

基于PLC的污水处理控制系统设计与实现

张北灵

山西焦化集团有限公司 山西 临汾 041000

摘要: 本文聚焦于基于PLC的污水处理控制系统设计与实现,深入剖析污水处理控制系统的关键意义与国内外研究现状。详细阐述PLC技术原理及其在污水处理中的显著适用性,从系统总体架构、硬件选型配置、软件设计思路等多方面进行系统设计分析。通过实际案例全面展示系统实现过程,涵盖项目背景、具体实现方式及显著运行效果。同时,运用科学测试方法对系统性能进行测试与分析,明确各项性能指标。最后总结研究成果,客观指出不足并对未来发展方向进行展望,旨在为污水处理自动化控制提供全面且有价值的参考。

关键词: PLC; 污水处理; 控制系统; 设计实现

1 引言

传统的污水处理控制方式多依赖人工操作和简单的仪表监控,存在控制精度低、响应速度慢、自动化程度不高等问题,难以满足日益严格的污水处理标准。而基于可编程逻辑控制器(PLC)的污水处理控制系统,凭借其高可靠性、灵活性强、易于编程和维护等优点,能够实现污水处理过程的自动化、智能化控制,提高污水处理效率和质量,降低运行成本,对改善水环境质量、推动可持续发展具有重要的现实意义。

2 污水处理控制系统设计

2.1 系统总体架构设计

基于PLC的污水处理控制系统,为实现对污水处理全流程的高效、稳定控制,通常采用分层分布式架构,该架构主要涵盖管理层、控制层和设备层三个层级。管理层作为系统的“智慧大脑”,由上位机监控系统构成。它具备强大的数据处理与展示能力,能够对整个污水处理过程进行全方位实时监测,精准呈现各类运行参数。同时,可高效完成数据管理工作,将海量的运行数据有序存储、分析^[1]。此外,还支持远程控制功能,工作人员能在远程终端对系统进行操作与调整。控制层以PLC控制器为核心,它是系统的关键枢纽。一方面,负责采集现场设备的状态信息和传感器数据,确保及时掌握设备运行状况;另一方面,依据预设的精准控制策略,对设备进行智能控制,保障污水处理过程稳定有序。设备层包含各类污水处理设备和传感器,像水泵、风机、阀门等执行具体操作,液位计、流量计等采集相关数据,共同完成污水处理任务。

2.2 硬件选型与配置

PLC控制器选型: 根据污水处理系统的规模和控制要求,选择合适型号的PLC控制器。一般需要考虑PLC

的输入输出点数、处理速度、存储容量、通信功能等因素。例如,对于中小型污水处理厂,可以选择西门子S7-200SMART系列PLC,它具有性价比高、功能强大、易于扩展等优点,能够满足中小型污水处理厂的基本控制需求。该系列PLC提供了丰富的输入输出点数选择,支持多种通信协议,方便与上位机和其他设备进行连接^[2]。对于大型污水处理厂,则可以选择西门子S7-300或S7-400系列PLC,它们具有更高的处理速度、更大的存储容量和更强的通信能力,能够满足大型污水处理厂复杂控制和高实时性的要求。

传感器选型: 传感器是污水处理控制系统的重要组成部分,其精度和可靠性直接影响控制效果。常用的传感器包括液位传感器、流量传感器、pH传感器、溶解氧传感器等。在选择传感器时,需要考虑测量范围、精度、稳定性、输出信号等因素。例如,液位传感器用于测量污水处理池中的液位高度,应选择测量范围合适、精度高、稳定性好的传感器,以确保能够准确反映液位变化。流量传感器用于测量污水的流量,应根据污水流量的大小和特点选择合适的流量传感器,如电磁流量计、涡轮流量计等。pH传感器和溶解氧传感器用于测量污水中的pH值和溶解氧含量,对于生物处理过程至关重要,应选择精度高、响应速度快、抗干扰能力强的传感器。

执行机构选型: 执行机构用于执行PLC发出的控制指令,驱动污水处理设备运行。常见的执行机构包括电动阀门、水泵、风机等。在选择执行机构时,需要考虑其驱动能力、响应速度、可靠性等因素。例如,电动阀门用于控制污水的流量和流向,应选择驱动能力足够、密封性好、响应速度快的电动阀门。水泵和风机是污水处理过程中的关键设备,应选择效率高、能耗低、运行

