

低温热水地板辐射供暖系统设计与应用探讨

许传明

融创华北发展集团有限公司 天津 300300

【摘要】：低温热水地板辐射供暖系统以其节能、舒适和高效等优势，逐渐成为现代建筑供暖的重要方式。本文围绕低温热水地板辐射供暖系统的设计原则与实际应用效果展开探讨，分析系统构成、热负荷计算及管网布置等关键技术环节，结合工程实践总结其在建筑供暖中的应用特点。科学合理的系统设计能够有效提高供暖效率，降低能源消耗，并显著提升室内热环境的均匀性与舒适度。通过对设计要点与应用效果的系统分析，为低温热水地板辐射供暖系统在建筑工程中的推广应用提供参考依据。

【关键词】：低温热水地板辐射供暖；系统设计；节能建筑；热舒适性；工程应用

DOI:10.12417/2811-0536.26.06.043

引言

建筑供暖方式的不断更新推动了节能型供暖技术的发展。低温热水地板辐射供暖系统凭借温度分布均匀、舒适度高及节能效果显著等特点，在住宅及公共建筑中得到广泛应用。在实际工程中仍存在设计参数选择不合理、系统运行效率不高等问题，影响了供暖效果与能源利用效率。系统梳理低温热水地板辐射供暖系统的设计方法与应用要点，分析其关键技术环节与应用优势，对于提升供暖系统整体性能具有重要意义。

1 低温热水地板辐射供暖系统的原理与特点

低温热水地板辐射供暖系统是一种以低温热水为热媒，通过铺设在地板结构层中的管道进行热量传递的建筑供暖方式。系统运行过程中，热水在管道内循环流动，热量通过管壁传递至地面结构层，再以辐射和对流相结合的形式向室内空间释放，从而形成稳定而均匀的热环境。与传统散热器供暖方式相比，该系统主要依靠辐射换热实现室内升温，热量由下向上逐渐扩散，能够形成“足暖头凉”的温度分布状态，符合人体热舒适需求。在建筑热工设计中，地板辐射供暖通常采用较低的供水温度，一般控制在 35°C — 55°C 之间，这种低温运行方式有利于提高能源利用效率，同时也为可再生能源系统的耦合应用提供了良好条件。

系统结构通常由热源装置、分集水器、循环管路、温控装置以及地面结构层等部分组成，各组成单元通过合理配置形成稳定的热量输送体系。管道材料多采用耐热性能良好、导热效率较高的交联聚乙烯管或聚丁烯管，通过均匀铺设的方式形成辐射换热网络^[1]。地面结构层中的保温层、反射层及填充层共同构成热量传递与保温体系，能够有效减少向下的热量损失，

使热能集中向室内释放。在系统运行过程中，循环水泵维持热媒持续流动，分集水器实现各回路的水量分配与调节，温控装置则根据室内温度变化进行动态控制，从而保持室内热环境的稳定性与均匀性。

从供暖性能角度分析，低温热水地板辐射供暖系统在热舒适性、节能性以及空间利用方面表现出明显优势。大面积地板作为散热面，使得室内温度场分布更加均匀，减少了局部冷热不均现象，提升了居住环境质量。低温运行特性能够降低锅炉或热源设备的能耗，并提高热泵系统及太阳能辅助供暖系统的运行效率。在建筑空间布局中，该系统将供暖设备隐藏于地面结构内部，不占用室内有效空间，同时避免传统散热设备对室内装饰和家具布置产生影响。在现代绿色建筑与节能建筑不断发展的背景下，低温热水地板辐射供暖系统逐渐成为建筑供暖领域的重要技术形式，并在住宅、办公建筑及公共建筑中得到广泛应用。

2 低温热水地板辐射供暖系统中存在的主要问题

低温热水地板辐射供暖系统在实际工程设计中，常因前期热工参数分析不充分而出现设计偏差。建筑围护结构热工性能、室内设计温度及区域气候条件等因素若未进行准确计算，容易导致供暖热负荷估算不合理，从而影响系统整体运行效果。在部分工程项目中，设计阶段对建筑热负荷的计算仍采用经验参数，缺乏对建筑节能标准、外墙传热系数及窗墙比等指标的综合分析，造成供暖能力与实际需求之间存在偏差。热负荷计算不足时，室内温度难以达到设计标准，而过度设计则会增加能源消耗与运行成本，同时也可能引起地表温度过高，降低室内热舒适水平。

