

# PCB检验技术发展现状与趋势

赵娟

河北远东通信系统工程有限公司 河北 石家庄 050000

**摘要：**本文主要探讨了印刷电路板（PCB）检验技术的发展现状与未来趋势。首先概述了PCB检验技术的基本概念及其在电子制造业中的重要性，随后分析了当前PCB检验技术的发展现状，包括传统检验技术与新兴技术的应用。接着，本文讨论了PCB检验技术面临的挑战与机遇，并预测了未来的发展趋势。最后，对全文进行了总结，并提出了相关建议。

**关键词：**PCB；检验技术；现状；发展趋势

## 引言

印刷电路板（PCB）作为电子产品的基础组件，其质量和可靠性直接影响到整个电子系统的性能和稳定性。因此，PCB检验技术在电子制造业中扮演着至关重要的角色。本文旨在全面分析PCB检验技术的发展现状与未来趋势，为相关企业和研究人员提供参考。

### 1 PCB 检验技术概述

PCB（Printed Circuit Board，印制电路板）检验技术是确保电路板质量与可靠性的关键环节，它涵盖了多个方面的综合评估。其中，电气性能测试是核心之一，通过精密的测量手段，对PCB上的电阻、电容、电感等关键电学参数进行准确评估，以确保电路板的电气性能符合设计要求。连通性测试同样至关重要，它通过专业的测试设备，逐一检查PCB上的电路路径与各个组件之间的连接情况，确保每一路信号都能准确无误地传输，避免因连接错误导致的电路故障。此外，外观检查也是不可忽视的一环。它通过对PCB的板面质量、焊点质量、线路布局等进行细致观察，及时发现并纠正可能存在的缺陷，如裂纹、短路、焊接不良等，从而确保PCB的整体质量。这些检验技术相互补充，共同构成了一个完整的PCB检验体系，为电路板的稳定性和可靠性提供了有力保障。

### 2 PCB 检验技术发展现状

#### 2.1 传统检验技术

##### 2.1.1 目视检查

目视检查是最基础也是应用最广泛的PCB外观检测方法。它依赖于检查人员的专业知识和经验，通过肉眼观察PCB表面有无明显的缺陷。检查内容通常包括板面平整度、表面质量（如划痕、裂纹、氧化、污染等）、焊盘与线路的规则性，以及丝印标记的清晰度等。目视检查虽然简单，但要求检查人员具备高度的责任心和敏锐的观察力，以便发现那些可能影响产品性能的细微缺陷。

在实际操作中，检查人员可能会使用放大镜或显微镜辅助观察，以提高检测的准确性和可靠性。然而，目视检查也存在一定的局限性，如主观性较强、容易漏检和误判等。因此，在目视检查时要进行适当的训练和质量管控，以提高检验的准确性和可靠性。

##### 2.1.2 在线测试（ICT）

ICT是一种自动在线测试技术，它通过接触PCB上的测试点来检测线路的开路、短路以及所有元件的故障。ICT测试系统通常由测试探针、测试夹具、测试软件和计算机等组成。测试探针在指定的测试点上发送电流或电压信号，通过测量响应信号来判断电路的连通性和元件的功能性。ICT测试具有广泛的应用范围和高测量精度，能够明确指示问题所在，使得即使是电子技术水平一般的工人也能轻松处理有问题的PCBA<sup>[1]</sup>。此外，ICT测试还能显著提高生产效率并降低成本。然而，ICT测试也存在一些缺点，如测试夹具的成本较高、不适用于小批量生产等。

##### 2.1.3 自动光学检查（AOI）

AOI是一种基于光学原理的自动化检测方法。它利用高分辨率相机对PCB进行扫描，采集图像并通过图像处理技术进行分析，以检测表面的缺陷。AOI可以检测到各种常见的缺陷，如缺失、短路、偏位、异物等。由于AOI是非接触式检测，因此不会对PCB造成任何损伤。AOI检测具有高效、准确的特点，可以大大提高检测效率和准确度。同时，由于自动化程度高，可以大大减少人工操作和判断的误差，提高检验的一致性和可靠性。在实际应用中，AOI通常与其他测试方法结合使用，以提高检测的准确性和效率。例如，AOI可以与ICT结合使用，以检测电路板的内部缺陷和外部缺陷；AOI还可以与功能测试结合使用，以验证电路板的功能模块是否正常工作。然而，AOI检测也存在一定的局限性。例如，AOI只能检测

