**UDC**

**中国土木工程学会标准**

**P T/CCES XX-20XX**

碳纤维电热供暖系统应用技术规程

**Technical specification for application of carbon fiber electric heating system**

（征求意见稿）

**20**××**－**××**－**××**发布20**××**－**××**－**××**实施**

**中国土木工程学会 发布**

**前言**

根据中国土木工程学会发布的《关于发布<2017年中国土木工程学会标准研编计划（第二批）>的通知》文件的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程主要技术内容是：1.总则；2.术语；3.材料及产品；4.设计与构造；5、施工；6检查、调试与验收。

本规程由中国土木工程学会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑科学研究院有限公司（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013）。

本规程主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

齐齐哈尔瑞兴碳纤维科技有限公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc470357173)

[2 术语 2](#_Toc470357174)

[3 材料与产品 4](#_Toc470357175)

[3.1 一般规定 4](#_Toc470357176)

[3.2 绝热层材料 4](#_Toc470357177)

[3.3 填充层材料 5](#_Toc470357178)

[3.4 面层材料和其他材料 5](#_Toc470357179)

[3.5 碳纤维电热供暖系统与温控器 6](#_Toc470357180)

[4 设计与构造 9](#_Toc470357181)

[4.1 一般规定 9](#_Toc470357182)

[4.2 辐射电供暖构造 10](#_Toc470357183)

[4.3 热负荷计算 13](#_Toc470357188)

[4.4 供暖系统的设计 14](#_Toc470357189)

[4.5 监测和温控 16](#_Toc470357192)

[4.6 电气设计 18](#_Toc470357193)

[5 施工 19](#_Toc470357194)

[5.1 一般规定 19](#_Toc470357195)

[5.2 系统安装 20](#_Toc470357196)

[5.3 温度传感及控制系统的安装 25](#_Toc470357203)

[5.4 卫生间施工 26](#_Toc470357204)

[6 检验、调试及验收 27](#_Toc470357205)

[6.1 一般规定 27](#_Toc470357206)

[6.2 施工、安装质量验收 27](#_Toc470357207)

[6.3 调试与试运行 30](#_Toc470357208)

[6.4 竣工验收 30](#_Toc470357209)

[7 运行与维护 32](#_Toc470357210)

[附录A 工程质量检验表 33](#_Toc470357211)

[本规程用词说明 38](#_Toc470357212)

[引用标准名录 39](#_Toc470357213)

附：[条文说明 40](#_Toc470357214)

**Contents**

1 General Provisions 1

2 Terms 2

3 Materials and Products 4

3.1 Beneral Requirements 4

3.2 Materials of Insulating Layer 4

3.3 Materials of Filler Layer 5

3.4 Materials of Filling and Other Layers 5

3.5 Carbon Fiber Electric Heating System and Thermostat 6

4 Design and Construction 9

4.1 Beneral Requirements 9

4.2 Construction 10

4.3 Heating Load Calculation 13

4.4 Heating System Design 14

4.5 Monitoring and Temperature Control 16

4.6 Electrical Design 18

5 Construction 19

5.1 Beneral Requirements 19

5.2 System Installation 20

5.3 Construction of Temperature Sensing System and Control System 25

5.4 Construction of Bathroom 26

6 Inspection, commissioning and acceptance 27

6.1 Beneral Requirements 27

6.2 Construction and Installation Quality Acceptance 27

6.3 Pre-operation and Commissioning 30

6.4 Construction Acceptance 30

7 Operation and Maintain 32

Appendix A Checklist of Construction Quality 33

Explanation of Wording in This Standard 38

List of Quated Standards 39

Addition：Explanation of Provisions 40

**1 总则**

**1.0.1** 为规范碳纤维电热供暖工程的设计、施工和验收，做到安全适用、技术先进、经济合理，确保工程质量，制定本规程。

**1.0.2** 碳纤维电热供暖系统适用于电力供应充足、电价政策鼓励、围护结构符合建筑节能设计标准的建筑。

**1.0.3** 本规程适用于以碳纤维电加热部件为加热源的新建或改建的民用和工业建筑采暖工程的设计、施工和验收。

**1.0.4** 碳纤维电热供暖工程的设计、施工及验收，除执行本规程以外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语**

**2.0.1** 碳纤维电热供暖

以碳纤维材料为发热元件，形成加热面，以辐射和对流的方式向室内供热，保证室内温度，并可自动控制室内温度的供暖方式。分为碳纤维电热辐射供暖和碳纤维电热对流供暖。

**2.0.2** 碳纤维电热辐射供暖

以碳纤维发热部件为热源，提升围护结构内表面温度，形成热辐射面，通过辐射面以辐射为主的传热方式室内供热。根据辐射面不同分为碳纤维电热地面供暖和碳纤维电热墙面供暖，其中碳纤维地面供暖根据发热部件不同分为混凝土（水泥砂浆）填充式地面供暖、碳纤维发热网布地面供暖和碳纤维电热地板供暖。

**2.0.3** 碳纤维电热对流供暖

以碳纤维散热器为加热设备，主要以自然对流方式向室内供热，保证室内温度，并可自动控制室内温度的供暖方式。

**2.0.4** 碳纤维散热器

通过碳纤维发热部件将电能转化成热能，并通过温度控制器实现供热控制的采暖散热设备。

**2.0.5** 混凝土（水泥砂浆）填充式地面供暖

将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碳纤维发热线敷设在绝热层之上，需填充混凝土或水泥砂浆后再铺设面层的碳纤维电热地面供暖碳纤维发热线方式。简称混凝土填充式地面供暖。

**2.0.6** 碳纤维发热网布地面供暖

将在工厂制作的碳纤维发热线和金属导线经纬编织后，双面复合绝缘材料且与冷热接头加工为一体的柔性碳纤维电热网布，敷设在绝热层和散热层防护层之间，再铺设面层的电地暖方式。

**2.0.7**  碳纤维电热地板供暖

将由绝热层、加热部件、散热层和冷热线接头构成，并在工厂预制成型的电加热部件碳纤维电热地板直接辐设在室内地面上的电热地面供暖方式。

**2.0.8** 碳纤维电热墙面辐射供暖

以碳纤维发热线为发热元件，或以碳纤维发热网格布为发热，以围护结构内表面中的墙面为热辐射面，通过热辐射面以辐射和对流的传热方式向室内供暖的方式。

**2.0.9** 填充板

碳纤维电热地板供暖中，与碳纤维电热地板的绝热层的材质和厚度相同的泡沫塑料板，用于填充供暖地面中未铺设碳纤维电热地板的部位。

**2.0.10** 绝热层

用以阻挡热量传递，减少无效热耗的构造层。根据绝热层安装位置的不同，分为辐射面绝热层和侧面绝热层。

**2.0.11** 反射层

用以铺设在碳纤维发热线之下的金属箔，用以防止热量向地下散失，从而提高碳纤维发热线热量反射和辐射能力的构造层。

**2.0.12** 填充层

敷设在地面供暖绝热层之上，用以保护碳纤维发热线并使地面温度均匀的构造层。

**2.0.13** 面层

建筑地面与室内空气直接接触的构造层，包括装饰面层及其找平层（不包括覆盖在面层上的地毯等）。

**2.0.14** 防潮层

防止建筑地基或楼层地面下潮气透过地面的构造层。

**2.0.15** 隔离层

也称防水层，防止建筑地面上各种液体或地下水、潮气透过地面的构造层。

**2.0.16** 伸缩缝

补偿混凝土填充层和面层等膨胀或收缩用的构造缝。

**2.0.17** 散热防护层

用于碳纤维网格布发热层上表面散热并保护其不受外力破坏的构造层。

**2.0.18** 接地网

覆盖在加热部件外并与加热部件绝缘的金属层。其材质可以是编织成网或螺旋缠绕的金属丝，也可以是螺旋缠绕或沿碳纤维发热线纵向围合的金属丝或金属带。

**2.0.19** 地暖用蓄热构件

安装于碳纤维电热供暖系统中，并且内部封装地暖用储能材料的构件。

**2.0.20** 地暖用储能材料

用于吸收/释放热量并能与碳纤维电热地面辐射供暖配套使用的材料。

**2.0.21** 温度控制器

用于感应温度并加以控制调节的自动控制装置，简称温控器。根据控制方式的不同主要分为室温型、地温型和双温型温控器。

**3 材料与产品**

**3.1 一般规定**

**3.1.1** 碳纤维电热供暖系统中所用材料，应根据工作温度、承受荷载、用电安全、设计寿命、防水/防火等不同要求以及施工性能水平，经综合比较后确定。

**3.1.2** 碳纤维电热供暖系统中所有材料均应符合国家现行标准的有关规定，并应具有出厂合格证、产品说明书与相关质量监督检验部门出具的性能检测报告。

**3.2 绝热层材料**

**3.2.1**  绝热材料应采用导热系数小、难燃或不燃、具有足够承载能力的材料，且不宜含有殖菌源，不得有散发异味，不得有可能危害健康的挥发性物质。

**3.2.2** 混凝土填充式地面供暖工程中采用聚苯乙烯泡沫塑料板材作为绝热材料的主要技术指标应符合表3.2.2的规定。

表3.2.2 聚苯乙烯泡沫塑料主要性能指标

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 性能指标 |
| 模塑 | 挤塑 |
| 类别 | Ⅱ1 | W2002 |
| 表观密度（kg/m3） | ≥20.0 | ≥20.0 |
| 压缩强度3，kPa | ≥100 | ≥200 |
| 导热系数（25℃时），W/(m·K) | ≤0.041 | ≤0.035 |
| 尺寸稳定性，% | ≤3 | ≤2 |
| 水蒸气透过系数，ng/(Pa·m·.s) | ≤4.5 | ≤3.5 |
| 吸水率（体积分数），% | ≤4.0 | ≤2.0 |
| 熔结性4 | 断裂弯曲负荷 | 25 | — |
| 弯曲变形 | ≥20 | — |
| 燃烧性能 | 氧指数 | ≥30 | — |
| 燃烧性能等级 | 不低于B1级 |

注：**1**  模塑Ⅱ型密度范围在20 kg/m3~30 kg/m3之间；

**2**  W200为不带表皮挤塑材料；

**3**  压缩强度是按现行国家标准《硬质泡沫塑料压缩性能的测定》GB/T 8813要求的试件尺寸和试验条件下相对变形为10%的数值；

**4** 模塑断裂弯曲负荷或弯曲变形有一项能符合指标要求，熔结性即为合格。

**3.2.3** 碳纤维发热网布供暖中绝热层宜采用燃烧性能等级不低于B1级聚苯乙烯泡沫塑料板、酚醛泡沫板或硬泡聚氨酯保温板，并应符合下列规定：

**1** 酚醛泡沫板应符合现行国家标准《绝热用硬质酚醛泡沫制品（PF）》GB/T20974的有关规定；

**2** 硬泡聚氨酯保温板应符合现行行业标准《聚氨酯硬泡复合保温板》JG/T 341的有关规定。

**3.2.4** 碳纤维电热地板中的绝热材料除应符合本规程3.2.3的规定外，尚应符合下列规定：

**1** 绝热材料上的沟槽宽度应为碳纤维发热线外径的1.5～2倍，其深度不应大于碳纤维发热线外径的1.5倍；

**2** 绝热材料厚度不应小于15mm。

**3.2.5** 当采用如发泡水泥作为绝热材料时，宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥；当条件受限制时，可采用矿渣硅酸盐水泥等；其性能指标应符合表3.2.5的规定。其中水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的有关规定，且抗压强度等级不应低于32.5；砂应符合现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684的有关规定，且应用含泥量不大于3%的中粗砂；发泡剂不应含有硬化物、腐蚀金属的化合物及挥发性有机化合物等，且其中的游离甲醛应符合现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规程》GB 50325的有关规定。

表3.2.5 发泡水泥绝热层性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 干体积密度，kg/m3 | 抗压强度，MPa | 导热系数，W/（m·K） |
| （MPa）7天 | 28天 |
| 350 | ≥0.4 | ≥0.5 | ≤0.07 |
| 400 | ≥0.5 | ≥0.6 | ≤0.08 |
| 450 | ≥0.6 | ≥0.7 | ≤0.09 |

**3.2.6** 当采用其他绝热材料时，其技术指标应参考表3.2.2的规定，选用同等绝热效果的材料。

**3.3 填充层材料**

**3.3.1** 填充层均为混凝土或水泥砂浆材料时，其性能要求应符合现行行业标准JGJ 142的有关规定。

**3.4 面层材料和其他材料**

**3.4.1** 墙面供暖的饰面材料宜采用石膏板或满足本规程热阻要求的其他材料。不得采用铝塑板、木塑板等长时间受热易变形的材料。

**3.4.2**  当石膏板用于饰面材料时，纵向断裂荷载不应小于460N，横向断裂荷载不应小于160N。

**3.4.3** 若碳纤维电热供暖系统中采用地暖用相变蓄热构件作为蓄热装置，则地暖用相变蓄热装置构件应符合现行行业标准《地暖用相变储能材料及构件》JC/T 2339的有关规定。

**3.5 碳纤维电热供暖系统与温控器**

**3.5.1** 碳纤维发热线的主要性能指标应符合表3.5.1的规定，试验方法应按现行行业标准《建筑用碳纤维发热线》JG/T 538的规定执行。

3.5.1 碳纤维发热线的主要性能指标

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 性能指标 |
| 冷态绝缘电阻，MΩ | ≥50 |
| 热态绝缘电阻，MΩ | ≥50 |
| 耐冷热交变性 | 经耐冷热交变性试验后，无裂纹，无变形，外套无裂纹、鼓泡或剥落现象。 |
| 功率偏差，% | ±10% |
| 表面温度不均匀度，% | ≤10 |
| 工作温度下 | 泄漏电流，mA | ≤0.25 |
| 电气强度 | 承受50Hz，3750V的交流试验电压，历时1min，无闪络或击穿现象。 |
| 耐潮性 | 防水等级 | 不低于IPX7 |
| 潮湿状态下 | 泄漏电流，mA | ≤0.25 |
| 电气强度 | 承受50Hz，3750V的交流试验电压，历时1min，无闪络或击穿现象。 |
| 升温时间（90%），min | ≤5 |
| 电-热辐射转换效率，% | ≥28 |
| 限功率密度，W/m | ≤19 |
| 机械强度 | 抗拉轻度 | 长度方向上承受120N抗拉强度，历时3min，无明显变形 |
| 抗弯曲强度 | 承受正反卷绕试验后，任一部位不能出现损失，并能经受耐压强度试验 |
| 剥离强度，N | 3.0 |
| 耐低温性能 | 在温度为-40℃的条件下存储96h后，不应出现脆化、破损、变形等现象，并应能正常工作 |
| 工作寿命，h | ≥30000h |
| 过载能力 | 以1.24倍额定输入功率工作直至建立稳定工作状态，工作期间无破裂或变形现象。 |

**3.5.2 供暖用碳纤维加热部件和碳纤维散热器必须有接地屏蔽层。**

**3.5.3** 碳纤维加热部件冷、热线的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。

**3.5.4** 碳纤维加热部件的型号和商标应有清晰标准，冷、热线接头位置应有明显标志。

**3.5.5** 碳纤维发热网布规格应符合表3.5.5的规定。

表3.5.5 碳纤维发热网布的主要规格尺寸 单位：mm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 宽度 | 长度 | 厚度 |
| 300 | 1000~3000 | ≤1.5 |
| 500 |
| 1000 |
| 1300 |

