



石 墨 烯 联 盟 标 准

T/CGIA 030—2017

石墨烯印刷油墨型红外辐射电热膜

Electric infrared radiant heating film made by printing ink based graphene materials

2017-07-25 发布

2017-08-21 实施

中国石墨烯产业技术创新战略联盟
中关村华清石墨烯产业技术创新联盟

发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类和标记	3
4.1 产品分类	3
4.2 标记和示例	3
5 要求	4
5.1 外观	4
5.2 尺寸偏差	4
5.3 功率偏差	4
5.4 工作温度	4
5.5 温度不均匀度	4
5.6 升温时间	4
5.7 异常温度	4
5.8 工作温度下的泄漏电流和电气强度	5
5.9 耐潮湿	5
5.10 绝缘电阻	5
5.11 电源引线和连接	5
5.12 刮划	5
5.13 剥离强度	5
5.14 冷弯曲性能	5
5.15 冷折性能	5
5.16 耐低温性能	5
5.17 耐热、耐燃	6
5.18 抗冲击性能	6
5.19 坠落	6
5.20 红外辐射转换效率	6
5.21 工作寿命	6
5.22 功率衰减率	6
5.23 法向全发射率	6
5.24 电磁辐射强度	6
5.25 相对辐射能谱波长范围	6
5.26 功率密度	6

6	试验方法	6
6.1	试验的一般条件	6
6.2	外观检查	7
6.3	尺寸偏差试验	7
6.4	功率偏差试验	7
6.5	工作温度试验	7
6.6	温度不均匀度试验	8
6.7	升温时间试验	8
6.8	异常温度试验	8
6.9	工作温度下的泄漏电流和电气强度	8
6.10	耐潮湿试验	9
6.11	绝缘电阻试验	10
6.12	电源引线和连接试验	10
6.13	刮划试验	10
6.14	剥离强度试验	10
6.15	冷弯曲试验	10
6.16	冷折试验	10
6.17	耐低温试验	10
6.18	耐热、耐燃试验	11
6.19	抗冲击试验	11
6.20	坠落试验	11
6.21	红外辐射转换效率试验	11
6.22	工作寿命试验	11
6.23	功率衰减率	11
6.24	法向全发射率	11
6.25	电磁辐射强度	11
6.26	相对辐射能谱波长范围	12
6.27	功率密度	12
7	检验规则	12
7.1	检验分类	12
7.2	出厂检验	12
7.3	型式检验	12
7.4	抽样	13
7.5	检验结果判定	14
8	标志、包装、使用说明书、运输及贮存	14
8.1	标志	14
8.2	包装、使用说明书	14
8.3	运输	14
8.4	贮存	14

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准根据石墨烯材料的特性，参照中华人民共和国建筑工业行业标准 JG/T286—2010《低温辐射电热膜》起草。

本标准由中国石墨烯产业技术创新战略联盟和中关村华清石墨烯产业技术创新联盟联合提出并归口。

本标准主要起草单位：新材料与产业技术北京研究院、江苏科暖热能科技有限公司、北京寰能华清石墨烯科技发展有限公司、宝泰隆新材料股份有限公司、国家红外及工业电热产品质量监督检验中心、国家石墨烯产品质量监督检验中心(江苏)、华惠福科技股份有限公司、康居认证中心、杭州白熊科技有限公司、国家石墨烯产品质量监督检验中心（广东）、济南圣泉集团股份有限公司。

本标准主要起草人：姜春华、赵树国、尹立军、马庆、曾宇、孙小伟、梁浩、李佳根、张超、石彤、刘承志、陈骏、尹宗杰、杨义颖。

石墨烯印刷油墨型红外辐射电热膜

1 范围

本标准规定了石墨烯印刷油墨型红外辐射电热膜的术语和定义、分类和标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、使用说明书、运输及贮存等内容。

本标准适用于建筑供热用石墨烯印刷油墨型红外辐射电热膜（以下简称电热膜），其单相装置的额定电压不超过 250 V。其他装置的额定电压不超过 480 V，其他行业的电热采暖用电热膜也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191	包装储运图示标志（ISO 780:1997，MOD）
GB/T 2829—2002	周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
GB 4208—2008	外壳防护等级（IP 代码）（IEC 60529:2001，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 60335-1:2004（Ed4.1），IDT）
GB 4706.8—2008	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 60335-2-17:2006（Ed2.1），IDT）
GB/T 7287—2008	红外辐射加热器试验方法
GB 8808	软质复合塑料材料剥离试验方法
GB/T 21558—2008	建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料
GB/T 20974—2014	绝热用硬质酚醛泡沫制品（PF）
GB 8702-2014	电磁环境控制限值
JG/T 286	低温辐射电热膜
T/CGIA 001—2017	石墨烯材料的术语、定义及代号

