

ICS 25.180.10
K 60



中华人民共和国国家标准

GB/T 7287—2008

代替 GB/T 7287.1~GB/T 7287.12—1987

红外辐射加热器试验方法

Test method of infrared heater

2008-06-30 发布

2009-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品分类	2
5 试验项目	2
6 试验的一般条件	3
7 加热器尺寸、形状及外观的检测方法	3
8 加热器表面温度分布的测量方法	4
9 加热器辐射面和背面温度比的测量方法	5
10 加热器升温时间的测量方法	5
11 加热器功率偏差的测量方法	6
12 加热器工作温度下的泄漏电流和电气强度的试验方法	6
13 加热器耐潮湿的试验方法	7
14 加热器泄漏电流和电气强度的试验方法	7
15 加热器绝缘电阻的测量方法	8
16 加热器耐冷热交变性能的试验方法	8
17 加热器电-热辐射转换效率的测量方法	10
18 加热器法向全发射率的测量方法	12
19 加热器法向光谱发射率的测量方法	13
20 加热器有效辐射能量比、分布温度与辐射波长范围的测量方法	15
21 加热器接线柱的拉力试验方法	16
22 加热器工作寿命试验方法	16
23 加热器振动试验方法	17
24 加热器机械强度试验方法	17
25 加热器弯折试验方法	18
26 加热器剥离强度的试验方法	18
27 加热器阻燃性能的试验方法	18
28 加热器低温储存的试验方法	18
29 加热器过载能力的试验方法	19

前 言

本标准代替 GB/T 7287.1~GB/T 7287.12—1987《红外辐射加热器试验方法》，与后者相比，主要差异如下：

- 根据红外辐射加热器产品制造与检测技术的发展，将适用范围由中温红外辐射加热器扩展到各种低温、中温及高温红外辐射加热器。
- 增加了“规范性引用文件”、“术语和定义”与“产品分类”三部分。
- 根据相关产品标准的变化，增加了“工作温度下泄漏电流和电气强度”、“耐潮湿”、“有效辐射能量比与分布温度”、“接线柱拉力”、“机械强度”、“弯折试验”、“剥离强度”、“阻燃性能”、“低温储存”及“过载能力”等性能指标的试验方法。
- 法向全发射率的测量在“相对辐射计法”的基础上增加了“热像测量法”(方法 B)。
- 电-热辐射转换效率在“辐射计法”的基础上增加了“热像测量法”(方法 B)及“分布辐射度法”(方法 C)。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国工业电热设备标准化技术委员会(SAC/TC 121)归口。

本标准起草单位：国家红外及工业电热产品质量监督检验中心、扬中市大唐电器制造有限公司、南京溧水贝斯特有限公司。

本标准主要起草人：曾宇、熊杰、叶平、李刚、唐瑞仙、卫斯萍。

本标准所替代标准的历次发布情况为：

- GB/T 7287.1~7287.12—1987。

红外辐射加热器试验方法

1 范围

本标准规定了红外辐射加热器(以下简称“加热器”)的性能试验方法。

本标准适用于红外辐射加热器,其中包括金属基体或非金属基体的各类低温、中温及高温电热式红外辐射加热器。

本标准说明红外辐射加热器的基本特性和规定试验这些特性的方法,以供用户参考。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)(IEC 60068-2-6:1995, IDT)

GB/T 2900.23—2008 电工术语 工业电热装置(IEC 60050-841:2004, IDT)

GB 4706.1—2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分:通用要求(IEC 60335-1:2001, IDT)

GB 4706.8—2003 家用和类似用途电器的安全 电热毯、电热垫及类似柔性发热器具的特殊要求(IEC 60335-2-17:1998, IDT)

GB/T 8808—1988 软质复合塑料材料剥离试验方法(neq DIN 53357:1982)

GB/T 10066.1—2004 电热设备的试验方法 第1部分:通用部分(IEC 60398:1999, MOD)

GB/T 10066.12—2006 电热装置的试验方法 第12部分:红外加热装置

QB/T 2057—2006 红外线灯泡

3 术语和定义

GB/T 2900.23—2008 和 GB/T 10066.12—2006 确立的以及下列术语和定义适用与本部分。

3.1

红外辐射加热器 infrared heater

将输入的能量主要转换成红外辐射能量的加热器。

3.2

充分发热条件 conditions of adequate heat discharge

加热器在正常使用条件下的工作状态。

3.3

稳定工作状态 condition of adequate heated

加热器在正常使用条件下通电升温达到热平衡的工作状态。

3.4

工作温度 working temperature

加热器在额定电压下工作并且在充分发热条件下,辐射面的平均温度。

3.5

电-热辐射转换效率 electric-to-radiant power transfer efficiency

加热器在额定电压下工作达到热平衡后,将输入的电功率转换成输出的总辐射通量的百分比。

3.6

有效辐射能量比 ratio for effective radiant power

加热器在有效红外光谱波段($1\ \mu\text{m}\sim 25\ \mu\text{m}$)的辐射通量与总辐射通量之比。

3.7

升温时间 temperature rise time

加热器表面温度从室温上升至稳定工作温度的90%时所需要的时间。

4 产品分类

4.1 按辐射基体分类

4.1.1 金属基体加热器;

4.1.2 非金属基体加热器,包括:

- 陶瓷类加热器;
- 碳化硅类加热器;
- 锆英砂类加热器;
- 石英玻璃类加热器;
- 微晶玻璃类加热器;
- 碳晶发热板加热器;
- 碳纤维类加热器;
- 聚酯薄膜类加热器;
- 黑磁类加热器;
- 钒钛黑瓷类加热器;
- 黑化锆类加热器;
- 高硅氧类加热器;
- 半导体类加热器;
- 搪瓷类加热器。

应说明加热器的辐射基体类型。

4.2 按产品的型式结构分类

- 板状加热器;
- 管状加热器;
- 灯状加热器;
- 面状加热器;
- 其他异型加热器。

应说明加热器的型式结构。

4.3 按产品的工作温度分类

- 低温加热器($<200\ ^\circ\text{C}$);
- 中温加热器($200\sim 600\ ^\circ\text{C}$);
- 高温加热器($>600\ ^\circ\text{C}$)。

应说明加热器的工作温度范围。

5 试验项目

5.1 加热器尺寸、形状及外观的检测(第7章);

5.2 加热器表面温度分布的测量(第8章);

5.3 加热器辐射面和背面温度比的测量(第9章);

5.4 加热器升温时间的测量(第10章);



- 5.5 加热器功率偏差的测量(第 11 章);
- 5.6 加热器工作温度下泄漏电流和电气强度的试验(第 12 章);
- 5.7 加热器耐潮湿的试验(第 13 章);
- 5.8 加热器泄漏电流和电气强度的试验(第 14 章);
- 5.9 加热器绝缘电阻的测量(第 15 章);
- 5.10 加热器耐冷热交变性能的试验(第 16 章);
- 5.11 加热器电-热辐射转换效率的测量(第 17 章);
- 5.12 加热器法向全发射率的测量(第 18 章);
- 5.13 加热器法向光谱发射率的测量(第 19 章);
- 5.14 加热器有效辐射能量比、分布温度与辐射波长范围的测量(第 20 章);
- 5.15 加热器接线柱的拉力试验(第 21 章);
- 5.16 加热器工作寿命试验(第 22 章);
- 5.17 加热器振动试验(第 23 章);
- 5.18 加热器机械强度试验(第 24 章);
- 5.19 加热器弯折试验(第 25 章);
- 5.20 加热器剥离强度的试验(第 26 章);
- 5.21 加热器阻燃性能的试验(第 27 章);
- 5.22 加热器低温储存的试验(第 28 章);
- 5.23 加热器过载能力的试验(第 29 章)。

