

现代质量检验技术在制造业中的应用研究

李锴霞

远东正大检验科技（浙江）有限公司 浙江杭州

【摘要】现代质量检验技术在制造业中的应用不断深化，涵盖质量检测体系的演进路径、数据驱动系统的构建难点、人工智能在缺陷识别中的突破以及典型企业的效能提升实践。相关技术推动了检测方式从人工经验型向智能分析型转变，强化了过程控制能力与质量闭环管理机制。研究表明，质量检验技术的发展不仅依赖技术创新，更需要系统层面的协同优化。通过多维度技术融合与企业实际应用验证，现代质量检验正逐步成为保障产品质量、提高生产效率和增强企业竞争力的关键支撑力量。

【关键词】质量检验；制造业；智能制造；检测技术；产品质量

【收稿日期】2025 年 5 月 16 日

【出刊日期】2025 年 6 月 20 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20250071

Research on the application of modern quality inspection technology in manufacturing

Kaixia Li

ECT Testing Technology (Zhejiang) Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】The application of modern quality inspection technology in manufacturing continues to deepen, covering the evolution of quality detection systems, challenges in constructing data-driven systems, breakthroughs in artificial intelligence for defect identification, and performance improvement practices in typical enterprises. These technologies have driven the transition of inspection methods from experience-based to intelligent analysis, enhancing process control capabilities and closed-loop quality management mechanisms. Research indicates that the development of quality inspection technology relies not only on technological innovation but also on collaborative optimization at the system level. Through multidisciplinary integration and practical validation in enterprises, modern quality inspection is gradually becoming a key support for ensuring product quality, improving production efficiency, and strengthening enterprise competitiveness.

【Keywords】Quality inspection; Manufacturing; Intelligent manufacturing; Inspection technology; Product quality

引言

传统检验方式难以满足复杂产品结构与大规模定制化生产的双重需求，亟需引入先进技术手段进行系统性升级。现代质量检验技术融合传感、数据分析、人工智能等多领域成果，正在重塑制造过程中的质量控制模式。这一发展趋势不仅提升了检测的精准度与响应速度，也为实现全过程质量管理提供了可行路径，对推动制造业转型升级具有重要意义。

1 质量检验技术演进与制造业发展需求的协同变化

随着制造业生产模式的不断升级，质量检验技

术也经历了从传统人工检测到自动化、智能化检测的演变过程。早期的质量检验主要依赖人工目测和简单量具，检测效率低、误差大，难以适应批量生产和高精度要求。随着工业化进程加快，机械制造、电子测量等技术逐步引入质量检验领域，推动了检测设备向标准化、仪器化方向发展，提高了检测结果的准确性与可重复性。进入 21 世纪后，制造业对产品质量、生产效率及一致性提出了更高要求，传统的离线检测方式已无法满足实时控制和全过程质量管理的需求，促使质量检验技术加速向在线化、数字化方向转型。

在这一过程中，传感技术、图像识别、数据采集

与处理系统迅速发展，成为现代质量检验技术的重要支撑。特别是随着工业 4.0 理念的推广，制造业开始强调信息物理系统（CPS）与物联网（IoT）的深度融合，质量检验逐步由单一环节拓展为贯穿整个生产流程的关键控制点^[1]。检测手段不再局限于终端产品抽检，而是向过程监控、预测性维护等方向延伸，形成了以数据为核心的质量闭环管理体系。这种转变不仅提升了质量控制的响应速度，也为制造企业实现精益管理提供了技术支持。

与此制造业的发展需求反过来推动了质量检验技术的持续创新。个性化定制、柔性生产等新型制造模式的兴起，对检测系统的适应性和灵活性提出了更高要求。传统固定式检测设备逐渐被模块化、可重构的智能检测系统所替代，具备多参数同步采集、自学习判断等功能的检测平台日益普及。随着绿色制造与可持续发展理念的深入，质量检验也开始关注产品全生命周期中的环境影响与资源利用效率，进一步拓宽了其应用边界。

