

ICS 25.04.040

CCS N 17

T

# 团体标准

T/CEATEC XXX—2026

## 汽车电子制造在线智能检测装备 通用技术要求

General technical requirements for on-line intelligent detection equipment in  
automotive electronic manufacturing

(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 分类和组成 ..... 2

    4.1 分类 ..... 2

    4.2 基本组成 ..... 2

5 技术要求 ..... 2

    5.1 一般要求 ..... 2

    5.2 外观与结构要求 ..... 3

    5.3 感知检测性能要求 ..... 3

    5.4 智能分析性能要求 ..... 3

    5.5 数据处理与互联集成要求 ..... 3

    5.6 电气安全 ..... 3

    5.7 电磁兼容性 ..... 4

    5.8 环境适应性 ..... 4

    5.9 可靠性与可维护性 ..... 4

6 试验方法 ..... 4

    6.1 试验条件 ..... 4

    6.2 外观与结构检查 ..... 5

    6.3 感知检测性能试验 ..... 5

    6.4 智能分析功能试验 ..... 5

    6.5 数据处理与互联集成试验 ..... 5

    6.6 电气安全试验 ..... 5

    6.7 电磁兼容性试验 ..... 5

    6.8 环境适应性试验 ..... 5

    6.9 可靠性与可维护性试验 ..... 6

7 检验规则 ..... 6

    7.1 出厂检验 ..... 6

    7.2 型式检验 ..... 6

    7.3 合格判定 ..... 6

8 标志、包装、运输和贮存 ..... 6

    8.1 标志 ..... 6

    8.2 包装 ..... 6

    8.3 运输 ..... 6

8.4 贮存 ..... 7

## 前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

# 汽车电子制造在线智能检测装备通用技术要求

## 1 范围

本文件规定了汽车电子制造在线智能检测装备（以下简称“检测装备”）的分类与组成、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于汽车电子智能检测装备的设计、制造和检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图形符号标志
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea：冲击
- GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
- GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分：发射要求
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

汽车电子制造在线智能检测装备 on-line intelligent detection equipment in automotive electronic manufacturing

在汽车电子元器件贴装、焊接及组装生产过程中，安装于生产线传送带或专机上，对被测产品进行自动传送、定位、图像或电信号采集、智能算法分析、缺陷判别及数据上传，无需人工干预的集成化检测装置。

### 3.2

最小检测分辨率 minimum detectable resolution

检测装备在正常工况下可识别的被测对象最小物理尺寸偏差或灰度差异。

### 3.3

**误报率** false call rate, FCR

被检测装备判定为“缺陷”但实际为合格品的被测件数量占全部被判定为“缺陷”的被测件数量之比。

### 3.4

**漏检率** escape rate, ER

存在真实缺陷但被检测装备判定为“合格”的被测件数量占全部含缺陷被测件数量之比。

### 3.5

**节拍时间** tact time

检测装备完成一次单板（或单件）完整检测循环所需的最长时间，含上料、定位、检测、判别及下料。

## 4 分类和组成

### 4.1 分类

#### 4.1.1 检测原理

按检测原理分类如下：

- a) 在线自动光学检测装备（AOI），含2D-AOI及3D-AOI；
- b) 在线自动X射线检测装备（AXI），含2D-AXI及3D-CT-AXI；
- c) 在线电路测试装备（ICT）；
- d) 在线功能测试装备（FCT/EOL）；
- e) 复合型或多模态融合检测装备。

#### 4.1.2 安装方式

按安装方式分类如下：

- a) 皮带/导轨传输式在线型；
- b) 机械手上下料式在线型；
- c) 固定工位流转式在线型。

### 4.2 基本组成

检测装备一般由以下模块组成：

- a) 上料与定位模块：传送带、导轨、气动夹具或视觉定位机构；
- b) 感知检测模块：光学相机及镜头组（可见光/多光谱/激光）、X射线源及探测器、测试探针模组、传感器阵列；
- c) 数据处理模块：工控机、图像采集卡、FPGA/DSP处理单元；
- d) 智能分析模块：内置缺陷识别算法（含机器学习或深度学习模型）、特征提取与分类引擎；
- e) 结果输出模块：显示屏、声光报警、OK/NG分拣机构、数据通信端口；
- f) 人机交互模块：触摸屏、键盘、指示灯、急停按钮；
- g) 辅助模块：光源系统（条形/环形/同轴/背光源）、除尘/防静电装置、温湿度监控。

## 5 技术要求

### 5.1 一般要求

- 5.1.1 检测装备应按经规定程序批准的图样及技术文件制造，各零部件应装配牢固、无松动。
- 5.1.2 电气接线应整齐、标号清晰，走线槽盖板完好。

5.1.3 操作面板标识应清晰、耐久，紧急停止按钮应为红色蘑菇头式，且按下后立即切断危险动作动力源。

5.1.4 检测装备宜具备开机自检及关键部件（相机、光源、探针、编码器）状态监测与故障提示功能。

## 5.2 外观与结构要求

5.2.1 外露表面应平整光滑，无锐角毛刺、明显划痕、锈蚀及涂层剥落。

5.2.2 设备铭牌应固定牢固，内容清晰、耐久，包含产品名称、型号、制造厂名、出厂编号及制造日期等信息。

5.2.3 所有紧固件应装配齐全、紧固到位，无松动；设备内部布线应整齐规范，标号清晰，绑扎牢固。

## 5.3 感知检测性能要求

### 5.3.1 检测精度

应满足以下要求：

a) 用于汽车电子PCBA焊点及元件检测的AOI装备，最小检测分辨率应不低于 $5\sim 10\ \mu\text{m}$ （像元分辨率），对0402及以上封装元件缺件、偏移、极性反向、引脚翘起应能有效识别；

b) AXI装备对BGA/CSP焊点内部空洞检出能力应不低于直径 $0.2\ \text{mm}$ 。

### 5.3.2 漏检率（ER）

在按规定建立的金板与缺陷样板库条件下，关键缺陷（缺件、极性反、桥连、严重虚焊、BGA焊点内部大面积空洞）漏检率不应大于规定限值（由制造商明示，典型值不大于0.5%）。

### 5.3.3 误报率（FCR）

在相同样板条件下，误报率不应大于制造商明示值（典型值不大于3%），且设备宜具备人工复判学习再训练功能以降低误报。

### 5.3.4 节拍时间

检测装备连续运行时，单件检测节拍时间应满足产线节拍要求，制造商应明示最大节拍时间，且实测值不应超过明示值的110%。

### 5.3.5 重复性

对同一标准缺陷样板连续检测，检测结果的一致性（OK/NG判别一致率）应不低于99%。

## 5.4 智能分析性能要求

5.4.1 检测装备应内置或可加载缺陷分类算法，应至少能区分：缺件、多件、偏移、极性反向、引脚翘起/弯折、桥连、虚焊/少锡、字符/丝印错误、BGA焊点空洞等典型汽车电子PCBA缺陷类型。

5.4.2 宜支持基于样本库的深度学习缺陷识别模型导入、在线增量学习与模型版本管理。

5.4.3 应能对检测结果进行统计过程控制（SPC）分析，输出缺陷分布、趋势图及CPK等质量指标（如有）。

5.4.4 应具备检测程序（Recipe）创建、编辑、保存、调用及权限管理功能，不同产品型号对应不同检测程序。

5.4.5 应具有检测数据本地存储功能，存储周期不低于30天（按每班次检测数据量计），支持按条码/二维码序列号检索追溯。

## 5.5 数据处理与互联集成要求

5.5.1 检测装备应提供标准数字通信接口（如RS-232/RS-485、USB、以太网），以太网接口至少支持10/100/1000 Base-T。

5.5.2 应支持主流工业通信协议，如Modbus TCP、OPC UA、MQTT或SECS/GEM（半导体及高端电子产线适用），以便与MES系统对接。

5.5.3 上送数据至少应包含，产品唯一标识码（条形码/二维码内容）、检测时间、检测结果（OK/NG）、缺陷类型及位置坐标、设备编号。

5.5.4 应支持远程启停指令接收及状态反馈（运行、待机、报警、故障）。

5.5.5 检测装备应具备用户分级权限管理（操作员、工艺工程师、管理员），防止未经授权修改检测程序和系统参数。

## 5.6 电气安全

5.6.1 检测装备的导电部件与外壳接地端子之间的接地电阻应不大于 $0.1\ \Omega$ ，保护接地应可靠。

5.6.2 带电回路与可触及导体之间应能承受符合GB 4793.1规定的介电强度试验，无击穿或闪络。

## 5.7 电磁兼容性

### 5.7.1 电磁发射

应满足GB/T 9254.1中Class A或Class B的要求限值（由制造商按安装场所选定并明示）。

### 5.7.2 静电放电抗扰度

应能承受接触放电 $\pm 4\text{kV}$ 、空气放电 $\pm 8\text{kV}$ 的静电放电，性能判据应符合GB/T 17626.2中B级的要求。

