

# 机器视觉与智能机器人技术在无损检测领域的创新应用

辛翊国 徐玲

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 宁夏 银川 750001

**摘要:** 在工业检测领域, 机器视觉与智能机器人技术在无损检测中发挥关键作用。本文阐述机器视觉技术在无损检测中的应用逻辑, 包括核心原理、适配性等; 分析智能机器人技术特性、作业模式及与传统检测差异; 探讨两者协同应用机制, 涵盖技术衔接、实施路径与效率提升路径; 最后从机器视觉、智能机器人、协同应用及无损检测技术整体层面提出优化方向, 为无损检测技术发展提供参考。

**关键词:** 机器视觉; 智能机器人; 无损检测; 协同应用; 优化方向

引言: 无损检测在保障工业产品质量与安全方面意义重大。传统检测方法存在效率低、精度有限等问题, 难以满足现代工业发展需求。机器视觉技术凭借非接触、高精度等优势, 智能机器人具备灵活作业与强大环境适应能力, 二者在无损检测领域的应用日益广泛。深入研究机器视觉与智能机器人技术在无损检测领域的创新应用, 有助于提升检测水平, 推动工业检测技术进步, 对保障工业生产质量与安全具有重要现实意义。

## 1 机器视觉技术在无损检测中的应用逻辑

### 1.1 机器视觉技术的核心原理

机器视觉技术以光学成像为基础, 依托图像采集、预处理、特征提取及分析理解的完整闭环, 实现对目标对象的精准感知与判断。图像采集环节通过工业相机、镜头及光源等设备, 将被测对象的光学信息转化为数字图像, 为后续处理提供基础数据<sup>[1]</sup>。图像预处理通过噪声去除、对比度增强等算法, 优化图像质量, 消除环境干扰带来的图像失真。特征提取通过算法筛选目标对象的关键信息, 再经图像分析理解完成识别与判断, 最终输出检测反馈。这一原理体系融合光学工程与计算机算法技术, 是实现自动化检测的核心支撑, 相关技术体系已在机器视觉领域的学术研究中形成成熟框架。

### 1.2 机器视觉与无损检测的适配性

无损检测的核心需求是在不破坏被测对象的前提下完成缺陷识别与状态评估, 机器视觉技术的技术特性与这一需求形成高度契合。无损检测对检测精度、效率及客观性的要求, 可通过机器视觉的高精度成像与自动化分析得以满足。机器视觉无需与被测对象直接接触, 可有效规避接触式检测可能造成的二次损伤, 契合无损检测的核心准则。同时, 机器视觉能够捕捉细微的表面及近表面缺陷, 适配无损检测对缺陷识别灵敏度的要求, 这种适配性已在无损检测技术综述类研究中得到充分论证。

### 1.3 机器视觉实现无损检测的技术路径

机器视觉实现无损检测需遵循标准化的技术路径, 从前期准备到后期反馈形成完整流程。首先完成检测场景的光学调试, 匹配合适的成像设备与光源参数, 确保采集图像的清晰度与完整性。随后通过图像预处理算法消除光照、噪声等干扰因素, 优化图像特征辨识度。再通过特征提取算法捕捉缺陷相关特征, 结合深度学习等算法完成缺陷识别与分类, 最后将检测信息转化为可解读的反馈结果, 形成完整的检测链路。这一路径贴合工业检测的工程实践逻辑, 是机器视觉应用于无损检测的标准化流程。

### 1.4 机器视觉检测的优势与应用场景适配

机器视觉检测具备非接触、高效率、高精度的显著优势, 可突破传统人工检测的局限, 减少人为误差, 提升检测稳定性。其非接触特性适配易损构件的检测需求, 高效率特性可满足大规模批量检测场景, 高精度特性能够识别细微缺陷, 适配精密构件的检测要求。不同应用场景对检测精度、速度的需求存在差异, 机器视觉可通过调整成像参数、优化算法模型, 适配不同类型的无损检测场景, 实现检测需求与技术特性的精准匹配, 相关优势与适配逻辑已在工业无损检测的技术研究中得到验证。

## 2 智能机器人技术在无损检测中的应用逻辑

### 2.1 智能机器人的技术特性

智能机器人融合多学科技术成果, 具备独特技术特性。机械结构方面, 多采用模块化设计理念, 关节部位运用高精度传动装置, 如谐波减速器、RV减速器, 保障运动灵活性与精准度<sup>[2]</sup>。这种设计使机器人能在复杂空间内自由调整姿态, 适应不同检测场景需求。感知系统集成多种传感器, 除视觉传感器外, 还配备力觉、触觉、位置传感器等。多传感器信息融合技术让机器人全面感