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

石墨烯 **graphene**

每一个碳原子以 sp^2 杂化与三个相邻碳原子键合成形成的蜂窝状结构的单碳原子层。

3.2

石墨烯材料 **graphene materials**

由石墨烯单独或堆垛而成、层数不超过 10 层的碳纳米材料。

3.3

电热膜 **electrothermal film**

通电后能够发热的一种薄膜，是由电绝缘材料与封装其内的发热电阻材料组成的平面型发热元件。

3.4

红外辐射电热膜 electric infrared radiant heating film

工作时将电能转化为热能，并将热能主要以红外辐射的形式向外传递的电热膜。

3.5

石墨烯印刷油墨型红外辐射电热膜 electric infrared radiant heating film made by printing ink based graphene materials

以含有石墨烯材料的印刷油墨作为发热电阻材料，将电能主要以转换成红外辐射的形式向外传递的电热膜。

3.6

柔性电热膜 flexible electrothermal film

电绝缘材料为柔性薄片的电热膜。

3.7

刚性电热膜 rigid electrothermal film

电绝缘材料为刚性薄片（或板）的电热膜。

3.8

功率密度 power density

电热膜的实际尺寸表面上单位面积的功率。

3.9

正常工作 normal operation

当电热膜与电源连接时，其按正常使用条件进行工作的状态。

3.10

工作温度 working temperature

电热膜以额定工作电压工作并且达到稳定工作状态后，其表面的平均温度。

3.11

稳定工作状态 condition of adequate heated

电热膜在正常工作条件下通电升温达到热平衡的工作状态。

3.12

升温时间 temperature rise time

电热膜在正常工作条件下工作，其表面温度从室温上升至稳定工作温度 90 % 时所需要的时间。

3.13

红外辐射转换效率 infrared radiation power transfer efficiency

电热膜在额定电压下工作直至达到稳定工作状态后，将输入的电功率转换成输出的总辐射通量的百分比。

3.14

功率衰减率 power attenuation rate

电热膜在正常工作使用状态下，工作寿命试验前后的功率减少的比率。

3.15

法向全发射率 normal total emissivity

在全部波长范围内，电热膜表面的法向辐射亮度与相同温度的黑体的法向辐射亮度之比。

3.16

电磁辐射强度 electromagnetic radiation intensity

电磁辐射强度分电场强度和磁感应强度（或磁场强度）。电场强度 E 是指其作用在静止的带电粒子上的力等于 E 与粒子电荷的乘积，其单位为伏特每米（V/m）；磁感应强度 B 是指其作用在具有一定速度的带电粒子上的力等于速度与 B 与粒子电荷的乘积，其单位为微特斯拉（ μT ）。

3.17

相对辐射能谱波长范围 wavelength range of relative radiation spectrum

样品的标称波长范围的积分辐射出射度与总辐射出射度的比值在 50% 以上时的有效红外辐射波长范围。

4 分类和标记

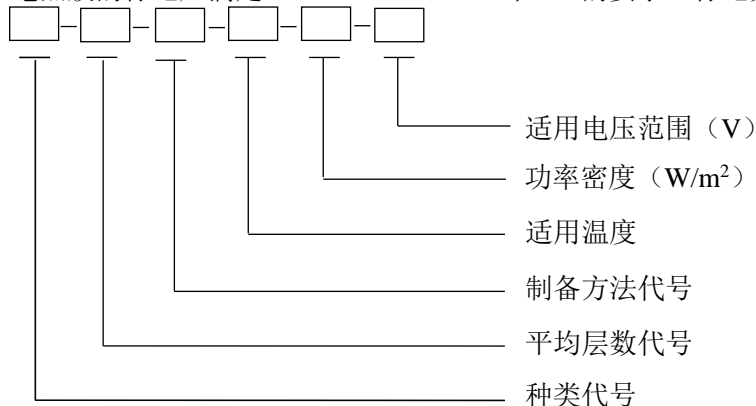
4.1 产品分类

电热膜按温度级别分为：低温电热膜（LM）（ $\leq 80^\circ C$ ）和高温电热膜（HM）（ $> 80^\circ C$ ）。

4.2 标记和示例

4.2.1 标记

电热膜的标记应满足 T/CGIA 001—2017 中 6.1 的要求。标记如下：



石墨烯材料种类代号、层数代号、制备方法如表 1 所示。

表 1 石墨烯材料产品代号

代号类别	名称	代号
种类代号	氧化石墨烯	GO
	还原氧化石墨烯	r GO
	改性石墨烯	MG
	石墨烯材料	GM ^{a)}
平均层数代号	n 层	nL ^{b)}
	1 层	1L
	2 层	2L
	多层	ML

