

ICS 91.140

CCS P45

# 团体标准

T/CABEE 144-2026

## 民用建筑地板辐射供冷供暖 技术规程

Technical specification for floor radiant cooling and heating in  
civil buildings

2026-07-28 发布

2026-10-01 实施

中国建筑节能协会

发布

中国建筑节能协会团体标准

民用建筑地板辐射供冷供暖技术规程

Technical specification for floor radiant cooling and heating in civil buildings

**T/CABEE 144-2026**

批准部门：中国建筑节能协会

施行日期：2026 年 10 月 1 日

中国建筑工业出版社

**2026 北京**

# 中国建筑节能协会文件

国建节协标（2026）53 号

## 关于发布团体标准《民用建筑地板辐射供冷供暖 技术规程》的公告

现批准《民用建筑地板辐射供冷供暖技术规程》为中国建筑节能协会团体标准，标准编号为：T/CABEE 144-2026，自 2026 年 10 月 1 日起实施。

我会委托主编单位收集标准的应用案例，包括但不限于政府部门采信证明文件、市场应用情况、国际标准化组织或国外权威机构采信证明、评优示范工程案例等实施成效材料等，请有关单位予以支持。

现予公告。

中国建筑节能协会

2026 年 7 月 28 日

## 前 言

根据《中国建筑节能协会团体标准管理办法》及《关于印发<2024年度第二批团体标准制修订计划>的通知》（国建节协〔2025〕8号）的要求，由江苏徐矿热力有限公司、中节能城市节能研究院有限公司会同有关单位组建编制组，经广泛的调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准和先进经验，并在广泛征求意见的基础上，共同编制了本规程。

本规程的主要内容包括：1总则；2术语；3设计；4材料与设备；5施工与安装；6调试与验收；7运行与维护。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国建筑节能协会标准化管理办公室负责管理（联系电话：010-57811281，邮箱：biaoban@cabee.org），由江苏徐矿热力有限公司负责具体内容的解释及标准应用案例（包括政府部门采信证明文件、市场应用情况、国际标准化组织或国外权威机构采信证明、评优示范工程案例等实施成效材料）收集。标准应用过程中如有意见或建议，以及标准相关应用案例，请反馈至江苏徐矿热力有限公司生产部（联系人：张坤龙，联系方式：17206171218，邮箱：zklongs163.com，地址：徐州市泉山区矿山路7号，邮编：221000）。

本规程主编单位：江苏徐矿热力有限公司

中节能城市节能研究院有限公司

本规程参编单位：中国矿业大学

深地科学与工程云龙湖实验室

江苏纳奇机电设备工程有限公司

山东地勘地热新能源集团有限公司

江苏丹晨建设工程有限公司

中国建筑上海设计研究院有限公司

江苏原土建筑设计有限公司

扬州大学

江苏省第一工业设计研究院股份有限公司

山东博宇建筑设计有限责任公司

山东鼎超热电设计有限公司

江苏力辰节能科技有限公司

徐州市建筑工程质量安全监督站

上海电力大学

南京市建筑市场监督站

常州通用自来水有限公司

本规程主要起草人员：吴 峰 周 霖 王 峰 张 涛 高蓬辉  
张东海 杜玉吉 刘金虎 纪 河 冯 浩  
钱辉金 杨卫波 唐鹏武 庄 静 杨 凯  
王朝阳 黄 健 陆梅红 谢兴友 李根成  
刘庆福 张卫华 卜凡虎 张宗龙 文百胜  
张坤龙 高祥骅 程 博 岳 音 梁 骁  
耿 雪 段道明  
本规程主要审查人员：李德英 朱 能 史新华 代彦军 胡松涛  
胡清林 戴永峰

# 目 次

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>1 总 则</b> .....    | <b>1</b>  |
| <b>2 术 语</b> .....    | <b>2</b>  |
| <b>3 设 计</b> .....    | <b>4</b>  |
| 3.1 一般规定 .....        | 4         |
| 3.2 负荷计算 .....        | 4         |
| 3.3 地面传热量的计算 .....    | 5         |
| 3.4 水系统设计 .....       | 8         |
| 3.5 新风系统设计 .....      | 10        |
| 3.6 冷热源和新风机组设计 .....  | 12        |
| 3.7 温/湿度控制与冷热计量 ..... | 13        |
| <b>4 材料与设备</b> .....  | <b>15</b> |
| 4.1 一般规定 .....        | 15        |
| 4.2 地面构造 .....        | 15        |
| 4.3 水系统材料 .....       | 17        |
| 4.4 风系统材料 .....       | 18        |
| 4.5 冷热源和新风设备 .....    | 18        |
| 4.6 分集水器 .....        | 19        |
| <b>5 施工与安装</b> .....  | <b>20</b> |
| 5.1 一般规定 .....        | 20        |
| 5.2 材料检验 .....        | 21        |
| 5.3 绝热层铺设 .....       | 22        |
| 5.4 水系统管道安装 .....     | 23        |
| 5.5 填充层施工 .....       | 27        |
| 5.6 面层施工 .....        | 27        |
| 5.7 新风管道安装 .....      | 28        |
| 5.8 设备机组安装 .....      | 29        |
| 5.9 系统冲洗与压力试验 .....   | 29        |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 5.10 成品保护 .....                   | 31        |
| <b>6 调试与验收 .....</b>              | <b>32</b> |
| 6.1 一般规定 .....                    | 32        |
| 6.2 系统调试与检测 .....                 | 34        |
| 6.3 竣工验收 .....                    | 38        |
| <b>7 运行与维护 .....</b>              | <b>40</b> |
| 7.1 运行管理 .....                    | 40        |
| 7.2 保养维护 .....                    | 41        |
| <b>附录 A 辐射供冷供暖地面单位面积传热量 .....</b> | <b>42</b> |
| <b>本规程用词说明 .....</b>              | <b>69</b> |
| <b>引用标准名录 .....</b>               | <b>70</b> |
| <b>附：条文说明 .....</b>               | <b>71</b> |

## Contents

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 General provisions .....                                                    | 1  |
| 2 Terms .....                                                                 | 2  |
| 3 Design .....                                                                | 4  |
| 3.1 General requirements .....                                                | 4  |
| 3.2 Load calculation .....                                                    | 5  |
| 3.3 Calculation of floor heat transfer.....                                   | 5  |
| 3.4 Water system design .....                                                 | 8  |
| 3.5 Fresh air system design .....                                             | 10 |
| 3.6 Design of heating/cooling sources and fresh air handling units .....      | 12 |
| 3.7 Temperature/humidity control and cooling/heating energy<br>metering ..... | 13 |
| 4 Materials and equipment .....                                               | 15 |
| 4.1 General requirements .....                                                | 15 |
| 4.2 Floor structure .....                                                     | 15 |
| 4.3 Water system materials .....                                              | 17 |
| 4.4 Air system materials .....                                                | 18 |
| 4.5 Heating/cooling sources and fresh air equipment .....                     | 18 |
| 4.6 Manifolds .....                                                           | 19 |
| 5 Construction and installation .....                                         | 20 |
| 5.1 General requirements .....                                                | 20 |
| 5.2 Construction plan and material inspection .....                           | 21 |
| 5.3 Installation of thermal insulation layer .....                            | 22 |
| 5.4 Installation of water system piping .....                                 | 23 |
| 5.5 Construction of filling layer .....                                       | 27 |
| 5.6 Surface layer construction .....                                          | 27 |
| 5.7 Installation of fresh air ductwork .....                                  | 28 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.8 Installation of equipment units .....                                         | 29 |
| 5.9 System flushing and pressure test .....                                       | 29 |
| 5.10 Finished Product Protection .....                                            | 31 |
| 6 Commissioning and acceptance .....                                              | 32 |
| 6.1 General requirements .....                                                    | 32 |
| 6.2 System commissioning and testing .....                                        | 34 |
| 6.3 Final acceptance .....                                                        | 38 |
| 7 Operation and maintenance .....                                                 | 40 |
| 7.1 Operation management .....                                                    | 40 |
| 7.2 Maintenance .....                                                             | 41 |
| Appendix A heat Transfer per unit area of radiant cooling/heating<br>floors ..... | 42 |
| Explanation of wording in this standard .....                                     | 69 |
| List of quoted standards.....                                                     | 70 |
| Addition: Explanation of provisions .....                                         | 71 |

## 1 总 则

1.0.1 为规范民用建筑地板辐射供冷供暖系统工程的设计、施工、调试、验收及运行维护，做到科学合理、安全适用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建民用建筑及既有民用建筑的供冷供暖系统改造项目中，以分户为单元或者小面积单元的地板辐射供冷供暖系统的工程设计、施工验收及运行维护。

1.0.3 民用建筑地板辐射供冷供暖系统工程的设计、施工、调试、验收及运行维护除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准和中国建筑节能协会现行有关标准的规定。

## 2 术 语

**2.0.1 民用建筑地板辐射供冷供暖系统** floor radiant cooling and heating system in civil building

适用于民用建筑中单个住户或小面积单元，以地板作为辐射换热面，利用适宜温度的冷、热水作为媒介，对室内供冷、供暖，并配合新风系统或风机盘管承担室内湿负荷与空气品质保障功能，从而实现建筑室内温度和湿度的独立控制。

**2.0.2 户式新风/排风系统** household fresh air handling and distribution system

在住户或小面积单元范围内单独设置的、具备新风过滤、热湿处理、送排风分配等功能的组合装置，用于引入室外新鲜空气、排出室内污浊空气，保证室内湿度控制和空气品质要求，提升室内空气的洁净度和舒适度。

**2.0.3 干湿两用风机盘管** dual-mode fan coil unit

能根据室内空气冷热湿负荷需求，可进行干/湿工况切换运行的室内末端空调设备。在干工况下，仅进行显热交换，不产生冷凝水；在湿工况下，能高效处理潜热负荷，并具备相应的排水和防积水设计；其盘管排数和翅片间距应能满足低风速、大换热面积的要求。

**2.0.4 内置独立冷热源一体式新风机** fresh air unit with built-in cooling and heating source

通过集成制冷制热模块（如小型压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀等），集冷热源供应功能于一体的新风处理设备。

**2.0.5 外供冷热源新风机** fresh air unit with external cooling and heating source

利用外部冷热源提供冷热媒对新风进行处理的设备。

**2.0.6 调温用分集水器** manifold for temperature regulation

用于地板辐射系统中，分配或汇集循环水流，能独立控制各区域辐射地板供冷供暖量的水力分配装置。

**2.0.7 调湿用分集水器** manifold for humidity regulation

用于连接新风系统或风机盘管等除湿末端的水力分配装置,实现对除湿末端的水量控制与水力平衡。

#### 2.0.8 户式辐射供冷供暖用模块机组 modular unit for household radiant heating and cooling

具备独立冷热源功能的小型模块化设备,能为户式地板辐射系统提供符合参数要求的冷水或热水,能独立启停的冷热源设备。

#### 2.0.9 防结露控制装置 anti-condensation control device

通过实时监测室内空气温、湿度与辐射地板表面温度,并结合变化趋势预判结露风险,自动调节冷水温度、切断对应环路水流或启动辅助除湿,防止地面结露的控制装置。

### 3 设计

#### 3.1 一般规定

3.1.1 地板辐射供冷供暖系统应按照温/湿度独立控制原则设计。

3.1.2 地板辐射供冷供暖系统辐射末端夏季供冷工况供水温度应高于室内空气露点温度  $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ ；供回水温差宜为  $2^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，且不宜小于  $2^{\circ}\text{C}$ 。冬季工况供水温度宜采用  $35^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ；供回水温差宜为  $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，且不宜小于  $5^{\circ}\text{C}$ 。

3.1.3 地板辐射面平均温度应符合表 3.1.3 的规定，且不应超出限值范围，防止人体不舒适或结露风险。

表 3.1.3 地板辐射供冷供暖表面平均温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

| 应用场景     | 供暖工况<br>平均温度 | 供暖工况<br>上限温度 | 供冷工况<br>平均温度 | 供冷工况<br>下限温度 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 人员经常停留区域 | 25~27        | 29           | 21~23        | 21           |
| 人员短期停留区域 | 28~30        | 32           | 19~21        | 18           |
| 无人停留区域   | 35~40        | 42           | 18~20        | 17           |

3.1.4 地板辐射冷热源系统应满足辐射空调系统水、风系统的温度、流量、资用压差等参数要求，可根据工程实际情况，采用集中或者分户独立冷热源方式。

3.1.5 地板辐射供冷供暖系统新风系统应保证新风经处理后送入室内时的参数符合要求：夏季送风温度宜为  $16^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，不应低于  $14^{\circ}\text{C}$ ；冬季送风温度宜为  $20^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$ ，不应高于  $30^{\circ}\text{C}$ ；送风含湿量应符合现行国家标准《户式新风除湿机》GB/T40397 的规定要求。

#### 3.2 负荷计算

3.2.1 地板辐射空调系统房间热负荷和冷负荷计算宜采用动态负荷计算方法，可选用具备逐时负荷计算功能并经工程验证的计算软件进行计算。当无条件采用动态法时，可采用现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB

50736 的规定计算方法。

3.2.2 地板辐射供冷供暖系统室内设计参数应符合下列规定：

1 供暖季主要功能房间宜为 18℃~24℃；供冷季主要功能房间宜为 24℃~28℃；

2 供暖季室内相对湿度宜为 30%~50%；供冷季室内相对湿度宜为 40%~60%。

3.2.3 地板辐射供冷供暖系统新风量应结合室内人员数量、卫生要求及空气品质标准确定，且应符合下列规定：

1 按人员计算时，人均新风量不应小于 30 m<sup>3</sup>/(h·人)；对人员密集场所，可适当减小，且应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的规定要求；

2 按房间体积计算时，卧室、起居室（厅）等主要功能房间新风量换气次数不应小于 0.5 次/h；

3 系统新风量应取上述两项计算结果中的较大值，且应保证新风系统能够满足室内正压要求，室内正压宜为 5 Pa~10Pa。

3.2.4 采用分户热计量或分户独立冷热源的地板辐射系统，应计算户间传热量。

### 3.3 地面传热量的计算

3.3.1 地板辐射面单位面积向上传热量应按下列公式计算：

1 地面供暖

$$q = a \times (t_{pj} - t_n)^b \times s^c \quad (3.3.1-1)$$

2 地面供冷

$$q = a' \times |t_{pj} - t_n|^{b'} \times s^{c'} \quad (3.3.1-2)$$

式中： $q$ ——辐射面单位面积传热量（W/m<sup>2</sup>）；

$t_{pj}$ ——辐射面表面平均温度（℃）；室内非辐射表面（墙面、顶棚、家

具等)面积加权平均温度(°C),供暖时可取室内空气温度+2°C,供冷时可取室内空气温度-2°C。

$t_n$ ——室内空气设计温度(°C);

$s$ ——辐射管间距(mm);

$a, b, c, a', b', c'$ ——换热量经理论计算后得到的拟合系数。

3 辐射供冷供热典型地面构造、敷设间距、使用管材时的地面向上传热量可按表 3.3.1-1 和表 3.3.1-2 取值计算。

表 3.3.1-1 水泥、石材和陶瓷面层地面传热量计算系数取值

| 绝热层        | 管材     | 供热     |       |        | 供冷     |       |        |
|------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
|            |        | $a$    | $b$   | $c$    | $a'$   | $b'$  | $c'$   |
| 聚苯乙烯塑料板绝热层 | PE-X 管 | 57.120 | 1.164 | -0.559 | 20.910 | 0.988 | -0.331 |
|            | PB 管   | 55.517 | 1.164 | -0.560 | 23.368 | 0.989 | -0.362 |
| 发泡水泥绝热层    | PE-X 管 | 58.815 | 1.164 | -0.568 | 21.486 | 0.989 | -0.339 |
|            | PB 管   | 57.631 | 1.164 | -0.571 | 24.170 | 0.989 | -0.372 |

表 3.3.1-2 木地板面层地面传热量计算系数取值

| 绝热层        | 管材     | 供热     |       |        | 供冷     |       |        |
|------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
|            |        | $a$    | $b$   | $c$    | $a'$   | $b'$  | $c'$   |
| 聚苯乙烯塑料板绝热层 | PE-X 管 | 17.458 | 1.015 | -0.313 | 11.005 | 0.996 | -0.262 |
|            | PB 管   | 17.056 | 1.015 | -0.316 | 10.360 | 0.990 | -0.254 |
| 发泡水泥绝热层    | PE-X 管 | 16.235 | 1.015 | -0.302 | 10.231 | 0.995 | -0.251 |
|            | PB 管   | 15.911 | 1.015 | -0.306 | 9.664  | 0.990 | -0.244 |

3.3.2 房间所需地板辐射单位面积向上供冷/供热量应按下列公式计算:

$$q_1 = \beta \times \frac{Q - Q_2}{F} \quad (3.3.2)$$

式中:  $q_1$ ——房间所需单位面积地板辐射向上供冷、供热量(W/m<sup>2</sup>);

$Q$  ——房间计算冷、热负荷 (W) ;

$Q_2$  ——新风系统或风机盘管承担的显热负荷 (W) ;

$F$  ——房间内敷设辐射地板的面积 (m<sup>2</sup>) ;

$\beta$  ——家具遮挡安全系数,无家具遮挡取 1.0,有固定家具遮挡取 1.1~1.2。

3.3.3 地面辐射传热计算后,应校核辐射面表面平均温度,供暖时不应高于表 3.1.3 的上限值,供冷时不应低于表 3.1.3 的下限值;若温度超出限值,应增大辐射地板面积或补充其他末端。

3.3.4 当辐射系统夏季供冷和冬季供暖共用时,应综合考虑夏季冷负荷和冬季供热负荷的差异,以及辐射面在不同季节的供冷量和供热量能力。设计时应根据夏季和冬季的负荷特点,合理确定辐射面面积、管材布置方式及冷热媒介参数。

3.3.5 对于原位改造的地板辐射供热建筑,当增设辐射供冷功能时,应首先校核原辐射面的供冷量能力。若校核结果显示原辐射面供冷量不足,应补充其他形式的供冷设备,如风机盘管、新风除湿供冷系统等,补充的供冷量应能满足房间冷负荷与辐射面供冷量的差值要求。

1 原位改造系统原有辐射地板供冷能力校核公式如下:

$$q_{l,c} = q_{l,h} \times \frac{\Delta t_c^b}{\Delta t_h^b} \times \gamma \quad (3.3.5-1)$$

式中:  $q_{l,c}$  ——原位改造系统单位面积地板供冷量 (W/m<sup>2</sup>) ;

$q_{l,h}$  ——原系统单位面积地板供热量 (W/m<sup>2</sup>) ;

$\Delta t_c$  ——原位改造供冷工况辐射表面平均温度与室内空气温度差值 (°C) ;

$\Delta t_h$  ——原供暖工况辐射表面平均温度与室内空气温度差值 (°C) ;

$\gamma = \frac{a' \times s^c}{a \times s^c}$  ——供冷修正系数,其取值随辐射地板结构和管材种类而不同,

见第 3.3.1 节。

2 若校核后  $q_{l,c}$  小于房间所需供冷量,应补充风机盘管或增强新风除湿能力,

补充冷量应满足：

$$Q_b \geq Q - Q_{l,c} \quad (3.3.5-2)$$

式中：  $Q_b$ ——补充冷量（W）；

$Q$ ——房间所需总供冷量（W）；

$Q_{l,c}$ ——原位改造系统地板实际供冷量（W）。

### 3.4 水系统设计

3.4.1 水系统冷/热介质应采用清洁、无腐蚀性的水，水质应符合现行国家标准《采暖空调系统水质》GB/T 29044 的要求。系统补水应采用软化水、总硬度符合相应规范要求。

3.4.2 集中冷热源水系统应符合下列规定：

- 1 当系统规模较大、环路阻力差异较大时，宜采用同程式系统；
- 2 冷热源机房内分水器 and 集水器之间应设置压差旁通阀，旁通阀的调节范围应能满足系统变流量运行需求；
- 3 每个楼栋/单元宜设置水力平衡阀，保证每个楼栋/单元之间水力工况稳定，避免流量分配不均；
- 4 系统应具备分户流量调节和关断功能，每个住户的供回水管上应设置锁闭阀和冷热量表。

3.4.3 分户独立冷热源水系统应符合下列规定：

- 1 水泵应采用变频水泵，根据系统负荷变化调节流量；
- 2 系统应设置膨胀水箱或定压罐，定压压力应根据系统最高点高度确定；
- 3 机组进出口管道上应设置阀门、过滤器、压力表和温度计。

3.4.4 分集水器环路设计应考虑下列因素：

- 1 分集水器分支环路不宜多于 8 路；
- 2 同一分集水器连接的各环路长度差不应超过 20%，各环路管长度不宜超过

120 m；当长度差超过时，应采用不同管径的供冷加热管调整阻力或设置水力平衡阀；

3 环路划分应考虑房间的功能分区和负荷分布，同一功能区、负荷相近的区域宜划分为同一环路；每路环路承担的辐射面积适宜，对于面积较大的房间，应分为多个环路。

3.4.5 辐射地板加热供冷管内流速不宜小于 0.25m/s，不宜大于 0.8m/s；应根据室内冷量需求和管路阻力特征，经综合比较后确定最佳经济流速。分集水器总管流速不宜大于 1.0m/s，分支管流速不宜大于 0.6m/s。

3.4.6 水管间距应根据辐射面供冷和供热量要求、管材管径及地板构造确定，宜为 150mm~400mm，且应满足辐射面温度均匀性要求。

3.4.7 冬季供暖与夏季供冷工况应分别计算水力工况，以两者较大值作为循环水泵扬程确定依据；当两种工况下计算的水泵扬程相差较大时，应分别设置冬季和夏季循环水泵。

3.4.8 水系统应在下列位置设置流动控制阀件：

1 分集水器每路环路的进出口应设置球阀或闸阀，分水器的进水管上应设置过滤器。

2 水系统的最高点应设置自动排气阀。分集水器上部宜设置手动或自动排气阀，集水器最低点应设置泄水阀。

3.4.9 水系统水温控制应符合防结露要求，供冷时应通过防结露控制装置实时监测室内空气露点温度，保证辐射面供水温度高于室内露点温度至少 1℃；对于高湿地区，供水温度高于室内露点温度至少 1.5℃。当室内湿度较高，存在结露风险时，应自动提高供水温度或启动辅助除湿设备。

3.4.10 水系统节能控制应符合下列规定：

1 应采用变流量控制方式，根据室内负荷变化调节水泵转速，降低水泵能耗；

2 冷热源设备应具备根据负荷变化自动调节输出功率的功能，能效比应符合国家现行节能标准要求；

3 系统宜设置分时、分区控制功能，可根据不同房间的使用情况和时间调节系统运行状态。

#### 3.4.11 水系统管道及设备保温应符合下列规定：

1 管道保温材料应采用导热系数小、防火性能好、防潮性能优良的材料，导热系数应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 规定要求；

2 供回水管、分集水器、储水箱等设备的保温层厚度应根据环境温度、管道直径及保温材料性能确定，且不应小于规范规定的最小厚度；

3 保温层外应设置保护层，保护层应具有防火、防潮、防腐蚀及机械强度高的特点。

3.4.12 当地板辐射系统设有多个除湿末端时，宜独立设置调湿用分/集水器，确保新风机或者风机盘管的冷媒温度稳定和调节灵活。

### 3.5 新风系统设计

#### 3.5.1 新风取风口与排风口布置应符合下列规定：

1 取风口应设置在室外空气洁净区域，距室外地面高度 $\geq 2.5\text{m}$ ，并应符合下列要求：与厨房排油烟口的水平净距 $\geq 3.0\text{m}$ ；与卫生间排风口的水平净距 $\geq 2.0\text{m}$ ；与空调室外机排热口的水平净距 $\geq 1.5\text{m}$ ；与排水通气孔等其他污染源的水平净距 $\geq 1.5\text{m}$ ，垂直距离 $\geq 1.0\text{m}$ ；

2 排风口宜分散设置在厨房、卫生间，与取风口水平距离 $\geq 1.0\text{m}$ 或垂直距离 $\geq 0.5\text{m}$ ；

3 取风口应选用防雨百叶，内置可拆卸防虫网，排风口应设置止回阀，防止倒灌。

3.5.2 新风气流组织应考虑通风效率，宜采用下送上回的气流组织形式。采用地面送风时，送风口位置应避开家具等遮挡物，或采用门缝、踢脚线送风等其他形式；当不具备条件时，可采用上送上回或侧送顶回等成熟气流组织，并应进行气流组织模拟或验算。

#### 3.5.3 新风系统风速应符合下列要求：

1 地面送风口出口风速不宜大于  $0.4\text{m/s}$ ，顶棚回风口风速不宜大于  $1.5\text{m/s}$ ；

2 风管内流速应根据管道直径、送风量及风口形式确定，对噪声敏感区域吊顶内风管风速宜 $\leq 2.0\text{m/s}$ 、非敏感区域吊顶内风管风速宜 $\leq 3.0\text{m/s}$ 。

**3.5.4 新风量调节装置和措施应符合下列规定：**

1 新风系统应具备多挡风速或变频调节功能，根据室内  $\text{CO}_2$ 浓度或人员数量自动调节风量，实现新风量的按需供给；

2 过渡季节应能开启全新风模式，充分利用室外空气降温或升温，减少冷热源能耗；

3 夏季新风量的调节需满足除湿要求。

**3.5.5 新风过滤装置应采用初、中效过滤器，保证新风符合室内空气质量要求，且应具备脏堵报警功能。新风系统宜设置空气质量传感器，监测室内温度、相对湿度、 $\text{CO}_2$ 浓度、 $\text{PM}_{2.5}$  浓度，并上传至系统控制器，具备超标报警功能。**

**3.5.6 新风系统经技术经济比较合理时，宜设置热回收装置，应符合下列规定：**

1 热回收装置热回收效率不应低于 70%；

2 热回收装置的选型应根据新风量、室内外设计温/湿度差等参数确定，确保其性能满足系统热回收需求；

3 热回收装置应便于清洗和维护，且应设置旁通管道，当室外空气温度适宜时，可切换至旁通模式，直接引入室外新风，降低系统能耗。

**3.5.7 新风系统存在冻结风险时，应具备防冻措施。新风防冻要求应符合下列规定：**

1 新风处理机组应设置盘管防冻保护装置，当新风温度低于设定温度时，应启动防冻加热装置，防止机组盘管冻裂；

2 新风管道应进行保温处理，保温层厚度应根据室外环境温度确定，在严寒及寒冷地区新风管道保温厚度不应小于 50mm，并配套防潮隔汽层；

3 新风系统应设置低温报警及防冻保护措施；当新风温度低于  $0^\circ\text{C}$  时，可启动最小新风模式或采用旁通加热等措施，并应保证室内新风量满足现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 的有关规定。采用热回收新风机组时，尚应符合现行国家标准《热回收新风机组》GB/T 21087 的有关规定。

### 3.6 冷热源和新风机组设计

3.6.1 地板辐射供冷供暖系统的辐射末端和新风末端宜分别设置冷热源，也可根据实际情况共用集中或者户式冷热源系统。

3.6.2 集中冷热源参数和功能应符合下列规定：

1 集中冷热源宜优先采用绿色电力驱动的电气化供暖/供冷技术，逐步替代传统化石能源；在条件允许的地区，应考虑绿电耦合热泵和蓄能装置，实现新型高效供能模式；

2 集中供暖热源外网热媒温度不应大于  $60^{\circ}\text{C}$ ；；当除湿末端和辐射末端共用集中冷源时，外网冷媒温度能够满足除湿要求；

3 当集中外网热媒温度和地面辐射末端温度需求不匹配时，地面辐射末端前应设置混水装置或换热装置，冬季将地面辐射末端供水温度控制在  $35^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，夏季将地面辐射末端供水温度控制在室内空气露点温度以上  $1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ ；

4 辐射末端和新风末端共用集中外网时，两者可采用并联或串联方式连接外网；

5 集中冷热源系统应设置智能控制系统，可根据室外气象参数、各住户负荷需求等因素，自动调节冷热源的输出功率，实现按需供能，提高系统能效；

6 集中冷热源机房应设置温度、压力、流量等监测装置，以及过载、超温、超压等保护装置，确保机房设备安全稳定运行。

3.6.3 户式独立冷热源参数和功能应符合下列规定：

1 当采用分户独立冷热源时，优先选用空气源热泵模块机组、地源热泵机组；寒冷地区宜选用带喷气增焐功能的热泵机组；机组性能应符合相关国家标准规定要求；

2 户式独立供暖热源热媒温度不应大于  $60^{\circ}\text{C}$ ，供回水温差宜为  $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ；户式独立冷源冷媒温度应兼顾辐射和新风末端需求加以选择；当机组出水温度不符合辐射末端系统要求时，应设置混水装置或换热装置；

3 户式独立冷热源应具备自动启停、温度调节、故障报警等功能，且应配备

远程控制接口，方便用户通过手机 APP、智能控制面板等方式远程监控和控制设备运行；

4 室外安装时，应选择通风良好、无遮挡、便于维护的位置，且应做好防雨、防晒、防冻措施；室内安装时，应保证机房通风良好，与居住区域有良好的隔音措施，机房噪声不应大于 55dB。

**3.6.4** 新风机组选择应根据建筑冷热源形式、新风处理需求、安装条件等因素综合确定，优先选用与建筑冷热源形式相匹配的新风机组。

- 1 无集中冷源的改造小区或者小户型建筑，宜选用内置独立冷热源新风机组；
- 2 采用集中冷热源的建筑，宜选用外供冷热源新风机组，与地板辐射系统共享冷热源。

### **3.7 温/湿度控制与冷热计量**

**3.7.1** 地板辐射供冷供暖系统应设置温度调控装置和冷热量计量装置，且应符合下列规定：。

1 调控装置应能实现对室内温度、湿度、冷热媒介参数自动调节；计量装置应能实现分户冷热计量，计量精度应符合国家现行标准要求；

2 每个房间或功能区域应独立设置温控器，采用分环路控制方式，在分、集水器各分支环路设置电动二通阀或三通阀，实现室温精准调节；供冷工况时，温控器应与防结露装置联动。

**3.7.2** 温/湿度传感器监测装置应符合下列规定：

1 空气温/湿度传感器应设置在距地面 1.2m~1.5m 内墙处，避开热源、冷源、风口及阳光直射区域；测量精度应符合温度  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $\pm 5\%$ ；

2 温/湿度控制器宜采用数显式智能控制器，具备温/湿度设定、自动调节、数据显示、故障报警等功能，且应支持与系统中央控制器的通信。

3 防结露温/湿度传感器应设置在温/湿度最不利位置点附近；

4 辐射面表面温度监测可采用埋地式温度传感器，宜设置多个埋地式温度传感器，取算术平均值作为辐射面平均温度；

5 原位改造系统应额外增设室内温/湿度传感器，且应加强监测频率。

3.7.3 地板辐射供冷系统应设置防结露措施，根据室内温/湿度变化、辐射面温度、供水温度及室外气象参数，实时调整系统运行状态，且符合下列规定：

1 防结露控制宜采用温/湿度传感器探测并计算出露点的方法，即控制器根据室内温/湿度采集值实时计算室内露点温度；防结露控制应优先于温度控制；

2 防结露控制以保证不结露同时兼顾舒适性为目标，宜根据辐射面温度和室内空气露点温度偏差，采用分级动态调节控制策略，优先通过提高供水温度和调小循环流量，其次通过强化新风或者风机盘管除湿能力，最终切断辐射供冷系统的控制动作加以调控。

3 辐射供冷系统的地面温度监测，除埋入式温度传感器外，还应在紧邻地板表面的位置（如踢脚线处或地面装饰层边缘处）增设表面结露传感器，两者协同作用，确保结露风险识别的可靠性和响应速度；

4 系统应具备预测性防结露控制功能，内置预测模型和趋势分析软件，基于室内温/湿度、辐射面温度及室外气象数据变化，能够提前预降温或启动新风除湿，实现主动前馈控制结露；

5 当（辐射面温度 - 露点温度） $>2^{\circ}\text{C}$ 时，维持当前供冷状态；当  $1^{\circ}\text{C} < \text{（辐射面温度 - 露点温度）} \leq 2^{\circ}\text{C}$ 且历史趋势为下降时，触发分级动态调控动作；当（辐射面温度 - 露点温度） $\leq 1^{\circ}\text{C}$ 时，立即停止辐射供冷回路供水，并同时发出维护报警提示。

3.7.4 地板辐射系统各设备之间的通讯接口应符合下列规定：

1 辐射供冷供暖系统的各个设备之间应采用统一的通信接口协议，优先选用 Modbus、BACnet 等国际通用标准协议；

2 系统应设置中央控制器，中央控制器应具备数据采集、逻辑运算、设备控制、远程通信等功能，可通过以太网、Wi-Fi、4G/5G 等通信方式与物业管理平台或用户终端进行数据交互；

3 接口协议应具备开放性和兼容性，便于系统后期扩展和设备升级，同时应具备数据加密功能。

## 4 材料与设备

### 4.1 一般规定

4.1.1 辐射供冷供暖系统所用材料,应根据系统工作温度、工作压力、地面荷载、建筑设计寿命、防水、防火性能以及施工适应性等要求,经综合比较后确定。

4.1.2 装配式建筑中的辐射供冷供暖系统,应根据建筑结构特点和现场条件对供冷供暖板进行模块化拆分设计。预制沟槽保温板的压缩强度应满足地面承载及局部破坏强度要求,人员密集或重型设备区域应进行专项抗压验算;面层材料为木地板饰面时,可不计入其破坏强度;采用地砖、石材等硬质饰面时,应符合国家现行标准对地面承载强度的要求。

4.1.3 辐射供冷供暖系统所用材料和设备应符合现行国家相关标准。

### 4.2 地面构造

4.2.1 绝热层材料应符合下列规定:

- 1 导热系数小且满足设计热阻要求;
- 2 燃烧性能等级不应低于 B1 级,严禁采用易燃材料;
- 3 压缩强度应符合地面荷载要求;
- 4 不含菌源,不得散发异味,有害挥发物释放量应符合现行国家标准规定。

4.2.2 绝热层采用聚苯乙烯泡沫塑料板材和硬质聚氨酯材料时应符合现行国家标准《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)》GB/T 10801.1、《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)》GB/T 10801.2 及《建筑绝热用硬质聚氨酯泡沫塑料》GB/T 21558 的有关规定。

4.2.3 预制沟槽保温板及其金属均热层的沟槽尺寸应与加热供冷管外径相吻合,且应符合下列规定:

- 1 保温板总厚度不应小于表 4.2.3 的要求;
- 2 金属均热层厚度不应小于 0.2 mm,导热系数不应小于 237 W/(m·K);
- 3 管道背面包裹率不应低于 65%;

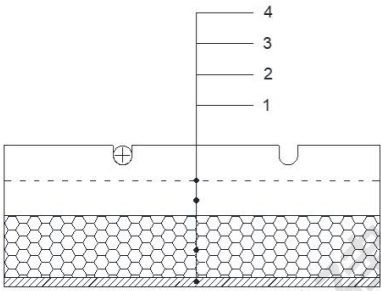
4 当采用不同于表 4.2.3 规定的构造形式、管间距或均热层厚度时，应通过热工计算或产品检测验证其供热量、供冷量、向下传热量及地面表面温度均匀性满足设计要求。

表 4.2.3 预制沟槽保温板供冷供暖地面金属均热层最小厚度

| 加热供冷管外<br>径（mm） | 保温板总厚度<br>（mm） | 均热层最小厚度（mm） |           |     |           |     |  |
|-----------------|----------------|-------------|-----------|-----|-----------|-----|--|
|                 |                | 地砖等<br>面层   | 木地板面层     |     |           |     |  |
|                 |                |             | 管间距<200mm |     | 管间距≥200mm |     |  |
|                 |                |             | 单层        | 双层  | 单层        | 双层  |  |
| 12              | 20             | —           | 0.2       | 0.2 | 0.4       | 0.2 |  |
| 16              | 25             | —           |           |     |           |     |  |
| 20              | 30             | —           |           |     |           |     |  |

4.2.4 装配式保温隔声模块辐射供暖系统构造如下（图 4.2.4），并应符合下列规定：

- 1 防护层应符合表 4.2.4 的要求；
- 2 绝热层和隔声层应符合节能设计要求。



1—隔声层;2—绝热层;  
3—防护层;4—耐碱玻纤网布

图 4.2.4 保温隔声模块辐射供暖型构造

表 4.2.4 装配式保温隔声模块辐射供暖技术指标

| 热水管外径（mm） | 防护层厚度（mm） | 防护层抗压强度（MPa） | 防护层密度（kg/m³） | 规格尺寸（mm） |     |
|-----------|-----------|--------------|--------------|----------|-----|
| 12        | ≥17       | ≥10          | ≤1200        | 长度       | 宽度  |
| 16        | ≥21       |              |              | 600、800  | 600 |
| 20        | ≥25       |              |              |          |     |

注：其他防护层厚度及规格尺寸可按需定制。

4.2.5 当选用其他绝热材料时，其技术指标应按 4.2.2 的规定选用同等绝热效果的材料，其最小厚度应采用热阻相同原理进行换算。

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

4.2.7 水泥砂浆填充层材料应符合下列规定：

- 1 应选用中粗砂水泥，且含泥量不应大于 5%；
- 2 应使用硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥；
- 3 水泥砂浆体积比不应小于 1:3；
- 4 强度等级不应低于 M10。

4.2.8 以地砖或石材作为装饰地面时，材料、粘接、填缝及密封应符合现行国家标准《陶瓷砖》GB/T 4100、《防滑陶瓷砖》GB/T 35153、《预拌砂浆》GB/T 25181、《陶瓷砖胶粘剂技术要求》GB/T 41059 和现行行业标准《瓷砖薄贴法施工技术规范》JC/T 60006 等有关规定的规定。

4.2.9 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《地采暖用实木地板技术要求》GB/T 35913、《地采暖用木质地板》GB/T 41547 和现行行业标准《地采暖用木质地板甲醛释放承载量规范》LY/T 3233 的有关规定。

### 4.3 水系统材料

4.3.1 辐射供冷供暖管道系统的选择应满足设计使用寿命、施工和环保要求，并应符合下列规定：

1 辐射供冷供暖塑料管道系统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 管道的质量和物理性能应符合相应现行国家标准中的要求；

3 辐射供冷供暖塑料管道系统宜采用带阻氧层的塑料管材（外壁应标明阻氧标识）；与其他易腐蚀金属部件（如铜、钢等）共用同一闭式循环系统时，整个水系统应采用带阻氧层的管材或在水中添加阻氧剂，且系统中的阀门、接头等金属部件应具备相应的防腐蚀措施。

4.3.2 辐射供冷供暖管道系统管材应具有下列文件资料：

1 国家授权检测机构提供的有效期内的管材定型检验和型式检验报告；

2 出厂检测报告（每批次）及产品合格证；

3 有特殊要求的管材应附技术说明书。

4.3.3 与铜管直连的加热供冷管不应使用非铜金属制品，当无法避免时，非铜金属件必须做防腐绝缘处理。

4.3.4 辐射供冷供暖水系统户内水管阀件宜采用铜制或不锈钢制阀件。

4.3.5 辐射供冷供暖系统采用的脱气除污器应具备脱气、排气功能。

4.3.6 混水装置宜由混水泵、自动控制部件、连接管道及必要的监测仪表等组成，并应符合设计文件和产品技术文件要求。

#### 4.4 风系统材料

4.4.1 辐射供冷供暖风系统材料应满足通风功能、防火、环保和耐久性能等要求，并应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736 和《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的有关规定。

4.4.2 辐射供冷供暖系统风阀应满足设计和使用要求，并应符合现行行业标准《建筑通风风量调节阀》JG/T 436 的有关规定。

#### 4.5 冷热源和新风设备

4.5.1 辐射供冷供暖空调系统冷热源机组的性能应符合现行国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《建筑节能工程施工质量验收标准》GB 50411 中的相关规定。

4.5.2 辐射供冷供暖系统冷热源机组的选取应综合考虑建筑实际情况和室外气候参数，同时应符合下列规定：

1 应采用变频压缩机、变频室外风机和变频水泵；

2 宜采用低噪声机组；

3 应有控制协议接口；

4 室外机应有防水、防霜冻、防堵等功能。

4.5.3 辐射供冷供暖空调系统新风机组的性能应符合现行国家标准《户式新风除湿机》GB/T 40397 的有关规定，噪声等级应采用静音级。

4.5.4 辐射供冷供暖空调系统新风机组应具有除湿、风机变频或挡位控制及温/湿度监控等功能，宜具有再热、加湿、空气质量检测功能。

## 4.6 分集水器

4.6.1 分集水器应有生产厂商商标或标识；分集水器材质宜选用铜制；分集水器应符合现行国家标准《冷热水用分集水器》GB/T 29730 的有关规定。

4.6.2 分集水器各支路应配备具有关闭及调节功能的装置；分集水器宜自带泄水阀、排气阀。

4.6.3 分集水器与阀门连接及水系统主管与支管连接宜采用金属活接连接；塑料管与金属阀连接应采用钢塑转换接头进行连接，不应采用活接连接。

## 5 施工与安装

### 5.1 一般规定

5.1.1 辐射供冷供暖空调系统的施工与安装应符合国家现行标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《辐射供暖供冷技术规程》JGJ142 等有关规定。

5.1.2 施工单位应具备相应的施工资质，修改设计应有设计单位出具的设计变更文件，并经相关单位批准后方可施工。

5.1.3 辐射供冷供暖系统施工安装前应具备下列条件：

- 1 施工图及技术文件齐全；
- 2 编制有专项施工方案和施工组织设计，并应完成技术交底；
- 3 电气应预埋完成，电气线管绝缘测试合格，敷设区预留套管完成，具备稳定的水电供应及材料存储空间；
- 4 土建专业应已完成墙面粉刷（不含面层），门窗安装完毕，保证地面平整干燥，无起皮、裂纹，墙面根部应平直；卫生间闭水试验验收合格；与土壤接触地面已铺设防潮层；
- 5 施工时不应与其他工种交叉施工，所有地面预留洞口、管线敷设应在填充层施工前完成。

5.1.4 加热供冷部件的输运、存储应采取下列防护措施：

- 1 应进行遮光包装后运输，避免暴晒、雨淋和碰撞；
- 2 宜存储在环境温度小于 40℃、通风良好、保持干燥的环境；远离热源，避免受到环境温度和物理压力损害；
- 3 运输、装卸和搬运时应轻拿轻放，不得抛、摔、滚、压、拖，施工时严禁刮、压、折管材和管件。

5.1.5 施工过程环境温度不宜低于 5℃，低于 0℃时施工现场需采取升温措施（禁用明火）。

5.1.6 施工过程严禁踩踏加热供冷管及保温模块。

- 5.1.7 严禁在加热供冷管的敷设区域进行穿凿、钻孔或射钉作业。
- 5.1.8 施工过程中应防止油漆、沥青等化学物质接触污染加热供冷部件。
- 5.1.9 冷热源机组室内机、新风机组、风机盘管及连接管道施工前应确定定位弹线，明确设备标高及预留尺寸，机组安装位置及接管预留空间应满足安装、运行、维护的要求，并应做好标识。
- 5.1.10 水管、风管穿楼板和墙时，应设预埋套管。穿过楼板的套管与管道之间缝隙应用阻燃密实材料和防水油膏填实，端面光滑。穿墙套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实，且端面应光滑。
- 5.1.11 管子支、吊架应牢固，支、吊架间距应符合设计及现行标准要求，支、吊架不宜设置在风口、阀门和检查口等处，且应做防腐处理。
- 5.1.12 冷热源机组室内机、新风机组应设置减振措施，宜落地安装。
- 5.1.13 施工全部结束后，应绘制竣工图，并应明确标注敷设管路位置及传感器埋设点；敷设区域交付时需设置永久性警示标识。

## 5.2 材料检验

- 5.2.1 系统所使用的主要材料、设备组件、配件应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要求。进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。
- 5.2.2 管材、管件、预制沟槽保温板及地暖板模块进场，经监理验收合格后使用。
- 5.2.3 阀门、分集水器安装前，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。对安装在分集水器进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，并应进行详细记录。
- 5.2.4 阀门的强度和严密性试验，应符合以下规定：阀门的强度试验压力为公称压力的 1.5 倍；严密性试验压力为公称压力的 1.1 倍；试验压力在试验持续时间内应保持不变，且壳体填料及阀瓣密封面无渗漏。阀门试压的试验持续时间应不少于表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 阀门试验持续时间

| 公称直径 DN<br>(mm) | 最短试验持续时间 (s) |       |      |
|-----------------|--------------|-------|------|
|                 | 严密性试验        |       | 强度试验 |
|                 | 金属密封         | 非金属密封 |      |
| ≤50             | 15           | 15    | 15   |
| 65~200          | 30           | 15    | 60   |

### 5.3 绝热层铺设

5.3.1 铺设绝热层的原始工作面应平整、干燥、无杂物。边角交接面应平直无积灰。铺设泡沫塑料类绝热层的地面平整度不应大于 $\pm 5\text{mm}/2\text{m}$ ，铺设预制沟槽保温板/供暖板及其填充板的地面平整度不应大于 $\pm 3\text{mm}/2\text{m}$ 。

5.3.2 泡沫塑料类绝热层、预制沟槽保温板及供暖板的铺设应平整，板间结合应严密，接头应用塑料胶带粘接平顺。绝热板拼接缝隙不应大于 2mm，缝隙大于 2mm 时应用同质材料碎屑填实后再用胶带密封。沿墙体周边的伸缩缝（侧面绝热层）应采用高发泡聚乙烯泡沫塑料条，其宽度不应小于 10mm，且应与辐射面绝热层紧密连接。与土壤直接接触时或有潮湿气体侵入的地面应在铺设绝热层之前铺设一层防潮层。

5.3.3 绝热层铺设完成后，应在辐射面垂直构建交接处设置不间断的侧面绝热层，侧面绝热层的设置应符合下列规定：

1 宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料，厚度不应小于 10mm；应采用搭接方式连接，搭接宽度不应小于 10mm；

2 侧面绝热层也可采用密度不小于  $20\text{ kg/m}^3$ ，厚度 20mm 的挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板；应采用搭接方式连接，搭接宽度不应小于 20mm；

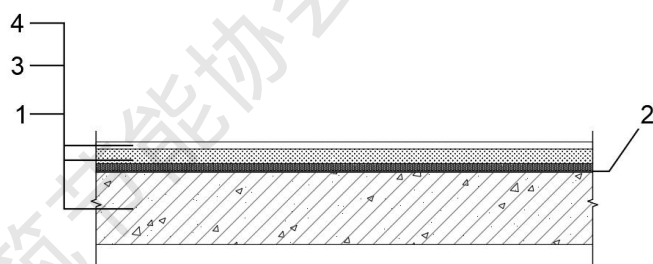
3 侧面绝热层应从绝热层上边缘做到填充层上边缘；交接部分应有可靠的固定措施，侧面绝热层与辐射面绝热层应连接紧密。

5.3.4 预制沟槽保温板铺设时，优先使用相同规格的标准板块拼接铺设在楼板基层上。当标准板块的尺寸不能满足要求时，可用工具刀裁下所需尺寸的保温板对

齐铺设，裁剪后需保证切口平直且无毛刺。相邻板块上的沟槽应互相对应，紧密依靠，板块间隙应用铝箔胶带满粘密封。

### 5.3.5 装配式保温隔声模块辐射供暖系统铺设时应符合下列规定：

1 厕浴间、厨房、阳台等有防水要求的房间采用装配式保温隔声模块辐射供暖系统时，系统面层下应设防水隔离层，防水隔离层的构造做法应符合相关标准要求（见图 5.3.5）。



1-楼面基层（含找平层）；2-防水隔离层；  
3-装配式保温隔声模块；4-饰面层

图 5.3.5 防水隔离层示意图

2 门洞口处装配式保温隔声模块应铺设至采暖空间墙体外侧边缘处，并做好防水防潮处理。

3 装配式保温隔声模块安装完成后，可在其上部直接粘结地砖、石材或铺设木地板面层。

4 装配式保温隔声模块的地砖与石材饰面材料及其铺装，工艺应符合建筑地面设计、施工等规范要求。

## 5.4 水系统管道安装

5.4.1 加热供冷管应按设计图纸标定的管间距和走向敷设并应保持平直，管间距的安装误差不应大于 10mm。加热供冷管敷设前，应对照施工图核定加热供冷管的选型、管径、壁厚等，并应检查加热供冷管外观及质量。管内部不应有杂质。加热供冷管安装间断或完毕时，敞口处应随时封堵，防污染。

5.4.2 加热供冷管及输配管应采用专用工具切割，切口应平整且垂直于管轴线。

5.4.3 加热供冷管及输配管弯曲敷设时应符合下列规定：

1 圆弧的顶部应设管卡固定；

2 塑料管弯曲半径不应小于管道外径的 8 倍，铝塑复合管弯曲半径不应小于管道外径的 6 倍，铜管弯曲半径不应小于管道外径的 5 倍；

3 最大弯曲半径不得大于管道外径的 11 倍，严禁硬折弯，且应防止弯管扭曲；

4 无缝铜管应采用专用机械弯管。

5.4.4 混凝土填充式供冷供暖地面距墙面最近的加热供冷管与墙面间距宜为 100mm；每个环路加热供冷管总长度与设计图纸误差不应大于 8%。

5.4.5 湿式地暖中，填充层内的加热供冷管及输配管应符合下列规定：

1 地面下敷设的加热供冷管不应有接头，铺设过程中管材出现损坏、渗漏等现象应整根更换；确因特殊情况无法整根更换时，应先报建设单位或监理工程师，由设计单位出具书面变更文件，提出唯一的补救方案，经批准后方可实施，且每个系统（户）中此类修补接头数量不得超过 1 个；

2 施工完成后发现填充层内的加热供冷管及输配管产生损坏，应先报建设单位或监理工程师，提出修复方案，经批准后方可实施；管路连接完成后，应做冲洗及压力试验，合格后方可隐蔽；

3 塑料管增设接头时，应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；应根据管材特性，采用热熔式、卡套或卡压式铜制管接头连接；采用铜制管接头连接时，外表面应做防腐处理，并应采用橡胶软管套，两端做好密封，装饰层表面应有检修标识；铜管宜采用机械连接或焊接连接；

4 应在竣工图上清晰标识接头位置，并记录归档。

5.4.6 干式地暖中，加热供冷管及输配管应符合下列规定：

1 仅当因工序原因，干湿交接区可预留接头；

2 应制定详细施工方案，经设计、监理及建设单位同意后方可实施；

3 施工前做好各专业工序施工衔接工作，尽量减少接头数量；

4 接头位置应放置在凸点式地暖保温模块的间隙，或预制沟槽模块的沟槽内，便于后期检修；

5 塑料管或铝塑复合管增设接头时，应根据管材特性，采用热熔式、卡套或卡压式铜制管接头连接；采用铜制管接头连接时，外表面应做防腐处理，并应采用橡胶软管套，两端做好密封，装饰层表面应有检修标识；铜管宜采用机械连接

或焊接连接；

6 应在竣工图上清晰表示接头位置，并记录归档。

5.4.7 根据供冷供暖地面的类型，加热供冷管和输配管的固定可采用下列方法：

1 加热盘管管径、间距和长度应符合设计要求，间距偏差不大于 $\pm 10\text{mm}$ ；

2 湿式地暖的加热供冷管应设固定装置。加热供冷管弯头两端宜设固定卡；加热供冷管直线段固定间距宜为 $500\text{mm}\sim 700\text{mm}$ ，弯曲管段固定点间距宜为 $200\text{mm}\sim 300\text{mm}$ ；

3 预制沟槽保温板地面供暖，应用铝箔胶带将敷设在保温板沟槽内的加热供冷管表面与保温板粘接固定。

5.4.8 加热供冷管或输配管穿墙时应设硬质套管。

5.4.9 加热管或输配管出地面至分集水器连接处，应采用弯管器弯管，弯管部分不宜露出面层。加热管或输配管出地面至分集水器下部阀口接口之间的明装管段，应加装塑料套管或波纹管套管，套管应高出面层 $150\text{mm}\sim 200\text{mm}$ 。

5.4.10 分集水器附近以及其他局部加热供冷管排列密集的部位，当管间距小于 $100\text{mm}$ 时，应在加热供冷管外部设置柔性套管。

5.4.11 加热供冷管或输配管与分集水器装置及管件连接，应采用双密封卡套式、卡压式或滑紧冷扩式挤压夹紧连接，连接件材料宜为铜质；铜制连接件直接与PP-R塑料管接触的表面应镀镍。

5.4.12 加热供冷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 $200\text{mm}$ 的套管。

5.4.13 分集水器宜在加热管铺设前安装。水平安装时，宜将分水器安装在上，集水器安装在下，分集水器中心间距宜为 $200\text{mm}$ ，集水器中心距地面不应小于 $300\text{mm}$ 。

5.4.14 供暖板的支路分集水器可采用暗装方式，埋在面层之下；明装时，宜单独安装在外窗下的墙面上。两种安装方式均应增加箱体保护。

5.4.15 填充层伸缩缝设置应与加热供冷管的安装同步或在填充层施工前进行，并应符合下列规定：

1 伸缩缝宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料板，宽度不宜小于 $10\text{mm}$ ，应采用搭

接方式连接，搭接宽度不应小于 10mm；也可采用密度小于 20kg/m<sup>3</sup> 的模塑聚乙烯泡沫塑料板，厚度应为 20mm，接头处应采用搭接方式连接；或预设木条待填充层施工完毕后取出，缝槽内填满弹性膨胀膏；

2 当地面面积超过 30m<sup>2</sup> 或边长超过 6m，应按不大于 6m 间距设置伸缩缝，伸缩缝宽度不应小于 8mm；也可采用密度小于 20kg/m<sup>3</sup> 的模塑聚乙烯泡沫塑料板，厚度应为 20mm；

3 伸缩缝宜从绝热层的上边缘做到填充层的上边缘；

4 伸缩缝应有效固定，泡沫塑料板伸缩缝可在铺设绝热层同时施工。

5.4.16 输配管安装应按设计图纸进行，明装管道标高允许偏差宜为 15mm，暗装位置应无明显偏差。

5.4.17 输配管与其分水、集水装置的接头连接时，应采用专门工具将管道承插到接头底部，再用专用固定卡子固定，使其紧密。各环路需明确标识供暖区域。

5.4.18 输配管道与支架、吊架之间，应有硬质绝热衬垫，其厚度不宜小于管道保温厚度，宽度不宜小于支架、吊架与管道接触面宽度。衬垫表面应平整，接合面空隙应填实。

5.4.19 冷凝水管道的安装应符合下列规定：

1 冷凝水管道应根据机组内压力、有无冷凝水泵等情况合理布置，应保证运行和停机过程中冷凝水顺利排出；

2 冷凝水水平干管应坡向排水口，无设计规定时坡度不宜小于 0.005，不应小于 0.003，且不应有积水部位、不得反坡；

3 冷凝水管道应做 U 形存水弯；

4 冷凝水管道应做保温。

5.4.20 辐射供冷供暖水系统管道安装完毕，且外观检查合格后，应按国家现行标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T 260 和《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的有关规定进行冲洗和水压试验。

## 5.5 填充层施工

5.5.1 填充层施工前应具备下列条件：

- 1 加热供冷管安装完毕、水压试验合格并保持带压状态；
- 2 侧面绝热层与填充层伸缩缝安装完毕；
- 3 温控器安装盒安装完毕；
- 4 隐蔽工程验收通过。

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。填充层施工过程中不得拆除和移动伸缩缝。

5.5.3 混凝土填充层施工，加热供冷管内水压不得低于 0.6MPa，养护过程中，管内水压不应低于 0.4MPa。

5.5.4 混凝土填充层施工中，严禁使用振捣设备；施工人员应穿软底鞋，使用平头铁锹，严禁踩踏加热供冷管。

5.5.5 系统初始加热前，厚层自流平填充层养护时间不应少于 1d、水泥砂浆填充层养护时间不应少于 7d，或抗压强度达到 5MPa 后，方可上人行走；细石混凝土填充层养护时间不应少于 21d。养护期间及期满后，应对地面采取保护措施，不得在地面上加以重载、高温烘烤、直接放置高温物体和高温设备。

5.5.6 填充层应在铺设过程中进行取样检验；宜按连续施工每 10000m<sup>2</sup> 作为一个检验批次，不足 10000m<sup>2</sup> 时按一个检验批次。

## 5.6 面层施工

5.6.1 面层施工前，填充层应达到面层需要的干燥度和强度。面层施工应符合土建设计施工图纸的各项要求，并应符合下列规定：

1 面层施工时，不得剔、凿、割、钉、钻填充层，不得向填充层内楔入任何物件；

2 石材、瓷砖在与垂直构件交接处，应留 10mm 宽伸缩缝；木地板铺设时，应留不小于 14mm 宽伸缩缝；伸缩缝应从填充层的上边缘做到面层上表面 10 mm~20mm，面层敷设完毕后应裁去伸缩缝多余部分；伸缩缝宜采用高发泡聚乙烯泡

沫塑料；

3 面积较大的面层应计算伸缩量，设置必要的面层伸缩缝。

5.6.2 以木地板作为面层时，木材应经过干燥处理，且应在填充层和找平层完全干燥后进行木地板施工。其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 的相关规定。

5.6.3 以石材、瓷砖作为面层时，填充层伸缩缝处宜采用干贴施工。其铺设施工方法应符合现行行业标准《瓷砖薄贴法施工技术规程》JC/T 60006 的相关规定。

5.6.4 采用预制沟槽保温板或供暖板时，面层可按下列方法施工：

1 木地板面层直接铺设在预制沟槽保温板或供暖板上；木地板配带的可发性聚乙烯（EPE）垫层应铺设在保温板或供暖板下，不得铺设在加热供冷管上。

2 采用带龙骨的预制轻薄供暖板时，木地板应与木龙骨垂直铺设；

3 铺设石材或瓷砖时，预制沟槽保温板及其加热供冷管或供暖板上应铺设厚度不小于 30mm 的找平层或结合层，或厚度不小于 6mm 的水泥板或纤维增强碳酸钙板；水泥砂浆找平层应加金属网，网格间距不应大于 100mm，金属丝直径不应小于 1mm，均压板基材为水泥板或纤维增强碳酸钙板时，可不设固定装置。

5.6.5 采用水泥砂浆填充层时，如面层为石材、瓷砖地面，填充层和面层应同时施工。

5.6.6 卫生间应在绝热层下部和填充层上部各设置一层隔离层。卫生间过门处应设置止水墙，止水墙内侧应做专业防水。加热供冷管穿止水墙处应采取隔离措施。

## 5.7 新风管道安装

5.7.1 风管的现场制作、安装应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的有关规定。

5.7.2 风管接缝处应做密封处理；风管在安装时应采取措施防止异物进入风管内部，敞口处应做封堵；内插连接的风管、直管与接头连接时，应有确保接头无缝连接的措施。

5.7.3 风管与分风箱连接时，应采取严实密封的措施。PE 双壁波纹风管与分风

箱连接时，可采用燕尾螺钉固定，固定点不应少于 3 个，且均匀排布；接口处应采用密封胶整圈密封。

5.7.4 风管应固定牢靠，可采用扁铁或管卡固定。

5.7.5 地面送风口安装完毕且未交付前应有保护措施，可采用硬质材料临时严密封堵送风口。

## 5.8 设备机组安装

5.8.1 热泵主机、水泵、新风机组、风机盘管等设备机组的安装应符合现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243 的有关规定。

5.8.2 机组安装前，应对设备基础进行验收。型钢、混凝土基础的规格及尺寸应与机组匹配；基础表面应平整、无蜂窝、无裂纹、麻面和露筋；基础四周应有排水措施，并应有足够的检修、更换空间。

5.8.3 机组搬运、吊装时，应保持垂直；倾斜角度不应大于产品技术文件的规定。

5.8.4 机组安装前，应对排水沟或地漏的设置、补水管的预留、供配电与控制电缆型号规格及敷设等基础配套设施进行全面检查。

5.8.5 机组安装应符合现行国家标准《通风与空调工程施工规范》GB 50738、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274 和《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303 的有关规定；机组与地板辐射供冷供暖水系统连接、冲洗、水压试验、试运行、调试及验收尚应符合现行行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142 的有关规定。

5.8.6 热泵主机、水泵、新风机组、风机盘管等与风管、水管的连接，应为柔性连接。

## 5.9 系统冲洗与压力试验

5.9.1 辐射供冷供暖空调水系统的冲洗及排气应符合下列规定：

1 冲洗应在系统连接成环路、辐射末端固定后进行；

2 冲洗时，应先进行供回水干管管路的冲洗，合格后再进行辐射末端的冲洗；

3 水系统冲洗时，污水不应流经空调设备及辐射末端环路，必要时现场应增设临时冲洗旁通。系统内过滤器应采用 100 目或以上过滤网，正常运行时过滤网目数应适当降低；

4 冲洗时，当水压低不足以排出系统中所有空气时，可借助系统中的水泵进行冲洗排气；

5 系统冲洗的同时应检查水系统各阀门及管路安装、标识是否正确；

6 不应用冷水冲洗，避免管道或末端结露；

7 冲洗、排气应对每个循环环路逐个单独进行。当水中无杂质，水色不浑浊，出水水流平稳且无气泡，并维持一段时间后即可结束。

**5.9.2 混凝土结构埋管系统、预制沟槽保温板及预制轻薄供暖板辐射末端系统应在隐蔽前进行水压试验，水压试验应符合下列规定：**

1 水压试验应在系统冲洗合格后进行，并应以每组分集水器为单位，逐个回路进行；

2 试验压力为 1.5 倍工作压力，且不应小于 0.6MPa；

3 辐射系统的换热管材为金属管或复合管时，在试验压力下稳压 10min，压降不大于 0.02MPa，并在工作压力下检查，压力不降且不渗不漏为合格；换热管材为塑料管道时，在试验压力下稳压 1h，压降不大于 0.05MPa，并在工作压力的 1.15 倍状态下稳压 2h，压降不大于 0.03MPa，不渗不漏为合格；

4 对于混凝土结构、预制沟槽保温板及供暖板，试压合格后，缓慢泄压到工作压力，系统应进行压力保持直到施工结束；

5 水压试验宜采用手动泵缓慢升压，升压过程中应随时检查有无渗漏；

6 不宜以气压试验代替水压试验。当系统有冻结危险时，可采用气压试验代替水压试验；

7 在有冻结可能的情况下采用水压试验时，应采取可靠的防冻措施。

**5.9.3 水压试验应按下列步骤进行：**

1 经分水器缓慢注水，同时将管道内空气排出；

2 充满水后，进行水密性检查；

3 采用手动泵缓慢升压，时间不得少于 15min；

4 升压至规定试验压力后，停止加压，稳压 1h，观察有无漏水现象；

5 稳压 1h 后，补压至规定试验压力值，15min 内的压力降不超过 0.05MPa，无渗漏为合格。

5.9.4 冷凝水管道应在每个滴水盘处做开式灌水试验，不渗不漏，排水通畅即为合格。

### 5.10 成品保护

5.10.1 加热供冷管道施工验收完毕，宜对表面进行覆盖保护。

5.10.2 保护层可采用透气性强的无纺布、亚克力板、胶合板等材料。

5.10.3 保护层铺装应平整严密，边角及接缝应用胶带固定，不得翘起、移动。

5.10.4 通道及房间进出口等踩踏频繁区域应重点保护，宜采取临时覆盖一定强度的保护层等方法。

5.10.5 地面面层施工时，应保护作业面的水系统管道不受损坏。

## 6 调试与验收

### 6.1 一般规定

6.1.1 辐射供冷供暖系统未经调试，严禁运行使用。

6.1.2 初始供暖调试应按预热、升温 and 平衡调节的顺序进行，并应符合下列规定：

1 预热阶段供水温度应控制在高于室内空气温度  $10^{\circ}\text{C}$ ，且不应高于  $32^{\circ}\text{C}$ ，并应连续运行 48h；

2 升温阶段应每隔 24h 水温升高  $3^{\circ}\text{C}$ ，直至达到设计供水温度，并保持该温度运行不少于 24h；

3 在设计供水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。

6.1.3 供冷系统调试应符合下列规定：

1 初始供冷调试应在除湿系统或新风系统调试后进行；

2 供冷系统的供水温度应控制在高于室内空气露点温度  $2^{\circ}\text{C}$  以上，逐渐降低直至达到设计供水温度，并保持该温度运行不少于 24h；

3 在设计供水温度工况下，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。

6.1.4 竣工验收应进行外观质量检查与功能性能测试，并应符合下列规定

#### 1 资料核查

1) 应核查设计文件、图纸会审记录、设计变更文件、产品合格证、性能检测报告及进场验收记录；

2) 应核查隐蔽工程验收记录、系统冲洗记录、水压试验记录、调试记录及施工质量检查记录。

#### 2 外观质量检查

1) 填充层表面应平整，不应有影响使用功能的明显裂缝、空鼓及起砂等缺陷；

2) 面层应平整牢固，不应出现影响使用功能的起拱、变形、松动等缺陷；

3) 分水器、集水器、阀门、管道连接部位、保温层及温控装置安装应牢固、完整,不应有渗漏、破损和影响使用功能的缺陷。

### 3 功能性能测试

1) 阀门启闭应灵活,功能应正常,关闭状态下不应出现渗漏现象;

2) 温控装置、执行器、水泵、混水装置及联动控制装置应运行正常,并应符合设计文件和产品技术文件要求;

3) 供冷系统应检查防结露控制功能,除湿或新风联动控制应符合设计文件要求。

### 4 验收结论

竣工验收应在资料核查、外观质量检查和功能性能测试均符合要求后进行。验收结果应形成记录,并由相关单位签字确认。

#### 6.1.5 地板辐射供冷供暖系统调试过程记录内容应包含:

1 启动阶段记录:启动时间、初始供水温度、温度调节过程参数及热/冷源运行状态;

2 稳定运行记录:供水与回水温度、系统压力、各环路流量、分区地面及室内空气温度,以及达到设计工况的时间与运行稳定性情况;

3 水力平衡记录:各环路流量分配情况、平衡调节方法及调节后运行效果;

4 防结露记录(供冷系统):室内空气相对湿度、露点温度及运行过程中是否发生结露及其位置。

#### 6.1.6 地板辐射供冷供暖系统验收过程记录应包括以下内容:

1 工程基本信息及系统组成情况;

2 材料、设备质量证明文件及进场验收情况;

3 水压试验及隐蔽工程验收记录;

4 系统功能检测及运行调试结果;

5 外观质量检查结果;

6 存在问题及整改情况;

7 验收结论。

## 6.2 系统调试与检测

6.2.1 在施工完毕且养护期满后试运行调试,并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;当非供冷供暖季进行调试时,应保证设计流量达到要求。

6.2.2 辐射体表面平均温度测定应符合下列规定:

1 温度测量应在稳态条件下进行,温度测点应与辐射体表面紧密粘贴;

2 对以水为媒介的测试样品,温度测点数量不应少于 5 对,其中一半测点应沿热媒流程均匀设置在加热供冷管上,另一半测点应设在加热供冷管之间且沿热媒流程均匀布置;

3 辐射体表面平均温度应取各测点温度的算术平均值,并按下列公式计算:

$$t_n = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (6.2.2)$$

式中:  $t_n$ —辐射表面平均温度,单位为摄氏度(°C);

$t_i$ —辐射表面第  $i$  个测点温度,单位为摄氏度(°C);

$n$ —辐射表面测点总数量。

6.2.3 地板辐射供冷供暖系统室内空气温度、湿度检测符合下列规定:

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

2 辐射供冷时,宜以房间中央离地 1.1m 高处空气温度、湿度作为评价依据;

3 温度测量系统准确度应为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ,湿度测量系统准确度应为 $\pm 2\%$ 。

1) 当房间使用面积小于  $16\text{m}^2$  时,应设测点 1 个;

2) 当房间使用面积大于或者等于  $16\text{m}^2$  且小于  $30\text{m}^2$  时,应设测点 2 个;

3) 当房间使用面积大于或者等于  $30\text{m}^2$  且小于  $60\text{m}^2$  时,应设测点 3 个;

4) 当房间使用面积大于或者等于  $60\text{m}^2$  且小于  $100\text{m}^2$  时,应设测点 5 个;

5) 当房间使用面积大于或者等于  $100\text{m}^2$  时,每增加  $(20\sim 30)\text{m}^2$  应增加 1 个测点。

6.2.4 地板辐射供冷供暖系统进出口水温测点应安装在分水器、集水器上,连续监测 24h,每小时记录 1 次,温度测量系统准确度应为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.5 地板辐射供冷供暖系统新风系统风量检测应符合下列规定:

1 风量测点布置应符合现行行业标准《公共建筑节能检测标准》JGJ/T177 的规定;

2 风量可按下列步骤及方法进行检测:

1) 检查系统和机组是否正常运行,并调整到检测状态;

2) 确定风量测量的具体位置以及测点的数目和布置方法,测量截面应选择在气流较均匀的直管段上,并距上游局部阻力管件 4 倍~5 倍管径以上(或矩形风管长边尺寸),距下游局部阻力管件 1.5 倍~2 倍管径以上(或矩形风管长边尺寸)的位置;

3) 依据仪表的操作规程,调整测试用仪表到测量状态;

4) 逐点进行测量,每点宜进行 2 次以上测量;

5) 当采用毕托管测量时,毕托管的直管应垂直管壁,毕托管的测头应正对气流方向且与风管的轴线平行,测量过程中,应保证毕托管与微压计的连接软管通畅无漏气;

6) 记录所测空气温度和当时的大气压力。

3 数据处理应符合下列规定:

1) 当采用毕托管和微压计测量时,应按下列公式计算风量:

$$\bar{P}_v = \left( \frac{\sqrt{P_{v1}} + \sqrt{P_{v2}} + \cdots + \sqrt{P_{vn}}}{n} \right)^2 \quad (6.2.5-1)$$

$$\bar{V} = \sqrt{\frac{2\bar{P}_v}{\rho}} \quad (6.2.5-2)$$

$$L = 3600\bar{V}F \quad (6.2.5-3)$$

$$L_s = \frac{L \cdot \rho}{1.2} \quad (6.2.5-4)$$

$$\rho = 0.00349B / (273.15 + t) \quad (6.2.5-5)$$

式中:  $\bar{P}_v$ ——平均动压(Pa);

$P_{v1}$ 、 $P_{v2}$ …… $P_{vn}$ ——各测点的动压(Pa);

$\bar{V}$ ——断面平均风速(m/s);

$\rho$ ——空气密度(kg/m<sup>3</sup>);

$B$ ——大气压力(kPa);

$t$ ——空气温度(°C);

$F$ ——截断面积(m<sup>2</sup>);

$L$ ——机组或系统风量(m<sup>3</sup>/h);

$L_s$ ——标准空气状态下风量(m<sup>3</sup>/h)。

2) 当采用热电风速计或数字式风速计测量风量时,断面平均风速为各测点风速测量值的平均值,实测风量和标准风量的计算方法与毕托管和微压计测量计算方法相同。

#### 6.2.6 地板辐射供冷供暖系统水系统流量检测应符合下列规定:

1 水系统流量检测的测点布置应设置在设备进口或出口的直管段上;对于超声波流量计,其最佳位置可为距上游局部阻力构件 10 倍管径、距下游局部阻力构件 5 倍管径之间的管段上;

2 水系统流量可按下列步骤进行检测:

- 1) 确定检测状态,安装检测仪表;
- 2) 依据仪表的操作规程,调整测试仪表到测量状态;
- 3) 待测试状态稳定后,开始测量,测量时间宜取 10min。

3 水系统流量检测的数据处理应取各次测量的算术平均值作为测试值。

#### 6.2.7 地板辐射供冷供暖系统制冷(热)量检测应符合下列规定:

1 制冷(热)量检测的测点布置应符合下列规定:

1) 对于 2 台及以下同型号机组,应至少抽取 1 台;对于 3 台及以上同型号机组,应至少抽取 2 台;

2) 温度计应设在靠近机组的进出口处;流量传感器应设在设备进口或出口的直管段上,并应符合测试要求。

2 制冷(热)量可按下列步骤及方法进行检测:

- 1) 应按现行国家标准《蒸气压缩循环冷水(热泵)机组性能试验方法》

GB/T10870 规定的液体载冷剂法进行检测；

2) 检测时应同时分别对冷水(热水)的进、出口处水温和流量进行检测，根据进、出口温差和流量检测值计算得到系统的供冷(供热)量；

3) 应每隔 5min~10min 读数，连续测量 60min，取每次读数的平均值作为测试的测定值。

3 机组制冷（热）量应按式计算：

$$Q_0 = 1.163V \rho \Delta t \quad (6.2.7)$$

式中： $Q_0$ ——机组制冷（热）量(W)；

$V$ ——循环侧水平均流量(m<sup>3</sup>/h)；

$\Delta t$ ——循环侧水进、出口平均温差(°C)；

$\rho$ ——水平均密度(kg/m<sup>3</sup>)。

6.2.8 地板辐射供冷供暖系统调试完成后，应对下列性能参数进行检测，并应符合下列规定：

1 辐射供冷时地板表面的平均温度，在人员长期停留区域不应低于 21°C，在人员短期停留区域不应低于 18°C；供暖时人员长期停留区域不应高于 29°C，在人员短期停留区域不应高于 32°C；

2 室内空气温度、湿度应满足设计要求；

3 供热水温度宜为 35°C~45°C；供回水温差不宜大于 10°C 且不宜小于 5°C。供冷水温度应高于室内空气露点温度 1°C~2°C，供回水温差不宜大于 5°C 且不宜小于 2°C；

4 系统进出口水温及温差应满足设计要求，且进出口温差不得超过±1°C；

5 新风系统总风量、各送风口风量满足设计要求；

6 水系统总水量及各环路水量满足设计要求；

7 地板辐射供冷供暖系统的制冷(热)量满足设计要求。

## 6.3 竣工验收

### 6.3.1 竣工验收时，应具备下列文件：

- 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 辐射供冷供暖系统性能检测报告；
- 4 中间验收记录；
- 5 冲洗和试压记录；
- 6 工程质量检验评定记录；
- 7 系统调试和试运行记录；
- 8 现场见证复验材料和产品的检验报告；
- 9 工程使用维护说明书。

6.3.2 竣工验收应根据工程施工特点开展，从管道敷设和热媒集配装置安装完毕进行试验起，至混凝土填充层养护期满再次进行试验，由施工单位会同监理单位进行。

### 6.3.3 辐射供冷供暖系统竣工验收应符合下列规定：

- 1 供冷供暖地面施工前，地面的平整度及洁净度符合施工要求；
- 2 绝热层的厚度、材料的物理性能及铺设应符合设计要求；
- 3 伸缩缝应按设计要求敷设完毕；
- 4 供暖/供冷板表面应平整，接缝处应严密；
- 5 填充层内供冷供暖管、输配管不应有接头，弯曲部分不得出现硬折弯现象；
- 6 供暖供冷管、输配管、分水器、集水器及其连接处在试验压力下无渗漏；
- 7 阀门启闭灵活，关闭严密；
- 8 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；
- 9 供冷供暖地面按要求铺设防潮层、隔离层、均热层、钢丝网等；
- 10 填充层、找平层、面层平整，表面无明显裂缝。

### 6.3.4 地板辐射供冷供暖水系统检查和验收应包括下列内容：

- 1 加热供冷管、预制沟槽保温板或供暖板、输配管、分水器、集水器、阀门、附件、绝热材料、温控及计量设备等的质量；

2 原始工作面、填充层、面层、隔离层、绝热层、防潮层、均热层、伸缩缝等施工质量；

3 管道、分水器、集水器、阀门、温控及计量设备等安装质量；

4 管路冲洗；

5 隐蔽前、后水压试验。

6.3.5 竣工验收应在地板辐射供冷供暖系统性能检测合格后进行。

## 7 运行与维护

### 7.1 运行管理

7.1.1 地板辐射供冷供暖系统应编制运行方案,并应依据运行方案开展运行管理。

7.1.2 冬季运行时,地板辐射供冷供暖系统应采取防冻措施。

7.1.3 地板辐射供冷供暖系统宜设置远程监控与控制功能。

7.1.4 地板辐射供冷供暖系统检测与监控内容应包括运行参数监测、设备状态显示、自动调节控制、工况切换、联锁保护及能量计量等功能。

7.1.5 系统监测与控制方式应根据建筑功能、系统形式及运行管理要求确定。

7.1.6 地板辐射供冷供暖系统参数检测应符合下列规定:

1 温湿度动态控制及能量计量相关关键参数应实时监测,包括室内外空气温度、相对湿度、地面表面温度及露点温度等;

2 用于系统性能评价及经济分析的参数宜进行检测,包括温湿调控效果、防结露性能及能耗分项数据等;

3 温度、相对湿度测量仪表精度应满足控制要求,其中温度测量误差不应大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度测量误差不应大于 $\pm 3\%$ ;

4 系统应具备分区温控、循环水泵及冷热源的联动控制功能;供冷工况下应与新风及除湿系统实现联动控制,并应满足防结露控制要求。

7.1.7 辐射供冷系统运行时,新风换气次数宜为 $0.5\text{次/h}\sim 1.0\text{次/h}$ ,室内相对湿度应控制在 $40\%\sim 60\%$ ,室内风速不宜大于 $0.25\text{m/s}$ 。

7.1.8 辐射供冷系统应具备防结露控制功能,并应符合下列规定:

1 系统供水温度应通过调节控制,使供冷末端温度高于空气露点温度不小于 $2^{\circ}\text{C}$ ;

2 当监测到末端温度接近露点温度时,系统应自动提高供水温度或暂停供冷运行;

3 当发生结露现象时,应联动启动除湿措施,并应提高供水温度或停止供冷运行,直至结露消除后方可恢复运行。

## 7.2 保养维护

7.2.1 系统运行及维护人员应经安全技术培训并考核合格后方可上岗。

7.2.2 维护检修部门应配备满足系统维护需要的工具、设备及检测仪器。

7.2.3 地板辐射供冷供暖系统日常维护应符合下列规定：

1 应定期对系统运行参数进行监测，包括供回水温度、系统压力等，异常情况应及时处理；

2 应根据室内环境变化对系统运行参数进行适当调整；

3 应定期检查分集水器、管道及阀门等设备状况，发现渗漏、腐蚀或变形等异常应及时处理。

7.2.4 地板辐射供冷供暖系统定期维护应符合下列规定：

1 宜定期对系统管道进行清洗，保证系统换热性能；

2 宜定期检查阀门运行状态及密封性能，必要时进行维护或更换；

3 宜定期检查管道及设备保温层状况，发现破损应及时修复；

4 宜定期对循环水泵、温控装置等关键设备进行性能检查，对于检查不符合要求的设备，应进行维修或更换，以保证系统的整体运行效果；

5 水系统过滤器宜定期检查，系统水质及运行压力应符合运行要求。

7.2.5 地板辐射供冷供暖系统在非运行季节应采取满水保护措施，在有冻结风险的地区应采取防冻或排空措施。

7.2.6 地板辐射供冷供暖系统表面应有明显的标识，不得进行打洞、钉凿、撞击和高温作业等。

## 附录 A 辐射供冷供暖地面单位面积传热量

### A.1 采用聚苯乙烯塑料板绝热层的混凝土填充式热水辐射供暖地面单位面积散热量

A.1.1 当采用导热系数为  $0.38 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  的 PE-X 管时，单位地面面积的向上供热量和向下传热量可按表 A.1.1-1～表 A.1.1-2 取值。

表 A.1.1-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 ( $\text{W/m}^2$ )

| 供回水<br>平均温<br>度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内设<br>计温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|----------------------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                                        |                                      | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                                        |                                      | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                                     | 16                                   | 47.4          | 10.5          | 20.6           | 59.4          | 10.2          | 21.6           | 74.6          | 10.1          | 22.9           | 93.9          | 10.1          | 24.5           | 118.2         | 10.3          | 26.5           |
|                                        | 18                                   | 42.6          | 9.4           | 22.1           | 53.4          | 9.2           | 23.1           | 67.1          | 9.0           | 24.3           | 84.2          | 9.1           | 25.7           | 106.1         | 9.2           | 27.5           |
|                                        | 20                                   | 37.8          | 8.4           | 23.7           | 47.3          | 8.1           | 24.6           | 59.4          | 8.0           | 25.6           | 74.6          | 8.1           | 26.9           | 93.9          | 8.2           | 28.5           |
|                                        | 22                                   | 32.9          | 7.4           | 25.3           | 41.2          | 7.1           | 26.0           | 51.7          | 7.0           | 26.9           | 64.9          | 7.1           | 28.1           | 81.7          | 7.2           | 29.5           |
|                                        | 24                                   | 28.1          | 6.4           | 26.8           | 35.3          | 6.1           | 27.5           | 44.1          | 6.0           | 28.3           | 55.3          | 6.1           | 29.3           | 69.5          | 6.2           | 30.5           |
| 40                                     | 16                                   | 63.1          | 13.7          | 21.9           | 77.0          | 13.3          | 23.1           | 96.3          | 13.0          | 24.7           | 121.6         | 13.0          | 26.7           | 150.0         | 13.0          | 29.0           |
|                                        | 18                                   | 58.1          | 12.7          | 23.5           | 70.9          | 12.3          | 24.6           | 88.6          | 12.0          | 26.1           | 111.8         | 12.1          | 28.0           | 137.8         | 12.1          | 30.0           |
|                                        | 20                                   | 53.1          | 11.7          | 25.1           | 64.6          | 11.3          | 26.1           | 80.7          | 11.1          | 27.4           | 101.9         | 11.1          | 29.2           | 125.4         | 11.1          | 31.1           |
|                                        | 22                                   | 48.0          | 10.6          | 26.6           | 58.4          | 10.3          | 27.5           | 72.9          | 10.1          | 28.8           | 92.0          | 10.1          | 30.3           | 113.2         | 10.2          | 32.1           |
|                                        | 24                                   | 43.0          | 9.6           | 28.2           | 52.3          | 9.3           | 29.0           | 65.1          | 9.1           | 30.1           | 82.0          | 9.1           | 31.5           | 100.9         | 9.2           | 33.1           |

|    |    |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| 45 | 16 | 79.1  | 16.9 | 23.3 | 96.1  | 16.4 | 24.7 | 120.3 | 16.0 | 26.6 | 151.8 | 16.0 | 29.2 | 187.5 | 16.0 | 31.9 |
|    | 18 | 73.9  | 15.9 | 24.8 | 89.8  | 15.4 | 26.2 | 112.2 | 15.1 | 28.0 | 141.6 | 15.0 | 30.3 | 174.6 | 15.1 | 32.9 |
|    | 20 | 68.8  | 14.9 | 26.4 | 83.4  | 14.4 | 27.6 | 104.3 | 14.1 | 29.3 | 131.4 | 14.1 | 31.5 | 162.0 | 14.1 | 34.0 |
|    | 22 | 63.7  | 13.8 | 28.0 | 77.2  | 13.5 | 29.1 | 96.3  | 13.1 | 30.7 | 121.3 | 13.1 | 32.7 | 149.3 | 13.2 | 35.0 |
|    | 24 | 58.6  | 12.8 | 29.5 | 71.0  | 12.5 | 30.6 | 88.5  | 12.1 | 32.1 | 111.2 | 12.1 | 33.9 | 136.8 | 12.2 | 36.0 |
| 50 | 16 | 95.2  | 20.1 | 24.6 | 117.4 | 19.7 | 26.4 | 149.0 | 19.5 | 28.9 | 192.8 | 19.5 | 32.3 | 247.7 | 20.2 | 36.5 |
|    | 18 | 90.5  | 19.3 | 26.2 | 111.6 | 18.8 | 27.9 | 141.5 | 18.6 | 30.3 | 183.1 | 18.6 | 33.6 | 235.0 | 19.3 | 37.6 |
|    | 20 | 85.7  | 18.2 | 27.8 | 105.6 | 17.9 | 29.5 | 134.0 | 17.7 | 31.7 | 173.2 | 17.7 | 34.8 | 222.2 | 18.3 | 38.6 |
|    | 22 | 81.0  | 17.3 | 29.4 | 99.8  | 17.0 | 31.0 | 126.4 | 16.8 | 33.1 | 163.4 | 16.8 | 36.1 | 209.4 | 17.4 | 39.6 |
|    | 24 | 76.3  | 16.4 | 31.0 | 93.9  | 16.0 | 32.5 | 119.0 | 15.9 | 34.5 | 153.6 | 15.9 | 37.3 | 196.7 | 16.4 | 40.6 |
| 55 | 16 | 111.6 | 23.3 | 25.9 | 138.9 | 22.8 | 28.1 | 178.0 | 22.5 | 31.2 | 231.8 | 22.6 | 35.3 | 301.0 | 23.4 | 40.5 |
|    | 18 | 106.8 | 22.5 | 27.6 | 132.8 | 22.0 | 29.6 | 170.2 | 21.7 | 32.6 | 221.5 | 21.8 | 36.5 | 287.4 | 22.5 | 41.5 |
|    | 20 | 102.1 | 21.6 | 29.2 | 126.9 | 21.1 | 31.2 | 162.6 | 20.8 | 34.0 | 211.2 | 20.9 | 37.8 | 273.9 | 21.6 | 42.5 |
|    | 22 | 97.3  | 20.7 | 30.8 | 121.0 | 20.2 | 32.7 | 155.0 | 19.9 | 35.4 | 201.1 | 20.0 | 39.0 | 260.6 | 20.6 | 43.5 |
|    | 24 | 92.6  | 19.8 | 32.4 | 115.0 | 19.3 | 34.2 | 147.3 | 19.1 | 36.8 | 190.9 | 19.2 | 40.2 | 247.3 | 19.7 | 44.5 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 50 mm,聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数 0.041 W/(m·K)、厚度 20 mm,供回水温差 10℃;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为 0.02 m<sup>2</sup>·K/W（该数据包含找平层/结合层）。

表 A.1.1-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m<sup>2</sup>)

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>(°C) | 室内<br>设计<br>温度<br>(°C) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                             |                        | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                             |                        | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                          | 16                     | 46.0          | 10.8          | 20.4           | 53.6          | 11.2          | 21.1           | 62.1          | 11.7          | 21.8           | 71.3          | 12.2          | 22.6           | 79.9          | 12.9          | 23.3           |
|                             | 18                     | 41.1          | 9.8           | 22.0           | 47.9          | 10.2          | 22.6           | 55.4          | 10.7          | 23.3           | 63.3          | 11.2          | 23.9           | 70.8          | 11.8          | 24.6           |
|                             | 20                     | 36.4          | 8.8           | 23.6           | 42.4          | 9.2           | 24.1           | 48.9          | 9.6           | 24.7           | 55.8          | 10.1          | 25.3           | 62.2          | 10.7          | 25.8           |
|                             | 22                     | 31.6          | 7.9           | 25.2           | 36.7          | 8.2           | 25.6           | 42.3          | 8.6           | 26.1           | 48.2          | 9.0           | 26.6           | 53.6          | 9.5           | 27.1           |
|                             | 24                     | 26.8          | 6.9           | 26.7           | 31.1          | 7.2           | 27.1           | 35.7          | 7.5           | 27.5           | 40.5          | 7.9           | 28.0           | 45.0          | 8.3           | 28.4           |
| 40                          | 16                     | 58.7          | 13.6          | 21.5           | 68.1          | 14.1          | 22.3           | 78.7          | 14.8          | 23.2           | 90.1          | 15.4          | 24.2           | 100.9         | 16.3          | 25.1           |
|                             | 18                     | 53.6          | 12.6          | 23.1           | 62.1          | 13.1          | 23.8           | 71.7          | 13.7          | 24.6           | 81.8          | 14.3          | 25.5           | 91.4          | 15.1          | 26.3           |
|                             | 20                     | 48.5          | 11.6          | 24.7           | 56.2          | 12.1          | 25.3           | 64.7          | 12.6          | 26.1           | 73.6          | 13.2          | 26.8           | 82.0          | 13.9          | 27.5           |
|                             | 22                     | 43.5          | 10.7          | 26.2           | 50.3          | 11.1          | 26.8           | 57.8          | 11.6          | 27.5           | 65.5          | 12.1          | 28.1           | 72.8          | 12.7          | 28.7           |
|                             | 24                     | 38.5          | 9.8           | 27.8           | 44.5          | 10.1          | 28.3           | 51.0          | 10.5          | 28.9           | 57.7          | 10.9          | 29.5           | 64.0          | 11.5          | 30.0           |
| 45                          | 16                     | 71.5          | 16.5          | 22.6           | 82.9          | 17.1          | 23.6           | 95.5          | 17.8          | 24.6           | 109.1         | 18.7          | 25.7           | 122.0         | 19.8          | 26.8           |
|                             | 18                     | 66.2          | 15.5          | 24.2           | 76.7          | 16.1          | 25.1           | 88.2          | 16.8          | 26.0           | 100.5         | 17.5          | 27.0           | 112.0         | 18.5          | 28.0           |
|                             | 20                     | 60.9          | 14.5          | 25.7           | 70.4          | 15.0          | 26.5           | 80.9          | 15.7          | 27.4           | 92.0          | 16.4          | 28.3           | 102.2         | 17.2          | 29.2           |
|                             | 22                     | 55.7          | 13.6          | 27.3           | 64.3          | 14.0          | 28.0           | 73.7          | 14.6          | 28.8           | 83.6          | 15.2          | 29.6           | 92.7          | 16.0          | 30.4           |
|                             | 24                     | 50.4          | 12.6          | 28.8           | 58.2          | 13.1          | 29.5           | 66.6          | 13.6          | 30.2           | 75.4          | 14.1          | 31.0           | 83.4          | 14.7          | 31.6           |
| 50                          | 16                     | 84.5          | 19.4          | 23.7           | 97.9          | 20.1          | 24.8           | 112.8         | 21.0          | 26.0           | 128.5         | 22.1          | 27.3           | 143.4         | 23.3          | 28.5           |
|                             | 18                     | 79.0          | 18.4          | 25.3           | 91.4          | 19.1          | 26.3           | 105.1         | 19.9          | 27.4           | 119.5         | 20.8          | 28.6           | 133.1         | 22.0          | 29.7           |
|                             | 20                     | 73.5          | 17.4          | 26.8           | 84.9          | 18.1          | 27.8           | 97.5          | 18.8          | 28.8           | 110.7         | 19.6          | 29.9           | 123.0         | 20.7          | 30.9           |

|    |    |      |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|    | 22 | 68.0 | 16.5 | 28.3 | 78.6  | 17.1 | 29.2 | 90.0  | 17.7 | 30.2 | 102.0 | 18.5 | 31.2 | 113.2 | 19.4 | 32.1 |
|    | 24 | 62.6 | 15.5 | 29.9 | 72.2  | 16.1 | 30.7 | 82.6  | 16.7 | 31.6 | 93.5  | 17.3 | 32.5 | 103.5 | 18.1 | 33.3 |
| 55 | 16 | 97.7 | 22.4 | 24.8 | 113.3 | 23.2 | 26.1 | 130.4 | 24.2 | 27.5 | 148.5 | 25.4 | 28.9 | 165.4 | 26.9 | 30.2 |
|    | 18 | 91.9 | 21.3 | 26.3 | 106.4 | 22.1 | 27.5 | 122.3 | 23.1 | 28.8 | 139.1 | 24.2 | 30.1 | 154.8 | 25.6 | 31.4 |
|    | 20 | 86.2 | 20.3 | 27.9 | 99.7  | 21.1 | 29.0 | 114.4 | 22.0 | 30.2 | 129.9 | 23.0 | 31.4 | 144.4 | 24.2 | 32.6 |
|    | 22 | 80.6 | 19.3 | 29.4 | 93.0  | 20.1 | 30.4 | 106.6 | 20.9 | 31.5 | 120.8 | 21.8 | 32.7 | 134.1 | 22.9 | 33.8 |
|    | 24 | 75.1 | 18.4 | 30.9 | 86.5  | 19.1 | 31.9 | 99.0  | 19.8 | 32.9 | 112.0 | 20.6 | 34.0 | 124.2 | 21.6 | 35.0 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 50 mm,聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数 0.041 W/(m·K)、厚度 20 mm,供回水温差 10℃;

2 木地板材料面层热阻为 0.1 m<sup>2</sup>·K/W。

A.1.2 当采用导热系数为  $0.38 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  的 PE-X 管时, 单位地面面积的向上供冷量和向下传热量可按表 A.1.2-1~表 A.1.2-2 取值。

表 A.1.2-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内<br>设计<br>温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供冷管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                                               |                                          | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                                               |                                          | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 17                                            | 24                                       | 17.3          | 2.1           | 21.6           | 19.2          | 2.3           | 21.3           | 22.0          | 2.7           | 20.9           | 25.0          | 3.2           | 20.5           | 30.9          | 3.8           | 19.8           |
|                                               | 26                                       | 22.2          | 2.8           | 22.9           | 24.5          | 3.1           | 22.6           | 28.2          | 3.5           | 22.1           | 35.0          | 4.1           | 21.1           | 39.0          | 5.5           | 20.6           |
|                                               | 28                                       | 30.7          | 3.3           | 23.7           | 33.2          | 3.8           | 23.4           | 38.1          | 4.4           | 22.7           | 41.2          | 5.6           | 22.3           | 47.3          | 6.8           | 21.5           |
| 19                                            | 24                                       | 11.2          | 1.4           | 22.4           | 12.7          | 1.6           | 22.2           | 14.7          | 1.8           | 22.0           | 18.8          | 2.5           | 21.4           | 19.6          | 2.9           | 21.3           |
|                                               | 26                                       | 17.0          | 2.1           | 23.6           | 18.6          | 2.4           | 23.4           | 21.5          | 2.8           | 23.0           | 27.6          | 3.2           | 22.2           | 30.6          | 4.3           | 21.8           |
|                                               | 28                                       | 21.8          | 2.5           | 24.9           | 24.1          | 2.9           | 24.6           | 27.2          | 3.4           | 24.2           | 32.2          | 4.3           | 23.5           | 39.8          | 5.5           | 22.5           |
| 21                                            | 24                                       | 7.5           | 1.0           | 22.9           | 8.4           | 1.1           | 22.8           | 9.4           | 1.3           | 22.7           | 11.1          | 1.4           | 22.5           | 12.4          | 1.6           | 22.3           |
|                                               | 26                                       | 13.0          | 1.6           | 24.2           | 14.8          | 1.8           | 23.9           | 17.0          | 2.1           | 23.6           | 18.0          | 2.5           | 23.5           | 21.7          | 2.8           | 23.0           |
|                                               | 28                                       | 18.2          | 2.2           | 25.4           | 20.7          | 2.5           | 25.1           | 23.5          | 2.8           | 24.7           | 28.3          | 3.2           | 24.1           | 31.5          | 3.9           | 23.7           |
| 23                                            | 24                                       | 2.7           | 0.3           | 23.6           | 3.0           | 0.3           | 23.6           | 3.4           | 0.4           | 23.5           | 3.9           | 0.5           | 23.5           | 4.5           | 0.6           | 23.4           |
|                                               | 26                                       | 7.5           | 0.9           | 24.9           | 8.3           | 1.0           | 24.8           | 9.4           | 1.1           | 24.7           | 11.4          | 1.3           | 24.4           | 12.3          | 1.8           | 24.3           |
|                                               | 28                                       | 12.9          | 1.6           | 26.2           | 14.1          | 1.8           | 26.0           | 16.3          | 2.0           | 25.7           | 19.8          | 2.5           | 25.3           | 20.0          | 2.7           | 25.3           |

注: 1 计算条件为加热管公称外径 20 mm, 填充层厚度 50 mm, 聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数  $0.041 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚度 20 mm, 供回水温差  $2^{\circ}\text{C}$ ;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为  $0.02 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 。

表 A.1.2-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 ( $\text{W/m}^2$ )

| 供回水平均温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内设计温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供冷管间距 (mm) |       |        |       |       |        |       |       |        |       |       |        |       |       |        |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
|                                   |                                  | 500        |       |        | 400   |       |        | 300   |       |        | 200   |       |        | 100   |       |        |
|                                   |                                  | 向上供冷量      | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 |
| 17                                | 24                               | 15.1       | 2.3   | 21.6   | 16.4  | 2.6   | 21.4   | 18.1  | 2.9   | 21.2   | 19.6  | 3.6   | 20.9   | 22.8  | 4.3   | 20.6   |
|                                   | 26                               | 19.2       | 2.9   | 22.9   | 21.1  | 3.2   | 22.6   | 23.6  | 3.6   | 22.3   | 24.8  | 4.7   | 22.1   | 29.4  | 5.1   | 21.6   |
|                                   | 28                               | 21.8       | 3.9   | 24.3   | 24.0  | 4.3   | 24.0   | 26.4  | 4.9   | 23.7   | 32.4  | 5.2   | 23.1   | 33.5  | 6.8   | 22.7   |
| 19                                | 24                               | 10.7       | 1.6   | 22.5   | 11.6  | 1.8   | 22.3   | 12.9  | 2.0   | 22.0   | 13.8  | 2.4   | 21.9   | 16.3  | 3.0   | 21.6   |
|                                   | 26                               | 14.1       | 2.4   | 23.6   | 15.4  | 2.7   | 23.4   | 16.8  | 3.1   | 23.2   | 20.7  | 3.4   | 22.7   | 21.2  | 4.2   | 22.6   |
|                                   | 28                               | 19.2       | 2.9   | 24.7   | 21.0  | 3.3   | 24.5   | 23.3  | 3.6   | 24.2   | 25.1  | 4.7   | 24.0   | 29.6  | 5.1   | 23.5   |
| 21                                | 24                               | 6.0        | 1.0   | 23.1   | 6.5   | 1.1   | 23.0   | 7.2   | 1.2   | 22.8   | 8.9   | 1.4   | 22.6   | 9.0   | 1.9   | 22.5   |
|                                   | 26                               | 10.7       | 1.6   | 24.4   | 11.6  | 1.8   | 24.2   | 12.9  | 2.0   | 24.0   | 13.8  | 2.6   | 23.9   | 16.4  | 2.7   | 23.5   |
|                                   | 28                               | 13.8       | 2.4   | 25.6   | 15.1  | 2.7   | 25.4   | 16.6  | 3.1   | 25.2   | 20.7  | 3.3   | 24.7   | 21.1  | 4.3   | 24.6   |
| 23                                | 24                               | 2.1        | 0.3   | 23.7   | 2.3   | 0.4   | 23.7   | 2.6   | 0.4   | 23.6   | 2.8   | 0.5   | 23.6   | 3.2   | 0.6   | 23.5   |
|                                   | 26                               | 6.4        | 1.0   | 25.2   | 7.0   | 1.1   | 25.0   | 7.8   | 1.2   | 24.9   | 8.3   | 1.6   | 24.8   | 9.8   | 1.7   | 24.5   |
|                                   | 28                               | 10.0       | 1.7   | 26.5   | 10.9  | 1.9   | 26.3   | 12.1  | 2.2   | 26.1   | 14.9  | 2.4   | 25.7   | 15.3  | 3.0   | 25.6   |

注: 1 计算条件为加热管公称外径 20 mm, 填充层厚度 50 mm, 聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数  $0.041 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚度 20 mm, 供回水温差  $2^{\circ}\text{C}$ ;

2 木地板材料面层热阻为  $0.1 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 。

A.1.3 当采用导热系数为 0.23 W/(m·K)的 PB 管时, 单位地面面积的向上供热量和向下传热量可按表 A.1.3-1~表 A.1.3-2 取值。

表 A.1.3-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m<sup>2</sup>)

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>(°C) | 室内<br>设计<br>温度<br>(°C) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                             |                        | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                             |                        | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                          | 16                     | 46.4          | 10.3          | 20.5           | 56.8          | 9.9           | 21.4           | 71.5          | 9.8           | 22.6           | 90.3          | 9.8           | 24.2           | 114.9         | 10.1          | 26.2           |
|                             | 18                     | 41.7          | 9.2           | 22.1           | 51.1          | 9.0           | 22.9           | 64.3          | 8.8           | 24.0           | 81.0          | 8.8           | 25.4           | 103.1         | 9.1           | 27.3           |
|                             | 20                     | 37.0          | 8.3           | 23.6           | 45.3          | 8.0           | 24.4           | 57.0          | 7.8           | 25.4           | 71.7          | 7.8           | 26.7           | 91.3          | 8.1           | 28.3           |
|                             | 22                     | 32.1          | 7.3           | 25.2           | 39.4          | 7.0           | 25.9           | 49.6          | 6.8           | 26.8           | 62.4          | 6.8           | 27.9           | 79.4          | 7.1           | 29.3           |
|                             | 24                     | 27.5          | 6.3           | 26.8           | 33.7          | 6.0           | 27.4           | 42.3          | 5.9           | 28.1           | 53.2          | 5.9           | 29.1           | 67.6          | 6.1           | 30.3           |
| 40                          | 16                     | 61.8          | 13.5          | 21.8           | 73.6          | 13.0          | 22.8           | 92.4          | 12.7          | 24.4           | 116.9         | 12.6          | 26.4           | 145.8         | 12.8          | 28.7           |
|                             | 18                     | 56.8          | 12.5          | 23.4           | 67.8          | 12.0          | 24.3           | 84.9          | 11.7          | 25.8           | 107.5         | 11.7          | 27.6           | 133.9         | 11.9          | 29.7           |
|                             | 20                     | 51.9          | 11.5          | 25.0           | 61.8          | 11.1          | 25.8           | 77.4          | 10.8          | 27.1           | 98.0          | 10.7          | 28.8           | 121.9         | 10.9          | 30.8           |
|                             | 22                     | 47.0          | 10.5          | 26.5           | 55.8          | 10.1          | 27.3           | 69.9          | 9.9           | 28.5           | 88.4          | 9.8           | 30.0           | 110.0         | 10.0          | 31.8           |
|                             | 24                     | 42.1          | 9.5           | 28.1           | 50.0          | 9.1           | 28.8           | 62.5          | 8.9           | 29.9           | 78.9          | 8.8           | 31.3           | 98.1          | 9.0           | 32.8           |
| 45                          | 16                     | 77.3          | 16.6          | 23.1           | 91.9          | 16.1          | 24.3           | 115.3         | 15.6          | 26.2           | 146.0         | 15.5          | 28.7           | 182.2         | 15.7          | 31.5           |
|                             | 18                     | 72.3          | 15.6          | 24.7           | 85.9          | 15.1          | 25.8           | 107.6         | 14.7          | 27.6           | 136.1         | 14.6          | 29.9           | 169.7         | 14.8          | 32.6           |
|                             | 20                     | 67.3          | 14.6          | 26.3           | 79.8          | 14.1          | 27.3           | 100.0         | 13.7          | 29.0           | 126.4         | 13.6          | 31.1           | 157.4         | 13.9          | 33.6           |
|                             | 22                     | 62.3          | 13.6          | 27.9           | 73.8          | 13.2          | 28.8           | 92.4          | 12.8          | 30.4           | 116.6         | 12.7          | 32.3           | 145.1         | 12.9          | 34.6           |
|                             | 24                     | 57.3          | 12.6          | 29.4           | 67.9          | 12.2          | 30.3           | 84.8          | 11.8          | 31.7           | 107.0         | 11.8          | 33.6           | 132.9         | 12.0          | 35.7           |
| 50                          | 16                     | 93.1          | 19.8          | 24.4           | 112.3         | 19.3          | 26.0           | 142.9         | 19.0          | 28.4           | 185.4         | 19.0          | 31.8           | 240.7         | 19.8          | 36.0           |

|    |    |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|    | 18 | 88.5  | 19.0 | 26.1 | 106.7 | 18.4 | 27.5 | 135.7 | 18.1 | 29.9 | 176.1 | 18.1 | 33.0 | 228.3 | 18.9 | 37.1 |
|    | 20 | 83.9  | 17.9 | 27.7 | 101.0 | 17.5 | 29.1 | 128.4 | 17.2 | 31.3 | 166.6 | 17.2 | 34.3 | 215.9 | 17.9 | 38.1 |
|    | 22 | 79.2  | 17.1 | 29.3 | 95.5  | 16.6 | 30.6 | 121.2 | 16.3 | 32.7 | 157.1 | 16.3 | 35.6 | 203.5 | 17.0 | 39.2 |
|    | 24 | 74.6  | 16.1 | 30.9 | 89.8  | 15.7 | 32.2 | 114.1 | 15.5 | 34.1 | 147.7 | 15.4 | 36.8 | 191.2 | 16.1 | 40.2 |
| 55 | 16 | 109.2 | 22.9 | 25.7 | 132.8 | 22.4 | 27.6 | 170.6 | 22.0 | 30.6 | 222.9 | 22.0 | 34.6 | 292.5 | 23.0 | 39.9 |
|    | 18 | 104.4 | 22.1 | 27.4 | 127.0 | 21.5 | 29.2 | 163.2 | 21.1 | 32.0 | 212.9 | 21.1 | 35.9 | 279.3 | 22.1 | 40.9 |
|    | 20 | 99.8  | 21.2 | 29.0 | 121.4 | 20.6 | 30.7 | 155.9 | 20.3 | 33.5 | 203.1 | 20.3 | 37.1 | 266.2 | 21.2 | 41.9 |
|    | 22 | 95.2  | 20.3 | 30.6 | 115.7 | 19.8 | 32.3 | 148.6 | 19.4 | 34.9 | 193.3 | 19.4 | 38.4 | 253.2 | 20.2 | 42.9 |
|    | 24 | 90.6  | 19.4 | 32.2 | 110.0 | 18.9 | 33.8 | 141.2 | 18.6 | 36.3 | 183.6 | 18.6 | 39.6 | 240.3 | 19.3 | 44.0 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 50 mm,聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数 0.041 W/(m·K)、厚度 20 mm,供回水温差 10℃;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为 0.02 m<sup>2</sup>·K/W。

