

基于机器视觉的自动化生产线质量检测技术研究与应用

胥青磊¹, 马小龙²

¹智德认证有限公司 河南郑州

²西安昱昌环境科技有限公司 陕西西安

【摘要】本文专注于基于机器视觉的自动化生产线质量检测技术的深入研究与实际应用探讨。开篇点明在工业生产迈向智能化的进程中,传统质量检测方式难以满足高精度、高效率需求的现状,引出机器视觉质量检测技术的重要性。正文从机器视觉质量检测技术的原理与系统构成、在自动化生产线中的检测流程与关键技术环节、相较于传统检测方式的优势以及实际应用案例分析与未来发展趋势这四个方面展开论述。研究表明,机器视觉技术凭借其高精度、高速度、非接触等特性,为自动化生产线质量检测带来革新,显著提升产品质量控制水平。持续优化技术、拓展应用领域,对推动工业自动化向更高质量发展具有重要意义。

【关键词】机器视觉; 自动化生产线; 质量检测; 工业应用

【收稿日期】2024 年 12 月 23 日

【出刊日期】2025 年 1 月 11 日

【DOI】10.12208/j.jeea.20250019

Research and application of quality inspection technology for automated production lines based on machine vision

Qinglei Xu¹, Xiaolong Ma²

¹Zhide Certification Co., Ltd., Zhengzhou Henan

²Xi'an Yurcent Environmental Technology Co., Ltd, Xi'an, Shaanxi

【Abstract】 This paper focuses on the in - depth research and practical application discussion of the quality inspection technology for automated production lines based on machine vision. At the beginning, it points out the current situation that traditional quality inspection methods are difficult to meet the high - precision and high - efficiency requirements in the process of industrial production moving towards intelligence, thus leading to the importance of machine vision quality inspection technology. The main body of the paper discusses from four aspects: the principle and system composition of machine vision quality inspection technology, the inspection process and key technical links in automated production lines, the advantages compared with traditional inspection methods, and the analysis of practical application cases and future development trends. The research shows that machine vision technology, with its characteristics of high precision, high speed and non - contact, brings innovation to the quality inspection of automated production lines and significantly improves the product quality control level. Continuously optimizing the technology and expanding the application field are of great significance for promoting the development of industrial automation towards higher quality.

【Keywords】 Machine vision; Automated production line; Quality inspection; Industrial application

引言

在工业 4.0 时代的浪潮下,自动化生产线已成为现代制造业的核心生产模式。随着市场竞争的日益激烈,产品质量成为企业立足市场的关键。传统的人工质量检测方式,受限于人的生理和心理因素,

不仅检测速度慢、效率低,而且容易出现漏检、误检等情况,难以满足自动化生产线高速、高精度的质量检测需求。机器视觉技术作为一种新兴的检测手段,融合了光学、电子、计算机等多学科知识,能够模拟人类视觉系统对目标物体进行感知、识别和测

作者简介:胥青磊(1986-)男,汉,河南濮阳,本科,研究方向为机电工程。

量。将机器视觉技术应用于自动化生产线的质量检测,能够实现检测过程的自动化、智能化,有效提高检测精度和效率,降低生产成本,对于提升工业生产整体质量和竞争力具有重要的现实意义。深入研究其技术原理、应用模式以及未来发展方向,对推动工业自动化进程、促进制造业转型升级具有深远影响。

1 机器视觉质量检测技术的原理与系统构成

机器视觉质量检测技术基于图像采集、图像处理与分析以及结果输出反馈这一基本流程实现对产品质量的检测。其原理是利用光学成像设备,如工业相机,将目标物体的图像转化为数字信号,然后通过计算机软件对这些数字图像进行一系列复杂的处理与分析^[1]。在图像采集环节,根据检测需求选择合适的相机类型、镜头参数以及光源条件至关重要。高分辨率相机能够捕捉到更细微的物体特征,满足高精度检测要求;不同焦距的镜头可适应不同距离和大小的检测目标;而合适的光源则能增强物体特征与背景的对比度,便于图像采集与后续分析。

图像处理与分析是机器视觉技术的核心环节。图像处理算法对采集到的原始图像进行灰度化、滤波、增强等预处理操作,去除噪声干扰,突出物体特征。随后,运用边缘检测、特征提取、模式识别等技术对图像进行分析^[2]。边缘检测算法能够精准定位物体的边缘轮廓,为尺寸测量和形状检测提供基础;特征提取算法从图像中提取关键特征,如颜色、纹理、几何形状等,用于与预设的标准模板进行比对;模式识别算法则基于这些特征实现对物体的分类和识别,判断产品是否合格以及存在何种缺陷类型。