表 1（续）

代号类别	名 称	代 号
制备方法代号	机械剥离法	ME
	化学气相沉积法	CVD
	氧化还原法	OR
	热裂解法	Py
	插层剥离法	IE
	液相剥离法	LE
	电弧放电法	AD
	其他制备方法	OTH ^{c)}
适用温度	低温电热膜	LM
	高温电热膜	HM
a ⁾ 通用代号，在不具体明示种类时可用 GM 代替。 b ⁾ n 为石墨烯材料的平均层数。若平均层数计算值非整数时，应修约为整数。宜告知测量层数所采用的方法。 c ⁾ 未列举的其他制备方法代号。		

4.2.2 示例

GO-ML-OR-150-220-LM 代表氧化还原法制备的多层石墨烯材料印刷油墨型低温电热膜，功率为密度为 150 W/m²，电压为 220V。

5 要求

5.1 外观

电热膜表面应光滑、平整，不应有明显的气泡，无划伤、脆化、破裂、变形、分层、污染等明显缺陷。

5.2 尺寸偏差

电热膜的尺寸（长度、宽度）偏差应不超过标称尺寸的±1%。

5.3 功率偏差

电热膜在正常工作条件下工作，其输入功率和额定功率的偏差应不超过±5%。

5.4 工作温度

电热膜在正常工作条件下工作直至建立稳定工作状态时，低温电热膜的表面温度应不超过 80℃，高温电热膜的表面温度应不超过 130℃。

5.5 温度不均匀度

电热膜在正常工作条件下工作直至建立稳定工作状态时，其表面的最高温度与最低温度之差应不大于 5℃。

5.6 升温时间

电热膜在正常工作条件下工作，从室温通电加热至稳定工作温度 90% 时的时间应不大于 5 min。

5.7 异常温度

电热膜以 1.24 倍的额定输入功率工作直至建立稳定工作状态，持续 8 h，工作期间低温电热膜的最高温度应不超过 90℃。高温电热膜的最高温度应不超过 150℃，并不应出现破裂、变形、分

层等现象。

5.8 工作温度下的泄漏电流和电气强度

5.8.1 工作温度下的泄漏电流

电热膜在正常工作条件下的泄漏电流应不大于 0.10 mA。

5.8.2 工作温度下的电气强度

电热膜在正常工作条件下对其施加频率为 50 Hz、3750 V 的交流试验电压，历时 1 min，不应出现击穿和闪络现象。

5.9 耐潮湿

5.9.1 防水等级

国际通用的防水级别认证体系，防水级别从低到高为 IPX0—IPX8，电热膜的防水等级应至少为 IPX7。

5.9.2 潮湿状态下的泄漏电流

电热膜在潮湿状态下的泄漏电流应不大于 0.10 mA。

5.9.3 潮湿状态下的电气强度

电热膜在潮湿状态下应能承受频率为 50 Hz、3750 V 的交流试验电压，历时 1 min，不应出现击穿和闪络现象。

5.10 绝缘电阻

电热膜的冷态绝缘电阻和热态绝缘电阻均应不小于 300 MΩ。

5.11 电源引线和连接

5.11.1 导线的标称横截面积

电热膜电源引线的导线标称横截面积应符合 GB 4706.1—2005 中表 11 的规定。柔性膜应在 0.5 mm² 以上；刚性膜应在 0.75 mm² 以上。

5.11.2 抗拉伸性能

电热膜引出线应能经受不小于 100N 的拉力。试验后，电热膜不应出现明显变形、位移、断裂等现象。

5.12 刮划

柔性电热膜经过 6.13 的试验后，不应出现破裂、变形、分层等现象，并应能经受电气强度的检查。

5.13 剥离强度

柔性电热膜的电绝缘材料柔性薄片的剥离力应不小于 3.0N。

5.14 冷弯曲性能

柔性电热膜经过 6.15 的试验后，不应出现脆化、破裂、变形、分层等现象，并应能经受电气强度的检查。

5.15 冷折性能

柔性电热膜经过 6.16 的试验后，不应出现脆化、断裂、变形、分层等现象，并应能经受电气强度的检查。

5.16 耐低温性能

电热膜在温度为-40℃的条件下储存 96h 后，不应出现脆化、破损、变形、分层等现象，并能正常工作。

5.17 耐热、耐燃

电热膜发热元件和内部布线的绝缘应有足够的耐热性和耐燃性。

5.18 抗冲击性能

刚性电热膜经过 6.19 的试验后，不应出现破裂现象，并应能经受电气强度的检查。

5.19 坠落

刚性电热膜经过 6.20 的试验后，不应出现破裂现象，并应能经受电气强度的检查。

5.20 红外辐射转换效率

电热膜的红外辐射转换效率 η 应不小于 65 %。

5.21 工作寿命

电热膜在正常工作使用状态下的累计工作时间应不小于 30000 h。

5.22 功率衰减率

电热膜功率衰减率 δ 应不大于 5%。

5.23 法向全发射率

电热膜的法向全发射率 ϵ_n 应不小于 0.83。

5.24 电磁辐射强度

电热膜的工频电场强度应不大于 4000 V/m；工频磁感应强度应不大于 100 μ T。

注：工频指 50Hz 额定频率。

5.25 相对辐射能谱波长范围

电热膜的有效红外辐射波长范围应覆盖其标称波长范围。

5.26 功率密度

电热膜的功率密度 σ 应符合其标称功率密度范围。

6 试验方法

6.1 试验的一般条件

6.1.1 试验应在下列条件下进行：

- a) 不考虑对温度敏感的温控器装置；
- b) 对于需要现场切割的电热膜，测试应在连接电源引线并保护好其边缘后进行；
- c) 环境温度为 20 $^{\circ}$ C \pm 5 $^{\circ}$ C；
- d) 空气相对湿度不大于 85%；
- e) 实验室内空气无明显对流；
- f) 电热膜试件的长度宜在 500 mm~1 000 mm 之间，宽度根据生产厂家的说明，6.14、6.18 试验的试件制作按其试验方法、标准的规定。
- g) 无特殊规定的，低温电热膜试验应在挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板（简称 XPS 板）上进行，对 XPS 板的性能要求见表 2；高温电热膜试验应在硬质聚氨酯泡沫塑料或硬质酚醛泡沫制品上进行，性能指标应符合现行国家标准 GB/T 21558 和 GB/T 20974 的有关规定。

表 2 挤塑聚苯乙烯泡沫塑料主要性能指标

项 目	单 位	性 能 指 标
表观密度	kg/m ³	≥30.0
压缩强度	kPa	≥250.0
导热系数	W/(m·K)	≤0.03
吸水率	% (v/v)	≤1.0
尺寸稳定性	%	≤1.5
水蒸气透过系数	ng/(Pa·m·s)	≤3.0
厚度	mm	≥30
燃烧等级	不低于 B2 级	

6.1.2 应取 8 个样品进行试验：

- a) 6.9、6.10、6.11 的试验在 1 个样品上进行；
- b) 6.13、6.14 的试验在 1 个样品上进行；
- c) 6.15、6.16、6.17 的试验在 1 个样品上进行；
- d) 6.18 的试验在 1 个样品上进行；
- e) 6.21、6.22、6.23 的试验在 1 个样品上进行；
- f) 6.24、6.25 的试验在 1 个样品上进行；
- g) 6.26 的试验在 1 个样品上进行；
- h) 其他试验在第 8 个样品上进行。

注：刚性电热膜产品的试验需在 4 个样品上进行。

6.2 外观检查

视检。

6.3 尺寸偏差试验

将电热膜放在平整的基准平面上，用精度为 1 mm 的卷尺测量，分别测量每一边。

6.4 功率偏差试验

功率偏差的试验按 GB/T 7287—2008 中第 11 章规定的方法进行。

6.5 工作温度试验

6.5.1 测温点

电热膜测温点的分布见图 1。

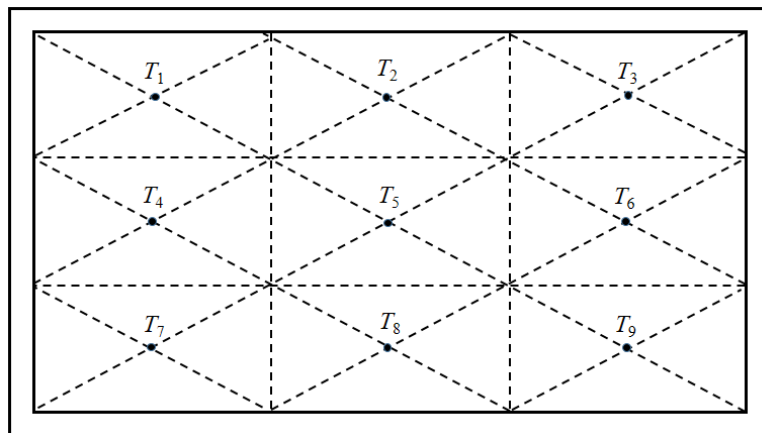


图 1 测温点分布图

6.5.2 测温

电热膜试件在额定工作电压下工作，使其升温达到稳定工作状态后，按 GB/T 7287—2008 中第 8 章规定的方法依次测量图 1 所示的 9 个测试点的温度值，记录 9 个测试点的温度值。取测得的 9 个测试点温度的算术平均值为电热膜的工作温度。

注：工作温度测试中，环境温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

6.6 温度不均匀度试验

电热膜经过 6.5 的试验后，取 9 个温度值中的最大值和最小值，计算其差值。

6.7 升温时间试验

按 GB/T 7287—2008 中第 10 章规定的方法进行。

6.8 异常温度试验

测试槽如图 2 所示。电热膜在正常工作条件下工作，调整供电电压，使输入功率等于额定功率的 1.24 倍，升温达到稳定工作状态，持续通电保持 8 h，用热电偶温度计测量如图 1 所示各点的温度值并记录，试验期间平均完成 9 次测试。试验完毕后观察电热膜表面变化情况。

- a —— 电热膜试件；
- b —— 绝热材料（厚度不小于 30 mm 的挤塑板）；
- c —— 测试槽底板；
- d —— 覆盖顶板（厚度 8 mm~12 mm 的复合地板）。

注 1：电热膜试件表面与复合地板的下表面垂直距离不应大于 10 mm；

注 2：测试槽四个侧面应全部封闭。

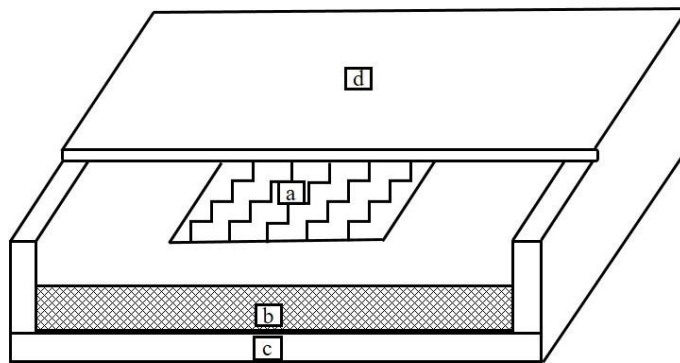


图 2 测试槽示意图

6.9 工作温度下的泄漏电流和电气强度

6.9.1 工作温度下的泄漏电流试验

电热膜在正常工作条件下工作，调整供电电压，使输入功率等于额定功率的 1.15 倍，当电热膜达到稳定工作状态后进行试验。

试验原理如图 3 所示，通过选择开关的转换和覆盖在电热膜表面的铝箔的平移，用精度不低于 0.5 级的毫安表连续多位置测量电热膜两个引出线与铝箔之间的泄漏电流，铝箔的面积为 $20\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 。取测得的最大值为试验结果。

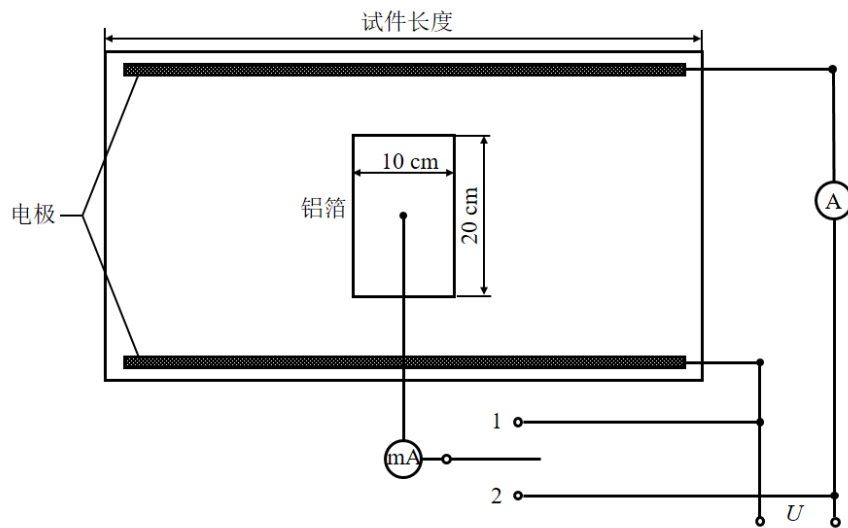


图3 工作温度下的泄漏电流试验电路图

6.9.2 工作温度下的电气强度试验

经过6.9.1的试验，且建立稳定工作状态1 h后，在电热膜试件的两条引出线与覆盖在其表面的铝箔（面积为 $20\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ ）之间连续多位置分别施加频率为50 Hz、3750 V的交流试验电压，持续1 min，观察电热膜表面的变化情况。

