



CECS

XXX:2021

中国工程建设标准化协会标准

建筑用石墨烯发热膜应用技术规程

Technical specification for Graphene electric radiant heating film in building

（征求意见稿）

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2020〕14 号）的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国家标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程共分 7 章和 1 个附录，主要技术内容包括：总则，术语、材料、设计与构造、施工、检验调试及验收、运行与维护等。

请注意本规程的默写内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会产业化分会归口管理，由中国建筑标准设计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，请寄送中国建筑标准设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼，邮编：100048）

主编单位：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

目录

1 总则	1
2 术语	2
3 材料	5
3.1 一般规定	5
3.2 石墨烯电热膜及相关材料	5
3.3 石墨烯电热砖	7
3.4 温控器	8
4 设计与构造	9
4.1 一般规定	9
4.2 供暖热负荷计算	10
4.3 石墨烯电热膜/砖数量确定	12
4.4 石墨烯电热膜供暖	13
4.5 石墨烯电热砖供暖	15
4.6 石墨烯电热膜/砖布置	15
4.7 石墨烯电热膜/砖供暖配电系统	17
4.8 监测与控制	18
5 施工	21
5.1 一般规定	21
5.2 绝热层铺设	23
5.3 石墨烯电热膜/砖铺设	24
5.4 配电与监测系统	25
5.5 填充层施工	26
5.6 饰面层施工	27
5.7 成品防护	28
6 检验、调试及验收	29
6.1 一般规定	29
6.2 调试与试运行	29
6.3 验收	30
7 运行与维护	32
7.1 一般规定	32
7.2 运行	32
7.3 维护	33
附录 石墨烯电热膜安装测试记录	34
本规程用词说明	35
引用标准名录	36

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 Materials	4
3.1 General Requirement	4
3.2 Graphene electrothermal film and Related Materials.....	4
3.3 Graphene electrothermal Brick	6
3.4 Thermostat	7
4 System Design and Structure	8
4.1 General Requirement	8
4.2 Calculation of Heating Loads.....	9
4.3 Quantitative Regulation	11
4.4 Graphene electrothermal Film Heating	12
4.5 Graphene electrothermal Brick Heating.....	14
4.6 Layout of Heating Film/Heating Brick	14
4.7 Distribution System.....	16
4.8 Monitoring and Control.....	17
5 Construction.....	20
5.1 General Requirement	20
5.2 Insulating Course	22
5.3 Installation of Heating Film/Heating Brick.....	23
5.4 Distribution and Monitoring System.....	24
5.5 Filler Course	25
5.6 Finish Coat.....	26
5.7 Finished Product Protection	27
6 Testing, Debugging and Acceptance	28
6.1 General Requirement	28
6.2 Testing and Debugging.....	28
6.3 Acceptance	29
7 Operation and Maintenance	31
7.1 General Requirement	31
7.2 Operation.....	31
7.3 Maintenance	32
Appendix Installation and Test Record	33
Explanation of Wording in This Specification	34
List of Quoted Standards.....	35

1 总则

- 1.0.1 为规范石墨烯电热膜/砖供暖系统的设计、施工、验收及运行维护，做到安全适用、保证工程质量，编制本规程。
- 1.0.2 本规程适用于新建、改建和扩建的民用及工业建筑中以石墨烯电热膜/砖为主要加热元件的供暖系统的设计、施工、验收及运行维护。
- 1.0.3 石墨烯电热膜/砖用于供暖时，供暖系统设计应纳入建筑工程设计，统一规划、统一设计、统一施工，与建筑工程同时投入使用。
- 1.0.4 石墨烯电热膜/砖供暖系统的设计、施工、验收及运行维护除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 石墨烯电热膜 Graphene electrothermal film

电热膜的一种。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封装而成。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平面型发热元件，可铺设在地面、墙面等部位，稳定工作状态时膜表面温度不超过 60℃。

【条文说明】综合《低温辐射电热膜供暖系统应用技术规程》JGJ 319-2013 第 2.0.1 条及中国工程建设标准化协会《建筑用石墨烯电热膜》T/ 。

2.0.2 石墨烯电热砖 Graphene electrothermal brick

由瓷砖、石墨烯电热膜、保温绝热材料三部分粘合而成，敷设于地面用于供暖的复合式瓷砖。

2.0.3 稳定工作状态 Condition of adequate heated

石墨烯电热膜或石墨烯电热砖在正常工作条件下通电升温达到热平衡的工作状态。

【条文说明】术语来源于《低温辐射电热膜》JG/T 286-2010。

2.0.4 工作温度 working temperature

石墨烯电热膜或石墨烯电热砖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。

【条文说明】术语来源于《低温辐射电热膜》JG/T 286-2010。

2.0.5 绝热层 insulating course

用以阻挡热量传递，减少无效热耗的构造层。

2.0.6 防潮层 moisture proofing course

防止建筑地基或楼层地面下潮气透过地面的构造层。

2.0.7 反射膜 isolation course

敷设在电热膜与绝热层或其他构造层之间，阻隔远红外线，减少远红外线向下辐射的构造层。

2.0.8 防护层 proofing course

防止地面绝热层受潮及电热膜受损的保护层。

2.0.9 填充层 filler course

敷设在石墨烯电热膜上用以保护石墨烯电热膜并使地面温度均匀的构造层。

2.0.10 防水隔离层 waterproof isolation course

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。

2.0.11 饰面层 finish coat

建筑地面、墙面的表面层

2.0.12 伸缩缝 expansion joint

补偿混凝土填充层和饰面层等膨胀或收缩用的构造缝。

2.0.13 石墨烯电热膜供暖系统 System of Graphene electrothermal film heating

采用石墨烯电热膜/砖提供热量，并辅助温度调节、监控等装置的供暖系统。
由石墨烯电热膜/砖、电源线、热电偶、温控器等组成。

2.0.14 温控器 thermostat

用于感应环境温度和电热膜（或电热砖）温度并加以控制调节环境温度的自动控制装置。（依据：《低温辐射电热膜供暖系统应用技术规程》JGJ 319-2013）

或：动作温度可固定或可调的温度敏感装置，在正常工作期间，其通过自动接通或断开电路来保持被控部件的温度在某些限值之间。（来源：《家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求》GB/T 4706.1-2015）

2.0.15 限温器 temperature limiter

动作温度可固定或可调的温度敏感装置，在正常工作期间，当被控部件的温度达到预先设定值时，其以断开或接通电路的方式来工作。

【条文说明】在器具的正常工作循环期间，不得造成反向工作，可要求也可不要求其具有手动复位的功能。术语来源《家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求》GB/T 4706.1-2015。

2.0.16 热电偶 thermocouple

由一对不同材料的导体构成，其一端相互连接，利用热电效应实现温度测量的一种温度检测器。

【条文说明】术语来源：《热电偶 第1部分：电动势规范和允差》GB/T 16839.1-2018

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统中所需的除石墨烯电热膜/砖以外的其他材料和配件应在国家现行有关标准规定的有效期内，且应具有合格证、检验报告等有效证件。

【条文说明】所需的其他材料和配件是指绝缘材料、龙骨材料及其配件、填充层材料、饰面材料、温控器、电线电缆及其配件等；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。

3.1.2 石墨烯电热膜/砖供暖系统的绝热材料的燃烧性能应符合现行国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的相关要求。

【条文说明】《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 要求用于电热膜供暖系统的绝热材料燃烧性能应达到《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中燃烧等级不低于 A 级的规定。

3.2 石墨烯电热膜及相关材料

3.2.1 石墨烯电热膜供暖系统所用的石墨烯电热膜应满足以下要求：

1 石墨烯电热膜应符合现行行业标准《低温辐射电热膜》JG/T 286 及中国工程建设标准化协会标准《建筑用石墨烯电热膜》xxx 的有关规定。

2 石墨烯电热膜的型号、商标应标识清晰，包装完好。

【条文说明】石墨烯电热膜的型号是指按照现行中国建设标准化协会标准《建筑用石墨烯电热膜》xxx 中列举的分类标记，商标是指企业自有并注册的商标，以上规定均指每个单件产品。

