

基于SCADA系统的自动产线远程控制设计与应用

王 冲¹, 陈永峰¹, 宋 勇², 陆 畅¹, 徐立青¹, 赵雪柔¹

¹陕西铁路工程职业技术学院, 铁道装备制造学院, 机电一体化教研室, 陕西 渭南

²陕西北人印刷机械有限责任公司, 陕西 渭南

收稿日期: 2025年12月26日; 录用日期: 2026年1月28日; 发布日期: 2026年2月9日

摘要

传统生产场景下, 产线控制常以分散设备运行为主、人工介入为辅, 普遍面临数据记录残缺、调度响应滞后、工序协同不畅等痛点, 难以适配柔性制造与高效生产的现实需求。伴随工业现代化的深入推进, 企业对生产过程的精细化管控及远程运维能力的诉求愈发迫切。本文面向常规自动化生产线, 设计了一套基于SCADA系统的产线远程控制方案。通过搭建设备层 - 控制层 - 管理层全链路通信架构, 实现设备状态实时感知、生产数据全程追溯及工艺参数动态调优, 进而提升产线生产效率、产品质量与资源利用水平。

关键词

SCADA系统, 远程控制, 实时监测, 生产数据

Design and Application of Remote Control for Automatic Production Lines Based on SCADA System

Chong Wang¹, Yongfeng Chen¹, Yong Song², Chang Lu¹, Liqing Xu¹, Xuerou Zhao¹

¹Mechatronics Teaching and Research Section, School of Railway Equipment Manufacturing, Shaanxi Railway Institute, Weinan Shaanxi

²Shaanxi Beiren Printing Machinery Co., Ltd., Weinan Shanxi

Received: December 26, 2025; accepted: January 28, 2026; published: February 9, 2026

Abstract

In traditional production scenarios, production line control mainly relies on the operation of

文章引用: 王冲, 陈永峰, 宋勇, 陆畅, 徐立青, 赵雪柔. 基于SCADA系统的自动产线远程控制设计与应用[J]. 软件工程与应用, 2026, 15(1): 49-54. DOI: 10.12677/sea.2026.151006

decentralized equipment supplemented by manual intervention, which generally suffers from such pain points as incomplete data records, delayed scheduling responses and poor process coordination, making it difficult to meet the practical needs of flexible manufacturing and efficient production. With the in-depth advancement of industrial modernization, enterprises have an increasingly urgent demand for refined management of production processes and remote operation and maintenance capabilities. This paper designs a remote control scheme for production lines based on the SCADA system, targeting conventional automated production lines. By building a full-link communication architecture consisting of the device layer, control layer and management layer, the scheme achieves real-time perception of equipment status, full-process traceability of production data and dynamic optimization of process parameters, thereby improving the production efficiency, product quality and resource utilization level of the production line.

Keywords

SCADA System, Remote Control, Real-Time Monitoring, Production Data

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

数据采集与监视控制系统(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)其整合分布式数据采集、集中式监控调度及远程精准控制的一体化技术特性,已成为现代自动化产线数字化管控的重要技术[1][2]。远程无线控制技术与 SCADA 系统的深度融合,有效突破了传统有线连接的物理约束与布线局限,为制造企业生产模式的创新性变革提供了关键技术支撑。该融合的应用价值主要体现在两个方面:一方面,无线通信技术的嵌入式应用不仅显著降低了产线布线成本与施工复杂度,更提升了系统的扩展能力,为企业完成新旧设备的标准化集成提供了可行路径;另一方面,操作人员通过中控平台或移动终端即可实现设备运行状态的实时监测与工艺参数的精准调控,很大幅度提升了生产调度的响应时效,又减少了高危工况下人工介入的安全风险[3][4]。

在制造业智能化快速转型的背景下,传统的可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)控制方案因存在数据碎片化、产线协同性不足等固有缺陷,已难以适配精益生产的现实需求。而 SCADA 系统依托其强大的数据整合能力,构建起设备层 - 控制层 - 管理层的全链路通信架构,实现生产流程可视化与远程化运维,加速制造类企业完成智能化、数字化转型[5][6]。

2. 产线远程控制系统概述

2.1. SCADA 系统控制原理

SCADA 系统由数据采集部分、通信控制部分和系统监控部分组成(如图 1)。数据采集部分负责获取设备中各种数据,其主要包含传感器、智能模块和动作机构等。传感器负责将位置、温度、压力等物理量转化为电信号,再通过通信模块将信号传控制系統。控制系統一般采用 PLC 对信号进行处理并发送相应的执行控制指令。监控部分是 SCADA 系统中实现数据传输的重要部分,远程监控模块将采集到的数据从现场传输到 SCADA 监控系統,SCADA 监控系統把控制指令传输到现场。整个过程需要有远程监控模块通过无线或有线实现数据通信。监控部分另一个重要作用是处理和展示采集到的数据,其主要由计算机、服务器、数据库、网络设备及人机界面等组成[7]。计算机和服务器进行数据的处理和存储,数据

