

绿色节能理念下的暖通工程水源热泵技术应用

陈策

河北建筑工程学院, 河北 张家口 075132

DOI:10.61369/ME.2025050008

摘 要： 在“双碳”战略引领下，建筑节能与绿色暖通技术发展面临新要求。本文立足绿色节能理念，系统阐释水源热泵技术原理与工程优势，重点探讨其在建筑暖通系统中的集成应用路径，包括运行调控、水体热源采集、系统协同对接与冷热负荷平衡等关键技术，一起为水源热泵系统的高效运行与工程推广提供理论依据与实践指导。

关 键 词： 绿色节能理念；暖通工程；水源热泵技术

Application of Water Source Heat Pump Technology in HVAC Engineering under the Concept of Green Energy Conservation

Chen Ce

Hebei University of Architecture and Engineering, Zhangjiakou, Hebei 075132

Abstract： Under the guidance of the "dual carbon" strategy, the development of building energy efficiency and green HVAC technology is facing new requirements. This article is based on the concept of green energy conservation and systematically explains the principles and engineering advantages of water source heat pump technology. It focuses on exploring its integrated application path in building HVAC systems, including key technologies such as operation regulation, water source collection, system coordination and docking, and cold and hot load balancing. Together, they provide theoretical basis and practical guidance for the efficient operation and engineering promotion of water source heat pump systems.

Keywords： green energy-saving concept; HVAC engineering; water source heat pump technology

引言

在节能减排与绿色建筑持续推进的背景下，传统暖通系统普遍存在能耗高、效率低、排放大等问题，亟需引入清洁、高效、可持续的能源利用技术。水源热泵以其依托水体热能实现冷热双向供给、年均运行效率高、环境适应性强等优势，成为绿色暖通系统建设的重要路径。然而，在实际工程中仍面临运行控制复杂、系统对接难度大、水体采热技术要求高等问题。因此，深入研究绿色节能理念下水源热泵技术的运行机制与系统集成策略，具有重要的现实意义与推广价值。

一、水源热泵技术原理

水源热泵技术是一种基于热力学第二定律原理、借助高效传热工质与机械能驱动实现低位热能转移与利用的冷热转换技术，其核心机制在于通过热泵主机制冷剂的相变循环过程，将分布广泛、温度相对稳定的水体热能进行高效提取与释放，进而实现建筑物的供热与供冷功能^[1]。具体运行过程中，系统通过水侧换热器将江河水、湖泊水、地下水或工业废水中的热量转移至冷媒系统，在压缩机作用下使低温低压气态冷媒被压缩为高温高压状态后进入冷凝器释放热量，并通过膨胀阀节流后再次蒸发吸热，形成连续稳定的逆卡诺循环。冬季运行时，系统从水体中提取热量，经冷媒循环加热后通过空调末端系统向室内供热；夏季则通过室内热量吸收后释放至水体中，实现供冷功能^[2]。由于水体热

源全年温度波动小，热泵系统运行稳定性高，能效比远优于传统空调与锅炉系统，同时具有较高的经济性与环境友好性。该技术在热源形式、传热效率、系统控制与能源综合利用等方面具有高度可调性与工程适配性，成为绿色建筑及节能型暖通系统发展的重要技术支撑，也是推动建筑能源系统低碳化、可再生化的关键途径。

二、水源热泵技术在暖通工程中的应用优势

水源热泵技术在暖通工程中的应用优势主要体现在能源利用效率高、运行成本低、环境友好性强、系统稳定性优良与适应性广泛等多个方面，充分契合现代建筑节能减排与绿色低碳发展需求。在能源效率方面，由于水体热源全年温度波动较小，热泵系

统在相对稳定的热源环境中运行，其制热或制冷性能系数远高于空气源或地源热泵，尤其在严寒或酷热地区表现出明显的能效优势，能够显著降低单位供热或供冷所需电能消耗^[3]。在运行成本方面，水源热泵通过采用可再生自然水体或工业余热作为热源，减少了对传统高能耗设备如锅炉和冷却塔的依赖，降低了系统运行中的燃料消耗与维护成本，具有较高的经济性与长期投资回报率。在环境效益方面，该系统在运行过程中无直接燃烧过程，不排放烟尘、氮氧化物与二氧化碳等污染物，可有效减少建筑运行过程中的碳排放总量，是实现绿色建筑能耗“双控”与环境“零污染”的重要支撑手段^[4]。在系统稳定性方面，由于水源热泵具有热源温度恒定、换热效率高、主机运行平稳等特点，可在全年范围内实现连续稳定的冷热负荷调节，满足复杂工况下对温湿度环境的精准控制需求。此外，水源热泵系统适用于多种类型建筑，包括办公楼、医院、学校、住宅小区与工业厂房等，且可与市政供水系统、中水回用系统及工业余热回收系统协同整合，实现资源循环利用与能源梯级利用，体现出良好的系统兼容性与工程推广价值。