试验开始时，首先设定动作电流（动作电流按GB/T 7287—2008中式（4）的规定计算），施加的电压不超过规定值的一半，然后迅速升高到规定值。

6.10 耐潮湿试验

6.10.1 防水等级试验

按GB 4208—2008规定的方法进行，样品经0.1%浓度的氢氧化钠溶液连续浸泡120 h。

6.10.2 潮湿状态下的泄漏电流试验

电热膜在经过6.10.1的试验后，室温环境条件下放置24 h，在不通电的状态下进行试验。

试验原理如图4所示，通过选择开关的转换和覆盖在电热膜表面的铝箔的平移，用精度不低于0.5级的毫安表连续多位置测量电热膜两条引出线与铝箔之间的泄漏电流。 U_s 为1.06倍的额定电压，铝箔的面积为 $20\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 。取测得的最大值为试验结果。

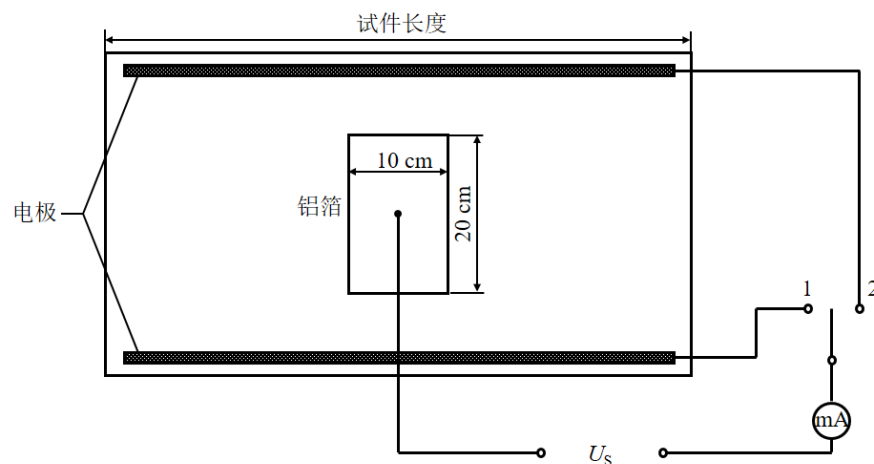


图4 潮湿状态下的泄漏电流测量电路图

6.10.3 潮湿状态下的电气强度试验

经过 6.10.2 的试验后，在电热膜的两条引出线与覆盖在其表面的铝箔（面积为 20 cm×10 cm）之间连续多位置分别施加频率为 50 Hz、3750 V 的交流试验电压，持续 1 min，观察电热膜表面的变化情况。

6.11 绝缘电阻试验

6.11.1 冷态绝缘电阻试验

用精度不低于 1.0 级 500 V 的兆欧表连续多位置测量电热膜引出线与覆盖在其表面铝箔（面积为 20 cm×10 cm）之间的电阻，取各次测得的最小值为试验结果。

6.11.2 热态绝缘电阻试验

电热膜在正常工作条件下工作直至建立稳定工作状态后，立即断电停止加热，用精度不低于 1.0 级 500 V 的兆欧表连续多位置测量电热膜引出线与覆盖在其表面铝箔（面积为 20 cm×10cm）之间的电阻，取各次测得的最小值为试验结果。

6.12 电源引线和连接试验

6.12.1 导线横截面测量

用千分尺测量。单股导线的直径测量 3 次，取平均值。按式（1）进行计算：

$$S = \frac{n\pi D^2}{4} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

S ——导线的标称横截面积，单位为 mm²；

n ——电源导线的根数；

D ——单股导线的直径平均值，单位为 mm。

6.12.2 抗拉伸试验

将电热膜固定在拉力机上，在其引出线上施加 100 N 的力，不得使猛力，应缓慢增加至 100 N，持续 3 min，松开 1 min 后重复一次。

6.13 刮划试验

将电热膜放在水平的光滑地板上，用 GB 4706.1—2005 中图 7 规定的试验指甲沿电热膜表面以 20 mm/s 的速度匀速划过，划痕应经过载流条及发热电阻区域。试验指甲与水平方向呈 30°夹角，施加在试验指甲上的力为 10 N±0.5N；试验结束后再进行电气强度的试验。

