

建筑生活水泵房电气工程智能化技术应用与运维研究

赵世帅

大连经济技术开发区沃特给水工程有限公司 辽宁 大连 116100

【摘要】：建筑生活水泵房是民用建筑给水系统的核心配套设施，其电气控制系统的稳定、高效运行，直接关系建筑日常供水安全与用水保障。传统生活水泵房电气控制多采用人工值守、固定逻辑启停、粗放式运维模式，存在控制精度低、设备能耗高、故障响应滞后、运维效率低下等诸多问题，难以适配现代智慧建筑的运行管理需求。智能化电气技术的普及应用，为建筑生活水泵房电气系统升级改造提供了有效路径，通过变频控制、PLC 可编程控制、智能传感监测、远程运维等技术的集成应用，可实现水泵机组自动化调控、电气设备状态实时监测、系统故障自主预警与精细化运维。本文结合建筑生活水泵房电气系统的组成结构与运行特点，梳理传统电气控制模式的现存短板，系统分析各类智能化电气技术在泵房给水控制、电气保护、设备运维、能耗管控中的具体应用方式，提出适配建筑生活给水场景的智能化落地路径与优化措施，旨在提升建筑水泵房电气系统的稳定性、安全性与节能性，完善建筑给水电气智能化运维体系，为同类建筑泵房电气工程改造与新建项目设计提供参考。

【关键词】：建筑工程；生活水泵房；电气工程；智能化技术；给水控制；运维管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.12.041

1 引言

建筑生活水泵房电气工程涵盖水泵机组动力控制、配电系统、信号监测、保护联锁、运维管控等多个模块，是保障建筑生活用水连续、稳定供给的核心机电系统。现代建筑业业态复杂、用水时段波动明显、供水稳定性要求严苛，对水泵房电气控制系统的自动化程度、安全性能与节能水平提出了更高标准。智能化电气技术依托自动化控制、物联网传感、数据处理、远程通信等核心能力，打破了传统泵房电气人工操作、被动运维的运行模式，可实现水泵机组根据管网用水需求自主调节运行状态，同时完成电气设备运行参数的实时采集、异常状态自动识别与故障主动预警。本文围绕建筑生活水泵房电气工程核心模块，阐述智能化技术的应用原理与落地方式，梳理智能化改造中的关键技术要点与实施规范，形成适配民用建筑给水场景的智能化电气应用与运维方案。

2 建筑生活水泵房传统电气工程运行短板

常规建筑生活水泵房传统电气工程以继电器逻辑控制、人工启停操作为核心运行模式，整体系统自动化水平较低，控制逻辑固定，适配性与稳定性不足，在长期运行中存在多项明显短板，无法适配现代建筑精细化供水与运维需求。

传统电气控制模式调控灵活性不足。传统泵房电气系统多采用工频恒速运行模式，水泵机组启动后保持固定转速运行，无法根据建筑用水高峰、低谷的流量与压力变化动态调整运行状态。用水低峰时段，机组持续满负荷运行，不仅造成大量电能浪费，还会导致管网压力过高，加剧管道损耗；用水高峰时段，固定转速水泵供水能力有限，易出现管网压力不足、供水不稳定的问题，整体调控精度与适配性较差。同时，传统控制逻辑依赖人工切换机组启停、轮换运行，操作流程繁琐，人为操作失误易引发供水中断、设备过载等问题。

电气监测与故障防护能力薄弱。传统水泵房电气系统缺乏系统化的状态监测模块，仅依靠常规过载、短路基础保护装置，无法对水泵电机运行温度、工作电流、运行电压、管网压力、设备振动等关键参数进行实时监测。设备运行异常初期无预警提示，多数故障需在设备停机、供水异常后才能被发现，故障排查滞后，易造成短时供水中断，影响建筑正常用水。同时，传统电气保护逻辑简单，缺乏联动保护机制，单一设备故障易引发连带问题，降低整个给水电气系统的运行安全性。

运维管理模式粗放低效。传统泵房运维完全依赖人工定期巡检、台账记录，巡检频次有限、覆盖范围不全，设备隐性故障、线路老化、参数偏移等隐患难以及时排查。运维工作缺乏标准化、数字化记录，设备运行状态无连续数据支撑，运维人员无法精准掌握设备损耗规律与运行状态，只能采取故障后维修、定期大修的被动运维模式，运维成本高、设备使用寿命短。此外，传统泵房无远程管控能力，运维人员需现场值守操作，突发故障响应速度慢，人力运维效率低下。

