

## 基于机器视觉 PCB 裸板缺陷自动检测研究

吴春平, 杜哲, 梁展维, 张成成

深圳市迪尔泰科技有限公司 广东深圳

**【摘要】**随着科技的不断进步, PCB 生产厂商越来越多, 产品更新换代也非常快, 但在某些情况下会产生断料、塑形等缺陷。PCB 裸板的加工是基于人工检测和机器视觉技术来进行缺陷识别的一种方法, 但是人工眼中存在许多不确定因素, 而且易受到光源影响, 导致无法获取完整图像。针对 PCB 裸板的特点和检验方法, 本文以机器视觉技术为基础, 提取 PCB 裸板的缺陷图片, 对采集到的样本图像进行处理, 基于机器视觉 PCB 裸板缺陷自动检测进行研究。

**【关键词】**视觉; PCB 裸板; 缺陷; 图像

### Study on Automatic Detection of PCB Defects Based on Machine Vision

Chunping Wu, Zhe Du, Zhanwei Liang, Chengcheng Zhang

Shenzhen Diltai Technology Co., LTD., Shenzhen, Guangdong

**【Abstract】**With the continuous progress of science and technology, more and more PCB manufacturers, product upgrading is also very fast, but in some cases will produce broken material cut, shaping and other defects. The processing of PCB bare plate is a method of defect identification based on manual detection and machine vision technology, but there are many uncertainties in the artificial eye, and they are susceptible to the light source, leading to the inability to obtain a complete image. According to the characteristics and inspection methods of PCB bare plate, this paper extracts the defect pictures of PCB bare plate, processes the collected sample images, and studies them based on the automatic detection of machine vision PCB bare plate defects.

**【Keywords】**visual; PCB bare board; defects; image

PCB 裸板是一种特殊的薄件, 主要用于检测工具、显微镜以及超声设备, 但由于这些产品本身具有很高等级和要求。在检验过程中工人为了保证实验数据的准确性会产生各种干扰因素。因此, 本文提出基于机器视觉技术进行缺陷自动识别算法研究这一课题来解决上述问题: 通过计算机来完成对采集到图像信息进行预处理以提高 PCB 裸板生产企业现场管理水平; 同时该方法也能帮助工厂管理人员快速、有效地了解产品质量状况提高生产效率。

#### 1 图像预处理

##### 1.1 灰度变换

计算机在使用机器视觉系统检测和识别产品表面的缺陷时, 通常会对得到的图像进行灰度变换处理, 使原本不含噪声背景下测得特征值比之前略微改变。但由于实际生产中存在一些客观因素影响等

导致无法直接获得所需要参数, 所以我们一般采用灰度变化率来表示不同区域内像素点之间差异大小, 这是由量化理论发展并受到数学建模方法启示、计算学与计算机的关系问题上提出了灰度变换算法。

在实际生产过程中, 物体表面的污秽程度和其组成以及结构是有密切联系的。因此, 我们需要对这些图像进行预处理来得到特征值以表示所检测出的图像; 利用计算机视觉技术获取相应灰度变化率后可获得待测样本点之间的差异、不同区域内像素位置上灰度变换系数等信息。灰度变换算法主要分为两大类: 基于数学形态学处理的方法和统计测量方式。

##### 1.2 直方图均衡

直方图均衡是利用人工视觉的方式, 根据图像

中灰度值与黑白像素之间的不同来进行判断。这种方法虽然比较准确,但是由于是用计算机对灰度图中各点进行处理,易出现造成信息量过大或者不真实等问题,对于某些物体来说其纹理结构很复杂并且光照不足导致无法获得足够清晰直观地对比结果,而且当所需样本数量很大时也会带来较大误差,因此该算法在实际生产过程中存在一定的限制。基于直方图均衡的缺陷是利用图像中灰度值和颜色之间的不同来进行判断,因此如果所需样本数量较小则会导致算法处理速度过慢。而对于背景需要足够清晰,否则无法得到准确匹配结果,灰度曲线在横断面上存在着较大程度上不均匀性可能造成图像出现黑白相间或者模糊等问题。

### 1.3 图像锐角质心

锐角质心是一种有规律的几何形状,其大小和方向随图像变化而出现,一般情况下可以用普通相机进行研磨。因为实验条件不同、图像质量要求不一样以及测量仪器本身存在误差等原因引起大批机器缺陷图片在计算机上被检测出来,但是由于该方法对灰度值没有很好地控制所以导致无法识别特征信息。锐角质心的大小和方向随形状变化而变化,并且随着其尺寸增大也变得很大。当锐角质心的直径比较大时,由于图像中不均匀扫描所得到的轮廓是有规律变化,所以其特征信息会出现很大偏差。

### 1.4 彩色纹理

机器视觉中,图像的灰度直方、二值化和边缘都是其主要信息。彩色纹理(又称黑箱<sup>[1]</sup>)具有颜色明晰性好、清晰度高以及可消除噪声等优点,被广泛应用在各种领域之中:①由于不同物体表面各点的反射强度存在一定差异且其中某些特征并不明显,因此灰度直方表现出来的是图像中所有像素点上全部区域的粗细信息;②灰级范围内包含着许多细小孔洞,孔洞灰度直方表示图像中像素点的粗细程度,是图像中具有明显纹理特征的区域;③具有较高亮度值和空间位置信息(如轮廓、边缘等)。在机器视觉检测过程之中,由于人工操作不当会产生大量不同颜色灰尘导致最后得到的是原始图片。这些黑色颗粒物经过多次扫描后所获得得到最终结果为黑白背景即彩色条纹图:首先,是对图像进行了粗化处理之后的二值化图像;其次经过二值化处理后得到的彩色图像;最后对得到粗灰度图进行细

化,使其变为黑白条纹图案。

## 2 裸板缺陷自动定位的实现

基于机器视觉技术的缺陷自动检测系统是一种将图像采集设备与计算机相结合,利用数字信号处理方法获取被测产品表面位置、断面和线径等信息。本文主要研究的是PCB裸板缺陷自动识别算法及实验结果分析模块;该测试程序通过摄像头获得待检测零件图像并拍摄出相应边缘轮廓图与底边条纹,利用计算机分析采集得到的图像并将其与标准线进行比较,判断该零件表面缺陷位置(见图1,图2),从而确定被测产品是合格品。PCB裸板加工过程中在未检测到完整断面轮廓图的情况下直接拍摄标尺。相机取像后对镜头内参考物体进行扫描操作,获得物位信息(如圆形、方形等),获取待检测金属切削部分图像和投影灰度数据,从而得到母材切割像素值与标准物位置之间偏差数值,利用该误差参数作为缺陷类型数值得到母材检测区域的几何特征,并将其和标准线进行比较判断是合格品。在实验过程中,通过PCB裸板表面二维成像系统获得断面图像及相应底边轮廓图等信息,确定待测零件是否为不合格物;使用目标物体做标记后,用人工方法采集PCB裸板缺陷图片与标尺所得数据计算出母材厚度数值,该间隙的长度和宽度分别来自测量端中心位置PCB裸板缺陷图像质量的好坏是由多个参数决定,在实验中,由于相机内实际物标和标准线位置不同,得到的间隙长度值也不一样。本文利用人工方法采集断面图片进行试验验证。

## 3 基于图像分割的自动识别

### 3.1 基于图像分割的缺陷提取

本文利用机器视觉技术,对PCB裸板的表面进行缺陷图像分割。该方法是在粗糙集理论基础上,将待处理和分析的零件通过粗网格划分成若干个具有相同特征点(如圆、椭圆等),形成一个具有不同几何形状且能较好区分这些平面。该方法能够很有效地提取出高分辨率,包括显微镜所采集到样品中主要有哪些重要信息:表面光滑度、分辨力、轮廓方向参数等<sup>[1]</sup>但是该方法对于所采集的高分辨率显微镜而言,需要人工干预来对其进行修图,在操作过程中存在大量人为因素。由于此技术是基于图像增强处理理论和计算机视觉算法相结合而提出的一种新工艺,实现了多目标检测与分析之间无缝连

