

新型辐射供暖技术在住宅建筑中的应用与效果评估

曲子建

石家庄市供热集团天启热能有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着节能环保理念在建筑行业的深入推进,住宅建筑采暖方式正逐渐从传统的对流供暖向高效、舒适的新型辐射供暖系统转变。辐射供暖通过表面温度传递热量的方式,改变了传统空气对流的加热机制,在能耗控制、热舒适性与环境质量方面表现出显著优势。文中以新型辐射供暖技术为研究对象,系统分析其传热机理、系统结构及应用特点,并结合建筑能耗与舒适性评价标准,探讨其在住宅建筑中的节能效果与应用价值。通过对不同形式辐射供暖系统的对比研究与性能分析,揭示了该技术在优化热环境、提高能效和促进绿色建筑发展中的重要作用。研究结果表明,新型辐射供暖不仅能有效降低建筑能耗,还能改善室内温度分布与空气质量,是未来住宅建筑采暖系统优化的重要方向。

[关键词]辐射供暖;住宅建筑;节能技术;热舒适性;建筑能效

DOI: 10.33142/ect.v3i9.17853

中图分类号: TU831

文献标识码: A

Application and Effect Evaluation of New Radiation Heating Technology in Residential Buildings

QU Zijian

Shijiazhuang Heating Group Tianqi Thermal Energy Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the deepening of energy-saving and environmental protection concepts in the construction industry, the heating methods for residential buildings are gradually shifting from traditional convection heating to efficient and comfortable new radiation heating systems. Radiant heating changes the traditional air convection heating mechanism by transferring heat through surface temperature, showing significant advantages in energy consumption control, thermal comfort, and environmental quality. The article takes the new radiation heating technology as the research object, systematically analyzes its heat transfer mechanism, system structure, and application characteristics, and combines it with building energy consumption and comfort evaluation standards to explore its energy-saving effect and application value in residential buildings. Through comparative research and performance analysis of different forms of radiant heating systems, the important role of this technology in optimizing the thermal environment, improving energy efficiency, and promoting the development of green buildings has been revealed. The research results indicate that the new radiation heating not only effectively reduces building energy consumption, but also improves indoor temperature distribution and air quality, which is an important direction for optimizing residential building heating systems in the future.

Keywords: radiant heating; residential buildings; energy-saving technology; thermal comfort; building energy efficiency

引言

在我国建筑能耗结构中,住宅建筑的供暖能耗长期占据较大比例,尤其在寒冷地区,采暖负荷往往占到建筑总能耗的 40%以上。传统的对流式供暖虽然应用广泛,但存在热效率低、热量分布不均、空气干燥及能源浪费等问题,难以满足现代绿色建筑对节能与舒适性的双重要求。相较之下,辐射供暖技术通过辐射传热方式提供均匀热量,使室内温度分布更加合理,人体热感舒适度显著提升。近年来,随着清洁能源技术和智能控制技术的发展,辐射供暖系统已逐步成为住宅建筑节能改造与新建项目的重要选择之一。然而,辐射供暖在住宅建筑中的大规模推广仍面临多重挑战,如系统设计标准不完善、运行控制复杂、施工维护成本较高等问题。本文从技术原理、节能效果、舒适性评价及未来发展趋势四个方面,对新型辐射供暖系统在住宅建筑中的应用进行了深入探讨,以期为我国住宅节能供暖体系的建设提供科学依据与实践参考。

1 新型辐射供暖技术的原理与结构特点

1.1 辐射供暖的传热机理

辐射供暖是一种以辐射换热为主、对流换热为辅的热量传递方式。其基本原理是通过地板、顶棚或墙体中的加热管道或电热元件加热辐射面,使其向人体和物体辐射红外热量。与传统暖气片系统相比,辐射供暖不依赖空气流动来实现热量传递,因此不会造成明显的空气对流与尘埃漂浮,具有空气清洁、温度均匀的优点。其供热温度一般在 35℃~45℃之间,即可达到相同的热舒适水平,从而显著降低能源消耗。

