

ICS 25.040
CCS N 10

T/CAMETA
中国机电一体化技术应用协会团体标准

T/CAMETA xxxxxx—2025

工业机器人传感器性能可靠性技术要求

Performance and reliability specifications for industrial robot sensors

(征求意见稿)

2025 — xx— 08 发布

2025 — xx — 28 实施

中国机电一体化技术应用协会 发 布

目 次

前言	4
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	5
4 故障判定	7
4.1 故障的判定原则	7
4.2 故障的计数原则	7
5 抽样	7
5.1 抽样原则	7
5.2 抽样数量	8
6 试验条件	9
6.1 试验前提条件	9
6.2 环境条件	9
7 静态性能试验	9
7.1 试验项目	9
7.2 试验方法	9
8 动态性能试验	10
8.1 试验项目	10
8.2 试验方法	11
8.3 动态性能参数	11
9 试验方法	11
9.1 平均无故障时间（MTBF）评估试验方法	11
9.2 耐久性能测试方法	12
9.3 长期漂移与老化性能测试方法	13
9.4 寿命评估试验方法	13
9.5 振动耐受试验	14
9.6 电磁抗扰试验	15
9.7 高湿与湿热试验	15
9.8 高低温循环试验	16
10 性能监测与数据处理	17
10.1 数据采集要求	17
10.2 数据处理方法	17

参考文献 错误！未定义书签。

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这些专利的责任。

本文件由中国机电一体化技术协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

工业机器人传感器性能可靠性规范

1 范围

本标准规定了工业机器人传感器系统在进行可靠性验证、测定、评定时的故障判定原则、抽样原则、试验方法、数据处理、结果评定的总的要求。本标准适用于工业机器人传感器系统的可靠性验证、测定、鉴定和评定。各类工业机器人传感器系统可根据本标准的原则补充编制相应的可靠性评定方法和要求。

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 39590.1—2020 机器人可靠性 第一部分 通用导则
- GB/T 17626.3—2023 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验 浪涌抗扰度试验
- GB/T 2828.1—2012 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

GB/T 39590.1—2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业机器人传感器 industrial robot sensors

集成于工业机器人系统，用于获取工业机器人内部状态参数以及外部作业环境信息并将这些物理量或化学量信息按照特定规律转换成可处理、可传输的电信号或其他规定形式信号的装置、模块或系统。

3.2

故障 fault/failure

工业机器人传感器因物理损坏、电气问题、老化、干扰、软件错误等原因导致其功能丧失或输出信号出现显著偏差、波动或延迟的状态。

常见的故障包括：

- a) 完全失效（No Output）：传感器没有信号输出，或输出信号恒定为零/最大值；
- b) 信号错误（Incorrect Output）：传感器输出信号与真实值之间存在一个固定的差值、或输出信号与真实值之间比例关系不正确；
- c) 信号漂移（Drift）：在输入物理量不变条件下传感器的输出信号随时间缓慢变化；
- d) 间歇性故障（Intermittent Fault）：传感器时而正常工作，时而发生故障；

- e) 响应延迟 (Delayed Response) :传感器对物理量变化的响应速度过慢, 输出信号滞后于实际变化;
- f) 精度下降 (Reduced Accuracy/Precision) :传感器测量精度或重复精度达不到规格要求。

3. 3

可靠度 reliability

工业机器人传感器在规定的条件下, 在规定的时间区间内完成规定功能的概率。

3. 4

故障率 failure rate

工业机器人传感器在单位时间内发生故障的概率。

3. 5

平均无故障时间 mean time between failures; MTBF

从一次故障修复后恢复正常工作开始, 到下一次故障发生之间, 工业机器人传感器能够持续正常运行的平均时间。

3. 6

MTBF 的观测值 (点估计) observed MTBF

在观测期内, 所有被观测单元正常运行的时间总和除以在观测期内这些单元发生的故障总数。

3. 7

平均修复时间 mean time to repair

在规定条件和时间范围内, 于指定维修级别上, 工业机器人传感器所有修复性维修时间总和与修复故障总数之比。

3. 8

可用度 availability

工业机器人传感器在规定条件下和规定时间内, 处于可执行规定功能状态的能力。

3. 9

耐久性 durability

工业机器人传感器在预期的使用寿命内, 在特定的工作环境和操作条件下, 抵抗磨损、疲劳、腐蚀、振动、冲击、温度变化以及其他潜在破坏因素, 并保持其结构完整性和功能性能的能力。