系统节能性与适配性较差。传统工频控制模式下，水泵机组频繁启停、恒速运行，机械损耗与电能损耗长期处于较高水平，整体节能效果差。同时，传统电气系统扩展能力弱，控制逻辑固化，无法适配建筑后期用水格局调整、供水负荷变化等场景，系统升级改造难度大、适配性不足。

3 建筑生活水泵房核心智能化电气技术应用

针对传统水泵房电气工程的运行短板，现阶段建筑泵房智能化改造主要依托 PLC 可编程控制技术、变频调速技术、智能传感监测技术、远程运维技术、电气智能保护技术五大核心技术，实现泵房电气系统自动化、精准化、数字化运行，全面优化建筑生活给水控制与运维体系。

3.1 PLC 可编程控制技术的核心应用

PLC 可编程控制技术是建筑生活水泵房电气智能化的核心基础技术,可替代传统继电器逻辑控制,实现水泵机组运行逻辑的可编程、自动化、精准化管控。该技术通过预设标准化控制程序,整合管网压力、流量、水位等信号参数,自动完成水泵机组的启停控制、轮换运行、故障切换、联动保护等操作,无需人工干预,大幅提升系统自动化水平。

在生活给水场景中,PLC 控制器可根据建筑用水负荷变化,执行多泵联动轮换运行逻辑,平衡各水泵机组的运行时长与机械损耗,避免单一设备长期高负荷运行,延长设备整体使用寿命。同时,PLC 可实现高低水位、管网压力的阈值联动控制,当管网压力低于设定下限时自动启动备用水泵,压力达到上限值时自动关停冗余机组,稳定管网供水压力。相较于传统固定逻辑控制,PLC 控制逻辑可根据建筑用水需求灵活修改、迭代升级,系统适配性与扩展性更强,能够满足不同建筑业态、不同用水时段的供水调控需求。

3.2 变频调速智能控制技术应用

变频调速技术是解决传统水泵工频运行能耗高、压力不稳定问题的关键智能化技术,常与 PLC 控制系统协同配套使用,实现生活供水系统的恒压变频调控。该技术通过变频器改变水泵电机的供电频率与转速,根据管网实时压力动态调整机组运行功率,实现按需供水。

建筑用水存在明显的峰谷差异,用水高峰时段,变频器自动提升电机转速,增大供水流量,保障管网压力稳定;用水低谷时段,降低电机转速,减少无效能耗输出,避免管网超压、设备空转损耗。变频调速模式可实现水泵机组软启动、软停止,规避传统工频启停带来的电流冲击与机械震动,减少电机、轴承、管道的机械损耗,提升设备运行稳定性。在建筑生活水泵房场景中,变频智能调控可有效平衡供水稳定性与设备节能性,是现阶段泵房电气智能化改造的核心应用技术。

3.3 智能传感与实时监测技术应用

智能传感技术为泵房电气智能化运行提供数据支撑,通过在水泵机组、配电系统、管网、泵房环境布设各类智能传感器,实现系统运行参数的全方位、实时化采集。常用传感设备包括压力传感器、流量传感器、温度传感器、电流电压传感器、液位传感器等,可精准采集管网压力、供水流量、电机温度、电气运行参数、水池水位等关键运行信息。

各类传感器将采集的模拟信号实时传输至 PLC 控制器与后台监测终端,实现泵房电气与供水系统运行状态的可视化监测。系统可根据预设参数阈值,对异常状态进行主动识别,当出现电机过热、电流过载、管网压力异常、水位超限等问题时,自动触发预警信号,同时联动执行保护动作,规避设备损坏与供水故障。智能传感监测技术彻底改变了传统人工巡检的被动

模式,实现隐患提前识别、异常实时感知,大幅提升泵房系统的安全防控能力。

3.4 电气智能保护与联锁技术应用

基于智能化控制体系的电气智能保护与联锁技术,完善了传统泵房单一的电气保护机制,构建起全方位、联动式的安全防护体系。传统电气系统仅具备基础的短路、过载保护,智能化系统在此基础上增加了缺相保护、过压欠压保护、电机过热保护、水泵干转保护、管网超压联锁保护等多重防护功能。

当电气设备出现缺相、电压异常、过载等故障时,系统可快速切断设备电源,同时发出故障预警,避免电气设备烧毁、线路损坏等安全问题。当出现水池缺水导致水泵空转、管网压力异常飙升等工况故障时,系统触发联锁停机逻辑,锁定设备运行状态,杜绝违规运行引发的设备损坏与安全隐患。多重智能联锁保护逻辑相互配合,可全面覆盖电气故障与工况故障,保障泵房电气系统与供水设备安全稳定运行。

3.5 远程智能运维技术应用

依托物联网通信技术,构建泵房远程智能运维体系,实现无人值守、远程管控的现代化运维模式。智能化泵房可将设备运行参数、故障信息、运行日志实时上传至远程管理终端,运维人员可通过终端实时查看泵房整体运行状态,无需现场值守即可完成日常监管工作。

针对轻微运行异常,可通过远程终端完成参数微调、设备复位、机组切换等操作,提升故障处置效率;针对重大故障,系统自动记录故障点位、故障类型与运行数据,为运维人员现场检修提供精准依据,缩短故障排查与处置时长。同时,远程系统可自动存储设备运行数据,形成完整运维台账,为设备损耗分析、定期维保、系统升级提供数据支撑,实现从被动维修向主动预防性运维的转变。

4 建筑生活水泵房智能化电气工程实施优化策略

为充分发挥智能化技术在泵房电气工程中的应用价值,结合建筑生活给水运行特性与工程实操经验,从系统适配、设备协同、安全管控、运维体系四个方面制定针对性优化策略,保障智能化系统稳定、高效、长效运行。

坚持按需适配的智能化设计原则。建筑生活水泵房智能化改造与新建设计需结合建筑规模、用水人数、管网布局、供水负荷等实际工况,杜绝过度智能化与设备冗余配置。小型民用建筑可采用 PLC+变频简约智能化架构,满足恒压供水、基础监测与保护需求;大型商住建筑需搭建多设备联动、远程运维、多重防护的一体化智能系统,适配复杂用水场景。同时,统一设备通信协议与控制标准,保障控制器、变频器、传感器、运维终端的协同适配,避免设备兼容性问题引发的系统运行异常。

优化设备联动控制逻辑与参数配置。结合建筑用水规律，精细化调试多泵联动、峰谷调节、轮换运行等核心控制逻辑，合理设置管网压力、水位、温度等参数阈值，平衡供水稳定性与设备节能性。优化水泵启停缓冲逻辑，避免频繁启停造成的设备损耗与电网波动，根据季节用水差异动态微调运行参数，提升系统工况适配能力。同时，完善故障切换逻辑，保障单台设备故障时备用机组可无缝投入运行，杜绝供水中断问题。

强化电气系统安全与抗干扰设计。水泵房属于机电设备集中、电磁环境复杂的场景，智能化电气设备易受电磁干扰影响运行精度。工程实施中需做好线路屏蔽、设备接地、强弱电分离布置，降低电磁干扰对传感信号、控制信号的影响，保障数据采集精准、控制指令稳定。同时，完善电气防火、防水、防潮设计，适配泵房潮湿的运行环境，提升智能化电气设备的环境适配性与运行稳定性。定期校验传感设备、控制设备精度，杜绝参数偏移引发的调控异常。

构建标准化智能化运维管理体系。建立适配智能泵房的常态化运维制度，摒弃传统人工粗放运维模式，依托数字化运行台账，制定针对性的设备维保计划，定期对 PLC 控制器、变频器、传感器、通信设备进行调试、校准与维护。开展运维人员

智能化设备操作培训，熟练掌握系统监控、参数调试、故障排查、远程运维等操作技能，充分发挥智能化系统的技术优势。同时，完善故障应急预案，针对系统断电、设备瘫痪、通信中断等突发问题制定处置流程，保障建筑供水系统持续稳定运行。

5 结语

建筑生活水泵房电气工程智能化改造是现代智慧建筑发展的必然趋势，也是提升建筑生活供水安全性、稳定性与节能性的核心举措。传统泵房电气系统存在调控粗放、监测滞后、运维低效、能耗偏高的诸多短板，难以适配现代建筑用水需求。通过 PLC 可编程控制、变频调速、智能传感监测、电气联动保护、远程运维等智能化技术的集成应用，可有效实现水泵机组精准调控、运行状态实时监测、故障风险主动预警、运维模式数字化升级，全面优化建筑给水电气系统的运行效能。在工程实操中，需结合建筑实际工况，科学开展智能化系统设计与改造，优化设备联动逻辑与运维体系，兼顾系统安全性、稳定性与节能性，持续提升建筑生活水泵房电气工程的智能化、标准化、精细化运行水平，为建筑日常稳定供水提供坚实的机电技术保障。

参考文献:

- [1] 王锋,张立文.智能化控制技术在建筑给排水系统中的应用研究[J].产城,2026(06):172-174.
- [2] 李刚.建筑给排水泵房电气自动化控制系统设计与实现[J].工程技术研究,2024,9(11):89-91.
- [3] 张伟.变频节能技术在建筑水泵电气控制中的应用[J].科技创新与应用,2023,13(28):145-148.