

基于工业互联网的PLC数据采集系统设计

金嘉杰

联通（浙江）产业互联网有限公司 浙江 杭州 311199

摘要：针对传统工业PLC设备独立运行、数据互通性差、数据孤岛突出，难以适配工业互联网智能化生产需求的问题，本文设计一套全新的PLC数据采集系统。系统依托工业互联网分层架构，结合Modbus、OPCUA主流工业通信协议，通过硬件组网、软件模块化开发、数据预处理及可视化监控设计，实现多型号PLC设备运行数据的精准采集、稳定传输与规范管理。经现场工况测试验证，该系统采集精度高、传输延迟低、环境适配性强，有效解决传统采集模式的诸多短板，可为工业生产数据资源化利用、车间精细化管控提供可靠的技术支撑。

关键词：工业互联网；PLC数据采集；硬件组网设计；软件功能设计；可视化监控

引言：随着工业互联网技术的普及，工业生产逐步向智能化、数字化转型，设备数据采集与互通成为智能制造的核心基础。当前多数工业生产线PLC设备存在通信模式单一、数据传输受限、数据管理零散等问题，设备运行数据无法有效汇总分析，制约了生产管控与设备运维的智能化升级。为打破工业现场数据壁垒，适配复杂生产工况的数据采集需求，本文结合工业互联网技术体系，从硬件组网、软件功能、数据管理等方面开展系统设计，搭建一体化PLC数据采集平台，通过实测验证系统实用性，为工业现场数字化改造提供可行的实践方案。

1 基于工业互联网的PLC数据采集系统关键技术基础

1.1 工业互联网体系架构

工业互联网是实现工业设备互联互通、数据互通共享的核心载体，整体架构主要分为边缘层、平台层与应用层，完全适配工业现场PLC数据采集的运行需求。边缘层作为现场数据采集的终端载体，主要对接生产线各类PLC设备、传感设备与工业网关，负责现场原始生产数据的实时采集与初步处理。平台层为核心枢纽，依托云端服务器完成数据汇总、存储与运算分析，打通现场设备与上层系统的数据壁垒。应用层面向工业生产实际场景，实现设备监控、数据溯源、生产分析等实用功能。该架构打破了传统工业设备独立运行、数据孤岛的问题，为PLC采集数据的跨设备、跨系统传输提供了基础支撑。

1.2 PLC设备原理与通信技术

PLC是工业生产现场的核心控制设备，依托可编程指令完成生产线设备的逻辑控制、时序控制与数据采集工作，具备抗干扰能力强、运行稳定、适配性广的特点。PLC通过内部输入输出模块采集设备运行状态、温度、转速等现场模拟量与开关量数据，经内部程序运算处理

后，一方面控制现场设备运行，另一方面向外传输采集数据。传统PLC多为单机独立运行，通信方式单一，难以实现远程数据传输。现代PLC搭载标准化通信接口，可通过有线、无线方式对接工业网关，适配工业互联网传输需求，为现场数据上传云端提供了硬件通信基础。

1.3 工业数据采集核心协议

工业数据采集协议是保障PLC与网关、云端平台数据稳定交互的核心规则，直接决定数据采集的准确性与实时性。工业现场应用最广泛的为Modbus协议，该协议结构简单、兼容性强，可适配绝大多数中小型PLC设备，适用于短距离、高频次的现场数据采集。OPCUA协议具备开放性、跨平台的优势，能够适配工业互联网多层架构，支持大规模数据的远程传输与加密交互，可实现多台PLC设备的数据统一汇总^[1]。

2 基于工业互联网的PLC数据采集系统需求分析与总体设计

2.1 系统需求分析

结合工业互联网现场设备运行与数据管理标准，结合传统PLC数据采集的应用短板，从功能性与非功能性两个维度完成系统需求界定，为系统整体设计提供依据。

（1）功能性需求。系统需实现多型号PLC设备的接入适配，支持生产线开关量、模拟量等基础运行数据的定点采集。具备现场数据实时上传、本地缓存与云端同步能力，可完成重复数据、异常数据的初步清洗处理。同时配套基础的数据存储、数据查询与设备状态记录功能，满足工业互联网平台的数据对接与后续数据分析使用需求。（2）非功能性需求。系统需满足工业现场运行的实时性要求，数据采集与上传延迟需控制在工业允许范围内。具备较强的环境适应性与抗干扰能力，可适配车间复杂电磁环境、温度湿度工况。系统架构需具备良好扩展性，支持后续新

