

ICS ××××××

×××

备案号:

XX

中国工程建设标准化协会标准

×××××—××××

建筑用石墨烯电热膜

Graphene Electrothermal Film for Building

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

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 标记和示例.....	3
5 材料.....	3
6 要求.....	3
7 试验方法.....	6
8 检验规则.....	11
9 标志、包装、使用说明书、运输及贮存.....	13

前 言

本文件根据中国工程建设标准化协会《2020 年第一批协会标准制订、修订计划》（建标协字[2020]14 号文）的要求制定。

本文件按照 GB/T1.1-2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国工程建设标准化协会产业化分会提出并归口。

本文件负责起草单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

广东康烯科技有限公司

本文件参加起草单位：广东新明珠陶瓷集团有限公司

广东康烯明珠科技有限公司

中建装配式建筑设计研究院有限公司

佛山科学技术学院

广西科学院

中铁建大桥工程局集团电气化工程有限公司

中交铁道设计研究总院有限公司

沈阳铁道勘察设计院有限公司

巴洛克木业（中山）有限公司

常州第六元素材料科技股份有限公司

景德镇极热科技有限公司

上海宥拓化学有限公司

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

建筑用石墨烯电热膜

1 范围

本文件规定了建筑用石墨烯电热膜的术语和定义、标记、材料、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、使用说明书、运输和贮存等要求。

本文件适用于工业和民用建筑供热用石墨烯电热膜，其单相供电的额定电压不超过交流 220V，三相供电的额定电压交流不超过 380V 的建筑环境采暖供热。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

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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
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/T 3956-2008	电缆的导体
GB/T 4208-2017	外壳防护等级（IP代码）
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 4706.82-2014	家用和类似用途电器的安全 房间加热用软片加热元件的特殊要求
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/T9286-1998	色漆和清漆 漆膜的划格试验
GB/T 12113-2003	接触电流和保护导体电流的测量方法
JG/T 286-2010	低温辐射电热膜
T/CGIA 001-2018	石墨烯材料术语和代号

3 术语和定义

JG/T 286-2010中界定的以及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形成的蜂窝状结构的碳原子单层。

注：石墨烯是许多碳材料的构建单元。

[来源：《石墨烯材料术语和代号》T/CGIA 001-2018, 2.1]。

3.2 二维材料 two-dimensional material, 2D material

由单层单独构成或多层紧密堆垛而成，厚度处于纳米尺度或更小，横向尺寸明显大于厚度的材料。

[来源：《石墨烯材料术语和代号》T/CGIA 001-2018, 2.5]。

3.3 石墨烯材料 graphene materials, GM

由石墨烯单独或紧密堆垛而成、层数不超过10层的二维材料及其衍生物。

[来源：《石墨烯材料术语和代号》T/CGIA 001-2018, 3.7]。

3.4 石墨烯电热膜 graphene heating film

以石墨烯材料作为基本材料按照一定的工艺制作成一定尺寸的膜状并用绝缘塑胶片作为基板和保护层。通电后将电能转化为热能并将热能主要以远红外线辐射的形式向外传递的发热膜。

3.5 有效发热面积 limited heating area

发热面积占整个发热膜面积的比例。

3.6 功率衰减率 power attenuation rate

石墨烯电热膜在试验后功率变化与初始功率之百分比。

3.7 电极 electrode

安装在石墨烯电热膜内，为发热材料供电的导电部件。

3.8 A类不合格 (A) class A disqualification

单位产品的极重要质量特性不符合规定，或者单位产品的质量特性极严重不符合规定。

[来源：《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/T 2829-2002, 3.1.8]

3.9 B类不合格 (B) class B disqualification

单位产品的重要质量特性不符合规定，或者单位产品的质量特性严重不符合规定。

[来源：《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/T 2829-2002, 3.1.9]

3.10 合格判定数 (AC) acceptance number

在计数验收抽样中，合格批的样本中允许的不合格或不合格品的最大数目。

[来源：《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/T 2829-2002, 3.1.25]

3.11 样本量 (n) sample capacity

样本中所包含的样本单位数。

[来源：《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/T 2829-2002, 3.1.6]

3.12 不合格判定数 (Re) rejection number

在计数验收抽样中，不合格批的样本中不允许的不合格或不合格品的最小数目。

[来源：《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/T 2829-2002, 3.1.26]

3.13 不合格质量水平 (RQL) rejecton quality level

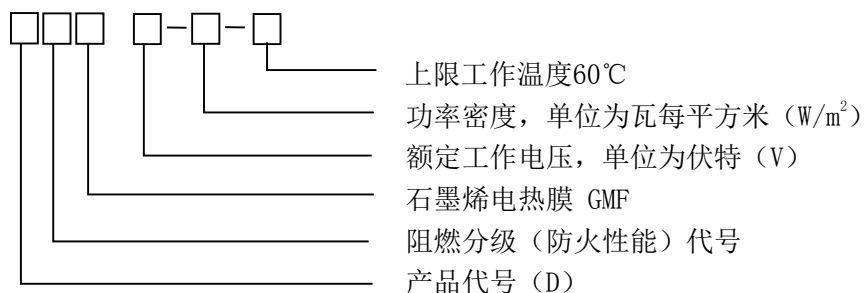
在抽样检验中，认为不可接受的批质量下限值。

[来源：《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/T 2829-2002, 3.1.18]