6 试验的一般条件

除非另有规定外,试验应在下列条件下进行。

样品的电源电压波动不超过额定功率要求电压值的 $\pm 1\%$ 。

第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 14 章、第 15 章、第 17 章、第 18 章、第 19 章、第 20 章、第 25 章、第 26 章、第 27 章的试验在环境温度保持在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度不大于 85%,无强制对流空气的试验室内进行。

7 加热器尺寸、形状及外观的检测方法

7.1 测量工具

毫米刻度的金属直尺、卷尺、游标卡尺(0.05 mm)、塞尺、平板。

7.2 测量方法

7.2.1 外形尺寸的测量

7.2.1.1 板状、矩形加热器尺寸的测量

用毫米刻度的金属直尺或卷尺在板状、矩形加热器中心线位置测量其长度和宽度,厚度测量则在相对两边的中间部位进行。

7.2.1.2 管状加热器尺寸的测量

用毫米刻度的金属直尺或卷尺测量管子的长度,测量在相对的两端进行。

管子的直径测量则在相对两边的中间部位用游标卡尺进行测量。

7.2.1.3 板状、矩形加热器及辐射基板平度的测量

以平板作为基准平面,将试件放在平板上,用塞尺测量试件底面与基准平面之间的最大间隙。

7.2.1.4 管状、灯状加热器的基体中心轴线直线度测量

将试件放在平板上,用塞尺对加热器基体弯曲最大处进行测量,读出最大值,并按总长百分率计算,应符合相关标准基体轴线直线度误差的规定。

7.2.2 外观检查

应符合相关标准的规定,通过视检,检查其合格性。

8 加热器表面温度分布的测量方法

8.1 测量仪器

辐射测温仪或其他测温仪以及配套装置,其准确度应符合 GB/T 10066.1—2004 中 5.7 规定;其测温量程应与被测加热器的工作温度范围相适应。

8.2 测量方法

8.2.1 确定测温点

板状、矩形加热器的测温点应符合图 1 所示。

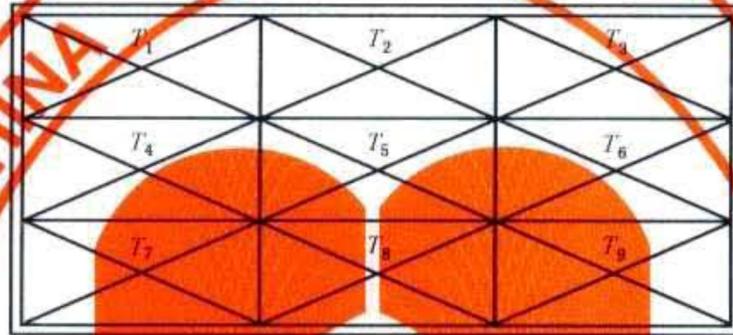


图 1 板状加热器测温点分布

管状、灯状加热器的测温点应符合图 2 所示。

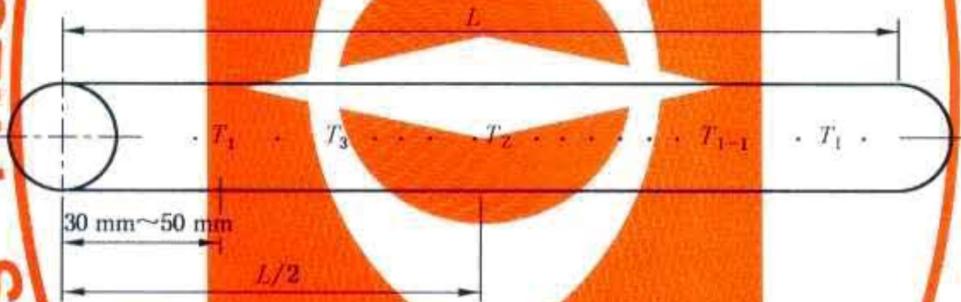


图 2 管状(或灯状)加热器测温点分布

其他形状的加热器按均匀分布的原则适当确定测温点。

8.2.2 调节测温仪

根据加热器辐射面的法向全发射率值 ϵ_n , 调节测温仪进行法向全发射率 ϵ_n 修正。然后,把试样置于试样架上并根据辐射测温仪视场确定测温距离,使图 1 和图 2 所示的每个测温点的直径均相等,且充满测温仪视场。

8.2.3 测温

对试样进行通电加热,使试样升温达到稳定工作状态后,用辐射测温仪或其他测温仪依次测量各测温点的温度值,并记录各点温度值。

8.2.4 计算温度分布系数(温度分布不均匀度)

按式(1)计算温度分布系数:

$$a = \frac{1}{T_z} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - T_z)^2} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

T_z ——辐射面几何中心处的温度值,单位为开氏绝对温标(K);

T_i ——辐射面第 i 点的温度值,单位为开氏绝对温标(K);

n ——除辐射面几何中心处测温点外的测温点数目,无量纲;

a ——温度分布系数(温度分布不均匀度),无量纲。

9 加热器辐射面和背面温度比的测量方法

9.1 测量仪器

应符合 8.1 规定。

9.2 测量方法

9.2.1 调节测温仪

根据加热器辐射面的法向全发射率值 ϵ_{n1} (当测量辐射面时) 和加热器背面法向全发射率值 ϵ_{n2} (当测量背面时) 调节测温仪进行法向全发射率修正。然后, 根据辐射测温仪视场确定测温距离, 使每个测温点的直径均相等, 且充满测温仪视场。

9.2.2 测温

将被测试样置于试样架上, 施加额定工作电压, 待其温度稳定后, 根据第 8 章中板状加热器测温点分布图, 测量并分别算出辐射面和背面的平均温度。

9.2.3 计算温度比

按式(2)计算温度比:

$$\beta = \overline{T}_r / \overline{T}_b \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

β ——温度比, 无量纲;

\overline{T}_r ——加热器辐射面平均温度, 单位为摄氏度(°C);

\overline{T}_b ——加热器背面平均温度, 单位为摄氏度(°C)。

10 加热器升温时间的测量方法

10.1 测量仪器

应符合 8.1 规定。

时间记录装置(如函数记录仪、秒表等), 能分辨比分更精确的时间。

10.2 测量方法

根据加热器辐射面几何中心处的法向全发射率值 ϵ_n , 调节辐射测温仪进行法向全发射率 ϵ_n 修正。

将被测试样置于试样架上, 确定测温距离, 使试样辐射面几何中心充满辐射测温仪的视场。

给试样施加额定工作电压, 在试样通电加热的同时, 用辐射测温仪测量温度, 并记录从室温升至温度稳定状态的升温曲线, 如图 3 所示:

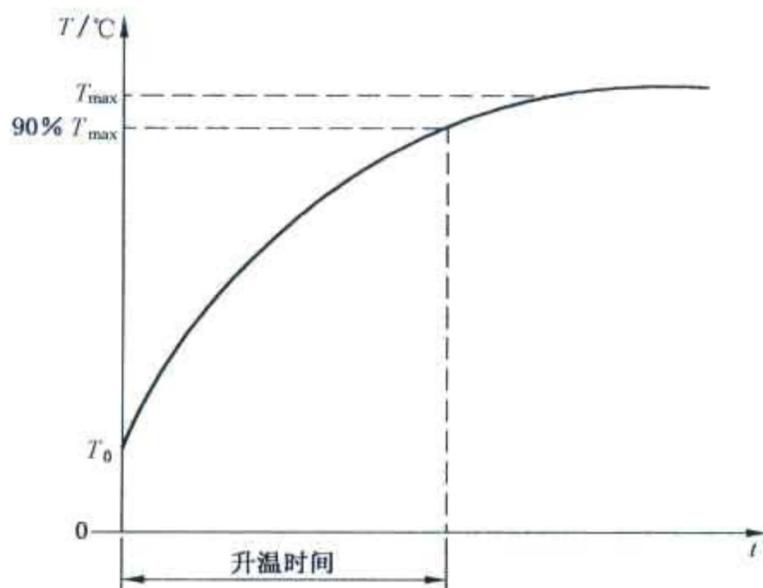


图 3 升温时间曲线图

根据记录曲线, 取温度从室温升至温度稳定状态的 90% 时所需要的时间作为升温时间, 如升温时间曲线图所示。

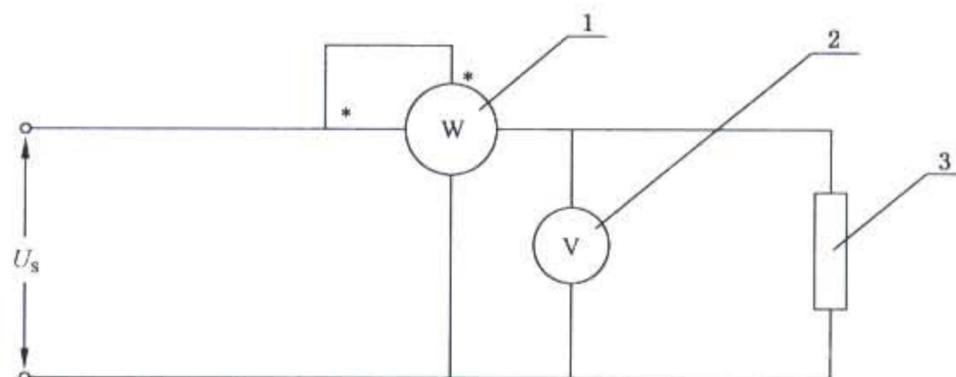
11 加热器功率偏差的测量方法

11.1 测量仪器

0.5 级的电功率表、0.2 级的电压表。

11.2 测量方法

接线示意图如图 4:



- 1——电功率表；
- 2——电压表；
- 3——试样。

图 4 电功率测量接线示意图

给试样施加额定工作电压,进行升温。当达到稳定状态(按第 10 章确定)后,电功率表上所示的数值即为试样的实测功率。在升温过程中,须用电压表监视试样所施加的额定工作电压。

功率偏差率 J 按式(3)计算:

$$J = \frac{P - P_h}{P_h} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- J ——功率偏差率,无量纲;
- P ——实测电功率,单位为瓦(W);
- P_h ——额定电功率,单位为瓦(W)。

12 加热器工作温度下的泄漏电流和电气强度的试验方法

12.1 测量仪器

精度不低于 0.5 级的电压表、精度不低于 0.5 级的毫安表和绝缘耐压试验台等。

12.2 测量方法

试验在加热器通电并达到稳定状态的情况下进行。

将加热器在正常工作状态下通电,调整供电电压,使输入功率等于额定功率的 1.15 倍。当加热器工作温度达到稳定状态后进行试验。

12.2.1 工作温度下的泄漏电流测量

测量电路原理图如图 5 所示:

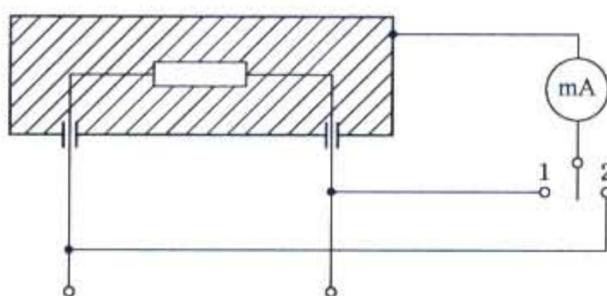


图 5 工作温度下的泄漏电流测量电路图

测量时应通过选择开关的转换,分别在加热器的两个引出棒或两个电极与加热器外壳之间测量泄漏电流,测量结果取较大值。

12.2.2 工作温度下的电气强度试验

绝缘应承受 1 min 频率为 50 Hz 或 60 Hz 基本为正弦波的电压。对单相加热器,按图 6 所示进行连接。三相加热器在切断电源后,立即试验。

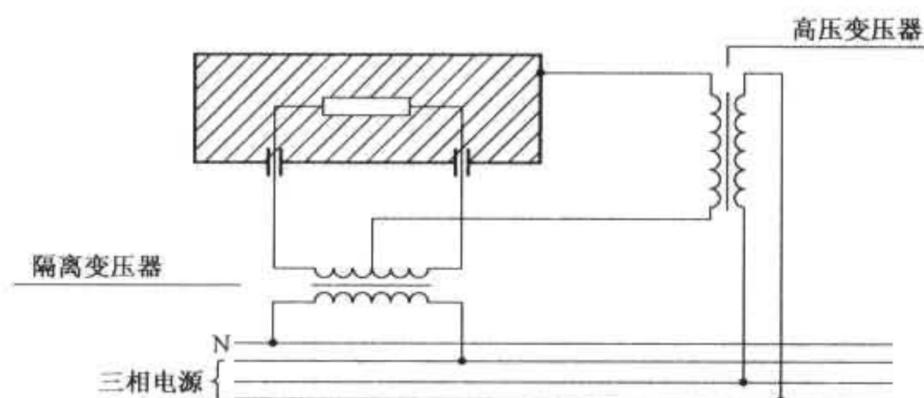


图 6 工作温度下的电气强度试验电路图

试验电压施加在加热器的引出棒或两电极与外壳之间。按照有关产品标准的规定施加试验电压值。试验初始,首先设定动作电流,施加的电压不超过规定电压值的一半,然后迅速升高到规定值。动作电流由式(4)决定:

$$I_H = \frac{U_H}{R_H} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

I_H ——动作电流,单位为毫安(mA);

U_H ——试验电压,单位为伏特(V);

R_H ——120,单位为千欧(k Ω)。

动作电流应圆整到整数值。

13 加热器耐潮湿的试验方法

13.1 试验仪器

潮湿试验箱及绝缘耐压试验台、毫安电流表等测量仪器。

13.2 试验方法

经受试验的加热器在具有通常大气环境的试验室内放置 24 h 后,再经受本试验。

加热器应在不包装、不通电、“准备使用状态”和正常工作位置或按有关标准的状态放入试验箱。

潮湿处理在相对湿度为(93 \pm 2)%的潮湿箱内进行 48 h。空气的温度保持在 20 $^{\circ}$ C \sim 30 $^{\circ}$ C 之间任何一个方便值 t 的 1 K 之内。在放入潮湿箱之前,使样品达到 t 温度。

在这一处理之后,加热器应在原潮湿箱内,或在一个使样品达到规定温度的房间内,立即经受泄漏电流和电气强度试验。

耐潮湿试验后的泄漏电流和电气强度的试验方法按第 14 章的规定进行。

14 加热器泄漏电流和电气强度的试验方法

14.1 试验仪器

精度不低于 0.5 级的电压表、精度不低于 0.5 级的毫安表和绝缘耐压试验台等。

14.2 试验方法

试验在加热器不通电的情况下进行。

14.2.1 泄漏电流测量

使加热器的外壳与大地绝缘,然后将试验电压加在加热器任一引出棒或任一带电部件与外壳之间,用接在连线中的毫安表 mA 测得电流即为泄漏电流。

试验电压 U_s 为额定电压的 1.1 倍。

试验电路原理图如图 7 所示:

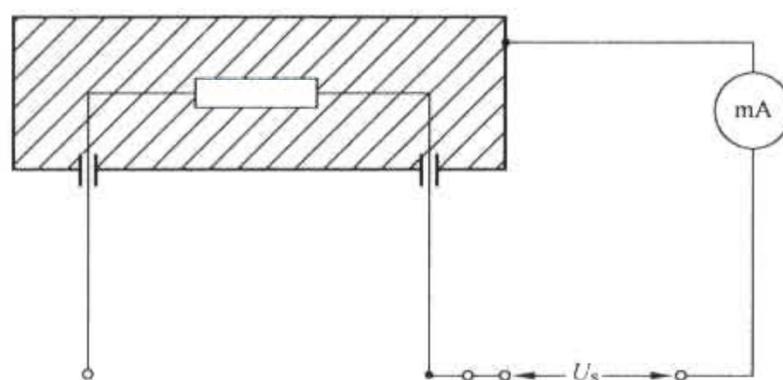


图 7 泄漏电流的测量电路图

14.2.2 电气强度试验

在 14.2.1 试验之后,绝缘要立即经受 1 min 频率为 50 Hz 或 60 Hz 基本为正弦波的电压。试验方法见 12.2.2。

15 加热器绝缘电阻的测量方法

15.1 测量仪器

精度不低于 1.0 级 500 V 的兆欧表。

15.2 测量方法

15.2.1 冷态绝缘电阻的测量

用 500 V 的兆欧表连续多点测量加热器的接线端子和加热器表面之间及接线端子和外壳之间的电阻,取各次测量值中的最小值为该加热器的冷态绝缘电阻。

15.2.2 热态绝缘电阻的测量

在额定工作电压下,将加热器通电加热,当升温时间达到稳定状态后,立即断电停止加热,用 500 V 的兆欧表在 15 s 内多点测量加热器的接线端子和加热器表面之间及接线端子和外壳之间的电阻,取各次测量值中的最小值为该加热器的热态绝缘电阻。

16 加热器耐冷热交变性能的试验方法

16.1 试验设备

a) 热过载试验装置:由控制柜、试验架等组成。

控制柜包括三相调压器(应满足 16.2.1 的要求)、精度不低于 0.5 级的电流表及 0.5 级的电压表等部分。

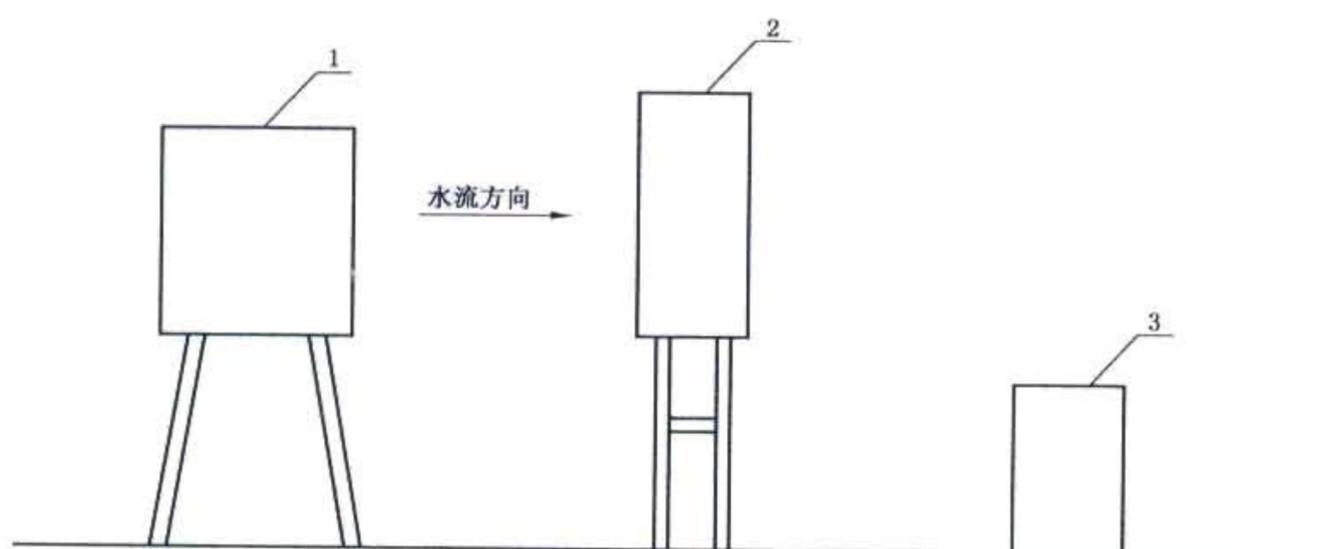
试验架应由具有抗高温、抗锈蚀的金属框架构成。

b) 喷雾风机:工作性能应能满足 16.2.2 的要求。

c) 风速仪:灵敏度不低于 0.2 m/s,最大量程为 15 m/s。

d) 放大镜:放大倍数 4 倍~5 倍。

冷热交变试验装置的示意图如图 8:



- 1——喷雾风机；
2——试样架；
3——调压器。

图 8 冷热交变试验装置图

16.2 试验方法

16.2.1 将加热器固定在试验架上,调整电压,使加热器在额定工作电压的 1.35 倍电压下进行过载加热(碳纤维发热丝加热器在 1.2 倍额定电压下进行过载加热),通电加热时间为加热器升温时间的 2 倍。

16.2.2 加热器经热过载试验后断电,按表 1 所规定的冷却条件迅速操作喷雾风机使加热器急剧冷却,直至 40 °C 以下。

喷雾风机的射流速度应距加热器 150 mm 处测量,并应符合有关产品标准的规定要求。

未列入表中的加热器,其冷却条件亦可参照表中的规定执行。

加热器经冷却试验后,若处于潮湿状态,应在额定电压下进行干燥处理。

加热器的冷却条件按表 1 确定:

表 1 加热器的冷却条件

序号	试样名称	冷却条件	
		冷却介质	射流速度/(m/s)
1	碳化硅加热器	水雾	13
2	锆英砂加热器	空气	13
3	高硅氧加热器	水雾	13
4	陶瓷釉质加热器	空气	13
5	集成式电阻膜加热器	水雾	13
6	搪瓷类加热器	空气	13
7	金属基体涂层型加热器	空气	13
8	石英玻璃加热器	空气	13
9	其他类型加热器	空气	13

16.2.3 试样经受一次热过载过程和冷却过程,合称试样冷热交变次数一次。

冷热交变的次数应符合有关产品标准的规定。

冷热交变试验结束后,用放大镜检查加热器表面状态,并评定是否符合有关产品标准的要求。

17 加热器电-热辐射转换效率的测量方法

17.1 方法 A

对于满足或近似满足朗伯辐射体条件的加热器,可采用本方法。

17.1.1 测量设备

17.1.1.1 测量装置方框图

加热器电-热辐射转换效率的测量装置方框图如图 9 所示:



- 1——稳压电源;
- 2——功率表;
- 3——被测加热图;
- 4——辐射功率计。

图 9 电-热辐射转换效率测量装置方框图

17.1.1.2 测量仪器

- a) 稳压电源,其电压波动不大于±1%;
- b) 功率表,精度不低于 0.5 级;
- c) 热释电辐射功率计,不确定度不低于 2%。

17.1.2 测量方法

17.1.2.1 加热器辐射面的几何尺寸

按 7.2.1 测出加热器辐射面的几何尺寸。

17.1.2.2 确定测量点

按 8.2.1 在被测辐射面上均匀选取 n (n 不小于 9) 个面元,并以面元的中心为加热器的待测点。

17.1.2.3 调整光学系统

使所测辐射面相对于探测器可作点源近似。

辐射功率计探测器的光敏面、光栏平面及加热器的待测面三者要平行且共轴。

调整限束光栏,使被测辐射面充满探测器的视场。

17.1.2.4 功率测量

接通电源,当其达到升温时间后,测出并记录电功率值 P_e 。

依次测出并记录各测量点辐射功率的测量值 P_i 。

17.1.3 测量结果计算

17.1.3.1 辐射面积的计算

根据 17.1.2.1 的测量值,计算辐射面的面积 $S(m^2)$ 。

17.1.3.2 辐射出射度的计算

在满足朗伯辐射体条件下,辐射出射度按式(5)计算:

$$M = \frac{16}{\pi} \cdot \left(\frac{L}{d_1 \cdot d_2} \right)^2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

M ——辐射出射度,单位为瓦每平方米(W/m^2);

L ——探测器光敏面到光栏的距离,单位为米(m);

d_1 ——探测器的限束光栏的直径,单位为米(m);

d_2 ——光栏直径,单位为米(m);

P_i ——辐射面上第 i 点的辐射功率测量值,单位为瓦(W);

其中: L 、 d_1 、 d_2 的大小参照 17.1.2.3 确定。

17.1.3.3 转换效率的计算

电-热辐射转换效率按式(6)计算:

$$\eta = \frac{M \cdot S}{P_e} \times 100 \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

η ——电-热辐射转换效率,单位为百分比(%);

P_e ——实测电功率,单位为瓦(W)。

17.2 方法 B(热像测量法)

适用于灰体型加热器或具有近似灰体特性的加热器。

17.2.1 测量设备

- a) 稳压电源,其电压波动不大于 $\pm 1\%$;
- b) 功率表,精度不低于 0.5 级;
- c) 红外热像仪,精度 $\leq \pm 1\%$ 。

17.2.2 测量方法

17.2.2.1 加热器辐射面的几何尺寸

按 7.2.1 测出加热器辐射面的几何尺寸。

17.2.2.2 电功率测量

给加热器施加额定工作电压,通电升温达到热平衡后,测出并记录电功率值 P_e 。

17.2.2.3 辐射温度测量

适当调整热像仪探测头与加热器之间的距离,使加热器辐射面基本充满热像仪视场,设置热像仪发射率校正值为 1.000。用红外热像仪测出加热器辐射面的平均辐射温度 T_r ;或选择能反映辐射面平均温度的样品局部表面,测出其平均辐射温度 T_r 。

17.2.3 测量结果计算

17.2.3.1 辐射面积的计算

根据 17.1.2.1 的测量值,计算辐射面的面积 $S(\text{m}^2)$ 。

17.2.3.2 转换效率的计算

电-热辐射转换效率按式(7)计算:

$$\eta = \frac{S\sigma(T_r^4 - T_0^4)}{P_e} \times 100 \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

η ——电-热辐射转换效率,单位为百分比(%);

P_e ——实测电功率,单位为瓦(W);

T_r ——平均辐射温度,单位为开氏绝对温标(K);

T_0 ——环境温度,单位为开氏绝对温标(K);

σ ——斯特藩-波耳兹曼常数, $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ 。

17.3 方法 C

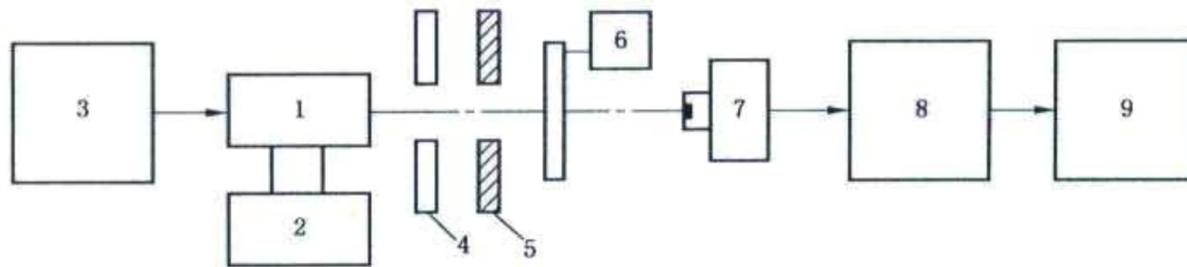
按 QB/T 2057—2006 中 6.14.1 的规定进行。

18 加热器法向全发射率的测量方法

18.1 方法 A

18.1.1 测量装置和参比涂料

18.1.1.1 测量装置如图 10 所示：



- 1——待测试样；
- 2——试样支架；
- 3——控温仪；
- 4——水冷光栏；
- 5——限束光栏；
- 6——调制器；
- 7——探测器；
- 8——放大系统；
- 9——毫伏表。

图 10 法向全发射率测量装置图

18.1.1.2 仪器设备

控温仪,控温精度不低于 ± 0.5 K。

试样支架,能方便夹持各种加热器,并具有三维连续可调的功能。

调制器,转速不稳定度不大于 $\pm 1\%$,其调制频率应与探测器的频响特性一致。

探测器,比探测度不小于 $10^8 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$,至少应在 $1 \mu\text{m} \sim 25 \mu\text{m}$ 的波长范围内具有平坦的光谱响应。

放大系统,信噪比大于 20,中心频率应与调制频率一致,非线性度不大于 $\pm 2\%$ 。

毫伏表,精度不低于 1.0 级。

辐射测温仪,精度不低于 $\pm 1\%$ 。

注:由探测器、放大系统及毫伏表组成的探测系统也可由绝对辐射功率计代替,其精度不低于 $\pm 2\%$ 。

18.1.1.3 参比涂料

参比涂料应具有下列性质:

- a) 化学性质稳定,在测试温度范围内涂覆于各种加热器表面均不发生化学变化;
- b) 当厚度不小于 0.2 mm 时,对 $1 \mu\text{m} \sim 25 \mu\text{m}$ 的红外辐射不透明;
- c) 法向全发射率在测试温度范围内的平均温度变化率小于 $0.03 \times 10^{-2} / \text{K}$;
- d) 法向全发射率大于 0.8,光谱辐射特性近似灰体;
- e) 所给参比涂料在测试温度范围内的法向全发射率数据,其精度不低于 $\pm 3\%$ 。

18.1.2 测量方法

18.1.2.1 给待测试样施加额定工作电压,待温度稳定后,用辐射测温仪测定试样表面温度分布,并确定其中心部位的等温区的工作温度,然后断电冷却至室温。

18.1.2.2 将试样固定在试样支架上,调整光学系统达到下列要求:

- a) 探测器光敏面与调制平面,光栏平面及试样辐射面相互平行且共轴;
- b) 有效限束光栏对探测器所张的视场角不大于 5.7° ;
- c) 由有效限束光栏所决定的试样待测面积位于等温区内并小于等温区面积。

18.1.2.3 将控温仪热电偶焊接或粘接于待测面附近(等温区内)。用控温仪将待测表面温度控制在其

工作温度。待温度稳定后,测量放大系统输出的试样与调制盘差分信号电压 U_s 。

18.1.2.4 关闭控温仪,试样冷却至室温后,在等温区内均匀涂覆参比涂料,涂覆厚度为 0.2 mm,涂覆稳定后,测量放大系统输出的参比涂料与调制盘差分信号电压 U_t 。

18.1.2.5 移开试样,测量放大系统输出的背景与调制盘差分信号电压 U_w 。

18.1.2.6 用辐射测温仪测量等温区的表观工作温度 T_r 。

18.1.3 测量结果计算

按式(8)计算试样在工作温度下的法向全发射率,结果保留二位有效数字:

$$\epsilon_n = \frac{(U_s - U_w + R \cdot K \cdot P_0)}{(U_t - U_w + R \cdot K \cdot P_0)} \cdot \epsilon_{tn} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

ϵ_n ——试样在工作温度下的法向全发射率,无量纲;

ϵ_{tn} ——参比涂料在加热器工作温度下的法向全发射率(取表观工作温度 T_r 下的数值),无量纲;

U_s ——试样与调制盘差分信号电压,单位为毫伏(mV);

U_t ——参比涂料与调制盘差分信号电压,单位为毫伏(mV);

U_w ——背景与调制盘差分信号电压,单位为毫伏(mV);

R ——探测器响应率,单位为毫伏每毫瓦(mV/mW);

K ——放大系统放大系数,无量纲;

P_0 ——探测器接收的背景辐射功率,单位为毫瓦(mW)。

(注:将背景作黑体处理,用点源公式计算给出 P_0 。)

18.2 方法 B(热像测量法)

适用于灰体型加热器或具有近似灰体特性的加热器。

18.2.1 测量设备和参比涂料:

a) 稳压电源,其电压波动不大于 $\pm 1\%$;

b) 红外热像仪,精度 $\leq \pm 0.5\%$;

c) 参比涂料的要求同上。

18.2.2 测量方法

18.2.2.1 在待测加热器几何中心附近部位均匀涂覆参比涂料,涂覆厚度约为 0.2 mm,涂层边缘应整齐。涂覆完毕自然干燥 15 min。

18.2.2.2 将待测加热器固定在样品架上,施加额定工作电压通电升温。

18.2.2.3 调整热像仪探测头至加热器表面的距离约为 1 m,按热像仪操作规程开启热像仪,设定发射率校正值为 1.000,并设定适当的测温灵敏度。

18.2.2.4 加热器温度稳定后,在紧邻涂层边界的两侧分别对称选取一个等温面元,并分别测量参比涂层及加热器表面的辐射温度 T_{rt} 与 T_r 。

18.2.3 测量结果计算:

按式(9)计算加热器试样在工作温度下的法向全发射率,结果保留二位有效数字:

$$\epsilon_n = \left(\frac{T_r}{T_{rt}}\right)^4 \epsilon_{tn} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

ϵ_n ——加热器在工作温度下的法向全发射率,无量纲;

ϵ_{tn} ——参比涂料在加热器工作温度下的法向全发射率,无量纲;

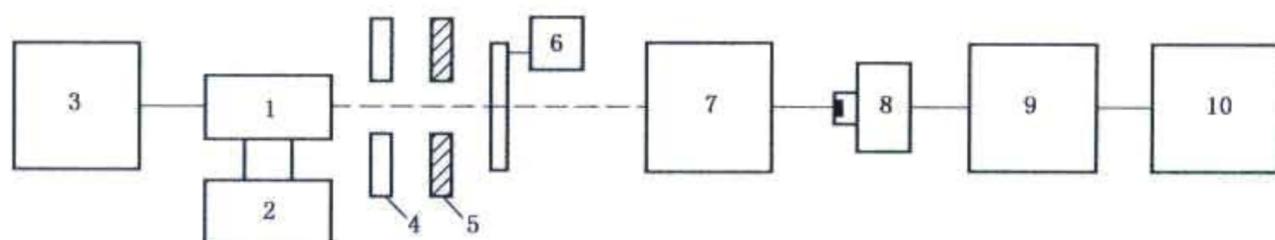
T_r ——加热器表面的辐射温度,单位为开氏绝对温标(K);

T_{rt} ——参比涂料的辐射温度,单位为开氏绝对温标(K)。

19 加热器法向光谱发射率的测量方法

19.1 测量装置和参比涂料

测量装置如图 11 所示：



- 1——待测试样；
- 2——试样支架；
- 3——控温仪；
- 4——水冷光栏；
- 5——限束光栏；
- 6——调制器；
- 7——单色仪；
- 8——探测器；
- 9——放大系统；
- 10——函数记录仪。

图 11 法向光谱发射率测量装置图

19.1.1 仪器设备

控温仪,控温精度不低于 ± 0.5 K。

试样支架,能方便夹持各种加热器,并具有三维连续可调的功能。

调制器,转速不稳定性不大于 $\pm 1\%$,其调制频率应与探测器的频响特性一致。

单色仪,工作波段应覆盖 $0.38\ \mu\text{m}\sim 25\ \mu\text{m}$,并带有波长扫描装置。

探测器,比探测度不小于 $10^9\ \text{cm}\cdot\text{Hz}^{1/2}\cdot\text{W}^{-1}$,至少应在 $1\ \mu\text{m}\sim 25\ \mu\text{m}$ 的波长范围内具有平坦的光谱响应。

放大系统,信噪比大于 20,中心频率应与调制频率一致,非线性度不大于 $\pm 2\%$ 。

函数记录仪,精度不低于 1.0 级。

辐射测温仪,精度不低于 $\pm 1\%$ 。

注 1: 记录部分也可由 A/D 转换器、微型计算机及绘图仪组成的记录系统代替,系统精度不低于 $\pm 2\%$ 。

注 2: 图 11 中第 6~10 部分也可由傅立叶变换红外光谱仪代替。

19.1.2 参比涂料

参比涂料应具有与 18.1.1.3 相同的性质及精度。

19.2 测量方法

19.2.1 与 18.1.2.1 相同。

19.2.2 将试样固定在试样支架上,调整光学系统达到下列要求:

a) 与 18.1.2.2 中 a) 项相同。

b) 光学系统所决定的试样待测面积相对于探测器可作“点源”近似;且位于等温区内并小于等温区面积。

19.2.3 将控温仪热电偶焊接或粘接于待测面附近(等温区内)。用控温仪将待测表面温度控制在其工作温度。待温度稳定后,开启单色仪的扫描装置,使之在 $0.38\ \mu\text{m}\sim 25\ \mu\text{m}$ 的波长范围内进行连续扫描,同时使记录仪与之同步,测出放大系统输出的试样与调制盘差分光谱信号电压 U_{sx} 随波长变化的关系曲线。

19.2.4 关闭控温仪,试样冷却至室温后,在等温区内均匀涂覆参比涂料,涂覆厚度为 $0.2\ \text{mm}$,涂覆方法与获取其发射率数据的原测量方法中的一致。然后开启控温仪(设定温度与第 19.2.3 相同)。温度

稳定后,按 19.2.3 的方法测出放大系统输出的参比涂料与调制盘差分光谱信号电压 U_{λ} 随波长变化的关系曲线。

19.2.5 移开试样,测量放大系统输出的背景与调制盘差分光谱信号电压 $U_{w\lambda}$ 随波长变化的关系曲线(方法同 19.2.3)。

19.2.6 用辐射测温仪测量等温区的表观工作温度 T_r 。

19.3 测量结果计算

按式(10)计算试样在工作温度下的法向光谱发射率,结果保留二位有效数字:

$$\epsilon_{n\lambda} = \frac{(U_{s\lambda} - U_{w\lambda} + R_{\lambda} \cdot K \cdot P_{0\lambda} \cdot \Delta\lambda)}{(U_{r\lambda} - U_{w\lambda} + R_{\lambda} \cdot K \cdot P_{0\lambda} \cdot \Delta\lambda)} \cdot \epsilon_{rn\lambda} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- $\epsilon_{n\lambda}$ ——试样在工作温度下的法向光谱发射率,无量纲;
- $\epsilon_{rn\lambda}$ ——参比涂料在试样工作温度下的法向光谱发射率(取表观工作温度 T_r 下的数值),无量纲;
- $U_{s\lambda}$ ——试样与调制盘差分光谱信号电压,单位为毫伏(mV);
- $U_{r\lambda}$ ——参比涂料与调制盘差分光谱信号电压,单位为毫伏(mV);
- $U_{w\lambda}$ ——背景与调制盘差分光谱信号电压,单位为毫伏(mV);
- R_{λ} ——探测器光谱响应率,单位为毫伏每毫瓦(mV/mW);
- K ——放大系统电压放大系数,无量纲;
- $\Delta\lambda$ ——单色仪谱线宽度,单位为微米(μm);
- $P_{0\lambda}$ ——探测器接收的背景光谱辐射功率,单位为毫瓦每微米(mW/ μm)。

注:将背景作黑体处理,用点源公式计算给出 $P_{0\lambda}$ 。

20 加热器有效辐射能量比、分布温度与辐射波长范围的测量方法

20.1 仪器设备

测量装置,与图 11 相同。

标准黑体,工作温度范围与被测样品的辐射光谱分布相适应,控温精度优于 1%。

20.2 测量方法

20.2.1 设置黑体工作温度 T_b 与被测样品最高温度基本接近。

20.2.2 给加热器施加额定工作电压,通电升温至稳定。

20.2.3 在相同的光学条件下,分别测量黑体的相对辐射能谱 $U_{\lambda}(T_b)$ 与样品中心部位的相对辐射能谱 $U_{\lambda}(T)$ 。

20.3 测量结果计算

20.3.1 按式(11)计算样品的光谱辐射出射度 $M_{\lambda}(T)$:

$$M_{\lambda}(T) = \frac{U_{\lambda}(T)}{U_{\lambda}(T_b)} M_{\lambda}(T_b) \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

- $M_{\lambda}(T)$ ——样品的光谱辐射出射度,单位为瓦每平方厘米微米[W/($\text{cm}^2 \cdot \mu\text{m}$)];
- $M_{\lambda}(T_b)$ ——黑体的光谱辐射出射度(由普朗克公式计算给出),单位为瓦每平方厘米微米[W/($\text{cm}^2 \cdot \mu\text{m}$)];
- $U_{\lambda}(T)$ ——样品的相对辐射能谱(测量系统输出的信号电压),单位为毫伏(mV);
- $U_{\lambda}(T_b)$ ——黑体的相对辐射能谱(测量系统输出的信号电压),单位为毫伏(mV)。

20.3.2 按式(12)计算样品有效辐射能量比 R_e :

$$R_e = \frac{\int_{\lambda_2}^{25} M_{\lambda}(T) d\lambda}{\int_{\lambda_1} M_{\lambda}(T) d\lambda} \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中的 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ 为样品总辐射通量对应的波长范围。

20.3.3 根据分布温度的定义和样品的光谱辐射出射度 $M_\lambda(T)$, 利用“多波长逼近法”及其相应的计算软件, 算出样品的分布温度 T_d 。计算光谱的起始波长为 λ_1 , 终止波长为 λ_2 。应在计算结果中同时给出所选择的波长间隔 $\Delta\lambda$ 。

20.3.4 辐射波长范围的确定

根据样品的绝对辐射能谱(即光谱辐射出射度 $M_\lambda(T)$ 曲线), 计算 10%(或 X%) 峰值辐射出射度所对应的光谱区间, 即为样品有效辐射波长范围。X 值根据有关产品标准确定。

21 加热器接线柱的拉力试验方法

21.1 试验仪器

拉力试验机, 精度不低于 1%。

21.2 试验方法

将加热器的接线柱紧固在拉力机上, 施加规定的拉力, 历时 3 min, 然后检验之, 其结果应符合有关产品技术标准的规定要求。

22 加热器工作寿命试验方法

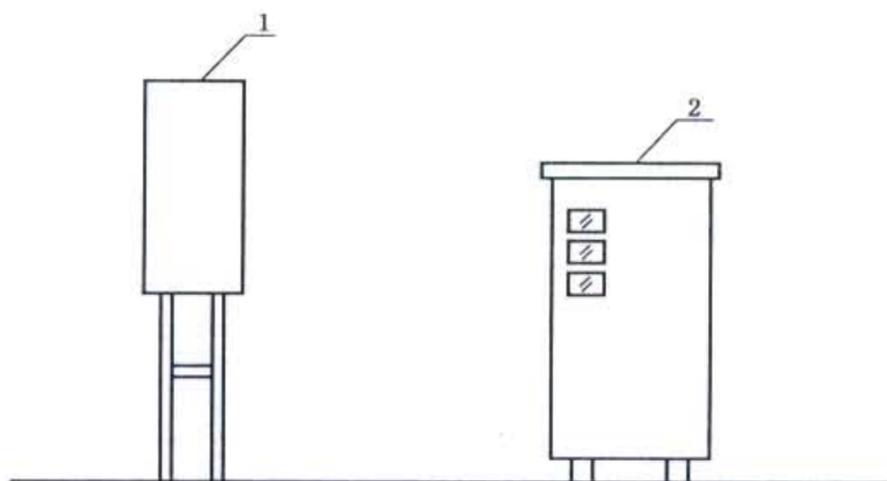
22.1 试验设备

加速老化试验装置(由控制柜、试验架等组成)。

控制柜由三相调压器、精度不低于 0.5 级的电流表及 0.5 级的电压表等组成。

试验架应由具有抗高温、抗锈蚀的金属框架构成。

加速老化试验装置的示意图如图 12:



1——试验架;

2——控制柜。

图 12 加速老化试验装置

22.2 试验方法

22.2.1 转换效率的测量

按第 17 章测量加热器的电-热辐射转换效率值确定为初值。

22.2.2 待加热器的寿命(老化)试验结束后,重新测量加热器的电-热辐射转换效率值确定为终值。

22.2.3 寿命(老化)的试验

可按下述两种方法进行。

a) 模拟(加速)寿命试验法

碳纤维发热丝加热器在 1.3 倍额定电压下连续通电工作,其他类型加热器在 1.35 倍额定电压下连续通电工作,试验时间见表 2。

表 2 工作寿命的试验时间

h

标称工作寿命	试验时间
3 000	36
4 000	48
5 000	60
...	...
10 000	120

试验结束后,如果待测加热器的电-热辐射转换效率终值不低于初始值的 90%、且未出现损坏,则判定该加热器的寿命不低于该加热器的标称工作寿命。

b) 常规寿命试验法

在额定电压下,连续通电 n h。

注: n 为自然数。

试验结束后,如果待测加热器的电-热辐射转换效率终值不低于初始值的 90%、且未出现损坏,则判定该加热器的寿命不低于 n h。

23 加热器振动试验方法

23.1 试验设备

振动试验台,其特性应符合 GB 2423.10—2008 中 4.1 的有关规定。

23.2 试验方法

23.2.1 根据有关产品标准规定的振动等级参数确定下列数值:

- a) 频率范围;
- b) 振幅值;
- c) 试验持续时间。

23.2.2 初始检测

对待测加热器进行拆箱,按有关产品标准的规定对加热器进行外观检查和电性能的检测。完成初始检测后,按有关产品标准的规定进行包装。

23.2.3 对包装好的加热器进行振动试验。

23.2.4 最后检测

对完成振动试验后的试样拆箱,并按有关产品标准的规定进行外观检查和电性能的检测。

24 加热器机械强度试验方法

适用于非金属基体类加热器。

24.1 试验设备

弹簧冲击器($\pm 0.04\%$)。

24.2 试验方法

按照 GB 4706.1—2005 中第 21 章的规定,用弹簧冲击器在样品外表面每一个可能的薄弱点上打击三次。打击能量为(0.5 ± 0.04) J,或按有关产品标准的规定确定打击能量值。

试验结束后,检查是否符合有关产品标准的要求。

25 加热器弯折试验方法

适用于柔性辐射电热膜、柔性面状辐射加热类产品。

25.1 试验设备

低温试验箱,精度优于 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$,温度波动度 $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$,温度均匀度 $\leq 2\text{ }^\circ\text{C}$ 。

25.2 试验方法

25.2.1 冷弯试验

将样品卷在一个直径为 55 mm 的纸筒上,然后将卷好的样品在 $-30\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ 的低温试验箱中存放 4 h;之后在 $20\text{ }^\circ\text{C} \sim 25\text{ }^\circ\text{C}$ 下,将样品打开,从相反的方向重新卷好,在 30 min 内重复三次后,样品在环境温度下恢复 4 h。

试验结束后,检查是否符合有关产品标准的要求。

25.2.2 冷折试验

样品在冷弯试验中,当温度保持在 $-30\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ 时,将其折成 90° ,然后检查是否符合有关产品标准的要求。

26 加热器剥离强度的试验方法

适用于柔性辐射电热膜、柔性面状辐射加热类产品。

26.1 试验设备

带有图形记录装置的拉伸试验机,精度 $\pm 1\%$ 。

26.2 试验方法

按照 GB/T 8808—1988 的有关规定进行,并按有关产品标准的要求检查是否合格。

27 加热器阻燃性能的试验方法

适用于辐射电热膜类产品。

按照 GB/T 4706.8—2003 中 30.102 的规定进行试验与评定。

28 加热器低温储存的试验方法

适用于柔性辐射电热膜、柔性面状辐射加热类产品。

28.1 试验设备

低温试验箱,精度优于 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$,温度波动度 $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$,温度均匀度 $\leq 2\text{ }^\circ\text{C}$ 。

28.2 试验方法

按有关产品标准的规定,将低温试验箱设置于指定的试验温度。把样品放入低温试验箱内,储存指定的时间后取出,在室温条件下恢复 1 h,然后检测其输入功率、表面温度、电气强度及外观,并评定是否符合有关产品标准的要求。

29 加热器过载能力的试验方法

29.1 试验设备

三相调压器、精度不低于 0.5 级的电功率表及 0.5 级的电压表。

29.2 试验方法

将加热器接入电源,同时调节电压使输入功率达到规定值,加热器在充分发热条件下,通电 1 h,然后断电冷却 0.5 h 到室温(必要时可采用强迫冷却)。通断电的循环次数为 30 次。

对额定功率不大于 100 W 的加热器,过载试验的输入功率为额定功率的 1.3 倍;对大于 100 W 的加热器,过载试验的输入功率为额定功率的 1.27 倍或 1.21 倍加 12 W,取两者中的大值。

过载试验后,检查并评定样品是否出现损坏、是否符合有关产品标准的要求。

中华人民共和国
国家标准
红外辐射加热器试验方法
GB/T 7287—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

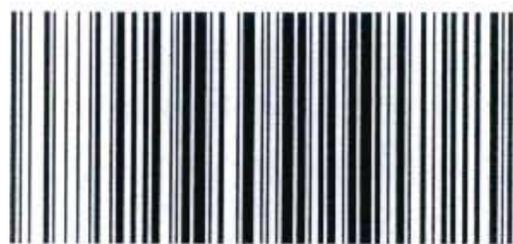
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字
2008年11月第一版 2008年11月第一次印刷

*

书号:155066·1-33611 定价 20.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 7287—2008