

手机盖板表面缺陷检测系统开发

施 迅, 薛亚平, 蒋丰仪, 刘昌硕, 刘 娟

(江苏理工学院 机械工程学院, 江苏 常州 213001)

摘 要: 随着智能手机市场需求的持续增长, 手机盖板作为智能手机的重要组成部分, 其需求量与日俱增。手机盖板制造过程涉及落料、倒边、抛光、镀膜和丝印等工艺环节, 制造过程中易导致产品表面出现划痕、凹痕、污垢等缺陷。鉴于此, 从行业的痛点和需求出发, 基于手机玻璃盖板制造流程和缺陷检测标准, 设计了一款缺陷检测与分拣系统。首先, 针对手机盖板表面缺陷的特点及检测要求, 采用高斯滤波、开运算等预处理方法, 提高手机盖板图像质量; 其次, 比较 Sobel、Canny、Roberts、Log 算子的运行时间及准确率, 确定采用 Canny 算子作为本系统的边缘检测方法; 最后, 利用最小外接矩形提取手机盖板缺陷区域。采用 MATLAB 作为系统软件开发平台, 通过编程实现上位机与工业视觉相机间的通信, 以光耦继电器为中间介质连接相机与 PLC 完成信号传递。实验结果表明, 该检测分拣系统可以快速检测并筛选出手机盖板表面缺陷, 检测准确率在 95.33% 以上, 对推动手机盖板检测行业的智能化与信息化变革具有重要意义。

关键词: 机器视觉; 手机盖板; 图像处理; 最大类间方差法; Canny 算法; PLC

中图分类号: TP278

文献标识码: A

文章编号: 2095-1302 (2025) 17-0077-03

0 引 言

手机盖板通常采用塑料、玻璃和陶瓷等多种材料制造。随着 5G 技术的普及, 手机制造商纷纷推出支持 5G 网络的新型手机。塑料因其不会对 5G 信号产生干扰, 被视为手机信号传输的理想材料。尽管塑料盖板成本可控, 但在外观和手感方面却落后于其他材料。陶瓷盖板虽然性能优异, 但由于生产成本较高, 不太适合大规模生产。相比之下, 玻璃盖板凭借其耐磨、可塑、坚固且轻巧的特性, 在手机行业朝着轻薄化发展的趋势下, 成为 5G 时代手机盖板的首选^[1]。

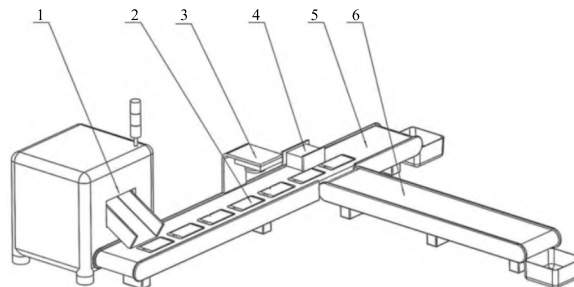
手机玻璃盖板在保护手机内部零部件和提升用户体验中发挥着关键作用。消费者对其外观、印刷均匀性和平整度有着严格的要求, 这迫使玻璃制造商必须严格控制产品质量, 以增强市场竞争力。手机玻璃盖板生产过程已经实现自动化, 但质检环节仍依赖人工目视检查, 存在效率低、精度低、成本高等问题。为解决这些难题, 本文开发了一款基于机器视觉的手机盖板缺陷检测系统, 旨在快速、准确地检测手机盖板表面的各种缺陷^[2]。通过机器视觉技术和 PLC 联动, 这种创新的检测方法有望有效克服传统人工检测存在的问题。

综上所述, 本文设计的手机盖板表面缺陷检测方案, 具有准确性高、速度快、成本低以及适用于多种缺陷类型等优点,

对提高产品质量、生产效率, 降低人力成本和推动自动化生产的发展具有重要意义。因此, 该系统的研发和推广将成为该行业发展的必然趋势。

1 机械结构设计

本文系统整体机械结构如图 1 所示。首先, 将手机的盖板放置在输送带上; 随后, 工业相机开始对盖板进行拍摄, 捕捉图像信息; 拍摄完成后, 图像数据会被传输到上位机进行处理; 上位机对图像进行详细的分析和处理, 以确保数据的准确性; 最后, 经过处理的图像数据会被用来指导气缸进行双通道分拣操作, 从而实现对手机盖板的精确分类和处理。



1—生产箱; 2—手机盖板; 3—工业相机; 4—筛选气缸; 5—合格通道; 6—不合格通道。

图 1 整体机械结构

1.1 上料机构

手机盖板输送系统可选取链传动或同步带传动两种方案。在对比链传动和同步带传动后, 最终选择同步带传动系统。同步带传送系统具有较为紧凑的结构, 带轮直径小, 在

收稿日期: 2024-08-27

修回日期: 2024-09-30

基金项目: 2024 年大学生创新创业训练计划 (国家级创新训练项目, 202411463004Z)

相同传动比下占用空间更小,且传动效率达 90% 以上,节省能源,降低成本。此外,其无相对滑动、传动比恒定的特点,能实现高效、稳定的动力传输。在精度和维护方面,同步带传动精度高,维护简单,通常只需更换同步带。同步带传动系统可承受较大负载,适用于重型物品输送且可保持平稳高速运转,广泛应用于传递旋转力和往复直线运动。

1.2 分拣机构

本设计的分拣机构选择经济型的方案——通过伸缩气缸对传送带上的玻璃盖板进行分拣。考虑到手机玻璃盖板的宽度大约为 8 cm,所以伸缩气缸的行程选择在 10~15 cm 范围内较为合适。本设计采用德力西气动三轴三杆带导杆气缸,具体型号为 MGPM16X10。

2 控制设计

系统具备自动和手动两种模式。在手动模式下,用户可以手动控制输送部分电机的方向、拍摄部分相机的开关以及筛选部分气缸的运动。系统进入自动运行模式后,首先进行开机初始化和自检,用户可以选择手动或自动操作方式。如果选择手动模式,在上位机设定运动方式后,系统将按照设定的方向进行运动。在运动过程中,各限位传感器会监测是否达到极限位置,一旦到达极限位置,系统会反馈极限报错信息。用户可以选择结束手动操作,返回操作方式选择页面。在自动模式下,用户按下上位机的启动按钮后,整个检测筛选系统将启动。手机玻璃盖板经过生产加工后,会掉落在传送带上并被传送到相机处。一旦光电传感器检测到传送带上有物体,传送带电机将开始转动。当手机玻璃盖板被相机拍摄后,图像将被传输到上位机中进行处理。若发现缺陷,会在图像中用红色矩形框标出,并通过光耦继电器将信号传送给 PLC^[3]。当带有缺陷的手机盖板被传送至筛选气缸处时,光电传感器会接收到信号,使手机盖板停止传输。此时,气缸会将不合格的手机盖板剔除,并返回至缺陷处理工序。若手机盖板没有缺陷,光耦传感器输出低电平,通知 PLC 停止气缸动作。除此之外,通过计算光电传感器在相机和气缸处的工作次数,可以统计本次检测的手机玻璃盖板总数量和缺陷数量,并在上位机上展示。

3 图像处理

本设计的图像处理流程分为滤波处理、形态学处理、边缘提取、阈值分割和缺陷识别^[4]。

3.1 滤波处理

本设计使用 CMOS 工业相机进行图像采集。然而,受相机制造工艺限制和电子元件运行影响,采集图像易受噪声干扰。为取得最佳效果,需要区分噪声的特性,并选择合适的滤波算法来消除噪声。本文系统地梳理了影响图像的各种常

见噪声,根据它们的数学分布规律,将这些噪声归类为不同类型:高斯噪声、均匀噪声、脉冲噪声、泊松噪声。

经过深入研究并借鉴前人经验发现,利用 CMOS 工业摄像头捕获的图像通常存在多种噪声。需要采用不同算法去除。在本设计中,专注于对手机盖板图像进行滤波处理,这些图像具有不同的缺陷。通过一系列实验进行比较,确定最适合的滤波算法。与此同时,为更好地获取滤波图像,在测试不同的滤波算法时同步添加对应类型的噪声。

经多组实验对比,最终采用高斯滤波方式进行处理:首先选择一个局部相邻区域作为处理模板,根据高斯正态分布曲线计算每个像素点的亮度,以确定权重系数;接着,对这个区域内的所有像素点进行加权平均运算^[5],用得出的结果替换原本的像素值。这一步骤的目的是为了减小噪点以及周围像素点间的亮度差异,从而实现噪声的消除^[6]。

经过高斯滤波处理后,图像能够保留全部信息并有效去除噪声^[7],符合噪声滤波的基本原则以及本方案对缺陷检测的特定需求。处理效果如图 2 所示。



图 2 高斯滤波处理后的图像

3.2 形态学处理

数学形态学基于集合论,通过使用像素集合来表示物体对象,并利用结构元素(SE)对整幅图像进行有规律的扫描。形态学运算可以消除噪音、简化物体外形、强化物理结构、区分目标物和背景,以及进行定量描述待检测物体等,在图像处理中具有重要作用。结构元素由形状和尺寸确定的像素集合组成,旨在从图像中提取有意义的部分,以更准确地展示和描述区域的形状。

3.3 边缘提取

本设计采用 Canny 边缘检测算法,在 MATLAB 平台上

通过内置的 `edge` 函数检测灰度图像的边缘。Canny 边缘检测算法不仅能取得出色的边缘检测效果，还能有效地抑制噪声。该函数能够计算图像的梯度，并生成一个二值图像，其中白色像素代表边缘（值为 1），而其他像素则为黑色（值为 0）。Canny 边缘检测算法能够清晰、连续地检测出边缘线条，并最大限度地保留物体的轮廓信息，符合边缘检测的原则，能为后续缺陷检测提供较好的待处理图像。图 3 所示为 Canny 算子边缘检测结果。

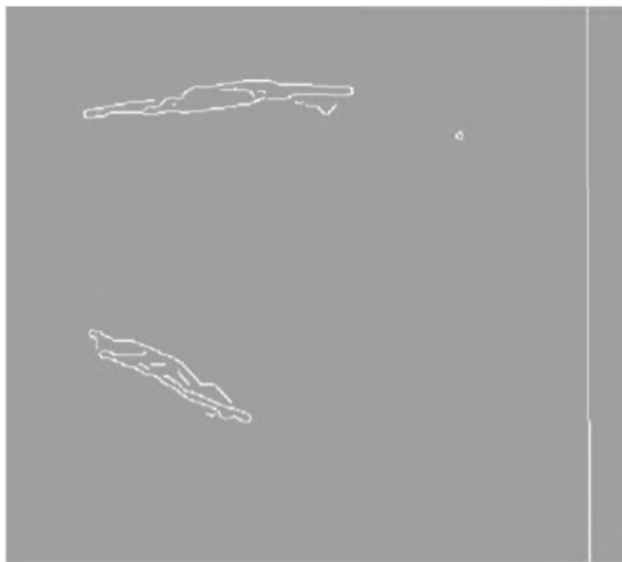


图 3 Canny 算子边缘检测结果

3.4 阈值分割

本设计采用最大类间方差法进行阈值分割，该方法核心理念是：计算不同阈值下各类之间的方差，选择最佳阈值将图像分割为前景和背景两部分，使前景和背景类间方差达到最大化，实现图像的自动分割。在最大类间方差法中，图像的像素点根据灰度值被划分为两大类别，每个类别的像素点具有不同的灰度均值和数量比例。类间方差即为两个类别均值差的平方，再乘以两个类别的比例因子。通过计算不同阈值下的类间方差，可以选择一个能够最大化类间方差的阈值作为图像分割的最佳阈值。

采用最大类间方差法，能够清晰展示图像信息，使目标和背景之间的界限更为明显。此方法不仅能有效区分目标和背景信息，而且在细节处理上表现出色，没有出现信息丢失的情况^[8]，实验结果如图 4 所示。

3.5 缺陷识别

在对经过阈值分割处理后得到的二值化图像进行轮廓检

测时，可以识别出缺陷边缘^[9]。接着，通过检测到的轮廓绘制出最小外接矩形，根据矩形的长度、宽度和面积即可评估表面是否存在缺陷^[10]。



图 4 最大类间方差法检测结果

4 结 语

本设计运用图像预处理和形态学分析等方法，精确定位手机盖板的缺陷位置，并成功开发出一款手机玻璃盖板缺陷检测与分拣系统。该系统对手机盖板制造行业具有重要意义，不仅为未来的缺陷类型鉴定和识别工作奠定基础，还为未来逐步探索更高级的机器视觉技术以及在更多工业领域推广应用提供了可能。

注：本文通讯作者为薛亚平。

参 考 文 献

- [1] 周士巧. 基于机器视觉的手机玻璃盖板缺陷在线检测系统研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2023.
- [2] 杨玉娥. 基于机器视觉的手机盖板表面缺陷检测方法研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2021.
- [3] 王文灿. 基于视觉检测技术下机械零件尺寸精度控制系统研究[J]. 农机使用与维修, 2024 (2): 62-65.
- [4] 李霖, 任齐. 基于机器视觉的芯片破损检测技术研究[J]. 电子制作, 2024, 32 (11): 65-68.
- [5] 萧显. 基于机器视觉的手机屏幕玻璃缺陷检测方法研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2019.
- [6] 张秀泽. 基于线结构光的弯管视觉测量技术研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2020.
- [7] 孔敏. 基于机器视觉的车用制动盘质量检测技术研究[D]. 杭州: 浙江科技大学, 2024.
- [8] 崔焱, 彭可, 杨玉娥, 等. 基于机器视觉的手机盖板表面缺陷检测系统设计[J]. 制造业自动化, 2023, 45 (7): 75-79.
- [9] 刘福才, 张震宇, 徐继龙, 等. 汽车轮毂表面缺陷检测技术分析 with 装置设计[J]. 计量学报, 2024, 45 (6): 806-818.
- [10] 张袁祥. 基于机器视觉的列车滚子轴承表面缺陷检测[D]. 包头: 内蒙古科技大学, 2020.

作者简介：施 迅（2004—），男，江苏太仓人，研究方向为机械电子工程。

薛亚平（1986—），男，江苏常州人，硕士，高级实验师，研究方向为机械设计、轻量化设计与分析、工业设计。