系统管网布置与水力平衡控制问题也是设计阶段较为常见的技术难点。地板辐射供暖依赖多回路管网进行热量输送，如果回路长度控制不当或管间距设计

不合理, 容易造成局部供热不均现象。在一些工程实践中, 由于管道回路长度差异较大, 系统运行时各回路水力阻力分布不均, 导致部分区域热量供应不足, 而部分区域热量过剩^[2]。分集水器调节能力不足或水力平衡措施设计不完善, 也会进一步加剧系统运行不稳定问题。循环水泵扬程选择不合理、管道阻力计算不精确等因素, 都会影响系统水力工况, 使热媒循环效率下降, 从而降低供暖系统整体性能。

在系统结构设计方面, 地面结构层构造不合理同样会影响供暖效果。保温层厚度不足或材料导热性能不稳定, 会造成大量热量向下散失, 降低系统热效率。部分工程在施工图设计中忽视了反射层和保温层的协同作用, 使得热量分布不集中, 影响室内热环境均匀性。温控系统设计不完善也是影响运行质量的重要因素, 若缺乏分室温度控制或智能调节装置, 系统运行往往处于单一工况状态, 难以根据室内热环境变化进行调节, 导致能源利用效率降低。设计阶段对设备选型、管道材料性能及系统控制策略考虑不足, 都会在后期运行过程中逐渐显现问题, 对低温热水地板辐射供暖系统的稳定性和节能性能产生一定影响。

3 低温热水地板辐射供暖系统的设计关键技术

低温热水地板辐射供暖系统的设计需要建立在准确的建筑热负荷计算基础之上, 通过对建筑围护结构传热性能、室内设计温度及当地气候条件等因素进行综合分析, 确定系统所需的供热能力。建筑热负荷计算通常依据现行供暖设计规范, 通过传热损失、空气渗透热损失以及内部热得失等参数进行综合评估, 从而保证系统设计与实际供暖需求相匹配^[3]。在此基础上, 需要合理确定供回水温度参数与地表温度控制范围, 使系统在低温运行条件下仍能满足室内热舒适要求。供水温度通常控制在较低水平, 以提高热源设备的运行效率, 并与地源热泵、空气源热泵等节能型热源形成良好的匹配关系, 从而实现建筑供暖系统的高效节能运行。

管道布置与水力系统设计是影响低温热水地板辐射供暖性能的重要技术环节。地板辐射供暖通常采用盘管形式铺设, 管道间距需要根据房间热负荷密度进行合理调整, 以保证热量分布均匀。热负荷较大的区域适当减小管间距, 而热负荷较小区域则可适当加大间距, 从而实现热量输出的均衡配置。单个回路长度需要控制在合理范围内, 以避免管道阻力过大影响循环水流量稳定性。分集水器在系统中承担水量分配与调节功能, 通过流量调节阀与平衡阀实现各回路之间的水力平衡, 使供热系统在运行过程中保持稳定的流

量分布。循环水泵的扬程及流量参数需要根据系统总阻力进行计算选型, 以确保热媒在管网中的持续循环, 提高系统整体运行效率。

地面结构层构造设计与系统控制技术同样是低温热水地板辐射供暖系统设计中的关键内容。地面结构通常由保温层、反射层、填充层及面层材料组成, 其中保温层主要用于减少热量向下传递, 提高系统热效率, 常采用挤塑聚苯板等导热系数较低的材料。反射层能够减少热量损失并提升热量向上辐射的效果, 而填充层则有助于增强地面结构的蓄热能力, 使室内温度变化更加平稳。在系统运行控制方面, 通过安装室内温控器、分室控制阀及自动调节装置, 可根据不同空间的热需求进行动态调节, 实现分区供暖与精细化控制。结合现代建筑智能控制技术, 低温热水地板辐射供暖系统能够在保证室内热舒适度的有效降低能源消耗, 提高建筑供暖系统的整体运行水平。

4 低温热水地板辐射供暖系统的工程应用分析

低温热水地板辐射供暖系统在住宅建筑中的应用较为广泛, 尤其在新建节能住宅和高品质住宅项目中表现出明显优势。在实际工程建设过程中, 供暖系统通常与建筑结构设计同步进行规划, 通过在地面结构层中铺设辐射管网形成稳定的供热体系。当建筑围护结构满足节能设计标准时, 低温供水条件即可满足室内供暖需求, 使系统在较低能耗条件下保持稳定运行^[4]。地板辐射供暖所形成的大面积低温散热面能够有效改善室内温度分布状况, 地面温度保持在舒适范围内, 室内温度场呈现自下而上逐渐变化的特点, 从而提高居住环境的热舒适水平。在北方采暖地区的住宅项目中, 该系统在供暖稳定性与舒适性方面表现出较高的应用价值。

在公共建筑及办公建筑领域, 低温热水地板辐射供暖系统同样具有良好的工程应用效果。办公空间、教学楼以及医疗建筑等场所对室内环境稳定性要求较高, 传统散热器供暖方式容易产生局部冷热不均的问题, 而地板辐射供暖能够通过均匀分布的管网结构实现稳定供热。工程应用中通常结合分区供暖设计, 通过分集水器及温控装置对不同功能区域进行独立调节, 使各区域供暖强度能够根据实际使用需求进行调整。部分公共建筑项目还将地板辐射供暖系统与热泵系统相结合, 通过低温供水方式提升热泵设备的运行效率, 在满足建筑供暖需求的同时实现节能运行目标, 这种系统集成模式在现代绿色建筑工程中逐渐得到推广。

从实际运行情况来看,低温热水地板辐射供暖系统在工程应用中具有较好的稳定性与节能效果。由于系统采用低温热媒进行循环供热,锅炉或热泵设备在较高效率区间运行,能够有效降低能源消耗。地面结构层具有一定蓄热能力,使室内温度变化更加平稳,有利于维持舒适的室内环境条件。在工程维护管理方面,系统管道通常采用耐腐蚀性能较强的高分子材料,使用寿命较长,运行维护工作量相对较小。随着建筑节能标准的不断提高以及绿色建筑理念的推广,低温热水地板辐射供暖系统在实际工程中的应用范围逐渐扩大,其在提高供暖质量、降低能耗以及改善室内环境方面展现出良好的工程应用价值。

5 低温热水地板辐射供暖系统应用效果与优化措施

低温热水地板辐射供暖系统在实际运行过程中能够形成较为稳定的室内热环境,其应用效果主要体现在热舒适性提升和能源利用效率提高两个方面。由于供暖热量通过地面大面积辐射方式向室内释放,室内温度分布更加均匀,能够减少传统对流供暖方式中出现的冷热分层现象。在实际建筑运行中,地面温度通常维持在适宜范围内,使人体足部区域保持温暖状态,而上部空间温度相对适中,从而形成符合人体热工学规律的温度梯度。这种温度分布方式能够有效提高居住和办公环境的舒适度,同时减少空气对流带来的扬尘问题,对于提升室内环境质量具有积极作用。在节能性能方面,低温供水运行模式使热源设备能够保持较高运行效率,降低系统整体能耗。

在系统实际应用过程中,供暖效果的稳定性与系统设计质量和运行管理密切相关。部分工程项目在长期运行中会出现局部供暖不均或室内温度调节不灵活的问题,这往往与水力平衡控制不足、温控系统配置不完善等因素有关。针对这些情况,在系统运行阶段

可通过对分集水器流量进行合理调节,优化各回路之间的水量分配,使管网水力工况趋于稳定^[5]。通过安装分室温控装置与自动控制阀门,可以根据不同空间的温度变化进行动态调节,使系统运行更加精准。结合智能控制技术,供暖系统能够根据室外温度变化自动调整供水温度,实现按需供热,从而进一步提升系统运行效率。

在优化措施方面,系统性能提升不仅依赖运行调节,还需要从工程设计与施工质量两个方面进行综合改进。地面结构层的保温性能对系统热效率具有重要影响,合理增加保温层厚度并选用导热系数较低的保温材料,有助于减少热量向下散失,提高热量利用率。管道铺设质量与施工规范同样直接关系到系统长期运行效果,通过严格控制管道间距、回路长度以及填充层施工质量,可以保证热量传递均匀稳定。随着建筑节能技术的不断发展,将低温热水地板辐射供暖系统与热泵技术、太阳能辅助供暖等清洁能源系统进行协同应用,也能够进一步提高能源利用效率,使供暖系统在保证室内热舒适性的同时实现更加显著的节能效果。

6 结语

低温热水地板辐射供暖系统凭借良好的热舒适性、节能性能以及稳定的运行特点,在现代建筑供暖领域展现出较高的应用价值。通过科学开展建筑热负荷计算、优化管网布置及水力平衡设计,并合理配置温控与保温结构,可有效提升系统整体运行效率。在实际工程应用中,结合规范化施工与精细化运行管理,能够进一步保证供暖效果的稳定性。随着建筑节能要求不断提高,该系统在绿色建筑与节能供暖体系中的应用前景将更加广阔。

参考文献:

- [1] 冯梦雅.夏热冬冷地区低温辐射地板供暖影响因素及性能优化研究[D].南华大学,2024.
- [2] 冯梦雅,王汉青,李正明.夏热冬冷地区低温辐射地板供暖影响因素的正交试验[J].科学技术与工程,2024,24(06):2367-2377.
- [3] 刘寿松,狄海燕,张秋蕾.低温热水地板辐射供暖系统设计及施工问题研究[J].建设科技,2023,(12):72-74.
- [4] 闫格.装配式地板辐射供暖系统性能研究[D].山东建筑大学,2023.
- [5] 王乔乔.低温热水地板辐射供暖系统设计及施工问题分析[J].中国建筑装饰装修,2022,(06):118-120.