

中华人民共和国行业标准

地面辐射供暖技术规程

Technical specification for floor radiant heating

JGJ 142—2004

J 365—2004

2004 北 京

中华人民共和国行业标准

地面辐射供暖技术规程

Technical specification for floor radiant heating

JGJ 142—2004

批准部门：中华人民共和国建设部

实施日期：2004年10月1日

中华人民共和国建设部 公 告

第 257 号

建设部关于发布行业标准 《地面辐射供暖技术规程》的公告

现批准《地面辐射供暖技术规程》为行业标准,编号为 JGJ 142—2004,自 2004 年 10 月 1 日起实施。其中,第 3.2.1、3.8.1、3.10.6、4.4.1、5.1.6、5.1.8、5.4.2、5.4.8、5.5.5、6.5.1 条为强制性条文,必须严格执行。

本标准由建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
2004 年 8 月 5 日

前 言

根据建设部建标〔2002〕84号文的要求，标准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，制定了本规程。

本规程主要技术内容是地面辐射供暖工程中的设计、材料、施工、检验、调试与验收等方面技术要求。

本规程由建设部负责管理和对强制性条文的解释，由主编单位负责具体技术内容的解释。

本规程主编单位：中国建筑科学研究院（地址：北京北三环东路30号；邮编：100013）。

本规程参加单位：中国建筑西北设计研究院

北京市建筑设计研究院

北京有色工程设计研究总院

沈阳市华新国际工程设计顾问有限公司

哈尔滨工业大学

北京瑞迪北方暖通设备工程技术有限公司

北京中房耐克森科技发展有限公司

北京特希达科技有限公司

中房集团新技术中心有限公司

北京华源亚太化学建材有限责任公司

丹佛斯（天津）有限公司

上海乔治·费歇尔管路系统有限公司

北京华宇通阳光智能供暖设备有限公司

国际铜业协会（中国）

北京狄诺瓦科技发展有限公司

北京德欧环保设备有限公司

北京润和科技投资有限公司

北京华世通实业有限公司

佛山市日丰企业有限公司

合肥安泽电工有限公司

上海东理科技发展有限公司

泰科热控（湖州）有限公司

锦州奈特新型材料有限责任公司

国家化学建筑材料测试中心建工测试部

本规程主要起草人员：

徐 伟	邹 瑜	陆耀庆	曹 越
黄 维	万水娥	邓有源	赵先智
宋 波	董重成	于东明	白金国
蒋剑彪	齐政新	周 磊	浦 堃
李 岩	杨宏伟	黄艳珊	田巍然
史凤贤	王 俊	胡晶薇	钟惠林
张力平	张国强	濮焕忠	罗才漠

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	设计	5
3.1	一般规定	5
3.2	地面构造	6
3.3	热负荷的计算	7
3.4	地面散热量的计算	7
3.5	低温热水系统的加热管系统设计	8
3.6	低温热水系统的分水器、集水器及附件设计	9
3.7	低温热水系统的加热管水力计算	9
3.8	低温热水系统的热计量和室温控制	11
3.9	发热电缆系统的设计	12
3.10	发热电缆系统的电气设计	13
4	材料	14
4.1	一般规定	14
4.2	绝热材料	14
4.3	低温热水系统的材料	15
4.4	发热电缆系统的材料	16
5	施工	18
5.1	一般规定	18
5.2	绝热层的铺设	19
5.3	低温热水系统加热管的安装	19
5.4	发热电缆系统的安装	21
5.5	填充层施工	22
5.6	面层施工	22

5.7 卫生间施工	23
6 检验、调试及验收	24
6.1 一般规定	24
6.2 施工方案及材料、设备检查	25
6.3 施工安装质量验收	26
6.4 低温热水系统的水压试验	27
6.5 调试与试运行	28
附录 A 单位地面面积的散热量和向下传热损失	29
附录 B 加热管的选择	38
附录 C 塑料管及铝塑复合管水力计算	43
附录 D 管材物理力学性能	48
附录 E 发热电缆的电气和机械性能要求	50
附录 F 工程质量检验表	52
本规程用词说明	58
条文说明	59

1 总 则

1.0.1 为规范地面辐射供暖工程的设计、施工及验收，做到技术先进、经济合理、安全适用和保证工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建的工业与民用建筑物，以热水为热媒或以发热电缆为加热元件的地面辐射供暖工程的设计、施工及验收。

1.0.3 地面辐射供暖工程的设计、施工及验收，除应执行本规程外，尚应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 术 语

2.0.1 低温热水地面辐射供暖 low temperature hot water floor radiant heating

以温度不高于 60℃ 的热水为热媒，在加热管内循环流动，加热地板，通过地面以辐射和对流的传热方式向室内供热的供暖方式。

2.0.2 分水器 manifold

水系统中，用于连接各路加热管供水管的配水装置。

2.0.3 集水器 manifold

水系统中，用于连接各路加热管回水管的汇水装置。

2.0.4 面层 surface course

建筑地面直接承受各种物理和化学作用的表面层。

2.0.5 找平层 toweling course

在垫层或楼板面上进行抹平找坡的构造层。

2.0.6 隔离层 isolating 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。

2.0.7 填充层 filler course

在绝热层或楼板基面上设置加热管或发热电缆用的构造层，用以保护加热设备并使地面温度均匀。

2.0.8 绝热层 insulating course

用以阻挡热量传递，减少无效热耗的构造层。

2.0.9 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。

2.0.10 伸缩缝 expansion joint

补偿混凝土填充层、上部构造层和面层等膨胀或收缩用的构

造缝。

2.0.11 铝塑复合管 polyethylene-aluminum compound pipe

内层和外层为交联聚乙烯或耐高温聚乙烯、中间层为增强铝管、层间采用专用热熔胶，通过挤出成型方法复合成一体的加热管。根据铝管焊接方法不同，分为搭接焊和对接焊两种形式，通常以 XPAP 或 PAP 标记。

2.0.12 聚丁烯管 polybutylene pipe

由聚丁烯-1 树脂添加适量助剂，经挤出成型的热塑性加热管，通常以 PB 标记。

2.0.13 交联聚乙烯管 cross linked polyethylene pipe

以密度大于等于 $0.94\text{g}/\text{cm}^3$ 的聚乙烯或乙烯共聚物，添加适量助剂，通过化学的或物理的方法，使其线型的大分子交联成三维网状的大分子结构的加热管，通常以 PE-X 标记。按照交联方式的不同，可分为过氧化物交联聚乙烯 (PE-X_a)、硅烷交联聚乙烯 (PE-X_b)、辐照交联聚乙烯 (PE-X_c)、偶氮交联聚乙烯 (PE-X_d)。

2.0.14 无规共聚聚丙烯管 polypropylene random copolymer pipe

以丙烯和适量乙烯的无规共聚物，添加适量助剂，经挤出成型的热塑性加热管。通常以 PP-R 标记。

2.0.15 嵌段共聚聚丙烯管 polypropylene block copolymer pipe

以丙烯和乙烯嵌段共聚物，添加适量助剂，经挤出成型的热塑性加热管。通常以 PP-B 标记。

2.0.16 耐热聚乙烯管 polyethylene of raised temperature resistance pipe

以乙烯和辛烯共聚制成的特殊的线型中密度乙烯共聚物，添加适量助剂，经挤出成型的热塑性加热管。通常以 PE-RT 标记。

2.0.17 黑球温度 black globe temperature

由黑球温度计指示的温度数值，习惯上也称实感温度。

2.0.18 发热电缆 heating cable

以供暖为目的、通电后能够发热的电缆。由冷线、热线和冷

热线接头组成，其中热线由发热导线、绝缘层、接地屏蔽层和外护套等部分组成。

2.0.19 发热电缆地面辐射供暖 heating cable floor radiant heating

以低温发热电缆为热源，加热地板，通过地面以辐射和对流的传热方式向室内供热的供暖方式。

2.0.20 发热导线 heating conductor

发热电缆中将电能转换为热能的金属线。

2.0.21 绝缘层 insulation of a cable

发热电缆内不同电导体之间的绝缘材料层。

2.0.22 接地屏蔽层 screen

包裹在发热导线外并与发热导线绝缘的金属层。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发热电缆纵向围合的金属带。

2.0.23 外护套 sheath

保护发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。

2.0.24 发热电缆温控器 thermostat for heating cable system

应用于发热电缆地面辐射供暖的系统中，能够感应温度并加以控制调节的自动控制装置，按照控制方法的不同主要分为室温型、地温型和双温型温控器。

3 设 计

3.1 一 般 规 定

3.1.1 低温热水地面辐射供暖系统的供、回水温度应由计算确定，供水温度不应大于 60°C 。民用建筑供水温度宜采用 $35 \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，供回水温差不宜大于 10°C 。

3.1.2 地表面平均温度计算值应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 地表面平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)

区域特征	适宜范围	最高限值
人员经常停留区	24 ~ 26	28
人员短期停留区	28 ~ 30	32
无人停留区	35 ~ 40	42

3.1.3 低温热水地面辐射供暖系统的工作压力，不应大于 0.8MPa ；当建筑物高度超过 50m 时，宜竖向分区设置。

3.1.4 无论采用何种热源，低温热水地面辐射供暖热媒的温度、流量和资用压差等参数，都应同热源系统相匹配；热源系统应设置相应的控制装置。

3.1.5 地面辐射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 施工图设计文件应以施工图纸为主，包括图纸目录、设计说明、加热管或发热电缆平面布置图、温控装置布置图及分水器、集水器、地面构造示意图等内容。

2 设计说明中应详细说明供暖室内外计算温度、热源及热媒参数或配电方案及电力负荷、加热管或发热电缆技术数据及规格；标明使用的具体条件如工作温度、工作压力或工作电压以及绝热材料的导热系数、密度、规格及厚度等。

3 平面图中应绘出加热管或发热电缆的具体布置形式,标明敷设间距、加热管的管径、计算长度和伸缩缝要求等。

3.1.6 采用发热电缆地面辐射供暖方式时,发热电缆的线功率不宜大于 20W/m 。

3.2 地面构造

3.2.1 与土壤相邻的地面,必须设绝热层,且绝热层下部必须设置防潮层。直接与室外空气相邻的楼板,必须设绝热层。

3.2.2 地面构造由楼板或与土壤相邻的地面、绝热层、加热管、填充层、找平层和面层组成,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 对卫生间、洗衣间、浴室和游泳馆等潮湿房间,在填充层上部应设置隔离层。

3.2.3 面层宜采用热阻小于 $0.05\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ 的材料。

3.2.4 当面层采用带龙骨的架空木地板时,加热管或发热电缆应敷设在木地板与龙骨之间的绝热层上,可不设置豆石混凝土填充层;发热电缆的线功率不宜大于 10W/m ;绝热层与地板间净空不宜小于 30mm 。

3.2.5 地面辐射供暖系统绝热层采用聚苯乙烯泡沫塑料板时,其厚度不应小于表 3.2.5 规定值;采用其他绝热材料时,可根据热阻相当的原则确定厚度。

表 3.2.5 聚苯乙烯泡沫塑料板绝热层厚度 (mm)

楼层之间楼板上的绝热层	20
与土壤或不采暖房间相邻的地板上的绝热层	30
与室外空气相邻的地板上的绝热层	40

3.2.6 填充层的材料宜采用 C15 豆石混凝土,豆石粒径宜为 $5\sim 12\text{mm}$ 。加热管的填充层厚度不宜小于 50mm ,发热电缆的填充层厚度不宜小于 35mm 。当地面荷载大于 20kN/m^2 时,应会同结构

设计人员采取加固措施。

3.3 热负荷的计算

3.3.1 地面辐射供暖系统热负荷,应按现行国家标准《采暖通风及空气调节设计规范》GB 50019 的有关规定进行计算。

3.3.2 计算全面地面辐射供暖系统的热负荷时,室内计算温度的取值应比对流采暖系统的室内计算温度低 2°C ,或取对流采暖系统计算总热负荷的 90% ~ 95%。

3.3.3 局部地面辐射供暖系统的热负荷,可按整个房间全面辐射供暖所算得的热负荷乘以该区域面积与所在房间面积的比值和表 3.3.3 中所规定的附加系数确定。

表 3.3.3 局部辐射供暖系统热负荷的附加系数

供暖区面积与房间总面积比值	0.55	0.40	0.25
附 加 系 数	1.30	1.35	1.50

3.3.4 进深大于 6m 的房间,宜以距外墙 6m 为界分区,分别计算热负荷和进行管线布置。

3.3.5 敷设加热管或者发热电缆的建筑地面,不应计算地面的传热损失。

3.3.6 计算地面辐射供暖系统热负荷时,可不考虑高度附加。

3.3.7 分户热计量的地面辐射供暖系统的热负荷计算,应考虑间歇供暖和户间传热等因素。

3.4 地面散热量的计算

3.4.1 单位地面面积的散热量应按下列公式计算:

$$q = q_f + q_d \quad (3.4.1-1)$$

$$q_f = 5 \times 10^{-8} [(t_{pj} + 273)^4 - (t_{fj} + 273)^4] \quad (3.4.1-2)$$

$$q_d = 2.13(t_{pj} - t_n)^{1.31} \quad (3.4.1-3)$$

式中 q ——单位地面面积的散热量 (W/m^2);

q_f ——单位地面面积辐射传热量 (W/m^2);

q_d ——单位地面面积对流传热量 (W/m^2);

t_{pj} ——地表面平均温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_f ——室内非加热表面的面积加权平均温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_n ——室内计算温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

3.4.2 单位地面面积的散热量和向下传热损失, 均应通过计算确定。当加热管为 PE-X 管或 PB 管时, 单位地面面积散热量及向下传热损失, 可按本规程附录 A 确定。

3.4.3 确定地面所需的散热量时, 应将本章第 3.3 节计算的房间热负荷扣除来自上层地板向下的传热损失。

3.4.4 单位地面面积所需的散热量应按下列公式计算:

$$q_x = \frac{Q}{F} \quad (3.4.4)$$

式中 q_x ——单位地面面积所需的散热量 (W/m^2);

Q ——房间所需的地面散热量 (W);

F ——敷设加热管或发热电缆的地面面积 (m^2)。

3.4.5 确定地面散热量时, 应校核地表面平均温度, 确保其不高于本规程表 3.1.2 的最高限值; 否则应改善建筑热工性能或设置其他辅助供暖设备, 减少地面辐射供暖系统负担的热负荷。地表面平均温度宜按下列公式计算:

$$t_{pj} = t_n + 9.82 \times \left(\frac{q_x}{100} \right)^{0.969} \quad (3.4.5)$$

式中 t_{pj} ——地表面平均温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_n ——室内计算温度 ($^{\circ}\text{C}$);

q_x ——单位地面面积所需散热量 (W/m^2)。

3.4.6 热媒的供热量, 应包括地面向上的散热量和向下层或向土壤的传热损失。

3.4.7 地面散热量应考虑家具及其他地面覆盖物的影响。

3.5 低温热水系统的加热管系统设计

3.5.1 在住宅建筑中, 低温热水地面辐射供暖系统应按户划分

系统，配置分水器、集水器；户内的各主要房间，宜分环路布置加热管。

3.5.2 连接在同一分水器、集水器上的同一管径的各环路，其加热管的长度宜接近，并不宜超过 120m。

3.5.3 加热管的布置宜采用回折型（旋转型）或平行型（直列型）。

3.5.4 加热管的敷设管间距，应根据地面散热量、室内计算温度、平均水温及地面传热热阻等通过计算确定。也可按本规程附录 A 确定。

3.5.5 加热管壁厚应按供暖系统实际工作条件确定，可按照本规程附录 B 的规定选择。

3.5.6 加热管内水的流速不宜小于 0.25m/s。

3.5.7 地面的固定设备和卫生洁具下，不应布置加热管。

3.6 低温热水系统的分水器、集水器及附件设计

3.6.1 每个环路加热管的进、出水口，应分别与分水器、集水器相连接。分水器、集水器内径不应小于总供、回水管内径，且分水器、集水器最大断面流速不宜大于 0.8m/s。每个分水器、集水器分支环路不宜多于 8 路。每个分支环路供回水管上均应设置可关断阀门。

