

低温热水地暖采暖系统设计应用研究

张金宝

山东汇通建设集团有限公司 山东 济南 250000

摘要: 在“双碳”目标推进与建筑采暖需求升级背景下,低温热水地暖因节能、舒适、适配性强等优势,广泛应用于各类建筑。本文以低温热水地暖采暖系统设计应用为研究核心,阐述系统核心原理与构成,分析设计核心要素,梳理设计流程与技术规范,重点探讨系统在住宅、公共建筑、低温环境及既有建筑改造中的应用设计要点。通过系统梳理与规范总结,为不同场景下地暖系统的科学设计、规范施工提供理论与实践支撑,助力地暖系统实现节能化、规范化、适配化应用,满足各类建筑采暖需求。

关键词: 低温热水地暖;设计要素;应用设计;住宅建筑;公共建筑

引言: 随着建筑节能要求不断提高及居民采暖舒适度需求升级,传统采暖方式已难以满足多元化、节能化的使用需求,低温热水地暖采暖系统凭借其温度均匀、能耗较低、隐蔽安装等优势,成为建筑采暖领域的主流选择。当前,该系统在不同建筑类型、不同气候环境中的应用仍存在设计不规范、适配性不足等问题。基于此,本文围绕低温热水地暖采暖系统的设计与应用展开研究,明确设计核心要点与规范,优化不同场景下的应用设计方案,对推动地暖系统高质量应用具有重要现实意义。

1 低温热水地暖采暖系统核心原理与构成

1.1 系统工作核心原理

低温热水地暖采暖系统以低温热水为热媒,核心遵循热辐射与热传导结合的传热原理,通过铺设在地面下的管道将热量均匀传递至室内。系统运行时,热源设备将水加热至35-50℃的低温区间,经循环水泵输送至地暖管道,管道通过热传导将热量传递给地面层,再由地面以热辐射形式向室内空间散热,同时伴随空气自然对流,实现室内温度均匀升高,达到采暖目的。其核心优势在于低温辐射散热,热量从地面向上梯度递减,契合人体舒适需求,且传热效率高、能耗相对较低。

1.2 系统核心组成部件及功能

系统主要由四大核心部件构成,协同实现采暖功能。热源是系统的能量来源,常用设备包括燃气壁挂炉、空气源热泵、集中供热换热站等,负责将冷水加热至规定低温并持续供应;地暖管道是热量输送载体,多采用耐高温、耐腐蚀的PE-RT或PE-X管,铺设于地面垫层内,通过密集排布保证散热均匀;温控系统分为手动与智能两种,含温控器、分集水器等,可精准控制室内温度和管道水流,实现分区域调节、节能降耗;辅材包括保温板、反射膜、卡丁等,保温板减少热量向地下散失,反

射膜将热量反射至室内,卡丁用于固定管道,保障系统稳定运行。

1.3 系统采暖优势与适用场景

该系统具备以下显著采暖优势:(1)温度均匀,地面散热避免了传统采暖的局部温差,室内舒适度高;(2)节能高效,低温运行可匹配热泵等节能热源,热损失小,能耗低于传统散热器采暖;(3)隐蔽安装,不占用室内空间,不影响装修美观,且运行噪音低。适用场景广泛,主要包括住宅建筑,如商品房、别墅等,满足家庭长期采暖需求;公共建筑,如写字楼、商场、医院等,可实现分区域精准控温;同时适配严寒、寒冷地区,通过优化保温设计可保障采暖效果,也可用于既有建筑采暖改造,适配性强^[1]。

2 低温热水地暖采暖系统设计核心要素

低温热水地暖采暖系统的设计质量直接决定采暖效果、能耗水平及系统稳定性,核心要素围绕热负荷、管道布置、水力计算、温控设计四大维度展开,各要素相互关联、协同作用。(1)热负荷计算,作为设计基础,需结合建筑气候分区、围护结构热工性能等参数,采用稳态传热法精准计算单位面积热负荷,重点考虑门窗、外墙等薄弱部位热损失,兼顾太阳辐射及室内人员、设备散热量,避免计算偏差。(2)管道布置,遵循均匀散热原则,采用回字形、蛇形敷设,按房间功能确定间距,主要采暖区域200-300mm,潮湿区域适当加密,敷设时避开家具、保证管道坡度便于排气。(3)水力计算,核心是保障环路水力平衡,计算管道阻力损失,合理选型循环水泵,确保各环路流量均匀,设置排气阀、过滤器等部件,保障系统循环顺畅。(4)温控设计,以精准控温、节能降耗为重点,按分区设置温控器,结合智能技术实现分时段调节,分集水器配套流量调节阀,联动热

源设备实现温度自动反馈调节,提升运行效率^[2]。

3 低温热水地暖采暖系统设计流程与规范

3.1 设计前期调研与工况分析

设计前期调研与工况分析是地暖系统设计的前提,需全面收集数据、明确设计边界:(1)建筑基础信息调研,收集建筑平立剖面图,明确使用功能、面积、户型,掌握围护结构参数(外墙、屋顶、窗户传热系数及保温层厚度)。(2)工况条件分析,结合建筑气候分区确定冬季室外计算温度、采暖期天数;明确室内设计温度,区分住宅与公共建筑差异;调研热源条件,确定集中供热、燃气壁挂炉等形式。(3)现场勘查,核实地面基层、管线走向及设备安装空间,避免设计与现场冲突。

3.2 分阶段设计流程

地暖设计需分阶段推进,逐步深化:(1)方案设计,结合调研确定系统整体方案,明确热源选型、循环方式及分区采暖,估算热负荷、管道用量及设备规格,出具方案说明与示意图,论证可行性与经济性。(2)初步设计,细化系统构成,精准计算热负荷、水力参数,确定管道布置、分集水器位置,选型设备及辅材,出具初步图纸与设备清单。(3)施工图设计,绘制管道布置图、系统原理图及节点详图,标注管道规格、间距、敷设深度,明确设备安装尺寸及施工工艺,确保图纸可直接施工。

3.3 设计过程中的技术要求

设计需严格把控核心技术,热工与水力要求,热负荷计算采用稳态传热法,误差控制在 $\pm 5\%$ 以内;水力计算保障各环路阻力损失偏差 $\leq 10\%$,循环水泵选型匹配系统阻力与流量。(3)安全技术要求,管道选材符合耐高温、耐腐蚀标准,工作压力 $\geq 0.8\text{MPa}$;潮湿区域做好防水防渗漏;系统设置排气阀、过滤器、泄压阀,防止积气、堵塞、超压。

3.4 设计图纸绘制要点与标准

设计图纸需规范准确,便于施工:(1)格式标准,采用1:100、1:150统一比例,标注清晰、图例规范,明确图纸编号、设计说明及技术参数,注明所用规范。(2)核心绘制要点,管道平面图标注规格、间距、走向及分集水器位置;系统原理图标注设备连接、管线走向及阀门仪表位置;节点详图标注敷设深度、保温层厚度及管道固定方式。(3)审核要点,核查图纸完整性、准确性,确认管道与其他管线避让关系,确保设备选型与设计参数匹配,无遗漏错误^[3]。

4 低温热水地暖采暖系统在不同建筑类型中的应用设计

4.1 住宅建筑地暖系统应用设计

住宅建筑地暖系统应用设计需结合户型特点、居住需求及能源供应条件,重点区分分户式与集中式两种模式,确保设计贴合住宅使用场景,具体设计要点如下:(1)分户式地暖系统设计,核心采用独立热源,适配多层、高层住宅分户采暖需求。热源优先选用燃气壁挂炉、空气源热泵,小户型住宅可选用小型壁挂式热源,安装于厨房、设备间以节省居住空间;管道按功能分区敷设,客厅、卧室等主要区域采用回字形布置,间距控制在200-250mm,卫生间、阳台等辅助区域加密至150-200mm;采用分户分室温控,每个房间设独立温控器,实现分时段调节,匹配居民作息;设置分集水器划分户型环路,保障水力平衡,同时预留检修接口,便于后期维护。(2)集中式地暖系统设计,适配集中供热住宅园区,热源由小区集中换热站提供,重点把控系统适配与水力平衡。换热站根据小区总热负荷配置换热机组,将集中供热热水降温至35-50℃后输送至各住户;楼栋采用垂直双管系统,每户设入户过滤器、温控阀,实现分户计量与温度调节;管道在楼板垫层内敷设,避开梁、柱等承重构件,户型内布置与分户式一致,做好管道保温减少热损失;优化管线直径、调节阀门,解决楼栋间、户间近端过热、远端过冷的问题,保障整体水力平衡。

4.2 公共建筑地暖系统应用设计

公共建筑(写字楼、商场等)具有建筑面积大、使用人群密集、功能分区复杂、采暖时段固定等特点,地暖系统应用设计需兼顾实用性、经济性与规范性,具体设计要点如下:(1)写字楼地暖系统设计,按办公区域功能分区规划,大开间办公区大面积均匀敷设管道,间距控制在250-300mm,会议室、接待室等重点区域加密至200mm;热源选用集中供热或空气源热泵机组,根据建筑面积与热负荷配置设备规格数量;采用分区集中温控,按楼层、办公区划分控制单元,配备智能温控系统,实现上下班时段自动调温降耗;管道敷设配合吊顶、管线布局,避开空调、水电管线,做好固定防止地面沉降损坏管道;设置分集水器机房,集中管理各区域环路,便于检修调节。(2)商场地暖系统设计,适配大开间、高人流、多业态特点,重点保障负荷均匀与系统稳定。按业态分区敷设管道,餐饮区因设备散热量大,间距加大至300-350mm,服装区间距控制在250mm左右;选用高效集中供热设备,结合采暖时长优化运行效率,降低成本;采用分区温控,配合营业时间分时段调节,非营业时段降温节能;地面采用地砖、大理石等硬质材料,做好管道保温与反射层设计,选用高强度管道适配地面承重需求^[4]。

4.3 低温环境下系统适配设计

严寒、寒冷地区冬季气温低、采暖期长,地暖系统应用设计需重点解决热损失大、系统防冻、采暖效果不足等问题,通过针对性适配确保系统稳定运行,具体设计要点如下:(1)热负荷与热源适配设计,结合地区气候参数精准计算热负荷,严寒地区需增加10%-15%热负荷余量,应对室外低温额外热损失;热源优先选用低温型空气源热泵、燃气壁挂炉,搭配辅助电加热设备,低温型热泵需满足-25℃以下正常运行,壁挂炉配备防冻保护装置。(2)管道与保温适配设计,选用耐高温、抗低温、抗老化的PE-RTII型或PE-Xa管,工作压力不低于1.0MPa,避免低温脆裂;地面垫层厚度不低于60mm,保温层选用挤塑聚苯板(XPS),厚度不低于20mm,严寒地区增至25-30mm,搭配铝箔复合反射膜提升热量反射效率;地下室外墙、土壤接触部位的管道额外包裹保温层,做好防冻处理;管线穿越外墙、楼板时设置保温套管,减少热损失。(3)系统运行适配设计,温控系统开启智能防冻模式,室内温度低于5℃时自动启动循环泵,防止管道冻裂;分集水器设置排气阀、泄水阀,非采暖期排空管道积水避免冻胀;热源设备配备低温启动装置,优化运行参数保障低温高效制热;同步优化建筑围护结构,提升外墙、屋顶、窗户保温性能,减少室内热损失,与地暖系统协同保障采暖效果。

4.4 既有建筑地暖系统改造设计要点

既有建筑地暖系统改造设计需结合原有结构、管线布局、围护结构条件,兼顾可行性、经济性与施工便捷性,避免破坏建筑结构,具体设计要点如下:(1)改造前期勘查与评估,全面勘查建筑结构,核实地面基层厚度、承重能力及水电、燃气管线走向,评估围护结构保温性能,明确改造边界;检测原有热源,判断是否可复用,不符合要求的需规划新增热源的安装位置与管线路由;结合建筑使用功能,确定改造后采暖与温控需求,制定合理改造方案。(2)系统改造设计,热源改造方面,原有集中供热系统增设换热装置,将热水降温至35-50℃,原有燃气锅炉可直接适配,需检查维修后使用;

管道采用隐蔽式敷设,利用原有管线槽减少地面开凿,基层厚度不足时采用薄型地暖模块,降低改造厚度不影响层高;按原有户型分区布置管道,避开原有管线与家具位置,划分环路保障水力平衡;温控系统采用智能温控器,适配原有电气系统,老旧建筑增设独立电路保障稳定运行。(3)施工与验收设计,遵循“先勘查、后施工,先管线、后地面”原则,避免破坏原有结构与管线;地面开凿做好防护,施工后及时修复;系统安装完成后进行水压试验,试验压力为工作压力的1.5倍,稳压30分钟无渗漏方可投入使用;验收时核查管道敷设、保温、温控安装是否合规,检测采暖效果与水力平衡,做好资料归档便于后期维护^[5]。

结束语:本文围绕低温热水地暖采暖系统设计应用展开全面研究,系统阐述了系统原理、设计要素、流程规范及不同场景下的应用设计要点,解决了不同建筑类型、低温环境及既有建筑改造中地暖设计的适配性问题。结合实际设计要求,梳理了科学合理的设计流程与技术标准,为工程实践提供了可靠参考。后续可结合智慧供热技术发展,进一步优化系统智能调控设计,提升系统节能性与便捷性,推动低温热水地暖采暖系统在建筑领域的更广泛、更高质量应用。

参考文献:

- [1]鲁文才.物联网控制在采暖系统中的应用和节能分析[J].资源节约与环保,2025(5):13-16.
- [2]李欣宇.地源热泵系统在暖通设计中的性能优化与应用探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(2):099-102.
- [3]贾罗汉.低温热水地板辐射采暖系统在暖通工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(10):032-035.
- [4]王凯.低温热水地板辐射采暖系统技术探究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(4):27-29.
- [5]周义涛.低温热水地板采暖设计研究与应用[J].绿色建筑与智能建筑,2023(8):96-99.