

水务工程泵站设备节能降耗技术改造

胡 越 许馨方

天津滨海旅游区水务发展有限公司 天津 300000

【摘 要】：泵站是城乡供水、排水及防洪排涝水务工程的核心耗能设施，长期运行过程中普遍存在设备老化、工况匹配度低、运行调度粗放、水力损耗偏大等问题，造成大量电能浪费与运营成本偏高。为有效解决泵站高能耗、低能效的行业难题，提升水务系统运行经济性与绿色化水平，本文系统分析泵站能耗组成及现存运行缺陷，从主机设备更新、变频调速改造、水力系统优化、智能控制升级、辅助设备节能改造等方面构建成套节能改造技术体系。系统化节能技术改造能够显著降低泵站单位输水能耗，提升设备运行效率与系统稳定性，有效降低运维成本。研究成果可为同类型水务泵站节能升级、降本增效及智能化改造提供工程参考与技术借鉴。

【关键词】：水务工程；泵站设备；节能降耗；技术改造；智能运维

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.023

引言

随着电力成本持续上涨与行业节能考核不断细化，传统依靠经验调度、粗放运行的管理模式已无法适配现代水务低碳化、智能化、集约化的发展要求。通过专业化、系统化的技术改造实现泵站节能降耗，是现阶段投入成本低、实施见效快、综合收益高的重要提质手段。目前国内泵站节能改造实践中，仍存在技术选型盲目、改造方案针对性不足、重施工改造、轻运行优化等问题，导致部分工程节能效果有限、能效提升不持久。

1 泵站能耗构成及运行存在的问题

1.1 泵站能耗基本构成

水务泵站整体能耗主要由主设备能耗、辅助设备能耗及系统水力损耗三部分构成。其中，水泵与电机组成的主泵机组为核心耗能主体，占据泵站总能耗的绝对比重，是节能改造的核心对象。辅助设备能耗涵盖泵站照明、通风散热、控制柜、排水除湿等配套设备能耗，占整体能耗比例相对固定，易被日常运维忽视。系统损耗属于隐性能耗，主要包括管道沿程阻力损耗、局部管件节流损耗、进出水池涡流损耗、流态紊乱损耗及设备机械摩擦损耗，具有持续性、累积性、隐蔽性特征，对泵站整体运行效率影响显著。泵站实际能耗水平受设备性能、水力条件、负荷变化、调度方式、运维质量等多重因素耦合影响，单一改造方式难以实现最优节能效果，需实施系统性优化。

1.2 泵站运行现存主要问题

一是核心设备能效偏低。老旧泵站多采用早期定型的低效水泵与普通异步电机，设备长期高负荷运行出现叶轮磨损、泵体结垢、轴承间隙增大、密封老化等问题，水力效率与机械效率持续衰减。同时，早期设备选型多依据极端峰值负荷选型，

日常运行负荷远低于设计工况，长期存在“大马拉小车”现象，功率因数低、无效能耗高。

二是运行调控方式粗放。多数传统泵站采用工频恒速运行，依靠出口阀门节流调节流量与压力，并未根据实际用水、排水负荷动态匹配机组运行状态。在夜间低峰、雨季来水较小、用水量波动较大的工况下，机组持续满速运行，节流损失巨大，能源浪费严重，且频繁节流调节易造成管路压力波动、水锤冲击，加速设备老化。

三是水力系统设计存在缺陷。部分泵站进出水流道设计老旧，导流结构不完善，进水池易出现回流、涡流、偏流等不良流态，造成进水能量损失；管网管道老化锈蚀、内壁结垢、局部堵塞、管件冗余过多，增加输水阻力，进一步提升输送能耗。

四是自动化管控水平不足。传统泵站普遍缺少实时监测、数据采集与智能调度系统，流量、压力、能耗、设备温度、运行负荷等关键参数无法实现动态监控。运维调度多依赖人工经验，机组启停、负荷分配缺乏数据支撑，调度方案不够科学，难以维持机组长期高效工况运行。

2 泵站节能降耗核心技术改造方案

2.1 高效泵组及电机更新改造

针对老旧设备能效衰减问题，依据泵站实际扬程、流量区间与常年负荷变化规律，重新校核设备选型参数，替换老旧低效水泵为新型高效水力模型泵组。新型水泵结构设计更加贴合水流运动规律，流态更稳定、水力损失更小，额定工况效率显著高于传统设备，可从源头提升输水效率。同步淘汰高耗能老旧电机，更换高效节能永磁同步电机或二级能效以上异步电机。高效电机具备损耗低、功率因数高、温升稳定、低负荷工况性能好等优势，能够有效降低机械损耗与电磁损耗。改造过

程中严格保证泵、电机、传动结构参数匹配,避免设备不匹配造成的附加能耗与震动损耗,保证机组整体高效协同运行。

2.2 变频调速节能改造

针对工频定速运行能耗浪费问题,对主力泵组实施变频调速系统改造。通过变频装置改变电机供电频率,实时调节水泵转速,替代传统阀门节流调节方式,实现流量、压力随负荷动态自适应匹配。在用水、排水高峰时段,机组高速运行满足输水需求;在负荷低谷时段,自动降速运行,降低输出功率,大幅减少节流损耗与空载损耗。变频改造同时可实现机组软启动、软停机,消除工频启动瞬时大电流冲击与机械冲击,降低设备疲劳损耗,减少机组故障频次,延长设备使用寿命。对于多泵组并联运行泵站,通过变频联动调节可实现负荷均衡分配,避免单台机组超负荷运行或低效空转,大幅提升系统整体运行经济性。

2.3 水力系统结构优化改造

水力系统优化重点解决流态紊乱、阻力过大、水力损耗高等隐性能耗问题。在进水池增设整流格栅、导流墩、消涡板等结构,改善进水均匀性,抑制涡流与回流现象,稳定进水流态,降低进水水力损失。优化出水池过渡结构,改善出水扩散条件,减少出水局部能量损耗。对老旧管网实施清理与改造,彻底清除管道内壁污垢、锈蚀沉积物,修复管道破损漏点,替换严重老化、缩径堵塞管段。优化管路布置,删减多余弯头、变径、节流管件,简化输水路径,降低管网沿程阻力与局部阻力,提升输水顺畅性,有效降低泵站输水提升能耗。

参考文献:

- [1] 周珣.水利工程泵站运行优化与节能降耗技术研究[J].工程建设与设计,2024(10):82-84.
- [2] 范燕玲.红寺堡扬水工程新庄集一泵站机电设备更新改造的必要性探究[J].现代工程科技,2023,2(14):110-112.
- [3] 罗冬平,叶生华,陈相宇.高原农村供水泵站节能改造与能效提升路径研究[J].水上安全,2026(7):121-123.

2.4 智能自动控制系统改造

搭建泵站智能化监测与控制系统,配置流量、压力、温度、电流、电压、能耗等传感监测设备,实现泵站运行参数 24 h 实时采集、动态监测与数据存储。系统基于实时运行数据与历史工况数据,可自动识别负荷变化,生成最优机组启停组合与频率调节方案,实现多泵组联动智能调度。智能控制系统具备异常报警、故障预警、能耗统计、运行分析等功能,能够及时发现设备低效运行、参数异常、隐性故障等问题,改变传统人工巡检、经验调度的粗放模式,实现精细化、数据化、智能化节能运维管理,保障泵站长期处于高效工况区间运行。

2.5 辅助系统节能优化改造

在主设备改造基础上,对泵站辅助设施进行全面节能升级。将传统照明设备替换为节能 LED 灯具,配套定时、感应控制装置,降低照明能耗;优化机房通风、冷却、除湿系统,实现温控自动启停,避免辅助设备长期空载运行。对配电系统进行无功补偿优化,提升电网功率因数,降低供电系统无功损耗,改善供电质量,实现泵站全系统、全流程节能降耗。

3 结语

水务泵站能耗偏高、运行效率偏低是制约市政水务绿色低碳发展的突出问题,开展系统化、专业化的节能技术改造,是实现水务工程降本增效的有效途径。未来,应持续推进泵站节能技术与智能调度体系深度融合,依托大数据、智能调控技术实现工况精准预判与负荷动态分配,不断提升泵站精细化、低碳化、智慧化运行水平,助力市政水务工程高质量可持续发展。