电气强度的试验中，覆盖在电热膜表面的铝箔应能覆盖部分划痕。

6.14 剥离强度试验

按 GB 8808 规定的方法进行。

6.15 冷弯曲试验

按 GB/T 7287—2008 中 25.2.1 规定的方法进行；试验结束后，再进行电气强度的试验。

6.16 冷折试验

按 GB/T 7287—2008 中 25.2.2 规定的方法进行，试验结束后，再进行电气强度的试验。

电气强度的试验中，覆盖在电热膜表面的铝箔应能覆盖部分折痕。

6.17 耐低温试验

将低温试验箱的温度设置为-40℃，温度波动度为±0.5℃。将电热膜试件放置在低温试验箱中，存储 96 h 后取出，在室温环境下恢复 1 h，试验结束后，再进行功率偏差、工作温度及电气强度的试验。

6.18 耐热、耐燃试验

按 GB 4706.8—2003 中 30.102 规定的方法进行。

6.19 抗冲击试验

将电热膜放置在水平的混凝土地面上，进行如下试验：

- a) 用一把 140 g 重的菲利普斯螺丝刀，从 2 m 的高度使其自由落下，落下时的方向应能保证螺丝刀的顶端可以撞击到电热膜表面；
- b) 用一个 500 g 重的铁球，从 2 m 高度使其自由落下冲击电热膜表面，测试在两个表面分别进行。

在 a)、b) 的试验完毕后，观察电热膜表面变化情况，并再进行电气强度的试验。

电气强度的试验中，覆盖在电热膜表面的铝箔应能覆盖受冲击部位。

6.20 坠落试验

将电热膜放置在温度为 $-15^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的低温试验箱中，保持 4 h 后取出，将其举到离水泥地面 2 m 的高度，使其自由垂直落下。试验后观察表面变化情况，在室温环境下恢复 1 h，然后进行电气强度的试验。

6.21 红外辐射转换效率试验

按 GB/T 7287—2008 中 17.2 规定的方法进行。

6.22 工作寿命试验

按 GB/T 7287—2008 中第 22 章规定的方法进行。

加速老化试验按产品使用说明书规定的实际安装条件进行。

试验时间为 360 h。

试验结束后，如果样品的外表面符合 5.2 的要求，泄漏电流不大于 0.5 mA、电气强度不低于标准值，实际功率比额定功率偏差不超过 $\pm 10\%$ ，红外辐射转换效率不低于初始值的 90%，则判定该样品的寿命不低于 30000 h。

6.23 功率衰减率

$$\delta = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

δ ——电热膜功率衰减率，单位为%；

P_1 ——电热膜在工作寿命试验前的实测电功率，单位为 W；

P_2 ——电热膜在工作寿命试验后的实测电功率，单位为 W。

6.24 法向全发射率

按 GB/T 7287—2008 中 18.2 规定的方法进行。

6.25 电磁辐射强度

电热膜正常工作条件下，用电磁辐射测试仪分别从距电热膜上方 2 cm、5 cm、10 cm 的高度处测量。每个高度随机测五次，每次测量时间 15s，并读取稳定状态的最大值。若测量读数起伏较大，应当适当延长测量时间

测量同时应增加空白试验。

最终结果以每个位置在扣除背景值后 5 次测量的平均值报出。

6.26 相对辐射能谱波长范围

按 GB/T 7287—2008 中第 20 章规定的方法进行。

先计算样品的光谱辐射出射度 $M_\lambda(T)$ ，然后根据该曲线计算样品标称波长范围的积分辐射出射度。如果标称波长范围的积分辐射出射度占总辐射出射度的 50%以上，则判定样品有效红外辐射波长范围覆盖其标称波长范围。

6.27 功率密度

$$\sigma = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- σ ——电热膜辐射面的功率密度，单位为 W/m²；
- P ——电热膜实测电功率，单位为 W；
- S ——电热膜的有效发热面面积，单位为 m²。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

