

机电一体化技术在智能制造中的应用与发展趋势研究

吴 伟

淮北相山水泥有限责任公司 安徽淮北 235000

摘 要：机电一体化技术作为智能制造的核心依托，借助机械、电子、控制技术的整合，带动生产模式从“自动化”往“智能化”过渡，但目前存在“技术融合深度不足、标准化缺失、成本高企”等难题，据行业调查仅45%制造企业实现机电一体化深度运用。本文结合智能制造情境，剖析技术于生产装备、流程管控、品质检验等领域的运用，预估“数字化孪生、AI融合、绿色化”三大走向。

关键词：机电一体化技术；智能制造；数字化孪生；生产自动化；AI融合；绿色制造

引言

在“中国制造2025”战略的引领下，智能制造成为制造业实现转型升级的核心引领，而机电一体化技术借助机械构造、电子调控、软件运算的协作，搭建起智能制造的技术根基。传统制造业面临着“生产效率低、人工成本高、柔性化不足”等困境，机电一体化技术依托“高精度、高集成、高智能”长处，成为攻克难题的要诀。然而在实际实践进程中，一些企业面临着“技术碎片化应用、与智能制造系统适配性差、运维能力不足”等状况，阻碍技术价值的发挥。全面钻研机电一体化技术的应用场景与演进趋势，既是促进技术落地的关键，也是助力制造业达成“降本、增效、提质”的重要依托。

一、机电一体化技术的核心构成与智能制造的适配逻辑

（一）核心技术构成：多领域融合的技术体系

机电一体化技术是融合多学科的综合技术体系，主要包括四大核心模块。一是机械本体模块，采用模块化、轻质化构建，像精密传动装置、柔性机械手臂，为智能制造给予高精度执行载体；二是电子控制模块，把PLC、嵌入式系统当作核心，达成设备动作的精准调控，响应时长可至毫秒量级；三是传感检测模块，整合光电、压力、温度等各类传感器，即时收集生产数据，如工业相机能够达成0.01mm精度的尺寸检测；四是软件算法模块，包括运动控制算法、数据处理算法，例如PID算法用于实现设备稳定运行控制，机器学习算法用于实现生产参数的优化^[1]。

（二）与智能制造的适配逻辑：从自动化到智能化的赋能

机电一体化技术跟智能制造呈现三层适配逻辑。第一层为自动化替换，凭借“机械+控制”技术达成重复性劳作替换，如自动化流水线替换人工装配，令生产效率增长2-3倍；第二层为柔性化生产，依靠模块化构造与可编程调控，达成多品种、小批量生产的切换，如汽车焊装线利用机电一体化技术，能在1小时内完成不同车型的转换；第三层是智能化革新，结合传感技术与软件算法，达成生产过程的自主决断，如智能机床可按照实时切削数据，自行调节转速、进给量，保障加工精度。

二、机电一体化技术在智能制造中的典型应用场景

（一）智能生产设备：高精度、高可靠的执行载体

在制造设备范畴，机电一体化技术达成设备性能的显著提升。一是智能机床，整合伺服驱动、精密检测工艺，加工精确程度可达到微量量级；二是工业机器人，利用“机械臂+视觉识别+力控技术”，达成精密装配、物料搬运等工作；三是智能输送装备，运用AGV与路径规划算法相结合的方式，达成物料的无人运输。

（二）生产过程控制：实时、精准地动态调控

在流程管控范畴，机电一体化技术达成生产全过程的智能化管控^[2]。一是参数实时管控，利用传感器采集温度、压力、流量等相关数据，经PLC处理完毕后实时变更设备参数；二是实现生产节拍协同，凭借工业总线技术实现多设备间的同步管控，如电子产品装配线依靠总线调控，各工位协同偏差小于0.1秒；三是异常智能预警，结合数据analytics技术，对设备运转数据加以剖析，

提前预估故障，如电机运转时借助振动、电流数据开展监测，可提前2周预报轴承磨损故障。

（三）质量检测：高效、精准的智能判定

在质量检验范畴，机电一体化技术革新检测途径。一是视觉检测，利用工业相机配合图像识别算法，达成零件尺寸、外观瑕疵检测，例如锂电池极片检测，每分钟可实现检测200片，缺陷的识别率为99.9%；二是无损检测，整合超声、射线检测技术与机电控制手段，达成材料内部缺陷查验，像航空发动机叶片的超声检测，可鉴别0.1mm的内部裂纹；三是实施在线检测，将检测模块融入生产线里面，达成“边生产、边检测”，如汽车零部件的尺寸测定，可于加工结束后10秒内给出结果，杜绝不合格品进入后续工序。

