



T/CECS XXX-2021

中国工程建设标准化协会标准

干式一体化地面辐射供冷供暖技术规程

Technical regulation for dry integration floor radiant cooling and heating system

(征求意见稿)

干式一体化地面辐射供冷供暖技术规程

Technical regulation for dry integration floor radiant cooling and heating system

主编单位：四川大学、大连理工大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021 年 X 月 X 日

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2019年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2019]22号）的要求，标准编制组经调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分6章，主要内容包括：总则、术语、设计、材料、施工、验收、调试及运维。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由四川大学负责具体技术内容解释。如有需要修改和补充之处，请将有关意见和建议寄送解释单位（地址：四川省成都市一环路南一段24号四川大学建筑与环境学院，邮编：610065），以供今后修订时参考。

主编单位：四川大学

大连理工大学

参编单位：西南科技大学

建科环能科技有限公司

住房和城乡建设部科技与产业化发展中心

曼瑞德集团有限公司

南京天脉远红地暖科技有限公司

成都利亨聚氨酯新材料有限公司

广州孚达保温隔热材料有限公司

成都东天舒适家居有限责任公司

霍弗尔（北京）科技有限公司

四川聚春能源开发有限公司

上海意利法暖通科技有限公司

上海绿羽节能科技有限公司

中创博瑞建设工程有限公司

安徽扬子地板股份有限公司

四川大学工程设计研究院有限公司

四川省健康人居工程技术研究中心

同济大学

南京师范大学

中国公路工程咨询集团有限公司城市建筑设计分公司

主要起草人：王 军 吴小舟 刘 东 冯爱荣 梁 浩 张保红
黄国仓 陈俊鑫 熊少波 张 杰 张学明 敬西涛
杨 铮 刘 冲 王方林 雷 响 秦 文 唐 柳
周 翔 夏学鹰 敬成君 李祥立 田亚斌 王 选
李宏军 陈立楠 裴武兴 甄 程 高 娴 袁西林
许 俊 朱宏耀 谢 飞 江垣毅 马明珠 李锦堂

主要审查人：

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	5
3.3 房间热负荷与冷负荷计算	6
3.4 地面传热量的计算	7
3.5 水系统设计	9
3.6 温控与热计量	10
4 材料	12
4.1 一般规定	12
4.2 模块保温板与均热层材料	12
4.3 装饰面层与粘结层材料	13
4.4 绝热层材料	13
4.5 水系统材料	13
4.6 温控装置	14
5 施工	15
5.1 一般规定	15
5.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统施工方案	16
5.3 预制沟槽保温板模块铺设	17
5.4 供热供冷管系统的施工	17
5.5 面层和粘接层施工	18
5.6 成品保护	19
6 验收、调试及运维	20
6.1 一般规定	20
6.2 质量验收	21
6.3 水压试验	21
6.4 调试与检测	22
6.5 运行管理	22
6.6 维护与保养	23
附录 A	24
附录 B	26
附录 C	40
本标准用词说明	42
引用标准名录	43
条文说明	46

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms.....	2
3	Design	5
	3.1 General Requirements.....	5
	3.2 Floor Structure	5
	3.3 Room Heating Load and Cooling Load Calculation.....	6
	3.4 Floor Heat Transfer Calculation	7
	3.5 Water System Design.....	9
	3.6 Temperature Control and Heating Metering	10
4	Materials	12
	4.1 General Requirements.....	12
	4.2 Module Insulation Board and Heat Distribution Course Material	12
	4.3 Decorative Surface Layer and Adhesive Layer Material	13
	4.4 Insulation Material.....	13
	4.5 Water System Material	13
	4.6 Temperature Control Equipment	14
5	Construction	15
	5.1 General Requirements.....	15
	5.2 Construction Scheme of Dry Integration Floor Radiant Cooling and Heating System....	16
	5.3 Pro-grooved Insulation Board Module Laying	17
	5.4 Construction of Heating and Cooling Pipe System.....	17
	5.5 Surface Layer Construction	18
	5.6 The Finished Project Protection.....	19
6	Acceptance, Debugging, Maintenance	20
	6.1 General Requirements.....	20
	6.2 Quality Acceptance.....	21
	6.3 Hydrostatic Testing.....	21
	6.4 Debugging and Testing	22
	6.5 Operation Management.....	22
	6.6 Maintenance.....	23
	Appendix A.....	24
	Appendix B	26
	Appendix C	40
	Explanation of Wording in This Standard.....	42
	List of Quoted Standards	43
	Explanation of Provisions	44

1 总则

1.0.1 为规范干式一体化地面辐射供冷供暖系统工程的设计、施工和验收，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 本规程适用于以低温热水为热媒及以高温冷水为冷媒的干式一体化地面辐射供冷供暖系统工程的设计、施工、调试及运维等。

1.0.3 干式一体化地面辐射供冷供暖系统工程的设计、施工和验收除应执行本规程外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 干式一体化地面辐射供冷供暖系统 prefabricated floor radiant cooling and heating system

末端采用预制沟槽保温板模块,将供热供冷管敷设在预制模块的沟槽中并与沟槽尺寸吻合且上皮持平,采用管线分离方式设计及干式工法施工的地面辐射供冷供暖系统。

2.0.2 预制沟槽保温板模块 pre-grooved insulation board module

在工厂预制的、用于现场拼装敷设供热供冷管、带有固定间距和尺寸沟槽的模块保温板,上铺均热层。

2.0.3 均热层 heat distribution course

铺设在模块保温板表面、可使供热供冷管产生的热量或冷量均匀传递的金属或非金属导热层。

2.0.4 管线分离 pipe and wire detached from skeleton

建筑结构体中不埋设设备及管线,将设备及管线与建筑结构体相分离的方式。

2.0.5 干式工法 non-wet construction

指现场采用干作业施工工艺的建造方法。

2.0.6 粘结层 adhesion course

用于粘结石材、地砖等面层与预制沟槽保温板模块的胶粘剂形成的薄层。

2.0.7 装饰面层 decorative surface course

建筑地面与室内空气直接接触的构造层,包括石材、地砖及木地板等。

2.0.8 垫层 cushion course

铺设在预制沟槽保温板模块之下的薄层，可起到隔潮、降噪、增加地面平整度等作用。

2.0.9 防潮层 moisture barrier course

防止建筑地基或土壤的潮气透过地面的构造层。

2.0.10 隔离层 isolating course

防止建筑地面上各种液体透过地面的构造层，也称防水层。

2.0.11 绝热层 insulating course

辐射供冷供暖中，用于阻挡冷热量传递，减少无效冷热损失，在现场单独铺设的构造层。

2.0.12 分水器、集水器 water distribution manifold, water collection manifold

用于连接集中供冷供暖系统的供水管或回水管和各供热供冷管分支环路的配水和汇水装置。

2.0.13 混水装置 water mixing device

热源或冷源的一部分供水和回水进行混合，获得户内所需供水温度的装置。

2.0.14 温度控制器 thermostat

能够测量温度并发出控制调节信号的温度自控设备，简称温控器，根据控制方式的不同主要分为室温型、地温型和双温型温控器。

2.0.15 预测平均热感觉指数 predicted mean vote of thermal sensation (PMV)

以人体热平衡的基本方程式及心理生理学主观热感觉的等级为出发点,考虑了人体热舒适感的诸多有关因素的全面评价指标,是人群对于热感觉等级投票的平均指数。

2.0.16 体感温度 operative temperature

假想的黑色包围体的均匀温度,人在该包围体中的辐射换热及对流换热量与在实际非均匀环境的换热量相同,也称为操作温度。

2.0.17 露点温度 dew point temperature

在恒定气压条件下进行冷却时,空气中的蒸汽压饱和,相对湿度达到 100% 时的温度。

2.0.18 热响应时间 thermal response time

当辐射供冷供暖系统工况发生阶跃变化时,其表面温度的变化幅度达到总变化幅度的 95% 所消耗的时间,用来表征辐射末端动态响应的快慢。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 干式一体化地面辐射供暖系统的供、回水温度应由计算确定，供水温度宜采用 35℃~45℃，不应大于 60℃，供回水温差不宜大于 10℃且不宜小于 5℃。地面辐射供暖表面平均温度应符合表 3.1.1 的要求。

表 3.1.1 地面辐射供暖表面平均温度（℃）

区域特征	适宜范围	最高限值
人员长期停留区域	25~27	29
人员短期停留区域	28~30	32
无人员停留区域	35~40	42

3.1.2 干式一体化地面辐射供冷系统应结合除湿系统或新风系统进行设计，供水温度应高于室内空气露点温度 1℃~2℃，供回水温差不宜大于 5℃且不宜小于 2℃。地面辐射供冷表面平均温度下限值：人员短期停留为 19℃，人员长期停留为 21℃。

3.1.3 干式一体化地面辐射供冷供暖系统应具有快速的热响应及地面温度变化，辐射末端的热响应时间不宜大于 45min。

3.1.4 对于冬季供暖夏季供冷的干式一体化地面辐射供冷供暖系统，冷热源设备宜选用热泵机组或热回收装置。

3.1.5 干式一体化地面辐射供冷供暖系统的工作压力不应大于 0.6MPa。

3.1.6 采用干式一体化地面辐射供冷供暖系统时，给水排水管道、供冷供暖管道及电气管线等应采用管线分离方式进行综合设计。

3.1.7 干式一体化地面辐射供冷供暖系统工程应提供建筑负荷计算书、系统施工图设计文件、预制模块及管道平面布置图等，并应满足《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的相关要求。

3.2 地面构造

3.2.1 干式一体化地面辐射供冷供暖地面的构造做法应根据其设置位置确定，不同类型地面构造做法可按本规程附录 A 选用。辐射供冷供暖地面的构造应由下列全部或部分组成：

- 1 楼板或与土壤相邻的地面；
- 2 防潮层（对与土壤相邻地面）；
- 3 绝热层；
- 4 垫层；
- 5 模块保温板；
- 6 均热层；
- 7 供热供冷管
- 8 隔离层（对潮湿房间）；
- 9 粘结层；
- 10 装饰面层。

3.2.2 供冷供暖辐射地面构造应符合下列规定：

1 与土壤接触的底层为辐射地面时应提高模块保温板的最小热阻要求，模块保温板与土壤之间应设置防潮层；

2 直接与室外空气接触的楼板、与不供暖房间相邻的地板为辐射地面时，应设置绝热层；

3 潮湿房间地面面层下应设置隔离层。

3.2.3 供热供冷管出地面与分水器、集水器连接时，其外露部分应加柔性保温套管；与供冷供暖区域连接时，应采取保温措施或敷设在保温板上。

3.2.4 当地面荷载大于地面供冷供暖的承载能力时，应会同结构设计人员采取加固措施。

3.3 房间热负荷与冷负荷计算

3.3.1 干式一体化地面辐射供冷供暖房间热负荷与冷负荷应按现行国家标准《民用建筑供暖通风及空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定进行计算。

3.3.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统设计时应以室内体感温度作为室内设计温度，按表 3.3.2 选择确定。

表 3.3.2 人员长期逗留区域室内设计温度（℃）

热舒适度等级	供热工况		供冷工况	
	平均热感觉指数	室内体感温度	平均热感觉指数	室内体感温度
I 级	$-0.5 \leq PMV \leq 0$	22℃~24℃	$0 \leq PMV \leq 0.5$	24℃~26℃
II 级	$-1 \leq PMV < -0.5$	18℃~22℃	$0.5 < PMV \leq 1$	26℃~28℃

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	≥ 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 铺设供热供冷管的建筑地面，不应计算地面传热形成的冷热负荷。

3.3.5 采用集中热源分户热计量或分户独立热源的干式一体化地面辐射供暖系统，应考虑间歇运行和户间传热的影响，房间热负荷应按公式 3.3.5 计算。

$$Q = \alpha \cdot Q_j + q_h \cdot M \quad (3.3.5-1)$$

式中 Q ——房间热负荷（W）；

Q_j ——按 3.3.1~3.3.4 计算出的房间基本热负荷（W）；

α ——考虑间歇供暖的修正系数，采用集中热源分户热计量的取 1.2~

1.3，采用分户独立热源取 1.4~1.5；地表温度校核计算时取 1.0。

q_h ——房间单位面积平均户间传热量（W/m²），可取 $q_h = 7\text{W/m}^2$ ；

M ——房间使用面积（m²）。

3.4 地面传热量的计算

3.4.1 单位地面面积向上传热量应按下列公式计算：

地面供暖：

$$q = 8.92(t_{pj} - t_n)^{1.1} \quad (3.4.1-1)$$

地面供冷:

$$q = 7|t_{pj} - t_n| \quad (3.4.1-2)$$

式中: q ——单位地面面积向上的传热量 (W/m^2);

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

t_n ——室内设计温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

3.4.2 房间所需单位地面面积向上传热量应按下式计算:

$$q_1 = \beta \frac{Q_1}{F} \quad (3.4.2-1)$$

$$Q_1 = Q - Q_2 \quad (3.4.2-2)$$

式中: q_1 ——房间所需单位地面面积向上的传热量 (W/m^2);

Q_1 ——房间所需地面向上的传热量 (W);

