

# 2026

**iNSNEX**

## 集成电路PCB缺陷检测项目

---

InsWorks VDE 行业应用解决方案：2026.07

# 项目说明：

## 项目背景：

随着集成电路集成度不断提高、产品体积趋于微型化、工作频率日益提升，PCB的结构精度、导通可靠性和制造工艺复杂度也不断增加，对缺陷检测提出了更高要求。

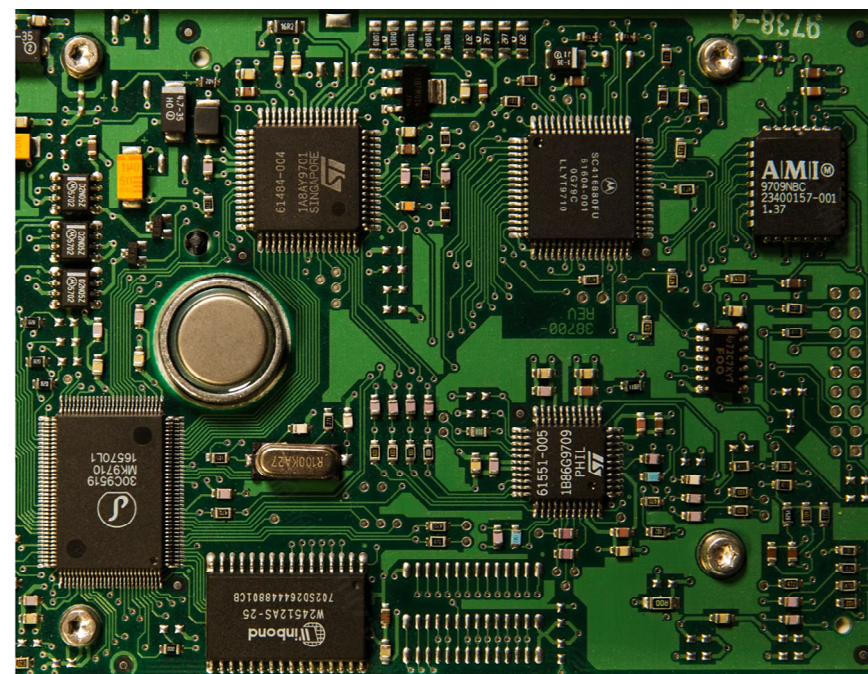
PCB制造工艺流程复杂，涵盖多层图形转移、电镀、蚀刻、钻孔、层压、丝印、贴片、测试等环节，每一道工序都有可能引入缺陷。常见缺陷包括：

- 1)电路类缺陷：断路（open）、短路（short）、多铜、少铜、蚀刻不良；
- 2)结构类缺陷：漏孔、孔偏、分层、板翘；
- 3)表面类缺陷：刮痕、异物、气泡、污染物；
- 4)焊接类缺陷：虚焊、锡桥、焊球偏移等。

## 项目意义：

这些缺陷将直接影响PCB的电气性能、信号完整性和焊接可靠性，严重时可能导致整机失效甚至安全事故。

因此，构建高精度、高效率的PCB缺陷检测系统，对提升产品良率、降低制造成本、确保终端品质具有关键意义。



电路板示意图

## 检测需求与项目目标:

### 检测需求:

- 漏检率:  $<0.3\%$ ; 检测速度:  $>1\text{pcs/s}$ (片/秒)
- 快速部署能力, 结合公开数据集与少量真实缺陷样本, 通过数据增强、缺陷合成与小样本学习等技术, 实现模型快速训练与高效上线
- 高泛化能力, 可适配不同PCB型号, 减少产品变更带来的训练成本

### 项目目标:

本项目基于北京大学PKU-Market-PCB公开数据集, 结合企业实际生产场景中的典型缺陷数据, 通过InsWorksESAI软件构建PCB板缺陷检测模型, 解决传统人工检测的以下痛点:

- 效率低, 无法满足高节拍生产节奏
- 一致性差, 人工质检主观性强, 结果不稳定, 识别标准存在波动
- 人力成本高, 长期重复检测操作, 容易产生职业疲劳

## 整体方案：

### 方案说明：

本项目的主要难点在于：在样本数量有限的情况下实现模型的快速上线，同时确保模型具备良好的泛化能力，能够适配多种 PCB 型号与复杂的工况。主要依托于公开数据集及相似领域的缺陷数据作为基础支撑，以小样本学习为辅，只需收集产线少量样本，也能完成模型快速上线部署。同时InsWorks ESAI软件具有强泛化能力，收集多样的PCB数据集，通过缺陷生成、数据增广技术，显著提升了模型的泛化能力，适应不同型号的PCB缺陷检测。

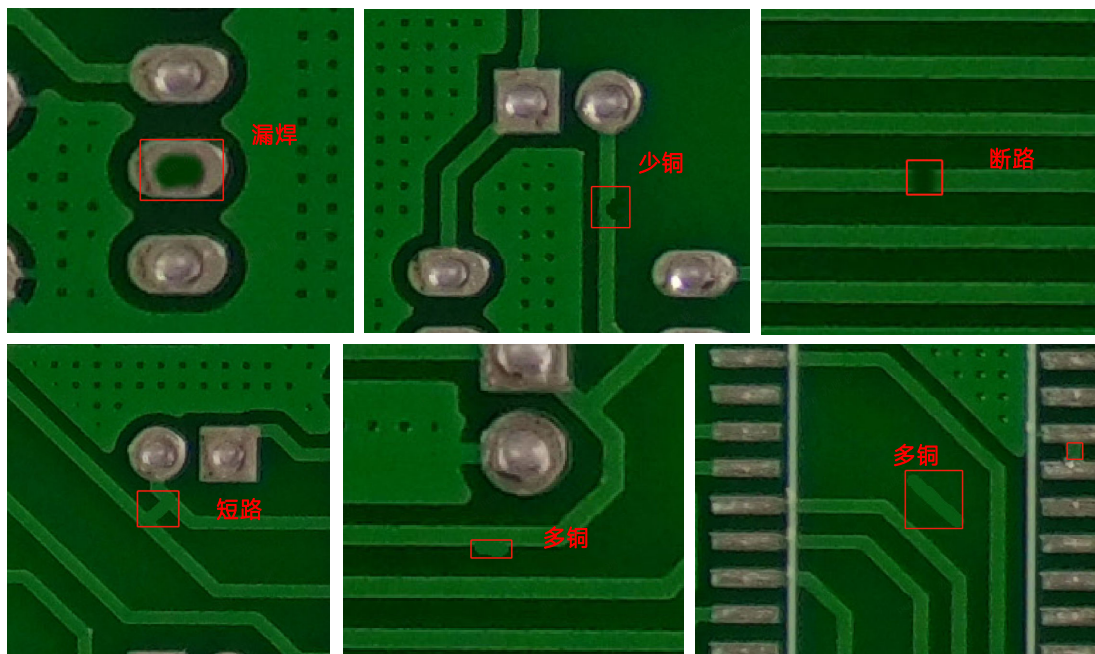
### 检测流程：

采集图像 → 收集检测样本 → 标注缺陷 → 训练模型 → 推理分析 → 验证验收

## 缺陷数据收集：

### 缺陷样本：

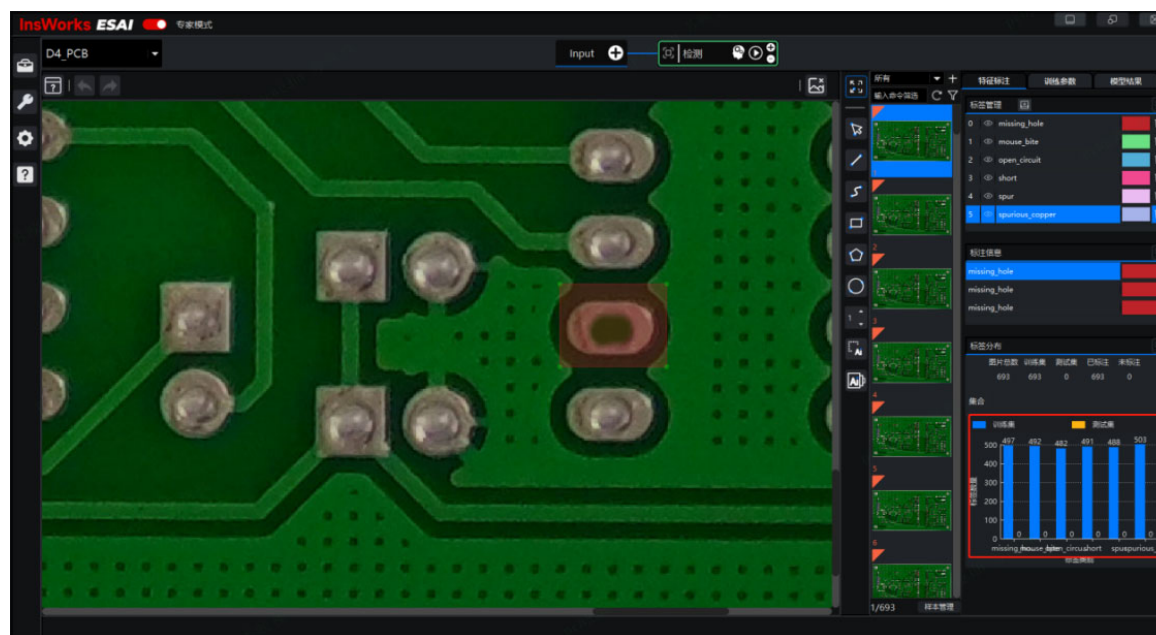
收集产线每类缺陷样本约20例，根据缺陷样本形态，收集包含相似缺陷的公开数据集，构成基础数据集，该数据集包含了6类缺陷，每类缺陷约500例左右，其中典型缺陷如下图所示：



典型缺陷示意图

## 缺陷数据标注：

导入产线真实缺陷数据，并进行标注。将公开数据集转换为Labelme数据格式，通过导入标记工具可将对应图像的标记直接导入到InsWorks ESAI中，得到最终的训练数据集，该数据集每类缺陷分布均匀数据集较好，标签分布如图所示：



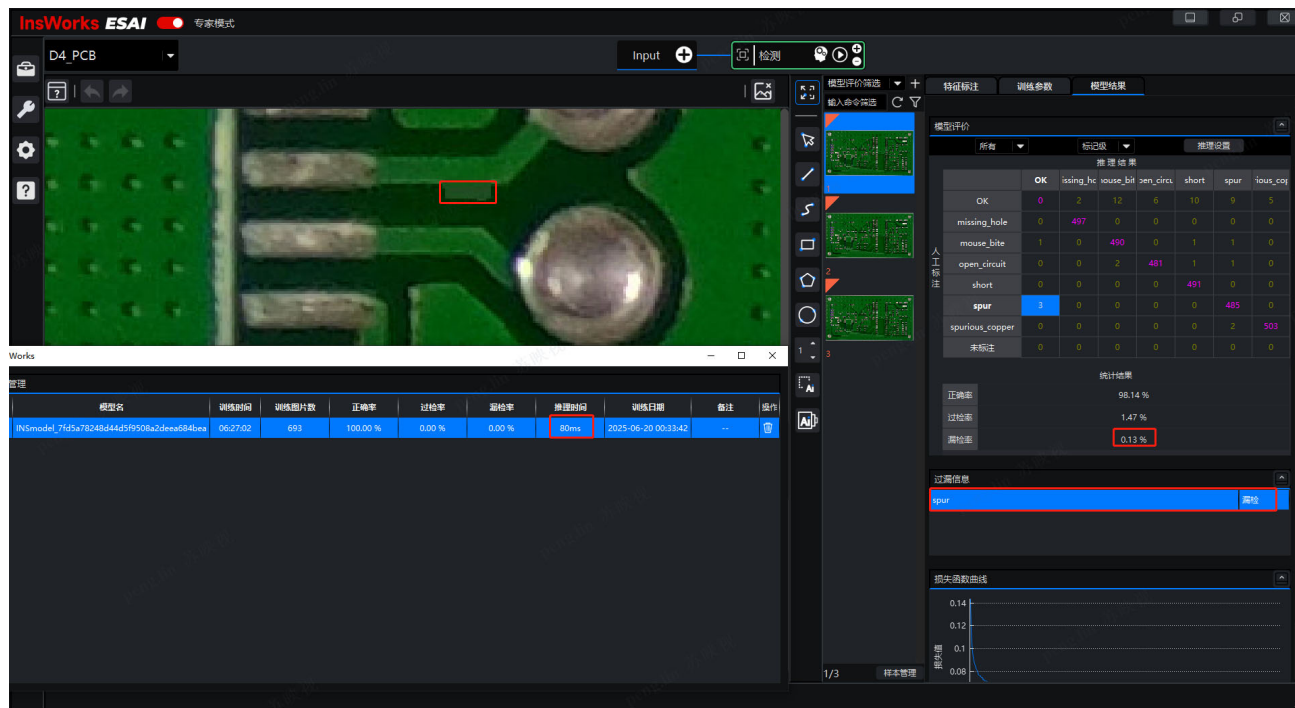
数据标注及分布概览图



# 项目核心算法：

## 目标检测与域差异闭环

目标检测模型对 PCB 图像输出六类缺陷候选框与置信度。训练阶段混合公开数据和现场数据，通过增强覆盖板型变化；验证阶段按类别分析混淆矩阵，定位漏标和误标样本并回流训练集。

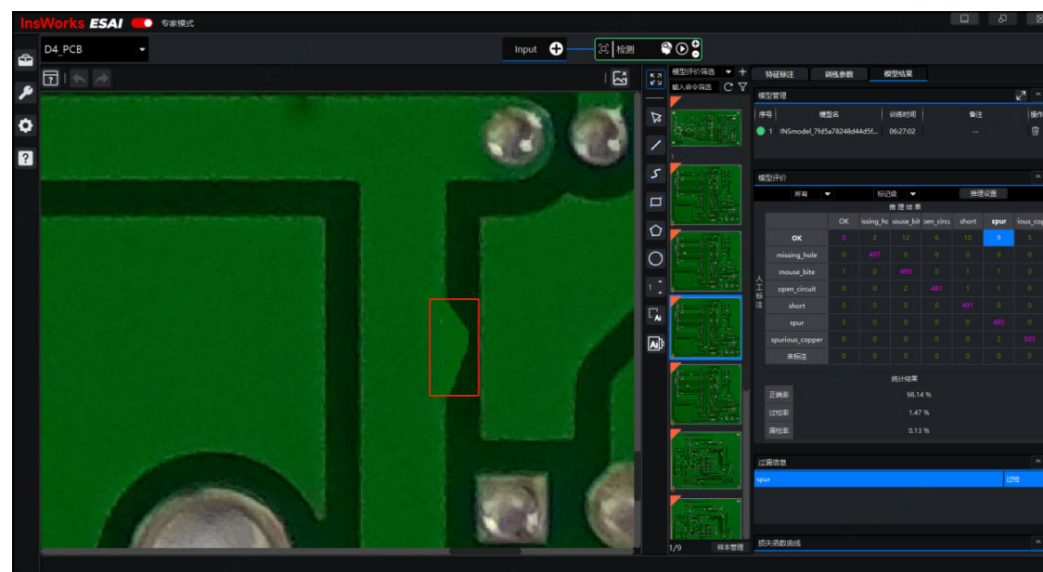


初次训练模型结果图

## 项目总结:

本项目的主要难点在于：在样本数量有限的情况下实现模型的快速上线，同时确保模型具备良好的泛化能力，能够适配多种 PCB 型号与复杂的工况。主要依托于公开数据集及相似领域的缺陷数据作为基础支撑，以小样本学习为辅，较好的完成了该项目，满足了以下要求：

- 构建了PCB基础数据集，为未来同类型的项目奠定了数据基础，相似项目仅需收集少量数据，即可实现模型快速上线部署
- 通过引入多样化的数据增强与缺陷生成技术，提升模型对不同板型、分辨率与缺陷形态的识别能力，显著增强了模型的泛化能力，满足多型号检测需求
- InsWorksESAI软件，大幅提高了问题发现与闭环优化的效率，通过混淆矩阵和快速定位功能，快速发现了公开数据集漏标问题，完成数据清洗及模型迭代，得到了更高精度更可靠的模型



公开数据集的漏标记图