3 石墨烯电热膜电磁辐射量应小于 $100\ \mu\text{T}$ 。

【条文说明】为了保证人身安全，防止人体收到较强的电磁辐射。根据 ICNIRP 国际非电离放射线防护委员会规定，电辐射供暖相关产品的电磁辐射量应限定为 $100\mu\text{T}$ 以下。

4 石墨烯电热膜防水等级不小于 IPX7。

3.2.2 绝热材料应符合以下要求：

1 绝热材料应采用导热系数小、具有足够承载能力的材料，并且不应含有菌源、不得散发异味及可能危害健康的挥发物。

2 石墨烯电热膜地面安装时，采用的绝热材料性能指标应符合现行相关国家标准的有关规定，同时热阻最小限值应符合表 3.2.2.2 的规定。

表 3.2.2.2 绝热材料热阻最小限值[$(\text{m}^2 \cdot \text{K}) / \text{W}$]

绝热层部位	热阻限值
楼层之间楼板上	0.67
与土壤或不供暖房间相邻的地面上	1.67
与室外空气相邻的楼板上	1.67

3 石墨烯电热膜在墙面安装时，宜采用玻璃棉毡作为绝热材料，其主要性能指标应符合现行国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350 的有关规定。当采用其他绝热材料时，技术指标参照表 3.2.2.3 的规定，应选用同等效果绝热材料。

表 3.2.2.3 玻璃棉毡主要性能指标

主要性能	指标要求
标称密度 (kg/m^3)	≥ 24.0
导热系数 [平均温度 ($70 \pm 1^\circ\text{C}$)] [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	≤ 0.044
燃烧性能	A 级

【条文说明】表 3.2.2.3 按照国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350-2017 确定。

3.2.3 填充层材料可采用豆石混凝土或水泥砂浆：

1 豆石混凝土强度等级宜为 C15，豆石粒径宜为 5mm~12mm；

2 水泥砂浆应符合以下要求：

(1) 应选用中粗砂水泥，且含泥量不大于 5%；

(2) 宜选用硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥；

(3) 水泥砂浆体积比不应小于 1:3；

(4) 强度等级不低于 M10。

3.2.4 龙骨材料及配件应满足以下要求：

1 石墨烯电热膜墙面安装配套的龙骨应符合现行国家标准《建筑用轻钢龙骨》GB/T 11981 的有关规定，配件应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】按照现行国家标准《建筑用轻钢龙骨》GB/T 11981 规定，龙骨壁厚不应小于 0.5mm，宜保证石墨烯电热膜在工作时整个系统不会受热变形。

2 在选用其他材料作为龙骨时，性能指标应符合相关国家、行业标准的要求，燃烧性能应符合《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222 的相关要求，不得使用易腐蚀、易虫蛀等不良性能的材料。

3.2.5 饰面材料应满足以下要求：

1 石墨烯电热膜地面供暖宜采用热阻小于 $0.05 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ 的饰面材料，如地砖、实木复合地板或浸渍纸层压木质地板等。

【条文说明】采用石墨烯电热膜供暖时，地面上不适宜铺设地毯，避免面层热阻过大，导致膜温过高，不仅影响电热膜寿命，还易形成安全隐患。

2 墙面供暖宜采用热阻小于 $0.114 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) / W}$ 的饰面材料，如石膏板等。不得采用铝塑板、木塑板等长时间受热易变形的材料。

3 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。

【条文说明】石膏板的强度按照现行国家标准《纸面石膏板》GB/T 9775 的规定确定。

3.3 石墨烯电热砖

3.3.1 石墨烯电热砖供暖系统使用的石墨烯电热砖应有产品检测报告及合格证书，并符合符合国家、行业相关标准的有关规定。

3.3.2 石墨烯电热砖的型号、商标应标识清晰，包装完好。

【条文说明】石墨烯电热砖的型号是指按照现行协会标准《石墨烯发热砖》T/GDID 1012 中列举的分类标记，商标是指企业自有并注册的商标，以上规定均指每个单件产品。

3.3.3 石墨烯电热砖电磁辐射量应小于 $100\mu\text{T}$ 。

3.3.4 电热砖防水等级不小于 IPX7。

3.4 温控器

3.4.1 温控器应符合国家现行标准《家用和类似用途自动控制器 第1部分：通用要求》GB 14536.1、《家用和类似用途自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536.10 和《温度指示控制仪检定规程》JJG 874 的有关规定。

【条文说明】目前，国家还没有正式发布专门针对电供暖温控器的产品标准。本规程规定：温控器应符合现行国家标准《家用和类似用途自动控制器 第1部分：通用要求》GB 14536.1、《家用和类似用途自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536.10 和《温度指示控制仪检定规程》JJG 874 的要求。

3.4.2 温控器不宜在低于-10℃和高于 50℃环境下使用，应具有防尘功能。

3.4.3 温控器应标志清晰、包装完好，并应附有检测报告和使用说明书。

3.4.4 温控器不应设置在厨房、卫生间、浴室等房间内。

【条文说明】温控器不应设置在存储或者使用易燃易爆物质的环境，也不应设置在卫生间、浴室等潮湿环境中。

3.4.5 温控器应具有室温调控功能，并保证石墨烯电热膜/砖的温度不超过 60℃。

【条文说明】当石墨烯电热膜/砖温度超过 60℃，应能够自动断开电源，停止加热；当供暖区域环境温度低于设定温度时，温控器内的保护电器自动接通电源，开始供热，使供暖区域使用过程中保持设定温度。

4 设计与构造

4.1 一般规定

4.1.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统的设计应与土建、建筑电气/智能化等相关专业密切配合，合理布置孔洞、沟槽、缆线、预埋件的位置。

4.1.2 石墨烯电热膜/砖供暖的热负荷应经计算确定。

【条文说明】本条规定了石墨烯电热膜/砖供暖热负荷的确定方法。石墨烯电热膜供暖所考虑的热负荷与其他供暖方式有所不同，例如：石墨烯电热膜安装在围护结构外墙时，耗热量计算与常规的计算不同，应按多层平面传热单独计算传热量。

4.1.3 石墨烯电热膜/砖供暖应根据安装位置及使用需求，确定选用相适应规格的石墨烯电热膜/砖产品。

4.1.4 石墨烯电热膜/砖供暖配电系统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、《民用建筑电气设计标准》GB 51348 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。

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

【条文说明】绝热材料厚度直接影响绝热效果，应通过计算确定。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。

4.1.6 石墨烯电热膜/砖供暖工程应提供下列施工图设计文件：

- 1 设计说明；
- 2 石墨烯电热膜/砖平面布置图；
- 3 石墨烯电热膜/砖安装构造示意图；
- 4 配电系统图、智能集中控制系统图（如有该系统）；
- 5 配电与监控平面图。

【条文说明】施工图设计文件应达到深度要求。石墨烯电热膜/砖平面布置图中应明确电热膜/砖的布置形式、计算数量、伸缩缝位置等。

4.1.7 施工图设计说明中应包括下列内容：

- 1 室内外计算温度；
- 2 石墨烯电热膜/砖类型规格及技术参数、总热负荷、总用电负荷；

- 3 绝热材料的类型、导热系数、表观密度、规格及厚度等；
 - 4 短路保护、过负荷保护及接地故障保护等；
 - 5 采用的温控措施、温控器型式及其控制系统的工作电压、工作电流等技术数据和条件；
 - 6 填充层、面层等构造层及伸缩缝的设置要求；
 - 7 当采用智能集中控制系统时，说明控制要求和原理；
 - 8 热计量或电能计量方式。
- 4.1.8 石墨烯电热膜/砖的加热单元不应跨越建筑或结构的伸缩缝。