F ——房间内铺设供热供冷管的地面面积 (m^2);

β ——考虑家具等遮挡的安全系数;

Q ——按 3.3 节计算出的房间热负荷或冷负荷 (W);

Q_2 ——自上层房间地面向下的传热量 (W)。

3.4.3 单位地面面积向上传热量不应使地表面平均温度高于 3.1.2 规定的最高限值,地表面平均温度可按公式 3.4.3 计算。当地表面平均温度计算值过高或过低时,可通过设置其他供冷供暖设备、改变室内设计温度等措施调整地表面平均温度。

地面供暖:

$$t_{pj} = t_n + \left(\frac{q}{8.92} \right)^{0.909} \quad (3.4.3-1)$$

地面供冷:

$$t_{pj} = t_n - \frac{q}{7} \quad (3.4.3-2)$$

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

t_n ——室内设计温度 ($^{\circ}\text{C}$);

q ——单位地面面积向上的传热量 (W/m^2)。

3.4.4 辐射供冷供暖地面向上传热量和向下传热量应通过计算确定。当辐射供冷供暖地面与供冷供暖房间相邻时,其单位地面面积向上传热量和向下传热量可按本规程附录B确定。

3.4.5 地面辐射供冷供暖房间热媒供热量或冷媒供冷量,应包括辐射地面向上传热量和向下传热量或向土壤的传热损失。

3.5 水系统设计

3.5.1 集中供冷供暖系统的水质及其保证措施应符合国家现行有关标准的要求。分户独立式供冷供暖系统应设置脱气除污器。

3.5.2 户内系统的供回水温度、压力和资用压差等参数与冷热源不匹配时,应根据需要采取设置换热器或混水装置等措施。换热器或混水装置宜接近终端用户。

3.5.3 采用集中热源或冷源的住宅建筑,楼内供冷供暖系统设计应符合下列要求:

- 1 应采用共用立管的分户独立系统形式;
- 2 每一对共用立管在每层连接的户数不宜超过3户;
- 3 共用立管应设置在户外公共空间的管道井内;
- 4 每户入口装置宜设置在户内,入口装置包括分水器、集水器,以及必要时设置的热交换器或混水装置。

3.5.4 独立冷热源的户内系统,循环水泵的流量、扬程应符合户内供冷供暖系统的需求;系统定压值应符合供热供冷管的承压要求。

3.5.5 应按下列原则设置分水器、集水器的分支环路

1 现场敷设供热供冷管时,各环路供热供冷管长度上限宜根据压力损失或管径确定;

2 每个主要房间应配置独立的环路,面积小的附属房间供热供冷管或输配管可以串联;

3 进深和面积较大的房间,当分区域计算热负荷或冷负荷时,各区域应配置独立的环路。

3.5.6 供热供冷管的敷设间距和预制模块的铺设面积，应根据管线分离方案、地面向上传热量、室内设计温度、平均水温等确定。

3.5.7 供热供冷管应按系统实际工作条件确定，流速不宜小于 0.25m/s。

3.5.8 分水器、集水器直径应不小于总供回水管直径，且最大断面流速不宜大于 0.8m/s。每个主分支环路均应可单独关断。

3.5.9 分水器前应设置过滤器；分水器、集水器上应设置手动或自动排气阀。

3.5.10 分水器、集水器、阀门及附件等安装位置参考《地面辐射供暖供冷系统施工安装》12K404，供冷时应采取防结露措施。

3.6 温控与热计量

3.6.1 采用集中供暖的住宅，应设分户热计量装置和室温调控装置，并应符合《供热计量技术规程》JGJ 173 的规定。

3.6.2 干式一体化地面辐射供暖应能实现气候补偿，自动控制供水温度。地面辐射供冷宜能实现气候补偿，自动控制供水温度。

3.6.3 干式一体化地面辐射供冷供暖室温控制可采用分环路控制和总体控制两种方式，作法参考《地面辐射供暖供冷系统施工安装》12K404。自动控制阀宜采用电热式控制阀，也可采用自力式温控阀和电动两通阀，并应符合下列规定：

1 当采用分环路控制时，应在分水器或集水器处的各个分支管上分别设置自动控制阀，控制各房间或区域的室内温度；

2 当采用总体控制时，应在分水器或集水器总管上设置自动控制阀，控制整个用户或区域的室内温度。

3.6.4 室温型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、周围无热源体、能正确反映室内温度的位置，不宜设在外墙上，设置高度宜距地面 1.4m，或与照明开关在同一水平线上。

3.6.5 对开放大空间场所，室温型温控器应布置在所对应回路的附近，当无法布置时可采用地温型温控器。地温型温控器的传感器不应被覆盖或遮挡，宜布置在人员经常停留的位置且在模块保温板表面的均热层上。

3.6.6 在需要同时控制室温和限制地表面温度的场合应采用双温型温控器。

3.6.7 地面辐射供冷系统应设置防止地面结露的控制装置，防结露控制宜采用温度传感器探测并计算露点的方法。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 预制沟槽保温板模块的压缩强度不应低于 200kpa；以木地板作为装饰地面时，可不考虑木地板的破坏强度；以地砖作为装饰地面时，应参照国家标准《陶瓷砖》GB/T 4100，根据屋内实际荷载选用高破坏强度地砖。

4.1.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统所使用的材料，应根据系统工作温度、工作压力、建筑荷载、建筑设计寿命、现场防水、防火以及施工性能等要求，经综合比较后确定。

4.1.3 干式一体化地面辐射供冷供暖系统中所使用的材料均应符合国家现行相关标准的规定，并由国家认可的检测机构进行检测，出具有效证明文件或检测报告。

4.2 模块保温板与均热层材料

4.2.1 模块保温板材料应采用导热系数小，具有足够承载能力的材料，并且不含菌源，不得散发异味及可能危害健康的挥发物。

4.2.2 模块保温板采用模塑聚苯乙烯材料、挤塑聚苯乙烯材料及硬质聚氨酯材料时应符合现行国家标准 GB/T 10801.1、GB/T 10801.2 及 GB/T 21558 的规定。

4.2.3 模块保温板热阻不应小于表 4.2.3 的要求，保温板上铺设的铝制均热板厚度不宜小于表 4.2.3 的要求，导热系数不应小于 $237\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ；采用其他导热材料时，其最小厚度应按表 4.2.3 规定采用热阻相同原理进行换算。

表 4.2.3 模块保温板最小热阻及铝制均热板最小厚度

设备类型		保温板总厚度 最小热阻 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)	铝制均热板最小厚度 (mm)	
			管间距 < 200mm	管间距 \geq 200mm
管外径 (mm)	10	0.7	0.2	0.4
	12	0.85		
	16	1.0		
	20	1.15		

4.2.4 模块保温板的沟槽尺寸应与敷设的均热板沟槽外径相吻合。均热板沟槽的内径应与敷设的供热供冷管外径相吻合,且供热供冷管的被包裹率不宜低于 65%。

4.3 装饰面层与粘结层材料

4.3.1 以地砖或石材作为装饰地面时,应采用胶粘剂粘结面层与预制沟槽保温板模块。胶粘剂的有害物质释放量的性能指标应符合现行国家标准《室内装饰装修材料胶粘剂中有害物质限量》GB18583 规定的要求。

4.3.2 粘结层厚度不应大于 5mm, 粘结强度不应小于 0.4MPa。

4.3.3 以木地板作为装饰地面时,木地板的性能要求应符合现行国家标准《地暖用实木地板技术要求》GB/T 35913 和行业标准《地采暖用木质地板》LY/T 1700 的规定。

4.4 绝热层材料

4.4.1 与土壤接触的底层为辐射供冷供暖地面时,模块保温板的最小热阻应在表 4.2.3 的基础上增加 $0.5\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

4.4.2 直接与室外空气接触的楼板为辐射供冷供暖地面时,设置的绝热层热阻不应小于 $1.0\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$; 与不供暖房间相邻的地板为辐射供冷供暖地面时,设置的绝热层热阻不应小于 $0.75\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 。

4.5 水系统材料

4.5.1 供热供冷管(含复合管)应满足设计使用寿命、施工和环保性能要求,并

应符合下列规定：

- 1 供热供冷管的使用条件应满足现行国家标准《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991中的4级；
- 2 供热供冷管的工作压力不应大于0.6MPa；
- 3 管道质量必须符合国家现行相应标准中的各项规定与要求；
- 4 供热供冷管宜使用带阻氧层的管材。

4.5.2 分集水器应符合现行国家标准《冷热水用分集水器》GB/T 29730 中的要求。

4.6 温控装置

4.6.1 温度控制器应符合国家现行相关产品标准的规定，外观不应有划痕，应标记清晰、面板扣合自如、温度调节部件使用正常。

4.6.2 供水温度控制用自动调节阀应符合相关产品标准的规定。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 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。

5.1.2 施工图深化设计单位应具有相应的设计资质，修改设计应有设计单位出具的设计变更文件，并经原工程设计单位批准后方可施工。

5.1.3 施工安装前应具备下列条件：

1 施工组织设计或施工方案应已批准，采用的技术标准和质量控制措施文件应齐全并已完成技术交底；

2 材料进场检验应已合格并满足安装要求；

3 施工现场应具有供水或供电条件，应有储放材料的临时设施；

4 土建专业应已完成墙面抹灰（不含面层），外窗、外门应已安装完毕，地面应已清理干净，卫生间应做完闭水试验并应经过验收；

5 相关电气预埋等工程应已完成；

6 施工的环境温度不宜低于 5℃。在低于 0℃的环境施工时，现场应采取升温措施，但不得采用明火。

5.1.4 预制沟槽保温板模块和供热供冷管的运输、存储应符合下列规定：

1 应进行遮光包装后运输，不得裸露散装；

2 运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖；

3 不得曝晒雨淋，宜储存在温度不超过 40℃且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，并应远离热源。

5.1.5 施工过程中应防止油漆、沥青或其他有机溶剂接触污染预制沟槽保温板模块及供热供冷管的表面。

5.1.6 施工时不宜与其他工种交叉施工作业，所有地面留洞应在模块铺设施工前完成。

5.1.7 地面平整度应该达到铺设地板要求，每两米内的允许误差不应大于 3mm，且应干燥、无杂物、无积灰、无损伤；墙面根部应平直，且无积灰现象。

5.1.8 施工过程中，预制沟槽保温板模块管路应按照图纸进行铺设，并汇集到分集水器。

5.1.9 施工过程中，预制沟槽保温板模块等供热供冷管敷设区域，严禁穿凿、穿孔或进行射钉作业。施工人员严禁踩踏供热供冷管，不得在施工过程中对模块、供热供冷管造成损伤。

5.1.10 施工过程中，预制沟槽保温板模块中供热供冷管应采取防结露和绝热措施。当供热供冷管道固定于梁柱等钢构件上时，应采用绝热支架。

5.1.11 施工结束后应绘制竣工图，应准确标注供热供冷管敷设位置。

5.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统施工方案

5.2.1 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。

5.2.2 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、原始工作面至面层的剖面图的位置等；
- 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：预制沟槽保温板模块铺设，供热供冷管安装，分水器和集水器施工质量，水压试验，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。

5.2.3 地面辐射供冷供暖系统所使用的主要材料、设备组件、配件、预制沟槽保温板模块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和设计文件的要求。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。

5.2.4 供热供冷管、输配管及管件进场，应由供冷供暖工程的施工单位对管材壁

厚等外观指标进行现场复试检验；并会同监理单位在复试检验合格的产品中取样，送有见证检验资质机构进行检验。检验项目、指标及测试方法应按照相关产品标准规定。

5.2.5 干式一体化地面供冷供暖系统各部件进场后由供冷供暖工程的施工单位会同监理单位取样，送有见证检验资质机构进行供热供冷量及其反向传热损失检验，检验数量为每个规格抽检一个。检验方法应符合现行行业标准《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》JGT 403 的有关规定。

5.2.6 阀门、分水器和集水器组件安装前，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。

5.2.7 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。

5.3 预制沟槽保温板模块铺设

5.3.1 预制沟槽保温板模块铺设应平整，模块间相互结合应紧密无明显缝隙，接缝应粘结平顺，宜采用铝箔胶带粘结。直接与土壤接触或有潮湿气体侵入的地面应在模块铺设前铺设防潮层。

5.3.2 预制沟槽保温板模块铺设时，可将相同规格的标准模块拼接铺设。当标准模块的尺寸不能满足要求时，可用工具刀裁下所需尺寸的模块对齐铺设。相邻模块上的供热供冷管位置应互相对应，紧密依靠。

5.3.3 带木龙骨的预制沟槽保温板模块铺设时，应在安装木龙骨后铺设标准模块板和填充板，在供热供冷管需要穿过木龙骨的部分，对应开切沟槽，详见国家建筑标准设计图集《地面辐射供暖系统施工安装》12K404。

