

城市生活污水处理厂电气及自控设计分析

张乐乐

武汉市政工程设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/btr.v7i4.4442

[摘要] 城市污水处理设施构成了城市关键的基础设施体系,承担着对城市居民日常生活污水进行处理与净化的重大任务。为确保处理后的污水排放达到预设的环保标准,我国已经制定了一系列技术规范与政策。这些规范对污水处理设施的技术性能提出了更为严格的要求,尤其在电气系统与自动控制系统的配置方面,要求其设计必须紧密结合实际的污水处理需求进行优化布局。本研究对城市污水处理设施的电气与自动化控制系统的设计进行了深入探讨,并提出了一套自控方案。

[关键词] 城市生活污水; 污水处理厂; 自控系统

中图分类号: U664.9+2 文献标识码: A

Analysis of Electrical and Automatic Control Design for Urban Domestic Sewage Treatment Plants

Lele Zhang

Wuhan Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] Urban sewage treatment facilities constitute a crucial infrastructure system in cities, undertaking the significant task of treating and purifying the daily sewage of urban residents. To ensure that the treated sewage discharge meets the preset environmental standards, China has formulated a series of technical specifications and policies. These regulations have put forward stricter requirements for the technical performance of sewage treatment facilities, especially in the configuration of electrical systems and automatic control systems, requiring their design to be closely combined with the actual sewage treatment needs for optimized layout. This study delves into the design of electrical and automation control systems for urban sewage treatment facilities, and proposes a set of self-control schemes.

[Key words] urban domestic sewage; Sewage treatment plant; Automatic control system

随着人类思想进步和环境保护意识的提升,社会对水资源短缺及水污染问题的关注度持续攀升。在我国,各大城市正积极推动水资源节约利用工程,旨在保全现有水资源,同时对使用过的水资源,特别是工业废水和居民生活污水进行妥善处理。污水处理设施建设在缓解水资源污染状况、应对水资源短缺挑战、推进可持续发展策略、促进国家经济稳定增长以及确保社会稳定有序等方面,扮演着至关重要的角色。此外,对城市生活污水处理厂的电气和自动化设计进行深入探讨,有助于提升污水处理能力不足的城市的治理效能,以期逐步减少乃至消除水资源污染现象,从而从源头控制污染,更有效地应对我国当前面临的水资源短缺问题。

1 城市污水厂处理工艺

污水处理工艺涵盖了多个至关重要的环节,具体可细分为预处理(即一级处理)、生物处理(亦称二级处理)、污泥处置以及回用水深度净化等核心步骤。这一系统化、规范化的处理流

程,旨在确保污水得到科学高效的处理,并实现资源最大化利用。如图1所示,这些步骤依次进行。经过前期处理后,尽管大部分污染物已被去除,但为了达到回用标准,可能还需采用反渗透、超滤、消毒等高级处理技术,以彻底去除水中的微小颗粒、溶解性物质和病原体,确保回用水的安全性和稳定性。

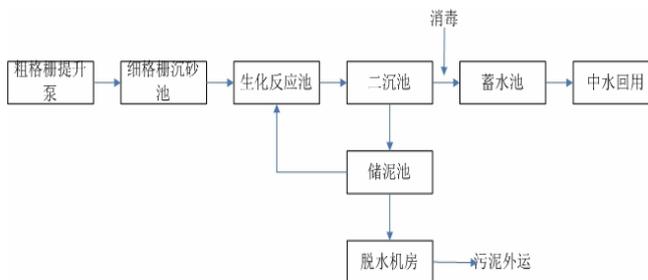


图1 污水处理厂工艺流程

2 城市污水处理厂电气自控系统存在的问题

污水处理领域已广泛采纳了一系列创新的处理技术和方法。这些技术通过集成电气自控系统,旨在提升能源效率并确保环境保护。然而,目前的污水处理设施在电气自控系统的运行中面临一些问题:首先,依赖于不稳定的监测设备,如气味检测和深度除磷技术,这些技术的稳定性尚待加强,影响了系统的可靠性。其次,虽然传感器能够执行监测任务,但在流量控制和前馈控制方面的应用并不充分,限制了处理过程的精确度。第三,部分早期建设的设施受限于自身控制能力的局限性,难以达到当前严格的排放标准,这无疑为系统的升级设计工作带来了显著的挑战。第四,由于设计人员对污水处理工艺的深入认知不足,可能导致PLC控制站的配置出现混乱局面。此情况不仅会对现场调试工作带来困扰,更会对后续的维护工作构成诸多不便^[1]。第五,在自动控制系统设计过程中,部分软件和仪表的规范性、合理性和先进性尚需进一步加强。这些不足之处可能难以适应智慧水务技术的迅猛发展,进而对污水处理的最终效果产生不利影响。最后,部分污水处理厂的管理者对电气自控系统的重要性缺乏充分的认识,这也在一定程度上可能影响到污水处理厂的运行效率和处理效果。