库负责数据的管理，网络设备实现数据的传输和共享，人机界面用于展示实时数据、设备状态和报警信息，能帮助操作人员直观了解系统运行情况[8]。

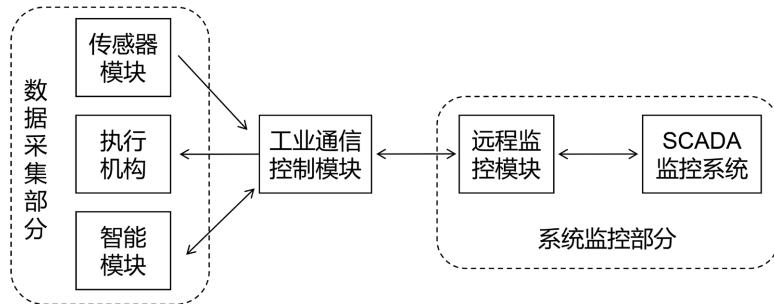


Figure 1. System control principle
图 1. 系统控制原理

2.2. 系统网络架构

该 SCADA 系统是一套生产单元数字化改造设备的工业物联网智能控制系统，设备的功能是自动完成密封圈装配流程。该系统网络架构(如图 2)核心由设备层、传输层、管理层三层组成：设备层：包含伺服电机、变频器、工业机器人等生产设备，通过 PLC 实现本地控制；同时配备远程 IO、工业相机等传感设备，以及触摸屏、显示屏实现现场交互。架构中的传输层以交换机为核心部件，负责连接设备层和云盒子，云盒子通过 4G 网络接入云端，实现设备数据的远程上传与控制指令的下发，工业防火墙则专门保障这一过程的网络安全[9]。管理层的核心是服务器，主要进行数据的存储与处理，上位机通过云端与现场设备建立通信，进而实现远程监控、调度及运维功能。这种架构让工业设备既能本地控制，又能远程智能管理，既方便现场操作，又提升了远程运维效率，加上防火墙的防护，工业网络安全性也得到了强化[10]。



Figure 2. System network architecture
图 2. 系统网络架构

2.3. 系统实施方案

该密封圈装配自动产线生产单元数字化改造实施方案，围绕“供料站、装配站、检测站、输送站和工业机器人仓储站”5个模块布局(如图3)。首先按模块配置硬件，供料站通过供料气缸自动推出工件，密封圈机构自动提供扩张密封圈，装配站用气缸机械手组件、冲压气缸装配工件密封圈，检测站通过工业相机完成质检，输送站用伺服电机、气缸机械手组件将各站之间的物料进行搬运，工业机器人仓储站根据检修结果将各种成品分类入库，各模块由相应的PLC、远程IO控制，现场触摸屏关联模块状态按钮。以交换机为通信中心，将模块的IO信号、气缸状态上传到云平台，同时通过工业防火墙保障通信安全稳定。最后通过云平台监控模块在显示屏实时监控产线运行状态，支持远程调试参数并结合预警实现预防维护，完成密封圈装配全流程的数字化、智能化管控。

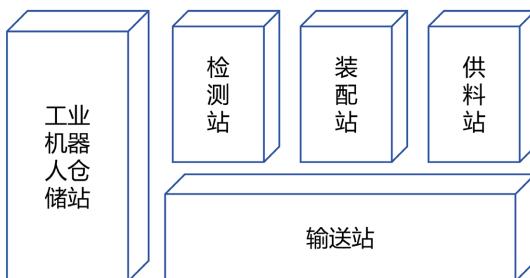


Figure 3. System equipment layout
图 3. 系统设备布局

3. 远程控制与数据采集

3.1. 项目部署

在SCADA系统网站完成核心参数配置：首先在项目中心中添加项目信息，然后在项目配置中设置IP地址与通信协议，建立PLC与SCADA系统的通信链路；其次在数据监控中添加PLC与SCADA系统连接点位，关联传感器气缸状态、电机运行等实时数据点位，最后在设备控制里进行组态，绘制可视化界面，配置状态指示灯、操作按钮，实现各模块运行状态可视化与远程启停控制，再配置气缸卡滞、物料短缺等报警信息，绑定短信、弹窗等报警推送方式，保障异常情况能够被及时发现与处置。

3.2. 编程开发

基于TIA Portal软件完成控制程序编写：首先按5个模块的功能逻辑，分别编写主程序与子程序，明确气缸动作、伺服电机运动等控制指令，使用RobotStudio软件完成工业机器人的程序编写，实现供料站上料、装配站组装、检测站质检、输送站转运、工业机器人仓储站智能存储的流程闭环控制；其次编写数据采集程序，采集各模块的IO信号、气缸状态、装配数量等数据，通过PROFINET通信上传至SCADA系统；最后在程序中加入保护机制与故障自诊断逻辑，设置急停、复位等安全控制指令，保障设备稳定运行，同时预留程序拓展接口，为后续工艺参数优化与功能升级提供便利。

3.3. 数据采集与应用验证

本系统围绕SCADA系统监控界面的模块状态与设备参数展开多维度数据采集，通过西门子S7-1200PLC与远程IO模块，采集5个功能模块中驱动气缸和传感器的信息，同时采集工业机器人的6轴角度、伺服电机转速等运行参数，以及物料上料次数、装配完成数等生产数据。所有采集数据通过云盒子实时

上传至 SCADA 平台,在监控界面以可视化图表、状态指示灯及控制按钮的形式动态呈现(如图 4 和图 5),实现对产线设备运行状态与生产数据的实时监测。



Figure 4. Data cloud platform status interface

图 4. 数据云平台状态界面



Figure 5. Data cloud platform control interface

图 5. 数据云平台控制界面

依托上述数据采集体系搭建的 SCADA 远程控制系统,在密封圈装配产线完成了为期 7 天的应用验证,对生产数据进行统计分析。汇总的每日上料合格率、装配完成数、设备停机时长等数据,通过对比传统人工生产模式下的生产数据。结果表明,改造后产线设备综合效率从 62% 提升至 85%,单班产能提升 54%,原材料损耗率降至 2%,进而显著提升产线生产效率、产品质量与资源利用水平。

4. 结语

本研究以密封圈装配生产单元为载体，围绕基于 SCADA 系统的自动产线远程控制展开设计与应用探索。通过构建设备层 - 控制层 - 管理层的全链路通信架构，实现了产线远程监控、协同控制与数字化运维。实际应用验证了该技术在智能制造场景中的可行性与实用价值。

不过本研究仍存在两点技术层面的局限：一是未引入边缘计算节点对高频传感数据进行预处理，导致数据传输与反馈存在明显延迟，难以满足产线实时闭环控制的需求；二是缺乏边缘协同架构设计，单条产线的 SCADA 系统形成了数据孤岛，限制了多产线协同调度的扩展能力。未来研究中，可将边缘计算技术与 SCADA 系统相融合，搭建多产线集群管控平台，进一步挖掘工业数据的潜在价值。

综上，该方案解决了传统产线“现场依赖重、运维效率低”的痛点，为制造领域数字化改造提供了可借鉴的技术范式，其将助力制造业向数字化、智能化高质量发展。

基金项目

陕西铁路工程职业技术学院 2024 年渭南市公众科学素质提升计划项目(WNKS24-2-04)。

参考文献

- [1] 李振龙, 张钦礼, 马先锋, 等. 基于 SCADA 的充填管道远程监控技术及其应用[J]. 矿业研究与开发, 2023, 43(11): 183-187.
- [2] 张园田, 周科宇. 基于 SCADA 数据协同的风力机故障检测与控制[J]. 机床与液压, 2024, 52(6): 201-208.
- [3] 储峰. 铁路供电 SCADA 系统联调联试措施优化[J]. 中国铁路, 2024(5): 66-69.
- [4] 李忠源, 张博, 卫佳乐. 铁路供电调度 PDMS 系统与 SCADA 及 CTC 系统数据交互应用研究[J]. 中国铁路, 2025(10): 149-154.
- [5] 肖民生. 基于 SCADA 的自动调度系统研究[J]. 自动化应用, 2025, 66(21): 200-202+206.
- [6] 周震, 唐伯培, 梁钊福, 等. 基于 SCADA 的智能地铁供电系统设计[J]. 机电工程技术, 2025, 54(20): 115-122.
- [7] 张敏, 李德水, 翟羽飞. 基于 SCADA 数据的大型风力发电机组发电性能分析方法[J]. 机电工程技术, 2025, 54(23): 141-144+164.
- [8] 柳源, 李忠虎, 王金明, 等. 风电机组 SCADA “风速-功率”数据处理方法研究[J]. 太阳能学报, 2025, 46(7): 353-360.
- [9] 龚清原. 基于“物联网 + 工业云”的选矿设备状态监控[J]. 设备管理与维修, 2025(20): 158-160.
- [10] 钟晓英. 基于智能传感器网络的工业生产线监控系统[J]. 信息记录材料, 2023, 24(7): 246-248.