5.4 供热供冷管系统的施工

5.4.1 供热供冷管敷设前应对照施工图纸核定供热供冷管的选型、管径、壁厚符

合设计要求；应检查供热供冷管外观质量和管内部无杂质，确认后方可施工。

5.4.2 供热供冷管应按设计图纸标定的管间距和走向敷设，应保持平直并完全嵌入模块中沟槽；供热供冷管安装完毕或中断时，敞口处应随时封堵。

5.4.3 供热供冷管切割，应采用专用工具；切口应平整，断口面应垂直管轴线。

5.4.4 供热供冷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，不得出现硬折弯；当预制沟槽保温板模块有弯曲段时，应按其沟槽走向安装管路。

5.4.5 敷设在地面面层下的供热供冷管不应有接头。

5.4.6 在分水器、集水器附近以及其他局部供热供冷管排列比较密集的部位，宜采取绝热措施。

5.4.7 分水器、集水器宜在开始铺设供热供冷管之前进行安装。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。

5.5 面层和粘接层施工

5.5.1 面层施工应具备下列条件：

- 1 供热供冷盘管安装完毕，验收合格；
- 2 供热供冷管水压试验合格且处于有压状态；
- 3 温控器安装盒穿管已布置完毕；
- 4 已通过干式一体化地面辐射供冷供暖系统安装工程验收。

5.5.2 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。伸缩缝应从模块保温板的上边缘做到高出装饰层上表面 10mm~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。

5.5.3 以木地板作为面层时，铺设施工方法应符合现行行业标准《地面辐射供暖木质地板铺设技术和验收规范》WB/T 1037 的有关规定。

5.5.4 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模块上。木地板配带的可发性聚乙烯（EPE）垫层应铺设在模块之下，不得铺设在模块之上；

2 铺设石材或地砖时，预制沟槽保温板模块及其供热供冷管上，应设置粘结层将石材或面砖粘结。

5.5.5 卫生间应设两层隔离层，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。供热供冷管穿止水墙处应采取隔离措施。

5.6 成品保护

5.6.1 干式一体化地面辐射供冷供暖管施工验收完毕，宜对表面进行覆盖保护，防止铺装面层时造成损坏。

5.6.2 保护层可采用透气性强的无纺布（丙纶布）、亚克力板、胶合板等材料。

5.6.3 保护层铺装需平整严密，边角及接缝宜用胶带固定，不得翘起移动。

5.6.4 通道及房间进出口等踩踏频繁处应进行重点保护，采取临时覆盖具备一定强度的保护层等方法，有效防止对模块保温板及供热部件造成损伤。

5.6.5 地面面层施工时，应保护作业面的干式一体化地面辐射供冷供暖系统不受损坏，保证供冷供暖系统的安全可靠运行。

6 验收、调试及运维

6.1 一般规定

6.1.1 检查、验收及调试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。工程质量检验表可采用本规程附录 C 格式。

6.1.2 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。

6.1.3 干式一体化地面辐射供冷供暖系统应对下列内容进行检查和验收：

1 供热供冷管、分水器、集水器、阀门、配件、模块保温板和温控及计量设备等的质量；

2 原始工作面、面层、隔离层、预制沟槽保温板模块、防潮层、伸缩缝等施工质量；

3 管道、分水器、集水器、阀门和温控及计量设备等安装质量；

4 隐蔽前、后水压试验；

5 管路冲洗；

6 系统试运行。

6.1.4 竣工验收时，应提供下列文件：

1 施工图、竣工图和设计变更文件；

2 主要设备和管材、配件等主要材料的出厂合格证及检验报告；

3 中间验收记录；

4 冲洗和试压记录；

5 工程质量检验评定记录；

6 系统调试和试运行记录；

7 现场见证复验材料和产品的检验报告；

8 地面辐射供冷供暖系统性能检测报告；

9 工程使用维护说明书。

6.2 质量验收

6.2.1 系统安装完毕后，在面层施工前，应按隐蔽工程要求，由监理单位组织各有关人员进行中间验收。

6.2.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统中间验收时，应符合下列规定：

1 预制沟槽保温板模块的厚度、材料的物理性能及铺设应符合设计要求；

2 供热供冷管、供热电缆的材料、规格及敷设间距、弯曲半径、固定措施等应符合设计要求；

3 供冷供暖地面构造按要求设置；

4 伸缩缝应按设计要求敷设完毕；

5 供热供冷管管路与分水器、集水器的连接处在试验压力下无渗漏；

6 地面面层范围内供热供冷管不应有接头，弯曲部分不得出现硬折弯现象；

7 阀门启闭灵活，关闭严密；

8 面层平整，表面无明显裂缝。

6.2.3 温控及计量装置、分水器、集水器及其连接件等安装后应有成品保护措施。

6.2.4 伸缩缝位置出壁面位置的套管应有固定措施。

6.2.5 预制沟槽保温板模块、管道部件、原始工作面、面层施工技术要求及允许偏差满足《辐射供暖供冷技术规程》JGJ142 的要求。

6.3 水压试验

6.3.1 水压试验程序应符合下列规定：

1 水压试验应在系统冲洗之后进行；系统冲洗应对分水器、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；

2 水压试验应以每组分水器、集水器为单位，逐回路进行；

3 供冷供暖装置户内系统试压应进行两次，分别为铺设面层之前和之后；

4 水压试验之前，对试压管道和构件应采取安全有效的固定和保护措施；

5 冬季进行水压试验时，在有冻结可能的情况下，应采取可靠的防冻措施；
试压完成后应及时将管内的水吹净、吹干。

6.3.2 试验压力应为工作压力的 1.5 倍以上，其试验压力不应小于 0.6 MPa。检验方法：在试验压力下，稳压 1h，其压力降不应大于 0.05MPa，且不渗不漏。

6.4 调试与检测

6.4.1 干式一体化地面辐射供冷供暖系统未经调试，严禁运行使用。

6.4.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统的试运行调试，应在具备正常供冷供暖和供电的条件下，由施工单位在建设单位配合下进行。

6.4.3 初始供暖时，供暖系统的供水温度应控制在设计供水温度，并保持该温度运行不少于 24h；在设计供水温度下应对每组分水器、集水器连接的供热管逐路进行调节，直至达到设计要求。

6.4.4 初始供冷调试应在除湿系统或新风系统调试后进行，供冷系统的供水温度应控制在高于室内空气露点温度 1℃ 以上，降低直至达到设计供水温度，并保持该温度运行不少于 24h。在设计供水温度下应对每组分水器、集水器连接的供冷管逐路进行调节，直至达到设计要求。

6.4.5 干式一体化地面辐射供冷供暖系统调试完成后，宜对下列性能参数进行检测，并应符合下列规定：

- 1 地板表面平均温度满足本规程第 3.1.1 条和第 3.1.2 条的规定；
- 2 室内温度满足设计要求；
- 3 干式一体化地面辐射供冷供暖系统进出口水温度及温差满足设计要求。

6.4.6 干式一体化地面辐射供冷供暖系统供冷供暖效果宜以室内体感温度作为评价依据。

6.5 运行管理

6.5.1 干式一体化地面辐射供冷供暖系统在冬季运行管理过程中，要时刻注意天

气变化，并设置相关防冻措施，特别是间歇运行、供暖初期、供暖末期，确保系统不被冻结。

6.5.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统宜设置远程控制装置，方便系统在间歇运行时预开关机等控制。

6.5.3 干式一体化地面辐射供冷供暖系统应设置联动控制，确保系统高效运行。

6.6 维护与保养

6.6.1 干式一体化地面辐射供冷供暖系统首次运行前注水时应充分排气。系统每年首次运行时，需确保户外户内阀门开启到位，过滤器或脱气除污器无堵塞，立管进回水放气通畅，供热供冷管内无气堵。

6.6.2 干式一体化地面辐射供冷供暖系统供热供冷管在非供暖或非供冷季应进行满水保护。在有冻结可能的地区应排水。

6.6.3 干式一体化地面辐射供冷供暖系统的表面上应有明显的标识，不得进行打洞、钉凿、撞击、高温作业等工作。

附录 A

干式一体化地面辐射供冷供暖地面构造图示

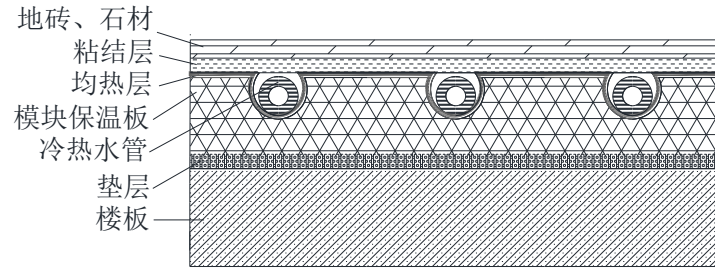


图 A.1-1 与供暖房间相邻的干式一体化地面辐射供冷供暖地面构造
(地砖或石材面层)

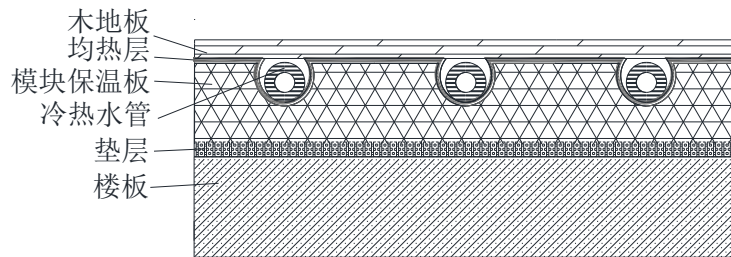


图 A.1-2 与供暖房间相邻的干式一体化地面辐射供冷供暖地面构造
(木地板面层)

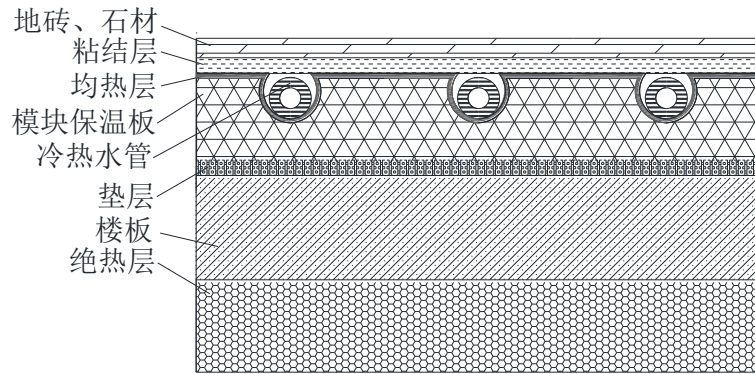


图 A.2-1 与室外空气或不供暖房间相邻的干式一体化地面辐射供冷供暖地面构造
(地砖或石材面层)

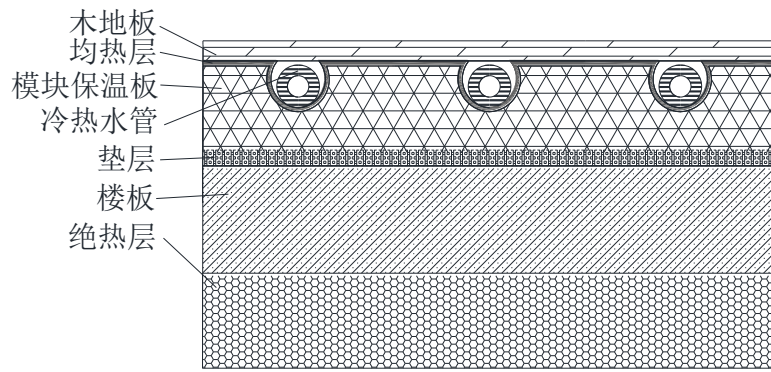


图 A.2-2 与室外空气或不供暖房间相邻的干式一体化地面辐射供冷供暖地面构造

(木地板面层)

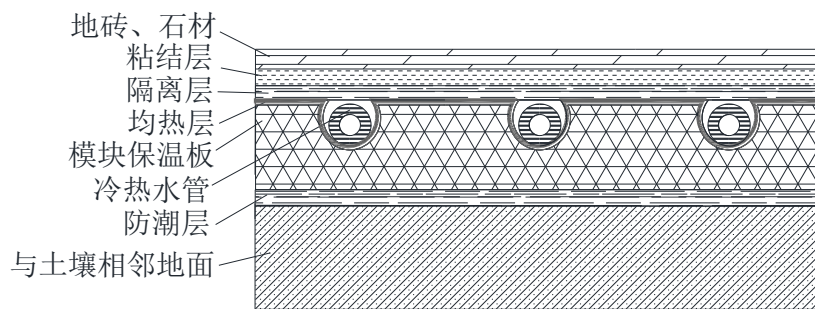


图 A.3-1 与土壤相邻的干式一体化地面辐射供冷供暖地面构造

(地砖或石材面层)

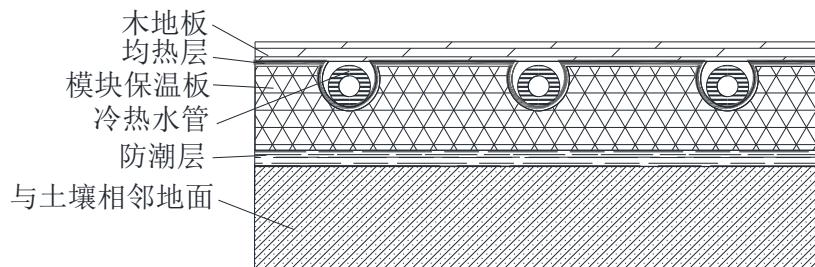


图 A.3-2 与土壤相邻的干式一体化地面辐射供冷供暖地面构造

(木地板面层)

