

PCB 自动光学检测 数字图像处理技术

主 编 冯 平 程 涛

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 楠 卢思岑 刘振宇

李章菁 陈佳裕 张 斌

高 涛 龚启源 黄南文

黄国峰

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前 言

印刷电路板（PCB，Printed Circuit Board）是电子工业中最基础和最活跃的产业之一，对其加工制造过程中每一环节的质量进行检测、控制是保证电子产品质量的根本。印刷电路板产业在电子工业中占了举足轻重的地位，印刷电路板几乎会出现在每一种电子设备当中。在 PCB 加工制造工艺流程的某一阶段中如果出现缺陷未被发现，那么事后消除每一个这样的缺陷所花费的成本要提高一个数量级以上。PCB 制造中的缺陷，如及时发现并消除，其造成的损失也会随 PCB 从制造线的上游到下游逐渐扩大。

我国 PCB 加工制造企业的 PCB 质量还有很大的提升空间，特别需要利用基于机器视觉的自动光学检测设备（AOI，Automatic Optical Inspection）对 PCB 板各种缺陷进行检测以采取措施进行质量分析与控制。现有的电子相关产业的生产及检测设备大多是进口的，尤其是高端、高性能产品基本上为国外厂商垄断。进口设备的昂贵价格给国内印制板厂家带来了巨大的经济压力，而且这些设备往往不适合国内操作人员的习惯，在使用上不能充分发挥效能，在较大程度上造成资源浪费。因此，国内急需有自主知识产权、性能优越、价格较低的 PCB 自动检测系统，弥补我国在这一行业的空白。

编者进行了面向 PCB 在线质量快速检测的智能化数字 AOI 系统关键技术的自主研发和产业化、市场推广应用，主要特色有：（1）基于人工神经网络的最佳图像快速智能扫描优化方法与自适应控制系统；（2）基于变分辨率与可变步长搜索的图像拼接算法及实现技术；（3）基于图像特征抽取的 PCB 缺陷识别算法及实现技术；（4）基于 xml 的 PCB 生产/检测数据管理技术；（5）合计 2 亿像素面阵相机阵列的集成；（6）构建

的分水岭算法在保证不漏检的前提下大大降低了误检率。

本书主要分为三个部分：自动光学检测设备的组成、算法基础和研发案例，可供 AOI 从业人员自学与参考。

具体的章节安排如下：

第 1 章为 PCB 自动光学检测概述。第 2 章为机械结构。第 3 章为运动控制系统。第 4 章为图像采集和处理系统。第 5 章为修复系统。第 6 章为数字图像基础。第 7 章为图像配准。第 8 章为图像的基本处理。第 9 章为缺陷识别算法。第 10 章为研发过程。第 11 章为结果与评价。

本书由深圳大学冯平和程涛主编。李章菁、卢思岑参与了第 1、2、5 章的编写，张斌参与了第 3 章的编写，黄南文参与了第 4、9 章的编写，刘振宇参与了第 6 章的编写，王楠参与了第 7 章的编写，高涛参与了第 8、10 章的编写，黄国峰参与了第 9、11 章的编写，龚启源参与了书中成果的研发测试，陈佳裕和高涛参与了全书的统稿。

本书的编写和出版得到了深圳市科技创新委员会知识创新计划项目（基础研究 JCYJ20140418091413575）的资助，在此致以最诚挚的敬意。

本书在编写的过程中，参考了大量的国内外参考资料及相关企业内部资料，受益匪浅，在此对资料的作者表示感谢。

限于编者水平，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2018 年 4 月

目 录

第一篇 自动光学检测设备的组成

第 1 章 PCB 自动光学检测概述	3
1.1 自动光学检测—AOI	3
1.2 AOI 设备的发展	5
1.3 系统模块划分及技术路线	6
1.4 国内外研究现状	9
第 2 章 机械结构	14
2.1 线阵型结构	14
2.2 面阵型结构	16
第 3 章 运动控制系统	18
3.1 AOI 检测设备的运动控制	18
3.2 控制机构运动过程	19
3.3 基于卡尔曼滤波的 PID 运动控制算法	20
3.4 运动检测与补偿	23
第 4 章 图像采集和处理系统	28
4.1 光源的选型	28
4.2 相机与镜头选型	35
4.3 图像采集卡选型	47
4.4 处理系统选型	50

第 5 章 修复系统	56
5.1 面阵摄像机快速到达缺陷位置并实时显示图像	56
5.2 缺陷信息的自动记录保存及输出	56
5.3 人工修复	57

第二篇 算法基础

第 6 章 数字图像基础	65
6.1 图像基本概念	65
6.2 图像表示方法	65
6.3 图像技术	68
6.4 图像文件的读取与保存	74
6.5 图像类型的转换	75
6.6 图像文件的显示	77
第 7 章 图像配准	80
7.1 PCB 的图像	80
7.2 Gerber 文件	80
7.3 几何变换和图像配准	91
第 8 章 图像的基本处理	105
8.1 图像的增强处理	105
8.2 图像的形态学处理	113
8.3 图像的分割处理	121
8.4 图像的距离变换	125
第 9 章 缺陷识别算法	128
9.1 短路与断路的识别	128
9.2 凸起与凹陷的识别	136
9.3 常见算法比较	145

9.4 分水岭算法实现原理	148
9.5 改进分水岭算法实现过程	151

第三篇 项目研发

第 10 章 研发过程	157
10.1 研究背景调研	157
10.2 预期解决相关科学问题	158
10.3 总体方案实施计划	160
10.4 面阵相机智能图像采集系统设计及搭建	162
第 11 章 结果及评价	164
11.1 试验结果分析	164
11.2 结 语	169
参考文献	171

第一篇

自动光学检测设备的组成

第 1 章 PCB 自动光学检测概述

第 2 章 机械结构

第 3 章 运动控制系统

第 4 章 图像采集和处理系统

第 5 章 修复系统

第 1 章 PCB 自动光学检测概述

1.1 自动光学检测—AOI

AOI (Automatic Optic Inspection) 全称为自动光学检测, 是基于光学原理来对焊接生产中遇到的常见缺陷进行检测的技术。采用高速高精度的视觉处理技术可对 PCB 板上各种不同的焊接缺陷进行自动检测。PCB 板的范围包括细间距高密度板和低密度大尺寸板。当进行自动检测时, 机器通过摄像头自动扫描 PCB 板来采集图像。通过测试的焊点来与数据库进行对比, 并经过图像处理来检测出 PCB 板上的缺陷, 最后通过显示器来将缺陷显示或者标示出。

AOI 作为基于机器视觉的新型测试技术, 可应用于 PCB 板的生产线上替代人工检测。通过对超微小、分布细密的线路进行反复、高效、客观的检测, 可大大提高产品质量与生产效率。而基于 AOI 的 PCB 检测系统是一种基于图像比较的智能检测系统, 由精密机械系统、运动控制系统、图像采集系统、处理与识别系统组成。通过工作台的运动, 在特殊结构光源的照射下可快速扫描并获得 PCB 板的图像。经过技术处理来得到反映 PCB 板质量的图像, 并与设计的标准图像进行比对来判断出 PCB 板的质量缺陷, 最后将结果反馈到生产线中, 从而不断地提高成品率。

AOI 的主要特点:

- ① 高速检测系统;
- ② 与 PCB 板帖装密度无关;
- ③ 快速便捷的编程系统;
- ④ 图形界面下进行;
- ⑤ 运用帖装数据自动进行数据检测;
- ⑥ 运用元件数据库进行检测数据的快速编辑;
- ⑦ 运用丰富的专用多功能检测算法和二元或灰度水平光学成像处理

技术进行检测；

⑧ 根据被检测元件位置的瞬间变化进行检测窗口的自动化校正，达到高精度检测；

⑨ 通过用墨水直接标记于 PCB 板上或在操作显示器上用图形错误表示来进行检测电核对。

基于 AOI 的 PCB 检测系统可以检测诸如突铜、缺口、短路、断路、残铜、针孔、漏线、漏钻孔、蚀刻过度、蚀刻不足、尺寸不符、孔破等进行检测。具体局部缺陷图像如图 1.1 所示。

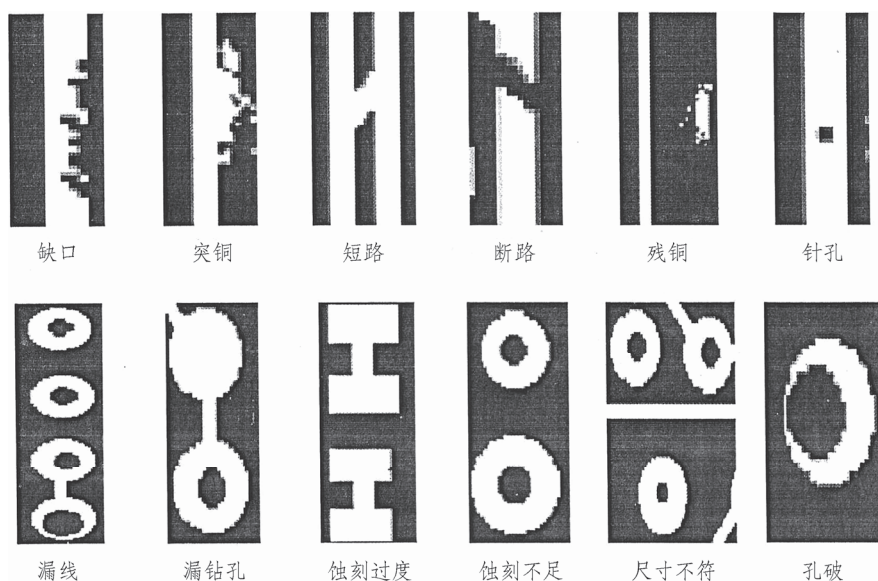


图 1.1 局部缺陷图像

在实际的 AOI 检测设备工作过程中，主要有三个检查位置：

(1) 锡膏印刷之后。如果锡膏印刷过程满足要求，那么 ICT 发现的缺陷数量可大幅度减少。典型的印刷缺陷包括以下几点：自动在线检测仪 (ICT, In Circuit Pester)

- 焊盘上焊锡不足；
- 焊盘上焊锡过多；
- 焊锡对焊盘的重合不良；
- 焊盘之间的焊锡桥。

在 ICT 上，相对这些情况的缺陷概率直接与情况的严重性成比例。

轻微的少锡很少导致缺陷，而严重的情况，如根本无锡，几乎总是在 ICT 造成缺陷。焊锡不足可能是元件丢失或焊点开路的一个原因。尽管如此，决定哪里放置 AOI 需要认识到元件丢失可能是其他原因下发生的，这些原因必须放在检查计划内。这个位置的检查最直接地支持过程跟踪和特征化。这个阶段的定量过程控制数据包括印刷偏移和焊锡量信息，而有关印刷焊锡的定性信息也会产生。

(2) 回流焊前。检查是在元件贴放在板上锡膏内之后和 PCB 送入回流炉之前完成的。这是一个典型的放置检查机器的位置，因为这里可发现来自锡膏印刷以及机器贴放的大多数缺陷。在这个位置产生的定量的过程控制信息，提供高速片机和密间距元件贴装设备校准的信息。这个信息可用来修改元件贴放或表明贴片机需要校准。这个位置的检查满足过程跟踪的目标。

(3) 回流焊后。在 SMT (Surface Mount Technology, 表面组装技术) 工艺过程的最后步骤进行检查，这是目前 AOI 最流行的选择，因为这个位置可发现全部的装配错误。回流焊后检查提供高度的安全性，因为它识别由锡膏印刷、元件贴装和回流过程引起的错误。

检测系统处理分析过程如图 1.2 所示。

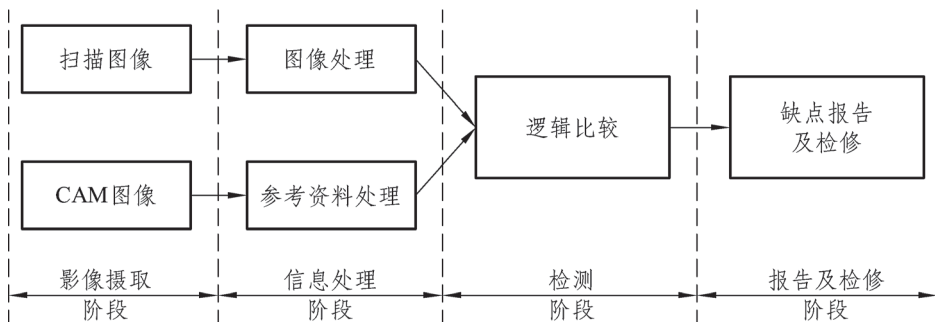


图 1.2 检测系统处理分析过程

1.2 AOI 设备的发展

2005 年之前，中国 AOI 检测设备市场几乎全部由国外品牌和设备所独占，对 SMT 行业发展起到一定推动作用的同时，也给中小企业在短期

内增加了高昂成本。表 1.1 所示为国内外知名的 AOI 设备生产厂家。

表 1.1 国内外 AOI 设备生产厂家

国内	国外
神州视觉 (ALEDER)	日本—欧姆龙 (OMRON)
矩子智能 (JUTZE)	日本 (SAKI)
振华兴 (VCTA)	以色列 康代 (CAMTEK)
吉洋 (GEEYOO)	以色列 奥宝 (ORBOTECH)
视界焦点 (VIFO)	美国 (YESTECH yestech)
北京星河康帝思 (SRC)	英国 安捷伦 (Agilent)
劲拓 (JT)	德国 (VISCOM)

现阶段国内 AOI 检测设备市场尚处于快速成长阶段，现有国内 AOI 检测设备生产厂家规模相对较小，而且以中低端设备为主，高端的 AOI 检测设备市场仍被日本和欧美厂商垄断。但部分行业排名靠前的国内厂商，在抢占中低端市场的同时，也在积极开拓高端市场，并取得了一定的成绩。

AOI 检测设备又名 AOI 光学自动检测设备，现已成为电子制造业确保产品质量的重要检测工具和过程质量控制工具，因此，如何从众多的 AOI 品牌中选择和使用适合自己要求的 AOI 光学自动检测设备，已成为广大电子制造工作者十分关心的问题。

1.3 系统模块划分及技术路线

将 AOI 系统按技术划分为精密机械、视觉系统、电气控制、软件系统 4 大部分，在各主要技术模块中又根据需要进行功能划分，这样有利于形成核心技术，增强产品的技术竞争力。其核心是工作台及其伺服控制系统的高静态及动态精度，高亮度、高分辨率的 CCD 成像系统的稳定性及清晰度，图像处理与分析软件系统的智能性及快速可靠的识别判断能力。关键核心技术在于高智能图像处理与分析软件。控制系统采用分布式开放性控制系统，由 PC 机内插高性能基于 DSP 的运动控制卡及图

像采集卡，外接伺服电机及高分辨率线阵数字相机和高亮度光源构成控制系统。

基于 AOI 的 PCB 快速智能检测设备外形图如图 1.3 所示。

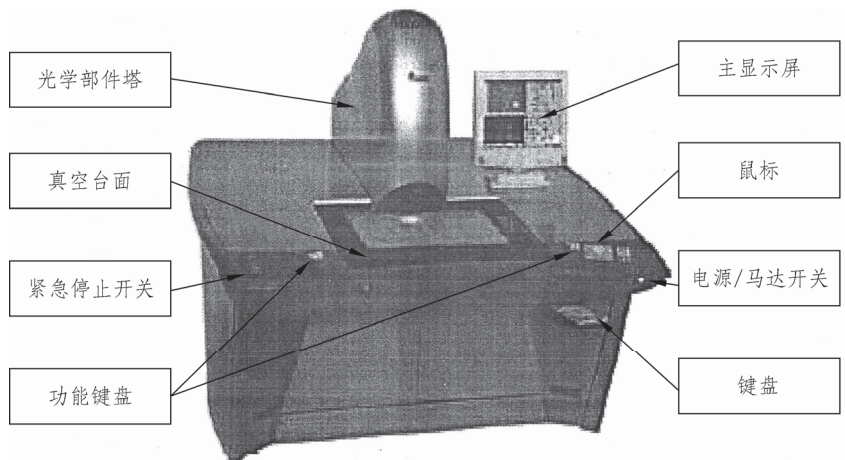


图 1.3 基于 AOI 的 PCB 快速智能检测设备

按照 AOI 四大组成模块：精密机械、电气控制、机器视觉、图像分析处理，各模块设计及工艺流程如下：

1. 高精精密机械结构和运动部件系统设计

主要任务目标：优化机械结构，提高设备机械刚度，使设备在保证机械静态精度的同时，具备优越的动态响应特性，为图像精确采集创造条件。

(1) 机床结构设计：以提高机械刚度，降低机械振动为目标，优化机械结构设计。对机械机构的基础部件（支撑部件、床身、横梁、立柱等）进行结构设计，合理设计 XY 轴结构，通过分体设计降低各运动轴相互叠加震动影响，通过加大机体质量实现降低振动幅度和振动频率，传动部件采用柔性连接，通过阻尼作用，降低机械振动。

