

一种面向光缆自动收排过程的远程监控系统

傅胜军¹,唐敦兵^{1,2},王仕存¹,段祺舜²,惠大可²

(1. 南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016; 2. 南京航空航天大学 无锡研究院,江苏 无锡 214154)

摘 要:在光缆的自动化生产过程中,光缆收排设备不再配备专门的现场监控人员,因此开发面向光缆自动收排过程的远程监控系统就显得十分重要。采用 PROFINET 实现了收排线电机的同步控制,使用 OPC UA 技术实现了现场设备、控制室 PC 机之间的通信连接,完成生产数据的采集与传输,并利用 web 技术开发了云端监控平台。

关键词:光缆生产;自动收排;远程监控;PROFINET

中图分类号:TP274 **文献标识码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)01-0227-04

Remote Monitoring System for Process of Optical Cable Automatic Take-up and Arrangement

FU Shengjun¹, TANG Dunbing^{1,2}, WANG Shicun¹, DUAN Qishun², HUI Dake²

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China; 2. Wuxi Institute of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Wuxi 214154, China)

Abstract: In the automatic production process of optical cables, the optical cable take-up and arrangement equipment no longer requires placement of special field monitoring staff. So it is very important to develop a remote monitoring system for the optical cable automatic take-up and arrangement process. This paper deals with PROFINET that realizes the synchronous control of motors, and OPC UA that sets up the communications between the field equipment and the control room PC.

Keywords: optical cable production; automatic take-up and arrangement; remote monitoring; PROFINET

0 引言

光缆收排是指在光缆护套生产过程中,当套塑冷却完成后,线缆被整齐卷绕到收线盘上的过程,并要求收排平坦紧实,无穿插,无压擦跳线^[1]。为更好地实现光缆自动化收排,基于当前设备和工艺开发高效、实用的远程监控系统。本文提出了一套能够对光缆自动收排过程进行远程监控的系统,可为企业生产提供远程监控服务。方案采取 PLC+PROFINET 构成现场控制系统,实现了现场设备间通信^[2],并通过 OPC UA 和 Socket 技术开发数据采集层,实现远程监控平台和现场控制设备间的数据交互^[3]。该控制系统基于云端服务器和 web 技术将生产现场的情况进行发布,生产人员在任何地方都可以实时查看生产状态数据、历史记录、报警信息等,并及时进行控制管理。

1 远程监控系统总体设计

1.1 光缆收排过程及监控对象

如图 1 所示,光缆的收排过程主要由收线和排线构成,光缆通过牵引在收卷运动和排线运动的作用下,进行收排。收卷运动使光缆卷绕到线盘上,排线运动为排线电

机带动整体收线机构沿排线方向水平移动。线盘每收卷一圈,排线移动一个排线节距。若当前层被排满,排线运动则反向,进行下一层线缆的收排。

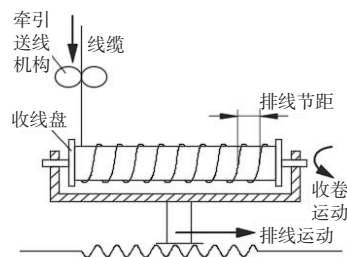


图 1 光缆收排过程示意图

由上述对收排过程可知,面向光缆自动收排过程的远程监控系统主要针对以下生产对象进行监控:1) 收排线状态:收卷角速度、实际线速度、排线节距、寻边距离、收线层数等;2) 工艺参数:电缆直径、预制计米长度、手动速度设定、线盘直径和盘宽等;3) 生产统计及报警信息:收排计米长度、单盘生产周期、PLC 报警信息等。

1.2 系统整体架构

本文规划了一种 3 层架构的自动化光缆收排远程监控系统方案,如图 2 所示。

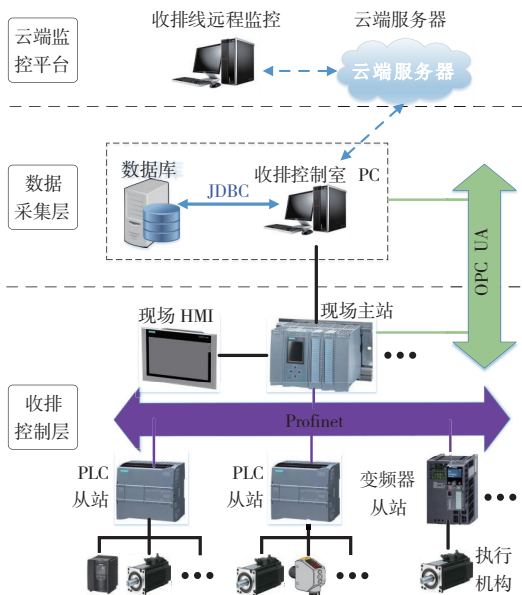


图2 远程监控系统整体架构

第1层为收排控制层,设定为现场控制器和各类现场设备,如PLC、收排线电机传感器等,该层主要负责自动化控制和数据收集。第2层为数据采集层,主要由控制室PC机构成,负责收排现场和云端监控平台的数据交互,读取控制层的生产数据(如收卷速度、收线层数、计米长度和报警信息等),同时从云端监控平台获取监控指令和参数(如预制计米长度、手动设定速度等)。第3层为云端监控平台,该层以云端服务器为中心,负责将数据进行处理和发布。

2 远程监控系统关键技术实现

2.1 现场收排控制

在自动收排控制系统中,要求收排控制层的网络具有一定实时性、稳定性和安全性,本文采用了PROFINET工业以太网的通信方式,实现了控制层分布式IO和控制的骨干^[4]。光缆自动收排现场控制系统由一台S7-1500PLC和两台S7-1200PLC、G120变频器、HMI触摸屏等构成。在收排控制层的PROFINET通信中,西门子S7-1500PLC作为PROFINET IO控制器,S7-1200PLC和变频器等其他设备作为PROFINET从站设备。

针对收排的不同控制要求,采用了一种偏差耦合同步控制和主从同步控制相结合的控制结构,如图3所示。牵引运动和收卷运动要求线速度相同,所以采用偏差耦合同步控制,引入前馈环节,动态对电机速度进行补偿,从而达到良好的同步性能。对于收卷运动和排线运动,收线盘每转动一周,排线移动一个排线节距。因此采用主从同步控制结构,排线电机(从电机)实时跟踪收卷电机(主电机)的输出,来实现精密排线。该结构在保证自动收排精度的同时降低了系统的运算负载。通过增加比例器 $1/R1$ 和 $1/R2$ 来确保电机的线速度同步, $R1$ 和 $R2$ 分别为牵引、收卷半径, $R2$ 随着收卷层数的增加不断增大。同时通过

引入前馈控制,增加PI速度补偿器,实时消除转动惯量变化等扰动给同步控制带来的误差。

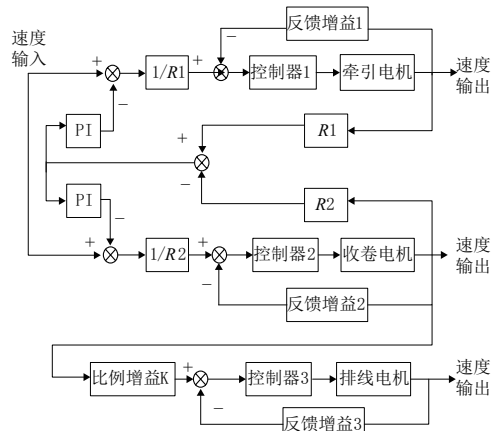


图3 收排系统控制策略结构图

现场控制程序的主要流程如图4所示。设备在初始化后,将空收线盘上盘,并与光缆进行固定。然后牵引电机、收卷电机、排线电机协调运动,进行收排。当设备上的寻边传感器检测到排线到边,本层排线结束,排线运动反向运行,进行下一层光缆的收排。直至收排长度到达预制计米长度,本盘收排结束,将光缆打扎后,卸下收满的线盘。上述流程循环执行,以实现持续上盘收线。

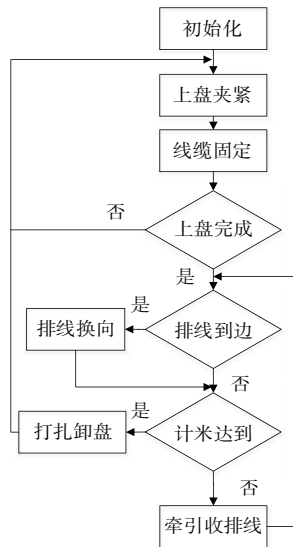


图4 光缆收排控制程序流程

2.2 数据采集

数据采集层通过OPC UA通信访问现场控制主站,对收排控制层数据进行存取,同时数据采集层通过Socket与云端监控平台进行数据交互。

OPC UA使用客户端/服务器模式通信^[4-5]。OPC UA通信中,OPC UA服务器为现场S7-1500PLC,在控制室PC机上开发OPC UA客户端模块,作为采集层与OPC UA服务器交互的OPC UA客户端接口,实现数据采集层与现场收排控制层的数据交互。

系统的数据交互过程如图5所示。针对 OPC UA 客户端通信模块采用不同的交互方式。传输的数据主要分为以下几种:1)传感器、编码器采集:动作限位、寻边距离、牵引和收排速度、PLC 和变频器报警信息等;2)PLC 累计运算得到:收排计米长度、生产周期、班产量等;3)云端监控平台或现场 HMI 设定:如排线节距、预制计米长度、手动速度等。

1)类数据是现场状态的动态反映,变化较快,监控实时性要求较高,因而采用 OPC UA 订阅监视变量的方式进行

行访问,并通过在服务器上注册提高访问速度。2)类数据在收排过程中不断地累计变化,但监控实时性要求不是很高,所以采用标准的循环读写方式访问。3)类数据采用事件触发的方式进行读写访问,当数据改变时,OPC UA 客户端程序才进行读写。根据上述交互方式,将客户端通信功能封装成了以下几个模块:远程参数设定模块、实时状态采集模块、生产信息统计模块、现场工艺参数采集模块、连接和初始化模块。

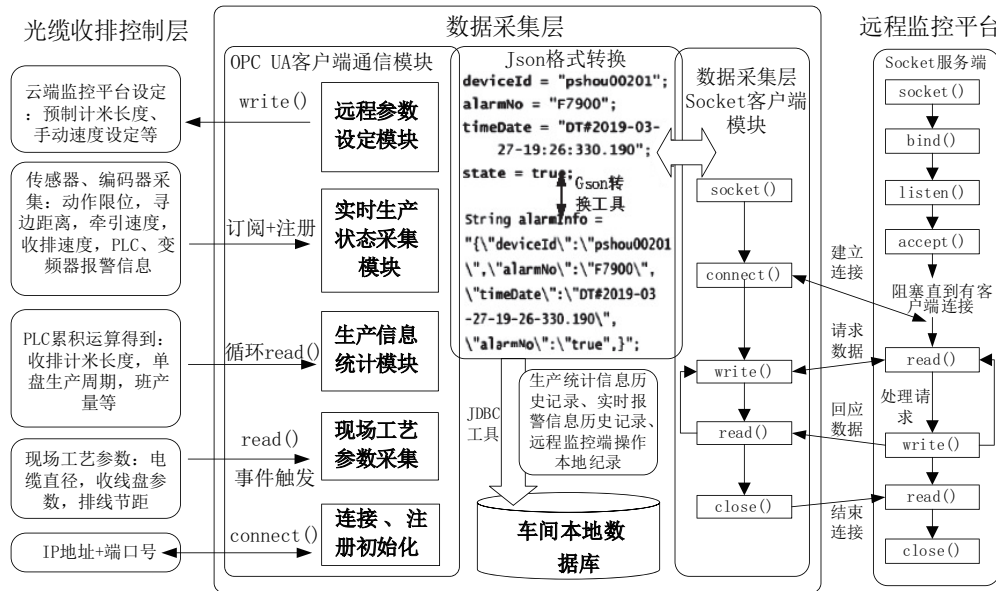


图5 光缆自动收排的监控系统数据交互过程

收排控制层的数据被 OPC UA 客户端通信模块采集后,经过格式转换,由 Socket 客户端通信模块发送给云端监控平台,其中的生产统计信息和实时报警信息将通过 JDBC 进行数据库存储,作为本地记录和备份。同时,Socket 客户端通信模块接收来自云端监控平台的控制信息,格式转换后,由 OPC UA 客户端通信模块下发给现场的 PLC 主站,对收排过程进行控制。数据在云端监控平台和数据采集层之间通过 Json 格式进行交互,Json 是一种轻量级的数据交换格式^[6],可方便地使用工具进行解析。

数据采集层通过开发 OPC UA 通信客户端程序和 Socket 通信客户端程序,完成了云端监控平台和收排控制层的信息交互。

2.3 云端监控平台设计

云端监控平台以云端服务器为中心,将系统数据进行展示并提供监控界面作为远程控制接口。云端监控平台采用 MVC 设计模式进行开发。MVC 设计模式将系统分为控制层(Control)、模型层(Model)和显示层(View),采用模型层封装业务方法,显示层则将数据和可视化界面返回给用户,控制层接受输入并调用 Model 和 View 完成请求^[7]。

在云端监控平台中,远程监控端负责提交远程监控请求和获取监控结果,这就需要可视化界面设计,而数据采集层主要与云端监控平台进行数据交互。因此,将控制层、显

示层分为面向远程监控端和面向数据采集层两种,即面向远程监控客户端的远程监控控制层、远程监控显示层和面向车间数据采集层的车间通信控制层,如图6所示。

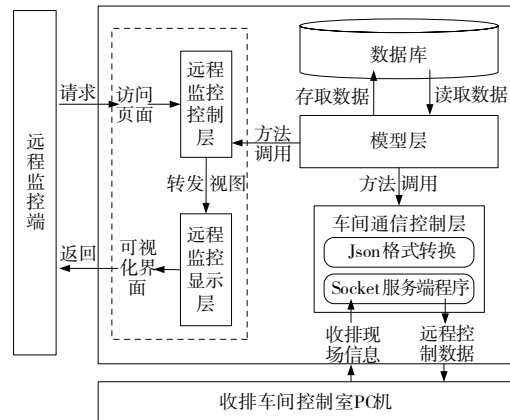


图6 云端监控平台的 MVC 设计模式

车间通信控制层将来自采集层的数据进行格式转换。远程监控控制层在收到远程监控端的监控请求后,调用模型层的业务方法将可视化界面交给远程监控显示层返回给远程监控端。系统中使用 Ajax (异步 JavaScript 和 XML) 技术开发监控界面^[8],可在不刷新整个页面的情况下与服务器交互,其降低了网络负载,保证了交互实时性。

3 系统实际运行

对现有光缆收排设备进行改造,通过传感器、编码器、变频器等设备进行数据收集和动作控制,完成了现场控制系统的硬件搭建。在分析光缆收排过程的基础上,设计并开发光缆自动收排控制程序。同时,在车间控制室计算机上开发数据采集层程序,在云服务器上部署云端监控平台。监控系统的实际运行情况如图7所示。

远程监控界面的窗口区主要分为五大区块:①监控选项区。可通过菜单选择分别进行生产状态实时监控、历史统计数据查询、历史报警信息查询等。②生产状态实时监控区。用于动态展示光缆收排过程中的生产状态,如收排速度、排线节距和动作限位等。③远程控制区块。可对收线速度、预制计米长度进行手动设定,对计米数据进行复位和系统启停控制。④单盘生产信息统计的区块。展示如收排计米长度、单盘生产周期和当前层数等。⑤参数展示区块,展示如光缆直径和线盘参数等信息。平台还具有实时报警功能,可通过弹窗实时显示现场报警信息。

针对所开发的自动收排远程监控系统,通过现场测试检测,远程监控平台平均延迟在0.8~1.5s,现场控制器平台控制指令的平均响应时间约为0.8s,该检测结果在可接受范围内。利用远程监控平台对整个车间收排状况进行查看,耗时在1min以内,相较于人工现场监测需要耗时的10~15min,监控效率大幅提高,系统达到预期监控目标。

4 结语

本文设计了一种面向光缆自动收排过程的远程监控方案。通过PROFINET实现了控制现场的设备通信,并设计了电机控制方案,同时基于web技术设计了云端监控平台,使用OPC UA和Socket开发数据采集层,实现了收排现场与云端监控平台的数据交互。远程监控系统完成了对光缆自动收排过程的实时监控与记录。系统的开发大大降低了光缆自动收排车间监控与管理的成本,生产管理人员可随时随地便捷地了解现场状况,为光缆加工企业的车间无人化和生产管理信息化奠定了基础。



图7 远程监控系统实际运行

参考文献:

- [1] 李帅. 基于现场总线的光缆护套生产线控制系统设计[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011.
- [2] 宋黎光. 基于S7-1500PLC的多部带式输送机变频调速系统的研究[J]. 煤矿机械, 2018, 39(9): 171-172.
- [3] 李广博. 基于OPC UA的离散制造车间监控系统的设计与应用[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [4] 陈雷. 基于PROFINET通信协议的IO设备研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.

- [5] DAREK Kominek. How IIoT improves operations: the impact of OPC UA[J]. Plant Engineering, 2016, 70(2): 35.
- [6] 何建. 基于JSON的加密及签名算法的安全性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [7] 宋彦京. 基于MVC架构的智能认知系统的设计与实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2018.
- [8] 余颜宏. 基于SSH框架的梯级水库优化调度系统的设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2016.

收稿日期: 2019-12-09