

基于 MES 系统的机器人应用与多源设备互联融合研究

孙兵

十堰惠众科技企业孵化器有限公司 湖北十堰 442500

DOI:10.12238/ems.v7i7.14300

[摘 要] 随着智能制造的发展，制造执行系统（MES）作为连接车间生产与企业管理的关键平台，逐渐成为实现生产自动化与智能化的重要基础。本文围绕 MES 系统中机器人应用的现状与挑战，探讨多源设备互联融合的技术方案，重点分析机器人与各类生产设备的数据集成、协同控制以及智能优化策略。通过构建多层次、多维度的信息交互平台，提升制造系统的柔性和响应速度，实现生产效率和产品质量的同步提升。研究结果表明，基于 MES 系统的机器人应用结合多源设备互联融合，能够有效促进智能制造的深度融合与升级。

[关键词] 制造执行系统（MES）；机器人应用；多源设备互联；智能制造；数据融合；协同控制

引言：

跟着工业 4.0 与智能制造的推进步伐，制造业正从传统自动化向高度智能化迈进转型步伐，MES 系统扮演着连接企业资源计划（ERP）跟现场控制层的关键桥梁角色，担负着生产计划调度、资源管理及过程监控的核心职能，机器人身为智能制造中关键的执行单元，承担起搬运、装配、检测等各类工作，其应用程度直接关乎生产的自动化与智能化水平，实际开展生产工作时，车间中的多种设备、传感器和机器人有数据孤岛及接口不兼容的毛病，对系统的整体运行效率造成严重掣肘。

1. MES系统与机器人应用现状分析

1.1 MES 系统的功能与结构概述

以 MES 命名的系统，也是制造执行系统，作为现代制造企业数字化转型不可或缺的支撑平台，它涉及生产调度、工艺管理、质量监控、设备维护等多项核心功能范畴，可切实整合车间各环节的信息流跟业务流程。凭借实时进行的数据采集，MES 系统能准确体现生产现场的运转情形，让管理人员能及时掌握生产进度及质量状态，以此提高生产效率与产品合格率。身为生产执行的关键中枢，在企业信息化架构而言，MES 系统起到了桥梁功效。其使企业资源计划（ERP）系统与车间现场控制设备实现连接，达成上下游数据的无缝贯通^[1]。ERP 系统把控着整体资源的规划与管理事务，MES 系统把重心放在车间具体执行操作上。两者合作共事，保证生产计划精准实施与资源的最优分配。MES 系统采用模块化设计架构，实现多种生产模式的灵活适配支持，不管是离散模式制造、流程模式制造，还是混合模式制造，系统可根据企

业的实际需求开展定制及扩展。该设计不光提高了系统的灵活性及可维护性，更为企业应对市场变化及生产复杂状况提供了有力依托。采用 MES 系统的应用，企业可实现智能化制造，推进生产管理进入数字化、透明化的高效阶段。

1.2 机器人在制造中的典型应用

在现代制造业中，工业机器人的作用愈发关键，普遍应用在装配、焊接、搬运、检测等不同生产环节。采用引入工业机器人的方式，企业极大增进了生产自动化的层级，降低了对人力劳动的依赖，达成了生产效率和产品质量的提高。机器人可以在高温、高危又重复性明显的环境中稳定开展工作，实现了生产安全保障与作业环境的优化。

伴着技术的不断革新，工业机器人的智能水平逐步攀升，以往的工业机器人主要去完成预设的重复性任务，现今的机器人正逐渐拥有自主感知、智能决策和自我适配能力，能更灵活地应对复杂多样、变化不定的生产需求。协作机器人（Cobot）的出现宣告着机器人技术进入新的发展阶段，协作机器人设计把安全性和灵活性放首位，可与人类工人近距离携手协同工作，实现人机同步作业的模式，这不仅增进了生产的柔性及效率，还促进制造现场在智能与人性层面发展。

1.3 机器人应用面临的挑战

由于机器人系统的应用场景多样及制造商技术各异，体现出显著的异构性及复杂性，此异构性表现在硬件设备、控制系统、通信协议及软件平台的多种样式，导致机器人系统的集成工作极为繁杂且棘手。各个机器人系统之间大多采用相异的数据格式和接口标准，引发信息交换与系统互操作性的约束，提高了系统集成技术难度门槛。

机器人系统与制造执行系统(MES)进行数据交互时,遇上实时性要求高到极致的困境,生产现场实时数据采集及响应,对系统时效性提出严苛条件。任何的延迟或是数据传输差错,都极有可能对生产的连续性与效率造成影响。由于缺乏统一的接口标准和数据规范,实现机器人系统与制造执行系统(MES)的深度整合面临挑战,这限制了制造现场智能化与自动化水平的提升。应对机器人系统异构性状况,推动接口标准实现统一、数据格式走向规范,成为实现机器人和MES高效协作的核心关键^[2]。

