

浅谈机械工程技术智能化发展趋势

张良运

山东寿光巨能金玉米开发有限公司 山东 潍坊 262700

摘要: 机械工程技术智能化发展正加速推进,成为行业转型升级核心驱动力。人工智能、物联网、大数据等技术深度融合,实现设备自主感知、决策与优化,提升作业效率与安全性。新能源工程机械崛起,电动化、氢能技术广泛应用,降低能耗与排放。智能化转型推动产业链协同创新,催生新业态与商业模式。未来,机械工程将向更高水平的智能化、绿色化、服务化方向迈进。

关键词: 机械工程技术;智能化;发展趋势

引言:当今时代,科技革新日新月异,智能化已成为推动各行业变革的核心力量,机械工程领域亦置身其中。作为工业发展的关键支撑,机械工程技术正经历着深刻变革,智能化发展不仅是提升生产效率、保障产品质量的迫切需求,更是应对全球竞争、实现可持续发展的必由之路。在此背景下,深入剖析机械工程技术智能化发展趋势,对把握行业脉搏、引领创新发展具有重要的现实意义。

1 机械工程技术智能化的核心驱动技术

1.1 人工智能与机器学习

(1) 深度学习在故障预测中的应用广泛,通过振动分析可实时采集设备运行时的振动信号,经算法处理识别异常频率,提前预警轴承磨损等故障;图像识别则借助高清摄像头捕捉零部件表面,精准检测裂纹、凹陷等缺陷,大幅降低停机风险。(2) 强化学习能模拟不同生产场景,对切削速度、焊接路径等参数持续优化。如在金属切削中,通过迭代学习找到最优速度,减少刀具损耗;在焊接作业中,优化路径提升焊缝质量与效率。

1.2 物联网(IoT)与数字孪生

(1) 设备联网依托传感器与网络技术,实现实时监控转速、温度等数据,工作人员可远程掌握设备状态,及时进行运维,避免现场巡检的时间与人力浪费。(2) 数字孪生技术构建设备虚拟模型,既能仿真不同工况下的运行状态以优化流程,又能结合实时数据预测设备故障,提前安排维护,保障生产连续^[1]。

1.3 机器人与自动化

(1) 协作机器人在装配线中可与人工安全协作,凭借灵活的机械臂适应多型号产品装配,无需频繁更换工装,提升柔性生产能力。(2) AGV与智能仓储系统集成后,AGV能自动根据订单将货物从货架运至分拣区,实现仓储货物的自动化搬运与管理,提高仓储效率。

1.4 大数据与云计算

(1) 生产数据采集与分析依赖MES系统,实时收集生产进度、质量等数据,经分析为生产调整提供依据,助力提升生产管理水平。(2) 云平台支持跨工厂协同制造,各工厂可共享生产资源、订单信息,实现生产计划的协同制定与执行,提高资源利用率。

1.5 增材制造(3D打印)与智能材料

(1) 3D打印具备定制化生产能力,可直接根据设计模型制造复杂结构零部件,满足个性化生产需求,缩短研发与生产周期。(2) 自感知材料与自适应结构如形状记忆合金,能感知环境变化并自动调整形态,可用于制造自适应机械部件,提升设备性能与可靠性。

2 机械工程智能化发展的典型应用场景

2.1 智能制造系统

(1) 智能工厂架构遵循“单机智能化-单元协同化-全流程自动化”演进路径,先通过传感器、智能控制器实现单台机床、机器人的自主运行,再依托工业总线将加工单元、物流单元等连接形成协同作业模块,最终借助MES、ERP系统打通设计、生产、仓储全流程,实现订单驱动的自动化生产,如汽车工厂可通过该架构实现多车型混线生产,切换效率提升30%以上。(2) CPS(信息物理系统)通过实时数据交互实现虚实融合,物理端设备采集的温度、压力等数据实时传输至虚拟端模型,虚拟端通过仿真模拟优化生产参数后反向指导物理设备调整,例如在发动机制造中,CPS可实时匹配虚拟仿真的装配精度数据,动态修正物理装配机器人的操作轨迹,使装配合格率提升至99.5%以上。

2.2 智能运维与服务

(1) 基于AI的故障诊断与健康管理(PHM)系统,整合设备运行数据、历史故障记录构建诊断模型,通过振动、油液分析等多维度数据实时评估设备健康状态,如

风电设备的PHM系统可提前1-3个月预警齿轮箱故障,将非计划停机时间缩短50%。(2)服务型制造模式打破传统“卖产品”模式,企业通过加装智能终端为客户提供远程运维服务,实时监控设备运行状态并上门维护;同时推出“按使用付费”模式,如机床企业按客户实际加工工时收费,配套提供设备维护、耗材更换等全周期服务,降低客户初期投入成本^[2]。

2.3 绿色机械工程

(1)能源管理系统通过智能算法优化能耗,以智能空压机为例,系统可根据车间用气需求动态调节空压机运行台数与输出压力,结合夜间低谷电价错峰运行,使空压机能耗降低15%-20%,年节省电费数十万元。(2)废弃物循环利用的智能化监控依托物联网技术,在废钢、废塑料等回收物料的运输、分拣环节加装RFID标签与智能称重设备,实时追踪物料流向与纯度,同时通过AI视觉识别分拣设备精准分离可回收成分,如汽车拆解厂的智能分拣线可将废钢纯度识别精度提升至98%,提高循环利用效率^[3]。

2.4 高端装备领域

(1)航空航天领域中,智能蒙皮集成传感器与天线,可实时监测机身应力、温度分布,为飞行安全提供数据支撑;自主导航系统结合卫星定位、惯性导航与视觉导航技术,使无人机在复杂空域实现自主避障、精准起降,满足航天器零部件运输、机场巡检等场景需求。(2)新能源汽车的电池管理系统(BMS)通过AI算法实时监测电池单体电压、温度,动态调整充放电策略,延缓电池衰减,使电池寿命延长20%;智能驾驶辅助系统(ADAS)依托毫米波雷达、摄像头实现车道保持、自动紧急制动等功能,降低行车安全风险。(3)医疗机械领域,手术机器人通过机械臂的微操作精度(可达0.1mm)与3D视觉系统,辅助医生完成腹腔镜下的精准手术,减少术中出血量与术后恢复时间;智能假肢内置肌电传感器,可捕捉残肢肌肉电信号,通过AI算法转化为假肢关节动作,实现行走、抓取等复杂动作,提升使用者生活便利性。

3 机械工程技术智能化发展的挑战与对策

3.1 技术层面挑战

(1)数据安全与隐私保护压力大,工业控制系统接入物联网后漏洞风险剧增。智能工厂中,设备传输的生产数据、工艺参数若遭攻击,可能致系统瘫痪、技术泄露,如某汽车零部件厂因控制系统漏洞,出现数据被窃、生产线停工48小时,损失惨重。(2)多技术融合存兼容性难题,AI算法与机械控制适配难。AI需海量数据训练,机械控制却要毫秒级实时响应,二者数据处理速度、指令

逻辑差异大,如某机床企业用AI优化切削参数时,因算法与控制系统响应不同步,加工精度波动,难达生产标准。

3.2 人才与组织挑战

(1)复合型人才严重短缺,既懂机械设计、制造原理,又掌握IT技术(如编程、大数据分析)和自动化控制的人才稀缺。据行业调研,我国机械工程智能化领域复合型人才缺口年均超50万,部分企业因招不到能同时调试智能设备、优化AI算法的技术人员,导致智能化项目推进缓慢。(2)企业组织架构需大幅调整,传统层级制架构决策链条长,难以适应智能化快速响应需求。例如某重型机械企业,过去需经“车间主任-部门经理-总经理”多层审批才能调整生产参数,引入智能系统后,需转为扁平化架构,让一线技术团队直接对接数据中心,快速响应生产优化需求,但旧有架构惯性导致调整阻力大。

3.3 标准与生态挑战

(1)缺乏统一的智能化标准体系,通信协议、数据格式混乱。不同厂商的智能设备常采用私有协议,如A品牌传感器与B品牌控制器无法直接通信,需额外开发转接模块;数据格式也存在差异,MES系统与ERP系统数据对接时,需反复转换格式,增加成本且易出错,制约全产业链数据流通。(2)产业链协同创新不足,上下游存在技术断层。上游芯片、传感器厂商与中游设备制造商、下游应用企业沟通脱节,如上游研发的高精度传感器,因未充分了解下游智能机床的实际需求,导致产品适配性差,无法发挥最优性能,延缓技术落地进程。

3.4 应对策略

(1)加强产学研合作,通过共建联合实验室、建立技术转移机制破解难题。如高校、科研院所与企业合作搭建“机械智能技术联合实验室”,高校提供AI算法、数据安全技术支持,企业提供实际生产场景与设备,加速技术成果转化;同时建立技术转移平台,推动实验室成熟技术向企业批量推广。(2)推动标准化建设,积极参与国际标准制定。行业协会牵头整合企业、科研机构资源,梳理通信协议、数据格式等关键标准,形成统一规范;鼓励国内企业参与ISO、IEC等国际标准制定,将我国在智能机床、工业机器人等领域的技术经验融入国际标准,提升话语权^[4]。(3)强化政策扶持与资金引导,通过税收优惠、专项基金降低企业成本。对开展智能化改造的企业,给予研发费用加计扣除、固定资产加速折旧等税收优惠;设立机械工程智能化专项基金,重点支持中小企业智能化升级,补贴传感器、AI算法等核心技术采购费用,缓解资金压力。

4 机械工程技术智能化未来发展趋势展望

4.1 技术融合趋势

(1) 5G+AI+边缘计算将构建超低延迟智能系统, 5G的高速率、大连接特性保障设备数据实时传输, 边缘计算在靠近设备端完成数据预处理, 减少向云端传输的延迟, 搭配AI算法实现即时决策。例如智能工厂中, 5G连接的数控机床可通过边缘计算实时分析振动数据, 结合AI快速判断设备状态, 将故障响应延迟缩短至毫秒级, 避免生产中断。(2) 区块链技术将深度赋能供应链透明化, 通过分布式账本记录机械零部件从原材料采购、生产加工到运输交付的全流程数据, 且数据不可篡改。如汽车制造供应链中, 区块链可追踪发动机核心部件的生产批次、质检报告、物流信息, 下游车企与消费者可随时溯源, 有效防范假冒伪劣产品, 提升供应链信任度。

4.2 自主化与认知升级

(1) 机械系统将从“感知-执行”向“决策-学习”深度演进, 借助多传感器融合感知环境与自身状态, 结合强化学习算法自主优化决策逻辑。例如智能挖掘机可通过感知土壤硬度、作业地形, 自主规划挖掘路径与力度, 还能通过积累作业数据持续学习, 提升复杂工况下的作业效率。(2) 群体智能将广泛应用于协同制造, 多台智能设备模仿生物群体协作模式, 通过自主通信、任务分配实现高效协同。如智能装配车间中, 数十台协作机器人可自主分配装配工序, 实时调整动作避免碰撞, 共同完成复杂产品装配, 比单台机器人作业效率提升40%以上。

4.3 人机协作深化

(1) 脑机接口(BCI)技术将实现意念控制机械, 通过采集人体脑电信号并转化为控制指令, 让操作人员无需手动操作即可控制机械臂、智能设备。例如在精密制造场景中, 工程师可通过意念操控微型机械臂完成芯片焊接, 大幅提升操作精度与灵活性, 降低体力劳动强度。(2) AR/VR技术将革新远程操作与培训模式, AR可将设备参数、操作指引实时叠加在实体设备上, 辅助工程师

远程排查故障; VR则能构建虚拟实训场景, 新人可在虚拟环境中模拟操作重型机械, 反复练习危险工况下的应急处理, 降低培训成本与安全风险。

4.4 可持续制造方向

(1) 零碳工厂与闭环生命周期管理将成为主流, 工厂通过部署光伏供电、智能能源调度系统实现碳中和生产, 同时对机械产品从设计、生产到报废回收的全生命周期进行数字化管理, 如汽车厂商可追踪报废车辆的零部件状态, 推动金属、塑料等材料高效回收再利用。(2) 生物降解材料将逐步应用于机械部件制造, 如采用聚乳酸(PLA)等生物降解材料生产机械外壳、密封件, 此类部件报废后可在自然环境中降解, 减少传统塑料部件造成的环境污染, 尤其适用于农业机械、医疗设备等对环保要求高的领域。

结束语

机械工程技术智能化发展已成不可阻挡之势, 为行业带来了前所未有的机遇与变革。从核心驱动技术的突破, 到典型应用场景的拓展, 虽面临技术、人才、标准等诸多挑战, 但通过产学研合作、标准化建设、政策扶持等策略正逐步攻克。展望未来, 技术深度融合、自主化认知升级、人机协作深化以及可持续制造等趋势, 将引领机械工程迈向更高水平, 为全球工业进步与可持续发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]谭品.机械工程智能化的现状及发展方向[J].模具制造,2023,23(10):208-210.
- [2]郝一宁.机械工程自动化中智能化技术的应用[J].造纸装备及材料,2023,52(03):120-122.
- [3]姚雪莲.基于智能化的机械制造技术及发展思考[J].科技创新与应用,2022,12(34):162-164.
- [4]梁秀娟,嵇海旭.工程机械技术现状与智能化信息化趋势[J].设备管理与维修,2022,(22):120-122.