

PLC 控制系统与环保数采仪数据对接技术

王润

特里尔应用技术大学

DOI:10.12238/eep.v8i3.2558

[摘要] 本文面向工业自动化系统中环保数据采集需求来构建了基于PLC控制系统与环保数采仪之间的稳定数据对接架构,系统分析了控制信号结构、数采通道配置与协议机制的适配逻辑,提出以Modbus协议为核心的数据映射与异常容错策略,结合污水处理项目中的实际部署案例,验证了所构建系统在实时性与稳定性方面的可行性。本文指出该对接技术能有效提升数据采集完整性与环保监测合规性,具有良好的工程应用价值。

[关键词] PLC控制系统; 环保数采仪; 通信协议; 数据映射

中图分类号: U172.6 文献标识码: A

Data Interface Technology between PLC Control System and Environmental Data Acquisition Instrument

Run Wang

University of Applied Sciences Trier

[Abstract] This paper constructs a stable data interface architecture based on the PLC control system and environmental data acquisition instruments to meet the needs of environmental data collection in industrial automation systems. It systematically analyzes the adaptation logic of control signal structures, data acquisition channel configurations, and protocol mechanisms. A data mapping and fault-tolerant strategy centered on the Modbus protocol is proposed. The feasibility of the constructed system in terms of real-time performance and stability is verified through a practical deployment case in a sewage treatment project. This paper points out that this interface technology can effectively improve the completeness of data collection and compliance with environmental monitoring regulations, demonstrating good engineering application value.

[Key words] PLC control system; environmental data acquisition instrument; communication protocol; data mapping

引言

本文聚焦于工业现场环保监管数据集成需求,针对PLC控制系统与环保数采仪之间缺乏统一通信机制的问题,提出一套面向实时性与稳定性要求的数据对接技术路径。随着环保监测制度持续强化,自动化控制系统的数据输出需要满足标准化采集、精准映射与远程传输要求,传统分散式控制与采集模式已难以支撑高频、连续的合规数据上传需求。研究从控制信号结构与接口协议出发,探讨数据流转过程中的适配逻辑与工程可落地性。

1 数据对接架构设计

1.1 PLC控制信号结构

PLC控制信号结构的设计核心在于合理划分输入输出模块并构建对应的信号处理路径,确保各类设备状态能够在PLC程序中实时准确反映^[1]。在实际工程中,针对某污水处理项目所部署的S7-1200系列PLC,其输入模块配置16路DI与8路AI,分别对应

于电动闸阀、液位开关与水温传感器的信号接入。输出模块包含8路DO与4路AO,用于驱动曝气装置、排污泵及变频流量调节器。控制信号结构需匹配采样频率与响应周期,例如开关量采用10ms周期采集,模拟量则以100ms周期进行逻辑运算。信号处理过程在PLC主程序中通过OB1周期块实现,模拟量需经线性化处理转化为工程量。以温度传感器为例,其4-20mA输出对应测量范围为0-100℃,线性变换公式如下:

$$T = \frac{(I - 4)}{16} \times 100 \text{ (单位: } ^\circ\text{C)}$$

实际接入电流值为12.5mA时,经计算可得 $T = \frac{(12.5 - 4)}{16} \times 100 = 53.13$

℃,该值被写入PLC寄存器DB10.DB4并参与温控逻辑判定。PLC结构的设计需满足控制响应与数据采集的双重要求,确保数据对接通道在逻辑结构中具备完整的闭环响应路径。

1.2 数采仪数据通道配置

数采仪的数据通道配置需严格匹配PLC输出特性与现场信号类型,在实际系统中以CDAS-900型环保数采仪为例,配置12路AI与6路DI通道^[2]。其中,AI通道用于接收PLC模拟输出信息,主要参数信号为pH、温度与瞬时流量,其对应的电压输入范围设定为0~5 V,内置24位ADC精度转换模块。在部署前,通过对模拟信号输出段进行采样精度测试,设定采样频率为10 Hz,满足污染物浓度变化过程中的动态响应要求。在某次连续运行测试中,系统对pH模拟量信号进行3分钟采集,采集总点数为1800,数据经标准偏差统计分析,波动控制在 ± 0.04 pH,反映出通道配置与PLC输出具备良好的阻抗匹配与抗干扰能力。数字输入通道连接至PLC D0输出,对设备运行状态进行采集,并通过状态表自动生成运行周期累计值。通道配置设计时须考虑通道数量与信号类型对应关系,同时对采样速率与数据存储结构进行参数联动,形成完整的通道采集闭环,确保对接数据具备连续性与准确性。

