

前 言

本标准等同采用国际电工委员会(IEC)标准 IEC 60851《绕组线试验方法》系列标准。这一系列标准分别为:

IEC 60851-1:1996	绕组线试验方法	第 1 部分:一般规定
IEC 60851-2:1996	绕组线试验方法	第 2 部分:尺寸测量
IEC 60851-3:1996	绕组线试验方法	第 3 部分:机械性能
IEC 60851-4:1997	绕组线试验方法	第 4 部分:化学性能
IEC 60851-5:1996	绕组线试验方法	第 5 部分:电性能
IEC 60851-6:1996	绕组线试验方法	第 6 部分:热性能

与 IEC 60851 系列标准相对应,本标准在《绕组线试验方法》的总标题下分为以下部分:

GB/T 4074. 1—1999	绕组线试验方法	第 1 部分:一般规定
GB/T 4074. 2—1999	绕组线试验方法	第 2 部分:尺寸测量
GB/T 4074. 3—1999	绕组线试验方法	第 3 部分:机械性能
GB/T 4074. 4—1999	绕组线试验方法	第 4 部分:化学性能
GB/T 4074. 5—1999	绕组线试验方法	第 5 部分:电性能
GB/T 4074. 6—1999	绕组线试验方法	第 6 部分:热性能

其中第 2,第 3,第 4,第 5 和第 6 部分应与第 1 部分一起使用。

根据 GB/T 1. 1—1993 和第 1 号修改单(1995)的规定,等同采用国际标准时应保留采用对象的前言。由于 IEC 60851 标准由 6 个部分组成,6 个部分均有前言。因此合并为本标准的“IEC 前言”。各部分的“引言”也合并为本标准的 IEC 引言。此外 IEC 60851 中的一些编辑性错误,在制定本标准时都予以更正。

本标准取消了 GB/T 4074. 15—1983“往复刮漆试验方法”,GB/T 4074. 18—1983“击穿电压 铝箔法”,GB/T 4074. 28—1983“三氯乙烯和甲醇萃取法”,GB/T 4074. 30—1983“一氯二氟甲烷溶剂法”和 GB/T 4074. 31—1983“一氯二氟甲烷发泡法”。

本标准增加了漆包圆线自粘层厚度、扭绞线圈粘结强度和摩擦试验方法。

本标准修订了 GB/T 4074. 23—1983“耐含水变压器油试验方法”。

本标准保留了 GB/T 4074. 1—1983 中的关于型式试验(T)、抽样试验(S)和例行试验(R)的定义以方便漆包线产品标准实施采用。

由于 IEC 60172 的第 1 号修改单(1998)已规定了漆包扁线和薄膜绕包线的温度指数测定方法,因此对本标准第 6 部分“热性能”中的试验方法 15“温度指数”作了相应修改。

本标准自实施之日起代替 GB/T 4074—1983 和 GB/T 1343—1984 标准。

本标准的附录均为提示的附录。

本标准由国家机械工业局提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:上海电缆研究所、福州大通机电股份有限公司、铜陵精达铜材集团有限公司、郑州电磁线厂、衡阳市仪器机械厂。

本标准主要起草人:陈惠民、舒迎春、郑启荣、王强、胡捷、尹越鲁。

IEC 前言

1. IEC(国际电工技术委员会)是一个由各国国家电工技术委员会(IEC 国家委员会)组成的国际标准化组织。IEC 的宗旨是针对电气和电子领域内标准化的所有问题促进国际间合作。为实现这一宗旨,IEC 除组织各种活动以外还出版国际标准,并委托各技术委员会制定这些标准。对某项标准感兴趣的任何国家委员会均可参与该标准的制定。

2. 技术委员会代表各国家委员会对他们特别关切的技术问题制定出的 IEC 正式决议或协议尽可能地表达出国际上对这些问题的一致意见。

3. 这些决议或协议以标准、技术报告或导则的形式出版发行,以推荐文件的形式在国际间使用,并且这些文件在此意义上取得各国家委员会的认可。

4. 为促进国际间的统一,各 IEC 国家委员会坦诚地以最大可能程度在各国家和地区中采用 IEC 国际标准。IEC 标准与相应的国家或地区标准的任何差异应在国家或地区标准中清楚地指出。

5. IEC 不提供标志方法以表示 IEC 的认可,IEC 也不对宣称符合某项标准要求的任何设备承担责任。

6. 必须注意,本国际标准的某些内容可能有专利权。IEC 也不应负责对任一个或所有这样的专利权进行鉴别。

国际标准 IEC 60851-1~60851-6 由 IEC 第 55 技术委员会“绕组线”制定。

IEC 60851-1 标准第二版撤消并取代了 1985 年的第一版,并作技术修订。

该标准文本以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/470A/FDIS	55/511/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

附录 A 仅是提示的附录。

IEC 60851-2 标准第二版撤消并取代了 1985 年出版的第一版及第 1 号修改单(1992),并作技术修订。

该标准文本以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/471A/FDIS	55/512/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

IEC 60851-2 的第 1 号修改单是以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/587/FDIS	55/605/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

IEC 60851-3 标准第二版撤消并取代了 1985 年出版的第一版及其第 1、第 2 号修改单(1992),并作技术修订。

该标准文本以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/472A/FDIS	55/513/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

附录 A 和附录 B 仅是提示的附录。

IEC 60851-3 的第 1 号修改单是以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/592/FDIS	55/612/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

IEC 60851-4 标准第二版撤消并取代了 1985 年出版的第一版及其第 1 号修改单(1992),并作出技术修订。

本标准文本以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/473A/FDIS	55/514/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

IEC 60851-4 的第 1 号修改单是以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/597/FDIS	55/614/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

IEC 60851-4 第 2.1 版是由 IEC 60851-4 第二版(1996)及其第 1 号修改单(1997)合并而成。

IEC 60851-5 标准第三版撤消并取代了 1988 年出版的第二版及其第 1 号修改单(1990),并作出技术修订。

本标准文本以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/474A/FDIS	55/515/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

IEC 60851-5 的第 1 号修改单是以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/542/FDIS	55/572/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。
IEC 60851-6 标准第二版撤消并取代了 1985 年出版的第一版,并作出技术修订。
本标准文本以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/475A/FDIS	55/516/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。
附录 A 仅是提示的附录。
IEC 60851-6 的第 1 号修改单是以下述文件为基础:

FDIS 文件	投票表决报告
55/561/FDIS	55/593/RVD

投票表决批准该标准的全部资料可在上表列出的“投票表决报告”中查到。

引 言

GB/T 4074. 1~4074. 6 是关于电气设备绕组用绝缘线系列标准的一个组成部分。该系列标准由 3 部分组成:

- a) 试验方法(GB/T 4074);
- b) 产品标准(IEC 60317);
- c) 包装(JB/T 8135)。



绕组线试验方法
第3部分:机械性能

Test methods for winding wires
—Part 3: Mechanical properties

GB/T 4074. 3—1999
idt IEC 60851-3:1996
Amendment No. 1:1997

代替 GB 4074. 3~4074. 10—1983
GB 4074. 14—1983
GB 4074. 27—1983
GB 1343. 3~1343. 7—1984

1 范围

本标准规定了下列试验方法:

- 试验方法 6:伸长率
- 试验方法 7:回弹性
- 试验方法 8:柔韧性和附着性
- 试验方法 11:耐刮
- 试验方法 18:热粘合和溶剂粘合

定义、试验方法总则和绕组线试验方法一览表参见 GB/T 4074. 1。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 4074. 1—1999 绕组线试验方法 第1部分:一般规定(idt IEC 60851-1:1996)

GB/T 4074. 2—1999 绕组线试验方法 第2部分:尺寸测量(idt IEC 60851-2:1996)

GB/T 4074. 5—1999 绕组线试验方法 第5部分:电性能(idt IEC 60851-5:1996)

GB/T 3048. 2—1994 电线电缆电性能试验方法 金属导体材料电阻率试验

IEC 1033:1991 测定漆包线用浸渍剂粘结强度的试验方法

ISO 178:1993 塑料——曲挠性能的测试方法

3 试验方法 6:伸长率

3.1 断裂伸长率

伸长率是长度增加值与原长度之比,用百分比表示。

在伸长仪或拉力试验机上,以 (5 ± 1) mm/s 的速率将一根自由测试长度为 200 mm~250 mm 的校直试样拉伸至导体断裂点,计算断裂时长度线性增量与自由测试长度之比,用百分比表示。

测量 3 个试样,记录 3 个测试值,取其平均值作为断裂伸长率。

3.2 抗张强度

抗张强度是导体断裂时拉断力与其原始截面^{1]}之比。

采用说明:

1] 所增加的该条文注释是为了方便使用,并在引用标准中作相应补充。

在拉力试验机上,以(5±1) mm/s 的速率将一根自由测试长度为 200 mm~250 mm 的校直试样拉伸至导体断裂点,记录断裂时拉断力。

测量 3 个试样,记录原始截面与 3 个拉断力测试值,取拉断力与原始截面之比的平均值作为抗张强度。

注:原始截面按 GB/T 3048. 2—1994 第 6. 6 条测量。

4 试验方法 7:回弹性

回弹性是卷绕成螺旋线圈或弯曲成一个角度的试样回弹后所测得的角度。

4. 1 导体标称直径 0. 080 mm 以上 1. 600 mm 及以下的圆线

4. 1. 1 试验原理

一根校直试样在圆棒上卷绕 5 圈,圆棒直径和卷绕时张力应符合有关产品标准的规定。回弹性测量即是第五圈试样末端回弹的角度读数。

4. 1. 2 试验设备

试验设备示例如图 1 所示,圆棒的结构和尺寸参见图 2 和表 1。采用图 2 中的螺旋槽能便于卷绕,但是否使用不作强制性规定。刻度盘上标有 72 等分刻度,这样读数即是 5 圈试样每一圈回弹的度数。

表 1 回弹性试验用圆棒

圆棒直径 ¹⁾ mm	尺寸 ²⁾ ,mm					
	a	b	c	d	e	f
5	6. 0	7. 5	32	0. 30	0. 05	0. 13
7	6. 0	9. 0	34	0. 40	0. 07	0. 18
10	6. 0	9. 0	34	0. 60	0. 10	0. 25
12. 5	6. 0	9. 0	40	0. 80	0. 14	0. 35
19	10. 0	11. 0	45	1. 20	0. 20	0. 50
25	12. 5	12. 5	45	2. 00	0. 28	0. 70
37. 5	12. 5	14. 5	47	2. 40	0. 40	1. 00
50	12. 5	17. 5	50	3. 00	0. 80	2. 00
1) 如是螺旋槽,即为槽底宽度。 2) 见图 2。						

4. 1. 3 试验程序

在试验设备上把规定尺寸的圆棒装好并锁定在与其轴线成水平的位置上,固定试样的槽或孔应对准刻度盘的零位。圆棒上应抹些滑石粉,以免粘住漆包线。

在长约 1 m 的校直试样的一端,挂上规定的负荷。松开旋转圆棒的手柄,把试样的另一端插入圆棒的固定槽或固定孔中使足够长度的试样伸出圆棒的另一侧,这样试样就紧贴在圆棒上。慢慢放下负荷,使试样垂直悬挂在圆棒下面。刻度零位和固定槽或固定孔也垂直向下。

固定试样自由端,逆时针旋转圆棒 5 整圈及以上(看刻度盘)直到刻度盘零位垂直向上,然后锁住手柄。保持试样在圆棒上的位置,除去负荷。然后在第五圈端部以外约 25 mm 处剪断试样。该端部应弯成垂直位置以与刻度盘零位重合,作为指针。

在试样该端部的左边放一铅笔或类似的工具,以防止试样突然回弹。然后让线圈无跳动地缓慢松开。

注:如果试样突然回弹,可能得到错误的结果。

松开圆棒和刻度盘的锁紧装置,顺时针旋转。使指针垂直向上。指针指示的刻度盘读数即为回弹角。

若漆包线弹性很大,指针可能回弹一整圈以上。在这种情况下,每回弹一整圈,刻度盘读数加 72。

测量 3 个试样,记录 3 个读数,取其平均值作为回弹角。

4.2 导体标称直径 1.600 mm 以上的圆线和扁线

4.2.1 试验原理

一根校直试样应弯成 30° ,除去力后漆包线回弹的角度读数即是回弹角。

4.2.2 试验设备

试验设备示例如图 3 所示,其基本组件包括:一个固定夹钳(2),一个活动夹钳(1)和一个扇形刻度盘(5),单位($^\circ$)。刻度盘在 $0^\circ\sim 10^\circ$ 范围内其刻度以 0.5° 为增量。扇形刻度盘为圆弧形,置于与夹钳面成 90° 的平面上,其中心(3)在固定夹钳的外侧边缘。手柄可以在垂直平面上的扇形刻度盘上移动,其支点位于刻度盘圆弧的中心。

手柄应有指针或标记,能正确读出回弹角的读数。手柄约 305 mm 长,具有毫米刻度,起点在弧形刻度盘中心,手柄上有一个带刀口的滑块(4)。

4.2.3 试样制备

至少 1 200 mm 长的试样,从线盘上取下时应尽可能避免弯曲,然后用手校直试样并切成 400 mm 长的 3 根试样。不应采用工具拉伸,并应避免不必要的弯曲以免引起试样变硬。

4.2.4 试验程序

滑块在手柄上的位置应是导体直径或导体窄边尺寸的 40 倍。拉紧两夹钳之间的试样至刚好防止滑动。试样的拉紧方向应与其在线盘上的卷绕方向相同。试样的自由端应伸出滑块刀口 (12 ± 2) mm。

从起始点(30° 刻度,位置 1)开始用手柄弯曲试样 30° (0° 刻度,位置 2),弯曲时间应控制在 2 s~5 s。试样在位置 2 的时间最多保持 2 s,然后手柄以相同角速度反方向退回直到滑块刀口滑离试样。再次移动手柄直到滑块刀口刚好接触试样而不弯曲试样。手柄指针(位置 3)在扇形刻度盘上的读数即为回弹角。

测量 3 个试样,记录 3 个读数,取其平均值作为回弹角。

5 试验方法 8:柔韧性和附着性

柔韧性和附着性反映了绕组线经受拉伸、卷绕、弯曲或扭绞等外作用力时,其绝缘不发生开裂或失去附着性的能力。

5.1 圆棒卷绕试验

5.1.1 圆线

一根校直试样在抛光圆棒上连续紧密卷绕 10 圈,圆棒直径在有关产品标准中规定。圆棒以 1 r/s~3 r/s 的速度卷绕,卷绕时线承受的张力刚好使线与圆棒接触以避免线受到拉伸和扭绞。符合上述要求的任何设备均可使用。

5.1.1.1 导体标称直径 1.600 mm 及以下的漆包圆线

若产品标准规定卷绕之前应预先拉伸,试样应按第 3 条拉伸至规定的百分比。卷绕后,用倍数如表 2 规定的放大镜检查是否开裂。

测量 3 个试样。发现的任何开裂均应记录在报告中。

5.1.1.2 纤维包覆圆线

卷绕后,用正常视力或 6 倍及以下放大镜检查试样是否露出裸导体。

测量 3 个试样。露出裸导体应记录在报告中。

5.1.1.3 纤维包覆漆包圆线

卷绕后,用正常视力或 6 倍及以下放大镜检查试样是否露出裸导体或底漆层。

测量 3 个试样。露出裸导体或底漆层均应记录在报告中。

表 2 检查开裂的放大倍数

导体标称直径,mm		放大镜倍数 ¹⁾
以上	及以下	
—	0. 040	10~15 倍
0. 040	0. 500	6~10 倍
0. 500	1. 600	1~6 倍

1) 1 倍表示用正常视力。

5.1.1.4 薄膜绕包圆线

卷绕后,用正常视力或 6 倍及以下放大镜检查试样是否露出裸导体或分层。

测量 3 个试样。露出裸导体或分层均应记录在报告中。

5.1.2 扁线

一根长约 400 mm 的校直试样在抛光圆棒上沿两个方向各弯曲 180°,形成一个伸长的 S 形,圆棒直径在有关标准中规定。U 形弯头之间的直线部分至少为 150 mm。应注意保证试样不翘曲,弯头平整。合适的试验设备如图 4 所示。

弯曲后,用 6~10 倍放大镜检查:如果是漆包线,应检查是否开裂;如果是纤维包覆线,应检查是否露出导体或底漆层;如果是薄膜绕包线,应检查是否露出导体或分层。

弯曲 6 个试样,分别是 3 个宽边弯曲(沿窄边尺寸)和 3 个窄边弯曲(沿宽边尺寸)。如果试样有开裂、分层、露出导体或底漆层均应记录在报告中。

5.1.3 包覆束线

一根校直试样在抛光圆棒上连续卷绕 10 圈,圆棒直径在有关产品标准中规定,张力按 GB/T 4074. 2—1999 第 3. 2. 5. 3 条的规定。应注意每次卷绕时不能扭绞试样。

卷绕后,用正常视力检查试样的包覆层是否开口。

测量 1 个试样,如果包覆层紧密度没有达到要求应记录在报告中。

5.2 拉伸试验(适用于导体标称直径 1. 600 mm 以上的漆包圆线)

一根校直试样应按第 3 条的规定拉伸至有关产品标准规定的百分比。拉伸后,用正常视力或 6 倍以下放大镜检查试样是否开裂或失去附着性。

测量 3 个试样,如果试样开裂和(或)失去附着性应记录在报告中。

5.3 急拉断试验(适用于导体标称直径 1. 000 mm 及以下的漆包圆线)

一根校直试样应急速拉伸至断裂点或有关产品标准规定的百分比,试验设备如图 5 所示,其自由测试长度为 200 mm~250 mm。拉伸后,应用倍数如表 2 规定的放大镜检查试样是否开裂或失去附着性。断头 2 mm 内不做考核。

测量 3 个试样,如果试样开裂和(或)失去附着性应记录在报告中。

5.4 剥离试验(适用于导体标称直径 1. 000 mm 以上的漆包圆线)

一根校直试样应置于如图 6 所示的试验设备上,两个夹具位于同一轴线上并且相距 500 mm。其中一个能旋转,另一个则不能但是可以轴向移动并加挂负荷,施加张力来扭绞试样,负荷按表 3 规定。

使用如图 7 所示的刮刀轴向刮去试样两侧的漆膜直至露出导体,如图 8 所示。刮刀的压力应足以刮去漆膜并在漆膜和导体界面留下清洁光滑的表面,但不可刮去太多的导体材料。从距离夹具 10 mm 的两处剥离漆膜。旋转设备的起动速度应为 60 r/min~100 r/min 直至达到有关产品标准规定的转数 R。

剥离和扭绞后,应检查试样是否失去附着性。如果漆膜能毫无困难地从试样上剥去(例如用指甲),即使不能完全分离,也应认为失去附着性。

测量 1 个试样,如果失去附着性应记录在报告中。

5.5 附着性试验

一根约 300 mm 长的校直试样应按第 3.1 条的规定拉伸至有关产品标准规定的百分比。

表 3 剥离试验用负荷

导体标称直径,mm		负荷 N
以上	及以下	
1. 000	1. 400	25
1. 400	1. 800	40
1. 800	2. 240	60
2. 240	2. 800	100
2. 800	3. 550	160
3. 550	4. 500	250
4. 500	5. 000	400

5.5.1 漆包扁线

拉伸前,应在测量长度中间切割试样一圈直至导体。拉伸后,应检查试样是否失去附着性。

测量 1 个试样,如果失去附着性应记录在报告中。并从切割点开始单向测量失去附着性距离。测量试样每侧的失去附着性距离,记录最大值。

5.5.2 浸渍纤维包覆圆线和扁线

拉伸前,从试样上除去所有的绝缘但保留中间 100 mm 的绝缘。拉伸后,应检查试样是否失去附着性。

测量 1 个试样,如果失去附着性应记录在报告中。对圆线如绝缘在导体上滑动,对扁线如绝缘在试样一边或两边分离,则认为失去附着性。

5.5.3 纤维包覆漆包圆线和扁线

拉伸前,应在测量长度中间相距 100 mm 的两处切割试样一圈直至导体。拉伸后,应检查试样是否失去附着性。

测量 1 个试样,如果失去附着性应记录在报告中。

5.5.4 薄膜绕包圆线和扁线

拉伸前,应在测量长度中间切割试样一圈直至导体。拉伸后,应检查试样是否失去附着性。

测量 1 个试样,如果失去附着性应记录在报告中。并从切割点开始单向测量失去附着性距离。测量试样每侧的失去附着性距离,记录最大值。

6 试验方法 11:耐刮(适用于漆包圆线)

耐刮是用不断增加压力的刮针刮漆包线所能承受的最大刮破力表示。

6.1 试验原理

一根校直试样经受单向刮漆试验,用针刮漆包线表面,并在针上不断增加负荷。使针和导体电气接触的力即为刮破力。

6.2 试验设备

应使用如图 9 所示的试验设备。其机械装置应能产生速率为(400±40) mm/min 的单向刮力。刮漆装置应包括一个抛光的琴钢丝或直径为(0.23±0.01) mm 的针,置于两夹头之间。夹头可牢固地夹住琴钢丝或针不使其下垂或弯曲并与刮漆方向成直角。刮漆方向即为漆包线的轴线方向。为放置试样,试验设备的支承台上应有两个夹头,当试样插入夹头之间并校直时支承台可下降。

试验设备应能产生(6.5±0.5) V 的直流电压,施加在导体和琴钢丝或刮针之间。可使用串联电阻或继电器将短路电流限制在 20 mA。该电路应能检测短路电流并且当刮针刮到约 3 mm 导体时停止刮漆。

试验设备的杠杆下部边缘上应有一刻度标尺,所指示出的系数乘以起始负荷即为刮破力。

6.3 试验程序

一根用最大 1% 的伸长校直的试样, 擦拭干净后置于试验设备中。然后用夹头固定试样, 调整支承台使之接触试样。

施加在刮漆设备上的起始作用力应不大于有关产品标准规定的最小刮破力的 90%, 并使刮针和导体之间短路, 短路点距离固定支点 150 mm~200 mm 之间。荷重的刮漆装置应慢慢下降至漆包线表面然后开始刮漆。

刮针停止刮漆时, 从杠杆下部边缘的刻度尺上读出此时的系数。记录该系数和起始作用力的乘积。试验应在同一试样上重复再进行两次, 一次距离原位置 120°, 一次距离原位置 240°。记录试验结果。

测量 1 个试样。记录 3 个试验值。取其平均值作为平均刮破力。

7 试验方法 18: 热粘合和溶剂粘合¹⁾ (适用于导体标称直径 0.050 mm 以上 2.000 mm 及以下的漆包圆线)

热粘合和溶剂粘合反映了线圈绕组在热和溶剂的作用下粘合在一起的能力。

7.1 垂直螺旋线圈的粘结力

垂直螺旋线圈的粘结力反映了在粘合线圈下端加挂负荷时保持粘合的能力。

7.1.1 导体标称直径 0.050 mm 及以下

试验方法由供需双方协商决定。

7.1.2 导体标称直径 0.050 mm 以上 2.000 mm 及以下

7.1.2.1 试验原理

在圆棒上卷绕成螺旋线圈, 然后加负荷压紧, 并在热和溶剂的作用下粘合。粘合后, 从圆棒上取下线圈试样并垂直悬挂, 在其下端挂上负荷来测定试样是否能承受规定的负荷。在高温下重复试验。

7.1.2.2 试样制备

一根校直试样卷绕在直径如表 4 规定的抛光圆棒上²⁾。线圈最小长度为 20 mm。在卷绕时的张力不超过表 4 规定值的条件下, 卷绕速率控制在 1 r/s 和 3 r/s 之间。为方便线圈自由松开, 试样末端应不固定。圆棒上的线圈应如图 10a 所示垂直放置, 并按表 4 的规定施加负荷。重物应不粘着圆棒, 其间应有间隙。然后将此装置放入强迫通风的烘箱中, 烘箱温度按有关产品标准的规定, 放置时间:

——导体标称直径 0.710 mm 及以下的漆包线, 为 30 min;

——除非供需双方另有协议, 导体标称直径 0.710 mm 以上 2.000 mm 及以下的漆包线, 为 1 h。

冷却到室温后, 从圆棒上取下线圈。

表 4 螺旋线圈的制备

导体标称直径, mm		圆棒直径 mm	卷绕时最大张力 N	粘合时加在线圈上的负荷 N
以上	及以下			
0.050	0.071	1	0.05	0.05
0.071	0.100	1	0.05	0.05
0.100	0.160	1	0.12	0.15
0.160	0.200	1	0.30	0.25
0.200	0.315	2	0.80	0.35

1) 该试验将扩展至溶剂粘合漆包线。

2) 对于直径较大的漆包线用钢棒合适。对于直径较小的漆包线用铜棒, 因为铜棒可拉伸以缩小直径而有助于取下线圈。

表 4(完)

导体标称直径,mm		圆棒直径 mm	卷绕时最大张力 N	粘合时加在线圈上的负荷 N
以上	及以下			
0.315	0.400	3	0.80	0.50
0.400	0.500	4	2.00	0.75
0.500	0.630	5	2.00	1.25
0.630	0.710	6	5.00	1.75
0.710	0.800	7	5.00	2.00
0.800	0.900	8	5.00	2.50
0.900	1.000	9	5.00	3.25
1.000	1.120	10	12.00	4.00
1.120	1.250	11	12.00	4.50
1.250	1.400	12	12.00	5.50
1.400	1.600	14	12.00	6.50
1.600	1.800	16	30.00	8.00
1.800	2.000	18	30.00	10.00

7.1.2.3 室温下的试验程序

如图 10b 所示将线圈试样的一端悬挂起来,另一端施加有关产品标准规定的负荷。负荷的施加方式应能避免任何附加的冲击。

测量 3 个试样。如果线圈分离(第一圈和最后一圈除外),则应记录在报告中。粘合线圈的温度也应记录。

7.1.2.4 高温下的试验程序

如图 10b 所示将线圈试样的一端悬挂起来,另一端施加如表 5 规定的负荷。负荷的施加方式应能避免任何附加的冲击。将带负荷的试样放入强迫通风的烘箱 15 min,烘箱温度按有关产品标准的规定。

测量 3 个试样。如果线圈分离(第一圈和最后一圈除外),则应记录在报告中。粘合线圈的温度也应记录。

表 5 高温下的粘结力

导体标称直径,mm		负荷 N	导体标称直径,mm		负荷 N
以上	及以下		以上	及以下	
0.050	0.071	0.04	0.800	0.900	2.60
0.071	0.100	0.06	0.900	1.000	3.20
0.100	0.160	0.08	1.000	1.120	3.80
0.160	0.200	0.19	1.120	1.250	4.40
0.200	0.315	0.25	1.250	1.400	4.90
0.315	0.400	0.55	1.400	1.600	6.40
0.400	0.500	0.80	1.600	1.800	7.90
0.500	0.630	1.20	1.800	2.000	7.90
0.630	0.710	1.70			
0.710	0.800	2.10			

7.2 扭绞线圈粘结强度

粘结强度是破坏扭绞线圈所需的最大作用力。

7.2.1 试验原理

随机卷绕的漆包线线圈形成椭圆形,扭绞后通直流电流使之粘结并制成棒状试样。将棒状试样水平放置在拉力试验机上,测量破坏该棒状试样所需的最大压弯力。在高温下重复该试验。

注:本试验方法类似于 IEC 1033 第 2.1 条的方法 A 扭绞线圈试验,其原理相同但在扭绞和粘结试样及漆包线规格上有所不同。本试验适用于不同规格的漆包线,而 IEC 1033 的方法 A 只适用于导体标称直径为 0.315 mm 的漆包线。

7.2.2 试验设备

本试验应使用下列设备:

- 如图 11a 和 11b 所示的线圈卷绕机;
- 如图 13 所示的线圈扭绞机;
- 符合 ISO 178 的拉力试验机,所用支架如图 13 所示;
- 能产生恒定电流的直流电源,最小容量为 50 V 和 15 A。
- 与拉力试验机配套的强迫通风的烘箱,其需保持的试验温度偏差为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,并且能在 5 min~10 min 之内同时加热至少 5 个试样至试验温度。

7.2.3 试样制备

使用如图 11a 和 11b 所示的卷绕机将漆包线试样随机卷绕成一个线圈。卷绕圈数应按下式计算:

$$N = \frac{100 \times 0.315^2}{d^2}$$

式中: d ——漆包线试样导体标称直径。

注:对于导体标称直径 $d=0.315\text{ mm}$, N 是 100 圈;对于其他直径 d ,可通过上述公式得到 N 值,而其导体总截面积与 $N=100$ 和 $d=0.315\text{ mm}$ 时的导体总截面积相同。

为防止线圈从卷绕机上取下时松开,漆包线每一端(或用短段漆包线)在线圈相对两处绕 2~3 圈。因此卷绕机上应有合适的槽口(见图 11b)。

卷绕线圈采用如下尺寸:

- 卷绕直径: $(57 \pm 0.1)\text{ mm}$
- 槽宽: $(5 \pm 0.5)\text{ mm}$

从卷绕机上取下线圈,形成椭圆形(见图 12),然后如图 13 所示在扭绞机上沿其纵轴扭绞。该扭绞机应能在扭绞及粘结试样的同时对试样施加机械负荷。负荷应为 100 N。线圈应先扭绞 2.5 圈,然后在相反方向回扭半圈。在扭绞机上保持机械负荷的同时在漆包线试样上通以恒定的直流电流使之粘结。电流的大小应能使线圈试样在 30 s~60 s 的时间内粘合。

注:因为使用直流电流可方便测量加热结束后线圈试样的平均温度(见附录 A)。

试样为直径约 7 mm,长度 85 mm~90 mm 的圆棒。

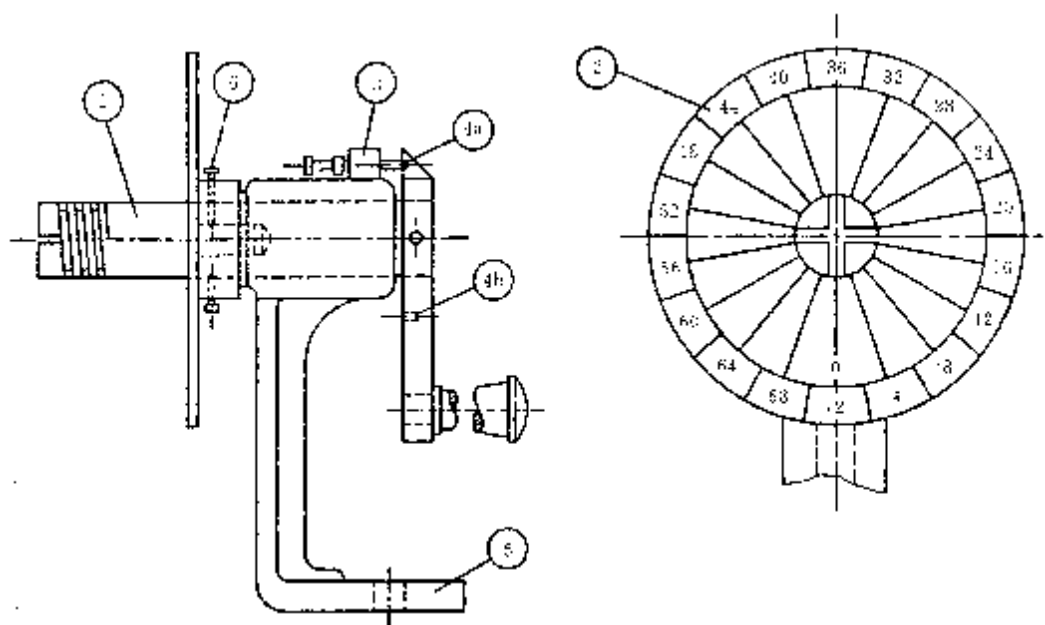
7.2.4 试验程序

如图 14 所示将试样正确放在支架上,调节十字头的速度使之在 1 min 内达到最大弯力,测量试样的粘结强度。

对于高温下的试验,应先将试样放入烘箱中预热到规定温度。在试样达到烘箱温度但放入烘箱时间不超过 15 min 之内测量试样的粘结强度。

7.2.5 试验结果

每一温度应测 5 个试样。应记录对应于每个温度的 5 个数值。取其平均值作为粘结强度。试样的导体标称直径、线圈的圈数和粘结条件也应记录。



1—圆棒;2—刻度盘;3—锁紧装置;4—锁紧装置;5—底座;6—圆棒固定螺丝

图 1 回弹试验仪

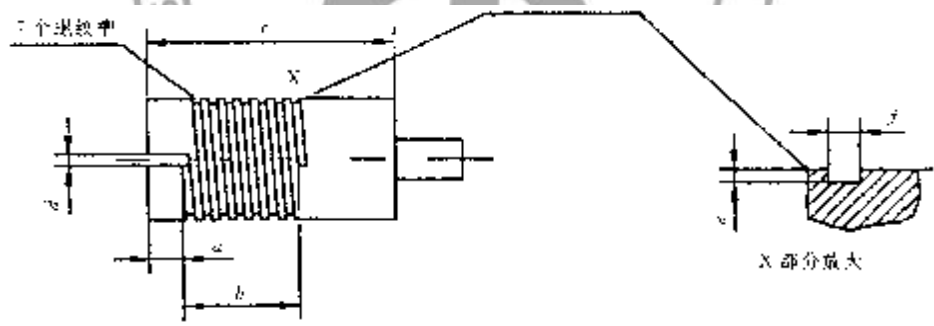


图 2 圆棒结构和尺寸(见表 1)

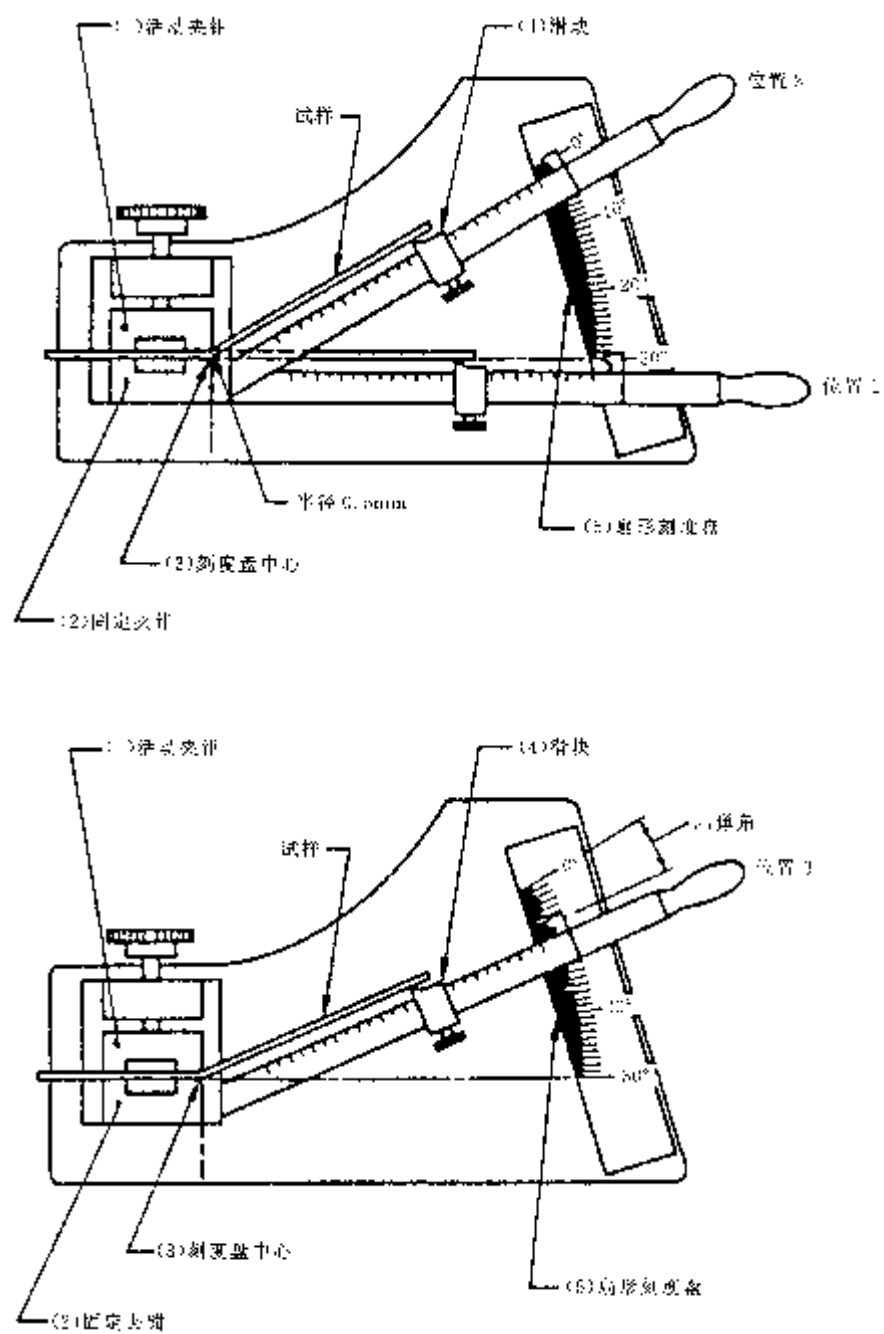
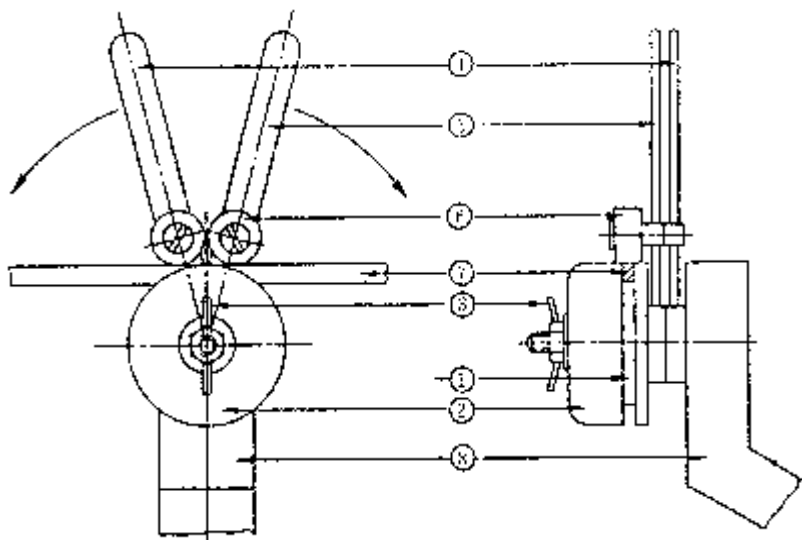
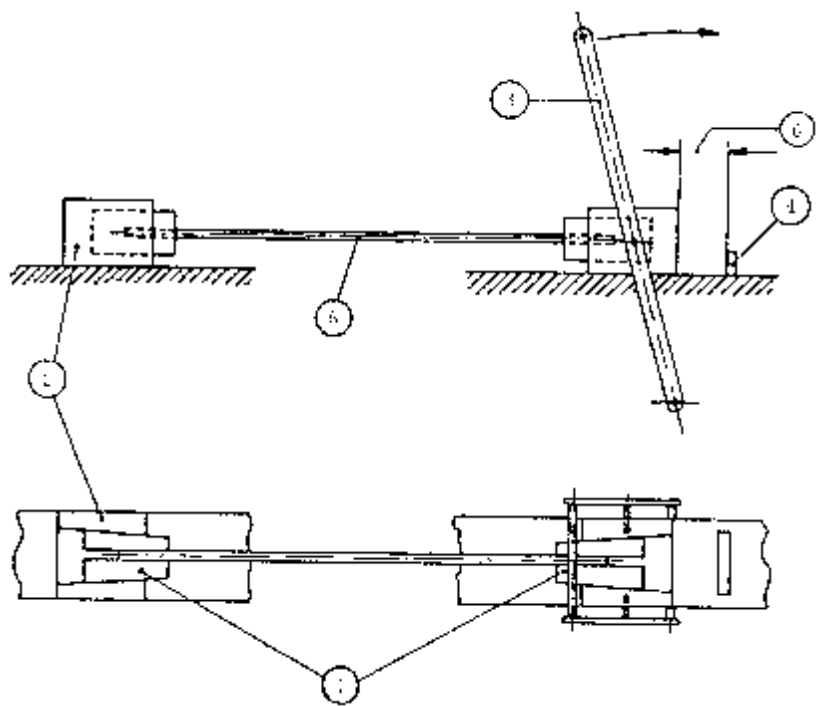


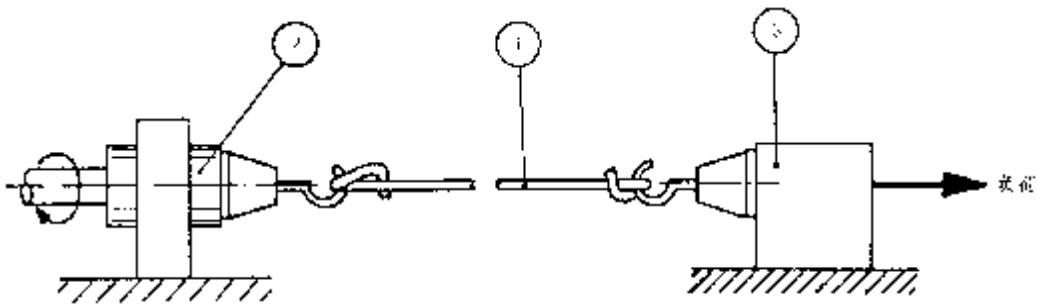
图 3 回弹试验仪



1—圆棒;2—圆棒夹板;3—翼形夹紧螺母;4—手柄;5—手柄;6—滚珠轴承;7—试样;8—支架
图 4 圆棒弯曲试验装置



1—楔形夹头;2—固定夹具;3—手柄;4—可调挡板;5—试样;6—规定伸长
图 5 急拉断试验仪



1—试样;2—旋转夹头;3—固定夹具

图 6 剥离试验仪

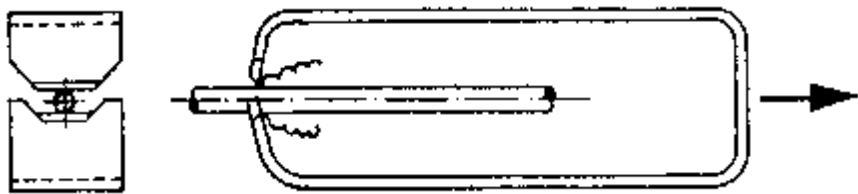


图 7 刮刀

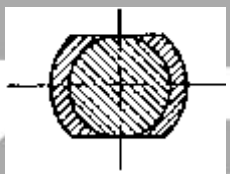


图 8 刮去漆膜后漆包线截面

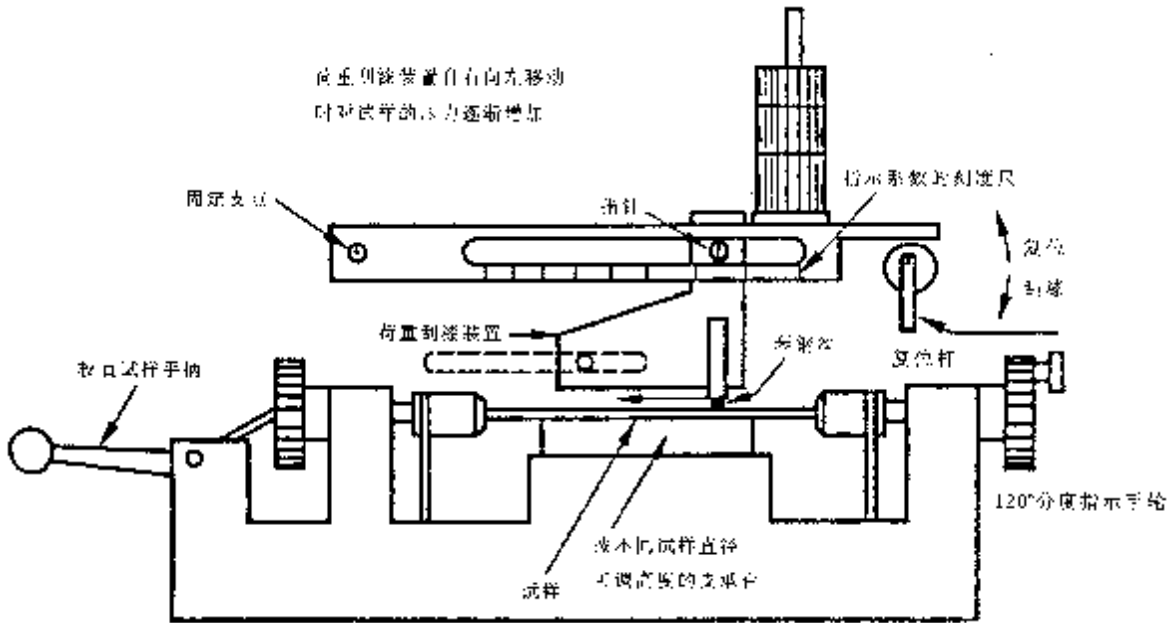
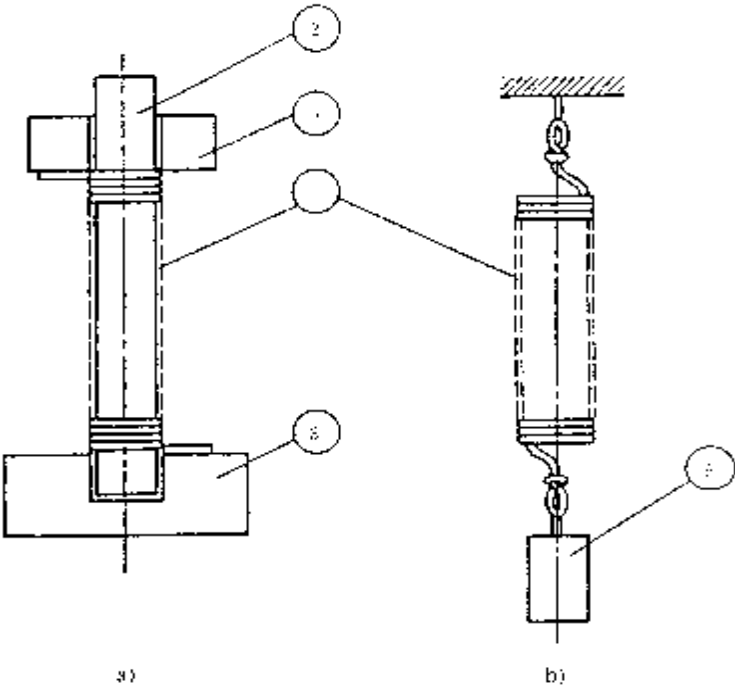
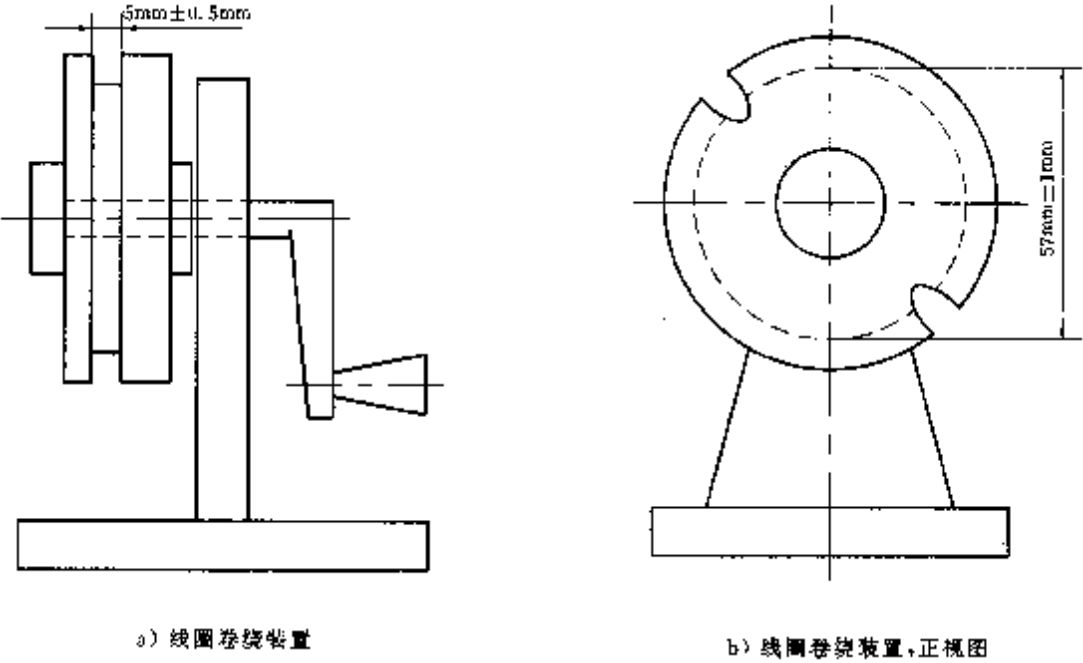


图 9 单向刮漆试验仪



1—线圈;2—圆棒;3—圆棒底座;4—压紧负荷;5—分离负荷

图 10 螺旋线圈粘结力试验设备



a) 线圈卷绕装置

b) 线圈卷绕装置,正视图

图 11 线圈卷绕机



图 12 椭圆形线圈

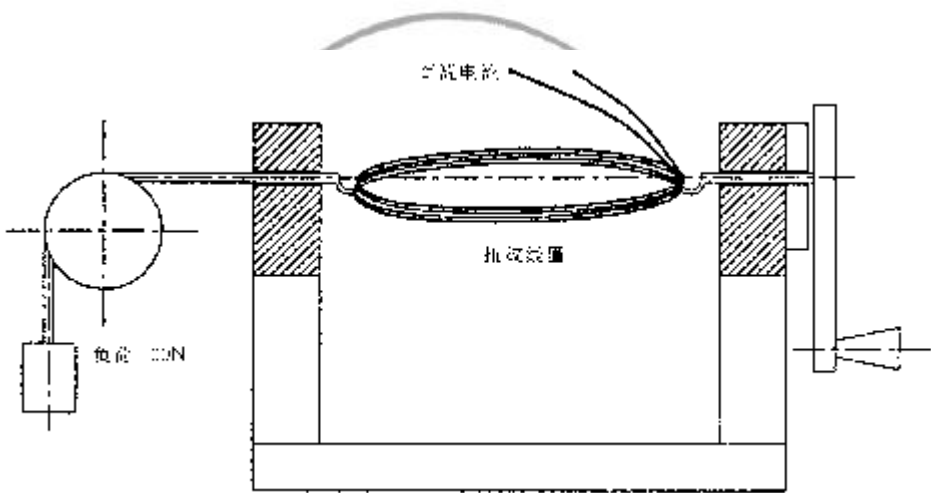


图 13 对扭绞线圈试样施加负荷的扭绞装置

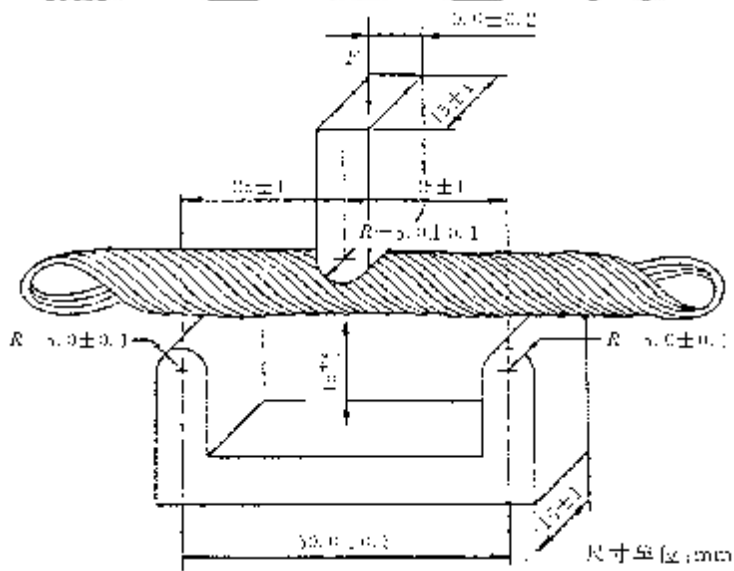


图 14 支架的安放尺寸

附录 A
(提示的附录)
热粘合漆包线的粘结强度

A1 扭绞线圈试样的温度计算

方法

用直流电流加热扭绞线圈时,试样的平均温度可用其直流电阻推算。直流电阻为电压和施加的恒定电流之比,可在加热期间的开始和结束时测量,并计算在加热结束时的温度。

温度系数

为方便以下计算,取铜的温度系数为 $\alpha=0.004\text{ K}^{-1}$ 。

计算

按此温度系数,加热结束时试样的电阻可按下式计算:

$$R_{T_t} = R_{T_0} + \alpha R_{T_0} \times (T_t - T_0)$$

式中: R_{T_0} ——开始时(在室温下)的电阻;

T_t ——加热结束时的温度;

T_0 ——加热开始时的温度(T_0 通常为室温,比如 23°C)。

下标 t 代表加热结束时的值。

如果电流是恒定的,下列公式适用:

$$\frac{R_{T_t}}{R_{T_0}} = \frac{U_t}{U_0}$$

式中: U_t ——加热结束时的电压;

U_0 ——加热开始时的电压。

加热结束时温度为:

$$T_t = T_0 + [250 \times (U_t/U_0 - 1)]$$

A2 加热时间的确定

电压-时间曲线

用恒定电流加热扭绞线圈时,电阻随着温度的上升而增加。为保持电流恒定,恒定电流变压器的输出电压也相应增加。这样就可以画出直流输出电压对时间的曲线并提供关于加热期间的温度 t 的资料。可在同一张图上画出不同电流的不同曲线图。

最高温度时的电压

在特定情况下可能需要在某一温度下(但不超过这个温度)粘结试样。如果确定了这个最高温度,可使用第 A1 条中的最后一个公式来计算用一个特殊加热电流来达到该温度所需的电压:

$$U_t = U_0 + 0.004 \times (T_t - T_0)U_0$$

电压-时间曲线与 Y 轴的交点即为 U_0 值。有了这个读数,可使用最后一个公式来计算达到试样加热结束时的温度所需的电压。该电压值与 X 轴的交点即为达到温度 T_t 的加热时间。

如果对每根电压-时间曲线在同一个温度 T_t 下作相同的计算,可得到一条与电压-时间曲线相交的等温线。如果在不同温度下重复此计算,可在最终的曲线图中很方便地选择加热电流(A)和加热时间(s)来加热试样至选择的温度 T_t 。

图 A1 到图 A4 分别是规格为 0.300 mm, 0.315 mm, 0.355 mm 和 0.500 mm 的漆包线的完整的曲线图示例。

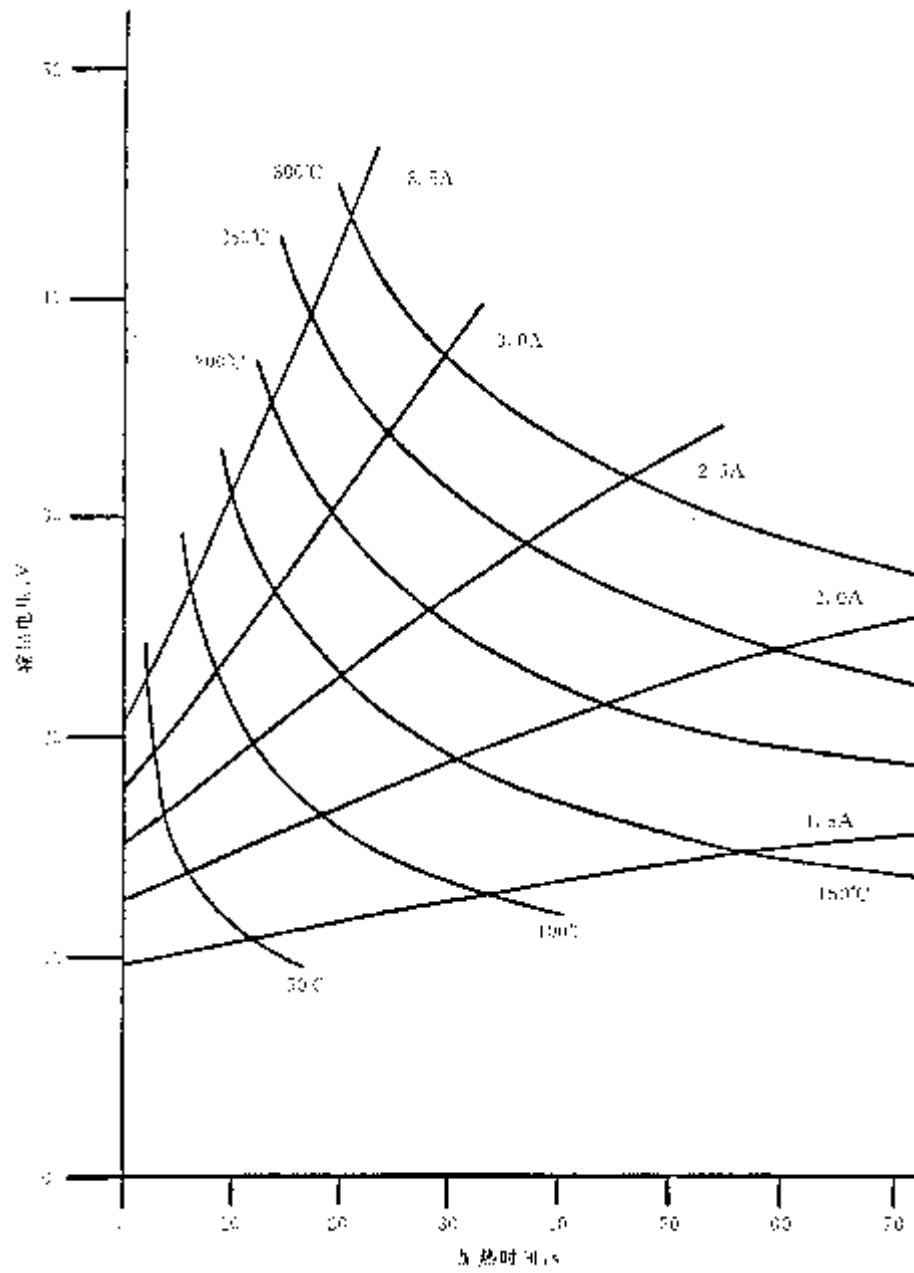


图 A1 导体标称直径 0.300 mm 扭绞线圈试样的电压-时间曲线实例

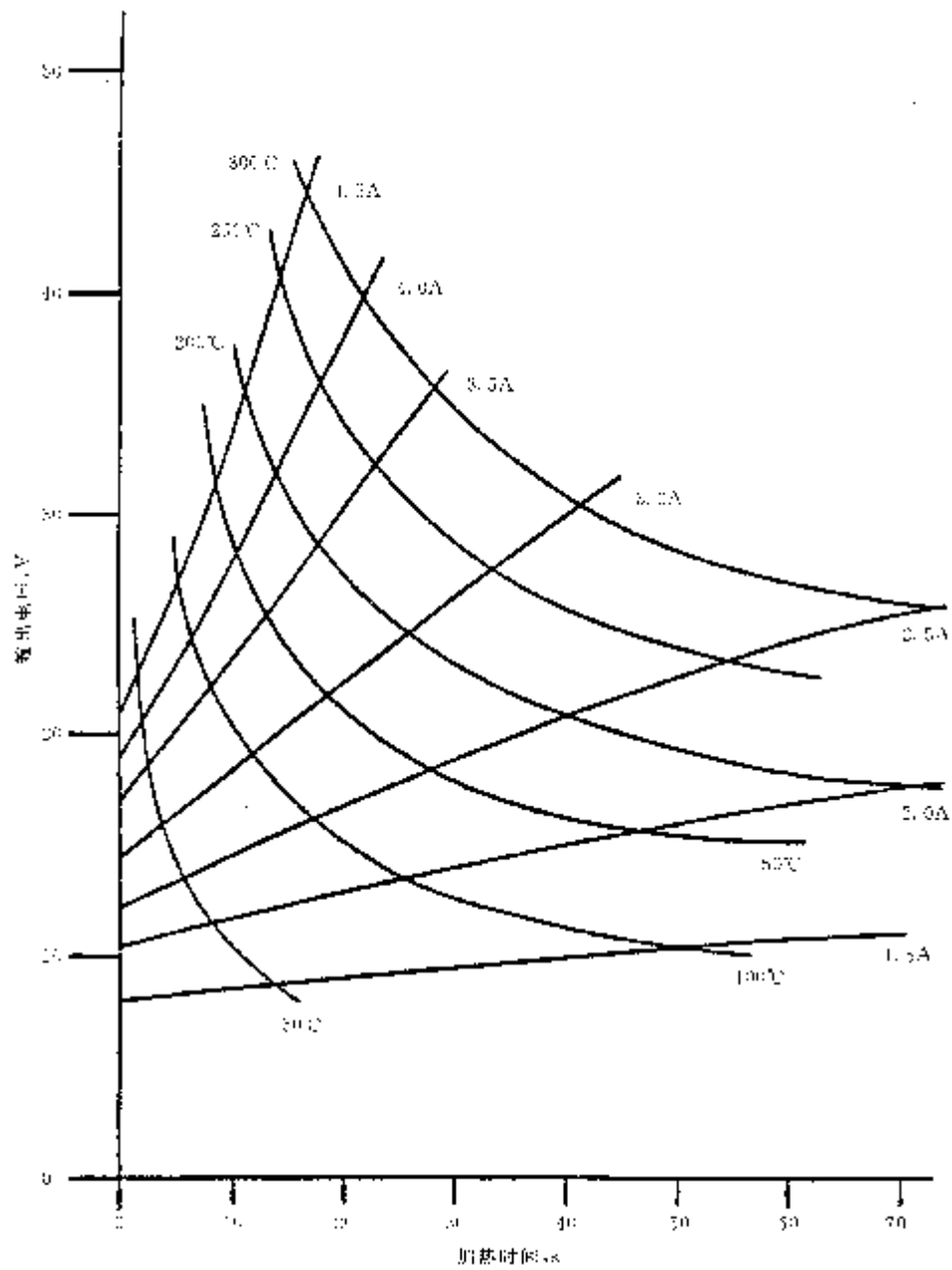


图 A2 导体标称直径 0.315 mm 扭绞线圈试样的电压-时间曲线实例

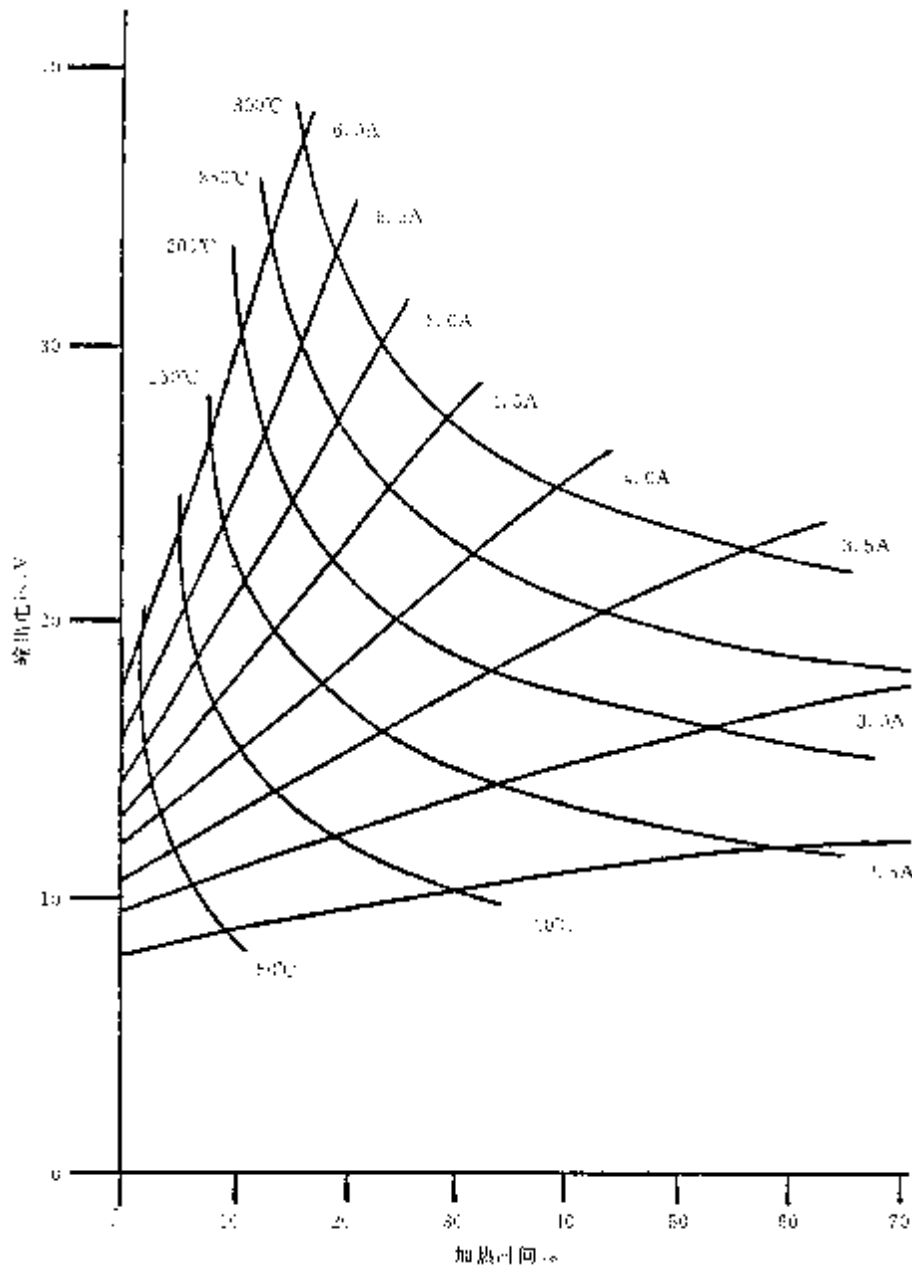


图 A3 导体标称直径 0.355 mm 扭绞线圈试样的电压-时间曲线实例

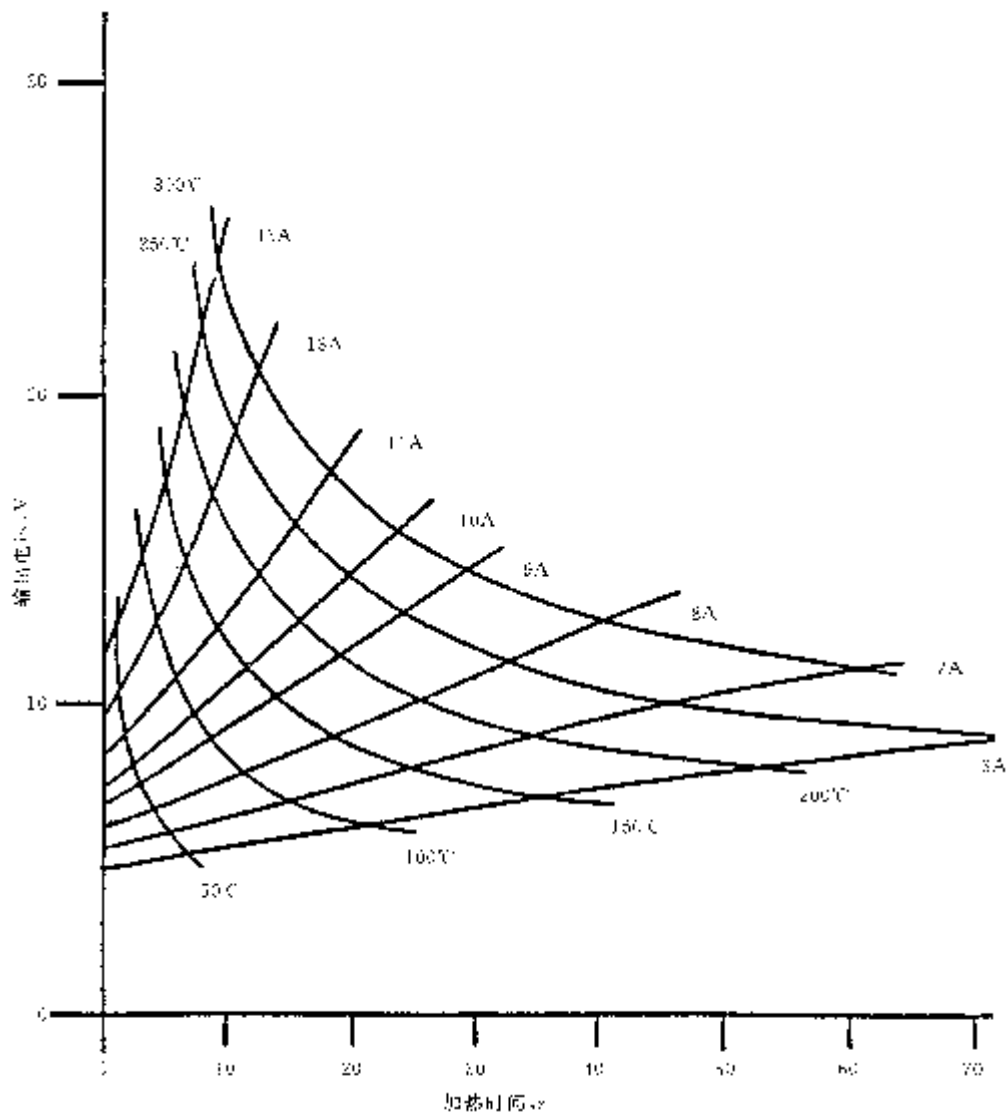


图 A4 导体标称直径 0.500 mm 扭绞线圈试样的电压-时间曲线实例

附录 B

(提示的附录)

摩擦试验方法

B1 概述

本附录为推荐的绕组线供需双方采用的绕组线摩擦试验方法。

B2 试验方法 A: 静摩擦系数试验方法

B2.1 试验方法(适用于导体标称直径 0.050 mm 以上 1.600 mm 及以下的漆包圆线)

静摩擦系数(μ_s)为一块滑块从漆包线试样做成的轨道上开始滑下的瞬间所测得的滑板的倾斜角(α)。从交货盘侧板上放线取下漆包线试样。如果漆包线表面被灰尘或脏物污染,则应在试验前除去此盘的最外层漆包线。校直一部分漆包线试样,用两个线柱和两个夹头固定在倾斜滑板上组成滑轨。然后用类似的方法将其他漆包线试样固定在滑块上。

把有试样的滑块放在滑板的轨道上,倾斜滑板使得滑块上的漆包线和滑板上的漆包线在接触点上成直角交叉。

然后慢慢倾斜滑板(约 $1^\circ/\text{s}$)直到滑块从滑轨上开始滑下。此时刻度尺上的读数即为倾斜角(α)。

按下式计算静摩擦系数:

$$\mu_s = \tan \alpha$$

B2.2 试验设备

通常的试验设备安装图见图 B1。

试验设备包括一个滑板(1),该滑板可绕轴心(8)旋转倾斜成一个角度(α)。支架(9)上连着标有倾斜角(α)或摩擦系数(μ_s)的刻度尺(7)。

该滑板可固定漆包线试样(3),比如用两个线柱(5)和两个夹头(6)。漆包线试样的平行部分应间隔 110 mm,并在刻度尺一端和滑板轴心之间组成滑轨。

滑块(2)上的夹头和接线柱可用来固定第二个漆包线试样(4)。试样平行部分应间隔 60 mm。滑块的尺寸必须使其夹头和接线柱不接触滑板(1)以避免附加的摩擦力。滑块重量:

——对于导体标称直径 0.150 mm 及以下的漆包线,约为 50 g;

——对于导体标称直径 0.150 mm 以上的漆包线,约为 500 g。

滑块的重量并不是很严格,因为它会随着第二个漆包线试样重量的改变而改变。

倾斜角可用电动滑块和滑车慢慢改变。

B3 试验方法 B: 第 1 种动摩擦系数试验方法

B3.1 试验原理

摩擦系数 μ_d 可通过测量漆包线在已知重量 E 的压力下移动时产生的摩擦力 C 获得:

$$\mu_d = \frac{C}{9.81 \times E}$$

B3.2 试验方法

通常的试验设备安装图见图 B2。

漆包线经导轮和制动器(D)通过金属板(B)。经另一个导轮,漆包线被牵引至金属板(B)下,然后与第一道线平行再次在金属板上反向通过(见图 B2)。用牵引轮(A)控制漆包线牵引速度为 0.25 m/s。重量(E)放在金属板(B)上的漆包线上,并与测力表(C)连接。

测力表与线性记录仪(测量范围为 1 mV~250 mV)连接。该线性记录仪可指示漆包线长距离上的光滑度的分布和水平。

B4 试验方法 C: 第 2 种动摩擦系数试验方法

B4.1 试验方法(适用于导体标称直径 0.050 mm 以上 1.600 mm 及以下的漆包圆线)

在试验负荷下牵引漆包线试样。在漆包线表面和负荷之间产生摩擦力并传送至适用的测量仪。动摩擦系数(μ_d)为读数(单位为 N)与负荷(单位为 N)之比。

从交货盘侧板或线桶或线轴上放线取下漆包线试样。如果漆包线试样表面被灰尘或脏物污染,则应在试验前除去此盘的最外层漆包线。

按图 B4,用水平地脚螺丝(2)和水平仪(8)校准光滑表面(6)的水平面。

调节力的电子传感器(5)(图 B4)的灵敏度至合适的范围,并用校准重量(9)(图 B3)按被试漆包线规格满量程设置绘图仪。传感器和绘图仪调节完毕后取下校准重量。

如果使用的是机械测力计(5)(图 B4),测力应根据漆包线规格调节至下述正确范围:

——导体标称直径 0.050 mm 以上 0.125 mm 及以下: 0~0.49 N;

——导体标称直径 0.125 mm 以上 1.600 mm 及以下: 0~1.96 N。

用合适的清洁剂擦洗接触漆包线的负荷压块(3)上的蓝宝石表面(见图 B4),并完全干燥。

阻尼棒(4)(图 B4)降至油中。

——导体标称直径 0.224 mm 以上 1.600 mm 及以下的漆包线,完全浸没;

——导体标称直径 0.050 mm 以上 0.224 mm 及以下的漆包线,浸到阻尼棒的一半。

漆包线试样穿过合适的导轮(图 B3 的(4)和图 B4 的(9))使其能接触两个蓝宝石表面。

施加合适的试验负荷(7)(图 B4):

——导体标称直径 0.050 mm 以上 0.071 mm 及以下的漆包线,0.98 N;

——导体标称直径 0.071 mm 以上 0.125 mm 及以下的漆包线,1.96 N;

——导体标称直径 0.125 mm 以上 0.450 mm 及以下的漆包线,5.88 N;

——导体标称直径 0.450 mm 以上 1.600 mm 及以下的漆包线,9.87 N。

试验负荷(7)(图 B4)放在试验台(6)(图 B4)上的位置应使力转换器或测力计没有读数指示。如果使用的是机械测力计,读数应为零。

调节校准旋钮(1)(图 B4)使试验负荷平行于试验台表面。开动试验仪牵引漆包线。

以轻微张力(1)(图 B3)牵引漆包线平稳运行。

允许经一段时间使起动产生的波动稳定。应在起动后至少 15 s 记录测力仪读数,修约为整数(单位为 N)。

按下式计算平均摩擦系数(μ_d):

$$\mu_d = \frac{F}{L}$$

式中: F ——测力仪平均读数, N;

L ——试验负荷, N。

B4.2 试验设备

通常的试验设备安装图见图 B3、图 B4 和图 B5。

采用电动收线装置(6)(图 B3)使电机(3)(图 B3)以 15 m/min 的速度牵引漆包线试样穿过光滑表面(10)(图 B3)。

应具备可改变荷重的负荷(7)(图 B4),能产生 0.98 N~9.81 N 的力。负荷表面应是人造蓝宝石,其粗糙度不大于 0.5 μm 。蓝宝石的尺寸及放置方式如图 B5 所示。

如果有必要,应能牵引漆包线(图 B3(4)和图 B4(9))并保持轻微张力(图 B3 的(1)和(5))。

B4.3 测量装置

测量装置应包括：

——电子测力装置或传感器(2)(图 B3)，与绘图仪组成摩擦力测量装置。电子测力装置应能记录漆包线表面力的最大变化值。力传感器的范围应为 0~0.49 N，绘图仪的范围为 0~5 V，满量程响应时间为 0.5 s。

——使用机械测力仪(5)(图 B4)以代替力的电子传感器和绘图仪。两个测力仪的范围分别是 0~0.49 N 和 0~1.96 N。

——由一根阻尼棒和充满 5 mm 深油的容器组成的阻尼系统(4)(图 B4)，25℃时的油的粘度约为 10 200 mPa·s。

——用于清除润滑剂的适用的清洗剂。

B5 试验方法 D：用扭绞线对法测摩擦力

B5.1 导体标称直径 0.100 mm 以上 1.500 mm 及以下的漆包圆线

按 GB/T 4074. 5—1999 第 4.3 条试验方法 13(击穿电压)中使用的方法将漆包线试样制备成一个扭绞线对。第一根绞合漆包线的一端固定在夹头上，第二根绞合漆包线的另一端施加拉力。牵拉(比如使用测力仪)第二根漆包线使之自由滑动但不旋转。分离两根绞合漆包线的力即为滑动力。

B5.2 试验方法

长约 400 mm 的试样对折后在扭绞机上扭绞成 125 mm 的扭绞线对，如图 B6 所示。扭绞时施加在线对上的力(重量)和扭绞数应符合表 B1 的规定。

剪断环形端部，使剪开的两端间距尽可能大。

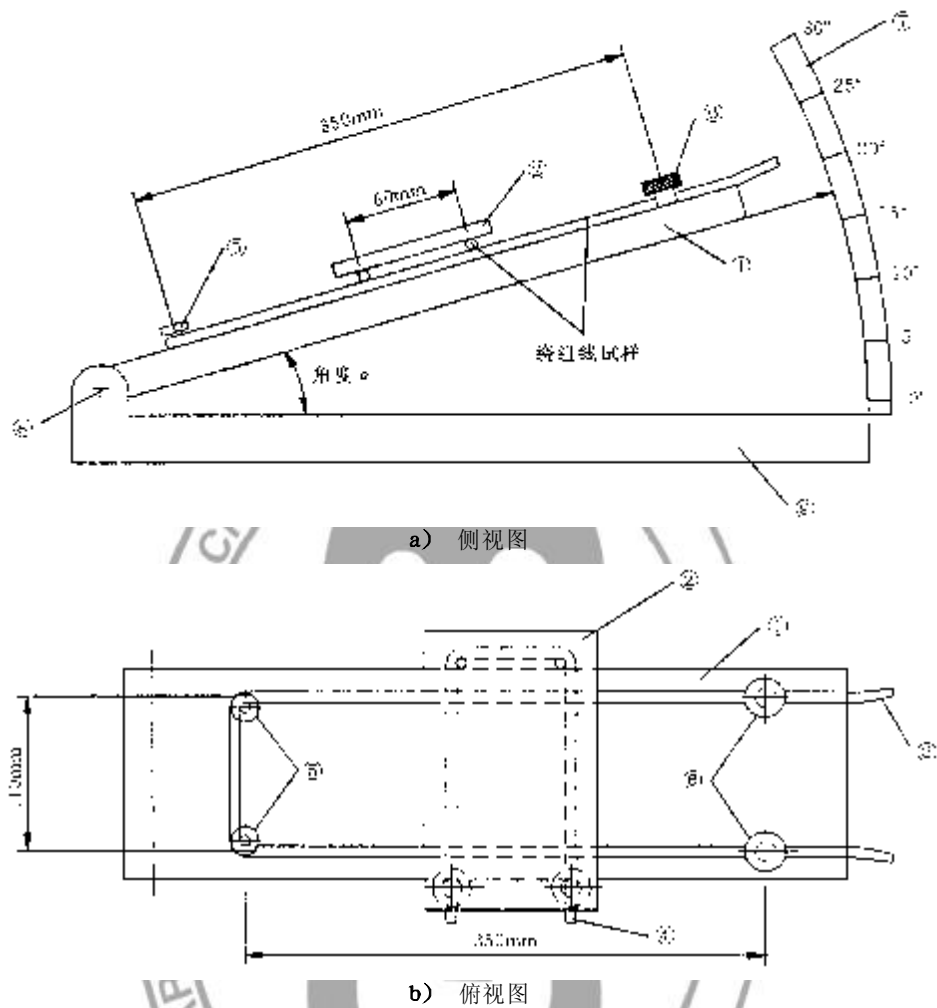
在剪断端或其他未扭绞端的任何弯曲都应保证漆包线之间的间距足够大，但应避免突然弯曲或损伤绝缘。

扭绞线对中的一根漆包线的一端应紧固在一个夹头上，而在另一根漆包线的另一端施加拉力(重量)使漆包线滑动但不旋转。测量 3 个试样。

表 B1 扭绞线对方法

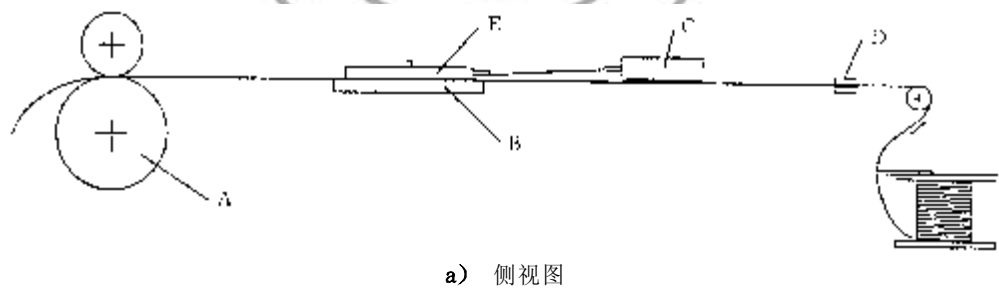
导体标称直径,mm		施加在线对上的力 N	每 125 mm 的线对数
以上	及以下		
0.100	0.250	0.85	17
0.250	0.315	1.40	15
0.315	0.400	2.40	13
0.400	0.500	3.40	12
0.500	0.710	6.00	11
0.710	0.800	8.50	10
0.800	0.900	10.00	9
0.900	1.000	12.50	8
1.000	1.120	15.00	7
1.120	1.250	20.00	6
1.250	1.500	27.00	5

B6 引用标准^{1]}



1—滑板;2—滑块;3—试样;4—试样;5—接线柱;6—夹头;7—刻度尺;8—轴心;9—支架

图 B1 静摩擦系数测试仪

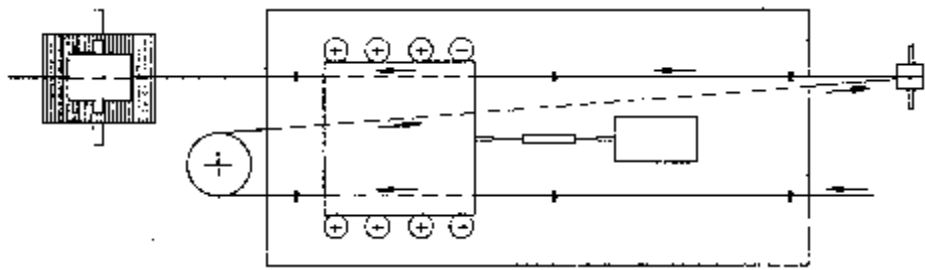


a) 侧视图

图 B2 动摩擦系数测试仪

采用说明：

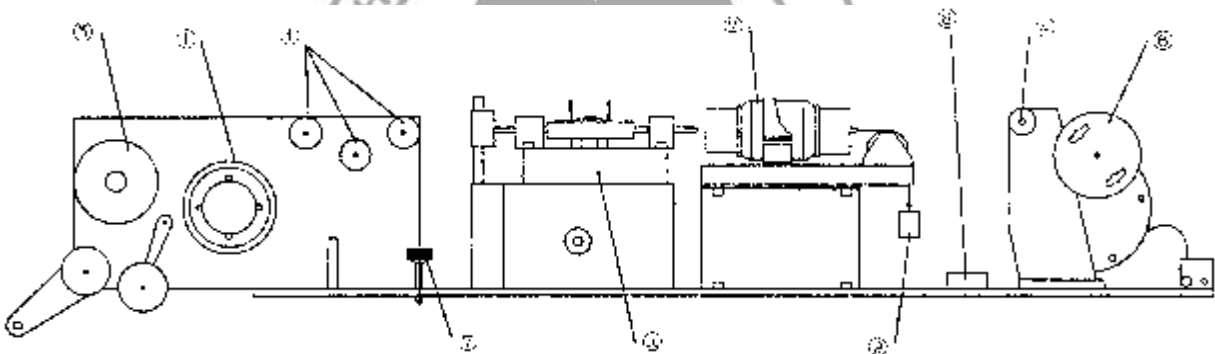
1] 将该条文内容移至 GB/T 4074. 3 第 2 条“引用标准”中以使本系列标准协调一致。



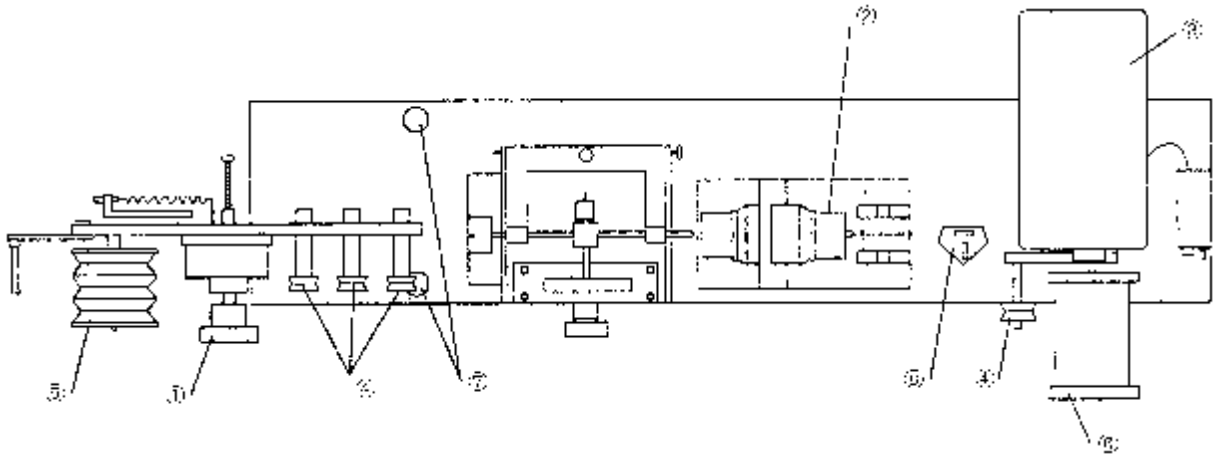
b) 俯视图

A—牵引轮;B—金属板;C—测力计;D—制动器;E—重量

图 B2(完)



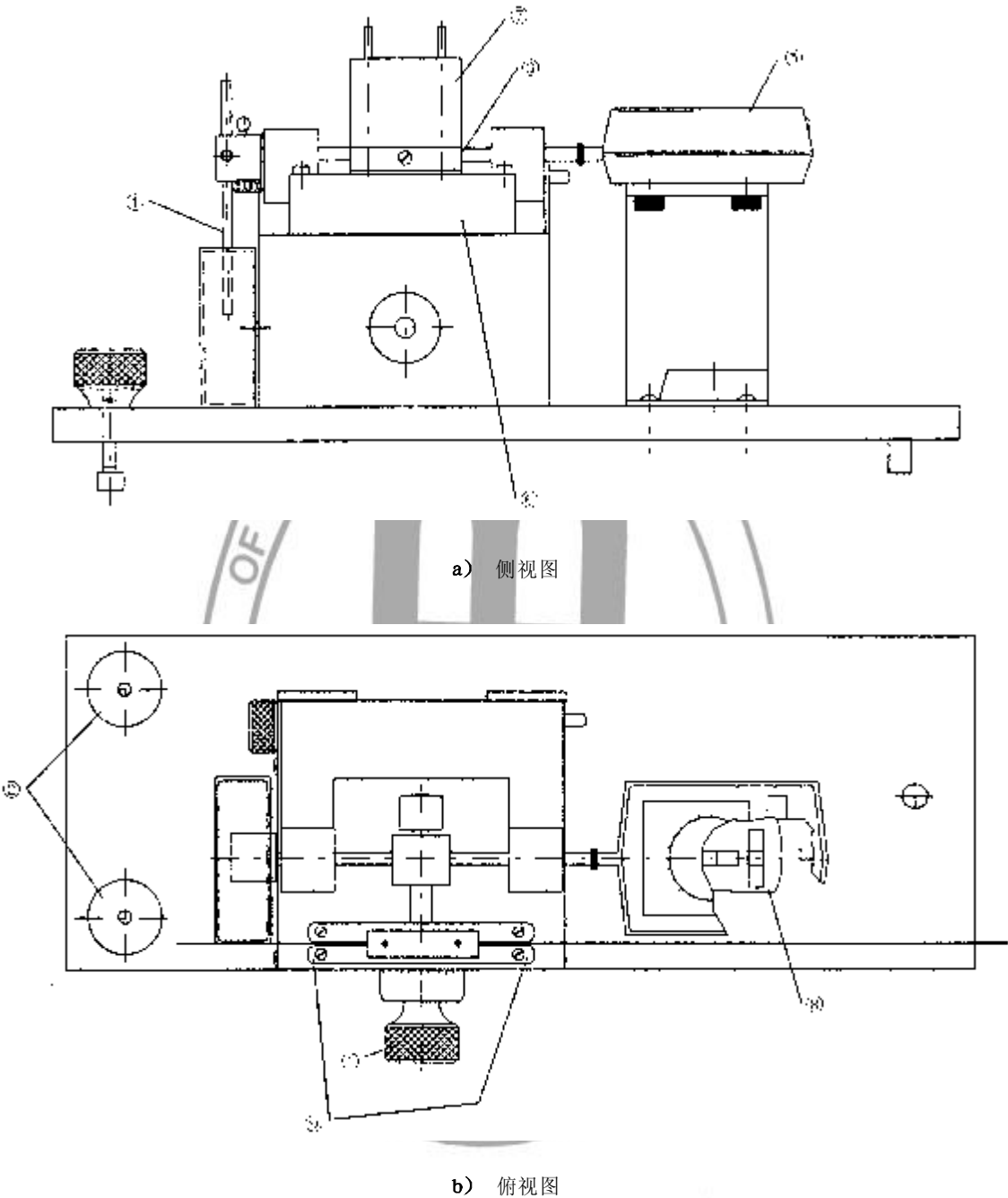
a) 侧视图



b) 俯视图

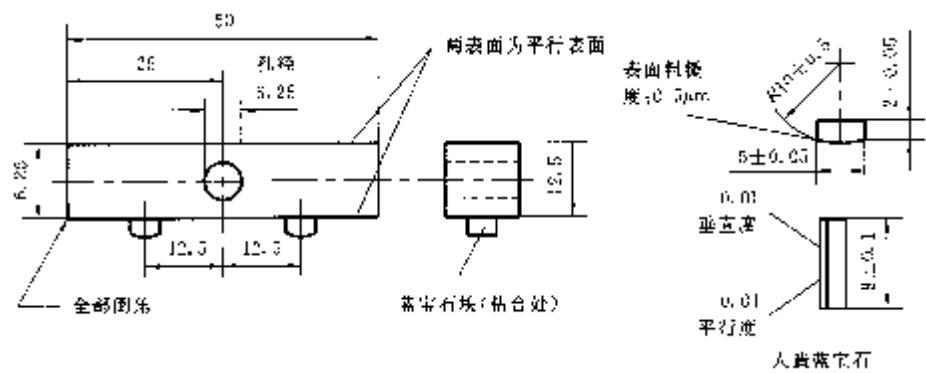
1—张力轮;2—力传感器;3—电机;4—导轮;5—放线轮;6—收线装置;
7—地脚螺丝;8—水平仪;9—校正重量;10—试验台(按线径由 2 部分组成)

图 B3 动摩擦系数试验仪



1—调节校正试验负荷和试验台平行度的旋钮;2—水平地脚螺丝;3—负荷压块(见图 B5);
4—阻尼系统;5—测力计;6—试验台;7—试验负荷;8—水平仪;9—试验导轮

图 B4 带机械测力计的摩擦试验设备明细表



尺寸单位: mm

图 B5 蓝宝石负荷压块

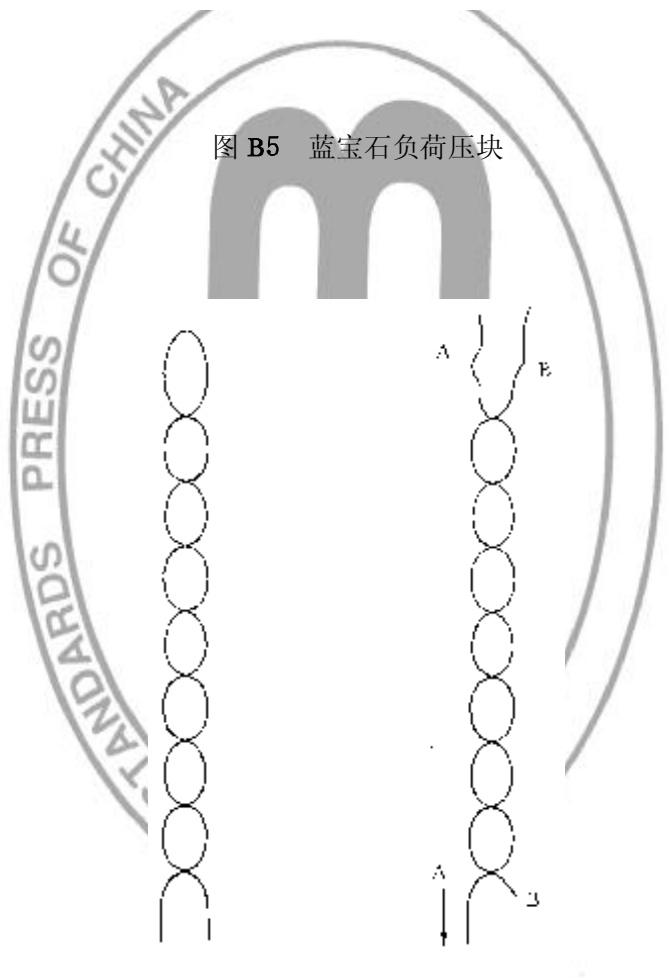


图 B6 扭绞装置