4 标记和示例

4.1 标记

石墨烯电热膜应采用下列标记方式：



4.2 示例

额定电压为AC220V，功率密度为 $1000\text{W}/\text{m}^2$ ，上限工作温度为60℃的，阻燃石墨烯电热膜，标记为：DZGMF220-1000-60。

5 材料

5.1 油墨的附着力：用百格刀测试法测试油墨的附着力。取印好的发热膜3~5张，将油墨面朝上平放在干净的平台操作面上，用百格刀在产品上划上1mm宽的小方格，用粘着力 $(10\pm 1)\text{N}/25\text{mm}$ 的胶带平粘于划好格子的产品上，用橡皮擦在胶带上回来回擦拭30s后，以180度的角度将胶带快速与产品剥离，用放大镜观察格子内油墨的脱落情况，应符合国家标准《色漆和清漆 漆膜的划格试验》GB/T9286-1998标准中0级的要求。

5.2 电极与石墨烯材料连接可靠。

5.3 石墨烯电热膜配套电源引出线防护等级不应低于石墨烯电热膜防护等级，引出线采用低烟无卤阻燃铜芯线缆，引出线与电热膜电极连接应采用压接、铆接、熔焊等可靠连接方式。

5.4 石墨烯产品检测：利用拉曼光谱仪对石墨烯产品进行快速、无损检测。详见附录A《石墨烯电热膜实验样品的检测》。

5.5 石墨烯电热膜电磁辐射量应小于 $100\mu\text{T}$ 。

6 要求

6.1 外观

石墨烯电热膜表面应光滑、平整，无漏光。不应有明显的气泡、无划伤、脆化、破裂、变形、分层、污染、铜箔条起皱、折伤痕、脱胶等明显缺陷。

6.2 尺寸偏差

石墨烯电热膜长度、宽度尺寸偏差不应超过标称尺寸 (mm) 的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 2\text{mm}$ ，取两者较大值。

6.3 功率偏差

石墨烯电热膜在正常工作条件下工作,其实测电功率和额定电功率的偏差与额定电功率比值不应超过 $\pm 10\%$ 。

6.4 工作温度

石墨烯电热膜在正常工作条件下工作至稳定工作状态,其表面温度不应超过 60°C ,电热膜工作温度应与使用工况相适应。

6.5 温度不均匀度

石墨烯电热膜在正常工作条件下工作至稳定工作状态,表面最高温度与最低温度之差不应大于 6°C 或平均温度的 10% ,取两者较大值。

6.6 电极与发热电阻材料连接可靠性

石墨烯电热膜在正常工作条件下工作至稳定工作状态,电极任何一点温度均不应大于石墨烯电热膜工作温度。

6.7 异常温度

石墨烯电热膜以 1.12 倍额定电压工作至稳定工作状态,维持 8h ,工作期间最高温度不应超过上限工作温度的 1.2 倍,并不应出现破裂、显著变形、分层等现象。在经过本文件第7.8条的试验后,电热膜在室温放置 24h ,功率偏差不应大于初始功率的 $\pm 10\%$,电极与电阻材料连接可靠性,满足工作温度下泄漏电流、电气强度和耐热、耐燃试验要求。

6.8 绝缘电阻

6.8.1 冷态绝缘电阻

石墨烯电热膜冷态绝缘电阻均不应小于 $500\text{M}\Omega$ 。

6.8.2 热态绝缘电阻

石墨烯电热膜热态绝缘电阻均不应小于 $500\text{M}\Omega$ 。

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

石墨烯电热膜在正常工作条件下的泄漏电流不应大于 0.2mA 。

6.9.2 工作温度下的电气强度

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

6.10 耐潮湿

6.10.1 防水等级

石墨烯电热膜及其配套电源引出线的防护等级不应低于 IPX7 。

6.10.2 潮湿状态下的泄漏电流

石墨烯电热膜在潮湿状态下的泄漏电流不应大于 0.2mA 。

6.10.3 潮湿状态下的电气强度

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

6.11 电源引出线和连接

6.11.1 石墨烯电热膜引出线

石墨烯电热膜引出线应采用低烟无卤阻燃铜芯线缆，引出线与电热膜电极连接应采用压接、铆接、熔焊等可靠连接方式。

6.11.2 引出线的标称横截面积

石墨烯电热膜电源引出线的导线标称横截面积应符合国家标准《家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求》GB 4706.1-2005中表11的规定。

6.11.3 抗拉伸性能

石墨烯电热膜引出线经过本文件第7.12.3条的试验后，石墨烯电热膜与引出线连接处不应出现明显变形、位移、断裂等现象。

6.12 耐热和耐燃

石墨烯电热膜和配套电源引出线的耐热和耐燃性能要求应符合《家用和类似用途电器的安全 房间加热用软片加热元件的特殊要求》GB 4706.82-2014中第30章的要求执行。

