

基于 SCADA 的机电生产过程监控系统设计

庞明东 440982199111244531

摘要：针对传统机电生产过程监控存在数据采集滞后、异常响应不及时、生产状态透明度低等问题，本文设计了一套基于数据采集与监视控制（SCADA）的机电生产过程监控系统。系统采用分层架构设计，分为现场设备层、网络传输层和监控管理层三个层级，完成了硬件选型、通讯协议配置以及软件功能模块开发，实现了生产数据实时采集、生产状态可视化监视、异常故障预警报警、历史数据存储查询等核心功能。测试结果表明，该系统数据采集延迟低于 200ms，异常报警响应时间不超过 1s，能够有效提升机电生产过程的自动化管控水平，降低生产故障发生率，为离散机电制造企业的生产过程数字化改造提供可行方案。

关键词：SCADA；机电生产；过程监控；系统设计

一、引言

机电产品生产过程包含零件加工、装配、检测等多个环节，生产设备分散、工艺参数多变，传统人工巡检模式不仅人力成本高，而且难以实时掌握全生产线的运行状态，一旦出现设备故障或工艺参数异常，往往需要较长时间排查定位，容易造成批量不合格品，影响企业生产效益。随着工业互联网和智能制造技术的发展，生产过程的数字化监控已经成为制造企业升级改造的核心需求之一。SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）系统作为工业领域应用最广泛的监视控制技术，能够实现大范围多设备的统一数据采集与远程监控，具备成熟的通讯协议兼容性和可视化交互能力，非常适合机电生产过程的监控需求。本文结合中小型机电制造企业的生产实际，开展基于 SCADA 的机电生产过程监控系统设计，解决企业当前生产监控存在的痛点问题。

二、系统总体架构设计

2.1 设计目标

本系统设计主要满足四个核心目标：第一，实现机电生产全流程数据的实时自动采集，覆盖主要生产设备的运行参数、工艺参数和产品检测数据，替代人工记录，降低人力成本；第二，实现生产过程的可视化监控，在监控中心直观展示各工位设备状态、工艺参数波动、生产进度等信息，提升生产状态透明度；第三，建立异常预警与报警机制，当工艺参数超出阈值或设备出现故障时，第一时间发出提醒，辅助操作人员快速处理；第四，实现生产数据的存储与回溯，支持历史

生产数据的查询统计，为工艺优化和质量追溯提供数据支撑。

2.2 分层总体架构

结合机电生产现场的设备分布特点，系统采用三层分布式架构设计，具体分为现场设备层、网络传输层和监控管理层，各层功能独立，通过标准接口实现数据交互：

- 现场设备层：位于生产车间现场，由各类机电生产设备、传感器、PLC 控制器、智能仪表等组成，负责完成具体生产任务，同时采集设备运行电流、电压、加工温度、压力等各类生产数据，接收监控管理层下发的控制指令。针对不同品牌型号的老旧设备，系统增加了外接传感器采集模块实现数据补采，解决老设备无通讯接口的问题。
- 网络传输层：负责连接现场设备层和监控管理层，实现数据的稳定传输。考虑到机电生产车间工业环境存在电磁干扰，本系统采用有线以太网为主、无线 LoRa 为辅的混合组网方式，对于固定安装的大型设备采用有线以太网接入，保障传输稳定性。
- 监控管理层：位于企业中控室，由 SCADA 服务器、数据库服务器、监控操作终端组成，是整个系统的核心管控部分，负责完成数据存储、处理、可视化展示、报警处理、指令下发等功能，为生产管理人员提供统一的监控操作平台。

三、系统硬件设计

系统硬件设计以兼容现有生产设备、降低改造成本为原则，主要完成核心硬件的选型和现场接入方案设计。

首先，核心控制单元选用西门子 S7-1200 系列 PLC 作为现场数据采集的核心控制器，该型号 PLC 支持多种工业通讯协议，包括 Modbus RTU/TCP、PROFINET 等，能够兼容绝大多数机电设备的通讯需求，自带 16 路数字输入和 12 路数字输出，可直接接入开关量信号，扩展模块支持模拟量采集，能够满足温度、压力等模拟量参数的采集需求，同时体积小、成本低，适合中小型生产线改造使用。

其次，针对无通讯接口的老旧机电设备，本系统设计外接传感采集方案：对于设备运行状态采集，采用电流互感器采集电机工作电流，判断设备是否处于运行状态；对于工艺参数采集，采用 PT100 温度传感器采集加工温度，采用压力变送器采集液压系统压力，所有模拟量信号通过 PLC 扩展模拟量模块转换为数字信号，接入 SCADA 系统。

四、系统软件设计

4.1 开发平台选择

本系统 SCADA 软件采用北京亚控 KingSCADA 平台开发，该平台是国内应用广泛的专业 SCADA 开发工具，具备完善的设备驱动库，支持绝大多数主流 PLC 和智能仪表的通讯，内置丰富的可视化组件，能够快速搭建监控画面，同时支持报警管理、数据报表、历史趋势曲线等功能，开发效率高，后期维护方便。数据库采用 SQL Server 2019 存储历史生产数据和配置信息，支持大容量数据存储和高速查询。

4.2 核心功能模块设计

本系统软件共分为三个核心功能模块，分别是数据采集通讯模块、实时监控模块、报警预警模块：

（1）**数据采集通讯模块**：该模块负责完成现场设备与 SCADA 服务器之间的数据交互，针对不同设备配置对应的通讯驱动：对于接入 PLC 的设备，通过 PROFINET 协议实现 PLC 与 SCADA 服务器的通讯；对于带通讯接口的智能检测设备，通过 Modbus TCP 协议直接接入 SCADA 系统；对于外接传感器设备，由 PLC 完成 A/D 转换后上传数据至 SCADA。数据采集周期可根据参数类型灵活配置。

（2）**实时监控模块**：该模块实现生产过程的可视化展示，根据机电生产线的实际布局绘制监控主画面，在主画面中直观展示每个工位的设备运行状态，正常运行显示绿色，待机显示黄色，故障显示红色，同时实时展示当前各工位的工艺参数数值、当班生产进度、合格产品数量等信息。除此之外，系统还支持单设备详细监控画面，点击对应工位可以查看该设备的历史参数趋势曲线，掌握参数波动情况。

（3）**报警预警模块**：该模块实现异常情况的预警和报警功能，用户可以在系统中为每个工艺参数设置上下限阈值，当参数超出阈值但偏差较小时，系统触发预警，通过画面黄色提醒操作人员关注参数变化；当参数偏差超过设定范围或者设备出现故障停机时，系统触发声光报警，同时自动记录报警时间、报警位置、报警类型信息，提醒操作人员及时处理，避免故障扩大。

六、结论

本文针对机电生产过程监控的实际需求，设计了一套基于 SCADA 的三层架

构生产过程监控系统，完成了硬件选型和软件功能开发，解决了新旧机电设备的统一接入问题，实现了生产数据实时采集、可视化监控、异常报警、历史数据查询等功能。现场测试表明，系统稳定可靠，能够有效提升企业生产管控水平，降低生产成本，适合中小型机电制造企业的生产过程数字化改造，具有较高的推广应用价值。

参考文献

[1] 王曙光, 张建军. SCADA 系统在工业生产监控中的应用进展[J]. 制造业自动化, 2021, 43(5): 148-152.

[2] 李方园. 基于 SCADA 的离散制造过程监控系统设计[J]. 工业控制计算机, 2020, 33(12): 26-28.

[3] 李刚. 老旧机电设备集群的 SCADA 监控改造方案设计[J]. 机械工程与自动化, 2022, (3): 168-170.