（四）智能仓储物流：自动化、柔性化的流转体系

在仓储物流范畴，以机电一体化技术组建智能物流系统。一是立体仓库，借助堆垛机与仓储管理系统协同，达成货物的自动取存，如大型电商的立体仓库，存储密度增加3倍，存取效率可达每小时150箱；二是智能分拣设施，运用交叉带分拣机与扫码识别技术相结合的方式，达成货物的迅速分拣；三是供应链协同，将RFID技术与物流管理软件进行整合，达成货物全流程追溯，如在汽车零部件的供应链当中，可实时追踪零件生产、运输、入库的状态。

三、机电一体化技术应用中的现存问题与瓶颈

（一）技术融合深度不足，系统适配性差

部分企业面临“技术碎片化、集成度低”的状况。一是机械技术与电子技术的衔接存在障碍，就像在传统机床改造工作中，新增加的电子控制系统跟原有的机械结构匹配度较差，造成设备运转不平稳；二是软件算法与硬件存在脱节现象，就像引入的AI优化算法无法跟设备硬件参数适配，不易实现优化功效；三是跨系统集成存在障碍，机电一体化装置与MES、ERP系统数据无法互通，形成“信息孤岛”。

（二）标准化缺失，技术推广难度大

行业缺少统一的技术规范，妨碍技术普及^[3]。一是接口标准未达成统一，各厂商的机电设备接口存有差异，造成设备之间无法实现兼容，比如工业机器人与智能机床的通信得额外开发适配模块；二是数据标准不规范，设备运行数据的格式、采集频率存在分歧，加大了数据整合的难度；三是测试标准缺位，机电一体化设备的性能检测、可靠性评测缺少统一标准，企业选型不易。

（三）成本高企，中小制造企业负担重

高昂成本构成中小制造企业应用的阻碍。一是设备采购成本高昂，高端机电一体化设备的单价普遍都在百万元以上，大大超出中小企业的承受限度；二是运维的成本颇高，设备的维护需要专业技术人员，并且核心零部件依靠进口，替换成本高昂，例如工业机器人的精密减速器替换费用高达10万元/台；三是改造升级费用大，传统生产线实施机电一体化改造需暂停生产来施工，而且需配套更新软件系统，整体成本占企业年营业额的15%—20%。

（四）专业人才短缺，技术落地支撑不足

人才匮乏阻碍了技术的有效施行。一是复合型人才稀缺，兼备机械设计知识与电子控制及软件算法技能的人才稀少，企业招聘困难大；二是运维专业人才短缺，设备维护要求具备多领域技术知识的人员，然而当前技术人员大多仅拥有单一领域的知识背景，难以处理复杂故障；三是人才培养进展滞后，高校机电一体化专业课程设置与行业实际需求不匹配，毕业生要经过1-2年培训方可胜任岗位，某制造企业宣称，机电一体化设备运维岗位的人员缺失率为40%，设备故障的平均修复时间拉长至8小时。

四、机电一体化技术在智能制造中的未来发展趋势

（一）数字化孪生融合：全生命周期的虚拟映射与优化

数字化孪生技术会成为机电一体化技术的关键走向，凭借创建设备、生产线的虚拟模型，达成物理实体与虚拟模型间的实时数据交换，可于虚拟环境当中开展设备调试、工艺优化、故障模拟，就像汽车焊装线的数字化孪生系统，可预先在虚拟环境中完成生产线布局的优化，使实体调试时间降低60%；依托孪生模型达成设备全生命周期管控，实现从设计、建造到运维的全流程数据回溯^[4]。

（二）AI深度赋能：从“被动执行”到“主动决策”

AI技术和机电一体化的结合将达成智能化飞跃。一是自适应控制，AI算法可以按照生产环境的变动，自主调控设备参数，例如智能机床借助AI掌握不同材料的切削特点，自动优化加工策略，精度提升30%；二是故障智能诊断，依托机器学习对设备运行数据进行剖析，达成故障的精确锁定与成因解析，如电机故障诊断的准确率可达到98%，修复时长缩减50%；三是生产自主调控，把AI和机电一体化技术加以融合，达成多设备的协同调度。

（三）绿色化发展：低能耗、低污染的技术革新

绿色制造需求促使机电一体化技术往低碳方向迈进。一是开展节能技术改良，采用高性能电机、节能式液压系统，降低设备的能源耗费，像变频电动机的运用能让设备能源消耗降低20%—30%；二是运用环保材料，在机械架构中采用可回收、低污染的材料，降低对环境的影响；三是进行余热、余压的回收，借助机电一体化手段达成生产流程中能源的回收再利用，像钢铁企业的余热发电系统，可把余热转换成电能，满足企业15%的用电需求。

（四）模块化与小型化：柔性化、低成本的应用突破

模块化与小型化会让技术应用门槛降低。一是模块化设计，把机电一体化设备分解成标准化模块，企业可按照需求灵活组合搭配，如小型生产线可借助模块拼接，达成多产品制造；二是开展小型化设备工作，研发适合中小企业使用的小型机电设备，如桌面级工业机器人，单个售价降至5万元以内，满足小批量制造需求；三是低成本应对方案，推出性价比优越的国产替代设备，如国产PLC的价格仅是进口产品的三分之一，削减企业开支，某小型电子企业采用模块化设备之后，生产线改造费用降低了50%，生产转换时长缩减至20分钟。

五、推动机电一体化技术在智能制造中应用的策略建议

（一）加强技术研发与标准制定

一是强化核心技术钻研，推动高校、科研单位与企业协作，冲破精密传动、高端传感器、工业软件等“卡脖子”技术，如开展国产高精度伺服电机的研发，取代进口货品；二是设定统一行业规范，由行业协会主导，界定设备接口、数据格式、测试指标等规范，如统一工业机器人的通信规程，达成跨厂商兼容；三是促进技术成果的转化，搭建机电一体化技术革新平台，加快实验室技术向产业应用的转变，如创建省级智能制造技术研究院，助力技术落地实施^[5]。

（二）降低应用成本，助力中小企业转型

一是增强政策帮扶，借助财政补助、税收优惠削减企业开支，像对中小企业购买机电一体化设备给予30%的津贴，对技术革新项目实施税收抵减；二是拓展租赁形式，激励设备厂商开展融资租赁业务，如工业机器人租赁费用可按季度予以支付，舒缓企业资金压力；三是搭建共享平台，构建区域级智能制造共享枢纽，向中小企业供给设备共享、工艺外包服务，如共用智能检测中

心，减少企业独自购置设备的开销。

（三）完善人才培养体系

一是改进高校专业规划，革新机电一体化专业课程体系，增添工业机器人、智能控制等实践内容，如与企业联合打造实训基地，增强学生实操能力；二是实施职业技能训练，针对企业现有的技术人员群体，施行机电一体化技术训练，向政府提供补贴开展PLC编程、工业机器人运维培训；三是引入高端人才，制定人才激励办法，比如给招入的复合型人才发放安家津贴、科研费用资助，化解企业人才匮乏难题。

（四）推动行业示范应用

一是建设标杆性工厂，挑选汽车、电子、机械等关键行业，创建机电一体化技术应用示范工厂，如搭建智能汽车零部件工厂，呈现技术应用成果；二是实施区域试点工作，在制造业聚集地带开展试点，积累可推广的经验；三是强化行业互动，开办机电一体化技术博览会、研讨会，分享企业应用实例，助力技术传播，某省开展示范工厂建设工作后，引领周边50家企业采用机电一体化技术，生产效率平均上扬30%。

总结

机电一体化技术作为智能制造的核心依托，在生产设施、过程调控、质量查验等范畴发挥关键效能，然而其应用依旧遭遇技术融合欠佳、成本高昂、人才匮乏等难题，伴随数字化孪生、AI融合、绿色化等潮流的演进，机电一体化技术会达成从“自动化”到“智能化”的跃升，通过加大技术研发力度、减少应用成本投入、优化人才培养模式、促进示范应用开展，能加快技术落地，推动制造业转型升级。

参考文献

- [1] 赵成龙. 机电一体化技术在智能制造中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(4): 133-135.
- [2] 宋世雄. 机电一体化系统在智能制造中的应用研究[J]. 电脑采购, 2024(26).
- [3] 肖琴. 机电一体化技术在智能制造中的应用与发展[J]. 数码设计(电子版), 2024(2): 0631-0633.
- [4] 吴杰. 机电一体化技术在智能制造中的应用[J]. 机械与电子控制工程, 2024, 6(5): 7-9.
- [5] 戴丽梅. 机电一体化技术在智能制造中的应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(1): 96-98.