

Research on Key Technologies for Quality Control of Mechanical and Electrical Installation Engineering in Municipal Wastewater Treatment Plants

Jibin Shao

Shouchuang Aihua (Tianjin) Municipal Environmental Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract

Against the backdrop of the continuous development of urban sewage treatment facilities towards scale, intensification, and intelligence, the quality of mechanical and electrical installation engineering has become an important factor restricting the stable operation and treatment efficiency of sewage treatment plants. Compared to civil engineering, the mechanical and electrical system of municipal sewage treatment plants has the characteristics of multiple equipment types, strong cross disciplinary expertise, complex operating environment, and high coupling with process flow. Especially at the level of electrical and automation systems, higher requirements are put forward for installation accuracy, system coordination, and commissioning quality. Research has shown that by strengthening design disclosure and installation planning, optimizing the installation process of electrical and automatic control systems, improving the debugging and verification mechanism, and constructing a full process quality control system, the quality level of mechanical and electrical installation engineering in municipal sewage treatment plants can be significantly improved, providing strong guarantees for the safe, stable, and efficient operation of sewage treatment facilities.

Keywords

municipal sewage treatment plant; Mechanical and electrical installation engineering; Quality Control; Electrical self-control; system debugging

市政污水处理厂机电安装工程质量控制关键技术研究

邵继宾

首创爱华(天津)市政环境工程有限公司, 中国·天津 300000

摘要

在城市污水处理设施向规模化、集约化与智能化方向持续发展的背景下,机电安装工程质量已成为制约污水处理厂稳定运行与处理效能的重要因素。相较于土建工程,市政污水处理厂机电系统具有设备类型多、专业交叉强、运行环境复杂以及与工艺流程高度耦合等特点,尤其在电气与自动化系统层面,对安装精度、系统协调性及调试质量提出了更高要求。研究表明,通过强化设计交底与安装策划、优化电气与自控系统安装工艺、完善调试验证机制并构建全过程质量控制体系,可显著提升市政污水处理厂机电安装工程质量水平,为污水处理设施的安全、稳定与高效运行提供有力保障。

关键词

市政污水处理厂; 机电安装工程; 质量控制; 电气自控; 系统调试

1 引言

随着城市化进程不断加快,市政污水处理厂作为城市基础设施的重要组成部分,其运行稳定性与处理能力直接关系到城市生态环境安全和公共卫生保障。近年来,污水处理工艺不断升级,处理规模持续扩大,厂内机电系统在设备数量、控制层级和系统复杂性等方面均呈现显著提升趋势。机电安装工程已由传统的“设备就位与通电运行”阶段,逐步演变为涉及多专业深度协同、系统高度集成的复杂工程环

节。因此,从工程实施层面系统研究市政污水处理厂机电安装工程的质量控制关键技术,对于提升工程建设品质与运行可靠性具有重要现实意义。

2 市政污水处理厂机电安装工程的技术特征与质量控制需求

2.1 污水处理厂机电系统的工程技术特征

市政污水处理厂机电系统是在特定处理工艺与复杂运行环境条件下构建的综合性工程系统,其技术特征显著区别于一般工业建筑机电安装工程。污水处理厂内部通常按照处理流程布置多个功能单元,机电设备需在不同构筑物之间分散设置,并与提升、曝气、回流、污泥处理等工艺环节形成

【作者简介】邵继宾(1986-),男,中国山东菏泽人,本科,工程师,从事机电安装工程研究。

连续运行关系。这种布局方式决定了机电系统在空间分布、设备选型和控制逻辑上具有较强的系统耦合性,任何局部安装偏差都可能对整体运行稳定性产生放大效应。从运行环境看,污水处理厂长期处于高湿度、高腐蚀性气体及复杂电磁环境中,电气设备与自动化系统在使用寿命、安全可靠性和信号稳定性方面面临较大挑战。尤其是现场动力设备数量多、启停频繁,电机负载变化幅度大,对供配电系统的稳定性和保护协调性提出了更高要求^[1]。上述技术特征决定了污水处理厂机电安装工程不仅是设备安装过程,更是系统集成与运行可靠性构建的重要阶段。

2.2 机电安装工程质量控制的现实需求与目标

在市政污水处理厂建设实践中,机电安装工程质量直接关系到处理系统能否实现长期稳定运行,也是工程投运初期问题集中暴露的关键环节。部分项目在竣工投运后出现设备运行不稳定、自控系统频繁报警或联动失效等现象,其根源往往并非工艺设计问题,而是机电安装阶段质量控制不到位所致。这表明,传统以“安装完成”为导向的质量控制模式已难以适应污水处理厂机电系统复杂化和智能化的发展需求。从工程管理角度看,机电安装质量控制应由单一工序检验转向系统运行效果导向,将电气系统安全可靠运行和自动化系统稳定控制作为核心目标。在施工阶段,不仅需要关注设备就位、接线完成等表观质量,更应重视系统之间的匹配关系和运行条件适应性;在调试阶段,应通过系统化验证手段检验安装质量对实际运行效果的支撑能力。基于上述需求,构建覆盖安装实施、系统调试与运行验证全过程的质量控制体系,已成为市政污水处理厂机电安装工程的重要发展方向^[2]。

3 市政污水处理厂机电安装工程常见质量问题分析

3.1 电气系统安装过程中易发质量问题

在市政污水处理厂机电安装工程中,电气系统承担着设备供电与运行保障的基础功能,其安装质量直接影响整体系统的安全性与可靠性。从工程实践情况看,电气系统质量问题多集中于电缆敷设、设备安装及接地系统构建等关键环节。由于污水处理厂构筑物分布范围广、设备点位分散,电缆路径较长且敷设环境复杂,若在施工过程中缺乏系统规划,容易出现敷设走向随意、固定方式不规范或与工艺管线交叉冲突等问题,增加后期运行与维护难度。而部分项目在电气设备安装过程中,对现场环境适应性考虑不足,未能充分结合高湿、高腐蚀工况采取针对性措施,导致设备防护效果与实际运行条件不匹配。在长期运行中,易引发端子锈蚀、接触电阻增大等隐患^[3]。接地系统方面,若施工过程中对接地连续性和等电位连接重视不足,容易形成局部接地失效现象,一旦发生设备漏电或雷感应,将对电气系统运行安全造成不利影响。这些问题虽在单一节点上表现不明显,但在

系统运行过程中往往相互叠加,放大为整体性质量风险。

3.2 自动化系统安装与调试中的典型质量隐患

相较于电气系统,自动化系统安装质量问题具有更强的隐蔽性和系统性特征,是市政污水处理厂投运初期运行异常的重要诱因之一。在实际工程中,常见问题包括现场仪表安装位置不合理、信号线路敷设抗干扰措施不足以及控制逻辑与工艺运行条件匹配度不高等。这类问题在安装完成后往往难以及时发现,但在系统联调或负荷变化条件下容易集中暴露,影响自动控制系统的稳定性。现场仪表安装若未充分结合工艺运行条件,可能导致测量数据偏离实际运行状态,使自动控制系统失去有效依据。同时,在施工过程中若未严格区分信号电缆与动力电缆敷设路径,或屏蔽、接地处理不到位,易引发信号干扰和数据波动,降低系统控制精度。在调试阶段,若仅关注单机设备动作而忽视系统整体联动验证,容易造成控制逻辑与实际工艺流程脱节,影响污水处理系统的连续稳定运行。因此,自控系统安装与调试质量问题往往具有“前期不显、后期集中显现”的特点,需要在工程实施阶段给予高度重视。

4 市政污水处理厂机电安装工程质量控制关键技术

4.1 电气系统安装质量控制的技术要点

在市政污水处理厂机电安装工程中,电气系统质量控制的核心在于保障供配电系统运行的安全性、连续性与稳定性。由于污水处理厂设备负荷类型多样、运行工况变化频繁,电气系统安装必须在满足设计要求的基础上,充分适应现场实际运行条件。在施工前阶段,应结合工艺流程和设备布置情况,对电气系统进行系统性梳理,明确配电层级、负荷分配及保护协调关系,为后续安装提供清晰的技术依据。在安装实施过程中,电缆敷设质量是影响电气系统长期运行可靠性的关键因素。应严格按照分区、分层原则进行敷设,合理控制电缆弯曲半径和固定间距,避免因机械应力或环境影响造成绝缘性能下降。在接地与等电位连接施工中,应通过连续性检测和电阻测试手段,系统验证接地效果,防止因局部接地缺陷引发设备运行风险。通过对上述关键技术环节的有效控制,可显著提升污水处理厂电气系统安装质量水平。

4.2 自动化系统安装与调试的关键技术控制

自动化系统作为市政污水处理厂实现稳定运行与精细化控制的重要支撑,其安装与调试质量直接影响系统整体控制效果。在安装阶段,自控系统质量控制应以信号准确、结构清晰和系统兼容为基本原则。现场仪表安装应充分结合工艺条件和运行环境,合理确定安装位置和取样方式,确保采集数据能够真实反映污水处理过程状态。同时,应重视信号线路的抗干扰设计,通过合理分离动力电缆与信号电缆敷设路径,并采取屏蔽、接地等技术措施,提高信号传输的稳定性。在调试阶段,自动化系统质量控制应从单点测试逐步过

渡至系统联动验证。通过对仪表信号、控制回路和执行机构逐一核查，确保控制逻辑与工艺运行要求高度一致。在系统联调和试运行过程中，应结合实际运行工况对控制参数进行动态优化，使自动化系统在不同负荷条件下均能保持稳定运行状态。实践表明，只有将安装质量控制与调试验证紧密结

合，才能充分发挥自动化系统在污水处理厂运行管理中的技术优势。

为进一步明确市政污水处理厂机电安装工程中电气与自动化系统的质量控制重点，结合工程实践经验，对关键控制环节及其质量风险进行归纳，如表1所示。

表1 市政污水处理厂机电安装工程关键质量控制要点对照表

系统类别	关键控制环节	主要质量控制要点
电气系统	电缆敷设	动力与控制电缆分层敷设，弯曲半径与固定间距符合规范要求
电气系统	配电柜安装	柜体基础平整牢固，垂直度、水平度满足技术要求，二次接线标识清晰
电气系统	接地与等电位连接	接地系统连续可靠，接地电阻符合设计及规范要求
自动化系统	现场仪表安装	仪表安装位置合理，测量条件满足工艺要求
自动化系统	信号线路敷设	信号电缆与动力电缆有效隔离，屏蔽与接地措施到位
自动化系统	系统调试与联动	控制逻辑与工艺流程一致，参数设置符合运行工况

5 市政污水处理厂机电安装工程全过程质量控制体系构建

5.1 以系统运行为导向的质量控制总体思路

市政污水处理厂机电安装工程的质量成效，最终体现在系统投运后的稳定性与可控性上。因此，其质量控制不应仅停留在施工阶段的工序合格与验收通过，而应以系统运行效果为核心目标，构建贯穿设计理解、安装实施与运行验证的全过程质量控制思路。在工程前期，通过强化设计交底和技术交底，使施工人员充分理解污水处理工艺流程、电气系统结构以及自动化控制逻辑，避免因对工艺认知不足而导致安装偏差。尤其在电气与自控系统接口较为集中的关键部位，应提前开展技术协调，明确各专业之间的衔接关系。在施工实施阶段，应将质量控制重心前移，通过过程检查和关键节点控制，将问题消除在形成系统性隐患之前。相较于传统的结果性验收模式，这种过程导向的质量控制方式更有利于保障系统整体一致性。

5.2 全过程质量控制的实施机制与工程应用

在实际工程中，全过程质量控制体系的有效实施，有赖于技术措施与管理机制的协同推进。从技术层面看，应在机电安装过程中建立系统化的质量检查与记录机制，对电气接线、仪表安装、信号测试和系统联调等关键环节形成可追溯的技术资料，为后续运行维护提供依据。从管理层面看，应通过明确质量责任主体，强化施工单位、监理单位与建设单位之间的信息沟通，确保质量问题能够在第一时间得到反馈和处理。在试运行阶段，应结合污水处理厂实际负荷变化情况，对机电系统运行状态进行持续跟踪分析，重点关注电气系统运行稳定性和自动化控制系统响应特性。通过运行数据验证安装质量与控制效果的匹配程度，并在必要时对

参数设置和控制策略进行优化调整。实践表明，将质量控制延伸至试运行和初期运行阶段，有助于及时发现潜在问题，降低后期运行风险。通过构建系统化、动态化的全过程质量控制体系，可为市政污水处理厂机电安装工程质量提供持续保障。

6 结语

市政污水处理厂机电安装工程质量直接关系到污水处理系统的安全性、稳定性与运行效率。通过对电气与自动化系统安装特点、常见质量问题及关键技术控制要点的系统分析可以看出，机电安装质量控制应以系统协同和全过程管理为核心。实践表明，只有在工程实施中强化电气与自控系统安装的技术标准执行力度，完善调试验证机制，并构建系统化的质量控制体系，才能有效提升市政污水处理厂机电安装工程的整体质量水平，为污水处理设施长期稳定运行提供坚实保障。

参考文献

[1] 陈元栋. 机电安装工程中通风空调系统安装技术与质量管理措施研究[J].建筑机械,2025,(12):69-71+76.DOI:10.14189/j.cnki.cm1981.2025.12.003.

[2] 全辉跃. 智能建筑机电安装工程施工及质量控制探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(29):72-74.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202529024.

[3] 任建宇.机电安装工程中电气线路敷设的质量控制研究[C]//广西大学广西县域经济发展研究院.2025年第四届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流会议论文集.信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司天津分公司,2025:42-44.DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.047638.