知环境与自身状态,提升对检测对象的识别能力与对作业环境的适应能力。控制算法层面,智能机器人运用先进运动控制算法与人工智能算法。运动控制算法确保机器人运动轨迹平滑、速度稳定,人工智能算法赋予机器人学习与决策能力,可根据检测任务自主规划路径、调整参数,实现智能化作业。

## 2.2 智能机器人适配无损检测的核心要点

智能机器人适配无损检测需关注多个核心要点。检测精度是首要考量,机器人运动精度与传感器精度直接影响检测结果准确性。需通过优化机械结构、提高传感器性能、改进控制算法等方式提升精度。环境适应性也至关重要,无损检测常面临高温、高压、强辐射等恶劣环境,机器人需具备相应防护能力与稳定工作性能。例如,采用耐高温材料、密封设计、抗辐射电路等措施增强环境适应性。人机协作能力同样不可忽视,在部分复杂检测任务中,机器人需与操作人员配合。设计友好人机交互界面、开发便捷操作方式,使操作人员能轻松指挥机器人完成检测任务。

## 2.3 智能机器人在无损检测中的作业模式

智能机器人在无损检测中呈现多样化作业模式。自主作业模式下,机器人依据预设程序与传感器反馈信息,独立完成检测任务。从路径规划、检测动作执行到数据采集与分析,全程无需人工干预,适用于大规模、重复性检测场景。半自主作业模式中,操作人员通过远程控制终端对机器人进行宏观指挥,机器人自主完成细节操作。这种模式结合人工经验与机器人精准执行能力,适用于复杂结构检测。引导式作业模式则借助外部引导设备,如激光引导、视觉引导等,为机器人提供运动方向与位置信息,辅助机器人完成检测任务,提高作业效率与准确性。

## 2.4 机器人检测与传统检测的差异

机器人检测与传统检测存在显著差异。检测效率方面,机器人可连续不间断工作,不受疲劳、情绪等因素影响,检测速度远超人工检测。检测范围上,机器人能进入人类难以到达的区域,如高空、狭窄空间、危险环境等,拓展检测边界。数据记录与分析能力也是机器人检测优势所在,机器人可实时记录检测数据,运用数据分析算法挖掘数据价值,为检测结果评估与设备维护提供科学依据。而传统检测依赖人工操作与经验判断,存在效率低、范围有限、数据记录不完整等问题。

## 3 机器视觉与智能机器人的协同应用机制

### 3.1 两者协同的技术衔接要点

机器视觉与智能机器人协同工作的技术衔接涉及多

层面深度融合。在硬件层面,视觉传感器与机器人执行机构需精准适配。视觉传感器要具备高分辨率、高帧率与宽动态范围特性,以捕捉检测对象的细微特征与快速变化信息,为机器人提供准确环境感知数据。同时,传感器安装位置与角度需精心设计,确保视野覆盖检测关键区域,减少盲区<sup>[1]</sup>。机器人执行机构则要具备高精度运动能力,根据视觉反馈信息迅速调整姿态与动作,实现精准操作。软件层面,数据传输与处理是关键。视觉系统采集的图像数据需通过高速稳定通信接口实时传输至机器人控制系统。为保障数据完整性与实时性,采用高效数据压缩与传输协议,减少数据传输延迟。在数据处理环节,运用先进图像处理算法对原始图像进行预处理,包括去噪、增强、分割等操作,提取有效特征信息。接着,将处理后的数据与机器人运动控制算法结合,生成精确控制指令,指导机器人完成检测任务。

### 3.2 协同应用的实施路径

协同应用实施需循序渐进推进。前期要做好需求分析与系统设计工作。深入调研无损检测具体场景与任务要求,明确机器视觉与智能机器人需实现的功能与性能指标。依据需求设计系统架构,确定视觉传感器类型、数量与安装方式,规划机器人运动轨迹与作业流程。中期着重开展系统集成与调试工作。将视觉系统与机器人系统进行物理连接与软件集成,确保各模块间通信正常、数据交互顺畅。对集成后系统进行全面调试,优化视觉算法参数与机器人控制参数,提升系统整体性能。通过反复测试与调整,使机器视觉与智能机器人协同工作达到最佳状态。后期进行系统验证与优化升级。在实际检测环境中对协同系统进行验证,评估检测准确性、效率与稳定性等指标。根据验证结果对系统进行针对性优化,解决存在问题,提升系统可靠性与适应性。随着技术发展,持续对系统进行升级,引入新算法与新技术,保持系统先进性。

### 3.3 协同应用对无损检测效率的提升路径

协同应用从多个维度提升无损检测效率。在检测速度方面,机器视觉快速捕捉检测对象信息,机器人依据视觉反馈迅速做出反应,减少人工操作时间与决策等待时间,实现检测流程自动化与快速化。检测准确性上,视觉系统提供高精度检测数据,机器人精准执行检测动作,避免人工操作误差,提高检测结果可靠性。灵活性方面,协同系统可根据不同检测任务与对象特点,灵活调整视觉检测参数与机器人作业模式,适应多样化检测需求,减少设备更换与调试时间,提升整体检测效率。

## 4 技术应用中的优化方向

#### 4.1 机器视觉技术的优化升级方向

机器视觉技术在无损检测领域有着广阔提升空间。成像质量提升是重要方向之一,通过研发新型光学元件与成像算法,提高图像分辨率与对比度,增强对微小缺陷的捕捉能力。例如,采用超分辨成像技术,突破传统光学系统衍射极限,获取更清晰图像细节。算法优化方面,深度学习算法展现出巨大潜力<sup>[4]</sup>。持续改进神经网络结构,提升特征提取与分类能力,使视觉系统能更准确识别各类缺陷类型与严重程度。同时,结合迁移学习与小样本学习技术,解决实际应用中标注数据不足问题,加快模型训练速度,提高算法泛化能力。此外,多模态融合也是趋势,将可见光、红外、X射线等不同模态图像信息融合,发挥各模态优势,提供更全面检测信息,提升检测准确性与可靠性。

#### 4.2 智能机器人检测的完善措施

智能机器人检测需在多方面加以完善。机械结构上,进一步优化设计,提高机器人运动灵活性与负载能力。采用新型轻质高强度材料,减轻机器人自重,降低能耗,同时增强结构稳定性,适应复杂检测环境。感知系统方面,丰富传感器种类与功能,除现有视觉、力觉传感器外,增加温度、湿度、气体等传感器,实现对检测环境全方位感知。提升传感器精度与可靠性,减少环境干扰对检测结果影响。运动控制算法优化是关键,开发更智能自适应控制算法,使机器人能根据检测对象特性与任务需求,自动调整运动参数,实现更精准、高效检测动作。

#### 4.3 两者协同应用的优化路径

机器视觉与智能机器人协同应用优化需注重系统整体性能提升。加强两者间通信稳定性与实时性,采用高速低延迟通信协议与专用通信接口,确保视觉数据能及时准确传输至机器人控制系统,为机器人决策提供及时依据。在协同控制策略上,深入研究视觉引导与机器人运动控制融合机制,开发更智能协同算法,使机器人能

根据视觉反馈信息动态调整运动轨迹与姿态,实现更流畅协同作业。同时,建立协同系统性能评估体系,从检测效率、准确性、稳定性等多维度评估协同效果,依据评估结果针对性优化系统参数与算法。

#### 4.4 无损检测技术的迭代方向

无损检测技术整体迭代应朝着智能化、集成化、微型化发展。智能化方面,融合人工智能、大数据、云计算等技术,实现检测过程自动化、智能化。利用大数据分析挖掘检测数据价值,为设备状态评估与维护决策提供科学依据。集成化是将多种无损检测技术集成于一个系统,发挥各技术优势,实现更全面、准确检测。例如,将超声、涡流、磁粉等技术集成,对复杂结构进行综合检测。微型化则针对一些特殊检测场景,研发微型检测设备与传感器,实现对微小结构或狭小空间检测,拓展无损检测应用范围。

#### 结束语

机器视觉与智能机器人技术在无损检测领域的创新应用,为检测行业带来新活力。机器视觉提供精准视觉信息,智能机器人实现灵活高效作业,二者协同大幅提升检测效率与准确性。通过不断优化机器视觉技术、完善智能机器人检测、改进协同应用机制以及推动无损检测技术迭代,检测技术将更趋成熟。这将助力工业生产实现更高质量发展,在保障产品质量与安全方面发挥更重要作用,推动工业检测领域迈向新高度。

#### 参考文献

- [1]徐羊,刘磊.机器视觉智能机器人无损检测系统探讨[J].电脑知识与技术,2022,18(8):76-77,80.
- [2]孙昕,周德旭,甘子东.机器视觉智能机器人无损检测系统初探[J].科技风,2021(13):18-19.
- [3]谭学芹,杨微,彭小娟.智能机器人视觉图像处理及数据融合关键技术研究[J].E动时尚,2025(17):13-15.
- [4]唐彦嵩,徐锐豪,王凤加.机器视觉在食品无损检测中的应用研究进展[J].中国食品学报,2024,24(12):13-27.