

成型加工  
与设备

# 精密注塑手机外壳表面缺陷视觉检测系统设计\*

文生平, 洪华锋\*\*, 舒凯翔

(华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心 聚合物成型加工工程教育部重点实验室, 广东 广州 510640)

**摘要:** 为实现工业生产中对手机外壳表面缺陷的自动检测, 针对手机外壳缺陷类型, 设计双工位光源系统, 采用改进的二值图像熵阈值分割方法对采集到的图像进行缺陷分割, 最后利用 LabVIEW 与 MATLAB 以及内嵌 C 混合编程的方法完成系统软件设计, 成功搭建了手机外壳表面缺陷视觉检测系统。结果表明, 该检测系统具有高速、高精度、稳定性好的特点, 适用于工业大批量检测。

**关键词:** 表面缺陷; 视觉检测; 阈值分割; 混合编程

**doi:** 10.3969/j.issn.1005-5770.2017.09.012

**中图分类号:** TP752.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-5770 (2017) 09-0053-04

## Design of Vision Inspection System for Surface Defect Detection of Precision Injection Cellphone Cases

WEN Sheng-ping, HONG Hua-feng, SHU Kai-xiang

(National Engineering Research Center of Novel Equipment for Poly Processing, Key Laboratory of Poly Processing, Ministry of Education, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** In order to achieve the goal of detecting the surface defection on cell phone cases automatically in industrial production, a defection detection system was constructed based on machine vision. A two-station lighting system was designed to differentiate defection from background. Then the defection was separated from the image via the improved threshold method based on the entropy of binary image. Finally, by hybrid programming with LabVIEW, MATLAB and embedded C language, the automatic surface defection detection system for cell phone cases was constructed. The experimental results demonstrate that the detection system is suitable for industrial massive detection with high speed, high precision and stable performances.

**Keywords:** Surface Defect; Vision Inspection; Threshold Method; Hybrid Programming

手机作为当代社会应用最广的通讯工具之一, 已成为人们日常生活中必不可少的重要组成部分。随着手机产业的迅速发展, 消费者在选购过程中对产品质量与性能各方面提出了更高的要求。手机外壳是手机重要组成部分, 属于精密构件, 其平整度及光洁度直接影响手机的外观。在生产制造过程中, 由于各种因素的影响, 手机外壳表面不可避免地出现缺陷, 因此在工业生产中必须要从大批量产品中剔除掉次品。目前国内企业主要采用的是人工检测方法, 这种方法不仅浪费大量人力资源成本, 工作效率低, 并且长时间工作导致的视觉疲劳会对检测的可靠性带来影响<sup>[1]</sup>。采用机器视觉技术进行手机外壳表面缺陷检测, 可以在不对产品造成损伤的基础上, 实现高精度检测。

本文采用机器视觉检测方法, 在前人研究基础上, 针对几种常见手机表面缺陷, 构建了双工位光源, 采用改进的基于二值图像熵阈值分割方法进行图像处理, 并完成了手机外壳表面缺陷检测系统软件设计。实现了手机外壳表面缺陷的检测, 实验结果证明该手机外壳表面缺陷检测系统适用于工业大批量检测。

### 1 系统设计

#### 1.1 手机外壳表面缺陷分类

本文检测的是塑料材质的手机外壳, 具有类镜面体特性, 由多种材料通过不同加工工艺完成: 首先由精密注塑成型, 再经烤漆、电镀、镭雕等多道工序<sup>[2]</sup>。其表面光滑, 是一种高反光型的手机外壳,

\* 广州市科技计划项目 (201604010079) \*\* 通信作者 564109876@qq.com

作者简介: 文生平, 男, 1966 年生, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事工业装备的智能控制与机器视觉方向的研究。

主要缺陷如图 1 所示。

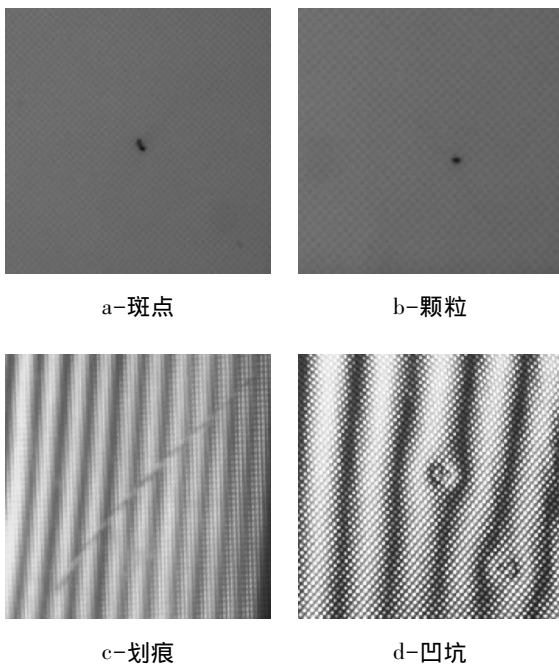


图 1 手机外壳表面缺陷类型图像

Fig 1 Images of defection on cell phone

**斑点：**原材料受外界物质侵入产生，一般与背景颜色不同，表面变形微小，有明显边界；

**颗粒：**生产过程中杂质或灰尘混入原材料中产生，多为凸起状，分为同色与异色两种，有明显边界；

**划痕：**成品在外力刮擦下产生，细条状，一般为同色凹陷状；

**凹坑：**加工过程受外界空气影响产生，与背景颜色无明显色差，无明显边界。

本文主要针对这四种缺陷进行视觉检测系统构建，设计适合于工业大批量实时自动检测系统。

## 1.2 系统工作原理



图 2 检测系统设备

Fig 2 Inspection system device

检测系统设备如图 2 所示，其工作原理为：手机

外壳通过传送带输送到光源下，工业 CCD 相机获取手机外壳表面清晰图像，将采集图像通过图像采集卡输入到计算机，计算机通过图像处理算法和智能识别算法，自动识别良品与次品，并控制分拣机构自动剔除次品。图像处理算法主要包括图像预处理，图像分割，特征提取等。

## 1.3 光源设计

光源是手机外壳表面缺陷视觉检测系统重要组成部分，优良的光源设计可以将图片中的缺陷与背景作有效的区分。手机外壳表面缺陷从颜色上可以归纳为两种：同色缺陷与异色缺陷。异色缺陷如斑点、颗粒在普通光源照射下，能在相机中清晰显示，但是同色缺陷如划痕、凹坑，在普通光源下多为类镜面反射，只在特定角度能被观测到，缺陷难以与背景分离。

本文采用双工位光源设计：第一工位采用同轴光源进行照射，可以很好的抑制产品表面类镜面反光，获得光照均匀的图像，识别出异色缺陷；第二工位采用结构光源，获得的图像用于同色缺陷的检测<sup>[3]</sup>。

## 2 手机外壳表面缺陷检测算法

### 2.1 检测算法流程

手机外壳表面缺陷检测算法流程如图 3 所示。

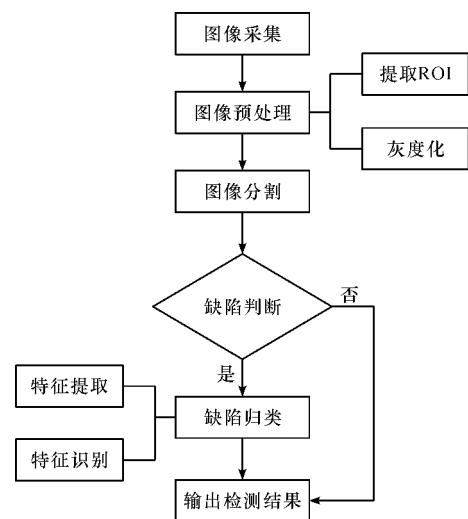


图 3 检测算法流程图

Fig 3 The process of inspection algorithm

### 2.2 改进的基于二值图像熵阈值图像分割

在经过包括去除手机外壳 LOGO，提取 ROI（感兴趣区域），图像灰度化等图像预处理之后，对于缺陷图片，需要将缺陷与背景进行分割以判断其缺陷类型。阈值分割是一种常用的分割方法，操作简单，计算方便。目前最常用的自动阈值方法有 Ostu 阈值方

法, 最大熵阈值方法, 迭代式阈值等<sup>[4]</sup>。但通过实验发现, 针对手机外壳的表面缺陷图, 这三种方法都有其存在的缺陷, 不适用本文采集到的部分图片。

西班牙 Martínez 等<sup>[5]</sup>提出一种基于二值图像熵阈值图像分割方法。其原理是首先设定初始阈值  $t_0$ , 将图像进行二值化, 然后根据二值图像熵进一步叠加求出最优阈值。二值图像熵是其定义的一种描述体系状态的函数。实验发现按照原算法计算出的初始阈值太小, 会出现熵值为负情况, 背景与缺陷也无法进行分割, 导致整个算法无法正常运行。本文对基于二值图像熵阈值分割方法进行了改进, 改进后的初始阈值  $t_0$  计算公式如下:

$$t_0 = \arg \max [i_p \times f(i_p)] \quad (1)$$

式中,  $i_p$  和  $f(i_p)$  分别表示波峰的灰度级及其所出现的概率。

二值图像熵  $H$  计算公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^M f_i \lg f_i \quad (2)$$

式中,  $i$ —二值图像的行;  $M$ —图像总行数;  $f_i$ —第  $i$  行中灰度值“1”与灰度值“0”的个数比。

改进的基于二值图像熵阈值图像分割算法流程如下图 4 所示。

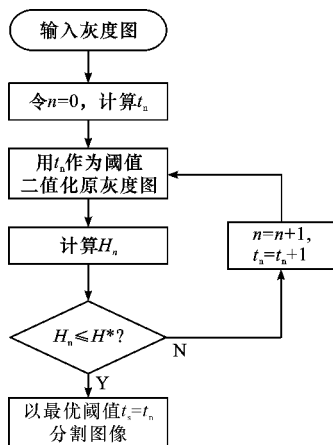


图 4 图像分割算法流程图

Fig 4 The process of image segmentation algorithm

其中  $H^*$  是二值图像熵衰减终止条件, 该值通过实验训练方法确定。本文实验中选取多幅有缺陷图像, 分别求出其初始阈值对应的熵值  $H_0$  和最佳阈值对应的熵值  $H^*$ 。实验发现, 对于带有划痕的缺陷, 其二值图像熵值衰减至初始熵值的 99%, 可分割得到清晰的缺陷图像。对于含有凹坑、斑点、及颗粒的图像, 其二值图像熵衰减到初始熵值的 85%, 即可得到清晰图像。因此算法中设定:

$$H^* = 0.01H_0 \quad (3)$$

改进的基于二值图像熵阈值图像分割算法处理结果如图 5 所示。由分割结果图可知, 改进的图像分割算法可清晰地将缺陷与背景区分。

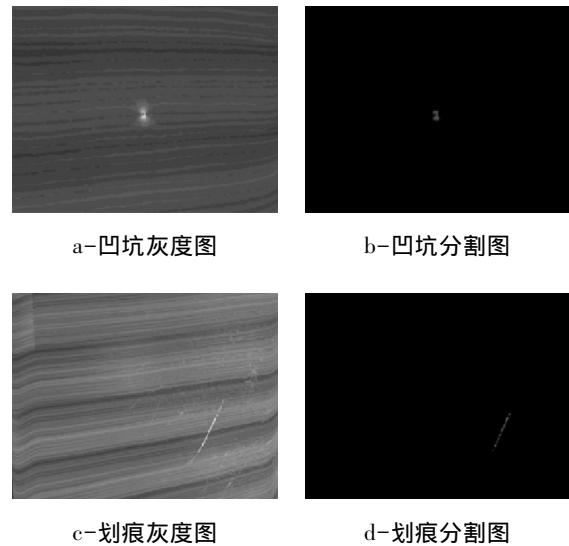


图 5 图像分割处理结果

Fig 5 Results from image segmentation

### 2.3 缺陷归类

图像分割后所得二值图像值判定结果为有缺陷的图像将进行缺陷归类操作, 缺陷通过特征提取二值图的特征数据作判定来完成归类。特征数据分有几何特征和文理特征等, 其中几何特征在缺陷区域描述应用最多且是最有效的<sup>[1]</sup>。本文采用提取区域的面积及细长度作为缺陷归类的依据。

### 3 实验结果

手机外壳表面缺陷视觉检测软件系统采用 LabVIEW 为开发平台, 结合 NI VISION、MATLAB、内嵌 C 等混合编程。软件界面如图 6 所示。

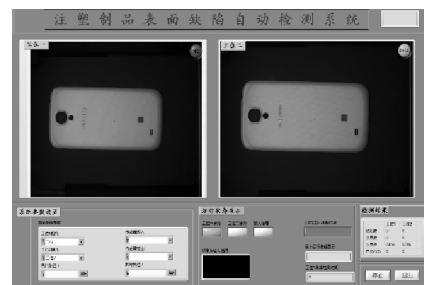


图 6 软件界面图

Fig 6 Software interface

实验取 50 个手机外壳样品 (每种缺陷样品及合格样品各含 10 个) 放置传动带上, 手机外壳样品被自动运送到检测设备进行检测, 反复测试 10 次。本文针对的四种缺陷均可被检测系统自动识别, 系统自

动检测识别结果实例如图 7 所示。测量结果显示：检测分辨率为  $0.5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ ，斑点和颗粒检测准确率达到 98.3%，划痕和凹坑检测准确率达到 87.6%。

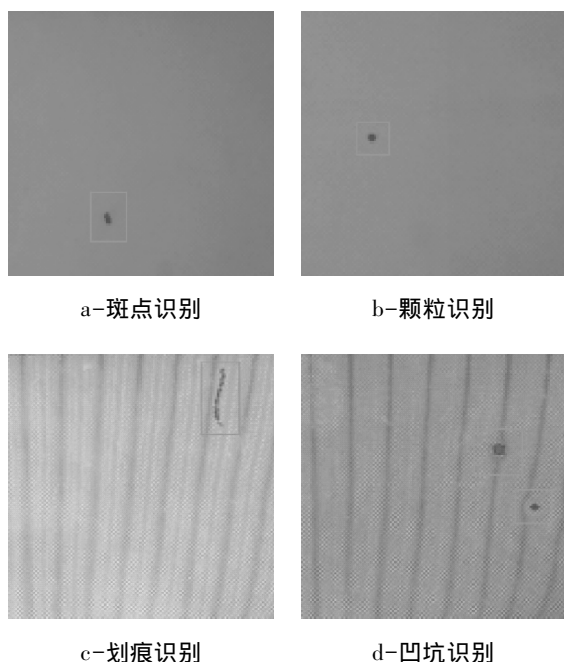


图 7 系统识别结果

Fig 7 Results from system inspection

## 4 结论

基于机器视觉检测技术完成了手机外壳表面缺陷自动检测系统研究与设计，采用双工位光源系统，将手机外壳表面常见的缺陷类型清晰地显示；在图像处

理算法中，采用改进的基于二值图像熵阈值分割方法，有效地将缺陷与背景进行分割；并且对检测系统软件结构进行设计，结合自动检测流水线装置及控制与驱动系统，成功研制了具有高速、高稳定性能的手机外壳表面缺陷检测系统。实验结果表明，该检测系统具有高速、高精度，稳定性好的特点，可以满足实际生产的要求。同时该设备也存在一定不足，在划痕和凹坑的检测中，白色手机外壳由于强反光性，容易出现漏判及误判现象，因此针对不同颜色背景的手机外壳表面缺陷检测需要进一步研究。

## 参 考 文 献

- [1] 邱泳聪, 张坤, 谢宏威. 数码产品外壳表面的适应性智能检测技术 [J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2015 (1): 1-8.
- [2] 董坤. 基于 CAD/CAE 的手机外壳注塑模设计及成形工艺优化 [D]. 芜湖: 安徽工程大学, 2016.
- [3] 李雪烽. 基于机器视觉的喷涂塑件光学成像与图像处理研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [4] 王跃勇, 于海业, 刘媛媛. 基于形态学图像检测的机械手移栽穴苗识别技术 [J]. 光学精密工程, 2016, 24 (3): 651-658.
- [5] MARTÍNEZ S S, ORTEGA J G, GARCÍA J G, et al. A machine vision system for defect characterization on transparent parts with non-plane surfaces [J]. Machine Vision Appl, 2012, 23 (1): 1-13.

(本文于 2017-05-16 收到)

## 医用级 TPV 可取代成型 O 形圈和垫片中的橡胶

新型医用级热塑性硫化胶 (TPV) 弹性体适用于注塑成型的 O 形圈、垫片和隔膜，具有出色的长期密封性能，加工成本比热固性橡胶更低，并能提供优于标准 TPV 和苯乙烯 TPE 的制造优势。

Teknor Apex Company 推出的 Medalist® MD-23100 化合物的弹性与橡胶类似，具有优异的长期压缩变形和耐化学性。与某些标准 TPV 不同，新型 Medalist 系列中的化合物不易受潮、无需预先干燥，且其天然色调较淡，使其易于着色。与苯乙烯 TPE 相比，Medalist MD-23100 系列化合物还具有更出色的高温稳定性。

Medalist MD-23100 系列 TPV 的肖氏 A 级硬度范围介于柔软的 15 到半硬的 73 之间。由于熔体质量流动速率最高可达  $24\text{ g}/10\text{ min}$ ，因此新型 TPV 非常适用于复杂、多腔工具中的小型高精度零部件的成型。这些化合物适合在聚丙烯上进行包覆成型。

Teknor Apex 建议将此类新型化合物用于制造药物输送、流体传输、透析、内窥镜检查等流程所使用设备以及如喂送设备和泵这样的设备中的密封组件。

管控产品高级市场经理 Ross van Royen 说：“Medalist MD-23100 系列 TPV 的动态密封特性不仅能使设备制造商获得出色的设备长期性能，还能避免热固性橡胶加工带来的更高成本和复杂性。同时，与多种 TPV 和苯乙烯 TPE 候选材料相比，这些新型化合物还能为密封应用领域带来加工优势。”

Teknor Apex 由其在美国和新加坡的 ISO-13485 认证工厂生产 Medalist MD-23100 系列化合物。这些新型材料符合美国食品药品监督管理局 (FDA) 对食品级成分、ISO 10993-5 生物相容性标准和 REACH SVHC 指令的要求。它们不含邻苯二甲酸二辛酯 (DEHP) 和其他邻苯二甲酸酯、双酚 A (BPA) 和乳胶。标准等级不含 ADM。