

T/QGCML

团 体 标 准

T/QGCML XXXX—2025

基于 AI 技术的产线质检技术要求

Technical requirements for AI - based quality inspection in manufacturing production
lines

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

全国城市工业品贸易中心联合会 发 布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 1

 4.1 工作环境 1

 4.2 系统架构 1

 4.3 智能功能 1

5 技术要求 2

 5.1 参数指标 2

 5.2 检出率 3

 5.3 误检率 3

 5.4 系统平均故障时间间隔 3

 5.5 测试条件 3

 5.6 可检内容 3

基于 AI 技术的产线质检技术要求

1 范围

本文件规定了基于计算机视觉、机器学习等人工智能技术的制造业产线质量检测的系统架构、技术要求、测试方法及实施指南。

本文件适用于汽车、电子、食品等离散/流程制造场景的AI质检系统设计、部署与验收

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 一般要求

4.1 工作环境

工作环境应符合下列规定：

- a) 温度：(5±3)℃；
- b) 相对湿度：不应大于 75%；
- c) 大气压：(86~105)MPa。

4.2 系统架构

4.2.1 硬件组成

硬件组成应符合表1的规定。

表 1 硬件组成

模块	技术要求
图像采集	工业相机分辨率不应小于12 MP，帧率不应小于60 fps（高速产线不应小于200 fps）
计算单元	支持INT8量化的AI加速芯片（算力不应小于16 TOPS）
照明系统	频闪同步误差不应大于1 μs，照度均匀性不应小于90%

4.2.2 软件功能

软件功能应符合下列规定：

- d) 实时缺陷分类：响应延迟不应大于 500 ms；
- e) 数据追溯：保存原始图像+检测结果不应小于 30 天；
- f) 缺陷根因分析：SPC 统计过程控制集成；
- g) 自适应模型更新：在线学习周期不应大于 24 h。

4.3 智能功能

4.3.1 深度学习模型架构

4.3.1.1 缺陷检测模型：需支持 YOLOv7 及以上版本的实时目标检测架构，或等效 Transformer 架构（如 Swin Transformer）。

- 4.3.1.2 多模态融合 支持可见光、红外、X光等多源数据融合检测，跨模态特征对齐误差不应大于0.1。
- 4.3.1.3 小样本学习 在仅有50个样本的新缺陷类型场景下，模型迭代收敛周期不应大于8 h。
- 4.3.2 自适应优化能力
- 4.3.2.1 动态增量学习 ：模型需支持在线硬样本挖掘(OHEM)技术，误检样本自动加入训练集。
- 4.3.2.2 环境鲁棒性 ：光照波动(±30%照度变化)、物料表面反光(镜面反射角不应大于15°)场景下，检出率衰减不应大于2%。
- 4.3.2.3 域适应迁移 ：产线设备更换导致的图像分布偏移时，模型自校准时间不应大于2 h。
- 4.3.3 可解释性与可信 AI
- 4.3.3.1 缺陷判定需提供热力图定位(GRADCAM++置信度不应小于95%)。
- 4.3.3.2 建立缺陷特征量化指标体系：纹理复杂度(GLCM对比度不应小于0.7)、几何畸变(Hausdorff距离不应大于0.3 mm)。
- 4.3.3.3 对抗样本防御：对FGSM攻击的误检率增幅不应大于0.1%。
- 4.3.4 智能决策系统
- 智能决策系统应符合表2的规定。

表 2 智能决策系统

功能层级	技术参数
感知层	时空上下文建模：利用3D-CNN处理产品运动轨迹序列(时序跨度不应小于5帧)
分析层	构建质量知识图谱：关联工艺参数(如注塑温度±2℃)与缺陷模式(熔接痕概率模型)
决策层	实时SPC控制：当连续3件产品出现同类缺陷时，自动触发根因分析(定位至设备编码器故障或材料批次异常)

4.3.5 图像算法

- 图像算法应符合下列规定：
- a) 应包括图像预处理模块、图像标注模块、机器学习模块；
- b) 可对高速工业相机抓取的图像进行智能分析，计算并判断是否符合生产标准。

4.3.6 智能机械

- 智能机械应符合下列规定：
- a) 应包括样品理料、输送、剔除机构等；
- b) 可对多种工业样品进行规则的排列与传送，使待检测样品以统一；
- c) 有序、稳定的形态完成视觉检测；
- d) 可对检测后的不良品，根据其形状、重量、材质等物理特性设计不同的剔除方式。

5 技术要求

5.1 参数指标

参数指标应符合表3的规定。

表 3 参数指标

参数	指标
检出率	≥99%
误检率	≤0.5%
系统平均故障时间间隔	≥3500 h
可检内容	外观尺寸缺陷瑕疵检测，主要是产品的裂痕，缺角，毛刺批

参数	指标
	锋，错漏装，各项标识等

试验方法

5.2 检出率

5.2.1 样本制备

样本制备应符合下列规定：

- a) 创建涵盖所有可检缺陷类型的标准样本集：裂痕（最小宽度 0.1 mm）、缺角（最小面积 0.25 mm²）、毛刺批锋（最小高度 0.05 mm）、错漏装、标识异常；
- b) 缺陷样本占比：总样本量的 5%；
- c) 总测试样本量：不应小于 2000 件。

5.2.2 测试程序

测试程序应按下列步骤执行：

- a) 连续通过产线检测系统；
- b) 记录系统正确识别缺陷的次数，计算检出率。

5.3 误检率

5.3.1 样本制备

样本制备应符合下列规定：

- a) 采用人工确认合格的样本 5000 件；
- b) 植入干扰项：10%样本添加油渍/水渍/非标准阴影；

5.3.2 测试程序

测试程序应按下列步骤执行：

- a) 连续运行等效 24 h 生产检测量；
- b) 统计系统误判缺陷的次数，计算误检率；

5.4 系统平均故障时间间隔

5.5 测试条件

测试条件应符合下列规定：

- a) 7×24 h 满负荷运行；
- b) 模拟环境波动：温度循环（5~35）℃，电压波动±10%；
- c) 故障判定：记录包括硬件故障/软件崩溃/通信中断的导致系统停机不小于 5 min 的事件，计算系统平均故障时间间隔。

5.6 可检内容

5.6.1 专项缺陷测试

专项缺陷测试应符合下列规定：

- a) 裂痕检测：金属/玻璃基材预制（0.08~0.15）mm 裂纹，多角度通过检测系统；
- b) 缺角检测：标准件边缘切除 0.5 mm×0.5 mm 缺损，不同材质样本不小于 100 件/类；
- c) 毛刺批锋检测：注塑件植入（0.05~0.3）mm 飞边，白光干涉仪标定高度；
- d) 错漏装检测：随机漏装 1~2 个关键部件（如螺钉），偏移安装位置±15%公差；
- e) 标识检测：制作印刷缺陷样本（字符残缺/色差 ΔE>5/二维码损毁率 30%）。