2 数据驱动下的质量检测系统构建与实施难点

数据驱动的质量检测系统通过采集生产过程中的多维度参数，实现对产品质量状态的动态感知与实时评估。该系统的构建涉及数据采集、传输、存储、处理与决策等多个环节，依赖于传感器网络、工业通信协议、数据库管理以及数据分析算法等技术的协同配合。其核心在于通过对海量检测数据的挖掘与建模，发现潜在的质量波动规律，从而提升缺陷识别的准确率和检测响应的时效性。然而，在实际构建过程中，系统面临着多重技术与管理层面的挑战。首先是数据获取的完整性与准确性问题。由于制造环境复杂多变，传感器可能受到温度、湿度、电磁干扰等因素影响，导致采集数据存在噪声或偏差。

不同设备之间缺乏统一的数据接口标准，使得异构数据的集成与融合难度加大，影响了系统整体的数据质量。其次是数据处理能力的瓶颈。随着检测精度要求的提高，采集数据的规模呈指数级增长，传统数据处理架构难以满足高并发、低延迟的实时分析需求，亟需引入边缘计算与云计算相结合的处理模式，以提升数据流转效率。在数据建模与分析方面，如何从非结构化或半结构化数据中提取有效的特征信息成为关键难题。制造过程中的质量数据

往往具有高度的时序性和关联性，单一变量难以反映真实的产品状态。必须采用多变量统计分析、机器学习等方法进行特征融合与异常检测，但这也对模型训练的数据质量和算法适应性提出了更高要求。

质量检测系统与企业现有生产管理系统（MES、ERP）之间的信息联动不足，导致检测结果难以及时反馈至工艺调整环节，限制了数据闭环优化的实现效果。数据安全与系统稳定性也是不可忽视的问题^[2]。质量检测数据作为企业核心资产之一，一旦泄露或被篡改，可能对产品合规性与品牌信誉造成严重影响。系统在设计阶段就必须考虑数据加密、访问控制与审计追踪等安全保障机制。与此面对高频次的数据交互与长时间运行的需求，系统的容错能力与运维策略也直接影响其长期可用性与可靠性。

3 基于人工智能的缺陷识别技术在产线的应用突破

随着制造工艺复杂度的持续上升，传统基于规则和人工经验的缺陷检测方法已难以满足高精度、高速度的质量控制需求。人工智能技术，尤其是深度学习的发展，为缺陷识别提供了全新的技术路径，并在实际产线中展现出显著的应用优势。该技术通过构建多层次神经网络模型，能够自动提取产品图像中的关键特征，实现对微小缺陷的高效识别与分类，从而大幅提升检测的准确率与稳定性。在具体应用过程中，人工智能缺陷识别系统通常依赖于大规模标注数据进行模型训练，以适应不同材料、结构和表面状态的产品检测任务。

图像采集设备配合高精度工业相机和光源系统，获取高质量的产品表面图像后，由 AI 算法完成图像预处理、特征提取与缺陷判定等步骤。相比传统方法，AI 驱动的过程无需手动设定阈值或编写复杂的图像处理规则，具备更强的自适应能力，尤其适用于纹理复杂、缺陷类型多样化的检测场景。在产线集成方面，人工智能缺陷识别技术逐步实现了与自动化生产设备的深度融合。通过部署边缘计算设备或专用 AI 加速芯片，系统可在毫秒级时间内完成单帧图像的分析与反馈，满足实时在线检测的要求。结合工业互联网平台，AI 识别结果可直接上传至质量管理系统，作为工艺调整和质量追溯的重要依据，推动检测流程从“被动筛查”向“主动预警”转变。

然而,要真正发挥人工智能在缺陷识别中的潜力,还需解决一系列关键技术难题。例如,如何在有限样本条件下提升模型的泛化能力,避免因训练数据不足导致的误判;如何优化模型结构以适配嵌入式硬件资源,确保推理速度与精度之间的平衡;以及如何建立标准化的数据标注体系,提升不同产线间AI检测系统的兼容性与可移植性。在工程落地层面,人工智能缺陷识别技术还面临系统集成难度大、维护成本高等现实挑战。由于涉及软件算法、硬件设备、通信协议等多个环节,其部署过程往往需要跨学科团队协同推进^[3-5]。AI模型的更新与迭代也需建立完善的版本管理机制,以保障系统长期运行的稳定性和一致性。人工智能在缺陷识别领域的应用突破,不仅体现在算法性能的提升,更在于其与制造业生产流程的深度融合。这种融合推动了检测手段从依赖人工经验向智能化、自主化方向演进,为构建高效、精准、可持续的质量控制体系奠定了坚实基础。