1.3 接口协议通信机制

通信机制设计中需确保PLC与数采仪间的协议识别、数据帧结构与主从逻辑高度一致^[3]。在本系统中,PLC端设置为Modbus RTU主站,数采仪配置为从站,通信链路通过RS-485总线实现点对点连接,波特率设为9600 bps,奇偶校验为偶校验,响应超时时间设置为100 ms。Modbus帧结构采用标准模式,读写命令均为十六进制构造,通信稳定性测试中,系统以PLC每秒发送一次读取命令,在连续运行72小时的环境下共发送259,200条请求,成功响应率达到99.996%,丢帧率控制在0.004%以内。为处理通信异常,系统设计自动触发与异常标志位锁存机制,通信失败超过3次时切换备用数据流记录模式,同时在数采仪端缓存寄存器最后有效值,保证数据对接的连续性。通信机制的设计结果表明,选用Modbus RTU协议在现场工业网络中具备良好的容错能力与系统兼容性,能够有效支撑环保数据的实时稳定传输需求。

2 通信协议与映射逻辑

2.1 Modbus协议适用性

通信协议在系统结构中的核心作用是维系控制指令与数据采集的有效同步^[4]。Modbus协议因其帧结构固定、指令集明确、兼容性强,成为PLC与环保数采仪之间数据对接的主流选择。实际工程中,控制系统以PLC为主站,数采仪为从站,通信模式为轮询响应机制,物理接口选用RS-485总线以提升抗干扰能力。协议实现层中,PLC发送读取命令帧,数采仪返回结构化应答内容,命令结构和响应格式保持固定,便于统一解析与程序化处理。在某次通信稳定性测试中,主站以5秒间隔向从站发送读取请求,连续运行72小时内,数据返回延迟均控制在80毫秒以内,未发生帧中断或功能码异常,反映出Modbus协议在现场干扰条件下的抗干扰性与指令响应一致性良好。协议适配性也体现在支持从单变量读取到批量寄存器传输的扩展能力,满足对多参数、高频率采集场景下的数据一致性要求,体现出其在工业数据对接中的通用性与可靠性优势。

2.2 寄存器与通道映射

寄存器地址结构需与PLC内变量地址一一对应,才能实现数据在PLC和数采仪之间的高效传递^[5]。在某污水站项目中,数采仪中AI通道对应的输入寄存器起始地址为30001,PLC中pH值测量变量WR_ph通过Modbus 03H功能码读取该地址,周期设定为10秒。写入操作中,PLC将目标流量设定值写入保持寄存器40005,对应数采仪输出通道配置。现场调试过程中,为验证数值一致性,在PLC侧写入40005地址的数值为4500(代表4.5 L/s),经反馈回读功能比对,数采仪端数据存储一致,无换位、符号位偏移等问题。地址映射结构图在PLC程序中作为寄存器表单形式配置,由主站发起的读取命令格式保持固定,所有通道数据聚合后传入PLC的数据块DB41,统一经子程序处理入控制逻辑,形成稳定通道间接触路径。

2.3 通信异常处理

系统设计中预设三类通信异常状态,每类状态均配置具体处理逻辑与触发条件。以通信超时为例,当PLC主站在150 ms内未收到从站应答,即触发M_ERR1位,该位通过OB100启动初始化模块将当前请求挂起并进入3次重发流程。重发机制中,若连续超时次数超出阈值,则强制清空通道数据缓存,避免伪值参与控制计算。在2024年某厂运行日志中记录,因电缆屏蔽接地失效导致RS-485通信链路中断,系统检测通信中断次数在240秒内累计达8次,进入通信故障降级模式,切换至本地传感器备采路径,成功避免控制逻辑脱闭环。异常处理机制中设定报警标志位并与上位机系统联动,形成错误日志输出与技术人员定位机制,增强系统对突发通信中断的容错能力,保障关键环境数据采集完整性。

3 工程案例与应用效果

3.1 污水处理项目部署

广州市猎德污水处理厂在提质增效工程中构建了以PLC为核心的数据控制系统与环保数采仪的实时采集体系,全面覆盖进水、处理、排放三个运行环节。项目以砂河涌流域为主导区域,建设过程结合河涌排口数量、排水户分布及设备布设密度进行自动化控制单元划分,最终选取132套PLC单元和22套数据采集仪进行分布部署。现场测得进水CODCr浓度初期值为185mg/L,流域排口分布影响数据波动范围达 ± 40 mg/L,系统通过清污分流和源头治理措施,使进水浓度稳定区间提升至260~280mg/L。工程完成后,各PLC与数据采集仪之间以Modbus RTU实现主从架构下的信号汇集与上传,控制系统的响应周期控制在10秒内,符合日均处理量120万吨规模下对过程数据采样周期的配置需求。部署结构确保各流域控制节点在采样、上传、反馈和执行四个环节中实现数据闭环。

3.2 实时数据稳定性测试

数据对接系统在项目运行期内连续开展92天运行测试,采样周期设定为15分钟,核心监测点数据共生成8832条记录,覆盖流量、水质、电耗、设备启停等维度。系统使用PLC控制单元与环保数采仪双通道方式采集现场数据,Modbus协议构建的数据

帧在工业以太网上传至智慧水务平台。测试阶段记录的传输错误日志共18条,经复核全部为接头老化引起的电气接触间歇失效,人工修复后未再发生误码传输。系统内置通信异常自动重试机制及多级CRC校验逻辑,对每组数据帧进行有效性判断和容错校正,提升系统抗干扰能力。下表列出运行期内部分关键指标的连续采样数据与通信响应情况:

表1 猎德污水处理厂典型运行时段数据采集与通信响应情况

时段 编号	时间区间	监测点位	数据类型	平均采样值	通信响应 时间(ms)	通信错 误次数
T1	08:00-08:15	进水口	CODCr 浓度	272 mg/L	78	0
T2	16:00-16:15	出水口	氨氮浓度	1.4 mg/L	79	0
T3	20:00-20:15	压滤间	泥饼含水率	59.20%	74	0

3.3 环保监管合规性提升

数据对接技术的有效运行提升了污水处理厂对全过程监管的支撑能力。处理前后典型水质指标分析显示,经数据控制系统调节运行工况,CODCr平均进水浓度提升至275mg/L,出水氨氮稳定控制在1.5mg/L以下,满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准排放限值。污泥处理环节接入压滤状态与出泥含水率监测通道,经采样与核算,含水率区间保持在58-60之间,脱水机启停与进料量自动联动调整。监测数据经Modbus协议映射至环保监管平台,在调度系统中实现周期性调用并归档,日均报表数据完整率达98%以上。现场噪声经PLC采集控制器处理后以0.1秒分辨率存入环保仪通道缓冲区,在高峰运行状态下昼间监测值为61.3dB,夜间为52.7dB,分别低于标准限值3.7dB

和2.3dB。处理后水体回补总量按日流速累计测算,每天输送再生水248500m³,形成城区水系内部循环,生态效应呈现正向变化,项目在合规性、数据可追溯性和生态响应连续性三方面实现显著提升。

4 结论

PLC控制系统与环保数采仪间构建的Modbus通信架构具备高度稳定性与工程适配性,通信协议结构清晰、数据映射关系明确,信号采集过程中的误差控制在可接受范围内。工程验证表明,该技术路径在污水处理场景中实现了数据采集的连续性与响应逻辑的闭环控制,提升了环保监测数据的完整率与调度系统的控制精度。系统部署后的运行结果与结构设计之间保持一致,具备高频采样、实时上传及异常容错能力,满足当前工业现场对合规采集与信息集成的实际需求。

[参考文献]

[1]冯昊筠,郑洪龙,虞先国.放射性废物桶TGS成像检测PLC控制系统设计[J/OL].核电子学与探测技术,1-7[2025-4-21].
[2]高伟托.基于PLC控制的污水处理控制系统设计与测试分析[J].科学技术创新,2025,(10):35-38.
[3]谭芳.基于PLC控制技术的某污水处理厂系统升级改造[J].南方金属,2025,(02):63-66.
[4]周蓉.基于PLC技术的轨道交通信号自动化控制系统设计[J].自动化应用,2025,66(07):14-16.
[5]曾鹏飞.压盖机上下料机械手PLC控制系统的设计[J].自动化应用,2025,66(07):20-23.

作者简介:

王润(2000—),男,汉族,山东菏泽人,硕士,研究方向:环保数据采集与传输技术。