3.6.2 在分水器之前的供水连接管道上，顺水流方向应安装阀门、过滤器、阀门及泄水管。在集水器之后的回水连接管上，应安装泄水管并加装平衡阀或其他可关断调节阀。对有热计量要求的系统应设置热计量装置。

3.6.3 在分水器的总进水管与集水器的总出水管之间宜设置旁通管，旁通管上应设置阀门。

3.6.4 分水器、集水器上均应设置手动或自动排气阀。

3.7 低温热水系统的加热管水力计算

3.7.1 加热管的压力损失，可按下列公式计算：

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_j \quad (3.7.1-1)$$

$$\Delta P_m = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2} \quad (3.7.1-2)$$

$$\Delta P_j = \zeta \frac{\rho v^2}{2} \quad (3.7.1-3)$$

式中 ΔP ——加热管的压力损失 (Pa);

ΔP_m ——摩擦压力损失 (Pa);

ΔP_j ——局部压力损失 (Pa);

λ ——摩擦阻力系数;

d ——管道内径 (m);

l ——管道长度 (m);

ρ ——水的密度 (kg/m^3);

v ——水的流速 (m/s);

ζ ——局部阻力系数。

3.7.2 铝塑复合管及塑料管的摩擦阻力系数, 可近似统一按下式计算:

$$\lambda = \left\{ \frac{0.5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1.312(2-b) \lg 3.7 \frac{d_n}{K_d}}{\lg Re_s - 1} \right]}{\lg \frac{3.7 d_n}{K_d}} \right\}^2 \quad (3.7.2-1)$$

$$b = 1 + \frac{\lg Re_s}{\lg Re_z} \quad (3.7.2-2)$$

$$Re_s = \frac{d_n v}{\mu_1} \quad (3.7.2-3)$$

$$Re_z = \frac{500 d_n}{k_d} \quad (3.7.2-4)$$

$$d_n = 0.5(2d_w + \Delta d_w - 4\delta - 2\Delta\delta) \quad (3.7.2-5)$$

式中 λ ——摩擦阻力系数;

b ——水的流动相似系数;

Re_s ——实际雷诺数；

v ——水的流速 (m/s)；

μ_t ——与温度有关的运动黏度 (m^2/s)；

Re_z ——阻力平方区的临界雷诺数；

k_d ——管子的当量粗糙度 (m)，对铝塑复合管及塑料管，

$k_d = 1 \times 10^{-5}$ (m)；

d_n ——管子的计算内径 (m)；

d_w ——管外径 (m)；

Δd_w ——管外径允许误差 (m)；

δ ——管壁厚 (m)；

$\Delta \delta$ ——管壁厚允许误差 (m)。

3.7.3 塑料管及铝塑复合管单位摩擦压力损失可按本规程附录 C 中表 C.0.1、表 C.0.2 选用。

3.7.4 塑料管及铝塑复合管的局部压力损失应通过计算确定，其局部阻力系数可按本规程附录 C 中表 C.0.3 选用。

3.7.5 每套分水器、集水器环路的总压力损失不宜大于 30kPa。

3.8 低温热水系统的热计量和室温控制

3.8.1 新建住宅低温热水地面辐射供暖系统，应设置分户热计量和温度控制装置。

3.8.2 分户热计量的低温热水地面辐射供暖系统，应符合下列要求：

- 1 应采用共用立管的分户独立系统形式。
- 2 热量表前应设置过滤器。
- 3 供暖系统的水质应符合现行国家标准《工业锅炉水质》GB 1576 的规定。

4 共用立管和入户装置，宜设置在管道井内；管道井宜邻楼梯间或户外公共空间。

- 5 每一对共用立管在每层连接的户数不宜超过 3 户。

3.8.3 低温热水地面辐射供暖系统室内温度控制，可根据需要选取下列任一种方式：

1 在加热管与分水器、集水器的接合处，分路设置调节性能好的阀门，通过手动调节来控制室内温度。

2 各个房间的加热管局部沿墙槽抬高至 1.4m，在加热管上装置自力式恒温控制阀，控制室温保持恒定。

3 在加热管与分水器、集水器的接合处，分路设置远传型自力式或电动式恒温控制阀，通过各房间内的温控器控制相应回路上的调节阀，控制室内温度保持恒定。调节阀也可内置于集水器中。采用电动控制时，房间温控器与分水器、集水器之间应预埋电线。

3.9 发热电缆系统的设计

3.9.1 发热电缆布线间距应根据其线性功率和单位面积安装功率，按下式确定：

$$S = \frac{p_x}{q} \times 1000 \quad (3.9.1)$$

式中 S ——发热电缆布线间距 (mm)；

p_x ——发热电缆线性功率 (W/m)；

q ——单位面积安装功率 (W/m²)。

3.9.2 在靠近外窗、外墙等局部热负荷较大区域，发热电缆应较密铺设。

3.9.3 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。

3.9.4 发热电缆的布置，可选择采用平行型（直列型）或回折型（旋转型）。

3.9.5 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。

3.9.6 发热电缆温控器的工作电流不得超过其额定电流。

3.9.7 发热电缆地面辐射供暖系统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，温控器的选用类型应符合以下要求：

1 高大空间、浴室、卫生间、游泳池等区域，应采用地温型温控器；

2 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。

3.9.8 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。

3.9.9 发热电缆温控器的选型，应考虑使用环境的潮湿情况。

3.9.10 发热电缆的布置应考虑地面家具的影响。

3.9.11 地面的固定设备和卫生洁具下面不应布置发热电缆。

3.10 发热电缆系统的电气设计

3.10.1 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 三相四线制供电方式，多根发热电缆接入 220V/380V 三相系统时应使三相平衡。

3.10.2 供暖电耗要求单独计费时，发热电缆系统的电气回路宜单独设置。

3.10.3 配电箱应具备过流保护和漏电保护功能，每个供电回路应设带漏电保护装置的双极开关。

3.10.4 地温传感器穿线管应选用硬质套管。

3.10.5 发热电缆地面辐射供暖系统的电气设计应符合国家现行标准《民用建筑电气设计规范》JGJ/T 16 和《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 中的有关规定。

3.10.6 发热电缆的接地线必须与电源的地线连接。

4 材 料

4.1 一 般 规 定

4.1.1 地面辐射供暖系统中所用材料,应根据工作温度、工作压力、荷载、设计寿命、现场防水、防火等工程环境的要求,以及施工性能,经综合比较后确定。

4.1.2 所有材料均应按国家现行有关标准检验合格,有关强制性性能要求应由国家认可的检测机构进行检测,并出具有效证明文件或检测报告。

4.2 绝 热 材 料

4.2.1 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,不得有散发异味及可能危害健康的挥发物。

4.2.2 地面辐射供暖工程中采用的聚苯乙烯泡沫塑料主要技术指标应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 聚苯乙烯泡沫塑料主要技术指标

项 目	单 位	性能指标
表观密度	kg/m ³	≥20.0
压缩强度 (即在 10%形变下的压缩应力)	kPa	≥100
导热系数	W/m·k	≤0.041
吸水率 (体积分数)	% (v/v)	≤4
尺寸稳定性	%	≤3
水蒸气透过系数	ng/(Pa·m·s)	≤4.5
熔结性 (弯曲变形)	mm	≥20
氧指数	%	≥30
燃烧分级	达到 B ₂ 级	

4.2.3 当采用其他绝热材料时,其技术指标应按本规程表 4.2.2 的规定,选用同等效果绝热材料。

4.3 低温热水系统的材料

4.3.1 低温热水地面辐射供暖系统材料应包括加热管、分水器、集水器及其连接件和绝热材料等。

4.3.2 加热管管材生产企业应向设计、安装和建设单位提交下列文件：

1 国家授权机构提供的有效期内的符合相关标准要求的检验报告；

2 产品合格证；

3 有特殊要求的管材，厂家应提供相应说明书。

4.3.3 低温热水系统的加热管应根据其工作温度、工作压力、使用寿命、施工和环保性能等因素，经综合考虑和技术经济比较后确定。

4.3.4 加热管质量必须符合国家现行标准中的各项规定；加热管的物理性能应符合本规程附录 D 的规定。

4.3.5 加热管外壁标识应按相关管材标准执行，有阻氧层的加热管宜注明。

4.3.6 与其他供暖系统共用同一集中热源的热热水系统、且其他供暖系统采用钢制散热器等易腐蚀构件时，塑料管宜有阻氧层或在热水系统中添加除氧剂。

4.3.7 加热管的内外表面应光滑、平整、干净，不应有可能影响产品性能的明显划痕、凹陷、气泡等缺陷。

4.3.8 塑料管或铝塑复合管的公称外径、壁厚与偏差，应符合表 4.3.8-1 和表 4.3.8-2 的要求。

表 4.3.8-1 塑料管公称外径、最小与最大平均外径 (mm)

塑料管材	公称外径	最小平均外径	最大平均外径
PE-X 管、PB 管、PE-RT 管、PP-R 管、PP-B 管	16	16.0	16.3
	20	20.0	20.3
	25	25.0	25.3

表 4.3.8-2 铝塑复合管公称外径、壁厚与偏差 (mm)

铝塑复合管	公称外径	公称外径偏差	参考内径	壁厚最小值	壁厚偏差
搭接焊	16	+0.3	12.1	1.7	+0.5
	20		15.7	1.9	
	25		19.9	2.3	
对接焊	16	+0.3	10.9	2.3	+0.5
	20		14.5	2.5	
	25 (26)		18.5 (19.5)	3.0	

4.3.9 分水器、集水器应包括分水干管、集水干管、排气及泄水试验装置、支路阀门和连接配件等。

4.3.10 分水器、集水器 (含连接件等) 的材料宜为铜质。

4.3.11 分水器、集水器 (含连接件等) 的表观, 内外表面应光洁, 不得有裂纹、砂眼、冷隔、夹渣、凹凸不平缺陷。表面电镀的连接件, 色泽应均匀, 镀层牢固, 不得有脱镀的缺陷。

4.3.12 金属连接件间的连接及过渡管件与金属连接件间的连接密封应符合国家现行标准《55°密封管螺纹》GB/T 7306 的规定。永久性的螺纹连接, 可使用厌氧胶密封粘接; 可拆卸的螺纹连接, 可使用不超过 0.25mm 总厚的密封材料密封连接。

4.3.13 铜制金属连接件与管材之间的连接结构形式宜为卡套式或卡压式夹紧结构。

4.3.14 连接件的物理力学性能测试应采用管道系统适用性试验的方法, 管道系统适用性试验条件及要求应符合管材国家现行标准的规定。

4.4 发热电缆系统的材料

4.4.1 发热电缆必须有接地屏蔽层。

4.4.2 发热电缆热线部分的结构在径向上从里到外应由发热导线、绝缘层、接地屏蔽层和外护套等组成, 其外径不宜小于 6mm。

- 4.4.3** 发热电缆的发热导体宜使用纯金属或金属合金材料。
- 4.4.4** 发热电缆的轴向上分别为发热用的热线和连接用的冷线，其冷热导线的接头应安全可靠，并应满足至少 50 年的非连续正常使用寿命。
- 4.4.5** 发热电缆的型号和商标应有清晰标志，冷热线接头位置应有明显标志。
- 4.4.6** 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 E 的规定。
- 4.4.7** 发热电缆系统用温控器应符合国家现行标准《温度指示控制仪》JJG 874 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》GB 14536.10 的规定。
- 4.4.8** 发热电缆系统的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。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 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 施工现场具有供水或供电条件，有储放材料的临时设施；
- 4 土建专业已完成墙面粉刷（不含面层），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；
- 5 相关电气预埋等工程已完成。

5.1.2 所有进场材料、产品的技术文件应齐全，标志应清晰，外观检查应合格。必要时应抽样进行相关检测。

5.1.3 加热管和发热电缆应进行遮光包装后运输，不得裸露散装；运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖。不得曝晒雨淋，宜储存在温度不超过 40℃，通风良好和干净的库房内；与热源距离应保持在 1m 以上。应避免因环境温度和物理压力受到损害。

5.1.4 施工过程中，应防止油漆、沥青或其他化学溶剂接触污染加热管和发热电缆的表面。

5.1.5 施工的环境温度不宜低于 5℃；在低于 0℃的环境下施工时，现场应采取升温措施。

5.1.6 发热电缆间有搭接时，严禁电缆通电。

5.1.7 施工时不宜与其他工种交叉施工作业，所有地面留洞应在填充层施工前完成。

5.1.8 地面辐射供暖工程施工过程中，严禁人员踩踏加热管或

发热电缆。

5.1.9 施工结束后应绘制竣工图，并应准确标注加热管、发热电缆敷设位置及地温传感器埋设地点。

5.2 绝热层的铺设

5.2.1 铺设绝热层的地面应平整、干燥、无杂物。墙面根部应平直，且无积灰现象。

5.2.2 绝热层的铺设应平整，绝热层相互间接合应严密。直接与土壤接触或有潮湿气体侵入的地面，在铺放绝热层之前应先铺一层防潮层。

5.3 低温热水系统加热管的安装

5.3.1 加热管应按照设计图纸标定的管间距和走向敷设，加热管应保持平直，管间距的安装误差不应大于 10mm。加热管敷设前，应对照施工图纸核定加热管的选型、管径、壁厚，并应检查加热管外观质量，管内部不得有杂质。加热管安装间断或完毕时，敞口处应随时封堵。

5.3.2 加热管切割，应采用专用工具；切口应平整，断口面应垂直管轴线。

5.3.3 加热管安装时应防止管道扭曲；弯曲管道时，圆弧的顶部应加以限制，并用管卡进行固定，不得出现“死折”；塑料及铝塑复合管的弯曲半径不宜小于 6 倍管外径，铜管的弯曲半径不宜小于 5 倍管外径。

5.3.4 埋设于填充层内的加热管不应有接头。

5.3.5 施工验收后，发现加热管损坏，需要增设接头时，应先报建设单位或监理工程师，提出书面补救方案，经批准后方可实施。增设接头时，应根据加热管的材质，采用热熔或电熔插接式连接，或卡套式、卡压式铜制管接头连接，并应做好密封。铜管宜采用机械连接或焊接连接。无论采用何种接头，均应在竣工图上清晰表示，并记录归档。

5.3.6 加热管应设固定装置。可采用下列方法之一固定：

- 1 用固定卡将加热管直接固定在绝热板或设有复合面层的绝热板上；
- 2 用扎带将加热管固定在铺设于绝热层上的网格上；
- 3 直接卡在铺设于绝热层表面的专用管架或管卡上；
- 4 直接固定于绝热层表面凸起间形成的凹槽内。

5.3.7 加热管弯头两端宜设固定卡；加热管固定点的间距，直管段固定点间距宜为 0.5 ~ 0.7m，弯曲管段固定点间距宜为 0.2 ~ 0.3m。

5.3.8 在分水器、集水器附近以及其他局部加热管排列比较密集的部位，当管间距小于 100mm 时，加热管外部应采取设置柔性套管等措施。

5.3.9 加热管出地面至分水器、集水器连接处，弯管部分不宜露出地面装饰层。加热管出地面至分水器、集水器下部球阀接口之间的明装管段，外部应加装塑料套管。套管应高出装饰面 150 ~ 200mm。

5.3.10 加热管与分水器、集水器连接，应采用卡套式、卡压式挤压夹紧连接；连接件材料宜为铜质；铜质连接件与 PP-R 或 PP-B 直接接触的表面必须镀镍。

5.3.11 加热管的环路布置不宜穿越填充层内的伸缩缝。必须穿越时，伸缩缝处应设长度不小于 200mm 的柔性套管。

5.3.12 分水器、集水器宜在开始铺设加热管之前进行安装。水平安装时，宜将分水器安装在上，集水器安装在下，中心距宜为 200mm，集水器中心距地面不应小于 300mm。

5.3.13 伸缩缝的设置应符合下列规定：

- 1 在与内外墙、柱等垂直构件交接处应留不间断的伸缩缝，伸缩缝填充材料应采用搭接方式连接，搭接宽度不应小于 10mm；伸缩缝填充材料与墙、柱应有可靠的固定措施，与地面绝热层连接应紧密，伸缩缝宽度不宜小于 10mm。伸缩缝填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料。

2 当地面面积超过 30m^2 或边长超过 6m 时, 应按不大于 6m 间距设置伸缩缝, 伸缩缝宽度不应小于 8mm 。伸缩缝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填充层的上边缘。

5.4 发热电缆系统的安装

5.4.1 发热电缆应按照施工图纸标定的电缆间距和走向敷设, 发热电缆应保持平直, 电缆间距的安装误差不应大于 10mm 。发热电缆敷设前, 应对照施工图纸核定发热电缆的型号, 并应检查电缆的外观质量。

5.4.2 发热电缆出厂后严禁剪裁和拼接, 有外伤或破损的发热电缆严禁敷设。

5.4.3 发热电缆安装前应测量发热电缆的标称电阻和绝缘电阻, 并做自检记录。

5.4.4 发热电缆施工前, 应确认电缆冷线预留管、温控器接线盒、地温传感器预留管、供暖配电箱等预留、预埋工作已完毕。

5.4.5 电缆的弯曲半径不应小于生产企业规定的限值, 且不得小于 6 倍电缆直径。

5.4.6 发热电缆下应铺设钢丝网或金属固定带, 发热电缆不得被压入绝热材料中。

5.4.7 发热电缆应采用扎带固定在钢丝网上, 或直接用金属固定带固定。

5.4.8 发热电缆的热线部分严禁进入冷线预留管。

5.4.9 发热电缆的冷热线接头应设在填充层内。

5.4.10 发热电缆安装完毕, 应检测发热电缆的标称电阻和绝缘电阻, 并进行记录。

5.4.11 发热电缆温控器的温度传感器安装应按生产企业相关技术要求进行。

5.4.12 发热电缆温控器应水平安装, 并应牢固固定, 温控器应设在通风良好且不被风直吹处, 不得被家具遮挡, 温控器的四周

不得有热源体。

5.4.13 发热电缆温控器安装时，应将发热电缆可靠接地。

5.4.14 伸缩缝的设置应符合本规程第 5.3.13 条的要求。

5.5 填充层施工

5.5.1 混凝土填充层施工应具备以下条件：

- 1 发热电缆经电阻检测和绝缘性能检测合格；
- 2 所有伸缩缝已安装完毕；
- 3 加热管安装完毕且水压试验合格、加热管处于有压状态下；
- 4 温控器的安装盒、发热电缆冷线穿管已经布置完毕；
- 5 通过隐蔽工程验收。

5.5.2 混凝土填充层施工，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。

5.5.3 混凝土填充层施工中，加热管内的水压不应低于 0.6MPa；填充层养护过程中，系统水压不应低于 0.4MPa。

5.5.4 混凝土填充层施工中，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。

5.5.5 在加热管或发热电缆的铺设区内，严禁穿凿、钻孔或进行射钉作业。

5.5.6 系统初始加热前，混凝土填充层的养护期不应少于 21d。施工中，应对地面采取保护措施，不得在地面上加以重载、高温烘烤、直接放置高温物体和高温加热设备。

5.5.7 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检测，验收并做好记录。

5.6 面层施工

5.6.1 装饰地面宜采用下列材料：

- 1 水泥砂浆、混凝土地面；
- 2 瓷砖、大理石、花岗石等地面；

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 面层施工前，填充层应达到面层需要的干燥度。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 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；

2 面层的施工，应在填充层达到要求强度后才能进行；

3 石材、面砖在与内外墙、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装饰层上表面10~20mm，装饰层敷设完毕后，应裁去多余部分。伸缩缝填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料。

5.6.3 以木地板作为面层时，木材应经干燥处理，且应在填充层和找平层完全干燥后，才能进行地板施工。

5.6.4 瓷砖、大理石、花岗石面层施工时，在伸缩缝处宜采用干贴。

5.7 卫生间施工

5.7.1 卫生间应做两层隔离层。

5.7.2 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。加热管或发热电缆穿止水墙处应采取防水措施。

6 检验、调试及验收

6.1 一般规定

6.1.1 检验、调试及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和验收，并应做好记录。工程质量检验表可按本规程附录 F 采用。

6.1.2 施工图设计单位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 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 低温热水系统应对下列内容进行检查和验收：

- 1 管道、分水器、集水器、阀门、配件、绝热材料等的质量；
- 2 原始地面、填充层、面层等施工质量；
- 3 管道、阀门等安装质量；
- 4 隐蔽前、后水压试验；
- 5 管路冲洗；
- 6 系统试运行。

6.1.5 发热电缆系统应对下列内容进行检查和验收：

- 1 发热电缆、温控器、绝热材料等的质量；
- 2 原始地面、填充层、面层等施工质量；
- 3 隐蔽前、后发热电缆标称电阻、绝缘电阻检测；
- 4 发热电缆安装；
- 5 系统试运行。

6.2 施工方案及材料、设备检查

6.2.1 施工单位应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内容：

- 1 工程概况；
- 2 施工节点图、原始地面至面层的剖面图、伸缩缝的位置等；
- 3 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；
- 4 施工工艺流程及各专业施工时间计划；
- 5 施工、安装质量控制措施及验收标准，包括：绝热层铺设、加热管安装、填充层、面层施工质量，水压试验（电阻测试和绝缘测试），隐蔽前、后综合检查，环路、系统试运行调试，竣工验收等；
- 6 施工进度计划、劳动力计划；
- 7 安全、环保、节能技术措施。

6.2.3 地面辐射供暖系统所使用的主要材料、设备组件、配件、绝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标准的规定。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。

6.2.4 阀门、分水器、集水器组件安装前，应做强度和严密性试验。试验应在每批数量中抽查 10%，且不得少于一个。对安装在分水器进口、集水器出口及旁通管上的旁通阀门，应逐个做强度和严密性试验，合格后方可使用。

6.2.5 阀门的强度试验压力应为工作压力的 1.5 倍；严密性试验压力应为工作压力的 1.1 倍，公称直径不大于 50mm 的阀门强度和严密性试验持续时间应为 15s，其间压力应保持不变，且壳体、填料及密封面应无渗漏。

6.3 施工安装质量验收

6.3.1 加热管或电缆安装完毕后，在混凝土填充层施工前，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 地面供暖系统中间验收时，下列项目应达到相应技术要求：

- 1 绝热层的厚度、材料的物理性能及铺设应符合设计要求；
- 2 加热管或发热电缆的材料、规格及敷设间距、弯曲半径等应符合设计要求，并应可靠固定；
- 3 伸缩缝应按设计要求敷设完毕；
- 4 加热管与分水器、集水器的连接处应无渗漏；
- 5 填充层内加热管不应有接头；
- 6 发热电缆系统每个环路应无短路和断路现象。

6.3.3 分水器、集水器及其连接件等安装后应有成品保护措施。

6.3.4 管道安装工程施工技术要求及允许偏差应符合表 6.3.4-1 的规定；原始地面、填充层、面层施工技术要求及允许偏差应符合表 6.3.4-2 的规定。

表 6.3.4-1 管道安装工程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	接 合	无缝隙	—
		厚 度	—	+ 10
2	加热管安装	间 距	不宜大于 300mm	± 10
3	加热管弯曲半径	塑料管及铝塑管	不小于 6 倍管外径	- 5
		铜 管	不小于 5 倍管外径	- 5
4	加热管固定点间距	直 管	不大于 700mm	± 10
		弯 管	不大于 300mm	
5	分水器、集水器安装	垂直间距	200mm	± 10

表 6.3.4-2 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	铺绝热层前	平 整	—
2	填充层	骨 料	$\phi \leq 12\text{mm}$	- 2
		厚 度	不宜小于 50mm	± 4
		当面积大于 30m ² 或长度大于 6m	留 8mm 伸缩缝	+ 2
		与内外墙、柱等 垂直部件	留 10mm 伸缩缝	+ 2
3	面 层	与内外墙、柱等 垂直部件	留 10mm 伸缩缝	+ 2
			面层为木地板时， 留大于或等于 14mm 伸缩缝	+ 2
注：原始地面允许偏差应满足相应土建施工标准。				

6.4 低温热水系统的水压试验

6.4.1 水压试验应在系统冲洗之后进行。冲洗应在分水器、集水器以外主供、回水管道冲洗合格后，再进行室内供暖系统的冲洗。

6.4.2 水压试验应分别在浇捣混凝土填充层前和填充层养护期满后进行一次；水压试验应以每组分水器、集水器为单位，逐回路进行。

6.4.3 试验压力应为工作压力的 1.5 倍，且不应小于 0.6MPa。

6.4.4 在试验压力下，稳压 1h，其压力降不应大于 0.05MPa。

6.4.5 水压试验宜采用手动泵缓慢升压，升压过程中应随时观察与检查，不得有渗漏；不宜以气压试验代替水压试验。

6.4.6 在有冻结可能的情况下试压时，应采取防冻措施，试压完成后应及时将管内的水吹净、吹干。

6.5 调试与试运行

6.5.1 地面辐射供暖系统未经调试，严禁运行使用。

6.5.2 地面辐射供暖系统的运行调试，应在具备正常供暖和供电的条件下进行。

6.5.3 地面辐射供暖系统的调试工作应由施工单位在建设单位配合下进行。

6.5.4 地面辐射供暖系统的调试与试运行，应在施工完毕且混凝土填充层养护期满后，正式采暖运行前进行。

6.5.5 初始加热时，热水升温应平缓，供水温度应控制在比当时环境温度高 10℃左右，且不应高于 32℃；并应连续运行 48h；以后每隔 24h 水温升高 3℃，直至达到设计供水温度。在此温度下应对每组分水器、集水器连接的加热管逐路进行调节，直至达到设计要求。

6.5.6 发热电缆地面辐射供暖系统初始通电加热时，应控制室温平缓上升，直至达到设计要求。

6.5.7 发热电缆温控器的调试应按照不同型号温控器安装调试说明书的要求进行。

6.5.8 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，作为评价和检测的依据。

附录 A 单位地面面积的散热量和向下传热损失

A.1 PE-X 管单位地面面积的散热量和向下传热损失

A.1.1 当地面层为水泥或陶瓷、热阻 $R = 0.02 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时，单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.1.1 取值。

表 A.1.1 PE-X 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
		散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	84.7	23.8	92.5	24.0	100.5	24.6	108.9	24.8	116.6	24.8
	18	76.4	21.7	83.3	22.0	90.4	22.6	97.9	22.7	104.7	22.7
	20	68.0	19.9	74.0	20.2	80.4	20.5	87.1	20.5	93.1	20.5
	22	59.7	17.7	65.0	18.0	70.5	18.4	76.3	18.4	81.5	18.4
	24	51.6	15.6	56.1	15.7	60.7	15.7	65.7	15.7	70.1	15.7
40	16	108.0	29.7	118.1	29.8	128.7	30.5	139.6	30.8	149.7	30.8
	18	99.5	27.4	108.7	27.9	118.4	28.5	128.4	28.7	137.6	28.7
	20	91.0	25.4	99.4	25.7	108.1	26.5	117.3	26.7	125.6	26.7
	22	82.5	23.8	90.0	23.9	97.9	24.4	106.2	24.6	113.7	24.6
	24	74.2	21.3	80.9	21.5	87.8	22.4	95.2	22.4	101.9	22.4
45	16	131.8	35.5	144.4	35.5	157.5	36.5	171.2	36.8	183.9	36.8
	18	123.3	33.2	134.8	33.9	147.0	34.5	159.8	34.8	171.6	34.8
	20	114.5	31.7	125.3	32.0	136.6	32.4	148.5	32.7	159.3	32.7
	22	106.0	29.4	115.8	29.8	126.2	30.4	137.1	30.7	147.1	30.7
	24	97.3	27.6	106.5	27.3	115.9	28.4	125.9	28.6	134.9	28.6

续表 A.1.1

平均水温	室内空气温度	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
(℃)	(℃)	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
50	16	156.1	41.4	171.1	41.7	187.0	42.5	203.6	42.9	218.9	42.9
	18	147.4	39.2	161.5	39.5	176.4	40.5	192.0	40.9	206.4	40.9
	20	138.6	37.3	151.9	37.5	165.8	38.5	180.5	38.9	194.0	38.9
	22	130.0	35.2	142.3	35.6	155.3	36.5	168.9	36.8	181.5	36.8
	24	121.2	33.4	132.7	33.7	144.8	34.4	157.5	34.7	169.1	34.7
55	16	180.8	47.1	198.3	47.8	217.0	48.6	236.5	49.1	254.8	49.1
	18	172.0	45.2	188.7	45.6	206.3	46.6	224.9	47.1	242.0	47.1
	20	163.1	43.3	178.9	43.8	195.6	44.6	213.2	45.0	229.4	45.0
	22	154.3	41.4	169.3	41.5	185.0	42.5	201.5	43.0	216.9	43.0
	24	145.5	39.4	159.6	39.5	174.3	40.5	189.9	40.9	204.3	40.9
注: 计算条件: 加热线公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10℃。											

A.1.2 当地面层为塑料类材料、热阻 $R = 0.075 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时, 单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.1.2 取值。

表 A.1.2 PE-X 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均水温	室内空气温度	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
(℃)	(℃)	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	67.7	24.2	72.3	24.3	76.8	24.6	81.3	25.1	85.3	25.7
	18	61.1	22.0	65.2	22.2	69.3	22.5	73.2	22.9	76.9	23.4
	20	54.5	19.9	58.1	20.1	61.8	20.3	65.3	20.7	68.5	21.3
	22	48.0	17.8	51.1	18.1	54.3	18.1	57.4	18.5	60.2	18.8
	24	41.5	15.5	44.2	15.9	46.9	16.0	49.5	16.3	51.9	16.7

续表 A.1.2

平均 水温	室内空 气温度	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
(℃)	(℃)	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
40	16	85.9	30.0	91.8	30.4	97.7	30.7	103.4	31.3	108.7	32.0
	18	79.2	27.9	84.6	28.1	90.0	28.6	95.3	29.1	100.1	29.8
	20	72.5	26.0	77.5	26.0	82.4	26.4	87.2	26.9	91.5	27.6
	22	65.9	23.7	70.3	24.0	74.8	24.2	79.1	24.7	83.0	25.3
	24	59.3	21.4	63.2	21.9	67.2	22.1	71.1	22.5	74.6	23.1
45	16	104.5	35.8	111.7	36.1	119.0	36.8	126.1	37.6	132.9	38.5
	18	97.7	33.8	104.5	34.1	111.2	34.7	117.8	35.4	123.9	36.3
	20	90.9	31.8	97.2	32.1	103.5	32.6	109.6	33.2	115.2	33.9
	22	84.2	29.7	89.9	30.0	95.8	30.4	101.4	31.0	106.5	31.9
	24	77.4	27.7	82.7	28.0	88.1	28.2	93.2	28.8	97.9	29.4
50	16	123.3	41.8	131.9	42.2	140.6	42.9	149.1	43.9	156.9	44.9
	18	116.5	39.6	124.6	40.3	132.8	40.8	140.7	41.7	148.1	42.7
	20	109.6	37.7	117.3	38.1	125.0	38.7	132.4	39.5	139.3	40.4
	22	102.8	35.5	109.9	36.2	117.1	36.6	124.1	37.3	130.6	38.3
	24	96.0	33.7	102.7	33.9	109.4	34.4	115.9	35.1	121.8	35.9
55	16	142.4	47.7	152.3	48.6	162.5	49.1	172.4	50.2	181.5	51.4
	18	135.4	45.8	145.0	46.2	154.6	47.0	164.0	48.0	172.7	49.3
	20	128.6	43.7	137.6	44.3	146.8	44.9	155.6	45.9	163.8	47.0
	22	121.7	41.6	130.2	42.2	138.9	42.8	147.3	43.7	155.0	44.9
	24	114.9	39.6	122.9	39.9	131.0	40.7	138.9	41.5	146.2	42.6

注：计算条件：加热管公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10℃。

A.1.3 当地面层为木地板、热阻 $R = 0.1 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时, 单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.1.3 取值。

表 A.1.3 PE-X 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均 水温	室内空 气温度	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	62.4	24.4	66.0	24.6	69.6	25.0	73.1	25.5	76.2	26.1
	18	56.3	22.3	59.6	22.5	62.8	22.9	65.9	23.3	68.7	23.9
	20	50.3	20.1	53.1	20.5	56.0	20.7	58.8	21.1	61.3	21.6
	22	44.3	18.0	46.8	18.2	49.3	18.5	51.7	18.9	53.9	19.3
	24	38.4	15.7	40.5	16.1	42.6	16.3	44.7	16.6	46.5	17.0
40	16	79.1	30.2	83.7	30.7	88.4	31.2	92.8	31.9	96.9	32.5
	18	72.9	28.3	77.2	28.6	81.5	29.0	85.5	29.6	89.3	30.3
	20	66.8	26.3	70.7	26.5	74.6	26.9	78.3	27.4	81.7	28.1
	22	60.7	24.0	64.2	24.4	67.7	24.7	71.1	25.2	74.1	25.8
	24	54.6	21.9	57.8	22.1	60.9	22.5	63.9	22.9	66.6	23.4
45	16	96.0	36.4	101.8	36.9	107.5	37.5	112.9	38.2	117.9	39.1
	18	89.8	34.1	95.1	34.8	100.5	35.3	105.6	36.0	110.2	36.8
	20	83.6	32.2	88.6	32.7	93.5	33.1	98.2	33.8	102.6	34.5
	22	77.4	30.1	82.0	30.4	86.6	30.9	90.9	31.6	94.9	32.4
	24	71.2	28.0	75.4	28.4	79.6	28.8	83.6	29.3	87.3	30.0
50	16	113.2	42.3	120.0	43.1	126.8	43.7	133.4	44.6	139.3	45.6
	18	106.9	40.3	113.3	41.0	119.8	41.6	125.9	42.4	131.6	43.4
	20	100.7	38.1	106.7	38.7	112.7	39.4	118.5	40.2	123.8	41.2
	22	94.4	36.1	100.1	36.7	105.7	37.2	111.1	38.0	116.1	38.9
	24	88.2	34.0	93.4	34.6	98.7	35.1	103.8	35.7	108.4	36.6
55	16	130.5	48.6	138.5	49.1	146.4	50.0	154.0	51.1	161.0	52.2
	18	124.2	46.6	131.8	47.1	139.3	47.9	146.6	48.9	153.2	50.0
	20	118.0	44.4	125.1	45.0	132.2	45.7	139.1	46.7	145.4	47.8
	22	111.7	42.2	118.4	42.8	125.2	43.6	131.6	44.5	137.6	45.5
	24	105.4	40.1	111.7	40.8	118.1	41.4	124.2	42.2	129.8	43.2

注: 计算条件: 加热管公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10 $^{\circ}\text{C}$ 。

A.1.4 当地面层铺厚地毯、热阻 $R = 0.15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时, 单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.1.4 取值。

表 A.1.4 PE-X 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均水温	室内空气温度	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	53.8	25.0	56.2	25.4	58.6	25.7	60.9	26.2	62.9	26.8
	18	48.6	22.8	50.8	23.2	52.9	23.5	54.9	23.9	56.8	24.3
	20	43.4	20.6	45.3	20.9	47.2	21.2	49.0	21.7	50.7	22.1
	22	38.2	18.4	39.9	18.7	41.6	19.0	43.2	19.3	44.6	19.8
	24	33.2	16.2	34.6	16.4	36.0	16.7	37.4	17.0	38.6	17.4
40	16	68.0	31.0	71.1	31.6	74.2	32.1	77.1	32.7	79.7	33.3
	18	62.7	28.9	65.6	29.3	68.4	29.8	71.1	30.4	73.5	31.0
	20	57.5	26.7	60.1	27.1	62.7	27.6	65.1	28.1	67.3	28.7
	22	52.3	24.6	54.6	24.9	57.0	25.3	59.2	25.9	61.2	26.4
	24	47.1	22.3	49.2	22.7	51.3	23.1	53.2	23.5	55.0	23.9
45	16	82.4	37.3	86.2	37.9	90.0	38.5	93.5	39.2	96.8	40.0
	18	77.1	35.1	80.7	35.7	84.2	36.3	87.5	37.0	90.5	37.6
	20	71.8	33.0	75.1	33.5	78.4	34.0	81.5	34.7	84.3	35.5
	22	66.5	30.7	69.6	31.2	72.6	31.8	75.4	32.4	78.0	32.9
	24	61.3	28.6	64.1	29.1	66.8	29.5	69.4	30.1	71.8	30.8
50	16	97.0	43.4	101.5	44.2	106.0	44.9	110.2	45.7	114.1	46.7
	18	91.6	41.4	95.9	42.0	100.1	42.7	104.1	43.5	107.8	44.5
	20	86.3	39.2	90.3	39.8	94.3	40.5	98.0	41.3	101.5	42.1
	22	81.0	37.0	84.7	37.7	88.5	38.3	92.0	39.0	95.2	39.8
	24	75.7	34.9	79.2	35.3	82.6	36.0	85.9	36.7	88.9	37.4
55	16	111.7	49.7	117.0	50.6	122.2	51.4	127.1	52.4	131.6	53.4
	18	106.3	47.7	111.4	48.4	116.3	49.2	120.9	50.1	125.2	51.2
	20	101.0	45.5	105.7	46.2	110.4	47.0	114.8	47.9	118.9	49.0
	22	95.6	43.3	100.1	43.9	104.5	44.8	108.7	45.6	112.5	46.7
	24	90.3	41.2	94.5	41.8	98.6	42.5	102.6	43.3	106.2	44.2
注: 计算条件: 加热管公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10 $^{\circ}\text{C}$ 。											

A.2 PB 管单位地面面积的散热量和向下传热损失

A.2.1 当地面层为水泥或陶瓷、热阻 $R = 0.02 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时, 单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.2.1 取值。

表 A.2.1 PB 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均 水温	室内空 气温度	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
(℃)	(℃)	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	76.5	21.9	84.3	22.3	92.7	22.9	101.8	23.7	111.1	24.1
	18	68.9	20.1	75.9	20.4	83.5	20.9	91.5	21.7	99.8	22.6
	20	61.4	18.2	67.5	18.7	74.3	19.0	81.4	19.6	88.6	20.6
	22	53.9	16.5	59.3	16.8	65.1	17.2	71.4	17.5	77.6	18.5
	24	46.6	14.6	51.2	14.8	56.1	15.3	61.4	15.7	66.8	16.4
40	16	97.3	27.1	107.4	27.6	118.5	28.3	130.3	29.2	142.4	30.6
	18	89.6	25.4	98.9	25.9	109.1	26.4	119.9	27.2	130.9	28.6
	20	82.0	23.5	90.4	24.1	99.6	24.6	109.5	25.2	119.5	26.5
	22	74.4	21.7	82.0	22.1	90.3	22.7	99.2	23.3	108.2	24.4
	24	66.8	19.9	73.6	20.3	81.0	20.8	88.9	21.5	96.9	22.4
45	16	118.6	32.4	131.1	33.0	144.9	33.8	159.6	35.1	174.7	36.6
	18	110.8	30.6	122.5	31.2	135.3	31.9	149.0	33.0	163.1	34.6
	20	103.1	28.8	113.9	29.4	125.7	30.0	138.4	31.2	151.4	32.5
	22	95.3	27.0	105.3	27.5	116.2	28.2	127.9	29.1	139.8	30.5
	24	87.7	25.2	96.7	25.6	106.7	26.3	117.4	27.2	128.3	28.4
50	16	140.3	37.6	155.2	38.4	171.8	39.4	189.5	40.8	207.9	42.7
	18	132.4	35.8	146.5	36.5	162.1	37.5	178.8	38.9	196.0	40.6
	20	124.6	34.0	137.8	34.7	152.4	35.7	168.1	36.8	184.2	38.6
	22	116.8	32.2	129.1	32.9	142.7	33.8	157.3	35.0	172.4	36.6
	24	109.0	30.5	120.4	31.1	133.1	31.9	146.7	32.9	160.7	34.5
55	16	162.2	42.9	179.7	43.7	199.1	44.9	220.0	46.5	241.7	48.7
	18	154.3	41.1	170.9	42.0	189.3	43.0	209.2	44.4	229.7	46.7
	20	146.4	39.3	162.2	40.1	179.5	41.3	198.3	42.6	217.7	44.7
	22	138.5	37.5	153.4	38.3	169.8	39.5	187.5	40.7	205.8	42.7
	24	130.7	35.8	144.6	36.5	160.0	37.5	176.7	38.7	193.9	40.6

注: 计算条件: 加热管公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10℃。

A.2.2 当地面层为塑料类材料、热阻 $R = 0.075 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时, 单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.2.2 取值。

表 A.2.2 PB 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均 水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空 气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
		散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	62.0	23.2	66.8	23.5	72.0	23.5	77.2	24.2	82.3	24.8
	18	55.9	21.3	60.3	21.6	64.9	21.6	69.5	22.1	74.2	22.6
	20	49.9	19.3	53.7	19.9	58.0	19.9	62.0	20.0	66.1	20.6
	22	43.9	17.4	47.2	17.9	51.0	17.9	54.5	17.9	58.0	18.5
	24	38.0	15.3	40.8	15.9	44.1	15.9	47.1	15.9	50.1	16.3
40	16	78.5	28.9	84.7	29.6	91.5	29.6	98.1	30.1	104.8	30.9
	18	72.4	27.1	78.1	27.7	84.4	27.7	90.5	27.8	96.5	28.8
	20	66.3	25.1	71.5	25.7	77.2	25.7	82.8	25.8	88.3	26.8
	22	60.2	23.1	64.9	23.7	70.1	23.7	75.1	23.8	80.1	24.5
	24	54.1	21.1	58.3	21.7	63.0	21.7	67.5	21.7	71.9	22.3
45	16	95.4	34.6	103.0	35.4	111.4	35.4	119.5	36.1	127.7	37.2
	18	89.2	32.5	96.3	33.4	104.1	33.4	111.7	33.9	119.4	35.0
	20	83.0	30.6	89.6	31.5	96.9	31.5	104.0	31.8	111.0	32.9
	22	76.9	28.5	82.9	29.5	89.7	29.5	96.2	29.6	102.7	30.8
	24	70.7	26.9	76.3	27.5	82.5	27.5	88.5	27.5	94.4	28.4
50	16	112.5	40.2	121.6	41.2	131.5	41.2	141.3	41.9	151.1	43.4
	18	106.2	38.4	114.8	39.3	124.2	39.3	133.4	40.1	142.6	41.3
	20	100.0	36.4	108.0	37.4	116.9	37.4	125.5	38.1	134.2	39.1
	22	93.8	34.5	101.3	35.4	109.6	35.4	117.7	35.8	125.7	37.0
	24	87.6	32.3	94.6	33.4	102.3	33.4	109.8	33.6	117.4	34.8
55	16	129.8	45.7	140.3	47.1	151.1	47.1	163.4	47.7	174.8	49.6
	18	122.8	44.0	132.9	44.0	145.1	44.0	155.9	45.5	166.7	47.0
	20	117.2	42.1	126.8	42.7	137.2	42.7	147.5	43.7	157.7	45.4
	22	110.9	40.3	120.0	41.0	129.8	41.0	139.5	41.8	149.2	43.4
	24	104.7	38.2	113.2	39.2	122.5	39.2	131.6	39.9	140.7	41.2
注: 计算条件: 加热管公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10 $^{\circ}\text{C}$ 。											

A.2.3 当地面层为木地板、热阻 $R = 0.1 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时, 单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.2.3 取值。

表 A.2.3 PB 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均 水温	室内空 气温度	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
($^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	57.4	23.1	61.5	23.1	65.6	23.9	69.7	24.6	73.7	25.4
	18	51.8	21.4	55.5	21.4	59.2	21.7	62.9	22.4	66.5	23.1
	20	46.2	19.2	49.5	19.2	52.7	19.9	56.1	20.2	59.3	20.9
	22	40.7	17.7	43.5	17.7	46.5	17.5	49.3	18.0	52.1	18.7
	24	35.2	15.2	37.7	15.2	40.2	15.6	42.7	15.8	45.1	16.4
40	16	72.6	29.3	77.8	29.3	83.1	29.8	88.5	30.6	93.7	31.6
	18	66.9	27.3	71.8	27.3	76.6	27.7	81.5	28.4	86.3	29.4
	20	61.4	24.7	65.8	24.7	70.2	25.6	74.6	26.4	79.0	27.2
	22	55.8	22.7	59.8	22.7	63.7	23.6	67.8	24.2	71.7	24.9
	24	50.2	20.7	53.8	20.7	57.3	21.3	60.9	21.9	64.5	22.7
45	16	88.2	34.4	94.7	34.4	101.1	35.4	107.6	36.5	114.0	37.8
	18	82.4	32.4	88.5	32.4	94.5	33.6	100.6	34.6	106.6	35.6
	20	76.7	30.4	82.4	30.4	87.9	31.5	93.6	32.4	99.2	33.5
	22	71.1	28.4	76.3	28.4	81.4	29.4	86.7	30.1	91.8	31.2
	24	65.6	26.4	70.2	26.4	74.9	27.4	79.7	28.1	84.4	29.0
50	16	103.9	40.1	111.6	40.1	119.2	41.5	127.0	42.6	134.6	44.3
	18	98.2	38.1	105.4	38.1	112.6	39.3	119.9	40.5	127.1	42.0
	20	92.4	36.1	99.2	36.1	106.0	37.4	112.9	38.5	119.6	39.9
	22	86.7	34.2	93.0	34.2	99.4	35.3	105.8	36.3	112.2	37.6
	24	81.0	32.2	86.9	32.2	92.8	33.2	98.8	34.2	104.7	35.4
55	16	119.7	45.9	128.6	45.9	137.5	47.3	146.6	48.8	155.5	50.5
	18	114.0	43.8	122.4	43.8	130.8	45.5	139.5	46.8	148.0	48.5
	20	108.1	41.9	116.2	41.9	124.2	43.5	132.4	44.5	140.5	46.2
	22	102.3	39.9	110.0	39.9	117.5	41.5	125.3	42.4	132.9	44.1
	24	96.6	37.9	103.8	37.9	111.0	39.1	118.2	40.3	125.4	41.7
注: 计算条件: 加热管公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10 $^{\circ}\text{C}$ 。											

A.2.4 当地面层铺厚地毯、热阻 $R = 0.15 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ 时, 单位地面面积的散热量和向下传热损失可按表 A.2.4 取值。

表 A.2.4 PB 管单位地面面积的散热量和向下传热损失 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加 热 管 间 距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
		散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失	散热量	热损失
35	16	49.9	23.6	52.8	23.8	55.6	24.4	58.4	25.1	61.1	26.1
	18	45.2	21.3	47.7	21.7	50.2	22.3	52.7	23.0	55.2	23.7
	20	40.3	19.4	42.6	19.7	44.8	20.1	47.1	20.8	49.3	21.4
	22	35.5	17.4	37.5	17.6	39.5	18.1	41.5	18.6	43.4	19.1
	24	30.8	15.4	32.5	15.5	34.2	15.9	35.9	16.4	37.6	16.9
40	16	63.2	29.0	66.7	29.7	70.3	30.5	73.9	31.3	77.5	32.4
	18	58.2	27.2	61.6	27.6	64.9	28.5	68.2	29.2	71.4	30.1
	20	53.4	25.2	56.4	25.6	59.4	26.3	62.4	27.1	65.4	27.9
	22	48.6	22.9	51.3	23.4	54.0	24.2	56.8	24.8	59.4	25.7
	24	43.7	21.0	46.1	21.4	48.6	21.9	51.1	22.6	53.5	23.3
45	16	76.5	34.8	80.9	35.5	85.3	36.6	89.7	37.6	94.0	38.9
	18	71.6	32.9	75.6	33.5	79.7	34.6	83.9	35.6	87.9	36.7
	20	66.6	31.2	70.4	31.5	74.3	32.3	78.1	33.4	81.9	34.3
	22	61.8	28.8	65.2	29.4	68.8	30.3	72.3	31.1	75.8	32.1
	24	56.8	26.9	60.1	27.3	63.3	28.1	66.6	28.9	69.8	29.8
50	16	90.0	40.6	95.2	41.5	100.4	42.6	105.6	44.0	110.8	45.3
	18	85.0	38.7	89.9	39.4	94.8	40.7	99.8	41.8	104.6	43.1
	20	80.1	36.6	84.7	37.4	89.3	38.6	94.0	39.6	98.5	40.9
	22	75.1	34.8	79.4	35.4	83.8	36.3	88.1	37.5	92.4	38.6
	24	70.2	32.5	74.2	33.3	78.3	34.2	82.3	35.3	86.3	36.4
55	16	103.6	46.2	109.6	47.4	115.7	48.7	121.7	50.3	127.7	52.1
	18	98.6	44.8	104.3	45.4	110.1	46.8	115.9	48.1	121.5	49.8
	20	93.6	42.7	99.0	43.4	104.5	44.7	110.0	46.0	115.4	47.5
	22	88.6	40.7	93.8	41.3	98.9	42.5	104.1	43.8	109.3	45.3
	24	83.7	38.3	88.5	39.3	93.4	40.5	98.3	41.7	103.1	43.0
注: 计算条件: 加热管公称外径为 20mm、填充层厚度为 50mm、聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度 20mm、供回水温差 10 $^{\circ}\text{C}$ 。											

附录 B 加热管的选择

B.1 塑料加热管的选择

B.1.1 材质选择时各种管材的许用环应力值从大至小,依次为 PB、PE-X、PE-RT、PP-R 和 PP-B,其中 PE-PT 和 PP-R 基本相同,应根据系统使用情况选择适宜的管材。PB、PP-R 和 PE-RT 管材可采用热熔连接,PE-X 管材必须采用专用接头机械连接。

B.1.2 管系列的选择应符合下列规定:

1 低温热水地面辐射供暖工程管材使用条件级别可按表 B.1.2-1 中使用条件 4 级选用。

表 B.1.2-1 塑料管使用条件级别

使用条件级别	工作温度		最高工作温度		故障温度		典型应用范围举例
	℃	时 间 (年)	℃	时 间 (年)	℃	时 间 (h)	
1	60	49	80	1	95	100	供热水 (60℃)
2	70	49	80	1	95	100	供热水 (70℃)
4	40 60	20 25	70	2.5	100	100	地板下的供热和低温暖气
5	60 80	25 10	90	1	100	100	高温暖气
注: 1 表中所列各使用条件级别的管道系统应同时满足在 20℃, 1.0MPa 条件下输送冷水 50 年使用寿命的要求; 2 在 50 年中, 实际系统运行时间累计未达到 50 年者, 其他时间按 20℃考虑。							

2 管系列应按使用条件 4 级和设计压力选择。管系列 (S) 值可按表 B.1.2-2 确定。

表 B.1.2-2 管系列 (S) 值

系统工作压力 P_D (MPa)	管 系 列 (S) 值				
	PB 管 ($\sigma_D = 5.46\text{MPa}$)	PE-X 管 ($\sigma_D = 4.00\text{MPa}$)	PE-RT 管 ($\sigma_D = 3.34\text{MPa}$)	PP-R 管 ($\sigma_D = 3.30\text{MPa}$)	PP-B 管 ($\sigma_D = 1.95\text{MPa}$)
0.4	10	6.3	6.3	5	4
0.6	8	6.3	5	5	3.2
0.8	6.3	5	4	4	2
注: σ_D 指设计应力。					

B.1.3 管材公称壁厚应根据本规程第 B.1.2 条选择的管系列及施工和使用中的不利因素综合确定。管材公称壁厚应符合表 B.1.3 的要求,并同时满足下列规定:对管径大于或等于 15mm 的管材壁厚不应小于 2.0mm;对管径小于 15mm 的管材壁厚不应小于 1.8mm;需进行热熔焊接的管材,其壁厚不得小于 1.9mm。

表 B.1.3 管材公称壁厚 (mm)

系统工作压力 $P_D = 0.4\text{MPa}$					
公称外径 (mm)	PE-X 管	PE-RT 管	PB 管	PP-R 管	PP-B 管
16	1.8	—	1.3	—	2.0
20	1.9	—	1.3	2.0	2.3
25	1.9	2.0	1.3	2.3	2.8
系统工作压力 $P_D = 0.6\text{MPa}$					
公称外径 (mm)	PE-X 管	PE-RT 管	PB 管	PP-R 管	PP-B 管
16	1.8	—	1.3	—	2.2
20	1.9	2.0	1.3	2.0	2.8
25	1.9	2.3	1.5	2.3	3.5
系统工作压力 $P_D = 0.8\text{MPa}$					
公称外径 (mm)	PE-X 管	PE-RT 管	PB 管	PP-R 管	PP-B 管
16	1.8	2.0	1.3	2.0	3.3
20	1.9	2.3	1.3	2.3	4.1
25	2.3	2.8	1.5	2.8	5.1

B.2 铝塑复合管的选择

B.2.1 铝塑复合管可采用搭接焊和对接焊两种形式。

B.2.2 铝塑复合管长期工作温度和允许工作压力应符合下列规定：

1 搭接焊式铝塑管长期工作温度和允许工作压力应符合表 B.2.2-1 的规定。

表 B.2.2-1 搭接焊式铝塑管长期工作温度和允许工作压力

流体类别		铝塑管代号	长期工作温度 T_0 (℃)	允许工作压力 P_0 (MPa)
水	冷水	PAP	40	1.25
	冷热水	PAP	60	1.00
			75*	0.82
			82*	0.69
		XPAP	75	1.00
			82	0.86

注：1 表中*数值系指采用中密度聚乙烯(乙烯与辛烯特殊共聚物)材料生产的复合管。
2 PAP为聚乙烯/铝合金/聚乙烯,XPAP为交联聚乙烯/铝合金/交联聚乙烯。

2 对接焊式铝塑管长期工作温度和允许工作压力应符合表 B.2.2-2 的规定。

表 B.2.2-2 对接焊式铝塑复合管长期工作温度和允许工作压力

流体类别		铝塑管代号	长期工作温度 T_0 (°C)	允许工作压力 P_0 (MPa)
水	冷水	PAP3、PAP4	40	1.4
	冷热水	XPAP1、XPAP2	40	2.00
		PAP3、PAP4	60	1.00
		XPAP1、XPAP2	75	1.50
		XPAP1、XPAP2	95	1.25

注：1 XPAP1：一型铝塑管 聚乙烯/铝合金/交联聚乙烯；
2 XPAP2：二型铝塑管 交联聚乙烯/铝合金/交联聚乙烯；
3 PAP3：三型铝塑管 聚乙烯/铝/聚乙烯；
4 PAP4：四型铝塑管 聚乙烯/铝合金/聚乙烯。

B.2.3 铝塑复合管壁厚可按表 B.2.3 确定。

表 B.2.3 铝塑复合管壁厚 (mm)

外 径 (mm)	铝塑复合管 (搭接焊)	铝塑复合管 (对接焊)
16	1.7	2.3
20	1.9	2.5
25 (26)	2.3	3.0

B.3 无缝铜管的选择

B.3.1 无缝铜水管管材的外形尺寸应符合表 B.3.1 的规定。

表 B.3.1 无缝铜水管管材的外形尺寸

外径 mm	平均外径 公差 (mm)		壁厚 (mm)			理论重量 (kg/m)		
			类 型			A	B	C
	普通级	高精级	A	B	C			
6	±0.06	±0.03	1.0	0.8	0.6	0.140	0.116	0.091
8	±0.06	±0.03	1.0	0.8	0.6	0.194	0.161	0.124
10	±0.06	±0.03	1.0	0.8	0.6	0.252	0.206	0.158
12	±0.06	±0.03	1.2	0.8	0.6	0.362	0.251	0.191
15	±0.06	±0.03	1.2	1.0	0.7	0.463	0.391	0.280
18	±0.06	±0.03	1.2	1.0	0.8	0.564	0.475	0.385
23	±0.08	±0.04	1.5	1.2	0.9	0.860	0.698	0.531
28	±0.08	±0.04	1.5	1.2	0.9	1.111	0.899	0.682
35	±0.10	±0.05	2.0	1.5	1.2	1.845	1.405	1.134
42	±0.10	±0.05	2.0	1.5	1.2	2.237	1.699	1.369

续表 B.3.1

外径 mm	硬态 (Y)			半硬态 (Y ₂)			转态 (M)		
	最大工作压力 P (MPa)			最大工作压力 P (MPa)			最大工作压力 P (MPa)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
6	24.23	18.81	13.70	19.23	14.92	10.87	15.82	12.30	8.96
8	17.50	13.70	10.05	13.89	10.87	8.00	11.44	8.96	6.57
10	13.70	10.77	7.94	10.87	8.55	6.30	8.96	7.04	5.19
12	13.69	8.87	6.56	10.87	7.04	5.25	8.96	5.80	4.29
15	10.79	8.87	6.11	8.56	7.04	4.85	7.04	5.80	3.99
18	8.87	7.31	5.81	7.04	5.81	4.61	5.80	4.79	3.80
22	9.08	7.19	5.92	7.21	5.70	4.23	5.94	4.70	3.48
28	7.05	5.59	4.62	5.60	4.44	3.30	4.61	3.66	2.72
35	7.54	5.59	4.44	5.99	4.44	3.51	4.93	3.66	2.90
42	6.23	4.63	3.68	4.95	3.68	2.92			
注: 1 管材的平均外径是在任一横截面上测得的最大和最小外径的平均值。 2 最大工作压力 (P) 指工作条件为 65℃ 时, 硬态管允许应力 (S) 为 63MPa, 半硬态管允许应力 (S) 为 50MPa, 软态管允许应力 (S) 为 41.2MPa。									

B.3.2 铜管常用硬态或半硬态铜管, 当铜管管径小于或等于 28mm 时, 应选用半硬态铜管; 当铜管管径小于或等于 22mm 时, 宜选用软态铜管。铜管均应采用专用机械弯管。

B.3.3 铜管系统下游管段不宜使用钢管等其他非铜金属管道。

附录 C 塑料管及铝塑复合管水力计算

C.0.1 塑料管及铝塑复合管单位摩擦压力损失可按表 C.0.1 计算。

表 C.0.1 塑料管及铝塑复合管水力计算表

比摩阻 R (Pa/m)	管内径 d_i /管外径 d_o (mm/mm)					
	12/16		16/20		20/25	
	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)
0.51	—	—	0.010	6.64	0.010	11.25
1.03	0.010	3.95	0.020	13.27	0.020	22.50
2.06	0.020	7.90	0.030	19.91	0.030	33.74
4.12	0.030	11.84	0.040	26.55	0.050	56.24
6.17	0.040	15.79	0.060	39.82	0.070	78.73
8.23	0.050	19.74	0.070	46.46	0.080	89.98
10.30	0.060	23.69	0.080	53.10	0.100	112.48
20.60	0.100	39.48	0.120	79.64	0.150	168.71
41.19	0.150	59.22	0.180	119.47	0.220	247.45
61.78	0.190	75.02	0.230	152.65	0.280	314.93
82.37	0.220	86.86	0.270	179.20	0.330	371.17
102.96	0.250	98.71	0.310	205.75	0.370	416.16
123.56	0.280	110.55	0.340	225.66	0.410	461.15
144.15	0.310	122.40	0.370	245.57	0.450	506.14
164.75	0.330	130.29	0.400	265.48	0.480	539.88
185.35	0.350	138.19	0.430	285.39	0.520	584.87
205.94	0.380	150.03	0.450	298.67	0.550	618.62

续表 C.0.1

比摩阻 R (Pa/m)	管内径 d_i /管外径 d_o (mm/mm)					
	12/16		16/20		20/25	
	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)
226.53	0.400	157.93	0.480	318.58	0.580	652.36
247.13	0.420	165.83	0.500	331.85	0.600	674.85
267.72	0.440	173.72	0.520	345.13	0.630	708.60
288.31	0.450	177.67	0.550	365.04	0.660	742.34
308.91	0.470	185.57	0.570	378.31	0.680	764.83
329.50	0.490	193.47	0.590	391.58	0.710	798.58
350.09	0.510	201.36	0.610	404.86	0.730	821.07
370.69	0.520	205.31	0.630	418.13	0.760	854.81
391.28	0.540	213.21	0.650	431.41	0.780	877.31
411.87	0.560	221.10	0.670	444.68	0.800	899.80
432.47	0.570	225.05	0.690	457.95	0.820	922.30
453.06	0.590	232.95	0.700	464.59	0.840	944.79
473.66	0.600	236.90	0.720	477.87	0.870	978.54
494.26	0.610	240.84	0.740	491.14	0.890	1001.03
514.85	0.630	248.74	0.750	497.78	0.910	1023.53
535.44	0.640	252.69	0.770	511.05	0.930	1046.02
556.04	0.660	260.59	0.790	524.32	0.940	1057.27
576.63	0.670	264.53	0.800	530.96	0.960	1079.76
597.22	0.680	268.48	0.820	544.24	0.980	1102.26
617.82	0.700	276.38	0.830	550.87	1.000	1124.76
638.41	0.710	280.33	0.850	564.15	1.020	1147.25
659.00	0.720	284.28	0.860	570.78	1.040	1169.75
679.60	0.730	288.22	0.880	584.06	1.050	1180.99
700.19	0.750	296.12	0.890	590.69	1.070	1203.49

续表 C.0.1

比摩阻 R (Pa/m)	管内径 d_i /管外径 d_o (mm/mm)					
	12/16		16/20		20/25	
	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)
720.79	0.760	300.07	0.910	603.97	1.090	1225.98
741.38	0.770	304.02	0.920	610.61	1.110	1248.48
761.97	0.780	307.97	0.940	623.88	1.120	1259.73
782.58	0.790	311.91	0.950	630.52	1.140	1282.22
803.17	0.800	315.86	0.960	637.15	1.150	1293.47
823.77	0.820	323.76	0.980	650.43	1.170	1315.96
844.36	0.830	327.71	0.990	657.06	1.190	1338.46
871.25	0.840	331.65	1.000	663.70	1.200	1349.71
885.55	0.850	335.60	1.020	676.98	1.220	1372.20
906.14	0.860	339.55	1.030	683.61	1.230	1383.45
926.73	0.870	343.50	1.040	690.25	1.250	1405.94
947.33	0.880	347.45	1.060	703.52	1.260	1417.19
967.92	0.890	351.40	1.070	710.16	1.280	1439.69
988.51	0.900	355.34	1.080	716.80	1.290	1450.93
1009.11	0.910	359.29	1.090	723.44	1.310	1473.43
1029.70	0.920	363.24	1.100	730.07	1.320	1484.68
1070.90	0.940	371.14	1.130	749.98	1.350	1518.42
1112.08	0.960	379.03	1.150	763.26	1.380	1552.16
1153.27	0.980	386.93	1.170	776.53	1.410	1585.90
1194.46	1.000	394.83	1.200	796.44	1.430	1608.40
1235.64	1.020	402.72	1.220	809.72	1.460	1642.14
1276.83	1.040	410.62	1.240	822.99	1.480	1664.64
1318.02	1.060	418.52	1.260	836.26	1.510	1698.38
1359.20	1.080	426.41	1.280	849.54	1.540	1732.12

续表 C.0.1

比摩阻 R (Pa/m)	管内径 d_i /管外径 d_o (mm/mm)					
	12/16		16/20		20/25	
	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)	流速 v (m/s)	流量 G (kg/h)
1440.40	1.090	430.36	1.310	869.45	1.560	1754.62
1441.59	1.110	438.26	1.330	882.72	1.590	1788.36
1482.77	1.130	446.15	1.350	896.00	1.610	1810.86
1523.96	1.140	450.10	1.370	909.27	1.630	1833.35
1565.15	1.160	458.00	1.390	922.55	1.660	1867.09
1606.33	1.180	465.90	1.410	935.82	1.680	1889.59
1647.52	1.190	469.84	1.430	949.09	1.700	1912.08
1680.32	1.210	477.74	1.450	962.37	1.730	1945.83
1729.90	1.230	485.64	1.460	969.00	1.750	1968.32
1771.09	1.240	489.59	1.480	982.28	1.770	1990.82
注：此表为热媒平均温度为 60℃ 的水力计算表。						

C.0.2 当热媒平均温度不等于 60℃ 时，可由表 C.0.2 查出比摩阻修正系数，并通过下列公式进行修正。

$$R_t = R \times a \quad (\text{C.0.2})$$

式中 R_t ——热媒在设计温度和设计流量下的比摩阻 (Pa/m)；

R ——查表 C.0.1 得到的比摩阻 (Pa/m)；

a ——比摩阻修正系数。

表 C.0.2 比摩阻修正系数

热媒平均温度 (℃)	60	50	40
修正系数 a	1	1.03	1.06

C.0.3 塑料管及铝塑复合管局部阻力系数 (ζ) 值可按表 C.0.3 选用。

表 C.0.3 局部阻力系数 (ζ) 值

管路附件	曲率半径 $\geq 5d_0$ 的 90°弯头	直流三通	旁流三通	合流三通	分流三通	直流四通
ζ 值	0.3~0.5	0.5	1.5	1.5	3.0	2.0
管路附件	分流四通	乙字弯	括弯	突然扩大	突然缩小	压紧螺母连接件
ζ 值	3.0	0.5	1.0	1.0	0.5	1.5

附录 D 管材物理力学性能

D.0.1 塑料加热管的物理力学性能应符合表 D.0.1 的规定。

表 D.0.1 塑料加热管的物理力学性能

项 目	PE-X 管	PE-RT 管	PP-R 管	PB 管	PP-B 管
20℃、1h 液压试验环应力 (MPa)	12.00	10.00	16.00	15.50	16.00
95℃、1h 液压试验环应力 (MPa)	4.80	—	—	—	—
95℃、22h 液压试验环应力 (MPa)	4.70	—	4.20	6.50	3.40
95℃、165h 液压试验环应力 (MPa)	4.60	3.55	3.80	6.20	3.00
95℃、1000h 液压试验环应力 (MPa)	4.40	3.50	3.50	6.00	2.60
110℃、8760h 热稳定性试验环应力 (MPa)	2.50	1.90	1.90	2.40	1.40
纵向尺寸收缩率 (%)	≤3	<3	≤2	≤2	≤2
交联度 (%)	见注	—	—	—	—
0℃耐冲击	—	—	破损率 < 试样的 10%	—	破损率 < 试样的 10%
管材与混配料熔体流动速率之差	—	变化率 ≤ 原料的 30% (在 190℃、2.16kg 的条件下)	变化率 ≤ 原料的 30% (在 230℃、2.16kg 的条件下)	≤ 0.3g/10min (在 190℃、5kg 的条件下)	变化率 ≤ 原料的 30% (在 230℃、2.16kg 的条件下)
注：交联度要求：过氧化物交联大于或等于 70%，硅烷交联大于或等于 65%，辐照交联大于或等于 60%，偶氮交联大于或等于 60%。					

D.0.2 铝塑复合管的物理力学性能应符合表 D.0.2 的规定。

表 D.0.2 铝塑复合管的物理力学性能

公称直径 (mm)	管环径向拉伸力 (N) (HDPE、PEX)		静液压强度 (MPa)		爆破压力 (MPa)	
	搭接焊	对接焊	搭接焊 (82℃ 10h)	对接焊 (95℃ 1h)	搭接焊	对接焊
12	2100	—	2.72	—	7.0	—
16	2300	2400	2.72	2.42	6.0	8.0
20	2500	2600	2.72	2.42	5.0	7.0

注：1 交联度要求：硅烷交联大于或等于 65%，辐照交联大于或等于 60%；
 2 热熔胶熔点大于或等于 120℃；
 3 搭接焊铝层拉伸强度大于或等于 100MPa，断裂伸长率大于或等于 20%；
 对接焊铝层拉伸强度大于或等于 80MPa，断裂伸长率应不小于 22%；
 4 铝塑复合管层间粘合强度，按规定方法试验，层间不得出现分离和缝隙。

D.0.3 铜管机械性能应符合表 D.0.3 的要求。

表 D.0.3 铜管机械性能要求

状 态	公称外径 (mm)	抗拉强度， σ_b (MPa)	伸长率不小于	
		不小于	δ_5 (%)	δ_{10} (%)
硬态 (Y)	≤ 100	315	—	—
	> 100	295		
半硬态 (Y ₂)	≤ 54	250	30	25
软态 (M)	≤ 35	205	40	35

附录 E 发热电缆的电气和机械性能要求

E.0.1 发热电缆的电气和机械性能应符合表 E.0.1 的要求。

表 E.0.1 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/150min) 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 能试验	变形试验 (300N, 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 120N 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 4.2N/mm ² 最小 200% 最大 ± 30% 最大 ± 30% 最大 ± 30% 最大 ± 30%

续表 E.0.1

类 别	检 验 项 目	标 准 要 求
绝缘层	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, 250℃) 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
外护套	外护套厚度 平均厚度 最薄处厚度	最小 0.8mm 最小 0.58mm
	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 (10×24h, 135℃) 老化后抗张强度 老化后断裂伸长率 抗张强度变化率 断裂伸长率变化率	最小 15.0N/mm ² 最小 150% 最小 15.0N/mm ² 最小 150% 最大 ± 25% 最大 ± 25%
	非污染试验 (7×24h, 90℃) 老化后抗张强度 老化后断裂伸长率 抗张强度变化率 断裂伸长率变化率	最小 15.0N/mm ² 最小 150% 最小 ± 25% 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 (200℃)	最小 180min

附录 F 工程质量检验表

表 F.0.1 低温热水地面辐射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		项目管理		专业工长(施工员)
施工执行标准名称及编号				
分包单位		分包项目经理		施工班组长
项 目	序 号	内 容	施工单位检查评定记录	监理（建设）单位验收记录
主控项目	1	加热管埋地接头		
	2	加热管水压试验		
	3	加热管弯曲半径		
一般项目	1	分、集水器安装		
	2	加热管安装		
	3	防潮层、绝热层、伸缩缝		
	4	填充层		
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 F.0.2 安装前原始工作面质量检验表

工程名称					
分部（子分部）工程名称					验收单位
施工单位		项目管理		专业工长(施工员)	
施工执行标准名称及编号					
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
项目	序号	内 容	施工单位检查评定记录		监理（建设）单位验收记录
主控项目	1	地面平整情况			
	1	有无找平层			
一般项目	2	修复情况			
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 F.0.3 防潮层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							项目管理					专业工长 (施工员)		
施工执行标准名称及编号														
分包单位							分包项目经理					施工班组长		
项 目	序 号	内 容				施工单位检 查评定记录					监理（建设）单位 验收记录			
主控项目	1	防潮层材料材质及性能参数												
	2	塑料薄膜外观完好												
一般项目		项 目	允许偏差 (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	1	塑料薄膜 搭接宽度	+10											
	2	塑料薄膜 厚度 0.5mm	+0.1											
	3													
	4													
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 F.0.4 绝热层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						项目管理				专业工长 (施工员)			
施工执行标准名称及编号													
分包单位						分包项目经理				施工班组长			
项目	序号	内 容			施工单位检查评定记录					监理（建设）单位 验收记录			
主控项目	1	绝热材料材质及性能参数											
	2	固定件不得穿透绝热层											
一般项目		项 目	允许偏差 (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	绝热层厚度	± 5										
	2	绝热材料密度	+5%										
	3	绝热层接合处	无缝隙										
	4	绝热层安装后的平整度	每米 ± 5										
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 F.0.5 伸缩缝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					项目管理				专业工长 (施工员)				
施工执行标准名称及编号													
分包单位					分包项目 经理				施工班组长				
项 目	序 号	内 容			施工单位检 查评定记录				监理（建设）单位 验收记录				
主控 项目	1	伸缩缝的留设应符合设计要求											
	2	伸缩缝填料严密											
	3	伸缩缝内无杂质硬块、无漏填											
一般 项目		项 目	允许偏 差 (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	伸缩缝宽度	+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									

表 F.0.6 加热线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					专业工长 (施工员)						
施工执行标准名称及编号																
分包单位					分包项目 经理					施工班组长						
项目	序号	内 容			施工单位检 查评定记录					监理（建设）单位 验收记录						
主控项目	1	加热线材质、管外径、壁厚														
	2	加热线埋地部分不应有接头														
	3	加热线弯曲表面 无裂纹、无硬折弯														
	4	加热线水压试验														
一般项目		项目	条件	标准	允许 偏差 (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	1	管道 安装	间距	$\leq 300\text{mm}$	± 10											
	2	管道弯 曲半径	塑料 及铝 塑管	大于或 等于6 倍管 外径	-5											
			铜管	大于或 等于5 倍管 外径	-5											
	3	管道固 定点间 距	直管	$\leq 0.7\text{m}$	± 10											
			弯管	$\leq 0.3\text{m}$	± 10											
	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”；

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”。

中华人民共和国行业标准

地面辐射供暖技术规程

JGJ 142—2004

条文说明

前 言

《地面辐射供暖技术规程》JGJ 142—2004 经建设部 2004 年 8 月 5 日以建设部第 257 号公告批准、发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《地面辐射供暖技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄中国建筑科学研究院空气调节研究所标准规范室（地址：北京北三环东路 30 号；邮编：100013；电子信箱：kts@cabr.com.cn）。

目 次

1 总则	63
3 设计	65
3.1 一般规定	65
3.2 地面构造	66
3.3 热负荷的计算	68
3.4 地面散热量的计算	69
3.5 低温热水系统的加热管系统设计	69
3.6 低温热水系统的分水器、集水器及附件设计	71
3.7 低温热水系统的加热管水力计算	72
3.8 低温热水系统的热计量和室温控制	72
3.9 发热电缆系统的设计	73
3.10 发热电缆系统的电气设计	74
4 材料	75
4.1 一般规定	75
4.2 绝热材料	75
4.3 低温热水系统的材料	75
4.4 发热电缆系统的材料	76
5 施工	78
5.1 一般规定	78
5.2 绝热层的铺设	78
5.3 低温热水系统加热管的安装	79
5.4 发热电缆系统的安装	81
5.5 填充层施工	82
5.6 面层施工	83
5.7 卫生间施工	83
6 检验、调试及验收	85
6.3 施工安装质量验收	85

6.4 低温热水系统的水压试验	85
6.5 调试与试运行	85
附录 B 加热管的选择	87

1 总 则

1.0.2 本规程的宗旨和适用范围：近十年来，地面辐射供暖方式由于具有舒适、卫生、节能、不影响室内观感和不占用室内面积与空间等显著的优点，在三北地区的住宅和公共建筑中，应用得越来越广泛。为了使工程做到技术先进、经济合理、质量可靠、安全适用，迫切需要对工程设计、材料选择、施工安装和检验验收等各个环节进行规范化和严格的控制，本规程就是为了适应这个要求而制定的。

本规程仅适用于以低温热水为热媒（热水循环流动于加热管内）和以发热电缆为加热元件的地面辐射供暖系统，该系统是通过加热元件加热地面，再以辐射和对流的方式向室内供暖。由于目前采用低温热水地面辐射供暖方式时，填充层多采用豆石混凝土，其结果是使建筑楼板上的荷载增大，为了安全起见，规定本规程只适用于新建工业和民用建筑。改、扩建项目可参照执行，但为确保原有建筑的安全，应对建筑荷载能力进行校核。

近年来，一些新型的地面辐射供暖形式在我国不断出现并为业内所关注：如预制板型低温热水地面辐射供暖系统，该系统由多个一体化采暖板、填充板和配管在现场装配而成，一体化采暖板均在工厂预制，施工时按铺设面积的大小组合装配，直接铺设在平整的楼板上即可，该工艺方法在日本长期应用，比较普及和成熟；还有用发泡水泥预制板的形式，该方法对于安装固定加热管比较简便，地面平整也较好，这种形式在韩国应用比较多。此外，电热地面辐射供暖的新形式也很多，如电热席和电热地板等多种类型。这些新型地面辐射供暖形式，近年来在我国都有了应用实例，但由于目前积累经验和实例还不够充分，未能包含在本规程之内。

1.0.3 本规程为地面辐射供暖工程的专业性全国通用技术规程。根据国家主管部门有关编制和修订工程建设标准、规范等的统一规定，为了精简规程内容，凡其他全国性标准、规范等已有明确规定的内容，除确有必要者以外，本规程均不再另设条文。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。

3 设 计

3.1 一 般 规 定

3.1.1 保持较低的供水温度和供回水温差,有利于延长塑料加热管的使用寿命;有利于提高室内的热舒适感;有利于保持较大的热媒流速,方便排除管内空气;有利于保证地面温度的均匀。

3.1.2 限制地表面的平均温度,主要是出于满足舒适要求的考虑。具体数值引自《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019;根据欧洲相关标准 BSEN1264,浴室及游泳池的地表面温度为 $30 \sim 33^{\circ}\text{C}$,最高限值 33°C 。

3.1.3 系统工作压力的高低,直接影响到塑料加热管的管壁厚度、使用寿命、耐热性能、价格等一系列因素,所以不宜定得太高。《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 第 4.3.9 条规定:“建筑物的热水供暖系统高度超过 50m 时,宜竖向分区设置”。作出这条规定的主要目的是为了减小系统中散热设备和配件所承受的压力,保证系统安全运行。低温热水地面辐射供暖系统也属于热水供暖范畴,理应遵循这一规定。该规范的第 4.4.9 条规定:“低温热水地板辐射采暖系统的工作压力不宜大于 0.8MPa ;当超过上述压力时,应采取相应的措施”。本条规定只是转引而已。

3.1.4 本条规定强调了低温热水地面辐射供暖系统的热媒参数与热源系统相匹配的必要性,同时为了满足低温热水地面辐射供暖系统运行与调节的需要,提出了设置相应控制装置的要求。

3.1.5 为了规范设计图纸,本条对地面辐射供暖工程施工图的设计深度、图面表达内容与要求等,作出了具体的规定,以保证最终效果,职责分明。

3.1.6 规定发热电缆线功率不超过 20W/m ,是为了保证发热电缆在本规程的常规做法环境下,其外护套表面温度不超过 65°C ,

以保证其使用寿命；有利于保证地面温度均匀且不超出最高温度限值。

3.2 地面构造

3.2.2 本条根据目前国内外低温热水地面辐射供暖系统的现状，推荐了一种基本的地面构造形式。随着地面供暖技术的发展，一些新型模式不断出现。本条推荐的构造形式为目前普遍采用的基本形式。地面构造示意图如图 1、图 2 所示。

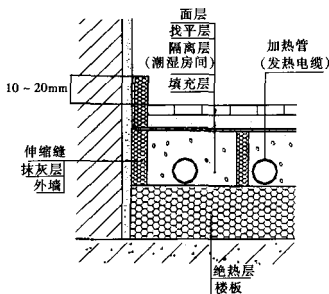


图 1 楼层地面构造示意图

3.2.3 面层热阻的大小，直接影响到地面的散热量。实测证明，在相同供热条件和地板构造的情况下，在同一个房间里，以热阻为 $0.02\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 左右的花岗石、大理石、陶瓷砖等作面层的地面散热量，比以热阻为 $0.10\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 左右的木地板时要高 30% ~ 60%；比 $0.15\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 左右的地毯时要高 60% ~ 90%。由此可见，面层材料对地面散热量的巨大影响。为了节省能耗和运行费用，因此要求采用地面辐射供暖方式时，应尽量选用热阻小于 $0.05\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 的材料做面层。

3.2.4 采用带龙骨的架空木地板作为地面时，由于增加了龙骨

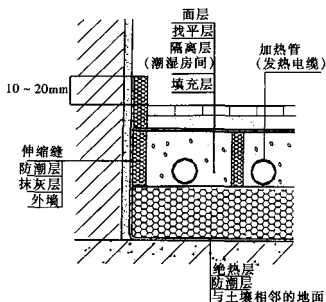


图 2 与土壤相邻的地面构造示意图

的高度 (约 40~60mm), 如果再做混凝土填充层, 必然会与采用非架空木地板的地面之间形成高差, 这是不合适的。加热管敷设在龙骨之间绝热板上, 有利于保护加热管, 避免固定龙骨时损坏加热管。

低温热水辐射供暖系统中, 如果局部热阻很大, 热量不能充分散出, 会造成回水温度升高, 还不会成为安全隐患, 而发热电缆的线功率基本恒定, 热量不能散出就会导致局部温度上升, 成为安全的隐患。因此, 在采用带龙骨的架空木地板作为地面或者地面有较大面积的遮挡时, 需要对发热电缆有更加严格的、安全的规定。按照国内外的很多工程安装经验, 对架空木地板要求采用线功率 10W/m 的发热电缆。

3.2.5 为了减少无效热损失和相邻用户之间的传热量, 本条给出了绝热层的最小厚度, 当工程条件允许时, 宜在此基础上再增加 10mm 左右。聚苯乙烯泡沫塑料主要技术指标见本规程第 4.2 节。

3.2.6 对低温地面辐射供暖来说, 填充层的作用主要有二: 一是保护加热管或发热电缆; 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。实验和工程实践一致证实,加热管、发热电缆上部有约 30mm 保护层时,基本上已能够满足以上要求。考虑到填充层上部还有 30mm 左右的水泥砂浆找平层,可以协同起到均衡温度的作用,所以规定低温热水系统填充层厚度宜取 50mm,发热电缆填充层厚度宜取 35mm。

3.3 热负荷的计算

3.3.2 根据国内外资料和国内一些工程的实测,低温热水地面辐射供暖用于全面采暖时,在相同热舒适条件下的室内温度可比对流采暖时的室内温度低 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 。故规定地面辐射供暖的耗热量计算时,室内计算温度取值可降低 2°C ,或将计算耗热量乘以 $0.9 \sim 0.95$ 的修正系数(寒冷地区取 0.9,严寒地区取 0.95)。

3.3.3 当地面辐射供暖用于局部采暖时,耗热量还要乘以表 3.3.3 所规定的附加系数(局部采暖的面积与房间总面积的面积比大于 75%时,按全面采暖耗热量计算)。

3.3.4 为适应外区较大热负荷的需求,确保室温均匀,对进深较大房间作此规定。例如:住宅内通户门的大起居室,距外墙 6m 以内无围护结构传热负荷,但有户门开启负荷,需分别加以计算。

3.3.5 敷设加热管或发热电缆的地面,不存在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 高度附加率,是基于房间高度大于 4m 时,由于竖向温度梯度的影响导致上部空间及围护结构的耗热量增大而打的附加系数。对地面辐射供暖系统,地面温度一般高于室内空气温度,因此供暖热负荷计算时,可不考虑高度附加。

3.3.7 间歇供暖与户间传热的附加量,仅作为确定户内供暖热负荷的因素,不应统计在集中供暖系统的总负荷内或建筑总供电负荷内。

3.4 地面散热量的计算

3.4.2 目前单位地面面积散热量的计算方法主要有两种,一种是 ASHRAE 手册(2000 年版)提供的计算方法,一种是欧洲普遍采用的经验公式法。因前者计算原理清晰易懂,国内设计院多已采用,并已经过实际工程检验,认为可行,故本规程推荐采用此方法。附录 A 是来自此方法的计算结果,由北京建筑设计研究院提供。

由于篇幅所限,附录 A 只列出两种管材 PE-X 管(导热系数为 $0.38\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)、PB 管(导热系数为 $0.23\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)的计算数据,其他管材可根据其实际导热系数参照选用。

铝塑复合管和 PE-RT 管可参照附录 A.1: PE-X 管单位地面面积的散热量和向下传热损失选用;

PP-R 管可参照附录 A.2: PB 管单位地面面积的散热量和向下传热损失选用。

若绝热层采用其他绝热材料,如发泡水泥,可根据其热阻值参照选用。

3.4.5 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。

3.4.7 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,设计人可根据具体情况附加一定的安全系数。

3.5 低温热水系统的加热管系统设计

3.5.1 住宅建筑中按户划分系统,可以方便的实现按户热计量,各主要房间分环路布置加热管,则便于实现分室控制温度

3.5.2 限制每个环路的加热管长度不超过 120m 和要求各环路加热管的长度接近相等,都是为了有利于水力平衡。对可自动控温的系统,各环路管长可有较大差异。对于壁挂炉系统,加热管长度应根据壁挂炉循环水泵的扬程经计算确定。

3.5.3 加热管采取不同布置形式时，导致的地面温度分布是不同的。布管时，应本着保证地面温度均匀的原则进行，宜将高温管段优先布置于外窗、外墙侧，使室内温度分布尽可能均匀。加热管的布置形式很多，通常有以下几种形式，如图 3~图 7 所示。

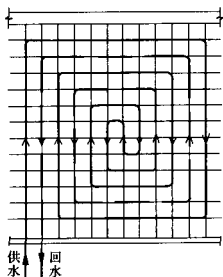


图 3 回折型布置

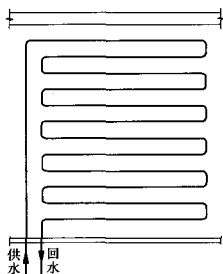


图 4 平行型布置

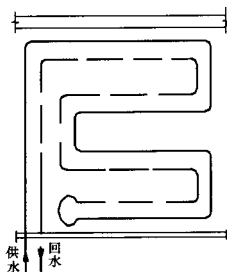


图 5 双平行型布置

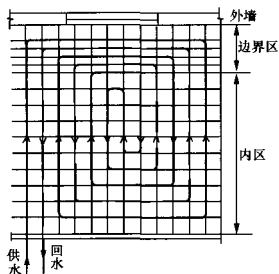


图 6 带有边界和内部地带的回折型布置

3.5.4 地面散热量的计算，都是建立在加热管间距均匀布置的基础上的。实际上房间的热损失，主要发生在与室外空气邻接的部位，如外墙、外窗、外门等处。为了使室内温度分布尽可能均匀，在邻近这些部位的区域如靠近外窗、外墙处，管间距可以适当的缩小，而在其他区域则可以将管间距适当的放大。不过为了使地面温度分布不会有过大的差异，最大间距不宜超过 300mm。

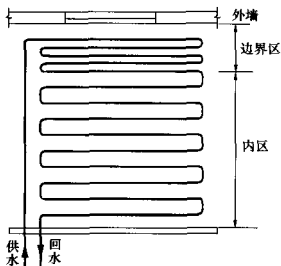


图 7 带有边界和内部地带的平行型布置

3.5.6 加热管的敷设是无坡度的。根据《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 第 4.4.8 条的规定，热水管道无坡度敷设时，管内的水流速度不得小于 0.25m/s 。因此本条据此作出限制，其目的是使水流能把空气裹携带走，不让它浮升积聚。

3.6 低温热水系统的分水器、集水器及附件设计

3.6.1 分水器、集水器总进、出水管内径一般不小于 25mm，当所带加热管为 8 个环路时，管内热媒流速可以保持不超过最大允许流速 0.8m/s 。同时，分水器、集水器环路过多，将导致分水器、集水器处管道过于密集。

3.6.2 供水管上设置两个阀门，主要是供清洗过滤器和更换或维修热计量装置时关闭用；设置过滤器是为了防止杂质堵塞流量计和加热管。热计量装置前的阀门和过滤器，也可采用过滤球阀（过滤器与球阀组合于一体）替代。

根据《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019 第 4.9.1 条“新建住宅热水集中供暖系统，应设置分户热计量和室温控制装

置”的规定，本条相应的作了安装热计量装置的要求。当供暖系统用于非住宅类建筑时，是否安装热计量装置，可按工程具体情况确定。

3.6.3 旁通管的连接位置，应在总进水管的始端（阀门之前）和总出水管的末端（阀门之后）之间，保证对供暖管路系统冲洗时水不流进加热管。

3.6.4 排气阀是用以排除加热管内的不凝性气体。

3.7 低温热水系统的加热管水力计算

3.7.2~3.7.4 该计算方法引自俄罗斯 1999 年出版的设计与施工规范《采用铝塑复合管供暖系统的设计与安装》。该方法是专门针对铝塑复合管制定的，其他塑料管材可参照计算。计算公式中引入了水的流动相似系数，使比摩阻公式适合于整个湍流区，同时管道内径计算公式考虑了管径与壁厚的制造公差，因此水力计算结果更加符合实际。

该方法还给出了铝塑复合管常用的局部阻力系数，为局部阻力的计算提供了条件。

3.7.5 系统阻力的限制，是为了集中供暖系统的水力平衡，也与分户独立热源设备相匹配。每套分水器、集水器环路的总压力损失指自分水器总进水管阀门前起，至集水器总出水管阀门后止，这一区间的总压力损失，其中不包括热量表和恒温阀的局部阻力。

3.8 低温热水系统的热计量和室温控制

3.8.1 与《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 第 4.9.1 条规定一致。

3.8.2 分户热计量要求与《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019 第 4.9.5 条规定一致。

3.8.3 室温可控是分户热计量的基础，本条针对这个要求，并结合我国的具体情况推荐了几种经实践证明为有效的控制方法。

3.9 发热电缆系统的设计

3.9.2 当局部热负荷较大时，应增加单位面积的地暖系统发热功率，如果受地面温度限制、电缆间距等原因，发热电缆不能提供足够供热量时，应考虑增加其他型式的辅助供热设备，如电采暖散热器等。

3.9.3 限定发热电缆的间距是为了保证地面温度的均匀性。

3.9.4 发热电缆的布置局限性较低温热水系统小，低温热水系统由于水温随行程而变化，需要尽可能将高温段设在热负荷较大的区域，而发热电缆由于线功率比较恒定，不必考虑温度差别的影响；同时发热电缆有单导线和双导线形式，单导线安装时发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。因此，本规程第 3.5.3 条说明中的布置形式只作参考。

3.9.5 发热电缆地面辐射供暖系统，宜充分发挥电热容易控制的特点，各室单独控制室温，根据不同的需要提供不同的室内温度，提高舒适度；分室控温可以实现按需供热以节能，同时有利于温控器的布置、选型、安全和检修等。

3.9.6 ~ 3.9.7 当温控器所控制的发热电缆功率较大，超出温控器额定电流时，可以将温控器与接触器结合，以满足安全要求；温控器也可以与其他控制设备结合，实现诸如远程控制等其他功能。同时，应根据现场环境要求、使用要求等方面的具体要求，选择温控器的控温形式。

3.9.10 在地面家具遮挡覆盖的情况下，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。对低温热水系统，回水温度就会升高，尽管减少了室内供暖热量，尚不至于有安全隐患；而对发热电缆系统，发热电缆仍然持续加热，就会产生安全隐患。因此，应考虑尽量避免覆盖遮挡。在固定家具下不应布置发热电缆，同时应尽量选用有腿的家具，以减少局部热阻。

3.10 发热电缆系统的电气设计

3.10.2 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，电供暖系统宜单独设置，以适应优惠政策。

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。如加热管受到弯曲,在弯曲部位会产生较大内应力,对其使用寿命产生影响。

4.2 绝 热 材 料

4.2.2 聚苯乙烯泡沫塑料板材的质量应符合《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1 中的规定,本条规定的技术指标摘自其中。

4.2.3 采用发泡水泥作为保温材料,保温厚度一般为 40 ~ 50mm。发泡水泥导热系数约为 $0.09\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ 。该材料具有承载能力强、施工简便、机械化程度高的特点,适合大面积地面供暖系统。

4.3 低温热水系统的材料

4.3.3 塑料管材的基本荷载形式是内液压,而它的蠕变特性是与强度(管内壁承受的最大应力,即环应力)、时间(使用寿命)和工作温度密切相关的。在一定的工作温度下,随着要求强度的增大,管材的使用寿命将缩短。在一定的要求强度下,随着管材工作温度的升高,管材的使用寿命也将缩短。所以,在设计低温热水地面辐射供暖系统时,热媒温度和系统工作压力不应定得过高。

总的说来,所有根据国家现行管材标准生产的合格产品,都可以放心的用作加热管。如交联聚乙烯(PE-X)管、聚丁烯(PB)管、铝塑复合管(XPAP)和耐热聚乙烯(PE-RT)管、无规共聚聚丙烯(PP-R)管和嵌段共聚聚丙烯(PP-B)管等,不但

都有完善的测试数据和质量控制标准，而且都已经过实践考验。设计选材时，应结合工程的具体情况确定。对许用设计环应力过小的管材，如嵌段共聚聚丙烯（PP-B）管，设计时应正确选择使用。同时随着人们环保意识的增强，在选择管材时，应重视管材是否能回收利用的问题，以防止对环境造成新的污染。

铜管也是一种适用于低温热水地面辐射供暖系统的加热管材，其具有导热系数高、阻氧性能好、易于弯曲且符合绿色环保要求等特点，正逐渐为人们所接受。

4.3.4 加热管应符合国家现行标准：

PE-X 管采用《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统》GB/T 18992；

PB 管采用《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T 19473；

PE-RT 管采用《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统》CJ/T 175；

PP-R 管、PP-B 管采用《冷热水用聚丙烯管道系统》GB/T 18742；

铝塑复合管采用《铝塑复合压力管》GB/T 18997；

铜管采用《无缝铜水管和铜气管》GB/T 18033。

4.3.5 加热管应由正规生产企业生产，产品应具有出厂必要标识。

4.3.6 德国标准 DIN4726 规定，40℃ 时内表面上氧气透过率应小于 $0.1\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，否则应采取防腐措施。为有效防止渗入氧而加速对系统的氧化腐蚀，因此作此规定。

4.3.8 数据取自《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统》GB/T 18992.2、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统》CJ/T 175、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T 19473、《冷热水用聚丙烯管道系统》GB/T 18742.2、《铝塑复合压力管》GB/T 18997。

4.4 发热电缆系统的材料

4.4.1 强制屏蔽接地是为了保证人身安全，防止人体触电和受

到较强的电磁辐射。

4.4.2 发热电缆作为系统的重要组成部分，是决定该系统安全、舒适和使用寿命的关键，从系统舒适和安全角度考虑，应采用低温发热电缆作为加热元件。通常的电缆外表面温度限定低于 65°C ，发热量的大小就取决于电缆外径（决定了外表面积大小）了，而电缆的线功率限定低于 20W/m ，其外径就应近似为 6mm ；此外，电缆外径还与产品材料、性能和工艺相关。从目前的应用情况看，国产和进口发热电缆外径均不小于 6mm ，因此本规程对电缆外径建议不小于 6mm 。

4.4.4 ~ 4.4.5 发热电缆的冷线和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，以保证其连接的安全性能、机械性能和使用寿命达到要求。发热电缆的检测应为冷热线以及接头为一体检测，还应对接头位置设明显标志，予以特别注意。发热电缆的标志包括商标和电缆型号。

4.4.6 目前国内还没有针对地面辐射供暖系统中使用的发热电缆生产的标准，市场上的发热电缆多数为国外进口产品，也有引进技术国产化的电缆，均以 IEC800《额定电压 300/500V 生活设施加热和防结冰用加热电缆》作为检验标准，具体内容见附录 E。附录 E 中列出的内容和技术指标比较 IEC800 原文已经是简化了。检测电缆的机构必须具有国家认可的检验资质。

4.4.7 温控器是该系统另一个重要组成部分，其作用是调节温度，控制系统工作状态。按照感温对象的不同分为室温型、地温型和双温型温控器，使用者可根据工程具体情况选用温控器。

温控器一般由控温和测温两个系统组成产品，由生产厂家整体供应。其相关标准为国家现行标准《温度指示控制仪》JJG 874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。

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。

5.1.3 本条主要对加热管和发热电缆的运输、装卸和储存的条件作了原则性的规定，目的是防止在这些过程中损坏材料。

5.1.4 作为加热管，无论 PE-X、PB、PP-R、PP-B 或 PE-RT，它们虽然都具有较强的耐酸碱腐蚀的能力，但是，油漆、沥青和化学溶剂对它们有较强的破坏作用，这种情况对于发热电缆同样存在，因此必须严格防止接触这类物质。

5.1.5 塑料管和发热电缆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。同时，当环境温度低于 5℃ 时，混凝土填充层的施工和养护质量也较难保证。当然，这也可以通过采取某些技术措施来确保混凝土的施工质量，但工程造价将相应增加，非万不得已不宜这么做。

5.1.6 目的在于保护发热电缆，以免搭接时温度过高损坏电缆。

5.1.8 目的在于保护加热管和电缆，免遭损坏。

5.2 绝热层的铺设

5.2.1 地面平整与否，会影响到绝热层的铺设质量和加热管的安装质量。如不平整度较大，应由建筑公司用适当办法（不能用松散的砂粒）找平。

5.2.2 本条规定了绝热层的铺设要求。绝热层接合应严密，多层绝热层要错缝铺放。

5.3 低温热水系统加热管的安装

5.3.1 本条贯彻了必须按照设计图纸施工的基本要求,旨在确保低温热水地面辐射供暖系统的供暖效果。管间距误差不大于10mm,实践证明是可以做到的。为了避免安装好后,一旦发现问题而引起返工,要求安装前作详细检查。

5.3.2 加热管切割不好,断口不平整,与管轴线不垂直,都会影响管道的连接质量,造成渗漏或通过截面减小,为此,提出了规范化的操作要求和质量标准。

5.3.3 加热管应做到自然释放,不允许出现扭曲现象,以免管道处于非正常受力状态,影响加热管的使用寿命。加热管安装的环境温度与弯曲半径有关,弯曲半径过小,会造成机械损伤和弯处“死折”,本规定参照国外标准及工程实践经验。同时,在弯曲过程中,若对圆弧顶部不加力予以限制,则极易出现“死折”,即无弧度的折弯。

5.3.4 根据我国现状,即使热熔连接也会因质量问题而漏水,为了消除隐患特作此规定。同时与《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 相一致。

5.3.6 加热管固定,目的是使它定位,防止在浇捣填充层时产生位移。加热管固定装置有多种方法,本条所列的四种方法,为目前工程中比较典型的通常做法,并在大量的工程实践中证明都是可行的。

采用第一种方法时,因为聚苯乙烯泡沫塑料板表面强度较差,对固定卡子抓力不足,为了有效固定加热管,施工时绝热板材上方(加热管线下方)可做如下处理:

(1) 粘接一层纺粘法非织造布/PE 镀铝膜层,其总重量大于 $55\text{g}/\text{m}^2$,其中非织造布重量不小于 $35\text{g}/\text{m}^2$,PET 镀铝膜表面印刷 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 坐标。

(2) 粘接一层重量大于 $40\text{g}/\text{m}^2$ 纺粘法非织造布,布面印刷明显的 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 坐标。

(3) 铺设一层 PE 或 PP 挤出塑料网或双向拉伸土工格栅。挤出网或土工格栅网眼不得小于 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$, 结点厚度不大于 6mm 。

(4) 铺设一层 0.8mm , 网眼 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 的氩弧焊钢丝网。

5.3.7 本条对固定点间距作了规定。固定点间距过大, 加热管反弹较大; 不易定形的管材, 其固定点的间距应根据需要加密。

5.3.8 在分水器、集水器附近往往汇集较多的管道, 其他如门洞、走道等部位, 有时也会有较多加热管通过, 由于管道过多, 容易形成局部地面温度过高, 设置套管后, 随着热阻的增大, 地面温度将相应降低。一般采用聚氯乙烯或高密度聚乙烯波纹套管, 为防止地面龟裂, 管道密集处应采用 $0.5 \sim 1.0\text{cm}$ 豆石混凝土浇筑, 确保浇筑密实。

5.3.9 为了保护加热管, 露明部分管道通常应加套聚氯乙烯 (PVC) 塑料管。

5.3.10 PP (含 PP-R、PP-B) 树脂对铜离子非常敏感, 铜离子会使 PP 的降解 (老化) 速度成百倍的增加, 温度越高, 越为严重, 因此作此规定。

5.3.11 本条提出加热管穿越伸缩缝时, 必须设置一定长度的柔性套管。这项措施是确保加热管在填充层内发生热胀冷缩变化时的自由度。

5.3.12 分水器、集水器在开始铺设加热管之前安装的目的是保证柔性加热管精确转向和通入分水器、集水器内。分水器、集水器安装示意图如图 8 所示。

5.3.13 伸缩缝是低温热水地面辐射供暖工程设计中非常重要的部分。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。混凝土的线膨胀系数为 $10 \times 10^{-6}\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 左右, 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 ; 与内外墙、柱及过门等交接处设置的伸缩缝, 除有补偿填充层伸缩外, 还起到保温作用。采用地面辐射供暖方

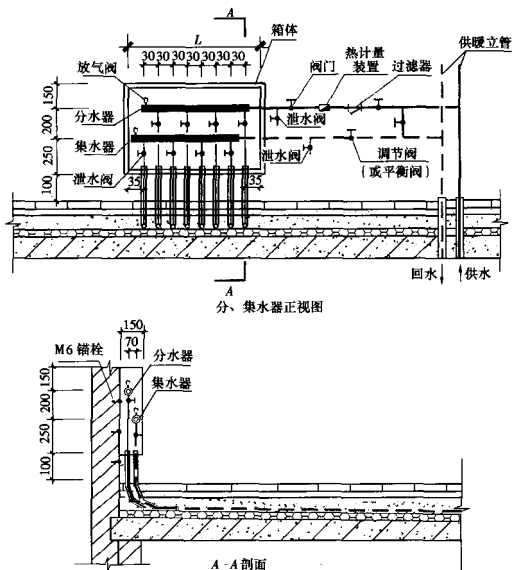


图 8 分、集水器安装示意图

式时，与地面邻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应小于 10mm。

5.4 发热电缆系统的安装

5.4.2 一般在发热电缆出厂时，冷线热线及其接头应该已加工完成，每根电缆的长度和功率都应是确定的，电缆内可能是双导

线自成回路，也可能是单导线需要在施工中连接成回路；冷线与热线也是在制造中连接好的，按照设计选型现场安装，不允许现场裁剪和拼接，现场裁剪或拼接不但不能调节发热功率，而且会造成电缆损坏，通电后会造成严重后果。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业设备和特殊方法来处理，以减少接头处存在的安全隐患。

5.4.6~5.4.7 发热电缆不同于热水加热管，热水在加热管中处于流动状态，如果局部热阻较大，只能导致该处不能充分散热，导致该处热水的温差较小；而发热电缆线功率基本恒定，表面均匀散热，如果被压入绝热材料中，热阻很大，仍然恒定发热就会导致局部升温过高，影响电缆的寿命。采用钢丝网或金属固定带既能够防止电缆压入绝热材料，又有防裂和均热的作用。

5.4.8 目的是防止热线在套管内发热，影响寿命和安全性能。

5.4.9 目的是防止热线在地面以上发热，形成安全隐患，同时，电缆出地面后就难以保证间距，因此热线及其接头都应在填充层里，不能设在地面之上。

5.4.11 地温感温探头在安装前，应对探头进行外观检测，然后先铺设 $\phi 16$ 的预埋管，并用塑料捆扎绳固定住，再将感温探头设在预埋管里，最后将预埋管管道末端封堵。

5.5 填充层施工

5.5.1 对填充层施工的时机作了明确规定，即未通过隐蔽工程验收之前，不得施工。

5.5.2 为了保证工程质量，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也作了具体规定。

5.5.3 管内保持一定压力，既可以防止加热管因挤压而变形，又可以及时发现管道的损坏。

5.5.4~5.5.5 目的在于保护加热管，避免人为的破坏。

5.5.6 填充层不受干扰的凝固和硬化时间：一般不加特殊掺合料的混凝土填充层为 21d。最早 48h 以后才能踩踏。在此时间内，

不得对加热管或发热电缆进行加热及放置任何形式的荷载,以免造成填充层开裂。由于塑料管的熔点较低,多数都在 $150 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 左右,很容易被电炉、喷灯等烤化,因此,施工中应对地面妥加保护。本条的这些要求,都是实践中教训的总结,必须引起足够的重视并严格遵守。

5.6 面层施工

5.6.1 本条规定了地面辐射供暖宜采用的地面装饰材料的种类,避免由于地面装饰层材料选择不当,造成一定的经济损失。

5.6.2 在实际工程中,出现过很多在施工面层时损坏加热管的事故,而这些事故本来是完全可以避免的,因此在本条中对面层施工提出了一些具体的注意事项。

5.6.3 木地板出现翘裂的现象较多,究其原因,大致有以下三种情况:

第一种情况是地板本身质量不好,未经严格干燥处理(含水率应低于 20%),致使含水率过高,经过使用后,随着含水率的降低,木材收缩,产生裂纹。其实,这种地板,即使用在不是地面供暖的室内,也同样会开裂。

第二种情况是在填充层尚未完全干燥的情况下,过早的铺贴木地板。由于木地板铺贴后,混凝土中的水分仍在不断蒸发,使本来比较干燥的木地板的含水率升高,从而膨胀鼓翘。

第三种情况是在铺贴木地板时,在地板与墙、柱等交接处未留伸缩缝,所以在地板受热产生膨胀时,由于没有补偿膨胀位移的出路,从而产生翘鼓。

5.6.4 干贴的目的是为了防止地面加热时拉断面层。

5.7 卫生间施工

5.7.1 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,作本条规定。卫生间地面构造示意图如图 9 所示。

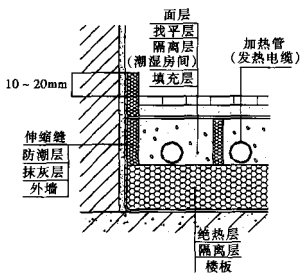


图9 卫生间地面构造示意图

5.7.2 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。

6 检验、调试及验收

6.3 施工安装质量验收

6.3.1 加热管和发热电缆是埋置在混凝土填充层内的，填充层施工完毕后，加热管就再也看不见了，所以属于隐蔽工程。对于隐蔽工程，必须在隐蔽之前进行检验，只有经检验合格后才允许隐蔽，为此，应进行中间验收。

6.3.2 本条具体规定了中间验收应检验的项目。

6.4 低温热水系统的水压试验

6.4.1 首先关闭分水器、集水器上总进、出水管上的球阀，并开启总进、出水管之间的旁通阀，对分水器、集水器以外主供回水管路系统进行冲洗；然后分别冲洗各加热管环路。

6.4.3~6.4.5 水压试验压力和检验方法，引自《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242。

6.5 调试与试运行

6.5.1 为了避免对系统造成损坏，在未经调试与试运行过程之前，应严格限制随意启动运行。

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

6.5.5 系统通热调试，是确保并进一步考核和检验工程设计与施工质量的一个重要环节，必须认真进行。试运行时，初次加热的水温应严格控制；同时，升温过程一定要保持平稳和缓慢，确保建筑构件对温度上升有一个逐步变化的适应过程。

6.5.6 发热电缆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，电缆的发热功率就基本恒定，实现全功率加热，电缆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，电缆表面的温度无法加以具体的控制；而且，比较热水形式的地面辐射供暖系统形式，发热电缆加热时的应力变化和对填充层的影响较小。因此，本条对升温速度不作具体规定，在初始通电加热时应保持室温尽量平缓地升高。

6.5.8 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。

附录 B 加热管的选择

B.1.2 表 B.1.2-1 引自《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991；表 B.1.2-2 引自《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统》GB/T 18992.2、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统》CJ/T 175、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T 19473、《冷热水用聚丙烯管道系统》GB/T 18742.2。

B.1.3 考虑到施工与使用过程中的不利因素，为安全起见，塑料管材壁厚应适当加厚。条文中的数值引自德国标准 DIN 4726 关于热水地面供暖用塑料管材的基本要求。表中数值引自《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统》GB/T 18992.2、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统》CJ/T 175、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T 19473、《冷热水用聚丙烯管道系统》GB/T 18742.2。

B.2.1 铝塑复合管是由聚乙烯材料和铝材两种杨氏模量相差很大的材料组成的多层管，在承受内压时，厚度方向的管环应力分布是不等值的，因此不能用 S 值来选用管材或确定管材的壁厚。内外塑料层和铝管层的最小壁厚取决于管径，壁厚和管径为固定尺寸关系，只能根据长期工作温度和允许工作压力选择不同类别的铝塑管，无法考虑各种使用温度的累积作用。铝塑复合管根据铝管焊接方法不同，分为搭接焊和对接焊两种形式。

B.2.2 表 B.2.2-1 引自《铝塑复合压力管》GB/T 18997.1；表 B.2.2-2 引自《铝塑复合压力管》GB/T 18997.2。

B.2.3 表 B.2.3 引自《铝塑复合压力管》GB/T 18997.1、GB/T 18997.2。

B.3.1 表 B.3.1 引自《无缝铜水管和铜气管》GB/T 18033。