

ICS 91.140.10

CCS P 46

团 体 标 准

T/CCMSA xxxx-202x

燃气供暖热水炉地暖系统技术标准

Technical standard for floor radiant heating systems
of gas-fired heating and hot water combi-boilers

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

中国建筑金属结构协会 发布

目 次

前言.....	III
引言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 设备与材料.....	3
4.1 一般规定.....	3
4.2 热源设备与材料.....	3
4.3 输配装置与材料.....	3
4.4 散热末端材料.....	5
4.5 电气、监测与调控装置与材料.....	8
4.6 设备与材料的储运和检验.....	
5 设计.....	
5.1 一般规定.....	
5.2 热负荷计算.....	
5.3 辐射面传热量的计算.....	
5.4 管道水力计算.....	
5.5 热源系统.....	
5.6 输配管网.....	
5.7 散热末端.....	
5.8 电气、监测与调控系统.....	
5.9 系统节能设计.....	
6 安装施工.....	
6.1 一般规定.....	
6.2 施工方案及材料、设备检查.....	
6.3 热源系统.....	
6.4 输配管网.....	
6.5 散热末端.....	
6.6 电气、监测与调控系统.....	
6.7 水压试验.....	
6.8 质量验收.....	
6.9 施工安全、环保与成品保护.....	
7 试运行、调试及竣工验收.....	

- 7.1 一般规定
- 7.2 试运行与调试
- 7.3 系统性能检测
- 7.4 竣工验收
- 8 运行与维护保养
- 8.1 一般规定
- 8.2 运行
- 8.3 维护保养
- 附录 A (规范性附录) 地暖地面构造图
- 附录 B (资料性附录) 采用导热系数为 $0.38\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的 PE-X 管的热热水地暖辐射面单位面积散热量
- B.1 混凝土填充式热水地暖辐射面单位面积散热量
- B.2 预制沟槽保温板干式工法热水地暖辐射面单位面积散热量
- 附录 C (规范性附录) 塑料管、铝塑复合管和无缝铜管的选择
- 附录 D (资料性附录) 工程质量检验表
- 附：部分条文说明

前 言

本文件是参照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》、GB/T 20004.1—2016《团体标准化 第1部分：良好行为指南》和 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

请注意本文件的某些内容有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国建筑金属结构协会辐射供暖供冷委员会提出。

本文件由中国建筑金属结构协会归口。

本文件主要起草单位：

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

本文件主要审查人：

本文件首次制定。

引 言

本文件是根据中国建筑金属结构协会“关于下达《中国建筑金属结构协会 20xx 年第 xx 批团体标准试点项目计划》的通知”（建标协字【20xx】xxx 号）的要求，由中国建筑金属结构协会辐射供暖供冷委员会组织了 xx 家社会团体，经过认真总结实践经验，参考有关国家标准、行业标准和团体标准，并在广泛征求意见的基础上制定完成。

制定本文件的目的是为了规范燃气供暖热水炉地暖系统工程的设计、施工、调试验收和运行维护，做到技术先进、经济合理、安全适用和保证工程质量。

本文件的主要内容是：1 范围；2 规范性引用文件；3 术语和定义；4 设备与材料；5 设计；6 安装施工；7 试运行、调试及竣工验收；8 运行与维护保养。

本文件由 xxxx 负责管理和对条文的解释，由 xxxx 负责具体技术内容的解释。在执行过程中，如有意见或建议，请寄送 xxx（地址： ；邮政编码： ）。。

燃气供暖热水炉地暖系统技术标准

1 范围

本文件规定了燃气供暖热水炉（包括冷凝炉、模块炉、室外型炉）地暖系统工程的设计、安装施工、调试验收和运行维护。

本文件适用于新建（包括扩建和改建）和既有民用建筑与工业建筑的供暖炉供地暖或兼供生活热水的地暖系统（以下简称地暖系统，包含混凝土或水泥砂浆填充式地暖、模块板地暖、预制沟槽保温板地暖）的设计、施工、调试验收和运行维护。当供暖炉耦合其他能源（如太阳能、空气能等可再生能源）装置的多能互补地暖系统，可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 20665 家用燃气快速热水器和燃气采暖热水炉能效限定值及能效等级
- GB 25034 燃气采暖热水炉
- GB 55009 燃气工程项目规范
- GB 50015 建筑给水排水设计标准
- GB 50028 城镇燃气设计规范
- GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- GB 50736-2012 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 55015 建筑节能与可再生能源利用通用规范
- GB 55020 建筑给水排水与节水通用规范
- JGJ 142-2012 辐射供暖供冷技术规程
- CJJ 12 家用燃气燃烧供暖炉安装及验收规程
- CJ/T 395-2012 冷凝式燃气暖浴两用炉

3 术语和定义

GB 25034-2020、JGJ / T 398-2017、JGJ 142-2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB 25034-2020、JGJ / T 398-2017、JGJ 142-2012 中的某些术语和定义。

3.1

燃气供暖热水炉 gas-fired heating and hot water combi-boilers

额定热负荷小于 100kW，供暖最大工作水压不大于 0.6MPa，工作时水温不大于 95℃，采用大气式或全预混式燃烧器，利用燃气燃烧的热能加热水并输送用于供暖或供暖热水两用的器具。也称燃气采暖热水炉，简称供暖炉。

3.2

燃气供暖热水炉地暖系统 gas-fired heating and hot water combi-boilers floor radiant heating system

以燃气供暖热水炉为热源装置，利用热水媒质，实现地面辐射供暖或地面辐射供暖兼供生活热水的系统。该系统由热源、输配、末端和监测与调控四个子系统组成。

3.3

模块炉 modular boiler

在同一外壳下，由两个或两个以上可独立运行的相同模块组成的供暖炉。

[来源，GB 20534-2020，3.20]

3.4

远程控制器 remote control

除供暖炉自身的控制装置外，通过有线或无线方式控制供暖炉的装置。

[来源，GB 20534-2020，3.23]

3.5

混水换热装置 water mixing heat exchange device / water mixing heat exchanger

地暖输配管网中实现部分地暖回水与供暖炉高温水混合换热降温、水力分离、热量兼容的功能性装置。简称混水装置。

[来源，JGJ 142-2012，2.0.3，有修改]

3.6

一二次水系统 primary and secondary circuit flow water system

供暖系统中用旁通管、水力分离器、混水装置和换热装置等，将供暖炉侧和管网侧或地暖末端水路分成两个水力相对独立的水系统，供暖炉侧为热水输送回路的一次水环路，管网侧或散热末端为热水输配回路的二次水环路，同时，每个水环路均设有循环泵来提供本环路的循环动力，二次水环路也可多环路多台水泵，且水泵间互不影响。也称二次泵系统。

3.7

预制沟槽保温板 pre-grooved insulation board

在工厂预制的，用于现场拼装、敷设固定加热管的，带有固定间距和尺寸沟槽的聚苯乙烯类泡沫塑料或其他保温材料制成的板块。

[来源，JGJ 142-2012，2.0.7，有修改]

3.8

地暖绝热模块板 modular thermal insulation board for floor radiant heating

用模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）、挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）、模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）、挤塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SXPS）、聚氨酯泡沫塑料，或用聚乙烯塑料（PE）、聚丙烯塑料（PP）等结构与绝热材料复合，在工厂预制的，带有一定形状凸起或凹陷形成固定间距和尺寸规格的笋头（也称蘑菇头）的，在地暖施工过程中，用于现场拼装、敷设固定加热管的模块化绝热板块，简称模块板，也称蘑菇板。

3.9

聚乙烯结构复合模块板 polyethylene structure composite modular board

带蘑菇头的聚乙烯塑料（PE）结构板下面粘贴绝热平板、带铝箔的绝热平板或复合带蘑菇头绝热板（EPS、XPS、SEPS、SXPS）的模块板。分蘑菇头充实绝热材料板和镂空板（裸板）两种。

3.10

模塑聚苯乙烯泡沫塑料覆膜模块板 laminating modular board of moulded polystyrene foam

带蘑菇头的模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）模块板，其上表面以橡胶改性高冲击聚苯乙烯（HIPS）热塑覆膜。

3.11

混凝土或水泥砂浆填充式热水地暖 floating screed floor radiant heating of hot water

热水加热管敷设在绝热层之上或其中，需填充混凝土或水泥砂浆后再铺设地面面层的地面辐射供暖形式。简称混凝土填充式热水地暖。

[来源，JGJ 142-2012，2.0.9，有修改]

3.12

预制沟槽保温板热水地暖 pre-grooved insulation board floor radiant heating of hot water

热水加热管敷设在预制沟槽保温板的沟槽中，加热管与保温板沟槽尺寸吻合且上皮持平，不需要填充混凝土或水泥砂浆即可直接铺设面层的地面辐射供暖形式。

[来源，JGJ 142-2012，2.0.10，有修改]

3.13

干式工法 non-wet construction

现场采用干作业施工工艺的建造方法。

[来源，JGJ / T 398-2017，2.0.14]

3.14

均热层 heat distribution plates

铺设在预制沟槽保温板地暖加热管之下的，或当采用干式工法时宜同时在预制沟槽保温板上表面满铺的，可使加热管热量均匀传递的金属板、金属箔或其它材料导热层。

[来源，JGJ 142-2012，2.0.11，有修改]

4 设备与材料

4.1 一般规定

4.1.1 地暖系统中所使用的设备和材料，应根据系统热负荷、工作温度、系统工作压力、建筑荷载、建筑设计寿命、现场防水、防火以及施工性能等要求，经综合比较后确定。

4.1.2 地暖系统所使用的热源设备、输配装置、阀门、调节阀、控制器、传感器、仪表、材料、配件应符合国家现行有关标准的规定，应具有质量合格证明文件，并具有国家授权机构提供的有效期内的检验报告。

4.2 热源设备与材料

4.2.1 供暖炉的材料、构造及热工性能应符合安全环保及节能的要求。供暖炉应符合现行国家标准《燃气采暖热水炉》GB 25034、行业标准《冷凝式燃气暖浴两用炉》CJ/T 395 的规定；供暖炉尚应取得中国国家强制性产品认证（CCC 认证）。

4.2.2 供暖炉应符合但不限于下列规定：

- a) 供暖额定热负荷小于 35kW 的供暖炉应内置膨胀罐和循环水泵；
- b) 设置监测与调控供暖或供热参数的功能装置；
- c) 停止供电时供暖炉应安全关闭，恢复供电时供暖炉应正常运行或处于非易失锁定状态；

- d) 停止供电时供暖炉应安全关闭，恢复供电时供暖炉应正常运行或处于非易失锁定状态；
- e) 非冷凝炉排烟温度不应小于 110℃；
- f) 当冷凝炉的冷凝水排水口堵塞或冷凝水排水泵关闭而导致冷凝水堵塞时，冷凝水不应溢出和泄漏；
- g) 燃烧产物排放系统含有塑料材料和排烟系统中含有塑料烟管、塑料连接管的冷凝炉，应设置烟温限制装置；
- h) 应具备低水压或最低流量、超压、超温、熄火保护、风机故障等的控制和安全切断功能，并宜设置水温限制装置、熄火安全装置、防过电流装置、停电安全装置等；
- i) 应根据设定的温度自动运行；
- j) 宜具有室内温度直接控制功能、热源气候补偿功能，可具有远程控制、智能保养提示功能；
- k) 室内型供暖炉可设置一氧化碳、甲烷监测预警防护功能；
- l) 室内型供暖炉应至少是 IPX4；室外型供暖炉应至少是 IPX5D；
- m) 室外型供暖炉的安装环境温度低于 0℃时，应设置自动防冻功能。

4.2.3 供暖炉宜标明但不限于以下基本参数或信息：

- a) 燃气类别及额定压力(kPa 或 Pa)；
- b) 供暖额定热负荷，供暖额定热输出，供暖额定冷凝热输出（不适用于非冷凝炉）（对于三个参数可调的供暖炉，标注其最大、最小值，kW）；
- c) 生活热水额定热负荷（kW）；
- d) 生活热水系统适用水压（MPa、不适用于单供暖型）；
- e) 供暖系统最高工作水压（MPa）、内置膨胀罐（如有）容积；
- f) 能效等级标识；
- g) 内置泵（如有）主要的性能参数及炉体进出口内部水路的额定水头损失；
- h) 电源性质，交流“~”；额定电压、额定频率、额定电功率；
- i) 防触电保护等级、防水等级或外壳防护等级（IP 代码）；
- j) 接口管径、进气排烟管管径及允许最大连接长度；
- k) 重量、外形尺寸。

4.2.4 供暖炉相关合格的标志和说明书应符合下列规定：

- a) 应在醒目的位置粘贴符合要求的铭牌；
- b) 应有醒目的位置粘贴专用警示牌，且应牢固、耐用，以免被擦拭，并应包括不应使用规定外的其他燃气、通风要求和安装环境、使用交流电的供暖炉接地措施应安全可靠（不适用于 II 类器具）、安装前应仔细阅读技术说明书、用户使用前应仔细阅读使用说明书、室外型供暖炉排烟口应有高温危险部位不得接触的警示；室外型供暖炉允许的安装环境温度。
- c) 每台供暖炉均应配有专门用于安装的技术说明书和供用户的使用说明书，炉体和说明书中应有误使用风险警示；
- d) 说明书包括安装说明书和使用说明书，应符合现行国家标准《燃气采暖热水炉》GB 25034 的规定。

4.2.5 模块炉附加要求应符合下列规定：

- a) 模块炉的任一模块应包含燃气阀、换热器、燃烧器、安全装置和完整的控制系统（如火焰监控装置、控制温控器和水温限制装置/功能等），控制和安全装置的性能按单一模块的额定热负荷确定；
- b) 当独立的模块水路被关闭时，该模块的运行不应导致危险；
- c) 带有集烟室的模块炉，单一模块的燃烧产物排放系统应有防倒流装置，集烟室应设置冷凝水收集器；
- d) 带有集烟室的模块炉，当至少有一个模块已经运行时，任一模块的预清扫不应影响该模块；任一模块的预清扫空气量不应小于全部模块燃烧室容积总和的 3 倍；
- e) 独立排放燃烧产物的模块炉，应独立预清扫；
- f) 独立排烟的模块炉，应允许各模块同步点火；具有集烟室的模块炉，任意两个模块间的点火过程间的间隔时间不应小于 5 s；
- g) 如单一模块发生故障，不应干扰其他模块的运行。

4.2.6 带有远程控制器的供暖炉，应符合下列规定：

- a) 当远程控制器发生故障时，供暖炉不应发生危险；
- b) 远程控制器的设计应避免未经授权的操作，并应能防止意外运行或操作；
- c) 连接远程控制器，不应干扰供暖炉内部的电气连接；
- d) 供暖炉的本地操作应优先于远程控制器的操作；
- e) 当远程控制器连接到家用及建筑物用电子系统时，应符合现行行业标准《家用及建筑物用电子系统(HBES)通用技术条件》CJ/T 356 的规定；
- f) 供暖炉自身具有关断功能时，允许远程控制器具有复位功能。

4.2.7 以供生活热水为主时，宜选用冷凝炉、带生活热水预热双冷凝器的供暖炉，或分段燃烧、宽负荷调节范围、带有单个或双水量伺服的供暖炉。

4.2.8 供暖炉的给排气管及配件应采用耐腐蚀耐温材料，分离式、同轴或部分同轴管及其接头等应适用于设备的安装。不锈钢排气管应符合现行行业标准《燃烧器具用不锈钢排气管》CJ/T 198、《燃烧器具用给排气管》CJ/T 199 的规定；不锈钢、铝及铝合金给排气管，和 PPS、PB 等塑料给排气管应符合现行行业标准《燃烧器具用给排气管》CJ/T 199 的规定，并应符合现行国家标准《燃气采暖热水炉》GB 25034 的规定。

4.2.9 供暖炉燃气连接管及其管件，应符合下列规定，并应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028 的规定。

- a) 采用软管、铝塑复合管、铜管、薄壁不锈钢管、镀锌钢管、无缝钢管时，均应符合相关产品标准的规定。
- b) 采用燃气专用不锈钢波纹软管及管件时，应符合现行国家标准《燃气输送用不锈钢波纹软管及管件》GB/T 26002 的规定。

4.2.10 燃气连接管道用阀门应符合现行行业标准《燃气输送用金属阀门》CJ/T 514 的规定。

4.2.11 供暖炉电源插头、插座应通过相关认证。

4.3 输配装置与材料

4.3.1 分集水器应符合现行国家标准《冷热水用分集水器》GB/T 29730 的规定。塑料型、流量计

型、水力分压型、预调节型、法兰连接主管型、智能型分集水器和内径小于 15mm 的小口径接管用分集水器及接管适配器应符合其产品标准的规定。

4.3.2 混水装置宜由混水泵（循环泵）、混水部件、自动调控系统（温度传感器、控制器和调节阀等）、连接管道及温度计、压力表等组成；并宜有防水泵卡死、缺水、防冻、限温式断水等保护功能，应满足调节混水温度的稳定性要求。

4.3.3 输配管网的换热器可选用不锈钢或铜材质，其阻力和换热面积等技术性能参数应符合设计要求。

4.3.4 缓冲水箱、储热换热水箱一般采用搪瓷、碳钢或不锈钢内胆，采用碳钢、搪瓷内胆时应有防腐保护措施，水箱箱体宜采用聚氨酯保温，并应符合产品标准的规定。

4.3.5 闭式膨胀罐应符合现行国家标准《闭式膨胀罐》GB/T 39287 的规定。

4.3.6 地暖热水输配管道和生活冷热水系统管道，采用不锈钢管及管件、波纹金属软管应符合国家现行相关标准的规定。

4.3.7 地暖热水输配管道和生活冷热水供应管道，宜采用 TP1、TP2 铜管及 HPb59-1 铅黄铜管件，应符合现行国家标准《无缝铜管和铜气管》GB/T 18033、《铜管接头 第 1 部分：钎焊式管件》GB/T 11618.1、《铜管接头 第 2 部分：卡压式管件》GB/T 11618.2 的规定。

4.3.8 地暖热水输配管道和生活冷热水系统管道，采用的塑料管材及管件应符合国家现行相关标准的规定。

4.3.9 地暖热水输配管道和生活冷热水供应管道，采用的闸阀、截止阀、止回阀、球阀、自力式压差控制阀、流量阀、平衡阀、自动调节阀应符合国家现行相关标准的规定。

4.3.10 地暖热水输配管道和生活冷热水供应管道，采用的热塑性阀门应符合国家现行相关标准的规定。

4.3.11 循环水泵应符合现行国家标准《家用和类似用途电器的安全 加热和供水装置固定循环泵的特殊要求》GB 4706.71 的规定。

4.3.12 当地暖热水输配管道和生活热水供应管道设置抗震支架时，其产品应符合现行行业标准《建筑机电设备抗震支吊架通用技术条件》CT/T 476 的规定。

4.4 散热末端材料

4.4.1 绝热材料应采用导热系数小、具有足够承载能力的材料，且不应含有殖菌源，不得有散发异味及可能危害健康的挥发物，且宜优选生产中无 HBCD 阻燃剂和采用环保型发泡剂的产品；其品种、规格、性能等应满足设计要求，并应符合国家现行相关标准的规定。

4.4.2 采用模塑和挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板材，应符合现行国家标准《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料》GB/T 10801.1 和《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）》GB/T 10801.2 的规定，主要技术指标应符合表 1 的要求。

表 1 聚苯乙烯泡沫塑料板材主要技术指标

项目	性能指标					
	模塑			挤塑		
	供暖地面 绝热层	预制沟槽 保温板	模块板 基板	供暖地面 绝热层	预制沟槽 保温板	模块板 基板
压缩强度等级或类别	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅲ级	X200/W200 ¹⁾	X250	X200
压缩强度 (kPa)	≥100	≥150	≥150	≥200	≥250	≥200
尺寸稳定性 (%)	≤3	≤2	≤2	≤1.5	≤1.5	≤1.5
水蒸气透过系数 [ng/(Pa·m·s)]	≤4.5	≤4.5	≤4.5	≤3.5	≤3.0	≤3.5
吸水率 [% (v/v)]	≤4.0	≤2.0	≤2.0	≤1.5/2.0	≤1.0	≤1.5
熔结性	断裂弯曲负荷 (N)	≥25	≥35	≥35	-	-
	弯曲变形 (mm)	≥20	≥20	≥20	-	-
绝热性能等级	037 级	033 级	033 级	034 级	024 级	030 级
导热系数 [W/(m·K)]	≤0.037	≤0.033	≤0.033	≤0.034	≤0.024	≤0.030
表观密度偏差	±5%			-	-	-
燃烧性	燃烧性能等级	在干法地暖作业中, B ₁ 级				
		在湿法地暖作业中, B ₂ 级或 B ₁ 级				

注 1: W200 为不带表皮挤塑材料, X200 为带表皮挤塑材料;
注 2: 压缩强度按 GB/T 8813 规定进行, 相对形变为 10% 时的压缩应力。
注 3: 尺寸稳定性按 GB/T 8811 规定进行, 温度 (70 ± 2) °C, 时间 48 h。
注 4: 水蒸气透过系数按 QB/T 2411 规定进行, 试样厚度 (25 ± 1) mm, 厚度小于 25mm 时采用原厚进行试验, 试验的温度应为 (23 ± 1) °C, 0~50% ± 2% 相对湿度梯度。
注 5: 模塑断裂弯曲负荷或弯曲变形有一项能符合指标要求, 熔结性即为合格。
注 6: 导热系数按 GB/T 10294 或者 GB/T 10295 规定进行, 试验平均温度为 (25 ± 2) °C, 试验温差 15 °C ~ 20 °C。
注 7: 燃烧性能试验按 GB/T 8626 规定进行, 燃烧性能分级按 GB 8624 规定进行。

4.4.3 除住宅厨房、卫生间等不适宜使用木地板的场合外, 预制沟槽保温板地暖装饰面层均宜采用木地板; 地暖采用预制沟槽保温板干式工法施工及瓷砖薄贴法施工时, 可根据地板载荷情况, 选用高密度、高压压缩强度等级的预制沟槽保温板, 或带有龙骨、龙骨与加固层的承载能力较高的地面构造形式, 必要时应进行试验确定是否需要进行加固, 但应注意材料、加固层对供暖地面散热量的影响。

4.4.4 预制沟槽保温板干式工法地暖采用的沟槽保温板及铝板均热层的沟槽尺寸, 应与敷设的加热管外径吻合, 加热管被包裹率不宜低于 65%, 且应符合下列规定:

- a) 保温板总厚度不应小于表 2 的要求;
- b) 铝板均热层最小厚度宜满足表 2 的要求, 并应符合下列规定:
 - 1) 铝板均热层材料的导热系数不应小于 237W/(m·K);
 - 2) 铺设地砖、石材等面层时, 铝板均热层应采用喷涂有机聚合物的, 具有耐砂浆性的防腐材料, 并应符合现行国家标准《铝及铝合金阳极氧化膜与有机聚合物膜 第 3 部分: 有机聚合物涂膜》GB/T 8013.3 的规定。

表2 预制沟槽保温板总厚度及铝板均热层最小厚度

加热管外径 (mm)	保温板总厚度 (mm)	均热层总厚度 (mm)	
		木地板面层	
		管间距<200mm	管间距≥200mm
10	15	0.2	0.4
12	20		
16	25		
20	30		

4.4.5 采用石墨改性模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (SEPS) 的板材, 简称石墨聚苯板时, 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 和现行行业标准《建筑绝热用石墨改性模塑聚苯乙烯泡沫塑料板》JC/T 2441 的规定。

4.4.6 当采用其他绝热材料的绝热层时, 其技术指标应按表1的规定选用同等效果的绝热材料。

4.4.7 侧面绝热层可采用压缩强度 II 级、绝热性能不低于 039 级、表观密度不小于 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 的模塑聚苯乙烯泡沫塑料板, 其厚度应为 20mm。

4.4.8 混凝土填充式地暖绝热层上的地暖管下可铺设反射膜, 采用干法施工的沟槽保温板地暖的保温板下可铺设反射膜或带反射膜地板隔振防潮垫。

4.4.9 加热管应满足设计使用寿命、施工和环保性能要求, 并应符合下列规定:

- 铜加热管、铝塑复合管、塑料加热管质量应符合现行国家相关标准的规定;
- 加热管内外表面应光滑、平整、干净, 不应有可能影响产品性能的明显划痕、凹陷、气泡等缺陷;
- 塑料加热管的使用条件应满足现行国家标准《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991 中的使用条件级别 4, 并符合现行国家标准《热塑性塑料管材通用壁厚表》GB/T 10798 的规定;
- 加热管的工作压力不应小于 0.4MPa;
- 塑料加热管宜使用带阻氧层的管材。

4.4.10 固定加热盘管的金属钢丝网网眼不应大于 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$, 金属丝直径不应小于 2.0mm。

4.4.11 豆石混凝土、水泥砂浆等填充层应符合下列规定:

- 豆石混凝土填充层强度等级宜为 C20, 豆石粒径宜为 5mm~12mm;
- 水泥砂浆体积比不应小于 1:3, 强度等级不应低于 M10;
- 宜选用中砂, 或者用粗砂加少量的细砂, 其比例为 4:1, 且含泥量不应大于 5%, 用砂应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定;
- 宜选用硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥, 并应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定;
- 也可采用厚层自流平砂浆填充层, 采用石膏基自流平砂浆时, 应符合现行行业标准《石膏基自流平砂浆》JC/T 1023 的规定;
- 水泥基自流平砂浆材料应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566、行业标准《地面用水泥基自流平砂浆》JC/T 985 的规定。

4.4.12 地暖装饰面层宜采用热阻小于 $0.05\text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 的材料, 木地板热阻可在 $0.05 \sim 0.10\text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 之间。

4.4.13 采用木地板时，宜优先选用地暖用木质地板、地暖用实木地板，可采用浸渍纸层压木质地板、实木复合地板，并均应符合相关产品标准的规定。

4.5 电气、监测与调控装置与材料

4.5.1 电气系统的导线、电缆、桥架、导线穿管等材料，多功能检测仪表等，以及变压器、变频器、断路器、接触器、继电器、电能表、开关、无功补偿器等电气元件均应符合相关产品标准的规定。

4.5.2 配电箱（柜）、控制柜的性能应符合现行国家标准《低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则》GB 7251.1的规定。

4.5.3 地暖温控器应符合现行国家标准《家用和类似用途地暖设备用温度控制系统的安全要求》GB 31459、《家用和类似用途自动控制器 第1部分：通用要求》GB 14536.1、《家用和类似用途自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536.10和国家现行计量检定规程《温度指示控制仪》JJG 874的有关规定。外观不应有划痕，应标志清晰、面板扣合开启自如、温度调节部件使用正常，包装完好并应附有检测报告和使用说明书。新型温控器如OT协议温控器、无线物联网温控器、网络数字温控器等应符合制造商提供产品技术质量文件的规定。

4.5.4 地暖系统的控制阀、手动流量调节阀、自力式温度调节阀、自力式压力调节阀、自力式流量控制阀、自力式差压控制阀、水力平衡阀、截止阀、止回阀、电动调节阀、自动控制器等应符合国家相关标准的规定。

4.5.5 智能型阀门电动装置应符合现行国家标准《智能型阀门电动装置》GB/T 28270的规定。

4.5.6 供暖炉的群控器或级联控制器应符合相关产品标准的规定。

4.5.7 监测与调控系统的压力传感器、流量传感器、温度传感器、电热执行器、数据采集器、集中控制模块、可编程序控制器、集线器、物联网智能传感器及其接口应符合相关产品标准的规定。

4.5.8 温度自动调节装置的使用性能应符合现行国家标准《家用和类似用途电自动控制器 温度敏感控制器的特殊要求》GB 14536.10及国家计量检定规程《温度指示控制仪 检定规程》JJG 874的规定。温度自动调节装置应能具有在不同时段设定不同基准温度的功能。

4.5.9 电气、监测与调控系统的弱电布线、人机界面、数据库、通信网络、通讯协议和接口等应符合相关标准的规定。

4.5.10 燃气泄漏报警器的质量应符合现行行业标准《家用燃气报警器及传感器》CJ/T 347的规定；燃气报警控制系统中相关设备的使用寿命应符合现行行业标准《城镇燃气报警控制系统技术规程》CJJ/T 146的规定。

4.6 设备与材料的储运和检验

4.6.1 供暖炉可采用一般交通工具运输，运输过程中应防止剧烈振动、挤压、淋雨及化学物品的侵蚀，搬运时应轻拿轻放，严禁滚动和抛掷。

4.6.2 供暖炉应储存于干燥通风，周围无腐蚀气体的仓库内，按型号分类存放，堆码高度符合相关规定。

4.6.3 塑料加热管、地暖热水输配塑料管和生活热水供应塑料管的运输、存储应符合下列规定：

- a) 应进行遮光包装后运输，不得裸露散装；
 - b) 运输、装卸和搬运时，应小心轻放，不得抛、摔、滚、拖；
 - c) 不得曝晒雨淋，宜储存在温度不超过40℃且通风良好和干净的库房内；
 - d) 应避免因环境温度和物理压力受到损害，并应远离热源。
- 4.6.4 钢管、不锈钢管、铜管的运输、存储应避免变形损坏、受潮或腐蚀。
- 4.6.5 绝热层在运输、装卸和搬运中要远离明火，避免雨淋，避免接触油污或其他化学溶剂，严禁损伤。绝热层进入现场后应按产品说明书进行保管，不得受潮。
- 4.6.6 地暖系统中所使用的设备材料、配件、绝热层等应进行进场检查验收，合格后方准使用。
- 4.6.7 管材及管件、绝热层、分水器 and 集水器及其连接件、混水装置、缓冲水箱、耦合灌等进场前应对其外观损坏等进行现场复验。
- 4.6.8 绝热层应有产品质量合格证明文件，并应对绝热材料的导热系数、密度、吸水率进行复验。
- 4.6.9 自流平砂浆包装打开后应及时使用，高温、高湿环境应密封；不同类型、强度等级的产品应分类贮存。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 地暖末端的供、回水温度应满足设计要求，并由计算确定，供水温度不应超过 60℃。民用建筑供水温度宜采用 35℃~45℃，供回水温差不宜大于 10℃且不宜小于 5℃。

5.1.2 地暖辐射面平均温度宜符合表3的规定。

表 3 地暖辐射面平均温度 (°C)

地暖位置	宜采用的平均温度	平均温度上限值
人员经常停留	25~27	29
人员短期停留	28~30	32
无人停留	35~40	42

5.1.3 不同类型地暖辐射面构造做法可按本文件附录A选用。地暖辐射面构造应由下列全部或部分组成：

- a) 楼板或与土壤相邻的地面；
 - b) 防潮层(对与土壤相邻地面)；
 - c) 绝热层(模块板)；
 - d) 均热层(如有)；
 - e) 加热盘管；
 - f) 填充层；
 - g) 隔离层(对潮湿房间)；
 - h) 面层(找平层及装饰面层)。
- 5.1.4 地暖系统安装应提供下列施工图设计文件：
- a) 设计说明；
 - b) 供暖炉、地暖热水输配管道、水活热水供应管道和加热管平面布置图；

- c) 供暖系统图和局部详图；
 - d) 监测与监控装置及相关管线布置图，当采用集中控制系统时，应提供相关控制系统布线图；
 - e) 输配装置、分集水器及其配件的接管示意图；
 - f) 地面构造及伸缩缝设置示意图。
- 5.1.5 施工图设计说明中应包括下列内容：
- a) 室内、外计算温度；
 - b) 房间总热负荷、系统总供热量；
 - c) 供暖系统类型；
 - d) 供暖炉和热媒参数；
 - e) 采用的温控措施和温控器形式，及其电控系统的工作电压、工作电流等技术数据和条件；当采用集中控制系统时，应说明控制要求和原理；
 - f) 系统采用的管材及其工作压力，塑料管材及铝塑复合管材PPAP、PAPA4的管系列(S)、公称外径及壁厚；
 - g) 绝热层的类型、导热系数、规格及厚度等；
 - h) 填充层、面层伸缩缝与均热层的设置要求。
- 5.1.6 地暖热水输配管道和加热管平面布置图应绘制下列内容：
- a) 应绘制输配装置、分集水器安装位置及与其连接的供暖输配管道铺设位置及管走向；
 - b) 采用现场敷设加热管时，应绘出各房间加热管的具体布置形式，标明各环路加热管敷设长度、间距、加热管管径；
 - c) 伸缩缝设置布置图。
- 5.1.7 地暖系统设计前应 与业主、装修等相关人员之间做好沟通。
- 5.1.8 地暖系统的循环水及补充水水质应符合现行国家标准 GB 50736、GB/T 1576、GB/T 29044 的规定。
- 5.1.9 地暖系统应进行整个管路的水力计算，以保证系统稳定可靠的运行。
- 5.1.10 地暖系统的供电系统的设置应符合现行国家标准《建筑电气化与智能化通用规范》GB 55024、现行行业标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的规定。
- 5.1.11 热水供应系统应满足使用要求的生活热水水量、水质、水温和水压条件。水量、水质、水温和流出水头应符合现行国家标准《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020、《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定。
- 5.1.12 装配式建筑地暖可采用预制沟槽保温板干式工法施工及瓷砖薄贴法施工，对于非平整基层可采用调平架空地板的地面构造，并应符合下列规定：
- a) 应与建筑、结构、装修一体化设计；
 - b) 应标准化、模块化，并与建筑模数相协调；
 - c) 加热管和管道敷设宜采用与预制构配件分离方式，不应敷设于预制构件及预制叠合楼板的现浇层内；
 - d) 装配式建筑的供暖地面宜沿墙边预留管线分离空间，并根据需要设置设备检修口。

5.2 负荷计算

5.2.1 既供地暖又供应生活热水的系统，应分别计算供暖热负荷和生活热水热负荷。

5.2.2 地暖房间设计热负荷应按现行国家标准《民用建筑供暖通风及空气调节设计规范》GB 50736的有关规定进行计算。

5.2.3 全面辐射供暖室内设计温度可降低2℃。

5.2.3 局部地暖系统的热负荷应按全面地暖的热负荷乘以表4 的计算系数的方法确定。

表4 局部地暖热负荷计算系数

供暖面积与房间面积之比值	≥0.75	0.55	0.40	0.25	≤0.2
计算系数	1.0	0.72	0.54	0.38	0.30

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

5.2.5 对敷设地暖加热管的建筑地面，不应计算其传热损失。

5.2.6 当采用地暖的房间(不含楼梯间)高度大于4m时，应在基本耗热量和朝向、风力、外门附加耗热量之和的基础上，计算高度附加率。每高出1m应附加1%，但最大附加率不应大于8%。

5.2.7 地暖热负荷计算时，宜考虑不同地区生活习惯、行为方式、运行调节模式、气候环境条件、建筑特点、间歇运行等因素的负荷附加。

5.2.8 住宅的地暖热负荷计算，需考虑间歇供暖附加值和户间传热负荷，公用建筑如采用间歇供暖，可参照住宅，考虑间歇供暖负荷修正。考虑附加后住宅房间热负荷可参考下式计算：

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

式中：

Q ——考虑附加后的房间热负荷，单位为瓦(W)；、

Q_j ——房间基本热负荷，单位为瓦(W)；

α ——考虑间歇供暖的修正系数，应根据热源和供暖方式、供暖地面的热容量等因素确定，无资料时可取混凝土填充式地暖、模块板地暖 $\alpha = 1.3$ ；预制沟槽保温板地暖 $\alpha = 1.4 \sim 1.5$ ；校核地面温度时 $\alpha = 1.0$ ；

q_h ——房间单位面积平均户间传热量(W/m²)，建筑达到节能65%时可取 $q_h = 7\text{W/m}^2$ ，建筑达到节能50%时可取 $q_h = 10\text{W/m}^2$ ；

M ——房间使用面积，单位为平方米(m²)。

5.2.9 设计规划阶段确定地暖系统设计热负荷按经验估算时，应调查、核实供暖范围内的建筑面积热指标或体积热指标。

5.2.10 生活热水负荷应按照现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定计算设计小时耗热量确定。

5.3 辐射面传热量的计算

5.3.1 辐射面传热量应满足房间所需供热量的需求。辐射面传热量应按下列公式计算：

$$q = q_f + q_d \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$q_f = 5 \times 10^{-8} \left[(t_{pj} + 273)^4 - (t_{fj} + 273)^4 \right] \quad \dots\dots\dots (3)$$

地面供暖时：

$$q_d = 2.13|t_{pj} - t_n|^{0.31}(t_{pj} - t_n) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- q ——辐射面单位面积传热量, 单位为瓦每平方米(W/m^2);
- q_f ——辐射面单位面积辐射传热量, 单位为瓦每平方米(W/m^2);
- q_d ——辐射面单位面积对流传热量, 单位为瓦每平方米(W/m^2);
- t_{pj} ——辐射面表面平均温度, 单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- t_{fj} ——室内非加热表面的面积加权平均温度, 单位为摄氏度($^{\circ}C$);
- t_n ——室内空气温度, 单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

- 5.3.2 地暖辐射面供热量, 应包括辐射面向上供热量和向下传热量或向土壤的传热损失。
- 5.3.3 预制沟槽保温板热水地暖、模块板地暖辐射面向上供热量和向下传热量可根据权威检测报告确定, 包括混凝土填充式热水地暖辐射面向上供热量和向下传热量也可通过计算确定; 当无资料时, 地暖辐射面与供暖房间相邻的单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按本文件附录 B 确定。
- 5.3.4 房间所需单位辐射面面积向上供热量应按下列公式计算:

$$q_1 = \beta \frac{Q_1}{F_r} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_1 = Q - Q_2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- q_1 ——房间所需单位辐射面面积向上供热量或供冷量, 单位为瓦每平方米(W/m^2);
- Q_1 ——房间所需辐射面向上的供热量或供冷量, 单位为瓦 (W);
- F_r ——房间内敷设供热部件的地面面积, 单位为平方米(m^2);
- β ——考虑家具等遮挡的安全系数;
- Q ——房间热负荷或冷负荷, 单位为瓦 (W);
- Q_2 ——自上层房间地面向下传热量, 单位为瓦 (W)。

- 5.3.5 确定地暖辐射面向上供热量时, 应校核辐射面表面平均温度, 确保其不高于本文件第 5.2.3 条规定的限值。辐射面平均温度宜按下式计算:

$$t_{pj} = t_n + 9.82 \times \left(\frac{q}{100}\right)^{0.969} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- t_{pj} ——辐射面平均温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}C$);
- t_n ——室内空气温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}C$);
- q ——单位辐射面面积向上的供热量, 单位为瓦每平方米(W/m^2)。

5.4 管道水力计算

- 5.4.1 根据管段热负荷, 求出管段水流量, 可按下列公式计算:

$$G = \frac{\alpha Q}{c(t_g - t_h)} = \frac{3600Q}{4187(t_g - t_h)} = \frac{0.86Q}{t_g - t_h} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- G ——管段的水流量, 单位为千克每小时 (kg/h);
- Q ——管段的热负荷, 单位为瓦 (W);
- c ——水的比热容, $c=4187$ kJ/(kg· $^{\circ}C$);

- α ——单位换算系数 (1W=1J/s=3600J/h);
- t_g ——供水温度, 单位为摄氏度 (°C);
- t_h ——回水温度, 单位为摄氏度 (°C)。

5.4.2 管道的压力损失可按下列公式计算:

$$\Delta P = \Delta P_y + \Delta P_j = Rl + \Delta P_j \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\Delta P_y = \lambda \frac{l \rho v^2}{d} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\Delta P_j = \sum \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- ΔP ——计算管段的压力损失, 单位为帕 (Pa);
- ΔP_y ——计算管段的沿程摩擦压力损失, 单位为帕 (Pa);
- ΔP_j ——计算管段的局部压力损失, 单位为帕 (Pa);
- R ——每米管长的沿程损失 (比摩阻), 单位为帕每米 (Pa/m);
- l ——计算管段管道长度, 单位为米 (m);
- λ ——计算管段的摩擦阻力系数;
- d ——计算管段管道内径, 单位为米 (m);
- ρ ——水的密度, 单位为千克每立方米 (kg/m³);
- v ——水的流速, 单位为米每秒 (m/s);
- $\sum \xi$ ——计算管段的总局部阻力系数。

5.4.3 铝塑复合管及塑料管的摩擦阻力系数, 可按下列公式计算:

$$\lambda = \left\{ \frac{0.5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1.312(2-b) \lg \frac{3.7 d_n}{k_d}}{\lg Re_s - 1} \right]^2}{\lg \frac{3.7 d_n}{k_d}} \right\} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$b = 1 + \frac{\lg Re_s}{\lg Re_s} \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$Re_s = \frac{d_n v}{\mu_t} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$Re_z = \frac{500 d_n}{k_d} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$d_n = 0.5(2d_w + \Delta d_w - 4\delta - 2\Delta\delta) \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

- λ ——摩擦阻力系数;
- b ——水的流动相似系数;
- Re_s ——实际雷诺数;
- v ——水的流速, 单位为米每秒 (m/s);
- μ_t ——与温度有关的运动黏度, 单位为平方米每秒 (m²/s);
- Re_z ——阻力平方区的临界雷诺数;
- k_d ——管子的当量粗糙度, 单位为米 (m), 对铝塑复合管及塑料管, $k_d = 1 \times 10^{-5}$ (m);
- d_n ——管子的计算内径, 单位为米 (m);
- d_w ——管外径, 单位为米 (m);

Δd_w ——管外径允许误差，单位为米(m)；

δ ——管壁厚，单位为米(m)；

$\Delta \delta$ ——管壁厚允许误差，单位为米(m)。

5.4.4 铜管的摩擦系数可按下式计算：

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{k_d}{3.72d_n} \right) \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$Re = \frac{d_n v}{\mu_t} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中：

λ ——摩擦阻力系数；

Re ——雷诺数；

d_n ——管子的计算内径，单位为米(m)；

k_d ——管子的当量粗糙度，单位为米(m)，对铜管， $k_d = 1 \times 10^{-5}$ (m)；

v ——水的流速，单位为米每秒(m/s)；

μ_t ——与温度有关的运动黏度，单位为平方米每秒(m²/s)。

5.4.5 不同种类管道的单位长度摩擦阻力损失（比摩阻）、局部阻力损失可分别按相应管道水力计算图表和局部阻力系数等资料选用；当管壁粗糙度、热水平均温度与水力计算图表的制图表条件不同时，应对流速、单位长度摩擦阻力损失进行相应的修正。

5.4.6 地暖系统分水器、集水器环路的总压力损失不宜大于 30kPa。

5.4.7 地暖系统的管道设计应进行水力平衡计算，并应采取使设计工况时各并联环路之间（不包括共用段）的压力损失相对差额不大于 15%。

5.5 热源系统

5.5.1 供暖炉设计容量应基于长期热效率原则，根据综合最大热负荷确定，容量富裕度不宜过大。

5.5.2 供暖炉的选型应符合下列规定：

- a) 宜优先选择燃烧系统（空气供应、燃烧室、换热器和燃烧产物的排放）与安装房间隔离的平衡式密闭供暖炉，其给排气安装方式应符合现行国家标准《燃气采暖热水炉》GB 25034 规定；
- b) 宜优先选择低燃烧噪声的器具；
- c) 额定热负荷或产热水能力应满足供暖或供暖供生活热水耗热量的需求。当采用生活热水优先控制时，按供暖和供生活热水耗热量二者中较大值来确定装机容量；当不采用生活热水优先控制时，按供暖和供生活热水耗热量之和来确定装机容量，如果确实无法按照两者之和进行选型，可在生活热水优先控制中加入保障供暖的措施。当生活热水负荷远大于供暖热负荷时，生活热水系统宜采用储热式供应，选用带内置储水罐供暖炉或设置与供暖炉匹配的生活热水储热换热水箱；
- e) 当供暖系统的设计供、回水温度在 50/30℃ 范围时，宜采用冷凝炉；
- f) 高海拔地区，宜采用全预混、高一次空气系数的及高、低海拔通用的供暖炉；
- g) 应根据实际需求，选择适合的供暖炉类型。

5.5.3 当单台供暖炉容量不能满足系统需求时，可并联或耦合其他能源装置，并应考虑装机经济性。同一系统内的供暖炉并联台数不宜多于 4 台。

5.5.4 室内型供暖炉设置安装场所应符合下列的规定：

- a) 应设置在通风良好、具有给排气条件、便于维护操作的厨房、阳台、专用房间等符合燃气安全使用条件的场所；如设置在通风良好的走廊、未封闭的阳台，安装所在地的工作环境温度等应符合要求，采取适当的防风、防雨、防雪、防冻措施，并须有隔断门与起居室、卧室等生活间隔开；
 - b) 严禁设置在卫生间和浴室等房间；
 - c) 不得设置在卧室和客房等人员居住和休息的房间及建筑的避难场所内；
 - d) 不应设置在楼梯和安全出口附近(5m以外不受限制)；
 - e) 不应设置在易燃、易爆物品的仓库、有挥发性或腐蚀性介质等场所；
 - f) 不宜设置在建筑物的地下室、半地下室；采用液化石油气和液化石油气混空气的供暖炉不得设置在地下室、半地下室。当受条件限制，仍要装应有手动和自动两种启动方式的防爆机械通风装置，且应设置防爆型燃气和一氧化碳泄漏自动报警切断装置，并应和机械通风装置连锁。地下室的防爆、泄压等安全措施应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016的有关规定。
- 5.5.5 设置室内型供暖炉的房间应预留供暖炉的安装位置，且方便操作、检修、观察火焰及不易被碰撞，并应设置专用烟道或在外墙上预留或现场开通往室外的孔洞。
- 5.5.6 室外型供暖炉设置安装场所应为建筑物外墙、外廊、未封闭的阳台以及说明书规定的非禁止场所，应有防人为破坏措施，并应符合下列规定：
- a) 严禁设置在室内；
 - b) 严禁设置在周围有障碍物地方或阻碍空气流通的场所；
 - c) 严禁设置在楼梯或安全出口附近等通道处；
 - d) 严禁设置在窗户、新风系统新风进气口、空调或换气扇附近；
 - e) 严禁设置在影响燃气表、燃气管道和煤气容器等检修的场所；
 - f) 严禁设置在沙土或灰尘容易积聚的地方；
 - g) 应注明安装空间相邻建筑物、设备和修理维护的距离要求；
 - h) 不应设置在有易燃物品（如汽油、溶剂油、粘接剂等）或有腐蚀性气体（如氨、氮气、硫、乙烯化合物或酸类）的场所。
- 5.5.7 模块炉的安装设置应满足制造商随机说明书的技术要求。
- 5.5.8 供暖炉安装场所应设置排水设施；排水过热时，应采取有效的降温措施。
- 5.5.9 供暖炉给排气管的设计应符合下列规定：
- a) 给排气管的布置应不影响供暖炉的正常工作，分离式给排气管应错开，不应布置在建筑的对立墙上；
 - b) 给排气管应安装在方便观察检修拆装的明处，如设计安装在封闭空间内，必须做成可拆卸形式或在每个连接处预留不小于400mm×400mm的检修口；
 - c) 给排气管的进气口、排烟口应设置在外墙或屋顶直接与大气相通；
 - d) 给排气口应设置在利于空气畅通、烟气扩散的室外开放空间，且远离人群和新风口，并应采取防止烟气回流至室内；烟气应排至室外，不得排入封闭的建筑物、走廊、阳台等，严禁将排烟管直接接至建筑物的烟囱或烟道中；
 - e) 给排气管应保持畅通，并应采取防止鸟、鼠、蛇等堵塞进气排烟口；
 - f) 多台并联的供暖炉排烟道可每台单独设置或共用，当共用排烟道时应有防倒烟、串烟和漏烟措施，并应保证互不影响；
 - g) 高海拔地区应计入海拔高度对排烟气系统排气量的影响。
- 5.5.10 供暖炉燃气连接管道及燃气的设计应符合下列规定：

- a) 采用软管或铝塑复合管连接时，应采用燃气专用燃具连接软管或燃气专用铝塑复合管。当家庭用户管道或液化石油气钢瓶调压器与供暖炉采用软管连接时，软管的使用年限不应低于燃具的判废年限；
 - b) 采用金属管时，应用带螺纹接头的端面密封连接；
 - c) 铜管宜采用牌号为 TP2 的铜管及铜管件；
 - d) 采用铜管、不锈钢管和不锈钢波纹软管等金属燃气接管暗埋敷设或穿墙时，应采用塑覆管或外包有绝缘保护材料金属管。
 - e) 供暖炉的燃气连接管管径应满足供暖炉最大负荷的燃气量需要；
 - f) 供暖炉燃气连接管与燃气管道连接时，主管道尺寸应大于支管道尺寸；供暖炉和燃气表之间的连接管直径不应小于供暖炉的进气管直径，或根据管道最大流量、长度和允许的压力损失确定；
 - g) 用户燃气连接管道阀门的设置部位和设置方式应满足安全、安装和运行维护的要求；应在供暖炉燃气进气口前设置燃气截止阀；供暖炉燃气连接管与燃气管道连接处，宜设置手动快速切断阀；高层建筑家庭用户应采用管道供气的方式，建筑高度大于 100m 时，用气场所应设置燃气泄漏报警装置；并应在燃气引入管处设置紧急自动切断装置；
 - h) 若供暖炉与其它燃气设备同时使用，燃气表的最大流量须大于所有用气器具包括供暖炉的总流量；
 - i) 宜在供暖炉燃气入口设置过滤器；使用人工煤气时，应在煤气入口设置过滤器；
 - j) 供暖炉前的供气压力应符合供暖炉额定压力要求（包括高海拔区）；不带燃气稳压功能的供暖炉，当供气压力超过 5kPa 时，应在燃气表前单独设置调压器；
 - k) 燃气的类型和燃烧特性（华白数 W 和燃烧势 CP）应符合现行国家标准《城镇燃气分类和基本特性》GB/T 13611 的规定，燃气质量应符合现行国家标准《城镇燃气设计规范》GB 50028、《天然气》GB 17820 的规定。
- 5.5.11 供暖炉燃气管道（引入管后）的连接应符合下列规定：
- a) 公称尺寸不大于 DN50 的镀锌钢管宜采用螺纹连接；
 - b) 无缝钢管或焊接钢管应采用焊接或法兰连接；
 - c) 铜管应采用承插式硬钎焊连接，不得采用对接钎焊和软钎焊；
 - d) 不锈钢管宜采用双卡压式、环压式等机械连接方式；
 - e) 不锈钢波纹软管及非金属软管应采用专用管件连接；
 - f) 燃气用铝塑复合管应采用专用的卡套式、卡压式连接方式；
 - g) 燃气用铝合金衬塑复合管可采用环压连接和热熔连接。
- 5.5.12 供暖炉水管道的设计应符合下列规定：
- a) 给水系统的供水压力应保证炉前压力大于供暖炉的最低工作压力，并满足热水供应系统最不利配水点所需的工作压力；
 - b) 给水系统供水压力超过 0.6MPa 时应设减压阀或水流量限制器（阻水圈），低于供暖炉的最低工作压力时应设增压泵；
 - c) 接管直径不应小于供暖炉的接口直径，主管道尺寸应大于供暖炉支管道尺寸。管道通过流量和阻力损失应符合设计要求；
 - d) 给水管和地暖回水管上应安装过滤器（不宜低于 30 目）或磁性除污器；
 - e) 炉体供暖水进出口、冷水进口应设阀门；
 - f) 当不采用手动补水，而采用自动补水时，进水接口处的补水管应设置止回阀和关断阀门，

并应有连续补水量超常时的检测等保护措施；

- g) 供暖炉泄压口、溢流口等应采用塑料软管引入地漏或排水管，连接管不得设置阀门；
- h) 外接排放管内径或尺寸不应小于供暖炉通过重力作用排放冷凝水的系统内径（不应小于 13mm）或通过机械设备辅助排放冷凝水的系统尺寸（不应小于制造商声称值），排放管不应设置阀门。
- i) 烟气冷凝水宜经稀释或中和处理后排放，未经稀释或中和处理的冷凝水不应直接排入除了非金属的生活污水排水管道之外的管道，地表和建筑结构中；
- j) 应按地域情况采取相应的绝热措施或电伴热等，防止水管冻裂发生。

5.5.13 供暖炉电气设计应符合下列规定：

- a) 供暖炉应采用 AC220V 50Hz 单相交流电源，功率随产品而定；
- b) 电源线的标称横截面积应满足供暖炉电气最大功率的需要，横截面积不应小于 $3 \times 0.75 \text{ mm}^2$ ，应按说明书规定的电源线规格尺寸进行检查；
- c) 防触电保护等级采用 I 类的供暖炉应有可靠的电气接地，其接地措施应符合国家有关标准的规定，并应检查 I 类供暖炉的接地线是否可靠和有效；
- d) 当在有金属板条、金属网等木质建筑物中安装电气设备时，必须使供暖炉和建筑物之间直接没有电气性接触；
- e) 电源线接头宜采用漏电保护插头；
- f) I 类供暖炉必须采用单相三孔电源固定插座，有条件可采用安全插座（接地漏电保护插座），插座应符合现行的有关国家标准的规定，应设置在炉体的两侧上方，与供暖炉的最小水平净距应为 150 mm；
- g) 当供暖炉外接有线室内温控器、集中温控器、混水换热装置联动控制器、室外温度传感器，采用 AC220V 电源时，控制回路应与电源系统隔离；温控器（包括无线温控器）等关闭状态下和工作状态下均不得影响供暖炉防冻功能的启动；
- h) 供暖炉外接有线控制器时，应在建筑物内预埋电线，且应穿套管保护；
- i) 室外型供暖炉宜优先选用防水型电源插座，当用防水型之外的插座时，应将插座收放在适当的防水箱内，或者利用室内的配电盘。

5.5.14 供应热水的供暖炉应按照现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015 的规定，满足设计小时供热量、设计小时供水量要求。

5.6 输配管网

5.6.1 供暖炉热水输配参数应与地暖末端供回水的温度、流量和资用压头等参数相匹配，应根据供暖炉有无内置泵或内置泵流量、扬程是否满足末端的需求，来确定增加外置泵、采用一次水系统或一二次水系统。

5.6.2 一二次水系统末端采用量调节控制时，一、二次泵运行台数的控制，应根据系统的水力工况、热力工况及水泵的运行特性，采用压差控制、流量控制和负荷控制，对并联工作的二次泵进行台数控制时，应考虑变台数运行时的稳定性。

5.6.3 非冷凝供暖炉直接地暖或通过混水装置间接地暖，应通过判断并采取必要的供暖炉回水温度提升措施。

5.6.4 采用钢管的老旧管路供暖系统改造，或与集中供暖系统联合的地暖系统，宜采用换热器间接连接供暖炉，当直接连接时应应对老旧管路系统冲洗或设备冲洗后再连接，并在回水管路设置磁性过滤器或除污器。

5.6.5 混水装置的设计流量应按下列公式计算：

$$G_h' = \mu G_h \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\mu = \frac{t_1 - \theta_1}{\theta_1 - t_2} \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中：

G_h' ——混水装置设计流量，单位为吨每小时（t/h）；

G_h ——热源侧管路设计流量，单位为吨每小时（t/h）；

μ ——混水装置设计的混合比；

t_1 ——热源侧管路设计供水温度，单位为摄氏度（℃）；

θ_1 ——用户侧管路设计供水温度，单位为摄氏度（℃）；

t_2 ——热源侧/用户侧管路设计回水温度，单位为摄氏度（℃）。

5.6.6 采用板式换热器时，其加热面积计算按下列公式计算：

$$F = \frac{SQ}{\varepsilon K \Delta t} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中：

F ——换热器加热面积，单位为平方米（m²）；

Q ——换热量，单位为瓦（W）；

Δt ——换热温差，单位为摄氏度（℃）；

ε ——污垢系数，0.6~0.8；

K ——传热系数，单位为瓦每平方米摄氏度[W/（m²·℃）]，按厂家说明书。

用于冷凝炉地暖系统的换热器应采用能实现小温差换热的板式换热器，换热差不宜超过 10℃，建议采用 5℃。板式换热器换热温差按下式计算：

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中：

Δt ——换热器换热温差，单位为摄氏度（℃）；

Δt_1 ——换热器一二次侧最大换热温差，单位为摄氏度（℃）；

Δt_2 ——换热器一二次侧最小换热温差，单位为摄氏度（℃）。

5.6.7 耦合罐的选型，宜按进水管流速不大于 0.9 m/s、罐过流断面流速不大于 0.1 m/s 计算通过流量，或按“3d”规则及按图表法设计选用。耦合罐上部应设置排气阀，下部应设置排污泄水阀。

5.6.8 地暖系统定压点宜设在循环水泵（或混水泵）吸入口侧，定压值应保证系统管网中任何一点不倒空、不超压，系统定压值应符合输配管道和加热管的承压要求，如水路未与供暖炉隔断，不应超过供暖炉安全阀开启压力限定值，系统补水管上应设置调压阀、止回阀。

5.6.9 户式地暖系统定压装置宜采用闭式膨胀罐；大型地暖系统定压装置可采用成套的氮气、空气定压装置或采用变频补水泵等。空气定压装置宜采用空气与水隔膜隔离的装置。氮气、空气定压装置中的补水泵性能应符合系统设计的要求，定压系统应设置超压自动排水装置。

5.6.10 闭式膨胀罐选用时应容量适合，预充气体压力满足系统工作压力要求，正常工作时其额定工作压力和耐温不应小于系统最大工作压力和最高温度。当系统中溶解的氧气较多，宜选择专用的罐体内侧有聚丙烯衬垫的膨胀罐。

5.6.11 户式地暖系统设计时应计算水膨胀量，选配膨胀罐；如供暖炉已有内置膨胀罐，但核算后不能满足系统实际需求时，应增加膨胀罐。

5.6.12 供暖炉直接连接地暖时，宜根据负荷变化情况可设置缓冲水箱。

5.6.13 带内置泵的供暖炉，其资用压头应不小于地暖系统管路总的阻力，当供暖炉内置泵扬程不能

满足地暖系统需求时，可串联外置循环水泵，外置泵流量宜与内置泵流量相同，且宜与内置泵联动，并符合电气安装要求。

5.6.14 未设置内置泵的供暖炉，应设计选型配置系统循环水泵。

5.6.15 循环水泵、混水泵和二次侧循环水泵应通过系统水力计算，根据管路特性曲线和水泵性能曲线进行选型，泵的选择应符合下列规定：

- a) 水泵流量不应小于所有用户或末端环路的设计流量之和；
- b) 水泵扬程不应小于混水或换热装置、热源装置、主干线管道及附件和最不利用户内部管道系统或最不利环路阻力之和；
- c) 混水泵或循环水泵宜选用水冷、自润滑、屏蔽式调速泵。

5.6.16 分集水器、集中设置的混水或换热装置的安装位置宜与供暖炉在同一场所，并靠近供暖炉，便于控制、维修，并应远离卧室等主要功能房间。对于半跃层的房间，分集水器应设在高点或高、低区分别设置；对于全跃层结构，则应设在上、下层对应的统一立管上，有利于供暖立管、水平支管的布置。

5.6.17 分水器、集水器最大断面流速不宜大于 0.8m/s。分集水器主体直径为 DN25 时，支管数量不宜大于 6 路；直径为 DN32 时，支管数量不宜大于 9 路。

5.6.18 在分水器的总供水管与集水器的总回水管之间宜设置冲洗时使用的旁通管，旁通管上应设置阀门。在供水管或回水管上宜安装设置阀门的泄水管。当设置混水系统需要平衡管兼作旁通管使用时，平衡管上不应设阀门。

5.6.19 分水器、集水器均应设置手动或自动排气阀，每个分支管上均应设置可关断阀门，且应具有流量调节功能，宜具有水力平衡性能。

5.6.20 地暖系统需要调节流量、水压时，宜采用调节阀、平衡阀。

5.6.21 调节阀的选择，应符合下列规定：

- a) 水路两通阀宜采用等百分比特性的阀门；
- b) 水路三通阀宜采用抛物线特性或线性特性的阀门；
- c) 调节阀的进出口压差，应符合制造厂的有关规定；
- d) 调节阀口径应根据使用对象要求的流通能力选择确定。

5.6.22 三通混合阀不宜用作三通分流阀；三通分流阀不得用作三通混合阀。

5.6.23 地暖热水输配管道应采用闭式水路系统，最低部位应设置排水阀/泄水阀，最高部位应设置排气阀；系统中至少应有一个自动排气阀。

5.6.24 地暖热水输配管道和生活热水供应管道，采用塑料管材、管件的工作压力和工作温度不应大于产品标准规定的允许工作压力和工作温度；采用金属管材、管件的工作压力不应大于国家现行标准中公称压力或标称的允许工作压力；采用的阀件、功能附件的公称压力不应小于管材及管件的公称压力。

5.6.25 地暖热水输配管道和生活热水供应管道，应根据建筑物性质、使用要求、管材材质、使用场所和输送介质等因素确定，塑料管、铝塑复合管和铜管的选择应符合附录 C 的规定，其他管材的选择应符合产品技术说明。同一系统宜选用同一种金属管材与管件，采用不同材质的金属管材、管件连接时，应采取防止可能发生电化学腐蚀的措施，生活热水供应管道采用金属管道时应做等电位联接。

5.6.26 地暖热水和生活热水输配管道与供暖炉、混水或换热装置、分水器集水器主体、配件、阀门的连接应符合下列规定：

- a) 金属连接件间的连接、过渡管件与金属连接件间的螺纹连接应符合现行国家标准《55°密封管螺纹 第1部分 圆柱内螺纹与圆锥外螺纹》GB/T 7306.1、《55°密封管螺纹 第2部分 圆锥

内螺纹与圆锥外螺纹》GB/T 7306.2、《55°非密封管螺纹》GB/T 7307的规定；法兰连接应符合现行国家标准《钢制管法兰第1部分：PN系列》GB/T 9124.1、行业标准《钢制管法兰、垫片、紧固件》HG/T 20592~20635或《板式平焊钢制管法兰》JB/T 81的规定；

- b) 薄壁铜管宜采用焊接式、卡压式、环压式、卡套式或冷扩滑紧卡套式的连接方式；
 - c) 薄壁不锈钢管宜采用卡压式、齿环卡压式、环压式的连接方式，可锥螺纹连接、法兰连接、承插氩弧焊或对接氩弧焊连接；
 - d) 塑料管宜采用螺纹卡套式、焊接式、卡压式、冷扩滑紧卡套式、快插式、加强环卡套式的连接方式；
 - e) 铝塑复合管 PAP、XPAP、RPAP、PAP1、XPAP2、RPAP3 应采用螺纹卡套式、卡压式的内密封机械连接方式，PPAP、PPAP4 宜采用双面热熔承插连接；
 - f) 选用橡胶密封圈材质应按连接方式、输送介质温度、卫生性能要求和使用寿命的因素确定。
- 5.6.27 分水器、集水器的连接件、分支管连接应符合下列规定：
- a) 连接件永久性的螺纹连接可使用厌氧胶密封粘接；可拆卸的螺纹连接可使用厚度不超过 0.25mm 的密封材料密封连接；
 - b) 分支管采用塑料加热管的连接方式，宜采用螺纹卡套式、快插式、带活接头的卡压式或冷扩滑紧卡套式；
 - c) 分支管采用铝塑复合管加热管的连接方式，宜采用螺纹卡套式、快插式、带活接头的卡压式或双面热熔承插式；
 - d) 分支管采用铜加热管的连接方式，宜采用卡套式、带活接头的卡压式或冷扩滑紧卡套式；
 - e) 铜加热管的上下游管段不宜使用钢管。
- 5.6.28 供暖炉的生活热水供应系统设计应符合下列规定：
- a) 宜直接供应热水，不宜用冷热水混合供应方式，宜选用单把龙头；
 - b) 老年人照料设施、安定医院、幼儿园、监狱等建筑中为特殊人群提供沐浴热水的设施，应有防烫措施。
 - c) 采用零冷水的生活热水供应系统时，不应存在有危害供暖炉或热水系统的安全隐患；
 - d) 供水量较大时宜设置换热储热水箱，并应设置生活热水温度传感器，以实现供暖炉和热水系统联控；
 - e) 当生活热水供应系统设外置生活储热水箱时，宜设置恒温混水阀，应采用带有热水循环泵控制的循环管路、电伴热系统、绝热等保持生活热水即时性、稳定性供应及温度舒适性；并采取有效的杀菌措施，或采用“只用热，不用水”的即热形式供应生活热水；
 - f) 集中生活热水供应系统应设热水循环系统。居住建筑、公共建筑热水配水点达到出水温度的最低出水时间分别不应大于 15s 和 10s；
 - g) 集中生活热水供应系统的出水温度应不高于 70℃；配水点热水出水温度不应低于 46℃；
 - h) 集中生活热水供应系统应采取灭菌措施；
 - i) 生活热水系统接自来水供水管端，应设置倒流防止器或止回阀；
 - j) 对于配水支管用水点处水压大于 0.2MPa 时，应采取减压措施，如设置支管减压阀，并应满足用水器具工作压力的要求。高标准建筑中如卫生间设备配置水力按摩龙头，进水管压力不需要再设减压阀等设施减压。
- 5.6.29 地暖热水输配管道和生活热水供应管道设计应考虑因管道材料、水温和环境温度变化产生的

轴向位移，并应采取相应的补偿措施。

5.6.30 地暖热水输配管道和生活热水供应管道的管材、管件敷设方式、固定支、吊架间距、补偿措施和水力计算，应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020、《建筑给水排水设计规范》GB 50015 及本文件 5.4 的规定。

5.6.31 地暖热水输配管道和生活热水供应管道的水流速应根据水力平衡和防噪声的要求等因素确定。最大流速不宜超过表 5 和表 6 的限值。

表5 室内供暖系统管道中热水的最大流速 (m/s)

管道直径DN (mm)	15	20	25	32	40	≥50
有特殊安静要求的管道	0.50	0.65	0.80	1.00	1.00	1.00
一般室内管道	0.80	1.00	1.20	1.40	1.80	2.00

表6 热水管道的流速

管道直径DN (mm)	15~20	25~40	≥50
流速 (m/s)	≤0.8	≤1.0	≤1.2

5.6.32 当地暖热水输配管道和生活热水供应管道有抗震设防要求时，管道抗震设计应符合现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981的有关规定。

5.7 散热末端

5.7.1 地暖辐射面的构造做法应根据其设置位置、装饰面层种类确定，选用湿法或干法施工。

5.7.2 直接与室外空气接触的楼板或与不供暖房间相邻的地板作为地暖辐射面时，必须设置绝热层。

5.7.3 地暖辐射面构造应符合下列规定：

- 当与土壤接触的底层地面作为地暖辐射面时，应设置绝热层。设置绝热层时，绝热层与土壤之间应设置防潮层；
- 潮湿房间的混凝土填充式地暖地面的填充层上、预制沟槽保温板或模块板地暖地面的面层下，应设置隔离层。

5.7.4 混凝土填充式地暖绝热层采用泡沫塑料时，热阻不应小于表7的数值。采用其他泡沫塑料类绝热材料时，可根据其导热系数，按热阻相当的原则确定厚度。

表7 混凝土填充式地暖泡沫塑料绝热层热阻

绝热层位置	绝热层热阻 ($m^2 \cdot K/W$)
与接触的底层地板上	0.488
与土壤或不供暖房间相邻的地板上	0.732
与室外空气相邻的地板上	0.976

5.7.5 采用预制沟槽保温板时，与供暖房间相邻的楼板，可不设置地暖绝热层。其他部位绝热层的设置应符合下列规定：

- 土壤上部的绝热层宜采用低吸水性材料；
- 直接与室外空气或不供暖房间相邻的地板，绝热层宜设在楼板下，绝热材料宜采用泡沫塑料板。

5.7.6 填充层、装饰面层找平层设置应符合下列规定：

- 在填充层与内外墙、柱等垂直构件交接处，应设置不间断的侧面绝热层；
- 采用泡沫塑料板、预制沟槽保温板绝热层，填充层用豆石混凝土时，最小填充厚度宜为50mm；填充层用石水泥砂浆时，最小填充厚度宜为40mm；填充层用自流平砂浆时，最小填充厚度宜为30mm；
- 采用模块板，填充层用豆石混凝土时，最小填充厚度宜为40mm；填充层用水泥砂浆时，最小填充厚度宜为30mm；填充层用石膏基自流平砂浆时，最小填充厚度宜为20mm；

- d) 豆石混凝土填充层上部应根据装饰面层的需要铺设找平层；
 - e) 没有防水要求的房间，水泥砂浆填充层可同时作为面层找平层；
 - f) 湿法地暖的地砖或石材、木地板、地毯和PVC地板铺设基面，瓷砖薄贴法施工的基面，及干法地暖的木地板基面，找平层可采用水泥基自流平砂浆；
 - g) 石膏基自流平砂浆填充层的构造设置可参照现行行业标准《自流平地面工程技术标准》JGJ/T 175、团体标准《石膏基自流平砂浆应用技术规程》T/CECS 847的规定；
 - h) 厨房、卫生间及与土壤直接接触的地面填充层不宜用石膏基自流平砂浆。
- 5.7.7 预制沟槽保温板地暖宜采用有均热层的保温板，直接铺设木地板面层时，应采用有均热层的保温板。
- 5.7.8 采用预制沟槽保温板时，分水器、集水器与加热区域之间的连接管，应敷设在预制沟槽保温板中。
- 5.7.9 当地板荷载大于地暖辐射面的承载能力时，应会同土建设计人员采取加固措施。
- 5.7.10 末端分支环路的设置应符合下列规定：
- a) 连接在同一分水器、集水器的相同管径的各环路长度宜接近；现场敷设加热管时，各环路管长度不宜超过100m；当各环路长度差距较大时，宜采用不同管径的加热管，或在每个分支环路上设置平衡装置；
 - b) 每个主要房间应独立设置环路，面积小的附属房间内的加热管可串联，面积大的房间，也可采用小管径的加热管并联；
 - c) 夏热冬冷地区同时使用率低的地暖系统采用分区域或分室布管时，各环路长度可在一定范围内有所不同；
 - d) 进深和面积较大的房间，当分区域计算热负荷时，各区域应独立设置环路；
 - e) 不同标高的房间辐射面，不宜共用一个环路。
- 5.7.11 加热管的敷设间距，应根据房间所需供热量、室内计算温度、平均水温、地面传热热阻等确定。
- 5.7.12 加热管距离外墙内表面不得小于100mm，与内墙距离宜为200mm~300mm，距卫生间墙体内表面宜为100mm~150mm；混凝土填充式供暖地面距墙面最近的加热管与墙面间距宜为100mm；
- 5.7.13 现场敷设的加热管应根据房间的热工特性和保证地面温度均匀的原则，并考虑管材允许的最小弯曲半径，采用回折型或平行型等布管方式。热负荷明显不均匀的房间，宜将高温管段优先布置于房间热负荷较大的外窗或外墙侧。同时符合下列规定：
- a) 加热管种类应按系统实际工作条件确定，并应符合附录C的规定；
 - b) 加热管水流速不宜小于0.25m/s；
 - c) 加热管出地面与分水器、集水器连接时，其外露部分应加黑色柔性塑料套管；
 - d) 每个分支环路埋地部分不应设置连接件；
 - e) 地面上的固定设备或卫生供暖炉下方，不应布置加热盘管；
 - f) 采用地暖时，生活给水管道、电气系统管线等不得与地面加热盘管敷设在同一构造层内。
- 5.7.14 当辐射面面积超过30m²或边长超过6m时，应按不大于6m间距设置填充层伸缩缝，伸缩缝宽度不应小于8mm，高度宜从绝热层的上边缘做到填充层的上边缘。
- 5.7.15 加热管的环路布置不宜穿越填充层内的伸缩缝，必须穿越时，伸缩缝处应设长度不小于200mm的柔性套管。

5.8 电气、监测与调控系统

- 5.8.1 地暖系统的电气设计应符合现行国家标准《低压配电设计规范》GB 50054、现行行业标准《民用建筑电气设计规范》JGJ 16、《住宅建筑电气设计规范》JGJ 242 等的相关规定。
- 5.8.2 当地暖系统与其他用电设备合用配电箱（柜）时，应分别设置回路；地暖系统配电回路应装设过载、短路及剩余电流保护器。
- 5.8.3 当地暖系统用电需要单独计费时，该系统的供电回路应单独设置，并应独立设置配电箱（柜）和电能表；电能表的设置应符合当地供电部门规定并满足节能管理的要求。
- 5.8.4 配电箱（柜）、控制箱（柜）设置位置应合理，电气线路的敷设方式应满足安全要求。
- 5.8.5 合理选择导线、电缆规格，截面积大小的确定应根据电流指标与经济条件来确定。
- 5.8.6 室外安装的供暖炉至室内的连接控制与传输线路宜采用双绝缘缆线。室外明敷的线缆应考虑耐受冬季最低零下 15℃的环境温度。
- 5.8.7 与用电设备或元件连接的部分宜采用柔性金属导管敷设，其长度应满足国家相关标准的要求。
- 5.8.8 穿线导管、桥架规格、型号应符合设计要求，穿线导管选择设置应符合下列规定：
- 在混凝土内的暗敷线缆，应使用壁厚不小于 3mm 的导管；线缆采用埋地导管暗敷布线时，不应穿过设备基础。当穿过建筑外墙时，应采用止水措施；
 - 明敷的导管应选择燃烧性能不低于 B1 级的难燃材料制品或不燃材料制品。
- 5.8.9 地暖系统中电驱动式自动调节阀和户内混水泵等用电设备的电气设计应符合下列规定：
- 电源回路应设置过载、短路及剩余电流保护器；
 - 当采用 220V 或 380V 交流电压为地暖系统用电设备供电时，不得将相关电气线路、接线端子等部分外露；用电设备外壳等外露可导电的部分，均应进行保护接地；
 - 当采用 24V 交流电压为地暖系统用电设备供电时，其电气元件、线路应与 220V 交流电压等级的电器元件、线路相互隔离。
- 5.8.10 供暖炉、循环水泵等用电设备的电气设计应满足产品说明书要求。
- 5.8.11 地暖系统采用大功率变频水泵的系统，功率因数宜为 0.9 以上，三相不平衡负荷较大的场所，有条件时宜采用分相补偿方式。
- 5.8.12 二次接线施工的配电箱（柜）、控制柜的电气原理图应符合技术要求，选用电气元件及技术参数应符合设计要求，配电箱（柜）配电线路接地应采用 TN-S 接线。
- 5.8.13 地暖系统采用智能化系统或智能管网系统时，系统设计、设备与材料选用应符合现行国家标准《建筑电气化与智能化通用规范》GB 55024、《智能建筑设计标准》GB 50314、《智能管网系统》GB/T 410041 的规定。
- 5.8.14 地暖系统宜设置系统总控器，设置监测与调控设备或系统、及供暖设备设置联动、连锁等保护措施应分别符合国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012 中条文 9.1.1、9.1.3、9.1.4 的有关规定。
- 5.8.15 监测与调控系统应满足地暖系统运行维护的需要，可具备数据采集、数据处理、数据存储、报警、系统维护、人机交互（监视和报表）入、通信接口、扩展（图模一体化、控制、电费管理和热费管理、需求响应）等功能，能通过数控显示面板、手机 APP、云平台监测与调控系统运行，系统设计时可根据工程情况决定功能选择。
- 5.8.16 监测与调控系统中检测控制与调节的仪表、设备、元器件的选型、精度等级以及自动化水平的确定，应根据热源、输配、用户使用习惯及行为方式、运行管理的要求，采用匹配性产品。
- 5.8.17 系统参数检测与控制的技术要求，应符合国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012 中条文 9.1.2 的规定，并符合热工检测与自动控制专业技术规范的有关规定。
- 5.8.18 系统监测与调控装置宜采用可在线检修的产品，当信号或供电中断时，自动调节装置应能维持当前值。参数检测、记录与监控包括下列内容：

- a) 循环水泵或二次循环水泵/混水泵等设备的启停状态；
 - b) 直接连接供暖系统应检测供、回水温度及压力，必要时还可检测供水流量、供热量；
 - c) 混水或换热间接连接供暖系统，应检测一、二次侧水系统的供、回水温度，压力和流量，以及混水泵的供水压力、混水温度和流量或二次循环水泵的供水压力、供水温度和流量，并宜检测供热量；
 - d) 生活热水系统应检测，供、回水温度和压力，间接连接系统应检测生活热水的一、二次侧水系统的供、回水温度和压力，以及混水或换热装置的进、出口压力、温度；并宜检测供水流量和供热量；
 - e) 代表性区域或房间，主要区域或房间，有需要时宜包括各个区域或房间的室内温度、地面温度；
 - f) 当采用计算机监控时，应在热源处设置室外温度传感器；
 - g) 有需要时，宜检测记录循环泵或二次循环水泵耗电量、供暖炉燃气耗量。
- 5.8.19 采用自动控制的地暖系统，应做到系统和管道设计合理，防止运行调节时各并联环路压力失调，其调节机构特性应符合设计要求。
- 5.8.20 采用集中监控管理系统应符合下列规定：
- a) 宜能与现场测量仪表相同的时间间隔与测量精度连续记录，显示各系统运行参数和设备状态其存储介质和数据库应能保证记录连续一年以上的运行参数；
 - b) 宜能计算和定期统计系统的能量消耗、各台设备连续和累计运行时间；
 - c) 应能改变各控制器的设定值，并宜对设置为“远程”状态的设备直接进行启、停和调节；
 - d) 应根据预定的时间表，或依据节能控制程序自动进行系统或设备的启停；
 - e) 应设立操作者权限控制的安全机制；
 - f) 应有参数越限报警、事故报警及报警记录功能，并宜设有系统或设备故障诊断功能；
 - g) 宜设置可与其他弱电系统数据共享的集成接口。
- 5.8.21 不具备采用集中监控系统的地暖系统，宜采用就地控制设备或系统。
- 5.8.22 当供暖炉并联或耦合其他能源装置时，应有联动控制措施；并联供暖炉台数大于或等于3台时，应采用群控器或级联控制器，实现顺序启停和轮值等运行调控。
- 5.8.23 传感器、自动调节阀的选择应符合国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012 中条文 9.2.1、9.2.5 的有关规定。
- 5.8.24 温度传感器、压力传感器、压差传感器、流量传感器的设置，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 50736-2012 中条文 9.2.2、9.2.3、9.2.4 的有关规定。
- 5.8.25 电动阀（或电磁阀）、水泵、温度传感器、压力传感器、智能热量表、控制面板、压力采集器、温度采集器等检测信号、通讯、联动控制及电源线可由集中控制模块（可编程控制器）接出，或设置专用配电控制箱（柜）提供电源。
- 5.8.26 通讯和信号传输线路应与交流电源线路分开敷设，当其间距不满足抗干扰要求时，应选择屏蔽缆线或采用金属导管护套等防护措施。
- 5.8.27 地暖系统水温控制可采用分环路控制和总体控制两种方式，总体室温温控器或分环路分区域温控的中央控制器与供暖炉或混水换热装置水泵的联动，自动控制阀宜采用热电式控制阀，也可采用自力式温控阀和电动阀，并应符合下列规定：
- a) 采用分环路、分区域控制时，应在分水器或集水器处，分路设置自动控制阀，连接温控器控制各房间或主要房间、各区域或主要区域的保持各自的设定室内空气温度值；自动控制阀也可内置于集水器中；
 - b) 采用总体控制时，应在分水器总供水管或集水器回水管上设置一个自动控制阀，控制整个用

户或区域的室内空气温度。

5.8.28 室外温度传感器、室内温控器、集中控制器，远程控制器连接到供暖炉的电线横截面积应分别满足其技术性能要求。

5.8.29 数控显示面板、温控器设置及选型应符合下列规定：

- a) 数控显示面板设置位置应利于布线、查看与调控等操作，按实际使用功能需求，结合经济性、美观度选型确定。
- b) 室内温控器应设置在附近无散热体、周围无遮挡物，不受风直吹、不受阳光直射、通风干燥、周围无热源体、能正确反映室内温度的位置，不宜设在外墙上；
- c) 数控显示面板、室内温控器设置高度宜距离地面 1.4m、或与照明开关在同一水平线上；
- d) 在需要同时控制室温和限制地表面温度的场合，应采用双温型温控器；
- e) 对开放大空间场所，室温型温控器应布置在所对应回路的附近，当无法布置在所对应的回路附近时，可采用地温型温控器；
- f) 对浴室、带沐浴设备的卫生间等潮湿区域，室温型温控器的防护等级和设置位置应符合国家现行相关标准的要求；当不能满足要求时，应采用地温型温控器，将控温器或限温器安装于墙外侧，采用加长地温传感器的引线，控制地面温度；
- g) 地温型温控器的传感器不应被家具、地毯等覆盖或遮挡，宜布置在人员经常停留的位置，且感温探头应敷设在两平行加热管中间，或与加热管3cm以上间距。

5.8.30 传感器穿线管、自动调节阀等电源穿线管均应选用硬质套管。

5.8.31 网络温控器的选择应符合下列规定：

- a) 无线温控器宜采用 LoRa 无线通讯技术，并具备容错机制；
- b) 无线温控器空地应支持 2km 通讯；
- c) 无线温控器宜使用 Wi-Fi 通讯，2.4G 和 5G 混频；
- d) 有线温控器宜支持 RS485 接口、Modbus-RTU 通讯协议。

5.8.32 传感器的选择应符合下列规定：

- a) 当以安全保护和设备状态监视为目的时，宜选择温度开关、压力开关、水流开关等以开关量形式输出的传感器，不宜使用连续量输出的传感器；
- b) 传感器测量范围和精度应与二次仪表匹配，并应高于工艺要求的控制和测量精度；
- c) 当传感器不满足指定的精度时，应重新调整或更换；
- d) 易燃易爆环境应采用防燃防爆型仪表。

5.8.33 温度传感器的设置应符合下列规定：

- a) 温度传感器测量范围宜为测点温度范围的 1.2 倍~1.5 倍，其测量范围和精度应与二次仪表匹配，并应高于工艺要求的控制和测量精度；
- b) 温度传感器不确定度的允许偏差应为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

5.8.34 压力传感器的工作压力应大于该点可能出现的最大压力的 1.5 倍。

5.8.35 流量传感器量程宜为最大工作流量的 1.2~1.3 倍。

5.8.36 燃气泄漏报警器的设置应符合现行行业标准《城镇燃气报警器控制系统技术规程》CJJ/T 146 的规定。

5.9 系统节能设计

5.9.1 地暖系统应设置自动室温或辐射面温度调控装置，应至少设置一个温控器，或分区域或分室温控的总控制器与供暖炉联动联控。

5.9.2 地暖系统宜采用与供暖炉联动的混水装置或换热装置实现末端供水温度的调节。供暖炉用混水或换热装置的间接连接末端时，混水泵或二次侧循环水泵应考虑调速控制，并宜与供暖炉内置泵联动联控。

5.9.3 供暖炉耦合可再生能源装置的地暖系统，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的规定。

5.9.4 地暖系统可结合室外气候情况进行调节，可设置热源装置气候补偿或结合室温、围护结构热惰性修正的系统气候补偿。

5.9.5 地暖热水输配管道和生活冷热水供应管道、管件、阀门、分集水器、混水和换热装置及部件、耦合罐、膨胀罐，可根据现场具体情况，宜分别采用橡塑管、橡塑壳等进行绝热，绝热材料厚度不应小于20mm，绝热材料应符合国家相关标准规定。绝热材料应加保护层，且绝热保温结构应具有良好的防水性能。

5.9.6 地暖系统节能设计还应从建筑围护结构、热源装置和输配设备、系统运行调控、用户行为等方面考虑降低能耗，采取以下措施：

- a) 对围护结构（屋顶、外墙、隔热材料、密封材料、门、窗及结构结合部位）不符合建筑节能设计要求的建筑，宜给出建议或采取适当可行的加强措施；
- b) 应采用高效率低能耗的供暖炉、水泵，能效限定值及能效等级应符合现行国家标准《燃气快速热水器和燃气采暖热水炉能效限定值及能效等级》GB 20665、《离心泵能效限定值及能效等级》GB 19762 的规定；
- c) 地暖系统的使用应规范，正确设置供水温度、室内温度和确定室内温度调节控制方法，并提出调节控制装置的特性参数，选择合适的运行模式；
- d) 输配管网水力设计应科学，并合理配置水泵等装置，进行适合的调控操作；
- e) 系统节能技术宜结合当地的气候状况、节能及大气排放要求，用户使用习惯等。

5.9.7 地暖系统宜设置能源计量装置，新建住宅地暖系统应设置分户热计量装置。

6 施工安装

6.1 一般规定

6.1.1 地暖系统所在的建筑应具有符合使用要求的给排水、供电和供燃气系统。

6.1.2 地暖系统的施工单位、设计单位应当具有相应的技术实力，工程质量验收人员应具备相应的专业技术资格。

6.1.3 地暖系统和供暖炉的控制器、温控器面板宜预装确定定位支架和底盒位置，待室内装修完成后安装。

6.1.4 施工安装前所具备条件应符合下列规定：

- a) 施工组织设计或施工方案应已得到认可或批准，采用的技术标准和质量控制措施文件应齐全并已完成技术交底；
- b) 施工前应 与 土 建、电 气、给 排 水、装 饰 装 修 等 专 业 的 有 关 人 员 进 行 图 纸 会 审，对 图 纸 中 存 在 的 问 题，尤 其 各 专 业 施 工 交 接 面 相 互 影 响 的 矛 盾 要 共 同 研 究 解 决，修 改 设 计 应 有 设 计 单 位 的 设 计 变 更 通 知 单；
- c) 材料进场检验应已合格并满足安装要求；
- d) 施工现场应具有供水或供电条件，应有储放材料的临时设施；
- e) 土建专业应已完成墙面粉刷(不含面层)，外窗、外门应已安装完毕，地面应已清理干净，卫

生间应做完闭水试验并经过验收；

f) 相关管道、支架、电气预埋等工程应已完成。

6.1.5 地暖系统施工组织设计中应有节能技术措施。节能设施应按设计文件要求安装到位，地暖系统安装完成后应检查调试各设备、供暖参数监测与调控装置、计量装置等。

6.1.6 施工过程中应防止油漆、沥青或其他化学溶剂接触污染输配管、加热管的表面。

6.1.7 施工应加强现场管理，不得浪费材料和能源，且应减少二次搬运。

6.1.8 加热盘管作业面留洞应在填充层施工前完成。填充层施工完成后，加热管敷设区域，严禁穿凿、穿孔或进行射钉作业。

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

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

6.1.11 加热盘管作业面施工，不宜与其他工种交叉作业。

6.2 施工组织设计及材料、设备检查

6.2.1 施工组织设计或施工方案应包括下列内容：

a) 工程概况；

b) 施工节点图、原始工作面至面层的剖面图、伸缩缝的位置等；

c) 主要材料、设备的性能技术指标、规格、型号及保管存放措施；

d) 施工工艺流程及各专业施工时间计划；

e) 施工质量控制措施及验收标准，包括热源设备安装、输配装置与管道安装、监测与监控装置安装、绝热层铺设、加热管安装、填充层铺设、面层铺设、分水器和集水器施工安装质量，水压试验，隐蔽前、后综合检查，环路、系统试运行调试和竣工验收等；

f) 施工进度计划、劳动力计划；

g) 安全、环保、节能技术措施。

6.2.2 地暖系统所使用的主要材料、设备组件、配件、绝热材料、控制器、传感器、温控器等必须具有质量合格证明文件，其性能技术指标及规格、型号应符合国家现行有关标准和设计文件的规定，并具有国家授权机构提供的有效期内的检验报告。进场时应做检查验收并经监理等核查确认。

6.2.3 供暖炉、输配装置、管材及管件、分水器和集水器及其连接件进场前应对其外观损坏等进行现场复验。

6.2.4 加热管的检查应符合下列规定：

a) 管道内外表面应光滑、平整、干净，不应有可能影响产品性能的明显划痕、凹陷、气泡等缺陷；

b) 管径及壁厚应符合国家现行有关标准和设计文件的规定。

6.2.5 分水器、集水器的检查应符合下列规定：

a) 分水器、集水器主体材料可选用铜、不锈钢或塑料；

b) 分集水器组件应包括主管关断阀或调节阀、泄水阀、排气阀、支路关断阀或调节阀和连接配件等；

c) 分水器、集水器内外表面应光洁，不得有裂纹、砂眼、冷隔、夹渣、凹凸不平及其他缺陷。表面电镀的连接件色泽应均匀，镀层应牢固，不得有脱镀的缺陷。

6.2.6 混水装置和换热装置，应符合制造商提供产品技术质量文件的规定，且应满足相关设计技术要求，并应有质量合格文件。

6.2.7 阀门、水力分压器、混水或换热装置、分水器、集水器组件安装前应做强度和严密性试验，并应符合下列规定：

- a) 试验应在每批数量中抽查10%，且不得少于1个；对安装在分水器进口、集水器出口及旁通管上的旁通阀门应逐个做强度和严密性试验，试验合格后方可使用；
- b) 强度试验压力应为工作压力的1.5倍，严密性试验压力应为工作压力的1.1倍；强度和严密性试验持续时间应为15s，其间压力应保持不变，且壳体、填料及阀座密封面应无渗漏，采用金属结构的硬密封其阀座密封面渗漏量应小于标准GB/T 4213要求允许泄漏量。

6.3 热源系统

6.3.1 供暖炉安装应由制造商认可的专业人员进行，安装施工应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《家用燃气燃烧器具安全管理规则》GB 17905，现行行业标准《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》CJJ 94、《家用燃气燃烧器具安装及验收规程》CJJ 12的规定。

6.3.2 供暖炉不应安装在电磁炉、微波炉、变频器等强电磁辐射电器附近。

6.3.3 供暖炉应用到陈旧的供暖系统中时，安装前应清理原供暖系统中先前沉积的残留物。

6.3.4 供暖炉与电气设备、相邻管道之间的最小水平净距应符合表8的规定。

表8 供暖炉与电气设备、相邻管道之间的最小水平净距(mm)

名称	与供暖炉的水平净距
明装的绝缘电线或电缆	300
暗装或管内绝缘电线	200
电插座、电源开关	150
电压小于1000V的裸露电线	1000
配电盘、配电箱或电表	1000

6.3.5 供暖炉应安装在能承受炉体重量的墙壁或固定架等承重结构上，与供暖炉贴邻的墙体、地面、台面等，宜为不燃材料。如设置在可燃或难燃的墙壁上时，应采取有效的防火隔热措施。与可燃材料、难燃材料装修的墙壁、地板、家具之间距离应符合安全防火规定的要求。

6.3.6 室内型供暖炉的安装应至少符合下列要求：

- a) 安装供暖炉前须阅读说明书，应按照产品说明书的要求进行安装，炉体周围留有必要的操作与维修空间，并应符合设计文件的要求；
- b) 供暖炉不宜暗装；
- c) 供暖炉安装在其他燃具上方时，炉体与其他燃具的水平净距不得小于300mm；
- d) 供暖炉安装应牢固，无倾斜，支架的接触应均匀平稳，并便于操作；
- e) 供暖炉的供水压力和供电技术参数应符合燃具说明书的规定；
- f) 燃气的类别和供气压力必须与供暖炉铭牌上的标示一致，不一致时应做气源置换并调试；
- g) 安装场所没有燃气阀门或同一场所已经有燃气阀，而位置和尺寸不适合，则必须新装、移动或换装燃气阀时，应与燃气供给部门联系；
- h) 不应变更或堵塞冷凝炉的冷凝水排水口；
- i) 供暖炉设置溢水管、排水管时，不应配成“逆U字”的连接管；
- j) 供暖炉安装在环境温度可能低至零度以下的房间内，宜采取适当的防冻措施。

- 6.3.7 室外型供暖炉的安装除应符合 6.3.6 中的有关规定外，还应至少符合下列规定：
- a) 禁止在安装环境温度低于 0℃ 的区域安装无防冻功能的室外型供暖炉；
 - b) 应安装在说明书允许的最低温度以上的区域；
 - c) 应安装在不会因震动或撞击而翻倒、破损的地方；
 - d) 应安装在建筑没有开口部的场所，以避免发生排烟进入室内的可能；
 - e) 不应安装在高墙上等手不能触及的位置；
 - f) 安装位置上方不应有明装电线、电器设备、燃气管道，下方不能设置燃气烤炉、燃气灶具等燃气器具；
 - g) 不应安装在其噪声及排气的热气流会影响相邻住户的位置，且应使其排气不会受到新风排气、排气扇和炉灶通风罩等排出气流的影响，并避免排气会直接吹到建筑物的外壁、窗户、玻璃、铝制窗框；
 - h) 安装位置应方便操作维修保养；与相邻建筑物、设备等的距离应满足说明书要求操作和维修空间的要求
 - i) 排烟口正前方 1m 内不应有影响排烟的障碍物；
 - j) 与可燃材料或用可燃材料、难燃材料及半不燃材料组成的建筑物之间距离应符合下列规定：
 - 1) 本体与后侧表面距离应不小于 10mm，与侧方表面距离应不小于 150mm；
 - 2) 排烟口与上方表面距离应不小于 300mm，与下方表面距离应不小于 150mm，与前方表面距离应不小于 600mm，当前方有隔热板（3mm 以上金属以外的不燃材料）时，宜用不燃材料有效组成的建筑物部分时距离应不小于 300mm；
 - 3) 如安装另买的排气罩时，排烟吹出侧与可燃材料之间的距离应不小于 600mm；
 - 4) 上方有窗户时，排烟口与窗户距离应不小于 300mm；侧面有窗户时，排烟口与窗户距离应不小于 150mm，且此范围不应有建筑物开口部，以避免排烟进入室内；
 - 5) 当安装在公用走廊时，排烟口与前方距离应不小于 1200mm，与走廊地面距离应不小于 1800mm；
 - 6) 当安装在阳台等场所时，应留出不少于 600mm 的宽度的紧急疏散通道。
 - k) 在不处于建筑物避雷系统的保护范围内安装时，应按现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的要求增设避雷措施。
- 6.3.8 供暖炉燃气接管、冷热水接管和地暖热水输配接管的安装应符合下列规定：
- a) 与室内燃气管道和冷热水管道连接必须正确，并应连接牢固、不易脱落；
 - b) 供暖炉接管丝扣管口处不宜直接阀门和固定的密封管螺纹连接件，宜采用活接及非金属平垫的密封管螺纹连接件；
 - c) 供暖炉的燃气管、进气通路和水路宜设置燃气过滤器、空气过滤器、磁性过滤器；
 - d) 供暖炉的燃气管采用铝塑复合管时，安装宜符合团体标准《建筑燃气铝塑复合管管道工程技术规程》CECS 264-2009 的规定；
 - e) 供暖炉的燃气管采用不锈钢管双卡压式和环压式连接时，安装宜符合团体标准《双卡压式连接不锈钢燃气管道技术规程》CECS 461-2016、《燃气环压连接薄壁不锈钢管道技术规程》TCECS 936-2021 的规定；
 - f) 燃气管道采用镀锌钢管螺纹连接时，填料可采用铅油加燃气专用生料带（非聚四氟乙烯生料带）密封，在螺纹处缠生料带时，应顺螺纹方向紧密缠绕，生料带厚度宜在 1.5mm 左右，不宜太薄和太厚，缠绕厚度可根据螺纹的间隙大小调整，不得采用铅油麻丝。螺纹连接管道安装后的管螺纹根部应有 2~3 扣的外露螺纹，多余的填料应清理干净并做防腐处理；
 - g) 燃气管道的阀门、冷热水管道阀门应便于操作；

- h) 供暖炉连接燃气管道后, 必须进行测压、气密性试验:
- 1) 将燃气阀门全部关闭, 用微压计或 U 型管压强计测量供暖炉一次压。用微压计测, 5kPa 稳压 15min, 无压降为合格; 用 U 型管压强计测, 5min 内气压降不得大于 3mm; 用肥皂水或其他适宜的溶液检查燃气管和阀门所有接头, 应无泄漏;
 - 2) 用肥皂水或高泡洗衣粉水等涂抹在阀门、管道、接头等处, 应无有鼓泡产生;
 - 3) 家庭用气管道设置燃气自闭阀, 可通过自闭阀验漏;
 - 4) 不得使用明火检查。
- i) 供暖炉燃气连接软管不应穿越墙体、门窗、顶棚和地面, 长度不应大于 2.0m, 且不应有接头;
- j) 与供暖炉连接前, 应对冷热水管道和供暖供回水管道及装置冲洗和水压试验合格进行检查;
- k) 供暖供回水管道安装中应避免产生空气滞留的配管方式;
- l) 施工中暂停操作的管口应及时封堵, 供暖炉如有不用的连接管口应封堵;
- m) 连接口配管时, 必须夹住连接口的带扳手部位进行固定;
- n) 塑料管道不宜与供暖炉直接连接, 应有不小于 0.4m 的金属管段过渡。
- 6.3.9 供暖炉给排气管的连接安装应符合下列规定:**
- a) 给排气管的连接和安装应符合产品说明书和国家相关标准规范的规定;
 - b) 严禁用单管给排气管代替同轴给排气管;
 - c) 给排气管上的排烟管孔和进气管孔应完全伸至墙外或屋顶不被堵塞, 其外部管段排烟孔距离外墙或屋顶的有效长度不应小于 50 mm;
 - d) 同轴式和分离式给排气管安装在外墙时, 应保证良好的气密性, 搭接长度不应小于 30mm, 且应考虑安装坡度和冷凝水的收集, 并应有防雨水进入或设有雨水收集装置, 防倒风装置, 应符合下列要求:
 - 1) 非冷凝炉的同轴给排气管, 当内管无预设合适的坡度, 水平穿过外墙排放时, 外管应坡向外墙, 向下倾斜 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$;
 - 2) 冷凝炉的同轴给排气管, 当内管无预设合适的坡度, 水平穿过外墙排放时, 外管应坡向供暖炉, 向上倾斜 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$, 烟末端必须高于供暖炉侧入口弯头, 且应防止雨水进入;
 - 3) 冷凝炉烟道使用加长管, 当长度大于 1m 时宜安装冷凝水收集器;
 - e) 穿墙的给排气管与墙的间隙处应采用耐热保温材料填充, 并用密封件做好密封防水处理, 如果烟道经过易燃的墙壁, 必须用至少 20 mm 厚的阻燃耐高温材料包裹隔热;
 - f) 同轴给排气管外表面应与上面建筑物相距 45 mm 以上, 穿外墙的排烟出口距门窗洞口的最小净距: 非居住房间 0.3m, 居住房间 1.2m;
 - g) 分离式给排气管, 给气管与排烟管应错开, 以防烟气回流; 分离式烟管附件接头应安装在边长为 50cm 的区间内;
 - h) 给排气管的总长度应不超过厂家规定的最大允许安装长度;
 - i) 给排气管进风口, 应保证满足最大进风量;
 - j) 给气管口应避免其他排气口或烟气排放口;
 - k) 在给排气中使用弯头, 应按标准减小给排气管的最大长度;
 - l) 使用加长给排气管时, 应根据给排气管的类型和最大长度, 按设计技术说明要求设置安装固定支吊架, 设置规格、尺寸合适的阻烟环 (烟气限流环)。
- 6.3.10 模块炉可壁挂安装, 柜式 (箱式) 可落地安装, 安装应至少但不限于符合下列规定:**
- a) 安装前仔细须阅读说明书, 应按照说明书要求进行施工, 并符合设计文件的要求;
 - b) 燃气管道和模块炉之间的连接必须由燃气专用管道构成, 管道直径不应低于模块炉接口直径,

且燃气管道上必须设置阀门，室内须设燃气报警装置；

- c) 燃气管道安装完毕后，须检查连接部分是否泄漏，如果有漏气，应处理至没有泄漏为止；
 - d) 模块炉设置应保证模块炉在操作、维护时避免雨水淋溅。每侧应留出至少 0.6m 的距离，以便于维护操作；附近区域应无易燃易爆物品存放；
 - e) 模块炉就位后，须用自带的支腿支撑，不应使轮子承重（如有）；
 - f) 模块炉泄压口、泄水口应采用导管接至排水沟；
 - g) 烟道材质宜选用不锈钢或实壁 PVC-U 材质；
 - h) 排烟管道附近无可燃物，竖直排烟管最高点安装遮雨帽，排烟管道最低点安装排水管，并接至排水沟；
 - i) 排烟管连接处必须密封可靠，烟管设有稳定的支撑，炉体不应承受烟管载荷；
 - j) 水平安装的排烟管长度不应超过 3m，设置坡度应不小于 2%，冷凝式模块炉坡向模块炉；非冷凝式模块炉坡向排烟出口；
 - k) 模块炉如采用高位膨胀水箱，膨胀管不得设置阀门，水箱底部的安装高度应高于模块炉循环系统（一次系统）最高点 0.3m~1m；
- 6.3.11 在高寒冷区、季风区安装供暖炉应注意其环境适应性。

6.4 输配管网

6.4.1 地暖系统供、回水管道与混水、换热装置、分集水器或供暖炉接口连接之前，应冲洗及水压试验合格。

6.4.2 输配管网的设备、部件安装，管道布置、安装与连接应符合下列规定：

- a) 系统的管道、阀门及仪表安装位置、方向正确，接点无渗漏；管道标识清晰、准确；
- b) 循环水泵、混水泵、补水泵安装应符合产品技术说明，水泵出口方向、卧式泵体水平度、立式泵体垂直度、泵头角度应正确，并按要求设置隔振措施；
- c) 供暖炉供暖供、回水接口，供暖炉生活热水接口，混水装置或换热装置接口，或分集水器进、出水接口的连接管道，可采用不锈钢波纹管、PP-R 管、PE-X 管、PE-RT 管、镀锌管、不锈钢管、铜管和铝塑复合管等；
- d) 管道宜明设，定位正确，排列整齐，配管应横平竖直，中间无弯曲；
- e) 有坡向要求的管道应坡向正确，坡度符合设计要求。管道安装坡度，当设计未注明时，气、水同向流动的热热水地暖管道，坡度应为 3%，不得小于 2%；气、水逆向流动的热热水地暖管道，坡度不应小于 5%；
- f) 管道安装前，如有预留孔洞的应先复核其位置；
- g) 当建筑物是弧形时应将管道制作成同曲率的弯管，不得由法兰来借弧型及其他不合理措施；
- h) 不锈钢、塑料管及复合管采用金属管道支架时，应在管道与支架间加衬非金属垫或套管；
- i) 管道连接的法兰、焊缝、阀门、仪表等应便于使用和检修，不得紧贴墙面、楼面 and 管架；
- j) 铝塑复合管道连接时，应保证管材内壁表面密封，避免流体与管材切割端面的接触；
- k) 冷扩滑紧卡套式管接头的安装施工，应采用专用工具将管道套到接头根部，再用专用固定卡子卡住，使其紧密连接；
- l) 快插式管接头、加强环卡套式管接头的安装施工，应按制造商技术说明和安装要求操作；
- m) 铜质连接件直接与 PP-R 塑料管接触的表面应镀镍；
- n) 薄壁不锈钢管管材与管件不得与水泥砂浆、混凝土直接接触，为防止卤化物对管道腐蚀，暗敷时应防腐，宜用覆塑薄壁不锈钢管，或涂覆 EP 环氧树脂或缠绕防腐胶带保护；

- o) 螺纹加工应分 2~3 次切削，螺纹应清楚、完整、光滑，不得有毛刺和乱丝；如有断丝或缺丝，不得大于螺纹全扣数的 10%；螺纹还应符合装配公差的要求，有 1/16 的锥度，防止螺纹之间配合过松或过紧；
 - p) 螺纹装配时，拧紧后螺纹根部应有 2~3 扣的外露螺纹，多余的麻丝、填料应清理干净并做防腐处理，涂刷宽度一致，涂层均匀，无流淌、漏涂现象；
 - q) 安全阀的泄放口必须用导管连接到地漏或可靠的排水设施。
- 6.4.3 聚烯烃管材、管件热熔承插连接应符合下列规定：
- a) 管材连接端部应进行坡口，坡口角度不宜小于 30°；
 - b) 应清理管材、管件连接的热熔部位和热熔连接加热器工具表面的污物；
 - c) 应测量管件的承插口深度，并在管材表面做出标记；
 - d) 应使用专用热熔工具加热管材的外表面和管件的内表面，加热温度、时间等技术参数应符合相应要求；
 - e) 加热结束后应迅速脱离加热工具，并以均匀的外力将管材插入管件承插口内至管材标记线，再适当用力使管件承口的端部形成完整的凸缘后结束；
 - f) 完成连接的连接件应免受外力，并进行自然冷却；
 - g) 管径大于 75mm 时，宜在台式工具上进行连接。
- 6.4.4 金属管焊接连接应符合下列规定：
- a) 焊缝按规范要求坡口，一般为 V 型，坡口角度 60°~75°；
 - b) 焊缝组对间隙 2~3mm，内壁错边量不宜超过壁厚的 10%，且 $\geq 2\text{mm}$ ；外壁错边量 $\geq 3\text{mm}$ ；
 - c) 不锈钢管焊接内部充氩保护，焊后对焊缝及热影响区进行酸洗、钝化处理；
 - d) 紫铜管钎焊不得加热过度（650℃~750℃），焊后清除焊接接头处残留的熔渣等杂物；
 - e) 焊缝外观检查无咬肉、夹渣、裂缝、飞溅等缺陷。
- 6.4.5 薄壁不锈钢、薄壁铜管的卡压连接应符合下列规定：
- a) 管道切割应符合下列规定：
 - 1) 管道切割工具应采用专用的电动切管机或手动切管器；
 - 2) 管口的端面应平整，并应垂直于管轴线；
 - 3) 管端内外毛刺宜采用专用工具去除干净。
 - b) 管连接前应清理承插口影响接口严密性的杂物，检查放入橡胶密封圈正确；
 - c) 按施工标准要求的深度插入、保持两管段的垂直度；
 - d) 清理插入口、标注插入深度；
 - e) 按规定深度插入管子，保持轴线垂直；
 - f) 使用专用卡压工具卡压接头，卡压后用量规检查卡压尺寸是否到位；
 - g) 管道敷设严禁强制扭曲或校正。
- 6.4.6 管道法兰连接应符合下列规定：
- a) 配对法兰规格、型号相同；与设备法兰连接时应按其规格配对；
 - b) 法兰连接时同轴、平行，法兰面垂直于管中心；
 - c) 紧固螺栓规格相同、方向一致、螺栓露出长度为 1/2 螺栓直径或与螺母齐平；
 - d) 连接法兰的螺栓应均匀拧紧其螺母宜在同一侧，连接阀门时螺母宜放在阀件侧；
 - e) 水平管法兰最上面两个螺孔应保持水平，垂直管法兰靠墙两个螺孔与墙平行。
- 6.4.7 管道支、吊架的安装应符合下列规定：
- a) 位置应正确，支吊架间距符合规范要求，平直牢固，排列整齐，固定点间距均匀；
 - b) 支架和管座设在牢固结构物上，安装牢固；

- c) 固定支架与管道接触应紧密，固定应牢靠；
 - d) 管道支架不得设置在管道焊缝上，不应利用法兰、螺栓、吊挂支撑其他设备；
 - e) 滑动支架应灵活，滑托与滑槽两侧间应留有 3~5mm 的间隙，纵向移动量应符合设计要求。
- 6.4.8 管道穿墙和楼板时均应设置硬质套管，并符合下列规定：
- a) 安装在楼板内的套管，其顶部应高出装饰地面 20mm；
 - b) 安装在卫生间、厨房及积水房间内的套管，其顶部应高出装饰地面 50mm，底部应与楼板地面相平；
 - c) 安装在墙壁内的套管其两端与饰面平齐；
 - d) 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；
 - e) 穿墙套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实，且端面应光滑管道的接口不得设在套管内；
 - f) 穿墙套管两端出墙处应加设塑料环封堵，塑料环与管壁紧密结合不得有缝隙；
 - g) 管道接口不得设置在套管内。
- 6.4.9 地暖混水与换热装置的安装应符合下列规定：
- a) 混水换热装置宜接于分集水器之前或单独安装固定；
 - b) 混水换热装置接口方向应正确，接口应严密牢固；
 - c) 混水装置明装时，电源插座、控制装置应于装置边或之上；
 - d) 采用热交换装置时，二次水侧应单独补水、定压及排气；
 - e) 混水装置需现场组装时，应按产品说明书要求，组装正确严密。
- 6.4.10 地暖分集水器安装应符合下列规定：
- a) 分集水器可墙面明装、嵌墙暗装，用支架、托架或罩箱固定，并应固定牢靠；
 - b) 分水器、集水器宜在开始铺设加热管之前进行安装；
 - c) 水平安装时，注意坡度以利排气，可将分水器安装在上、集水器安装在下，也可将分水器设在集水器下，中心距宜 200mm，集水器中心距地面不应小于 300 mm；
 - d) 分集水器应安装的阀门和附件，可根据不同系统选择不同安装位置。
- 6.4.11 地暖系统需设置闭式膨胀罐时，应符合下列规定：
- a) 安装时宜确认产品规格是否标注了其于系统水的相容性；
 - b) 宜垂直安装；
 - c) 安装位置应在靠近水泵吸入口侧，宜设置在供暖炉热水回水管上或冷水补水管上，其连接管上不宜设普通阀门，在膨胀罐的接口处宜安装自闭阀。
 - d) 可将系统的接口与膨胀罐的接口延长 0.5m~1m 能有效降低膨胀罐自身升温；
 - e) 并联安装时，每个膨胀罐与系统的接口应该在同一水平位置，确保每个膨胀罐有足够的支撑且充气阀易于检测。
- 6.4.12 设备、管道及部件的绝热应符合下列规定：
- a) 设备、管道保温(绝热)层包裹贴合紧密、无空隙、封口严密，绝热层材料表面应平整、无断裂和脱落；
 - b) 保护层应完整，金属外保护壳应有效的咬边连接，并纵缝应错开，不应有其他措施强行连接；
 - e) 设备及管道绝热方式应合理，并便于操作，不得存在冷桥现象。
- 6.4.13 地暖系统采用高位膨胀水箱定压，膨胀管不得设置阀门。
- 6.4.14 输配管道的弯曲应符合相关标准和技术规程的规定。
- 6.4.15 地暖分集水器主管路与混水或换热装置，或燃气供暖炉连接管安装完毕后，对所有连接件接

口进行水压试验，并确保无渗漏。

6.5 散热末端

6.5.1 地暖地板基面应清扫，除采用调平架空地暖地面构造外，对凹凸不平的表面应要求土建做找平，墙根部处理等应符合技术要求。

6.5.2 模塑和挤塑聚乙烯泡沫塑料板绝热层的铺设应符合下列规定：

- a) 绝热层的铺设应平整，板间的接缝相互接合应严密，接头应用塑料胶带粘接平顺。直接与土壤接触或有潮湿气体侵入的地面，应在铺设绝热层之前铺设一层防潮层；
- b) 在铺设辐射面绝热层的同时或在填充层施工前，应由供暖系统安装单位铺设侧面绝热层，应采用搭接方式连接，搭接宽度不应小于10mm；
- c) 侧面绝热层应从辐射面绝热层的上边缘做到填充层的上边缘；交接部位应有可靠的固定措施，侧面绝热层与辐射面绝热层接缝应严密。

6.5.3 反射膜的铺设应符合下列规定：

- a) 反射膜铺设应平整，不得有皱褶；
- b) 遮盖应严密，不得有漏保温板或地面现象；
- c) 反射膜方格对称整齐，不得有错格现象发生；
- d) 反射膜之间应用透明胶带或铝箔胶带粘连。

6.5.4 预制沟槽保温板铺设除应符合6.5.2规定外，还应符合下列规定：

- a) 可直接将相同规格的标准板块拼接铺设在楼板基层上；
- b) 采用木龙骨铺设地板时，应在安装木龙骨后铺设标准板块，在加热管需要穿过木龙骨的部位，对应开切沟槽；
- c) 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；
- d) 相邻板块上的沟槽应互相对应、紧密依靠。

6.5.5 模块板的铺设除应符合6.5.2规定外，还应符合下列规定：

- a) 可直接将相同规格的板块拼接铺设在绝热层或楼板基层上；
- b) 当标准模块板的尺寸不能满足要求时，可用工具刀裁下所需尺寸的模块板对齐铺设；
- c) 相邻板块上的凸起或凹槽等应互相对应、紧密依靠。

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

6.5.7 加热管的切割应采用专用工具，切口应平齐，断面应垂直管轴线。

6.5.8 加热管的敷设应符合下列规定：

- a) 圆弧的顶部应用管卡进行固定；
- b) 塑料管弯曲半径不应小于管道外径的8倍，铝塑复合管的弯曲半径不应小于管道外径的6倍，铜管的弯曲半径不应小于管道外径的5倍；
- c) 最大弯曲半径不得大于管道外径的11倍；混凝土填充式地暖每个环路加热管总长度与设计图纸误差不应大于8%；
- d) 管道敷设时应防止扭曲；铜管应采用专用机械弯管；
- e) 埋设于填充层内的加热管不应有接头；在铺设过程中管材出现损坏、渗漏等现象时，应当整根更换，不应拼接使用；施工验收后意外损坏修复可加接头；
- f) 施工过程中，应防止油漆、沥青或其它化学溶剂接触污染加热部件的表面；

- 6.5.9 加热管应用管卡、钢网绑扎带、导轨、管架等固定，加热管弯头两端宜设固定卡，加热管直管段固定点间距宜为500mm~700mm，弯曲管段固定点间距宜为200mm~300mm。预制沟槽保温板一般可通过沟槽直接固定加热盘管，弯头等局部位置可采用少量铝箔胶带粘接平顺、专用管卡固定；模块板可利用绝热层表面凸起或凹槽固定加热盘管。
- 6.5.10 加热管不宜穿墙，不可避免穿墙时应设硬质套管。
- 6.5.11 在分水器、集水器附近地面以及其他局部加热管排列比较密集的部位，当管间距小于100mm时，加热管外部应设置柔性套管，加热管较密集部位上部加钢网防裂。
- 6.5.12 加热管出地面至分水器、集水器连接处，弯管部分不宜露出面层。加热管出地面至分水器、集水器下部阀门接口之间的明装管段，外部应加装塑料套管或波纹管套管，套管应高出面层150mm~200mm，有太阳光照射情况时用黑色套管或采用其他遮光措施。
- 6.5.13 预制沟槽保温板地面供暖，分集水器附近地面的加热管宜敷设在预制沟槽保温板中。
- 6.5.14 加热管与分水器、集水器的连接，连接件材料宜为铜质，接头连接时，应将加热管道插到接头根部。
- 6.5.15 敷设完成的加热管，隐蔽前应经检查符合设计要求后进行水压试验；
- 6.5.16 盘好的加热管应避免阳光直射，应及时进行施工质量检验、填充层或装饰层施工。
- 6.5.17 施工验收后，发现加热管损坏，需要增设接头时，应符合下列规定：
- 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；
 - 塑料管和铝塑复合管增设接头时，应根据管材种类，采用热熔或电熔插接式连接、加强环卡套式、冷扩滑紧卡套式、卡压式铜制管接头连接；采用卡套式、卡压式铜制管接头连接后，应在铜制管接头外表面做防腐处理，并应采用橡胶软管套，且两端做好密封；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；
 - 应在竣工图上清晰表示接头位置，并记录归档。
- 6.5.18 伸缩缝设置应符合下列规定：
- 混凝土填充式地暖的填充层伸缩缝宽度不应小于8mm；伸缩缝宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料板，或预设木板条待填充层施工完毕后取出，缝槽内再满填弹性膨胀膏；
 - 填充层伸缩缝现场设置应与加热管的敷设同步或在填充层施工前进行；
 - 填充层伸缩缝应有效固定，泡沫塑料板也可在铺设辐射面绝热层时挤入绝热层中；
 - 敷设加热盘管区域的地板面层伸缩缝的结构型式和材料应结合装饰面层材料选择使用，其施工应符合设计技术文件要求。
- 6.5.19 填充层施工前应具备下列条件：
- 侧面绝热层和填充层伸缩缝已安装完毕；
 - 加热管安装完毕且水压试验合格、加热管处于有压状态；
 - 温控器的安装盒、穿线管已经布置完毕；
 - 不同装饰面层的不同区域或干湿分区，应在填充前分别测量标记水平标高线；
 - 通过隐蔽工程验收。
- 6.5.20 混凝土填充式地暖填充层施工，宜由土建施工方承担，供暖系统安装单位应密切配合。并由内向外倒退施工，施工过程中不得拆除和移动伸缩缝。
- 6.5.21 湿法地暖填充层施工过程中，埋管区域应设置施工通道或采取加盖板等保护措施，严禁人员踩踏加热管。
- 6.5.22 水泥砂浆填充层表层的抹平工作应在水泥砂浆初凝前完成，压光或拉毛工作应在水泥砂浆终凝前完成。

- 6.5.23 自流平水泥砂浆填充施工时，基面或界面处理应满足施工要求，应按产品制造商技术要求进行浆料配水、搅拌、流平与消泡等，并按标高线控制厚度。常温条件下可不养护，高温或低温情况下应在初步硬化后采取浇水或覆盖湿麻袋、草席等措施养护1~3天。
- 6.5.24 在冬季进行自流平水泥砂浆找平、填充施工时，应符合下列规定：
- 当温度低于0℃时，材料进场前应检查界面剂和地板胶水等材料是否已经受冻；
 - 堆放材料的房间应有保温设施，且室内温度不低于5℃；自流平水泥要提前2天放置到5℃以上的现场或库房，以免使用时温度过低；
 - 施工之前应先了解施工期间的气温情况，室内环境温度低于10℃时不宜施工，5℃以下时严禁施工；
 - 自流平水泥砂浆找平时的界面剂涂刷应充分，应在涂刷后6h以上再进行自流平施工；
 - 施工用水宜在10℃以上，不宜超过40℃，禁止使用4℃以下冷水施工；
 - 如现场是地暖运行中，在自流平施工中，应使地表温度不高于35℃。
 - 如现场是集中空调运行中，应避免空调出风直吹自流平表面；
 - 在施工后12h内，施工完成面不应上人行走。
- 6.5.25 混凝土填充式地暖填充层施工中，加热管内的水压不应低于0.6MPa；填充层养护过程中，系统水压不应低于0.4MPa。
- 6.5.26 混凝土填充式地暖填充层施工中，严禁使用机械振捣设备；施工人员应穿软底鞋，使用平头铁锹。
- 6.5.27 系统初始供暖前，水泥砂浆填充层养护时间不应少于7d，或抗压强度应达到5MPa后，方可上人行走；豆石混凝土填充层的养护周期不应少于21d。养护期间及期满后，应对地面采取保护措施，不得在地面加以重载、高温烘烤、直接放置高温物体和高温设备。
- 6.5.28 在混凝土填充层浇筑过程中应进行取样检验；宜按连续施工每10000m²作为一个检验批，不足10000m²时按一个检验批计。
- 6.5.29 湿法地暖薄粘地砖或石材、木地板、地毯和PVC地板的铺设面和干法地暖的基层地面，应干燥、无杂物、无积灰、无破损。且平整度应满足铺设要求，每2m内的允许误差不应大于3mm。
- 6.5.30 面层施工前，填充层应达到面层需要的干燥度和强度。面层施工除应符合土建施工设计图纸的各项要求外，尚应符合下列规定：
- 施工面层时，不得剔、凿、割、钻和钉填充层，不得向填充层内楔入任何物件；
 - 在与内外墙、柱等垂直构件交接处，铺设石材、瓷砖时，应留10mm宽伸缩缝，铺设木地板时，应留不小于14mm的伸缩缝；伸缩缝应从填充层的上边缘做到高出面层上表面10mm~20mm，面层敷设完毕后，应裁去伸缩缝多余部分，伸缩缝填充材料宜采用高发泡聚乙烯泡沫塑料。踢脚板与木地板之间应留有2mm伸缩缝；
 - 瓷砖薄贴法施工应符合现行行业标准《瓷砖薄贴法施工技术规程》JC/T 60006的规定；
 - 面积较大的面层应由建筑专业计算伸缩量，设置必要的面层伸缩缝。
- 6.5.31 采用木地板作装饰面层时，木材制造中应经过干燥处理，且宜在填充层和找平层干燥后进行木地板施工；木地板应设置减震防潮垫，应采用专用纸垫或高导热阻燃抗菌防静电地板垫，不应采用铝箔泡沫垫、沥青纸、苯板、铺垫宝、耐高温地垫等热阻大的材料。
- 6.5.32 采用预制沟槽保温板、模块板时，面层施工应符合下列规定：
- 木地板面层可直接铺设在预制沟槽保温板上；
 - 可发性聚乙烯(EPE)垫层应铺设在保温板下，不得铺设在加热管上；
 - 铺设石材或瓷砖时，预制沟槽保温板、模块板及其加热管上，应铺设厚度不小于30mm的水泥砂浆找平层和粘接层；水泥砂浆找平层应加热镀锌电焊金属网，网格间距不应大于100mm×

100mm，金属直径不应小于1.0mm。

6.5.33 采用瓷砖、大理石、花岗岩作为装饰面层时，填充层伸缩缝处宜采用干贴施工。

6.5.34 卫生间地暖地面结构施工应做两层隔离层。

6.5.35 卫生间地暖过门处应设置止水墙，在止水墙内侧应配合土建专业做防水。加热管穿止水墙处应采取隔离措施。

6.6 电气、检测与监控系统

6.6.1 电气、检测与监控系统的施工安装应符合现行国家标准《建筑电气化与智能化通用规范》GB 55024、《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411、《智能建筑工程施工规范》GB 50606、《智能建筑工程质量验收规范》GB 50339 的规定。

6.6.2 配电箱（柜）、控制箱（柜）安装固定应符合设计技术要求。

6.6.3 配电箱（柜）、控制柜二次接线施工时，应按图施工，接线正确；各电气元件、仪表、开关和线路应排列整齐、清晰、美观，操作方便；导线与电气元件采用螺栓连接、插接、焊接或压接等，均应牢固可靠，接线良好；导线绝缘应良好，无损伤；柜内导线不应有接头；回路应编号正确，字迹清晰。

6.6.4 RS485 通讯网络两线制接线方式中，屏蔽双绞线应正确连接接口的“A”、“B”端，RS 485 总线应采用手拉手结构，线路接地必须是单点可靠接地。

6.6.5 装置连接直流电源时，应区分接线正负极。

6.6.6 供暖炉电气安装应符合下列规定：

- a) 电源采用 380v/50Hz 或 220v/50Hz 交流电源，功率匹配，必须连接可靠的接地线；
- b) 安装场所的配电系统应有接地线；供暖炉连接的插座不应设置在有用水设备附近或淋浴设备的房间；
- c) 连接电源线时必须注意电源线的极性，相线(L)——褐色线，零线(N)——蓝色线，地线(E)——黄绿线；
- d) 面对单相三孔插座的右孔与相线连接、左孔与零线连接、地线接在上孔，应为“左零右相上地”的方式安装；
- e) 接线应排列整齐、清晰、美观、绝缘良好，外部接线不得使电器内部受到额外应力；
- f) 外部软线应穿过线槽或蛇皮软管，走线尽量贴墙，并与墙面固定，横平竖直，避免交叉；
- g) 接线插头应牢固可靠；
- h) 供暖炉的所有连接管道均不得用作电器的接地线；
- i) 室外型供暖炉防水插座应安装在距离地面高 300mm 以上的位置，并要避开排气口的热气；不应让电源线与燃气管道接触，或受到排气口的高温部位影响。

6.6.7 模块炉电气电缆安装应符合下列规定：

- a) 模块炉引出部分电缆应是松弛下垂呈U形状态，下垂最低点低于进线处200mm左右；
- b) 电缆敷设时严禁有绞拧、压扁、护层断裂、严重划伤等情况；
- c) 电缆可采用线管或桥架敷设，线管不得固定在有震动的设备上。用角钢做支架时，支架进行圆角处理；
- d) 电缆经桥架、线管敷设后引出与设备连接，引出部分采用软管保护，软管与线管连接处用胶带缠绕固定。

6.6.8 供暖炉信号线连接应符合下列规定：

- a) 各自终端连接线,按系统、按颜色等对应,与电控主板正确连接;
 - b) 连接部位应避免受雨水侵入,如在非安装台及配套管壳内连接,应用塑料绝缘带绝缘包扎。
- 6.6.9 仪器、仪表等在安装和使用前,宜进行检查、校准和试验,确认符合设计文件要求及产品技术文件所规定的技术性能。
- 6.6.10 温度传感器、压力传感器、流量传感器、电热执行器、控制阀、电磁阀的安装应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242 的规定。
- 6.6.11 供暖控制器或集中控制器的安装宜置于水部件的上方。
- 6.6.12 流量传感器安装位置前后应有保证传感器所需求的直管段长度或其他安装条件。
- 6.6.13 浸入式水管温度传感器应保证探测头插入深度处于水流的主流区内。
- 6.6.14 室外温度传感器安装在建筑物外墙时,应符合下列规定:
- a) 应安装在能直接反应到天气变化的供暖区域外墙面,高度宜为供暖房间高度的一半;
 - b) 不应安装在潮湿或易发霉的墙体;
 - c) 不应安装在通风口、排烟口附近以及太阳光照射到的地方。
- 6.6.15 数控显示面板、温控器安装应注意以下事项:
- a) 安装前阅读产品说明书;
 - b) 安装之前请确认电源是否与说明的电压相符合;
 - c) 安装在暗盒上,盒四周不应有空隙,安装应水平安装,端正并应固定牢固,其面板应紧贴切墙面;
 - d) 应按说明书的要求接线;
 - e) 地温型温控器的传感器穿线套管应选用 DN20 硬质套管,传感器探头的现场应设置保护套管,预埋套管末端应有效封堵,不得与加热管交叉敷设,伸入地板距墙 0.4m 为宜,并应保证弯头处内腔截面不缩小,确保安装或维护时传感器能够顺畅更换。
- 6.6.16 检测与监控系统的电源线缆、信号线缆采用桥架应尽量走直线;采用导管布线时应符合下列规定:
- a) 弱电与强电线路分开敷设间距宜300mm~500mm;
 - b) 不同电压的回路线缆,不得敷设同一根导管内;
 - c) 线缆导管应与线缆的截面、根数相适应;
 - d) 导管内线缆不应有接头,不应穿入绝缘破损后包扎恢复绝缘的线缆;
 - e) 导管明敷布线应整齐、横平竖直;导管暗敷布线宜沿最近的路线敷设,宜减少弯曲;
 - f) 导管连接应采用接头,接头和导管应胶粘。
- 6.6.17 电缆桥架安装应安装说明书要求。
- 6.6.18 电缆敷设在桥架内,应整齐,接头应错开,不宜交叉。
- 6.6.19 燃气泄漏报警器探头安装时应轻拿、轻放,探头与供暖炉或阀门的水平距离不得大于5m,安装高度应距顶棚0.3m以内,且不得设在供暖炉上方,探测器周围0.5m范围内不应有遮挡物。

6.7 水压试验

- 6.7.1 地暖系统和生活热水供应系统中的各种承压管道、设备和部件,在施工完毕后应做水压试验。
- 6.7.2 设备和部件的水压试验应按照产品说明要求进行。
- 6.7.3 地暖加热盘管敷设完成、隐蔽前应经检查符合设计要求后进行水压试验,并应符合下列规定:
- a) 水压试验应在盘管冲洗之后进行;
 - b) 宜对分水器、集水器以外输配装置、主供回水管道进行冲洗合格后再进行盘管的冲洗;

- c) 盘管水压试验应以每组分水器、集水器为单位，逐回路进行；
 - d) 混凝土或水泥砂浆填充式地暖盘管试压应进行两次，分别在浇筑填充层之前和填充层养护期满后；预制沟槽保温板、模块板地暖末端系统试压应分别在铺设装饰面层前后进行两次；
 - e) 铜管水压试验压力应为工作压力的1.5倍，且不应小于0.6MPa。在试验压力下，稳压1h，其压力降不应大于0.05MPa，且不渗不漏；
 - f) 塑料管或塑料复合管水压试验压力应为工作压力的1.5倍，且不应小于0.6MPa，在试验压力下，稳压30min，其压力降不应大于0.05MPa，在工作压力下稳压2h，其压力降不得超过0.02MPa，且不渗不漏。
- 6.7.4 地暖输配管网和生活热水供应系统水压试验应符合下列规定：
- a) 水压试验应在系统管道冲洗，且过滤器及除污器清扫之后进行，以水色不浑浊为合格；地暖输配管道冲洗和加热盘管冲洗宜分别进行，地暖输配管道冲洗时宜关闭分水器、集水器上总供回水管阀门，并开启总供回水管间的旁通阀或泄水阀，先对分水器、集水器以外的主供回水管道进行冲洗，再对分水器、集水器和各分支回路进行。
 - b) 根据施工进度，水压试验可分段进行，但必须在整体输配管道系统合拢后保温之前再进行一次水压试验；
 - c) 水压试验之前，应对试压管道和构件采取安全有效的固定和保护措施；
 - d) 热熔连接的管道，水压试验应在连接24h后进行；加强环卡套式连接的塑管道，当环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 时，水压试验应在连接30min后进行，当环境温度 $0^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 时，水压试验应在连接90min后进行；
 - e) 水压试验时，应考虑供暖炉、外置隔膜膨胀罐、安全阀、排气阀等配件的承压能力，采取必要的隔断措施。
- 6.7.5 地暖输配管网和生活热水供应系统水压试验压力应符合设计要求，当设计未注明时，应符合下列规定：
- a) 地暖系统以系统顶点工作压力加 0.1MPa 作水压试验，同时在系统顶点的试验压力不小于 0.3MPa；
 - b) 采用塑料管及复合管道地暖系统，应以系统顶点工作压力加 0.2MPa 作水压试验，同时在系统顶点的试验压力不小于 0.4MPa；
 - c) 生活热水供应系统，应以系统顶点工作压力加 0.1MPa 作水压试验，同时在系统顶点的试验压力不小于 0.3MPa；
 - d) 钢管及复合管道系统在试验压力下 10min 内压力降不大于 0.02MPa，降至工作压力后检查，压力应不降，且不渗不漏；塑料管道系统在试验压力下 1h 内压力降不大于 0.05MPa，然后在工作压力的 1.15 倍，
 - e) 稳压 2h，压力降不大于 0.03MPa，各连接处不渗不漏。
- 6.7.6 水压试验应符合设计要求，当设计无注明时应按下列步骤进行：
- a) 将试压管段或设备各配水点封堵，缓慢注水，同时将管或设备内的空气排出；
 - b) 系统、管段、设备及部件充满水后，进行水密性检查；
 - c) 水密性检查无渗漏后，用手压泵缓慢升至规定的试验压力，塑料管稳压时间不小于10min，如压降较快较多，可每隔10min重新加压至试验压力，重复两次；观察各接口部位应无渗漏现象；
 - d) 水压试验合格后，填写水压试验记录，资料应签字归档。
- 6.7.7 冬季进行水压试验时，在有冻结可能的情况下，应采取可靠的防冻措施，试压完成后应及时泄水或将系统的水吹净、吹干。

6.8 质量验收

6.8.1 地暖系统的质量验收应符合现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242的规定。工程质量检验表可按本文件附录D 进行填写。

6.8.2 地暖系统检查验收应包括下列内容：

- a) 泡沫塑料绝热层、预制沟槽保温板、模块板、加热管、分水器、集水器、阀门、附件、绝热材料、温控器件、调节阀、控制阀、系统监测控制传感器、采集器，供暖炉、进排气管、水力分压器、混水或换热装置、管道等系统设备及配件等的质量；
- b) 阀门、水力分压器、混水或换热装置、分水器、集水器组件的强度和严密性试验；
- c) 原始工作面、填充层、面层、隔离层、防潮层、地暖绝热层、均热层、伸缩缝安装等施工质量；
- d) 管道敷设、管道绝热层、分水器、集水器、调节阀、控制阀、温控器件，供暖炉、进排气管、水力分压器、混水或换热装置等系统设备及配件等安装质量；
- e) 加热管冲洗及隐蔽前、后的水压试验；
- f) 地暖系统和生活热水供应系统管道、设备装置冲洗及水压试验。

6.8.3 加热管安装施工完毕，混凝土填充式地暖填充层或预制沟槽保温板地暖的面层施工前，应按隐蔽工程要求，由工程承包方提出书面报告，由监理工程师组织各有关人员进行中间验收。

6.8.3 散热末端、输配管网的中间验收应符合下列规定：

- a) 供暖地面施工前，地面的平整、清洁状况符合施工要求；
- b) 绝热层的厚度、材料的物理性能及铺设应符合设计要求；
- c) 地暖地面按要求铺设的防潮层、隔离层、均热层、钢丝网等；
- d) 伸缩缝应按设计要求敷设完毕；
- e) 埋地加热管应没有接头，弯曲部分应未出现硬折弯现象；
- f) 填充层、找平层应表面平整密实、无明显裂缝、针孔等缺陷；
- g) 输配管道的材料、规格，及加热管敷设间距、弯曲半径及固定措施等应符合设计要求；
- h) 输配管道、分水器、集水器、加热管水力分压器、混水或换热装置等及其连接处在试验压力下无渗漏；
- i) 阀门应启闭灵活，关闭严密。

6.8.4 泡沫塑料绝热层、预制沟槽保温板、模块板、加热管及分水器及集水器的施工技术要求及允许偏差应符合表9 的规定；原始工作面、填充层、面层施工技术要求及允许偏差应符合表10 的规定。

表9 泡沫塑料绝热层、预制沟槽保温板、模块板、加热管及分水器及集水器的施工技术要求及允许偏差

序号	项目		条件	技术要求	允许偏差 (mm)
1	泡沫塑料绝热层、模块板		结合	无缝隙	—
			厚度	按设计要求	+ 10
2	预制沟槽保温板	保温板	结合	无缝隙	—
		铝板均热层 (如有)	厚度	采用木地板装饰面层时， 总厚度不应小于0.2mm	—
3	加热管	弯曲半径	塑料管	不应小于管外径的8倍	+ 5
				不得大于管道外径的11倍	- 5
			铝塑复合管	不应小于管外径的6倍	+ 5
				不得大于管外径的11倍	- 5
		铜管	不应小于管外径的5倍	+ 5	
			不得大于管外径的11倍	- 5	
固定点间距	直管	宜为500mm~700m	+ 10		
	弯管	宜为200mm~300m			

续表9

序号	项目	条件	技术要求	允许偏差 (mm)
4	分水器、集水器安装	垂直距离	宜为200mm	±10

表10 原始工作面、填充层、面层施工技术要求及允许偏差

序号	项目	条件	技术要求	允许偏差 (mm)	
1	原始工作面	铺设绝热层、模块板前	平整	—	
		干法施工, 铺设预制沟槽保温板前	平整	平整度≤3 /2m	
2	填充层	豆石混凝土	标号, 最小厚度	C20, 宜50mm	±5
		水泥砂浆		M10, 宜40mm	
		石膏基自流平砂浆	最小、最大厚度	宜5mm~50mm	平整度≤3 /2m
		面积大于30m ² 或长度大于6m		留8mm伸缩缝	+2
与内外墙、柱等垂直构件交接处		留10mm侧面绝热层			
3	面层	找平层	水泥砂浆	厚度≥5mm	平整度≤3 /2m
			水泥基自流平砂浆	厚度≥3mm	
		与内外墙、柱等垂直构件交接处	瓷砖、石材	留10mm伸缩缝	+2
			木地板	留大于或等于14mm伸缩缝	

注: 原始工作面允许误差应满足相应土建施工标准。

6.8.5 供暖炉系统的验收应按现行行业标准《家用燃气燃烧器具安装及验收规程》CJJ 12、《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》CJJ 94 及其他相关标准法规进行, 同时需满足供暖炉说明书要求。

6.8.6 供暖炉安装检测时应关闭供暖炉燃气阀, 严禁使用有可能损坏供暖炉燃气阀的超压检测。

6.8.7 供暖炉安装检查和验收应包括下列内容:

- a) 电源接地线应连接可靠;
- b) 水管路连接主要应检查下列各项:
 - 1) 供水水压不高于铭牌规定的最高压力, 不低于供暖炉的最低工作压力;
 - 2) 供暖系统水压试验前, 应冲洗供暖系统, 排除杂物;
 - 3) 安全阀(包括储水罐安全阀)泄放口应通过导管接引至排水管排水口或地漏, 并进行安全阀超压排放测试;
 - 4) 冷凝水排放口应通过导管接引至特定的排放漏斗。
- c) 燃气管路连接主要应检查下列各项:
 - 1) 燃气类别和供气压力应与铭牌相符;
 - 2) 通气前应对供暖炉的燃气管和阀门状况进行检查;
 - 3) 燃气管和阀门的气密性试验合格;
 - 4) 供气能力、燃气管道直径和长度应符合要求。
- d) 进排风管主要应检查下列各项:
 - 1) 进排风管类型应与供暖炉说明书要求的类型相符;
 - 2) 烟气限流环的规格、设置应符合技术要求;
 - 3) 进排风管的安装位置、长度、坡度、气密性和连接可靠性应符合技术要求。

6.8.9 管道的敷设、混水或换热装置、水泵、阀门、分水器、集水器及系统附件等安装施工应检查下列各项:

- a) 管道型号、直径、敷设位置和连接应符合设计要求;
- b) 管道固定应牢靠, 支承件选用应合理; 支架、吊架的位置, 固定支承间距、管道标高、坡度、坡向应符合设计要求;

- c) 管道穿墙、穿楼板套管安装施工符合设计要求；
- d) 明设塑料管，应避免阳光直接照射；
- e) 连接管路施工完毕应按规定进行水压试验；
- f) 水泵出口、阀门的安装方向应正确；
- g) 供、回水主管与分水器、集水器、水力分压器、混水或换热等装置连接应正确；
- h) 管道、管件的工作压力、工作温度符合技术要求；
- i) 泄水阀、排气装置应设置正确；
- j) 供暖管道安装允许误差应符合表 11 的规定；
- k) 管道及设备保温允许误差应符合表 12 的规定。

表 11 供暖管道安装允许偏差

序号	项目	条件		允许误差	
1	水平管道纵横方向弯曲 (mm)	钢管、铜管	每 1m	管径≤100mm	1
				管径>100mm	1.5
		塑料管 复合管	全长 (25m 以上)	管径≤100mm	≠13
				管径>100mm	≠25
2	立管垂直度 (mm)	钢管、铜管	每 1m	3	
			全长 (5m 以上)	≠10	
		塑料管 复合管	每 1m	2	
			全长 (5m 以上)	≠8	
3	弯管	椭圆度 ($D_{\max}-D_{\min}$)/ D_{\max}	管径≤100mm	10%	
			管径>100mm	8%	
		折皱不平度 (mm)	管径≤100mm	4	
			管径>100mm	5	
4	成排管段或成排阀门	在同一平面上间距		3	

注： D_{\max} 、 D_{\min} 分别为管子最大外径和最小外径。

表 12 管道及设备绝热允许误差

序号	项目		允许误差 (mm)
1	厚度		$^{+0.1}_{-0.05} \delta$
2	表面 平整度	卷材	5
		管壳、发泡	3
		涂抹	10

注： δ 为绝热层厚度。

6.8.10 监测与调控系统检查下列各项：

- a) 控制阀等调控装置接线应正确，开关调节应方便灵活；
- b) 采集器、传感器、计量仪表等装置参数数据采集及传输接线应正确，应满足灵敏性要求；
- c) 控制柜器件、控制面板接线应正确，开关、各功能键操作应灵活，显示应正常；
- d) 通讯线接触应保持良好；
- e) 设备通讯地址应无冲突，通讯应正常稳定。

6.8.11 电气系统安装完成后，应进行以下检查确认：

- a) 电源电压、频率应与铭牌的额定电压、频率相同；
- b) 线缆容量、开关容量、保险装置容量符合要求；
- c) 电气回路应没有开路、短路现象；
- d) 至断路器开关、设备的电源线缆和接地线缆应已接好；

- e) 所有线缆、电路接头应已紧固，紧固螺钉应无松动；
- f) 电气元器件、安全装置、操作面板连接符合要求；
- g) 漏电保护器有效。

6.8.12 施工单位检验合格后应填写验收记录表并签字。

6.9 施工安全、环保与成品保护

6.9.1 所用设备、工具应事先检查是否安全可靠。

6.9.2 使用电锤，电动压接工具，及管道连接使用热熔机具时，应遵守电器工具安全操作规程，注意防潮。

6.9.3 对所有进场施工人员应进行消防、安全教育，防火防触电；进入施工现场人员必须戴安全帽，佩上岗证；应设安全员负责现场安全、消防管理。

6.9.4 搬运物品应注意脚下不打滑、不踩空，前后照应。

6.9.5 操作现场不得有明火，严禁对塑料管材进行明火烘弯。

6.9.6 应加强现场文明施工的综合管理，减少施工对周围环境的影响，减少施工地用的机械、设备等所产生的噪音扰民。

6.9.7 施工现场的作业面应保持清洁，无污物和积水；施工现场的废物垃圾应及时清理，并按环保要求运至指定地点。

6.9.8 施工完成的设备装置、温控器、控制器、调节阀、分水器、集水器及其连接件、配套安装的附件等，及先于装修安装的温控器、控制器，应有成品保护措施。

6.9.9 安装好的管道或支吊架不得踩踏和重压，严禁利用管道作为其他重物起吊的支撑点，也不得在管道或支吊架上增加设计时没有考虑的永久性或临时性荷载。

6.9.10 直埋暗管封蔽后，应在墙面和地面标明暗管的位置和走向，严禁在管位处冲击或钉金属钉等尖锐物体；地暖表面上应有明显的标识，不得进行打洞、钉凿、撞击、高温作业等工作。

7 试运行、调试及竣工验收

7.1 一般规定

7.1.1 地暖系统（包括主要设备）未经调试，严禁运行使用。

7.1.2 供暖炉的调试应由制造商认可的专业人员进行。

7.1.3 地暖系统的试运行、调试，应在施工完毕且养护期满后，燃气工程已通过验收且具备正常供水、供电和供暖的条件下，由施工单位在建设单位配合下进行。

7.1.4 系统电气安全检查合格后方可进行系统试运行。

7.1.5 地暖系统中的机电安装，应达到使用功能要求。

7.1.6 系统调试后应进行性能参数检测。

7.1.7 竣工验收时应由用户、施工单位和监理单位共同在现场进行并做好验收记录，各方签章认可。

7.2 试运行及调试

7.2.1 系统注水、补水应符合下列规定：

- a) 系统注水应根据具体情况，原则是：先一次网、后二次网；先站内、后站外；先干线、后支

线；先户线、后用户；先回水、后供水；

b) 生活热水系统注水；

- 1) 即热式热水系统，先打开自来水阀门或水处理设备，给生活热水系统注水，再打开热水龙头，直至水从热水出口流出；
- 2) 储水式热水系统，先打开自来水阀门或调压补水阀，储水容器满水后再开热水龙头，直至水从热水出口流出。注水过程中和注水完成后应检查自来水和供热水管线，不得有漏水现象。

c) 地暖系统注水；

- 1) 对于一次系统和设有混水装置的一二次水系统，采用供暖炉配备的手动补水阀进行手动注水时，依次打开自来水阀门或软化水处理设备、主管阀门、支管阀门、供暖装置上的手动排气阀等，再打开连接在补水管上的阀门，开启手动补水阀向系统中注水，检查自动排气阀应排气正常，必要时进行屏蔽循环泵（有的循环泵可旋开泵帽排空旋钮）排气，直至排出水没有气泡为止。注水速度应缓慢、匀速；注水过程中应随时观察排气阀，充分排气后应将手动排气阀关闭，达到系统压力要求设定值应关闭手动补水阀；
- 2) 设有换热装置的间接地暖系统，宜在二次侧打开连接自来水管阀门或软水设备，手动注水，或采用定压补水阀自动注水，也应同时打开系统各排气阀；
- 3) 注水过程中和注水完成后应检查供暖管道，不得有漏水现象；
- 4) 当系统没有注满水时，不应启动循环水泵；
- 5) 首次注水时，当运行水泵时，残留空气可能会随着水流进入水压检测系统，引起缺水保护启动，报错代码，需要多次手动复位或再开启供暖炉，反复操作，直到系统稳定。

d) 地暖系统运行过程中，如采用手动补水，当系统压力下降到设定值一定范围以下时，应进行系统手动补水，补水时可按下列步骤操作：

- 1) 除确认炉体内大流量泄漏时需关闭壁挂供暖炉、切断电源外，供暖炉可处于待机状态；
- 2) 检查供暖系统是否有漏水处，应确认系统密闭、无渗漏；
- 3) 确认无渗漏后，开始补水使系统压力达到设定压力；
- 4) 打开手动补水阀时应注意检查压力表显示值；
- 5) 带有换热装置的间接连接供暖炉的地暖系统，不宜采用一次侧向二次侧系统补水的方式，宜在二次侧单独补水定压；
- 6) 补水过程中不应离开现场，补水结束后，必须将手动补水阀旋紧关闭；
- 7) 室外型供暖炉如无进水配管时，应待炉水冷却后取下供暖水入口的注水盖，注入自来水或软水直到溢水口有水溢出，再拧紧关闭注水盖。

e) 如需使用防冻液，应注入冰点等性能参数符合设计技术要求的指定产品的配比液或成品液；

f) 如需添加防腐剂、阻垢剂等保护剂，应按设计技术要求注入。

7.2.2 供暖炉投入使用之前，应由专业人员对燃气供应管道、阀门、安全控制装置、燃气表及水排放措施进行以下检查：

- a) 各种阀门的开关应灵活，根据标准配备安全和控制装置；
- b) 燃气供应管道、连接至供暖炉的燃气输送管上的燃气截止阀应严密；如设置有燃气报警器，应查看燃气报警器已接通电源、截止阀已开启（红色小杆提起）；家庭用气管道设置的燃气自闭阀应是开启状态（手动提拉拔起红色提钮到顶点，略高于黄色限位提钮），自闭阀有小阀门的其手柄应打开；
- c) 燃气表应不欠费，电池应不欠电，可通过自闭阀判断；
- d) 燃气管流量或燃气表、自闭阀安全功能参数应满足供暖炉需求；

- e) 应检查安全阀泄放口已通过导管接引至排水管或地漏；
 - f) 应检查冷凝水排放口已通过导管连接至特定的排放漏斗，且必须保证凝结的冷凝水的排放通畅。
- 7.2.3 供暖炉的检测和调试应符合制造商技术文件的规定，并应包括下列各项：
- a) 检测供气压力，及燃气比例阀的阀前动压和静压、阀后动压，应在设计要求范围内；
 - b) 对非冷凝炉，应进行燃气比例阀的最大燃气调节和最小燃气调节等；
 - c) 空燃比控制系统调节方法应按说明书进行操作，全预混冷凝炉可通过检测烟气中CO₂、CO、O₂的含量分析进行调试。以专用仪器测CO₂含量为基准进行空燃比的调试步骤：
 - 1) 连接烟气分析仪至供暖炉烟道上的烟气分析出口，按照制造商的说明书，分别在强制最大功率和最小功率燃烧条件下测试CO₂值；
 - 2) 将在烟气分析仪上读到的CO₂值分别与说明书中技术参数CO₂进行比较；
 - 3) 按说明书中的要求分别调节大火和小火调节旋钮，使最大功率燃烧时和最小功率燃烧时的CO₂值在说明书规定的范围内；
 - 4) 重新闭合烟气分析出口；
 - 5) 关闭供暖炉。
 - d) 检查燃烧器的最大和最小压力的同时检查燃气流量值。
- 7.2.4 供暖炉开启点火、地暖系统启动应注意：
- a) 冷凝炉首次使用前冷凝水收集装置应注满水，启动时或停机一段时间后，应检查冷凝水收集器的密封状况或烟气和冷凝水之间非独立冷凝水排放系统的密封状况；
 - b) 检查烟道应无松动或堵塞；
 - c) 燃烧器燃烧应正常；
 - d) 地暖系统水压状况、进出水温差应正常；
 - e) 水泵运行时震动和声音应正常；
 - f) 启动后应对管道中的螺母卡套连接件、法兰连接螺栓螺母，组装板式换热器夹紧螺栓、水泵紧固螺栓的螺母做紧固处理。
- 7.2.5 供暖炉供地暖热水及生活热水的温度设置应满足设计要求，并应符合下列规定：
- a) 供暖炉供暖热水最高温度应不大于 95℃，非冷凝式供暖炉调节温度范围一般 35℃~85℃；有的供暖炉机型设置有散热器模式、地暖模式，地暖供水温度应不大于 60℃，调节温度范围一般 35℃~55℃；冷凝式供暖炉供暖热水温度不宜大于 50℃；
 - b) 非冷凝炉供地暖的回水温度或一次回水温度应高于烟气露点温度，且满足最小流量或最低负荷要求；
 - c) 生活热水最高温度应不大于 85℃；快速式生活热水控制出水温度范围 45℃~75℃；调节温度范围一般为 35℃~60℃，储水式供生活热水供应温度应不小于 60℃。
- 7.2.6 地暖供水和生活热水供应调节应符合下列规定：
- a) 将地暖供水和生活热水温度分别设置于最低温度、中间温度、最高温度，从低温逐渐转向高温，应分别测试其温度满足设计要求；
 - b) 生活水流量、水质及水压应满足设计要求；
 - c) 控制器及执行器的温控调节功能应可靠。
- 7.2.7 混水或换热装置的试运行与调试应符合下列规定：
- a) 混水装置启动：应依次打开一、二次侧回水阀门和供水阀门，启动混水泵，调整混合比，进行冷态试运行和系统升温。当一次侧的供水温度小于设定值时，应停止混水泵运行，并应随一次侧水泵停运而停止；

- b) 换热器启动：应依次打开二次侧回水阀门供水阀门，启动二次侧循环水泵，打开一次侧回水阀门、供水阀门，进行冷态试运行和系统升温；
 - c) 被调参数应为二次侧的供水温度或供、供水流量；调节参数应为一次侧的供水温度。
- 7.2.8 变频泵或自适应变频泵的调试应符合产品说明书的规定，并按系统情况选择合适的控制模式。
- 7.2.9 电气设备调试完成后，对电气系统应该进行试运行。在试运行前，应该制定试运行的操作规程；试运行中，应该做好试运行的相关记录和出现的问题的分析记录，对临时出现的问题应及时处理，使电气设备试运行符合设计技术要求；系统中的电气设备应进行空载试运行和负荷试运行。
- 7.2.10 监测与调控系统的调试应包括下列内容：
- a) 报警装置、联动联控功能测试应正常；
 - b) 监测参数显示完整，数值无干扰漂移；
 - c) 调控装置执行器应响应及时，启停操作应灵活可靠；
 - d) 受调控的混水阀、流量调节阀的开度调节满足设计要求。
- 7.2.11 根据系统实际情况，系统运行前或运行中应进行初调节，选择合适的方法，可采用先支路，再支路间和区段顺序调节。
- 7.2.12 初始供暖时，水温变化应平缓。地暖末端的供水温度应控制在高于室内空气温度 10°C 左右，且不应高于 32°C ，并应连续运行48h；以后每隔24h水温升高 3°C ，直至达到设计供水温度，并保持该温度运行不少于24h；在设计供水温度下应对每组分水器、集水器连接的分支路加热管逐路进行调节，直至达到设计要求。
- 7.2.13 对地暖系统的调试情况应进行记录，并宜请用户签字确认。
- 7.2.14 生活热水供应系统恒温阀、混水阀、水泵或混水泵站应按产品说明进行调试。

7.3 系统性能检测

- 7.3.1 地暖系统调试完成后，宜对下列性能参数进行检测，并应符合下列规定：
- a) 地板表面平均温度满足本文件5.1.2的规定；
 - b) 室内空气温度满足设计要求；
 - c) 地暖系统运行稳定后供暖炉、分集水器的进出口水温及温差符合设计要求。
- 7.3.2 系统性能检测应在系统正常的供暖运行状态下进行，包括部分负荷运行状态检测。
- 7.3.3 地板表面平均温度测定应符合下列规定：
- a) 温度计应与地板表面紧密粘贴；
 - b) 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管上，另一半测点应设在加热管之间且沿热媒流程均匀布置；
 - c) 地板表面平均温度应取各测点温度的算术平均值；
 - d) 温度测量准确度应为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
- 7.3.4 地暖系统室内空气温度检测应符合下列规定：
- a) 宜以房间中央离地 0.75m 高处的空气温度作为评价依据；
 - b) 温度测量准确度应为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
- 7.3.5 地暖系统进出口水温测点宜布置在分水器、集水器上，温度测量系统准确度应为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。
- 7.3.6 生活热水供应系统的供水水温、水流量、水质及流出水头宜按设计要求进行检测。
- 7.3.7 对供暖炉，宜检测出口温度、进出口温差、进出口压差，烟气中氮氧化物浓度。
- 7.3.8 输配管网采用一二次水系统时，宜分别检测一次侧、二次侧温度和流量。

7.4 竣工验收

7.4.1 竣工验收应在地暖系统性能检测合格后进行。

7.4.2 竣工验收时，应提供下列文件：

- a) 施工图、竣工图和设计变更文件；
- b) 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；
- c) 主要材料和产品的现场复验报告；
- d) 中间验收记录；
- e) 管道、设备、装置的冲洗和试压记录；
- f) 供暖炉等设备单机试运行和调试记录
- g) 系统联合试运行和调试记录；
- h) 工程质量检验评定记录；
- i) 地暖系统性能检测记录；
- j) 生活热水供应系统性能检测记录；
- k) 系统使用说明书或维护操作指南。

