

机械制造系统中检测自动化技术的应用

薛世荣 李雪银 薛世雄 黄永燕

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 宁夏 银川 750005

摘要: 在机械制造行业追求高质量、高效率与智能化发展的当下,本文聚焦机械制造系统中检测自动化技术的应用。阐述自动控制理论、传感技术、信息处理技术等基础理论,分析数据安全防护、检测标准审核、操作行为管控等核心机制。探讨其在质量检测、在线监测、生产过程控制等环节的应用,指出检测自动化技术正朝着智能化、网络化、集成化趋势发展。通过多维度研究,旨在为机械制造系统检测自动化提供理论支撑,推动其高效、稳定、智能发展,提升机械制造整体水平。

关键词: 检测自动化技术;机械制造系统;自动控制理论;传感技术;智能化发展

引言:在机械制造领域,产品质量和生产效率至关重要。检测作为保障质量的关键环节,传统人工检测方式存在效率低、误差大等问题,难以满足现代机械制造规模化、高精度生产需求。检测自动化技术应运而生,它融合自动控制、传感、信息处理等多领域技术,能实时、精准获取检测数据,实现检测过程自动化与智能化。深入研究检测自动化技术在机械制造系统中的应用,对提升产品质量、优化生产流程、增强企业竞争力具有重要意义,是推动机械制造行业发展的关键所在。

1 检测自动化技术的基础理论

1.1 自动控制理论

闭环控制原理是自动控制理论的核心内容之一。闭环控制系统依靠传感器实时捕捉检测过程中的各项数据,这些数据涵盖检测对象的状态参数、精度指标及设备运行精度等关键信息^[1]。数据传输至控制器后,控制器会结合预设标准进行全面分析比对,精准判断当前状态与目标状态的差异,随后驱动执行机构做出对应调整动作。整个过程形成完整的循环链路,持续修正偏差,以此实现对检测过程的高精度把控,让检测操作始终贴合预设要求。反馈调节机制是保障检测稳定性的重要支撑。它依托检测结果与预设目标的偏差情况,灵活调整检测参数或生产流程细节。在检测自动化场景中,偏差的产生难以完全避免,反馈调节可快速响应这类偏差,通过动态优化参数、调整流程来弥补偏差影响,进而维持产品质量稳定性,避免因参数漂移导致检测结果失真或产品合格率波动。

1.2 传感技术

传感技术是检测自动化的数据源头,不同类型传感器适配不同检测需求。电磁传感器依托电磁感应原理工作,对金属材质的参数感知灵敏度较高,检测精度可达

0.005毫米;光电传感器借助光信号转换实现检测,抗干扰能力强且响应迅速,响应时间仅需1毫秒;热敏传感器则专注于温度参数捕捉,测量精度高且稳定性佳,温度误差可控制在0.1摄氏度。这些传感器各自具备独特优势,根据检测场景的具体需求合理选用,可确保数据采集的针对性和准确性。在机械制造领域,传感器的应用场景十分广泛。测量长度与角度时,传感器可精准捕捉零部件的尺寸偏差,为加工精度把控提供数据;监测速度参数时,能实时反馈设备运行速率,辅助优化生产节拍;感知压力变化时,可及时排查设备负载异常及零部件承压隐患。

1.3 信息处理技术

信号采集与转换是信息处理的首要环节。传感器采集的原始信号多为模拟信号,这类信号易受外界干扰,且无法直接被计算机识别处理。通过信号采集模块捕捉模拟信号后,经模数转换组件将其转化为数字信号,转化过程中需兼顾信号的完整性和准确性,减少转换损耗,确保数字信号能真实还原原始检测信息,为后续处理分析奠定基础。数据分析与处理算法是提升数据质量的关键。滤波算法可有效剔除数据中的干扰噪声,保留有效信号,减少无关因素对检测结果的影响;特征提取算法能从海量数据中提炼出反映检测对象本质的关键特征,简化数据处理流程的同时提升分析效率。这些算法的合理运用,显著增强了检测数据的准确性和可靠性,为自动化检测的精准判断提供技术支撑。

2 检测自动化技术的核心机制

2.1 技术防护机制

数据安全防护是检测自动化过程中不可忽视的环节。为保障检测数据的安全性和完整性,需多维度构建防护体系^[2]。加密技术可对传输和存储中的数据进行加密处理,

让未授权主体无法解读数据内容；访问控制则通过划分访问权限，仅允许符合条件的人员接触核心数据，从源头减少数据泄露风险。同时搭配数据校验技术，实时核对数据完整性，避免数据被恶意篡改，确保每一组检测数据都真实可信。系统稳定性保障直接关系检测结果的精准度。冗余设计通过设置备用组件，当核心部件出现故障时，备用部件可快速切换投入使用，避免系统突然中断运行。故障诊断技术能实时监测系统运行状态，及时发现潜在故障隐患并发出预警；容错技术则可以让系统在出现轻微故障时，仍能维持正常运行不受影响。多类技术协同发力，有效抵御外界干扰和内部故障，保障检测自动化系统持续稳定运转。

2.2 内容审核机制

检测标准与规范是自动化检测的重要依据，为检测操作划定统一准则。机械制造领域需遵循国际标准、国家标准及行业规范，这些标准覆盖零部件尺寸、性能参数、安全指标等多个维度，明确检测的合格范围和判定依据。严格依照标准开展检测，能避免因判定标准不一导致的结果偏差，确保检测结果符合行业质量要求，为产品合格性评估提供统一支撑。检测结果审核流程注重双重校验，兼顾效率与精准度。自动审核依托预设程序对检测结果进行快速筛查，对比结果与标准阈值的契合度，筛选出疑似异常数据；人工审核则聚焦自动审核排查出的异常项，结合实际检测场景和经验进行细致复核，确认异常原因是数据误差还是产品本身问题。两种方式相互补充，最大限度规避审核遗漏，保障检测结果的准确性和可靠性。

2.3 用户行为管理机制

操作人员权限管理需明确权责划分，规范操作行为边界。根据岗位职能差异，为不同操作人员分配对应权限，一线检测人员仅拥有基础操作权限，无法修改核心参数和检测标准；管理人员具备权限分配和系统设置权限，负责统筹管控整体操作流程。通过权限分级杜绝未经授权的操作，防止误操作或恶意操作对检测过程、结果造成不良影响。操作行为记录与追溯为问题排查提供有力支撑。系统实时记录操作人员的每一项操作，包括操作时间、操作内容、参数调整等信息，形成完整的操作日志并妥善存储。当检测结果出现异常或系统运行故障时，可通过追溯操作日志，清晰还原操作全过程，精准定位问题产生的节点和原因，为后续整改措施的制定提供可靠依据，同时也能强化操作人员的责任意识。

3 检测自动化技术在机械制造系统各环节的应用

3.1 质量检测环节

机械制造产品质量检测要聚焦核心项目，依据生产与使用需求设定标准。尺寸精度影响零部件装配适配性，需将实际尺寸与设计尺寸偏差控制在 0.01 至 0.05 毫米；形状误差关乎产品运行稳定性，要排查直线度、圆度等偏差，圆度误差不超过 0.003 毫米；表面缺陷检测针对划痕、凹陷、裂纹等，划痕深度应小于 0.02 毫米，以免影响产品外观与结构强度。为提升检测效率与精度，需适配应用自动化检测方法与设备。三坐标测量借助三坐标测量机，测量范围达 500 × 800 × 600 毫米，能精准测量复杂零部件多维尺寸，适用于异形结构检测；激光扫描利用激光扫描仪快速捕捉物体外形数据，兼具速度与精度，适合批量零部件外形检测；机器视觉检测通过系统采集图像信息，可快速识别表面缺陷与尺寸偏差，实现连续化批量检测。这些自动化手段替代传统人工检测，有效减少人为误差，满足机械制造规模化生产需求。

3.2 在线监测环节

在线监测系统由多个部分协同运作，各组件分工明确，共同保障监测效果。传感器作为数据源头，实时采集设备运行及工艺执行过程中的各类数据；数据采集与处理系统对传感器传来的信号进行转换与分析，筛选出有效信息，剔除干扰数据；显示与报警系统则将监测结果实时呈现，一旦参数超出预设范围，便及时发出警示，便于工作人员迅速响应。各部分高效配合，构建起全流程实时监测体系。在线监测的关键在于精准聚焦核心内容，以实现既定目标。其监测范围涵盖设备状态与工艺参数两大方面。设备状态监测包括主轴转速、轴承温度、振动幅度等，能及时捕捉设备磨损、故障隐患；工艺参数监测涉及切削速度、进给量、焊接温度等，可确保工艺执行符合标准^[1]。通过实时监测，能够提前发现设备异常并处理，避免故障扩大影响生产，还能动态调整工艺参数，减少不合格产品产生，保障生产连续稳定进行。

3.3 生产过程控制环节

基于检测自动化技术获取的结果，可针对性制定生产过程控制策略优化生产流程。若检测发现零部件尺寸偏差超出允许范围，需及时调整加工参数，修正切削深度、进给速度等指标；若检测数据显示刀具磨损导致加工精度下降，需及时更换刀具并校准设备，避免持续产生不合格产品。通过精准把控检测结果与生产参数的关联，实现生产过程的动态优化，提升生产效率与产品合格率。闭环控制系统的构建需实现检测自动化技术与生产过程控制系统的深度融合。检测系统实时采集生产各环节数据，传输至控制系统后与预设标准比对分析，控制系统根据偏差情况自动调整加工参数、设备运行状态

等。这种融合模式让生产、检测、调整形成完整循环,无需人工过多干预即可实现生产过程的自动控制,既减少人为操作误差,又能快速响应生产中的参数波动,推动机械制造生产流程的智能化优化。

4 检测自动化技术的发展趋势

4.1 智能化发展趋势

人工智能技术为检测自动化注入新活力,机器学习、深度学习等技术的落地应用前景广阔^[4]。机器学习可让检测设备积累检测数据经验,逐步实现自学习能力,无需人工预设规则就能适配不同检测场景;深度学习能强化设备对复杂数据的解读能力,助力设备实现自适应调节,应对检测对象的规格变化与环境波动。自诊断功能的落地则可以让设备实时监测自身运行状态,提前预判故障风险,大幅提升检测设备的智能化运作水平。智能决策与优化依托人工智能技术深挖检测数据价值。通过对海量检测数据的分析梳理,精准捕捉数据背后的关联规律与潜在问题,进而实现检测参数的自动调整,让检测过程更贴合实时生产需求。同时能基于数据反馈优化生产全流程,精准定位生产环节的薄弱点并调整,减少无效工序与资源消耗,让检测与生产的协同更高效,进一步释放智能化技术的应用价值。

4.2 网络化发展趋势

工业互联网技术的融入打破检测自动化的孤立运作格局。借助该技术实现检测设备、管理系统、供应链等各环节的互联互通,让检测数据、生产数据、供应链数据形成共享链路。各环节基于统一数据支撑协同运作,管理端可实时掌握检测进度与设备状态,供应链端能根据检测结果调整物料供应节奏,构建起高效协同的生产网络,提升整体生产效率。远程监控与故障诊断借助网络技术突破空间限制。工作人员无需在设备现场值守,通过终端即可实时查看检测设备的运行参数与检测数据,掌握设备工作状态。当设备出现异常时,网络技术可快速传输故障信息并辅助定位故障原因,技术人员通过远程指导排查或调配资源处理,缩短故障解决时间,减少设备停机损耗,提升设备运行效率与可靠性。

4.3 集成化发展趋势

检测自动化技术正与机械制造全生命周期深度融合,打破各环节的技术壁垒。从产品设计阶段就融入检测需求,提前规划3至5个关键检测节点与标准;制造阶段实现检测与加工同步推进,每道工序配套专属检测模块,实时把控生产质量;销售及后续环节依托检测数据提供售后支撑,形成全流程一体化智能制造体系。这种融合模式推动机械制造向全面自动化、智能化转型,实现各环节的高效衔接^[5]。多技术集成应用拓展检测自动化的应用边界。检测自动化技术与机器人技术结合,可实现检测操作的无人化与精准化,单台检测机器人可替代3名人工检测人员,适配高危、高频检测场景;与增材制造技术融合,能实时检测打印过程中的产品精度与结构完整性,每1毫米打印高度完成一次检测,及时调整打印参数,提升增材制造产品质量。不同先进技术的协同发力,为机械制造系统带来更多创新方向,催生更高效、更灵活的生产模式。

结束语

检测自动化技术在机械制造系统中发挥着不可替代的作用。从基础理论支撑到核心机制保障,再到各环节的广泛应用,以及未来智能化、网络化、集成化的发展趋势,都彰显其强大生命力。随着技术不断进步,检测自动化技术将更深度融入机械制造全流程,进一步提升检测精度与效率,降低生产成本,推动机械制造行业向更高质量、更智能化方向迈进,为工业现代化发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]郑金娣.检测技术在机械自动化制造系统中的应用研究[J].科学与信息化,2022(13):61-63.
- [2]张同富.检测技术在自动化机械制造系统中的应用[J].今日自动化,2022(7):46-48.
- [3]吴曰连.检测技术在自动化机械制造系统中的运用[J].消费电子,2025(1):227-229.
- [4]刘威.检测技术在自动化机械制造系统中的实际运用[J].现代制造技术与装备,2022,58(1):197-199.
- [5]薛虎铖.机械自动化技术在机械制造业中的应用[J].移动电源与车辆,2025,56(2):41-44.