稳定的水泵和风机，并根据实际需求选择合适的功率和型号。

2.3 软件设计

编程语言选择：PLC的编程语言有多种，如梯形图（LD）、指令表（IL）、功能块图（FBD）、顺序功能图（SFC）等。梯形图是一种最常用的编程语言，它具有直观、易懂、易于编写和调试等优点，适合初学者和一般控制程序的设计。对于复杂的控制算法和逻辑，可以采用功能块图或顺序功能图进行编程。功能块图将各种功能模块组合在一起，通过连接模块的输入输出端口来实现控制逻辑，具有结构清晰、易于理解和维护的特点。顺序功能图则适用于描述具有顺序控制特点的工艺过程，通过状态转移图来描述系统的运行状态和转移条件，使程序的设计更加规范化和标准化。

控制程序设计：根据污水处理工艺和控制要求，设计相应的控制程序。控制程序主要包括数据采集与处理、控制算法实现、设备控制逻辑等部分。数据采集与处理部分负责读取传感器采集的数据，并进行滤波、标度变换等处理，以提高数据的准确性和可靠性。例如，对采集到的模拟量信号进行滤波处理，去除噪声干扰；对传感器采集的原始数据进行标度变换，将其转换为实际的物理量。控制算法实现部分根据处理后的数据，采用合适的控制算法（如PID控制算法）计算出控制量^[3]。PID控制算法是一种常用的控制算法，通过对比例、积分和微分三个参数的调整，能够实现对被控对象的精确控制。设备控制逻辑部分根据控制量输出相应的控制信号，驱动执行机构动作。例如，根据液位传感器采集的数据，通过控制算法计算出水泵的启停控制信号，实现对污水提升泵的控制。

上位机监控软件设计：上位机监控软件采用组态软件（如WinCC、力控等）进行开发，实现对污水处理过程的实时监测、数据管理、报警处理、远程控制等功能。通过组态软件可以直观地显示污水处理设备的运行状态、工艺参数、历史曲线等信息，方便操作人员进行监控和管理。例如，在上位机监控画面上，可以实时显示各个污水处理池的液位、污水的流量、pH值、溶解氧含量等参数，以及水泵、风机、阀门等设备的运行状态。同时，上位机监控软件还可以设置报警参数，当某个参数超出设定范围时，及时发出报警信号，提醒操作人员进行处理。此外，上位机还可以实现对污水处理设备的远程控制，操作人员可以在监控室通过上位机对现场设备进行启停、调节等操作，提高了系统的自动化程度和操作便利性。

3 污水处理控制系统实现

3.1 案例项目背景

某城市污水处理厂设计处理规模为5万吨/日，采用A²/O（厌氧-缺氧-好氧）污水处理工艺。该工艺是一种常用的生物脱氮除磷工艺，通过厌氧、缺氧和好氧环境的不同组合，利用微生物的作用去除污水中的有机物、氮和磷等污染物。原污水处理控制系统采用传统的继电器控制方式，存在自动化程度低、控制精度差、故障率高等问题，难以满足污水处理厂稳定运行和达标排放的要求。为了提高污水处理效率和自动化水平，决定采用基于PLC的自动化控制系统对原系统进行改造。

3.2 系统实现方式

硬件安装与调试：根据系统设计要求，安装PLC控制器、传感器、执行机构等硬件设备，并进行接线和调试。在安装过程中，要注意设备的安装位置和接线方式，确保设备能够正常工作。例如，传感器应安装在合适的位置，避免受到外界干扰；电缆敷设要整齐规范，避免信号干扰。调试过程中，要对每个设备进行单独调试，检查设备的运行状态和信号传输是否正常。例如，对电动阀门进行调试时，检查阀门的开关动作是否灵活、到位，信号反馈是否准确；对传感器进行调试时，检查传感器的测量值是否与实际值相符，输出信号是否稳定。

软件编程与下载：使用梯形图编程语言编写PLC控制程序，并进行调试和优化。在编程过程中，要充分考虑污水处理工艺的要求和控制逻辑的合理性，确保程序能够准确、可靠地运行。例如，根据A²/O工艺的特点，编写厌氧池、缺氧池和好氧池的控制程序，实现对溶解氧、污泥回流比等参数的精确控制。程序调试完成后，将其下载到PLC控制器中。在下载过程中，要注意选择正确的通信方式和参数，确保程序能够顺利下载到PLC中。

上位机监控系统配置：使用组态软件开发上位机监控系统，配置监控画面、数据变量、报警信息等。通过与PLC控制器进行通信，实现上位机对污水处理过程的实时监测和远程控制。在配置过程中，要注意通信参数的设置，确保上位机与PLC之间能够稳定通信。例如，设置正确的通信协议、IP地址、端口号等参数。同时，要根据污水处理厂的实际需求，设计直观、易用的监控画面，方便操作人员进行监控和管理。例如，在监控画面上设置设备状态指示灯、参数显示框、操作按钮等元素，使操作人员能够清晰地了解污水处理设备的运行状态和工艺参数，并进行相应的操作。

3.3 系统运行效果

系统改造完成后,经过一段时间的运行调试,取得了良好的效果。污水处理效率明显提高,出水水质稳定达标,各项指标均符合国家排放标准。例如,化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、氨氮、总磷等污染物的去除率显著提高,出水水质得到了明显改善。自动化程度大幅提高,减少了人工操作和干预,降低了劳动强度。操作人员只需在上位机监控室对系统进行监控和管理,无需频繁到现场进行操作和检查。系统运行稳定可靠,故障率明显降低,维修时间缩短,提高了污水处理厂的运行管理水平。例如,原系统平均每月发生故障次数较多,改造后故障发生率大幅下降,设备维修时间明显缩短,保证了污水处理厂的连续稳定运行。

4 系统性能测试与分析

4.1 测试方法

采用实际运行测试和模拟测试相结合的方法,对污水处理控制系统的性能进行测试。实际运行测试是在污水处理厂正常运行的情况下,对系统的各项性能指标进行监测和记录。通过在实际运行环境中测试,能够真实反映系统在实际工作条件下的性能表现^[4]。模拟测试是通过搭建模拟实验平台,模拟污水处理过程的各种工况,对系统的控制性能进行测试和验证。模拟测试可以在不受实际生产限制的情况下,对系统全面的测试和优化,提高系统的可靠性和稳定性。

4.2 测试指标

主要包括控制精度、响应时间、稳定性、可靠性等指标。控制精度是指系统实际输出值与设定值之间的偏差,反映了系统的控制准确程度。例如,在控制污水液位时,实际液位与设定液位之间的偏差越小,说明控制精度越高。响应时间是指系统从接收到输入信号到输出相应控制信号所需的时间,反映了系统的响应速度。在污水处理过程中,快速的响应时间能够及时调整设备运行状态,适应污水水质和水量的变化。稳定性是指系

统在长时间运行过程中,输出值的波动范围,反映了系统的抗干扰能力。稳定的系统能够保证污水处理过程的连续性和稳定性。可靠性是指系统在规定的条件和条件下,完成规定功能的能力,反映了系统的故障发生频率和维修时间。高可靠性的系统能够减少设备故障和停机时间,提高污水处理厂的运行效率。

结语

本文通过对基于PLC的污水处理控制系统的设计与实现进行研究,取得了一系列研究成果。在系统设计方面,提出了分层分布式架构,合理选择了硬件设备和编程语言,设计了完善的控制程序和上位机监控软件;在实际案例中,成功实现了系统的改造和运行,提高了污水处理效率和自动化水平。尽管本文在基于PLC的污水处理控制系统设计与实现方面取得了一定的成果,但仍存在一些不足之处。例如,在控制算法方面,还可以进一步研究和优化,采用更先进的智能控制算法,提高系统的自适应能力和控制效果;在系统集成方面,可以加强与其他信息系统的集成,实现污水处理厂的信息化管理。未来,随着人工智能、物联网、大数据等技术的不断发展,污水处理控制系统将朝着更加智能化、自动化、信息化的方向发展,为污水处理行业的可持续发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1]王晓芬,姬鹏飞,朱富顺.基于PLC的污水处理自动控制系统设计[J].船电技术,2025,45(06):79-82+86.
- [2]郭志冬,尤向阳.基于PLC的城市小型污水处理控制系统的设计与实现[J].安徽电子信息职业技术学院学报,2021,20(03):27-30.
- [3]李健,王海燕,于超,等.PLC控制系统在污水处理中的应用[J].设备管理与维修,2025,(10):115-117.
- [4]李建峰,王莹莹.基于PLC的自动化控制系统在污水处理中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(09):159-161.