三、绿色节能理念下的暖通工程水源热泵技术应用

（一）水源热泵系统运行调控技术

水源热泵系统运行调控技术是保障其高效、稳定、节能运行的核心技术环节，主要涉及热泵主机启停逻辑、换热系统动态调节、水泵变频控制、系统负荷预测与智能运行策略等多个方面。为实现系统在不同季节与工况下的能效最优运行，需构建基于冷热负荷动态响应的自适应调控机制，通过监测室内外温湿度、水源进出水温、末端设备供回水温差等关键参数，实时调整系统运行状态与能效输出水平^[5]。在水系统调节方面，需配置高精度变频水泵，通过优化水流分配控制策略，确保冷凝器与蒸发器两侧流量与换热能力匹配，提升系统换热效率并减少能源浪费。同时，为防止水侧系统出现热源温度过低或流量不足等非正常运行情况，还需在控制逻辑中嵌入限温保护、缺水报警与联动切换程序，保障系统运行安全。在主机运行调度方面，可依据建筑冷热负荷变化趋势，采用主辅机联动、多模块分级启停与时间段运行策略，实现冷热量精准输出与系统负荷平衡。

（二）水源热泵与建筑暖通系统对接技术

水源热泵系统与建筑暖通系统的有效对接是保障整体系统稳定性、舒适性与节能性的重要技术保障，其对接技术涵盖水系统连接模式、热湿环境匹配机制、末端设备适配性与系统集成等多个方面。在水系统连接方面，应根据建筑冷热负荷特性选择直接供水型或中间换热型连接方式，前者可实现较高的能效输出，后者则在保障系统隔离性与运行安全性方面具有优势^[6]。在末端设备适配方面，应合理选择风机盘管、地板辐射系统、新风机组等不同形式终端，结合水源热泵出水温度范围设计供回水温差与水力平衡系统，确保水力系统稳定与热量传递效率。在热湿环境适配方面，需通过精准调控室内供水温度与风量变化，实现对不同功能空间温湿度要求的差异化响应，同时有效避免系统在

夏季除湿效率下降或冬季供热不足等问题的发生。在系统集成方面，应实现水源热泵主机、水泵、阀门、末端设备与建筑能源管理系统的集中联动控制，采用分区控制、远程监控与动态调节策略，实现温度、湿度、时间、区域多维度的智能协同调控^[7]。

（三）水体热源采集与输送技术

水体热源采集与输送技术是水源热泵系统高效运行的基础保障环节，其技术核心在于稳定、高效、低阻力地将水体中的低位热能输送至热泵系统换热装置，实现冷热量的充分转移与利用。在采集端，应依据水源类型（如地下水、地表水、工业废水等）及工程环境条件，合理选择井式取水、水下管道取水或换热器换热取能等方式，并配套防腐蚀、防结垢、防淤堵措施，确保系统长期稳定运行。在输送系统方面，应结合热泵机组负荷要求与输送距离设计合适的管径、扬程与流量参数，优选高密度聚乙烯管、复合保温管等高耐压、低热损材料，减少热能损耗与系统压降。同时，为提升系统智能化水平与节能效率，需在输送系统中设置变频调速泵组、压力维稳装置与温差控制单元，构建动态调节水量、维持水温稳定、保障供回水压差均衡的闭环控制机制^[8]。在寒冷地区或水源条件波动较大的区域，还需设置换热缓冲装置、防冻回流系统与备用热源接口，提升系统的环境适应性