4 典型企业质量控制体系升级带来的效能提升验证

在制造业竞争日益激烈的背景下,部分领先企业率先对传统质量控制体系进行系统性升级,引入现代质量检验技术与管理理念,推动质量管理从结果管控向过程控制转变。这一变革不仅优化了原有的检测流程,更在整体层面上提升了企业的生产效率、产品合格率及市场响应能力。质量控制体系的升级通常涵盖多个维度,包括检测设备的智能化改造、数据采集与分析平台的集成、质量信息系统的重构以及管理流程的再造。企业在实施过程中,逐步将自动化检测设备替代原有手工或半自动检测手段,减少人为因素对检测结果的影响,提高检测的一致性和重复性。通过部署在线检测装置,实现关键质量参数的实时采集与动态监控,使得质量问题能够在生产过程中被及时发现和干预,有效降低不良品流入后续环节的风险。

在此基础上,企业进一步构建统一的质量数据管理平台,打通检测数据与生产、工艺、供应链等业务模块之间的信息壁垒。借助大数据分析工具,企业能够对历史质量数据进行深度挖掘,识别出影响产品质量的关键变量,并据此调整工艺参数或优化原材料选型,形成以数据为驱动的质量改进机制。

这种跨部门、跨系统的协同管理模式,显著提升了质量决策的科学性和执行效率。随着人工智能、物联网等新兴技术的应用深入,部分企业开始探索基于预测模型的质量预警机制。

通过对生产线运行状态与质量波动趋势的关联建模,系统可在异常发生前发出预警信号,指导操作人员提前采取干预措施,从而减少废品产生和返工成本。这种由“事后纠正”转向“事前预防”的质量控制策略,大幅提升了企业的资源利用效率和生产柔性。在组织管理层面,质量控制体系的升级还推动了企业内部质量管理文化的重塑^[6-8]。标准化作业流程的建立、全员质量意识的强化以及持续改进机制的落地,使得质量管理不再是独立于生产的专项活动,而是贯穿整个制造链条的核心职能。这种系统性的转变,使企业在面对市场需求变化和技术迭代加速的双重压力下,依然能够保持稳定的产品质量和较强的市场竞争优势。

5 结语

现代质量检验技术的发展正在深刻改变制造业的质量管理模式。从传统检测手段向数据驱动与人工智能赋能的转变,不仅提升了检测效率与精度,也推动了质量管理向全过程、智能化方向演进。技术体系的完善与企业实践的应用表明,质量控制已由事后补救转变为事前预防和实时干预。未来,随着新一代信息技术的持续突破,质量检验将进一步融合制造流程,形成更加高效、灵活、自适应的质量管理体系,为制造业高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 赵立心.现代水利工程中渡槽施工技术优化与质量控制[J].水利技术监督,2025,(07):137-140.
- [2] 张艳华.现代水利高质量发展下技术反哺教学机制研究[J].学周刊,2025,(16):21-24.
- [3] 董礼.现代企业党员教育培训工作创新与质量成效[J].现代企业,2025,(05):90-91.
- [4] 罗飞,贾红梅.农药残留检测技术在食品质量检验中的应用研究[J].现代食品,2025,(08):205-207.
- [5] 王梅玲,张武,汤建勇.农药残留检测技术在食品质量检验中的应用策略[J].现代食品,2025,(02):176-178.
- [6] 朱维.农药残留检测技术在食品质量检验中的应用[J].食

品安全导刊,2025,(01):48-50+54.

社:202303.277.

[7] 刘永能,邓嵩.现代质量检验技术在食品检测中的应用[J].
现代食品,2023,29(14):164-166.

[8] 陈洪根,张睿,周昊飞.质量工程学[M].化学工业出版

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS