

2026

iNSNEX

汽车零部件外观缺陷检测项目

InsWorks VDE 行业应用解决方案：2026.07

项目说明：

- **行业背景与风险**

汽车零部件质量直接影响整车安全、可靠性和寿命，尤其是发动机、制动系统等关键部件，微小缺陷也可能造成严重后果。

- **检测难点**

批量生产中的缺陷具有随机、多样、不规则的特点；同时汽车零件集成度高，难以获取或人工制作足够的缺陷样本。

- **传统方法的问题**

基于规则的视觉检测和一般监督学习都依赖明确规则或大量缺陷样本，因此难以适应实际场景，最终仍较依赖人工检测。人工检测存在效率低、检测点多、误检率高、易受疲劳和个人经验影响等问题，难以标准化。

- **解决方案：良品学习缺陷检测**

基于机器视觉与人工智能的“良品学习”技术，重点学习合格产品的特征，以此识别异常和缺陷，而不是依赖大量缺陷样本。

- **核心价值**

降低缺陷样本采集与标注成本，提升对未知或泛化缺陷的检测能力，并有助于提高检测自动化与一致性。

检测需求：

本项目基于MVTecAD公开数据集中的金属螺母缺陷图像数据，结合汽车行业大批量零件生产组装的流程，通过InsWorks ESAI软件构建良品学习模型，仅通过正常图像或少量缺陷图像进行模型训练，最终实现对样品表面缺陷的准确识别。

为满足实际工业部署的高效、稳定与鲁棒性要求，项目模型需满足以下关键技术指标：

- 正样本学习能力：仅依靠样本OK图，不依赖或仅需要极少NG图即可完成训练
- 检测速度：>1pcs/s
- 检测性能：漏检率<0.5%，过检率<3%
- 高泛化能力，具有对划痕，弯折，异色等多种缺陷的识别能力



金属螺母示意图

整体方案：

方案说明：

本方案面向汽车零部件外观缺陷检测中缺陷样本稀缺、人工检测效率与一致性不足的问题，基于 InsWorks ESAI 平台构建良品学习检测模型。

模型以金属螺母为对象，仅依靠 21 张 OK 图像和少量 NG 图像即可快速完成训练，实现对划痕、弯折、异色等外观异常的识别。

方案通过“良品建模—阈值判定—漏检样本回流—半监督迭代”的闭环机制，持续提升对未知缺陷的检测能力。

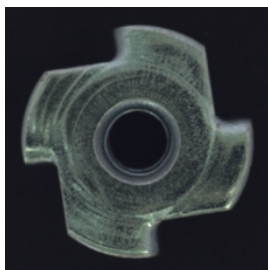
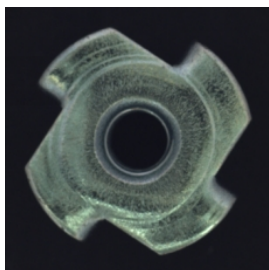
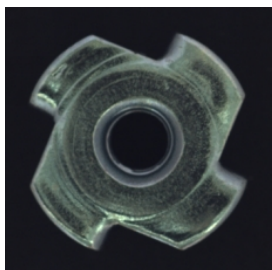
在本案例测试集中，模型迭代后实现漏检率 0%、过检率 0%，检测速度大于 1 pcs/s，为汽车零部件外观质量检测提供了可快速部署、可持续优化的智能化方案。

检测流程：

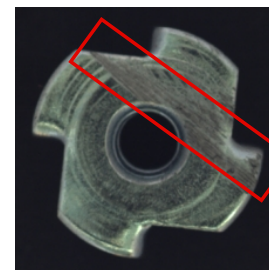
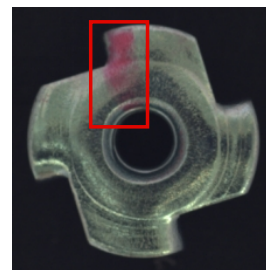
样本采集 → OK/NG标注 → 良品学习训练 → 阈值设定 → 缺陷推理 → 漏检回流 → 模型迭代

缺陷数据收集:

