

机器视觉在工业检测应用电子中的创新实践研究

徐 康

杭州临安康溢电子有限公司 浙江杭州 311300

摘 要：随着制造业的快速发展，对产品质量和生产效率的要求日益提高。机器视觉技术作为一种先进的检测手段，在工业检测领域得到了广泛应用。本文深入研究机器视觉在工业检测应用电子中的创新实践，详细阐述其技术原理、系统构成，分析在电子工业检测中的具体应用案例，探讨面临的挑战及未来发展趋势，旨在为推动机器视觉技术在工业检测应用电子中的进一步发展提供理论支持与实践参考。

关键词：机器视觉；工业检测；电子创新

引言

在工业4.0和智能制造的大背景下，工业检测作为确保产品质量、提升生产效率的关键环节，其重要性愈发凸显。传统的人工检测方式受限于人的生理和心理因素，存在检测效率低、准确性不稳定、主观性强等问题，难以满足现代工业大规模、高精度、高效率的生产需求。机器视觉技术凭借其高精度、高速度、非接触、可重复性强等优势，逐渐成为工业检测领域的核心技术之一，为工业检测带来了革命性的变革。尤其在电子行业，电子元器件尺寸越来越小、集成度越来越高，对检测精度和速度提出了极高要求，机器视觉技术的应用显得尤为迫切和重要。通过在工业检测应用电子中的创新实践，机器视觉技术不仅能够有效提高产品质量，降低次品率，还能提升生产过程的自动化和智能化水平，为企业创造巨大的经济效益和社会效益。

一、机器视觉技术概述

（一）技术原理

机器视觉技术是一门综合了计算机科学、图像处理、模式识别、光学、电子学等多学科知识的交叉技术。其基本原理是利用图像传感器将被检测物体的光学图像转换为电信号，再经过模数转换将其转换为数字图像信号，然后通过计算机对数字图像进行处理、分析和理解，从而获取被检测物体的特征信息，如尺寸、形状、颜色、纹理等，并根据预设的标准和算法对这些特征进行判断和决策，实现对物体的识别、测量、检测和定位等功能。在图像处理过程中，通常包括图像预处理、图像分割、特征提取和模式识别等关键步骤。图像预处理主要用于

去除图像中的噪声、增强图像的对比度和清晰度，为后续处理提供高质量的图像数据；图像分割是将图像中的目标物体与背景分离，以便对目标物体进行单独分析；特征提取则是从分割后的目标物体图像中提取出能够表征其特征的参数，如几何特征、灰度特征、纹理特征等；模式识别是将提取的特征与已知的模式库进行匹配和比较，从而确定目标物体的类别或状态^[1]。

（二）系统构成

一个完整的机器视觉系统通常由图像采集部分、图像处理与分析部分和执行控制部分组成。图像采集部分主要包括光源、镜头、图像传感器等设备。光源用于为被检测物体提供合适的照明条件，不同的检测任务需要选择不同类型的光源，如可见光、红外光、紫外光等，以突出物体的特征并减少反射和阴影等干扰。镜头的作用是将被检测物体成像在图像传感器上，根据检测精度和视场范围的要求选择合适焦距和分辨率的镜头^[2]。图像传感器是图像采集的核心部件，它将光信号转换为电信号，常见的图像传感器有电荷耦合器件（CCD）和互补金属氧化物半导体（CMOS）两种类型，CMOS传感器因其具有成本低、功耗小、集成度高、数据传输速度快等优点，在工业机器视觉系统中得到了越来越广泛的应用。图像处理与分析部分主要由计算机硬件和图像处理软件组成。计算机硬件负责运行图像处理算法和程序，对采集到的图像进行处理和分析。图像处理软件则提供了各种图像处理和分析工具，如滤波、边缘检测、形态学处理、特征提取、模式识别等算法库，用户可以根据具体的检测任务选择合适的算法进行编程和开发。执行控制部分根据图像处理与分析部分输出的结果，控制相