7.4.3 验收时应由用户、施工单位和监理单位共同在现场进行并做好验收记录，各方签章认可。

8 运行与维护保养

8.1 一般规定

8.1.1 安装单位宜编制系统运行、操作指南或简单的故障判断手册，并宜对业主、工程管理人员进行节能宣传和使用培训。

8.1.2 供暖炉的拆卸、移动，内外部及水路的检查、改造，组件维护保养、清洁清洗等，必须由制造商授权服务中心或专业技术人员进行操作，并且使用原厂零配件。

8.1.3 采用分时段的系统运行模式，应确保供暖系统处于一直开启状态，并设定室内温控器在一定值班供暖温度水平。

8.1.4 有冷凝水中和装置的冷凝炉，应按说明书中冷凝水中和装置的清洗、维护和更换的方法及周期进行。

8.1.5 非较长时间停用供暖炉，应确保供暖炉处于通电、通燃气状态。

8.1.6 供暖炉长期停用，需采取必要的措施，关闭燃气阀，并拔下电源插座；使用防冻液时不用排水，关闭系统中任何的截流阀；未加入防冻液的水系统，满水保护，如有必要可排空供暖炉内水路、供暖系统及生活水系统内的水。

8.1.7 闭式膨胀罐应在环境温度 4℃~40℃、相对湿度不大于 90%的条件下使用，在有冻结危险的环境中使用时，应采取防冻保温措施。

8.2 运行

8.2.1 地暖系统首次运行一般是在经过试运行与调试后的一段时间，运行启动前应进一步检查确认设备电源正常、阀门开启、系统水压正常。

8.2.2 地暖系统运行中应进行系统运行调节。

8.2.3 在每年供暖季启用地暖系统时，应至少做以下检查：

- a) 检查清洗换热器、过滤器，应无堵塞；
- b) 水路阀门应工作正常，水路和水管接头应无渗漏；
- c) 各调控阀门应开启到位，根据系统水压情况进行补水，供回水水平管、立管、分集水器等放的放气阀工作正常，水路应充分排气；
- d) 无线控制器、温控器、热量表、煤气表的内装电池应电量充足；
- e) 检查水表、电表、燃气表应不欠费；
- f) 应检测配电箱（柜）、控制柜内电气元件应完好，如有损坏需及时更换；
- g) 应检查电气系统线缆应无老化、无虚接，控制器、温控器、传感器、执行器、继电器等应工作正常；
- h) 水泵的电源接线应无松动，紧固螺栓正常，基座隔振、管道隔振状况良好，无阻滞、碰撞、卡住现象，运行正常；
- i) 检查供暖炉燃烧器、换热器应有无严重积碳、腐蚀及烧损等；
- j) 烟气冷凝水和冷凝炉冷凝水排放管应无堵塞；
- k) 供暖炉燃气接管应无泄漏；
- l) 供暖炉进气排烟管应无堵塞、无松动。

8.2.4 系统运行中，用户应保持水表、电表、燃气表不欠费，并应定期检查供暖系统的循环情况，检查生活热水的转换功能和热水效果，检查供暖系统压力，如低于要求应及时补水。

8.2.5 运行期间应加强供暖炉运行状态检查、操作管理，包括水路系统、燃气系统、燃烧系统、进气排烟系统、燃烧工况等，并注意以下方面：

- a) 检查器具及排气口周围是否放置了衣服，报纸、木材、煤油喷雾罐等易燃易爆物品；
- b) 使用的供暖炉内是否有异常的声音；
- c) 供暖炉及进出水管有无漏水；
- d) 烟管进气排烟口是否堵塞，堵塞时要清理；
- e) 不应在室外型供暖炉本体及排烟口周围放置和使用煤油、汽油、挥发性油剂、喷雾罐等易燃易爆物品，以防火灾或爆炸；
- f) 遇下雪天气时，应检查室外型供暖炉进气口、排烟口，并及时清除积雪；
- g) 指导用户应按说明书要求补水、开启、调节供暖炉及停机等操作；
- h) 必要时提醒用户注意不要直接接触观火窗表面以免烫伤；
- i) 水硬度很大时，设置供水温度可不高于 50℃；
- j) 防连接管和由于燃气杂质多引起安全阀密封性降低的燃气泄漏；
- k) 防水泵异常停止；
- l) 防烟气超温，热交换器积炭，引起供暖炉燃烧效率下降。

8.2.6 运行中供暖炉出现不可恢复的故障代码，或被锁定时锁定装置不应随意调节，应请专业人员或联系售后服务部门派人处理。

8.2.7 运行中如闻到燃气臭味或发现漏气时应采取以下措施：

- a) 应立即停止使用，关闭燃气阀；
- b) 在室内不应点明火，不应拔插电源插头，不应打开任何电源开关或者任何会产生火花的设备，不应使用电话；
- c) 应立即打开门窗，对房间进行通风；
- d) 应联系设备供应商、供暖炉售后服务部门或当地燃气管理部门。

8.3 维护保养

8.3.1 供暖炉的定期检查维护保养，应符合但不限于下列规定：

- a) 定期保养宜一年不少于一次；
- b) 在空气较潮湿的地区，宜经常检查供暖炉及管路连接处的锈蚀状况；
- c) 不应使用有腐蚀性的清洁剂清洁供暖炉；外壳的污秽，用湿布擦拭后并使湿气充分挥发，当污秽较严重时可用中性洗涤剂擦拭；
- d) 对于全预混冷凝炉燃烧腔的前部面板上的硅胶垫圈，在每次保养或维修后均应更换。

8.3.2 供暖炉内外部的清洁清洗、日常维护保养应按说明书操作，包括以下内容：

- a) 清理燃烧器表面灰尘、异物和杂质；
- b) 清理燃烧室、主热交换器上灰尘和积垢；
- c) 清洗生活热水交换器，去除异物和水垢；
- d) 检查及清理点火电极、火焰离子电极；
- e) 检查一些供暖炉烟道清扫功能的设定，清洁烟道、测压管。
- f) 检查供暖炉的防冻、防干烧、防过热、防意外熄火、防水泵抱轴卡死、安全阀超压排放等多种安全保护功能。
- g) 检查冷凝水排放管，移除沉积物，确保通畅。

8.3.3 供暖炉电气维护应至少符合下列规定：

- a) Y型连接的供暖炉，如电源软线损坏，应由制造商或制造商认可的维修人员来更换；
- b) Z型连接的供暖炉，如软线损坏，电源软线不能更换，此供暖炉应做废弃处理。

8.3.4 在进行任何清洁清洗、维护保养，或打开、移除供暖炉机身面板前，应切断供暖炉的电力供应，并关闭燃气输送旋塞。刚使用过的供暖炉温度很高，请注意使其冷却后再进行相关的检查保养，防止烫伤。

8.3.5 应定期进行配电箱（柜）、控制箱（柜）的清洁、检查和维护保养工作，以便使设备始终处于良好的工作状态。

8.3.6 地暖系统和生活热水供应系统的动力装置与设备、供热参数检测装置、调节控制装置、节能设施、换热蓄热装置等应定期进行维护保养。水泵等设备外壳，如脱漆或锈蚀严重，则应重新油漆一遍。

8.3.7 供暖装置、供暖管道和生活热水供应管道等的绝热层应无脱落、损坏等。

8.3.8 定期检查供暖炉、地暖系统和生活热水供应系统的膨胀罐充气压力，发现不足时应及时补气。

- 8.3.9 在非供暖季应进行地暖系统满水保护。
- 8.3.10 系统管路加入防冻液时，应按说明书要求及时更换。
- 8.3.11 未加入防冻液的系统管路，在有冻结可能的地区应排水、泄压。

附录 A
(资料性)
地暖地面构造图示

A.0.1 采用泡沫塑料板绝热层的混凝土填充式热水地暖地面构造可按图 A.0.1 设置：

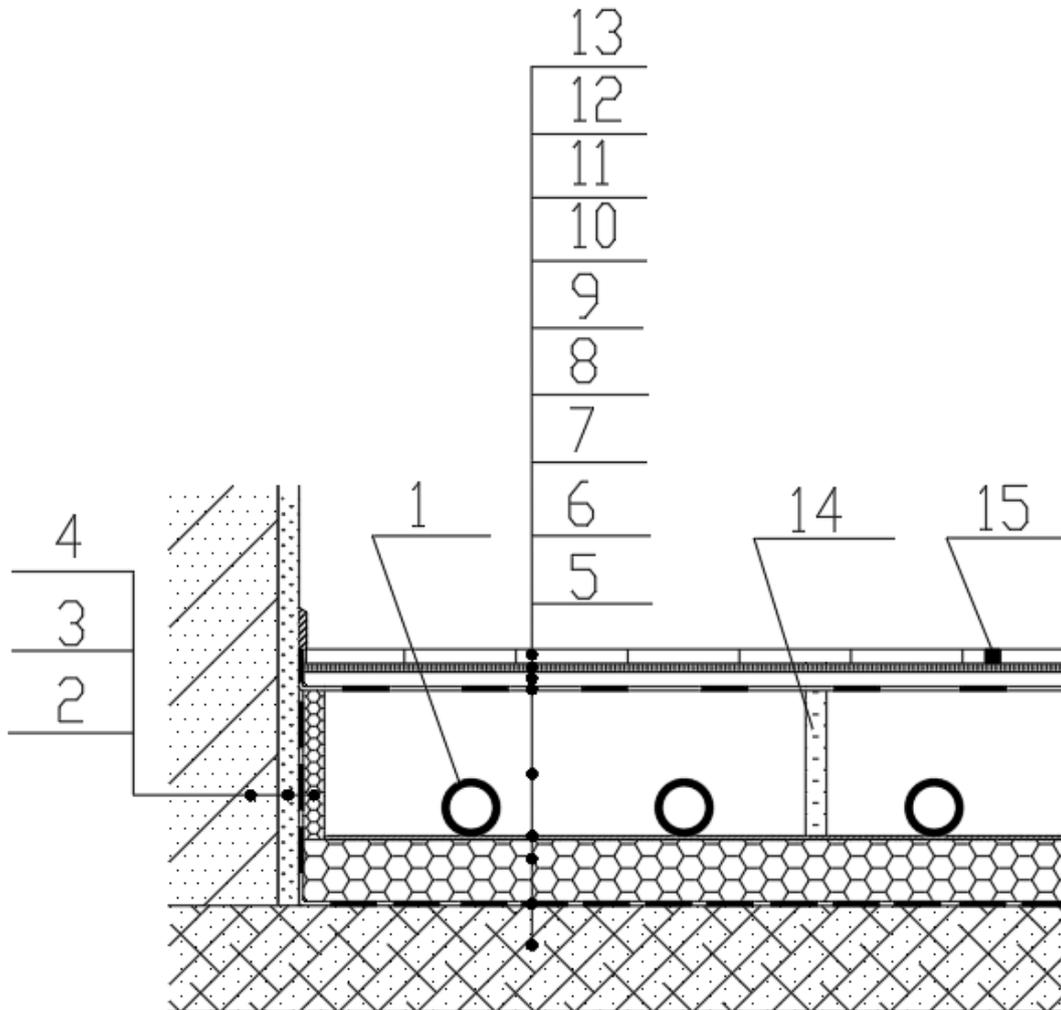


图 A.0.1 采用泡沫塑料板绝热层的混凝土填充式热水地暖地面构造

- 1—加热管；2—侧面绝热层；3—抹灰层；4—墙体；5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）；
6—防潮层（对与土壤相邻的地面）；7—泡沫塑料板绝热层；8—反射膜或钢丝网（对扎带绑扎加热管）；
9—填充层（豆石混凝土、水泥砂浆、自流平砂浆）；10—隔离层（对潮湿房间）；11—找平层；
12—隔振防潮垫（对木地板且有适合产品时）；13—装饰面层；14—填充层伸缩缝；15—面层伸缩缝

A.0.2 采用绝热模块板的混凝土填充式热水地暖地面构造可按图 A.0.2-1、A.0.2-2和图 A.0.2-3设置：

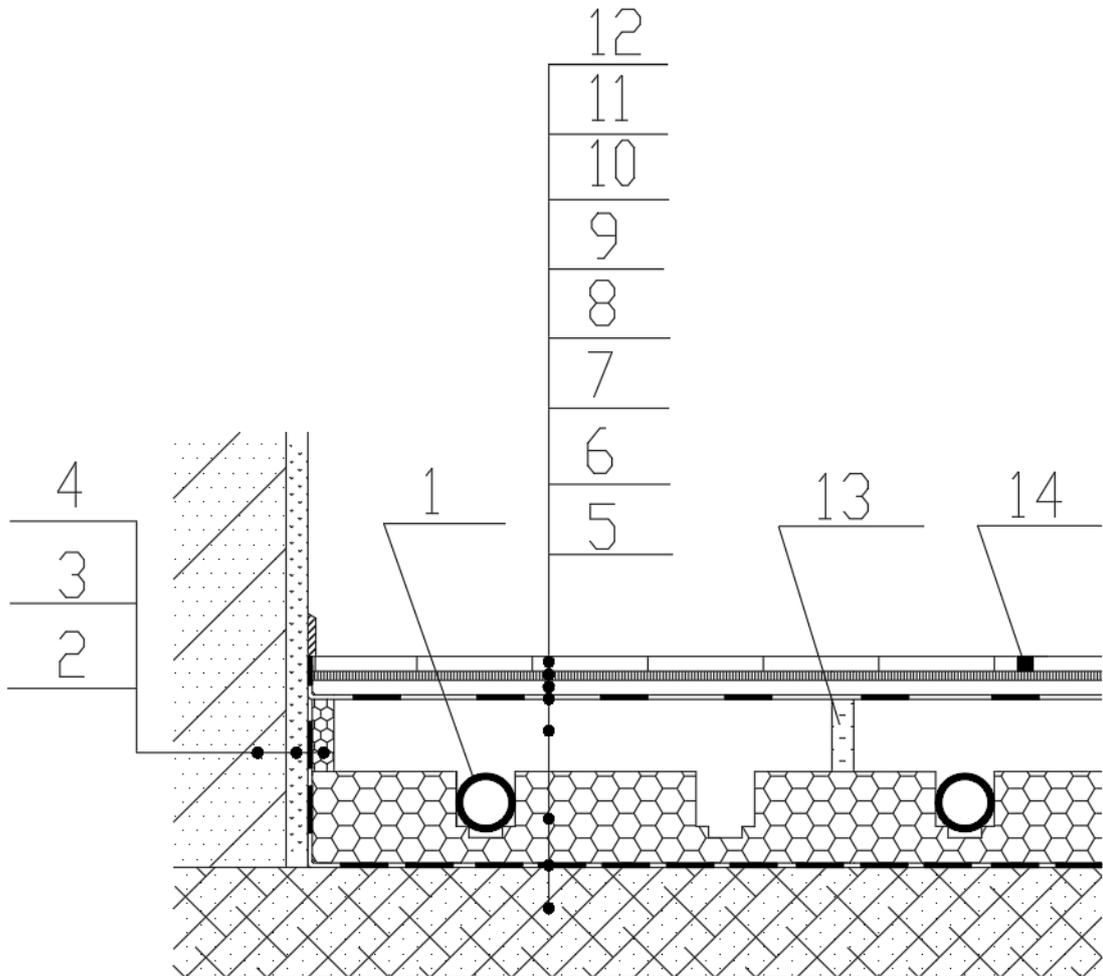


图 A.0.2-1 采用 EPS 覆膜和 SEPS 绝热模块板的混凝土填充式热水地暖地面构造

- 1—加热管；2—侧面绝热层；3—抹灰层；4—墙体；5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）；
- 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）；7—EPS 覆膜和 SEPS 绝热模块板；
- 8—填充层（豆石混凝土、水泥砂浆、自流平砂浆）；9—隔离层（对潮湿房间）；10—找平层；
- 11—隔振防潮垫（对木地板且有适合产品时）；12—装饰面层；13—填充层伸缩缝；14—面层伸缩缝

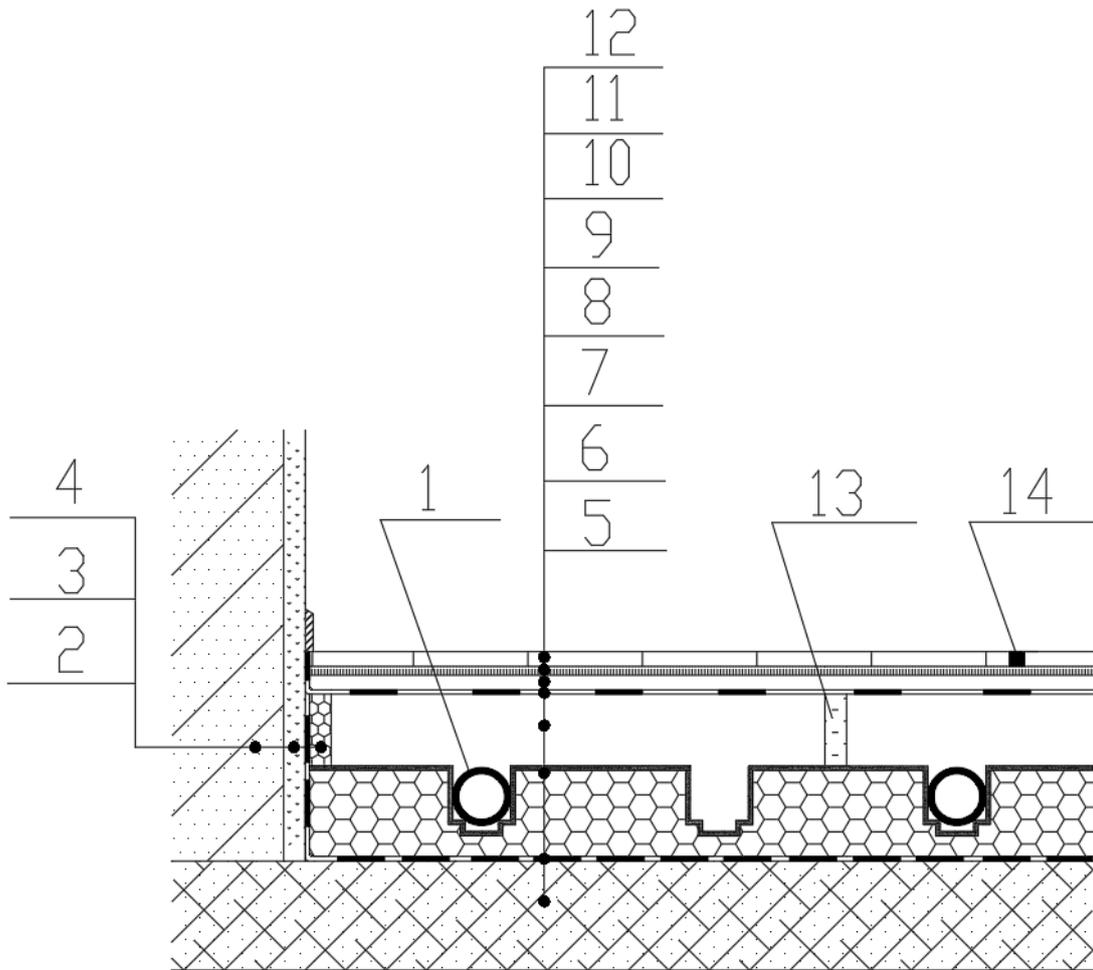


图 A.0.2-2 采用聚乙烯结构复合模板（充实板）的混凝土填充式热水地暖地面构造

- 1—加热管；2—侧面绝热层；3—抹灰层；4—墙体；5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）；
 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）；7—聚乙烯结构复合模板（充实板）；
 8—填充层（豆石混凝土、水泥砂浆、自流平砂浆）；9—隔离层（对潮湿房间）；10—找平层；
 11—隔振防潮垫（对木地板且有适合产品时）；12—装饰面层；13—填充层伸缩缝；14—面层伸缩缝

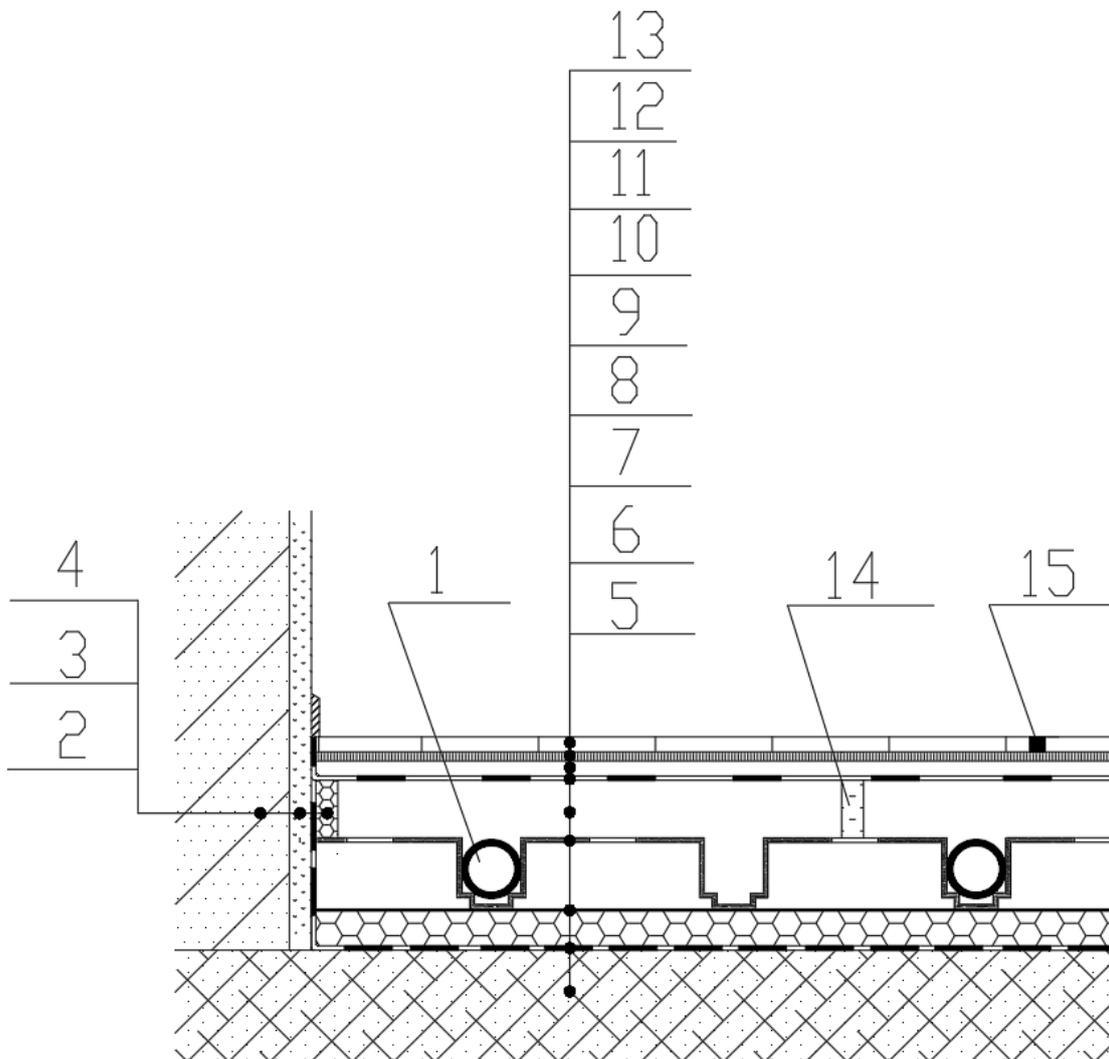


图 A.0.2-3 采用聚乙烯结构复合模块板（镂空板）的混凝土填充式热水地暖地面构造

- 1—加热管；2—侧面绝热层；3—抹灰层；4—墙体；5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）；
 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）；7—铝箔（绝热层可带）；8—聚乙烯结构复合模块板（镂空板）；
 9—填充层（水泥砂浆、自流平砂浆）；10—隔离层（对潮湿房间）；11—找平层；
 12—隔振防潮垫（对木地板且有适合产品时）；13—装饰面层；14—填充层伸缩缝；15—面层伸缩缝

A.0.3 采用预制沟槽保温板的混凝土填充式热水地暖地面构造可按图A.0.3设置：

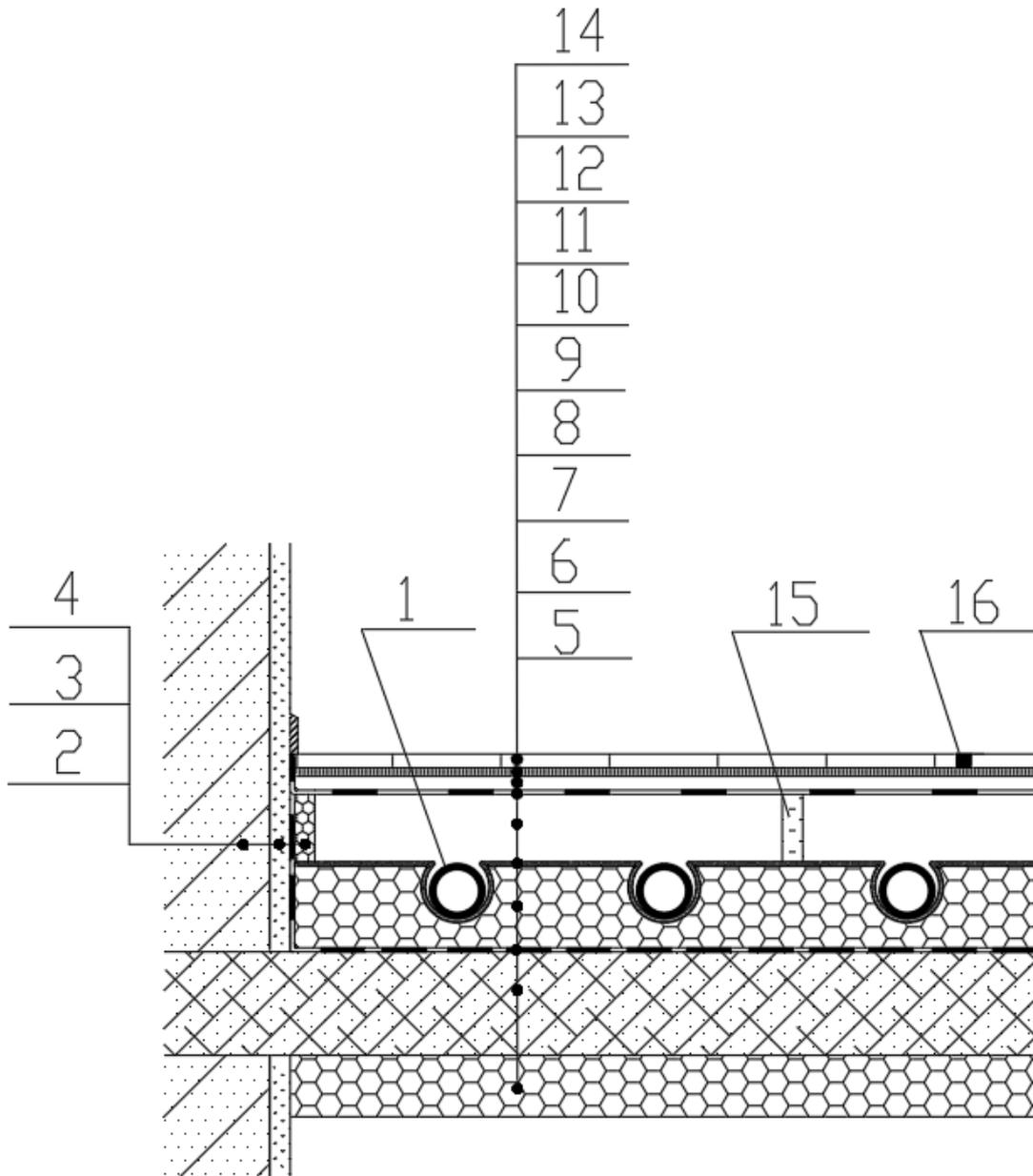


图 A.0.3 采用预制沟槽保温板的混凝土填充式热水地暖地面构造

- 1—加热管；2—侧面绝热层；3—抹灰层；4—墙体；5—泡沫塑料板绝热层（对与室外空气或不供暖房间相邻的地面）；
 6—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）；7—防潮层（对与土壤相邻的地面）；8—预制沟槽保温板；9—均热层；
 10—填充层（豆石混凝土、水泥砂浆、自流平砂浆）；11—隔离层（对潮湿房间）；12—找平层；
 13—隔振防潮垫（对木地板且有适合产品时）；14—装饰面层；15—填充层伸缩缝；16—面层伸缩缝

A.0.4 采用预制沟槽保温板的干法热水地暖地面构造可按图A.0.4-1、A.0.4-2和图A.0.4-3设置：

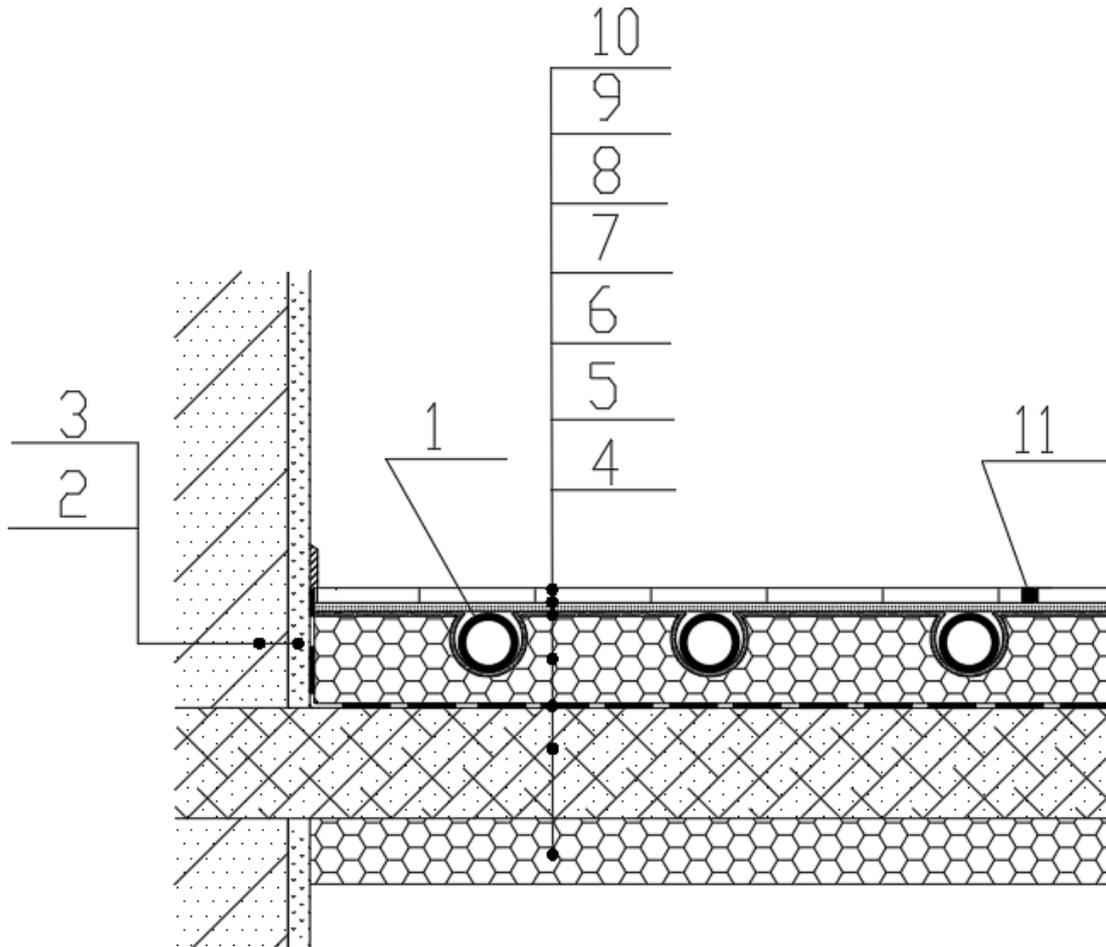


图 A.0.4-1 采用预制沟槽保温板的干法热水地暖地面构造（一）

- 1—加热管； 2—抹灰层； 3—墙体； 4—泡沫塑料板绝热层（对与室外空气或不供暖房间相邻的地面）；
5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）； 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）； 7—预制沟槽保温板；
8—均热层； 9—隔振防潮垫（对有适合产品时）； 10—木地板； 11—面层伸缩缝

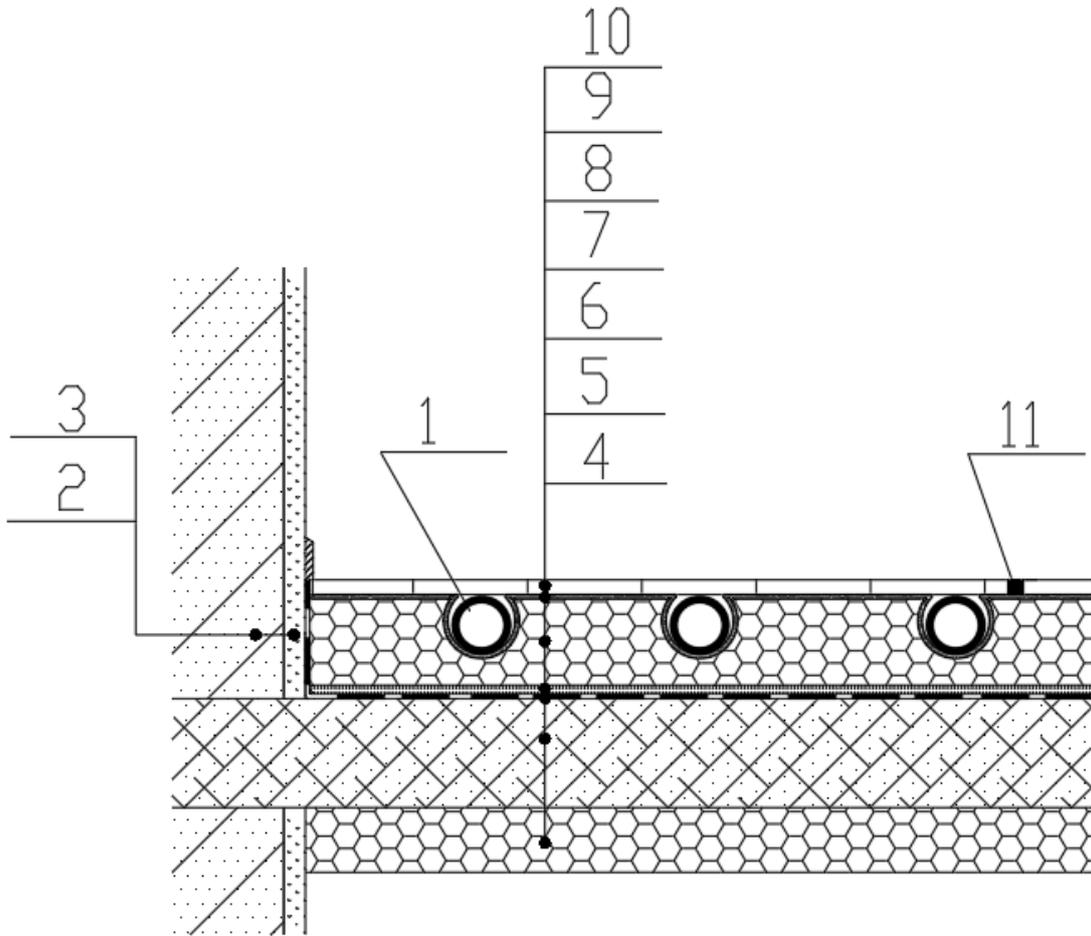
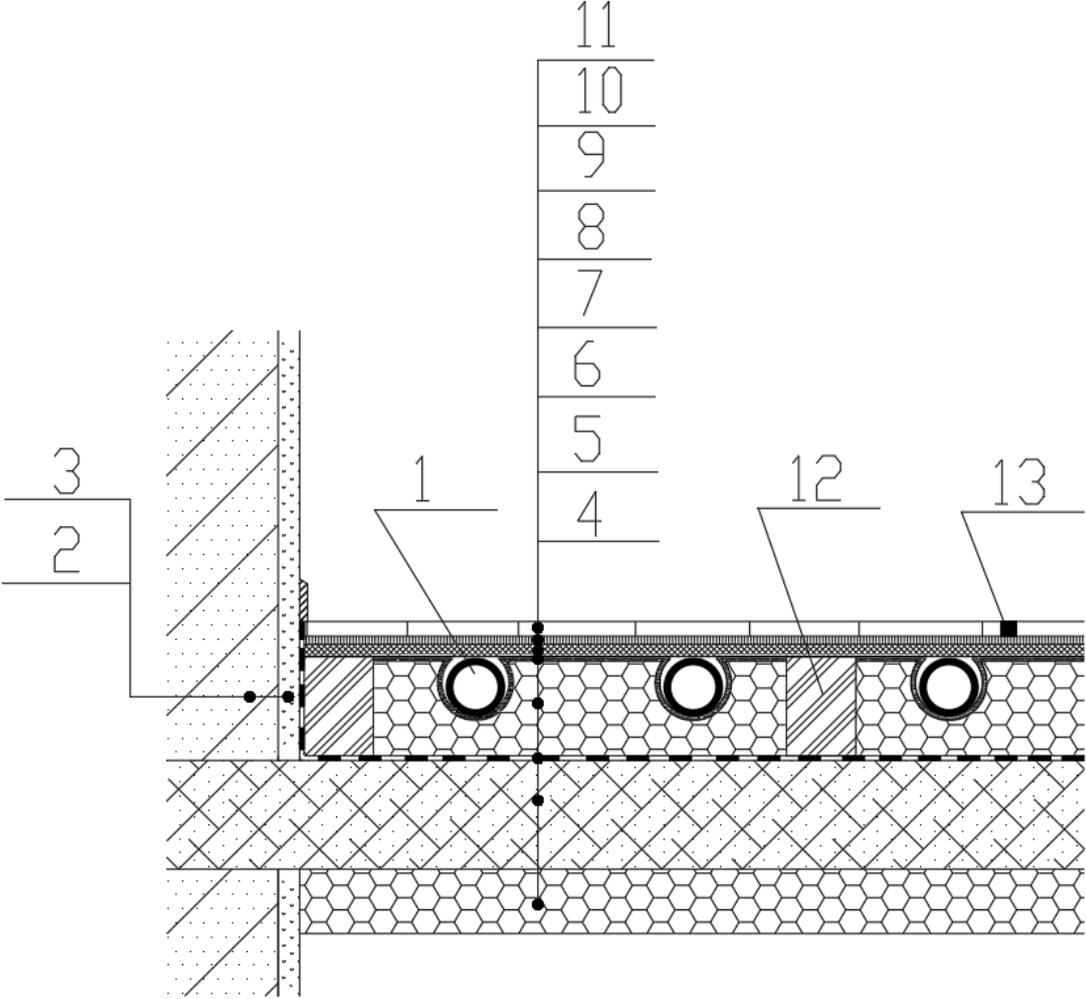
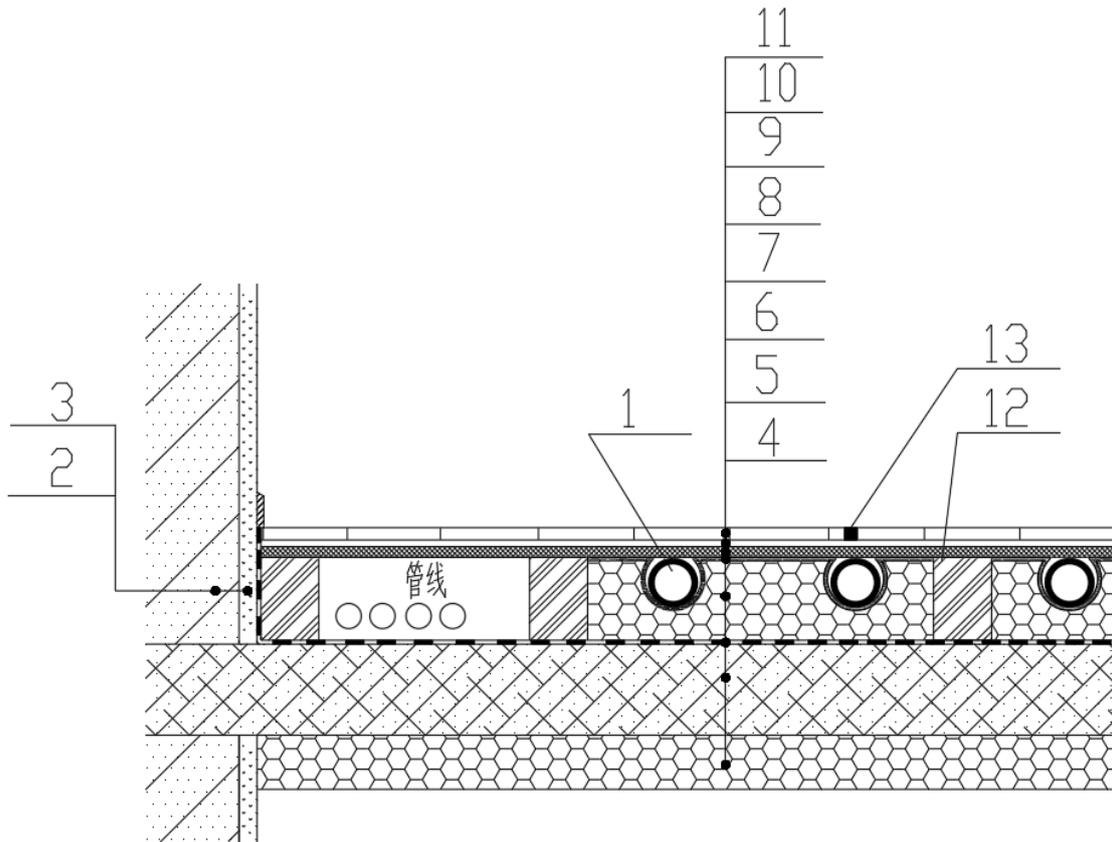


图 A.0.4-2 采用预制沟槽保温板的干法热水地暖地面构造（二）

- 1—加热管； 2—抹灰层； 3—墙体； 4—泡沫塑料板绝热层（对与室外空气或不供暖房间相邻的地面）；
 5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）； 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）；
 7—可发性聚乙烯（EPE）垫层（对未有适合的木地板隔振防潮垫）；
 8—预制沟槽保温板； 9—均热层； 10—木地板； 11—面层伸缩缝



(a)



(b)

图 A.0.4-3 采用龙骨间设置预制沟槽保温板的干法热水地暖地面构造

(a) 带龙骨或龙骨与加固层的干法热水地暖；(b) 带龙骨与加固层的局部架空干法热水地暖

1—加热管； 2—抹灰层； 3—墙体； 4—泡沫塑料板绝热层（对与室外空气或不供暖房间相邻的地面）；

5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）； 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）； 7—预制沟槽保温板；

8—均热层； 9—加固层（高强度纤维水泥板、玻镁板、硅酸钙板等，均压，提高承载能力）；

10—胶粘剂结合层或木地板隔振防潮垫（对有适合）；

11—装饰面层（瓷砖薄贴、木地板、竹地板、塑料地板）； 12—木龙骨； 13—面层伸缩缝

A.0.5 调平架空地暖地面构造可按图A.0.5-1、A.0.5-2和图A.0.5-3设置：

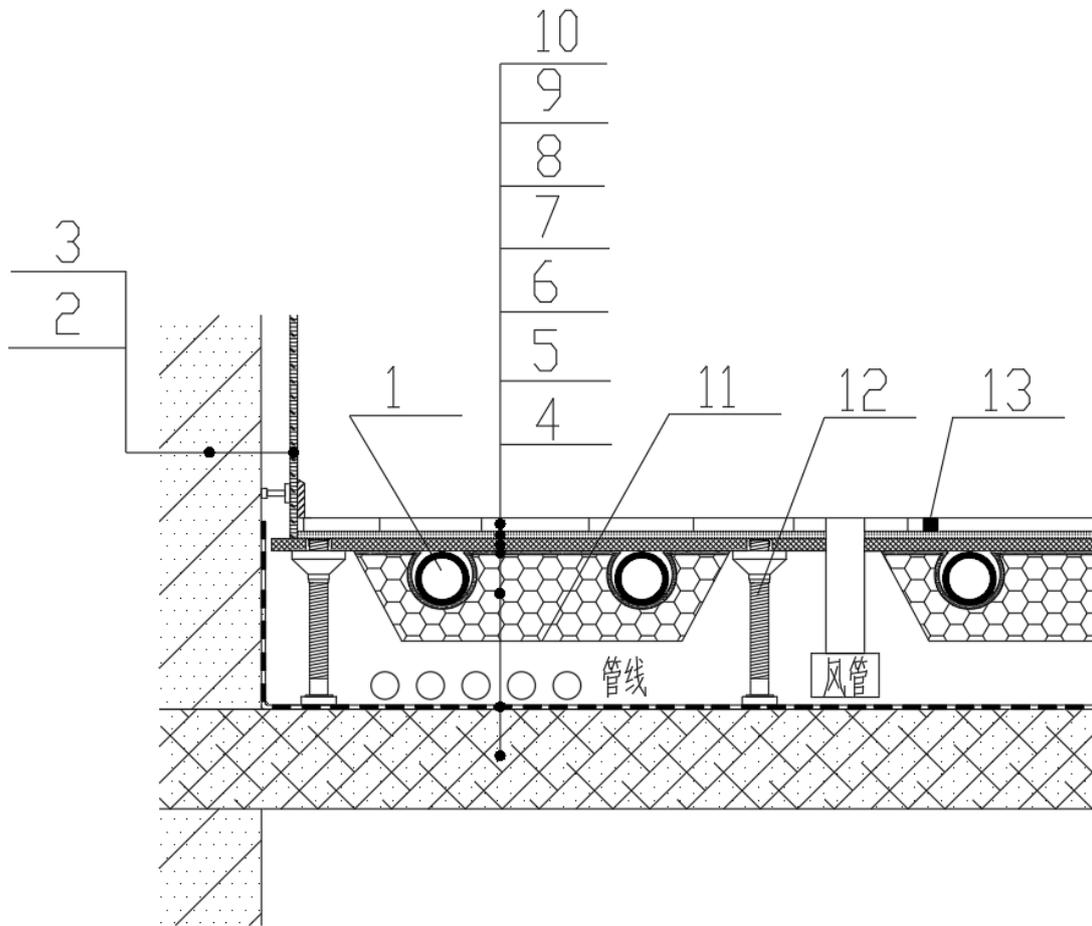


图 A.0.5-1 采用板下设置预制沟槽保温板的地板架空干法热水地暖地面构造

- 1—加热管； 2—架空墙面； 3—墙体； 4—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）； 5—防潮层（对与土壤相邻的地面）；
 6—预制沟槽保温板； 7—均热层； 8—架空板； 9—胶粘剂结合层或木地板隔振防潮垫（对有适合）；
 10—装饰面层（瓷砖薄贴、木地板、竹地板、塑料地板）； 11—托盘（型钢）；
 12—地脚螺栓（对不平整结构层进行二次调平）； 13—面层伸缩缝

注：托盘、预制沟槽保温板在工厂预制，保温板与托盘间用环保胶固定后在沟槽内布置盘管，然后用螺栓将安装保温板和盘管的托盘固定在架空地板下表面。

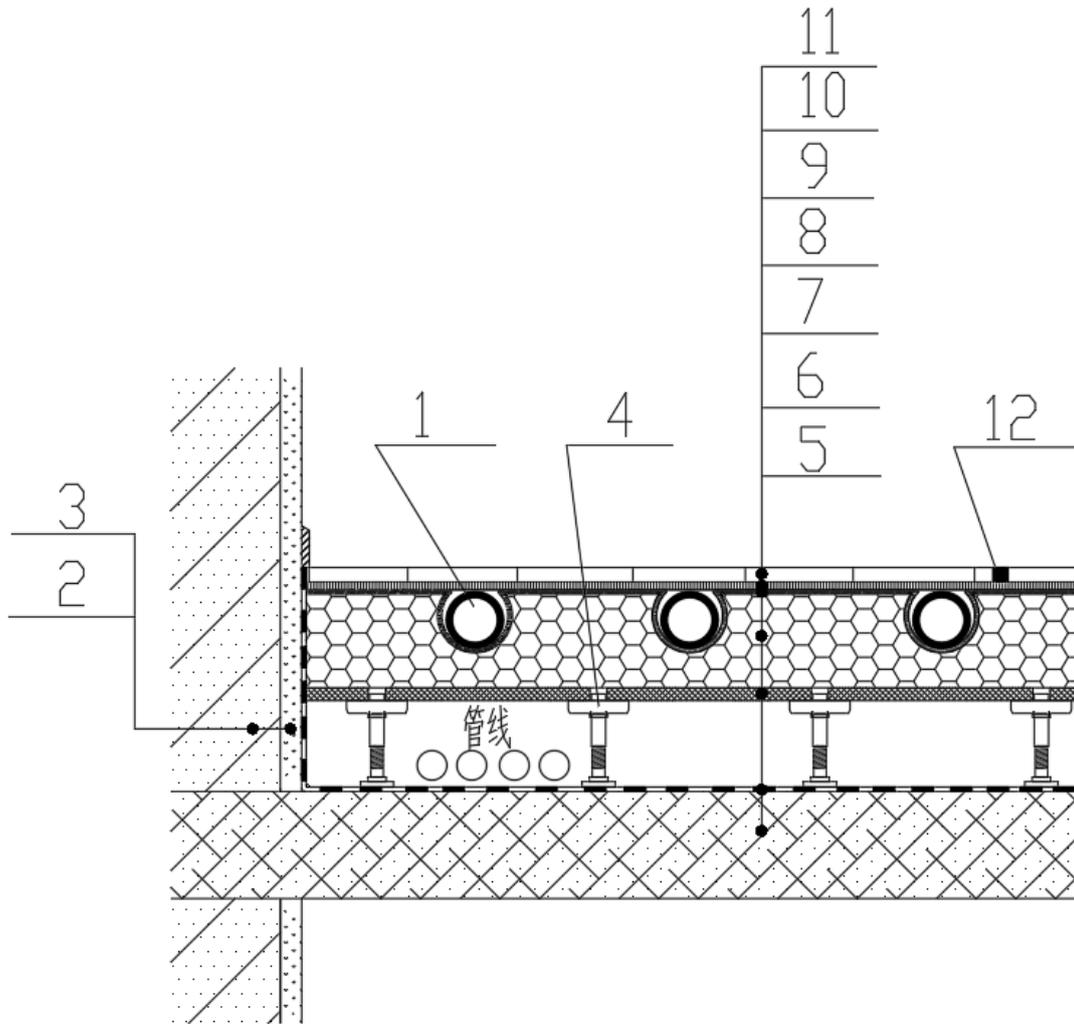


图 A.0.5-2 采用板上设置预制沟槽保温板的地板架空干法热水地暖地面构造（一）

- 1—加热管； 2—抹灰层； 3—墙体； 4—地脚螺栓（可调）；
 5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）； 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）； 7—架空板；
 8—预制沟槽保温板（或龙骨间设置）； 9—均热层； 10—胶粘剂结合层或木地板隔振防潮垫（对有适合）；
 11—装饰面层（瓷砖薄贴、木地板、竹地板、塑料地板）； 12—面层伸缩缝

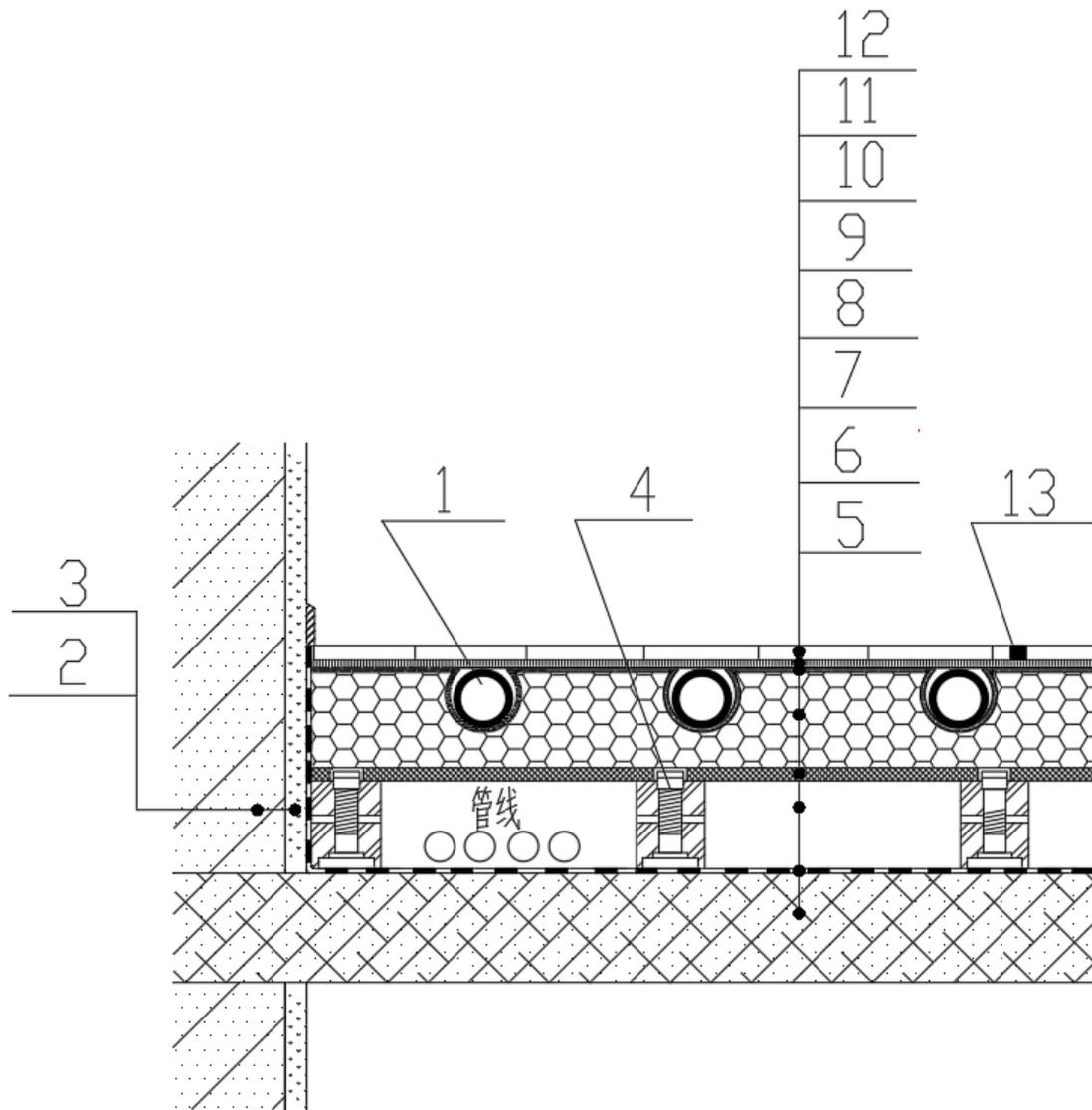


图 A.0.5-3 采用板上设置预制沟槽保温板的地板架空干法热水地暖地面构造（二）

1—加热管； 2—抹灰层； 3—墙体； 4—可调节复合龙骨；

5—楼板或与土壤相邻的地面（结构层）； 6—防潮层（对与土壤相邻的地面）； 7—架空层（或设置绝热材料）；

8—架空板； 9—预制沟槽保温板（或龙骨间设置）； 10—均热层； 11—胶粘剂结合层或木地板隔振防潮垫（对有适合）；

12—装饰面层（瓷砖薄贴、木地板、竹地板、塑料地板）； 13—面层伸缩缝

附录 B

(资料性)

采用导热系数为 $0.38\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的 PE-X 管的水地暖辐射面单位面积散热量

B.1 混凝土填充式热水地暖辐射面单位面积散热量

B.1.1 当采用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料板 (XPS) 绝热层、豆石混凝土填充层时, 单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按表 B.1.1-1~表 B.1.1-11 取值。

表 B.1.1-1 加热管公称外径20mm, 水泥、石材或瓷砖面层 ($R=0.02\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	38.1	5.6	48.8	7.2	56.0	8.3	64.8	9.6	75.1	11.1	86.4	12.8
	18	32.6	4.8	41.8	6.2	48.0	7.1	55.5	8.2	64.4	9.5	74.1	11.0
	20	27.2	4.0	34.8	5.1	40.0	5.9	46.3	6.8	53.6	7.9	61.7	9.1
	22	21.7	3.2	27.9	4.1	32.0	4.7	37.0	5.5	42.9	6.3	49.4	7.3
	24	16.3	2.4	20.9	3.1	24.0	3.5	27.8	4.1	32.2	4.7	37.0	5.5
35	16	51.6	7.6	66.2	9.8	76.0	11.2	87.9	13.0	101.9	15.0	117.3	17.3
	18	46.2	6.8	59.2	8.8	68.0	10.1	78.7	11.6	91.2	13.5	105.0	15.5
	20	40.8	6.0	52.3	7.7	60.0	8.9	69.4	10.2	80.4	11.9	92.6	13.7
	22	35.3	5.2	45.3	6.7	52.0	7.7	60.2	8.9	69.7	10.3	80.3	11.9
	24	29.9	4.4	38.3	5.7	44.0	6.5	50.9	7.5	59.0	8.7	67.9	10.0
40	16	65.2	9.6	83.6	12.3	96.0	14.2	111.1	16.4	128.7	19.0	148.2	21.9
	18	59.8	8.8	76.7	11.3	88.0	13.0	101.8	15.1	118.0	17.4	135.8	20.1
	20	54.4	8.0	69.7	10.3	80.0	11.8	92.5	13.7	107.3	15.8	123.5	18.2
	22	48.9	7.2	62.7	9.3	72.0	10.6	83.3	12.3	96.5	14.3	111.1	16.4
	24	43.5	6.4	55.7	8.2	64.0	9.4	74.0	10.9	85.8	12.7	98.8	14.6
45	16	78.8	11.6	101.0	14.9	116.0	17.1	134.2	19.8	155.5	22.9	179.0	26.4
	18	73.4	10.8	94.1	13.9	108.0	16.0	124.9	18.5	144.8	21.4	166.7	24.6
	20	68.0	10.0	87.1	12.9	100.0	14.8	115.7	17.1	134.1	19.8	154.3	22.8
	22	62.5	9.2	80.1	11.8	92.0	13.6	106.4	15.7	123.4	18.2	142.0	21.0
	24	57.1	8.4	73.2	10.8	84.0	12.4	97.2	14.3	112.6	16.6	129.7	19.1
50	16	92.4	13.7	118.5	17.5	136.0	20.1	157.3	23.2	182.3	26.9	209.9	31.0
	18	87.0	12.9	111.5	16.5	128.0	18.9	148.1	21.9	171.6	25.4	197.6	29.2
	20	81.5	12.0	104.5	15.4	120.0	17.7	138.8	20.5	160.9	23.7	185.2	27.3
	22	76.1	11.2	97.6	14.4	112.0	16.6	129.6	19.2	150.2	22.2	172.9	25.6
	24	70.7	10.4	90.6	13.4	104.0	15.4	120.3	17.8	139.4	20.6	160.5	23.7
55	16	106.0	15.7	135.9	20.1	156.0	23.0	180.5	26.6	209.2	30.9	240.8	35.5
	18	100.6	14.9	128.9	19.0	148.0	21.9	171.2	25.3	198.4	29.3	228.4	33.7
	20	95.1	14.1	121.9	18.0	140.0	20.7	162.0	23.9	187.7	27.7	216.1	31.9
	22	89.7	13.2	115.0	17.0	132.0	19.5	152.7	22.5	177.0	26.1	203.7	30.1
	24	84.3	12.4	108.0	15.9	124.0	18.3	143.5	21.2	166.3	24.5	191.4	28.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数 $0.028W/(m \cdot K)$ 、厚度 $20mm$ ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51W/(m \cdot K)$ 、厚度为 $50mm$ ；结构层导热系数 $1.72W/(m \cdot K)$ [按 $110mm$ 钢筋混凝土，导热系数 $1.74W/(m \cdot K)$ ， $20mm$ 混凝土垫层，导热系数 $1.63W/(m \cdot K)$ 复合计算，以下同]、厚度 $130mm$ 。

表 B.1.1-2 加热管公称外径 $20mm$ ，地毯面层 ($R=0.15 m^2 \cdot K/W$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}C$)	室内空气温度 ($^{\circ}C$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	25.9	7.4	31.8	9.1	35.4	10.1	39.3	11.3	43.4	12.4	47.5	13.6
	18	22.2	6.4	27.3	7.8	30.3	8.7	33.7	9.6	37.2	10.7	40.7	11.7
	20	18.5	5.3	22.7	6.5	25.3	7.2	28.1	8.0	31.0	8.9	33.9	9.7
	22	14.8	4.2	18.2	5.2	20.2	5.8	22.5	6.4	24.8	7.1	27.1	7.8
	24	11.1	3.2	13.6	3.9	15.2	4.3	16.8	4.8	18.6	5.3	20.4	5.8
35	16	35.2	10.1	43.2	12.4	48.0	13.7	53.3	15.3	58.9	16.9	64.4	18.4
	18	31.5	9.0	38.6	11.1	43.0	12.3	47.7	13.7	52.7	15.1	57.7	16.5
	20	27.8	8.0	34.1	9.8	37.9	10.8	42.1	12.0	46.5	13.3	50.9	14.6
	22	24.1	6.9	29.6	8.5	32.9	9.4	36.5	10.5	40.3	11.5	44.1	12.6
	24	20.4	5.8	25.0	7.2	27.8	8.0	30.9	8.8	34.1	9.8	37.3	10.7
40	16	44.5	12.7	54.6	15.6	60.6	17.4	67.4	19.3	74.4	21.3	81.4	23.3
	18	40.8	11.7	50.0	14.3	55.6	15.9	61.7	17.7	68.2	19.5	74.6	21.4
	20	37.1	10.6	45.5	13.0	50.5	14.5	56.1	16.1	62.0	17.7	67.8	19.4
	22	33.4	9.5	40.9	11.7	45.5	13.0	50.5	14.5	55.8	16.0	61.1	17.5
	24	29.6	8.5	36.4	10.4	40.4	11.6	44.9	12.8	49.6	14.2	54.3	15.5
45	16	53.7	15.4	65.9	18.9	73.3	21.0	81.4	23.3	89.9	25.7	98.4	28.1
	18	50.0	14.3	61.4	17.6	68.2	19.5	75.8	21.7	83.7	24.0	91.6	26.2
	20	46.3	13.3	56.8	16.3	63.2	18.1	70.2	20.1	77.5	22.2	84.8	24.3
	22	42.6	12.2	52.3	15.0	58.1	16.6	64.6	18.5	71.3	20.4	78.0	22.3
	24	38.9	11.1	47.7	13.7	53.1	15.2	58.9	16.9	65.1	18.6	71.2	20.4
50	16	63.0	18.0	77.3	22.1	85.9	24.6	95.4	27.3	105.5	30.2	115.3	33.0
	18	59.3	17.0	72.7	20.8	80.9	23.2	89.8	25.7	99.3	28.4	108.5	31.1
	20	55.6	15.9	68.2	19.5	75.8	21.7	84.2	24.1	93.0	26.6	101.8	29.1
	22	51.9	14.9	63.7	18.2	70.8	20.3	78.6	22.5	86.8	24.9	95.0	27.2
	24	48.2	13.8	59.1	16.9	65.7	18.8	73.0	20.9	80.6	23.1	88.2	25.2
55	16	72.2	20.7	88.6	25.4	98.6	28.2	109.5	31.3	121.0	34.6	132.3	37.8
	18	68.5	19.6	84.1	24.1	93.5	26.8	103.8	29.7	114.8	32.8	125.5	35.9
	20	64.8	18.6	79.6	22.8	88.4	25.3	98.2	28.1	108.6	31.1	118.7	34.0
	22	61.1	17.5	75.0	21.5	83.4	23.9	92.6	26.5	102.4	29.3	111.9	32.0
	24	57.4	16.4	70.5	20.2	78.3	22.4	87.0	24.9	96.1	27.5	105.2	30.1

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数 $0.028W/(m \cdot K)$ 、厚度 $20mm$ ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51W/(m \cdot K)$ 、厚度为 $50mm$ ；结构层导热系数 $1.72W/(m \cdot K)$ 、厚度 $130mm$ 。

表 B.1.1-3 加热管公称外径20mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	29.5	6.9	36.7	8.6	41.2	9.6	46.3	10.8	51.8	12.1	57.4	13.4
	18	25.3	5.9	31.4	7.3	35.3	8.2	39.7	9.2	44.4	10.4	49.2	11.5
	20	21.1	4.9	26.2	6.1	29.4	6.9	33.1	7.7	37.0	8.6	41.0	9.5
	22	16.8	3.9	21.0	4.9	23.5	5.5	26.4	6.2	29.6	6.9	32.8	7.7
	24	12.6	2.9	15.7	3.7	17.7	4.1	19.8	4.6	22.2	5.2	24.6	5.7
35	16	40.0	9.3	49.8	11.6	55.9	13.0	62.8	14.6	70.3	16.4	78.0	18.1
	18	35.8	8.3	44.5	10.4	50.0	11.7	56.2	13.1	62.9	14.7	69.8	16.3
	20	31.6	7.4	39.3	9.2	44.1	10.3	49.6	11.5	55.5	12.9	61.5	14.3
	22	27.4	6.4	34.1	7.9	38.2	8.9	43.0	10.0	48.1	11.2	53.3	12.4
	24	23.2	5.4	28.8	6.7	32.4	7.5	36.4	8.5	40.7	9.5	45.1	10.5
40	16	50.5	11.8	62.9	14.6	70.6	16.4	79.3	18.5	88.8	20.7	98.5	22.9
	18	46.3	10.8	57.7	13.4	64.7	15.1	72.7	17.0	81.4	19.0	90.3	21.0
	20	42.1	9.8	52.4	12.2	58.8	13.7	66.1	15.4	74.0	17.2	82.1	19.1
	22	37.9	8.8	47.2	11.0	53.0	12.3	59.5	13.9	66.6	15.5	73.9	17.2
	24	33.7	7.8	41.9	9.8	47.1	11.0	52.9	12.3	59.2	13.8	65.6	15.3
45	16	61.1	14.2	76.0	17.7	85.3	19.9	95.9	22.3	107.4	25.0	119.0	27.7
	18	56.9	13.2	70.8	16.5	79.4	18.5	89.3	20.8	99.9	23.3	110.8	25.8
	20	52.6	12.3	65.5	15.3	73.5	17.1	82.7	19.2	92.5	21.5	102.6	23.9
	22	48.4	11.3	60.3	14.0	67.7	15.8	76.0	17.7	85.1	19.8	94.4	22.0
	24	44.2	10.3	55.0	12.8	61.8	14.4	69.4	16.2	77.7	18.1	86.2	20.1
50	16	71.6	16.7	89.1	20.8	100.0	23.3	112.4	26.2	125.9	29.3	139.5	32.5
	18	67.4	15.7	83.9	19.5	94.2	21.9	105.8	24.7	118.5	27.6	131.3	30.6
	20	63.2	14.7	78.6	18.3	88.3	20.6	99.2	23.1	111.1	25.9	123.1	28.6
	22	59.0	13.7	73.4	17.1	82.4	19.2	92.6	21.6	103.7	24.2	114.9	26.8
	24	54.7	12.8	68.1	15.9	76.5	17.8	86.0	20.0	96.2	22.4	106.7	24.8
55	16	82.1	19.1	102.2	23.8	114.7	26.7	128.9	30.0	144.4	33.6	160.0	37.2
	18	77.9	18.1	96.9	22.6	108.9	25.3	122.3	28.5	137.0	31.9	151.8	35.3
	20	73.7	17.2	91.7	21.4	103.0	24.0	115.7	26.9	129.6	30.2	143.6	33.4
	22	69.5	16.2	86.5	20.1	97.1	22.6	109.1	25.4	122.2	28.4	135.4	31.5
	24	65.3	15.2	81.2	18.9	91.2	21.2	102.5	23.9	114.8	26.7	127.2	29.6

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度20mm；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为50mm；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.1-4 加热管公称外径16mm，水泥、石材或瓷砖面层 ($R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	43.7	6.5	51.2	7.7	59.6	8.9	69.8	10.4	81.6	12.2	87.9	13.1
	18	37.5	5.6	43.9	6.6	51.1	7.7	59.8	9.0	70.0	10.5	75.3	11.3
	20	31.2	4.7	36.6	5.5	42.6	6.4	49.9	7.5	58.3	8.7	62.8	9.4
	22	25.0	3.7	29.3	4.4	34.1	5.1	39.9	6.0	46.6	7.0	50.2	7.5
	24	18.7	2.8	22.0	3.3	25.5	3.8	29.9	4.5	35.0	5.2	37.7	5.6
35	16	59.3	8.9	69.5	10.4	80.9	12.1	94.7	14.2	110.8	16.6	119.3	17.8
	18	53.1	7.9	62.2	9.3	72.4	10.8	84.8	12.7	99.1	14.9	106.7	16.0
	20	46.8	7.0	54.9	8.2	63.9	9.6	74.8	11.2	87.5	13.1	94.2	14.1
	22	40.6	6.1	47.6	7.2	55.4	8.3	64.8	9.8	75.8	11.4	81.6	12.3
	24	34.4	5.2	40.3	6.1	46.9	7.1	54.8	8.3	64.1	9.7	69.0	10.5
40	16	74.9	11.2	87.8	13.1	102.2	15.3	119.7	17.9	139.9	20.9	150.7	22.5
	18	68.7	10.3	80.5	12.1	93.7	14.0	109.7	16.4	128.3	19.2	138.1	20.7
	20	62.5	9.4	73.2	11.0	85.2	12.8	99.7	15.0	116.6	17.5	125.6	18.9
	22	56.2	8.4	65.9	9.9	76.7	11.6	89.8	13.5	105.0	15.8	113.0	17.0
	24	50.0	7.5	58.6	8.8	68.1	10.3	79.8	12.1	93.3	14.2	100.5	15.2
45	16	90.5	13.5	106.1	15.9	123.5	18.5	144.6	21.6	169.1	25.3	182.1	27.2
	18	84.3	12.6	98.8	14.8	115.0	17.2	134.6	20.2	157.4	23.6	169.5	25.4
	20	78.1	11.7	91.5	13.7	106.5	16.0	124.6	18.7	145.8	21.9	156.9	23.6
	22	71.8	10.8	84.2	12.6	97.9	14.7	114.7	17.2	134.1	20.1	144.4	21.7
	24	65.6	9.8	76.8	11.5	89.4	13.4	104.7	15.7	122.4	18.4	131.8	19.8
50	16	106.1	15.9	124.4	18.6	144.8	21.6	169.5	25.3	198.2	29.6	213.4	31.9
	18	99.9	15.0	117.1	17.5	136.3	20.4	159.5	23.9	186.6	28.0	200.9	30.1
	20	93.7	14.0	109.8	16.5	127.8	19.2	149.6	22.5	174.9	26.3	188.3	28.3
	22	87.5	13.1	102.5	15.4	119.2	18.0	139.6	21.0	163.3	24.6	175.8	26.5
	24	81.2	12.2	95.2	14.3	110.7	16.7	129.7	19.6	151.6	22.9	163.2	24.7
55	16	121.8	18.2	142.7	21.3	166.1	24.8	194.4	29.1	227.4	34.0	244.8	36.6
	18	115.5	17.3	135.4	20.2	157.5	23.6	184.5	27.6	215.7	32.2	232.3	34.7
	20	109.3	16.3	128.0	19.1	149.0	22.3	174.5	26.1	204.1	30.5	219.7	32.8
	22	103.0	15.4	120.7	18.1	140.5	21.0	164.5	24.6	192.4	28.8	207.2	31.0
	24	96.8	14.5	113.4	17.0	132.0	19.7	154.6	23.1	180.7	27.0	194.6	29.1

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度20mm；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为50mm；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.1-5 加热管公称外径16mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	29.3	8.5	33.2	9.6	37.1	10.7	41.4	12.0	45.9	13.2	48.0	13.9
	18	25.1	7.3	28.5	8.2	31.8	9.2	35.5	10.2	39.3	11.3	41.2	11.9
	20	21.0	6.0	23.7	6.8	26.5	7.7	29.6	8.5	32.8	9.5	34.3	9.9
	22	16.8	4.8	19.0	5.5	21.2	6.1	23.7	6.8	26.2	7.6	27.4	7.9
	24	12.6	3.6	14.2	4.1	15.9	4.6	17.7	5.1	19.7	5.7	20.6	5.9
35	16	39.8	11.5	45.1	13.0	50.4	14.5	56.2	16.2	62.2	17.9	65.2	18.8
	18	35.6	10.3	40.3	11.6	45.1	13.0	50.3	14.5	55.7	16.1	58.3	16.8
	20	31.4	9.1	35.6	10.3	39.8	11.5	44.4	12.8	49.1	14.2	51.4	14.9
	22	27.3	7.9	30.8	8.9	34.5	10.0	38.5	11.1	42.6	12.3	44.6	12.9
	24	23.1	6.7	26.1	7.6	29.2	8.5	32.5	9.5	36.0	10.5	37.7	11.0
40	16	50.3	14.5	56.9	16.4	63.6	18.3	71.0	20.5	78.6	22.7	82.3	23.7
	18	46.1	13.3	52.2	15.1	58.3	16.8	65.1	18.8	72.1	20.8	75.4	21.8
	20	41.9	12.1	47.4	13.7	53.0	15.3	59.2	17.1	65.5	18.9	68.6	19.8
	22	37.7	10.9	42.7	12.3	47.7	13.8	53.3	15.4	59.0	17.1	61.7	17.9
	24	33.5	9.7	38.0	11.0	42.4	12.3	47.3	13.7	52.4	15.2	54.9	15.9
45	16	60.8	17.5	68.8	19.8	76.9	22.2	85.8	24.7	95.0	27.4	99.5	28.7
	18	56.6	16.3	64.0	18.5	71.6	20.7	79.9	23.1	88.4	25.5	92.6	26.7
	20	52.4	15.1	59.3	17.1	66.3	19.2	74.0	21.4	81.9	23.7	85.7	24.8
	22	48.2	13.9	54.6	15.8	61.0	17.6	68.0	19.7	75.3	21.8	78.9	22.8
	24	44.0	12.7	49.8	14.4	55.7	16.1	62.1	18.0	68.8	20.0	72.0	20.9
50	16	71.2	20.5	80.6	23.2	90.2	26.0	100.6	29.0	111.4	32.1	116.6	33.6
	18	67.0	19.3	75.9	21.9	84.9	24.5	94.7	27.3	104.8	30.2	109.7	31.7
	20	62.9	18.1	71.2	20.5	79.6	23.0	88.7	25.6	98.3	28.4	102.9	29.7
	22	58.7	16.9	66.4	19.2	74.3	21.5	82.8	23.9	91.7	26.6	96.0	27.8
	24	54.5	15.7	61.7	17.8	69.0	20.0	76.9	22.2	85.2	24.7	89.2	25.9
55	16	81.7	23.6	92.5	26.7	103.4	29.8	115.4	33.3	127.8	36.8	133.8	38.5
	18	77.5	22.4	87.7	25.3	98.1	28.3	109.5	31.5	121.2	34.9	126.9	36.6
	20	73.3	21.1	83.0	23.9	92.8	26.8	103.5	29.8	114.7	33.0	120.0	34.6
	22	69.1	19.9	78.3	22.6	87.5	25.2	97.6	28.1	108.1	31.1	113.2	32.6
	24	64.9	18.7	73.5	21.2	82.2	23.7	91.7	26.4	101.6	29.3	106.3	30.6

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度20mm；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为50mm；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.1-6 加热管公称外径16mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	33.5	7.9	38.4	9.0	43.4	10.2	49.1	11.5	55.2	13.0	58.2	13.7
	18	28.8	6.8	32.9	7.7	37.2	8.8	42.1	9.9	47.3	11.1	49.9	11.7
	20	24.0	5.6	27.4	6.5	31.0	7.3	35.1	8.3	39.4	9.3	41.6	9.8
	22	19.2	4.5	21.9	5.2	24.8	5.9	28.1	6.6	31.5	7.5	33.2	7.9
	24	14.4	3.4	16.5	3.9	18.6	4.4	21.0	5.0	23.6	5.6	24.9	5.9
35	16	45.5	10.7	52.1	12.2	58.9	13.8	66.6	15.7	74.9	17.6	78.9	18.5
	18	40.7	9.6	46.6	11.0	52.7	12.4	59.6	14.0	67.0	15.8	70.6	16.6
	20	36.0	8.5	41.1	9.7	46.5	11.0	52.6	12.4	59.1	13.9	62.3	14.7
	22	31.2	7.3	35.7	8.4	40.3	9.5	45.6	10.8	51.2	12.1	54.0	12.8
	24	26.4	6.2	30.2	7.1	34.1	8.1	38.6	9.1	43.3	10.3	45.7	10.8
40	16	57.5	13.5	65.8	15.5	74.5	17.5	84.2	19.8	94.6	22.2	99.7	23.4
	18	52.7	12.4	60.3	14.2	68.2	16.1	77.2	18.2	86.7	20.4	91.4	21.5
	20	47.9	11.3	54.8	12.9	62.0	14.6	70.2	16.5	78.8	18.6	83.1	19.6
	22	43.2	10.2	49.4	11.6	55.8	13.2	63.1	14.9	70.9	16.8	74.8	17.7
	24	38.4	9.0	43.9	10.4	49.6	11.7	56.1	13.3	63.1	14.9	66.5	15.8
45	16	69.5	16.3	79.5	18.7	90.0	21.1	101.7	23.9	114.3	26.8	120.5	28.3
	18	64.7	15.2	74.0	17.4	83.8	19.7	94.7	22.3	106.4	25.0	112.2	26.4
	20	59.9	14.1	68.6	16.1	77.6	18.3	87.7	20.7	98.5	23.2	103.9	24.5
	22	55.1	13.0	63.1	14.9	71.4	16.8	80.7	19.0	90.6	21.4	95.6	22.6
	24	50.4	11.9	57.6	13.6	65.2	15.4	73.7	17.4	82.8	19.6	87.3	20.7
50	16	81.5	19.1	93.2	21.9	105.5	24.8	119.3	28.0	134.0	31.5	141.3	33.2
	18	76.7	18.0	87.7	20.6	99.3	23.3	112.2	26.4	126.1	29.7	133.0	31.3
	20	71.9	16.9	82.3	19.4	93.1	21.9	105.2	24.8	118.2	27.9	124.7	29.4
	22	67.1	15.8	76.8	18.1	86.9	20.5	98.2	23.2	110.3	26.1	116.4	27.5
	24	62.3	14.7	71.3	16.8	80.7	19.1	91.2	21.6	102.5	24.3	108.1	25.6
55	16	93.5	22.0	106.9	25.1	121.0	28.4	136.8	32.1	153.7	36.1	162.1	38.0
	18	88.7	20.8	101.4	23.8	114.8	27.0	129.8	30.5	145.8	34.2	153.7	36.1
	20	83.9	19.7	96.0	22.5	108.6	25.5	122.8	28.8	137.9	32.4	145.4	34.1
	22	79.1	18.6	90.5	21.3	102.4	24.0	115.7	27.2	130.0	30.5	137.1	32.2
	24	74.3	17.5	85.0	20.0	96.2	22.6	108.7	25.5	122.1	28.7	128.8	30.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (XPS) 绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 50mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.1-7 加热管公称外径16mm，木地板面层 (R=0.10 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上供 热量	向下传 热量										
30	16	29.7	8.4	33.7	9.5	37.7	10.7	42.1	11.9	46.7	13.2	49.0	13.8
	18	25.5	7.2	28.9	8.2	32.3	9.1	36.1	10.2	40.1	11.3	42.0	11.9
	20	21.2	6.0	24.1	6.8	27.0	7.6	30.1	8.5	33.4	9.4	35.0	9.9
	22	17.0	4.8	19.3	5.4	21.6	6.1	24.1	6.8	26.7	7.5	28.0	7.9
	24	12.7	3.6	14.4	4.1	16.2	4.5	18.1	5.1	20.0	5.6	21.0	5.9
35	16	40.4	11.4	45.7	12.9	51.2	14.5	57.2	16.1	63.4	17.9	66.4	18.8
	18	36.1	10.2	40.9	11.6	45.8	13.0	51.2	14.5	56.7	16.0	59.5	16.8
	20	31.9	9.0	36.1	10.2	40.4	11.4	45.2	12.8	50.1	14.2	52.5	14.9
	22	27.6	7.8	31.3	8.9	35.0	9.9	39.1	11.1	43.4	12.3	45.5	12.9
	24	23.4	6.6	26.5	7.5	29.7	8.4	33.1	9.4	36.7	10.5	38.5	11.0
40	16	51.0	14.4	57.8	16.3	64.7	18.3	72.3	20.4	80.1	22.6	83.9	23.7
	18	46.7	13.2	53.0	15.0	59.3	16.8	66.2	18.7	73.4	20.8	76.9	21.7
	20	42.5	12.0	48.2	13.6	53.9	15.3	60.2	17.0	66.8	18.9	69.9	19.8
	22	38.3	10.8	43.3	12.3	48.5	13.8	54.2	15.4	60.1	17.0	63.0	17.9
	24	34.0	9.6	38.5	10.9	43.1	12.2	48.2	13.7	53.4	15.2	56.0	15.9
45	16	61.6	17.4	69.8	19.7	78.2	22.1	87.3	24.6	96.8	27.3	101.4	28.6
	18	57.4	16.2	65.0	18.4	72.8	20.6	81.3	23.0	90.1	25.5	94.4	26.7
	20	53.1	15.0	60.2	17.0	67.4	19.1	75.3	21.3	83.5	23.6	87.4	24.7
	22	48.9	13.8	55.4	15.7	62.0	17.6	69.2	19.6	76.8	21.8	80.4	22.8
	24	44.6	12.6	50.6	14.3	56.6	16.1	63.2	18.0	70.1	19.9	73.4	20.9
50	16	72.2	20.4	81.8	23.1	91.6	25.9	102.4	28.9	113.5	32.0	118.9	33.6
	18	68.0	19.2	77.0	21.8	86.3	24.4	96.3	27.2	106.8	30.2	111.9	31.6
	20	63.8	18.0	72.2	20.4	80.9	22.9	90.3	25.6	100.2	28.3	104.9	29.7
	22	59.5	16.8	67.4	19.1	75.5	21.4	84.3	23.9	93.5	26.5	97.9	27.8
	24	55.3	15.6	62.6	17.7	70.1	19.9	78.3	22.2	86.8	24.7	90.9	25.8
55	16	82.9	23.4	93.9	26.5	105.1	29.7	117.4	33.1	130.2	36.7	136.4	38.5
	18	78.6	22.2	89.1	25.2	99.7	28.2	111.4	31.4	123.5	34.9	129.4	36.5
	20	74.4	21.0	84.3	23.8	94.3	26.6	105.4	29.7	116.8	33.0	122.4	34.5
	22	70.1	19.8	79.4	22.4	88.9	25.1	99.4	28.0	110.2	31.1	115.4	32.6
	24	65.9	18.6	74.6	21.1	83.6	23.6	93.3	26.3	103.5	29.2	108.4	30.6

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (XPS) 绝热层导热系数 $0.028W/(m \cdot K)$ 、厚度 20mm；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51W/(m \cdot K)$ 、厚度为 50mm；木地板下铺设可发性聚乙烯 (EPE) 泡沫垫，导热系数 $0.045W/(m \cdot K)$ 、厚度 2mm；结构层导热系数 $1.72W/(m \cdot K)$ 、厚度 130mm。

表 B.1.1-8 加热管公称外径10mm, 水泥、石材或瓷砖面层 (R=0.02 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	47.9	6.9	55.6	8.0	66.5	9.6	79.7	11.5	87.1	12.6	94.6	13.6
	18	41.1	5.9	47.7	6.9	57.0	8.2	68.4	9.9	74.7	10.8	81.1	11.7
	20	34.2	4.9	39.7	5.7	47.5	6.8	57.0	8.2	62.2	9.0	67.6	9.7
	22	27.4	3.9	31.8	4.6	38.0	5.5	45.6	6.5	49.8	7.1	54.1	7.8
	24	20.5	2.9	23.8	3.4	28.5	4.1	34.2	4.9	37.3	5.3	40.5	5.8
35	16	65.0	9.4	75.5	10.9	90.2	13.0	108.2	15.6	118.2	17.0	128.4	18.5
	18	58.2	8.4	67.6	9.8	80.7	11.7	96.8	14.0	105.8	15.3	114.9	16.6
	20	51.3	7.4	59.6	8.6	71.2	10.3	85.4	12.4	93.4	13.5	101.4	14.7
	22	44.5	6.5	51.7	7.5	61.7	9.0	74.1	10.8	80.9	11.8	87.9	12.8
	24	37.7	5.5	43.7	6.4	52.2	7.6	62.7	9.2	68.5	10.0	74.4	10.9
40	16	82.1	11.8	95.4	13.8	114.0	16.4	136.7	19.7	149.4	21.5	162.2	23.4
	18	75.3	10.9	87.5	12.6	104.5	15.1	125.3	18.1	136.9	19.8	148.7	21.5
	20	68.5	9.9	79.5	11.5	104.5	15.1	113.9	16.5	124.5	18.0	135.2	19.6
	22	61.6	8.9	71.6	10.4	104.5	15.1	102.5	14.9	112.0	16.3	121.7	17.7
	24	54.8	8.0	63.6	9.3	104.5	15.1	91.1	13.3	99.6	14.5	108.1	15.8
45	16	99.2	14.3	115.3	16.6	137.7	19.8	165.2	23.8	180.5	26.0	196.0	28.2
	18	92.4	13.3	107.3	15.5	128.2	18.5	153.8	22.2	168.0	24.3	182.5	26.4
	20	85.6	12.4	99.4	14.4	118.7	17.2	142.4	20.6	155.6	22.5	169.0	24.5
	22	78.7	11.4	91.5	13.3	109.2	15.9	131.0	19.0	143.1	20.8	155.4	22.6
	24	71.9	10.4	83.5	12.2	99.7	14.5	119.6	17.5	130.7	19.1	141.9	20.7
50	16	116.4	16.8	135.1	19.5	161.5	23.3	193.7	27.9	211.6	30.5	229.8	33.1
	18	109.5	15.8	127.2	18.4	152.0	22.0	182.3	26.3	199.1	28.8	216.2	31.2
	20	102.7	14.9	119.3	17.3	142.5	20.6	170.9	24.8	186.7	27.0	202.7	29.4
	22	95.9	13.9	111.3	16.2	133.0	19.3	159.5	23.2	174.2	25.3	189.2	27.5
	24	89.0	12.9	103.4	15.1	123.5	18.0	148.1	21.6	161.8	23.6	175.7	25.6
55	16	133.5	19.2	155.0	22.3	185.2	26.7	222.2	32.0	242.7	35.0	263.6	38.0
	18	126.6	18.3	147.1	21.2	175.7	25.3	210.8	30.4	230.3	33.2	250.0	36.0
	20	119.8	17.3	139.1	20.1	166.2	24.0	199.4	28.7	217.8	31.4	236.5	34.1
	22	113.0	16.3	131.2	18.9	156.7	22.6	188.0	27.1	205.4	29.6	223.0	32.1
	24	106.1	15.3	123.2	17.8	147.2	21.2	176.6	25.4	192.9	27.8	209.5	30.2

注：计算条件为加热管Φ10×1.2；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数0.028W/(m·K)、厚度20mm；豆石混凝土填充层导热系数1.51W/(m·K)、厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.1-9 加热管公称外径10mm, 地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	31.1	8.8	35.2	10.0	40.0	11.3	45.1	12.8	47.6	13.5	50.1	14.2
	18	26.6	7.5	30.2	8.6	34.3	9.7	38.6	11.0	40.8	11.6	42.9	12.2
	20	22.2	6.3	25.2	7.1	28.6	8.1	32.2	9.1	34.0	9.6	35.8	10.1
	22	17.7	5.0	20.1	5.7	22.8	6.5	25.8	7.3	27.2	7.7	28.6	8.1
	24	13.3	3.8	15.1	4.3	17.1	4.9	19.3	5.5	20.4	5.8	21.5	6.1
35	16	42.1	11.9	47.8	13.5	54.3	15.4	61.2	17.3	64.7	18.3	68.0	19.2
	18	37.7	10.7	42.8	12.1	48.6	13.8	54.7	15.5	57.9	16.4	60.8	17.2
	20	33.3	9.4	37.8	10.7	42.8	12.1	48.3	13.7	51.1	14.5	53.7	15.2
	22	28.8	8.2	32.7	9.3	37.1	10.5	41.9	11.9	44.2	12.5	46.5	13.2
	24	24.4	6.9	27.7	7.8	31.4	8.9	35.4	10.0	37.4	10.6	39.3	11.1
40	16	53.2	15.1	60.4	17.1	68.5	19.4	77.3	21.9	81.7	23.1	85.8	24.3
	18	48.8	13.8	55.4	15.7	62.8	17.8	70.9	20.1	74.9	21.2	78.7	22.3
	20	44.4	12.6	50.3	14.3	57.1	16.2	64.4	18.3	68.1	19.3	71.5	20.3
	22	39.9	11.3	45.3	12.8	51.4	14.6	58.0	16.4	61.3	17.4	64.4	18.2
	24	35.5	10.1	40.3	11.4	45.7	13.0	51.5	14.6	54.5	15.4	57.2	16.2
45	16	64.3	18.2	73.0	20.7	82.8	23.4	93.4	26.4	98.7	27.9	103.7	29.4
	18	59.9	17.0	68.0	19.3	77.1	21.9	87.0	24.6	91.9	26.0	96.6	27.4
	20	55.4	15.7	62.9	17.8	71.4	20.2	80.5	22.8	85.1	24.1	89.4	25.3
	22	51.0	14.4	57.9	16.4	65.7	18.6	74.1	21.0	78.3	22.2	82.3	23.3
	24	46.6	13.2	52.9	15.0	60.0	17.0	67.6	19.1	71.5	20.2	75.1	21.3
50	16	75.4	21.4	85.6	24.2	97.1	27.5	109.5	31.0	115.7	32.8	121.6	34.4
	18	71.0	20.1	80.5	22.8	91.4	25.9	103.1	29.2	108.9	30.9	114.5	32.4
	20	66.5	18.9	75.5	21.4	85.7	24.3	96.6	27.4	102.1	28.9	107.3	30.4
	22	62.1	17.6	70.5	20.0	80.0	22.7	90.2	25.6	95.3	27.0	100.2	28.4
	24	57.7	16.3	65.4	18.6	74.3	21.0	83.7	23.7	88.5	25.1	93.0	26.4
55	16	86.5	24.5	98.2	27.8	111.4	31.5	125.6	35.6	132.7	37.6	139.5	39.5
	18	82.1	23.2	93.1	26.4	105.7	29.9	119.2	33.7	125.9	35.6	132.4	37.5
	20	77.6	22.0	88.1	24.9	100.0	28.3	112.7	31.9	119.1	33.7	125.2	35.4
	22	73.2	20.7	83.1	23.5	94.2	26.7	106.3	30.1	112.3	31.8	118.0	33.4
	24	68.7	19.5	78.0	22.1	88.5	25.1	99.8	28.3	105.5	29.9	110.9	31.4

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.1-10 加热管公称外径10mm, 木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	35.7	8.2	41.0	9.4	47.2	10.9	54.1	12.5	57.7	13.3	61.1	14.1
	18	30.6	7.0	35.1	8.1	40.5	9.3	46.4	10.7	49.5	11.4	52.4	12.1
	20	25.5	5.9	29.3	6.7	33.7	7.7	38.7	8.9	41.2	9.5	43.7	10.0
	22	20.4	4.7	23.4	5.4	27.0	6.2	30.9	7.1	33.0	7.6	34.9	8.0
	24	15.3	3.5	17.6	4.0	20.2	4.6	23.2	5.3	24.7	5.7	26.2	6.0
35	16	48.4	11.1	55.6	12.8	64.1	14.7	73.5	16.9	78.3	18.0	83.0	19.1
	18	43.3	10.0	49.8	11.5	57.3	13.2	65.7	15.1	70.1	16.1	74.3	17.1
	20	38.2	8.8	43.9	10.1	50.6	11.6	58.0	13.3	61.8	14.2	65.5	15.0
	22	33.1	7.6	38.1	8.7	43.8	10.0	50.3	11.5	53.6	12.3	56.8	13.0
	24	28.0	6.4	32.2	7.4	37.1	8.5	42.5	9.7	45.3	10.4	48.0	11.0
40	16	61.2	14.1	70.3	16.1	80.9	18.6	92.8	21.3	98.9	22.7	104.8	24.1
	18	56.1	12.9	64.4	14.8	74.2	17.1	85.1	19.6	90.7	20.9	96.1	22.1
	20	51.0	11.7	58.6	13.5	67.4	15.5	77.3	17.8	82.4	18.9	87.4	20.1
	22	45.9	10.6	52.7	12.1	60.7	14.0	69.6	16.0	74.2	17.1	78.6	18.1
	24	40.8	9.4	46.9	10.8	54.0	12.4	61.9	14.2	65.9	15.1	69.9	16.0
45	16	73.9	17.0	84.9	19.5	97.8	22.5	112.1	25.7	119.5	27.4	126.7	29.1
	18	68.8	15.8	79.1	18.2	91.1	20.9	104.4	24.0	111.3	25.6	117.9	27.1
	20	63.7	14.6	73.2	16.8	84.3	19.4	96.7	22.2	103.0	23.7	109.2	25.1
	22	58.6	13.5	67.4	15.5	77.6	17.8	88.9	20.4	94.8	21.7	100.5	23.0
	24	53.5	12.3	61.5	14.1	70.8	16.2	81.2	18.6	86.6	19.8	91.7	21.0
50	16	86.7	19.9	99.6	22.9	114.7	26.3	131.5	30.2	140.1	32.2	148.5	34.1
	18	81.6	18.8	93.7	21.6	107.9	24.8	123.7	28.5	131.9	30.3	139.8	32.1
	20	76.5	17.6	87.9	20.2	101.2	23.2	116.0	26.6	123.7	28.4	131.0	30.1
	22	71.4	16.4	82.0	18.8	94.4	21.6	108.3	24.8	115.4	26.4	122.3	28.0
	24	66.3	15.2	76.1	17.4	87.7	20.1	100.5	23.0	107.2	24.5	113.6	26.0
55	16	99.4	22.8	114.2	26.2	131.5	30.2	150.8	34.6	160.7	36.9	170.3	39.1
	18	94.3	21.7	108.4	24.9	124.8	28.7	143.1	32.9	152.5	35.0	161.6	37.1
	20	89.2	20.5	102.5	23.5	118.0	27.1	135.3	31.1	144.3	33.1	152.9	35.1
	22	84.1	19.3	96.7	22.2	111.3	25.6	127.6	29.3	136.0	31.2	144.1	33.1
	24	79.0	18.2	90.8	20.9	104.5	24.0	119.9	27.5	127.8	29.3	135.4	31.1

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.1-11 加热管公称外径10mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 散热 量	向下 热损 失量										
30	16	31.5	8.7	35.8	9.9	40.7	11.3	45.9	12.7	48.6	13.5	51.1	14.2
	18	27.0	7.5	30.7	8.5	34.9	9.7	39.4	10.9	41.7	11.6	43.8	12.2
	20	22.5	6.2	25.6	7.1	29.1	8.1	32.8	9.1	34.7	9.6	36.5	10.1
	22	18.0	5.0	20.5	5.7	23.2	6.5	26.3	7.3	27.8	7.7	29.2	8.1
	24	13.5	3.7	15.3	4.3	17.4	4.8	19.7	5.5	20.8	5.8	21.9	6.1
35	16	42.8	11.9	48.6	13.5	55.2	15.3	62.3	17.3	66.0	18.3	69.4	19.2
	18	38.3	10.6	43.5	12.1	49.4	13.7	55.8	15.5	59.0	16.4	62.1	17.2
	20	33.8	9.4	38.4	10.6	43.6	12.1	49.2	13.7	52.1	14.4	54.8	15.2
	22	29.3	8.1	33.2	9.2	37.8	10.5	42.7	11.8	45.1	12.5	47.5	13.1
	24	24.8	6.9	28.1	7.8	32.0	8.9	36.1	10.0	38.2	10.6	40.2	11.1
40	16	54.0	15.0	61.4	17.0	69.7	19.4	78.8	21.9	83.3	23.1	87.6	24.3
	18	49.5	13.7	56.3	15.6	63.9	17.7	72.2	20.0	76.4	21.2	80.3	22.3
	20	45.0	12.5	51.1	14.2	58.1	16.1	65.6	18.2	69.4	19.3	73.0	20.3
	22	40.5	11.2	46.0	12.8	52.3	14.5	59.1	16.4	62.5	17.3	65.7	18.2
	24	36.0	10.0	40.9	11.4	46.5	12.9	52.5	14.6	55.5	15.4	58.4	16.2
45	16	65.3	18.1	74.2	20.6	84.3	23.4	95.2	26.4	100.7	27.9	105.9	29.3
	18	60.8	16.9	69.0	19.1	78.4	21.7	88.6	24.6	93.7	26.0	98.6	27.4
	20	56.3	15.6	63.9	17.7	72.6	20.2	82.0	22.8	86.8	24.0	91.3	25.3
	22	51.8	14.4	58.8	16.3	66.8	18.5	75.5	20.9	79.8	22.1	84.0	23.3
	24	4	13.1	53.7	14.9	61.0	16.9	68.9	19.1	72.9	20.2	76.7	21.2
50	16	76.5	21.2	86.9	24.1	98.8	27.4	111.6	31.0	118.0	32.7	124.1	34.4
	18	72.0	20.0	81.8	22.7	93.0	25.8	105.0	29.1	111.1	30.8	116.8	32.4
	20	67.5	18.7	76.7	21.3	87.2	24.2	98.4	27.3	104.1	28.9	109.5	30.4
	22	63.0	17.5	71.6	19.9	81.3	22.6	91.9	25.5	97.2	27.0	102.2	28.4
	24	58.5	16.2	66.5	18.4	75.5	21.0	85.3	23.7	90.3	25.0	94.9	26.3
55	16	87.8	24.3	99.7	27.7	113.3	31.4	128.0	35.5	135.4	37.5	142.4	39.4
	18	83.3	23.1	94.6	26.2	107.5	29.8	121.4	33.6	128.4	35.6	135.1	37.4
	20	78.8	21.8	89.5	24.8	101.7	28.2	114.9	31.8	121.5	33.7	127.8	35.4
	22	74.3	20.6	84.4	23.4	95.9	26.6	108.3	30.0	114.6	31.7	120.5	33.4
	24	69.8	19.3	79.3	22.0	90.1	25.0	101.7	28.2	107.6	29.8	113.2	31.4

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫，导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

B.1.2 采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料板（EPS）绝热层、豆石混凝土填充层时，单位辐射面面积向上供热量和向下传热量按表 B.1.2-1~表 B.1.2-11取值。

表 B.1.2-1 加热管公称外径20mm，水泥、石材或瓷砖面层（ $R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	38.2	5.5	48.9	7.1	56.2	8.1	64.9	9.4	75.2	10.9	86.5	12.5
	18	32.7	4.7	41.9	6.1	48.1	7.0	55.7	8.1	64.5	9.4	74.2	10.8
	20	27.3	4.0	34.9	5.1	40.1	5.8	46.4	6.7	53.7	7.8	61.8	8.9
	22	21.8	3.2	28.0	4.1	32.1	4.7	37.1	5.4	43.0	6.2	49.4	7.2
	24	16.4	2.4	21.0	3.0	24.1	3.5	27.8	4.0	32.2	4.7	37.1	5.4
35	16	51.8	7.5	66.4	9.6	76.2	11.0	88.1	12.8	102.1	14.8	117.4	17.0
	18	46.4	6.7	59.4	8.6	68.2	9.9	78.8	11.4	91.3	13.3	105.1	15.3
	20	40.9	5.9	52.4	7.6	60.2	8.7	69.6	10.1	80.6	11.7	92.7	13.4
	22	35.5	5.1	45.4	6.6	52.2	7.6	60.3	8.8	69.8	10.1	80.3	11.7
	24	30.0	4.3	38.4	5.6	44.1	6.4	51.0	7.4	59.1	8.6	68.0	9.8
40	16	65.4	9.5	83.9	12.2	96.3	13.9	111.3	16.1	128.9	18.7	148.3	21.5
	18	60.0	8.7	76.9	11.2	88.3	12.8	102.0	14.8	118.2	17.2	136.0	19.7
	20	54.5	7.9	69.9	10.1	80.2	11.6	92.7	13.4	107.4	15.6	123.6	17.9
	22	49.1	7.1	62.9	9.1	72.2	10.5	83.5	12.1	96.7	14.0	111.2	16.1
	24	43.6	6.3	55.9	8.1	64.2	9.3	74.2	10.7	85.9	12.4	98.9	14.3
45	16	79.1	11.5	101.3	14.7	116.3	16.9	134.5	19.5	155.8	22.6	179.2	26.0
	18	73.6	10.7	94.3	13.7	108.3	15.7	125.2	18.2	145.0	21.1	166.9	24.2
	20	68.2	9.9	87.3	12.7	100.3	14.5	115.9	16.8	134.3	19.4	154.5	22.4
	22	62.7	9.1	80.4	11.7	92.3	13.4	106.7	15.5	123.6	17.9	142.1	20.6
	24	57.3	8.3	73.4	10.6	84.2	12.2	97.4	14.1	112.8	16.3	129.8	18.8
50	16	92.7	13.4	118.8	17.2	136.4	19.8	157.7	22.8	182.6	26.5	210.1	30.4
	18	87.3	12.7	111.8	16.2	128.4	18.6	148.4	21.5	171.9	25.0	197.7	28.6
	20	81.8	11.9	104.8	15.2	120.3	17.4	139.1	20.2	161.2	23.3	185.4	26.8
	22	76.4	11.1	97.8	14.2	112.3	16.3	129.9	18.9	150.4	21.8	173.0	25.1
	24	70.9	10.3	90.8	13.2	104.3	15.1	120.6	17.5	139.7	20.2	160.7	23.3
55	16	106.3	15.4	136.3	19.7	156.4	22.7	180.9	26.2	209.5	30.3	241.0	35.0
	18	100.9	14.6	129.3	18.7	148.4	21.5	171.6	24.9	198.8	28.8	228.6	33.1
	20	95.4	13.8	122.3	17.7	140.4	20.3	162.3	23.5	188.0	27.2	216.3	31.3
	22	90.0	13.0	115.3	16.7	132.4	19.2	153.0	22.2	177.3	25.7	203.9	29.5
	24	84.5	12.3	108.3	15.7	124.4	18.0	143.8	20.8	166.5	24.1	191.6	27.7

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度30mm；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为50mm；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.2-2 加热管公称外径20mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	26.0	7.3	31.9	9.0	35.5	10.0	39.4	11.1	43.5	12.2	47.5	13.3
	18	22.3	6.3	27.4	7.7	30.4	8.5	33.7	9.5	37.3	10.5	40.7	11.5
	20	18.6	5.2	22.8	6.4	25.3	7.1	28.1	7.9	31.1	8.7	33.9	9.5
	22	14.9	4.2	18.2	5.1	20.3	5.7	22.5	6.3	24.8	7.0	27.2	7.6
	24	11.2	3.1	13.7	3.8	15.2	4.3	16.9	4.7	18.6	5.2	20.4	5.7
35	16	35.3	9.9	43.3	12.2	48.1	13.5	53.4	15.0	59.0	16.6	64.5	18.1
	18	31.6	8.9	38.8	10.9	43.1	12.1	47.8	13.4	52.8	14.8	57.7	16.2
	20	27.9	7.8	34.2	9.6	38.0	10.7	42.2	11.8	46.6	13.1	50.9	14.3
	22	24.2	6.8	29.6	8.3	32.9	9.3	36.6	10.3	40.4	11.4	44.1	12.4
	24	20.4	5.7	25.1	7.0	27.9	7.8	30.9	8.7	34.2	9.6	37.3	10.5
40	16	44.6	12.5	54.7	15.4	60.8	17.1	67.5	19.0	74.5	20.9	81.5	22.9
	18	40.9	11.5	50.2	14.1	55.7	15.7	61.9	17.4	68.3	19.2	74.7	21.0
	20	37.2	10.4	45.6	12.8	50.7	14.2	56.2	15.8	62.1	17.4	67.9	19.1
	22	33.5	9.4	41.0	11.5	45.6	12.8	50.6	14.2	55.9	15.7	61.1	17.2
	24	29.7	8.4	36.5	10.2	40.5	11.4	45.0	12.6	49.7	14.0	54.3	15.3
45	16	53.9	15.1	66.1	18.6	73.5	20.6	81.5	22.9	90.1	25.3	98.4	27.6
	18	50.2	14.1	61.5	17.3	68.4	19.2	75.9	21.3	83.9	23.6	91.7	25.8
	20	46.5	13.1	57.0	16.0	63.3	17.8	70.3	19.7	77.6	21.8	84.9	23.8
	22	42.8	12.0	52.4	14.7	58.3	16.4	64.7	18.2	71.4	20.1	78.1	22.0
	24	39.0	11.0	47.9	13.5	53.2	14.9	59.1	16.6	65.2	18.3	71.3	20.0
50	16	63.2	17.8	77.5	21.8	86.1	24.2	95.6	26.9	105.6	29.7	115.4	32.4
	18	59.5	16.7	72.9	20.5	81.1	22.8	90.0	25.3	99.4	27.9	108.6	30.5
	20	55.8	15.7	68.4	19.2	76.0	21.3	84.4	23.7	93.2	26.2	101.8	28.6
	22	52.1	14.6	63.8	17.9	70.9	19.9	78.7	22.1	87.0	24.5	95.0	26.7
	24	48.3	13.6	59.3	16.7	65.9	18.5	73.1	20.5	80.7	22.7	88.3	24.8
55	16	72.5	20.4	88.9	25.0	98.8	27.8	109.7	30.8	121.1	34.0	132.4	37.2
	18	68.8	19.3	84.3	23.7	93.7	26.3	104.0	29.2	114.9	32.3	125.6	35.3
	20	65.1	18.3	79.8	22.4	88.7	24.9	98.4	27.6	108.7	30.5	118.8	33.4
	22	61.3	17.2	75.2	21.1	83.6	23.5	92.8	26.1	102.5	28.8	112.0	31.5
	24	57.6	16.2	70.7	19.9	78.5	22.1	87.2	24.5	96.3	27.0	105.2	29.5

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 50mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.2-3 加热管公称外径20mm，木地板面层 (R=0.10 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	29.6	6.8	36.8	8.4	41.3	9.4	46.4	10.6	51.9	11.9	57.5	13.1
	18	25.4	5.8	31.5	7.2	35.4	8.1	39.8	9.1	44.5	10.2	49.3	11.3
	20	21.1	4.8	26.3	6.0	29.5	6.7	33.1	7.6	37.1	8.5	41.1	9.4
	22	16.9	3.9	21.0	4.8	23.6	5.4	26.5	6.1	29.7	6.8	32.9	7.5
	24	12.7	2.9	15.8	3.6	17.7	4.0	19.9	4.5	22.2	5.1	24.6	5.6
35	16	40.1	9.2	49.9	11.4	56.0	12.8	62.9	14.4	70.4	16.1	78.0	17.8
	18	35.9	8.2	44.7	10.2	50.1	11.5	56.3	12.9	63.0	14.4	69.8	16.0
	20	31.7	7.2	39.4	9.0	44.2	10.1	49.7	11.4	55.6	12.7	61.6	14.1
	22	27.5	6.3	34.2	7.8	38.3	8.8	43.1	9.9	48.2	11.0	53.4	12.2
	24	23.2	5.3	28.9	6.6	32.4	7.4	36.4	8.3	40.8	9.3	45.2	10.3
40	16	50.7	11.6	63.1	14.4	70.8	16.2	79.5	18.2	89.0	20.3	98.5	22.5
	18	46.5	10.6	57.8	13.2	64.9	14.8	72.9	16.7	81.6	18.7	90.3	20.7
	20	42.2	9.7	52.6	12.0	59.0	13.5	66.3	15.1	74.1	16.9	82.1	18.8
	22	38.0	8.7	47.3	10.8	53.1	12.1	59.6	13.6	66.7	15.3	73.9	16.9
	24	33.8	7.7	42.0	9.6	47.2	10.8	53.0	12.1	59.3	13.6	65.7	15.0
45	16	61.3	14.0	76.2	17.4	85.5	19.6	96.1	22.0	107.5	24.6	119.1	27.2
	18	57.0	13.0	71.0	16.2	79.6	18.2	89.4	20.5	100.1	22.9	110.9	25.4
	20	52.8	12.1	65.7	15.0	73.7	16.9	82.8	18.9	92.7	21.2	102.7	23.5
	22	48.6	11.1	60.4	13.8	67.8	15.5	76.2	17.4	85.3	19.5	94.4	21.6
	24	44.4	10.1	55.2	12.6	61.9	14.2	69.6	15.9	77.8	17.8	86.2	19.7
50	16	71.8	16.4	89.3	20.4	100.3	22.9	112.6	25.7	126.0	28.8	139.6	31.9
	18	67.6	15.5	84.1	19.2	94.4	21.6	106.0	24.3	118.6	27.2	131.4	30.1
	20	63.4	14.5	78.8	18.0	88.5	20.2	99.4	22.7	111.2	25.4	123.2	28.1
	22	59.2	13.5	73.6	16.8	82.6	18.9	92.8	21.2	103.8	23.8	115.0	26.3
	24	54.9	12.6	68.3	15.6	76.7	17.5	86.1	19.7	96.4	22.0	106.8	24.4
55	16	82.4	18.8	102.5	23.4	115.0	26.3	129.2	29.5	144.6	33.0	160.1	36.6
	18	78.1	17.9	97.2	22.2	109.1	24.9	122.6	28.0	137.2	31.3	151.9	34.7
	20	73.9	16.9	92.0	21.0	103.2	23.6	115.9	26.5	129.7	29.6	143.7	32.8
	22	69.7	15.9	86.7	19.8	97.3	22.2	109.3	25.0	122.3	28.0	135.5	31.0
	24	65.5	15.0	81.5	18.6	91.4	20.9	102.7	23.5	114.9	26.3	127.3	29.1

注：计算条件为加热管Φ20×2.0；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数0.041W/(m·K)、厚度30mm；豆石混凝土填充层导热系数1.51W/(m·K)、厚度为50mm；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.2-4 加热管公称外径16mm，水泥、石材或瓷砖面层（ $R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	43.0	8.5	50.5	10.0	58.9	11.6	69.1	13.7	81.1	16.0	87.5	17.3
	18	36.9	7.3	43.3	8.5	50.5	10.0	59.3	11.7	69.5	13.7	75.0	14.8
	20	30.7	6.1	36.1	7.1	42.0	8.3	49.4	9.8	57.9	11.4	62.5	12.3
	22	24.6	4.9	28.8	5.7	33.6	6.6	39.5	7.8	46.4	9.2	50.0	9.9
	24	18.4	3.6	21.6	4.3	25.2	5.0	29.6	5.8	34.8	6.9	37.5	7.4
35	16	58.4	11.5	68.5	13.5	79.9	15.8	93.8	18.5	110.1	21.7	118.8	23.4
	18	52.2	10.3	61.3	12.1	71.5	14.1	84.0	16.6	98.5	19.5	106.3	21.0
	20	46.1	9.1	54.1	10.7	63.1	12.5	74.1	14.7	86.9	17.2	93.8	18.6
	22	40.0	7.9	46.9	9.3	54.7	10.8	64.2	12.7	75.3	14.9	81.3	16.1
	24	33.8	6.7	39.7	7.9	46.3	9.2	54.3	10.8	63.8	12.7	68.8	13.7
40	16	73.7	14.5	86.5	17.1	100.9	19.9	118.5	23.4	139.1	27.4	150.1	29.6
	18	67.6	13.3	79.3	15.7	92.5	18.3	108.6	21.5	127.5	25.2	137.6	27.2
	20	61.5	12.1	72.1	14.3	84.1	16.6	98.8	19.5	115.9	22.9	125.1	24.7
	22	55.3	10.9	64.9	12.9	75.7	15.0	88.9	17.6	104.3	20.7	112.6	22.3
	24	49.2	9.7	57.7	11.5	67.3	13.4	79.0	15.7	92.7	18.4	100.0	19.9
45	16	89.1	17.6	104.6	20.6	121.9	24.0	143.2	28.2	168.0	33.1	181.3	35.7
	18	83.0	16.4	97.4	19.2	113.5	22.4	133.3	26.3	156.5	30.9	168.8	33.3
	20	76.8	15.2	90.2	17.8	105.1	20.8	123.5	24.4	144.9	28.7	156.3	30.9
	22	70.7	14.0	83.0	16.4	96.7	19.2	113.6	22.5	133.3	26.4	143.8	28.5
	24	64.6	12.8	75.8	15.0	88.3	17.5	103.7	20.6	121.7	24.2	131.3	26.1
50	16	104.5	20.6	122.6	24.2	142.9	28.2	167.9	33.1	197.0	38.8	212.6	41.9
	18	98.3	19.4	115.4	22.8	134.5	26.6	158.0	31.2	185.4	36.6	200.1	39.5
	20	92.2	18.2	108.2	21.4	126.1	24.9	148.2	29.3	173.8	34.4	187.6	37.1
	22	86.1	17.0	101.0	20.0	117.7	23.3	138.3	27.4	162.2	32.2	175.1	34.7
	24	79.9	15.8	93.8	18.6	109.3	21.7	128.4	25.5	150.7	30.0	162.6	32.3
55	16	119.8	23.6	140.6	27.7	164.0	32.3	192.6	38.0	226.0	44.5	243.9	48.1
	18	113.7	22.4	133.4	26.3	155.6	30.7	182.7	36.0	214.4	42.3	231.4	45.6
	20	107.5	21.2	126.2	24.9	147.1	29.0	172.8	34.1	202.8	40.0	218.9	43.1
	22	101.4	20.0	119.0	23.5	138.7	27.4	163.0	32.1	191.2	37.7	206.4	40.7
	24	95.2	18.8	111.8	22.0	130.3	25.7	153.1	30.2	179.6	35.4	193.9	38.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 50mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.2-5 加热管公称外径16mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	28.6	10.9	32.5	12.4	36.5	13.9	40.9	15.6	45.5	17.3	47.8	18.2
	18	24.5	9.3	27.9	10.6	31.3	11.9	35.1	13.3	39.0	14.8	41.0	15.6
	20	20.4	7.8	23.2	8.8	26.1	9.9	29.2	11.1	32.5	12.4	34.1	13.0
	22	16.4	6.2	18.6	7.1	20.9	7.9	23.4	8.9	26.0	9.9	27.3	10.4
	24	12.3	4.7	13.9	5.3	15.6	5.9	17.5	6.7	19.5	7.4	20.5	7.8
35	16	38.8	14.8	44.1	16.8	49.5	18.8	55.5	21.1	61.8	23.5	64.9	24.7
	18	34.8	13.2	39.5	15.0	44.3	16.9	49.7	18.9	55.3	21.0	58.0	22.1
	20	30.7	11.7	34.8	13.3	39.1	14.9	43.8	16.7	48.8	18.6	51.2	19.5
	22	26.6	10.1	30.2	11.5	33.9	12.9	38.0	14.5	42.3	16.1	44.4	16.9
	24	22.5	8.6	25.6	9.7	28.7	11.0	32.1	12.3	35.8	13.7	37.6	14.3
40	16	49.1	18.7	55.7	21.2	62.6	23.8	70.1	26.7	78.0	29.7	81.9	31.1
	18	45.0	17.1	51.1	19.4	57.3	21.8	64.3	24.5	71.5	27.2	75.1	28.6
	20	40.9	15.6	46.4	17.7	52.1	19.9	58.4	22.3	65.0	24.8	68.3	26.0
	22	36.8	14.0	41.8	15.9	46.9	17.9	52.6	20.1	58.5	22.3	61.5	23.4
	24	32.7	12.5	37.2	14.2	41.7	15.9	46.8	17.9	52.0	19.9	54.6	20.9
45	16	59.3	22.5	67.3	25.6	75.6	28.7	84.7	32.2	94.3	35.8	99.0	37.6
	18	55.2	21.0	62.7	23.9	70.4	26.8	78.9	30.0	87.8	33.4	92.2	35.1
	20	51.1	19.5	58.1	22.1	65.2	24.8	73.1	27.8	81.3	31.0	85.3	32.5
	22	47.0	17.9	53.4	20.3	60.0	22.9	67.2	25.6	74.8	28.5	78.5	29.9
	24	43.0	16.4	48.8	18.6	54.8	20.9	61.4	23.4	68.3	26.1	71.7	27.4
50	16	69.5	26.4	78.9	30.0	88.6	33.7	99.4	37.8	110.6	42.0	116.1	44.1
	18	65.4	24.9	74.3	28.3	83.4	31.7	93.5	35.6	104.1	39.6	109.2	41.6
	20	61.3	23.3	69.7	26.5	78.2	29.8	87.7	33.4	97.6	37.2	102.4	39.0
	22	57.3	21.8	65.0	24.8	73.0	27.8	81.8	31.2	91.1	34.7	95.6	36.5
	24	53.2	20.3	60.4	23.0	67.8	25.9	76.0	29.0	84.6	32.3	88.8	33.9
55	16	79.7	30.3	90.5	34.4	101.7	38.6	114.0	43.3	126.8	48.2	133.1	50.6
	18	75.6	28.8	85.9	32.7	96.4	36.7	108.1	41.1	120.3	45.7	126.3	48.0
	20	71.5	27.2	81.3	30.9	91.2	34.7	102.3	38.9	113.8	43.2	119.5	45.4
	22	67.4	25.6	76.6	29.1	86.0	32.7	96.4	36.7	107.3	40.8	112.7	42.8
	24	63.3	24.1	72.0	27.4	80.8	30.7	90.6	34.4	100.8	38.3	105.8	40.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 50mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.2-6 加热管公称外径16mm，木地板面层 (R=0.10 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	32.8	10.2	37.7	11.7	42.7	13.2	48.5	15.0	54.8	17.0	57.9	17.9
	18	28.1	8.7	32.3	10.0	36.6	11.4	41.6	12.9	47.0	14.6	49.6	15.4
	20	23.4	7.3	26.9	8.3	30.5	9.5	34.7	10.8	39.1	12.2	41.4	12.8
	22	18.7	5.8	21.5	6.7	24.4	7.6	27.7	8.6	31.3	9.7	33.1	10.3
	24	14.1	4.3	16.1	5.0	18.3	5.7	20.8	6.5	23.5	7.3	24.8	7.8
35	16	44.5	13.8	51.1	15.8	58.0	18.0	65.9	20.4	74.3	23.0	78.6	24.3
	18	39.9	12.4	45.7	14.2	51.9	16.1	58.9	18.3	66.5	20.6	70.3	21.8
	20	35.2	10.9	40.4	12.5	45.8	14.2	52.0	16.1	58.7	18.2	62.0	19.3
	22	30.5	9.5	35.0	10.9	39.7	12.3	45.1	14.0	50.9	15.8	53.8	16.7
	24	25.8	8.0	29.6	9.2	33.6	10.5	38.1	11.9	43.0	13.4	45.5	14.2
40	16	56.3	17.4	64.5	20.0	73.3	22.7	83.2	25.8	93.9	29.1	99.3	30.7
	18	51.6	16.0	59.2	18.3	67.2	20.8	76.3	23.6	86.1	26.7	91.0	28.2
	20	46.9	14.5	53.8	16.7	61.1	19.0	69.3	21.5	78.3	24.3	82.7	25.7
	22	42.2	13.1	48.4	15.0	55.0	17.1	62.4	19.4	70.4	21.9	74.5	23.2
	24	37.5	11.7	43.1	13.4	48.9	15.2	55.5	17.3	62.6	19.5	66.2	20.6
45	16	68.0	21.1	78.0	24.2	88.5	27.4	100.5	31.1	113.5	35.1	120.0	37.1
	18	63.3	19.6	72.6	22.5	82.4	25.6	93.6	29.0	105.6	32.8	111.7	34.6
	20	58.6	18.2	67.3	20.9	76.3	23.7	86.7	26.9	97.8	30.4	103.4	32.1
	22	53.9	16.7	61.9	19.2	70.2	21.8	79.7	24.8	90.0	28.0	95.1	29.6
	24	49.3	15.3	56.5	17.6	64.1	20.0	72.8	22.7	82.2	25.6	86.9	27.1
50	16	79.7	24.7	91.4	28.3	103.8	32.2	117.9	36.5	133.0	41.2	140.6	43.5
	18	75.0	23.3	86.1	26.7	97.7	30.3	110.9	34.4	125.2	38.8	132.4	41.0
	20	70.3	21.8	80.7	25.0	91.6	28.4	104.0	32.3	117.4	36.4	124.1	38.5
	22	65.7	20.4	75.3	23.4	85.5	26.6	97.1	30.2	109.6	34.1	115.8	36.0
	24	61.0	18.9	70.0	21.7	79.4	24.7	90.1	28.1	101.8	31.7	107.6	33.5
55	16	91.4	28.3	104.9	32.5	119.1	36.9	135.2	41.9	152.6	47.3	161.3	49.9
	18	86.7	26.9	99.5	30.8	113.0	35.0	128.3	39.7	144.8	44.8	153.0	47.4
	20	82.0	25.4	94.1	29.2	106.9	33.1	121.3	37.6	136.9	42.4	144.8	44.8
	22	77.4	24.0	88.7	27.5	100.7	31.2	114.4	35.4	129.1	40.0	136.5	42.3
	24	72.7	22.5	83.4	25.8	94.6	29.3	107.5	33.3	121.3	37.6	128.2	39.7

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数0.041W/(m·K)、厚度30mm；豆石混凝土填充层导热系数1.51W/(m·K)、厚度为50mm；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.2-7 加热管公称外径16mm，木地板面层 (R=0.10 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热 量	向下 传 热 量	向上 供 热 量	向下 传 热 量								
30	16	29.0	10.8	33.0	12.3	37.1	13.8	41.6	15.5	46.4	17.3	48.7	18.1
	18	24.9	9.3	28.3	10.5	31.8	11.8	35.7	13.3	39.8	14.8	41.8	15.6
	20	20.7	7.7	23.6	8.8	26.5	9.9	29.7	11.1	33.1	12.3	34.8	13.0
	22	16.6	6.2	18.9	7.0	21.2	7.9	23.8	8.9	26.5	9.9	27.9	10.4
	24	12.4	4.6	14.1	5.3	15.9	5.9	17.9	6.7	19.9	7.4	20.9	7.8
35	16	39.4	14.7	44.8	16.7	50.3	18.7	56.5	21.0	63.0	23.4	66.2	24.6
	18	35.3	13.1	40.1	14.9	45.0	16.8	50.6	18.8	56.3	21.0	59.2	22.0
	20	31.1	11.6	35.4	13.2	39.7	14.8	44.6	16.6	49.7	18.5	52.2	19.5
	22	27.0	10.1	30.7	11.4	34.5	12.9	38.7	14.4	43.1	16.1	45.3	16.9
	24	22.8	8.5	25.9	9.7	29.2	10.9	32.7	12.3	36.5	13.7	38.3	14.3
40	16	49.8	18.5	56.6	21.1	63.6	23.7	71.4	26.6	79.5	29.6	83.6	31.1
	18	45.6	17.0	51.9	19.3	58.3	21.7	65.4	24.4	72.9	27.2	76.6	28.5
	20	41.5	15.5	47.2	17.6	53.0	19.8	59.5	22.2	66.3	24.7	69.6	26.0
	22	37.3	13.9	42.4	15.8	47.7	17.8	53.5	20.0	59.7	22.3	62.7	23.4
	24	33.2	12.4	37.7	14.1	42.4	15.9	47.6	17.8	53.0	19.8	55.7	20.9
45	16	60.1	22.4	68.4	25.5	76.8	28.6	86.3	32.1	96.1	35.8	101.0	37.6
	18	56.0	20.9	63.7	23.7	71.5	26.7	80.3	29.9	89.5	33.3	94.0	35.0
	20	51.8	19.3	58.9	22.0	66.2	24.7	74.4	27.7	82.8	30.9	87.0	32.5
	22	47.7	17.8	54.2	20.2	61.0	22.8	68.4	25.6	76.2	28.5	80.1	29.9
	24	43.6	16.3	49.5	18.5	55.7	20.8	62.5	23.4	69.6	26.0	73.1	27.4
50	16	70.5	26.3	80.2	29.9	90.1	33.5	101.1	37.6	112.7	41.9	118.4	44.0
	18	66.4	24.7	75.4	28.1	84.8	31.6	95.2	35.5	106.0	39.5	111.4	41.5
	20	62.2	23.2	70.7	26.4	79.5	29.7	89.2	33.3	99.4	37.1	104.5	39.0
	22	58.1	21.7	66.0	24.6	74.2	27.7	83.3	31.1	92.8	34.7	97.5	36.4
	24	53.9	20.1	61.3	22.9	68.9	25.8	77.3	28.9	86.2	32.2	90.5	33.9
55	16	80.9	30.1	91.9	34.2	103.3	38.5	116.0	43.2	129.2	48.1	135.8	50.5
	18	76.7	28.6	87.2	32.5	98.0	36.5	110.1	41.0	122.6	45.6	128.8	47.9
	20	72.6	27.0	82.5	30.7	92.7	34.5	104.1	38.7	116.0	43.2	121.9	45.3
	22	68.4	25.5	77.8	29.0	87.4	32.6	98.2	36.5	109.4	40.7	114.9	42.8
	24	64.3	23.9	73.1	27.2	82.1	30.6	92.2	34.3	102.7	38.2	108.0	40.2

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数0.041W/(m·K)、厚度30mm；豆石混凝土填充层导热系数1.51W/(m·K)、厚度为50mm；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数0.045W/(m·K)、厚度2mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.2-8 加热管公称外径10mm，水泥、石材或瓷砖面层（ $R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	46.4	8.8	55.4	9.0	66.3	10.8	79.6	12.9	87.0	14.1	94.5	15.3
	18	39.8	7.6	47.5	7.7	56.8	9.2	68.2	11.1	74.6	12.1	81.0	13.2
	20	33.1	6.3	39.6	6.4	47.3	7.7	56.8	9.2	62.1	10.1	67.5	11.0
	22	26.5	5.0	31.7	5.1	37.9	6.1	45.5	7.4	49.7	8.1	54.0	8.8
	24	19.9	3.8	23.7	3.9	28.4	4.6	34.1	5.5	37.3	6.1	40.5	6.6
35	16	62.9	12.0	75.2	12.2	89.9	14.6	108.0	17.6	118.1	19.2	128.3	20.8
	18	56.3	10.7	67.3	10.9	80.5	13.1	96.6	15.7	105.6	17.2	114.8	18.7
	20	49.7	9.5	59.4	9.7	71.0	11.5	85.3	13.9	93.2	15.1	101.3	16.4
	22	43.1	8.2	51.5	8.4	61.5	10.0	73.9	12.0	80.8	13.1	87.8	14.2
	24	36.4	6.9	43.5	7.1	52.1	8.4	62.5	10.1	68.3	11.1	74.3	12.0
40	16	79.5	15.1	95.0	15.4	113.6	18.5	136.4	22.2	149.1	24.2	162.0	26.3
	18	72.9	13.9	87.1	14.1	104.1	16.9	125.0	20.3	136.7	22.2	148.5	24.2
	20	66.3	12.6	79.2	12.8	94.6	15.4	113.7	18.4	124.3	20.2	135.0	22.0
	22	59.6	11.3	71.2	11.6	85.2	13.8	102.3	16.6	111.8	18.2	121.5	19.8
	24	53.0	10.1	63.3	10.3	75.7	12.3	90.9	14.8	99.4	16.2	108.0	17.6
45	16	96.1	18.3	114.8	18.7	137.2	22.3	164.8	26.8	180.2	29.2	195.8	31.8
	18	89.5	17.0	106.9	17.4	127.8	20.8	153.5	25.0	167.8	27.3	182.3	29.6
	20	82.8	15.8	99.0	16.1	118.3	19.2	142.1	23.1	155.3	25.2	168.8	27.4
	22	76.2	14.5	91.0	14.8	108.9	17.7	130.7	21.3	142.9	23.2	155.3	25.2
	24	69.6	13.2	83.1	13.5	99.4	16.1	119.4	19.4	130.5	21.2	141.8	23.0
50	16	112.6	21.5	134.6	21.9	160.9	26.2	193.2	31.4	211.2	34.3	229.6	37.2
	18	106.0	20.2	126.7	20.6	151.4	24.6	181.9	29.5	198.8	32.3	216.1	35.1
	20	99.4	18.9	118.7	19.3	142.0	23.0	170.5	27.7	186.4	30.3	202.6	32.9
	22	92.8	17.7	110.8	18.0	132.5	21.5	159.1	25.8	174.0	28.3	189.1	30.7
	24	86.1	16.4	102.9	16.7	123.0	20.0	147.8	24.0	161.5	26.3	175.5	28.5
55	16	129.2	24.6	154.4	25.1	184.6	30.0	221.7	36.0	242.3	39.3	263.3	42.7
	18	122.6	23.4	146.5	23.8	175.1	28.5	210.3	34.2	229.9	37.3	249.8	40.5
	20	116.0	22.1	138.5	22.5	165.6	26.9	198.9	32.3	217.5	35.3	236.3	38.3
	22	109.3	20.8	130.6	21.2	156.2	25.4	187.6	30.5	205.0	33.3	222.8	36.1
	24	102.7	19.5	122.7	19.9	146.7	23.8	176.2	28.6	192.6	31.2	209.3	34.0

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 25mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.2-9 加热管公称外径10mm, 地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	30.3	11.3	35.0	11.2	39.8	12.7	44.9	14.3	47.5	15.2	50.0	15.9
	18	26.0	9.7	30.0	9.6	34.1	10.9	38.5	12.3	40.8	13.0	42.9	13.7
	20	21.7	8.1	25.0	8.0	28.4	9.1	32.1	10.2	34.0	10.8	35.7	11.4
	22	17.3	6.5	20.0	6.4	22.7	7.3	25.7	8.2	27.2	8.7	28.6	9.1
	24	13.0	4.9	15.0	4.8	17.0	5.4	19.3	6.1	20.4	6.5	21.4	6.8
35	16	41.1	15.4	47.5	15.1	54.0	17.2	61.0	19.4	64.5	20.6	67.9	21.6
	18	36.8	13.8	42.5	13.6	48.3	15.4	54.6	17.4	57.7	18.4	60.7	19.4
	20	32.5	12.1	37.5	12.0	42.6	13.6	48.2	15.3	50.9	16.2	53.6	17.1
	22	28.2	10.5	32.5	10.4	36.9	11.8	41.7	13.3	44.1	14.1	46.4	14.8
	24	23.8	8.9	27.5	8.8	31.3	10.0	35.3	11.3	37.4	11.9	39.3	12.5
40	16	52.0	19.4	60.0	19.1	68.2	21.7	77.0	24.6	81.5	26.0	85.8	27.3
	18	47.7	17.8	55.0	17.5	62.5	19.9	70.6	22.5	74.7	23.8	78.6	25.1
	20	43.3	16.2	50.0	16.0	56.8	18.1	64.2	20.5	67.9	21.7	71.5	22.8
	22	39.0	14.6	45.0	14.4	51.1	16.3	57.8	18.4	61.1	19.5	64.3	20.5
	24	34.7	13.0	40.0	12.8	45.5	14.5	51.4	16.4	54.3	17.3	57.2	18.2
45	16	62.8	23.5	72.5	23.1	82.4	26.3	93.1	29.7	98.5	31.4	103.6	33.0
	18	58.5	21.9	67.5	21.5	76.7	24.5	86.7	27.7	91.7	29.3	96.5	30.8
	20	54.1	20.2	62.5	19.9	71.0	22.6	80.3	25.6	84.9	27.1	89.3	28.5
	22	49.8	18.6	57.5	18.3	65.3	20.8	73.8	23.5	78.1	24.9	82.2	26.2
	24	45.5	17.0	52.5	16.7	59.7	19.0	67.4	21.5	71.3	22.7	75.0	23.9
50	16	73.6	27.5	85.0	27.1	96.6	30.8	109.2	34.8	115.5	36.8	121.5	38.7
	18	69.3	25.9	80.0	25.5	90.9	29.0	102.7	32.8	108.7	34.7	114.3	36.5
	20	65.0	24.3	75.0	23.9	85.2	27.2	96.3	30.7	101.9	32.5	107.2	34.2
	22	60.6	22.7	70.0	22.3	79.6	25.4	89.9	28.7	95.1	30.3	100.0	31.9
	24	56.3	21.1	65.0	20.7	73.9	23.6	83.5	26.6	88.3	28.2	92.9	29.6
55	16	84.5	31.6	97.5	31.1	110.8	35.3	125.2	39.9	132.5	42.2	139.3	44.4
	18	80.1	29.9	92.5	29.5	105.1	33.5	118.8	37.9	125.7	40.0	132.2	42.1
	20	75.8	28.3	87.5	27.9	99.4	31.7	112.4	35.8	118.9	37.9	125.1	39.8
	22	71.5	26.7	82.5	26.3	93.8	29.9	105.9	33.8	112.1	35.7	117.9	37.6
	24	67.1	25.1	77.5	24.7	88.1	28.1	99.5	31.7	105.3	33.5	110.8	35.3

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 25mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.2-10 加热管公称外径10mm, 木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	35.4	9.2	40.8	10.5	47.0	12.2	54.0	14.0	57.6	14.9	61.1	15.8
	18	30.4	7.9	34.9	9.0	40.3	10.4	46.3	12.0	49.4	12.8	52.4	13.6
	20	25.3	6.6	29.1	7.5	33.6	8.7	38.6	10.0	41.1	10.6	43.6	11.3
	22	20.3	5.3	23.3	6.1	26.9	7.0	30.8	8.0	32.9	8.5	34.9	9.0
	24	15.2	4.0	17.5	4.6	20.1	5.2	23.1	6.0	24.7	6.4	26.2	6.8
35	16	48.1	12.4	55.3	14.3	63.8	16.5	73.3	18.9	78.2	18.1	82.9	21.4
	18	43.0	11.1	49.5	12.8	57.1	14.8	65.5	17.0	69.9	18.1	74.2	19.2
	20	38.0	9.8	43.7	11.3	50.4	13.1	57.8	15.0	61.7	-41.9	65.4	17.0
	22	32.9	8.5	37.9	9.8	43.6	11.3	50.1	13.0	53.5	-102.0	56.7	14.7
	24	27.9	7.2	32.0	8.3	36.9	9.6	42.4	11.1	45.3	-162.1	48.0	12.5
40	16	60.7	15.7	69.9	18.1	80.6	20.8	92.5	23.9	98.7	25.5	104.7	27.1
	18	55.7	14.4	64.0	16.6	73.8	19.1	84.8	22.0	90.5	23.4	96.0	24.8
	20	50.6	13.1	58.2	15.1	67.1	17.4	77.1	20.0	82.3	21.3	87.3	22.6
	22	45.6	11.8	52.4	13.6	60.4	15.7	69.4	18.0	74.0	19.2	78.5	20.4
	24	40.5	10.5	46.6	12.1	53.7	14.0	61.7	16.1	65.8	17.2	69.8	18.2
45	16	73.4	19.0	84.4	21.8	97.3	25.2	111.8	28.9	119.3	30.8	126.5	32.7
	18	68.3	17.7	78.6	20.3	90.6	23.5	104.1	27.0	111.1	28.8	117.8	30.5
	20	63.3	16.4	72.8	18.9	83.9	21.8	96.4	25.0	102.8	26.7	109.1	28.3
	22	58.2	15.1	67.0	17.4	77.2	20.1	88.7	23.0	94.6	24.6	100.3	26.1
	24	53.2	13.8	61.1	15.9	70.5	18.4	81.0	21.1	86.4	22.5	91.6	23.9
50	16	86.1	22.3	99.0	25.6	114.1	29.5	131.1	33.9	139.9	36.2	148.3	38.3
	18	81.0	21.0	93.2	24.1	107.4	27.8	123.4	31.9	131.6	34.1	139.6	36.1
	20	76.0	19.7	87.3	22.6	100.7	26.1	115.7	30.0	123.4	32.0	130.9	33.9
	22	70.9	18.4	81.5	21.2	94.0	24.4	108.0	28.0	115.2	29.9	122.2	31.7
	24	65.8	17.1	75.7	19.7	87.3	22.7	100.3	26.1	106.9	27.8	113.5	29.5
55	16	98.7	25.5	113.5	29.4	130.9	33.8	150.4	38.9	160.4	41.5	170.2	44.0
	18	93.6	24.2	107.7	27.9	124.2	32.1	142.7	36.9	152.2	39.3	161.4	41.7
	20	88.6	22.9	101.9	26.3	117.5	30.4	134.9	34.9	144.0	37.2	152.7	39.5
	22	83.5	21.6	96.0	24.8	110.8	28.6	127.2	32.9	135.8	35.1	144.0	37.2
	24	78.5	20.3	90.2	23.3	104.0	26.9	119.5	30.9	127.5	33.0	135.2	35.0

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 25mm ；豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.2-11 加热管公称外径 10mm, 木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

供回水 平均温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空 气计算 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		散热 量	热损 失量	散热 量	热损 失量	散热 量	热损 失量	散热 量	热损 失量	散热 量	热损 失量	散热 量	热损 失量
30	16	30.8	11.3	35.6	11.1	40.5	12.6	45.8	14.3	48.5	15.1	51.1	15.9
	18	26.4	9.7	30.5	9.5	34.7	10.8	39.3	12.3	41.6	13.0	43.8	13.7
	20	22.0	8.0	25.4	7.9	28.9	9.0	32.7	10.2	34.6	10.8	36.5	11.4
	22	17.6	6.4	20.3	6.3	23.1	7.2	26.2	8.2	27.7	8.7	29.2	9.1
	24	13.2	4.8	15.2	4.8	17.3	5.4	19.6	6.1	20.8	6.5	21.9	6.8
35	16	41.8	15.3	48.3	15.1	54.9	17.1	62.1	19.4	65.8	20.5	69.3	21.6
	18	37.4	13.7	43.2	13.5	49.1	15.4	55.6	17.4	58.9	18.4	62.0	19.3
	20	33.0	12.1	38.1	11.9	43.4	13.5	49.1	15.3	52.0	16.2	54.7	17.1
	22	28.6	10.5	33.0	10.3	37.6	11.7	42.5	13.3	45.0	14.0	47.4	14.8
	24	24.2	8.8	27.9	8.7	31.8	9.9	36.0	11.2	38.1	11.9	40.1	12.5
40	16	52.8	19.3	60.9	19.0	69.4	21.6	78.5	24.5	83.1	25.9	87.5	27.3
	18	48.4	17.7	55.9	17.5	63.6	19.9	72.0	22.5	76.2	23.8	80.2	25.1
	20	44.0	16.1	50.8	15.9	57.8	18.1	65.4	20.4	69.3	21.6	72.9	22.8
	22	39.6	14.5	45.7	14.3	52.0	16.3	58.9	18.4	62.3	19.5	65.6	20.5
	24	35.2	12.9	40.6	12.7	46.2	14.4	52.3	16.4	55.4	17.3	58.4	18.2
45	16	63.7	23.3	73.6	23.0	83.8	26.2	94.9	29.6	100.5	31.3	105.8	33.0
	18	59.4	21.7	68.6	21.4	78.0	24.4	88.3	27.6	93.5	29.2	98.5	30.8
	20	55.0	20.1	63.5	19.8	72.3	22.5	81.8	25.5	86.6	27.0	91.2	28.4
	22	50.6	18.5	58.4	18.2	66.5	20.7	75.2	23.5	79.7	24.9	83.9	26.2
	24	46.2	16.9	53.3	16.6	60.7	18.9	68.7	21.4	72.7	22.7	76.6	23.9
50	16	74.7	27.3	86.3	26.9	98.3	30.7	111.2	34.7	117.8	36.7	124.0	38.7
	18	70.3	25.8	81.3	25.4	92.5	28.9	104.7	32.7	110.8	34.6	116.7	36.4
	20	65.9	24.1	76.2	23.8	86.7	27.1	98.1	30.7	103.9	32.5	109.4	34.2
	22	61.6	22.5	71.1	22.2	80.9	25.3	91.6	28.6	97.0	30.3	102.1	31.9
	24	57.2	20.9	66.0	20.6	75.2	23.5	85.0	26.6	90.1	28.1	94.8	29.6
55	16	85.7	31.4	99.0	30.9	112.7	35.2	127.6	39.8	135.1	42.1	142.2	44.4
	18	81.3	29.8	94.0	29.3	106.9	33.4	121.0	37.8	128.2	40.0	134.9	42.1
	20	76.9	28.1	88.9	27.7	101.2	31.6	114.5	35.7	121.2	37.8	127.6	39.8
	22	72.5	26.5	83.8	26.2	95.4	29.8	107.9	33.7	114.3	35.7	120.4	37.5
	24	68.1	24.9	78.7	24.6	89.6	28.0	101.4	31.6	107.4	33.5	113.1	35.3

注: 计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$; 模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS) 绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 25mm; 豆石混凝土填充层导热系数 $1.51\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm; 木地板下铺设可发性聚乙烯 (EPE) 泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm; 结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm。

B.1.3 采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板、水泥砂浆填充层时，单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按表 B.1.3-1~表 B.1.3-12取值。

表 B.1.3-1 加热管公称外径20mm，水泥、石材或瓷砖面层（ $R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ）单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	43.3	5.2	52.7	6.4	58.3	7.2	64.6	8.0	71.3	9.1	78.3	10.5
	18	37.1	4.5	45.2	5.5	50.0	6.1	55.3	6.9	61.1	7.8	67.1	9.0
	20	30.9	3.7	37.6	4.6	41.7	5.1	46.1	5.7	50.9	6.5	55.9	7.5
	22	24.8	3.0	30.1	3.7	33.3	4.1	36.9	4.6	40.7	5.2	44.7	6.0
	24	18.6	2.2	22.6	2.7	25.0	3.1	27.7	3.4	30.6	3.9	33.5	4.5
35	16	58.8	7.1	71.5	8.7	79.1	9.7	87.6	10.9	96.8	12.4	106.2	14.3
	18	52.6	6.4	64.0	7.8	70.8	8.7	78.4	9.8	86.6	11.1	95.1	12.8
	20	46.4	5.6	56.5	6.9	62.5	7.7	69.2	8.6	76.4	9.8	83.9	11.3
	22	40.3	4.9	49.0	6.0	54.2	6.7	60.0	7.5	66.2	8.5	72.7	9.8
	24	34.1	4.1	41.4	5.0	45.9	5.6	50.8	6.3	56.1	7.2	61.5	8.3
40	16	74.3	9.0	90.3	11.0	100.0	12.3	110.7	13.8	122.2	15.6	134.2	18.0
	18	68.1	8.2	82.8	10.1	91.6	11.3	101.5	12.6	112.1	14.3	123.0	16.5
	20	61.9	7.5	75.3	9.2	83.3	10.2	92.3	11.5	101.9	13.0	111.8	15.0
	22	55.8	6.7	67.8	8.3	75.0	9.2	83.1	10.4	91.7	11.7	100.7	13.5
	24	49.6	6.0	60.3	7.3	66.7	8.2	73.8	9.2	81.6	10.4	89.5	12.0
45	16	89.8	10.8	109.1	13.3	120.8	14.8	133.7	16.7	147.7	18.9	162.1	21.8
	18	83.6	10.1	101.6	12.4	112.5	13.8	124.5	15.5	137.5	17.6	151.0	20.3
	20	77.4	9.3	94.1	11.5	104.2	12.8	115.3	14.4	127.4	16.3	139.8	18.8
	22	71.2	8.6	86.6	10.6	95.8	11.8	106.1	13.2	117.2	15.0	128.6	17.3
	24	65.1	7.9	79.1	9.6	87.5	10.8	96.9	12.1	107.0	13.7	117.5	15.8
50	16	105.2	12.7	127.9	15.6	141.6	17.4	156.8	19.5	173.2	22.1	190.1	25.5
	18	99.1	12.0	120.4	14.7	133.3	16.4	147.6	18.4	163.0	20.8	178.9	24.0
	20	92.9	11.2	112.9	13.8	125.0	15.4	138.4	17.3	152.8	19.5	167.8	22.5
	22	86.7	10.5	105.4	12.8	116.7	14.3	129.2	16.1	142.7	18.2	156.6	21.0
	24	80.6	9.7	97.9	11.9	108.4	13.3	120.0	15.0	132.5	16.9	145.4	19.5
55	16	120.7	14.6	146.8	17.9	162.4	20.0	179.9	22.4	198.6	25.4	218.1	29.3
	18	114.5	13.8	139.2	17.0	154.1	18.9	170.6	21.3	188.5	24.1	206.9	27.8
	20	108.3	13.1	131.7	16.0	145.8	17.9	161.4	20.1	178.3	22.8	195.7	26.3
	22	102.1	12.3	124.2	15.1	137.5	16.9	152.2	19.0	168.1	21.5	184.5	24.8
	24	95.9	11.6	116.6	14.2	129.1	15.9	142.9	17.8	157.9	20.2	173.3	23.3

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30 mm ；加热管下均热层 0.4 mm ，导热系数 $273 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40 mm ；结构层导热系数 $1.72 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130 mm 。

表 B.1.3-2 加热管公称外径20mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	29.8	6.5	34.5	7.6	37.1	8.3	39.8	9.0	42.4	9.9	45.0	11.0
	18	25.5	5.6	29.6	6.5	31.8	7.1	34.1	7.7	36.4	8.5	38.6	9.5
	20	21.2	4.6	24.6	5.4	26.5	5.9	28.4	6.4	30.3	7.1	32.2	7.9
	22	17.0	3.7	19.7	4.3	21.2	4.7	22.7	5.1	24.3	5.6	25.7	6.3
	24	12.7	2.8	14.8	3.3	15.9	3.5	17.0	3.9	18.2	4.2	19.3	4.7
35	16	40.4	8.8	46.8	10.3	50.3	11.2	54.0	12.2	57.6	13.4	61.1	15.0
	18	36.1	7.9	41.9	9.2	45.0	10.0	48.3	10.9	51.5	12.0	54.7	13.4
	20	31.9	6.9	36.9	8.1	39.7	8.8	42.6	9.6	45.5	10.6	48.2	11.8
	22	27.6	6.0	32.0	7.1	34.4	7.7	36.9	8.4	39.4	9.2	41.8	10.3
	24	23.4	5.1	27.1	6.0	29.1	6.5	31.2	7.1	33.3	7.8	35.4	8.7
40	16	51.0	11.1	59.1	13.0	63.6	14.2	68.2	15.4	72.8	16.9	77.2	18.9
	18	46.7	10.2	54.2	11.9	58.3	13.0	62.5	14.1	66.7	15.5	70.8	17.3
	20	42.5	9.3	49.3	10.9	53.0	11.8	56.8	12.9	60.6	14.1	64.3	15.8
	22	38.2	8.3	44.3	9.8	47.7	10.6	51.1	11.6	54.6	12.7	57.9	14.2
	24	34.0	7.4	39.4	8.7	42.4	9.4	45.4	10.3	48.5	11.3	51.5	12.6
45	16	61.6	13.4	71.4	15.7	76.8	17.1	82.4	18.6	87.9	20.5	93.3	22.9
	18	57.4	12.5	66.5	14.7	71.5	15.9	76.7	17.4	81.9	19.0	86.8	21.3
	20	53.1	11.6	61.6	13.6	66.2	14.7	71.0	16.1	75.8	17.6	80.4	19.7
	22	48.9	10.6	56.6	12.5	60.9	13.6	65.3	14.8	69.7	16.2	74.0	18.1
	24	44.6	9.7	51.7	11.4	55.6	12.4	59.6	13.5	63.7	14.8	67.5	16.6
50	16	72.3	15.7	83.7	18.5	90.0	20.1	96.5	21.9	103.1	24.0	109.4	26.8
	18	68.0	14.8	78.8	17.4	84.7	18.9	90.9	20.6	97.0	22.6	102.9	25.2
	20	63.7	13.9	73.9	16.3	79.4	17.7	85.2	19.3	90.9	21.2	96.5	23.7
	22	59.5	13.0	69.0	15.2	74.1	16.5	79.5	18.0	84.9	19.7	90.1	22.1
	24	55.2	12.0	64.0	14.1	68.8	15.3	73.8	16.7	78.8	18.3	83.6	20.5
55	16	82.9	18.1	96.1	21.2	103.3	23.0	110.8	25.1	118.2	27.5	125.4	30.8
	18	78.6	17.1	91.1	20.1	98.0	21.8	105.1	23.8	112.2	26.1	119.0	29.2
	20	74.4	16.2	86.2	19.0	92.7	20.6	99.4	22.5	106.1	24.7	112.6	27.6
	22	70.1	15.3	81.3	17.9	87.4	19.5	93.7	21.2	100.0	23.3	106.1	26.0
	24	65.9	14.3	76.3	16.8	82.1	18.3	88.0	19.9	94.0	21.9	99.7	24.4

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；加热管下均热层 0.4mm ，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.3-3 加热管公称外径20mm，木地板面层 ($R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	36.6	6.7	42.7	7.9	46.0	8.6	49.3	9.3	52.6	10.2	55.7	11.3
	18	31.4	5.7	36.6	6.8	39.4	7.4	42.3	8.0	45.1	8.8	47.7	9.7
	20	26.2	4.8	30.5	5.6	32.8	6.1	35.2	6.7	37.6	7.3	39.8	8.1
	22	20.9	3.8	24.4	4.5	26.3	4.9	28.2	5.3	30.1	5.8	31.8	6.5
	24	15.7	2.9	18.3	3.4	19.7	3.7	21.1	4.0	22.6	4.4	23.8	4.9
35	16	49.7	9.1	57.9	10.7	62.4	11.6	67.0	12.7	71.4	13.9	75.5	15.4
	18	44.5	8.1	51.8	9.6	55.8	10.4	59.9	11.3	63.9	12.4	67.6	13.8
	20	39.2	7.2	45.7	8.5	49.3	9.2	52.9	10.0	56.4	10.9	59.6	12.1
	22	34.0	6.2	39.6	7.3	42.7	8.0	45.8	8.7	48.9	9.5	51.7	10.5
	24	28.8	5.3	33.5	6.2	36.1	6.7	38.8	7.3	41.4	8.0	43.7	8.9
40	16	62.8	11.5	73.2	13.5	78.8	14.7	84.6	16.0	90.2	17.5	95.4	19.4
	18	57.6	10.5	67.1	12.4	72.3	13.5	77.5	14.7	82.7	16.0	87.5	17.8
	20	52.3	9.6	61.0	11.3	65.7	12.3	70.5	13.3	75.2	14.6	79.5	16.2
	22	47.1	8.6	54.9	10.1	59.1	11.0	63.4	12.0	67.7	13.1	71.6	14.6
	24	41.9	7.7	48.8	9.0	52.6	9.8	56.4	10.7	60.2	11.7	63.6	13.0
45	16	75.9	13.9	88.4	16.3	95.3	17.8	102.2	19.3	109.0	21.2	115.3	23.5
	18	70.6	12.9	82.3	15.2	88.7	16.5	95.2	18.0	101.5	19.7	107.3	21.9
	20	65.4	12.0	76.2	14.1	82.1	15.3	88.1	16.7	94.0	18.2	99.4	20.2
	22	60.2	11.0	70.1	13.0	75.5	14.1	81.1	15.3	86.5	16.8	91.4	18.6
	24	54.9	10.0	64.0	11.8	69.0	12.9	74.0	14.0	79.0	15.3	83.5	17.0
50	16	88.9	16.3	103.7	19.2	111.7	20.8	119.8	22.7	127.8	24.8	135.2	27.5
	18	83.7	15.3	97.6	18.0	105.1	19.6	112.8	21.3	120.3	23.3	127.2	25.9
	20	78.5	14.4	91.5	16.9	98.5	18.4	105.7	20.0	112.8	21.9	119.3	24.3
	22	73.2	13.4	85.4	15.8	92.0	17.2	98.7	18.7	105.3	20.4	111.3	22.7
	24	68.0	12.4	79.3	14.7	85.4	15.9	91.6	17.3	97.8	19.0	103.4	21.1
55	16	102.0	18.7	118.9	22.0	128.1	23.9	137.5	26.0	146.6	28.4	155.0	31.6
	18	96.8	17.7	112.8	20.9	121.5	22.7	130.4	24.7	139.1	27.0	147.1	30.0
	20	91.6	16.7	106.7	19.7	115.0	21.4	123.4	23.3	131.6	25.5	139.1	28.3
	22	86.3	15.8	100.6	18.6	108.4	20.2	116.3	22.0	124.1	24.1	131.2	26.7
	24	81.1	14.8	94.5	17.5	101.8	19.0	109.3	20.7	116.6	22.6	123.2	25.1

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度30mm；加热管下均热层0.4mm，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为40mm；木地板下未铺地板垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.3-4 加热管公称外径20mm，木地板面层（ $R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热 量	向下 传 热 量										
30	16	30.2	6.4	35.0	7.6	37.7	8.2	40.4	9.0	43.2	9.9	45.9	11.0
	18	25.8	5.5	30.0	6.5	32.3	7.1	34.6	7.7	37.0	8.4	39.3	9.5
	20	21.5	4.6	25.0	5.4	26.9	5.9	28.9	6.4	30.9	7.0	32.8	7.9
	22	17.2	3.7	20.0	4.3	21.5	4.7	23.1	5.1	24.7	5.6	26.2	6.3
	24	12.9	2.8	15.0	3.2	16.1	3.5	17.3	3.8	18.5	4.2	19.7	4.7
35	16	40.9	8.7	47.5	10.3	51.1	11.2	54.9	12.2	58.6	13.4	62.2	15.0
	18	36.6	7.8	42.5	9.2	45.7	10.0	49.1	10.9	52.5	12.0	55.7	13.4
	20	32.3	6.9	37.5	8.1	40.4	8.8	43.3	9.6	46.3	10.6	49.1	11.8
	22	28.0	6.0	32.5	7.0	35.0	7.6	37.5	8.3	40.1	9.2	42.6	10.2
	24	23.7	5.1	27.5	5.9	29.6	6.5	31.8	7.1	33.9	7.7	36.0	8.7
40	16	51.7	11.0	60.0	13.0	64.6	14.1	69.3	15.4	74.1	16.9	78.6	18.9
	18	47.4	10.1	55.0	11.9	59.2	12.9	63.5	14.1	67.9	15.5	72.1	17.3
	20	43.1	9.2	50.0	10.8	53.8	11.8	57.7	12.8	61.7	14.1	65.5	15.8
	22	38.8	8.3	45.0	9.7	48.4	10.6	52.0	11.5	55.5	12.7	59.0	14.2
	24	34.5	7.4	40.0	8.6	43.1	9.4	46.2	10.3	49.4	11.3	52.4	12.6
45	16	62.5	13.3	72.5	15.7	78.0	17.0	83.7	18.6	89.5	20.4	95.0	22.8
	18	58.2	12.4	67.5	14.6	72.6	15.9	78.0	17.3	83.3	19.0	88.5	21.3
	20	53.9	11.5	62.5	13.5	67.3	14.7	72.2	16.0	77.1	17.6	81.9	19.7
	22	49.6	10.6	57.5	12.4	61.9	13.5	66.4	14.7	71.0	16.2	75.4	18.1
	24	45.3	9.7	52.5	11.3	56.5	12.3	60.6	13.5	64.8	14.8	68.8	16.5
50	16	73.2	15.6	85.0	18.4	91.5	20.0	98.2	21.8	104.9	23.9	111.4	26.8
	18	68.9	14.7	80.0	17.3	86.1	18.8	92.4	20.5	98.7	22.5	104.8	25.2
	20	64.6	13.8	75.0	16.2	80.7	17.6	86.6	19.2	92.6	21.1	98.3	23.6
	22	60.3	12.9	70.0	15.1	75.3	16.5	80.8	17.9	86.4	19.7	91.7	22.0
	24	56.0	12.0	65.0	14.0	69.9	15.3	75.0	16.7	80.2	18.3	85.2	20.5
55	16	84.0	17.9	97.5	21.1	104.9	22.9	112.6	25.0	120.3	27.4	127.8	30.7
	18	79.7	17.0	92.5	20.0	99.5	21.7	106.8	23.7	114.2	26.0	121.2	29.1
	20	75.4	16.1	87.5	18.9	94.2	20.6	101.1	22.4	108.0	24.6	114.7	27.6
	22	71.1	15.2	82.5	17.8	88.8	19.4	95.3	21.1	101.8	23.2	108.1	26.0
	24	66.8	14.3	77.5	16.8	83.4	18.2	89.5	19.9	95.7	21.8	101.5	24.4

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度30mm；加热管下均热层0.4mm，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为40mm；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫，导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度2mm；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.3-5 加热管公称外径16mm, 水泥、石材或瓷砖面层 (R=0.02 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内 空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热 量	向下 传热 量										
30	16	52.1	7.3	57.7	8.1	64.0	9.1	70.8	10.3	77.9	11.8	81.5	12.8
	18	44.6	6.2	49.5	6.9	54.9	7.8	60.7	8.8	66.8	10.1	69.8	11.0
	20	37.2	5.2	41.2	5.8	45.7	6.5	50.6	7.3	55.7	8.4	58.2	9.1
	22	29.8	4.1	33.0	4.6	36.6	5.2	40.5	5.9	44.5	6.7	46.6	7.3
	24	22.3	3.1	24.8	3.5	27.4	3.9	30.4	4.4	33.4	5.0	34.9	5.5
35	16	70.7	9.8	78.3	11.0	86.8	12.3	96.1	13.9	105.7	16.0	110.6	17.4
	18	63.2	8.8	70.1	9.8	77.7	11.0	86.0	12.5	94.6	14.3	98.9	15.5
	20	55.8	7.8	61.8	8.7	68.6	9.7	75.9	11.0	83.5	12.6	87.3	13.7
	22	48.4	6.7	53.6	7.5	59.4	8.4	65.8	9.5	72.4	10.9	75.7	11.9
	24	41.0	5.7	45.4	6.4	50.3	7.1	55.7	8.1	61.2	9.2	64.0	10.1
40	16	89.3	12.4	98.9	13.9	109.7	15.6	121.4	17.6	133.6	20.2	139.7	21.9
	18	81.8	11.4	90.7	12.7	100.6	14.3	111.3	16.1	122.4	18.5	128.0	20.1
	20	74.4	10.4	82.5	11.6	91.4	13.0	101.2	14.7	111.3	16.8	116.4	18.3
	22	67.0	9.3	74.2	10.4	82.3	11.7	91.1	13.2	100.2	15.1	104.8	16.5
	24	59.6	8.3	66.0	9.3	73.2	10.4	81.0	11.7	89.1	13.4	93.1	14.6
45	16	107.9	15.0	119.5	16.8	132.5	18.8	146.7	21.2	161.4	24.4	168.7	26.5
	18	100.4	14.0	111.3	15.6	123.4	17.5	136.6	19.8	150.3	22.7	157.1	24.7
	20	93.0	13.0	103.1	14.5	114.3	16.2	126.5	18.3	139.1	21.0	145.5	22.8
	22	85.6	11.9	94.8	13.3	105.2	14.9	116.4	16.9	128.0	19.3	133.9	21.0
	24	78.2	10.9	86.6	12.2	96.0	13.6	106.3	15.4	116.9	17.6	122.2	19.2
50	16	126.4	17.6	140.1	19.7	155.4	22.1	172.0	24.9	189.2	28.6	197.8	31.1
	18	119.0	16.6	131.9	18.5	146.3	20.8	161.9	23.4	178.1	26.9	186.2	29.2
	20	111.6	15.5	123.7	17.4	137.2	19.5	151.8	22.0	167.0	25.2	174.6	27.4
	22	104.2	14.5	115.5	16.2	128.0	18.2	141.7	20.5	155.8	23.5	162.9	25.6
	24	96.8	13.5	107.3	15.0	118.9	16.9	131.6	19.1	144.7	21.8	151.3	23.8
55	16	145.0	20.2	160.7	22.6	178.2	25.3	197.2	28.6	217.0	32.8	226.9	35.6
	18	137.6	19.2	152.5	21.4	169.1	24.0	187.1	27.1	205.9	31.1	215.3	33.8
	20	130.2	18.1	144.3	20.2	160.0	22.7	177.0	25.6	194.8	29.4	203.7	32.0
	22	122.7	17.1	136.0	19.1	150.8	21.4	166.9	24.2	183.6	27.7	192.0	30.2
	24	115.3	16.1	127.8	17.9	141.7	20.1	156.8	22.7	172.5	26.0	180.4	28.3

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数0.041W/(m·K)、厚度25mm；加热管下均热层0.4mm，导热系数273W/(m·K)；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)、厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.3-6 加热管公称外径16mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热 量	向下 传 热 量										
30	16	34.1	8.6	36.7	9.4	39.4	10.2	42.2	11.2	44.8	12.4	46.1	13.3
	18	29.2	7.4	31.5	8.0	33.8	8.7	36.2	9.6	38.4	10.6	39.5	11.4
	20	24.3	6.2	26.2	6.7	28.2	7.3	30.1	8.0	32.0	8.8	32.9	9.5
	22	19.5	4.9	21.0	5.4	22.5	5.8	24.1	6.4	25.6	7.1	26.3	7.6
	24	14.6	3.7	15.7	4.0	16.9	4.4	18.1	4.8	19.2	5.3	19.8	5.7
35	16	46.2	11.7	49.8	12.7	53.5	13.8	57.2	15.1	60.9	16.8	62.6	18.0
	18	41.4	10.5	44.6	11.4	47.9	12.4	51.2	13.5	54.5	15.0	56.0	16.1
	20	36.5	9.2	39.3	10.0	42.2	10.9	45.2	11.9	48.1	13.3	49.4	14.2
	22	31.7	8.0	34.1	8.7	36.6	9.5	39.2	10.4	41.6	11.5	42.8	12.3
	24	26.8	6.8	28.8	7.4	31.0	8.0	33.1	8.8	35.2	9.7	36.2	10.4
40	16	58.4	14.8	62.9	16.1	67.6	17.5	72.3	19.1	76.9	21.2	79.0	22.7
	18	53.5	13.6	57.7	14.7	62.0	16.0	66.3	17.5	70.5	19.5	72.5	20.8
	20	48.7	12.3	52.4	13.4	56.3	14.6	60.3	15.9	64.1	17.7	65.9	18.9
	22	43.8	11.1	47.2	12.0	50.7	13.1	54.2	14.3	57.7	15.9	59.3	17.1
	24	39.0	9.9	42.0	10.7	45.1	11.7	48.2	12.7	51.3	14.1	52.7	15.2
45	16	70.6	17.9	76.0	19.4	81.7	21.1	87.4	23.1	92.9	25.6	95.5	27.5
	18	65.7	16.6	70.8	18.1	76.0	19.7	81.3	21.5	86.5	23.9	88.9	25.6
	20	60.8	15.4	65.5	16.7	70.4	18.2	75.3	19.9	80.1	22.1	82.3	23.7
	22	56.0	14.2	60.3	15.4	64.8	16.7	69.3	18.3	73.7	20.3	75.8	21.8
	24	51.1	12.9	55.0	14.1	59.1	15.3	63.3	16.7	67.3	18.6	69.2	19.9
50	16	82.7	21.0	89.1	22.8	95.7	24.8	102.4	27.1	108.9	30.1	112.0	32.2
	18	77.9	19.7	83.9	21.4	90.1	23.3	96.4	25.5	102.5	28.3	105.4	30.3
	20	73.0	18.5	78.6	20.1	84.5	21.9	90.4	23.9	96.1	26.5	98.8	28.4
	22	68.2	17.3	73.4	18.7	78.9	20.4	84.4	22.3	89.7	24.8	92.2	26.5
	24	63.3	16.0	68.2	17.4	73.2	18.9	78.4	20.7	83.3	23.0	85.6	24.6
55	16	94.9	24.0	102.2	26.1	109.8	28.4	117.5	31.1	124.9	34.5	128.5	36.9
	18	90.0	22.8	97.0	24.8	104.2	26.9	111.5	29.5	118.5	32.7	121.9	35.0
	20	85.2	21.6	91.7	23.4	98.6	25.5	105.4	27.9	112.1	30.9	115.3	33.2
	22	80.3	20.3	86.5	22.1	92.9	24.0	99.4	26.3	105.7	29.2	108.7	31.3
	24	75.4	19.1	81.2	20.7	87.3	22.6	93.4	24.7	99.3	27.4	102.1	29.4

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度25mm；加热管下均热层 0.4mm ，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为40mm；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.3-7 加热管公称外径16mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热 量	向下 传热 量										
30	16	39.3	8.2	42.7	9.0	46.3	9.9	50.0	10.9	53.6	12.2	55.4	13.1
	18	33.7	7.1	36.6	7.7	39.7	8.5	42.8	9.4	45.9	10.5	47.5	11.3
	20	28.1	5.9	30.5	6.4	33.1	7.1	35.7	7.8	38.3	8.7	39.5	9.4
	22	22.4	4.7	24.4	5.1	26.4	5.7	28.6	6.2	30.6	7.0	31.6	7.5
35	16	16.8	3.5	18.3	3.9	19.8	4.2	21.4	4.7	23.0	5.2	23.7	5.6
	18	53.3	11.2	57.9	12.2	62.8	13.4	67.8	14.8	72.7	16.6	75.1	17.8
	20	47.7	10.0	51.8	10.9	56.2	12.0	60.7	13.2	65.1	14.8	67.2	16.0
	22	42.1	8.8	45.7	9.7	49.6	10.6	53.5	11.7	57.4	13.1	59.3	14.1
40	16	36.5	7.6	39.6	8.4	43.0	9.2	46.4	10.1	49.8	11.3	51.4	12.2
	18	30.9	6.5	33.6	7.1	36.4	7.8	39.3	8.6	42.1	9.6	43.5	10.3
	20	67.4	14.1	73.2	15.4	79.3	17.0	85.6	18.7	91.9	20.9	94.9	22.5
	22	61.8	12.9	67.1	14.2	72.7	15.5	78.5	17.1	84.2	19.2	87.0	20.7
45	16	56.2	11.8	61.0	12.9	66.1	14.1	71.4	15.6	76.6	17.5	79.1	18.8
	18	50.6	10.6	54.9	11.6	59.5	12.7	64.2	14.0	68.9	15.7	71.2	16.9
	20	44.9	9.4	48.8	10.3	52.9	11.3	57.1	12.5	61.3	14.0	63.3	15.0
	22	81.4	17.0	88.4	18.7	95.8	20.5	103.5	22.6	111.0	25.3	114.7	27.2
50	16	75.8	15.9	82.3	17.4	89.2	19.1	96.3	21.0	103.4	23.6	106.8	25.3
	18	70.2	14.7	76.2	16.1	82.6	17.7	89.2	19.5	95.7	21.8	98.9	23.5
	20	64.6	13.5	70.1	14.8	76.0	16.3	82.1	17.9	88.1	20.1	90.9	21.6
	22	59.0	12.4	64.1	13.5	69.4	14.8	75.0	16.4	80.4	18.3	83.0	19.7
55	16	95.4	20.0	103.6	21.9	112.4	24.0	121.3	26.5	130.2	29.7	134.4	31.9
	18	89.8	18.8	97.6	20.6	105.8	22.6	114.2	24.9	122.5	27.9	126.5	30.0
	20	84.2	17.6	91.5	19.3	99.2	21.2	107.1	23.4	114.9	26.2	118.6	28.2
	22	78.6	16.5	85.4	18.0	92.6	19.8	100.0	21.8	107.2	24.4	110.7	26.3
55	16	73.0	15.3	79.3	16.7	86.0	18.4	92.8	20.3	99.6	22.7	102.8	24.4
	18	109.5	22.9	118.9	25.1	128.9	27.5	139.2	30.4	149.3	34.0	154.2	36.6
	20	103.9	21.7	112.8	23.8	122.3	26.1	132.0	28.8	141.7	32.3	146.3	34.7
	22	98.2	20.6	106.7	22.5	115.7	24.7	124.9	27.3	134.0	30.5	138.4	32.9
55	22	92.6	19.4	100.6	21.2	109.0	23.3	117.8	25.7	126.4	28.8	130.5	31.0
	24	87.0	18.2	94.5	19.9	102.4	21.9	110.6	24.2	118.7	27.1	122.6	29.1

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 25mm ；加热管下均热层 0.4mm ，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.3-8 加热管公称外径16mm，木地板面层 (R=0.10 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

供回水 平均温 度 (°C)	室内 空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量
30	16	34.6	8.6	37.3	9.3	40.1	10.2	42.9	11.1	45.7	12.4	47.0	13.3
	18	29.6	7.4	32.0	8.0	34.4	8.7	36.8	9.5	39.1	10.6	40.3	11.4
	20	24.7	6.1	26.6	6.7	28.6	7.3	30.7	7.9	32.6	8.8	33.6	9.5
	22	19.8	4.9	21.3	5.3	22.9	5.8	24.5	6.4	26.1	7.1	26.8	7.6
35	16	46.9	11.7	50.6	12.7	54.4	13.8	58.2	15.1	62.0	16.8	63.8	18.0
	18	42.0	10.4	45.3	11.3	48.7	12.3	52.1	13.5	55.5	15.0	57.1	16.1
	20	37.1	9.2	39.9	10.0	42.9	10.9	46.0	11.9	48.9	13.2	50.3	14.2
	22	32.1	8.0	34.6	8.7	37.2	9.4	39.9	10.3	42.4	11.5	43.6	12.3
40	16	59.3	14.7	63.9	16.0	68.7	17.4	73.6	19.1	78.3	21.2	80.5	22.7
	18	54.3	13.5	58.6	14.7	63.0	16.0	67.4	17.5	71.8	19.4	73.8	20.8
	20	49.4	12.3	53.3	13.3	57.3	14.5	61.3	15.9	65.2	17.7	67.1	18.9
	22	44.5	11.0	47.9	12.0	51.5	13.1	55.2	14.3	58.7	15.9	60.4	17.0
45	16	71.6	17.8	77.2	19.3	83.0	21.1	88.9	23.0	94.6	25.6	97.3	27.4
	18	66.7	16.6	71.9	18.0	77.3	19.6	82.8	21.5	88.1	23.8	90.6	25.6
	20	61.8	15.3	66.6	16.7	71.6	18.2	76.6	19.9	81.6	22.1	83.9	23.7
	22	56.8	14.1	61.3	15.3	65.9	16.7	70.5	18.3	75.0	20.3	77.2	21.8
50	16	84.0	20.9	90.5	22.7	97.3	24.7	104.2	27.0	110.9	30.0	114.1	32.2
	18	79.0	19.6	85.2	21.3	91.6	23.2	98.1	25.4	104.4	28.3	107.4	30.3
	20	74.1	18.4	79.9	20.0	85.9	21.8	92.0	23.8	97.9	26.5	100.7	28.4
	22	69.2	17.2	74.6	18.7	80.2	20.3	85.9	22.3	91.3	24.7	94.0	26.5
55	16	96.3	23.9	103.8	26.0	111.6	28.3	119.6	31.0	127.2	34.4	130.9	36.9
	18	91.4	22.7	98.5	24.7	105.9	26.9	113.4	29.4	120.7	32.7	124.2	35.0
	20	86.4	21.5	93.2	23.3	100.2	25.4	107.3	27.8	114.2	30.9	117.5	33.1
	22	81.5	20.2	87.9	22.0	94.5	24.0	101.2	26.2	107.6	29.1	110.8	31.2
	24	76.6	19.0	82.5	20.7	88.8	22.5	95.0	24.6	101.1	27.4	104.0	29.3

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数0.041W/(m·K)、厚度25mm；加热管下均热层0.4mm，导热系数273W/(m·K)；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)、厚度为40mm；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫，导热系数0.045W/(m·K)、厚度2mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.3-9 加热管公称外径10mm, 水泥、石材或瓷砖面层 (R=0.02 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内 空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传热 量										
30	16	57.2	9.7	63.5	10.8	70.5	12.2	77.7	13.7	81.3	14.7	84.8	16.1
	18	49.0	8.3	54.5	9.3	60.4	10.4	66.6	11.8	69.7	12.6	72.7	13.8
	20	40.8	6.9	45.4	7.7	50.3	8.7	55.5	9.8	58.1	10.5	60.6	11.5
	22	32.7	5.5	36.3	6.2	40.3	6.9	44.4	7.9	46.5	8.4	48.5	9.2
	24	24.5	4.2	27.2	4.6	30.2	5.2	33.3	5.9	34.8	6.0	36.3	6.9
35	16	77.6	13.2	86.2	14.7	95.6	16.5	105.5	18.6	110.4	20.0	115.1	21.8
	18	69.4	11.8	77.2	13.2	85.6	14.8	94.4	16.7	98.7	17.9	103.0	19.5
	20	61.3	10.4	68.1	11.6	75.5	13.0	83.3	14.7	87.1	15.8	90.9	17.2
	22	53.1	9.0	59.0	10.1	65.4	11.3	72.2	12.8	75.5	13.7	78.8	14.9
	24	44.9	7.6	49.9	8.5	55.3	9.6	61.1	10.8	63.9	11.6	66.6	12.6
40	16	98.0	16.6	108.9	18.6	120.8	20.8	133.2	23.6	139.4	25.3	145.4	27.6
	18	89.9	15.2	99.8	17.0	110.7	19.1	122.1	21.6	127.8	23.2	133.3	25.3
	20	81.7	13.8	90.8	15.5	100.7	17.4	111.0	19.6	116.2	21.0	121.1	23.0
	22	73.5	12.5	81.7	13.9	90.6	15.6	99.9	17.7	104.6	18.9	109.0	20.7
	24	65.4	11.1	72.6	12.4	80.5	13.9	88.8	15.7	92.9	16.8	96.9	18.4
45	16	118.5	20.1	131.6	22.4	145.9	25.2	161.0	28.5	168.5	30.5	175.7	33.3
	18	110.3	18.7	122.5	20.9	135.9	23.5	149.9	26.5	156.8	28.4	163.5	31.0
	20	102.2	17.3	113.5	19.4	125.8	21.7	138.8	24.5	145.2	26.3	151.4	28.7
	22	94.0	15.9	104.4	17.8	115.8	20.0	127.7	22.6	133.6	24.2	139.3	26.4
	24	85.9	14.5	95.4	16.3	105.7	18.2	116.6	20.6	122.0	22.1	127.2	24.1
50	16	138.9	23.5	154.3	26.3	171.1	29.5	188.7	33.4	197.5	35.8	205.9	39.0
	18	130.7	22.2	145.2	24.8	161.1	27.8	177.6	31.4	185.9	33.7	193.8	36.7
	20	122.6	20.8	136.2	23.2	151.0	26.1	166.5	29.4	174.3	31.6	181.7	34.4
	22	114.4	19.4	127.1	21.7	140.9	24.3	155.5	27.5	162.7	29.5	169.6	32.2
	24	106.3	18.0	118.1	20.1	130.9	22.6	144.4	25.5	151.1	27.4	157.5	29.9
55	16	159.3	27.0	177.0	30.2	196.3	33.9	216.5	38.3	226.5	41.0	236.2	44.8
	18	151.1	25.6	167.9	28.6	186.2	32.1	205.4	36.3	214.9	38.9	224.1	42.5
	20	143.0	24.2	158.8	27.1	176.1	30.4	194.3	34.4	203.3	36.8	212.0	40.2
	22	134.8	22.8	149.7	25.5	166.1	28.7	183.2	32.4	191.7	34.7	199.9	37.9
	24	126.6	21.5	140.7	24.0	156.0	26.9	172.1	30.4	180.1	32.6	187.8	35.6

注: 计算条件为加热管Φ10×1.2; 模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS) 沟槽保温板导热系数0.041W/(m·K)、厚度20mm; 加热管下均热层0.4mm, 导热系数273W/(m·K); 水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)、厚度为40mm; 结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.3-10 加热管公称外径10mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传 热 量										
30	16	35.4	11.0	38.3	12.0	41.2	13.0	44.2	14.3	45.6	15.2	46.9	16.3
	18	30.4	9.4	32.8	10.3	35.4	11.2	37.9	12.3	39.1	13.0	40.2	14.0
	20	25.3	7.9	27.4	8.5	29.5	9.3	31.6	10.2	32.6	10.8	33.5	11.7
	22	20.3	6.3	21.9	6.8	23.6	7.5	25.2	8.2	26.1	8.7	26.8	9.3
	24	15.2	4.7	16.4	5.1	17.7	5.6	18.9	6.1	19.5	6.5	20.1	7.0
35	16	48.1	14.9	52.0	16.2	56.0	17.7	60.0	19.5	61.9	20.6	63.7	22.2
	18	43.0	13.4	46.5	14.5	50.1	15.8	53.6	17.4	55.4	18.4	57.0	19.8
	20	38.0	11.8	41.0	12.8	44.2	14.0	47.3	15.4	48.9	16.2	50.3	17.5
	22	32.9	10.2	35.6	11.1	38.3	12.1	41.0	13.3	42.3	14.1	43.6	15.2
	24	27.8	8.6	30.1	9.4	32.4	10.3	34.7	11.3	35.8	11.9	36.9	12.8
40	16	60.8	18.8	65.6	20.5	70.7	22.4	75.7	24.6	78.2	26.0	80.5	28.0
	18	55.7	17.3	60.2	18.8	64.8	20.5	69.4	22.5	71.6	23.8	73.8	25.7
	20	50.6	15.7	54.7	17.1	58.9	18.6	63.1	20.5	65.1	21.7	67.1	23.3
	22	45.6	14.1	49.3	15.4	53.0	16.8	56.8	18.4	58.6	19.5	60.4	21.0
	24	40.5	12.6	43.8	13.7	47.2	14.9	50.5	16.4	52.1	17.3	53.6	18.7
45	16	73.4	22.8	79.3	24.8	85.4	27.0	91.5	29.7	94.4	31.4	97.2	33.8
	18	68.4	21.2	73.9	23.1	79.5	25.2	85.2	27.6	87.9	29.2	90.5	31.5
	20	63.3	19.6	68.4	21.4	73.7	23.3	78.9	25.6	81.4	27.1	83.8	29.2
	22	58.2	18.1	62.9	19.7	67.8	21.4	72.6	23.5	74.9	24.9	77.1	26.8
	24	53.2	16.5	57.5	18.0	61.9	19.6	66.3	21.5	68.4	22.7	70.4	24.5
50	16	86.1	26.7	93.0	29.1	100.2	31.7	107.3	34.8	110.7	36.8	114.0	39.7
	18	81.0	25.1	87.5	27.4	94.3	29.8	101.0	32.8	104.2	34.7	107.3	37.3
	20	76.0	23.6	82.1	25.6	88.4	28.0	94.7	30.7	97.7	32.5	100.6	35.0
	22	70.9	22.0	76.6	23.9	82.5	26.1	88.4	28.7	91.2	30.3	93.9	32.7
	24	65.9	20.4	71.2	22.2	76.6	24.2	82.1	26.6	84.7	28.2	87.2	30.3
55	16	98.7	30.6	106.7	33.3	114.9	36.3	123.1	39.9	127.0	42.2	130.8	45.5
	18	93.7	29.1	101.2	31.6	109.0	34.5	116.8	37.9	120.5	40.1	124.1	43.2
	20	88.6	27.5	95.7	29.9	103.1	32.6	110.4	35.8	114.0	37.9	117.4	40.8
	22	83.5	25.9	90.2	28.2	97.2	30.8	104.1	33.8	107.5	35.7	110.7	38.5
	24	78.5	24.3	84.8	26.5	91.3	28.9	97.8	31.7	101.0	33.6	104.0	36.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；加热管下均热层 0.4mm ，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.3-11 加热管公称外径10mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量	向上供 热量	向下 传热量								
30	16	41.7	10.7	45.4	11.7	49.2	12.8	53.1	14.2	55.0	15.1	56.7	16.3
	18	35.8	9.2	38.9	10.0	42.2	11.0	45.5	12.2	47.1	12.9	48.6	13.9
	20	29.8	7.6	32.4	8.4	35.2	9.2	37.9	10.1	39.3	10.8	40.5	11.6
	22	23.8	6.1	25.9	6.7	28.1	7.3	30.3	8.1	31.4	8.6	32.4	9.3
	24	17.9	4.6	19.5	5.0	21.1	5.5	22.8	6.1	23.6	6.5	24.3	7.0
35	16	56.6	14.5	61.6	15.9	66.8	17.4	72.1	19.3	74.6	20.4	77.0	22.1
	18	50.7	13.0	55.1	14.2	59.8	15.6	64.5	17.2	66.7	18.3	68.9	19.7
	20	44.7	11.4	48.6	12.5	52.8	13.8	56.9	15.2	58.9	16.1	60.8	17.4
	22	38.7	9.9	42.2	10.9	45.7	11.9	49.3	13.2	51.0	14.0	52.7	15.1
	24	32.8	8.4	35.7	9.2	38.7	10.1	41.7	11.2	43.2	11.8	44.6	12.8
40	16	71.5	18.3	77.8	20.1	84.4	22.0	91.0	24.3	94.2	25.8	97.3	27.9
	18	65.6	16.8	71.3	18.4	77.4	20.2	83.4	22.3	86.4	23.7	89.2	25.5
	20	59.6	15.3	64.9	16.7	70.3	18.3	75.9	20.3	78.5	21.5	81.1	23.2
	22	53.6	13.7	58.4	15.0	63.3	16.5	68.3	18.3	70.7	19.4	72.9	20.9
	24	47.7	12.2	51.9	13.4	56.3	14.7	60.7	16.2	62.8	17.2	64.8	18.6
45	16	86.4	22.1	94.0	24.2	102.0	26.6	110.0	29.4	113.9	31.2	117.5	33.7
	18	80.5	20.6	87.6	22.6	95.0	24.8	102.4	27.4	106.0	29.0	109.4	31.4
	20	74.5	19.1	81.1	20.9	87.9	22.9	94.8	25.3	98.2	26.9	101.3	29.0
	22	68.5	17.5	74.6	19.2	80.9	21.1	87.2	23.3	90.3	24.7	93.2	26.7
	24	62.6	16.0	68.1	17.6	73.9	19.3	79.7	21.3	82.5	22.6	85.1	24.4
50	16	101.3	25.9	110.3	28.4	119.6	31.2	129.0	34.5	133.5	36.6	137.8	39.5
	18	95.4	24.4	103.8	26.7	112.6	29.4	121.4	32.4	125.6	34.4	129.7	37.2
	20	89.4	22.9	97.3	25.1	105.5	27.5	113.8	30.4	117.8	32.3	121.6	34.8
	22	83.4	21.4	90.8	23.4	98.5	25.7	106.2	28.4	109.9	30.1	113.5	32.5
	24	77.5	19.8	84.3	21.7	91.5	23.9	98.6	26.4	102.1	28.0	105.4	30.2
55	16	116.2	29.7	126.5	32.6	137.2	35.8	147.9	39.5	153.1	41.9	158.1	45.3
	18	110.2	28.2	120.0	30.9	130.1	33.9	140.3	37.5	145.3	39.8	149.9	43.0
	20	104.3	26.7	113.5	29.3	123.1	32.1	132.8	35.5	137.4	37.6	141.8	40.6
	22	98.3	25.2	107.0	27.6	116.1	30.3	125.2	33.5	129.6	35.5	133.7	38.3
	24	92.4	23.6	100.5	25.9	109.0	28.4	117.6	31.4	121.7	33.3	125.6	36.0

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；加热管下均热层 0.4mm ，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.3-12 加热管公称外径10mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

供回水 平均温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传 热 量	向上 供热 量	向下 传 热 量	向上 供热 量	向下 传 热 量	供向 上热 量	向下 传 热 量	向上 供热 量	向下 传 热 量	向上 供热 量	向下 传 热 量
30	16	36.5	11.1	39.4	12.1	42.3	13.1	45.3	14.4	46.7	15.2	48.0	16.4
	18	31.3	9.5	33.7	10.3	36.3	11.3	38.8	12.3	40.0	13.0	41.1	14.0
	20	26.1	7.9	28.1	8.6	30.3	9.4	32.3	10.3	33.3	10.9	34.3	11.7
	22	20.8	6.3	22.5	6.9	24.2	7.5	25.9	8.2	26.7	8.7	27.4	9.3
	24	15.6	4.8	16.9	5.2	18.2	5.6	19.4	6.2	20.0	6.5	20.6	7.0
35	16	49.5	15.0	53.4	16.4	57.5	17.8	61.5	19.5	63.4	20.6	65.1	22.2
	18	44.3	13.5	47.8	14.6	51.4	15.9	55.0	17.5	56.7	18.5	58.3	19.9
	20	39.1	11.9	42.2	12.9	45.4	14.1	48.5	15.4	50.0	16.3	51.4	17.5
	22	33.9	10.3	36.6	11.2	39.3	12.2	42.1	13.4	43.4	14.1	44.6	15.2
	24	28.7	8.7	30.9	9.5	33.3	10.3	35.6	11.3	36.7	11.9	37.7	12.9
40	16	62.5	19.0	67.5	20.7	72.6	22.5	77.6	24.7	80.0	26.1	82.3	28.0
	18	57.3	17.4	61.9	18.9	66.5	20.6	71.2	22.6	73.4	23.9	75.4	25.7
	20	52.1	15.8	56.3	17.2	60.5	18.8	64.7	20.6	66.7	21.7	68.6	23.4
	22	46.9	14.3	50.6	15.5	54.5	16.9	58.2	18.5	60.0	19.5	61.7	21.0
	24	41.7	12.7	45.0	13.8	48.4	15.0	51.8	16.4	53.4	17.4	54.9	18.7
45	16	75.5	23.0	81.5	25.0	87.7	27.2	93.8	29.8	96.7	31.5	99.4	33.9
	18	70.3	21.4	75.9	23.3	81.7	25.3	87.3	27.7	90.0	29.3	92.6	31.5
	20	65.1	19.8	70.3	21.5	75.6	23.4	80.9	25.7	83.4	27.1	85.7	29.2
	22	59.9	18.2	64.7	19.8	69.6	21.6	74.4	23.6	76.7	25.0	78.9	26.9
	24	54.7	16.6	59.1	18.1	63.5	19.7	67.9	21.6	70.0	22.8	72.0	24.5
50	16	88.6	26.9	95.6	29.3	102.8	31.9	110.0	34.9	113.4	36.9	116.6	39.7
	18	83.4	25.3	90.0	27.6	96.8	30.0	103.5	32.9	106.7	34.7	109.7	37.4
	20	78.2	23.8	84.4	25.8	90.7	28.1	97.0	30.8	100.0	32.6	102.9	35.0
	22	73.0	22.2	78.8	24.1	84.7	26.3	90.6	28.8	93.4	30.4	96.0	32.7
	24	67.8	20.6	73.1	22.4	78.7	24.4	84.1	26.7	86.7	28.2	89.1	30.4
55	16	101.6	30.9	109.7	33.6	118.0	36.6	126.1	40.1	130.1	42.3	133.7	45.6
	18	96.4	29.3	104.0	31.9	111.9	34.7	119.7	38.0	123.4	40.2	126.9	43.2
	20	91.2	27.7	98.4	30.1	105.9	32.8	113.2	36.0	116.7	38.0	120.0	40.9
	22	86.0	26.1	92.8	28.4	99.8	30.9	106.7	33.9	110.0	35.8	113.1	38.5
	24	80.7	24.6	87.2	26.7	93.8	29.1	100.3	31.9	103.4	33.7	106.3	36.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；加热管下均热层 0.4mm ，导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫，导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

B.1.4 采用聚乙烯结构复合模块板、水泥砂浆填充层时，单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按表 B.1.4-1~表 B.1.4-16取值。

聚乙烯结构复合模块板蘑菇头示意，可见图 B.1.4-1、图 B.1.4-2。

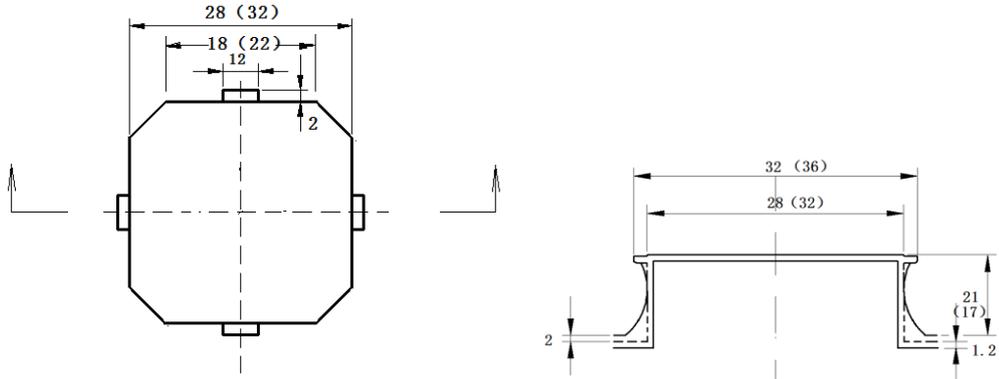


图 B.1.4-1 聚乙烯结构复合模块板蘑菇头示意图（一）

注：数值为配加热管公称外径20mm（括号内数值为配加热管公称外径16mm）

聚乙烯结构（厚度1.2mm）复合模块板（充实板）蘑菇头尺寸。蘑菇头间距50mm。尺寸不成比例。

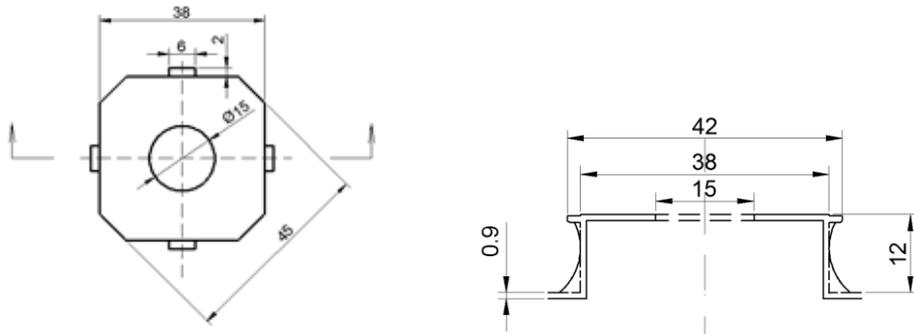


图 B.1.4-2 聚乙烯结构复合模块板蘑菇头示意图（二）

注：配加热管公称外径10mm聚乙烯结构（厚度0.9mm）复合模块板（镂空板/裸板）蘑菇头尺寸。

蘑菇头间距50mm，蘑菇头外尺寸38mm，上部局部42mm，蘑菇头高度12mm。尺寸不成比例。

B.1.4.1 采用聚乙烯结构复合模块板、水泥砂浆填充层时，单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按表 B.1.4-1~表 B.1.4-16取值。

表 B.1.4-1 加热管公称外径20mm，水泥、石材或瓷砖面层 ($R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供 热量	向下传 热量	向上供 热量	向下传 热量	向上供 热量	向下传 热量	向上供 热量	向下传 热量
30	16	29.6	5.2	35.8	6.2	44.8	7.8	56.1	9.8
	18	25.4	4.4	30.7	5.4	38.4	6.7	48.1	8.5
	20	21.2	3.7	25.6	4.5	32.0	5.6	40.1	7.0
	22	16.9	2.9	20.5	3.6	25.6	4.4	32.0	5.6
	24	12.7	2.2	15.3	2.7	19.2	3.4	24.0	4.3
35	16	40.2	7.0	48.6	8.5	60.9	10.6	76.1	13.4
	18	36.0	6.3	43.5	7.6	54.4	9.5	68.1	12.0
	20	31.7	5.5	38.4	6.7	48.0	8.3	60.1	10.6
	22	27.5	4.8	33.2	5.8	41.6	7.2	52.1	9.1
	24	23.3	4.1	28.1	4.9	35.2	6.1	44.1	7.8
40	16	50.8	8.8	61.4	10.7	76.9	13.3	96.1	16.9
	18	46.6	8.1	56.3	9.8	70.5	12.3	88.1	15.5
	20	42.3	7.4	51.1	8.9	64.1	11.1	80.1	14.1
	22	38.1	6.6	46.0	8.0	57.6	10.0	72.1	12.7
	24	33.9	5.9	40.9	7.1	51.2	8.9	64.1	11.3
45	16	61.4	10.7	74.2	12.9	92.9	16.1	116.2	20.4
	18	57.1	10.0	69.0	12.0	86.5	15.0	108.2	19.0
	20	52.9	9.2	63.9	11.1	80.1	13.9	100.1	17.6
	22	48.7	8.5	58.8	10.2	73.7	12.8	92.1	16.2
	24	44.4	7.7	53.7	9.4	67.3	11.7	84.1	14.8
50	16	71.9	12.5	87.0	15.2	108.9	18.9	136.2	23.9
	18	67.7	11.8	81.8	14.3	102.5	17.8	128.2	22.6
	20	63.5	11.0	76.7	13.4	96.1	16.7	120.2	21.1
	22	59.2	10.3	71.6	12.5	89.7	15.6	112.2	19.7
	24	55.0	9.6	66.5	11.6	83.3	14.4	104.1	18.3
55	16	82.5	14.4	99.7	17.4	124.9	21.7	156.2	27.4
	18	78.3	13.6	94.6	16.5	118.5	20.6	148.2	26.0
	20	74.1	12.9	89.5	15.6	112.1	19.5	140.2	24.6
	22	69.8	12.1	84.4	14.7	105.7	18.3	132.2	23.2
	24	65.6	11.4	79.3	13.8	99.3	17.3	124.2	21.8

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 1.2mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 23mm ，加热管抬高 2mm ，模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-2 加热管公称外径为20mm，地毯面层 (R=0.15 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气温度 (°C)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供 热量	向下传 热量	向上供 热量	向下传 热量	向上供 热量	向下传 热量	向上供 热量	向下传 热量
30	16	21.9	6.5	25.7	7.6	30.7	9.1	36.2	10.8
	18	18.8	5.6	22.0	6.6	26.3	7.8	31.1	9.3
	20	15.7	4.6	18.4	5.4	21.9	6.5	25.9	7.7
	22	12.5	3.7	14.7	4.4	17.5	5.2	20.7	6.2
	24	9.4	2.8	11.0	3.3	13.2	3.9	15.5	4.6
35	16	29.7	8.8	34.9	10.3	41.7	12.3	49.2	14.7
	18	26.6	7.9	31.2	9.3	37.3	11.1	44.0	13.2
	20	23.5	7.0	27.5	8.2	32.9	9.7	38.8	11.6
	22	20.3	6.0	23.9	7.1	28.5	8.4	33.7	10.0
	24	17.2	5.1	20.2	6.0	24.1	7.1	28.5	8.5
40	16	37.6	11.1	44.0	13.1	52.6	15.6	62.1	18.5
	18	34.4	10.2	40.4	12.0	48.2	14.3	57.0	17.0
	20	31.3	9.3	36.7	10.9	43.8	13.0	51.8	15.4
	22	28.2	8.3	33.0	9.8	39.5	11.7	46.6	13.9
	24	25.0	7.4	29.4	8.7	35.1	10.4	41.4	12.4
45	16	45.4	13.4	53.2	15.8	63.6	18.8	75.1	22.4
	18	42.3	12.5	49.5	14.7	59.2	17.5	69.9	20.9
	20	39.1	11.6	45.9	13.6	54.8	16.2	64.7	19.3
	22	36.0	10.7	42.2	12.5	50.4	14.9	59.5	17.8
	24	32.9	9.7	38.5	11.4	46.0	13.6	54.4	16.2
50	16	53.2	15.8	62.4	18.5	74.5	22.1	88.0	26.2
	18	50.1	14.8	58.7	17.4	70.1	20.8	82.8	24.7
	20	47.0	13.9	55.0	16.3	65.8	19.5	77.7	23.2
	22	43.8	13.0	51.4	15.2	61.4	18.2	72.5	21.6
	24	40.7	12.1	47.7	14.2	57.0	16.9	67.3	20.1
55	16	61.0	18.1	71.6	21.2	85.5	25.3	101.0	30.1
	18	57.9	17.2	67.9	20.1	81.1	24.0	95.8	28.6
	20	54.8	16.2	64.2	19.1	76.7	22.7	90.6	27.0
	22	51.6	15.3	60.6	18.0	72.3	21.4	85.4	25.5
	24	48.5	14.4	56.9	16.9	68.0	20.1	80.2	23.9

注：计算条件为加热管Φ20×2.0；聚乙烯材料导热系数0.35W/(m·K)、厚度1.2mm、方型蘑菇头间距50mm、高度23mm，加热管抬高2mm，模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数0.041W/(m·K)、厚度30mm；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)、蘑菇头以上厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.4-3 加热管公称外径20mm，木地板面层（ $R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温（℃）	室内空气温度（℃）	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量
30	16	24.4	6.1	28.2	7.1	34.4	8.6	42.6	10.6
	18	20.9	5.2	24.2	6.1	29.5	7.4	36.5	9.1
	20	17.4	4.4	20.2	5.1	24.6	6.1	30.4	7.6
	22	13.9	3.5	16.1	4.1	19.7	4.9	24.4	6.1
	24	10.5	2.6	12.1	3.1	14.7	3.7	18.3	4.6
35	16	33.1	8.2	38.3	9.6	46.7	11.6	57.8	14.4
	18	29.6	7.4	34.3	8.6	41.8	10.4	51.8	12.9
	20	26.1	6.5	30.3	7.6	36.9	9.2	45.7	11.4
	22	22.6	5.7	26.2	6.6	32.0	8.0	39.6	9.9
	24	19.2	4.8	22.2	5.6	27.0	6.8	33.5	8.4
40	16	41.8	10.4	48.4	12.1	59.0	14.7	73.1	18.2
	18	38.3	9.6	44.4	11.2	54.1	13.5	67.0	16.7
	20	34.8	8.7	40.4	10.2	49.2	12.3	60.9	15.2
	22	31.4	7.8	36.3	9.2	44.2	11.1	54.8	13.7
	24	27.9	7.0	32.3	8.2	39.3	9.9	48.7	12.3
45	16	50.5	12.6	58.5	14.7	71.3	17.8	88.3	22.0
	18	47.0	11.7	54.5	13.7	66.4	16.6	82.2	20.5
	20	43.5	10.9	50.4	12.7	61.4	15.4	76.1	19.0
	22	40.1	10.0	46.4	11.7	56.5	14.2	70.0	17.6
	24	36.6	9.2	42.4	10.7	51.6	13.0	63.9	16.1
50	16	59.2	14.7	68.6	17.2	83.6	20.8	103.5	25.8
	18	55.7	13.9	64.6	16.2	78.6	19.6	97.4	24.3
	20	52.2	13.1	60.5	15.2	73.7	18.4	91.3	22.9
	22	48.8	12.2	56.5	14.2	68.8	17.2	85.2	21.4
	24	45.3	11.4	52.5	13.3	63.9	16.0	79.1	19.9
55	16	67.9	16.9	78.7	19.7	95.9	23.9	118.7	29.6
	18	64.4	16.0	74.6	18.7	90.9	22.7	112.6	28.1
	20	60.9	15.2	70.6	17.7	86.0	21.5	106.5	26.6
	22	57.5	14.3	66.6	16.7	81.1	20.2	100.5	25.1
	24	54.0	13.4	62.5	15.7	76.2	19.0	94.4	23.5

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 1.2mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 23mm ，加热管抬高 2mm ，模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-4 加热管公称外径20mm, 木地板面层 (R=0.10m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气温度 (°C)	加热管间距 (mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量
30	16	22.2	6.5	25.5	7.5	30.7	8.9	37.3	10.9
	18	19.0	5.5	21.9	6.4	26.3	7.7	32.0	9.3
	20	15.9	4.6	18.2	5.4	21.9	6.4	26.7	7.8
	22	12.7	3.7	14.6	4.3	17.5	5.1	21.3	6.3
	24	9.5	2.8	10.9	3.2	13.2	3.9	16.0	4.7
35	16	30.1	8.8	34.7	10.1	41.7	12.1	50.7	14.8
	18	27.0	7.9	31.0	9.1	37.3	10.9	45.3	13.2
	20	23.8	6.9	27.4	8.0	32.9	9.6	40.0	11.7
	22	20.6	6.0	23.7	7.0	28.5	8.3	34.7	10.2
	24	17.5	5.1	20.1	5.9	24.1	7.1	29.3	8.6
40	16	38.1	11.1	43.8	12.8	52.6	15.3	64.0	18.6
	18	34.9	10.2	40.1	11.8	48.2	14.1	58.7	17.1
	20	31.7	9.3	36.5	10.7	43.8	12.8	53.3	15.6
	22	28.6	8.3	32.8	9.7	39.5	11.5	48.0	14.1
	24	25.4	7.4	29.2	8.6	35.1	10.3	42.7	12.5
45	16	46.0	13.4	52.9	15.5	63.6	18.5	77.3	22.5
	18	42.8	12.5	49.2	14.4	59.2	17.2	72.0	21.0
	20	39.7	11.6	45.6	13.4	54.8	16.0	66.7	19.5
	22	36.5	10.7	42.0	12.3	50.4	14.7	61.3	18.0
	24	33.3	9.8	38.3	11.3	46.0	13.5	56.0	16.4
50	16	53.9	15.7	62.0	18.2	74.5	21.7	90.6	26.4
	18	50.8	14.8	58.4	17.1	70.2	20.4	85.3	24.9
	20	47.6	13.9	54.7	16.1	65.8	19.2	80.0	23.4
	22	44.4	13.0	51.1	15.0	61.4	17.9	74.7	21.9
	24	41.3	12.1	47.4	14.0	57.0	16.7	69.3	20.3
55	16	61.9	18.0	71.1	20.8	85.5	24.9	104.0	30.3
	18	58.7	17.1	67.5	19.8	81.1	23.6	98.6	28.7
	20	55.5	16.1	63.8	18.7	76.7	22.3	93.3	27.2
	22	52.3	15.2	60.2	17.6	72.3	21.1	88.0	25.6
	24	49.2	14.3	56.5	16.5	68.0	19.8	82.6	24.1

注: 计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$; 聚乙烯材料导热系数 $0.35W/(m \cdot K)$ 、厚度 $1.2mm$ 、方型蘑菇头间距 $50mm$ 、高度 $23mm$, 加热管抬高 $2mm$, 模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS) 绝热层导热系数 $0.041W/(m \cdot K)$ 、厚度 $30mm$; 水泥砂浆填充层导热系数 $0.93W/(m \cdot K)$ 、蘑菇头以上厚度为 $40mm$; 木地板下铺设可发性聚乙烯 (EPE) 泡沫垫导热系数 $0.045W/(m \cdot K)$ 、厚度 $2mm$; 结构层导热系数 $1.72W/(m \cdot K)$ 、厚度 $130mm$ 。

表 B.1.4-5 加热管公称外径16mm, 水泥、石材或瓷砖面层 (R=0.02 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)									
		250		200		150		100		50	
		向上供 热量	向下传 热量								
30	16	24.1	4.5	28.8	5.4	37.3	6.9	46.8	8.8	66.5	12.4
	18	20.6	3.8	24.7	4.6	32.0	5.9	40.2	7.6	57.0	10.7
	20	17.2	3.2	20.6	3.9	26.6	5.0	33.5	6.3	47.5	8.9
	22	13.8	2.6	16.5	3.1	21.3	4.0	26.8	5.1	38.0	7.2
	24	10.3	1.9	12.4	2.3	16.0	3.0	20.1	3.8	28.5	5.4
35	16	32.7	6.1	39.1	7.3	50.6	9.4	63.6	11.9	90.2	16.8
	18	29.2	5.4	35.0	6.5	45.3	8.4	56.9	10.7	80.7	15.1
	20	25.8	4.8	30.9	5.8	39.9	7.4	50.2	9.5	71.2	13.4
	22	22.3	4.2	26.8	5.0	34.6	6.5	43.5	8.2	61.7	11.6
	24	18.9	3.6	22.6	4.3	29.3	5.5	36.8	7.0	52.2	9.9
40	16	41.2	7.7	49.4	9.2	63.9	11.8	80.3	15.1	114.0	21.3
	18	37.8	7.0	45.3	8.5	58.6	10.9	73.6	13.8	104.5	19.5
	20	34.4	6.4	41.2	7.7	53.3	9.9	66.9	12.6	95.0	17.8
	22	30.9	5.8	37.1	7.0	47.9	9.0	60.2	11.4	85.5	16.1
	24	27.5	5.2	32.9	6.2	42.6	8.0	53.5	10.2	76.0	14.3
45	16	49.8	9.3	59.7	11.1	77.2	14.3	97.0	18.2	137.7	25.7
	18	46.4	8.6	55.6	10.4	71.9	13.4	90.3	17.0	128.2	24.0
	20	43.0	8.0	51.5	9.6	66.6	12.4	83.6	15.8	118.7	22.2
	22	39.5	7.4	47.3	8.9	61.3	11.4	77.0	14.5	109.2	20.5
	24	36.1	6.8	43.2	8.1	55.9	10.5	70.3	13.3	99.7	18.8
50	16	58.4	10.9	70.0	13.0	90.5	16.8	113.8	21.3	161.4	30.1
	18	55.0	10.3	65.9	12.3	85.2	15.8	107.1	20.1	151.9	28.4
	20	51.6	9.6	61.8	11.6	79.9	14.9	100.4	18.9	142.4	26.7
	22	48.1	9.0	57.6	10.8	74.6	13.9	93.7	17.7	132.9	25.0
	24	44.7	8.4	53.5	10.1	69.2	13.0	87.0	16.5	123.4	23.3
55	16	67.0	12.5	80.3	15.0	103.9	19.2	130.5	24.5	185.2	34.6
	18	63.6	11.8	76.1	14.2	98.5	18.3	123.8	23.2	175.7	32.8
	20	60.2	11.2	72.0	13.4	93.2	17.3	117.1	22.0	166.2	31.0
	22	56.7	10.6	67.9	12.7	87.9	16.3	110.4	20.7	156.7	29.2
	24	53.3	9.9	63.8	11.9	82.6	15.3	103.7	19.5	147.2	27.5

注: 计算条件为加热管Φ16×2.0; 聚乙烯材料导热系数0.35W/(m·K)、厚度1.2mm、方型蘑菇头间距50mm、高度19mm, 加热管抬高2mm, 模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS) 绝热层导热系数0.041W/(m·K)、厚度30mm; 水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)、蘑菇头以上厚度为40mm; 结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.4-6 加热管公称外径16mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 时单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)									
		250		200		150		100		50	
		向上 供热量	向下 传热量								
30	16	18.5	5.7	21.6	6.7	26.7	8.2	31.9	9.9	41.0	12.6
	18	15.9	4.9	18.5	5.7	22.9	7.0	27.3	8.5	35.1	10.8
	20	13.2	4.1	15.4	4.8	19.1	5.8	22.8	7.1	29.3	9.0
	22	10.6	3.2	12.4	3.8	15.3	4.7	18.2	5.6	23.4	7.2
	24	7.9	2.4	9.3	2.9	11.5	3.5	13.7	4.2	17.6	5.4
35	16	25.1	7.7	29.3	9.0	36.3	11.1	43.3	13.4	55.6	17.1
	18	22.5	6.9	26.2	8.1	32.4	9.9	38.7	12.0	49.8	15.3
	20	19.8	6.1	23.2	7.1	28.6	8.8	34.2	10.6	43.9	13.5
	22	17.2	5.3	20.1	6.2	24.8	7.6	29.6	9.2	38.1	11.7
	24	14.5	4.5	17.0	5.3	21.0	6.5	25.1	7.8	32.2	10.0
40	16	31.7	9.7	37.1	11.4	45.8	14.0	54.7	16.9	70.3	21.6
	18	29.1	8.9	34.0	10.5	42.0	12.9	50.1	15.5	64.4	19.8
	20	26.4	8.1	30.9	9.5	38.2	11.7	45.6	14.1	58.6	18.0
	22	23.8	7.3	27.8	8.6	34.4	10.6	41.0	12.7	52.7	16.3
	24	21.1	6.5	24.7	7.6	30.5	9.4	36.5	11.4	46.8	14.5
45	16	38.3	11.7	44.8	13.8	55.3	16.9	66.1	20.4	84.9	26.1
	18	35.7	10.9	41.7	12.8	51.5	15.8	61.5	19.0	79.1	24.3
	20	33.0	10.1	38.6	11.9	47.7	14.6	57.0	17.7	73.2	22.5
	22	30.4	9.3	35.5	11.0	43.9	13.5	52.4	16.3	67.3	20.8
	24	27.8	8.6	32.4	10.0	40.1	12.3	47.8	14.9	61.5	19.0
50	16	44.9	13.8	52.5	16.1	64.9	19.8	77.5	23.9	99.5	30.6
	18	42.3	13.0	49.4	15.2	61.1	18.7	72.9	22.6	93.7	28.8
	20	39.6	12.2	46.3	14.3	57.3	17.6	68.4	21.2	87.8	27.0
	22	37.0	11.4	43.2	13.4	53.4	16.4	63.8	19.8	82.0	25.3
	24	34.4	10.6	40.1	12.4	49.6	15.3	59.2	18.4	76.1	23.5
55	16	51.5	15.8	60.2	18.5	74.4	22.8	88.9	27.5	114.2	35.1
	18	48.9	15.0	57.1	17.6	70.6	21.6	84.3	26.1	108.3	33.3
	20	46.2	14.2	54.0	16.6	66.8	20.4	79.7	24.6	102.5	31.5
	22	43.6	13.4	50.9	15.7	63.0	19.3	75.2	23.2	96.6	29.7
	24	40.9	12.6	47.9	14.7	59.2	18.1	70.6	21.8	90.8	27.9

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 1.2mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 19mm ，加热管抬高 2mm ，模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS) 绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-7 加热管公称外径16mm，木地板面层 (R=0.10 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气温度 (°C)	加热管间距(mm)									
		250		200		150		100		50	
		向上 供热量	向下 传热量								
30	16	20.3	5.3	23.9	6.2	30.0	7.8	36.4	9.5	48.1	11.6
	18	17.4	4.5	20.5	5.4	25.7	6.7	31.2	8.2	41.2	9.9
	20	14.5	3.8	17.1	4.5	21.4	5.6	26.0	6.8	34.4	8.3
	22	11.6	3.0	13.7	3.6	17.1	4.5	20.8	5.5	27.5	6.6
	24	8.7	2.3	10.3	2.7	12.9	3.4	15.6	4.1	20.6	5.0
35	16	27.5	7.2	32.4	8.5	40.7	10.6	49.4	12.9	65.3	15.7
	18	24.6	6.4	29.0	7.6	36.4	9.5	44.2	11.6	58.4	14.1
	20	21.7	5.7	25.6	6.7	32.1	8.4	39.0	10.3	51.6	12.4
	22	18.8	4.9	22.2	5.8	27.8	7.3	33.8	8.9	44.7	10.8
	24	15.9	4.2	18.8	4.9	23.6	6.2	28.6	7.6	37.8	9.2
40	16	34.8	9.0	41.0	10.7	51.4	13.3	62.3	16.4	82.5	19.8
	18	31.9	8.3	37.6	9.8	47.1	12.2	57.1	15.0	75.6	18.2
	20	29.0	7.6	34.2	8.9	42.8	11.2	52.0	13.7	68.7	16.6
	22	26.1	6.8	30.7	8.1	38.6	10.1	46.8	12.3	61.9	14.9
	24	23.2	6.1	27.3	7.2	34.3	9.0	41.6	11.0	55.0	13.3
45	16	42.0	10.9	49.5	12.9	62.1	16.1	75.3	19.8	99.7	23.9
	18	39.1	10.2	46.1	12.0	57.8	15.0	70.1	18.4	92.8	22.3
	20	36.2	9.5	42.7	11.2	53.6	13.9	64.9	17.1	85.9	20.7
	22	33.3	8.7	39.3	10.3	49.3	12.9	59.7	15.8	79.0	19.1
	24	30.4	8.0	35.9	9.4	45.0	11.8	54.6	14.4	72.2	17.5
50	16	49.3	12.8	58.1	15.1	72.8	18.9	88.3	23.2	116.9	28.1
	18	46.4	12.1	54.6	14.3	68.5	17.8	83.1	21.8	110.0	26.4
	20	43.5	11.3	51.2	13.4	64.3	16.7	77.9	20.5	103.1	24.8
	22	40.6	10.6	47.8	12.5	60.0	15.6	72.7	19.2	96.2	23.2
	24	37.7	9.9	44.4	11.7	55.7	14.6	67.5	17.9	89.3	21.6
55	16	56.5	14.7	66.6	17.4	83.5	21.7	101.3	26.6	134.0	32.2
	18	53.6	13.9	63.2	16.5	79.3	20.6	96.1	25.2	127.2	30.5
	20	50.7	13.2	59.8	15.6	75.0	19.5	90.9	23.8	120.3	28.9
	22	47.8	12.4	56.4	14.7	70.7	18.3	85.7	22.5	113.4	27.2
	24	44.9	11.7	52.9	13.8	66.4	17.2	80.5	21.1	106.6	25.6

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；聚乙烯材料导热系数0.35W/(m·K)、厚度1.2mm、方型蘑菇头间距50mm、高度19mm，加热管抬高2mm，模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数0.041W/(m·K)、厚度30mm；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)、蘑菇头以上厚度为40mm，木地板下未铺设隔振防潮垫，结构层导热系数1.72W/(m·K)、厚度130mm。

表 B.1.4-8 加热管公称外径16mm，木地板面层 ($R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)									
		250		200		150		100		50	
		向上 供热量	向下 传热量	向上 供热量	向下 传热量	向上 供热量	向下 传热量	向上 供热量	向下 传热量	向上供 热量	向下 传热量
30	16	18.7	5.6	21.8	6.6	27.1	8.1	32.3	9.8	41.7	11.6
	18	16.0	4.8	18.7	5.7	23.2	7.0	27.7	8.4	35.7	10.0
	20	13.3	4.0	15.6	4.7	19.3	5.8	23.1	7.0	29.8	8.3
	22	10.7	3.2	12.5	3.8	15.5	4.7	18.5	5.6	23.8	6.7
	24	8.0	2.4	9.4	2.8	11.6	3.5	13.9	4.3	17.9	5.0
35	16	25.4	7.6	29.6	9.0	36.7	11.0	43.9	13.3	56.6	15.7
	18	22.7	6.8	26.5	8.0	32.9	9.9	39.3	11.9	50.6	14.1
	20	20.0	6.0	23.4	7.1	29.0	8.7	34.7	10.6	44.7	12.5
	22	17.4	5.3	20.3	6.2	25.1	7.6	30.0	9.2	38.7	10.8
	24	14.7	4.5	17.2	5.2	21.3	6.4	25.4	7.8	32.8	9.2
40	16	32.0	9.7	37.4	11.3	46.4	13.9	55.5	16.8	71.5	19.9
	18	29.4	8.9	34.3	10.4	42.5	12.8	50.8	15.5	65.5	18.2
	20	26.7	8.1	31.2	9.5	38.7	11.7	46.2	14.1	59.6	16.6
	22	24.0	7.3	28.1	8.5	34.8	10.5	41.6	12.7	53.6	15.0
	24	21.4	6.5	25.0	7.6	30.9	9.4	37.0	11.3	47.7	13.4
45	16	38.7	11.7	45.3	13.7	56.0	16.8	67.0	20.4	86.4	24.0
	18	36.0	10.9	42.1	12.8	52.2	15.7	62.4	19.0	80.4	22.4
	20	33.4	10.1	39.0	11.8	48.3	14.6	57.8	17.6	74.5	20.8
	22	30.7	9.3	35.9	10.9	44.4	13.4	53.1	16.2	68.5	19.1
	24	28.0	8.5	32.8	10.0	40.6	12.3	48.5	14.8	62.6	17.5
50	16	45.4	13.7	53.1	16.0	65.7	19.8	78.6	23.9	101.3	28.2
	18	42.7	12.9	49.9	15.1	61.8	18.6	73.9	22.5	95.3	26.5
	20	40.0	12.1	46.8	14.2	58.0	17.5	69.3	21.1	89.4	24.9
	22	37.4	11.3	43.7	13.3	54.1	16.3	64.7	19.7	83.4	23.3
	24	34.7	10.5	40.6	12.3	50.3	15.2	60.1	18.4	77.5	21.7
55	16	52.0	15.7	60.9	18.4	75.4	22.7	90.1	27.4	116.2	32.3
	18	49.4	14.9	57.7	17.5	71.5	21.5	85.5	26.0	110.2	30.6
	20	46.7	14.1	54.6	16.5	67.6	20.3	80.9	24.6	104.3	29.0
	22	44.0	13.3	51.5	15.6	63.8	19.2	76.2	23.2	98.3	27.3
	24	41.4	12.5	48.4	14.6	59.9	18.0	71.6	21.8	92.4	25.7

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ，聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 1.2mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 19mm ，加热管抬高 2mm ，模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS) 绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为 40mm ，木地板下铺设可发性聚乙烯 (EPE) 泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-9 加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模块板（裸板，下设XPS板），水泥、石材或瓷砖面层
($R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	26.4	4.2	33.7	5.4	45.3	7.2	66.5	10.6
	18	22.6	3.6	28.9	4.6	38.9	6.2	57.0	9.1
	20	18.9	3.0	24.1	3.8	32.4	5.1	47.5	7.6
	22	15.1	2.4	19.3	3.1	25.9	4.1	38.0	6.0
	24	11.3	1.8	14.4	2.3	19.4	3.1	28.5	4.5
35	16	35.8	5.7	45.8	7.3	61.5	9.8	90.3	14.4
	18	32.1	5.1	41.0	6.5	55.1	8.8	80.8	12.9
	20	28.3	4.5	36.1	5.8	48.6	7.7	71.3	11.4
	22	24.5	3.9	31.3	5.0	42.1	6.7	61.8	9.8
	24	20.7	3.3	26.5	4.2	35.6	5.6	52.3	8.3
40	16	45.3	7.2	57.8	9.2	77.7	12.4	114.1	18.2
	18	41.5	6.6	53.0	8.5	71.2	11.3	104.6	16.7
	20	37.7	6.0	48.2	7.7	64.8	10.3	95.1	15.2
	22	33.9	5.4	43.3	6.9	58.3	9.3	85.6	13.6
	24	30.2	4.8	38.5	6.1	51.8	8.2	76.0	12.1
45	16	54.7	8.7	69.9	11.1	93.9	14.9	137.8	22.0
	18	50.9	8.1	65.0	10.4	87.4	13.9	128.3	20.5
	20	47.2	7.5	60.2	9.6	81.0	12.9	118.8	19.0
	22	43.4	6.9	55.4	8.9	74.5	11.8	109.3	17.5
	24	39.6	6.3	50.6	8.1	68.0	10.9	99.8	16.0
50	16	64.1	10.2	81.9	13.1	110.1	17.5	161.6	25.8
	18	60.4	9.6	77.1	12.3	103.6	16.5	152.1	24.3
	20	56.6	9.0	72.3	11.5	97.2	15.5	142.6	22.8
	22	52.8	8.4	67.5	10.8	90.7	14.5	133.1	21.3
	24	49.1	7.8	62.7	10.0	84.2	13.5	123.6	19.8
55	16	73.6	11.7	93.9	15.0	126.3	20.1	185.4	29.6
	18	69.8	11.1	89.1	14.2	119.8	19.1	175.9	28.1
	20	66.0	10.5	84.3	13.5	113.4	18.0	166.4	26.5
	22	62.2	9.9	79.5	12.7	106.9	17.0	156.8	25.0
	24	58.5	9.3	74.7	11.9	100.4	16.0	147.3	23.5

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-10 采用加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模板（裸板，下设EPS板），水泥、石材或瓷砖面层
($R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	27.1	4.5	34.6	5.7	46.3	7.7	67.3	11.2
	18	23.2	3.9	29.6	4.9	39.7	6.6	57.7	9.6
	20	19.4	3.2	24.7	4.1	33.1	5.5	48.1	8.0
	22	15.5	2.6	19.8	3.3	26.4	4.4	38.4	6.4
	24	11.6	1.9	14.8	2.5	19.8	3.3	28.8	4.8
35	16	36.8	6.1	46.9	7.8	62.8	10.4	91.3	15.1
	18	32.9	5.5	42.0	7.0	56.2	9.3	81.7	13.5
	20	29.1	4.8	37.0	6.1	49.6	8.2	72.1	12.0
	22	25.2	4.2	32.1	5.3	43.0	7.1	62.5	10.4
	24	21.3	3.5	27.2	4.5	36.4	6.0	52.9	8.8
40	16	46.5	7.7	59.2	9.8	79.3	13.1	115.3	19.1
	18	42.6	7.1	54.3	9.0	72.7	12.0	105.7	17.5
	20	38.7	6.4	49.4	8.2	66.1	11.0	96.1	15.9
	22	34.9	5.8	44.5	7.4	59.5	9.9	86.5	14.4
	24	31.0	5.2	39.5	6.6	52.9	8.8	76.9	12.8
45	16	56.1	9.3	71.6	11.9	95.9	15.9	139.4	23.1
	18	52.3	8.7	66.7	11.1	89.3	14.8	129.8	21.5
	20	48.4	8.0	61.7	10.2	82.7	13.7	120.2	19.9
	22	44.6	7.4	56.8	9.4	76.1	12.6	110.5	18.4
	24	40.7	6.8	51.9	8.6	69.5	11.5	100.9	16.8
50	16	65.8	10.9	83.9	13.9	112.4	18.6	163.4	27.1
	18	62.0	10.3	79.0	13.1	105.8	17.5	153.8	25.5
	20	58.1	9.6	74.1	12.3	99.2	16.4	144.2	23.9
	22	54.3	9.0	69.2	11.5	92.6	15.4	134.6	22.4
	24	50.4	8.4	64.2	10.7	86.0	14.3	125.0	20.8
55	16	75.5	12.5	96.3	16.0	128.9	21.3	187.4	31.0
	18	71.6	11.9	91.3	15.1	122.3	20.2	177.8	29.5
	20	67.8	11.2	86.4	14.3	115.7	19.1	168.2	27.9
	22	63.9	10.6	81.5	13.5	109.1	18.0	158.6	26.3
	24	60.0	9.9	76.5	12.7	102.5	17.0	149.0	24.7

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-11 采用加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模块板（裸板，下设XPS板），地毯面层
($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	20.1	5.4	25.4	6.9	31.8	8.6	41.5	11.2
	18	17.2	4.7	21.1	5.7	26.6	7.2	35.0	9.5
	20	14.4	3.9	16.9	4.6	21.4	5.8	28.6	7.7
	22	11.5	3.1	12.6	3.4	16.2	4.4	22.1	6.0
	24	8.6	2.3	8.3	2.3	11.0	3.0	15.7	4.2
35	16	27.3	7.4	33.4	9.1	42.2	11.4	55.5	15.0
	18	24.4	6.6	29.9	8.1	37.7	10.2	49.6	13.4
	20	21.5	5.8	26.4	7.2	33.3	9.0	43.8	11.9
	22	18.7	5.1	22.9	6.2	28.9	7.8	37.9	10.3
	24	15.8	4.3	19.4	5.3	24.4	6.6	32.1	8.7
40	16	34.4	9.3	42.2	11.5	53.3	14.4	70.1	18.9
	18	31.6	8.6	38.7	10.5	48.8	13.2	64.2	17.4
	20	28.7	7.8	35.2	9.6	44.4	12.0	58.4	15.8
	22	25.8	7.0	31.7	8.6	40.0	10.8	52.5	14.2
	24	23.0	6.2	28.2	7.7	35.5	9.6	46.7	12.7
45	16	41.6	11.3	51.1	13.8	64.4	17.4	84.6	22.9
	18	38.8	10.5	47.5	12.9	59.9	16.2	78.8	21.3
	20	35.9	9.7	44.0	11.9	55.5	15.0	73.0	19.8
	22	33.0	9.0	40.5	11.0	51.1	13.8	67.1	18.2
	24	30.2	8.2	37.0	10.0	46.6	12.6	61.3	16.6
50	16	48.8	13.2	59.9	16.2	75.5	20.4	99.2	26.8
	18	45.9	12.5	56.3	15.3	71.0	19.2	93.4	25.3
	20	43.1	11.7	52.8	14.3	66.6	18.0	87.6	23.7
	22	40.2	10.9	49.3	13.4	62.2	16.8	81.7	22.2
	24	37.3	10.1	45.8	12.4	57.7	15.6	75.9	20.6
55	16	56.0	15.2	68.7	18.6	86.6	23.4	113.8	30.8
	18	53.1	14.4	65.1	17.7	82.1	22.2	108.0	29.2
	20	50.2	13.6	61.6	16.7	77.7	21.0	102.2	27.6
	22	47.4	12.8	58.1	15.7	73.2	19.8	96.3	26.0
	24	44.5	12.1	54.6	14.8	68.8	18.6	90.5	24.5

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-12 采用加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模块板（裸板，下设EPS板），地毯面层
($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	20.5	5.8	25.1	7.1	31.5	8.9	41.1	11.6
	18	17.6	5.0	21.5	6.1	27.0	7.6	35.3	9.9
	20	14.6	4.1	17.9	5.1	22.5	6.3	29.4	8.3
	22	11.7	3.3	14.3	4.0	18.0	5.1	23.5	6.6
	24	8.8	2.5	10.7	3.0	13.5	3.8	17.6	5.0
35	16	27.8	7.9	34.0	9.6	42.8	12.1	55.8	15.7
	18	24.9	7.0	30.5	8.6	38.3	10.8	49.9	14.1
	20	22.0	6.2	26.9	7.6	33.8	9.5	44.1	12.4
	22	19.0	5.4	23.3	6.6	29.3	8.2	38.2	10.8
	24	16.1	4.5	19.7	5.6	24.7	7.0	32.3	9.1
40	16	35.1	9.9	43.0	12.2	54.0	15.2	70.5	19.9
	18	32.2	9.1	39.4	11.1	49.5	14.0	64.6	18.2
	20	29.3	8.3	35.8	10.1	45.0	12.7	58.8	16.6
	22	26.3	7.4	32.2	9.1	40.5	11.4	52.9	14.9
	24	23.4	6.6	28.7	8.1	36.0	10.1	47.0	13.2
45	16	42.4	12.0	52.0	14.7	65.3	18.4	85.2	24.0
	18	39.5	11.2	48.4	13.7	60.8	17.1	79.3	22.4
	20	36.6	10.3	44.8	12.7	56.3	15.9	73.5	20.7
	22	33.7	9.5	41.2	11.6	51.8	14.6	67.6	19.0
	24	30.7	8.7	37.6	10.6	47.2	13.3	61.7	17.4
50	16	49.8	14.1	60.9	17.2	76.5	21.6	99.9	28.2
	18	46.8	13.2	57.3	16.2	72.0	20.3	94.0	26.5
	20	43.9	12.4	53.7	15.2	67.5	19.0	88.1	24.9
	22	41.0	11.6	50.2	14.2	63.0	17.8	82.3	23.2
	24	38.0	10.8	46.6	13.2	58.5	16.5	76.4	21.5
55	16	57.1	16.1	69.9	19.7	87.8	24.7	114.6	32.3
	18	54.1	15.3	66.3	18.7	83.3	23.5	108.7	30.7
	20	51.2	14.5	62.7	17.7	78.8	22.2	102.8	29.0
	22	48.3	13.6	59.1	16.7	74.3	20.9	97.0	27.3
	24	45.4	12.8	55.5	15.7	69.8	19.7	91.1	25.7

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-13 采用加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模块板（裸板，下设XPS板），木地板面层
($R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传 热 量	向上供热 量	向下传 热 量	向上供热 量	向下传 热 量	向上供热 量	向下传 热 量
30	16	20.3	5.4	24.9	6.6	31.5	8.4	41.6	11.0
	18	17.4	4.6	21.4	5.7	27.0	7.2	35.6	9.5
	20	14.5	3.9	17.8	4.7	22.5	6.0	29.7	7.9
	22	11.6	3.1	14.2	3.8	18.0	4.8	23.7	6.3
	24	8.7	2.3	10.7	2.8	13.5	3.6	17.8	4.7
35	16	27.5	7.3	33.8	9.0	42.7	11.3	56.4	15.0
	18	24.6	6.6	30.3	8.1	38.3	10.2	50.5	13.4
	20	21.7	5.8	26.7	7.1	33.7	9.0	44.5	11.8
	22	18.8	5.0	23.1	6.2	29.2	7.8	38.6	10.2
	24	15.9	4.2	19.6	5.2	24.7	6.6	32.6	8.7
40	16	34.8	9.3	42.7	11.4	54.0	14.3	71.2	18.9
	18	31.9	8.5	39.2	10.4	49.5	13.1	65.3	17.4
	20	29.0	7.7	35.6	9.5	45.0	11.9	59.4	15.8
	22	26.1	7.0	32.1	8.5	40.5	10.8	53.4	14.2
	24	23.2	6.2	28.5	7.6	36.0	9.5	47.5	12.6
45	16	42.0	11.2	51.6	13.8	65.2	17.3	86.1	22.9
	18	39.1	10.4	48.1	12.8	60.8	16.1	80.1	21.3
	20	36.2	9.6	44.5	11.9	56.2	14.9	74.2	19.7
	22	33.3	8.9	41.0	10.9	51.7	13.7	68.3	18.1
	24	30.4	8.1	37.4	9.9	47.2	12.5	62.3	16.5
50	16	49.3	13.1	60.5	16.1	76.5	20.3	100.9	26.8
	18	46.4	12.4	57.0	15.2	72.0	19.1	95.0	25.2
	20	43.5	11.6	53.4	14.2	67.5	17.9	89.0	23.7
	22	40.6	10.8	49.9	13.3	63.0	16.7	83.1	22.1
	24	37.7	10.0	46.3	12.3	58.5	15.5	77.2	20.5
55	16	56.5	15.1	69.5	18.5	87.7	23.3	115.7	30.8
	18	53.6	14.3	65.9	17.5	83.2	22.1	109.8	29.2
	20	50.7	13.5	62.3	16.6	78.7	20.9	103.9	27.6
	22	47.8	12.7	58.8	15.6	74.2	19.7	97.9	26.0
	24	44.9	12.0	55.2	14.7	69.7	18.5	92.0	24.4

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设带铝箔的挤塑聚苯乙烯泡沫塑料（XPS）绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-14 采用加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模块板（裸板，下设EPS板），木地板面层
($R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	20.7	5.7	25.4	7.0	31.9	8.8	41.8	11.6
	18	17.7	4.9	21.8	6.0	27.4	7.6	35.9	9.9
	20	14.8	4.1	18.1	5.0	22.8	6.3	29.9	8.3
	22	11.8	3.3	14.5	4.0	18.3	5.0	23.9	6.6
	24	8.9	2.5	10.9	3.0	13.7	3.8	17.9	5.0
35	16	28.1	7.8	34.4	9.6	43.4	12.0	56.8	15.7
	18	25.1	7.0	30.8	8.6	38.8	10.7	50.8	14.1
	20	22.2	6.2	27.2	7.5	34.2	9.5	44.8	12.4
	22	19.2	5.3	23.6	6.5	29.7	8.2	38.8	10.8
	24	16.3	4.5	19.9	5.5	25.1	6.9	32.9	9.1
40	16	35.5	9.9	43.5	12.1	54.8	15.2	71.7	19.9
	18	32.5	9.0	39.9	11.1	50.2	13.9	65.7	18.2
	20	29.6	8.2	36.3	10.1	45.6	12.6	59.8	16.6
	22	26.6	7.4	32.6	9.1	41.1	11.4	53.8	14.9
	24	23.6	6.6	29.0	8.0	36.5	10.1	47.8	13.2
45	16	42.9	11.9	52.6	14.6	66.2	18.3	86.6	24.0
	18	39.9	11.1	49.0	13.6	61.6	17.1	80.7	22.4
	20	37.0	10.3	45.3	12.6	57.0	15.8	74.7	20.7
	22	34.0	9.4	41.7	11.6	52.5	14.5	68.7	19.0
	24	31.0	8.6	38.1	10.6	47.9	13.2	62.7	17.4
50	16	50.3	14.0	61.6	17.1	77.6	21.5	101.6	28.1
	18	47.3	13.1	58.0	16.1	73.0	20.2	95.6	26.5
	20	44.4	12.3	54.4	15.1	68.4	19.0	89.6	24.8
	22	41.4	11.5	50.8	14.1	63.9	17.7	83.7	23.2
	24	38.4	10.7	47.1	13.1	59.3	16.4	77.7	21.5
55	16	57.7	16.0	70.7	19.6	89.0	24.6	116.5	32.3
	18	54.7	15.2	67.1	18.6	84.4	23.4	110.5	30.6
	20	51.8	14.4	63.4	17.6	79.9	22.1	104.6	29.0
	22	48.8	13.5	59.8	16.6	75.3	20.8	98.6	27.3
	24	45.8	12.7	56.2	15.6	70.7	19.6	92.6	25.7

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设带铝箔的模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-15 采用加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模块板（裸板，下设XPS板），木地板面层
($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	22.1	5.0	27.5	6.3	35.4	8.0	48.0	10.9
	18	19.0	4.3	23.6	5.4	30.3	6.9	41.1	9.4
	20	15.8	3.6	19.6	4.5	25.3	5.7	34.3	7.8
	22	12.6	2.9	15.7	3.6	20.2	4.6	27.4	6.2
	24	9.5	2.2	11.8	2.7	15.1	3.4	20.6	4.7
35	16	30.0	6.8	37.3	8.5	48.0	10.9	65.1	14.8
	18	26.9	6.1	33.4	7.6	42.9	9.8	58.3	13.3
	20	23.7	5.4	29.5	6.7	37.9	8.6	51.4	11.7
	22	20.5	4.7	25.5	5.8	32.8	7.5	44.6	10.2
	24	17.4	4.0	21.6	4.9	27.8	6.3	37.7	8.6
40	16	37.9	8.6	47.1	10.8	60.6	13.8	82.3	18.7
	18	34.8	7.9	43.2	9.9	55.6	12.6	75.4	17.2
	20	31.6	7.2	39.3	9.0	50.5	11.5	68.6	15.6
	22	28.5	6.5	35.4	8.1	45.5	10.4	61.7	14.1
	24	25.3	5.8	31.4	7.2	40.4	9.2	54.8	12.5
45	16	45.8	10.4	56.9	13.0	73.2	16.6	99.4	22.6
	18	42.7	9.7	53.0	12.1	68.2	15.5	92.5	21.1
	20	39.5	9.0	49.1	11.2	63.1	14.4	85.7	19.6
	22	36.4	8.3	45.2	10.3	58.1	13.2	78.8	18.0
	24	33.2	7.6	41.3	9.4	53.1	12.1	72.0	16.5
50	16	53.7	12.2	66.8	15.2	85.9	19.5	116.5	26.5
	18	50.6	11.5	62.8	14.3	80.8	18.4	109.7	25.0
	20	47.4	10.8	58.9	13.5	75.8	17.3	102.8	23.5
	22	44.3	10.1	55.0	12.6	70.7	16.1	96.0	21.9
	24	41.1	9.4	51.1	11.7	65.7	15.0	89.1	20.4
55	16	61.6	14.1	76.6	17.5	98.5	22.4	133.7	30.5
	18	58.4	13.3	72.6	16.6	93.4	21.2	126.8	28.9
	20	55.3	12.6	68.7	15.7	88.4	20.1	120.0	27.3
	22	52.1	11.9	64.8	14.8	83.3	18.9	113.1	25.8
	24	49.0	11.2	60.9	13.9	78.3	17.8	106.3	24.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设挤塑聚苯乙烯泡沫塑料(XPS)绝热层导热系数 $0.028\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.4-16 采用加热管公称外径10mm，聚乙烯结构复合模块板（裸板，下设EPS板），木地板面层
($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		200		150		100		50	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	22.6	5.4	28.0	6.7	35.9	8.5	48.4	11.5
	18	19.4	4.6	24.0	5.7	30.8	7.3	41.5	9.8
	20	16.1	3.8	20.0	4.8	25.7	6.1	34.5	8.2
	22	12.9	3.1	16.0	3.8	20.5	4.9	27.6	6.6
	24	9.7	2.3	12.0	2.9	15.4	3.7	20.7	4.9
35	16	30.7	7.3	38.0	9.0	48.7	11.6	65.6	15.6
	18	27.4	6.5	34.0	8.1	43.6	10.3	58.7	13.9
	20	24.2	5.8	30.0	7.1	38.5	9.1	51.8	12.3
	22	21.0	5.0	26.0	6.2	33.4	7.9	44.9	10.7
	24	17.8	4.2	22.1	5.3	28.2	6.7	38.0	9.0
40	16	38.7	9.2	48.1	11.4	61.6	14.6	82.9	19.7
	18	35.5	8.4	44.1	10.5	56.4	13.4	76.0	18.0
	20	32.3	7.7	40.1	9.5	51.3	12.2	69.1	16.4
	22	29.1	6.9	36.1	8.6	46.2	10.9	62.2	14.8
	24	25.9	6.2	32.1	7.6	41.0	9.7	55.3	13.2
45	16	46.8	11.1	58.1	13.8	74.4	17.6	100.2	23.8
	18	43.6	10.4	54.1	12.9	69.3	16.4	93.3	22.1
	20	40.4	9.6	50.1	11.9	64.1	15.2	86.4	20.5
	22	37.2	8.8	46.1	11.0	59.0	14.0	79.5	18.9
	24	33.9	8.1	42.1	10.0	53.9	12.8	72.5	17.3
50	16	54.9	13.0	68.1	16.2	87.2	20.7	117.5	27.9
	18	51.7	12.3	64.1	15.2	82.1	19.5	110.5	26.2
	20	48.4	11.5	60.1	14.3	77.0	18.2	103.6	24.6
	22	45.2	10.8	56.1	13.3	71.8	17.0	96.7	23.0
	24	42.0	10.0	52.1	12.4	66.7	15.8	89.8	21.4
55	16	63.0	15.0	78.1	18.6	100.1	23.7	134.7	32.0
	18	59.7	14.2	74.1	17.6	94.9	22.5	127.8	30.3
	20	56.5	13.4	70.1	16.7	89.8	21.3	120.9	28.7
	22	53.3	12.7	66.1	15.7	84.7	20.1	114.0	27.0
	24	50.0	11.9	62.1	14.7	79.5	18.8	107.1	25.4

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；聚乙烯材料导热系数 $0.35\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.9mm 、方型蘑菇头间距 50mm 、高度 12mm ，下设模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）绝热层导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

B.1.5 模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板、模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板示意图可见图 B.1.5，蘑菇头尺寸可见表 B.1.5。

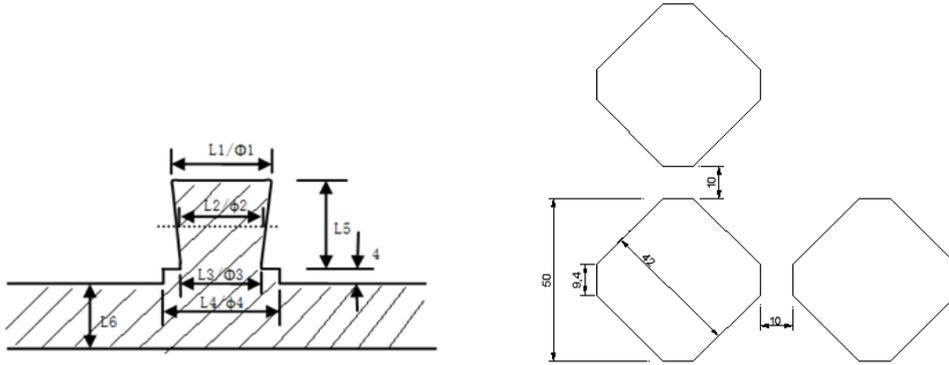


图 B.1.5 EPS覆膜模块板、SEPS模块板示意图

注：20mm、16mm配管的EPS覆膜绝热模块板、SEPS模块板，以方形蘑菇头为例模拟计算，蘑菇头间距50mm。10mm配管的EPS覆膜绝热模块板以菱形（菱形4角倒圆成小8边形）蘑菇头为例模拟计算，菱形块之间距离10mm，蘑菇头间距60mm，蘑菇头大边外尺寸42mm，小边外尺寸50mm，蘑菇头高度15mm。

表 B.1.5 EPS覆膜模块板、SEPS模块板蘑菇头尺寸表

蘑菇头 管径	圆形						正方形					
	φ1	φ2	φ3	φ4	L5	L6	L1	L2	L3	L4	L5	L6
20	33	30	29	38	21	20	33	30	29	38	21	20
16	36	34	33	41	17	20	36	34	33	41	17	20
10	-	-	-	-	-	-	42	40	29	46	11	12

B.1.5.1 采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板、水泥砂浆填充层时，单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按表 B.1.5-1～表 B.1.5-12取值。

表 B.1.5-1 加热管公称外径20mm，水泥、石材或瓷砖面层（ $R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ）单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	29.6	6.5	35.8	7.8	44.5	9.7	57.1	12.5
	18	25.4	5.5	30.7	6.7	38.1	8.3	49.0	10.7
	20	21.2	4.6	25.6	5.6	31.8	6.9	40.8	8.9
	22	16.9	3.7	20.5	4.5	25.4	5.6	32.6	7.1
	24	12.7	2.8	15.3	3.3	19.1	4.2	24.5	5.4
35	16	40.2	8.8	48.6	10.6	60.4	13.2	77.5	16.9
	18	36.0	7.8	43.5	9.5	54.0	11.8	69.4	15.2
	20	31.7	6.9	38.3	8.4	47.7	10.4	61.2	13.4
	22	27.5	6.0	33.2	7.2	41.3	9.0	53.0	11.6
	24	23.3	5.1	28.1	6.1	34.9	7.6	44.9	9.8
40	16	50.8	11.1	61.4	13.4	76.2	16.6	97.9	21.4
	18	46.5	10.2	56.2	12.3	69.9	15.3	89.8	19.6
	20	42.3	9.2	51.1	11.2	63.5	13.9	81.6	17.9
	22	38.1	8.3	46.0	10.0	57.2	12.5	73.4	16.1
	24	33.8	7.4	40.9	8.9	50.8	11.1	65.3	14.3
45	16	61.3	13.4	74.1	16.2	92.1	20.1	118.3	25.9
	18	57.1	12.5	69.0	15.1	85.8	18.8	110.2	24.1
	20	52.9	11.5	63.9	13.9	79.4	17.3	102.0	22.3
	22	48.7	10.6	58.8	12.8	73.1	16.0	93.8	20.5
	24	44.4	9.7	53.7	11.7	66.7	14.6	85.7	18.7
50	16	71.9	15.7	86.9	19.0	108.0	23.6	138.7	30.3
	18	67.7	14.8	81.8	17.9	101.7	22.2	130.6	28.6
	20	63.5	13.9	76.7	16.7	95.3	20.8	122.4	26.8
	22	59.2	12.9	71.6	15.6	89.0	19.5	114.2	25.0
	24	55.0	12.0	66.5	14.5	82.6	18.1	106.1	23.2
55	16	82.5	18.0	99.7	21.7	123.9	27.1	159.1	34.8
	18	78.3	17.1	94.6	20.6	117.5	25.7	151.0	33.0
	20	74.0	16.1	89.5	19.5	111.2	24.3	142.8	31.2
	22	69.8	15.2	84.4	18.4	104.8	22.9	134.6	29.4
	24	65.6	14.3	79.3	17.3	98.5	21.5	126.5	27.6

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度20mm，方型蘑菇头间距50mm、高度25mm，加热管抬高4mm；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为40mm；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度130mm。

表 B.1.5-2 加热管公称外径20mm，地毯面层 ($R=0.15 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	21.7	8.1	25.5	9.5	30.3	11.3	36.6	13.6
	18	18.6	6.9	21.8	8.1	26.0	9.7	31.3	11.7
	20	15.5	5.8	18.2	6.8	21.7	8.1	26.1	9.8
	22	12.4	4.6	14.6	5.4	17.3	6.5	20.9	7.8
35	24	9.3	3.5	10.9	4.1	13.0	4.8	15.7	5.9
	16	29.5	11.0	34.6	12.9	41.1	15.3	49.6	18.5
	18	26.4	9.8	30.9	11.5	36.8	13.7	44.4	16.6
	20	23.3	8.7	27.3	10.2	32.5	12.1	39.2	14.6
40	22	20.2	7.5	23.7	8.8	28.1	10.5	33.9	12.7
	24	17.1	6.3	20.0	7.5	23.8	8.9	28.7	10.7
	16	37.2	13.8	43.7	16.3	52.0	19.4	62.7	23.4
	18	34.1	12.7	40.0	14.9	47.6	17.8	57.5	21.5
45	20	31.0	11.5	36.4	13.6	43.3	16.2	52.2	19.5
	22	27.9	10.4	32.8	12.2	39.0	14.5	47.0	17.6
	24	24.8	9.2	29.1	10.8	34.6	12.9	41.8	15.6
	16	45.0	16.7	52.8	19.6	62.8	23.4	75.7	28.3
50	18	41.9	15.6	49.1	18.3	58.5	21.8	70.5	26.4
	20	38.8	14.4	45.5	16.9	54.1	20.2	65.3	24.4
	22	35.7	13.3	41.9	15.6	49.8	18.6	60.1	22.4
	24	32.6	12.1	38.2	14.2	45.5	16.9	54.8	20.5
55	16	52.7	19.6	61.9	23.0	73.6	27.4	88.8	33.1
	18	49.6	18.5	58.2	21.7	69.3	25.9	83.6	31.2
	20	46.5	17.3	54.6	20.3	65.0	24.2	78.3	29.3
	22	43.4	16.2	51.0	19.0	60.6	22.6	73.1	27.3
55	24	40.3	15.0	47.3	17.6	56.3	21.0	67.9	25.4
	16	60.5	22.5	71.0	26.4	84.4	31.5	101.8	38.0
	18	57.4	21.3	67.3	25.1	80.1	29.9	96.6	36.1
	20	54.3	20.2	63.7	23.7	75.8	28.2	91.4	34.1
55	22	51.2	19.0	60.1	22.4	71.5	26.6	86.2	32.2
	24	48.1	17.9	56.4	21.0	67.1	25.0	81.0	30.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ，方型蘑菇头间距 50mm 、高度 25mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.5-3 加热管公称外径20mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	24.2	7.6	30.8	9.7	34.5	10.8	42.4	13.3
	18	20.7	6.5	26.4	8.4	29.6	9.3	36.4	11.4
	20	17.3	5.4	22.0	7.0	24.7	7.7	30.3	9.5
	22	13.8	4.3	17.6	5.6	19.7	6.2	24.2	7.6
35	24	10.4	3.3	13.2	4.2	14.8	4.7	18.2	5.8
	16	32.8	10.3	41.8	13.2	46.9	14.7	57.6	18.1
	18	29.3	9.2	37.4	11.8	41.9	13.2	51.5	16.2
	20	25.9	8.1	33.0	10.5	37.0	11.6	45.5	14.3
40	22	22.4	7.0	28.6	9.1	32.1	10.1	39.4	12.4
	24	19.0	6.0	24.2	7.7	27.1	8.6	33.3	10.5
	16	41.4	13.0	52.8	16.7	59.2	18.5	72.7	22.8
	18	38.0	11.9	48.4	15.3	54.3	17.0	66.7	20.9
45	20	34.5	10.8	44.0	13.9	49.3	15.5	60.6	19.1
	22	31.1	9.8	39.6	12.6	44.4	14.0	54.5	17.2
	24	27.6	8.7	35.2	11.2	39.5	12.4	48.5	15.3
	16	50.1	15.7	63.8	20.2	71.5	22.4	87.9	27.6
50	18	46.6	14.6	59.4	18.8	66.6	20.9	81.8	25.7
	20	43.2	13.5	55.0	17.4	61.7	19.4	75.8	23.8
	22	39.7	12.5	50.6	16.1	56.7	17.8	69.7	22.0
	24	36.3	11.4	46.2	14.7	51.8	16.3	63.6	20.1
55	16	58.7	18.4	74.7	23.6	83.9	26.3	103.0	32.3
	18	55.2	17.3	70.3	22.3	78.9	24.8	97.0	30.5
	20	51.8	16.2	66.0	20.9	74.0	23.2	90.9	28.6
	22	48.3	15.2	61.6	19.5	69.1	21.7	84.9	26.7
55	24	44.9	14.1	57.2	18.2	64.1	20.2	78.8	24.9
	16	67.3	21.1	85.7	27.1	96.2	30.1	118.2	37.1
	18	63.9	20.0	81.3	25.7	91.3	28.6	112.1	35.2
	20	60.4	18.9	76.9	24.3	86.3	27.0	106.1	33.3
55	22	57.0	17.8	72.5	22.9	81.4	25.5	100.0	31.4
	24	53.5	16.7	68.1	21.5	76.5	24.0	93.9	29.5

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ，方型蘑菇头间距 50mm 、高度 25mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.5-4 加热管公称外径20mm，木地板面层（ $R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	22.0	8.0	27.6	10.2	30.7	11.2	37.1	13.6
	18	18.8	6.9	23.6	8.8	26.3	9.7	31.8	11.7
	20	15.7	5.7	19.7	7.3	21.9	8.0	26.5	9.7
	22	12.5	4.6	15.8	5.8	17.6	6.4	21.2	7.8
35	24	9.4	3.4	11.8	4.4	13.2	4.8	15.9	5.8
	16	29.8	10.9	37.4	13.8	41.7	15.3	50.4	18.5
	18	26.7	9.8	33.5	12.4	37.3	13.7	45.1	16.5
	20	23.5	8.6	29.6	10.9	32.9	12.1	39.8	14.6
40	22	20.4	7.4	25.6	9.5	28.5	10.4	34.5	12.6
	24	17.3	6.3	21.7	8.0	24.1	8.8	29.2	10.7
	16	37.6	13.8	47.3	17.5	52.7	19.3	63.6	23.3
	18	34.5	12.6	43.4	16.0	48.3	17.7	58.3	21.4
45	20	31.4	11.5	39.4	14.6	43.9	16.1	53.0	19.5
	22	28.2	10.3	35.5	13.1	39.5	14.5	47.7	17.5
	24	25.1	9.2	31.5	11.7	35.1	12.9	42.4	15.6
	16	45.5	16.6	57.1	21.1	63.6	23.3	76.9	28.2
50	18	42.3	15.5	53.2	19.7	59.3	21.7	71.6	26.3
	20	39.2	14.3	49.3	18.2	54.9	20.1	66.3	24.3
	22	36.1	13.2	45.3	16.8	50.5	18.5	61.0	22.4
	24	32.9	12.0	41.4	15.3	46.1	16.9	55.7	20.4
55	16	53.3	19.5	67.0	24.8	74.6	27.3	90.2	33.1
	18	50.2	18.4	63.1	23.3	70.2	25.7	84.9	31.1
	20	47.1	17.2	59.1	21.9	65.8	24.1	79.6	29.2
	22	43.9	16.1	55.2	20.4	61.5	22.5	74.2	27.3
55	24	40.8	14.9	51.2	19.0	57.1	20.9	68.9	25.3
	16	61.2	22.3	76.8	28.4	85.6	31.3	103.4	37.9
	18	58.0	21.2	72.9	27.0	81.2	29.7	98.1	36.0
	20	54.9	20.1	69.0	25.5	76.8	28.1	92.8	34.0
55	22	51.8	18.9	65.0	24.0	72.4	26.5	87.5	32.1
	24	48.6	17.8	61.1	22.6	68.0	24.9	82.2	30.1

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ，方型蘑菇头间距 50mm 、高度 25mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.1.5-5 加热管公称外径16mm，水泥、石材或瓷砖面层 (R=0.02 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内 空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传热 量										
30	16	26.5	5.7	31.0	6.7	40.3	8.7	50.3	11.0	70.9	15.4	26.5	5.7
	18	22.7	4.9	26.6	5.8	34.5	7.5	43.1	9.5	60.8	13.2	22.7	4.9
	20	18.9	4.1	22.1	4.8	28.8	6.3	35.9	7.9	50.7	11.0	18.9	4.1
	22	15.1	3.3	17.7	3.9	23.0	5.0	28.7	6.3	40.5	8.9	15.1	3.3
35	16	35.9	7.8	42.1	9.1	54.7	11.9	68.3	14.9	96.3	20.9	35.9	7.8
	18	32.1	7.0	37.6	8.2	48.9	10.6	61.1	13.4	86.1	18.7	32.1	7.0
	20	28.4	6.2	33.2	7.2	43.1	9.4	53.9	11.8	76.0	16.5	28.4	6.2
	22	24.6	5.4	28.8	6.3	37.4	8.2	46.7	10.3	65.9	14.4	24.6	5.4
40	16	45.4	9.8	53.1	11.5	69.0	15.0	86.2	18.9	121.6	26.4	45.4	9.8
	18	41.6	9.0	48.7	10.6	63.3	13.7	79.0	17.3	111.5	24.2	41.6	9.0
	20	37.8	8.2	44.3	9.6	57.5	12.5	71.9	15.8	101.3	22.0	37.8	8.2
	22	34.0	7.4	39.8	8.7	51.8	11.3	64.7	14.2	91.2	19.9	34.0	7.4
45	16	54.8	11.9	64.2	13.9	83.4	18.1	104.2	22.8	146.9	31.8	54.8	11.9
	18	51.1	11.1	59.8	13.0	77.7	16.9	97.0	21.3	136.8	29.7	51.1	11.1
	20	47.3	10.3	55.3	12.0	71.9	15.7	89.8	19.7	126.7	27.6	47.3	10.3
	22	43.5	9.5	50.9	11.0	66.2	14.4	82.6	18.2	116.5	25.4	43.5	9.5
50	16	64.3	13.9	75.3	16.3	97.8	21.2	122.1	26.7	172.2	37.3	64.3	13.9
	18	60.5	13.1	70.8	15.4	92.0	20.0	115.0	25.2	162.1	35.2	60.5	13.1
	20	56.7	12.3	66.4	14.4	86.3	18.8	107.8	23.7	152.0	33.1	56.7	12.3
	22	53.0	11.5	62.0	13.5	80.5	17.6	100.6	22.1	141.9	30.9	53.0	11.5
55	16	73.7	16.0	86.3	18.7	112.2	24.3	140.1	30.7	197.6	42.8	73.7	16.0
	18	70.0	15.1	81.9	17.8	106.4	23.1	132.9	29.1	187.4	40.6	70.0	15.1
	20	66.2	14.3	77.5	16.8	100.7	21.8	125.7	27.5	177.3	38.4	66.2	14.3
	22	62.4	13.5	73.0	15.8	94.9	20.6	118.5	25.9	167.2	36.2	62.4	13.5
	24	58.6	12.7	68.6	14.9	89.1	19.3	111.3	24.4	157.1	34.0	58.6	12.7

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数0.041W/(m·K)，厚度20mm，方型蘑菇头间距50mm、高度21mm，加热管抬高4mm；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)，蘑菇头以上厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)，厚度130mm。

表 B.1.5-6 加热管公称外径16mm, 地毯面层 (R=0.15 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	19.8	7.3	22.7	8.4	28.1	10.4	33.3	12.4	42.6	15.7	19.8	7.3
	18	17.0	6.2	19.4	7.2	24.1	8.9	28.6	10.7	36.5	13.4	17.0	6.2
	20	14.1	5.2	16.2	6.0	20.1	7.4	23.8	8.9	30.4	11.2	14.1	5.2
	22	11.3	4.2	13.0	4.8	16.1	5.9	19.0	7.1	24.3	9.0	11.3	4.2
	24	8.5	3.1	9.7	3.6	12.0	4.4	14.3	5.3	18.3	6.7	8.5	3.1
35	16	26.9	9.9	30.8	11.3	38.1	14.0	45.2	16.9	57.8	21.2	26.9	9.9
	18	24.0	8.8	27.5	10.1	34.1	12.6	40.4	15.1	51.7	19.0	24.0	8.8
	20	21.2	7.8	24.3	9.0	30.1	11.1	35.7	13.3	45.6	16.8	21.2	7.8
	22	18.4	6.8	21.0	7.8	26.1	9.6	30.9	11.6	39.6	14.6	18.4	6.8
	24	15.6	5.7	17.8	6.6	22.1	8.2	26.2	9.8	33.5	12.4	15.6	5.7
40	16	33.9	12.5	38.8	14.3	48.2	17.7	57.1	21.3	73.0	26.8	33.9	12.5
	18	31.1	11.4	35.6	13.1	44.2	16.3	52.3	19.5	66.9	24.6	31.1	11.4
	20	28.3	10.4	32.4	11.9	40.2	14.8	47.6	17.8	60.9	22.4	28.3	10.4
	22	25.5	9.4	29.1	10.8	36.1	13.3	42.8	16.0	54.8	20.2	25.5	9.4
	24	22.6	8.4	25.9	9.6	32.1	11.9	38.1	14.3	48.7	18.0	22.6	8.4
45	16	41.0	15.1	46.9	17.3	58.2	21.4	69.0	25.7	88.2	32.4	41.0	15.1
	18	38.2	14.0	43.7	16.1	54.2	20.0	64.2	24.0	82.1	30.2	38.2	14.0
	20	35.4	13.0	40.5	14.9	50.2	18.5	59.5	22.2	76.1	28.0	35.4	13.0
	22	32.5	12.0	37.2	13.8	46.2	17.0	54.7	20.5	70.0	25.8	32.5	12.0
	24	29.7	11.0	34.0	12.6	42.2	15.6	50.0	18.7	63.9	23.6	29.7	11.0
50	16	48.1	17.7	55.0	20.3	68.3	25.1	80.9	30.2	103.5	38.0	48.1	17.7
	18	45.3	16.6	51.8	19.1	64.2	23.7	76.1	28.4	97.4	35.8	45.3	16.6
	20	42.4	15.6	48.6	17.9	60.2	22.2	71.4	26.7	91.3	33.6	42.4	15.6
	22	39.6	14.6	45.3	16.7	56.2	20.8	66.6	24.9	85.2	31.4	39.6	14.6
	24	36.8	13.6	42.1	15.6	52.2	19.3	61.9	23.2	79.1	29.2	36.8	13.6
55	16	55.2	20.2	63.1	23.3	78.3	28.8	92.8	34.6	118.7	43.6	55.2	20.2
	18	52.3	19.2	59.9	22.1	74.3	27.3	88.0	32.8	112.6	41.4	52.3	19.2
	20	49.5	18.2	56.7	20.9	70.3	25.8	83.3	31.1	106.5	39.1	49.5	18.2
	22	46.7	17.1	53.4	19.7	66.2	24.4	78.5	29.3	100.4	36.9	46.7	17.1
	24	43.8	16.1	50.2	18.5	62.2	22.9	73.8	27.5	94.3	34.7	43.8	16.1

注: 计算条件为加热管Φ16×2.0; 模塑聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)覆膜模块板导热系数0.041W/(m·K), 厚度20mm, 方型蘑菇头间距50mm、高度21mm, 加热管抬高4mm; 水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K), 蘑菇头以上厚度为40mm; 结构层导热系数1.72W/(m·K), 厚度130mm。

表 B.1.5-7 加热管公称外径16mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传热 量										
30	16	21.9	6.8	25.3	7.8	31.8	9.9	38.3	12.0	50.3	15.6	21.9	6.8
	18	18.8	5.8	21.7	6.7	27.3	8.5	32.8	10.3	43.1	13.4	18.8	5.8
	20	15.7	4.9	18.1	5.6	22.7	7.1	27.4	8.6	36.0	11.2	15.7	4.9
	22	12.5	3.9	14.4	4.5	18.2	5.7	21.9	6.9	28.8	9.0	12.5	3.9
35	16	29.7	9.2	34.3	10.6	43.2	13.4	52.0	16.3	68.3	21.1	29.7	9.2
	18	26.6	8.2	30.7	9.5	38.6	12.0	46.5	14.6	61.1	18.9	26.6	8.2
	20	23.5	7.3	27.1	8.4	34.1	10.6	41.0	12.9	53.9	16.7	23.5	7.3
	22	20.4	6.3	23.5	7.3	29.5	9.2	35.6	11.2	46.7	14.5	20.4	6.3
40	16	37.6	11.6	43.3	13.4	54.5	16.9	65.6	20.6	86.3	26.7	37.6	11.6
	18	34.4	10.7	39.7	12.3	50.0	15.5	60.2	18.9	79.1	24.5	34.4	10.7
	20	31.3	9.7	36.1	11.2	45.4	14.1	54.7	17.2	71.9	22.3	31.3	9.7
	22	28.2	8.7	32.5	10.1	40.9	12.7	49.2	15.5	64.7	20.1	28.2	8.7
45	16	45.4	14.0	52.3	16.2	65.9	20.4	79.3	24.9	104.3	32.3	45.4	14.0
	18	42.3	13.1	48.7	15.1	61.3	19.0	73.9	23.2	97.1	30.1	42.3	13.1
	20	39.1	12.1	45.1	14.0	56.8	17.6	68.4	21.5	89.9	27.9	39.1	12.1
	22	36.0	11.2	41.5	12.9	52.3	16.3	62.9	19.8	82.7	25.7	36.0	11.2
50	16	53.2	16.5	61.4	19.0	77.2	23.9	93.0	29.2	122.3	37.8	53.2	16.5
	18	50.1	15.5	57.8	17.9	72.7	22.5	87.5	27.5	115.1	35.7	50.1	15.5
	20	47.0	14.5	54.2	16.8	68.2	21.2	82.1	25.8	107.9	33.5	47.0	14.5
	22	43.8	13.6	50.5	15.7	63.6	19.8	76.6	24.1	100.7	31.3	43.8	13.6
55	16	61.0	18.9	70.4	21.8	88.6	27.4	106.7	33.5	140.2	43.4	61.0	18.9
	18	57.9	17.9	66.8	20.7	84.1	26.0	101.2	31.7	133.0	41.2	57.9	17.9
	20	54.8	16.9	63.2	19.6	79.5	24.6	95.7	30.0	125.8	38.9	54.8	16.9
	22	51.7	16.0	59.6	18.5	75.0	23.2	90.3	28.3	118.7	36.7	51.7	16.0
	24	48.5	15.0	56.0	17.4	70.4	21.8	84.8	26.6	111.5	34.5	48.5	15.0

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 20mm ，蘑菇头间距 50mm 、高度 21mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

表 B.1.5-8 加热管公称外径16mm，木地板面层 ($R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

供回水 平均温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量	供热 量	热损 失量
30	16	20.0	7.2	22.9	8.3	28.5	10.3	33.8	12.4	43.3	15.7	20.0	7.2
	18	17.2	6.2	19.7	7.1	24.4	8.8	29.0	10.6	37.2	13.4	17.2	6.2
	20	14.3	5.2	16.4	5.9	20.4	7.4	24.2	8.9	31.0	11.2	14.3	5.2
	22	11.5	4.1	13.1	4.8	16.3	5.9	19.4	7.1	24.8	9.0	11.5	4.1
	24	8.6	3.1	9.9	3.6	12.2	4.4	14.5	5.3	18.6	6.7	8.6	3.1
35	16	27.2	9.8	31.1	11.3	38.6	14.0	45.9	16.8	58.8	21.2	27.2	9.8
	18	24.3	8.8	27.8	10.1	34.6	12.5	41.1	15.0	52.6	19.0	24.3	8.8
	20	21.5	7.7	24.6	8.9	30.5	11.0	36.2	13.3	46.5	16.8	21.5	7.7
	22	18.6	6.7	21.3	7.7	26.5	9.6	31.4	11.5	40.3	14.5	18.6	6.7
	24	15.8	5.7	18.1	6.5	22.4	8.1	26.6	9.7	34.1	12.3	15.8	5.7
40	16	34.3	12.4	39.3	14.2	48.8	17.6	57.9	21.2	74.3	26.8	34.3	12.4
	18	31.5	11.3	36.0	13.0	44.8	16.2	53.1	19.5	68.1	24.6	31.5	11.3
	20	28.6	10.3	32.8	11.9	40.7	14.7	48.3	17.7	62.0	22.4	28.6	10.3
	22	25.8	9.3	29.5	10.7	36.7	13.2	43.5	15.9	55.8	20.1	25.8	9.3
	24	22.9	8.3	26.3	9.5	32.6	11.8	38.7	14.2	49.6	17.9	22.9	8.3
45	16	41.5	15.0	47.5	17.2	59.0	21.3	70.0	25.7	89.8	32.4	41.5	15.0
	18	38.6	13.9	44.2	16.0	54.9	19.8	65.2	23.9	83.6	30.2	38.6	13.9
	20	35.7	12.9	40.9	14.8	50.8	18.4	60.4	22.2	77.4	28.0	35.7	12.9
	22	32.9	11.9	37.7	13.7	46.8	17.0	55.5	20.4	71.2	25.8	32.9	11.9
	24	30.0	10.9	34.4	12.5	42.7	15.5	50.7	18.7	65.0	23.6	30.0	10.9
50	16	48.6	17.5	55.7	20.2	69.1	25.0	82.1	30.1	105.2	38.0	48.6	17.5
	18	45.8	16.5	52.4	19.0	65.1	23.5	77.3	28.3	99.1	35.8	45.8	16.5
	20	42.9	15.5	49.2	17.8	61.1	22.1	72.5	26.5	92.9	33.5	42.9	15.5
	22	40.1	14.4	45.9	16.6	57.0	20.6	67.7	24.8	86.8	31.3	40.1	14.4
	24	37.3	13.4	42.7	15.4	53.0	19.1	62.9	23.0	80.6	29.1	37.3	13.4
55	16	55.7	20.1	63.9	23.1	79.3	28.7	94.2	34.5	120.7	43.6	55.7	20.1
	18	52.9	19.1	60.6	21.9	75.3	27.2	89.4	32.7	114.6	41.4	52.9	19.1
	20	50.1	18.1	57.4	20.8	71.2	25.7	84.6	31.0	108.4	39.1	50.1	18.1
	22	47.3	17.0	54.1	19.6	67.2	24.3	79.8	29.2	102.2	36.9	47.3	17.0
	24	44.4	16.0	50.9	18.4	63.2	22.8	75.0	27.4	96.1	34.7	44.4	16.0

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 20mm ，蘑菇头间距 50mm 、高度 21mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

表 B.1.5-9 加热管公称外径10mm，水泥、石材或瓷砖面层 ($R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)			
		120		60	
		向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量
30	16	42.0	11.6	62.4	17.2
	18	36.0	10.0	53.5	14.8
	20	30.0	8.3	44.6	12.3
	22	24.0	6.7	35.6	9.8
	24	18.0	5.0	26.7	7.4
35	16	57.0	15.8	84.7	23.3
	18	51.0	14.2	75.8	20.9
	20	45.0	12.5	66.8	18.4
	22	39.0	10.8	57.9	16.0
40	24	33.0	9.2	49.0	13.5
	16	71.9	20.0	106.9	29.5
	18	65.9	18.3	98.0	27.1
	20	60.0	16.6	89.1	24.6
	22	54.0	15.0	80.2	22.1
45	24	48.0	13.3	71.3	19.7
	16	86.9	24.1	129.2	35.6
	18	80.9	22.5	120.3	33.2
	20	74.9	20.8	111.4	30.7
	22	68.9	19.2	102.5	28.3
50	24	62.9	17.5	93.6	25.8
	16	101.9	28.3	151.5	41.8
	18	95.9	26.7	142.6	39.4
	20	89.9	25.0	133.7	36.8
	22	83.9	23.3	124.8	34.4
55	24	77.9	21.6	115.9	31.9
	16	116.9	32.4	173.8	47.9
	18	110.9	30.8	164.9	45.4
	20	104.9	29.1	156.0	43.0
	22	98.9	27.5	147.0	40.5
	24	92.9	25.8	138.1	38.1

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 10mm ，方型蘑菇头间距 60mm 、高度 15mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

表 B.1.5-10 加热管公称外径10mm，地毯面层 (R=0.15 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气温度 (°C)	加热管间距(mm)			
		120		60	
		向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量
30	16	28.7	13.7	38.8	18.3
	18	24.6	11.7	33.3	15.7
	20	20.5	9.8	27.7	13.1
	22	16.4	7.8	22.2	10.5
	24	12.3	5.9	16.6	7.8
35	16	39.0	18.5	52.7	24.8
	18	34.9	16.6	47.1	22.2
	20	30.8	14.6	41.6	19.6
	22	26.7	12.7	36.0	17.0
40	24	22.6	10.7	30.5	14.4
	16	49.3	23.4	66.5	31.4
	18	45.2	21.5	61.0	28.8
	20	41.0	19.5	55.4	26.1
45	22	36.9	17.6	49.9	23.6
	24	32.8	15.6	44.3	20.9
	16	59.5	28.3	80.4	37.9
	18	55.4	26.4	74.8	35.3
	20	51.3	24.4	69.3	32.7
50	22	47.2	22.5	63.7	30.1
	24	43.1	20.5	58.2	27.5
	16	69.8	33.2	94.2	44.4
	18	65.7	31.3	88.7	41.9
	20	61.6	29.3	83.1	39.2
55	22	57.5	27.4	77.6	36.6
	24	53.4	25.4	72.1	34.0
	16	80.0	38.1	108.1	51.0
	18	75.9	36.1	102.6	48.4
	20	71.8	34.2	97.0	45.8
55	22	67.7	32.2	91.5	43.1
	24	63.6	30.3	85.9	40.5

注：计算条件为加热管Φ10×1.2；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数0.041W/(m·K)，厚度10mm，方型蘑菇头间距60mm、高度15mm，加热管抬高4mm；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)，蘑菇头以上厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)，厚度130mm。

表 B.1.5-11 加热管公称外径10mm, 木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)			
		120		60	
		向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量
30	16	32.7	13.1	45.4	18.0
	18	28.0	11.2	38.9	15.4
	20	23.4	9.4	32.4	12.9
	22	18.7	7.5	25.9	10.3
	24	14.0	5.6	19.5	7.8
35	16	44.4	17.7	61.6	24.4
	18	39.7	15.9	55.1	21.9
	20	35.0	14.0	48.6	19.3
	22	30.4	12.2	42.2	16.8
	24	25.7	10.3	35.7	14.2
40	16	56.0	22.4	77.8	30.8
	18	51.4	20.5	71.3	28.3
	20	46.7	18.7	64.9	25.8
	22	42.0	16.9	58.4	23.2
	24	37.4	15.0	51.9	20.7
45	16	67.7	27.1	94.0	37.3
	18	63.1	25.2	87.6	34.7
	20	58.4	23.4	81.1	32.2
	22	53.7	21.5	74.6	29.7
	24	49.1	19.7	68.1	27.1
50	16	79.4	31.7	110.3	43.7
	18	74.7	29.9	103.8	41.2
	20	70.1	28.0	97.3	38.6
	22	65.4	26.2	90.8	36.1
	24	60.7	24.4	84.3	33.6
55	16	91.1	36.4	126.5	50.1
	18	86.4	34.5	120.0	47.6
	20	81.7	32.7	113.5	45.0
	22	77.1	30.8	107.0	42.4
	24	72.4	28.9	100.5	39.8

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 10mm ，方型蘑菇头间距 60mm 、高度 15mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

表 B.1.5-12 加热管公称外径 10mm，木地板面层 ($R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)			
		120		60	
		向上供热量	向下传热量	向上供热量	向下传热量
30	16	29.1	13.6	39.4	18.3
	18	25.0	11.7	33.8	15.7
	20	20.8	9.7	28.2	13.1
	22	16.6	7.8	22.5	10.5
	24	12.5	5.8	16.9	7.8
35	16	39.5	18.5	53.5	24.8
	18	35.4	16.5	47.9	22.2
	20	31.2	14.6	42.3	19.6
	22	27.0	12.6	36.6	17.0
40	24	22.9	10.7	31.0	14.4
	16	49.9	23.3	67.6	31.3
	18	45.8	21.4	62.0	28.7
	20	41.6	19.4	56.3	26.1
45	22	37.5	17.5	50.7	23.5
	24	33.3	15.5	45.1	20.9
	16	60.3	28.2	81.7	37.8
	18	56.2	26.3	76.1	35.3
50	20	52.0	24.3	70.4	32.6
	22	47.9	22.4	64.8	30.0
	24	43.7	20.4	59.2	27.4
	16	70.7	33.0	95.8	44.4
	18	66.6	31.1	90.2	41.8
55	20	62.4	29.2	84.5	39.2
	22	58.3	27.2	78.9	36.6
	24	54.1	25.3	73.3	33.9
	16	81.1	37.9	109.9	50.9
	18	77.0	36.0	104.2	48.3
55	20	72.8	34.0	98.6	45.7
	22	68.7	32.1	93.0	43.1
	24	64.5	30.1	87.3	40.5

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）覆膜模块板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 10mm，方型蘑菇头间距 60mm、高度 15mm，加热管抬高 4mm；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm。

B.1.6 采用模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板、水泥砂浆填充层时，单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按表 B.1.6-1~表 B.1.6-8取值。

表 B.1.6-1 加热管公称外径20mm，水泥、石材或瓷砖面层（ $R=0.02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ）单位辐射面面积的向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	28.9	6.2	35.1	7.5	43.7	9.4	56.3	12.1
	18	24.7	5.3	30.1	6.5	37.5	8.0	48.3	10.4
	20	20.6	4.4	25.1	5.4	31.2	6.7	40.2	8.6
	22	16.5	3.5	20.0	4.3	25.0	5.4	32.2	6.9
	24	12.4	2.6	15.0	3.2	18.7	4.0	24.1	5.2
35	16	39.2	8.3	47.6	10.2	59.3	12.7	76.4	16.4
	18	35.0	7.5	42.6	9.1	53.1	11.4	68.4	14.7
	20	30.9	6.6	37.6	8.1	46.8	10.0	60.3	12.9
	22	26.8	5.7	32.6	7.0	40.6	8.7	52.3	11.2
	24	22.7	4.8	27.6	5.9	34.3	7.4	44.2	9.5
40	16	49.5	10.5	60.1	12.9	74.9	16.1	96.5	20.7
	18	45.4	9.7	55.1	11.8	68.7	14.7	88.5	19.0
	20	41.2	8.8	50.1	10.8	62.4	13.4	80.4	17.3
	22	37.1	7.9	45.1	9.7	56.2	12.1	72.4	15.5
	24	33.0	7.0	40.1	8.6	50.0	10.7	64.3	13.8
45	16	59.8	12.7	72.7	15.6	90.5	19.4	116.6	25.0
	18	55.7	11.9	67.6	14.5	84.3	18.1	108.6	23.3
	20	51.5	11.0	62.6	13.4	78.1	16.7	100.5	21.5
	22	47.4	10.1	57.6	12.3	71.8	15.4	92.5	19.8
	24	43.3	9.2	52.6	11.3	65.6	14.1	84.5	18.1
50	16	70.1	14.9	85.2	18.2	106.2	22.8	136.7	29.3
	18	66.0	14.1	80.2	17.2	99.9	21.4	128.7	27.6
	20	61.8	13.2	75.2	16.1	93.7	20.1	120.7	25.9
	22	57.7	12.3	70.2	15.1	87.4	18.8	112.6	24.2
	24	53.6	11.4	65.1	14.0	81.2	17.4	104.6	22.4
55	16	80.4	17.1	97.7	20.9	121.8	26.1	156.9	33.6
	18	76.3	16.3	92.7	19.9	115.5	24.8	148.8	31.9
	20	72.2	15.4	87.7	18.8	109.3	23.4	140.8	30.2
	22	68.0	14.5	82.7	17.7	103.0	22.1	132.7	28.4
	24	63.9	13.6	77.7	16.6	96.8	20.7	124.7	26.7

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数 $0.030\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 14mm ，方型蘑菇头间距 50mm 、高度 25mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

表 B.1.6-2 加热管公称外径20mm，地毯面层 (R=0.15 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	21.3	7.7	25.1	9.2	29.9	10.9	36.2	13.2
	18	18.2	6.6	21.5	7.9	25.7	9.4	31.0	11.4
	20	15.2	5.5	17.9	6.5	21.4	7.8	25.9	9.5
	22	12.2	4.4	14.3	5.2	17.1	6.3	20.7	7.6
35	24	9.1	3.3	10.8	3.9	12.8	4.7	15.5	5.7
	16	28.9	10.5	34.1	12.4	40.6	14.8	49.1	18.0
	18	25.8	9.4	30.5	11.1	36.4	13.3	44.0	16.1
	20	22.8	8.3	26.9	9.8	32.1	11.7	38.8	14.2
40	22	19.8	7.2	23.3	8.5	27.8	10.2	33.6	12.3
	24	16.7	6.1	19.7	7.2	23.5	8.6	28.5	10.4
	16	36.5	13.2	43.0	15.7	51.3	18.7	62.1	22.7
	18	33.4	12.1	39.4	14.4	47.1	17.2	56.9	20.8
45	20	30.4	11.0	35.8	13.1	42.8	15.6	51.7	18.9
	22	27.4	9.9	32.3	11.8	38.5	14.1	46.6	17.0
	24	24.3	8.8	28.7	10.5	34.2	12.5	41.4	15.1
	16	44.1	16.0	52.0	19.0	62.0	22.6	75.0	27.4
50	18	41.0	14.9	48.4	17.7	57.7	21.1	69.8	25.5
	20	38.0	13.8	44.8	16.4	53.5	19.5	64.7	23.6
	22	35.0	12.7	41.2	15.0	49.2	18.0	59.5	21.7
	24	31.9	11.6	37.6	13.7	44.9	16.4	54.3	19.8
55	16	51.7	18.7	60.9	22.2	72.7	26.5	87.9	32.1
	18	48.7	17.6	57.4	21.0	68.4	25.0	82.8	30.3
	20	45.6	16.5	53.8	19.6	64.2	23.4	77.6	28.4
	22	42.6	15.4	50.2	18.3	59.9	21.9	72.4	26.5
55	24	39.5	14.3	46.6	17.0	55.6	20.3	67.2	24.6
	16	59.3	21.5	69.9	25.5	83.4	30.5	100.9	36.8
	18	56.3	20.4	66.3	24.2	79.1	28.9	95.7	35.0
	20	53.2	19.3	62.7	22.9	74.9	27.3	90.5	33.1
55	22	50.2	18.2	59.1	21.6	70.6	25.8	85.4	31.2
	24	47.1	17.1	55.6	20.3	66.3	24.2	80.2	29.3

注：计算条件为加热管Φ20×2.0；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数0.030W/(m·K)，厚度14mm，方型蘑菇头间距50mm、高度25mm，加热管抬高4m；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)，蘑菇头以上厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)，厚度130mm。

表 B.1.6-3 加热管公称外径20mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量
30	16	23.8	7.3	28.2	28.2	34.1	10.4	42.0	12.9
	18	20.4	6.3	24.2	7.4	29.2	9.0	36.0	11.1
	20	17.0	5.2	20.1	6.2	24.3	7.5	30.0	9.2
	22	13.6	4.2	16.1	4.9	19.5	6.0	24.0	7.4
	24	10.2	3.1	12.1	3.7	14.6	4.5	18.0	5.5
35	16	32.2	9.9	38.2	11.7	46.2	14.2	56.9	17.5
	18	28.8	8.9	34.2	10.5	41.4	12.7	51.0	15.7
	20	25.4	7.8	30.2	9.3	36.5	11.2	45.0	13.8
	22	22.1	6.8	26.2	8.0	31.6	9.7	39.0	12.0
	24	18.7	5.7	22.1	6.8	26.8	8.2	33.0	10.1
40	16	40.7	12.5	48.3	14.8	58.4	17.9	71.9	22.1
	18	37.3	11.5	44.3	13.6	53.5	16.4	65.9	20.3
	20	33.9	10.4	40.3	12.4	48.6	14.9	59.9	18.4
	22	30.5	9.4	36.2	11.1	43.8	13.4	53.9	16.6
	24	27.1	8.3	32.2	9.9	38.9	11.9	48.0	14.8
45	16	49.2	15.1	58.4	17.9	70.5	21.6	86.9	26.7
	18	45.8	14.1	54.3	16.7	65.7	20.2	80.9	24.9
	20	42.4	13.0	50.3	15.4	60.8	18.6	74.9	23.1
	22	39.0	12.0	46.3	14.2	55.9	17.1	68.9	21.2
	24	35.6	10.9	42.3	12.9	51.1	15.6	62.9	19.3
50	16	57.7	17.7	68.4	21.0	82.7	25.4	101.9	31.4
	18	54.3	16.7	64.4	19.8	77.8	23.9	95.9	29.5
	20	50.9	15.6	60.4	18.5	73.0	22.4	89.9	27.7
	22	47.5	14.5	56.4	17.3	68.1	20.9	83.9	25.8
	24	44.1	13.5	52.3	16.0	63.2	19.3	77.9	23.9
55	16	66.2	20.3	78.5	24.1	94.9	29.1	116.9	36.0
	18	62.8	19.3	74.5	22.9	90.0	27.6	110.9	34.1
	20	59.4	18.2	70.4	21.6	85.1	26.1	104.9	32.3
	22	56.0	17.2	66.4	20.4	80.3	24.6	98.9	30.4
	24	52.6	16.1	62.4	19.2	75.4	23.1	92.9	28.6

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数 $0.030\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 14mm ，方型蘑菇头间距 50mm 、高度 25mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

表 B.1.6-4 加热管公称外径20mm，木地板面层 ($R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)							
		250		200		150		100	
		向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供热 量	向下传热 量	向上供 热量	向下传热 量
30	16	21.6	7.7	25.4	9.1	30.3	10.9	36.8	13.2
	18	18.5	6.6	21.8	7.8	26.0	9.3	31.5	11.3
	20	15.4	5.5	18.2	6.5	21.7	7.8	26.3	9.4
	22	12.3	4.4	14.5	5.2	17.3	6.2	21.0	7.5
35	24	9.3	3.3	10.9	3.9	13.0	4.7	15.8	5.7
	16	29.3	10.5	34.5	12.4	41.2	14.7	49.9	17.9
	18	26.2	9.4	30.9	11.1	36.8	13.2	44.6	16.1
	20	23.2	8.3	27.2	9.8	32.5	11.7	39.4	14.2
40	22	20.1	7.2	23.6	8.5	28.2	10.1	34.1	12.3
	24	17.0	6.1	20.0	7.2	23.8	8.5	28.9	10.4
	16	37.0	13.3	43.6	15.6	52.0	18.6	63.0	22.6
	18	34.0	12.2	39.9	14.3	47.7	17.1	57.8	20.8
45	20	30.9	11.1	36.3	13.0	43.3	15.5	52.5	18.9
	22	27.8	9.9	32.7	11.7	39.0	14.0	47.3	17.0
	24	24.7	8.8	29.0	10.4	34.7	12.4	42.0	15.1
	16	44.8	16.0	52.6	18.9	62.9	22.5	76.2	27.4
50	18	41.7	14.9	49.0	17.6	58.5	21.0	70.9	25.5
	20	38.6	13.8	45.4	16.3	54.2	19.4	65.7	23.6
	22	35.5	12.7	41.8	15.0	49.9	17.9	60.4	21.7
	24	32.4	11.6	38.1	13.7	45.5	16.3	55.1	19.8
55	16	52.5	18.8	61.7	22.1	73.7	26.4	89.3	32.1
	18	49.4	17.7	58.1	20.8	69.4	24.9	84.0	30.2
	20	46.3	16.6	54.5	19.5	65.0	23.3	78.8	28.3
	22	43.2	15.5	50.8	18.2	60.7	21.7	73.5	26.4
55	24	40.1	14.4	47.2	16.9	56.4	20.2	68.3	24.5
	16	60.2	21.6	70.8	25.4	84.5	30.3	102.4	36.8
	18	57.1	20.5	67.2	24.1	80.2	28.7	97.2	34.9
	20	54.0	19.3	63.5	22.8	75.9	27.2	91.9	33.0
55	22	50.9	18.2	59.9	21.5	71.5	25.6	86.7	31.1
	24	47.9	17.1	56.3	20.2	67.2	24.1	81.4	29.3

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数 $0.030\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度14mm，方型蘑菇头间距50mm、高度25mm，加热管抬高4mm；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为40mm；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度2mm；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度130mm。

表 B.1.6-5 加热管公称外径16mm，水泥、石材或瓷砖面层 (R=0.02 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内 空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传 热 量	向上 供 热 量	向下 传 热 量								
30	16	26.0	5.4	30.4	6.4	39.6	8.4	49.4	10.6	69.7	14.7	26.0	5.4
	18	22.3	4.7	26.0	5.5	33.9	7.2	42.4	9.1	59.7	12.6	22.3	4.7
	20	18.6	3.9	21.7	4.6	28.3	6.0	35.3	7.6	49.8	10.5	18.6	3.9
	22	14.8	3.1	17.4	3.7	22.6	4.8	28.2	6.1	39.8	8.5	14.8	3.1
	24	11.1	2.3	13.0	2.8	17.0	3.6	21.2	4.6	29.9	6.4	11.1	2.3
35	16	35.3	7.4	41.2	8.7	53.7	11.3	67.1	14.3	94.5	19.9	35.3	7.4
	18	31.5	6.6	36.9	7.8	48.1	10.2	60.0	12.9	84.6	17.8	31.5	6.6
	20	27.8	5.8	32.5	6.9	42.4	9.0	52.9	11.4	74.6	15.8	27.8	5.8
	22	24.1	5.1	28.2	6.0	36.8	7.8	45.9	9.9	64.7	13.7	24.1	5.1
	24	20.4	4.3	23.9	5.1	31.1	6.6	38.8	8.4	54.7	11.7	20.4	4.3
40	16	44.5	9.3	52.0	11.1	67.9	14.3	84.7	18.1	119.4	25.2	44.5	9.3
	18	40.8	8.6	47.7	10.1	62.2	13.2	77.6	16.6	109.5	23.1	40.8	8.6
	20	37.1	7.8	43.4	9.2	56.6	12.0	70.6	15.2	99.5	21.0	37.1	7.8
	22	33.4	7.0	39.0	8.3	50.9	10.8	63.5	13.7	89.6	19.0	33.4	7.0
	24	29.7	6.2	34.7	7.4	45.3	9.6	56.5	12.2	79.6	16.9	29.7	6.2
45	16	53.8	11.3	62.9	13.4	82.0	17.3	102.4	21.9	144.3	30.4	53.8	11.3
	18	50.1	10.5	58.6	12.5	76.4	16.1	95.3	20.4	134.3	28.3	50.1	10.5
	20	46.4	9.7	54.2	11.6	70.7	15.0	88.2	18.9	124.4	26.3	46.4	9.7
	22	42.7	9.0	49.9	10.6	65.1	13.8	81.2	17.5	114.4	24.3	42.7	9.0
	24	39.0	8.2	45.6	9.7	59.4	12.6	74.1	16.0	104.5	22.2	39.0	8.2
50	16	63.1	13.2	73.7	15.7	96.2	20.3	120.0	25.7	169.2	35.6	63.1	13.2
	18	59.4	12.4	69.4	14.8	90.5	19.1	112.9	24.2	159.2	33.6	59.4	12.4
	20	55.7	11.7	65.1	13.9	84.9	18.0	105.9	22.7	149.3	31.6	55.7	11.7
	22	52.0	10.9	60.7	13.0	79.2	16.8	98.8	21.3	139.3	29.5	52.0	10.9
	24	48.2	10.1	56.4	12.1	73.6	15.7	91.8	19.8	129.4	27.5	48.2	10.1
55	16	72.4	15.2	84.6	18.0	110.3	23.3	137.6	29.4	194.0	40.9	72.4	15.2
	18	68.6	14.4	80.2	17.0	104.7	22.1	130.6	27.9	184.1	38.8	68.6	14.4
	20	64.9	13.6	75.9	16.1	99.0	20.9	123.5	26.4	174.1	36.7	64.9	13.6
	22	61.2	12.8	71.6	15.2	93.3	19.7	116.5	24.9	164.2	34.6	61.2	12.8
	24	57.5	12.0	67.2	14.3	87.7	18.5	109.4	23.4	154.2	32.5	57.5	12.0

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数0.030W/(m·K)，厚度14mm，方型蘑菇头间距50mm、高度21mm，加热管抬高4mm；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)，蘑菇头以上厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)，厚度130mm。

表 B.1.6-6 加热管公称外径16mm，地毯面层 (R=0.15 m²·K/W) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m²)

平均水温 (°C)	室内 空气 温度 (°C)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	19.5	6.9	22.3	8.0	27.8	9.9	32.9	12.0	42.1	15.0	19.5	6.9
	18	16.7	5.9	19.1	6.9	23.8	8.5	28.2	10.3	36.1	12.8	16.7	5.9
	20	13.9	4.9	15.9	5.7	19.8	7.1	23.5	8.6	30.1	10.7	13.9	4.9
	22	11.2	4.0	12.8	4.6	15.9	5.7	18.8	6.8	24.1	8.6	11.2	4.0
35	24	8.4	3.0	9.6	3.4	11.9	4.3	14.1	5.1	18.1	6.4	8.4	3.0
	16	26.5	9.4	30.3	10.9	37.7	13.5	44.7	16.2	57.2	20.3	26.5	9.4
	18	23.7	8.4	27.1	9.8	33.7	12.1	40.0	14.5	51.1	18.2	23.7	8.4
	20	20.9	7.4	23.9	8.6	29.8	10.7	35.3	12.9	45.1	16.1	20.9	7.4
40	22	18.1	6.4	20.7	7.5	25.8	9.2	30.6	11.2	39.1	14.0	18.1	6.4
	24	15.3	5.5	17.5	6.4	21.8	7.8	25.9	9.5	33.1	11.9	15.3	5.5
	16	33.5	11.9	38.3	13.8	47.6	17.0	56.4	20.5	72.2	25.7	33.5	11.9
	18	30.7	10.9	35.1	12.6	43.6	15.6	51.7	18.8	66.2	23.6	30.7	10.9
45	20	27.9	9.9	31.9	11.5	39.7	14.2	47.0	17.1	60.2	21.4	27.9	9.9
	22	25.1	8.9	28.7	10.4	35.7	12.8	42.3	15.5	54.2	19.3	25.1	8.9
	24	22.3	7.9	25.5	9.2	31.7	11.4	37.6	13.8	48.1	17.2	22.3	7.9
	16	40.4	14.3	46.2	16.6	57.5	20.5	68.2	24.8	87.2	31.0	40.4	14.3
50	18	37.7	13.3	43.0	15.5	53.6	19.1	63.5	23.1	81.2	28.9	37.7	13.3
	20	34.9	12.4	39.9	14.4	49.6	17.7	58.8	21.4	75.2	26.8	34.9	12.4
	22	32.1	11.4	36.7	13.2	45.6	16.4	54.1	19.7	69.2	24.7	32.1	11.4
	24	29.3	10.4	33.5	12.1	41.7	15.0	49.4	18.1	63.2	22.6	29.3	10.4
55	16	47.4	16.8	54.2	19.5	67.5	24.1	79.9	29.1	102.3	36.4	47.4	16.8
	18	44.6	15.8	51.0	18.4	63.5	22.7	75.2	27.4	96.3	34.3	44.6	15.8
	20	41.8	14.8	47.8	17.3	59.5	21.3	70.5	25.7	90.3	32.2	41.8	14.8
	22	39.0	13.9	44.6	16.1	55.6	19.9	65.8	24.0	84.2	30.1	39.0	13.9
55	24	36.3	12.9	41.5	15.0	51.6	18.5	61.1	22.3	78.2	28.0	36.3	12.9
	16	54.4	19.3	62.2	22.4	77.4	27.6	91.7	33.3	117.3	41.7	54.4	19.3
	18	51.6	18.3	59.0	21.2	73.4	26.2	87.0	31.6	111.3	39.6	51.6	18.3
	20	48.8	17.3	55.8	20.1	69.4	24.8	82.3	29.9	105.3	37.4	48.8	17.3
55	22	46.0	16.3	52.6	18.9	65.5	23.4	77.6	28.2	99.3	35.3	46.0	16.3
	24	43.2	15.3	49.4	17.8	61.5	22.0	72.9	26.5	93.3	33.1	43.2	15.3

注：计算条件为加热管Φ16×2.0；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数0.030W/(m·K)，厚度14mm，方型蘑菇头间距50mm、高度21mm，加热管抬高4mm；水泥砂浆填充层导热系数0.93W/(m·K)，蘑菇头以上厚度为40mm；结构层导热系数1.72W/(m·K)，厚度130mm。

表 B.1.6-7 加热管公称外径16mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	19.7	6.9	22.6	8.0	28.1	9.9	33.4	11.9	42.8	15.0	19.7	6.9
	18	16.9	5.9	19.3	6.9	24.1	8.5	28.6	10.2	36.7	12.8	16.9	5.9
	20	14.1	4.9	16.1	5.7	20.1	7.1	23.8	8.5	30.6	10.7	14.1	4.9
	22	11.3	3.9	12.9	4.6	16.1	5.6	19.1	6.8	24.5	8.6	11.3	3.9
35	16	8.5	2.9	9.7	3.4	12.1	4.2	14.3	5.1	18.4	6.4	8.5	2.9
	18	26.8	9.3	30.6	10.8	38.2	13.4	45.3	16.2	58.1	20.3	26.8	9.3
	20	24.0	8.3	27.4	9.7	34.2	12.0	40.5	14.5	52.0	18.2	24.0	8.3
	22	21.1	7.4	24.2	8.6	30.1	10.6	35.8	12.8	45.9	16.1	21.1	7.4
40	16	18.3	6.4	21.0	7.4	26.1	9.2	31.0	11.1	39.8	14.0	18.3	6.4
	18	33.8	11.8	38.7	13.7	48.2	16.9	57.2	20.4	73.4	25.6	33.8	11.8
	20	31.0	10.8	35.5	12.6	44.2	15.5	52.5	18.8	67.3	23.5	31.0	10.8
	22	28.2	9.8	32.2	11.4	40.2	14.1	47.7	17.1	61.2	21.4	28.2	9.8
45	16	25.4	8.8	29.0	10.3	36.2	12.7	42.9	15.4	55.1	19.3	25.4	8.8
	18	40.9	14.2	46.8	16.5	58.3	20.4	69.2	24.7	88.7	31.0	40.9	14.2
	20	38.1	13.2	43.5	15.4	54.3	19.1	64.4	23.0	82.6	28.9	38.1	13.2
	22	35.2	12.3	40.3	14.3	50.2	17.7	59.6	21.4	76.5	26.8	35.2	12.3
50	16	32.4	11.3	37.1	13.2	46.2	16.3	54.8	19.7	70.4	24.7	32.4	11.3
	18	29.6	10.3	33.9	12.0	42.2	14.9	50.1	18.0	64.3	22.6	29.6	10.3
	20	47.9	16.7	54.8	19.4	68.3	24.0	81.1	29.0	104.0	36.3	47.9	16.7
	22	45.1	15.7	51.6	18.3	64.3	22.6	76.3	27.3	97.9	34.2	45.1	15.7
55	16	42.3	14.7	48.4	17.1	60.3	21.2	71.5	25.6	91.8	32.1	42.3	14.7
	18	39.5	13.8	45.1	16.0	56.3	19.8	66.8	23.9	85.7	30.0	39.5	13.8
	20	36.6	12.8	41.9	14.9	52.3	18.4	62.0	22.3	79.6	27.9	36.6	12.8
	22	55.0	19.1	62.9	22.2	78.4	27.5	93.0	33.2	119.4	41.7	55.0	19.1
55	18	52.1	18.1	59.6	21.1	74.4	26.1	88.2	31.5	113.2	39.5	52.1	18.1
	20	49.3	17.2	56.4	20.0	70.3	24.7	83.5	29.8	107.1	37.4	49.3	17.2
	22	46.5	16.2	53.2	18.8	66.3	23.3	78.7	28.1	101.0	35.3	46.5	16.2
	24	43.7	15.2	50.0	17.7	62.3	21.8	73.9	26.4	94.9	33.1	43.7	15.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数 $0.030\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 14mm ，方型蘑菇头间距 50mm 、高度 21mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

表 B.1.6-8 加热管公称外径16mm，木地板面层（ $R=0.10\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传 热 量										
30	16	19.7	6.9	22.6	8.0	28.1	9.9	33.4	11.9	42.8	15.0	19.7	6.9
	18	16.9	5.9	19.3	6.9	24.1	8.5	28.6	10.2	36.7	12.8	16.9	5.9
	20	14.1	4.9	16.1	5.7	20.1	7.1	23.8	8.5	30.6	10.7	14.1	4.9
	22	11.3	3.9	12.9	4.6	16.1	5.6	19.1	6.8	24.5	8.6	11.3	3.9
	24	8.5	2.9	9.7	3.4	12.1	4.2	14.3	5.1	18.4	6.4	8.5	2.9
35	16	26.8	9.3	30.6	10.8	38.2	13.4	45.3	16.2	58.1	20.3	26.8	9.3
	18	24.0	8.3	27.4	9.7	34.2	12.0	40.5	14.5	52.0	18.2	24.0	8.3
	20	21.1	7.4	24.2	8.6	30.1	10.6	35.8	12.8	45.9	16.1	21.1	7.4
	22	18.3	6.4	21.0	7.4	26.1	9.2	31.0	11.1	39.8	14.0	18.3	6.4
	24	15.5	5.4	17.7	6.3	22.1	7.8	26.2	9.4	33.7	11.8	15.5	5.4
40	16	33.8	11.8	38.7	13.7	48.2	16.9	57.2	20.4	73.4	25.6	33.8	11.8
	18	31.0	10.8	35.5	12.6	44.2	15.5	52.5	18.8	67.3	23.5	31.0	10.8
	20	28.2	9.8	32.2	11.4	40.2	14.1	47.7	17.1	61.2	21.4	28.2	9.8
	22	25.4	8.8	29.0	10.3	36.2	12.7	42.9	15.4	55.1	19.3	25.4	8.8
	24	22.6	7.9	25.8	9.2	32.2	11.4	38.2	13.7	49.0	17.2	22.6	7.9
45	16	40.9	14.2	46.8	16.5	58.3	20.4	69.2	24.7	88.7	31.0	40.9	14.2
	18	38.1	13.2	43.5	15.4	54.3	19.1	64.4	23.0	82.6	28.9	38.1	13.2
	20	35.2	12.3	40.3	14.3	50.2	17.7	59.6	21.4	76.5	26.8	35.2	12.3
	22	32.4	11.3	37.1	13.2	46.2	16.3	54.8	19.7	70.4	24.7	32.4	11.3
	24	29.6	10.3	33.9	12.0	42.2	14.9	50.1	18.0	64.3	22.6	29.6	10.3
50	16	47.9	16.7	54.8	19.4	68.3	24.0	81.1	29.0	104.0	36.3	47.9	16.7
	18	45.1	15.7	51.6	18.3	64.3	22.6	76.3	27.3	97.9	34.2	45.1	15.7
	20	42.3	14.7	48.4	17.1	60.3	21.2	71.5	25.6	91.8	32.1	42.3	14.7
	22	39.5	13.8	45.1	16.0	56.3	19.8	66.8	23.9	85.7	30.0	39.5	13.8
	24	36.6	12.8	41.9	14.9	52.3	18.4	62.0	22.3	79.6	27.9	36.6	12.8
55	16	55.0	19.1	62.9	22.2	78.4	27.5	93.0	33.2	119.4	41.7	55.0	19.1
	18	52.1	18.1	59.6	21.1	74.4	26.1	88.2	31.5	113.2	39.5	52.1	18.1
	20	49.3	17.2	56.4	20.0	70.3	24.7	83.5	29.8	107.1	37.4	49.3	17.2
	22	46.5	16.2	53.2	18.8	66.3	23.3	78.7	28.1	101.0	35.3	46.5	16.2
	24	43.7	15.2	50.0	17.7	62.3	21.8	73.9	26.4	94.9	33.1	43.7	15.2

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑石墨聚苯乙烯泡沫塑料（SEPS）模块板导热系数 $0.030\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 14mm ，方型蘑菇头间距 50mm 、高度 21mm ，加热管抬高 4mm ；水泥砂浆填充层导热系数 $0.93\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，蘑菇头以上厚度为 40mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，厚度 130mm 。

B.2 预制沟槽保温板干式工法热水地暖辐射面单位面积散热量

B.2.1 采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板时，单位辐射面面积向上供热量和向下传热量可按表 B.2.1-1~表 B.2.1-6取值。

表 B.2.1-1 加热管公称外径20mm，木地板面层（ $R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ）单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量（ W/m^2 ）

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热 量	向下 传热 量										
30	16	39.0	5.9	47.1	7.1	51.8	7.9	56.9	8.8	62.0	9.8	66.9	11.2
	18	33.5	5.0	40.4	6.1	44.4	6.8	48.8	7.6	53.2	8.4	57.3	9.6
	20	27.9	4.2	33.7	5.1	37.0	5.7	40.6	6.3	44.3	7.0	47.8	8.0
	22	22.3	3.4	26.9	4.1	29.6	4.5	32.5	5.0	35.4	5.6	38.2	6.4
	24	16.7	2.5	20.2	3.1	22.2	3.4	24.4	3.8	26.6	4.2	28.7	4.8
35	16	53.0	8.0	63.9	9.7	70.3	10.8	77.2	12.0	84.2	13.4	90.8	15.1
	18	47.4	7.1	57.2	8.7	62.9	9.6	69.1	10.7	75.3	12.0	81.2	13.5
	20	41.8	6.3	50.5	7.7	55.5	8.5	61.0	9.4	66.4	10.6	71.7	11.9
	22	36.2	5.4	43.7	6.6	48.1	7.4	52.8	8.2	57.6	9.1	62.1	10.4
	24	30.6	4.6	37.0	5.6	40.7	6.2	44.7	6.9	48.7	7.7	52.6	8.8
40	16	66.9	10.1	80.8	12.3	88.8	13.6	97.5	15.1	106.3	16.9	114.7	19.1
	18	61.3	9.2	74.0	11.2	81.4	12.5	89.4	13.9	97.5	15.5	105.1	17.5
	20	55.7	8.4	67.3	10.2	74.0	11.3	81.2	12.6	88.6	14.1	95.6	15.9
	22	50.2	7.5	60.6	9.2	66.6	10.2	73.1	11.3	79.7	12.7	86.0	14.3
	24	44.6	6.7	53.8	8.2	59.2	9.1	65.0	10.1	70.9	11.3	76.4	12.7
45	16	80.8	12.2	97.6	14.8	107.4	16.4	117.8	18.3	128.5	20.4	138.6	23.1
	18	75.3	11.3	90.9	13.8	99.9	15.3	109.7	17.0	119.6	19.0	129.0	21.5
	20	69.7	10.5	84.1	12.8	92.5	14.2	101.6	15.7	110.8	17.6	119.5	19.9
	22	64.1	9.6	77.4	11.7	85.1	13.0	93.4	14.5	101.9	16.2	109.9	18.3
	24	58.5	8.8	70.7	10.7	77.7	11.9	85.3	13.2	93.0	14.8	100.3	16.7
50	16	94.8	14.2	114.4	17.4	125.9	19.3	138.1	21.4	150.6	23.9	162.5	27.1
	18	89.2	13.4	107.7	16.3	118.5	18.1	130.0	20.2	141.8	22.5	152.9	25.5
	20	83.6	12.6	101.0	15.3	111.0	17.0	121.9	18.9	132.9	21.1	143.4	23.9
	22	78.0	11.7	94.2	14.3	103.6	15.9	113.7	17.6	124.0	19.7	133.8	22.3
	24	72.5	10.9	87.5	13.3	96.2	14.7	105.6	16.4	115.2	18.3	124.2	20.7
55	16	108.7	16.3	131.2	19.9	144.4	22.1	158.4	24.6	172.8	27.4	186.4	31.1
	18	103.1	15.5	124.5	18.9	137.0	20.9	150.3	23.3	163.9	26.0	176.8	29.5
	20	97.6	14.7	117.8	17.9	129.6	19.8	142.2	22.0	155.0	24.6	167.2	27.9
	22	92.0	13.8	111.1	16.8	122.1	18.7	134.1	20.8	146.2	23.2	157.7	26.3
	24	86.4	13.0	104.3	15.8	114.7	17.6	125.9	19.5	137.3	21.8	148.1	24.7

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；加热管下均热层导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.4mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B. 2. 1-2 加热管公称外径20mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		400		300		250		200		150		100	
		向上 供热量	向下 传热量										
30	16	34.1	6.3	40.5	7.5	44.2	8.3	47.9	9.1	51.6	10.1	55.1	11.3
	18	29.3	5.4	34.7	6.5	37.8	7.1	41.1	7.8	44.3	8.6	47.2	9.7
	20	24.4	4.5	28.9	5.4	31.5	5.9	34.2	6.5	36.9	7.2	39.4	8.1
	22	19.5	3.6	23.1	4.3	25.2	4.7	27.4	5.2	29.5	5.8	31.5	6.5
	24	14.6	2.7	17.3	3.2	18.9	3.6	20.5	3.9	22.1	4.3	23.6	4.8
35	16	46.3	8.5	55.0	10.2	59.9	11.2	65.0	12.4	70.1	13.7	74.8	15.3
	18	41.4	7.6	49.2	9.2	53.6	10.1	58.2	11.1	62.7	12.2	66.9	13.7
	20	36.6	6.7	43.4	8.1	47.3	8.9	51.3	9.8	55.3	10.8	59.0	12.1
	22	31.7	5.8	37.6	7.0	41.0	7.7	44.5	8.5	47.9	9.4	51.2	10.5
	24	26.8	4.9	31.8	5.9	34.7	6.5	37.7	7.2	40.6	7.9	43.3	8.9
40	16	58.5	10.8	69.5	12.9	75.7	14.2	82.1	15.6	88.5	17.3	94.4	19.4
	18	53.6	9.9	63.7	11.9	69.4	13.0	75.3	14.3	81.1	15.8	86.6	17.7
	20	48.8	9.0	57.9	10.8	63.1	11.8	68.4	13.0	73.8	14.4	78.7	16.1
	22	43.9	8.1	52.1	9.7	56.8	10.7	61.6	11.7	66.4	13.0	70.8	14.5
	24	39.0	7.2	46.3	8.6	50.4	9.5	54.8	10.4	59.0	11.5	63.0	12.9
45	16	70.7	13.0	84.0	15.6	91.5	17.2	99.2	18.9	107.0	20.9	114.1	23.4
	18	65.8	12.1	78.2	14.5	85.1	16.0	92.4	17.6	99.6	19.4	106.2	21.8
	20	61.0	11.2	72.4	13.5	78.8	14.8	85.6	16.3	92.2	18.0	98.4	20.2
	22	56.1	10.3	66.6	12.4	72.5	13.6	78.7	15.0	84.8	16.6	90.5	18.5
	24	51.2	9.4	60.8	11.3	66.2	12.4	71.9	13.7	77.4	15.1	82.7	16.9
50	16	82.9	15.3	98.5	18.3	107.2	20.1	116.3	22.1	125.4	24.5	133.8	27.4
	18	78.0	14.4	92.7	17.2	100.9	18.9	109.5	20.8	118.0	23.0	125.9	25.8
	20	73.1	13.5	86.9	16.2	94.6	17.8	102.7	19.5	110.7	21.6	118.1	24.2
	22	68.3	12.6	81.1	15.1	88.3	16.6	95.8	18.2	103.3	20.2	110.2	22.6
	24	63.4	11.7	75.3	14.0	82.0	15.4	89.0	16.9	95.9	18.7	102.3	21.0
55	16	95.1	17.5	113.0	21.0	123.0	23.1	133.5	25.4	143.9	28.1	153.4	31.5
	18	90.2	16.6	107.2	19.9	116.7	21.9	126.6	24.1	136.5	26.6	145.6	29.8
	20	85.3	15.7	101.4	18.9	110.4	20.7	119.8	22.8	129.1	25.2	137.7	28.2
	22	80.5	14.8	95.6	17.8	104.1	19.5	112.9	21.5	121.7	23.8	129.9	26.6
	24	75.6	13.9	89.8	16.7	97.8	18.3	106.1	20.2	114.3	22.3	122.0	25.0

