

山东省工程建设标准

DB

DB37/T 5006-2013

J 12537-2014

发热电缆地面低温辐射供暖技术规程

Technical specification for heating cable floor low-temperature
radiant heating

2014-01-02 发布

2014-03-01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局

联合发布

山东省工程建设标准

发热电缆地面低温辐射供暖技术规程

Technical specification for heating cable floor low-temperature
radiant heating

DB37/T 5006-2013

住房和城乡建设部备案号：J 12537-2014

主编单位：山东省建筑科学研究院

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省质量技术监督局

实施日期：2014 年 03 月 01 日

2014 年 济南

前 言

为规范发热电缆地面辐射供暖系统的设计、施工与工程验收，确保工程质量与安全，根据山东省住房和城乡建设厅工程建设标准编制工作计划要求，山东省建筑科学研究院会同有关单位经过广泛的调查研究，参照国家相关标准和国外先进技术，在广泛征求意见的基础上制定了山东省工程建设标准《发热电缆地面低温辐射供暖技术规程》。

本规程的主要技术内容是：1.总则；2.术语；3.设计；4.材料；5.施工；6.检查、调试与验收。

请各单位在执行本规程过程中，注意总结经验、积累资料，随时将有关的意见和建议反馈给山东省建筑科学研究院（济南市天桥区无影山路 29 号，邮编 250031，联系电话：0531-85595368），以供今后修订时参考。

本规程的主编单位、参编单位、主要起草人员、主要审查人员：

主 编 单 位：山东省建筑科学研究院

中建八局第一建设有限公司

参 编 单 位：山东省建设科技中心

济南市工程质量与安全生产监督站

贵州伊思特新技术发展有限责任公司

临沂敦合工程材料有限公司

济南中建建筑设计院有限公司

主要起草人员：周庆刚 王 伟 于 科 葛振刚 李 俊 刘 克

张守钊 聂成才 郑光明 刘启明 田 明 杨 廷

胡文强 王国庆 李 云

主要审查人员：李永安 李良波 陈殿营 楚广明 张 钊 李永明

刘宝富 王方琳 孙新文

目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	设计.....	4
3.1	一般规定.....	4
3.2	地面构造.....	4
3.3	热负荷计算.....	6
3.4	地面散热量计算.....	8
3.5	发热电缆系统设计.....	9
3.6	温度控制设计.....	10
3.7	电气设计.....	11
4	材料.....	13
4.1	一般规定.....	13
4.2	发热电缆.....	13
4.3	温控器.....	13
4.4	绝热层材料.....	13
4.5	填充层材料.....	15
5	施工.....	16
5.1	一般规定.....	16
5.2	绝热层的铺设.....	16
5.3	发热电缆的安装.....	17
5.4	温度控制系统的安装.....	18
5.5	填充层施工.....	19
5.6	面层施工.....	20
5.7	成品保护.....	21
6	检查、调试与验收.....	22
6.1	一般规定.....	22
6.2	施工方案及材料、设备检查.....	22
6.3	施工质量验收.....	23
6.4	调试与试运行.....	23

6.5 竣工验收.....	24
附录 A 发热电缆供暖地面构造图示.....	25
附录 B 发热电缆的电气和机械性能要求.....	27
附录 C 工程质量检验表.....	29
本规程用词说明.....	30
引用标准名录.....	31
附：条文说明.....	32

1 总则

1.0.1 为适应发热电缆地面低温辐射供暖工程的需求，规范工程的设计、材料、施工、检验、调试与验收，满足技术先进、经济合理、安全舒适的要求，确保工程质量，制订本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、扩建和改建的工业与民用建筑中，以发热电缆为加热元件的地面低温辐射供暖系统的设计、选材、施工、调试与验收等。

1.0.3 发热电缆地面低温辐射供暖工程的设计、施工及验收，除应执行本规程外，还应符合国家和行业现行有关标准的要求。

2 术语

2.0.1 发热电缆 heating cable

以供暖为目的、通电后能够发热的电缆。由冷缆、热缆和冷热缆接头组成，其中热缆由发热线芯、绝缘层、接地屏蔽层和外护套等部分组成。

2.0.2 发热电缆地面低温辐射供暖 heating cable floor low-temperature radiant heating

将低温发热电缆埋设在地板中，以低温发热电缆为热源加热地板，以温控器控制室温或地板温度，实现地面辐射供暖的供暖方式。

2.0.3 混凝土或水泥砂浆填充式地面供暖 concrete or cement mortar-poured underfloor heating

发热电缆敷设在绝热层之上，需填充混凝土或水泥砂浆后再铺设地面面层的发热电缆地面供暖形式。

2.0.4 预制沟槽保温板地面供暖 pre-grooved insulation board floor heating

也称薄型地面供暖。将发热电缆敷设在带预制沟槽的泡沫塑料保温板的沟槽中，发热电缆与保温板沟槽尺寸吻合且上皮持平，不需要填充混凝土即可直接铺设面层的地面供暖形式。

2.0.5 绝热层 insulating course

地面供暖中，用于阻挡热量传递，减少无效热耗，在现场单独铺设的构造层。一般采用聚苯乙烯等泡沫塑料板或发泡水泥。

2.0.6 填充层 filler course

在混凝土填充式辐射供暖地面绝热层上设置发热电缆用的构造层，起到保护发热电缆，并使地面温度均匀的作用。

2.0.7 面层 surface course

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。

2.0.8 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。

2.0.9 隔离层 isolating course

也称防水层，防止建筑地面上各种液体透过地面的构造层。

2.0.10 伸缩缝 expansion joint

补偿混凝土填充层和面层等膨胀或收缩用的构造缝。

2.0.11 导热层 thermal layer

也称均热层。采用预制沟槽保温板供暖地面时，预设保温板表面及沟槽上的金属传热层。导热层可使发热电缆温度更快及均匀的传输。

2.0.12 EPE 垫层 EPE cushion

采用木地板面层时，铺设在预制沟槽保温板，约 2mm 厚起隔潮、降噪、增加地面平整度等作用的发泡聚乙烯薄层。

2.0.13 温度控制器 thermostat

简称温控器。能够测量温度并发出控制调节信号的温度自控设备。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 宜采用表面温度 $35^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 的发热电缆，最高不应高于 60°C 。

3.1.2 地面的表面平均温度应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 地面的表面平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)

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

3.1.3 发热电缆地面供暖工程施工图、设计文件的内容和深度，应符合下列要求：

(1) 施工图设计应包括：图纸目录、设计说明、发热电缆布置平面图、温控装置布置图、地面构造图等内容；

(2) 设计说明中应详细说明供暖室内外计算温度、配电方案、发热电缆的规格型号、线功率；标明使用的具体条件如工作温度、工作电压、电力负荷等；绝热层材料的导热系数、密度、规格、厚度等；

(3) 平面图中应绘出发热电缆的具体布置形式和敷设间距，标出各供暖房间的编号和发热电缆的计算长度及温控器的安装位置等；

(4) 采用的温控措施和温控器型号，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。

3.1.4 地面上的固定设备或卫生器具下方，不应布置发热电缆。

3.2 地面构造

3.2.1 发热电缆地面辐射供暖系统的层面结构，宜由基层（楼板或与土壤相邻的地面）、防潮层（对与土壤相邻地面）、找平层、绝热层（上部铺设发热电缆）、伸缩缝、填充层、隔离层（对潮湿房间）和面层组成。发热电缆辐射供暖地面构造做法可按本规程附录 A 选用，并应符合下列规定：

(1) 当工程允许地面按双向散热进行设计时，各楼层间的楼板上部可不设绝

热层。

(2) 与土壤接触的底层、直接与室外空气接触的楼板、与非供暖房间相邻的地板为供暖地面时，必须设绝热层，设置绝热层时，绝热层与土壤之间应设置防潮层。

(3) 对于潮湿房间如厨房、卫生间、游泳馆等，在混凝土填充式供暖地面的填充层上、预制沟槽保温板供暖地面的面层下，应设置隔离层。

3.2.2 混凝土填充式地面供暖的绝热层热阻与厚度不应小于表 3.2.2—1 和表 3.2.2—2 的规定值。

表 3.2.2—1 聚苯乙烯泡沫塑料板绝热层热阻

绝热层位置	绝热层热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
楼层之间地板上	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 3.2.2—2 发泡水泥绝热层厚度 (mm)

绝热层位置	干体积密度 (kg/m^3)		
	350	400	450
楼层之间地板上	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

3.2.3 采用预制沟槽保温板时，绝热层设置应符合下列要求：

- (1) 与供暖房间相邻的楼板，可不设置绝热层；
- (2) 底层土壤上部的绝热层宜采用发泡水泥；
- (3) 直接与室外空气接触的楼板以及与不供暖房间相邻的地板，绝热层宜设在楼板下，绝热材料宜采用泡沫塑料绝热板；
- (4) 绝热层厚度不应小于表 3.2.3 的规定值。

表 3.2.3 预制沟槽保温板供暖地面的绝热层厚度

绝热层位置	绝热材料		厚度
与土壤接触的底层地板上	发泡水泥	干体积密度(kg/m^3)	(mm)
		350	35

		400	40
		450	45
与室外空气相邻的地板下	聚苯乙烯泡沫塑料		40
与不供暖房间相邻的地板下	聚苯乙烯泡沫塑料		30

3.2.4 混凝土填充式供暖地面的发热电缆，其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 3.2.4 选择确定；
- (2) 发热电缆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 3.2.4 混凝土填充式供暖地面填充层材料和厚度

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

3.2.5 预制沟槽保温板供暖地面应根据下列要求铺设金属导热层：

- (1) 发热电缆不得与保温板直接接触，应采用铺设有金属导热层的保温板；
- (2) 面层为木地板时，应采用铺设有金属导热层的保温板，保温板和发热电缆之上宜铺设金属导热层。

3.2.6 当地面荷载大于 20KN/m^2 时，应会同结构设计人员采用加固措施。

3.2.7 设置地面供暖的房间，地面面层的选择应符合下列规定：

- (1) 混凝土填充式供暖地面宜采用瓷砖或石材等热阻较小的面层；
- (2) 预置沟槽保温板供暖地面宜采用直接铺设的木地板面层；
- (3) 供暖地面不宜采用架空木地板面层；必须采用架空木地板时，恒电阻率发热电缆额定电阻时的线功率不应超过 10W/m ，绝热层与地板间净空不宜小于 30mm ；
- (4) 采用发热电缆地面供暖时，地面上不宜铺设地毯。

3.3 热负荷的计算

3.3.1 发热电缆地面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》GB50736 的有关规定进行计算。

3.3.2 计算地面供暖系统的耗热量时，室内计算温度的取值可降低 2℃，或取计算总耗热量的 90%~95%。

3.3.3 局部辐射供暖系统的热负荷应按全面辐射供暖的热负荷乘以表 3.3.3 的计算系数的方法确定。

表 3.3.3 局部辐射供暖热负荷计算系数

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

3.3.4 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发热电缆布置。

3.3.5 敷设发热电缆的建筑地面，不应计算地面的传热损失。

3.3.6 建筑围护结构耗热量高度附加率，当房间高度大于 4m 时，每高出 1m 宜附加 1%，但总附加率不宜大于 8%。

3.3.7 对于发热电缆辐射供暖系统，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应按公式 3.3.7 计算。公共建筑如采用间歇供暖形式，可参考表 3.3.7，对房间基本热负荷考虑一定的间歇供暖负荷修正。

$$Q_x = \alpha \cdot Q_j + q_h \cdot M \quad (3.3.7)$$

式中 Q_x ——考虑附加后房间热负荷 (W)；
 Q_j ——房间基本热负荷 (W)；
 α ——考虑间歇供暖的修正系数，应根据热源和供暖方式、分户收费方式、供暖地面的热容量等因素确定，无资料时可参考表 3.3.7 取值。
 q_h ——房间单位面积平均户间传热量 (W/m²)，可取 $q_h=10\text{W/m}^2$ ；
 M ——房间使用面积 (m²)。

表 3.3.7 住宅间歇供暖热负荷修正系数

供暖地面类型	间歇供暖修正系数 α
混凝土填充式	1.3
预制沟槽保温板	1.4~1.5

注：校核地面平均温度时，取 $\alpha=1.0$ 。

3.4 地面散热量的计算

3.4.1 单位地面面积所需散热量应按下式计算：

$$q_x = \beta \frac{Q_x}{F} \quad (3.4.1)$$

式中： q_x ——单位地面面积所需散热量（W/m²）；

Q_x ——按 3.3 节计算出的房间热负荷（W），当上层房间采用地面供暖时，应扣除来自上层地面向下的散热损失；

F ——房间内铺设发热电缆的地面面积（m²）；

β ——考虑家具等遮挡的安全系数。

3.4.2 地面单位面积散热量不应使地表面平均温度高于 3.1.2 条规定的最高限值，地表面平均温度可按式 3.4.2 估算。

$$t_{pj} = t_n + 9.82 \left(\frac{q_{xw}}{100} \right)^{0.969} \quad (3.4.2)$$

式中： t_{pj} ——地表面平均温度（℃）；

t_n ——室内计算温度（℃）；

q_{xw} ——不考虑间歇供暖热负荷修正的地面单位面积所需稳定散热量，按 3.3.7 和 3.4.1 计算（W/m²）。

当地表面平均温度计算值过高时，可采取下列措施之一减少地表面平均温度：

- 1 改善建筑热工性能；
- 2 增加铺设发热电缆的面积；
- 3 设置其他供暖设备；
- 4 在满足舒适度的条件下，适当降低室内计算温度。

3.4.3 供暖地面向上的有效散热量应满足房间所需散热量。供暖地面单位面积向上的有效散热量和通过楼板向下层房间的散热损失应按下列公式计算：

$$q = q_f + q_d \quad (3.4.3-1)$$

$$q_f = 5 \times 10^{-8} [(t_{pj} + 273)^4 - (t_{fj} + 273)^4] \quad (3.4.3-2)$$

$$q_d = q_{shd} + q_{xd} \quad (3.4.3-3)$$

$$q_{shd} = 2.13 (t_{pj} - t_n)^{1.31} \quad (3.4.3-4)$$

$$q_{xd} = 0.134 (t_{pj} - t_n)^{1.25} \quad (3.4.3-5)$$

式中： q ——地面单位面积向上的有效散热量或向下的传热损失（ W/m^2 ）；

q_f ——地面单位面积向上或向下的辐射传热量（ W/m^2 ）；

q_d ——地面单位面积向上或向下的对流传热量（ W/m^2 ）；

q_{shd} ——地面单位面积向上的对流传热量（ W/m^2 ）；

q_{xd} ——地面单位面积向下的对流传热量（ W/m^2 ）；

t_{pj} ——供暖地面的上表面或下表面平均温度，应根据地板内部的传热计算获得（ $^{\circ}C$ ）；

t_{fj} ——计算表面所在室内其他表面的面积加权平均温度（ $^{\circ}C$ ）；

t_n ——计算表面所在室内计算温度（ $^{\circ}C$ ）。

3.4.4 发热电缆的发热功率计算，应包括地面向上的散热量和向下层或向土壤传热的热量损失。

3.4.5 地面散热量应考虑家具及其它地面覆盖物的影响，在已知热阻较大的地方，应减少发热电缆的铺设功率。

3.5 发热电缆系统设计

3.5.1 发热电缆长度和布线间距应按下式计算确定：

$$L \geq \frac{(1+\delta)\beta \cdot Q_x}{P_x} \quad (3.5.1-1)$$

$$S \approx 1000 \frac{F}{L} \quad (3.5.1-2)$$

式中： L ——按发热电缆规格选定的电缆总长度（ m ）；

δ ——向下热损失占发热电缆供热功率的比例，可根据地面构造参考表

3.5.1 取值；

β ——考虑家具等遮挡的安全系数；

Q_x ——按 3.3 节计算出的房间热负荷（ W ）；

P_x ——恒电阻率加热电缆额定电阻时的线功率（ W/m ），应根据发热电缆产品规格选取，且宜满足 3.5.2 的要求；

S ——发热电缆布线间距（ mm ），宜满足 3.5.3 的要求；

F ——房间安装发热电缆的地面面积（ m ）。

表3.5.1 发热电缆供暖地面向下热损失占总供热量的比例

绝热层材料	面层类型			
	瓷砖	塑料面层	木地板	地毯
聚苯乙烯泡沫塑料板	0.16	0.21	0.23	0.27
发泡水泥	0.15	0.21	0.23	0.26

注：计算条件为：发热电缆外表面温度为 45℃、敷设间距为 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。

3.5.2 发热电缆线功率应符合下列规定：

（1）当敷设间距等于 50mm，且发热电缆连续供暖时，发热电缆的线功率不宜大于 17W/m；当敷设间距大于 50mm 时，发热电缆线功率不宜大于 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；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。

3.5.3 发热电缆热线之间的最大间距不宜超过 300mm，且不应小于 50mm；距离外墙内表面不得小于 100mm，与内墙最近的电缆与墙面距离宜为 200mm～300mm。

3.5.4 发热电缆宜采用平行型（直列型）的布置形式。

3.5.5 每个房间宜独立设置发热电缆回路。

3.5.6 发热电缆地面供暖的设备布置，应考虑地面家具的影响。

3.6 温度控制设计

3.6.1 温控器方案选择：

（1）每个房间宜独立安装一根发热电缆，不同温度要求的房间不宜共用一根发热电缆；每个房间宜通过发热电缆温控器单独控制温度；

（2）对于面积较大的房间，宜采用温控器和接触器相结合的形式实现控制功能；

（3）对于一个小区或一栋办公大楼，宜采用智能供暖监控系统，通过温控器、楼层采集器、交换机、监控设备等对环境温度和供热设备表面温度进行设置和监控。

3.6.2 温控器型号选择：

- (1) 一般房间，如客厅、卧室等，可选择室温型温控器或地温型温控器；
- (2) 高大空间、浴室、卫生间、游泳池等区域，应采用地温型温控器；
- (3) 对需要同时控制室温和限制地表温度的场合应采用双温型温控器。

3.6.3 发热电缆温控器应设置在附近无散热体、周围无遮挡物、不受风直吹、不受阳光直射、通风干燥、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。地温传感器不应被家具等覆盖或遮挡，宜布置在人员经常停留的位置。

3.6.4 发热电缆温控器的选型，应考虑使用环境的潮湿情况。

3.7 电气设计

3.7.1 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) 当发热电缆地面供暖设备用电需要单独计费时，该系统的供电回路宜单独设置，并独立设置配电箱和电度表。
- (3) 当发热电缆地面供暖设备与其他用电设备合用配电箱时，应分开回路设置。
- (4) 发热电缆地面供暖设备配电回路应装设过载、短路及剩余电流保护器。

3.7.2 发热电缆系统的供电方式，宜采用AC220V供电；当进户回路负载超过12kW时，可采用AC220V/380V三相四线供电方式；当采用三相四线时，中性线不能共用，多根发热电缆接入AC220V/380V三相系统时应使三相平衡。

3.7.3 发热电缆地面供暖设备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，电源线不应小于 2.5mm²，信号和控制线不应小于 1.0mm²。

3.7.4 电热系统温控器的工作电流不得超过其额定电流，当所控制回路的工作电流大于温控器的额定工作电流时，可采用温控器与接触器等其他控制设备结合的形式实现控制功能。

3.7.5 发热电缆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。

3.7.6 当建筑小区大面积采用集中发热电缆地面供暖系统且采用网络集中监控时，宜充分利用加热电缆地面供暖的蓄热特性，对其投入时间段进行控制，实现负荷管理功能。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 发热电缆地面供暖系统中所用材料，应根据工程环境，如工作温度、工作电压、地面荷载、设计寿命、现场防水、防火要求以及施工性能，参考相关的标准综合比较后确定。

4.1.2 所有材料均应是按国家有关标准检验合格的，有关强制性性能要求应由国家授权机构进行检测，并出具有效证明文件或检测报告。

4.2 发热电缆

4.2.1 地面辐射供暖系统用的发热电缆，其冷热导线的接头必须在工厂内加工完成，不得在现场连接，并应根据使用年限和使用环境的要求进行严格检测。

4.2.2 发热电缆应经国家电线电缆质量监督检验部门检验合格。产品的电气安全性能、机械性能应符合本规程附录 B 的规定。

4.2.3 发热电缆热线部分的结构在径向上从里到外应由发热导体、绝缘层、接地屏蔽层和外护套等组成。

4.2.4 发热电缆的结构应能满足耐热、耐机械力的要求，并保证正常使用时性能可靠，对用户和周围环境没有危害。

4.2.5 发热导体宜使用纯金属或金属材料。

4.2.6 发热电缆应有清晰标志，包括商标和电缆型号，冷线和热线接头位置应有明显标识。

4.3 温控器

4.3.1 温控器应符合国家现行标准《温度指示控制仪》JJG874 和《家用和类似用途电自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求》GB14536.10 的规定。

4.3.2 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。

4.4 绝热层材料

4.4.1 绝热层材料应采用导热系数小、吸湿率低、难燃或不燃，具有足够的承载能力且不含病菌源、不散发异味及可能危害健康的挥发物的材料。

4.4.2 采用的聚苯乙烯泡沫塑料板材，其质量应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 绝热用聚苯乙烯泡沫塑料主要技术指标

项 目		性能指标			
		模塑		挤塑	
		供暖地面 绝热层	预制沟槽 保温板	供暖地面 绝热层	预制沟槽 保温板
类别		II ¹⁾	III ¹⁾	W200 ²⁾	X150/W200 ²⁾
表观密度(kg/m ³)		≥20.0	≥30.0	≥20.0	≥30.0
压缩强度 ³⁾ (kPa)		≥100	≥150	≥200	≥150/≥200
导热系数 ⁴⁾ (W/m·k)		≤0.041	≤0.039	≤0.035	≤0.030/≤0.035
尺寸稳定性(%)		≤3	≤2	≤2	≤2
水蒸气透过系数(ng/(Pa·m·s))		≤4.5	≤4.5	≤3.5	≤3.5
吸水率（体积分数）(v/v)		≤4.0	≤2.0	≤1.0	≤1.5/≤1.0
熔结性 ⁵⁾	断裂弯曲负荷	25	35	-	-
	弯曲变形	≥20	≥20	-	-
燃烧性能	氧指数	≥30	≥30	-	-
	燃烧分级	达到 B2 级			

注：1 模塑 II 型密度范围为 20kg/m³~30kg/m³，III 型密度范围为 30kg/m³~40 kg/m³；

2 W200 为不带表皮挤塑材料，X150 为带表皮挤塑材料；

3 压缩强度是按 GB/T8818 标准要求的试件尺寸和形变为 10%试验条件下的数值；

4 导热系数为 25℃时的数值；

5 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。

4.4.3 当采用发泡水泥绝热层时，其质量要求应符合下列规定：

（1）水泥宜采用硅酸盐水泥、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；水泥抗压强度等级不应低于 32.5。

（2）发泡水泥绝热层的技术参数应符合表 4.4.3 的规定。

表 4.4.3 发泡水泥绝热层技术指标

干体积密度 (kg/m ³)	抗压强度(MPa)		导热系数 [W/(m·K)]
	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

4.4.4 预制沟槽保温板及其金属导热层的沟槽尺寸应与敷设的发热电缆外径吻合，保温板总厚度不应小于 15mm，保温板上铺设的金属导热层厚度不得小于 0.1mm，导热层导热系数不应小于 237W/m·K。

4.4.5 当采用其它绝热材料时，其技术指标应参照表 4.4.2 的规定，选用同等隔热效果的材料。

4.5 填充层材料

4.5.1 豆石混凝土填充层材料强度等级宜为 C15，豆石粒径宜为 5mm~12mm。

4.5.2 水泥砂浆填充层材料应符合下列要求：

- (1) 应采用中粗砂水泥，且含泥量不应大于 5%；
- (2) 宜选用硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥；
- (3) 水泥砂浆重量比不应小于 1：3；
- (4) 强度等级不应小于 M10。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 发热电缆地面供暖系统，施工安装前应具备下列条件：

- (1) 设计施工图纸和有关技术文件齐全；
- (2) 有较完善的施工方案、施工组织设计，并已完成技术交底；
- (3) 施工现场具有供电条件，有储放材料的临时设施；
- (4) 土建专业已完成墙面抹灰（不含面层）和瓷砖贴完，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；
- (5) 相关水、电气预埋等工程已完成，温控器的位置已确定；
- (6) 各种安装材料已经检验合格，所附带的说明书和合格证应齐全。

5.1.2 发热电缆的运输、存储和敷设应符合下列规定：

- (1) 应进行遮光包装后运输，不得裸露散装；
- (2) 在运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖；
- (3) 避免暴晒、雨淋，宜储存在温度不超过 40℃，通风良好和干净的库房内；
- (4) 应避免因环境温度和物理压力受到损害，并与热源距离至少应保持在 1m 以上。

5.1.3 施工过程中，应防止油漆、沥青等化学溶剂接触污染发热电缆表面。

5.1.4 发热电缆地面供暖系统施工过程中，严禁踩踏电缆。不宜与其它工种进行交叉施工作业，所有地面留洞应在填充层施工前完成。

5.1.5 发热电缆地面供暖系统施工现场环境温度低于 5℃时不宜施工。

5.1.6 安装前应进行发热电缆的标称电阻检测。

5.1.7 进场材料必须进行检验验收，包括产品的技术文件、标志、外观检查，必要时应抽样进行相关检测。

5.1.8 地面应平整、干燥、无杂物。墙面根部应平整、顺直且无积灰现象。

5.2 绝热层的铺设

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 用高度50mm的绝热材料无间断地先做好墙角、柱角的保温。

5.2.3 隔热材料铺设要平整，板间的相互结合应严密，缝隙不宜超过5mm，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。

5.2.4 预制沟槽保温板铺设时，可直接将相同规格的标准模板拼接铺设在楼板基层或发泡水泥绝热层上。当标准模板的尺寸不能满足要求时，可用工具刀裁下所需尺寸的供暖板对齐铺设。相邻模板上的沟槽应互相对应，紧密依靠。

5.2.5 采用发泡水泥绝热层供暖地面的施工现场，应具备以下设备：

- (1) 平整发泡水泥绝热层和水泥砂浆填充层表面的装置；
- (2) 适应不同工艺特点的专用搅拌机；
- (3) 活塞式泵或挤压式泵，或其他可满足要求的发泡水泥或水泥砂浆输送泵。

5.2.6 浇注发泡水泥绝热层之前，应进行下列施工准备：

- (1) 对设备、输送泵及输送管道进行安全性检查；
- (2) 根据现场使用的水泥品种，进行发泡剂类型配方设计后，方可进行现场制浆；
- (3) 在房间墙上弹出发泡水泥绝热层浇筑厚度的水平线。

5.2.7 发泡水泥绝热层应符合下列施工要求：

- (1) 施工浇筑中应随时观察、检查浆料流动性、发泡稳定性，应控制浇筑厚度及地面平整度；发泡水泥绝热层自流平后，应刮平；
- (2) 发泡水泥绝热层内部的孔隙应均匀分布，不应有水泥与气泡明显分离层；
- (3) 当施工环境风力大于5级时，应停止施工或采取挡风等安全措施。

5.2.8 发泡水泥绝热层浇筑后应养护，在养护过程中严禁振动，并不应上人作业。

5.2.9 发泡水泥绝热层应在浇筑过程中进行取样检验；宜按连续施工每50000m²作为一个检验批，不足50000m²时按一个检验批计。

5.3 发热电缆的安装

5.3.1 依据设计图纸对照现场情况，核定发热电缆型号、规格和安装位置。

5.3.2 发热电缆安装前后应测量标称电阻和绝缘电阻，并做自检记录。

5.3.3 发热电缆的铺设间距要符合设计图纸规定，间距误差不应大于10mm。

5.3.4 发热电缆的冷热线接头应在填充层或预置沟槽保温板内暗装，接头处150mm之内不应弯曲。

5.3.5 发热电缆在铺设的过程中应平直（平行铺设，绝对不可交叉铺设）、美观，不得用力拉拽、摔打和扭曲发热电缆。

5.3.6 发热电缆热线部分严禁互相搭接；严禁进入冷线预留管。

5.3.7 发热电缆出厂后严禁随意裁剪和拼接，有外伤或破损的发热电缆严禁敷设。

5.3.8 发热电缆的弯曲半径不应小于产品说明书规定的限值，且不得小于6倍电缆直径。

5.3.9 采用混凝土填充式地面供暖时，发热电缆下应铺设金属网，并应符合下列规定：

（1）金属网应铺设在填充层中间；

（2）除填充层在铺设金属网和发热电缆的前后分层施工外，金属网网眼不应大于100mm×100mm，金属直径不应小于1.0mm；

（3）应每隔300mm将发热电缆固定在金属网上。

5.3.10 发热电缆供暖系统的电气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》GB50303的规定。

5.4 温度控制系统的安装

5.4.1 温控系统的电气施工，应符合《电气装置安装工程施工验收规范》GB50254的规定，且应符合下列要求：

（1）房间温控器安装高度宜与照明墙壁开关同一水平线上或组合为一体，安装高度宜距地面1.4m；

（2）房间温控器不应安装于发热体附近和与户外空气直接接触的外立墙内侧的墙面，应避免阳光直照、室内空气流通阻挡，宜选择能正确反映室内温度的位置；

（3）安装在厨房、卫生间等类似潮湿区域，应在房间温控器的外部加装防护罩，或安装在该区域附近的外侧墙面，利用外置传感器远程控制该区域地面或空气温度。

5.4.2 温度传感器的安装，应符合以下要求：

（1）应采用房间温控器内置温度传感器控制室内温度，外接的外置温度传

感器限制地面温度过热，引线和感温头不应直接接触发热电缆；

(2) 埋设于地面或墙面的外置温度传感器应有护套管，不应与强电线缆共用护套管，安装好传感器引线应能插拔更换，有便于日后维护，护套管末端应有效封堵；

(3) 外置温度传感器作为地面温度限制测温时，在感温头埋设处不应被地面上的家具等覆盖或遮挡，与地面层保持10mm以上间距，并应起到对发热电缆温度和地面层双重监测的作用。

5.4.3 温控器的安装，应符合以下要求：

(1) 温控器的接线端子与线缆连接不应松动，不得有异常温升；

(2) 若温控器无接地端口，在安装时应将发热电缆的地线与供电系统的地线直接连接，且应构成等电位连接；

(3) 温控器不应安装于潮湿、高温的环境，不应与水或水蒸汽直接接触并应符合相关电气安全要求。

5.5 填充层施工

5.5.1 填充层应由有资质的土建单位施工，供暖系统安装单位密切配合，填充层施工过程中不得拆除和移动伸缩缝。

5.5.2 填充层施工应具备以下条件：

(1) 发热电缆经电阻检测及绝缘性能测试合格；

(2) 温控器的安装盒、发热电缆冷线穿管已经布置完毕；

(3) 伸缩缝已预留或设置完毕；

(4) 通过隐蔽工程验收。

5.5.3 施工前应做好发热电缆地面的垫板、推车等工具准备工作，施工人员严禁直接踩踏已安装好的发热电缆。

5.5.4 当室内面积 $\geq 30\text{m}^2$ 或边长 $\geq 6\text{m}$ 时，要不间断的做好墙角、柱角的伸缩缝。

5.5.5 浇筑填充层时要保护发热电缆，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。

5.5.6 水泥砂浆填充层养护时间不应少于7天，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21天；养护期间及期满后，对地面应采取保护措施，严禁在地面上运行重载、高温烘烤、直接放置高温物体和

高温加热设备；填充层在养护期内，严禁对发热电缆系统进行通电加热。

5.5.7 填充层施工完毕后，在铺设发热电缆区域内，严禁穿凿、钻孔或进行射钉作业。

5.5.8 填充层应在铺设过程中进行取样检验；宜按连续施工每10000m²作为一个检验批，不足10000m²时按一个检验批计。

5.5.9 填充层施工完毕后，应进行发热电缆的标称电阻和绝缘电阻的检测、验收并做好记录。

5.5.10 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；发热电缆穿止水墙处应采取防水措施。

5.5.11 卫生间应做两层隔离层。

5.6 面层施工

5.6.1 发热电缆地面辐射供暖装饰地面宜采用以下材料：

- (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) 符合国家标准的复合木地板、实木复合地板及耐热实木地板。

5.6.2 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，填充层应达到面层要求的干燥度和强度；
- (2) 面层施工时，不得剔、凿、割、钻、钉填充层，不得向填充层内楔入任何物件；
- (3) 石材、瓷砖在与内外墙、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的伸缩缝；伸缩缝应从填充层的上边缘做到高出面层上表面10mm~20mm，面层敷设完毕后，应裁去伸缩缝多余部分；伸缩缝填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料；

(4) 以木地板作为面层时，木材必须经过干燥处理，且应在填充层和找平层完全干燥后，才能进行地板粘贴。

5.6.3 采用预制沟槽保温板时，面层可按下列方法施工：

- (1) 木地板装饰面层可直接铺设在预制沟槽保温板上，聚乙烯(EPE)垫层应铺设在保温板下，不得铺设在发热电缆上；

(2) 铺设石材或瓷砖时，预制沟槽保温板上应铺设厚度不小于 30mm 的水泥砂浆找平层和粘接层，与石材或瓷砖粘接；水泥砂浆找平层应加金属网，网格间距不应大于 100mm，金属直径不应小于 1.0mm。

5.6.4 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。

5.7 成品保护

5.7.1 发热电缆地面供暖系统安装间歇或安装完毕后，应注意成品保护。

5.7.2 发热电缆、绝热材料及塑料配件均不得与明火接触或高温烘烤。

5.7.3 安装完毕后，敷设发热电缆的地面应设立明显的标志；严禁在铺设区内运行重荷载或放置高温物体及高温烘烤，严禁在铺设区内穿凿，钻孔和进行射钉作业。

5.7.4 施工全部结束后，应绘制竣工图，准确标注发热电缆敷设位置与传感器埋设地点。

6 检查、调试及验收

6.1 一般规定

6.1.1 检查、调试与验收应由施工单位提出书面报告，监理单位组织各相关专业进行检查、验收，并应做好纪录。工程质量检验表可参照附录 C 制定。

6.1.2 地面辐射供暖系统施工图设计者，应具有相应的设计资质；工程设计文件经批准后方可施工，修改设计应有设计单位出具的设计变更文件。

6.1.3 发热电缆地面辐射供暖系统工程的专业施工单位，应具有相应的施工资质，工程质量验收人员应具备相应的专业技术资格。

6.1.4 发热电缆辐射供暖系统的检查、调试与验收，应遵循“有关各方协调一致，共同确认”的原则，在各专业、各工序交接时或隐蔽前，应对下列内容进行检查和验收，并做出结论：

- (1) 发热电缆、温控器、绝热材料等的质量；
- (2) 发热电缆安装质量；
- (3) 隐蔽验收；
- (4) 原地面施工质量检查验收；
- (5) 隐蔽后发热电缆标称电阻、绝缘电阻检测；
- (6) 回路、系统试运行调试。

6.2 施工方案及材料、设备检查

6.2.1 施工单位应按施工图和工程技术标准，编制施工组织设计或施工方案，经批准后方可施工。

6.2.2 施工组织设计或施工方案应包括下列主要内容：

- (1) 工程概况；
- (2) 主要材料、设备的性能技术指标、规格、型号等及保管存放措施；
- (3) 施工工艺流程及各专业施工时间计划；
- (4) 施工、安装质量控制措施及验收标准，包括：主要材料、设备的安装质量，原地面、填充层、地面层施工质量，电阻测试和绝缘测试，隐蔽前综合检查，系统试运行调试，竣工验收等；
- (5) 施工进度计划、劳动力计划；

(6) 安全、环保、节能技术措施。

6.2.3 发热电缆地面辐射供暖系统工程所使用的主要材料、配件、隔热材料必须具有质量合格证明文件，规格、型号及性能技术指标应符合国家现行有关技术标准。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。

6.2.4 发热电缆地面辐射供暖系统安装的各个环节，应对发热电缆进行检验，应测试每一环路的电阻，确保系统无断路、短路现象，检验所用仪器应确保在校准合格周期内；检验标准为测试每一回路的标称电阻和绝缘电阻，并应符合产品规定和《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303 中的相关规定。

6.3 施工质量验收

6.3.1 地面辐射供暖系统的发热电缆安装完毕后，在浇注填充层前，应按隐蔽工程要求，由施工单位会同监理单位进行中间验收。

6.3.2 发热电缆地面辐射供暖系统进行中间验收时，必须对以下项目进行检验，并做出结论：

(1) 绝热层厚度、铺设及材料的物理性能是否符合要求；

(2) 发热电缆的铺设间距、弯曲半径、型号等是否符合设计的规定，固定是否可靠；

(3) 检查系统的每一个环路的电阻，确定系统有无短路和断路现象。

6.3.3 伸缩缝位置和电缆出地面位置的套管应有固定措施。

6.3.4 地面下敷设的发热电缆不应裁剪和破损。

6.4 调试与试运行

6.4.1 地面辐射供暖系统未经调试，严禁运行使用。

6.4.2 地面辐射供暖系统的调整与试运行，应在具备正常供电的条件下进行。

6.4.3 地面辐射供暖系统的调试工作应由施工单位、建设单位和监理配合下进行。

6.4.4 发热电缆地面辐射供暖系统的供暖效果，应以房间中央离地 1.5m 处黑球温度计指示的温度，作为评价和考核的依据。

6.4.5 发热电缆地面辐射供暖系统的调试与初运行，应在施工完毕的第一个供暖季前完成；且应在混凝土填充层养护期满后运行。

6.4.6 发热电缆地面辐射供暖系统的通电试运行时，必须在面层完全自然干燥后

（填充层施工完成至少 21 天之后）进行。初次供暖时，应控制室温平缓上升，直至达到设计要求。

6.4.7 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。

6.5 竣工验收

6.5.1 竣工验收时,应具备下列文件:

- (1) 竣工图、设计变更文件;
- (2) 发热电缆的出厂合格证和检验合格证明;
- (3) 中间验收记录;
- (4) 标称电阻和绝缘电阻测试记录;
- (5) 工程质量检验评定记录;
- (6) 调试记录。

6.5.2 地面辐射供暖工程应符合以下各项规定, 方能通过竣工验收:

- (1) 竣工验收文件齐全;
- (2) 施工质量符合设计要求和本规程的各项规定;
- (3) 发热电缆无短路断路现象;
- (4) 温控器开关调节使用正常;
- (5) 填充层或面层表面无明显裂缝。

6.5.3 中间验收、调试和竣工验收, 均应做好记录、签署文件并立卷归档。

附录 A 发热电缆供暖地面构造图示

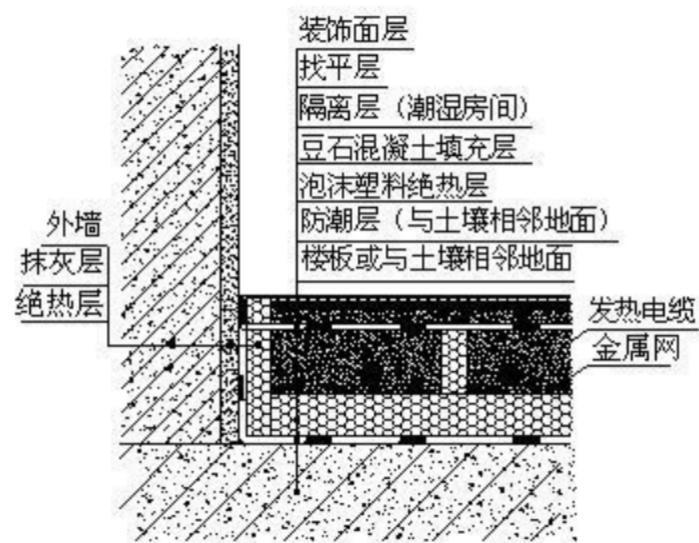
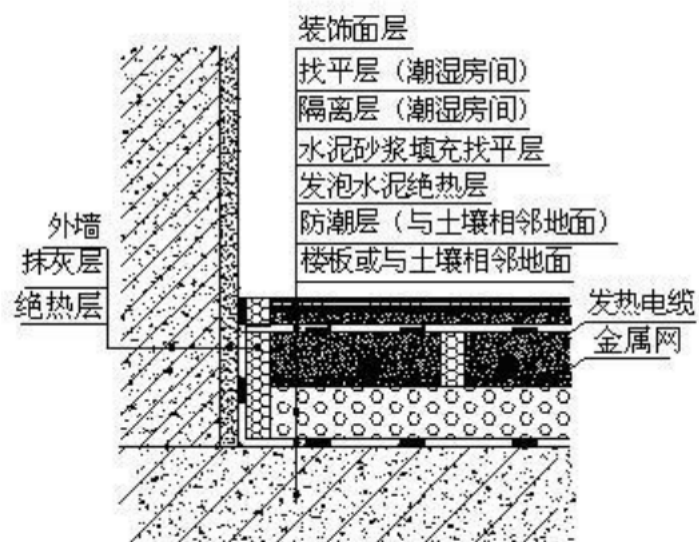


图 A.0.1 混凝土填充式发热电缆供暖地面构造（一）
（泡沫塑料绝热层）



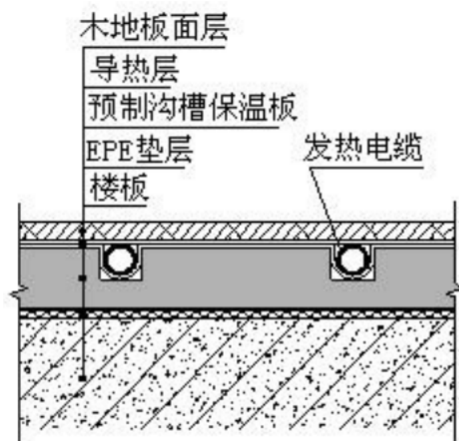


图 A. 0. 3 预制沟槽保温板供暖地面构造（一）
（与供暖房间相邻、木地板面层）

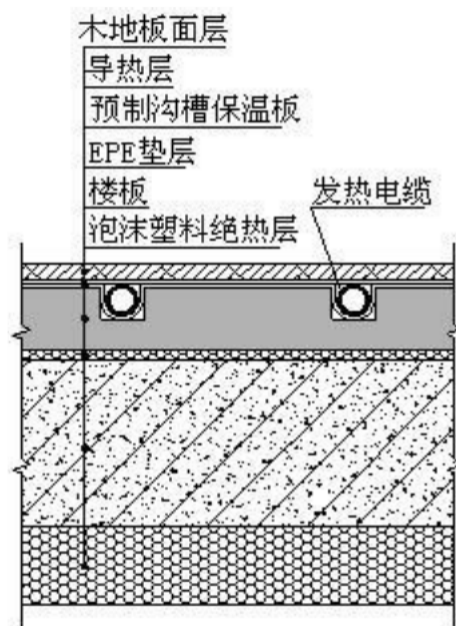
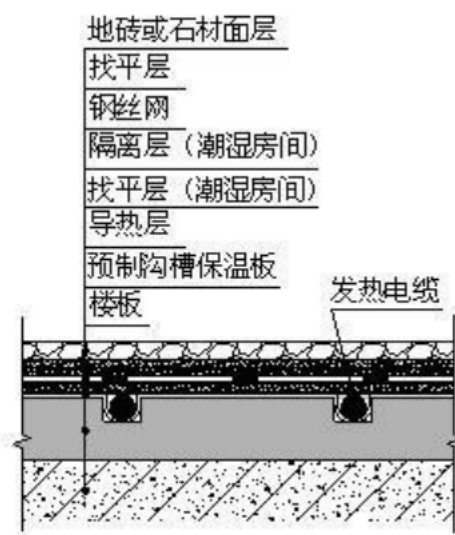
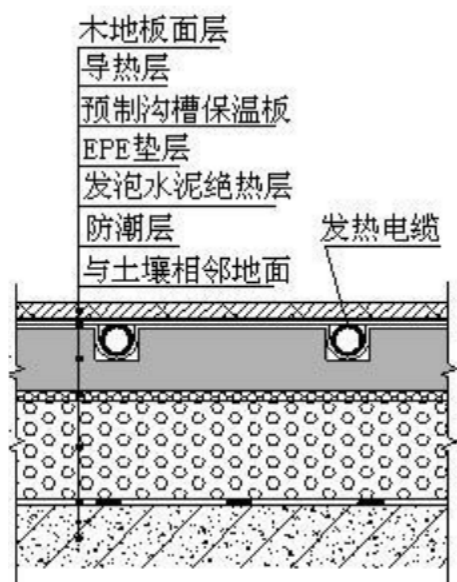


图 A. 0. 4 预制沟槽保温板供暖地面构造（二）
（与室外空气或不供暖房间相邻、以木地板面层为例）



附录 B 发热电缆的电气和机械性能要求

表 B 发热电缆的电气和机械性能要求

类别	检验项目	标准要求
标志	成品电缆表面标志 标志间距离	字迹清楚、容易辨认、耐擦 最大 500mm
电压试验 绝缘电阻	室温成品电缆电压试验(2.0kV/5min) 高温成品电缆电压试验(100℃, 1.5kV/15min) 绝缘电阻(100℃)	不击穿, 不击穿 最小 0.03MΩ·km
导体	导体电阻 (20℃) * 电阻温度系数	在标定值 (Ω/m) 的+10%和-5%之间 不为负数
成品性能试验	变形试验(低机械强度 300N,1.5kV/30s;中机械强度 600N,1.5Kv/30s;高机械强度 2000N,1.5Kv/30s); 拉力试验 正反卷绕试验 低温冲击试验 (-15℃) 屏蔽的耐穿透性	不击穿 最小 120 N 不击穿 不开裂 试针推入绝缘需触及屏蔽
绝缘层	绝缘厚度 平均厚度 最薄处厚度	最小 0.80mm 最小 0.72mm
	机械物理性能 老化前抗张强度 老化前断裂伸长率 空气箱老化(7×24h, 135℃) 抗张强度变化率 断裂伸长率变化率 空气弹老化(40h, 127℃) 抗张强度变化率 断裂伸长率变化率	最小 4.2 N/mm ² 最小 200% 最大±30% 最大±30% 最大±30% 最大±30%
	非污染试验(7×24h, 90℃) 抗张强度变化率 断裂伸长率变化率	最大±30% 最大±30%
	热延伸(15min, 200℃) 伸长率 永久伸长率	最大 175% 最大 15%
	耐臭氧试验(臭氧浓度 0.025~0.030%, 24h)	不开裂

续表 B

类别	检验项目		标准要求
外护套	外护套厚度		
	平均厚度		最小 0.8mm
	最薄处厚度		最小 0.58mm
	机械物理性能		
	老化前抗张强度		最小 15.0N/mm ²
	老化前断裂伸长率		最小 150%
	空气箱老化(10×24h,135℃)		
	老化后抗张强度		最小 15.0N/mm ²
	老化后断裂伸长率		最小 150%
	抗张强度变化率		最大±25%
	断裂伸长率变化率		最大±25%
	非污染试验(7×24h, 90℃)		
	老化后抗张强度		最小 15.0N/mm ²
	老化后断裂伸长率		最小 150%
	抗张强度变化率		最小±25%
	断裂伸长率变化率		最小±25%
	失重试验(10×24h, 115℃)		最大 2.0mg/cm ²
	抗开裂试验(1h,150℃)		不开裂
	90℃高温压力试验-变形率		最大 50%
	低温卷绕试验(-15℃)		不开裂
	热稳定性	恒功率加热电缆 200℃	最小 180min

注：表中导体电阻的检验温度（20℃）为恒电阻率加热电缆标称电阻的温度。

附录 C 工程质量检验表

表 C 发热电缆地面辐射供暖安装工程的质量检验记录表

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		发热电缆地面低温辐射供暖技术规范 DB***—2013			
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	发热电缆拼接	5.1.5、5.3.7、 5.3.8		
	2	发热电缆冷热线接头	5.3.9		
	3	发热电缆弯曲半径	5.3.4		
	4	发热电缆电阻和 绝缘电阻	附录 B		
一般项目	1	发热电缆安装	5.3.1、5.3.2、 5.3.3		
	2	发热电缆与绝热层的隔 绝	3.2.5		
	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	5.2.5		
	5	发泡水泥绝热层强度	4.4.3		
	6	伸缩缝设置	3.2.6		
	7	填充层强度	4.5.1、4.5.2		
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，在条件许可时首先应这样做的：

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 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

GB/T 3880.2	一般工业用铝及铝合金板 带材 第2部分：力学性能
GB/T 3956	电缆导体
GB 14536.10	家用和类似用途电自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求
GB/T 20841	额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电缆
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50736	民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50045	高层民用建筑设计防火规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50054	低压配电设计规范
GB 50254	电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
GB 50303	建筑电气安装工程质量验收规范
JGJ 16	民用建筑电气设计规范
JGJ 142	辐射供暖供冷技术规程
JGJ 874	温度指示控制仪检定规程

山东省工程建设标准

发热电缆地面低温辐射供暖技术规程

Technical specification for heating cable floor low-temperature
radiant heating

DB37/T 5006-2013

条 文 说 明

目 次

1	总则.....	34
2	术语.....	35
3	设计.....	36
3.1	一般规定.....	36
3.2	地面构造.....	36
3.3	热负荷计算.....	38
3.4	地面散热量计算.....	39
3.5	发热电缆系统设计.....	40
3.6	温度控制设计.....	42
3.7	电气设计.....	42
4	材料.....	44
4.1	一般规定.....	44
4.2	发热电缆.....	44
4.4	绝热层材料.....	44
5	施工.....	46
5.1	一般规定.....	46
5.2	绝热层的铺设.....	46
5.3	发热电缆的安装.....	46
5.4	温度控制系统的安装.....	47
5.5	填充层施工.....	47
5.6	面层施工.....	48
6	检查、调试与验收.....	49
6.3	施工质量验收.....	49
6.4	调试与试运行.....	49

1 总则

1.0.1 随着对住房建设水平要求的提高，发热电缆地面低温辐射供暖技术在山东省建设工程中的应用面积和范围不断扩大，也不可避免地出现了一些影响工程质量的问题，并涉及到设计、施工、验收和材料配套等诸方面。随着供暖领域对节能、热计量等日趋严格的要求，发热电缆地面低温辐射供暖也应在系统设计、计量控制等方面改进、加强和规范做法。

为进一步提高山东省发热电缆地面低温辐射供暖技术在设计、材料、施工、验收等各个环节的设计质量，推广和规范这种新型地暖技术的使用，参考国家行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ142-2012，制定了本规程。

1.0.2 本规程仅适用于以发热电缆为发热体的地面辐射供暖系统，当采用混凝土填充式地面供暖方式时，较厚的填充层会使楼板荷载增大，为安全起见，对于改、扩建工程，应复核建筑承载能力，必要时采用较轻薄的预制沟槽保温板地面供暖形式。

1.0.3 本条强调地面供暖工程除符合本规程外，还应符合国家现行有关强制性标准的规定。其他非强制性的行业标准、产品标准等应符合的内容，本规程条文或条文说明中均有叙述。

2 术语

2.0.1 发热电缆由冷线、热线和冷、热线接头组成，其中热线由发热线芯、绝缘层、接地屏蔽层和外护套等部分组成。发热线芯为加热电缆中将电能转换为热能的金属线芯。绝缘层为加热电缆内导体质检的绝缘材料层。接地屏蔽层是包裹在发热线芯外并与发热线芯绝缘的金属层，其材质可为编织成网的金属丝，也可是沿加热电缆纵向国合的金属带。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。接地屏蔽层必须要求是密实型的，螺旋缠绕时，螺旋间距不能大于 5mm，否则防穿刺触电危险的功能锐减；外护套为保护加热电缆内部不受外界环境影响（如腐蚀、受潮等）的电缆外围结构层。

2.0.4 预制沟槽保温板分为不带金属均热层和带金属均热层两种，前者用于地砖、石材面层的热热水地面供暖系统，后者保温板上铺设有与发热电缆外径尺寸相同沟槽的金属均热层，用于发热电缆供暖地面，使发热电缆与绝热层不直接接触。保温板厚度一般不超过 35mm。

2.0.7 本条中装饰面层指木地板、面砖或石材、塑料地板革、水泥地面等。找平层起为铺设木地板等抹平地面或与面砖石材等粘接的作用；当粘接面砖时找平层包括约 20mm 厚水泥砂浆和约 5mm 厚粘接剂；当采用水泥地面时，找平层即为面层。

2.0.13 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。室温型温控器传感器和控制器为一体（传感器内置），设置在房间内反映室温的位置。地温型温控器的传感器为外置型，埋设在供暖地面中；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温控器的构造和功能。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 限定发热电缆的表面温度范围及最高温度是为了提高室内热舒适性和确保地面温度均匀。

3.1.2 地表面平均温度计算值主要由舒适度确定，以上计算公式和推荐值已经过大量工程应用证明是合适的，故引用了国家规程中的数值。当房间单位面积热负荷过大、地面布管又受限制时，不应通过提高地表面温度来增加系统供热量，以免地表面温度过高引起不舒适感和不安全性，应采取其他辅助供暖措施，满足室温要求。

3.1.3 为了规范设计图纸，本条对发热电缆地面供暖工程施工图、设计文件的内容和深度等作出了具体规定，以保证最终的效果，职责分明。

3.1.4 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，对发热电缆系统，发热电缆仍然持续加热，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发热电缆，同时应尽量选用有腿的家具，以减少局部热阻。

3.2 地面构造

3.2.1 本条列出发热电缆供暖地面的基本构造层，附录 A 仅为一些典型构造层图示。强调与土壤接触的底层、直接与室外空气接触的楼板、与非供暖房间相邻的地板为供暖地面时必须设置绝热层，是为了减少供暖地面的无效热损失。设置防潮层是为了保证绝热层的绝热效果。

3.2.2、3.2.3 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低要求，当绝热层采用聚苯乙烯泡沫塑料板时，其对应厚度见表 1。当工程条件允许时，宜在此基础上再增加 10mm 左右。

表 1 聚苯乙烯泡沫塑料板绝热层厚度

绝热层位置	绝热层厚度 (mm)
楼层之间楼板上	20
与土壤或不供暖房间相邻的地板上	30
与室外空气相邻的地板上	40

当采用混凝土填充式供暖地面时,根据试验,如不设置绝热层,房间的温度梯度与设置绝热层时有明显不同,房间上部温度高于人员活动区温度,丧失了地面供暖的舒适度优势;因此即使上、下层相邻房间不分别计量热量或为一个用户,也应铺设绝热层。

预制沟槽保温板本身由泡沫塑料绝热材料构成,由于不需设填充层,加热设备上部热阻相对较小;因此如下层为供暖房间,不需另外设置绝热层;如铺设在与土壤接触的底层地板上,发泡水泥绝热层厚度可比混凝土填充式地面供暖时少5mm,以免占据室内高度过多。

采用预制沟槽保温板时,在土壤上部不宜采用泡沫塑料板作绝热层,以及直接与室外空气接触的楼板不应在楼板上部做泡沫塑料板绝热层,都是为了避免保温板与聚苯乙烯泡沫塑料板铺设在一起而产生相对位移,并保护面层不开裂。土壤上部采用发泡水泥容易与保温板牢固结合;直接与室外空气接触的楼板在下面作外保温可与外墙外保温连为一体;与不供暖房间相邻的地板也可在地板下表面贴泡沫塑料绝热板。

3.2.4 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更好的结合性,即使填充层厚度较薄,也不会产生开裂。

规定绝热层和发热电缆之间应有一定的填充层材料,是为了加强电缆向四周散热,保证供热效果。且恒电阻率加热电缆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,影响发热电缆的寿命。为此将发热电缆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。

3.2.5 面层为木地板时，发热电缆与木地板之间无起均热作用的水泥砂浆找平层，因此应在保温板和发热电缆之间铺设金属导热层，即采用铺设有金属导热层的保温板。

3.2.7 水泥、陶瓷砖和石料面层的热阻约为 $0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ；木地板面层的热阻约为 $0.1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ；地面层上铺地毯时，热阻约为 $0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ 。面层材料对地面散热量影响较大，采用热阻小的材料利于供暖地面散热。

预制沟槽保温板供暖地面的特点是较轻薄、占据室内空间少，直接铺设木地板（所谓“干法施工”）方便快捷。如采用瓷砖或石材面层还需增加水泥砂浆找平层等厚度，水泥砂浆对敷设发热电缆的预置沟槽保温板金属导热层有腐蚀作用。因此除住宅厨房、卫生间等不宜使用木地板的场合外，均应采用木地板面层。

带龙骨的架空木地板用于地面供暖有以下问题：（1）加热设备上部空气层热阻大不利于散热；（2）厚度较大占据空间；（3）实践证明，发热电缆敷设在架空木地板的空气层中，不利于发热电缆散热，难以满足房间热负荷要求；对于恒电阻率发热电缆还影响其寿命，对聚苯板绝热层也有破坏。一些住宅户内不同房间分别采用木地板和地砖面层，常利用架空木地板的龙骨高度进行地面找平，这种做法不应提倡；如需要找平，应在土建设计时，在楼板上设置找平的垫层。

采用发热电缆地面供暖时，面层上如铺设厚地毯，热阻过大、需要的电功率很大、地板内温度很高才能满足供暖要求，对于恒电阻率电缆，还易形成安全隐患。因此，必须铺设地毯的场合不应采用发热电缆地面供暖；采用发热电缆地面供暖时，设计文件中应提示用户不得铺设地毯。

3.3 热负荷的计算

3.3.2、3.3.3 引自《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736。

3.3.4 此条是为了在进深较大的房间铺设发热电缆时，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：住宅内通户门的大起居室，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，并分别布置发热电缆。

3.3.5 铺设发热电缆的地面，不存在室内空气通过地面向外的传热负荷，因此不

应计算此部分围护结构热损失。

3.3.6 以前有关地面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。分析原因主要是：(1)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；(2)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国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736 取值。

3.3.7 间歇供暖热负荷修正是一个较复杂的问题，表 3.3.7 修正系数 α 的取值原则为：

(1) 考虑到分户热计量的因素，邻户有可能在无人时降低室温，至少附加 10%；

(2) 混凝土填充式供暖地面热容量大，采用间歇供暖较困难，但实行完全分户收费的发热电缆供暖时，适当考虑用户为节省电力费用的间歇供暖习惯，附加值适当增大至 20%~30%；

(3) 预制沟槽保温板热容量小，较易间歇供暖，根据日本经验附加范围可在 10%~50%，20%~30%的附加为最佳。设计人员可根据建筑物外围护结构的情况、热源情况和供暖方式的不同选取。一般可采用 20%~30%，对升温非常不利的电热系统可采用 40%~50%；

(4) 进行间歇修正的房间热负荷仅在房间升温时的短时间达到，因此校核地面平均温度时应采用稳定的房间热负荷，即取 $\alpha=1.0$ ；

(5) 建筑物中所有用户不会同时开始加热，因此计算建筑物的总负荷时附加百分比应小于每户的取值，取 10%基本可满足要求。

3.4 地面散热量的计算

3.4.1 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。

3.4.2 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，主要反映不同室温时为满足房间所需散热量地面应达到的大致整体平均温度，不能作为 3.4.3 计算供暖地面散热量时的

t_{pj} 使用。

3.4.3 供暖地面单位面积向上的有效散热量和通过楼板向下层房间的散热损失计算公式来源于美国 ASHRAE 手册（2000 年版）。

3.4.4 对于采用地面供暖但相邻上下层都不是地面供暖的房间（例如公共建筑的门厅），以及住宅建筑顶层房间，房间供热量应为地面向上的有效散热量和向下的散热损失两部分叠加。对于各层都采用地面供暖的住宅建筑的首层和中间层，既接受来自上层的散热损失，又有向下层的散热损失，因此每层供热量可与按 3.3 节计算出的房间热负荷近似取相同值。

3.5 发热电缆系统设计

3.5.1 公式 3.5.1—1、2 反映了在总安装功率确定条件下，发热电缆布线间距和线功率的关系。选用线性功率大的发热电缆，布线间距可较大，发热电缆长度较小，否则反之。但发热电缆的长度和线功率均有一定的规格，应按产品要求选取；且发热电缆线功率和发热电缆布线间距都应符合本节 3.5.2 和 3.5.3 的限制要求。

公式中 P_x 为按产品规格选定的发热电缆线功率。

表 3.5.1 提供的数据，是将发热电缆供暖地面内部复杂的三维导热，近似简化为按发热电缆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。随着电缆线功率的增加，热损失将减少，因此 10W/m 的计算条件为最不利情况。

对于混凝土填充式，由于发热电缆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。

预制沟槽保温板式，由于上述简化已考虑最不利条件，计算结果也偏安全。

3.5.2 本条对发热电缆的线功率作出的规定，是为了发热电缆在一般常规做法环境下，并满足设计负荷时，其外护套表面温度不超过 60℃，以保证的电缆使用寿命，且有利于保证地面温度均匀。

3.5.3 此条限制其最大间距，是为保证地面温度的均匀性，限制最小间距是考虑电缆的弯曲能力及避免两根电缆接触。

限制与外墙最小间距是为了避免电缆与外墙的垂直保温膨胀带直接接触，

影响电缆散热。发热电缆与内墙面的间距不应过小，主要是考虑无腿立柜等靠墙家具对电缆的遮挡不应过多；但为保持房地表面温度的均匀性，避免在电缆长度已经确定的情况下改变敷设间距，距内墙距离也不应过大；因此推荐采用200mm~300mm。

3.5.4 发热电缆由于各段线功率比较恒定，不必象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；发热电缆较细，平行型布置间距可满足弯曲半径要求，因此也无需采用回转式布置。

发热电缆有单导线和双导线形式，单导线安装时加热电缆必须形成回路，两端与电源连接；双导线产品本身自成回路，只需一端连接电源，布置更加灵活。发热电缆布置方式如图1~图3所示。

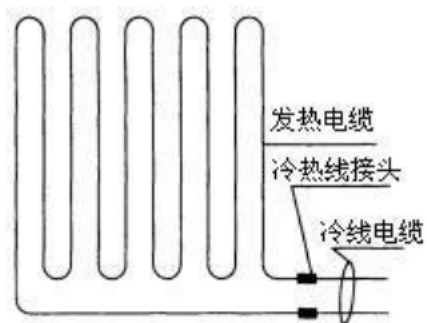


图1 单导发热电缆单路平行布置

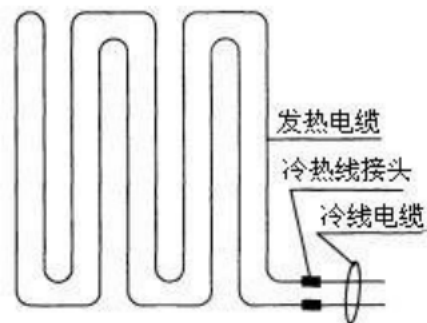


图2 单导发热电缆双路平行布置

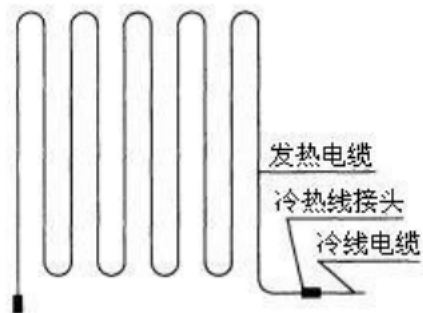


图3 双导发热电缆平行布置

置无腿立柜的墙面保持一定距离(200mm~300mm),移动家具不能确定位置时,设计文件应提示用户尽量选用有腿家具,以减少局部热阻。

3.6 温度控制设计

3.6.1 有特殊要求的房间,温控器可以与定时时钟区域编程器串联连接,实现智能化控制;负荷较小的房间,当仅需一根电缆就能满足要求时,可采用一个温控器;负荷较大的房间,需敷设两根或两根以上电缆时,可采用温控器和接触器相结合的控制方式;几个温度相同的房间统一进行温度控制时,可采用温控器和接触器相结合的控制方式。

3.6.2 供暖地面有一定的蓄热能力,室温控制不可能也不要求高精度,完全可以采用相对简单的通断控制。

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电缆过热的情况。

仅采用地面温度控制方式时,地温的设计温度较高,负荷减少时室温可能较高或不精确,可以根据实际室温和气候变化等因素人为改变温度设定值。

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。

3.7 电气设计

3.7.1 有一些地区实行峰谷电价,有些地区对冬季供暖电耗有优惠政策,在这些情况下,电热供暖系统回路需单独设置和计费,以适应优惠政策。

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。

3.7.2 发热电缆地面供暖系统一般采用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,应注意要取得供电部门的同意。

3.7.3 发热电缆地面供暖系统中，由温控开关或接触器出线端配至每组发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，尽可能减小发热电缆系统设备或元件连接部分的管线，控制金属软管敷设长度满足验收规范要求。

3.7.5 用于辐射供暖的发热电缆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，才能保障发热电缆辐射供暖运行的安全性。

3.7.6 当大面积采用集中发热电缆地面供暖系统时，由于用电负荷比较大，如与照明、动力等设备合用变压器或配电系统时，集中电热设备的投入方式和时间对总系统影响较大，因此宜设置负荷监控系统，通过对总负荷的时时检测，充分利用发热电缆地面供暖系统的蓄热能力，分时分段对电热设备的投入进行控制，以削减电网高峰时段用电负荷，填补低谷时段负荷。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 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。

4.1.2 发热电缆地面低温辐射供暖设计的产品标准包括：

绝热层和填充层材料：《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T1080.1、《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T1080.2、《通用硅酸盐水泥》GB175。

加热电缆：《额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电缆》GB/T20841-2007/IEC60800：1992

温控器：《温度指示控制仪》JJG874、《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》GB14536.10 等；

4.2 发热电缆

4.2.1 发热电缆的冷线和热线接头为其薄弱环节，为满足至少 50 年的非连续正常使用寿命，发热电缆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。

4.2.6 发热电缆的检测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。

4.4 绝热层材料

4.4.2 表中数据摘自《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T1080.1-2002 和《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T1080.2-2002。从表中可看出，挤塑材料绝热性等指标均好于模塑材料，宜优先选用，但价格较高。采用预制沟槽保温板的供暖地面上部无填充层均衡地面压力，因此应采用密度和压缩强度要求比绝热层高的材料。

4.4.4 为尽量增加发热电缆向上的有效散热量，且不影响木地板的直接铺设，规定预制沟槽保温板及其金属导热层的沟槽尺寸应与敷设的发热电缆外径吻合。限

定保温板最薄处厚度,是为了控制向下的传热损失。限定导热层最小厚度为0.1mm 主要是为了保证导热层的牢固性。金属导热层要求其导热效果好,一般采用薄铝板或铝箔,因此采用其导热系数作为最小限值。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 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。

5.1.2 本条主要对发热电缆的运输、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材料。

5.1.3 对于发热电缆，虽然具有耐酸碱腐蚀的能力，但油漆、沥青和一些化学溶剂对其表面有较强的损坏作用，因此必须严格防止发热电缆接触这类物质。

5.1.4 严禁踩踏电缆目的在于保护发热电缆，以免遭损坏。而交叉施工会增加现场管理难度，配合不当会影响工程进度，增加现场半成品的保护费用。

5.1.5 发热电缆的物理性能如韧性、抗弯曲性能一般随环境温度降低而变差，会使施工困难，当环境温度低于 5℃时，较难保证发泡水泥绝热层、混凝土填充层的施工和养护质量，如采取某些技术措施来确保混凝土的施工质量，将会增加工程造价。严禁电缆间有搭接目的在于保护发热电缆，以避免搭接时温度过高损坏电缆。

5.1.8 地面平整与否，会影响到泡沫塑料类绝热层、预制沟槽保温板的铺设质量；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。

5.2 绝热层的铺设

5.2.5 平整发泡水泥绝热层和水泥砂浆填充层表面的刮平工具，一般采用手柄具有弹性的刮板。适应不同工艺的搅拌机，应具有高速、高性能和强搅拌力。输送泵的压力和流量应恒定、平稳。

5.2.7 刮平后的泡沫水泥表面应光亮无浮泡，浮泡多说明水多有离析现象。如孔隙不均匀或存在水泥与气泡明显分离层，将使绝热层导热系数增大，则为不合格产品。

5.2.9 发泡水泥绝热层的取样检验内容为干体积密度、7天抗压强度、28天抗压强度和导热系数，取样试件尺寸及数量可按检测部门要求确定。

5.3 发热电缆的安装

5.3.2 检查测试发热电缆的标称电阻和绝缘电阻，是为了确定发热电缆无断路、短路现象。

5.3.4 发热电缆的冷热线接头在地面下暗装的目的，是防止热线在地面上发热，形成安全隐患。同时，发热电缆出地面后就难以保证间距。接头处避免弯曲是为了确保接头通电时产生的应力能充分释放。

5.3.5 此条规定是为避免对发热电缆造成内部损伤，留下隐患。

5.3.6 目的是防止搭接部位温度过高和热线在套管内发热，影响寿命和安全性能。

5.3.7 每根发热电缆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电缆损坏，通电后带来严重后果。如在竣工验收后，意外情况下出现电缆破损，必须由电缆厂家用专用设备和特殊方法处理。

5.3.9 要求金属网设在发热电缆下填充层之间，是为了使发热电缆与绝热层不直接接触。当填充层铺设前铺设金属网和发热电缆时，需要在铺设填充层时将金属网抬起，使发热电缆与绝热层不直接接触，金属网应具有一定强度，因此对其网眼尺寸和金属直径做出规定。

5.4 温度控制系统的安装

5.4.2 从温度控制和限制的理论上讲，控制是一种常态运行模式，而限制是在一种特殊或异常保护的防范措施。地面温度值由地面构造、材质、发热体温度、室内温度等因素决定，并不是由于地面安装了限温用途传感器的结果。根据本规程第3.1.2条对地表面平均温度的要求，地面传感器的限温值宜设为 $35^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内。不同的供暖发热末端和地面构造，外置传感器的埋设工艺各不相同，需要在实践中不断积累经验。发热电缆供暖应将感温头敷设于两条发热电缆线中间位置。在工程实际应用中，也有将感温头直接贴近发热体的做法，此种做法应视同为多个控温用途的传感器（即：房间温控器内置和外置的传感器都处于控温状态），这种情况时，地面传感器的控制温度值不宜高于 60°C 。

5.5 填充层施工

5.5.1 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。

5.5.2 本条规定了填充层的施工时机，未通过隐蔽工程验收前，不得施工。

5.5.6 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；混凝土填充层引自现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ142 的规定。

5.5.8 豆石混凝土和填充层取样主要是检验其强度，取样试件尺寸及数量可按检测部门要求确定。

5.5.9 为防止填充层施工过程中损坏发热电缆，应检测每根电缆的电阻和绝缘电阻，及时发现质量问题。

5.6 面层施工

5.6.1 本条规定了地面供暖宜采用的地面装饰材料的种类，避免因地面装饰材料选择不当，造成供暖不足或经济损失。

5.6.2 对面层施工提出注意事项是为了避免面层施工时损坏发热电缆。预留伸缩缝是为了给装饰面层材料预留受热膨胀时需要的空间。

5.6.3 预制沟槽保温板采用木地板面层时，可直接铺设，一般称为干法施工。采用石材或瓷砖时，可以采用传统的水泥砂浆找平层和粘接层，与石材或瓷砖粘接，一般称为湿法施工。金属网是为了均匀保温板所受的局部压力，并可防止找平层开裂。

5.6.4 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。

6 检查、调试及验收

6.3 施工质量验收

6.3.1 发热电缆隐蔽埋置在填充层或面层内，因此应按隐蔽工程要求进行质量检验及验收，只有经检验合格后才允许隐蔽。

6.3.2 本条具体规定了中间质量验收项目，以上内容应根据各道工序完成时逐项验收，应有完整的各道工序检验及验收记录。

6.4 调试与试运行

6.4.1 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。

6.4.2 调试与试运行的目的，是使供暖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。

6.4.4 辐射供暖时，由于有辐射传热和对流传热同时作用，所以既不能单纯的以辐射强度来衡量，也不能简单的以室内空气的干球温度作为考核的依据，为此本条规定必须用能同时反映辐射和对流综合作用的黑球温度作为评价和考核供热效果的依据。