表现为对系统的关注度和投资意愿较低,这可能导致设备老化、处理效果不佳,从而制约了污水处理的经济效益和治理效能。

3 城市生活污水处理厂电气设计

城市生活污水处理的电气自动化控制系统构建,以全面的电气设计为前提。此设计涵盖了全厂水泵、风机及集成设备的配电规划等各个环节。同时,设计过程包含了一系列关键性的计算任务,如变压器和应急电源的容量选定,照明系统的计算,以及断路器、接触器、热继电器的电流参数计算与设备选型,再者是电缆截面和型号的计算与选取。这些电气设计为整个污水处理厂的电气自动化控制系统构建了牢固的运行框架,犹如建筑的结构基础,而自动化控制设计则如同其运行管理机制,通过精确的控制策略确保厂内设备运行的高效稳定。

3.1 负荷分级及供电电源

在划分污水处理厂的电力负荷等级时,必须依据设施的关键性,以及中断供电可能造成的经济损失和社会影响程度来精确区分。通常,此过程分为三个等级的分类。

一级负荷涵盖那些对供电连续性有极高要求的设施,如供电中断可能造成严重人身伤害,对国家经济产生重大影响,或引起城市生活秩序严重混乱的设施。这包括主要的大城市水处理和污水处理厂,以及对关键行业和大城市运行至关重要的供水和污水、雨水泵站等。对于这类负荷,必须采取极其严格的电力保障措施,即配置双回路电源系统,以确保在任一电源出现故障时,另一回路能立即切换,从而保证电力供应的不间断性和稳定性。

二级负荷则指那些供电中断会导致较大经济损失,或对城市生活产生显著影响的设施。这些设施包括多元水源水厂、大型加压泵站,以及大、中、小城市的次要水处理厂和污水、雨水

泵站等^[2]。对于二级负荷,虽然供电要求较一级负荷稍低,但仍然需要配置双电源,并在电力系统出现常规故障时,能够维持基本供电或迅速恢复供电,以确保服务的连续性和可靠性。

3.2 供电电压选择及配电系统接线方式

在制定供电电压方案的过程中,应全面考量工程的总体负荷需求、主要设备的额定工作电压,以及供电网络的覆盖范围等关键因素。同时,须参照当地电网的当前状态及未来发展,并与相关电力管理机构进行深度沟通与协商。鉴于小城镇污水处理设施的负荷特性,建议严格遵循就地取电原则,考虑采用0.4kV或10kV的供电等级。在10kV供电情况下,可采用户外杆式变电站、箱式变电站或室内配电设施。对于有二级负荷需求的设施,配置柴油发电机作为备用电源是必要的安全措施。通常,城市污水处理厂的变配电设施采取单母线不分段接线结构,而低压配电网普遍采用三相四线制,接地方式通常选择TN-S或TN-C-S系统,以确保电力供应的稳定性和安全性,符合规范要求。

3.3 电机启动及主要设备

对于小型动力电机,通常采取直接启动的策略,而功率较大的电机,则常采用软启动或变频启动技术。对于必须满足工艺规范的调速控制需求,应实施变频调速控制系统。鉴于小城镇污水处理厂的电力负荷相对适中,配置的变压器容量会保持在合理水平,馈电回路通常配备的是熔断器与负荷开关的组合。在投资成本的考虑下,小城镇污水处理厂的电气设备配置应以确保正常生产需求为基本准则,优先选择性价比高且便于维护的设备。

4 自控设计

4.1 CASS工艺及流程

CASS工艺,全称为循环式活性污泥法,凭借其独特的功能,包括高效磷去除、氮脱除及有机物质分解,以及单池内的连续循环处理能力,表现出显著的适用性。尤其对于小型城市生活污水处理厂,其设计紧凑,运营维护需求低,是理想的策略选择^[3]。生物池是CASS工艺的核心,整个污水处理过程都在生物池内完成,无需额外设立独立的二次沉淀池和调节池,这使得工艺流程更为精简,设备配置更加紧凑。

4.2 自控系统网络设计

生活污水处理自动化系统架构,主要由上位机监控系统和下位机监控系统构成。该系统基于TCP/IP协议的工业以太网进行构建,具备卓越的抗干扰性能和即时响应特性,能够深入至现场设备控制层面,为远程操作及资源共享提供了有力支持。

因此,为确保系统的稳定运行和高效管理,采用环形光纤工业以太网作为控制系统的网络基础设施。该系统设计遵循三层结构:首先,上位机监控管理层作为网络的顶层,由WinCC组态软件构成,负责全面监控管理任务,确保系统运行的稳定与可靠;其次,通信层作为网络的中间层,利用环形工业以太网实现数据的高效传输,通过CP343-1通信模块与S7-300 PLC紧密连接,并精确配置WinCC的网络参数,以维护与上位机之间畅通无阻的通信;最后,执行层作为网络的底层,由下位机PLC及现场设备组成,能够实现对工艺过程的精确控制和设备操作的精细管理。这一

层级配置了四个S7-300 PLC站,可对工艺流程的各个分区进行分布式管理,提升整体运行效率。

4.3 设备选型

(1)在构建电气自动化系统设备配置的过程中,应严格按照工艺流程、工厂规模等要求,为确保污水处理厂的运行符合控制标准,我们需对中央控制级上位机系统、PLC控制站以及现场设备等科学严谨的选型工作^[4]。在电气自动化系统的设计中,应充分利用以太网交换机,精心挑选适配的智能网络管理系统。通过精准匹配设备,强化中央管理层与PLC控制层之间的通信互动,以保障信息传输具备优良的抗干扰能力及实时性。这将有助于提高信息处理效率,确保整个污水处理过程稳定、可靠地运行。

(2)自动化仪表的选型至关重要,主要包括用于监测水质的仪表和用于监测生产物理参数的仪表。其中,水质监测设备涵盖了对氨氮、浊度、化学需氧量(COD)及酸碱度(pH)等关键水质参数的检测装置,而物理参数监测仪表的生产则包含了对温度、流量、压力以及液位等核心物理量的测量设备。鉴于流量仪表在类型与工作原理上存在的显著差异,为确保其能够满足污水处理厂实际运营的需求,需基于污水处理厂的具体运营条件,对各类流量仪表进行比较分析。

4.4 检测及控制

粗格栅与细格栅的自动化控制功能如下:首先,配置的初级格栅设施能有效拦截大颗粒固废,确保其被及时、高效地清除,以保障设备的正常运行。其次,进水泵采用变频调速技术,维持恒定水位,通过监测集水池的液位变化,自动调节泵的启停与转速,以提升污水处理的效能。再者,细格栅的控制策略与粗格栅相同,同样利用液位差实现自动化控制,确保了处理过程的连续性和稳定性。通过上述控制策略的分析,不难看出自动化控制系统在污水处理中的核心地位,因此,应用自动化技术对于提升污水处理效率至关重要。

5 监控系统构成

监控架构由三层构成,分别是工艺设备层、现场控制层以及中央监控层。工艺设备层包括一系列的工艺处理设施,如水质与水位监测装置、粉碎机、加氯机、浓缩机、变频调速柜、智能

IMCC、高压柜等。现场控制层由现场操作箱、控制子站、交换机和触摸屏等设备组成,主要任务是采集并处理工艺数据,设定与调整控制参数,以及执行控制指令,确保运行精准。中央监控层依托服务器、主控站和操作站所构成的交互系统,能够实时接收并处理来自各控制点的数据,进而实现远程设备的精准操作与系统的严密控制^[5]。同时,该层通过展示设备运行状态、工艺流程图、动态参数、设备趋势图(实时/历史)、警报信号(实时/历史)等详细信息,以实现每个现场控制站和单独控制设备运行状况的即时、精确的监管,确保管理的规范化和专业化。

6 总结

综上所述,电气自动化系统在城市污水处理流程中发挥着核心功能,其性能直接影响污水处理的效率与标准。故此,应当借助先进的科技手段,对污水处理设施的电气自动化系统进行优化升级。本文所分析的污水处理厂自动化控制系统设计,旨在保证高效运行,同时具备远程超地域的控制与维护能力,尤其在处理城市生活垃圾污水方面,其效能尤为突出。这一策略将对我国城市实现绿色可持续发展产生重要的促进作用。

[参考文献]

- [1]刘道奇.污水处理厂电气自控系统故障分析与维护[J].中国新技术新产品,2021(2):59-61.
- [2]王雪妹.城市生活污水处理厂电气与自控设计[J].电脑爱好者(电子刊),2021(12):3879-3880.
- [3]陈家辉.市政污水处理电气自控系统的设计与功能实现[J].江西建材,2023(7):323-324,327.
- [4]张贻都.电气自控系统在污水处理工艺中的运用分析[J].新型工业化,2021,11(9):132-134.
- [5]高向前.电气自控系统在污水处理工艺中的运用探索[J].今日自动化,2021(11):137-138,156.

作者简介:

张乐乐(1993--),男,汉族,湖北省武汉市人,大学本科,现工作于武汉市政工程设计研究院有限责任公司,工程师(建筑电气),注册电气工程师(供配电),从事研究传统市政电气设计,工业与民用建筑电气设计,大型污水处理厂电气设计,轨道交通电气设计等。