附录 B

干式一体化地面辐射供冷供暖地面单位面积传热量

表 B.1.1 石材、地砖面层单位地面面积的供热量和热损失量 (W/m²) (公称外径 10mm)

供回水 平均温 度(°C)	室内设 计温度 (°C)	供热管间距 (mm)									
		250		200		150		100		50	
		供热量	热损 失量	供热量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量
30	18	48.5	6.5	53.8	7.3	55.2	7.6	62.9	8.8	70.1	10.3
	20	40.4	5.5	44.8	6.1	46.0	6.4	52.4	7.4	58.4	8.6
	22	32.3	4.4	35.9	4.9	36.8	5.1	41.9	5.9	46.7	6.9
	24	24.2	3.3	26.9	3.6	27.6	3.8	31.4	4.4	35.0	5.1
35	18	68.7	9.3	76.2	10.3	78.2	10.8	89.0	12.5	99.2	14.6
	20	60.6	8.2	67.3	9.1	69.0	9.6	78.6	11.0	87.6	12.9
	22	52.5	7.1	58.3	7.9	59.8	8.3	68.1	9.6	75.9	11.2
	24	44.4	6.0	49.3	6.7	50.6	7.0	57.6	8.1	64.2	9.4
40	18	88.8	12.0	98.7	13.4	101.1	14.0	115.2	16.2	128.4	18.9
	20	80.8	10.9	89.7	12.2	91.9	12.7	104.8	14.7	116.7	17.2
	22	72.7	9.8	80.7	11.0	82.7	11.5	94.3	13.3	105.1	15.5
	24	64.6	8.7	71.7	9.7	73.5	10.2	83.8	11.8	93.4	13.7
45	18	109.0	14.7	121.1	16.4	124.1	17.2	141.4	19.9	157.6	23.2
	20	101.0	13.6	112.1	15.2	114.9	15.9	131.0	18.4	145.9	21.5
	22	92.9	12.5	103.1	14.0	105.7	14.6	120.5	16.9	134.3	19.8
	24	84.8	11.5	94.2	12.8	96.5	13.4	110.0	15.5	122.6	18.0
50	18	129.2	17.5	143.5	19.5	147.1	20.4	20.4	23.6	186.8	27.5
	20	121.1	16.4	134.5	18.3	137.9	19.1	9.9	22.1	175.1	25.8
	22	113.1	15.3	125.6	17.0	128.7	17.8	-0.6	20.6	163.4	24.1
	24	105.0	14.2	116.6	15.8	119.5	16.6	-11.0	19.2	151.8	22.3
55	18	149.4	20.2	165.9	22.5	170.1	23.6	193.8	27.3	216.0	31.8
	20	141.3	19.1	157.0	21.3	160.9	22.3	183.3	25.8	204.3	30.1
	22	133.3	18.0	148.0	20.1	151.7	21.0	172.9	24.3	192.6	28.3
	24	125.2	16.9	139.0	18.9	142.5	19.7	162.4	22.8	181.0	26.6

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 10mm、导热系数 0.38W/(m·k)；
- 2 地砖、石材面层热阻为 0.02m²·K/W；
- 3 粘结层导热系数 1.0 W/(m·k)、厚度 1mm；
- 4 模块保温板导热系数 0.035W/(m·k)、厚度 25mm；
- 5 垫层导热系数 0.045W/(m·K)、厚度 2mm；
- 6 结构层导热系数 1.72W/(m·k)、厚度 130mm。

表 B.1.2 石材、地砖面层单位地面面积的供热量和热损失量 (W/m²) (公称外径 12mm)

供回水 平均温 度(°C)	室内设 计温度 (°C)	供热管间距 (mm)									
		250		200		150		100		50	
		供热量	热损 失量	供热量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量
30	18	48.6	5.7	54.0	6.4	55.5	6.7	63.1	7.8	70.2	9.1
	20	40.5	4.8	45.0	5.3	46.2	5.6	52.6	6.5	58.5	7.6
	22	32.4	3.8	36.0	4.3	37.0	4.5	42.1	5.2	46.8	6.1
	24	24.3	2.9	27.0	3.2	27.7	3.4	31.6	3.9	35.1	4.5
35	18	68.9	8.1	76.5	9.1	78.6	9.5	89.4	11.0	99.4	13.0
	20	60.8	7.2	67.5	8.0	69.4	8.4	78.9	9.7	87.7	11.4
	22	52.7	6.2	58.5	6.9	60.1	7.3	68.4	8.4	76.0	9.9
	24	44.6	5.2	49.5	5.9	50.9	6.2	57.8	7.1	64.3	8.3
40	18	89.1	10.5	98.9	11.7	101.7	12.3	115.7	14.3	128.7	16.8
	20	81.0	9.5	90.0	10.6	92.5	11.2	105.2	13.0	117.0	15.2
	22	72.9	8.6	81.0	9.6	83.2	10.1	94.7	11.7	105.3	13.7
	24	64.8	7.6	72.0	8.5	74.0	9.0	84.1	10.4	93.6	12.2
45	18	109.4	12.9	121.4	14.4	124.9	15.1	142.0	17.5	157.9	20.6
	20	101.3	11.9	112.4	13.3	115.6	14.0	131.5	16.2	146.2	19.1
	22	93.2	11.0	103.5	12.2	106.4	12.9	121.0	14.9	134.5	17.5
	24	85.1	10.0	94.5	11.2	97.1	11.8	110.4	13.6	122.8	16.0
50	18	129.7	15.3	143.9	17.0	148.0	17.9	168.3	20.8	187.1	24.4
	20	121.6	14.3	134.9	16.0	138.7	16.8	157.8	19.5	175.4	22.9
	22	113.5	13.4	125.9	14.9	129.5	15.7	147.3	18.2	163.7	21.3
	24	105.4	12.4	117.0	13.8	120.2	14.6	136.7	16.9	152.0	19.8
55	18	149.9	17.6	166.4	19.7	171.1	20.7	194.6	24.0	216.4	28.2
	20	141.8	16.7	157.4	18.6	161.9	19.6	184.1	22.7	204.7	26.7
	22	133.7	15.7	148.4	17.6	152.6	18.5	173.6	21.4	193.0	25.1
	24	125.6	14.8	139.4	16.5	143.4	17.4	163.0	20.1	181.3	23.6

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 12mm、导热系数 0.38W/(m·k)；
- 2 地砖、石材面层热阻为 0.02m²·K/W；
- 3 粘结层导热系数 1.0W/(m·k)、厚度 1mm；
- 4 模块保温板导热系数 0.035W/(m·k)、厚度 30mm；
- 5 垫层导热系数 0.045W/(m·K)、厚度 2mm；
- 6 结构层导热系数 1.72W/(m·k)、厚度 130mm。

表 B.1.3 石材、地砖面层单位地面面积的供热量和热损失量 (W/m²) (公称外径 16mm)

供回水	室内设	供热管间距 (mm)									
-----	-----	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		300		250		200		150		100	
		供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量
30	18	44.4	4.5	49.2	5.1	54.5	5.7	56.1	6.0	63.6	7.0
	20	37.0	3.8	41.0	4.2	45.5	4.7	46.8	5.0	53.0	5.8
	22	29.6	3.0	32.8	3.4	36.4	3.8	37.4	4.0	42.4	4.7
	24	22.2	2.3	24.6	2.5	27.3	2.8	28.1	3.0	31.8	3.5
35	18	62.9	6.4	69.7	7.2	77.3	8.0	79.5	8.5	90.2	9.9
	20	55.5	5.7	61.5	6.3	68.2	7.1	70.2	7.5	79.6	8.8
	22	48.1	4.9	53.3	5.5	59.1	6.1	60.8	6.5	68.9	7.6
	24	40.7	4.2	45.1	4.6	50.0	5.2	51.5	5.5	58.3	6.4
40	18	81.4	8.3	90.2	9.3	100.0	10.4	102.9	11.0	116.7	12.9
	20	74.0	7.6	82.0	8.4	90.9	9.4	93.6	10.0	106.1	11.7
	22	66.6	6.8	73.8	7.6	81.8	8.5	84.2	9.0	95.5	10.5
	24	59.2	6.1	65.6	6.8	72.7	7.5	74.8	8.0	84.9	9.4
45	18	99.9	10.2	110.7	11.4	122.7	12.7	126.3	13.5	143.2	15.8
	20	92.5	9.5	102.5	10.5	113.6	11.8	117.0	12.5	132.6	14.6
	22	85.1	8.7	94.3	9.7	104.5	10.8	107.6	11.5	122.0	13.4
	24	77.7	8.0	86.1	8.9	95.5	9.9	98.2	10.5	111.4	12.3
50	18	118.4	12.1	131.2	13.5	145.4	15.1	149.7	16.1	169.7	18.7
	20	111.0	11.4	123.0	12.7	136.4	14.1	140.4	15.1	159.1	17.5
	22	103.6	10.6	114.8	11.8	127.3	13.2	131.0	14.1	148.5	16.4
	24	96.2	9.8	106.6	11.0	118.2	12.3	121.6	13.0	137.9	15.2
55	18	136.9	14.0	151.7	15.6	168.2	17.4	173.1	18.6	196.3	21.6
	20	129.5	13.3	143.5	14.8	159.1	16.5	163.7	17.6	185.6	20.5
	22	122.1	12.5	135.3	13.9	150.0	15.6	154.4	16.6	175.0	19.3
	24	114.7	11.7	127.1	13.1	140.9	14.6	145.0	15.6	164.4	18.1

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 16mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 地砖、石材面层热阻为 0.02m²·K/W；
- 3 粘结层导热系数 1.0W/（m·k）、厚度 1mm；
- 4 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 35mm；
- 5 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 6 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.1.4 石材、地砖面层单位地面面积的供热量和热损失量（W/m²）（公称外径 20mm）

供回水	室内设	供热管间距（mm）
-----	-----	-----------

		300		250		200		150		100	
		供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量
30	18	46.6	4.3	51.4	4.7	56.7	5.3	58.0	5.6	65.2	6.6
	20	38.8	3.6	42.9	4.0	47.2	4.4	48.3	4.7	54.3	5.5
	22	31.0	2.8	34.3	3.2	37.8	3.5	38.7	3.8	43.4	4.4
	24	23.3	2.1	25.7	2.4	28.3	2.6	29.0	2.8	32.6	3.3
35	18	66.0	6.0	72.9	6.7	80.3	7.5	82.2	8.0	92.3	9.3
	20	58.2	5.3	64.3	5.9	70.9	6.6	72.5	7.1	81.5	8.2
	22	50.5	4.6	55.7	5.1	61.4	5.7	62.8	6.1	70.6	7.1
	24	42.7	3.9	47.2	4.3	52.0	4.8	53.2	5.2	59.7	6.0
40	18	85.4	7.8	94.3	8.7	103.9	9.7	106.4	10.3	119.5	12.0
	20	77.6	7.1	85.7	7.9	94.5	8.8	96.7	9.4	108.6	10.9
	22	69.9	6.4	77.2	7.1	85.0	7.9	87.0	8.5	97.7	9.8
	24	62.1	5.7	68.6	6.3	75.6	7.0	77.3	7.5	86.9	8.7
45	18	104.8	9.6	115.7	10.7	127.5	11.9	130.5	12.7	146.6	14.8
	20	97.1	8.9	107.2	9.9	118.1	11.0	120.9	11.8	135.8	13.7
	22	89.3	8.2	98.6	9.1	108.6	10.1	111.2	10.8	124.9	12.6
	24	81.5	7.5	90.0	8.3	99.2	9.2	101.5	9.9	114.0	11.5
50	18	124.2	11.4	137.2	12.7	151.2	14.1	154.7	15.1	173.8	17.5
	20	116.5	10.7	128.6	11.9	141.7	13.2	145.0	14.1	162.9	16.4
	22	108.7	10.0	120.0	11.1	132.3	12.3	135.4	13.2	152.0	15.3
	24	100.9	9.2	111.5	10.3	122.8	11.5	125.7	12.2	141.2	14.2
55	18	143.6	13.2	158.6	14.6	174.8	16.3	178.9	17.4	200.9	20.2
	20	135.9	12.5	150.0	13.8	165.3	15.4	169.2	16.5	190.1	19.1
	22	128.1	11.7	141.5	13.0	155.9	14.5	159.5	15.5	179.2	18.0
	24	120.3	11.0	132.9	12.3	146.4	13.7	149.9	14.6	168.3	16.9

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 20mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 地砖、石材面层热阻为 0.02m²·K/W；
- 3 粘结层导热系数 1.0W/（m·k）、厚度 1mm；
- 4 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 40mm；
- 5 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 6 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.2.1 木地板面层单位地面面积的供热量和热损失量（W/m²）（公称外径 10mm）

供回水	室内设	供热管间距（mm）
-----	-----	-----------

		250		200		150		100		50	
		供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量
30	18	36.1	7.2	39.2	7.9	39.9	8.2	44.1	9.2	47.7	10.5
	20	30.1	6.0	32.7	6.6	33.3	6.8	36.8	7.7	39.7	8.7
	22	24.1	4.8	26.2	5.3	26.6	5.5	29.4	6.1	31.8	7.0
	24	18.0	3.6	19.6	4.0	20.0	4.1	22.1	4.6	23.8	5.3
35	18	51.1	10.3	55.6	11.2	56.6	11.6	62.5	13.1	67.6	14.8
	20	45.1	9.0	49.0	9.9	49.9	10.3	55.2	11.5	59.6	13.1
	22	39.1	7.8	42.5	8.6	43.3	8.9	47.8	10.0	51.7	11.4
	24	33.1	6.6	36.0	7.2	36.6	7.5	40.5	8.5	43.7	9.6
40	18	66.2	13.3	71.9	14.5	73.2	15.0	80.9	16.9	87.4	19.2
	20	60.2	12.1	65.4	13.2	66.6	13.7	73.5	15.4	79.5	17.5
	22	54.2	10.9	58.9	11.9	59.9	12.3	66.2	13.8	71.5	15.7
	24	48.1	9.6	52.3	10.5	53.3	10.9	58.8	12.3	63.6	14.0
45	18	81.2	16.3	88.3	17.8	89.9	18.5	99.3	20.7	107.3	23.6
	20	75.2	15.1	81.7	16.5	83.2	17.1	91.9	19.2	99.4	21.8
	22	69.2	13.9	75.2	15.2	76.6	15.7	84.6	17.7	91.4	20.1
	24	63.2	12.7	68.7	13.8	69.9	14.4	77.2	16.1	83.5	18.3
50	18	96.3	19.3	104.6	21.1	106.5	21.9	117.7	24.6	127.2	27.9
	20	90.3	18.1	98.1	19.8	99.9	20.5	110.3	23.0	119.2	26.2
	22	84.2	16.9	91.6	18.4	93.2	19.1	103.0	21.5	111.3	24.5
	24	78.2	15.7	85.0	17.1	86.6	17.8	95.6	20.0	103.3	22.7
55	18	111.3	22.3	121.0	24.4	123.2	25.3	136.0	28.4	147.1	32.3
	20	105.3	21.1	114.4	23.1	116.5	23.9	128.7	26.9	139.1	30.5
	22	99.3	19.9	107.9	21.7	109.9	22.6	121.3	25.3	131.2	28.8
	24	93.3	18.7	101.4	20.4	103.2	21.2	114.0	23.8	123.2	27.1

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 10mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 木地板面层热阻为 0.1m²·K/W；
- 3 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 25mm；
- 4 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.2.2 木地板面层单位地面面积的供热量和热损失量（W/m²）（公称外径 12mm）

供回水 平均温 度(℃)	室内设 计温度 (℃)	供热管间距 (mm)									
		250		200		150		100		50	
		供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量	供热量	热损失量
30	18	36.1	6.4	39.3	6.9	40.1	7.2	44.2	8.1	47.7	9.3

	20	30.1	5.3	32.7	5.8	33.4	6.0	36.8	6.8	39.8	7.7
	22	24.1	4.2	26.2	4.6	26.7	4.8	29.5	5.4	31.8	6.2
	24	18.1	3.2	19.6	3.5	20.1	3.6	22.1	4.1	23.9	4.6
35	18	51.2	9.0	55.6	9.8	56.8	10.2	62.6	11.5	67.6	13.2
	20	45.2	7.9	49.1	8.7	50.1	9.0	55.3	10.2	59.7	11.6
	22	39.2	6.9	42.5	7.5	43.4	7.8	47.9	8.8	51.7	10.0
	24	33.1	5.8	36.0	6.4	36.8	6.6	40.5	7.5	43.8	8.5
40	18	66.3	11.6	72.0	12.7	73.5	13.3	81.1	14.9	87.5	17.0
	20	60.2	10.6	65.4	11.6	66.8	12.0	73.7	13.6	79.6	15.5
	22	54.2	9.5	58.9	10.4	60.1	10.8	66.3	12.2	71.6	13.9
	24	48.2	8.5	52.4	9.3	53.5	9.6	59.0	10.8	63.7	12.4
45	18	81.3	14.3	88.3	15.6	90.2	16.3	99.5	18.3	107.4	20.9
	20	75.3	13.2	81.8	14.5	83.5	15.1	92.1	16.9	99.4	19.3
	22	69.3	12.2	75.3	13.3	76.8	13.9	84.8	15.6	91.5	17.8
	24	63.3	11.1	68.7	12.2	70.2	12.6	77.4	14.2	83.5	16.2
50	18	96.4	16.9	104.7	18.5	106.9	19.3	117.9	21.7	127.3	24.8
	20	90.4	15.9	98.2	17.4	100.2	18.1	110.6	20.3	119.3	23.2
	22	84.3	14.8	91.6	16.2	93.6	16.9	103.2	19.0	111.4	21.7
	24	78.3	13.8	85.1	15.0	86.9	15.7	95.8	17.6	103.4	20.1
55	18	111.4	19.6	121.1	21.4	123.6	22.3	136.3	25.1	147.2	28.6
	20	105.4	18.5	114.5	20.3	116.9	21.1	129.0	23.7	139.2	27.1
	22	99.4	17.5	108.0	19.1	110.3	19.9	121.6	22.4	131.3	25.5
	24	93.4	16.4	101.4	17.9	103.6	18.7	114.2	21.0	123.3	24.0

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 12mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 木地板面层热阻为 0.1m²·K/W；
- 3 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 30mm；
- 4 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.2.3 木地板面层单位地面面积的供热量和热损失量（W/m²）（公称外径 16mm）

供回水 平均温 度(°C)	室内设 计温度 (°C)	供热管间距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
		供热量	热损 失量	供热量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热量	热损 失量	供热量	热损 失量
30	18	33.6	5.1	36.5	5.6	39.6	6.1	40.5	6.4	44.5	7.3
	20	28.0	4.3	30.4	4.7	33.0	5.1	33.7	5.4	37.1	6.1
	22	22.4	3.4	24.3	3.7	26.4	4.1	27.0	4.3	29.7	4.9
	24	16.8	2.6	18.2	2.8	19.8	3.1	20.3	3.2	22.3	3.6
35	18	47.6	7.2	51.7	7.9	56.1	8.7	57.3	9.1	63.1	10.3

	20	42.0	6.4	45.6	7.0	49.5	7.7	50.6	8.1	55.6	9.1
	22	36.4	5.5	39.6	6.1	42.9	6.6	43.9	7.0	48.2	7.9
	24	30.8	4.7	33.5	5.1	36.3	5.6	37.1	5.9	40.8	6.7
40	18	61.5	9.4	67.0	10.3	72.6	11.2	74.2	11.8	81.6	13.4
	20	55.9	8.5	60.9	9.3	66.0	10.2	67.5	10.7	74.2	12.1
	22	50.3	7.7	54.8	8.4	59.4	9.2	60.7	9.7	66.8	10.9
	24	44.7	6.8	48.7	7.5	52.8	8.2	54.0	8.6	59.4	9.7
45	18	75.5	11.5	82.2	12.6	89.1	13.8	91.1	14.5	100.2	16.4
	20	69.9	10.7	76.1	11.7	82.5	12.8	84.3	13.4	92.7	15.2
	22	64.3	9.8	70.0	10.7	75.9	11.7	77.6	12.3	85.3	14.0
	24	58.7	9.0	63.9	9.8	69.3	10.7	70.9	11.3	77.9	12.8
50	18	89.5	13.6	97.4	14.9	105.6	16.3	108.0	17.2	118.7	19.4
	20	83.9	12.8	91.3	14.0	99.0	15.3	101.2	16.1	111.3	18.2
	22	78.3	11.9	85.2	13.1	92.4	14.3	94.5	15.0	103.9	17.0
	24	72.7	11.1	79.1	12.1	85.8	13.3	87.7	14.0	96.5	15.8
55	18	103.5	15.8	112.6	17.3	122.1	18.9	124.8	19.9	137.3	22.5
	20	97.9	14.9	106.5	16.3	115.5	17.9	118.1	18.8	129.8	21.3
	22	92.3	14.1	100.4	15.4	108.9	16.8	111.3	17.7	122.4	20.0
	24	86.7	13.2	94.3	14.5	102.3	15.8	104.6	16.6	115.0	18.8

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 16mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 木地板面层热阻为 0.1m²·K/W；
- 3 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 35mm；
- 4 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.2.4 木地板面层单位地面面积的供热量和热损失量（W/m²）（公称外径 20mm）

供回水 平均温 度(°C)	室内设 计温度 (°C)	供热管间距（mm）									
		300		250		200		150		100	
		供热量	热损 失量	供热量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热量	热损 失量	供热量	热损 失量
30	18	34.9	4.7	37.8	5.2	40.8	5.7	41.5	6.0	45.3	6.8
	20	29.1	4.0	31.5	4.3	34.0	4.7	34.6	5.0	37.8	5.6
	22	23.3	3.2	25.2	3.5	27.2	3.8	27.7	4.0	30.2	4.5
	24	17.4	2.4	18.9	2.6	20.4	2.8	20.7	3.0	22.7	3.4
35	18	49.4	6.7	53.6	7.3	57.8	8.0	58.8	8.5	64.2	9.6
	20	43.6	5.9	47.3	6.5	51.0	7.1	51.9	7.5	56.6	8.4
	22	37.8	5.1	41.0	5.6	44.2	6.1	45.0	6.5	49.1	7.3
	24	32.0	4.3	34.7	4.7	37.4	5.2	38.0	5.5	41.5	6.2
40	18	64.0	8.7	69.3	9.5	74.8	10.4	76.1	10.9	83.1	12.4

	20	58.2	7.9	63.0	8.6	68.0	9.4	69.2	9.9	75.5	11.3
	22	52.3	7.1	56.7	7.8	61.2	8.5	62.3	8.9	68.0	10.1
	24	46.5	6.3	50.4	6.9	54.4	7.5	55.3	8.0	60.4	9.0
45	18	78.5	10.7	85.1	11.6	91.8	12.7	93.4	13.4	101.9	15.2
	20	72.7	9.9	78.8	10.8	85.0	11.8	86.5	12.4	94.4	14.1
	22	66.9	9.1	72.5	9.9	78.2	10.8	79.6	11.4	86.8	12.9
	24	61.0	8.3	66.2	9.1	71.4	9.9	72.6	10.4	79.3	11.8
50	18	93.0	12.6	100.8	13.8	108.8	15.1	110.7	15.9	120.8	18.0
	20	87.2	11.9	94.5	12.9	102.0	14.1	103.8	14.9	113.3	16.9
	22	81.4	11.1	88.2	12.1	95.2	13.2	96.9	13.9	105.7	15.8
	24	75.6	10.3	81.9	11.2	88.4	12.2	89.9	12.9	98.2	14.6
55	18	107.6	14.6	116.6	16.0	125.8	17.4	128.0	18.4	139.7	20.8
	20	101.8	13.8	110.3	15.1	119.0	16.5	121.1	17.4	132.1	19.7
	22	96.0	13.0	104.0	14.2	112.2	15.5	114.2	16.4	124.6	18.6
	24	90.1	12.3	97.7	13.4	105.4	14.6	107.2	15.4	117.0	17.4

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 20mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 木地板面层热阻为 0.1m²·K/W；
- 3 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 40mm；
- 4 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.3.1 石材、地砖面层单位地面面积的供冷量和热损失量（W/m²）（公称外径 10mm）

供回水 平均温 度(℃)	室内设 计温度 (℃)	供热管间距 (mm)									
		250		200		150		100		50	
		供冷量	热损 失量	供冷量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量
17	24	23.0	4.3	25.2	4.7	25.7	4.9	28.7	5.6	31.3	6.4
	26	29.6	5.5	32.4	6.1	33.1	6.3	36.8	7.2	40.2	8.2
	28	36.2	6.8	39.6	7.4	40.4	7.7	45.0	8.8	49.2	10.0
19	24	16.5	3.1	18.0	3.4	18.4	3.5	20.5	4.0	22.3	4.6
	26	23.0	4.3	25.2	4.7	25.7	4.9	28.7	5.6	31.3	6.4
	28	29.6	5.5	32.4	6.1	33.1	6.3	36.8	7.2	40.2	8.2
21	24	9.9	1.8	10.8	2.0	11.0	2.1	12.3	2.4	13.4	2.7
	26	16.5	3.1	18.0	3.4	18.4	3.5	20.5	4.0	22.3	4.6
	28	23.0	4.3	25.2	4.7	25.7	4.9	28.7	5.6	31.3	6.4
23	24	3.3	0.6	3.6	0.7	3.7	0.7	4.1	0.8	4.5	0.9
	26	9.9	1.8	10.8	2.0	11.0	2.1	12.3	2.4	13.4	2.7
	28	16.5	3.1	18.0	3.4	18.4	3.5	20.5	4.0	22.3	4.6

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 10mm、导热系数 0.38W/ (m · k) ；
- 2 地砖、石材面层热阻为 0.02m² · K/W；
- 3 粘结层导热系数 1.0W/ (m · k)、厚度 1mm；
- 4 模块保温板导热系数 0.035W/ (m · k)、厚度 25mm；
- 5 垫层导热系数 0.045W/ (m·K)、厚度 2mm；
- 6 结构层导热系数 1.72W/ (m · k)、厚度 130mm。

表 B.3.2 石材、地砖面层单位地面面积的供冷量和热损失量 (W/m²) (公称外径 12mm)

供回水 平均温 度(℃)	室内设 计温度 (℃)	供热管间距 (mm)									
		250		200		150		100		50	
		供冷量	热损 失量	供冷量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量
17	24	23.2	3.7	25.3	4.1	25.9	4.3	28.8	4.9	31.3	5.6
	26	29.8	4.8	32.5	5.3	33.3	5.5	37.0	6.3	40.3	7.2
	28	36.4	5.9	39.7	6.5	40.7	6.7	45.2	7.7	49.2	8.9
19	24	16.5	2.7	18.1	2.9	18.5	3.1	20.6	3.5	22.4	4.0
	26	23.2	3.7	25.3	4.1	25.9	4.3	28.8	4.9	31.3	5.6
	28	29.8	4.8	32.5	5.3	33.3	5.5	37.0	6.3	40.3	7.2
21	24	9.9	1.6	10.8	1.8	11.1	1.8	12.3	2.1	13.4	2.4
	26	16.5	2.7	18.1	2.9	18.5	3.1	20.6	3.5	22.4	4.0
	28	23.2	3.7	25.3	4.1	25.9	4.3	28.8	4.9	31.3	5.6
23	24	3.3	0.5	3.6	0.6	3.7	0.6	4.1	0.7	4.5	0.8
	26	9.9	1.6	10.8	1.8	11.1	1.8	12.3	2.1	13.4	2.4
	28	16.5	2.7	18.1	2.9	18.5	3.1	20.6	3.5	22.4	4.0

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 12mm、导热系数 0.38W/ (m · k) ；
- 2 地砖、石材面层热阻为 0.02m² · K/W；
- 3 粘结层导热系数 1.0W/ (m · k)、厚度 1mm；
- 4 模块保温板导热系数 0.035W/ (m · k)、厚度 30mm；
- 5 垫层导热系数 0.045W/ (m·K)、厚度 2mm；
- 6 结构层导热系数 1.72W/ (m · k)、厚度 130mm。

表 B.3.3 石材、地砖面层单位地面面积的供冷量和热损失量 (W/m²) (公称外径 16mm)

供回水	室内设	供热管间距 (mm)									
-----	-----	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		300		250		200		150		100	
		供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量
17	24	21.4	3.0	23.4	3.3	25.5	3.6	26.2	3.8	29.0	4.4
	26	27.6	3.8	30.1	4.2	32.8	4.6	33.7	4.9	37.3	5.6
	28	33.7	4.7	36.8	5.2	40.1	5.7	41.1	6.0	45.6	6.8
19	24	15.3	2.1	16.7	2.3	18.2	2.6	18.7	2.7	20.7	3.1
	26	21.4	3.0	23.4	3.3	25.5	3.6	26.2	3.8	29.0	4.4
	28	27.6	3.8	30.1	4.2	32.8	4.6	33.7	4.9	37.3	5.6
21	24	9.2	1.3	10.0	1.4	10.9	1.5	11.2	1.6	12.4	1.9
	26	15.3	2.1	16.7	2.3	18.2	2.6	18.7	2.7	20.7	3.1
	28	21.4	3.0	23.4	3.3	25.5	3.6	26.2	3.8	29.0	4.4
23	24	3.1	0.4	3.3	0.5	3.6	0.5	3.7	0.5	4.1	0.6
	26	9.2	1.3	10.0	1.4	10.9	1.5	11.2	1.6	12.4	1.9
	28	15.3	2.1	16.7	2.3	18.2	2.6	18.7	2.7	20.7	3.1

注：计算条件为：

1 供热管公称外径 16mm、导热系数 0.38W/（m·k）；

2 地砖、石材面层热阻为 0.02m²·K/W；

3 粘结层导热系数 1.0W/（m·k）、厚度 1mm；

4 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 35mm；

5 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；

6 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.3.4 石材、地砖面层单位地面面积的供冷量和热损失量（W/m²）（公称外径 20mm）

供回水 平均温 度(℃)	室内设 计温度 (℃)	供热管间距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
		供冷量	热损 失量	供冷量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量
17	24	22.4	2.8	24.3	3.0	26.4	3.3	26.9	3.5	29.6	4.0
	26	28.8	3.6	31.3	3.9	33.9	4.3	34.6	4.5	38.0	5.2
	28	35.2	4.4	38.3	4.8	41.5	5.2	42.3	5.6	46.5	6.3
19	24	16.0	2.0	17.4	2.2	18.9	2.4	19.2	2.5	21.1	2.9
	26	22.4	2.8	24.3	3.0	26.4	3.3	26.9	3.5	29.6	4.0
	28	28.8	3.6	31.3	3.9	33.9	4.3	34.6	4.5	38.0	5.2
21	24	9.6	1.2	10.4	1.3	11.3	1.4	11.5	1.5	12.7	1.7
	26	16.0	2.0	17.4	2.2	18.9	2.4	19.2	2.5	21.1	2.9
	28	22.4	2.8	24.3	3.0	26.4	3.3	26.9	3.5	29.6	4.0
23	24	3.2	0.4	3.5	0.4	3.8	0.5	3.8	0.5	4.2	0.6
	26	9.6	1.2	10.4	1.3	11.3	1.4	11.5	1.5	12.7	1.7
	28	16.0	2.0	17.4	2.2	18.9	2.4	19.2	2.5	21.1	2.9

注：计算条件为：

1 供热管公称外径 20mm、导热系数 0.38W/(m·k)；

2 地砖、石材面层热阻为 0.02m²·K/W；

3 粘结层导热系数 1.0W/(m·k)、厚度 1mm；

4 模块保温板导热系数 0.035W/(m·k)、厚度 40mm；

5 垫层导热系数 0.045W/(m·K)、厚度 2mm；

6 结构层导热系数 1.72W/(m·k)、厚度 130mm。

表 B.4.1 木地板面层单位地面面积的供冷量和热损失量 (W/m²) (公称外径 10mm)

供回水 平均温 度(℃)	室内设 计温度 (℃)	供热管间距 (mm)									
		250		200		150		100		50	
		供冷量	热损 失量	供冷量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量
17	24	18.0	4.6	22.9	4.6	19.7	5.1	21.5	5.7	27.8	6.1
	26	23.2	5.9	29.4	5.9	25.3	6.6	27.7	7.3	35.8	7.9
	28	28.3	7.2	36.0	7.2	31.0	8.1	33.8	9.0	43.7	9.6
19	24	12.9	3.3	16.4	3.3	14.1	3.7	15.4	4.1	19.9	4.4
	26	18.0	4.6	22.9	4.6	19.7	5.1	21.5	5.7	27.8	6.1
	28	23.2	5.9	29.4	5.9	25.3	6.6	27.7	7.3	35.8	7.9
21	24	7.7	2.0	9.8	2.0	8.4	2.2	9.2	2.4	11.9	2.6
	26	12.9	3.3	16.4	3.3	14.1	3.7	15.4	4.1	19.9	4.4
	28	18.0	4.6	22.9	4.6	19.7	5.1	21.5	5.7	27.8	6.1
23	24	2.6	0.7	3.3	0.7	2.8	0.7	3.1	0.8	4.0	0.9

	26	7.7	2.0	9.8	2.0	8.4	2.2	9.2	2.4	11.9	2.6
	28	12.9	3.3	16.4	3.3	14.1	3.7	15.4	4.1	19.9	4.4

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 10mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 木地板面层热阻为 0.1m²·K/W；
- 3 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 25mm；
- 4 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.4.2 木地板面层单位地面面积的供冷量和热损失量（W/m²）（公称外径 12mm）

供回水 平均温 度(℃)	室内设 计温度 (℃)	供热管间距 (mm)									
		250		200		150		100		50	
		供冷量	热损 失量	供冷量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量	供冷 量	热损 失量
17	24	18.1	4.0	19.4	4.3	19.8	4.5	21.6	5.0	23.0	5.7
	26	23.2	5.1	25.0	5.6	25.5	5.8	27.7	6.4	29.6	7.3
	28	28.4	6.3	30.5	6.8	31.1	7.1	33.9	7.9	36.2	8.9
19	24	12.9	2.9	13.9	3.1	14.1	3.2	15.4	3.6	16.5	4.1
	26	18.1	4.0	19.4	4.3	19.8	4.5	21.6	5.0	23.0	5.7
	28	23.2	5.1	25.0	5.6	25.5	5.8	27.7	6.4	29.6	7.3
21	24	7.7	1.7	8.3	1.9	8.5	1.9	9.2	2.1	9.9	2.4
	26	12.9	2.9	13.9	3.1	14.1	3.2	15.4	3.6	16.5	4.1
	28	18.1	4.0	19.4	4.3	19.8	4.5	21.6	5.0	23.0	5.7
23	24	2.6	0.6	2.8	0.6	2.8	0.6	3.1	0.7	3.3	0.8
	26	7.7	1.7	8.3	1.9	8.5	1.9	9.2	2.1	9.9	2.4
	28	12.9	2.9	13.9	3.1	14.1	3.2	15.4	3.6	16.5	4.1

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 12mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 木地板面层热阻为 0.1m²·K/W；
- 3 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 30mm；
- 4 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.4.3 木地板面层单位地面面积的供冷量和热损失量（W/m²）（公称外径 16mm）

供回水	室内设	供热管间距 (mm)									
-----	-----	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		300		250		200		150		100	
		供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量
17	24	16.9	3.2	18.2	3.5	19.6	3.8	20.0	4.0	21.7	4.5
	26	21.8	4.2	23.5	4.5	25.2	4.9	25.7	5.1	27.9	5.7
	28	26.6	5.1	28.7	5.5	30.8	6.0	31.4	6.3	34.1	7.0
19	24	12.1	2.3	13.0	2.5	14.0	2.7	14.3	2.8	15.5	3.2
	26	16.9	3.2	18.2	3.5	19.6	3.8	20.0	4.0	21.7	4.5
	28	21.8	4.2	23.5	4.5	25.2	4.9	25.7	5.1	27.9	5.7
21	24	7.3	1.4	7.8	1.5	8.4	1.6	8.6	1.7	9.3	1.9
	26	12.1	2.3	13.0	2.5	14.0	2.7	14.3	2.8	15.5	3.2
	28	16.9	3.2	18.2	3.5	19.6	3.8	20.0	4.0	21.7	4.5
23	24	2.4	0.5	2.6	0.5	2.8	0.5	2.9	0.6	3.1	0.6
	26	7.3	1.4	7.8	1.5	8.4	1.6	8.6	1.7	9.3	1.9
	28	12.1	2.3	13.0	2.5	14.0	2.7	14.3	2.8	15.5	3.2

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 16mm、导热系数 0.38W/（m·k）；
- 2 木地板面层热阻为 0.1m²·K/W；
- 3 模块保温板导热系数 0.035W/（m·k）、厚度 35mm；
- 4 垫层导热系数 0.045W/（m·K）、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 1.72W/（m·k）、厚度 130mm。

表 B.4.4 木地板面层单位地面面积的供冷量和热损失量（W/m²）（公称外径 20mm）

供回水 平均温 度(°C)	室内设 计温度 (°C)	供热管间距 (mm)									
		300		250		200		150		100	
		供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量	供冷量	热损失量
17	24	17.5	3.0	18.8	3.2	20.1	3.5	20.4	3.7	22.0	4.1
	26	22.5	3.8	24.2	4.1	25.9	4.5	26.3	4.7	28.3	5.3
	28	27.5	4.7	29.6	5.1	31.6	5.5	32.1	5.8	34.6	6.5
19	24	12.5	2.1	13.4	2.3	14.4	2.5	14.6	2.6	15.7	2.9
	26	17.5	3.0	18.8	3.2	20.1	3.5	20.4	3.7	22.0	4.1
	28	22.5	3.8	24.2	4.1	25.9	4.5	26.3	4.7	28.3	5.3
21	24	7.5	1.3	8.1	1.4	8.6	1.5	8.8	1.6	9.4	1.8
	26	12.5	2.1	13.4	2.3	14.4	2.5	14.6	2.6	15.7	2.9
	28	17.5	3.0	18.8	3.2	20.1	3.5	20.4	3.7	22.0	4.1
23	24	2.5	0.4	2.7	0.5	2.9	0.5	2.9	0.5	3.1	0.6
	26	7.5	1.3	8.1	1.4	8.6	1.5	8.8	1.6	9.4	1.8
	28	12.5	2.1	13.4	2.3	14.4	2.5	14.6	2.6	15.7	2.9

注：计算条件为：

- 1 供热管公称外径 20mm、导热系数 $0.38\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ；
- 2 木地板面层热阻为 $0.1\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ；
- 3 模块保温板导热系数 $0.035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ 、厚度 40mm；
- 4 垫层导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚度 2mm；
- 5 结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ 、厚度 130mm。

附录 C

工程质量验收表

表 C 干式一体化地面辐射供冷供暖系统安装工程质量验收表

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		《干式一体化地面辐射供冷供暖系统技术规程》CECS 2021			
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	外径及壁厚	设计要求 4.5.1		
	2	模块保温板、 均热层厚度	设计要求 4.2.3		
	2	供热供冷管水 压试验	6.3		
一般项目	1	分集水器安装	3.5.8-3.5.10 5.4.6、5.4.7、		
	2	防潮层、隔离 层铺设	3.2.1、3.2.2、 5.3.1、5.5.5		
	3	绝热层铺设	4.4.1、4.4.2		
	4	预制模块铺设	5.3.1~5.3.3		
	5	模块接缝	4.2.4、5.3.2		
	6	伸缩缝设置	5.5.2		
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
--------------	--

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

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

引用标准名录

- 1 《装配式建筑评价标准》 GB/T 51129
- 2 《民用建筑供暖通风及空气调节设计规范》 GB 50736
- 3 《辐射供暖供冷技术规程》 JGJ142
- 4 《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》 JGT 403
- 5 《冷热水用分集水器》 GB/T 29730
- 6 《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》 GB/T 18991
- 7 《供热计量技术规程》 JGJ 173
- 8 《地面辐射供暖供冷系统施工安装》 12K404
- 9 《木质地板铺装、验收和使用规范》 GB/T 20238
- 10 《地暖用实木地板技术要求》 GB/T 35913

中国工程建设标准化协会标准

干式一体化地面辐射供冷供暖技术规程

Technical regulation for dry integration floor radiant cooling and heating system

(征集意见稿)

条文说明

目次

1 总则	46
2 术语	47
3 设计	50
3.1 一般规定	50
3.3 房间热负荷与冷负荷计算	52
3.4 地面传热量的计算	53
3.5 水系统设计	53
3.6 温控与热计量	53
4 材料	55
4.1 一般规定	55
4.2 模块保温板与均热层材料	56
4.3 装饰面层与粘结层材料	56
4.4 绝热层材料	57
5 施工	58
5.1 一般规定	58
5.2 干式一体化地面辐射系统施工方案	58
5.3 模块保温板铺设	58
5.4 供热供冷管系统的施工	58
5.5 面层施工	59
5.6 成品保护	59
6 验收、调试及运维	59
6.4 调试与检测	59
6.5 运行管理	59
6.6 维护与保养	59

1 总则

1.0.1 本条说明了制定本标准的目的和意义。

本规程中的干式一体化地面辐射供冷供暖系统为采用管线分离方式设计及干式工法施工的地面辐射供冷供暖系统形式。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。

本规程使用范围。本规程针对干式一体化地面辐射供暖系统，同时兼顾供冷，适用于一般的民用与工业建筑。

1.0.3 同其他标准规范衔接。

本规程为地面辐射供冷供暖系统工程的专业性全国通用团体标准。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。

2 术语

2.0.1 为了满足《装配式建筑评价标准》GB/T 51129 的要求，干式一体化地面辐射供冷供暖系统应采用管线分离方式进行设计及干式工法进行施工。

2.0.2 预制沟槽保温板模块由在工厂预制的模块保温板和均热层组成，模块保温板上铺设有与供热供冷管外径尺寸相同沟槽的高导热材料制成的均热层。

2.0.3 本条规定的均热层所使用材料为高导热铝板、碳晶、石墨、石墨烯等，横向导热系数不低于 $200\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。

2.0.4 管线分离是建筑结构体中不埋设设备及管线，将设备与管线与建筑结构体相分离的方式。考虑到工程实际需要，纳入管线分离比例计算的管线专业包括电器（强电、弱电、通信）等、给水排水和暖通等专业。对于裸露于室内空间以及敷设在地面架空层、非承重墙体空腔和吊顶内的管线应认定为管线分离，而对于埋置在结构构件内部（不含横穿）或敷设在湿作业地面垫层内的管线应认定为管线未分离。采用预制沟槽保温板模块高效末端的地面辐射供冷供暖系统，可以将管线分离沿墙边预留布管，消除了管道交叉隐患。

2.0.5 干作业指在现场不使用搅拌砂浆或其它带水作业的工作项目。

2.0.6 一般采用界面剂或瓷砖粘贴剂作为粘结剂。

2.0.8 由于干式一体化地面辐射供冷供暖系统采用干式工法施工，在装饰面层下没有混凝土或水泥砂浆等填充层进行缓冲，因此需要在预制模块下增加一个垫层来解决相关问题。当以地砖或石材为面层时，若实际施工中确定无潮湿气体或水分渗入且满足地面平整度要求时，可取消垫层。

2.0.11 设置绝热层主要是为了减少辐射供冷供暖房间的散热损失。一般与土壤接触的底层采用发泡水泥作为绝热层，但不符合干式工法施工的要求，故本标准要求与土壤接触的底层应提高模板保温板的厚度，从而减少房间散热损失。

2.0.15 本条文参考了国家标准《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785-2012 和《室内热环境条件》GB/T 5701-2008。PMV 指数是丹麦的范格尔（P.Fanger）教授提出的表征人体热舒适的评价指标，代表了同一环境中大多数

人对热环境的平均投票值，其有七级感觉，即冷（-3）、凉（-2）、稍凉（-1）、中性（0）、稍暖（1）、暖（2）、热（3）。

2.0.16 对于辐射供冷供暖房间，室内体感温度是室内空气温度和平均辐射温度的平均值，计算如下式所示。

$$t_{op} = \frac{t_a + \bar{t}_r}{2} \quad (1)$$

式中 t_a 是房间中心0.6m（坐姿）或1.1m（站姿）处的室内空气温度， \bar{t}_r 是房间中心0.6m或1.1m处平均辐射温度。

按照国内外室内热环境标准规定，平均辐射温度可以通过测试黑球温度、空气温度及空气速度进行计算得到，相关测试方法可以参考国家标准《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785-2012和《室内热环境条件》GB/T 5701-2008。

此外，参考ASHRAE手册，平均辐射温度也可以通过测试房间表面温度（包括地面及其它表面）进行计算得到，具体如下式所示。

$$\bar{t}_r = \frac{\sum_{j=1}^k A_j t_j}{\sum_{j=1}^k A_j} \quad (2)$$

式中 t_j 是某个表面温度， A_j 是某个表面面积。

2.0.17 本条文参考了国家标准《室内热环境条件》GB/T 5701-2008，表面结露由辐射供冷表面温度低于室内露点温度产生，可以直接测量或通过空气温湿度计算得到。

2.0.18 一般以总变化幅度的 63.2% 所消耗的时间来评价系统热响应特性，而本标准选择总变化幅度的 95% 所消耗的时间是因为此时状态十分接近最终的稳定状态，可以很好的描述辐射末端从某一稳态工况达到另一稳态工况所需的时间，如下图所示。此外，相关研究表明以总变化幅度的 95% 所消耗的时间作为热响应时间可以更合理地评价不同类型地面辐射供冷供暖系统的热响应特性。

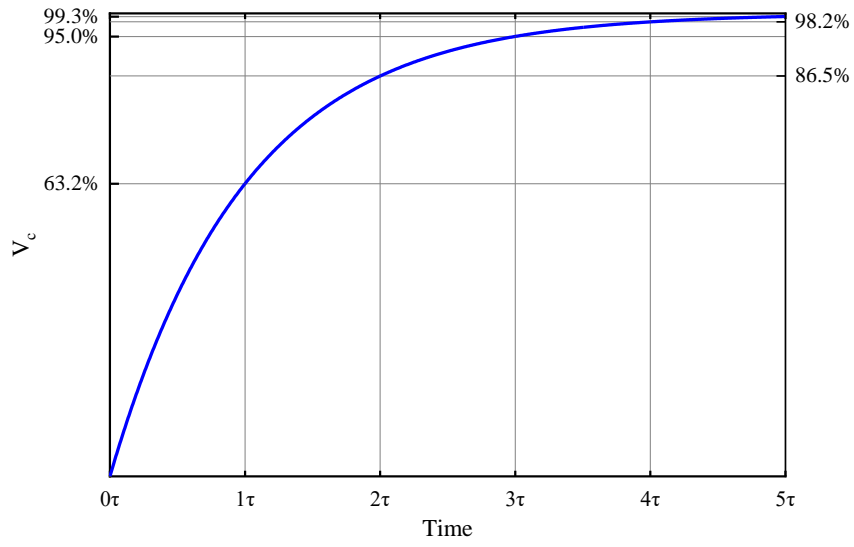


图 1 不同变化幅度所消耗的时间

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 严寒和寒冷地区应在保证室内温度的基础上选择设计供水温度，严寒地区回水温度推荐不低于 30℃。对于分户燃气独立供暖，经过技术经济比较后，供水温度可以大于 60℃。

3.1.2 由于地面辐射供冷系统不具备除湿能力，需要增加一套除湿系统（如风机盘管系统）或以新风除湿机为核心的新风系统控制室内湿度。干式一体化地面辐射供冷系统采用木地板作为面层时预制沟槽中的供冷管与空气直接接触，故为了避免供冷管表面结露要求供水温度高于空气露点温度 1℃~2℃。此外，较高供水温度可以避免家具下低温表面的结露。

同时，国内学者研究表明短时间暴露（2h）于地板辐射供冷环境中末端表面平均温度限值为 18.5℃，而长期暴露（8h）下的限值为 20.5℃。因此，本标准规定地面辐射供冷表面平均温度下限值：人员短期停留为 19℃，人员长期停留为 21℃。

3.1.3 在进行辐射末端的动态换热特性评估时，需要确定采用哪个特征参数对其进行描述。在实际应用中，辐射末端表面温度、表面供冷能力、回水温度和水侧供冷能力都可作为特征参数。本标准选择表面温度作为特征参数是因为表面温度相对于表面热流更容易测量，且与水侧供冷能力和回水温度相比，表面温度能更好体现辐射末端与室内热环境之间的换热过程。

辐射末端的热响应时间可参考行业标准《辐射供冷及供暖装置热性能测试方法》JGT 403 和《空调系统用辐射换热》JBT 12842 进行测试，设定供回水温度分别为 40℃和 35℃，外墙壁内表面温度为 14.5℃，然后获取辐射表面温度的动态变化曲线，计算辐射表面温度的变化幅度达到总变化幅度的 95%所消耗的时间。典型预制模块在上述工况下的表面变化曲线如下图所示（瓷砖为面层），考虑到木地板面层的热响应时间略微有所增加，故确定辐射末端的热响应时间不宜大于 45min。

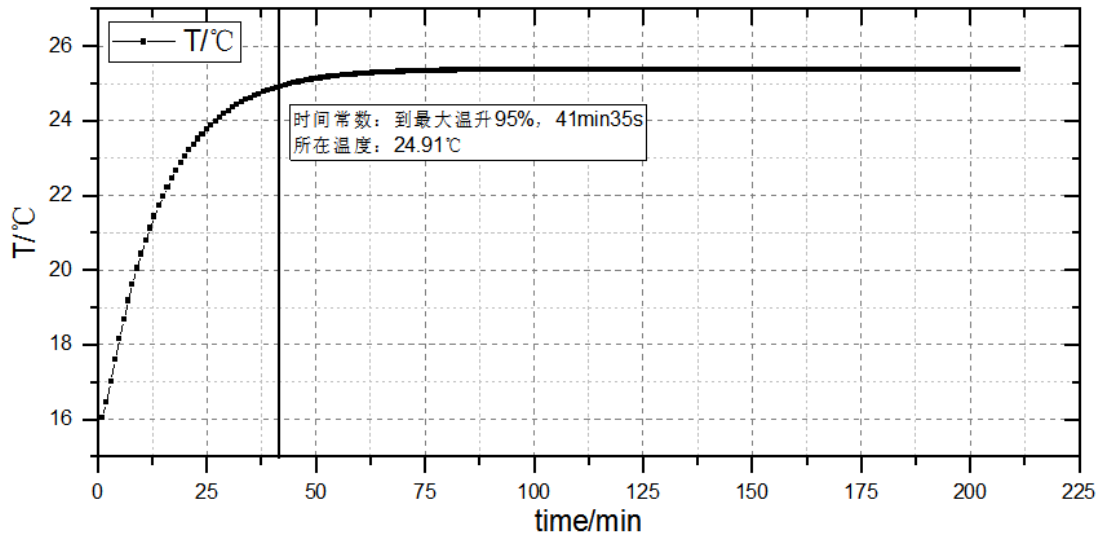


图 1 典型预制模块表面温度变化曲线

3.1.4 采用干式一体化地面辐射供冷供暖系统供水温度宜采用 35℃~45℃ 和 16℃~19℃，因此冷热源选择时，建议优先选用热泵机组，利于提高系统的能源利用效率。中、小型建筑宜采用空气源热泵或地源热泵系统为主(对于大型工程，由于规模等方面的原因，系统的应用可能会受到一些限制)；夏热冬冷地区，空气源热泵的全年能效比较好，因此推荐使用；而当采用地源热泵系统时，中、小型建筑空调冷、热负荷的比例比较容易实现全年的热平衡，因此也推荐使用。严寒及寒冷地区空气源热泵应用受到一定限制，目前市场上常规空气源热泵机组能在室外环境温度-10℃运行，（超低温）空气源热泵机组能在室外环境温度-25℃至-30℃运行，机组出水温度范围 65℃~35℃，室外温度降低，机组出水温度降低，当受室外环境温度限制，不能使用空气源热泵时，经技术经济比较后，采用地源热泵或其他冷热源设备。热泵机组可能存在断电停机风险，为满足室外架空敷设管道和机组防冻需要，小型系统经济条件允许可采取添加防冻液（或者停电泄水），中型系统当建筑内设有应急电源柴油发电机时，可给循环水泵供电，保证水循环流动。

3.1.6 为了提高系统装配率，参照《装配式建筑评价标准》GB/T 51129 进行管线分离综合设计。

3.1.7 干式一体化地面辐射供冷供暖系统工程应严格按照设计施工现场条件提供

预制模块的装配图和管道走向等平面布置图,防止现场施工过程中出现管道无法布置的问题。

3.3 房间热负荷与冷负荷计算

3.3.2 根据人体热舒适理论,影响人体热舒适的室内温度,应该是室内体感温度,而不是室内空气温度。因为人体主要通过对流、辐射及汗液蒸发和呼吸三种方式进行散热,而辐射供冷供暖房间人体汗液蒸发和呼吸供热量变化较小,影响人体热舒适的主要方式是对流及辐射散热,两者的散热比例占到人体总供热量的70%以上。室内空气温度可以体现人体对流散热的大小,而平均辐射温度可以体现人体辐射散热的大小,室内空气温度和平均辐射温度的平均值即室内体感温度可以体现人体的对流及辐射散热大小,故目前国内外室内热环境标准均采用室内体感温度来表示人体的热舒适状态。

国内外相关研究表明对于辐射供冷供暖房间,室内空气温度与平均辐射温度相差比较小,差值一般在 $0.2^{\circ}\text{C}\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 范围之内,故室内空气温度与体感温度的差值很小。此外,研究表明对于辐射供暖房间,采用室内体感温度替代室内空气温度时,相同热舒适条件下房间热负荷基本保持不变。因此,本标准规定以室内体感温度作为负荷计算室内设计温度,与辐射供冷供暖相关的国际标准保持一致,如ISO 11855。

本标准按现行国家标准《民用建筑供暖通风及空气调节设计规范》GB/T 50736-2012和《民用建筑室内热湿环境评价标准》GB/T 50785-2012的要求,给出不同热舒适度等级条件下的室内体感温度作为室内设计温度。不同热舒适度条件下的室内相对湿度和空气速度可以参考《民用建筑供暖通风及空气调节设计规范》GB/T 50736-2012。

3.3.3 干式一体化地面辐射供暖系统采用管线分离方式设计后可能会出现地面供暖有效面积小于房间总面积的75%,此时应该根据表中的计算系数对系统热负荷进行修正。

3.4 地面传热量的计算

3.4.1 条文 3.3.2 中规定了以室内体感温度作为室内设计温度，而国际标准 ISO 11855 中关于地面传热量的计算正好是以室内体感温度作为室内设计温度，因此本标准参考了 ISO 11855 中关于地面传热量的计算公式。此外，相关研究表明 ISO 11855 中关于地面传热量的计算精度略高于 ASHRAE 手册中的计算方法。

3.4.3 条文 3.3.2 中规定了以室内体感温度作为室内设计温度，故本标准参考了 ISO 11855 中关于地面传热量的计算公式，见式 3.4.1，因此地面表面温度的校核计算式是根据公式 3.4.1 进行整理得到。

3.5 水系统设计

3.5.5 为了保证供冷供暖效果，各环路的压力损失不宜大于 20kpa，建议 20 管、16 管、12 管及 10 管的环路供热供冷管长度上限分别为 120m、100m、80m 和 60m。

3.5.6 干式一体化地面辐射供暖系统采用管线分离方式设计后会减少预制模块的铺设面积，所以设计时需要考虑具体管线分离方案。

3.5.10 为了防止分水器、集水器、阀门及附件等安装位置可能会与辐射表面不在同一空间，此时有可能管道内流体温度低于空气露点温度，采取防结露措施，防止其表面产生凝结水。

3.6 温控与热计量

3.6.2 参照《辐射供冷供暖供冷技术规程》JGJ142，气候补偿器是供热量自动控制装置的一种形式，比较简单和经济，它能够在保持室内温度的前提下，根据室外气候变化自动调节冷热源出力，从而实现按需供热，节能效果明显。对于辐射供冷系统，采用气候补偿联合控制，同样也可以实现按需供冷，也会起到更好节能效果。

3.6.6 双温型温控器同时感应室温探测器和地面温度探测器，做对比信号输出控制。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。

3.6.7 防结露如果采用露点探测方法，探测露点和真实露点间存在一定的滞后性，为了方便监测和快速响应，采用现场测量空间温湿度，并通过温湿度计算露点，并设置一定的保护余量，减少系统滞后性。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 参考国家标准《预制轻薄型热水辐射供暖板》GB/T 29045-2012，以木地板作为装饰面层时，对于无支撑龙骨供暖板应能长期承受 200kpa 的压缩强度，而预制沟槽保温板模块结构上跟供暖板非常相似，故本标准采用同样的规定。而以地砖作为装饰面层时，为了尽量避免由于承压能力而导致的地砖破裂，参照《陶瓷砖》GB/T 4100-2015 选用地砖（建议选用破坏强度大于 1300N 的陶瓷砖，厚度不小于 7.5mm，按照实验条件折算正方形砖最不利情况下三点弯曲强度为 33.5MPa）。

由于地面荷载导致的地砖破裂为弯曲破坏，因此需要考虑弯曲强度：《陶瓷砖试验方法第 4 部分：断裂模式和破坏强度的测定》GB/T 3810.4-2016 中详细规定了破坏强度的测试方法，按照该方法反向计算可得到地砖的三点弯曲强度，具体计算公式如下：

$$\sigma_b = \frac{3P \cdot L}{2b \cdot h^2}$$

式中：

σ_b ——三点弯曲强度，单位为兆帕（MPa）；

P——破坏强度，单位为牛（N）；

L——下跨距，单位为毫米（mm）；

b——试样宽度，单位为毫米（mm）

h——试样厚度，单位为毫米（mm）。

此外，选用压缩强度较大的预制沟槽保温板模块可能最大程度上避免地砖破裂。

4.1.3 涉及的主要标准包括：

绝热层和填充层材料：《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1、

《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.2 等；

管材：《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991、《热塑性塑料管材通用壁厚表》GB/T 10798、《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统》GB/T 18992、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统》GB/T 19473、《冷热水用无规共聚聚丁烯管材及管件》CJ/T 372、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统》GB/T 28799、《冷热水用聚丙烯管道系统》GB/T 18742、《铝塑复合压力管》GB/T 18997、《无缝铜水管和铜气管》GB/T 18033 等；

温控器：《温度指示控制仪》JJG 874、《家用和类似用途电自动控制器 第十部分：温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536. 10 等。

4.2 模块保温板与均热层材料

4.2.3 考虑到市场上保温板材料不同，本标准仅给出热阻限值，如此导热系数越小厚度越小，有利于先进保温材料的应用；此外，本标准参考目前国内的保温板制造能力及压缩强度等方面的要求确定不同管外径条件下保温板热阻限值。当采用导热系数为 $0.035\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的 XPS 时，10 管、12 管、16 管及 20 管对应的保温板总厚度最小值分别为 25mm、30mm、35mm 及 40mm。相比于行标 JGJ 142-2012，本标准规定的保温板总厚度限值增大了 33%~50%。对于均热层也是同样考虑，但由于铝板用的比较多，本标准参考行标 JGJ 142-2012 给出了铝制均热板的最小厚度，碳晶、石墨烯等其它材料可以采用热阻相同原理进行换算。当采用导热系数为 $151\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的石墨时，不同管间距下的均热板最小厚度分别为 0.13mm 和 0.25mm。

4.2.4 为了提高供热供冷管的传热效率及使用寿命，本标准对预制模块深度明确了具体的要求，确保管子不突出模块平面，避免与地砖或木地板等直接接触。此外，目前市场上高效预制模块供热供冷管的被包裹率基本能达到 60%以上，按照标准 DGJ 08-2161-2015《地面辐射供暖技术规程》的要求，本标准以 65%作为最低限值。

4.3 装饰面层与粘结层材料

4.3.2 粘结层厚度越大，辐射末端向上的传热量越小，粘结效果较好；而粘结层厚度越小，辐射末端向上的传热量越大，粘结效果较差。综合考虑辐射末端向上的传热量和粘结效果要求粘结层厚度不应超过 5mm。此外，为了提高与装饰面层的粘结性能和整体模块抗压性能，建议均热层采用压花等处理方法增大摩擦性。

4.4 绝热层材料

4.4.1 一般与土壤接触的底层采用发泡水泥作为绝热层，但不符合干式工法施工的要求，故本标准要求与土壤接触的底层应提高模板保温板的最小热阻。参考行业标准 JGJ 142-2012，采用干体积密度为 350 kg/m³、400 kg/m³ 和 50kg/m³ 的发泡水泥时要求的厚度分别为 35mm、40mm 和 45mm，对应的热阻均为 0.5m² · K/ W。因此，本标准规定在表 4.2.3 的基础上增加 0.5m² · K/ W，对于导热系数为 0.035W/（m · K）XPS，应该增加厚度 17.5mm。

4.4.2 考虑到市场上绝热层材料不同，本标准仅给出热阻限值，如此导热系数越小厚度越小，有利于先进保温材料的应用。本标准参考参考行业标准 JGJ 142-2012 确定了直接与室外空气接触的楼板和与不供暖房间相邻的地板条件下绝热层的热阻限值。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.7 当地面平整度较差时，预制模块不平整，此时模块之间的管路长期使用会由于热胀冷缩导致变形，并与模块板相互作用产生破损，为了保证预制模块平整铺设，同时保证传热的快速响应，参照《木质地板铺装、验收和使用规范》(GB/T 20238-2018)，特提出本要求。对于普通建筑，可先在地面做自流平。对于装配式建筑，可采用可调节支撑龙骨进行调平的方式满足地面平整要求。

5.2 干式一体化地面辐射系统施工方案

5.2.5 由于干式一体化地面供冷供暖系统各部件的供冷（热）量、反向传热量等与其结构、设计等因素密切相关，因此为了保证干式一体化地面供冷供暖系统的供冷（热）量、反向传热量及辐射表面平均温度满足设计要求，并获得干式一体化地面供冷供暖系统辐射供冷及供暖装置供冷（热）量特征。厂家可以提供该产品的见证检验资质机构的测试报告，并证明与检测样品为同一产品，视同抽检合格。

5.3 模块保温板铺设

5.3.1 本条规定了模块保温板的铺设要求。模块保温板接合应严密，否则会影响到加热供冷部件的安装；部件的安装质量要良好；多层绝热层要错缝铺放。

5.3.2 当模块保温板铺设不平整时，其内嵌供热供冷管可能无法正常布置，严重可导致无法安装设计图纸形成正常回路。同时当保温板之间存在有接缝时，可明显增加向下传热量，不利于系统运行。当模块保温板尺寸不合适时，确保相邻模块上的供热供冷管位置互相对应，保证供热供冷管可正常施工。

5.4 供热供冷管系统的施工

5.4.6 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，有时也会有较多供热管通过，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。

5.5 面层施工

5.5.4 木地板配带的可发性聚乙烯（EPE）垫层的主要作用是防潮、消音、隔振，为了保证导热效果，在不影响其主要作用的情况下，将其铺设在保温模块之下。粘接强度可参考《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》（JGJ/T110）。

5.6 成品保护

5.6.1 若严格按照进度安排施工，应对表面进行覆盖保护；若地面辐射供冷供暖系统施工完毕立即进行面层铺装，表面可不用进行覆盖保护。

6 验收、调试及运维

6.4 调试与检测

6.4.3 初始供暖调试，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。由于干式一体化地面辐射供暖系统不含有填充蓄热层，可允许供水温度的快速变化，故建议初调试时可将供水温度控制在设计供水温度，从而减少系统调试时间。

6.4.4 初始供冷调试，应确保新风系统正常运行，供冷系统的供水温度如果低于露点将产生结露现象，因此初次供冷的水温应严格控制。供冷系统的供水温度随着室内露点温度的不断减小，直至降低到设计供水温度。

6.5 运行管理

6.5.1 本条规定是为了保证使用安全。

6.5.2 本规程针对间歇供冷供暖提出了加热冷却的时间常数。当间歇供暖时，建议设置远程控制装置，通过远程控制消除时间滞后，保证人员在居室内时间的舒适度。

6.5.3 本条规定是为了保证系统的高效运行，防止由于无联动控制导致的间歇供冷供暖时导致的主机和输配系统的能耗。

6.6 维护与保养

6.6.1 充分排气可防止因积气导致循环不畅。检查过滤器以防止杂物对流动的影响。