

# 给排水系统中绿色节能技术的应用研究

文 / 刘成南 山东匠新建设有限公司

付志霞 济宁公用机电设备工程有限责任公司

**摘要:** 随着全球能源紧缺和环境污染问题日益严重,给排水系统的高能耗问题引发了广泛关注。绿色节能技术成为提升系统能效、降低能耗和环境负荷的关键。本研究通过文献综述、案例分析,系统探讨了绿色节能技术在给排水系统中的应用现状和未来趋势,旨在识别并优化现有技术,探索更有效的节能策略以提升系统整体能效。研究发现,绿色节能技术不仅显著降低了能源消耗,还有效减少了碳排放和污染物产生。智能化管理系统的引入进一步优化了能源利用效率。结论指出,绿色节能技术的推广应用是实现可持续发展目标的必然选择,对未来城市基础设施的建设与管理具有重要参考价值。

**关键词:** 给排水系统; 绿色节能技术; 能效提升; 可持续发展

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.015

## 引言

全球能源危机和气候变化使城市基础设施的节能需求日益紧迫,给排水系统因其高能耗成为节能减排的重点领域。然而,传统系统在设计与运行中常忽视能效优化,导致能源浪费和环境负担加重。因此,探索和应用绿色节能技术成为提升能源利用效率、减少碳排放的关键手段。本研究深入探讨绿色节能技术在给排水系统中的具体应用,旨在识别有效的节能策略和技术路径,为系统的可持续发展提供理论依据与实践指导。

### 一、给排水系统的能耗现状与问题分析

#### (一) 给水系统能耗现状

给水系统能耗主要集中在取水、加压输送、净水处理及配水管网输送环节,水泵效率是关键因素。泵站设计与运行调度直接影响能耗,但国内许多泵站因设备老化、效率低下而难以实现节能运行。此外,管网漏损也显著增加能耗,特别是老旧管网的管道老化和接头松动问题,导致水资源浪费和额外的能量消耗。随着城市化推进,这些问题加剧了系统能耗,提升运行成本。因此,实施高效泵站系统和优化管网管理是提高能效的关键路径<sup>[1]</sup>。

#### (二) 排水系统能耗现状

排水系统的能耗集中在污水收集与处理,特别是曝气工艺,其能耗占污水处理厂总能耗的50%以上,且受设备性能、曝气量控制和溶解氧浓度管理影响较大。污泥处理中的脱水和干化环节同样耗能巨大。排水泵站频繁启停和长时间运行,在高峰负荷下能耗明显增加,影响系统稳定性和安全性。因此,优化曝气控制、污泥处理工艺及泵站运行调度是降低排水系统能耗的关键。

#### (三) 现有节能措施的局限性

当前的节能措施存在设备更新缓慢、管理手段落后和设计节能考虑不足等问题。陈旧设备难以适应现代节

能需求,即使部分地区已更新设备,但因资金和技术限制,效果有限。此外,传统管理方式难以实时监控系统运行状态,导致能耗问题难以及时控制。系统设计中往往更注重安全性和可靠性,忽视节能优化。技术瓶颈和管理不足严重影响节能效果,需要技术升级和管理创新以提升整体能效。

## 二、绿色节能技术概述

### (一) 定义与分类

绿色节能技术指通过技术创新和管理优化,最大化能源利用效率,减少能源消耗和环境负荷。其核心是通过系统性手段,实现经济效益、能源效益和环境效益的统一。应用于给排水系统,绿色节能技术可分为以下几类:

(1) 节能设备: 如高效泵、变频调速装置、节能型曝气设备等,通过改进设计和材料,提升能源利用效率。

(2) 过程控制优化: 如自动化控制系统、智能调度系统,通过精确控制系统参数,减少不必要的能耗。

(3) 资源循环利用: 如污水资源化和热能回收,利用污水处理副产品或剩余能量,实现资源的循环利用<sup>[2]</sup>。

绿色节能技术可进一步分为设备节能、工艺节能、管理节能和资源再利用技术,通常综合使用以实现最优节能效果。

### (二) 发展现状

全球绿色节能技术经过多年积累,在发达国家已形成较为完善的体系。德国通过“蓝色技术”实现污水处理的低能耗与高资源利用率,美国则在智能化水处理方面表现突出。相比之下,国内起步较晚,但在政策支持和市场需求驱动下,近年来取得显著进展,如节能曝气设备和污水源热泵技术的应用。然而,实际应用中仍面临技术标准不统一、市场机制不完善等挑战。推动绿色节能技术普及仍是未来的重要课题。

### （三）绿色节能技术在给排水系统中的适用性分析

给排水系统具有复杂性和多样性的特点，因此，绿色节能技术的适用性需要根据不同类型的系统进行具体分析：

（1）给水系统：应用重点在于提升供水设备的效率和减少管网漏损。高效泵和变频调速技术是主要手段，尤其适用于供水量大、负荷变化频繁的系统，有效降低泵站能耗。管网监控与漏损控制系统对于老旧城市管网尤为重要，通过精确监控和及时维护，可有效减少漏损和能源浪费。

（2）排水系统：节能重点在于优化污水处理工艺和能量回收。曝气和污泥处理是耗能大户，通过优化曝气控制、使用高效曝气设备以及引入污泥厌氧消化工艺，可以显著降低能耗。污水源热泵技术作为新兴的能量回收方式，可将污水中的热能转化为有用能源，提升排水系统的能源利用效率。

（3）集成应用：在复杂的给排水系统中，绿色节能技术的集成应用前景广阔。通过将智能调度系统、高效设备与资源回收技术有机整合，并通过智能控制平台协调，可以在系统层面实现能耗最小化。随着物联网和大数据技术的发展，给排水系统的节能管理将更加智能化和精准化，为绿色节能技术的推广应用提供了新机遇。

## 三、给排水系统中绿色节能技术的应用研究

### （一）给水系统中的节能技术应用

1. 高效泵站技术与变频调速泵的应用。传统泵站多采用定速泵，导致能源浪费。高效泵站技术通过优化泵的设计，如采用高效叶轮和减少液力损失，提高效率并降低能耗。变频调速泵则通过调节电机转速匹配实际需求，避免流量调节不当引起的能耗增加。实施方法包括泵站设计优化、设备选型、安装调试及系统集成等环节。应用实践表明，节能率可达20%-30%。

2. 管网优化技术与漏损控制。管网优化技术包括布局优化、压力控制、以及漏损监控与修复。通过水力分析识别能耗高、压力过大的区域，进行针对性改造，如增加压力控制阀、优化管道材质与布局，配合完善的监控系统，能显著降低管网漏损率，节能5%-10%，并延长管网寿命。

3. 智能化供水系统的能源管理。智能化供水系统利用物联网、大数据和人工智能，对供水设备、管网和用户端进行全面监控与数据分析，实现精细化能源管理。通过实时数据采集和动态调度，智能化系统能优化泵站运行，提高效率15%-25%，并显著降低能耗成本<sup>[3]</sup>。

### （二）排水系统中的节能技术应用

1. 低能耗污水处理技术。随着污水处理标准提高，传统工艺面临能耗挑战。膜生物反应器（MBR）和序批式反应器（SBR）等低能耗工艺因处理效率高、占地

小、能耗低，得到广泛应用。MBR结合膜分离与生物处理，有效去除有机物、氨氮和磷，同时减少污泥产量和二次污染。SBR则在同一反应器内完成多个处理过程，运行能耗较低。当前，MBR和SBR在高水质要求场合显示出显著的节能效果。

2. 污泥处理与资源化利用技术。传统污泥处理能耗高且副产品处理成本昂贵。采用厌氧消化、高温堆肥和热解等技术，能降低能耗并实现污泥资源化。厌氧消化通过微生物分解污泥有机物，产生沼气用于能源回收，减少污泥体积和含水率。高温堆肥将污泥转化为有机肥料，用于农业。热解通过高温分解生成可燃气体和生物炭，回收能源并减少废物。经济性分析表明，这些技术降低了处理成本，并通过副产品销售获得经济效益。

3. 污水源热泵技术。污水源热泵利用污水中的低品位热能用于供暖或制冷，具备显著的节能潜力。通过热交换器从污水中提取热量，提升温度后为建筑提供热能。典型应用显示，污水源热泵的能效比（COP）通常在4.0以上，每消耗1kW电能可产生4kW热能，与传统供热方式相比能耗减少至1/3-1/2，并有效降低二氧化碳排放。该技术在城市节能减排中具有广阔的应用前景。

### （三）智能监控与管理系统在节能中的作用

1. 物联网、大数据及人工智能在实时监控与优化控制中的应用。智能监控与管理系统是给排水系统节能的核心技术。物联网通过传感器网络实时采集系统运行数据，并传输至云平台进行存储和处理；大数据技术对这些数据进行分析 and 挖掘，识别系统中的问题和优化空间。人工智能则通过机器学习算法建立预测模型，基于历史数据预测未来趋势，从而优化系统控制。例如，在泵站运行中，人工智能可根据预测的用水需求调整泵的运行策略，实现能耗的最优配置。

2. 智能化系统对能耗降低与运行效率提升的影响。智能化系统显著降低了给排水系统的能耗并提升运行效率。以某城市智能供水系统为例，通过智能调度和实时监控，该系统根据用水需求和电价浮动情况自动调整泵站的运行策略，实现显著节能。具体节能效果包括：

（1）动态调度与优化控制：智能系统根据实时数据动态调整设施运行，如调节泵频率以匹配实际用水量，减少不必要的能源消耗。

（2）异常检测与故障预警：通过实时监控，系统可及时检测管网漏水、泵异常振动等问题，提前预警以避免能源浪费和设备损坏。

（3）能耗分析与优化建议：大数据分析识别高能耗点，提出优化建议。案例显示，智能化改造后，泵站能耗降低15%-20%，管网漏损率下降约5%，供水效率显著提高，且动态电价策略的实施有效控制了运营成本。

### （四）节能技术应用的经济性与可行性分析

1. 节能技术的经济性评估与投资回报周期分析。节

能技术在给排水系统中的经济性评估涉及投资成本、运行成本、节能效益及投资回报周期（ROI）等因素。高效泵站和变频调速技术尽管初期投资较高，但通常在2-5年内即可回收成本。智能化系统的回报周期为3-6年，因其显著提升效率并降低长期运营成本。ROI的计算需考虑节能效果、能源价格、设备寿命和维护成本等，详细的经济性分析对于项目决策至关重要。

2. 节能技术推广中的障碍与解决策略。节能技术推广面临诸如高成本、技术复杂性、人员培训和系统集成难度等障碍。解决策略包括：

（1）成本问题：通过政府补贴、融资租赁或联合投资降低初期投资压力。

（2）技术复杂性：引入技术咨询、加强培训以及与专业机构合作。

（3）人员培训与维护：通过定期培训、考核和完善的维护服务体系，保障系统长期稳定运行。

（4）系统集成难度：采用分阶段实施或逐步替换旧设备的方法应对兼容性问题。

3. 节能技术应用的政策支持与未来发展趋势。政府普遍通过政策扶持、财政补贴和税收减免等手段推动节能技术应用。未来趋势包括：

（1）政策驱动的强制性节能措施：随着环保标准提升，节能技术的应用可能从自愿转向强制。

（2）智能化与数字化的深度融合：物联网、大数据和人工智能将在系统中发挥更大作用，推动智能化和自动化发展。

（3）绿色金融的支持：通过绿色债券、节能基金等多样化融资渠道促进节能项目发展。

（4）多部门协同的系统优化：未来节能优化将涉及跨部门协作，如能源管理、环保和水务部门的共同努力，推动系统整体优化。

## 四、绿色节能技术的效益分析

### （一）经济效益分析

绿色节能技术的经济效益是评估其可行性和推广价值的关键。尽管初始投资较高，包括设备购置、安装调试、技术研发和培训等费用，但这些技术如高效泵站、变频调速装置和智能监控系统在运行中能显著降低能耗。长期来看，由于设备效率提升，尽管维护成本较高，但整体运营成本逐渐降低。例如，某市供水泵站采用高效泵和智能控制技术后，能耗减少约20%，年节省电费数百万人民币，且变频调速技术有效延长了设备寿命，降低了维护成本。投资回收期（ROI）通常为3至5年，具体取决于项目规模、技术水平和能源价格。随着能源价格上涨，ROI可能缩短，使这些技术更具经济可行性<sup>[4]</sup>。

### （二）环境效益分析

绿色节能技术的实施对环境保护具有重要意义。

首先，通过减少能耗，这些技术直接降低了二氧化碳（CO<sub>2</sub>）的排放量。对于依赖火力发电的地区，减少电力消耗即意味着减少煤炭的使用，从而降低温室气体和其他污染物的排放。例如，某供水系统通过应用高效节能泵和智能控制系统，年节电量达到数千万千瓦时，从而减少了数万吨CO<sub>2</sub>排放，对改善当地空气质量产生了积极影响。

在生态环境长期影响方面，绿色节能技术的应用有助于维护生态系统的平衡。通过减少污染物排放和提高资源利用效率，这些技术可以减轻给排水系统对环境的负面影响，有助于实现生态环境的可持续发展。长期来看，绿色节能技术的推广将有助于形成低碳环保的城市发展模式，对缓解气候变化和推动绿色经济具有深远的影响。

### （三）社会效益分析

绿色节能技术在提升公众环保意识和增强社会责任感方面展现了显著的社会效益。随着环保意识的提高，公众对这些技术的认同感逐步增强，促进了节能泛传播。这些技术不仅有效减少环境破坏，还通过宣传绿色技术的应用和节能成效，增强了公众对环保措施的支持，激励更多企业和个人参与节能减排，推动全社会的绿色发展。同时，绿色节能技术在现代城市可持续发展中起到了关键作用，通过融入城市给排水系统，有助于缓解人口增长和资源需求带来的压力，减少生态足迹，提高城市宜居性和竞争力。随着城市化进程加快，这些技术将在城市规划中扮演更为重要的角色，不仅支持当前的节能减排，还为未来城市的智能化和低碳化发展奠定了坚实基础。

## 结论与展望

本研究确认了绿色节能技术在提升给排水系统能效、降低能耗和环境负荷中的关键作用，尤其是智能化技术与系统优化对节能效果的提升至关重要。未来，绿色节能技术将朝智能化、集成化、高效化方向发展，重点关注新型高效设备和智能控制系统的优化。这些技术的进步将扩大其在节能减排中的应用，为未来城市基础设施建设和可持续发展目标的实现提供重要支持。

## 参考文献

- [1] 王彬, 刘丛丛. 面向节能环保绿色建筑的给排水节水技术研究[J]. 砖瓦世界, 2024 (13): 220-222.
- [2] 刘祥龙. 节能新技术在绿色建筑给排水的运用研究[J]. 建材发展导向, 2023, 21 (6): 189-191.
- [3] 王彦伟. 绿色建筑中给排水节能新技术应用[J]. 砖瓦世界, 2023 (21): 55-57.
- [4] 王春燕. 绿色建筑中给排水措施的应用研究[J]. 建材与装饰, 2023, 19 (20): 70-72.