

ICS 25.040.40

CCS N 17

T

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

汽车电子制造在线智能检测与控制性能评价方法

Performance evaluation methods for online intelligent detection and control

in automotive electronics 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 评价原则与要求 2

 4.1 评价基本原则 2

 4.2 评价机构要求 2

 4.3 评价人员要求 2

5 评价指标 2

 5.1 指标体系构成 2

 5.2 检测精度指标 2

 5.3 检测速度指标 3

 5.4 控制精度指标 3

 5.5 系统稳定性指标 4

 5.6 检测可靠性指标 4

 5.7 数据质量指标 4

 5.8 环境适应性指标 4

6 试验方法 5

 6.1 环境条件 5

 6.2 样品要求 5

 6.3 采样方法 5

 6.4 检测精度试验 5

 6.5 检测速度试验 6

 6.6 控制精度试验 6

 6.7 系统稳定性试验 6

 6.8 检测可靠性试验 6

 6.9 数据质量试验 6

 6.10 环境适应性试验 7

7 取值规则 7

 7.1 数据整理与预处理 7

 7.2 综合评价分值计算 7

8 评价结果 8

 8.1 等级划分 8

 8.2 综合评定方法 9

 8.3 评价报告 9

8.4 结果复核 9

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与控制性能评价方法

1 范围

本文件规定了汽车电子制造在线智能检测与控制性能的评价原则与要求、评价指标、试验方法、取值规则、评价结果。

本文件适用于汽车电子产品量生产线配套的在线智能检测与智能控制系统的性能评价。

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 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 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- 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
- GB/T 5080.1 可靠性试验 第1部分：试验条件和统计检验原理
- 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 17989.2 控制图 第2部分：常规控制图
- GB/T 18655 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 28046.1 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定
- GB/T 28046.4 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷
- GB 34660 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

在线智能检测系统 online intelligent detection system

集成于汽车电子生产线中，能够自动采集、处理和分析产品特征数据，并利用人工智能或模式识别技术对产品合格性进行实时判别的检测装备系统。

3.2

在线智能控制系统 online intelligent control system

集成于汽车电子生产线中，能够实时采集过程参数，基于预设控制算法或自适应学习机制对制造工艺参数进行自动调节和优化的控制系统。

3.3

检测精度 detection accuracy

在线智能检测系统对目标特征参数的测量结果与真值之间的一致程度。在统计意义上，检测精度宜用正确检测率、误检率等指标进行量化表征。

3.4

检测节拍 detection cycle time

在线智能检测系统完成一个检测单元（单个产品或单个工艺工位）所需的平均时间，以秒（s）为单位。

4 评价原则与要求

4.1 评价基本原则

应遵循以下原则：

- a) 公正性原则：评价活动应独立、客观、公正，不受被评价方及其他利益相关方的不当影响；
- b) 科学性原则：评价方法应基于数理统计和测量理论，指标可量化、可复现，试验条件应明确可控；
- c) 可操作性原则：评价流程应清晰、简便，所需的仪器设备和样品应易于获得，评价成本应在合理范围内；
- d) 保密性原则：评价机构应对被评价系统的技术细节、商业秘密及评价结果严格保密。

4.2 评价机构要求

应满足以下要求：

- a) 应为依法注册并具有独立法人资格的第三方检测机构、科研院所或行业组织；
- b) 应具备与评价项目相适应的测量仪器、试验设备和环境条件，所有关键计量器具应在有效校准期内；
- c) 应建立并运行符合 GB/T 19001 要求的质量管理体系；
- d) 不应与被评价系统的制造商、供应商存在直接经济利益关系。

4.3 评价人员要求

应满足以下要求：

- a) 应具有汽车电子、自动化或测量控制相关专业本科及以上学历，并具有三年以上相关领域工作经历；
- b) 应经过本文件及相关标准培训，熟悉评价流程和试验方法；
- c) 评价组应由不少于三名评价人员组成，其中至少一人具有高级技术职称；
- d) 评价人员应签署公正性与保密承诺书。