### 5.7.3 射频电磁场辐射抗扰度

应能承受 $10\text{V/m}$ （ $80\text{MHz}\sim 1\text{GHz}$ ）的射频电磁场辐射，性能判据应符合GB/T 17626.3规定的A级要求。

### 5.7.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电源端口应能承受 $\pm 2\text{kV}$ 、信号端口应能承受 $\pm 1\text{kV}$ 的电快速瞬变脉冲群，性能判据应符合GB/T 17626.4规定的B级要求。

### 5.7.5 浪涌（冲击）抗扰度

线-线应能承受 $\pm 1\text{kV}$ 、线-地应能承受 $\pm 2\text{kV}$ 的浪涌，性能判据应符合GB/T 17626.5规定的C级要求。

### 5.7.6 射频场感应的传导抗扰度

应能承受 $10\text{V}$ （ $150\text{kHz}\sim 80\text{MHz}$ ）的射频场感应的传导骚扰，性能判据应符合GB/T 17626.6规定的A级要求。

## 5.8 环境适应性

### 5.8.1 工作温度与湿度

检测装备应在环境温度 $0\ ^\circ\text{C}\sim +40\ ^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $20\%\sim 80\%$ （无凝露）条件下能正常工作；有更高要求的应用场合（如靠近回流焊出口），制造商应明示允许工作温度上限。

### 5.8.2 贮存运输条件

宜在 $-20\ ^\circ\text{C}\sim +60\ ^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 85\%$ （无凝露）。

### 5.8.3 外壳防护

控制柜及操作面板防护等级和检测头（相机、光源等）在特殊粉尘环境的使用，应符合GB/T 4208规定，由制造商明示。

### 5.8.4 冲击与振动

检测装备应在符合GB/T 2423.5规定的冲击试验（峰值加速度 $150\text{ m/s}^2$ ，持续时间 $11\text{ ms}$ ，三个轴向各三次）以及符合GB/T 2423.10规定的扫频振动试验（ $10\text{ Hz}\sim 55\text{ Hz}\sim 10\text{ Hz}$ ，振幅 $0.35\text{ mm}$ ，每轴向扫频循环不少于10次）后，结构无损伤，通电功能正常。

## 5.9 可靠性与可维护性

5.9.1 检测装备的平均无故障工作时间（MTBF）由制造商明示，典型值不宜低于 $2000\text{ h}$ （光学类）或 $1000\text{ h}$ （含运动机构类）。

5.9.2 平均修复时间（MTTR）不宜大于 $30\text{ min}$ （更换模块级部件）。

5.9.3 光源、滤波片、探针等耗材应有寿命提示或更换周期建议。

5.9.4 设备应提供故障代码显示及简明排查指引。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

除另有规定外，试验应在下列环境条件下进行：

a) 温度： $15\ ^\circ\text{C}\sim 35\ ^\circ\text{C}$ ；

b) 相对湿度： $45\%\sim 75\%$ ；

c) 大气压： $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ ；

d) 试验用电源：额定电压 $\pm 10\%$ ，频率 $50\text{ Hz}\pm 1\text{ Hz}$ ；

e) 检测装备开机预热至稳定工作状态（通常不少于 $30\text{ min}$ ）。

## 6.2 外观与结构检查

目测检查外观、涂层、紧固件、铭牌及布线，用手感检查紧固件松动情况。

## 6.3 感知检测性能试验

### 6.3.1 分辨率与精度

使用已知线宽/间距的标准测试板（如ISO 12233分辨率板或SMT标准测试拼板），拍摄并测量系统可分辨的最小线宽。

### 6.3.2 漏检率与误报率

准备含各类已知缺陷（缺件、偏移、桥连、虚焊、BGA空洞等）的缺陷样板不少于50块及已知合格金板不少于200块，各重复检测规定次数，统计漏检数与误报数，计算漏检率与误报率。

### 6.3.3 节拍时间

连续检测同一规格标准板10次，记录每次从触发检测到结果输出的时间，取最大值作为实测节拍时间。

### 6.3.4 重复性

对同一标准缺陷样板连续检测不少于20次，记录OK/NG判别结果一致性。

## 6.4 智能分析功能试验

5.4所述功能逐项操作验证：调取不同产品检测程序、运行缺陷分类、查看SPC报表、检索历史记录。若装备宣称支持深度学习模型导入，应演示模型文件加载及基于新模型的重检测功能。

## 6.5 数据处理与互联集成试验

6.5.1 通过以太网连接检测装备与测试计算机，使用标准网络工具或串口调试助手发送启停指令，确认装备响应并与状态反馈一致。

6.5.2 模拟MES下发工单切换指令，验证检测程序自动切换功能。

6.5.3 检查上传数据包字段完整性，确认包含5.5.3规定的关键信息。

6.5.4 尝试不同权限账号登录，验证权限受限操作（如修改检测阈值、删除程序）被拦截。

## 6.6 电气安全试验

### 6.6.1 接地电阻

测量电阻值应按GB 5226.1执行，用接地电阻测试仪在接地端子与最远一点需要接地的可触及金属部件之间施加电流（不小于10 A）。

### 6.6.2 介电强度

试验应符合GB 4793.1规定，应在带电回路与可触及金属部件之间施加试验电压（通常为交流1500 V，历时1 min），无击穿或闪络。

## 6.7 电磁兼容性试验

### 6.7.1 电磁发射

应按GB/T 9254.1执行。

### 6.7.2 静电放电抗扰度

应按GB/T 17626.2执行。

### 6.7.3 射频电磁场辐射抗扰度

应按GB/T 17626.3执行。

### 6.7.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度

应按GB/T 17626.4执行。

### 6.7.5 浪涌（冲击）抗扰度

应按GB/T 17626.5执行。

### 6.7.6 射频场感应的传导抗扰度

应按GB/T 17626.6执行。

## 6.8 环境适应性试验

#### 6.8.1 高温工作

应按GB/T 2423.2执行，在+40℃（或制造商明示上限温度）保持2 h，检测装备应能正常完成检测循环。

#### 6.8.2 低温工作

应按GB/T 2423.1执行，在0℃保持2 h，检测装备应能正常完成检测循环。

#### 6.8.3 恒定湿热

应按GB/T 2423.3执行，在+40℃、相对湿度90%~95%、持续48 h条件下（或按制造商规定），试验后恢复2 h，通电检查功能正常。

#### 6.8.4 冲击与振动

应分别按GB/T 2423.5及GB/T 2423.10执行，试验后检查结构完整性并通电验证基本功能，结果应符合5.8.4要求。

#### 6.8.5 外壳防护

应符合GB/T 4208规定的方法对明示防护等级进行验证。

### 6.9 可靠性与可维护性试验

应符合GB/T 5080.7规定的定时截尾或序贯试验方案进行验证。

## 7 检验规则

### 7.1 出厂检验

每个产品在出厂前应进行出厂检验，检验项目包括外观与结构要求等。

### 7.2 型式检验

#### 7.2.1 检验时机

在下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产满1年时；
- d) 间隔一年以上再生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

#### 7.2.2 抽样规则

按GB/T 2828.1的规定进行抽样。

#### 7.2.3 检验项目

型式检验项目为本文件第5章规定的全部技术要求。

### 7.3 合格判定

检验结果符合本标准规定的技术要求，方可判定为合格。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

产品应标明生产企业、产品型号、规格、生产日期及相关认证标志，包装储运标志应符合GB/T 191的规定。

### 8.2 包装

产品应采用适当的包装材料，确保在运输和贮存过程中不受损坏。

### 8.3 运输

运输过程中应避免阳光直射和高温，保持产品的干燥和完整。

#### 8.4 贮存

贮存环境应干燥、阴凉，温度应控制在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间，相对湿度应低于85%。

---