2. 多源设备互联融合的技术框架

2.1 多源设备数据采集与标准化

为应对工业现场不同类型设备数据采集的复杂性,采用边缘计算设备可作为一种有效的应对方案。边缘计算设备可贴近生产现场,与机器人、传感器、PLC等一众设备直接相连,达成对这些异构设备数据的统一采集与整合处理。经由在边缘侧完成数据的预处理和分析事宜,减少了数据传递的延迟与网络载荷,增强了系统响应的及时性与运行的可靠性,满足了工业生产在实时性上的苛刻要求。

为使不同设备的数据格式及接口实现统一,采用标准化协议极具关键性。常见标准化协议 OPC UA(统一架构)和 MQTT(消息队列遥测传输),被广泛应用于工业物联网的范畴,OPC UA 体现出优良的跨平台兼容性与安全能力,能对复杂数据模型形成支持;MQTT 以其轻量级、高效的消息传递机制,契合实时数据通信需求。依靠这些标准化协议,边缘计算设备可实现多类型设备数据的汇集与统一管理,引领生产系统实现数字化转型与智能化蜕变。

2.2 数据融合与实时处理机制

在现代智能制造的大背景下,以数据融合算法对来自不同设备的数据开展清洗、整合及关联工作,是实现精确生产状态觉察的关键手段。由于工业现场设备的种类十分繁杂,生成的数据格式及质量参差不齐,首先需采用数据清洗技术剔除噪声、错误这类冗余信息,让数据的精确性和可靠程度达标。数据融合算法把来自机器人、传感器、PLC等多源的异构数据整合起来,形成统一的数据模型格局,进而实现对生产环节的多维度感知和全方面领悟^[3]。

实时处理机制是实现生产过程及时响应与异常预警的关键环节。依靠强大的高速数据处理能力,系统可对生产状态进行长久的监控,及时找出潜在的设备故障点、质量问题项或生产异常情形,即刻向管理人员或自动控制系统进行反馈。

这种实时反馈有效提升了生产的安全及稳定水平,而且切实削减了停机时间及损失。依靠数据融合以及实时处理,企业可实现智能与精细水平更高的生产管理,助力制造业实现向数字化转型过渡。

2.3 设备互联的通信网络设计

在智能制造系统范围内,各类设备若想实现高效协同和数据共享,构建高效稳定的通信架构是基础条件。采用工业以太网和5G通信技术融合手段,搭建起混合通信架构,可切实满足生产现场不断增长的数据传输要求。工业以太网呈现出高可靠性及抗干扰能力,可在关键控制链路和固定设备的数据传输中发挥作用,保证基础通信的平稳性。而5G网络呈现出超高带宽和超低延迟的优势,适用于移动设备、无线终端及大规模传感器数据的快速传送过程。该混合通信架构不仅增进了数据交换的效率,且具备优良的系统可拓展性。

3. 基于MES的机器人与多源设备协同控制

3.1 任务调度与协调机制

在智能制造所构建的环境中,MES(制造执行系统)不光肩负着生产过程管理的重任,也是联结生产计划和车间执行的关键纽带。MES系统可依据上层ERP所下达的生产计划,结合当下生产现场的实际情形,针对机器人与各类设备的任务分配实施动态调整。这种灵活多变的任务管理能力,可高效应对订单变动、设备状态起伏、物料供应差别等不确定状况,保障生产连续、稳定地开展。

为达成高效的任务分配及资源配合,MES系统一般都配备统一调度平台,此平台把车间内全部可用资源的信息进行整合,包含机器人、自动化设施、工装夹具与操作人员等,还按照任务优先级、设备负载、加工能力等参数做综合分析,形成最优的调度计划。调度平台还可实时对任务执行状态开展监控,保障任务按既定时间和质量要求达成,若异常出现,会迅速对任务作出调整或重新分配。依靠统一调度与动态分配的机制,MES系统促成了制造资源的最优配置局面,既提高了生产效率和设备的利用水平,也增强了车间生产的灵活特质与响应实力^[4]。

3.2 机器人路径规划与优化

在智能制造体系中,机器人成为核心执行主体,其作业路径合理与否,对生产效率和能源消耗有直接影响。采用整合多源设备数据的方式,如传感器、可编程逻辑控制器PLC、MES系统和边缘计算节点之类,可实现对生产环境、设备运转状态、物料摆放位置等信息的整体察觉,这些多维度的数

据为机器人路径规划给予了充足的环境参考与决策支撑。

依托于这一基础,采用先进的智能算法,诸如A算法、遗传算法、强化学习等,能对机器人路径做动态优化。算法按照当前作业任务、障碍物的空间位置、任务优先排序以及能耗模型等要素,形成最优或次优的移动轨迹。与传统静态路径规划方式比,此采用实时数据驱动的路径优化方式,可大幅减少机器人的运行时长与能源损耗,助力作业效率提高。智能路径规划能进一步增强生产线的柔性,若面临订单的变化、设备突发故障或者任务切换等局面时,机器人可迅速重新规划路径且投入到执行,最大程度缩短生产中断的时间跨度。这既强化了企业的响应能力,又提升了资源利用效率,也为达成柔性生产、按需供给和个性化定制筑牢了支撑根基。经由数据融合和智能算法的深度协同推进,机器人路径规划进入智能化及自适应的新发展阶段。

3.3 异常检测与故障诊断

在智能制造营造的环境中,设备实现稳定运行对保障生产连续性意义显著。凭借对多源数据做融合分析,能实现对机器人及相关设备故障的早期预警与精确诊断。生产现场的数据来源极为宽泛,涉及传感器实时监测的实时数据、PLC控制信号情况、历史运行保存的记录、运维的工作日志以及MES系统执行的相关信息等,这些数据涉及设备运行的诸多层面。

通过采用数据融合技术,可把上述多种源头的数据进行清理、匹配及关联,设立统一的数据模型格局,体现设备此刻状态及变动趋势。依托于这一基础,使机器学习、异常检测和统计建模等智能算法相互结合,实施对设备运行状态的分析判断。系统能辨别出异常波动、潜在故障的征兆,如温度出现异常情形、振动超标值、电流产生起伏等,且能在问题尚未波及生产时就发出预警信号。该机制极大增强了设备维护的主动性与精准度,运维人员可依照预警信息开展针对性的检查与保养事项,减少意外故障及停机的时间,也可利用故障诊断信息优化设备维护计划,实现由被动维修过渡至预测性维护^[5]。

4. 应用案例与效果评估

某制造企业为实现智能制造水平升级,全方位引入依托制造执行系统(MES)的机器人与多源设备互联融合技术。企业组织多部门携手合作,制订落实规划,再逐步使生产线上数控机床、传感器、输送装置等关键设备接入MES系统。经

由部署工业网关和通信协议转换模块,完成了不同品牌、不同接口标准设备的无缝隙集成。

从数据集成的角度看,系统对设备运行状态、工艺参数、能耗信息等多维数据进行采集。借助边缘计算做初步分析后传至MES平台,达成了对生产全过程的实时监控及数据闭环式治理,把机器人柔性作业能力跟MES调度模块结合,建立起自动上下料、工序替换与异常应对的智能控制举措,极大增强生产柔性及响应效率。在智能制造转型实施前,生产流程的节拍存在滞后现象,设备的使用效率仅为65%,产品首次合格率约为92%。系统上线后,生产效率实现了约30%的提升,设备使用效率提高至85%以上,产品一次性合格率稳定在97%以上,显著增强了企业的运营效率和产品质量,展现了智能制造转型的显著成效。

结语:

本文针对基于MES系统的机器人应用跟多源设备互联融合进行系统探究,提出了把数据采集、融合处理、智能调度和协同控制整合的技术框架。多源设备实现有效互联融合,不仅让机器人应用更具灵活性与智能化水平,并且显著增进了制造系统的整体响应力和生产效率。在未来,伴随物联网、人工智能技术的不断进步,基于MES的智能制造将迈向更深层次,智能制造实现转型升级,机器人与多源设备的融合应用是关键驱动力。

[参考文献]

- [1]付根,任率,杨勇.机器人制样系统的数据传输与应用研究[J].煤炭加工与综合利用,2025,(01):89-94.
- [2]刘思岐.工业机器人与机械自动化系统的集成与应用[N].河北经济日报,2024-12-05(010).
- [3]白龙温,王振兴,阙博洋.基于Unity3D的工业机器人虚拟仿真实训教学系统的开发与应用[J].天津职业院校联合学报,2024,26(09):48-53.
- [4]万彬彬,赵郑斌,巩潇,崔登祺,李梦玮.面向工业机器人系统的入侵检测系统的应用研究[J].工业控制计算机,2024,37(06):1-3.
- [5]芦建文,郑淑霞,吴海峰.复合机器人工业搬运系统的研究与应用[J].包钢科技,2023,49(04):73-76.

作者简介:孙兵,(1976-08-10)汉族,男,湖北十堰人,单位:十堰惠众科技企业孵化器有限公司,大专学历,从事:科技服务。