

指纹模组 DIP 后段引脚虚焊缺陷成因及改进方法

申宇豪

重庆川仪微电路有限责任公司 重庆市 400700

摘要：本文以指纹模组 DIP 焊接生产工况为研究基础，系统梳理引脚虚焊的主要成因，具体包括焊盘表面氧化污染、助焊剂使用不当引发的润湿不足问题，焊接温度失衡、温变速率不合理造成的焊接质量缺陷，以及引脚装配偏移、对位精度不足导致的焊点成型不良三大核心因素。针对各类缺陷成因，本文从表面处理优化、焊接温度精准管控、装配工艺规范三个维度，制定针对性的工艺改进与品质管控方案。研究结果可有效解决指纹模组 DIP 引脚虚焊问题，稳定焊接生产质量，降低产品不良率与生产成本，为同类精密元器件 DIP 焊接工艺优化提供参考。

关键词：指纹模组；DIP 后段引脚；虚焊

指纹模组是智能终端指纹识别功能的核心精密元器件，其 DIP 插件后段焊接工艺直接决定模组电气连接稳定性与产品使用寿命。在批量生产过程中，引脚虚焊是 DIP 后段最常见的焊接缺陷之一，该缺陷具有隐蔽性强、复现率低的特点，会导致模组出现接触不良、功能失灵、后期失效等问题，大幅提升产品不良率与返工成本，严重影响产品量产效率与市场品质口碑。为有效解决该生产痛点，分析指纹模组 DIP 后段引脚虚焊的各类诱发成因，并提出针对性制定科学可行的工艺改进方案十分重要。

1 指纹模组 DIP 后段引脚虚焊缺陷成因

1.1 焊盘润湿不足，引发结合不良

焊盘润湿不足是造成指纹模组 DIP 引脚虚焊的核心诱因之一，也是量产过程中占比最高的焊接问题。指纹模组 PCB 焊盘体积微小、精密程度高，焊盘表面极易受环境与物料因素影响出现氧化、污染问题。生产车间湿度超标、物料存放时间过长，会让焊盘表层生成致密氧化层，阻碍焊锡与焊盘、引脚的融合结合^[1]。同时，助焊剂涂刷量不足、活性过低或涂刷不均匀，无法彻底清除焊盘表面杂质与氧化物质，会直接降低焊锡的铺展浸润效果。焊锡无法均匀覆盖焊盘与引脚接触面，就会形成局部空洞、贴合不紧密的状态，最终出现假性焊接的虚焊缺陷，

模组通电后易出现接触中断、功能异常等故障。

1.2 温度控制失衡，降低焊接质量

DIP 焊接工序的温度参数稳定性，直接决定焊点成型质量，温度控制失衡会直接诱发引脚虚焊缺陷。波峰焊、手工补焊等设备温度设置过低时，焊锡无法达到标准熔融状态，焊锡流动性与浸润性大幅下降，难以充分包裹模组引脚与 PCB 焊盘，仅能形成表层贴合的假性焊点。若焊接温度过高，会造成助焊剂快速挥发失效，引脚与焊盘表面失去防护，瞬间产生二次氧化问题，阻碍焊锡结合。此外，焊接升温、降温速率不合理，会导致焊点内部产生应力差异，出现焊锡收缩、剥离现象。温度波动偏差还会造成批量性焊接质量不稳定，大幅提升指纹模组引脚虚焊的不良占比。

1.3 引脚装配偏移，影响焊点成形

指纹模组引脚装配精度不足、位置偏移，会直接破坏焊点成型结构，引发持续性虚焊问题。指纹模组引脚纤细、间距较小，人工插件或自动化插件设备定位偏差，都会导致引脚插入 PCB 孔位时出现偏移、倾斜、不到位等情况。引脚偏移后与焊盘的相对位置发生改变，引脚与焊盘的接触面积大幅缩小，焊接过程中焊锡无法均匀包裹引脚周身与焊盘接触面。部分偏移引脚仅单侧接触焊锡，焊点成型残缺、附着力极差，外观无明显异常但内部结合不牢固。模组后续经过组装按压、温度变化、震动工况后，残缺焊点极易脱离开裂，形成隐性虚焊缺陷，严重影响产品长期使用的稳定性^[2]。

2 指纹模组 DIP 后段引脚虚焊改进方法

2.1 优化表面处理，提升润湿性能

为从根源改善焊盘润湿不足引发的指纹模组引脚虚焊问题，企业需全面优化物料表面处理工艺与仓储管控流程，构建标准化、精细化的前置品质管控体系。首先，严格规范生产车间环境参数，将车间温湿度维持在焊接工艺标准区间，避免空气湿度过高、粉尘堆积导致 PCB 焊盘与模组引脚加速氧化、沾染杂质，从环境层面降低焊接面污染概率。其次，完善物料仓储与使用规范，严格管控 PCB 板、指纹模组的开封存放时长，物料开封后需在规定时效内投入焊接工序，杜绝物料长期裸露在空气中产生厚重氧化层。最后，统一生产线助焊剂选型、配比及涂刷工艺标准，根据精密模组焊接需求选用高活性、适配性强的助焊剂，规范涂

刷厚度、范围与均匀度，确保助焊剂可充分清除焊盘和引脚表面的氧化物质与微小杂质。针对存放周期较长、表面存在轻微氧化的 PCB 板材，增设前置清洗、轻度打磨与超声波去污工序，彻底净化焊接接触面。

2.2 精准控制温度，保证焊接效果

焊接温度失衡是诱发批量虚焊的关键工艺问题，针对该问题，需建立精细化、常态化的温度管控体系，精准把控 DIP 焊接全流程温度参数。结合指纹模组精密元器件的材质特性与引脚结构参数，针对性标定波峰焊、手动补焊、回流焊等各类焊接设备的预热温度、焊接峰值温度及冷却降温速率，杜绝温度过高或过低的异常工况。焊接前期预热需匀速升温，有效激活助焊剂活性、排出焊接面水汽，避免温差过大导致焊锡浸润受阻；焊接峰值温度严格贴合焊锡材质标准，保障焊锡充分熔融，具备良好的流动性与包裹性，可紧密贴合引脚与焊盘接触面。同时，建立设备定期校准制度，安排专人每周对焊接设备温控系统、温度传感器进行检测校准，消除设备硬件温差偏差，保障批量生产温度参数统一稳定。严格管控焊接后冷却流程，采用梯度降温方式，杜绝温度骤变产生的焊点内应力，避免焊锡收缩、剥离、开裂。

2.3 规范装配工艺，改善焊点质量

引脚装配偏移、对位不精准是产生隐性虚焊的重要人为与设备因素，想要彻底改善焊点成型质量，需全面规范装配工艺标准，落实全流程精度管控。针对自动化插件生产线，建立设备定期运维与精度校准机制，每日开机前检测插件机械臂的定位精度、插装深度与垂直度，及时修正机械磨损、设备振动带来的偏移误差，保证模组引脚插入 PCB 孔位时居中垂直、深度达标。针对人工插件作业，完善标准化作业指导书，统一插装对位、力度、深度标准，定期开展岗位技能培训与实操考核，纠正操作人员插装偏差、用力不均等不规范操作，从作业端规避引脚倾斜、偏移、插装不到位等问题。通过设备校准、作业规范、工序抽检三重管控，全面提升引脚装配精度，保证引脚与焊盘充分贴合对位，为焊点均匀成型提供基础，从源头规避装配缺陷引发的隐性虚焊问题，提升产品焊接稳定性与成品良率。

3 结语

本文聚焦指纹模组 DIP 后段引脚虚焊生产缺陷，全面剖析了润湿性能不足、

温度控制失衡、装配精度偏差三类核心问题的产生机理，明确了物料管控、工艺参数、作业精度是影响焊接品质的关键因素。结合精密模组的生产特性，本文针对性提出了优化表面处理工艺、建立全流程温控体系、规范标准化装配作业的改进策略，形成了完整的缺陷治理与品质提升方案。通过落实各项改进措施，可有效改善焊点成型效果，杜绝隐性虚焊缺陷，提升指纹模组产品的使用稳定性与量产良率。

参考文献

- [1]扈浩. DIP、T0-257、FT0 封装元器件组装焊点可靠性预计数字模型研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2025.
- [2]王鹏博, 张永强, 蔡宁, 等. 马氏体含量对合金化热镀锌双相钢电阻点焊接头组织与性能的影响 [J]. 精密成形工程, 2023, 15 (10): 160-167.

作者简介：申宇豪（1997.05-），男，重庆合川人，汉族，FPN 技术员，助理工程师，本科，研究方向：引脚虚焊成因与工艺优化。