3. 10

寿命 service life

工业机器人传感器从开始投入正常使用起, 到其由于老化、磨损、性能参数严重退化至无法满足预定功能要求、发生不可修复的永久性故障, 或因经济性/技术性原因而被最终替换或报废为止的总工作时间或工作循环次数。

4 故障判定

4.1 故障的判定原则

故障的判定应遵循以下原则：

- a) 若多个功能丧失或性能参数超出规定阈值，且由同一根本原因导致，应将其归为一次故障事件处理；
- b) 若某项功能异常或性能偏差源自两个及以上相互独立的故障根因，应分别视为独立故障进行统计；
- c) 对于在同一部位重复出现、故障模式一致的间歇性失效情形，应计为一次故障，不作多次统计；
- d) 若相同故障模式因相同故障机理多次发生，亦应视为一次故障事件处理；
- e) 对于消耗性零部件的更换或因外部环境因素非传感器本体引起的异常，需根据具体规范另行判定，不纳入故障计数。

4.2 故障的计数原则

4.2.1 故障的计数原则

故障计数应遵循以下原则：

- a) 当因同一故障原因导致多个功能失效或性能指标超限时，统一计为一次故障，避免重复计数；
- b) 对由不同且相互独立的故障原因引起的异常，应分别统计各自的故障次数；
- c) 对于在同一部位发生的多次间歇性故障，且故障模式一致，应合并计为一次故障，防止过度统计；
- d) 若相同故障模式经修复后再次发生，若确认由同一故障机理引起，应视为同一次故障；若故障机理发生变化，则作为新的故障计数；
- e) 对达到预期寿命周期的耗损件或配套件的更换不计入故障次数，但应进行详细记录。

4.2.2 故障的不计数原则

不计数应遵循以下原则：

- a) 非产品自身原因引发的异常不计入故障统计，包括：
 - 1) 安装或接线不符合操作规范引起的运行异常；
 - 2) 使用方式与技术文档要求不符所致的故障；
 - 3) 操作失误或违规使用过程中的损坏；
 - 4) 因不当维修或私自改动而导致的性能下降；
 - 5) 试验工装、测试系统本身发生故障引发的连带问题；
 - 6) 试验过程中环境或负载条件超过产品设计极限引发的异常；
 - 7) 其他外部非控制因素（如强电磁干扰、突发机械冲击等）所致的问题。
- b) 按计划执行的维护行为不纳入故障范围，包括：
 - 1) 按产品使用说明定期更换的易损器件或部件失效；
 - 2) 正常周期内的调试、标定、程序更新等维护操作。

注：若维护行为不符合制造商规定流程或未经授权进行，则相关问题应视为关联性故障予以统计。

5 抽样

5.1 抽样原则

抽样应遵循以下原则：

- a) 抽样应能代表同一产品型号在设计、制造、检验等方面的一般水平。选取的工业机器人传感器样品应覆盖不同生产批次、不同工艺班组和典型使用场景，以提高试验结果的通用性和可信度；
- b) 在具备代表性的基础上，应采用随机抽取方式，避免人为主观筛选对结果产生倾向性影响。必要时可引入第三方监督实施抽样操作，确保过程公正透明；
- c) 工业机器人传感器抽样数量应满足可靠性统计分析的最小样本要求，依据产品的故障分布特性与试验目标确定样本量。样本量不足将影响失效数据的置信度与可解释性；
- d) 所抽工业机器人传感器样品应具备与实际投产产品相同的结构、功能和工艺状态，不得以样机或功能样替代批产产品。试验样本的配置应与实际应用条件一致；
- e) 所有工业机器人传感器试验样品必须具有明确的标识，记录其生产批次、出厂时间、技术状态、使用情况等基本信息，以便后续发生故障时溯源分析；
- f) 在长期可靠性跟踪试验中，若工业机器人传感器样品存在丢失、毁损或测试中止等特殊情况，允许在不破坏试验随机性与代表性的前提下进行动态补样，并注明替代逻辑。

