

机电一体化技术在智能制造中的应用与挑战

冯保国 130904198101010911

摘要

机电一体化技术是融合机械工程、电子技术、信息技术与自动控制的交叉性学科，随着工业 4.0 与智能制造战略的推进，该技术已经成为驱动现代制造业转型的核心支撑。本文梳理机电一体化技术在智能制造场景中的典型应用方向，分析当前技术落地过程中面临的标准不统一、核心部件依赖进口、复合型人才缺口等挑战，结合我国制造业发展现状提出针对性优化路径，为推动机电一体化技术与智能制造深度融合提供参考。

关键词：机电一体化；智能制造；工业自动化；技术应用

一、引言

近年来，全球制造业正在经历从传统自动化向智能化、柔性化转型的深度变革，智能制造作为新一轮工业革命的核心方向，已经成为各国制造业竞争的战略制高点。机电一体化技术诞生于上世纪中后期，经过半个多世纪的发展，已经从最初的机械与电子简单结合，演变为涵盖传感器技术、嵌入式控制、物联网、人工智能等多领域技术的集成体系，其核心特征是通过多技术的协同融合，实现制造系统的自主感知、精准控制与智能决策，恰好契合智能制造对生产系统的功能需求。在我国提出“制造强国”战略的背景下，深入探究机电一体化技术在智能制造中的应用场景与发展挑战，对推动我国制造业转型升级、提升核心竞争力具有重要的现实意义。

二、机电一体化技术在智能制造中的核心应用

2.1 柔性制造系统中的应用

传统刚性制造生产线仅能适配单一品类产品的批量生产，难以满足当前市场多品种、小批量的定制化需求，而机电一体化技术为柔性制造系统的落地提供了技术支撑。依托机电一体化的传感器模块与可编程逻辑控制器（PLC），柔性制造系统可以实时采集生产线上不同工位的加工数据，根据产品参数自动调整加工设备的运行参数，快速完成不同品类产品的生产切换，大幅缩短生产换型周期。

例如，汽车零部件制造企业采用基于机电一体化技术的柔性生产线，可在同一条生产线上完成不同规格发动机缸体的加工，生产换型时间从传统的 4 小时压缩至 15 分钟以内，生产效率提升超过 60%，同时有效降低了设备改造成本。

2.2 工业机器人中的应用

工业机器人是智能制造领域应用最广泛的机电一体化产品之一，其本体集成了机械传动、伺服控制、视觉识别、力传感器等多个机电一体化模块，能够替代人工完成焊接、装配、搬运、检测等重复性、高精度、高危险性的作业任务。在智能制造场景中，搭载机电一体化控制系统的协作机器人可以实现与人类工人的同空间作业，通过力反馈传感器实时感知外界作用力，自动调整运行速度与位置，避免安全事故的发生。目前，我国 3C 电子制造行业已经大规模应用基于机电一体化技术的工业机器人，在手机屏幕装配、芯片焊接等工序中，机器人的加工精度可以达到 $\pm 0.01\text{mm}$ ，产品良率比人工装配提升 8 个百分点以上，同时大幅降低了工人的劳动强度。

2.3 智能检测与故障诊断中的应用

智能制造对生产设备的运行稳定性提出了更高要求，机电一体化技术中的传感技术与数据分析技术，为生产设备的在线检测与故障预警提供了实现路径。通过在关键设备的核心部件上安装振动传感器、温度传感器、电流传感器等机电感知元件，可以实时采集设备的运行状态数据，依托嵌入式控制系统对数据进行实时分析，提前识别设备的潜在故障隐患，实现从传统的“事后维修”向“预测性维护”转型。例如，在风力发电智能制造车间中，基于机电一体化技术的齿轮箱故障诊断系统，可以实时采集齿轮箱的振动信号，通过算法识别早期齿轮磨损故障，预警准确率超过 95%，每年可以为企业减少数百万元的非计划停机损失。

三、机电一体化技术在智能制造应用中的挑战

3.1 核心技术与关键部件对外依存度较高

当前我国机电一体化产业虽然规模居于全球首位，但高端领域的核心技术与关键部件仍然依赖进口，比如高精度伺服电机、高性能传感器、工业芯片等核心部件，我国本土企业的产品在精度、稳定性、使用寿命等方面与国际顶尖产品仍存在较大差距，高端市场份额基本被海外企业垄断。核心部件对外依赖不仅推高了智能制造系统的建设成本，还存在供应链断供的风险，对我国制造业的安全发展造成潜在威胁。

3.2 技术标准体系不统一

机电一体化技术涉及多个学科领域，不同厂商生产的设备与控制系统往往采用不同的通信协议与技术标准，不同设备之间难以实现高效的数据互通，形成了“信息孤岛”，这也是当前很多制造企业推进智能制造转型过程中遇到的核心痛点。由于缺乏统一的行业标准，企业在集成不同厂商的机电一体化设备时，需要投入大量成本进行二次开发与适配，不仅延长了项目建设周期，还增加了系统运行的不稳定因素，制约了机电一体化技术在智能制造中的大规模推广。

3.3 复合型专业人才缺口较大

机电一体化技术与智能制造的融合应用，要求从业人员既掌握机械设计、电气控制等传统机电知识，又具备物联网、数据分析、人工智能等新兴信息技术能力，属于典型的复合型人才。当前我国职业院校与高等院校的相关专业培养体系相对滞后，课程设置仍然偏重于传统机械或电子方向，对新兴信息技术的融合培养不足，人才培养质量无法满足产业发展需求。另一方面，企业内部对现有员工的技能培训体系不完善，多数老员工无法快速适应智能化转型的技能要求，进一步加剧了人才缺口。

四、应对策略

针对上述挑战，首先要加大核心技术攻关力度，依托国家重大科技专项，集中资源突破高端伺服电机、高性能传感器、工业控制芯片等核心部件的技术瓶颈，扶持本土龙头企业打造自主可控的机电一体化产业链，降低对外依存度。其次要加快统一技术标准体系建设，由行业主管部门牵头，联合龙头企业、科研院所制定覆盖数据接口、通信协议、安全规范的统一行业标准，打破信息孤岛，推动机电一体化设备的互联互通。再次要优化人才培养体系，高等院校与职业院校要调整专业课程设置，开设机电一体化与智能制造融合的交叉专业，深化产教融合，通过校企合作培养符合产业需求的复合型人才，同时企业要完善内部培训体系，推动现有员工的技能升级。最后要出台针对性扶持政策，通过财政补贴、低息贷款、税收优惠等方式降低中小企业的智能化改造成本，鼓励专业化服务企业推出轻量化的机电一体化改造方案，助力中小企业实现转型。

五、结语

机电一体化技术作为智能制造的核心技术支撑，已经在柔性制造、工业机器人、设备诊断、智能工厂等多个领域实现深度应用，为制造业的转型升级注入了

强大动力。但当前我国机电一体化技术在智能制造应用中仍然面临核心部件依赖进口、标准不统一、人才缺口大、转型成本高等挑战，需要政府、企业、科研院所共同发力，从技术攻关、标准建设、人才培养、政策扶持等多个层面推进问题解决，推动机电一体化技术与智能制造的深度融合，助力我国从制造大国向制造强国转型。

参考文献

- [1] 张宏. 机电一体化技术在智能制造中的应用分析[J]. 机械工程学报, 2020, 56(12): 124-131.
- [2] 王田苗, 胡建军. 智能制造背景下机电一体化技术发展趋势[J]. 中国机械工程, 2018, 29(11): 1345-1352.
- [3] 李培根. 智能制造与机电一体化技术创新[J]. 中国工程科学, 2019, 21(4): 56-62.