触点接到放大器的反相输入端（参看整机附图 UP5250 单元）。这其中有两个开关触点是接触不良的，等于在反馈网络中串入了一个不稳定的电阻，反馈量减小而致使放大器增益提高，记录出现异常高波。

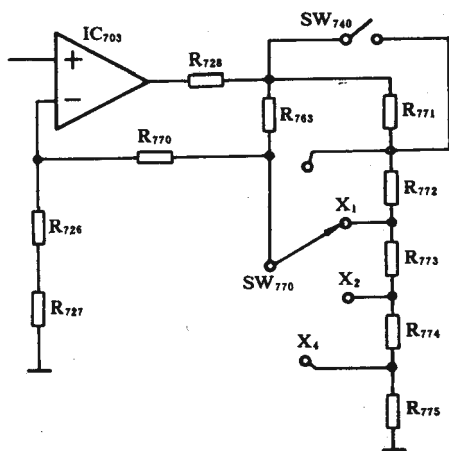


图 7-2-6 电路图

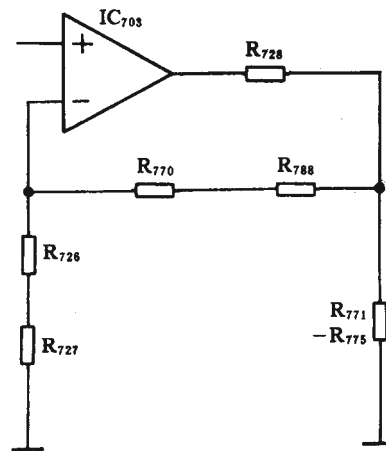


图 7-2-7 电路图

从静态测量看，开关触点的接触电阻只有欧姆级，在反馈网络中的 R_{770} 为 309k。相对 R_{770} 来看这一接触电阻完全可以忽略不计。但是该机故障出现本身是不稳定不规律的，可以认为接触电阻在动态中是不稳定的。当仅在欧姆级时，心电图记录是正常的，而在某种条件下接触电阻增大，使反馈信号严重受阻，而使放大器增益骤增。这一点通过下面的计算可以得到证明。

在机器正常工作时，当 1/2 衰减开关 SW740 置 OFF 位，灵敏度选择开关置×1 档，由 IC703 和灵敏度选择分压电阻组成的负反馈放大器增益为 10 倍。而在开关 SW770 触点完全不通时，放大器电阻简化如图 7-2-7 所示。此时放大器的增益：

$$A = \left(1 + \frac{R_{770} + R_{788}}{R_{726} + R_{727}} \right) \times \left(1 + \frac{R_{728}}{R_{771} + R_{772} + R_{773} + R_{774} + R_{775}} \right)$$

因为 R_{728} 的阻值很小，上式中的第二项可以忽略，则放大器增益为：

$$A = 1 + \frac{R_{770} + R_{788}}{R_{726} + R_{727}} \approx 26 \text{ (倍)}$$

这一增益量，比正常增益提高了一倍多，证明灵敏度选择开关接触不良是心电图记录出现异常高波的原因。

四、ECG-6151 型心电图机故障检修 48 例

故障例 1：高增益放大 2SIC₃₁₄ (1/2) 故障

故障现象：接通电源后记录笔向下单偏。基线调节也与正常情况相反，基线钮逆时针调

节快到极限位置时,记录笔才能向上移至中心位置(正常情况是基线钮逆时针调节时记录笔向下偏移)。在记录笔调至可向中心移位时,可以观察到毫伏定标信号,但是定标信号幅度很小,而且定标电压方向也与正常情况相反,波幅向下。当将增益调节电位器逆时针调到头时,记录笔能恢复到中心位置。

分析与检修: 由于定标时还可观察到定标信号电压,这说明定标信号已由前级的光电耦合器送到了 IC₃₁₄ 的输入端。由此可大致确定,光电耦合器及其前级的放大电路工作基本正常。经光电耦合器送到 IC₃₁₄ 输入端的定标信号是负向变化的。如果 IC₃₁₄ 放大功能正常,那么这个负向定标信号经 IC₃₁₄ 反相放大后,得到的输出是放大几百倍的正向定标信号。当 IC₃₁₄ 因故障失去反相放大作用时,光电耦合器输出的负电压信号直接经 IC₃₁₄ 的反馈电阻的衰减,然后耦合到它的输出端,因而使定标信号反相,而且幅度很低。所以本例故障在 IC₃₁₄ 上,更换 IC₃₁₄,故障排除。

故障例 2: 高增益放大器 IC₃₁₄ (1/2) 击穿

故障现象: 接通电源后,记录笔向上或向下单偏,调基线钮不起作用。将面板上的增益调节电位器逆时针调到头时,记录笔能恢复到中心位置。

分析与检修: 用示波器检查 IC₃₁₄ 第⑧脚的输出是否正常。正常情况下,在无信号时,IC₃₁₄ 第⑧脚输出为零电平;定标时,定标电压幅度为+0.5V。在无信号时,用示波器测得 IC₃₁₄ 第⑧脚有一个较大的直流电平,将 IC₃₁₄ 第⑥、第⑦脚短路后输出不变化,说明 IC₃₁₄ 已发生故障。更换 IC₃₁₄,故障排除。

故障原因: 由于 IC₃₁₄ 击穿,使其第⑧脚输出一个较高的直流正电压或直流负电压。这个较大直流电压,而使记录笔产生正向或负向单偏,同时使基线调节钮不起作用。

故障例 3: 高增益放大器 IC₃₁₄ 损坏

故障现象: 打开电源开关,电源指示灯亮,但记录笔不动作,液晶显示屏也无任何显示。

分析与检修: 因液晶显示屏的显示及有关控制信号都经 IC₁₀₁ (MSM5840RS) 控制,MSM5840RS 是四位的微处理器,故查其供电线路,发现 J₁₀₃ 连接线断掉 3 根。该机控制、主放大板 UT-20033 和浮地预放板 UT-20037 之间有 3 组连接线,分别用插座 J₁₀₂、J₁₀₃、J₁₀₄ 连接。这种连接线很脆弱,来回折几次就可能导致断路。因该机几经维修,这 3 组连线大部分都已折断,J₁₀₂ 已换用普通软线连接,而 J₁₀₃、J₁₀₄ 折断部分用焊锡焊接着。将 J₁₀₃ 连线全部换用软线连接,并检查其他连接线都正常后开机,液晶屏显示正常,但记录笔不动作,正常情况下开机时,记录笔有一短促抖动。按动面板上各控制键,从液晶屏上显示出键控正常,可见 CPU 控制部分正常。将机器置成手动方式的 TEST 状态后,按开始 START 键,走纸正常,按动 1mV 按钮,记录笔无任何反应,调节面板上的基线电位器,记录笔不受调。

因记录笔不受调,故先从功放部分查起。该机的记录器放大部分采用了位置反馈线路。由 ICh4 (AF6330) 组成位置反馈信号处理及增益 GAIN (VR₁₀₂)、限位 LIM (VR₁₀₃)、阻尼 DAMP (VR₁₀₄) 的调节电路,然后由 IC₁₁₅ (AF6331) 及 Q₁₀₈、Q₁₀₉、Q₁₁₀、Q₁₁₁ 组成 BTL 功放,完成对所记录信号的放大要求。

测功放极 IC₁₁₅ 的①脚(供电端)电压为 11.3V 正常值,拔下 CNP₁₀₄,测记录器线圈阻值为 10.5Ω,也为正常值。接下来用感应法检测,即用手握金属镊子去碰触 VR₁₀₂ 的中

间抽头为功放极注入干扰信号，记录笔无任何反应。将 VR_{102} （位于记录器部分的上面，标有 GAIN 字样）顺时针旋到底，再次用镊子碰触 VR_{102} 的中间抽头，记录笔产生 50Hz 的抖动，幅度约为 1cm，只是基线有点偏下（该机在以前修理时， VR_{102} 被逆时针旋到了底，使 IC_{114} 的信号输入脚⑫脚对地短路，因而将前级来的信号被短路到地，故按动 1mV 按钮时无反应）。调节基线电位器 VR_{101} ，发现记录笔移动方向与正常时正好相反，且记录笔移动范围很小。配合调节限位电位器 VR_{103} ，记录笔能够移到最下端，但向上只能高出基线少许。将记录笔调至可描记范围的中间位置，在 TEST 状态下走纸，按 1mV 按钮，定标方波信号能够描记出来，但波形幅度只有正常时的一半左右，且定标波形是向下的。

心电信号的本身特征，决定了心电信号放大只能是低频放大器，故一般心电图机在时间常数电容后面的各级放大电路之间均为直接耦合。该机也不例外，因此，各级静态工作点相互影响，这就增加了维修的难度。

正常情况下， IC_{114} 的⑫脚电压为 0V 时，记录笔位于记录纸中间。当记录笔达上极限时，⑫脚电压就为 1V 左右，而记录笔处于下极限时，应为 -1V 左右，而实测该机的 IC_{114} 的⑫脚电压变化范围仅为 -0.89V 至 0.08V。考虑到当记录笔处于基线以下时，能够描记定标波形和感应信号，由此判断故障不在功放极。

为了适应临床的需要，该机采用了浮地电路，即将缓冲放大器，前后级放大同功放部分加以隔离，同时供电电源也加以隔离。该机的信号隔离采用了光电耦合器 PC-02，信号的传输采用了光电线性直接耦合法。

光电耦合器 PC-02 输出的电流信号经 IC_{314} 转换为电压信号后，送至 VR_{102} 的上端。在此， IC_{314} 是一个电流电压转换器，该放大器利用了 AN6561 的一半。

从电路图看， IC_{314} 的输入信号是从反相端⑦脚输入的。正常时，⑦脚电压应为 0V，而该机却不为 0V，从测得的数据看，它已失去了倒相作用。正是因为整个心电信号的放大通道中失去了一次倒相。致使打出的定标波形变成了向下的。故判定 IC_{314} 的一半损坏，换一块新的 AN6561 后，故障排除。

故障例 4：主放大电路故障

故障现象：接通电源后记录笔偏向一边，调基线调节钮不起作用而将电位器调到某极限位置时，记录笔能够勉强靠近中心位置，而且经过对记录器的检查，确定记录器没有故障。

分析与检修：记录器的位置反馈传感器可以把记录笔角位移的变化转变为反馈电压。根据这个原理，可以把它作为一个信号源来对主放大电路进行检查。

首先将面板上增益电位器逆时针调到头，即去掉前置放大电路的影响。并拔下笔电机偏转线圈到主放大电路板的接线插头，位置传感器的插头不要拔掉。接通电源后，拨动记录笔，改变其偏转角度，并用示波器或数字电表观测 IC_{114} 第⑮脚到电池负极的电压。正常情况下第⑮脚的输出电压应随记录笔在上下限偏转在 $\pm 3V$ 之间变化。当记录笔过中点时，输出电压也过零点。这说明 IC_{114} 工作正常，故障出在 IC_{114} 之后。如果无论记录笔偏转到什么位置， IC_{114} 的⑮脚总输出一个正电压或负电压，则说明 IC_{114} 或它的周围电路发生故障。如果 IC_{114} 第⑮脚输出电压正常，则故障发生在 IC_{115} 或功放部分。

判定晶体管好坏的方法很多，较简单的方法是取下功放管，用万用表检查是否有因电击穿造成的断路或短路等情况，如果功放管是好的，那么故障就出在 IC_{115} 上了。

故障例 5: 主放大电路中元件击穿

故障现象: 接通电源后, 液晶显示正常, 但记录笔偏向一边。很短时间内, 机器会自动“掉电”, 液晶显示器显示消失。如果关掉电源后再重新开机, 上述故障又重复出现。

分析与检修: 首先应对主放大电路进行检查。方法是, 拔掉笔电机至主放大电路板的连接线(注意: 不要把笔电机和位置传感器的连线弄错, 位置反馈传感器的连接线不必拔掉), 然后再接上电源, 看是否依然存在掉电现象。此时液晶显示恢复正常, 不再“掉电”, 则可判定是主放大电路出了故障。这是因为当主放大电路的 IC₁₁₄、IC₁₁₅ 或功放管 Q₁₀₈~Q₁₁₁ 中任一元件发生击穿而损坏时, 都会导致耗电流增大。由于元件的损坏又会使流过笔电机的电流大增, 使记录笔单偏。由于总的耗电流很大, 这样就会把 12V 的直流供电电压拉得很低, 从而使浮地直流电压产生电路停止工作, 使机器产生自动“掉电”现象。

故障例 6: 光电耦合器 - 5. 6V 稳压偏置电路故障

故障现象: 接通电源后, 记录笔向下单偏, 顺时针调节基线移位钮时, 记录笔能向中心位置移位。当记录笔调到向上移位时, 还可观察到定标信号, 而且定标的幅度和方向也正常。当将基线移位钮顺时针调到头时, 记录笔可回到中心位置。

分析与检修: 有定标信号说明光电耦合器 PC-02 及其前级放大器工作是正常的。定标信号的幅度和方向也正常, 这说明 IC₃₁₄ 也有正常的放大功能。那么故障只有可能发生在为光电耦合器的光敏电池提供负偏压的稳压偏置电路内。

当 ZD₃₀₁、R₃₅₇、R₃₅₆ 和 R₃₀₄ 组成的稳压偏置电路有故障, 无 -5. 6V 的稳压输出时, 就会造成本例故障现象。光电耦合器中的发光二极管在无电信号输入时, 会在前级驱动下发出一定强度的光, 而次级的光敏电池就会输出一定的直流正电压。-5. 6V 的稳压正是为了给它提供一个起始负偏压, 将其产生的正电压抵消掉。如果没有这个负偏压, 光敏电池产生的正电压经 IC₃₁₄ 反相放大再送到主放大器放大后就会造成使记录笔向下单偏。用万用表检查 -5. 6V 的稳压是否正常。如不正常, 检查稳压管 ZD₃₀₁ 或 R₅₅₇ 是否有故障, 如有故障, 更换上新器件。

如果 -5. 6V 电压正常, 是电阻 R₅₅₆ 断路损坏。更换同规格电阻, 故障可排除。

故障例 7: 前置放大电路中 PC-02 光电耦合器损坏

故障现象: 接通电源后, 记录笔向上单偏, 调节基线调节钮不起作用。如果将增益调节电位器逆时针调到头, 记录笔可恢复到中心位置。

分析与检修: 心电图机在前置放大电路里采用了 PC-02 型光电耦合器进行信号传输和浮地与地的隔离。当其内部的发光二极管因击穿不能发光时, 次级的光敏电池就不能产生起始工作电压, 而为抵消这个起始电压的负偏置电压却一直存在, 即相当于为 IC₃₁₄ 的⑦脚输入一个负电压, 由 IC₃₁₄ 反相放大后再经主放大器放大, 所以会造成本例的故障现象。

检查光电耦合器中的发光二极管好坏的方法, 与检查普通二极管的方法大致相同, 用万用表测量发光二极管的正反向电阻。其正向电阻比普通硅二极管的正向电阻要大一些, 在电路上检测正反向电阻值应有很大差别。如果正反向电阻都很大, 或者正反向电阻都很小, 就说明发光二极管已损坏, 更换新的同型号光电耦合器, 故障排除。

故障例 8: IC₃₀₈ 中光电耦合器驱动电路故障

故障现象: 接通电源后, 记录笔发生单偏 (方向或上或下), 调整基线移位钮不起作用。将面板上的增益调节电位器逆时针调到头。记录笔可恢复至中心位置。

分析与检修: 光电耦合器的驱动电路集成在 IC₃₀₈ 中。它包括光电耦合驱动器和基线调节放大器。IC₃₀₈ 的第⑧脚是光电耦合驱动器的信号输入端。第⑩脚是基线调整电压输入端。正常情况下在无信号输入时, 第⑧脚应为零电平。毫伏定标时第⑧脚输入的毫伏定标信号幅度为 0.2V。第⑩脚的输入电压随基线钮在正反时针极限范围内调整而在 +6V 范围内变化。IC₃₀₈ 第①脚至浮地输出参数是: 当基线钮在正反时针极限范围内调节时, 第①脚对浮地的电压应在 $1.3V \sim +2.5V$ 之间变化, 毫伏定标时输出电压变化约为 $-10mV$ 。

根据上面参数, 用示波器分别检查光电耦合驱动器的输入输出情况。发现 IC₃₀₈ 第⑧、⑩脚输入电压正常, 但第①脚输出电压是个低于 +1.3V (或高于 2.5V) 的直流电平, 而且调基线移位钮电平不变化, 则判定 IC₃₀₈ 中的后半部电路, 即光电耦合驱动器已发生故障。更换上新的 IC₃₀₈, 故障排除。

故障例 9: 集成块 IC₃₀₈ 内部运算放大器损坏

故障现象: 开机后记录笔打向记录纸下方, 调节记录笔位置控制电位器不起作用。

分析与检修: 记录笔打向记录纸下方, 且不受调节, 是机芯放大器电路严重不对称引起的。与前置放大器 IC₃₀₈、非浮地放大器 IC₃₁₄、主放大器 IC₁₁₄、IC₁₁₅ 以及由晶体管 Q₁₀₈~Q₁₁₁ 组成的 BTC 功放电路有关系。

但是记录笔位置控制电位器 VR₁₀₁ 的中心端与 IC₃₀₈ 内部的运算放大器的一个输入端相接, 改变 VR₁₀₁ 中心端的位置, 可以获得 -6.8V 至 +6.8V 的电压变化, 达到调节记录笔位置的目的。因此, IC₃₀₈ 及记录笔位置控制电路的元件损坏, 引起记录笔单偏故障的可能性最大。

首先调节记录笔位置控制电位器 VR₁₀₁, 测 IC₃₀₈ 的⑩脚, 电压在 -6.8V 至 +6.8V 之间变化, IC₃₀₈ 的⑧脚约 0V (无心电输入信号), IC₃₀₈ 的①、③脚之间的电压为 1.2V 无变化; IC₃₁₄ 的⑦脚为 0V。⑧脚输出为 -7V, 记录笔打在记录纸下方。判断 IC₃₀₈ 内部的运算放大器或光电耦合驱动器已经损坏。因为 IC₃₀₈ 是一多功能专用集成块, 无代用品。换上同型号 (KT-5) 集成块后, 故障排除。

故障例 10: 集成块 IC₃₀₈ 中差分放大器损坏

故障现象: 接通电源的瞬间, 记录笔偏向一边, 过约 3s, 记录笔又恢复到中心位置, 选择所有导联均无心电信号, 并且无毫伏定标信号。在开启电源的瞬间, 如果同时按下封闭开关 (RESET 钮) 记录笔不再单偏。

分析与检修: 由于所有导联既无心电信号又无毫伏定标信号, 说明故障发生在信号的公共通道上。所有导联的心电信号经导联选择后都必须通过 IC₃₀₈ 内部的差分放大器, 差分放大器输出端接着隔直流电容 IC₃₀₁, 它和 R₃₃₅、R₃₃₆ 组成时间常数电路。通电后的瞬间内, 电容上电压不能突变, 等于差分放大器输出的直流电平通过电容耦合到后面电路中去, 使记录笔发生单偏。随着时间的推移, 经过约 3s (R₃₃₅、R₃₃₆ 和 C₃₀₁ 的时间常数) 后, C₃₀₁ 充电结束, 差分放大器输出的直流电压等于加在电容两端。因此后级放大电路又逐渐恢复原态, 记

录笔又回到中心位置。在接通电源的同时按下封闭开关, Q_{301} 、 Q_{302} 处于导通状态, 瞬间使 C_{301} 充电结束, 记录笔不会再发生单偏。因此当遇到本例故障时, 可以确定是 IC_{308} 中的差分放大器发生了故障。

IC_{308} 故障时, 其输出端⑫脚有时为一固定直流电压, 有时为 0V 电压。当其输出为 0V 电压而又发生故障时, 就需要用示波器对其输出端第⑫、⑬脚进行定量检查。在无信号输入时, IC_{308} 第⑩脚输出应为零电平, 当毫伏定标时, ⑫脚输出约+20mV 的定标电压。如果无定标电压输出, 则 IC_{308} 已损坏。更换新集成块, 故障排除。

故障例 11: 集成块 IC_{308} 中差分放大器性能不良

故障现象: 共模抑制比性能降低, 不能达标。抗干扰性能降低, 记录心电图时交流干扰严重, 采用滤波功能也不能滤除交流干扰。

分析与检修: 本例故障是由于差分放大器性能不良而引起的。心电图机的共模抑制比主要由差分放大器来决定, 它取决于差分放大电路的对称性, 包括差分放大器阻抗网络的对称性和放大器的开环增益的对称性。当由于各种原因使上述因素变坏时, 共模抑制比就会随之降低。而心电图机的差分放大器是集成封装在 KT-5 型集成块中, 只要更换新的 KT-5 (即 IC_{308}) 可排除故障。

当更换的集成块为 KT-5A, 而原先的集成块型号为 KT-5 时, 机内定标的幅度会发生变化。这时需要在 IC_{308} 的第⑮脚和第⑯脚到地之间接一个 500 Ω 的可调电位器 (即 R_x , 其安装位置在 IC_{301} 时间常数电容的旁边), 以便对机内毫伏定标信号进行调整。

故障例 12: 增益和基线移位自动控制电路 IC_{311} 故障

故障现象: 接通电源后记录笔发生单偏, (方向或上或下) 调整基线移位钮不起作用。将面板上的增益调节电位器逆时针调到头, 记录笔可恢复至中心位置。液晶显示及键控功能都正常。

分析与检修: IC_{311} 和 IC_{312} 组成增益与基线移位自动控制电路, 当发生故障时也会造成故障。

基线位置自动调节的过程是: 取样后的心电信号由 IC_{111} 的第①脚输入进行峰值保持, 然后经过 IC_{312} 进行缓冲放大 ($\times 1$ 倍) 后再送到 IC_{311} 的峰值运算电路进行运算, 正负峰值差的二分之一取负值后由第⑩脚输出, 与心电信号叠加后, 将基线位置自动下移。心电信号中 R 波峰越高, IC_{311} 第③脚输出的直流电平负值越大。当无心电信号输入时 (即导联选择在 TEST 时) 或仪器工作在手动工作方式 (按一下 AUTO 开关, 液晶显示上去掉 AUTO 字样) 时, IC_{311} 第⑩脚的输出电平应当为 0V。

这时 IC_{311} 中的峰值保持电路没有工作。因此 IC_{311} 第⑧、⑨、⑩、⑬、⑮、⑰和⑱脚都应当为零电平。如果 IC_{311} 损坏使第⑱脚输出一个直流电平, 则记录笔产生单偏故障。因此可通过测定 IC_{311} 第⑱脚输出电平是否正常判定增益和基线移位自动控制电路是否有故障。通常用万用表测 IC_{311} 第⑱脚有较大的直流电平输出, 就可判定 IC_{311} 发生了故障。因为 IC_{312} 接成电压跟随器, 故障可能性比较小。更换新的 IC_{311} , 故障排除。

故障例 13: 中间放大器 IC_{309} 故障

故障现象: 接通电源, 记录笔单偏, 调整基线移位钮不起作用, 将增益调节电位器逆时

针调到头，记录笔可恢复到中心位置。

分析与检修：中间放大器 IC₃₀₉ 接成同相输入的负反馈放大器，并接有置零调节电路，在它的输入端还接着 Q₃₀₁、Q₃₀₂ 和 Q₃₀₃ 组成的封闭 (1NST) 电路。VR₃₀₁ 是置零调节电位器。正常情况下，VR₃₀₁ 正在反时针分别调到头的情况下，IC₃₀₉ 第⑥脚的输出电压应在 $\pm 0.2V$ 之间变化，正确的调整应使 IC₃₀₉ 输出为 0V。当按下封闭 (RESET) 开关，用万用表测量 IC₃₀₉ 第⑥脚输出不为 0V，而为一个绝对值大于 0.2V 的直流电平，则判定 IC₃₀₉ 已发生故障。更换新的 IC₃₀₉，故障排除。

故障例 14：缓冲放大器 IC₃₀₁ 损坏

故障现象：该机肢体导联 (I、II、III、aVR、aVL、aVF) 全部不出波，1mV 定标、胸导联 (V₁、V₂、V₃、V₄、V₅、V₆) 工作正常。

分析与检修：检查导联全部导通，1mV 标准电压，胸导联工作正常，因此判定故障点在前置放大器之前。

由于导联选择转换电路既要接受控制电路来的选通信号，又要输入、输出心电信号。首先对导联选择电路进行检查，以确定故障点是在控制电路、输出电路或导联选择转换电路本身。

导联选择转换电路由 IC₃₀₄~IC₃₀₇ 组成。IC₃₀₄~IC₃₀₇，为“双四路模拟开关”，开关是由 A、B、IN 3 个控制端子的控制电平控制的。这 3 个端子的控制电平全部来自控制与主放大器电路的中央处理器 (CPU)。IC₃₀₄ 选通定标和 I、II、III 导联；IC₃₀₅ 先通 aVR、aVL、aVF 和 V₁ 导联；IC₃₀₆ 选通 V₂、V₃、V₄、V₅ 导联；IC₃₀₇ 选通 V₆ 导联。由于胸导联全部正常，只需按照电路图中的导联选择表检查 IC₃₀₄、IC₃₀₅ 的 A、B、IN 端电平，检查结果与示值相符，说明控制电路工作正常，在检查控制端子的同时，用信号发生器输出 1mV 方波信号，加至相应的输入端，在输出端用示波器观察，检查结果 IC₃₀₄、IC₃₀₅ 也工作正常。检查威尔逊网络也未见异常。显然故障出在缓冲放大器 IC₃₀₁ 上。

IC₃₀₁ 由一块集成电路组成，在实际电路中是由 IC_{301A}、IC_{301B} 2 块集成电路组成，其引脚接法与 IC₃₀₂ 接法相同。检查 IC_{301A}、IC_{301B} 的 $\pm 7.4V$ 电源正常，在输入端加 1mV 方波信号，用示波器观察相应输出端，发现 IC_{301A} 的 3 个输出端均无输出，而 IC_{301B} 的 3 个输出端工作正常。可以确定 IC_{301A} 损坏。

IC_{301A} 是专用集成电路，但实际上是由 3 个电压跟随器组成的集成电路，因此可用易购到的通用型集成电路 LM324 来代换。LM324 是四组独立的、高增益的、内部频率补偿的运算放大器，它既可以单电源使用，也可以双电源使用，电源电压可以从 $\pm 5V$ 至 $\pm 15V$ ，而且驱动功耗低。从 LM324 引脚功能表见表 L₃ 可以看出，将 LM324 接成电压跟随器十分方便，只需将每组的反相输入端与输出端短路起来即可。只是由于 IC_{301A} 是单列直插式集成电路，而 LM324 是双列直插式集成电路，印刷电路板本身结构也很紧凑，在安装时要费些功夫，按照表 1-4 改接引脚。改接的具体方法如下：首先将 LM324 的③、⑤脚扳直，其余脚一律沿引脚细端的根部剪断，把①、②、⑥、⑦、⑧、⑨脚断路。将 LM324 的③、⑤脚直接插入原来 IC_{301A}③、⑤脚位置，①、④、⑦、⑧、⑩、⑪脚分别用硬导线连接一一对应插入原来 IC_{301A}②、①、④、⑥、⑦、⑧脚位置上，⑫、⑬、⑭脚空出不用，对照表 1-4 检查连接无误，进行焊接。整机复原后，开机检查，各导联均工作正常。

心电图机维修手册中标明 IC_{301A} 是高输入阻抗集成电路，而 LM324 则是通用型集成电路，为了慎重起见，对修复后的心电图机用 CH-2 型心电图机测试仪进行计量检定，各项指标全部合格。在检定输入阻抗时，特借了一台正常使用的心电图机进行对比检定，结果两机的输入阻抗无差别，说明用 LM324 代换 ECG6151 心电图机专用缓冲放大器集成电路完全可行。

此种代换方法同样适用于 ECG6151 型心电图机。

表 7-2-3 LM324 引脚功能表

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
功能	IOUT	IIN ₋	IIN ₊	E ₊	2IN ₊	2IN ₋	2OUT	3OUT	3IN ₋	3IN ₊	E ₋	4IN ₊	4IN ₋	4OUT

表 7-2-4 LM324 与 IC310A 对照表

LM324	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
IC _{301A}	2	*	3	1	5	*	4	6	*	7	8	*	*	*

故障例 15: 缓冲放大器 IC₃₀₁ 损坏

故障现象: 在记录心电图时只有第Ⅱ导联心电信号正常，其余各导联均无心电信号。

分析与检修: 当输入电路（其中包括电极、导联线、输入平衡电阻、输入缓冲放大器、威尔逊网络和导联选择模拟电子开关）发生故障时，会造成某一导或某几导无心电信号的故障。根据心电图导联组合原理可以归纳出如下的规律：当右手信号通路发生故障时，除了不影响第Ⅲ导心电信号的正常记录外，其他各导均无心电信号；当左手信号通路发生故障时，会造成第Ⅱ导有信号外其他各导均无心电信号的故障现象；当左脚信号通道有故障时会造成除第Ⅰ导有信号其余各导均无信号的故障现象。而当某一胸导信号通道有故障时，会使所对应的胸导联无心电信号，其他导联心电信号都正常。

本例故障是由于左手电极通道发生故障而造成的。于是对 L 信号通路进行检查，L 导联接线插头与左手电极片接触良好，导联线无折断情况，输入平衡电阻和缓冲放大器之后的平衡电阻是无虚焊或损坏。通过这些检查没有故障，则故障可能发生在缓冲放大器（IC₃₀₁）或导联选择电子开关（IC₃₀₄）上。由于第Ⅱ导心电信号正常。说明导联选择电子并关 IC₃₀₄（的开关转换工作是正常的。因此判定 IC₃₀₁ 内的缓冲放大器发生了故障，更换 IC₃₀₁，故障排除。

故障例 16: 滤波选择电子开关 IC₃₁₀ 损坏

故障现象: 灵敏度粗调开关分别置 1、1/2 时，记录笔单偏，调基线电位器 VR101 不起作用，但在液晶显示器上显示正常。

分析与检修: 根据故障现象可说明从触摸开关到中央处理器 CPU（IC₁₀₁）工作正常。而在灵敏度粗调开关置 2 时，工作又正常，说明灵敏度和滤波器选择开关 IC₃₁₀ 后面电路工作正常，故障很大程度出现在 IC₃₁₀ 上。用万用表电压档测量 IC₃₁₀ 的 A、B 两端⑪、⑩脚电压，转换灵敏度开关 1/2、1、2 时，其测试结果与 IC₃₁₀ 的逻辑输入电平相同。从测试结果证实 CPU 输出正常，确认 IC₃₁₀ 已坏。更换新片，仪器恢复正常。

故障例 17: 锁相稳速电路中电阻 R_{103} 开路

故障现象: 走纸电机速度超过 50mm / s, 选择 25mm / s、50mm / s 时, 纸速均无变化, 走纸速度失去控制。

分析与检修: 走纸电机速度控制电路其速度的变换是由 CPU 的 PO 端口的①脚的输出电平, 经锁存器 IC₁₁₀ 来控制 IC₁₀₉ (A 门) 的开与关来改变施加于电机的驱动电流的脉冲频率来进行的。当选择 25mm / s 时, IC₁₀₉ 的⑥脚为高电平, IC₁₀₉ 第④、⑤、⑥脚逻辑门打开, 256Hz 脉冲输出至 IC₁₀₉ 第①、②、③脚逻辑门的①脚, 此逻辑门在两个输入脉冲的共同作用下, IC₁₀₉ 的③脚输出为 256Hz 脉冲, 锁相环 IC₁₁₂ 输出驱动电压的平均值约为 2.7V, 驱动电机以对应于走纸速度为 25mm / s 的速度运转。当选择 50mm / s 时, IC₁₀₉ 的⑥脚为低电平, IC₁₀₉ 第④、⑤、⑥脚逻辑门关闭, 其④脚输出电平恒为高电平, IC₁₀₉ 第①、②、③脚逻辑门输出 512Hz 脉冲, 锁相环 IC₁₁₂ 输出驱动电平的平均值约为 4.4V, 驱动电机以对应于走纸速度为 50mm / s 的速度运转。根据分析, 现电机启停正常, 又失控, 说明启停控制电路、鉴相电路工作均正常, 有可能是反馈信号没有到所引起的。用示波器检测反馈回路 J、K 两点波形, 发现 J 点有正常波形, 而 K 点没有。用万用表电阻档测量, 发现 R_{19} 开路。更换一同规格型号电阻, 仪器恢复正常。

故障例 18: 锁相稳速电路中电阻 R_{103} 虚焊

故障现象: 记录速度 25mm / s 或 50mm / s 时, 其速度很不恒定, 造成记录的心电图形不规则, 给诊断带来了一定困难。

分析与检修: 首先考虑到记录纸驱动电机的驱动脉冲是否正常。设定记录速度为 25mm / s, 并进行心电图的测试记录。用示波器测定 IC₁₁₂——相位比较器 MC14046 的④脚输入基准脉冲频率及幅度, 在记录电机速度发生变化时, 都十分稳定。在用示波器测量 MC14046 的⑧脚工作脉冲时, 信号很微弱, 找到了发生故障的原因。

IC₁₁₂ (MC14046) 相位比较器④脚为 PCA 端, 是基准脉冲输入端。基准脉冲 (方波) 由单片机 MSM5840RS 的 SYNC 脚发出的方波脉冲分频得到, 并可选择为 256Hz 或 512Hz 的频率, 分别对应记录纸走纸速度的 25mm / s 或 50mm / s。⑧脚为 PCB 端, 是工作脉冲输入端。⑬脚是电压输出端, 输出电压到电机驱动电路, 驱动电机转动。当④脚的输入脉冲与⑧脚的输入脉冲相位不一致时, 会使⑬脚的输出电压发生相应的变化。MC14046 的作用是维持电机恒速运转。IC₁₁₁ (MC14069) 是六非门集成电路, 它的作用是把测速发电机检测到的电机转速的正弦波信号放大整形成方波信号脉冲, 输入到 IC₁₁₂ 的 PCB 端, 其脉冲相位随电机转速的快慢而发生相对 PCA 端的基准脉冲相位的超前或滞后。如果由于某种原因使电机的转速降低, 则转速传感器输出电压幅度降低, 经 IC₁₁₁ 的整形放大, 使锁相器 PCB 端输入脉冲相位滞后于 PCA 基准脉冲相位, 则相位比较器⑬脚输出电压升高, 使驱动电流增大, 转速回升, 维持电机转速恒定, 反之同理。

由以上分析, 故障可能出现在转速传感器或 IC₁₁₁ 的放大整形通路上。设定走纸速度为 25mm / s, 并记录心电图, 用示波器测量发电机的输出脉冲频率为 256Hz, 在走纸速度不稳定的情况下, 脉冲幅度 0.2V_{p-p} 发生变化, 说明测速发电机工作正常。进一步测量 IC₁₁₁ 的⑨脚、⑧脚均正常, 测到⑧脚时, 信号十分微弱, 以为 R_{103} 烧断, 焊下 R_{103} , 测量其阻值正

确，便又焊上，再用示波器测量 IC₁₁₁ 的③脚有正常信号。随后测量 IC₁₁₂ 的⑧脚也有正常信号。然后连续做了两个病例，运行一切正常。原来由于电气工艺上的问题，当仪器使用一段时间后，R₁₀₃ 发生了虚焊现象。

故障例 19：锁相稳速电路中电阻 R₁₁₉ 断路

故障现象：按下 START 记录启动键，LED 指示灯亮，蜂鸣器有叫声，但走纸电机不启动。

分析与检修：LED 指示灯亮，蜂鸣器有叫声说明按键、四位二进制编码器 IC701，CPU（IC101）工作正常。

走纸电机的启动和停止是由 CPU（IC₁₀₁）的 PG₁ 端控制的。当处于 STOP 状态时，该端为高电平，给 IC₁₀₈ 反相后，Q₁₀₂ 截止，光电耦合器 PHC₁₀₁ 第⑧脚输出高电平，使 Q₁₀₅ 导通，IC₁₁₂ 第⑬脚输出被短路，Q₁₀₄、Q₁₀₁ 截止，走纸电机不转动。当按下 START 键时，该端为低电平，经 IC₁₀₈ 反相，Q₁₀₂ 导通，Q₁₀₅ 截止，IC₁₁₂ 第⑬脚有输出（输出电压为 2，7V 时，走纸速度为 25mm / s，输出电压为 4.4V，走纸速度为 50mm / s），Q₁₀₄、Q₁₀₁ 导通，走纸电机启动。

由上面分析可知，走纸电机不启动，说明故障发生在 CPU（IC₁₀₁）PG 输出口到电机绕组的线路上。

接通电源，按 START 键，测 Q₁₀₂ 的基极为高电平。Q₁₀₂ 导通，光电耦合器 PHC₁₀₁ 第⑧脚输出低电平，Q₁₀₅ 基极为低电平，Q₁₀₅ 截止，满足走纸电机启动条件。测 Q₁₀₄ 基极无电压，Q₁₀₄、Q₁₀₁ 截止，测 IC₁₁₂ 第⑬脚及 R₁₁₃ 和 R₁₁₉ 的连结点有输出电压，判断 R₁₁₉ 断路。焊下 R₁₁₉ 测量阻值为无穷大。换上同样阻值的电阻，走纸电机启动正常。

故障例 20：锁相稳速电路中逻辑门 IC₁₀₉ 损坏

故障现象：接通电源，开启 START 开关，当转换走纸速度选择开关时，液晶显示器上的显示状态正常，而实际走纸速度不能转换，始终是 50mm / s 的速度。

分析与检修：心电图机是利用改变驱动脉冲的频率来改变走纸速度的。纸速为 25mm / s 时，驱动脉冲的频率为 256Hz；纸速为 50mm / s 时，脉冲频率为 512Hz。而频率的转换是由 CPU 送来的转换指令控制 IC₁₀₉ 的两个逻辑门来实现。IC₁₀₉ 的两个门是控制转换走纸速度的关键门。其中第⑤脚输入 256Hz 的脉冲信号，第⑥脚输入 CPU 送来的纸速转换指令：高电平时纸速 25mm / s；低电平时纸速为 50mm / s。IC₁₀₉ 另一个门的第②脚输入 512Hz 的脉冲。当 CPU 送来的指令为高电平时，即 IC₁₀₉ 第⑥脚输入高电平时，由第⑤脚输入的 256Hz 脉冲反相后从第④脚输出，送到 IC₁₀₉ 另一个门的第①脚，与第②脚输入的 512Hz 的脉冲相与，在第⑧脚输出一个频率仍为 256Hz 但占空比不为 50% 的脉冲波形，见图 7-2-8 所示。

这个脉冲电压被送到走纸控制电路作为 25mm/s 的走纸驱动脉冲。当 CPU 送来的指令为低电平（即 IC₁₀₉ 第⑥脚输入为低电平）时，根据负逻辑或非门的特性，当有一个输入端为低电平时，输出即为高电平。因此 IC₁₀₉ 第④脚输出为一个高电平。512Hz 的脉冲和这个高电平相与后，其输出仍是一个 512Hz 的脉冲，只是相位相反。这个 512Hz 的脉冲就是纸速为 50mm/s 的驱动脉冲。

出现故障时，用示波器检查 IC₁₀₉ 第⑧脚的输出情况时发现，不管如何转换纸速选择开关，此处的输出脉冲始终为 512Hz。检查 IC₁₀₉ 第④脚输出一个高电平，而第⑥脚的纸速转换指令是正常的（因为显示状态正常）。这说明 IC₁₀₉ 的第④、⑤、③脚逻辑门已发生故障。更换 IC₁₀₉ 后，故障排除。

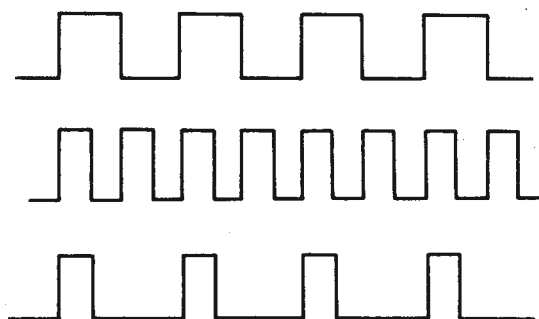


图 7-2-8 纸速为 25mm/s 时，IC₁₀₉ 输入输出脉冲

1. IC₁₀₉ 第①脚输入脉冲波形；
2. IC₁₀₉ 第②脚输入脉冲波形；
3. IC₁₀₉ 第③脚输出脉冲波形。

故障例 21：锁相稳速电路反相器重 C₁₁₁

损坏

故障现象：使用过程中，走纸电机速度突然加速，输入 STOP 停机信号时，走纸电机停转，将 25mm/s 改为 50mm/s 后，再输入 START 走纸信号时，电机起步明显比 25mm/s 档快。

故障分析：微处理器 IC₁₀₁ 第③脚输出电机启停控制信号、第⑬脚输出选择走纸速度信号、第⑤脚输出 13kHz 标准信号，由分频器 IC₁₀₅ 输出 256 / 512Hz 的矩形波，控制电机转速。电机稳速采用了先进的锁相环电路，当电机转动后，装在电机轴上的磁环与紧靠磁环旁的检测器产生交流信号，经 IC₁₁₁ (1 / 6) 反相器整形、反相后，输出矩形波送入相位比较器 IC₁₁₂ 第⑧脚，与第⑩脚来自 IC₁₀₅ 分频器的 256 / 512Hz 标准信号进行相位比较，当③脚输入信号与⑩脚标准信号有误差时，该集成块⑬脚就输出纠正电位，经低通滤波后纠正电机转速稳定在选择数值上。

综上所述，输入 START / STOP 信号时，电机启停受控，说明该通道正常。输入 25mm/s、50mm/s 走纸选速信号时，电机起步速度明显有差别，证明这部分通道也正常，故障的重点应是锁相环电路。

故障检修：用示波器检测 J 点波形，有交流信号，测 k 点时，发现不是矩形波，检测 IC₁₁₁ 外围 R、C 元件无异常。考虑是 IC₁₁₁ 损坏，在线检测时，该集成块第⑨、⑧脚组疑点最大，用刀片切断两脚印板线后，测量该组正反内阻为无穷大（正常有 20ka 左右，指用 ME-540 数字表），说明此组反相器损坏。IC₁₁₁ (MC14069) 是 6 组反相器，线路图上只用 4 组，仍有 2 组空着，为了缩短引线，选用第⑤、⑥脚这组，用刀片切断⑨、⑧、⑤、⑥脚印板线，用细导线将⑤脚与第⑨脚切断线相连，将第⑥脚与第⑧脚切断线相通，将机器按顺序复装后，开机试验，上述故障现象消失，仪器修复。

故障例 22: 转速传感器一外接线头脱焊

故障现象: 不论走纸速度选择 25mm / s 或 50mm / s 档, 纸速均异常加快。

分析与检修: 走纸速度异常变快, 有以下两种原因: 一是加在电机上的脉冲式电压已转变为一恒定的直流高电压; 二是转速反馈电路发生故障, 引起电压的频率变快。前一种情况常见于晶体管 Q_{104} 或 Q_{105} 损坏。而转速传感器 IC_{111} 或 IC_{112} 的损坏则会引发后一种情况。

将心电图机的走纸转速预置在 25mm / s, 用示波器观察锁相环 IC_{112} 第⑭、⑬和③脚的波形。输入端⑭脚的波形正常, 频率为 256Hz 的脉冲波, 输出端③脚波形的频率加快, 但是反馈输入端第③脚的波形为一直线。

反馈电路没有捕捉到信息, 估计为该部分有故障。然后, 在接插件 CNP_{101} 第④脚用示波器观察无脉冲波。至此, 查明转速传感器损坏。将 CNP_{101} 和 CNJ_{101} 断开, 用数字万用表欧姆档量取 CNJ_{101} 上第③、④脚之间的电阻值为无穷大。把传感器从电机上拆下仔细检查, 原来是两感应线圈之一的外接线头脱焊。经过处理之后, 通电试机, 故障排除。

因转速传感器失效, 锁相环无反馈信号输入, 故其输出为一错误信号, 致使电机转速异常加快。

故障例 23: 走纸电机驱动晶体管 Q_{101} 的 be 结开路

故障现象: 走纸电机动作。

分析与检修: 电机的电源未能顺利加上是造成该故障的主要原因。

断开接插件 CNP_{101} 和 CNJ_{101} 的联系, 用数字万用表电压档量取 D_{104} 两端电压为 6V。再将 CNP_{101} 和 CNJ_{101} 接上, 量 D_{104} 两端电压为 0V。此现象说明, 锁相环之后的电路中存在短路或存在元件失效的故障。在线测量 CNP_{101} 上①、②脚之间的电阻值约为 32, 此值属正常。最后在测量晶体管 Q_{101} 时, 发现其 be 结开路, bc 结击穿。更换同一型号的管之后, 通电, 机器工作恢复正常。

由于 Q_{101} 的损坏, 引起无驱动电流, 故电机不能运转。

故障例 24: 电机固定螺钉松脱

故障现象: 走纸电机转速时快时慢, 且伴随“咯咯”声。

分析与检修: 打开机器后盖, 露出走纸传动机构。通电试机, 仔细地边听边查, 发现传动轮与电机齿轮相互咬合不紧密, 造成两只均摇摆不定, 同时发出“咯咯”的齿轮撞击声。仔细观察发现是电机固定在机座上的螺钉松脱。重新固定好螺钉, 试机, 工作正常。

故障例 25: 走纸速度控制电路故障

故障现象: 在记录工作方式时不走纸, 其他各项功能正常。

分析与检修: 在信号通路和液晶显示都正常的情况下, 只是启动 START 不走纸, 说明故障发生在走纸控制电路。对于这种故障可分为四步进行检查。首先检查走纸传动机械是否有故障; 第二步检查相位比较器 IC_{112} 第⑭脚有无驱动脉冲输入。如果没有脉冲输入, 则故障发生在脉冲传送通路上。用示波器对 PHC_{101} (下面 1 / 2)、 Q_{103} 、 IC_{109} 等进行脉冲追踪检查。

如果 IC_{112} 第⑭脚有正常脉冲输入, 则进行第三步检查, 即对电机启动电路进行检查。

电机启动电路包括：电机启动开关晶体管 Q_{105} 、光电耦合器 PHC_{101} （上面 1 / 2）、晶体管 Q_{102} 和反相门 IC_{108} 。检查方法：用示波器或万用表检测 PHC_{101} 第⑧脚的输出电平。在启动 START 时 PHC_{101} 第⑧脚输出是否是低电平。只有为低电平才能保证 Q_{105} 截止，使电机驱动电路正常工作。如果 PHC_{101} 的第④脚在启动 START 后输出不是低电平而是一个高电平，则故障发生在 PHC_{101} 及其以前的电路，再分别对 Q_{102} 、 IC_{108} 的输入输出逻辑电平进行检查，可很快查出故障原因。正常情况是：启动 START 后， IC_{108} 的第①、②脚输入为逻辑低电平，第⑧脚输出为逻辑高电平。 Q_{102} 集电极输出低电平。经过检查上述两项均正常，则故障可能发生在电机驱动电路及电机本身。其中包括 IC_{112} 、 Q_{101} 、 Q_{104} 、 D_{104} 及电机线圈。进行最后一步检查，首先检查 IC_{112} 第⑬脚输出电压是否正常。正常记录 I 作状态， IC_{112} 第⑬脚输出情况是，在纸速选择 25mm / s 时输出为 +2.8V；在纸速选择 50mm / s 时输出约为 4.2V，如果此处电压输出异常，那么 IC_{112} 已经损坏。如果此处电压正常，则故障在 IC_{112} 之后，应对 Q_{101} 、 Q_{104} 、 D_{104} 及电机线圈分别进行检查。查出损坏器件，更换新件，故障即可排除。

故障例 26：供电电路五芯电缆内部折断

故障现象：接通电源后，液晶显示器上无显示，但记录笔移位情况正常，调基线移位电位器时，记录笔偏转正常。

分析与检修：心电图机采用了浮地供电和非浮地供电两种供电方式。其中浮地电压产生电路产生的 $\pm 8V$ 、 $+5V$ 、 $+3V$ 电压分别为浮地前置放大电路和自动键控电路及逻辑控制电路提供工作电压，其中 $+5V$ 的浮地电压是专为逻辑控制电路供电。包括液晶显示器的工作也是由 $+5V$ 的浮地电压变换成脉冲电压来为 LCD 提供工作电流的。因此当出现液晶显示器无任何显示的故障情况时，首先检查 $+5V$ 的浮地电压是否正常。本例故障经过检查，发现控制与主放大器电路板上无 $+5V$ 浮地电压，而检查浮地前置放大电路板上浮地电压产生电路，却有 $+5V$ 电压输出。进一步检查中发现浮地前置放大电路板至控制与主放大电路板的五芯连接电缆上 $+5V$ 的接地线即第 2 条连线内部折断，更换新的五芯电缆后，仪器修复。

故障例 27：走纸电机启停控制三极管 Q_{105} 集射极间短路

故障现象：接通电源后，定标、移位等均正常，按动记录 START 开关，不走纸，选择 25mm / s，50mm / s 时，显示器有显示。

分析与检修：根据故障现象，故障出在走纸电机启停控制电路，该电路的工作状态是由中央处理器 CPU 控制的。当按下记录控制键“START / STOP”时，编码器 IC_{701} 对该键编码并向 CPU 发出中断请求，CPU 响应中断后执行有关的子程序，运行结果通过 CPU 第③脚 PG_2 端输出到 IC_{108} 的①、②脚，作为记录驱动电机的启动信号。当 PG_2 端为高电平时， IC_{108} 输出低电平， Q_{102} 不导通，发光二极管不发光，光电耦合器输出高电平，使 Q_{105} 导通，锁相器 IC_{112} 输出的正电压信号被旁路 Q_{104} 、 Q_{101} 截止，电机因无驱动电流而不运转。当 PG_2 端为低电平时， IC_{108} 输出高电平， Q_{102} 导通，光电二极管发光，光电耦合器输出低电平， Q_{105} 截止，锁相器 IC_{112} 输出的高电平使 Q_{104} 、 Q_{101} 导通，其射极电流驱动电机运转。

根据分析，走纸电机的启停主要是取决于 Q_{105} 的开关状态。用万用表电压档测量启停控制电路的各点电压，发现 Q_{105} 的工作点不对，焊下 Q_{105} 测量其阻值，结果集电极与发射极间短路，确认该故障是由于 Q_{105} 集射极间短路，使 Q_{104} 、 Q_{101} 一直处于截止状态所造成的。

换上新管，仪器恢复正常。

故障例 28: 输入缓冲集成放大器 IC₃₀₂ 内部短路

故障现象: 开机后，电源指示正常，液晶显示屏上无指示。

分析与检修: 起初估计为电源断路，或电源变换器电路故障致使浮地后电路组件全部无电而不工作。在通电状态下，用观察触摸法发现 Q₃₀₄ 严重发热，说明逆变后的输出有短路。进一步采用分段通电法检查，查明集成块 IC₃₀₂ 内部短路。更换 IC₃₀₂ 后，整机工作正常。

故障例 29: 右脚电极驱动器 IC₃₀₃ 损坏

故障现象: 接通电源后，导联选择在 TEST、I、II、III 导联时，第 I、II、III 导联有信号，且毫伏定标信号正常，其他导联既无定标信号又无心电信号，且在记录 I、II、III 导心电信号有很大的交流干扰。仪器的各项键控功能正常。

分析与检修: 一般的心电图机右脚电极是直接与前置放大电路的浮地相接的。而该型心电图机是通过右脚电极驱动器的电路与浮地间接产生联系。右脚驱动器的作用之一是使右脚电位与浮地电位保持动态平衡。当右脚驱动器发生故障时，就破坏了右脚电位与浮地电位的平衡关系，右脚与浮地联系隔断。这种情况下，对于不以浮地电位为信号的双极性导联心电信号影响不大，这时还可记录出第 I、II、III 导联的心电信号。而对于以浮地电位为信号零电平的单极性导联的心电信号，却由于心电信号与放大电路没有共同的零电位，即相当于信号的两条输入线中断了其中的一条接地线，就不可能放大记录单极性导联的心电信号了。

对于本例故障，首先检查右脚电极驱动器是否正常。IC₃₀₃ 的反相输入端正常情况下应与浮地电位一致，即保持零电位。输出端第⑧脚的输出也应是 0V。如果输入或输出不为 0V，而是一个直流（正或负）电平，则说明 IC₃₀₃ 已发生故障。更换 IC₃₀₃，故障排除。

故障例 30: 记录器位置传感器故障

故障现象: 接通电源后记录笔偏向一边，调基线调节钮不起作用或将电位器调到某极限位置时，记录笔能够靠近中心位置。当把增益电位器（GAIN）逆时针调到头，使增益为零时，即将前置放大级的输出端对地短路，去掉前置放大级的影响，这时记录笔仍不能恢复中心位置。

分析与检修: 首先对记录器进行检查。由磁敏传感式位置反馈记录器的工作原理表明，位置传感器的传感作用是通过磁敏电阻来实现的，当磁敏电阻由于某些原因变值或损坏失效时，即可导致由磁敏电阻和普通电阻组成的电桥的失衡。轻则使记录笔上下偏转不对称，重则使记录笔发生单偏。那么如何判定位置传感器的故障呢？下面介绍一种简便的检查方法——电阻测量法。作法是先卸下记录笔，拔下位置传感器与电路板的连线插头。然后用数字万用表检测位置传感器输出端（蓝线与黑线）之间的电阻（即电桥 B 点与 A 点之间的电阻）。当位置传感器上的连杆在上下限自由转动时，正常传感器的电阻值如表 7-2-5。

表 7-2-5 电阻值表

连杆位置	自由上限	自由下限	变化范围
蓝黑线间阻值	11.60k±3k	12.60k±3k	1k

如果测得的电阻值很大，并且当转动位置传感器的连杆时阻值无变化，说明位置传感器的磁敏电阻已经损坏。这种情况时，位置传感器无法修复。还有一种情况，就是当转动传感器的连杆到达极限位置时，电阻发生突变，比如电阻由小变大时突然由大变小，而电阻的变化范围大致正常。出现这种情况一般是由于小磁铁的磁场强度方向没有处在最佳位置。对于这种原因引起的记录器故障一般是容易修复的。下面介绍修复这种位置传感器的几种简便方法：

1. 调整位置传感器的安装角度。当记录笔由于位置传感器内的小磁铁方向没有处在最佳位置而使电桥失去平衡，从而发生使记录笔单偏的故障现象时，可将位置传感器的安装角度调整一下，将故障排除。方法是：松开位置反馈传感器的固定螺钉，安装好记录笔，将位置反馈传感器向记录笔单偏相反的方向旋转一个角度，直到将故障排除，然后再紧固螺钉，进行通电试验。

本机记录器的位置反馈传感器固定位置，有一定的调整范围，就是为了进行电桥失衡校正的。

2. 调整限幅电位器法。心电图机主放大器 IC₁₁₄ 中设有限幅调整电位器。当由于电桥失衡比较严重采取上面的措施仍不理想，记录笔在某一侧的偏转幅度不够时，可采用扩展记录笔的限幅范围的方法将故障排除。方法是接通电源后将面板上限幅电位器（左数第二个）逆时针微调，使限幅范围变大，这时记录笔便可达到极限位置了。应当注意的是，当调整限幅电位器后，IC₁₁₄ 的增益会随之改变，毫伏定标电压会增高。所以还需将增益（GAIN）电位器（左数第一个）逆时针微调，将灵敏度用毫伏定标信号校正准确。

3. 位置传感器磁场强度方向校正法。当由于磁敏电阻变值使电桥平衡失调较严重而造成记录笔单偏，采用上述方法又不能奏效时，可采用调整小磁铁与传感器基座相对角度的方法将故障排除。方法是：取下位置传感器的屏蔽罩，松开塑料基座的固定螺钉，将心电图机面板上的增益调节电位器逆时针调到头，使增益为零。将笔电机和位置传感器的接线插头分别插在电路板上，然后接通电源，边旋转塑料基座，边观察记录笔是否恢复到中心位置。这样直至记录笔位置调到中点时，即相对于上下极限位置对称平衡，最后再固定塑料基座底部的固定螺钉，装上外壳，记录器便修复了。

故障例 31：键控编码器 IC₇₀₁ 损坏

故障现象：接通电源后液晶显示状态正常。但转换导联选择开关、灵敏度选择开关、纸速选择开关等各项功能开关时不起作用，液晶显示状况不变化，并且没有代表选通状况的音响“笛——”声。但当按下毫伏定标开关时有“笛——”的响声，而且定标信号也正常。

分析与检修：心电图机键控音响“笛——”响声是由 4096Hz 的脉冲信号驱动蜂鸣器而产生的。而 4096Hz 的脉冲信号是由 4MHz 的晶振脉冲经 CPU 计数分频后而得到一个 131.072kHz 的脉冲，再经过 IC₁₀₈ 的 1/32 分频而得来的，毫伏定标时有“笛——”响声，说明 CPU、IC₁₀₁、分频器 IC₁₀₅ 等逻辑控制电路部分的工作是正常的。毫伏定标时的控制信号是唯一没有经过键控编码的信号，它直接送至蜂鸣器电路的控制端和前置放大电路定标信号产生器（在前置放大电路板上）的控制端（IC₁₀₈ 第⑨脚），因而定标时音响和信号都正常。其他各项键控功能选择按键，如导联选择（前进、返回）、灵敏度选择（×1/2、×1、×2）、自动手动工作按键，记录（START）按键、走纸速度选择（25、50）按键以及滤波（ON /

OFF) 按键, 这些键控功能必须通过编码器 IC₇₀₁ 编码后才能起作用。当键控编码器 IC₇₀₁ 发生故障时, 上述键控功能的编码输出就不正常了, CPU 得不到正常的键控编码, 因而造成本例故障现象。用示波器检查 IC₇₀₁ 的输出编码时发现, 无论按一个功能按键时, 其四个输出端均为“0000”或是一组固定不变的编码。

IC₇₀₁ 输出端编码不正常, 说明 IC₇₀₁ 发生了故障。更换新件, 故障排除。

故障例 32: 键控编码器 IC₇₀₁ 损坏

故障现象: 能打毫伏定标, 做不出心电图。

分析与检修: 根据故障现象, 操作面板功能键, 发现无论是选择 AUTO (自动) 工作状态还是 MANU (手动) 工作状态, 只要 START (走纸) 键启动或“↓”(导联选择) 键启动, 显示板即显示闭锁状态, 心电信号不显示, 初步判断闭锁电路工作, 使得心电信号无法输入至前置放大电路。

闭锁电路的工作情况是: 当键控编码器 IC₇₀₁ 在接收到闭锁指令时, 即按下 INST 时, ST 端输出一高电平, 经 IC₇₀₄ (1 / 6) 反相后馈至中央处理器 IC₁₀₁ 的⑥脚。中央处理器⑩脚输出一低电平: 一路送键控状态显示器, 显示闭锁状态; 另一路送闭锁执行电路, 使 Q₃₀₃ 导通, Q₃₀₁、Q₃₀₂ 路随导通, 放大电路处于封闭状态。

根据上述分析, 首先测键控编码器 ST 端的输出电压, 发现每当按一次 ARTST 键后, ST 端维持一高电平, 这样中央处理器始终接收并输出闭锁指令, 使闭锁执行电路工作, 按动其他键控钮, 检测 IC₇₀₁ 的相关脚电位, 对照真值表严重不符, 断定此元件损坏。换上新品, 机器工作正常。

故障例 33: 记录笔温度控制集成电路 IC₁₁₆ 损坏

故障现象: 开机后电源指示灯亮, 其余均不动作。

分析与检修: 根据故障现象, 先检查电源电路, 发现+12V 输出电压正常, 后级保险丝 F301 断, 换上同容量保险丝, 开机再次熔断, 测+12V 电源端对地电阻近似零值, 说明机内有严重短路现象。

+12V 电源是整机主电源, 其他各路电源都由+12V 电源变换产生。采用分段切割法寻找短路所在, 发现当断开 IC₁₁₆ 电源端①脚后, 电源端对地电阻正常, 单独测 IC₁₁₆, ①脚对地短路。IC₁₁₆ 是笔温控制电路, 正常工作时, 其②脚输出一个周期为 0.85ms、脉冲宽度为 0.06ms, 幅度约为+12V 的脉冲电压给记录笔预热, 调节 VR₁₀₅ 即改变⑤脚电压以实现笔温控制。发现 IC₅₀₃ 异常, 检查外围电路无误后; 换上新品, 开机试验工作正常。

故障例 34: 导联显示译码电路 IC₇₀₂ 或 IC₇₀₃ 损坏

故障现象: 接通电源后, 转换导联选择开关, 当从 TEST 至 V₁ 导联转换 (或从 V₂ 至 V₆ 导联转换) 时, 液晶显示器上表示导联选择状况的箭头不转换位置, 并且可能有多个箭头显示。其他功能的显示状态尚正常。

分析与检修: IC₇₀₂ 和 IC₇₀₃ 是导联选择显示译码器。IC₇₀₂ 担负从 TEST 至 V₁ 导联的显示译码, IC₇₀₃ 担负从 V₂ 至 V₆ 导联的显示译码。本例故障现象正是发生在 IC₇₀₂ 或 IC₇₀₃ 译码范围内。故障情况很有规律。因此基本上断定是译码器发生了故障。为了确认判断的正确性, 用示波器检查译码器的输出端编码是否正常。正常情况下, 当导联由 TEST 选至 V ‘时, 译

码器的输入编码和输出状态见表 7-2-6。例如当导联选到第 1 导时，输入编码为“0001”时，IC₇₀₂ 第⑭端输出高电平。当从 TEST 选至 V₁ 导时，IC₇₀₂ 的第③、⑭、②、⑮、①、⑥、⑦、④脚依次输出一个高电平。当从 V₂ 选至 V₆ 导联时，IC₇₀₃ 的第③、⑭、②、⑮、①脚依次输出高电平。如果输入编码正常，输出不正常，则说明译码器发生了故障。更换新件，故障即可排除。

表 7-2-6 译码器的输入编码和输出状态表

IC 编号	输入编号				输出为高电平的端子	导联选择状态
	D	C	B	A		
IC ₇₀₂	0	0	0	0	3	TEST
	0	0	0	1	14	I
	0	0	1	0	2	II
	0	0	1	1	15	III
	0	1	0	0	1	aVR
	0	1	0	1	6	aVL
	0	1	1	0	7	aVF
	0	1	1	1	4	V ₁
IC ₇₀₃	0	0	0	1	3	V ₂
	0	0	1	0	14	V ₃
	0	0	1	1	2	V ₄
	0	1	0	0	15	V ₅
	0	1	0	1	1	V ₆

故障例 35：导联显示驱动器重 C₇₀₉ 损坏

故障现象：心电图机通电后，在液晶显示器的 TEST 和 V₂ 导联处有两个箭头显示，当转换导联时，TEST 处的箭头可以移位，而 V₂ 处的箭头不消失。

分析与检修：心电图机的液晶显示采用脉冲电压供电方式。

在液晶显示器的第①、②、③⑥、③⑨、④⑩脚公共端上，加着一个频率为 32Hz、幅度为 5V 的脉冲电压。每一个显示环节的控制端接着一个异或门驱动器（IC₇₀₅、IC₇₀₆、IC₇₀₇、IC₇₀₈、IC₇₀₉），当异或门输出的脉冲电压与公共端上的脉冲电压同相位时，相应的显示环节便无显示。这里的异或门实际上是一个脉冲相位控制器。它的一个输入端接 32Hz 的脉冲电压，另一个输入端是相位控制端。当控制端为逻辑低电平时，输出的脉冲与输入端同相，这时无显示。当控制端为高电平时，输出脉冲与输入端反向，这时相应的显示环节便有显示。当某个异或门损坏时，它不能输出正常的脉冲电压，而可能输出一个直流高电平或低电平。由于液晶显示器公共端加着一个 32Hz 的脉冲电压，因此无论这个故障的异或门输出的直流电平是高还是低，都等于在相应的显示环节加上了脉冲电压，因而会有显示而不会消失。用示波器检查各异或门的输出端，发现与 V₁ 导联对应的异或门 IC₇₀₉（⑧、⑨、⑩脚门）、第⑩脚输出不是脉冲电压，而是一直流电平。判定 IC₇₀₉ 损坏，更换 IC₇₀₉ 后，故障排除。

故障例 36: 三端集成稳压块重 C_{801} 带负载能力严重下降

故障现象: 交流供电时, 接通心电图机开关 SW_{301} , START / STOP 指示灯一闪即灭, 记录笔动作不足 1s, 显示全无。

故障检修: 用直流 12V 直接给心电图机供电, 显示和工作都正常。在描记心电图的情况下, 测得主机工作电流仅为 400mA, 则故障来自交流电源, 见图 7-2-9 所示。

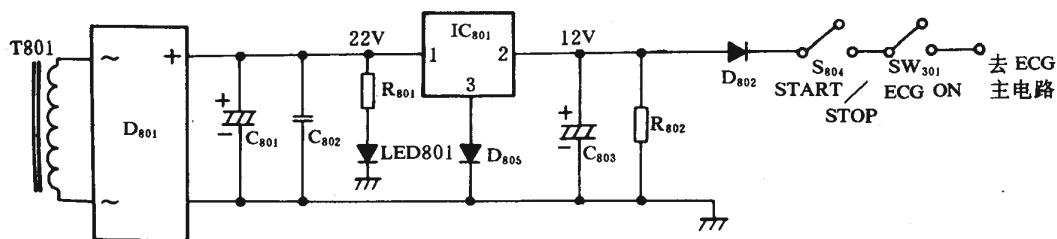


图 7-2-9 电源部分电路图

检查交流电源, 测量电源直流输出仅有 0.3V, 取下负载, 测电源空载输出为 12V, 根据电源指示灯 LED₈₀₁ 亮度不变说明, 交流 220V 经 T₈₀₁ 降压、D₈₀₁ 全波整流、C₈₀₁ 和 C₈₀₂ 滤波得到的直流电压正常, 约为 22V, 检查证实上面的推断正确, 则初步判断为三端集成稳压块 (IC₈₀₁) 及其外围元件损坏所致, 静态测 D₈₀₂、R₈₀₂、C₈₀₃、D₈₀₅、IC₈₀₁ 性能良好, 怀疑是稳压块 IC₈₀₁ 带负载能力下降, 由于 IC₈₀₁ (PCI4312H) 市面上难以购置, 故用国产件 7812 替之。更换后恢复正常, 交付使用一年多再未出现此类故障。

故障例 37: 三端集成稳压块置 C_{801} 损坏

故障现象: 心电图机在用充电器 SB-613D 为工作电源工作时, 突然停止记录, 键盘状态显示窗口也停止显示, 改用 SB-611D 干电池插件作为电源, 该机工作正常。上述情况表明该机充电器电源 SB-613D 出了故障。

分析与检修: 根据 SB-613D 电路图, SB-613D 充电器供电系统有两个直流稳压电源: 一个是供给主机工作的+12V 直流稳压电源, 由集成块 IC₈₀₁ 稳压后在印刷线路板插脚⑨输出; 另一个是供给可充电蓄电池插件 SB-613D 充电的+14.5V 稳压源, 它是由一组分立元件组成的稳压电路, 在印刷线路板的插脚⑫输出, 插脚⑪为两个直流稳压源的公共地端。经整流输出的直流电源, 在输出转换开关放在“OPERATE”位置时, 供给+12V 稳压源, 放在“CHARGE”位置时供给+14.5V 稳压源。

进行检查测试, 把 SB-613D 的输出转换开关放在“CHARGE”位置, 按下充电器台面左侧中央沟槽内的白色微动按键, 在它的输出插座①和③之间可测出+14.5V 的电压输出, 再把 SB-613D 的输出转换开关放在“OPERATE”位置, 按下左侧中央沟槽内的白色微动按键, 在输出插座①和③之间没有+12V 电压输出。用万用表欧姆档检查开关 S₈₀₁ 在“OPERATE”位置极片接触情况, 微动开关 S₈₀₃ 和 S₈₀₄ 的极片接触情况均都是良好的, 连接导线也都完好无损。

在线测试结果说明, 整流桥 D₈₀₁、滤波电路和输出电路都是正常的, 没有+12V 电压输

出,判定是+12V 稳压源的稳压集成块 IC₈₀₁ 的故障所致。

故障排除:由 SB-613D 电路图知,集成块 IC₈₀₁ 的标号为 μ PCI4312H,它是一个三端式集成稳压器,①端为输入端,②端为输出端,③端为公共地端,输出电压为+12V,而从它的输出端所用的保险丝为 2A,可推测出它的输出电流 $I_0 \leq 2A$ 。再看它的输入电压,电源变压器 T₈₀₁ 输出交流电压为: 17V,经 D₈₀₁ 桥式整流, C₈₀₁ 滤波,带负载时的输出电压为: $1.2E_2 = 1.2 \times 17V = 20.4V$,实测整流滤波电路的输出电压也应为+20.4V,这个直流电压值即为 IC₈₀₁ 稳压器的输入电压。

因没有 μ PCI4312H,也没有关于它的技术资料,但根据上述它的外电路特性参数和等效电路原理,北京生产的 S-7 型封装 W78T12 三端式集成稳压器可作为替换件。S-7 型封装的 W78T12 输出+12V 电压及 3A 的负载电流,电路内部没有过流、过热保护和调整管安全工作区保护电路,①端为输入端,②端为输出端,③端为公共地端,管脚间距也和集成块 μ PCI4312H 相同。W78T12 的主要外电路参数见表 7-2-7。

经用 S-7 型封装的 W78T12 替换 μ PCI4312H 后故障排除, SB-613DW78T12 工作正常,整机也恢复正常工作。

表 7-2-7 W78T12 的主要外电路参数

参数名称	符号	测试条件	单位	最小	典型	最大	试验类
输入电压	V_I		V		19		
最小输入电压	V_{Imin}	$I_0 \leq 3A$	V		14.5		JS
最大输入电压	V_{Imax}	$I_0 \leq 3A$	V		24		JS
		$I_0 \leq 1A$	V	11.4	12.0	12.6	JS
输出电压	V_O	$T_0 = 1A$ $T = 25^\circ C$	V	11.5	12.0	12.5	C

故障例 28: 导联选择电子开关集成电路重 C₃₀₄ 损坏

故障现象:开机后按下导联选择键,输入心电信号后,液晶显示屏上 I、II、III 导联均可顺序显示,但无输出。其余导联均有显示和输出,在选择导联时,12 个导联均伴有“笛笛”声。

分析与检修:该机采用微处理芯片 MSM5840 提供控制信号,因此在仪器发生故障后,除了考虑 CPU 以外的因素,还要考虑 CPU 自身的原因,所以首先应对控制信号的中枢——CPU 进行检查。若按下 START 键后二档走纸速度 25mm/s、50mm/s 均正常,且在转换导联时,蜂鸣器伴有“笛笛”声,这些现象都可以说明 CPU 工作基本正常。因为二档走纸速度控制信号和蜂鸣器响声信号均由 CPU 石英振荡信号 4.19430MHz 分频后得到的。可以判定该机 CPU 工作正常,故障是由 CPU 以外的电路所引起。

由于从 aVR 导联直到 V6 导联均有心电图描记输出,可以认为从导联选择单元输出端以后,直到描记输出单元的电路均属正常,故障点很可能在导联选择单元了。

该机 12 个导联的转换工作分别是由 4 块(IC304~IC307)COMS 型模拟开关器件 TC4052

担任的。I、II、III导联由 IC304 负责,从故障现象做初步判断,只有 I、II导联无输出,IC304 损坏的可能性极大。TC4052 是两路 4 选 1 模拟开关,其 A、B、IN 三端,是控制模拟开关通、断状态的选通信号控制端,选通信号来自 CPU。按照 TC4052 真值表,当 A、B、IN 状态为 100 时,应为 I 导联导通,当 A、B、IN 状态为 010 时,为 II 导联导通,当状态为 110 时,应为 III 导联导通。测得 IC₃₀₄A、B、IN 三端时,均可得到以上 3 种状态,亦说明 CPU 工作正常。在模拟开关有选通信号的情况下,从模拟开关输入端送入一心电测试信号,但在模拟开关输出端却检测不到该信号,而将 IC₃₀₄ 输入输出端短接后,在模拟开关的输出端以及仪器的输出端都可检测到该信号,由此证实 IC₃₀₄ 确实损坏。当换上好的 TC4052 后,仪器工作恢复正常。

故障例 39: 封闭控制电路中电阻 R₃₃₇ 开路

故障现象: 做导联切换时基线偏离,其他功能正常,按 TEST 键,基线平稳。

分析与检修: 可初步判断故障在封闭控制电路上。封闭电路由 Q₃₀₁、Q₃₀₂、Q₃₀₃ 等组成。

正常时电路中的 Q₃₀₁、Q₃₀₃ 都处于截止状态,心电信号顺利通过 R₃₃₄ 到后级放大器。当导联切换的瞬间,单片机 PF 口的 PF, 输出一个信号,使 Q₃₀₃ 导通,其集电极为高电平,通过 R₃₃₇ 送到 Q₃₀₁ 和 Q₃₀₂ 的基极,使 Q₃₀₁ 和 Q₃₀₂ 导通。将切换时的干扰信号和噪声信号通过 Q₃₀₁ 和 Q₃₀₂ 的集射结短路到以保证记录笔在切换前后始终保持在同一基线上。

接上模拟心电信号发生器,用逻辑笔监测,发现导联切换时单片机 PF①脚有一个信号输出, Q₃₀₃ 集电极有一个信号而 Q₃₀₁ 和 Q₃₀₂ 的 b 极却无信号,使 Q₃₀₁ 和 Q₃₀₂ 始终处于截止状态而不受控,即在导联切换瞬间干扰信号也通过 R₃₃₄ 送到后级放大器,造成记录笔偏离。判断 R₃₃₇ (22k) 开路,换上一只 22k 电阻后,故障排除。

故障例 40: 检纸电路中集成运算放大器 IC₁₁₃ 损坏

故障现象: 在自动方式时,记录导联不切换。

分析与检修: 手动方式正常,自动方式有显示而不切换,6151 的记录纸边缘上每隔约 8cm 就有一个标记,在走纸状态下标记没通过标记检测器时,标记检测器输出“广平”;当标记通过检测器时,标记吸收发射的光而无光反射回接收器使检测器输出零电平,之后又跳转为“1”电平。也就是在标记通过检测器的瞬间检测器的端输出一个信号,经比较放大从 IC₁₁₃ 的⑦脚输出一个信号送到单片机 PH 口的 F₀ 脚,使导联切换一次。

接上模拟心电信号发生器,做导联记录。用逻辑笔测 IC₁₁₃ 的⑧脚有脉冲信号,而⑦脚无脉冲输出,造成单片机无导联控制信号,判断 IC₁₁₃PC803C 损坏。更换一片 (rtPC803C) 后故障排除,见图 7-2-10 所示。

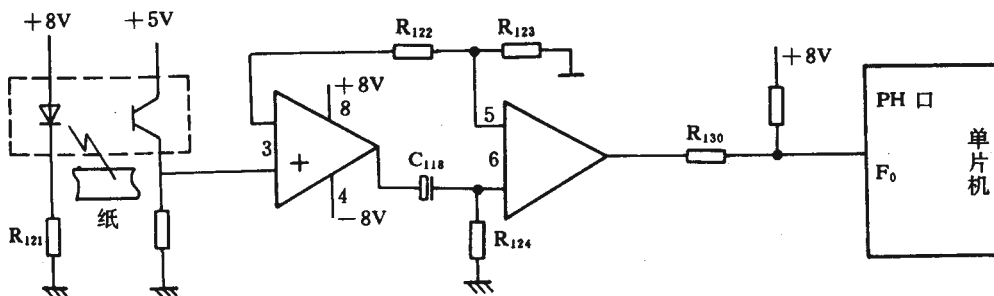


图 7-2-10 自动导联切换原理图

故障例 41: CPU 内部晶控振荡电路及晶振器 X_{101} 损坏

故障现象: 接通电源后, 液晶显示器显示情况与正常机的显示状态有所不同, 走纸速度正常机的显示为 25, 故障机为 50, 且无滤波状态显示和 AUTO 字样显示, RESET (1NST) 显示在 ON 方式(方框内无心电符号显示), 图 7-2-11(a)所示为正常机的显示状态, 图 7-2-11(b)、(c)所示为故障机的显示状态。

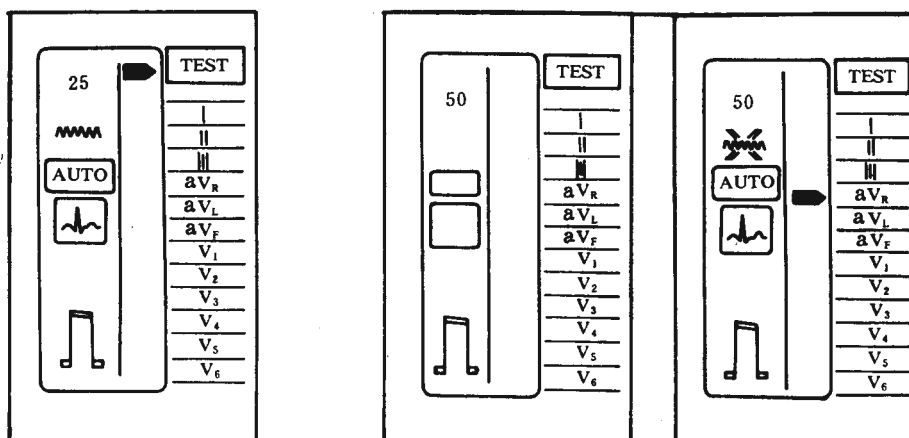


图 7-2-11 (a) 正常机构液晶显示状态 (b) (c) 故障机的显示状态

此时整机处于瘫痪状态, 各种功能开关不起作用, 而且当按下各功能键时无“笛——”声响。即通常所说的“死机”现象。

分析与检修: 表示各功能键选通时的声响信号“笛——”声, 是由 CPU 第⑤脚输出的时序脉冲, 经分频器分频后, 得到 4096Hz 的音响脉冲驱动蜂鸣器时产生的。本机的各种指令控制脉冲都是由 4MHz 的晶振脉冲分频后得到的。对于整机来说, 晶振器好比“心脏”, CPU 好像“大脑”。整机处于瘫痪状态, 很可能是“心脏”和“大脑”出了故障。因此应当从检查晶振器和 CPU 的工作是否正常入手来寻找故障根源。检查方法: 用一个频率范围在

50MHz 以上的示波器检查晶振器 X_{101} 两端（即 CPU 第⑨、⑩脚之间）的电压波形。正常情况下应有一个峰—峰值约为 1V 的高频（4MHz）晶振脉冲，见图 7-2-12 所示。

而 CPU 的第⑤脚在正常情况下也应有一个 131.072kHz 的同步时序脉冲输出，见图 7-2-13 所示。

如果在晶振器两端没有晶振脉冲产生，一般是晶振器发生了故障。如果 CPU 内部的晶控振荡电路有故障也可造成无晶振脉冲输入，只要用替代法即可判定是晶振器还是 CPU 有故障。方法是首先更换新的相同频率的晶振器。如果此时有正常的晶振脉冲输出，则说明原晶振器有故障。如果此时仍无正常晶振脉冲输出，则说明 CPU 内部故障。另一方面，如果在晶振器两端检测到正常的晶振脉冲，而在 CPU 第⑤脚上却没有正常的同步时序脉冲输出，则有两种可能：一是 CPU 有故障；二是与 CPU 第⑤脚相关联的电路可能发生故障。

对于图 7-2-11 所示故障现象，更换新的晶振器后，CPU 第⑨、⑩脚间仍无晶振脉冲电压波形，故判定 CPU 内部晶控振荡电路有故障，更换 CPU 后，液晶显示屏的显示恢复正常，仪器修复。

对于图 7-2-11 (c) 所示故障现象，检查发现 CPU 的第⑨、⑩脚之间也无晶振脉冲。更换晶振器后，整机工作恢复正常。

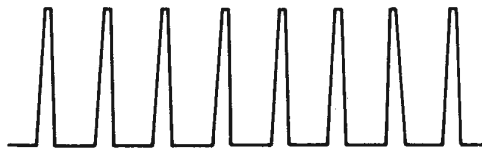


图 7-2-12 CPU 第⑨、⑩脚之间的晶振脉冲正常波形图 图 7-2-13 CPU 第⑤脚输出脉冲的正常波形

故障例 42：只读存储器 IC_{102} 及三态缓冲门 IC_{106} 损坏

故障现象：接通电源后液晶显示器显示状况如图 7-2-14 所示。有滤波状态为 OFF 时的显示符号。当按下各种功能开关时都有“笛——”声响，但是液晶显示器无变化，即各种功能开关仍不起作用。而且开启电源后无 AUTO 字样显示，RESET 显示为常封闭状态。

分析与检修：当选择各种功能开关时都有“笛——”声响，这说明自动键控电路中键控编码器 IC_{701} 和逻辑控制电路中的 CPU、分频器以及音响电路的工作是正常的。

本例故障除了有正常的音响信号外，整机仍处于瘫痪状态。这就说明 CPU 的工作虽然正常，但整机的工作程序处于混乱状态。而 TOM 是存储整机工作程序的关键元件，因此检查 CPU 到 ROM 之间的地址数据是否正常。

对于逻辑控制电路的检查，一般从波形上看是比较困难的。特别是对于一个较复杂的控制系统，其脉冲的形态各异，成分复杂，无法鉴别其正确与否。但不管其波形多么复杂，其幅度却是一定的。对于 TTL 集成电路来说，其高电平要高于 2.4V，低电平要低于 0.8V。对于 CMOS 集成电路，其高电平近似于供电电压，低电平近于零电平。因此对于逻辑控制电路，可以用检查电路中脉冲电平的幅度是否正常的方法，来查找故障原因。

用示波器检查 CPU 的 PA 和 PB 两个接口的输入（出）情况时发现，CPU 第①、第④和

第⑨脚的地址信号脉冲幅度很低,只有约 1V 左右。而且底部被约 0.8V 的直流电平所淹没。因此判定与 CPU 的 PA、PB 两个接口相连的集成电路出现了故障。检查这些集成电路包括地址锁存器 IC₁₀₃、IC₁₀₄、只读存储器 IC₁₀₂,以及 IC₁₀₆。由于 ROM 插在集成块插座上,便于更换。首先更换了新的 ROM IC₁₀₂,更换 ROM 后,CPU 第④、⑨脚的脉冲电平恢复正常,而第①脚上的电平仍不正常。切断 CPU 第①脚至 IC₁₀₆ 的铜薄连线,脉冲电平恢复正常,说明三态缓冲门 IC₁₀₆ 已损坏。更换新的 IC₁₀₆ 后,主机全部功能恢复正常,仪器修复。

故障例 43: 控制电路中集成电路 IC₁₀₅、IC₁₀₆、IC₁₀₉ 同时

损坏

故障现象: 接通电源后液晶显示器显示混乱失常,见图 7-2-15 (a) 所示。

走纸速度显示为 25mm/s,滤波状态显示为一个十字架,有 AUTO 字样显示,RESET 为 OFF 状态,灵敏度为 0.5mV、1mV 和 2mV 定标电压波形的三重显示,没有导联选择箭头显示。整机处于瘫痪状态,各项键控功能失常,无“笛——”声响。

分析与检修: 用示波器在 CPU 第⑨、⑩脚之间可测得 4MHz 的晶振电压,但在 CPU 第⑤脚却没有 131kHz 的时序同步脉冲输出,只有一个约 2V 的直流电压,更换 CPU 后,液晶显示器显示状态变为图 7-2-15 (b) 所示。第⑤脚的输出也发生了变化,其输出波形是一个叠加了一个直流电平的限幅波: 131kHz 的脉冲顶端被限幅,且底部为一个约+2V 的直流箝位电平所淹没。

上述波形的产生说明 CPU 第⑤脚已有时序同步脉冲输出。脉冲之所以被限幅,并有一个直流箝位电平,说明与 CPU 第⑤脚相关联的某些元件有击穿损坏的可能性。与 CPU 第⑤脚相关联的有 IC₁₀₅ 和 IC₁₁₀。为进一步缩小故障范围,取下 IC₁₀₅ 后,CPU 第⑤脚的波形变为见图 7-2-16 所示。

这时,时序同步脉冲的幅度已恢复正常。只是下部仍被一个约+2V 的直流箝位电平所淹没。这说明除了 IC₁₀₅ 已发生故障外,IC₁₁₀ 也有故障。直流箝位电平是 IC₁₁₀ 输入端第⑨脚对电源击穿而造成的。更换 IC₁₀₅ 和 IC₁₁₀ 后,CPU 第⑤脚的输出恢复正常

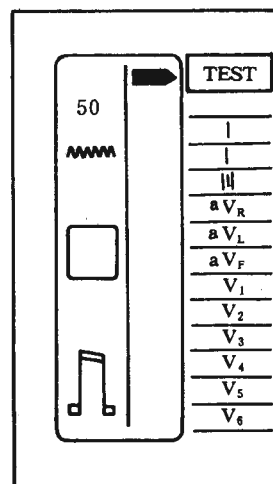


图 7-2-14 故障机的显示状态

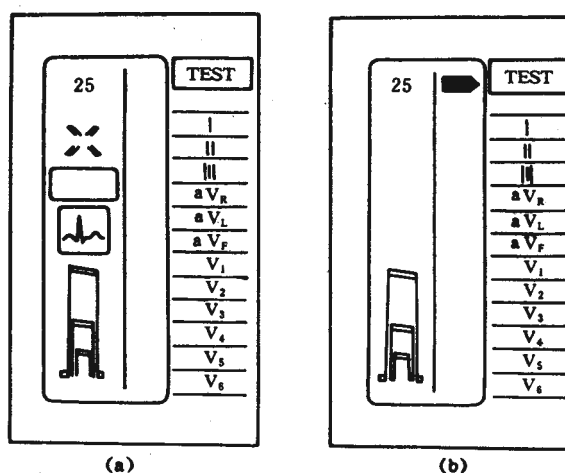


图 7-2-15 (a) 故障机的显示状态
(b) 更换 CPU 后的液晶显示状态

常。液晶显示状态与正常机相同。各功能选择开关能正常工作，但是没有表示键控开关选通时的音响“笛——”声。

通过上面检查可以确认，CPU 与逻辑控制电路的工作已基本恢复正常。而没有音响的故障，只能是发生在音响控制电路中。用示波器检查 IC₁₀₅⑤脚的输出（即 IC₁₀₇ 第⑫脚输入端），脉冲波形见图 7-2-17 所示。

在 4096Hz 的脉冲叠加着一个约+4V 的直流电平。这说明 IC₁₀₉ 第⑫脚输入端因对电源击穿短路而有一个高电平。更换 IC₁₀₉ 后，4096Hz 的脉冲波形恢复正常，故障全部被排除。



图 7-2-16 CPU 第⑤脚输出的脉冲波形



图 7-2-17 IC₁₀₉ 第⑤输出的 4096Hz 异常波形

故障例 44：音响电路中电容器 C₁₀₉ 漏电

故障现象：开机后按任意操作键，蜂鸣器长鸣不止，同时记录笔剧烈抖动。

分析与检修：按键时，为了使操作者有所感知，由 IC₁₀₈、IC₁₀₉ 组成单一稳触发器来控制蜂鸣器 BZ₁₀₁。当任一键按下时，编码器 IC₇₀₁ST 端输出一个正脉冲，经 IC₁₀₄ 反相后加到与非门 IC₁₀₉ 的⑨脚，IC₁₀₉ 的⑩脚变为高电平，与或门 IC₁₀₈ 的⑩脚为低电平，由于 C₁₀₉ 两端电压不能突变，故 IC₁₀₈ 的⑫、⑬脚亦处于低电平，使 IC₁₀₈ 的⑪脚为高电平，使与非门 IC₁₀₉ 打开，由计数分频器 IC₁₀₅ 的⑤脚输出 4096Hz 脉冲信号经 IC₁₀₉ 的⑪脚输出驱动蜂鸣器发音。因为 C₁₀₉ (0.1PF) 与 R₁₁₆ (1MFS) 的充电时间常数 t_k 很短， $t_k \approx 0.07s$ 。IC₁₀₈ 的⑫、⑬脚很快变为高电平。IC₁₀₈ 的⑪脚转为低电平，与非门 IC₁₀₉ 迅速关闭，因此蜂鸣器只发出短暂的叫声。蜂鸣器连续不停地响，说明单稳态被触发后产生的正脉冲 $t_k \rightarrow \infty$ ，使与非门 IC₁₀₉ 一直处于打开状态。

按任一操作键，用数字逻辑测试笔测 IC₁₀₉ 的⑨脚，显示低电平，说明编码器 IC₇₀₁ 输出正常。测 IC₁₀₉ 的⑩脚为高电平，或非门 IC₁₀₈ 的⑩脚为低电平。当测到 C₁₀₉ 的右端时，记录笔抖动愈加剧烈，IC₁₀₈ 的⑫、⑬脚一直处于低电平状态，说明电源经 R₁₁₆ 对 C₁₀₉ 没有充电作用，判断 C₁₀₉ 漏电，焊下 C₁₀₉ 测量呈电阻性。调换同一规格的新品，蜂鸣器长鸣故障排除，记录笔剧烈抖动现象随之消失。

故障例 45：防止过放电电路故障

故障现象：在采用可充电电池盒作为工作电源时，只做到 2~3 个病人，就突然自动关机。

分析与检修：该机有防止过放电保护电路，引起该电路动作的原因，首先考虑可充电镍镉电池容量不足，经充电和换新电池后情况依旧。然后又对充电电压进行调整，适当调高充电电压，同时将记录笔温度适当调低，也不见好转。可见故障不在电源上，而在防止过放电电路上。该电路主要由电压比较器 IC₃₂₀ 采实施过放电保护。它的正相输入端⑥脚上得到的

是经稳压后的参考电压，反相输入端⑦脚上获得的是与工作电压同步的比较电压。当⑦脚电压大于⑥脚电压时，在输出端⑧端是低电平，整机正常工作；当⑦脚电压小于⑥脚电压时（工作电压降落到某一控点），⑧脚输出高电平，从而控制 Q_{310} 、 Q_{311} 来实施自动关机。

检查时，用可调稳压电源代替可充电电池盒作电源，并用数字式万用表连续测量工作电压的变化。测试结果表明，当工作电压降到 10.97V 时，就会自动关机，这与有关资料中的 0V~9.8V 相差甚远，说明防止过放电保护电路过早动作，控制点偏移。为此，采用一个 4.7k Ω 可调电阻代替 R_{30C} 电阻，调节此电阻，使稳压电源输出电压被调到 9V~9.8V 时实施自动关机；然后用电桥测出此电阻的阻值，选择相同电阻焊上。原 R_{30C} 电阻阻值是 2.05k Ω ，后换上的电阻是 2.66k Ω ，适当提高了⑦的电位，使电路翻转拖后，而过放电保护装置重新到位。经过如上处理，该机恢复正常。

故障例 46：二进制四选一译码器 / 分离器 IC_{107} 损坏

故障现象：做加压导联时液晶屏有显示而做不出心电图波形，描记仅呈一直线。

分析与检修：做其他导联时显示都正常，说明导联选择器以后各部分电路正常，键盘及编码器正常，那么故障就出在与加压导联相关的导联选择器 IC_{305} 及控制电路上。相关的控制电路包括单片机 IC_{101} 的 PE 口二进制四选一译码器 / 分离器 IC_{107} 。由单片机 IC_{101} 的 PE_2 、 PE_3 端输出的导联选择控制信号，经 IC_{107} 将双端输入的二进制数变为四选一的负逻辑信号 $Q_0 \sim Q_3$ 输出，并分别接到导联选择器 $IC_{304} \sim IC_{307}$ 的 IN 端上。控制 IC_{305} 的信号为 IC_{107} 的 Q_1 输出信号。当 Q_1 为低电平时， IC_{305} 被选通，对应的导联被选择；当 Q_1 为高电平时， IC_{305} 被封锁，对应的导联被禁止。

可用示波器检查单片机 IC_{101} 的 PE 口的 PE_2 、 PE_3 脚，有正常的方波信号。而检查 IC_{107} 的 Q_1 端即控制加压导联的锁存器片选信号始终为高电平，使 IC_{305} 始终处于封锁状态，心电图信号无法输出，这样判断 IC_{107} 损坏，更换新片子后故障排除。

故障例 47：雷击造成控制与主放大器电路中 Q_{103} 、 Q_{116} 损坏

故障现象：使用时被雷击后不走纸，记录笔不加热，无法记录心电图。

分析与检修：接上模拟心电信号发生器，发现记录笔动作正常。由于走纸控制，笔加热器控制和节电控制器等都是由单片机 IC_{101} 的 PG_2 端输出的信号控制的。所以先查 PG_2 输出的信号是否正常。关断信号源，发现 3min 后自动关机动作产生，即单片机 PG_2 的控制信号正常。接通模拟信号源，测得 PG_2 为低电平（信号正常）。在正常情况下， PG_2 的低电平通过 IC_{108} 反相，使 Q_{102} 导通， PHC_{101} 光电耦合器输出为低电平， Q_{105} 截止。这时走纸电机工作状态还受 IC_{112} 的 PC_{Ain} 、 PC_{Bin} 端输入的信号控制。

用示波器观察， PC_{Ain} 端无方波信号输入。在速度选在 25mm/s 时， PC_{Ain} 端应有 256Hz 的方波信号，当速度选在 50mm/s 时， PC_{Ain} 端应有 512Hz 的方波信号。此方波信号通过 IC_{112} 的 PG_2 (OUT) 端输出，经过 R_{113} 、 R_{119} 送到 Q_{104} 的基极，去驱动走纸电机运行。现将速度选在 25mm/s 档，测得单片机 PD_1 为高电平（当在 50mm/s 时 PD_1 应为低电压），通过 IC_{110} 的 Q_1 脚送到 IC_{109} ⑥脚； IC_{105} ②脚的 256Hz 的方波信号正常， IC_{109} 第④脚输出 256Hz 的方波正常，此方波再和 IC_{105} 第③脚的 512Hz 的方波信号相与，在 IC_{109} 第③脚输出 256Hz 的方波正常。但是在 Q_{103} 集电极却无方波输出，判断 Q_{103} 损坏，焊下测量，发现其已开路，

换上一只新品后,故障仍旧。继续测量,PHC₁₀₁ 光电耦合器的⑥脚并无方波输出,判断 PHC₁₀₁ 的下半部耦合器损坏,换一个耦合器后,测得 PCAin 端有 256Hz 方波信号输入。再观察走纸情况,发现走纸电机已经运行。但记录笔仍然不热。其实笔不热与不走纸是不相干的。造成笔不热的原因只能归结到笔加热器本身及其控制器和外围电源上。检测笔加热器正常,笔加热器控制器 IC₁₁₆ 第⑥脚+8V 正常,其第①脚+12V 正常,温度调节电位器 VR₁₀₅ 完好,那么故障在 IC₁₁₆ 本身。此片属专用芯片,难于购买到,后从一台报废机上拆下该芯片换上,通电试机,故障彻底排除。

故障例 48: 开关 SW₁₀₂ 损坏

故障现象: 心电图机在使用 AC 机座供电时,打开电源开关数秒后,LED 显示消失,记录笔偏向一边。关闭开关重新开启,重复出现上述现象。

分析与检修: 该机出现上述故障,说明本机电源电压下降。由于该机有电源供给、电压检测电路,所以当电源电压低落时,该电路工作并输出高电平信号给 DC-DC 变换器,使其停止工作,从而切断主放控制板和前置放大板的供电。产生这种故障的原因:一是电源本身的故障;二是负载变重引起的。检修时应先查电源再查负载,经检查电源正常,主放控制板和前置放大板上无击穿、漏电元件。再仔细检查发现开关 SW₁₀₂ 发热,断电后用万用表测量其接触电阻很大,将它从印刷板上焊下,拆开见到开关内有大量绒毛状灰尘,且触点烧黑。消除灰尘,用组锉和细砂纸将触点修光滑后,重新组装好装机试验,故障排除。

由于开关内积有大量灰尘引起触点打火,致使整机电流增加电源电压下降,从而出现这种故障。因国内市场买不到这种型号的开关,必须对他进行修复,因此,在拆卸的过程中应小心,特别是防止其内的小滚珠、弹簧丢失。

五、ECG-6453 型心电图机故障检修 4 例

故障例 1: 导联线屏蔽层腐蚀

故障现象: 心电图机出现第一导联波形倒置、波峰向下,AVR 导联波形不准的故障。

分析与检修: 先验证临床检查时,左、右手的导联电极是否接反,而后观察在毫伏定标时,3 支记录笔的动作是否同步。如均正常,可初步确定故障是在前置放大级之前,不外乎是威尔逊网络、导联选择电子开关、缓冲级、滤波及输入保护级和导联线。根据经验,其中导联线的故障率最高,常发生断线现象,所以先从导联线着手,用万用表检查并无断线,继之将导联线接入仪器,比较各肢体导联及胸导联对公共级的电阻值(注意有正反向),发现 R 导联异常。起初怀疑输入保护级的高压氛管和中压保护的二极管有故障,但拔下导联线插头,在输入插座上测量,仪器内部又呈完好状态,再测导联线才发现 R 导联对地(屏蔽层)有 300k Ω 左右的漏电阻值,活动干线插头分支盒及支线插头均无变化,凭经验故障多数出在支线插头上,拔出其芯杆,再用表测量则已恢复,经仔细观察,其屏蔽层中的棉线覆层已变成绿色,截去 3cm 左右,棉线层呈白色,重新焊好芯杆,仪器工作恢复正常。此故障为导联电极长期使用导电糊或盐水引起的。

故障例 2: 溅入机内的盐水引起 IC₁₂₆ 两引脚间漏电

故障现象: 开启运行开关,STOP 指示灯亮,3 支记录笔位置正常,且分别可调。按下

观察开关 SHECK, 第 1 支记录笔立即上偏至极限位置, 且不可调, 第 2、3 只笔正常。

分析与检修: 按一般单偏故障进行检测, 拆开仪器, 掀起控制板 (CONTROLBD), 在主放大板上 (MAINAMPBD) 查电源, $\pm 8V$ 及 $+12V$ 均正常。因主放大板反面不易进行测量, 故将其卸下, 用阻值比较法, 对 3 组功率放大元件及基线位置反馈的相关元件进行对比, 未发现任何故障。装复后进行试机, 故障仍旧。因当天已下班, 未继续进行查找, 第二天开机机器又正常 (无单偏现象), 连续观察近 30min 后, 第 1 支记录笔徐徐上偏, 约至半行程时达稳定状态, 笔位可调。据此分析: 1. 在 STOP 位笔位正确且调节自如, 估计主放大器无故障, 故障在前级; 2. 仪器送修日与隔日记录笔单偏行程不一, 说明故障因素有数量级的变化。于是根据线路图逐级向前查找, 先拔下接插件 CNJ₁₀₈, 断开主放大器的输入心电信号, 试机正常, 则判定主放大器无故障。插入 CNJ₁₀₈ 再拔下 CNJ₁₀₂ 试机也正常, 说明心电信号通道在控制板上仍正常。然后拔下一倍放大器板 (ADABD) 的输入插座 CNJ₁₀₅ 也呈现正常, 至此可判定故障在光电耦合元件之前的前置放大板上 (PERAMPBS)。该板几乎全被一块金隔离板遮盖, 当拆下隔离板后, 立即发现在集成块 IC₁₂₆ (HD14052) 的①、②脚之间, 有一块较明显的白色结晶状斑痕, 用万用表测量斑痕有几千欧阻值, 察看电路图, IC₁₂₆ 恰为第 1 支记录笔的灵敏度选择器, 因而估计这就是故障点, 用酒精清洗后, 仪器恢复正常。再仔细察看, 在隔离板上也有一滩斑痕, 边缘恰及 IC₁₂₆ 上方一孔, 经查询是操作人员在更换记录纸时, 不慎将盐水溅入纸盒并漏入机内造成, 由于盐水蒸发后阻值发生变化, 致使仪器送修日与隔日记录笔单偏行程不一。由于记录纸盒当时已拭净, 故使维修走了很多弯路。

故障例 3: 记录笔加热控制电路中加法运算放大器 IC₁₀₄ (TL062) 损坏

故障现象: 记录笔温度极高, 并且不能调整。

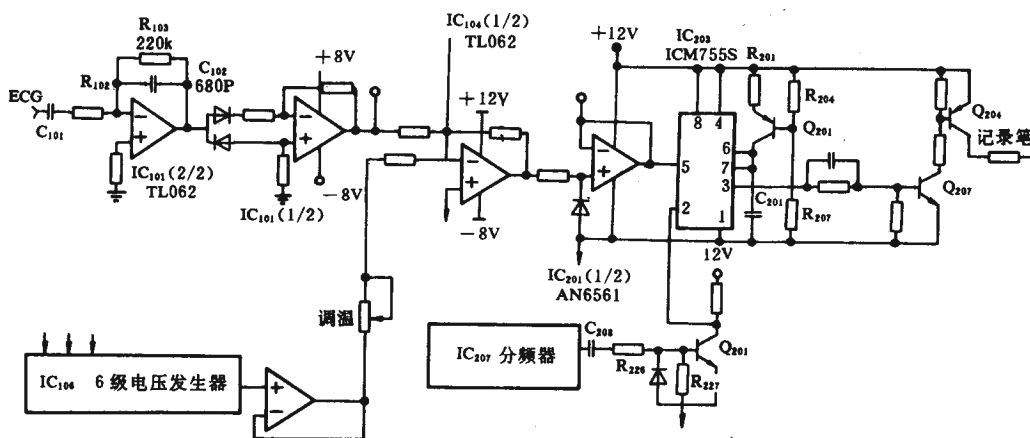


图 7-2-18 电路图

分析与检修: 记录笔电路的主要部分是由时基电路 7555 组成的脉冲宽度调制器, 其定时元件为 R₂₀₁、Q₂₀₁ 和 C₂₀₁, 见图 7-2-18 所示。从 7555 的②脚引入触发脉冲, 从⑤脚引入控制电压, 这个控制电压来自 IC₁₀₄ 加法器, 加法器有两个输入信号: 一路是心电信号经微分后取绝对值送来; 另一路来自调温电位器, 且调温电位器又是串在与走纸电机速度有关的

阶梯电压信号电路的输出电路中，因而控制电压的大小与这三部分都有关系。7555 的⑧脚输出脉冲信号，经 Q_{207} 、 Q_{204} 放大后对记录笔进行加热。

电路的工作过程如下：由分频器 IC_{207} 输出的脉冲信号经过阻容微分电路后送 Q_{210} 整形电路，其输出为很窄的负脉冲送往 7555 的②脚，当此信号为正时，7555 的⑦脚内部对地导通，电容 C_{201} 上电压近似为 0V，三极管 Q_{201} 恒流源上的电流经⑦脚入地。此时③脚为低电位，故 Q_{207} 、 Q_{204} 均不导通，记录笔中无电流。当触发信号为负时，7555 内部的触发器翻转，⑦脚对地呈现高阻态，电容 C_{201} 开始由恒流源 Q_{201} 充电，电容上的电压线性增长。③脚输出为高电位， Q_{207} 、 Q_{204} 导通，记录笔开始加热，电容上的电压充至略高于⑤脚的控制电压时，7555 翻转，⑦脚内部三极管导通，电容通过⑦脚迅速放电，⑧脚输出低电位，记录笔停止加热。当下一触发脉冲到来后，又重复以上过程。见图 7-2-19 所示。可见，⑤脚的控制电压，决定电容上电压所能达到的值。⑤脚电压越高，充电时间就越长，电容电压也就越高，③脚输出的正脉冲也就越宽，因而记录笔温度也就高，否则反之。这个电路是把控制电压的大小变为脉冲的宽窄，或者说是变为不同占空比的脉冲来改变记录笔温度的。

⑤脚的控制电压一部分来自心电信号，此信号经 IC_{107} 微分电路检出信号的变化，随后送往 IC_{101} 的绝对值电路，将心电信号的幅度变化一律变为负的输出电压，然后送至 IC_{104} 反相加法器。另一部分来自调温电位器和 IC_{106} 的串联电路，（当走纸电机

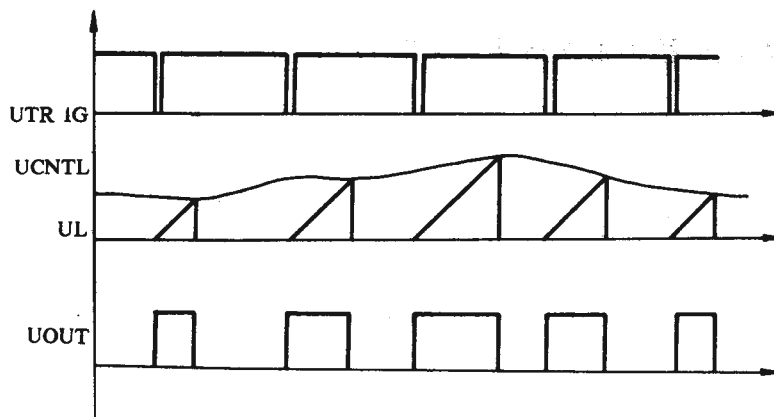


图 7-2-19 电路图

速度改变时， IC_{106} 产生不同的电压值）。由此可知，当记录心电图时，在心电图的基线部分，记录笔的温度由调整电位器和走纸速度来确定，而心电图的变化部分，由于记录笔摆动速度较高，为了清楚地记录心电图，需要用更高的温度来描记，这一点可由微分电路及绝对值电路和加法器来实现，而这些最终是通过改变⑤脚的控制电压来完成的。

经过以上分析，对电路进行了检查。先查 Q_{204} 集电极，发现有很宽的正脉冲，查 7555 的②脚，示波器上显示为很窄的负脉冲，这说明调制器电路是正常的。再查 7555 的⑤脚，发现电压值约为 11V。而 IC_{201} 缓冲器输入端电压值约为 11V，这说明缓冲器良好。再查加法器 IC_{104} 的反相输入端，其值为 1.4V，加法器可疑，考虑到加法器内部正向输出管损坏或内部其他部分损坏导致输出电压过高，是引起记录笔过热且不能调整的原因。所以换上了一只加法器元件 TL062，换上以后，电路恢复正常，记录笔温度也可改变了。

故障例 4：第三导记录器转子线圈与转子轴之间配合松动

故障现象：通电开机后心电图机第三导记录笔出现严重干扰并发出较大的蜂鸣声，将封

闭开关封闭,此故障仍然存在,用手压住记录笔能够感到较强的震动,但蜂鸣声消失,将记录笔移向一侧极限,干扰现象减弱,声音消失。

分析与检修:从故障现象看是封闭电路故障,但将第三导记录器与第二导互换后故障现象出现在第二导记录器上,从而可证明封闭电路正常。同时证明原第三导记录器有故障,将其拆下仔细察看,发现记录器转子轴与轴子线圈之间配合松动。因 6453 心电图机采用的是位置反馈式记录装置,当转子轴与转子线圈配合松动时,机器通电的瞬间产生一干扰信号使转子线圈转动,这一动作信号被位置传感器接收放大后送回到记录器线圈,所以相电压使记录器线圈反向转动,此转动信号又被位置传感器所接收放大,产生又一个反相电压,这样周而复始就产生了振荡。即便前级封闭功放输入电压平衡,但信号是记录器本身产生,它又是最后级,它所产生的干扰信号不受前级控制即与封闭电路无关,将记录笔偏向一侧或用手压住记录笔也不能排除干扰。因市场上买不到记录器,所以将其拆开修理。

将记录器拆开,发现记录器转子轴与转子线圈是用树脂封装在一起的,他们之间接触面积较小,维修困难。维修时将工作面用酒精清洁,然后用环氧树脂粘接烘干后将记录仪装回,开机试验干扰故障排除。而且心电信号记录无失真现象,这样既缩短了维修时间,又节约了开支。

六、ECG-6511 型心电图机故障检修 56 例

故障例 1: 主放大器电路故障

故障现象:接通电源后记录笔偏向一边,调整基线调节钮不起作用,既无毫伏定标信号,又无心电信号。其他键控功能正常。

分析与检修:记录笔单偏是一种原因比较复杂的故障现象。排除这类故障,首先要确定故障发生的大致部位,然后再逐级进行检查。为此可以充分利用机器面板上的各种功能按键开关和调节器来压缩故障部位。接通电源开关,将等待/工作开关置于工作位置,工作方式选择开关(START/CHECK/STOP)选定在 STOP 位置,这时记录笔偏向一边,而且调整基线移位钮也不起作用。这种故障的原因一般发生在主放大器电路。因为在 STOP 工作方式时,前置放大电路中主封闭(MAININST)电路起作用,从而将前置放大器的输出端通过 Q₁₀₉ 对地短路,因而也就排除了前置放大电路的影响。

主放大器包括两块集成块 IC₃₀₁ 和 IC₃₀₂ 和 4 个功率放大晶体管 Q₃₀₁~Q₃₀₄。另外配有敏感传感型位置反馈记录器,这些元件中任何一部分有故障都能造成本例故障现象。首先对记录器和第一级主放大器 IC₃₀₁ 进行检查。具体做法:先将基线移位调节钮调至中心位置,拔下记录器笔电机至电路板接线插头(位置传感器的接线插座不要拔掉)。然后接通电源,边用手拨动记录笔在上下极限位置之间偏转,边用示波器观察 IC₃₀₁ 第⑮脚的输出电压。正常情况下,第⑮脚的输出电压应在±4V 之间变化。记录笔转到中心位置时电压应过零点。如果结果如上所述是正常的,则说明记录器的位置反馈传感器和 IC₃₀₁ 都无故障。故障在第二主放大器 IC₃₀₂ 或功放晶体管上。只要采用代换法,即可很快排除故障。如果 IC₃₀₁ 第⑮脚的输出正常,比如是一个较高的直流电平,则故障发生在笔电机的位置传感器或第一主放大器 IC₃₀₁ 上。确定位置传感器的好坏,可采用电阻测量法,检测传感器内电桥一臂的变化范围。如果位置反馈传感器无故障,那么故障在 IC₃₀₁ 及其外围电路。

故障例 2: 输入电路故障

故障现象: 通电后, 面板上各种功能选择开关工作正常, 当导联选择在 TEST 位, 工作方式选择在 CHECK 位时, 毫伏定标信号正常, 当导联选择在 I~V₆ 任一导联时, 记录笔产生大幅度交流干扰, 而且无心电信号。

分析与检修: 毫伏定标信号是由定标信号产生器直接送入差分放大器进行放大的, 定标信号既然正常, 就说明差分放大器 IC₁₀₇ 及其后面的电路工作也正常, 故障发生在前置放大电路板的信号输入和导联选择电路中, 即发生在导联选择电子开关及其以前的电路部分。由于导联选择电子开关有 4 个集成块, 分别负责对 12 个导联的选择。本例故障现象是所有导联都没有心电信号, 而且伴有交流干扰, 不是某几个导联的故障, 因此, 不可能是所有的导联选择电子开关都发生故障。看来故障不在导联选择模拟电子开关上。

那么故障原因在哪里呢? 原因可能有二: 第一是右脚电极通路处于开路状态, 即右脚电极与前置放大器中的浮地隔断联系。在这种情况下, 所有电极失去接地参考点, 使输入信号被阻断。因此造成心电图机出现大幅度度干扰也不能记录心电信号。心电图机没有右脚电极驱动电路, 人体的右脚电极通过导联线和输入平衡电阻 R₁₀₉ 直接接浮地。因此检查方法也很简单, 只要检查一下电极是否锈蚀接触不良? 导联线是否断线? R₁₀₉ 是否断路? 即可迅速排除故障。

另一原因是由于某些元件损坏而使威尔逊网络带电。威尔逊网络的中心点是心电信号的接地点, 即信号地。如果威尔逊网络中心点不为零电位, 就破坏了信号的输入条件, 造成信号阻塞。使威尔逊网络带电的原因可能有二: 一是输入电路中的缓冲放大器 IC₁₀₀ 有故障, 使其输出为一个直流电压, 就会使威尔逊网络带有直流电压; 其二, 如果屏蔽驱动器 IC₁₁₂ 有故障, 第⑥脚输出不为零电压, 也会使威尔逊网络中心点带电。

经过上述分析, 检查方法就比较简单了。可用表检查一下威尔逊网络中心点是否带电(即对浮地有直流电压存在), 如果带电。则故障一般是在 IC₁₀₀ 或 IC₁₁₂ 上。

故障例 3: 输入电路缓; 中放大器 IC₁₀₀ 和逻辑控制门 IC₁₁₀ 同时损坏

故障现象: 除 II 导联能正常描记心电波形外其他各导联均无心电波形描记。

分析与检修: 1. 将仪器接上电源, 加上模拟心电信号; 2. 导联选择置在 TEST 档, 开启电源, 按 1mV 定标按钮, 定标信号描记正常; 3. 按导联顺序用手动方式逐一描记定标和模拟心电信号, 结果除 II 导联外, 其他各导联均无定标及心电波形描记, 记录笔只描记一直线; 4. 用万用表欧姆档检查导联线情况属正常。

据初步检查结果, 仪器在 TEST 档能正常描记定标以及 II 导联描记正常, 可断定故障一定发生在前置放大器 IC₁₀₇ 之前。可能是: (1) 导联选择器 IC₁₀₃~IC₁₀₆; (2) PHC100 (光电转换器); (3) 导联选择信号变换器 IC₁₁₀、IC₁₁₁; (4) 缓冲放大器 IC₁₀₀~IC₁₀₂; (5) 缓冲器放大器前后的阻容元件, 氖泡及威尔逊网络有故障。由于缓冲放大器前后的阻容元件, 氖泡及威尔逊网络一般不易出现故障, 故不首先怀疑他们有故障。

仔细观察故障的现象和导联显示器显示的参数, 发现仪器在切换导联时导联显示正常。在各导联档用数字万用表 DC 档测量加到导联选择上的 A、B、C₁、C₂、C₃、C₄ 的电压值与逻辑真值表比较, 结果与真值表完全相符 (逻辑“1”对应的电压值 8.25V, 逻辑“0”对

应是 0V)，据此可以初步断定 PHC₁₀₀ 及导联选择信号变换器无故障，故障部位应在导联选择器和缓冲放大器。

从电路上分析导联选择器及缓冲放大器均由集成电路组成。测量相应的集成块的电源电压均属正常，究竟故障在导联选择信号变换器还是缓冲放大器？至此，抓住 II 导联能正常描记心电波这一点入手。首先将仪器导联放在 II 导联，用万用表测量导联选择器 IC₁₀₃ 输出端 ③、⑬脚之间的电压值，发现当表笔刚接触⑬脚时，记录笔就有很强的 50Hz 干扰信号描记，万用表显示的电压值也不稳定，而在其他导联档则无干扰信号，万用表显示的电压值也不稳定，而在其他导联档则无干扰信号，万用表显示的是稳定的 0.7V 电压值。进一步分析电路可知，0.7V 电压是直接加到前置放大器 IC₁₀₇ 的输入端的，这样高的电压一定会使前置放大器处于饱和状态，故记录笔无描记。

根据以上检测的结果以及各导联的故障均相同来分析，0.7V 电压应由缓冲放大器通过导联选择器选通后加到前置放大器 IC₁₀₇ 的输入端，故应首先怀疑是缓冲放大器有故障。由于缓冲放大器是由 3 块相同的 KT-2 集成电路组成，故用替代法先将 IC₁₀₀ 置换后通电试机，结果除 aVF 导联外，其他导联均恢复正常。

仔细观察 aVF 导联出现的故障现象，发现记录笔间断性地来回摆动，摆动的频率很低，时摆时不摆，且在记录笔摆动的同时，面板上的“ELECTRODECHECK”指示灯闪亮。由于这样的故障以前从没有遇到过，且从电路上分析，也很难分析出故障的部位。怀疑是 (F) 输入端的阻容元件、氖泡、二极管以及威尔逊网络的电阻等有故障，检查后均未发现故障。重新将导联放在 aVF 档，再次测量 IC₁₀₇ 的正负输入端的电压，结果当表笔一接触⑬脚，记录笔立即出现很强的 50Hz 干扰信号，说明故障已不在缓冲放大器。再仔细观察故障现象，记录笔时摆时不摆，像是导联选择器时选通时不选通所致，故怀疑是导联选择器以及导联选择信号变换器的故障，故将选通 aVF 导联的 IC₁₀₄ 置换后试机，故障依旧。再将 IC₁₁₀ 置换后通电试机，结果机器完全恢复正常，检修结束。

故障例 4：输入电路中集成电阻 RM₁₀₀ 损坏

故障现象： I、II 导联描出的心电波有时不稳定。

分析与检修： 接通电源，检查定标和时间常数未发现异常。用心电模拟发生器对 3 个标准导联进行试验，将结果与正常心电图机做比较，发现 I 导联 QRS 波幅低了 1/3，III 导联 QRS 波幅高了 1/3，II 导联的变化不明显。

由上述情况推断故障极可能出在前置放大器以前的电路里。从电路原理图可知，心电信号经缓冲放大器做阻抗转换后送入威尔逊网络，而导联选择电路 IC₁₀₃ 是一个电子开关，它采用的是四选一模拟多路开关集成块，控制其 A、B 和 IN 3 个控制端的输入，就可以实现导联选择。当 IC₁₀₃ 的 IN 端为低电平时，可分别选通定标及 I、II、III 导联。

据此，首先对导联线及其电缆插座进行仔细检查，通电后，用万用表测得 IC₁₀₃ 的⑧脚、⑯脚及⑦脚的电压分别为 0、+8V 和 -8V，即可认定该部分的电路供电正常。然后按下前进键或倒退键，看到 I、II、III 导联的指示灯能正常点亮，同时电极异常指示灯都不亮，这又说明 IC₁₀₃ 的工作基本正常。接着拆下集成电阻 RM₁₀₀，用万用表实测得①脚与⑧脚间为 17.7kΩ；①脚与④脚间为 26kΩ；②脚与③脚间为 7kΩ；②脚与④脚间为 16kΩ。参考电路图后认定该集成电路有串通现象，为故障所在。因此，换上 4 只 1/4W 10kΩ 的金属膜电阻

后, 再对 RM_{101} 和 RM_{104} 做检查, 并未发现其他故障。再通电后反复对该机进行试验, 故障已排除。

故障例 5: 输入缓冲放大 $2SIC_{100}$ 发热损坏

故障现象: 仅 II 导联描记正常, 其余各导联均无描记信号。

分析与检修: 据故障现象可初步判定前置放大及其后各电路工作正常, 故障范围应在导联线与前置放大器之间。导联线经保护电阻、缓冲放大器、威尔逊网络、导联转换电路等至前置放大器。 $IC_{100} \sim IC_{102}$ 为缓冲放大器, 该放大器电压增益为 1 而电流增益极高, 极易损坏。导联转换电路由 $IC_{103} \sim IC_{106}$ 4 块双四通道多路模拟开关组成。 IC_{103} 、 IC_{104} 、 IC_{105} 可顺序各选通器导联, IC_{106} 选通 V_6 导联。由于只有 II 导联的输入心电信号, 所以故障可能出在缓冲放大器。

打开机壳, 通电试机 15min, 然后手摸 3 块缓冲放大器, 发现 IC_{100} 过热, 其余两块温度正常, 说明 IC_{100} 损坏, 将其更换后故障排除。

故障例 6: 输入缓冲放大器 IC_{100} 损坏

故障现象: 导联选择键置 TEST 和 II 时有定标输出和信号输出。置其他档时记录笔抖动而无定标及信号输出。

分析与检修: 置定标 TEST 时正常, 可基本肯定故障在运算放大器 IC_{107} 以前的输入回路。置导联 II 时正常, 说明 R、F 的输入回路基本正常, 故障应在 L、 $V_1 \sim V_6$ 的输入回路。

开机后, 导联开关置 TEST 和 II 时, 测得 IC_{107} ②、③脚间电压为 0V, 置其他导联时为 0.6V。遂将导联选择开关置 TEST 后分别测输入缓冲放大器 $IC_{100} \sim IC_{102}$ 的输出端②、④、⑥脚电压, 发现 IC_{100} 的④脚为 3.6V, 其他均为 7V, 因此考虑为 L 的输入缓冲放大器损坏。因无 IC_{100} (KT-2) 替换, 于是暂用 V_6 的输入回路将 L 的输入回路取代。开机后检查, 恢复正常。

故障例 7: 输入缓冲放大器 IC_{100} 、重 C_{102} 同时损坏

故障现象: 心电图机不接导联线时, 导联选择在 TEST 档定标正常, 而在其他导联档均出现强干扰, 无法打定标。此时, ELECTRODECHECK LAMP 很亮, 且不停闪亮。

分析与检修: 既然在 TEST 档能正常定标, 说明 IC_{107} 以后各级电路正常, 干扰来自浮地前置放大器 IC_{107} 之前电路, 这由 IC_{107} 的②、③脚短路得到验证。

故障时, ELECTRODE CHECK LAMP 很亮且不停闪动, 说明 IC_{107} 第②、③脚波动电压差值至少已达到了 $\pm 200mV$, 用数字万用表测量第②、③脚, 有高达 220mV 的波动电压。从图中分析 IC_{103} 、 IC_{106} 以及前面电路都有可能引起波动电压 220mV。首先测量 IC_{103} 、 IC_{106} 电源电压, 正常。可排除电源故障。 IC_{103} 、 IC_{106} 是多路选择器, 它可正常选择 12 导联, 故可排除 IC_{103} 、 IC_{106} 的故障。因为各导联均不正常, 从图中分析, 故障可能来自公共部分。首先脱开威尔逊网络, 发现干扰依然存在。恢复威尔逊网络, 再脱开屏蔽驱动器 IC_{112} , 发现干扰依然存在, 恢复 IC_{112} 。接着, 将导联输入各端短路接地, 由电路图分析, 在正常情况下, IC_{103} 的②脚、⑭脚以及 IC_{104} 的⑮脚电压值应该相等, 而实际测量出的值并不相等。同样, 在导联输入各端短路接地时 IC_{104} 的⑪脚、 IC_{105} 的⑪、⑫、⑭、⑮脚及 IC_{100} 的⑫脚电压值应相等, 而实际所测值并不相等。这些电压值与 IC_{100} 、 IC_{102} 有关, 所以判断故障很可

能出在缓冲放大器 IC₁₀₀、IC₁₀₂ 上。测量出 IC₁₀₀、IC₁₀₂ 的电源正常，再测量 IC₁₀₀、IC₁₀₂ 的第②、④、⑥脚的电压值，这几点的电压值正常值应相等，但发现实际值误差较大。检查 D₁₀₀、D₁₁₇ 均正常，从而判断故障出在缓冲放大器 IC₁₀₀、IC₁₀₂。脱开 IC₁₀₀，开机试验，发现与 IC₁₀₀ 有关的导联 I、II、III、aVR、aVL、aVF 干扰消失，依次脱开 IC₁₀₁、IC₁₀₂ 发现与之有关的其他几导干扰均消失。换上 3 块新的 KT-2，开机试验，导联选择在任一均档无干扰，定标均能正常描出，至此该心电图机恢复正常。

故障例 8：前置放大电路故障

故障现象：接通电源，当工作方式选择开关选在观察时，记录笔发生单偏，而且调基线移位电位器不起作用。

分析与检修：这种故障现象一般发生在前置放大电路中的 INST 控制电路及其以后的放大电路部分，即 IC₁₀₈、Q₁₀₃ 光电耦合器 PC-02、IC₁₁₅ 等放大器电路。要寻找故障点应当从前往后逐级查起。正常情况下在无信号输入状态，IC₁₀₈A 输出应为 0V，定标时约+60mV；IC₁₀₈B 在无信号输入时输出约为 1.4V，定标时电压有微小的负向变化。如果 IC₁₀₈A 的输出不为零电平，而是一个直流电平，或者 IC₁₀₈B 的输出电压低于 1.2V，或高于 2V 以上，则说明 IC₁₀₈ 发生了故障。

检查 IC₁₀₈ 第⑦脚输出电压约为 7V，怀疑 IC₁₀₈ 有故障，但更换 IC₁₀₈ 后故障依旧。进一步检查光电耦合器中发光二极管阴极对浮地的电压约为 6V，用万用表检查发光二极管正反向电阻又很正常，最后发现 R₁₅₅ 烧毁断路。更换 R₁₅₅ 后，仪器正常。

为什么 R₁₅₅ 断路会造成如此的故障现象呢？这是因为，当 R₁₅₅ 断路后，流过发光二极管的电流将全部通过 R₁₅₄ 注入 Q₁₀₄ 的基极。而 R₁₅₄ 阻值较大，为 1.8kΩ，它对流过发光二极管的电流也起到限制作用。虽然发光二极管的阴极对浮地电压为 6V，但流过发光二极管的电流却不大，这个电流等于 6V 减去 Q₁₀₄ 的基极到了射极的 PN 结电压后来与 R₁₅₄ 的比值，即 $I = (6V - 0.6V) \div 1.8k\Omega = 3mA$ 。就是说，流过发光二极管的电流只有 3mA。电流这么小，二极管几乎不发光。次级的光敏电池产生的正电压也就几乎为零，由于光电池负偏压电路的存在，经 IC₁₀₈B 反相放大后所以输出一个约为 7V 的电压，从而造成好像 IC₁₀₈B 已击穿损坏的假象。

如果 IC₁₀₈ 和 R₁₅₅ 都没有故障，那么本例故障发生在光电耦合器及其后面的放大电路里。

光电耦合器是一种有源隔离器件，当其内部的发光二极管因过流击穿损坏时也会造成记录笔单偏的故障现象。检测方法和对普通二极管的检测方法基本相同，只是其正向电阻略大于二极管的正向电阻，如果发光二极管的正反向阻值都很大，或者正反向电阻都很小，则说明发光二极管已损坏。

正常情况下，光电耦合器输出（即 IC₁₁₅ 的⑦脚输入）应为 0V。由于光电耦合器的频带很宽，实际上 IC₁₁₅ 第⑦脚的输入是毫伏级的高频信号波形，定标时波形有微弱的变化。IC₁₁₅ 发生故障也可造成记录笔单偏。应当指出，VR₁₀₁ 调整不当时亦可使记录笔单偏。VR₁₀₁ 是光电耦合器中光敏电池的负偏压补偿电位器，补偿不足或过补偿都会使记录笔单偏。当工作方式选择由 STOP 转换到 CHECK 时记录笔产生移位，就说明 VR₁₀₁ 调整不当，应重新进行调整。方法是边调 VR₁₀₁ 边转换 STOP、CHECK 工作方式开关，直到工作方式转换时记录笔不产生位移，此时，VR₁₀₁ 已调至最佳状态。

判定 IC₁₁₅ 是否有故障,可检查它的输出是否正常。在前级放大电路正常的情况下,IC₁₁₅A 第⑧脚的输出在无信号时应为 0V,定标时,此处的定标信号为 0.2V。当 VR₁₀₁ 由顺时针到逆时针的极限位置调节时,IC₁₁₅ 的⑧脚的电压可在+5V~-5V 之间变化。如果调整 VR₁₀₁ 第⑧脚电压不变化而始终保持一个直流电干,则说明 IC₁₁₅ 已损坏。

故障例 9: 光电耦合放大器中光敏传感器偏置电路电阻 R₁₅₉ 变值

打开电源开关,机器进入准备状态。当面板上的功能开关从 STOP 转换至 CHECK 时,记录笔下偏 15mm。

分析与检修:从原理图上看,本机在放大器前级与后级之间设置了闭锁开关电路。当功能开关位于 STOP 时闭锁开关导通。放大器输入端不能输入任何信号,记录笔位置居中。功能开关在 CHECK 位置记录笔下偏,而功能开关转到 STOP 时,则正常。所以可判断故障在闭锁开关以前的电路中,并且存在一个固定的负电压。当开关转到 CHECK 时,这个负电压便从前级输入到后级,使记录笔下偏转。

UT-20783 原理图中,Q₁₀₉ 是闭锁开关。选通输出的心电信号经 IC₁₀₇、IC₁₀₈ 放大,PC-02 光,电耦合,再经 IC₁₁₅、模拟开关 IC₁₁₉、R₁₈₅ 输至闭锁开关 Q₁₀₉ 集电极。

用数字电压表测量下面各点的直流电压。把 SENSITIVITY 开关置“1”,HUM、EMG 开关置 OFF。测量模拟开关 IC₁₁₉④端及⑤端电压分别为-1.93V、-2V。IC₁₁₅②端为-3V、IC₁₁₅⑧端为-0.11V。可见运放 IC₁₁₅A 输出端 0 位失调。调节微调电阻 VP₁₀₁,能改变 IC₁₁₅A 输出端电压,但调不到 0。再检查由 R₁₆₀、ZD₁₀₂、C₁₁₇、JR₁₀₁、R₁₉₁、R₁₅₉、R₁₅₆、VR₁₀₂ 等组成的偏置电路,发现 R₁₅₉ 变值。更换该电阻,故障排除。

故障例 10: 封闭控制电路中电容器 C₂₀₂ 严重漏电

故障现象:在刚开机时 1mV 定标正常,过几秒钟后,定标信号逐渐减小并消失,记录笔描记为一条直线,其他各种功能正常。

分析与检修:首先判断故障部位,分清是前置放大器故障还是主放大器电路故障。调节基线电位器 VR₁₀₁,基线调节正常,说明基线置零电位器之后的电路工作均正常,故障在前置放大电路 VR₁₀₁ 之前。查前置放大电路的电源正常,再查 1mV 定标电压产生控制电路及 1mV 定标电压产生电路工作正常。根据故障现象分析,可能与封闭控制电路有关。测量前置放大电路中封闭控制电路的两个三极管 Q₁₀₁、Q₁₀₂ 的基极为高电位,致使两管导通,将定标电压信号旁路,记录笔描记为一条直线。

造成基线置零故障的原因较复杂,因为基线置零电路由封闭控制电路、初始置零及导联转换置零电路、工作方法转换置零电路几部分组成。其中任何一个电路有故障,都可使 Q₁₀₁、Q₁₀₂ 导通,将基线置零。下面分别分析:

封闭控制电路(也叫 RESET 或 INST 电路)由 SW₂₀₃ 和 IC₂₀₃D 组成。当按下 SW₂₀₃ 按钮,IC₂₀₃D 便输出一个高电平,这个高电平通过 IC₂₀₄B 和 IC₂₀₄C 两上正或门,再经 IC₂₁₅C 的非门反相,由 J₂₀₀ 插头第 6 芯输出一个低电平送到前置放大电路,通过光电耦合器后又转换为高电平,送至 Q₁₀₁、Q₁₀₂ 的基极,使 Q₁₀₁、Q₁₀₂ 饱和导通,将基线置零。

初始复位电路主要由 R₂₀₅、C₂₁₀ 和 IC₂₀₃A 组成。它的作用是在当电源接通的瞬间输出一个正脉冲。其工作原理是当电源接通时,由于电容器 C₂₁₀ 两端电压不能突变,IC₂₀₃A 第①脚输

入电平为零,因而第②脚输出为高电平。当电容 C_{210} 上电压由于充电而升高达到逻辑电路的驱动值时, IC_{203A} 的输出便由高电平变为低电平,从而在接通电路的短时间里产生一个正脉冲输出。导联转换置零电路主要由 SW_{201} 、 SW_{202} 、 IC_{205A} 、 IC_{203g} 组成。其作用是在转换导联的瞬间使 IC_{203B} 的第④脚产生一个正脉冲输出。这两个正脉冲信号分别加在 IC_{203A} 的第①、②脚,经过由 IC_{204A} 、 IC_{205B} 和 IC_{203C} 组成的单稳电路,输出一个正脉冲送至 IC_{204B} 的第⑤脚,作为又一路封闭控制信号,在开启电源的瞬间,在转换导联其间,使 Q_{101} 、 Q_{102} 导通,将信号对地短路,把基线置零,避免大幅度的干扰。

除此之外,当工作选择开关由其他方式转换到 STOP 方式时, IC_{202} 第④脚的输出产生由正到零的跳变,电容 C_{223} 通过 D_{205} 、 R_{245} 放电,在 R_{245} 上产生一个右正左负的放电脉冲。这个正脉冲送入 IC_{204C} 的第⑧脚,经过 IC_{204C} 和 IC_{215C} 作为 INST 控制信号。同时, IC_{202} 第④脚输出的零电平还分别被送到前置放大电路板和电源电路板作为主要封闭控制信号,控制由 Q_{110} 和 Q_{109} 组成的主封闭电路,当工作方式选择在 STOP 位置时, Q_{109} 导通,将前置放大电路输出的信号对地短路。

通过以上的分析可知,只要找出 Q_{101} 、 Q_{102} 基极高电平的信号来源,就可以找出故障点。用万用表测量封闭控制电路几个关键点的电位,测得:键控电路板插头 J_{200} 第 6 芯为低电平(正常时应为高电平); IC_{204C} 第⑨脚为高电平(正常应为低电平); IC_{204B} 第⑤脚为低电平;第⑥脚为高电平(正常应为低电平); IC_{203D} 的输入端第⑨脚应为高电平,此时只有 2V,再测得 R 川两端电压为 2V 左右; R_{209} 两端电压为 4V 左右; R_{210} 上的电压为 0V,可判定 C_{202} 漏电,拆下测量其漏电阻 100k 左右且阻值不稳定。由于电容 C_{202} 漏电,致使 IC_{203D} 输入端电平变低,使其输入与正常逻辑相反,造成 Q_{101} 、 Q_{102} ,饱和导通,将信号旁路,记录笔描记为一条直线。

将电容 C_{202} 更换后,机器工作恢复正常。

故障例 11: 主放大器 IC_{301} 芯片⑤和⑥脚间开路

故障现象: 只要一接通电源,记录笔就立即向上偏,调节记录笔位移控制电位器 VR_{306} 也不能使记录笔返回记录纸中心。

分析与检修: 开机后由于整机工作状态处在 STOP 状态,从控制单元 VT_{20781} 板输送主放大器封闭信号 MINST 到前置放大 VT_{20783} 板,使该板上晶体管 Q_{109} 导通,从而将前置级输出端对地短路。在这种情况下,开机单偏原因一般是由主放大板 VT_{20782} 板元器件失常引起。主放大器由 2 片厚膜集成电路 IC_{301} 、 IC_{302} 和 4 个中功率晶体管组成,3 部分之间均为直接耦合传输方式。 IC_{301} 输出端(⑮脚)经 R_{308} 直接耦合到 IC_{302} 输入端(对应该芯片⑫脚), IC_{302} 输出端⑧和⑨脚直接耦合输出给功放管,每一部分均可产生导致记录笔单偏的故障。为了将故障源定位,将 R_{308} 电阻从同 IC_{301} 的⑮脚相联端焊开悬空。并将该电阻悬空端与地线相联,这样切断了信号传输通道,将主放大器分割成两部分,使 IC_{302} 与后面功放管组成了一个小系统,而将 IC_{301} 影响排除。经这样处理后再试机时,记录笔单偏故障消除,说明 IC_{302} 及功放管组成小系统正常,将造成单偏的故障源定位在 IC_{301} 芯片及相关外围元器件上。 IC_{302} 芯片内有放大心电信号的信号放大通道和将记录笔的偏移量转换成相应的电压变化并放大的位置反馈放大系统,两者在片内经比较放大后,输出一相应信号控制记录笔偏转,这两者中任一个失常都将引起记录笔单偏。首先检查 IC_{301} 内心电信号通道, IC_{301}

芯片⑩脚电位（对应为 IC₃₀₁ 片内心电放大通道输出端）在输入心电信号为零时应为零，实测该点电压为零，反映 IC₃₀₁ 芯片内心是电信号放大通道工作状态正常。经这样分割后可确定造成单偏原因就存在于该芯片内位置反馈放大系统通道中。该机位置反馈放大系统采用磁敏电位器作位置传感器。在对该系统进行检查时，如用手将记录笔位置移到记录纸中心，则 IC₃₀₁ 的⑮脚电压应为 0V、③脚电压应为+2.5V，测量发现⑮脚电压偏向+7V，而③脚电压为 0V。为排除磁敏电位器开路故障，用万用表直流 10V 档红表笔接位置传感器插座第一位而黑表笔接位置传感器插座第二位，再用红表棒接位置传感器插座第二位而黑表笔接位置传感器插座第三位。在上述两种情况下 IC₃₀₁ 芯片输出端⑮脚电压将相应由零向正电压增加方向和由零向负电压增加方向变化，因为电压表等效为一电阻，并接在位置传感器（磁敏电位器）的上端头与中心头间及中心头与下端头间，会使磁敏电位器阻值改变。这样做可模拟笔位不同方向的偏转，从而检测位置反馈放大系统功能，在磁敏电位器开路时也可由表头内阻来构成回路。正常时，IC₃₀₁ 输出端⑮脚对地电压应随磁敏电位器阻值变化而产生相应变化，实测⑮脚电压为一固定极性正电压，对上述变化不予响应。运用上述步骤重复测试传感器的端头，并检测位置反馈信号放大器输入端。IC₃₀₁③脚电压正常时应为正 2.5V 且能随上述测试步骤而增加或减小，实测该点电压恒为零。分析造成该点电压为零原因是位置反馈传感器供电电源失常。该电压系由机内+8V 电源供给 IC₃₀₁ 的⑤脚，经其⑤脚和⑥脚间内部电阻与⑥脚外接稳压管 ZD₃₀₃ 组成的串联稳压电路取得正 5V 电压。检查⑤脚+8V 电压正常，而 IC₃₀₁ ⑥脚电压为零，排除了 IC₃₀₁ 第⑥脚对地短路及稳压管 ZD₃₀₃ 短路的可能，实测查出 IC₃₀₁ 芯片⑤和⑥脚间呈开路状态，估计系该片内电阻开路。采用分立元件电阻外补法，在⑤和⑥脚间串入 1k 电位器与 510Ω 电阻串联电阻回路，通电，边调电位器边用万用表电压档监测 IC₃₀₁ ⑤脚对地电压至达到 5V，然后关机，用相同阻值电阻（为 1.1kΩ）搭焊在⑤和⑥脚间，这样检测 IC₃₀₁③脚电压符合正常值 2.5V，其输出端⑮脚电压亦近似为零。于是，将电路各部分联接恢复至正常，重新开机，单偏现象排除，记录笔位置可随笔移位电位器 VR306 的改变而变化，将机器状态置观察档并键入定标信号，记录笔偏转正常，描出一列标准定标波形。

故障例 12：定标控制电路故障

故障现象：接通电源后，面板上各种控制功能显示状态良好，也能记录心电信号，只是没有毫伏定标信号。定标按键不起作用。

分析与检修：这种故障发生在定标信号产生电路及其控制电路部分。PHC₁₀₁ 中间一组光电耦合器是定标控制信号的传输通路。如果光电耦合器发生故障，定标控制信号会被阻断。因此，在这类故障中，光电耦合器 PHC₁₀₁ 的发生故障的可能性是比较大的。当 PHC₁₀₁ 光电耦合器的发光二极管击穿损坏时，即可造成无定标电压的故障现象。因为当发光二极管不能发光时，次级的光敏三极管就会处于截止状态，Q₁₀₀ 的基极因得不到正向偏置电压也处于截止状态，从而造成无定标信号。

当键控电路板 UP-20781 上的 IC₂₀₃ 和 IC₂₁₅ 发生故障时，定标指令也不会送到光电耦合器的输入端。因而也可造成无定标信号。由于 IC₂₀₃ 和 IC₂₀₅ 是反相门，检查方法比较简单，因此，故障点也就容易判定了。

故障例 13: 差分放大器与封闭电路故障

故障现象: 接通电源后机器面板上各种键控功能及发光二极管的显示均正常。基线移位调节正常。但无毫伏定标信号, 也不能记录各导联的心电信号。

分析与检修: 此例故障的原因可能发生在两处: 其一, 当差分放大器 IC₁₀₇ 损坏时会产生这种故障现象; 其二, 当 INST 即封闭电路处于常封闭状态时 (Q₁₀₂ 处于导通状态), 也会产生这种故障现象。

首先检查 IC₁₀₇ 是否有故障。正常情况下, 用示波器检查 IC₁₀₇ 的第⑥脚应输出 0V 电压。如果输出不是 0V 电压, 而是一个较高的直流电压, 则说明 IC₁₀₇ 已发生故障。

如果 IC₁₀₇ 正常, 那么故障发生在键控电路板上的封闭信号通路上。在键控电路中, IC_{203D}、IC_{203C}、IC_{204B}、IC_{204C} 和 IC_{205C} 是 INST 信号的逻辑控制门。如果由于它们的故障而使 IC_{215C} 输出低电平, 即可造成常封闭状态。只要根据上述门电路的输入输出逻辑关系逐一进行检查, 就不难发现故障点并予以排除。应当注意, 在 STOP 方式, IC₂₁₅ 输出低电平是正常的, 如果在 CHECK 和 START 工作方式时 IC₂₁₅ 输出仍为低电平, 就说明上述逻辑门中有的出了故障。

本例故障是否有可能发生在传输封闭信号的光电耦合器 PHC₁₀₁ 上呢? 这种情况是极少见的。因为这种光电耦合器的故障, 一般是发光二极管损坏的情况比较常见, 次级光敏三极管则极少出故障。而在发光二极管损坏的情况下, 只会使封闭信号被阻断, 使封闭电路失去作用, 但决不会使 INST 电路处于常封闭状态。

故障例 14: 定标电路电阻 R₂₁₄ 开路

故障现象: 面板指示正常, 走纸和心电信号记录也正常, 但打不出定标信号。由于无 CAL 信号, 此机无衡量尺度, 无法正常使用。

分析与检修: 工作过程如下: 按下 SW₂₀₄ (定标开关), 在 IC₂₁₅ 的④端产生一个低电平信号, 此低电平使得光耦合器 PHC₁₀₀ 中的发光二极管导通发光, 于是光耦合中对应的接受三极管导通, 其集电极处于低电平, 继而使 Q₁₀₀ 导通, 加至 1mV 定标发生电路, 从而在前置放大器第一级运放 IC₁₀₇ ③脚产生一个输入信号, 经后级放大后记录出来。

这种情况应从后往前查找。先检查 Q₁₀₀ 三极管基极电位。当按动开关 SW₂₀₄ 时, 此电位不发生改变, 说明故障在此之前。继而查 PHC₁₀₀ 的 CAL 输入端、IC₂₁₅ 第⑤脚和 IC₂₀₃ 的⑩脚均无电平变化。从而可以断定故障点在 IC₂₀₃ 或其之前。首先考虑 IC₂₀₃, 由于 RESET (复位) 电路和 1mV 定标电路的前半部分完全相同。检修中把 IC₂₀₃ 的⑨脚和第⑩脚分别和前边电路分割开。再把 R₂₁₀ (10k) 连于 IC₂₀₃ 第⑩脚, 开机后发现定标信号产生, 从而断定故障在 IC₂₀₃ 第⑩端之前。对开关 SW₂₀₄、电阻 R₂₁₄、R₂₁₂ 和 R₂₁₃、电容器 C₂₀₃ 逐个检查发现 R₂₁₄ (47k) 开路。更换此电阻恢复原电路后, 定标信号正常。

故障例 15: ±8V 浮地电源公共 0 端引线虚焊

故障现象: 打定标输出增益不够。1mV 打定标输出不到 5mm, 只是正常值的一半, 调整增益至最大也只能勉强达到 10mm, 但连续打定标, 幅度又不断下降, 一个波形小于一个波形, 形成梯形状。

分析与检修: 从故障现象判断故障出在定标控制电路、电源电路或放大元件老化。进一

步检查,用心电信号发生器测定,输出幅度约减小一半,这样也就排除了定标控制电路故障。考虑到该机启用时间不到两年,不可能出现元件老化,故障就集中在电源部分。测量 $\pm 8\text{V}$ 和 $\pm 12\text{V}$ 电压均正常,又分别测量功放电路,前级和前置放大电路的工作电压,当检测到前置放大电路时,发现 $\pm 8\text{V}$ 电压只有 1V 左右,远远低于正常值,再检查 $\pm 8\text{V}$ 稳压电路,测量 C_{123} 和 C_{124} 两端电压正常,这表明故障出在稳压输出到前置电路之间的连接线上,而且是在正负同时发生变化。判定故障在 $\pm 8\text{V}$ 浮地电源公共端(o端),检查。端发现线头焊接工艺不良,用镊子拨动导线,稍一用力就从接点上脱落下来,很明显这是一处假焊。重新焊接后,定标输出增益大幅度提高,调整增益和阻尼后,机器恢复正常。

这是一例由假焊引起前置电路供电电压降低造成增益下降的故障,这种情况比较少见,具有一定的特殊性,值得注意。

故障例 16: 灵敏度选择电路连接电缆断线

故障现象: 灵敏度选择在 $\times 1/2$ 、 $\times 1$ 和 $\times 2$ 中的任何一档时,实际定标信号的幅度只有 $1/2\text{mV}$,而灵敏度选择显示情况却正常。

分析与检修: 处理这类故障,应当检查灵敏度选择电子开关 IC_{119} 的控制编码是否正常。 IC_{119} 的第⑪、⑩、⑨脚是控制编码A、B、C的输入端。灵敏度和滤波选择的编码真值表如表 7-2-8。

表 7-2-8 灵敏度和滤波选择的编码真值表

IC_{119}	输入编码	功能选择
B	A	灵敏度
0	0	$\times 1/2$
0	1	$\times 1$
0	1	$\times 2$
C		滤波选择
0		OFF
1		ON

根据灵敏度选择情况,对照表 7-2-8 可用示波器检查 IC_{119} 的输入输出编码是否正确。如果不正确,故障可能是在键控电路或连接电缆线上。本例故障现象是:在转换灵敏度选择开关时,LED 显示是正常的,这就说明键控电路是正常的。而到达前置放大电路后编码变为异常,则说明连接电缆或插头插座的接触有不良的情况。由于在灵敏度任何一档信号实际幅度只有 $1/2\text{mV}$,说明A的编码总是为零。即A端子的输入控制电平为常低状态。当输送A码的连线有断路或插头插座接触不良时,键控电路的编码传送不过来,就会造成本例的故障现象。实际故障原因是连接电缆断线造成的。更换电缆线后仪器修复。如果经过检查输入编码是正确的,那么故障原因可能在灵敏度转换电子开关集成块上。当 IC_{119} 有故障开关转换不良时,也会造成本例故障现象。只要更换 IC_{119} ,故障即可排除。

故障例 17: 键控电路中电容器 C_{201} 漏电

故障现象: 开机后,机器不能进行导联选择,导联选择键失效,其他功能均正常。

分析与检修：心电图机的导联选择部分采用电子开关控制，它由计数脉冲发生电路、可逆计数器、译码器、LED 显示电路以及光电转换部分组成。

首先检查计数开关（面板上 $\longleftrightarrow$ 键），接触良好。IC₂₁₂（14516）为可逆计数器，其⑩脚 CLK 为计数输入端，高电平有效。接通电源，测计数器 IC₂₁₂ 第⑩脚始终为高电平，按动计数开关 $\longleftrightarrow$ 不起作用，断定故障发生在计数脉冲产生电路，见图 7-2-20 所示。

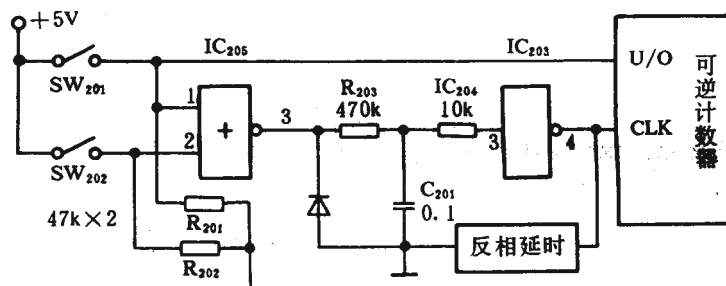


图 7-2-20 计数脉冲产生电路图

测 IC₂₀₅ 第③脚为高电子，按动计数开关 SW₂₀₁、SW₂₀₂（对应面板为 $\longleftrightarrow$ ），该点电平随之变化。再测 IC₂₀₃ 第③脚电平，当未按计数开关时为 1.6V，按下计数开关时为 0V，说明计数脉冲信号能到达该点，但信号幅度不够，不足以驱动 IC₂₀₃（4584）反相器动作，故 IC₂₁₂ 第⑩脚始终为高电平。查电阻 R₂₀₃、R₂₀₄、C₂₀₁，焊下 C₂₀₁ 测量其电阻为 230kΩ，说明该电容严重漏电，换新件后机器恢复正常。

故障例 18：键控电路电容器 C₂₀₄ 损坏

故障现象：通电后 STOP 指示灯亮，按下 CHECK 键不能进行定标，按下 START 键不走纸，其他各功能正常。整机功能正常状态为打开电源开关（即 SW₄₀₀ 置 ON 位）时，LEADSELECT 处于 TEST 位，SENSITIVITY 处于“1”，PAPERSPEED 处于 25mm/s，STOP LAMP 亮。此时，按下 START 键，START LAMP 亮，且处于走纸状态，按下 CHECK 键，CHECK LAMP 亮，可进行 1mV 定标。

分析与检修：走纸电机控制电路主要由 IC₂₀₂ 功能开关、IC₂₁₁、IC₂₁₀ 电机稳速控制电路及 IC₂₀₅、IC₂₀₈、IC₂₀₉ 走纸速度转换或者电机转速控制电路组成。根据故障现象来看，应首先解决走纸电机的转动故障，至于电机速度是否稳定，走纸速度能否转换只有在上述故障解决后来处理。

上述有关部分的工作原理为：IC₂₀₂ 是一种互联式电子集成开关。其内部共有两组开关：第一组 IN₁~IN₃ 对应于 OUT₁~OUT₃；第二组为 IN₄~IN₆ 对应于 OUT₄~OUT₆，为灵敏度选择。两组开关中只允许选通一个开关，而不允许有一个以上的开关同时被选通。若工作方式选择在 CHECK 或 STOP 时，IC₂₀₂ 的②脚输出为高电平，该电平通过 R₂₂₉ 与 D₂₀₄ 加到 Q₂₀₃ 基极，使其导通，Q₂₀₂ 和 Q₂₀₁ 截止，走纸电机不转动。当 START 被按下时，IC₂₀₂ 的②脚输出变低，Q₂₀₂ 的基极端为低而截止，此时 IC₂₁₀ 的⑩脚输出的电机启动工作电压加到 Q₂₀₂ 的基极，使 Q₂₀₂ 和 Q₂₀₁ 导通，电机得到驱动电流而工作。

以上述分析不难看出，故障原因可能有以下几个：

1. IC₂₀₂ 或外围元件损坏；
2. 电机稳速控制电路及走纸速度控制电路故障；
3. 电机启动开关电路故障。

故障排除：1. 用万用表的欧姆档测电机绕组，正常，加外 12V 电源，电机转动自如，说明电机本身无故障。

2. 将 R₂₂₉ 断开，即人为使 Q₂₀₃ 基极处于低电位，此时走纸电机转动，且转速受控。说明故障分析中的 2、3 全部正常。

3. 故障集中在 IC₂₀₂ 本身及外围部件。更换 IC₂₀₂，故障依旧。查 SW₂₀₇ 正常，将 C₂₀₄ (0.1μF) 电容取下，用万用表×1k 电阻档测量，约有 10kΩ 阻值。说明 C₂₀₄ 严重漏电已不能继续使用。在取下 C₂₀₄ 的情况下，走纸速度正常，1mV 定标正常。原因很明显，由于 C₂₀₄，使得 IC₂₀₂ 的第一组 CHECK、START 键均不起作用。更换 C₂₀₄，各功能恢复正常。

故障例 19：复位电路集成块 IC₂₀₃ 击穿

故障现象：在使用当中突然出现导联不能转换，只停留在 TEST 状态。经初步检查，走纸速度也不能转换，只显示 25mm / s 状态。

分析与检修：根据以上故障现象，由电路原理图分析初步判断 IC₂₁₂ 二进制加 / 减计数器、走纸速度控制元件 R-S 触发器 IC_{208A}、IC_{208B} 被置“0”。而置“0”脉冲信号来自复位电路。因此，分析故障很可能发生在复位电路。该电路由 R₂₀₅、C₂₁₀、IC_{203A} 组成。其工作原理是当打开电源开关时，C₂₁₀ 电位不能突变近似为低电平，经非门 IC_{203A} 输出一正脉冲，一路经或门 IC_{204D} 加至 IC₂₁₂ 的 R 端，计数器被复位。Q 端输出的四位数据为 0000。经译码、光电耦合等电路使导联状态及 LED 显示均处于 TEST 状态。另外一路直接输入到 RS 触发器 IC₂₀₈ 输入端⑧脚，使走纸速度置 25mm / s 状态。当电源经 R₂₀₅ 向 C₂₁₀ 充电至高电平时，IC_{203A} 即输出一低电平，不再起置“0”作用。由此可知只所以出现置“0”状态，很可能是 IC_{203A} 输出一直处于高电平造成的。用万用表分别测量 IC_{203A} 的输入（1）、输出（2）端，测量结果是输入输出均为高电平，这说明该元件已经击穿。

IC_{203A}、型号为 DICMC14584BCP，一时难于购到，但又急用，只好将一只 1kΩ 的电阻并接在 IC_{203A}①、②端，并将输出端②接零电平。这样虽不具备置“0”功能，但可以进行导联走纸速度转换，仍可继续使用。当然也可以用一只三极管或其他非门元件代替，但最好在有备件后用原件修理。

故障例 20：键换电路集成块 IC₂₁₁ 损坏

故障现象：心电图机在 START 状态时，2min 以后电池组供电自动切断。

分析与检修：根据原理图分析故障可能出在定时电路，或者由 IC₂₀₂ 组成的双互一重置触摸开关电路。将电池供电转换由交流电供电，此时故障消失，这说明定时电路工作正常。确定故障出在由 IC₂₀₂ 组成的双互一重置触摸开关电路。IC₂₀₂OUTL 输出控制信号一路控制走纸电

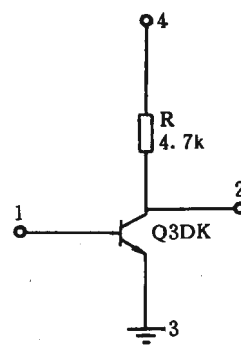


图 7-2-21 电路图

机驱动电路，另一路由 IC₂₁₁F 反相后控制定时电路，因走纸电机工作正常，说明 IC₂₀₂OUTL 有控制信号输出。故判断 IC₂₁₁F 损坏的可能性较大。用电池组供电，当变换 STOP、START 功能键时，IC₁₁₁F 输入端⑭脚用万用表测量有高低电位变化，而输出端⑩脚始终为低电平。造成 Q₄₁₁ 晶体管截止，定时电路处于工作状态。故判断为 IC₂₁₁F 损坏。

因 IC₂₁₁ (MC14049) 无备件，采取应急措施修理。见原理图 7-2-21 所示，1、2 点分别接 IC₂₁₁⑭脚、⑮脚，3 点接零电平 IC₂₁₁⑧脚，4 点接+8V 电源 IC₂₁₁⑥脚，电路接好以后用“南大 703 硅胶”直接粘接在 IC₂₁₁ 上面（注：南大 703 硅胶固化以后具有弹性强耐绝缘很好，更重要的是很容易将元件重新拆除，这样在具备修理备件时再进行更换）。以上经实际使用效果良好。

故障例 21：复位电路电容器 C₂₁₀ 损坏

故障现象：开机后速度置 25mm / s，不能转换到 50mm / s，导联置 TEST 状态，亦不能转换。

分析与检修：根据故障现象分析，说明心电图机一直处于复位状态，故障发生在复位电路。复位电路工作原理是：当打开电源开关时，初始复位电路（由 R₂₀₅、C₂₁₀、IC₂₀₃A 组成）产生一正脉冲经或门 IC₂₀₄D 加至 IC₂₁₂ 的 R 端，计数器 IC₂₁₂ 被复位。Q 端输出四位数据为 0000，此数据分两路输出，一路送 LED 显示译码器（IC₂₁₃、IC₂₁₄），另一路经驱动器 IC₂₁₆ 送光电耦合器通过译码和导联转换控制电路。此时导联状态和 LED 显示状态均处于 TEST 位。复位电路所产生的正脉冲同时加入 IC₂₀₈A⑧端，使走纸速度置 25mm / s 状态。开机初始状态为 IC₂₀₃A，①端为低电平，②端为高电平，IC₂₁₂R 端为高电平，IC₂₀₈A⑧端为高电平，⑨端为低电平，因此机器处于复位状态。待开机约 5s，C₂₁₀ 通过+8V 电源 R₂₀₅ 充电约 6V 后，IC₂₀₃A①端为高电平，②端为低电平，IC₂₁₂ 的 R 端为低电平，IC₂₀₈A⑧端为低电平，处于可以进行工作状态。由于走纸速度与导联转换同时处于复位状态，不能进行转换，故障应出在 IC₂₀₃A②端输出可能始终处于高电平状态。用万用表测量 IC₂₀₃A②端始终处于高电平（6.5V），测量①端电平在 1.8V（不足以使 IC₂₀₃A 翻转），测量+8V 电源及 R₂₀₅ 正常。因此，判断 C₂₁₀ 可能损坏。焊下用万用表测量，该电容器严重漏电。用同一规格电容器 10F / 16V 更换后，故障排除。

故障例 22：导联转换电路 IC₂₁₅C 损坏

故障现象：在导联转换时，出现记录笔抖动现象。

分析与检修：该机为了避免导联转换出现记录笔抖动（干扰）现象，设置了导联转换制锁电路，当在导联转换时，（按动 ADV 或 RED 键时）IC₂₀₃C 输出一制锁脉冲加至或门 IC₂₀₄B 的⑤端，触发反相器 IC₂₁₅C 输出 INST 负脉冲。该脉冲控制前置放大器 IC₁₀₈A 输入端对地短路，从而心电信号不能被放大输出。这种制锁方式发生在每次导联转换过程中。由于在转换导联时出现记录笔抖动，即不能被制锁，说明该部分电路出现故障。在按动 ADV 或 RED 时，用万用表分别依次测试 IC₂₀₃A③端，IC₂₀₃C⑥端，IC₂₀₃B④端 IC₂₀₄C⑩端，IC₂₁₅C⑥端，电子变化情况，发现 IC₂₁₅C⑥端始终处于低电平，无负脉冲输出。而 IC₂₁₅C 输入端在导联转换时输入脉冲正常，说明 IC₂₁₅C 已坏。IC₂₁₅ 为 MC14049 型号的集成元件（六非门），用国产的 CD4049 代替，故障排除。

故障例 23: 复位电路电容器 C_{210} 漏电

故障现象: 开机通电后, 按 ADV、RED 导联转换键不起作用, LED 显示状态始终处于 TEST 位置。

分析与检修: 从故障现象判断故障发生在计数器电路部分, 见图 7-2-22 所示。根据计数器电原理图分析其工作过程为: 当打开电源开关时, 初始复位电路 (由 R_{205} 、 C_{210} 、 $IC_{203}A$ 组成) 产生一正脉冲经或门 $IC_{204}D$ 加至四位二进制可预置可逆计数器 IC_{212} 的 R 端, 计数器被复位, Q 端输出四位数据为 0000, 此数据分两路输出, 一路送 LED 显示译码器 (IC_{213} 、 IC_{214}), 另一路经驱动器 IC_{216} 送光电耦合器, 由译码原理和导联转换控制原理知, 此时状态和 LED 显示状态均处于 TEST 位。

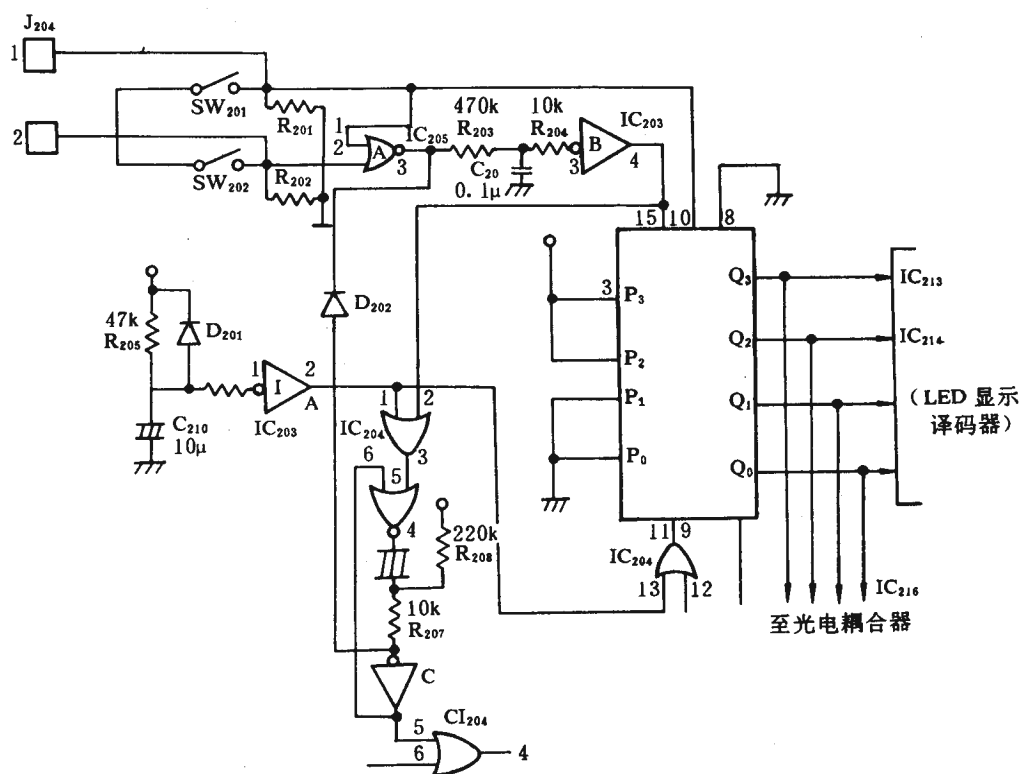


图 7-2-22 计数器电路图

当设定导联状态时, 按一次 ADV 键 (导联前转换控制键), 则经 SW201 向计数器 (U/D 端) 加减计数控制输入端, 送入一个高电平, 同时脉冲延时电路输出一个延时脉冲加入计数器的时钟输入端 (CL 端), 计数器被触发作加计数一次, 输出端 $Q_3 \sim Q_1 = 0001$, LED 显示 I 导联。再次按动 ADV 键, 计数器重复计数一次, 输出数加 1, 如不再按 ADV 键, 计数器输出状态将保持现状不变, 在计数器输出数据的控制下, 机器的导联状态和 LED 显示状态的顺序作相应改变, 当计数器计数至 1100 时, 译码器 IC_{214} 的 $Q_4 = 1$, 此时机器处于

V₆ 导联状态。如再按动 ADV 键一次, 将使 Q₂₁₄ 的 Q₅=1, 该高电平经或门 IC_{204D} 送到计数器的 R 端, 从而计数器被清零, 导联状态和 LED 显示状态跳回到 TEST 位。

当按动 RED 键 (导联后退转换控制键) 时, 导联状态和 LED 显示状态是按动 ADV 键的逆过程。即从高位向低位改变。

打开电源开关后, 按下 ADV 键, 用数字逻辑测试笔测计数器 IC₂₁₂ 的 CL 端 U / D 端。R 端 (清零端) 均为高电平, 且 R 端始终为高电平。由计数器电路工作原理分析知: R 端只有在开机后的瞬间和 ADV 键按动第 13 次后 IC₂₁₄ 的 Q₅=1 时为高电平, 其余时间均处于低电平状态时才能使计数器作加法计数。R 端处于高电平显然破坏了计数器的工作状态。

接着检查初始复位电路, 测 C₂₁₀ 的正极和 IC_{203A} 的①端为低电平仅 3V, 其②端和或门 IC_{204D} 的 IC₂₁₂ 脚为高电平, 则 IC_{204D} 的输出端⑪脚即⑬脚 R 端同为高电平。

正常情况下开机的瞬间电源经 R₂₀₅ 对 C₂₁₀ 充电, 由于电容两端不能突变, IC_{203A} 的①脚为低电平, 反相后输出高电平, 经或门 IC_{204D} 送给计数器 IC₂₁₂R 端一个清零脉冲。随着充电时间的延长 C₂₁₀ 两端电压接近电源电压, 经 IC_{203A} 反相后在②脚输出低电平, 同时 IC₂₁₂ 的 R 端也为低电平, 这一状态要保持到关机。C₂₁₀ 两端电压偏低, 说明此电解电容有漏电, 焊下 C₂₁₀ (10μF / 16V) 检查已变质漏电, 更换一只新品, 故障排除。

故障例 24: 复位电路电容器 C₂₁₀ 容值异常减少

故障现象: 开机, 导联指示不停留在 TEST 但导联前进、倒退正常。

分析与检修: 故障只限局部电路, 即复位电路。用示波器查施密特触发器 IC_{203A} 的输出端, 每次开机的一瞬间, 没有发现由于电容 C₂₁₀ 两端电压不能突变而引起的电路翻转现象, 初步怀疑电容 C₂₁₀ 失效。但拆下 C₂₁₀, 用万用表测, 电容能充、放电, 但总觉得表针摆动幅度不够。重新装上, 机器还是不正常, 再用示波器查 IC_{203A} 在开机一瞬间的输入状态, 以确定 IC₂₀₃ 正常否, 还是认为 C₂₁₀ 有故障。用电容表测 C₂₁₀ 的容量, 结果发现电容容量由原 10μF 下降为仅有 1μF, 以至造成不能复位, 更新品后正常。

故障例 25: 复位电路逻辑控制门 IC_{203A} 损坏

故障现象: 按下导联选择开关 (LEAD SELECTOR) 导联不能转换。

分析与检修: 初始复位电路由 R₂₀₅、C₂₁₀ 和 IC_{203A} 组成。当电源接通时, 由于电容器两端电压不能突变, IC_{203A} 第①脚输入低电平而输出高电平。当电容 C₂₁₀ 上电压升到逻辑电路的驱动值时, IC_{203A} 的输出便由高电平变为低电平, 从而在接通电源的短时间里产生一个脉冲输出。

IC₂₁₂ 是一个二进制加 / 减计数器, 型号为 MC14516B, 当按下导联选择前进键 (一) 时, 高电平信号加到 IC₂₁₂ 计数加 / 减控制端第⑩脚上。当加 / 减控制端为高电平时, 此计数器作加法运算。每当第⑩脚输入一个正脉冲输出编码便加 1。导联选择前进一个导联。当按下导联选择倒退键 (一) 时 IC₂₁₂ 的⑩脚为低电平, 给 IC₂₁₂ 第⑩脚输送一个正脉冲。这时 IC₂₁₂ 变为减法计数器, 导联选择向右倒退一个导联。

IC_{204A}、IC_{203C}、IC_{205B} 为积分单稳态控制, 积分单稳态由窄脉冲变为宽脉冲, 避免大幅度干扰。R₂₀₃、R₂₀₄ 和 C₂₀₁ 去抖动电路, 防止由于开关不良, 引起多余脉冲。

接通电源, 用万用表测量 IC_{205A}②脚, 按导联选择开关, 如果电压在 0~8V 之间变化,

说明 IC₂₀₅A 正常, 继续测量 IC₂₀₃B④脚, 按导联选择开关, 有电压变化 (0V~8V), 说明 IC₂₀₃B 良好。再测 IC₂₁₂⑨脚电压等于 8V, 说明 IC₂₁₂ 正常。当测量到 IC₂₀₄D⑬脚时, 电压等于 8V, 说明 IC₂₀₃A 损坏或周围元件有损坏。当检查 R₂₂₅、R₂₀₆、D₂₀₁ 和 C₂₁₀ 都正常, 说明 IC₂₀₃A 坏。调换 IC₂₀₃A (MC14584 BCP) 故障排除, 机器恢复正常。

故障例 26: 导联选择控制逻辑电路故障

故障现象: 导联选择控制和显示都正常。但当记录心电图时, 某些导联的心电信号严重失真, 有的导联信号波形倒置。

分析与检修: 这种故障是由于记录心电图时, 某些导联的信号产生迭加而造成的, 有时甚至使 R 波应为正向波幅的导联信号变为 R 波倒置的负向波幅。

故障原因一般是发生在前置放大电路中导联选择控制电路上。当有两组以上的电子开关同时选通导联信号时, 便会发生上述故障情况。导联选择电子开关由 IC₁₀₃~IC₁₀₆4 个模拟电子开关集成块组成。开关的选通与阻断是由 IN 端子, 即禁令控制端第⑥脚的输入电平进行控制。当 IN 端子为低电平时, 允许导联选通, 否则阻断导联的选通。

如果导联选择数据锁存器 IC₁₁₀、IC₁₁₁ 发生故障, 例如 IC₁₁₀ 的 B 门输出端因击穿而对地短路, 其输出总为低电平, 那么 IC₁₀₅ 就会被置于常选通的工作状态。当分别选择 I、II、III、aVR、aVL、aVF、V₁ 等导联时, V₂、V₃、V₄、V₅ 胸导心电信号也会分别被同时选中。这时输入到差分放大器 IC₁₀₇ 的心电信号就变成了两种导联的心电信号相迭加的产物, 因而造成记录波形的严重失真。

显而易见, 当出现这种故障时, 只要检查一下 IC₁₁₀ 和 IC₁₁₁ 的输入输出逻辑关系是否正常, 即可找到故障点, 故障就迎刃而解了。在正常情况下, IC₁₁₀ 的 A、B、C、D 四个门的输出情况是: 当导联由 TEST 选至 III 导时, D 门输出为低, 其他门全为高, 当导联由 aVR 至 V, 转换时, C 门输出为低电平, 由 V₂ 至 V₅ 时, B 门为低电平, 选至 V₆ 时, A 门为低电平。如果出现两个或多个门输出为低电平, 很可能是 IC₁₁₀ 发生了故障。导联选通情况与 A、B、C、D 门输出的对应关系。如表 7-2-9。

表 7-2-9 导联选通情况与 A、B、C、D 门输出对应关系表

导联选择	D	C	B	A
TEST、I、II、III	0	1	1	1
aVR、aVL、aVF、V ₁	1	0	1	1
V ₂ 、V ₃ 、V ₄ 、V ₅	1	1	0	0
V ₆	1	1	1	0

故障例 27: 导联选择编码传输电路故障

故障现象: 接通电源, 当导联选择位于 TEST, 工作方式选择在 CHECK 位置时, 便能观察到心电波形。当导联选择由 TEST 至 V, 导时都有心电信号, 但这些导联的心电信号都与常规不符。当选择至。导时却没有心电信号, 也无定标信号。其他各导联定标信号正常。

分析与检修: 导联心电信号都是由模拟电子开关 IC 的 A、B 控制端的输入编码, 配合 IN 端子的选通指令 (低电平有效) 进行选择的。由 TEST 至量导联的选择是由 IC₁₀₃ 来完成。

当导联选定在 TEST（初始位置）时，IC₁₀₃ 的 IN 端子为低电平，这时 A、B 两个端子的输入编码都应为零。只有当 A、B 输入端的编码为“00”时，才选中 TEST。如果这时 A、B 端子输入编码不为“00”，就不会选中 TEST，而可能选中某一导联的信号。如果这时传输 A、B 编码的通路上发生故障，比如光电耦合器 PHC₁₀₀ 中的最左边一组中的发光二极管因损坏而断路，其内部的光敏三极管就会接收不到光亮而截止。其结果使输入到电子开关 A 端子的电平处于常高状态。这时虽然导联选择在 TEST 状态，但由于 IC₁₀₃ “B、A” 的实际输入编码为“0、1”，这恰好是第 1 导的编码，因此，在 TEST 位时也能使第 1 导联的心电信号被选中。除此之外，如果键控电路板上传输 A 码的逻辑门 IC₂₁₆ 发生故障而使其第②脚输出为常高电平，其结果同上述分析也是相同的。

由于 A 码常为“1”状态，当导联选择至 V₆ 时，送至 IC₁₀₆ 的，导联选择编码就变为“01”状态。而 V₆ 导联的选通编码“B、A”应为“0、0”时才可选通 V₆，当“B、A”编码为“0、1”时，IC₁₀₆ 选通状态是使差分放大器双输入端都接浮地，从而使得导联选至 V₆ 时，即无心电信号又无定标信号。

综上所述，本例故障的原因是发生在 A 码的传输电路中。实际检修中，本例故障原因最后集中在 PHC₁₀₀ 光电耦合器上，经检查 PHC₁₀₀ 传输 A 码的发光二极管击穿损坏，正反向内阻无穷大（正常情况发光二极管正向内阻极小，比普通硅二极管正向内阻稍大，反向内阻很大）。更换光电耦合器后，仪器修复。

如果传输 B 码的通路发生故障，其结果与本例故障现象基本相同。

故障例 28：导联选择逻辑控制电路故障

故障现象：开机后导联显示状态不在初始（1NST）位置，而是随机位置，当按下导联前进开关时，导联指示向增数方向变化，在按下导联返回开关时，导联向减数方向变化，就证明导选择功能尚正常。

分析与检修：当按下导联选择键时，导联显示能向增（减）数方向变化，说明由导联选择按键开关 SW₂₀₁、SW₂₀₂，IC_{205A} 和 IC_{203B} 的工作正常，还能为 IC₂₁₂ 提供正常的导联计数时钟脉冲。同时还说明导联选择计数器 IC₂₁₂、译码器 IC₂₁₃、IC₂₁₄ 以及导联显示驱动电路 IC₂₀₆、IC₂₀₇ 等元件的工作正常。故障可能发生在初始化脉冲产生和传输电路里。初始化电路包括 R₂₀₅、C₂₁₀、C₂₀₁ 和 IC_{203A}。IC₂₀₄ 是初始化脉冲传送门。

当初始化电路或 IC₂₀₄ 发生故障时，在接通电源的瞬间就不会有初始化脉冲，将导联选择计数器 IC₂₁₂ 置零，那么 IC₂₁₂ 的输出就可以是一种随机状态。因此当接通电源时导联显示就不一定是 TEST 位。

可用示波器检查 IC₂₀₃ 第②脚和 IC₂₀₄ 第④脚在开机瞬间的输出状况，正常情况下当接通电源时，应有一个从+8V 到 0V 的跃变，如果在开机瞬间测不到这个电压的跃变，而处于常低电平状态，则说明故障发生在初始化电路的 C₂₀₁、D₂₀₁、IC_{203A} 上或正逻辑的或门 IC_{204D} 上。

故障例 29：导联选择控制电路故障

故障现象：导联选择指示正常，打定标正常，当接上人体时输出的 ECG 不正常。

分析与检修：当输出 ECG 不正常时，先检查一下导联线，看是否断路或短路，如果有

故障，修复或换新。无故障测 IC₁₀₀~IC₁₀₂ 中每个缓冲输出端#2、#4、#6，见表 7-2-10，有远离 0V 电压说明该 IC 坏了。如各点均在 0V 电压时，再测光电耦合器 PHC₁₀₀ 的#8、#10、#12、PHC₁₀₁ 的#12 四个输出端的逻辑，看与导联选择控制逻辑是否一致（见附表上半部，及图 7-2-23 所示）。当测某输出端电压有变化，说明该光电耦合器坏。

如果完全一致时，再测 IC₁₁₀、IC₁₁₁ 输出看导联选择逻辑关系（见图 7-2-23 下半部）。如果某点电压不变化说明该 IC 坏。完全一致就能判别导联 I、II、III 不良时证明 IC₁₀₃ 坏；导联 aVR、aVL、aVF、V₁ 不良时，IC₁₀₄ 坏；导联 V₂、V₃、V₄、V₅ 不良时证明 IC₁₀₅ 坏；导联 V₆ 不良时，证明 IC₁₀₆ 坏。因为威尔逊网络很少出故障。IC₁₀₃~IC₁₀₆ 是模拟开关，选片电路由 IC₁₁₀~IC₁₁₁ 组成，输入二进制码输出四位码分别控制 IC₁₀₃~IC₁₀₆。

表 7-2-10 对照表

导程 PHC	0	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	逻辑式
上部 100-#12	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	A
上部 100-#10	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	B
上部 100-#8	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	C
上部 101-#12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	D
下部 IC ₁₁₁ -#3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	D
下部 IC ₁₁₁ -#4	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	C
下部 IC ₁₁₀ -#10	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
下部 IC ₁₁₀ -#11	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
下部 IC ₁₁₀ -#4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	
下部 IC ₁₁₀ -#3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	D. C

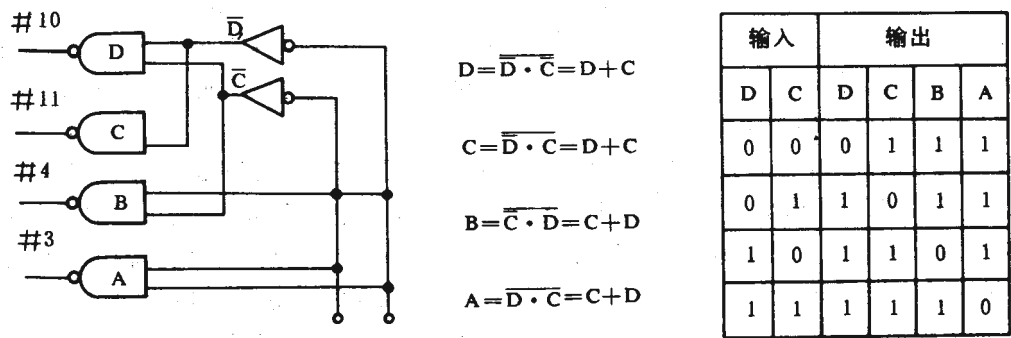


图 7-2-23 电路图

故障例 30: 导联选择逻辑控制电路故障

故障现象: 开机后，当选择导联前进或后退开关时不起作用，导联选择指示灯位置不变。

分析与检修: 当转换导联选择开关不起作用时，首先可以判定导联选择计数器 IC₂₁₂ 无

正常编码输出。这可能有两种原因：一是加减计数器 IC₂₁₂ 本身发生故障，不能进行正常的加减计数；二是 IC₂₁₂ 的第⑮脚没有计数时钟脉冲输入。这就说由导联选择按键开关 IC_{205A} 和 IC₂₀₃ 组成的脉冲产生电路发生了故障。

接通电源后边按导联选择开关，边用示波器检查 IC₂₀₃ 的第④脚（或 IC₂₁₂ 的第⑮脚）看是否有脉冲输出（输入）。如果没有脉冲，则说明故障在 IC_{205A} 或 IC_{203B} 上，如果有脉冲，则应进一步检查 IC₂₁₂ 的置零端第⑨脚输入是否正常。平时 IC₂₁₂ 第⑨脚应为低电平。如果第⑨脚始终输入一个高电平，则说明 IC₂₀₄（第⑪、⑫、⑬脚门）或 IC₂₀₃（第①、②脚反向门）有可能发生了故障。如果 IC₂₁₂ 第⑨脚输入电平正常，选择导联时又无正常编码输出，则说明 IC₂₁₂ 发生故障。

如果导联选择开关 SW₂₀₁ 或 SW₂₀₂ 不良，也会造成导联选择功能失常的故障现象。比如 SW₂₀₁ 不良时可造成，导联前进转换失常，当 SW₂₀₂ 不良时可使导联回选功能失常。

故障例 31：导联选择逻辑控制电路 IC₂₁₃、IC₂₁₄ 损坏

故障现象：开机后按下导联前进开关时，由 TEST 选择至 V₁ 导联（或 V₂ 导联选至 V₆ 导联）时，导联指示不能转换，选至其他导联时转换正常，而且实际导联的心电信号能正常记录。

分析与检修：这种情况是由 IC₂₁₃（或 IC₂₁₄）导联显示译码器的故障而引起的。IC₂₁₃ 担负由 TEST 至 V₁ 导联的译码，IC₂₁₄ 负责 V₂~V₆ 的译码，如果由 TEST 至 V₁ 导联显示转换不正常，则是 IC₂₁₃ 有故障；如果是 V₂~V₆ 导联显示转换不正常，则是 IC₂₁₄ 有故障。只要更换 IC₂₁₃ 或 IC₂₁₄，故障即可排除。

故障例 32：工作方式和灵敏度转换控制电路故障

故障现象：开机后，在转换工作方式（STOPCHECKSTART）开关时，工作方式显示转换不正常，或者是在转换灵敏度开关时，灵敏度指示灯转换不正常。

分析与检修：心电图机的工作方式转换和灵敏度转换是由一个键控电子开关集成块 IC₂₀₂ 来完成的（在键控电路板上）IC₂₀₂ 有两组互锁式电子开关。

当按下工作方式选择开关中的一个按键开关时，例如选择 CHECK 时，IC₂₀₂ 相应第⑧脚便输出一个低电平。其它输出端（如第②、第④脚）输出均为高电平。当选择灵敏度×1/2 的开关时，IC₂₀₂ 第⑦脚便输出低电平，而第⑤、第⑥脚输出锁定在高电平。就是说当按下每一个按键开关时，与其对应的输出端输出低电平。这个低电平一方面将发光二极管点亮，以显示选择的工作状态，另一方面作为控制指令，控制相应的电路。

当 IC₂₀₂ 发生故障时，如果其输出为常高电平，就会造成不能选择相应的工作状态的失常现象。如果因 IC 内部故障而使输出为常低状态时，就会造成使其相应的工作状态处于常被选中而不能转换的失常现象。因此当发现本例故障现象时，应当首先用示波器检测 IC₂₀₁ 的键控输出状态是否正常。正常情况是当选择某一个按键时与其相对应的输出端就变为低电平。如果不正常，可能是 IC₂₀₂ 有故障。如果输出正常而相应的 LED 不能点亮，则说明发光二极管损坏。

故障例 33：导联选择电子开关集成电路 IC₁₁₀ 损坏

故障现象：I、II、III 导联记录波形为一条直线，其他导联记录波形正常，TEST 档无定

标输出。

分析与检修：由于该机除了 I、 II、 III 导联以外的所有导联上均能正常工作，因此可以排除共用电路发生故障的可能性，而应该在与导联选择有关的部分查找原因。肢体电极信号经缓冲放大器及威尔逊网络，进入模拟开关，胸前电极信号经缓冲放大后，直接进入模拟开关，由模拟开关进行各导联信号的选择，选出的任一导联信号直接送入前置放大级放大输出。根据故障现象分析，前置放大以后各级为共用电路，不可能存在故障，而对于 I、 II、 III、 aVL、 aVR、 aVF 导联、威尔逊网络和缓冲放大级也是共用电路，同样也不可能存在故障，所以，唯一故障点应在模拟开关 IC₁₀₃（此开关控制 I、 II、 III 导联及 TEST 档的选通）以及 IC₁₀₃ 的周围电路。

模拟开关为 TC4052，双四选一电子开关，第⑥脚为片选端，低电平有效，第⑨、⑩脚为译码端，输入 4 种编码，可选择 4 个通路，本机共选用 4 片 TC4052，每一片的译码端都相并联，而 4 个片选端则分别受 IC₁₁₀（CC4011）4 与非门的 4 个输出端控制，在实际修理中，测得 IC₁₀₃ 的电源电压、工作接地及译码信号都正常，那么造成上述故障的根源必须是 IC₁₀₃ 的片选端损坏或提供片选信号的 IC₁₁₀ 损坏。

测量 IC₁₀₃ 第⑥脚为低电平，已符合选通条件，但 IC₁₀₃ 并未被选通，这是为什么呢？此时，可将 IC₁₀₃ 第⑥脚直接接地，发现 IC₁₀₃ 立即选通，这说明 IC₁₀₃ 第⑩脚所提供的低电平并不是饱和导通低电平，而是由于输出引脚内部引线断线所形成的一种悬空状态（此时用数字万用表测量时会显示 0.2V 的感应电压），这种状态的低电平是不起选通作用的。换掉 IC₁₁₀ 后，故障排除。

故障例 34：导联选择电子开关集成电路 IC₁₀₅、IC₁₀₆ 损坏

故障现象：做心电图时，V₂、V₃、V₆ 导联基线抖动，其他导联正常。

分析与检修：去除导联线，机器处于 CHECK（观察）位，导联选择在 V₂、V₃、V₆ 时，基线不稳，打出的方波上叠加有杂波，而其他导联正常。从而排除了导联线故障的可能，由于是个别导联故障，就排除了交流电源不稳、机内电源不稳、干扰以及信号公共通道故障的可能，可以肯定，故障出在公用通道之前，即缓冲放大器、威尔逊网络、导联选择模拟开关和导联选择控制信号上。

从图 7-2-24 所示可以看出，三个故障导联不是共用一个缓

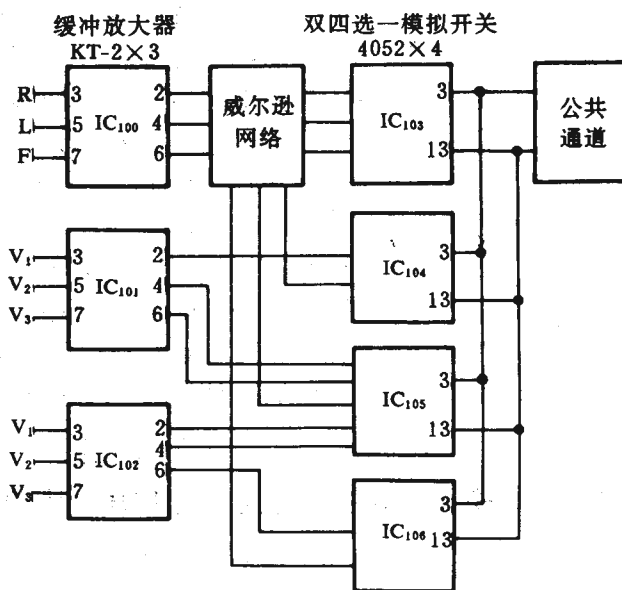


图 7-2-24 有关部分接线图

冲放大块,也不共用一个模拟开关。首先测试了模拟开关控制信号以及威尔逊网络,结果均正常。

这样故障便进一步集中在缓冲放大器 and 模拟开关上。这 3 个故障导联主要涉及到两上缓冲放大器 IC₁₀₁、IC₁₀₂ 和两个双四选一模拟开关 IC₁₀₅、IC₁₀₆。该机所用的缓冲放大器是 KT-2,此块很难买到,为了证实它的好坏,分别把 IC₁₀₁ 的第④、第⑥脚和 IC₁₀₂ 的第⑥脚断开,接入高电平(因为测得 IC₁₀₀ 的正常工作输出为高电平 $7.5 \pm 0.5V$),此时导联分别选择在 V₂、V₃、V₆,故障依旧。依此判定故障一定出在 IC₁₀₅、IC₁₀₆ 上,更换上两块新的 4052(双四选一模拟开关),故障排除。

故障例 35: aVL 导联选择电子开关集成块 IC₁₀₄ 损坏

故障现象: 开机后,13 个导联选择开关中仅导联选择 aVL 时无心电图波形。其他各功能均能正常工作。

分析与检修: 心电图机的导联选择部分采用电子开关控制。13 个导联选择分别由 IC₁₀₃~IC₁₀₆ 4 个双通道模拟多路转换器来完成。通道的转换由 IN、A、B 3 个控制端输入的二进制码的状态所控制。只有在 IN 端为低电平时,A、B 状态才能决定模拟开关中的哪路被接通。其真值见表 7-2-11。

表 7-2-11 真值表

控制数据			选通引脚	
IN	A	B	3	13
0	0	0	1	12
0	0	1	2	15
0	1	0	5	14
0	1	1	4	11
1	×	×	禁止	禁止

开机按动导联选择开关键(←或→),使导联选择 aVL,指示灯亮。说明来自键板的 4 个导联选择码 A、B、C、D 正确。应着重查找光耦合电路后面部分。由电路图知选通 aVL 由 IC₁₀₄ 来承担。先查光耦合电路正常,测 IC₁₀₄ 第⑥脚(1N 端)为低电平,说明片选信号正确。再测⑨脚(B 端)为低电平,正常;⑩脚(A 端)电压 7.9V(高电平)也正常,即 3 个输入端 IN、A、B 状态分别是 0、1、0。据真值表应有 IC₁₀₄ 的⑤-③选通、⑬-⑭选通。心电信号才能顺利送往前置放大电路进行放大。

从故障现象看,心电信号没能进入,因而心电图波形为一直线。导致心电信号未进入的原因有电极断线、IC₁₀₄ 外围元件及其本身损坏。因其他导联选择均正常,故可排除电极断线及 IC 外围元件损坏的可能。又因 IC₁₀₄ 3 个控制端信号正确,怀疑电子开关未动作即 IC₁₀₄ 内部局部损坏(⑤脚、⑭脚),不能把心电信号传入前置放大级,造成信号中断,无心电波形。由原理图知 IC₁₀₄ 与 IC₁₀₆ 型号相同,各所用引脚的外围电路也相同,而 IC₁₀₆ 的⑤、⑭脚因不用而接地。(为防止干扰所采取的措施)。小心焊下 IC₁₀₄ 和 IC₁₀₆(为防止损坏 IC,最好配上管座)。对调后重新焊好,检查无误后试机,故障排除。

故障例 36: 导联选择电路光电耦合器 PHC₁₀₀ 内部光敏三极管集射极极间电阻减小

故障现象: 在 TEST 状态下, 键入 1mV 定标信号, 记录器输出 1mV 方波信号正常。当在导联线一端加入模拟心电信号时, 选择 I、II 导联, 记录器无心电信号输出, 而其他导联心电信号输出均正常。

分析与检修: 1. 首先检查导联线是否有断线, 阻值均正常 (0.5Ω 左右); 2. 用信号注入法逐级检查以定位故障。将导联选择开关 (LEADSELCATOR) 键到 I、II 导联, 然后将 1Hz 脉冲信号分别加到缓冲放大器 IC₁₀₀ (KT-2) 输入端第⑧、第⑦脚。在 CHECK 状态下, 记录器无心电信号输出, 将信号加到 IC₁₀₃ 模拟开关 (CD4052) 的输入端第⑭脚、第⑮脚, 记录器同样无信号输出。可以肯定 IC₁₀₀ (KT-2) 没有损坏。当信号加到 IC₁₀₂ 输出端第③脚、第⑬脚时, 记录器有信号输出, 怀疑 IC₁₀₃ 损坏, 用 CD4052 替代后, 心电图机工作仍不能正常, 检查 IC₁₀₃ 第⑩脚、第⑨脚、第⑥脚的选出信号直流电压值, I 导状态, 电压值分别为 2.4V、0V、6.2V。II 导时, 为 0V、2.4V、6.2V。III 导时, 为 6.2V、6.2V、6.2V。由检测的电压值分析, 2.4V 电压偏低。在 I、II 导状态, 将 8V 电压分别加到 IC₁₀₃ 的第⑩脚、第⑨脚上, 这时信号可以顺利地通过模拟开关 IC₁₀₃, 这一试机证实, 该机故障是由于 I、II 导联的选片电平偏低所致。

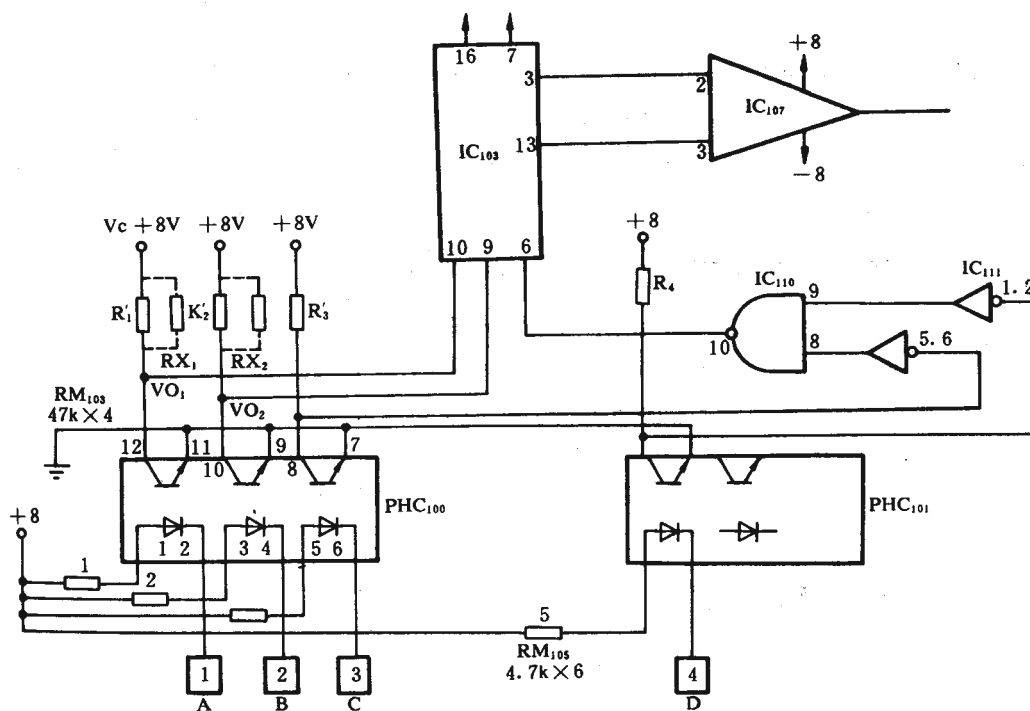


图 7-2-25 导联选择电路

见图 7-2-25 所示, I、II、III 导联选择电路由 IC₁₀₃、IC₁₁₀、PHC₁₀₀、PHC₁₀₁、RM₁₀₃ 等组成。由分压公式分析可知, 造成选片电压 V_{01} 、 V_{02} 值变小, 有以下两种原因: 1. RM₁₀₃

阻值变小；2. 光耦合三极管损坏。用万用表测量 RM_{103} 电阻排的阻值（47k）均正常，分别测量 PHC100 的第⑩脚、第⑩脚、第⑧脚的对地电阻值（粗略估算），第⑩脚、第⑩脚的阻值明显比第⑧脚的阻值小。试验表明，PHC100（TLPS21-3）光电耦合器已损坏。

TLPS21-3 光电耦合器损坏，只需更换一块同型号的芯片即可排除故障。在购不到 TLPS21-3 的情况下，对该芯片的工作状态进行了分析，由检测 I、II 导联选片电压值分析可知，光电耦合三极管可由“0”态变为“1”态，只是“1”态的高电平电压值偏小，这说明光敏三极管工作仍处于正常状态，只是由于三极管 Rec 的阻值变小的缘故，从而造成 V_{01} 、

V_{02} 变小。由分压公式 $\left(V_{01} = \frac{Rec}{R_1 + Rec} \times V_c \right)$ 及并联电阻公式 $\left(\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_1'} + \frac{1}{RX_1} \right)$ 可计算出

并在 R_1' （ R_2' ）上的电阻 R_{X1} （ R_{X2} ）的阻值。通过计算求出 R_{X1} （ R_{X2} ）=7.9k。选用两只 8k 的电阻分别并在 R_1 、 R_2 的两端，开机检测，电压值达 5.9V，心电图机工作恢复正常。从使用半年的情况来看，该机工作性能稳定。

在维修中，常常会遇到同类型的故障，如果认定该元件在电路中所起的是开关作用，可按此分析方法进行分析：（1）首先确认元件的损坏程度，是否仍有可利用的价值；（2）明确开关管实际上应输出的电压值，运用分压等公式计算出所需电阻的阻值。

故障例 37：导联模拟选择电子开关集成块 IC_{104} 中选择 V_1 导联模拟电子开关损坏

故障现象：通电初始状态正常，工作后，按下导联键至 V_1 位，灯亮但记录笔不出波，而 V_2 至 V_6 均正常。

分析与检修：在 V_2 至 V_6 状态下均正常，说明集成块 IC_{104} 后部的有关线路是完好的，因 V_1 至 V_6 在集成块 IC_{104} 后部是公共输出端。由于心电信号很小，一般来说是不会导致前面缓冲保护电路损坏，使信号加不到集成块 IC_{104} 的①脚上，引起③脚无输出，记录笔不出波。另外，由于初始状态正常，说明电子门控部分是正常的。

用示波器先来测量集成块 IC_{104} 的⑩脚，发现无信号输出，而其⑪脚有输入信号，检查有关线路未发现任何故障。说明其内部 V_1 的模拟开关坏了，此时只要换上这种集成块即可排除故障，但因无此集成块，为了应急修理，就地取材，把集成块 IC_{106} 与 IC_{104} 对换（ IC_{106} 的⑪脚是接地的），接好后，试机，故障排除。

故障例 38： V_6 导联选择电子开关集成块 IC_{106} 故障

故障现象： V_6 导联指示正常，但无法描记 V_6 导联。

分析与检修：根据故障现象，断定导联控制部分正常，应着重查前置放大电路板。当 LED 发光管指示为 V_6 导联时，测量编码 A、B、C、D，应为 0、0、1、1，即从键控板来的编码信号正常。光电耦合器、译码器 IC_{110} 、 IC_{111} 因为与其他导联共用，肯定正常，故断定 IC_{106} 损坏，但 IC_{106} 为双四通道模拟电子开关，本机只用其中一组，还有三组空着，改接其他组试验，果然奏效，故障排除。

故障例 39：走纸控制电路故障

故障现象：开机后，当启动 START 按键开关时，电机不转，不走纸，而记录指示灯显示正常。

分析与检修：由晶振器 X_{201} 产生的 32kHz 的晶振脉冲，经过 Q_{204} 的放大后送到计数器 IC_{209} 进行分频。从其第④脚和第⑥脚分别输出 512Hz 和 256Hz 的脉冲信号，再经过速度转换控制门 IC_{205D} 和 IC_{205B} 送到相位比较器 IC_{210} 的输入端第⑭脚，分别作为走纸速度为 50mm / s 和 25mm / s 的驱动脉冲。既然电机速度的转换是由脉冲频率的改变来控制的，当遇到此故障现象时，首先应当检查 IC_{210} 的输入端⑭脚是否有走纸控制脉冲。如果 IC_{210} 第⑭脚有正常脉冲信号输入，而电机不转，那么故障发生在 IC_{210} 以后至电机的电路中。 Q_{203} 是控制电机走和停的电子开关。在 STOP 和 CHECK 方式时，由工作方式转换电子开关 IC_{202} 送来一个高电平使 Q_{203} 导通。这就使得后面的电机驱动晶体管 Q_{202} 和 Q_{201} 因得不到基极电流而处于截止状态，使电机处于停转状态。当启动 START 后，由工作方式转换电子开关 IC_{202} 送过来的是低电平， Q_{203} 截止， Q_{202} 、 Q_{201} 得到相位比较器送出的激励电压而工作，从而驱动电机转动。当 Q_{203} 发生故障时，假如在启动 START 后而仍处于导通状态，电机就不可能工作。当然 Q_{201} 、 Q_{202} 如果因击穿断路损坏，电机也不会工作。另外电机转子线圈如果断线也会产生同样故障。

相位比较器 IC_{210} 正常工作时其输出端第⑩脚输出的电压约为：纸速 25mm / s 时为 2.8V；纸速 50mm / s 时为 4.7V。当然这个电压值由于后级的电机驱动晶体管 Q_{201} 和 Q_{202} 的直流放大系数的分散性而会略有不同。如果 IC_{210} 因损坏输出电压为 0V 时，电机也不会工作。

上面的分析是不走纸的第一种原因。另一种原因是：在 IC_{210} 输入端第⑩脚测不到 256Hz 或 512Hz 的脉冲信号。那么故障发生在速度转换门 IC_{205B} 和 D。分频器 IC_{209} 、放大晶体管 Q_{204} 以至晶振器 X_{201} 这一段电路上。可以利用示波器从晶振器开始往后进行逐级追踪检查。如果晶振器没有振荡脉冲输出，说明晶振器发生故障，如果晶振器有振荡脉冲输出， Q_{204} 却没有脉冲输出，则 Q_{204} 有故障。如果 IC_{209} 输入脉冲正常，而输出不正常，则故障在 IC_{209} 上。如果 IC_{209} 输出正常，则故障出在速度转换门 IC_{205} 上。这样顺藤摸瓜即可迅速排除故障。

故障例 40：走纸控制电路故障

故障现象：开机后当启动 START 按键后，走纸速度很快，而且转换走纸速度开关也不起作用。

分析与检修：故障原因一般发生在电机转速反馈电路中。其中包括电机转速检测线圈，耦合电容 C_{212} 、 C_{213} 和 IC_{211B} 组成的脉冲整形电路。当由于任何一个元件的损坏而使转速检测脉冲不能反馈到相位比较器的第⑧脚时，都可以造成本例故障情况。检查方法：用示波器从电机转速检测线圈开始逐级进行跟踪检查。正常情况下在 C_{213} 的右端对地应有约 0.2V 的正弦波反馈信号。这个反馈信号经 IC_{212} 整形后变为矩形脉冲波。如果在 C_{213} 处无正弦波反馈信号，则说明电机转速检测线圈断路，如果 C_{213} 处有正弦波反馈信号，而 IC_{212} 的输出端无反馈脉冲输出，则说明 IC_{212} 已损坏。当然如果 C_{213} 和 C_{212} 不良，电机转速反馈信号也会被阻断。

另外还有一种与本例故障极相似的故障情况。就是当启动记录开关后无论纸速选择在 25mm / s 还是选择 50mm/s，走纸速度均为 50mm / s。而用示波器检查相位比较器 IC_{210} 的第⑩脚输入脉冲情况时，走纸速度转换又恢复正常，而且 IC_{210} 第⑩脚的走纸驱动脉冲也很正常。当将示波器探头从 IC_{210} 第⑭脚取下时，故障又重现。这种故障是由于脉冲“毛刺”

干扰造成的。由于脉冲波通过逻辑门时，其上升沿或下降沿会产生延时，即有微小的相位变化。就是说由 IC₂₀₉ 第⑥脚输出的 256Hz 的脉冲，在经过 IC₂₀₅ 的 B 门之后有了相位变化。尽管这个相位变化很小，但经过 IC₂₀₅D 门之后，就会在主脉冲之间产生脉冲“毛刺”。所以造成走纸速度不能转换的故障。解决办法，只要在 IC₂₁₀ 第⑩脚至地之间接一个小电容（0.01F）故障即可排除。

故障例 41：走纸控制电路 IC₂₀₈ 及相关逻辑门 IC₂₀₃、IC₂₀₄ 故障

故障现象：开机后，当选择速度转换开关时，速度显示不能转换。实际走纸速度也不转换。

分析与检修：IC₂₀₈A 和 IC₂₀₈B 组成的 R. S 触发器是控制走纸速度转换的关键电路。这个双稳态触发器的输出状态决定了走纸速度的选择状态。如果 IC₂₀₈ 的 A 门和 B 门中任何一个有故障，会造成触发器不能反转，因此转换速度选择开关时也不起作用。如果 IC₂₁₁ 或速度转换开关不良也可以造成本例故障。

用示波器检查 IC₂₀₈ 第⑥脚和第⑨脚的输出情况。当按下 25mm / s 纸速选择开关时，其第⑥脚输出应为高电平，第⑨脚为低电平。而当按下 50mm / s 纸速开关时，IC₂₀₈ 的第⑥脚应为低电平，而第⑨脚为高电平，如果两上纸速选择开关中有一个起作用，另一个不起作用。不起作用的开关可能有故障。如果转换两个开关时 IC₂₀₈ 的输出电平都不变化，说明 IC₂₀₈ 发生故障。

本例故障原因还有另外一个可能，就是 IC₂₀₈ 的输入端第⑧脚总为高电平所控制。正常情况下 IC₂₀₈ 的第⑧脚为低电平，如果不为低电平而为一个常高电平，就说明与第⑧脚相接的 IC₂₀₃（第①脚、第②脚门）或其他有关的逻辑门（IC₂₀₄）发生了故障。

故障例 42：测速传感器引线脱焊

故障现象：走纸电机在连续工作一段时间以后，转速从预置的 25mm / s 自动跳到高速档，但 50mm / s 的指示灯 I-ED223 未见点亮。关机后又立即开机，电机转速仍高居不下。但是，如果停机较长的时间以后，通电试机，电机工作情况恢复正常，不久再度出现上述故障。而电机在预置转速 50mm / s 的工作情况始终正常。

分析与检修：走纸电机的转速突然发生跃变，故障可能出在转速控制电路部分，即其中某个元件存在着热失效或接触不良现象。

要检修电机转速控制电路，必须了解它的工作原理。转速选择由 R-S 触发器 IC₂₀₈ 控制。晶振片 X₂₀₁ 产生频率为 32.768kHz 的方波，该频率方波经晶体管 Q₂₀₄ 放大后送至分频器 IC₂₀₉ 的 CL 端。集成块 IC₂₀₉ 的功能是产生频率为 256Hz（提供转速 25mm / s）和 512Hz（提供 50mm / s）的两组方波，它们分别由 IC₂₀₉ 的第⑥、第④脚输出。如果按下开关 SW₂₁₃（即选择转速 25mm / s），那么 IC₂₀₈ 的第⑨脚则输出高电平，频率切换电路 IC₂₀₅ 将 256Hz 的方波送到锁相环（PLL）IC₂₁₀ 的第⑭脚（PCAIN），同时封锁 512Hz 的方波输出。然后，IC₂₁₀ 的输出通过电机驱动电路使电机转动起来。另外，电机的转速快慢由传感器（Sensor）检测：传感器的两组线圈可以接收到电机转动时发射出来的电磁信号，这个信号经过振荡器 IC₂₁₁（B、C、D）、R₂₂₂~R₂₂₅、C₂₁₄ 得到一系列峰值 0.5V 的方波，这组方波进入 IC₂₁₀ 的第③脚（PCBIN）。IC₂₁₀ 的第⑧脚、第⑩脚两组输入信号在集成块内经鉴相、环路滤波和压控振

荡后纠正电机转速不稳的情况，达到电机转速稳定在 25mm/s 的目的。

选择 50mm/s 转速的工作过程同上，这里不再赘述。

由于电机在预置转速 50mm/s 的工作情况始终正常，而且电机在预置转速 25mm/s 的工作情况失常时 LED₂₂₃ 未点亮，这说明开关、R-S 触发器、晶振片工作都正常。

首先检查电机驱动电路。用万用表量取电机在运转正常、失常时的供电电压，前者为 3V-DC 后者为 7V-DC 。继续往前测量各晶体管在工作正常、失常时 V_{be} 、 V_{ce} 等值。基本正常（各晶体管的结电阻检测也是正常的）。但是，发现 IC₂₁₀ 的输出端⑬脚的电压输出在电机正常、失常运转时相差很大。由此判断故障在 IC₂₁₀ 及前级电路。用示波器观察 IC₂₁₀ 的第⑭脚的波形输出在电机工作正常、失常时均无变化，说明切换电路 IC₂₀₅ 无故障。再次使用示波器观察 IC₂₁₀ 第⑧脚的波形输入为一些无规则变化的毛刺。由于振荡电路 IC₂₁₁ 等工作在低电压、小电流的状态，所以发生故障的可能性很小。到现在，故障区已经缩小到传感器上。用手触摸传感器引线，电机转速忽快忽慢，这证明传感器损坏的分析是正确的。估计是传感器引线脱焊，将其中一个线圈拆封，果然发现有一接线头断开，小心焊接线头，并封装严实之后，通电试机，工作恢复正常。

故障例 43：测速传感器线圈断线

故障现象：走纸速度不规则，时而突变为 50mm/s ，影响心电信号的记录与诊断。

分析与检修：开机后发现，一开机电机就快速运转，接 SPEED 开关 SW₂₁₃ 和 SW₂₁₄，虽然指示灯可以转换，但对电机失去控制。走纸速度不受调。

心电图机的记录纸驱动电机为永磁式直流电机，它体积小，但需复杂的稳速控制电路。该速度控制电路采用锁相技术（PLL），见图 7-2-26 所示，IC₂₁₀（MC14046）为一锁相器集成电路。它包含相位比较器（鉴相器）I、II 和压控振荡器，它通过外接 IC₂₁₁，Q₂₀₁，Q₂₀₂ 和 Q₂₀₃ 等构成锁相环路。速度控制电路中的 IC₂₀₉ 为分频器（14020B），M 为记录纸驱动电机，G 为测速发电机（即速度传感器），晶体管 Q₂₀₁ 和 Q₂₀₂ 为电机提供驱动功率，IC₂₁₁ 用于对速度传感器输出信号进行整形放大，Q₂₀₃ 用于控制电机的启停。

锁相器的基准脉冲由晶体控制时基发生器 X₂₀₁ 产生，为 32.768Hz 的振荡信号，它经晶体管 Q₂₀₄ 整形放大为矩形波后，输入计数器分频器 IC₂₀₉（14020B）的⑩脚 CL 端，IC₂₀₉ 的 Q₆ 端输出 512Hz 脉冲，Q₇ 端输出 256Hz 脉冲，分别加到 IC₂₀₅ ⑬脚和⑨脚作为基准脉冲。究竟是 512Hz 还是

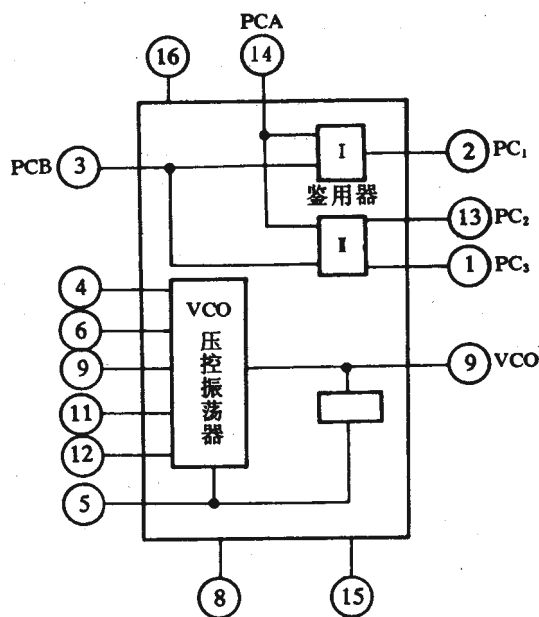


图 7-2-26 MC14046 内部结构图

256Hz 则由 IC₂₀₅ 的 B 门⑧脚的状态决定。如该端为高电平时, 输出基准脉冲频率为 512Hz, 对应于电机按纸速 50mm / s 的速度运行; 当⑧脚为低电平时, 输出基准 256Hz 频率脉冲, 电机按纸速 25mm / s 的对应速度运行。

IC₂₀₅B 门⑧脚的状态由 IC₂₀₃ 中 A 门及 B 门组成的 R-S 触发器控制。开机瞬间由于 IC₂₀₃A 门的作用, 使 IC₂₀₈A 门⑨脚输出为低电平而 B 门⑥脚输出为高电平, 此时发光二极管 LED₂₂₄ 亮, 表示纸速为 25mm / s。如果按下面板上的 50mm / s 键 (SW₂₁₄), 则 R-S 触发器翻转, 使 IC₂₀₈B 门⑥脚输出为低电平而 A 门⑨脚输出为高电平, 发光二极管 AED₂₂₃ 亮, 表示速度为 50mm / s。若再按一下 25mm / s (SW₂₁₃ 键, 触发器将翻回到初始状态, 记录纸速又回到 25mm / s 状态。

速度传感器 (即测速发电机) 实际上是由固定于记录纸驱动电机轴上的环形磁钢 (转子与电机同速旋转) 及安装在磁钢边上的绕有线圈的铁芯 (定子) 组成。在电机额定转速下, 其输出为 256Hz 0. 2V_{pp} 的正弦波交流电压。

来自传感器的信号 C₂₁₂ 和 C₂₁₃ 耦合, 送入 IC₂₁₁ CMOS 反相器⑨脚进行整形放大。

由 IC₂₁₁④脚输出的方波信号送入锁相器 IC₂₁₀⑩脚 PCB 端与由⑭脚 PCA 端输入的基准信号进行相位比较, 其相差信号由 IC₂₁₀ 内部的鉴相器 II 的⑬脚 PC₂ 端输出。PC₂ 端输出的相差脉冲电压由 R₂₂₃ 和 C₂₁₇ 低通滤波后, 变为平滑直流电压, 再去控制复合晶体管 Q₂₀₁ 和 Q₂₀₂ 的导通, 其发射极电流驱动电机 M 旋转。电机转速降低时, 速度传感器输出电压信号幅度降低, 因而锁相器 PCB 端输入脉冲相位滞后于 PCA 端基准脉冲相位, 鉴相器输出电压升高, 电机电流增大, 使转速回升。反之若电机转速升高, 则锁相器输出电压降低, 使电机驱动电流减小, 转速下降。这样, 最终保持电机转速恒定。

电机的启动与停止由晶体管 Q₂₀₃ 控制。当 STOP 状态时, Q₂₀₃ 导通, Q₂₀₂ 基极相对接地, 电机无电流通过, 走纸不走。当按下 START 键时, 输出的电平给驱动电路加至电机, 电机转动, 即可描记心电图。

按照上述原理, 现在 LED₂₂₃ 和 LED₂₂₄ 转换正常, 估计故障出在基准电路或锁相回路中。查 IC₂₁₀ 的 PCA 端, 能测出基准脉冲, 说明晶振及分频电路正常, 再测 PCB 端则无信号, 而 PC₂ 输出一高电平, 电机转速飞快。由于 PCB 端无信号, 用万用表测插头 J₂₀₃③、④脚, 发现测速线圈开路, 该测速线圈由两组线圈绕成的, 仔细检查, 发现两组线圈连接处断线, 将线头焊好, 套上套管, 重新开机一切正常。

该故障是测速传感器无信号输出造成电机高速转动, 但往往被误以为是 50mm / s 转动, 将故障查找重点引到基准脉冲分频电路或控制门电路中。

故障例 44: 测速传感器线圈开路引起走纸速度过快

故障现象: 初始状态正常, 当按下 START 键时, 走纸速度很快。

分析与检修: 初始状态正常, 25mm / s 的灯亮, 按下 START 键, 走纸速度很快, 说明相位比较器 IC₂₁₀ 的⑬脚电平高于 2. 8V (正常情况下, 25mm / s 走速时, ⑬脚电平为 2.8V; 50mm / s 走速时, ⑬脚电平为 4. 7V)。导致电平高于 2. 8V 有两个原因: 一是从集成块 IC₂₀₅ 来的方波不对; 二是从集成块 IC₂₁₁ 来的脉冲信号波形不对。如果来自 IC₂₀₅ 的始终是 512Hz 方波 (50mm / s 走速时, 为 512Hz 的方波; 25mm / s 走速时, 为 256Hz 的方波), 这样必然导致电平高于 2.8V。如果 IC₂₁₁ 来的脉冲信号很小或无信号脉冲, 根据比较器的原理, 这

样经过 IC₂₁₀ 比较后, 其③脚电平一定高于, 2. 8V。

根据上述的分析, 先测量比较器 IC₂₁₀ 的③脚电平, 结果为 7. 98V, 很明显高于 2. 8V。用示波器测其④脚的波形 (即 IC₂₀₅ 的⑪脚), 改变走纸速度选择键, 无论是 25mm / s 走速, 还是 50mm / s 走速时, 他们均符合各自的要求, 证明从集成块 IC₂₀₅ 来的方波正常, 排除了第一个故障原因。检测相位比较器 IC₂₁₀ 的③脚 (即 IC₂₁₁ 的④脚), 没有发现脉冲信号波, 逐级向前检测均无信号脉冲, 说明电机转速传感器部分没信号过来。关机, 用万用表电阻档测其电机传感器线圈, 发现其中一组开路了, 取下电机转速传感器, 打开绕组线圈, 发现线断了。经过细心处理, 焊接好, 重新绕好线圈, 测其阻值与正常值相符, 固定连接好, 通电试机, 一切正常。

故障例 45: 位置反馈记录器转轴与动圈松动

故障现象: 机器接通电源后, 记录笔即做等幅摆动, 频率为约 10Hz。

分析与检修: 此类故障初看与 50Hz 电源干扰相类似, 但仔细观察与 50Hz 电源干扰有显著区别。前者来自前级放大器, 干扰幅度随增益大小而改变。而且, 导联选择开关的位置、滤波器是否打开, 复位开关关键是否打开等都对干扰的有无和幅度均有明显作用。而此类故障开机就有, 操作面板各按键对故障现象均无影响, 因此初步考虑故障可能是由于位置反馈记录器引起的。

打开记录器后端的防尘端, 用手轻轻固定动圈并旋转转轴前端的摇臂, 发现转轴与动圈间松动。这造成在正常工作中记录器动圈与位置检测器不能同步, 因而动圈转动时的惯性造成记录笔等幅摆动。维修时不必拆开记录器, 可在记录器的底部用擦净焊锡的电烙铁轻轻刮去转轴附近的树脂, 刮出约 1mm 深的小坑 (注意不要将引线刮断), 而后滴入几滴 502 粘合剂, 轻轻固定线圈, 迅速晃动摇臂, 使粘合剂渗入转轴与线圈骨架间, 待粘合剂干燥后即可使用。

根据对数台有此故障的机器维修情况来看, 关键在于确认记录器故障。由于记录器在工作中转矩较大, 转动频繁, 较易发生这类故障, 据观察, 有此类故障的机器, 记录笔摆动的幅度与转轴松动的程度有关, 松动较大时记录笔会作满程大幅度摆动, 此时要立即关机, 以防损坏。当松动较轻微时, 摆动幅度也小, 有时会时有时无, 拆下动圈记录器也不易发现松动。但当记录笔摆动时, 用手轻压记录笔摆动停止, 稍有信号刺激摆动又重新出现, 应首先考虑为此类故障。

故障例 46: 走纸电机转速控制电路晶振器 X₂₀₁ 和锁相环 IC₂₁₀ 损坏

故障现象: 按动心电图机 START 键, 走纸电机不转动。

分析与检修: 开启电源, 25mm / s 的 LED 指示灯亮, 按动 SW₂₁₃、SW₂₁₄, LED 灯可转换, 故可认定触发器电路和初始脉冲电路工作正常。用示波器测量 IC₂₀₉ 的 Q₇、Q₆ 输出端, 发现波形均为一直线而非方波脉冲, 继续测量 X₂₀₁ 第⑥脚发现也为一条直线, 用万用表测量 ZD₂₀₁ 稳压管, 确认没坏, 电压+8V 也正常, 故怀疑是晶振 X₂₀₁ 损坏, 换上新品 LQT-32KX, 电机转动但速度只能是 50mm / s。这说明还有故障。测量 IC₂₀₉ 的 Q₆、Q₇ 输出波形正常, 可断定分频器电路部分工作正常, 此时发现每当示波器探头接触上 IC₂₁₀ 第④脚时, 走纸速度可以转换成 25mm / s。测量 IC₂₁₀ 的 PCB 端可以得到方波脉冲, 用万用表测量 Q₂₀₃、Q₂₀₁

和 Q_{202} 确认测量数值正常, 因此怀疑是相位比较器 IC_{210} 损坏, 换上新品 MC14046B, 故障排除。可见由于 IC_{210} 的损坏使得相位比较器的 PCA 端口输入信号频率始终保持在 512Hz, 走纸速度保持在 50mm / s。

故障例 47: 电机转速反馈信号放大器 IC_{212} 损坏

故障现象: 初始状态正常, 按下 START 键时走纸速度极快, 不受控制。

分析与检修: 检修工作首先从分析其工作原理入手, 该机走纸电路采用锁相环控制技术。该电路由晶体振荡器 X_{201} 产生一个频率为 32. 768kHz 的信号, 稳压二极管 ZD_{201} 和 R_{253} 组成稳压电路, 为 X_{201} 提供一个恒定的电压, 以稳定振荡频率, 这个信号经 Q_{204} 放大整形, 送到分频器 IC_{209} 的输入端第⑩脚, 经分频由 Q_6 输出 512Hz 的方波脉冲作为走纸速度为 50mm / s 的控制脉冲。另外, 经分频由 Q_7 输出一个为 256Hz 的脉冲, 作为走纸速度为 25mm / s 的控制脉冲。走纸速度转换电路由转换开关 SW_{213} 、 SW_{214} 和 RS 触发器 IC_{205A} 、 IC_{208B} 以及控制门 IC_{205B} 、 IC_{205D} 组成。当开启电源时, 初始电路 (R_{205} 、 C_{201} 、 IC_{203}) 送出一个正脉冲, 此时 IC_{205B} 的第⑧脚为低电平, 这使 IC_{209} 第⑥脚 (256Hz) 的脉冲信号通过, 此时 IC_{205} 第⑪脚作为走纸速度 25mm / s 的基准脉冲控制。这时纸速指示选在 25mm / s 上。当选择 50mm / s 的纸速时, R. S 触发器被触发翻转, IC_{209} 第⑨脚输出高电平, 此时 IC_{205B} 为高电平, 使其输出端第⑩脚处于常低电平, 由此 IC_{205} 的第⑩脚为低电平, 由 IC_{209} 第④脚 (Q_6) 端的脉冲信号通过 IC_{205D} 第⑩脚输出作纸速为 50mm / s 的基准脉冲信号控制。此时走纸为 50mm / s 的状态。 IC_{201} 为相位比较器, 由 IC_{205} 送来的电机转速控制在相位比较器 IC_{201} 的基准频率信号输入, 另外一个输入端由电机转速传感器感应到的转速反馈信号, 经 IC_{201} 放大, 并经 IC_{211B} 和 IC_{211C} 的整形后, 送到相位比较器的另一个输入端 PCB 上, 当电机转速加快或减慢时, 反馈到 IC_{210} 第③脚 (PCB) 端的脉冲频率会相应增高或降低, 当电机转速反馈信号 IC_{205D} 送来的控制脉冲频率一致时, 相应差为零, 电机转数为稳定。由于锁相技术的应用, 走纸速度在基准频率精确时无需调整。

走纸速度很快, 而且转换走纸速度开关不受控制。从故障原因分析一般发生在电机转速反馈电路中。其中包括电机转速检测线圈、耦合电容和 IC_{211B} 等组成的脉冲整形电路。这些元件任何一个元件损坏而使转速检测脉冲不能反馈到 IC_{201} 第③脚时, 都可能造成这种故障。用示波器从电机转速检测线圈开始进行检查。首先用示波器检查 C_{213} 右端发现约有 0. 2V 的正弦波反馈信号, 这说明电机转速检测线圈是正常的。再用示波器检查 IC_{212} 第④脚发现没有矩形脉冲波 (正常情况反馈信号经 IC_{212} 整形变为矩形脉冲波)。当检查周围元件都正常时, 说明 IC_{212} 已坏, 换上一只新的 IC_{212} , 机器恢复正常, 故障排除。

故障例 48: 走纸控制电路电阻 R_{239} 阻值变大

故障现象: 不走纸, 面板操作键及 LED 指示正常。

分析与检修: 检修工作首先从分析其工作原理入手。该机走纸电路采用锁相环控制技术, 由 IC_{208} 构成的 R-S 触发器实现转速选择, 晶振片 X_{201} 产生频率为 32. 768KHz 的方波, 经 Q_{204} 放大后送至分频器 IC_{209} 第⑩脚, 经分频后产生 512Hz 方波 (提供 50mm / s) 和 256Hz 方波 (提供 25mm / s) 分别从 IC_{209} 第④、⑥脚输出。当选择 25mm / s 转速时 (按下 SW_{213} 开关), IC_{208} 第⑨脚就输出低电平, 或非门 IC_{205B} 的第⑧脚也为低电平。此时 IC_{209} 第⑥脚

256Hz 的方波顺利通过 IC₂₀₅B 并同 IC₂₀₉ 第④脚的 512Hz 方波相遇后送到相位比较器 IC₂₀₁ 第⑭脚 (PCAIN)。IC₂₁₀ 的输出 (第⑬脚) 经 Q₂₀₂、Q₂₀₁ 放大后驱动走纸电机转动。另外, 由电机转速传感器 (Sensor) 感应到的转速反馈信号, 经 IC₂₁₁ 的放大和整形后, 送到相位比较器 IC₂₁₀ 的另一个输入端 (第③脚 PCBIN)。当电机转速加快或减慢时, 反馈到 IC₂₁₀ 第⑧脚的脉冲频率将会增高或降低, 而 IC₂₁₀ 两输入端相位的差异, 在输出端上就反映为直流电平, 从而去控制电机, 实现了稳速的过程。

Q₂₀₃ 为走纸控制开关管。不走纸时, 其基极电平为高电平, 开关管导通, 由 IC₂₁₀ 输出的脉冲无法送到 Q₂₀₂、Q₂₀₁ 放大, 电机不被驱动。按下 START 开关后, IC₂₀₂ (互相制约式电子开关) 第②脚将输出一低电平信号, 一方面使 LED₂₁₄ 点亮, 指示机器处于走纸状态, 另一方面使 Q₂₀₃ 开关截止, IC₂₀₁ 的输出就能传到 Q₂₀₂ 基极, 从而驱动电机转动。

出现不走纸故障, LED 指示正常, 说明 IC₂₀₂ 电子开关工作正常。转换面板功能键由 STOP、CHECK 位置到 START 位置, 同时用万用表测 IC₂₀₂ 第②脚电平, 果然能由高电平变为低电平。进一步测量 Q₂₀₃ 基极, 发现此时仍有 0.6V 电平, 即此管仍饱和导通, 故 IC₂₀₁ 相位比较器的输出脉冲无法送到后级放大以驱动走纸电机。再仔细检查发现 R₂₃₉ 阻值已由 3.3Ω 变值为 100Ω 左右, 使得 IC₂₀₂ 在低电平时通过 D₂₀₄ 在 R₂₃₈、R₂₃₉ 上仍有 0.6V 的压降, 不能使 Q₂₀₃ 可靠截止。换上一只电阻, 用仪器检验走纸速度正常, 故障排除。

故障例 49: 走纸电机卡轧引起停转故障

故障现象: 开机置 START 档时电机不转, 指示灯亮, 笔能加温。

分析与检修: 由于指示灯和笔工作正常, 应重点检查锁相环电路和电机驱动电路。在纸速为 25mm/s 档时测 IC₂₁₀⑬脚电压为 7.5V, 高于正常值。因而怀疑 IC₂₁₀ 损坏, 但又考虑该点电压偏高只能使电机速度增加而不会造成停转。再测驱动管 Q₂₀₁、Q₂₀₂ 均完好无损, Q₂₀₃ 的集电极电压, $V_c > 2.6V$ 。在按 START 键同时测电机线圈两端电压, 观察到有反应但立即下跌到 1V 左右, 且每次按动 START 键电机轴稍有小角度转动即停住, 按 STOP 键则恢复到原静止位置。初步判断电机本身启动转矩减小或受阻所致。后在启动电机的同时对其转轴外加一助力后则运转正常, 线圈两端电压恢复到 4V 左右的正常值。此时测 IC₂₀₁⑬脚电压亦恢复到正常值 2.8V。

拆下电机捻动轴芯未发现明显卡轧现象, 直接通以 6V 电源运转正常。上机后又反复出现停转故障, 且死点位置相同。再次拆下电机并拆开检查, 发现内部间隙装配不当, 在某位置有轻微卡轧现象。调整后上机运行半年多工作正常。这一故障原因是电机卡轧。卡轧造成电机停转, 从而使测速信号消失, 锁相环电路代偿性将输出驱动电压升高, 很容易使人误判为 IC₂₁₀ 损坏。

故障例 50: 走纸控制电路线路板连线断裂引起走纸速度过快

故障现象: 走纸速度过快, 面板操作键及 LED 指示正常。

分析与检修: 通过对稳速控制电路的理解, 可以很明确地对此故障原因作如下判断: 1. 晶振频率过高; 2. 分频器 IC₂₀₉ 工作不正常; 3. 控制门 IC₂₀₅B、IC₂₀₅D 故障; 4. 锁相环系统工作不正常。

首先借助示波器, 测 Q₂₀₄ 集电极波形, 测得脉冲周期 $T = 30.5\mu s$, 与要求的晶振频率 f

=32.768kHz 吻合。再测得 IC₂₀₉④脚 T=1.95ms, 第⑥脚 T=3.91ms, 也分别与 512Hz 和 256Hz 的脉冲周期一致。进一步测 IC₂₀₅ 第⑪脚, 选速度为 25mm/s 时 T=3.6ms 与 256Hz 所对应的周期 1.59ms 误差很大, 且发现 T 值不稳定。再用万用表测 IC₂₀₅B 第⑧脚, 发现其电平与 R-S 触发器 IC₂₀₈ 第⑨脚不一致 (25mm/s 时为 0, 20mm/s 时为 1)。关机测量, 发现电路板连线断裂。焊接处理后, 通电检测走纸速度恢复正常。此故障出现主要是因为 IC₂₀₅B 或非门的第⑧脚输入端悬空, 造成其状态不稳定, 使得 IC₂₀₅D 的输出频率过高, 引起走纸速度过快。

故障例 51: 充电控制电路中取样电位器 VR₄₀₁ 调整端移动引起充电不足

故障现象: 心电图机充电 10h 后, 电池余电量指示灯只有两只点亮。

分析与检修: 由于心电图机使用多年, 认为可充电电池劣化, 更新电池后故障依旧, 这样故障应在充电控制电路。

心电图机的充电控制电路工作过程: 由市电输入 220V 交流电压, 经变压、整流后, 未经稳压的直流电压输入到充电控制电路。晶体管 Q₄₁₀ 根据键控板送来的高、低电平信号, 控制是否给电池充电, 在交流 STBY 方式时 (SW₄₀₀→ON, 5W₄₀₁→STBY), 由于 SW₄₀₁ 是开路的, 所以没有电压加到三端稳压器 IC₄₀₀, 故障控制板送出低电平信号, 控制 Q₄₀₁ 的基极, 使其截止, 则晶体管 Q₄₀₆~Q₄₀₉ 及电阻、电容组成的充电电路对电池充电。当选择开关位于操作 (OPR), 记录开关位于观察 (CHECK) 或走纸时 (START) 时, 键控送出高电平信号, 控制 Q₄₁₀ 的基极, 使其导通, 则 Q₄₀₉ 饱和 Q₄₀₆、Q₄₀₇ 截止, 充电控制电路停止工作。

充电控制电路是串联型的稳压电路, Q₄₀₆、Q₄₀₇ 组成复合控制充电电压, 并可通过较大的充电电流, Q₄₀₈ 起过流保护作用, 一旦电池短路或充电电流过大, 则电阻 R₄₄₀ 上的压降大于 0.6V, 足以使 Q₄₀₈ 导通, Q₄₀₈C 极电子降低, 造成 Q₄₀₇B 极电平降低, 进而截止, 停止充电。当充电电流稍大时, 由负温度系数的热敏电阻经并联后降低 R₄₄₃ 的阻值, 使 Q₄₀₉B 极电平升高, 进行调整。D₄₀₉ 是保护二极管, 起隔离作用, 防止不充电时电流倒灌, 或蓄电池接反而造成充电电路损坏。VR₄₀₁ 是取样电位器, 起调整充电电压作用, 当调整时, 要退出电池, 在测试点 TP₁ 处测得电压 15.4V 即可。充电电流由 Q₄₀₆、R₄₄₀、D₄₀₉、熔丝 F₄₀₀ 以及电池 BAT, 构成充电回路。

充电指示电路由 Q₄₀₄、Q₄₀₅、IC₄₀₅ 构成, 由 LED₄₀₂ 指示充电状态。充电期间, 充电电压足以使 Q₄₀₅ 处于导通状态, IC₄₀₅B 的正向输入端⑥脚电平, 由 R₄₃₄、R₄₃₅ 分压, 约 6V。IC₄₀₅B 的反向输入端⑦脚, 由于电容 C₄₁₀ 充电, 输入到比较器 IC₄₀₅B 的⑦脚, 电平逐渐上升, 当超过 6V 时, 根据运算放大器特性, IC₄₀₅ 的⑧脚输出低电平, LED₄₀₂ 变暗, 这个低电平信号也提供到 IC₄₀₅A 的反向输入端⑧脚, 则 IC₄₀₅A 的反向端电压低于其正向端电压, 而使输出端②脚输出高电平, 使得 Q₄₀₄ 导通, 导通的 Q₄₀₄ 使得电容 C₄₀₁ 迅速放电, 此时输入到 IC₄₀₅B 的⑦脚电平变成低电平, 而它的输出变成高电平, 此时 LED₄₀₂ 点亮。这个过程重复进行, 将使充电指示灯 LED₄₀₂ 时亮时暗, 即闪烁。闪烁的快慢, 是由充电电流的大小决定的, 一开始充电, 电流大, 引起电容 C₄₁₀ 快速充电, LED₄₀₂ 闪烁的频率也大, 随着电池充电能量的增加, LED₄₀₂ 的闪烁也逐渐变慢。此时蓄电池电压逐渐上升, 充电电流逐渐减少, 即流过 R₄₄₀ 的电流减少, 引起 Q₄₀₅ 截止, IC₄₀₅B 的⑦脚输入低电平, 则⑧脚输出高电平, 使 LED₄₀₂ 常亮 (不闪烁), 表示电池电量充足。

故障排除：本例故障属于电量充不足，先退出电池，在测试点 TP₁ 测量充电电压，只有 15V，调整取样电位器 VR₄₀₁，使测试点电压恢复 15.4V。电位器阻值的变化是由于仪器的搬动，使电位器中心头位置移动所致。所以，一年至少一次对仪器进行调整，包括电池充电电压、电量指示参考电压、限幅器、总增益等。经常调整记录笔位置、增益、阻尼、笔温等电位器，使仪器技术指标回到它出厂时的水平。

故障例 52：交流 / 直流转换电路集成块 IC₄₀₃ 损坏

故障现象：在直流情况下不能正常工作。

分析与检修：根据故障现象，操作电源开关，发现当交流电源开关置 ON 时，机器可以正常工作；交流电源开关置 OFF 时，机器不能正常工作，初步判断为电源故障。

在有交流市电输入时，置交流开关为 ON，SW₄₀₁ 为闭合，则交流电压经变压器输入，经 D₄₀₀ 整流和 C₄₀₀ 滤波后，提供一个直流电压加至三端稳压器 IC₄₀₀。该稳压器经继电器 RY₄₀₀ 的触点④-①对全机提供一个已调整的牛 12V 电压。在这种状态下，由于或非门 IC_{403A} 的⑧脚经 R₄₀₁ 获得一高电平，因此其输出为低电平，使晶体管 Q₄₀₀ 截止，继电器不工作，触点②和①不接通，电池电压不能输入。

当市供电中断时，IC_{403A} 的三个输入端⑧、②、①将全降为低电平，因此，其输出端⑨脚翻为高电平，晶体管 Q₄₀₀ 导通，继电器 RY₄₀₀ 2E 作，其触点②和①接通，电池电压经触点②-①向整机供电。当市电电压恢复后，此时交流电源开关仍处于 ON，则三端稳压器 IC₄₀₀ 输出电压经 D₄₀₃ 和 D₄₀₁ 输入 IC_{403A} 的输入端，使之输出又降为低电平，Q₄₀₀ 截止，继电器 RY₄₀₀ 停止工作，其触点④-①接通，整机又自行转为交流供电。

由于机器在交流时可以工作，直流时不能正常工作，首先应检查电池，测电池电压 11.8V，电池可以正常工作，因而排除了电池没电的可能。进而分析其电路，用万用表测电源部分输出端电压为零，说明电源切换部分有故障。测继电器常开点①、②两端，电压为 11.8V，说明继电器没吸合，测得继电器驱动三极管 Q₄₀₀ 基极为低电平，三极管 Q₄₀₀ 截止；测得或非门 IC₄₀₃ 的 3 个输入端①、②、⑧均为低电平，而或非门 IC₄₀₃ 输出端⑨脚亦为低电平，因此可断定 IC₄₀₃ 有故障，更换一个相同型号的芯片，故障排除。

故障例 53：非浮地电压产生电路故障

故障现象：开启电源开关后，机器加不上电，各功能指示灯不亮，交流供电或直流供电指示灯正常。

分析与检修：交流供电（LINE）或直流供电指示灯工作正常，说明已有了+12V 的正常供电电压。故障发生在非浮地的±8V 直流 / 直流转换电路中。因为本机的各种功能转换指示灯所使用的+8V 的电压和主放大器的部分供电电压都来自于非浮地的±8V 电源电路。当非浮地直流 / 直流转换电路发生故障时，±8V 电压输出不正常就会造成上述故障现象。

±8V 直流 / 直流转换电路由变压器 T₄₀₂ 的初级与 IC_{406A}、Q₄₁₂、Q₄₁₃ 等组成振荡电路，将+12V 的直流电压转换为 50kHz 的脉冲振荡电压。经过变压器耦合在 T₄₀₂ 的次级经过整流滤波稳压后输出±8V 的直流电压。正常情况下，IC_{406A} 第⑧脚输入电压为 3.2V，第④脚输入电压比第③脚略高（近似相等）。IC₄₀₆ 第②脚输出为在+10V 的直流电平上迭加着一个约 0.5V 的交流电压。当振荡电路因故障停振时，即可造成无±8V 电压的故障现象。这时

可用示波器从 IC_{406A} 往后逐级进行检查。首先检查 IC_{406A} 第③脚的输入电压是否正常。如果没有+3.2V 的输入电压或电压过高过低,则故障发生在 Q₄₀₂ 和 ZD₄₀₀ 组成的稳压电路上。如果+3.2V 的电压正常,而 IC_{406A} 第④脚输入电压不正常(正常情况应与第⑧脚电压近似相等),那么故障可能发生在 D₄₁₅、R₄₅₅、R₄₅₄ 和 D₄₁₄ 组成的反馈回路里。如果 IC_{406A} 的输入电压均正常,而输出电压不正常,则说明 IC_{406A} 发生了故障。由于 Q₄₁₂ 处于小电流低功耗工作状态,因此 Q₄₁₂ 发生故障的情况是很少见的。Q₄₁₃ 虽然处于大电流大功耗的工作状态,但由于其额定极限参数选择有较大的余量,因此其故障情况比较少见。但是当反馈电阻 R₄₅₅ 开路或 D₄₁₅ 击穿损坏时,会使 IC_{406A} 第④脚失去 3.2V 的电压,IC_{406A} 输出电压将变为近似 0V,这将使 Q₄₁₂ 和 Q₄₁₃ 处于饱和工作状态,流过 Q₄₁₃ 的电流将会大大增加,因此也会使 Q₄₁₃ 击穿损坏。

当±8V 电压只有一组正电压(或负电压)输出不正常时,故障可能发生在次级整流滤波稳压电路里。只要对相应的整流二极管 D₄₁₅、D₄₁₆、三端稳压器 IC₄₀₇、IC₄₀₈ 和滤波电容进行检查,即可很快找出故障原因。

故障例 54: 工作 / 等待开关 SW₄₀₁ 损坏

故障现象: 仪器在充电和电池供电时,指示和工作均正常,但在交流供电时,则交流电源指示灯、电池余量指示灯、充电指示灯全亮,按下面板的工作键,仪器能正常工作且充电指示灯熄灭,当停止走纸,充电指示灯亮一段时间后,电池余量指示灯熄灭。

分析与检修: 由于仪器能正常工作,说明故障出在电源板上,从电路图上可以看到,当仪器交流供电正常时,三端电源 IC₄₀₀ 输出+12V 电压,此电压除作为整机的工作电压外,还用作 AC / DC 选择电路,充电电路及节能定时电路的控制信号。在 AC / DC 选择电路中,它通过 R₄₀₁ 加于 IC₄₀₃ 的⑧端,并使得其输出端⑨脚变低,此低电压使三极管 Q₄₁₄ 截止,这样电池余量指示灯熄灭,如果 Q₄₁₄ 和 IC₄₀₃ 任一损坏,或 IC₄₀₃ 的⑧端为常低,都可能使电池余量指示灯常亮,从故障现象中可知电池余量指示灯能正确反映节电定时器工作情况,说明 Q₄₁₄ 和 IC₄₀₃ 是好的;从充电电路来看,IC₄₀₀ 输出的 12V 电压通过二极管 D₄₁₇ 加于稳压管的正相端,使充电指示灯熄灭,而从按下面板 STOP 键,充电指示灯熄灭正常来看,整个充电电路也是好的。另外,+12V 电压应通过 D₄₁₁ 加在 Q₄₁₁ 的基极,禁止节能定时电路工作,从上面分析得出,在仪器为交流供电工作时,IC₄₀₀ 的输出端没有+12V 电压,仍是电池供电,故障可能出在三端稳压电源 IC₄₀₀ 或选择开关 SW₄₀₁ 的①、②端接点。开机检查,SW₄₀₁ 的①、②接点断开,换上新开关,仪器恢复正常。

故障例 55: 工作 / 等待开关 SW₄₀₁ 内部接触不良

故障现象: 接通交流电源,按压充电、工作选择开关到 OPR 位,这时面板上交流、充电及电池能量指示灯闪烁,同时,可听到机内继电器频繁地吸合撞击声。

分析与检修: 由电源部分电路图可见:交 / 直流供电转换是由电路中 RY₄₀₀ 继电器实现。RY₄₀₀ 由三极管 Q₄₀₀ 驱动,受或非门 IC_{403A} 第⑨脚输出电平控制。正常情况下,RY₄₀₀ 继电器吸合,IC_{403A} 第②、第⑦、第⑧脚必须全为低电平,这时第⑨脚输出高电平。如第②脚、第⑦脚、第⑧脚任一脚输出高电平,第⑨脚则输出“0”,继电器 RY₄₀₀ 释放。在交流供电的情况下,IC_{403A} 第⑧脚应由三端稳压器 IC₄₀₀ 恒定提供高电平,第⑨脚输出低电平,Q₄₀₀ 不

导通，使继电器 RY-400 处于释放状态。

由上分析，首先检测 IC₄₀₀ 三端稳压块输入输出电压，是否给 IC_{403A} 第⑧脚提供了低电平，其结果是时有时无，而桥式整流 D₄₀₀ 输出电压正常，可断定是开关 SW₄₀₁ 内部接触不良。

SW₄₀₁ 修理方法：该开关貌似密封件，其实很容易打开。用薄螺丝刀沿开关键两边缝隙插入轻轻向外翘拔，就可把键与开关主体分离，即可取出内部两只弓形弹簧片，对其内触点和弹簧片的触点进行清洁处理，对弹簧片再进行机械整理，重新安装好即可。

故障例 56：记录笔由于加热脉冲参数改变引起烧毁

故障现象：记录笔屡次烧坏。

分析与检修：根据用户反映的情况，先用价格较低的国产 XDH-3B 记录笔代换试机，并将笔温（TEMP）调到最小，开机 5s 记录笔即开始冒烟，立刻关机。判断笔温控制电路确有故障，打开机盖检查电路。该机笔温控制电路由 IC₃₀₃ 构成，实际电路采用了分立元件，见图 7-2-27 所示。

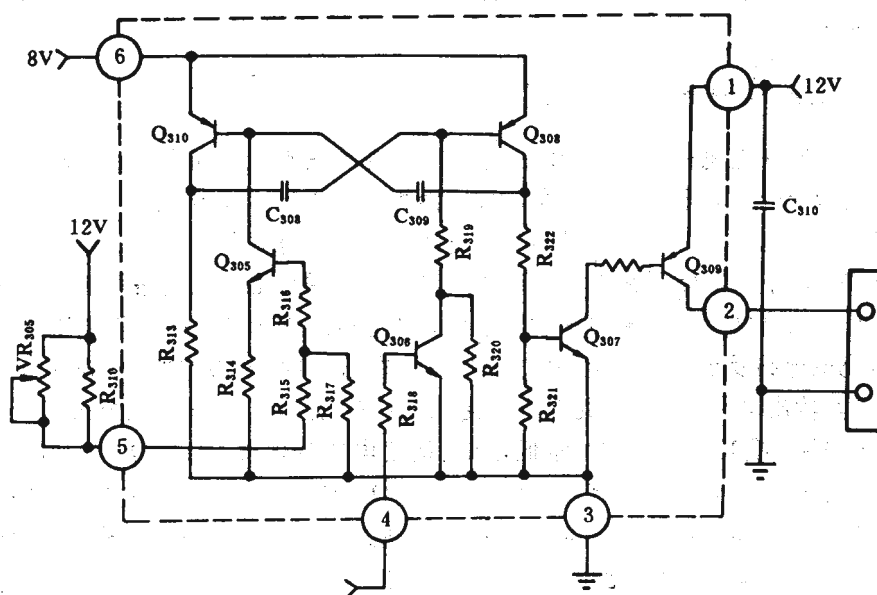


图 7-2-27 笔温控制电路

Q₃₀₈、Q₃₁₀、C₃₀₈、C₃₀₉、Q₃₀₅、Q₃₀₆ 等组成自激多谐振荡器。第④端是加热脉冲控制端，输入电压低，脉冲频率就低，输入电压越高，脉冲频率也越高。加热脉冲频率一般在 1.2kHz~1.6kHz。第⑤端是加热脉冲有效宽度控制端，电压越高，脉冲宽度越小。电压越低，加热脉冲越宽，笔温也越高。VR₃₀₅ 是笔温调节电位器，调节 VR₃₀₅ 即改变经⑤端的输入电压，从而改变加热脉冲宽度，也就改变了记录笔的温度。

根据原理分析, 检查电路的主要元件, 均未发现有损坏, 故用示波器观察②端输出波形, 在将笔温调到最小时, 观察到波形的脉宽达 0.1ms, 周期有 0.4ms, 即脉冲频率达 2.5kHz, 远远偏高于正常波形, 正常波形见图

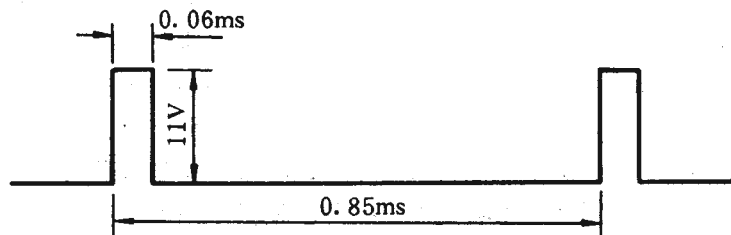


图 7-2-28 波形图

7-2-28 所示。而脉冲幅度, 11V 为基本正常。由此可见, 引起烧笔的原因是加热脉冲宽度太大, 频率过高。这样, 可以有 3 种办法将笔温减小: 一是增木周期, 也即降低脉冲的频率; 二是降低脉冲幅度; 三是减小脉冲宽度。采用第三种方法, 将 C_{308} 由 1000P 改为 3300P, 用示波器观察脉宽为 0.05ms, 频率为 1.5kHz。开机试验正常, 笔温调节也有余量。

心电图机的笔温控制电路虽然简单, 但也要认真熟悉原理, 才能正确处理, 迅速排除故障。该机屡烧记录笔, 不查故障盲目换新, 造成一定损失, 此一教训值得借鉴。

七、ECG-685I 型心电图机故障检修 1 例

故障例 1: 集成块 121 2 / 2 损坏

故障现象: 开机后记录笔单偏。

分析与检修: 按 RESET 封闭后, 移动移位电位器故障现象不变, 用万用表测主放大器 UT-2223 单元发现集成块 105 第①脚输出为 +2.7V, 说明故障点不会在后级放大器以及位置反馈电路。将 VR_{102} 增益电位器调向①端使增益输出为零, 这时故障现象消失, 由此压缩故障点至前置放大器。用万用表测 121 2 / 2 集成块⑦脚为 -7.6V, ⑥脚为 -3.6V, 继续往前检测发现 119 2 / 2 集成块⑦脚输出近似为零。可以断定故障出现在 121 2 / 2、IC122 和微处理机控制电路等组成的增益选择电路上, 见图 7-2-29 所示。

按动增益选择开关测得 ICI=第⑨、⑩脚 C、A 工作状态为:

说明信号控制通路正常。断开 121 2 / 2 第⑦脚, 电平不变。测得⑥脚电平近似为零。反证 IC₁₂₂ 具有负反馈功能, 同时可以确定 121 2 / 2 损坏。

121 2 / 2 集成块型号为 AN1358S, 是微型双运放专用集成块, 在电路板上为单面贴面焊接。目前在国内无处选购, 于是小心断开⑥、⑦脚。用引线外接一块 LM324 代换获得成功。方法是: LM324 第④脚接 +8V, ⑩脚接 -8V, ⑧脚接地, ①、②脚分别接 121 2 / 2 原⑦、⑥脚, 然后包好并固定在电路板上即可。

	C	A
1	1	1
$\frac{1}{2}$	0	1
2	1	0



故障例 1: 稳压管 ZD₃₀₁ 击穿短路

分析与检修：据故障现象断定故障发生在电源电路部分。光电 8110 系列心电图机的电源由电池充电电路、AC / DC 转换电路和+9V、+5V 电压形成电路构成。本机在 AC 供电时，+9V 和+5V 电压输出正常，表明+9V、+5V 形成电路正常。故障发生在充电电路或 AC / DC 转换电路中。

- 1705 -

压。DC 供电时, SW_{301} 断开, IC_{301} 第⑧脚呈低电平, SW_{302} 闭合, 使 IC_{301} 第②脚呈低电平, 导致 IC_{301} 第⑨脚高电平, RY_{301} 线圈两端 (②、⑤间) 出现电位差, 继电器动作, 电池经 RY_{301} 第①、③脚供电。电压监控电路通过采样电阻 $R_{318} \sim R_{322}$ 、双比较器集成块 IC_{303} 、 IC_{304} 实现电压监控, 并由 LED_{302} 、 LED_{303} 、 LED_{304} 显示电压水平, 当电压降到设定限度时, 3 个指示灯相继熄灭, IC_{305A} 输出控制 RY_{301} 驱动电路以防电池过度放电。电路图显示: 电压监控电路只在 IC_{301} 第⑨脚为高电平使 Q_{303} 导通时才起作用, 即只能监控电池电压。

故障现象表明, AC 供电, 电池电压监控电路被误激活。检修时, 首先取出机内电池测其电压仅为 6.8V, 此电压过低, 按电路要求不足以使电压检测电路有指示。另取一电量充足的电池供电, 电压指示灯仍无反应, 也听不到继电器动作声, 此时测量电路, 发现电路板的电池输入端无电压, 仔细检查, 发现电池仓的电池负输出端开焊。修复后, 再进行电池供电, 3 个电量指示灯点亮。转换成 AC 供电、电量指示灯不熄灭, 此状态下测量关键元件 Q_{303} 的 b 极电压为 2.5V, C 极电压为 0V。断电测 Q_{303} 完好后认定 IC_{301} 第⑨脚的高电压使 Q_{303} 导通, 从而激活电压监控电路。检测 IC_{301} 各脚发现⑧脚电压始终为 0V, 而 S5VB10 输出电压为 24V, 电阻 R_{302} 两端压降也是 24V, 说明⑧脚供电电路中出现短路。进一步检查, 确认 ZD_{301} 击穿短路, 使⑧脚接地。更换同型号稳压管后, 故障排除。

故障例 2: 电源开关 SW_{302} 损坏

故障现象: 交流电工作正常, 但电池不能工作。

分析与检修: 该机交流电工作正常, 证明其信号处理板、控制板及其开关板基本正常, 故障可能出在电源板上。在其电源部分, 交直流切换是通过继电器 RY_{301} 工作与否来实现的。交流供电时, RY_{301} 不工作, 直流供电时, RY_{301} 工作, 而故障为电池不能工作, 基本上可以确定电源板上的继电器驱动部分有故障。这部分电路主要由 IC_{301} 及 Q_{302} 等组成。 IC_{301} 是 3 端或非门, 当电池供电时, IC_{301} 的⑧脚是低电平, ②脚通过 R_{310} 和电源开关 SW_{302} 接地为低电平, ①脚由于 C_{306} 的电压不能突变, 故也是低电平, 所以 IC_{301} 的⑨脚输出高电平, 此电平驱动 Q_{302} 使 RY_{301} 工作, 其触头把电供给整个系统。实测 IC_{301} 的②、⑧脚都为高电平, 检查 IC_{301} 第②、③脚的外围电路, 发现是由于电源开关 SW_{302} 的一组开关损坏所致。因电源开关 SW_{302} 损坏, 所以电池不能通过 $R_{304} \rightarrow D_{304} \rightarrow R_{309} \rightarrow R_{310} \rightarrow SW_{302} \rightarrow$ 地形成回路把 IC_{301} 的第②脚拉成低电平, 从而导致第②脚电平升高。又通过 IC_{301} 及 Q_{301} 的反馈作用, 使⑧脚也升为高电平, 自然 IC_{301} 的第⑨脚输出低电平, Q_{302} 不导通, RY_{301} 不吸合, 最后导致机器电池不能工作。

SW_{302} 是 2×2 开关, 可用上海医用电子仪器厂生产的 ECG-6171 的电源开关替换。应急处理时, 可以从损坏的这一组开关中引出两根导线, 需要电池工作时, 把两个导线接通即可。

第二节 日本三荣(SAN-EI)公司 德国西门子(SIEMENS)

公司心电图机故障实例

一、日本三荣公司 1E21 型心电图机故障检修 4 例

故障例 1: 记录笔损坏

故障现象: 记录笔损坏。

分析与检修: 此机的记录笔调温电路是一种带过流保护串联型电压调整电路, 其电压调节范围 5, 2V~10. 8V, 流过标记笔和记录笔的最大总电流约 0. 98A, 记录笔的直流电阻约 20 Ω , 标记笔约 26 Ω); 当将调温电位器旋至最大时, 过流保护管 Q₁₂ 的基极电压达 0. 67V, Q₁₂ 进入导通状态, 分流了 Q₁₁ 的部分基极电流, 使调整管的内阻增加, 输出电流变小, 起到保护两支笔的目的。但当标记笔损坏时, 此时虽无分流电流, 但流过记录笔的电流比两支笔均好时要大得多, 电压最高达 13. 2V, 最大电流是 0. 66A, 并且过流保护电路不会工作, 致使记录笔发红, 不一会就烧断。

代换的笔型可选用上海医用电子仪器厂早期生产的管状型记录笔, 外形相似, 电阻值 10 左右。取下原笔架, 拆除坏记录笔, 焊上新笔, 接好线, 待改完电路再插上记录笔插头。由于记录笔阻值变小, 对调温电路必须改动, 使记录笔的电流不致于过大。拆开心电图机, 取下调温电路板, 找到 Q₁₁ 管的基极偏流电阻 R₁₁, 串入一只 10k 的电位器, 另在记录笔插座上接上一只 10 Ω 功率稍大的电阻做假负载, 调温钮旋置最大处, 调节电位器使假负载上的电压在 7V 左右, 取下假负载, 插上记录笔, 看描记的温度是否合适, 慢慢调节电位器直至符合要求, 为适合多种记录纸使用, 温度可稍为高一些。焊下电位器测出电阻值, 连同凡, 加在一起找一只电阻值相同的电阻接在 R₁₁ 的位置上。过流保护取样电阻 R₁₃ 由 0. 68 Ω 换成 1 Ω 。

改装电路板时不可在拆下机架长时间开机, 以免调整管因散热不良而烧坏, 最好是在接上电位器后, 将电路板重新装回机架, 把调整管固定好再通电调整。

此机改用国产记录笔代替后, 使用两年多效果良好。

故障例 2: 走纸滚轮损坏

故障现象: 走纸滚轮变质老化不能使用。

分析与检修: 由于此零件无处购买, 使之无法使用。于是对滚轮进行替换试验, 改橡胶轮为胶木轮, 经临床使用观察, 效果良好。

替换方法: 先把原机滚轴上橡胶轮切刮干净, 取一段直径为 18mm 以上的圆胶木棒, 长度约 80mm 左右, 在车床上加工成外径为 17mm、内孔为 8mm、长 48mm 的新滚轮, 再用 0 号砂纸磨光表面待用。将万能胶薄薄地涂在滚轴上, 把加工好的胶木滚轮套上去, 清除净边上的余胶, 待胶固化后就可正常使用。

替换后的胶木轮不影响走线速度, 且经久耐用, 方法简便易行。

故障例 3: 走纸轴损坏

故障现象: 走纸轴严重老化、变形而影响机器使用。

故障检修: 修理中, 用尼龙棒按图 7-2-30 所示尺寸进行加工。从已经修复的五台机器的使用情况来看, 效果较好。

需注意的是, 最好将走纸轴的表面加工成如图所示的横向细槽, 以增大摩擦力, 有利于走纸。

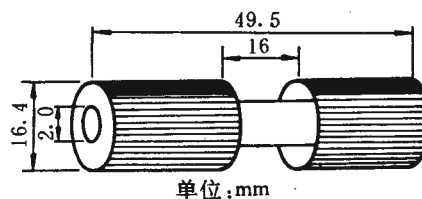


图 7-2-30 尼龙棒走纸轴结构图

故障例 4: 趟纸板压轮弹簧受力不均匀

故障现象: 走纸时间断性卡纸, 阻尼大。

故障检修: 经检查电机传动系统正常, 趟纸板压轮弹簧受力不均致使一侧受力大, 一侧受力小, 造成卡纸。由于趟纸板上的有个塑料压轮是靠两侧分立式弹簧与压纸轴接触的, 一旦两个弹簧圈弹力发生变化就造成卡纸。为此, 用一块与压轮等宽的弹性薄钢片代替两只分立弹簧, 使用效果很好, 制作时只需注意薄钢片与固定销连接要牢靠, 且压力不宜过大。

二、德国西门子公司 S 置 CARD-440 型心电图机故障检修 5 例

故障例 1: 充电 / 供电电路元件 D₂ 和 Q₄ 损坏

故障现象: 通电开机, 对电池进行充电, 充电 30min 之后, 面板发热, 冒烟, 可闻到焦糊味。

分析与检修: 仪器出现这种严重故障之后, 应立即关机断电, 避免故障扩大化。故障的原因可以确定是元件损坏短路所致, 而非隐蔽的软故障引发。只要找出严重的受损元件, 一般都能够彻底排除故障。

打开机器外壳, 露出电源板, 断开电源板与控制板的接插件 JA 和 JB, 断开打印机驱动板 (在电源板上方通过接插件 JH 与电源板连接) 与电源板的联系。现在, 已排除其他电路的影响, 专门检查电源板的电参数。这样做, 便于分析故障原因是否在电源板上。测量接插件 JH “2” 和 “5” 之间的正、反相电阻, 检查晶体管 Q₄ 是否正常, 因为 Q₄ 是该电路的 “负载”。在测量正、反向电阻时发现阻值均在 100kΩ 以下。本来, 在 Q₄ 处于正常状态时, 其 bc 结单向导通, 故了 H “2” 和 “5” 之间正向导通电阻为数千欧, 而反向电阻应为无穷大。如今, 实测数值与正常值明显相悖, 可以肯定 Q₄ 和 Q₂ 均有故障。将 D₂ 的一只脚焊离电路, 测 D₂ 的正反向电阻, 阻值相差不大。然后, 焊下 Q₄, 测其 bc 结电阻, 发现该 bc 结也被击穿。由于 Q₄ 的 bc 结击穿造成 Q₄ 的基极电流过大, 故也需检查 Q₃ 是否正常。经详细检查, Q₃ 未受损。因为调整管 Q₁ 的输出电流很大, 很难保证 Q₁ 本身在过热情况下不被损坏。拆下 Q₁ 测量, 其 c、e 极间已被击穿。D₁ (桥堆) 的耐流可达 2A 以上, 耐压 >50V, 估计受损可能性较小。另外, Q₂ (LM317) 作为稳压元件, 本身就有保护电路 (防止过流过热), 故两者不予更换。至于变压器 T₁ 受接状况, 拆下检查发现其初级被烧糊了, 必须重绕。具体绕制方法如下: 采用 0.15mm 的漆包线绕组 1005 匝的线圈, 按原样装入导磁体, 依照电路图接入主电路。在此采用 IN5819 代替 D₂ (SBI40), TIP42 代替 Q₁ (TIP42 管脚位置需调

整), 3CK3F 替换 Q_4 。用一假负载 (1k 电阻) 检验充电 / 供电电路单独工作的效果良好, 故接上所有电路, 恢复机器原样。结果, 试机多时, 未出现故障, 仪器工作完全恢复正常。这说明, 故障仅仅出在充电 / 供电电路, 而未损及其他电路。

显然, 故障是 D_2 击穿引起 Q_4 击穿, 造成过流从而烧坏变压器初级所致。至于 D_2 为何被击穿, 认为是在长期的开、关状态中, 电池对 D_2 的反相高压冲击至使其反向击穿, 而 D_2 击穿后电池电压又全部加至 Q_4 的 c、e 极间上, 使 Q_4 的 c、e 极间击穿损坏。

故障例 2: 监视电路 U2-D 损坏

故障现象: 接通交流开关 SW_1 , 显示窗无显示。按下面板上①开关, 显示窗即有正常的内容显示, 且仪器工作一切正常。

分析与检修: 整机工作状况良好, 仅仅是交流 / 直流切换出点故障, 故可确定故障在电源板上。一接通交流开关, 显示窗内应立即出现充电字样。这个信号必须由电源板上监视电路的 U2-D 提供。如果⑭脚输出低电平, 那么 CPU 就完成该项功能。否则, CPU 封锁 ROM 的输出, 在显示窗上就看不到充电字样。

通电开机, 直接量取 U2-D 输出端⑭脚的电压约为 15V, 但测得⑩脚电压为 2.4V, 因此可判定 U2-D 已损坏。代换 TLC2 7L4, 通电开机, 仪器运转正常。

故障例 3: 电源稳压二极管 C32-SB140 损坏

故障现象: 通电开机, 心电图机正常工作 3h 之后显示 LOBAT, 随后不久机器工作程序突然中断, 显示窗上无内容。对电池进行充电, 机器持续报警。

分析与检修: 仪器充电时报警, 即对电池充不上电。原因可能是: 一是电池永久性损坏; 二是电源电路发生故障; 三是负载对地有短路现象。打开仪器外壳, 断开电池组与打印机驱动板的联系, 测量电池两端电压仅为 10V。将此电池组取出, 用一台稳压电源 (20V, 2A) 对其充电, 检查电池组是否损坏。结果, 发现电池能够充上电并能保持电压高于 18V。这说明电池组是正常的。至于电源电路正常与否, 可采用一只 100、5W 的金属膜电阻代替电池组试机, 此时应断开电源与控制电路的联系 (即拔下 JA 和 JB), 断开打印机与驱动板的联系。通电开机, 测电阻上电压始终维持在 19.7V 不变, 证明电源电路工作也正常。

接下来, 应判断控制电路存在短路故障的可能性。断开打印机与驱动板的插件 J4, 其余电路相互联系恢复原样, 接上已充满电的电池组。通电试机, 仪器工作正常, 有正确显示。则电池两端电压慢慢往下降低于 18V。而仪器正常工作时该电压应维持在 19V 以上不变, 这样已确定控制板上有故障。一般短路元件上流过的电流都比较大, 采用“触摸法”往往比采用其他方法快速和方便。对于这样一个庞大的微机系统电路, 运用检测电参数的方法很难 (有时不可能) 找到故障点, 对于那些元件受损不太严重的情况则更难。在此, 应重点检查各芯片“V+”或“V-” (电源电压输入口) 对“地”所接元件的工作状况。在触摸 U1 的电源稳压二极管 C32-SB140 (原设计为电容而电路上实为一稳压管), 发现它在工作时发热, 这种情况不正常, 估计它已受损。采用 IN5819 更换 SB140 之后, 仪器电源电压维持在 19V 以上不降低。连接上所有电路, 恢复仪器原样, 长时间工作不再出现原故障。

故障例 4: 电机驱动电路中集成块重 C_{18} 及电阻 R_{44} 、 R_{47} 同时损坏

故障现象: 为传送带不走, 而且平板停留在某个倾斜度不能升降。

分析与检修：首先检查心电图机与活动平板的数据传输线连接情况，正确无误。然后，打开活动平板的外罩，检查保险管 F_1 、 F_2 和 F_3 也正常。接下来通电试机，见飞轮高速旋转，但其余电机均未见动作。用数字万用量表取变速电机、升降电机的电压，仅为 0V。

图 7-2-31 所示为电机驱动电路。为简便起见，这里仅绘出加速控制支路，其余支路可参见维修手册。 IC_{18} (ULN2803A) 是功放集成电路。当需要传送带加速运转时， IC_{18} 的第⑭脚输出 12V (第⑮脚同时输出 0V)，光电耦合器 IC_{27} 动作，可控硅 Q_5 导通，变速电机得电工作。当需要传送带减速时， IC_{18} 的第⑭脚输出 0V (第⑮脚输出 12V)。通电试机，用数字万用表检查 IC_{18} 的第⑭脚输出电压在显示器显示速度由 0km/h 升至 2.7km/h 时无变化，保持为 +12V，但其输入信号是正常的，怀疑 IC_{18} 已受损。更换一新品，传送带能够转动，但平板仍不能升降。继续往下查，发现 R_{44} 、 R_{47} 均已开路损坏。用国产 3k Ω / 2W 的金属膜电阻更换已损件后，机器工作完全恢复正常。

产生这种故障的原因是电网电压波动过大，以及 IC_{18} 及几个限流电阻的设计余量较小，可将 IC_{18} 作为选配件预先订购以备急需。

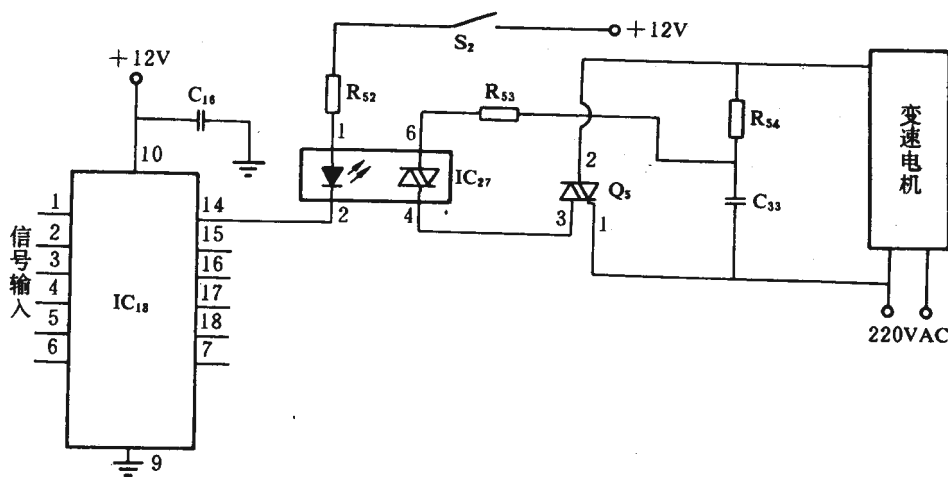


图 7-2-31 电机驱动电路加速支路图

故障例 5：活动平板限位开关 S_4 限位值过低

故障现象：活动平板在启动后不久即在某个倾斜角度上停止运行。每次启动后平板机均出现同一故障，只不过是倾斜角度不定，这令人联想到可能是某个限制开关起了保护作用。 S_3 、 S_4 发现每次平板机突然停转时，高位限制开关 S_4 均被电机连接顶杆压迫。这说明高位限制开关起了作用。由此可以确认， S_4 的限位值太低，引起机器误判平板已上升至最高处，从而造成电机停止运行。

开机启动电机，同时调整平板机升降传感器（实际上是一可调电位器），观察 440S 液晶显示器坡度、速度均可正常递增，直至 30min 后电机仍未停转时才停止调整传感器。这个时间间隔是适当的，因为一般病人的检查时间不超过 30min。

第三节 上海医用电子仪器厂心电图机故障实例

一、XDH-2 型心电图机故障检修 3 例

故障例 1: 元器件漏电故障

故障现象: 1. 定标试验时, 无定标方波信号或出现不稳定的倒置方波; 2. 工作方式置观察位时, 记录笔立即偏向一边, 或者慢慢地偏向一边, 或者记录笔无规律地来回漂移。这时, 调节置零电位器也不能将记录笔稳定在记录纸的中心位置上; 3. 有干扰, 这种干扰往往是无规律的。某些心电图机在开机 30min 至 1h 后, 上述现象会消失, 机器恢复正常。而较长时间不用后, 又重复出现。

分析与检修: 检修时, 应首先按常规检查在排除了元件损坏的可能后, 再考虑漏电的可能性。是否有漏电故障可通过测量电压电阻值等办法来判断。

故障 2 发生的部位往往在放大器场效应管 3DJ6F 的输入部分, 首先应检测前后级耦合电容是否漏电, 方法是: 将电容拆下, 将其一端焊在心电图机电源+200V 输出端(或者电子管 G_2 的①或⑥脚上), 另一端接万用表 250V 直流正表笔, 而负笔接心电图机外壳(地)。打开心电图机电源开关, 万用表指针应指向 0V。如果万用表上有一定的读数, 则表示该电容漏电。这有两种可能性: (1) 该电容损坏, 则必须更换; (2) 由于该电容上有污物, 绝缘电阻值下降, 可用四氯化碳或无水酒精清洗, 再进行烘干处理冷却后再用上述方法检测, 如不漏电了, 即可将其复位。

故障 2 的第二种可能性是场效应管 BG_1 、 BG_2 的栅极所处位置的铜箔对地漏电。可以利用万用表进行检测。用万用表 $R \times 10k$ 档, 黑笔接外壳, 红笔接 BG_1 、 BG_2 的栅极, 正常值各应为 1.5M。否则, 应怀疑有故障。也可以测场效应管 3 个电极电压。特别是栅极负压是否正常。当出现漏电时, 往往栅极上有 +0.015~0.05V 的直流正电压。即使将场效应管拆去, 铜箔上仍然有电压, 这是由于印刷板受潮, 铜箔之间互相漏电造成的。遇到这种情况时, 可用四氯化碳或无水酒精反复清洗漏电部位, 进行烘干处理冷却后, 再将印刷板复位后再接通电源开关, 测量栅极的漏电电位是否还存在? 如已恢复, 可在印刷板上刷一层薄薄的绝缘漆, 待漆干燥后, 按常规调试就可以正常工作了。如处理后仍漏电, 这是由于栅极部位印刷板已经损坏, 这时可将栅极部位的印刷板铜箔除去, 再用一根塑料绝缘单股导线代替, 连接栅极和耦合电容, 即可恢复工作。

对于 1、3 两种现象, 往往是前置放大器输入端 1mV 信号的输入插座漏电造成的, 可检查插头、插座的电极之间的电阻值(正常为无穷大)。多孔插座上有污物时, 可用四氯化碳清洗。另外 1mV 标准信号用的电池的负极连线上常有氧化物或电池漏出液, 造成漏电。

对于前置放大器的检查, 还可以采用测量输入端电阻值的方法。当导联开关处于“1”时, 红、黄导联电极对地电阻值应分别为 2M, 两边对称。

另外当遇到记录心电图时出现某一导联或某几个导联有交流干扰时, 应检查与这些导联有关的输入导联线的芯线和屏蔽层之间的绝缘电阻值是否正常。正常电阻值应在 10M Ω 以上, 当电阻值等于或小于 2M 时, 就会产生交流干扰。

故障例 2: 标准电池损坏

故障现象: 无定标电压, 经查标准电池耗完 (无电压)。

故障检修: 无法购到同型号标准电池, 于是以市售 1.5V 大号电子表电池代替原 1.3V 的标准电池, 并在 135k 的电阻上串入 20k 电阻, 打出的定标电压与原标准电池几乎没有什么区别。分析该机标准电压产生电路, a、b 两端应得电压 $V_{ab}=IR=1.3V / 135100 \times 100 \approx 0.963\text{mV}$ 。将 1.3V 换为 1.5V 并将 135k Ω 加到 155k Ω 时, $V_{ab} \approx 0.967\text{mV}$ 。因为 V_{ab} 变化 0.01mV, 记录纸上变化 0.1mm。几乎看不出任何变化。因此, 认为用 1.5V 电池代换标准电池后只要串入从 19.8k Ω 到 22.4k Ω 之间任一个电阻, 得到的定标电压变化都将在 0.1mm 之内, 都可以正常使用。

故障例 3: 心电图机标准电池的代换

故障现象: 心电图机内的标准电池锌汞电池损坏或超过使用时间。

分析与改进: 心电图机用的锌汞电池很难买到。在修理此类故障时, 采用很易购到的扣式计算器、电子表用电池, 如碱锰电池 (LR44W), 效果很好。经多次测定, 完全符合精度标准。

锌汞电池公称电压值为 1.35V, 而碱锰电池公称电压值为 1.5V。只要对电路作些改动即可直接代用, 原机电路如图 7-2-32 所示。

图中 K 是定标开关, E 是定标电池, XQ-1A 型机中 $R_1=1.35\text{k}\Omega$, $R_2=10\Omega$ 。当按动 K 使其闭合时, 回路电流为 I:

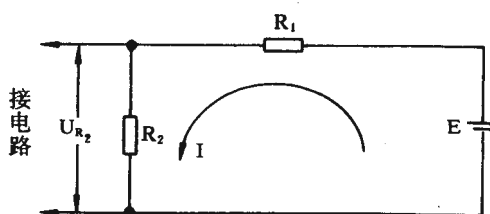


图 7-2-32 电路图

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = 0.01\text{mA}$$

而 R_2 上的电压为: $U_{R_2}=IR_2=1\text{mV}$ 。由于 R_2 串联的在源极电路中, 相当于在差分电路单端输入了一个 1mV 信号。这样就可以标定出心电波电压的大小。

改动的方法是: 保持 R_2 不变, 用 14k Ω 电阻代换图中的 R_1 即可。将碱锰电池装在原锌汞电池的位置, 不改变原机的电路和结构, 就可以投入使用。已采用这种方法修复了十多台心电图机, 经几年来的使用很满意。

在修理中需注意: 1. 电池不能焊接, 请选用带 “W” 字样的碱锰电池; 2. 电阻要精选, 误差要小; 3. 不同机型选用不同值的电阻。

二、XDH-3 型心电图机故障检修 8 例

故障例 1: 电位器线圈轻微破皮, 线圈框架对地绝缘不良

故障现象: 当记录笔居中时记录心电波形正常, 但当记录笔移位到偏上某一位置时, 即使导联开关置零位档时也经常发生严重的 50Hz 交流干扰, 而且总发生在这个位置上。

分析与检修: 交流干扰很常见, 产生的原因也很多, 但这种故障现象却少见。记录笔居

中时记录心电正常说明整机电路平衡,记录笔移至某位置时有干扰说明故障与记录笔移位有关。检查发现电路正常,没有干扰的时候机器线性良好,导联开关,移位电位器在移动过程中均接触良好,其他元件也都无接地现象,换上一个新的记录器后故障消失。后来,拆开记录器反复检查发现,当慢慢地转动线圈到故障位置时,由于线圈有轻微破皮,线圈框架对地绝缘不良,导致严重的 50Hz 交流干扰。原记录器线圈经绝缘处理后再装到心电图机上,试机,机器恢复正常。

故障例 2: 导联转换开关局部短路

故障现象: 记录 I 导联波形很小, aVR 导联波形略小, aVL 导联记录不到信号波形, 其他导联大致正常。

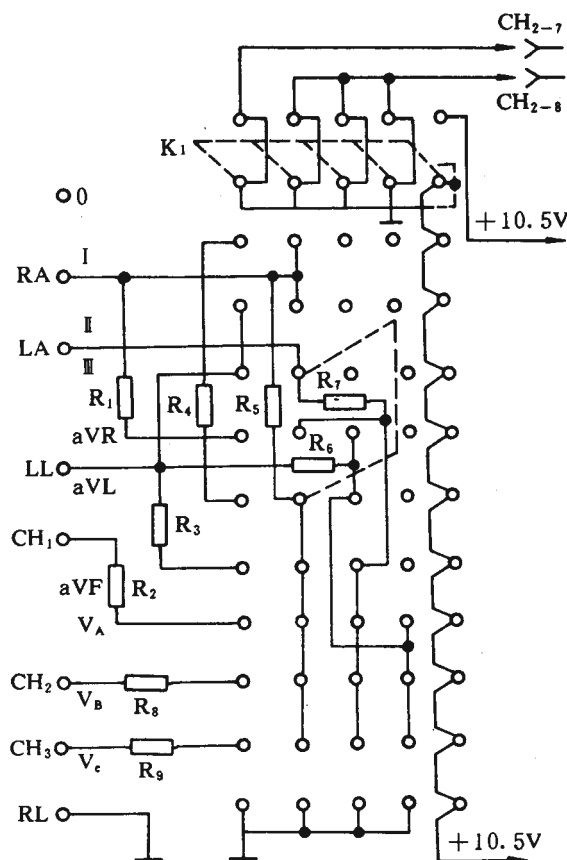


图 7-2-33 输入回路电路图

分析与检修: 由于大部分导联有大致正常信号输出,因此可排除放大器故障。个别导联出现伪差,故障可能发生在输入回路,见图 7-2-33 所示。将 CH₂₋₇、CH₂₋₈ 接线断开,用万用表测量导联开关 CH₂₋₇、CH₂₋₈ 间阻值。当导联开关置“I”档时阻值为 10kΩ;置 aVR 档时阻值为 25kΩ;置 aVL 档时阻值为 5.1kΩ,其余各档阻值均为“∞”,由图中分析,只有发生虚线短接才有可能出现上述情况。经查导联转换开关上 R₇ 的引线使图中虚线处发生短接。

经处理后，机器恢复正常。

故障例 3: 电位器 W_3 松动

故障现象: 心电图上有很大的交流干扰，将导联选择开关置“0”位档时，干扰依旧。

分析与检修: 导联选择开关置“0”位，基线和方波有较大的交流干扰，这说明干扰可能是由于心电图机内部故障引起的。

首先检查直流稳压源输出的各电压值，均正常。又换用 JWY-30 型直流稳压源，干扰仍存在，排除了稳压质量差导致故障的可能性。最后发现电压放大级的 BG23、BG24 的 D 极工作点电压不对称，分别为 4.02V、4.2V。调节电位器 W_3 使两端电压均为 4.12V，这时，交流干扰消失，基线、方波和心电图均恢复正常。将 W_3 用蜡固定，试机正常。

心电图机常见的交流干扰多为外部连接故障引起的，但由于震动等原因也可能使电路中的电位器松动，使放大电路不平衡，造成交流干扰，在维修中应引起注意。

故障例 4: 记录器线圈损坏

故障现象: 开机走纸正常，打印 1mV 定标信号时，标高不足，只有 4mm。调节增益电位器，标高可调至 6mm，仍然不足。

分析与检修: 因调节增益电位器时标高有变化，说明功放级可能没有故障，故障可能在前置级、记录器线圈，电源等部分。用 DT9105A 型数字万用表测交流电源电压 210V，正常；机内稳压输出 $\pm 10.87V$ ，正常。测前置级各三极管的工作电压，既对称又正常。断开记录器线圈，用 200 档测其直流电阻为 26.4，测正常心电图机的记录线圈阻值为 42.6，故怀疑线圈局部短路。因专门更换线圈易引起磁钢失磁，故将磁钢和线圈一块换新，故障排除。

故障例 5: RF 导联线断路及前置级失衡

故障现象: 做人体检测时干扰严重，打印出来的全部是高频、大幅度的干扰信号，干扰信号淹没了心电信号，根本看不到心电信号。

分析与检修: 外部因素、导联线、导联开关、前置级、电源。排除外部因素、导联开关后，检查导联线，发现夹子及吸盘处的金属氧化、锈蚀严重。用砂纸打磨，酒精清洗后查导联线，发现有腿黑线 RF 不通，修复后机壳接地，开机测试，可看见心电图波形，但干扰仍大得不能接受。用 DT9105A 数字万用表测电源电压及机内稳压输出，均正常。测前置级 BG₂₁、BG₂₂ 的 e 极电位，分别为 +0.08V、-0.60V，不对称。调 W_1 使 $VE_{21}=VE_{22}=0V$ 。测 BG₂₃、BG₂₄ 的 d 极电压，分别为 5.86V、6.78V，不正常，调 W_3 、 W_4 使 VD_{23} 、 VD_{24} 均在 4.0V~4.5V 之间且相等。开机做人体检测，正常。

因该机 RF 导联线接地，故 RF 线断路易引起干扰；前置级工作点严重不对称使电路的 CMRR 下降，故抗干扰能力下降。

故障例 6: 阻尼异常

故障现象: 在心电图机中，阻尼过强或不足会使整机频率响应变坏，见图 7-2-34 所示。阻尼过大时，ECG 上微小波幅降低而描不出来。阻尼过大会造成 ST 段下降或升高，出现误诊。如阻尼过小，ECG 的尖峰波（R 波或 S 波）幅高，甚至出现小 r 波。

分析与检修: 导联选择开关置于“0”。启动记录键，在标准灵敏度下按动 1mV 定标键，

记录下矩形波形。

ECG 阻尼的调整旧的说法要求将定标波调成转折点为 90° 的矩形, 除近年进口的高性能心电图机适用外, 大部分国产 ECG 的频响都低于 70Hz , 故不适用。正确的调整应如图 7-2-35 所示。幅度高为 10mm , 过冲高度 $\leq 0.5\text{mm}$ 。

典型故障分析

1. 阻尼过大

- (1) 记录笔太重; (2) 记录笔温度过低; (3) 阻尼电容 C_7 或阻尼电位器 W_7 调节不当; (4) 记录笔架螺钉与记录器罩摩擦。

2. 阻尼过小

- (1) 笔压太轻; (2) 笔温过高; (3) 阻尼电容 C_7 或阻尼电位器 W_7 调节不当; (4) 记录罩失磁。

故障例 7: 功放管 BG_{13} 损坏

故障现象: 开机后, 记录笔偏向一边, 调节零电位器 W_6 无效。

分析与检修: 首先打开机器检查 W_6 记录笔调零电位器, 并未发现损坏和接触不良现象。接着检查电源输出工作电压。检查结果发现, 其输出正、负电压值与正常值 ($\pm 10.5\text{V}$) 偏差很大。将 $CH_{4.4}$ 、 $CH_{4.8}$ 插头拔下, 切断前置放大、后级电压放大以及功放电路的供电部分。这时测量电源输出电压正常。由此可以初步判断此故障可能发生在后级放大电路或功放电路中。将功放电路的供电切断, 把前置放大、后级放大电路与电源输出连接起来。这时接通电源测量电源输出工作电压为 $\pm 10.5\text{V}$, 因此断定故障处在功放电路中。然后分析功率放大电路部分。

该电路是由双端输出的桥式功放电路组成的, 即用 4 只 DD01 大功率管接成电桥形式。从电路图可看出, BG_{12} 和 BG_{13} 的两个集电极间接负载记录器, 在静态时电压放大器是平衡的, 功放电路亦对称平衡, 这时记录器中无电流通过, 记录笔位于中位。根据上述分析判断可能是电桥中的功率管有损坏。据此, 分别在电路中测量 4 只功率管,

结果发现 BG_{13} 三极管的集电极对地电阻值为十几欧。换上一只新的同型号三极管后, 再测电源输出电压正常, 调节 W_6 零电位器, 记录笔受控, 机器恢复正常。

故障例 8: 前置放大器增益太低

故障现象: 开机后, 按下 K_3 定标按钮, 打出 1mV , 定标幅值很小, 而将 W_5 顺时针调到底, K_6 置 (1), 不断地按下 K_3 定标按钮, 打出 1mV 定标波幅也达不到 10mm 。

分析与检修: 根据上述故障现象, 首先检查整机稳压电源输出电压是否偏低或 1.3V 小型锌汞标准电池是否老化。经过用数字万用表检测, 稳压电源输出正常, 锌汞标准电池为

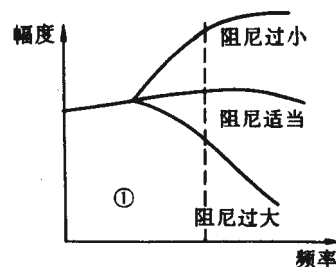


图 7-2-34 阻尼曲线



图 7-2-35 阻尼调整图

1. 27V。接着不断地按下 K_3 定标按钮，用万用表测量在 R_{12} 电阻上分压为 1mV。由上述检查结果初步得知，电源部分和定标电路无误。故障可能产生在前级或后级放大电路中。后级放大器的 BG_2 、 BG_3 管主要决定记录笔的移动幅度和线性，它的漏极电压应在 5V 左右。实际用万用表测 VD 电压为 4.9V，这说明两只场效应管工作正常。于是怀疑前置放大器增益是否偏低。这样只好在 R_{17} 电阻上串一只 47k 电位器，并慢慢调节电位器，然后按下 K_3 定标按钮，看打出的 1mV 定标波幅最大幅值是否能达到 10mm，若达不到 10mm，那就可能是记录器灵敏度太低。通过调节串接的电位器，发现打出的 1mV 波幅幅值完全能满足要求。这样确定出其原因是由前置放大器增益太低而造成的。调好串接电位器后，在原电路板上串接合适阻值的电阻。开机后，打出 1mV 标压满足要求，机器恢复正常工作。

三、XDH-3B 型心电图机故障检修 20 例

故障例 1：限幅放大器 YS_3 和反馈放大器 YS_5 同时损坏

故障现象：一通电源，功能键置准备档，记录笔上下乱打，数秒钟后笔单偏。调移位电位器，记录笔毫无反应。

分析与检修：引起单偏故障的除电源有误外，多见于放大系统及位置反馈系统故障，而位置反馈系统故障其现象虽也是单偏，但当调节 W_4 移位电位器时，笔能大幅度上下移动，见图 7-2-36 所示。于此断定，

故障一定是出在放大系统。

先测放大部分的电源为 12.5V，即电源正常。因为前置放大部分与后级放大之间是阻容耦合的，于此得出前置放大器以前的电路与本故障无关，故障在后级放大器及其以后部分。查后级放大部分。电

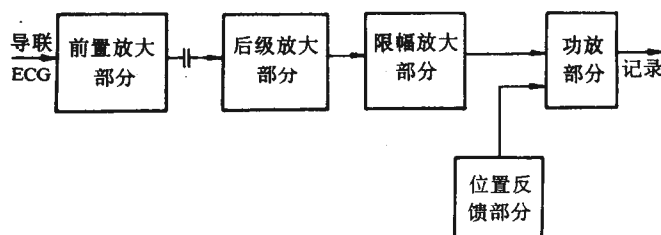


图 7-2-36 方框图

路中 BG_{28} 、 BG_{29} 是两个场效应管组成的差动放大器，在仪器静态工作时，调 W_3 能使后级运放 YS_2 的输入为 0V，此时其输出也应为零。用数字万用表测 YS_2 的输出脚，为 0.06V，说明 YS_2 以前是好的。再查 YS_3 ，从电路中得知， YS_3 的输入大小随移位电位器 W_4 的变化而变，故其输出也应随之而变，见图 7-2-37 所示。测 YS_3 的输出，得其输出值为 10.2V，说明 YS_3 已坏。更换 YS_3 后，笔的单偏现象依旧，但调 W_4 移位电位器，笔能上下大幅度移动。这说明放大系统的故障已修复，但位置反馈系统仍有故障。

位置反馈系统由 4 部分组成：即振荡源、位置检测、整流滤波及位置反馈放大器部分。强行地将记录笔置于记录纸的中间，测调零电位器 W_{11} 的中心抽头为 0.012V，则说明调零电位器以前是好的，故障在反馈放大器，见图 7-2-38 所示。测反馈放大器 YS_5 的输出，（当笔位于纸的中间时）正常的应为零，可测得为 0.78V，说明可能是 YS_5 坏，换新的 YS_5 ，故障消失。

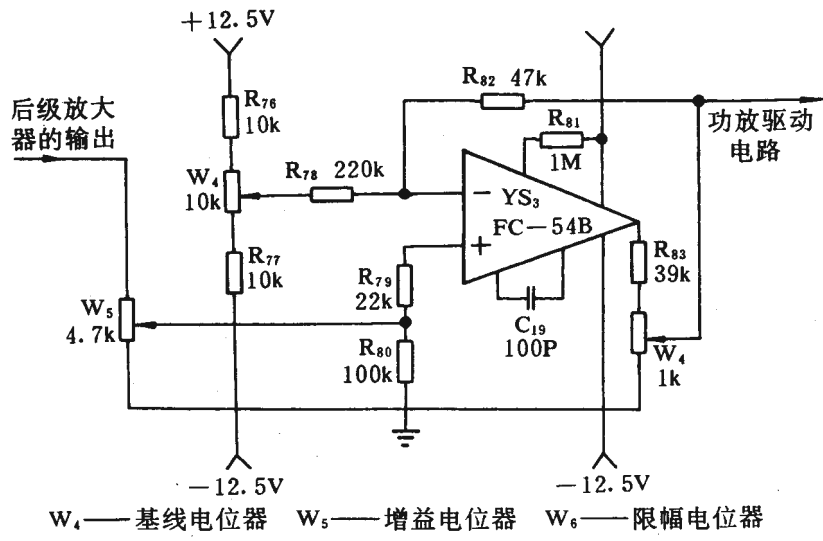


图 7-2-37 电路图

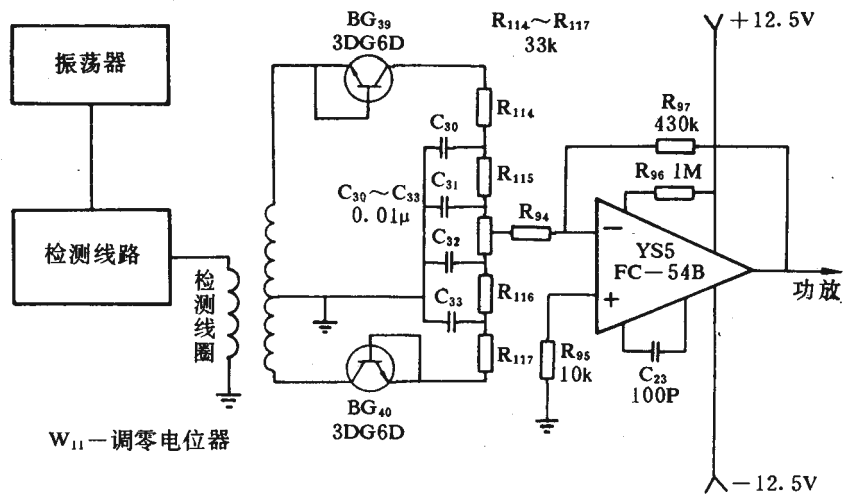


图 7-2-38 电路图

由于更换了限幅放大器 YS₃，故限幅电位器 W₆ 需重新调整。先将移位电位器 W₄ 调到极限，后调限幅电位器 W₆，使记录笔正好在记录纸的边缘。通过以上修理和调整，该机完全恢复正常。

故障例 2：放大器 YS₂ 损坏

故障现象：开机后心电图机记录笔产生向上单偏的故障。调节基线电位器 W₈，记录笔不受调节，将增益电位器 W₅ 调至最小，记录笔位移受调，BG₃₄ 发热。

第八篇

常规系列

第一章 照像仪器的维修

第一节 γ 照像机

γ 照像机在临床上已广泛应用于各种脏器的显像、肿瘤的定位、器官功能的检测、体内激素的标识及血液动力学的研究等。它为临床医学、基础医学和科学研究等开辟了新的途径，并在现代三大影像医学仪器中占据重要地位。在我国，核医学仪器是从 50 年代后期应用于临床医学的，60 年代以后进入了一个高速发展阶段，从早期的甲状腺功能仪、肾图测定仪、扫描仪、放射免疫测定仪，发展到医用直线加速器、 γ 照像机、单光子发射计算机断层处理显像和正电子发射计算机断层处理图像等，为现代医学诊断和科学研究的发展起着重要的推动作用。

早在丁照像机未诞生之前，扫描机曾是唯一可作核医学脏器显像的仪器，但自 1957 年 Hal—Anger 制成第一台 γ 照像机以来， γ 照像机或早或迟地取代了扫描机而成为近 30 年来最基本和最主要的核医学显像仪器，这主要是因为它采用了大型晶体，取代了扫描机的弓字逐点打印；完成了一次成像。在功能上，它不仅可作静态显像，更重要的是能够进行快速连续的动态显像，为进行脏器功能动态研究提供了必不可少的先进工具。

早期（60 年代初至 70 年代中期） γ 照像机的成象主要过程是以模拟方式进行的。从 70 年代末开始逐渐向数字式发展。严格地讲，真正的数字式 γ 照像机应该是从光电倍增管输出信号开始，经过形成位置信号和能量信号，到校正、采集、存贮、处理、显示都是数字式的，皆由计算机来完成。这样不仅可以明显地提高计数效率，使整体性能有很大改善，并且使整机微型化。但至今绝大多数的 γ 照像机并不是真正数字式的，而是混合型的，即在探头内部仍以模拟式为主，从探头输出位置信号开始进入数字式，这是因为对于信号放大和位置信号的形成，模拟式仍是最简单、最便宜和最可靠的方法。

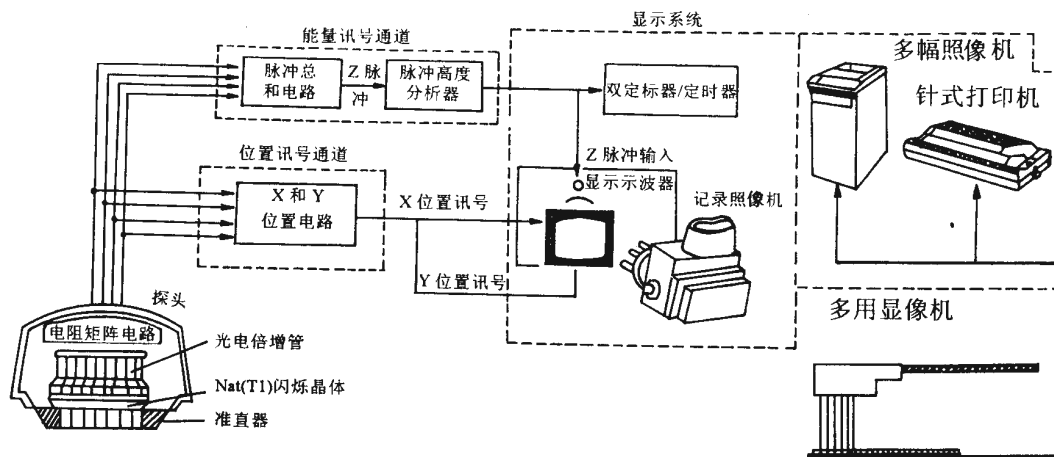
本节介绍模拟式 γ 照像机（简称 γ 照像机）的基本结构、工作原理和基本性能， γ 照像机的分类、质量控制及操作注意事项等，重点是探头部分。下面分别加以介绍。

一、基本结构和工作原理

γ 照像机由探头、后续电路、显示记录装置和显像床四个部分组成（见图 8-1-1）。

（一）探头

探头是 γ 照像机成象的核心，如同普通照像机的镜头一样。它的作用是把人体内分布的放射核素射出来的 γ 线进行限束、定位和探测。探头产生的位置信号和能量信号可供后面的电子学线路分析、处理和显示。探头由铅屏蔽组装成一整体，它包括准直器、晶体、光导、光电倍增管及定位电路，外加固定支架组成。由晶体、光导、光电倍增管组成一个大型 γ 闪烁探测器，下面分别加以介绍。

图 8-1-1 闪烁 γ 照像机的基本组成部分

1. 准直器 准直器是用铅合金或铅钨合金铸成的一种机械装置，它安装在探头内、晶体的前方，是一种特制的屏壁，它的作用用来精确确定人体内注入的放射核素所发射 γ 射线的空间位置。它只让通过准直孔的 γ 射线射到闪烁晶体上，而将其它 γ 射线阻挡，使它射不到闪烁晶体上，起定位采集信息的作用。

(1) 准直器的主要性能参数：准直器的主要参数有孔数、孔径、孔深及孔间壁的厚度，由它们决定准直器的空间分辨率、灵敏度和适用能量范围等参数。

①准直器的空间分辨率：空间分辨率表示对两个邻近点源加以区别的能力，准直孔径越小，分辨率越好。准直器越厚，分辨率越高。

②准直器的灵敏度：灵敏度为配置该准直器的探头实测单位活度的计数率。准直孔越大，灵敏度越高，准直器越厚则灵敏度越低，孔间壁越厚，灵敏度越低。

以上二点，对给定准直器的空间分辨率与灵敏度实则是一对矛盾，空间分辨率的提高必然伴随灵敏度的降低。操作者必须根据具体情况作正确处理。

③准直器适应能量的范围：它主要与孔间壁的厚度有关，厚度 0.3mm 左右者，适用于低能量 γ 射线的探测 (<150keV)。厚度在 1.5mm 左右者，适用中能 γ 射线的探测 (150~350keV)，2mm 左右的厚度适用高能 γ 射线的探测 (350keV)。

(2) 准直器的类型

①按几何形状共分四类 (见图 8-1-2)：

针孔型：为单孔会聚型准直器，外口径 2~6mm，外口与晶体间距 15~20cm。这类准直器的有效探测立体角很小，故灵敏度很低。所成影像与实体倒向。影像的大小随着准直器的外口与探测物体的间距变化而变化，间距缩短，视野缩小，但影像放大倍数增加，灵敏度也增高。应用要点是根据脏器的大小调整适当的距离，适用于较浅表的小脏器和小病变显像。

平行孔型：是最常用的准直器，其孔道与准直器内、外面垂直，内外孔径相等，故孔道平行，它的灵敏度较高。准直器外口与被测物体的间距对灵敏度、视野和影像大小影响不大，但随着间距的增加，空间分辨率将下降。

扩散孔型：这类准直器中部的孔道仍保持平行，周边的孔道逐渐向外扩散，结果是扩大了有效探测视野，其代价是周边部位的灵敏度或分辨率降低。此多与直径不够大的圆型 γ 闪烁计数器配套。用于全身显像，它仅沿 X 轴扩展，X 轴则保持平行不变。

会聚型：它是多孔会聚，其性能与针孔准直器相似，对脏器的放大倍数较小，灵敏度和分辨率较高，一般很少使用。

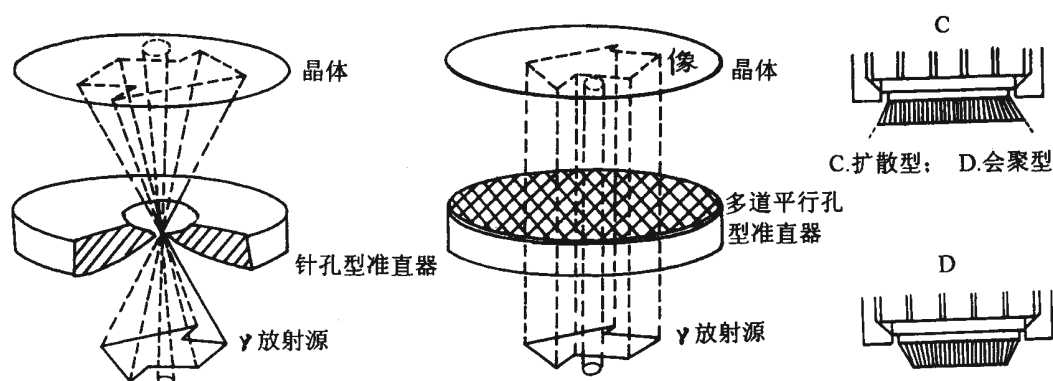


图 8-1-2 准直器的类型

②按适用的 γ 射线能量分三类：低能准直；中能准直；高能准直器。

③按灵敏度和分辨率共分三类：高灵敏型；高分辨型；通用型，即前面两种兼顾的一类。

(3) 各种常用准直器的实际性能：(见表 8-1-1)。

表 8-1-1 准直器参数

准直器类别	视野 (mm)	孔形	孔 径 (mm)	孔数	孔 间 壁 (mm)	准 直 器 厚 度, (mm)	灵敏度 cpm /37kBq	FWHM (mm)
低 能 通 用 型 (LEGP)	400	六角 形	2.5	18000	0.3	41	335	10.2
低能高分辨型 (LEHR)	400	六角 形	1.8	32000	0.3	40	195	8.1
低能高灵敏型 (LEHS)	400	六角 形	3.4	9100	0.5	36	700	14.1
中 能 通 用 型 (MEGP)	400	六角 形	3.4	5990	1.4	42	360	12.5
高 能 通 用 型 (HEGP)	400	六角 形	4.5	3500	1.9	55	250	19.0
低 能 扩 散 (LEDP)	520×400	六角 形	2.5	17800	0.3	40	250	$X-12.2$ $11.6_Y-10.9$
中 能 扩 散 (MEDP)	520×400	圆形	4.0	3200	2.6	40	245	$X-20.0$ $18.8_Y-17.5$

2. 晶体 晶体是探头的重要部件，其前端紧与准直器相接，后端紧与光电倍增管相贴（经光导）。晶体的作用是把高能 γ 光子转换成低能的可见闪烁荧光。最常用的是NaI(Tl)晶体。晶体有不同规格的尺寸和厚度。圆形晶体的大小用直径表示，它一般30~40cm，由于圆形晶体操作比较方便，一般适用于较小器官的显像，如若用圆形晶体做大器官或全身显像，它必须配用扩散型准直器，且影像还会稍有变形，两侧的分辨率亦较差。方形或矩形晶体，由于它的视野大，一般40cm×52cm，故它被广泛应用在 γ 照像机中作大脏器或全身显像及脏器联合显像。晶体的厚度不仅影响了照像机的灵敏度和空间分辨率，同时也限定了所接受射线的能量范围。照像机常用晶体的厚度为6.3~12.5mm。一般薄晶体接受射线的能量偏低，而厚晶体接受射线的能量较高。通常在照像机中薄晶体应用比较普遍，一般都采用厚度为6.3mm(1/4in)，放射核素为发射低能的射线（如 ^{99m}Tc ）。由于大视野通用型 γ 照像机的用途广泛，有时也需探测核素能量较高的 γ 射线，故一般采用9.5mm厚的晶体(3/8in)。也曾有用多块晶体制成的探测器，已基本不用。

3. 光导 光导系晶体与光电倍增管两者之间的光耦合剂（通常用的是硅油）。它的作用是平滑光的空间分布，使其光在传输过程中尽量不受损失地传输到光电倍增管中去进行逐级倍增。

4. 光电倍增管 光电倍增管是一个电真空器件，由光阴极、联极（打拿极）和阳极三个部分组成。（图8-1-3）。

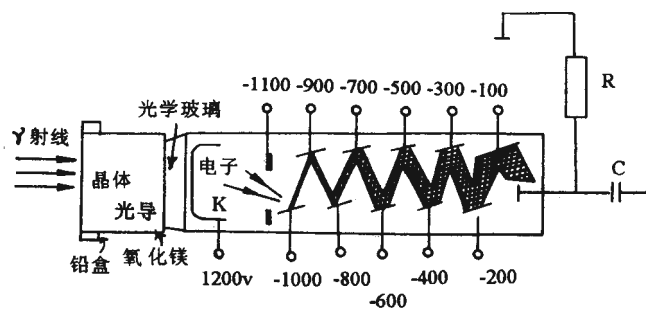


图8-1-3 光电倍增管的结构

光电倍增管的作用是把晶体接受 γ 射线照射后产生的闪烁荧光按比例地转换并放大，完成这个光电的转换过程。光电管的放大系数可高达 $10^7 \sim 10^9$ 左右，灵敏度很高，可用来测量非常微弱的光线。

（1）光阴极：光阴极是由铯铷化合物等光敏材料制成，常见的是喷涂在光电倍增管顶部透明玻璃的内壁，当晶体的荧光光子照射到光阴极时就发出光电子，光电子的数量与入射荧光光子的数量成正比。

（2）联极（打拿极）：在光电倍增管中，一般具有8~14个联极，它们由一个稳定的直流高压电源维持着各联极间和阳极间的电位差。由阴极发射出的光电子在电场的作用下，加速聚焦逐极轰击，进行逐极倍增，由最后一个联极输出射向阳极。

（3）阳极：阳极接收由最后一个联极射来的电子，经阻容耦合送至后级。

γ 照像机中常用的光电倍增管有圆形和六角形两种规格，圆形光电管的光阴极直径多为

50~75mm。在圆形晶体探头中，光电倍增管从内圈到外圈的排列个数依次为 1、6、12、18、24、30，绝大多数都呈六角形排列。因此，在 γ 照像机中光电倍增管的数目有 19、37、55、61、91 个等。但在这些数目的圆形光电倍增管排列在一起，会有较大的暗区。为了减少圆形排列的暗区，现多制作成六角形的光电倍增管。在方形和矩形丁照像机探头内，目前以 55 个光电倍增管排列为多见。

5. 定位电路 γ 射线通过铅准直器孔道投射到晶体上，晶体产生的闪烁荧光可以同时经光导传输到所有的光电倍增管上，最靠近荧光点的光电倍增管接收到的光子数最多，输出的电脉冲幅度最大。离得较远者则因接收到的光子数较少，输出的脉冲幅度较小（图 8-1-4）。因此晶体中发生一个闪烁事件就会使排列有序的光电倍增管阳极输出众多的幅度不等的电脉冲信号，对这些信号经过权重处理，就可以得到这样一个闪烁事件的位置信号 P ，

$$P = \frac{\sum_i K_i \cdot S_i}{\sum_i S_i}$$

式中 S_i 是从第 i 号光电倍增管输出的信号， K_i 是给定的第 i 号光电倍增管的位置权重因子。分母是所有脉冲信号的总和，它与入射 γ 射线的能量成正比，经过它的归一，使位置信号 P 不受能量的影响。

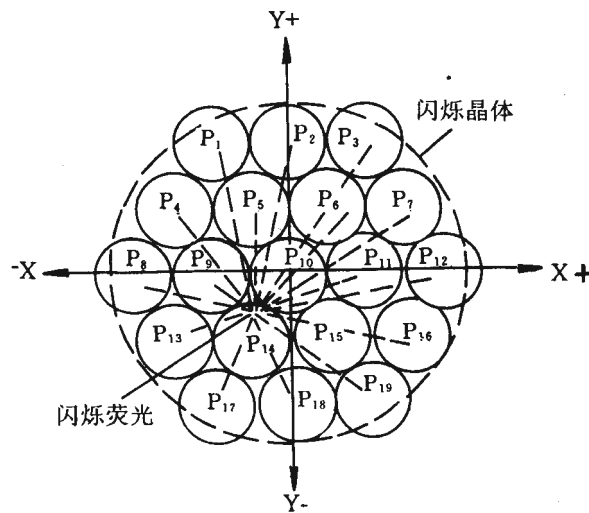


图 8-1-4 闪烁荧光传输到各光电倍增管的示意图

P_1 、 P_2 ... P_{19} 为光电倍增管序号

定位电路就是在每个光电倍增管的输出端加一个与位置有关的权重电阻或权重延迟线将每个管输出的信号进行位置权重，再利用加法电路和减法电路将所有经过位置权重的信号总和，利用比分电路得出这一事件将有的位置信号 P 。

图 8-1-5 为由各个光电倍增管的位置权重电阻组成的矩阵示意图。每一个光电倍增管都与 4 个电阻相联接，各电阻的阻值根据管的位置不同而异。以下举两个简化了的例子来说明

闪烁事件的位置信号是如何形成的。一个闪烁事件发生在晶体中心（X、Y 坐标原点），对位于第 10 号光电倍增管，其输出的信号 S_{10} 经过前置放大输入 4 个电阻，阻值相同，设为 20，由 4 个电阻输出的信号分别为 X^+ 、 X^- 、 Y^+ 、 Y^- ，经过加法、减法和比分电路乃得到 3 个新的信号；① $X = (X^+ - X^-) / Z$ ，② $Y = (Y^+ - Y^-) / Z$ ，③ $Z = X^+ + X^- + Y^+ + Y^-$ ，X 和 Y 为该事件的位置信号，在此例中 X 值和 Y 值皆为零，据此乃可以确认事件发生在 X、Y 坐标原点。Z 为能量信号，等于 $S_{10} \times 80$ 。

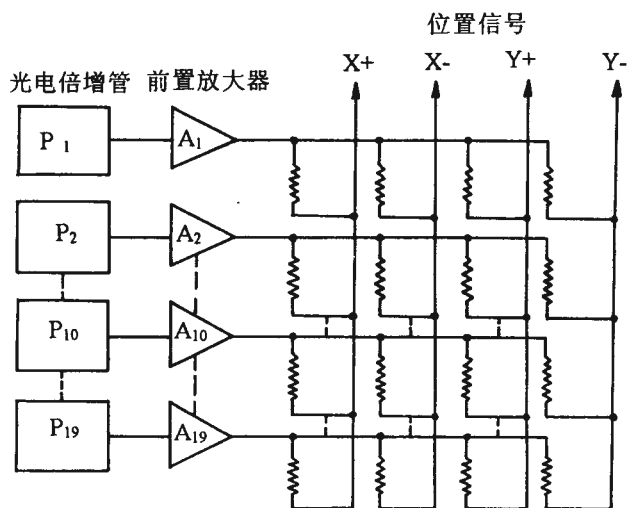


图 8-1-5 位置权重电阻矩阵示意图

再假设一个闪烁事件发生在晶体 X 轴最左侧，对位于第 8 号光电倍增管，其输出的信号 S_8 输入四个电阻，X 轴左方电阻（ X^- ）的阻值为 40，右方（ X^+ ）为 0， Y^- 和 Y^+ 的阻值皆为 20，则其位置信号和能量信号皆可求出：

$$Z = S_8 (0 + 40 + 20 + 20) = S_8 \times 80$$

$$X = S_8 (0 - 40) / S_8 \times 80 = -40 / 80 = -0.5$$

$$Y = S_8 (20 - 20) / S_8 \times 80 = 0$$

以此类推，可知任何闪烁事件发生在晶体的某个部位，相对应的光电倍增管通过位置权重电阻矩阵就会输出特有的位置信号和能量信号。当然实际情况要复杂得多，即一个闪烁事件可作用于很多个光电倍增管，每一只管都输出经过位置权重的 X^+ 、 X^- 、 Y^+ 和 Y^- 值，最后需由加法电路将各管的输出值按 X^+ 、 X^- 、 Y^+ 和 Y^- 值分别总和起来而给出此事件的 X、Y、Z 信号。这种位置权重矩阵电路被称作高精度坐标计算装置。

6. 支架 沉重的探头必须有牢固可靠的支架支持，但又必须能进行各种方向的灵活移动和转动、支架配有与各种准直器平衡配重装置和有效的制动阀。

（二）后续电路

后续电路指探头输出的位置信号和能量信号随后进入的各种电子线路，它包括：

- （1）信号线性放大器。
- （2）多道脉冲幅度分析器，选择所需要的能量信号。

- (3) 定标电路：用以预置成像计数量。
- (4) 定时电路：预置一次或连续多帧成像的时间。
- (5) 门电路：即用生理信号触发采集和停止采集。
- (6) 定方位电路：不论病人体位如何，使成像总是保持是正像。
- (7) 电源电路
- (8) 探头运动和制动电路。

(三) 显示记录装置

1. 余辉显示器和高分辨显示器 位置信号 X、Y 分别传输给显示器的水平(X)和垂直(Y)偏转板，使同时输入的能量信号定位触发阴极射线管起辉。阴极射线管逐个积累光点达一定量即形成一帧闪烁影像。

余辉显示器能够实现观察影像，但较为粗糙，它常安置在探头支架上方用于观察病人的体位和粗略的影像监测。高分辨显示器则用于实时或重放时的精细观察和照像。

2. 硬拷贝 为永久保存影像并对影像进行复制，常用的有：①多幅照像机；②Polaroid照像机；③针式打印机；④影印机；⑤磁盘；⑥光盘，等等。

(四) 显像床

最理想的是多用显像床，它可通用于平面显像、断层和全身显像。以碳素纤维为原料，其厚度 $<1\text{cm}$ ，但对丁射线的吸收小，勿需进行衰减校正。要求负重 $150\text{kg} / \text{m}^2$ ，有可调头托。由马达控制水平和垂直方向移动，包括在轨道上等速纵向水平移动以进行全身显像（有的仪器是固定床而由探头等速移动）（图 8-1-6）。

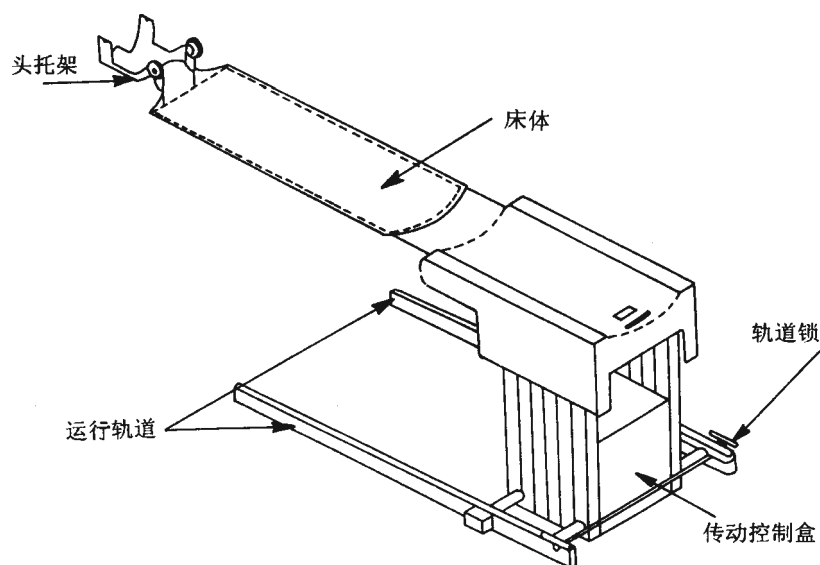


图 8-1-6 显像床

二、分类

由于临床需要不同， γ 照像机从发展至今设计了不同的类型，包括移动式 γ 照像机、多

晶体 γ 照像机、模拟和数字式 γ 照像机、全身显像 γ 照像机、断层和正电子 γ 照像机等。

(一) 移动式 γ 照像机

随着心脏病学的发展,为了适应危重病人的检查和床旁监测的需要, γ 照像机可推至病房床旁、急诊室及冠心病监护病房等部门。移动式 γ 照像机就是为了上述目的而设计的。它体积小,重量轻、晶体薄,使用低能核素,计算机微型、程序专一,与主机控制台合为一体。此仪器的缺点是对大脏器检查视野偏小,对高能放射核素不适用。

(二) 多晶体 γ 照像机

在 γ 照像机发展的初期阶段,为了解高能放射核素的显像,Bender和Blau两人发明了多晶体 γ 照像机。该机由294块晶体组成、晶体分成“行,21列排列。每行、每列分别与一个光电倍增管相联、总数35个光电倍增管。由于它的位置信号一开始就数字化了,因此处理速度加快。它适用于心血管的快速动态检查。其缺点是检查视野小,能量分辨差,故临床应用受限。

(三) 模拟式和数字式 γ 照像机

模拟式 γ 照像机系指位置信号乃至最后的照像信号均为模拟量。国产长城牌 γ 照像机,进口Omega 500、Sigma 438均属于模拟式 γ 照像机。现代绝大多数的 γ 像机都是混合型的,位置信号是模拟的,以后在不同的阶段转换成数量。另外, γ 像机的控制台与计算机合为一体,由一系列微机进行数据的采集、处理、显示。

数字式 γ 照像机的主要优点是提高了计数效率,适合于快速动态研究。但机器校正比较复杂,计算机一出故障就会影响 γ 照像机的正常工作。要求高水平的工程人员进行管理,从维修上亦比单纯模拟式 γ 照像机要复杂。

(四) 全身显像 γ 照像机

全身显像是利用扫描的方式得到一幅人体全身的放射核素分布图。利用移动探头或床都可达到全身显像的目的。为了节省空间,现代 γ 照像机做全身显像多采用探头移动的方式。探头移动系统由直流马达和电控线路组成,可根据不同要求调节扫描速度。也有的机器通过计算信息密度自动调节扫描速度,保持成象质量不受注入剂量大小及病人因素的影响。

三、性能及质量控制

(一) γ 照像机的均匀性

γ 照像机均匀性是描述探头对均匀泛源响应的差异。晶体光转换的不一致、光电倍增管增益不均匀,光导和硅油匹配不佳,耦合不良,高压和单道分析器阈值不稳定均会影响 γ 照像机的均匀性。

现代 γ 照像机都加了均匀性校正线路来克服非均匀性造成的图象变劣。校正由一微处理机来完成。探头视野分割成 64×64 大小的矩阵,用一均匀泛源照射探头,计算机相应的校正因子并存入存储器中。进行 γ 照像时,将相同矩阵单元的计数与校正因子进行运算,得出校正结果。

能谱漂移或峰位、窗亮变化常影响均匀性的好坏。 γ 探头得到的能谱是各个光电倍增管

能谱的叠加。晶体的非均匀响应，光电倍增管增益的差异及光耦合不良均会影响局部区域的能谱变化。能谱校正时同样把探头化分成 64×64 个小单元，将每个矩阵单元的能谱值存入存储器中。实际采集图象时，将能谱的漂移再校正过来。

非线性的影响与能谱漂移相似，不过它是通过位置畸变造成均匀性不佳。例如空间某闪烁点的位置坐标为 (5, 6)，畸变后为 (7, 4)，则原始位置 (5, 6) 的计数减少，(7, 4) 位置的计数反而增加。校正非线性畸变也是通过一 64×64 矩阵事先存储校正因子，采集图象时按相应的空间位置进行补偿。

计数校正是各丁照像机生产厂家都采用的，因为各种非均匀性的响应最终表现为计数率的差异。计数校正有加、减计数法和计数抑制法两种。加减计数法是在探头的灵敏度“冷”区或“热”区增加或减少计数，从而达到探测效率的一致性。计数抑制法是把最大计数向最小计数压缩，如果把探头视野内的所有计数都压到与最小值一致，称 100% 校正，压缩至最大计数数值的一半，称 50% 校正。计数校正要影响 γ 照像的计数真实性，在做定量分析和动态研究时要特别小心，甚至有人建议不用均匀性校正。

均匀性的定量测定有积分均匀性和微分均匀性两项指标。积分均匀性是测量探头有效视野或中心视野内最大计数率和最小计数率的差异程度。微分均匀性表示这种差异对距离的变化率。常规临床质控可用照像法直接肉眼观察胶片放射性分布的均匀性，但机器验收时则一定要用定量测量。需要强调的是定量指标与选用矩阵大小、平滑点数有关。NEMA 标准规定测试均匀性为 64×64 矩阵，最大值和最小值取周围九点的平均值。

(二) γ 照像机固有空间分辨率和调制传递函数。

γ 照像机固有分辨率为探头不带准直器时分辨两个点源或线源最小距离的能力。它与晶体厚薄、光电倍增管大小及数目、能量分辨率都有关系。最简便的方法是用不同大小的铅条铅栅模型测量，确定分辨的最小宽度定为分辨率。测量时应将模型在 X、Y 两个方向对换。定量的办法是测量点源或线源的伸展函数，取曲线峰值一半处的全宽度 (TWHM) 为探头的分辨率。更精确的测量是调制传递函数 (MTF)，它反映了空间频率对图象调制 (对比度) 传递的影响。MTF 一般用于系统分辨率的测定，因为它包含了散射线和壁准直器的穿透的影响。

$$MTF = \frac{M_1}{M_s}, M_1 = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}, M_s = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}}$$

式中， M_1 、 M_s 分别为图像和物体的对比调制。 I_{max} 、 I_{min} 代表图像计数的最大值和最小值。 S_{max} 、 S_{min} 代表系统的最大值和最小值。

(三) 死时间和计数率特性

死时间和计数率特性是 γ 照像机的又一重要性能指标。 γ 照像机能够分开两个闪烁光子的最短时间称为死时间。用 τ 表示。任何计数单元，单道分析器，定标线路，计算机接口和脉冲处理单元都会产生死时间。非麻痹系统只是简单造成计数损失，并不对后面探测产生任何影响，麻痹系统不仅造成计数丢失，还要延长后面探测的死时间，造成脉冲堆积。闪烁探头一般视为麻痹系统，其余部分可视为非麻痹系统。死时间可用双源法测量。死时间受测量

用放射核素种类、单道分析器的窗宽及窗位、散射媒质、数据处理系统的响应时间等因素影响。

死时间造成计数丢失,因而真实计数率与观察计数率在低计数率时为线性关系,在高计数率时呈非线性关系。观察计数率对真实计数率所作的曲线称计数率特性曲线。

(四) 固有空间线性度

γ 照像机的固有空间线性度表明 γ 照像机对 γ 光子位置失真的度量。固有空间线性度可用微分线性度及绝对线性度两个指标来测定。微分线性度定义为有效视野或中心视野内线扩展函数峰值间隔的标准差;绝对线性度则为线扩展函数峰值间隔的最大偏差,均用毫米表示。测量线性度时应用标准线源置于铅槽模型中进行。常规质控中也可用一象限的铅栅模型,铅条长度应大于有效视野直径。根据模型 X 光胶片铅条的弯曲情况即可判别线性度的好坏。测量应在 X、Y 两个方向进行。

(五) 测量用放射源

丁照像机性能测试除了一套标准模型外,还应有测量用的放射源。测量用放射源包括:点源、面源和线源。点源用丁照像机固有性能的测试。点源活度的确定是以测定的最大计数率不大于 2×10^4 计数/秒计算的。知道了点源距探头的距离和视野大小,点源的活度即可计算出来。一般为 11MBq (300 μ ci)。面源用来测试 γ 照像机带有准直器的性能。它的活度不得小于 185MBq (5mci),均匀性 1%。面源也可用来测量 γ 照像机的固有性能,但此时的活度应低于 3.7MBq (100 μ ci),否则将会严重损坏晶体和光电倍增管。线源用来测量 γ 照像机的空间分辨率和空间线性度。线源长度一般为 30~40cm,宽度小于 1mm,活度 37MBq (1mci)。所有测量用放射源都可用 ^{57}Co 或 $^{99\text{m}}\text{Tc}$,临床质量控制,多用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 较为方便。

四、使用前的检查及注意事项

(一) 使用前的检查

为保障丁照像机的正常工作,凡操作使用前都必须按如下常规进行检查。

(1) 检查探头支架、探头、准直器、晶体及床等:主要查其牢固性、操作的灵活性,探头升降、旋转的可靠性,制动装置的灵敏有效性。看有否损坏、变形、裂痕,以确保受检查及操作者的安全,防止仪器人为的损坏。

(2) 检查能谱曲线:常规放置 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射源不卸准直器,用多道分析器显示能谱曲线,记录能峰位,计算 FWHM,与最近 3 个月以来的记录比较(变化不小于 $\pm 10\%$),合格者置 20% 的能窗,微调能窗中心对位于光电峰后可以使用。若不合格,应重复几次,以观察是否电源不稳、温度变化、电子线路等故障引起短期波动。

(3) 检查均匀性:用面源进行系统均匀性检查。无面源则进行固有均匀性检查,即卸去准直器,放置铅环,用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 点源,放置每次固定几何位置,常规置窗、64 $\times$ 64 矩阵,采集模拟或数字影像使目测影像与近期或验收影像无明显差别。

(4) 检查本底计数率:不卸准直器,探头面向下,对位于检查床中心,设置所用常规工作条件,采集 100s 计数应与近期值相比较,变化不大于 20%。

(5) 检查显示器:调节显示器的聚焦和散光钮,直至光点小、圆而边缘清晰。

(6) 检查影像胶片处理情况：观察胶片的透明度、均匀性、有否不规则本底及其它处理不当或检查暗室的光照、温度、显影、定影药水等等。

(二) 操作注意事项

γ 照像机是一台较为复杂的精密仪器，应注意细心按其操作规程，以维持其稳定的、良好的工作状态。

(1) 尽量保证光电管的高压不中断，避免重复开关高压对仪器带来伤害。

(2) 白天、夜间较长时间不用时，应该关闭显示装置，尽量减低显示器的光亮度，以免显示器提前老化。

(3) 不进行各项检查时，探头应晶体向下，置探头于水平位。

(4) 保持室温每小时变化 $<3^{\circ}\text{C}$ ，以防温度突变使晶体碎裂。

(5) 为防止人为、机械、温度等对晶体的损害，准直器一般不必卸下。

(6) 防止放射源直接污染探测器。

第二节 发射型计算机断层 (ECT)

一、概 述

(一) 发展简史

发射型计算机断层 (Emission Computed Tomography, 简称 ECT) 是医学影像技术的重要组成部分，是计算机辅助断层 (CT) 技术在核医学中的应用。发射型计算机断层分为单光子发射计算机断层 (SPECT) 和正电子发射型计算机断层 (PET) 两类。自 70 年代末期 SPECT 广泛用于临床核医学实践以来，ECT 在核素显像，乃至整个医学影像中的地位和作用都得到了无可争辩的承认。这是核医学家们多年的追求、实践与尝试的结果，是核素显像技术继扫描机、 γ 照像机问世以后的又一进展。与其它医学影像技术相比，ECT 发挥了核医学的固有特点，它可以显示脏器功能，研究其代谢情况，提供定性与定量的信息。特别是近些年来，一些新的心脏和脑及其它显像剂的临床应用，使 SPECT 的功能大大扩展，过去要用 PET 才能实现的检查则可由 SPECT 代替。这不仅仅是降低了成本，而且更具有其实际应用价值。与普通 γ 照像机平面像相比，断层图像可以提供三维信息，直接测量脏器和组织的放射性浓度，为许多定量分析和计算提供了基本的保证。此外，由于断层图像不受深度、脏器大小和厚度的影响，对于一些深层部位的病变也显著提高了探测能力。

发射型计算机断层的研制工作早于 X 线 CT。1963 年 Kuhl 和 Edwards 等研制了一种称为横向断面的扫描仪，该设备已具备了现代 X 线 CT 的概念，该装置包括两个带准直器的射线探头和扫描机系统，在扫描物体的表面平行移动，然后再旋转一固定角度重复扫描，这样，实际上可获得不同方位的投影，即放射性分布的活体剖面。Kuhl 等人当时所用的图像重建方法是简单的反向投影法，因而其图像模糊，对比差，图像矩阵单元的活性值与实物分布无对应关系。Kuhl 等人以后又作了不少改进，并引入了计算机校正，终于在 1979 年做出了第一台头部的 SPECT。

PET 的研究工作经历更长的时间,一些雏型机的设计和制造最初是在大学和医学中心进行,成熟后才转入工厂生产。世界上主要集中在美国、西欧和日本,其中 2 / 3 以上的 PET 中心在美国。比较有名的 PET 实验中心有美国波士顿麻省总医院、洛杉矶加州大学,华盛顿大学、约翰·霍甫金斯大学、纽约州大学、美国国家卫生院、瑞典斯德哥尔摩大学和英国 Hammer-smith 医院等。但 PET 目前仍未能广泛应用于临床,其主要原因是耗资大,除了 PET 外,还要有医院内专设的回旋加速器和一批包括核物理、核化学和核医学的技术队伍。PET 的实用价值目前已得到公认,它已被认为是最有发展前途的影象技术之一,誉为“探讨人类大脑奥秘的锐利武器”。

ECT 在研制过程中遇到了两大障碍:光子通量的限制和衰减校正。这两大障碍目前仍是 ECT 发展和改进的主要难关。ECT 的光子通量受到注入人体内放射性核素剂量的限制。ECT 的图象是由体内发射出的 γ 光子构成,通常情况下只有注入量的万分之几的光子可用来作被检脏器的成象,其它大部分信息浪费掉了。与此相反,X 线 CT 是由 X 线球管产生的 X 线穿透人体构成断层图像,成像结束,射线也就终止了,因而可加大成像光子的束流强度。一般而言,一张断层图像的光子通量,X 线 CT 为 ECT 的 $10^3 \sim 10^4$ 倍。ECT 成像的另一困难是有两个变量,即放射性的浓度和衰减系数。对放射性核素显像,只有放射性浓度有意义,衰减因素必须加以清除或校正。衰减校正涉及组织的成分、成像物体和脏器的大小、形状以及放射性核素的能量。真正完善的衰减校正极其困难的。目前,商业产品中较多的采用平均衰减校正,实验研究采用模型校正。

SPECT 的临床价值已经有了肯定的评价。它的发展方向仍然是克服两大基本障碍,进一步改进和提高空间分辨率和灵敏度,减少伪影,朝着多功能、快速动态的方向发展。而 PET 则要进一步改善设计,降低成本,使它从少数研究中心扩大到广泛的临床应用。另一途径是开发更多的心脏和脑的代谢研究药物,使 PET 的工作可用 SPECT 替代。但是,PET 所使用的正电子发射体放射性核素,如 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{18}F 和 ^{13}N 是与生命现象密切相关的基本元素,它们在研究人体生理、生化代谢功能中的作用是其它放射性核素很难替代的。

(二) 发射型计算机断层的分类

发射型计算机断层根据发射光子的来源分为单光子发射计算机断层(SPECT)和正电子发射计算机断层(PET)。SPECT 所使用的放射源为普通丁照像机使用的发射 γ 射线的放射性核素。用普通的单光子探测法或 γ 探测法即可测量。从探测原理上讲,SPECT 探头系统只要有一个 γ 探头就可以了,用两个或多个探头只是为了提高探测效率。正电子发射型计算机断层是采用回旋加速器生产的能发射正电子的放射性核素作为放射源。此种类型的放射性核素衰变时由于湮没辐射,发射两个方向相反的 γ 光子,需要用符合探测原理进行探测。PET 探头系统要求有两个或多个 γ 探头构成、成相对排列。

SPECT 还可分成许多类型。根据探头的结构不同分为扫描机型的 SPECT 和 γ 照像机型的 SPECT,扫描机型的 SPECT 由一个或多个扫描机探头构成 SPECT 探头系统。数据采集时,探头做平动和转动两种运动。它的特点是采集速度快,断层灵敏度高,适用于快速动态断层。 γ 照像机型的 SPECT,主机为一 γ 照像机,加上探头支架旋转机构及图象重建软件。由于光子的收集率与 γ 光子发射体对探头所张的立体角成正比,所以 SPECT 的探头都采用大视野的晶体,以提高体积灵敏度。 γ 照像机型的 SPECT 在采集数据时所收集到的信息是

以探头直径为长轴的一个圆柱体。这种采集方式，一次旋转 360° 就可以得到多个断层，最多可达 128 个断面。该类型的 SPECT 由于体积灵敏度高，一次数据采集可得到多个断层，又兼有普通 γ 照像机的功能，因而得到了广泛的应用。在目前的商业产品中，γ 照像机型的 SPECT 占了 90% 以上。一台 γ 照像机型的 SPECT 具有四大功能，即静态成像、动态研究、全身扫描及断层摄影。

SPECT 的另一种分类方法是根据原始层平面的数据采集。如果原始层平面的数据来源于平行人体长轴方向的投射，则称为纵向断层，相反，如果原始断层平面信息来源于垂直人体长轴或垂直于探头表面的断面，则称为横向断层，显然，从原始断层经图象重建可以得到任何方位的断层。对临床有价值的断面是横断面，冠状面和矢状面断层图。在心脏和脑断层中，斜位断面重建有特殊价值。

纵向断层和横向断层的区别有两点：①纵向断层是有限角度取样，横向断层是完全角度取样。有限角度取样是通过特殊准直器的准直孔方位或几个固定方位转动的数据采集来重建图像。完全角度取样则可在 0° ~ 360° 间取若干投射，由此重建图像。实践证明，完全角度取样的 SPECT 图像质量好，伪影少，摆位方便。目前绝大多数临床应用的 SPECT 为完全角度取样的横向断层；②横向断层应用了 X 线 CT 的图像重建技术，断层平面内无重叠信息干扰，图像对比度好，可以进行定量分析。纵向断层一般应用体层摄影原理，虽然也有图像重建，但断层平面内仍有周围平面信息的干扰，图像对比差，不适合做完全定量分析。纵向断层也有许多模式，但真正获得临床应用的是七针孔准直器断层和旋转斜孔准直器断层。这两种 SPECT 制造简单，只需在 γ 照像机探头上附加特殊准直器即可。而且应用了计算机进行均匀性校正和衰减补偿，在 80 年代初期心脏和小脏器断层上曾有过报道。

七针孔准直器断层出现于 1978 年。Vogel 等人设计了一种特殊的准直器，它有 7 个针孔，中间 1 个，周围 6 个，成六角阵列排列。每个针孔的直径为 5.5mm，孔心距为 6.35cm。准直器表面与晶体表面距离为 12.7cm，中间有铅屏蔽，防止投射剖面的相互重叠。图 8-1-7 为七针孔准直器断层的原理图。

七针孔准直器断层利用了针孔的光学原理。针孔上所得的 7 个不重叠的图像并不是断层图像，它们是从不同角度的原始投影剖面图。经过均匀性及衰减校正后，原始的 7 幅图像可用来重建不同深度的纵向断层图像。

七针孔断层中很重要的一个步骤是要进行点源采集和校正。点源的七幅投射剖面图在晶体上有固定的中心位置。断层图像的深度由物体形成的 7 幅图像与点源图像的相对距离决定，越靠近晶体视野中心，所得到的断层图像愈接近准直器表面；越靠近晶体视野边缘，断层图像愈远离准直器表面。断层面叠加形成一锥体，距准直器表面越近，断层面越小，距准直器表面愈远，断层面越大。

旋转斜孔准直器断层与七针孔准直器断层有相同的原理。斜孔为平行孔，与晶体表面成一定角度。斜孔准直器可以绕晶体中心轴旋转一定角度，其旋转运动可以是手动，也可以是马达驱动。原美国 Technicare 公司的“Tomovision”系统为旋转斜孔断层。平行斜孔与晶体表

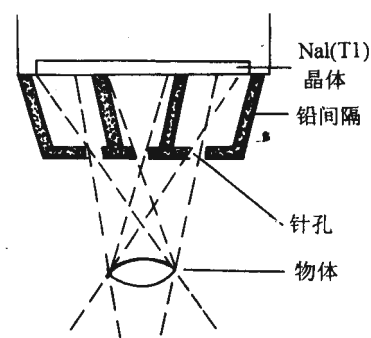


图 8-1-7 七针孔准直器剖面图

面成 25° 角，可以转动 6 个不同的方位，从而得到 6 幅投射剖面图。用迭代技术可以重建不同深度的纵向断层图象。由于它们均属于不完全角度取样，断层内有周围信息干扰，空间分辨率和均匀性都较差，容易产生伪影，故目前已废弃不用。

二、SPECT 的工作原理

（一）单光子和湮没辐射光子

单光子的概念是相对于双光子而言的。 γ 光子的两种探测方式是由形成丁衰变的放射性核素的性质决定的。普通 γ 照像机和扫描机使用的放射性核素一般是由反应堆生产的，如 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{125}I 等。这种类型的放射性核素是富中子的，因为在生产过程中，用中子轰击母靶，使它得到过剩的中子而变成不稳定，放射性的原子核在衰变过程中要发生中子与质子的转化，把一个中子转化成质子，同时产生一个 β^- 粒子，称 β^- 衰变。衰变公式为： $n \rightarrow p + \beta^-$ 。经过 β^- 衰变的原子核还有多余的能量，在回复到基态时释放多余的能量。多余能量以 γ 光子形式释放出来，产生的光子是单方向的，也是单个的，单光子的名字由此而来。

与此相反，从回旋加速器中生产放射性核素是用质子、氘核等轰击母靶，产生的放射性核素是缺中子的。在衰变过程中，这类放射性核素把一个质子转化为中子，同时产生一个 β^+ 粒子，称 β^+ 衰变。衰变公式为 $p \rightarrow n + \beta^+$ 。 β^+ 为正电子，只能在组织中瞬息存在，很快与组织周围的负电子结合形成两个丁光子。正负电子通过质能转换消失，形成两个 γ 光子的过程称为湮没辐射。湮没辐射形成的两个丁光子是成对的，发射的方向是相反的，与单光子相比，也可称为双光子放射性核素。需指出的是：在丁衰变中，除了湮没辐射外，也有正常的丁衰变及特征 X 线辐射。

（二）SPECT 与 γ 照像机的异同

从概念上讲，SPECT 与丁照像机完全不同。 γ 照像机得到的是重叠的二维平面像。SPECT 得到的是由许多二维断面构成的三维立体像。但从 SPECT 分类中可以看出，SPECT 与 γ 照像机有着密切的关系，特别是目前应用较广的旋转型丁照像机 SPECTI，实际上就是 γ 照像机的新发展。所以许多厂家把 ECT 作为一个选购件。当然，此种类型的丁照像机与普通 γ 照像机已经有许多不同之处。例如，晶体为大视野，探头的各种校正更加严格，应有能使探头旋转的机械装置，计算机容量大，速度快，有图像重建软件等。

（三）SPECT 与 X 线 CT 的异同

X 线 CT 问世之前，SP. ECT 的研究工作就已经开始。X 线 CT 在研究的初期阶段，无论从探测技术上还是射线源方面都借鉴了核医学的技术。X 线 CT 的发明者，英国 EMI 公司的工程师 Ho-unsfield 在开始研究 X 线 CT 时不是用的 X 线源，而是用的放射性核素产生的 γ 射线源，所采用的探测技术仍为闪烁探测法。由 γ 源的强度不够，数据采集时间长达几十小时。现代的 X 线 CT 都采用强束流的 X 线，它是从旋转阳极的 X 线球管中产生的。X 线为一连续能谱，在穿透人体时要产生射线硬化效应，影响测量精度。在骨密度的 CT 定量测定中，人们还是寻找合适的丁线源替代 X 线源。

SPECT 与 X 线 CT 是一对孪生物，它们之间的关系如同核医学与 X 线诊断学的关系一样。它们本质的联系和区别在于对射线源的利用不一样。SPECT 是利用被注入人体内的放

射性核素发射出的 γ 光子为射线源构成断层图像。由于正常组织和病变组织浓聚放射性核素的浓度不一样，从而射出的光子密度不一样，这样构成的图像是反应人体功能的解剖图像。X 线 CT 是利用外来的 X 线作为射线源去穿透人体。由于各种正常及病变组织的物理密度不一样，从而射出的光子密度也不一样，这就构成一幅反映人体密度差异的解剖图像。

SPECT 在 X 线 CT 的影响下也有了迅速的发展，借鉴了 X 线 CT 的图像重建技术。在现有的 SPECT 中都采用滤波反投影法 (FBP)，这也是在 X 线 CT 中广泛采用的重建技术。

SPECT 与 X 线 CT 的主要区别是重建变量和诊断依据不一样，X 线 CT 以衰减系数作为重建变量，以物理密度有否差异作为诊断的依据。如果一种正常组织和病变组织在物理密度上没有差异，或者其差异在 X 线 CT 对比分辨能力以外，肿物再大也很难分辨出来。SPECT 以放射性浓度为重建变量，以组织吸收功能差异为诊断依据。虽然 SPECT 图像空间分辨率差，图像比较粗糙，但在反映正常组织与病变组织的功能差异上是很有帮助的。例如，鉴别诊断肝癌与肝血管瘤，SPECT 就大大优于 X 线 CT 和超声。

SPECT 在取断层面的厚度上与 X 线 CT 也不一样，X 线 CT 是采用几何准直的方法来限制束流的宽度，改变断层厚度需要更换准直器，而且准直器的选择要在数据采集前进行，数据一旦采集好了，断层厚度就固定死了。SPECT 选择断层厚度则是靠丁照像机探头的定位线路， γ 照像机探头平面有两个位置方向，X 和 Y 方向，从横向断层图像看，探头的 Y 方向沿人身体的长轴，断层为 2、X 平面。根据丁照像机定位线路，Y 的坐标位置信号贮存在存储器中，计算机只要根据需要进行选择 Y_1 及 Y_2 两个坐标就可把厚度确定下来。 Y_1 、 Y_2 可任意选择，从而断层厚度可以任意选择。SPECT 断层厚度的选择可以在数据采集后进行，而且可以任意改变，这对临床应用是很方便的。

(四) 图像重建技术在 SPECT 中的应用

CT 是一种利用计算机辅助重建图像实现断层的方法。早在 1927 年 Ra'don 就提出了图像重建技术，很快在宇宙天文学和其它领域得到了广泛应用。X 线 CT 出现以后，图像重建技术在医学影像技术中有了广泛的应用，相继出现了磁共振 CT，发射 CT。也有人把图像重建技术用于工业探伤，称工业 CT。

什么是图像重建技术？图像重建的简单定义是已知物体在不同方向的投影值，求物体内部各点的分布。在 SPECT 中，则是已知各方向的投影值（测量值），求断层平面内各点的放射性活度。为了使图像重建技术的概念更为清楚，可以简单的解线性方程组求未知数入手来理解图像重建。在此基础上再引入 ECT 中常用的滤波反投影法 (FBP) 和卷积积分法。以下用一个二维四元矩阵代表一断层，实际的断层只是矩阵更大一些，最小为 32×32 、最大为 512×512 。设四元矩阵中每一矩阵单元的放射性活度值分别为 C_1 、 C_2 、 C_3 和 C_4 ，由探头在三个方向测得的投影值如图 8-1-8 所

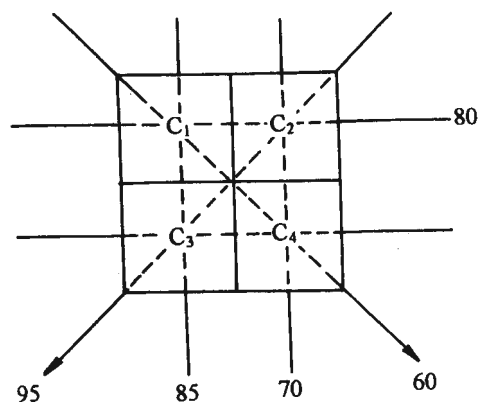


图 8-1-8 图像重建原理

示。由已知的测量值可以列出三组方程：

$$\text{水平方向: } C_1 + C_2 = 80$$

$$C_3 + C_4 = 75$$

$$\text{垂直方向: } C_1 + C_3 = 85$$

$$C_2 + C_4 = 70$$

$$\text{对角方向: } C_1 + C_4 = 60$$

$$C_2 + C_3 = 95$$

解上面三组方程得未知数 $C_1=35$, $C_2=45$, $C_3=50$, $C_4=25$ 。将计算的 C_1 、 C_2 、 C_3 和 C_4 值代入矩阵中得出计算的射线和。将计算的射线和与测量的射线和相比较, 两者完全一致。这里保留了一个问题, 解四个未知数为什么要用 6 个方程? 仔细考查一下可以发现, 6 个方程中实际只有四个是独立的。如果用另外的方法求解, 仅有水平和垂直两个方向的投影也是不够的, 这涉及重建图像的取样问题。解线性方程组的方法对大的矩阵就很困难, 而且也不精确。在实际应用中, 图像重建通常采用的方法是迭代法和滤波反投影法。迭代法曾在 X 线 CT 的发明中被 Hounsfield 首先采用。目前在一些非完全角度的取样中仍被采用。滤波反投影法是商业 SPECT 产品广泛采用的图像重建技术。FBP 法要求采样是完全角度取样, 并且一定要全部数据获取完毕后才能进行图像重建。

下面用图解及数字运算说明反投影及滤波反投影的过程。反投影实际上是把原始图像在各个方向的投影值反向投影到矩阵的各个矩阵单元中, 其投影反投影过程如图 8-1-9 所示。图中 8-1-9 (1) 为一 4×4 矩阵, 点源在该矩阵中的分布是未知的, 但各个方向的投影值可以测量。图中画出了水平和对角线两个方向的投影值、水平方向为 10、80、10; 对角线方向为 20、100、30。图中 (2) 是 (1) 的反投影。反投影过程是把原投影值均匀分配在同方向的各个矩阵单元中, 然后将每个矩阵单元中的值相加。图中 (3) 是水平和对角线两个方向反投影的结果。图中省略了其它方向的反投影。如果把所有方向的反投影都相加起来就得到结果 (4)。图中 (4) 的结果表明一个点源经过简单反投影重建出来的图像失真了, 点源发散。图中除了中心值 1000 外, 周围有了很高的本底 (400)。

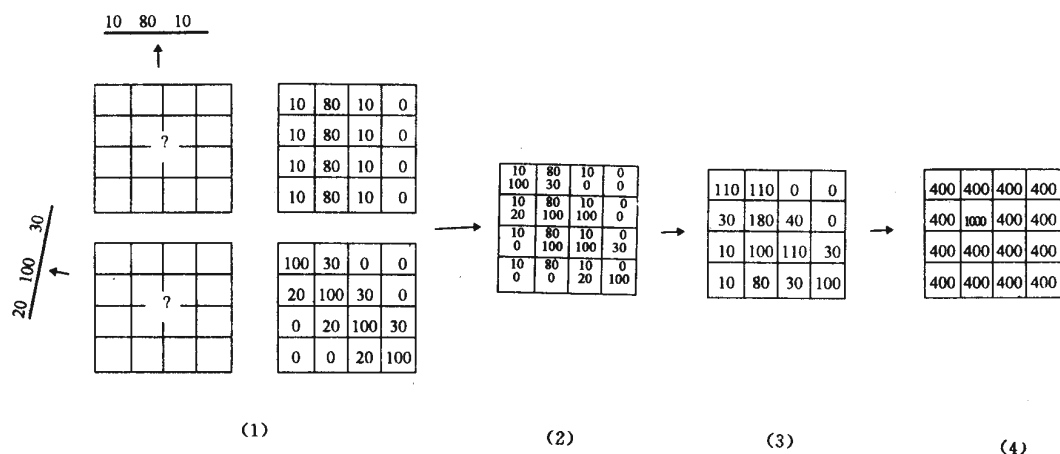


图 8-1-9 反投影方块图

点源反投影后出现发散现象的重要原因是成像系统的高频响应太差,图像重建过程中又丢失了较多的高频成分。为了使图像复原,需要列入适当的滤波函数。将原始投影剖面与滤波函数卷积后再反投影称滤波反投影。要消除正的本底,滤波函数应选中间为正,两边为负的分布。卷积的结果使原始投影值也变为中间正,两边负。图 8-1-10 中,(1)的投影就修正为-10、80、-10和-20、100、-30。其它各个方向的投影也按同样规律修正。图中(3)为滤波反投影的最终结果。由此可见,经滤波后的反投影消除了周围的本底,中心为 1000,周围为 0,点源恢复了一个点的分布。

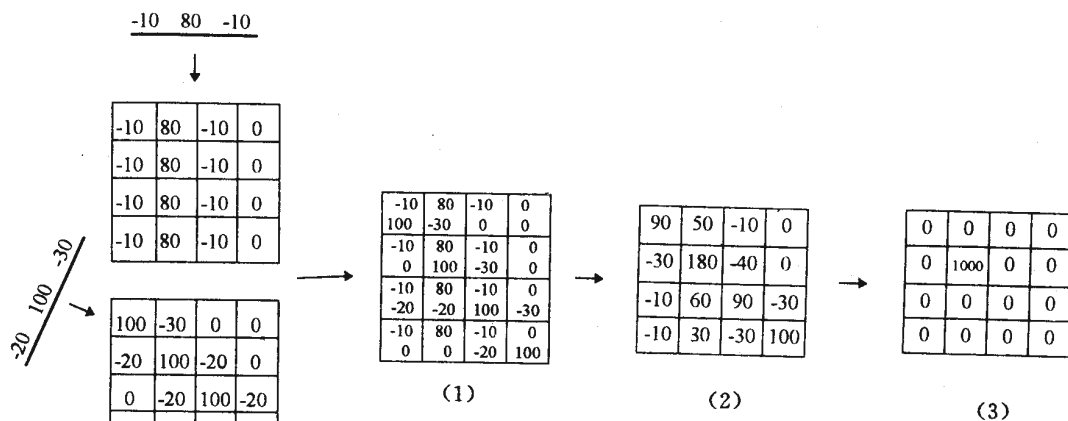


图 8-1-10 滤波反向投影法示意图

三、SPECT 的使用及质量控制

SPECT 比普通的 Y 照相机复杂,如果使用不当或质量控制不严格,很容易产生伪影或使图像质量低劣。常规的质量控制和使用注意事项包括以下内容:

(一) 旋转中心校正

SPECT 的旋转中心(COR)位于旋转轴上。旋转轴是一条抽象的机械轴,位于断层床平面内,平行于探头的 Y 轴。有的厂家在机器出厂及安装时标明了旋转中心的位置。如果将一点源置于机械旋转中心上进行 360° 数据采集,采集矩阵为 64×64 ,正确的旋转中心应该是任何方向的投影剖面图,点源的重心都位于矩阵的 32 和 33 像素单元之间。由于旋转系统的机械精度不良和其它原因,旋转中心会发生变化。点源断层试验表明,旋转中心漂移 1~2 个像素单元,将会引起点源图像一的明显畸变,点源图发散或成环形。在临床应用中,旋转中心不正确会降低图像的分辨能力,产生伪影。

有多种方法可以检查旋转中心是否漂移。其中有定性的,也有定量的。本书介绍一种简单的定量测定旋转中心的方法。将一点源置于旋转轴的 X、Y 平面内,沿 X 方向距 Y 轴偏离 5~10cm 在探头 0° 及 180° 位置各采集一幅点源图像,用测定重心法确定点源图像的位置。重心的计算可用以下公式:

$$X = \frac{\sum X_i C_{xi}}{\sum C_{xi}}$$

式中, x_i 为 i 单元的 X 坐标位置, 以像素单元为单位, C_{xi} 为 i 单元的计数。

采集完 0° 及 180° 的点源图像后再将点源置于旋转轴的 Z-Y 平面内, 沿 Z 轴方向距 Y 轴偏离 5~10cm, 在 90° 及 270° 位置各采集一幅点源图像, 用同样方法确定点源图像为重心位置。由 4 幅点源图像测得点源距旋转中心的距离。如果旋转中心没有漂移, 则 4 个点源图像位置距旋转中心距离相同, 否则, 旋转中心有漂移。将点源图像的位置与点源的实际几何位置进行比较即可测定旋转中心漂移的大小。

旋转中心的校正一般都由机器提供的 COR 校正程序自动进行。该程序先用一标准点源或线源在 360° 内采集一组数据, 对旋转中心在每个角度位置的变化建立一组校正因子, 然后用该组校正因子去校正每一个投影剖面。对于使用 SPECT 的用户而言, 要定期进行的工作是旋转中心校正程序的数据采集。具体步骤是把长 30cm, 放射性活度 37-111MBq (1-3mCi) 的 ^{99m}Tc 或 ^{57}Co 线源置于旋转轴上。线源可置于断层床上, 也可自制一支撑装置。探头表面与线源距离为 15~20cm。该距离应该在探头 0° 、 90° 、 180° 和 270° 四个位置保持相同, 如不相同, 可取两者的平均。每 3° 间隔收集一幅图像, 矩阵大小为 128×128 或 64×64 、旋转总角度为 360° 。机器本身提供了旋转中心校正采集固定参数的, 则按其规定进行。采集结束后, 计算机自动计算校正因子并存入硬盘中供临床使用。旋转中心校正应对不同的准直器, 不同的采集矩阵和探头视野分别进行校正。探头或计算机进行维修后, 一般应重新校正旋转中心。

(二) 均匀性校正

SPECT 获取断层图像时, 由于增加了探头的旋转和图像重建过程, 因此对均匀性的要求比普通 Y 照相机下面图像严格。对 Y 照相机, $\pm 5\%$ 的均匀性可以满足临床要求; 对 SPECT, 均匀性要优于 1% 才能满足临床要求。影响因素有两方面, 一是断层图像的信息量受到限制, 统计噪声增加, 二是图像重建过程对噪声和其他误差要加以放大。

SPECT 的均匀性校正与普通 γ 照像机相比, 应特别注意以下几点: ①SPECT 探头的固有均匀性在未加均匀性校正之前应调节到最佳状态; ②进行 SPECT 均匀性校正时, 应关掉 Y 照像机的均匀性校正线路或计算机校正程序; ③SPECT 的均匀性校正最好为系统均匀性校正, 要附加准直器校正。有人认为, 准直器铸造不精确造成的非均匀性比探头本身的非均匀性影响更大; ④SPECT 均匀性校正时, 采集总计数应高于 Y 照像机均匀性校正总计数的 10~40 倍。对 64×64 矩阵, 总计数不少于 30M, 对 128×128 矩阵, 总计数 120M 为佳。

SPECT 均匀性校正时用面源, 其活度为 185MBq (5mCi), 放射性核素可用 ^{57}Co 或 ^{99m}Tc 。用 ^{99m}Tc 液体源时, 应将放射性溶液充分搅匀, 绝对排除气泡。面源的直径大于 Y 照像机探头有效视野 (UFOV) 的 $15\% \sim 20\%$ 。校正时, 将探头面朝上, 面源置于探头上。为了校正散射线对能谱的影响, 校正时最好在面源与探头之间加上 5cm 厚的有机玻璃。采集矩阵 64×64 , 总计数 30M; 采集矩阵 128×128 , 总计数 120M。采集结束后, 计算机自动计算校正因子 F_i 。 F_i 为视野内平均计数 C_m 除以各个像素单元的计数 C_i , 校正因子放在硬盘中供临床使用。

测定 SPECT 断层图像的均匀性可用一圆柱体模型, 该模型用有机玻璃制成, 高 250mm、内径 200mm, 内盛 ^{99m}Tc 溶液 370MBq (10mCi)。将模型置于旋转中心处进行数据采集, 每 6° 一间隔, 总角度数 360° , 采集矩阵 64×64 , 采集总计数为 40M。采集结束后将原始数

据重建图像,取 15~20 断层片,断层片厚为 2~3 像素单元。每断层面的均匀性可用积分均匀性和微分均匀性进行定量计算,均匀性不佳反映在断层图象上为亮环或暗环,又称靶心(bull-S-eye)。探头的非均匀性出现在旋转中心附近影响更大。此外,物体愈大,非均匀性产生的伪影愈明显。

(三) 衰减校正

SPECT 图像重建变量为放射性活度,从组织或脏器射出的光子通量应该只与组织或脏器浓聚放射性的多少有关,但实际情况并非如此。由于射线在组织中衰减的影响,光子的射出率随组织或脏器厚度而改变。例如,在肝的表面和深部有一相同放射性活度的区域,射出的光子量却不相同。表面衰减少,射出的光子多,图形呈亮区;深度衰减多,射出光子少,图形呈暗区。由此可见,对一些厚的脏器在进行断层时不作衰减校正将会产生严重误差。

精确的衰减校正十分复杂,临床应用中也很难实现。商业产品的 SPECT 都采用平均衰减校正。这种校正方法假设人体是一个等密度体,衰减只与光子经过的路程有关,用公式表示为 $I_x = I_0 C^{-ux}$ 。 u 为软组织对 ^{99m}Tc 的线性衰减系数, x 为距离, I_x 、 I_0 分别为光子射出 x 距离后与射出前的强度。

商业产品的 SPECT,厂方都提供了衰减校正程序,用户不必自行测定衰减的影响,用户只需要在图像重建时加入衰减校正程序即可。衰减校正时,一般把人体或脏器轮廓假设为一个椭圆,使用者只要确定了椭圆的圆心,长轴、短轴的大小,计算机便根据衰减公式构成一幅断层衰减图。断层衰减图反映了射出光子量随距离变化的关系。临床应用时,原始断层图像除以衰减图得衰减校正图,它是以像素单元为单位进行校正的。衰减校正可以提高深部小病灶的探测能力。

(四) 采集条件的选择

正确选择采集条件对保证 SPECT 断层图形的质量有很大帮助。常用的采集参数包括矩阵大小,角度间隔数,总角度数,采集时间等。

矩阵大小及角度间隔的选择依赖于取样定理。对于一幅数字图像最少应取多少个数字点,这与探头(或成象系统)的空间分辨率有关。设探头的空间分辨率为 d ,根据取样定理,线性取样间隔(亦即矩阵单元大小)为 $d/2$ 。这个取样间隔与选择的滤波函数的空间频率 RM 相对应。角度间隔数即投影总数也与线性取样有关,它决定了沿 360° 圆周上取样的最小间隔。角度取样除了与探头的空间分辨本领有关外,还与断层物体的大小有关。设 D 为断层物体的最大线度,最少角度间隔数 $N \approx 6.2D/d$ 。例如某 SPECT 的探头系统分辨为 $10\mu\text{m}$,视野直径为 $400\mu\text{m}$,则线性取样频率为 $d/2$ (cm^{-1}),由此计算出矩阵大小为 80×80 。设物体的最大线度为 $200\mu\text{m}$,则角度取样为 124。线性取样和角度取样数增加,空间分辨改善,但重建时间延长,内存容量增加,统计噪声明显。综合各种因素,临床上经常选取矩阵大小 128×128 ,角度取样 6° (或 3°) 或矩阵大小 64×64 ,角度取样 6° 。

采集时间包括每投影剖面的采集时间和总的采集时间,它们的选择依据为断层图的统计精度。一般而言, SPECT 图象重新建的原始信息不应少于 10×10^6 计数。如角度取样为 6° ,总角度为 360° 则每投影剖面为 0.16×10^6 计算。如角度取样为 4.5° ,总角度为 180° ,则每投影剖面为 0.25×10^6 计算。知道了每一投影剖面的计算,把探头置于 0° 或

180° 位置用计数采集即可求出每投影剖面的采集时间。

旋转总角度一般选为 360°，对心脏和其他小脏器也可选 180°。选用 180° 旋转总角度时应适当减小角度间隔，增加投影数和每投影剖面的采集时间。

（五）重建条件的选择

重建条件中最重要的是滤波函数。临床应用中如何选择滤波函数，本书只能提供一些原则，最终的结果还应由图象的质量和病变的探测能力决定。

SPECT 中使用的滤波函数有两种类型：平滑型滤波器（smoothing filters）和增强型滤波器（enhancement filters）。平滑型滤波器又称低通滤波器（low-pass filter），它保留较多的低频成分而抑制掉截止频率（cutoff frequency）以上的高频成分。这类滤波器适用于计数密度低的 SPECT 断层，为了改善图像的空间分辨本领，增强边缘可使用增强型或分辨率恢复型（resolution restoration）滤波器。

由于 SPECT 的计数密度都比较低，经常使用的滤波器一般属于低通滤波型，通过调节滤波器的截止频率和其他参数可以达到既平滑噪声又改善空间分辨的作用。Butterworth 是 SPECT 中常用的滤波器，它有两个参数，截止频率 Rc 及陡度 N（steeper）。该滤波函数在低频段增益近似为 1，然后陡然下降，截止频率处增益为最大增益的 0.707。调节 Rc 可以改变图象中保留的频谱成分。例如 Rc=0.3 周/cm，表明图象中空间频率在 0.3 周/cm 以内的成分保留下来了，超过 0.3 周/cm 的细节就辨认不出来了。N 可以改变滤波函数下降的陡度，变化范围为 1~10。

除了 Butterworth 以外，SPECT 中用到的滤波函数还有 Hanning, Metz、sheep-logen 等。Hanning 只有截止频率一个参数，它的增益随频率增加缓慢下降至 0。Metz 滤波比较复杂，它的特点是在某频率带，增益突然增加，超过 1，然后下降至 0。

临床应用中选择滤波函数及其有关参数的依据是图象的计数密度，探头的空间响应和待观察成象物体的细节。

四、SPECT 使用前的检查及注意事项

见本章第一节四。

五、SPECT 的故障检修

以 GE 公司 Starcam3000AC / T 为例简述。

SPECT 的维护检修主要是靠熟悉原理，了解性能，掌握使用，做到有的放矢。对一般故障，只要根据其原理、反映的现象，从方框图去追踪，而后再逐步检测，即可发现并解决。对一些较为复杂的故障，其线路往复穿插，一个元件控制多个功能，一处多用，相互制约，往往从现象难以判断，此时亦可据原理、框图去粗略估计故障可能发生的元器件，可用拨插、换同类型号的元件试之。在有条件的、有备件的情况下，可用整块线路板替换。根据实践经验，对一个维修工程师来讲，在检修一台仪器故障时，不外乎从以下五个方面去着手解决：即问、视（看）、听、闻、摸（触）。

所谓问，对一台有故障的仪器，要对其有比较详细的性能了解，问及故障发生的原因、现象、具体的表现形式，从中去探索解决的方法。

所谓看，看故障仪器的外表、故障发生的部位、故障处有否颜色的改变、有否烧焦的痕迹烧烂的地方、有否邻近器件相互短路或线路断路之处。

所谓听，是否有不正常的声音，如响声、啸叫声、振荡声、机械的磨擦或敲击声等。

所谓闻，即用鼻子闻及故障仪器有否焦糊味、元件短路或过热引起的烟味及其异味。

所谓摸，即用手触摸元器件表面的温度，钉些机械部分可能由于长时间的磨擦会引起表面温度升高，某些元件内部短路亦会使温度上升，在温度还未上升到一定值时，手感会有明显的差别，由此将不会引起故障进一步地加深。

由以上步骤得出，问其因，听其声，看其色，观其行，闻其味，摸（触）其温。

对 GE 公司的 SPECT、Starcam 3000Ac / T 的故障检修主要从两方面加以进行。

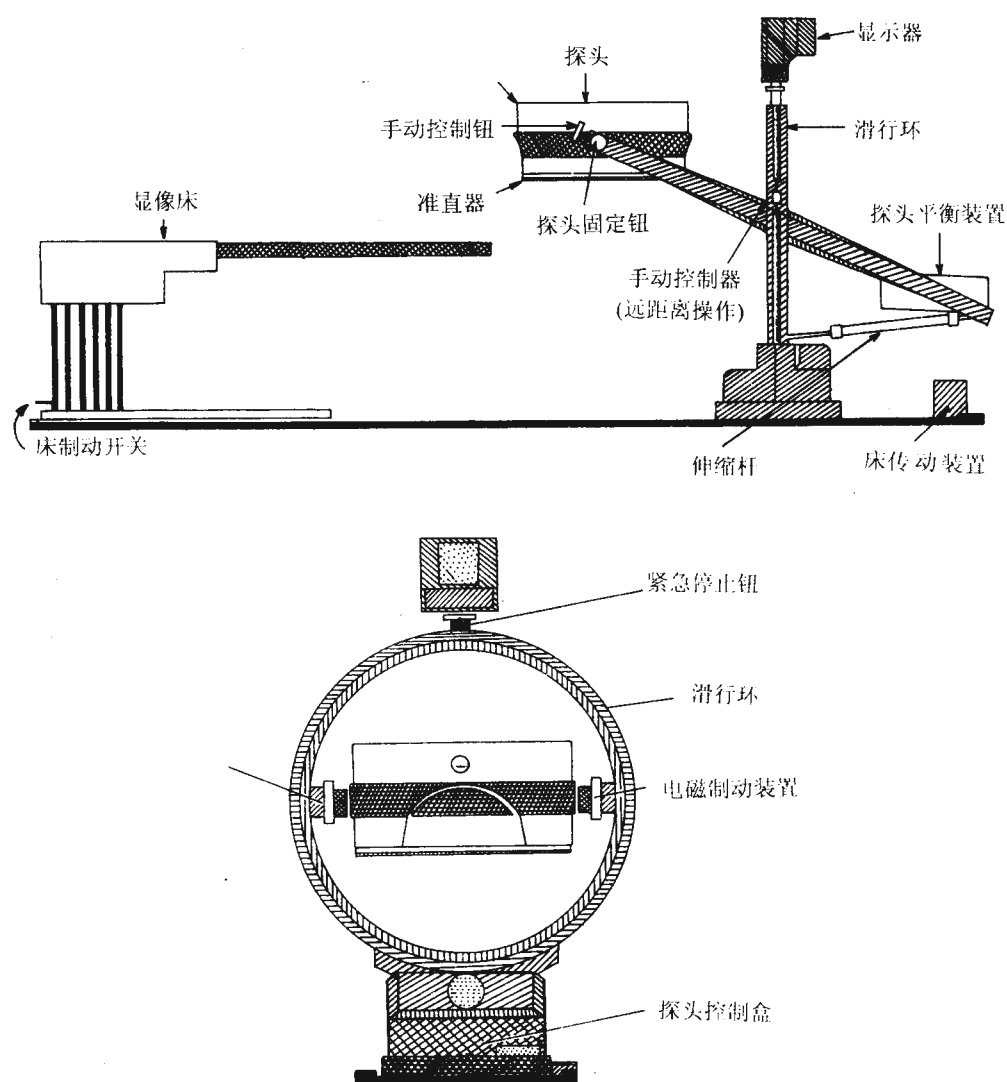


图 8-1-11 床、探头、支架、运转部分

(一) 机械部分的维修

机械部分包括机械床和探头、支架、运转部分(图 8-1-11 和图 8-1-12)。

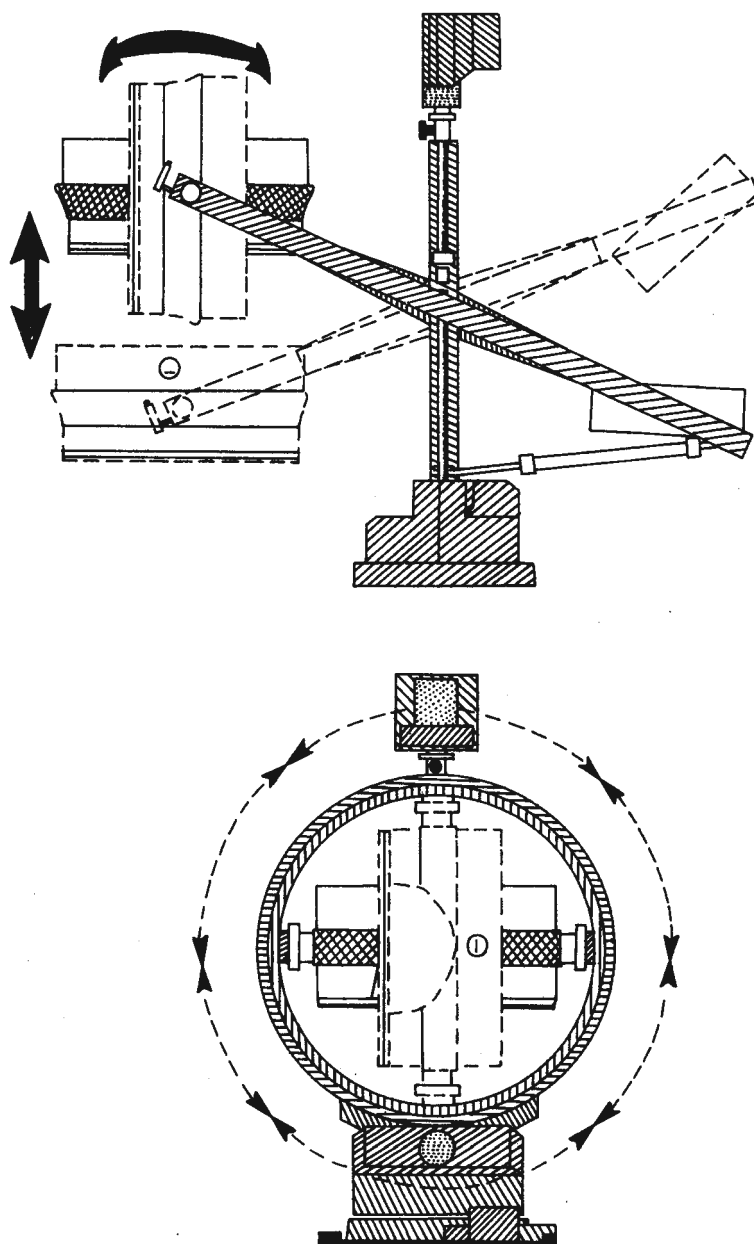


图 8-1-12 探头上下、左右、旋转示意图

1. 机械床 它是由床下传动控制盒内传动电机控制床身纵向和横向、上升和下降的移动, 横向和纵向轨道又由床头轨道制动器(锁)手动控制, 当纵向床不移动时(除了手动锁外), 必须先查控制纵向电机的电路, 有时亦有机械卡死现象, 但此时可听见电机带不动的

“嗡嗡”声，皮带轮打滑的“吱吱”声，甚至使床偶尔能带动使速度不均匀，有时亦会使保险丝熔断。当横向不移动或不均匀移动时，亦出现同纵向类似故障。此时必须加以排除，有可能是传动皮带磨损打滑，有可能是紧固螺钉松动、有可能是控制开关失灵。

当床升降不灵或失控时，可查床升降电机控制电路或限位开关。

2. 探头运转部分 它由探头固定支架、滑环、平衡装置、伸缩杆及探头所构成。此部分运动频繁，每个细节都至关重要，一旦失误，除仪器本身造成损失外，有时还危及病人生命，造成不可弥补的损失，因此，必须做到心中有数，万无一失。此部分故障最易使环形圈轴承磨损、固定探头螺钉失灵、伸缩拉杆脱位等，须经常在该部位加润滑油及检查。

探头是 ECT 的核心部位，当探头内的元器件变形、变质、老化、损坏、选择不当等都会直接影响后面的探测结果。

(1) 准直器选择不当或损坏、变形，它直接影响后级，如低能射线，选择高能准直，它会使计数减少。准直器损坏变形，它会直接阻挡射线的摄取，使之不能到达闪烁晶体去产生荧光。

(2) 当晶体损坏、碎裂或变形，它不能发射闪烁荧光，致使光电倍增管接收不到光信号，更无法使后极进行工作。

(3) 当光导变质、变硬、干枯或分布不均尺寸，致使荧光传导途中损失。

(4) 当光电倍增管损坏或一致性不足时，在 ECT 探头内，探测效率的均匀性是由多个光电倍增管的均匀排列、光电管的一致性决定的。当某一个光电管损坏时，它就会在图象上出现一个暗区。此时，必须注意它与病灶的区别。

(二) 机械方面的常规检查

(1) 检查整机机械各部件有无损坏。

(2) 检查支架是否垂直：检查方法是将水平仪分别放在探头旋转位于 0° 及 180° 时的 Y 轴上（与旋转轴同一方向的轴）。其两个读数应相同。

(3) 检查紧急制动钮及所有安全装置的功能是否灵活可靠。

(4) 检查探头 Y 轴是否平行于床的水平长轴。

(5) 床长轴应正对探头的 Y 轴。其方法是分别测探头位于 90° 和 270° 时床与探头的间距，两者之差应小于 1cm。

(6) 检查显示器上探头的角度是否与实测值一致。

(7) 检查探头在环形圈内的旋转速度是否稳定。必要时用秒表对旋转各节段进行实测，观察探头在旋转中有无颤动、机械噪音、旋转停止时是否准确。

(8) 检查用不同准直器时的平衡配重。

第三节 伽玛照相机故障实例

一、航空航天部二院二部 GZ 型伽玛照相机故障检修 2 例

故障例 1: 串行接口集成块 825 损坏

故障现象: 海豚终端不显示菜单。接通海豚电源, 屏上显示“海豚 HT-220E 中西文图形终端……3313”字样。按一下小键盘上的 Enter 键, 屏上字消失, 而屏的左上角和左下角只各显示一闪烁光标, 机器正常时, 再按一下 Enter 键, 屏上则显示菜单, 若按一下数据采集器上的复位钮, 屏上菜单则立即刷新一次。因机器故障, 屏对此操作不响应。386 能正常工作。

故障检修: 首先判别海豚终端是否有故障。接通海豚电源, 按一下大键盘上的 F3 键, 屏上字符全消失, 显示光标两个, 每秒左上角光标闪烁 2 次, 左下角光标每秒闪烁 1 次。再按一下 F3 键, 屏上显示“终端显示目录屏……”字样, 分别操作“↑、↓、←、→”方向键, 找到“联机”, 然后按一下 Enter 键, 则改“联机”为“脱机”。第三次按一下 F3 键, 屏上显示消失, 此时操作, 大小键盘上的数字、英文字母键, 屏上能显示出对应的字符, 说明海豚终端正常。

重复上面有关操作, 把“脱机”改为“联机”, 按一下“F3”键, 屏上显示消失, 把耳机接在数据采集器 ZC-1 板的 U9 集成块①脚上, 按下键盘任一数字键稍长一些时间, 从耳机中可听到“哒、哒、哒”的声音, 用示波器可看到一串脉冲信号, 说明键盘信号传送正常。检查海豚与数据采集器连接的 RS-232C 三芯通信电缆, 接触良好。检查 ZC-1 板集成块 74LS74 / 5 点, 有宽 $1\mu\text{s}$, 周期 $10\mu\text{s}$ 的负脉冲, 属正常。至此, 怀疑 ZC-1 板上的信号发送器 1488、1489 集成块有故障, 但更换新品, 故障依旧。更换串行接口集成块 825 后, 海豚能显示菜单了, 但计算机系统仍不能工作; 总值采时现场不报导计数, 而时间采后数据不能传到 386 中。

检查从伽玛相机送给数据采集器的 X、Y 和 Z 信号, 无 Z 信号。正 3. 6VPP 的脉冲 Z 信号从伽玛相机 K207 / 19 点引出, 经集成块 74LS140 后送到数据采集器, 查集成块无脉冲信号输出, 换新品后故障排除。

故障例 2: ZC-1 板集成块 8255 损坏

故障现象: 采集正常, 不能传到 386 中。海豚键盘进行数据传送操作后, 屏上始终显示“DataTransferring!”(数据传送(-), 不换显“Transfer end!press any key return to main menu”(传送结束, 按键返至主菜单))。

故障检修: 首先检查连结数据采集器和 386 的 20 芯扁平电缆, 正常。清洁 386 中传输卡插脚, 并对调卡上两块 8255, 故障依旧。然后将 ZC-1 中 U_2 、 U_3 和 U_{43} 块 8255 集成块进行 6 种组合试用。出现 3 种情况: 总值采时, 一是采集不停, 无法进行下面的操作; 二是能采集能停, 能向 386 传送数据, 但 386 在进行图像处理时造成 386 死机; 三是采集传送小尺寸图像 8 帧以下 (含 8 帧), 采集传送大尺寸图像 2 帧以下 (含 2 帧), 386 能正常工作, 完成

图像处理。但用小尺寸采集 64 帧或大尺寸采集 16 帧时，当进行数据传送后，386 屏显示有英文提示“数据传送有误”。待 386 图像处理完毕，屏上显示的图像随帧数的递增切割加剧，每帧图像由左右不等的两瓣拼成，且图像出现有规律的漏采。小尺寸采集时，第 9 至 16 帧、25 至 32 帧、41 至 48 帧、57 至 64 帧，只有帧号显示无图像。大尺寸采集时，第 3 至 4 帧、7 至 8 帧、11 至 12 帧、15 至 16 帧，也只显帧号不显示图像。ZC-1 板上 U_{40} 至 U_{47} 8 块 60256 存储器担任图像存储任务。每块存储容量为 32K 字节，能存小尺寸图像 8 帧，大尺寸图像 2 帧。

操作海豚键盘检查八块存储器的好坏。采集 64 帧一次，按一下复位钮，使屏上显示菜单。按一下“Look”键，lock 灯亮，再按一下 7 和 Enter 键，则可对存储器检查。查 U_{40} 存储器：依次按一下 D、4、0、0、0、Shift 和：0、“，”、0、1、2、F 键后，屏显示 D4000: 0. 012F。按一下 Enter 键，屏上则连续显示 0 至 12F (H) 单元的内容。依次按相应的键，屏上显示 D4000: 8000, 812F，按 Enter 键，屏上连续显示 U_{41} 集成块 8000 至 812F (H) 单元的内容，以此类推，屏上显示 D7000: 8000, 812F，按一下 Enter 键，则检查 U_{47} 集成块。检查发现， U_{41} 、 U_{43} 、 U_{45} 和 U_{47} 内没有存入数，所有存储单元为 00 (H)，这同 386 显示图像的漏采情况完全一致。它们是否坏了？暂不能确定。把数据采集器电源断开后又接通，再查看 8 块存储器情况，所有存储单元几乎全为 FF (H)。拔下 Z 信号线，用时间采 64 帧，使时间空采毕，再察看 8 个存储器情况，所有单元全为 00 (H)，则判定 8 个存储器完好。

最后，用 3 块三菱公司生产的 8255 替换原机的 8255 后，故障排除。计算机系统工作正常。

二、航空航天部二院二部 GZA 型伽玛照相机故障检修 3 例

故障例 1: 桥堆 1CQ-7C 损坏

故障现象：准备状态时，监视示波器屏及固态显示器计数比正常时明显少，且不能每秒刷新一次。

故障检修：从定时组件板 K_{204} 入手。用示波器测 K_{204-13} 脚波形稳定，但只有 2. 5V_{pp}。测低压电源组合 DY II V₅ II 调整管的集电极电压只有 +4V，正常值为 +9. 5V 以上。判断该 5V 电源桥有故障。拆下桥堆，用 47 型表 1k Ω 档测各臂二极管正向电阻均为 5k Ω 。反向电阻，有的 190k Ω ，有的 400k Ω ，正常值为无穷大。换同型号 ICQ-7C 桥堆后，机器工作正常。

故障例 2: JC_{20a} 集成电路电阻 T₀63B 损坏

故障现象：监视器示波器辉度稍开大一点，屏上多数闪烁点变形呈带状光条，长短不等，最长约 1cm，宽约 2mm。若按下开始钮两个示波屏均出现不少由闪烁点打出的耀眼光斑，瞬间显示屏一片白色。而两显示器屏上字符显示亮度基本正常。在准备状态时，按下定标 I 或定标 II 钮，固态显示器计数显示正常。但按下开始钮后，定标 I 钮也按下，若预置动态 4 帧，固态显示器计数极少；且第一帧完，固态显示器全显 0。按下定标重，固态显示器显示正确。

故障检修：此故障特点是闪烁点畸变，说明故障可能出在闪烁通道。耀眼光斑同开始钮压下相关。从启辉控制 II K_{208} 组件板入手。从准备状态按下开始钮， K_{208-23} 点，直流电平从

0V 变成 0.28V。正常时，直流电平为 0V 不变；K₂₀₈₋₂₂ 点，直流电平从 0V 变成 0.9V，正常时，直流电平为 0V 不变；K₂₀₈₋₁₅ 点，从 3.4V 变成 1.3V，正常时为 3.8V 不变。进一步检查启辉控制 I 组件板 K₂₀₇，K₂₀₇₋₁₈ 点和 K₂₀₇₋₂₁ 点波形正常，执行控制逻辑组件 Km 无故障。K₂₀₇₋₁₉ 点为计数脉冲，其信号明显不正确，准备状态时，直流电平 1.2V，正脉冲幅度只有 2Vpp，按下开始钮，直流电平变成 1.7V，正脉冲幅度变成 1.2Vpp 了，正常时为 0V 电平不变，脉冲为 3.6Vpp 不变。查 JC_{20a} / ⑤脚脉冲幅度为 3.6Vpp。判定 JC_{20a} 集成电路 To63B 坏。换后机器工作正常。

故障例 3：音频录放系统电路电位器 R₄₂ 校正不当

故障现象：GZA 伽玛照相机的音频录放系统由数控 1 电路 K₂₀₉、音频编码电路 K₂₁₅、音频解码电路 K₂₁₆ 等组件板组成。该系统将按“暂停”、“高灵敏 / 高分辨”、“视图号”、“帧号十位”、“帧号个位”、“全 1 同步信号”的顺序依次编码后，由录相机录制，重放时，应正确还原。音频解码电路 K₂₁₆ 的文氏电桥振荡器的工作频率高（70Hz），频率可调，由于其频率容易漂移，从而造成音频解码不正确，不能如实还原。轻者，重放时不能选，严重者，重放时“暂停灯”或“高分辨灯”频频闪亮，致使整个重放系统不能使用。因此，用户调整音频录放系统、掌握其调整要领就十分重要。厂家用示波器监测 K₂₁₆ 板的有关测试点波形进行调整，用户不便掌握。

故障检修：调整方法：1. 录制音频信号。其操作方法是：（1-）开启伽玛相机和录相机电源；（2）按下“预置时间”键、时间拨轮拨到 2s 以上数字，以拨 3 或 4 为宜，数字太小，重放时两帧号间数字变化时间间隔短，不便调整时观看；若数字太大，则两帧号间，时间间隔太长，没有必要；（3）按下“动态”键和“64”键，按一次帧号清零键；（4）按下任意一个“视图号”键；（5）按一下录相机的录相键，并记下走带记录器数字；（6）最后按下“开始”键。在录制若干帧后，可按下“暂停”键，过 1~2min 左右弹起“暂停”键，直至 64 帧完。若嫌时间不够，可再录 64 帧，帧号不必再清零了。按下“准备”键，按一下录相机停止键。

2. 音频系统的调整。（1）将录相带倒回到起录数字。按下“重放”键；（2）取下伽玛相机柜前面板，找到 K₂₁₆ 板的电位器 R₄₂，先将 R₄₂ 向左（或向右）旋到底；（3）按一下录相机的播放键，观看监视示波器显示屏，调 R₄₂ 只看“视图号”键字符一样。当它们一样后，可能屏上显示的帧号字符不对，此时，应继续慢慢调 R₄₂，直至帧号的变化与录制时的变化一样。于是，机器基本调好，一般说来，“暂停”、“高灵敏 / 高分辨”也能得到正确重视，如果“暂停灯”有轻微闪烁而不是恒亮，可微调一下 R₄₂ 兼顾。注意，不要求重放时选帧，重显帧号不太稳定也可，但是，重放时“暂停灯”的亮或灭，必须与录制时的亮或灭在时间上应完全一致，否则整个录放系统将不能使用，应重调。当然，若音频录放系统只是在重放时不能选帧，“暂停灯”或“高分辨灯”不闪亮，则不必先把 R₄₂ 调到底，只是将 R₄₂ 慢慢向左或向右调试即可。

第四节 德国 AGFA 公司多幅照相机故障实例

一、AGFA MULTI-IMAGER10 (MI-10) 型多幅照相机故障检修 7 例

故障例 1: 送收片传感器孔有灰尘

说明: MI-10 大型多幅照相机具有在一张底片上实现多次曝光的功能, 有自动和手动两种工作方式, 能同时接收多路视频信号, 通过 RS232 接口, 由外部计算机进行控制和设置参数, 而且应用了目前世界上最新技术——Line Smoothing (平滑) 处理, 使图像在放大或缩小时不失真, 其远程曝光功能又大大地方便了工作。因此, 医疗上使用的核磁共振仪和部分大型 X 线机均配备了多幅照相机, 它是机械、电子、光学等诸学科的综合产物。

故障现象: 机器通电、工作置 AUTO (自动) 方式, 按 START (启动) 键, 2min 后进入等待状态, 在送片盒里装上胶片 (胶片规格 14" × 17"), 按 SET (送片) 键送胶片, 机器不停地送收片, 一直运行 3 次才停止, 无法进行自动照相、而采用手运方式工作正常。

分析与检修: 因手动工作正常, 说明多幅照相机整个系统性能良好, 怀疑为信号转换或传感器识别有异常。为直观检查, 打开照相机后门及两侧挡板, 送片盒里装四张胶片 (已曝光的也可以但不能用透光的胶片), 按 SET 键, 暗盒里的胶片能准确地送到照相平台上, 经观察机械运动良好, 曝光正常, 然而未等照相工作, 胶片又被送回收片盒里, 这种过程一直持续 3 次, 这说明机器送收片是正确的, 而传感器采集的平台上是否有胶片的信号是错误的, 故先查传感器部分。该传感器安装在平台面板的小孔里, 是一种高灵敏度的光敏电阻, 它将采集到的信号输进计算机, 从而控制送收片子工作程序。用手电照射时发现, 光敏电阻的表面落有一层尘, 故怀疑此为故障的根源, 用纱布小心擦净后, 机器通电恢复正常。

故障例 2: 照相荧光屏有一弧状灰尘, 影响照片质量

故障现象: 在每幅照片的文字区域都有一灰蒙蒙的弧形块状物, 与胶片底色形成了强烈的反差, 严重地影响着照片的质量。

分析与检修: 利用观片灯, 将几十幅照片进行对照比较, 发现该“块状物”都在文字区域的固定位置上, 形状、大小、反差程度全一致, 无论是每张 9 幅还是每张 15 幅照片, 皆相同, 故与自动洗片机无关, 而是照相本身有故障。查照相机中的 BRT (亮度)、CNT (对比度)、DEN (密度) 等诸参数正常, 为此, 打开照相机后盖, 将照相格式置 CAL (校正) 状态, 按下 BRT 键, 再把 GRT (照相荧光屏) 下方皮箱移到一边, 在控制台 CAM (照相) 状态, 用 SEND 传送一幅图像, CRT 上立即显示出来, 仔细观察荧光屏表面时发现, 确有一块弧形状灰尘, 用纱布擦净灰尘, 开机照相, 照片恢复正常, 故障排除。

故障例 3: 步进电机牵引丝杠轻度弯曲

故障现象: 用大型照相机进行自动照相时, 每当踩下曝光脚踏开关, 内部即发出很响的“嘎嘎”声。从洗出的照片看 (9 幅 / 张), 横向的每幅间距正常, 而纵向的各幅重叠十分严重, 无法诊断。

分析与检修: 根据照片上的重叠方向, 以及照相时机内发出的声响, 怀疑是沿“Y”方

向运行时机械部件严重受阻。为了直观检查，打开照相机后门并卸下两侧边门，选择自动方式照相，可见机械部件在“X”方向运行正常，而在“Y”方向运行缓慢，步进电机时转时停，牵引丝杠剧烈振动而发出很大的响声，因而断定是沿“Y”方向运行的机械部件出了故障。为了检修方便，画出简易的结构，见图 8-1-13 所示。

照相机断电，卸下“Y”步进电机和四枚固定螺钉，以及固定电机轴的支架与四枚长螺钉，取出步进电机的支架，尼龙接头自动脱落，然后用手旋转牵引丝杠从 CRT 的负重架上退出，再给照相机通电，进行自动照相，手感步进电机转动力量大，完全可以满足牵引丝杠旋转所需的动力，认为“Y”步进电机及与之相关的电路没故障。可肯定故障是由于牵引丝杠



图 8-1-13 结构图

轻度弯曲引起的。于是同照相机维修站取得联系，答复是无此维修先例，只有等进口配件到方能修复，既耽误工作又会影响效益，且配件价格昂贵。在这种情况下进行摸索维修。

首先固定步进电机，接着装上电机轴的支架，但要保持支架上的四枚长螺钉有一定的调节范围，最后将牵引丝杠与尼龙接头按要求装配好。等恢复原状后，给照相机通电，在自动照相状态踩脚踏开关，使机械部件运行，同时调这四枚长螺钉，目的是抵消轻度弯曲的牵引丝杠在运行时间产生的影响，使其在整个运行区间里尽量减少阻力，一直到“嘎嘎”声消失为止。通过照出的片子证实，故障已完全排除。

故障例 4：传动系统固定螺钉松动

故障现象：传送片时，时常卡片，活动几次贮片盒或重新启动相机，卡片现象时有消除。

故障检修：打开相机后盖，暴露传送片通道，经用旧片试验观察，传动系统正常，送片过程正常，但回收片时，时有卡片，而且均在同一位置卡片，开始考虑可能是负压吸盘吸合不牢固，使送片不到位。经用酒精棉球清洗负压吸盘后试验，故障仍出现，考虑是否有异物阻挡，经用手触摸，发现内衬铁皮的内衬螺钉松动突出，螺帽倾斜，恰好使回收片前端卡住，而送片方向无阻挡。拆掉螺钉后试验，故障完全消除。然后找同类螺钉固定。

故障分析：由于运输或机器运转过程中的震动，使内衬螺钉松动，时常突出。但是当活动相机的某部位，使松动的螺钉下陷到突起的内衬铁片空间，螺帽与铁皮处于同一平面，又不致卡片，因此就出现了故障时有时无现象。为此，相机一旦卡片，除检查传动系统、吸盘外，应注意检查内衬螺钉，这也是平时维护须注意的事项。

故障例 5：齿轮箱齿轮脱落

故障现象：该相机分为自动和手动两种照相方式，自动上片时，开机后，按下 **SET** 键，送片盒内胶片自动到位即可开始照相，使用一年后，自动上片发生故障。

检修与分析：首先查相机上片系统无卡片，考虑为与自动上片有关各限位器故障。经检查，各限位器工作正常。于是按次序检查与自动上片有关电路中是否有故障。经查，操作面板工作正常。22-20-2205 板（信息处理板）的 V_{30} 、 V_{21} 输出正常，22-20-2213 板（数据交换板）的 V_{12} 输出正常，22-20-2554 板（自动上片板）的 V_7 、 V_{10} 输出正常。

接口电路 R_2 中的 A. L 接口输出电压均正常。至此，自动上片电路无故障。查机械部分，将上片臂 ARM、与电机 M_1 之间的螺钉卸掉，各轴活动无异常，卸掉 M_1 前的齿轮箱，通电后 M_1 运转正常，拆开齿轮箱，发现齿轮脱落。更换新的齿轮箱后，试机，照相机运转正常，提示故障排除。

故障例 6: Y 轴电机端电源引线断裂

故障现象: 最初照相时大多数在下午以后，照 20 分格像时，照相 MONITOR 不到位，致使 20 分格的第一、二两片重合或者因不到位而不曝光，但在第二行以后的分格照相时又恢复正常，过一段时间 12 分格照相时也接着发生不正常现象。

故障检修: 最初因故障大多发生在下午以后，故怀疑可能因某一元件性能不稳，工作时间一长而影响其性能，故采取中午停机 2h，等待机器冷却，但故障依旧。又考虑可能夏天炎热潮湿引起胶片发粘不到位，采取降低室温及湿度，擦洗胶片传片系统，也未凑效。再进一步考虑 MONI-TOR 定位传感器可能有故障，经擦拭及调测也未排除故障。后来照相机工作完全不正常，照不了像，停机检查。

打开机器发现控制照相 MONITOR 的 X 轴驱动电机工作正常，但 Y 轴驱动电机抖动，不正常。此时怀疑 MONTORANDSHUTTERDRIVEDBOARD 板有故障，在线路板上测量 X、Y 轴电机电压存在，但在 Y 轴电机端，测不到电压。经查电机电源引线有一根已完全断裂，另一根仅连着一点点。回顾故障最初表现才知，20 分格照相时，MONITOR 位置最高，电线因拉扯角度比较大，电线断开，但 20 分格的第二行及 12 分格、MONITOR 位置降低，被拉紧的电线又松弛了，断端又碰上了，机器工作就正常。至于为什么故障大多发生在下午，这可能与随着机器内温度升高断线的橡胶变软，使电线断处碰到的机会变少有关。

故障例 7: 光敏电路连接 CR_1 的导线断开

故障现象: 按摄片按钮 EXP 后，照相快门不动作，荧光屏组件也不行走，无法照相。

分析与检修: 正常工作的步骤是：按下 EXP 键，信息显示窗出现 CALON（定标在进行）约 1s 钟，随即显示所选照片的格式，例如 $A_{12}MXX$ ，它表示自动送片，每张照片 12 幅图像，MXX 代表已经拍过的幅数，然后快门动作，荧光屏行走到下一幅的位置。而现在按 EXP 键后，显示 CALON 约 5s 钟，然后显示所选格式。根据该机工作原理，当按下 EXP 键后，在快门未打开之前，荧光屏先显示一个亮度信号，该亮度值通过由光敏管组成的传感器送到照相机内的微处理器，使之与由控制台所设定的亮度值进行比较，其差值送入亮度控制电路，使荧光屏上的亮度与设定值相符，这一过程称为 CALIBRATION，即在信息窗显示 CALON。因为这个故障的主要特征是显示 CALON 的时间大于正常值，所以从有关定标电路查起。

首先检查光敏电路，当荧光屏出现光栅时，测试点 TP_2 对地电压为 0.02V，与没有光栅时一样，显然属不正常。将光敏管 CR_1 与放大器电路脱离，单独测量其两端电压，有无光栅时均为 0V，甚至将 100W 白炽灯照入光敏管所在的暗箱内，结果也是如此，于是怀疑 CR_1 有故障，将暗箱打开，发现连接 CR_1 的一根导线断开，将其重新焊上，有光栅时 TP_2 为 5V，无光栅时为 0V，至此故障排除；

二、AGFAMULTI-IMAGER20 (MI-20) 型多幅照相机故障检修 3 例

故障例 1: 同步信号轻度失真造成扫描振动

故障现象: MI-20 型照相机 CT 照片图像模糊, 边框有双重影。

分析与检修: 打开机器前盖板和监视器屏光盖, 选择图像监控位置 (垂直偏转板上微开关 S2 至 Seemode), 发现图像有轻微振动, 但图像的比例及质量正常, 测量各部分电压均正常, 利用示波器测各点波形, 亦无明显失真, 分析乃是同步信号轻度失真造成扫描束振动所致, 调节垂直偏转板上同步微调, 振动减小至消失, 图像恢复稳定。

故障例 2: 场扫描电路同步分离板故障

故障现象: CT 照片图像上出现横的亮白条干扰, 起先是偶然出现几幅, 逐渐出现次数增多至故障稳定, 此时图像本身无失真。

分析与检修: 打开机前盖板和监视器屏光盖, 选择图像监控期位置, 发现监视屏上图像亦出现横条干扰。首先怀疑场扫描电路, 又因 CT 图像稳定无失真, 考虑为场扫描电路中自激所致, 利用示波器测量各点波形, 发现场输出波形、场扫描波形上有自激小包, 经追踪测量, 发现同步分离板集成电路一外围集成块产生。替换同步分离板后故障消失, 照片正常。

故障例 3: CRT 基板上可变电阻 R_8 损坏

故障现象: 当使用条件设定后, 曝光时的辉度为自动调整, 显示屏指示为 CALON (即: 自动辉度调整中)。由于故障原因, 当按压 EXP 键时, 显示屏总是指示+CAL, 意为辉度过明, 但反复调整 BRT、CNT、DEN 数值范围, 按压 EXP 键时故障仍然存在。

分析与检修, 在检查中发现, 当关掉照相机电源 30min 以上后再开机, 可继续正常使用约 20min, 以后故障重复出现, 考虑为控制基板上某元件性能差, 特性参数受温度变化而改变。经查找为 CRT 基板上辉度调整范围可变电阻 R_8 的阻值随温度而增大, 当按下 EXP 时, 调整程序认为辉度过明而提示+CAL。随即更换 R_8 后, 工作正常。应注意: R_8 被更换后, 要重新调整 BRT、CNT、DEN 的设定范围, 以保证片子的图像质量。

三、AGFAMULTI-IMAGER (M17-120) 型多幅照相机故障检修 1 例

故障例 1: 监视器行扫描电路高频阻流线圈 L_2 短路

故障现象: 多幅照相机出现无光栅而导致胶片不感光形成白片。

分析与检修: 由于该机是微处理机控制, 由于机械部分的故障, 如相机镜头不到位及曝光时快门不启动等, 或者由于电路部分故障如监视器荧光屏无光栅可导致胶片不感光而出白片故障。1. 机电部分接通电源后, 按动 **MS** 方式选择钮时, 观察 X. Y. Z.M 四个驱动电机, 能分别使镜头在 X. Y. Z 三个方向运动并可对镜头对准在胶片规定位置上, 然后调焦电机 M 动作使镜头校准焦点, 再按动 **XEP** 曝光按钮, 镜头上快门启开, 故说明机电部分正常; 2. 电子电路部分。判断监视器的故障最直接的方法是将母线电路板上的图像观察开关 S_3 从 NORMAL 正常位切换到 VIEW 观察位上, 如果出现光栅或与 CT 机荧光屏上相同的图像则为正常。但此时无论 S_3 在何位置, 荧光屏都是黑的, 说明故障在监视器部分。

该监视器不同于一般黑白电视机的荧光屏，它是由监视器控制电路来控制图，像亮度、对比度、图像翻转、曝光时间等。监视器无光栅的原因有：高、低压系统故障，显像管灯丝电路故障以及行、场扫描电路故障都可使荧光屏无光栅。按贯例检查，首先测试供电系统各电压，高、中、低各电压值均正常。观察 CRT 灯丝亮度正常；用示波器测试 CRT 的阴极 K，视频信号正常；用数字表测试 CRT 的栅极 G_1 的电压，同时调节亮度旋钮， G_1 电压应在 $0V \sim 150V$ 之间变化，但本例中 G_1 电压恒定在 $-150V$ 上不随亮度调节而变化，荧屏无光栅的初步原因系其栅极 G_1 被太大的负压封锁所致。产生较大值负压的原因之一，可能来自监视器控制电路的亮度控制信号为一个恒定的正电位，从而使 CRT 控制（见电路图 8-1-14 所示）的晶体管 Q_6 截止，这样 $-150V$ 经 R_{31} 、 R_8 、 R_{23} 分压后，再经 R_{34} 加到 G_1 并保持一个恒定负值，这个负压大小由图分析；当 Q_6 截止时， C_1 电压应是电阻 R_{31} 、电位器 R_8 、电阻 R_{33} 对 $-150V$ 的分压值，通过计算其极限范围是 $-14.5V \sim -112V$ ，而不是一 $150V$ 。因此可以判定故障不是来自监视器控制电路。

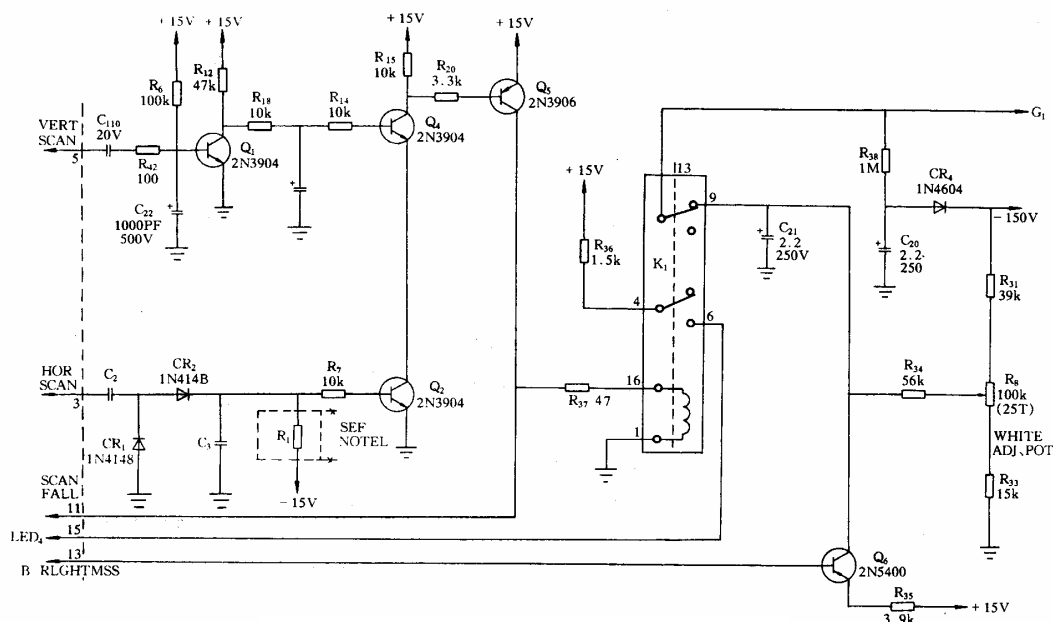


图 8-1-14 CRT 控制电路

原因之二：可能来自 CRT 控制电路，通过对比电路的告警继电器 K_1 的分析： G_1 是经过 K_1 接点⑬和⑨接到 Q_6 的集电极。当 K_1 吸合时，接点⑬和⑨断开， $-150V$ 经二极管 CR_4 和电阻 R_{38} 加到 G_1 上，此时因 CRT 的栅极被负压封锁而无栅极电流，尽管 R_{38} 是 $1M$ ，也无压降，因此 G_1 方有 $-150V$ 的恒压。进一步再检查分析 K_1 继电器的吸合原因，由图分析 K_1 吸合的原因是由于 Q_5 的导通，而 Q_5 导通的条件是 Q_4 或 Q_2 其中之一截止 Q_5 就导通。在正常情况下，VERTSCAN 场扫描信号是维持 Q_4 导通，HORSCAN 行扫描信号维持 Q_2 导通，因为 Q_4 与 Q_2 是串联， Q_4 的基极电位比 Q_2 基极电位高出一个 Q_2 的集射间的压降，因此设置一个 Q_2 达到 Q_4 的基极与 VERTSCAN 信号适配的目的。如上分析，不管场与行扫描信号中，只要有一个消失， Q_5 就会导通， K 就吸合，将 CRT 的 G_1 以 $-150V$ 电压封锁以保护荧光屏不受过强的亮点或亮线的伤害而使荧光粉烧坏。

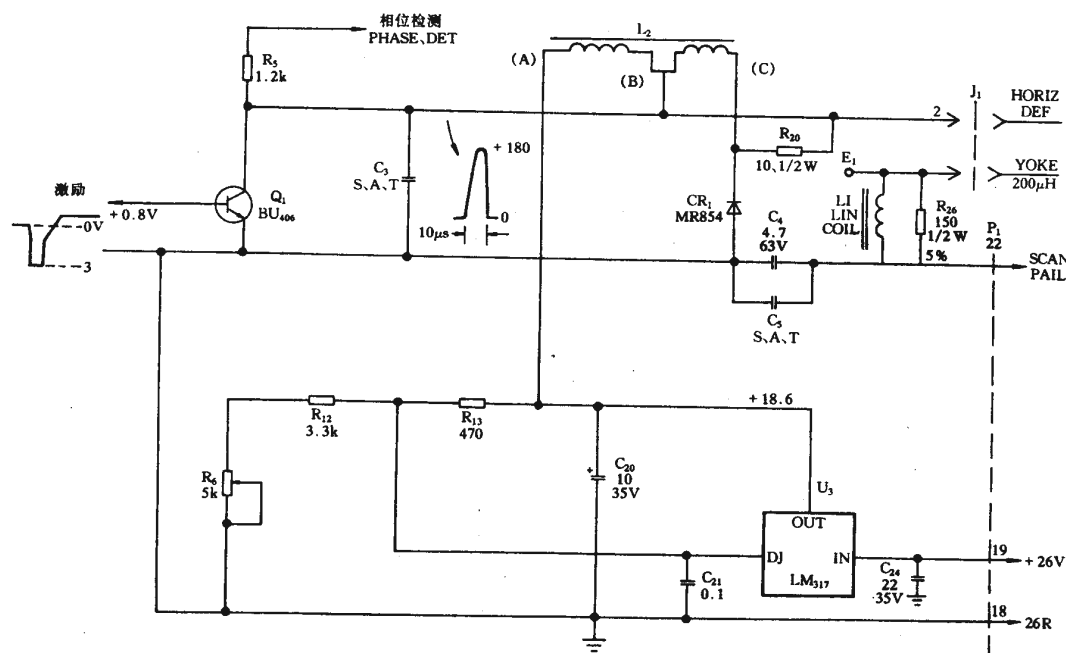


图 8-1-15 行扫描电路

在取下 Q_1 情况下, 再测三端稳压块 U_3 的 OUT 端, 结果电压升到 18.6V 恢复正常值, 其温度也降到正常值, 说明三端稳压块也是好的。在 Q_1 未接上前, 对 C_3 、 C_4 、 C_5 和二极管 CR_1 测试都没有击穿短路, 再把 Q_1 按原位置接上, 故障现象同前。用示波器测试 Q_1 基极波形, 与正常波形相近。故推测到阻尼电感 L_2 有故障。测试 L_2 的 A-B 端电阻为 0.81Ω , L_2 的 B-C 端电阻为 0.14Ω , 因 L_2 是用罐形铁粉磁芯绕制的, 无法测出线径的大小, 无法单从直流电阻来确定有否短路, 因而还需从电路上分析: 据图分析: 电源流经 A-B 线圈加到 Q_1 集电极。如 A-B 间短路, U_3 的 OUT 端直接加到 Q_1 的集电极。在 Q_1 的基极加有图中所示的脉冲电压, 尽管这个脉冲电压的平均值是 $-2.1V$, 但在脉冲电压高于 Q_1 的开启电压的那一段时间 Q_1 是导通的, 由于 A-B 间短路, 交流阻抗很小, 流过 Q_1 的集电极电流很大, 故造成 Q_1 和 U_3 发热。为进一步证实, 把 12 的 A 点与电路断开, 串接一只 10W50 电阻再通电试验, 则 Q_1 与 U_3 温度正常。用示波器测 Q_1 集电极, 得到与 Q_1 输入波形反相的波形, 因这时 Q_1 的负载接近电阻性, 还不能出现图示的标准波形, 但是足以证明 12 的 A-B 线圈短路。 L_2 线

圈的仿制：此线圈无备用成品可替换，从国外原厂家购入整块电路板除价格昂贵外，停机时间也太长，而且经济损失也太大，只有考虑自行仿制以应急需。

将 L_2 从电路板上取下，用电烙铁把罐形铁粉芯加热到 70°C 左右，使绝缘漆软化，折开铁粉芯，取出线圈骨架，拆下漆包线并记住原线圈的匝数和绕向。再用与原来相同线径的高强度漆包线，按原匝数和绕向重新绕好并浸漆处理。A-B 间直流电阻 3，B-C 间直流电阻 0.15。将该线圈焊接电路上，经调试后，检查试验，整机恢复到正常状态，实际照相试验，胶片上的影像质量等同于原片影像质量，但是所仿制的线圈质量能否耐用可靠，尚需时间考验，但不失为应急的措施。为保证 CT 扫描能正常进行，再用相同方法多加工两只备用，更是维修之必须。上述故障检查与分析，较为繁杂，但结论确切，而自行仿制的方法简易可行，但所取得的 CT 扫描的社会效益和经济价值却非常可观。

四、MUIT 重 SPOTM9 型多幅照相机故障检修 3 例

故障例 1：突然掉电引起多幅照相机故障

故障现象：CT 机在工作过程中，突然掉电，来电后重新开机，在操作程序 MS04 内察看照相机 Multislot M₉ 状态，键入命令 *EXE / STA / 文字监视器上出现故障信息：

* MSM035: TransfererrorfromCameraEndCharacterO{telegrammissing • 多幅照相机不能正常工作。

分析与检修：出现此故障是由突然掉电引起的，当主机与照相机正在通讯时突然掉电，致使从照相机传输给主机的信息码中最后一个字符丢失，而造成信息传输错误，并非照相机的某个部件损坏所致。此故障以前也曾出现过几次，有时再重新关机开机，使整个系统软硬件强制复位一下，可以排除此故障。但这一次却没有奏效。按照相机复位键，关掉照相机电源再重开仍不能解决故障。最后进行了一次多幅照相机的初始化，具体步骤如下：1. 关掉多幅照相机电源；2. 插入空的收片片盒；3. 打开照相机背板，将 D₃ 板的 S3.1 开关扳至 ON 位置；4. 接通照相机电源；5. 拔出收片片盒；6. 再插入空的收片片盒；7. 用小螺丝刀再将 D₃ 板的 S3.1 开关扳至 OFF 位置。按上步骤做完后，在 MS04 操作程序中再察看照相机状态，原故障信息消除，机器转入正常。

故障例 2：CPU 板上存储器供电电池电压降低

故障现象：胶片没有曝光，冲洗出来是白片。同时显示故障码为 MSM004：收片盒内胶片超过 50 张及 MSM019，已曝光胶片没有送入收片盒。

故障检修：打开多幅照相机侧板，用废胶片做过片试验。在胶片传输过程中，发现胶片定位挡铁不能上升，照相平台上不能停片，从供片盒出来的胶片被直接送入收片盒，因此胶片不能感光。插入空的收片盒，仍显示 MSM004 胶片超过 50 张的故障码。因此初步断定故障发生在由 D₁₈ 板及 D₄ 板组成的胶片传输及定位控制系统。

故障分析：D₁₈ 板为胶片监控板，它通过 LS₄ 反射式光感器感受胶片的传输及位置变化而产生脉冲信号，即曝光结束胶片被送入收片盒为 t_1 ，下一胶片从供片盒出来被送入曝光位置为 t_2 。该信号经 D₁₈ 板三极管 V₂ 射极跟随器缓冲输入 i₁ 的两个施密特非门整形，触发 i₂ 的两个单稳态触发器产生延迟，延迟时间由 C_{1r4} 及 C_{2r5} 决定为 10ms，触发器输出信号经 i₃

双输入与非门进行整形与逻辑组合,通过三极管 V_3 共发射极放大器反相输出,经 D_{18} 板 X_1 插头 pin5 传输至 D_4 板 CPU,信号经过 D_4 板 CPU 处理后由 D_{18} 板 X_1 的 pin1 输入,此时信号有 160ms 延迟,以保证胶片位置的完全确定,如波形,该信号用来控制电磁铁 hm4 动作带动定位挡铁上升或下降,使胶片停在平台上正确的曝光位置。在分析电路工作原理后考虑故障点有两个:第一是 D_{18} 板故障;第二是 D_4 板控制系统故障。

故障排除:

从 D_{18} 板入手,观察 D_{18} 板上没有明显的故障点,然后用万用表测量 +5V、+24V 供电电压均正常,接下来将 Tek2201 双踪数字存储示波器通道 1 接测量点 TP₅,通道 2 接 TP₆,在胶片从供片盒被直接送入收片盒过程中,发现有信号产生且两信号同相,说明 LS_4 及三极管 V_2 工作正常。由于

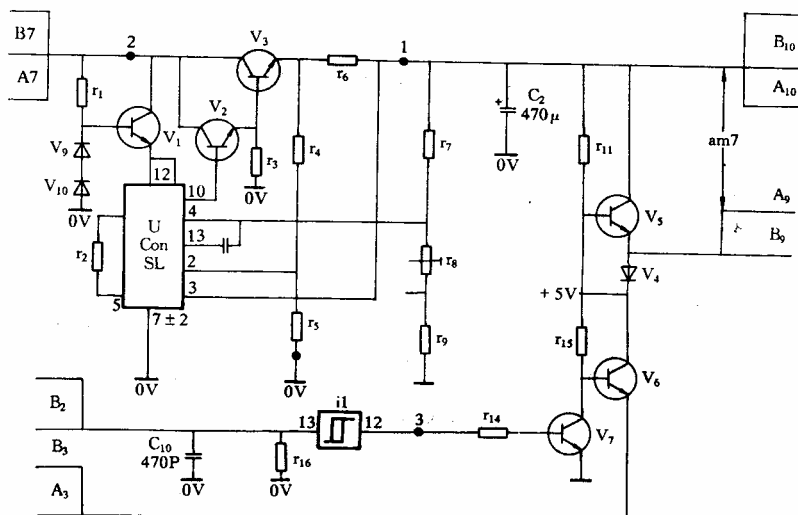


图 8-1-16 电路图

$i1$ 、 $i2$ 、 $i3$ 都是插在印刷板的管座上的,所以很方便地用相同型号的芯片: 74LS14、74LS123、74LS132 来替换,但故障现象依旧。用万用表测量 V_3 也正常,且 TP10 有信号输出,说明 D_{18} 胶片监控板工作正常,故应出在 CPU 板 D_4 板上。 D_4 板由一片 8085 做 CPU,4 片 8155 做 I/O 口,3 片静态 RAM 做存储器构成一个微处理器小系统,控制整个 M9 多幅照相机的工作。由于软件的故障较难发现和排除,所以首先考虑可能是硬件故障。除过片外, M_9 其它功能基本正常,说明 CPU8085 芯片的工作基本正常。 D_{18} 板的信号是通过 $i1$ 8185 的 pin35 输入的,所以将门与其他三片互换,但故障仍存在,说明 D_4 板上 CPU、I/O 口硬件电路均工作正常,故障出在软件上。用万用表测量随机存储器供电电池的电压为 2.5V,低于正常值 3.0V,说明 RAM 内数据已不可靠,微处理器小系统发生软件故障。在没有备件的情况下,将两节 1# 电池串联放在相机内的空余处,引出导线并联在原电池上,重新试机,故障排除。由此可知,该故障是由于 CPU 板上存储器供电电池电压降低,使得静态随机存储器 RAM 只能维持低水平的自身数据刷新操作,而无法由 CPU 再进行存储器读/写操作,导致故障产生。该软件故障还有可能产生其它现象:诸如主机与 M_9 联机不上,初始化失败等。

故障例 3: 三极管 V_6 、 V_7 击穿

故障现象: 打开 M_9 电源开关,胶片传递电机 am_7 一直空转不停,胶片不能被正确传送

到停片台上曝光。

信号通路: LS4 信号板通知微处理机在胶片台上是否有胶片, 如果停片台上有胶片, 胶片监视板 D18 和计算机板 D₂、X₄、a₅ 就发出一个高信号, 待摄完所有 9 幅图像后, 胶片传递电机 am₇ 经过 110 接口的 i₄ 被激活, 胶片被送入收片盒。

故障检修: 首先将 am₇ 电机输入端 D₁₉ 板 X₂ 拔掉, 在停片台上放一张胶片, 测量 D₄、X₂、a₅ 和 D_{18.5}, 见有高信号输出, 说明计算机板和监视板均工作正常。am₇ 电机的电源控制来自 D₁₉ 板, 其工作原理如图 8-1-16 所示。来自 D₃ 板的 25V 直流电源经 A₃B₃~A₇B₇ 端输入, 稳压后加在 V₆ 中速开关管集射极两端, 正常开机状态下 V₇ 管处于工作状态, 6V 因加不上基极电压而截止, 当计算机板发一个 +5V 控制信号给 B₂ 经六反相器 i₁ 使 V₇ 三极管截止, V₆ 导通从而使 am₇ 电机运转, 将一张新的胶片抽出传送到停片台上。用数字万用表测量测试点 1 和电机输入端 B₉A₉~A₁₀B₁₀ 均有 25V 电压, 说明 V₆ 一直导通, 焊下 V₆ 管测量发现已击穿。更换新管后试机, am₇ 仍空转不停, 再测量测试点 3, 有 3.5V 电压, 疑 V₇ 管损害, 焊下测量证明 V₇ 基射极开路, 换上新管工作正常。

元件的选择与更换: 多幅相机是十分精密的设备, 对元件的参数要求十分严格。V₆ 管为中功率中速开关管, 其型号是 BDX53C, 绝非一般 NPN 型管都能替代, V₇ 管的型号是 BCY58-8, 市面很难买到同型号的欧州管, 用同参数的国产 3DK4B 三极管代替, 工作一直正常。

五、MULTISPOTF 型多幅照相机故障检修 2 例

故障例 1: 电机轴杆弯曲造成电机走动障碍

故障现象: 开机后按下 REV 键, 电机走动声音异常, 且始终不停, FWD 灯一直亮。

故障检修: 检查照相机驱动电路板 (DriveBoard), 发现 P₁ 保险已烧断。更换新保险后开机, F₁ 立即又烧断。用万用表测量 +V_s-V 电机电压均为 7.8V 左右 (正常应为 5V)。在同型号机器上测试机箱下 3 块主要的线路板 (微处理板、自检板、驱动板) 工作正常。打开照相机的前挡板, 检查电机走动异常声音来自的方向。该照相机共有四个电机, 分别是 X 向、Y 向、Z 向及 Monitor 电机。按下 REV 键, 使电机动作后发现异常声音来自 Monitor 电机。拆开 Monitor 电机护盖观察, 发现电机动作时轴杆似有晃动, 且有电机被卡住的现象。用手协助拧动轴杆, 电机走动声音即正常, 开机后 P₁ 保险不烧。

由此看来, 故障是由于 Monitor Motor 轴杆弯曲, 造成 M Motor 走动障碍, 在行程中电机由于被卡住而需要增大电流以提供更大的电能以转换成机器能。由于电流的过度增大致使驱动板上保险烧断。该故障是由于机件长期运动变形, 故障逐渐发展造成相机最终不能工作。将 MMotor 的轴杆更换新件后, 照相机工作正常。

故障例 2 垂直偏转板电阻 R₂₂ 击穿

故障现象: 最初故障现象表现为照相机监视器 Monitor 上的图像最上面一行显示的 CT 型号及医院名称的标志被删抹掉, 后来故障逐渐发展, 删抹范围逐渐增大。

故障检修: 参照该型号多幅照相机的图纸及说明。调节垂直偏转板 (VERTICALDEFLECTIONBOARD) 上 R₂ (VerticalPosition) 和 R₃ (VerticalHeight) 电位

器,发现照相机监视器 Moni-tor 上的影像随着调节 R_2 和 R_3 电位器可以压缩,可以下移,但不能展开或上移。据此,曾怀疑是否是电位器失效。但取下垂直偏转板经仔细检查发现,垂直偏转板上有一处电阻表皮有烧损现象。该电阻为 R_{22} , 应为 4.7。用万用表实测 R_{22} , 发现其阻值已达 44。由于功率不够,造成慢性烧毁,电阻值逐渐增大,使故障现象逐渐发展,用两个 1/8W. 9.1 左右的电阻并联代替损坏的电阻,焊好后在垂直偏转板上调节 R_2 、 R_3 电位器,影像可以展开,也可以下移。调节影像至适当的比例和轮廓,使其显示正常,故障排除。

六、MULT 夏 SPOTFA-M 型多幅照相机故障检修 3 例

故障例 1: 驱动伺服电机集成块芯片 U_{14} 8255 I/O 损坏

故障现象: 当照完一张 CT 胶片的某一行后,照相机头换行,开始照另一行的第一幅图像,照相机头水平移动 X 轴方向驱动伺服电机发出“嗡嗡”作响的声音,振动响声过后继续照相,则冲洗出来的该 CT 胶片在发生换行响声的上下两行图像有部分重叠现象。如果关机后,现重新开机还能正常工作一段时间,就这样故障时有时无没有规律地发生。

分析与检修: 常规使用的是 14×17 英寸的 CT 胶片,每张 CT 胶片照 20 幅图像,每 4 幅图像为一行,一共需要照 5 行图像。开机后,首先需要按一下多幅照相机面板 SET 按键,使一张新 CT 胶片进入曝光区,然后每照完 20 幅图像机器便自动过片和装片,曝光区上的照相机镜头可以做平面水平和垂直方向移动,称作 X 和 Y 轴方向。这两个方向的驱动伺服电机是相同型号的。除此之外,照相机镜头还可以作焦点胶片距离方向移动,称作 Z 轴方向运动。打开后盖与侧盖,在有故障时观察 X 轴方向的驱动伺服电机“嗡嗡”作响;而 Y 轴和 Z 轴方向的驱动伺服电机无异常响声。由电路分析,照相机各执行动作与显示都是由微机控制。它们的中央微处理器在 PROCESSORBOARD 电路板 U_{13} MK3880CPU,各种程序软件储存在 U_{24} - U_{29} EPROM2764 内,最后由微机接口电路板 I/OBOARD 送出信号到各执行电路。其中 I/O 板的 U_9 - U_{14} 8255I/O 芯片把微机内容输出。 U_{14} 8255 送出的信号到电路板 MOTORSHUTTERANDDRIVERBOARD,控制 4 个伺服电机的驱动电路。这 4 个伺服电机分别是: XMOTOR、YMOTOR、ZMOTOR 和 M MOTOR (过片电机)。首选把 X 轴与 Y 轴相同型号电机拆下互: 换进行试验,发现“嗡嗡”声仍然来自 X 轴方向驱动伺服电机。这样排除了电机可能发生的故障。为了明确微机接口输出信号是否正常,把 U_{14} 8255I/O 芯片从集成块插座拿下,换上一只同型号 8255I/O 芯片,通过开机试验,以后再也没有出现过此故障。

故障例 2: 显像管屏面,上吸附一层薄薄的灰尘

故障现象: 使用该相机所摄 CT 胶片,每幅有一密度均匀的枕形雾状阴影与图像重叠,影响图像质量。

故障排除: 察看图像显示器,所显图像清楚。由于伪影位置形状固定,考虑是相机镜头或者显像管不清洁引起。打开相机后门,将镜头和显像管移到最外侧进行检查。检查时注意: 1. 查镜头时先将镜头前遮头前方遮光片按逆时针方向轻轻拨开,方向不要搞反,以免损坏。露出镜头进行检查即可; 2. 查显像管时,先将连接镜头的暗箱左上方的固定销子向上

推开，解除固定，然后将暗箱上部向后推移，因暗箱下部固定在镜头上，因此当推移到一定程度后，感到有阻力时即停止。当暴露出显像管时，即看到其屏面上吸附一层薄薄的灰尘，形状与伪影一致。用擦镜纸轻轻将其擦抹干净，将暗箱复位固定，再行照片，伪影消失。

故障例 3：行扫描电路板行输出一根导线中部折断

故障现象：在进行 CT 病人。图像照相时，每次曝光都会在多幅照相机操作面板上显示错误信息+CAL，并且随着曝光程序的；进行很快消失。最后取出收片库冲洗胶片，全是无图像没有曝光的白板照片。

分析与排除：该多幅照相机与西门子 HIQ2 型 CT 机配合使用，没有设置控制曝光的程序软件，所以每幅图像照相得需要工作人员踩下脚踏开关进行曝光，错误信息+CAL 意思是：Brightness control is at the upoer limit，曝光亮度控制超过上限。照相机曝光条件的设置有 3 个：亮度、对比度和密度值。在多幅照相机操作面板上检查所存储曝光条件内容，显示的各个数值并没有超过标准值，都是在正常应用的范围值内使用的。再封闭送片库和收片库后，打开照相机的后门及侧盖检查照相机镜头部分的分格动作程序，通过反复操作认为工作正常。再进一步检查照相镜头上面的电视显像管上的图像是否正常。拉开照相镜头的伸缩暗箱，用小镜子观察反射在上面的荧光屏图像时，在开机的情况下没有图像及光栅。在观察荧光的同时，调整照相机设置的亮度、对比度及密度值均未奏效。初步判断故障出现在显像管行场扫描电路内部。由于镜头部分经常在照相机内做往复运动，它们的连接电缆也跟着运动。关机后首先用万用表直流电阻档检查行扫描电路板 Horizontal Deflection Board 输出电缆与显像管上的偏转线圈的连接电缆及接插件，认真检查每根导线是否有断路和接触不良的情况，结果发现行输出的一根导线直流电阻无穷大，这根导线在整根电缆的中间部位折断。为了不影响照相，外加一根带金属屏蔽网的电缆代替，并且把屏蔽网接地。通过应急处理后，多幅照相机恢复了正常工作。

第五节 美国柯达（KODAK）公司激光照相机

日本自动照相机故障实例

一、美国柯达 3M952 型激光照相机故障检修 5 例

故障例 1：扫描器上沉积着显、定液及灰尘

故障现象：照相机反复出现 Code=17。

故障分析：相机与洗片机接通电源后，洗片机的红外线加热器对显、定影液进行加热，当温度达到设定值时，洗片机送出准备好的信号，照相机进入 Ready 状态。而照相过程中照相机又反复出现 Code=17（洗片机没有准备好）。检查洗片机显、定液温度都在设定值，洗片机与照相机对接口吻合正确，出现：Code=17 的原因：1. 洗片机信息传送器及其信号线故障（Processor、Process-Attach）；2. M4000 入口装置与信息传送器的联接是否正确；3. 洗片机红外线扫描器（Infrared Scanner）故障。常见的原因是第 3 种情况，当胶片进入洗片机，红外线扫描器开始扫描，检查进片情况，并不断地向照相机发出洗片机忙的信号，当胶片全部进入洗片机后，向照相机送出洗片机处在等待状态，可送下一张胶片，并伴有进片后复位的“嘟”的一声响。由于显、定影液及一些灰尘沉积在扫描器上，造成在没有胶片进入洗片机时，扫描器也误认为有胶片经过，而不断地向照相机送出忙的信号、不停地发出“嘟嘟”地复位声，照相机也显示 Code-17。

故障排除：打开洗片机顶盖，在进片口处有一长形似黑盒子状红外红扫描器，清除扫描器上的沉积物，故障排除。

故障例 2：磁性开关变形

故障现象：磁性开关变形。如在 Copies=1 照相传送胶片时，遥控器显示进片出错（FeedError），代码（Code）为 25 或 26。仔细观察，洗片机已经开始工作，说明胶片已进入洗片机内，但照相机仍显示 Code=26（出错代码 26，胶片在出口舱内），按 Reset 键，可听见照相机内有一“咔嚓”声，Code 转为 1，恢复到 Ready 状态。

故障检查：如在 Copies=2，出现上述现象时，按 Reset 键，代码（Code）改为 22（出错代码 22，胶片在机器中央），打开相机顶盖检查，胶片卡在机器中央，需取出胶片盖好顶盖，才会恢复到 Ready 状态。每次传送胶片都重复出现上述故障，这时应考虑是照相机出口舱内一传感器（磁性开关）变形造成的。其原因主要是：1. 磁性开关比较细小，使用时间较长后，胶片经常顶压，造成变形；2. 清洁出口舱时，碰压到开关；3. 由于各种原因造成胶片卡在出舱口，取片时用力过大、过速，都可能造成其变形。

故障排除：打开出口舱盖，在出口舱的左边可见一长方形小孔，孔上有一传感器，用一手指顶住一端，另一手指轻轻将另一端向下拨，让其恰好落在长方形小孔下方约 2mm~3mm 处即可。

故障例 3: 照相机与洗片机接口卡片

故障现象: 照相传送胶片时, 遥控器显示进片出错 (FeedError) 代码为 25 或 26, 此时洗片机没有动作, 按 Reset 键后, 仍为代码 26, 则胶片可能卡在照相机与洗片机交接处。找开出口舱盖取出胶片, 按 Reset 键, 恢复到 Ready 状态。出现上述故障的主要原因是洗片机接口处潮湿、有沉积物附着造成。

故障排除: 1. 经常检查洗片机接口处的微型吹风机是否正常运转 (正常应 24h 不停运转)。该吹风机的作用是将显、定影液挥发物吹散以免沉积在接口附近, 影响胶片传送, 造成卡片; 2. 洗片机每次换药水冲洗洗片机后, 必须将洗片机接口处擦干净。

故障例 4: 图像所占空间过多

故障现象: 存贮图像过程中, 遥控器显示无图像存贮空间, 出错代码 88、89、或 90, 多出现于选择格式为 20 帧时, 在存贮 10 余帧图像后, 不能再继续工作, 出现上述数字或代码。出现这种情况的原因是由于图像所占空间过多, 照相机内存量不够而造成的, 解决的根本办法是扩充内存量。

故障排除: 1. 尽量减少每幅图像存贮空间的占用率, 在调节窗宽、窗位时, 尽量减少相位编码伪影、呼吸伪影及血流伪影等, 在不影响图像质量情况下, 图像也尽量调暗些; 2. 不要有过多存贮格存贮 4 幅图像, 以免占用过多空间; 3. 可改选其它格式。

故障例 5: 胶片卡在激光相机胶片出口处

故障现象: 柯达激光相机与柯达 X 线胶片自动洗片机连机使用, 在清洗自动洗片机后照相, 胶片卡在激光相机胶片出口处, 无法进入自动洗片机冲洗。

分析与检修: 经验查, 激光相机供片盒内压片装置正常, 胶片摆放整齐, 胶片无粘连和折叠现象。说明卡片现象非供片盒装片不当所致。为直观检查, 打开相机侧门, 取出被卡胶片、此时发现, 胶片片膜受潮, 胶片粘连, 用手触摸相机胶片出口处, 有冲洗自动洗片机溅入的水, 查明造成此次卡片现象的直接原因是: 冲洗自动洗片机时, 不慎将水溅入激光相机的胶片出口处, 使胶片送入自动洗片机过程中, 片膜与水接触, 粘连受阻, 造成卡片。上述卡片现象在以往工作中, 也曾多次出现, 取出卡片后, 由于间隔时间长, 相机出口处受潮部分自然干燥, 卡片消失。故导致卡片原因一直未能查清。本次由于清洗洗片机后, 急需开机扫描照相, 此时卡片现象就连续不断发生, 找出了卡片的直接原因。

二、日本 PM-10AD 型自动照相机系统故障检修 1 例

故障例 1: 噪音滤波器输出、输入端对地短路

故障现象: 本系统的各种自动功能全部由自动灯光体来控制完成。因此, 这一部分电路全部由数字集成电路构成, 这样, 它就对电源供电网络要求比较高。在自动灯光体的电源输入部分。设有过流过压保护装置和噪音滤波装置。前一段时间, 在检修本系统故障时, 发现 NOISE FILTER (噪声滤波器) 的输出、输入端全部对地短路, 从而使过流过压路保护装置烧坏。如果要用更换元件的方法修复仪器, 是不可能的。因为, 过流过压保护装置是美国生产的元件, 噪声滤波器是日本产的, 两者均为固态的一体化元件, 既不能修复, 也不能从

国内买到。所以，只有将电路的电源输入部分进行简单的改造。

故障排除：首先，根据自动灯光体的整机功率大小或测量自动灯光体的正常工作时的交流电流。在它的过压过流保护装置的位置上安装一个保险丝盒。然后，将噪声滤波器的输入与输出端一一对应地连接起来，取掉噪声滤波器。此时，根据测量的来流值，估算后在保险丝座上装上 0.5A 的保险，检查以下电源输入阻抗，如果不为零，两条导线分别对地不短路，便可通电试验。

在工作中，遇到的大量日本进口仪器的电源输入部分，都有类似的结构。而且此类故障率比较高。采用这种检修方法。能够尽快地修复仪器，增加仪器的使用效率。经几台类似故障的处理及一段时间的使用观察，仪器均工作正常，性能良好。

第二章 麻醉机

自 1846 年朗宁首先应用乙醚麻醉以来,吸入麻醉已日臻完善。现代药理学的发展,科学技术的进步,特别是电子计算机技术的应用,更使现代吸入麻醉的水平大大提高。吸入麻醉是通过机械回路将麻醉药送入患者的肺泡,形成麻醉药气体分压,弥散到血液后,对中枢神经系统直接发生抑制作用,从而产生全身麻醉的效果。吸入性麻醉易于控制、安全、有效。

第一节 麻醉机常用的几种麻醉药

理想的吸入麻醉药应具有如下性质:①具有固定的分子结构,在与光、碱或钠石灰同伍时不分解,能适用于各种气候环境和紧闭式麻醉回路系统;②强效,可用高浓度的氧通气;③应具备有低血/气压分配系数,诱导和清醒快,可灵活调整麻醉深度;④与空气、氧气或氧化亚氮混用时,任何浓度下不燃不爆;⑤吸入无刺激性,麻醉诱导平顺;⑥在体内无代谢,不对各器官产生特异性毒性,即使低浓度长期接触,也不能发生特异性器官中毒;⑦对心血管和呼吸系统的副作用减到最低;⑧对中枢神经系统的作用易于控制和逆转无刺激物活性,能提供一定程度的止痛作用。

下面介绍几种常用麻醉药。

一、氧化亚氮(N_2O)

氧化亚氮又被称作笑气,是麻醉机应用最早的一种麻醉药。

氧化亚氮是一种无色、无刺激性、具有甘甜味的气态气体。化学结构稳定,通过钠石灰时极难分解,不与麻醉回路中的金属和橡胶起反应,不燃不爆,病人易于接受。

由于氧化亚氮是一种惰性气体,对机体心血管的影响很小,且因其最低肺泡浓度值超过 100,麻醉效能低,故常将它作为一种载体气体与其它吸入麻醉药混用,以达到满意的麻醉效果。

