

自动化生产线机电设备协同调度系统开发与生产效率提升

曹利平

新奥数能科技有限公司, 北京市朝阳区, 100102;

摘要: 自动化生产线通过建立数据采集与通信系统, 将生产过程中的产品、设备等数据信息传递给下一个工序, 并通过智能调度系统, 协调各设备的生产任务和工作时序, 优化生产计划, 减少人工干预。本文结合机电设备协同调度的相关理论, 分析了自动化生产线协同调度的需求和主要功能需求, 设计了基于 PLC 控制系统的自动化生产线协同调度系统并进行了应用实践。结果表明: 协同调度系统可实现产品、设备、人员等信息的实时采集与交互, 降低人工干预, 提高生产效率。该系统的应用对于提升企业生产效率具有重要意义, 可以为相关企业提供借鉴。

关键词: 自动化生产线; 机电设备; 协同调度系统开发; 生产效率提升

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 09. 086

引言

随着经济全球化和信息技术的不断发展, 企业对生产效率、产品质量、柔性制造能力等的要求越来越高, 而生产调度作为企业提高生产效率的重要手段, 在现代制造业中发挥着重要作用。自动化生产线是将生产过程中的产品、设备、人员等数据信息进行采集与交互, 通过数据分析实现对生产计划的优化。随着物联网、大数据等技术的应用, 自动化生产线能够实现产品在线监测与质量追溯, 但在产品加工过程中仍存在一些问題^[1]。

1 自动化生产线概述

自动化生产线是现代制造业中重要的组成部分, 以自动化生产设备为核心, 利用计算机、自动化技术和信息技术等, 将产品制造过程中的工艺过程、设备状态、工序流程等进行有效监控与管理, 并通过信息系统实现数据采集与通信, 从而达到提高生产效率和产品质量的目的。以某机械加工企业为例, 该企业现有生产线采用数控机床+工装夹具+机械手的自动化生产模式, 各工位之间通过传输线和网络进行连接^[2]。

2 协同调度与生产调度理论

传统的生产调度主要以计划为核心, 针对单一设备或单一工序, 以最小化完工时间、设备利用率和生产成本为目标, 采用工序级调度、排产等方式进行生产计划的制定。随着自动化生产设备数量不断增多、类型不断丰富、配置日益复杂, 传统的生产调度模式难以适应现代企业发展要求, 因此需要采用协同调度的方式。协同调度是指在生产过程中, 各工序间的信息共享与交互, 通过协调各工序的工作时序、资源配置等实现对生产计划的优化。在协同调度理论的基础上, 结合某机械加工

企业实际需求, 设计了基于 PLC 控制系统的自动化生产线协同调度系统。

3 机电设备协同调度系统需求分析

3.1 生产线工艺流程与调度现状

某机械加工企业现有自动化生产线包括数控机床、工装夹具和机械手等, 各工位之间通过传输线连接, 以数控机床为核心, 通过传输线将加工任务传递到下一道工序。生产过程中, 各工位间存在一定的工序冲突与人员冲突, 且订单完成情况不均衡。目前该企业主要采用“以生产过程为导向”的生产组织模式, 通过合理的任务分配与工序调度实现对生产计划的优化。在生产过程中, 各工位设备的状态信息、设备故障信息等能够实时反馈给智能调度系统, 通过系统调度决策实现对生产计划的优化^[3]。

3.2 机电设备协同需求与挑战

自动化生产线机电设备协同调度的目标是实现生产任务的最优配置和生产效率的最大化, 而在实现最优配置时需要生产过程中的机电设备进行协调, 在满足生产需求的同时减少各设备之间的相互影响。首先需要对不同机电设备之间进行协调, 将其信息与其所处位置进行关联。其次需要对不同设备间进行协同, 将设备与各设备间的信息进行关联, 保证信息可以在不同机电设备间进行共享。最后需要对不同机电设备之间进行协同, 保证机电设备之间可以互相协调工作, 将其在生产过程中产生的影响降到最低。

3.3 主要功能需求与性能指标

针对上述生产需求, 本文提出一种自动化生产线机

电设备协同调度系统,用于实现自动化生产线机电设备的协同作业,提升生产效率。系统主要包含以下功能模块:1)基于工控机的人机交互界面;2)基于工业以太网的工业控制网络;3)基于 PLC 的控制网络;4)基于 Web 技术的系统管理模块;5)基于传感器和大数据处理技术的数据采集与分析模块;6)基于 CAN 总线的数据传输与通信模块。系统性能指标包括:1)生产效率提升;2)系统运行时间降低,平均无故障时间提升至 6 000h 以上;3)产品质量提高,平均不良品率降低至 5%以下。