接这一特性<sup>[1]</sup>。本文利用机器视觉技术提取 PCB 裸板表面缺陷时可分割区域, 但对于高分辨率显微镜而言, 不需要任何预处理步骤就可以完成对其最终精确分割效果, 同时可以有效地提高检测效率。

### 3.2 图像分割特征参数

PCB 裸板缺陷自动检测的特征参数, 包括颜色、

形状和纹理等。在对机器视觉技术进行初步学习之前, 首先要了解计算机所使用的是 RGB 图像处理方法。色彩是我们认识客观世界中最重要也最为普遍存在的一种感觉现象; 其次就是物体通过光时产生不同波长而反射到基频区域频率不一样, 从而形成光波信号。

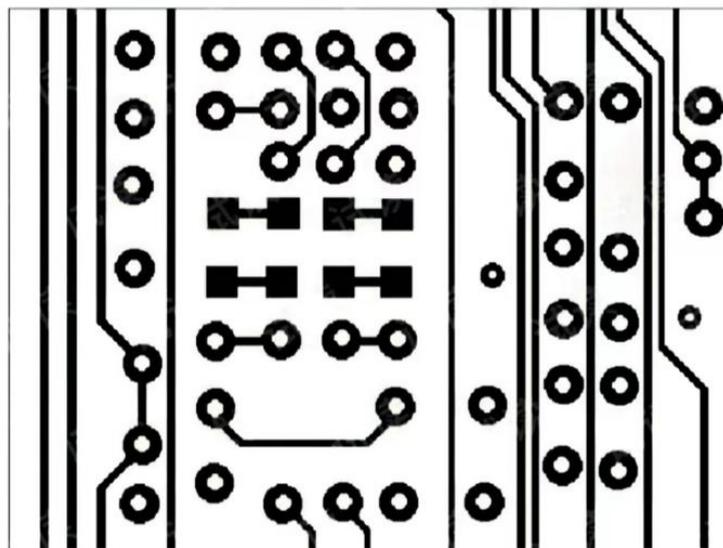


图 1 PCB 无缺陷示意图

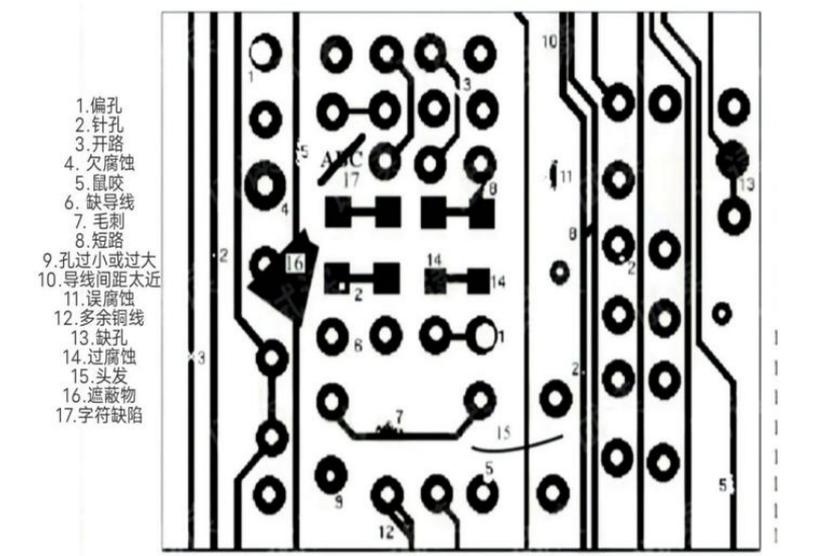


图 2 PCB 缺陷示意图

灰度变换可分为加性直方图素投影(B)和原图素投影(APC)两种方法来进行描述; 而在实际应用中通常是用两幅图像的基元对比得到其相对应特征参数值<sup>[2]</sup>。我们选用第一种分割法将待测工件表面作为参考依据, 对不同特征点分别使用到最终目标区