收集OK样本21例，NG样本12例（其中2例加入训练集，10例用于测试）构成基础数据集，图像尺寸700*700，其中OK与NG图如下所示：



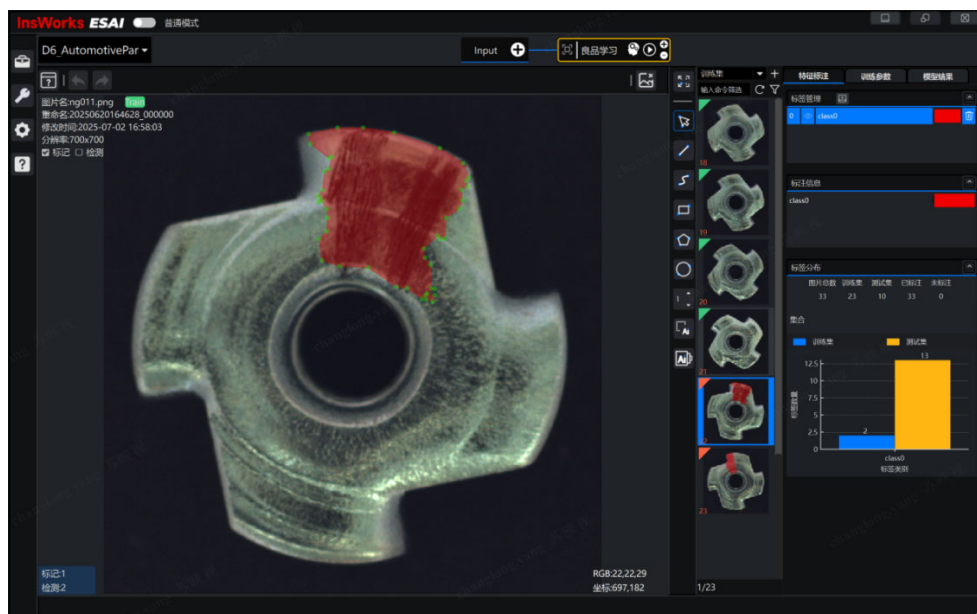
典型OK示意图



典型NG示意图

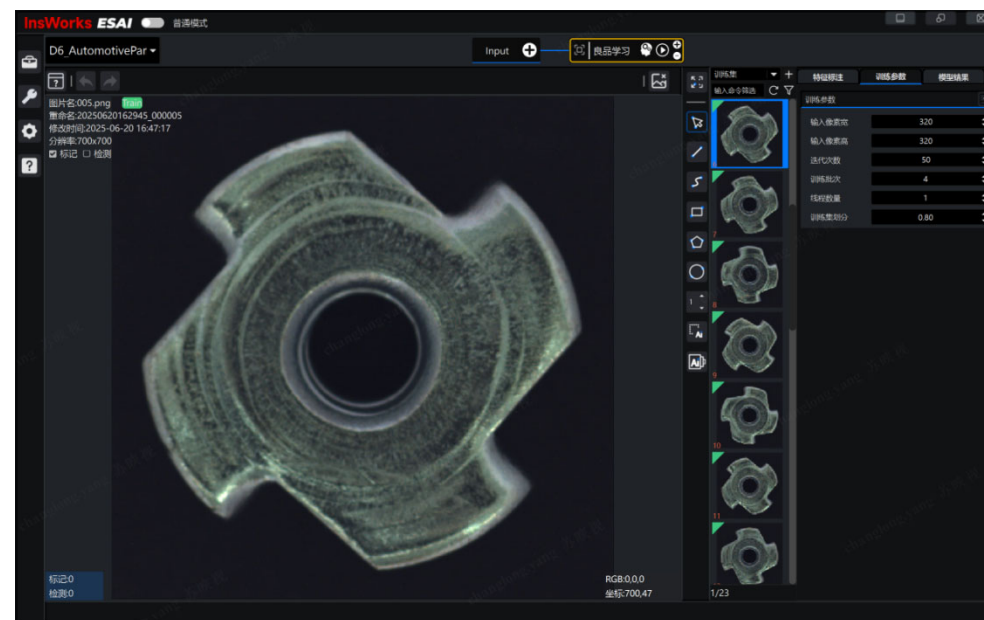
模型训练:

① 将螺母图像导入到InsWorks ESAI中，并建立良品学习节点。完成OK图与NG图标记，并将所有OK图与2张NG图加入训练集，其余NG图加入测试集用于模型性能评估，数据分布如图所示：



数据标注及分布概览图

② 训练时的参数如下所示，由于案例中的图像数量较少，仅需50次迭代即可完成模型训练，在训练数据较多的情况下可适当增加迭代次数。



训练超参图

结果判定策略：

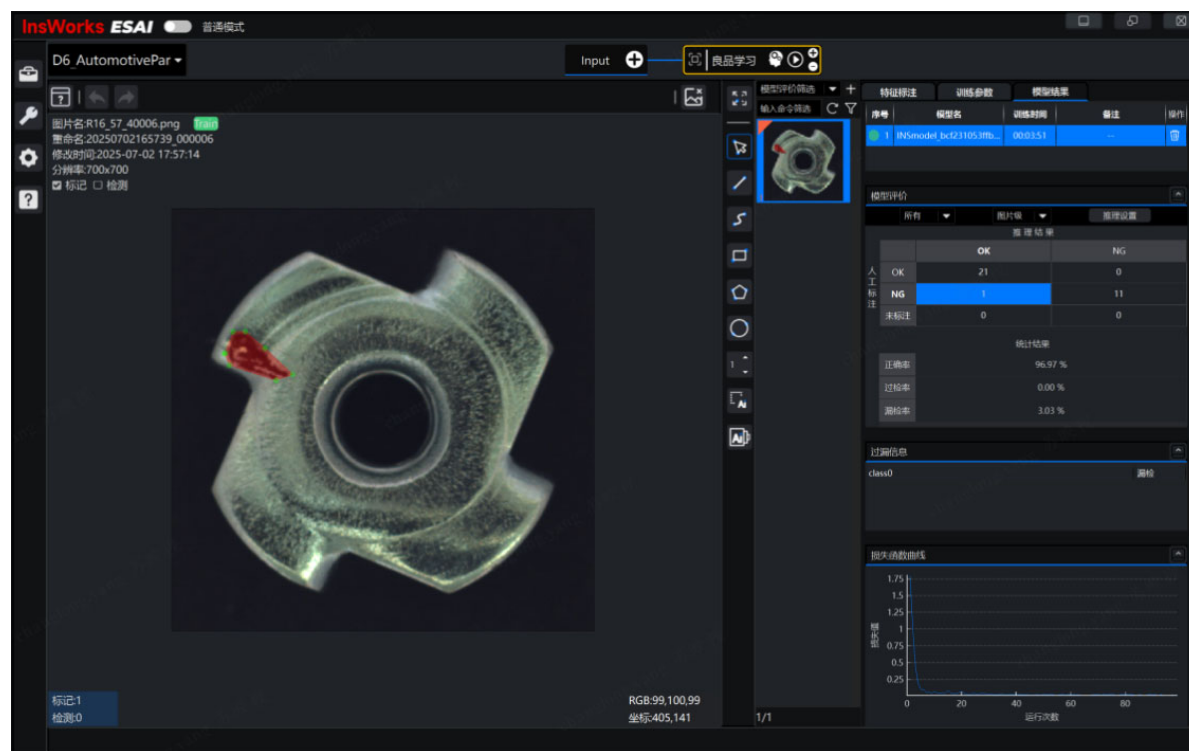
- ① 调整好超参，点击训练模型按钮启动模型训练，
- ② 训练结束后，点击推理按钮进行全图推理，
- ③ 之后点击推理设置按钮打开得分分布窗口，设置合适的图像阈值。
- ④ 阈值的设置标准为令OK图的检测数据分布与NG图的分布尽量分离，以保证发挥出模型的最大检出性能。
- ⑤ 如下图图像阈值倍设置为0.8，结果 <0.8 ，将被判定为OK图；结果 >0.8 ，将被判定为NG图。



初次训练模型结果图

模型验证:

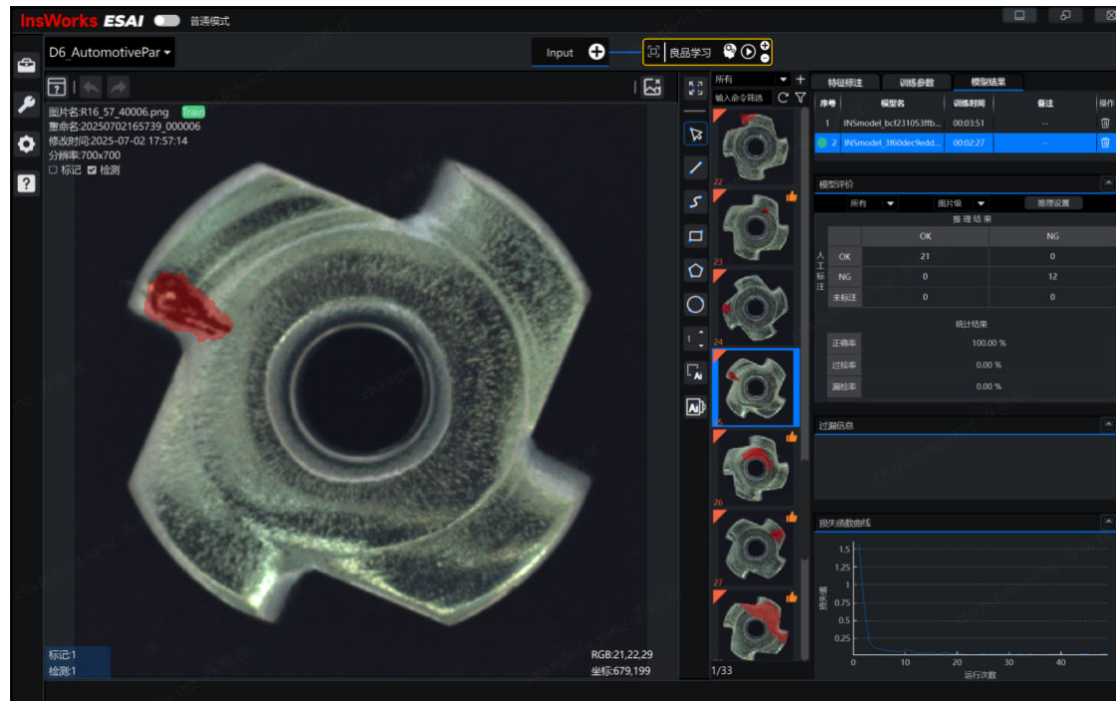
根据模型评价矩阵结果，测试集中存在1张NG图被误判为OK图，导致漏检率未达标，漏检图像下图所示：



测试集中的漏检图像

半监督迭代:

由于现场实际情况的复杂性和可能缺陷的随机性，良品学习并不能一劳永逸地检测出所有未知缺陷，因此InsWork ESAI软件提供了半监督良品学习模型迭代功能，软件支持直接将新的过漏检图像加入训练集，简单流畅地进行模型迭代训练。对训练后模型重新进行模型评价，新模型过检漏检均为0，成功实现项目需求。



迭代后原漏检图像正常检出

项目总结：

最终效果：

本项目的主要难点在于：在缺陷样本数量极少的情况下实现模型训练，同时确保模型具备良好的泛化能力，能够对未知类别缺陷具备检出能力。本项目主要借助InsWorksESAI软件中的良品学习功能，满足了以下要求：

- ①在仅依靠OK图像和极少NG图像的情况下快速完成模型训练；
- ②模型具备强泛化能力，对未知缺陷有一定检出能力，同时具备半监督学习迭代能力，可对过漏检图像快速响应完成迭代；
- ③检测速度：>1pcs/s(片/秒)；
- ④漏检率：<0.5%，过检率<3%；

项目成果：

- 检测性能突破：漏检率0%、过检率0%（迭代后）；成功识别划痕、弯折、异色等多种泛化缺陷，覆盖汽车紧固件常见缺陷类型
- 技术创新性：采用半监督迭代机制，首次训练漏检的NG样本加入训练集后，模型快速迭代使漏检归零，操作流畅，响应速度快；同时也支持零缺陷样本启动，仅凭OK样本建立基准特征空间
- 落地效能：检测速度 > 1pcs/s，模型兼容产线动态更新，支持新缺陷类型学习，降低换型调参成本