机械加工结构件智能制造生产线建设中的 关键技术与应用研究

金晓春

中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所 河南 洛阳 471000

摘要: 本文聚焦机械加工结构件智能制造生产线, 阐述其构成, 包括原材料供应、加工设备、质量检测与控制、物流管理系统等。分析面临的挑战, 如高技能人才短缺、生产线柔性化与可扩展性难题、系统维护升级复杂等。探讨关键技术, 如智能数控机床、工业机器人、工业物联网等技术。并列举汽车、航空航天、电子设备制造企业的应用案例, 展示智能制造生产线在提升效率、质量等方面的显著成效。

关键词: 机械加工; 结构件; 智能制造; 生产线; 关键技术

引言: 在制造业转型升级的大背景下, 机械加工结构件智能制造生产线成为行业发展的关键。它借助先进技术, 实现生产过程的自动化、智能化, 提升生产效率与产品质量。建设智能制造生产线并非一帆风顺, 面临诸多挑战。同时, 多项关键技术的应用为其发展提供了有力支撑。本文将深入剖析智能制造生产线的构成、挑战、关键技术及应用案例, 为行业发展提供有益参考, 助力制造业迈向更高水平。

1 机械加工结构件智能制造生产线的构成

1.1 原材料供应系统

原材料供应系统是智能制造生产线的起点, 其重要性不言而喻。该系统涵盖了原材料的存储、搬运以及配送等多个环节。在存储方面, 运用自动化立体仓库来实现原材料的高效存放。这种仓库能够依据原材料的种类、规格等进行分类存储, 并通过计算机管理系统精确记录库存位置和数量。搬运环节中, 常采用自动导引车 (AGV) 或轨道式自动运输设备, 它们可按照预设路径, 将原材料从仓库搬运至加工设备处。配送过程则依据生产计划和加工设备的实时需求, 精准地为每台设备提供所需原材料, 确保生产的连续性和及时性。例如, 在汽车零部件制造企业中, 通过自动化的原材料供应系统, 能够快速将不同规格的钢材准确无误地配送至各加工机床前, 极大提高了生产效率。

1.2 加工设备与系统

加工设备与系统是生产线的核心部分, 智能数控机床具备高精度、高速度和高自动化的特点, 能够依据预先编写的程序, 对原材料进行精确加工。加工中心则可在一次装夹中完成多种工序的加工, 有效减少了工件的装夹次数, 提高了加工精度和生产效率。此外, 还包括

自动化的工装夹具系统, 该系统能快速、准确地对工件进行定位和夹紧, 适应不同产品的加工需求。加工设备通过网络实现互联互通, 形成一个有机的整体, 可实现远程监控、故障诊断和生产调度。例如, 在航空发动机结构件制造中, 高精度的加工中心能够完成复杂形状零件的加工, 并且通过网络将加工数据实时传输至管理中心, 便于对生产过程进行优化^[1]。

1.3 质量检测与控制系统

质量检测与控制系统贯穿于整个生产过程。在生产线上, 设置了多种检测设备, 如三坐标测量仪、激光扫描仪等。三坐标测量仪可对加工后的工件进行高精度的尺寸测量, 检测其是否符合设计要求。激光扫描仪则能快速获取工件的表面形状信息, 用于检测表面缺陷和轮廓精度。检测数据会实时传输至质量控制系统, 该系统运用数据分析和处理技术, 对生产过程进行实时监控和调整。一旦发现质量问题, 系统会立即发出警报, 并追溯问题产生的环节, 指导操作人员进行调整和改进。例如, 在电子设备结构件生产中, 通过在线的质量检测与控制系统, 能够及时发现零件的尺寸偏差和表面瑕疵, 保证产品质量的稳定性。

1.4 物流管理系统

物流管理系统负责生产过程中物料的流动和存储管理。除了前面提到的原材料供应环节的物流, 还包括在制品和成品的物流。在制品通过自动化的输送线在各加工设备和工序之间流转, 输送线可根据生产节奏和设备状态进行智能调度。成品则通过自动化的包装和分拣系统, 按照订单要求进行分类包装和发货。物流管理系统还与企业的生产管理系统相集成, 实现了物料信息的实时共享和协同管理。例如, 在大型机械制造企业中, 物流管理系

统能够确保不同零部件在生产线上有序流转,避免物料积压和生产停滞,提高了企业的整体运营效率。

2 机械加工结构件智能制造生产线面临的挑战

2.1 高技能人才的需求与培养

智能制造生产线涉及到先进的技术和复杂的设备,对操作人员和技术人员的技能要求极高。一方面,需要具备扎实的机械加工基础知识,熟悉各类加工工艺和设备的操作。另一方面,还需掌握自动化控制、信息技术、数据分析等多领域的知识。目前,这类高技能人才短缺严重。培养高技能人才面临诸多困难,相关专业的教育体系需要与时俱进,更新课程设置,增加实践教学环节,以培养符合企业需求的人才。企业自身也需要加强内部培训,为员工提供持续学习和技能提升的机会。但企业在培训投入方面往往存在顾虑,担心员工流失导致培训成本浪费^[2]。

2.2 生产线的柔性化与可扩展性

随着市场需求的多样化和个性化,生产线需要具备更高的柔性化和可扩展性。柔性化要求生产线能够快速适应不同产品的生产需求,在设备调整、工艺切换等方面具备高效性。可扩展性则意味着生产线能够根据企业的发展和变化,方便地进行设备添加和功能升级。然而实现柔性化和可扩展性面临技术和成本的双重挑战。在技术上,需要研发先进的设备控制和管理系统,实现设备的快速重构和工艺的智能优化。在成本方面,柔性化和可扩展的生产线往往需要更高的初始投资,并且在运行过程中也可能增加维护和管理成本。

2.3 智能制造系统的维护与升级

智能制造系统包含大量的电子设备、软件系统和网络设施,其维护和升级工作十分复杂。设备的故障诊断和修复需要专业的技术人员和先进的检测设备。由于设备的智能化程度高,一旦出现故障,排查问题的难度较大。随着技术的不断进步,软件系统和设备功能需要持续升级,以保持生产线的竞争力。但升级过程可能会面临兼容性问题,影响生产线的正常运行。维护和升级成本也是企业需要考虑的重要因素,过高的成本可能会制约企业对智能制造系统的持续投入。

3 机械加工结构件智能制造生产线中的关键技术

3.1 智能数控机床技术

智能数控机床是智能制造生产线的关键设备之一。它融合了先进的数控技术、传感器技术和自动化控制技术。通过内置的传感器,能够实时监测机床的运行状态,如温度、振动、刀具磨损等。基于这些监测数据,数控系统可对加工参数进行自动优化,确保加工过程的

稳定性和精度。例如,当刀具磨损达到一定程度时,系统会自动调整切削参数,避免因刀具磨损导致的加工质量下降。智能数控机床还具备远程监控和诊断功能,技术人员可通过网络对机床进行远程操作和维护,提高了设备的可用性和维护效率。

3.2 工业机器人技术

工业机器人在智能制造生产线中发挥着重要作用。它们可承担物料搬运、加工操作、装配等多种任务。工业机器人具备高精度、高速度和高重复性的特点,能够在恶劣的工作环境下稳定运行。在物料搬运方面,机器人可与自动化物流系统协同工作,快速准确地将原材料和在制品搬运至指定位置。在加工操作中,机器人可配备不同的工具,完成打磨、焊接、切割等工艺。例如,在汽车车身焊接生产线上,大量的工业机器人协同作业,实现车身的高效、精准焊接。工业机器人还可通过编程实现不同任务的切换,提高了生产线的柔性化程度。

3.3 工业物联网技术

工业物联网技术犹如一张无形却强大的网络,成功实现了生产设备、物料和人员之间的紧密互联互通。在生产现场,通过在各类设备和物料上精准安装传感器和通信模块,就如同为它们赋予了“智慧感知”与“高效沟通”的能力。这些模块能够实时采集生产过程中的海量数据,无论是设备的运行状态、精确到毫米的加工参数,还是物料的具体位置等信息,都能被迅速且准确地传输至云端或本地服务器。企业借助对这些数据的深度分析和处理,仿佛拥有了一双“透视眼”,能够实现对生产过程的全方位实时监控。基于此,企业可以灵活优化调度生产资源,做出更加智能、精准的决策^[3]。不仅如此,工业物联网技术还打破了企业内部各部门之间的信息壁垒,促进了信息共享与协同工作。各部门如同紧密咬合的齿轮,高效协作,共同推动企业的整体运营效率迈向新高度。

3.4 工业大数据与人工智能技术

工业大数据与人工智能技术宛如智能制造生产线的智慧大脑,为其提供了强大的数据分析和决策支持能力。在智能制造生产线的实际运行过程中,会产生海量的数据,这些数据涵盖了生产流程的各个环节,从原材料的采购、加工设备的运行参数,到产品的质量检测数据等。工业大数据技术凭借其强大的功能,能够对这些数据进行高效存储、精准管理和深入分析,挖掘数据背后隐藏的价值。而人工智能技术则进一步通过对数据的深度学习和挖掘,实现生产过程的优化和精准预测。以质量检测为例,利用机器学习算法对大量的质量检测数

据进行分析，可以建立起精准的质量预测模型。通过这个模型，能够提前预测产品质量问题，及时采取相应的预防措施，避免不合格产品的产生。在生产调度方面，人工智能算法可以根据订单需求、设备状态和物料供应等实时情况，快速生成最优的生产调度方案，从而显著提高生产线的整体效率，降低生产成本。

3.5 3D打印与快速成型技术

3D打印与快速成型技术在机械加工结构件智能制造中具有独特的优势。它能够根据设计模型，快速制造出复杂形状的零件，无需传统加工工艺中的模具制造。这大大缩短了产品的研发周期和制造成本，尤其适用于小批量、个性化产品的生产。在新产品开发阶段，通过3D打印技术可快速制作出样品，进行性能测试和设计优化。在生产过程中，对于一些结构复杂、难以通过传统加工方法制造的零件，3D打印技术能够轻松实现。例如，在航空航天领域，一些具有复杂内部结构的零部件通过3D打印技术制造，不仅减轻了重量，还提高零件的性能。

4 机械加工结构件智能制造生产线的应用案例

案例一：某知名汽车制造企业引入了一条先进的发动机缸体智能制造生产线。该生产线的原材料供应系统采用自动化立体仓库和AGV运输系统，能够快速准确地将铝合金原材料配送至加工设备。加工设备主要为高精度的智能加工中心，通过优化的加工工艺和自动化的工装夹具，实现了发动机缸体的高效、精确加工。质量检测与控制系统配备多台三坐标测量仪和在线检测设备，对缸体的尺寸精度和表面质量进行实时监测和控制。物流管理系统则实现在制品和成品的自动化流转和存储。通过这条智能制造生产线，该企业发动机缸体的生产效率提高30%，废品率降低了20%，产品质量得到显著提升。案例二：某航空航天企业为满足飞机机翼结构件的高精度、复杂加工需求，打造一条智能制造生产线。在加工设备方面，采用多台大型五轴联动加工中心，能够完成机翼结构件复杂曲面的加工。智能数控机床技术确保加工过程的高精度和稳定性^[4]。工业机器人在生产线

中承担了物料搬运和部分装配任务，提高生产效率和装配质量。工业物联网技术将所有设备连接成一个整体，实现设备状态的实时监控和生产数据的实时采集。通过工业大数据与人工智能技术对生产数据进行分析，优化加工工艺和生产调度。3D打印技术则用于制造一些具有复杂内部结构的机翼零部件，减轻了零件重量，提高飞机的性能。该生产线的应用，使企业在机翼结构件生产方面取得重大突破，缩短生产周期，提升产品竞争力。案例三：某电子设备制造企业为应对市场对电子产品多样化和个性化的需求，建设了一条柔性化的外壳智能制造生产线。原材料供应系统根据不同产品的需求，快速切换原材料的配送。加工设备采用了智能数控冲床、折弯机等，能够通过程序快速调整加工参数，适应不同形状和尺寸的外壳加工。质量检测与控制系统利用机器视觉技术，对产品表面质量和尺寸精度进行快速检测。物流管理系统实现在制品和成品的智能化分拣和包装。通过这条生产线，企业能够快速响应市场需求，实现小批量、多品种产品的高效生产，产品交付周期缩短了50%，客户满意度大幅提高。

结束语

机械加工结构件智能制造生产线是制造业发展的必然趋势。尽管面临高技能人才短缺、柔性化与可扩展性难题、系统维护升级复杂等挑战，但智能数控机床、工业机器人等关键技术的应用，为生产线建设提供了强大动力，通过多个应用案例可见，智能制造生产线在提升效率、降低成本、提高质量等方面成效显著。

参考文献

- [1]杨晨.机械加工智能制造生产线控制系统的设计与实现[J].现代制造技术与装备,2024,60(01):209-211.
- [2]曹锦江,黄家才,陈道庆.面向机械加工的智能制造生产线控制设计与实现[J].制造业自动化,2023,45(07):70-74.
- [3]房明.基于机械加工的智能制造生产线设计[J].造纸装备及材料,2024,53(10):29-31.
- [4]陈雅琪.基于机械加工的智能制造生产线控制系统设计[J].软件,2024,45(08):31-33.