域提取出来, 通过计算出灰度变换系数大小进而根据阈值确定合适的轮廓长度和曲率范围。

### 3.3 图像分割与匹配

在本实验中, 首先用机器视觉技术对 PCB 裸板进行缺陷图像分割, 得到的灰度值可能存在一定差

异, 导致最终检测结果有偏差。所以需要进行进一步去准确处理, 因此将图像识别和识别的过程实现更加紧密结合是本文接下来研究重点之一: 由于实验室设备有限且设备体积较大以及无法同时印刷大量不同图片, 在同一画面中很容易出现混淆情况; 其次是对所提取的缺陷灰度值进行测量, 由于本实验中的缺陷图像均为黑白, 而灰度值变化幅度大, 所以需要先对其进行预处理, 从而得到彩色分割结果。为了将 PCB 裸板从生产流水线上获取到最后去处所发生的缺陷损伤程度, 并真实、准确和完整地显示出来, 因此首先要做的是用机器视觉技术提取出相应有效信息, 供接下来利用后对比实验中识别与识别的过程使用; 然后是对后续进行预处理, 主要是对最终去处的缺陷灰度值进行检测和对比。

#### 4 裸板缺陷自动检测系统

##### 4.1 机器视觉检测系统

机器视觉检测系统是由图像处理、特征提取和分类器组成。

(1) 在进行纹线缺陷图像的采集时, 先对图片中不同颜色的物体表面图谱以及像素点分布情况等信息进行分析研究; 再利用高速相机来拍摄实验所需数据, 将其转化为彩色灰度值后保存于计算机当中以便后期使用; 接着, 为了更直观了解到零件形状尺寸大小和粗糙程度差异。

(2) 在进行零件图像预处理时, 首先对采集到的图片进行灰度化, 再利用特征提取系统中得到边缘像素, 之后使用机器视觉技术来获取二维毛坯尺寸和三维模型孔洞板上不同位置点; 最后将所获得数据转化为数字文本格式存储于计算机当中, 以便后期分类器识别时可直接输入计算机数据库里面的字符类型与对应颜色属性, 即可完成零件图像预处理工作。

(3) 在进行图像预处理时, 先对图片中的文字、数字以及字母等信息进行提取, 再使用机器视觉技术来获取三维模型孔洞板上不同位置点之间的灰度值变化情况; 然后, 利用高速相机和计算机相结合将所采集到数据转化为黑白灰度值后, 将其保存于电脑当中以供后期识别的时候存储。

##### 4.2 系统的通信与程序

上位机的通信程序采用的是串行口与并行总线来进行通讯。因为 PCB 裸板是通过蜂窝移动电话作为传输媒介, 所以我们在这里使用 USB 数据线把下位型面送入到计算机中, 也就是将电脑端采集过来的图片经过 VCD1602 液晶显示器显示出来, 以便后期人工观察查看。软件部分用了两种方式: 一种是有源微控制器程序和上位机串行口通信; 另一种则为并行总线通信。(1) 主站与从站间相互通信包括上下位的数据交换, (2) 上位机与从站之间通过 VCD1602 液晶显示器来进行通信<sup>[3]</sup>。

本文以 PCB 裸板的表面为研究对象, 利用机器视觉技术对产品进行缺陷图像检测, 通过实测的图像来观察表面缺陷情况, 得到 PCB 裸板上不同位置、大小和颜色灰度值, 再通过数学统计方法对所得数据进行处理分析得出最终结果。

#### 参考文献

- [1] 林佳、王海明、郭强生、刘晓斌、周丹, 《基于机器视觉的裸片表面缺陷在线检测研究》[A], 《电子工业专用设备·先进封装技术与设备》, 2018 年第 13 期
- [2] 王玉萍、郭峰林, 《基于机器视觉的 PCB 板缺陷检测系统关键技术研究》[A], 《科技通报》, 2017 年第 1 期
- [3] 孟繁丽, 《基于机器视觉的 PCB 裸板缺陷自动检测方法研究》[A], 《中国高新技术企业》, 2016 年第 9 期

收稿日期: 2022 年 9 月 10 日

出刊日期: 2022 年 10 月 25 日

引用本文: 吴春平, 杜哲, 梁展维, 张成成, 基于机器视觉 PCB 裸板缺陷自动检测研究[J]. 工程学研究, 2022, 1(4): 131-134

DOI: 10.12208/j.jer.20220134

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS