

# 城镇给排水系统节能降耗路径研究

吴城宇

青田华水水务有限公司 浙江 丽水 323900

**摘要：**城镇给排水系统是城镇基础设施核心组成，能耗集中于给水加压、污水处理曝气等环节，当前存在设备低效、调控粗放、技术推广不足等问题，且不同规模、区域城镇能耗差异显著。本文结合系统能耗现状与问题根源，从技术、管理、政策、水资源循环四个维度，探索高效可行的节能降耗路径，为推动城镇给排水系统绿色低碳转型、提升能源利用效率、助力“双碳”目标实现提供理论与实践支撑。

**关键词：**城镇；给排水系统；节能降耗路径

引言：随着城镇化进程加快与“双碳”目标推进，城镇给排水系统高能耗问题日益凸显，既造成能源浪费，也制约行业高质量发展。当前，大中小城镇给排水系统能耗呈现明显差异，中西部与小城镇节能短板突出。基于此，本文聚焦城镇给排水系统节能降耗核心需求，梳理能耗现状与现存问题，挖掘问题产生根源，探索科学合理的节能路径，对缓解资源压力、推动城镇绿色发展具有重要现实意义。

## 1 城镇给排水系统能耗现状及问题分析

### 1.1 城镇给排水系统构成及能耗分布

(1) 给排水系统核心构成：主要包括取水构筑物、给水处理厂、输配水管网、排水管网及污水处理厂五大核心部分，各环节相互衔接，形成完整的供排水闭环，保障城镇生产生活用水需求与污水安全排放。(2) 系统能耗主要分布环节：能耗集中在给水加压、污水处理曝气两大环节，占系统总能耗的70%以上；其次是取水、管网输送及污泥处理环节，剩余能耗分散于设备待机、辅助设施运行等方面。(3) 能耗量化指标体系：核心指标包括单位供水能耗、单位污水处理能耗，辅助指标有管网漏损率、设备能效比、吨水药剂消耗等，用于全面衡量系统能耗水平与节能潜力<sup>[1]</sup>。

### 1.2 城镇给排水系统能耗现状调研

(1) 调研范围与数据来源：覆盖大中小不同规模城镇，数据来源于城镇供排水企业年报、现场实测及行业统计报告，确保数据的代表性与真实性。(2) 不同规模城镇能耗差异分析：大城市因管网规模大、负荷稳定，单位能耗相对较低；中小城镇因设备选型不合理、负荷波动大，单位能耗显著偏高，部分小城镇单位供水能耗是大城市的1.5-2倍。(3) 典型区域能耗现状案例：选取东部沿海与中西部内陆典型城镇，东部城镇因技术先进，能耗控制较好；中西部城镇受资金、技术限制，能

耗偏高，且污水回用率低，能源浪费明显。

### 1.3 系统节能降耗存在的核心问题

(1) 设备层面：低效设备应用广泛，能效偏低，部分老旧水泵、风机未及时更换，运行效率低于行业标准，能耗损耗严重。(2) 运行层面：调控粗放，负荷匹配度不足，多数系统采用固定运行模式，未根据用水、排水负荷变化动态调整，导致高峰时段能耗冗余、低谷时段效率低下。(3) 管理层面：制度不完善，运维水平滞后，缺乏专业的能耗管理制度，运维人员专业能力不足，日常巡检、设备维护不到位，加剧能耗浪费。(4) 技术层面：先进节能技术推广应用不足，变频调速、污水余热回收等节能技术因成本、认知等因素，未在中小城镇广泛普及。

### 1.4 问题产生的根源分析

(1) 设计阶段节能考量不足：设计过程中侧重满足供排水功能需求，对设备能效、系统优化等节能因素考虑不充分，导致系统先天能耗偏高。(2) 资金投入与政策支持不够：供排水企业资金压力大，节能改造投入不足，同时缺乏针对性的节能补贴与政策引导，制约节能工作推进。(3) 专业技术人才短缺：缺乏兼具供排水专业与节能知识的复合型人才，现有人员专业培训不足，难以支撑系统节能优化与先进技术应用。

## 2 城镇给排水系统节能降耗核心技术路径

### 2.1 供水系统节能技术路径

(1) 高效泵组选型与变频调速技术应用：结合供水负荷特性，优先选用高效节能泵组，匹配管网水力需求，降低泵组运行能耗，替代传统低效泵组，可提升运行效率15%-25%。同步应用变频调速技术，根据用水高峰、低谷负荷变化，动态调节泵组转速，避免固定转速运行导致的能耗冗余，实现供水量与用水量精准匹配，进一步降低泵组运行电耗，尤其适用于用水负荷波动较

