

PLC技术在电气自动化控制水处理系统中的应用

文/姜青辰
天津大学电气自动化与信息工程学院

针对传统污水处理效率低、质量不佳等问题，设计了电气自动化控制水处理系统，引入可编程序控制器（PLC）技术，介绍了系统控制的总体要求及流程，分别从软件设计、硬件设计及通信系统等方面探究了PLC技术下电气自动化控制水处理系统的构成。实践证明，该系统能够满足实际运行需求，降低了操作人员工作强度，具有较高推广价值。

随着工业自动化的发展，电气自动化控制已经成为各行各业不可或缺的重要组成部分。而PLC技术作为电气自动化控制的核心组成部分之一，具有高效、可靠和灵活等优点，一方面能够实现对能耗的有效控制，另一方面可提升自动化系统的工作效率^[1]。

水处理系统是工业生产中的关键环节之一，其自动化控制在提高生产效率、降低成本和优化工艺等方面具有重要意义，运行质量不仅关乎水资源的处理效率，而且与生态环境保护水平密切相关^[2]。近年来，全球水资源供应紧张，对自动化控制水平提出了更高的要求，因此，将PLC技术应用于水处理系统具有重要的实际意义和应用前景。

PLC技术介绍及在水处理系统中的应用

PLC是一种用于自动化控制和工业过程控制的数字化控制系统，通过编程能够实现对各种工业设备的自动控制，具有很高的可靠性、实时性和灵活性。PLC技术自20世纪70年代问世以来，已经广泛应用于各个领域，成为现代工业自动化领域中不可或缺的重要技术。在水处理系统中，PLC技术发挥着重要作用^[3]。水处理系统是一个复杂的系统，包

括预处理、初级处理、二级处理和深度处理等多个环节，涉及到多种设备和工艺，如图1所示。利用PLC技术，可以实现对水处理系统中各个环节的自动控制，提高水处理效果和效率。

在预处理环节，PLC技术可以对原水进行自动检测和处理，通过对原水的PH值、氧化还原电位、悬浮物和胶体物等指标的实时监测，PLC技术可以自动调节混凝剂、絮凝剂的投加量，实现对原水的预处理^[4]。

在初级处理环节，PLC技术可以实现对格栅、沉淀池等设备的自动控制。通过PLC编程，可以实现对格栅的自动清理、对沉淀池的自动排泥，提高初级处理效果。

在二级处理环节，PLC技术可以实现对生物反应池、曝气池等设备的自动控制，提高二级处理效果。

在深度处理环节，PLC技术可以对反渗透设备进行自动清洗，实现离子交换设备的自动再生，提高深度处理效果。

此外，PLC技术还可以实现对水处理系统进行远程监控和故障诊断，从而降低运行成本和维护难度^[5]。

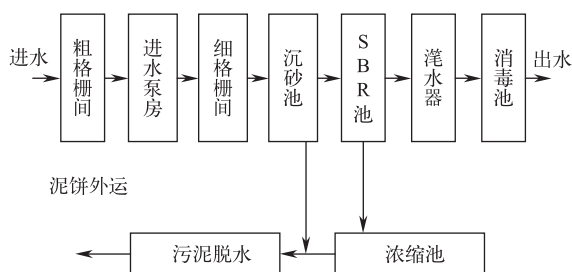


图1 水处理工艺流程图

PLC技术在电气自动化控制水处理系统中的总体设计

1. 系统控制总体要求

在电气自动化控制下，水处理系统对报警保护、控制要点及操作方式等均有着较高的要求。本文在分析系统控制要求时，主要是基于参数功能显示角度。当处于手动状态下，设备的控制均需要在面板上通过操作对应的按钮得以实现。需要注意的是，设备控制不会受到液位高度传感器及时间的影响。当为自动化状态时，所采取的控制方式为闭环控制，此时需要根据液位高度状态、时间等完成对设备的起停操作。当设备发生故障后，报警功能启动，系统会自动发出故障信号，并将设备强制关停。工作人员接收到报警信号后，需要对故障类型进行判断与分析，及时处理与维修，确保设备处于正常运行状态。

2. 系统控制流程

在系统控制环节，首先需要接通电源，启动自动控制按钮。此时系统处于自动控制状态，搅拌机、曝气风机均为起动状态。粗细格栅机运行后，调整为间歇运行的方式。当经过一段时间运行后，会停歇一段时间，然后再进入下一次运行，由此形成循环。进水泵的起停很大程度上取决于进水池反馈的液位，需要比较实际液位与控制要求液位后，决定运行或停止。沉淀池获得实际液位后，将其与系统控制要求的液位予以对比，然后确定污泥回流泵是运行或停止。

基于PLC技术的电气自动化控制水处理系统设计

1. 硬件设计

根据水处理系统的工艺要求，选择具有相应性

能指标和扩展能力的PLC控制器，本研究选择的是西门子S7-1500 PLC控制器，IO模块为1500系列6ES7522，包括冗余与不冗余解决方案。此次研究对于MBR控制站选择的是冗余方案，在PLC其他控制站则应用非冗余方案进行处理。CPU设备型号为410 Smart，包含了2个Profibus IO接口，且均为独立接口，配备了G3级别的防护涂层，装载储存器为48 MB，CPU主频为450 MHz，共进行110 μ s处理，IO寻址范围最大的输入与输出参数为16 KB。IO模块支持总线冗余，经接口模块与对应的控制器的总线连接，实现了接口模块的无缝切换。通信网络应具备高速、稳定的信息传输能力，以满足实时控制的要求。系统集成与调试将各个部分连接起来，组成一个完整的系统，并进行调试。调试过程中需要对PLC控制器的程序进行优化，确保系统运行稳定可靠。

