

自动化水处理设备与供排水电气系统的协同控制研究

王鹏飞¹, 陈良良²

¹ 绍兴柯桥供水有限公司 浙江绍兴

² 嘉兴澳赛科技有限公司 浙江嘉兴

【摘要】在水资源愈发珍贵、用水需求持续攀升的当下，自动化水处理设备与供排水电气系统的协同控制至关重要。本文深度剖析研究背景，从水资源现状到自动化技术趋势，细致解读协同控制原理，涵盖系统架构与核心算法。探讨其在水质保障、节能降耗及故障预警等多场景应用，直面技术集成、管理维护、人才短缺等挑战，提出针对性策略，为水处理行业智能化转型、高效稳定运行筑牢理论根基。

【关键词】自动化水处理设备；供排水电气系统；协同控制

【收稿日期】2025 年 1 月 10 日

【出刊日期】2025 年 2 月 11 日

【DOI】10.12208/j.ijme.20250001

Research on the coordinated control of automated water treatment equipment and water supply, drainage, and electrical systems

Pengfei Wang, Liangliang Chen

¹Shaoxing County Water Supply Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang

²Jiaying Ausay Technology Co., Ltd, Jiaying, Zhejiang

【Abstract】 At a time when water resources are becoming increasingly precious and water demand is continuously rising, the coordinated control of automated water treatment equipment and water supply, drainage, and electrical systems is of great significance. This paper deeply analyzes the research background, from the current situation of water resources to the trend of automation technology, and carefully interprets the principles of coordinated control, covering system architecture and core algorithms. It explores its applications in multiple scenarios such as water quality assurance, energy conservation and consumption reduction, and fault early warning, confronts challenges such as technical integration, management and maintenance, and talent shortage head-on, and proposes targeted strategies to lay a solid theoretical foundation for the intelligent transformation and efficient and stable operation of the water treatment industry.

【Keywords】 Automated Water Treatment Equipment; Water Supply, Drainage, and Electrical Systems; Coordinated Control

引言

水，作为生命之源，是社会运转与经济发展的根基。水处理与供排水系统的稳定运行，关乎民生福祉与产业兴衰。随着自动化技术如浪潮般席卷各领域，水处理与供排水系统迎来革新契机^[1]。深入探究二者协同控制，能大幅提升水处理效率，保障供排水安全，对推动水处理行业向智能化、高效化迈进，满足社会日益增长的用水需求意义非凡。

1 自动化水处理设备与供排水电气系统协同控制的研究背景

1.1 水资源现状与水处理需求分析

全球水资源分布不均，部分地区水资源短缺问题严峻，同时水污染问题愈发严重，工业废水、生活污水肆意排放，导致水体富营养化、重金属超标等现象频发，使可利用水资源进一步减少^[2]。随着人口增长与工业化、城市化进程加速，工农业生产与居民生

活用水需求持续攀升。农业灌溉需要稳定、优质水源以保障农作物生长,工业生产对水质要求更为严苛,如电子芯片制造需超纯水,一旦水质不达标,将严重影响产品质量。居民生活用水不仅要求水量充足,更需水质安全,保障人体健康。

1.2 自动化技术在水处理与供排水领域的发展趋势

自动化技术在水处理与供排水领域发展迅猛。在水处理方面,自动化设备不断涌现,如智能水质监测仪,可实时监测水中酸碱度、溶解氧、化学需氧量等多项指标,并通过无线传输将数据反馈至控制系统,实现对水处理过程的精准调控。自动化加药设备能根据水质变化自动调整药剂添加量,提高水处理效果^[3]。在供排水领域,自动化泵站可根据水位、流量自动启停水泵,优化供水调度。

1.3 传统供排水与水处理系统协同的不足

传统供排水与水处理系统各自为政,缺乏有效协同。水处理设备多为独立运行,未与供排水电气系统建立紧密联系,导致处理后的水质无法及时匹配供水需求。例如,在用水高峰期,水处理设备可能因未及时响应供水压力变化,导致供水水质不稳定。供排水电气系统控制方式粗放,无法根据水处理设备运行状态灵活调整。如泵站水泵启停多依据人工经验或简单定时控制,不能精准匹配水处理进度,造成能源浪费。

2 自动化水处理设备与供排水电气系统协同控制原理剖析

2.1 系统架构与数据传输机制

自动化水处理设备与供排水电气系统协同控制依托复杂系统架构。该架构包括感知层、传输层、控制层与应用层。感知层由各类传感器组成,分布于水处理设备、供水管网、排水管网及电气设备关键部位,实时采集水质、水量、压力、电流、电压等数据。传输层采用有线与无线相结合方式,如光纤、4G/5G通信技术,将感知层数据快速、稳定传输至控制层。控制层核心为工业计算机与可编程逻辑控制器(PLC),对接收数据进行分析处理,依据预设控制策略生成控制指令^[4]。