应的执行机构完成对被检测物体的操作，如分拣、报警、调整生产参数等。执行机构可以是机械手臂、电机、气缸等设备，通过与机器视觉系统的集成，实现生产过程的自动化控制。

二、机器视觉在工业检测应用电子中的创新实践

（一）电子元器件检测

在电子元器件生产过程中，机器视觉技术被广泛应用于元器件的尺寸测量、外观缺陷检测和引脚形状检测等方面。以电阻、电容等表面贴装元器件为例，机器视觉系统可以快速准确地测量其尺寸是否符合标准规格，检测其表面是否存在划痕、裂纹、缺料等缺陷，以及引脚是否有弯曲、变形、氧化等问题。通过对大量生产数据的分析和统计，机器视觉系统还可以为生产过程提供质量反馈，帮助企业及时调整生产工艺参数，提高产品质量和生产效率。在实际应用中，采用高精度的线阵相机和特殊设计的照明系统，可以实现对微小电子元器件的亚微米级精度检测。利用深度学习算法对采集到的大量图像数据进行训练，构建准确的缺陷识别模型，能够有效提高缺陷检测的准确率和鲁棒性，即使对于一些复杂的缺陷类型和不规则的元器件形状，也能实现可靠的检测^[3]。

（二）印刷电路板（PCB）检测

印刷电路板是电子产品的重要组成部分，其质量直接影响到电子产品的性能和可靠性。机器视觉技术在PCB检测领域发挥着至关重要的作用，涵盖了PCB制造过程中的多个环节。在PCB的外观检测方面，机器视觉系统可以检测PCB表面的线路短路、断路、铜箔腐蚀、焊盘缺陷等问题。通过对PCB图像进行多尺度、多角度的分析，能够准确识别出各种细微的缺陷，避免因缺陷未被发现而导致的产品质量问题。在PCB的组装检测中，机器视觉技术可以用于检测元器件的贴装位置是否准确、引脚焊接是否良好、焊点是否存在虚焊、漏焊等缺陷。结合三维视觉技术，还可以对PCB的焊点高度、体积等参数进行测量，确保焊接质量符合标准要求^[4]。此外，机器视觉系统还可以与自动化生产线集成，实现对PCB的在线实时检测，一旦发现缺陷，立即发出报警信号并进行自动分拣，大大提高了生产过程的自动化程度和质量控制水平。例如，深眸科技自主研发的工业AI视觉系统，在PCB板检测场景中，充分利用“传统机器视觉+深度学习”技术，提取出丰富的特征信息进行识别，并可以在复杂的光照环境中更迅速地完成了对于PCB板的缺

陷检测。该系统能够全面覆盖各种缺陷类型，精准检测不同缺陷类型，识别效果精准度提升至99.9%以上，缺陷检测精度提升20%，设备直通率达到90%以上，大幅度降低控制系统成本。

（三）液晶显示面板（LCD）检测

液晶显示面板的生产工艺复杂，对检测精度和速度要求极高。机器视觉技术在LCD检测中的应用主要包括面板表面缺陷检测、像素缺陷检测和液晶盒厚度测量等方面。对于面板表面的划伤、污渍、气泡等缺陷，机器视觉系统通过高分辨率相机采集图像，并运用先进的图像处理算法进行快速检测和定位。在像素缺陷检测方面，利用图像分析技术对LCD显示的各种颜色和灰度图像进行分析，能够准确识别出坏点、亮点、暗点等像素缺陷，并对缺陷的类型和数量进行统计。在液晶盒厚度测量中，采用光学干涉原理结合机器视觉技术，可以实现对液晶盒厚度的高精度非接触测量，为保证LCD的显示质量提供重要依据。以薄膜晶体管液晶显示器（TFT-LCD）为例，由于其组件集成了大量复杂的电子线路，有缺陷的地方可能小于 0.01mm^2 并且很容易被周围的线路遮挡覆盖，缺陷特征具有很低的对比度，模糊的边缘，甚至连人眼都很难分辨出来。为了减少数据处理量，提高检测速度，视觉检测系统通常取得是单通道的TFT-LCD工业图像。项目团队提出了基于快速区域神经网络（FasterR-CNN）算法对液晶屏电路板的缺陷进行识别和定位，利用实际采集的电路板图像数据构建数据集对算法进行验证，详细分析了网络层深度及卷积核大小对检测效果的影响。实验结果表明，采用 3×3 小尺寸的卷积核和16层网络深度的FasterR-CNN结构取得最好的效果，对多种类别的液晶屏电路板缺陷识别定位达到平均每张0.12s的识别速度和94.6%的准确率。

三、机器视觉在工业检测应用电子中的优势与面临的挑战

（一）优势

机器视觉在工业检测应用电子中具备显著优势，它能够实现亚微米级甚至更高精度的检测，远超人工检测精度极限，有力保障了产品质量与可靠性；以极快的速度完成大量产品检测，充分满足工业高速流水线生产需求，大幅提升生产效率；采用非接触检测方式，避免对电子元器件和产品表面造成损伤，契合高精度表面质量检测要求；其稳定性和可靠性极高，不受人为疲劳、情绪等因素干扰，确保生产过程连续一致；还具备自动记

录存储检测数据的能力，便于企业追溯分析产品质量，为生产优化改进提供数据支撑。

（二）面临的挑战

在工业检测应用电子领域，机器视觉技术的推广与深化应用面临多重挑战。工业生产环境的复杂性，如光照、温湿度及电磁干扰等因素，严重影响检测精度与系统稳定性，提升其环境适应性与鲁棒性迫在眉睫；深度学习依赖的高质量标注数据在电子行业获取极为困难，数据标注不仅耗时耗力，缺陷类型的多样性、数据不平衡问题还导致模型训练效果不佳；高精度检测需求促使算法日益复杂，对计算资源要求攀升，如何在有限硬件成本与实时性要求下平衡算法优化、硬件加速和云计算应用，是提高系统性价比与运行效率的关键；机器视觉系统与工业生产集成涉及多专业领域，集成难度大、成本高，后期设备维护、算法软件更新也增加了企业运营成本。

四、机器视觉在工业检测应用电子中的未来发展趋势

（一）多模态融合技术的应用

为了提高机器视觉系统在复杂工业环境下的检测能力，未来将更多地采用多模态融合技术，即将机器视觉与其他传感器技术，如激光雷达、超声波传感器、红外传感器等相结合。通过融合不同传感器获取的信息，可以更全面、准确地感知被检测物体的特征和状态，提高检测的精度和可靠性。例如，在电子元器件的内部缺陷检测中，结合X射线成像技术和机器视觉技术，可以实现对元器件内部结构的无损检测和分析。

（二）深度学习算法的持续优化

深度学习算法在机器视觉领域取得了显著的成果，但仍然存在一些问题，如模型的可解释性差、对大量标注数据的依赖等。未来，研究人员将致力于深度学习算法的持续优化，开发更加高效、准确、可解释的深度学习模型。例如，通过改进神经网络的结构设计，提高模型的泛化能力和鲁棒性；利用无监督学习和半监督学习技术，减少对标注数据的需求；发展可解释的深度学习方法，使模型的决策过程更加透明，便于用户理解和信任。

（三）边缘计算与云计算的协同发展

随着工业物联网的发展，对机器视觉系统的实时性和数据处理能力提出了更高的要求。边缘计算技术可以

将数据处理和分析任务在靠近数据源的边缘设备上进行处理，减少数据传输延迟，提高系统的响应速度。云计算则提供了强大的计算资源和存储能力，能够支持大规模数据的处理和深度学习模型的训练。未来，边缘计算与云计算将实现协同发展，根据具体的应用场景和需求，合理分配数据处理任务，充分发挥两者的优势。在工业检测应用电子中，对于实时性要求高的在线检测任务，可以利用边缘计算在现场快速处理和分析图像数据，及时反馈检测结果；对于大规模的数据存储、深度学习模型的训练和优化等任务，则可以借助云计算平台完成。

结论

机器视觉技术在工业检测应用电子中的创新实践，为电子行业的发展带来了巨大的推动作用。通过在电子元器件检测、印刷电路板检测、液晶显示面板检测等多个领域的成功应用，机器视觉技术有效提高了产品质量、提升了生产效率、降低了生产成本，实现了工业检测的高精度、高速度和智能化。尽管目前机器视觉技术在工业检测应用电子中仍面临一些挑战，但随着多模态融合技术、深度学习算法优化、边缘计算与云计算协同发展等技术的不断进步，以及智能化、自动化系统深度集成和行业定制化解决方案的推广应用，机器视觉技术将在工业检测领域发挥更加重要的作用，为电子行业的智能制造和高质量发展提供坚实的技术支撑。未来，需要进一步加强跨学科研究和人才培养，促进产学研合作，共同攻克技术难题，推动机器视觉技术在工业检测应用电子中的持续创新和广泛应用。

参考文献

- [1] 高强.AI离线语音控制在工业传送带物品检测系统的功能与应用[J].信息记录材料, 2025, 26(06): 120-123.
- [2] 白恩龙, 张周强, 郭忠超, 等.基于机器视觉的棉花颜色检测方法[J].纺织学报, 2024, 45(03): 36-43.
- [3] 王祥傲, 凌俊杰, 赵海俊.基于机器视觉的表盘在线检测系统设计[J].韶关学院学报, 2024, 45(03): 47-52.
- [4] 曲家绪.基于机器视觉的大进给铣刀损伤在机检测研究[D].哈尔滨理工大学, 2024.