出厂检验项目见表 3。

7.3 型式检验

7.3.1 型式检验项目

型式检验项目见表 3。

表 3 检测项目表

序号	检验项目		要求条目编号	不合格类别	检验类别	
					出厂检验	型式检验
1	外观		5.1	B	√	√
2	尺寸偏差		5.2	B	√	√
3	功率偏差		5.3	A	√	√
4	工作温度		5.4	A	—	√
5	温度不均匀度		5.5	B	—	√
6	升温时间		5.6	B	—	√
7	异常温度		5.7	A	—	√
8	工作温度下的泄漏电流		5.8.1	A	√	√
	工作温度下的电气强度		5.8.2	A	√	√
9	耐潮湿	防水等级	5.9.1	A	—	√
		潮湿状态下的泄漏电流	5.9.2	A	—	√
		潮湿状态下的电气强度	5.9.3	A	—	√
10	绝缘电阻	冷态绝缘电阻	5.10	A	√	√
		热态绝缘电阻		A	—	√

表 3 (续)

序号	检验项目		要求条目编号	不合格类别	检验类别	
					出厂检验	型式检验
11	电源引线和连接	导线的标称横截面积	5.11.1	A	√	√
		抗拉伸性能	5.11.2	A	—	√
12	刮划		5.12	B	—	√
13	剥离强度		5.13	A	—	√
14	冷弯曲性能		5.14	B	—	√
15	冷折性能		5.15	B	—	√
16	耐低温性能		5.16	B	—	√
17	耐热、耐燃		5.17	A	—	√
18	抗冲击性能		5.18	A	—	√
19	坠落		5.19	A	—	√
20	红外辐射转换效率		5.20	B	—	√
21	工作寿命		5.21	A	—	√
22	功率衰减率		5.22	A	—	√
23	法向全发射率		5.23	B	—	√
24	电磁辐射强度	工频电场强度	5.24	B	—	√
		工频磁感应强度	5.24	A	—	√
25	相对辐射能谱波长范围		5.25	B	—	√
26	功率密度		5.26	B	√	√

7.3.2 有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 老产品转厂生产时；
- c) 正式生产后，如设计、材料、工艺、结构有较大变化时；
- d) 正常生产时，每年至少进行一次型式检验；
- e) 产品停产半年以上，再恢复生产时；
- f) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- g) 国家质量监督机构提出型式检验要求时。

7.4 抽样

采用 GB/T 2829—2002 规定的二次抽样方案，其判别水平为 II，不合格质量水平 RQL = 80，查 GB/T 2829—2002 的表 6，得到式 (5)：

$$|n; Ac, Re| = \begin{matrix} 2; 0, 2 \\ 2; 1, 2 \end{matrix} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

n ——样本数量；

Ac ——合格判定数；

Re ——不合格判定数。

7.5 检验结果判定

检验中将不合格分为两类：A类不合格和B类不合格，见表3。

对于所检验批，抽取两组样本，对于一组样本单位，若有一个A类不合格或两个B类不合格，则判定该组样本不合格。

若两组样本都合格，则判定所检验批合格。

若两组样本都不合格，则判定所检验批不合格。

若有一组样本不合格，则进行二次抽样重新检查，二次抽样中的不合格数应是第一次和第二次检查中不合格数的累计。检验结果中若仍有一组样本不合格，则判定所检验批不合格，否则为合格。

8 标志、包装、使用说明书、运输及贮存

8.1 标志

产品标志应至少每0.5 m标注一次，或在可能切割形成加热单元的每一段上标注。

产品标志应包括下列内容：

- 产品名称、型号、规格；
- 额定电压或额定电压范围，单位为V；
- 功率密度，单位为W/m²；
- 防水等级的IP代码；
- 出厂年月或编号。

8.2 包装、使用说明书

8.2.1 经检验合格的产品在包装时，应有可靠的防潮措施，要附带出厂检验合格证、使用说明书、保修卡及生产厂家的联系方式等。包装箱外的标志应符合GB/T 191的规定，包装箱应牢固可靠，能确保在运输过程中不会因运输而导致损坏。

8.2.2 使用说明书应包括下列内容：

- 产品概述；
- 主要技术性能参数；
- 使用方法的有关事项；
- 安装方法的有关事项；
- 故障维修联络有关事项；
- 安全注意事项。

8.3 运输

8.3.1 运输过程中应防止剧烈振动、挤压，应采取防雨雪、防晒等措施，防止化学物品的侵蚀。

8.3.2 搬运必须轻拿轻放，码放整齐，严禁抛掷。

8.4 贮存

8.4.1 成品应贮存在干燥通风、周围无腐蚀性气体、相对湿度不大于85%的仓库中。严禁重压，严禁露天存放。

8.4.2 电热膜应按型号分类存放，堆码的高度不应大于包装箱上标明的堆码高度。