6.13 剥离强度

石墨烯电热膜的电绝缘材料与柔性薄片之间的剥离力不应小于8.0N。

6.14 冷弯曲性能

石墨烯电热膜经过本文件第7.15条的试验后，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试验。

6.15 冷折性能

石墨烯电热膜经过本文件第7.16条的试验后，不应出现绝缘层脆化、破裂、变形、分层等现象，并应能经受电气强度的试验。

6.16 耐低温性能

石墨烯电热膜在经过本文件第7.17条的试验后，不应出现脆化、破损、变形、分层等现象，应能经受外观、功率偏差、电极与电阻材料连接可靠性和电气强度试验。

6.17 抗冲击性能

石墨烯电热膜经过第7.18条的试验后，不应出现破裂现象，并应能经受电气强度的试验。

6.18 电-热辐射转换效率

石墨烯电热膜在电-热转换效率不小于99%，电-热辐射转换效率不应小于55%。

6.19 工作寿命

石墨烯电热膜在正常工作状态下，功率衰减率不低于±1%的条件下，累计工作时间不应小于90000h。

6.20 功率衰减率

石墨烯电热膜在进过第7.21条的试验后，功率衰减率不应低于 $\pm 1\%$ 。

6.21 有效发热面积

石墨烯电热膜有效发热面积不小于80%。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验应在下列条件下进行：

- a) 不包括对温度敏感的温控器；
- b) 现场切割的石墨烯电热膜，测试时应在电源引出线连接完好，并保护好边缘后进行；
- c) 环境温度宜为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。测量石墨烯电热膜功率和温度的试验，环境温度宜为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 空气相对湿度不宜大于75%；
- e) 实验室内空气应无明显对流；
- f) 石墨烯电热膜试件长度宜为500mm~1000mm，宽度应根据生产厂家要求确定，本文件第7.13条和第7.14条试验的试件应符合试验方法的规定。

7.1.2 应取6个样品进行试验，并符合下列规定：

- a) 本标准第7.2、7.3、7.4、7.5、7.6、7.7、7.8条的试验应在一个样品上；
- b) 本标准第7.9、7.10、7.11条的试验应在一个样品上；
- c) 本标准第7.12、7.13、7.14条的试验应在一个样品上；
- d) 本标准第7.15、7.16、7.17条的试验应在一个样品上；
- e) 本标准第7.18、7.19条的试验应在一个样品上；
- f) 本标准第7.20、7.21、7.22条的试验应在一个样品上。

7.2 外观

外观可采用目测方法。

7.3 尺寸偏差

将石墨烯电热膜放在平整的基准平面上，用精度为1mm的卷尺测量，分别测量每边尺寸。

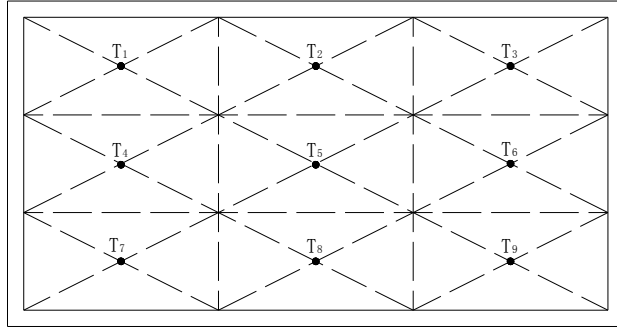
7.4 功率偏差率

功率偏差率试验应符合《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287-2008中第11章的规定。

7.5 工作温度

7.5.1 测温点分布

石墨烯电热膜测温点分布可参照图1。



注：1. $T_1 \sim T_9$ ——测温点，摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

2. 环境温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

图1测温点分布示意图

7.5.2 试验步骤

石墨烯电热膜试件在额定电压下工作，升温达到稳定工作状态后，按国家标准《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287-2008中第8章规定的方法依次测量图1所示的9个测试点温度值并记录，取9个测试点温度的算术平均值为电热膜的工作温度。

7.6 温度不均匀度

石墨烯电热膜经过本文件第7.5条的试验后，取9个温度值中的最大值和最小值，计算其差值。

7.7 电极与发热电阻材料连接可靠性

将石墨烯电热膜悬空固定在测试架上，确定测温距离使石墨烯电热膜辐射面处于辐射测温仪视场中间。根据石墨烯电热膜辐射面几何中心处的法向全发射率 ϵ_n 调节辐射测温仪修正法向全发射率 ϵ_n 。给试件施加额定电压，石墨烯电热膜处于稳定工作状态后用辐射测温仪测量石墨烯电热膜的工作温度及石墨烯电热膜电极各点温度，电极任一点温度均不应大于石墨烯电热膜工作温度。

7.8 异常温度

7.8.1 试验装置

绝热材料和测试槽可参照图2。

7.8.1.1 绝热材料

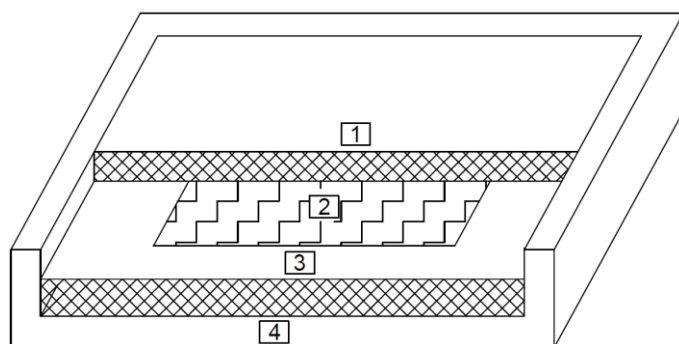
绝热材料应有足够的耐热等级，测试过程中应保持稳定，不应出现变形、塌陷等缺陷。上下绝热层材料边缘应至少超过被测试件边缘100mm，且应紧贴被测试件，宜消除各层之间的缝隙。上下绝热层材料的绝热效果应满足： $d/\lambda = 1.0 \pm 5\%$ （ $\text{m}^2\text{k/w}$ ），其中 d 为绝热层的厚度（m）， λ 为绝热层的导热系数（ w/mk ）。