增PLC设备及采集点位扩容,同时保障数据传输与存储的安全性,规避数据丢失、篡改等问题。

2.2 系统总体设计

结合工业互联网分层架构理念,依据现场生产条件与既定需求,确立系统整体架构与设计思路,整体结构分为现场采集层、网络传输层与平台应用层。(1)现场采集层。该层级以现场各类PLC设备为核心,搭配工业传感器、信号采集模块,负责采集设备运行参数、生产工况等原始数据,完成现场信号的实时获取与初步整理,是系统数据的核心来源。(2)网络传输层。以工业网关为核心传输设备,搭建专用工业网络,采用标准化通信协议完成PLC设备与云端平台的数据对接,实现现场数据的稳定传输、协议转换与数据转发,打通层级间的数据交互通道。(3)平台应用层。依托工业互联网平台完成数据接收、存储与管理,实现数据可视化监测、数据查询统计等功能,完成对现场PLC设备运行状态的远程监管,实现工业数据的资源化利用^[2]。

3 系统整体方案设计与功能实现

3.1 基于工业互联网的系统硬件设计

硬件系统是PLC数据采集的基础物理载体,直接决定数据采集精度与传输稳定性。结合工业互联网边缘侧部署要求,完成现场硬件设备选型、网络拓扑搭建与参数配置,整套硬件体系主要由现场采集终端、协议传输设备及工业网络配套设施组成,构建完整的边缘端数据采集传输链路。(1)核心采集设备配置。本次设计选用工业主流可编程逻辑控制器作为现场核心主控与采集设备,设备具备极强的工业环境适配性与运行可靠性。主要负责实时采集生产线设备启停开关量信号、设备运行状态、温度、压力、转速等关键模拟量生产参数。设备搭载标准以太网通信接口,兼容Modbus、OPCUA等主流工业通信协议,可适配车间连续生产、高频启停的复杂工况,具备优异的电磁抗干扰能力,可长期不间断稳定运行,保障现场原始生产数据的持续采集。(2)现场网络硬件部署。严格按照工业现场电气布线与组网规范,搭建独立专用工业以太网网络,通过工业交换机完成现场多台终端设备的统一组网。相较于普通民用网络,工业以太网具备抗电磁干扰、耐高低温、抗抖动的优势,能够适应车间复杂生产环境,有效降低数据传输丢包、延迟、乱序等问题,保障多台PLC设备采集数据的同步上传与稳定交互,构建安全、可靠的现场采集传输网络架构。(3)数据传输硬件选型。系统选用高性能工业网关作为核心协议转换与数据传输设备,承担现场数据汇总、协议转换与云端转发的核心任务。网关可实现PLC设

备私有通信协议与工业互联网平台通用通信协议的双向转换,打通现场设备与云端平台的数据壁垒。同时具备离线数据缓存、断点续传功能,在现场网络波动、断连等异常工况下,可临时缓存采集数据,网络恢复后自动补传数据,有效规避网络故障引发的数据丢失问题,全面保障数据传输的完整性与连续性。

3.2 系统软件与采集功能设计

软件系统依托现有硬件架构进行模块化开发设计,围绕PLC数据采集、数据处理、远程传输三大核心业务展开,采用分层模块化设计思想,简化程序运行逻辑,降低功能耦合度。(1)PLC采集程序设计。基于对应PLC编程开发环境编写专用数据采集程序,通过精准读取设备内部寄存器地址数据,实现对生产线设备启停状态、运行时长、温度、压力、转速等核心生产参数的定点采集。程序可根据现场生产工艺需求灵活配置采集周期与采样频率,兼顾数据实时性与系统运行负荷。同时对不同类型采集点位进行分区归类管理,有效避免不同工况数据交叉混淆,保障采集数据的有序性与准确性。(2)互联网数据交互设计。依托工业网关的协议转换能力,搭建现场PLC终端与工业互联网云端平台的双向数据传输通道。经过预处理后的标准化结构化数据,通过加密传输协议上传至云端平台,杜绝数据传输过程中被篡改、窃取的风险。同时支持云端平台下发远程查询、参数读取等指令,实现工作人员远程调取现场实时工况数据,完成终端设备与云端平台的双向数据交互。(3)数据预处理功能设计。工业现场环境复杂,原始采集数据普遍存在噪声干扰、数据跳变、重复采集、短时缺失等问题。为此设计独立数据预处理模块,通过阈值约束算法剔除超量程异常跳变数据,通过数据比对算法清除重复冗余数据,针对短时缺失数据采用插值算法进行合理补全,完成原始数据的清洗、标准化处理,大幅提升数据质量,为后续数据存储、分析与监控应用提供可靠的数据基础^[3]。

3.3 系统数据库与可视化监控设计

为实现工业采集数据的长效存储、规范管理与直观可视化展示,配套搭建专用数据库存储体系与上位机可视化监控界面,构建数据采集、归档、查询、展示一体化功能体系。(1)数据库结构设计。选用高适配、高稳定的轻量化工业数据库用于存储现场PLC采集数据,结合工业数据特征分类设计数据表,分别建立开关量状态数据表、模拟量参数数据表、设备运行日志数据表。通过设置唯一数据主键区分不同设备、不同时间段的采集数据,并建立多级数据索引,有效提升数据查询、调取、

导出的响应速度。系统配置定时入库存储机制,保障现场实时数据有序归档、分类存储。(2)可视化监控界面设计。上位机监控界面与现场采集终端、后端数据库实时绑定联动,可同步展示各PLC设备的实时运行状态与生产参数。界面采用分区布局设计,分别展示设备运行状态、实时参数、历史数据曲线、异常报警信息,能够直观反馈生产线实时工况。系统具备数据趋势回放、历史曲线查询、异常弹窗提醒功能,便于运维人员实时掌握设备运行状态,实现生产现场无人值守远程可视化监管。(3)数据管理功能设计。数据库集成数据持久化存储、定时自动备份、故障异常恢复等功能,可有效应对工业现场突发断电、网络故障、设备宕机等突发状况,最大限度规避数据丢失风险。同时支持按照设备编号、生产时间段、数据类型等多维度筛选检索历史数据,为生产工况追溯、设备故障分析、生产数据统计提供完整的数据支撑,满足工业生产精细化管理需求^[4]。

4 系统调试与性能测试验证

4.1 测试环境与测试方案搭建

结合工业车间实际工况,搭建软硬件联合测试环境,所用设备、通信方式与现场实际部署标准保持一致。测试硬件包含现场PLC设备、工业网关、工业交换机及上位机监控终端,搭建完整的边缘采集与网络传输链路。测试软件包含PLC编程调试软件、数据监测软件及数据库管理工具。本次测试以工业互联网数据传输标准为依据,制定测试方案,主要涵盖数据采集功能测试、传输稳定性测试、数据准确性测试及系统联动功能测试,全方位验证系统整体运行性能。

4.2 系统功能与性能测试

本节围绕采集、传输、运行三大维度开展逐项测试,具体内容如下:(1)数据采集准确性测试。模拟生产线设备正常运行、参数波动等工况,持续采集PLC开关量状态及温度、压力、转速等模拟量数据,对比设备原生参数与系统采集参数,校验数据采集误差,验证系统采集模块的精准度。(2)数据传输实时性测试。依托工业互联网传输链路,持续记录数据采集、网关转发、平

台接收的时间差,统计数据传输延迟,检验系统是否满足工业生产实时监控要求。(3)系统稳定性测试。设置长时间连续运行测试,模拟网络波动、短时断线等异常场景,检测系统断线缓存、断点续传及数据容错能力,验证系统复杂工况适应性。

4.3 测试结果分析与问题优化

通过多组重复性测试可得,本系统可稳定接入多型号PLC设备,数据采集误差控制在工业允许范围内,传输延迟低、同步性好,异常工况下无数据丢失、乱码等问题,可视化监控与数据存储功能运行正常。针对测试过程中出现的少量数据采样抖动、曲线显示延迟等细微问题,通过优化程序采样逻辑、调整网络传输优先级完成针对性整改,进一步提升系统稳定性与精准性,完全满足工业互联网场景下PLC数据采集的现场应用需求。

结束语:本文完成了基于工业互联网的PLC数据采集系统的整体设计与性能验证,构建了集数据采集、传输、处理、存储与可视化监控于一体的完整体系。系统有效解决了传统PLC数据采集精度不足、传输不稳定、数据管理混乱等行业痛点,具备良好的实时性、稳定性与扩展性。本次设计可满足常规工业车间的生产数据采集与运维管控需求,后续可结合人工智能、大数据分析技术优化系统功能,进一步挖掘工业数据价值,助力工业生产数字化、智能化深度升级。

参考文献

- [1]苗玉刚,任荣荣.基于工业互联网的PLC数据采集系统设计[J].无线互联科技,2024,21(17):17-20.
- [2]李宏伟,李远,高倩,陈冰,娄琳.基于西门子PLC的工业网络云平台数据采集系统方案设计[J].漯河职业技术学院学报,2026,25(3):19-22.
- [3]王文东,彭军.基于工业互联网的生产数据采集系统设计与应用[J].昆钢科技,2025(3):53-57.
- [4]刘志伟,廖书琴.基于RFID与PLC的生产过程数据采集系统设计与实现[J].现代制造技术与装备,2026,62(4):30-34.