

机电一体化在工程机械制造中的应用

郑杜彬 魏亚男*

泰山科技学院, 山东省泰安市, 271000

摘要: 在科技呈指数级飞跃的当下, 机电一体化技术正以雷霆万钧之势重塑工程机械制造领域。本研究以追根溯源之姿, 深度剖析其在工程机械制造中的应用机理, 从底层硬件架构到上层控制逻辑, 全方位解析其运行机制。同时, 对应用现状进行精准扫描, 洞察现存问题与潜在机遇。详细梳理其应用优势, 如显著提升生产效率、有效保障产品质量等。创新性地从多维度提出一系列拓展应用的策略, 旨在全面提升工程机械制造的效率、质量与智能化水平, 助力行业实现质的跨越, 迈向新的发展高度。

关键词: 机电一体化; 工程机械制造; 应用策略

机电一体化作为融合机械技术、电子技术、自动控制技术、计算机技术等多学科的综合技术, 在现代工业生产中扮演着举足轻重的角色。在工程机械制造领域, 其应用不仅革新了传统制造模式, 更成为提升产品竞争力、推动行业进步的关键力量。从大型挖掘机、装载机到精密的工程检测设备, 机电一体化技术的融入使得工程机械在性能、精度、可靠性等方面实现了质的飞跃。深入研究机电一体化在工程机械制造中的应用, 对于优化制造流程、提高生产效率、增强企业核心竞争力具有重要的现实意义。

一、机电一体化技术基础理论

机电一体化技术的核心在于实现机械设备的自动化运行与智能化控制。机械技术为系统提供基本的结构框架与运动执行部件, 通过精密的机械设计与制造工艺, 确保设备具备良好的稳定性与耐用性。电子技术则负责信号的处理、传输与放大, 为自动化控制提供硬件支持, 如各类传感器、控制器与执行器。自动控制技术运用先进的控制算法与策略, 对机械设备的运行过程进行精确调控, 实现自动化生产。计算机技术作为整个系统的大脑, 承担数据处理、分析与决策功能, 通过编程实现复杂的控制逻辑与智能算法。例如, 在工程机械的自动化装配线上, 机械手臂依靠机械结构实现精准的抓取与放置动作, 传感器实时采集位置、力度等数据并传输给控制器, 控制器依据预设程序和算法对数据进行处理, 进而精确控制机械手臂的运动轨迹, 完成自动化装配任务。这些技术相互融合、协同工作, 共同构建了机电自动化的技术体系, 为工程机械制造的智能化发

展奠定了坚实基础。

二、机电一体化在工程机械制造中的应用现状

目前, 机电一体化在工程机械制造中已得到广泛应用。在生产加工环节, 自动化机床、自动化生产线等设备大幅提高了零部件的加工精度与生产效率。通过数字化控制技术, 可精确控制机床的切削参数、运动轨迹, 实现复杂零部件的高效加工。在产品的设计阶段, 计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助工程(CAE)软件的应用, 使得设计人员能够快速构建产品模型, 进行虚拟装配与性能仿真分析, 缩短产品研发周期, 降低研发成本。在工程机械的整机装配过程中, 自动化装配线与机器人的应用逐渐普及, 能够实现零部件的精准定位与快速装配, 提高装配质量与一致性。此外, 在工程机械的售后服务方面, 远程监控与故障诊断系统借助物联网技术, 实时采集设备运行数据, 对设备状态进行监测与分析, 提前预警潜在故障, 实现远程维护, 提高设备的可用性与维护效率。然而, 尽管机电一体化在工程机械制造中取得了一定进展, 但仍存在技术集成度不够高、智能化水平有待提升等问题, 制约着行业的进一步发展。

三、机电一体化在工程机械制造中的应用优势

(一) 显著提升生产效率

机电一体化设备凭借其卓越的性能, 能够实现24小时不间断连续作业, 彻底打破了人工操作受时间与精力限制的瓶颈。其运行速度依托先进的驱动系统与高效的控制算法, 大幅超越人工操作速度。以工程机械零部件的钻孔工序为例, 自动化机床的转速可达每分钟数千转甚至更高, 进给速

度也能精准调控,在保证加工精度达到微米级的同时,单个零部件的钻孔时间较人工操作缩短数倍。在铣削工序中,自动化机床能够快速切换刀具,精准执行复杂的铣削路径,极大提升加工效率。自动化生产线更是将各个生产环节紧密衔接,依据预设程序,物料流转、加工操作一气呵成,有效减少了因人为因素导致的生产停顿,如工人疲劳、操作失误等引发的停工。经实际数据统计,引入机电自动化设备后,工程机械制造企业的整体生产效率较传统人工生产模式提升可达60%~80%,有力满足了大规模生产对效率的严苛需求,使企业在市场竞争中抢占先机。

(二)有效保障产品质量

在机电自动化系统中,自动化控制与精确的传感器反馈形成了严密的质量保障闭环。各类传感器,如位移传感器、力传感器等,实时监测生产过程中的关键参数,并将数据反馈至控制系统。以产品装配环节来说,机器人内置的高精度位移传感器能够精确感知零部件的位置,按照预设的装配流程,以极高的重复定位精度完成装配动作,避免了人工装配时因视觉误差、手部抖动等造成的漏装、错装问题。在焊接工艺方面,自动化焊接设备运用先进的电流、电压控制技术,结合弧长传感器实时调整焊接参数,确保焊接电流、电压稳定,焊接速度均匀,使得焊缝成型美观,内部质量可靠,大幅减少了焊接缺陷。经专业检测机构评估,采用机电自动化生产的工程机械产品,关键质量指标的稳定性提升约30%~40%,产品的可靠性与安全性得到显著增强,为企业树立良好品牌形象奠定坚实基础。

(三)降低生产成本

尽管机电自动化设备的初期采购、安装及调试成本较高,但从企业长期运营视角来看,其带来的成本降低效益十分显著。自动化生产模式大幅减少了对大量一线生产工人的依赖,不仅降低了人工薪酬、福利等直接成本,还减少了因人员管理、培训等产生的间接管理成本。据行业调研,引入自动化生产线后,人工成本可降低40%~60%。同时,自动化设备凭借精准的控制,极大减少了原材料在加工过程中的浪费。例如,在零部件加工中,自动化机床能够精确控制切削量,使原材料利用率提高10%~15%。远程监控与故障诊断系统通过实时监测设备运行状态,提前预判故障隐患,及时安排维护,避免设备突发故障导致的长时间停工,减少了生产损失与维修成本。综合计算,长期使用机电自动化设备

可使企业的单位生产成本降低20%~30%,有效提升企业的经济效益与市场竞争力。

四、机电自动化在工程机械制造中的创新应用策略

(一)智能化设计助力精准研发

在工程机械产品设计阶段,机电自动化技术带来了前所未有的变革。基于参数化设计理念,设计人员借助先进的CAD软件,开启了高效且精准的设计之旅。以挖掘机设计为例,通过设定臂长、斗容等关键参数,软件能够迅速生成三维模型,且模型精度极高,可精确到毫米级别。与此同时,软件内置的力学分析模块,依据材料力学、结构力学等原理,对模型进行实时力学分析与运动仿真。在模拟挖掘机作业时,能精准计算出不同工况下各部件所承受的应力、应变情况。有限元分析模块更是发挥关键作用,将结构件进行网格化细分,逐一模拟各网格区域的强度、刚度特性。例如在设计新型起重机时,利用该技术对臂架的材料参数,如高强度钢材的弹性模量、屈服强度等进行调整,结合对截面形状的优化设计,如采用变截面设计以适应不同部位受力需求,再借助机电自动化的仿真技术,模拟起重机在起吊不同重量货物、不同幅度作业时的状态。经实践验证,采用此技术后,研发周期可缩短约30%,设计精准度提升约20%,极大地提高了设计的精准度与可靠性,为产品的高质量研发奠定坚实基础^[1]。

(二)自动化加工提升生产效能

在生产加工环节,自动化机床与生产线成为提升生产效能的核心力量。多轴联动加工中心凭借其先进的数控系统,能够对复杂形状的工程机械零部件,如发动机缸体、液压阀体等进行高精度加工。在加工发动机缸体时,预先编写的加工程序可精准控制刀具在五轴甚至更多轴向上的运动轨迹,实现一次装夹完成缸筒内壁的镗削、活塞销孔的钻削、平面的铣削等多个面、多种特征的加工,加工精度可达微米级。自动化生产线将各个加工工序无缝衔接,物料通过自动化传输系统,如智能AGV小车、悬挂式输送链等在不同机床间高效流转,减少了人工搬运的时间损耗与人为误差。以生产装载机变速箱齿轮为例,自动化生产线从原材料上料开始,通过机械手臂精准抓取原材料放置于加工机床,完成粗加工后自动传输至精加工机床,最后进行成品检测。整个过程全程自动化运行,不仅生产效率较传统人工生产线提高了约50%,而且产品质量的一致性得到极大保障,产

品次品率可降低至1%以下,有效提升了企业的生产效能与产品竞争力^[2]。

(三) 机器人装配实现高效精准

工程机械的整机装配过程中,机器人的应用日益广泛。高精度的装配机器人配备先进的视觉识别系统,该系统融合了机器视觉、深度学习等前沿技术。在装配挖掘机回转平台时,机器人的视觉系统利用高清摄像头采集零部件的图像信息,通过深度学习算法对图像进行快速处理与分析,能够在毫秒级时间内快速准确地识别零部件的形状、位置与姿态,识别精度可达0.1毫米。机器人利用视觉系统定位螺栓孔与零部件的安装位置后,通过机械手臂精确抓取零部件并进行装配,机械手臂采用先进的伺服控制技术,能够确保装配精度在极小公差范围内,如螺栓装配的位置公差可控制在 ± 0.2 毫米。同时,机器人可按照预设的装配顺序与扭矩要求,自动拧紧螺栓,其内置的扭矩传感器能够实时监测拧紧力矩,避免了人工装配可能出现的漏装、错装及拧紧力矩不一致等问题。经实际应用,采用机器人装配后,装配效率提高了约40%,装配质量大幅提升,极大地提高了装配效率与质量,降低了劳动强度,为工程机械整机装配的高效精准提供了有力支撑^[3]。

(四) 智能监控保障设备运行

在工程机械的使用过程中,机电自动化的智能监控系统发挥着重要作用。借助物联网技术,设备上的各类传感器,如压力传感器、温度传感器、振动传感器等,如同设备的“神经末梢”,实时采集设备的运行数据。压力传感器采用高精度的压阻式传感技术,能够精确测量液压系统的压力,精度可达0.1MPa;温度传感器利用热敏电阻原理,可精准监测发动机、变速箱等关键部位的温度,误差在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内;振动传感器运用压电效应,实时感知工作装置的振动情况。这些数据通过无线通信模块,如5G通信技术,以高带宽、低延迟的方式传输至远程监控中心。监控中心利用数据分析软件,如基于大数据分析、人工智能算法的软件平台,对数据进行实时分析。一旦发现设备运行参数异常,如发动机转速突然下降、液压系统压力过高、工作装置振动异常等,系统立即发出预警信息,并通过故障诊断算法,如基于神经网络的故障诊断模型,初步判断故障原因,为维修人员提供准确的维修指导。实际应用表明,智能监控系统可将设备停机时间缩短约35%,有效确保设备的稳定运行,提高设备的可

用性^[4]。

(五) 自适应控制优化作业流程

部分先进的工程机械引入了自适应控制技术。以智能推土机为例,其配备的土壤硬度传感器采用先进的电阻应变片技术或超声波检测技术,实时检测土壤的硬度与阻力。控制系统根据这些数据,基于自适应控制算法,如模型参考自适应控制算法,自动调整推土机的行驶速度、铲刀的切入深度与倾斜角度。当遇到坚硬土壤时,系统自动加大发动机输出功率,通过电子调速器精确控制发动机转速,提高铲刀的提升力,同时降低行驶速度,以保证作业效率与质量。在软土地基作业时,系统则自动减小铲刀切入深度,提高行驶速度,避免陷车。这种自适应控制技术能够使工程机械根据不同的作业环境与工况,自动优化作业流程,相较于传统作业方式,能源利用效率可提高约20%,设备磨损明显减少,经长期使用监测,设备关键部件的使用寿命可延长约25%,有效降低了设备维护成本,提高了设备的综合性能与作业效益^[5]。

结语

机电自动化在工程机械制造中的应用是行业发展的必然趋势,其为提高生产效率、保障产品质量、降低成本及推动产品智能化升级带来了显著优势。尽管面临技术集成、人才短缺、设备维护等挑战,但通过实施“深度融合与协同创新”等一系列创新应用策略,能够有效克服困难,拓展机电自动化的应用深度与广度。这不仅将推动工程机械制造行业实现高质量发展,提升我国在国际工程机械市场的竞争力,还将为相关产业的发展注入新的活力,促进制造业的整体转型升级。

参考文献:

- [1] 陆菁菁. 机电自动化在工程机械制造中的应用[J]. 中国设备工程,2023,(21):212-215.
- [2] 杨张海,徐盼盼. 机电自动化在工程机械制造中的应用研究[J]. 造纸装备及材料,2023,52(01):26-28.
- [3] 雷荣. 工程机械制造中机电自动化的应用研究[J]. 现代制造技术与装备,2022,58(02):174-176.
- [4] 苏嘉健. 机电自动化在工程机械制造中的应用分析[J]. 电子元器件与信息技术,2021,5(11):62-63.
- [5] 吴国兵. 试析机电自动化在现代工程机械制造中的应用[J]. 信息记录材料,2021,22(11):169-170.