大的中小城镇。(2) 管网水力优化与漏损控制技术: 通过管网水力模型模拟, 优化管网布局, 减少管网迂回、管径不合理等问题, 降低管网沿程水头损失和局部阻力损失。采用管网分区计量、智能检漏等技术, 精确定位漏损点, 及时修复破损管网, 将管网漏损率控制在行业标准范围内, 减少因漏损导致的水资源浪费和额外能耗, 同时降低管网维护成本<sup>[2]</sup>。(3) 净水工艺节能改造技术: 针对传统净水工艺能耗偏高问题, 优化混凝、沉淀、过滤等核心环节, 采用高效絮凝剂减少药剂投加量, 降低药剂消耗能耗。推广低压过滤、气水反冲洗优化等技术, 减少反冲洗用水量和能耗, 同时升级净水设备, 提升净水效率, 实现净水工艺节能与水质提升双赢。

## 2.2 排水及污水处理系统节能技术路径

(1) 污水提升泵站节能调控技术: 优化污水提升泵站运行模式, 采用智能调控系统, 根据进水量动态调整泵组运行台数和转速, 避免泵站空载、超载运行。对老旧泵站进行节能改造, 更换高效泵组, 优化泵站水力设计, 减少水流阻力, 降低泵站运行能耗, 提升污水输送效率。(2) 曝气系统节能优化技术: 曝气系统是污水处理厂能耗核心环节, 推广采用高效曝气设备, 替代传统曝气器, 提升氧利用率, 减少曝气能耗。应用智能曝气控制系统, 根据进水水质、水量及溶解氧浓度, 动态调节曝气量, 避免过度曝气导致的能耗浪费, 可降低曝气系统能耗30%左右。(3) 污泥处理处置节能技术: 优化污泥脱水工艺, 采用高效脱水设备, 降低污泥含水率, 减少污泥运输和处置过程中的能耗。推广污泥厌氧消化技术, 回收污泥中的生物质能源, 用于发电、供热, 实现污泥资源化利用, 同时降低污泥处理处置的能耗和环保压力<sup>[3]</sup>。(4) 污水源热能回收利用技术: 利用污水处理厂进出水的温度差, 采用污水源热泵技术, 回收污水中的低品位热能, 用于厂内供暖、制冷及周边建筑供热, 替代传统化石能源, 降低系统能源消耗, 实现污水热能的资源化利用, 提升能源利用效率。

## 2.3 智能化管控技术路径

(1) “厂-站-网”一体化智能调度系统构建: 整合供水厂、污水处理厂、泵站、管网等核心设施的数据资源, 构建一体化智能调度平台, 实现各环节运行状态实时监控、数据互联互通。通过智能算法优化调度方案, 协调各设施运行, 实现系统整体能耗最低, 提升供排水系统运行效率和稳定性。(2) 能耗监测与数据分析平台搭建: 在供排水系统各能耗环节安装智能监测设备, 实时采集泵组、风机、曝气设备等能耗数据, 搭建能耗监测与数据分析平台。通过数据挖掘、趋势分析, 精准

识别能耗异常点和节能潜力, 为系统节能优化提供数据支撑, 实现能耗精细化管理。(3) 数字孪生与AI优化控制技术应用: 构建供排水系统数字孪生模型, 模拟系统运行状态, 预测负荷变化和能耗趋势。结合AI优化控制技术, 实现设备运行参数自动调节、故障提前预警, 优化系统运行工艺, 减少人为干预导致的能耗浪费, 推动供排水系统向智能化、节能化转型<sup>[4]</sup>。

## 2.4 水资源循环利用节能路径

(1) 雨水回收利用系统优化: 优化雨水收集、储存、处理、利用全流程, 在城市道路、公园、小区等区域推广透水铺装、绿色屋顶、雨水调蓄池等设施, 提升雨水收集效率。采用高效雨水过滤、净化技术, 改善雨水水质, 扩大雨水利用范围, 用于绿化灌溉、道路清扫、景观用水等市政杂用, 减少自来水用量, 降低供水系统能耗, 同时缓解水资源短缺压力。(2) 中水回用工艺节能改造: 对污水处理厂中水回用工艺进行节能优化, 采用高效过滤、消毒技术, 简化处理流程, 降低中水回用过程中的能耗和药剂消耗。扩大中水回用规模, 推动中水用于工业生产冷却、市政杂用、生态补水等领域, 替代自来水, 减少供水负荷和污水处理负荷, 实现水资源循环利用与节能降耗的协同推进, 提升水资源利用效率。

## 3 城镇给排水系统节能降耗管理与政策路径

### 3.1 完善节能管理制度体系

(1) 建立全生命周期能耗管理机制: 覆盖给排水系统设计、建设、运行、维护、改造全流程, 将节能要求融入各环节。设计阶段明确能耗控制指标, 建设阶段严格落实节能标准, 运行阶段强化能耗监测, 维护和改造阶段优先采用节能技术与设备, 形成“事前管控、事中监测、事后优化”的全链条能耗管理模式, 从源头降低系统能耗。(2) 制定节能考核与激励机制: 将节能指标纳入供排水企业绩效考核体系, 明确单位供水能耗、单位污水处理能耗等核心考核指标, 实行量化考核与奖惩挂钩。对节能成效显著的企业给予表彰、资金奖励或政策倾斜, 对未达到节能标准的企业进行约谈、督促整改, 充分调动企业节能降耗的积极性和主动性。(3) 规范运维标准化作业流程: 制定给排水系统设备运维、管网巡检、工艺调控等标准化作业规范, 明确运维频次、操作流程和质量要求。加强运维人员岗位培训, 规范操作行为, 减少因操作不规范导致的能耗浪费和设备损坏, 提升系统运维效率, 延长设备使用寿命, 降低运维与能耗成本。

### 3.2 强化技术推广与人才培养

(1) 先进节能技术推广机制构建: 建立政府引导、企业主导、市场运作的节能技术推广机制, 梳理适配城镇给排水系统的先进节能技术清单, 通过技术宣讲、试点示范、现场观摩等方式, 普及变频调速、污水源热泵、智能曝气等节能技术。简化技术推广流程, 解决技术推广中的成本、技术适配等难题, 推动节能技术在大中小城镇广泛应用。(2) 复合型专业技术人才培养路径: 依托高校、职业院校优化专业设置, 增设给排水与节能相关复合型专业, 培养兼具供排水技术与节能知识的专业人才。加强企业现有人员培训, 开展节能技术、智能化管控等专项培训, 提升运维人员、技术人员的专业能力。建立人才激励机制, 吸引优秀复合型人才投身给排水节能领域, 缓解人才短缺困境<sup>[5]</sup>。(3) 行业交流与技术合作平台建设: 搭建城镇给排水节能行业交流平台, 定期组织企业、科研机构、高校开展技术交流、经验分享活动, 推广节能改造成功案例。鼓励企业与科研机构合作, 开展节能技术研发与创新, 针对中小城镇给排水系统节能痛点, 研发适配性强、成本可控的节能技术, 提升行业整体节能技术水平。

### 3.3 优化政策支持与资金保障

(1) 完善节能扶持政策与标准: 结合城镇给排水行业发展实际, 修订完善给排水系统节能标准, 明确不同规模城镇、不同环节的能耗控制要求。出台针对性的节能扶持政策, 对节能改造项目、先进节能设备采购给予财政补贴、税收减免, 简化补贴申请流程, 确保政策落地见效, 为企业节能降耗提供政策支撑。(2) 拓宽资金投入渠道: 加大政府财政投入力度, 将给排水系统节能改造资金纳入财政预算, 重点支持中小城镇节能改造项目。引导社会资本参与, 鼓励企业通过自有资金、银行贷款、债券融资等方式筹集节能资金, 打破资金投入瓶颈, 保障节能改造项目顺利推进。(3) 建立多元化投融资机制: 构建“政府引导、社会参与、市场运作”的多元化投融资机制, 设立给排水节能专项基金, 吸引社会资本投入节能技术研发、设备改造和项目建设。推行合同能源管理模式, 由专业节能服务公司提供节能改造服

务, 企业以节能效益支付服务费用, 降低企业节能改造的资金压力, 推动节能工作常态化、可持续发展。

### 3.4 推动绿色基础设施融合应用

(1) 海绵城市理念与给排水系统结合: 将海绵城市建设理念融入城镇给排水系统规划设计, 建设雨水调蓄池、透水铺装、绿色屋顶等海绵设施, 提升雨水收集、渗透和利用能力。减少雨水直接排入管网的水量, 降低排水管网和污水处理厂的负荷, 减少能耗消耗, 同时实现水资源的循环利用, 提升城市防洪排涝能力。(2) 绿色管网与节能设施协同建设: 推广采用环保、节能型管材, 减少管网漏损和能耗损耗, 降低管网维护成本。推动绿色管网与节能设施协同建设, 将管网改造与变频加压、智能监测等节能设施结合, 优化管网水力条件, 提升管网运行效率。同时, 结合城市绿化建设, 打造绿色管网廊道, 实现生态保护与节能降耗双赢。

### 结束语

城镇给排水系统节能降耗是一项长期系统性工程, 需兼顾技术创新、管理优化、政策支撑与资源循环协同推进。本文提出的技术、管理、政策及水资源循环利用路径, 可有效解决当前系统能耗痛点, 提升能源利用效率。未来需强化技术推广与人才培养, 拓宽资金渠道, 推动节能措施落地见效, 持续优化完善节能体系, 助力城镇给排水行业实现绿色、高效、可持续发展。

### 参考文献

- [1]王晶晶,杜士强.某市信息化排水系统的框架及功能研究[J].中国给水排水,2022,33(7):139-143.
- [2]郑春华,瓮献明,姜恺,等.某市从“数字排水”到“智慧排水”的思考与实践[J].中国给水排水,2023,33(12):30-35.
- [3]龚汝平,杨健.城市排水在线监测系统设计研究[J].西南给排水,2022,14(3):64-68.
- [4]余波.老旧小区排水设施改造策略——以曲靖市西苑一区为例[J].工程建设与设计,2023,(08):68-72.
- [5]刘翀.给排水设计在城镇老旧小区改造中的应用[J].安徽建筑,2022,27(08):127-134.