1.2 系统组成与运行结构

新型辐射供暖系统主要包括热源装置、辐射层结构、保温层、温控系统及传感装置。热源部分通常采用空气源热泵、地源热泵或太阳能系统,为供暖提供低温热水。辐射层多由管网、水泥层及饰面层构成,用以均匀传递热量。系统通过温控阀和智能控制模块实现室温调节,并可根据

居住者需求实现分区控制。该系统结构紧凑、运行安静，特别适合住宅建筑长期稳定供暖使用。

1.3 技术类型及适用范围

按照安装位置和加热方式，辐射供暖主要分为地板辐射、顶棚辐射与墙面辐射三种。地板辐射供暖应用最广泛，其传热均匀、脚部温暖、热环境自然；顶棚辐射适合层高较高的住宅，可避免家具遮挡造成的热损失；墙面辐射则适用于空间较小或结构特殊的住宅。不同类型的辐射系统在设计与运行成本上存在差异，应根据住宅建筑的结构特征和气候条件合理选择。

2 辐射供暖在住宅建筑中的应用现状

2.1 国内外技术发展与实践经验

辐射供暖在欧美国家已有几十年的应用历史。德国、瑞士、芬兰等国的住宅建筑普遍采用地板辐射系统，其能源利用效率和居住舒适性得到广泛认可。我国从 20 世纪 90 年代开始引入该技术，并在北方寒冷地区逐步推广。目前，北京、哈尔滨、西安等城市已在住宅节能项目中采用辐射供暖系统，并取得了显著的节能效果。

2.2 我国推广应用面临的主要问题

尽管新型辐射供暖技术具有良好前景，但其在我国的普及率仍不高，主要受制于初期投资较大、安装周期长及维护成本高等因素。同时，设计与施工环节标准化程度不高，系统运行控制水平有待提升。部分用户对辐射供暖的节能与舒适优势认知不足，也在一定程度上制约了其市场化推广。

2.3 政策支持与行业发展趋势

随着国家绿色建筑政策的实施，政府对节能供暖技术的政策引导力度不断加大。住建部发布的《绿色建筑评价标准》和《居住建筑节能设计标准》明确鼓励使用低温热水供暖与辐射系统。各地政府也出台了财政补贴、绿色信贷和节能项目奖励等措施，为辐射供暖技术的应用创造了良好的政策环境。

3 辐射供暖系统的节能效果与舒适性分析

3.1 节能性能与能耗对比

研究表明，辐射供暖系统的热效率普遍高于传统供暖系统约 15%~30%。其供水温度低，可有效减少锅炉或热泵的能耗。与对流供暖相比，辐射系统在相同室温条件下可降低室内空气温度 1℃~2℃而仍保持舒适，从而进一步节约能量。此外，结合可再生能源（如太阳能或地源热泵）使用时，可实现建筑能耗的显著下降。

3.2 热舒适性与健康影响

辐射供暖的舒适体验源于其独特的“脚暖头凉”热环境分布，这种温度梯度更贴近人体的热感生理规律，使人感受到自然而柔和的温暖。系统通过地面或墙体均匀散热，使室内温度分布更加平衡，不会出现局部过热或明显的气流扰动。由于空气流动速度较低，灰尘、花粉及病菌在空间中的传播被显著抑制，室内空气质量得以提升。对于老

年人和儿童等对环境变化敏感的群体，辐射供暖能够减少皮肤干燥、喉咙不适及静电积聚等问题，营造更加健康的居住环境。低温辐射供热方式还避免了传统散热器带来的强对流现象，使空气湿度保持相对稳定。长期使用这种供暖方式，不仅提高了居住舒适度，也有助于改善睡眠质量与呼吸系统健康，展现出高舒适度与健康性并重的供暖优势。

3.3 运行稳定性与环境效益

辐射供暖系统以其良好的运行稳定性在建筑供暖领域中具有显著优势。系统具备较强的热惯性，能够在供热停止后依然维持室内温度的平衡，使空间热环境更加持久稳定。运行过程中几乎没有机械噪音，营造出安静舒适的居住氛围，也不会产生尘埃对流或废气排放，对空气质量与生态环境十分友好。由于采用低温热水作为传热介质，系统在能耗控制方面表现优异，与太阳能、地源热泵等可再生能源具备高度兼容性。通过低温高效的热能传递方式，可在保证舒适度的前提下显著降低能源消耗。该供暖模式减少了化石燃料依赖与碳排放，为实现建筑领域的节能减排目标提供了可行路径。辐射供暖技术的普及将推动清洁能源的广泛应用，促进绿色建筑的可持续发展，展现出高效、环保与舒适并存的供暖新格局。

4 系统设计优化与运行控制策略

4.1 设计阶段的优化措施

辐射供暖系统的设计过程需要充分考虑建筑热负荷、气候特征与功能布局等多重因素，通过精细化计算实现热量分布的均衡与高效。设计人员应在供回水温差、管道间距与敷设形式之间寻求最佳组合，以提升系统的传热效率和运行稳定性。地板辐射系统在设计中需严格控制表面温度不超过 29℃，以防止局部过热导致居住者不适，保证室内热环境的舒适性与安全性。为实现设计阶段的科学决策，可引入建筑能耗模拟技术，通过 BIM 模型对空间热行为进行可视化分析，并结合 CFD 流体动力学仿真评估空气流动与热量传递规律。模拟结果能够帮助优化管网布局、材料选择及控制策略，提前发现潜在的能耗问题。通过数据化设计手段，辐射供暖系统可在方案阶段实现能效预测与动态优化，为后期运行提供坚实的技术基础。

4.2 运行控制与智能管理

运行控制在辐射供暖系统中具有核心作用，是实现节能与舒适并重的关键环节。通过分区控制技术，系统能够根据不同空间的功能特性和居住者的使用习惯，灵活调节供热强度与开启时间。智能温控设备通过高精度传感器实时感知室内外温度变化，自动优化运行模式，使热量分配更加合理。依托物联网和云数据平台，管理者可以远程监控系统状态，对各区域的供热情况进行动态调节，实现多层次的能源管理。智能控制系统能够结合天气预测信息和历史运行数据，对供水温度进行自动修正，在寒冷天气提前预热，在气温回升时降低能耗，从而保持稳定舒适的室

内环境。通过这种多维度的控制策略,辐射供暖系统不仅提升了能源利用效率,也为建筑运行提供了更高的智能化水平,使节能管理从被动调节走向主动优化。

4.3 节能评估与系统维护机制

辐射供暖系统的高效运行离不开科学的能效评估体系。通过构建动态监测平台,可对系统运行过程中的温度、湿度、能耗和响应时间等关键数据进行实时采集与分析。数据模型能够识别能量传递中的异常变化,判断供热效率与热平衡状况,从而为节能优化提供依据。能效评估结果可直观反映系统在不同季节和负荷条件下的运行表现,帮助管理者及时调整运行策略。定期的维护与检测是保障系统稳定性的关键措施,包括检查管道通畅度、监控换热元件的性能衰减以及清理过滤装置。预防性维护能够避免堵塞、泄漏和热量损失等问题的发生,延长设备使用寿命。通过数字化管理与智能监控,辐射供暖系统可实现持续的性能优化,使供暖过程更加高效、安全与可靠,为建筑能源管理提供长期支持与技术保障。

5 新型辐射供暖技术的未来发展趋势

5.1 多能源融合与综合利用

未来的辐射供暖系统将与太阳能、地源热泵及储能技术深度融合,构建“发-储-用”一体化的能源利用模式。系统可通过太阳能光伏板或集热装置获取可再生能源,再由地源热泵实现能量的高效转换与传递。多余的热量可储存在相变材料或高性能蓄能装置中,在夜间或阴天进行释放,实现稳定的供热输出。储能技术的加入使系统具备更强的调节能力,能够根据气候变化与负荷波动灵活分配能源,从而保持建筑内部温度的持续平衡。该模式有效提升了能源利用率,减少对外部电力与燃料的依赖,形成了相对独立的能源循环体系。通过智能控制平台的协调管理,供暖过程将更加精准高效,运行成本显著降低。这种集成化的能源系统不仅改善了居住环境的舒适度,也为实现零碳建筑和可持续城市发展提供了关键技术支撑。

5.2 智能化与数据化发展方向

借助人工智能、大数据与物联网技术,未来的辐射供暖系统将具备更加智能的决策与控制能力。系统通过传感网络实时采集温度、湿度、空气质量及用户活动等数据,AI 算法在大量信息中不断学习规律,能够预测使用需求并主动调节供热模式。供暖强度与时间将根据居住者的生活习惯和外部气候条件自动优化,实现能源的高效利用。动态优化机制使系统在不同能源价格、气候变化或用能高峰期中灵活调度热能资源,减少浪费并延长设备寿命。大数据分析还可辅助建筑整体能耗评估,为城市级能源管理提供决策支持。物联网的深度融合让各个终端设备实现信

息互通,构建起智能家居生态中的核心环节。未来的辐射供暖系统将不仅具备供热功能,更具备学习、预测与协调能力,成为提升居住舒适度与实现节能减排目标的重要技术支撑。

5.3 新材料与可持续技术的创新

未来的辐射供暖系统将围绕高效节能与智能化方向持续演进,在材料与结构上展现更深层次的创新。高导热复合材料的应用能显著提升热量传递速度,使供暖反应更灵敏,室内温度分布更均匀。纳米级保温层的研发将有效降低热损失,提高整体能效,并在安全性与耐久性上实现突破。柔性管道的引入让系统安装更为便捷,能够适应多样化建筑结构,为旧房改造与新型住宅提供更广阔的技术适配空间。未来的系统还将融合可再生能源,如太阳能、地热能与空气源热泵,通过智能控制技术实现多能源协同运行,在保证稳定供热的同时减少碳排放。这种融合将推动绿色建筑体系的完善,使住宅供暖更环保、更可靠,展现出高性能、低能耗和可持续的供暖新格局。

6 结论

新型辐射供暖技术在住宅建筑中的应用,不仅显著改善了室内热环境质量,还在节能降耗和环境保护方面展现出巨大的潜力。该技术以辐射换热为主要传热方式,能够在较低温度下实现高效供暖,减少空气对流带来的热损失与粉尘漂浮,从而提升居住舒适度与空气品质。通过合理的系统设计、科学的运行控制以及智能化的管理模式,辐射供暖实现了热舒适性与能源利用效率的高度统一。研究表明,与传统供暖方式相比,辐射供暖可节约能源 20% 至 30%,同时有效降低建筑运行碳排放,为实现绿色建筑和低碳住宅提供了切实可行的技术路径。未来,随着建筑节能标准的提升、可再生能源的广泛利用以及智能控制技术的不断进步,辐射供暖系统将与地源热泵、太阳能采暖等清洁能源技术深度融合,在我国住宅建筑领域得到更加广泛和深入的推广应用,为建设生态、节能、可持续发展的现代建筑体系提供有力支撑。

【参考文献】

- [1]李建华,张伟.辐射供暖系统在住宅建筑中的节能性能分析[J].建筑节能,2022(5):68-74.
 - [2]陈文彬,刘芳.新型地板辐射供暖技术研究与应[J].暖通空调,2023(3):55-61.
 - [3]王凯,周林.住宅建筑辐射供暖系统优化设计与运行分析[J].建筑科学,2021(11):92-98.
- 作者简介:曲子建(1995.3—),男,汉族,毕业学校:河北工程大学,现工作单位:石家庄市供热集团天启热能有限公司。