注：计算条件为加热管 $\Phi 20 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 30mm ；加热管下均热导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.4mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫，导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.2.1-3 加热管公称外径 16mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热 量	向下 传 热 量	向上 供 热 量	向下 传 热 量								
30	16	44.9	7.8	49.6	8.7	54.7	9.7	60.1	10.8	65.5	12.3	68.0	13.2
	18	38.4	6.7	42.5	7.4	46.9	8.3	51.5	9.3	56.1	10.5	58.3	11.3
	20	32.0	5.6	35.4	6.2	39.1	6.9	43.0	7.8	46.8	8.8	48.6	9.5
	22	25.6	4.5	28.3	5.0	31.3	5.5	34.4	6.2	37.4	7.0	38.8	7.6
35	16	60.9	10.6	67.3	11.8	74.3	13.1	81.6	14.7	88.9	16.7	92.3	18.0
	18	54.5	9.5	60.2	10.5	66.5	11.8	73.0	13.2	79.5	14.9	82.5	16.1
	20	48.1	8.4	53.1	9.3	58.6	10.4	64.4	11.6	70.2	13.2	72.8	14.2
	22	41.6	7.2	46.0	8.1	50.8	9.0	55.8	10.1	60.8	11.4	63.1	12.3
40	16	76.9	13.4	85.0	14.9	93.8	16.6	103.1	18.6	112.3	21.1	116.5	22.7
	18	70.5	12.3	77.9	13.6	86.0	15.2	94.5	17.0	102.9	19.3	106.8	20.8
	20	64.1	11.1	70.8	12.4	78.2	13.8	85.9	15.5	93.6	17.5	97.1	18.9
	22	57.7	10.0	63.7	11.2	70.4	12.5	77.3	13.9	84.2	15.8	87.4	17.0
45	16	92.9	16.2	102.7	18.0	113.4	20.1	124.6	22.5	135.7	25.4	140.8	27.4
	18	86.5	15.1	95.6	16.7	105.5	18.7	116.0	20.9	126.3	23.7	131.1	25.5
	20	80.1	13.9	88.5	15.5	97.7	17.3	107.4	19.4	117.0	21.9	121.4	23.6
	22	73.7	12.8	81.4	14.3	89.9	15.9	98.8	17.8	107.6	20.2	111.7	21.7
50	16	108.9	19.0	120.4	21.1	132.9	23.5	146.1	26.3	159.1	29.8	165.1	32.1
	18	102.5	17.8	113.3	19.8	125.1	22.1	137.5	24.8	149.7	28.1	155.4	30.3
	20	96.1	16.7	106.2	18.6	117.3	20.8	128.9	23.2	140.3	26.3	145.7	28.4
	22	89.7	15.6	99.2	17.4	109.5	19.4	120.3	21.7	131.0	24.6	136.0	26.5
55	16	125.0	21.7	138.1	24.2	152.4	27.0	167.5	30.2	182.5	34.2	189.4	36.9
	18	118.6	20.6	131.0	22.9	144.6	25.6	158.9	28.7	173.1	32.5	179.7	35.0
	20	112.1	19.5	123.9	21.7	136.8	24.2	150.3	27.1	163.7	30.7	169.9	33.1
	22	105.7	18.4	116.9	20.5	129.0	22.8	141.8	25.6	154.4	29.0	160.2	31.2
	24	99.3	17.3	109.8	19.2	121.2	21.4	133.2	24.0	145.0	27.2	150.5	29.3

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 25mm ；加热管下均热层导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.4mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B. 2. 1-4 加热管公称外径 16mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		300		250		200		150		100		75	
		向上 供热 量	向下 传 热 量										
30	16	38.8	8.3	42.4	9.1	46.3	10.1	50.3	11.2	54.1	12.5	55.8	13.4
	18	33.2	7.1	36.3	7.8	39.7	8.6	43.1	9.6	46.3	10.7	47.8	11.5
	20	27.7	5.9	30.3	6.5	33.1	7.2	35.9	8.0	38.6	8.9	39.8	9.6
	22	22.1	4.7	24.2	5.2	26.5	5.8	28.7	6.4	30.9	7.1	31.9	7.6
	24	16.6	3.5	18.2	3.9	19.8	4.3	21.5	4.8	23.2	5.3	23.9	5.7
35	16	52.6	11.2	57.5	12.4	62.8	13.7	68.2	15.1	73.4	16.9	75.7	18.2
	18	47.1	10.1	51.5	11.1	56.2	12.2	61.0	13.5	65.7	15.2	67.8	16.2
	20	41.5	8.9	45.4	9.8	49.6	10.8	53.8	12.0	57.9	13.4	59.8	14.3
	22	36.0	7.7	39.4	8.5	43.0	9.4	46.7	10.4	50.2	11.6	51.8	12.4
	24	30.4	6.5	33.3	7.2	36.4	7.9	39.5	8.8	42.5	9.8	43.8	10.5
40	16	66.4	14.2	72.7	15.6	79.3	17.3	86.1	19.1	92.7	21.4	95.7	22.9
	18	60.9	13.0	66.6	14.3	72.7	15.8	79.0	17.5	85.0	19.6	87.7	21.0
	20	55.4	11.8	60.6	13.0	66.1	14.4	71.8	15.9	77.2	17.8	79.7	19.1
	22	49.8	10.7	54.5	11.7	59.5	13.0	64.6	14.3	69.5	16.0	71.7	17.2
	24	44.3	9.5	48.4	10.4	52.9	11.5	57.4	12.7	61.8	14.3	63.7	15.3
45	16	80.3	17.2	87.8	18.9	95.9	20.9	104.1	23.1	112.0	25.9	115.6	27.7
	18	74.7	16.0	81.8	17.6	89.3	19.4	96.9	21.5	104.3	24.1	107.6	25.8
	20	69.2	14.8	75.7	16.3	82.7	18.0	89.7	19.9	96.6	22.3	99.6	23.9
	22	63.7	13.6	69.7	15.0	76.0	16.6	82.6	18.3	88.8	20.5	91.7	22.0
	24	58.1	12.4	63.6	13.7	69.4	15.1	75.4	16.7	81.1	18.7	83.7	20.1
50	16	94.1	20.1	103.0	22.2	112.4	24.5	122.0	27.1	131.3	30.3	135.5	32.5
	18	88.6	18.9	96.9	20.9	105.8	23.0	114.9	25.5	123.6	28.5	127.6	30.6
	20	83.0	17.8	90.9	19.6	99.2	21.6	107.7	23.9	115.9	26.7	119.6	28.7
	22	77.5	16.6	84.8	18.3	92.6	20.1	100.5	22.3	108.1	25.0	111.6	26.8
	24	72.0	15.4	78.7	17.0	86.0	18.7	93.3	20.7	100.4	23.2	103.6	24.8
55	16	108.0	23.1	118.1	25.4	128.9	28.1	140.0	31.1	150.6	34.8	155.5	37.3
	18	102.4	21.9	112.1	24.1	122.3	26.6	132.8	29.5	142.9	33.0	147.5	35.4
	20	96.9	20.7	106.0	22.8	115.7	25.2	125.6	27.9	135.2	31.2	139.5	33.4
	22	91.3	19.5	99.9	21.5	109.1	23.7	118.5	26.3	127.4	29.4	131.5	31.5
	24	85.8	18.3	93.9	20.2	102.5	22.3	111.3	24.7	119.7	27.6	123.5	29.6

注：计算条件为加热管 $\Phi 16 \times 2.0$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 25mm ；加热管下均热层导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.4mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫，导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.2.1-5 加热管公称外径10mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 传 热 量										
30	16	48.9	10.5	54.1	11.6	59.5	13.0	65.0	14.4	67.6	15.3	70.0	16.5
	18	41.9	9.0	46.3	10.0	51.0	11.1	55.7	12.4	57.9	13.1	60.0	14.1
	20	34.9	7.5	38.6	8.3	42.5	9.3	46.4	10.3	48.3	10.9	50.0	11.8
	22	27.9	6.0	30.9	6.7	34.0	7.4	37.2	8.3	38.6	8.8	40.0	9.4
	24	21.0	4.5	23.2	5.0	25.5	5.5	27.9	6.2	29.0	6.6	30.0	7.1
35	16	66.3	14.2	73.3	15.8	80.8	17.6	88.2	19.6	91.7	20.8	94.9	22.4
	18	59.3	12.7	65.6	14.1	72.3	15.7	78.9	17.5	82.1	18.6	84.9	20.0
	20	52.4	11.2	57.9	12.5	63.8	13.9	69.7	15.5	72.4	16.4	74.9	17.7
	22	45.4	9.7	50.2	10.8	55.3	12.0	60.4	13.4	62.7	14.2	64.9	15.3
	24	38.4	8.2	42.5	9.1	46.8	10.2	51.1	11.3	53.1	12.0	54.9	13.0
40	16	83.8	18.0	92.7	20.0	102.0	22.2	111.4	24.8	115.9	26.3	119.9	28.3
	18	76.8	16.5	84.9	18.3	93.5	20.4	102.2	22.7	106.2	24.1	109.9	25.9
	20	69.8	15.0	77.2	16.6	85.0	18.5	92.9	20.6	96.5	21.9	99.9	23.6
	22	62.8	13.5	69.5	15.0	76.5	16.7	83.6	18.6	86.9	19.7	89.9	21.2
	24	55.9	12.0	61.8	13.3	68.0	14.8	74.3	16.5	77.2	17.5	79.9	18.9
45	16	101.2	21.7	112.0	24.1	123.3	26.8	134.6	29.9	140.0	31.8	144.9	34.2
	18	94.3	20.2	104.2	22.5	114.8	25.0	125.4	27.8	130.3	29.6	134.9	31.8
	20	87.3	18.7	96.5	20.8	106.3	23.1	116.1	25.8	120.7	27.4	124.9	29.5
	22	80.3	17.2	88.8	19.1	97.8	21.3	106.8	23.7	111.0	25.2	114.9	27.1
	24	73.3	15.7	81.1	17.5	89.3	19.4	97.5	21.7	101.4	23.0	104.9	24.7
50	16	118.7	25.4	131.3	28.3	144.6	31.5	157.9	35.1	164.1	37.2	169.9	40.1
	18	111.7	23.9	123.5	26.6	136.1	29.6	148.6	33.0	154.5	35.0	159.9	37.7
	20	104.7	22.4	115.8	25.0	127.6	27.8	139.3	30.9	144.8	32.8	149.9	35.4
	22	97.7	20.9	108.1	23.3	119.1	25.9	130.0	28.9	135.2	30.7	139.9	33.0
	24	90.8	19.4	100.4	21.6	110.6	24.1	120.7	26.8	125.5	28.5	129.9	30.6
55	16	136.1	29.2	150.6	32.4	165.8	36.1	181.1	40.2	188.3	42.7	194.9	46.0
	18	129.2	27.7	142.8	30.8	157.3	34.2	171.8	38.2	178.6	40.5	184.9	43.6
	20	122.2	26.2	135.1	29.1	148.8	32.4	162.5	36.1	169.0	38.3	174.9	41.2
	22	115.2	24.7	127.4	27.4	140.3	30.5	153.2	34.0	159.3	36.1	164.9	38.9
	24	108.2	23.2	119.7	25.8	131.8	28.7	144.0	32.0	149.6	33.9	154.9	36.5

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；加热管下均热层导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.4mm ；木地板下未铺设隔振防潮垫；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

表 B.2.1-6 加热管公称外径 10mm，木地板面层 ($R=0.10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 单位辐射面面积的
向上供热量和向下传热量 (W/m^2)

平均水温 ($^{\circ}\text{C}$)	室内 空气 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加热管间距(mm)											
		250		200		150		100		75		50	
		向上 供热 量	向下 热损 失量										
30	16	41.8	11.0	45.7	12.1	49.7	13.3	53.7	14.7	55.5	15.5	57.1	16.6
	18	35.8	9.4	39.2	10.4	42.6	11.4	46.0	12.6	47.6	13.3	49.0	14.2
	20	29.8	7.9	32.6	8.7	35.5	9.5	38.3	10.5	39.7	11.1	40.8	11.9
	22	23.9	6.3	26.1	6.9	28.4	7.6	30.7	8.4	31.7	8.9	32.6	9.5
35	16	56.7	15.0	62.0	16.5	67.5	18.1	72.8	19.9	75.3	21.0	77.6	22.5
	18	50.7	13.4	55.5	14.7	60.4	16.2	65.2	17.8	67.4	18.8	69.4	20.2
	20	44.7	11.8	48.9	13.0	53.3	14.3	57.5	15.7	59.5	16.6	61.2	17.8
	22	38.8	10.2	42.4	11.3	46.2	12.4	49.8	13.6	51.6	14.4	53.0	15.4
40	16	71.6	18.9	78.3	20.8	85.3	22.9	92.0	25.2	95.1	26.6	98.0	28.5
	18	65.6	17.3	71.8	19.1	78.2	20.9	84.3	23.1	87.2	24.4	89.8	26.1
	20	59.7	15.7	65.3	17.3	71.1	19.0	76.7	21.0	79.3	22.2	81.6	23.7
	22	53.7	14.2	58.7	15.6	64.0	17.1	69.0	18.9	71.4	19.9	73.5	21.3
45	16	86.5	22.8	94.6	25.1	103.0	27.6	111.2	30.4	115.0	32.1	118.4	34.4
	18	80.5	21.2	88.1	23.4	95.9	25.7	103.5	28.3	107.0	29.9	110.2	32.0
	20	74.6	19.7	81.6	21.6	88.8	23.8	95.8	26.2	99.1	27.7	102.0	29.7
	22	68.6	18.1	75.0	19.9	81.7	21.9	88.2	24.1	91.2	25.5	93.9	27.3
50	16	101.4	26.8	110.9	29.4	120.8	32.4	130.3	35.7	134.8	37.7	138.8	40.3
	18	95.4	25.2	104.4	27.7	113.7	30.5	122.7	33.6	126.9	35.4	130.6	38.0
	20	89.5	23.6	97.9	26.0	106.6	28.6	115.0	31.5	118.9	33.2	122.4	35.6
	22	83.5	22.0	91.4	24.2	99.5	26.7	107.3	29.4	111.0	31.0	114.3	33.2
55	16	116.3	30.7	127.3	33.8	138.5	37.1	149.5	40.9	154.6	43.2	159.2	46.3
	18	110.4	29.1	120.7	32.0	131.4	35.2	141.8	38.8	146.7	41.0	151.0	43.9
	20	104.4	27.5	114.2	30.3	124.3	33.3	134.2	36.7	138.8	38.8	142.9	41.5
	22	98.4	26.0	107.7	28.6	117.2	31.4	126.5	34.6	130.8	36.6	134.7	39.1
	24	92.5	24.4	101.1	26.8	110.1	29.5	118.8	32.5	122.9	34.3	126.5	36.8

注：计算条件为加热管 $\Phi 10 \times 1.2$ ；模塑聚苯乙烯泡沫塑料（EPS）沟槽保温板导热系数 $0.041\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 20mm ；加热管下均热导热系数 $273\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 0.4mm ；木地板下铺设可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫导热系数 $0.045\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 2mm ；结构层导热系数 $1.72\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 、厚度 130mm 。

附录 C 管材的选择

C.1 塑料管的选择

C.1.1 塑料管材质和连接方法的选择应以保证工程长期运行的安全可靠为原则，根据塑料管的抗蠕变能力的强弱、许用环应力的大小、工程环境等因素，经综合比较后确定。

C.1.2 塑料管按不同使用条件分为五个应用等级，见表 C.1。

表 C.1 塑料管使用条件级别

使用条件级别	工作温度 T_D (°C)	在 T_D 下的使用时间 (a)	最高工作温度 T_{max} (°C)	在 T_{max} 下的使用时间 (a)	异常温度 T_{mal} (°C)	在 T_{mal} 下的使用时间 (h)	典型应用范围
1	60	49	80	1	95	100	供应热水 (60°C)
2	70	49	80	1	95	100	供应热水 (70°C)
3 ^a	20	0.5	50	4.5	65	100	低温地板/辐射供暖
	30	20					
	40	25					
4	20	2.5	70	2.5	100	100	地板/辐射供暖和低温散热器供暖
	40	20					
	60	25					
5 ^b	20	14	90	1	100	100	高温散热器供暖
	60	25					
	80	10					

^a仅当 T_{mal} 不超过 65°C 时才可使用；
^b当 T_D 、 T_{max} 和 T_{mal} 超出本表所给出的值时，不能用本表。
注 1: 表中所列各使用条件级别的管道系统均应同时满足在 20°C 和 1.0MPa 条件下输送冷水，达到 50 年使用寿命；
注 2: 所有加热系统的介质只能是水或者经处理的水。

C.1.3 管系列 S 的选择应符合下列规定：

- 地暖工程采用一二次水系统时的一次侧塑料管道，及生活热水供应塑料管道，给水系统冷水塑料管道，其不同材料管材的管系列 S 应分别按相应的使用条件级别和设计压力选择。
- 地暖工程采用一次水系统的塑料管道和采用一二次水系统时的二次侧塑料管道，其不同材料管材的管系列 S 应按表 C.1 中使用条件级别 4 和设计压力选择，管系列 S 值可按表 C.2 确定。

表 C.2 管系列 S 值

设计压力 P_D (MPa)	管系列 S 值						
	PB-H 管 $\sigma_D=5.46$	PB-R 管 $\sigma_D=4.33$	PE-X 管 $\sigma_D=4.00$	PE-RT I 管 $\sigma_D=3.25$	PE-RT II 管 $\sigma_D=3.55$	PP-R 管 $\sigma_D=3.29$	β 晶型 PP-RCT 管 $\sigma_D=3.67$
0.4	10	10	6.3	5	5	5	6.3
0.6	8	6.3	6.3	5	5	5	5
0.8	6.3	5	5	4	4	4	5
1.0	5	4	4	3.2	3.2	3.2	3.2

注: σ_D 指设计应力，单位兆帕 (MPa)。

C.1.4 塑料管公称壁厚应根据本文件第 C.1.3 条选择的管系列及施工和使用中的不利因素综合确定。部分不同材料、部分规格的管材公称壁厚应符合表 C.3 的要求，并应同时符合下列规定：

- a) 用于热熔承插连接的管材，壁厚应不小于 1.9mm；用于热熔对接连接的管材壁厚应不小于 5.0mm；
- b) 带阻隔层管材的壁厚值不包括阻隔层和粘接层的厚度。

表 C.3 管材公称壁厚(mm)

系统工作压力 $P=0.4\text{MPa}$							
公称外径(mm)	PB-H 管	PB-R 管	PE-X 管	PE-RT I 管	PE-RT II 管	PP-R 管	β 晶型 PP-RCT 管
10	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	—
12	1.3	1.3	—	1.3	1.3	—	—
16	1.3	1.3	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0
20	1.3	1.3	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0
25	1.3	1.3	1.9	2.3	2.3	2.3	2.0
32	1.6	1.6	2.4	2.9	2.9	2.9	2.4
40	1.9	1.9	3.0	3.7	3.7	3.7	3.0
50	2.4	2.4	3.7	4.6	4.6	4.6	3.7
63	3.0	3.0	4.7	5.8	5.8	5.8	4.7
75	3.6	3.6	5.6	6.8	6.8	6.8	5.6

系统工作压力 $P=0.6\text{MPa}$							
公称外径(mm)	PB-H 管	PB-R 管	PE-X 管	PE-RT I 管	PE-RT II 管	PP-R 管	β 晶型 PP-RCT 管
10	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	—
12	1.3	1.3	—	1.3	1.3	—	—
16	1.3	1.3	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0
20	1.3	1.5	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0
25	1.5	1.9	1.9	2.3	2.3	2.3	2.3
32	1.9	2.4	2.4	2.9	2.9	2.9	2.9
40	2.4	3.0	3.0	3.7	3.7	3.7	3.7
50	3.0	3.7	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6
63	3.8	4.7	4.7	5.8	5.8	5.8	5.8
75	4.5	5.6	5.6	6.8	6.8	6.8	6.8

续表 C.3

系统工作压力 $P=0.8\text{MPa}$							
公称外径 (mm)	PB-H 管	PB-R 管	PE-X 管	PE-RT I 管	PE-RT II 管	PP-R 管	β 晶型 PP-RCT 管
10	1.0	1.0	—	1.2	1.2	—	—
12	1.3	1.3	—	1.4	1.4	—	—
16	1.3	1.5	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0
20	1.5	1.9	1.9	2.3	2.3	2.3	2.3
25	1.9	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8
32	2.4	2.9	2.9	3.6	3.6	3.6	2.9
40	3.0	3.7	3.7	4.5	4.5	4.5	3.7
50	3.7	4.6	4.6	5.6	5.6	5.6	4.6
63	4.7	5.8	5.8	7.1	7.1	7.1	5.8
75	5.6	6.8	6.8	8.4	8.4	8.4	6.8

系统工作压力 $P=1.0\text{MPa}$							
公称外径 (mm)	PB-H 管	PB-R 管	PE-X 管	PE-RT I 管	PE-RT II 管	PP-R 管	β 晶型 PP-RCT 管
10	1.0	1.2	—	1.4	1.4	—	—
12	1.3	1.4	—	1.7	1.7	—	—
16	1.5	1.8	1.8	2.2	2.2	2.2	2.2
20	1.9	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8
25	2.3	2.8	2.8	3.5	3.5	3.5	3.5
32	2.9	3.6	3.6	4.4	4.4	4.4	4.4
40	3.7	4.5	4.5	5.5	5.5	5.5	5.5
50	4.6	5.6	5.6	6.9	6.9	6.9	6.9
63	5.8	7.1	7.1	8.6	8.6	8.6	8.6
75	6.8	8.4	8.4	10.3	10.3	10.3	10.3

C.1.5 塑料管的公称外径、最小与最大平均外径，应符合表 C.4 的规定。

表 C.4 塑料管公称外径、最小与最大平均外径(mm)

塑料管材	公称外径	最小平均外径	最大平均外径
PB(PB-H、PB-R)、 PE-X、 PE-RT (I型、II型)、 PP(PP-R、β晶型 PP-RCT)	10	10.0	10.3
	12	12.0	12.3
	16	16.0	16.3
	20	20.0	20.3
	25	25.0	25.3
	32	32.0	32.3
	40	40.0	40.4
	50	50.0	50.5
	63	63.0	63.6
	75	75.0	75.7

C.2 铝塑复合管的选择

C.2.1 铝塑复合管按复合组分材料的不同，分类如下：

a) 铝管搭接焊式

PAP：聚乙烯/铝合金/聚乙烯搭接焊铝塑管 (PE/AL/PE)

XPAP：交联聚乙烯/铝合金/交联聚乙烯搭接焊铝塑管 (PE-X/AL/PE-X)

RPAP：耐热聚乙烯/铝合金/耐热聚乙烯搭接焊铝塑管 (PE-RT/AL/PE-RT)

PPAP：无规共聚聚丙烯/铝合金/无规共聚聚丙烯搭接焊铝塑管 (PP-R/AL/PP-R)

b) 铝管对接焊式

PAP1：聚乙烯/铝合金/聚乙烯对焊铝塑管，即一型铝塑管

XPAP2：交联聚乙烯/铝合金/交联聚乙烯对焊铝塑管，即二型铝塑管

RPAP3：耐热聚乙烯/铝合金/耐热聚乙烯对焊铝塑管，即三型铝塑管

PPAP4：无规共聚聚丙烯/铝合金/无规共聚聚丙烯对焊铝塑管，即四型铝塑管

C.2.2 冷水用 PAP 搭接焊铝塑管 ($d_n12 \sim d_n75$)、PAP1 对焊铝塑管 ($d_n16 \sim d_n50$) 设计压力均为 1.00MPa；冷热水用 XPAP、RPAP 搭接焊铝塑管、XPAP2、RPAP3 对焊铝塑管按使用条件级别，对应的设计压力分别见表 C.5 和表 C.6。

表 C.5 冷热水用 XPAP、RPAP 搭接焊铝塑管使用条件

使用条件级别	用代号	搭接铝塑管代号	搭接铝塑管规格	设计压力 P_D MPa
级别 1	R	XPAP	$d_n12 \sim d_n25$	1.60
			$d_n32 \sim d_n75$	1.25
		RPAP	$d_n12 \sim d_n25$	1.60
			$d_n32 \sim d_n75$	1.25
级别 2	R	XPAP	$d_n12 \sim d_n25$	1.60
			$d_n32 \sim d_n75$	1.25
		RPAP	$d_n12 \sim d_n25$	1.60
			$d_n32 \sim d_n75$	1.25
级别 4	R	XPAP	$d_n12 \sim d_n25$	1.60
			$d_n32 \sim d_n75$	1.25
		RPAP	$d_n12 \sim d_n25$	1.60
			$d_n32 \sim d_n75$	1.25

续表 C.5

使用条件级别	用代号	搭焊铝塑管代号	搭焊铝塑管规格	设计压力 P_D MPa
级别 5	R	XPAP	$d_n 12 \sim d_n 25$	1.60
			$d_n 32 \sim d_n 75$	1.25
		RPAP	$d_n 12 \sim d_n 25$	1.25
			$d_n 32 \sim d_n 75$	1.00

表 C.6 冷热水用 XPAP2、RPAP3 对接焊铝塑管使用条件

使用条件级别	用途代号	对接焊铝塑管代号	对接焊铝塑管规格	设计压力 P_D MPa
级别 1	R	XPAP2	$d_n 16 \sim d_n 50$	1.60
		RPAP3	$d_n 16 \sim d_n 50$	1.60
级别 2	R	XPAP2	$d_n 16 \sim d_n 25$	1.60
			$d_n 32 \sim d_n 50$	1.25
级别 4	R	XPAP2	$d_n 16 \sim d_n 50$	1.60
		RPAP3	$d_n 16 \sim d_n 50$	1.60
级别 5	R	XPAP2	$d_n 16 \sim d_n 50$	1.25
		RPAP3	$d_n 16 \sim d_n 50$	1.25

C.2.3 输送燃气的铝塑管的分类和使用条件见表 C.7。输送燃气时，最高设计温度 T_{max} 不超过 60°C （在最高设计温度 T_{max} 下累计使用时间不超过 1 年）。

表 C.7 输送燃气的铝塑管的分类和使用条件

流体类别		用途代号	铝塑管形式	铝塑管代号	设计温度 T_D $^\circ\text{C}$	设计压力 P_D MPa
燃气 ^a	天然气	Q	铝管搭接焊式	PAP、XPAP	≤ 40	0.40
	液化石油气					0.50
	人工煤气 ^b					0.50
	天然气	Q	铝管对接焊式	PAP1、XPAP2	≤ 40	0.40
	液化石油气					0.50
	人工煤气 ^b					0.50

^a 输送燃气时应符合燃气安装的安全规定。
^b 在输送人工煤气时应注意到冷凝中芳香烃对管材的不利影响，工程中应考虑这一因素。

C.2.4 PPAP 搭焊铝塑管、PPAP4 对焊铝塑管按 S 值进行分类，不同使用条件级别和设计压力条件下管系列的选择见表 C.8。

表 C.8 PPAP 搭焊铝塑管、PPAP4 对焊铝塑管系列 S 的选择

设计压力 P_D MPa	管系列 S ^a			
	级别 1	级别 2	级别 4	级别 5
0.4	3.2	3.2	3.2	3.2
0.6	3.2	3.2	3.2	3.2
0.8	3.2	2.5	3.2	—
1.0	2.5	—	3.2	—

^a 将管材视为一个整体，S 值按 GB/T 18472.1 的方法计算。应用中管系列值大于 3.2 的 PPAP 搭焊、PPAP4 对焊铝塑管全部用 S3.2 系列代替。

C.2.5 铝塑复合压力管尺寸要求，应符合表 C.9~C.12 的规定。在铝管搭接焊缝处的塑料外层厚度至少为表 C.9 和表 C.12 外层塑料最小壁厚的二分之一。

表 C.9 PAP、XPAP、RPAP 搭焊铝塑管尺寸要求

单位为毫米

公称外径 d_n	平均外径 d_{em}		参考内径 d_c^a	不圆度 ^b		总壁厚 e_m	公差	铝层最小搭接宽度	内层塑料最小壁厚 e_i	外层塑料最小壁厚 e_w	铝管层最小壁厚 e_a		
	$d_{em, min}$	$d_{em, max}$		盘管 \leq	直管 \leq						热水用	非热水用	公差
12	12.0	12.3	8.3	0.8	0.4	1.6	+ 0.50	2.8	0.7	0.4	0.20	0.18	+ 0.090
14	14.0	14.3	10.1	0.9					0.8				
16	16.0	16.3	12.1	1.0	0.5	1.7			0.9				
18	18.0	18.3	13.9	1.1	0.6	1.8		3.0	1.0		0.26	0.23	
20	20.0	20.3	15.7	1.2	0.8	1.9			1.1		0.33		
25	25.0	25.3	19.9	1.5	1.0	2.3		3.2	1.2		0.37	0.28	
32	32.0	32.3	25.7	2.0	1.2	2.9			1.7		0.40	0.33	
40	40.0	40.3	31.6	2.4	1.5	3.9	+ 0.60	4.5	1.7	0.50	0.47	+ 0.100	
50	50.0	50.3	40.5	3.0	1.9	4.4	+ 0.70		2.1	0.60	0.57		
63	63.0	63.4	50.5	3.8	2.3	5.8	+ 0.90	2.8	0.70	0.67			
75	75.0	75.6	59.3	4.5	2.3	7.3	+ 1.10	6.0	2.8	0.70	0.67		

注：燃气属于非热水。
^a表中参考内径 d_c 仅供管件设计参考。
^b盘管的不圆度仅在管材下线时测量。

表 C.10 PPAP 搭焊铝塑管尺寸要求

单位为毫米

公称外径 d_n	平均外径 d_{em}		参考内径 d_c^a		不圆度 \leq	管系列				内层塑料最小壁厚 e_i	外层塑料最小壁厚 e_w	铝管层最小壁厚 e_a
	$d_{em, min}$	$d_{em, max}$	S3.2	S2.5		S3.2		S2.5				
						总壁厚 e_m	公差	总壁厚 e_m	公差			
20	20.0	20.3	14.2	12.9	1.0	2.8	+ 0.40	3.4	+ 0.50	1.0	1.0	0.23
25	25.0	25.3	17.7	16.2	1.2	3.5	+ 0.50	4.2	+ 0.60	1.2	1.2	
32	32.0	32.3	22.8	20.7	1.5	4.4	+ 0.60	5.4	+ 0.70	1.5	1.5	0.28
40	40.0	40.4	28.5	26.0	1.9	5.5	+ 0.70	6.7	+ 0.80	1.9	1.9	0.33
50	50.0	50.5	35.7	32.7	1.9	6.9	+ 0.80	8.3	+ 1.00	2.3	2.3	0.47
63	63.0	63.6	45.1	41.1	1.9	8.6	+ 1.00	10.5	+ 1.20	3.0	3.0	0.57
75	75.0	75.7	53.6	49.0	2.3	10.3	+ 1.20	12.5	+ 1.40	3.5	3.5	0.67

^a表中参考内径 d_c 仅供管件设计参考。

表 C.11 PAP1、XPAP2、RPAP3 对焊铝塑管尺寸要求

单位为毫米

公称外径 d_n	平均外径 d_{em}		参考内径 d_c^a	不圆度 ^b		总壁厚 e_m	公差	内层塑料壁厚 e_i		外层塑料最小壁厚 e_w	铝管层壁厚 e_a	
	$d_{em, min}$	$d_{em, max}$		盘管 \leq	直管 \leq			公称值	公差		公称值	公差
16	16.0	16.3	10.9	1.0	0.5	2.3	+ 0.50	1.4	± 0.1	0.3	0.28	± 0.04
20	20.0	20.3	14.5	1.2	0.6	2.5		1.5				
25	25.0	25.3	18.5	1.5	0.8	3.0		1.7				
32	32.0	32.3	25.5	2.0	1.0			1.7				
40	40.0	40.4	32.4	2.4	1.2	3.5	+ 0.60	1.9	0.4	0.75		
50	50.0	50.5	41.1	3.0	1.5	4.0		2.0		1.00		

^a表中参考内径 d_c 仅供管件设计参考。
^b盘管的不圆度仅在管材下线时测量。

表 C.12 PPAP4 对焊铝塑管尺寸要求

单位为毫米

公称外径 d_n	平均外径 d_{em}		参考内径 d_c^a		不圆度 \leq	管系列				内层塑料 最小壁厚 e_i	外层塑料 最小壁厚 e_w	铝管 层最小壁厚 e_a
						S3.2		S2.5				
	$d_{em, min}$	$d_{em, max}$	S3.2	S2.5		总壁厚 e_m	公差	总壁厚 e_m	公差			
20	20.0	20.3	14.2	12.9	1.0	2.8	+0.40	3.4	+0.50	1.0	1.0	0.23
25	25.0	25.3	17.7	16.2	1.2	3.5	+0.50	4.2	+0.60	1.2	1.2	
32	32.0	32.3	22.8	20.7	1.5	4.4	+0.60	5.4	+0.70	1.5	1.5	0.28
40	40.0	40.4	28.5	26.0	1.9	5.5	+0.70	6.7	+0.80	1.9	1.9	0.33
50	50.0	50.5	35.7	32.7	1.9	6.9	+0.80	8.3	+1.00	2.3	2.3	0.47

^a表中参考内径 d_c 仅供管件设计参考。

C.3 无缝铜管的选择

C.3.1 加热管采用无缝铜管，其状态和类型的选择应满足系统工作压力。管径小于 22mm 时，宜选用软态退火 (O60) 或轻退火 (O50) 铜管；管径为 22mm 或 28mm 时，应选用轻拉 (H55) 铜管。

C.3.2 无缝铜管的公称外径、壁厚与偏差，应符合表 C.13 的规定。

表 C.13 无缝铜管公称外径、壁厚与偏差 (mm)

公称外径	壁厚			平均外径公差	
	A	B	C	普通级	高级级
10	1.0	0.8	0.6	±0.04	±0.03
12	1.2	0.8	0.6	±0.04	±0.03
15	1.2	1.0	0.7	±0.04	±0.03
18	1.2	1.0	0.8	±0.04	±0.03
22	1.5	1.2	0.9	±0.05	±0.04
28	1.5	1.2	0.9	±0.05	±0.04

C.3.3 无缝铜管的设计压力，应符合表 C.14 的规定。

表 C.14 无缝铜管的最大工作压力 (MPa)

管材状态和类型		公称外径 (mm)					
		10	12	15	18	22	28
拉拔 (硬) (H80)	A	13.70	13.67	10.79	8.87	9.08	7.05
	B	10.70	8.77	8.87	7.31	7.19	5.59
	C	7.94	6.65	6.11	5.81	5.92	4.62
轻拉 (H55) 拉拔 (H58)	A	10.87	10.87	8.56	7.04	7.21	5.60
	B	8.55	7.04	7.04	5.81	5.70	4.44
	C	6.30	5.21	4.85	4.61	4.23	3.30
软态退火 (O60) 轻退火 (O50)	A	8.95	8.96	7.04	5.80	5.94	4.61
	B	7.04	5.80	5.80	4.79	4.70	3.66
	C	5.19	4.29	3.99	3.80	3.48	2.72

附录 D 工程质量检验表

表 D.1 热源系统工程质量检验表

工程名称					
分部（子分部）工程名称			验收单位		
施工单位		项目管理		专业工长（施工员）	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号		《燃气供暖热水炉地暖系统技术标准》T/CCMSA xxxx-2022			
项目	序号	内容	检验依据	施工单位检查 评定记录	监理（建设）单 位验收记录
主控 项目	1	供暖炉安装	6.3.2~6.3.7 6.3.10、6.3.11		
	2	供暖炉燃气接管安装	6.3.8		
	3	供暖炉的给排气管的 连接安装	6.3.9		
一般 项目	1	供暖炉冷热水和地暖 热水输配接管安装	6.3.8		
	2	供暖炉检测和调试	7.1.1		
			项目专业质量检查员： ____年____月____日		
监理（建设）单位 验收结论			监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人）： ____年____月____日		

表 D.2 输配管网安装工程质量检验表

工程名称					
分部（子分部）工程名称			验收单位		
施工单位		项目管理		专业工长（施工员）	
分包单位		分包项目经理		施工班组长	
施工执行标准名称及编号		《燃气供暖热水炉地暖系统技术标准》T/CCMSA xxxx-2022			
项目	序号	内容	检验依据	施工单位检查 评定记录	监理（建设）单位 验收记录
主控项目	1	输配管材质、管外径、壁厚	设计要求		
	2	输配管网的设备、部件安装，管道布置、安装与连接	6.4.2~6.4.6		
	3	管道支、吊架的安装	6.4.7		
	4	输配管道水压试验	6.4.15、 6.7.4~6.7.7		
一般项目	1	混水或换热设备安装	6.4.9		
	2	分集水器安装	6.4.10		
	3	设备、管道及部件的绝热	6.4.12		
	4	混水或换热装置的试运行与调试	7.2.7		
	5	变频泵或自适应变频泵的调试	7.2.8		
施工单位检查评定结果		项目专业质量检查员： ____年____月____日			
监理（建设）单位 验收结论		监理工程师： (建设单位项目专业技术负责人)： ____年____月____日			

表 D.3 地暖末端系统工程质量检验表

工程名称				
分部（子分部）工程名称			验收单位	
施工单位		项目管理		专业工长（施工员）
分包单位		分包项目经理		施工班组长
施工执行标准名称及编号		《燃气供暖热水炉地暖系统技术标准》T/CCMSA xxxx-2022		
项目	序号	内容	施工单位检查 评定记录	监理（建设）单位验收记录
主控 项目	1	加热管外径及壁厚	设计要求和附录 C	
	2	加热管埋地接头	6.5.8、6.5.17	
	3	加热管弯曲半径	6.5.8	
	4	加热管水压试验	6.5.15、6.7.3、 6.7.6、6.7.7	
一般 项目	1	加热管安装	6.5.6~6.5.14	
	2	防潮层、隔离层铺设	6.5.2、6.5.34	
	3	泡沫塑料板、预制沟槽保 温板、模块板铺设	6.5.3、6.5.4、6.5.5	
	4	侧面绝热层、伸缩缝设置	6.5.2、6.5.18	
	5	填充层施工	6.5.19~6.5.27	
	6	填充层强度	4.4.11	
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员： ____年____月____日	
监理（建设）单位 验收结论			监理工程师： (建设单位项目专业技术负责人)： ____年____月____日	

表 D.4 电气、检测与监控系统安装工程质量检验表

工程名称					
分部（子分部）工程名称			验收单位		
施工单位	项目管理		专业工长（施工员）		
分包单位	分包项目经理		施工班组长		
施工执行标准名称及编号		《燃气供暖热水炉地暖系统技术标准》T/CCMSA xxxx-2022			
项目	序号	内容	检验依据	施工单位检查 评定记录	监理（建设）单 位验收记录
主 控 项 目	1	配电箱（柜）、控制柜二次接线	6.6.3		
	2	RS485 通讯网络连接	6.6.4		
	3	供暖炉电气安装	6.6.6		
	4	模块炉电气电缆安装	6.6.7		
	5	数控显示面板、温控器安装	6.6.14		
	1	传感器、电热执行器、控制阀、电磁 阀的安装	6.6.9~ 6.6.14		
	2	电气系统试运行	7.2.9		
	3	监测与调控系统的调试	7.2.10		
施工单位检查评定结果			项目专业质量检查员： ____年____月____日		
监理（建设）单位 验收结论			监理工程师： （建设单位项目专业技术负责人）： ____年____月____日		

附：部分条文说明

3 术语和定义

3.1 供暖炉是利用燃气燃烧化学能转化为热能，制备热水的快速热水器具，一般由燃气比例阀、燃烧器、燃烧室、热交换器、水路组件、热水循环泵、给排气管、风机、控制板、传感器等组成燃气燃烧系统、换热系统、进气排烟系统、调控与安全保护系统的炉体。

GB 25034-2010《燃气采暖热水炉》(供暖最大工作压力小于等于 0.3MPa)，采用 EN 483:1999《燃气集中供暖炉 额定热输入不超过 70kW 的 C 型炉》(供暖最大工作压力小于等于 0.6MPa)和 EN 625:1996《燃气集中供暖炉 额定热输入不超过 70kW 的组合炉的家用热水操作的具体要求》(生活热水)修改编写。

CJ/T 395-2012《冷凝式燃气暖浴两用炉》，采用 EN 677:1998《燃气集中供热锅炉 额定热输入不超过 70kW 冷凝式炉的特殊要求》修改编写。

韩国标准 KS B 8109-2020《燃气热水锅炉》、KS B 8127-2018《冷凝式燃气热水锅炉》

日本标准 JIS S 2112:2011《家用燃气热水锅炉》

在欧洲 70kW~1000kW 对应 EN 15420:2010《燃气集中供暖炉 额定热输入大于 70kW，但不大于 1000kW 的 C 型炉》(最高出水温度 105℃，适用于冷凝炉、模块化炉)；EN 15417:2006《燃气集中供暖炉 额定热输入大于 70kW，但不大于 1000kW 的冷凝炉的具体要求》。

EN 15420 是在 EN 483 基础上补充完善，在标示和说明书方面基本一致，在材料参数、燃气回路安全性、预吹扫及增加高低燃气压力开关等方面提出了更为严格的安全要求；对冷凝炉在冷凝水收集结构、冷凝水出水堵塞及冷凝热输出等给予具体的规定；同时，增加了对模块炉的系统控制、预吹扫时间和点火安全性等相关规定；两标准适用范围主要的差异体现在额定热输入、最高出水温度、冷凝炉、模块炉以及水路系统。

过去欧洲锅炉分类，不超过 70kW 归 EN483，70kW~1000kW 归入 EN15420，再高归入压力设备 PED (Pressure Equipment Directive) 指令(PED 2014/68/EU)，可以对应家用，商用和工业锅炉，现在 EN 483 和 EN 15420 合并为 EN 15502，标准上、实际工作中家用和商用界线已经很模糊了。

近年来，较大面积的住宅，酒店，学校，商业会所等，对中小型供暖炉(输入功率在 70kW 至 1000kW 之间)需求量也在增大。这里中小型供暖炉与传统意义上的锅炉并不一样，传统意义上的锅炉包括锅和炉两大部分。上面的盛有水部件为锅，下面的加热部件为炉。锅和炉一体化设计器具称为锅炉。相比之下，中小型供暖炉的水容量低、运行压力低，与家用的供暖炉相比，只是在功率上有所增加，所以基本上仍然沿用家用供暖炉的基本结构和自动控制系统。

从《燃气采暖热水炉》国家标准和《锅炉安全技术监察规程》对适用产品范围的规定中可以看出，额定功率大于 70kW、压力小于 0.1MPa 的燃气热水锅炉，是《标准》和《规程》的监管空白。正是由于对这类锅炉监管的宽松，加之国外新技术、新材料、新控制方式的引进，各种形式的常压热水锅炉喷涌而出，作为商用锅炉异军突起，形成了锅炉中新的门类。而商用燃气锅炉是商用锅炉中产量与用量最多的一类。各商用燃气锅炉生产厂家为了避开人们对锅炉的传统认识(生产使用管理要求严格、外观粗笨、型式单一等)，大多称之为商用燃气供暖炉，刻意回避了一个“锅”字。

一般热负荷 100kW~2.8MW 为商用供暖炉，我国现行技术监管制度不加区分地将热输入大于 100kW 中小型燃气供暖炉归属承压锅炉纳入特种设备监管中，但没有颁布具体技术标准。

供暖在许多资料里也称采暖。采暖是从如集中供热的用户角度，被动接受取来用，热力公司角度多称供热或供暖；分户供暖热媒制备、热媒输送、热媒利用三个主要部分在一起，用户主动参与性强，根据行业中认识，为了使建筑保持冬季室内设计温度而需要提供热量，从设计的角度来看是一种主动

行为，因此采暖改为供暖，国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736-2012、《供暖通风与空气调节术语标准》GB/T 50155-2015、《供暖散热器散热量测定方法》GB/T 13754-2017、《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2015 等都采用供暖。

国标 GB 25034-2020 包含了强制给排气式供暖炉、热负荷大于 70kW 的强制排气式全预混冷凝式炉、自然给排气式与强制给排气式室外型供暖炉、模块炉。相比 GB 25034-2010，扩大了供暖炉容量范围，从热负荷小于等于 70kW 提高到小于 100kW；提高了耐水压级别，按供暖最大工作水压等于 0.3MPa 和大于 0.3MPa 小于等于 0.6MPa 分为 2 级耐压和 3 级耐压；2 级耐压的非模块炉或模块炉的单独模块的热负荷不应大于 70kW。

3.2 地暖系统由热源、输配管网、散热末端和监测与调控四个子系统组成。

热源系统指利用燃气燃烧的化学能转化为热能来实现供热介质制备的设施。

输配管网指由热源向用户输送分配供热介质的管道与设备，包括混水换热装置、分集水器、热水循环水泵等。

散热末端指热媒利用的用户终端，包括加热管设置、地板辐射体结构等，末端形式有混凝土或水泥砂浆填充式地暖、模块板地暖、预制沟槽保温板地暖、调平架空地暖等。

监测与调控系统指对供暖系统运行装置和系统运行性能参数的检测、监控与运行调节，设置检测与监控装置或系统，使被控设备、供暖系统按着预定的方式运行或使被控参数保持规定值的操作系统。通过设置温度、压力（压差）、流量监测传感器，执行器，调节控制阀，控制器等，实现系统运行中温度、压力、流量等检测与监控。包括参数检测、参数与设备状态显示、自动调节与控制、工况自动转换、设备连锁与自动保护、能量计量及集中监控与管理等，具体内容和方式应根据建筑物的功能与要求、系统类型、设备运行时间以及工艺对管理的要求等因素，通过技术经济比较确定。

3.5 地暖系统的混水装置使得一次水系统（热源侧水路）有恒定的流量，二次水系统（管网侧或地暖末端水路）变流量和变水温，通过一二次水系统成功解耦，二次水泵满足地暖流量需求，不受壁挂炉内置水泵流量特性限制。解决地暖末端与或供暖炉的水力、热力匹配和热量兼容，以求获得稳定的工况，保证地暖舒适性、系统稳定性和管材安全性，同时有一定节能效果。

相对高温的热水与相对低温的热水混合过程，会导致部分高位热能的损失，且损失随着混水的温差增大而增大，末端供水温度不能太低，也防止非冷凝炉产生持续的烟气水蒸气冷凝。相对于再设换热器间接系统，有不增加换热器投资和运行阻力，不需要再设一套补水定压膨胀设施的优点。

混水装置是热源装置到末端的热量传输桥梁，与热源装置、二次泵的控制联动，并宜具有温度可控性、流量适用性、温度稳定性、设备安全性等性能要求。

混水部件可采用紧凑型三通、耦合罐、混水阀（两通阀、三通阀、四通阀）、注射水泵等。

3.6 为了同时实现供暖炉侧和管网侧或地暖末端水路的解耦和输配管网高效运行，在保证热源设备调节灵活性的同时，尽可能降低不必要的节流损失，并在一定程度上确保循环泵都能运行在高效区域，宜采用一二次水系统。

保证供暖炉侧和管网侧或地暖末端水路各自有利的运行工况，旨在将一次水系统循环泵产生的压差与任何二次水系统循环泵产生的压差“脱钩”。每个二次水系统独立地开关而不会影响到其它二次水系统的流量，或一次水系统的流量；供给每个二次水系统多个不同供水温度、不同负荷、不同温度、不同温差、不同环路阻力、不同区域的热需求。

一次水系统的循环泵将热水按设计的温差沿一次水环路，输送到环路的一个或多个与二次水系统连接的地方。把一部分热水“转交”给二次水环路，被二次水系统“取走”。一次水系统的水泵不一定是系统最大的水泵，有可能是系统里最小的水泵，一次水系统的流量（定流量）不需要等于或大于所有二次水系统的流量（变流量）总和。

旁通管（也称为平衡管、解耦管、去耦管、耦合管），或采用加大管径的设计，使旁通管成为耦合

罐或水力分离器，其作用都是相同的，即实现供暖炉侧和管网侧或末端水路的解耦。所有环路稳定运行，同时消除了不同循环泵之间相互干扰的可能性。

旁通管的解耦原理是利用其两端压差小，阻抗小的特点，与管网侧或末端水路的阻力和供暖炉侧水路的阻力相比几乎可以忽略。

3.8 模块板用于取代传统地暖末端中的绝热平板、反射膜、卡钉等辅材，起固定支架或保护加热管等作用、阻隔向下热量损失，模块板的出现及应用，能现场拼装，大大简化的地暖安装程序，具有施工方便、方便运输、损耗低、人工成本低等特点。模块板有的带有拼接锁扣，有的还可配金属均热层（导热板）或非金属均热材料层，各厂家蘑菇头有圆形、有方形、有菱形、有多边形。还有不规则的，尚无标准统一（据悉相关团体标准正在编制中）。市场上也曾有用树脂、橡胶、PVC、泡沫砼、轻质粉煤灰、珍珠岩等材料制成的无绝热层的地暖模块。

3.10 EPS 板表面覆膜的橡胶改性高抗冲击聚苯乙烯（HIPS）可提高耐热性、尺寸稳定性、冲击强度、刚性，利于管道卡固，且其低吸水率对 EPS 有一定保护作用。

HIPS 改性后提高了材料使用温度，热变形温度为 96℃，HIPS 同样属于易燃型塑料，极限氧指数为 17.8%，导热系数约 0.029W/(m·k)。近年来，已开发出各种特殊品级的 HIPS，如膨胀阻燃型 HIPS，成型容易、环保，但配方有一定难度。

3.13 引用行业标准《装配式住宅建筑设计标准》JGJ/T 398-2017 中 2.0.14；国家标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231-2016 中类似术语：2.1.14 干式工法，采用干作业施工工艺的建造方法。干式施工法是无水作业的配套方式，即在地暖的构造中的绝热层、加热管、填充层、面层里，除去填充层湿作业的方法。

4 设备与材料

4.2 热源设备与材料

4.2.2 关于膨胀罐和膨胀水箱，两者原理不同，结构组成不同。

国标《封闭式膨胀罐》GB/T 39287-2020 中封闭式膨胀罐的定义为：由罐体及隔膜组成，利用罐体内所存储气体的压缩膨胀性能，使系统压力维持在一定范围内，吸收工作介质膨胀量或具有防止水锤功能的封闭承压容器。

国标《供暖、通风、空调、净化设备术语》GB/T 16803-2018 中膨胀水箱定义为：热水系统中对水体积的膨胀和收缩起调剂补偿等作用的水箱。

膨胀水箱是暖通空调系统中的重要部件，它的作用是收容和补偿系统中水的胀缩量，亦用作系统供水。一般都将膨胀水箱设在系统的最高点，通常都接在循环水泵吸水口附近的回水干管上。膨胀水箱被广泛应用于中央空调、锅炉、热水器、变频、恒压供水等设备中，其能缓冲系统压力波动，消除水锤，起到稳压卸荷的作用。膨胀水箱上一般装有膨胀管、溢水管、信号管、循环管和排水管。

团标《内置隔膜密闭式膨胀水箱》T/CECS 10004-2018 中内置隔膜密闭式膨胀水箱或膨胀水箱的定义为：通过将水和预冲压力的空气/氮气分隔在两边的内置隔膜的涨缩，吸收或补偿由于温度等因素的变化而出现水体积变化的水箱。并且所包含的水不接触任何其他的气态或液态介质的水箱。从原理上严格来说是闭式膨胀罐。

国标《燃气采暖热水炉》GB 25034-2020 中规定：供暖额定热负荷小于 35kW 的供暖炉应内置膨胀水箱和循环水泵。

这里的膨胀水箱，只有通过一根膨胀管连接，体积不大，严格来说从原理上是闭式膨胀罐。这可能行业不同，造成的称呼上不一致。

供暖额定热负荷大于等于 35kW 的供暖炉，出厂时有的带循环泵，有的不带循环泵。

室内温度控制、时序控制或热源气候补偿控制可提高舒适度并有效节省能耗；水温限制装置可以是一个安全限温器，也可一个限制温控器和一个过热保护装置，各厂家有所不同。

也有的供暖炉具有智能保养提示功能，烟气、燃气泄漏保护功能。

供暖炉的防冻保护功能，比如水温低于 8℃（可设定），一级防冻启动，循环水泵运行工作；水温低于 5℃（可设定）时，供暖炉以供暖模式点火燃烧，使供暖水温到 25℃停止燃烧，保障设备与系统运行安全。

制造商声称的供暖炉最低安装环境温度低于 0℃时，供暖炉的供暖水、生活热水和冷凝水水温应大于 0.5℃。

4.2.3 供暖炉内置泵或外置泵的性能参数是供暖系统设计师选型及配管的重要参数，其能提供的资用压头与供暖炉内部水路不同工况流量下的水头损失相关。

产品标准 GB 20534-2020 中并没有内置泵的配置的具体规定，在供暖系统的安装说明说明书中规定：应给出供暖炉出口水压特性曲线图或泵的性能曲线。

供暖炉设置有内置泵，宜标明泵的主要性能参数（额定功率、额定流量、额定扬程，或进出口资用压头），供系统配管设计；供暖炉未设置内置泵，宜标明其内部水路额定流量下的水头损失，供系统配管设计及外置泵选型。

曾有不同功率供暖炉预装同规格泵；也有内置泵额定流量相同，而额定扬程 5 mH₂O、6 mH₂O、7 mH₂O、9 mH₂O 的不同配置。也有的制造商说明泵的扬程已扣除炉内阻力，即资用压头也就是炉外余压、进出口水压差，但具体数值没有给出。按原国标的供暖炉测试报告中有内置泵性能曲线测试图，这个泵的扬程已扣除炉内阻力。

4.2.7 通常冷凝炉的最小功率比最大功率能做到 1:5，带有燃气自适应技术的冷凝炉甚至可以到 1:10，而非冷凝炉只有 1:3。

生活热水预热的双冷凝器的供暖炉，可提供生活热水效率，适应大用水量需求。

分段燃烧，将燃烧器分成若干相互独立的较低功率的燃烧组，各燃烧组可单独或组合工作以扩大供暖炉负荷调节范围。

单水量伺服，供暖炉生活热水进水或出水口安装有水量伺服器通过电动调节，调节进水量大小，可增大不同负荷下生活水流量。

双水量伺服，在单水量伺服的基础上，内置旁通管，旁通管装有水量伺服，通过迅速且精确的调节旁通管自来水流量与生活用热水在机器内部混合后流出，可确保供暖炉在各种使用条件下供应生活热水，均不会出现过高温水，提升生活水恒温性能。

这样较有利于实现不同季节、不同进水温度、不同进水流量情况下的火力精准调节，避免夏季热水用量大，进水温度高，用水温低或供水流量偏小时频繁启停，出现用热水忽冷忽热，使热水出水温度平稳，水流量增大，用户热水舒适感增强。

4.2.8 采用耐腐蚀耐温材料为延长烟道使用寿命，原厂配套为保证烟道与供暖炉、烟道各附件之间连

接的气密性。

当采用薄壁不锈钢管时，其厚度不应小于 0.6mm；不锈钢波纹软管的管材壁厚不应小于 0.2mm；

4.2.9 国标《城镇燃气设计规范》GB 50028-2006（拟拆分七个标准），现已被拆分为《压缩天然气供应站设计规范》GB 51102-2016、《液化石油气供应工程设计规范》GB 51142-2015、《人工制气厂站设计规范》GB 51208-2016，这三本规范替代的是 GB 50028-2006 规范的四、五、七、八章，其他章节依然有效。

4.3 输配装置与材料

4.3.1 国标 GB/T 29730-2013 与行标 CJ/T 251-2007 的技术要求内容存在一些不同。

分水器本意是“水流分配器”，具有水流量调节功能，这样当分支环路长度不同或者热负荷不同的时候，能够进行补偿和调节。但即使各环路长度接近，也不能完全实现平衡，因为同样面积热负荷不同，需要不同的流量。

市场上有关断型、流量计型、水力分压型、预调节型、法兰连接主管型、智能型等分集水器。

预调节型分集水器，安装有阻力预调节控制阀或静态平衡阀，在调节结构的设计上增加锁定功能，还设计有档位数字及档位指示标志。

水力分压型分集水器，水力分压器与大口径共用管结合，有利于保温，占空间少。一般器身通径大于三倍的连接管管径，内部流体垂直断面流速约是连接管的 1/9，内部很低的流速产生的低压损降使系统建立水力分压。

智能型分集水器带电热执行器（有的采用新型蜡驱动）、直流伺服电机控制与驱动直行程执行器（带数字显示屏，断电永久记忆功能，运行时间可调，通电后常开常闭可调，0-10VDC 调节反馈型、温差型、温控型、通讯型、无线型等功能）等。

4.3.2、4.3.3 混水装置产品种类较多，尚无产品和功能性评价的统一标准及参数。如：温度可控性、稳定性；停电时，温控部分仍然起保护作用；混水泵的参数选择；控制器控制方案设计；温控阀、调节阀性能可靠性；防止水泵空转的缺水保护。

保护功能是混水装置稳定、安全、可靠和维持长期运行的保证。

防水泵卡死保护：循环水泵每停止工作24h，自动启动30s。

缺水保护：混水装置采用压力式缺水保护，当地暖系统压力低于（0.05MPa）时，缺水指示灯常亮，水泵停止工作。

防冻保护：当混水装置检测水温低于8℃时，防冻模式自动运行，运行指示灯闪烁。

限温式断水保护：当水泵持续供水水温低于32℃（可设定）时，水泵间歇工作，若设定周期内仍无热水流量或压力，则判定非供暖季或供暖已结束，水泵停止工作，该功能可在高级选项中设定。

混水装置控制器宜采用时间比例式模糊控制技术（混水控制温度偏差可达±1~3℃），应能控制室内温度，同时实现混水温度可调节性，能维持二次水负荷（流量）调节时的混水温度稳定性，一次水流量稳定性，并带有供暖炉、水泵联动端口；保证非冷凝供暖炉的一次侧回水温度应高于烟气的冷凝温度。

4.3.4 缓冲水箱、储热换热水箱一般采用不锈钢（如 SUS304/316L）或碳钢内胆，采用碳钢内胆时应

有防腐保护措施，如涂覆防腐涂层（搪瓷）和采用牺牲阳极（加镁棒）或外加电流相结合的阴极保护法。

一般采取利用不锈钢的耐蚀性、内胆搪瓷、加镁棒牺牲阳极保护阴极等措施来防范腐蚀，并能达到一定的效果。但在实际应用过程中，内胆内部由于焊接或搪瓷缺陷或结构设计上的原因，仍存在局部腐蚀问题。

不锈钢内胆水箱具有优良的耐均匀腐蚀性能、力学性能和工艺性能，压力容器（包括固定式和移动式压力容器、供暖炉不锈钢热交换器、压力管道等）存在晶间腐蚀敏感性，或使局部腐蚀穿漏即孔蚀，或使材料丧失力学性能。供暖炉水路系统中的水主要来源于自来水，自来水中的氯离子会对不锈钢的腐蚀起促进作用，如盐酸对不锈钢有强烈的腐蚀作用，次氯酸盐水溶液中的活性氯含量在 $200\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上时会对不锈钢有显著的腐蚀作用，水溶液中活性氯含量在 $10\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时经过长时间接触也会使不锈钢表面稍变粗糙。处于钝态的金属仍有一定的反应能力，即钝化膜的溶解和修复（再钝化）处于动平衡状态。

搪瓷内胆水箱具有优良的耐酸、耐碱、耐腐蚀性能；防结垢性能也很好，水质清洁卫生。但是在搪瓷过程中，尽管采取各种工艺措施，还是不可避免的产生各种搪瓷缺陷。对这种漏搪等缺陷最有效的补救方法就是采用阴极保护法。阴极保护法分为牺牲阳极保护法和外加电流阴极保护法。

水箱有带电辅热，有不带电辅热；储热热水箱有带内置盘管，有不带内置盘管。

4.3.5 闭式膨胀罐（隔膜式膨胀罐）的工作介质为水或一定浓度的乙二醇水溶液（乙二醇含量不超过49%），工作温度范围 $-10^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，工作压力不大于 1.6MPa ；罐体宜采用优质碳钢或不锈钢材质，碳钢罐体内表面和水接触部位应采取防腐措施；隔膜材料应满足系统工作温度、卫生性能要求并应具备一定的气密性；隔膜宜采用 IIR（丁基橡胶）、NBR（丁腈橡胶）、EPDM（三元乙丙橡胶）或气密性较好的并用类橡胶材质；闭式膨胀罐宜配备检漏装置，隔膜破损时应能自动报警。

4.3.6 波纹金属软管、不锈钢管及管件现行相关标准：《波纹金属软管通用技术条件》GB/T 14525、《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976、《不锈钢卡压式管件》GB/T 19228.1、《不锈钢卡压式管件连接用薄壁不锈钢管》GB/T 19228.2、《不锈钢管及双卡压式管件》T/GDSS 002（广东省不锈钢制品及材料协会团体标准）。

4.3.7 TP1、TP2 为磷脱氧铜（紫铜），其氧含量降低到 0.01% 以下，仅为 T2 铜（纯铜）的 1/6，使铜管的机械加工性能，特别是钎焊性能大大改善。TP1 的残磷量比 TP2 少，故其导电、导热性较 TP2 高。

4.3.8 塑料管材及管件现行相关标准：《冷热水用聚丙烯管道系统 第 1 部分：总则》GB/T 18742.1、《冷热水用聚丙烯管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 18742.2、《冷热水用聚丙烯管道系统 第 3 部分：管件》GB/T 18742.3；《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991、《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统 第 1 部分：总则》GB/T 18992.1、《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 18992.2；《铝塑复合压力管 第 1 部分：铝管搭接焊式铝塑管》GB/T 18997.1、《铝塑复合压力管 第 2 部分：铝管对接焊式铝塑管》GB/T 18997.2；《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第 1 部分：总则》GB/T 19473.1、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 19473.2、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第 3 部分：管件》GB/T 19473.3、《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第 5 部分：系统适用性》GB/T 19473.5；《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第 1 部分：总则》GB/T 28799.1、《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、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第 3 部分：管件》GB/T 28799.3、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第 5 部分：系统适用性》GB/T 28799.5；《铝塑复合管用卡套式铜制管接头》CJ/T 111；《铝塑复合管用卡压式管件》CJ/T 190 等。

4.3.9 阀门国家现行相关标准：《铁制和铜制螺纹连接阀门》GB/T 8464、《钢制阀门 一般要求》GB/T 12224、《石油、石化及相关工业用钢制截止阀和升降式止回阀》GB/T 12235、《石油、化工及相关工业用的钢制旋启式止回阀》GB/T 12236、《石油、石化及相关工业用的钢制球阀》GB/T 12237、《法兰和对夹连接弹性密封蝶阀》GB/T 12238、《减压阀 一般要求》GB/T 12244、《管线阀门 技术条件》GB/T 19672、《采暖空调用自力式压差控制阀》JG/T 383、《普通型阀门电动装置技术条件》JB/T8528、《家用和类似用途电自动控制器 第一部分：通用要求》GB 14536.1、《家用和类似用途电自动控制器 电动水阀的特殊要求（包括机械要求）》GB 14536.9、《家用和类似用途电自动控制器 电起动器的特殊要求》GB 14536.16、《散热器恒温控制阀》JG/T 195 等。

4.3.10 热塑性塑料阀门国家现行相关标准：《热塑性塑料蝶阀》GB/T 27725、《热塑性塑料截止阀》GB/T 28494、《热塑性塑料球阀》GB/T 37842、《热塑性塑料闸阀》GB/T 38008。

4.4 散热末端材料

4.4.1 增加了环保要求。

自 2016 年 12 月 26 日起禁止六溴环十二烷(HBCD)的生产、使用和进出口。用于建筑物绝热材料 XPS 和 EPS 阻燃剂的 HBCD 获得了 5 年豁免期，豁免期将于 2021 年 12 月 25 日终止。

《基加利修正案》由《蒙特利尔议定书》197 个缔约方于 2016 年 10 月 15 日在卢旺达基加利通过，将氢氟碳化物 (HFCs) 纳入《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》管控范围。2021 年 9 月 15 日，控制强效温室气体氢氟碳化物 (HFCs) 的《蒙特利尔议定书 (基加利修正案)》正式对中国生效 (暂不适用于中国香港特别行政区)，减排 HFCs 刻不容缓。根据协议，到 2045 年，中国将比 2020-2022 年基准减少 80% 的氢氟碳化合物使用。这意味着中国将对 HFCs (氢氟碳化物) 相关化学品进行管控，包括 2024 年冻结 HFCs 生产和消费。氢氟碳化物 (HFCs) 是作为氟氯碳化物 (CFCs) 和氢氯氟碳化物 (HCFC) 的替代品而使用，广泛用于空调、冰箱的制冷剂和发泡剂。虽然本身不是 ODS (消耗臭氧层物质)，但 HFCs 是温室气体，具有高全球升温潜能值 (GWP)。环保型发泡剂主要是指臭氧消耗潜能 (ODP) 为零，温室效应潜能 (GWP) 较小，对环境友好的绿色发泡剂。很多国家都在开展氯氟烃 (CFCs)、氢氯氟烃 (HCFCs) 和氢氟烃 (HFCs) 发泡剂等过渡替代，开发 HFOs (氢氟烯烃) 制冷剂，CO₂、超临界 CO₂ (sCO₂) 发泡技术等。

4.4.2 国家标准《绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料 (EPS)》GB/T 10801.1-2021 与 GB/T 10801.2-2002 相比有技术变化。范围中增加了本部分也适用于原料中通过添加石墨等添加剂改性制成的绝热用模塑聚苯乙烯泡沫塑料及其切割而成的制品；分类中删除了按密度分类，增加了按压缩强度为 I、II、III、VI、V、VI、VII 级；按绝热性能分级：033 级、037 级；按燃烧性能分级：B₁ 级、B₂ 级、B₃ 级 (B₁ 级、B₂ 级的单色板材应掺有其他颜色的颗粒，以示区别)。要求中表观密度改为表观密度偏差；提高导热系数指标等。

国家标准《绝热用挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (XPS)》GB/T 10801.2-2018 与 GB/T 10801.2-2002 相比有技术变化。类别中增加了燃烧性能分级：B₁ 级、B₂ 级；绝热性能分级：024 级、030 级、034 级；增加了资料性附录 A，添加石墨等红外阻隔剂的挤塑聚苯乙烯泡沫塑料 (石墨 XPS)，即石墨挤塑板 (SXPS)，导热系数可小于等于 0.024 W/(m·K) (25℃)。

国家标准 GB 8624-2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》为以下几种等级：

A 级 (满足 A1、A2 级)：不燃材料：几乎不发生燃烧的材料。

B₁级（满足B、C级）：难燃材料：难燃类材料有较好的阻燃作用。其在空气中遇明火或在高温作用下难起火，不易很快发生蔓延，且当火源移开后燃烧立即停止。

B₂级（满足D、E级）：可燃材料：可燃类材料有一定的阻燃作用。在空气中遇明火或在高温作用下会立即起火燃烧，易导致火灾的蔓延，如木柱、木屋架、木梁、木楼梯等。

B₃级（F级）：无性能要求，无任何阻燃效果，极易燃烧，火灾危险性很大。

国家标准《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222-2017 条文 4.0.18 规定“当室内顶棚、墙面、地面和隔断装修材料内部安装电加热供暖系统时，室内采用的装修材料和绝热材料的燃烧性能等级应为A级。当室内顶棚、墙面、地面和隔断装修材料内部安装水暖（或蒸汽）供暖系统时，其顶棚采用的装修材料和绝热材料的燃烧性能等级应为A级，其他部位的装修材料和绝热材料的燃烧性能等级不应低于B₁级，尚应符合本规范有关公共场所的规定”。参考团体标准《建筑用碳纤维发热电线地面辐射供暖系统应用技术规程》T/CECS 642-2019，结合安装施工情况，考虑有填充层的湿法施工，相当于用地板（建筑结构层）和垫层（填充层）不燃材料覆盖绝热材料两侧，燃烧性能要求B₂级，有条件可B₁级。

4.4.3 预制沟槽保温板干式工法地暖的特点是：构造层相对较轻薄、楼板荷载小、施工工期短等，可直接铺设木地板，保温板以及木地板面层均为干法施工，方便快捷。如采用湿法施工用瓷砖或石材面层，还需增加以泥砂浆找平等厚度，且水泥砂浆对均热层有腐蚀作用。干式工法地暖地面无法像传统地面一样实施防水处理。若在厨房、卫生间采用干式工法地面辐射供暖系统，易导致预制沟槽保温板的损坏。因此，厨房、卫生间地面宜采用传统地暖系统以确保地面防水效果。因此除住宅厨房、卫生间等不适宜使用木地板的场合外，预制沟槽保温板地暖地面均建议采用木地板面层，以避免湿作业。

湿法施工的地暖有填充层、找平层或铺设钢网的填充层、找平层，对绝热层有一定保护、均压作用。沟槽保温板地暖干法施工的地面上部无填充层均衡压力，地板荷载作用下，虽有木地板均压，木地板、绝热层相对湿法变形大，需适当提高压缩强度等级，以防止地板变形坍塌等发生。

加固层有一定均压作用，能提高承载能力，还有一些均热作用，又可作为瓷砖薄贴的基面，提高平整度和粘接强度。

也有厂家提倡采用高强度绝热层的面铺瓷砖工艺，即采用高压压缩强度（ $\geq 1200\text{kPa}$ ）预制沟槽保温板时，界面处理后，可采用瓷砖胶进行薄贴瓷砖。但应综合考虑压缩强度增加后带来的一些影响（如导热系数、隔声等），以及其经济性与必要性。

4.4.4 采用沟槽保温板干式工法地暖时，为尽量增加加热管向上的有效散热量，且不影响木地板的直接铺设，规定预制沟槽保温板及其均热层的沟槽尺寸应与敷设的加热管外径吻合。

限定保温板总厚度是为了限定最薄处最小厚度，以控制向下的传热损失。

金属均热层常用铝板，实际施工中也有采用如导热膏、导热腻子（导热系数 $6\text{W}/\text{m}\cdot\text{k}$ ）等非金属材料均热层。

因为管道周长包裹率都基本达到 65%~70%，这种情况下在管上面增加一层均热层应该无法显著增大传热面积，由于厚度越大，辐射表面温度越均匀，建议均热层厚度尽可能大。

行标 JGJ 142-2012 规定：均热层最小厚度，管间距 $<200\text{mm}$ ，加热管下 0.2mm /上下各 0.1mm ；管间距 $\geq 200\text{mm}$ ，加热管下 0.4mm /上下各 0.2mm 。本文件调整为：管间距 $<200\text{mm}$ ，加热管下 0.2mm ；管间距 $\geq 200\text{mm}$ ，加热管下 0.4mm 。

沟槽保温板地暖湿法施工也有不用均热层的。

水泥砂浆找平层对均热层有腐蚀作用，参照预制轻薄供暖板的产品标准，要求采用防腐均热层。

4.4.5 石墨聚苯板导热系数 $\leq 0.033\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ （ 25°C ），压缩强度大于等于 100kPa ，表观密度偏差在标称值的 $\pm 5\%$ 以内。

4.4.6 实际工程中绝热层有采用硬泡聚氨酯板材，是一种带有凹槽的超薄型聚氨酯地暖板，压缩强度

大于等于 200kPa，导热系数（平均 23℃）小于等于 0.024W/（m·K）。产品性能指标应符合现行国家标准《建筑绝热用硬质喷涂聚氨酯泡沫塑料》GB/T 21558、行业标准《聚氨酯硬泡复合保温板》JG/T 314 的规定。

也有少量采用现场发泡的硬泡聚氨酯喷涂施工，闭孔、有限承载的IIA（氟碳类发泡剂）、IIB（水与异氰酸酯反应生成的二氧化碳发泡剂），导热系数（平均 23℃）分别小于等于 0.024W/（m·K）和 0.030W/（m·K），压缩强度大于等于 200kPa，应符合现行国家标准《绝热用硬质喷涂聚氨酯泡沫塑料》GB/T 20219 的规定。

现场发泡喷涂聚氨酯具有非常好的整体性和防水性，采用聚氨酯喷涂，喷涂机、喷枪满足使用要求枪手经过技能培训并考核合格，基面要求低，几乎不需特别表面处理；可配置装配式管支架，也可直接铺设金属网或聚氨酯层上喷一层砂浆再铺设金属网固定加热管。

真空绝热板（VIP 板），真空保温材料中的一种，是由填充芯材与真空保护表层复合而成，它有效地避免空气对流引起的热传递，因此导热系数可大幅度降低，可以达到 0.002~0.004W/（m·K），为传统保温材料导热系数的 1/10，产品性能指标应符合现行国家标准《真空绝热板》GB/T 37608 的规定。

采用真空绝热板，施工中禁止刺穿损坏绝热板，破坏其真空度，性能指标应符合现行国家标准《建筑用真空绝热板应用技术规程》JGJ/T 416 的规定。

当采用热固复合聚苯乙烯泡沫保温板时，主要性能指标应符合现行行业标准《热固复合聚苯乙烯泡沫保温板》JG/T 536 的规定。

4.4.8 地暖管下铺设铝箔层作为反射层，早期地暖从德国引入就有，但实际有没有反射作用一直存有争议。也有非权威机构不同的测试结果，有的稍有散热量增加，有的不明显。

有人提出这是利用反射型保温隔热的原理：一般绝热材料是利用材料中的孔隙结构实现保温隔热，反射型保温隔热材料是通过减少对热辐射的吸收率和投射率，来提高反射率，使绝大部分辐射热被反射回去而封闭在保温结构内，等同于有效提高了保温结构的总热阻。研究表明：大多数建材外表面的放热系数 e 值约 0.9 左右，一般气象条件下，辐射传热损失占总热量的 25%。一个光滑的铝箔表面，其吸收系数仅为 0.05~0.10，此时辐射传热几乎可以忽略不计。在垂直的空气层中，估计辐射引起的热损失可占总热损失的 60%，如果在空气间层的一边设置一层铝箔，这损失可以减少到 90%。由于材料的热反射和热辐射性能仅与材料表面性能有关，故低热辐射绝热材料的厚度可比一般绝热材料小很多，常包覆在现有保温结构外表面，以提高保温效率。

有学者认为地暖管下铺设铝箔，上面接触覆盖填充层，不存在空气间层，没有明显的反射作用，但有阻隔水汽，防止砂浆透过绝热层连接缝隙形成热桥，增加绝热层表面强度的作用。

4.4.9 加热管国家标准可见本文件 4.3.7 及 4.3.8 条文说明中所列管材相关标准；行业标准 JGJ 142-2012 还提出地暖加热管可采用无规共聚聚丁烯（PB-R）管材，并应符合现行行业标准《冷热水用无规共聚聚丁烯管材及管件》CJ/T 372 的规定。

4.4.11 国标《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2015年版）第二次局部修订（征求意见稿），提高了混凝土强度应用的最低等级要求，其 4.1.2 条规定：素混凝土结构的混凝土强度等级由“不应低于 C15”改为“不应低于 C20”。意味着新规发布后垫层 C15 混凝土、二次结构 C20 混凝土将彻底成为历史。强度标准值是立方抗压强度总体分布中的一个值，强度低于该值的百分率不超过 5%。

C20 混凝土常用配合比为：0.51 : 1 : 1.81 : 3.66；水：175kg，水泥：343kg，砂：621kg，石子：1261kg。

在满足用砂性能指标的前提下，在天然砂资源缺乏的地区，通过水泥的试验、砂浆试验、混凝土试验，根据施工条件及结构物等因素考虑，可使用机制砂配置混凝土填充层。用人工制造的机制砂代替日益枯竭的天然砂，契合环境保护及可持续发展理念。

厚层自流平施工方面具有一定优势，是一种较理想的地暖配套材料，石膏基自流平硬化后的地板有一定弹性，脚感温暖舒适；并且具有一定的隔音效果。

厚层石膏基自流平，砂浆由于其胶凝材料石膏本身具有微膨胀特性，体积稳定性佳，大大降低了开裂风险。同时施工厚度不受限制，在保证不开裂的情况下，施工厚度 3mm~80mm 可根据地面高差及强度情况自由选择，回填找平一次完成，施工效率高，节约成本。

水泥基自流平，砂浆开裂、起灰、起砂、空鼓等问题一直困扰着业界，基层有坡度设计时，水泥基自流平砂浆可用于坡度小于或等于 1.5% 的地面；对于坡度大于 1.5% 但不超过 5% 的地面难以进行一次性找平，需先以混凝土或水泥地面砂浆找平后或采用环氧底涂撒砂处理再用水泥基自流平找平，并应调整自流平砂浆流动度，增加了施工工序及人工、管理成本等。坡度大于 5% 的基层不得使用自流平砂浆。水泥基自流平耐水，但是做不厚，施工厚度超过 5mm 往往会产生收缩开裂，最多在 10mm 以内。

厚层瓷性自流平，厚度可控制在 10mm~100mm，可替代做传统水泥砂浆和自流平，一次成型。

与水泥砂浆、细石混凝土等找平材料相比，石膏基自流平砂浆具有早强快硬、轻质高强、施工简单高效、无需洒水养护、精确找平、体积稳定、不易开裂、不易空鼓、施工厚度不受限、地面观感佳等优点，可满足新型地坪装修材料对地面高平整度的要求，石膏基的凝固度没有水泥的凝固度高。

水泥基自流平砂浆属无机非金属材料类，环保性能是建筑工程最重要的性能之一，直接影响用户安全和生活质量施工所用的材料和施工环境都应符合国家相关的标准和规定。

4.4.13 浸渍纸层压木质地板、实木复合地板、地暖用木质地板、地暖用实木地板、实木地板相关标准：《浸渍纸层压木质地板》GB/T 18102、《实木地板第1部分：技术要求》GB/T 15036.1、《实木复合地板》GB/T 18103、《地采暖用实木地板技术要求》GB/T 35913、林业行业标准《地采暖用木质地板》LY/T 1700、《地采暖用木质地板甲醛释放承载量规范》LY/T 3233、浙江制造标准《地采暖用实木地板》T/ZZB 0946-2019

实际实木复合地板、浸渍纸层压木质地板使用较多，木地板宜薄不宜厚、宜小不宜大、宜短不宜长、宜窄不宜宽，地板尺寸越小，抗变形能力越强。一般要求耐热性60℃~80℃；弯曲强度、压缩强度要求；升温性能（低热传导率）等。

一般认为实木地板不适合用于地暖，是顾虑不同厂家产品在不同环境状态下易变形，加之受热，出问题后客户会不加分析地问责于地暖安装单位，其本身一般较厚热阻高，也影响地暖散热效果。也不是完全不能用，合格实木地板经过严格的热处理等，且含水率达标，实际中也有采用经热处理的木龙骨、活动木龙骨及龙骨间填充导热材料等实木地板地暖面层的应用案例。

经对比测试部分地暖专用实木地板的导热系数，数值上要高于一般常用普通实木地板（厚度较地暖专用实木地板还低），因此推荐采用地暖专用实木地板。

4.5 电气、监测与调控装置与材料

4.5.1 电能表（俗称电度表），包括智能电能表（物联网、无线）的国家相关标准：《电测量设备（交流）通用要求、试验和试验条件第 11 部分：测量设备》GB/T 17215.211、《电测量设备（交流）特殊要求 第 21 部分：静止式有功电能表（A 级、B 级、C 级、D 级和 E 级）》GB/T 17215.321。

4.5.4 控制阀、压差控制阀、调节阀、流量控制阀、截止阀、止回阀、电动调节阀、自动控制器国家

相关标准：《散热器恒温控制阀》GB/T 29414、《散热器恒温控制阀》JG/T195、《供热用手动流量调节阀》CJ/T 25、《自力式温度调节阀》JB/T 11048、《自力式压力调节阀》JB/T 11049、《自力式流量控制阀》CJ/T 179、《采暖空调用自力式压差控制阀》JG/T383、《采暖与空调系统水力平衡阀》GB/T 28636、《通用阀门 铁制截止阀与升降式止回阀》GB/T 12233、《石油 石化及相关工业用钢制截止阀和升降式止回阀》GB/T 12235、《石油、化工及相关工业用的钢制旋启式止回阀》GB/T 12236、《通用阀门铁制旋启式止回阀》GB/T 13932、《普通型阀门电动装置技术条件》JB/T 8528、《工业过程测量和控制系统用电动执行机构标准》JB/T 8219、《家用和类似用途电自动控制器 第一部分：通用要求》GB 14536. 1、《家用和类似用途电自动控制器 电动水阀的特殊要求及机械要求》GB 14536. 9、《家用和类似用途电自动控制器 电起动器的特殊要求》GB 14536. 16 等。

4.5.7 压力传感器、流量传感器、温度传感器、电热执行器、可编程序控制器、物联网智能传感器及其接口国家相关标准：《压力传感器》JB/T 6170、《压力传感器系列型谱》JB/T 6172、《均速管流量传感器》JB/T 5325、《涡轮流量传感器》JB/T 9246、《温度传感器系列型谱》JB/T 7486、《工业过程控制系统用普通型及智能型电动执行机构》JB/T 8219、《家用和类似用途地暖设备用温度控制系统的安全要求》GB 31459、《可编程序控制器》GB/T 15969、《物联网总体技术 智能传感器特性与分类》GB/T 34069、《物联网总体技术 智能传感器接口规范》GB/T 34068 等。

4.5.9 物联网系统实体间接口相关国家标准：《物联网 系统接口要求》GB/T 35319。

4.6 设备与材料的储运和检验

4.6.4 钢管可采用衬塑热镀锌钢管、热镀锌钢管及焊接无缝钢管

4.6.9 在高温环境下，其中的外加剂会部分失效或减效，降低产品性能；不同类型、强度等级的产品应分类贮存，避免混合使用，有效保证工程质量。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 从地暖的安全、寿命和舒适考虑，规定供水温度不应超过 60℃。从舒适及节能考虑，地暖供水温度宜采用较低数值，国内外经验表明，35℃~45℃是比较合适的范围。供暖末端低温化也是一种趋势，保持较低的供水温度，有利于延长化学管材的使用寿命，有利于提高室内的热舒适感；控制供回水温差，有利于保持较大的热媒流速，方便排除管内空气，也有利于保证地面温度的均匀。应注意，推荐的温差范围为系统连续稳定运行状态下，供暖炉属间歇调节运行（热源侧的一种运行方式，供暖过程中减少系统供热量），地暖系统初运行和再启动阶段是温差由大变小过程，逐渐给地板蓄热。间歇调节运行与间歇供暖不同，间歇供暖是供暖系统使用时间室内温度达到要求，非使用时间内末端不运行，允许室温自然降低。

5.1.2 对于人员经常停留的地面，美国相关标准根据热舒适理论研究得出地面温度在 21℃~24℃时，不满意度低于 8%；EN 1264-2:1997、EN 15377-1:2005、ISO 11855-2:2012 中推荐：冬季供暖时，一

般人员活动停留区，热辐射地板表面温度 $\leq 29^{\circ}\text{C}$ ；浴室和类似房间，热辐射地板表面温度 $\leq 33^{\circ}\text{C}$ ；周围区域（沿外墙最大1m宽或非居住区域），热辐射地板表面温度 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ 。日本相关资料研究表明，地面温度上限为 31°C 时，从人体健康、舒适考虑，是可以接受。行业标准 JGJ 142-2012 也是参考以上标准，考虑我国生活习惯，对人员经常停留地面的温度上限值规定为 29°C 。

考虑到温度梯度及热辐射的不对称性，必须在不影响室内人员舒适性的前提下将表面温度控制在一定的范围内，由于温度过高或过低会引起脚部的局部不舒适。对于那些经常赤脚活动的房间（比如更衣室和浴室），地面参考温度应在表 13 中所列范围之内；而对于一般的房间，如果工作人员久坐不动，则地面温度为 25°C 是比较合适的，如果工作人员站立或走动，则为 23°C 。在这些情况下，地板材料的选择并不是很重要。

表 13 一般地板表面的赤脚舒适温度

材料	表面温度范围/ $^{\circ}\text{C}$
植物原料	21~28
松木	21.5~28
栎木	24.5~28
硬热塑性材料	24~28
混凝土	26~28

5.1.3 基本构造中加热管除用沟槽保温板、模块板自身固定，还可采用塑料卡钉、卡座、热镀锌电焊金属网（网格间距不应大于 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ ，金属直径不应小于 1.0mm ）等固定装置。

目前，也有在填充层上设相变蓄热层，或地板复合有相变蓄热材料的尝试案例。

5.1.8 地暖系统循环水及补充水水质应满足要求，避免可能损坏热源设备、换热器、阀门等部件。注入的水应洁净，有条件的系统可充纯净水，或装设前置净化过滤器及可以改善循环水水质的产品如阻垢去垢装置等（能清理系统，还通过在金属表面形成保护膜提供了抗腐蚀的效果，并中和水中的气体）；在硬水地区（钙、镁化合物大于 450mg/L ），建议用户使用专用的水质保护剂。建议在生活热水系统中加装软水设备；不应在加热水中添加错误浓度的防冻或抗腐蚀产品，或者与供暖炉部件特性不相容的化学或物理物质。

5.1.12 装配式建筑设计各专业应紧密联系。项目前期暖通专业与水、电专业确认管线分布方案协调管线布置，与建筑结构专业确认预留墙洞板洞位置，确保项目顺利进行。

预制构件中的预埋管线以及预留沟、槽、孔、洞的位置应遵守结构设计模数网格，保证构件的整体性与安全性，不应在预制构件安装后凿剔新的沟、槽、孔、洞。

考虑到厨房、卫生间的管线分离比例有所减小可采用集成厨房、集成卫生间以提升装配率。

干式工法地暖地面与传统地面连接处的高差可以采取结构降板予以解决。

5.2 负荷计算

5.2.2 有学者提出辐射传热应考虑人体散热占比。按过去的方法，不考虑人体散热、直接按无辐射板时的负荷作为选定辐射板热容量是不合理的，造成室温偏高。考虑人体舒适PMV指标，可节约8%。

5.2.7 建筑物的形状、功能、围护结构的热工性能、蓄热性能、运行调节模式和使用行为习惯、入住率等对供暖热负荷都有影响，如我国南方一些地区，以要求快热，部分空间，部分时间的间歇运行

或分时间段的间断即时性供暖运行(也就是系统运行方式和时间长短不同),加上冬季室内空气潮湿,围护结构保温性、气密性差,这些也会影响热负荷值。

对于居住建筑,采用白天停晚上供等间歇运行供暖模式时,寒冷地区以北京为例间歇供暖热负荷附加率为 14%,夏热冬冷地区各典型城市的间歇供暖热负荷附加率为 5%~15%;各城市在早晚供暖几个小时的间歇运行模式时,附加率较大,有的城市可达 50%以上;各城市在早中晚供暖的间歇运行模式时,寒冷地区的附加率为 30%,夏热冬冷地区附加率为 20%~35%。

对于办公室建筑,采用白天供晚上停的间歇运行供暖模式时,夏热冬冷地区附加率为 10%~20%;寒冷地区附加率约为 25%;严寒地区附加率约为 30%。

《全国民用建筑工程设计技术措施(暖通空调动力)2009》中提出对间歇使用的建筑物,宜按间歇附加率计算,附加在耗热量的总和上,仅白天使用的建筑物附加 20%,不经常使用的建筑物附加 30%。

地暖的间歇热负荷附加率比散热器供暖间歇热负荷附加率约小 3%~10%。

5.2.8 给出的计算公式,以北京城区整个供暖季逐时负荷计算,建筑围护结构热工特性达到节能50%的要求时,户间传热量 10 W/m^2 ,节能65%的要求时,户间传热量 7 W/m^2 ,一般供暖阀门不能完全关闭,使房间最低温度不低于 14°C ,户间传热附加负荷应略小于 7 W/m^2 ,为使计算结果更安全仍取 7 W/m^2 。其他地区,或随着节能要求提高全国将节能70%,京津地区将节能80%,可参考执行。

5.2.10 国家标准《建筑给水排水设计规范》GB 50015-2019 规定:建筑的全日集中热水供应系统,用水计算单位数、用水定额、冷水温度、热水温度(60°C)、每日使用时间、小时变化系数计算小时耗热量;定时集中热水供应系统及局部热水供应系统,按卫生器具热水小时用水定额、使用温度和同类型卫生器具数及同时使用百分数计算小时耗热量。

5.3 辐射面传热量的计算

5.3.3 国内外研究者通过研究得到了很多地暖散热量计算模型,并被广泛应用于相关的设计手册、模拟软件及标准中,如ASHRAE手册模型,日本地暖手册模型及ISO标准模型等,其中JGJ 142-2012《辐射供暖供冷技术规程》采用了ASHRAE手册模型计算地暖散热量。

附录B是大连理工大学吴小舟团队基于HEAT2软件的地暖散热量数值模拟计算,通过建模设计,计算不同管径、不同绝热层材料型式、不同装饰面层、不同结构、不同平均水温、不同加热管布管间距的地暖热流密度(单位地面辐射面积向上供热量和向下传热量)。HEAT2软件是1990年瑞典隆德大学(Lund University)建筑物理系根据25年的研究成果研发的专门计算二维瞬态和稳态导热问题的软件。该软件采用矩形格子划分网格,并采用有限差分法计算导热问题,适合于数值模拟计算热桥传热、地面热损失、辐射地板传热分析及外窗框架传热分析等传热问题。HEAT2软件已经通过国际标准ISO 10211和ISO 10077-2的检验,在全世界许多著名大学和研究机构得到广泛地应用,如丹麦技术大学、日本东京大学、美国麻省理工大学以及德国弗劳恩霍夫建筑物理研究所等。当网格数量达到10000时,采用HEAT2软件模拟计算简单二维传热问题所耗时间不超过1min。因此,HEAT2软件具有计算精度较高、耗时较短等有优点,目前已被辐射供冷供暖国际标准ISO 11855采用。

大连理工大学吴小舟团队同时研发了“混凝土填充式地暖、预制沟槽保温板地暖及吊顶辐射板辐射供暖供冷系统传热量计算”软件,可以选择试用。

5.5 热源系统

5.5.1 由于燃气热值高，供暖炉相比燃煤锅炉响应速度快、调节能力强，供暖炉容量选择不宜过大。供暖炉间歇调节运行，设计容量应考虑供暖区域同时使用系数、各负荷峰值出现时间（季节性），不能按各项热负荷值叠加即围护结构热负荷、新风热负荷和生活热负荷等的最大值之和来确定，更不能简单套用热指标；考虑使其能长期运行在高效区，即基于长期热效率原则，应关注供暖炉非满负荷下的运行效率，维持全负荷高效运行。非冷凝式炉低负荷运行，热效率会有所下降，额定容量与长期运行的实际负荷输出接近，会得到较高的季节热效率，全预混冷凝炉低负荷运行，热效率会有所上升，不能简单的等容量选型。

5.5.2 供暖炉类型较多，按安装形式分壁挂式、落地式；按安装位置分室内型、室外型；按结构组成分为单体炉、模块炉（又分为独立排烟型、带有集烟室型）；按有无烟气潜热利用分冷凝型（分为烟道冷凝热回收型、全预混冷凝型、冷凝容积型、双冷凝型）、非冷凝型；按燃烧方式分大气式（部分预混式）、全预混式；按热水制备分为快速式、储水式（分为半容积式、容积式）；按生活水制备方式分板换型、套管型、直流型（带水箱沉浸盘管换热的系统炉）；按用途分为单供暖（单加热，含系统型）型、两用型；按有无内置循环泵分为带内置泵型、不带内置泵型；按配置循环水泵分单速泵、三速泵、变频泵；按燃烧腔压力特点分为正压燃烧式、负压燃烧式；按内置补水阀类型分为自动补水型、手动补水型；按有无配备生活热水循环管和循环泵分为零冷水型、热水直供型等。

半容积式炉是通过加内置或外置的盘管换热储热水箱制备生活水，提高供生活水的快速响应时间和稳定性。

容积式炉是类似火管锅炉，炉体结构设计有一定的储热水能力。

系统炉可供暖，或供暖和外接盘管换热储热生活热水箱供生活热水，也可外接热交换器或直接循环，如用于泳池加热、道路融雪等。

供暖炉可采用钢、铜、铸铝热交换器。有的供暖炉内置混水阀，可分不同温度的热水供暖和供生活热水；有的供暖炉型可选择设置“散热器模式”“地暖模式”，可调节供水温度满足地暖设计供水温度要求，也有供回水温差 10°C 的供暖炉。

随着人们对健康和生活环境品质的重视，供暖炉燃烧噪声越来越受到重视，燃烧噪声应符合国家标准《燃气采暖热水炉》GB 25034-2020 表 8 的规定。

供暖炉一般采用供生活热水优先控制，目前也有同时供暖和供生活热水的炉型。

当在供暖舒适度要求很高，不允许出现供暖中断；房屋保温结构非常差；生活热水需求持续时间非常长（如超过 1 个小时）；生活热水用量大且集中的轻商用应用（如 SPA、会所、健身房等）情况下，不能采用生活热水优先控制时，应采取相应技术措施。如不采用生活热水优先控制，供暖炉宜按照生活热水负荷与供暖负荷之和进行选型，如果无法按照两负荷之和选型，可在生活热水优先控制中加入保障供暖的措施：当系统工作在生活热水加热模式，并持续一定时间段后（如半个小时或一个小时），强制开启供暖一段时间，然后在回到生活热水加热模式。如果仅根据供暖负荷选型，或者水箱选型时未与供暖炉进行适当匹配，会导致在生活热水优先模式下，生活热水占用供暖炉过多的工作时间，导致供暖舒适度下降。

供暖炉在我国发展较快，一些先进技术得到应用，如低 NO_x 燃烧器技术、火苗控制技术、变频技术、燃气自适应技术、智能控制技术等。

高海拔地区（ $H=500\sim 6000\text{m}$ ），具有独特的地理环境：海拔高、气压低、空气稀薄、空气含氧量低等，对供暖炉燃烧、传热以及烟风特性都有不同程度的影响。海拔升高后，大气压降低，燃气密度降低，供暖炉热负荷降低；由于空气密度降低，燃烧用二次空气中的氧供给量降低，造成不完全燃烧，使烟气中的 CO 含量增高和火焰脱火趋势的产生，宜采用同时具有调节燃气量和燃烧空气量（氧氧量）

相匹配的供暖炉；为改善供暖炉燃烧工况应采取一定技术改进措施，如：适当增加炉膛容积，增加燃料在炉膛的滞留时间；适当增加对流受热面面积；对其风量和风压应进行修正，保证燃烧器的输出功率和供暖炉出力等。

5.5.3 供暖炉并联应考虑单机功率与总容量匹配，可同型号同容量并联，可同型号不同容量并联，也可根据负荷变化情况选择非冷凝炉与冷凝炉并联。供暖炉可耦合太阳能、空气源热泵等构成复合热源系统。供暖炉多机并联，产出能力适应需求（季节效率）有益，本着系统可靠，一台故障时，剩余供热能力符合业主保障供热量要求。一般严寒地区70%，寒冷地区65%，夏热冬冷地区50%。

同一系统内的供暖炉并联台数有的案例达几十台，有的厂家建议不宜多于4台，有的厂家建议不宜多于7台，级联控制技术可多，但水力工况影响器具，综合考虑并联装机台数经济性、供暖炉水力状况、进气排烟管制作、控制复杂程度等做出推荐要求，超过4台宜选择大功率商用炉或商用模块炉等。

5.5.4 室内型供暖炉外壳防护等级和耐腐蚀性达不到室外的安装要求，不能安装在四周没有围护结构的地方。

5.5.5 室内型供暖炉炉体周围应留有必要的操作和维修空间，并应满足产品说明书的规定，以方便使用和维修。观火孔高度一般为1.5m，以便于观察火焰燃烧工况，确保使用安全。炉体设置部位应便于进气排烟管道、供暖供回水管道和生活冷热水管道和燃气管道的连接。

5.5.6 在安装设置中应充分考虑可能会影响室外型供暖炉安全运行的安装环境、通风条件、通电、防火等，以及最基本的防冻功能和外壳防护等级。

室外型供暖炉不能安装在室内或其他不利于烟气排放的空间，防有可能导致CO中毒。防止因增建或改建原因使排烟口位于室内，或烟气直接喷到建筑物壁面、窗户、玻璃上，造成壁面损坏、玻璃破裂或变色。

安装在周围有障碍物阻碍空气流通的场所有可能造成燃烧不充分。

安装位置与窗户、新风系统进气口、空调和换气扇的最小间距。

应避免安装在高处，当安装在高处的外墙上时，应安装在可以从供暖炉正面进行维护维修等作业，并有栏杆等防止跌落装置的场所（如阳台等）。

安装在沙土或者灰尘容易积聚的地方，可能会使供暖炉风机的性能降低并导致不完全燃烧。

安装在气温为零度以下的区域时水系统应设置自动防冻运转（燃烧及泵循环），或防冻加热器对器具和水路自动保温，或加入制造厂家认可或指定的防冻液。

气源种类不同，其气质、热值会影响设备效率、输出功率和运行效果等。

5.5.9 多台并联的供暖炉共用烟道，可在每台供暖炉的烟道出口安装密闭型排烟止回阀，或采用各风机联动控制等，使其互不影响。

5.5.10 按照国标《燃气工程项目规范》GB55009-2021，根据《家用燃气燃烧器具安全管理规则》GB17905-2008的规定，燃具的判废年限：燃具从售出当日起，使用人工煤气的快速热水器、容积式热水器和采暖热水炉的判废年限应为6年；使用液化石油气和天然气的快速热水器、容积式热水器和采暖热水炉的判废年限应为8年；燃具的判废年限有明示的，应以企业明示为准，但是不能低于以上的规定年限。

国标《家用燃气用橡胶和塑料软管及软管组合件技术条件》GB 29993-2013规定：软管贮存期不超过1年，使用期不超过3年。通常为了安全起见，燃气公司的安检规定和各地方燃气管理条例中规定的软管更换时限大多为18个月。这样，橡胶燃气软管是无法满足以上条件的，且容易松动脱落，易老化龟裂漏气、易破损漏气、老鼠咬噬等问题。

供暖炉燃气接管用金属管暗埋敷设或穿墙时的要求。暗埋铜管采用塑覆铜管或包有绝缘保护材料的铜管，可保证铜管与墙内金属物件绝缘，又能防止墙槽填充材料对铜管的腐蚀。

不锈钢管和不锈钢波纹管暗埋敷设或穿墙时必须有防外部损坏的保护措施。

国家标准《民用建筑燃气安全技术条件》GB 29550-2013和行业标准《家用燃气燃烧器具安装及验收规程》CJJ 12-2013，对不同海拔高度(H)及低压燃具额定压力(P_n)进行了规定。按CJJ 12-2013，供暖炉前燃气压力应在 $(0.75\sim 1.5)P_n$ 范围内。实际应用中一般在1700Pa~2500Pa范围。

5.5.12 按照国家标准《燃气采暖热水炉》GB 25034-2020 冷凝水排放系统的安装说明。国家标准《锅炉房设计标准》GB 50041-2020 规定：对于燃气锅炉烟气冷凝水，应处理达标后排放。欧洲等国家要求严格，对燃气炉烟气冷凝水应中和处理后排放。考虑国情和实际状况，提出烟气冷凝水中和处理推荐性要求。

5.5.13 供暖炉使用的电源插座由用户提供，用户必须确保其安装符合电气技术要求，并可靠接地。不满足以上条件，存在引起触电伤亡的可能。

安全插座，就是在诸如电压突然升到 250V 以上会对人体造成危害时等情况下，会自动断电的插座。具有防漏电、防过流、防高温、防雷击。

接地漏电保护插座，又名接地故障保护插座（Ground Fault Circuit Interrupter，缩写 GFCI）或漏电保护插座（Residual Current Circuit Breaker，缩写 RCCB），是一种应用于家庭住所，以保护用户免受漏电、电击的危害的实用性电气产品。因为其强大的保护功能，已被部分欧美国家强制推行安装。以北美为例，每个家庭用户必须安装 5 个 GFCI 插座，分别是浴室、厨房等湿度大、用电器比较集中，而且容易发生漏电事故的地方。

每个保护插座表面都安装有：测试（test）以及重置（reset）键，用以检测线路电流安全。同时具备寿命自检测功能，在寿命终止时能自我报警，一般以表面指示灯提醒。

脱扣电流：5 毫安；脱扣时间：25 毫秒；抗浪涌性能：最高能抵抗瞬时 20000V 高压 10000A 电流。

如室外型供暖炉电源使用拨动开关，拨动开关切断电源后，可能会引起机器内防冻加热器不动作，成为冻结损伤机器等设备的原因。

5.5.14 半即热式、快速式的供暖炉设计小时供热量，按集中热水供应系统供水总干管的设计秒流量计算；

半容积式（储水式）的供暖炉设计小时供热量，按设计小时耗热量计算。结合储热时间（一般宜大于等于 30min），计算所需储热量，再根据储热量和供回水温度，计算容积式供暖炉水箱或储水箱容量。

5.6 输配管网

5.6.1 地暖系统多为独立供暖，且末端在实际的调节中是一个不稳定过程，由于地板构造层的热惰性较大，再加上围护结构的热惰性和热水供暖系统的热滞后性，调节时，存在预期性时间延迟，也不宜单独量调节。末端负荷变化时应采用变流量和变水温质调节，热源装置采用间歇运行调节，所以宜将供暖炉侧或管网侧与末端侧水路分成一二次水系统。通常采用供回水主管设旁通管，在供暖炉或管网与末端之间安装中间设备（混水换热装置，如换热器、耦合罐等）实现热量交换与传递，使供暖炉侧或管网侧与末端侧水路之间的水力工况和热力工况协调一致。保证地暖温度可控性、稳定性及供暖炉安全性。

供暖炉通过输配管网连接并将热量传输分配给地暖末端。非冷凝炉工况特点为：“高温出水，小流量、大温差”，其最佳的运行工况条件为：出水温度 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，温差 20°C 左右。冷凝炉出水温度低于 50°C ，温差 20°C 左右。所以，在选择供暖炉作为热源装置时就需要考虑满足以上工况条件。

地暖末端工况为：“低温供水，大流量、小温差”，即：供水温度 $35^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，稳定运行时供回水

温差 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

供暖炉与地暖连接方式，实际应用中一般有直接连接、配外置泵连接、混水连接、非混水换热间接连接。

直连地暖，低温运行温差小升温快，频繁启动、低效、烟气低温，易引起换热器表面冷凝结露的酸腐蚀，减少设备寿命，或循环水流量不够导致供热功率下降等问题。尤其供暖炉容量过大时，采用一次系统，供暖炉频繁启动，热量输送不出去、浪费燃气，或回水温度持续偏低。一般适用于小面积、各环路同时使用率高的地暖，还须满足一定条件：如供暖炉可设置满足地暖末端温度要求，但这样限制了其供热能力；末端和供暖炉流量匹配（供暖炉和每路加热管有最小流量限制，环路数不同流量不同）；最小热负荷满足设计要求；内置泵资用压头能克服环路阻力（否则应合理串联性能曲线相同的外置泵）。并且要付出供暖炉效率降低和寿命减少的代价，但短期的行为，不会带来马上结果。不推荐非冷凝供暖炉直连地暖。

配外置泵与供暖炉内置泵串联或单独运行应通过设计计算选型。

混水连接与非混水换热间接地暖，设置混水装置或换热装置，分成供暖热水侧（二次侧水系统）和锅炉热水侧（一次水侧系统）。一般采用换热器，盘管换热储热水箱，耦合罐，电动式、电热式、自力式的三通、四通阀混水装置，手动两通、三通、四通阀混水装置等，应根据工况及应用场所需要并选择合适的回路来使用。也应注意混水的使用会导致系统的运行工况复杂多变。

混水装置将供暖炉小流量大温差的一次水，转换成大流量小温差供地暖用的二次水，让供暖炉输出功率不再受水流量限制。二次水泵满足地暖需求，不受供暖炉内置水泵特性限制。允许锅炉非频繁启停，较长时间的间歇运行。

换热器与盘管换热储热水箱适合面积较大，用户末端定流量、负荷相对稳定运行系统。二次侧水系统需要另行配置补水定压、排气与调控设施，内置泵的资用压头须克服换热器的阻力，防止换热器结垢堵塞和接口管腐蚀。换热器或换热水箱的容量，应根据计算热负荷确定。

混水或换热装置使得一次水系统有恒定的流量，二次水系统有多变的流量，二次水泵满足地暖需求，不受壁挂炉内置水泵特性限制。

采用换热器间接连接时，有增加换热器投资和管路水头损失，需要再设一套补水定压膨胀设施。

耦合灌能使一次二次侧流量相互独立运行，当不同流量的水进入罐内后，管中形成一个压降几乎为零的区域，流速也很低，可以避免一次侧水泵与二次侧水泵相互串联产生的相互干扰，根据需要对供暖系统二次侧水温进行调节。同时可安装排气阀和排污阀，有利于系统气体排出和杂质沉淀。

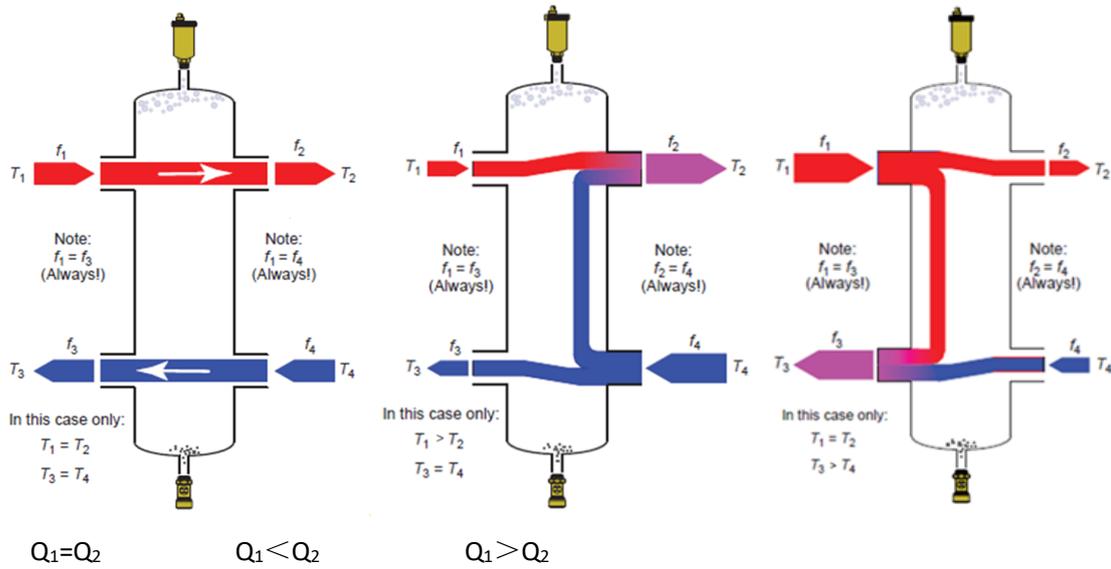
耦合灌的二次侧水温处于被动状态，当供热能力高于散热能力时，二次侧水温会逐渐趋近于一次侧供水温度，可提高壁挂炉回水温度，但一次侧供水温度不能太高；二次侧流量大于一次侧流量时可以降低地暖供水温度，但无法提高一次侧回水温度。

耦合罐间接连接地暖，较适合应用在大面积、定流量连续运行系统的整楼、单户或公共场合。耦合灌在特定条件下具有一定混水功能，但不能精确控温，比如，采用非冷凝供暖炉的分室控制的地暖系统不宜仅利用耦合罐混水功能，可利用其水力分离功能，提高壁挂炉回水温度。

采用冷凝炉的地暖和大面积住宅、办公楼等同时使用率高的地暖系统，可配耦合罐，利用其水力分离功能。

5.6.3 非冷凝供暖炉宜采用带旁通的两通、三通阀，或四通阀混水装置等，避免供暖炉回水温度持续低于烟气露点温度可能的冷凝发生，以致影响燃烧、腐蚀燃烧腔或主换热器。应提高对非冷凝供暖炉运行中的烟气冷凝的重视。

5.6.7 耦合灌选择应满足一二次侧水流量、水在罐内流动状态、同向或逆向流动接管的要求。保持较低过流断面流速，使水在罐内流动状态为层流，零压降，同时利于析出气体与污物沉降。根据一次侧与二次侧流量的不同，耦合灌可有三种工况：直流、混水、分流。见图 1。



注： Q_1 ——一次侧流量； Q_2 ——二次侧流量。

图 1 耦合罐内三种不同水流工况

采用“3d”规则设计罐：耦合罐的直径、连接口中心与罐两端距离、各连接口中心间距均为一次连接进口管直径的 3 倍。见图 2。

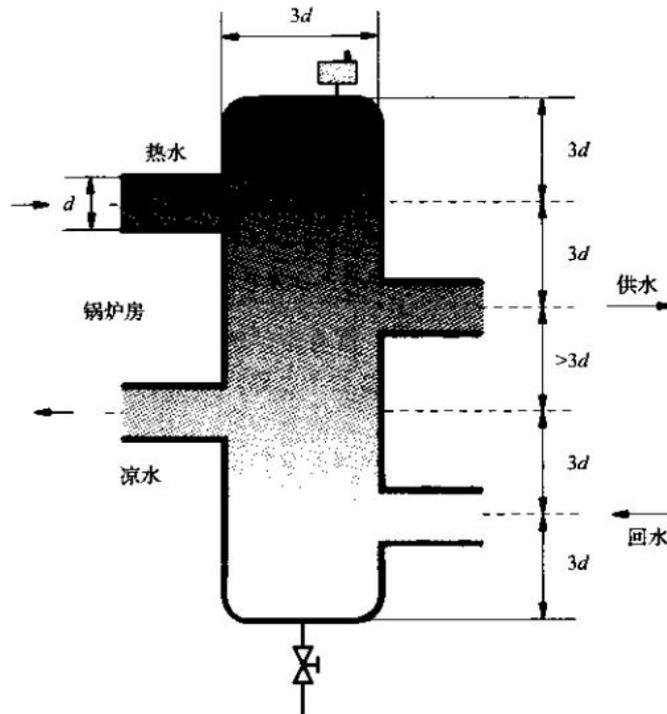


图 2 采用 3d 规则设计“罐”

根据工程经验，一次侧和二次侧各自进口与出口的间距，可取不小于 6 倍进水管直径。（利于排气与减少微乎的水力干扰），直径按二次水接管管径放大 1~2 号。

采用图表法设计罐，见图 3。

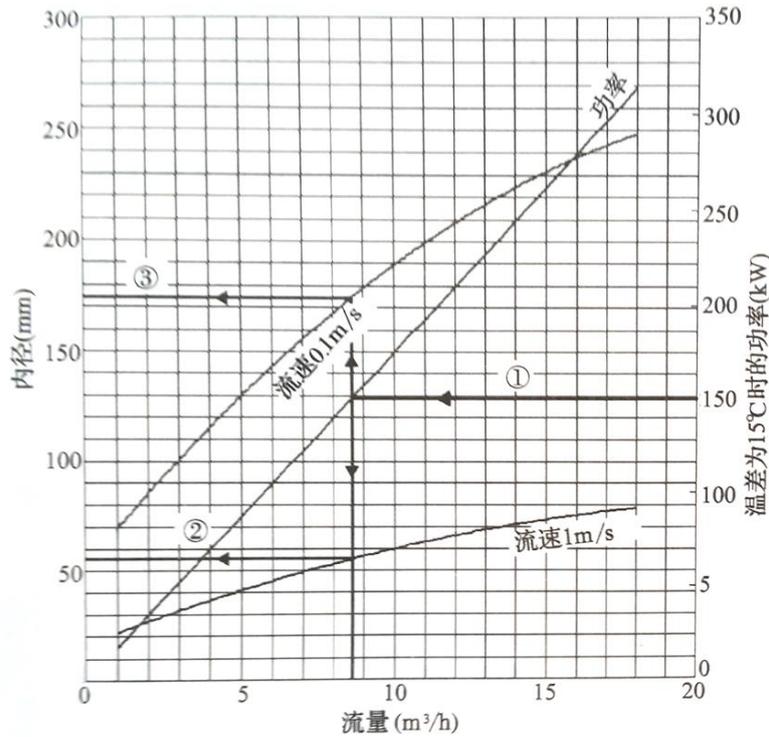


图3 图表法设计“罐”

市场上有一次侧和二次侧接口直对、错位耦合罐（有人提出接口错位时可按进水管流速不大于 1.2 m/s、罐过流断面流速不大于 0.1 m/s 计算通过流量，相比接口直对流速更高，形成小量湍流，减少双路循环的可能），及二次侧多支路供不同功能区域使用的耦合罐，也有的耦合罐内设气泡及杂质分离网。

5.6.9 开式膨胀水箱因占地及位置高度等要求，系统运行压力低，水温也受到限制；水与空气接触含有大量溶解的氧气，腐蚀系统的钢铁元件；需控制不亏水不冒水；水箱通常远离供暖区域，在某些情况下可能结冻，在现代的水暖系统中已逐渐被淘汰。

5.6.10 目前市场上的隔膜式膨胀罐形状大致有两种：扁平型及圆柱型，前者又分为方扁及圆扁两种，容积较小（5~12L 左右），圆柱型膨胀罐体积及容量更大（容量通常在 2~50L 左右），也更多安装在系统上。耐压因型号不一，通常为 5~10 kg f/cm²，耐温通常在 110℃。一定要注意在罐体上应有的最大压力和最高温度标注值。

系统中溶解的氧气较多，注意隔膜材料与系统水的相容性（与系统水或溶解于系统水的空气在化学成份上相容），以防隔膜最终破裂时，膨胀罐形成水涝，安全阀与补水阀之间的恶性循环产生。

5.6.11 因为膨胀罐体积小，大多供暖炉出厂时已经在供暖炉内部配备安装；应用中应根据地暖系统的实际容水量计算膨胀量。当系统需要大容积的膨胀罐时，可以选择落地式膨胀罐，或者将多个膨胀罐并联安装。组合的膨胀罐容积总量不能低于计算的膨胀量。

小的供暖系统多采用闭式隔膜式膨胀罐，其预充气体压力、最低容积可参考下式计算：

$$P_a = P_s + 0.3 \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中：

P_a ——预充气体压力（bar）

P_s ——系统静压（bar）

$$V = \frac{\Delta e \times V_c}{1 - (P_i / P_f)} \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中：

V ——膨胀罐最低容积 (L)；

Δe ——水加热膨胀系数差，即水加热到最高温度的系数—水冷却时的温度系数，见表 14；

V_c ——系统总水量 (L)，三种管的容水量参见表 15、表 16 和表 17；

P_i ——起始压力 (bar)，为 $P_a + 1$ ，即计算的膨胀罐预压值+1bar 的大气压；

P_f ——最终压力 (bar)，安全阀设定的最大压力+1bar 的大气压。

表 14 水在不同温度下，相对于 4℃时其体积的膨胀系数即水加热膨胀系数e

温度 (°C)	系数	温度 (°C)	系数	温度 (°C)	系数
0	0.00013	40	0.00782	75	0.02575
10	0.00025	45	0.00984	80	0.02898
15	0.00085	50	0.01207	85	0.03236
20	0.00180	55	0.01447	90	0.03590
25	0.00289	60	0.01704	95	0.03958
30	0.00425	65	0.01979	100	0.04342
35	0.00582	70	0.02269		

表 15 PE-X 管（以 S5 为例）容水量

公称外径 (mm)	16	20	25	32	40	50
内径 (mm)	12.4	16.2	20.4	26.2	32.6	40.8
容水量 (L/m)	0.12	0.21	0.33	0.54	0.83	1.31

表 16 钢管容水量

标准尺寸	3/8"	1/2"	1/4"	1"	1¼"	1½"	2"
内截面积 (mm ²)	127	209	370	589	1023	1385	2213
容水量 (L/m)	0.13	0.21	0.37	0.59	1.02	1.38	2.21

表 17 铜管容水量

外径 (mm)	10	12	14	16	18	22	28	35	42
内截面积 (mm ²)	50	79	113	154	201	314	491	803	1194
容水量 (L/m)	0.05	0.08	0.11	0.15	0.20	0.31	0.49	0.80	1.19

由于市场上的膨胀罐容积规格较固定，因此计算出来的膨胀罐容积不一定有相应的准确的规格。为了方便选择，表 18 提供了每一规格的膨胀罐可涵盖的容积：

表 18 膨胀罐商用规格与理论计算对应表

商用规格	理论计算容积范围	商用规格	理论计算容积范围
5L	4.5~5.5L	24L	21.6~26.4L
8L	7.2~8.8L	35L	31.5~38.5L
12L	10.8~13.2L	50L	45~55L
18L	16.2~19.8L	80L	72~88L

供暖炉直连地暖系统时，系统水容量通常由三部分构成：热源容水量（供暖炉制造厂家标明）；末端加热管容水量；输配管道、分集水器、缓冲水箱等容水量。

在为供暖炉间连低温地暖系统选型时，应该把系统分成两部分计算：一是供暖炉高温水部分，即供暖炉容水量，或与供暖炉至温控中心（混水或换热）的水量和；二是温控中心后面辐射系统的管道水容量。分别予以计算，然后将两部分的膨胀水容积相加。

5.6.12 缓冲水箱也称储热水箱。为防止供暖炉频繁启停或发生持续烟气冷凝，用于低工质流量敏感热

源，提供额外的水容量，吸收供暖炉在部分负荷下输出的过剩热量，允许锅炉非频繁启停较长的循环运行。箱内可设折流板增强蓄能过程中的热量交换。

目前，缓冲水箱容积计算和设计还缺少统一的较为精确的方法。在实际工程中，有设计师常常以经验（如按系统水容量的3倍等）来选择配置缓冲水箱的大小。

5.6.13 当外置循环水泵启动电流大于控制器预留水泵端口设定值时，应避免外置水泵直接接入供暖炉控制器，设置外置水泵时，其电气回路和控制回路宜分别设计，并采用中间继电器和接触器等器件。

5.6.14 多层建筑供暖，也可分层设置换热器或混水装置。

5.6.15 参照国家标准《冷热水用分集水器》GB/T 29730-2013 中的规定；行业标准《辐射供暖供冷技术规程》JGJ 142-2012 中规定：每个分水器、集水器分支环路不宜多于 8 路。

5.6.21 调节阀参数有：阀权度 β 、流量系数 C_v 或 K_v 值、阻力特性系数 S 、阻力系数 ξ 等。

5.6.25 闭式水路系统是指与大气隔离的相对封闭的水系统，供暖系统采用开式膨胀水箱则认为是开式水路系统，在欧洲如输配管不具阻氧性的供暖系统，也视为开式水路系统。开式膨胀水箱因占地及位置高度等要求，系统运行压力低，水温也受到限制，水与空气接触含有大量溶解的氧气，腐蚀系统的钢铁元件，需控制不亏水不冒水，水箱通常远离供暖区域，在某些情况下可能结冻，在现代的水暖系统中已被淘汰，一般用闭式膨胀罐或闭式水箱。

5.6.27 对于分水器、集水器及其连接件的连接，行标 JGJ 142-2012 中：金属连接件间的连接和过渡管件与金属连接件间的连接密封应符合现行国家标准《55°密封管螺纹 第1部分 圆柱内螺纹与圆锥外螺纹》GB/T 7306.1、《55°密封管螺纹 第2部分 圆锥内螺纹与圆锥外螺纹》GB/T 7306.2 的规定；国标 GB/T 29730-2013 中：分集水器的螺纹连接应符合现行国家标准 GB/T 7307 或 GB/T 7306.1 的规定。

法兰和法兰管件相关标准：国家标准 GB/T 9112~9125 钢制法兰、垫片、紧固件，化工部标准 HG/T 20592~20635，GB/T 9112-9125 和 HG/T 20592 法兰的尺寸是一样的；石油化工行标 SH/T 3406，美标 ASME B16.5。

近几年，快插式管接头、加强环卡套式管接头（俗称：快易接）实际应用也逐年增多，接头本体采用铜和塑料（树脂）材质。

5.6.28 为增加生活热水温度稳定性和用户舒适度提出的要求。用混水龙头调节生活水温度可能引起炉子启停频繁，会引起有温度波动。

零冷水的生活热水系统应有解决热水管路循环加热后热水膨胀，管路压力上升，以及被加热后的热水循环回到供暖炉，导致供暖炉频繁启停、过热保护、传感器损坏等，对供暖炉和管道造成损害的技术措施，即开即用的零冷水的生活热水供应方式，也不是完全意义的没有冷水。

生活热水循环水泵必须进行控制：可采用红外、定时、定温、定时加定温等多种控制方式。注意有用水需求和无用水需求时循环水温度控制范围。如果系统设置有生活热水循环系统，热水供水管及循环回水管必须加强保温。

生活热水通过管道送达各用水点，因用户习惯不同，热水的供应是不连续和变化的，会导致管道中的水自然冷却，造成用水舒适性下降，还会导致严重的卫生问题，比如军团菌的繁殖。为防止造成军团菌的繁殖，提出杀菌要求，如定期加热升温到 60℃~70℃，并宜保持半小时以上等。

集中热水供应系统的配水点达到出水温度的最低出水时间、配水点热水出水温度是按照国家标准《建筑给水排水与节水通用规范》GB 55020-2021 的规定提出的。

国家标准《建筑给水排水设计标准》GB 50015-2019 中规定：

“6.2.6 集中热水供应系统的水加热设备出水温度应根据原水水质、使用要求、系统大小及消毒设施灭菌效果等确定，并应符合下列规定：进入水加热设备的冷水总硬度（以碳酸钙计）小于 120mg/L 时，水加热设备最高出水温度应小于或等于 70℃；冷水总硬度以碳酸钙计）大于或等于 120mg/L 时，最高出

水温度应小于或等于 60℃；系统不设灭菌消毒设施时，医院、疗养所等建筑的水加热设备出水温度应为 60℃~65℃，其他建筑水加热设备出水温度应为 55℃~60℃；系统设灭菌消毒设施时水加热设备出水温度均宜相应降低 5℃。”

“集中热水供应系统的水加热设备出水温度不能满足本标准 6.2.6 条的要求时，应设置消灭致病菌的设施或采取消灭致病菌的措施。”

“6.3.10 集中热水供应系统应设热水循环系统，并应符合下列规定：1 热水配水点保证出水温度不低于 45℃的时间，居住建筑不应大于 15s，公共建筑不应大于 10s。”

如进入冷水总硬度（以碳酸钙计）大于或等于 120mg/L 时，超过 60℃，碳酸钙溶解度减低，导致系统结垢。超过 65℃，烫伤风险会急剧上升。

由于生活热水在加热制备、贮存，输、配水过程中有可能滋生致病细菌，如嗜肺性军团菌在实际热水系统中的检出，因此集中热水供应系统应采取消灭致病菌的有效措施，使其水质标准符合行业标准《生活热水水质标准》(CJ/T 521-2018)的水质要求。采取的措施有在热水供水管道或回水管道上设置紫外光催化二氧化钛(AOT)消毒装置或银离子消毒器等，也可采取系统定时升温灭菌措施，即将水加热器的出水温度定期升高到 60℃~70℃，热水系统高温运行一段时间后水加热器再恢复正常出水温度。

5 星级酒店等高标准建筑中一般都设有总统套房、行政楼层，卫生间设备中配置一些水力按摩龙头，工作压力要求在 0.35~0.50MPa，对于这些特殊功能要求的设备，进水管压力不需要再设减压阀等设施减压。

5.6.32 地暖热水输配管道和生活热水供应管道，抗震支架间距在现场安装应在深化设计阶段确定，且满足行业标准《建筑机电设备抗震支吊架通用技术条件》CT/T 476-2015 的要求。

5.7 末端系统

5.7.2 为减少辐射地面的热损失，直接与室外空气接触的楼板、与不供暖房间相邻的地板，必须设置绝热层。

5.7.3 设置绝热层、防潮层、隔离层的要求。当地面荷载特别大时，与土壤接触的底层的绝热层有可能承载能力不够，考虑到土壤热阻相对楼板较大，散热量较小，一般情况下均应设置绝热层。为保证绝热效果，规定绝热层与土壤间设置防潮层。对于潮湿房间，混凝土填充式供暖地面的填充层上，预制沟槽保温板或预制轻薄供暖板供暖地面的地面面层下设置隔离层，以防止水渗入。

5.7.4 为了减少无效热损失和相邻用户之间的传热量，本条给出了绝热层的最低要求。当绝热层采用模塑聚苯乙烯泡沫塑料板时，其对应最小厚度见表 19。当工程条件允许时，适宜在此基础上再增加 10mm。采用其他泡沫塑料类绝热材料时，可根据其导热系数，按热阻相当的原则确定厚度。

表19 混凝土填充式地暖模塑聚苯乙烯泡沫塑料绝热层厚度(mm)

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

5.7.5 预制沟槽保温板本身由泡沫塑料绝热材料构成，可不设填充层，加热管上部热阻相对较小，辐射面向上的有效散热量比例与混凝土填充式供暖地面相比差距不大，因此如下层为供暖房间，不需另外设置绝热层；土壤上部的绝热层如采用挤塑聚苯板等，其吸水率低，导热系数低，强度高同等厚度保温效果好；直接与室外空气接触的楼板在下面做外保温可与外墙外保温连为一体；与不供暖房间相邻的地板也宜在地板下表面贴泡沫塑料绝热板。

5.7.6 填充层的作用主要有二：一是保护加热管及绝热层；二是使热量能比较均衡地传至地面，从而使地面的表面温度趋于均匀。为了达到以上目的，要求填充层有一定的厚度。由于填充层的厚度，直接影响到室内的净高、结构的荷载和建筑的初投资，所以不宜太厚。

无论采用何种填充层，如填充层施工平整度符合铺设木地板的要求，可直接铺设木地板，否则需找平后再铺木地板。豆石混凝土的豆石粒径较大，结合性不好，一般面层为地砖或石材时还需另设与面层粘接的找平层(厚度约25mm,其中最上为约5mm的粘接层)。没有防水要求的非潮湿房间，水泥砂浆填充层可同时作为面层找平层，以减少地面上部厚度和热阻，因此水泥砂浆填充层施工要求平整度高，采用地砖或石材装饰面层时，可直接用约5mm厚的粘接层与地砖等粘接，且水泥砂浆填充(找平)层应与面层施工同时进行。

湿法地暖薄层粘接的地砖或石材、木地板、地毯和PVC地板的铺设面和干法地暖的地板基面的平整性要求高，适合用水泥基自流平找平。

石膏自流平砂浆具有定的水溶性，且受潮后强度会下降、体积稳定性变差，在潮湿或有水环境中，会使得产品提前发生水化反应，全部或部分硬化，造成产品失效，可用厚层瓷性自流平砂浆等。

5.7.7 预制沟槽保温板均热层可使加热管产生的热量均匀地散开，形成温度平面分布较均匀的热辐射面。

5.8 监测与调控系统

5.8.13 国家标准 GB/T 410041 拟由三部分，《智能管网系统 第1部分 总则》GB/T 410041.1-2021，《智能管网系统 第2部分 智能塑料管材管件及阀门》GB/T 410041.2-2021。第3部分 智能金属管材管件及阀门尚未发布。

5.8.22 供暖炉并联时宜顺序启停、轮值控制，例如：当有供暖需求时，主供暖炉热负荷逐渐增加到接近额定，仍不满足供暖需求时启动第二台供暖炉，以此类推，需求减少时逐渐停炉。保证每台供暖炉的均衡出力，主供暖炉定时顺序更换一次。

安装数台顺序工作的供暖炉，对产出能力适应需求(季节效率)非常有用。

5.8.27 分环路控制包括夏热冬冷地区多采用的分室、分区域控制，如完全的分室控制存在每个房间单独一个区的可能，会造成过多分区，各环路长相差阀门大，降低温差，也会影响炉子效率和寿命，有时各区域环路非同时使用率高、热源非满负荷运行几率大，有的环路流量小、流速低已不工作。某些情况下，多分区需要额外的管路和控制件，增加复杂性、成本和系统维护保养要求，却没有显著的实惠。

热电式控制阀(以下简称热电阀)是依靠驱动器内被电加热的温包膨胀产生的推力推动阀杆关闭流道，信号来源于室内温控器。热电阀相对于空调系统风机盘管常采用的电动两通阀，其流通能力更适用于小流量的地面供暖系统使用，且具有噪声小、体积小、耗电量小、使用寿命长、设置较方便等优点，因此在以住宅为主的地面供暖系统中推荐使用，分环路控制和总体控制都可以使用。

分环路且拟采用内置温包型自力式恒温控制阀控制时，可将各环路加热管在房间内从地面引高至墙面一定高度安装恒温间，安装恒温阀的局部高点处应有排气装置。如直接安装在分水器进口总管上，内置温包的恒温阀头感受的是分水器处的较高温度，很难感知室温变化，一般不予采用。

对需要温度信号远传的调节间，也可以采用远程调控式自力式温度控制阀，但由于分环路控制时需要的硬质远传管道较长难以实现，一般仅在区域总体控制时使用，将温控器设在分、集水器附近的室内墙面，但通常远程式自力式温度控制器关闭压差较小，需核定关闭压差的大小，必要时需采用自力式压差阀保证其正常动作。

供暖炉控制供回水温度或启停温差，地暖系统启动时，没等房间热起来，供暖炉可能已关闭，运

行时室内温度还高炉子又启动了（首次启动、待机模式下启动、停用较长时间重新启动，先加热填充层或地板，再对外辐射热，供回水温差较大，炉水温升比地板和室温反应快，温降时也一样）；通过与室内温控器或分室分区域温控中央控制器联动，室内温控器延迟启动，利用辐射地板蓄热调节室温，节省燃气消耗量。一个温控器电热阀打开，炉子就启动，所有温控器电热阀关闭，炉子就停止运行。这样使室温与水温或供暖炉燃烧发生联系。

5.8.29 温控器应设置在需要重点供暖的室内温度稳定的区域，空气流通良好的墙壁，不应设置在门窗附近受冷风影响的地方和受散热器、太阳光及其他热源等辐射热影响的地方。

对于不能感受到所在区域的空气温度，如一些开敞大堂中部，选择可以代表空间平均温度的地方，也可采用地面温度作为控制依据。

5.8.30 提出要求是考虑：LoRa、Sigfox 和 NB-IoT 无线网络通讯技术，采用 LoRa 无线通讯技术提升无线温控器信号传输的可靠性及抗干扰能力，且不会干扰到其它设备通讯；降低无线温控器对安装环境要求；使网络温控器支持市面上流行的路由器。

5.9 系统节能设计

5.9.1 不论大小户型，供暖炉的控制一定要参与到室温控制中，要么直接用一个温控器控制供暖炉，要么与分区域或分室温控的总控器有联动，供暖炉的启停不应该与室温控制脱节。对于不能采用室温传感器时，如挑空大厅或大堂中部，可采用自动地面温度优先控制。对辐射供暖环境，控制辐射面温度相比空气温度更直接更有意义。

5.9.2 参照国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021 提出要求

5.9.4 气候补偿是依据气候环境的变化而对热源或系统运行调节的技术之一。

一般热惰性小的小型系统采用间歇或间断运行，不是主要依靠调节供水温度，而是用供暖炉的启停来调控。而热容量较大的大型系统，间断运行会造成室内温度的较大波动，舒适性差，设热源气候补偿，采用改变供水温度的质调节，且连续运行。也可考虑供暖系统气候补偿，或可连接气象部门综合气象预测数据对供暖管网前馈动态调控。

气候补偿是热源装置常用的供热量（热源出力）控制手段，也可以通过时间控制器或室内温控器设定不同时间段运行、不同时间段的供水温度，节省能源消耗。

热源气候补偿一般是将室外温度传感器与带气候补偿功能的热源装置控制器相连接来实现。

系统气候补偿器是依据对室外温度变化的连续监测，用户设定不同时间对室内温度要求，探测实际供/回水温度，按其固有的不同工况下的多条调节关系曲线（预设拟合曲线），选择输出符合调节曲线的控制信号给执行元件，通过量调节控制、达到质调节的目的，合理匹配末端供水流量和温度，节省水泵电耗和能源消耗。

一般系统气候补偿器由控制器（温度控制器和时间设定器）、室外温度传感器、执行元件等组成。也可以设置室内温度传感器等，结合室温、建筑围护结构热惰性进行气候补偿的修正。执行元件，可以是电动调节阀也可以是二次泵的变频器，其主要作用是用于系统管道液体介质流量的模拟量调节，是AI控制。（如一次水泵变频运行，阀门一般采用二通阀体；如一次系统水泵工频运行，建议选用三通阀体，避免破坏水泵的运行工况，达到节电的目的），具体情况要根据管网的工艺结构而定。

根据室外温度变化和用户热负荷变化调节供水温度，提高供暖系统能效。还可控制回水温度，防止回水温度持续过低减少供暖炉寿命。

基于稳态算法对供暖系统进行总体调节，使供水温度或流量等参数在保持室内温度的前提下，随室外空气温度的变化随时进行调整，始终保持热源装置的供热量与建筑物需热量基本一致，实现按需

供热，提高舒适性；达到最佳的运行效率和最稳定的供暖质量。

按需供热的气候补偿应基于动态算法，室外风速、风向是随机的，太阳辐射的变化也有云层、气透明度等有关，室内温度不仅仅和室外温度变化相关。

5.9.6 建筑节能与能源利用应符合国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021、《农村居住建筑节能设计标准》GB/T 50824-2013，行业标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134-2010、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26-2010、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75-2012 及建筑节能地方标准的规定。

地暖系统应保证先进合理的设计、可靠高效的设备、优秀的调控手段、高质量的施工安装和合理的运行调节。

用户行为节能有一定作用，与日常的运行，操作者的习惯有较大关系，应引导用户规范使用，设置适宜的室内温度，避免住户因室温过高开窗通风等浪费热能的行为，或减少不需采暖时段和不需供暖房间的耗热量。不规范使用也影响供暖炉燃烧工况；采用上班制运行模式（间歇供暖），为避免供暖炉长时间关闭造成间歇过长，系统停用后再启动的能耗浪费，应保持供暖炉通电通气处于待机工作状态，维持室内一定值班供暖温度（一般不低于 5℃，如 14℃），连续待机运行加变室温设定等方法提高舒适性，并降低能耗（间歇运行调节）。即用即开、人走即停，在有的情况下不一定节能，可借助炉子自控或 APPs 等技术提前启动或关闭。长时间无人居住，也应保持供暖炉通电通气通水，开启防冻模式。

系统在部分负荷工况下或系统负荷很大时，特别是系统启动阶段，虽产出装置有足够的容量，但不能被传递出去。所以运行过程中的调控与维护是节约运行费用、降低能耗和保证舒适效果的关键。

6 施工安装

6.3 热源系统

6.3.3 供暖炉安装到陈旧的供暖系统中，连接供暖炉前必须将管道、末端散热装置用水冲洗干净，以便排出管道内的碎屑、砂土和垃圾等。

6.3.7 应避免室外型炉排烟口有影响排烟的障碍物，可能存在有时会因排烟被挡回而导致供暖炉燃烧不良。排烟口远离易燃物（煤油、衣服、木材、木箱、纸箱、报纸等），预防火灾。

6.3.8 国标《燃气采暖热水炉》GB 25034-2020中规定：螺纹连接采用现行国标GB/T 7306.1、GB/T 7306.2和GB/T 7307，55°密封管螺纹具有密封性，但由于受加工精度和形位公差的影响，其密封性可能不可靠，实际应用中，一般需在配合面上施加密封介质，如密封胶带（生料带）；而55°非密封管螺纹没有密封性，即使加填料也不具有密封性。若要求具有密封性，应在螺纹之外设计密封面结构（如圆锥面、平端面等），在密封面内添加合适的密封介质（一般为密封垫），利用螺纹将密封面锁紧密封。

直接阀门或固定的密封管螺纹连接件，如多次维修拆装可能存在易损坏铜丝扣可能。

现在市场上也有一些新安装连接方法，如接管口丝扣处采用角阀、可伸缩旋转曲柄调向连接阀组、接管口背出式模块等，优点与问题需要逐步总结。

出于管道系统防护，为防止炉体的过热温度直接传给管道而损害管道，塑料给水管道不得与热水炉直接连接。虽然壁挂炉电控技术水平高了，管道工作温度、压力低，但为防止异常情况发生，不宜直接塑料管。国标《建筑给水排水设计规范》GB 50015-2019中3.6.8 塑料给水管道布置规定：不得与

水加热器和热水炉直接连接，应有不小于0.4m的金属管过渡。行标《建筑给水塑料管道工程技术规程》CJJ/T 98-2014规定：管道连接水加热设备、家用水加热器时，宜采用金属软管过渡，长度不应小于400mm。

家庭用气管道可通过燃气自闭阀验漏：关闭供暖炉，拉起红色提钮到顶点。注意小阀门手柄应打开（横着为关，顺着为开）；观察10秒，如红色提钮被吸回，说明供暖炉、软管或接头有泄漏、破损、连接松动等安全隐患，可拨打电话进行报修。如红色提钮没有被吸回，说明供暖炉、软管或接头不漏气。

6.3.9 国内给排气管一般同轴，欧洲很多企业的烟管外管是水平的，有时就要求标明给排气管的坡度是内管还是外管。

进气管口位置应避免换风扇、热交换型通气机、油烟机等排气口有可能成为供暖炉的吸入口。

6.3.11 高寒冷区，烟道易结冰堵塞进排风口，造成设备无法运行，重则发生爆炸，烟道位置和长度上下户错开，以防进排气管冷凝水结冰坠落或甚至堵塞楼下用户炉子进排气口；季风区，应注意在进排气管出口的部位加一个机械挡风板，防逆向冷风会进入设备的燃烧室，可能导致热交换器冻结甚至冻裂。

6.4 输配管网

6.4.3 聚烯烃（包括聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯、交联聚乙烯）管材、管件热熔承插连接要求，按照现行行业标准《建筑给水塑料管道工程技术规程》CJJ/T 98 提出。

6.4.4 不锈钢管焊接后，用不锈钢刷蘸取酸膏刷洗焊缝，呈白亮色为止，用清水冲净；然后用钝化液揩擦一遍，用冷水擦洗干净，最后用热水冲洗并擦干即可。

铜管焊接后在焊料充分凝固但尚未完全冷却时，用回丝、清水擦洗留在焊缝处的焊剂，干回丝擦干。然后在焊缝处涂上清漆一度，以防止锈蚀。

6.4.5 薄壁不锈钢、薄壁铜管的卡压连接可参照符合国家标准《薄壁不锈钢管道技术规范》GB/T 29038-2012、团体标准《不锈钢管道安装技术规范》T/GDSS 008-2022、《建筑给水薄壁不锈钢管道工程技术规程》T/CECS 153-2018、《建筑给水铜管管道工程技术规程》CECS171:2004、《建筑铜管管道工程连接技术规程》CECS 228-2007 的规定。

6.4.10 分水器设在集水器之上，通过连接集水器的回水管注水，分水器上自动排气阀利于排气。

分水器、集水器安装的位置可以不同，以热计量装置设在供水管、分水器设在集水器之上为例主要是考虑到地面供暖水温较低，热计量装置设在供水管对设备使用工况影响不大，且热计量装置等在上部有足够的安装空间；也可将分水器设在集水器之下、热量计量装置设在回水管，优点是利于空气排除、热计量装置工作水温更低。

国外分集水器产品有的集水器在上，分水器在下。

6.4.11 膨胀罐隔膜材料与加入了乙二醇的防冻溶液相容，在安装时最好再次确认产品规格上是否标注了其相容性。

闭式隔膜膨胀罐的接口通常为 3/4" 或 1"，尽管膨胀罐的工作原理允许其水平或垂直安装，但在非垂直安装膨胀罐时有其它顾虑：一是系统的空气泡可能会因此滞留在膨胀罐水箱一侧，空气泡里的氧气会腐蚀罐体；二是在膨胀罐没有支撑或支撑不好的情况下，膨胀罐的重量作用在接口上可能造成接口断裂。因此建议膨胀罐都垂直安装。由于其本身及容纳的水的重量，通常需要使用固定夹来支撑。

膨胀罐内部的压力一部分受到预充空气温度的影响。罐体温度越高，预充空气的温度相应越高。

尽管在计算膨胀罐时已经考虑了空气升温带来的升压，但在安装时仍需考虑减少膨胀罐自身升温的措施。将系统的接口与膨胀罐的接口延长 0.5~1m 能有效降低膨胀罐自身升温。这对于 90℃ 水温以上的系统尤为重要。

膨胀罐接管上不宜设置普通阀门，如设置手动阀门应保证在系统运行中保持常开。接口安装自闭阀，接口上端的泄水阀，方便将膨胀罐内的压力及残存的水放掉，易于将膨胀罐从系统管路上拆换而不影响系统水流失。

6.5 散热末端

6.5.18 高发泡聚乙烯闭孔泡沫板特点：密度小、容重轻，恢复率高、伸缩强度大，外观为蜂窝状孔洞均匀分布，具有独立的气泡结构。不像其它材料那样热胀冷缩。聚乙烯闭孔泡沫板高温时不化不流消，低温时不减缩不胀大，污染性几乎为零。

6.5.23 在搅拌之前的准备工作一定要做充分，水量要精确，按照浆料配比将自流平水泥材料和水搅拌均匀，要搅拌 5min，静止 3min~5min，再搅拌 2min。搅拌完成后，应尽快将桶内水泥倒入施工作业面，可用刮板或抹刀等来进行刮抹，刮抹之后应尽快用消泡滚进行处理；施工采用倒退顺序。可参考行业标准《自流平地面工程技术标准》JGJ/T 175-2018、团体标准《石膏自流平砂浆应用技术规程》T/CECS 847-2021 的有关规定。

6.5.24 大部分自流平水泥为单组份粉料，施工时一般需现场加清水适当搅拌后进行施工，而当施工温度达到冰点时，自流平施工所需的水会结冰，自然无法继续施工。

在我国北方地区进入，随着气温持续下降，为了避免施工导致的不良影响。如果施工温度低，但尚未达到冰点，而是在 0℃ 以上 5℃ 以下时一样不能施工，因为在这样的温度下，水虽然不会结冰，但自流平粉料无法在正常时间范围内，与水充分反应达到其应有的性能，使水化反应减缓，若强行施工，自然留下许多隐患。

界面剂主要成分是丙烯酸乳液，在低温下成膜固化时间会更长，在低于 10℃ 时，界面剂成膜慢，干燥时间会延长，干燥时间达不到会影响界面剂对基层的封闭效果。8℃ 以下应 24h 以上再进行自流平施工。

空调出风直吹自流平表面，会使表面失水过快，产生起灰，或出现水波纹等现象。

规定上人时间是为使水泥自流平水化完全，保证强度和表面打磨硬度。

6.5.30 瓷砖薄贴法——瓷砖粘贴工程中粘结层厚度不大于 8mm 的施工工法。

瓷砖应符合现行国家标准《陶瓷砖》GB/T 4100、现行行业标准《陶瓷马赛克》JC/T 456 和《薄型陶瓷砖》JC/T 2195 的规定。

《瓷砖薄贴法施工技术规程》C/T 60006-2020 中有以下规定：

a) 瓷砖粘贴工程的基层应符合下列规定：

- 1) 用 2m 靠尺检查基层表面平整度，偏差不应大于 4mm；当瓷砖面材边长大于等于 900mm 时，偏差不应大于 2mm；
- 2) 基层应坚实牢固不空鼓，抗拉强度不应小于 0.40MPa；当基层的抗拉强度小于 0.40MPa 时，应进行加强处理，并满足设计要求；
- 3) 在潮气作用下容易产生变形的基层，不得进行瓷砖粘贴；
- 4) 在轻钢龙骨板材基层上粘贴边长大于 300mm 的瓷砖时，应进行加强处理；
- 5) 在带有地暖的地面上粘贴边长大于 300mm 的瓷砖时，应进行特殊构造设计；
- 6) 其他基层应另行试验或做样板测试通过后方可施工。

b) 瓷砖薄贴工程的伸缩缝与接缝应符合下列规定：

- 1) 地面瓷砖粘贴宜设置伸缩缝，伸缩缝间距不宜大于 8mm。伸缩缝宽度宜为 5mm~10mm，伸缩缝设置应从找平层断开，并一直延伸至瓷砖表面，伸缩缝应采用密封胶填充；
- 2) 地暖地面瓷砖接缝的宽度不宜小于 3mm；
- 3) 瓷砖与不同面材结合处接缝宽度不应小于 3mm，并用柔性密封胶处理。

6.5.31、6.5.32 目前实际施工中有部分用木地板装饰面层的地暖，木地板下不铺起防潮、隔振、找平作用的地板垫，而是铺设在在绝热层、沟槽保温板或预制模块板下，是基于担心如铺设在加热部件之上，影响向上的传热量，也确实有铺设了可发性聚乙烯（EPE）泡沫垫的地暖效果欠佳的案例，这也是缺少适合的地板垫造成的，木地板下设置地板垫是其施工工艺要求。相信不久会研发出较合适的产品来满足施工需求。有人建议用 1~3 mm 厚带圆孔的泡沫垫，实际测试对散热量增加作用不大。

行标 JGJ 142-2012 规定：采用预制沟槽保温板时，可发性聚乙烯(EPE) 垫层应铺设在保温板下，为了保证导热效果，在不影响其主要作用的情况下，希望使垫层起到防潮、消音、隔振作用，有的实际工程效果并不理想。

6.6 电气、检测与监控系统

6.6.6 电气接线要求接线插头应牢固可靠，是为防止误触碰导致的接线插头虚连和脱落。

6.6.11 控制器或集中控制器的安装在水部件上方，以防止一旦漏水进入控制器内。

6.7 水压试验

6.7.5 对如 PE-X 等柔性塑料管道来说，在注满水升压后，会有一些的压力降且压力降通常大于金属管材，因此需要连续持压，国外 PE-X 的大厂家试验压力前期时间较短（通常 30min），但是后面降压后的保压时间较长。这一点在 GB 50242 中也有体现。国外对于保压时段的试验压力说法不一，有的是工作压力，有的是工作压力的 0.5 倍。这里参考国标 GB 50242 中的规定（工作压力的 1.15 倍）。

7.2 试运行及调试

7.2.1 使用指定以外的产品或错误的使用方法，不但会使防冻性能、防锈效果下降，还会对机器产生不良的影响甚至损坏。

7.2.2 目前，北京、上海等很多城市强制使用燃气报警器与电磁阀（又叫紧急切断阀）连接。

2008 年自闭阀在陕西省开始大规模推广应用，2014 年北京市开始灶前自闭阀产品试点应用。自闭阀主要安全功能参数：超压自动关闭压力、欠压自动关闭压力、过流自动关闭流量。

燃气表欠费、电池欠电的检查可通过自闭阀判断：自闭阀自动关闭后，打开自闭阀（提拉黄色限位提钮），如红色提钮没有回吸，说明管道内有气，燃气表不欠费，电池也有电。如提钮吸回，说明燃气表欠费或电池欠电。需插卡检查，购气或更换电池。

7.2.5 原国家标准《燃气采暖热水炉》GB 50243-2010 中，快速式生活热水控制出水温度范围 50℃~80℃。

7.2.11 系统初调节是为消除系统热力失调，将各热用户的运行流量调配至理想流量的流量均匀性调节。系统运行调节是为实现按需供热，当热负荷随室外温度的变化而变化时，对系统流量进行的调节。

7.3 系统性能检测

7.3.3 在对流供暖时，衡量与评价供暖效果的标准，通常是室内空气的干球温度，而在辐射供暖时，由于辐射和对流传热共同发生作用，既不能单一地以室内温度来衡量，也不能单纯地以辐射强(照)度来评价。为了准确地评价室内辐射供暖时的舒适性，必须引入平均辐射温度和操作温度的概念，用黑球温度近似测定。在大多数室内条件下，用操作温度来描述室内环境具有一定的准确性。有计算公式，当空气温度与平均辐射温度相同时，操作温度等于空气温度。只不过设计标准都是以干球温度给的，为了评价简化，也用了干球温度。

8 运行与维护保养

8.1 一般规定

8.1.1 如发现供暖炉不能正常运行，应检查：是否停电，是否电源插头未插上，是否供暖水不足，是否还有燃气并确认燃气阀全开。

8.2 运行

8.2.4 应避免频繁排水、注水或换水，需多注意管道连接件、盘管与分集水器连接处是否有渗水，如频繁补水应检查供暖系统是否漏水，或者请联系售后服务部门技术人员检查供暖炉本身。

8.3 维护保养

8.3.1 即使使用过程中未出现故障，为了加强防止意外的事故，稳定可靠的使用，建议进行一年一次以上的定期保养。

在空气较潮湿的地区，容易受潮气侵蚀，供暖炉及管路连接处可能会生锈；如果生锈现象较严重，有可能会对供暖炉本体、内部产生危害，建议经常进行检查。

基于全预混冷凝炉燃烧腔的前部面板上的硅胶垫圈会老化考虑更换。

8.3.2 供暖炉的保护功能，如防冻、防循环水泵抱轴或三通阀密封圈被再启动时的结垢划伤。但应注意防冻功能并不能保证对整个供暖系统进行保护。

8.3.8 大多数隔膜式膨胀罐的预压气体会维持数年，但是膨胀罐气体压力可能会每年递减，建议每年用气压表检测气体压力（需要排空膨胀罐里面的水进行检测），如果打开气阀有水流出，这表明膨胀罐隔膜已穿孔，需要更换新的膨胀罐。新更换的膨胀罐在安装前必须将气体预充压力调节到设定压力；如果气体压力变低，则需要从系统上拆下膨胀罐，可用空气压缩机或自行车气筒补气到设定压力然后装回系统。

附录 C 管材的选择

C.1 塑料管的选择

C.1.1 管材选择时，除考虑许用环应力指标外，还应考虑管材的抗划痕能力、透氧率、蠕变特性和价格等因素，经综合比较后确定。目前，常用塑料管材有 PE-X、PE-RT II 型、PE-RT I 型、PB-H、PB-R。对 PP-R、PP-RCT 管，由于所需管壁较厚不易弯曲，地暖的加热管不宜采用，常用于生活热水和一般供暖管道。

管材的蠕变特性对保证管材长期安全可靠的运行至关重要，蠕变数据是材料研发和工程选材的重要依据，蠕变性能好的管材，其在数十年的运行过程中承压能力变化不大。反之，运行时间越长，管材承压能力下降也越严重。塑料管的抗蠕变能力的强弱，可根据塑料管材国家标准中的预测强度参照曲线选择；塑料管许用环应力的大小，可根据表 C.2 确定。

C.1.2 表 C.1 数据引自《冷热水系统用热塑性塑料管材和管件》GB/T 18991-2003。

C.1.3、C.1.4 表 C.2、表 C.3 中数据根据《冷热水用聚丁烯（PB）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 19473.2-2020、《冷热水用交联聚乙烯（PE-X）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 18992.2-2003、《冷热水用耐热聚乙烯（PE-RT）管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 28799.2-2020、《冷热水用聚丙烯管道系统 第 2 部分：管材》GB/T 18742.2-2017 确定。

表 C.2、表 C.3 中未包含的管材规格数据根据相应管材的现行国家标准确定，标准中未包含的数据按管材的最大允许工作压力可用下面的公式进行计算确定：

$$P_{MS} = \sigma_D \times 2e_n / (d_n - e_n)$$

式中：

P_{MS} ——最大允许工作压力，单位为兆帕（MPa）；

σ_D ——对应使用条件级别下的设计应力，单位为兆帕（MPa）；

d_n ——公称外径，单位为毫米（mm）；

e_n ——公称壁厚，单位为毫米（mm）。

C.2 铝塑复合管的选择

C.2.2~C.2.5 铝塑复合管道系统根据 GB/T 18991 的规定，按使用条件选用其中的四个使用条件级别（见表 C.1 中使用条件级别 1、2、4、5），每个使用条件级别均对应一个 50 年设计寿命下的使用条件。在一些地区因特殊的气候条件，也可以使用其他分级。当未选用表 C.1 中使用条件级别 1、2、4、5 规定的使用条件级别时，应征得设计、生产、使用方的同意。

PPAP 搭焊铝塑管、PPAP4 对焊铝塑管按 S 值进行分类。

表 C.5~表 C.12 中数据根据《铝塑复合压力管 第 1 部分：铝管搭接焊式铝塑管》GB/T 18997.1-2020、《铝塑复合压力管 第 2 部分：铝管对接焊式铝塑管》GB/T 18997.2-2020 确定。

C.3 无缝铜管的选择

C.3.2、C.3.3 表 C.13、表 C.14 中数据引自《无缝铜水管和铜气管》GB/T 18033-2017。