2. 软件设计

应用PCS7 Smart软件进行软件系统设计，包括组态系统与操作员系统两个方面。前者是在CPU 410Smart支持下的控制平台，主要功能为辅助程序的编写，提供了APL功能库与控制模版功能。当需要了解水处理系统相关数据时，操作员系统能够利用组态系统的自动生成服务，获得相应的变量、消息等数据以及画面操作图。该系统还配备了污水处理软件，能够实时显示污水处理厂的所有工艺流程、设备运行参数及状态和现场实际情况等，确保水处理系统的高效、稳定运行。监控软件具有良好的用户界面和信息显示功能，方便操作人员实时了解系统运行状态。同时，监控软件应具备故障诊断和维护功能，便于操作人员及时处理系统故障。

3. 控制系统设计

PLC编程软件设计需要根据水处理系统的工艺要求，编写控制程序，对各种设备的运行进行控制，程序设计应考虑系统的实时性、可靠性和易操作性。PLC控制水处理系统主要包括继电器、压力传感器、水泵与PLC等。水泵的切换控制主要借助的是管网压力，PID需要采用压力传感器实现切换与控制。通常，获得PID运算值后，需要将其转换为水泵变频器的控制频率，其能够帮助控制水流量，保障水管网压力恒定。控制系统的设计需要与

电气原理相符。主回路中包含了KM1~KM6交流接触器，其对应了六个电动机设备，能够有效控制电动机的起动与停止。六个电动机又对应了六个热继电器，能够为电路提供过载保护作用，具体如图2所示。

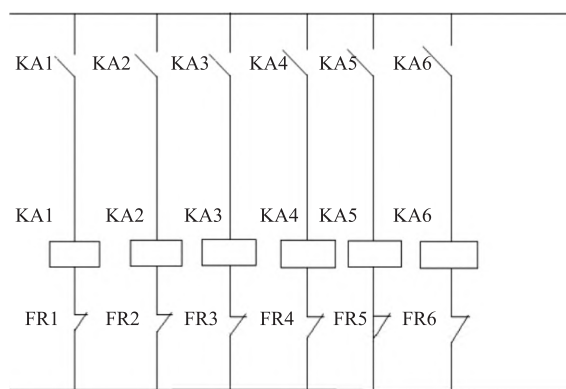


图2 水处理系统控制回路电路示意图

4. 上下位机通信

上下位机主要负责实现上位机监控系统与下位机控制系统的信息交互，在水处理过程中，上位机监控系统需要实时获取下位机控制系统的水质参数、设备运行状态等信息，并根据这些信息对水处理过程进行监控和调度。本研究上下位机通信协议采用的是Modbus协议，是一种常用的工业通信协议，其特点是简单、开放和可扩展，适用于各种工业控制场合。通信方式采用的是以太网通信，配置通信波特率、数据位和停止位等参数。根据通信参数，编写上位机监控系统 and 下位机控制系统的通信程序。通过实际运行，检验通信系统的可靠性和实时性。

PLC技术的电气自动化控制水处理系统的应用实践

某城市自来水公司为满足城市居民生活用水需求，需对原水进行处理。原水主要包括河水、地下水 and 水库水，含有大量的泥沙、悬浮物、有机物和微生物等，需要经过混凝、沉淀、过滤和消毒等工艺过程，才能达到生活用水标准。为提高水处理过程的自动化程度，降低能耗和运行成本，自来水公司采用了PLC电气自动化控制水处理系统。该水处理系统主要由原水泵房、混凝沉淀池、过滤池、消毒池、清水池和供水泵房等部分组成。系统中采

用了PLC控制器、变频器、传感器和人机界面等设备，实现了对各个工艺环节的自动控制。

原水泵房：根据原水水位和流量信号，通过PLC控制器自动控制原水泵的起停和转速，确保原水泵房的稳定运行。

混凝沉淀池：根据原水浊度、PH值等参数，通过PLC控制器自动控制混凝剂、絮凝剂的投加量和投加时机，实现对混凝沉淀过程的优化控制。根据过滤前后的水质参数，自动控制过滤器的反洗、正洗等操作，保证过滤效果。

系统还配备了上位机监控系统，实时采集各个工艺环节的水质参数、设备运行状态等信息，并对这些信息进行处理、分析和存储。通过上位机监控系统，操作人员可以随时了解系统的运行状况，实现对水处理过程的远程监控和管理。

采用PLC电气自动化控制水处理系统后，该水处理厂实现了自动化、智能化生产，提高了生产效率，降低了能耗和运行成本。

结束语

PLC技术在水处理系统中的应用，可以实现对水处理系统中各个环节的自动控制，提高水处理效果和效率。未来随着技术的不断发展以及应用场景的变化，PLC在水处理系统中的应用也将迎来更加广阔的发展空间和技术创新突破口。因此需要进一步深入研究和探索相关领域的最新动态和技术发展趋势，以制定更科学合理的应用策略和方法，推动其在相关领域的实践创新。

参考文献

- [1] 宋元明. 基于PLC的电气自动化控制水处理系统分析[J]. 中国设备工程, 2021(3): 116-117.
- [2] 孙洁, 许清河, 于凤臣, 等. 基于PLC的云平台污水处理控制系统设计[J]. 电气传动, 2021, 51(16): 51-56.
- [3] 陈世郁. PLC程序控制技术在工业水处理中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2021(15): 47-49, 123.
- [4] 徐焕宇. 基于PLC的电气自动化控制水处理系统设计[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(10): 40-42.