3.4 系统开发目标

本系统开发目标是实现自动化生产线机电设备的协同作业,提高生产效率,具体包括:实现机电设备的协同运行,将多个机电设备连接在一起,实现各个机电设备的协同作业;在实现人机交互界面功能的同时,实现系统管理、系统数据采集与分析等功能;将数据采集与分析功能嵌入到控制网络中,提高控制网络的数据采集能力;对设备状态进行实时监测,通过大数据分析技术对机电设备运行状态进行实时监测,提高机电设备的故障诊断能力;实现各种信息的实时传输与交换,保证信息传递的及时性和准确性^[4]。

4 协同调度系统的设计与实现

4.1 系统总体架构设计

该系统采用分层架构的设计方法,将系统分为 5 个层次:设备层、数据层、服务层、管理层和用户层。其中,设备层用于采集系统的各项数据,并将其存入数据库;数据层用于处理来自设备层的各种数据,并根据服务层中程序的处理结果生成相应的报表;服务层是用户与设备之间交互的桥梁,主要完成对设备作业过程中所产生的数据进行接收、处理和存储;管理层用于对整个系统进行管理,包括对系统运行状况进行实时监控,并对异常情况作出反应;用户层主要用于维护系统的正常运行。

4.2 关键模块设计

4.2.1 任务分配与工序调度

在自动化生产线机电设备协同调度系统中,任务分配与工序调度是核心功能模块,其主要功能包括:任务分配与工序调度。系统通过调用任务分配与工序调度模块,将加工任务分配给各加工单元,并由各加工单元实现对零件的加工。在任务分配模块中,根据设备状态、生产线资源、订单需求等条件,计算各加工单元的任务

量。在系统中,用户可以对各加工单元的优先级进行修改,也可以根据自身需求对工序调度规则进行修改^[5]。

4.2.2 机电设备状态监控

机电设备状态监控是机电设备协同调度系统的核心功能,其功能要求主要体现在以下几个方面:(1)实时监控生产过程中的机电设备状态信息,如设备工作状态、生产运行状态、故障报警状态等;(2)对于运行过程中出现的异常事件,能够自动记录、存储和处理;(3)能够准确定位故障设备,并在故障发生时,及时通知相关人员进行处理。系统采用自定义的报文协议进行数据传输,可将设备运行状态和故障信息实时传输给后台数据库,方便数据查询、分析和统计;(4)当生产线发生故障时,能够自动将相关信息传递给现场技术人员,便于现场人员及时处理。

4.2.3 数据采集与通信接口

在数据采集方面,采用的是有线网络技术和无线网络技术相结合的方式,实现数据采集的高可靠和低成本。在有线网络方面,采用的是 Modbus 协议和以太网协议相结合的方式,通过 Modbus 协议将各个传感器采集的信息发送到以太网中,以太网数据以帧的形式进行发送。在无线网络方面,采用的是无线传输技术,利用无线射频信号进行通信。通过无线通信技术实现数据采集与传输功能。在系统设计中,采用工业以太网作为通讯模块,工业以太网以其高可靠性、低成本、良好的可扩展性和兼容性等优点成为工业自动化领域中理想的通讯系统。

4.3 系统集成与软硬件选型

系统集成方面,需通过开发系统接口和信息集成接口,实现与现有信息系统的互联互通,如 ERP、MES 等。同时,也可通过开发定制接口实现与其他自动化生产线控制系统的集成,如 PLC、数控设备等。此外,还需考虑与现有网络技术的兼容和集成。软硬件选型方面,需根据生产设备的具体情况来选择。如:在某企业某生产线中,由于设备类型众多、种类繁多,因此采用了由西门子 S7-200 系列 PLC、西门子 MODBUS RTU、西门子 S7-1200 系列触摸屏 US RTU 通信模块等组成的自动化生产线机电设备协同调度系统。

4.4 协同调度系统实现流程

本系统采用面向对象的思想,设计了一个统一的用户管理界面,包括用户管理、权限管理、任务管理等模块。在完成设备层和数据层的搭建之后,实现了基于 Web 服务的机电设备协同调度系统,系统可对设备运行状况进行实时监控,并对异常情况做出相应反应。系统按

照功能划分为操作界面和数据管理两个模块,其中,操作界面用于用户与系统进行交互,实现对设备的基本操作;数据管理模块则用于保存各设备作业过程中所产生的数据,并将其存入数据库。在整个系统运行过程中,各模块按照流程顺序执行相应操作,从而实现机电设备协同调度系统的功能。

5 协同调度优化与生产效率提升分析

5.1 调度优化模型与算法

在生产过程中,机电设备的运行时间和维修时间是影响生产效率的关键因素。如何有效利用机电设备资源,缩短机电设备的运行时间和维修时间,减少不必要的生产损失,提高生产效率,是当前急需解决的问题。本文以某一种典型机电设备为研究对象,通过建立数学模型、设计优化算法等手段,在实现某一种典型机电设备的协同调度优化后,在相同的运行环境下,系统整体生产效率有明显提升。本文以某一种典型机电设备为研究对象,采用 Matlab 软件平台编写计算程序,通过算法计算对该典型机电设备进行协同调度优化。结果表明:随着生产线运行时间的增加,协同调度优化效果显著。

5.2 设备利用率与产能提升方法

通过优化设计与改进工艺,实现了设备的高效使用和产能提升,设备利用率在 90%以上。在此基础上,基于车间生产现场的实际需求,引入了自动化生产线协同调度系统,通过信息化手段优化生产计划、调度和控制,实现了对生产计划的动态调整、异常情况的及时预警和反馈、自动化生产线生产过程的实时监控与分析等功能。同时,通过对设备与设备间、设备与工件间的动态调度优化,实现了整个车间生产过程的信息共享和资源优化配置,进一步提高了车间生产效率。通过对智能化系统的改进和优化,实现了智能制造中信息集成与共享,为企业生产效率的提升提供了有效保障。

5.3 实时监控与动态调整机制

智能协同调度系统集成了多种智能化设备,并将其进行集中管控,同时可根据实际需求和实际运行情况对生产过程中的关键环节进行监控。基于物联网的设备监控系统是通过无线传感器、智能仪表等实现对生产过程中关键节点的实时数据采集,通过与生产数据和现场视频数据进行比对分析,实现对设备运行状态的实时监控。同时,可将生产数据实时上传到生产管理系统,由系统对数据进行汇总和分析,实现生产过程中各关键节点的动态调整。此外,系统还能对生产过程中的异常情况进

行智能识别与报警,以保证系统中设备的正常运行。

6 应用推广与系统优化建议

为了更好地应用该系统,可将该系统与生产管控平台集成,实现对生产计划的实时调度,并将设备状态、工序进度等信息实时反馈到各个工序。此外,可在生产线上设置一些传感器,实时监测各设备的运行状态,并将其反馈到调度系统中。目前,该系统在某企业生产线上应用,经测试运行表明,该系统能够实现对产品生产过程的优化调度与信息交互,在一定程度上提高了生产效率和产品质量。但该系统在实际应用中也存在一些问题,如:部分设备故障报警信息未及时更新,部分工序进度反馈不及时等。

7 结语

随着制造业信息化的不断发展,越来越多的企业开始应用智能制造技术,生产过程中产生的大量数据通过工业互联网传递给管理平台,实时获取产品、设备、人员等信息。自动化生产线协同调度系统作为智能制造的重要组成部分,可以实现对生产过程中设备、人员等信息的采集与交互,为企业优化生产计划提供参考依据。本文结合机电设备协同调度系统开发的相关理论,设计了自动化生产线协同调度系统的整体架构与功能模块,并针对具体功能模块进行了详细设计。实践证明,该系统可提高企业生产效率、减少人工干预,具有一定推广价值。

参考文献

- [1] 许雪平. 智能制造中机电设备的自动化生产线设计与实现[C]//广西大学广西县域经济发展研究院. 第一届工程技术数智赋能县域经济城乡融合发展学术交流会论文集. 浙江路帆智能装备科技股份有限公司;2025: 60-61.
- [2] 姜文涛. 智能制造中机电设备的自动化生产线设计与实现[C]//冶金工业教育资源开发中心. 2024 精益数字化创新大会平行专场会议——冶金工业专场会议论文集(上册). 河北永洋特钢集团有限公司;2024: 191-193.
- [3] 董鹏程,潘亮. 华为“小迷弟”的生意经[N]. 羊城晚报,2024-05-18(A08).
- [4] 焦迎雪,聂秀珍. 基于 PLC 控制系统的电气自动化设备设计研究[J]. 造纸装备及材料,2022,51(01): 28-30.
- [5] 刘岩. 项目教学法在自动化生产线安装与调试课程中的应用[J]. 黑龙江科学,2020,11(23): 78-79.