（四）热泵主机与系统集成技术

热泵主机作为水源热泵系统的核心设备，其性能水平与系统集成度直接决定整个暖通系统的运行效率与能耗水平。热泵主机与系统集成技术主要包括机组选型适配、冷热源系统匹配、换热系统优化与控制系统一体化等关键内容。在主机选型方面，应依据建筑冷热负荷特性、水源温度变化范围与运行周期需求，选择具备高能效比、宽温区运行能力与低噪声特性的螺杆式、离心式或模块化热泵机组，并充分考虑机组冗余度配置与负荷调节能力，确保运行安全与节能稳定。在系统集成方面，需科学配置冷凝器与蒸发器换热模式，优化换热效率，避免冷热侧换热不平衡带来的能耗增加；同时通过集成缓冲水箱、三通切换阀、旁通平衡管路等技术手段，实现冷热工况的快速切换与稳定运行^[9]。在自动控制系统方面，应构建以主机为核心的智能协同平台，实现对水源侧、水系统侧与空调末端系统的联动控制，依据实时负荷变化动态调整机组启停状态、压缩机转速、水泵流量与阀门开度，最大限度提升整体系统运行效率。

（五）冷热负荷平衡技术

冷热负荷平衡技术是水源热泵系统实现高效能量管理与稳定运行的核心保障机制，其关键在于通过调控系统供热与供冷能力与建筑实际热负荷之间的动态匹配，防止出现系统能量输出冗余、冷热侧不平衡、水体热污染与设备运行效率下降等问题。在系统设计阶段，应通过详细的建筑能耗模拟分析与负荷预测计算，合理配置主机容量、末端设备布置与调节系统响应速度，确保冷热系统的热力参数协调一致。在运行过程中，可采用冷热储能联合调节策略，通过设置蓄热蓄冷水箱，实现负荷峰谷之间的能量转移与平衡，同时缓解短时用能波动对热泵系统运行的冲

击。针对冷热负荷变化频繁的建筑环境，还应设置负荷预测模型与实时调度算法，结合天气数据、使用率变化与历史负荷趋势，动态调整热泵运行参数与负荷分配策略，保障系统始终处于能效最优区间运行。此外，在冷热源侧，应加强换热器通流能力与热交换效率的控制，防止因热源侧换热不良导致冷热输出端压力不平衡与能效降低^[10]。在多热源联合供能模式下，还可引入智能能量管理平台，根据不同热源能效与成本动态进行切换调度，实现系统整体冷热输出能力的柔性匹配与调和运行。

四、结语

水源热泵技术作为绿色节能理念在暖通工程领域的重要实践

形态，不仅契合可再生能源高效利用的发展趋势，也有效回应了建筑节能降耗与生态环境保护的现实诉求。通过运行调控优化、系统集成创新、热源采集升级与冷热负荷平衡机制构建，水源热泵系统在节能性、经济性与可靠性方面具有显著优势。未来应进一步推动核心技术突破与系统协同设计，强化智能控制平台建设，实现绿色节能理念在建筑全生命周期中的深入嵌入，全面提升暖通工程系统能效与可持续发展水平。

参考文献

- [1] 王德海. 热回收技术在暖通工程中运用分析 [J]. 中国设备工程, 2024, (12): 4-6.
- [2] 齐立宝, 张芹芹, 曾洁. 地源热泵技术在暖通工程中的应用 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(16): 197-199.
- [3] 单卓. 水源热泵技术在暖通工程中的应用 [J]. 中阿科技论坛 (中英文), 2022, (04): 89-92.
- [4] 冯涛. 农村地区太阳能耦合水源热泵热电联产应用分析 [J]. 农村电工, 2025, 33(02): 32-33.
- [5] 柯进祥, 胡显芝. 地下空间暖通系统的热环境调控策略研究 [J]. 大众标准化, 2024, (24): 83-84+87.
- [6] 洪青春. 岳阳市某图书馆暖通空调设计 [J]. 制冷与空调 (四川), 2024, 38(06): 853-859+869.
- [7] 张传潭. “双碳”背景下暖通专业绿色智慧节能建筑优化设计策略 [J]. 住宅与房地产, 2024, (17): 86-88.
- [8] 张丁元. 建筑环境与设备工程节能施工技术 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(05): 117-119.
- [9] 赵家楠. 空气源—水源热泵蓄供联合系统的应用研究 [D]. 长春工程学院, 2023.
- [10] 陈晓贤. 节能技术在暖通空调安装施工中的应用 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(20): 196-198.