表 A.1.3-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m<sup>2</sup>)

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>(°C) | 室内<br>设计<br>温度<br>(°C) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                             |                        | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                             |                        | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                          | 16                     | 44.7          | 10.3          | 20.3           | 50.9          | 10.7          | 20.9           | 59.3          | 11.1          | 21.6           | 68.3          | 11.7          | 22.4           | 77.4          | 12.5          | 23.1           |
|                             | 18                     | 39.9          | 9.3           | 21.9           | 45.5          | 9.7           | 22.4           | 52.8          | 10.1          | 23.0           | 60.6          | 10.7          | 23.7           | 68.6          | 11.5          | 24.4           |
|                             | 20                     | 35.4          | 8.4           | 23.5           | 40.3          | 8.8           | 23.9           | 46.6          | 9.2           | 24.5           | 53.4          | 9.7           | 25.1           | 60.2          | 10.4          | 25.7           |
|                             | 22                     | 30.7          | 7.5           | 25.1           | 34.9          | 7.8           | 25.5           | 40.4          | 8.2           | 25.9           | 46.1          | 8.6           | 26.5           | 51.9          | 9.2           | 27.0           |
|                             | 24                     | 26.1          | 6.6           | 26.7           | 29.5          | 6.9           | 27.0           | 34.1          | 7.1           | 27.4           | 38.8          | 7.5           | 27.8           | 43.6          | 8.0           | 28.2           |
| 40                          | 16                     | 57.0          | 12.9          | 21.4           | 64.7          | 13.5          | 22.1           | 75.1          | 14.0          | 22.9           | 86.3          | 14.8          | 23.9           | 97.7          | 15.8          | 24.8           |
|                             | 18                     | 52.1          | 12.0          | 23.0           | 59.1          | 12.5          | 23.6           | 68.4          | 13.0          | 24.4           | 78.3          | 13.7          | 25.2           | 88.5          | 14.7          | 26.1           |
|                             | 20                     | 47.2          | 11.1          | 24.5           | 53.4          | 11.6          | 25.1           | 61.7          | 12.0          | 25.8           | 70.4          | 12.6          | 26.5           | 79.4          | 13.5          | 27.3           |
|                             | 22                     | 42.3          | 10.2          | 26.1           | 47.8          | 10.6          | 26.6           | 55.1          | 11.0          | 27.2           | 62.7          | 11.5          | 27.9           | 70.5          | 12.3          | 28.6           |
|                             | 24                     | 37.4          | 9.3           | 27.7           | 42.3          | 9.6           | 28.1           | 48.7          | 10.0          | 28.7           | 55.2          | 10.4          | 29.2           | 62.0          | 11.1          | 29.8           |
| 45                          | 16                     | 69.5          | 15.7          | 22.5           | 78.8          | 16.3          | 23.2           | 91.2          | 17.0          | 24.3           | 104.5         | 17.9          | 25.4           | 118.1         | 19.2          | 26.5           |
|                             | 18                     | 64.4          | 14.7          | 24.0           | 72.9          | 15.3          | 24.7           | 84.1          | 16.0          | 25.7           | 96.2          | 16.8          | 26.7           | 108.5         | 17.9          | 27.7           |
|                             | 20                     | 59.2          | 13.8          | 25.6           | 66.9          | 14.3          | 26.2           | 77.2          | 14.9          | 27.1           | 88.0          | 15.6          | 28.0           | 99.0          | 16.7          | 28.9           |
|                             | 22                     | 54.1          | 12.9          | 27.1           | 61.1          | 13.4          | 27.7           | 70.3          | 13.9          | 28.5           | 80.1          | 14.6          | 29.4           | 89.8          | 15.5          | 30.2           |
|                             | 24                     | 49.0          | 12.0          | 28.7           | 55.3          | 12.5          | 29.3           | 63.5          | 12.9          | 30.0           | 72.2          | 13.5          | 30.7           | 80.8          | 14.3          | 31.4           |
| 50                          | 16                     | 82.1          | 18.4          | 23.5           | 93.1          | 19.2          | 24.4           | 107.6         | 20.0          | 25.6           | 123.0         | 21.1          | 26.9           | 138.9         | 22.6          | 28.1           |
|                             | 18                     | 76.8          | 17.5          | 25.1           | 86.9          | 18.2          | 25.9           | 100.2         | 18.9          | 27.0           | 114.4         | 19.9          | 28.2           | 128.9         | 21.3          | 29.3           |
|                             | 20                     | 71.4          | 16.6          | 26.6           | 80.7          | 17.2          | 27.4           | 93.0          | 17.9          | 28.4           | 105.9         | 18.8          | 29.5           | 119.1         | 20.1          | 30.5           |

|    |    |      |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|    | 22 | 66.1 | 15.7 | 28.2 | 74.7  | 16.3 | 28.9 | 85.8  | 16.9 | 29.8 | 97.7  | 17.7 | 30.8 | 109.6 | 18.8 | 31.8 |
|    | 24 | 60.8 | 14.8 | 29.7 | 68.6  | 15.3 | 30.4 | 78.8  | 15.9 | 31.2 | 89.5  | 16.6 | 32.1 | 100.3 | 17.6 | 33.0 |
| 55 | 16 | 94.9 | 21.3 | 24.6 | 107.7 | 22.1 | 25.6 | 124.4 | 23.1 | 27.0 | 142.1 | 24.3 | 28.4 | 160.2 | 26.1 | 29.8 |
|    | 18 | 89.4 | 20.3 | 26.1 | 101.1 | 21.1 | 27.1 | 116.6 | 22.0 | 28.4 | 133.2 | 23.2 | 29.7 | 149.9 | 24.8 | 31.0 |
|    | 20 | 83.8 | 19.3 | 27.7 | 94.7  | 20.1 | 28.6 | 109.1 | 20.9 | 29.7 | 124.3 | 22.0 | 31.0 | 139.8 | 23.5 | 32.2 |
|    | 22 | 78.3 | 18.4 | 29.2 | 88.4  | 19.1 | 30.0 | 101.7 | 19.9 | 31.1 | 115.7 | 20.8 | 32.3 | 129.9 | 22.2 | 33.4 |
|    | 24 | 72.9 | 17.5 | 30.8 | 82.3  | 18.2 | 31.5 | 94.4  | 18.8 | 32.5 | 107.2 | 19.7 | 33.6 | 120.3 | 21.0 | 34.6 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 50 mm,聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数 0.041 W/(m·K)、厚度 20 mm,供回水温差 10℃;

2 木地板材料面层热阻为 0.1 m<sup>2</sup>·K/W。

A.1.4 当采用导热系数为  $0.23 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  的 PB 管时, 单位地面面积的向上供冷量和向下传热量可按表 A.1.4-1~表 A.1.4-2 取值。

表 A.1.4-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 ( $\text{W/m}^2$ )

| 供回水平均温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内设计温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供冷管间距 (mm) |       |        |       |       |        |       |       |        |       |       |        |       |       |        |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
|                                   |                                  | 500        |       |        | 400   |       |        | 300   |       |        | 200   |       |        | 100   |       |        |
|                                   |                                  | 向上供冷量      | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 |
| 17                                | 24                               | 16.0       | 1.9   | 21.7   | 17.9  | 2.2   | 21.5   | 20.7  | 2.5   | 21.1   | 23.8  | 3.0   | 20.7   | 30.0  | 3.7   | 19.9   |
|                                   | 26                               | 20.4       | 2.5   | 23.1   | 22.8  | 2.9   | 22.8   | 26.5  | 3.3   | 22.3   | 33.2  | 3.9   | 21.4   | 37.9  | 5.4   | 20.8   |
|                                   | 28                               | 28.1       | 3.0   | 24.0   | 30.7  | 3.5   | 23.7   | 35.6  | 4.1   | 23.1   | 39.2  | 5.3   | 22.6   | 46.0  | 6.6   | 21.7   |
| 19                                | 24                               | 11.1       | 1.3   | 22.4   | 11.9  | 1.5   | 22.3   | 13.9  | 1.7   | 22.1   | 17.9  | 2.4   | 21.5   | 19.1  | 2.8   | 21.4   |
|                                   | 26                               | 15.7       | 2.0   | 23.8   | 17.3  | 2.3   | 23.6   | 20.2  | 2.6   | 23.2   | 26.2  | 3.1   | 22.4   | 29.7  | 4.2   | 21.9   |
|                                   | 28                               | 20.2       | 2.3   | 25.1   | 22.5  | 2.7   | 24.8   | 25.6  | 3.2   | 24.4   | 30.7  | 4.1   | 23.7   | 38.6  | 5.3   | 22.7   |
| 21                                | 24                               | 6.9        | 0.9   | 23.0   | 7.8   | 1.0   | 22.9   | 8.9   | 1.2   | 22.8   | 10.6  | 1.3   | 22.5   | 12.1  | 1.5   | 22.3   |
|                                   | 26                               | 11.9       | 1.5   | 24.3   | 13.7  | 1.7   | 24.1   | 15.9  | 1.9   | 23.8   | 17.1  | 2.4   | 23.6   | 21.1  | 2.7   | 23.1   |
|                                   | 28                               | 16.7       | 2.0   | 25.6   | 19.1  | 2.3   | 25.3   | 22.0  | 2.6   | 24.9   | 26.9  | 3.0   | 24.3   | 30.6  | 3.8   | 23.8   |
| 23                                | 24                               | 2.5        | 0.3   | 23.7   | 2.8   | 0.3   | 23.6   | 3.2   | 0.4   | 23.6   | 3.7   | 0.5   | 23.5   | 4.4   | 0.6   | 23.4   |
|                                   | 26                               | 7.0        | 0.8   | 25.0   | 7.8   | 0.9   | 24.9   | 8.9   | 1.1   | 24.8   | 10.8  | 1.2   | 24.5   | 12.0  | 1.7   | 24.4   |
|                                   | 28                               | 11.8       | 1.5   | 26.3   | 13.1  | 1.6   | 26.2   | 15.3  | 1.9   | 25.9   | 18.7  | 2.4   | 25.4   | 19.5  | 2.6   | 25.3   |

注: 1 计算条件为加热管公称外径 20 mm, 填充层厚度 50 mm, 聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数  $0.041 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 、厚度 20 mm, 供回水温差  $2^{\circ}\text{C}$ ;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为  $0.02 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ 。

表 A.1.4-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 (W/m<sup>2</sup>)

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>(°C) | 室内<br>设计<br>温度<br>(°C) | 供冷管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                             |                        | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                             |                        | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 17                          | 24                     | 14.8          | 2.3           | 21.6           | 16.0          | 2.6           | 21.5           | 17.5          | 2.8           | 21.3           | 19.0          | 3.5           | 21.0           | 22.0          | 4.2           | 20.7           |
|                             | 26                     | 18.7          | 2.9           | 23.0           | 20.6          | 3.1           | 22.7           | 22.9          | 3.5           | 22.4           | 23.9          | 4.6           | 22.2           | 28.4          | 5.0           | 21.7           |
|                             | 28                     | 21.2          | 3.8           | 24.4           | 23.2          | 4.2           | 24.1           | 25.6          | 4.8           | 23.8           | 31.2          | 5.1           | 23.2           | 32.1          | 6.6           | 22.9           |
| 19                          | 24                     | 10.5          | 1.6           | 22.5           | 11.4          | 1.8           | 22.3           | 12.5          | 2.0           | 22.1           | 13.4          | 2.3           | 21.9           | 15.8          | 2.9           | 21.6           |
|                             | 26                     | 13.8          | 2.4           | 23.6           | 15.0          | 2.7           | 23.4           | 16.3          | 3.0           | 23.2           | 20.0          | 3.3           | 22.8           | 20.5          | 4.1           | 22.7           |
|                             | 28                     | 18.8          | 2.9           | 24.8           | 20.4          | 3.2           | 24.6           | 22.5          | 3.5           | 24.3           | 24.3          | 4.6           | 24.1           | 28.5          | 5.0           | 23.7           |
| 21                          | 24                     | 5.9           | 1.0           | 23.1           | 6.4           | 1.1           | 23.0           | 7.0           | 1.2           | 22.9           | 8.6           | 1.4           | 22.6           | 8.8           | 1.9           | 22.5           |
|                             | 26                     | 10.5          | 1.6           | 24.4           | 11.3          | 1.8           | 24.2           | 12.6          | 2.0           | 24.0           | 13.4          | 2.5           | 23.9           | 15.8          | 2.6           | 23.6           |
|                             | 28                     | 13.4          | 2.4           | 25.7           | 14.7          | 2.7           | 25.4           | 16.1          | 3.0           | 25.2           | 20.1          | 3.2           | 24.8           | 20.4          | 4.2           | 24.7           |
| 23                          | 24                     | 2.1           | 0.3           | 23.7           | 2.3           | 0.4           | 23.7           | 2.6           | 0.4           | 23.6           | 2.7           | 0.5           | 23.6           | 3.1           | 0.6           | 23.5           |
|                             | 26                     | 6.3           | 0.9           | 25.2           | 6.9           | 1.1           | 25.0           | 7.6           | 1.2           | 24.9           | 8.1           | 1.6           | 24.8           | 9.5           | 1.7           | 24.5           |
|                             | 28                     | 9.8           | 1.7           | 26.5           | 10.7          | 1.9           | 26.3           | 11.8          | 2.2           | 26.1           | 14.4          | 2.3           | 25.7           | 14.8          | 2.9           | 25.6           |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 50 mm,聚苯乙烯泡沫塑料绝热层导热系数 0.041 W/(m·K)、厚度 20 mm,供回水温差 2°C;

2 木地板材料面层热阻为 0.1 m<sup>2</sup>·K/W。

#### A.2 采用发泡水泥绝热层的混凝土填充式热水辐射供暖地面单位面积散热量

A. 2. 1 当采用导热系数为  $0.38 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  的 PE-X 管时，单位地面面积的向上供热量和向下传热量可按表 A.2.1-1～表 A.2.1-2 取值。

表 A.2.1-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 ( $\text{W/m}^2$ )

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内<br>设计<br>温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                                               |                                          | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                                               |                                          | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                                            | 16                                       | 46.2          | 18.6          | 20.5           | 58.1          | 18.5          | 21.5           | 73.2          | 18.7          | 22.8           | 92.5          | 19.2          | 24.4           | 116.8         | 20.0          | 26.4           |
|                                               | 18                                       | 41.5          | 16.7          | 22.0           | 52.2          | 16.7          | 23.0           | 65.8          | 16.8          | 24.2           | 83.0          | 17.2          | 25.6           | 104.8         | 18.0          | 27.4           |
|                                               | 20                                       | 36.8          | 14.9          | 23.6           | 46.3          | 14.8          | 24.5           | 58.3          | 14.9          | 25.5           | 73.5          | 15.3          | 26.8           | 92.8          | 16.0          | 28.4           |
|                                               | 22                                       | 32.0          | 13.1          | 25.2           | 40.3          | 13.0          | 25.9           | 50.7          | 13.0          | 26.9           | 63.9          | 13.4          | 28.0           | 80.7          | 14.0          | 29.4           |
|                                               | 24                                       | 27.4          | 11.3          | 26.8           | 34.5          | 11.2          | 27.4           | 43.3          | 11.2          | 28.2           | 54.5          | 11.5          | 29.2           | 68.7          | 12.1          | 30.4           |
| 40                                            | 16                                       | 61.5          | 24.3          | 21.8           | 75.3          | 24.2          | 23.0           | 94.5          | 24.2          | 24.5           | 119.8         | 24.7          | 26.6           | 148.2         | 25.4          | 28.9           |
|                                               | 18                                       | 56.6          | 22.5          | 23.4           | 69.3          | 22.4          | 24.4           | 86.9          | 22.4          | 25.9           | 110.2         | 22.9          | 27.8           | 136.1         | 23.6          | 29.9           |
|                                               | 20                                       | 51.7          | 20.7          | 24.9           | 63.2          | 20.6          | 25.9           | 79.2          | 20.6          | 27.3           | 100.4         | 21.0          | 29.0           | 123.9         | 21.7          | 30.9           |
|                                               | 22                                       | 46.8          | 18.9          | 26.5           | 57.1          | 18.8          | 27.4           | 71.5          | 18.8          | 28.6           | 90.6          | 19.2          | 30.2           | 111.8         | 19.8          | 32.0           |
|                                               | 24                                       | 41.9          | 17.1          | 28.1           | 51.1          | 17.0          | 28.9           | 63.9          | 17.0          | 30.0           | 80.8          | 17.3          | 31.4           | 99.7          | 17.9          | 33.0           |
| 45                                            | 16                                       | 77.0          | 30.0          | 23.1           | 94.0          | 29.9          | 24.5           | 118.0         | 29.8          | 26.5           | 149.6         | 30.3          | 29.0           | 185.2         | 31.2          | 31.8           |
|                                               | 18                                       | 72.0          | 28.2          | 24.7           | 87.8          | 28.1          | 26.0           | 110.1         | 28.0          | 27.8           | 139.5         | 28.5          | 30.2           | 172.5         | 29.4          | 32.8           |
|                                               | 20                                       | 67.0          | 26.4          | 26.3           | 81.6          | 26.3          | 27.5           | 102.3         | 26.2          | 29.2           | 129.5         | 26.7          | 31.4           | 160.0         | 27.5          | 33.8           |
|                                               | 22                                       | 62.0          | 24.6          | 27.8           | 75.5          | 24.5          | 29.0           | 94.5          | 24.4          | 30.5           | 119.5         | 24.9          | 32.6           | 147.5         | 25.7          | 34.8           |
|                                               | 24                                       | 57.1          | 22.8          | 29.4           | 69.4          | 22.7          | 30.5           | 86.8          | 22.6          | 31.9           | 109.6         | 23.0          | 33.8           | 135.1         | 23.8          | 35.8           |
| 50                                            | 16                                       | 92.7          | 35.7          | 24.4           | 114.8         | 35.9          | 26.2           | 146.2         | 36.2          | 28.7           | 190.0         | 37.1          | 32.1           | 244.7         | 39.3          | 36.3           |

|    |    |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|    | 18 | 88.1  | 34.3 | 26.0 | 109.1 | 34.3 | 27.7 | 138.8 | 34.6 | 30.1 | 180.4 | 35.4 | 33.4 | 232.1 | 37.5 | 37.3 |
|    | 20 | 83.5  | 32.4 | 27.6 | 103.3 | 32.6 | 29.3 | 131.4 | 32.9 | 31.5 | 170.7 | 33.6 | 34.6 | 219.5 | 35.6 | 38.4 |
|    | 22 | 78.9  | 30.8 | 29.3 | 97.6  | 30.9 | 30.8 | 124.0 | 31.2 | 32.9 | 161.0 | 31.9 | 35.9 | 206.9 | 33.8 | 39.4 |
|    | 24 | 74.3  | 29.1 | 30.9 | 91.8  | 29.2 | 32.3 | 116.7 | 29.5 | 34.4 | 151.3 | 30.2 | 37.1 | 194.3 | 32.0 | 40.5 |
| 55 | 16 | 108.7 | 41.4 | 25.7 | 135.8 | 41.6 | 27.9 | 174.6 | 41.9 | 30.9 | 228.4 | 43.0 | 35.1 | 297.3 | 45.6 | 40.2 |
|    | 18 | 104.0 | 39.9 | 27.3 | 129.9 | 40.0 | 29.4 | 167.0 | 40.3 | 32.3 | 218.2 | 41.3 | 36.3 | 283.9 | 43.8 | 41.2 |
|    | 20 | 99.4  | 38.3 | 29.0 | 124.1 | 38.4 | 31.0 | 159.5 | 38.7 | 33.8 | 208.1 | 39.7 | 37.5 | 270.6 | 42.0 | 42.2 |
|    | 22 | 94.8  | 36.7 | 30.6 | 118.3 | 36.8 | 32.5 | 152.0 | 37.1 | 35.2 | 198.1 | 38.0 | 38.8 | 257.4 | 40.2 | 43.3 |
|    | 24 | 90.2  | 35.1 | 32.2 | 112.5 | 35.2 | 34.0 | 144.5 | 35.5 | 36.6 | 188.1 | 36.4 | 40.0 | 244.3 | 38.4 | 44.3 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 40 mm,发泡水泥绝热层导热系数 0.08 W/(m·K)、厚度 40 mm,供回水温差 10℃;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为 0.02 m<sup>2</sup>·K/W。

表 A.2.1-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m<sup>2</sup>)

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>(°C) | 室内<br>设计<br>温度<br>(°C) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                             |                        | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                             |                        | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                          | 16                     | 45.8          | 20.7          | 20.4           | 53.1          | 21.3          | 21.1           | 61.4          | 21.9          | 21.8           | 70.2          | 22.7          | 22.5           | 78.1          | 23.6          | 23.2           |
|                             | 18                     | 40.9          | 18.8          | 22.0           | 47.5          | 19.4          | 22.6           | 54.7          | 20.0          | 23.2           | 62.3          | 20.8          | 23.9           | 69.2          | 21.7          | 24.4           |
|                             | 20                     | 36.2          | 16.9          | 23.6           | 42.0          | 17.5          | 24.1           | 48.3          | 18.1          | 24.6           | 54.9          | 18.8          | 25.2           | 60.8          | 19.6          | 25.7           |
|                             | 22                     | 31.4          | 15.1          | 25.1           | 36.4          | 15.6          | 25.6           | 41.8          | 16.1          | 26.1           | 47.4          | 16.7          | 26.6           | 52.4          | 17.4          | 27.0           |
|                             | 24                     | 26.7          | 13.3          | 26.7           | 30.8          | 13.7          | 27.1           | 35.3          | 14.1          | 27.5           | 39.9          | 14.6          | 27.9           | 44.0          | 15.2          | 28.3           |
| 40                          | 16                     | 58.4          | 26.1          | 21.5           | 67.5          | 26.8          | 22.3           | 77.8          | 27.7          | 23.2           | 88.7          | 28.7          | 24.1           | 98.6          | 29.9          | 24.9           |
|                             | 18                     | 53.3          | 24.2          | 23.1           | 61.6          | 24.9          | 23.8           | 70.8          | 25.7          | 24.6           | 80.5          | 26.6          | 25.4           | 89.3          | 27.7          | 26.1           |
|                             | 20                     | 48.3          | 22.3          | 24.6           | 55.7          | 23.0          | 25.3           | 63.9          | 23.7          | 26.0           | 72.4          | 24.5          | 26.7           | 80.1          | 25.5          | 27.4           |
|                             | 22                     | 43.3          | 20.5          | 26.2           | 49.9          | 21.1          | 26.8           | 57.1          | 21.7          | 27.4           | 64.5          | 22.4          | 28.0           | 71.2          | 23.2          | 28.6           |
|                             | 24                     | 38.3          | 18.7          | 27.8           | 44.1          | 19.2          | 28.3           | 50.4          | 19.7          | 28.8           | 56.8          | 20.3          | 29.4           | 62.6          | 21.0          | 29.9           |
| 45                          | 16                     | 71.2          | 31.6          | 22.6           | 82.2          | 32.4          | 23.5           | 94.4          | 33.5          | 24.5           | 107.4         | 34.8          | 25.6           | 119.2         | 36.3          | 26.6           |
|                             | 18                     | 65.9          | 29.7          | 24.2           | 76.0          | 30.5          | 25.0           | 87.1          | 31.5          | 25.9           | 98.9          | 32.6          | 26.9           | 109.5         | 33.9          | 27.8           |
|                             | 20                     | 60.6          | 27.8          | 25.7           | 69.8          | 28.5          | 26.5           | 79.9          | 29.4          | 27.3           | 90.5          | 30.4          | 28.2           | 99.9          | 31.6          | 29.0           |
|                             | 22                     | 55.4          | 26.0          | 27.3           | 63.7          | 26.6          | 28.0           | 72.8          | 27.4          | 28.7           | 82.3          | 28.3          | 29.5           | 90.6          | 29.3          | 30.2           |
|                             | 24                     | 50.2          | 24.2          | 28.8           | 57.7          | 24.8          | 29.5           | 65.8          | 25.5          | 30.2           | 74.2          | 26.2          | 30.9           | 81.5          | 27.0          | 31.5           |
| 50                          | 16                     | 84.1          | 37.2          | 23.7           | 97.1          | 38.2          | 24.8           | 111.4         | 39.5          | 25.9           | 126.5         | 41.0          | 27.1           | 140.2         | 42.8          | 28.2           |
|                             | 18                     | 78.6          | 35.3          | 25.2           | 90.6          | 36.2          | 26.2           | 103.8         | 37.4          | 27.3           | 117.6         | 38.7          | 28.4           | 130.1         | 40.3          | 29.4           |
|                             | 20                     | 73.1          | 33.4          | 26.8           | 84.2          | 34.3          | 27.7           | 96.3          | 35.3          | 28.7           | 108.9         | 36.5          | 29.7           | 120.2         | 37.9          | 30.6           |

|    |    |      |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|    | 22 | 67.7 | 31.6 | 28.3 | 77.9  | 32.4 | 29.2 | 88.9  | 33.3 | 30.1 | 100.4 | 34.3 | 31.0 | 110.6 | 35.5 | 31.9 |
|    | 24 | 62.3 | 29.8 | 29.9 | 71.6  | 30.5 | 30.6 | 81.6  | 31.3 | 31.5 | 92.0  | 32.2 | 32.3 | 101.2 | 33.2 | 33.1 |
| 55 | 16 | 97.2 | 42.9 | 24.8 | 112.3 | 44.0 | 26.0 | 128.8 | 45.5 | 27.3 | 146.1 | 47.3 | 28.7 | 161.7 | 49.4 | 29.9 |
|    | 18 | 91.5 | 40.9 | 26.3 | 105.5 | 42.0 | 27.4 | 120.8 | 43.4 | 28.7 | 136.9 | 45.0 | 30.0 | 151.3 | 46.9 | 31.1 |
|    | 20 | 85.8 | 39.0 | 27.8 | 98.8  | 40.0 | 28.9 | 113.0 | 41.3 | 30.1 | 127.8 | 42.7 | 31.2 | 141.1 | 44.4 | 32.3 |
|    | 22 | 80.2 | 37.1 | 29.4 | 92.2  | 38.1 | 30.4 | 105.3 | 39.2 | 31.4 | 118.9 | 40.5 | 32.5 | 131.1 | 42.0 | 33.5 |
|    | 24 | 74.7 | 35.3 | 30.9 | 85.8  | 36.2 | 31.8 | 97.8  | 37.2 | 32.8 | 110.2 | 38.3 | 33.8 | 121.4 | 39.6 | 34.7 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 40 mm,发泡水泥绝热层导热系数 0.08 W/(m·K)、厚度 40 mm,供回水温差 10℃;