2.2 控制逻辑与算法原理

控制逻辑基于实时数据反馈,以保障水质、优化能耗、确保系统稳定运行为目标。例如,在水质保障

方面,当水质监测传感器检测到水中污染物浓度超标,控制逻辑启动水处理设备加药、过滤等环节强化处理,同时反馈至供排水电气系统,适当降低供水流量,避免不合格水进入管网^[5]。在节能降耗上,通过分析水泵、风机等设备运行数据,利用智能算法调整设备运行频率与启停时间,实现能耗最优。常用算法有模糊控制算法,根据多个变量模糊关系确定控制量,适应系统复杂非线性特性;遗传算法通过模拟生物进化过程,搜索最优控制参数,提高系统整体性能。这些算法协同作用,使自动化水处理设备与供排水电气系统高效协同。

2.3 协同控制的关键技术支撑

协同控制离不开多项关键技术支撑。物联网技术实现设备互联互通,将水处理设备、供排水设施、电气设备等连接成有机整体,实时采集与传输海量数据。大数据技术对采集数据深度挖掘分析,为控制决策提供依据,如通过分析历史水质数据预测水质变化趋势,提前调整水处理工艺^[6]。人工智能技术,如机器学习、深度学习算法,能对设备运行状态进行智能诊断,自动识别故障类型与位置。例如,利用深度学习构建神经网络模型,通过大量设备故障样本训练,实现对水泵故障的精准预测与诊断。

3 自动化水处理设备与供排水电气系统协同控制的应用场景

3.1 保障水质稳定的协同应用

在保障水质稳定方面,协同控制发挥关键作用。当水源水质发生变化,如遇暴雨导致原水浊度增加,自动化水处理设备中的智能监测仪迅速检测到水质异常,将数据传输至控制系统。控制系统依据预设程序,自动调整絮凝剂、消毒剂添加量,加强沉淀、过滤等处理环节^[7]。同时,供排水电气系统配合,适当降低供水压力,减缓水流速度,确保水处理效果。在管网末梢,水质监测点实时反馈水质数据,若发现余氯含量不足,控制系统及时调整水处理设备加氯量,并通过电气系统调节管网压力,保证管网中水质始终符合饮用水标准,为居民提供安全、稳定的饮用水。

3.2 实现节能降耗的协同实践

协同控制助力实现节能降耗。供排水电气系统中的水泵、风机等设备是能耗大户,通过与自动化水处理设备协同,可优化运行模式。例如,利用大数据

分析不同时段用水需求与水处理负荷,在用水低谷期,适当降低水泵转速、减少水处理设备运行数量,通过智能算法精确控制设备启停时间,避免设备空转。同时,根据水处理过程中能源消耗数据,调整电气系统供电参数,如优化电机变频控制,降低能耗^[8]。

3.3 故障预警与应急处理的协同操作

在故障预警与应急处理方面,协同控制优势显著。传感器实时监测设备运行状态,一旦发现异常,如水泵振动超标、电气设备温度过高,自动化水处理设备与供排水电气系统立即启动故障预警机制。通过数据分析判断故障类型与可能影响范围,自动切换备用设备,保障系统基本运行。同时,将故障信息快速传输至管理人员终端,提示维修人员及时处理。在应对突发水污染事件时,协同控制迅速响应,自动关闭相关阀门,阻止污染扩散,启动应急水处理流程,加大药剂投加量,强化处理工艺,同时调整供排水电气系统运行模式,优先保障应急用水需求,最大程度降低事故影响。

4 自动化水处理设备与供排水电气系统协同控制面临的挑战

4.1 技术集成与兼容性难题

自动化水处理设备与供排水电气系统涉及多种技术与设备品牌,技术集成难度大。不同厂家设备通信协议、接口标准各异,导致数据传输不畅,难以实现有效协同。例如,部分老旧水处理设备采用自定义通信协议,与新的供排水电气自动化系统兼容性差,需投入大量人力、物力进行改造。同时,新技术如大数据、人工智能与现有系统融合困难,现有系统架构可能无法承载海量数据处理需求,在引入智能算法时,可能出现计算资源不足、算法运行不稳定等问题,严重制约协同控制技术发展与应用。

4.2 运行管理与维护的复杂性

协同控制系统运行管理与维护复杂。设备种类繁多,包括水处理设备、电气设备、传感器、通信设备等,各设备运行状态监测与维护要求不同。例如,水处理设备中的膜处理装置需定期清洗、更换膜组件,电气设备要进行绝缘检测、预防性维护。系统运行数据量大,如何从海量数据中提取有效信息,为设备维护与运行管理提供决策支持,是一大难题。

4.3 专业人才短缺与技能要求高

协同控制系统对专业人才需求迫切。既懂水处

理工艺,又掌握自动化技术、电气控制知识的复合型人才匮乏。现有从业人员多为单一专业背景,对协同控制系统整体运行原理与操作技能掌握不足。例如,传统水处理人员对自动化设备故障诊断与维修能力欠缺,电气工程师对水处理工艺了解有限。企业内部培训体系难以在短期内提升员工综合技能,外部招聘此类复合型人才竞争激烈,招聘成本高。人才短缺导致系统运行管理与维护水平受限,影响协同控制效果与系统稳定运行。

5 提升自动化水处理设备与供排水电气系统协同控制效果的策略

5.1 优化技术集成与系统兼容性策略

制定统一技术标准与通信协议,规范设备接口,促进不同厂家设备互联互通。在项目规划阶段,优先选用兼容性强的设备与技术方案,从源头降低技术集成难度。建立技术集成测试平台,对新引入设备与技术进行兼容性测试,提前发现并解决问题。对于老旧设备,采用中间件技术实现通信协议转换,提升与新系统兼容性。推动产学研合作,鼓励高校、科研机构与企业联合研发适合协同控制系统的新技术、新设备,促进大数据、人工智能等前沿技术与现有系统深度融合,优化系统架构,提升系统整体性能与兼容性。

5.2 完善运行管理与维护机制策略

建立健全运行管理与维护制度,明确各设备维护周期、维护内容与责任人。利用设备管理软件,对设备运行数据进行实时监测、分析与预警,实现设备预防性维护。例如,根据设备历史故障数据与运行状态,预测设备故障发生时间,提前安排维护,降低设备故障率。加强数据管理,建立数据仓库,运用数据挖掘技术提取有价值信息,为运行管理决策提供依据。成立专业维修团队,定期进行技术培训与演练,提高维修人员跨专业技能与故障应急处理能力,保障系统稳定运行。

5.3 加强专业人才培养与团队建设策略

企业与高校、职业院校合作,开设相关专业课程,如“自动化水处理与供排水系统集成”,培养复合型人才。课程设置涵盖水处理工艺、自动化技术、电气控制、数据处理等内容,通过实践教学让学生掌握实际操作技能。加强企业内部培训,邀请行业专家开展技术讲座,组织员工参加线上线下培训课程,鼓励员

工考取相关职业资格证书,如自动化系统工程师、水处理工程师证书。建立人才激励机制,对掌握核心技术、为系统优化做出突出贡献的员工给予奖励,吸引与留住人才,打造专业人才团队,为协同控制系统高效运行提供人才保障。

6 结论

自动化水处理设备与供排水电气系统协同控制,是提升水处理效率、保障供排水安全的关键路径。尽管面临技术集成、管理维护、人才短缺等挑战,但通过优化技术集成策略、完善运行管理机制、加强人才培养,能够有效应对。未来,随着技术持续创新与协同控制深入发展,将为水处理行业带来革命性变革,助力水资源合理利用与社会可持续发展,为构建高效、智能的供排水与水处理体系奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 严晨.基于 PLC 和物联网的分散式污水处理设备自动化控制系统研究[J].科技风,2023,(12):7-9.
- [2] 陶文娟,韩冰.乡村振兴视域下的污水处理设备自动化启闭技术[J].自动化与仪器仪表,2022,(08):138-141.
- [3] 林炯铨,基于 PLC 电气自动化控制水处理系统.陕西省,

西安利源环保科技有限公司,2022-05-12.

- [4] 曹渊,宋杰,朱彬,等.浅析电厂水处理设备自动化控制系统设计[J].科技资讯,2021,19(21):23-25.
- [5] 张文清.智能化水处理设备的自动化系统[J].建材与装饰,2018,(29):294-295.
- [6] 樊庆保.浅析机电自动化技术的研究与发展[A].中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会.2020 万知科学发展论坛论文集(智慧工程一)[C].2020.
- [7] 李佳苹.机电工程技术应用及其自动化问题探析[J].科技与创新,2022(19):83-85.
- [8] 郭朝江.探究电气及自动化在机电工程中的应用[J].电子世界,2020(15):185-186.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS