

摄像头环外观自动化检测设备开发与应用

余雷¹ 倪明堂² 明五一³

1. 东莞领杰金属精密制造科技有限公司, 广东 东莞 523000
2. 广东省智能机器人研究院, 广东 东莞 523000
3. 广东华中科技大学工业技术研究院, 广东 东莞 523000

[摘要]随着智能手机和其他电子设备的广泛应用,摄像头环作为其关键部件之一,对其外观质量提出了较高要求。为了提升生产效率和降低人力成本,文中研究并开发了一种基于机器视觉的摄像头环外观自动化检测设备。该设备采用高精度相机和图像处理算法,实现了对摄像头环表面瑕疵、划痕、污渍等缺陷的高效检测。通过自动化控制系统,该设备能够实现针对不同尺寸和型号的摄像头环进行快速切换,保证了检测的灵活性和适应性。实验结果表明,该检测设备在准确率和效率方面显著优于传统的人工检测方式。检测精度达到99.5%,且每小时可处理超过500个摄像头环,有效降低了人为误差和漏检率。此外,文中还分析了设备的应用前景,指出其在消费电子、汽车摄像头等领域的广泛应用潜力。通过该设备的应用,企业能够实现生产过程的全自动化检测,提高产品质量的一致性,降低返工率,从而提升整体竞争力。

[关键词]摄像头环;外观检测;机器视觉;自动化设备;缺陷检测

DOI: 10.33142/ect.v2i11.14323

中图分类号: TH165

文献标识码: A

Development and Application of Automated Inspection Equipment for Camera Ring Appearance

YU Lei¹, NI Mingtang², MING Wuyi³

1. Dongguan Lingjie Metal Precision Manufacturing Technology Co., Ltd., Dongguan, Guangdong, 523000, China
2. Guangdong Intelligent Robots Institute, Dongguan, Guangdong, 523000, China
3. Guangdong HUST Industrial Technology & Research Institute, Dongguan, Guangdong, 523000, China

Abstract: With the widespread application of smartphones and other electronic devices, the camera ring, as one of its key components, has put forward high requirements for its appearance quality. In order to improve production efficiency and reduce labor costs, this paper studies and develops a machine vision based camera ring appearance automation detection device. This device adopts high-precision cameras and image processing algorithms to achieve efficient detection of defects such as surface flaws, scratches, stains, etc. on the camera ring. Through an automated control system, the device is able to quickly switch between camera rings of different sizes and models, ensuring flexibility and adaptability in detection. The experimental results show that the detection device is significantly superior to traditional manual detection methods in terms of accuracy and efficiency. The detection accuracy reaches 99.5%, and it can process over 500 camera loops per hour, effectively reducing human error and missed detection rates. In addition, the article also analyzes the application prospects of the device, pointing out its extensive potential in fields such as consumer electronics and automotive cameras. Through the application of this device, enterprises can achieve fully automated testing of the production process, improve product quality consistency, reduce rework rates, and thus enhance overall competitiveness.

Keywords: camera ring; appearance inspection; machine vision; automated equipment; defect detection

引言

随着智能设备的普及和消费电子市场的蓬勃发展,摄像头技术成为现代电子产品中不可或缺的核心技术之一,如何有效提高摄像头环的生产质量与检测效率成为了制造业亟待解决的难题。传统的摄像头环外观检测通常依赖人工完成,检测人员通过目视检查的方式对摄像头环表面进行缺陷识别,如划痕、凹陷、污点、气泡等^[1]。然而,这种检测方式的检测结果易受人为主观因素影响,导致漏检率高、检测效率低。近年来,随着计算机视觉技术的迅猛发展,机器视觉在工业自动化检测领域的应用日益广泛^[2,3]。

机器视觉系统能够通过高分辨率相机获取产品表面的图像,并结合先进的图像处理算法对图像进行分析^[4],识别出产品表面的各种缺陷,避免了人为主观因素的影响,并且适应高强度的连续工作。因此,基于机器视觉的自动化检测设备成为了现代化摄像头环生产线的重要组成部分。

本文聚焦于利用机器视觉开发摄像头环外观自动检测设备,实现对摄像头环的外观自动化、高效、准确的检测。在研发过程中,着重对设备的结构设计、图像处理算法^[5]和控制系统^[6]进行深入研究。设备的整体设计以模块化为核心,既能满足不同产品型号检测需求,又具备良好

的扩展性和维护便利性。图像处理算法则基于先进的深度学习模型^[7]，能够对摄像头环表面的各种缺陷进行高效的识别和分类。控制系统采用 PLC（可编程逻辑控制器）作为核心^[8]，同时配备人机交互界面，便于操作人员进行参数设置与结果查看。然而，在摄像头环外观检测方面还存在着一系列挑战^[9]。摄像头环表面几何结构复杂易产生视觉盲区，其材料多为金属或塑料易反光干扰成像，生产中灰尘、油污等污染物也加大了图像处理算法难度。为了解决这些问题，本文在机器视觉基础上进行了技术改进。首先，在光学系统设计上采用了多角度光源^[10]布局，确保在不同角度下都能获得均匀照明。其次，在图像处理算法上，采用了多尺度图像融合技术^[11]，以提高对复杂表面结构的检测能力。最后，深度学习算法被用于对摄像头环表面缺陷进行分类和识别^[12]，系统能够自动适应不同缺陷类型，确保检测的准确性和泛化能力。

综上所述，随着摄像头环质量要求提高，人工检测已无法满足生产需求，开发基于机器视觉的自动化检测设备意义重大。本文旨在研发高效自动化检测设备，提升检测效率精度、降低成本，为智能制造提供借鉴。通过优化设计、技术创新等，力求提供自动化、高效、适应性强的方案，推动产业升级。

1 检测设备开发思路研究

1.1 市场需求分析

在当今竞争激烈的智能手机市场中，摄像头环作为手机的关键零件，质量和外观要求不断提升。然而，现有的人工检测方式已难以满足生产需求，主要体现在以下几个关键方面：

一方面，消费者对手机品质苛求，对摄像头质量的关注度增加，任何细微的外观瑕疵都可能影响用户对手机的整体评价。而摄像头环作为手机外观的重要组成部分，其精致程度直接关乎手机品牌的形象。手机制造商越来越重视产品质量，导致制造商需要更高标准的检测设备，以确保产品质量和品牌声誉。

另一方面，人工检测存在着不可忽视的局限性。高强度的工作使得检测人员极易疲劳。长时间专注于微小瑕疵的查找，检测人员的疲劳不断累积，注意力难以持续集中，这就导致了检测质量的明显下降。漏检、误检的情况时有发生，无法保证不良品被完全拦截，一旦不良品流入客户手中，将对企业的声誉造成严重损害。

此外，从生产效率的角度来看，人工检测效率低下。在手机市场需求不断增长、生产规模持续扩大的背景下，人工检测已成为制约生产的瓶颈。为了适应市场的快速发展，满足客户对高品质手机的需求，急需引入先进的自动化检测设备，自动化检测可以提升生产线的自动化水平，降低人工成本，从而提升企业的核心竞争力。

视觉检测技术和机器学习的发展使得自动化检测设备更为精确和高效，推动市场对先进检测设备的需求。综合这些因素，市场对手机摄像头外观自动化检测设备的需

求潜力巨大。

1.2 国内外技术背景

目前，在国内外市场上都有众多的摄像头环外观检测机相继问世，主要分为以下类别：

全自动视觉检测设备。这类设备主要采用高清 CCD 摄像头和图像处理算法，能够对摄像头的外观进行快速、高效、准确地检测，实现自动化生产线的智能化、高效化管理。传统光学测量设备主要采用人工测量和目视检查的方式，虽然检测精度较高，但工作效率低下，难以满足生产线的快速检测需求。

结合深度学习技术的机器视觉设备。这类设备基于深度学习技术和图像处理算法，能够对摄像头的外观进行高速、高精度的检测和判别。

随着深度学习技术的不断进步和发展，基于该技术的机器视觉设备将越来越普及。该技术可以提高检测准确率和速度，降低误判率和漏检率，有效提高了检测效率和稳定性。随着智能制造理念的深入推广和应用，自动化生产线必定成为趋势。

1.3 设计思路

该项目的外观检测设备主要根据三个方面进行开发，分别是根据光学成像原理、根据 AI 智能算法、根据需求自动化设备设计，如图 1、2、3 所示。



图 3 自动化设备设计需求

光学成像原理是采用高精度工业相机+面阵光源+线扫相机准确地识别缺陷特征、面积、颜色、灰度值等信息；AI 智能算法采用深度学习算法+逻辑控制算法处理实时图片与系统内部模型对比，并准确判断检测结果；自动化

设备设计是基于视觉评估方案以及产品结构进行设备开发布局，实现摄像头外观自动化检测和分 PIN。

1.4 技术可行性分析

公司在精密金属制造领域拥有丰富的经验和专业的技术团队。从技术可行性角度来看，公司具备以下优势来开发摄像头环外检测机。

首先，在硬件方面，公司依托现有的精密加工设备和技 术，可制造高精度的检测设备零部件。对于高清 CCD 摄像头等关键组件，可通过与可靠的供应商进行技术合作，确保其质量和性能。其次，在软件方面，公司有专业的软件开发团队，研究和应用图像处理算法及深度学习技术。通过收集大量的摄像头环外观样本进行训练，不断优化算法，可提高检测准确率和速度。同时，公司在自动化生产方面有深厚的基础，能够将检测设备与生产线进行有效整合，实现智能化管理。综上所述，结合公司的技术实力和资源，开发摄像头环外检测机在技术上是可行的。

2 检测设备结构与功能分析

2.1 设计原理

手机摄像头环外观自动化检测设备的设计原理主要包括图像采集、图像处理和缺陷识别。设备通过高分辨率摄像头采集环的图像如图 4 所示，利用 AI 算法输入图片加载模型参数，图片经过对应的缺陷模型运算得出置信度数值，进而判断产品是否为良品和不良品以及对应的缺陷类型。对缺陷进行二次判断，根据光度立体、标准差、长宽比、面积、最亮灰度等缺陷关联因子，综合判断产品为良品或存在新的缺陷，即可实现产品分检功能。这种方法能提高检测效率和准确性，实现高效的自动化检测。

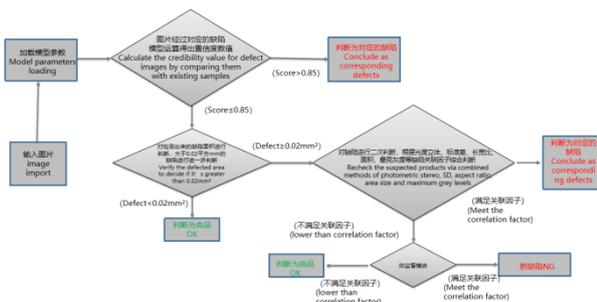


图 4 AI 算法

整体而言，这种设计原理不仅能通过高精度的视觉检测和智能算法，有效减少人为操作带来的误差，提高检测的准确率，并且大大提高了检测速度，能够在短时间内处理大量产品，适应大规模生产的需求。同时自动化检测设备能够保持一致的检测标准，确保每个产品的检测结果都符合预定的质量标准。自动化设备能够积累检测数据，进行趋势分析，为后续生产提供数据支持，优化生产流程。这对手机制造商来说，能够加速生产流程，提升竞争力，同时也可能推动相关设备制造和软件开发行业的发展，形成更完整的产业链。

2.2 整体结构

摄像头环外观自动化检测设备的整体结构设计是基于功能需求与生产环境的综合考虑，旨在实现高效、准确的检测流程。该设备主要由机械结构、传感系统、图像处理单元和控制系统四个主要部分组成，各部分相互协调工作，以确保整体检测效率和质量，其 3D 布局如图 5 所示。

(1) 机械结构。设备的机械结构是整个检测设备的基础，主要负责支撑和定位被检测的摄像头环。如图 6 所示为设备结构细节布局。结构设计采用模块化设计理念，便于组装与维护。机械部分包括一个可调节的工作台和一系列的夹具，用于固定不同尺寸和型号的摄像头环。工作台的高度和夹具的位置均可根据实际需求进行调整，以适应多样化的产品需求。同时，机械结构还考虑到抗震性和稳定性，以降低外界环境对检测精度的影响。

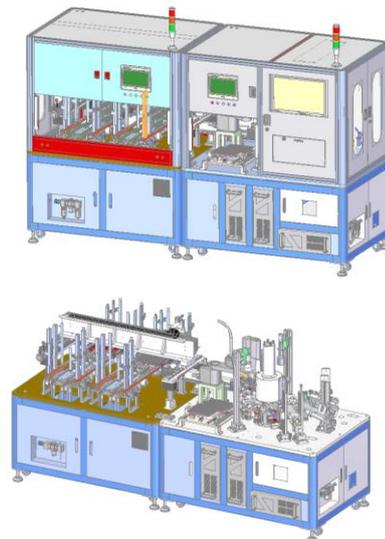


图 5 摄像头环外观检测设备 3D 布局

(2) 传感系统。传感系统是检测设备的核心部分，主要由高分辨率相机、光源和激光传感器组成。相机采用高清晰度图像传感器，能够在不同光照条件下拍摄高质量图像。光源采用可调节的 LED 灯光，能够有效减少反射和阴影，提升图像质量。激光传感器用于检测摄像头环的尺寸和形状，以确保在图像处理阶段提供准确的参考数据。

(3) 图像处理单元。图像处理单元负责对采集到的图像进行分析和处理。该单元采用先进的图像处理算法，包括边缘检测、纹理分析和缺陷识别等功能。通过对图像的实时分析，设备能够识别出摄像头环表面的各种缺陷，如划痕、气泡、污点等。同时，系统还具备学习能力，可以通过不断积累检测数据，优化检测算法，提高识别的准确率和效率。

(4) 控制系统。控制系统是设备的“大脑”，负责协调各个部分的工作。该系统采用 PLC（可编程逻辑控制器）作为核心控制单元，通过触摸屏界面实现人机交互。操作人员可以方便地设置检测参数、选择检测模式，并实时查

看检测结果。同时，控制系统还具备数据记录和分析功能，能够生成详细的检测报告，方便后续的质量追踪和分析。

总体而言，该摄像头环外观自动化检测设备的整体结构设计充分考虑了机械稳定性、检测精度和操作便捷性，旨在实现高效、全面的检测功能。通过各部分的紧密协作，设备不仅能够满足生产过程中的自动化需求，还能为提高产品质量和生产效率提供强有力的技术支持。该研究研制出的摄像头环外观检测设备由上料机、检测机、下料机组成，其中核心部分为检测部分，由高清 CCD 相机、线扫相机等硬件组成，配合深度学习软件完成检测，可以提高检测准确率和速度，降低误判率和漏检率，有效提高检测效率和稳定性。

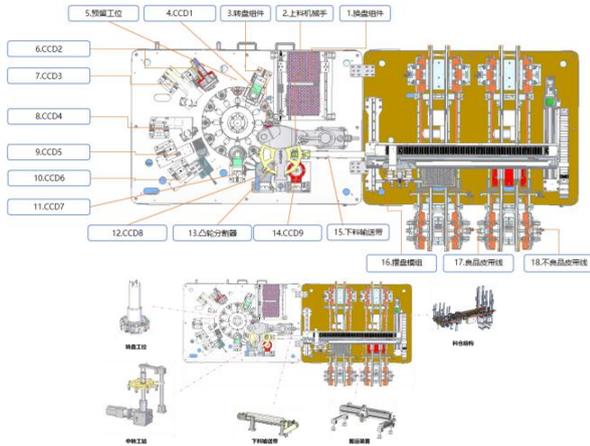


图 6 结构细节布局

3 检测设备应用

项目开发出的摄像头环外观自动化检测设备已投入使用，能够全自动检测摄像头外观缺陷，并能够自动区分不同类型的缺陷，并自动摆到对应 Tray 盘，显著提升生产效率和产品质量。该设备通过高精度的图像识别技术，能够快速检测摄像头环的各种外观缺陷，包括划痕、污点、颜色不均匀等问题。这种自动化检测大幅提高了检测效率，通常能在短时间内完成传统人工检测无法比拟的工作量。应用结果显示，机台设备具有良好的机械稳定性和电控系统稳定性，并且具有良好的容错能力。摄像头外观检测机检测数据准确可靠，很好地为生产线后续加工、装配提供依据。此外，自动化系统的引入减少了人工误差，使得检测结果更加一致可靠，提升了整体产品的市场竞争力。生产线的自动化改造也显著提高了生产效率，减少了人力成本，使得企业能够在激烈的市场竞争中保持优势。

总体而言，手机摄像头环外观自动化检测设备不仅优化了生产流程，还提升了产品质量，最终增强了消费者对品牌的信任和满意度。这种技术的应用为行业设立了新的质量标准，推动了整个手机制造领域的进步。此外，随着技术的不断进步，该设备的应用潜力将进一步扩展，为整个手机制造产业链的自动化升级提供支持。总之，该设备的设计为提升行业标准和推动智能制造进程奠定了基础。

4 展望

未来，摄像头环外观自动化检测设备可进一步集成人工智能和深度学习算法，实现更复杂的缺陷识别与分析，提高检测的智能化水平。此外，随着物联网技术的发展，设备可实现远程监控和数据分析，提升生产过程的透明度和管理效率。在环保和可持续发展的背景下，设备的设计也可能朝着低能耗和材料回收利用方向发展，促进绿色制造。同时，随着全球市场的扩大，设备的多功能性和适应性将使其在其他行业，如汽车和电子产品制造中得到应用。总之，手机摄像头环外观自动化检测设备将成为推动制造业智能化和高效化的重要工具，助力产业升级和创新发展。

基金项目：广东省基础与应用基础研究基金 (2022A1515140066)。

[参考文献]

[1]WANG X. Intelligent multi-camera video surveillance: A review[J]. Pattern Recognition Letters, 2013, 34 (1): 3-19.

[2]GOLNABI H, ASADPOUR A. Design and application of industrial machine vision systems[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007, 23 (6): 630-637.

[3]RANFT B, STILLER C. The Role of Machine Vision for Intelligent Vehicles[J]. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 2016, 1 (1): 8-19.

[4]刘幸福. 基于计算机视觉的课堂学生行为图像分析系统的设计与实现[J]. 软件, 2024, 45 (7): 144-149.

[5]马浩凯. 基于激光雷达与摄像头的智能车辆目标检测算法研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2024.

[6]徐湏基, 王峥, 邹佳民, 等. 基于 OpenMV 摄像头的运动目标控制与自动追踪系统设计及实现[J]. 现代电子技术, 2024, 47 (17): 166-172.

[7]张雷, 李果. 基于深度学习优化的图像高质量动态降噪算法[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2024, 38 (5): 54-58.

[8]崔丹丹, 尹倩, 曹阳明, 等. 基于 PLC 控制的新能源汽车智能共享车位控制系统设计[J]. 内燃机与配件, 2024 (12): 35-37.

[9]李杨. 基于六路摄像头的全景环视方法研究与实现[D]. 吉林: 吉林大学, 2024.

[10]邹阳阳. 基于全景成像的多角度散射光场同步测量技术研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2023.

[11]王璐雪, 王晓霞, 李翔, 等. 并行多尺度特征递归学习的低照度图像增强[J]. 计算机工程与应用, 2018 (3): 1-8.

[12]夏利峰, 刘浩, 吕照亮. 基于深度学习的表面缺陷检测研究与应用[J]. 电脑知识与技术, 2024, 20 (23): 120-123.

作者简介：余雷 (1988—)，男，湖北当阳人，本科，工程师，研究领域为机械设计及自动化研发与制造。