2 木地板材料面层热阻为 0.1 m<sup>2</sup>·K/W。

A.2.2 当采用导热系数为  $0.38 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  的 PE-X 管时, 单位地面面积的向上供冷量和向下传热量可按表 A.2.2-1~表 A.2.2-2 取值。

表 A.2.2-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内<br>设计<br>温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供冷管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                                               |                                          | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                                               |                                          | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 17                                            | 24                                       | 16.8          | 3.7           | 21.7           | 18.7          | 4.2           | 21.4           | 21.6          | 5.0           | 21.0           | 24.6          | 6.0           | 20.6           | 30.7          | 7.5           | 19.9           |
|                                               | 26                                       | 21.6          | 4.9           | 23.0           | 24.0          | 5.7           | 22.7           | 27.7          | 6.5           | 22.2           | 34.5          | 7.7           | 21.3           | 38.4          | 10.8          | 20.7           |
|                                               | 28                                       | 30.0          | 5.9           | 23.9           | 32.5          | 7.0           | 23.5           | 37.6          | 8.2           | 22.9           | 40.4          | 10.6          | 22.5           | 46.7          | 13.1          | 21.6           |
| 19                                            | 24                                       | 11.0          | 2.5           | 22.5           | 12.5          | 2.9           | 22.3           | 14.4          | 3.4           | 22.0           | 18.5          | 4.9           | 21.4           | 19.4          | 5.5           | 21.4           |
|                                               | 26                                       | 16.6          | 3.8           | 23.7           | 18.1          | 4.4           | 23.5           | 21.0          | 5.1           | 23.1           | 27.1          | 6.1           | 22.3           | 30.3          | 8.3           | 21.9           |
|                                               | 28                                       | 21.2          | 4.5           | 25.1           | 23.5          | 5.3           | 24.7           | 26.7          | 6.3           | 24.3           | 31.8          | 8.2           | 23.6           | 39.4          | 10.6          | 22.6           |
| 21                                            | 24                                       | 7.3           | 1.7           | 23.0           | 8.2           | 2.1           | 22.9           | 9.3           | 2.3           | 22.7           | 11.0          | 2.6           | 22.5           | 12.2          | 3.1           | 22.3           |
|                                               | 26                                       | 12.7          | 2.8           | 24.3           | 14.5          | 3.4           | 24.0           | 16.8          | 3.9           | 23.7           | 17.6          | 4.8           | 23.6           | 21.4          | 5.4           | 23.1           |
|                                               | 28                                       | 17.8          | 3.9           | 25.6           | 20.3          | 4.4           | 25.2           | 23.0          | 5.3           | 24.8           | 27.8          | 6.1           | 24.2           | 31.1          | 7.6           | 23.7           |
| 23                                            | 24                                       | 2.6           | 0.5           | 23.6           | 2.9           | 0.6           | 23.6           | 3.3           | 0.7           | 23.5           | 3.9           | 1.0           | 23.5           | 4.5           | 1.1           | 23.4           |
|                                               | 26                                       | 7.3           | 1.5           | 25.0           | 8.1           | 1.8           | 24.9           | 9.3           | 2.1           | 24.7           | 11.2          | 2.4           | 24.5           | 12.2          | 3.4           | 24.3           |
|                                               | 28                                       | 12.5          | 2.9           | 26.3           | 13.8          | 3.2           | 26.1           | 16.1          | 3.8           | 25.8           | 19.5          | 4.8           | 25.4           | 19.7          | 5.2           | 25.3           |

注: 1 计算条件为加热管公称外径 20 mm, 填充层厚度 40 mm, 发泡水泥绝热层导热系数  $0.08 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚度 40 mm, 供回水温差  $2^{\circ}\text{C}$ ;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为  $0.02 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 。

表 A.2.2-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 ( $\text{W/m}^2$ )

| 供回水平均温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内设计温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供冷管间距 (mm) |       |        |       |       |        |       |       |        |       |       |        |       |       |        |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
|                                   |                                  | 500        |       |        | 400   |       |        | 300   |       |        | 200   |       |        | 100   |       |        |
|                                   |                                  | 向上供冷量      | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 | 向上供冷量 | 向下传热量 | 地板平均温度 |
| 17                                | 24                               | 15.0       | 4.4   | 21.7   | 16.2  | 4.9   | 21.5   | 17.9  | 5.4   | 21.3   | 19.3  | 6.7   | 21.0   | 22.3  | 7.9   | 20.7   |
|                                   | 26                               | 19.1       | 5.6   | 23.0   | 21.0  | 6.1   | 22.7   | 23.3  | 6.8   | 22.4   | 24.4  | 8.7   | 22.2   | 28.7  | 9.4   | 21.7   |
|                                   | 28                               | 21.7       | 7.5   | 24.4   | 23.8  | 8.2   | 24.1   | 26.1  | 9.2   | 23.8   | 31.8  | 9.7   | 23.2   | 32.8  | 12.5  | 22.8   |
| 19                                | 24                               | 10.7       | 3.1   | 22.6   | 11.5  | 3.4   | 22.4   | 12.7  | 3.8   | 22.1   | 13.6  | 4.5   | 22.0   | 16.0  | 5.5   | 21.6   |
|                                   | 26                               | 14.1       | 4.6   | 23.7   | 15.3  | 5.1   | 23.5   | 16.6  | 5.9   | 23.3   | 20.4  | 6.3   | 22.8   | 20.7  | 7.7   | 22.7   |
|                                   | 28                               | 19.1       | 5.6   | 24.9   | 20.8  | 6.3   | 24.6   | 23.0  | 6.7   | 24.3   | 24.6  | 8.7   | 24.1   | 28.9  | 9.4   | 23.6   |
| 21                                | 24                               | 6.0        | 1.9   | 23.2   | 6.4   | 2.1   | 23.0   | 7.1   | 2.3   | 22.9   | 8.8   | 2.6   | 22.6   | 8.8   | 3.5   | 22.6   |
|                                   | 26                               | 10.6       | 3.1   | 24.5   | 11.5  | 3.4   | 24.3   | 12.7  | 3.8   | 24.1   | 13.6  | 4.9   | 23.9   | 16.1  | 5.0   | 23.6   |
|                                   | 28                               | 13.7       | 4.6   | 25.7   | 15.0  | 5.2   | 25.5   | 16.4  | 5.8   | 25.3   | 20.3  | 6.2   | 24.8   | 20.7  | 7.9   | 24.7   |
| 23                                | 24                               | 2.1        | 0.6   | 23.8   | 2.3   | 0.7   | 23.7   | 2.6   | 0.8   | 23.6   | 2.8   | 0.9   | 23.6   | 3.1   | 1.1   | 23.5   |
|                                   | 26                               | 6.4        | 1.8   | 25.2   | 7.0   | 2.1   | 25.1   | 7.7   | 2.3   | 24.9   | 8.2   | 3.0   | 24.8   | 9.6   | 3.1   | 24.6   |
|                                   | 28                               | 10.0       | 3.3   | 26.6   | 10.8  | 3.6   | 26.4   | 12.0  | 4.1   | 26.2   | 14.6  | 4.5   | 25.8   | 14.9  | 5.5   | 25.7   |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 40 mm,发泡水泥绝热层导热系数  $0.08 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚度 40 mm,供回水温差  $2^{\circ}\text{C}$ ;

2 木地板材料面层热阻为  $0.1 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 。

A. 2. 3 当采用导热系数为  $0.23 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  的 PB 管时, 单位地面面积的向上供热量和向下传热量可按表 A.2.3-1~表 A.2.3-2 取值。

表 A.2.3-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 ( $\text{W/m}^2$ )

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内<br>设计<br>温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                                               |                                          | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                                               |                                          | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                                            | 16                                       | 44.9          | 17.7          | 20.3           | 55.2          | 17.6          | 21.2           | 69.8          | 17.8          | 22.5           | 88.6          | 18.3          | 24.1           | 113.2         | 19.4          | 26.1           |
|                                               | 18                                       | 40.3          | 15.9          | 21.9           | 49.6          | 15.9          | 22.8           | 62.8          | 16.0          | 23.9           | 79.5          | 16.4          | 25.3           | 101.5         | 17.5          | 27.1           |
|                                               | 20                                       | 35.8          | 14.2          | 23.5           | 44.0          | 14.1          | 24.3           | 55.6          | 14.2          | 25.3           | 70.4          | 14.6          | 26.5           | 89.9          | 15.5          | 28.2           |
|                                               | 22                                       | 31.1          | 12.5          | 25.1           | 38.3          | 12.4          | 25.8           | 48.4          | 12.4          | 26.6           | 61.2          | 12.8          | 27.8           | 78.2          | 13.6          | 29.2           |
|                                               | 24                                       | 26.6          | 10.7          | 26.7           | 32.8          | 10.7          | 27.3           | 41.3          | 10.7          | 28.0           | 52.2          | 11.0          | 29.0           | 66.6          | 11.7          | 30.2           |
| 40                                            | 16                                       | 59.7          | 23.1          | 21.6           | 71.6          | 23.1          | 22.6           | 90.2          | 23.1          | 24.2           | 114.7         | 23.6          | 26.2           | 143.6         | 24.7          | 28.5           |
|                                               | 18                                       | 55.0          | 21.4          | 23.2           | 65.9          | 21.4          | 24.2           | 82.9          | 21.4          | 25.6           | 105.5         | 21.9          | 27.5           | 131.9         | 22.9          | 29.6           |
|                                               | 20                                       | 50.2          | 19.7          | 24.8           | 60.1          | 19.6          | 25.7           | 75.6          | 19.6          | 27.0           | 96.2          | 20.1          | 28.7           | 120.0         | 21.1          | 30.6           |
|                                               | 22                                       | 45.5          | 18.0          | 26.4           | 54.3          | 17.9          | 27.2           | 68.2          | 17.9          | 28.4           | 86.8          | 18.3          | 29.9           | 108.3         | 19.2          | 31.7           |
|                                               | 24                                       | 40.7          | 16.3          | 28.0           | 48.6          | 16.2          | 28.7           | 61.0          | 16.2          | 29.7           | 77.4          | 16.5          | 31.1           | 96.6          | 17.4          | 32.7           |
| 45                                            | 16                                       | 74.8          | 28.5          | 22.9           | 89.3          | 28.5          | 24.1           | 112.6         | 28.4          | 26.0           | 143.3         | 29.0          | 28.5           | 179.4         | 30.3          | 31.3           |
|                                               | 18                                       | 69.9          | 26.8          | 24.5           | 83.4          | 26.8          | 25.6           | 105.0         | 26.7          | 27.4           | 133.6         | 27.2          | 29.7           | 167.1         | 28.5          | 32.4           |
|                                               | 20                                       | 65.1          | 25.1          | 26.1           | 77.5          | 25.1          | 27.1           | 97.6          | 25.0          | 28.8           | 124.0         | 25.5          | 30.9           | 155.0         | 26.7          | 33.4           |
|                                               | 22                                       | 60.2          | 23.4          | 27.7           | 71.7          | 23.4          | 28.7           | 90.2          | 23.3          | 30.2           | 114.4         | 23.8          | 32.2           | 142.9         | 25.0          | 34.5           |
|                                               | 24                                       | 55.5          | 21.7          | 29.3           | 66.0          | 21.7          | 30.2           | 82.8          | 21.5          | 31.6           | 105.0         | 22.0          | 33.4           | 130.9         | 23.1          | 35.5           |
| 50                                            | 16                                       | 90.1          | 33.9          | 24.2           | 109.1         | 34.2          | 25.7           | 139.5         | 34.5          | 28.2           | 182.0         | 35.5          | 31.5           | 237.1         | 38.2          | 35.7           |

|    |    |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|    | 18 | 85.6  | 32.6 | 25.8 | 103.7 | 32.7 | 27.3 | 132.4 | 33.0 | 29.6 | 172.8 | 33.8 | 32.8 | 224.9 | 36.4 | 36.8 |
|    | 20 | 81.1  | 30.8 | 27.4 | 98.2  | 31.1 | 28.8 | 125.4 | 31.4 | 31.1 | 163.5 | 32.1 | 34.1 | 212.7 | 34.6 | 37.9 |
|    | 22 | 76.7  | 29.3 | 29.1 | 92.7  | 29.5 | 30.4 | 118.3 | 29.7 | 32.5 | 154.2 | 30.5 | 35.3 | 200.5 | 32.8 | 38.9 |
|    | 24 | 72.2  | 27.7 | 30.7 | 87.2  | 27.9 | 31.9 | 111.3 | 28.1 | 33.9 | 144.9 | 28.9 | 36.6 | 188.3 | 31.1 | 40.0 |
| 55 | 16 | 105.6 | 39.4 | 25.5 | 129.1 | 39.7 | 27.3 | 166.6 | 39.9 | 30.3 | 218.7 | 41.1 | 34.3 | 288.1 | 44.3 | 39.5 |
|    | 18 | 101.0 | 37.9 | 27.1 | 123.4 | 38.2 | 28.9 | 159.3 | 38.4 | 31.7 | 209.0 | 39.5 | 35.6 | 275.1 | 42.5 | 40.6 |
|    | 20 | 96.6  | 36.4 | 28.7 | 117.9 | 36.6 | 30.5 | 152.2 | 36.9 | 33.2 | 199.3 | 37.9 | 36.8 | 262.2 | 40.8 | 41.6 |
|    | 22 | 92.1  | 34.9 | 30.4 | 112.4 | 35.1 | 32.0 | 145.0 | 35.4 | 34.6 | 189.7 | 36.3 | 38.1 | 249.4 | 39.0 | 42.7 |
|    | 24 | 87.6  | 33.4 | 32.0 | 106.9 | 33.6 | 33.6 | 137.9 | 33.8 | 36.0 | 180.1 | 34.8 | 39.4 | 236.7 | 37.3 | 43.7 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 40 mm,发泡水泥绝热层导热系数 0.08 W/(m·K)、厚度 40 mm,供回水温差 10℃;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为 0.02 m<sup>2</sup>·K/W。

表 A.2.3-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m<sup>2</sup>)

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>(°C) | 室内<br>设计<br>温度<br>(°C) | 供热管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                             |                        | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                             |                        | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供热<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 35                          | 16                     | 44.5          | 19.7          | 20.3           | 50.5          | 20.3          | 20.8           | 58.6          | 20.9          | 21.5           | 67.2          | 21.7          | 22.3           | 75.7          | 22.9          | 23.0           |
|                             | 18                     | 39.7          | 17.9          | 21.9           | 45.1          | 18.5          | 22.4           | 52.2          | 19.1          | 23.0           | 59.7          | 19.9          | 23.6           | 67.0          | 21.1          | 24.3           |
|                             | 20                     | 35.2          | 16.1          | 23.5           | 39.9          | 16.7          | 23.9           | 46.1          | 17.3          | 24.4           | 52.6          | 18.0          | 25.0           | 58.9          | 19.0          | 25.6           |
|                             | 22                     | 30.5          | 14.4          | 25.1           | 34.6          | 14.9          | 25.4           | 39.9          | 15.3          | 25.9           | 45.4          | 16.0          | 26.4           | 50.8          | 16.9          | 26.9           |
|                             | 24                     | 25.9          | 12.6          | 26.6           | 29.3          | 13.1          | 26.9           | 33.7          | 13.4          | 27.3           | 38.2          | 14.0          | 27.8           | 42.6          | 14.8          | 28.1           |
| 40                          | 16                     | 56.7          | 24.8          | 21.4           | 64.1          | 25.6          | 22.0           | 74.2          | 26.4          | 22.9           | 84.9          | 27.4          | 23.8           | 95.5          | 29.0          | 24.6           |
|                             | 18                     | 51.8          | 23.0          | 22.9           | 58.5          | 23.8          | 23.5           | 67.5          | 24.5          | 24.3           | 77.1          | 25.4          | 25.1           | 86.5          | 26.9          | 25.9           |
|                             | 20                     | 46.9          | 21.2          | 24.5           | 52.9          | 21.9          | 25.0           | 61.0          | 22.6          | 25.7           | 69.3          | 23.4          | 26.5           | 77.6          | 24.8          | 27.1           |
|                             | 22                     | 42.1          | 19.5          | 26.1           | 47.4          | 20.1          | 26.6           | 54.5          | 20.7          | 27.2           | 61.8          | 21.4          | 27.8           | 69.0          | 22.5          | 28.4           |
|                             | 24                     | 37.2          | 17.8          | 27.7           | 41.9          | 18.3          | 28.1           | 48.1          | 18.8          | 28.6           | 54.4          | 19.4          | 29.2           | 60.7          | 20.4          | 29.7           |
| 45                          | 16                     | 69.2          | 30.0          | 22.4           | 78.1          | 30.9          | 23.2           | 90.1          | 31.9          | 24.2           | 102.9         | 33.3          | 25.2           | 115.5         | 35.2          | 26.3           |
|                             | 18                     | 64.0          | 28.2          | 24.0           | 72.2          | 29.1          | 24.7           | 83.1          | 30.0          | 25.6           | 94.7          | 31.2          | 26.6           | 106.1         | 32.9          | 27.5           |
|                             | 20                     | 58.9          | 26.4          | 25.6           | 66.3          | 27.2          | 26.2           | 76.2          | 28.0          | 27.0           | 86.7          | 29.1          | 27.9           | 96.8          | 30.7          | 28.7           |
|                             | 22                     | 53.8          | 24.7          | 27.1           | 60.5          | 25.4          | 27.7           | 69.5          | 26.1          | 28.5           | 78.8          | 27.0          | 29.2           | 87.8          | 28.4          | 30.0           |
|                             | 24                     | 48.8          | 23.0          | 28.7           | 54.8          | 23.7          | 29.2           | 62.8          | 24.3          | 29.9           | 71.1          | 25.0          | 30.6           | 79.0          | 26.2          | 31.3           |
| 50                          | 16                     | 81.7          | 35.4          | 23.5           | 92.3          | 36.4          | 24.4           | 106.3         | 37.7          | 25.5           | 121.1         | 39.2          | 26.7           | 135.8         | 41.6          | 27.9           |
|                             | 18                     | 76.4          | 33.6          | 25.0           | 86.1          | 34.5          | 25.9           | 99.0          | 35.7          | 26.9           | 112.6         | 37.0          | 28.0           | 126.1         | 39.1          | 29.1           |
|                             | 20                     | 71.0          | 31.8          | 26.6           | 80.0          | 32.7          | 27.3           | 91.9          | 33.7          | 28.3           | 104.3         | 34.9          | 29.3           | 116.5         | 36.8          | 30.3           |

|    |    |      |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |       |      |      |
|----|----|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
|    | 22 | 65.8 | 30.0 | 28.1 | 74.0  | 30.9 | 28.8 | 84.8  | 31.7 | 29.7 | 96.2  | 32.8 | 30.7 | 107.2 | 34.5 | 31.6 |
|    | 24 | 60.5 | 28.3 | 29.7 | 68.0  | 29.1 | 30.3 | 77.8  | 29.8 | 31.2 | 88.1  | 30.8 | 32.0 | 98.1  | 32.2 | 32.8 |
| 55 | 16 | 94.4 | 40.8 | 24.5 | 106.7 | 42.0 | 25.5 | 122.9 | 43.4 | 26.9 | 139.9 | 45.2 | 28.2 | 156.7 | 48.0 | 29.5 |
|    | 18 | 88.9 | 38.9 | 26.1 | 100.3 | 40.1 | 27.0 | 115.2 | 41.4 | 28.2 | 131.1 | 43.0 | 29.5 | 146.6 | 45.5 | 30.7 |
|    | 20 | 83.4 | 37.1 | 27.6 | 93.9  | 38.2 | 28.5 | 107.8 | 39.4 | 29.6 | 122.4 | 40.8 | 30.8 | 136.7 | 43.1 | 32.0 |
|    | 22 | 77.9 | 35.3 | 29.2 | 87.6  | 36.3 | 30.0 | 100.5 | 37.4 | 31.0 | 113.9 | 38.7 | 32.1 | 127.0 | 40.8 | 33.2 |
|    | 24 | 72.6 | 33.6 | 30.7 | 81.5  | 34.5 | 31.5 | 93.3  | 35.5 | 32.4 | 105.5 | 36.6 | 33.5 | 117.6 | 38.4 | 34.4 |

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 40 mm,发泡水泥绝热层导热系数 0.08 W/(m·K)、厚度 40 mm,供回水温差 10℃;

2 木地板材料面层热阻为 0.1 m<sup>2</sup>·K/W。

A.2.4 当采用导热系数为  $0.23 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  的 PB 管时, 单位地面面积的向上供冷量和向下传热量可按表 A.2.4-1~表 A.2.4-2 取值。

表 A.2.4-1 水泥、石材或陶瓷面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

| 供回<br>水平<br>均温<br>度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 室内<br>设计<br>温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 供冷管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                                               |                                          | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                                               |                                          | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 17                                            | 24                                       | 15.4          | 3.3           | 21.9           | 17.3          | 3.8           | 21.6           | 20.2          | 4.6           | 21.3           | 23.4          | 5.6           | 20.8           | 29.7          | 7.2           | 20.0           |
|                                               | 26                                       | 19.8          | 4.4           | 23.3           | 22.2          | 5.2           | 23.0           | 25.9          | 6.0           | 22.4           | 32.7          | 7.2           | 21.5           | 37.2          | 10.4          | 20.9           |
|                                               | 28                                       | 27.2          | 5.2           | 24.3           | 29.9          | 6.3           | 23.9           | 34.9          | 7.5           | 23.3           | 38.3          | 9.9           | 22.8           | 45.2          | 12.6          | 21.8           |
| 19                                            | 24                                       | 10.9          | 2.2           | 22.5           | 11.6          | 2.6           | 22.4           | 13.5          | 3.2           | 22.2           | 17.5          | 4.5           | 21.6           | 18.8          | 5.3           | 21.4           |
|                                               | 26                                       | 15.2          | 3.4           | 23.9           | 16.7          | 4.0           | 23.7           | 19.7          | 4.7           | 23.3           | 25.7          | 5.7           | 22.5           | 29.3          | 8.0           | 22.0           |
|                                               | 28                                       | 19.4          | 4.0           | 25.3           | 21.8          | 4.8           | 25.0           | 25.0          | 5.8           | 24.6           | 30.1          | 7.7           | 23.9           | 38.1          | 10.2          | 22.8           |
| 21                                            | 24                                       | 6.7           | 1.5           | 23.1           | 7.5           | 1.9           | 23.0           | 8.7           | 2.2           | 22.8           | 10.4          | 2.5           | 22.6           | 11.9          | 3.0           | 22.4           |
|                                               | 26                                       | 11.6          | 2.5           | 24.4           | 13.3          | 3.0           | 24.2           | 15.6          | 3.5           | 23.9           | 16.7          | 4.5           | 23.7           | 20.7          | 5.1           | 23.2           |
|                                               | 28                                       | 16.2          | 3.5           | 25.8           | 18.7          | 4.0           | 25.5           | 21.4          | 4.8           | 25.1           | 26.3          | 5.7           | 24.4           | 30.1          | 7.3           | 23.9           |
| 23                                            | 24                                       | 2.4           | 0.5           | 23.7           | 2.7           | 0.6           | 23.6           | 3.1           | 0.7           | 23.6           | 3.6           | 0.9           | 23.5           | 4.3           | 1.1           | 23.4           |
|                                               | 26                                       | 6.7           | 1.3           | 25.1           | 7.5           | 1.6           | 25.0           | 8.7           | 1.9           | 24.8           | 10.6          | 2.3           | 24.6           | 11.8          | 3.3           | 24.4           |
|                                               | 28                                       | 11.4          | 2.5           | 26.4           | 12.7          | 2.9           | 26.3           | 15.0          | 3.5           | 26.0           | 18.4          | 4.5           | 25.5           | 19.1          | 5.0           | 25.4           |

注: 1 计算条件为加热管公称外径 20 mm, 填充层厚度 40 mm, 发泡水泥绝热层导热系数  $0.08 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、厚度 40 mm, 供回水温差  $2^{\circ}\text{C}$ ;