4.2 供暖热负荷计算

4.2.1 石墨烯电热膜/砖供暖热负荷计算，应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012 及《低温辐射电热膜供暖系统应用技术规程》JGJ 319-2013 的有关规定。

4.2.2 当石墨烯电热膜/砖供暖为房间主体供暖方式时，室内计算温度的取值应比对流供暖系统的室内计算温度低 2℃。

【条文说明】根据国内外资料和工程实测，低温辐射供暖用于全面供暖时，在相同热舒适条件下的室内温度可比对流供暖时的室内温度低 2℃~3℃。本规程取 2℃。

4.2.3 当石墨烯电热膜/砖供暖用于房间局部或区域供暖时，热负荷应按整个房间全面石墨烯电热膜/砖供暖的热负荷乘以表 4.2.3 的计算系数确定。

表 4.2.3 局部石墨烯电热膜/砖供暖热负荷计算系数

供暖区面积与房间总面积比值	≥0.75	0.55	0.40	0.25	≤0.20
计算系数	1	0.72	0.54	0.38	0.30

4.2.4 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石墨烯电热膜/砖的布置。

【条文说明】进深较大的房间，通常存在内、外区热负荷不均匀的情况。为了在满足外区的设计温度的同时，避免内区过热，应分别计算热负荷和布置加热元件，以确保室温均匀。

4.2.5 铺设石墨烯电热膜/砖的建筑地面，不应计算地面的传热损失。

【条文说明】敷设石墨烯电热膜/砖的建筑地面，由于地面下铺设了绝热层和反射膜，不存在室内空气通过地面向外的传热负荷，因此计算房间热负荷时不考虑此部分地面的传热负荷。但供暖地面会存在向下的热损失，这部分热损失应计算在电热膜供电功率中。

4.2.6 采用石墨烯电热膜/砖供暖的房间（不含楼梯间），高度大于 4m 时，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，计算高度附加率。每高出 1m 应附加 1%，但总附加率不宜大于 8%。

【条文说明】本条依据《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736 规定。以前有关地面辐射供暖的规定认为可不计算房间热负荷的高度附加。但实际工程中的高大空间，尤其是间歇供暖时，长存在房间升温时间过长甚至是供暖量不足等问题。原因主要是：①面积相同的房间，高大空间外墙等外围护结构比一般房间多，“蓄冷量”较大，供暖初期升温时需要相对较多的供热量；②地面辐射供暖向房间散热时，有将近一半仍依靠对流换热，房间高度方向也存在一些温度梯度。因此，采用石墨烯电热膜/砖供暖时，也应考虑高度附加，器附加值约按一般散热器供暖计算值得 50%取值。

4.2.7 石墨烯电热膜/砖供暖系统热负荷，应计算间歇供暖附加值和户间传热负荷，按式 4.2.7 计算：

$$Q = \alpha \cdot Q_j + q_h \cdot M \quad (4.2.7)$$

式中： Q ——房间热负荷（W）；

Q_j ——房间基本热负荷（W）；

α ——考虑间歇供暖的修正系数，取 1.3；

q_h ——房间的单位面积平均户间传热量（W/m²），对于住宅，可参考表

4.2.7 取值；

M ——房间的使用面积。

表 4.2.7 住宅户间传热负荷附加值

住宅建筑节能水平	户间传热负荷附加值 q_h (W/m ²)
50%节能率	10
65%节能率	7

75%节能率	5
80%节能率	3.5

【条文说明】由于石墨烯电热膜/砖供暖系统控制灵活，便于室温调节，用户会根据需要间歇使用，并会出现相邻房间温差较大现象。因此，在设计中应考虑间歇使用和邻室之间的传热量，但对于整栋建筑均采用石墨烯电热膜/砖供暖系统的建筑，附加供电总负荷不应统计在建筑总供电负荷内。

4.2.8 在外墙内墙面安装石墨烯电热膜时，对安装石墨烯电热膜的面积应单独计算传热量。

【条文说明】石墨烯电热膜供暖外墙内墙面安装时，安装石墨烯电热膜的面积应按多层平面传热单独计算传热量，其电热膜的表面温度取 60℃。

4.2.9 夏热冬冷地区及温和地区安装使用电热膜时，应按设计需求单独计算传热量。

【条文说明】夏热冬冷地区及温和地区因生活习惯及使用特点与集中供暖地区不同，可根据具体需求计算传热量。

4.3 石墨烯电热膜/砖数量确定

4.3.1 建筑物供暖房间所需要的石墨烯电热膜/砖数量，应按式 4.3.1 进行计算：

$$N = (1 + k)Q/P (1 - \alpha) \quad (4.3.1)$$

式中： N ——所需石墨烯电热表 4.2.3/砖的数量（片）；

k ——附加运行系数，考虑电压波动、功率衰减等各种因素，一般取 0.2。

α ——热损失系数，向下传热损失占电热膜供热功率的比例，可参考表 4.3.1 取值。

Q ——房间热负荷（W）；

P ——每片石墨烯电热膜/砖额定电阻时的功率（W）；

表 4.3.1 热损失系数取值

饰面层材料	瓷砖	塑料	木地板
热损失系数 α	0.16	0.21	0.23

【条文说明】石墨烯电热膜/砖额定电阻时的功率，应根据产品规格型号选取。

功率转化成热量后,在上下两个方向传热,即向上的有效供热量和向下(或土壤)的传热损失。

4.3.2 石墨烯电热膜/砖数量的计算结果出现小数时,应取整数部分再加 1 确定其数量。

4.3.3 确定房间内安装电热膜/砖片数时,应按式 4.3.3 校核地面、墙面的平均温度,且不应高于本规程第 4.4.7 条或第 4.4.11 条的最高限值。

$$t_{pj}=t_n+9.82\times\left(\frac{q_x}{100}\right)^{0.969} \quad (4.3.3)$$

式中: t_{pj} ——地面的表面平均温度(℃);

t_n ——室内计算温度(℃);

q_x ——单位地面散热量(W/m²)。

【条文说明】地面的平均温度高于本规程第 4.4.7 条或墙面平均温度高于第 4.4.11 条的限值时会使人感到不舒服。此公式仅适用于全面辐射供暖的房间,不适用于局部地面供暖的情况。当供暖表面平均温度计算值过高时,可采取下列措施:改善建筑外围护结构热工性能;增设其他供暖设备;在满足舒适度的条件下,适当降低室内计算温度。

4.4 石墨烯电热膜供暖

4.4.1 石墨烯电热膜供暖地面构造自下而上依次应为楼板或与土壤相邻地面、(防潮层)、绝热层、反射膜、电热膜、防护层、填充层、(防水隔离层)、饰面层。安装石墨烯电热膜的地面构造层与四周墙面接触部位应设置绝热层。

【条文说明】石墨烯电热膜地面供暖地面的基本要求。当铺设在与土壤或室外空气相邻的地板上时,应在绝热层下面增设防潮层;当铺设在卫生间等潮湿环境地面时,应在饰面层下增设防水隔离层。

在石墨烯电热膜地面供暖地面构造设计中,各部位采用的材料、厚度要求都应详细给出,并根据石墨烯电热膜具体的设置位置情况,确定具体的地面构造。反射膜一般采用 PET 镀铝膜;石墨烯电热膜应选用符合产品标准且适用于地面供暖的产品;防护层可采用 0.05mm 的 PE 膜;饰面层依据使用要求可选用地砖、

塑料地面材料、复合地板等。

4.4.2 当石墨烯电热膜布置在与土壤相邻的地面时，必须设绝热层，绝热层下部必须设置防潮层。

【条文说明】土壤中水分进入到绝热层内，将破坏绝热层绝热效果。因此，设计时必须要在土壤和绝热层中间加设防潮层，保护绝热层，保证石墨烯电热膜地面供暖达到设计要求。

4.4.3 当饰面层采用复合地板或实木地板时，地面应设置防水隔离层。

【条文说明】复合地板或实木地板多为拼装形式安装，存在安装缝隙，为防止地面水分通过安装缝隙渗流到石墨烯电热膜层，也应设置防水隔离层。

4.4.4 用于卫生间、洗衣间等潮湿房间供暖的石墨烯电热膜，宜安装于墙面；当用于地面供暖时，石墨烯电热膜的防护等级应不小于 IPX8，地面应设置防水隔离层及辅助等电位联结的金属网。

【条文说明】卫生间、洗衣间等潮湿房间不推荐使用石墨烯电热膜供暖；当确需采用时，应采取防水、防潮，提高保护层强度等措施，适应潮湿环境特点。当敷设于地面时，根据不同场所要求，为防止各种液体、潮气透过地面，石墨烯电热膜的防护等级应不小于 IPX8，地面应设置防水隔离层及辅助等电位联结的金属网。

4.4.5 石墨烯电热膜供暖的地面宜设置伸缩缝。具体设置要求参照本规程第 5.5.2 条、5.6.2 条的规定。

【条文说明】石墨烯电热膜供暖地面存在着热胀冷缩现象，为了地面不出现裂痕，保证电热膜地面使用效果，在设计时要给出伸缩缝设置位置和设置要求。伸缩缝可采用高发泡聚乙烯泡沫塑料。

4.4.6 填充层厚度不应小于 30mm，材料详见本规程第 3.2.3 条。

4.4.7 安装石墨烯电热膜的地面平均温度限值应符合表 4.4.7 的规定。

表 4.4.7 地面平均温度限值（℃）

区域特征	适宜范围	最高限值
人员经常停留区	25~27	29
人员短期停留区	28~30	32
无人停留区	35~40	42

4.4.8 堆放保温、绝热等材料的库房及易燃易爆等火灾危险性大的房间，严禁采用石墨烯电热膜地面供暖系统。

4.4.9 当石墨烯电热膜在墙上安装时，可采用有龙骨和无龙骨两种结构形式，并应符合下列规定：

1 有龙骨结构形式应为龙骨、绝热层、石墨烯电热膜、饰面层；

2 无龙骨结构形式应为绝热层、石墨烯电热膜、饰面层。

【条文说明】石墨烯电热膜墙面供暖可采用有龙骨和无龙骨两种结构形式，两种结构形式安装占用的空间不同，施工要求也不同。

4.4.10 墙面安装时，石墨烯电热膜应安装在距地面 200mm~2000mm 的墙面部位。

【条文说明】考虑到便于施工、保证供暖效果和地面出现潮湿情况不影响墙面安装石墨烯电热膜的正常工作，确定该值。

4.4.11 安装石墨烯电热膜的墙面平均温度值不应高于 35℃。

4.4.12 当石墨烯电热膜墙面安装时，饰面层完成后，不应再做二次装修。

4.4.13 考虑到供暖系统的舒适性，不建议采用石墨烯电热膜棚面供暖。

4.5 石墨烯电热砖供暖

4.5.1 当石墨烯电热砖布置在与土壤相邻的地面时，石墨烯电热砖下部应设置防潮层。

【条文说明】石墨烯发热砖由瓷砖、石墨烯电热膜、保温绝热材料三部分粘合而成，为防止石墨烯发热砖布置在与土壤相邻的地面时，地面水分破坏石墨烯发热砖的保温层，需设置防潮层。

4.5.2 石墨烯电热砖不应布置在卫生间、洗衣间等潮湿房间的地面。

4.5.3 石墨烯电热砖的地面平均温度限值应符合表 4.4.7 的规定。

4.6 石墨烯电热膜/砖布置

4.6.1 石墨烯电热膜/砖不宜布置在被家具等覆盖的区域。铺设电热膜/砖的地面与安放家具地面之间的水平距离宜大于 50mm。

【条文说明】家具的遮挡会影响散热效果，并会产生过热现象，影响安全运行，尽管房间在使用中家具摆放具有不确定性，但是常规的摆放位置还是有一定规律的，因此在设计时应加以考虑。如条件所限确需在铺设了石墨烯电热膜的地面上摆放家具时，应确保家具与地面之间至少 50 mm 的空隙。

4.6.2 地面的固定设备、橱柜、卫生洁具、淋浴区的下方及管道安装位置不应布置石墨烯电热膜/砖。厨房和卫生间宜将电热膜布置在无管道、无遮挡的侧墙面，或者考虑其他补充供暖方式。

【条文说明】固定设备、橱柜位置布置石墨烯电热膜不利于散热；卫生洁具、淋浴区的下方及管道安装位置布置电热膜维修时会破坏石墨烯电热膜。其他供暖方式如暖风机供暖等。

4.6.3 石墨烯电热膜布置最小间距应符合下列规定：

- 1 地面敷设时与墙体的距离不应小于 200mm；
- 2 与配电箱、燃气设备及管道、通风管道、其他热源等的距离不应小于 200mm；
- 3 与隐蔽装置表面的距离不应小于 50mm；
- 4 膜片之间的距离不应小于 50mm。

4.6.4 石墨烯电热膜/砖的连接应采用并联形式。

【条文说明】如采用串联形式，当某处线路故障时，会影响整个系统的正常运行。

4.6.5 石墨烯电热膜发热区范围内，不得有任何相互搭接的现象。

【条文说明】石墨烯电热膜发热区范围内相互搭接会使电热膜运行出现过热现象，影响安全运行。

4.6.6 石墨烯电热膜/砖地面辐射供暖系统应设置均匀分布的过热保护装置，且电热膜/砖功率密度不宜大于 200W/m²。

4.6.7 安装石墨烯电热膜/砖的每个房间，应分别设置温控器。

【条文说明】每个房间分别设置温控器，可以根据不同的用途和使用时间，合理地进行调节控制，有利于节能和满足个性化使用需求。

4.6.8 房间热负荷确定之后，应绘制石墨烯电热膜/砖平面布置图。

【条文说明】石墨烯电热膜/砖平面布置图即根据计算的热负荷换算成电热膜/砖数量绘制石墨烯电热膜/砖在地面上的布置图。

4.7 石墨烯电热膜/砖供暖配电系统

4.7.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统负荷等级应根据供电可靠性及中断供电所造成的损失或影响的程度,结合建筑物性质、规模及当地气候条件等因素合理确定。负荷计算方案设计阶段可采用单位指标法,初步设计及施工图设计阶段宜采用需要系数法。

【条文说明】一般情况下,供暖用电负荷为三级负荷。当严寒和寒冷地区的建筑物(群)供暖方式全部采用石墨烯电热膜供暖时,如大面积停电会造成较大社会影响,或影响重要单位正常工作,或造成重要设备损坏及人员冻伤,负荷等级不宜低于二级。

在方案设计阶段,供暖用电负荷指标应由暖通专业设计人员提供。在初步设计阶段和施工图阶段,供暖用电负荷需要系数应考虑建筑性质、气候条件、电能政策(是否实行峰谷电价)、电热膜工作特点(间歇工作制)等因素,还要综合人群生活习惯、用户数量和入住率等因素确定。

对于住宅建筑供暖用电负荷,每户的需要系数应为 1.0,对于多户情况,应根据户数确定。现行行业标准《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242-2011 条文说明第 3.4 节的表 1,给出了住宅建筑用电负荷的需要系数(通常不包括电热供暖用电负荷)。根据电热膜运行特点,其供暖用电负荷的需要系数应高于表 1 的参考值,建议在表 1 的基础上增加 0.1~0.35。

在变压器及配电干线选择时,应考虑电热膜供暖负荷与空调负荷不同时使用的运行情况,合理减除相应用电负荷。

4.7.2 配电系统宜采用交流 220V 单相供电方式,每个单相终端配电回路的电热膜用电负荷宜不大于 3kW。当电热膜用电负荷大于 12kW 时,宜采用 AC220V/380V 三相供电,当单相负荷接入时,应尽可能使三相负荷平衡,负荷不平衡率不宜大于 15%。

【条文说明】石墨烯电热膜/砖的额定工作电压为 220V,终端配电系统应采用单相交流供电方式。当石墨烯电热膜/砖配电系统用电负荷较大时,应采用 220V/380V 三相供电方式设计配电系统干线。

4.7.3 配电系统设计应结合建筑物性质、用电负荷大小、电能计量要求等因素,并应符合下列规定:

1 住宅建筑中，石墨烯电热膜/砖配电回路宜引自套内分户配电箱，每个分支回路应单独设置；当石墨烯电热膜/砖供暖有单独计量要求时，宜设置独立配电箱，与照明、插座用电系统分开计量；

2 公共建筑中，石墨烯电热膜/砖配电系统宜设置独立配电箱，单独计量；

3 对既有建筑采用石墨烯电热膜/砖供暖，当原有配电系统不能满足设计要求时，应对配电系统进行改造，并应满足当地供电部门的管理规定。

4 对有峰谷电价规定的配电系统，应采用复费率电度表。

【条文说明】国家标准《住宅建筑规范》GB50368-2005 第 8.5.4 条和国家标准《住宅设计规范》GB50096-2011 第 8.7.3 条中规定：每套住宅应设置户配电箱，并设置电源总开关（断路器）。因此，石墨烯电热膜/砖配电系统电源应引自套内配电箱。考虑到石墨烯电热膜/砖的特殊性及人身安全，其配电回路不应与照明及插座回路合用。当地用电管理部门对石墨烯电热膜/砖供暖系统用电有单独计量要求时，可根据具体规定设计单独配电系统。

公共建筑中，由于用电设备种类繁多，特性不同，保护要求也不一致，因此宜单独设计石墨烯电热膜/砖配电系统。

4.7.4 石墨烯电热膜/砖分支配电线路应设短路保护、过负荷保护和接地故障保护。

4.7.5 石墨烯电热膜/砖分支配电回路应采用非延时型剩余电流动作保护器，自动切断故障回路，剩余动作电流值不应大于 30mA。

【条文说明】采用剩余电流动作保护是实现电击附加防护的有效措施之一，以确保系统能自动切断故障回路的供电电源。在每个分支配电回路设置保护是必要的，既实现了各分支配电回路的保护功能，又保证了供电的可靠性和连续性。

（电热砖是没有接地回路的，没有等电位接地网）

4.7.6 石墨烯电热膜/砖电缆均采用低烟、无卤、铜芯的阻燃材料。（B1 级）

【条文说明】为避免燃烧危及系统正常工作，以及燃烧时产生的有害气体危害人身健康、危及安全。

4.7.7 石墨烯电热膜/砖配电系统的接地保护形式应与低压配电系统一致。

4.8 监测与控制

4.8.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统宜采用就地控制和远程集中控制相结合的形式。

式。

【条文说明】石墨烯电热膜/砖可在房间内就地手动操作，进行实时调控，达到按需使用。也可采用无线、网络、载波或电话等通信系统对温控器进行智能化远程监控，安装于每个房间的温控器，根据用户的设定温度，控制电热膜的开与关，控制房间温度。

4.8.2 每个房间或独立区域应设温控器。当同一房间或区域石墨烯电热膜/砖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。

【条文说明】单台温控器所带石墨烯电热膜/砖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，可采用温控器加接触器组合的控制模式。

4.8.3 接触器等器件应与电气回路有关参数相匹配，其辅助触点的数量、接点容量均应满足控制要求。

4.8.4 温控器应带有监控环境室温和电热膜表面温度变化的功能，并宜具有传感器故障检测与报警功能。

【条文说明】温控器可通过产品上下散热孔采集室内温度，当室内温度超过设定温度时，切断电热膜电源，当室内温度低于设定温度时，接通电热膜电源。另外温控器接受电热膜表面热电偶信号，当电热膜表面温度超过设定温度时，切断电热膜电源，当电热膜表面温度低于设定温度时，接通电热膜电源。

4.8.5 温控器应设置在附近无散热体、周围无遮挡物、不受阳光直射、不受风直吹，能正确反映室内温度的位置。温控器安装高度应与照明开关安装高度一致，并应操作方便。

【条文说明】此条提醒设计者在布置温控器的位置时应考虑到空气流通、操作便利性等因素，并且能反映人的主要活动区域温度状况。对于卫生间、浴室等不适于安装温控器的场所，可采用把温控器的测温探头放置在卫生间、浴室内，把信号传至室外的温控器。

4.8.6 用于超温保护的热电偶应安装在能准确反映电热膜表面温度的位置，热电偶的安装数量应合理确定。

【条文说明】超温保护的作用是防止电热膜/砖表面温度超过其规定值，从而保

证电热膜的安全使用及其寿命。因此，其热电偶安装位置及数量很重要，应考虑地面上家具和设备等布置情况而定。行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012 给出热电偶安装数量的参考值：设置密度不低于 2 个/m²。

4.8.7 对温度控制及显示要求较高的场所，宜选用液晶显示方式的温控器。

4.8.8 温控器应具备掉电保护功能，键盘带自锁功能防止误操作。

【条文说明】防止设置参数在停电时丢失。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统施工单位应具有相应的施工资质，施工人员应经过相关技术培训并且持证上岗。

【条文说明】规定了石墨烯电热膜/砖供暖系统施工单位及施工人员资质的要求。

石墨烯电热膜/砖供暖系统的工作电源电压为 220V/380V，施工单位应具有电力承装（修）五级以上施工资质。

施工单位应对参与施工的人员进行相应的技术培训和交底，保证其掌握施工方法及技术要求，培训后应考核并颁发合格上岗证。

5.1.2 石墨烯电热膜/砖供暖系统施工应在安装前进行技术交底，并根据施工图等设计文件，编制施工组织设计或施工方案。

【条文说明】在进场施工前，组织设计、施工等相关人员对现场进行实地勘察，并对设计方案、施工方案、设计图纸等进行会审，审核设计与现场是否相符，设备配置、安装位置是否合理等；应根据项目的规模编制施工组织设计或施工方案。

5.1.3 施工组织设计或施工方案应包含以下内容：

- 1 工程概况，含工程名称、地点、建筑层数、面积、工程量、工期、现场施工条件等；
- 2 工程项目管理组织机构分工；
- 3 主要设备、材料的技术指标、规格型号等重要参数，以及保管存放措施；
- 4 施工程序和工艺流程，配电系统的协调配合，各步骤施工时间计划；
- 5 施工、安装质量控制措施及验收标准，含施工前环境检查、绝热层铺设、石墨烯电热膜/砖安装、填充层及饰面层施工、电阻测试和绝缘测试、隐蔽前后综合检查、系统试运行调试、竣工验收等；
- 6 施工进度计划、人员安排计划等。

5.1.4 石墨烯电热膜/砖供暖系统施工应具备下列条件：

- 1 施工图纸及相关技术文件齐全，并通过审查；
- 2 施工组织或施工方案已经批准；
- 3 材料、施工队伍、机具等已准备就绪；

- 4 施工现场应有供水、供电条件，应有储放材料的临时设施；
- 5 电热膜供暖系统所使用的电热膜/砖、电线、电缆、绝热材料等主要设备、材料进场检验记录齐全，且二次复检合格；
- 6 建筑物已完成墙面内粉刷（不含面层），外窗、外门应已安装完毕，暗铺设的其他管线工程已完成；
- 7 直接与土壤相邻的地面，应已完成防潮层铺设。
- 8 相关电气预埋工程已完成，配电箱已就位，电热膜各分支回路管线工程已完成；
- 9 地面安装电热膜/砖时，地面质量符合现行国家标准《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209 的有关规定；
- 10 作业面已清理干净，无其他专业交叉施工。

【条文说明】规定了石墨烯电热膜/砖安装应具备的条件。

5 石墨烯电热膜/砖系统相关设备及产品必须有生产厂名、批号、检验代号及生产日期，便于工程质量监督部门监督，有效杜绝伪劣产品。

温控器、接线盒等设备安装前应检查外观是否完好，标识是否清晰、规格及型号是否符合设计要求。

9 找平地面应确保基本面水平，硬度足够，各处高差在 10mm 以内，无明显凹凸感。

10 石墨烯电热膜/砖安装涉及整个地面，为了避免影响电热膜安装和防止石墨烯电热膜/砖损坏，地面应干净、无垃圾，无大于 3mm 的颗粒物，且干燥，无水渍，无其他材料堆放，同时应避免在石墨烯电热膜/砖安装区域交叉作业。

地面安装石墨烯电热膜时，还应保证填充层固化强度大于 75%，才能进行其他专业施工。

建筑物内抹灰工程和暗铺设的其他管线工程及配电箱已就位，石墨烯电热膜/砖各分支回路管线工程已完成，应作为石墨烯电热膜安装前的前提条件。

5.1.5 石墨烯电热膜/砖供暖系统施工的环境温度低于 5℃ 时，应采取升温措施。

5.1.6 对隐蔽工程应做好标识，主要设备安装应与室内装修单位充分协调，避免返工。

5.1.7 石墨烯电热膜/砖的每条连接导线均应穿管敷设，并在温控器或交流接触

器的接线盒内汇总。

5.1.8 石墨烯电热膜/砖安装前、后均应测量其标称电阻和绝缘电阻，并做好自检记录。

5.1.9 安装过程中，施工单位应配合土建及其他相关专业进行阶段性检查和隐蔽工程验收。

【条文说明】本条是为了保证石墨烯电热膜/砖供暖系统安装过程的顺利进行，并确保安装质量。

5.1.10 石墨烯电热膜/砖供暖系统施工结束后，应绘制竣工图，准确标注电热膜的平面布置位置、电缆（线）走向、过热保护探头（如有）位置等；竣工图应留档。

5.2 绝热层铺设

5.2.1 当地面安装石墨烯电热膜时，绝热材料铺设应贯通整个地面。地面与外墙内表面接触部位应做绝热处理。

【条文说明】规定了地面绝热层铺设要求。地面铺设绝热层是防止热量向下层传递，绝热材料应铺满整个房间，铺设应平整有序、无缝贯通，不留死角且应减少板件缝隙（拼接缝隙不应超过 3mm）。地面与外墙内面接触部位的绝热层应竖起，并与填充层等高，以减少地面与外墙间的换热。

绝热层与地面之间用结构胶固定。

5.2.2 当墙面安装石墨烯电热膜采用有龙骨形式时，绝热材料铺设应平整并填满龙骨，绝热层应凸出龙骨 5mm~10mm；当采用无龙骨形式时，绝热材料铺设宜采用粘贴形式，胶粘剂应与绝热材料相适应。

【条文说明】绝热层凸出龙骨 5mm~10mm，是保证电热膜与饰面层的紧密接触，以免产生空气层影响供暖效果。

5.2.3 绝热层之上应铺设反射膜。

【条文说明】反射膜应顺序铺贴，用防水胶布固定在绝热层上，用剪刀裁剪确保房间满铺。铺设完成的镜面反射膜应无折皱和凸起，且拖拉不移位。

5.3 石墨烯电热膜/砖铺设

5.3.1 严禁在施工现场对石墨烯电热膜进行裁剪（对电热砖进行切割）、变更引出线、电气绝缘等操作。

【条文说明】因施工现场环境条件较差，难以保证导线连接和电气绝缘的质量，所以严禁在施工现场进行对石墨烯电热膜实施剪裁、变更引出线及电气绝缘等操作，应在运抵现场前在厂内或与厂内环境条件相当的现场操作间内完成这些工作。

5.3.2 石墨烯电热膜应按施工图铺设，并应符合下列规定：

1 石墨烯电热膜铺设应平整，不得有褶皱、扭曲；膜与膜之间平行排列，无交错、挤压、凸起。

2 地面铺设石墨烯电热膜时，应符合下列规定：

1) 应采用热熔胶、塑料钉、胶带等将石墨烯电热膜固定于绝热层（反射膜）上，其位置应符合施工图要求；

2) 应保证石墨烯电热膜连接缆线及部件被填充层完全覆盖；无填充层时，应保证连接缆线及部件完全嵌入绝热层，且开槽应与连接缆线及部件尺寸相适宜；

3) 应在石墨烯电热膜上铺设防护层，并与电热膜粘贴牢固。

3 墙面铺设石墨烯电热膜时，应符合下列规定：

1) 宜采取细钢丝网固定于绝热层上，保证电气安全。

2) 当采用有龙骨安装石墨烯电热膜时，应采用拉铆钉或自攻螺钉沿膜两边将石墨烯电热膜固定在纵向龙骨的底面槽内，钉距 300mm；

3) 当采用无龙骨安装石墨烯电热膜时，宜采取粘贴形式将石墨烯电热膜固定于绝热层（反射膜）上。

【条文说明】地面安装石墨烯电热膜，为避免填充层施工时石墨烯电热膜移位，一般采用热熔胶、塑料钉、胶带等对石墨烯电热膜进行固定，但不论采用哪种措施，都应保证石墨烯电热膜不受损伤，并尽量减少对绝热层的破坏。

缆（线）及部件露出填充层不仅会破坏填充层的完整性，还可能造成施工中连接缆（线）及部件损坏；在绝热层上开槽与连接缆（线）及部件尺寸相适宜，即根据缆（线）及部件尺寸确定开槽尺寸，且应避免割透绝热层，以此减少因绝热层破坏影响绝热效果。

防护层应完全盖住石墨烯电热膜，且不能有折皱，不能被拖动移位。

5.3.3 石墨烯电热砖应按施工图铺设，铺设时应填充密实，牢固可靠。

5.3.4 石墨烯电热膜/砖铺设时，接头方向靠墙位置应预留不小于 150mm 区域用于埋放主线。

【条文说明】安装石墨烯电热膜时，用单排主线按顺序连接每一片电热膜/砖的接头，首条单排主线末端用防水螺母密封，最后一块电热膜/砖改用温控主线连接，通过 PVC 管向上接入到温控器底盒里。将热电偶粘贴在电热膜表面上，并固定好；无填充层时，温控信号线、单排主线等部件需要在绝热层上开槽后埋入。

对于石墨烯电热砖供暖系统，此区域应铺普通瓷砖。

5.3.5 铺设电热膜：在绝热层上铺设电热膜，电热膜边缘与绝热层边缘或墙体之间距离宜为 200~300mm。

5.3.6 电热膜缆线应与接线端子充分接触，且连接牢固可靠。

5.3.7 电热膜缆线应采用穿管敷设，地面敷设的管线防护等级不低于 IPX7。

5.3.8 热电偶与温控器的安装应满足以下要求：

- 1 热电偶应安装在反映蓄热层温度的位置。
- 2 温控器引出的热电偶的数据线和电源线可同管敷设。
- 3 温控器安装结束后，应进行电流测试，测试电热膜发热状态和温控器的动作温度。

5.3.9 石墨烯电热膜/砖与缆线连接后，应进行检测，石墨烯电热膜/砖功率应符合设计要求，应无短路、断路现象，并应按本规程附录 A 的规定做记录。

【条文说明】接线连接完成之后，在填充层施工前，应对系统进行一次全面的检测；安装石墨烯电热砖时，在固定之前，应对系统进行全面检测。本检测是通过测量每组石墨烯电热膜的直流电阻来换算该组膜功率，通过检测也可判断有无短路或断路现象。

5.4 配电与监测系统

5.4.1 配电施工应符合现行国家标准《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定。

5.4.2 配电线路应穿管敷设。地面安装石墨烯电热膜/砖时，线路应沿墙边敷设，管线不得穿越石墨烯电热膜/砖安装区。

5.4.3 地面安装石墨烯电热膜/砖时，用于石墨烯电热膜/砖的辅助等电位联结的金属网应与配电系统的等电位或保护接地导体可靠连接。

5.4.4 配电施工时，应采取保护热电偶故障更换的措施。

5.4.5 温控器应端正、紧贴墙面安装，牢固固定，并留出上下散热孔。温控器与门框边缘距离宜为 15~20mm，若与照明开关并列宜留有 20mm 间距。

【条文说明】在确定温控器的安装位置时，通常考虑其能否有室温代表性、是否会受到外界因素干扰及整体美观性等，施工时不得随意改动设计位置。另外，温控器通常会与房间照明开关并排安装，因此应保证其间留有一定的间距。

5.4.6 用于安装固定的金属龙骨应与配电系统的保护接地可靠连接。

5.5 填充层施工

5.5.1 填充层施工应具备以下条件：

- 1 电热膜验收合格；
- 2 伸缩缝已预留或设置完毕；
- 3 已通过隐蔽工程验收。

5.5.2 填充层施工前，应按以下要求设置伸缩缝：

1 在与墙、柱、门等垂直构件交接处，应设置不间断的伸缩缝，且伸缩缝宽度不应小于 10mm；伸缩缝填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料，填充材料应采用搭接方式连接，搭接宽度不应小于 10mm；

2 当地面面积超过 30m²或边长超过 6m 时，应按不大于 6m 间距设置伸缩缝，且伸缩缝宽度不应小于 8mm；填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料或弹性膨胀膏；

3 伸缩缝应从绝热层的上边缘做到填充层的上边缘。伸缩缝填充材料与墙、柱应有可靠的固定措施，并与绝热层紧密连接。

5.5.3 填充层应由有相应资质的土建施工方承担，按设计要求的材料及厚度制做；施工过程中不得拆除和移动伸缩缝。

5.5.4 用于石墨烯电热膜辅助等电位联结的金属网，应居于填充层厚度中间位置，网片间应采取焊接的形式。

【条文说明】在填充层加钢筋（丝）网片，其作用有两方面，一是用作石墨烯电

热膜供暖系统的辅助等电位联结；二是抗裂及增加地面强度，所以位于填充层中间位置最有效。具体做法：在电热膜防护层上，先抹不小于 10mm 厚的水泥砂浆填充层，再铺设钢筋（丝）网片。钢筋（丝）网直径不宜小于 1mm，网格不大于 100mm×100mm，网片与保护接地导体（PE）相连。施工时把钢丝网浇铸在混凝土垫层中，钢丝网与温控器引出的保护接地导体（PE）线相连接。

5.5.5 填充层施工后，应检测每片电热膜的绝缘电阻，验收并做好记录。

5.5.6 在混凝土填充层未固化前，严禁通电调试或使用石墨烯电热膜/砖。

【条文说明】地面混凝土未固化前，湿度较大，这期间通电调试或使用石墨烯电热膜/砖供暖系统可能会导致配电系统故障或损坏石墨烯电热膜供暖系统。

5.6 饰面层施工

5.6.1 饰面层施工应符合土建施工设计图纸的要求，并符合以下规定：

- 1 饰面层施工前，填充层应达到面层需要的干燥度和要求的强度；
- 2 饰面层施工时，不得剔、凿、割、钉、钻填充层，不得向填充层内楔入任何物体。

5.6.2 饰面层施工时，应按以下要求设置伸缩缝：

- 1 在与内墙、柱、门等垂直构件交接处，饰面层为石材、地砖时应留 10mm 宽的伸缩缝，为木地板时应留不小于 14mm 宽的伸缩缝；
- 2 面积较大的面层应由建筑专业计算伸缩量，设置必要的面层伸缩缝。
- 3 伸缩缝宜填充高发泡聚乙烯泡沫塑料；
- 4 伸缩缝填充材料应高出上表面 10~20mm，装饰层铺设完毕后，应裁去多余部分或以踢脚遮挡。

5.6.3 饰面层采用地砖或石材时，宜将填充层和饰面层施工结合进行，伸缩缝处宜采用干贴。

【条文说明】填充层与饰面层可以分开施工，但结合施工将更有利于保证地面标高并提高地面强度。伸缩缝处采用干贴，有利于缓冲地面伸缩。

5.6.4 墙面安装石墨烯电热膜时应符合下列规定：

- 1 当墙面采用无龙骨安装电热膜时，应采用砂浆加网格布处理后，再进行饰面层施工；

2 面层固定螺钉应准确定位。

【条文说明】采用螺钉固定石墨烯电热膜或其上饰面层时，定位不准确可能会损坏电极或发热区。

3 墙面应设金属护套、金属外罩或细密金属网，且应与供电回路的保护接地导体相连。

5.7 成品防护

5.7.1 成品保护应防止石墨烯电热膜/砖与有腐蚀性的化学物质接触。

5.7.2 铺设石墨烯电热膜/砖区域内不得进行焊接及其他明火作业。

5.7.3 在填充层、饰面层及室内进行装饰施工过程中，不得在安装石墨烯电热膜/砖的区域进行钻孔、打钉等可能损坏电热膜/砖的操作。

6 检验、调试及验收

6.1 一般规定

6.1.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统应组织各相关专业进行检验、调试及验收，并做好记录、会签文件、立卷归档。

6.1.2 石墨烯电热膜/砖供暖系统应对下列内容进行检查和验收：

- 1 石墨烯电热膜/砖、温控器、绝热材料，电线、专用电缆等的质量；
- 2 原始地面、绝热层、填充层、饰面层等施工质量；
- 3 石墨烯电热膜/砖安装质量；
- 4 隐蔽前和隐蔽后石墨烯电热膜/砖的功率（测量电阻法）、绝缘电阻；
- 5 温控器安装质量；
- 6 回路、系统试运行调试。

6.2 调试与试运行

6.2.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统在施工完毕且混凝土填充层养护期满及饰面层允许受热后，应进行调试和试运行。

【条文说明】过早通电使用，会造成填充层受热不均、混凝土脱水过快强度下降或造成油饰、粉饰饰面颜色不均，饰面板连接处产生裂缝。当地面散热末端表面为干性水泥砂浆结合层时，地面的干燥程度将直接影响调试过程中的测试数据和结果判断。应在地面保养期过后、确认结合层已经干燥才可以进行系统调试。没有完全干燥的水泥砂浆结合层通电加热，也是造成地面开裂的原因之一。

一般情况下，豆石混凝土填充层的养护周期不应小于 21 天，水泥砂浆填充层的养护时间不应少于 7 天。

6.2.2 石墨烯电热膜/砖供暖系统的运行调试应编制调试方案，并应具备下列条件：

- 1 建筑围护结构保温节能工程施工完成，门窗安装封闭结束；
- 2 建筑内部湿作业完成；
- 3 调试与试运行具备正常供暖和供电的条件。

【条文说明】具备必须的供暖和供电的条件是进行调试的前提。若暂时不具备正

常供暖和供电的条件时，调试工作应推迟进行。调试方案中应明确如下测试内容：

- 1 参考现行行业标准《低温辐射电热膜》JG/T 286 的要求，发热体实际铺设功率与设计功率的最大误差应在 $\pm 10\%$ 以内；
- 2 采用石墨烯电热膜/砖地面供暖时，系统对地绝缘应大于 $500\text{M}\Omega$ ；
- 3 采用石墨烯电热膜/砖地面供暖时，每个剩余电流保护器动作值不应大于 30mA ，正常运行泄漏电流不跳闸；
- 4 温控器额定负载与实际承载功率应匹配，并至少留有 10% 的负载余量。