到表面缺陷,无法检测到内部缺陷;AOI对图像处理的算法要求较高,需要不断进行优化和更新以适应不同的检测需求。

## 2.2 新兴检验技术

### 2.2.1 基于深度学习的AI检测技术

基于深度学习的AI检测技术是近年来在PCB检测领域兴起的一种创新方法。该技术利用深度学习算法对大量标记的PCB图像进行训练,使其能够自动识别并分类PCB上的各种缺陷。与传统的机器视觉系统相比,基于深度学习的AI检测技术具有更高的检测精度和泛化能力。在实际应用中,基于深度学习的AI检测技术可以通过摄像头或扫描仪采集PCB的图像,然后利用训练好的深度学习模型对图像进行实时分析。该模型能够自动识别出PCB上的开路、短路、焊点缺陷、元件缺失等各种问题,并将检测结果以直观的方式呈现给操作人员。此外,该技术还可以根据历史数据和实时反馈不断优化模型,提高检测的准确性和效率。基于深度学习的AI检测技术的优势在于其高度的自动化和智能化水平。它不仅可以减少人工检测的劳动强度和主观性,还可以提高检测的准确性和效率。

### 2.2.2 X射线检测技术

X射线检测技术是一种非破坏性的PCB内部缺陷检测方法。该技术利用X射线的穿透性和差异吸收特性,对PCB内部的结构和元件进行扫描和成像,从而发现隐藏在PCB内部的缺陷。X射线检测技术可以检测到PCB内部的空洞、裂纹、桥接、开路焊点等缺陷。与传统的目视检查和AOI相比,X射线检测技术具有更高的检测精度和深度<sup>[2]</sup>。此外,该技术还可以对多层PCB和复杂结构进行三维扫描和重建,为PCB的质量控制和故障分析提供了有力的支持。在实际应用中,X射线检测技术通常与其他检测技术相结合,以形成全面的PCB检测方案。例如,可以将X射线检测与AOI相结合,对PCB的表面和内部缺陷进行全面的检测;还可以将X射线检测与ICT相结合,对PCB的电气性能和内部结构进行全面的验证。

### 2.2.3 红外热成像技术

红外热成像技术是一种非接触式的温度检测技术,它利用红外热像仪对PCB进行扫描和成像,以检测PCB表面的温度分布和异常情况。在PCB检测中,红外热成像技术可以用于检测电路板的热应力、热分布不均、过热元件等问题。通过对比正常与故障状态下的热成像图,检测人员可以快速定位故障点或优化电路设计。此外,该技术还可以用于PCB的性能优化和质量检测,确保电路板上的元器件在正常工作温度下运行,避免因温度异常导

致的性能下降或损坏。红外热成像技术的优势在于其非接触式测量和实时显示温度分布的特点。它不仅可以避免传统接触式测量可能带来的干扰和损坏,还可以提高检测的效率和准确性。同时,该技术还可以与其他检测技术相结合,形成综合的检测方案,以更全面地评估PCB的质量和性能。

## 3 PCB 检验技术面临的挑战与机遇

### 3.1 挑战

随着电子产品小型化、高密度化趋势加剧,PCB设计与生产面临严峻挑战,对检验技术提出更高要求。传统目视检查、在线测试等技术因原理与设备限制,难以应对高精度、多层PCB的检验需求。而基于深度学习的AI检测、X射线检测、红外热成像等新兴技术虽具优势,但成本高昂,且成熟度与稳定性有待提升。此外,如何将这些新技术与现有生产流程有效融合,实现高效对接,也是亟待解决的问题。因此,PCB检验技术需不断创新,以应对市场变化,确保PCB质量满足现代电子产品的高标准要求。

### 3.2 机遇

电子信息产业的蓬勃发展带动了PCB市场需求的持续增长,为PCB制造业及检验技术提供了广阔发展空间。5G、物联网、AI等新兴技术推动PCB向高精度、高密度、多功能集成发展,对检验技术提出更高要求,也带来新机遇。为满足市场需求,检验技术必须不断创新,提升精度和效率<sup>[3]</sup>。同时,国家政策支持电子信息产业升级转型,鼓励技术创新和研发投入,为PCB检验技术提供了资金、人才、政策等多方面支持。在此背景下,PCB检验技术有望迎来新发展高潮,通过与科研机构、高校合作,引入新技术、新方法,将有力推动PCB制造业转型升级,满足市场对高质量PCB的需求。

### 3.3 人工检验中的问题及对策

#### 3.3.1 问题

主观判断差异:人工检验高度依赖于检验员的个人经验和主观判断。不同的检验员可能对同一缺陷有不同的解读和评估,导致检验结果的一致性和可靠性降低。这种主观性差异在复杂或边缘性缺陷的识别上尤为明显。

效率低下:随着PCB设计的日益复杂和密度增加,人工逐点检查变得愈发耗时费力。特别是在高密度、多层PCB的检验中,人工检验的效率难以满足现代快速生产线的要求,导致生产周期延长,成本增加。

微小缺陷识别困难:对于微小的短路、断路、元件错位或焊接不良等缺陷,人工检验往往难以准确识别,尤其是当这些缺陷位于PCB的隐蔽位置或与其他元件紧密

相邻时。

数据记录与分析不足：人工检验过程中，检验数据的记录和分析往往不够系统和全面。这导致难以对检验过程进行持续优化，也无法为后续的生产改进提供有力的数据支持。

### 3.3.2 对策

标准化与培训：制定详细的检验标准和流程，确保每位检验员都能按照统一的标准进行检验。同时，加强对检验员的标准化培训，提高他们的专业技能和检验水平，减少主观判断带来的误差。

引入辅助工具：为检验员提供放大镜、显微镜、专用检验灯等辅助工具，帮助他们更清晰地观察PCB的细节。此外，还可以考虑引入专门的检验软件，通过图像处理技术辅助识别微小缺陷。

结合自动化技术：将人工检验与自动化技术相结合，如使用自动化光学检测（AOI）设备对PCB进行初步筛查，再由人工进行复检。这样既可以提高检验效率，又能确保检验的准确性。同时，自动化技术的应用还可以减轻检验员的体力负担，提高他们的工作满意度。

建立检验数据库与反馈机制：建立检验数据库，系统记录每次检验的结果和数据。通过对这些数据的分析和挖掘，可以发现检验过程中的问题和趋势，为后续的检验改进提供有力的数据支持。同时，建立有效的检验反馈机制，鼓励检验员及时报告检验过程中发现的问题和建议，促进检验流程的不断优化和改进。

## 4 PCB 检验技术发展趋势

### 4.1 智能化

PCB检验技术正加速向智能化迈进，以人工智能、大数据为核心驱动力。智能化检验通过深度学习算法，实现检验流程的自动化，替代传统人工目视检查，精准识别焊点不良、元件错位等缺陷。大数据技术的应用，则通过收集、分析检验数据，构建检验数据库和模型，优化检验流程，预测潜在问题，为生产改进提供科学依据。智能化不仅提升了检验效率与准确性，还降低了人为误差，确保了检验结果的客观可靠。

### 4.2 多元化

随着PCB应用的广泛化，检验技术也呈现出多元化趋

势。针对不同类型、应用场景的PCB，检验技术不再局限于传统测试，而是根据产品特性，开发出更专业、精细的检验方法。如高密度多层PCB采用X射线检测内部结构，恶劣环境下的PCB则利用红外热成像监测温度分布<sup>[4]</sup>。此外，多元化还体现在检验技术的组合应用上，通过多技术协同，提高检验效果，降低成本，增强产品竞争力。

### 4.3 集成化

集成化成为PCB检验技术发展的又一重要趋势。它并非简单堆砌检验设备，而是通过技术整合与优化，构建综合性检验系统。该系统融合深度学习AI检测、X射线检测、红外热成像及传统电气性能测试等技术，实现全面高效检验。AI技术快速识别明显缺陷，X射线探测内部结构，红外热成像监测温度异常，电气性能测试确保电路功能。集成化系统不仅提升检验效率与准确性，降低人为误差，还能发现更多潜在问题，为PCB质量提供全面保障。同时，集成化便于数据集中管理与分析，为生产优化和产品改进提供有力支持。通过统一数据接口和平台，实现检验数据的收集、整理与分析，助力PCB制造业的持续升级与发展。

### 结语

本文全面分析了PCB检验技术的发展现状与未来趋势。随着电子信息产业的快速发展和PCB市场需求的持续增长，PCB检验技术将不断向智能化、多元化、集成化方向发展。建议相关企业和研究机构加大研发投入，推动PCB检验技术的创新与应用，为电子制造业的高质量发展提供有力支持。

### 参考文献

- [1]舒强.基于LabVIEW和YOLOv5的PCB缺陷检测方法[J].电脑知识与技术,2024,20(28):124-126.
- [2]谢勋伟,纪赞,陈楷文.AI技术在PCB行业的应用[J].印制电路信息,2024,32(S2):285-292.
- [3]石博宇,邓二平,陈庆国,等.多层PCB互连应力测试技术及实验验证[J/OL].半导体技术,1-12[2024-11-24].
- [4]朱启玥,胡宗仁,朱家兵.基于改进YOLOv8的PCB缺陷检测方法[J/OL].重庆工商大学学报(自然科学版),1-13[2024-11-24].