2 水泥、石材或陶瓷面层热阻为  $0.02 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 。

| 供回水<br>平均温<br>度<br>(°C) | 室内设<br>计温度<br>(°C) | 供冷管间距 (mm)    |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |               |               |                |
|-------------------------|--------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                         |                    | 500           |               |                | 400           |               |                | 300           |               |                | 200           |               |                | 100           |               |                |
|                         |                    | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 | 向上<br>供冷<br>量 | 向下<br>传热<br>量 | 地板<br>平均<br>温度 |
| 17                      | 24                 | 14.7          | 4.4           | 21.7           | 15.8          | 4.9           | 21.6           | 17.3          | 5.3           | 21.4           | 18.7          | 6.5           | 21.1           | 21.5          | 7.7           | 20.8           |
|                         | 26                 | 18.6          | 5.6           | 23.1           | 20.5          | 5.9           | 22.8           | 22.6          | 6.6           | 22.5           | 23.5          | 8.5           | 22.3           | 27.7          | 9.2           | 21.8           |
|                         | 28                 | 21.1          | 7.3           | 24.5           | 23.0          | 8.0           | 24.2           | 25.3          | 9.0           | 23.9           | 30.6          | 9.5           | 23.4           | 31.4          | 12.1          | 23.0           |
| 19                      | 24                 | 10.4          | 3.1           | 22.6           | 11.3          | 3.4           | 22.4           | 12.3          | 3.8           | 22.2           | 13.2          | 4.3           | 22.0           | 15.5          | 5.3           | 21.7           |
|                         | 26                 | 13.8          | 4.6           | 23.7           | 14.9          | 5.1           | 23.5           | 16.1          | 5.7           | 23.3           | 19.7          | 6.1           | 22.9           | 20.1          | 7.5           | 22.8           |
|                         | 28                 | 18.7          | 5.6           | 24.9           | 20.2          | 6.1           | 24.7           | 22.2          | 6.6           | 24.4           | 23.8          | 8.5           | 24.2           | 27.8          | 9.2           | 23.8           |
| 21                      | 24                 | 5.9           | 1.9           | 23.2           | 6.3           | 2.1           | 23.1           | 6.9           | 2.3           | 22.9           | 8.5           | 2.6           | 22.7           | 8.6           | 3.5           | 22.6           |
|                         | 26                 | 10.4          | 3.1           | 24.5           | 11.2          | 3.4           | 24.3           | 12.4          | 3.8           | 24.1           | 13.2          | 4.7           | 24.0           | 15.5          | 4.8           | 23.7           |
|                         | 28                 | 13.3          | 4.6           | 25.8           | 14.6          | 5.2           | 25.5           | 15.9          | 5.6           | 25.3           | 19.7          | 6.0           | 24.9           | 20.0          | 7.7           | 24.8           |
| 23                      | 24                 | 2.1           | 0.6           | 23.8           | 2.2           | 0.7           | 23.7           | 2.5           | 0.7           | 23.7           | 2.7           | 0.9           | 23.6           | 3.1           | 1.1           | 23.6           |
|                         | 26                 | 6.3           | 1.8           | 25.3           | 6.9           | 2.1           | 25.1           | 7.5           | 2.3           | 24.9           | 8.0           | 3.0           | 24.8           | 9.3           | 3.1           | 24.6           |
|                         | 28                 | 9.8           | 3.3           | 26.6           | 10.6          | 3.6           | 26.4           | 11.7          | 4.1           | 26.2           | 14.2          | 4.3           | 25.8           | 14.5          | 5.3           | 25.7           |

表 A.2.4-2 木地板材料面层单位地面面积的向上供冷量和向下传热量 (W/m<sup>2</sup>)

注：1 计算条件为加热管公称外径 20 mm,填充层厚度 40 mm,发泡水泥绝热层导热系数 0.08 W/(m·K)、厚度 40 mm,供回水温差 2°C；

2 木地板材料面层热阻为 0.1 m<sup>2</sup>·K/W。

### A.3 PE-RT 管传热量换算修正方法

A.3.1 针对工程中广泛应用的 PE-RT 管，当附录 A 未直接给出对应传热量数据时，可按本附录规定采用修正系数法进行工程近似换算。采用本方法时，工程条件应与本附录 A.1、A.2 中相应的具体表格条件一致；当工程条件与表列条件差异较大，或用于重要工程、非常规构造时，应通过传热计算、试验数据或产品技术资料进行校核。当工程采用 PE-RT 管，且地面构造、管外径、填充层厚度、绝热层、面层热阻、管间距及供回水平均温度等计算条件与本附录 A.1、A.2 中相应的具体表格（表 A.1.1~1 至表 A.1.4~2、表 A.2.1~1 至表 A.2.4~2）一致时，其单位地面面积向上传热量和向下载热量可按式由 PE-X 管或 PB 管表列值换算：

$$q_{u,PE-RT} = k_p \times q_{u,r} \quad (A.3.1-1)$$

$$q_{d,PE-RT} = k_p \times q_{d,r} \quad (A.3.1-2)$$

式中： $q_{u,PE-RT}$ ——PE-RT 管单位地面面积向上传热量（W/m<sup>2</sup>）；

$q_{d,PE-RT}$ ——PE-RT 管单位地面面积向下载热量（W/m<sup>2</sup>）；

$q_{u,r}$ 、 $q_{d,r}$ ——相同工况下采用 PE-X 管或 PB 管时的向上传热量和向下载热量（W/m<sup>2</sup>），取自本附录 A.1、A.2 中与管材、面层、绝热层及工况相对应的具体表格。；

$k_p$ ——PE-RT 管传热量换算修正系数，取值详见 A.3.3 节；

$r$ ——参考管材，可取 PE-X 管或 PB 管。

A.3.2 PE-RT 管地板表面平均温度可按下列方法近似换算：

供暖工况：

$$t_{pj,PE-RT} = t_i + k_p \times (t_{pj,r} - t_i) \quad (A.3.2-1)$$

供冷工况：

$$t_{pj,PE-RT} = t_i - k_p \times (t_i - t_{pj,r}) \quad (A.3.2-2)$$

式中： $t_{pj,PE-RT}$ ——PE-RT 管地板表面平均温度（℃）；

$t_{pj,r}$ ——相同工况下采用 PE-X 管或 PB 管时的地板表面平均温度（℃），取自本附录 A.1、A.2 中与管材、面层、绝热层及工况相对应的具体表格；

$t_i$ ——室内空气设计温度（℃）。

### A.3.3 修正系数取值规定说明

附录 A 中 PE-X 管基准导热系数为 0.38 W/(m·K)，PB 管为 0.23 W/(m·K)，常用 PE-RT 管导热系数约为 0.40 W/(m·K)，与 PE-X 管接近，高于 PB 管。按圆筒壁导热热阻及地面传热热阻串联关系估算，管壁热阻影响系数约为 0.10~0.15，故由 PE-X 管表列值换算 PE-RT 管时修正幅度约为 1%，由 PB 管表列值换算时修正幅度约为 5%。为便于工程应用并保持设计安全，表 A.3.3 分别取 1.01 和 1.05， $k_p$  可按表 A.3.3 取值。

表 A.3.3 PE-RT 管传热量换算修正系数  $k_p$

| 参考管材 $r$ | 基准导热系数<br>$\lambda_r$ [W/(m·K)] | $k_p$ | 适用说明                                    |
|----------|---------------------------------|-------|-----------------------------------------|
| PE-X 管   | 0.38                            | 1.01  | 优先采用。PE-RT 管与 PE-X 管导热性能接近，换算结果偏安全。     |
| PB 管     | 0.23                            | 1.05  | 仅当相同构造无 PE-X 管表列值时采用；宜优先选用 PE-X 管表列值换算。 |

注：1. PE-RT 管基准导热系数取 0.40 W/(m·K)；2. 传热热阻与热流方向无关，供暖与供冷工况下管壁导热机理相同；在本规程供冷、供暖常用水温范围内，PE-RT、PE-X 和 PB 管材导热系数随温度变化较小，故表中  $k_p$  同时适用于供暖和供冷工况。

A.3.4 当实际工程条件采用 PE-RT 管的导热系数与上述适用条件存在差异时，修正系数可按下式进行调整：

$$k_p' = k_p \times \sqrt{\frac{\lambda_{\text{实际}}}{\lambda_{\text{基准}}}} \quad (\text{A.3.4})$$

式中： $k_p'$ —— 调整后的修正系数；

$k_p$ —— 表 A.3.3 中给出的标准修正系数；

$\lambda_{\text{实际}}$ —— 实际采用 PE-RT 管的导热系数[W/(m·K)]；

$\lambda_{\text{基准}}$ —— PE-RT 管基准导热系数，取 0.40 W/(m·K)。

## 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) 表示允许有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

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

## 引用标准名录

- 1 《建筑外门窗气密、水密、抗风压性能检测方法》 GB/T 7106-2019
- 2 《室内空气质量标准》 GB/T 18883-2022
- 3 《采暖空调系统水质》 GB/T 29044-2012
- 4 《冷热水用分集水器》 GB/T 29730-2025
- 5 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189-2015
- 6 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB 50242-2002
- 7 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB 50243-2016
- 8 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300-2013
- 9 《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB 50411-2019
- 10 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736-2012
- 11 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》 GB 55015-2021
- 12 《城镇供热系统运行维护技术规程》 CJJ/T 88—2014
- 13 《辐射供暖供冷技术规程》 JGJ 142-2012
- 14 《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》 JGJ/T 260-2011
- 15 《户式新风除湿机》 GB/T 40397-2021
- 16 《通风与空调工程施工规范》 GB 50738-2011
- 17 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》 GB 50274-2010
- 18 《建筑电气工程施工质量验收规范》 GB 50303-2015

中国建筑节能协会团体标准

民用建筑地板辐射供冷供暖技术规程

T/CABEE 144-2026

条文说明

## 编制说明

《民用建筑地板辐射供冷供暖技术规程》T/CABEE144-2026 经中国建筑节能协会 2026 年 7 月 28 日以国建节协标〔2026〕第 53 号公告批准发布。

本规程适用的新建、改建民用建筑，涵盖住宅、公寓、小型办公等户式单元或小面积单元的常见业态，该类系统具有小型化特征。其中改建民用建筑涉及既有地板辐射供热建筑功能升级为地板辐射夏季供冷冬季供热形式，需考虑原有建筑结构、管线布局等限制条件，规程可为改造方案的制定提供技术依据。本规程的主要内容包括：1 总则；2 术语；3 设计；4 材料与设备；5 施工与安装；6 调试与验收；7 运行与维护。

为了便于设计、施工和运维相关单位在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《民用建筑地板辐射供冷供暖技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

## 目 次

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>1 总 则</b> .....    | <b>74</b> |
| <b>2 术 语</b> .....    | <b>75</b> |
| <b>3 设 计</b> .....    | <b>77</b> |
| 3.1 一般规定 .....        | 77        |
| 3.2 负荷计算 .....        | 78        |
| 3.3 地面传热量的计算 .....    | 79        |
| 3.4 水系统设计 .....       | 80        |
| 3.5 新风系统设计 .....      | 81        |
| 3.6 冷热源和新风机组设计 .....  | 83        |
| 3.7 温/湿度控制与冷热计量 ..... | 85        |
| <b>4 材料与设备</b> .....  | <b>87</b> |
| 4.1 一般规定 .....        | 87        |
| 4.2 地面构造 .....        | 87        |
| 4.3 水系统和风系统材料 .....   | 88        |
| 4.6 分集水器 .....        | 88        |
| <b>5 施工与安装</b> .....  | <b>89</b> |
| 5.3 绝热层铺设 .....       | 89        |
| 5.4 水系统管道安装 .....     | 89        |
| <b>6 调试与验收</b> .....  | <b>90</b> |
| 6.1 一般规定 .....        | 90        |
| 6.2 系统调试与检测 .....     | 91        |
| <b>7 运行与维护</b> .....  | <b>94</b> |
| 7.1 运行管理 .....        | 94        |
| 7.2 保养维护 .....        | 95        |

## 1 总 则

1.0.1 明确制定本规程的核心目标,即通过规范地板辐射供冷供暖系统全生命周期的技术行为,兼顾技术先进性、经济性、安全性与可靠性,最终满足用户对室内冷、热及空气品质的舒适需求,并实现节能目标。

1.0.2 本条界定了规程的适用范围,涵盖新建与改建两类民用建筑场景以低温热水为热媒的辐射供暖工程,及以高温冷水为冷媒的辐射供冷工程。本规程适用的新建、改建民用建筑,涵盖住宅、公寓、小型办公等户式单元或小面积单元的常见业态,该类系统具有小型化特征。其中改建民用建筑则涉及既有地板辐射供热建筑功能升级为地板辐射夏季供冷冬季供热形式,需考虑原有建筑结构、管线布局等限制条件,规程可为改造方案的制定提供技术依据。

1.0.3 本条明确本规程与其他相关标准的关系,确保工程实践中多标准协同执行,避免矛盾。本规程为针对地板辐射系统的专项要求,其他通用要求还应符合:《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242、《辐射供暖供冷技术规程》JGJ142、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243、《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》JGJ/T260、《建筑节能工程施工质量验收标准》GB50411、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736、《室内空气质量标准》GB/T18883、《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ 88 等相关标准的要求。

## 2 术 语

**2.0.1** 本条定义的核心在于明确系统的工作原理、组成及功能特点。系统通过地板内换热管的冷热媒介循环实现辐射调温，区别于传统对流式空调，具有温度场均匀、无吹风感的优势。配合新风或风机盘管实现湿度控制，体现了温/湿度独立控制的设计理念，可有效解决传统空调温/湿度耦合控制导致的舒适度问题。适用对象为民用建筑中的单个住户或小面积单元，明确了其与大型公共建筑集中辐射系统的区别。

**2.0.2** 本条界定了户式新风系统的范围与功能。其属性决定了系统服务于单一住户或小面积单元，区别于建筑集中新风系统。系统由取风、处理、分配等装置组成完整的送排风链路，核心功能不仅是引入新鲜空气，更通过过滤、热湿处理等环节，控制室内湿度并提升空气品质。例如，通过初效、中效甚至高效过滤去除空气中的颗粒物，通过热回收装置降低新风处理能耗，通过合理的送排风分配避免室内空气滞留，最终实现室内空气洁净度与舒适度的提升。

**2.0.4** 内置独立冷热源一体式新风机自身集成了小型冷热源装置，无需依赖外部冷热源供应，适用于无集中冷热源或分户独立供能的新建和改建建筑。该设备整体设计紧凑，可独立安装于室内空间，如厨房、卫生间等角落位置，也可根据建筑布局安装在设备间或吊顶内，可为单一住户或小面积单元提供室内空气品质改善及温/湿度调节服务。

**2.0.5** 与内置独立冷热源新风机不同，该设备自身不配备制冷制热的核心组件，而是依赖外部集中供能系统或户式独立冷热源系统，获取冷热媒介来实现对新风的处理。适用于有集中冷热源或已设置户式独立冷热源的建筑。

**2.0.7** 本条定义的调湿用分集水器，是针对末端除湿设备的水力分配装置。其结构与调温用集/分水器类似，但服务对象为除湿回路，如干湿两用风机盘管在湿工况运行时水流分配。通过对除湿回路水流的精准控制，可确保除湿设备获得稳定的水量与水温，从而实现高效除湿，与辐射调温系统协同维持室内湿度平衡，避免因湿度控制不当影响室内舒适度导致霉菌滋生以及地面结露问题。

**2.0.8** 本条强调了户式辐射供冷供热用模块机组的集成性与适用性。其将冷热源

核心部件集成一体，简化了安装流程，减少了占地面积，尤其适合户内空间有限的场景。该模块机组可根据单户需求灵活启停与调节，无需依赖集中供能系统，适配分户独立供能模式，具有能效比高、可单独控制的特点。

**2.0.9** 本条明确了防结露控制装置的基本功能要求。地板辐射供冷运行时，地板表面温度接近或低于室内空气露点温度时，易产生结露，可能导致地面湿滑、饰面材料受潮、室内霉菌滋生等问题。因此，防结露控制装置应能够实时监测室内空气温度、湿度及辐射地板表面温度，并根据参数变化趋势预判结露风险。当存在结露风险时，装置应自动采取提高冷水供水温度、切断相关环路水流或启动辅助除湿设备等措施，确保系统安全运行。

## 3 设 计

### 3.1 一般规定

3.1.1 确立地板辐射系统的核心设计逻辑，确保室内温/湿度精准调控、高效节能。辐射地板承担室内显热负荷，通过调节辐射面温度控制室内空气温度；新风系统或风机盘管承担室内全部潜热负荷，对室内空气湿度进行调节，从而确保室内温/湿度参数稳定在设计范围。温/湿度独立控制是行业公认的先进设计理念，其优势在于避免传统空调降温同时除湿导致的过冷、能耗高等问题。

3.1.2 本条规定的热媒与冷媒参数，是基于系统舒适度、能耗及设备寿命综合确定的。供暖供水温度  $35^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，既能保证地板表面温度处于舒适范围，又能避免水温过高导致地板材料老化或能耗增加；供回水温差  $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 是兼顾水泵能耗与换热效率的合理区间。供冷供回水温差  $2^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，则是因为辐射供冷系统的换热温差过小会增加循环水量与能耗，过大则可能导致局部过冷。

3.1.3 本条规定辐射面温度的合理范围，兼顾人体舒适性与防结露安全。人员经常停留区域温度限值更严格（供暖  $25^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ 、供冷  $21^{\circ}\text{C}\sim 23^{\circ}\text{C}$ ），因人体长期接触地面，温度过高易致闷热，过低易致寒冷。无人停留区域可放宽限值（供暖  $35^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 、供冷  $18^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ ），以提高供热和供冷量。为防止结露风险以及舒适度降低，设置供冷下限温度。

3.1.4 本条明确了冷热源形式的选择范围及要求。集中冷热源适用于住宅小区等规模化建筑，通过集中建设与管理，可降低单户设备投资与维护成本，但需具备分户调节能力。此外，对于既有地板辐射供暖系统改造为冬季供热夏季供冷系统情况时，为节省改造费用，尽可能减少改造工程量，考虑保留原有集中热源和地板辐射末的基础上，通过增加集中冷源实现夏季地板辐射供冷的改造目的。户式独立冷热源如模块机组、空气源热泵等，适用于独栋住宅或不具备集中供能条件的建筑，其性能需符合国家标准，确保能效与安全性。两种形式的并存，体现了规程对不同建筑规划模式的适配性。

3.1.5 本条规定的新风处理参数，是为了确保空气品质与舒适性，同时保证新风

送入室内时不影响室内温/湿度平衡。供暖季新风送风温度不低于 14℃，可避免低温新风进入室内造成局部降温或冷风感；供冷季送风温度不高于 30℃，可避免能耗浪费。同时，尽可能保证新风处理参数与室内设计参数的协同，防止新风引入导致室内湿度过高或过低，保障系统整体温度控制效果。

## 3.2 负荷计算

**3.2.1** 本条推荐动态负荷计算方法，是因为辐射系统的负荷受室外气象、室内人员活动等因素影响呈动态变化，动态法可更精准地计算不同时刻的负荷需求，为设备选型、系统设计提供科学依据；例如，通过动态计算可发现夏季午后太阳辐射导致的负荷峰值，从而合理匹配冷源容量。常规负荷计算方法作为替代方案，可通过修正系数弥补其无法反映负荷波动的缺陷，可对稳态计算结果乘以一个大于 1.0 的修正系数，该系数应根据辐射空调系统间歇运行特点、建筑热惰性 & 当地气候条件综合确定，或参考类似工程经验取值，可避免因稳态计算偏差导致设备选型偏小，同时可考虑辐射空调建筑本体热惰性造成的室内温度响应较长的问题。

**3.2.2** 本条规定的室内设计参数，是基于人体舒适度、卫生要求及功能需求确定的。温度参数按房间功能划分：主要休息与活动空间温度范围最舒适；其他房间温度可适当放宽。湿度参数兼顾舒适度与健康，过高易滋生霉菌，过低易导致皮肤干燥

**3.2.3** 本条从人员需求和空间需求两方面确定新风量，确保室内空气品质。按人员计算 30 m<sup>3</sup>/(h·人)，是根据人体每小时呼吸所需新鲜空气量及排出 CO<sub>2</sub>量确定的；按房间体积计算换气次数，是为了保证空间内空气的有效更新，厨房、卫生间因污染物产生量大，换气次数更高。取较大值并维持正压，可确保在满足人员需求的同时，通过正压防止室外污浊空气从门窗缝隙渗入，进一步提升室内空气品质。

**3.2.4** 本条针对不同冷热源形式规定户间传热量计算方法，旨在确保负荷计算的准确性与公平性。户间传热量的计算中应考虑间歇运行与户间传热等因素的综合

影响，可采用动态模拟软件或相关规范中规定的简化方法确定。

### 3.3 地面传热量的计算

**3.3.1** 提供辐射面传热量的计算公式，为辐射系统设计提供量化依据。通过针对实际地板辐射供冷和供热建立数值模型，并将结果和《辐射供热供冷技术规程》JGJ142 附录值对比验证后，对典型地板辐射系统进行各种工况下的模拟计算，并将各工况结果汇总分析，以温差为基准回归整理出该计算公式。

**3.3.2** 本条明确了房间所需辐射负荷的计算逻辑，体现了系统负荷分配的原则。房间总负荷由辐射系统、新风系统及其他辅助设备共同承担，辐射系统承担的负荷需扣除其他设备的承担量，避免重复设计导致的能源浪费。例如，夏季新风系统承担部分显热和全部潜热负荷后，辐射系统仅需承担剩余显热负荷，可降低辐射系统的设计容量。

**3.3.4** 本条强调冬夏负荷差异对辐射系统设计的影响。冬季供暖负荷主要取决于建筑围护结构传热损失，夏季冷负荷则受太阳辐射、室内设备散热等因素影响更大，两者在数值和分布上可能存在较大差异。因此，设计时需分别针对冬夏工况，调整辐射面面积（如负荷大的区域增加辐射面积）、管材间距（如负荷大的区域减小间距）及媒介参数（如冬季提高供水温度，夏季控制供水温度），确保系统在两季均能达到设计效果。

**3.3.5** 本条针对原位改造项目提出供冷量校核要求，是因为既有辐射供热系统的设计未考虑供冷需求，可能存在管材间距过大、保温措施不足等问题，导致供冷量无法满足夏季需求。若校核后供冷量不足，需通过增设风机盘管、新风除湿系统等辅助设备补充，避免因辐射供冷量不足导致室内温度无法达标。这种校核以及补充的设计思路，可在避免大规模改造原有系统的前提下，实现冷暖共用功能升级。

公式中  $q_{1,h}$  为原系统供暖能力， $\Delta t_c$  与  $\Delta t_h$  的比值反映温差变化对供冷量的影响， $\gamma$  为供冷修正系数。

### 3.4 水系统设计

**3.4.1** 本条对冷热媒介质的要求,是为了保障系统长期稳定运行。清洁无腐蚀性的水可避免管道内壁结垢、腐蚀,减少水流阻力,维持换热效率;若水质不佳,水垢会附着在换热管内壁,降低导热系数,增加能耗。采用软化水补水,可有效防止钙镁离子形成水垢,延长管道和设备寿命,符合采暖空调系统水质标准 GB/T 29044 的要求。

**3.4.2** 本条针对集中与分户冷热源水系统的不同规定,是基于其系统规模和运行模式的差异。集中冷热源系统规模较大,同程式系统可通过均衡各环路长度减少阻力差异,适用于环路复杂的场景;异程式系统构造简单,成本较低,适用于规模较小的系统。压差旁通阀可在部分用户停用或负荷降低时,通过旁通流量调节末端流量,同时可维持系统总流量稳定,保护冷热源设备。

**3.4.3** 分户独立冷热源系统采用变频水泵,可根据负荷变化调节转速,降低水泵能耗;膨胀水箱或定压罐用于平衡系统体积变化和稳定压力,防止管道汽化、倒空;机组进出口的阀门、过滤器等部件,分别用于检修关断、过滤杂质及监测参数。

**3.4.4** 本条对分集水器环路设计的要求,旨在实现水力平衡和便捷控制。环路数量不超过 8 路,可避免因环路过多导致的流量分配不均,便于精准调节。控制各环路的阻力差异,确保水流均匀分配;若长度差过大,短环路阻力小,流量过大,长环路则流量不足,导致室温不均。每路环路承担面积适宜按功能分区划分,便于分室控制,满足不同房间的使用需求,同时避免单路负荷过大导致的温度波动。

**3.4.5** 本条规定的管内流速限值,是综合考虑水流噪声、管道磨损和输送能耗的结果。流速过高(如超过  $0.8\text{m/s}$ )易产生湍流噪声,影响室内舒适度,同时增加能耗;流速过低(如低于  $0.2\text{m/s}$ )则可能导致管道换热能力不足,并且管道截面积增大,另外造成管内气体难以排出。

**3.4.6** 本条对水管间距和辐射面积的要求,是为了保证辐射面温度均匀和供能效果。水管间距  $150\sim 400\text{mm}$  需根据负荷大小调整:负荷大的区域采用较小间距,增加换热面积,提高供冷供暖量;负荷小的区域采用较大间距,降低成本。

**3.4.8** 本条规定流动控制阀件的设置位置和功能，是保障水系统安全运行、便捷调试与维护的关键。分集水器环路进出口阀门可实现单环路的流量调节和关断，例如某房间无需供冷供暖时，可关闭对应环路阀门，减少能源浪费；自动排气阀可及时排出管道内的空气，防止气阻导致的局部供冷供暖不足；排污阀定期排污可清除管道内的泥沙、杂质，避免堵塞换热管，维持系统水流顺畅。

**3.4.9** 本条强调水温控制的核心目标是防结露，这是辐射供冷系统设计的重点和难点。通过防结露控制装置实时监测室内空气露点温度，一般地区将辐射面供水温度控制在露点温度 $1^{\circ}\text{C}$ 以上，高湿地区（相对湿度 $>80\%$ ）控制在露点温度 $1.5^{\circ}\text{C}$ 以上，可从根本上避免结露现象。当室内湿度较高导致结露风险增加时，通过调节供水温度或启动辅助除湿设备双重控制，能进一步提高防结露的可靠性。

**3.4.10** 本条提出的水系统节能控制要求，是响应国家建筑节能政策、降低系统运行成本的重要措施。变流量控制通过变频水泵根据负荷变化调节流量，相比定流量系统可节能 $30\%$ 以上；冷热源设备自动调节输出功率，能避免“大马拉小车”的能耗浪费；分时分区控制可根据房间使用时间和功能需求调整运行状态，例如夜间关闭客厅、书房等区域的辐射系统，仅维持卧室最低舒适温度，显著降低夜间能耗。

**3.4.11** 本条对水系统保温的规定，旨在减少冷热量损失，提高系统能效，同时防止管道结露。保温材料需具备导热系数小、防火防潮的特点，保温性能优良。保温层厚度需根据环境温度、管道直径等参数计算确定，例如室外管道的保温层厚度需大于室内管道，以抵御室外低温或高温环境的影响；保护层的设置可防止保温层受外力损坏、受潮，确保保温效果长期稳定。

### 3.5 新风系统设计

**3.5.1** 本条规定新风取、排风口的布置要求，避免新风与排风短路、污染物吸入，保障新风品质和通风效率。

**3.5.2** 本条推荐的下送上回气流组织形式，是基于地板辐射系统特点的优化设计。下送上回可使新鲜空气从人员活动的高度送入，逐渐向上扩散，与室内污浊空气

混合后从上部排风口排出，通风效率高达 80% 以上，远高于上送上回形式。

**3.5.3** 本条规定的新风流速，是综合考虑管道气流噪声、输送效率、气流噪声和系统能耗的结果。送风口风速不大于 0.4m/s 可避免产生吹风感，回风口风速不大于 1.5m/s 可减少气流噪声，确保室内舒适度。风管风速设计值应避免管道内气流速度过高产生噪声，同时保证新风能够有效输送至室内各个区域。在实际设计中，需根据送风量和管道直径精确计算风速，确保风速在规定范围内，平衡输送效率与舒适度。