**3.5.6** 碳纤维发热网布的主要性能指标应符合现行行业标准《低温辐射电热膜》JG/T 286的规定。

**3.5.7** 碳纤维电热地板的主要性能指标应符合表3.6.7的规定。

表3.5.7 碳纤维电热地板的主要性能指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 性能指标 | 试验方法 |
| 冷态绝缘电阻，MΩ | ≥50 | 应按现行国家标准《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287规定的试验方法进行检验。 |
| 热态绝缘电阻，MΩ | ≥50 |
| 功率偏差，% | ≤10 |
| 升温时间（90%），min | ≤20 |
| 工作温度下 | 泄漏电流，mA | ≤0.25 |
| 电气强度 | 承受50Hz，3750V的交流试验电压，历时1min，无闪络或击穿现象。 |
| 防水等级 | 不低于IPX7 |
| 抗冲击性能 | 无破裂现象 | 应按现行行业标准《低温辐射电热膜》JG/T 286规定的试验方法检验。 |
| 地板表面持续加热温度 | ≤40℃（面层厚度＞5mm）≤50℃（面层厚度≤5mm） | 应按现行国家标准《家用和类似用途电器的安全暖脚器和热脚的特殊要求》GB 4706.80规定的试验方法进行检验。 |
| 地板表面温差 | ≤7℃ |
| 绝热层燃烧性能等级 | 不低于B1级 | 应按现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624规定的试验方法进行检验。 |

**3.5.8** 碳纤维散热器的的主要性能指标应符合表3.5.8的规定，试验方法应按现行行业标准《电采暖散热器》JG/T 236的规定执行。

3.5.8 碳纤维散热器的主要性能指标

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 性能指标 |
| 外壳防护等级 | IP22 |
| 接地电阻，MΩ | ≤100 |
| 启动和运行 | 在电源电压偏差为额定值的±10%时，正常启动和运行 |
| 功率偏差，% | -10~5 |
| 出口格栅温度，℃ | 115 |
| 外表面温度（除出口格栅外），℃ | 85 |
| 表面温度均匀度，% | ≥80 |
| 工作温度下 | 泄漏电流，mA | ≤0.25 |
| 电气强度 | 承受50Hz，3750V的交流试验电压，历时1min，无闪络或击穿现象。 |
| 耐潮性 | 潮湿状态下 | 泄漏电流，mA | ≤0.25 |
| 电气强度 | 承受50Hz，3000V的交流试验电压，历时1min，无闪络或击穿现象。 |
| 升温时间（90%），min | ≤20 |
| 环境指标 | 甲醛（HCHO） | ≤0.03 |
| 笨（C6H6） | ≤0.04 |
| 甲苯（C7H8） | ≤0.07 |
| 二甲苯（C8H10） | ≤0.07 |
| 总挥发性有机化合物（TVOC） | ≤0.20 |

**3.5.9** 温控器应符合《家用和类似用途电自动控制器第十部分：温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536.10和《温度指示控制仪》JG 874中的相关要求。

**4 设计与构造**

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 碳纤维电热辐射供暖中，铺设碳纤维加热部件的地（墙）表面平均温度应符合表4.1.1的规定。

表4.1.1 地（墙）表面平均温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设置位置 | 适宜范围℃ | 最高限值℃ |
| 地面 | 人员经常停留 | 25-27 | 29 |
| 人员短期停留 | 28-30 | 32 |
| 无人停留区 | 35-40 | 42 |
| 墙面 | 距地面1m以下 | 35 | — |
| 距地面1m以上3.5m以下 | 45 | — |

**4.1.2** 地面上的固定设备或卫生器具下方，不应布置碳纤维加热部件，当地面敷设面积不足时，可设计碳纤维散热器或碳纤维电热墙面供暖系统供暖。

**4.1.3** 碳纤维电热供暖系统的设计，应满足采暖和配电系统的设计要求。房间内的生活给排水、生活用电等其他水管、线管等，不应与碳纤维加热部件在同一构造层内交叉敷设。如确需在同一构造层内交叉敷设，必须敷设绝缘层。

**4.1.4** 采用碳纤维电热地面辐射供暖时，应符合下列规定：

**1** 敷设间距等于50mm，碳纤维发热线的线功率不宜大于17W/m；敷设间距大于50mm 时，线功率不宜大于20W/m；

**2** 当面层采用带龙骨的架空木地板时，应采取散热措施；碳纤维发热线的线功率不应大于10W/m，且功率密度不宜大于80W/m2。

**4.1.5** 碳纤维电热供暖配电系统的设计，应符合国家现行标准《低压配电设计规范》GB 50054、《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242、《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的有关规定，系统电气参数应满足供电安全、系统节能、检测与控制等要求。

**4.1.6** 绝热层的绝热材料的防火性能应符合消防有关规定，材料厚度应通过计算确定。

**4.1.7**  当地面荷载大于碳纤维电热供暖地面的承载能力时，应会同结构设计人员采取加固措施。

**4.1.8**  碳纤维电热供暖工程施工图应由有建筑工程设计资质的设计单位进行设计，应提供下列施工图设计文件：

**1**  图纸目录及设计说明；

**2**  加热部件或碳纤维散热器平面布置图；

**3** 碳纤维电热供暖系统图和局部详图或碳纤维散热器的安装构造图；

**4** 温控装置及相关管线布置图，当采用集中控制系统时，应提供相关控制布线图；

**5** 供电系统图及相关管线平面图；

**6** 面层构造及伸缩缝设置示意图；

**7** 地暖用相变蓄热装置平面布置图（未设置地暖用蓄热构件除外）。

**4.1.9** 施工图设计说明中应包括下列内容：

**1** 室内外计算温度；

**2** 碳纤维电热供暖的系统类型；

**3** 房间总热负荷，碳纤维电热供暖系统总供电功率；

**4** 加热部件的类型、规格（线功率或单组功率）、总长度、工作电压、工作温度等技术参数和条件、敷设区域或安装位置（碳纤维散热器）；

**5** 绝热材料的类型、导热系数、表观密度、规格及厚度等（碳纤维电热地板供暖工程除外）；

**6** 配电方案和电气安全防护措施；

**7** 采用的温控措施和温控器形式，及其电控系统的工作电压、工作电流等技术数据和条件。当采用集中控制系统时，应说明控制要求和原理；

**8** 电能计量方式；

**9** 填充层（碳纤维电热地板供暖除外）、面层及伸缩缝的设置要求。4.1.11 碳纤维加热部件平面布置图应绘制出各房间加热部件的具体布置形式，标明敷设间距、加热部件规格（功率）、各加热部件回路的敷设长度或敷设数量（面积）；配电线路布置平面图（包括电气安全保护）。

**4.2 辐射电供暖构造**

**Ⅰ 混凝土填充式地面供暖**

**4.2.1** 混凝土填充式地面供暖应包括楼板或与土壤相邻的地面、防潮层（对与土壤相邻的地面）、绝热层、反射层、加热部件、填充层、隔离层（对潮湿房间）和面层（装饰面层及其找平层）。其中加热部件为碳纤维发热线。在填充层中，或在填充层与面层之间可设置地暖用蓄热构件。碳纤维电热地面供暖系统与四周墙面接触部位应设置侧面绝热层。

**4.2.2 直接与室外空气接触的楼板或与不供暖房间相邻的地面作为供暖辐射地面时，必须设置绝热层。**

**4.2.3** 混凝土填充式地面供暖辐射地面构造应符合下列规定：

**1** 与土壤接触的底层地面作为供暖地面时，应设置绝热层。绝热层下部应设置防潮层。

**2** 对于厨房、卫生间、浴室、洗衣房、游泳馆等潮湿场所，应提高防护等级，在混凝土填充式地面供暖地面的填充层上应设置隔离层。

**4.2.4**  混凝土填充式地面供暖面层所用材料的热阻宜小于0.05m2·K/m。

**4.2.5** 混凝土填充式地面供暖的绝热材料采用泡沫塑料绝热板时，绝热层热阻应不小于表4.2.5-1的数值；采用发泡水泥作为绝热层时，绝热层厚度不应小于表4.2.5-2的规定；采用其他绝热材料时，可根据热阻相当的原则确定厚度。

表4.2.5-1 泡沫塑料绝热层热阻及厚度

|  |  |
| --- | --- |
| 绝热层部位 | 绝热层热阻（m2·K/W） |
| 楼层之间的楼板上 | 0.488 |
| 与土壤或不供暖房间相邻的地板上 | 0.732 |
| 与室外空气相邻的地板上 | 0.976 |

表4.2.5-2 发泡水泥绝热层厚度单位：mm

|  |  |
| --- | --- |
| 绝热层部位 | 干体积密度（kg/m³） |
| 350 | 400 | 450 |
| 楼层之间的楼板上 | 35 | 40 | 45 |
| 与土壤或不供暖房间相邻的地板上 | 40 | 45 | 50 |
| 与室外空气相邻的地板上 | 50 | 55 | 60 |

**4.2.6**  混凝土填充式地面供暖的填充层和面层构造应符合下列规定：

**1** 填充层材料及其厚度宜按表4.2.6选择确定。

**2** 碳纤维发热线不应与绝热层直接接触，应敷设于填充层中间。

**3** 豆石混凝土填充层上部应根据面层的需要铺设找平层。

**4** 没有防水要求的非潮湿房间，水泥砂浆填充层可同时作为面层找平层。

表4.2.6 混凝土填充式电热供暖地面填充层材料和厚度 单位：mm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 绝热层材料 | 填充层材料 | 最小填充层厚度 |
| 泡沫塑料板 | 豆石混凝土 | 40 |
| 发泡水泥 | 水泥砂浆 | 35 |

**4.2.7** 反射层应采用有效提高热量反射和辐射能力的产品，并应满铺在绝热层之上。。

**4.2.8** 填充层伸缩缝的设置应符合下列规定：

**1** 在与内外墙、柱及过门等垂直构件交接处，应设置不间断的伸缩缝。伸缩缝的宽度应不小于10 mm，伸缩缝填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料或内满填弹性膨胀膏，并应与垂直构件可靠固定，与绝热层应连接紧密；

**2** 伸缩缝连接处应采用搭接方式连接，搭接宽度不应小于10mm；当地面面积超过30㎡或边长超过6m时，应按不大于6m间距设置伸缩缝，其宽度不宜小于8 mm；

**3** 伸缩缝应从绝热层的上边缘做到填充找平层的上边缘。

**4.2.9** 若地暖用蓄热构件采用地暖用相变储热构件，则地暖用蓄热构件设置的位置应根据地暖用相变储能材料的相变温度确定。地暖用相变储能材料的相变温度为29℃~40℃时，地暖用相变蓄热装置应设置在碳纤维发热线之间，即嵌入式设置方式；当地暖用相变储能材料的相变温度为20℃~28℃时，地暖用相变蓄热装置应设置在填充层与面层之间，即平铺式设置方式。

**Ⅱ 碳纤维发热网布地面辐射供暖**

**4.2.10** 碳纤维发热网布地面供暖应包括地面、防潮层（对与土壤相邻的地面）、绝热层、反射层、加热部件、散热防护层、隔离层（对潮湿房间）和面层（装饰面层），其中加热部件为碳纤维发热网布。

**4.2.11** 对于厨房、卫生间、浴室、洗衣房、游泳馆等潮湿场所，不宜采用碳纤维发热网布地面辐射供暖。如采用碳纤维发热网布地面辐射供暖，在其散热防护层上应设置隔离层，并应符合本规程第4.2.2~4.2.3条的规定。

**4.2.12** 碳纤维发热网布地面供暖的绝热层厚度不应小于20mm。

**4.2.13** 碳纤维发热网布与绝热层之间应设置反射层。反射层宜采用耐高温金属箔，并宜满铺在绝热层之上。

**4.2.14** 碳纤维发热网布地面供暖的散热防护层宜采用水泥纤维板或人造树脂板。

**4.2.15** 碳纤维发热网布地面供暖散热防护层伸缩缝的设置应符合下列规定：

 **1** 在与内外墙、柱及过门等垂直构件交接处，散热防护层应设置宽度应不小于10 mm的不间断伸缩缝；当地面面积超过30㎡或边长超过6m时，应按不大于6m间距设置伸缩缝，其宽度不宜小于8 mm；

 **2** 伸缩缝填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料或内满填弹性膨胀膏。

**3** 伸缩缝应从绝热层的上边缘做到散热防护层的上边缘。

**Ⅲ 碳纤维电热地板辐射供暖**

**4.2.16** 碳纤维电热地板供暖应包括地面、防潮层（对与土壤相邻的地面）、碳纤维电热地板、隔离层（对潮湿房间）和面层（对不带饰面层的碳纤维电热地板）。

**4.2.17** 对于厨房、卫生间、浴室、洗衣房、游泳馆等潮湿场所，不宜采用碳纤维电热地板地面供暖方式，应以墙面供暖方式为主，当碳纤维电热地板铺设于地面时，碳纤维电热地板上表面应设置隔离层，隔离层宜采用软质薄泡沫卷材，且厚度不应大于2.0mm，并应符合本规程第4.2.2~4.2.3条的规定。

**4.2.18** 在铺装碳纤维电热地板时，与内外墙、柱及过门等垂直构件交接处，必要时应设置不间断的伸缩缝。伸缩缝的宽度宜为8mm~12mm。

**4.2.19** 在铺装碳纤维电热地板时，碳纤维电热地板与内墙或外墙交接处应预留专用冷线嵌埋空隙。

**4.2.20** 房间内未铺设碳纤维电热地板的部位应铺设填充板。

**Ⅳ 碳纤维电热墙面辐射供暖**

**4.2.21** 碳纤维电热墙面辐射供暖宜采用碳纤维发热线、碳纤维发热网布或碳纤维电热地板作为加热部件或采用碳纤维散热器供暖。

**4.2.22** 当采用碳纤维发热线或碳纤维发热网布作为发热部件时，碳纤维电热墙面辐射供暖系统应包括绝热层、反射层、加热部件、抹面层和饰面层；当采用碳纤维电热地板作为发热部件时，碳纤维电热墙面辐射供暖系统应包括加热部件和饰面层。

**4.2.23** 碳纤维发热部件应安装在距地面200mm~2000mm的墙面部位。碳纤维发热线应布置在无管道、无遮挡的侧墙面。

**4.2.24** 饰面层完成后，不应再做二次装修和遮挡。

**4.3 热负荷计算**

**4.3.1** 碳纤维电热供暖系统的供暖热负荷，应按现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736和5 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019和现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142的有关规定进行计算。

**4.3.2** 计算房间全面地面供暖的热负荷时，室内设计温度的取值可比对流供暖系统的室内计算温度低2℃。

**4.3.3** 地面供暖用于房间内局部区域供暖时，热负荷应按全面辐射供暖的热负荷乘以表4.3.3的计算系数的方法确定。

表4.3.3 局部地面供暖热负荷的计算系数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 供暖区面积与房间总面积的比值K | K≥0.75 | K=0.55 | K=0.40 | K=0.25 | K≤0.20 |
| 计算系数 | 1 | 0.72 | 0.54 | 0.38 | 0.30 |

**4.3.4** 对于进深大于6m的房间，宜以距外墙6m为界分区，分别计算供暖热负荷和进行加热部件布置。

**4.3.5** 对敷设碳纤维加热部件的地面或墙面（仅设置碳纤维散热器的墙面除外），不应计算其传热损失。

**4.3.6** 除楼梯间外，高度大于4m房间的地面采用碳纤维电热供暖时，高度附加率应在基本耗热量和朝向、风力、外门附加耗热量之和的基础上进行计算。每高出1m应附加1%，但最大附加率不应大于8%。

**4.3.7** 当计算碳纤维电热供暖热负荷时，应符合下列规定：

**1** 应考虑间歇运行和户间传热等因素，并应符合现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142的有关规定；

**2** 应考虑电热辐射供暖方式和电热对流供暖方式的差异。

**4.3.8** 在外墙内侧墙面安装碳纤维加热部件时，对安装碳纤维加热部件的长度或面积应单独计算传热量。

**4.4 供暖系统的设计**

**Ⅰ 碳纤维电热辐射供暖的设计**

**4.4.1** 碳纤维发热网布和碳纤维电热地板辐射表面向上供热量以及向下传热量应按产品检测数据确定。

**4.4.2** 房间所需单位地面面积向上供热量应按下列公式计算;

 （4.4.2－1）

 （4.4.2－2）

式中：——房间所需单位地面面积向上供热量（W/m2）；

——房间所需地面向上的散热量（W）；

——考虑家具等遮挡的安全系数；

 ——敷设碳纤维加热部件的地面面积（$m^{2}$）；

——房间热负荷（W）；

——自上层房间地面向下传热量（W）。

**4.4.3** 碳纤维发热线长度和布线间距应按下式计算：

 （4.4.3－1）

 （4.4.3－2）

式中：——所需碳纤维发热线的长度（m）；

——向下热损失占碳纤维发热线供热功率的比例，可根据地面构造参考表4.4.3取值；

——考虑家具等遮挡的安全系数；

——房间所需地面向上的散热量（W），按本规程第4.4.2条计算确定；

——碳纤维发热线额定电阻时的线功率（W/m）；

 ——加热电缆布线间距（mm）；

 ——敷设碳纤维发热线的地面面积（$m^{2}$）。

**表4.4.3 碳纤维电热供暖地面向下热损失占总供热量的比例**

|  |  |
| --- | --- |
| 地暖类型 | 向下热损失占总供热量的比例δ |
| 地砖、石材面层 | 水泥地面上铺设塑料地板革 | 复合木地板 |
| 混凝土填充式 | 聚苯泡沫塑料绝热层 | 0.16 | 0.21 | 0.23 |
| 发泡水泥绝热层 | 0.14 | 0.19 | 0.21 |

注：计算条件为：碳纤维发热线外表面温度为45℃、敷设问距为200mm；采用聚苯乙烯泡沫塑料板时，绝热层厚度为20mm，填充层厚度为40mm；采用发泡水泥时，绝热层厚度为40mm，填充层厚度为35mm。

**4.4.4** 在混凝土填充式地面供暖中，碳纤维发热线间距不宜小于100mm。碳纤维发热线与外墙面内表面距离应不小于100mm，与内墙表面距离宜为200mm~300mm。

**4.4.5** 在靠近外窗、外墙等局部热负荷较大区域，碳纤维发热线应较密铺设；碳纤维发热线宜采用平行型（直列型）的布置形式；每个房间宜独立设置碳纤维加热部件回路。

**4.4.6** 碳纤维发热网布长度应按下式计算：

 （4.4.6）

式中：——所需碳纤维发热网布的长度（m）；

——向下热损失占碳纤维发热线供热功率的比例，可根据地面构造参考本规程表4.4.3中聚苯泡沫塑料绝热层对应的数值取值；

——考虑家具等遮挡的安全系数；

——房间所需地面向上的散热量（W），按本规程第4.4.2条计算确定；

——单位长度碳纤维发热网布的散热量（W/m），设计根据房间大小的具体情况选择。

**4.4.7** 碳纤维电热地板面积应按下式计算：

 （4.4.7）

式中：——所需碳纤维电热地板的面积（㎡）；

——房间所需地面向上的散热量（W），按本规程第4.4.2条计算确定；

——单位面积碳纤维电热地板对供暖房间的有效功率（W/m2）；

 ——附加运行系数，取0.2。

**4.4.8** 确定房间内安装碳纤维加热部件数量时，地面的平均温度应进行校核，确保其不高于本规程第4.1.1条规定的限值。表面平均温度宜按下式计算：

 （4.4.8）

式中：——表面平均温度（℃）；

——室内空气温度（℃）；

——单位地面面积向上的供热量（W/m2）。

**4.4.9** 碳纤维加热部件与室内各设施的最小距离应符合表4.4.9的规定。

**表4.4.9 碳纤维加热部件与室内各设施的最小距离 单位：mm**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设施 | 其他热源(<80℃) | 地面内导线 | 隐蔽装置的贴面 |
| 距离 | 200 | l00 | 50 |

**4.4.10** 加热部件的敷设应考虑地面家具等辐射阻碍物的影响。

**4.4.11** 应用地暖用蓄热装置时，地暖用蓄热装置的储热能力应依据用房间热负荷和每天热释放时长确定。

**Ⅱ 碳纤维电热对流供暖的设计**

**4.4.12**  选择碳纤维散热器时应符合下列规定：

**1**  放散粉尘或防尘要求较高的工业建筑应采用易于清扫的碳纤维散热器；

**2**  具有腐蚀性气体的工业建筑或相对湿度较大的房间应采用耐腐蚀的碳纤维散热器；

**3**  应采用外表面粉刷非金属性涂料的碳纤维散热器；

**4**  高大空间供暖不宜单独采用对流型碳纤维散热器。

**4.4.13** 除幼儿园，老年人和特殊功能要求的建筑外，碳纤维散热器应明装。必须安装时，装饰罩应有合理的气流通道、足够的通道面积，并方便维修。

**4.4.14** 碳纤维散热器的安装应符合下列规定：

**1** 碳纤维散热器背面与装饰后的墙面内表面安装距离，应符合设计或产品说明书要求，若无设计要求，碳纤维散热器与墙面安装距离不应小于50mm；

**2** 碳纤维散热器应明装在外墙内侧窗台下，也可靠内墙安装，明装在外墙内侧窗台下时，碳纤维散热器顶端距离窗台下表面不应小于150mm；

**3** 碳纤维散热器底部距离地面不宜小于50mm；

**4** 碳纤维散热器表面不应遮挡。

**4.4.15** 确定碳纤维散热器数量时，应根据其连接方式、安装形式等对散热量的影响，对碳纤维散热器数量进行修正。

**4.5 监测和温控**

**4.5.1** 碳纤维电热供暖系统可采用就地控制方式或通过专线、无线、网络、载波或电话等远程集中控制方式，也可采用二者相结合的控制方式。

**4.5.2** 每个房间或区域应设置温控器。当同一房间或区域碳纤维加热部件或碳纤维散热器用电负荷超过单台温控器额定负荷时，可设置多台温控器，也可采用接触器组合的控制方式。

**4.5.3** 温控器外观不应有划痕，标记应清晰，面板扣合应严密，开关应灵活自如，温度调节部件应使用正常，其控制的最大负荷应符合温控器产品说明书中的相关规定，并达到按照房间热量需求设计的系统安装容量。

**4.5.4** 温控方式和温控器选型应符合下列规定：

**1** 当需要同时控制室温和限制地表面温度的场合应采用双温型温控器；

**2** 开放大空间应按本规定第4.3.4条的原则，按区域进行加热部件的布置并进行室温控制；如果房间温控器确实无法布置在所对应的回路的附近，可采用地温型温控器替代室内温度控制；

**3** 碳纤维电热供暖仅负担一部分供暖负荷和做为值班供暖时，可采用地温型温控器；

**4** 浴室、带沐浴设备的卫生间、游泳池等潮湿区域，温控器的防护等级和设置位置应符合本规程第4.1.4条中相关标准的要求。当不能满足要求时，应采用地温型温控器；

**5** 温控器宜具有室温控制和地温控制两种控制功能，并宜具有传感器故障检测与报警功能。

**4.5.5** 房间温控器应设置在附近无散热体、周围无遮挡物、不受风直吹、不受阳光直晒、通风干燥、周围无热源体、能正确反映室内温度的位置，不宜设在外墙上，设置高度宜距地面1.4m，或与照明开关在同一平线上。

**4.5.6** 当采用碳纤维发热线作为加热部件时，地温传感器应布置在发热线之间。

**4.6 电气设计**

**4.6.1** 电气设计应符合国家现行标准《低压配电设计规范》GB50054、《民用建筑电气设计规范》JGJ-16、《住宅建筑规范》GB50368、《住宅设计规范》GB50096等中的有关规定。

**4.6.2**  配电设计应符合下列规定：

**1** 供电电源、电源进线和电度表的设置应符合当地供电部门规定。

**2** 当碳纤维电热辐射供暖和碳纤维电热对流供暖用电需要单独计费时，该系统的供电回路应单独设置，并应独立设置配电箱和电度表。

**3** 当碳纤维电热辐射供暖或碳纤维电热对流供暖与其他用电设备合用配电箱时，应分别设置回路。

**4** 碳纤维电热辐射供暖和碳纤维电热对流供暖配电回路应装设过载、短路及剩余电流动作保护器，剩余动作电流值不应大于30mA。

**4.6.3** 碳纤维电热辐射供暖和碳纤维电热对流供暖宜采用AC220V/380V交流供电方式。

**4.6.4 碳纤维电热辐射供暖和碳纤维电热对流供暖应做等电位连接，且等电位连接线应与配电系统的地线连接。**

**4.6.5** 碳纤维电热供暖中的冷线应符合国家有关标准，连接冷热导线的导线接头必须在工厂内加工完成，不得在现场简易连接。接头应安全可靠，满足至少50年的非连续正常使用寿命。

**4.6.6** 碳纤维电热供暖系统配电导线应符合下列规定：

**1** 导线应采用铜芯导线，应按敷设方式、环境条件确定导体截面，且导体载流量不应小于预期负荷的最大计算电流和按保护条件所确定的电流。

**2** 导体最小截面应满足机械强度的要求，固定敷设的导线最小芯线截面，冷线不应小于2.5mm2，信号和控制线不应小于0.5mm2。

**3** 电气线路的敷设方式应符合安全要求，导线穿管应满足国家现行相关标准的要求，与碳纤维加热部件或元件连接的部分宜采用柔性金属导管敷设，其长度应满足国家现行标准的有关规定。

**4.6.7** 碳纤维散热器预留电源插座的位置和种类应符合国家现行相关标准的有关规定。

**4.6.8** 地温传感器穿线管应选用硬质套管。

**5 施工**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 碳纤维电热供暖工程应编制专项施工方案并已审批，采用的技术标准和质量控制措施文件应齐全并已完成技术交底。施工单位应具有相应的施工资质，施工人员应经过培训并考核合格后持证上岗。

**5.1.2** 碳纤维电热供暖系统施工安装前应具备下列条件：

**1** 材料进场检验应已合格并满足安装要求；

**2** 施工现场应具有供电条件，应有储放材料的临时设施。

**3** 土建专业应已完成墙面内粉刷（不含地面层），外窗、外门已安装完毕，并已将地面清理干净；厨房、卫生间应做完闭水试验并经过验收。

**4** 相关电气预埋等工程应已完成。电源配电箱应已就位，电源和各分支回路管线工程应已铺设完毕。

**5** 地面（墙面）安装碳纤维加热部件时，地面（墙面）质量应符合现行国家标准《建筑地面工程施工质量验收规范》 GB 50209的有关规定；

**6** 作业面应已清扫干净，不应有其他专业交叉施工。

**5.1.3** 碳纤维电热辐射供暖的加热部件应采取以下保护措施：

**1** 加热部件应进行遮光包装后运输，不得裸露散装；在运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖；

**2** 加热部件不得暴晒雨淋，宜储存在温度不超过40℃，通风良好和干净的库房内；与热源应保持在1m以上的距离，并应避免因环境温度和物理压力受到损害；

**3** 施工过程中，加热部件的表面应防止油漆、沥青或其它化学溶剂接触污染；

**5.1.4** 碳纤维电热对流供暖的碳纤维散热器应采取以下保护措施：

**1** 装箱后的碳纤维散热器在运输过程中，不应碰撞、倾倒、压坏和受雨雪淋袭。

**2** 碳纤维散热器应存放在清洁、干燥、防火和通风良好的场所，周围不应有腐蚀性气体的存在。

**5.1.5 施工过程中，加热部件间有搭接时，严禁加热部件通电。**

**5.1.6** 辐射面应平整、干燥、无杂物、无积灰。

**5.1.7 施工过程中，加热部件敷设区域，严禁穿凿、穿孔或进行射钉作业。**

**5.1.8** 施工时的环境温度不宜低于5℃；低于0℃时，现场应采取升温措施。

**5.1.9**  施工结束后，应绘制竣工图，并应标注加热部件铺设位置及地温传感器埋设地点。

**5.2 系统安装**

**Ⅰ 混凝土填充式地面辐射供暖**

**5.2.1** 铺设绝热层的原始工作面应平整、干燥、无杂物，边角交接面根部应平直且无积灰现象。

**5.2.2** 泡沫塑料类绝热层的铺设应平整，板间的相互结合应严密，接头应用塑料胶带粘结平顺。直接与土壤接触或有潮湿气体侵入的地面应在铺设绝热层之前铺设一层防潮层。

**5.2.3** 当地面安装碳纤维发热线时，绝热材料应铺满整个地面。与供暖面垂直构件交接处应设置不间断的侧面绝热层，侧面绝热层的设置应符合下列规定：

 **1** 绝热层材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料，且厚度不宜小于10mm；应采用搭接方式连接，搭接宽度不应小于10mm；

 **2** 绝热层材料也可采用密度不小于20kg/m3的塑料聚苯乙烯泡沫塑料板，其厚度应为30mm，聚苯乙烯泡沫塑料板接头处应采用搭接方式连接；

 **3** 侧面绝热层应从辐射面绝热层的上边缘做到填充层的上边缘；交接部位应有可靠的固定措施，侧面绝热层与辐射面绝热层应连接严密。

**5.2.4** 发泡水泥绝热层的设置应符合现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142的有关规定。

**5.2.5** 反射层应完全覆盖绝热层上表面。反射膜的铺设应平整，相邻反射膜搭接不应小于50mm。

**5.2.6 碳纤维发热线出厂后严禁剪裁和拼接，有外伤或破损的碳纤维发热线严禁敷设。**

**5.2.7** 碳纤维发热线安装前应测量碳纤维发热线的标称电阻和绝缘电阻，并做自检记录。

**5.2.8** 碳纤维发热线应按施工图标定的线缆间距和走向敷设。碳纤维发热线应保持平直，碳纤维发热线间距的安装误差不应大于10mm。敷设前应对照施工图纸核定型号，并应检查外观质量。

**5.2.9** 碳纤维发热线应采用尼龙扎带或塑料卡件固定于绝热层上。

**5.2.10** 碳纤维发热线的弯曲半径不应小于生产企业规定的限制，且不应小于6倍线直径。

**5.2.11** 碳纤维发热线及连接线应确保被填充层覆盖，并且碳纤维发热线及连接线下部应铺设接地网，碳纤维发热线应以300mm间距固定在接地网上，接地网应符合下列规定：

**1** 接地网应铺设在填充层中间；

**2** 除填充找平层在铺设接地网和碳纤维发热线的前后分层施工外，接地网网眼不应大于100mm×100mm，金属直径不应小于1.0mm。

**5.2.12 碳纤维发热线的热线部分严禁进入冷线预留管。**

**5.2.13** 碳纤维发热线的冷热线接头应在填充找平层内暗装，接头处150mm之内不应弯曲。其冷线和热线的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，并应保持接地的连续性。

**5.2.14** 伸缩缝的设置应符合本规程第4.2.8条的规定。

**5.2.15** 碳纤维发热线安装完毕后，应进行电阻及绝缘电阻测试，并且在线缆表面铺设软性材料防护，防止线缆被破坏。

**5.2.16** 填充层施工应具备以下条件：

**1** 碳纤维发热线经电阻检测和绝缘性能检测合格；

**2** 侧面绝热层和填充层伸缩缝已安装完毕；

**3** 温控器的安装盒、碳纤维发热线冷线穿管已经布置完毕；

**4** 通过隐蔽工程验收。

**5.2.17** 填充层的施工，应由有资质的土建施工方承担；供暖系统安装单位应密切配合。填充层施工过程中不得拆除和移动伸缩缝。

**5.2.18** 浇筑填充层时，严禁使用机械振捣设备；施工人员应穿软底鞋，采用平头铁锹。严禁用铁锹、榔头、切割机等工具破坏碳纤维发热线。

**5.2.19** 水泥砂浆填充层表层的抹平工作应在水泥砂浆初凝前完成，压光或拉毛工作应在水泥砂浆终凝前完成。

**5.2.20** 系统初始供暖前，水泥砂浆填充层养护时间不应少于7d，或抗压强度应达到5MPa后，方可上人行走；豆石混凝土填充层的养护周期不应少于21d。养护期间及期满后，应对地面采取保护措施，不得在地面加以重载、高温烘烤、直接放置高温物体和高温设备。

**5.2.21** 填充层施工完毕后，碳纤维发热线的标称电阻和绝缘电阻应进行检测验收并做好记录。

**5.2.22** 面层应按设计要求选用，宜采用下列材料：

**1** 水泥砂浆、混凝土地面；

**2** 瓷砖、大理石、花岗岩等石材地面；

**3** 符合国家标准的强化木地板、实木复合地板及耐热实木地板；不宜采用有龙骨的实木地板。

**5.2.23** 面层施工除应符合土建施工设计图纸的各项要求外，尚应符合下列规定：

**1** 面层施工前，填充层应达到面层需要的干燥度和要求的强度后才能进行；

**2** 施工面层时，不得剔、凿、割、钻和钉填充层，不得向填充层内楔入任何物件；

**3** 石材、瓷砖在与墙、柱等垂直构件交接处，应留10mm宽伸缩缝；木地板铺设时，应留不小于14mm伸缩缝；伸缩缝应填充的上边缘做到高出面层上表面10mm～20mm，面层铺设完毕后，应裁去多余部分或用踢脚遮挡；伸缩缝宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料。

**4** 面积较大的面层应有建筑专业计算伸缩量，设置必要的面层伸缩缝。

**5.2.24** 瓷砖、大理石、花岗岩面层施工时，在伸缩缝处宜采用干贴施工。

**5.2.25** 以木地板作为装饰面层时，木材应经干燥处理，且应在填充、找平层完全干燥后才能进行地板施工。

**5.2.26** 采用发泡水泥绝热层和水泥砂浆填充层时，如面层为瓷砖或石材地面，填充层和面层应同时施工。

**Ⅱ 碳纤维发热网布地面辐射供暖**

**5.2.27** 当地面安装碳纤维发热网布时，绝热材料应铺满整个地面。绝热层厚度不应小于20mm，相邻绝热材料间隙应小于3mm。

**5.2.28** 碳纤维发热网布下面应满铺反射膜。相邻反射膜应采用搭接方式进行连接，并且搭接宽度不宜小于50mm。

**5.2.29** 碳纤维发热网布敷设前后应测量碳纤维发热网布的标称电阻和绝缘电阻，并做自检记录。

**5.2.30 碳纤维发热网布铺装应保持平直，严禁重叠、剪裁和拼接。在碳纤维发热网布铺设区内，严禁穿凿、钻孔和进行射钉作业。**

**5.2.31** 碳纤维发热网布的冷线和接头的设置应符合下列规程：

**1** 冷线和接头应完全嵌入绝热层沟槽内，沟槽表面宜采用带胶铝箔进行密封；

**2** 接头方向宜全部朝向温控器连接线方向；

**3** 冷线和热线的接头应采用专用设备和工艺连接，不应在现场简单连接；

**4** 接头应可靠、密封，并应保持接地的连续性。

**5** 连接温控器和碳纤维网布的冷线，应完全嵌入绝热层间隙内，不应高出绝热层上表面。

**5.2.32** 散热防护层施工应具备以下条件：

**1** 碳纤维发热网布经电阻检测和绝缘性能检测合格；

**2** 侧面绝热层伸缩缝已安装完毕；

**3** 温控器的安装盒已经布置完毕；

**4** 通过隐蔽工程验收。

**5.2.33** 散热防护层的铺装应符合下列规格：

 **1** 散热防护层铺装前，碳纤维发热网布应铺装完毕，并且通电验证合格；

 **2** 散热防护层应与绝热层应错缝铺装；

 **3** 散热防护层宜用铝箔胶带粘结固定，每块散热防护板的铝箔胶带粘贴宽度不应小于100mm。

**5.2.34** 散热防护层施工完毕后，碳纤维发热网布的标称电阻和绝缘电阻应进行检测验收并做好记录。

**5.2.35** 面层的施工应符合本规程5.2.22~5.2.26条的有关规定。

**Ⅲ 碳纤维电热地板辐射供暖**

**5.2.36** 碳纤维电热地板铺装表面应平整、干燥、无杂物、无积灰，且地面平整度应不大于1.5mm。

**5.2.37** 当地面安装碳纤维电热地板时，与供暖面垂直构件交接处应设置不间断的侧面绝热层，侧面绝热层的设置应符合本规程5.2.3条的规定。

**5.2.38** 碳纤维电热地板铺装应符合下列规定：

**1** 铺装应平整，应自室内墙角处向温控器方向进行；

**2** 碳纤维电热地板及其填充板可采用工程胶点粘在地面上；对于不带饰面的碳纤维电热地板，可在面层施工时一起固定；

**3** 有特殊要求时，碳纤维电热地板应进行错缝施工，局部错缝宜为碳纤维电热地板长度的一半；

**4** 碳纤维电热地板的安装缝隙宽度不宜大于3mm，并在每四块板相连的十字接缝处粘贴铝箔胶带，每块电热地板的带胶铝箔粘贴宽度不应小于100mm。

**5.2.39** 碳纤维电热地板板间的连接接头应采用与碳纤维发热线整体构造方式，并且接头处应密封，防水可靠。

**5.2.40** 相邻碳纤维电热地板的接头和温控器与碳纤维电热地板间的冷线应分别完全嵌入预制凹坑内和板间缝隙内，且不应高于碳纤维电热地板上表面。

**5.3.41**  未铺设碳纤维电热地板的部位应铺设填充板，并宜用铝箔胶带粘贴牢靠。

**5.2.42** 采用不带饰面的碳纤维电热地板时，面层施工应具备以下条件：

**1** 碳纤维电热地板经电阻检测和绝缘性能检测合格；

**2** 侧面绝热层和碳纤维电热地板伸缩缝已安装完毕；

**3** 温控器的安装盒已经布置完毕；

**4** 通过隐蔽工程验收。

**5.2.43** 施工面层时，不得剔、凿、割、钻和钉填充层，不得向填充层内楔入任何物件。面层可按下列方法施工：

**1** 木地板等有榫槽构造的装饰面层可直接铺设于碳纤维电热地板表面。

**2** 铺设石材或瓷砖时，地砖与碳纤维电热地板应错缝铺装，并可采用下列两种铺装方式：

 1）胶粘法：粘结剂宜选用环保胶粘剂，并在地砖背面棱线上满涂粘剂厚度不小于3mm胶粘剂。粘结时宜用2m靠尺和橡胶锤调整相邻地砖表面平整度。

2）砂浆粘法：碳纤维电热地板上应铺设厚度不大于10mm的聚合物水泥砂浆粘结层并压入耐碱纤维网布后粘贴地砖。

**Ⅳ 碳纤维电热墙面辐射供暖**

**5.2.44**  铺设绝热层的墙体表面应平整、干燥、无杂物，边角交接面根部应平直且无积灰现象。

**5.2.45** 碳纤维发热线或碳纤维发热网布用于墙面辐射供暖时，绝热材料铺设宜采用粘结形式，胶粘剂应与绝热材料相适宜。

**5.2.46** 加热部件采用碳纤维发热线时，其安装应符合下列规定：

 **1** 碳纤维发热线应按照施工图标定的间距和走向敷设，碳纤维发热线应保持平直，安装间距误差不应大于10mm。碳纤维发热线敷设前，应对照施工图纸核定碳纤维发热线的型号，并应检查碳纤维发热线的外观质量；

**2** 碳纤维发热线安装前应测量碳纤维发热线的标称电阻和绝缘电阻，并做自检记录；

**3** 碳纤维发热线敷设时应平整，不得有褶皱、扭曲；

**4** 碳纤维发热线的弯曲半径不应小于生产企业规定的限值，不得小于6倍的碳纤维发热线的外径；

**5** 碳纤维发热线应以300mm间距用专用线卡固定在绝热层上；

**6** 碳纤维发热线的冷线与热线接头应安装在抹面层内，接头处150mm之内不应弯曲。

**5.2.47** 加热部件采用碳纤维发热网布时，其安装应符合下列规定：

**1** 碳纤维发热网布安装前应测量碳纤维发热线的标称电阻和绝缘电阻，并做自检记录；

**2** 无饰面的碳纤维发热网布应采用U型钉固定于绝热层上，U型钉应定位准确；

**3** 有饰面的碳纤维发热网布应通过预制安装孔固定在墙面；

**4** 碳纤维发热网布的冷线应安装于墙面预制管（槽）内。

**5.2.48** 加热部件采用碳纤维电热地板时，其安装应符合下列规定：

**1** 碳纤维电热地板安装前应测量碳纤维发热线的标称电阻和绝缘电阻，并做自检记录；

**2** 碳纤维电热地板宜采用机械锚固或免钉胶粘结的方式固定于墙面上；

**3** 碳纤维电热地板的冷线应安装在踢脚线位置；

**4** 用于墙面供暖的碳纤维电热地板应是单端接头形式，双端接头形式时，应对端部接头进行有效绝缘处理。

**5.2.49** 碳纤维发热线、碳纤维发热网布或碳纤维电热地板作为加热部件安装完毕后，应进行标称电阻及绝缘电阻测试。

**5.2.50** 饰面层施工应具备以下条件：

**1** 碳纤维发热线经电阻检测和绝缘性能检测合格；

**2** 温控器的安装盒、加热电缆冷线穿管已经布置完毕；

**3** 通过隐蔽工程验收。

**5.2.51** 当采用碳纤维电热墙面辐射供暖时，应采用砂浆加网格布处理后，再进行饰面层施工。

**Ⅴ 碳纤维电热对流供暖**

**5.2.52** 碳纤维电热对流供暖的施工应符合现行国家标准《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB50254、《1KV及以下配线工程施工及验收规范》GB50575和《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303的规定。

**5.2.53** 碳纤维散热器安装宜在室内墙面和地面施工并验收完毕后，并且其安装位置的装饰工程施工并验收完毕后进行。

**5.2.54**  碳纤维散热器和其固定装置应根据设计图纸设置安装控制线。

**5.2.55**  碳纤维散热器的固定应符合下列规定：

**1**  碳纤维散热器可采用专用支架、金属板、绝缘板等固定装置固定在墙上，金属板、绝缘板应平整；当采用卡轨支撑安装时，卡轨应与碳纤维散热器匹配，不应使用变形或不合格卡轨；

**2** 当采用膨胀螺栓固定时，应按碳纤维散热器技术要求选择螺栓规格；其钻孔直径和埋设深度应与螺栓规格相符；不应使用塑料胀塞或木楔固定。

**3**  紧固件应采用镀锌制品或厂家配套提供的其他防锈制品，螺栓规格应选配适当，碳纤维散热器安装应牢固、平稳；

**4**  固定碳纤维散热器时，不得使电器内部受格外应力。

**5.2.56**  碳纤维散热器的外接线应符合下列规定：

 **1** 接线应按接线端头标识进行；

**2** 接线应排列整齐、美观、导线绝缘应良好、无损伤；

**3**  外部接线不得使碳纤维散热器内部收到额外应力；

**4** 碳纤维散热器的接线入口级接线盒盖等应做密封处理；

**5** 具有通信功能的电器，其通信系统接线应符合产品技术文件的要求。

**5.2.57**  在碳纤维散热器接线盒内裸露的不同相导线间和导线对地间最小距离应大于8mm，否则应采取绝缘防护措施。

**5.2.58**  碳纤维散热器安装位置应符合设计要求，以及本规程第4.4.15条的有关规定。

**5.2.59** 碳纤维散热器安装完毕后，在其明显部位应设置警告标志。

**5.2.60 需要接地的碳纤维散热器金属外壳、框架必须可靠接地。**

**5.2.61**  碳纤维散热器的安装应便于操作及维护。

**5.2.62** 碳纤维散热器安装后，应测量碳纤维散热器的绝缘电阻，且不应小于0.5 MΩ，并做自检记录。

**5.2.63**  碳纤维散热器安装完毕投入运行前，应做好防护、清理工作。

**5.3 温度传感及控制系统的安装**

**5.3.1** 碳纤维电热供暖系统温控系统的电气施工应符合国家现行标准《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB50254、《1KV及以下配线工程施工及验收规范》GB50575、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303的规定。

**5.3.2** 碳纤维加热部件之间或碳纤维散热器之间应按并联电路接线。

**5.3.4** 温控器应按照设计图纸确定的位置及高度进行安装，并应符合本规程第4.4.3~4.4.4条的规定。

**5.3.5** 温控器宜安装在暗盒时，盒的四周不应有空隙，温控器安装应端正，其面板应紧贴墙面。

**5.3.6** 温控器应按产品说明书的要求接线，接线后应保护通风窗，防止污染。

**5.3.7** 采用碳纤维电热地面供暖系统应满铺接地网，且接地网与接地导线应多点连接；连接点应采用铜导线多圈缠绕，连接牢固可靠，并与同位器可靠连接。

**5.4 卫生间施工**

**5.4.1** 卫生间过门处应设置止水墙，在止水墙内侧应配合土建专业做防水。加热部件穿止水墙处应采取防水措施。

**5.4.2**　卫生间应做两层隔离层，其中一层应设置于填充层上部。

**6 检验、调试及验收**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 应用碳纤维电热供暖的采暖工程的施工质量验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303和《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209的有关规定。

**6.1.2**  碳纤维电热供暖系统的检查、调试与验收应由施工单位负责，提出书面报告，由监理单位组织各相关专业进行检查、验收，并做好相关记录。工程质量检验表可按本规程附录A进行填写。

**6.1.3** 碳纤维电热供暖系统检查和验收应包括下列内容：

**1** 碳纤维加热部件、碳纤维散热器、温控器及计量设备、绝热材料等的质量；

**2** 原始地面、填充层、面层、隔离层、绝热层、防潮层、反射层、接地网和伸缩缝等的施工质量；

**3** 隐蔽前和隐蔽后碳纤维加热部件的标称电阻、绝缘电阻检测及验收；

**4** 碳纤维加热部件、碳纤维散热器、温控及计量设备安装质量；

**5** 回路、系统试运行调试。

**6.1.4** 碳纤维电热对流供暖系统检查和验收应包括下列内容：

 **1** 碳纤维散热器型号、规格；

 **2** 碳纤维散热外观、绝缘器件质量；

 **3** 碳纤维散热器安装方式和安装质量以及温控和计量设备的安装质量；

 **4** 碳纤维散热器安装后的绝缘电阻检测及验收；

 **5** 回路、系统试运行调试。

**6.1.5** 碳纤维电热供暖辐射供暖安装工程施工质量应按主控项目和一般项目验收。其主控项目，必须达到本规程规定的质量标准，认定为合格；一般项目80%以上的检査点(处)符合本规程规定的质量要求，其他检査点（处）不得有明显影响使用，并不得大于允许偏差值的50%为合格。凡达不到质量标准时，应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB50300的规定处理。

**6.1.6** 碳纤维电热供暖系统安装结束并经检验合格后，应进行送电试验；送电试验合格后，才可进行竣工验收。

**6.2 施工、安装质量验收**

**6.2.1** 碳纤维电热供暖系统隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位提出书面报告，有监理工程师组织各有关人员进行隐蔽工程验收。隐蔽工程验收应符合下列规定：

**1** 碳纤维加热部件、碳纤维散热器、温控器及计量设备、绝热材料等的质量；

**2** 原始地面、填充层、面层等施工质量；

**3** 发泡水泥绝热层的干体积密度、7天、28天抗压强度、导热系数；

**4** 隐蔽前和隐蔽后碳纤维加热部件的电阻、绝缘电阻检测及验收；

**5** 碳纤维加热部件、温控及计量设备安装质量；

**6** 回路、系统试运行调试。

**6.2.2** 直流电阻检测：

**1** 每个房间均应采用2.5级数字式万用表测量碳纤维加热部件的的直流电阻值;

**2** 直流电阻应在碳纤维加热部件安装后测一次，饰面层铺设前，再测一次;

**3** 直流电阻值高于计算值较多时，应检查电路是否开路。直流电阻值低于计算值较多时, 应检査是否有短路。排除故障后, 应重新进行测量。

**4** 碳纤维加热部件的额定电阻可按下式进行计算：

 (6.2.2)

式中：U——额定电压（V）；

 P——额定功率（W）；

 R——额定电阻（Ω）

**5** 房间碳纤维加热部件总电阻计算按并联电路总电阻原则进行计算。

**6.2.3** 碳纤维加热部件和碳纤维散热器应用500v兆欧表测试绝缘电阻。碳纤维加热部件回路与接地线间绝缘电阻不得小于2MΩ。碳纤维散热器连通连接电缆及二次回路的绝缘电阻值不应小于1 MΩ当。当绝缘电阻不满足要求时，必需进行接地处理。

**6.2.4** 碳纤维加热部件安装后，应每个房间进行临时送电检验,通电几分钟后,发热区都应发热。宜在夜间检査接线处是否温度异常或产生电弧。若有发热区不热或产生电弧,必须重新连接或更换碳纤维加热部件。

**6.2.5** 在地面层施工前,应再做送电试验。送电后，严禁直接用手触摸碳纤维加热部件，应釆用红外热像仪测量布置区是否全部发热, 发热正常为合格。

**6.2.6** 隐蔽工程验收全部合格后，应在碳纤维加热部件配电装置上加警示标志。

**6.2.7** 碳纤维电热供暖安装工程原始地面、填充层、面层施工技术要求及允许偏差要求及允许偏差应符合表6.2.7-1的规定；绝热层、散热防护板、加热部件施工技术要求及允许偏差应符合表6.2.7-2的规定。

表6.2.7-1 原始地面、填充层、面层施工技术要求及允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 条件 | 技术要求 | 允许偏差（mm） |
| 1 | 原始地面 | 铺设绝热层或保温板、碳纤维电热地板前 | 平整 | — |
| 2 | 填充层 | 豆石混凝土 | 标号，最小厚度 | C15，宜40mm | 平整度±5 |
| 水泥砂浆 | 标号，最小厚度 | M10，宜35mm | 平整度±5 |
| 面积大于30m2或长度大于6m | 留8mm伸缩缝 | +2 |
| 与内外墙、柱等垂直部件 | 留10mm侧面伸缩缝 | +2 |
| 3 | 面层 | 与内外墙、柱等垂直部件 | 瓷砖、石材地面 | 留10mm伸缩缝 | +2 |
| 木地板地面 | 留大于或等于14mm伸缩缝 | +2 |

表6.3.7-2 绝热层、保温板、散热防护板、加热部件施工技术要求及允许偏差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 条件 | 技术要求 | 允许偏差（mm） |
| 1 | 绝热层 | 保温板 | 结合 | 紧密 | — |
| 厚度 | 按设计要求 | +10 |
| 发泡水泥 | 厚度 | 按设计要求 | ±5 |
| 2 | 碳纤维发热线 | 间距 | 按设计要求 | +10 |
| 弯曲半径 | 不应小于生产企业规定限制，且宜大于或等于6倍线外径 | -5 |
| 4 | 碳纤维发热网布 | 间距 | 宜不大于100mm | — |
| 铺设表面 | 平整 | — |
| 5 | 碳纤维电热地板 | 有饰面 | 连接 | 按装饰板要求确定 | — |
| 无饰面 | 连接 | 间隙不大于3mm | — |
| 6 | 散热防护板 | 连接 | 无缝隙 | — |

**6.2.8** 碳纤维电热对流供暖安装工程中碳纤维散热器安装的允许偏差及检验方法应符合表6.2.8的规定。

表6.2.8 碳纤维散热器安装允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） | 检验方法 |
| 碳纤维散热器背面与墙内表面距离 | 3 | 直尺检查 |
| 与窗中心线或设计定位尺寸 | 20 | 直尺检查 |
| 碳纤维散热器垂直度 | 3 | 吊线和直尺检查 |

**6.2.9** 碳纤维散热器安装后，其散热量应进行复验，检验数量为同规格散热器总量的1%，但不得少于2组。

**6.3 调试与试运行**

**6.3.1 碳纤维电热供暖系统未经调试，严禁运行使用。**

**6.3.2** 碳纤维电热供暖系统的调试运行，应在施工完毕或养护期满后，且具备正常供暖和供电的条件下，由施工单位在建设单位配合下进行。

**6.3.3** 碳纤维电热供暖系统有调试与试运行验证测试要求时，应在施工完毕的第一个采暖季前完成；对于混凝土填充式地面辐射供暖除应在施工完毕的第一个采暖季前完成，尚应在豆石混凝土或水泥砂浆填充层养护期满后进行。

**6.3.4** 碳纤维电热辐射供暖系统在通电试运行时，应控制室温平缓上升，直至达到设计要求。

**6.3.5** 温控器的调试应按照不同型号温控器安装调试说明书的内容进行。

**6.3.6** 碳纤维电热辐射供暖系统调试完成后，宜对下列性能参数进行检测，并应符合下列规定：

 **1** 辐射体表面平均温度满足本规程第4.1.1条的规定；

 **2** 室内空气温度满足设计要求。

**6.3.7** 碳纤维电热对流供暖系统调试完成后，宜对室内空气温度进行检测，并应满足设计要求。

**6.3.8** 碳纤维电热供暖系统室内空气温度检测应符合下列规定：

 **1** 辐射供暖时，宜以房间中央离地0.75m高处空气温度作为评价依据；

 **2** 温度测量系统准确度应为±0.2℃。

**6.4 竣工验收**

**6.4.1** 竣工验收应按相关规定检査碳纤维电热供暧工程。主要检査碳纤维发热部件和碳纤维散热器合格证、品种、质量、规格、结构固定方法等是否符合设计和规程要求。

**6.4.2**竣工验收应具备以下文件：

**1** 施工图、竣工图和设计变更文件。

**2** 主要材料及配件的出厂合格证和检验合格证明。

**3** 隐蔽工程验收记录。

**4** 中间验收记录。

**5**  材料和产品的现场复验报告。

**6** 带负荷试验的室内外温度记录。

**7 运行与维护**

**7.0.1** 碳纤维电热供暖系统每年供暖期使用前，应检查温控器即电路系统是否正常。

**7.0.2**碳纤维电热辐射供暖系统的表面上应有明显的标识，不得进行打洞、打凿、撞击、高温作业等工作：

**附录A 工程质量检验表**

**表A-1 碳纤维发热线电热地面供暖系统安装工程质量检验表**

|  |
| --- |
| 工程名称 |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 施工执行标准名称及编号 | 《碳纤维电热供暖系统应用技术规程》 XX |
| 项目 | 序号 | 内容 | 检验依据 | 施工单位评定检查记录 | 监理（建设）单位验收记录 |
| 主控项目 | 1 | 碳纤维发热线拼接 | 5.1.4、5.2.6、5.2.11 |  |  |
| 2 | 碳纤维发热线冷热线接头 | 5.2.12 |  |  |
| 3 | 碳纤维发热线弯曲半径 | 5.2.9 |  |  |
| 4 | 碳纤维发热线电阻 | 不短路、断路 |  |  |
| 5 | 碳纤维发热线绝缘电阻 | 表3.5.2 |  |  |
| 一般项目 | 1 | 碳纤维发热线安装 | 5.2.7、5.2.8、5.2.10 |  |  |
| 2 | 碳纤维发热线与绝热层的隔绝 | 4.2.7、5.2.5 |  |  |
| 3 | 防潮层、隔离层铺设 | 设计要求 |  |  |
| 4 | 泡沫塑料绝热(保温)板铺设 | 5.2.2 |  |  |
| 5 | 发泡水泥绝热层强度 | 行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012中4.2.4条的规定 |  |  |
| 6 | 侧面绝热层、伸缩缝设置 | 5.2.34.2.8 |  |  |
| 7 | 填充层强度 | 3.3.1（豆石混凝土C15，水泥砂浆不低于M10） |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人）  年 月 日 |

**表A-2 碳纤维发热网布电热地面供暖系统安装工程质量检验表**

|  |
| --- |
| 工程名称 |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 施工执行标准名称及编号 | 《碳纤维电热供暖系统应用技术规程》 |
| 项目 | 序号 | 内容 | 检验依据 | 施工单位评定检查记录 | 监理（建设）单位验收记录 |
| 主控项目 | 1 | 碳纤维发热网布拼接 | 5.1.4、5.2.30 |  |  |
| 2 | 碳纤维发热网布冷热线接头 | 5.2.31 |  |  |
| 3 | 碳纤维发热网布电阻 | 不短路、断路 |  |  |
| 4 | 碳纤维发热网布绝缘电阻 | 3.5.7（≥50MΩ） |  |  |
| 一般项目 | 1 | 碳纤维发热网布安装 | 5.2.30 |  |  |
| 2 | 反射层 | 4.2.13、5.2.27 |  |  |
| 3 | 防潮层、隔离层铺设 | 设计要求 |  |  |
| 4 | 保温板铺设 | 5.2.27 |  |  |
| 5 | 伸缩缝设置 | 4.2.15 |  |  |
| 6 | 散热防护层安装 | 5.2.33 |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-3 碳纤维电热地板地面供暖系统安装工程质量检验表**

|  |
| --- |
| 工程名称 |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 施工执行标准名称及编号 | 《碳纤维电热供暖系统应用技术规程》 XXX |
| 项目 | 序号 | 内容 | 检验依据 | 施工单位评定检查记录 | 监理（建设）单位验收记录 |
| 主控项目 | 1 | 碳纤维电热地板拼接 | 5.1.4 |  |  |
| 2 | 碳纤维电热地板冷热线接头 | 5.2.39 |  |  |
| 3 | 碳纤维电热地板电阻 | 不短路、断路 |  |  |
| 4 | 碳纤维电热地板绝缘电阻 | 表3.5.8 |  |  |
| 一般项目 | 1 | 碳纤维电热地板安装 | 5.2.38 |  |  |
| 2 | 防潮层、隔离层铺设 | 设计要求 |  |  |
| 4 | 伸缩缝设置 | 4.2.18 |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-4 碳纤维电热墙面供暖系统安装工程质量检验表**

|  |
| --- |
| 工程名称 |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 施工执行标准名称及编号 | 《碳纤维电热供暖系统应用技术规程》 XXX |
| 项目 | 序号 | 内容 | 检验依据 | 施工单位评定检查记录 | 监理（建设）单位验收记录 |
| 主控项目 | 1 | 碳纤维加热部件拼接 | 5.1.4 |  |  |
| 2 | 碳纤维加热部件（碳纤维发热线）弯曲半径 | 5.4.46 |  |  |
| 3 | 碳纤维加热部件冷热线接头 | 5.4.46、5.4.47、5.4.8 |  |  |
| 4 | 碳纤维加热部件电阻 | 不短路、断路 |  |  |
| 5 | 碳纤维加热部件绝缘电阻 | 表3.5.2、3.5.7（≥50MΩ） |  | 、 |
| 一般项目 | 1 | 碳纤维加热部件安装 | 4.2.23、5.2.46、5.2.47、5.2.48  |  |  |
| 2 | 绝热(保温)板安装 | 5.2.45 |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**表A-5碳纤维散热器供暖安装工程质量检验表**

|  |
| --- |
| 工程名称 |
| 分部（子分部）工程名称 |  | 验收单位 |  |
| 施工单位 |  | 项目经理 |  |
| 分包单位 |  | 分包项目经理 |  |
| 专业工长（施工员） |  | 施工班组长 |  |
| 施工执行标准名称及编号 | 《碳纤维电热供暖系统应用技术规程》 XXX |
| 项目 | 序号 | 内容 | 检验依据 | 施工单位评定检查记录 | 监理（建设）单位验收记录 |
| 主控项目 | 1 | 碳纤维散热器的单位散热量 | 设计要求 |  |  |
| 2 | 碳纤维散热器的绝缘电阻 | ≥1MΩ |  |  |
|  | 3 | 接地 | 5.2.60 |  |  |
| 一般项目 | 1 | 碳纤维散热器安装 | 4.4.155.2.565.2.57 |  |  |
| 施工单位检查评定结果 | 项目专业质量检查员： 年 月 日 |
| 监理（建设）单位验收结论 | 监理工程师：（建设单位项目专业技术负责人） 年 月 日 |

**本规程用词说明**

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下:

 1）表示很严格，非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

 2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

 3）表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**引用标准名录**

1. 《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019
2. 《低压配电设计规范》GB 50054
3. 《住宅设计规范》GB50096
4. 《住宅建筑规范》GB50368
5. 《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209
6. 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB50254
7. 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
8. 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
9. 《民用建筑工程室内环境污染控制规程》GB 50325
10. 《电气装置安装工程1KV及以下配线工程施工及验收规范》GB50575
11. 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
12. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
13. 《红外辐射加热器试验方法》GB/T 7287
14. 《家用和类似用途电器的安全暖脚器和热脚的特殊要求》GB 4706.80
15. 《硬质泡沫塑料压缩性能的测定》GB/T 8813
16. 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
17. 《家用和类似用途电自动控制器第十部分：温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536.10
18. 《建筑用砂》GB/T 14684
19. 《绝热用硬质酚醛泡沫制品（PF）》GB/T 20974
20. 《民用建筑电气设计规范》JGJ 16
21. 《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142
22. 《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242
23. 《聚氨酯硬泡复合保温板》JG/T 341
24. 《电采暖散热器》JG/T 236
25. 《低温辐射电热膜》JG/T 286
26. 《建筑用碳纤维发热线》JG/T 538
27. 《温度指示控制仪》JG 874、
28. 《地暖用相变储能材料及构件》JC/T 2339

**中国土木工程学会标准**

碳纤维电热供暖系统应用技术规程

**T/CCES XX-20XX**

**条文说明**

**目 次**

[1 总则 42](#_Toc533693297)

[2 术语 43](#_Toc533693298)

[3 材料与产品 44](#_Toc533693299)

[3.1 一般规定 44](#_Toc533693300)

[3.2 绝热层材料 44](#_Toc533693301)

[3.4 面层材料和其他材料 44](#_Toc533693302)

[3.5 碳纤维电热供暖系统与温控器 44](#_Toc533693303)

[4 设计与构造 46](#_Toc533693304)

[4.1 一般规定 46](#_Toc533693305)

[4.2 辐射电供暖构造 47](#_Toc533693306)

[4.3 热负荷计算 52](#_Toc533693311)

[4.4 供暖系统的设计 53](#_Toc533693312)

[4.5 监测和温控 54](#_Toc533693315)

[4.6 电气设计 55](#_Toc533693316)

[5 施工 56](#_Toc533693317)

[5.1 一般规定 56](#_Toc533693318)

[5.2 系统安装 56](#_Toc533693319)

[5.3 温度传感及控制系统的安装 61](#_Toc533693325)

[5.4 卫生间施工 61](#_Toc533693326)

[6 检验、调试及验收 62](#_Toc533693327)

[6.1 一般规定 62](#_Toc533693328)

[6.2 施工、安装质量验收 62](#_Toc533693329)

[6.3 调试与试运行 62](#_Toc533693330)

[6.4 竣工验收 63](#_Toc533693331)

[7 运行与维护 64](#_Toc533693332)

**1 总则**

**1.0.1**  本条主要阐明制定本规的目的，在于规范、控制和保证碳纤维电热供暖工程的工程质量，促进建筑供暖行业健康发展。

随着我国经济的发展和城镇化水平的提升和人们的生活水平的提高，对室内环境满足温度、湿度等舒适性要求持续提升，以碳纤维为发热体的新型辐射供暖系统以温度分布均匀、舒适性好、干净卫生、节约能源和计量方便等独特优点，被誉为“绿色供暖革命”。为满足行业生产发展和工程建设的需要，规范碳纤维发热部件在供暖工程中的应用，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规程。对促进行业技术进步，加快供暖领域新产品、新技术的推广，使经济合理、安全适用的新技术得到普及，起到推动作用。

本规程是依据现行国家和行业标准、规范的有关规定，并在对我国近年来使用的建筑用碳纤维发热部件供暖工程进行调研的基础上，结合碳纤维发热部件自身的特性和技术要求，同时参考了一些先进国家相关标准、规范而编制的。

**1.0.2**  碳纤维电热供暖的建筑耗热量指标必须达到国家的规定，否则房间负荷过大，又加上户间传热负荷，运行费较高。用高品位的电能直接转换为热能采暖，从能源的合理利用方面讲，还需要从安全、经济、合理等方面综合考虑。所以，是否采用电直接供暖方式，应当符合《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《民用建筑供暖通风及空气调节设计规范》GB 50736和《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019有关规定。

**1.0.3** 本规程适用于新建或改建项目（包括煤改电供暖项目）使用碳纤维散热器供暖和碳纤维地面（墙面）供暖工程的设计、施工和验收。工业建筑中采用碳纤维发热部件时，可参照此标准执行。

**1.0.4** 凡国家现行标准中已有明确规定的，本规程原则上不再重复。在设计、施工及验收中除符合本规程的要求外，尚应满足国家现行有关标准的规定。本条文的目的是强调在执行本规程的同时，还应注意贯彻执行相关标准、规范等的有关规定。

**2 术语**

**2.0.4**  对于碳纤维散热器的定义主要参照了现行行业标准《电采暖散热器》JG/T 236的有关内容，并结合了碳纤维散热器本身的产品特点。碳纤维电散热器是以碳纤维发热部件为发热体，用来传导、释放热量的新型电散热器。

**2.0.5** 对于混凝土（水泥砂浆）填充式地面供暖的定义主要参照了现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ142的有关内容，并结合了碳纤维散热器本身的产品特点。

碳纤维发热线在径向上，从里到外应由发热材料、绝缘层、接地屏蔽层和外护套等组成。绝缘层为碳纤维原丝的绝缘材料。接地屏蔽层时包裹在碳纤维原丝外并与碳纤维原丝绝缘的金属层，其材质可为编制成网的金属丝，也可是沿碳纤维原丝纵向围合的金属带。接地屏蔽层具有电磁屏蔽作用，尤其是出现意外金属穿刺时，穿刺物首先通过了地线，确保了人身安全。外护套为保护碳纤维发热线内部不受外界环境影响（如腐蚀、受潮等）的发热线外围结构层。按照发热材料的不同分为聚乙烯腈基碳纤维发热线和沥青基碳纤维发热线。碳纤维发热线的定义直接引用了现行行业标准《建筑用碳纤维发热线》JG/T538的有关条款。

**2.0.7** 碳纤维电热地板是以碳纤维发热网布或碳纤维发热线为加热部件，应由绝热层、加热部件、散热层和冷热线接头构成完整整体。绝热层为硬泡聚氨酯保温板或酚醛保温板等板状保温材料，面层为防腐金属板或各类地面面层材料。碳纤维电热地板供暖系统根据碳纤维电热地板面层的不同，分为带饰面碳纤维电热地板供暖和不带饰面碳纤维电热地板供暖。带饰面碳纤维电热地板供暖无需另做饰面层，加热部件采用以各类地面面层材料为面层的碳纤维电热地板，不带饰面碳纤维电热地板供暖需要另做饰面层，加热部件采用以金属板为面层的碳纤维电热地板，

**2.0.21**  室温型温控器传感器和控制器为一体（传感器内置），设置在房间内反应室温的位置。地温型温控器为外置型，埋设在辐射地面或墙面或顶棚中，控制器设在房间便于操作的位置。双温型温控器兼有室温型和地温型控制器的构造和功能。

**3 材料与产品**

**3.1 一般规定**

**3.1.1**  施工性能不仅指安装施工的难易，主要应考虑在安装时或安装后材料可能产生的变化及对工程可能产生的潜在影响等。

**3.1.2** 碳纤维电热供暖系统中所有材料包括碳纤维加热部件及其配件、绝热材料、填充材料、饰面材料、温控器等，采用的上述材料必须有在有效期内的合格证及其执行国家标准、行业标准或企业标准的具体实测报告单。

**3.2 绝热层材料**

**3.2.2**  表中数据摘自《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1-2002和《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.2-2002。国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624-2006已经对材料的燃烧性能进行了新的分级，但由于对应聚苯乙烯泡沫塑料的标准还未进行修改，仍引用其燃烧性能的数据。

**3.2.4**  为尽量增加碳纤维电热地板中碳纤维发热线向上的有效散热量，且不影响木地板的直接铺设，规定绝热材料沟槽宽度应为碳纤维发热线外径的1.5～2倍，其深度不应大于碳纤维发热线外径的1.5倍。限定绝热材料总厚度是为了限定最薄处最小厚度，以控制向下的传热损失。

**3.4 面层材料和其他材料**

**3.4.2**  石膏板强度参照现行国家标准《纸面石膏板》GB/T9775的制定确定。

**3.5碳纤维电热供暖系统与温控器**

**3.5.1** 碳纤维发热线电热转换率高达98%以上，是一种节能、环保、安全的新型加热材料，被国家节能大纲列为推荐的节能材料之一。本条文直接引用了现行行业标准《建筑用碳纤维发热线》JG/T538中关于碳纤维发热线性能指标的规定。

**3.5.2**  强制性条文，参考行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012第4.5.1条的规定。强制屏蔽接地是为了保证人身安全，防止人体触电和受到较强的电辐射。

**3.5.3** 碳纤维加热部件冷、热线的接头为其薄弱环节，为满足至少50年的非连续正常使用寿命，加热部件接头应做到安全可靠，为此，要求冷、热线的接头应由专用设备和工艺方法加工，不允许在现场简单连接，以保证其连接的安全性能、机械性能和使用寿命达到要求。连接方法除保证牢固可靠外，还应做好密封，避免接头处渗水漏电；此外，连接时还必须保持接地的连续性、确保用电安全。

**3.5.4** 碳纤维加热部件冷热线接头为其薄弱环节，应由专用设备和工艺方法加工，严格控制质量，不应在现场简单连接，以保证安全性、机械性能和使用寿命达到要求。应将冷热线以及接头作为一体进行检测，还应对接头位置设明显标识，加热部件标识包括商标和型号。

**4 设计与构造**

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 辐射供暖时，辐射体表面平均温度要求。

本条主要参考现行国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019和行业标准《地面辐射供暖技术规程》JGJ142-2012对地（墙）表面平均温度的有关规定。并且考虑到我国居民生活习惯，本规程将人员经常停留地面的温度上限值规定为29℃。

碳纤维加热部件包括碳纤维发热线、碳纤维发热网布和碳纤维电热地板。

**4.1.2** 在地面有遮挡覆盖的情况下，地面供暖系统的热量难以通过地表面充分散热，就会造成局部升温。对于碳纤维电热供暖系统，碳纤维加热部件仍然持续加热，可能会产生安全隐患。因此，应考虑尽量避免覆盖遮挡，在固定设备或卫生器具下方不应布置碳纤维加热部件，同时应尽量选用有腿的家具，宜减少局部热阻。

**4.1.4** 碳纤维发热线的线功率要求。普通碳纤维发热线的线功率是基本恒定的，热量不能散出来就会导致局部温度上升，成为安全的隐患。国家标准《额定电压300／500V生活设施加热和防结冰用加热电缆》GB／T 20841—2007／IEC60800：1992规定，护套材料为聚氯乙烯的发热电缆，表面工作温度(电缆表面允许的最高连续温度)为70℃；《美国UL认证》规定，发热电缆表面工作温度不超过65℃。当面层采用塑料类材料(面层热阻R=0．075m2·K／W)、混凝土填充层厚度35mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度20mm，碳纤维发热线间距50mm，碳纤维发热线表面温度70℃时，计算碳纤维发热线的线功率为16.3W／m。因此，本条文作出了对碳纤维发热线的线功率不宜超过17W／m的规定，以控制碳纤维发热线表面温度，保证其使用寿命，并有利于地面温度均匀且不超出最高温度限制。碳纤维发热线的线功率的选择，与敷设间距、面层热阻等因素密切相关，敷设间距越大，面层热阻越小，允许的碳纤维发热线线功率也可适当加大；而当面层采用地毯等高热阻材料时，应选用更低线功率的发热电缆，以确保安全。

 需要说明的是，17W／m的推荐限值，是在铺设间距50mm的情况下得出的。通常情况下，发热电缆铺设间距在50mm以上，但特殊情况下，受铺设面积的限制，实际工程中存在铺设间距为50mm的情况，故从确保安全的角度，作此规定。计算表明，上述同样条件下，如碳纤维发热线间距控制在100mm，即使采用热阻更大的厚地毯面层，碳纤维发热线线功率的限值也可以达到25W／m。因此，实际工程碳纤维发热线的线功率的选择，应根据铺设间距、构造做法等综合考虑确定。

 在采用带龙骨的架空木板作为地面时，碳纤维发热线裸敷在架空地板的龙骨之间，需要对发热电缆有更加严格的、安全的规定。借鉴国内外大量的工程实践经验，在龙骨之间宜敷设有利于碳纤维发热线散热的金属板，且发热电缆的线功率不应大于10W／m，且功率密度不宜大于80W/m2。

采用碳纤维发热线作为地面供暖电加热部件时，尚应考虑到家具布置的影响，碳纤维发热线的布置应尽可能避开家具，特别是无腿家具的占压区域，以免因占压区域的热损失而影响供暖效果或因占压区域的局部温度过高而影响碳纤维发热线的使用寿命。

**4.1.5** 碳纤维电热供暖配电系统的设计，应符合国家现行标准《低压配电设计规范》GB 50054、《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242、《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的有关规定，系统电气参数应满足供电安全、系统节能、检测与控制等要求。

**4.1.6** 室内绝热材料在消防方面有很严格的规定，应严格按照消防规定执行。绝热材料厚度直接影响绝热效果，应通过计算确定。

**4.1.8~4.1.9**  分别规范了碳纤维电热供暖工程应提供的设计文件（包括说明和图纸）；设计说明中应提供的设计参数和必要的文字说明；加热部件平面布置图应绘制的内容，宜保证最终的效果，职责分明。

 第4.1.9条第8款电供暖系统电能计量方式根据不同建筑性质采取具体的独立电能计量方式，比如采取分户或分区域计量。

**4.2 辐射电供暖构造**

**Ⅰ 混凝土填充式地面供暖**

**4.2.1**  本条列出混凝土填充式供暖地面的基本构造层。根据混凝土填充式供暖地面的设置位置的不同，其中一些构造层（例如防潮层、隔离层）不一定都存在。在混凝土填充式地面供暖设计中，各部位采用的材料、厚度要求均应详细给出，绝热层多采用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板，也可采用发泡水泥。反射层为耐高温铝箔。加热部件为碳纤维发热线，并应符合现行行业标准《建筑用碳纤维发热线》JG/T 538的有关规定。填充层详见本规程第4.2.6条。装饰面层依据业主要求可选用陶瓷砖、大理石、复合木地板、实木复合地板及耐热实木地板等热阻较小的面层，不宜采用架空木地板面层。混凝土填充式地面供暖地面构造示意图见图1。



图1 混凝土填充式地面供暖地面构造示意图

**4.2.2**  强制性条文。为减少供暖地面的无效热损失，直接与室外空气接触的楼板、与不供暖房间相邻的地板，必须设置绝热层。

**4.2.3**  土壤中水分进入到绝热层中，将破坏绝热层绝热效果。因此，设计时应在土壤和绝热层中间加设防潮层，保证绝热层的绝热效果。

 对于厨房、卫生间、浴室、洗衣房、游泳馆等潮湿场所的地面铺设碳纤维发热线，要求采取防水、防潮，提高保护层强度等措施，适应潮湿环境特点，根据不同场所要求，为防止各种液体、潮气透过地面，地面还应设置隔离层。

**4.2.4**  混凝土填充式地面供暖面层材料热阻的大小对地面散热量有巨大影响。实测证明，在相同供热条件和地板构造的情况下，以热阻为0.02 m2·K／W左右的花岗岩、大理石、陶瓷砖等做成的地面散热量，比热阻为0.10 m2·K／W左右的木地板高30%~60%；比热阻为0.15 m2·K／W左右的地毯高60%~90%。因此本条作了地面面层材料热阻宜小于0.05 m2·K／W的规定。

 混凝土填充式地面供暖面层宜采用瓷砖或石材等热阻较小的材料，不适宜采用架空木地板面层。采用碳纤维电热地面供暖时地面不适宜铺设地毯，避免面层热阻过大，导致电缆温度过高，不仅影响碳纤维发热线寿命，还易形成安全隐患。

**4.2.5**  为减少无效热损失和相邻用户之间的传热量，分别给出了各类型供暖地面绝热层的最小厚度，当工程条件允许时，宜在此基础上再增加10mm左右。数据主要参考自现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142。采用其他绝热材料时，可根据其导热系数，按热阻相当的原则规定厚度。

 考虑发泡水泥和聚苯乙烯泡沫塑料绝热材料供暖地面构造的不同特点，不要求两种类型的绝热层热阻相当。

**4.2.6** 填充层的作用主要有二：一是保护碳纤维发热线；二是使热量能比较均衡地传至地面，从而使地面的表面温度趋于均匀。为了达到以上目的，要求填充层有一定的厚度。由于填充层的厚度，直接影响到室内的净高、结构的荷载和建筑的初投资，所以不宜太厚。

填充层材料及其厚度应根据采用的绝热层材料确定。采用发泡水泥绝热层时，因绝热层相对较厚，宜减少上部填充层厚度，因此推荐采用能够做得较薄的水泥砂浆。发泡水泥绝热层和水泥砂浆填充层之间有较好的结合性，即使填充层厚度较薄，也不会产生开裂。

规定绝热层和碳纤维发热线之间应有一定的填充层材料，是为了加强碳纤维发热线向四周散热，保证供热效果。且恒电阻率碳纤维发热线如供暖地面上部被地毯等遮挡不能向上散热，紧贴电缆的绝热层又阻挡向下散热，会产生电缆局部过热现象，影响加热电缆的寿命。为此将碳纤维发热线的豆石混凝土填充层最小厚度增至40mm。

无论采用何种填充层，如填充层施工平整度符合铺设木地板的要求，可直接铺设木地板，否则需找平后再铺木地板。豆石混凝土的豆石粒径较大，结合性不好，一般面层为地砖或石材时还需另设与面层粘接的找平层（厚度约25mm，其中最上为约5mm的粘接层）。

没有防水要求的非潮湿房间，水泥砂浆填充层可同时作为面层找平层，以减少地面上部厚度和热阻，因此水泥砂浆填充层施工要求平整度高，采用地砖或石材面层时，可直接用约5mm厚的粘接层与地砖等粘接，且水泥砂浆填充（找平）层应与面层施工同时进行。

潮湿房间指卫生间、洗衣间、浴室、游泳馆等。

**4.2.7**  反射层主要作用是防止热量从地下散失，从而提高碳纤维发热线热量反射和辐射能力，因此为减少热损失，应在绝热层之上，碳纤维发热线之下设置反射层，并应采用能够有效提高热量反射和辐射能力的产品。

**4.2.8** 混凝土填充层设置伸缩缝，是为了防止地面热胀冷缩而被破坏，是碳纤维电热供暖工程设计和施工中非常重要的部分。

采用碳纤维电热供暖时，与地面相接处的墙内表面温度会升高，为了减少无效热损失和相邻用户之间的传热量，同时考虑施工方便，规定与内外墙、柱及过门等交接处伸缩缝宽度应不小于10mm。

混凝土的线膨胀系数约为10×10-6m/（m·℃），间距为6m时，其膨胀量约为2.7mm；考虑施工方便，规定伸缩缝宽度不宜小于8mm。

伸缩缝填充材料的设置方法举例：

**1** 采用高发泡聚乙烯泡沫塑料或满填弹性膨胀膏时，可用8mm×80mm（高）木板先做伸缩缝，填充层终凝后取出，再填充高发泡聚乙烯泡沫塑料或内满填弹性膨胀膏。

**2** 采用聚乙烯泡沫塑料板时，可在铺设泡沫塑料类绝热层时留出伸缩缝位置，将聚乙烯泡沫塑料板插入其内，泡沫塑料类绝热层起到固定伸缩缝填充材料的作用。

**4.2.9** 本条中的数据来源自行业现行标准《地暖用相变储能材料及构件》JC∕T 2339-2015。

**Ⅱ 碳纤维发热网布地面辐射供暖**

**4.2.10** 本条列出碳纤维发热网布供暖地面的基本构造层。根据碳纤维发热网布供暖地面的设置位置的不同，其中一些构造层（例如防潮层、隔离层）不一定都存在。在碳纤维发热网布地面供暖设计中，各部位采用的材料、厚度要求均应详细给出，绝热层多采用硬泡聚氨酯保温、酚醛泡沫板或B1级挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板，也可采用发泡水泥。反射层为耐高温金属箔。加热部件为碳纤维发热网布。散热防护层大多采用水泥纤维板或人造树脂板。装饰层依据业主要求可选用陶瓷砖、大理石、复合木地板、实木复合地板及耐热实木地板等热阻较小的面层，不宜采用架空木地板面层。碳纤维发热网布地面供暖地面构造示意图见图2。



图2 碳纤维发热网布地面构造示意图

**4.2.11**  厨房、卫生间等场所，地面维修与安装频率较高，较容易破坏加热部件，所以不建议在上述场所采用碳纤维发热网布地面辐射供暖形式。如果根据实际需要，在于厨房、卫生间、浴室、洗衣房、游泳馆等潮湿场所采用碳纤维发热网布地面辐射供暖形式，则应在设置隔离层，以防止各种液体、潮气透过地面。

与混凝土填充式地面供暖体系中防潮层的设置要求相同，为保证绝热层的绝热效果，设计和施工时应在土壤和绝热层中间加设防潮层。

**4.2.13**  碳纤维发热网布与反射层制作为一体时，反射层也应置于绝缘层之上。

**4.2.14**  碳纤维发热网布地面供暖为干法施工体系。采用水泥纤维板或人造树脂板作为填充层，以避免湿作业。不宜若采用豆石混凝土或水泥砂浆填充层为湿法施工

**4.2.15** 碳纤维发热网布设置伸缩缝，应根据散热防护层材料性质，在碳纤维电热供暖工程设计中采用的必要措施。

采用碳纤维电热供暖时，与地面相接处的墙内表面温度会升高，为了减少无效热损失和相邻用户之间的传热量，同时考虑施工方便，规定与内外墙、柱及过门等交接处伸缩缝宽度应不小于10mm。

**Ⅲ 碳纤维电热地板辐射供暖**

**4.2.16**  本条列出碳纤维电热地板供暖地面的基本构造层。根据碳纤维电热地板供暖地面的设置位置的不同和采用的碳纤维电热地板的类别不同，其中一些构造层（例如防潮层、隔离层）不一定都存在，碳纤维电热地板根据其组成不同，分为带饰面层的碳纤维电热地板和不带饰面层的碳纤维电热地板，当采用不带饰面层的碳纤维电热地板时，碳纤维电热地板供暖地面应另铺设面层（饰面层）。碳纤维电热地板供暖地面构造示意图见图3。



图3 碳纤维电热地板供暖地面构造示意图

**4.2.17**  厨房、卫生间等场所，地面维修与安装频率较高，较容易破坏加热部件，所以不建议在在上述场所采用碳纤维电热地板供暖形式。如果根据实际需要，在于厨房、卫生间、浴室、洗衣房、游泳馆等潮湿场所采用了碳纤维电热地板供暖形式，则应在设置隔离层，以防止各种液体、潮气透过地面。

 与混凝土填充式地面供暖体系中防潮层的设置要求相同，为保证绝热层的绝热效果，设计和施工时应在土壤和绝热层中间加设防潮层。

**4.2.18** 碳纤维电热地板尺寸较小且间隙铺设，一般情况下不需另设置伸缩缝。因工程特殊需要时，可按本条规定设置。。

采用碳纤维电热供暖时，与地面相接处的墙内表面温度会升高，为了减少无效热损失和相邻用户之间的传热量，同时考虑施工方便，规定与内外墙、柱及过门等交接处伸缩缝宽度为8mm~12mm。

伸缩缝的设置方法举例：伸缩缝处的每块电热地板安装一个弹簧或嵌满泡沫绝热板。

**4.2.19** 铺装碳纤维电热地板时，为确保铺装后，板面的平整度，应将冷线设置在碳纤维电热地板与内墙或外墙交接处的缝隙内。

**Ⅳ 碳纤维电热墙面辐射供暖**

**4.2.22**  本条列出碳纤维电热供暖墙面的基本构造层。

**4.2.23**  考虑到便于施工、保证供暖效果和地面出现潮湿情况下影响墙面安装碳纤维发热部件的正常工作，确定该值。

**4.3 热负荷计算**

**4.3.2**  根据国内外资料和国内一些工程的实测，辐射供暖用于全面供暖时，在相同舒适条件下室内温度可比对流供暖时的室内温度低2℃。

**4.3.3**  本条中数据来源自行业现行标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012中第3.3.3条的规程。当辐射供暖用于局部供暖时，热负荷计算还要乘以表4.3.3所规定的技术系数（局部供暖的面积与房间总面积的面积比大于75%时，按全面供暖耗热量计算）。

**4.3.4** 此条是为了在进深较大的房间铺设加热部件时，能够满足较大热负荷的外区设计温度，并避免负荷较小的内区过热，确保室温均匀。例如：住宅内的大起居室，距外墙超过6m的部分无围护结构传热负荷，但有户门开启负荷，需分别加以计算，并分别布置加热部件。

**4.3.5**  铺设加热部件的地面或墙面，不存在室内空气通过地面或墙面向外的传热负荷，因此不应计算此部分围护结构热损失。

**4.3.6** 实际工程的高大空间，尤其是间歇供暖时，常存在房间升温时间过长甚至供热量不足问题。原因主要有二：一是同样面积时，高大空间外墙等外围护结构比一般房间多，“蓄冷量”较大，供暖初期升温相对需热量较多；二是地面供暖向房间散热有将近一半仍依靠对流形式，房间高度方向也存在一些温度梯度。因此本规程要求高度附加值按一般散热器供暖计算值的50%取值。

**4.3.7**  对于采用碳纤维发热部件的电热辐射供暖系统，其热负荷计算时，应考虑间歇供暖附加值和户间传热负荷，考虑附加后房间热负荷计算可参照现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142进行，电热对流供暖系统的附加可在电热辐射供暖系统附加后的基础上乘以0.9的系数。

**4.3.8** 外墙内侧墙面安装碳纤维加热部件时，安装的碳纤维加热部件的长度或面积应按多层平面传热单独计算传热量。

**4.4 供暖系统的设计**

**Ⅰ 碳纤维电热辐射供暖的设计**

**4.4.1** 碳纤维发热网布和碳纤维电热地板供暖表面与混凝土填充式供暖地面的构造不同，辐射表面内部传热规律也不尽相同。各生产企业应采用的材料、厚度及其敷设的散热层类别和厚度不同等各种因素，传热量也不相同。因此应按各产品样本提供的测试数据确定辐射表面向上供热量，以及向下传热量。

**4.4.2**  家具和其他地面覆盖物的遮挡对地面散热量影响很大，应予以考虑。地面遮挡因素随机性很大，情况非常复杂，设计人员可根据具体情况（例如住宅的一般规律是越大户型家具密度越小）进行附加。

**4.4.3** 公式4.4.3－1、2反映了在总安装功率确定条件下，碳纤维发热线布线间距和线功率的关系。选用线性功率大的碳纤维发热线，布线间距可较大，碳纤维发热线长度较小，否则反之。但碳纤维发热线的长度和线功率均有一定的规格，应按产品要求选取；且碳纤维发热线线功率和碳纤维发热线布线间距都宜符合本规程第4.4.9条的限制要求。

表4.4.3提供的数据，是将碳纤维发热线地面内部复杂的三维导热，近似简化为按碳纤维发热线供暖地面上部和下部热阻的比例作为内部导热量的近似比例，并结合地板表面向上和向下的对流和辐射散热计算公式，采用有限单元法，应用ANSYS软件，按铺设间距100mm，线功率为10W/m的条件进行数值模拟计算的结果。随着电缆碳纤维发热线线功率的增加，热损失将减少，因此10 W/m的计算条件为最不利情况。

对于混凝土填充式，由于缆碳纤维发热线设于混凝土填充层之间，可以将填充层视为均匀的发热整体板，上述简化与实际较为接近。也可依据生产企业提供相关参数计算。

**4.4.4**  下限建议值是出于安全需要，避免间距过小，出现搭接现象。

**4.4.5**  安装碳纤维发热线的供暖房间，由于靠近外窗、外墙等局部热负荷较大区域，因此提醒设计和施工者需考虑在靠近外窗、外墙处增加碳纤维发热线敷设密度。

 碳纤维发热线由于各段线功率比较恒定，不必像热水系统那样考虑高温段尽量布置在热负荷较大区域，布置较灵活；碳纤维发热线较细，平行型布置时间距可满足弯曲半径要求，因此也无需采用回转式布置。

**4.4.6**  本条给出在总安装功率确定条件下，碳纤维发热网布所需长度的计算方法。

**4.4.7** 本条给出在总安装功率确定条件下，碳纤维电热地板所需面积的计算方法。考虑电压波动，功率衰减等因素确定运行系数，一般情况下取0.2。

**4.4.8** 校核地表面平均温度的近似公式，是由ASHRAE手册（2000年版）提供的计算方法获得的计算数据经回归得到的，如果表面平均温度高于本规程第4.1.1条规定的限值，应改善建筑热工性能或设置其他辅助供暖设备，减少碳纤维电热供暖系统负担的热负荷，满足限制要求。

**4.4.9**  规定了碳纤维加热部件与不同设施的安全距离，以保证地面受热的均匀性。

**4.4.10** 家具和其他地面覆盖物的遮挡对地面散热量影响很大，应予以考虑。

**Ⅱ 碳纤维电热对流供暖的设计**

**4.4.12** 选择散热器的规定。本条参照国家现行标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736和《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50019的有关规定。

**4.4.13** 本条是关于碳纤维散热器安装的规定。

 本条是根据建筑物的用途，考虑有利于碳纤维散热器放热、安全、适应室内装饰要求以及维护管理等方面制定的。近几年散热器的装饰已很普遍，但很多的装饰罩设计不合理，严重影响了碳纤维散热器的散热效果，因此强调了暗装时装饰罩的做法应合理。即装饰罩应有合理的气流通道、足够的通道面积，并方便维修。

**4.2.14** 确保供暖效果和地面出现潮湿情况下影响碳纤维散热器的正常工作，确定该值。

 散热器明装在外墙窗台下时，从散热器上升的热气流能阻止从外窗向内传导的冷气流，而且明装在窗台下时向内散热较好。所以本条作了散热器应明装在外墙窗台下的规定。

**4.5 监测和温控**

**4.5.2**  单台温控器所带碳纤维加热部件或碳纤维散热器负荷不宜大于其额定负荷的85%，否则宜考虑增加温控器数量。当同一房间或区域温控器超过三台时，宜采用温控器加触发器组合的控制方式。

**4.5.4**  具有室温控制和地温控制功能的温控器称为双温型温控器，双温型温控器可做对比信号输出控制。

需要限制地表面温度的场合，指采用热阻很大的实木地板面层，或用户有可能在地面上大面积铺设阻挡散热的地毯等，有可能引起恒电阻率碳纤维加热部件过热的情况。

相关电气标准按电击危险程度对第4款中提到的潮湿场所进行了区域划分，在不同的区域，对电气设备的防护等级有不同的要求。因此温控器布置时，不仅考虑室温的代表位置，还应同时满足相关电气规范要求，当房间过小，不能满足该区域电气设备安装的要求时，应采用地面温度控制方式。

**4.5.5**  布置温控器时，应考虑空气流通、操作便利性和儿童触碰等因素，并能反应室内温度情况。

**4.5.6**  当采用碳纤维发热线作为加热部件时，地温传感器的布置原则。

**4.6 电气设计**

**4.6.2** 有一些地区实行峰谷电价，有些地区对冬季供暖用电有优惠政策，在这些情况下，电热供暖系统回路需单独设置和计费，以执行优惠政策，降低电供暖用电成本，提高电供暖的经济性。

电热系统负荷为季节性负荷，与其他照明、电力等负荷分开回路配电，便于设备停运、检修和独立控制。

**4.6.3** 碳纤维电热辐射供暖系统和碳纤维散热器供暖一般采用AC220V供电，但当进户回路负荷超过12kW，仍采用AC220V供电时，回路电流、开关设备容量会比较大，导线截面和穿线管管径比较粗，这时宜采用AC220V/380V供电。但是对于居住建筑，AC220V/380V入户，应注意满足当地供电条件。

**4.6.4**  限制性条文。引用行业现行标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ142-2012中第3.9.3条相同，属于强制性条文。碳纤维电热辐射供暖系统必须做到等电位连接，且等电位连接线应与配电系统的PE线连接，才能保障碳纤维电热辐射供暖运行的安全性。

**4.6.5** 冷热线接头为加热电缆的薄弱环节，应由专用设备和工艺方法加工，严格控制质量，不应在现场简单连接，以保证安全性、机械性能和使用寿命达到要求。应将冷热线以及接头作为一体进行检测，还应对接头位置设明显标识，加热电缆标识包括商标和电缆型号。

**4.6.6**  碳纤维电热供暖系统中，由温控开关或接触器出线端配至每组加热电缆系统设备的导线通常由设备供应商配套提供，设计时需注意要求这段导线规格也应满足条文中关于导线选择的相关要求。

设计中应合理的布置温控器、元件、接线盒等位置，尽可能减小加热部件系统设备或元件连接部分的管线，控制柔性金属导管敷设长度满足验收规范要求。

**5 施工**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 本条规定了碳纤维电热供暖工程方案、施工资质和施工人员的资质要求。

**5.1.2** 本条规定了施工前应具备的必要条件，如不具备这些条件，不能进行施工。

**5.1.3** 本条主要对地面供暖系统的加热部件的运输、装卸、储存和施工条件作了原则性的规定，目的在于防止在这些过程中损坏加热部件。

**5.1.4** 本条主要对碳纤维散热器的运输、装卸和储存条件作了原则性的规定，目的在于防止在这些过程中损坏碳纤维散热器。

**5.1.5** 本条是强制性条文，引自行业现行标准《辐射供暖供冷技术规定》JGJ142-2012中第5.1.6条。目的在于保护加热部件，以免搭接时温度过高损坏加热部件。

**5.1.7** 本条是强制性条文，引自行业现行标准《辐射供暖供冷技术规定》JGJ142-2012中第5.1.9条。目的在于保护加热部件，免遭损耗。

**5.1.8** 施工环境温度不宜过低的原因如下：

**1** 碳纤维加热部件的普遍特性是随着环境温度的降低，其韧性变差，抗弯曲性能变坏，因此很难施工。

**2** 当环境温度低于5℃时，发泡水泥绝热层、混凝土填充层的施工和养护质量也较难保证。

**3** 如通过采取某些技术措施来确保混凝土的施工质量，将会使工程造价相应增加。

**5.1.9** 碳纤维电热供暖工程施工结束后，应对加热部件铺设位置及地温传感器埋设地点按现场实际情况回执竣工图，万一发生故障，为维护提供方便。

**5.2 系统安装**

**Ⅰ 混凝土填充式地面辐射供暖**

**5.2.1** 原始工作面平整与否，会影响绝热层的铺设质量和碳纤维发热部件的安装质量，地面积灰还会使发泡水泥绝热层浆体中的水被灰尘吸收，导致发泡不均匀；因此做此规定。基层地面的平整及杂物清理，应由土建专业完成，地暖施工单位验收合格后再进行下一步工序。

**5.2.2** 本条规定了泡沫塑料类绝热层的铺设要求。

**5.2.3** 采用混凝土填充式地面辐射供暖时，与地面交接处的墙内表面温度会升高，为了减少无效热损失和相邻用户之间的传热量，同时考虑施工方便，规定与内外墙、柱及过门等交接处伸缩缝宽度不宜小于10mm。

**5.2.5** 本条规定了反射层的铺设要求。

**5.2.6** 强制性条款，引自行业现行标准《辐射供暖供冷技术规定》JGJ142-2012中第5.5.2条。

**5.2.7** 在安装碳纤维发热线前应测试碳纤维发热线的直流电阻和绝缘电阻，以确保碳纤维发热线无短路、断路现象。碳纤维发热线的直流电阻和绝缘电阻测试在施工和验收过程中应进行3次：碳纤维发热线安装前及安装后隐蔽前，填充找平层施工后。

另外，每根碳纤维发热线已经按照设计选型确定了电缆的长度和功率，冷热线及其接头已经在工厂加工完成和连接，不需要也不允许现场裁剪和拼接。现场裁剪拼接有可能使碳纤维发热线损坏，通电后带来严重后果。如在竣工验收后，意外情况下出现碳纤维发热线破损，必须由碳纤维发热线厂家用专用设备和特殊方法处理。

**5.2.8** 本条规定了碳纤维发热线的铺设要求。

**5.2.9**  本条规定了碳纤维发热线的安装固定方式。

**5.2.10** 本条规定了碳纤维发热线的本身的允许弯曲度,如果碳纤维发热线弯曲度超过此要求,会造成发热电缆绝缘层及线芯不可挽回的破坏。

**5.2.11** 要求接地网设在碳纤维发热线下填充找平层中间，是为了使发热线与绝热层不直接接触，又有对填充找平层防裂和均热的作用。接地网应有一定的强度，因此对其网眼尺寸和金属直径做出规定。

**5.2.12** 本条为强制性规定。引自行业现行标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012中第5.5.7条。目的是防止热线在套管内发热，影响寿命和安全性能。

**5.2.13** 暗装的目的是防止热线在地面上发热，形成安全隐患。同时，发热线缆出地面后就难以保证间距。接头处避免弯曲时为了确保接头通电时产生的应力能充分释放。

**5.2.15** 碳纤维发热线铺设完毕后隐蔽工程前，应测试碳纤维发热线的直流电阻和绝缘电阻，以确保碳纤维发热线无短路、断路现象。

**5.2.16** 本条规定了填充层施工应具备的必要条件，如不具备这些条件，不能进行施工。

**5.2.17** 为了保证工程质量，本条从分工上明确规定了填充层应由土建承包单位负责施工,同时对安装单位的配合作了规定。尤其是供暖系统安装单位设置伸缩缝并验收合格后，工程中常有土建做下道工序（填充层）施工时不注意保护上道工序的成品，出现拆除和移动伸缩缝的现象，因此特别强调应予以避免。

**5.2.18** 目的在于保护碳纤维发热线，避免人为破坏。

**5.2.20** 对水泥砂浆填充层引自现行国家标准《建筑地面工程施工质量验收规范》GB50209的有关规定；豆石混凝土填充层引自现行行业标准《地面辐射供暖技术规程》JGJ142的规定。

**5.2.21** 为防止填充层施工过程中损坏碳纤维发热线，应检测每根发热电缆的电阻和绝缘电阻，及时发现质量问题。

**5.2.22** 本条规定了面层宜采用的装饰材料种类，避免由于地面装饰层材料选择不当，造成一定的经济损失。

**5.2.23** 本条对面层施工提出的注意事项是为了避免面层施工时对碳纤维发热线的破坏。预留伸缩缝是为了装饰面层材料受热膨胀时留有膨胀预留的空间。

**5.2.24** 干贴的目的是为了防止地面加热时拉断面层。

**5.2.25** 选用木地板作为装饰面层的规定。

**5.2.26** 因水泥砂浆填充层同时作为面层找平层，并与瓷砖或石材地面直接粘接，因此应同时施工。

**Ⅱ 碳纤维发热网布地面辐射供暖**

**5.2.27** 本条规定了碳纤维发热网布地面辐射供暖工程中绝热材料的铺设要求。

**5.2.28** 本条规定了碳纤维发热网布地面辐射供暖工程中反射膜的铺设要求。

**5.2. 29** 在铺装碳纤维发热网布前应测试每块碳纤维发热网布的直流电阻和绝缘电阻，以确保碳纤维发热线无断路、短路现象。

**5.2.30** 引自行业现行标准《辐射供暖供冷技术规定》JGJ142-2012中第5.5.2条和第5.1.9条。本条是对碳纤维发热网布的铺装要求和施工过程中的注意事项。一般碳纤维发热网布出厂时，冷线热线及其接头应该已加工完成，碳纤维发热网布的长度和功率都应该是确定的。碳纤维发热网布内为双导线回路，冷线与热线也是在制造中连接好的，按照设计选型按照，不允许现场裁剪和拼接，现场裁剪和拼接不但不能调整发热功率，而且会造成碳纤维发热网布内碳纤维发热线损坏，通电后造成严重后果。如在竣工验收后，意外情况下出现碳纤维发热网布破损，必须由其厂家用专业设备和特殊方式来处理，以减少接头处存在的安全隐患。

**5.2.31** 本条规定了碳纤维发热网布的接头的暗装方式，确保碳纤维发热网布铺设表面的平整度，并且通过暗装对冷线加以保护，防止在下一工序中被破坏，形成安全隐患。冷热线接头为碳纤维发热网布的薄弱环节，应由专用设备和工艺方法加工，严格控制质量，不应在现场简单连接，以保证安全性、机械性能和使用寿命达到要求。应将冷热线以及接头作为一体进行检测。

**5.2.32** 本条规定了碳纤维发热网布地面辐射供暖工程中，散热防护层的施工时机，未通过隐蔽工程验收前，不得施工。

在铺装碳纤维发热网布前应测试每块碳纤维发热网布的直流电阻和绝缘电阻，以确保碳纤维发热线无断路、短路现象。碳纤维发热网布的直流电阻和绝缘电阻测试在施工和验收过程中应进行3次：碳纤维发热网布铺装前及铺装后隐蔽前，散热防护层施工后。

**5.2.33** 本条规定了碳纤维发热网布地面辐射供暖工程中填充层的铺装要求。填充板安装采用铝箔胶带粘贴固定，是为了保证其施工中不发生位移,并使地面传热均匀。

**5.2.34** 为防止散热防护层施工过程中损坏碳纤维发热网布，应检测每块碳纤维发热网布的电阻和绝缘电阻，及时发现质量问题。

**5.2.35** 面层施工的要求与本规程中混凝土填充式地面辐射供暖工程中面层施工的有关规定相同。

**Ⅲ 碳纤维电热地板辐射供暖**

**5.2.36** 碳纤维电热地板铺装表面平整与否，会影响碳纤维电热地板的安装质量，铺装表面的平整及杂物清理，应由土建专业完成，地暖施工单位验收合格后再进行下一步工序。

**5.2.37** 与混凝土填充式地面辐射供暖工程做法相同，为了减少热量损失和相邻用户之间的传热量，与内外墙、柱及过门等交接处应设置不间断的侧面绝热层。

**5.2.38** 本条规定了碳纤维电热地板的铺设要求，碳纤维电热地板要错缝铺放，选用带胶铝箔进行粘贴固定，是为了使地面传热均匀

**5.2.39** 冷热线接头为碳纤维电热地板的薄弱环节，应由专用设备和工艺方法加工，严格控制质量，不应在现场简单连接，以保证安全性、机械性能和使用寿命达到要求。应将冷热线以及接头作为一体进行检测。

**5.2.40** 本条规定了接头与冷线应采用暗装方式，为了防止热线在地面上发热，形成安全隐患。

**5.2.41** 填充板采用铝箔胶带固定，是为了确保地面平整度以及地面传热均匀。

**5.2.42** 本条规定了碳纤维电热地板地面辐射供暖工程中，面层的施工时机，未通过隐蔽工程验收前，不得施工。

在铺装碳纤维电热地板前应测试每块碳纤维电热地板的直流电阻和绝缘电阻，以确保碳纤维发热线无断路、短路现象。碳纤维电热地板的直流电阻和绝缘电阻测试，在施工和验收过程中应进行两次：碳纤维发热网布铺装前及铺装后。

**5.2.43** 本条规定了面层的施工注意事项以及施工方法。对面层施工提出的注意事项是为了避免面层施工时对碳纤维电热地板的破坏。本条文未对预留伸缩缝做出有关规定，其要求与本规定第5.2.23条中第3款的有关规定相一致。

**Ⅳ 碳纤维电热墙面辐射供暖**

**5.2.44** 墙体表面不平整、潮湿、有灰尘等均会严重影响加热部件的安装质量，因此做此规定。

**5.2.45** 碳纤维发热线或碳纤维发热网布用于墙面辐射供暖时，绝热材料铺设宜采用粘结形式，胶粘剂应与绝热材料相适宜。

**5.2. 46~5.2.48** 分别规定了碳纤维发热线、碳纤维发热网布和碳纤维电热地板作为加热部件的施工方法。施工前均需要检测标称电阻和绝缘电阻，以判断有无短路或断路现象。其冷线和接头均应进行暗装，以避免在后续施工中被损伤。

**5.2.49** 碳纤维发热线、碳纤维发热网布或碳纤维电热地板作为加热部件安装完毕后，应进行标称电阻及绝缘电阻测试。

**5.2.50** 本条规定了碳纤维电热墙面辐射供暖工程中，饰面层的施工时机，未通过隐蔽工程验收前，不得施工。

**Ⅴ 碳纤维电热对流供暖**

**5.2.56** 本条是对碳纤维散热器的外部接线提出的基本要求。

 **1** 应按碳纤维散热器的接线标识进行正确接线，否则可能影响其正常运行，甚至造成损坏。

**5.2.59** 本条是为了确保安全运行，提醒人们注意带电设备而制定的。

**5.2.60**  本条为强制性条文，引用国家现行标准GB 50254-2014《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》第3.0.16条的规定。当碳纤维散热器故障致使其金属外壳、框架带电时，极易造成人身电击事故，因此碳纤维散热器的金属外壳、框架的接地必须可靠，不应利用安装螺栓做接地，因为可靠接地应符合永久连续的基本原则，接地端子或螺栓应专用。

**5.2.62** 碳纤维散热器安装完毕后，应测试其绝缘电阻，以确保碳纤维散热器无短路、断路现象。绝缘电阻值的确定参照现行国家标准《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB50254的有关规定。

**5.2.63**  投入运行前应清除落于碳纤维散热器上的杂物和灰尘，以保证安全和热对流供暖的效果。

**5.3 温度传感及控制系统的安装**

**5.3.2** 碳纤维加热部件和碳纤维散热器的额定电压均为AC220V，所以只有并联才能满足电压要求。

**5.3.5~5.3.6** 温控器的安装要求。

**5.3.7** 对接地网施工作出了具体要求。强制接地是为了保证人身安全，防止人体触电。

**5.4 卫生间施工**

**5.4.1** 设止水墙目的是防止卫生间积水渗入绝热层，并沿绝热层渗入其他区域。

**5.4.2**  卫生间设地面供暖会使人感到很舒适，但因担心漏水问题，影响了地面供暖系统在卫生间的应用。为避免漏水发生，做本条规定。

**6 检验、调试及验收**

**6.1 一般规定**

**6.1.3** 本条具体规定了检查和验收检验的项目。需根据各项工序完成后逐项验收，并有完整的检查及验收记录。

**6.1.4** 本条具体规定了碳纤维电热供暖辐射供暖安装工程施工质量检验的合格标准。

**6.2 施工、安装质量验收**

**6.2.1** 本条具体规定了中间验收应检验的项目。需根据各项工序完成后逐项验收，并有完整的检验及验收记录。

**6.2.2** 对直流电阻测量的具体规定。一般认为实测房间总电阻值高于设计值5%以上或低于10%以上都认为不合格，应认真检查，排除故障。测直流电阻不仅是检测安装质量、也是检查碳纤维加热部件自身质量。

**6.2.3** 相对绝缘、相零绝缘以及对地绝缘是安全供电的保证，对此作了规定。

**6.2.4** 碳纤维加热部件安装后，填充层施工前或者面层施工前，送电直接检查碳纤维加热部件的安装质量。

**6.2.5** 安装工作结束，竣工验收前，施工单位对发热情况的检查。

**6.2.6** 对安全警示的规定。

**6.2.7** 对碳纤维电热供暖安装工程质量的规定。

**6.2.9** 参照《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411-2007的有关规定。

**6.3 调试与试运行**

**6.3.1** 强制性条文。引用行业现行标准《辐射供暖供冷技术规定》JGJ142-2012中第6.1.1条。为了避免对系统造成损坏，在未经调试与试运行之前，应严格限制随意启动运行。

**6.3.2** 调试与试运行的目的，是使系统的热力工况达到设计要求，为此，具备正常供电条件是进行调试的必要条件。若暂时不具备正常供电条件时，调试工作应推迟进行。

**6.3.3** 碳纤维电热供暖系统有调试与试运行验证测试要求时，应在施工完毕的第一个采暖季前完成；对于混凝土填充式地面辐射供暖除应在施工完毕的第一个采暖季前完成，尚应在豆石混凝土或水泥砂浆填充层养护期满后进行。

**6.3.4** 碳纤维加热部件的功率控制基本上都是开关调节控制方式，即只要是在通电状态下，碳纤维加热部件的发热功率就基本恒定，实现全功率加热，实际发热功率的调节是靠通电断电的时间周期比例关系来实现的。因此，在实际应用中，碳纤维加热部件表面的温度无法加以具体的控制；而且，碳纤维加热部件加热时的应力变化和对填充层的影响较小。因此本条对升温速度不做具体规定，在初始通电加热时应保持室温尽量平缓地升高。

**6.3.6**  本条是对电热辐射供暖系统调试完成后，应做到相关参数检测进行的规定。

**6.3.8** 碳纤维电热供暖时，由于有辐射传热和对流传热同时作业，效果评价应以反映辐射和对流综合作用的黑球温度作为评价和考核的依据。但考虑目前工程检测技术条件，同时由于设计工况是以室内空气的干球温度作为设计的依据，缺乏黑球温度评价标准。为此，考虑实际工程的可操作性，本条规定以室内空气的干球温度作为评价的依据。本规程参考相关的标准，也考虑到头冷脚热的人体舒适度要求，所以给出了供暖的室内温度测点高度的规定。

**6.4 竣工验收**

**6.4.2** 本条对竣工验收文件作了具体规定。

**7 运行与维护**

**7.0.1** 非采暖季由于保护不当或积灰等原因，可能会造成采暖季初次运行不安全，因此应对温控器和电路系统进行检查。

**7.0.2**本条规定是为了保护使用安全。