7.8.1.2 测试槽

测试槽4个侧面均应封闭，材质宜为厚度20mm的防火胶合板。

7.8.2 试验步骤

石墨烯电热膜在正常工作条件下工作，调整供电电压，使输入电压等于额定电压的1.12倍，升温达到稳定工作状态，持续通电保持8h，用热电偶温度计测量如图1所示各点的温度值并记录，试验期间完成9次测试。试验完毕后观察电热膜表面变化情况。



注：1-上层绝热材料； 2-电热膜试件； 3-下层绝热材料； 4-测试槽底板。

图2 测试槽示意图

7.9 绝缘电阻

7.9.1 冷态绝缘电阻

用精度不低于1.0级500V的兆欧表连续多位置测量石墨烯电热膜引出线与覆盖在石墨烯电热膜表面上，面积为 $20\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的铝箔之间的电阻，取各次测得的最小值为试验结果。

7.9.2 热态绝缘电阻

石墨烯电热膜在正常工作条件下工作至稳定状态后，立即断电停止加热，用精度不低于1.0级500V的兆欧表连续多位置测量电热膜引出线与覆盖在石墨烯电热膜表面上，面积为 $20\text{cm} \times 10\text{cm}$ 的铝箔之间的电阻，取各次测得的最小值为试验结果。

7.10 工作温度下的泄漏电流和电气强度

7.10.1 工作温度下的泄漏电流

7.10.1.1 试验原理可参照图3，其中模拟网络C应符合国家标准《接触电流和保护导体电流的测量方法》GB/T 12113-2003中图4的电路要求。

7.10.1.2 石墨烯电热膜在正常工作条件下工作，调整供电电压等于额定电压的1.06倍，当电热膜达到稳定工作状态后试验。通过选择开关转换和覆盖在电热膜表面铝箔平移，用精度不低于0.5级的毫安表连续多位置测量石墨烯电热膜两个引出线与铝箔之间的泄漏电流，铝箔的面积应为 $20\text{cm} \times 10\text{cm}$ 。取测得的最大值为试验结果。

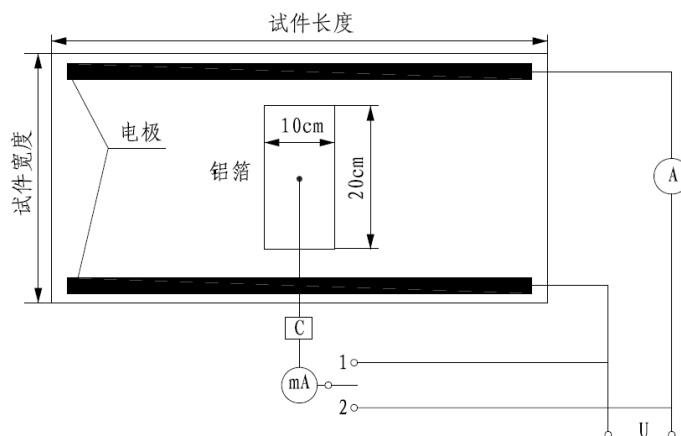


图3 工作温度下泄漏电流试验电路示意图

7.10.2 工作温度下电气强度

7.10.2.1 经过本文件7.10.1条的试验，且建立稳定工作状态1h后，在石墨烯电热膜试件的两条引出线与覆盖在表面，面积为20cm×10cm的铝箔之间，连续多位置分别施加频率为50Hz、3750V的试验电压，持续1min，观察电热膜表面变化。

7.10.2.2 试验开始时，首先设定符合国家标准《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287-2008中式（4）计算规定的动作电流，施加电压不应超过规定电压值的一半，然后迅速升高到规定值。

7.10.2.3 电气强度试验中，覆盖在石墨烯电热膜表面的铝箔应覆盖部分折痕及受冲击部位。

7.11 耐潮湿

7.11.1 防水等级

防水等级试验应符合国家标准《外壳防护等级（IP代码）》GB 4208-2017的规定，浸水时间应为72h，溶液应为1%的氯化钠水溶液。

7.11.2 潮湿状态下泄漏电流

7.11.2.1 经过本标准7.11.1条的试验后，石墨烯电热膜在室温环境条件下放置24h，在不通电的状态下试验。

7.11.2.2 试验原理可参照图4，模拟网络C应符合国家标准《接触电流和保护导体电流的测量方法》GB/T 12113-2003中图4的电路要求。

7.11.2.3 通过选择开关转换和覆盖在石墨烯电热膜表面铝箔平移，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，铝箔的面积应为20cm×10cm。取测得的最大值为试验结果。

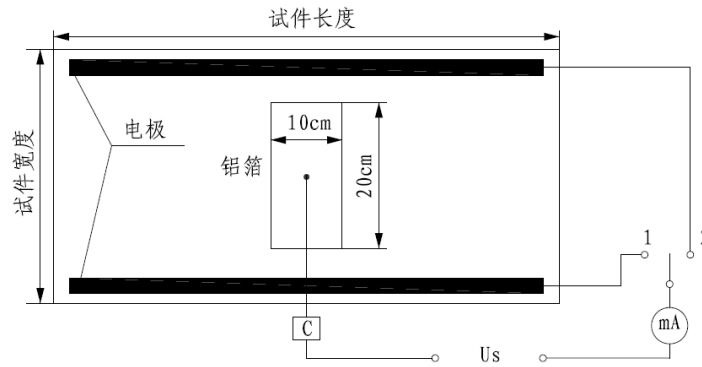


图 4 潮湿状态下泄漏电流测量电路示意图

7.11.3 潮湿状态下电气强度

经过本文件第7.11.2条的试验后，在石墨烯电热膜的两条引出线与覆盖在其表面的铝箔（面积为20cm×10cm）之间，连续多位置分别施加频率为50Hz、3750V的交流试验电压，持续1min，观察电热膜表面的变化。

7.12 电源引出线和连接

7.12.1 电热膜引出线

石墨烯电热膜引出线可采用目测方法。

7.12.2 引出线的标称横截面积

石墨烯电热膜电源引出线标称横截面积测量应符合国家标准《电缆的导体》GB/T 3956-2008的规定。

7.12.3 抗拉伸性能

石墨烯电热膜电源引出线抗拉伸性能应符合国家标准《家用和类似用途电器的安全 第2部分：通用要求》GB 4706.1-2005中第25.15条的规定。

7.13 耐热和耐燃

耐热、耐燃试验应符合国家标准《家用和类似用途电器的安全 房间加热用软片加热元件的特殊要求》GB 4706.82-2014中第30章的规定。

7.14 剥离强度

剥离强度试验应符合国家标准《软质复合塑料材料剥离试验方法》GB 8808的规定。

7.15 冷弯曲性能

冷弯曲性能试验应符合国家标准《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287-2008中25.2.1的规定。

7.16 冷折性能

冷折性能试验应符合国家标准《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287-2008中25.2.2的规定。

7.17 耐低温性能

将低温试验箱温度设置为-40℃，温度波动度不应大于±0.5℃。将石墨烯电热膜试件放置在低温试验箱中，存储96h后取出，在室温环境下恢复1h后，再进行外观检查和电气强度的试验。测试功率偏差、工作温度、电极与电阻材料连接可靠性。

7.18 抗冲击性能

将石墨烯电热膜放置在水平混凝土地面上试验，用一个质量1000g（直径3cm）的钢球从1.5m高度自由落下冲击电热膜表面，观察电热膜表面变化。

7.19 电-热辐射转换效率

电-热辐射转换效率试验应符合国家标准《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287-2008中第17章的规定。

7.20 工作寿命

7.20.1 工作寿命试验应符合国家标准《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287-2008中第22章的规定。

7.20.2 加速老化试验应按产品使用说明书规定的实际安装条件确定，试验时间为1080h。试验结束后，试件外观符合本标准6.2条的要求，电-热辐射转换效率不低于初始值的90%，同时满足电极与电阻材料连接可靠性、工作温度下泄漏电流和电气强度和耐热、耐燃要求，判定该样品寿命不低于90000h。

7.21 功率衰减率

石墨烯电热膜按照第7.20条的试验后，记录其初始功率Ps和试验结束后的实际功率Po，按式（1）计算功率衰减率不低于±1%。

$$P = \frac{P_s - P_0}{P_s} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- P—功率衰减率，%；
- Ps—初始功率，单位为瓦(W)；
- Po—试验结束后的实际功率，单位为瓦(W)。

7.22 有效发热面积

石墨烯电热膜在正常工作条件下，调整供电电压等于额定电压的1.06倍，当电热膜达到稳定工作状态后。用红外热像仪测量试件的有效发热面积。

8 检验规则

8.1 检验分类

产品检验应分出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

出厂检验项应符合表1的规定。

8.3 型式检验

8.3.1 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，设计、材料、工艺、结构变化，可能影响产品性能时；
- d) 正常生产时，每年应至少检验1次；
- 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。

8.3.2 型式检验项目应符合表1的规定。

表 1 检验项目

序号	检验项目		要求	试验方法	不合格类别	检验类别	
						出厂检验	型式检验
1	外观		6.1	7.2	B	○	○
2	尺寸偏差		6.2	7.3	B	○	○
3	功率偏差		6.3	7.4	A	○	○
4	工作温度		6.4	7.5	A	—	○
5	温度不均匀度		6.5	7.6	B	—	○
6	电极与发热电阻材料连接可靠性		6.6	7.7	A	—	○
7	异常温度		6.7	7.8	A	—	○
8	绝缘电阻	冷态绝缘电阻	6.8.1	7.9.1	A	○	○
		热态绝缘电阻	6.8.2	7.9.2	A	—	○
9	工作温度下的泄漏电流和电气强度	工作温度下泄漏电流	6.9.1	7.10.1	A	○	○
		工作温度下电气强度	6.9.2	7.10.2	A	○	○
10	耐潮湿	防水等级	6.10.1	7.11.1	A	—	○
		潮湿状态下泄漏电流	6.10.2	7.11.2	A	—	○
		潮湿状态下电气强度	6.10.3	7.11.3	A	—	○
11	电源引出线和连接	电热膜引出线	6.11.1	7.12.1	B	—	○
		引出线的标称横截面积	6.11.2	7.12.2	A	○	○
		抗拉伸性能	6.11.3	7.12.3	A	—	○
12	耐热和耐燃		6.12	7.13	A	—	○
13	剥离强度		6.13	7.14	A	—	○
14	冷弯曲性能		6.14	7.15	B	—	○
15	冷折性能		6.15	7.16	B	—	○

16	耐低温性能	6.16	7.17	B	—	○
17	抗冲击性能	6.17	7.18	A	—	○
18	电-热辐射转换效率	6.18	7.19	B	—	○
19	工作寿命	6.19	7.20	A	—	○
20	功率衰减率	6.20	7.21	A	—	○
21	有效发热面积	6.21	7.22	A	—	○
注：“A”为A类不合格；“B”为B类不合格 “—”为不检项目；“○”为必检项目						

8.4 抽样

抽样应采用国家标准《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/T 2829-2002规定的二次抽样方案,判别水平应为II,不合格质量水平 $RQL=80$,查GB/T 2829-2002的表6,可得式(1):

$$|n; Ac, Re| = \begin{vmatrix} 2; 0, 2 \\ 2; 1, 2 \end{vmatrix} \quad (1)$$

式中: n —— 样本数量;

Ac —— 合格判定数;

Re —— 不合格判定数。

8.5 检验结果判定

8.5.1 检验中应按表1的规定,将不合格分为A类不合格和B类不合格。

8.5.2 检验批应抽取两组样本。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,应判定该组样本不合格。对于两组样本单位,若两组样本均合格,应判定检验批合格;若两组样本均不合格,应判定检验批不合格。若其中一组样本不合格,应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,应判定检验批不合格,否则应为合格。

9 标志、包装、使用说明书、运输及贮存

8.1 标志

8.1.1 产品应有标志,标志应使用规范的符号、文字。

8.1.2 产品标志在可能切割形成加热单元的每段上标注。

8.1.3 产品标志应清晰可见,并包括下列内容:

——产品名称、型号、规格;

——额定电压或额定电压范围,单位为伏特(V);

——额定功率或功率密度,单位为瓦(W)或瓦每平方米(W/m^2);

——上限工作温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);

——防护等级的 IP 代码；

——出厂日期或编号。

8.2 包装、使用说明书

8.2.1 经检验合格的产品包装时，应有可靠防潮措施，应附带出厂检验合格证、使用说明书、保修卡及生产厂家联系方式等。包装箱外标志应符合国家标准《包装储运图示标志》GB/T 191 的规定，包装箱应牢固可靠，应确保在运输过程中不因运输导致损坏。

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；

——安装方法；

——故障维修联络事项；

——安全注意事项。

——生产厂家技术支持的相关信息。

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、防化学物品侵蚀等措施。

8.3.2 搬运应轻拿轻放，码放整齐，严禁抛掷及踩踏。

8.4 贮存

8.4.1 成品应贮存在通风、周围无腐蚀性气体及液体、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 产品应按型号分类存放，存放处应平坦、平整避免折叠、刺破、变形，堆码高度不应大于包装箱上标明的堆码高度。

附录 A

资料性附录

石墨烯电热膜实验样品的检测

利用拉曼光谱仪对如图 1 所示的石墨烯产品，样品 1 和样品 2 进行快速、无损检测。

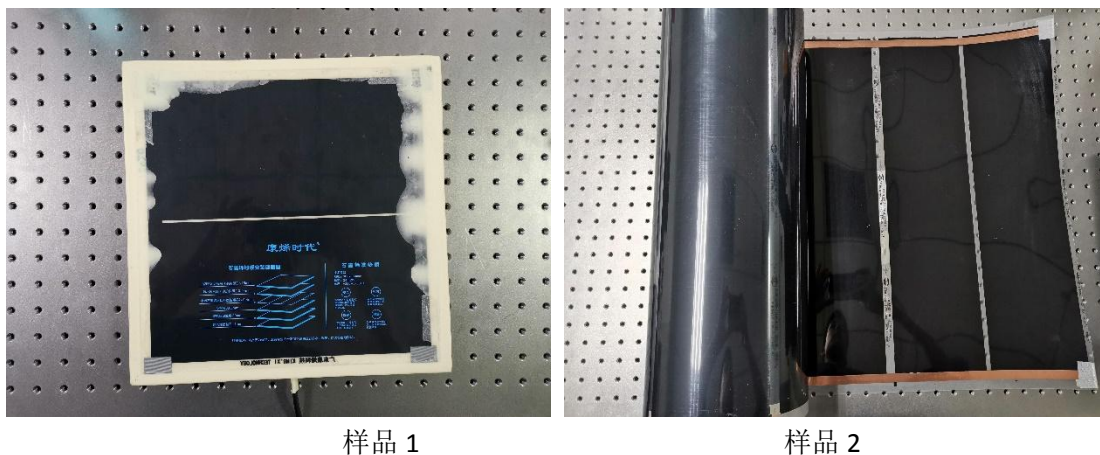


图 1 石墨烯产品

图 2 是样品 1 上某点在通电加热 30 分钟内进行的 10 次检测，图 3 是加热过程中 1615cm^{-1} 附近 10 次检测峰值和峰位的变化。根据图 2 和图 3，G 峰出现在 1615cm^{-1} 附近，G 峰发生了位移，引起位移的因素可能是产品外包装膜的影响，或者材料自身的掺杂、温度、应力等。后期通过进一步分析和与石墨烯原材料的对比，能够定量获得影响 G 峰位移的因素，从而获得掺杂浓度、堆垛方式、受应力大小等信息。图 2 还显示随着温度的升高 G 峰峰值逐渐下降，峰位有向左位移的趋势，与石墨烯材料具有很好的热敏感性、峰位随温度而变化相吻合。如果对石墨烯进行检测，可通过测量不同激光功率下拉曼 G 峰的位移，计算其热导率，得到石墨烯的热学性能。

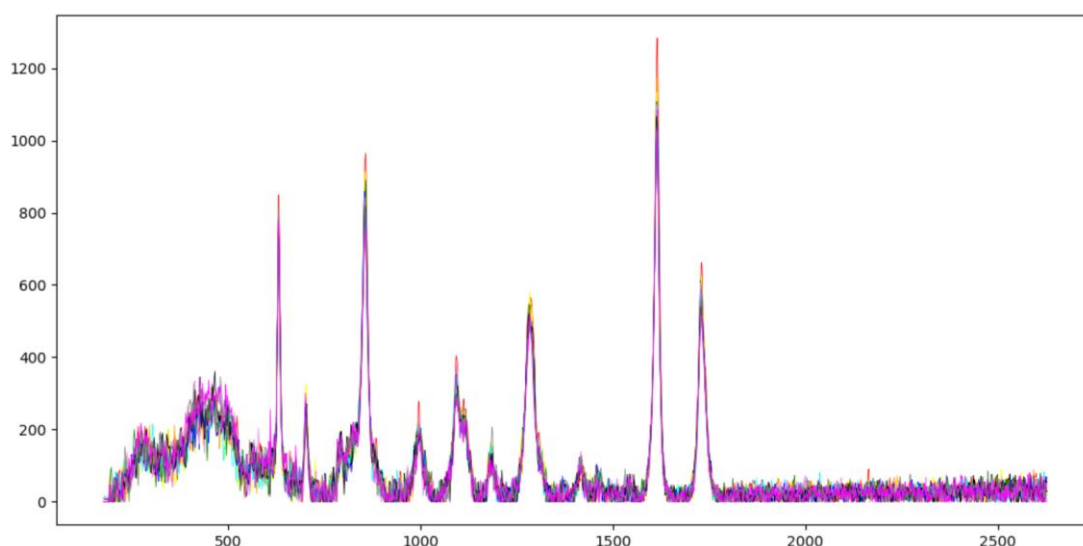


图 2 样品 1 某点加热 30 分钟过程采集的拉曼峰（10000ms，60mw）

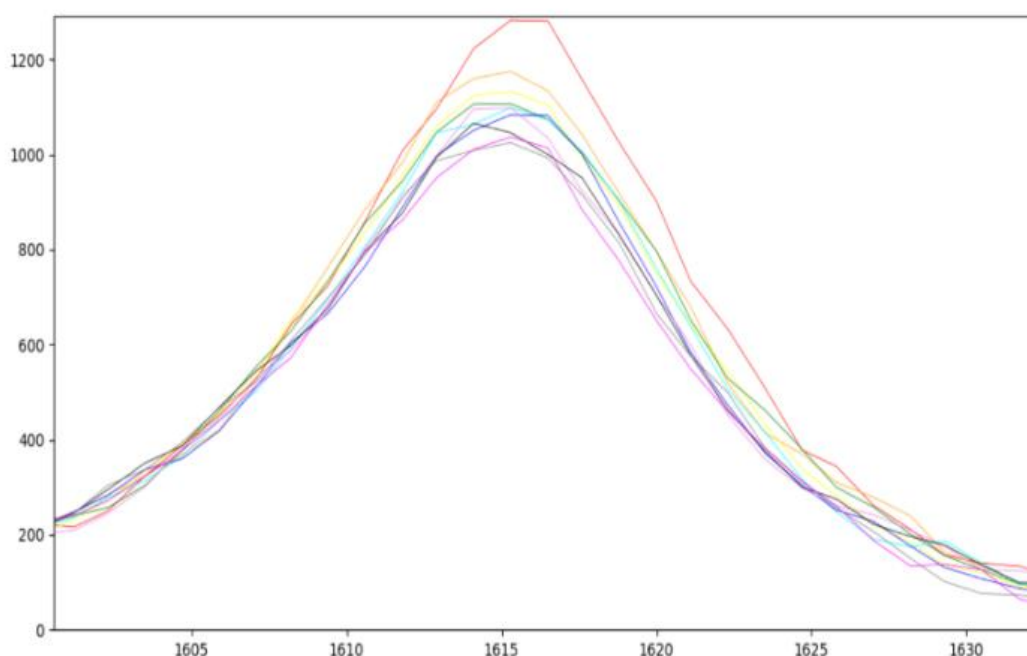


图 3 加热过程中 1615cm^{-1} 附近拉曼峰变化（10000ms，60mw）

图 4 是样品 1 不同点的拉曼光谱图，图 5 是样品 2 不同点的拉曼光谱图，两种样品的 G 峰峰位都在 1615cm^{-1} 附近，拉曼光谱图的波形相似，说明两种石墨烯产品用的石墨烯的属性相同或者相似。但是，同一样品上不同点在相同波数上的峰值不同，除去外层膜的影响，说明样品中石墨烯分布不均匀，可能是厚度（层数）不均、各点掺杂不均匀，或者某些点存在缺陷。产品的不均匀性会影响其发热和散热性能，在石墨烯制备过程中进行在线监测，能够避免这种不均匀性出现，提高产品质量，降低成本。

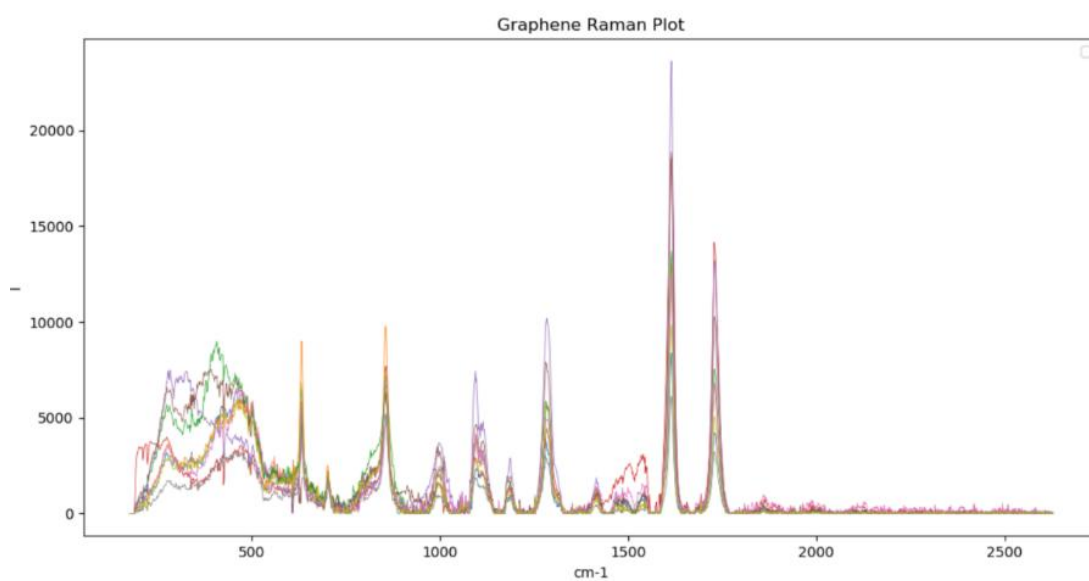


图 4 样品 1 不同点的拉曼光谱图（15000ms，100mw）

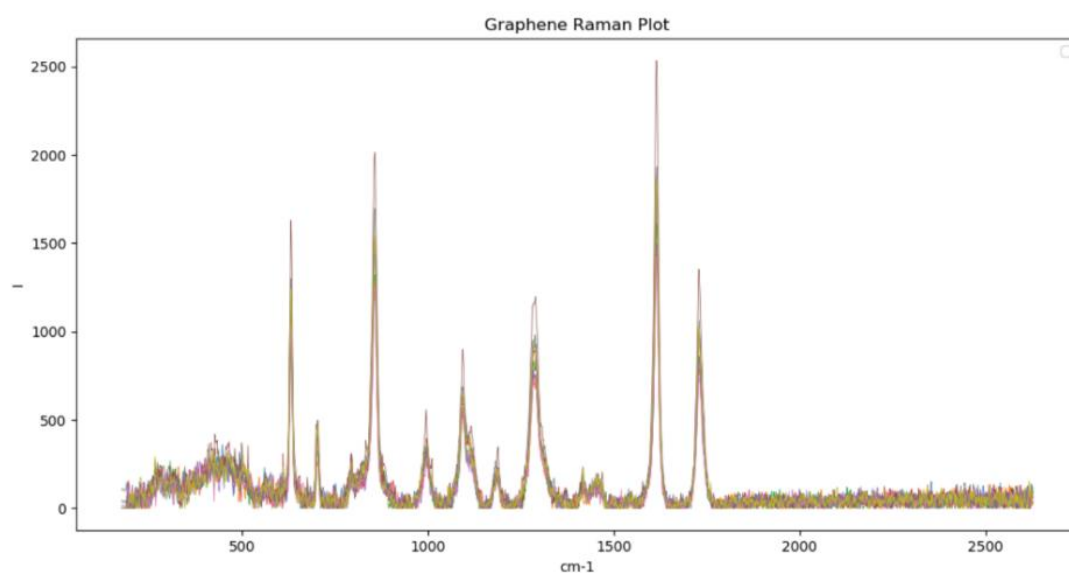


图 5 样品 2 不同点的拉曼光谱图（15000ms，100mw）