**3.5.4** 本条要求的新风量调节装置和节能措施，体现了新风系统的智能化和个性化特点。CO<sub>2</sub>浓度传感器联动调节新风量，可实现“按需供给”。例如 CO<sub>2</sub>浓度  $\leq 800 \times 10^{-6}$  时低风量运行， $800 \times 10^{-6} < \text{CO}_2 \text{浓度} \leq 1000 \times 10^{-6}$  时中风量运行，CO<sub>2</sub>浓度  $> 1000 \times 10^{-6}$  时高风量运行。

**3.5.5** 本条规定的新风品质控制和监测要求，是保障新风系统功能达标的关键。高中效过滤器过滤 PM<sub>2.5</sub> 等颗粒物，确保送入室内的新风洁净度；各类传感器实时监测新风参数，当数值过大时，及时发出报警并采取处理措施，可实现新风系统的主动维护；过滤器阻力监测装置能提醒用户及时更换过滤器，避免因过滤器堵塞导致新风量下降或能耗增加。

**3.5.6** 本条对新风热回收装置的要求，是为了降低新风处理能耗，提高系统节能性。因在极端温度下新风处理能耗高，如当室外温度  $\leq 5^{\circ}\text{C}$ （冬季）或  $\geq 28^{\circ}\text{C}$ （夏季）时，通过开启全热或显热换热器可回收显热和潜热，在冬夏季节可显著减少新风加热或冷却所需的能耗；热回收装置的选型需匹配新风量和室内外温/湿度差，确保其性能满足系统需求，同时便于清洗维护，延长使用寿命；旁通管道在过渡季节启用，可直接引入室外新风，无需热湿处理，节省风机和热交换器的能耗。

**3.5.7** 本条规定的新风防冻要求，是保障冬季新风系统安全运行的重要措施。防冻加热装置在新风温度低于设定温度时启动，可防止机组盘管冻裂；管道保温可减少热量损失，防止管道外壁结露滴水；低温报警装置在防冻装置失效时自动关闭新风阀，避免冷空气持续进入导致系统损坏，同时启动室内回风循环，维持室内基本通风需求。

### 3.6 冷热源和新风机组设计

**3.6.1** 本条明确地板辐射供冷供热系统中，辐射末端与新风末端或者风机盘管末端的冷热源配置灵活性，既允许两者共用同一冷热源以简化系统、降低初投资，也支持根据建筑功能需求、负荷特性差异、设备安装条件等实际情况分别设置冷热源，确保系统适配性与运行效率平衡。

共用冷热源适用于辐射末端与新风末端冷热需求参数匹配、建筑空间有限（如小户型无独立设备安装区域）、追求系统简洁性的项目；共用冷热源需满足两者最大负荷叠加需求（如冬季需同时满足辐射供暖与新风加热，夏季需同时满足辐射供冷与新风除湿），且可通过调温分集水器（辐射末端）、调湿分集水器（新风末端或风盘末端）实现水力独立控制，避免末端负荷波动相互干扰。

冷热源分别设置适用于辐射与新风末端参数差异大、负荷峰谷时段不同（如辐射供冷高峰在午后，新风除湿高峰在早晨）、设备安装空间充足、需分时段独立启停（如过渡季节仅开新风无需辐射运行）的项目；分别设置时，辐射末端冷热源优先匹配其参数需求（如空气源热泵），新风末端冷热源可按需选择（如除湿机组），两者需独立设置温控、防冻等保护装置，避免一方故障影响另一方运行，同时需考虑系统整体能耗协同。

**3.6.2** 本条规定的集中冷热源参数和功能，解决集中系统与辐射供冷供热的参数匹配问题，确保集中供能系统的稳定性和能效性。集中供暖和供冷的参数设置，需匹配辐射供冷供热系统的需求，同时兼顾管网输送效率，供回水温差设置合理可减少循环水量，降低水泵能耗；智能控制系统通过优化运行策略，可根据室外气象参数和用户负荷变化动态调节供能，相比传统控制方式节能。

当辐射末端和除湿末端共用集中外网时，由于辐射末端和除湿末端两者温度区间有所差别，除湿末端对温度要求冬季相对较高、夏季相对较低。可采取两种方式解决这种温度需求矛盾：1）采用并联方式，冷热媒直接进入除湿末端，在辐射末端设置混水或者换热装置，调节进入辐射末端的温度（见图1）。2）采用串联方式，冷热媒先进入除湿末端，然后再进入辐射末端换热。这种方式可以

实现能量的梯级利用，能够更好地发挥能量的价值，但要控制好两种末端温度和流量的匹配，可通过在辐射末端前增加调节装置加以解决（见图 2）。

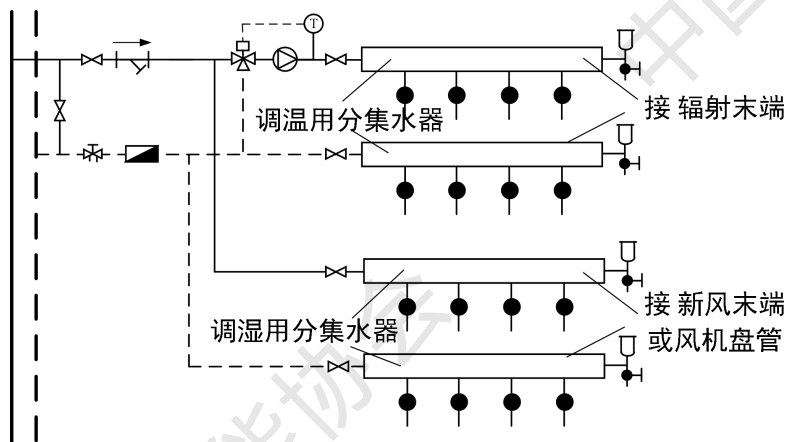


图 1 辐射末端和新风/风盘末端并联模式

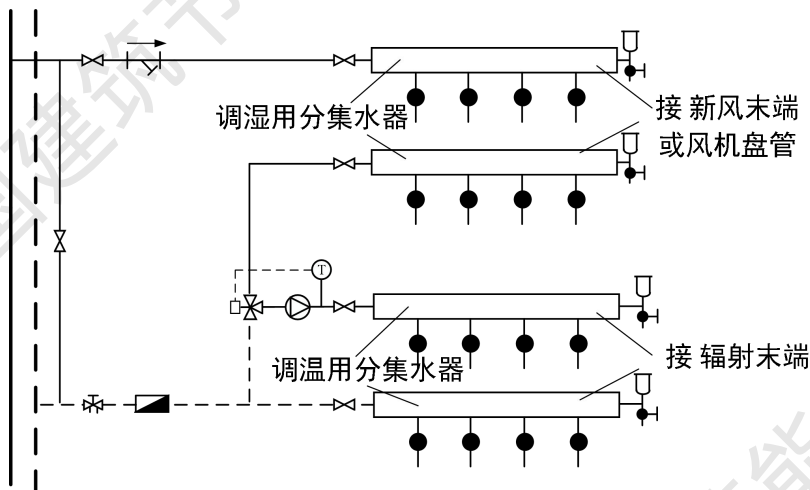


图 2 辐射末端和新风/风盘末端串联模式

**3.6.3** 本条明确户式独立冷热源（模块机组）的核心性能指标与系统配置要求，确保其适配户式辐射系统的冷热需求，兼顾节能性、安装便捷性与运行安全性。户式独立冷热源的参数设置需符合辐射系统的供冷供暖需求，同时确保设备能效比达标，空气源热泵机组在标准工况下的 COP 和 EER 符合国家节能标准，可降低运行成本；远程控制功能方便用户通过手机 APP、智能面板等方式操控设备，提升使用便捷性；设备安装位置的要求，可确保设备通风良好、运行稳定，同时减少噪声对室内环境的影响，例如室外机安装在通风开阔的阳台，与卧室保持 3m 以上距离，可将噪声控制在 40dB 以下。

**3.6.4** 本条对新风机组分类和适应原则的规定，旨在实现新风机组与建筑冷热源形式的合理匹配。内置独立冷热源新风机组无需依赖外部系统，适用于无集中供

冷的建筑，如改造小区，安装灵活且自成系统；外供冷热源新风机组需接入建筑冷热源水系统，适用于有集中供能的建筑，系统集成度高且能耗较低。新风机组的选择需综合考虑建筑条件、运行成本和维护需求，确保其与整体系统协调运行，发挥最佳性能。

### 3.7 温/湿度控制与冷热计量

**3.7.1** 明确地板辐射供冷供暖系统计量与调控的核心要求，通过完善调控计量体系，确保系统运行的精准性、节能性与可追溯性，实现对室内温/湿度及冷热媒介的自动调节，满足舒适与防结露需求。

**3.7.2** 规范温/湿度监测装置的设置要求，确保监测数据的准确性、代表性与可靠性，为调控系统提供高质量数据输入。通过明确传感器安装位置、精度、功能及特殊场景要求，避免因监测数据失真导致的调控失效（如结露、温度不均）。

防结露传感器设置在“温/湿度最不利位置”，因这些区域空气流通差，易成为结露高发区，优先监测可提前预警；辐射面温度采用“多传感器取平均值”，是由于辐射面温度分布可能存在差异（如管间与管上温度不同），单传感器数据代表性不足，算术平均值能更真实反映辐射面整体温度。

原位改造系统因原有结构可能存在缺陷，温/湿度波动风险更高，故需额外增设传感器，并提高监测频率，确保及时捕捉参数变化。

**3.7.3** 明确地板辐射供冷系统防结露控制的核心逻辑、实施方法与安全阈值，建立预判-分级-应急的全流程控制体系，在保障不结露的前提下兼顾舒适性，避免因结露导致地板损坏、霉菌滋生等问题，确保系统运行安全可靠。

优先采用“温/湿度传感器计算露点”的方法，因该方法能实时响应室内温/湿度变化，计算精度高（优于直接露点传感器）。

防结露控制宜按照按“偏差程度”实施分级动态调控，优先通过提高供水温度/调小循环流量，其次强化新风或风机盘管除湿，最后切断供冷回路。该逻辑避免单一手段过度调整导致的舒适度下降。

**3.7.4** 本条规定的系统接口协议要求，是实现辐射系统智能化、网络化的基础。统一的通信协议可确保不同设备之间的数据交互顺畅，Modbus、BACnet 等国际

通用协议兼容性强，便于系统集成和后期扩展；中央控制器作为系统核心，可实现设备集中管理和远程监控，物业管理平台可实时掌握系统运行状态，及时处理故障；数据加密功能可保护用户隐私和系统安全，防止数据泄露和恶意攻击。

## 4 材料与设备

### 4.1 一般规定

4.1.2 面层材料为木地板饰面时，可不计入其破坏强度，因木地板弹性变形可缓冲应力。

4.1.3 辐射供冷供暖系统所用材料和设备除应符合相应现行国家相关标准外，其防火性能和污染物控制标准需符合下列规范要求：

- 1 《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624；
- 2 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325。

### 4.2 地面构造

4.2.1 根据《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 相关要求，绝热层材料燃烧性能等级不应低于 B1 级；有害挥发物释放量应符合《民用建筑工程室内环境污染控制标准》GB 50325 规定的总挥发性有机化合物（TVOC） $\leq 0.5 \text{ mg/m}^3$ 要求。

4.2.3 本条关于预制沟槽保温板及金属均热层的构造要求，主要依据《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142、《辐射供暖及供冷应用技术规程》DB33/T 1029 和《地面辐射供暖技术规程》DG/TJ 08-2161 的相关规定确定。JGJ 142 中对预制沟槽保温板地面辐射供暖和均热层作出了规定，明确加热管或加热电缆应敷设在预制沟槽保温板的沟槽中，并通过均热层改善表面温度分布。DB33/T 1029 中对预制沟槽保温板及其金属均热层的沟槽尺寸、保温板厚度、均热层厚度和导热系数提出了要求。DG/TJ 08-2161 中对预制沟槽保温板金属导热层与管道的包裹要求作出了规定。

4.2.4 采用其他绝热材料时，其等效厚度应按下列式计算：

$$\delta_2 = \delta_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (1)$$

式中,  $\delta_1$ ——设计基准材料厚度 (mm);

$\lambda_1$ ——设计基准材料导热系数[W/(m·K)];

$\lambda_2$ ——替代材料实测导热系数[W/(m·K)]。

### 4.3 水系统和风系统材料

4.3.1 加热供冷管管材的产品标准包括:《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 18992.2、《冷热水用聚丁烯(PB)管道系统》GB/T 19473.2、《冷热水用耐热聚乙烯(PE-RT)管道系统 第2部分:管材》GB/T 28799.2、《冷热水用聚丙烯管道系统》GB/T 18742.2、《铝塑复合压力管》GB/T 18997.1、《无缝铜水管和铜气管》GB/T 18033 等。

### 4.6 分集水器

4.6.3 塑料管活接易因热胀冷缩泄漏。

## 5 施工与安装

### 5.3 绝热层铺设

- 5.3.1 干式地暖基层平整度 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$  能避免空鼓异响。
- 5.3.3.3 侧面绝热层高度延伸至填充层上边缘可阻断热桥。
- 5.3.4 铝箔胶带密封缝隙 $> 1\text{mm}$  将导致 15%~20%热损失。

### 5.4 水系统管道安装

- 5.4.5 湿式地暖填充层内接头是渗漏主因。
- 5.4.10 柔性套管能防止密集管道热胀冷缩挤压破裂。
- 5.4.15 填充层伸缩缝设置在管道铺设后期进行易损伤管道。

## 6 调试与验收

### 6.1 一般规定

**6.1.2** 本条规定了地板辐射供暖系统初始供暖调试的基本程序和技术要求。

地板辐射供暖系统具有较大的热惰性，初次运行时，地面构造层、填充层及饰面层需要经历逐步受热和含湿状态稳定的过程。若供水温度升高过快，可能导致地面材料产生不均匀热胀冷缩，造成面层开裂、空鼓或变形，也可能影响系统水力平衡和室内热舒适性。因此，初始供暖调试宜按“预热—升温—平衡调节”的顺序进行。

预热阶段将供水温度控制在高于室内空气温度  $10^{\circ}\text{C}$  且不高于  $32^{\circ}\text{C}$ ，主要是为了使地面构造层缓慢受热，减少温度应力，同时避免低温热水系统初次运行时温升过大。连续运行 48h，有利于系统管路、填充层和室内环境温度逐步趋于稳定，也便于检查管路、分水器、集水器及连接部位是否存在渗漏、堵塞或运行异常。

升温阶段每隔 24h 将水温提高  $3^{\circ}\text{C}$ ，是为了控制地面升温速率，使供暖系统逐步接近设计工况，避免因快速升温引起地面材料热变形或局部过热。达到设计供水温度后保持运行不少于 24h，主要用于观察系统在设计工况下的连续运行稳定性，为后续水力平衡调节提供可靠条件。

在设计供水温度下逐路调节分水器、集水器连接的加热管，是保证各环路流量、室温和地面表面温度满足设计要求的重要措施。由于不同房间、不同环路的管长、阻力和负荷不同，若不进行逐路调节，容易出现部分区域过热、部分区域供热不足的现象，影响系统运行效果和能效。

**6.1.3** 本条规定了地板辐射供冷系统调试的基本要求。

地板辐射供冷系统运行时，地面表面温度通常低于室内空气温度，若室内空气含湿量较高，地面表面温度低于或接近露点温度时，容易发生结露现象。结露不仅会影响室内舒适性，还可能造成地面材料受潮、霉变、变形，甚至影响建筑构造和室内卫生环境。因此，供冷系统调试应以防结露为基本前提。

初始供冷调试应在除湿系统或新风系统调试后进行，是因为辐射供冷系统本身不具备显著除湿能力，室内湿度控制主要依赖新风除湿或独立除湿系统。只有

在除湿系统或新风系统能够正常运行,并能将室内空气露点温度控制在设计范围内时,辐射供冷系统才具备安全调试和运行条件。

供冷系统供水温度控制在高于室内空气露点温度 2℃以上,是为了留有必要的防结露安全裕量。实际运行中,室内温湿度、人员活动、新风量、围护结构传热及地面温度分布均可能存在波动,供水温度若过于接近露点温度,将增加结露风险。调试时应逐渐降低供水温度,直至达到设计供水温度,以便观察系统在不同供冷水温下的运行状态、室内湿度变化及地面表面温度情况。

达到设计供水温度并保持运行不少于 24h,主要是为了检验供冷系统在设计工况下的连续运行稳定性、防结露控制可靠性以及室内温湿度控制效果。在设计供水温度工况下对每组分水器、集水器连接的供冷管逐路进行调节,是为了使各环路流量与房间冷负荷相匹配,避免局部供冷不足或地面温度过低。逐路调节后,系统应能够满足设计要求,并保持各区域供冷效果均衡、稳定。

## 6.2 系统调试与检测

**6.2.2** 辐射体表面平均温度是评价辐射供冷供暖末端传热性能的基本参数。测定时应在系统达到稳态后进行,以减少水温波动、室内环境变化和辐射体热惰性对测量结果的影响。温度测点应与辐射体表面紧密粘贴,避免因接触不良造成测量偏差。

对于以水为媒介的测试样品,辐射体表面温度受热媒流程、加热供冷管位置、管间距和面层传热性能等因素影响。管上方区域和管间区域的表面温度通常存在差异,因此测点不宜集中布置在单一区域。将一部分测点布置在加热供冷管上方,另一部分测点布置在加热供冷管之间,并沿热媒流程均匀设置,有利于反映辐射体表面温度分布特征,提高测量结果的代表性。

辐射体表面平均温度采用各测点温度的算术平均值计算。该方法计算简便,适用于本条规定的测点布置条件,可用于表征测试样品表面温度的总体水平,并为供冷供暖能力测试和系统性能分析提供基础数据。

**6.2.3** 室内空气温度和湿度是评价地板辐射供冷供暖系统室内热湿环境的重要参数。检测时,应根据供暖和供冷工况下人体活动区域及热舒适评价需要,合理

确定测点高度，并根据房间使用面积确定测点数量，以提高检测结果的代表性。

辐射供暖时，人体多处于坐姿或低位活动状态，房间中央离地 0.75m 高处的空气温度、湿度可较好反映人员主要活动区域的热湿环境。辐射供冷时，人员活动区域对上部空气温度、湿度变化更为敏感，房间中央离地 1.1m 高处的空气温度、湿度可作为供冷工况下室内热湿环境评价依据。

房间面积较小时，室内温湿度分布相对容易代表，可设置较少测点；房间面积增大后，受围护结构、门窗、家具布置、太阳辐射和气流组织等因素影响，室内温湿度分布差异可能增大，因此应相应增加测点数量。按房间使用面积分级设置测点，有利于兼顾检测结果的代表性和检测工作的可操作性。

温度测量系统准确度为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，湿度测量系统准确度为 $\pm 2\%$ ，是为了保证室内热湿环境检测数据的可靠性。对于供冷工况，湿度检测结果还可用于判断室内露点状态，为防止地面或末端部位结露提供基础数据。

**6.2.5** 新风系统风量是评价配套通风效果和室内热湿环境的重要参数。检测时应在系统和机组正常运行并调整至检测状态后进行，测点布置、仪表使用和数据处理应符合相关标准要求。

风量测量截面宜选择在气流较均匀的直管段上，并与上游、下游局部阻力管件保持规定距离，以减少弯头、变径、阀门等对风速分布的影响。逐点测量且每点宜测量 2 次以上，是为了减少气流波动和读数误差对结果的影响。

采用毕托管测量时，测头应正对气流方向并与风管轴线平行，连接软管应保持通畅且无漏气，以保证动压测量结果可靠。记录空气温度和大气压力，是为了计算空气密度，并进行标准状态风量换算。

本条规定了毕托管、微压计以及风速计测量风量时的数据处理方法，有利于统一检测方法和计算口径，为新风系统运行效果评价和系统调试提供依据。

**6.2.6** 水系统流量是评价系统运行状态和调试效果的重要参数。测点宜设置在设备进口或出口的直管段上，采用超声波流量计时，宜选择满足规定前后直管段距离的位置，以减少局部阻力构件对测量结果的影响。

检测时应确认系统处于规定检测状态，按仪表操作规程安装和调整仪表，并在测试状态稳定后进行测量。测量时间宜取 10min，以减少流量波动影响。检测结果取各次测量值的算术平均值，可提高测试结果的代表性。

**6.2.7** 本条规定了地板辐射供冷供暖系统制冷量和供热量检测的抽样原则、测点

布置、测试方法和计算方法。对同型号机组按数量进行抽样检测，是为了在保证检测代表性的同时兼顾工程检测的可操作性。

制冷量和供热量检测主要通过循环水侧参数计算确定。温度计设在靠近机组的进出口处，是为了测得机组进、出口水温差；流量传感器设在设备进口或出口的直管段上，是为了减少局部阻力构件对流量测量结果的影响。温差和流量是计算机组制冷量、供热量的主要参数，其测量结果直接影响计算结果的可靠性。

采用现行国家标准《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组性能试验方法》GB/T 10870 规定的液体载冷剂法进行检测，有利于统一测试方法和数据处理口径。检测时对冷水或热水进出口温度和流量进行同步测量，并按规定间隔连续读数 60min，取各次读数的平均值作为测定值，可减少系统运行波动和单次读数误差对检测结果的影响。

机组制冷量或供热量根据循环侧水平均流量、进出口平均温差、水的平均密度和平均温度下水的比热容计算确定，可用于评价机组实际输出能力，并为系统调试、运行评价和能效分析提供依据。

## 7 运行与维护

### 7.1 运行管理

7.1.4 地板辐射供冷供暖系统设置检测与监控功能，旨在掌握系统运行状态，保证系统安全、稳定和节能运行。运行参数监测和设备状态显示可为运行管理、故障判断和系统调节提供依据；自动调节控制和工况切换可使系统适应供暖、供冷及负荷变化要求；联锁保护可降低设备异常运行和供冷结露风险；能量计量可为能耗统计、节能分析和费用核算提供基础数据。

7.1.6 地板辐射供冷供暖系统的运行效果受室内外环境、围护结构蓄热、地面表面温度、供回水状态以及新风除湿系统运行情况等因素影响。对关键参数进行检测和监控，有利于掌握系统运行状态，保障室内热湿环境和系统安全运行。

温湿度动态控制及能量计量相关参数应实时监测。室内外空气温度、相对湿度、地面表面温度和露点温度等参数，是系统调节、防结露判断和能量计量的重要依据。供冷工况下，地面表面温度接近或低于室内空气露点温度时，可能产生结露，因此应对温湿度和露点温度进行连续监测。

用于系统性能评价及经济分析的参数宜进行检测。温湿调控效果可反映系统对室内环境的控制能力；防结露性能可反映供冷运行的安全性；能耗分项数据可为系统运行分析、节能评价和运行费用核算提供基础数据。

温湿度及露点温度测量仪表的精度应满足控制要求。温度测量误差不应大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度测量误差不应大于 $\pm 3\%$ ，是为了保证控制判断和运行评价数据的可靠性，避免因测量偏差造成控制滞后、误动作或结露风险判断不准确。

系统具备分区温控、循环水泵及冷热源联动控制功能，有利于根据不同区域负荷变化进行调节，减少无效运行。供冷工况下，系统应与新风及除湿系统联动控制，并满足防结露控制要求，以保证室内湿度、露点温度和供冷水温之间保持合理关系，降低地面和末端部位结露风险。

7.1.8 辐射供冷系统运行时，供冷末端表面温度较低。当室内空气湿度较高，且末端温度接近或低于空气露点温度时，容易产生结露，造成地面或末端表面潮湿，

并可能影响装饰面层、室内卫生条件和系统安全运行。因此，辐射供冷系统应设置防结露控制功能。

系统供水温度应根据室内空气露点温度和供冷末端温度进行调节，使供冷末端温度高于空气露点温度不小于 2℃。该温差要求是为了留有一定安全余量，减少因传感器误差、室内湿度波动、局部温度不均等因素导致的结露风险。

当监测到末端温度接近露点温度时，系统应自动提高供水温度或暂停供冷运行，以避免末端表面继续降温并达到结露条件。该控制措施属于供冷系统的预防性保护。

当已经发生结露现象时，应优先采取除湿措施，降低室内空气湿度和露点温度；同时应提高供水温度或停止供冷运行，防止结露继续发展。待结露消除，且末端温度与空气露点温度之间恢复规定安全差值后，方可恢复供冷运行。

## 7.2 保养维护

**7.2.3 地板辐射供冷供暖系统日常维护的主要目的是及时掌握系统运行状态，发现并处理运行异常，保证系统安全、稳定运行。**

定期监测供回水温度、系统压力等参数，可判断系统循环和换热状态是否正常。根据室内环境变化适当调整运行参数，有利于满足使用舒适性要求，并减少不必要的能耗。定期检查分集水器、管道和阀门等设备状况，可及时发现渗漏、腐蚀、变形等问题，避免故障进一步扩大。

**7.2.4 定期维护是保证地板辐射供冷供暖系统长期稳定运行的重要措施。通过对管道、阀门、保温层、过滤器及关键设备进行检查和维护，可减少系统阻力增加、换热性能下降、设备故障和能耗升高等问题。**

系统运行一段时间后，管道内可能产生杂质、沉积物或气体积聚，影响水流循环和换热效果。定期对系统管道进行清洗，有利于维持系统换热性能和水力稳定性。阀门运行状态及密封性能直接影响回路调节和系统安全运行，发现启闭不灵、渗漏或密封失效时，应及时维护或更换。

管道及设备保温层破损会增加冷热损失，并可能在供冷工况下增加结露风险，因此应定期检查并及时修复。循环水泵、温控装置等关键设备的性能会影响系统循环、调节和控制效果，检查不符合要求时，应进行维修或更换。

过滤器堵塞会导致系统阻力增大、流量不足和换热效果下降，应根据压差或运行状态定期清洗或更换。水系统过滤器维护时，还应结合系统水质和运行压力进行检查，以保证系统正常运行。