

智能技术在机械制造自动化中的应用

王刚 李戈

沈阳地铁集团有限公司运营二分公司, 辽宁 沈阳 110000

[摘要]信息技术发展快, 智能技术渗进机械制造, 推动制造业从传统自动化转向智能化。文中整理智能技术与机械制造自动化融合趋势, 分析人工智能、工业机器人、物联网、大数据、云计算、数字孪生等关键技术在制造领域的应用情况。还探讨智能技术在设计、加工、检测、物流、设备管理环节的应用实践, 认为未来应关注人机协同、边缘计算、可持续制造等方向, 达成制造系统高效、柔性、绿色升级。

[关键词]智能技术; 机械制造; 自动化; 人工智能; 智能制造; 工业机器人

DOI: 10.33142/ect.v3i5.16459

中图分类号: TP242

文献标识码: A

The Application of Intelligent Technology in Mechanical Manufacturing Automation

WANG Gang, LI Ge

The Second Operation Branch of Shenyang Metro Group Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

Abstract: With the rapid development of information technology and the infiltration of intelligent technology into mechanical manufacturing, the manufacturing industry is shifting from traditional automation to intelligence. The article summarizes the trend of integration between intelligent technology and mechanical manufacturing automation, and analyzes the application of key technologies such as artificial intelligence, industrial robots, the Internet of Things, big data, cloud computing, and digital twins in the manufacturing field. It also discusses the application practice of intelligent technology in design, processing, detection, logistics and equipment management, and believes that the future should focus on human-computer collaboration, edge computing, sustainable manufacturing and other directions to achieve efficient, flexible and green upgrading of the manufacturing system.

Keywords: intelligent technology; mechanical manufacturing; automation; artificial intelligence; intelligent manufacturing; industrial robot

机械制造自动化在现代工业体系当中占据着极为关键的地位, 其发展所达到的水平和程度, 会直接对产业的生产效率以及产品质量产生影响。在全球制造业快速朝着智能化、绿色化方向发展的大背景之下, 传统的制造模式已经很难同时满足高质量发展以及市场多变这两方面的需求了。智能技术作为当下新一轮科技革命其中的一个重要代表, 正凭借着自身所具备的高感知能力、高决策能力以及高执行能力, 对机械制造的组织模式与运行机制加以重塑。借助引入人工智能、工业物联网、智能感知以及数据处理等一系列先进技术, 制造企业便能够达成从设计环节、生产环节一直到服务环节整个全过程的智能化升级目标。

1 智能技术与机械制造自动化概述

1.1 智能技术的基本概念与分类

智能技术属于综合性技术体系, 拥有自主感知、学习、分析、决策以及执行的能力。它主要包含人工智能、机器学习、数据挖掘、智能感知、边缘计算等诸多领域, 依靠和软硬件系统的融合, 达成在复杂环境下高效的运行状态。依据它的功能特性, 可以把智能技术划分为感知类技术、认知类技术、执行类技术等等。智能技术的关键点在于数据驱动以及知识反馈, 凭借对复杂系统所采集的数据加以分析, 实现动态优化以及自适应控制, 大幅提升制造系统的柔性以及智能化程度。

1.2 机械制造自动化的特点

机械制造自动化以机械制造为对象, 综合运用自动控制、信息处理、智能决策等技术, 实现制造全过程的自动化、智能化。与传统机械加工模式相比, 机械制造自动化具有以下特点: ①加工精度高。在数控系统精确控制下, 自动化设备的定位精度和重复定位精度可达微米级, 加工精度远高于手工水平^[1]。②生产柔性强。机械制造自动化设备可通过编程实现工艺参数、加工对象的快速切换, 减少换型时间, 满足多品种、小批量定制化生产需求, 过程透明可控。应用传感器、数据采集等技术, 机械制造过程的各项参数可实现实时采集、分析与监控, 有利于提高生产过程的透明度和可控性。③运行安全可靠。自动化设备可在恶劣环境下稳定运行, 代替工人完成繁重、危险的工作, 极大降低安全事故发生率。④经济效益显著。机械制造自动化降低了人工成本, 减少了原材料消耗, 提高了产品质量, 极大提升了机械制造的投入产出效益。

2 智能制造关键技术分析

2.1 人工智能在制造中的应用

人工智能(AI)乃是达成制造智能化的关键支撑技术所在, 在视觉识别、语义分析、路径规划以及故障诊断等诸多方面, 都展现出了颇为广泛的运用价值。制造企业要是去部署深度学习模型的话, 那么便能够实现针对产品外

观缺陷加以识别、开展自动化质量判定等各项功能；并且要是和强化学习算法相互结合起来，那么便可以在那种复杂且多变的生产环境当中，对生产调度策略予以优化处理。AI 在智能人机交互这一领域同样发挥着极为关键的作用，能够让操作人员可以凭借语音、图像等多种方式同系统展开高效的交流互动，进而提升操作的便捷程度以及系统的响应能力。

2.2 工业机器人技术

工业机器人乃是达成机械制造自动化的关键执行单元，其应用范畴涵盖了装配、搬运、焊接、喷涂以及检测等诸多制造环节。伴随传感器技术以及运动控制算法的不断发展，工业机器人已然从“程控型”朝着“感知型”还有“协作型”发生转变^[2]。就当下而言，协作机器人拥有更强的柔性以及更高的安全性，可与人类工人一同分享作业空间，特别适合那种复杂且多变的柔性制造环境。当机器人本体同 AI 算法相结合之后，便赋予了其路径自规划的能力、动态避障的能力以及多任务并行执行的能力。

2.3 物联网（IoT）技术

物联网把传感器、无线通信以及网络协议整合到一起，让制造设备、产品和环境彼此间有了信息共享与交互的途径，它最重要的价值就在于达成制造现场的全方位感知、随时监控以及精确控制，在智能制造领域里，IoT 能够用在设备健康监测、能耗分析、远程调度、协同作业等诸多场景当中，切实提高生产系统的透明程度以及可视化的水准。借助在边缘节点部署感知以及初步处理的能力，可以缩减系统的响应时间，增强局部智能控制的自主特性。

2.4 大数据与云计算

制造流程所产生的大量数据，给智能分析以及优化给予了基础性的支撑。大数据技术借助对历史数据、实时数据展开存储、管理以及分析的操作，从中找出潜在的规律，以此推动工艺优化并且强化质量控制。云计算平台能够为数据处理给予强有力的算力方面的支持^[3]，可实现跨系统、跨区域的多源数据融合以及协同分析。像基于大数据的产品生命周期管理（PLM）、生产过程参数优化、故障溯源还有预测性维护等等，都属于其典型的应用实例。

2.5 数字孪生技术

数字孪生指的是在虚拟的空间里去构建起和物理实体相对应的那种数字模型，借助双向的数据同步来达成对实体状态的模拟、预测以及控制等目的。在机械制造领域当中，数字孪生能够实现设备运行状态的可视化呈现，同时还能让生产过程得以仿真优化，并且可以达成系统级的联动控制效果。它的优势主要体现在能够缩短产品设计所花费的周期时间，能够在一定程度上降低生产过程中存在的风险，还能够提升响应的速度以及定制化的能力。要是把 AI 和 IoT 相结合起来的话，那么数字孪生系统就能够实现依据真实数据来对模型进行动态的更新操作，进而为

复杂制造系统的智能决策给予有力的支撑。

3 智能技术在机械制造自动化中的具体应用

3.1 智能设计与仿真

智能设计已然变成现代制造企业提升产品开发效率以及质量的关键途径。凭借人工智能同 CAD/CAE 系统达成的深度融合这一情况，设计人员能够凭借自然语言或者语义建模的方式迅速生成初步的设计草图，并且还能借助神经网络来剖析结构逻辑关系，进而达成自动化且智能化的建模效果。参数化建模技术能够对产品模块化设计予以支持，有利于产品的系列化开发以及后期的快速定制工作。仿真分析正慢慢从传统的静态模拟朝着动态多物理场耦合仿真的方向发展。那种基于智能算法构建起来的虚拟仿真系统，是能够对设计方案于复杂工作环境之下的性能加以预测的，还能识别出潜在的设计缺陷，进而提前对产品结构做出优化处理。现在已经有部分企业达成了“生成式设计”这一成果，具体来讲就是让系统依照预先设定的目标以及约束条件自行生成各式各样的设计方案，以便工程师从中挑选合适的方案，如此一来，既提高了企业在创新方面的能力，又能达成对制造成本、能耗情况、强度状况等多个不同维度的综合且有效地平衡，进而助力企业在市场竞争中获取优势地位。

3.2 智能加工与生产

在加工制造这一环节当中，智能化主要表现为“感知-控”闭环机制得以全面实现。数控设备会集成多种多样的传感器，以此来实时感知设备自身的运行状态以及所处的加工环境情况。边缘计算单元会将历史数据和实时数据相结合起来，从而能够快速给出关于加工参数调整方面的建议。最后再由执行控制器精准地输出控制指令，进而达成高质量且稳定的加工效果。近些年来，智能机床以及智能夹具已然成为了相关领域的研究热点所在，其自身还具备诸如自校准、自适应加工以及自主诊断等一系列的功能。与之相应的，MES 系统同 ERP 系统、PLM 系统实现高度的集成之后，便促使生产环节和上下游资源达成了闭环式的联动状态，进而实现在那种动态多变的环境之下，能够始终维持着最优的排产状况以及最为合理的资源配置情况。

3.3 智能检测与质量控制

质量控制属于制造环节里的关键指标，处在智能制造这样的背景之下，其获得了革命性的提升。凭借着机器视觉系统，产品在经过加工之后，就能够马上进入到质量识别的流程当中，进而达成“边生产、边检测”的实时反馈机制。该系统能够针对尺寸误差、表面划痕、焊点偏移以及孔洞位置等方面展开高精度的识别操作，并且进行分类处理。还有，3D 视觉检测技术慢慢把传统的二维检测方式给替代了。它把激光扫描和 AI 算法结合起来，系统能够构建出产品的三维模型，然后拿这个模型去和标准模型

做对比分析,如此一来,对于复杂曲面以及非标准零件的检测能力就得到了提升。像卷积神经网络(CNN)这类深度学习模型,在图像分类方面的运用,让缺陷识别的准确率有了明显提高,并且即便是在低对比度或者噪声图像这样的环境之下,它依旧有着不错的鲁棒性。智能检测系统和制造执行系统(MES)实现深度连通以后,能够形成质量数据的闭环反馈机制,达成对异常数据的快速追踪,提前对生产隐患展开排查,进而提高整个制造系统的稳定性以及可追溯性。

3.4 智能物流与仓储

在现代智能工厂里,物流已然不再仅仅扮演着那种被动跟随的辅助环节角色,它实实在在地成为了能够参与到生产计划以及过程控制当中的一个核心组成部分。AGV 小车借助激光导航以及 SLAM 技术来达成自主路径规划以及动态避障的目的,其能够依据实际的订单需求去灵活地调配运力,并且可以自动地完成物料配送以及回收等相关任务。智能立体仓储系统借助托盘式升降装置以及智能货位分配算法,达成物料存取的高密度化与高效率化目标。该系统把 WMS 系统和 RFID 标签相结合,如此一来,管理系统便能够实时且精准地知晓每一件物料的存储具体位置、库存确切数量以及批次相关信息,进而有效防止因出现缺料或者错料等情况而致使生产被迫中断的现象发生。

3.5 预测性维护与设备管理

设备属于制造系统里极为关键的资产范畴,传统的那种定期开展维护的做法,已经没办法契合复杂且具有连续性生产的态势对于设备稳定性方面的需求了。借助去布设高频传感器这样的举措,并且和信号处理以及 AI 算法相互结合起来,制造企业就能够达成对关键设备像主轴、电机、传动系统等状态予以感知以及对其寿命展开评估的目的。当前,振动分析、热像检测以及电流频谱分析等诸多预测性诊断手段正逐渐集成到一体化平台当中。该平台不但具备故障预警这一功能,而且还能够凭借大数据分析来给出维修优先级方面的排序以及替换的相关建议,进而对备件库存和维修资源的调配加以优化,以此实现总体拥有成本(TCO)的降低。远程运维系统属于设备智能管理的关键部分,能够达成对设备展开远程诊断、参数下发以及软件升级等目的。就好比大型制造集团能够集中去部署中央监控平台,进而针对分布于各个不同地方的工厂设备来实施统一化的管理以及控制工作^[4]。结合 AR 技术来讲,维修人员便能够在现场凭借智能眼镜获取到实时的操作方面的指导,并且还能获得专家给予的远程协助,如此一来便能够提升响应的速度以及维修的效率。

4 未来发展方向

4.1 人机协同制造

人机协同作为未来智能制造极为重要的发展走向,着重指出人类工人和智能系统之间存在着优势互补的情况。

在具备高柔性的制造场景当中,协作机器人和操作人员一同开展作业,借助语音识别、手势控制等技术达成自然交互以及任务分工的目的。人机协同系统一方面提升了生产效率,另一方面也强化了生产系统对于多品种小批量需求所具备的适应能力。

4.2 边缘计算与分布式智能

随着制造现场的数据量不断增多,云端集中处理时所存在的响应速度以及带宽方面的限制也变得越来越明显起来。边缘计算通过把部分计算能力安排部署在了现场终端之上,进而达成了对数据进行本地预处理的目的,同时也实现了快速响应的效果。分布式智能架构有力地推动着制造系统朝着自治单元的方向去发展演进,这无疑增强了系统的鲁棒性以及可扩展性这两个方面的能力。边缘 AI 芯片在不断发展之中,这也为在制造现场部署高效的算法给予了相应的硬件方面的支持。

4.3 可持续智能制造

智能制造在追求效率以及质量上还得把环境友好和资源节约考虑进去。以后要积极推动绿色制造还有循环经济理念相互融合起来,借助智能系统达成对能耗的监控、对排放的控制以及资源的再利用。数字孪生以及仿真技术能够对不同生产策略所产生的环境影响予以评估,从一开始便对制造工艺加以优化,进而实现全程的绿色闭环管理。

5 结语

智能技术给机械制造自动化创造了绝无仅有的发展契机。借助人工智能、物联网、数字孪生等技术加以深度运用,制造系统达成了从“自动运行”到“智能决策”的跨越。日后,制造企业要强化系统集成方面的能力,打造开放协同的智能制造生态系统,促使产业链完成智能化转变。并且,需要关注智能制造的人本导向以及可持续性,以此为达成高质量制造强国战略给予技术方面的有力支撑。

【参考文献】

- [1]孔藤桥.人工智能技术在机械设计制造及自动化中的应用[J].华东科技,2023(12):39-41.
- [2]魏培莉,刘万晓,任婷,等.机械设计制造及其自动化中人工智能技术的应用[J].中国科技信息,2024(14):84-86.
- [3]徐一凡.智能化技术在机械设计制造及其自动化中的应用研究[J].模具制造,2025,25(2):23-25.
- [4]王一鸣.数控车床状态监测系统的设计与研究[D].河南:中原工学院,2024.

作者简介:王刚(1989.11—),毕业院校:大连装备制造职业技术学院,所学专业:机械制造与自动化,当前就职单位:沈阳地铁集团有限公司运营二分公司,职务:安全门检修工长,职称级别:助理工程师