机器视觉系统主要由图像采集模块、图像处理模块和控制执行模块构成。图像采集模块包括工业相机、镜头、光源以及图像采集卡。工业相机负责将光信号转换为电信号,图像采集卡则将相机输出的信号传输至计算机进行后续处理。图像处理模块是系统的大脑,由计算机硬件和图像处理软件组成^[3]。软件中集成了各种图像处理与分析算法,负责对采集到的图像进行运算和分析。控制执行模块根据图像处理模块输出的检测结果,对生产线上的设备进行控制。例如,当检测到产品存在缺陷时,控制执行模块可控制分拣装置将不合格产品剔除,或向生产线控制系统发送调整信号,对生产参数进行优化。

2 机器视觉在自动化生产线中的检测流程与关键技术环节

在自动化生产线中,机器视觉质量检测遵循一套严谨的流程。检测任务规划,根据产品的质量要求、生产工艺以及生产线的布局,确定检测的位置、检测的项目以及检测的精度要求等^[4]。接着进行相机标定,通过特定的标定板对工业相机的内部参数和外部参数进行精确校准,消除相机成像过程中的畸变,建立图像坐标与实际物理坐标之间的准确映射关系,确保检测结果的准确性。

图像采集环节按照既定的检测任务规划,在生产线的特定位置对产品进行图像采集。为保证采集到清晰、准确的图像,需要对相机的曝光时间、帧率以及光源的亮度、颜色等参数进行优化调整。在高速生产线上,还需考虑相机的拍摄速度与生产线运行速度的匹配,确保产品在运动过程中也能采集到完整、清晰的图像。图像处理与分析是检测流程的核心^[5]。对采集到的图像依次进行预处理、特征提取与识别。在预处理阶段,运用各种滤波算法去除图像中的噪声,通过图像增强算法提升图像的对比度和清晰度,为后续的特征提取创造良好条件。特征提取过程中,针对不同的检测项目,选择合适的特征提取算法。如对于尺寸检测,提取物体的边缘轮廓特征;对于表面缺陷检测,提取纹理、颜色等特征。识别阶段则将提取到的特征与预先建立的标准模板或模型进行比对,通过相似度计算等方法判断产品是否合格,若不合格则进一步确定缺陷类型和位置。

检测结果输出与反馈是最后一个环节。图像处理模块将检测结果传输至控制执行模块,控制执行模块根据结果对生产线进行相应操作。对于不合格产品,控制分拣设备将其从生产线上分离出来;同时,将检测数据反馈至生产管理系统,为生产过程的质量监控和优化提供数据支持。生产管理人员可根据这些数据对生产工艺参数进行调整,如调整焊接温度、压力等,以提高产品质量。

在整个检测流程中,有几个关键技术环节至关重要。图像采集的稳定性和准确性直接影响检测结果,因此需要对相机、镜头和光源进行精心选型和调试,确保在复杂的生产环境下也能采集到高质量的图像。图像处理算法的优劣决定了检测的精度和

速度, 需要不断优化算法, 提高其对不同产品和缺陷类型的适应性和处理能力。

3 机器视觉质量检测技术相较于传统检测方式的优势

与传统质量检测方式相比, 机器视觉质量检测技术在多个方面展现出显著优势。在检测精度方面, 机器视觉系统借助高分辨率相机和先进的图像处理算法, 能够检测到微米甚至亚微米级别的缺陷和尺寸偏差^[6]。而人工检测受限于人眼的分辨率和疲劳程度, 难以达到如此高的精度。

检测速度上, 机器视觉系统能够在极短的时间内完成对产品的检测。工业相机可以每秒采集数十帧甚至数百帧图像, 结合快速的图像处理算法, 能够实现对高速生产线上产品的实时检测。相比之下, 人工检测速度慢, 且随着工作时间的增加, 检测速度会逐渐下降。在汽车零部件生产线上, 零部件的生产速度极快, 人工检测无法跟上生产节奏, 而机器视觉系统能够实时检测每个零部件的质量, 确保生产线的高效运行。机器视觉检测具有非接触式检测的特点, 避免了对产品表面的损伤。在一些对表面质量要求极高的产品检测中, 如精密光学元件、高档电子产品外壳等, 传统的接触式检测方式可能会因接触而划伤产品表面, 影响产品质量^[7]。机器视觉通过光学成像进行检测, 不与产品直接接触, 有效保护了产品的完整性。此外, 机器视觉检测系统具有高度的稳定性和可靠性。它不受主观因素如情绪、疲劳等影响, 能够始终保持一致的检测标准和精度。在长时间、高强度的检测任务中, 人工检测容易出现漏检、误检等情况, 而机器视觉系统能够稳定运行, 持续提供准确的检测结果。

4 机器视觉质量检测技术的实际应用案例分析与未来发展趋势

在电子制造行业, 机器视觉质量检测技术得到了广泛应用。以手机主板生产为例, 在主板贴片工序完成后, 利用机器视觉系统对贴片元器件的位置、焊接质量进行检测。通过对元器件的形状、颜色、引脚等特征进行提取和分析, 与标准模板进行比对, 能够快速准确地判断元器件是否贴装正确、焊接是否牢固。这一应用极大地提高了手机主板的生产质量和生产效率, 降低了次品率^[8]。在汽车制造领域, 机器视觉技术用于汽车零部件的尺寸测量、表面缺

陷检测以及装配质量检测等环节。例如, 在汽车发动机缸体的生产过程中, 使用机器视觉系统对缸体的孔径、缸筒圆柱度等关键尺寸进行高精度测量, 确保缸体的加工精度符合设计要求。在车身焊接环节, 通过机器视觉检测焊接点的质量, 及时发现虚焊、漏焊等缺陷, 保证车身的焊接质量和整体强度。

展望未来, 机器视觉质量检测技术将呈现出一系列新的发展趋势。一方面, 随着人工智能技术的飞速发展, 深度学习算法将在机器视觉领域得到更广泛的应用。深度学习能够对大量的图像数据进行自动学习和特征提取, 无需人工手动设计特征提取算法, 能够更准确地识别复杂的缺陷类型和产品特征, 提高检测的精度和适应性。另一方面, 多模态融合技术将成为发展热点。将机器视觉与其他检测技术, 如激光测量、红外检测等相结合, 综合利用多种检测手段获取的信息, 能够更全面、准确地检测产品质量, 拓展机器视觉技术的应用范围。

5 结语

基于机器视觉的自动化生产线质量检测技术作为工业自动化领域的重要创新成果, 在提升产品质量、提高生产效率、降低生产成本等方面发挥着关键作用。从技术原理与系统构成, 到在自动化生产线中的实际应用流程, 再到与传统检测方式的优势对比以及未来发展趋势的探讨, 都表明该技术具有广阔的应用前景和巨大的发展潜力。尽管目前在技术性能、应用成本等方面还存在一些挑战, 但随着科技的不断进步和创新, 机器视觉质量检测技术将不断完善和发展, 在工业生产中发挥越来越重要的作用, 推动制造业向更高质量、更智能化的方向迈进, 为经济社会的发展提供强大的技术支撑。

参考文献

- [1] 王强, 李华. 机器视觉在自动化生产线质量检测中的关键技术研究[J]. 制造业自动化, 2022, 44(5): 85-88.
- [2] 陈刚, 赵宇. 基于深度学习的机器视觉质量检测算法优化[J]. 计算机工程与应用, 2021, 57(18): 174-178.
- [3] 刘畅, 周明. 工业相机与光源在机器视觉检测系统中的选型与应用[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9): 112-115.
- [4] 孙悦, 吴迪. 机器视觉检测系统在汽车零部件生产线上的应用案例分析[J]. 汽车工艺与材料, 2023, (7): 42-46.

- [5] 张峰, 郑丽. 机器视觉质量检测技术与传统检测方式的对比研究[J]. 计量与测试技术, 2022, 49(4): 33-36.
- [6] 林晓, 马强. 多模态融合技术在机器视觉质量检测中的应用前景[J]. 仪器仪表学报, 2024, 45(3): 281-290.
- [7] 李明, 王芳. 工业物联网环境下机器视觉检测系统的互联互通技术研究[J]. 工业控制计算机, 2023, 36(10): 120-122.
- [8] 赵阳, 钱进. 机器视觉设备的小型化与集成化设计趋势[J]. 现代制造技术与装备, 2021, (11): 145-147.

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