二、氟烷

氟烷不燃、不爆,化学性质不稳定,在阳光和紫外线照射下易变质,在与钠石灰接触时可小部分发生化学反应,在有水蒸汽存在的条件下,可对铝、铅、黄铜形成腐蚀,须贮存于琥珀色瓶中,且要加稳定剂。

三、安氟醚

安氟醚为无色挥发性液体,具有水果芳香气味,不燃、不爆,化学性质稳定,不与紫外线、金属和钠石灰起反应,易于保存。麻醉诱导平顺、迅速和舒适,麻醉后恢复迅速,反复使用无明显副作用。

四、异氟醚

它是一种新型的吸入麻醉药，引入临床后使吸入麻醉进入了一个新的阶段，它麻醉诱导和苏醒极为迅速，对肝肾功能及心肌收缩力影响小，肌肉松弛良好，可重复使用，是一种比较接近的理想吸入麻醉药。它是安氟醚的同分异构体，分子结构稳定，与紫外线、金属及钠石灰不起反应，有病人可耐受的轻度刺激性溴味。

五、七氟醚

这种麻醉药于 70 年代初期合成，投入临床后不久即提出其体内代谢和毒性问题，几乎被废弃。近年日本麻醉学界经过深入研究后认为其效果较好，可与异氟醚相匹敌，临床应用普遍。欧美等国麻醉学界对此尚有异议。

七氟醚分子结构稳定性差，在湿性钠石灰中易分解，在血中的溶解度几乎接近于氧化亚氮（分别为 0.6 和 0.47），其摄取和排除的速率极高。

六、脱氟醚

脱氟醚是近年推出的一种新型吸入麻醉药，以其优良的理化性质和药物代谢动力学特征深受麻醉师的重视，1987 年埃格尔率先公布了脱氟醚临床试验的情况。动物和人类的实验研究表明，与其它麻醉药相比，该麻醉药的化学性质稳定，抗分解代谢强，诱导快，苏醒早，对循环功能影响小，是一种有发展前途的麻醉药。在存放时由于其化学性质稳定，不需加稳定剂，适合于循环紧闭麻醉，且在钠石灰中相当稳定。

第二节 麻醉机的主要部件

一、蒸发器

因为绝大部分吸入性全身麻醉药物都是常温、常压下的可挥发性液体。这类液体药物必须转变成气体后才能在临床上应用，这就需要蒸发器将液体药物进行蒸发，使其变成可使用的气体麻醉药，随着被麻醉病人的呼吸而进入到人体内，实现全身麻醉的目的和效果。

根据物质运动的原理，构成液态物质的分子由于内能的存在，每时每刻作无规则的相互碰撞运动，随着温度的升高，分子内能增加，碰撞的次数和分子的运动度都增加，当某些分子的内能增加到足以克服分子间的相互引力时，构成液态物质的分子就会脱离液态物质的约束而形成气态物质。这种过程被称为液体的汽化过程。在密闭的容器内，液体物质的汽化并不是无限制的进行下去的，它要受到容器内的压力和温度的影响和制约。当温度一定时，随着液体物质的不断汽化，气体分子数的不断增多，在容器内就会产生一个随分子数目增多而增加的压力，当液体内的分子在容器内压力的作用下，它的内能不足以克服这个压力时，液体内的液态分子就不能变成气体分子，从而达到相对平衡状态。即气体分子浓度相对平衡。这时的温度叫作饱和蒸发温度，压力叫饱和蒸气压。当这两个条件有任一条件改变时，其蒸发过程又会进行，直到达到新的平衡。

蒸发器一般分为两大类，一类叫作液面蒸发器，另一类叫作特定药物用蒸发器。液面蒸发器是在盛有挥发性麻醉药的容器上方空间到蒸发室通过一定量的气体，一般是氧气和笑气

的混合物，也叫载体，当这部分气体流过蒸发室时，就会变成含有饱和麻醉药蒸气的气体，形成临床上所需要的安全浓度的麻醉气体。

（一）鼓泡型蒸发器

这种蒸发器是通过一个浓度调整旋钮改变麻醉气体的浓度。其工作原理是：当气体通过气体导管达到铜盘时，由于铜盘上有许多小孔，当气体通过药液时就产生大量的气泡，从而将饱和麻醉气体带出。随着麻醉药液的不蒸发，液体温度降低，蒸发速度变慢，使麻醉气体浓度不易控制（图 8-2-1）。

（二）抽吸型蒸发器

抽吸型蒸发器是乙醚蒸发器，它是将棉纱线制成的芯子浸泡在乙醚液中，通过棉芯的虹吸原理，使麻醉液面上方保持一定浓度的蒸气。开启调节开关，通过很小的气体，就能将乙醚蒸气带给病人。棉芯的面积越大其蒸发越好，通过气体带出的蒸气浓度就越高。它和鼓泡型蒸发器一样，随着药液的不蒸发，周围温度降低，麻醉气体浓度较难控制（图 8-2-2）。

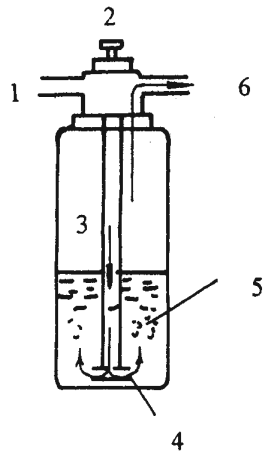


图 8-2-1 鼓泡型蒸发器

1. 进气口；2. 浓度控制钮；3. 气体导管；
4. 铜盘；5. 液体麻醉药；6. 麻醉气体出口

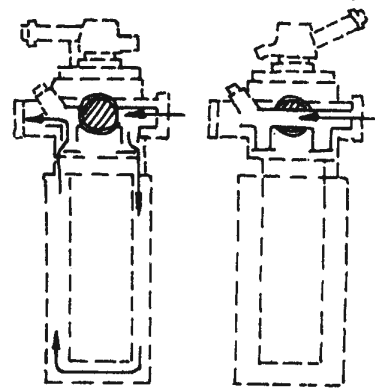


图 8-2-2 抽吸型蒸发器

（三）间接热源型蒸发器

这种蒸发器是利用铜的高比热和良好的传热特性，吸收环境中的热量来供给药液进行蒸发。目前较为普遍的是温度—气流量补偿型蒸发器，它的工作原理是：载气流通过由青铜制成的细孔圆盘时喷出气泡，在液面上形成大量的麻醉蒸气，经导气管导出，与主气流混合形成稳定浓度的麻醉气体送给病人（图 8-2-3）。

由于药液的不蒸发使环境温度降低时，通过两种不同热膨胀系数制成的青铜盘将自动调整进入药液气体流量的大小，使输出麻醉气体的浓度得以稳定。

二、CO₂ 吸收器

CO₂ 吸收器主要用在紧闭式麻醉循环中确保 CO₂ 气体的重复性吸入，防止病人的 CO₂ 蓄积。一般采用来回式和循环式两种吸收形式。

其结构多为圆形，由透明塑料制成。按病人不同的年龄容积以 1200~2400ml 不等。内装有 4~8 筛目的钠石灰 300~2200g，气体间隙在 200~2000ml。目前广泛应用的是大容量 2L 的钠石灰吸收罐，分为上下两个串联使用，当上层的钠石灰变色后一般为粉红色，上下层更换使用。在使用钠石灰时一定要将其粉末筛净，以免使病人吸入肺中。另外装罐时一定要将吸收罐装满，尽量减少机械死腔，以便使对 CO₂ 的吸收充分彻底（图 8-2-4）。

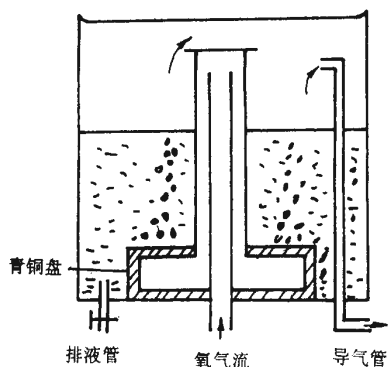


图 8-2-3 间接热源型蒸发器



图 8-2-4 CO₂ 吸收器

三、氧失效保护阀

在吸入性全身麻醉的过程中，氧气是病人各组织细胞以及大脑的营养成份，尤其是在麻醉过程中氧气对病人尤为重要。如果缺少氧气病人就会出现药物中毒，甚至窒息而死。故此在吸入性紧闭循环过程中，必须装备有氧失效保护装置，一旦没有氧气，其它气体将自动关闭防止发生危险。其结构如图 8-2-5 所示。

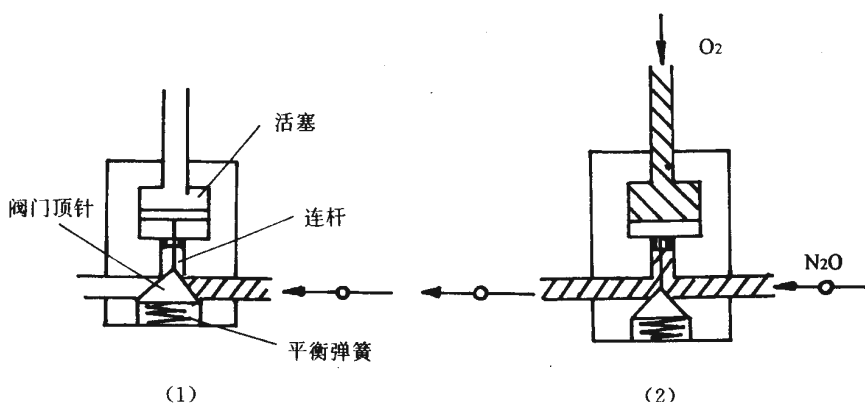


图 8-2-5 氧气失效保护阀

(1) 无氧气压力；(2) 有氧气压力

当没有氧气时，由于活塞没有受到任何压力，不足以克服平衡弹簧的弹力使阀门顶针打开使 N_2O 笑气通过；当有氧气时，由于活塞受到氧气压力的作用，克服了平衡弹簧的弹力使顶针打开，笑气通过顶针到达循环回路，如图 8-2-5 (2)。

四、减压阀

目前使用的减压阀都是间接减压阀，它将高压气瓶内的 $140\text{kg}/\text{cm}^2$ 的压力经减压阀调至 $3\text{gk}/\text{cm}^2$ 左右的恒压，供麻醉机使用。其结构如图 8-2-6 所示。

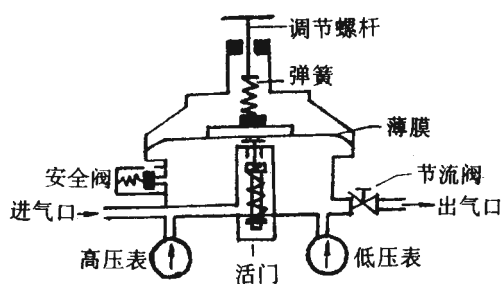


图 8-2-6 减压阀结构图

其工作原理是：从高压气瓶来的气体进入高压腔，通过调节螺杆将弹簧的弹力通过薄膜传递给活门，将门打开一个细小的间隙，使压力降下来，然后送到低压腔输出。

第三节 麻醉回路

麻醉回路根据有无储气囊、有无呼出气体的重复性吸入、有无 CO_2 吸收装置和有无单向活瓣等因素可分为以下四类。

一、开放回路

该系统无贮气囊和呼出气体的重复性吸力，结构简单，造价低廉。开放回路与病人呼吸道之间无机械连接，不增加呼吸阻力，但是由于大量的麻醉药弥散在手术室内，对环境造成很大的污染，如使用可燃麻醉药，不控制通气还可能引起燃烧，爆炸等危险。该系统最大的缺点就是麻醉深度不易掌握，且不稳定。

二、无重复吸入的半开放系统

半开放系统也不存在重复性吸入，呼出的气体全部排到系统外，在吸气过程中病人吸入的是纯新鲜气体，这样所使用的新鲜气体的流量至少要等于甚至要高于病人的分钟通气量。这种回路的特点是由于病人吸入的是纯新鲜气体，因此能够迅速改变吸入麻醉药的浓度，易于维持稳定的麻醉，储气囊还能辅助或控制呼吸。无重复吸入活瓣也有许多不利因素。由于活瓣本身有重量，而且距离病人呼吸道又近，很不方便，这样容易增加病人的呼吸阻力，还有病人呼出气体中的水份凝结后会使活瓣的活动受限，且有将呼出气口堵塞的危险。

三、半紧闭系统

半紧闭系统是常用的一种麻醉回路。该系统有储气囊和部分重复性吸入装置。在系统中由于设置有重复吸收装置，可使病人在呼吸过程中的水份和体热丢失减少。这种系统的供气量较大，呼出的气体中的大部分 CO_2 经回路中的逸气活瓣排到系统外， CO_2 的重复性吸入不到 1%。重复性吸入的大小取决于供气量的大小，气流量越大，重复性吸入越小，反之亦然。

四、紧闭式回路

在半紧闭式回路中,当新鲜气体的流量降低到一定程度时,逸气活瓣呈关闭状态,即为紧闭式麻醉回路。在紧闭式回路中,以 $0.3 \sim 21 / \text{min}$ 的麻醉混合气体给病人通气,病人的呼出气体全部被 CO_2 吸收器将 CO_2 吸收后重复吸入,不与外界相通,循环往复,达到全身麻醉。

紧闭式循环又分为来回式紧闭法和循环式紧闭法。

(一) 来回式紧闭法

如图 8-2-7 所示。该装置由蒸发器, CO_2 吸收器和储气囊组成,并装有可调节储气囊容量的活门,使用该装置病人呼出的气体中的 CO_2 通过吸收器进入气囊吸气时,气囊中的气体伴随着新鲜气流经 CO_2 吸收器一起吸入,因此吸入到病人体内的气体中的 CO_2 得到来回吸收,使其吸收的更加充分。该装置无活瓣无效腔,因此呼吸阻力小,但吸收罐离病人太近,钠石灰易被吸入,引起剧咳和支气管痉挛。

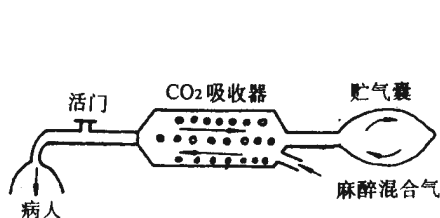


图 8-2-7 来回式紧闭装置

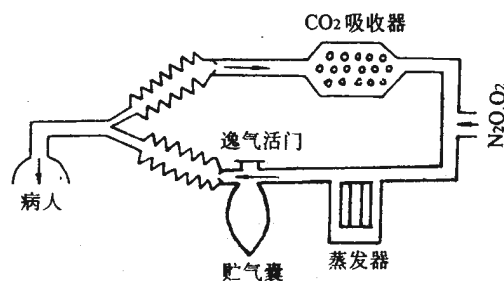


图 8-2-8 循环式紧闭装置

(二) 循环式紧闭法

其基本结构如图 8-2-8 所示。主要部件有蒸发器、 CO_2 吸收器、储气囊,带有吸气活瓣的吸气波纹管 and 呼气活瓣的呼气波纹管通过三通管与病人相联接。该装置主要用于经过诱导麻醉后的麻醉维持。吸气时,混合气体经过吸气活瓣进入病人体内;呼气时,吸气活瓣关闭,呼气活瓣打开,呼出气体经 CO_2 吸收器到达储气囊,气流作圆周式单向流动,因此它要求的气体流量小,药液用量少,而且麻醉气体浓度较易控制;且不与外界相通,易于保持呼吸道的湿润,体热损失少。该装置呼吸阻力较大,不宜于儿童使用;钠石灰吸收 CO_2 的效能降低,容易导致 CO_2 在身内的蓄积,应及时更换。

第四节 常用麻醉机

一、空气麻醉机

空气麻醉机属于半开放式麻醉装置,主要有药液罐、乙醚调节开关、折叠式风箱及吸、呼气单向活瓣和波纹管组成,如图 8-2-9。该仪器轻便适用,可直接利用空气和氧气作为载

气，能进行辅助呼吸和控制呼吸，满足各种手术要求，因乙醚浓度较低，只能作为麻醉的维持，而且乙醚的消耗量较大，易造成环境污染。其工作原理是：病人在完成麻醉诱导后，将空气麻醉机与密闭式面罩或气管导管连接，吸气时麻醉混合气体经开启的吸气活瓣进入病人体内，呼气时呼气活瓣开启，同时吸气活瓣关闭，排出呼出气体。当使用辅助或控制呼吸时，可利用折叠式风箱，吸气时压下，呼气时拉起，保证病人足够的通气量。同时根据实际需要调整乙醚开关以维持稳定的麻醉水平。

二、直流式麻醉机

直流式麻醉机由高压氧气、减压器、流量计、麻醉药液蒸发器组成，如图 8-2-10。该仪器仅能供氧气和调节吸入气体的麻醉药浓度，必须有其它装置与输出部位串联才能进行麻醉。

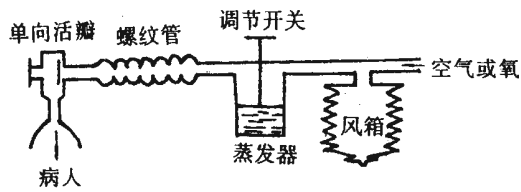


图 8-2-9 空气麻醉机

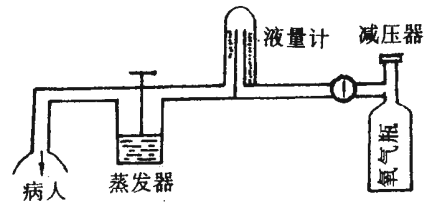


图 8-2-10 直流式麻醉机

三、循环紧闭式麻醉机

该装置以低流量的麻醉混合气体，给吸气活瓣单向流动供给病人，呼出的气体经呼气活瓣进入 CO_2 吸收器重复使用。其结构主要由供氧和氧化亚氮装置、气体流量计、蒸发器、 CO_2 吸收器；单向活瓣、呼吸管路、逸气活瓣、储气囊等组成，如图 8-2-11。现代的麻醉机还配备有通气机气道内压、呼气流量、呼气末 CO_2 浓度，吸入麻醉药浓度、氧浓度监视仪、低氧报警及低氧—氧化亚氮自动保护装置。

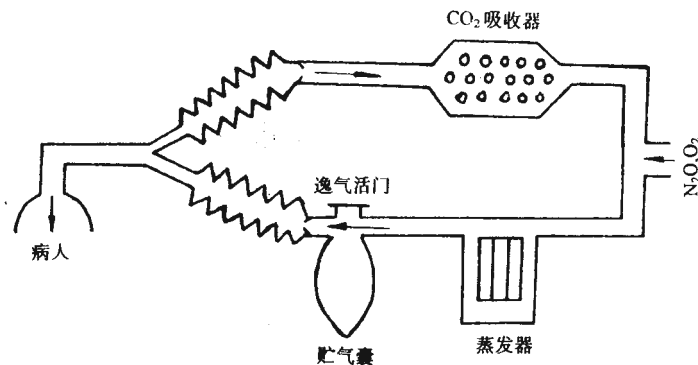


图 8-2-11 循环紧闭式麻醉机

图 8-2-12 是一个实际的麻醉气路图。

这是一个循环紧闭式麻醉回路。在进行麻醉之前，首先要给病人通一定量的纯氧气，通过按下氧气供给按钮，一般为 3~5min，然后再进行麻醉操作。

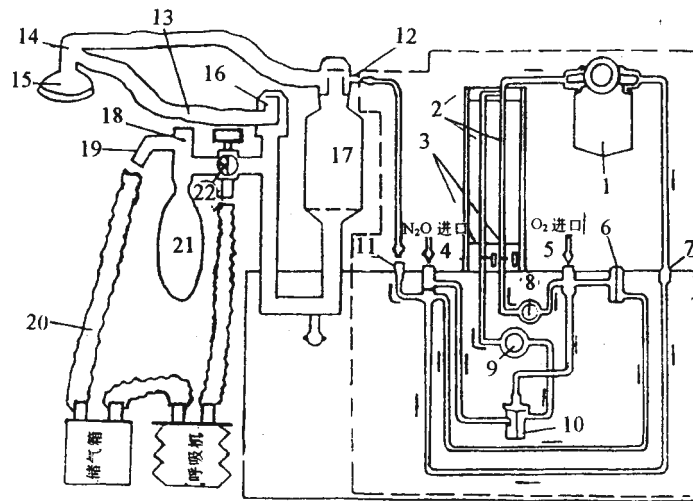


图 8-2-12 麻醉气路图

1. 麻醉药液蒸发器；2. 氧气流量计；3. 氧化亚氮流量计；4. 氧化亚氮进口；
5. 氧气进口；6. 纯氧供给按钮；7. 混合麻醉气体输送管；8. 氧压表；9. 氧化亚氮压力表；
10. 氧失效保护装置；11. 麻醉气体输出口；12. 吸气活瓣；13. 呼气波纹管；14. 三通接头；
15. 面罩；16. 呼气活瓣；17. CO₂ 吸收器；18. 逸气活瓣；19. 多余气体逸出口；20. 波纹
管；21. 贮气皮囊；22. 成人-儿童切换开关

其流程：笑气④氧失效保护⑩笑气报警⑨流量计③混合—药液蒸发器①——传输管
氧气⑤氧报警⑧氧流量计②

⑦——⑪输出口—吸气活瓣⑫—面罩⑮。

紧闭式麻醉循环前面已讲过，这里不再叙述。

第三章 手术设备

第一节 手术无影灯

一、种类

手术无影灯种类较多，但主要有单孔立式，四孔、七孔立式，四孔、五孔吊式，九孔吊式，十二孔吊式，母子吊式（一般母十二孔、子五孔）及组合式等。这里列出几种常见手术无影灯的外观结构，见图 8-3-1～图 8-3-4。

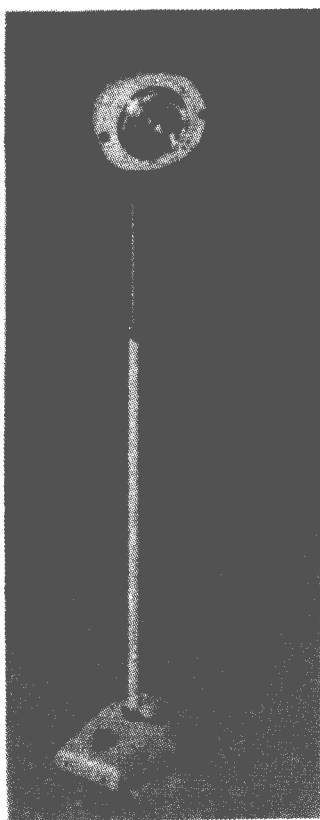


图 8-3-1 单孔立式无影灯

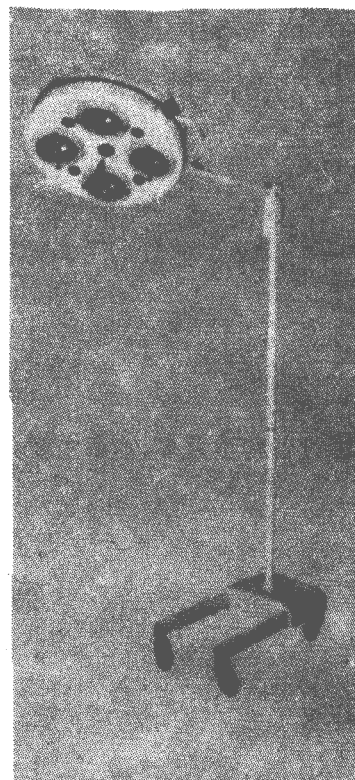


图 8-3-2 四孔立式无影灯

二、一般原理

各种类型的无影灯虽有某些差异，但基本原理都是一样的。其所以有无影感，主要是采

用特殊镜面的灯泡，即在灯头玻璃内壁上镀以水银，使光线不能直接照射在手术台上，而是通过水银面反射到灯罩上，再从灯罩反射后透过平面玻璃或乱反射玻璃，可以得到柔和的光线。此平板玻璃或乱反射玻璃的成分中含有氧化低铁。而使玻璃呈淡绿色，有吸收红外线的的能力，因此可以隔热。另外，灯上装有 4 个、5 个、9 个或 12 个等灯泡在对称的角度上，使光束交叉成一个圆形的照明圈，所以当损坏一盏或挡住部分光线时，光线虽稍弱，但仍有足够的照明，由此达到无影的效果。

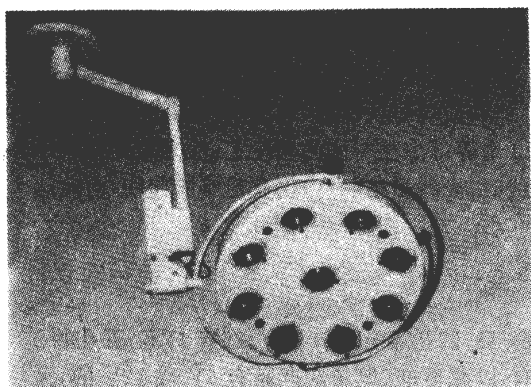


图 8-3-3 九孔吊式无影灯

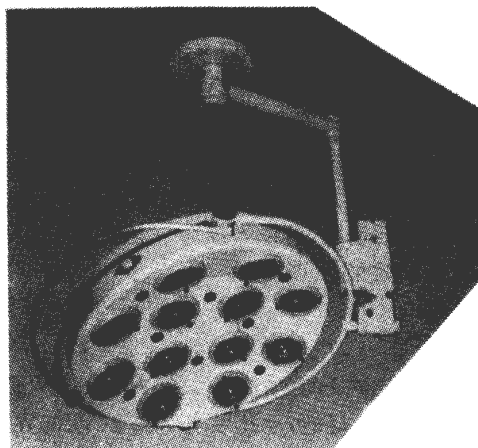


图 8-3-4 十二孔吊式无影灯

三、结构

单孔立式一般为 220V、100W 或 200W 灯泡一只，四孔装有 4 只 24V、25W 灯泡，五孔装 5 只 24V、25W 灯泡，七孔装有 7 只 24V、25W 灯泡，以此类推（但老式产品有 6V 或 12V 的，大型无影灯有 220V 的）。每盏灯有乱反射玻璃或平面玻璃及反光罩一个。照明范围的大小，靠装置的调节器进行调节。手术照明灯活动范围的大小调整，立式除底座装有三个滑轮可以随意推动外，其万用连接器与直管可以作 360° 转动，平衡锤与灯部上下有 60° 的移动范围。横管可以作 120° 转动，丁形管与灯部可以作 120° 的转动。

吊式除 360° 的转动及灯身作 120° 转动外，最大的特点是伸缩方便，照明范围更宽。

无影灯所使用的电源电压为 220V 或 110V，通过灯内所设的变压器或电阻丝降低到 24V 或 12V。在灯的上部装有电源开关。

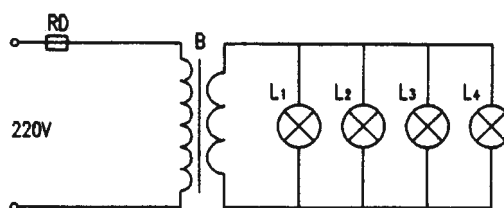


图 8-3-5 主、副绕组变压器与无影灯泡连接原理图

四、电路原理

手术无影灯电路比较简单，一般为一个 125W、220V / 24V 变换变压器拖动 4 个、最多 5 个 24V、25W 无影灯泡，灯泡采用并联接法。12 孔无影灯用 3 个 125W、220V / 24V 变换

变压器，每 4 只灯泡共用一只变压器。使用的变压器一般有两种形式，一种是普通的具有初、次级绕组和铁芯的变压器；另一种是带铁芯的自耦变压器。具体的原理结构和灯泡的连接方法如图 8-3-5 和图 8-3-6。

五、常见故障及修理方法

(1) 全部灯泡不亮，多数是电源的保险丝熔断，插头与插座接触不良，电源开关开路或降压电阻丝烧断等。这时可用万用表的交流 220V 档检查外电源是否有电压，如果外电源有电压，即可用表的欧姆档测量各部分电路，找出断路的具体位置后修复。

(2) 部分灯泡不亮，多半是灯泡与灯座接触不良或灯丝烧断。这种特殊镜面灯泡，由于发光力强，其寿命为 300h 左右。如已满 300h 者属于自然损耗，如果新换的灯泡很快就烧坏，除了个别灯泡质量不好外，可能是电压过高，必须查明原因后再调换新灯泡。有的灯头因接触不良产生高温致使接点低陷，取下灯泡时必须手握灯头金属部分，以免损坏。

(3) 变压器潮湿短路，立式无影灯变压器多数是装在灯座下面，如果不注意，变压器进水或严重受潮，就容易产生此故障，发生这种情况后，应立即切断电源，将变压器进行干燥处理后再用。若有严重短路或冒烟烧焦必须重绕或更换新品。

六、注意事项

- (1) 注意无影灯所用电源电压要与当地电源电压相符，使用前应妥接地线。
- (2) 注意防尘防潮。
- (3) 转动关节应经常加润滑油。
- (4) 连续使用不要超过 4~6h。

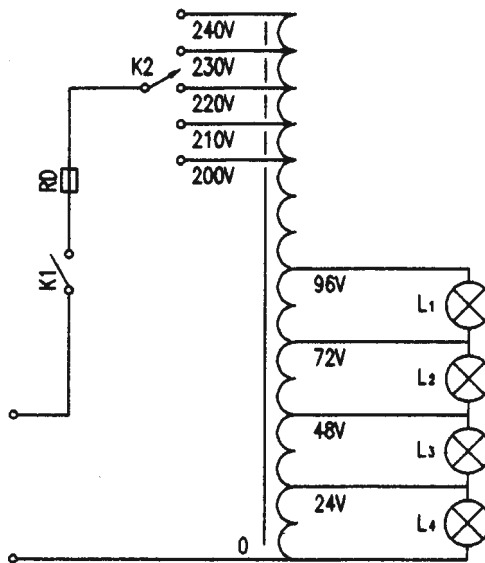


图 8-3-6 自耦变压器与无影灯泡连接原理图

第二节 综合手术床

一、种类

手术床的种类较多，最常用的基本有三种形式，即手摇机械式传动综合手术床、全液压传动式综合手术床和电动液压式综合手术床。适合各级医院对病人作头、颈、胸部、腹部及四肢等部位手术，或妇产科、五官科、泌尿科等手术使用。

综合手术床使用体位见图 8-3-7 所示。

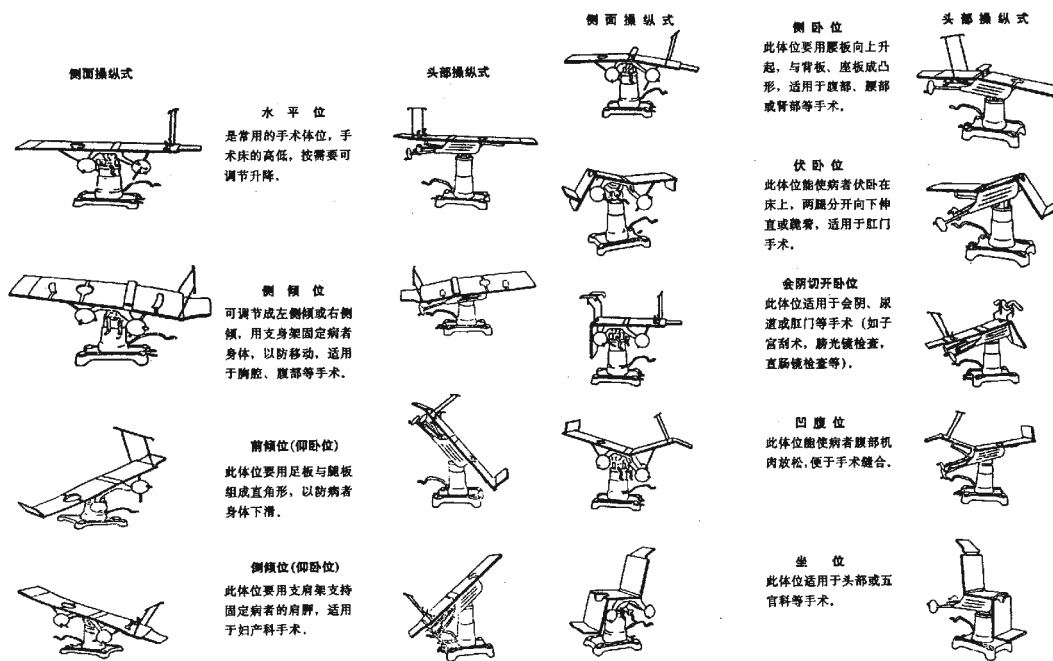


图 8-3-7 综合手术床使用体位图

二、结构与原理

几种综合手术床的外形结构如图 8-3-8、图 8-3-9 和图 8-3-10。

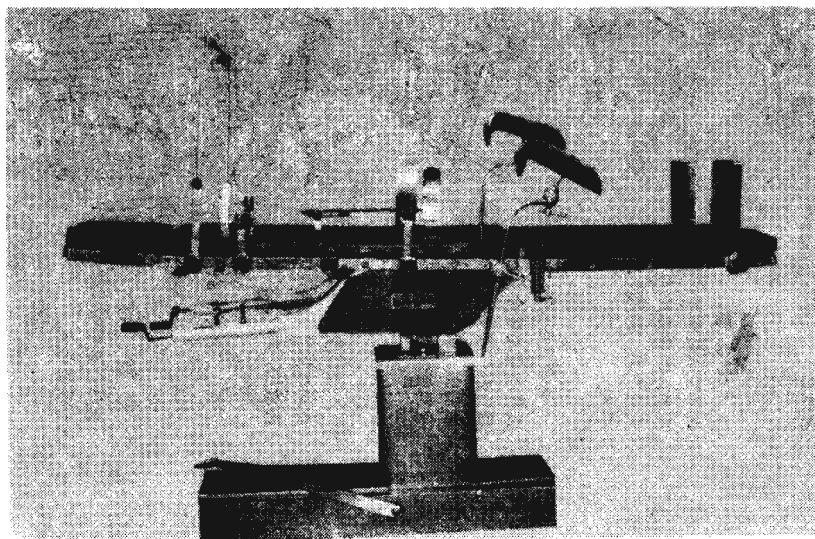


图 8-3-8 头部操纵式综合手术床

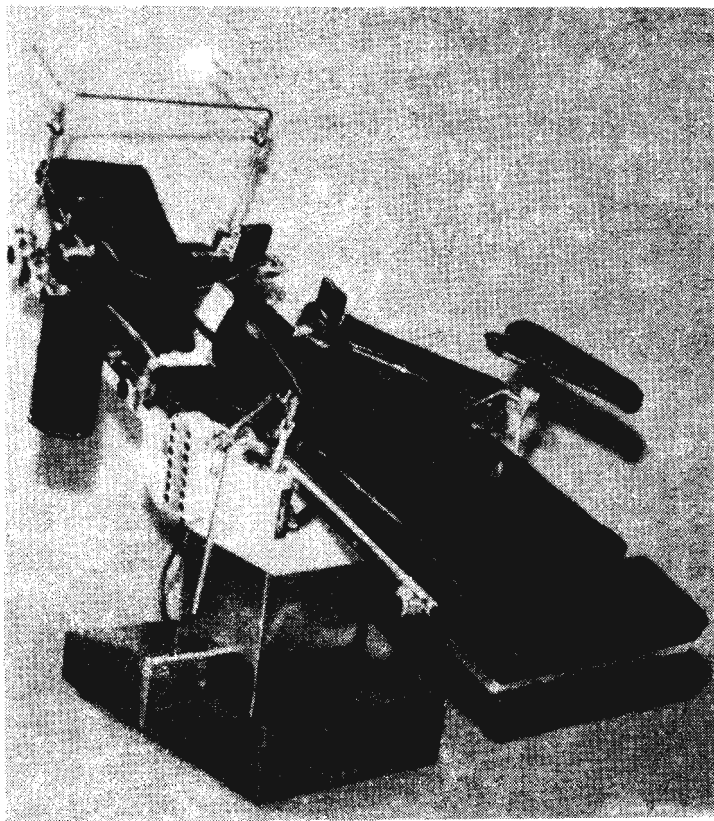


图 8-3-9 头部操纵式综合手术床

就国产的手术床而言，无论那种手术床，主要结构及附件设施基本相同，其区别在于台面动作的驱动方式不同。床面都是采用可透过 X 射线的非金属材料制成。操纵方式有头部操纵和侧面操纵两种形式。

手摇机械传动式手术床，台面的各种角度动作由手轮驱动齿轮齿条、蜗轮蜗杆等装置来实现。台面升降由液压驱动，工作原理与油压千斤顶相同。

全液压式手术床是根据液压传动原理制作的，台面的各种运动依靠液体压力驱动液压筒内活塞，活塞连杆上装有齿轮、齿条、蜗轮或蜗杆等，拖动台面完成各种动作。液体的流向由脚动或手动式机械开关控制，手动开关一般装在台面头部，脚动开关一般装在底座上。

电动液压手术床的电动液压自动控制装置由电动齿轮油泵、液压筒、电磁阀、电源变压器、整流电器及定位控制开关等组成。按动手控盒上标注的位置开关，电机转动，齿轮油泵工作，相应的电磁阀打开，液体进入相应液压筒驱动活塞，活塞连杆推动的相应活动关节、床关节带动台面作所需的动作。电动液压手术床设有限位开关，起安全保护作用。

三、使用方法

（一）手摇机械传动式综合手术床

摇动不同体位的手轮，台面即可达到所需角度。踩动油泵脚踏，台面上升，脚踏踩到底不动，台面自动下降。

（二）全液压综合手术床

手动或脚动油路选择机械开关旁边都标有其作用，先将机械开关拨到所需位置，使相应油路畅通，然后踩动油泵脚踏，台面动作即可完成。当台面一个体位动作完成后，机械开关必须复位，然后方可进行另一个体位操作。

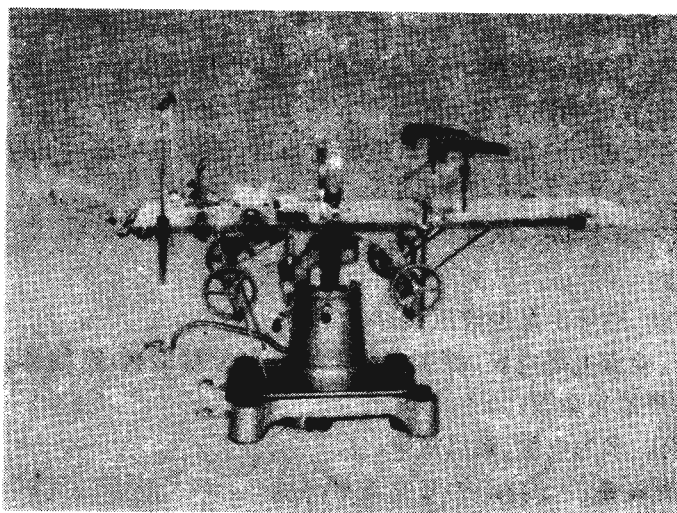


图 8-3-10 侧面操纵式综合手术床

（三）电动液压综合手术床

手控盒上的每只电子开关都标注有台面相应的动作位置，只要按动所需按钮，台面即作相应动作。台面达到极限位置时，限位开关动作，切断电路，台面停止运动。

四、使用注意事项

- （1）手术前必须拧紧底座锁固螺丝及全部定位螺丝，使床身固定，以免手术中移动。
- （2）所有螺丝及手柄皆须拧紧，手术中不能松动。
- （3）病人在床上时不可旋转床面。
- （4）床底座上不可放置物品，以免床面升降时损坏柱外罩。
- （5）使用前需先对手术台的性能及使用方法有正确的了解。

五、维护保养

- （1）清洁：长期使用中最主要的是保持手术台清洁。每次手术台使用后，务必将血迹

及其它污物擦净，再用洁净软布擦亮。

(2) 润滑：①升降立柱 将立柱外罩的螺丝松开取下，把外罩缓慢放至底座面上，在升降立柱部位里外筒间，加注指定牌号的液压油；②液压油 每年检查一次位于底座内液压油箱的位置，当床面位于最低位置时，油面至少为满容量的 $8/10$ （八分满），如油量不足，打开注油孔，加注液压油，但油量最多不超过满容量的 $9/10$ （九分满）。

(3) 经常检查固定螺丝是否松动，给传动部件、活动关节等加注润滑油。

(4) 对于电动液压床除了上述的维护保养外，要经常检查电路是否有断线、脱焊、电路碰壳等，特别对限位开关的好坏和灵敏性要定期仔细检查、检测，注意防潮、防鼠等。

六、常见故障维修

(一) 手摇机械传动手术床

1. 台面升降失灵 一般为底座油箱内油量不足，加注液压油。

2. 其他体位动作失效 这种手术床完全是机械结构，故障部分不难查找，根据不同的故障现象，查明原因，有效解决。

(二) 全液压综合手术床

1. 全部动作失灵 检查液压油，一般为油量不足，加注液压油。加注液压油后，要注意排尽油泵内的空气，否则台面动作仍然无效。

2. 部分体位动作失效 一般为油路管道密封不好、破裂或堵塞，机械选通开关故障，查之排除。

(三) 电动液压综合手术床

1. 全部动作失灵

(1) 检查液压油量，油量不足加液压油；

(2) 电机不动作，检查电源电路、控制电路是否有保险丝熔断、断线、元件损坏和接触不良等情况，以及电机本身是否烧毁；

(3) 电磁阀不动作，多为电源、线路故障。

2. 部分体位动作失灵

(1) 手控盒按钮开关损坏；

(2) 控制线路接触不良；

(3) 电磁阀没得电或烧坏；

(4) 局部管路漏气或堵塞。

3. 台面到极限位置不停机

(1) 限位开关损坏；

(2) 电路有短路现象。

第四章 电动吸引器

第一节 概 述

目前,电动吸引器在一些中小医院和没有安装集中供氧、集中吸引系统的医院还在使用。这是不可缺少的常用医疗器械。电动吸引器多用于手术、急救和病房抽吸血、水、脓、痰等。

电动吸引器按用途划分有三种:即普通型电动吸引器、人工流产型电动吸引器、洗胃型电动吸引器。普通型电动吸引器是专门做抽吸血、水、脓、痰等治疗使用的,不能做其他治疗使用。人工流产型电动吸引器是专门做人工流产(即吸宫)的吸引器,这种吸引器与其他类型的电动吸引器相比有两点区别:一是有两只 5000mL 的储气瓶,还有两只 500mL 储液瓶;二是具有负压自动控制部分,保持设定的负压值范围。洗胃型电动吸引器是专门做洗胃用的吸引器,这种吸引器的结构是将真空泵的正压和负压都利用起来,既有正压指示表还有负压指示表,并有旋钮开关专门控制正压和负压的切换,还有分别限制正压和负压压力的调节阀。目前,已有新型的洗胃机投入临床使用,这类机器都设有正压和负压手动和自动控制功能,不易堵塞,很适合临床急诊使用。电动吸引器是医院设备中经常使用的机器,也是发生故障较频繁的设备。造成故障的原因,有的是机器本身由于长时间使用,属于正常磨损,但有的则是因为使用或维护保养不当所造成。

用于医疗使用的电动吸引器按结构大体划分为两种:一种是滑片式,即真空泵是含油的,机械噪声较大,真空泵中贮油室无油或油液面过低,或提油环不转动,则不能润滑真空泵,容易将真空泵烧坏;另一种是膜片式,即真空泵是无油的,其运行噪声小,平时不需要更多的维护,但是使用一段时间后,电动机容易出问题,如起动电容烧坏或因过热造成润滑不好而不能转动等。在膜式电动吸引器中还有电磁式结构的负压吸引器,这种吸引器也是利用膜片来控制真空泵进气和排气,以达到负压吸引的目地。滑片式电动吸引器其真空泵如果密封不严,润滑油容易泄漏,使内部连接厨酌橡胶管容易老化、变质,造成漏气,需要经常检查更换,才能保证真空值,对于膜片式吸引器要好一些。

这两种形式吸引器的组成主要包括:机座、电动机、真空泵、安全阀、(带过滤器)真空表、脚开关、吸引容器等部件。

第二节 滑片式电动吸引器

一、组成与结构

(一) 真空泵的结构

其真空泵的结构为滑片式单缸转动压缩机。如图 8-4-1 所示,真空泵结构:1 是气缸,

使用 3 个内六角螺钉固定在真空泵后壁上；2 是排气口；3 是转子，装在主轴上，随同主轴旋转；4 是电动机的主轴 5 是进气口；6 是滑片，共有 3 块，分别插入转子的 3 个槽内，其槽间隔是 120° ，滑片在槽内活动自如。气缸的前端有端盖密封，打开端盖即可见到主转子、转子和滑片。

真空泵是由铸铁制成的外壳部分和塑料外壳或金属外壳制成的储油室部分加以密封安装组成。用金属制成的储油室外端设有玻璃观察口，用以观察油量，在正常情况下，油面应在观察口的 $1/2$ 处；用透明塑料制成的储油室，上面标有油面位置线，应按照油面位置线加入润滑油。

（二）安全阀和过滤器

安全阀是为了防止电动机逆转而设计的，当电动机逆转时，负压即变成正压，抽气则变成打气，对病人将造成危害。安全阀结构比较简单，当正常负压时安全阀内膜片被吸住，阻止空气进入；当正压时膜片被顶开，空气可以从这里出来，这样就起到了安全作用。

空气过滤器在安全阀的下部，里边缠有白纱布，用以防止杂质或油污物抽入真空泵内。

（三）电动机

为单相交流感应电动机，功率 180W，电压 220V，电流 2.5A，转速 1420r/min。其起动方式有两种：一种是离心器起动方式，一种是电容起动方式。滑片式吸引器电动机多用离心器式起动方式，膜片式吸引器电动机多用电容起动方式。

（四）电路原理

电动机的电源是由两个开关控制，一个是手动开关 S1，另一个是脚踏开关 S2，两个开关并联，继电器 K 为交流 6V，由电源变压器供电，熔断器 FU，指示灯为 6.3V。整个电路比较简单，如图 8-4-2 所示。

当电源被接通后，指示灯点亮，此时，开关 S1 和 S2 只要有一个开关闭合继电器 K 即可工作，并打开吸引器电动机电源开关工作；当开关 S1 或 S2 断开时吸引器停止工作。

（五）真空表

其结构和工作原理与压力表基本相同，压力表是测量正压的，真空表是测量负压的。真空表刻度 $0 \sim -760\text{mmHg}$ 。详细情况这里不再做介绍。

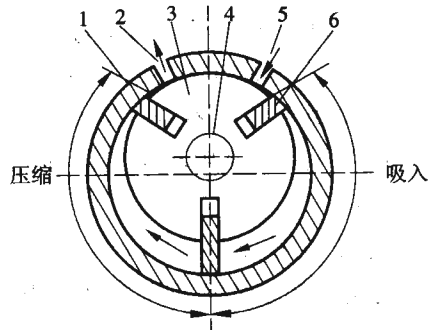


图 8-4-1 真空泵工作原理示意图

1-气缸 2-排气口 3-转子
4-主轴 5-进气口 6-滑片

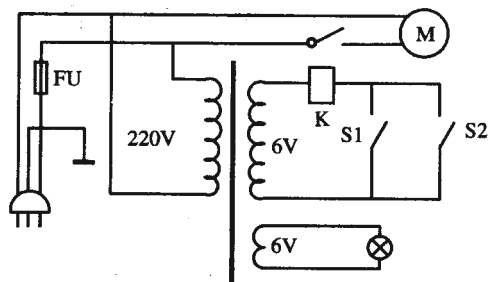


图 8-4-2 电动吸引器电原理图

二、工作原理

当电动机转动时，主轴即带动转子旋转，使滑片离心并紧贴于气缸内壁，由于滑片的不断旋转，气体即由进气口被吸进真空泵内，然后被压缩并由排气口排出。这样进气口就产生了负压，即产生了吸力。

真空泵工作时须有润滑油，除起润滑作用外，还可使滑片与气缸接触严密，从而增大真空泵的吸力。在结构上是把真空泵的主轴伸出端盖之外，在主轴上挂一个提油环，提油环的下半部浸在油中。真空泵工作时，主轴带动提油环旋转，即能不断地将油加入真空泵内。

三、故障现象与检修

（一）指示灯不亮

故障原因：

- （1）指示灯接触不良或烧坏；
- （2）电源无电；
- （3）电源熔断器接触不良或熔断；
- （4）电源插头接触不良或内部接线断开；
- （5）变压器烧坏。

故障排除：

- （1）检查指示灯是否烧坏，灯泡与灯座接触是否良好。
- （2）检查电源线以及插头连接线。
- （3）打开机器，检查熔断器是否熔断，取出熔断器用万用表 $R \times 1k$ 测量。
- （4）检查内部接线，有否断路问题。
- （5）测量电源到电源变压器一次绕组电压值，二次电压是否正常，可用万用表 $R \times 1k$ 挡测量电源变压器绕组阻值，如果测量变压器已烧坏，则须更换新品；在急用时可以把变压器和继电器拿掉，用手动开关或脚踏开关直接控制电动机。

（二）通电后，电动机嗡嗡作响不转动

故障原因：

- （1）真空泵生锈或卡死；
- （2）电动机起动不良。

故障排除：

- （1）拨动电动机的扇叶，看能否转动。如果不能转动，即证明真空泵已被卡住，应拆洗真空泵，更换新润滑油；如果能拨动而且可以旋转，此时，应打开润滑部分，将原有的润滑油倒掉，并清洗干净后注入新的润滑油，然后再重新起动试验。
- （2）如果是电动机本身起动不良，则要看电动机的起动方式。对于离心式起动方式的电动机，就要打开电动机检查离心器能否正常打开，如果离心片不能正常打开或起动绕组烧坏，此时电动机不转，电动机电流较大极易造成电动机过热，而烧毁整个绕组，不宜反复试验下去，应立即修理电动机。

（三）负压小

故障原因：

- （1）负压调节钮未调好；
- （2）橡胶管或接头处漏气；
- （3）安全阀漏气；
- （4）真空泵缺油；
- （5）真空泵的滑片磨损。

故障排除：

- （1）使吸引器工作，并调节负压调节钮，观察负压表是否有变化，是否可调。
- （2）打开机器，检查内部连接管路，对于胶管老化、变质的情况要给予更换。
- （3）检查安全阀工作是否正常可靠，要打开安全阀检查内部是否有漏气情况，检查阀内膜片并清洗干净。
- （4）检查真空泵润滑油是否达到油位线，从观察口检查油位线应在观察口的中部，必要时应更换新油，然后使真空泵工作观察提油环是否能够转动提油。
- （5）对于真空泵滑片的磨损，应拆开气泵，清洗后并把滑片在砂纸上磨光，磨时用力要均匀（应注意其与气缸之间接触面为弧形），砂纸应放在平台或玻璃板上，如果放在不平或软的物体上，滑片不易磨平，装上之后与气缸产生间隙，吸力会减小。

（四）真空泵拆洗步骤及注意事项

拆洗步骤：

- （1）拧下面板上的螺钉和注油孔及固定螺钉，即可取下真空泵。
- （2）拧下油窗，把脏油和污水到出。
- （3）拧下贮油室固定螺钉，然后用木头垫着轻轻敲打，不要用旋具硬撬，以免损坏垫圈。
- （4）拧下真空泵上的排气管，注意排气管的出口是朝下的。
- （5）拔出固定提油环的铜针，取下提油环。注意不要把提油环弄弯或折断。
- （6）用内六角扳手拆下真空泵端盖的螺钉，把端盖取下，然后把滑片取出；再用内六角扳手拧下气缸的固定螺钉，把气缸取下，此时要记住气缸的位置。
- （7）用煤油或柴油清洗各部件，如有生锈的地方，可用砂纸打磨光洁（最好用木砂纸）洗净的零件应整齐地放在一张干净纸上。
- （8）装配时，按上述相反的次序装回各个零件。
- （9）从面板上的注油孔加进新油，即可试机。

注意事项：

- （1）注意气缸原来的方位，不要装错。
- （2）气缸与机芯的间隙越小越好，但不能接触。在固定气缸之后应转动泵芯，查看有无摩擦。
- （3）三个滑片的位置不要调错（滑片上有编号），滑片与气缸接触的一面必须光滑，呈弧形。

- (4) 把提油环装上后，应通电试一下，看气泵和提油环的运转是否正常。
- (5) 要注意清洁，不要把任何异物带进泵内。

第三节 膜片式电动吸引器

一、结构与工作原理

在膜片式电动吸引器中，其结构和驱动方式有两种：一种是电动机带动曲轴使两侧膜片工作；另一种是利用电磁原理带动橡胶膜片进行工作。采用电磁原理工作的膜式吸引器噪声要比电动机带动的膜式吸引器大，这两种形式的膜式电动吸引器其真空泵都是无油的。电动机带动单缸曲轴使两侧橡胶膜片工作的机型，在一般情况下，这种真空泵也是无需保养的，只需注意不要将液体吸入真空泵即可。因此，在电路原理设计中有液面控制电路，当储液瓶内的液体达到规定的液面时，机器自动停止，以防止液体吸入真空泵。其整机结构如图 2-3 所示。

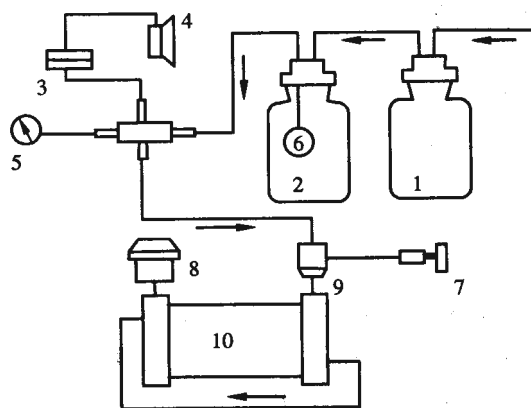


图 8-4-3 膜式吸引器示意图

1、2-储液瓶 3-报警控制器 4-讯响器 5-真空表 6-防倒流阀 7-真空阀
8-消音器 9-止逆阀 10-真空泵

二、电路工作原理

膜式电动吸引器电原理如图 8-4-4 所示，其电路工作原理是：当接通电源后指示灯 HL1 亮，S1 为脚踏开关，S2 为手动开关，这两个开关有一个打开时，继电器即得电工作，接通 K1-1 接点，接通电动机，使吸引器工作，指示灯 HL2 也同时点亮；当吸引控制液面达到设定位置时，使开关 S3-1 打开，接通报警电路，使讯响器工作，同时开关 S3-2 被断开，使继电器 K1 失电，停止工作，从而起到了保护作用。

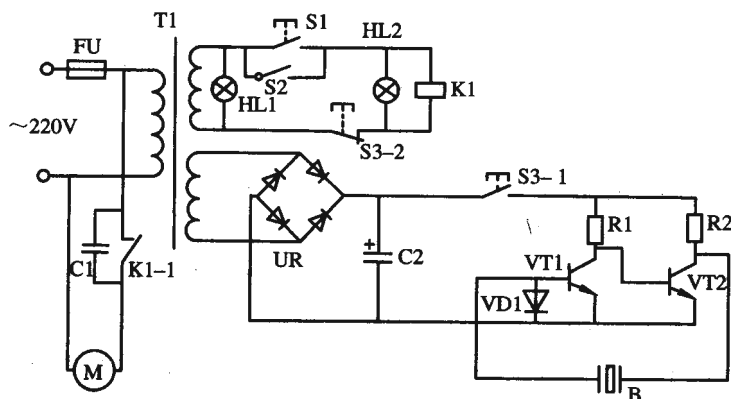


图 8-4-4 膜式电动吸引器电原理图

三、故障现象与检修

（一）打开电源无指示

故障原因：

- （1）电源连接线断路；
- （2）电源熔断器熔断；
- （3）电源变压器烧坏；
- （4）指示灯烧坏或接触问题。

故障排除：

- （1）检查电源线及插头有无断路，测量电源开关工作是否正常。
- （2）测量电源熔断器是否烧断，不要在线测量。
- （3）测量电源变压器一次、二次电压是否正常。
- （4）检查指示灯是否烧坏，灯座是否松动。

（二）真空泵电动机不转

故障原因：

- （1）电源电压过低；
- （2）继电器失控；
- （3）电动机转子抱轴；
- （4）起动电容损坏。

故障排除：

（1）当电源电压在 198V 以上时，电动机应能正常起动运转，如打开运转开关或脚踏开关后，有指示，继电器也工作，而电动机不运转。此时，可将“负压调节钮”向逆时针方向旋转，然后再起动。

（2）检查中间继电器工作情况，动作是否可靠；检查连接插头是否脱落。

（3）在电动机本身故障中，由于润滑油干枯，使轴承失效或卡住，造成转子不能转动，

或使电动机长时间不能起动，过热而烧坏绕组；此时需要将电动机拆开，更换轴承，加入润滑油，如果绕组烧坏，则需要重新绕制。

（4）如果排除了润滑问题，电动机绕组没有烧坏，则应考虑起动电容损坏，将电容接线断开，用电容表测量其容量大小变化以及是否烧坏，如损坏则更换新品。

（三）真空值低

故障原因：

- （1）机器内部连接不好；
- （2）储液瓶胶塞没有盖好；
- （3）负压调节钮损坏。

故障排除：

（1）先将“负压调节钮”顺时针旋转，此时真空值应升高，如真空值仍然不能上升，则应检查机器内部连接胶管有断裂、接口松动，必要时重新连接。

（2）检查储液瓶胶塞是否盖好，或瓶胶塞金属管接口与胶管连接处有否漏气及胶管老化程度。

（3）由负压调节钮损坏造成漏气时，要拆开负压调节钮，并进行清洗，检查内部弹簧压力。

（四）机器运行噪声大

故障原因：

- （1）机器运输时固定螺钉没有拆掉；
- （2）电动机与真空泵有松动的螺钉或部件。

故障排除：

（1）对于新购置的机器在使用前，应将运输当中的固定螺钉拆掉，使机器底座上的四只弹簧起作用；有许多用户没有将运输时的固定螺钉拆掉，就投入使用，结果机器工作起来噪声很大。

（2）检查电动机及真空泵有无松动的螺钉和部件，必要时给予紧固。

第五章 超声雾化器

第一节 概 述

目前,用于医疗上的超声雾化器,是一种改变给药途径最先进的雾化治疗仪器,它能在常温下把水溶性药物经过超声振荡形成微小的雾粒,供给患者作药物气溶胶吸入治疗。临床上广泛应用于内科、外科、耳鼻喉科、儿科等疾病,对呼吸系统疾病和烧伤创面有更显著的疗效。所以,超声雾化器在医院中被广泛应用。目前,国内进口一种压缩雾化吸入机(压缩雾化泵),是利用压缩空气将药物喷淋形成雾状后喷出,所用压缩空气是由无油空气压缩机供给的,口含喷嘴上面设有活瓣,病人可以正常呼吸,下部有雾量调节旋钮,可以控制雾量大小;治疗用药物速度快,药物可以很快被雾化后吸入,大大缩短了吸入时间。这种压缩雾化吸入机结构简单,临床应用效果好,是未来发展的方向。

目前,在医院中应用比较普遍的超声雾化器主要有两种类型:一种是晶体管式超声雾化器,一种是电子管式超声雾化器。从结构上划分有单机式和双机式,双机式结构是将两台超声雾化器合在一起,可同时供两个人治疗使用,目的是为了在医院门诊病人比较多的情况下使用。就这两种机型分述如下。

第二节 晶体管超声雾化器结构与原理

一、晶体管超声雾化器结构

晶体管超声雾化器结构比较简单,它是由雾化器外壳、底座、电源变压器、风扇电动机、电路板、晶片、储药罐、塑料螺纹管、口含管等组成。其外壳多数是用塑料制成,在雾化出口设有风量调节,面板有定时器、电源开关、雾量调节旋钮以及电源和输出指示等。

二、晶体管超声雾化器电路原理

其电路工作频率在 1.7MHz,当电源输入经变压通过桥式整流和滤波供给整个电路,电源指示灯即发光二极管 VL1 亮,当水槽内的水达到水位线时,振荡电路工作,在振荡电路中有的采用单管式输出有的采用双管式输出,雾量调节由电位器 RPI 控制,当雾化输出正常时输出指示灯即发光二极管 VL2 亮;在振荡电路里一般都设有水位限制感应开关,以防止无水或水少过热工作,而烧坏晶片。送风是由风扇电动机 M 完成,DS 是定时器。如图 8-5-1 所示。

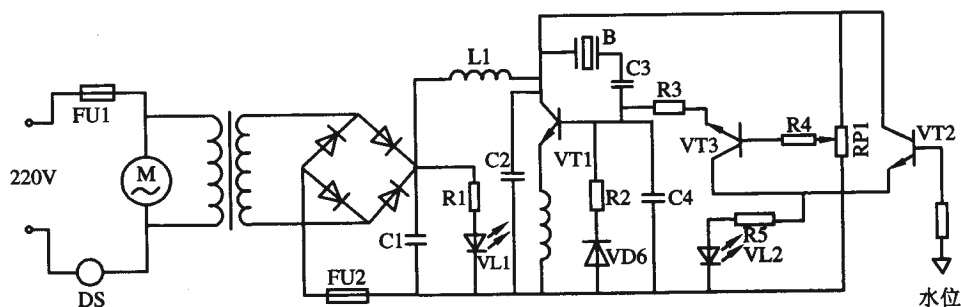


图 8-5-1 一种晶体管超声雾化器电原理图

超声雾化器与用氧气产生雾化的技术指标是有区别的，晶体管超声雾化器工作频率在 1.7MHz，雾粒直径在：1~5 μ m，雾化率 5.2mL/min，水槽容量 200mL，药槽容量 80mL。氧气雾化器的技术指标要相对差一些，但由于其结构比超声雾化器还简单，临床也有采用。

三、晶体管超声雾化器常见故障及检修

（一）电源指示灯不亮

故障原因：

- （1）电源线及电源熔断器熔断；
- （2）二次熔断器熔断；
- （3）电源指示灯烧坏。

故障排除：

- （1）首先检查电源插头和电源线，再检查熔断器是否熔断，超声雾化器的熔断器有两个，一个是电源熔断器 FU1，一个是在整流后的二次熔断器 FU2。
- （2）如果二次熔断器被烧断主要是当振荡电路出现故障或短路时被烧坏。当整流电路出现故障时，一次熔断器也会烧坏。
- （3）如果上述检查没有问题，而且电源变压器二次侧有电，桥式整流输出正常，再检查串联电阻 R1 是否断路，如都正常，即是指示灯烧坏。

（二）雾化输出指示灯不亮，有雾化

故障原因：

- （1）雾化输出指示灯损坏；
- （2）雾化输出指示灯电路有故障。

故障排除：

- （1）检查雾化输出指示灯是否损坏，可用万用表测量。
- （2）直接检查指示电路，测量电阻 R5 是否断路，必要时更换新品，如果电阻阻值正常，则测量电路有无电压。

(三) 雾化器输出指示灯不亮，无雾化

故障原因：

- (1) 桥式整流器损坏；
- (2) 振荡电路晶体管损坏；
- (3) 水位控制问题；
- (4) 压电晶片损坏或镀膜脱落。

故障排除：

(1) 先检查整流电路，测电压，测量整流全桥是否烧坏，有无短路现象以及击穿现象等。

(2) 如整流电源正常则检查振荡电路中两只晶体管，用万用表检查晶体管是否损坏，如已烧坏须更换新品。一般该振荡电路所用晶体管是 BU406，但要求晶体管质量参数要好，其参数要符合电路要求。

(3) 如晶体管没有损坏，就要检查水位控制电路是否有问题，其水位控制是用干簧管控制或加一级检测来实现，要检查干簧管工作情况，磁性浮漂上下是否灵活，干簧管是否能够正常打开和关闭，对检测电路则主要检查晶体管 BG3 和电阻 R6 是否有损坏。

(4) 最后要检查压电晶片，其表面镀膜是否被烧坏或变色以及脱落现象，检查晶片两引线是否烧掉或脱焊。压电晶片是有寿命的，主要看晶片的质量，当然与使用也有关系，在一般情况下是因雾化时间过长，水槽内的水温过高而没有及时更换造成故障，或者是水槽内没有加入蒸馏水而形成水垢，也有的是由于使用不当造成故障，每次开机前没有把所有的控制钮都调到最小，反而都在最大。当打开电源时，上述器件很可能受到瞬间电流的冲击，造成机器损坏。

(四) 雾化器指示灯亮，且药杯中有雾，但雾不能出来

故障原因：

- (1) 风扇电动机无电；
- (2) 风扇电动机损坏。

故障排除：

(1) 检查风扇电动机供电情况，测量其有无电压，有直流低压供电电动机，也有交流 220V 供电电动机；

(2) 检查风扇电动机本身能否自由转动，有无被烧坏的现象，要根据实际情况进行修理。

第三节 电子管超声雾化器结构与工作原理

一、电子管超声雾化器结构

电子管超声雾化器的结构有分体式和整体式，分体式机型的电路控制部分和雾化药杯分成两部分，控制部分为一个整体，内部由电源、电路板、风扇、阻容器件及面板等组成，另

一部分是储水盒、药杯、压电晶片、水位控制开关及连接管等组成。整体式机型是将所有部分安装在一起，外形各异。

二、电子管超声雾化器工作原理

电子管超声雾化器是用一只 V-7 电子管作振荡管，其余由电感线圈、电容、电阻、晶片和电源组成。如图 8-5-2 所示。

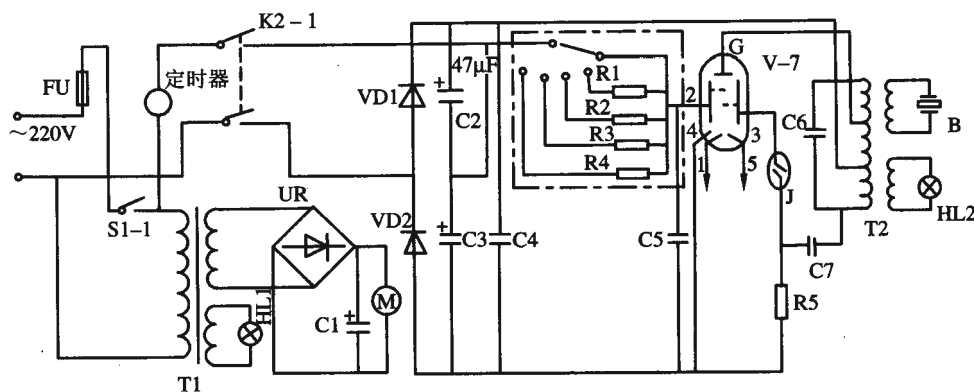


图 8-5-2 一种电子管式超声雾化器电原理图

其电路原理是由变压器 T1 二次绕组输出的电压经过桥式整流供给风扇电动机及指示灯，由供电电压连接全波整流供给 V-7 高压振荡，用 R1~R4、C2~C3 和波段开关来控制振荡输出的大小，其振荡频率为 1.2MHz；当 V-7 工作时振荡线圈 T2 输出使压电晶片振荡工作，同时 HL2 指示灯亮，如果，水盒内水位不够，不能使浮子漂起，则干簧管 J 断开，控制振荡管 V-7 的 3 脚，使其停止工作。

三、电子管超声雾化器常见故障及检修

（一）开机后指示灯亮，但预热后升高压无雾化

故障原因：

- （1）振荡电子管灯丝烧坏或管子老化；
- （2）振荡电路、高压整流电路问题。

故障排除：

（1）首先检查电子管灯丝是否亮，如果灯丝不亮，则应测量电子管灯丝是否正常，检查电子管管座；如果这些都是正常则因该考虑电子管老化。

（2）先检查高压是否正常，必要时检查高压整流电路，测量二极管 VD2、VD3，要求对电子管电路要熟悉，因其电压较高，修理时应小心以防触电；然后，检查振荡电路，电阻的阻值变化、电容有无容量变化，即变大或变小以及短路断路等问题。

（二）开机后无雾化

故障原因：

- (1) 预热时间不够;
- (2) 振荡频率偏移。

故障排除:

(1) 首先预热时间是否够, 电子管雾化器开机后预热时间应在五分钟以上, 使电子管 V-7 灯丝充分预热, 达到时间后再开高压。

(2) 如果此时打开高压后仍没有振荡和雾化, 则应检查振荡电路看是否断路, 是否有烧坏的器件, 因电子管是有寿命的, 其性能和参数将逐渐下降, 这样振荡频率就要偏低, 功率变小, 即使振荡后有水柱, 其水柱尖也是歪的, 则没有雾化出现。此时, 对于电子管结构的雾化器来说可以采用调节电感线圈抽头的方法来解决, 如果电子管老化, 调整电感线圈也不会起作用, 必须更换电子管 V-7。

(三) 压电晶片问题

故障原因:

- (1) 压电晶片镀膜损坏;
- (2) 压电晶片引线脱落;
- (3) 压电晶片老化。

故障排除:

(1) 如果压电晶片的表面镀膜被烧掉或破损, 则不能使用。损坏的主要原因多数是由于药杯漏液所引起, 因药液具有腐蚀作用, 使压电晶片上面的镀膜被腐蚀; 因此在使用中应注意保护好晶片, 最好用蒸馏水加入水槽, 每次用完都要将上面的水擦干, 药杯底下的膜片要注意检查, 每次加药前可先用水试一下看是否漏水, 如漏水则应更换新品, 以防药液腐蚀晶片。

(2) 当确定压电晶片表面不能发现问题时, 再打开机器, 检查振荡电路是否有问题, 连接引线有无脱落。有时, 因机器长时间工作, 并且没有及时更换新水, 致使压电晶片过热, 导致焊接的引线脱落, 造成无雾化; 对于没有引线的晶片也要认真检查晶片的接触情况。

(3) 有些晶片表面看上去还好, 但用的时间较长老化了, 其工作频率发生变化, 也可造成没有雾化输出, 此时就必须更换新品。

(四) 雾量小

故障原因:

- (1) 振荡频率偏移;
- (2) 压电晶片老化;
- (3) 振荡电子管老化。

故障排除:

(1) 出现这种故障时, 首先考虑其振荡频率偏移, 此时可调节振荡线圈抽头位置来改变振荡频率, 能起到一定的调节作用; 另外就是检查相关的电容和电阻是否误差过大。

(2) 对于压电晶片的问题, 有条件时可更换一只新品, 但要满足频率要求。

(3) 振荡电子管 V-7 老化, 可换一只新管再观察雾量大小, 因为电子管寿命比晶体管

寿命短。

四、超声雾化器日常使用与注意事项

（一）在使用机器之前应先将水加到规定位置，要用蒸馏水而不能用自来水；将治疗用药液准备好，在加入药杯之前要检查药杯是否有漏药液的现象，要保证药杯不漏才能把药液加进去。

（二）将药液和水槽内的水加好后，连接电源线，在打开电源之前要将雾量控制旋钮调置最小，关闭定时器；然后再打开机器电源，打开定时器，调整雾量控制旋钮使雾量逐渐增大。不要在雾量调整开关在最大时开启电源，这样容易将振荡管击穿或损坏压电晶片。

（三）用完后的雾化器一定要把水槽内的水倒掉，并进行清洗，用软布擦干压电晶片上的水。

第六章 高频电刀

第一节 概 述

高频电刀可用于外科的各种手术,是利用高频电流在组织中所产生的热效应来切开皮肤及组织,能使肌肉收缩,被切断的毛细血管,其表面可立即封闭,减少病人出血。由于有效电极面积小,电流密度很大,因此,可在较短时间内,在局部产生足够的热量,使电极下的组织分裂出一个不出血的、深度在几毫米的裂口(即电切),或使血管凝固到一定深度,代替线结扎(即电凝)。高频电刀的使用大大缩短了手术时间,同时还有杀菌作用。因此,是现代化医院外科手术必不可少的常用设备之一。

在我国早期生产的高频电刀有两种类型:一种是电子管式高频电刀;另一种是火花间隙放电式高频电刀。在目前来说,电子管式的高频电刀早已被淘汰;而火花间隙放电式高频电刀虽然已经落后,但许多医院还在使用,因为这种高频电刀有耐用、故障少、输出功率大、维修方便等优点,很受广大外科医生们的欢迎;但也有缺点:比如安全保护性差,电路结构简单,体积比较大,其阴极板采用的是镀银铜板,比较硬,使阴极板与病人皮肤接触的面积要受部位和胖瘦的限制或病人状况的影响(阴极板与病人皮肤接触面积的大小与机器通过人体的电流有直接的关系),如果接触面积太小,电流过大,容易烧伤病人皮肤。为此,使用这种阴极板时要特别注意,有条件时可将原来的镀银硬的阴极板改为粘贴式软的阴极板,以保证阴极板与病人皮肤的接触面积,避免烧伤病人皮肤的现象出现。

由于医疗卫生事业的飞速发展,许多医院都先后引进了国外生产的晶体管式高频电刀,而且品种很多;国内也有许多厂家在生产晶体管式高频电刀,有一些机型目前已经做的质量很好。虽然,火花间隙放电式高频电刀已经落后,但根据我国实际情况,这些机器还不能完全被晶体管式高频电刀机型所取代,还需要一定时间,尤其是医疗条件不太好的地区,从临床外科医生实际使用来说,还是认为火花间隙放电式高频电刀好用,功率大。但是,随着科技的进步,晶体管和集成电路式高频电刀是必然的发展趋势。

我国早期生产的 KW65-3 型电子管式高频电刀,采用的是单管哈特莱振荡电路,振荡稳定,易起振,输出功率调节互感。但现早已淘汰不用,在此不再作叙述。

第二节 火花间隙放电式高频大电刀

一、电路原理

火花间隙放电式高频大电刀的振荡电路,采用电感线圈及电容器组配成,利用高频电压作电切,利用高频电流作电凝。国产 77 型高频电刀就是这种结构。如图 8-6-1 所示。

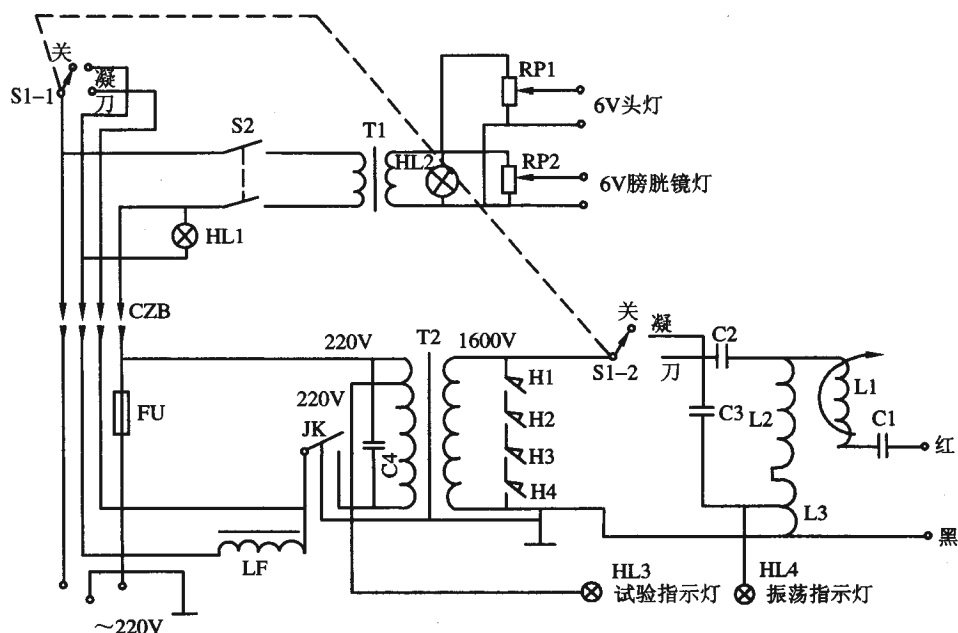


图 8-6-1 77 型高频大电刀电原理图

火花放电式高频电刀其电路是由电源变压器、扼流圈、振荡线圈、电容、火花调整器和转换开关等组成。当打开转换开关后，电源变压器得电工作，指示灯亮，电源变压器二次绕组输出 1600V 交流电压接至由八只白金接点组成的四组触点（H1、H2、H3、H4），连接电容 C3、C2 和 L1、L2、L3 三个电感线圈组成振荡电路，工作时其火花间隙由 H1、H2、H3、H4 四组触点调节，其火花触点的间隙大小与输出功率有关，即间隙大，功率增加，如果触点间隙调节得太大，电路容易停振；触点间隙小，功率减小，电路容易起振，但也不宜调的太小。整个电路结构比较简单。

二、故障分析与排除

（一）无指示

故障原因：

- （1）电源部分有断路；
- （2）波段开关损坏；
- （3）电源指示灯烧坏。

故障排除：

（1）首先检查整机电源线是否有断路，包括：插头、插座部分、内部焊接及连线；检查和测量熔断器是否被烧坏，必要时应更换新品。

（2）检查和测量波段开关工作是否正常，接触是否良好，逐点测量；检查触点有无烧坏的现象；检查相关线路是否被烧断或短路。

（3）将指示灯泡取下，测量指示灯泡灯丝是否烧断或受振动而折断，如损坏应更换新

品。

（二）无输出

故障原因：

- （1）振荡电路有故障；
- （2）波段开关失控；
- （3）脚踏开关失控。

故障排除：

（1）当电源正常时，首先应该检查振荡电路器件，如 C1、C2、C3 三个振荡电容器和 L1、L2、L3 三个振荡线圈，是否有断路、短路或被击穿的现象；再查看四组火花间隙，可用金相砂纸对触点表面摩擦，清洁表面。

（2）检查波段开关的每一组接点接触是否良好，如有被烧坏的触点应用细砂纸打磨；如果因过流而使触点损坏，并失去弹性时，则应更换新品，不宜再继续使用。

（3）检查脚踏开关工作是否正常，检查脚踏开关触点是否烧坏或对地短路，必要时要予以修理；在保证这些相关器件没有问题时再开机试验。

（三）输出不稳定

故障原因：

- （1）火花间隙问题；
- （2）电源电压波动过大。

故障排除：

（1）造成这种输出不稳定情况时，在很大程度上与火花间隙大小调整有关，要将四组火花间隙调整到尽可能大小一样，而不能是调整的火火花间隙有大有小，要保持至少有三组火花间隙一样大。

（2）如果电压波动较大、不平稳也容易造成输出不稳定，或造成断续振荡、时而停振、造成无输出。此时，可调节火花间隙使其闭合一些（顺时针旋），打开脚踏开关，在有输出时调整这四对火花间隙，保证这四对火花间隙中的火花大小都能达到比较均匀，振荡指示灯（HL4）亮，而且应平稳无闪烁现象。

（四）机器外壳带电

故障原因：

- （1）电源中线不正确；
- （2）没有保护接地。

故障排除：

（1）首先检查机器电源回路是否正常，墙壁上插座火线和中线位置是否正确，检查机器电源插头火线和中线的位置。

（2）当检查上述项目没有问题时，还要检查接地保护是否可靠，墙壁上的保护接地与中线是否分开安装的，可用万用表测量。

（五）火花间隙的调整

其方法是：先将四组火花间隙闭合（无一丝光线）后，波段开关在电切位置，逆时针调整火花间隙，当有一线微光时停止，并记下旋钮上白点的位置（如无白点可做一标记），然后，再转一周到一周半为最佳状态。在电源电压偏低或不稳定的条件下，为了能工作，可将火花间隙调小些，以确保脚踏开关打开后即有输出。如输出功率不够，还可调节输出旋钮。

三、注意事项

（一）由于采用火花间隙放电式产生高频振荡，不应在乙醚空气浓度高的情况下使用，以防爆炸。

（二）不宜放置空气潮湿的地方，以防受潮后火花触点的钨块氧化和机器绝缘破坏。

（三）对电源的要求较高，要按规定接线，并且要有保护接地，这是必须的。

（四）机器工作时在一般情况下，应使四组火花间隙都能正常工作，不能少于三组，如需要调小可调输出旋钮达到。

（五）维修时要防止触电，检修前一定要拔掉电源，测试时要注意防止阳极刀笔接触人体皮肤，在测试前要检查刀笔有无裂痕或损坏，发现问题应更换新品再进行测试。

第三节 晶体管式高频电刀

由于以前生产的高频电刀不论是结构上还是电路的采用上都已经跟不上形式的发展，随着电子工业的飞速发展，近些年来，晶体管高频电刀发展很快，在电路的设计和元器件的质量筛选上都有很大提高。采用电压控制方法的要比采用电流控制方法的稳定、可靠，故障率低，而且比较耐用。如果高频电刀在手术过程当中出了故障，对手术影响很大，为此，对高频电刀的质量要求是很高的。

一、电路原理

晶体管式高频电刀是由电源部分、逻辑控制部分、射频发生器、电压放大器、显示部分和输出等部分组成。下面以美国威力公司生产的 SSE2L 型晶体管高频电刀为例进行介绍，基本的电原理框图如图 5-2 所示。

它是由电源部分、RF 振荡器、控制与整形电路、激励电路、功率放大器、输出部分、触发逻辑电路、ISOBLOC 电路、灯驱动电路、音频电路、泄漏消除电路、REM 接触质量监控电路等部分组成。主板线路（A1）如图 8-6-3 所示。

二、主要单元电路原理

（一）电源

电源部分是用于高频电刀整机操作的，其电源有+220V 电压，输出功率为 1kW，并通过电容 C4 滤波；另外还有+35V 输出，通过电容 C3 滤波。在（A2）部分有 U11 和 U12（LM317T）分别稳压输出的+20V 和+15V。S1 是具有保护作用的电源开关。

(二) RF 振荡器

该振荡器在 (A3) 部分, 如图 8-6-2 所示, 是由晶体管 VT2 和 VT4 构成一个射极耦合多谐振荡器, 其自由振荡频率是通过 C3、C4、C5 和并联的电阻限定的。在电凝方式中, 电容 C4 被接入低频率电路, 并接到电路 (A4) T1 和 (A5) T1, 在电凝时允许振荡器提高峰值电压; 在电切和混合方式时, 其自由振荡频率是 500kHz~10kHz, 而在电凝方式时, 其振荡频率在 450kHz~10kHz。如图 8-6-4 所示。

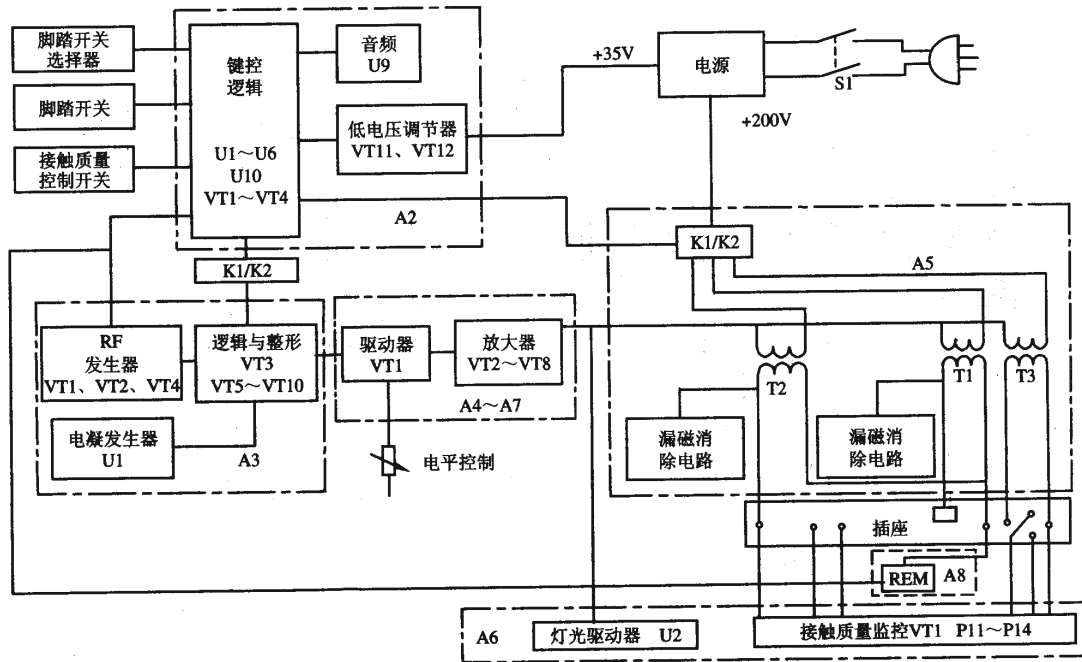


图 8-6-2 某高频电刀电原理框图

(三) 控制与整形电路

控制与整形电路在 (A3) 部分, 如图 8-6-2 所示, 其信号是从 VT4 的集电极由 VT1 倒相的, 还外加分相器 VT6, 其集电极连接负荷电阻 R38, 并接到 +20V 电源上, 可以产生不同的波形; 在电切时, R38 顶点连接 +20V, 通过纯切 / 混合继电器 K1 的 9 和 10 触点, 允许 CW 信号穿过 VT8 和 VT9 的放大驱动输出。

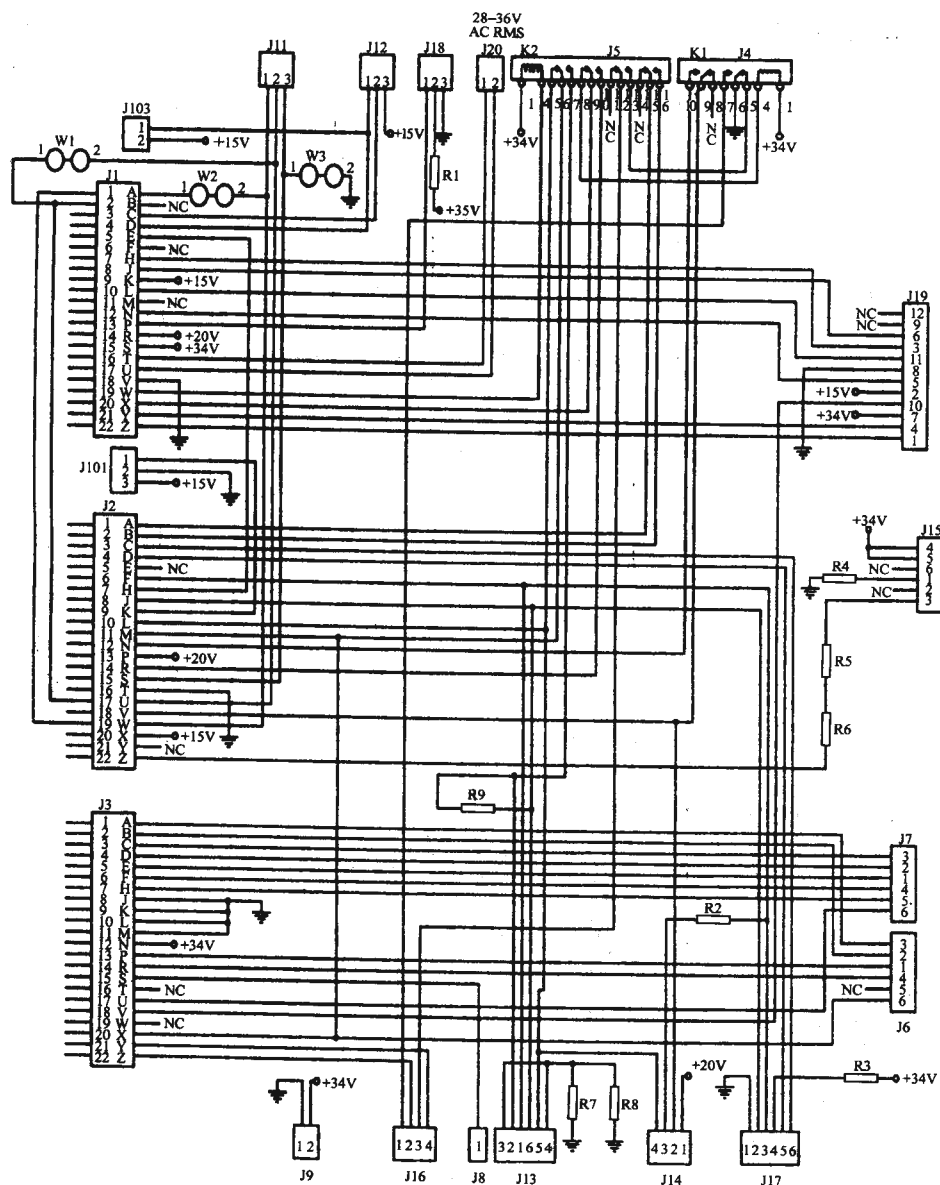


图 8-6-3 主板电路 CAD

在混合方式中，电阻 R38 再回到中点电压，通过继电器 K1 的 9 和 10，同时到纯切 / 混合转换开关控制，这样就减少了 CW 电平信号通过 VT8 和 VT9；与此同时，电凝振荡器 U1 (NE555N) 通过 VT7 连接到 R38 电阻和 +20V 电源，增加脉冲的振幅，产生 CW 信号和混合波形。

在电凝方式中，继电器 K1 不能工作，通过电阻 R38 和 +20V 电源由振荡器 U1 (NE555N) 和 VT7 工作，在电凝时频率是 20kHz，RF 振荡器是由 VT2 和 VT4 组成的，只有触发 VT3 之后才能运行，其电凝振荡器是连续工作的，当信号被触发时 VT5 为截止，允许电凝信号

加到 VT7 上；在纯切方式中，电凝信号也是加到 VT7 上，但无作用。因为 VT7 被 K1 的 9-10 触点、还有纯切和混合转换开关分流；当反转信号从 VT6 发射极加到 VT10 的基极，所存储的基极电荷在 (A7) VT1 达到快速的切换。如图 8-6-4 所示。

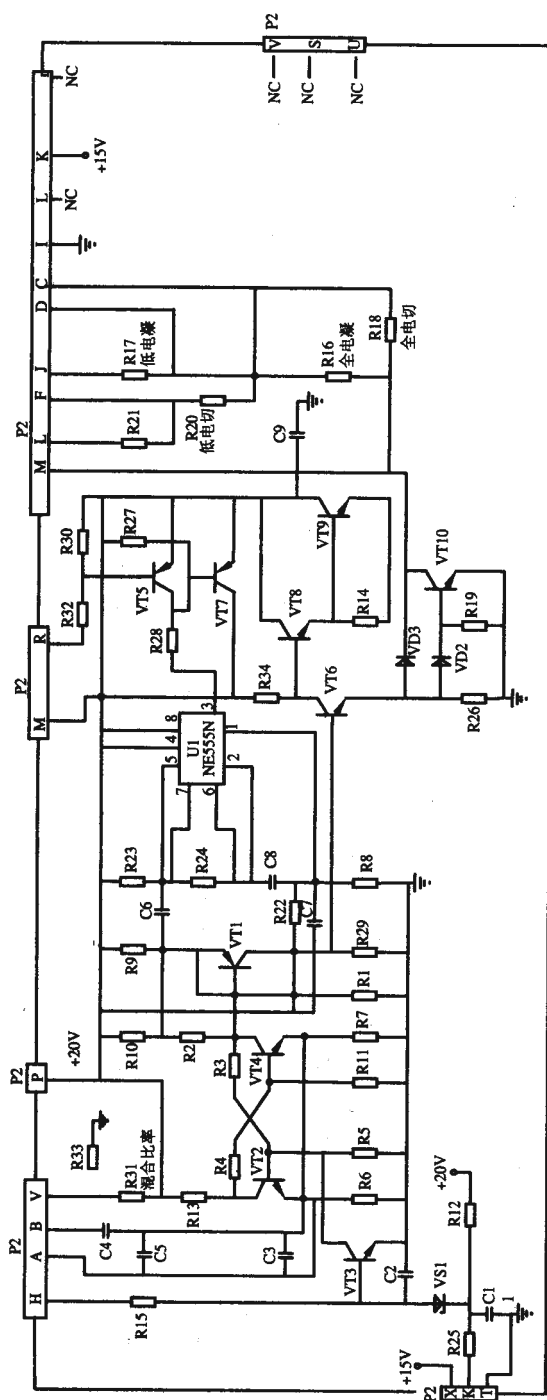


图 8-6-4 多谐振荡器及控制与整形电路

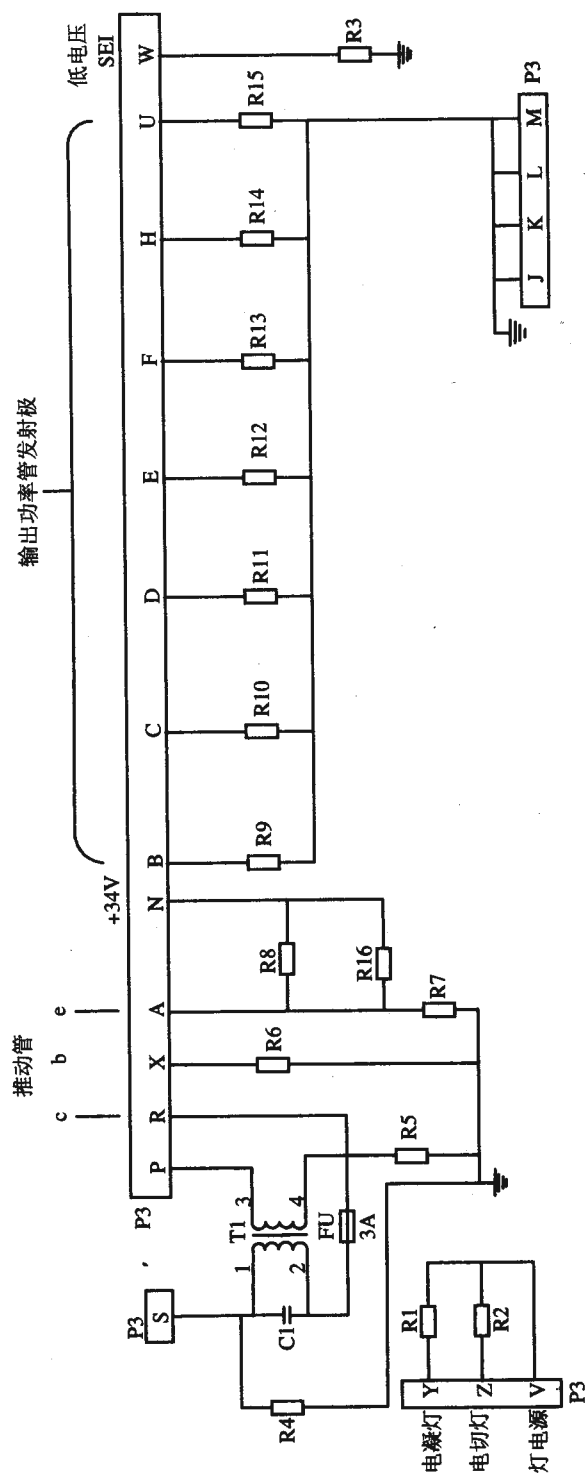


图 8-6-5 限制电阻图

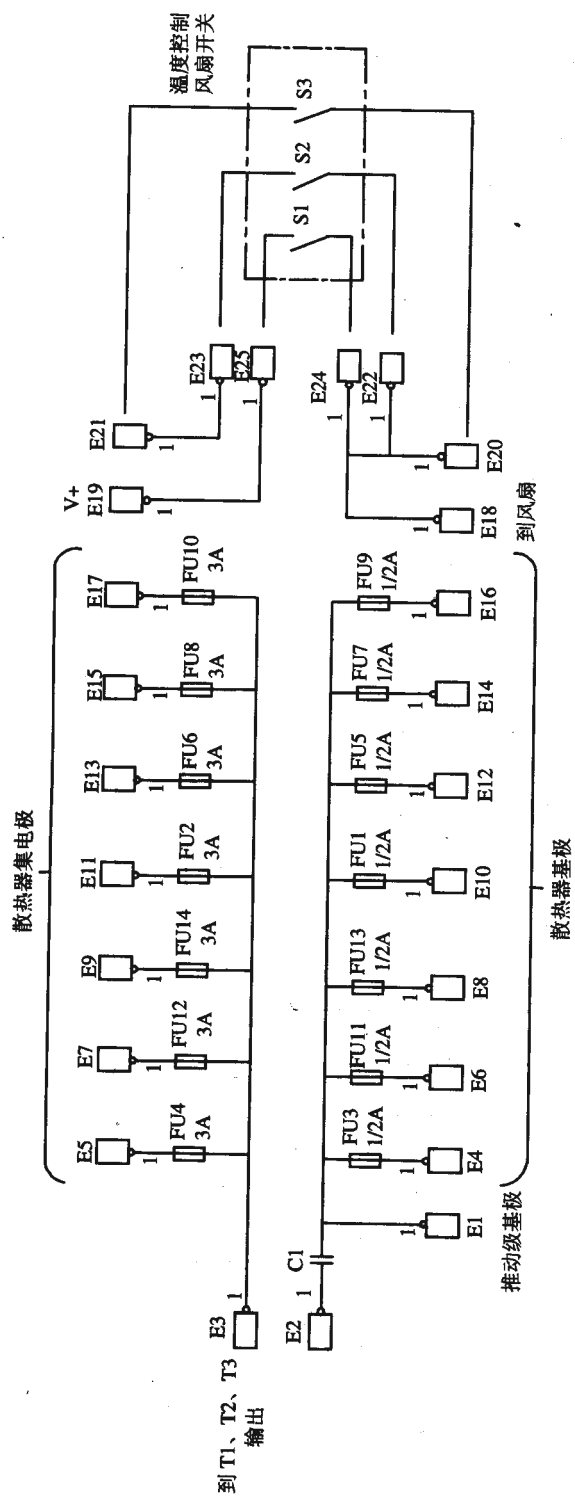


图 8-6-6 熔断器板

(四) 激励电路

激励电路在 (A4、A7) 部分, 整形电路的输出, 通过 (A7) VT1 的基极控制驱动电路直接地通过 (A7) VT1 到手柄, 则大量的存储电荷由晶体管功率输出, 二次输入端通过 (A4) R8 和 (A4) R16 线路产生, 由 +35V 电压供给 (A7) 的 VT1 发射极上; SSE2L 机型具有电源电压稳定补偿作用, 其驱动调节是通过放大器与匹配的耦合变压器, 再到负荷输出。如图 5-5 所示。

(五) 功率放大器

功率放大器在 (A7) 部分, 这级电路能增加和放大信号功率水平, 以达到外科临床的使用要求, 它是一个调节放大器, 是由电阻电压相匹配的耦合变压器, 由 VT2 穿过 VT8 并行连接 (各发射极电阻相等匹配), 其反馈电路通过 R4 和 C1 达到稳定; 放大器工作在两种频率之间, 在高电压时是以电凝运行, 相反的在电切操作时, 其驱动是轻微的非共振极限电路电压。如图 8-6-6 所示。

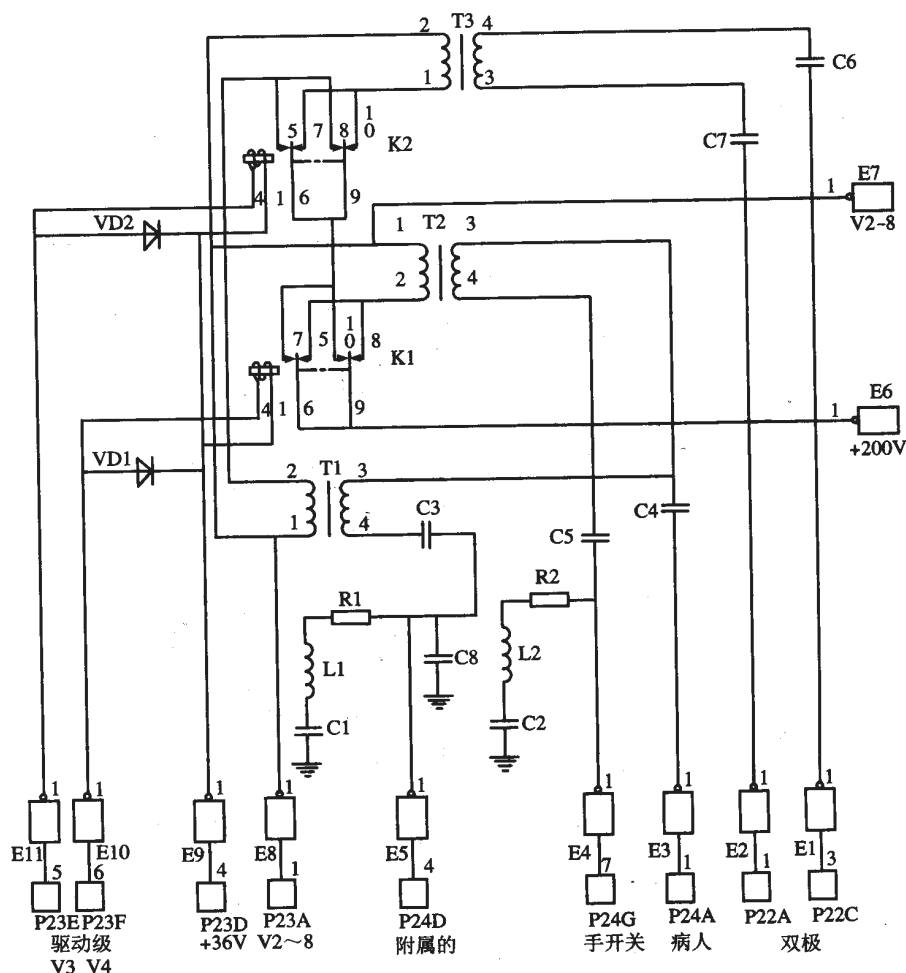


图 8-6-7 输出板电路 (A5)

（六）输出部分

输出部分在（A5）部分，SSE2L 机型特点是单独的起动输出电路，在操作单极和双极方式时有手动方式、辅助方式。在标准的输出电路中包括：变压器、二次直流隔离电容器、单极电路、泄漏消除电路、二次接地起动装置、三个变压器一次线圈共同连接到继电器输出端，并接到排列的晶体管输出级，由+220V 电源供给电压，由继电器 K1 和 K2 的转换，打开一次绕组，以视情况选择输出。如图 8-6-7 所示。

（七）泄漏消除电路

泄漏消除电路在（A5）部分，从触发到接地，电容所引起的 RF 泄漏，是由 L1 和 L2 构成接地阻抗，以消除因偶然因素引起的电容电流泄漏，但对低频率衰减是有限的，在电凝方式中，R1 和 R2 在电路中可起限制作用。如图 8-6-7 所示。

（八）触发逻辑电路

触发逻辑电路在（A2）部分，该电路接受从脚踏开关和手动开关直接输入的 FSCT 和 FSCG，经过 ISOBLOC 电路 HSCT、HSCG、BPCT 和 BPCG、其 BPS 是由脚踏转换开关和面板上的调节旋钮控制，U1、U2、U3、和 U4 互相严格地限制逻辑触发，VT1 和 VT2 激励继电器（A1）主板上的 K1、K2，分别控制电切和电凝输出，输出级 VT3 和 VT4 的激励电压，由继电器（A5）输出板 K1 和 K2 控制，延迟动作是由 R13、C8、R14、C9、R15、C10、R16、C11 和 R17、C12 产生，以保障继电器（A5）输出板 K1 和 K2 在电凝时防止触点烧坏。

（九）音频电路

音频电路（A2）部分，U9 是一个方形的 2 输入端逻辑门电路，连接不稳定振荡器，可产生两个不同的声音，以指示输出方式，由 VT5 作放大器输出驱动扬声器，由（A1）RP3 控制声音的大小。

（十）ISOBLOC 电路

ISOBLOC 电路在（A6）部分，该电路的触发保证了闭合手动开关和辅助开关时 RF 的隔离。VT1 是一个 100kHz 振荡器，供给灯光电流信号，由 P11、P12、P13 和 P14、VD1、C5、和 VD2、C6 调整和滤波，然后，接到 T1，当阳极连接时，可使发光二极管指示灯亮。如图 8-6-8 所示。

（十一）指示灯驱动电路

当 RF 射频的输出变压器 T1 一次绕组有电流通过时，电容器 C11 使 VT2 工作，供给指示灯电流，直接指示有效输出功率；面板调节钮在零的位置时指示灯不亮。如图 8-6-8 所示。

（十二）REM 接触质量监控电路

由连接病人的两极电缆 E1 和 E2、RF 射频电路连接到 E3 和扬声器、J101-1 和 J103-2 组成监控电路，J101-1 接到防止发生器发生错误电路，振荡器 U4 驱动变压器进入电路系统 T2 和检波器 U6。因此，C12 和 C13 的微分电压表示 E1 和 E2 之间的阻值，正常时噪声是

得到高度抵制的，触发器 U7 提供标准方波，U5 提供快速的准确的传输；电容器 C18~C20 隔离变压器所有的直流电压，其结果变压器对病人还是存在潜在的漏电流危险，因为，在双极输出时检波器的负载是对称的，但比较器的回路是一个，在单极输出时电压大约是 0~300mV，相当于+6V 电压 0-13511 范围，用 2 个比较器 U4 和 U5 门电路控制给予的高低电平，限制是病人连接后所返回的极间电阻范围，每个比较器都必须保证稳定的开关。

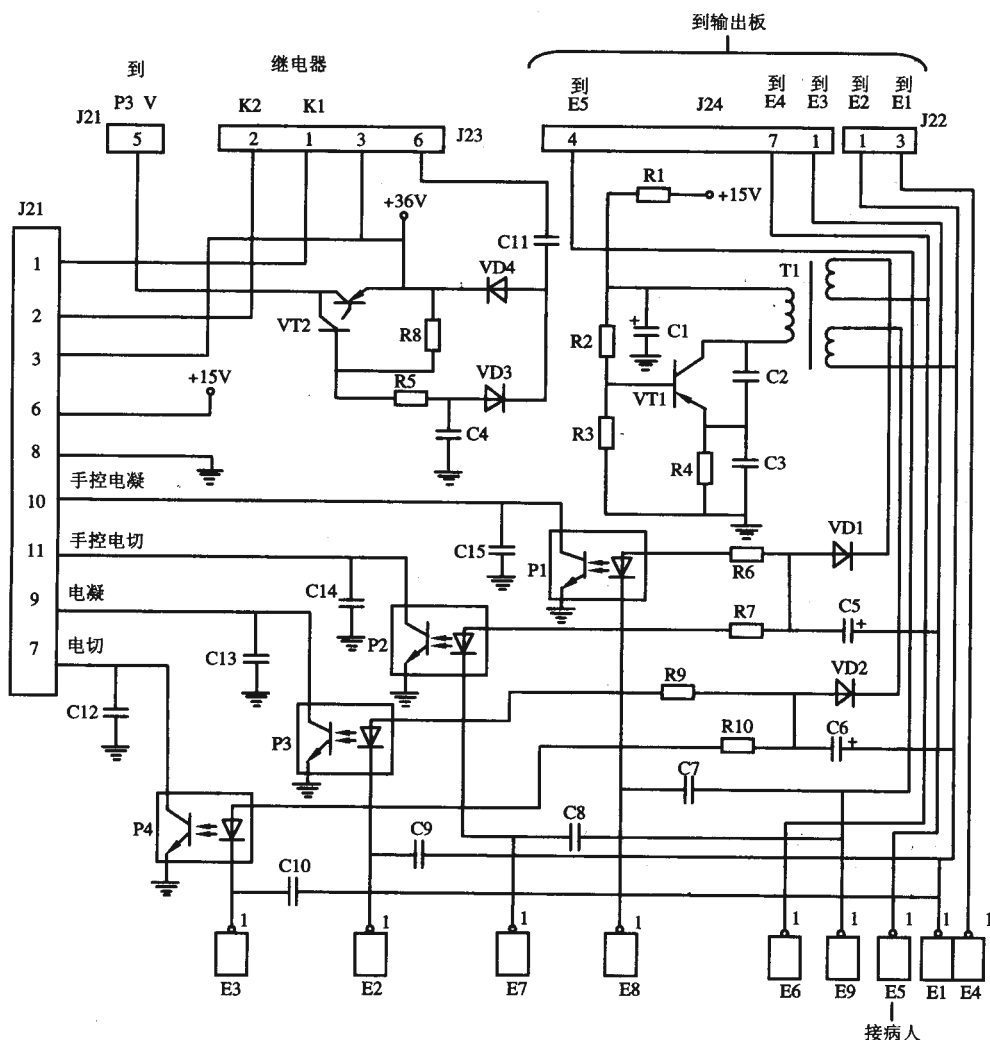


图 8-6-8 ISOBL0C 板 Schemafic (A6)

由或门电路 U3A 组成触发开关，假如是不能导通的，电阻值较高，这种方式是通常所用的：在连接病人回路的双极是通过插头出发开关，其接触阻值为低阻值，即低阻值限制，其电阻在它的限制范围内，不能抵制 VT1 和 RF 输出，U5C 和 U5D 连接 U1 和 T1，其音频振动阻抗高时逻辑“1”高电平，U1 的 2 脚逻辑“0”低电平，允许直接连接，驱动音频，U1 的 5 脚输出高电平，由于 C11 的充电使 U1 工作在开关状态，充电的 C11 通过 4 脚放电，接通连接病人连接插座的 LED（如图 8-6-3、图 8-6-8 所示），再连接到病人连接插座。

三、故障分析与检修

（一）面板显示正常，但无输出

故障原因：

- （1）熔断器烧坏；
- （2）输出功率管基极保险电阻烧坏；
- （3）输出功率管烧坏。

故障排除：

（1）首先检查熔断器板（A7）部分，检查熔断器是否烧断，如果熔断器烧断，还须更换相同型号的熔断器。

（2）如果检查熔断器烧坏，则还应检查接在输出功率管基极上的保险电阻是否烧坏，要用万用表逐个测量。

（3）如果输出功率管基极保险电阻全部断路，则说明输出功率管也烧坏，必须更换相同型号的管子（此种功率输出管必须使用进口原装）。

（二）机器外壳带电

故障原因：

- （1）电阻限制板有故障；
- （2）电源部分漏电。

故障排除：

（1）这种外壳带电不是一般的感应电，出现这种现象后首先检查整机的电源部分，检查输出部分是否存在没有安装好的绝缘器件。

（2）在确认电源部分没有问题的情况下再查找限制电阻板（A4），这部分电路的 R4 是一只 8W、10k 电阻，如果该电阻烧坏后，就会使机器外壳带电，此时应更换一只同型号的电阻，故障即可排除。

（三）输出功率小

故障原因：

- （1）机器电源输出不正常；
- （2）振荡电源电压偏低。

故障排除：

（1）出现这种故障后还是应该检查电源部分，检查电源输出的电压是否全部正常，检查+200V 是否正常，此种故障往往是+200V 输出不够（偏低很多，大约在 150V 左右）造成的。

（2）振荡电源电压过低这种情况还应再查找该电源的滤波电容 C4，这是一个 90gF / 400V 电解电容，如果这个滤波电容器损坏，可使电压偏低，应将电容器连接线拆下，用电容表来测量，如已击穿，则该电容也应更换，原装进口电容器比较好，一般国产电容器不能代换，如选择代用要考虑型号。

（四）烧损输出功率管

故障原因：

- （1）输出电路板有故障；
- （2）继电器接点接触不良。

故障排除：

（1）该机的输出功率管损坏后，必须用进口原装的才能达到机器的输出功率。一般情况下八只功率管烧坏后，只剩一只好的，有时八只管子全烧坏，而且被烧坏的管子相应基极电阻也一定烧坏，因此，这部分功率管一旦烧坏，都必须更换新品。当把新品换好后，如用上几次就又被烧坏，应该查找输出电路板（A5）。在这块板中，要检查所有的器件有无异常，检查输出板上两只继电器插座是否被大电流烧坏触点或变形等。

（2）检查（A5）电路板上的两只小继电器，检查继电器接点是否被烧坏及其接触情况，测试其工作是否正常；拔下继电器检查继电器内部接点，并测量每一组接点接触情况，检查继电器线圈是否损坏。

（五）插上阴极板后继续报警

故障原因：

- （1）阴极板插头连接问题；
- （2）阴极板接触质量控制板故障；
- （3）阴极板处于开路状态。

故障排除：

（1）检查连接阴极板的导线与极板及其插头连接情况，当打开机器只要连接阴极板处于开路状态或阴极板连接插头没有插上即报警，如采用一次性阴极板会好些，如采用带夹子的阴极板要看是否接好，再查看导线与插头是否有断路，如还有报警则应检查阴极插座内微动开关是否起作用。

（2）如果检查阴极板及连接线没有问题，应继续查找阴极板接触质量，控制电路板工作是否正常。

（3）在连接好阴极板后，如果不接触皮肤，其阴极还处于开路状态，则还是报警，此时必须用一块金属板与阴极板接触，接触面积不能少于 $2/3$ ；如需要测试时，可在金属板上放置一块潮湿的肥皂，然后连接刀柄用手控开关在肥皂上测试。

四、注意事项

（一）在每次通电试验之前，都要仔细检查所有的连接线是否正确，不要盲目通电。

（二）在确认所更换的器件安装、焊接没有问题后，再进行必要的测试。

（三）由于高频电刀电压很高，要注意防止触电，在做任何测试时都要小心。

（四）在测试输出功率时，要由小到大逐步调节，检查其是否受控。

（五）阴极板的连接问题：目前使用可粘连的阴极板，需要用一块铝板或其他金属板粘在上面，接触面积在 $1/2$ 以上，否则阴极接触报警，不能测试。

第七章 自动洗片机

第一节 自动洗片机类型结构及工作原理

一、自动洗片机的类型

自动洗片机是医学影像不可缺少的设备之一。目前，使用的自动洗片机品种多、型号多，大体上分三种类型，即浅槽式、深槽式、喷淋式，这三种类型基本上是按照胶片传动的方式分类的，在形式上有台式和落地式两种。在浅槽式洗片机中，胶片在显影、定影和水洗的过程中，胶片移动时向下的弯曲度不是很大，有些机器基本上是使胶片平移，这样卡片的机会比较少；在深槽式洗片机中，胶片在显影、定影和水洗的过程中，都使胶片移动时向下的弯曲度较大，显影、定影和水洗这三个槽做得很深，这样，不仅可以缩小体积，而且更重要的是使胶片在每一个冲洗的步骤当中，都能达到充分作用，同时，也使洗片的速度得到提高，但有时有卡片现象；在喷淋式洗片机中，基本上是以台式为主，其体积小，胶片在整个的冲洗过程中是平移向前移动的，特点是不容易卡片，但显、定影药液是不循环的，显、定影冲洗方式是将药液喷淋到胶片上，所用完的药液即成为废液，在深槽和浅槽式洗片机中，它们的显影液和定影液是循环的，直到药液老化为止。另外，还有以洗片大小和速度来区分各种机型。近几年来国外有生产干式洗片机，还有与激光照相机连在一起的洗片机，经过激光照相机拍照完的图像胶片直接送入洗片机，最后，出来的胶片即是干的图像胶片。国内目前生产的洗片机还是以深槽式机器居多。选择洗片机是根据医院规模和洗片量来决定选用的机器档次。

二、自动洗片机的基本结构

自动洗片机基本结构主要包括显影槽、定影槽、水洗槽、烘干部分、加热部分、循环部分、补液部分、胶片传动部分、系统控制部分等。由于洗片机所用的显影液和定影液都是强酸强碱溶液，腐蚀性很大，因此，机器所用的材料要求是非常高的，显影液、定影液和水洗槽都必须用耐强酸强碱的材料，一般用特殊的工程塑料制成；在胶片传动部分所用的金属如螺钉、固定杆等都应该用钛合金材料制成；传动部分的滚轮橡胶部分也要耐腐蚀，达到长时间浸泡不易变形和膨胀等特点。同时，整个机器的结构不仅是对材料有严格的要求，而且在整机结构的整体设计上更应该全面考虑。在传动装置方面是以齿轮、链条和带传动为主；齿轮是以尼龙和工程塑料制成；显影和定影所用循环泵，都采用磁力泵，这样使密封效果比较好，不容易漏液；对于补液泵来说，一般采用偏心轴驱动单向阀泵，并且可以设定每次补液量。

三、洗片机的工作原理

当电源接通后，电源变压器得电工作，经过降压和稳压后的电源供给主控制电路板，

控制面板显示当前洗片速度、显定影药液温度、烘干温度、显定影药液补充量以及机器工作状态，此时，可以重新设置上述各项参数。当显定影药液和冲洗水位达到规定位置时，药液温度控制部分开始工作，药液温度达到设定值时，机器自动进入工作状态。如图 8-7-1 框图所示：

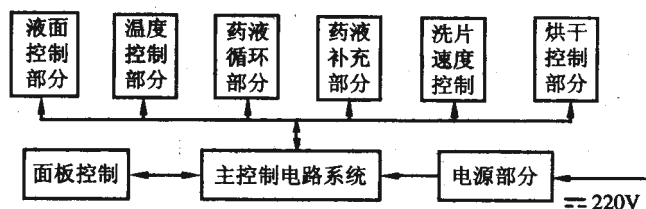


图 8-7-1 自动洗片机基本工作原理框图

第二节 故障分析与排除

一、胶片不够黑

原因：

- (1) 药液温度太低；
- (2) 运行速度太快；
- (3) 曝光时间太短；
- (4) 显影液用太久；
- (5) 定影液或水进入显影缸内；
- (6) 过片水槽溢水。

排除方法：

(1) 检查药液温度设置与实际温度是否一致（如相差较大，说明药液加热有故障）先检查温度测定部分，再检查负载加热部分，最后检查线路和系统控制，如果所设置的温度偏低，可重新设置。其温度设置要根据药液使用时间和程度给予适当调节。

(2) 检查运行速度方面所设定的时间，根据药液使用程度应适当放慢运行速度，延长洗片时间。

(3) 如果胶片的曝光时间不足时，用相同时间洗出的胶片差异比较大，此时，应调整曝光时间。

(4) 显影液的使用时间是根据洗片量来决定的，洗片量大，则使用时间短，洗片量小，则使用时间长，应注意估算洗片量，使用太久的药液应及时更换。

(5) 如果定影液进入显影药液或将显影液稀释，都可以造成这种现象，在更换药液或冲洗滚轮时应小心，注意不要将定影液混入显影液中，更不要将滚轮放错位置。

(6) 机器没有校正好或溢水管路堵塞。

二、胶片太黑

原因：

- (1) 药液温度太高；
- (2) 运行速度太慢；
- (3) 曝光时间太长。

排除方法：

(1) 检查药液温度加热装置是否还在工作，再检查药液温度传感器工作是否正常，如果温度传感器本身正常，还应继续查找控制线路是否有问题。

(2) 运行速度的设定应根据药液的使用时间和老化程度来决定，一般新配制的药液运行速度适当快一些；如果药液老化应该放慢运行速度来调整胶片的黑化度。

(3) 对于这种情况，应该调整曝光量，否则，就应该降低显影液温度，重新设定运行时间进行调整。

三、胶片呈黄绿色

原因：

- (1) 胶片定影没有定透；
- (2) 运行时间太长；
- (3) 定影液过耗或进水；
- (4) 补充量太小。

排除方法：

(1) 如果选用的胶片型号没问题，就应查找定影循环泵工作是否正常，如果循环泵正常，再查找管路是否有堵塞。

(2) 当药液老化时，不能通过提高温度和延长运行时间达到洗片效果，必须更换新药液。

(3) 如果定影液老化或进水，所设定的时间过长即可造成这种现象，应更换定影液，重新设置运行时间，给予相应的处理。

(4) 检查机器设置的补液量，必要时应给予增加，就是一次补液量不少于 10ml。

四、胶片不干

原因：

- (1) 烘干温度太低；
- (2) 运行速度太快；
- (3) 药液补充量太小；
- (4) 定影液缺少坚膜剂。

排除方法：

(1) 检查烘干电路输出端 X21 在工作时的电压，如无电压，应查找电路板继电器 K2 是否在工作，检查温度传感器及线路；如果有加热，但没有风送出时，则应查找输出端 X24 是否电压正常，如正常再查找电动机部分。

(2) 所设定速度太快，超过正常的显、定影及水洗和烘干所需要的时间，即不成比例

的提高运行速度，要根据实际情况重新设定兼顾考虑。

(3) 检查机器面板药液补充设置量，一次不少于 10mL，检查补液泵设置量。

(4) 当烘干部分正常时，适当增加定影液中的坚膜剂，但不宜过多。

五、胶片有划痕或压痕

原因：

(1) 滚轮脏或损坏：

(2) 在运行方向上有直的划痕。

排除方法：

(1) 检查各部分的滚轮是否有损坏或异物粘在上面。

(2) 如果是在运行方向上的划痕则是过桥的问题，应该逐个的检查每个滚排，校正过排，发现有变形情况时，应进行更换。

六、开机后操作面板上没有显示

原因：

(1) 输入电源有问题；

(2) 电压变压器无输出。

排除方法：

(1) 检查电源插座是否有电，电压是否正常。

(2) 检查机器内部的熔断器和控制板上的熔断器 FU。

(3) 检查控制电路板的连接插座 X11 和操作面板上的 X1。

(4) 测量控制电路板上的插头 X13 的电压，即输入电压应在 AC220V 左右：如果有电，而且正常，则应开机查找插头 X15，测量其电压应有 (20V)。如果没有电，应查找插头或变压器；如果有电应再查找控制电路板；如果控制电路板有问题需要更换控制电路板，此时，要做电动机平衡。

七、机器不能自动起动

原因：

(1) 机器设定在手动程序；

(2) 显影液温度没有达到设定值；

(3) 显、定影液缸内没有达到液面要求；

(4) 机盖没有盖好；

(5) 显影液缸内温度比设定温度高出 2~C 以上；

(6) 显影、定影补充液桶内无药液；

(7) 感应探测器故障。

排除方法：

(1) 此时如果机器设定在手动方式，显示屏 4 为闪烁状态。

(2) 当显影液缸内的温度没有达到设定的温度值时，显影温度 9 和请勿入片信号灯 5 闪烁。

- (3) 如果显影、定影缸内的液面不足，其补液键 7 闪烁。
- (4) 机器上盖没有盖好时，其机盖下的磁感应开关未起作用，可将螺钉拧出一些。
- (5) 如果显影液缸内的温度高于设定温度 2℃ 以上时，同样显影温度 9 和请勿输入片信号 5 闪烁，等待温度降下来。
- (6) 当显影液、定影液补充桶空或太少，不能将药液吸入时，显影 11 定影 12 和补充显示 7 闪烁；可用 7 键来控制补充新药液，达到需要液面时机器即可自动起动。
- (7) 感应探测器故障，首先清洁探测器部分，擦去显影液等污物，然后检查其功能是否正常。可用一张细长胶片（宽约 5cm）逐个检测四个探测器，每个的检测需要等请勿入片信号灯 5 熄灭后方可进行下一个测试。如个别探测器不起作用，则应更换探测器板；如四个探测器都有问题，则还应检查控制电路板和连接插座 X12。

八、在手动程序中机器不起动

原因：

- (1) 机器盖没有盖好；
- (2) 显影液和定影液液面没有达到规定高度；
- (3) 显影液、定影液补充内桶空。

排除方法：

- (1) 检查磁感应开关和机器盖里面的磁块。
- (2) 控制液面的浮子上下活动是否自如，清除浮子上面因药液形成的杂质造成不能自由活动，此时，补充信号灯 7 闪烁；检查补液系统电路。
- (3) 当显、定影补充液桶空了，显影 11，定影 12，及补充信号灯 7 闪烁，将显、定影液加入补液桶，可按 7 再进行补液。

九、机器不能自动停机

原因：

- (1) 机器在手动控制程序状态；
- (2) 感应探测器上一直有覆盖物；
- (3) 带四个磁铁的测速齿轮有损坏或错位。

排除方法：

- (1) 查看机器的工作状态。
- (2) 检查感应探测器上是否有覆盖物或污物，应该逐个检查，如有损坏应予更换。
- (3) 检查测速齿轮有无损坏，上面的四个磁铁有无脱落，此时的电动机运行不规律，速度不稳定，在一般情况下往往是变快或由慢变快，在同时按下 2 和 3 键后跳到手动程序。

十、显影缸温度达不到设定值

原因：

- (1) 未达到规定的药液液面；
- (2) 定影、显影补充桶空无药液；
- (3) 缸温度探测器断路；

(4) 缸加热器线圈断路、或短路。

排除方法：

(1) 按运行程序，当药液液面达不到规定时，补充键 7 闪烁，可按 7 再进行补充，只有达到规定位置时方可加温。

(2) 显影、定影补充桶空，使定影 12，显影 11 及补充 7 键闪烁，此时，必须按 7 进行补充。然后等待加热，如果药液液面不够，则不能进行加热。

(3) 检查缸温探测器情况，如果断路则显示“21”信息；测量缸温探测器电阻，在 20℃时，阻值为 6kΩ。

(4) 检查缸加热器线圈是否有问题，可拔出控制电路板上的 X20 插座的连线，测量其加热器电阻值。(大约在 60Ω)。

(5) 如果加热器没有问题，测量控制电路板上 X20 插座上的电压，如有电压应和电源电压一致，如果无电压，则应继续检查控制电路板是否有输出。

十一、显影缸温度显示超过所设定的值，显示灯闪烁

原因：

(1) 加热或循环系统有空气；

(2) 缸温探测器有断路；

(3) 控制电路板受损。

排除方法：

(1) 在手动程序中进行补充循环，至少要 30s。

(2) 检查缸温探测器如果断路，则持续显示为“47”；测量缸温度探测器阻值，在 20℃时，阻值为 6k。

(3) 测量控制电路板插头 X20 电压，如果无电压，还应继续查找控制电路板线路。

十二、烘干温度达不到

原因：

(1) 温度探测器断路；

(2) 烘干加热器线圈短路或断路；

(3) 控制电路板损坏。

排除方法：

(1) 测量缸温度探测器电阻值，在 20℃时，阻值为 6kΩ。

(2) 测量烘干加热器线圈是否断路或短路，可拔掉控制电路板上面的 X21 插座上的连线，测量烘干加热器电阻，(约为 26Ω)。

(3) 在接通电源加热时，测量控制电路插头 X21 的电压，如无电压，则应查找控制线路。

十三、烘干温度超过所设定值

原因：

(1) 温度探测器坏；

(2) 控制电路板坏。

排除方法：

(1) 如果温度探测器损坏，此时，应显示为“66”，可再测缸温度探测器阻值。

(2) 测量控制电路板 X21 的电压，如无电压，应继续查找控制电路板相应元器件，可按逻辑图查找。

十四、显影、定影补液泵不工作

原因：

(1) 补液泵运转问题；

(2) 补液泵运转，但不补充。

排除方法：

(1) 检查补液泵电动机是否运转，检查补液泵上的刻度盘，最少应设定在 40% 位置上。

(2) 如果补液泵电动机运转，但不补液，这说明不是电动机问题而是泵的问题，应检查单向阀是否安装正确，是否干净以及管路问题。图 8-7-2 为补液泵单向阀示意图。

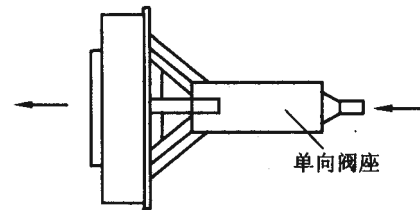


图 8-7-2 补液泵单向阀示意图

(3) 打开机器电源开关并接通补液泵，测量控制电路板插头 X16（显影），X17（定影）：应和输入电压一致，否则，应继续查找控制电路板逻辑电路。

十五、机器运转速度太快

原因：

(1) 带四个磁铁的探测齿轮受损；

(2) 更换控制电路板后，没有做电动机平衡。

排除方法：

(1) 检查带四个磁铁的探测齿轮，有无损坏，必要时应更换新品。

(2) 在每次更换控制电路板或更换电动机时，都应该做电动机平衡，重新校正探头位置。如图 8-7-3 所示：

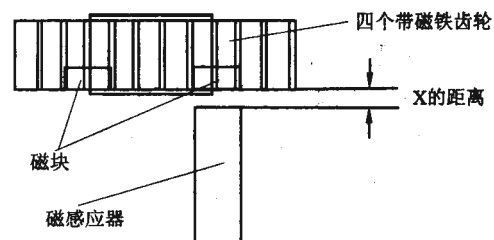


图 8-7-3 磁性探测齿轮校正示意图

注意探头“X”的距离，使探测齿轮在转动时，保证探头要感应到四个磁铁，探头要有线路板连接好，而且要可靠，真正使每次磁感应脉冲能可靠地接收。

十六、显影液和定影液不循环

原因：

(1) 显、定影液缸内液面未达到位置；

(2) 补充液桶内空；

(3) 循环泵运转，但不循环；

(4) 循环泵不运转。

排除方法：

(1) 检查控制液面的浮子位置及液面是否达到规定的位置。

(2) 检查补液桶内的药量，管路是否插在药液中，药液是否太少，吸不到，此时，显影 11，定影 12 及补充键 7 闪烁。可按 7 键补充新药液即可。

(3) 如果循环系统进入空气时，可以造成不循环，这时可以在手动程序状态下进行补充循环（至少 30s）。如果只是循环泵运转，药液不循环说明管路有堵塞，需要将管路打开逐段检查。此外，还应检查和注意循环泵有无异常，或将缸内药液排空，清洁后重新加入药液。

(4) 如果循环泵不运转，则应测量控制电路板上插头 X28、X25 和 X18 的 N 和 L 之间的电压，应该与电源电压一致，如果无电压，应查找控制电路板线路；如果有电压，应查找循环泵及连接线和插座接触是否良好。

十七、不入水

原因：

(1) 水压问题；

(2) 水位异常；

(3) 水控制阀坏。

排除方法：

(1) 打开水管，测水压情况（至少在 0.1MPa）。

(2) 检查机器的排水管是否堵塞，水位开关关闭入水阀，首先应将排水管内堵塞物清除，使其排水通畅，再检查水位开关。

(3) 检查入水阀，清洁过滤器，然后，在机器运转时测量控制电路板插头 X22 和 X23 的电压，应与电源电压一致，否则应查找控制电路板线路，检查继电器 K7。

十八、控制面板不能设定程序

原因：

(1) 机器正在运行；

(2) 面板接触问题。

排除方法：

(1) 如果机器在运行时，应等机器程序运行完毕后，再设定程序或更改。

(2) 检查面板连接线及插头、插座，检查面板的 X1 连接情况，然后检查控制电路板连接插座 X11 连接情况，接触是否良好。

十九、胶片传送不正常

原因：

(1) 主动电动机运转，但胶片卡在机器内；

(2) 主动电动机运转，但有异常声响；

(3) 主动电动机运转一会儿即停，胶片卡在机器内，面板出现“6A”错误。

排除方法：

(1) 如果胶片卡在滚轴里，应将卡住的胶片取出，然后，检查卡片位置的过桥和压辊的压力，必要时给予调整。

(2) 当主动电动机运转时，有异常声响，而且，胶片运行速度有变化，这时应检查主传动齿轮及主动电动机的齿轮。

(3) 当主动电动机运转一会儿，机器面板出现“6A”错误信息时，这种故障属于速度控制问题，主要检查四个磁铁的探测齿轮和探头情况，调整探测距离，要求每一次的磁感应脉冲都能可靠地接收到，然后，再检查探头连接线与控制电路板插头和插座连接是否可靠，有无氧化现象，必要时清洁控制电路板，最后，做电动机平衡。要求每次做电动机平衡都要通过，如果有不能通过的现象，说明探测或电路有问题，应继续查找。

二十、主动电动机不运转

原因：

(1) 机盖没有盖好；

(2) 主动电动机坏或控制故障。

排除方法：

(1) 如果机盖没有盖好，其磁感应开关不起作用。

(2) 检查主动电动机本身是否有问题，传动情况等。

(3) 测量控制电路板上主动电动机插座电压（低压最大 30V），如果无电压，应继续查找控制电路板该部分的输出；如果测得有电压，则说明主动电动机坏。

二十一、主动电动机运转不停

原因：

(1) 在手动程序状态下电动机运转不停；

(2) 出现“AE”，20s 后电动机运转不停。

排除方法：

(1) 如果是在手动程序状态下出现电动机运转不停，很可能是输出晶体管损坏，可拆下更换新品，如代用应注意型号和参数。

(2) 如机器在运行过程中出现“AE”信息，20s 后电动机继续运转不停，这时可以关掉主机电源开关，等 5s 后再打开机器。

二十二、风扇不运转

原因：

(1) 风扇电动机无电压；

(2) 风扇电动机有电压。

排除方法：

(1) 测量控制电路板上风扇插座 X24 的电压，应和电源电压一致，拔掉控制电路板插座 X21 的连线，在测量其电压值，如无电压，应继续查找控制电路板 K232 作情况。

(2) 如测得有电压, 而且正常, 检查连接线连接有无问题, 其连接应按图 9-14 所示。

第三节 维修程序

一、特殊功能的输入和输出

关闭主开关, 按住下列键并同时打开主开关。这样所设定的资料可用 2 或 3 键修改。将所设资料复位:

2 和 3: 运行时间-2min 防氧化时间: 3h

补充时间: 10s 胶片长度: 30cm

液缸温度: 32℃ 亮度: 99 级

烘干温度: 45℃

1 和 6: 输入氧化时间:

允许值: 0. 2~6h

输入 0 则防氧化程序结束

1 和 7: 用脚踏开关起动时, 输入入片长度

只限于印刷) 容许值: 0~99cm

3 和 6: 机器运行时间的计数显示:

00= $\times 10$

00. 0= $\times 100$

00. = $\times 1000$

2 和 6: 电动机运行时间:

00= $\times 10$

00. 0= $\times 100$

00. = $\times 1000$

二、维修检查程序

用 2 和 3 键可以选择各个检查程序, ON / OFF 键可跳过程序 1, 第 2 至 8 程序将相继开关。

- (1) 屏幕检查, 操作面板上所有的显示灯都亮;
- (2) 烘干加热器和风扇;
- (3) 液缸加热器;
- (4) 电磁阀;
- (5) 显影液补液泵;
- (6) 定影液补液泵;
- (7) 循环泵;
- (8) 入片台下的风扇;
- (9) 烘干温度指示 (20 表示断路, 66 表示短路);
- (10) 缸温显示 (21 表示断路, 47 表示短路);

- (11) 检测每个发光二极管和数码管；
- (12) 电脑软件版本显示。

三、电动机平衡方法

当更换了系统控制电路板、电动机或磁感应器以及四个磁铁的探测齿轮这些器件后，或者是磁感应器位置的变动，都需要重新做电动机平衡。其方法是：

- (1) 关闭主开关，按 3 键同时开主开关。
- (2) 在做电动机平衡时至少在同一单位时间内主控制和速控部分可接收到五个脉冲信号。
- (3) 如果运行时间设定为 2min，脉冲读数显示为 1~99，如果运行时间设定为 10min，则脉冲读数显示为 40~99。当电动机平衡做成功之后，显示 F6 如同刚开机一样。

第四节 自动洗片机的安装与日常维护

一、自动洗片机的安装

(一) 对暗室房间的要求

要求暗室房间要通风良好，而且还要达到避光要求，使胶片达到安全。在一般情况下，采用迷路形式，并设有通风设备，如空调、排风扇等，使暗室空气保持流通，保证暗室温度和湿度达到胶片所需的要求，房间面积不小于 15m²。

(二) 对暗室电源的要求

暗室电源虽然是单相供电，但负荷应在 16A 以上，用六平方单根铜线连接入户，最好不要与空调及其他设备连接在一起，有单独的控制开关，开关的位置要与洗片机的安装位置协调，以操作维修方便为原则。

(三) 对暗室地线的要求

要求暗室也要有保护接地，这是必须的。因为洗片机的工作环境要经常遇到水和药液以及潮湿，所有这些都对安全用电显然是不利的，稍不注意就有可能造成漏电；另外，药液的强酸强碱物质的长时间使用，有些地方很容易成为结晶。此时，就又变成了类似电解质样的物质，则更容易造成机器漏电的可能。

(四) 对暗室上水和下水的要求

暗室的上水要有一个总的开关，然后连接到相应的位置，如洗刷、水池、与机器连接等，并且要便于维修；要有一个能够冲洗和浸泡洗片机滚轮组的水池，水池下面设有进水口，上面设有溢水口，使水池内的水流动，保持清洁。对于下水的要求除了相应位置的下水以外，还应有地面排水和与机器安装位置协调的地面排水，这样会给使用和维修以及日常保养带来方便。

（五）对洗片机管路和电气部分安装

安装洗片机时，要先安装洗片机所有的管路，检查机器部分所安装的所有管路接口及管路走向，不能使管路过于弯曲以及使管路变扁，影响药液或水的流动；在连接和检查机器所有的管路之后再检查和连接洗片机的电气部分，检查所有的接插件、线号和位置，当电气部分检查和连接无误后，还应把显影槽、定影槽和水洗槽加好水，并达到水位要求，此时，再检查机器所有的管路是否有漏水现象，如果发现有漏水的部位要立即再给予紧固，直到不漏水为止；在管路连接没有问题之后，方可加电测试和调整以及检查机器系统运行程序。

二、自动洗片机的日常维护

（一）必须有专人负责日常维护和保养工作，每周必须把滚轮拿下来进行冲洗，刷干净滚轮上面的污垢和杂质，这是日常维护最重要的工作。

（二）根据显影液和定影液使用情况，以及总洗片数量，按要求重新设定所需要的药液温度、洗片速度、烘干温度等，以达到最佳洗片效果。

（三）在每次更换新的显影液和定影液时，都要对洗片机进行一次全面清洗；在清洗时，要注意药液和水不要进入齿轮传动部分，在平时清洗滚轮时也要注意；更要注意电气部分以及电路板上，不要溅上药液和水，防止短路烧毁某些元器件。

（四）要定期检查滚轮以及传动部分的齿轮是否完好，有无将齿轮打坏的现象，即缺齿、齿轮变形等，传动带有无变形和拉长。

（五）在平时使用过程中，要注意有无异常声响、气味以及不正常的运行现象，如发现异常应及时进行检修；要注意所有连接的管路是否有漏液的地方，如果发现应立即修理，否则药液将腐蚀到其他部分。

第五节 自动洗片机故障实例

一、江苏泰兴轻工机械厂 X380 型洗片机故障检修 5 例

故障例 1：卡片

故障现象一：小尺寸（5×7 英寸）胶片，掉落在显影槽内。

故障分析：洗片过程是由主传动辊轮与被动辊轮两端的金属弹簧环拉紧传动输送胶片，各组辊轮之间弹簧环拉力均匀，胶片输送正常。如果某一对辊轮两端的各弹簧环断脱，辊轮不能夹紧胶片，小尺寸胶片会掉落显影槽内，洗片量大时，胶片就会在显影槽内卡住。

故障排除：检查两边的金属弹簧环发现脱落，换上金属弹簧环后，洗片机恢复正常。

故障现象二：送胶片时胶片不偏斜、引起卡片。

故障分析：换片时胶片输送是由每一对辊轮两边的金属弹簧拉紧辊轮而夹送胶片，各对辊轮两端金属弹簧拉力均匀，如果某一组辊轮的一端弹簧环脱落或弹性降低，会造成两端拉力不均，胶片传动过程中会偏斜，而卡片。

故障排除：检查发现一边金属环脱落而造成两边拉力不均，两边同时换上金属弹簧环后

恢复正常。

故障现象三：三余张胶片卡在烘干箱内。

故障分析：引起卡片的主要原因是定影液衰竭，引起其对胶片的坚膜作用的降低，胶片乳剂吸水量增大，胶片膨胀产生轻微脱膜，使胶片表面发粘，于烘干箱内辊轴上下不易通过，造成卡片。

故障排除：检查发现定影液 PH 值升高，证明定影液衰竭，换上定影套药后恢复正常。

故障例 2：继电器舌簧管 SQ₁ 接头处断裂

故障现象：按下进片按钮进行正常洗片，发现进片指示灯常亮（正常送片时该指示灯熄灭，送片完毕此灯亮表示可送第二张片），洗片过程中传动系统自动停机。

故障检修：检查发现在进片时，进片指示继电器 KA₃ 不工作，进一步检查控制该继电器的舌簧管 SQ₁，发现该管接头处断裂。由于 SQ₁ 安装在进片处，靠近显影液，长期受药液水气侵蚀而引起断裂，造成 KA₃ 不工作，那么串在时间继电器 KT₁（JS14A10min）回路中的常闭接点常闭，使指示灯常亮以及在送片时不能切断 KT₁ 电源，KT₁ 到时间就切断传动继电器 KA₆、KA₇ 电源，造成洗片过程中自动停机。重新焊接断点，机器恢复正常。

故障例 3：输片架两侧限位片松动

故障现象：机器发出不正常响声，胶片卡在机器某一部位不能自动出来。

故障检修：检查发现该输片架两侧的限位片松动，造成齿轮间滑齿而不能传动，重新把限位片固定好，转动正常。该限位片在运转一段时间后容易松动，使用时应定期检查。

故障例 4：定影液补给胶管折叠、粘连

故障现象：在一次使用自动洗片机集中洗片时，十多张 X 线胶片显影后未经定影液处理而直接烘干出机。

检修与分析：检查时发现洗片机定影槽中药液蒸干，定影补给胶管折叠、粘连。经理顺定影液补给胶管，使其通畅。定影液顺利流入定影槽中，自动洗片机恢复正常。

所用洗片机的药液温控在摄氏 0~50℃，日常洗片时药温是 30℃，烘干温控在摄氏 0~100℃，一般烘干温控在 70℃。因此，机内温度很高，药液蒸发较快。若是时间稍长，机器有烧损的危险。

故障例 5：传动齿轮之间出现间隙

故障现象：胶片上出现严重划痕，划痕处药膜脱落，且划片掉在定影槽内，这样严重影响了胶片质量。

分析与检修：因为胶片掉在定影槽内，首先把定影槽辊轮换到水洗槽，这时胶片又掉在水洗槽内并划片，这就证明了水洗槽和显影槽的辊轮均正常，输片系统电机、压力弹簧及链条拉力都正常，这样故障就局限于定影槽辊轮上。当时想固定辊轮的螺钉可能太紧了，把辊轮拆卸开，外表看各辊轮曲度正常，用酒精擦拭各辊轮，重新装上，固定螺钉时比以前松动一些，进行滚片试验，又出现了划片现象。这时把故障原因转移到传动齿轮上，把各个齿轮拆下，逐个通过手动试验来检查齿轮间的吻合情况，当检查到一个中等型号的齿轮时，该齿轮旋转到某一位置，手动感觉费力，转过这一位置时手动感觉正常，这时发现齿轮中的一个

小齿与另一个齿轮中的小齿吻合不牢，两齿之间出现间隙，换上同等型号备用齿轮，重新进行滚片试验，故障现象消失，洗片机恢复正常。

二、江苏泰兴轻工机械厂 X380C 型洗片机故障检修 2 例

故障例 1：排液阀门弹性橡胶弹力下降

故障现象：清洗保养洗片机时发现，新鲜定影液不能补进定影槽。

故障分析：此种故障可能由以下几种情况：1. 定影液补液系统管道不畅通，使定影液流动受阻；2. 定影补液泵液囊或抽液排液管有破裂损坏；3. 电气故障，使补液泵电机不能得电或电机本身烧毁不能运转；4. 其它原因造成电机运转受阻。

故障排除：打开机壳，观察定影液补液泵及管道系统，发现其外观良好，液囊及管道完好无破损现象。开机试验，盖住输片架一侧的探测孔，发现显影补液泵运转良好，则定影补液泵不运转。用手轻推定影补液泵凸轮，则定影补液泵开始运转，补液正常。但持续时间不长，发现补液受阻，凸轮原地抖动，并发出“咔咔”声。关机后，将定影补液泵液囊及分流阀一起拆下，用手挤压液囊，发现阻力很大，定影液不能排出。开机观察补液电机空载运转正常。根据以上现象可知，定影补液泵电机及其外围电路均正常。将分流阀所接抽液管及排液管拆下，检查两者皆正常畅通。则故障只能在分流阀。将分流阀内只能单向导通的阀门取出，发现排液阀内的弹性橡胶弹力下降，于是取一备用阀门换之。开机试验，故障排除，机器补液正常。

故障例 2：滚动胶轮腐蚀损坏

故障现象：在一次正常工作中，暗室内发出一种特殊的强烈类似氨的刺激性气味，难以承受，同时观察到洗出的胶片明显感光不足，对比度极差，基本上失去了诊断价值。

故障分析：1. 确定产生刺激性气体的部位和原因；2. 洗片机电路或配件有无烧坏的可能性；3. 显、定影剂温度失控、温度过高氧化；4. 由某种因素导致显、定影剂的化学反应；5. 引起胶片感光量不足，不排除 X 线机故障的可能性，

故障检修：从外观看洗片机电路及各配件无短路烧坏现象，通电后 3 套滚轮运转正常。测量显、定影剂温度均在所控之内，在多台 X 线机摄片同时出现感光量不足。肯定 X 线机故障可能性不大。最后故障主要集中在显、定影剂的某种化学反应，查定影剂未见异常。查显影剂时发现显影剂严重浑浊，同时闻到气味是来自显影。考虑到已接近更换期，重新配制后，工作不长时间又出现上述现象。怀疑是否显影剂质量有问题。更换另一家产品，现象同前。3 天之内更换 3 次，造成了很大浪费，针对显影出现异常，进行仔细观察分析，发现当开机后，定影槽里的定影剂就高出定影槽溢入到显影槽内。造成显定影剂中合反应。检查补液系统正常，当查到定影槽溢出管接口部时，通道堵塞，卸下各连接口，取出管道，见里面存有大量类似乳胶样白色沉淀物。经检查分析，沉淀物来自滚动胶轮，因胶轮质量不过关，造成胶轮表面薄膜脱落出现沉淀物。经彻底清洗溢出管通道，更换腐蚀坏的胶轮，重新配制显影液后上述现象消失。

三、上海电影机械厂 XTX-14 型洗片机故障检修 2 例

故障例 1: 减速发电机与减速机内部凹凸轴连接松动

故障现象: 洗片机转速不稳, 时快时慢。

分析与检修: 洗片机辊轴是由主传动电机 M_1 经减速器减速, 再通过一系列齿轮带动。在正常情况下, 因为测速发电机 M_2 与主传动电机同轴相连, 其输出电压部分做稳速负反馈, 与 Y-9 的电压反相输入 3DG (bc) 的基极, 又因其电压与速度成正比, 所以主传动电机很少受电源电压波动而影响转速。经检查测速发电机两端无输出电压, 拆下减速器及测速发电机, 发现测速发电机与减速器内部凹凸轴连接松脱, 引起测速发电机不运转而无电压输出, 行凹凸轴复位、固定处理, 洗片机恢复正常。

故障例 2: 温断器 RDT 熔断; 控制极接线断路

故障现象: 从出片口出来的胶片有时不太干, 大片子为局部湿, 当并排放两张小片时, 其中一张湿。继而发展为无热风吹出, 出现完全湿片, 面板上的干燥加热指示灯一直亮, 照片的显、定影正常。

故障检修: 1. 首先将干燥加热部分拆开检查。该机的干燥加热部分为两个 1200W 电阻丝并联连接, 每个电阻丝绕在一个支架上, 呈管形, 置于两个通风道中。每个电阻丝电路中串接有一个类似电阻模样的元件, 上标有 126° 、250V 10A 字样, 电路中标为 RDT $^\circ$ 。测量电阻丝完好, 而其中一个 RDT 元件呈开路状, 另一个则为通路。当时不知该元件起什么作用, 有什么特性, 考虑为一保护元件。去电子元件商店购买, 也不知是什么元件。为了试机, 暂将其短路, 开机后, 电阻丝仍不热。测量阻丝两端没有电压。该机干燥加热部分与主电路为插头插座连接。把插头拔下, 用数字万用表测量插座孔有 200V 的电压, 而一插上插头电阻丝两端还是无电压, 检查插头插座及导线均无故障。为排除插座内部接触不良故障, 用导线直接将电阻丝和主电路连接起来, 开机一测还是无电压, 而插座侧也没有电压了。此刻才明白插座侧的空载电压是感应电压, 但是感应电压一般不可能达到 200V, 即用一般指针式万用表复测, 果然是感应电压。再次仔细分析电路, 干燥加热部分是由一个 600V 的双向可控硅构成的无触点开关控制。可能是双向可控硅未导通所致。立即把前面板打开, 仔细检查控制部分电路, 发现该双向可控硅无法导通的原因是控制极接线被老鼠咬断, 将该线焊接好后, 再开机测量, 电阻丝两端有电压, 并且已开始发热了。后将厂家寄来的温断器 RDT 安装好, 又将通风孔金属网上的灰尘清除干净, 该故障排除。

四、台湾西富图 SECOFOTO-110 型洗片机故障检修 4 例

故障例 1: 显影感温棒进线端受药剂腐蚀, 内绝缘层被破坏

故障现象: 使用中发现定影液温度高于正常值近 10°C , 而控制器上定影加热指示灯显示定影液继续加热, 调整该温度控制电位器, 不受控制。

故障检修: 本机控制电路由以 CPU8748 为核心的控制器和所需的外围系统电路两部分组成, 见图 8-7-4 所示。

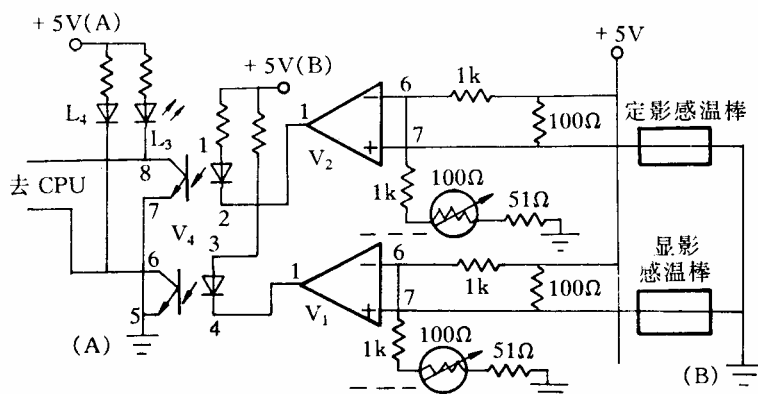


图 8-7-4 感温输入电路

检查先由控制器入手。打开控制器，检查线路未发现异常。接通电源，观察控制器内部工作状态为：当显、定影液温度低于预定工作温度时，发光二极管 L_4 、 L_3 （分别对应于显、定影湿度测量信号输入电路）亮、两液加温。当加温到达预定温度时， L_4 灭而 L_3 仍亮，对应定影加热棒继续加热。由于已知感温棒电阻值随温度升高而增大的正温度系数热敏特性。故试加大定影输入电路的电阻值，结果 L_3 灭，加热随之停止。以上检查说明控制箱工作正常。

又在外围电路检查。拆下输入信号插头，用万用表分别测量定影感温棒（⑩端）对地电阻和显影感温棒（⑬端）对地电阻均约为 100Ω ；再用水杯中温水对两棒做感温试验，阻值均随水温变化相似的幅度，说明其感温性能基本正常。接上信号插头，插入感温棒后又通电试验，故障依旧。后又拆下感温棒，测量他们的芯线对其金属外壳的电阻，结果是显影感温棒为无穷大，而定影感温棒为 $5k\Omega$ 。原因是进线端受药液腐蚀，内绝缘层被破坏。更新感温棒后恢复正常。

故障分析：由于本机感温输入电路是由运算放大器组成的比较器电路，定影液的加温程度由反相端相应的电阻和电位器所设定参考电压决定。而接于同相端的感温棒，其阻值随温度增高而增加，相应的电压也就增加，此电压加在同相端。当此电压在参考电压上下变化时，就可使比较器输出状态改变，从而引起加温控制作用。在本例中，由于存在前述感温棒内的分流，使在其上的电压一直不能上升到参考电压值，不能引起比较器状态改变，故机器失控。

故障例 2：温度保护继电器烧毁

故障现象：开机预热 30min 后冲洗胶片，发现所冲胶片对比度及密度明显下降。打开上盖发现显影液温度未上升，但显影加温指示灯正常指示。

分析与检修：由于加温指示灯点亮，机器是在加温状态，温度未上升。常见原因是保险丝熔断；加温棒故障或者接线接插处接触不良等。但经检查保险丝及加温棒正常；温度保护开关无断路；各插接端牢靠；付桶至电脑箱连线无断路，开机时在加温棒两端测不到正常电压。于是打开电脑箱，结果发现线路板上显影加温继电器 DEV 触点至插座 M_2 之间的印刷线路被烧毁，说明电路中有过大电流。从 M_2 处测量，电源线与地导通短路，拔下加温棒两端仍短路，当拔下温度保护继电器时，短路现象消失。将该继电器取出检查，发现继电器头

端有一处炭化痕迹。测量炭化处与尾端进线导通，故障是由温度保护继电器击穿后，电流经药水对地短路所致。但既然是短路，为什么印刷板线路烧毁而保险丝正常？原来是温度保护继电器与保险丝在串接电路中位于保险丝前与电源火线接通，击穿后电流不经保险丝直接入地，所以保险丝未起作用而将印刷线路烧毁。由于无备件，将原继电器炭化处清洁处理，然后在电炉上进行烘烤试验，在大约 40℃ 左右时仍能自动断开，将其放入一个耐高温玻璃试管中，用防水密封胶灌注后放入付桶，同时将接线顺序调整，使保险丝位于温度保护继电器前与电源火线相接。将烧毁的印刷线路用铜线接通，加温恢复正常。

故障例 3：循环泵药液入口处被杂质全部堵塞

故障现象：早上接班时，发现洗片机入口处冒烟，暗室一片烟气，有烤焦味，立即拉掉电源开关，冒烟逐渐减小。幸好及时发现，否则，不仅洗片机彻底毁掉，而且还会引起火灾。

故障原因：1. 经检查发现定影温度探测器因温度过高变形，内部短路，接线烧焦，引起冒烟；2. 夜间值班员未关掉机器，温度探测器已坏，至使温度升高，发生故障；3. 循环系统出了故障。

故障排除：打开机器做了详细检查，发现探测器外壳沉积了大量定影结晶析出物，置探测器小水槽中有很多沉淀杂质，检查循环系统，循环管道通畅，进一步打开循环泵，发现循环泵涡轮中药液入口处杂质全部堵塞，涡轮损坏，致使发生以上故障。这是在机器保养中容易忽视的一个问题，一般情况下，机器循环泵是很少打开的，因为平时主要清洗循环管道，很少考虑到循环泵中心堵塞，且暗室人员也只能进行一般性的保养清洗工作，打开循环泵需专职维修人员，这种型号洗片机生产厂家已停产，没有配件。几经周折，找到一台同型号的报废机器，拆掉循环泵及探测器安装在本台机器上，洗片机恢复正常工作。

故障例 4：烘干加温控制继电器损坏

故障现象：洗片机洗胶片完毕，各辊轴及烘干风扇自动停止后，烘干加温器持续加温，控制失灵，造成烘干部分温度直线上升。如未及时发现切断电源有可能把风扇、辊轴等部件烧坏。

故障检修：1. 检查烘干加温指示灯，只要一开机就亮，在没冲片时仍处于持续加温状态；2. 一开机就发现烘干加温器在加温并且温度直线上升；3. 打开电脑控制箱测量烘干部分发出的信号正常，即开机不冲片时电脑控制烘干部分没有信号而在冲片时有信号发出（12V 电压），停止冲片信号终止；4. 检查烘干加温控制继电器，发现继电器触点不能断开，电源端与控制加温器端不能断开，所以造成烘干加温器一开机就加温，温度直线上升，自动控制失灵；5. 根据以上检查结果，更换烘干加温控制继电器，故障排除。

五、美国柯达公司 M7B 型洗片机故障检修丑 5 例

故障例 1：循环泵损坏

故障现象：预备 Ready 指示灯及小控制面板上的 CR₁₀、CR₁₁ 指示灯在开机后数秒钟内点亮，随即灯熄，按激发键 Standby，上述 3 盏灯无反应，而胶片有显影不足现象。

故障检修：显影不足的故障是因显影液没有加温。首先检测控制板上有关显影加温线路

上各元件均未发现异常；检查热敏电阻 Gasket-Light-Lock 及 Probe-over-temperature，也属正常。电热丝导通，但温度不能上升。最后发现显影槽内液体没有循环流动，继而发现循环泵发生故障，不工作。经更换新的循环泵后，温度恢复正常，上述 3 盏指示灯也正常点燃。

故障例 2：光耦合器 U_3 不良

故障现象：烘干温度失控，加热器持续加热，烘干传动系统内温度高达 80°C 以上，大大加快了机件的老化，致使齿轮和滚轴，尤其是两端接头处轮翻损坏，加热通风管也有几根因温度过高变形而影响使用。

故障检修：（过温开关早已人为短路）首先将连锁开关的两接线端子 TB_{2-3} 、 TB_{2-1} 短路，然后打开机器顶盖，手拨温度控制器 S_3 旋钮，能听到轻微的响声，同时观察（在机器运转时）到 CR_5 受控闪亮， CR_1 保持恒亮。由此可知，故障发在 Q_1 和 U_3 之间。用数字万用表测试光电耦合器件 U_3 的⑤端电压（ CR_5 闪亮时），变化度只有 0.9V 左右，即 U_{16B} 的⑤端始终处于低电平，经过与非门 U_{17C} 、非门 V_{16A} ，最后使复合管 Q_1 的基极一直处于高电平，因此 CR_1 保持恒亮状态，随后又观察 3min、8min 计时准确，经分析确认是光电耦合器件 U_3 不良。

故障排除：因无配件，购买又不方便，就将温控控制器 S_3 拆掉，让 J/P_{1-3} 、 J/P_{1-4} 短路，然后再将 S_3 接在固态继电器 U_1 的控制极回路中，和风叶开关串联。这样改接后的电路既起到了温度控制的作用，同时又不影响机器原有的各种功能，机器恢复正常。

故障例 4：固态启动继电器 U_{10} 损坏

故障现象：开机预热后洗片，当最后一张胶片全部送入洗片机 3min 后，洗片机应停止在 8min 等待状态，为待机状态。而该机回不到待机状态，驱动电机、干燥加热和吹风机一直得电运行。

故障检修：该故障现象在柯达自动洗片机的故障分析流程图中没有出现，还需说明随机来的修理手册中 3min 计时电路与测量线路分析不符，认为原图中有两点需更改一下。一是原图 U_{10Q} 输出⑩脚应改为①脚，二是或门 U_6 应改为或非门。电源接通后，驱动电机、干燥加热和吹风机由 U_{16} ②供“1”电子工作，干燥温度达到预先调置的温度值时 U_{16} ④输出“0”， U_{16} ②输出“0”机器停止在等待状态。该机的实际情况是 U_{10C} 电压正常， Q 输出始终是“0”在时序分析图中可以看出，要终止驱动电机等的供电， Q 输出台须为“1”电位，经或非门 U_6 变为“0”，再经与非门 U_{15} ③脚输出“1”。此“1”电位与 U_{15} ⑥脚同时作用，使 U_{35} ④脚变为“0”，就完成了 3min 后停机。更换新的 U_{10} 后，洗片机恢复了原来的功能。

故障例 5：电路板上电阻 R_1 断路

故障现象：胶片不干。

故障分析：因为胶片烘干主要是靠电热丝 R_1 （ $2500\text{W}/17/1$ ）加热，由鼓风机通过输送管道对胶片吹干。胶片不干说明电热丝 R_1 没有通风。造成电路故障的原因主要有下面几种情况：1. 继电器 $K_1/4.8$ 接点接触不良；2. 固态启动继电器 U_1 没有导通；3. 鼓风机风扇接点 S_9 没有闭合；4. 过温接点 S_7 闭合不良；5. 电热丝 R_1 本身断路。

初步检查发现：1. 观察电路板（PCB-100）上的发光二极管 CR_1 ，若点亮，说明 $U_1/3.4$ 的十 12V 电源已做好准备；2. 检查发光二极管 CR_2 有否点亮，如果不亮，说明胶片

传送继电器 K_1 没有运转, 鼓风机 B_2 不工作, 风扇接点 S_9 就不会闭合, 从而不能使 U_1 导通 (S_9 的检查可以用手从温度控制调节盒底部反复按动, 仔细听可听到它动作的响声); 3. 如果 CR_1 、 CR_2 都正常点亮, 可以按下过温接点 S_7 (正常时它处在常闭状态) 或用短路线短接 TB_{1-10} 和 TB_{1-11} 两端; 4. 最后可用 Ω 表测量加热电阻 R_1 是否断路, 一般测量其阻值应在 17 左右。

故障检修: 当合上电源开关后, 胶片传送电机 B_1 并不工作, 说明 K_1 继电器没有动作, 显然 R_1 不可能接通加热; 但当按一下 S_6 启动按钮之后, 胶片传送正常, 鼓风机 B_2 也运转, S_9 接点闭合, 但这时冲洗出的片子仍不干 (预置加热温度调节在 43°C , 一般对进口胶片完全能满足烘干条件)。当胶片传送时观察电路板上的发光二极管 CR_2 点亮, 说明 K_1 继电器工作正常, 而 CR_1 熄灭说明是固态启动继电器的发光二极管 $U_1/3.4$ 没有导通, 从而使电阻丝 R_1 断路。

故障原因: 检查电路板上发光二极管 CR_5 一直不亮, 说明 S_3 温度控制接点开路, 由于它通断频繁, 造成接点接触不良。所以, 当开机合闸之后, 与非门 $U_{17}/⑨$ 端为 “0” 电平, 不能使 Q_2 导通 (同时不能使 Q_1 导通), CR_2 也不亮, 主闸 K_1 不工作, 驱动电机 B_1 不运行, 当按一下 S_6 之后, 为何 K_1 能工作, 因为靠 3min 限时器电路工作, 其 $U_{15}/④$ 输出 “1” 电平又通过 $U_7/⑩$ 、 $⑪$; $U_7/②$ 、 $⑧$ 得到 “1” 电平, 使 Q_2 导通, 推动 K_1 工作, CR_2 点亮。当 3min 限时时间一结束, $U_4/②$ 、 $⑧$ 变为 “0” 电平, Q_2 截止, 所以 K_1 立即断电, CR_2 熄灭, 而 3min 限时器的输出, 虽然能使与非门 $U_{17}/⑧$ 端得到 “广电平”, 但因 S_3 断开, 使 $U_{17}/⑨$ 端仍处于 “0” 电平, 其输出端 $U_{14}/⑩$ 为 “1” 电平使 Q_1 截止, 所以不能使 U_1 导通, R_1 停止加热。将 S_3 接点用细砂纸打磨处理后, 加热电阻 R_1 接通受控, 胶片烘干正常。

故障例 6: 风机过滤网被绒絮灰尘堵塞

故障现象: 在洗片过程中, 发现胶片不干, 时常发生粘片。

分析与检修: 一般有两大系统故障均可导致胶片不干: 1. 药液循环系统; 2. 加热烘干系统。在胶片出口, 手感不热, 则可排除药液循环系统的原因。打开机器上盖, 用万用表测试烘干调控器正常, 风力微动开关 S_9 正常, 加热电热丝 R_1 ($2500\text{W}/19/1$) 也正常, 没有发现故障, 接通电源, 仍为凉风。用手按住风力微动开关 S_9 , 发现有热风。因此, 怀疑叶片是否变形, 调整叶片方位, 感觉时冷时热, 更换此开关, 故障并没有排除。这说明故障原因并不是在这个开关上, 再在风力上找原因。风力电机运转正常, 再往下察看风机进风口的过滤网, 发现过滤网上附着许多绒絮及尘土。将过滤网进行了彻底清洗, 再试机, 一切正常。

故障例 7: 机箱内螺杆松动

故障现象: 自动洗片机开启后, 机箱内出现 “吭噎” 连续不断的响声, 并时有卡片现象。

分析与检修: 1. 掀起机盖, 暴露胶片处理系统, 开机观察, 见驱动胶片处理系统组合件的涡轮与水洗轮及定影转向器的涡轮出现打滑现象; 2. 初步分析可为涡轮磨损严重或水洗轮及转向器组合件有变形; 3. 取出水洗轮及转向器组合件, 排除了涡轮有严重磨损, 并对组合件进行校正及有关螺钉紧固后, 故障消失。但用了两月后, 上述现象复生, 曾对组合件进行多次校正, 故障依然存在; 4. 仔细观察发现读机箱右下角驱动链条过松, 检查链条

松紧调整螺钉无松动；5. 综合分析，该机虽已使用两年，但故障仍是由于出厂前没有严格调试，只是配件新没有磨损，还能凑合使用；6. 查阅说明书机械图 15，拿掉机箱右下角白色塑料盖，松开两个固定涡杆的六棱螺钉，轻轻抬起涡杆，取出下面的一个“T”垫片，按其大小，用 2mm 厚的塑料板（显、定影套药塑料桶）剪成同样大小，与原垫片一同装入原位置，紧固螺钉，并检查齿轮咬合无误后，开机使用，半年来故障再未发生。

故障例 8：显影液槽内温度过高

故障现象：更换新药后冲洗出来的照片过黑。

故障检修：原显影液温度调至 34℃，使用同样的套药和胶片，洗片质量良好，此次更换药液后，测量温度只有 32℃，照片影像浓度反而过黑。检查操作台面上显影温度加热指示灯 I，和电路板上的发光二极管 CR10 及 CR11 工作均正常。原因是：1. 由于测量温度时将温度计误放到显影液排液漏斗处，所以测量温度只有 32℃，而实际在显影液槽内的温度已远超出 35℃；2. 超出 34℃的原因是没有放置隔热板，显影液受到烘干胶片热量的影响而使温度升高，影响照片冲洗黑化度。

故障例 9：过滤丝线密封不严；排液漏斗没有插紧

故障现象：更换新药后冲洗出来的照片开始浅淡，然后渐渐变成白色无影像。

分析与检修：摄影投照条件及 X 线机均正常，并排除了将没有曝光的片子送入洗片机冲洗的可能，药液没有变质，胶片运行程序正常，同时显影液加热指示灯 I3 开始点亮，到达恒温后 I3 熄灭。

由于在清洗过滤芯后安装时，丝扣挤压了过滤芯的丝线，造成密封不严，使显影液逐渐泄漏。在开始冲洗片子时，因液量不足使影像逐渐变浅淡，最后就连辊轴上附有的药液也被消耗掉，结果冲洗出来的片子完全呈白色无影像，相当于将胶片直接放入定影冲洗一样，出现同样现象的另一故障原因是显影液排液漏斗没有插紧，由存留缝隙使显影液渐渐排除，造成显影槽内没有显影液，出现上述现象。

检查各管路插头，重新安置好过滤芯，拧紧过滤器密封盖，同地将排液漏斗插紧，然后把显影槽内显影液添加到标定范围内。

故障例 10：显、定影液混合

故障现象：原冲洗胶片正常，突然中途出现片子影像模糊、密度偏低，并可见到一片片云雾状阴影。

分析与检修：胶片没有慢性感光，也没有过期，摄影操作及条件均正常。检查机内电路板上的发光二极管及机械运转都正常，胶片输送程序正确无误。

暗室工作时，将药液循环后排出的显影液和定影液分别回收在两个桶内，待一定量后再倒入冲洗槽内，暗室在进行这一工作时，误将定影液倒入显影液槽内，随着胶片冲洗药液不断补充，造成显影冲洗槽内不断混入显、定影混合液，故出现上述现象。

故障例 11：电磁阀管口堵塞，阀门打不开

故障现象：冲洗出来的照片灰雾度大。

故障检修：机器运行一切正常，打开盖板发现冲洗水槽内的水静止无流动，卸开进水管

侧板, 观察电磁阀输出管道也无水流动, 用电压表测量电磁阀 L1A 及 L1B 两端电压正常 (AC110V)。

故障原因: 因为进水电磁阀的输入管接头是铜质的, 在安装接管子时, 用了铁质管, 所以经长期使用后, 铜铁氧化腐蚀, 使管口处积满了锈泥, 堵塞管路。虽电磁阀线圈得电, 但阀门打不开, 造成管道水流不通, 冲洗水槽内不能更换新水, 冲洗槽内容量又小, 故造成冲洗照片灰雾大。因而不但没有得到应有的冲洗, 反而因水槽内的长期积存变质物污染胶片, 使像质下降。

故障排除: 拧下固定电磁阀的两只螺钉, 卸下进水管, 用汽油洗净后, 安上后可正常运行, 如果进水阀锈死无法修复时, 可用国产自动洗衣机的电磁阀代用。

故障例 12: 管路堵塞切断显影液加热电路

故障现象: 显影液温度加热指示灯 I3 一直不亮。

故障检查: 打开电路板上的发光二极管 CR₁₁, 不亮, 而 CR₁₀ 正常点亮, 测量加热电阻 R₄ 为 45Ω 也正常。可知 CR₁₁ 不亮, 说明过温度保护电路起作用, 继电器 K₂ 没有动作, 测量运算放大器 U₁₃ 的测量点 TP₉>TP₁₀, 其输出端 TP₈ 呈低电位, 晶体管 Q₆ 截止, 使 K₂ 不工作。

由于显影液管内药膜等沉淀物过多, 造成管路堵塞, 使显影液循环不畅, 显影液 TB₂₋₇ 端与地之间电阻率增高, 使一个 AC18V 的电压通过 R₄₅ 电阻, 经二极管 CR₂₀ 整流后, 加到运放输入端 TP₉, 引起过温度保护电路动作, 使 K₂ 不导通, 切断显影液加热电路。

故障排除: 卸下显影液循环系统有关管, 用清洗剂进行通电循环清洗管路, 直至达到电路工作正常为止。

故障例 13: 鼓风机网壁堵塞

故障现象: 洗片机烘干部分有风无热, 冲洗出的片子不干。

检查与分析: 开机后能听到胶片传送电机 B₁ 的运转声, 说明主继电器 K₁ 动作, 烘片温度预置值已调节在正常位 (即 43℃), 测量烘片加热电阻为 17Ω, 正常, 过温度接点 S₇ 正常闭合, 测量 TB₁₋₄ 与 TB₁₋₂ 为 AC220V, 而 TB₁₋₄ 与 TB₁₋₁₂ 之间无电压, 说明固态继电器 U₁ 不导通。首先可检查 U₁ 的输入部分, 在电路板上的发光二极管 CR₁ 已正常点亮, 可见在电路中只有风扇接点 S₉ 是造成 U₁ 不导通的主要原因。

S₉ 接点不能闭合, 主要是由于机器长期使用, 在鼓风机送风的网壁上积满由细绒毛及灰尘混合一起的污垢, 网孔几乎堵死使风力减弱, 造成 S₉ 接点不能动作和闭合。

故障排除: 用刷子清除通风网上的污垢, 使风力加大, S₉ 接点就可正常闭合, 烘干加热电路恢复正常; 如果处理后风力不大, 即 S₉ 接点仍不能闭合, 可更换鼓风机 B₂ 的电容器 C₁。

故障例 14: 3min 限时器集成电路 U₆₋₁ 输出处断裂

故障现象: 胶片运行到中途停机。

检修与分析: 在刚开机时, 胶片运行正常, 随着使用时间增长, 每按一下启动钮 S₆, 有时出现片子运行到中途停机, 片子不能送出, 若一直按下 S₆, 胶片才能正常运送出来, 一旦松开 S₆, K₁ 立即断电, 胶片传送电机 B₁ 也不工作, 片子停留在中途。因主电机 B₁ 的

运转，由 K1 断电器来控制，K₁ 的工作又主要是决定温度控制接点 S₃ 的动作，正常时 S₃ 是闭合的，只有当温度达到预置值后才断开，此时处于恒温状态，K₁ 不工作，B₁ 停止运转；如暴 S₆ 一直接着，电机 B₁ 是直接受控，不受 S₃ 的制约，当松开 S₆ 之后，烘片在恒温状态下，虽然 S₃ 断开，这时 B₁ 的运行是靠“3min 限时器”的作用，使 K1 的工作保持 3min 的延时时间。

故障原因：主要是“3min 限时器”电路有故障，检查电路板发现其集成电路 U6-1 输出端处有一断裂，造成“3min 限时器”输出端开路，因而使 K1 不能正常工作，

故障例 15：滤芯被药物沉淀物堵塞

故障现象：开机 30min 后显影温度不上升，温度加热指示灯不闪烁，60min 机器显影温度指示仍不上升，用废片试验，烘干及其它部件运转正常，开盖用温度计直接测量显影液温度为 21℃，故初定为显影液加热系统故障。

检修与分析：显影液不加热，原因多为电路中某元件损坏，首先对 R₂ 可变电阻测量未发现异常现象，调节 R₂ 可变电阻，显影温度加热指示灯有闪烁，但间隔时间长，20min 后显影温度上升了 2℃，此后不上升。此现象说明控制系统中感温探头、电阻丝正常，然后考虑显影液加热循环通路所致，取出显影滤芯，进行彻底清洗，安上，开机 20min 后显影温度指示升至 33.6℃（此为洗片正常温度），试片冲洗一张，影像正常。此故障为滤芯被药物沉淀物堵塞，造成显液加热通路循环受阻，加热的显影液无法进入显影槽，显影温度不能达到正常温度。所以，在使用洗片机时要经常清洗显影滤芯，保持加热通路的正常运行。

故障例 16：进水阀故障及改进

故障现象：该机主要特点是采用集成电路自动恒温控制。当洗片时，机器自动启动，不洗片时，自动停机，既省电，又延长机器使用寿命，同时又可节水。因为只有当机器运行、胶片传递过程中，主继电器 K₁ 动作，进水电磁阀 L_{1-A} 和 L_{1-B} 得电，开启水源，为漂洗胶片做好准备，一旦发现冲洗出来的胶片呈灰雾状、不干净、不透亮时，大多数原因是水循环不好，可是断水造成。其中 90% 以上，都因操作及管理不当，导致进水阀的故障。由于机器长期运行，更换药液时，不注意机器清洁或药液泄漏的浸蚀，使进水阀锈死失灵，电磁铁卡死失控，引起水循环不畅，影响冲片质量。为了保证机器的使用率，节省资金，现推荐用国产洗衣机上使用的电磁阀代用（例如：XDV-2 型等）。由于原机进水电磁阀控制电源为交流 120V，如何运用国产交流 220V 电磁阀的电源，同时，又在不增加任何附属设备（如变压器、继电器等）的情况下，只需在电路上稍加改接，就能确保原机的控制程序。

检修与改进：1. 首先检查原机电源进线部分按原图上“XXXXXX”6 根短路线复位接上，即 TB_{1/4}—TB_{1/5}；TB_{1/3}—TB_{1/2}；TB_{1/5}—TB_{1/7}；TB_{1/3}—TB_{1/6}；TB_{1/7}—TB_{1/7}；TB_{1/1}—N。

注：新机出厂时，是按装置通用电源三相交流 220V 的接法，根据国内电源使用的状况，可任意改接。

2. 将原机附带的交流 220V / 120V 降压变压器内的接地线 KT1 / 5（绿色）按图 8-7-5 所示改接 120V，即 KT1 的④端子上作为机器的 AC120V 输出线，其输入端交流 220V 分别接到机内接线板 TB1 / 3（即 L₁ 端）和 TB1 / 4（即 L₂ 端），输出线（绿色）接到机内 TB1 / 1（即 N 端），这样，主机的供电电源电路连线完成。

3. 然后, 将旧进水电磁阀上的线取下, 把新的国产电磁阀上一端, 按原机电磁阀 L1A / K 与 L1B / N 的端接到机器内接线板 TB_{1/3} (即 L₁ 端) 上, 原接到 L1A / R 与 L1B / F 两端引线用绝缘胶布包扎处理好 (见图 8-7-6 所示)。这样, 用国产洗衣机的电磁阀替代原机的电磁阀电路的改接工作即完成。

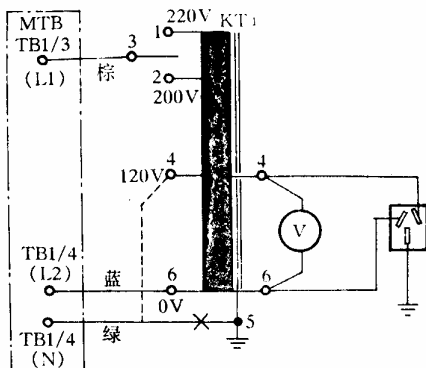
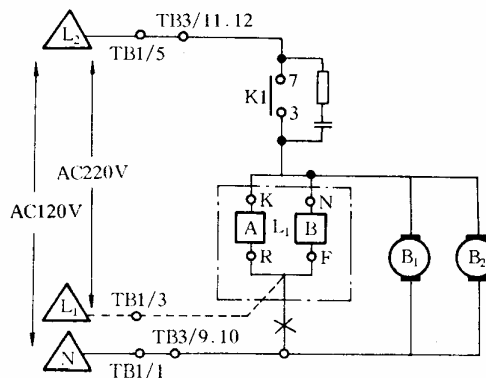
图 8-7-5 KT₁ 降压变压器的连接图

图 8-7-6 进水阀的接线图

六、美国柯达公司 M8 型洗片机故障检修 2 例

故障例 1: 加热管液体通路阻塞

故障现象: 开机后显、定影加热系统工作, 但晶液显示屏上显、定影温度显示不同步, 且相差悬殊。待显影液温度指示达到设定值时 (本机为 35.5℃), 而定影液温度才达到 23℃ 左右, 比开机时稍有增加, 较设定工作温度 34.2℃ 差 11.2℃, 报警系统发出蜂鸣声, 机器不能工作。

故障排除: 拆下加热管, 将定影热敏电阻、定影过热启动器及定影加热器旋掉, 发现加热管内积有大量黑色聚集物, 把加热器包裹在中央, 使管内狭窄的液体通路完全阻塞, 触之坚硬。用螺丝刀等钝性工具将其除去。经检验为沙粒、定影内杂质及胶片脱落物。将上述部件冲洗干净, 在热敏电阻、过热启动器、加热器外的螺纹上绕以生料带, 防止加压时滴漏药液。将装好的加热管接在机器上。加药试机, 故障排除。

故障例 2: 影液加热井漏水; 定位环处塑料烧坏

故障现象: 开机数分钟后, 洗片机中散发出塑料烧焦的臭味, 随后底部有液体流出。但洗片机功能正常, 各故障指示灯也无闪亮。当即停机检查, 发现是影液加热井漏水, 用手触摸有烫手感。将加热井从洗片机上拆下, 用水冲洗干净后可见定位环处塑料烧坏。

故障分析: 正常情况下定影液从进水口流入加热井加热后, 通过定位环上 3 个小孔, 再流过过温保护器、温度检测器, 最后从出水口流出, 送往定影槽。加热器的工作受温控和过温保护电路的控制, 如果电路产生故障或者加热器散热出故障, 都有可能烧坏外壳。

先分析一下电路工作情况。整个加热电路可分为温度控制电路和过温保护电路两部分, 温度控制电路中的 RT₂ 是一个热敏电阻, 位于加热井的中部, 阻值随药液温度的升高而下降。

其上面的压降也下降,当溶液加温时,其输出的电压经 $U_{4.5}$ 和 $U_{4.7}$ 进入 $U_{4.3}$, 并和 $U_{4.2}$ 端预先设定的参考电压比较放大后在 $U_{4.1}$ 端输出, 加到 $U_{6.9}$ 端, 这时可出现 3 种情况: 1. 当这个信号值小于某一值时 (这个值由所选定影温度而定), U_6 输出低信号到 U_9 的⑩端, 并在其输出端引起相应的变化, 使 Q_4 截止, U_2 失电, 加热器停止工作; 2. 当这个信号在一定范围内变化时, U_6 交替输出高与低信号, 加热器也就交替工作与不工作; 3. 当这个信号大于某一值时, U_6 就稳定输出高信号, 加热器也就稳定工作, 直到温度达到设定值后自动关闭。过温保护电路的探头在加热井中部, 并和开关 S_{13} 连在一起, 当定影液温度低于上限 (也即无过温状态时, S_{13} 闭合, 一个低信号经 S_{13} 加到 CR_{26} 和 U_{27} 上, 使 CR_{26} 点亮, 同时也使 U_{25} 得到低信号, 输出高信号到 $U_{24.13}$ 。 $U_{24.10}$ 即输出高信号到 U_3 , 使其导通。此时 K_8 回路接通, K_8 工作, 为加热器工作做好准备。当定影液温度高于上限时 S_{13} 打开, 一个高信号使 CR_{25} 停止工作, 同时也使 $U_{25.4}$ 端输出低信号到 $U_{24.13}$ 端, 使 $U_{24.10}$ 输出低信号, U_3 即截止, 其⑩端输出高信号, 引起 CR_{13} 熄灭, K_8 停止工作, 加热器回路切断。

从以上分析中可知, 加热器的工作受温控和过温保护的双重控制, 除非两个电路同时失控, 才会导致温度无限上升。从当时情况看, 后板上温度指示为 35°C , 属正常状态, 指示超温的第 6 灯也无闪亮, 因此可排除加热电路故障。再来分析一下加热器的散热情况。加热器系紫铜制做, 传热很快, 其中间套有一个不锈钢制的定位环, 将加热器与塑料外壳隔开。定位环的边上开有 3 个孔, 定影液从中流过的同时, 也将从加热器传到定位环上的温度带走。将加热井完全拆开, 取出加热器和定位环, 可见定位环已完全被黑色水泥样的物体包裹, 散热能力极度下降, 它的温度上升, 造成了塑料外壳烧化。

故障排除: 加热井的塑料外壳是压铸的, 自己加工很困难, 向外商购买一是价格昂贵, 二来时间也不允许, 原打算用不锈钢加工, 后从电路上考虑认为不可。因其还有一个断水保护电路, 是靠液体做导体的, 有定影液时允许工作, 无定影液时就自动切断电路, 如用不锈钢做, 就变成良好的导体, 一旦无定影液还会继续工作, 造成更大的损害。最后是将外壳烧坏处清理干净, 用砂纸打毛后封上一层环氧树脂, 全干后装上使用, 现已半年多, 效果很好。

七、美国柯达公司 M35 型洗片机故障检修 2 例

故障例 1: 印刷电路板因气体腐蚀多处漏电阻

故障现象: 电源开启后, 不用按 STAWDBY 键 (待机状态启动键), 驱动电机一直工作, CR_2 长亮, 干燥部分一直加热, CR_1 、 CR_5 直同时亮, 程序控制失常。

故障检查: 首先测量计数器的 CP 时钟输入端是否有信号输出, 该机的时钟发生器如图 9-4 所示。因为该机的 CP 频率较低, $t \approx 0.7\text{s}$, $RC = 0.277\text{s}$, 在 TP_3 和 TP_4 的测试端用万用表直流电压 25V 档, 测有无脉动的直流电压输出, 测量结果为 0V, 正常时 TP_3 应在 $6\text{V} \sim 6.5\text{V}$ 之间, TP_4 应在 $2.5\text{V} \sim 11.5\text{V}$ 之间摆动。断开电源, 取下 U2NE556 集成块, 再取下电路上与 TP_3 、 TP_4 相连的 $U_9\text{CD}4017$ 、 $U_{10}\text{CD}4040$ 、 $U_8\text{CD}4001$ 集成块 (该板所有集成电路均有插座), 用万用表的高阻档测 TP_3 、 TP_4 端对地电阻, 明显看到阻值已从原 ∞ 降至 $40\text{k}\Omega$ 左右。

故障分析: 由于该部分漏电, 使 NE556 停振, 无 CP 脉冲输出, 分频计数电路停止工作,

致使逻辑电路无法产生 3min 守候功能和 8min 限时加热功能，故机器一直处于加热驱动状态。

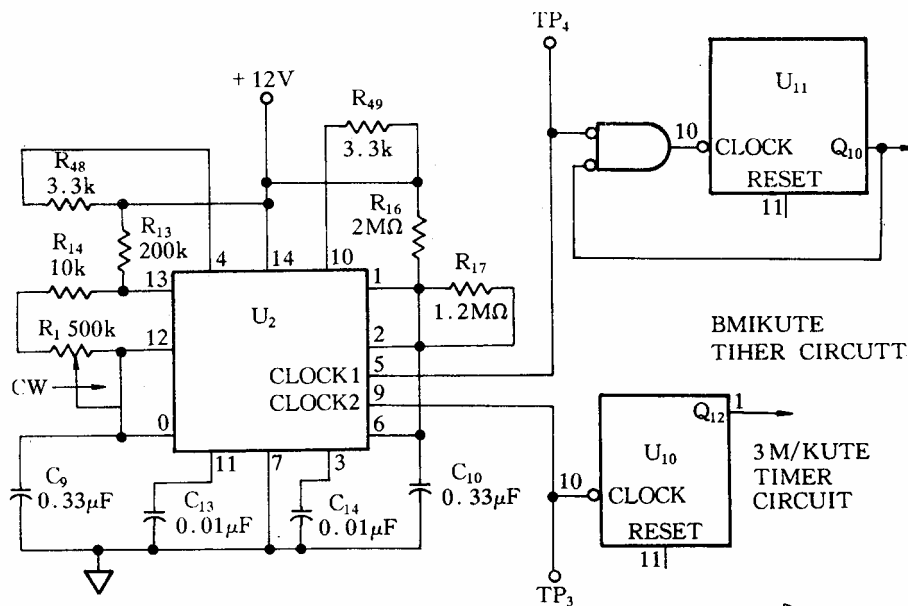


图 8-7-7 时钟发生器电路

故障排除：首先取下电路板上所有插座上的集成块，可以观察到印刷电路板由于受到化学气体腐蚀，印刷线条边缘有许多黑色污物互相渗透，形成多处漏电阻，用一般无水乙醇已无法清洗。取 10%氨水，用棉签蘸取在电路板上做浸泡擦洗，特别在印刷线路的线条密集处要更加仔细地一直擦至腐蚀物去除，线与线，集成电路脚与脚之间清楚为止，然后经清水冲洗、晾干，再用无水乙醇复冲，最后用风筒将电路板吹干，万用表置 10k 档复测 TR₃、TR₄ 端对地电阻值均恢复为 ∞，通电试机，TR₃、TR₄ 端已有脉动电压输出，洗片机各种功能恢复正常。

故障例 2：胶片卡在干燥箱上下两排输片棍之间

故障现象：胶片干燥正常，但胶片卡在干燥箱上下两排输片辊之间，并发出“咔咔”的声响。

故障检修：打开干燥箱，取出卡住的胶片，通电开机观察，发现有两组输片辊子转动不正常，有时转，有时不转；转动时辊子转速经比轴转速慢，用手对辊子稍加压力，轴子即停止转动。向对侧推动有故障辊轴的齿轮，辊轴向齿轮相对端移动超过 3mm，辊轴齿轮与传动齿轮离开，不能咬合，辊子停止转动。

故障分析：1. 辊子与辊轴转动不同速是由于辊子与辊轴间的连接松开，轴不能带动辊子转动造成不能正常送片；2. 由于长期磨损，辊轴与轴孔间隙加大，使轴向孔内的动度加大。齿轮的磨损使齿变窄，变圆滑，产生向两侧分离的趋势，辊轴向对侧移动距离超过齿轮咬合面宽度时，两齿轮分离，不能咬合，辊轴失去动力，不能送片；3. 当卡片两张以上时，

并且计数器停止计数（⑬端为禁止计数端，高电平有效），该高电平使得或非门 U_6 ⑪端的电平由高变低，使双稳态触发器 U_1 翻转，其⑪端电平由高变低， Q_3 截止，补充泵停止转动。测 U_6 的⑬端为低电平，而此时应为高电平。将 U_6 取下，测其⑬脚对⑦脚（地端）电阻，正反向均为 20，更换之，洗片机工作恢复正常。

故障例 2：或非门 U_6 损坏

故障现象：胶片自进片口进入 MTB 后仅几秒或几十秒即自动关机，进入等待状态。此时，干燥箱风扇 B_2 、输片驱动电机 B_1 停转。停机 1min 左右机器自动运转，运转数秒后再次停机，如此反复，即便机内无胶片亦然。

分析与检修：断开电源，打开室外部分机顶部机盖，检查联锁开关 S_2 、温控开关 S_3 、风开关 S_9 均正常。打开暗室内部机盖，检查电路，外观无异常，怀疑继电器有异常，但检查有关继电器亦正常。通电开机，发现机器的停与转由温控开关控制，当温度下降，温控开关接通时， B_1 、 B_2 运转，干燥箱内发热器 R_1 加热，温度升高，当温度升至温控开关断开后，机器返回准备状态。

根据上述现象，首先分析有关电路原理，当按下复位开关 S_6 或有胶片通过检测开关 S_4 、 S_5 ，导致 S_4 或 S_5 接通时， U_{14} 的②或①脚得到一个低电平 0，于是 U_{14} ③脚变逻辑 1， U_7 ④脚为 1， U_{10} 计数器复位，从复位瞬间起， U_{10} ⑩脚为 0，又因为 U_6 ④脚为 0，即 U_6 ②脚为 0，于是 U_6 ③脚为 0， U_5 ③脚为 1， U_{15} ⑤和⑥脚为 1， U_{15} ④脚为 0， U_7 ⑫脚为 0，⑬脚为 1；从而 U_7 ⑪脚为 1，⑧脚为 1， Q_2 导通， CR_2 的负端变低电平，继电器 K_1 线圈得电， B_1 、 B_2 运转， R_2 加热，冲片开始进行。从复位瞬间起， U_{10} 对 556 的脉冲信号进行计数。约 3min 后， U_{10} ⑩脚输出一高电平 1，类似上述分析，最后经 U_7 ③脚输出 0， Q_2 截止， CR_2 负端由低电平变高电平， K_1 线圈两端电压差变为 0；于是 K_1 断开， B_1 、 B_2 停转，MTB 进入等待状态。

根据上述原理，为排除温控开关影响，测量 U_{17} ⑧脚发现，除 S_6 或 S_4 、 S_5 接通瞬间⑧脚输出 1 外，其余一直为 0。按照工作原理，当 S_6 或 S_4 、 S_5 接通后信号状态应延时 3min；现不能延时，故怀疑延时电路有故障。沿延时电路线路，查 U_{10} ⑩脚，从 NE556 来的延时信号正常，查⑩脚 3min 无输出（一直为 0），查⑩脚一直为 1，即 U_{10} 一直处于复位态。查 U_7 的⑤和⑥脚，因 $Y=A+B$ ，欲使 U_{10} 不处于复位态。须 $Y=0$ ，即 $A+B=0$ ，测 $B=1$ 检查 U_6 ④脚为 1，但⑤、⑥两脚亦为 1，怀疑 U_6 损坏，更换 U_6 （4001）后，机器恢复正常。

因为机器出现故障时， U_7 ②脚为 0， U_{17} ⑧脚为 0，故 U_7 ⑧状态由 U_{17} 的⑨脚，即温控开关来的信号决定，这是机器随箱内温度变化而时转时停的原因。

九、德国 AGFA 公司 CURIX-160 型洗片机故障检修 2 例

故障例 1：传感器热敏电阻损坏

故障现象：近来出现胶片不能烘干现象，给诊断、胶片保存带来困难。

故障分析：胶片干燥不透，往往同烘干电路有关，烘干电路是用 4 根红外线灯管 S_{13} — S_{16} 分两路加热来完成的，加热温度为 84℃左右，控制板 11. GS_1 上烘干温度控制开关 11. GS_1 / S_1 分 6 档调节红外线灯管的加热温度，以此来达到所需的胶片干燥程度。反复调节 S ，开关，没有奏效。先检查烘干电路，配电板 15. GS_1 接插件 ST_1 、 ST_2 、 ST_5 、 ST_6 连接的 4 根

红外线管阻值均为 4, 工作电压交流 35V~62V 可调, 加热电流均正常。经反复分析, 认为定影液的质量、温度与胶片的干燥也有关。经测量, 定影液的温度等同于室温, 它是通过加热器 (200V / 700W) 作为加热元件, 是否加热由 CPU 控制, 先检查电路板 15. GS₁ 的定影液加热器插头 ST₁₃, 加热器的阻值为 71, 与加热器额定功率相吻合, 与加热器串联的温控开关 1. BE₂ 导通。进一步检查发现加热器无 220V 电压, 此电压来自可控硅控制板 7. GS₁ 插座 ST₃ 的①脚, 它直接接在可控硅 TY₁ 上, 可控硅有电压输入, 无电压输出, 可控硅栅极触发由电耦合器件 MC, 控制, 而光电耦合器件的导通否又由 CPU 来控制。实际上, 7. GS₁ 板上装有 8 只发光二极管, 分别表示 CPU 控制显、定影液加温、补液、烘干、显定影液循环的工作情况, 其中二极管 D_{1.1} 发光表示 CPU 控制定影液加温, 由于 D_{1.1} 没有发光, CPU 故障的可能性很大。

故障排除: 为了排除 CPU 的外围故障, 由此想到 CPU 能控制光电耦合器件 MC1 的通断, 进而控制可控硅 TY₁ 的导通和截止。那么, CPU 是靠什么信号来触发工作呢? 这个信号肯定来自随定影液温度变化的热敏传感器。经查, 控制板 14. GS₁ 的接插件 ST₁₂ 为定影液温度变化的模拟信号来源, 它是一个负温度系数的热敏电阻, 其阻值随定影液温度变化而改变, 进而控制高阻抗输入的运算放大器 IC₅ 的反相输入端④脚和同相输入端⑨脚, 经比较后, 运放输出高、低电平信号去控制 CPU。当运放输出高电平信号时, CPU 输出控制信号, 使 MC₁、TY₁ 导通, 加热器加热, 反之亦然。用万用表的电阻档检查传感器的热敏电阻, 阻值很低, 其阻值不随温度变化而改变, 断定热敏电阻损坏。

应急措施: 由于国内一时难以找到同规格的传感元件, 且定影液的温度要求不太高, 设想用 10kΩ 电位器代替热敏电阻, 人为控制定影液的加温。经过试验, 传感器热敏电阻临界阻值为 7. 1kΩ, 当阻值大于 7. 1kΩ 时, CPU 控制加热器加热, 反之停止加热。所以, 每天开机人为给定影液加温 10~20min, 然后开始洗片, 洗后立即关机。就这样, 避免一个零部件损坏, 而造成洗片机停止工作。

故障例 2: 水槽磁性混合泵因污物阻住致皮带脱落

说明: 该自动洗片机是一种计算机控制的洗片装置。它以 8085 为 CPU, 构成了一个比较完整的工业和单板机系统, 通过此系统控制及采集各种相关信号, 在出现非计算机故障时, 可以及时明确地给予提示, 缩短停机时间。

洗片机主要由下列各部分组成: 进片通道、显影槽、即时水洗槽、定影槽、主水洗槽、烘干机构、传动机构及控制电路、洗片液补充机构等, 见图 8-7-9 所示。

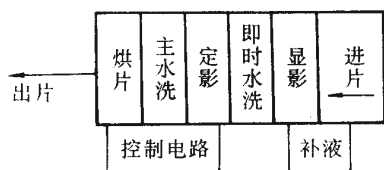


图 8-7-9 流程图

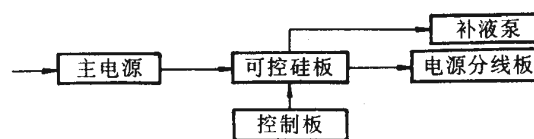


图 8-7-10 控制电路框图

控制电路是洗片机的核心机构, 它控制着整个洗片过程, 成片的质量主要取决于控制电路。控制电路主要由主电源板、可控硅板、电源分线及控制板组成, 如图 8-7-10 所示。

1. 主电源板：用于电源的进线分配，外接有电源开关、滤波器、可控硅板、补液泵、传动电机、控制板所需电源的变换装置及电源分线板的电源馈送；2. 可控硅板：可控硅触发信号取自于 8 位数据锁存器，通过光电隔离器控制可控硅的导通与否。通过可控硅，决定电源分线板上某处有无供电，如图 8-7-11 所示。8 位数据分别对应以下 8 种控制信号：（1）液体混合电机；（2）显影液加热器；（3）定影液加热器；（4）烘片加热 1#；（5）烘片加热 2#；（6）烘片吹风；（7）初液泵控制；（8）电磁阀控制；3. 控制板（单板机）：由 CPU（中央处理器）、存储器（包括随机存取器和只读存储器）、WD（看门狗）、输入输出接口等部分组成。接口的输出部分控制面板的显示、电磁阀的工作状态及复位 WD。WD 主要由一个计数器组成，接口的输出信号通过一个定时器定时地清除此计数器。如果此计数器未能定时地被清除，计数器的溢出将导致复位并重新启动 CPU。采用 WD 是为了防止外界干扰而致程序的错误运行或停机。

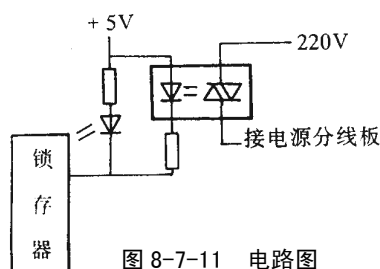


图 8-7-11 电路图

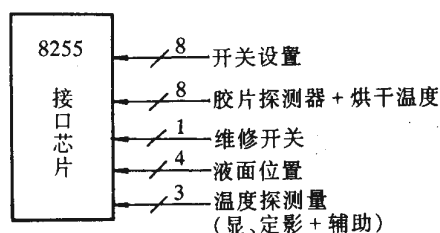


图 8-7-12 接口图

接口的输入如图 8-7-12 所示，通过一个 8255 可编程接口芯片采集以下参数：（1）开关预置的初始状态；（2）烘片温度的设置；（3）胶片送入与否；（4）维修开关的状态；（5）液面位置；（6）定、显影的温度。

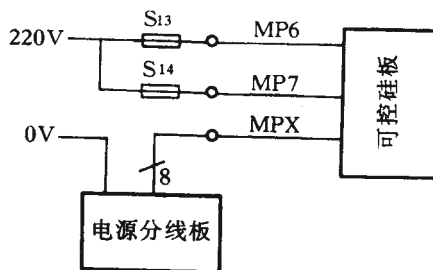


图 8-7-13 电路图

维修提示：1. 在可控硅板上有一个 74373 数据锁存器，它锁存来自于数据线上的信号，决定可控硅的导通与否，如图 8-7-11 所示。8 位数据对应 8 种控制信号，分别由板上的发光二极管 D1.1 至 D2.8 指示；D1.1 定影液加热；D1.2 液体混合；D1.3 烘片加热 1#；D1.4 烘片风扇；D2.5 烘片加热 2#；D2.6 显影液加热；D2.7 显、定影液补充；D2.8 电磁阀控制（暂未用）；2. 主电源板上的测试点 MP1-MP10。可以用以测试可控硅的导通与否，如图 8-7-13 所示。MP6、MP7 分别通过保险丝 S13、S14 接至 220V 电源的高电位，其余的对应关系如下：

MP₁-D_{1.1}; MP₂-D_{2.8}; MP₃-D_{1.2}; MP₄-D_{1.3}; MP₅-D_{1.4}; MP₈-D_{2.5}; MP₉-D_{2.6}; MP₁₀-D_{2.7}

3. 底座下的两只红色按钮为过载保护继电器的复位开关, 过载继电器用于电机和加热器的保护, 过载保护后须手动复位; 4. 定影温度可由控制板上的 R₁₀₄ 调节控制。显影温度的调节取决于 ST₂₆ 的短路线位置。若 ST₂₆ 的①、②短接, 则温度由板上的 R₁₀₆ 调节; 若 ST₂₆ 的②、③短接, 则温度由连接于 ST₂₂ 上的显影温度调节板上的旋钮控制。

故障现象: 洗出的胶片较淡, 面板显示的 OK 提示开机后很长时间不亮。

故障检修: D_{2.6} 指示加温, 时断时续, 显、定影温度较正常工作时低。观察液槽, 无翻滚混合现象, 而 D_{1.2} 指示正常, 初步断定, 液体混合部分出故障。拆下左侧面板, 发现皮带脱落, 进一步检查, 发现主水洗槽磁性混合泵为青苔样污物阻住致皮带脱落, 清理污物后开机, OK 指示仍长时不亮, 显、定影温度仍较低, 检查过载保护继电器, 发现温度过载, 复位后工作正常。

第八章 显微镜

第一节 普通类型显微镜

在了解显微镜的一般工作原理、性能参数、基本结构的基础上。本节讨论在临床检验常规使用的双目生物显微镜、倒置显微镜和摄影（像）显微镜等普通型显微镜的结构、功能、使用及维护的一般性问题。

一、双目生物显微镜

在临床检验工作中，长期使用单目镜型显微镜容易引起视疲劳和视伤害。为此，普遍使用双筒目镜显微镜。其结构是利用一组复合棱镜把透过物镜后的光束分成强度相同的两束而形成二个中间像，分别再由左右目镜放大。图 8-8-1 给出其光学原理。

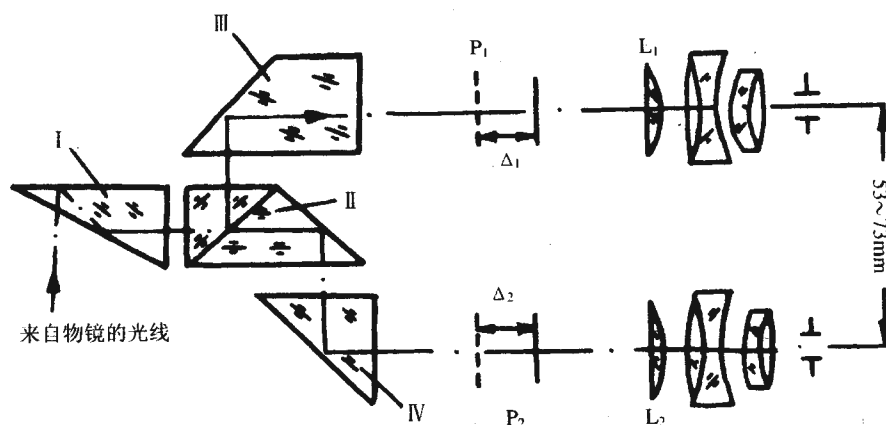


图 8-8-1 双目镜分光原理

来自物镜的光束经半五角棱镜 I 折转 90° 进入半透复合棱镜 II。复合棱镜 II 由大小两个等腰直角棱镜胶合而成，胶合面上镀半透膜，恰好使人射光分成强度相等的两束光分别经棱镜 III 和 IV 形成两束平行的光束，调节 III 和 IV 的间距即可调节这两个平行光轴的距离。在两平行光轴上形成的中间像 P₁ 和 P₂ 是和目镜 L₁ 和 L₂ 共轴的。由于人的瞳间距一般在 53~75mm 之间，即两平行光轴间距离也应在这个范围内可调。在目镜筒内，棱镜 II 是固定在中间的，棱镜 III 和 IV 安装在二块相对于 II 可左右滑动的滑板上，通过调整可以适应不同瞳孔距的观察者。

其实光靠调节棱镜滑板使光轴间距和观察者的瞳间距相等还是不够的。只要分析一下当光轴间距离变动时对中间像面 P₁ 和 P₂ 的影响就明白其中的道理了。假定双目镜筒等长，中间像面跟目镜距离也相等，其条件必须是从棱镜 I 出来的光束经棱镜 II 和 III 及经棱镜 II 和

IV的光程是相等的,显然满足这个条件的瞳间距是一个确定的值。那么当调节瞳间距即两平行光轴间距时,P就会在一定范围 Δ 内移动,如果目镜筒长是固定的没有对应于 Δ 的可调节量,那么就会破坏显微镜的光学成像条件。为此在双筒目镜的镜筒上就需要设有筒长补偿机构。一般在目镜管上有刻度尺,只要选定和瞳间距滑板刻度数符合则可得到补偿了。先进的双目显微镜能够进行自动补偿,而且会考虑使用者两只眼睛屈光度的不同再进行屈光度调节。例如 OLYMPUS-CH20 显微镜对左侧目镜有 ± 5 屈光度的调节范围。使用时,先调节目镜筒上的光瞳间距(若需要还配合筒长补偿),使两眼看到单一的像,再通过屈光度调节使两眼都能清晰地看到单一的像。

目前,在双目显微镜中已有可以看到立体像的体视显微镜,能够获得更丰富的信息。

二、倒置生物显微镜

当需要观测培养器皿中的活体标本时,物镜不适于插入培养液中按一般的显微镜成像光路模式进行,而改用把照明系统放在载物台及标本之上,把物镜组放在载物台器皿底面以下进行显微镜放大成像。这种类型的显微镜称为倒置显微镜,又称生物培养显微镜。倒置显微镜由于受工作条件的限制,物镜的放大倍数一般不超过40倍,并且是长工作距离的。该类显微镜广泛应用于医学和生物学研究,常带有摄影(像)装置。图8-8-2给出其外形图。

由于一般放大倍数为25倍和40倍物镜的工作距离分别为1.3mm和0.6mm,而培养器皿底厚度一般在1.2~2mm,所以必需配合使用长工作距离的物镜和长工作距离的聚光镜。或者用特殊加工的培养器皿,在底部打一个圆孔再粘上一块盖玻片以减小器皿底部厚度。在这种情况下采用普通的平场消色差物镜就可以了。

三、摄影显微镜

为了使有价值的图像能保存起来用作资料,供研究或输入微机系统进一步作图像处理,这就需要为显微镜的目镜系统加装摄影或摄像装置。现代化的这类摄影(像)显微镜一般多采用数字照相机或数字摄像机并可和计算机联机贮存和处理所得到的结果。较先进的显微摄影系统自动化程度很高,对光路有一些特殊的安排。

(一) 目镜转换系统光路

在双目显微镜中除倾斜的双目镜管外,还有一个直立的摄影目镜管(见图8-8-3所示),或目镜接头(见图8-8-2倒置显微镜)以备连结照相机或摄像头。为了随时转换目测与摄影的工作状态,需要有特殊的目镜转换系统光路。拉推拉杆1可以使半五角棱镜2移入或移出

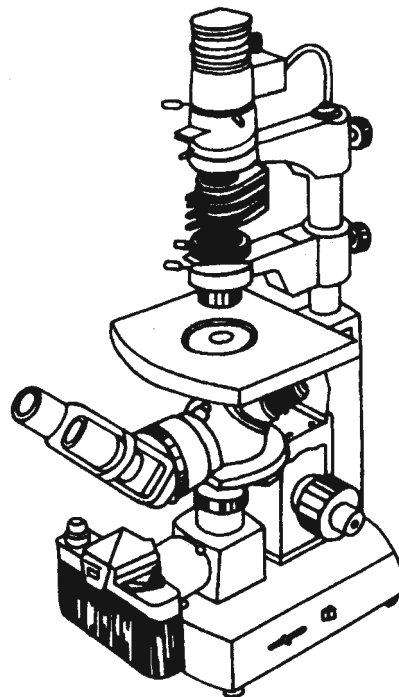


图8-8-2 倒置显微镜基本结构示意图

光路。图中所示是已将棱镜移入光路的情形。从物镜而来的光束经棱镜 2 分光后进入两个目镜，光路原理已在双目显微镜中介绍过。稍有不同的是目镜筒内增加一个取景分划板（图中未表示），供取景和调焦。大家都知道，当用眼睛观察时由于眼睛有良好的调节能力，景深很大因而在成像面前后较大范围内都能看到清晰的像。而若采用胶卷底片或光电转换器件来记录则必须使记录平面和成像平面严格重合，否则就得不到质量良好的影像。为此通过观察使像准确地成在取景分划板平面上，消除目视对景深的调节影响，从而就能获得好的照片了。当移动拉杆 1 使棱镜 2 移出光路时，物镜来的光将射向摄影目镜。由于观察目镜是和摄影目镜联动调焦的，在目测良好调焦后就保证了摄影系统的准确调焦。

（二）摄影目镜

在一般显微镜中目镜是正透镜，经显微镜光学成像后得到的是正立的放大虚像。而基于光化学或光电作用的摄影或摄像器件必需接受实际光线会聚而成的，具有一定放大倍数的实像，因此摄影目镜需要负透镜，而且还是能和平场消色差物镜适当匹配的补偿目镜，如 K、FK 等型号的目镜。摄影目镜的代号为 S，放大倍数有 2.5 倍、4 倍、8 倍、10 倍及 12.5 倍等。由于受底片等条件制约，最大放大倍数为 12.5 倍。

为了获得良好的效果，应正确地使用摄影显微镜。

1. 调焦 先调好瞳间距标尺并将目镜筒上补偿刻度调至对应刻度处；调节屈光度使双眼能获得单一的清晰像。可以用取景分划板来校验调焦效果。

2. 摄影放大倍数 通过物镜测微 R 来校测放大倍数。一般的摄影显微镜都有测微尺照明装置和标本共同成像于底片上。若不具有测微照明，可根据底片或照片的实际长度与标度值来求出放大倍数。最方便的是采用新型摄影材料 Polaroid 胶片，能在摄影后约两分钟内自动完成显影、定影，成为一张照片，从而迅速地确定放大倍数或对标本进行分析研究。

3. 滤色片 为了获得高质量的显微照片（特别是彩色照片），要有良好的照明条件。往往选用滤色片对色温、色调等给予补偿来增大反差。原理就是使得视场范围内和滤色片颜色相同的物体或局部颜色变浅，而使与滤色片颜色成补色的物体部分加深。

表 8-8-1 给出与物体或标本细节的颜色配套使用可增大照片反差的滤色片颜色的选用配合。

影响最后效果的因素还很多，例如曝光时间、胶片速度、显影定影等，这些在实际工作中都是需要认真考虑的。

近年来，显微摄影装置发展很快，已由简易显微摄影装置、手控显微镜摄影装置发展到具有自动上卷、自动曝光、多次曝光及倒易律失效补偿等功能的全自动显微摄影装置。

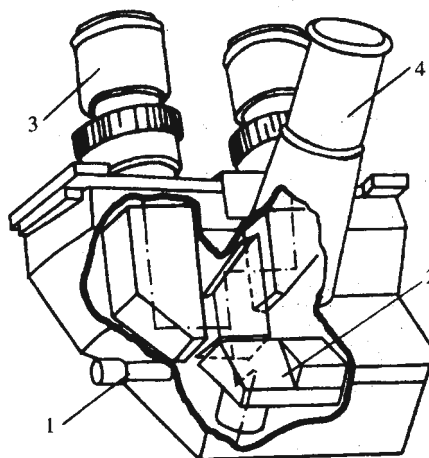


图 8-8-3 摄影显微镜目镜的
转换系统光路

1. 推杆；2. 半五角棱镜；
3. 观察目镜；4. 摄影目镜

表 8-8-1 滤色片与物体合理配合使用

标本颜色	增反差滤光片颜色	标本颜色	增反差滤光片颜色
蓝	红	褐	蓝
蓝绿	红	紫红	绿
绿	红	品红（蓝红）	绿
红	绿	紫	黄
黄	蓝		

四、显微镜的使用和维护

（一）显微镜的调试

新购或经维修后的显微镜在使用前都需要全面的验收性调试，一般是按照电源、机械部分、光学部分及附件的顺序进行。

1. 检查电源 电压选择开关是否放在 220V 的位置，开关是否接触良好，光强调节旋钮使用是否平稳有效。

2. 检查调焦系统 检查物镜（先低倍率后高倍率）在改变孔径光阑大小时的圆斑是否同心，再插入 10 倍分划目镜调节视度使目镜分划板刻度清晰可见。放入标本改变视场光阑清晰的像。观察该像是否与分划目镜十字中心同心。最后检查物镜是否达到“齐焦”要求。

3. 检查平台运动稳定性 用 40 倍物镜调焦后，上下左右移动载物平台观察切片的物象清晰度是否有明显变化。

4. 检查双筒目镜 左右两视场亮度、颜色是否相同，能否合成单一清晰的像。

5. 检查其它附件 若可加接摄影装置可用毛玻璃代替胶片，再插入 10 倍分划目镜，检查调焦是否同步等。若能实拍几张照片确认工作状态全都良好最为恰当。

（二）显微镜的使用

显微镜是一种精密的光机电一体化仪器，只有科学正确地使用，才能发挥它的功能，并延长其使用寿命。首先，要对显微镜的工作原理、基本结构、性能特点等有个全面了解。然后，按照显微镜的一般操作规程进行操作。

下面结合 Olympus-CH20 教学显微镜（见图 8-8-4）简要介绍使用要点：①打开电源开关，旋转光强调节钮使光强适中；②旋转粗调钮把载物台降到最低处，打开夹片器，放好标本，轻轻松开夹片器自然夹住玻片；③旋转载物台下标本平面移动控制旋钮，将标本放置在恰当的位置；④旋转物镜转换器把 10 倍物镜置于标本上方，先从侧面观察，旋转显微镜的粗调，使样品尽可能接近物镜，若有锁死装置需锁死；⑤通过右目镜观察标本，慢慢旋转粗调使载物台下降，粗调聚焦后再用微调做精细调焦；⑥调节光瞳间距调节把手，双目可以观察到一个单一的像；⑦旋转左目镜上的屈光度调节环，使样品的观察清晰，从而使双眼视力差得到补偿；⑧旋转聚光镜上下移动钮将聚光器移到最高位置，然后取下目镜镜头，直接往镜筒内看并旋转聚光镜孔径光阑刻度盘使孔径光阑调到大约为物镜 NA 的 80% 的位置便可获得高质量的像，要注意更换物镜后都要重新调整孔径光阑；⑨握住物镜转换器转动，选用

所需放大倍数的物镜并配合使用对应的目镜；⑩观察并记录，要注意到通过显微镜看到的像的移动方向正好是和样品实际移动的方向是相反的，实物的大小可以通过物镜的放大倍数及视场直径粗略估计。

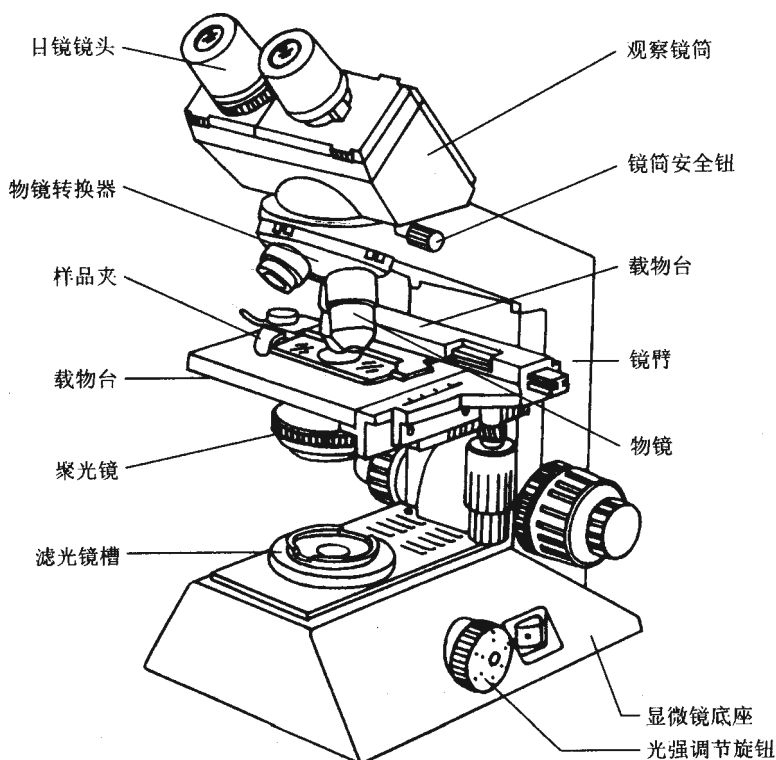


图 8-8-4 Olympus-CH20 数学显微镜

(三) 显微镜的维护

对显微镜要加强日常维护才能使仪器长久保持良好的工作状态。①注意电源工作电压的波动范围，一般不得超过 $\pm 10\%$ ；②注意仪器存放及使用的环境条件，在 31°C 时湿度不大于 80% ，温度每升高 3°C ，相对湿度要降低 10% ；工作的温度范围一般为 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；③显微镜移动时，环境条件不可有剧烈变化；④显微镜搬动和运输时必须避免剧烈震动；⑤保持环境清洁卫生，要防尘、防晒、防潮湿；⑥光学表面不可用手触摸以免污染；⑦具有张力作用的器件，使用完毕之后要让它回到自然松弛状态；任何可调节部件最好都不要让它处于极端状态；⑧电源开关不要短时频繁开关，显微镜使用间歇要注意调低照明亮度；⑨决不可把标本长时间留放在载物台上，特别是有挥发性物质时更应注意；⑩定期检查和维护暂时不用的显微镜。

上述的只是普通显微镜在使用及日常维护中应注意的一般问题。由于显微镜种类、型号繁多在使用中还应该结合仪器说明书及自己的工作经验具体明确使用细则及维护规则，并加以实施。

第二节 特种类型显微镜

为了增强显微镜的功能,利用光学的一些特殊机制及专门制作的器件使普通显微镜原本看不到或看不清的微小物体也能够很好地被观测到,从而形成特种类型显微镜系列。如暗场显微镜、荧光显微镜、紫外光显微镜、偏光显微镜、相衬及干涉显微镜、近场显微镜等。本节对它们的原理、结构和应用等作简要介绍。

一、暗场显微镜

(一) 工作原理

前面讲过显微镜的分辨本领取决于单色光波长及物镜的 NA。物镜的最大 NA=1.6,可推算在白光下的最大分辨率为 $0.2\mu\text{m}$ 。在显微技术中把线度小于 $0.1\mu\text{m}$ 的粒子称为超显微粒子。像钩端螺旋体病毒等就是超显微生物。

当强光投射到微粒上时要发生散射,由于衍射环的存在,以每个微粒为核心形成一个发亮的衍射斑,这就是丁铎尔(Tyndall)效应。假设让照明光束不直接射入物镜使视场变暗即暗场(darkfield),则为观察丁铎尔衍射斑提供了具有一定反差的暗背景。此条件下通过显微镜的目镜,线径大于 0.3m 的微小物体能够看清其形状和大小;对于超显微粒子或生物,虽无法分辨其形状和大小,却能通过衍射斑判断它的存在、位置和数量。例如原生质颗粒在亮场照明时呈均匀系,在暗场下就反映出颗粒分散的特征。标本中的超显微病毒也可以用暗场显微镜加以鉴别。

(二) 暗场照明

形成暗场是暗场显微镜的技术关键,其方法就是用侧向照明。对于透明物体的观察,只需要在 Abbe 聚光器下方加上一个同心圆光阑 A (图 8-8-5),使它挡住入射到聚光器光线的中心部分,从而实现侧向照明。但根据所使用的物镜的数值孔径的大小情况又有不同。对于小 NA 的物镜,如果在聚光器的最后一个光学面与载玻片间滴上镜头油,盖玻片和物镜之间是空气,则经过聚光器的环形光束在盖玻片内被全反射而不能进入物镜便可形成暗视场。对于 NA 较大的物镜则需要专门的暗视场聚光器,基本结构是由消球差、消色差良好的非球面透镜(组)和暗场光阑组成。

对于不透明的被观测物体,则要用设计巧妙的反射光暗场照明设备。最简单的办法是如图 8-8-6 所示,在平行入射光束中加入一同心圆暗场光阑 B 后形成一中空光柱,经标本上方的环形会聚反射面镜 K 将光线反射到样本 S 上。由于投射到 S 上的斜光束的倾角很大,而且用于观测的标本表面预先加工为抛光镜面,故从 S 反射后的光线不能进入物镜光阑 L,只有由物体来的散射光进入物镜,从而形成暗视场下的明亮的放大像。复杂的反射光暗场照明的方式是将光源置于标本的侧上方,经光阑及平面反射镜形成向下落射的中空光柱再投射于标本上。这种暗场照明方式称为落射光暗场照明。

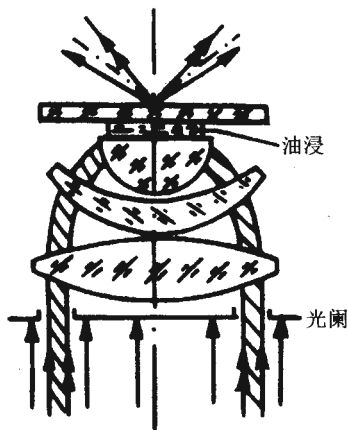


图 8-8-5 暗场照明的聚光器和光阑

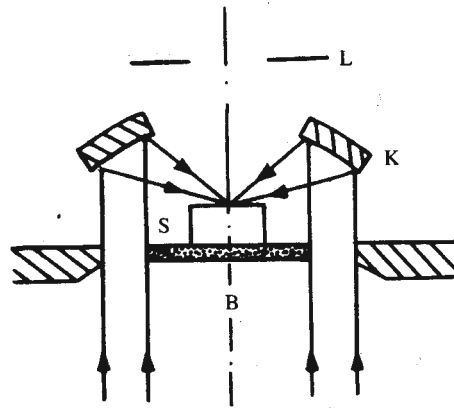


图 8-8-6 反射光暗场照明原理示意图

（三）暗场显微镜的使用

暗场显微镜物镜一般和明场用物镜差别不大，不过油浸物镜内一般带有可变孔径光阑，使用时要调到最佳位置，即使光束不直接进入物镜形成暗场，又使被观察物体有足够亮度。对于浸油暗场聚光器必需正确地滴油。常用的暗场显微镜中不少兼有明场照明功能，转换装置一般设在聚光器上，注意正确地选用和操作。

二、荧光显微镜

荧光显微镜（fluorescencemicroscope）是一种能对自发或受激发而发出荧光的样品进行观察的显微镜，是生物医学研究的重要目视仪器之一。与一般的显微镜比较具有如下优点：①因为采用紫外或蓝紫单色光源激发荧光，且通常在黑暗背景下观察彩色图像，因此对比度约为普通显微镜的 100 倍，从而能看到更精细的结构和细节。而且彩色图像比单色易于鉴别，又可减轻眼睛疲劳。②由于用于标本染色的荧光指示剂的浓度和用量都很低，对于生物体无毒，故可用于观察活体标本的生理或代谢过程。又因荧光标记方法简单可靠，有利于快速工作。③利用生物过程自发荧光还可以用来分析物质化学成分。例如，组织中有些成分与某些抗体等起反应而发出荧光，借此可做定位鉴定。总之，由于荧光显微镜具有良好的物像对比度，特异灵敏度，生物标本制作的快速性及无损性，在医学研究及临床检验中都得到广泛的应用。

（一）照明装置

由于使用特定波长的紫外线光源，使照明装置不同于普通显微镜。

1. 光源 通常采用高压水银灯作光源，其发射光谱峰带集中于 280~335nm、365~435nm 及 545~580nm 三个带。前二个谱带的强谱线适于激发各类荧光物质。对于要求不高的场合也可使用体积小、成本低、交直流两用的高色温溴钨灯做光源。由于光源还辐射大量的热，在光源正前方一般装有隔热片。

2. 照明方式 基本上有透射照明和落射照明二种，或为二者的结合。由于可配合专用聚光器又可分为明场、暗场、偏光、相衬等照明方式。为了充分利用聚光器的数值孔径，使

用油镜时，应在载玻片和聚光器透镜间滴上双蒸水或甘油，以增强光耦合，使荧光图像亮度增大。聚光镜不使用受激发而发荧光的玻璃和加拿大胶等材料制作镜头，玻片也要用无荧光材料制作，以减少本底荧光的干扰。

（二）荧光观察系统

一般使用消色差物镜，若荧光微弱或需进行拍照则需要 NA 大的半复消色差物镜或复消色差物镜。为了提高荧光图像亮度尽可能使用大数值孔径物镜并配以低倍（10 倍以下）目镜。为了吸收残余的激发单色光在目镜的前端装有截止滤光片。使用截止滤光片既可保护眼睛，又可抑制激励光对荧光图像的干扰。

由于双目显微镜中使用分光棱镜系统会对光强有所减弱，故荧光显微镜采用单目镜而不采用双目镜。

荧光显微镜的盖玻片不仅不会产生荧光，而且镀有干涉膜层。干涉膜层可以让荧光通过，却使激发光发生强反射再次激发标本产生荧光，从而增大荧光亮度。镜头油使用无荧光的液体石蜡、加 10% 磷酸缓冲液的甘油或檀香油。

（三）整体结构

国内外厂家生产出各具特色的荧光显微镜，按整体结构（主要按照明装置和荧光观察系统之间的连接方式）可划分为分离型、配装闭合型和内装固定型三种基本类型。例如内装固定型就是把光源，照明光学系统及荧光观察光学系统组成一体，都装在坚固的镜体中。这种专用显微镜稳定性高、整机性能好、操作转换方便，但价格较高。配装闭合型是将显微镜的观察镜体和照明装置装配在一起，都固定在底座上。分离型的照明装置与显微镜体分开，可独立配置。这两种显微镜价格便宜，可在使用滤光片的情况下配用普通显微镜观察荧光样品。

（四）荧光显微镜的使用

1. 高压水银灯原则上在倾斜度不大的条件下使用，且不可频繁开关以致寿命缩短。
2. 标本不宜太厚以致因细胞重叠、基质掩盖而影响识别。
3. 荧光标记的标本保存时间不宜过久，且应在低温下保存以免荧光褪色。观察时不要让光线在固定部位照射时间过长。对需长期保存的标本，封装可使用二甲苯混合封装剂。
4. 尽量使用大数值孔径的物镜和放大倍数低的目镜。
5. 尽量利用彩照把结果记录下来以备保存。

由于荧光强度很弱，胶片一定要使用高感光度的。一般采取三档曝光时间（30s、60s 和 120s）各拍一张，冲洗后选用。总曝光时间以 3~5min 为限，超过时间荧光就会褪色，也就不能保证成像质量了。

三、紫外光显微镜

由于紫外光比可见光的波长短，因而使用紫外光源可大大地提高显微镜的分辨率。对于生物样品使用紫外光照明还具有独特的效果。生物细胞中的原生质对可见光几乎是不吸收的，而蛋白质和核酸等生物大分子对紫外光却具有特殊的吸收作用。因此，可以使用紫外光显微镜（ultraviolet microscope）来观察研究单个细胞的组成与变化情况。例如，细胞内核酸的分布状况和在细胞发育过程中核酸的变化，未被染色的活细胞中细胞质和细胞核的区分

等。

紫外光显微镜一般使用 10kV 的水冷式高压水银灯作光源。工作光谱波长为 257nm 或 275nm，由于工作波长段很窄因此光强很大。普通光学玻璃强烈吸收紫外线，因此光学透镜必须使用石英、萤石或氟化锂等制作。例如物镜就是单片的单色镜（透镜对紫外的窗只有 10nm 左右）。在照明系统中使用的反射镜镀有铝层可使紫外光反射率在 90% 以上。由于紫外光是不可见的，因此必需配备光电或影像记录系统。在使用紫外光显微镜时要保护眼睛免受紫外光线损害。紫外光显微镜的调焦也较特殊。一是先使用辅助可见光调焦，然后再将物镜移动一个固定的距离便能保证对紫外光调焦；二是直接用紫外光源在荧光屏上调焦。在使用中应特别注意水冷式光源的冷却水流畅通。

四、偏光显微镜

偏（振）光显微镜是利用光的偏振特性，对具有双折射性（即可以使一束入射光，经折射后分成两束折射光）的晶体、液晶态物质进行观察和研究的重要仪器。生物体内不少组织、物质表现出液晶态材料的光学各向异性（光学性质的有方向性），而且可能会随着生理状态、环境状况的改变使光学各向异性程度发生变化。利用偏光显微镜可以清楚地观察到卵巢、骨骼、毛发、活细胞的结晶或液晶态的内含物，神经纤维、肌肉纤维、植物纤维等的细微结构，从而可以分析细胞、组织的变化过程。例如，正常细胞对偏振光是左旋性的，多种肿瘤细胞却是右旋性的，通过偏光显微镜观察标本的旋光性可以初步鉴别正常与肿瘤细胞。偏光显微镜在晶体学领域的应用更为广泛。

（一）结构与原理

偏光显微镜的结构是在一般显微镜的基本结构基础上增添了一套使普通光转变成线偏振光源和检测偏振光的装置或观察干涉图样的特殊透镜。图 8-8-7 给出偏光显微镜的光路结构示意图。

从光源发出的自然光束经平面反光镜反射后通过起偏器转换成沿偏振片透光轴方向的线偏振光。线偏振光（强度约减弱为入射光强度的一半）经聚光器后成平行光束投射到载物台中心圆孔而照亮标本（图中未画出）。载物台分为上下二层：上层能够绕轴旋转，并刻有角度刻度；下层是固定的，设有游标，配合动盘可以读出 0.1° 的转角值。载物台中心轴是和物镜光轴精确重合的。镜筒结构比较复杂，在物镜和目镜之间开有试板插入孔、并装有检偏镜和勃氏镜。

起偏镜和检偏镜是同样的偏振片，都有透光轴，当光的振动面与该轴平行时才能完全透过，而与该轴垂直时则不能通过。因此二块偏振片的透光轴平行的时候，透过的光最强；而互相垂直（即正交）时则会完全消光。若在二块同轴偏振

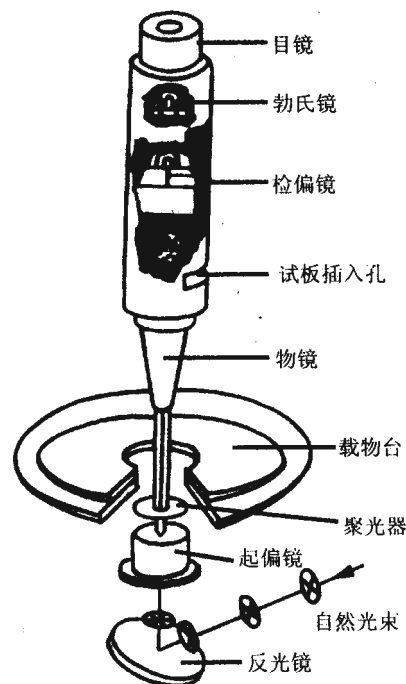


图 8-8-7 偏光显微镜的光路结构

片中插入各向异性的材料，会造成光的偏振面产生附加的转动，从而改变原来的正交或平行关系。一般情况下偏光显微镜是让二块偏振片处于正交的，可以转动载物台测出恢复正交所需的转角即由于标本所产生的附加转角的大小。在作正交观察时应使用低倍物镜以获得较大视场。

偏光显微镜中两偏振片之间的光学元件如物镜、聚光镜必需用退火的光学玻璃制作，以消去内应力；在装配时也要努力避免应变产生，因为材料中内应力和应变的存在会破坏各向同性。我国生产的适用于偏光显微镜的无应力物镜、目镜的系列符号为 P. G。

当投射到标本上的照明光束不是平行偏振光束，而是锥形偏光束（以各种倾角入射的平行偏振光）的时候，则在目镜中所观察到的并不是样品本身的像，而是经各向异性的样品所发生的消光和干涉的共同效果，例如在液晶结构中常出现的马耳他十字等。为了能看到放大的干涉像，需要在目镜前安装透镜组勃氏镜。加入勃氏镜可以使看到的干涉图像放大但成像比较模糊。若不用勃氏镜便可取下目镜，用眼睛也能看到干涉图象。相比之下图形小一些但清楚得多。

移相装置是偏光显微镜在使用过程中不可缺少的附件。全波片、半波片及 $1/4$ 波片可以使通过波片的偏振光分别延迟 2π 、 π 和 $\pi/2$ 的相位。而补偿器则可连续调节使通过的偏振光的相位发生连续的改变。移相装置对观察光的偏振性质是十分必要的。

（二）偏光显微镜的使用

偏光显微镜在一般情况下要把起偏器和检偏器放在正交位置上工作的。在作正交观察时要选用低倍 P.G 系列物镜，而在作锥光观察时应使用高倍物镜和相应的高倍聚光镜。在观察细小样品的干涉图时，可缩小光圈改善观察效果。使偏光显微镜具备较大的视场也是十分重要的。当把偏光显微镜用作定量分析时，要把目镜焦平面上的定向十字丝调整到和起偏镜、检偏镜的透射平面平行。由于现在已不使用价格昂贵的双折射晶体来制作偏光镜，而采用具有很强的二向色性（即对两个互相垂直方向上的光振动分量具有不同的吸收性质）的碘整齐地吸附排列在线性结构的高分子化合物片基材料（常用聚乙烯醇）上形成 H 型偏振片或 K 型、L 型等人工制作的偏振材料，因此不宜受潮，不可受太阳曝晒，也不可受机械撞击和重压。在对光学元件进行维护和修理时，注意不要装配过紧使镜头产生应变，招致性能变坏。

五、相衬显微镜

显微镜是一种目视光学仪器，它对物体的观察是和眼睛对光信息的处理能力分不开的。光波具有波长、振幅和相位三个基本组成要素，波长及振幅分别与颜色、亮度相对应，而眼睛不能处理有关相位的信息。一般显微镜都是观察通过固定、染色等技术制作的生物标本，而不能观察研究活体微生物、细胞等。它们表面上看起来是透明均一的，其实由于含有不同折射率的成分，存在着相位上的微小差异。相衬显微镜（phasemicroscope）就是一种能把相位差转换为亮度差从而来观察微小物体的特种显微镜。它可以用于观察活细胞的内部结构及其变化，在细胞生物学、微生物学、寄生虫学、血液学中获得广泛应用。在临床检验中可以用来观察细胞分裂，对血液、脓汁及分泌物多种样品进行细胞学、病原微生物学方面的分析和鉴定。

（一）工作原理

荷兰物理学家 Zernike 提出了相衬显微镜的工作原理，它是建立在光的干涉原理基础上的。当两束光频率和振动方向都相同而具有不变的相位差时就能发生干涉，这两束光称为相干光。产生干涉的效果取决于振幅和相位差，如果振幅相同，相位差为 2π 的整数倍则亮度加倍，若相位差为 π 则因相互抵消为黑暗。当在均匀介质中存在折射率不同的微小成分 A 受到相干平行光直射时，通过 A 的光就包括二部分。一部分是直射光，一部分是衍射光，它们仍满足相干条件。如果设法在衍射光或直射光的光路中放置一块小的相板使其中的一束造成满足一定条件的位相差则干涉的结果可以使 A 的亮度相对通过介质的直射光的背景增强或减弱。也就是说应用相反可以增大 A 的像的衬度，即产生相衬的效果。

（二）相衬显微镜结构

除聚光器和物镜有着特殊设计外，相衬显微镜的其它结构和一般的生物显微镜没有太大的不同。图 8-8-8 给出相衬显微镜的示意图。

1. 相衬物镜 装有相板（在焦点处）的物镜称为相衬物镜。相板是在平行平板上镀上一层或多层薄膜制成，通常用氟化镁、冰晶石等电介质产生相位差，用薄铝层作为吸收层。其作用是使直射光和衍射光亮度大致相同，并且使其中的一束位相发生改变。当它们重新迭加时若比背景光更暗称为正相衬（暗反差），若比背景光更亮称为负相衬（明反差）。相板常制作成环形，也有制成十字形、方形的。在图 8-8-8 中，相板是和透镜同装在镜管里的。

2. 相衬聚光器 相衬显微镜的聚光器上附有一个可以旋转的圆盘，圆盘上有面积不等的若干环形光阑。转动圆盘可以在聚光器焦平面上更换光阑。各光阑都有对应的符号，以便与相应物镜配合使用。例如“0”表示明视场用的通光孔。

3. 观察光路 如图 8-8-8 所示，光线通过环形光阑和聚光器（在实际仪器中，共同组成相衬聚光器）在物镜的焦平面聚光。载玻片上的物体 A 被光线照射后，直射光在 A' 成像（图中虚线所示）。但由于相板很小，衍射光大部分未通过相板，而直射光（图中实线所示）完全通过相板。最终在 A' 形成的干涉像或者得到加强，或者得到减弱。背景 B 只会发出直射光而且通过相板，产生像点 B'。最后便得到明反差或者暗反差的像 A' B'。

（三）相衬显微镜的使用

相衬显微镜的操作相比较而言比较复杂。使用前，必须正确地调整使聚光器上的环形光阑像与相应相板重合。调整时，先不考虑相衬问题，将被测物体调焦到最清晰的位置。然后，取下目镜插入中心望远镜，中心望远镜实际上为一个 5 倍的显微系统。转动望远镜的调焦及视

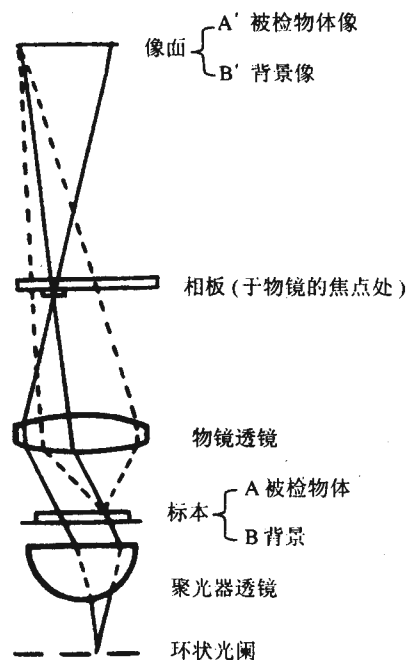


图 8-8-8 相衬显微镜光路示意图

度调节机构使相板暗环与环状光阑亮环成清晰的像。再调节聚光器上光阑的位置,使光阑像与相板暗环的中心重合。拔出中心望远镜插入目镜便可进行相衬观测。转动圆盘选用聚光器的光阑并配用相应物镜。通常让衍射光在物镜像方焦面上的直径应大于直射光的直径的 10 倍以上,该装置才能较好地工作。有时观察的效果不太理想,只要把物体转动一下就能有所改善。相板上环的尺寸和所用物镜有关,不宜过大以保持一定的分辨本领;也不能太小造成光能损失及像差增大。为了能够获得满意的相衬效果,要求标本较薄,并尽可能应用单色光源。

六、干涉相衬显微镜

50 年代中期, Nornarski 利用偏振光的双光束干涉原理制作成功干涉相衬显微镜,把显微镜的功能提高到一种新水平。干涉相衬显微镜(interferencecontrast microscope)对标本的适应性更广,无论是薄标本还是厚标本,无论是被观察物与背景介质的折射率相差大还是小,无论标本是否是活体,是否经染色,均能用三维立体浮雕图像的形式,把视野内标本的光学差异如实地表现出来。因此在组织胚胎学、血液学、神经生物学、微生物学、细胞生物学、生物流变学等领域获得成功应用。由于这种显微技术对物体的观察衬度高、立体感强、边界明晰、细微结构的表演力丰富,是一种能反映细胞内特征的优良的目视仪器。

(一) 干涉相衬原理

按物体是否透明,可采用透射式或落射式两种照明方式。以透射式为例来做简要分析。图 8-8-9 给出透射干涉相衬的光路。自然光经起偏器 1 后成为线偏振光,线偏振光垂直射入分光棱镜 2 被分解成与纸面垂直的寻常光(O 光)及与纸面平行的非常光(c 光);再经过聚光镜 3 后成为二束平行光透射过物体 4,经物镜 5,及与棱镜 2 装配方向相反的同种棱镜 6 后重新合成一束线偏振光,经检偏器 7 在像平面 8 上产生浮雕图像。

照射在标本上的两束平行光由于振动方向是相互垂直的不会发生干涉,而且裂距很小接近显微镜的分辨率故称为微分裂。这两束微分裂的非相干光从物体 4 上极近的二个点(间距相当于分辨率的大小)透射出来之后,经会聚、复合,最后经检偏器令它们的振动方向取得一致从而发生干涉。由于在视场中最终形成像点的干涉颜色和亮度都取决于两条微分裂的光束间的相位差及物体被照射的二点的光程差,故称为微分干涉相衬,简称为干涉相衬。正是因为光束裂劈的方向上,成像平面上还有侧面方向的光线入射,才产生浮雕的立体感。在实用中,起偏器和检偏器是正交的,它们的透光轴与 c 光的振动方向成 45° 和 135° 的夹角。

(二) 干涉相衬显微镜的结构

除物镜和聚光器之外,干涉相衬显微镜的其它结构与一般的生物显微镜基本相同。干涉相衬物镜镜筒有些类似于图 8-8-7 所示的偏光显微镜,物镜、

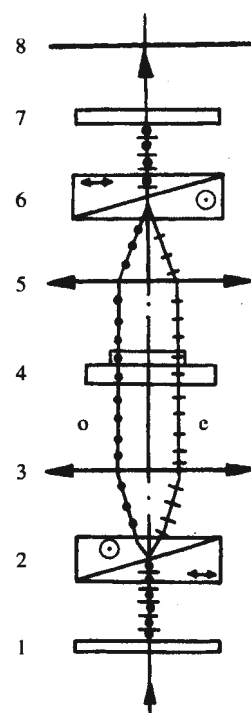


图 8-8-9 透射干涉相衬的光路示意图

分光棱镜及检偏器等依次装在镜筒内，上端接观测目镜或摄影目镜。聚光器类似于相衬聚光器，也有一个可以旋转的圆盘，只不过调整的不是光阑而是配合不同倍率物镜用的分光棱镜而已。

上述的机构相似性，就是把多种功能组合于一体的万能显微镜的可行基础，这也为使用者通过置换某些专用部件在原有的显微镜上开发出新的功能提供了可能。

七、近场显微镜

为了满足观察的物体和细节越来越微小的需要，就得采用波长越来越短的作用粒子束。从可见光到紫外光，再到 X 线就可以使显微镜的分辨率提高 50 倍，再发展到电子束，又比 X 光显微镜的分辨率增大约 25 倍。但是，波长越短则能量越高，对生物样品造成的可能损伤就越严重。80 年代后期，美国的康乃尔大学的物理学家 Michael Isaacson 和 Aaron Lewis 研制出近场扫描光学显微镜（near-field scanning optical microscope），利用可见光就可以看清约为波长十分之一大小的细节，把光学显微镜的分辨率提高了 5~10 倍。这显然不能使用光学透镜，Isaacson 等研究的近场显微镜是无透镜的。其工作原理是：将一个特制的微探头移近样品使它在给定时间内只能“看见”截面直径小于波长的很小部分，通过扫描探头巡视过整个样品，最后整合成一幅完整的图像。

Isaacson 等使用的微探头是一个中空的、针状的、顶部小于 150nm，内孔直径为 50nm 的玻璃微管，管壁镀铝膜，最终使光线只能从直径为 50nm（可见波长的 1/10 左右）的内孔射入。微管的尾部接上十分灵敏的光量子探测器测量进入内孔的光量。这种技术的理论分辨率极限约 10nm。由于采用可见光对生物样品损害很少，而且既可以用在空气中（与电子显微镜必须用在真空条件下相比要优越），又可以用于水中（与一般的光学显微镜相比也有优越性），因此，这种光学显微镜技术将对研究活体中的病毒和染色体等生物物质的结构和形态发挥作用。由于探测器对可见光是灵敏的，还可以对生物样品进行荧光分析。这种显微镜还能用来研究材料的表面性质。尽管近场显微镜尚没有商品仪器，但是随着技术的成熟一定会在不久的将来，成为光学显微镜中的一个新成员。

第三节 显微镜的常见故障及排除

在某些情况下，显微镜的功能会因环境因素或使用不当而造成降低或丧失。显微镜的常见故障大致可分为光学故障和机械故障两大类。

一、显微镜拆装的注意事项

只有在掌握显微镜的正确拆装的基础上才能顺利地排除故障。拆装前应该认真阅读说明书，看清装配图，参照以下的原则进行。

1. 依照先光学部件后机械部件的顺序进行拆卸。
2. 光学部件的拆卸要按自上而下的顺序进行。
3. 组装的顺序恰好与拆卸的顺序相反。
4. 在拆装过程中必须牢记部件之间的组装关系，避免错漏。

5. 在拆装过程中，零部件要拿稳、放置要到位，顺势自然，紧固要适中，不可强装强卸。

6. 注意保护光学元件不受损受污，机械配合面避免损伤、污染。

二、光学故障及其排除

（一）镜头成像质量降低

或者是由于镜片膜层损坏，或者是镜片表面生雾生霉所致。对于生霉的镜头分别用水杨酸甲脂、2, 5-二甲脂和五氯酚汞、二甲噻等化学药品熏蒸杀死霉菌的孢子并擦净之。对于膜层破坏的镜头需更换或送厂重新镀膜。

（二）双像不重合

主要是受剧震造成双目棱镜位置移动所致。打开双目棱镜外壳，在平台上放——十字刻度尺，用 10 倍分划目镜分别插入左右两目镜筒内，边观察边校正双目棱镜的位置和角度，使双目镜筒转到不同角度观察时，十字刻度尺的位置都在左右两目镜视场的相同位置处，然后固紧棱镜即可。

用双目镜观察时，有时出现左右两视场的颜色与亮度不一致，这是由于分光棱镜的分光膜已损坏所造成。这时应取下分光棱镜送厂重新镀膜后再用。

（三）胶合件脱胶

是由于温度剧变，受力不均或受到剧震等所造成。常用的胶为光学树脂胶、加拿大胶等，因使用时需加热故称“热胶”；另有甲醇胶（也称凤仙胶）、丙诺胶，丙烯酸等，因胶合时不需加热故称“冷胶”。

将脱胶的镜片逐渐加热，使凹、凸两镜片分开，待镜片冷却后，用酒精乙醚混合液将胶洗净；再将两镜片慢慢加热以避免因受热过快或不均而开裂。温度升至 40°C 左右，在镜片中趁势涂上少许热胶，待胶溶化后，轻轻错动镜片排尽胶合层中的气泡，并保证没有混入杂质。稍微冷却后放在中心仪上观察中心，边校正边调整直至胶冷。取下镜片刮去边缘余胶即可。用冷胶胶合的光学零件不易拆离，需放入甘油中煮几小时才能脱胶。

（四）油浸物镜的渗油和前镜片脱落

油浸物镜的前片由于直径小和工艺条件限制，通常粘固在镜碗（金属框）上，既要粘牢又不能产生太大的拉力。以前常用虫胶粘结，由于经常擦洗易导致胶层逐渐溶化，造成“渗油”与脱落。现采用新型光学硅胶，光学环氧树脂作为粘合剂，既耐浸液浸泡又不溶解于酒精、乙醚、二甲苯等溶剂中，具有粘结牢固、应力小等优点，是较为理想的油浸物镜前片粘合剂。如果前片脱落，必须将整个镜头拆开逐组清洗（拆时应注意各组之间的位置及方向），同时将前镜片及前镜碗也清洗干净，然后将前镜碗平置于清洁的玻璃平板上，在镜座孔内涂上少许光学硅胶，再将镜片小心放入，并在其上稍稍加压，使镜片前平面与镜座平面贴紧。放置阴干 6 小时后把余胶刮去并清洗干净，再在中心仪上校准中心，然后连同其它镜组装回镜筒内，进行整个物镜的校正。

（五）视场中的光线不均匀

首先检查物镜、目镜、聚光镜等光学面是否变脏受损。若受污可用擦镜纸彻底擦净，若受损按前面所述修理。然后检查物镜是否正在光路中，视场光阑是否聚中、是否太小。故障确定后经调整一般便可排除。

（六）视场中有污物

检查并彻底擦净目镜、聚光镜、滤色镜和玻片上的污迹。

（七）双目显微镜中双眼视场不匹配

往往是光瞳间距、补偿目镜管长没有调整好，或者是误用目镜不适配。若调整或调换仍解决不了问题，则可能是棱镜系统出故障，则按（二）进行排除，或交由厂家修理调整。

（八）部分图像不聚焦或似有重影

若是由于物镜放置不到位，没有准确处在光路之中而造成，调整物镜到位。若是因标本不平，请放平并在标本上放置盖玻片把标本压平展。

（九）观察图像有亮斑

多半是由于聚光镜太低，或者是光阑环太窄所引起的。调整聚光镜的位置，把光阑孔径增大到亮斑消除。

（十）图像模糊不清

若不是因镜头等元件损坏造成的，可检查物镜是否在正确位置，各个光学面是否变脏，根据情况按前面所述处置。若使用浸液物镜，则有可能浸液使用不当或浸液中混有气泡或杂质。

三、机械故障及排除

（一）粗调装置上下运动快慢不一和像晃动

上下运动松紧不一多半是由于燕尾导轨因局部磨损招致配合不好所引起。一般用刮刀、砂纸等打磨装配面，调整到合适间隙，然后装配，使两者相对运动平稳舒适无移动现象为止。对于钢针滚珠导轨来说，修理比较方便，只需调节螺钉，使滑板经钢针、滚珠与固定槽间获得合适的间隙即可。但由于它是钢珠、钢针间的点接触，运动灵敏度很高，故间隙要求较严，否则像的晃动就更容易产生。

经以上修理后，虽然克服了松紧不一和像晃动故障，但由于燕尾装配面经过打磨，造成齿条与齿轮的相对位置发生变化，从而产生啮合空回，即因啮合间隙过大，在刚开始转动调节手轮时，存在一定的空程。为此一般显微镜均设有偏心调节装置。当齿轮与齿条间距过大时，可调节偏心齿杆套。调节前必须先松开滑座上的两颗螺钉，再转动偏心齿杆套，使齿条与齿轮靠拢，直到啮合空回消除到最小为止。若仍不能修复，则只有将齿条拆下，在装配的接触面间垫上适当厚度的金属薄片，即可达到调整要求。

（二）调焦后自动下滑和升降时手轮梗跳

这两种故障是相互关联的，大多是由于自动下滑处理不当而导致手轮梗跳不适。自动下滑就是调焦后导轨处在某一位置上，由于平台（镜臂或镜筒）自身重量作用，在没有外力作用的情况下徐徐滑下。自动下滑的主要原因是夹在手轮与齿杆套端面之间的垫圈因长期使用而磨损，引起端面静摩擦力减小所致。因此，修理时可根据不同结构型式采取相应办法排除。对于有粗调钮张力调节环的显微镜，有可能是由于张力调节环过松引起的，可调节张力大小来排除。

当齿轮与齿条处在不正常的啮合工作状态下时，时间不长就会造成齿形破坏，此时再转动手轮时，梗跳不顺便相继发生。另外，在卸平台时，如齿条和齿轮的齿撞击过猛，先是把齿条上端的齿撞变形，变形的齿条又影响齿轮，齿轮与齿条相互作用，使整个啮合系统的齿都变形，造成啮合不适，同样会引起梗跳。齿条与齿轮是形状复杂精度较高的零件，一旦破坏就只能更换新件组合。

此外，梗跳不适还可能有其它原因，如导轨面不清洁或错加液体润滑油（机油、钟表油）等，排除方法是将导轨面擦拭干净，加上适合的油脂即可。

（三）微动机构的故障

这类故障绝大部分是由于使用时不够细心、维护保养不够，或者使用时间过长、磨损过度造成空回所致。常见的故障有以下几种：

1. 微动双向失灵 即微调手轮正转、反转都不起作用。这种障碍多发生在齿轮式微调机构中，常由于使用时不细心，当微动手轮已转到限位处尚未觉察，再用劲一拧，就造成限位螺钉头跳过，结果使最末一级的扇形齿轮过位脱落所致。排除方法应先将整个微动机构组件拆下，更换新的限位螺钉，然后把薄薄的扇形齿轮放回啮合位置，并调整好装回原处。再调整微动齿杆和组件的相对位置（主要依靠紧固部件的螺孔侧隙调整），当齿轮组件与齿杆的啮合达到平稳舒适时，再把所有紧固螺钉旋紧即可。修复后的微动精度可通过观察切片或用百分表检测。

杠杆式微调机构双向失灵一般是因杠杆断折造成，排除时只需更换一个杠杆便可。

2. 微动单向失灵 即手轮向一方转动时，微动不失灵，反转时就不起作用。常见的是下降失灵。排除方法：①由于微动滑板与滑座间受剧震或撞击，致使配合过紧或承荷过大所致。此种情况与微动导轨配合与粗动导轨结构基本相似，排除方法也相同。②导轨面上积尘过多或油垢凝结，使滑动不灵活所致，只要清洗后加适量油脂即可排除。③弹簧失去弹力，排除方法是更换新弹簧或将原弹簧拉长（或压缩）一点，重新淬火再装回便可。需要注意的是调整过后的弹簧的弹力不宜过大，否则会造成微动时手感不舒适。

在齿轮式微调机构中，还有一种常见故障，即与大齿轮啮合运动的最末一级齿轮部件往往由于大齿轮的孔与小齿轮的轴配合不紧而发生松动、打滑，从而产生空回或失灵。排除方法是更换新部件，或者将小齿轮的轴镀铬使之直径增大，重新与大齿轮孔紧配合。

（四）调焦后像不清晰

通常是由于在拆卸后未校正好或在运输中受震致使定位位置发生变化，致使平台升不上去或镜臂镜筒降不下来所造成。也有因换用物镜后，镜头长度短于原来的镜头长度所致。排

除方法是先松开限位螺钉或拔出销钉，并使微调手轮处于极限位置（对于弹簧镜头则处于中间位置），即平台（或镜筒）升（降）到最高（低）位置后，再慢慢进行粗动调焦使标本刚要碰到又未碰到油浸物镜（此时可不加油）时，再旋上限位螺钉或打上限位销钉便可。

（五）调焦过程中像斜移

这是由于受震或拆装后光轴与平台的垂直性未校正好所致。严重时视场内会出现一边清晰一边模糊。排除方法是将自准直望远镜插入目镜管内，在平台上置一平行平面反光镜，先稍稍松开导轨燕尾（或平台托架）的紧固螺钉，左右摆动平台（镜筒或镜臂），直到观察到反射像与视场内原分划像左右重合，再旋紧螺钉，最好打下销钉，然后再旋松平台与托架的紧固螺钉，用修、垫接触面的办法，使反射像与视场内原分划像上下边重合，再旋紧螺钉即可。若无自准直望远镜与平行面反光镜，也可直接用十字分划目镜观察物镜测微尺，边校正边观察直至像不斜移且清晰为止。

（六）物镜转换器的故障

物镜转换器是机械精度要求最高的部件，因而其精度的高低直接影响显微镜的性能与使用。常见的物镜转换器的故障主要表现在定位方面。

1. 定位失灵 产生原因有定位凸台严重磨损，定位销钉或钢球脱落等。大多是定位簧片断裂或产生塑性变形而失去弹性，使定位不易，这时只需要更换新簧片故障便可排除。更换方法是将各倍率物镜依次旋入转换器螺孔中，先使中倍物镜与聚光镜光轴重合，重新安装新的定位簧片，然后转换至其它物镜到定位处，从目镜中观察其中心基本对准了某一目标物后，进行调整至物镜在工作位置获得满意的定位效果时，再将簧片固紧。外定位结构的转换器，更换簧片较简单，而内定位结构的转换器，更换簧片必须拆开整个转换器才能进行，同时需要反复校正才能达到要求。

2. 定位不稳定 是由于定位槽磨损或销钉（钢珠）松动所致。也有因长期使用后转轴配合松弛所引起，若要彻底修复必须换用新的零部件。

3. 定位偏差 若各物镜均偏向同一侧，其排除方法与转换器失灵故障的排除相同，只需调整定位簧片即可。如出现一个或两个物镜有中心偏时，多数是由于转换器螺孔端面在使用中受到碰撞或旋得过紧，致使物镜光轴的垂直性受到破坏，光轴歪斜所致。排除方法是先固定用某一倍率的物镜，然后依次旋入转换器各个螺孔中分别观察，找出产生偏斜的螺孔，仔细地用油石研磨螺孔端面，再旋上物镜观察，反复多次直至中心偏得到校正为止。

以上几种故障的排除，常用到十字分划目镜和十字分划板作工具，既方便又准确。由于生物显微镜品种繁多，结构各异，出现的故障亦不尽相同，只有仔细分析，正确判断产生故障的原因与部位，才能有效地排除故障。特别要注意的是，遇到机械性故障出现后，决不要强行运动，以免造成仪器的更为严重的损害。需要卸装部件时，要按照顺序，适度施力。排除故障时一般要断开电源。

第九章 血压计

第一节 概 述

血液在血管内流动对血管壁产生的压力，称为血压。血压是人体的重要生命体征之一，在临床上具有十分重要的意义。

血压计是测量血流压力的器械。以加压空气压迫在局部动脉上，然后观察施加了多大的压力，才能够制止局部动脉的波动。因此，所加的空气压力也就代表了血液流动的压力。目前，我们所使用的血压计在形式上和结构上类型很多：血压计有立式的、台式的；血压表也有将测压表做成类似石英钟大小，成为落地式、便携式；电子式血压计都是便携式的。按原理类型分类大体上可分为三种：即水银柱式血压计、气压表式血压计和电子式血压计。血压计的准确度是非常重要的技术指标。因此，血压计是国家规定的强制检定器具，必须定期检定，在检定血压计准确度时必须使用精密血压计进行校正。

第二节 水银柱式血压计

一、水银柱式血压计的构造与原理

（一）水银柱式血压计的构造

1. 血压计的组成与结构

水银柱式血压计是由测压计、气球、橡胶袋和盒子四个部分组成。测压计包括水银壶、玻璃管和标尺。水银壶与玻璃管连接在一起，其连接处用软木垫或橡胶垫压紧，以免漏气和水银外溢。玻璃管的顶端盖金属帽，帽内装有软木垫、橡胶垫和金属网，可以使空气自由出入，水银却不能外溢。

2. 血压计的计量单位

以前生产的血压计，玻璃管的刻度有 300mmHg（1mmHg=133.322Pa）和 280mmHg 两种，其玻璃管刻度最小值相当于 2mmHg 的压力。目前所使用的双刻度血压计，标尺上的刻度数字是两种表示方法：一侧是以 mmHg 为单位，最大刻度值为 300mmHg；一侧是以 kPa 为单位，最大刻度值为 40kPa，玻璃管的刻度是以 0.5kPa 为一格。以 kPa 为单位表示的刻度值，示值管最小刻度值为 0.5kPa（0.5kPa=3.75mmHg）；以 mmHg 柱为单位表示的刻度值与 kPa 对应。

（二）水银柱式血压计的工作原理

血压计的气球有两个气孔，前气孔装有一个金属的三通活塞，三通活塞如图 8-9-1 所示：

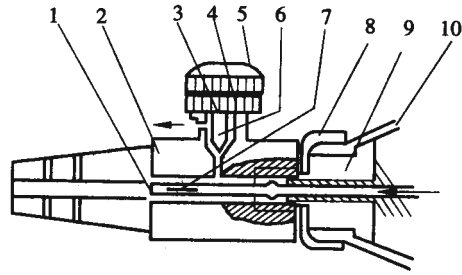


图 8-9-1 血压计三通活塞阀解剖图

1-小橡胶 2-阀体 3-放气顶针 4-活塞螺钉 5-放气螺母 6-短弹簧
7-进气口 8-气球钢圈 9-气球螺钉 10-气球

后气孔装有一个塑料或金属的气阀。打气时，后气阀闭塞，空气从前气孔通过三通活塞进入橡胶袋；气球复原时，三通活塞小橡胶闭塞，以防止进入橡胶袋的空气返回，同时后气阀打开，空气进入，使气球复原；放气时，将三通活塞侧面的放气螺母拧松即可。橡胶袋分为成人、儿童两种。另外，橡胶袋有单管和双管两种：一般单管形式的用于心电监护仪无创血压监测和全自动电子血压计；双管形式的用于普通血压计，其外面都套有一个布袋以便使用。

二、维护保养与检修

血压计的气球、橡胶袋和三通活塞里的小橡胶，都是橡胶制品，由于经常使用和受气候影响，容易老化变质；水银使用久了也要氧化，其氧化物附着在玻璃管内壁和橡胶垫上，会造成通气不畅、堵塞或漏气，影响血压计的准确度。因此，必须经常维护保养，使其处于良好状态。

（一）影响血压计准确度原因及校准方法

1. 影响血压计准确度的原因

- (1) 更换玻璃管后，因玻璃管的孔径或刻度与原规格不一致。
- (2) 修理后的软木垫或橡胶垫高低位置发生变化，影响了水银柱的零位。
- (3) 水银氧化溢出，以致水银量不准，或水银纯度不符合要求。
- (4) 血压计所用的水银，其纯度应为 99.95%，密度应为 $13.6 \text{ k} / \text{m}^3$ 。一台血压计所用水银约为 60g。放气后水银柱面应下降至零位；打满气后应升至玻璃管的顶端。如果水银不能升至顶端，这是水银不够的现象。水银量或纯度是否符合要求，会影响血压计的准确性。

2. 血压计校准方法

修理后的血压计按要求都需要校准。此时，可将血压计用一个“Y”形管或直接与标准血压计串联连接起来，然后进行比较。允许误差值为 $\pm 1.875 \text{ mmHg}$ ，即相差半格刻度。

（二）水银的净化方法

水银使用过久或不纯时，容易氧化而产生一种银灰色粉末，附着于玻璃管内壁，影响血压计的准确性，因此，必须将水银过滤。其方法是：将血压计向水银壶方向侧倾 45° 角（目

的是防止在操作过程中，水银流出造成浪费），提起“扳手”，取下玻璃管，将水银倒入有多层纱布的蒸发皿内，然后提起纱布的四角，用手拧挤纱布，这样干净的水银即从纱布孔中流出。

如果水银过滤后很短时间又氧化，可用质量分数为 8% 硝酸液洗净。其方法是：将水银和适量的硝酸液倒在一个玻璃容器内搅拌，然后用纱布过滤；过滤后再将水银与适量的蒸馏水倒在一起进行搅拌，洗净硝酸液并将蒸馏水除去，最后再将水银过滤一次，即可使用，如果一遍仍不能净化，可重复上述过程一至二遍。以上操作应在水槽中进行，主要是为了防护，应该注意。

对玻璃管内壁要用试管刷刷净，必要时可蘸少量盐酸擦拭，但擦完后须将盐酸除净。在清除水银壶内的杂物时，可将干净的水银倒入壶内摇晃，然后倒出水银，杂物即同水银一起倒出，一次不行可反复多次，直至干净为止。

如果水银不干净或玻璃管内壁有氧化物附着，在测量时水银柱中就会有气泡产生，这并不是橡胶垫老化漏气所造成。

（三）漏水银检查

将橡胶袋卷好扎起，缓缓打气，使水银柱面上升至玻璃管顶端，再轻轻加一点压力，观察玻璃管顶端与下端是否有水银漏出，必要时更换漏水银端的软木垫或橡胶垫，然后再进行检查，直至不漏水银为止。

（四）漏气检查

当水银柱面升至玻璃管顶端时，观察水银柱面是否自动下降，如不自动下降，可稍拧松放气螺母，使水银柱面离开玻璃管顶端后，拧紧放气螺母观察约 15s，按此操作逐段观察至 60mmHg，如果水银柱面始终不自动下降，即说明不漏气，如果水银柱面在某段会自动下降，则说明漏气，应找出漏气位置加以修理。

1. 测压计漏气检查

打气后先将橡胶袋至测压计之间的橡胶管折起来压紧，如果水银柱面自动下降，则说明测压计漏气。先检查橡胶管是否老化或破裂，与水银壶嘴连接处是否紧密，如橡胶管无漏气处，可将水银壶上的橡胶管取下，摘下水银壶外盖，用漆或塑料水涂于水银壶螺钉盖处，待干后再安装试验。

2. 橡胶袋漏气检查

证实不是测压计漏气后，可将橡胶袋与气球之间的胶管折起压紧，如果水银柱面自动下降，则证明是橡胶袋漏气。

3. 三通活塞漏气检查

如已证明不是橡胶袋漏气，即可肯定是三通活塞漏气。三通活塞里面有一个小橡胶，如发现老化应更换新品；另外可能是放气针与阀座不吻合，以致漏气。可用 500 号的气门砂少许，粘在放气顶针的斜面上，使之与阀座复合轻轻研磨，即可修复。如放气顶针已坏应更换新品。应注意平时拧紧放气螺母时不要过于用力，只要不漏气即可。

三、故障现象与排除（如图 8-9-1）

表 8-9-1

故 障 现 象	故 障 原 因	排 除 方 法
充气时玻璃管底下漏水银	玻璃管与水银壶处橡胶垫损坏、老化	更换橡胶垫
充气时玻璃管内水银断柱	玻璃管内壁有氧化物层不干净、水银壶有问题	清洗处理玻璃管、更换水银壶
充气时水银柱上升缓慢	橡胶垫堵塞、水银壶堵塞或水银壶开关坏	检查橡胶垫、检查水银壶及开关
所测血压不准、误差大	打开水银壶开关后水银柱面不在零位上、水银纯度不够	将水银加至零位，如果还不准应净化水银
不能充气	橡胶袋连接管漏气、后气阀坏、三通阀坏、小橡胶环或丢失	检查漏气处、更换相应新品

第三节 气压表式血压计

气压表式血压计也是由测压计、橡胶袋、气球和盒子四个部分组成。与水银柱式血压计比较，除测压计和盒子不同以外，其他结构完全一样。因为气压表式血压计的测压计是一块气压表，所以，也称为血压表。血压表具有体积小、携带方便的特点。但是，相比之下水银柱式血压计比气压表式血压计准确度要高。

一、气压表式血压计的构造

气压表式血压计的测压部分是一块气压表，其表盘面的刻度示值有两层：外面一层是以 mmHg 为单位表示的，每一小格相当于 2mmHg 的压力，最低刻度为 20mmHg，最高刻度为 300mmHg，即相当于 20~300mmHg 的压力；里面一层是以 kPa 为单位表示的，最小刻度值为 0.5kPa (0.5kPa=3.75mmHg)，最高刻度值为 40kPa。因为血压表是机械结构，比较容易看出内部各部分细节及其工作原理。

图 8-9-2 是一块血压表去掉表针和表盘的内部结构正面示意图。

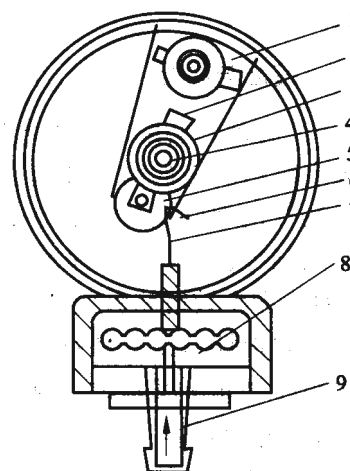


图 8-9-2 气压表（气压计）示意图

1-大底板 2-小底板 3-游丝 4-大齿轮 5-小齿轮 6-固定钩 7-活动顶针 8-气鼓 9-进气管

二、气压表式血压计的检查与修理

（一）漏气检查

对测压计、橡胶袋和气球等各部分的检查方法与水银柱式血压计相同。如果证明测压计漏气时，可先检查橡胶管与进气管连接处是否有漏气，若不漏气即肯定是气鼓漏气，这时可将底座大底板和底座小底板拆下，取出气鼓，置于水中打气，找出漏气的位置，用锡焊补即可修复，在焊

补时锡不宜过多，还要注意气鼓的平整形状。

（二）游丝绕乱

由于打气过急或其指针超过 300mmHg 刻度时，就容易造成游丝绕乱，导致指针前进时跳动或一下前进许多，影响了准确性，严重时可使血压表主轴不能转动。修理时要将小底板拆下，再将大、小齿轮分开，然后取下游丝，用钟表镊子轻轻整平盘好：对绕乱严重的应更换新品。

（三）气鼓顶针弯曲

这多半是由于打气过急或超过 300mmHg 所造成，以致影响准确性。修理时拆下小底板，将气鼓针连同大齿轮一起取出，用小锤子轻轻敲直即可。

（四）指针和主轴与表盘摩擦，指针跳动前进

原因：首先是取指针时用力不平衡，将主轴弄弯（取主轴时应从指针两侧平均用力，否则很容易弄弯主轴）；其次是大底板不平，此时可根据具体情况进行调整。

三、装配与校准

（一）各部件装配时的基本位置和要求

大底板与表壳的结合要紧密（把螺母拧紧即可）。游丝应松紧适度，如过紧，表针由零位上升至 300mmHg 时，游丝会卷成一球形：如过松，则表针不易回到零位，或表针虽然能回到零位，当摆动测压计时，表针有摆动现象。因此，在安装时将游丝放好后稍稍移紧一些，则不会产生以上两种情况。

其活动顶针与空心螺钉之间的角度一般在 60° 左右，因气鼓的软硬程度有所不同，此角度无统一规定。

（二）校准方法

（1）以 120mmHg 为准，高于 120mmHg 为上半部，低于 120mmHg 则属于下半部。

（2）上半部读数的误差：由空心螺钉来调整。调整方法是以 290mmHg 为准，如气压表的读数低于标准血压计的读数，则空心螺钉应向里旋转（顺时针方向）；反之，则空心螺钉应向外旋转。

（3）下半部读数的误差：由进气管来调整。以 40mmHg 为准，如气压表的读数低于标准血压计的读数，则将进气管旋进，以增大活动针头的角度；反之，应将进气管旋出。

（4）以上两半部读数的调整，其基准点还是以 120mmHg 为准。例如：在 290mmHg 处，表的读数比标准血压计的读数低 2 格，而在 120mmHg 处，表的读数比标准血压计的读数高 1 格，则相对来说，290mmHg 处的读数比标准血压计的读数低 3 格，此时就需要把空心螺钉向里旋转。

又例如：在 40mmHg 处，表的读数比标准血压计的读数低 2 格，而在 120mmHg 处，表的读数比标准血压计的读数低 3 格，则相对来说，40mmHg 处的读数比标准血压计的读数高一格，此时，则需要将进气管退出，也就是减少活动顶针的角度。如果不以 120mmHg 为准，那么 40mmHg 处表的读数比标准血压计的读数低 2 格，将进气管再旋进，则越旋进 40mmHg

处的读数比标准血压计的读数越高，这样就越调越坏。所以，一定要以 120mmHg 处为准，进行相对的比较，以确定 290mmHg 和 40mmHg 处是高还是低，然后再调整相关部件。

(5) 血压表允许误差范围是：40mmHg 以下和 240mmHg 以上为 3mmHg，即一格半刻度 40mmHg 至 240mmHg 之间为 2mmHg，即一格刻度。在气压表中出现的误差，多半是因进气管发生移动后产生的；因此，可先试调进气管，如不能校准时，再检修或调整其他部分。

第四节 电子式血压计

一、电子血压计的结构与原理

(一) 电子血压计的结构与类型

电子式血压计目前发展很快。各种形式的全自动电子血压计大体分为三种：即手腕式、手指式和袖袋式。较早期的产品是袖袋式的，多为半自动形式，其使用时打气和放气与水银柱式血压计一样，还需要手动操作，只是检测部分是电子式的，不需要用听诊器，测量结果显示部分是数字的。近几年来所生产的电子血压计为全自动式较多，即所有操作只须按一下开始开关，即可完成整个测量过程，操作非常简单。测量结果除了显示收缩压、舒张压、平均值，还可以显示脉搏数值，具有 kPa 或 mmHg 两种计量单位显示方式。各种形式的全自动电子血压计在功能上多少还有差异，但差异不大，在结构形式上，主要是在外形结构上不同，目前以手指式全自动血压计体积最小，携带方便，重量轻。

(二) 电子血压计的工作原理

图 8-9-3 是电子式血压计基本电原理框图。

电子式血压计是由测量部分、气泵部分、主控制部分、显示部分和电源等部分组成。电子血压计是根据水银柱式血压计工作原理设计程序，以压力传感器为主要的检测器件，按照设计的程序进行充气、放气、检测，以达到控制、分析、计数和数字显示结果，所测量的结果和精度与水银柱式血压计相同。电子式血压计所显示的结果是数字值，而不是水银柱式血压计或气压表式血压计显示的模拟值，这样就大大减少了

用水银柱式血压计或气压表式血压计在测量时人在视角上的读数误差，以及人在听力上的误差等因素，应该说要比水银柱式血压计和气压表式血压计准确度高。在电子式血压计中，应用光电容积法所测量的结果，往往还与所测量场所的光线亮度有关，所以，要求要在一定光线范围内测量才比较准确。在电子式血压计中所应用的测量方法是不完全一样的，其工作原理和结构也有所不同。

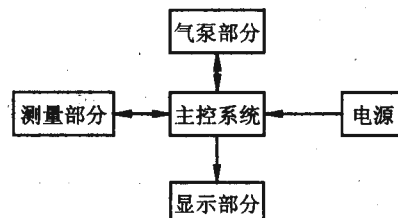


图 8-9-3 电子血压计电原理框图

二、故障分析与排除

（一）无显示

故障原因：

- （1）电源问题；
- （2）内部有断路故障；
- （3）显示电路故障。

故障排除：

（1）首先检查电源情况，电子血压计一般是用电池供电，最好用碱性电池；然后，用万用表电流挡，测量机器打开后有无电流通过。

（2）其次检查内部线路有无断路，打开机器检查连接线路有否断路现象。

（3）再次检查显示电路部分，检查显示屏与机器连接部分线路有否折断，并测量显示屏工作是否正常。

（二）所测量的血压值不准

故障原因：

- （1）测量方法不正确；
- （2）测量环境影响；
- （3）机器有漏气的地方；
- （4）压力传感器故障。

故障排除：

（1）使用电子血压计测量血压时，一定要按照使用说明进行测量。对于测量血压不准这种情况在实际应用中比较常见，首先要知道所测量的方法是否正确，是否是按照使用说明的要求测量的，其中包括：测量的姿势、测量时的情绪、饭前或饭后的间隔时间、药物作用等，将这些因素排除之后，再考虑血压计本身故障。

（2）测量环境的影响。在测量血压时，电子血压计对于环境是有要求的，比如，在采用光电容积法测量原理应用中，就受环境因素要求，要求亮度在一定范围内其误差是多少，这些在使用说明中都做详细介绍，必须按照要求测量才准确。

（3）检查充气部分是否有漏气的地方。由于长期使用其橡胶袋老化或橡胶管折断，造成漏气，这种情况在新型机器中还不多见，因为有些采用了硅橡胶。对于原来生产的袖袋式电子血压计可直接更换袖袋即可。

（4）如果考虑压力传感器损坏，则应注意因各机型的不同，所应用的压力传感器型号也会有很大差异。因为压力传感器是血压计的关键部件之一，在某种意义上它也是一个消耗品，尤其是在频繁使用或超压工作（所谓超压工作就是血压计在测量时又受到了外压力，超出了压力传感器的最大允许值），更容易损坏，使所测量的数值不准，或只显示某一个数值而不变，这种情况则必须更换与原型号相同的压力传感器。为此，在使用电子血压计测量时，不要有外力加压，测量时也不要用力，更不要在测量时挤压气袋，防止血压计中压力传感器过压工作，致使压力传感器损坏。

(三) 测量血压时中途停止

故障原因:

- (1) 系统控制问题;
- (2) 压力传感器灵敏度降低。

故障排除:

(1) 在系统控制中, 可表现为气泵不工作; 气泵工作但充气达到压力后, 不放气; 即使放气也只是放一两下气就停止。以上这些现象在一般情况下是系统控制电路问题或压力传感器信号问题, 此时要先查看电路板有无开焊、虚焊或短路、断路等现象, 还有电源情况, 当这些方面没有问题时, 再考虑该部分集成电路损坏。

(2) 当压力传感器灵敏度降低时, 其传感器的信号不能及时送到控制系统中, 也同样会出现测量时中途停止的现象, 使系统控制不能按程序进行。因此, 必须更换一只新品。

注意: 上述任何一种类型血压计, 凡经过修理后都应该用精密标准血压计进行校对。

表 8-9-2 所示是目前使用的双刻度血压计(表) kPa 与 mmHg 换算表, 可直接查找对照, 也可以按照表下面的换算口诀进行换算。

表 8-9-2 双刻度血压计(表) kPa 与 mmHg 换算表

kPa	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
mmHg	30	33.75	37.5	41.25	45	48.75	52.5	56.25	60	63.75	67.5	71.25
kPa	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5
mmHg	75	78.75	82.5	86.25	90	93.75	97.5	101.25	105	108.75	112.5	116.25
kPa	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	20.5	21	21.5
mmHg	120	123.75	127.5	131.5	135	138.75	142.5	146.25	150	153.75	157.5	161.25
kPa	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25	25.5	26	26.5	27	27.5
mmHg	165	168.75	172.5	176.25	180	183.75	187.5	191.25	195	198.75	202.5	206.25
kPa	28	28.5	29	29.5	30	30.5	31	31.5	32	32.5	33	33.5
mmHg	210	213.75	217.5	221.25	225	228.75	232.5	236.25	240	243.75	247.5	251.25
kPa	34	34.5	35	35.5	36	36.5	37	37.5	38	38.5	39	39.5
mmHg	255	258.75	262.5	266.25	270	273.75	277.5	281.5	285	288.75	292.5	296.25

注: 换算口诀: kPa 换算成 mmHg 原数乘 30 除 4; mmHg 换算成 kPa 原数乘 4 除 30

第十章 电泳仪

悬浮溶液中的带电质点在电场中向着与它带相异电荷的电极移动的现象叫做电泳。按照此原理制成的仪器叫做电泳仪。

电泳仪广泛用于临床诊断、工业制备和基础理论的研究中。例如，各级医院常用它来作血清蛋白、血红蛋白、糖蛋白、脂蛋白的分离、鉴定和含量的测量，血清酶的检验，以及免疫化学的检验等。这些数据可以给医生提供诊断某些疾病的依据，如对肝病、恶性肿瘤、肾病综合征、心绞痛、多发性骨髓瘤等疾病的诊断。在生化工业中，电泳仪可用来提纯酶、激素及其它生化产品。在科研工作中，可以用高压电泳仪来研究蛋白质的一级结构等。总之，一系列对生物有关的物质（小至氨基酸、大至细胞）的鉴别、分离、提纯，都离不开电泳仪这个重要工具。

在自由溶液中进行电泳的方法叫做自由电泳，更常用的电泳是将试样放在支持介质（载体）上进行泳动，并在支持介质上形成一个个区带，叫做区带电泳。区带电泳根据支持介质的不同，又可分为纸上电泳、醋酸纤维膜电泳、琼脂凝胶电泳等等。

根据外加电场的不同，可将电泳仪分为常（低）压电泳仪（0~300V）、中压电泳仪（0~1500V）和高压电泳仪（0~1500V 以上）。其中高压电泳仪分离速度较快，几分钟即行。低压电泳仪分离速度较慢，一般需要几小时或更长时间。中压电泳仪介于二者之间。

本章在介绍电泳原理和电泳仪的主要结构之后，重点介绍 DY-W2 型中压电泳仪，最后对其它电泳仪也作一些简介。

第一节 电泳原理及电泳仪的结构

一、电泳原理

许多分子都具有可电离的基团，它们在溶液中能形成正、负离子。若在溶液两端加上电场，这些正、负离子便会在溶液中进行泳动，这便是电泳现象。这一现象早在 1809 年便被发现了，但只是在本世纪 50 年代以来，才在实践中得到广泛的应用。

图 8-10-1 是电泳工作原理图。在缓冲液 A、B 中，各放有一个电极，电极接在直流电源上，这样，在两电极间便形成一个恒定的电场。再用支持介质将 A、B 联接起来，形成一个“桥”。为了进行电泳，支持介质先用缓冲液浸泡饱和，然后将所要进行电泳的样品液滴在支持介质上。在电场作用下，样品中的各带电颗粒将发生

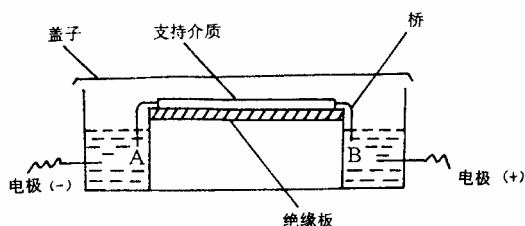


图 8-10-1 电泳工作原理图

定向移动，带正电的颗粒移向负极，带负电的颗粒移向正极。如果在样品混合物的离子到达电极之前关闭电源，那么混合物的各种成份便按照它们的电泳迁移率被分离开。

所谓迁移率，是指带电颗粒在单位电场强度下的迁移速度，可用下式表示：

$$u = \frac{v}{E} = \frac{d/t}{V/L} = \frac{dL}{Vt}$$

式中：u 为迁移率；v 为颗粒的迁移速度 (cm/s)；E 为电场强度或电势梯度 (V/s)；d 为颗粒迁移距离 (cm)；t 为通电时间 (s)；V 为加在支持物两端的实际电压 (V)；L 为支持物的有效长度 (cm)。

通过测量 d、L、V、t 便可以计算出颗粒的迁移率。

迁移率除了与外加电场强度有关外，还与分子的大小、介质粘度、颗粒所带的电荷有关。

在电泳技术中，把每厘米的电压降 V/L 叫做电势梯度。可以看出，在数值上，电势梯度等于电场强度。电势梯度越大，带电质点移动的速度越快。在低压电泳仪中，电势梯度一般在 $20V/cm$ 以下；在高压电泳仪中，电势梯度可高达 $200V/cm$ 。

缓冲溶液的主要作用是在迁移过程中充当运动流的载体，并保持溶液中的 pH 值为常数。

一般来说，不同成份的物质，其颗粒本身所带的电量、颗粒的大小及重量都是不同的，它们的迁移率也不相同。而成份相同的物质，其各种特性则十分相似。因此，它们运动时，趋向于形成一条紧密相靠的带。单方向的电泳就像程度不同的几个级别的长跑运动员赛跑一样。如果在比赛中途的某一时刻，从空中俯拍一张像，

同一级别的运动员趋向于一起。电泳也是这样，例如血清蛋白中含有 α_1 、 α_2 、 β 清蛋白和 γ 球蛋白等各种蛋白质，它们的质/荷比是不相同的。故迁移率也不相同。如果把清蛋白放在支持介质上进行电泳，经过一段时间后，迁移率最大的清蛋白移动的距离最大，迁移率较小的丁球蛋白移动的距离最小，其余的依次排在二者之间，如图 8-10-2 所示。这样，各种蛋白质就被分离开了。

由以上分析可知，电泳仪只是一种分离仪器。要想知道分离后各种成份的含量，即电泳后的处理，还需要进行其它工作。如有的电泳后作固定、烤干、染色、洗脱，然后进行比色测量；有的经染色后用光密度计来进行描记、定量；还有的直接用紫外分光光度计扫描定量等。

二、电泳仪的主要结构

普通电泳仪由两部分组成，一部分是直流电源装置，另一部分是电泳槽装置。高压电泳仪因为功率损耗很大（通常有上千瓦的功耗），除了上述两部分之外，还需要有一个较复杂的冷却装置。

（一）电源装置

电源装置的作用是提供一个连续调节的、稳定的电压或电流。它通常是一个直流稳压（稳流）电源。在整流元件（真空二极管、晶体二极管、可控硅）整流滤波后，再经过稳压（稳

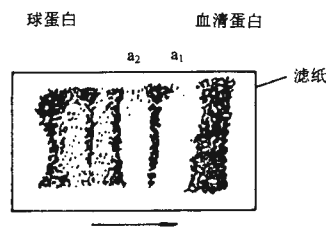


图 8-10-2 血清蛋白的电泳图谱

流) 输出。输出的电压或电流由磁电式或数字式表头显示出来。磁电式表头多用分档指示, 以便观察。

通常所用的。—300V 低压电泳仪, 为了降低成本和减轻重量, 大都不用变压器变压。供整流用的交流电压直接使用交流 220V。但 300V 以上的中、高压电泳仪一般仍带有电源变压器。

电泳时, 两个电极之间的电流由缓冲液和样品中的离子来传导, 因此, 电泳的速度与电流的大小成正比。电流的变化会影响电泳的效果。为了得到最佳的重复性, 在电泳时, 应保持电流的恒定。所以在要求较高的场合, 电泳仪应具有稳流功能。电流的稳定度应小于 1mA。

在支持介质的宽度和缓冲液选定后, 电流只受控于电压。电压不稳, 势必影响电流, 所以, 具有稳压功能是对一个电泳仪的最起码的要求。稳压电源的精度最好在 1% 以内。

有的电源装置还设有过压、过流自动保护和限时器功能。有过压、过流保护功能的仪器, 可以确保仪器的使用安全。具有限时功能的仪器, 在电泳的时间到了后, 限时器会发出信号, 提醒操作人员关机, 或自动切断电源。

(二) 电泳槽装置

电泳槽装置是样品分离的场所。电泳槽的种类很多, 有平卧式、垂直板式、圆柱式、立板式、悬挂式等等。电泳槽多数用透明材料如玻璃、透明塑料等制成。槽上有一个盖子, 此盖子一来可防止缓冲液的蒸发、二来可以保护安全, 防止触电事故的发生。为此, 有的电泳槽设有“盖开关”, 盖子一打开, 电源自动切断。

电泳槽内装有两个电极。电极用耐腐蚀的金属丝制成。金属丝的长度和电泳槽等长。其材料有不锈钢丝、镍铬合金丝和铂金丝等, 其中以铂金丝性能最好, 得到了广泛的应用。但其价格昂贵, 使用中要多加小心, 不要搞断。断掉以后, 能绕接的尽量绕接, 不要焊接, 因为不同金属在缓冲溶液中会产生电池效应, 影响测量。

除了自由电泳是在溶液中进行, 不需要支持介质外, 一般的区带电泳都是在支持介质上进行的。支持介质是样品电泳的场所, 其种类很多, 有滤纸条、琼脂、淀粉板、脂糖、醋酸纤维膜、聚丙烯酰胺等。利用这些支持介质进行电泳时, 分别称为纸上电泳、琼脂电泳……聚丙烯酰胺电泳等。

支持介质对电泳效果影响很大。在同样的电压下, 不同的支持介质对电泳时间、分辨率、分离效果有很大影响。有的还影响到电泳谱图。

支持介质通常为条形片状物, 联接在两电泳槽之间。它的两端浸入槽内的缓冲液中, 然后滴上样品液进行电泳。

中压电泳仪的电泳槽中一般还通以冷却水管, 用以带走电泳时所产生的热量。

图 8-10-3 是一种常用的平卧式电泳槽装置。

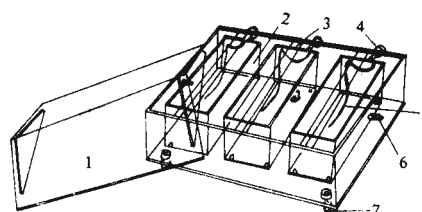


图 8-10-3 平卧式电泳槽装置

1. 槽盖; 2. 可移动的液槽; 3. 可移动的搁板; 4. 接线柱; 5. 电极; 6. 冷却水接头; 7. 脚

第二节 DY-W2 型中压电泳仪

DY-W2 型中压电泳仪是一种桥式整流、可控硅调压的稳压电泳仪。其输出电压调节范围为 10~600V，输出电流调节范围为 0~100mA，电压稳定度（在 220V $\pm$ 10% 的范围内）小于 3%。该机稳定性好、电路简单，可以连续工作 12h。既能作中压电泳，又能作低压电泳。它的电泳槽为普通型，可以通冷却水。电泳槽的具体结构这里不再详述。下面主要对电源装置进行分析。

一、电路分析

DY-W1 型电泳仪的方框图及电路图如图 8-10-4 和图 8-10-5 所示。

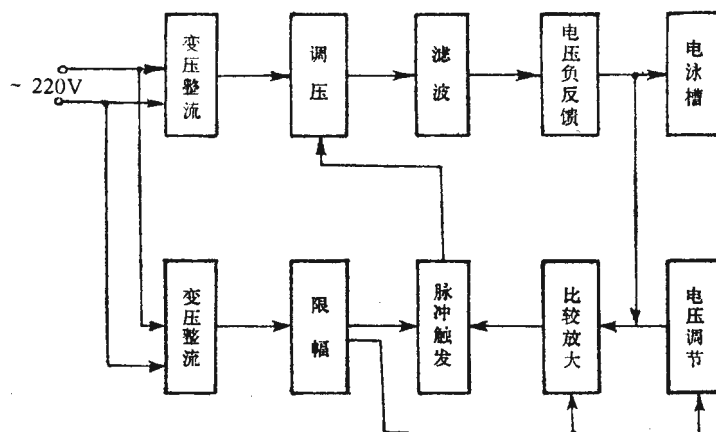


图 8-10-4 方框图

整个电路可分为两大部分，上半部分为主电路，下半部分为触发电路。

（一）主电路

电网电压经过电源开关 K1 和保险丝 RD 加于变压器初级。变压器次级有三组绕组：600V 高压绕组、50V 低压绕组和 6V 指示灯绕组。

600V 高压绕组经 D_{1~4} 四只二极管桥式整流后，加在可控硅阳极，这样，可控硅总是处于正向脉动电压作用下而不承受反向电压。根据可控硅特性，这时如果在其栅、阴之间有触发信号加入，栅极接信号正极、阴极接负极，可控硅便立即导通。直到电压回。时，通过可控硅的电流小于其维持电流而自行关断。当第二个半周到来时，需要第二次触发才能再次导通。如此反复下去，形成可控硅一通一断地工作。这样，通过可控硅的电压仍然是脉动的直流电压，其波形如图 8-10-6（4）所示。这一脉动的直流电压经 C_{1~6}、R_{2~3} 阻、容滤波后，变为平坦的直流电压信号，作为输出电压送往电泳槽。

三对滤波电容器两两相串联，主要是为了解决其耐压问题。电压表 V 和电流表 A 分别用来指示输出电压和电流的大小。表头的分压和分流电阻装在表头内部，这里采用了简化画法。

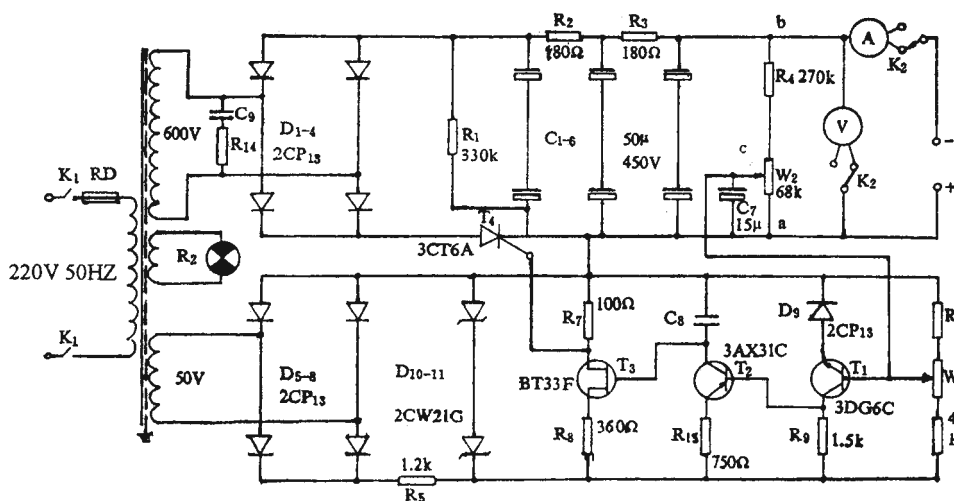


图 8-10-5 电路图

K2 为电压、电流换档开关。位于面板上。

图 8-10-5 中 C₉、R₁₄ 为保护电路，用以防止外界来的干扰对可控硅的误触发。后期生产的电泳仪无这一支路。

R₁ 用来改善电路性能。

R₄、W₂ 为电压负反馈取样电路。C₇ 为旁路电容。用来防止交流干扰。

可控硅的导通范围叫做导通角。导通角用 θ 表示。导通角可以在 $0 \sim 180^\circ$ 之间变化。从图 8-10-6 的波形图中可以看出，可控硅每半周导通一次。导通角越大，输出的直流电压平均值越高。当导通角等于 180° 时，可控硅全导通，输出电压达到最大极限值。反之，导通角越小，输出的直流电压平均值越低。当导通角等于 0° 时，说明可控硅不再导通。此时无电压输出。

导通角的大小是由触发信号来控制的。改变触发信号出现的早晚，便可达到调节输出电压的目的。

(二) 触发电路

触发电路是一个带放大器的单结晶体管（又叫双基极二极管）振荡电路。它由供电电路、振荡电路和电压调节电路三部分组成。

1. 供电电路 变压器低压绕组的 50V 交流电压经 D₅~D₈ 组成的桥式电路整流后，变为全波脉动电压。此电压经 R₅ 限流和两个串联的稳压管 D₁₀、D₁₁ 限幅（稳压）后，得到一个稳定的梯形电压。这一梯形电压便作为触发电路的供电电压。

2. 振荡电路 振荡电路由单结晶体管 T₃、PNP 三极管 T₂ 以及 R₇、R₈、R₁₃、C₈ 等组成。电路一接通，电源便经 R₁₃、晶体管 T₂ 的集电极与发射极之间的电阻 rce₂ 对电容 C₈ 进行充

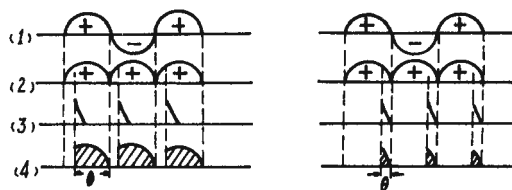


图 8-10-6 波形

电。当 C_8 上的电压上升到单结晶体管的峰值电压时，单结管 T_3 便突然导通。导通后，单结管的结电阻 reb_1 很小。电容器 C_8 上的电压便经单结晶体管的结电阻 reb_1 、 R_7 进行放电。放电电流在电阻 R_7 上产生一个尖脉冲。其形状如图 8-10-6 (3) 所示。由于电容器的放电，单结晶体管发射极的电压便急剧下降。当其下降到单结晶体管的谷点电压时，单结管便立即截止，使 R_7 上的电压降到 0。这是一次振荡过程。

放电一结束，电容器 C_8 又开始充电，并重复上述过程。结果，在 R_7 上便得到一个个周期性的尖脉冲。此尖脉冲便作为触发信号去控制可控硅的导通。

采用梯形电源保证了振荡电路在电源电压每次回升后才开始充电，从而保证了与可控硅的同步。

晶体管 T_2 在这里相当于一个可变电阻。当加在其基极的电压大小不一样时，其集电极与发射极之间的电阻值 rce_2 的大小便不同。也就是说，改变 T_2 的基极电位，可以控制其集电极与发射极间电阻的大小，从而控制 C_8 的充电速度，即改变导通角的大小，达到调节可控硅输出电压高低的目。

3. 电压调节电路 电压调节电路由 R_{12} 、 W_1 、 R_{10} 、 T_1 等电路组成。 W_1 即仪器面板上的电压调节旋钮。这是一个 10 圈电位器。调节它，可以通过 T_1 去控制 T_2 的基极电位，改变导通角的大小，从而达到电压调节的目的。使电压在 10~600V 之间任意选择。

图 8-10-5 中 D_9 的作用是向 T_1 提供一个稳定的 0.7V 电压。

(三) 电路的稳压

从取样电路 W_1 的中心抽头来的电压也接到了晶体管 T_1 的基极。当 W_1 设定后， T_1 的基极电位只受输出电压大小的控制。

由于本电路以正极为参考点，所以当输出电压升高，即 W_1 的中心抽头变的更负时，使晶体管 T_1 的集电极（即 T_2 的基极）电压升高，从而引起 T_2 集电极与发射极之间的电阻加大。这就放慢了对电容器 C_8 的充电速度，减小了可控硅的导通角，抑制了输出电压的增高。输出电压降低时，调节过程与此相反。

二、使用方法及注意事项

仪器的面板如图 8-10-7 所示。

(1) 接通电源之前，应先在电泳槽内放入适量的缓冲液，然后放置好支持介质并加上电泳样品。最后盖好盖。

此时，主机面板上的开关 4 应在关的位置，输出调节钮 6 应在 0 处。选择开关应在所需要的范围内。选择开关有两档。

在 300V 以下电泳时，应选择 300V 档，以便获得较高的读数精度。检查无误后，连接好和电泳槽的接线。

(2) 接通电源线，打开电源开关。此时面板上的指示灯亮，仪器可以工作。调节输出调节钮，使电压（电流）达到所需值即行。

(3) 电泳完毕后，随即将输出钮旋回 0 点，关闭电源开关。

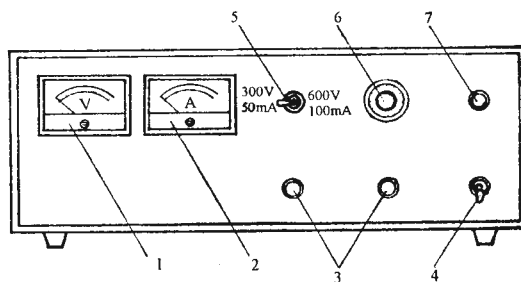


图 8-10-7 主机面板图

(4) 仪器可同时并联几个电泳槽。此时，电流表的读数是各个电泳槽电流的总和。但只有在各种条件一致的情况下，才能并联使用。

(5) 仪器应预热 5min 后才使用。

(6) 在使用过程中，不允许打开电泳槽盖取放任何物品，更不允许触摸电极，以防触电。一般情况下，不要空载运行。当不慎空载运行关机后，必须等数分钟，待仪器放电后，方可触摸输出部分。否则，有触电的危险。

三、常见故障及其排除方法

(一) 指示灯不亮，旋转调节钮也无电压输出

故障出在输入电路。可能是保险丝烧断、电源开关接触不好或变压器损坏。可拔掉电源插头，关闭电源开关，用三用表 $R \times 1$ 档去检查电源线与变压器的初级之间是否有开路之处。方法是表棒接在两个 220V 插脚之间，正常时，应为十几欧电阻值。若为无穷大，说明有地方开路，需仔细检查电源的输入端，将开路点排除。

(二) 接上电泳槽后，电压可调，但电流无指示

这主要是电源的输出端有地方开路。如果方便，可外接一只负载电阻（10K 左右，2W 以上），电压调在 100V 以下，看有无电流输出。如有，则故障在主机外面，若仍无电流，则故障在主机内。一般情况下，故障点可能为：

(1) 支持介质与缓冲溶液脱离接触。需要重新安放支持介质。

(2) 输出连接线开路或其插头、插座接触不良。需重新接好断线或使插头、插座可靠接触。

(3) 转换开关接触不良。应使其接触良好。

(4) 电流表或其内部分流电阻损坏。需要更换表头或分流电阻。分流电阻的阻值为 4.99。

(三) 电压不受调

(1) 电压调节电位器 W_2 损坏或该支路有地方开路。需更换该电位器或接好开路点。

(2) 可控硅 3CT6 的阳极和阴极之间击穿短路。需更换。

(3) 触发电路有故障。详见后面的说明。

(四) 触发电压达不到最高值

(1) T_2 的特性变坏，使其 ce 之间的电阻变大。需要更换。

(2) 带负载时，若输出电压只能达到 300V 以上，则可能是主电路中的整流二极管 $D_1 \sim D_4$ 中有一臂开路，使全波整流变为半流整流所致。需查出更换。

(五) 一开电源，便烧保险丝

(1) 电泳槽部分有短路。可拔掉电泳槽引线试试看。若拔掉后不再烧，则是电泳槽部分故障。否则，故障在电源部分。

(2) 主电路有短路。正常时，从面板的两输出插孔中量得的电阻应大于 100K。如果阻值太小，说明输出部分有地方短路。应查出排除。

(3) 整流二极管有击穿或 C_9 、 R_{14} 支路有短路。应更换二极管。至于 C_9 支路，可以去

掉不要。

(4) 变压器坏，应更换同规格的变压器。

(六) 指示灯亮，但旋转输出调节钮，无电压输出

(1) 主电路部分故障：可先测量整流后的电压，正常时应有 650V 直流电压。若无 650V 电压，可再往前测变压器高压绕组两端的电压，正常时应有 700V 的交流电压。若有，说明 4 只二极管中有损坏的，查出来更换即行。若整流后有 650V 电压，可再测 R_1 两端，看有无电压输出。若有，并随 W_1 的调节而变，说明滤波输出部分有开路点，应查出来重新接好。若 R_1 两端仍无电压，可用示波器测量可控硅的 G、K 之间的电压波形，若有数百赫兹、1V 以上的脉冲波形输出。说明可控硅损坏，应更换。也可以用一个 2V 左右的直流电压去触发可控硅。若接好后，仍无电压输出，一般为可控硅损坏。

(2) 触发电路部分故障：触发电路部分应先检查该部分的供电电压正常与否。正常时，两只稳压管两端的电压应为 19V。若无 19V 电压，故障压缩在 R_5 左边的整流部分。若电压正常，则故障在振荡和触发电路部分。此时若用示波器测量 C_8 和 R_7 两端的波形，可以很快判断出故障的所在点。若无示波器，也可以用三用表测试各工作点电压来判断故障所在。

正常时， R_5 左端的电压应为 48V。 T_1 的基极电压为 1V 左右，且不随 W_1 的调节而变化。若随 W_1 的调节在 0.5~4V 之间变化，则为 T_1 的 be 结或 D_9 开路所致。应更换。

T_1 的集电极电压为 18.5V。

T_1 的发射极电压为 18.7V。集电极电压随 W_1 的调节在 5.5~7.5V 之间变化。

T_3 的 b_2 极为 18V， b_1 极为 0.2V。

如果在测量过程中那一级电压相差较大，一般是该极所接的管子损坏所致。因为在小电流工作的场合，阻、容元件较少损坏。

需要注意的一点是，由于触发电路是直接耦合的，极间相互发生影响。所以应按 T_1 、 T_2 、 T_3 的顺序检查。

更换 T_2 时，如果换上 3CG 型号的管子，性能可能会更好。

(七) 调压时，电压或电流有停顿、或跳动现象

此种现象一般是多圈高压电位器 W_1 接触不良所致。需要更换该电位器。

第三节 其它电泳仪简介

一、常压电泳仪

图 8-10-8 和图 8-10-9 是两种常压电泳仪电路图。从图中可以看出，这两种常压电泳仪和 DY-W2 型中压电泳仪的电路十分相似。尤其是 DY-W1 型电泳仪，除了主电路直接取自电网电压外，其余部分几乎和 DY-W2 型完全相似。DY-1 型又在此基础上取消了电压负反馈电路。也就是说，该机无电压稳定功能。这两种电泳仪的最高输出电压都是 300V。最大输出电流，DY-1 型为 400mA，DY-W1 型为 300mA。

二、BS-423 型稳压稳流电泳仪

BS-423 型稳压稳流电泳仪的最大特点是具有稳流功能。它的输出电压和电流都有两档。在 50~300V 档工作时,可以输出 10~50mA 的电流;在 50~600V 档工作时,可以输出 10~100mA 的电流。电流的稳定度 $\leq 1\text{mA}$,电压稳定度 $\leq \pm 1\%$ 。该机还设有定时功能,定时范围可以在 0~60min 之内任意选择。图 8-10-10 是其电路原理图。从上往下,该电路可分为主供电回路、触发电路、电压给定电路和定时电路 4 部分。

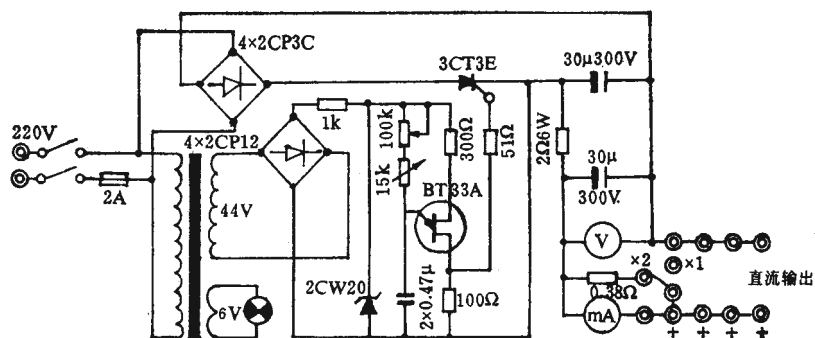


图 8-10-8 DY-W₁ 型电泳仪电路图

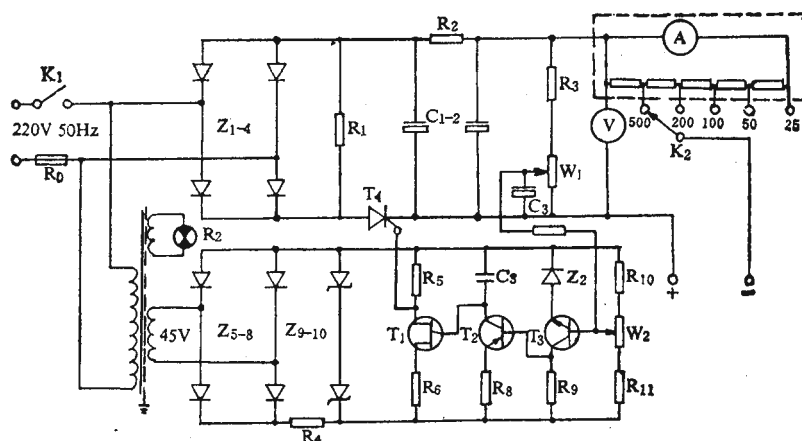


图 8-10-9 DY-1 型电泳仪电路图

(一) 主供电回路

这部分和 DY-W2 型中压电泳仪基本相同。其区别之处,一是在稳流时,电路中串入了 R_5 、 W_2 并联的电流取样电路;二是电路的输出端串入了一只保险管 RD_2 ,作为短路保护用。 RD_2 的容量为 0.25A。

(二) 触发电路和电压给定电路

触发电路和 DY-W2 型的区别一是加接了作保护用的三只二极管 $D_7 \sim D_9$,二是电压的给定单独由一组高精度电压源供给。该电压源位于电路图的第三部分。交流 20V 的电压经整

流后由两级稳压管稳压供给。

(三) 定时电路

定时电路由稳压电路、定时调节器 DS、继电器 Z 及报警喇叭 F 等组成。

定时工作时, DS 两端短路, 继电器线包 Z 带电, 其接点 Z₁ 被吸向上, 喇叭 F 处于开路状态。

定时时间到了后, 定时器 DS 开路, 继电器 Z 断电, 其接点 Z₁ 回复到常闭状态, 喇叭接通 50Hz 交流电压, 使蜂鸣器鸣叫。K₄ 是蜂鸣器开关。当不需要使用蜂鸣器时, 将其断开即行。

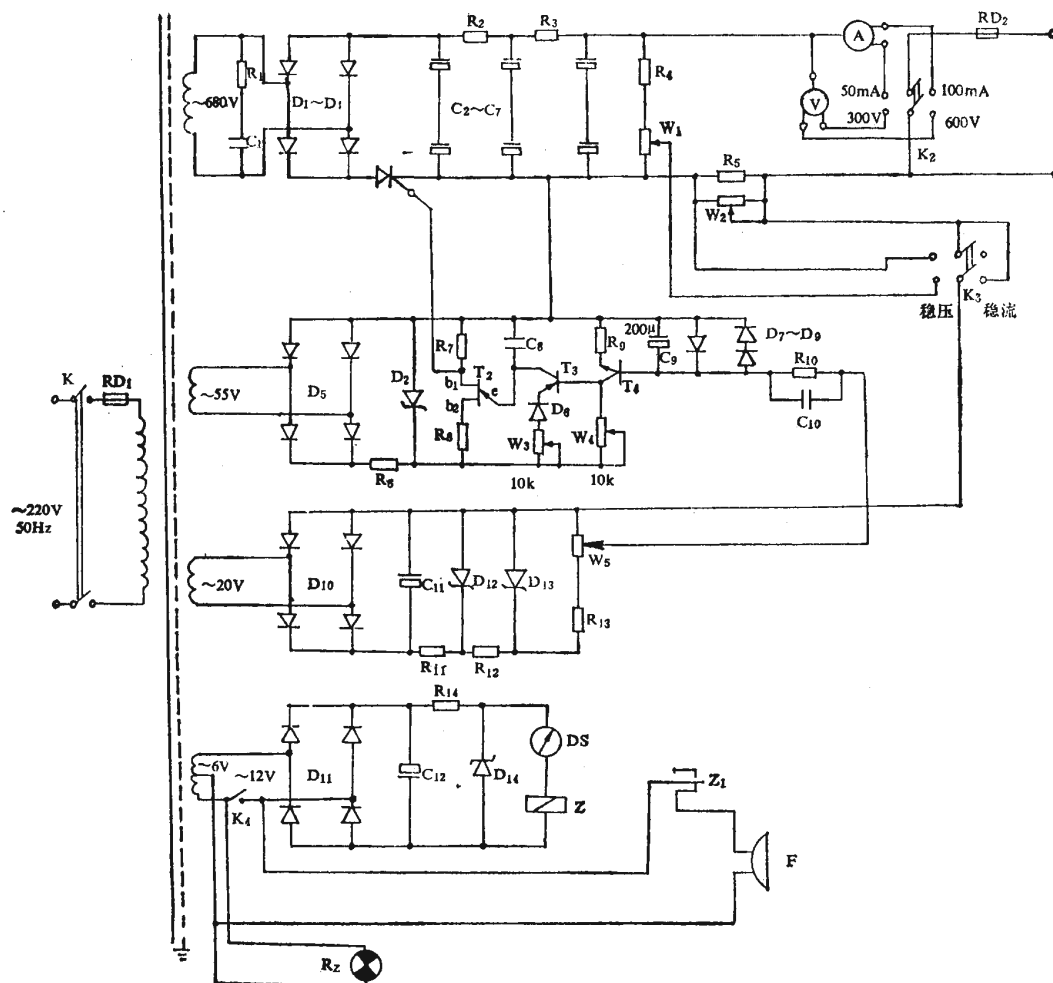


图 8-10-10 BS423 型稳压稳流电泳仪

(四) 稳压与稳流

仪器的稳压与稳流工作状态由稳压稳流开关 K_3 来转换。稳压时, K_3 打向左。此时, 电

流取样电路 R_5 、 W_2 被短路。取样电压取自 W_1 ，然后经电压给定电路的电位器 W_5 送到触发电路。稳压过程和 DY-W2 型一样。稳流时， K_3 打向有，此时，电压取样电路被断开而不起作用。 R_5 和 W_2 、并联后，作为电流取样电路串接在输出回路中。输出电流的变化在 W_2 上产生压降。 W_2 的中心抽头将这一随电流而变的电压信号通过 W_5 加到了放大电路 T_4 。下面的稳定过程和稳压相同，不再重述。

使用和维护稳压稳流电泳仪时最重要的一点是，在稳流档时，严禁在空载情况下开机，否则会造成仪器的损坏。必要时，可在输出端接一个大功率电阻作假负载。

第四节 国内电泳仪故障实例

一、江苏无锡石塘湾微机检测仪器厂 WJP-BIV 型显微镜红细胞电泳仪故障检修 4 例

故障例 1: 电极板接触不良

故障现象: 电泳仪的显微镜里观察不到细胞移动。

故障分析: 盖玻片上待测样品的细胞是靠加在玻片两端的电极板上的正、负电压驱动的。样品细胞不移动, 很可能是由于加在电极板上的电压(约 DC50V)没有产生或没有传导到样品上。所以, 应重点检查整流电路和电极板导电性是否良好。

故障排除: 经详查, 故障原因是电极板上长有锈斑, 造成接触不良, 电压加不到玻片上。处理方法是: 将电极板用砂纸打磨, 并在其表面上一层焊锡, 然后, 通电试机, 机器工作恢复正常。

故障例 2: 继电器 J522 损坏

故障现象: 电泳仪的“控温指示”灯不亮。

故障分析: 电泳仪开始工作时, 首先将测试盒里的温度控制在某一个范围。这个温度控制电路, 见图 8-10-11 所示。当测试盒里的温度达到预置温度时, 导电表短接, 电热器停止工作。使用者观察到“控温指示”灯点亮, 才可以继续后面的工作, 否则, 测试无效。这里, “控温指示”灯不亮, 有可能是指示灯坏, 或导电表坏, 或电热器坏, 或控制电路出故障。

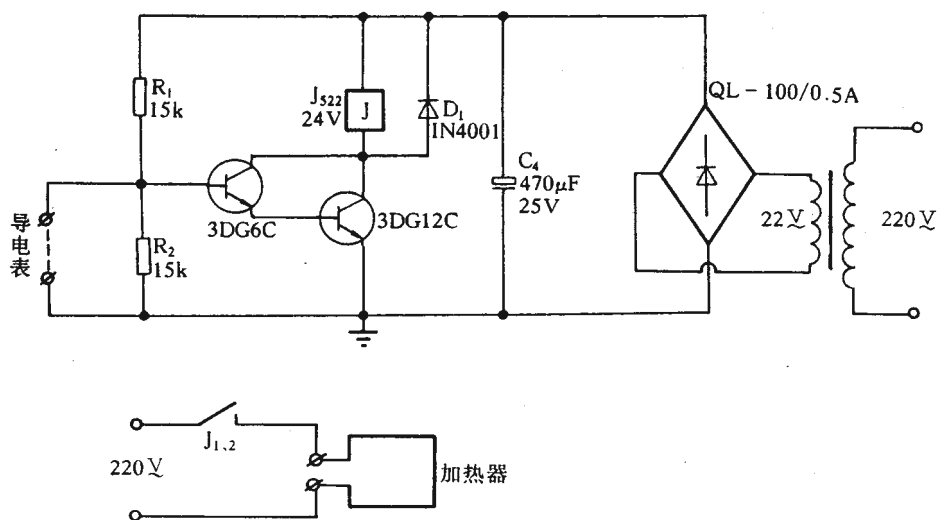


图 8-10-11 温度控制电路

故障排除：经检查，故障原因是控制电路里的继电器 J₅₂₂ 烧坏，造成加热器不能加热。处理方法是：用同种规格的继电器更换损坏件。通电试机正常。

故障例 3：控制开关断线

故障现象：电脑测定仪上的数码管无显示。

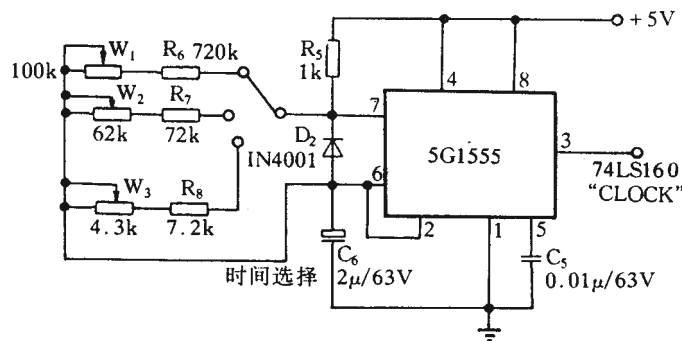


图 8-10-12 脉冲发生电路图

故障分析：该故障的产生原因有以下几种可能：1. 数码管上的电源没有加上；2. 数码管上的地线未接好；3. 脉冲发生电路无输出，见图 8-10-12 所示；4. 开关“左←→右”、“停止”、“开始”工作不良；5. 电路没有清零复位。

故障排除：经检查，故障原因是控制开关“左←→右”断线，造成无脉冲信号进入译码电路，因而没有显示。

处理方法是：将断线重新焊好，然后通电试机，正常。

故障例 4：打印机被卡住

故障现象：电脑测定仪的针式打印机打不出字。

故障分析：该故障的产生原因很多，不过一般有以下几种可能：1. 打印机的针卡住或脏了；2. 打印头上的电磁线圈烧断；3. 色带损坏或油墨不足；4. 打印机驱动电路中的达林顿管或缓冲器损坏；5. 电泳仪的信号传送不到电脑测定仪，即两者的连接线断。

故障排除：经详查，故障原因是打印针被卡住。处理方法是：将两颗固定螺钉拆下，重新安装打印头，将其摆正位置，然后上好螺钉。注意，整个过程应小心细致，以免损坏打印机，造成不必要的损失。最后通电试机，正常。

二、北京生化仪器厂 DY-1 型电泳仪故障检修 4 例

故障例 1：高压绕组烧坏短路

故障现象：无电压、无电流输出。

分析与检修：开机后指示灯不亮，取下保险丝管，发现已烧断，更换后仍断，怀疑电源电路有故障。打开机器，拔出 524P 整流管，用万用表测量高压绕组，其中一组只有几个欧

姆,说明该绕组烧坏短路,将变压器拆下重绕即可排除故障。考虑到该变压器绕组多,高压组又是对称抽头,体积大,可设法改掉该机的供电电路。方法如下:把高压部分改为倍压整流,输出为 750V,电子管灯丝电压采用输出为 6.3V、2A 以上的变压器供给(可用市售 6V、12W 以上的变压器代用),装在一小块胶木板上接入电路中即可,如图 8-10-13 所示。

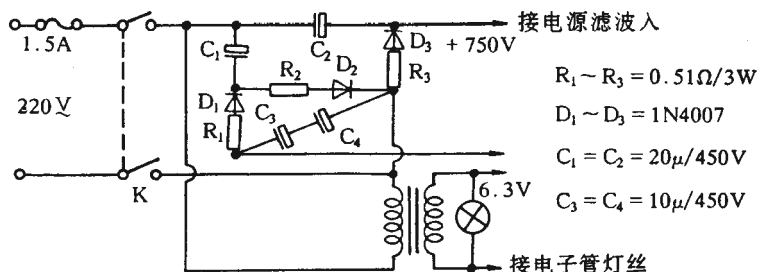


图 8-10-13 电路图

故障例 2: 可控硅 3CT3E 损坏

故障现象: 电泳仪输出大于 150V, 电流大于 100mA, 调节电位器, 电压电流变化极小。

分析与检修: 该机电路较为简单, 由单结管触发电路控制可控硅来调节输出电压电流的大小。首先检查触发电路是否失灵, 用万用表测量 2CW20 稳压管两端电压约 14V, 属正常; 再测量 100 电阻压降, 调节输出电位器, 电压在 2.5V~9V 范围内变化, 说明触发控制电路无异常, 焊下可控硅, 用万用表 10k 档, 测量阴极与阳极的正反向值, 约为 20k 左右(正常为无穷大)。说明 3CT3E 可控硅损坏, 更换一只同型号的管子即可, 见图 8-10-14 所示。但考虑到此类国产管太贵(市售价超过 10 元), 试用 3A、600V 的单向可控硅进口管代替。如: CR3EM-10, CR6AM-10, CSM5B4 或 CR2AM-8 加散热片也可用, 一只此类管只需 2 元左右。改用了两台, 工作近 3 年, 一直很稳定。

故障例 3: 取样管发射结击穿

故障现象: 电泳仪调节输出电压电流变化极小, 而且变化方向与正常时正好相反。

分析与检修: 该仪器采用了调节范围较大的并联调整管串联式稳压电路, 实际上并不复杂。见图 8-10-15 所示。

开机检修时, 先选择低电压输出, 测量两只 3DA581 调整管上的电压: V_{be} 均为 0.6V, V_{ce} 均为 350V, 再测量取样管 3DA87E 管降压为 V_{ce} 为 6.2V, V_{be} 为 0V, 说明该管发射结击穿。更换一只同型号管子, 仪

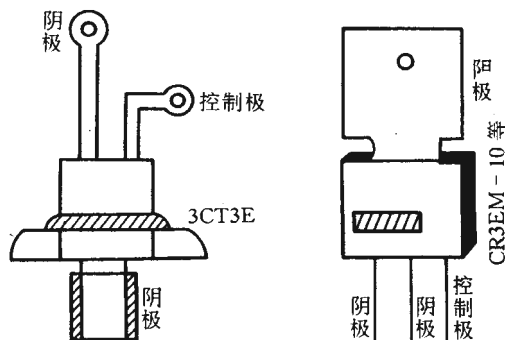


图 8-10-14 结构图

器正常工作。该管也可用进口管 C2482 代替，效果甚佳，价格也只有国产管的半价左右。

故障例 4: 集成块 $\mu 9A741$ 损坏

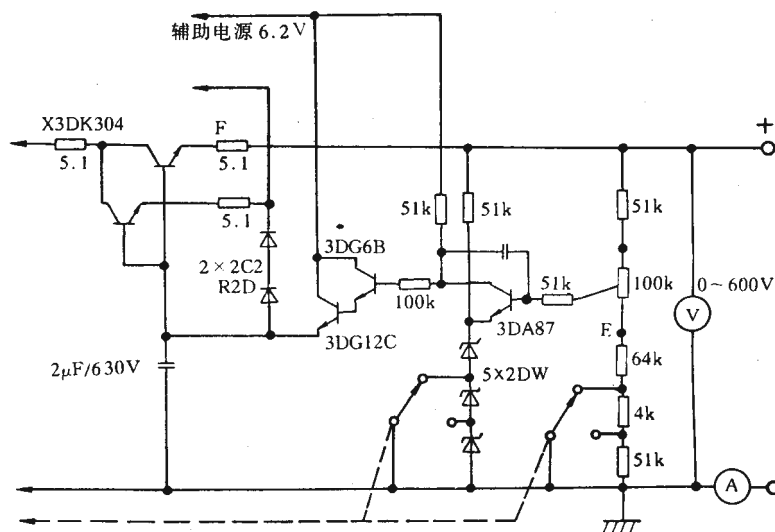


图 8-10-15 串联式稳压电路图

故障现象：不管是稳压还是稳流位，或是极性转换位，均无输出。

分析与检修：由于该仪器具有稳压和稳流功能，而且要求精度高，故电路结构稍为复杂些。如采用了电压电流负反馈，恒流基准电源以及运放集成电路等。出现上述故障，首先考虑各种直流电压是否正常，尤其注意是否有高压输出。同时也要怀疑 3 只并联调整管或比较放大器有否异常。开机后，将选择开关置稳压位，电压电流分别选择 600V 和 100mA 位。此时，黑表笔接（一）端接线柱，红表笔接调整管 C1325 的 c 极，电压为 800V，e 和 b 极为 0V，这说明调整管处在截止开路状态，再在 $\mu A741$ 集成块，见图 8-10-16 所示的④脚和⑦脚上分别对地测量 $\pm 15V$ 电压正常；接着把红表笔接（+）端接线柱，黑表笔分别量 $\mu A741$ 集成块的②反相端和③同相端，调节输出电位器，②脚电压从 0~4.4V 变化，③脚电压无变化，为 0V，（应同②脚一样变化才算正常），⑥脚输出端电压也无变化，（正常时，电压应从 +9.5V~ -10V 之间变化），说明误差比较放大级 $\mu A741$ 集成块内部有故障，拔出 $\mu A741$ 集成块，发现底面有条明显的裂缝，估计在插入时用力过大或在搬运中震裂，造成内部断线损坏。用任何型号的 741 块或国产 F007 双列直插式运算放大器代用，均能使仪器恢复正常。

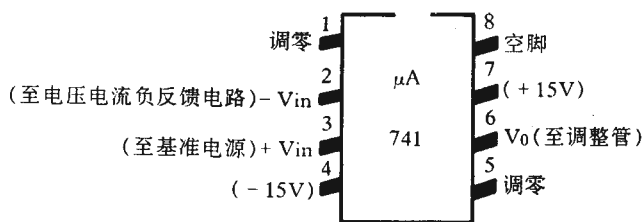


图 8-10-16 电路图

最后，需要注意的是，以上各例检修中，必须在仪器输出接线端子上接入 $5k\Omega$ 15W 左右的电阻作为假负载，才可进行。

三、北京生化仪器厂 DY-W2 型中压电泳仪故障检修 6 例

故障例 1: 指示灯不亮, 输出也无电压

故障现象: 指示灯不亮, 输出也无电压。

分析与检修: 故障出在输入电路。可能是保险丝烧断、电源开关接触不良或变压器损坏。可拔掉电源插头, 关闭电源开关 K_1 , 用万用表 $R \times 1\Omega$ 档去测量电源插头的 220V 输入。正常时应为十几欧姆电阻, 若为 ∞ 大, 说明有开路处, 需仔细检查电源输入电路。

故障例 2: 有电压指示, 但接入电泳槽后无电流指示

故障现象: 有电压指示, 但接入电泳槽后无电流指示。

分析与检修: 主要是输出端有开路地方, 故障点可能为:

1. 支持介质与缓冲溶液脱离接触; 需重新安放支持介质; 2. 输出线开路或其插头插座接触不良; 需重新接好断线或使插头插座可靠接触; 3. 转换开关 K_2 接触不良; 可用更换档次的办法来判断; 4. 电流表表头或其内部分流电阻损坏; 需更换表头或内部分流电阻。分流电阻的阻值为 4.99Ω 。

可外接一负载电阻 (10k 左右, 2W 以上), 电压调在 100V 以下, 看有无电流输出。如有, 则故障在主机外面, 若仍无电流, 则故障在主机内, 重点检查 3 和 4 两项。

故障例 3: 电压不受调

故障现象: 电压不受调。

分析与检修: 1. 电压调节电位器 W_2 损坏或该支路有地方开路; 需要换 W_2 或焊好开路点; 2. 可控硅 3CT6A 的阳极和阴极击穿短路, 此时电压 $>600V$ 且不受调节; 需更换可控硅; 3. 触发电路有故障。

故障例 4: 输出电压达不到最高值

故障现象: 输出电压达不到最高值。

分析与检修: 1. T_2 的特性变坏, 其 c、e 极间的电阻变大, 可控硅的导通角变小; 需更换; 2. 带负载时, 若输出的电压最高只能调到 300V 以上, 则可能是主电路中的整流二极管 $D_1 \sim D_4$ 中有一臂烧开路, 使全波整流变成了半波整流; 需查出更换。

故障例 5: 指示灯亮, 但无电压输出

故障现象: 指示灯亮, 但无电压输出, 并且电流表为零 (接负载时); 这种故障可能出于主电路, 又可能出于触发电路。

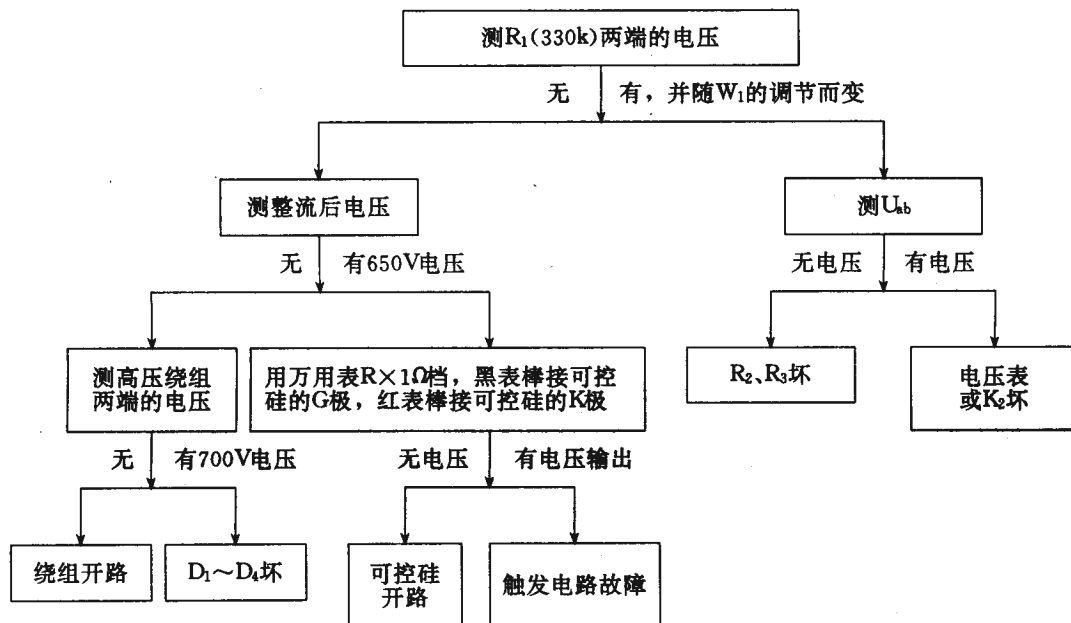
分析与检修: 1. 主电路部分。主电路部分的检查步骤如下:

若整流后的电压正常, 而 R_1 两端无电压输出, 不从电路中断掉可控硅而判断其好坏, 还可以用其他方法。如用一节干电池或其他任何 2V~5V 的直流电源, 将电源 (电池) 的负极接可控硅的负极 K, 正极接可控硅的栅极 G, 若输出电压 $\geq 600V$, 说明可控硅是好的。若仍然无电压, 则是可控硅损坏, 需更换可控硅。

对新更换的可控硅, 在接入电路前, 也可以用万用表粗测其好坏。

一个性能良好的可控硅应该是:

- (1) 任意二极管间不呈短路；(2) 阳极和阴极间无论正、反向测量，阻值都趋向于 ∞ 大；(3) 栅极 G 和阴极 K 之间既不呈短路也不呈开路状态，其正反向电阻区别不太明显，阻值为几百欧姆左右；(4) 电表连接见图 8-10-17 所示，导线碰一下 G 极后，A、K 极间呈低阻。若不在上述 4 种情况之内，则为可控硅损坏。



2. 触发电路部分（各点电压均以可控硅负极为参考点，所有数据均为实测值，不同机器可能略有出入），判断触发电路故障可先从稳压管两端查起。两只稳压管串联电压应为 19V，若无 19V 电压，故障在 R_5 左边的整流或低压绕组部分；若有 19V 电压，则故障在 T_1 、 T_2 、 T_3 三级间。

正常时， R_5 左端的电压为 48V。

T_1 基极的电压应为 1V，随 W_1 的调节而变，若随着 W_1 的调节在 0.5V~4V 变化，则为 T_1 的 b、e 结或 D_9 开路所致。 T_1 集电极电压应为 18.5V。

T_2 发射极电压为 18.7V，集电极随 W_1 的调节在 5.5V~7.5V 之间变化。

T_3 的 b_2 极为 18V， b_1 为 0.2V。

如若测量过程中哪一级电压相差太大，可将该级的管子测下来判断，

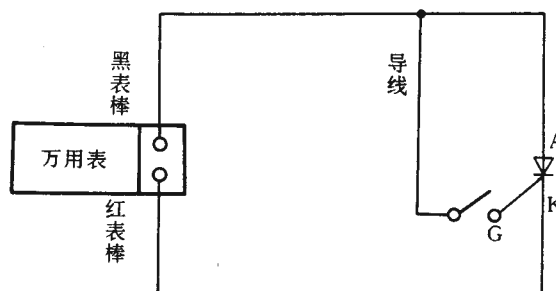


图 8-10-17 电表连接图

因为在小电流工作的场合，阻容元件很少损坏。但要注意，由于这三极是直接耦合，极间互相影响，所以必须先从 T_1 向后查起。更换 T_2 时，如换上 3CG 型号的管子，性能会更好些。

单结管可用万用表的“ $\times 100\Omega$ ”或“ $\times 1k$ ”档做简单判断。方法为：黑表棒接 e，红表棒分别接 b_1 、 b_2 极，此时，因 PN 结加正向电压，应呈现几百欧姆至几千欧姆的低阻。反之，用红表棒接 e，黑表棒分别接 b_1 、 b_2 ，PN 结因加反向电压，均应呈现大于几百千欧姆的高阻。

故障例 6：通电后，立即烧断保险丝

故障现象：通电后，立即烧断保险丝。

分析与检修：1. 电泳槽部分有短路。可拔去电泳槽引线试试看，若拔去后不再烧，则是电泳槽部分故障。否则，故障在电源部分；2. 主电路有短路。正常时，从面板的两输出插孔向内量得的输出电阻应 $>100k$ ，如阻值太小，说明输出端有故障。若 b、a 间阻值为电流内阻 5，说明 R_2 和电流表之间对 a 有短路。若测得的电阻为 R_3 和 R_2 的串联阻值 360（有的仪器为 200D），则说明 R_2 之左对 a 点有短路；3. 主电路或触发电路中的整流二极管 $D_1 \sim D_4$ 或 $D_5 \sim D_8$ 中有击穿短路的；查出更换；4. 变压器短路；变压器初级绕组的直流电阻应大于十几欧姆，次级高压绕组为一百多欧姆，低压绕组为十几欧姆（不同时期出厂略有变化），若哪组阻值大大低于此值或为 0，便为哪组绕组短路，需重绕或更换同规格的变压器。

第十一章 临床检验仪器的原理、构造与维修

原子光谱分析仪（atomic spectrum analyzer）是医学上常用的检验仪器。原子光谱分析仪的理论基础是基于物质的原子在一定条件下的外层电子跃迁。对跃迁所产生的光谱进行化学分析的仪器就是原子光谱分析仪器。主要有原子吸收光谱仪、原子发射光谱仪和原子荧光光谱仪。本章主要讨论原子吸收光谱仪和原子发射光谱仪。原子光谱分析仪有以下特点：

1. 分析速度快、操作简便 有些样品不需任何化学处理可直接进行光谱分析，而且不需纯样品，只利用已知图谱即可进行定性分析。
2. 选择性好、灵敏度高 可测定化学性质很接近的元素和化合物，这是因为它们的谱线相互不受干扰。
3. 可同时测定多种元素 一般情况下不必进行复杂的分离处理。
4. 测定范围广，试剂用量少 原子吸收光谱仪可以测定七十余种元素，尤其适用于易电离和易挥发的元素，既可以用作痕量组分分析，又可以进行常量组分测定。在应用无火焰法进行测试分析时，试样的用量可以仅有 $1\mu\text{l}\sim 100\mu\text{l}$ 的溶液就可以了。

第一节 原子吸收光谱仪

原子吸收光谱仪（atomic absorption spectrometer）又称为原子分光光度仪，其主要功能是定量元素的浓度。原子吸收光谱法通常采用火焰或无火焰方法将待测元素转化成蒸气状态，再由空心阴极灯提供待测元素的共振谱线辐射。通过待测元素的蒸气后，共振辐射的强度因被待测元素的基态原子吸收而减弱，再通过单色器和检测器检测辐射光强度的减弱来计算元素的含量。原子吸收光谱法有以下特点：

1. 原子谱线简单，不同元素重叠度小，故特异性高；
2. 适用范围广。原子吸收光谱法可用于多种金属元素的测定；
3. 原子吸收光谱法信号强度受温度的影响较小；
4. 灵敏度高，一般测定限可达 $1\mu\text{g/L}$ ；
5. 测定简单、快速、准确，尤其适用于易电离和易挥发的元素。
6. 但原子吸收光谱法也有一些不足之处。如对成分复杂的样品，干扰较重。测定不同的元素时，原子吸收光谱仪需要更换光源灯，不利于同时进行多种元素的分析，使用不方便。目前已有少数新型原子吸收光谱仪能够适合多种条件的需要，但价格较贵。

一、原子吸收光谱法的基本原理

（一）共振线

原子受外界能量激发时，其最外层电子可能跃迁到不同能级，因此有不同的激发态。电子从基态跃迁到能量最低的激发态（称为第一激发态）时要吸收一定频率的辐射光，当它再跃迁回到基态时，则发射出同样频率的光（谱线），对应的谱线称为共振发射线。电子从基态跃迁到第一激发态所产生的吸收谱线称为共振吸收线。通过直接电磁跃迁能回到基态的受激原子、离子或分子的能级称为共振能级，对应于共振能级和基态间跃迁的谱线称为共振线。

各种元素的原子结构和外层电子排布不同，因而不同元素的原子从基态跃迁到第一激发态（或由第一激发态跃迁回到基态）时吸收（或发射）的能量不同，因而各种元素的共振线不同而各有其特征，这种共振线称为元素的特征谱线。这种从基态到第一激发态的跃迁又最容易发生，因此对大多数元素来说，共振线是元素谱线中最灵敏的谱线。在原子吸收光谱法中，就是利用处于基态的待测原子蒸气对从光源辐射的共振线的吸收来进行分析的。

（二）原子吸收光谱法的定量基础

1. 定量关系 原子蒸气所吸收的全部能量，在原子吸收光谱法中称为积分吸收。积分吸收与单位体积原子蒸气中吸收辐射的原子数成正比。因此从理论上讲，若能测得积分吸收值，就可以计算出待测元素的原子数。

根据理论推导，如果采用与待测元素相同的纯金属或化合物制成的空心阴极灯来作为锐线光源，则原子蒸气的吸光度与待测元素吸收辐射的原子总数成正比，即：

$$A=kNL$$

式中， A 为原子蒸气的吸光度， k 为一比例常数， N 为吸收辐射的原子数， L 为原子蒸气的厚度（即吸收池的有效吸收光程）。

实际分析中要求测定的是试样中待测元素的浓度，而此浓度是与待测元素吸收辐射的原子总数成正比的。在一定浓度范围和一定吸收光程的情况下，吸光度与待测元素的浓度的关系可以表示为：

$$A=k'c$$

式中， k' 是一个比例常数， c 为待测元素的浓度。这说明在一定实验条件下，吸光度与待测元素的浓度是服从比耳定律的。因此测定吸光度就可以求出待测元素的浓度。上式即是原子吸收光谱法中常用的定量公式。

2. 人体微量元素的检测：人体内含有 30 多种金属元素，有些金属元素含量较高，称为宏量元素，如 Na、K、Ca、Mg 等。有些金属元素则含量甚微，称为微量元素，如 Fe、Cu、Zn、Co、Mn、Cr、Ni、Mo、V、Sn 等。它们的定量测定均可用原子吸收法。还有许多由环境进入人体的有毒元素，如 Bi、Sb、Be、CA、Hg、Pb 等。也可用原子吸收法进行定量分析。

二、原子吸收光谱仪的结构

（一）原子吸收光谱仪的种类

原子吸收光谱仪有多种类型，但是基本构造是相同的，即由光源、原子化器、分光系统、

检测器和记录器等几大部件组成，如图 8-11-1 所示。

目前经常使用的有单道单光束、单道双光束和双（多）道双光束型。单道单光束和单道双光束型仪器由于构造简单，价格便宜，因而应用比较普遍。如图 8-11-2 和图 8-11-3 所示。

单道单光束型原子吸收光谱仪和单道双光束型原子吸收光谱仪的差别是从光源发出的光在单道双光束型原子吸收光谱仪中被分为两束，一束通过原子化器与另一束不通过原子化器的参比光束会合到分光系统。利用参比光束来补偿光源强度变化的影响。在一定程度上可改善信噪比。

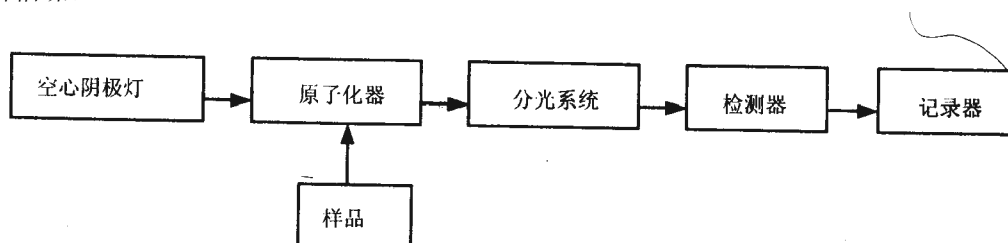


图 8-11-1 原子吸收分光光度计结构示意图

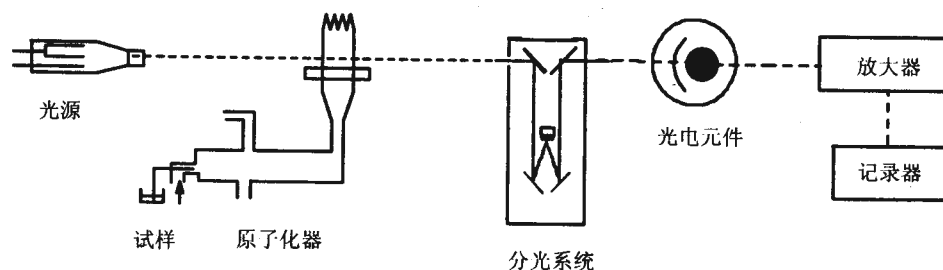


图 8-11-2 单道单光束型原子吸收光谱仪示意图

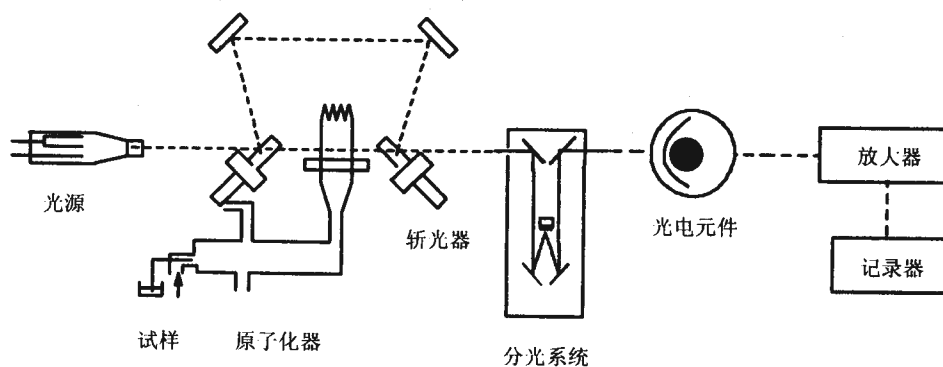


图 8-11-3 单道双光束型原子吸收光谱仪示意图

双道双光束型原子吸收光谱仪的构造比较复杂，价格也较昂贵。但这种仪器的效率比单道型仪器高一倍，这样就能用同样的检测样品获得更多的信息，而且速度也较快。另外，这种仪器还能用内标法克服分析中的干扰因素。构造示意图如图 8-11-4 所示。

(二) 原子吸收光谱仪的主要部件

原子吸收光谱仪尽管型号多样,但基本结构相同,是由光源、原子化器、分光系统及检测系统四个主要部件组成。

1. 光源—空心阴极灯 原子吸收光谱仪所采用的光源大多为元素空心阴极灯,以供给原子吸收所需要的足够尖锐的共振线。

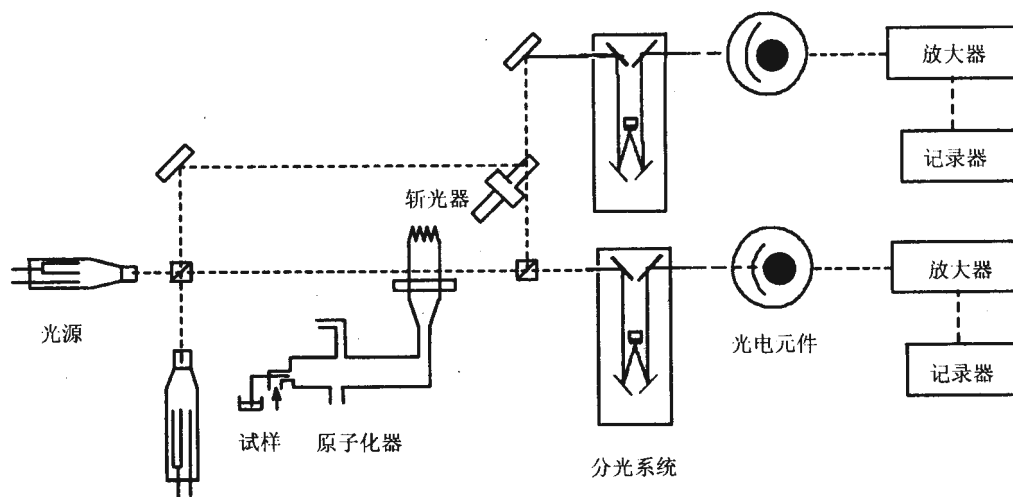


图 8-11-4 叉道双光束型原子吸收光谱仪示意图

(1) 对光源的要求: 为了测出待测元素的峰值吸收系数,必须使用锐线光源,即发射线的半宽度比吸收线的半宽度窄得多,否则,测出的不是峰值吸收系数。而且发射的光强度必须稳定且背景小,而光强度的稳定性又依赖于供电系统的稳定性。空心阴极灯、蒸气放电灯及高频无极放电灯等均符合这些要求。下面主要介绍应用最广泛的空心阴极灯。

(2) 空心阴极灯: 空心阴极灯是原子吸收光谱仪中最重要的部件,它的主要功能是供给原子吸收所需要的足够尖锐的共振线。普通的空心阴极灯是一种气体放电管。它包括一个阳极和一个空心阴极。两电极密封于带有石英窗的玻璃管中,管中充有低压惰性气体。其结构如图 8-11-5 所示。当正负电极间施加适当电压时,电子将从空心阴极内壁流向阳极,在电子通路上与惰性气体原子碰撞而使之电离,带正电的惰性气体离子在电场的作用下,向阴极内壁撞击,使阴极表面的金属原子溅射出来,再与电子、惰性气体原子及离子发生碰撞而被激发,于是阴极内的辉光中便出现了阴极物质和内充惰性气体的光谱。

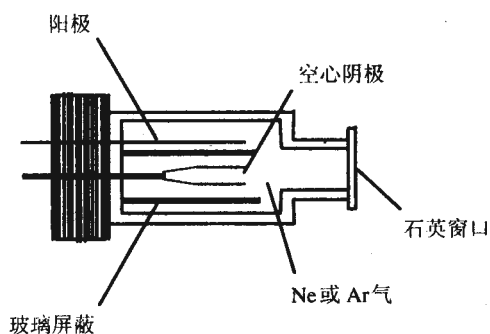


图 8-11-5 空心阴极灯示意图

空心阴极发射的光谱主要是阴极元素的光谱,其中也杂伴有内充气体及杂质的光谱,因此用不同的待测元素作阴极材料,可制成相应的待测元素的空心阴极灯。阴极物质只含有一

种元素时，就是单元素灯；阴极物质含有多种元素时，就是多元素灯。为了防止干扰，制灯用的金属纯度必须较高，以使阴极元素的共振线附近没有内充气体或杂质元素的强谱线。

空心阴极灯的光强度与灯的工作电流有关。增大灯的工作电流，可以增加光强度。但电流过大，会导致灯本身发生自蚀现象和放电不正常，使灯光强度不稳定。但是，工作电流过低，又会使灯光强度减弱，导致稳定性和信噪比下降。因此使用空心阴极灯时必须选择合适的工作电流。

2. 原子化器 原子化器是原子吸收光谱仪中另一个重要的部件。原子化系统的作用是将试样中的待测元素转变成原子态的蒸气。常用的原子化器有火焰原子化器和无火焰原子化器两种。火焰原子化器有简单、快速、对大多数元素有较高的灵敏度和检测极限的优点，所以使用最广泛。无火焰原子化器电极插入样品触点时好时坏，重复性差，设备复杂，操作不易掌握，但比火焰原子化器具有较高的原子化效率、灵敏度和检测极限，无火焰原子化技术近年来有了很大的改进，发展很快。

(1) 火焰原子化器：火焰原子化器包括雾化器和燃烧器两部分。用于原子吸收光谱法的燃烧器有两种类型，即全消耗型和预混合型。目前使用较普遍的是预混合型燃烧器。全消耗型燃烧器系将试液直接喷入火焰中。预混合型燃烧器是先将试液雾化，在雾化室内除去较大的雾滴，使试液雾滴均匀化，然后再喷入火焰中。

雾化器：雾化器的作用是将试液雾化。使之在火焰中能产生较多且稳定的基态原子。雾化器是原子吸收光谱仪中的重要部件。雾化器的性能对测定精密度和化学干扰等产生显著影响。目前应用最广的雾化器是气动同心型雾化器，如图 8-11-6 所示。它是根据伯努利原理，当高压载气以高速通过毛细管外壁与喷嘴口构成的环形间隙时，在毛细管出口处的尖端形成一个负压区，从而试液沿毛细管吸入，并被高速气流分散成小雾滴。喷出雾滴经节流管碰在撞击球上，进一步分散成细雾。

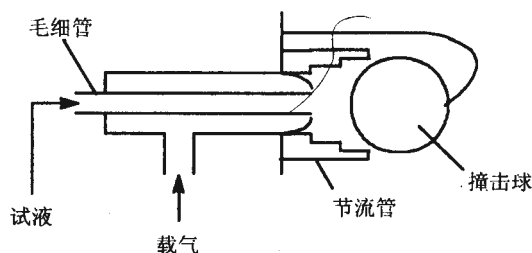


图 8-11-6 雾化器示意图

燃烧器：试液雾化后进入其中的预混室（或称雾化室），与燃气在室内充分混合。其中较大的雾滴凝结在壁上，经预混合室下方废液管排出，而最细的雾滴进入火焰中。预混合型燃烧器的主要优点是产生的原子蒸气多，火焰稳定，背景较小而且比较安全，所以目前应用较广。其缺点是雾化效率低。图 8-11-7 为预混型燃烧器示意图。

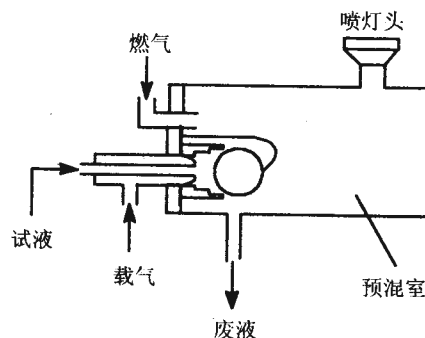


图 8-11-7 预混型燃烧器示意图

火焰：在原子吸收光谱法中，火焰（flame）的作用是提供一定的能量，促使试样雾滴蒸发、干燥并经过热离解或还原作用，产生大量基态原子。因此，原子吸收法所使用的火焰，只要其温

度使待测元素解离成游离基态原子就可以了。温度过高,激发态原子将增加,电离度增大,基态原子减少,这对原子吸收是很不利的。因此在确保待测元素充分解离为基态原子的前提下,低温火焰比高温火焰具有较高的灵敏度。但对某些元素来说,温度过低,则其盐类不能解离,反而使灵敏度降低,并且还会发生分子吸收,干扰可能会增大。一般易挥发或电极电位较低的元素应使用低温且燃烧较慢的火焰。与氧易生成耐高温氧化物而难解离的元素应使用高温火焰。

火焰的温度主要决定于火焰的类型,并与燃气和助燃气的流量有关。火焰的类型关系到测定的灵敏度、稳定性和干扰等,因此对不同的元素应选用不同的恰当的火焰。按燃助比不同,可将火焰分为三类:第一类是正常焰,也称化学计量性火焰或中性火焰,其燃气和助燃气的比例,与它们之间化学反应的计量关系相近。具有温度高、背景低及稳定性好等特点,适合于许多元素的测定。第二类是富燃焰,又称为还原性火焰,即燃助比大于化学计量关系的火焰,火焰呈黄色,温度稍低,具有较强的还原性,适合于易形成难离解氧化物的元素(如Al、Si、Zr、B、Ti、Be)的测定。第三类是贫燃焰,又称为氧化性火焰,即燃助比小于化学计量关系的火焰,氧化性较强,火焰呈蓝色,温度较低,适合于易离解、易电离元素的原子化。如碱金属等。

此外,选择火焰时,还应考虑火焰本身对光的吸收特性。

空气—乙炔焰是原子吸收测定中最常用的火焰,该火焰燃烧稳定,重现性好,噪声低,温度高,对大多数元素有足够高的灵敏度,但它在短波紫外区有较大吸收。

空气—氢火焰是氧化性火焰,温度较低,其优点是背景发射较弱,透射性能较好。

乙炔—氧化亚氮火焰,这种不但温度较高,而且还可形成强还原性气氛。它能用于测定空气—乙炔火焰所不能分析的难解离元素,如Al、B、Be、Ti、V、W、Si等,并且可消除在其它火焰中可能存在的化学干扰现象。

(2) 无火焰原子化器:近年来无火焰原子化器研究取得了较大的成就。无火焰原子化器有许多种,主要有电热高温石墨管、石墨坩埚、空心阴极溅射、冷原子发生器和激光等。下面主要介绍应用较多的电热高温石墨管原子化器。

电热高温石墨管原子化器本质上是一个电加热器,管上有三个小孔,直径1~2mm,试样溶液从中央小孔注入,如图8-11-8所示。为了防止试样和石墨管氧化,测定时要不断地通入惰性气体。用10~15V, 400~600A的电流通过石墨管进行加热。试样溶液加入量1~100 μ l,测定时分干燥、灰化、原子化和净化等四个阶段。

这种电热原子化器的原子化效率和测定灵敏度都较火焰法高得多;其检出限量可达 10^{-12} g数量级;试样用量仅1~100 μ l;可测定粘稠试样和固体试样;由于整个分析过程在封闭系统里进行,故操作安全。但是电热原子化法的测量精密性不如火焰法,其测定速度也

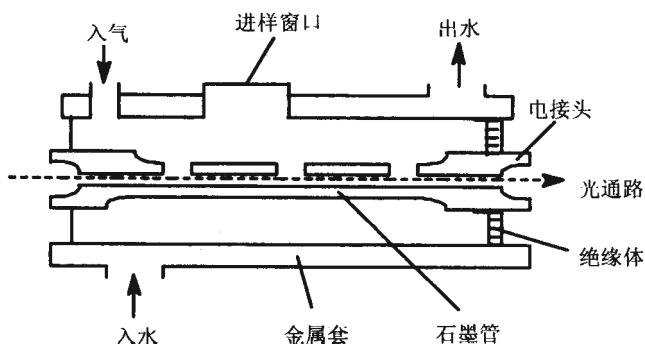


图 8-11-8 电热高温石墨管原子化器示意图

不如火焰法快，操作不够简便，装置也较复杂。

(3) 氢化物原子化器：在通常使用的火焰原子化器中，As、Sb、Bi、Ge、Sn、Pb、Se、Te 等元素灵敏度很低，不能满足微量分析的要求。目前多采用氢化物原子化器来测定这些元素。其原理是用强还原剂在盐酸溶液中与待测元素作用，生成气态氢化物，然后将氢化物送入石英吸收管中进行原子化，并测量其吸光度。因此，氢化物原子化器包括氢化物发生器和原子化器两部分。

氢化物发生器是在反应瓶中放进待测试液，通入 Ar 或 N₂ 气体赶尽空气后，加入还原剂，将产生的氢化物气体待反应停止后送入原子化器。氢化物原子化器的特点是：灵敏度高，可达 ppb 级；选择性好，基体干扰和化学干扰都很少；操作简便、快速。但精密度比火焰原子化器差；As、Sb、Bi、Se 毒性较大，测试时必须有良好的通风条件下进行。

3. 分光系统 分光系统是用来将待测元素的共振线与干扰的谱线分开的一种装置。分光系统主要由分光元件、凹面镜和狭缝组成，这样的系统也可简称为单色器。单色器的分光元件可以是棱镜或衍射光栅 (diffraction grating)。单色器的性能由线色散率、分辨率和集光本领决定，线色散率是指在光谱仪焦面上两条谱线间的距离与其波长差的比值。分辨率是指分开邻近的两条谱线的能力。当两条谱线中较弱辐射强度与较强辐射强度之比小于或等于 80% 时，就认为两条谱线分开了。但此比值仅适用于两条谱线强度接近的情况。原子吸收光谱仪只要求分光系统能将共振线与邻近线分开到一定程度即可，不要求过高的线色散率。因为原子吸收光谱测定既要将谱线分开，又要有一定的出射光强度。也就是说，原子吸收分光系统既要有一定的分辨率，同时也要有一定的集光本领。因此若光源强度确定后，就需要选用适当的光谱通带来满足这些要求。所谓光谱通带，系指通过分光系统出射狭缝的光束的波长区间的宽度。光谱通带宽，分光系统的集光本领加强，出射光强度增加；但同时出射光包含的波长范围增宽，使分光系统的分辨率降低，工作曲线弯曲，产生误差。反之，光谱通带窄，虽然可减少非吸收线，但出射光强度降低，也不利于测定。因此，应根据测定的需要，选择光谱通带。

原子吸收光谱仪的分光系统有许多种形式，如图 8-11-9 所示是一种常见的分光系统的示意图。

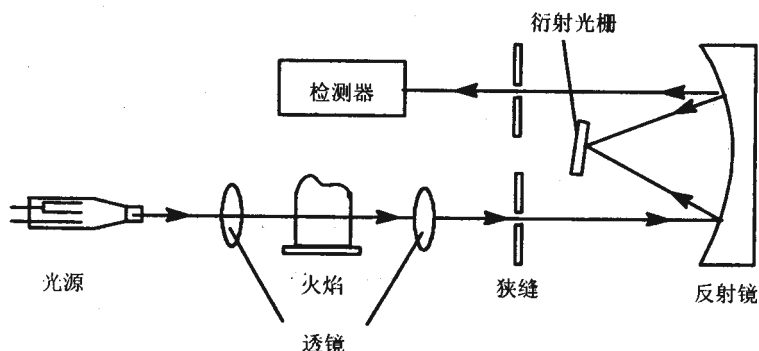


图 8-11-9 原子吸收光谱仪的分光系统示意图

在分光系统中光栅是可以旋转的，通过光栅的旋转使光谱中的各种波长的光按顺序从出

光狭缝射出。

4. 检测系统 检测系统是由检测器（光电倍增管）、同步检波放大器、对数变换器、指示仪表等所组成。检测器是将接收到的光信号转变成电信号，然后再经同步检波放大器放大，同时把接收到的非被测信号滤掉。放大的被测信号进入对数变换器进行对数变换，变成线性信号，在指示仪表上显示出来。

在现代高级原子吸收光谱仪中都设有自动调零、自动校准、标尺扩展、浓度直读、自动取样及自动处理数据等设备。

三、原子吸收光谱仪的性能

原子吸收光谱仪的种类较多。作为一台特定的仪器，其性能应包括波长精度、分辨率以及对某个元素的特征浓度和检出限等方面。下面只介绍对元素分析有实用意义的特征浓度和检出限。

（一）特征浓度

国际纯粹与应用化学联合会规定：某种分析方法在一定条件下的灵敏度是表示被测物质浓度或含量改变一个单位时所引起的测量信号的变化。在原子吸收光谱法中可以理解为校准曲线的斜率，即单位被测元素浓度引起的吸光度的变化量。并且，常用特征浓度这个概念来作为原子吸收光谱仪对某个元素在一定条件下的分析灵敏度。特征浓度是指产生 1% 吸收或 0.0044 吸光度时所对应的被测元素的浓度或质量。在火焰原子吸收光谱法中，其表达式为：

$$S = \frac{c \times 0.004}{A}$$

在无火焰原子吸收光谱法中，其表达式为

$$S = \frac{cV \times 0.004}{A}$$

式中 c 为被测元素的含量， V 为进样量， A 为吸光度。

特征浓度的求法是在作出校准曲线后，从吸光度为 0.1 的地方查得对应的质量浓度值，则 S 值即为该浓度值和 0.0044 的乘积。在无火焰原子吸收光谱法中，还要乘上其进样量。显然，在原子吸收法中， S 值越小，表示分析灵敏度越高。但是，由于特征浓度中没有考虑测定时的仪器噪声，因此，不同的仪器，其 S 值相差并不是很大，所以特征浓度还不能用来表征某仪器对某元素能被检出所需要的最小浓度，但它可以用于估算较适宜的浓度测量范围及取样量。

（二）检出限

检出限是原子吸收光谱法中一个很重要的综合性技术指标，它既反映仪器的质量和稳定性，也反映仪器对某元素在一定条件下的检出能力。

检出限 (D) 是表示在选定的实验条件下，被测元素溶液能给出的测量信号 3 倍于标准偏差 (σ) 时所对应的浓度，单位用 mg/L 表示，表达式为

$$D = \frac{c \times 3\sigma}{A}$$

式中 σ 是用空白溶液进行 10 次以上的吸光度测定所计算得到的标准偏差。无火焰光谱

法中常用绝对检出限表示，单位为 g。

显然，检出限比特征浓度有更明确的意义。因为当试样信号小于 3 倍仪器噪声时，将会被噪声所掩盖而检不出。检出限越低，说明仪器性能越好，对元素的检出能力越强。

四、原子吸收光谱仪的常见故障及排除方法

（一）安装过程中的常见故障及排除方法

在安装过程中常见的故障如表 8-11-1 所示。

表 8-11-1 安装过程中常见的故障及排除方法

故障现象	发生故障的原因	排除方法
指示灯不亮，仪器不工作	1. 插头未插牢； 2. 保险管松动或保险丝断裂； 3. 指示灯泡损坏； 4. 电源变压器绕组线断开。	1. 将插头插牢； 2. 旋紧保险管或更换保险管； 3. 更换指示灯泡； 4. 检修电源变压器。
光源灯亮，指针无反映	1. 元素灯电源两极接反 2. 元素灯密封性差，严重漏气 3. —12V 未加上，放大器未正常工作 4. 光电倍增管的负高压未加上 5. 印刷电路板与插座未接牢 6. 表头断线、损坏或表卡壳	1. 调换元素灯两极接线 2. 更换元素灯 3. 检查放大器电源板 pC ₂ 和 PC ₇ 4. 检查 PC ₄ PC ₅ PC ₆ 印刷板 5. 插好印刷板电路 6. 焊接断线或修理更换表头
表头指示不稳	1. 光斑位置不对，元素灯光线未投射到光电倍增管阴极上 2. 波长指示不准	1. 点燃铜灯，使红色谱线从狭缝射出，转动反光镜的位置或转动遮光罩，使谱线投射到光电倍增管阴极窗口上 2. 增大扫描范围，记下波长差值，调整波长旋钮使与实际值相对应
仪器输出能量低	1. 阴极辉光不正确，光源发光强度低，元素灯失气 2. 元素灯不规则，光斑位置不对 3. —12V 电压不够，放大器增益下降 4. 光学元件受潮发霉 5. 波长没有调准	1. 对元素灯作反接处理，如仍无效，则必须更换元素灯 2. 更换元素灯 3. 修理放大器和—12V 电源 4. 可用长纤维棉花球蘸少许无水乙醇擦洗元件表面，并吹干 5. 将波长调准确
波长指示改变	由于震动等原因而使波长位置改变	调整波长，用汞灯检查各谱线，使相差小于 $10 \times 10^{-10} \text{m}$ ，并重新定位狭缝

（二）工作中常见故障及排除方法

原子吸收光谱仪在工作过程中常见的故障一般为没有吸收、灵敏度低、重现性差、表头回零差、仪器噪声大、曲线弯曲、分析结果误差大和废液不畅通等，故障产生的原因及排除

方法见表 8-11-2 所示。

表 8-11-2 工作中的常见故障及排除方法

故障现象	发生故障的原因	排除方法
开机预热 30min 后，进行点火试验，但没有吸收	1. 光源选择不正确，可能是灯的密封性差造成灯内气体不纯 2. 波长选择不对，某些元素的谱线复杂，在主灵敏线附近还存在其它灵敏线、离子线或有充入气体的谱线干扰，或由于波长误差导致波长选择错误 3. 工作电流选择过大，对于空心阴极较小的元素灯，工作电流大时也没有吸收 4. 标准溶液配制不合适 5. 燃烧缝不平行于光轴，即元素灯发出的光线不通过火焰就没有吸收	1. 这种故障常出现在碱金属或碱土金属元素灯上，可作反接处理 2. 注意选择好波长，以避免干扰谱线 3. 降低工作电流 4. 正确配制标准溶液 5. 重新调整燃烧头，使之与光轴平行
灵敏度低	1. 元素发射背景太大 2. 元素灯工作电流太大，由于原子的自蚀效应致使谱线变宽 3. 火焰温度选择不当，燃气与助燃气之比选择不适当 4. 火焰高度选择不当 5. 雾化器调整不好；或堵塞，使样品提升量减少，这是仪器灵敏度下降的主要原因 6. 撞击球与喷嘴的相对位置没有调好 7. 燃烧器与外光路不平行 8. 光谱通带选择不合适 9. 波长选择不合适 10. 燃气不纯，清洗剂和过滤剂使用时间过长。这对于 K、Na、Mg 等元素灯影响尤其严重 11. 空白溶液污染，造成火焰状态不好，使空白吸收干扰增大 12. 雾化筒和燃烧缝严重锈蚀，雾化样变成液珠 13. 雾化筒内有油膜或锈斑，筒内积水、废液流动不畅通 14. 样品与标准溶液变质造成灵敏度降低 15. 火焰状态不好，摆动严重或呈锯齿状 16. 燃气漏气或阀门开关不灵	1. 选择发射背景合适的元素灯 2. 在光源发光强度能够满足需要的情况下采用尽可能低的工作电流 3. 根据不同金属元素的测试条件，将燃气与助燃气的比例选配适当 4. 合理选择火焰高度 5. 助燃气体开最大，用手堵住喷嘴，使助燃气体吹到畅通为止 6. 一般调到球与喷嘴相切为宜，其相对位置的确定主要是看喷雾效果如何 7. 使光轴通过火焰中心，不要使燃烧缝与光轴有夹角 8. 对于谱线复杂或者共存元素谱线干扰较大的元素，要选择较窄的光谱通带 9. 在一般情况下，都选择较灵敏的共振线作为分析线 10. 清洗剂用过 3~5 个月即要更换一次 11. 更换空白溶液 12. 更换雾化筒，除去燃烧缝的锈蚀 13. 用丙酮去锈，用乙醇和乙醚去油，最后用水冲洗并吹干 14. 重新配制样品与标准溶液 15. 清洗燃烧缝，改变燃气和助燃气比例，检查气路内是否有水存在

		16. 将漏气处排除，在阀门和开关处加润滑油使之开关自如
重现性差	1. 乙炔流量不稳定 2. 废液流动不畅通，雾化筒内积水，影响样品进入火焰，使重现性变差 3. 废液管道没水封或废液管变形 4. 燃气压力不够，气源不足，不能维持火焰稳定，使测试结果改变；或管道内有残存盐类堵塞 5. 喷雾器没调好 6. 基态原子数变化异常，使吸收不稳定，导致重现性变差	1. 在乙炔管道上加一阀门控制开关，使塑料锥体形阀体处于正常状态 2. 立刻停机检查，疏通管道 3. 将废液管道加水封 4. 加大燃气压力。或改用滤纸堵住燃缝，继续喷雾，增大雾化筒内压力，迫使废液排出，并清洗管道 5. 调喷雾器 6. 选择好火焰高度
指针回零不好	1. 火焰发光强度不稳定，表针漂移或抖动 2. 废液不畅通，雾化筒内积水，“记忆效应”严重 3. 燃气缓慢变化，测定条件改变 4. 空白污染 5. 毛细管太长	1. 更换光源灯 2. 清除事例水，使废液畅通 3. 调节燃气 4. 排除污染 5. 剪去多余的毛细管
标准曲线弯曲	1. 光源灯失气，发射背景大 2. 光源内部的金属释放氢气太多 3. 工作电流过大，由于“自蚀”效应使谱线变宽 4. 光谱狭缝宽度选择不当 5. 废液流动不畅通 6. 火焰高度选择不当，无最大吸收 7. 喷雾效果不好 8. 仪器工作在非线性区域	1. 更换光源灯或作反接处理 2. 更换光源灯 3. 减小工作电流 4. 选择最佳狭缝宽度 5. 参照前述废液不畅通的几种原因予以排除 6. 选择适当的火焰高度 7. 调节好撞击球和喷嘴的相对位置，提高喷雾质量 8. 减小试样浓度，使仪器工作在线性区域
分析结果偏高	1. 溶液中的固体未溶解，造成假吸收 2. 由于背景吸收，造成假吸收 3. 空白没有校正 4. 标准溶液变质 5. 谱线覆盖造成的假吸收	1. 调高火焰温度，使固体颗粒蒸发离解 2. 在共振线附近用同样条件再测定——次，把两次测得的结果相减 3. 做空白校正试验 4. 重新配制标准溶液 5. 降低试样浓度，减少假吸收
分析结果偏低	1. 试样挥发不完全，细雾颗粒大，在火焰中未完全离解 2. 标准溶液变质 3. 被测试：样浓度太高，仪器工作在非线性部分 4. 试样污染或有其它物理化学干扰	1. 调节好撞击球和喷嘴的相对位置，提高喷雾质量 2. 重新配制标准溶液 3. 减小试样浓度，使仪器工作在线性区域 4. 清除干扰因素，更换试样

第二节 离心机的使用、维护及常见故障排除

一、离心机的使用、维护

离心机工作时是高速运转，使用时要注意安全，必须做到以下几点：

1. 离心机使用时要放置在平稳、坚固的台面上（它的底座都装有橡胶吸脚，借助于大气压力及仪器本身的重量，紧贴于台面）；大容量低速离心机和高速冷冻离心机要相应地安放在坚实的地面上，水平放置。超速离心机重达数百公斤，应放在很坚实的地面上并有防尘、防潮设备，保证离心室达到一定的真空度，正常运行。离心机工作前，应将负荷平衡，重量误差越小越好，否则会引起剧烈震动，损坏离心转头及转轴。

2. 离心机分离支架必须在安置离心管后运转，严禁空架运转。离心机启动时，转速开关或 G 值旋钮应放在低档位，启动后再逐步调节到所需要的数值。一次工作后，须将旋钮调至低档位再次工作，在高转速挡或高 G 值档禁止直接启动。

3. 选择合适的转头，控制转头的转速。在下述情况下要降低转头的最高转速：转头的运转时间和运转次数达到规定的寿命时；当转头受到局部表面损伤或出现管孔内轻微腐蚀时；使用不锈钢离心管、套管、厚壁管或离心瓶时；样品平均密度超过 1.2g/cm^3 时；转头受到高温时。

4. 转头在每次使用前要严格检查孔内是否有异物和污垢，以保持平衡。转头必须保持干燥清洁，切勿碰撞擦伤。如不慎跌落，应对转头进行 X 光拍片检查，确认无内部损伤后方可继续使用。转头每次使用后应用温水（ $50^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ）及中性洗涤剂浸泡清洗，最后用蒸馏水或去离子水冲洗，软布擦干后用电吹风烘干、上蜡，干燥保存。

5. 各种离心管的拉力强度和伸长度都不同，应按需要选用，离心管可由许多种不同材料制成，如聚乙烯、纤维素、聚碳酸酯、聚丙烯等。使用时注意保证样品、溶剂及梯度材料不腐蚀离心管及盖组件。过期、老化、有裂纹或已受腐蚀的离心管尽量不用或降速使用。控制塑料离心管的使用次数，注意规格配套。离心过程中不得开启离心室盖，不得用手或异物碰撞正在旋转中的转头及离心管。

6. 对于低温离心样品，应先将空的转头在 2000rpm 预冷一定时间，预冷时控制温度在 0°C 左右，也可将转头放在冰箱中预冷数小时备用，离心杯可直接存放在冰箱中预冷。

7. 在离心过程中如发现异常现象，如不正常噪音及振动，应立即停机检查，未找出原因前不得继续运转。

8. 在日常使用离心机的过程中，每隔三个月应对主机校正一次水平度，每使用 5 亿转处理真空泵油一次，工作 500h 应检查驱动电机炭刷，最好用吸尘器将摩擦产生的炭粉除去，必要时需要更换炭刷或将整流子用细砂纸打光。每使用 1500h 左右应清洗驱动部位轴承并加上高速润滑油脂，转轴与转头接合部应经常涂脂防锈，长期不用时应涂防锈油加油纸包扎。平时不用时，应每月低速开机 1~2 次，每次 0.5h，保证各部位的正常运转。

二、离心机常见故障及排除方法

（一）电机不转

1. 主电源指示灯不亮 检查保险丝及室内配电板保险丝是否熔断，检查电源线是否接触良好，处理方法是重新接线或更换插头插座。

2. 主电源指示灯亮而电机不能启动

①检查波段开关或瓷盘变阻器损坏或其连接线是否断脱。②检查磁场线圈的连接线断脱或线圈内部断路。两者的处理方法是更换损坏元件或重新焊接线。③检查电刷是否在盒内被卡住或电刷的磨损情况。若电刷严重磨损与整流子脱离接触，应更换同规格的电刷。

离心机上有两个电刷，分别放置在整流子两侧相对的两只电刷盒内。更换电刷的方法如下：旋开电刷盒盖，取出旧电刷。如果旧电刷上的弹簧完好，可将它取下，重新安在新电刷上。若弹簧失效或损坏，则应同时更换弹簧（新弹簧的弹力大小应适宜）。然后对正方向，按原样装回盒内，将电动机的转速调至最大，让电动机空载运行，这时转速很高。数分钟后便可使电刷的端面与整流子外沿相吻合。这时即可停车（注意！空载运行的时间不能过长），再拆开电动机，用细砂纸除去整流子上的氧化物，并用毛刷或干布将整流子上的炭粉除去。另一种方法是：找一个与整流子等大的圆柱，包上一层细砂纸，砂粒面朝外，将电刷的端面先磨成与整流子的外沿相吻合的弧面，然后再装上，这种方法较为简单。

3. 检查真空泵表及油压指示值 若油压过高主机不能启动，必须检查各油路是否堵塞，特别是节流小孔是否畅通。处理方法是更换损坏元件或疏通油路。

（二）电机达不到额定转速

1. 轴承损坏或转动受阻，轴承内缺油或轴承内有污垢引起摩擦阻力增大，可及时清洗及更换轴承。

2. 整流子表面有一层氧化物，甚至烧成凹凸不平或电刷与整流子外沿不吻合使转速下降。可清理整流子及电刷，使其接触良好，或者更换。

3. 转子线圈中有某匝线圈短路或断路现象，可用万用表检查，重新绕制线圈。

（三）转头的损坏

转头在使用时可因金属疲劳、超速、过应力、化学腐蚀、选择不当、使用中转头不平衡及温度失控等原因而导致离心管破裂，样品渗漏转头损坏。电动机有上下轴承，应定期（半年或一年）加油。一般要取下端盖后才能进行，有的电动机下轴承外面装有油封，加油时可将油封上的螺丝拧出，取出油封片，用汽油清洗后再用棉纱擦干，然后重新上黄油或 S 号轴承脂，加油量应为轴承空隙的 $2/3$ 。另外，使用中还要求操作者熟练掌握操作程序，正确选用合适的离心管和离心转头，注意严格控制每一步操作程序，尽量减少人为的不必要损伤，在转头的安全系数及保证期内使用。

（四）冷冻机不能启动及制冷效果差

1. 电源不通，与电机不转的故障相同，分别检查电源线及保险丝；

2. 电压过低，安全装置动作使冷冻机不能启动。电压过低可能是电网电压低，配电板配线过多，电源线过长（理想长度为 3m）。电源线容量不够，不仅使电压降低，还会造成意

外事故。

3. 当电源电压降到 180~190V 时, 冷冻机不能启动, 影响制冷效果;

4. 通风性能不好, 如仪器安装在日光直射或通风不良处, 散热器效果差, 或散热器盖满灰尘, 也会影响制冷效果。

(五) 机体震动剧烈、响声异常

1. 离心管重量不平衡, 放置不对称;

2. 转头孔内有异物, 负荷不平衡或使用了不合格的试管套;

3. 转轴上端固定螺帽松动, 转轴磨擦或弯曲;

4. 电机转子不在磁场中心会产生噪声;

5. 机座上减震弹簧的固定螺丝松动或其中一根弹簧断裂;

6. 转子本身损伤。

(六) 漏电

1. 火线碰壳。找出碰壳点, 更换新线。

2. 扼流圈的绝缘损坏。修理或更换扼流圈。

3. 磁场线圈或转子线圈的绝缘损坏。严重时须重绕线圈;

4. 电刷盒的绝缘胶木损坏。更换绝缘胶木。

(七) 整流子与电刷间火花过大

1. 整流子表面凹凸不平。用细砂纸打磨, 严重时可在车床上修光。

2. 电刷与整流子接触不良。用细砂纸除去整流子表面的氧化物。

3. 电刷不合格或前端崩缺。

4. 磁场线圈有局部短路或通地。重绕磁场线圈。

5. 转子线圈有局部短路或断路。

6. 整流子铜片间的云母片比铜片高。高出部分可用刀片刮去, 然后用细砂纸打磨光洁。

7. 重绕转子线圈后, 将转子线圈的引线接至整流子的铜片上时, 位置接错。纠正位置, 重新焊接。

有许多故障为不正确操作所致, 正确操作可减少或消除故障。在工作过程中, 如出现任何异常现象均应立即停机, 检查原因, 不得强行运转, 以免产生不必要的损失。

第三节 毛细管电泳仪

毛细管电泳 (capillary electrophoresis, CE), 是电泳技术的一个重要组成部分, 是 80 年代以来迅速发展的一种新型分离技术, 由于它具有高效、快速、经济、进样量小、灵敏度高优点, 又称之为高效毛细管电泳 (high performance capillary electrophoresis, HPCE)。毛细管电泳是指在内径极细的毛细管中进行的各种形式的电泳, 最常用的是毛细管区带电泳, 还有胶束电动力学毛细管色谱、毛细管筛分电泳、毛细管等电聚焦电泳、毛细管等速电泳等。毛细管电泳技术不但能分析中、小、分子量样品, 更适合于分析扩散系数小的生物大分子样

品（这点在传统高效液相色谱 HPLC 中是甚感困难的）。因此，受到生命科学、医学、药物分析及化工、环保等有关领域极大的关注。

电泳是带电粒子在电场作用下的定向泳动，泳动速度与电场强度成正比。为了更进一步提高分离效率，需要大幅度提高电场两端电压，以加大电场强度，加速电荷的泳动，但传统电泳仪难以克服由两端的高电压所引起的电介质离子流产生的焦耳热。这种焦耳热使电介质在载板（支持物）中心到两侧或在管子内部径向产生温度梯度，从而引起电介质的粘度梯度和速度梯度，导致区带展宽，影响迁移，降低效率。这种影响随着电场强度的增大迅速加剧，从而限制了高压的使用，当然也就难以加快整个过程的速度。为此将样品引入内径极细的毛细管（内径 25~100 μ m）分离柱中，使电泳过程在散热效率极高的毛细管内进行，确保引入高的电场强度（最高可达 500~1000V / cm），全面改善了分离质量。

毛细管电泳是 1967 年 Hjerten 最先提出的。他采用的是高电场强度下，在直径为 3mm 的毛细管中作自由溶液的区带电泳（capillary zone electrophoresis, CZE）；此后，1974 年 Nortamen 用 200~500 μ m 内径的毛细管作电泳分离；1981 年 Jorgenson 和 Lukacs 采用 75 μ m 内径的玻璃毛细管柱，施加 30kV 电压，用荧光检测器作在线检测，在毛细管内实现电泳，同时他们还就分离的机制、高电场和小内径对高效的决定性影响等问题进行了讨论。1984 年，Terabe 等引入了毛细管电泳的一个重要分支，即以组分特别是中性粒子在毛细管内的胶束和缓冲液之间的分配为基础的胶束毛细管电动力学色谱（micellar elec-trokinetic capillary chromatography, MECC），1987 年 Hjerten 把传统的等电聚焦过程移到毛细管内进行，提出了毛细管等电聚焦（capillary isoelectric focusing, CIEF），同年，Cohen 和 Karger 发表了毛细管凝胶电泳的工作（capillary gel electrophoresis, CGE），1988 年 Rose 和 Jorgenson 首先提出了毛细管电泳作微量制作的可能性，实现了 50×10^{-12} mol 的蛋白质和肽的毛细管电泳提取。1989 年 2 月在美国波士顿召开的第一届国际毛细管电泳会，并在此前后出现了第一批毛细管电泳商品仪器，在 80 年代后期出现了全世界范围的大规模关于毛细管电泳的研究和应用工作。1993 年以来我国连续召开了四届全国毛细管电泳会议，有越来越多的学者参与了研究工作，迅速对毛细管电泳开展了大量的研究，极大地推动了这一技术在国内的发展。

和传统的电泳相比，毛细管电泳最主要的特点是高效、快速、微量、可以自动化。在毛细管区带电泳中，柱效一般为每米几十万理论板数，高的可达每米 100 万以上，而在凝胶电泳中这一指标竟能达到几百万甚至上千万。商品仪器的操作已可全部自动化，通常的分析时间不超过 30min，在采用电流检测器时，毛细管电泳的最低检测极限可达 10^{-19} mol，而即使是一般的紫外检测器，大体也在 $10^{-13} \sim 10^{-15}$ mol 之间，因此样品用量为 nl 即可。

毛细管电泳和高效液相色谱（HPLC）一样同是液相分离技术，它们遵循不同的分离原理，都有许多的分离模式，在很大程度上 CE 与 HPLC 互为补充，但是无论从效率、速度、样品用量和成本来说，毛细管电泳都显示了一定的优势。与 HPLC 相比，毛细管电泳的柱效更高，速度更快一些，同时，它几乎不消耗溶剂，样品用量仅为 HPLC 几百分之一，CE 没有泵输运系统，因此成本相对要低，通过改变操作模式和缓冲液的成分，毛细管电泳有很大的选择性，可以根据不同的分子性质（诸如大小、电荷数、手征性、疏水性等）对极广泛的对象进行有效的分离，相比之下，为达到类似的目的，HPLC 要消耗许多价格昂贵的柱子和

溶剂。

近几年来 CE 技术已成功的应用在 DNA 序列及药物组分分析、手性物质分离、PCR 产物鉴定、免疫化学及酶学研究、临床药效观察、癌症机制研究及诊断、离子分析以及水质分析监测等方面。

一、毛细管电泳的工作原理

(一) 偶电层和 Zeta 势

偶电层是液体与固体接触面所具有的一种特性,通常是指两相之间的分离表面由相对固定和游离的两部分离子组成的与固体表面异性的离子层。在毛细管电泳中,不论是带电粒子表面还是毛细管管壁表面都有偶电层。在电介质中的任何带电粒子被带相反电荷的离子所包围,其身上的电荷亦被异性的带电离子所中和,这些异性离子中有一些被不可逆地吸附到粒子上,而另一些则游离在附近,并扩散到电介质中进行离子交换,被吸附的“固定”离子有一个切平面,和离得最近的游离离子之间的电势被称之为粒子的 Zeta 势。

由于通常采用石英毛细管柱,因此,毛细管的内表面主要是硅胶表面。在一般情况下 ($\text{pH}>3$),这种内表面带负电。当和溶液接触时,在溶液中也会形成紧贴硅胶表面的和游离的两部分离子,这两部分离子组成了与表面电荷异性的离子层,称之为偶电层。偶电层中一部分是由吸附固定地附着在表面上的离子组成,被称之为 Stern 层;另外一部分为扩散部分,其离子距离表面相对远一些,溶解在电介质溶液中,这些离子的电荷密度随着和表面距离的增大而急剧减小,如图 8-11-10 所示。在偶电层的 Stern 层和其扩散部分的起点间的边界层上的电势称为管壁的 Zeta 势,大体在 $0\sim 100\text{mV}$ 之间,Zeta 势的值随距离增大按指数衰减,使其衰减一个指数单位所需的距离称之为偶电层的厚度 δ 。

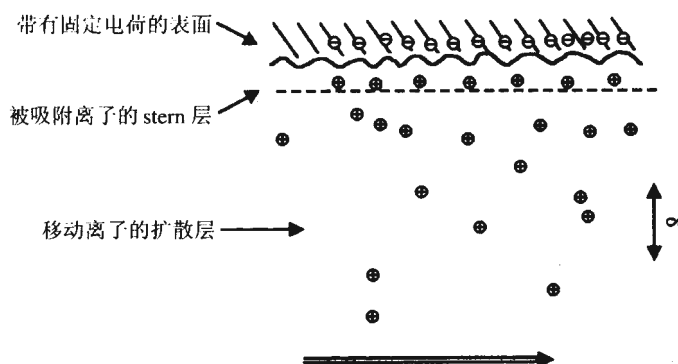


图 8-11-10 偶电层示意说明

(二) 恒定场强下带电粒子的迁移

电泳是在电场作用下带电粒子的定向移动,其移动的速度 v_{ep} 中为:

$$v_{ep} = \mu_{ep} E$$

式中 E 为电场强度, μ_{ep} 中为带电粒子的迁移率。

在充满自由溶液的开口管中一个粒子的迁移率可近似地表示为：

$$\mu_{ep} = \frac{\varepsilon \zeta_i}{4\pi\eta}$$

式中 ε 是流体的介电常量， η 是介质的粘度， ζ_i 是粒子的 Zeta 电势，这里特指粒子外“固定”离子切平面和离得最近的游离离子边界展之间的电势，这种 Zeta 电势大小和粒子表面的所带电荷密度有关。对于给定质量的粒子，表面电荷越大，Zeta 电势也就越大；如果电荷给定，则质量越大，Zeta 电势越小。对于非胶体粒子，Zeta 电势近似地正比于 $(Z/M)^{2/3}$ （其中 M 是分子量， Z 是净电荷），因此，不同离子可按照它们表面电荷密度的差别以不同的迁移率在电介质中移动，最终达到分离。胶体粒子的情况有所不同，它们的电荷密度和粒子的大小基本无关。

（三）电渗

电渗是液体相对于带电管壁移动的现象，电渗的产生和偶电层有关，由于用作毛细管材料的熔融硅胶的等电点为 1.5 左右，因此在常用的缓冲液 pH 值下，管壁带负电，于是在贴近管壁的液体表面形成了一个和管壁表面电荷异性的偶电层，毛细管电泳里所指的电渗实际上是高电场下由偶电层中水合阳离子或质子所引起的流体朝负极方向的运动。

见图 8-11-11，电渗是毛细管电泳中最重要性质之一。

和电泳的迁移率相仿，电渗的迁移率 μ_{eo} 可用下式表示，即：

$$\mu_{eo} = \frac{\varepsilon \zeta_w}{4\pi\eta}$$

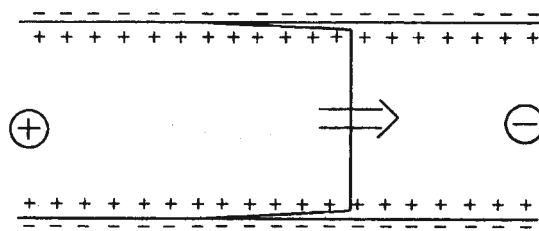


图 8-11-11 由毛细管壁引起的电渗

和公式 3-9-2 相比，两者仅是 Zeta 势的差别，在电渗的计算中要用管壁的 Zeta 势 ζ_w 代替电泳计算中的粒子的 Zeta 势 ζ_i 。

同样，和电泳速度相仿，电渗流的速度 v_{eo} 可用下式表示，即：

$$v_{eo} = \mu_{eo} E = \frac{\varepsilon \zeta_w E}{4\pi\eta}$$

在毛细管电泳情况下，电渗流从阳极流向阴极，大小受到管壁的 Zeta 势、偶电层厚度和介质粘度的影响，一般说来，管壁的 Zeta 势越大，偶电层越薄，粘度越小，电渗流值越大。许多情况下，电渗流的速度是电泳流速度的 5~7 倍。

在不考虑相互作用的前提下，带电粒子在毛细管内电介质中的运动速度 μ 应当是两种速度的矢量和，即：

$$v = v_{ep} + v_{eo} = (\mu_{ep} + \mu_{eo}) E$$

同理，带电粒子在毛细管内电介质中的迁移率 μ 应当是两种迁移率的和：

$$\mu = \mu_{ep} + \mu_{eo} = v / E = \frac{L_d L_t}{t_r U}$$

这里， L_d 是毛细管从进样口到检测器的距离， t_r 是粒子通过这段距离所用的时间， L_t 是毛细管柱的全长， U 是电压， $E=U / L_t$ 。因此，可以直接从毛细管电泳的测量结果求得带电粒子在毛细管电介质中的迁移率 μ ；电渗迁移率 μ_{eo} 可用中性粒子按同样方法测量；然后由公式 3-9-6 计算带电粒子的电泳迁移率。

正离子的运动方向和电渗一致，因此它应当最先流出毛细管。中性粒子的电泳速度为“零”，将随电渗而行。负离子因其运动方向和电渗相反，在电渗流速大于电泳流速时，它将在中性粒子之后流出毛细管；如果它的电泳流速大于电渗流速，将无法流出。因此，当电渗流速的绝对值大于所有负离子电泳流速的绝对值时，此混合物中的所有组分将朝一个方向迁移。

一般来说，在区带电泳中，电渗流对负离子的分离有利，但对正离子分离无益。在电动力学色谱中，通常需要强大的流向阴极的电渗流作为组分和胶束向阴极运动的推动力，而在凝胶电泳和等电聚焦中，则必须尽可能地消除电渗流，但是不管哪一种操作模式，电渗流都是极其重要的一种物理现象，有效地控制电渗流是毛细管电泳的一个重要特征。

电渗流的大小与缓冲液的 pH 值有关，一般地都随着 pH 值的增加而增大，到中性或碱性时，其值会变得很大。严格地说电渗流还和缓冲液的浓度和其中的添加剂以及管子表面的修饰程度有关。

（四）影响谱带展宽的主要因素

由于毛细管电泳在功能和结果显示形式上与色谱技术极为相似，因此引入了相似的一些处理和表达方法，在关于电泳谱带展宽中直接沿用了色谱的塔片高度和柱效的概念，通常用塔片高度作为指标来讨论谱峰的展宽，并进而衡量整个系统性能的优劣。影响谱带展宽的原因，就其柱内溶液和溶质本身来说主要是自热、扩散和吸附。

1. 流型

毛细管电泳的电渗是流体相对于带电管壁移动的现象，由离表面很近的一层过剩正离子层引起。这就好像在毛细管内形成一个带电的外壳，包围着流体内核。在管子两端加了电场后，带电的外壳就通过靠近管壁那一层带电流体切面上的离子把电渗力传送进去。如果重力产生的流体静压差为零，那么这种电渗力与粘滞力平衡，粘滞力使流体在壁到切面内表面产生速度梯度区，此区域速度增加；而管子内的其余流体则以一样的速度朝负极移动，使这部分内表面边界层呈水平状。由于切面的厚度极小，因此，即使在内径很小的毛细管子里，整个流体也会像一个塞子一样以均匀的速度向前运动，使整个流型呈扁平型（图 3-9-2），因而电渗不会在给定时间内导致溶质区带在毛细管内的扩张，也就是不易使电泳谱带展宽，这是毛细管高效的重要原因。呈扁平型的塞子流是毛细管电泳的理想状态，在直径小于 200 μm 的毛细管中这种流型不受管径的影响。

在理想的扁平流型电泳中，反映柱效高低的塔板数为：

$$N = vL_d / 2D = \mu EL_d / 2D$$

式中 v 为带电粒子在毛细管内电介质中的运动速度, L_d 为进样口到检测器的距离, D 为溶质在移动相中的扩散系数, μ 为带电粒子在毛细管内电介质中的迁移率, 正为电场强度。

2. 自热 (焦耳热)

由公式 3-9-7 可知, 增加速度是减小谱带展宽, 提高效率的重要途径。在电泳条件下, 速度一般靠增加电场强度来实现, 但电介质在高电场下会产生焦耳热。热量使电介质在管子内部径向产生内高外低的温度梯度, 从而引起电介质的粘度梯度和速度梯度, 速度的不同破坏了扁平流型, 使谱带展宽, 降低了效率。在普通电泳中这种自热已成为其实现快速、高效的重大障碍。管径是影响自热的一个重要因素, 管径大, 电阻小, 电流大, 产生的焦耳热多, 且不易散热, 因此目前采用的多是 $25\sim 75\mu\text{m}$ 管子。事实上, 毛细管电泳之所以能实现快速高效, 很大程度上也就是因为它采用了极细的管子, 因此在一定程度上缓解了由高电场引起的热量积聚。

3. 扩散和吸附

扩散是物质通过分子运动而自发产生的输运过程, 反映出在压力、温度均已达到平衡的单相体系中, 物质所存在的由高浓度区域自发地迁移到低浓度区域去的趋势。扩散现象是分子微观运动的一种宏观表现, 扩散现象与电泳要求相反, 必将引起谱带的展宽。单就扩散系数而言, D 值较低的物质 (比如生物大分子物质) 展宽程度较小; 但是, 由于迁移率是质荷比的函数, 对带相同电荷的物质分子而言, 小分子往往有更大的迁移速度, 因此, 仍然能达到要求。

吸附是发生在界面或者表面上的分配作用。在毛细管电泳中吸附一般是指毛细管管壁对于被分离物质粒子的作用。造成管内壁表面吸附的主要原因, 一是阳离子溶质和带负电的管壁的离子相互作用, 二是疏水相互作用。在这一个意义上, 毛细管内表面积和体积之比 ($2\pi RL / \pi R^2 L = 2 / R$) 越大, 吸附的可能性也越大, 因此, 小管径的毛细管不利于降低吸附。吸附亦将引起谱带的展宽, 吸附问题在蛋白质分子的分离中表现最为明显, 因为它们有许多带电和疏水的粒子, 管壁的硅羟基与其产生强烈的相互作用, 从而对组分谱带的展宽以及而后的分离影响极大, 必须尽可能地予以抑制。

二、毛细管电泳方法

有关电泳技术, 在前一章作了较多论述, 在这里仅对毛细管电泳方法的一些特点作简单介绍。毛细管电泳有多种操作方法, 如毛细管区带电泳 (CZE), 胶束电动力学毛细管色谱 (MECC, 或 MEKC), 毛细管筛分电泳, 等电聚焦毛细管电泳 (CIEF) 和等速电泳 (ITE), 毛细管电色谱等, 前三种已得到广泛的应用。

毛细管区带电泳也称为毛细管自由溶液区带电泳, 是毛细管电泳中最基本, 应用最广的一种操作模式, 通常把它看成是其它各种操作模式的母体。

在胶束电动力学毛细管色谱 (MECC) 中, 通常是将离子型表面活性剂加入缓冲液中, 如果浓度足够大, 则表面活性剂的单体就结合在一起, 形成一个球体, 称之为胶束。胶束是一种聚集体, 通常头部 (或外层) 亲水, 尾部 (或内层) 疏水, 在溶液中, 头部露在外面, 尾部包在胶束中, 胶束的形成是疏水效应的结果。胶束有正相和反相胶束两类, 目前采用的是带负电荷的正相胶束。在 MECC 系统中, 实际上存在着类似于色谱的两相, 流动的水相

和起到固定相作用的胶束相,溶质在这两相之间分配。由于缓冲液在靠近管壁处形成的正电,使其显示出强烈的电渗流向阴极移动。在一般情况下,带负电荷的正相胶束向阴极迁移速度小于电渗流的速度,胶束以较低的速度向阴极移动。可见,胶束电动力学色谱有别于普通色谱的一个重要特性为它的“固定相”是移动的,被称之为“准固定相”。在胶束电动力学色谱中,疏水性不同的中性粒子与胶束的相互作用不同,疏水性强的作用力就大,留在胶束相中的时间就长。因胶束相的速度小,故组分的保留时间就长;反之疏水性弱的组分较多的留在缓冲液中按电渗的速度移动,保留时间较短,从而达到分离的目的。胶束电动力学色谱这一技术的最大特点是使毛细管电泳有可能在用于离子型化合物分离的同时进行中性物质的分离,因此在各个领域特别是生物药物领域显示了广泛的应用前景。

毛细管筛分电泳包括毛细管凝胶电泳(CGE)和毛细管无胶筛分电泳。普通的凝胶电泳在板上进行,移到毛细管中进行的凝胶电泳称之为毛细管凝胶电泳,凝胶毛细管电泳柱主要用聚丙烯酰胺凝胶,毛细管凝胶电泳柱效极高,但制备较困难,且制作过程中有时存在难以除去的空泡,影响分离,凝胶有类似于分子筛的作用,因而可归在毛细管筛分电泳。毛细管无胶筛分电泳是用低粘度的线性聚合物溶液代替高粘度交联的聚丙烯酰胺。这种线性聚合物溶液仍有按分子大小分离组分的分子筛作用,只是不在柱内作交联反应,因此可避免空泡的形成。它比凝胶柱便宜、简单,其功能可以通过改变线性聚合物的种类、浓度等予以调节,因此只要用一根简单的毛细管柱,即可作不同分子的分离。这种柱子的寿命长,制备容易,缺点是它的分离能力较凝胶柱略差。常用的无胶筛分剂包括未交联的聚丙烯酰胺、甲基纤维素及其衍生物、聚乙二醇和葡聚糖等,前两种通常用于核酸及其片段的分离,后两种更多地用于蛋白质。

毛细管电色谱是一种比较新颖的分离分析方法。它包括填充柱电色谱(CEC),开管柱电色谱(open tubular electrochromatography)、薄层电色谱(planar electrochromatography)等多种形式。毛细管电色谱是高效液相色谱和毛细管电泳的有机结合。采用柱塞流(电渗流)来推动流动相,不仅克服了高效液相色谱中用压力驱动流体流速不均匀引起的峰扩展,而且柱内无压降,使得峰扩展只与溶质扩散系数有关,因而使毛细管电色谱的理论塔板数远远高于高效液相色谱,能达到接近于HPCE的高理论塔板数;同时由于引入了高效液相色谱的固定相,使毛细管电色谱具备了高效液相色谱固定相所具有的高选择性,使它不仅能分离带电物质,也能分离中性化合物。

将等电聚焦电泳和等速电泳移到极细毛细管中进行,即为等电聚焦毛细管电泳(CIEF)和毛细管等速电泳(ITE)。

三、毛细管电泳设备

毛细管电泳的基本设备原理并不复杂,商品仪器的结构也很简单,主要有高压源、毛细管柱、检测器,以及两个供毛细管两端插入而又可和电源相连的缓冲液槽。输出讯号

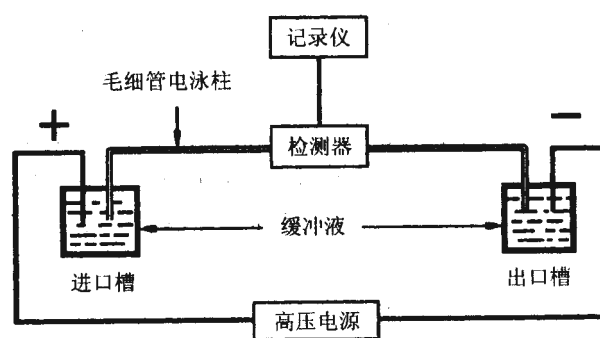


图 8-11-12 毛细管电泳仪原理示意图

和记录装置相连，记录装置可以是一个普通的记录仪、积分仪也可以是有控制功能的计算机工作站。图 8-11-12 是毛细管电泳仪装置示意图。这里仅对毛细管柱和检测器进行介绍。

（一）毛细管柱

毛细管柱就是毛细管。毛细管电泳的分离过程在毛细管内完成，因此毛细管是毛细管电泳仪的核心部件。毛细管柱通常都是圆管型的，理想的毛细管柱应是化学和电惰性的，紫外光和可见光可以透过，有一定的柔性，易于弯曲，耐用而且便宜。毛细管柱的材料可以是聚四氟乙烯、玻璃和弹性石英等。其中，聚四氟乙烯可以透过紫外光，不用另开窗口，它有电渗，但很弱。主要缺点是很难得到内径均匀的管子，对样品有吸附，热传导性差，在使用过程中有变性现象等。因此，应用范围不广。玻璃的电渗最强，但有杂质。目前主要采用石英作为毛细管柱的材料。就材质而言，石英可分为天然的和人造的两大类。天然石英要在真空焰或高温石墨炉中加热熔化制成熔融石英，人造石英则是由四氯化硅燃烧水解而成，基本成分是二氧化硅。

最初出现的电泳毛细管直径为 3~6mm，当毛细管内径在 200 μm 以下时，在很大程度上显示出细管径柱的优越性。从散热角度来说，可以接受的是内径为 140 μm 以下的毛细管柱，目前所使用的毛细管柱在 25~75 μm 这一范围内。细管柱的最大优点：一是可减小电流，因此减少自热；二是可增大散热面积（侧面积与截面积之比增大），因此能加快散热，其结果可以大大降低管中心和管壁之间的温差，从而减少粘度和速度在径向上的差异，保持电渗流流型的扁平性，最终保持分离的高效。但是直径的减小也会增加管子的侧面积与体积之比，不利于对吸附的抑制；同时，又会造成进样、检测和清洗等技术上的困难。比如说检测，会使光程缩短。实际上柱内径的降低有个限度，目前商品毛细管柱大体采用内径 25~75 μm 的原料管。

对于毛细管柱的长度，根据公式 8-11-16，在理想条件下，如果电场强度保持恒定，则理论塔板数随着柱长的增加而增加。但为了保持电场强度的恒定，要提高理论塔板数，必须在增加柱长的同时还相应地增加操作电压。如原采用 25 μm 的柱子，操作电压 15kV，为使总塔板数增加一倍，将柱加长到 50 μm 外，还需将电压增加至 30kV。由于实际上电压的取值有一个极限，不能无限增大，因此，柱长也不能无限增加。一般说来，在同样条件下，对同样电压下同样的毛细管柱，长度增加，电阻增大，电流减小，有利于减少自热，但同时又要以降低电场强度、增加分析时间作为代价。反之，短柱则容易造成过热，却能使分析时间明显缩短。所以，毛细管柱的长短需根据实际情况加以权衡。实际应用时，区带电泳的常用柱长在 30cm 左右，也有更短的，凝胶柱则要短得多。

除内径和长度外，还有一个参数是管壁的厚度。壁厚由两部分组成，一是石英本身，二是涂在外面的聚酰亚胺。市售的管子通常有两种规格，一种是厚壁的，石英管外径 375 μm ；另一种是薄壁的，外径为 150 μm 。外壁都还有一层几微米的聚酰亚胺涂层，聚酰亚胺的热导率很低，厚壁管有助于改善整个散热环境，也能减少聚酰亚胺对散热的不利影响。

（二）检测器

毛细管电泳的迅速发展需要有灵敏的检测器与之相适应。电泳毛细管的直径极小，产生的溶质谱带体积也极小，如何既对溶质作灵敏的检测，又不使微小的区带展宽，通常采用的

解决办法是在电泳的柱上直接检测。紫外检测器和荧光检测器是目前使用最广的两种检测手段，二者相比，紫外检测器的灵敏度相对低一些，但它的通用性好，尤其是对蛋白质的适用性很强，在毛细管电泳中显示出很大的用途。用激光诱导的荧光检测，灵敏度高，但对大多数样品来说，需要衍生。另一种有重大潜在用途的是质谱检测器，特别是电喷雾质谱检测器，它已经显示出极其重要的应用前景，其它还有电化学检测器，拉曼光谱检测器等，每一种检测器都有其优点和不足。

1. 紫外检测器

紫外检测器是目前在液相分离系统（如 HPLC 和 CE）中用得最多的一种检测器，它的原理已为大家所熟知。当一束紫外光通过样品池时，入射光中的一部分被吸收，吸收的多少符合朗伯一比耳定律。检测器有固定波长和可变波长两种，无论哪一种均采用参比检测的办法，以提高检测器的稳定性。毛细管电泳的紫外检测需要在柱上进行，检测点靠近管子的末端。玻璃毛细管在 300nm 处有紫外截止区，因此不适宜于大多数常用的波长范围，高质量的石英毛细管的紫外截止区靠近 170nm，所以比较合适，使用时需将一小段管子（小于 1cm）的外涂层烧掉，把观察池暴露出来。

已投放市场的毛细管电泳仪有三种紫外检测方法：①固定波长，通常采用一低紫外的氙灯（亦有用汞、锌、镉原子蒸汽发射灯）作为光源，提供连续的光辐射，然后通过一通带滤光片获得所需固定波长光。②可变波长，一般用氙灯或钨灯（可扩展到可见光区）作为光源，然后通过一单色器（棱镜或光栅）获得连续可调波长的光。③快速扫描，这是引入微机技术的多波长紫外检测器，常见有两类：一类用线性二极管阵列（LDA）装置快速捕获紫外光，另一类则利用硅光电倍增管（SIT）作快速扫描。前者使用 256 个单元的二极管阵列，后者则是用一个光栅多色器将被测组分的透射光分散到几百个光电二极管上，每一个二极管对应于一个特定的波长，通过连续的电子扫描检测每个二极管上信号的大小。无论是 LDA 还是 SIT，都能在一次电泳操作中同时获得由吸光度、时间和波长在一起的三维图，因此提供既能定量又能作某种程度定性的毛细管电泳信息。

2. 荧光检测器

荧光的概念已为大家所熟知，当多原子分子吸收光量子时，电子从基态的最低振动能级，跃迁到高能电子态，然后分子又通过无辐射过程弛豫到一种激发态的最低振动能级并在回到基态时发射光子，通常把这种光辐射称之为荧光。激发用的辐射光可以采用紫外光，也可采用激光光源。相比之下，激光最适宜于用作毛细管电泳中荧光检测器的光源，因为它聚焦性能好，宜于聚焦到一个非常小的对象，如毛细管中心线上。这种聚焦甚至已接近光的衍射极限，大大提高了检测灵敏度。另外，由于它的单色性，故易于校准并减小光的散射。

毛细管电泳的检测器一般需要在柱上进行，因此有一个对管材的要求问题，尽管玻璃和石英毛细管都可以用，但通常还是选用后者，因为它的发荧光性较低，可避免干扰。石英毛细管的外涂层要除掉，将从一个弧灯或一束激光发生的辐射聚焦到毛细管壁上，通过一个棱镜系统或者光导纤维将所产生的荧光收集到一个与激发光束成 90° 的位置。最常用的激光光源是波长为 325nm，强度为 5~10mW 的氦镉（He-Cd）光源。毛细管以一定的角度安装，荧光由一个 10 倍的显微物镜收集，通过光电倍增管检测。目前这一类检测器已在 DNA 序列测定的毛细管电泳仪上广泛使用。对于许多不能发射天然荧光的化合物，必须预先用一些

荧光试剂对其进行衍生,如丹酰氯等。办法是把荧光离子渗入缓冲液中,被分析的电离粒子和荧光离子相互作用后检测,这样的系统所产生的信号性质和被分离物质的光谱性质无关。

3. 电化学检测器

各种熟知的电化学方法原则上都可用来监测电泳毛细管中的流出物,电化学检测器根据检测原理的不同分成电位检测器、电导检测器和安培检测器、电压检测器等多种。在毛细管电泳中使用的电化学检测器有安培型电化学检测器(在固定电压下测定电流的大小)和伏安型电化学检测器(在不同的电压下测定电流)。由于安培型电化学检测器简单且检测限很低,使用较多。不过,安培法只能提供一个电流随时间变化的信息,而伏安法还可以得到电流随电压变化的信息,这样有助于在混合物中鉴定个别化合物,对分离不好的化合物可提供一个用电化学方法解决问题的机会。

4. 质谱检测器

质谱本身就是一种重要的分析手段,它将待测物质的分子转变成带电粒子,利用稳定的磁场(或交变电场)使带电粒子按照质量大小顺序分离开来,形成有规则并可以检测的质量谱,对于单一组分有很强的鉴别能力。毛细管电泳和质谱仪联用将会提供一个极强的复杂大分子混合物的分离系统。质谱仪有很多种,其中的电喷射离子质谱(13SIMS)由于可以确定分子量为100000的分子,对蛋白质的鉴别显得特别有用,因此被视为和毛细管电泳联用的首选仪器。

5. 拉曼光谱检测器

在拉曼技术中,一束单色光源照射被分析物质,控制所得到的散射光使其在返回它的原来位置时作全方位的重新发射。在入射光和散射光之间的频差,通常落在中红外区。在普通的拉曼光谱仪上加一个样品容器和一个光纤系统就可将其用于毛细管电泳,样品容器是一个通过毛细管截面的圆柱体,激光束聚焦到毛细管上,产生的散射光由纤维束收集,把散射光传到一个单色光发射器和光电倍增管上即可。

四、毛细管电泳仪

目前使用的市售毛细管电泳仪一般都有计算机联机、自动化的装置。下面对1229型高效电泳仪和BioFocus-3000型毛细管电泳仪作一简介。

(一) 1229型高效电泳仪

1229型高效电泳仪是我国在1993年推出的第一台实用型商品化高效毛细管电泳仪,仪器较为简单、实用。

1. 主要功能及性能指标

(1) 进样方法 ①电迁移进样:进样电压0~30kV任意设定;②液体压差进样:进样高度50~100mm任选。

(2) 冲洗方式 弹簧助推正压冲洗。

(3) 高压电源 ①输出电压:0~30kV任意设定,正负两种极性;②电流0~400μA;③恒压精度±0.1%。

(4) 在线检测器 ①为多波长紫外检测,检测波长254nm,280nm,214nm等;②检

测灵敏度: T%, 1A, 0.5A, 0.2A, 0.1A, 0.05A。

(5) 数据处理 提供 0~100mV 信号电压输出, 可供记录仪或积分仪处理数据。

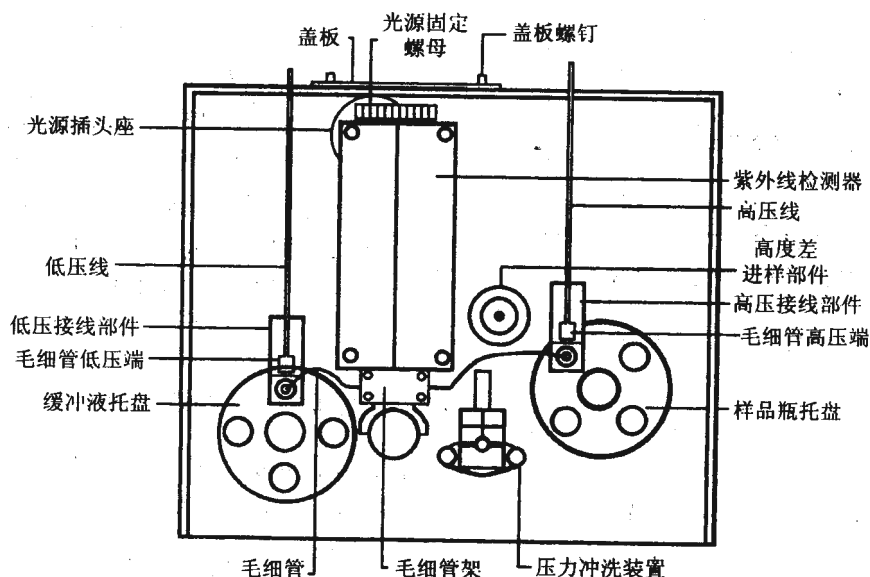


图 8-11-13 1229 型高效毛细管电泳仪主机箱平面图

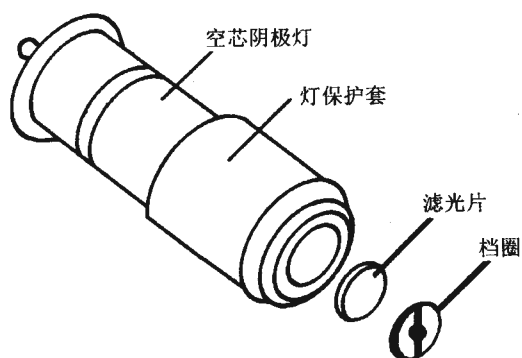


图 8-11-14 空心阴极灯及滤光组件示意图

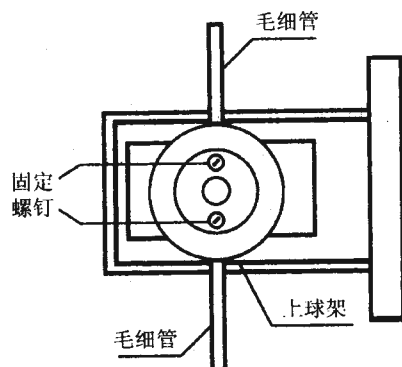


图 8-11-15 毛细管架示意图

2. 仪器主要结构

1229 型高效毛细管电泳仪由电器机箱及主机箱组成。电器机箱内主要是高压电源, 主机箱包括毛细管柱、检测器、缓冲液槽以及附属装置。主机箱平面如图 8-11-13 所示。

1229 型高效毛细管电泳仪检测器为固定波长的紫外检测器, 出厂时为 254nm 波长, 如果使用 280nm 检测波长时, 需取下空心阴极灯 (汞灯) 保护套前方的 254nm 滤光片, 换上

280nm 滤光片见图 8-11-14；如果使用 214nm 检测波长时，需取下空芯阴极灯，换上自带 214nm 滤色片的 214nm 灯即可。

毛细管架如图 8-11-15 所示，与紫外检测器连接，毛细管从中间穿过，其经过毛细管架的检测窗口部位要进行烧蚀处理。毛细管两端各有——接线部件见图 8-11-16，使用时两电极和毛细管两端都必须浸在缓冲液内，且毛细管内必须充满缓冲液及样品溶液，盖上有有机玻璃盖。

（二）BioFocus-3000 型毛细管电泳仪

BioFocus-3000 型毛细管电泳仪是 1992 年推出的全新毛细管电泳仪，该仪器既吸取了已有的各种商品仪器的优点，又具有一系列特殊功能，其中包括对分离和进样分别进行温度控制，快速扫描紫外检测，两种方式的自动进样和 32 孔的自动样品收集，内壁经专门处理的毛细管柱及其卡盘以及从进样到结果打印全过程计算机的控制等。该产品是具有很高性能价格比的一种毛细管电泳仪。

1. 仪器的特点与性能

（1）进样方法 ①电迁移进样：进样电压 0~30kV；②压力进样：高于大气压 7 倍的进样压力，特别适合于大粘度样品。

（2）高压电源 ①输出电压：直流连续 0~30kV；②持续电流：0~300A。

（3）在线检测器 ①可编程序多波长快速扫描紫外可见检测，波长范围：190~800nm，有 190~365nm，366~800nm 两个连续可调波道；②检测带宽为 6.0nm，准确度为±1.0nm，精密度 0.1nm。

（4）数据处理 有 4 个模拟信号输出通道，提供 10mV、100mV、1.0V 信号电压输出。

（5）可编程序自动准确控制温度在 15℃—40℃。

（6）范围选择 2.0, 1.0, 0.5, 0.2, 0.1, 0.05, 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, 0.001, 0.0005 (AUFs)。

（7）工作环境 温度 10℃~40℃，湿度 0%~90%。

2. 仪器的主要结构

该仪器是由三个系统组成：①以毛细管柱为核心的电泳系统，包括高压电源、电极、供进样和收集用的人口和出口离心管及它们的输送盘、升降器等；②以检测窗口为核心的检测系统，包括光源、光栅、光二极管及一系列信号检测电路；③温控系统，又可分为：毛细管柱冷却系统、盘室温度控制系统、光电二极管恒温（20℃）控制系统。该仪器对运行环境无特殊要求，在一般实验室内就可安装使用。毛细管室与盘室门都有保险装置，在运行或诊断过程中任何一个门打开便立即断电。图 8-11-17 为该仪器局部剖视图。

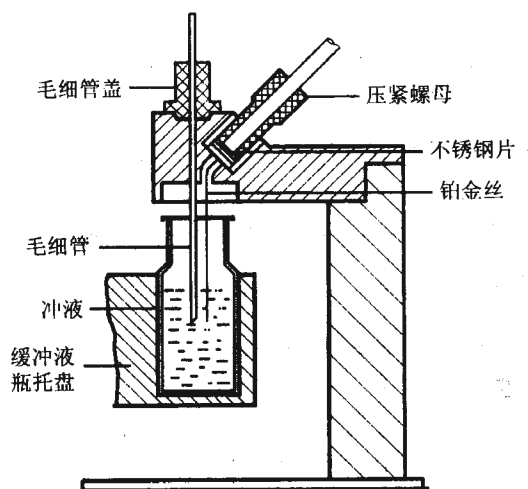


图 8-11-16 高（低）压接线部件示意图

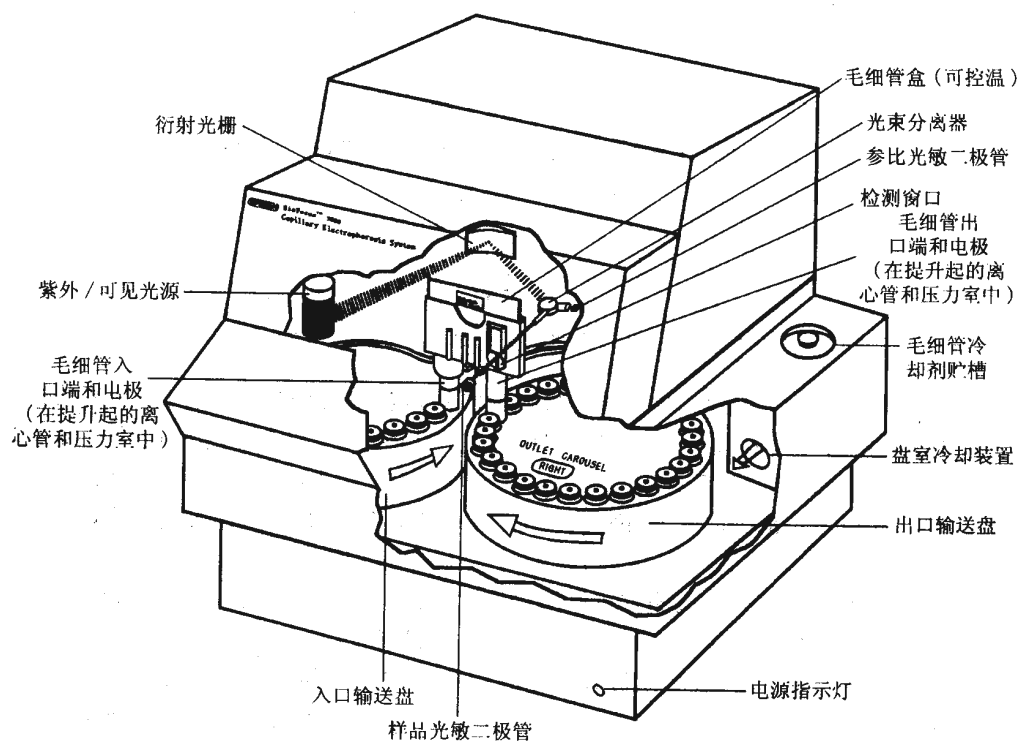


图 8-11-17 BioFocus 3000 毛细管电泳仪局部剖部析图

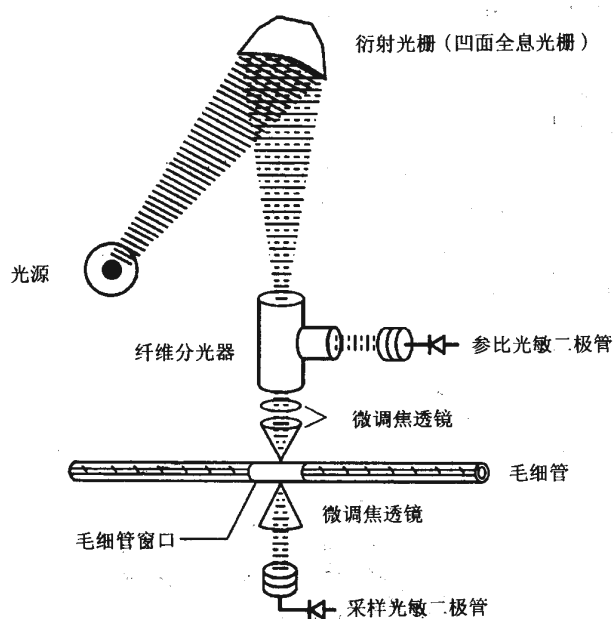


图 8-11-18 BioFocus 3000 毛细管电泳仪光学系统示意图

(1) 检测器 检测器为可编程多波长快速扫描紫外可见检测器。图 8-11-18 为 BioFocus-3000 型毛细管电泳仪光学系统示意图。光源发出的光经衍射光栅(凹面全息光栅)分光后,所得单色光进入纤维光束分流器分成两束,一束射入参比光敏二极管得到参比信号,另一束通过毛细管窗口射入采样光敏二极管得到样品信号。考虑到毛细管的直径极小,光通量极微,因此在柱检测点的两侧增加了两个石英聚焦透镜。检测器由机械旋钮操纵调节光栅位置来选择波长,两个光敏二极管连续监控射入的光束,将转换的电信号输入放大器进行放大比较,放大器输出电压正比于光电二极管活性表面的光强度。

该系统装有一个快速扫描的紫外可见检测器,这种检测器可同时对多个波长进行扫描,并作出相应的以运行时间、满标吸收单位(AUFS)及波长为坐标的电泳三维吸收光谱—迁移时间图,此图是各种组分在一定波长范围内的紫外吸收图,比较全面地显示了相应物质在相应波长范围内的紫外吸收特征,因此可用于峰的鉴定;并可用于确认或检查组分中的杂质。

该检测器提供了三种检测方式供用户任意选择:①用一个波长检测的单波长方式,在一次运行中可根据需要中途更换检测波长;②一次运行用三个波长检测的多波长方式,同时可产生三张电泳图;③在指定波长范围高速扫描方式,扫描可反复进行,得到三维电泳图。若在某一时间对三维图进行切片便可得到这个时间的光谱谱图。光源由氙灯(190~365nm)和钨灯(366~800nm)组合而成,因而只能在各自波长范围内连续转换,选用高速扫描或多波长扫描时选择的波长不应跨越 365~366nm。

(2) 电极 该仪器的电极材料是铂金丝,装在毛细管室内不太容易看到的部位,质地柔软不易折断,但可弯曲,使用中,应注意检查校正它的位置。电极的末端以深入到离心管底部上方 1mm 处为宜。毛细管入口处电极为高压,出口处为接地。

(3) 毛细管柱 毛细管由熔融石英拉制而成,能透过紫外光,管外壁涂以高聚物以增加其强度。由于壁外涂层不能透过紫外光,故在检测窗口处毛细管外壁的涂层必须用火或发烟浓硫酸除去。常用的毛细管柱长度在 25~50cm 之间。内径一般以 25~50 μ m 最佳。毛细管柱能承受的电压与其本身及外壁涂层的绝缘性能和厚度有关,该公司提供的外径 150 μ m 的毛细管柱不能承受 20kV 以上的电压,而外径 350~375 μ m 外径的柱子可耐 30kV 的高压。使用过高的电压,将出现“漏电”,以至毛细管柱的损坏。

Bio-Rad 公司提供了两种毛细管柱卡套,一种卡套内的毛细管不能更换,另一种可以更换,使用很方便。卡套保护了毛细管柱,并使其定位准确,卡套还与柱冷却系统匹配使液体冷却剂在柱外循环,因此柱温调节快速,控制准确。第二种卡套根据使用需要可自行更换毛细管柱,注意在更换不同长度的毛细管柱时需换用相应长度的冷却套管,并注意柱冷却剂管路 with 柱外壁之间的密封,若密封不严,运行中可能出现漏气、漏电等问题。

(4) 输送盘与离心管 仪器中并排装有人口和出口两只输送盘,可各自按顺、逆时针方向旋转,并可沿“轨道”拉出、推入。每只盘上有 32 只升降管,升降管子带有盖子和密封圈,在运行中上升时盖子自动打开,下降时自动盖严。样品溶液等各种运行试剂分别放在塑料离心管中,离心管的大小与形状与升降管配套。装有样品、入口缓冲剂、洗液等的离心管分别放在入口盘上的升降管中,出口缓冲液,组分收集管等放在出口盘上。两盘不能互换,盘中各种试剂的位置必须完全符合自动检测程序中的设定。图 8-11-19 为毛细管卡套、离心管、输送盘连接示意图。

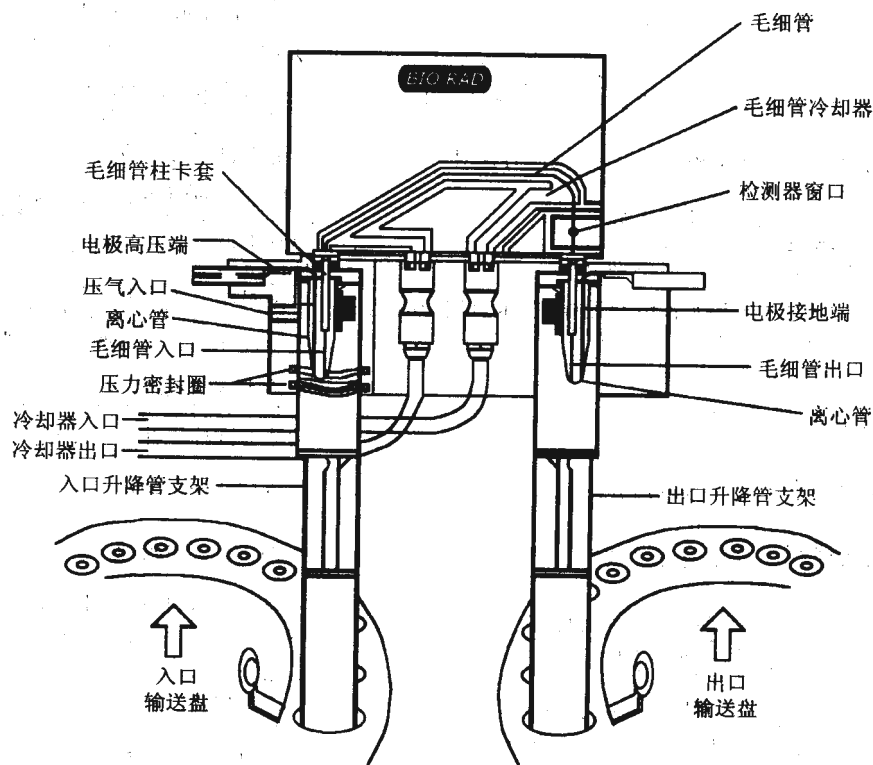


图 8-11-19 毛细管柱卡套、离心管、输送盘连接示意图

输送盘放入盘室前全部升降管子的盖子必须盖正，将盘放入盘室时必须沿轨道推入，并在听到“咯噔”响声后，方到位。盖子未盖，盘不到位等都会影响输送盘的正常运转，出现震动、卡盘等问题，卡盘后往往很难处理。

五、毛细管电泳仪故障处理

根据使用过 BioFocus-3000 和 HPE-100 型电泳仪的单位所得到的经验，将常见故障处理方法摘录列表于表 8-11-3 所示，其它型号的仪器也可用作参考。

表 8-11-3 毛细管电泳仪故障处理

电源开启后毫无反应	*电源没有接上 *保险丝已断 *自动进样盘放置不当	*检查电源 *更换保险丝 *重新放置然后在按 Reset 键
计算机编程中断 基线浮移	*门没关紧 *预热不充分 *柱未改性，改性不好或改性后没有充分老化 *有样品被吸附在内壁 *氙灯安装不妥或光学系统污染	*关检查、确认两个门已关好 *关通常开机后半小时才开始进样 *若采用未改性柱时事先也宜用 NaOH 清洗内壁，若采用改性柱则要进行适当老化 *用酸性缓冲液冲洗柱子 *请专门人员调整冲洗

电流指示为零	*电极断掉，弯曲或没有插对并	*更换，校正，重插
电流不稳或电流指示远低于正常值，但电压值数正常	*毛细管堵塞 *柱内有大气泡 *缓冲液液面偏低毛细管和液面没有接触 *用水作溶剂配样，在压力进样时把一部分水压入缓冲液中	*把管子插到溶液中，或接到高压气上吹开，同时要检查缓冲液和样品溶液确保其中没有微粒，防止蛋白质等样品在柱内沉淀 *重新注入缓冲液 *取出贮器，把缓冲液加到一定的高度 *用稀释的运行缓冲液代替水配样
电流指示过高	*柱过热	*检查冷却系统 *若仪器没有柱冷却系统则用干净缓冲液冲洗柱子并使之冷却
电流指示不断变化	*毛细管内有許多小气泡	*重新注入缓冲液
恒压操作时电压显示值闪动	*电流设置过低	*重新设置电流值
噪声	*放电或柱系统漏电 *毛细管柱有裂缝，漏电 *电极损坏 *电压过高 *氘灯不稳定或受损 *毛细管柱的光学窗口的污染 *接地问题 *缓冲液离子强度过大	*直接在高压下测其线如果噪声消失说明是柱系统的问题，清洗 *更换 *更换 *降低电压 *检查参比水平，如有必要更换之 *清洗 *把积分仪和电泳器接在同一电源上 *更换
基线有尖锐小	*放电	*作电器诊断，清洗或更换相应部件
压力进样障碍	*气源压力不足 *簧压力表没有设置在额定值或阀未打开 *外接管和仪器上接头没有接好 *仪器内部气动模块短小 *毛细管断裂 *加压盖密封磨损	*换气 *检查压力表，打开阀门 *检查气源和仪器的连接 *请专门人员检查 *更换 *更换
进样重复性差	*进样时间太短 *有管壁吸附 *缓冲液的离子强度不恒定	*延长进样时间 *起用管壁作过处理的柱子 *更换缓冲液

	*样品粘度不一致 *缓冲液耗尽 *样品或缓冲液蒸发	*校正样品粘度，使用内标校准 *补充，使用大的容器，加大更换频率 *补充，进样器加压，降低样品温度
无峰	*极性设置错误，样品没有通过检测窗 * 波长设置错误 * 样品变性 *样品浓度太低或体积太小 *样品已被吸收或沉淀 *盛放样品缓冲液的小离心管液面降低或已没有液体 * 毛细管的检测窗口没有对上 *积分仪或记录仪的连接有误 *新柱	*重新设置 *重新设置 *重新取样配样或注入液体 *增加样品浓度或体积 *更换 *补充或更换 *重装 *重接 *有的新柱在第一、二次进样时无峰，可连续进几次样
峰小	* 满标吸收单位(ALn; S)设置太高 * 机后板选择开关设置不合适 *波长设置不佳	*重新设置 *选择适当的讯号输出 *并重新设置
峰迁移重复性差	*温度变化使粘度和电渗改变 *毛细管壁的吸附改变电渗 *由于在较高(或较低)pH 下老化毛细管柱，或使用过低(或过高)pH 的缓冲液造成壁电荷滞后 *缓冲液组成变化(原因包括电解使 pH 改变，缓冲液蒸发，冲洗废液进出口贮槽等) *进出口两贮器的液面不在一个水平上形成管内溢流并不可重复 *不同批号的管子硅醇含量不一使壁电荷不同或电渗有变 *电压变化使迁移时间改变	*检查毛细管恒温装置，使之正常工作 *对毛细管老化，或提供足够的平衡时间 *避免 pU 差别，提供足够的平衡时间 *装涡流冲洗缓冲液贮瓶，加盖冷却自动进样器，使用单独的贮器收集废液，先把毛细管插进缓冲液或水中 *使前后两贮器的液面保持一致 *使用同一批号的管子 *不可接受，找制造厂家
峰面积重复性差	*温度变化改变了粘度和进样量 *样品溶剂蒸发增加了样品浓度 *样品转移造成额外样品进入毛细管 * 样品被吸附到壁上，或则使峰型受损，或则使之不能流出 *信噪比太低，造成积分误差 *突然施加高压，使缓冲液热膨胀样品	*设法使毛细管恒温 * 对样品加盖或冷却进样器 * 使用带扁平光滑进样端的毛细管，除去毛细管进样端的聚酰亚胺，在进样后把毛细管浸到缓冲液或水中洗一下 * 改变缓冲液的 pH 值，增加缓冲液的浓度，使用添加剂



医课汇
公众号
专业医疗器械资讯平台
WECHAT OF
HLONGMED



hlongmed.com
医疗器械咨询服务
MEDICAL DEVICE
CONSULTING
SERVICES



医课培训平台
医疗器械任职培训
WEB TRAINING
CENTER



医械宝
医疗器械知识平台
KNOWLEDG
ECENTEROF
MEDICAL DEVICE



MDCPP.COM
医械云专业平台
KNOWLEDG
ECENTEROF MEDICAL
DEVICE