5 评价指标

5.1 指标体系构成

- 5.1.1 汽车电子制造在线智能检测与控制系统的性能评价指标分为检测精度、检测速度、控制精度、系统稳定性、检测可靠性、数据质量和环境适应性七个维度。
- 5.1.2 当评价对象仅为在线检测系统或在线控制系统时，可仅选取相应维度的指标进行评价。
- 5.1.3 当评价对象为检测与控制一体化系统时，应对全部维度指标进行评价。

5.2 检测精度指标

检测精度指标应符合表 1 的要求。

表 1 检测精度评价指标

序号	指标名称	单位	评价要求
----	------	----	------

序号	指标名称	单位	评价要求
1	正确检测率（CDR，视觉类）	%	≥99.50
2	正确检测率（CDR，电性能测试类）	%	≥99.90
3	假阳性率（FPR，视觉类）	%	≤0.30
4	假阳性率（FPR，电性能类）	%	≤0.05
5	假阴性率（FNR，视觉类）	%	≤0.20
6	假阴性率（FNR，电性能类）	%	≤0.05
7	位置精度（视觉检测类）	mm	≤±0.02（高精度焊接检测）
			≤±0.05（元器件定位检测）
8	尺寸测量精度（视觉检测类）	mm	≤±0.01
9	电参数测量精度（电气类，电压）	% FS	≤±1.0
10	电参数测量精度（电气类，电流）	% FS	≤±1.5
注 1：FS 表示满量程。			
注 2：表中数值为综合评价的最低推荐值，不同汽车电子产品的具体要求可由使用方与制造商协商确定。			

5.3 检测速度指标

检测速度指标应符合表 2 的要求。

表 2 检测速度评价指标

序号	指标名称	单位	评价要求
1	检测节拍	s	≤生产线基准节拍×80%
2	图像采集时间（视觉类）	ms	≤50
3	图像处理时间（视觉类）	ms	≤100
4	数据采集时间（电气类）	ms	≤10
5	结果输出延迟	ms	≤20
注：生产线基准节拍的 80%是指检测节拍不应超过生产线基准节拍的 80%，以保证检测不构成生产瓶颈。			

5.4 控制精度指标

控制精度指标应符合表 3 的要求。

表 3 控制精度评价指标

序号	指标名称	单位	评价要求
1	控制误差均值	视工艺而定	应符合工序能力指数 Cpk≥1.33
2	控制误差标准差	视工艺而定	应符合工序能力指数 Cpk≥1.33
3	控制响应时间	ms	≤100
4	参数调节范围	视工艺而定	应覆盖工艺规格要求的全范围
5	超调量	%	≤工艺设计值的 10%
注：工序能力指数 Cpk 的计算方法按照 GB/T 17989.2 的相关规定。			

5.5 系统稳定性指标

系统稳定性指标应符合表 4 的要求。

表 4 系统稳定性评价指标

序号	指标名称	单位	评价要求
1	检测结果标准差	—	≤检测精度阈值（允许误差）的 1/3
2	控制过程统计受控率	%	≥99.73（3σ 水平）
3	误报警率	次/1000 次检测	≤5
4	漏检率长期漂移	%/24h	≤0.05
5	控制稳定性系数（8 小时内 Cpk 保持）	—	Cpk≥1.33

注：统计受控率的判定按照 GB/T 17989.2 中控制图判异准则执行。

5.6 检测可靠性指标

检测可靠性指标应符合表 5 的要求。

表 5 检测可靠性评价指标

序号	指标名称	单位	评价要求
1	平均无故障时间（MTBF）	h	≥720
2	平均修复时间（MTTR）	h	≤2
3	可用度	%	≥99.50
4	传感器漂移率	%/1000h	≤0.5

注：MTBF 和 MTTR 的计算方法按照 GB/T 5080.7 的规定。

5.7 数据质量指标

数据质量指标应符合表 6 的要求。

表 6 数据质量评价指标

序号	指标名称	单位	评价要求
1	数据采集完整率	%	≥99.95
2	数据记录准确率	%	≥99.99
3	数据传输丢包率	%	≤0.10
4	数据时序一致性	ms	≤±5
5	数据存储可靠性（年）	%	≥99.999

注：数据时序一致性是指不同检测通道的数据在时间轴上的对齐误差。

5.8 环境适应性指标

环境适应性指标应符合表 7 的要求。

表 7 环境适应性评价指标

序号	指标名称	单位	评价要求
1	工作温度范围（车内安装设备）	℃	-20~+70
2	工作温度范围（发动机舱设备）	℃	-30~+85

序号	指标名称	单位	评价要求
3	存储温度范围	℃	-40~+95
4	工作相对湿度	% RH	10~95（无冷凝）
5	振动适应性	g	符合 GB/T 2423.10 中 5g~10g 正弦振动
6	抗电磁干扰能力	—	符合 GB/T 18655 Class 3 要求

6 试验方法

6.1 环境条件

- 除另有规定外，评价试验应在以下环境条件下进行：
- a) 环境温度：23℃±5℃；
 - b) 相对湿度：45%~75%RH；
 - c) 大气压力：86kPa~106kPa；
 - d) 电源电压：额定电压的±5%；
 - e) 电磁环境：应符合 GB 34660 的规定，无显著电磁干扰源。

6.2 样品要求

- 评价用产品样品应满足以下要求：
- a) 试验样品：应为实际生产线生产的汽车电子产品或其代表性等效件；
 - b) 质量状态：合格品与不合格品样品的质量状态应经第三方检测机构或标准样件确认；
 - c) 样品数量：合格品不少于 20 件，不合格品（可人工制作具有典型缺陷的样件）不少于 10 件，总样品数宜为 30~50 件。

注：当实际生产条件无法提供足够的不合格品时，允许使用经认可的缺陷标准样件替代，但应在评价报告中注明。

6.3 采样方法

- 应按以下方法执行：
- a) 检测精度评价采样：按 GB/T 2828.1 中规定的正常检验一次抽样方案进行，检验水平选用 II 级，接收质量限（AQL）值根据评价目的确定；
 - b) 在线运行性能采样：应在被评价系统连续运行 8 小时后开始采样，采样间隔不大于 30s，有效样本量不少于 100 个；
 - c) 稳定性评价采样：在系统连续运行的 24h 周期内，每 2h 采集一组数据，每组数据不少于 20 个检测结果或控制周期记录；
 - d) 可靠性数据采集：统计被评价系统连续运行 720h（含日常维护时间）内的故障数据和维修数据，数据采集周期宜以 24h 为单位。

6.4 检测精度试验

6.4.1 正确检测率、假阳性率、假阴性率试验

- 应按照以下步骤进行：
- a) 准备 n 件已知质量状态的样品，其中合格品不少于 20 件，不合格品不少于 10 件，总件数为合格品与不合格品数量之和；
 - b) 在标准环境条件下，将每件样品依次置于在线智能检测系统中进行检测，重复检测 3 次，记录每次检测的判别结果；
 - c) 统计每一类样品的检测结果，得到真阳性、真阴性、假阳性、假阴性的数量，分别计算正确检测率、假阳性率和假阴性率；
 - d) 计算 3 次重复检测的正确检测率、假阳性率、假阴性率的算术平均值作为检测精度的最终试验结果；

6.4.2 位置精度和尺寸测量精度试验

使用经校准的三坐标测量机或激光测距仪测量样品真实尺寸，与被评价系统的测量结果进行比较，取最大偏差作为测量误差。

6.4.3 电参数测量精度试验

使用经校准的精密万用表或标准源施加已知电参数，读取被评价系统的测量值，计算相对误差。

6.5 检测速度试验

应按照以下步骤进行：

- a) 将在线智能检测系统设置为正常的运行模式；
- b) 选择 10 件典型产品样品，每件样品连续检测不少于 10 次；
- c) 使用高精度计时器（分辨率不低于 1ms）记录每一次检测从触发到结果输出的全流程时间（包括信号采集、处理、判别、结果输出等环节）；
- d) 剔除由于系统外部因素（如生产暂停、通信中断）引起的异常数据，计算有效数据的算术平均值作为检测节拍的测量值；
- e) 图像采集时间、图像处理时间和结果输出延迟分别记录并统计。

6.6 控制精度试验

应按照以下步骤进行：

- a) 将在线智能控制系统设置为自动运行模式，设定工艺参数的目标值；
- b) 系统连续运行不少于 200 个控制周期，记录每一周期结束时的工艺参数实际值；
- c) 计算每一周期的控制误差，即实际值与目标值之差，以及控制误差的算术平均值和标准差；
- d) 按 GB/T 17989.2 计算工序能力指数 C_{pk} 。
- e) 施加阶跃扰动，记录从扰动发生到被控参数恢复到目标值 $\pm 5\%$ 范围内的时间，重复试验 5 次，取最大值。

6.7 系统稳定性试验

应按照以下步骤进行：

- a) 按照 6.4 的方法，在系统连续运行 8h、16h 和 24h 三个时间节点分别进行检测精度评价，对比三个时间节点的正确检测率值变化；
- b) 记录系统在 24h 运行期间内发生的误报警次数和漏检次数，计算误报警率（每 1000 次检测中的误报警次数）和漏检率变化情况；
- c) 对控制系统的过程数据进行统计过程控制分析，绘制均值-极差控制图，控制图的绘制和判异按照 GB/T 17989.2 的规定执行；
- d) 以三个时间节点的正确检测率值极差不超过 0.05% 且 24h 内控制过程的统计受控率不低于 99.73% 综合判定系统稳定性合格。

6.8 检测可靠性试验

应按照以下步骤进行：

- a) 按照 GB/T 5080.1 中规定的试验方案进行可靠性试验，截尾时间不少于 720h；
- b) 记录系统在试验期间发生的每一次故障的起止时间、故障类型和维修时间；
- c) 按 GB/T 5080.7 计算平均无故障时间、平均修复时间和可用度；
- d) 传感器漂移率试验：使用标准源激励传感器，每隔 100h 测量一次输出值，连续测量 1000h，计算最大相对变化量。

6.9 数据质量试验

应按照以下步骤进行：

- a) 数据采集完整率试验：在系统持续运行期间，统计计划采集的数据总点数，记录实际采集成功的数据点数，采集完整率以实际采集成功点数与计划采集点数的比值表示，以百分数计；
- b) 数据记录准确率试验：人工核对被评价系统生成的数据记录与实测值之间的一致性，统计一致记录数。记录准确率以一致记录数与总记录数的比值表示，以百分数计；

- c) 数据传输丢包率试验：在网络接口处抓取数据包，统计发送包数与接收包数，计算丢包率；
- d) 数据时序一致性试验：同时记录多个通道的数据，计算各通道时间戳的最大差值。

6.10 环境适应性试验

6.10.1 试验条件

环境适应性试验条件应符合表 8 的要求。

表 8 环境适应性试验条件

试验项目	试验条件参数	试验方法依据	持续时间	允许偏差
低温工作	温度：-20℃（车内）/-30℃（发动机舱）	GB/T 2423.1	24 h	±2℃
高温工作	温度：+70℃（车内）/+85℃（发动机舱）	GB/T 2423.2	96 h	±2℃
低温存储	温度：-40℃	GB/T 2423.1	72 h	±2℃
高温存储	温度：+95℃	GB/T 2423.2	72 h	±2℃
恒定湿热	温度：+40℃，湿度：93% RH	GB/T 2423.3	48 h	±2℃/±3% RH
温度变化	变化速率：1℃/min，温变范围：-20℃↔+65℃	GB/T 2423.22	5 个循环	±0.5℃/min
正弦振动	频率：10 Hz~500 Hz，加速度：5g~10g	GB/T 2423.10	每个方向 2h	±15%
温度/湿度/振动综合	按 GB/T 28046.4 组合试验	—	8 h	—
抗电磁干扰	辐射抗扰度：30 V/m（80 MHz~1 GHz）	GB/T 18655 Class 3	—	—
注 1：“车内设备”指安装在驾驶舱或乘员舱的电子设备；“发动机舱设备”指安装在发动机舱或底盘附近的电子设备。 注 2：正弦振动试验应在 X、Y、Z 三个正交方向分别进行，每个方向试验时间不少于 2 小时。 注 3：温度变化试验的温度变化速率宜按被评价系统实际使用环境的温度变化速率设定，当用户未指定时采用 1℃/min。				

6.10.2 试验方法

应按照以下步骤进行：

- a) 按照 GB/T 28046.1 的规定进行试验准备；
- b) 按照表 8 规定的试验条件，依次进行低温工作试验、高温工作试验、低温存储试验、高温存储试验、恒定湿热试验、温度变化试验和正弦振动试验；
- c) 每项环境试验前后，按照 6.4 的方法对被评价系统进行检测精度评价，计算试验前后的正确检测率变化量 ΔCDR；
- d) 以 ΔCDR≤0.30%判定该项环境适应性合格。

7 取值规则

7.1 数据整理与预处理

评价数据应符合以下要求：

- a) 所有原始数据应以标准格式（如 CSV 或 XLSX）保存，并附有详细的数据说明文档（包括数据来源、采集时间、采集设备、环境条件等）；
- b) 评价过程中应记录评价条件（环境温度、湿度、电源状态等）和样品信息（样品编号、质量状态、生产批次等）；
- c) 评价过程中应记录设备信息（设备型号、固件版本、标定日期等）；
- d) 评价数据应经数据审核人员签字确认后方可进入统计分析阶段。

7.2 综合评价分值计算

当需要将多个指标综合为一个分值进行等级评定时，采用加权算术平均法。具体要求如下：

- a) 各评价指标的权重由评价方与委托方协商确定，所有指标的权重之和为 1；

- b) 对于正向指标（实测值越大越好），单项分值的计算方式为：实测值与目标参考值的比值乘以 100；
- c) 对于反向指标（实测值越小越好），单项分值的计算方式为：目标参考值与实测值的比值乘以 100；
- d) 目标参考值可取本文件第 5 章各表中合格要求的上限或下限，具体由评价方根据评价目的确定；
- e) 当某一指标未达到本文件第 5 章规定的合格要求时，该指标的分值直接记为零。
- f) 综合评价分值为各指标单项分值与其对应权重的乘积之和

8 评价结果

8.1 等级划分

在线智能检测与控制系统的性能等级划分为 A 级（优秀）、B 级（良好）、C 级（合格）三个等级，等级划分应符合表 9 的要求。

表 9 性能等级评定标准

评价维度	评价指标	单位	A 级（优秀）	B 级（良好）	C 级（合格）
检测精度	CDR（视觉类）	%	≥99.90	≥99.75	≥99.50
	CDR（电性能类）	%	≥99.98	≥99.95	≥99.90
	FPR（视觉类）	%	≤0.10	≤0.20	≤0.30
	FPR（电性能类）	%	≤0.02	≤0.03	≤0.05
	FNR（视觉类）	%	≤0.10	≤0.15	≤0.20
	FNR（电性能类）	%	≤0.02	≤0.03	≤0.05
	位置精度（高精度焊接）	mm	≤±0.010	≤±0.015	≤±0.020
	位置精度（元器件定位）	mm	≤±0.025	≤±0.038	≤±0.050
	尺寸测量精度	mm	≤±0.005	≤±0.008	≤±0.010
	电压测量精度	% FS	≤±0.5	≤±0.8	≤±1.0
	电流测量精度	% FS	≤±0.8	≤±1.2	≤±1.5
检测速度	检测节拍/生产节拍	%	≤60	≤70	≤80
	图像采集时间	ms	≤30	≤40	≤50
	图像处理时间	ms	≤60	≤80	≤100
	数据采集时间（电气类）	ms	≤5	≤8	≤10
	结果输出延迟	ms	≤10	≤15	≤20
控制精度	Cpk（关键工艺）	—	≥1.67	≥1.50	≥1.33
	控制响应时间	ms	≤50	≤75	≤100
	超调量	%	≤5	≤8	≤10
系统稳定性	统计受控率	%	≥99.99	≥99.90	≥99.73
	误报警率	次/1000 次	≤1	≤3	≤5
	漏检率长期漂移	%/24h	≤0.02	≤0.03	≤0.05
	8h 内 Cpk 保持	—	≥1.67	≥1.50	≥1.33
检测可靠性	MTBF	h	≥1440	≥960	≥720
	MTTR	h	≤1.0	≤1.5	≤2.0

评价维度	评价指标	单位	A 级（优秀）	B 级（良好）	C 级（合格）
	可用度	%	≥99.90	≥99.70	≥99.50
	传感器漂移率	%/1000h	≤0.2	≤0.3	≤0.5
数据质量	数据采集完整率	%	≥99.99	≥99.97	≥99.95
	数据记录准确率	%	≥99.995	≥99.990	≥99.980
	数据传输丢包率	%	≤0.05	≤0.08	≤0.10
	数据时序一致性	ms	≤±2	≤±3	≤±5
	数据存储可靠性	%/年	≥99.9995	≥99.9990	≥99.9980
环境适应性	工作温度范围（车内）	℃	-30~+75	-25~+72	-20~+70
	工作温度范围（机舱）	℃	-40~+90	-35~+88	-30~+85
	存储温度范围	℃	-45~+100	-42~+97	-40~+95
	工作相对湿度	% RH	5~95（无冷凝）	8~95（无冷凝）	10~95（无冷凝）
	振动适应性	g	10g（正弦）	8g（正弦）	5g（正弦）
	Δ CDR（环境试验后）	%	≤0.10	≤0.20	≤0.30
注 1：对于未在表 9 中列出的指标（如参数调节范围、检测结果标准差等），应满足第 5 章中对应的合格要求，否则直接判定为不合格。 注 2：表中“—”表示无量纲单位。 注 3：FS 表示满量程。 注 4：当某一指标实测值同时满足多个等级时，取最高等级。					

8.2 综合评定方法

应按以下方法进行：

- a) 按照第 5 章、第 6 章和第 7 章的要求对各项指标逐项进行评价，判定每项指标达到的等级（A 级/B 级/C 级）；
- b) 系统综合等级取各项指标中最低的等级，当某一项指标的评价结果为不合格时，系统综合等级直接判定为“不合格”；
- c) 当系统综合等级为 C 级及以上时，可确认为“合格”系统；A 级为优秀，B 级为良好，C 级为合格；
- d) 综合评定结果应在评价报告中以等级表的形式呈现，包括各项指标的单项等级和系统综合等级。

8.3 评价报告

评价报告有效期为 12 个月，应至少包括以下内容：

- a) 被评价系统基本信息；
- b) 评价目的和依据；
- c) 评价条件与样品信息；
- d) 各项指标的试验结果与等级；综合评定结论；
- e) 评价人员签字及机构盖章。

8.4 结果复核

委托方如对评价结果有异议，可在收到报告后 15 个工作日内向原评价机构书面申请复核，评价机构应在 10 个工作日内组织复核，复核结果为最终结论。