6.2.3 石墨烯电热膜/砖供暖系统的调试工作应由施工单位与建设单位配合按调试方案进行。

6.2.4 具有填充层的石墨烯电热膜/砖供暖系统初始通电加热时，应控制室温平缓上升，每天升温不宜大于 5°C ，直至室内温度达到设计要求。

6.2.5 温控器的调试应按使用说明书进行。

【条文说明】温控器种类、型号、使用方法差异性很大，按相关使用说明书的要求进行调试，可避免使用不当损坏温控器。

6.2.6 石墨烯电热膜/砖供暖系统的供暖效果，应以房间中央距地面 1.5m 处黑球温度计指示的温度，作为评价和检测的依据。

6.3 验收

6.3.1 石墨烯电热膜供暖系统安装完毕填充层或饰面层施工前，应按隐蔽工程要求提出书面报告后进行中间验收。

6.3.2 石墨烯电热膜/砖供暖系统中间验收，应符合下列规定：

- 1 供暖地面施工前，地面的平整度、清洁情况应符合施工要求
- 2 供暖地面应按要求铺设防潮层、防水隔离层、防护层等；
- 3 绝热层的厚度和材料的物理性能及铺设应符合设计要求；
- 4 伸缩缝设置应按要求敷设完毕；
- 5 石墨烯电热膜/砖的安装功率、规格等应符合设计要求；
- 6 石墨烯电热膜/砖应可靠固定，发热区应无相互搭接，每组电热膜应无短路和断路现象，绝缘电阻测试应符合要求；
- 7 连接缆线绝缘应完好无破损。

【条文说明】电气设备绝缘破损、绝缘等级降低，导致用电安全隐患增加，隐蔽工程更应注重。测试直流电阻可保证石墨烯电热膜片/砖可靠连接，避免系统发生短路、断路故障。

6.3.3 供暖地面安装工程技术要求及允许偏差应符合表 6.3.3 的规定：

序号	项目	适用条件		技术要求	允许偏差 (mm)
1	楼板或与土壤相邻地面	铺设绝热层之前		平整	/
2	填充层	材料	豆石混凝土（标号，最小厚度）	C15，宜 30mm	平整度±5
			水泥砂浆（标号，最小厚度）	M10，宜 30mm	平整度±5
		面积大于 30m ² 或长度大于 6m		留 8mm 伸缩缝	+2
		与墙、柱等垂直部件		留 10mm 伸缩缝	+2
3	面层	与墙、柱等垂直部件	瓷砖、石材地面	留 10mm 伸缩缝	+2
			木地板地面	留 14mm 伸缩缝	+2
4	绝热层	绝热材料厚度	地面	按设计要求	±2
			墙面	按设计要求	±5

6.3.4 石墨烯电热膜/砖供暖系统竣工验收应包括下列项目：

- 1 安装功率、绝缘电阻等应符合设计要求；
- 2 温控器安装位置应符合设计要求；
- 3 面层平整度应达到设计要求，表面无明显裂纹；
- 4 安全防护应符合设计要求。

【条文说明】其他未注明的要求应执行现行国家标准《建筑地面工程施工质量验收规范》GB50209 和《建筑地面设计规范》GB50037 的相关要求。

6.3.5 地面、墙面应按现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定进行施工质量验收。

6.3.6 石墨烯电热膜/砖供暖工程竣工验收时，应提交下列文件，并应纳入竣工技术档案：

- 1 施工图、竣工图和设计变更文件；
- 2 主要材料、设备及配件的出厂合格证和检验合格证；
- 3 中间验收记录；
- 4 石墨烯电热膜/砖等材料的工地复试、检验合格证明；
- 5 工程施工安装质量验收表；
- 6 调试运行记录。

7 运行与维护

7.1 一般规定

7.1.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统未经调试，不得运行使用。

【条文说明】在石墨烯电热膜/砖供暖系统中，均为单相用电设备，为降低三相低压配电系统的负荷不平衡，须在调试、试运行过程中检测、调整温控器、剩余电流保护器、断路器、线路、用电设备，确保系统安全可靠运行，避免对系统造成损坏。未经调试的石墨烯电热膜/砖供暖系统严禁运行使用。

7.1.2 施工、建设方应提供石墨烯电热膜/砖供暖系统铺设位置的标示（如示意图等），竣工验收后不得在电热膜/砖铺设区域内采用可能破坏电热膜/砖的操作。

7.1.3 不应在电热膜/砖铺设区域内重新分割房间或移动温控器位置。

7.1.4 不应以各种形式长时间覆盖发热区。

7.2 运行

7.2.1 石墨烯电热膜/砖供暖系统每年供暖期使用前，应检查温控器及电路系统是否正常，石墨烯电热膜/砖是否受到损坏，发热区是否有物体覆盖。

7.2.2 系统运行期间严禁用户私自拆卸温控器和改动电路。

7.2.3 系统运行期间应定期检查温控器功能。

7.2.4 人员离开或无人停留的房间，宜将温控器温度指示刻度调整为 10-12℃之间或相应的档位。

【条文说明】关闭系统后需要再重新开启升温，能耗很大。房间温度在 10-12℃时的能耗远小于将房间从 0℃加热到 10℃的消耗。

7.3 维护

7.3.1 在非供暖期，应将温度设定为温控器上的最低温度，并切断石墨烯电热膜/砖供暖系统的电源。

7.3.2 温控器维护及检修应由专业人员进行。温控器软件故障检修应由专业人员进行。

附录 石墨烯电热膜安装测试记录

编号：

测试时间： 年 月 日

工程名称		施工 单位		仪表型号	
测试项目					
房间位号 No.	回路编号 No.	阶段	每回路引出线 间直流电阻 (Ω)	每回路引出线 对地间电阻 ($M\Omega$)	
		填充层或饰面层施工前			
		填充层或饰面层施工后			
		填充层或饰面层施工前			
		填充层或饰面层施工后			
		填充层或饰面层施工前			
		填充层或饰面层施工后			
		填充层或饰面层施工前			
		填充层或饰面层施工后			
		填充层或饰面层施工前			
		填充层或饰面层施工后			
		填充层或饰面层施工前			
		填充层或饰面层施工后			
		填充层或饰面层施工前			
		填充层或饰面层施工后			
建设单位 (监理单位)	施工单位 技术负责人	质检员	测试员	测试员	

本规程用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，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：

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：

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，在条件许可时首先这样做的：

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 规程中指明应按其他有关标准执行时的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《低压配电设计规范》GB 50054
- 2 《建筑地面工程施工质量验收规范》GB 50209
- 3 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300
- 4 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303
- 5 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
- 6 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624
- 7 《建筑用轻钢龙骨》GB/T 11981
- 8 《家用和类似用途自动控制器 第1部分：通用要求》GB 14536.1
- 9 《家用和类似用途自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536.10
- 10 《绝热用硬质酚醛泡沫制品（PF）》GB/T 20974
- 11 《建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 21558
- 12 《民用建筑电气设计标准》GB 51348
- 13 《温度指示控制仪检定规程》JJG 874
- 14 《低温辐射电热膜》JG/T 286
- 15 《低温辐射电热膜供暖系统应用技术规程》JGJ 319
- 16 《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142
- 17 《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242
- 18 《交通建筑电气设计规范》JGJ 243