

电气自动化技术在老旧泵站改造中的实施要点与经验总结

张 劲

沙坡头区南山台电灌站 宁夏 中卫 755000

摘 要：电气自动化技术应用于老旧泵站改造，需围绕设备升级、系统集成与运维优化展开。实施要点包括：采用PLC与传感器实现数据采集与智能控制，通过变频调速降低能耗；构建三级架构（现地层-通信层-监控层）保障系统稳定性；强化设备兼容性测试与网络安全防护。经验表明，科学规划、适配性选型、分层协调管理及持续技术创新是提升改造效能的关键，可显著降低故障率与运维成本。

关键词：电气自动化技术；老旧泵站改造；实施要点；经验总结

引言：在我国水利体系中，老旧泵站分布广泛，承担着水资源调配、防洪排涝及农业灌溉等关键任务。然而，历经数十年运行，其设备老化、自动化程度低、能耗高、管理困难等问题日益凸显，难以满足现代水利发展需求。电气自动化技术凭借精准监测、智能控制与高效管理等优势，为老旧泵站改造提供了可行路径。深入探讨其实施要点与经验，对提升泵站运行效能、保障供水安全、推动水利设施现代化具有重要意义。

1 老旧泵站现状分析

1.1 老旧泵站的基本情况

老旧泵站多分布于我国中小城镇及乡村水利枢纽，部分集中在沿江、沿湖防洪排涝关键区域，规模以中小型为主，单站装机容量多在500kW以下。建设年代集中在20世纪60-90年代，历经数十年运行。其在水利体系中作用关键：（1）水资源调配方面，承担区域内水源转运、供需平衡调节功能；（2）防洪排涝方面，是低洼地区抵御汛期洪水、排除内涝的核心设施；（3）农业灌溉方面，为周边农田提供灌溉水源，保障农业生产稳定。

1.2 老旧泵站存在的问题

（1）设备老化：水泵、电机等核心设备长期运行，出现严重磨损、锈蚀，电气设备绝缘性能下降，导致设备运行效率降低，故障频发，停机维修频次增加。（2）自动化程度低：普遍采用人工现场操作的传统控制方式，缺乏完善的自动化监控和管理系统，无法实现远程控制、运行参数实时监测及故障预警，依赖人工经验判断运行状态。（3）能耗高：设备老化导致运行效率大幅下滑，同时缺乏变频调速等节能控制措施，单位水量提升能耗远高于新建泵站，能耗成本居高不下。（4）管理困难：人工操作和纸质记录的管理方式效率低下，设备运行数据、维修记录等信息传递不及时、不完整，难以实现对泵站运行状态的精细化管理和科学决策。

1.3 改造的必要性

（1）提高运行效率：通过自动化改造更新老化设备、优化控制方式，可显著提升设备运行稳定性和效率，减少故障停机时间。（2）保障供水安全：自动化监控能实时掌握供水状态，及时处置异常情况，提升水资源调配和防洪排涝保障能力，保障城乡供水和防洪安全。（3）降低能耗和管理成本：引入节能设备和智能控制技术可大幅降低能耗，自动化管理减少人工投入，降低运维管理成本。（4）适应现代水利发展需求：推进电气自动化改造是构建智慧水利体系的重要举措，契合新时代水利高质量发展要求，提升水利设施现代化管理水平^[1]。

2 电气自动化技术在老旧泵站改造中的应用原理

2.1 电气自动化技术概述

电气自动化技术是指借助电气设备、电子元件及计算机技术，对工业生产或各类设施的电气系统实现自动监测、控制与管理的综合性技术，其核心内涵是通过技术手段替代人工操作，提升系统运行的精准性、稳定性与效率。在老旧泵站改造中，核心技术手段包括四大类：一是可编程逻辑控制器（PLC），作为控制核心，可根据预设程序对泵站设备进行逻辑控制与动作执行；二是传感器技术，负责采集各类运行参数，为控制决策提供数据支撑；三是通信技术，实现现场设备与监控中心的数据传输，保障信息互通；四是组态软件，用于构建可视化监控界面，直观呈现运行状态并支持人机交互操作。

2.2 电气自动化技术在泵站中的应用功能

（1）数据采集与监测：在泵站关键位置布设水位、流量、压力、电压、电流等各类传感器，实时采集泵站运行核心参数及水泵、电机等设备的运行状态数据；通过数据采集模块对信号进行转换处理后，借助通信网络传输至监控中心，实现对泵站整体运行情况的全方位、实时化监测，替代传统人工巡检的滞后性数据获取方式。（2）自

动控制：以PLC为控制核心，结合采集的实时数据与预设控制策略，自动完成水泵启停、变频调速、闸门开关等操作。例如，当监测到水位达到预设上限时，系统自动启动备用水泵；根据供水量需求自动调节水泵转速，实现供需匹配，无需人工现场干预，保障泵站运行的精准性与高效性^[2]。（3）故障预警与诊断：系统实时分析采集的设备运行数据，将其与正常运行参数阈值进行比对，当数据出现异常偏差时，立即发出声光预警信号并记录异常信息；同时，通过内置诊断算法对故障类型、故障位置进行初步判断，生成诊断报告，为维修人员提供精准维修方向，缩短故障处置时间。（4）远程监控与管理：依托以太网、4G/5G等通信技术，构建远程数据传输通道，监控中心通过组态软件可视化界面，实时查看泵站运行数据与设备状态；管理人员可远程下发控制指令，实现水泵启停、参数调整等操作，同时远程记录设备运行日志、维修记录等信息，大幅提升泵站管理的便捷性与效率，降低人工现场管理成本。

3 电气自动化技术在老旧泵站改造中的实施要点

3.1 系统设计

（1）需求分析：结合老旧泵站原有功能定位与当前运行短板，明确改造核心目标，精准界定监测参数范围，涵盖水位、流量、压力等水文参数及电机电流、电压、设备温度等运行参数；确定控制方式优先级，优先实现关键设备自动启停、变频调速等核心功能；明确通信要求，包括数据传输速率、延迟阈值及远程控制信号稳定性标准，确保改造方案贴合泵站实际运行需求。

（2）总体架构设计：构建“现地控制层-通信网络层-监控管理层”三级架构。现地控制层负责现场设备实时控制与数据采集，实现本地化独立运行；通信网络层采用以太网与4G/5G双模冗余设计，保障数据双向传输稳定；监控管理层搭建可视化监控平台，实现全局运行状态监测、远程指令下发与数据汇总分析，明确各层级接口协议与数据交互标准，确保架构兼容性与扩展性^[3]。（3）详细设计：硬件方面，依据监测精度与环境适应性要求完成传感器选型；匹配泵站负载特性选定PLC型号，完成I/O模块扩展设计。软件方面，基于控制逻辑编写PLC程序，实现设备联动控制；设计组态软件界面，包含实时数据仪表盘、设备状态示意图、故障报警窗口等功能模块，提升人机交互便捷性。

3.2 设备选型与采购

（1）设备选型原则：遵循“适配性优先、性价比均衡”原则，所选设备需与泵站原有设施兼容，满足恶劣工况下的可靠性要求；优先选用技术先进、能耗低的产

品，同时确保设备具备良好的售后保障与升级潜力，避免因设备不兼容或性能不足影响改造效果。（2）主要设备选型：水泵、电机选型需匹配泵站设计流量与扬程，优先选用变频节能型产品；PLC选用抗干扰能力强、编程便捷的主流型号，保障控制稳定性；传感器根据监测参数类型选定，确保测量精度与环境耐受性；通信设备需适配网络架构，保障信号覆盖与传输质量，选型时同步核查设备认证资质。（3）设备采购与验收：制定详细采购计划，明确设备规格、数量、交付周期；筛选具备行业资质与成功案例的供应商，签订规范采购合同。验收阶段严格依据设计标准与行业规范，开展外观检查、性能测试与参数校准，对不合格设备要求退换货，确保采购设备符合改造需求。

3.3 设备安装与调试

（1）安装准备：开展场地勘察，完成安装区域平整与清理；按设计要求施工设备基础，保障基础强度与水平度；规划电缆敷设路径，做好防护套管预埋与线槽安装，提前完成电缆绝缘测试，避免施工过程中损坏设备或线路。（2）设备安装：严格遵循设备安装说明书与水利工程施工规范，精准完成传感器、PLC控制柜、水泵、电机等设备的定位安装与固定；规范连接电气线路，做好接线标识与绝缘处理；安装闸门、执行机构等辅助设备，确保设备联动顺畅，安装完成后进行全面检查，排除松动、错位等问题。（3）系统调试：先开展单机调试，逐一测试设备启停、参数采集等功能；再进行系统联调，验证设备联动逻辑、数据传输与远程控制功能，模拟故障场景测试预警响应能力；对调试中出现的参数偏差、信号中断等问题及时排查整改，确保系统各项功能达标^[4]。

3.4 数据管理与分析

（1）数据采集与存储：搭建高精度数据采集系统，配置数据校验模块，过滤异常数据，保障采集数据的准确性与完整性；采用本地数据库与云端备份双重存储模式，设定数据存储周期与归档规则，确保历史数据可追溯，同时做好数据加密处理，保障数据安全。（2）数据分析与应用：运用大数据分析工具，对泵站运行数据进行趋势分析、负荷优化分析与故障溯源分析；提取设备运行效率、能耗指标等关键信息，生成可视化分析报告，为泵站运行参数优化、设备维护计划制定与管理决策提供数据支撑，提升泵站精细化管理水平。

3.5 人员培训与运维管理

（1）人员培训：制定分层培训计划，对运维人员开展系统理论、操作技能与故障处置培训；通过现场实操

演练,使其熟练掌握监控平台操作、设备日常检查与常见故障维修方法;建立培训考核机制,确保运维人员具备独立运维能力。(2)运维管理:制定完善的运维管理制度,明确运维人员岗位职责与工作流程;建立设备台账,记录设备型号、安装时间、维修记录等信息;制定定期维护计划,定期开展设备巡检、参数校准与保养工作,及时处理潜在隐患,保障电气自动化系统长期稳定运行。

4 电气自动化技术在老旧泵站改造的经验总结

4.1 改造过程中的成功经验

(1)科学规划与设计:改造前开展全面实地调研,精准掌握泵站设备状况、运行需求及现存短板,结合水利发展规划制定个性化改造方案,明确各阶段目标与任务,为改造工作有序推进奠定基础。(2)选择合适的设备和技术:坚持“适配性”核心原则,依据泵站规模、工况条件及改造目标,筛选性能可靠、兼容性强且性价比高的设备与技术,避免盲目追求高端,提升改造针对性与实效性。(3)加强项目管理:建立健全项目管理体系,明确各部门职责,强化进度管控、质量监督与成本核算,通过定期调度会及时解决推进难题,确保项目按时、按质、按量完成。(4)注重人员培训和技术支持:提前开展运维人员分层培训,覆盖系统操作、故障排查等核心技能;同时搭建技术支持平台,联动设备供应商与技术专家,快速响应并解决改造中的技术问题。

4.2 改造中遇到的问题及解决方案

(1)设备兼容性问题:老旧设备与新系统接口不匹配、通信协议不一致等问题频发。解决方案:优先选用支持通用协议的设备,对特殊老旧设备进行接口改造或加装转换模块,提前开展设备联调测试,确保系统集成顺畅。(2)数据安全与网络安全问题:自动化系统联网后,面临数据泄露、网络攻击等风险。解决方案:部署防火墙、入侵检测系统,对传输数据进行加密处理;建立安全管理制度,定期开展安全检测与漏洞修复,保障数据与网络安全。(3)施工过程中的协调问题:改造

涉及电气、水利、施工等多个专业及多部门,易出现权责交叉、配合不畅问题。解决方案:建立跨部门协调机制,明确各方职责与协作流程,定期召开协调会议,统筹推进施工进度,保障各环节衔接顺畅^[5]。

4.3 对未来改造工作的建议

(1)持续技术创新:密切关注物联网、大数据、AI等前沿技术在电气自动化领域的应用动态,积极引入智能传感、无人值守等新技术、新设备,不断提升泵站自动化、智能化水平。(2)加强标准化建设:加快制定完善老旧泵站电气自动化改造的技术标准、施工规范与验收准则,统一设备选型、系统集成等关键环节要求,提升改造工作规范化水平。(3)推广应用经验:系统梳理改造中的成功案例与实操经验,通过行业交流会、技术手册、线上平台等多种形式推广,为各地老旧泵站改造提供可借鉴的思路与方案,推动行业整体改造质量提升。

结束语

电气自动化技术在老旧泵站改造中成效显著,有效解决了设备老化、效率低下等问题,提升了泵站自动化、智能化水平,为水利设施稳定运行与水资源合理调配提供了有力支撑。未来,应持续关注技术前沿,强化标准化建设,积极推广成熟经验,推动更多老旧泵站实现高效改造,构建更加安全、智能、绿色的现代水利体系,更好地服务经济社会发展和民生保障。

参考文献

- [1]刘昕.泵站自动化改造中的控制系统研究[J].自动化技术与应用,2022,31(3):15-20.
- [2]徐志民.基于无线通信的泵站自动化改造研究[J].机电信息,2023,(1):116-119.
- [3]陈俊兴.泵站中电气自动化控制的应用探析[J].黑龙江水利科技,2021,49(11):164-166.
- [4]董尚君.巢湖水利泵站电气自动化设计分析[J].工程技术研究,2024,9(15):198-200.
- [5]张耀祖.浅析水利泵站电气自动化设计[J].当代农机,2023,(06):55-56.