(2) 传动及导向设计：采用中间驱动加两侧导轨结构，通过选择高精密滚珠丝杠及直线导轨，在保证机床定位精度的同时降低振动和噪声。满足机床寿命长、刚度好、承载高、摩擦阻力小、导向精度高、精度保持性好、低速稳定性好的要求。

(3) 工作台面及 PCB 板定位设计：根据 PCB 检测工艺需求，设计具备较高刚性及稳定性强的工作台面，通过材料及工艺选择满足工作台面平面度高、质量轻的特点，通过合理设计真空吸力机械结构实现 PCB 板准确定位、取放快捷的功能要求，在高速运动条件下达到板面定位稳定可靠。

2. 电气控制设计

主要任务目标：通过优化电气系统（电源、伺服、通信、布线）设计，保证电气系统稳定强，数据通信高速可靠，运动控制系统具备优越的动态响应及稳态精度。

(1) 电源设计：通过配备合适的稳压电源、UPS 电源，通过隔离、屏蔽、滤波、接地技术的运用，保证系统在恶劣环境下稳定可靠。

(2) 运动控制系统设计：通过计算机内插 GE 运动控制卡，外接高性能伺服电机，通过半闭环控制，实现运动控制系统快速响应及保持较高静态精度的要求。

(3) 信号采集及 I/O 设计：通过专用控制信号及通用控制信号输入、输出设计，信号放大接口板设计，实现系统对各类传感信号的采集及控制命令信号的有效传输。

3. 视觉系统设计

主要任务目标：通过高亮度光源结构设计及线阵高分辨率数字相机及镜头组成光学成像系统，获取高质量的满足 PCB 检测精度要求的图像。

(1) 光源结构设计：通过 LED 冷光源高亮聚光系统设计，满足成像系统对

光源光强、控制范围、光强稳定性、光强均匀度的技术要求，同时保证了光源的寿命长，稳定性好，功耗非常小的系统要求。

(2) 成像系统设计：通过高分辨率彩色数字相机系统构建，满足系统对 CCD 尺寸、有效像素、像素尺寸、帧率、电子快门、触发模式、数据接口等条件要求。为系统实现高速扫描成像奠定良好基础。

(3) 镜头设计：通过适应检测工艺要求及相机要求的高分辨率镜头选择，在满足成像系统工作距离、视野范围满足要求条件下，同时满足对比度、分辨率、空间频率、色差等技术要求，详细地表达了镜头中心

和边缘各处的光学质量。

4. 图像处理分析软件设计

主要任务目标：通过 CAM 设计资料转换为标准图像，在高性能图像软件包支持下，与经过图像预处理的实际扫描获得图像进行预处理及逻辑对比，分析判断图像缺陷，在保证检测精度及稳定性基础上实现高速智能检测，并对检测结果进行统计分析。

(1) CAM 资料转化为 BMP 图像：通过 CAM 资料获得 GERBER 文件格式文档文件，经过在计算机内存绘制实际大小图像，保存为 BMP 标准图像。作为标准模板文件，供与实际扫描图像检测对比。

(2) 图像扫描获取：通过控制 XY 轴机械运动，控制高亮度光源，在数字相机成像动态连接库支持下，在计算机内存建立经视觉系统捕获的数字图像。

(3) 图像定位：通过选定三个 PCB 板边角单元，通过图像匹配方法，找到相应中心点，根据图像平移旋转，使标准图像与实际图像坐标重合。

(4) 图像预处理：根据要检测的 PCB 板类型，对获得的图像进行滤波，图像增强，使图像更加真实反映 PCB 板面特征，为后续处理奠定基础。

(5) 图像对比：将彩色图像首先转换为灰度图像，在将灰度图像采用全局阈值法进行二值化处理转化为二值数字图像，并与二值化的标准图像进行逻辑对比。得到差值图像。

(6) 图像分析：根据 PCB 检测工艺要求叙判定，制定图像分析路线及算法，形成专家库，通过颗粒分析差值图像找出相应缺陷，并生成相应文件供维修。

(7) SPC 统计分析：将各种缺陷分门别类，统计分析缺陷概率，建立质量分析报告，供生产部门改进。

1.4 国内外研究现状

1.4.1 国外研究现状

国外在 PCB 自动光学检测技术方面的研究较为领先，早期，在欧美

以及日本等一些国家首先展开探索，结合数字图像处理理论和光学理论，利用智能采集设备获取待测 PCB 板图像信息，并借助终端处理设备对采集到的 PCB 图像进行一系列复杂的数学建模和矩阵运算，最终研发出了一系列能够取代传统检测方法的智能检测技术和设备，对于基板缺陷检测方式提出了新的思路，使得效率和精度都得到了提高。常见的缺陷检测方法：标准比对法、原则校验法和混合法。之后的技术发展也基本围绕这三种方法做展开。

从 20 世纪 80 年代初开始，国际上纷纷开始投入了大量的财力、物力、人力研制 PCB 缺陷自动光学检测系统。目前，能够生产自动光学检测系统、技术也比较成熟的国外主要制造厂商有以色列 Orbotech 及 Camtek 公司、英国 Teradyne 公司、韩国 Samsung 公司及日本的 Ormon 公司等。这些公司的设备价格昂贵（都在 100 万元以上），而且每台设备还要收取年服务费，给 PCB 制造企业造成沉重的经济负担。国外代表产品包括：以色列 Orbotech（奥宝）的 Fusion 系列、Discovery 系列和 Sprion/In-Spire 系列，其中 Spring 系列的 Sprion-8800A 检测器，是世界上第一台能够自动执行缺陷确认操作的检测仪器；英国 Diagnosys 公司的 VsiionPoint 和 PinPoint II 型检测仪，其中 PinPoint II 型 PCB 在线故障诊断系统能够实现电路图反求、模拟仪、功能测试等功能，且有灵活的软硬件平台可以和 LABVIEW、边界扫描、PXI、GPIB 结合；美国 Agilent 公司的 Medalist SJ50 Series 3 型在线自动检测仪采用先进的检测技术，可提供全范围的检测覆盖，并可在表面封装技术生产线的多个位置灵活部署，检测缺陷，同时提供了可选的照明头转换套件，用于 3D 的拼接粘贴检测；林肯激光公司基于设计保准法原理的 Inspctar/Verifier 检测器，能检测出线路短路、断路和额定尺寸等缺陷；MP100 是日本日立公司研制出的检测机，利用 PCB 板验材料当中产生的荧光，自动判断识别 PCB 板上的毛刺、针孔、划痕及其他的一些微小缺陷，具有相当高的检测精度。

以色列 Orbotech 公司 1994 年跨入自动光学检测设备市场，在 PCB 和 FPD 两大产业都居于领导地位，公司的 Spiron-8800AVIP 是全球第一台可自动执行缺点确认操作的自动光学检测设备，采用设计规则（DRC）和特征点比较法、形态学演算法、IPSO 轮廓比较技术相结合的检测方法，能够检测诸如断路、短路、最小线宽、缺口、突出、凹陷、残铜、针孔、特征点等缺陷，具有较高的检测速度。Orbotech 公司的 Power Vision 系

列自动光学检测系统采用独有的最新全面检测架构使线路板缺点检测迈向一个新的阶段，能够检测如：短路、断路、最小线宽/线距违反既定尺寸、缺口、突出、凹陷、残铜、针孔、母板资料尺寸和位置错误、间距违反，孔、焊盘等缺陷；可检测 1.5 ~ 10 mil (38 ~ 250 μm) 线宽和线距规格的 PCB；最大检测区域 686 mm \times 1 448 mm；检测速度：当基准面板尺寸是 457 mm \times 610 mm 时，线宽 6 ~ 4 mil (150 ~ 100 μm) 时是 160 片/小时，线宽 3 mil (75 μm) 时是 120 片/小时，线宽 2 mil (50 μm) 时是 65 片/小时，线宽 1.5 mil (38 μm) 时是 40 片/小时。韩国 Samsung 公司生产的 VSS-3C 型先进的三维视觉检测仪，具有超强的光学检测性能，能够进行芯片安装、三维焊接状态和翘脚检测，采用高分辨率数码相机，进行彩色图像分析，具有自动智能编程系统，解析度为 15 ~ 20 μm 可选，检测速度可达 16 cm/s。

由于公司战略不同，各大 AOI 厂商所涉猎的领域也不尽相同。随着 AOI 技术的不断发展，大部分供应商已经可以提供性能完备的流水线的 AOI 设备。但是面对相对高昂的成本，产品的普及仍需要时间。

随着国外技术的发展，基于机器视觉的检测手段已成为主流，其检测手段也从早期简单的图像对比或参考判定方逐步发展成多方面结合的混合检测手段，有效克服了单一检测方法的缺陷。随着人工智能的深入，图像算法的智能化也成为国外发展的重点，结合现代智能算法，对原有算法模型进行智能化改造，从而获取自适应更强和鲁棒性更好的检测方法成为发展趋势。

1.4.2 国内研究现状

就中国而言，自动光学检测始于 90 年代中期，相对于国外要晚 20 年左右，还属于新兴领域，而且由于研发人员对机器视觉领域没有深层的了解、PCB 自动光学检测系统的复杂性、科研单位没有足够的资金和场地搭建试验平台，使从事 AOI 研究的科研单位数量少且相关成果极为有限。上述各种因素导致国内 AOI 设备的研发水平总体较低，还停留在一个相对初级的阶段。

根据世界电子电路理事会 WECC 统计，中国大陆的 PCB 产值占全球产值的比例持续增长，2006 年之后一直保持世界第一。根据中国印刷电

路行业协会统计,国内 PCB 生产企业有近 1 500 家。从全国位置分布而言,目前我国印刷线路板企业相对集中,主要分布在珠三角地区、长三角地区和环渤海地区,其中珠三角地区 PCB 企业的数量和产值都占到了 50%。深圳的 PCB 产值更是占到珠三角地区 PCB 产业的 82%,达到百亿美元的巨大规模。

国内对印刷电路板的自动检测系统的研究还刚刚起步,从事这方面研究的科研院所也不多。而且因为受到各种因素的影响,对于印刷电路板缺陷的自动视觉检测系统的研究仍然停留在一个相对初期的水平:

① 西安理工大学邱宗明课题组提出一种参考法和设计规则相结合的 PCB 缺陷检测方法,基本上能够检测如短路、断路及毛刺等大部分缺陷;李金喜通过识别过渡孔间互联性这一拓扑关系来判别布线的连通性;② 华中科技大学的刘尚军等运用数学形态理论,提出一种多模板参考比较法来快速检测 PCB 瑕疵,通过参考图像的特征提取,将其设计时参数的规格在多参考图像中表示出来,然后运用多参考比较法进行瑕疵检测,可识别短路、断路、毛刺、缺口、针孔、线过宽、线过窄、线距过窄等缺陷,其检测和分类时间分别为 0.05 s;③ 还有其他学者各自提出图像信息熵的缺陷检测法、以红外热成像技术为基础、结合图像处理技术和红外故障诊断方法的 PCB 缺陷检测识别,以及采用树分类法和序贯概率比检定的思想所建立的 PCB 缺陷模式识别方法等等。

近年来,基于机器视觉的自动光学检测检测技术研究于设备开发在国内大学、科研机构和企业日益受到关注和重视,有众多的相关成果产生,对推动我国 PCB 检测技术的发展和提升 PCB 制造水平和质量具有直接的推动作用:① 国内首台自动光学检测检测系统是 2004 年 5 月由东莞市神州视觉科技有限公司研发成功的 ALD-H-350,该系统采用单一摄像头和特殊环形 RGB LED 光源相结合,应用彩色图像比对方法和统计建模技术,可快速准确检测焊点缺陷(锡多、锡少、连锡等)、锡膏印刷缺陷(有无、偏斜、少锡多锡、断路、污染等)和零件缺陷(缺件、偏移、歪斜、立碑、侧立、翻件、极性反、错件、破损等);它能够检测 450mmx350mm 超大检测范围,最小高速检测组件大小为 0402,测试速度每秒超过 60 个组件;图形化编程接口;编程简单。② 西安易菲特视觉系统有限公司是一家专业的机器视觉研究、开发、系统解决方案提供的高科技企业,开发了适应不同需求的 EF-VS 系列嵌入式机器视觉系统应用平台,可检