



中华人民共和国建筑工业行业标准

JG/T 538—2018

建筑用碳纤维发热线

Carbon-fiber heating cables in building

2018-05-30 发布

2018-12-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 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 分类与标记	2
5 要求	2
6 试验方法	5
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输和贮存	9
附录 A (资料性附录) 碳纤维发热线地面辐射供暖设计要点	11
附录 B (资料性附录) 碳纤维发热线地面辐射供暖施工要点	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部建筑环境与节能标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：中国建筑标准设计研究院有限公司、河北省建筑科学研究院。

本标准参加起草单位：河北圣佳电子科技有限公司、河北建研节能设备有限公司、国家红外及工业电热产品质量监督检验中心、河北地暖委员会、济源市暖煌电暖有限公司、河北阳桥电热科技有限公司、北京中科联众科技股份有限公司、河北戈斯顿新能源科技有限公司、天津杰斯曼建筑材料有限公司、山东暖康新能源科技有限公司、山东千惠热力科技有限公司、扬州福瑞达碳纤维地暖有限公司、张家港市科兴碳纤维制品有限公司、河北暖贝尔电热科技有限公司。

本标准主要起草人：刘冰、彭月明、吴迪、江树辉、赵兴录、李刚、田树辉、曾宇、樊庆堂、闫海亮、牛敬磊、陈滨、徐松、徐鸿斌、乔金栋、房万武、张德来、钱生宏、杨勇、王德华、吴志峰、刘志国。

建筑用碳纤维发热线

1 范围

本标准规定了建筑用碳纤维发热线的分类与标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于工业与民用建筑低温辐射供热系统使用的额定电压 300/500 V 的碳纤维发热线产品。

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 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 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB 4706.82 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 红外辐射加热器试验方法

GB/T 8808 软质复合塑料材料剥离试验方法

GB/T 12666.2 单根电线电缆燃烧试验方法 第 2 部分:水平燃烧试验

GB/T 20841 额定电压 300/500 V 生活设施加热和防结冰用加热电缆

JGJ 142—2012 辐射供暖供冷技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳纤维发热线 carbon-fiber heating cables

由碳纤维连续长丝与电绝缘材料及保护套和冷热接头组成的通电后发热的线状电热元件。

3.2

线功率密度 linear power density

碳纤维发热线在正常工作条件下,有效发热单位长度的功率。

注:单位为 W/m。

3.3

工作温度 working temperature

碳纤维发热线在额定电压下工作并达到稳定工作状态后,其表面的平均温度。

3.4

稳定工作状态 condition of adequate heated

发热线在正常工作条件下通电升温达到热平衡的工作状态。

3.5

升温时间 temperature rise time

碳纤维发热线在正常工作条件下,其表面温度从室温上升至工作温度 90% 时所需要的时间。

3.6

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

碳纤维发热线在额定电压下工作直至达到稳定工作状态后,输出的总辐射通量与输入的电功率之比。

4 分类与标记

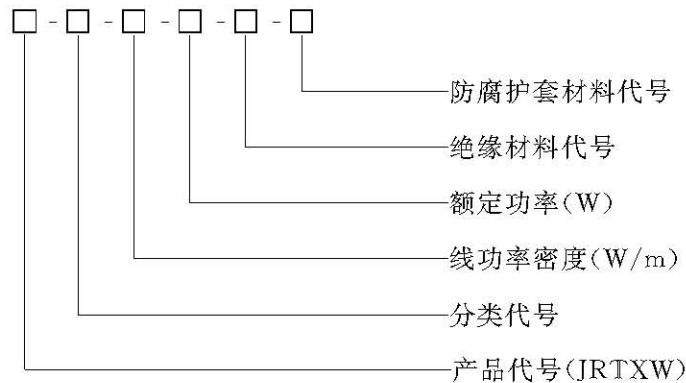
4.1 分类

按产品结构分为以下两类:

- a) 双层结构:碳纤维发热丝、绝缘层和防护套,代号为Ⅱ;
- b) 三层结构:碳纤维发热丝、内绝缘层、外绝缘层和防护套,代号为Ⅲ。

4.2 标记

碳纤维发热线产品标记由产品名称、分类、线功率密度、额定功率、绝缘材料、防腐护套组成。碳纤维发热线产品名称代号为 JRTXW。



标记中绝缘材料代号和防腐护套材料代号应符合 GB/T 20841 的规定。

示例 1:

线功率密度为 16 W/m、额定功率为 150 W、双层结构、氟塑料绝缘聚氯乙烯防护的碳纤维发热线,标记为:

JRTXW-Ⅱ-16-150-F-PVC。

示例 2:

线功率密度为 18 W/m、额定功率为 200 W、三层结构、氟塑料绝缘聚氯乙烯防护的碳纤维发热线,标记为:

JRTXW-Ⅲ-18-200-F-PVC。

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 正常工作条件

碳纤维发热线适用于-30℃~40℃的环境温度。

注:碳纤维发热线应用于建筑供暖系统时的施工温度的要求参见附录 B。

5.1.2 基本参数

产品基本参数应符合下列规定:

- a) 额定电压:300/500 V;

- b) 额定频率:50 Hz;
- c) 工频耐压:3.75 kV/min;
- d) 绝缘材料:符合 GB/T 20841 规定的绝缘材料类别;
- e) 防腐护套:符合 GB/T 20841 规定的防腐护套材料类别,且硅橡胶类产品不可作为防腐护套材料;
- f) 外径:宜不小于 5 mm。

5.2 外观

5.2.1 表面应清洁、光滑、完整,不应有疵点、毛刺和气泡。

5.2.2 不应有明显的圆整和粗细不均匀现象。

5.2.3 在自然放直的情况下不应出现自捻现象。

5.3 冷态绝缘电阻

碳纤维发热线的冷态绝缘电阻应不小于 50 M Ω 。

5.4 热态绝缘电阻

碳纤维发热线的热态绝缘电阻应不小于 50 M Ω 。

5.5 耐冷热交变性

碳纤维发热线经耐冷热交变性试验后,不应有裂缝及变形。外护套应无裂纹、无鼓泡、无剥落现象。

5.6 功率偏差

碳纤维发热线在额定电压及正常工作条件下,其输入功率对其额定功率的偏差应不超过 $\pm 10\%$ 。

5.7 表面温度不均匀度

碳纤维发热线的表面温度不均匀度不应大于工作温度的 10%。

5.8 工作温度下的泄漏电流

碳纤维发热线在正常工作条件下的热态泄漏电流应不大于 0.25 mA。

5.9 耐压强度

碳纤维发热线在正常工作条件下对其施加频率为 50 Hz、3.75 kV 的交流试验电压 1 min,不应出现闪络或击穿现象。

5.10 耐潮湿和耐腐蚀性

5.10.1 防水等级

碳纤维发热线的防水等级不应低于 IPX7。

5.10.2 潮湿和腐蚀状态下的泄漏电流

碳纤维发热线在潮湿和腐蚀状态下,其泄漏电流应符合 5.8 的规定。

5.10.3 潮湿和腐蚀状态下的耐压强度

碳纤维发热线在潮湿和腐蚀状态下,其耐压强度应符合 5.9 的规定。

5.11 升温时间

碳纤维发热线的升温时间应不大于 5 min。

5.12 电-热辐射转换效率

碳纤维发热线辐射面的电-热辐射转换效率应不小于 28%。

5.13 线功率密度

碳纤维发热线的线功率密度应不大于 19 W/m。碳纤维发热线应用于建筑供暖系统时,对线功率密度的具体要求,参见附录 A。

5.14 机械强度

5.14.1 抗拉强度

碳纤维发热线在长度方向上应能承受 120 N 的拉伸强度试验。试验后,碳纤维发热线不应出现明显变形。

5.14.2 抗弯曲强度

碳纤维发热线在承受正反卷绕试验后,任一部位不能出现损伤,并能经受耐压强度试验,符合 5.9 的规定。碳纤维发热线应用于建筑供暖系统时,施工安装中对发热线弯曲半径的具体要求,参见附录 B。

5.15 剥离强度

碳纤维发热线的外护套材料柔性薄片的剥离力应不小于 3.0 N。

5.16 耐低温性能

碳纤维发热线在温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下储存 96 h 后,不应出现脆化、破损、变形等现象,并能正常工作。

5.17 工作寿命

碳纤维发热线在正常工作条件下的累计工作时间应不小于 30 000 h。

5.18 过载能力

碳纤维发热线以 1.24 倍额定输入功率工作直至达到稳定工作状态,不应出现破裂、变形等现象。

5.19 耐热、耐燃性能

碳纤维发热线的绝缘应有足够的耐非正常发热和起火的能力,应符合 GB 4706.82 的要求。

5.20 电气和机械性能

碳纤维发热线的基本电气和机械性能应符合 JGJ 142—2012 中附录 F 的规定。

5.21 冷热接头

碳纤维发热线的冷热接头应采用专用设备和工艺连接,不应在现场简单连接;接头应可靠、密封,并保持接地的连续性。碳纤维发热线应用于建筑供暖系统时,对冷热接头的要求,参见附录 B。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验应在以下条件下进行:

- a) 不使用对温度敏感的温控器装置;
- b) 对于需现场剪切的碳纤维发热线,测试应在连接电源并做好接头绝缘后进行;
- c) 环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- d) 空气相对湿度应不大于 85%;
- e) 实验室内空气无明显对流。

6.2 外观

正常光照条件下,距离 500 mm,目测。

6.3 冷态绝缘电阻

碳纤维发热线表面用铝箔完全包覆,用精度不低于 1.0 级 500 V 的兆欧表测量碳纤维发热线连接线两端与包覆铝箔之间的电阻。

6.4 热态绝缘电阻

碳纤维发热线表面用铝箔完全包覆,在正常工作条件下工作直至达到稳定工作状态后,断电停止加热,立即用精度不低于 1.0 级 500 V 的兆欧表测量碳纤维发热线连接线两端与包覆铝箔之间的电阻。

6.5 耐冷热交变性

按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。

6.6 功率偏差

按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。

6.7 表面温度不均匀度

按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。

6.8 工作温度下的泄漏电流

碳纤维发热线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,当碳纤维发热线达到稳定工作状态后按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。

6.9 耐压强度

碳纤维发热线在经过 6.8 的试验后,且达到稳定工作状态 1 h 后,在碳纤维发热线的连接线与完全

包覆其表面的铝箔之间连续施加频率为 50 Hz、3.75 kV 的交流试验电压 1 min,观察碳纤维发热线表面的变化情况。试验开始时,首先设定动作电流(动作电流按 GB/T 7287 规定计算),施加的电压不应超过规定值的 1/2,然后迅速升高到规定值。

6.10 耐潮湿和耐腐蚀性

6.10.1 防水等级

防水等级应按 GB/T 4208 规定的方法进行试验,其中浸水时间为 72 h,溶液为 1%的氯化钠水溶液。

6.10.2 潮湿和腐蚀状态下的泄漏电流

碳纤维发热线经过 6.10.1 的试验后,在其浸入的氯化钠水中放置精度不低于 0.5 级毫安表的一端,另一端与碳纤维发热线的连接线连接,按 GB/T 7287 规定的方法检测碳纤维发热线的连接线与氯化钠水溶液之间的泄漏电流。

6.10.3 潮湿和腐蚀状态下的耐压强度

碳纤维发热线经过 6.10.2 的试验后,在其连接线与完全包覆其表面的铝箔之间施加频率为 50 Hz、3.75 kV 的交流试验电压 1 min,观察碳纤维发热线表面的变化情况。

6.11 升温时间

按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。

6.12 电-热辐射转换效率

按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。

6.13 线功率密度

实测碳纤维发热线输出功率和长度,其比值应符合 5.13 的要求。

6.14 机械强度

6.14.1 抗拉强度

将碳纤维发热线固定到拉力机上,在其线缆上施加作用力,缓慢增加至 120 N,持续 3 min,松开 1 min 后重复一次。

6.14.2 抗弯曲强度

按 GB/T 20841 规定的方法进行试验。

6.15 剥离强度

按 GB/T 8808 规定的方法进行试验。

6.16 耐低温性能

将低温试验箱的温度设置为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$,温度波动度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。将碳纤维发热线试件放置在低温试验箱中,储存 96 h 后取出,在室温环境中静置 1 h,再按 GB/T 7287 规定的方法进行外观、功率偏差、泄

漏电流及耐压强度的试验,并应符合要求。

6.17 工作寿命

6.17.1 按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。按产品使用说明书规定的实际安装条件进行加速老化试验,试验时间为 360 h。

6.17.2 试验结束后,如果样品的外观符合 5.2 的规定,泄漏电流不大于 0.25 mA、耐压强度不低于标准值,输入功率比额定功率偏差不超过 $\pm 10\%$,电-热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 30 000 h。

6.18 过载能力

按 GB/T 7287 规定的方法进行试验。

6.19 耐热、耐燃性能

按 GB/T 12666.2 规定的方法进行试验。

6.20 电气和机械性能

按 GB/T 20841 规定的方法进行试验。

6.21 冷热接头

目测检查。

7 检验规则

7.1 检验类别

碳纤维发热线检验类别分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

凡交货的产品,均应按表 1 规定的出厂检验项目进行检验。

表 1 检验项目

序号	检验项目		不合格类别	检验类别		要求	试验方法
				出厂检验	型式检验		
1	外观		B	√	√	5.2	6.2
2	绝缘电阻	冷态绝缘电阻	A	√	√	5.3	6.3
3		热态绝缘电阻	A	√	√	5.4	6.4
4	耐冷热交变性		A	√	√	5.5	6.5
5	功率偏差		A	√	√	5.6	6.6
6	表面温度不均匀度		A	√	√	5.7	6.7
7	工作温度下的泄漏电流		A	√	√	5.8	6.8
8	耐压强度		A	√	√	5.9	6.9

表 1 (续)

序号	检验项目		不合格类别	检验类别		要求	试验方法
				出厂检验	型式检验		
9	耐潮湿和耐腐蚀性	防水等级	A	√	√	5.10.1	6.10.1
10		潮湿和腐蚀状态下的泄漏电流	A	√	√	5.10.2	6.10.2
11		潮湿和腐蚀状态下的耐压强度	A	√	√	5.10.3	6.10.3
12	升温时间		B		√	5.11	6.11
13	电-热辐射转换效率		B		√	5.12	6.12
14	线功率密度		A	√	√	5.13	6.13
15	机械强度	抗拉强度	A		√	5.14.1	6.14.1
16		抗弯曲强度	A		√	5.14.2	6.14.2
17	剥离强度		A		√	5.15	6.15
18	耐低温性能		B		√	5.16	6.16
19	工作寿命		A		√	5.17	6.17
20	过载能力		A		√	5.18	6.18
21	耐热、耐燃性能		A		√	5.19	6.19
22	电气和机械性能		A		√	5.20	6.20
23	冷热接头		A	√	√	5.21	6.21

注：“√”为检验项目；“ ”为不检项目。

7.3 型式检验

7.3.1 型式检验项目应按表 1 规定的项目进行检验。

7.3.2 凡属下列情况之一的应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 新产品转厂生产试制定型鉴定时；
- c) 正式生产后,设计、配方、材料、工艺有较大变化,可能影响产品性能时；
- d) 产品停产半年以上,再恢复生产时；
- e) 正常生产时,每两年应周期性进行一次检验；
- f) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

7.4 抽样

采用 GB/T 2829 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,按 GB/T 2829—2002 中表 6 的规定得到式(1)：

$$|n; A_c, R_e| = \begin{matrix} 2; & 0, & 2 \\ 2; & 1, & 2 \end{matrix} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

n ——样本数量；

Λc ——合格判定数；

Re ——不合格判定数。

7.5 检验结果判定

7.5.1 按表 1 的规定进行检验,不符合检验项要求的,按照规定的不合格分类判定该检验项为 A 类不合格或 B 类不合格。

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

7.5.3 若两组样本都合格,则判定所检验批合格。

7.5.4 若两组样本都不合格,则判定所检验批不合格。

7.5.5 若有一组样本不合格,则进行二次抽样重新检验,二次抽样中的不合格计数应是第一次和第二次检验中不合格数的累计。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。

7.5.6 库存 1 年以上的产品应按 7.2 的规定再次进行出厂检验。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 碳纤维发热线应有清晰、醒目的永久性标志。

8.1.2 标志上应清晰标出至少下列内容：

- a) 产品名称、型号、规格；
- b) 额定工作电压、额定功率；
- c) 制造厂名或注册商标；
- d) 出厂年月或编号。

8.1.3 产品合格证应包括检验结论、检验员章和检验日期。

8.1.4 产品使用说明书应至少包含下列内容：

- a) 产品名称、型号、规格、使用范围；
- b) 主要性能参数(额定工作电压、额定功率、长度等)；
- c) 安装说明、使用要求；
- d) 维护保养及注意事项等；
- e) 产品有害物含量说明。

8.2 包装

8.2.1 碳纤维发热线盘组应采用可靠的防潮包装。外包装应采用箱装,包装箱应牢固可靠。

8.2.2 包装箱内应有下列文件：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 装箱清单。

8.2.3 包装箱标志应包括产品名称、型号规格、数量、制造商名称和地址。

8.3 运输

8.3.1 运输过程中应防止剧烈震动、挤压、雨淋及化学物品侵蚀。

8.3.2 搬运应轻拿轻放,码放整齐,不应滚动和抛掷。

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,不应重压和露天存放。

8.4.2 碳纤维发热线应按型号分类存放,堆码的高度应不大于包装箱上标明的堆码高度。

附录 A
(资料性附录)

碳纤维发热线地面辐射供暖设计要点

- A.1 碳纤维发热线地面辐射供暖系统设计、产品选用应按 JGJ 142—2012 中第 3 章、第 4 章的规定进行。
- A.2 碳纤维发热线地面辐射供暖时,线功率密度应符合下列规定:
- 当发热线敷设间距为 50 mm,且发热线连续供暖时,线功率密度宜不大于 17 W/m;当发热线敷设间距大于 50 mm 时,线功率密度应不大于 19 W/m;
 - 当面层采用带龙骨的架空木地板时,应采取散热措施;发热线的线功率密度应不大于 10 W/m,且功率密度宜不大于 80 W/m²。
- A.3 每个房间宜独立设置碳纤维发热线回路,且应符合下列规定:
- 碳纤维发热线布置间距不宜小于 100 mm。碳纤维发热线与外墙内表面距离应不小于 100 mm,与内墙表面距离宜为 200 mm~300 mm;
 - 碳纤维发热线宜采用平行型布置;
 - 碳纤维发热线每个回路的最大总功率确定时,还应符合下列规定:
 - 不宜超过所选温控器的额定工作电流;
 - 不应超过产品规格限制。
- A.4 碳纤维发热线地面辐射供暖系统应做等电位连接,且等电位连接线应与配电系统的地线连接。

附 录 B
(资料性附录)

碳纤维发热线地面辐射供暖施工要点

- B.1 碳纤维发热线地面辐射供暖系统施工应按 JGJ 142—2012 中第 5 章的规定进行。
 - B.2 在碳纤维发热线安装施工过程中,发热线间有搭接时发热线不应通电。
 - B.3 在碳纤维发热线的铺设区内,不应穿凿、钻孔或进行射钉作业。
 - B.4 施工时的环境温度宜不低于 5℃;在低于 0℃的环境下施工时,现场应采取相应升温措施。
 - B.5 碳纤维发热线出厂后不应剪裁和拼接,有外伤或破损的碳纤维发热线不应敷设。
 - B.6 碳纤维发热线的弯曲半径不应小于生产企业规定的限值,且不应小于 6 倍发热线直径。
 - B.7 碳纤维发热线的热线部分不应进入冷线预留管。
 - B.8 碳纤维发热线的冷热接头应暗装在填充层或预制沟槽保温板内,接头处 150 mm 之内不应弯曲。
 - B.9 碳纤维发热线接线用导线应分颜色使用:
 - a) 相线宜与本户电源线颜色一致;
 - b) 受控相线——白色绝缘导线;
 - c) N 线(零线)——浅蓝色绝缘导线;
 - d) PE 线(接地线)——黄绿色相间的绝缘导线。
 - B.10 碳纤维发热线之间应按并联电路接线。
-