5.2 抽样数量

为确保可靠性试验具有统计效度与技术代表性，工业机器人传感器样品数量应结合产品特性、试验目的与方法要求确定。

1) 基本要求

抽样数量应能覆盖不同生产批次，反映产品整体质量水平。一般情况下，单项可靠性试验的工业机器人传感器样本量不少于5件，关键性或破坏性试验不少于10件，长期运行类现场跟踪试验推荐不少于20件。

2) 按生产批次划分抽样量

对按批次生产的工业机器人传感器，抽样数量可依据下列标准确定：

表1 抽样数量

批次数量	最小抽样数	批次数量	最小抽样数
2~8	2	91~150	20
9~15	3	151~280	32
16~25	5	281~500	50
26~50	8	501~1200	80
51~90	13	1201~3200	125

3) 按试验目标调整样本数

若试验以验证MTBF（平均无故障时间）为目标，应根据所要求的置信度和期望寿命推算样本总运行时间，并据此反推试验样本数与试验周期。

若试验用于识别主要故障模式，则样本数应保证足够观察到多个独立失效事件。

4) 特殊情况处理

若工业机器人传感器样品数量受限，应在标准规定范围内优先保证样品代表性与覆盖性，并在试验方案中注明原因与补偿措施（如延长试验时间、提高检测频率等）；

若采用加速试验方法（如温度应力试验等），应适当增加工业机器人传感器样本量，以弥补加速条件下失效机制偏离常规的风险。

6 试验条件

6.1 试验前提条件

- a) 被测传感器系统在试验前应通过制造商规定的全部出厂检验和初始性能测试，确保无功能性缺陷或潜在故障，并提供完整的检验报告；
- b) 传感器系统应按照制造商的技术要求完成安装、校准及参数配置，校准记录与配置数据需存档并随试验过程同步更新。对传感器的初始性能指标进行校准和测试，如测量精度、响应时间、灵敏度等，保证其在标称范围内，为后续可靠性试验提供可靠的初始数据基础。

6.2 环境条件

试验应在以下标准环境条件下进行，特殊工况（如极端环境）需单独说明并记录：

- a) 温度： $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：30%~70%；
- c) 大气压力： $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ ；
- d) 电磁环境：符合工业环境电磁兼容性要求；
- e) 机械环境：无外部强振动或冲击干扰（振动加速度 $\leq 0.5 \text{ g}$ ，频率范围 $5 \text{ Hz} \sim 200 \text{ Hz}$ ）。

注：若试验需模拟特定应用场景下的极端或恶劣工况，环境参数应依据产品应用场景或相关行业标准设定，并在试验报告中明确记录模拟环境条件及允许偏差范围。

7 静态性能试验

本试验旨在评估工业机器人传感器在稳态输入条件下的输出准确性、重复性及一致性，以验证其在典型机器人任务中的基本测量能力和长期稳定性。适用于在低频或恒定输入条件下运行、输出随输入稳定变化的传感器。

7.1 试验项目

试验项目包括：

- a) 零点输出；
- b) 满量程输出；
- c) 非线性；
- d) 迟滞；
- e) 重复性；
- f) 准确度；
- g) 灵敏度。

7.2 试验方法

7.2.1 试验原则

- 1) 在符合6.1~6.2规定条件下，对被试工业机器人传感器施加输入信号，在全量程范围内设置多个测试点，通过多次反复试验获得输出数据，进而评估静态性能指标；
- 2) 测试点应覆盖传感器的全工作量程范围，分布均匀。每一测试点的测量应进行至少3次升、降过程的循环测试。具体试验点数、加载速率及加载方式可由各类工业机器人传感器的产品规范补充规定；

3) 通过上述试验获得的数据,按附录A的计算方法可确定下列静态性能指标。

7.2.2 零点输出 (Z_0)

在输入量处于零输入条件下,传感器的输出信号称为零点输出。该项指标反映工业机器人传感器在无外部激励时的基准偏移。

7.2.3 满量程输出 (FSO)

满量程输出是指工业机器人传感器在量程上下限之间的输出范围,计算方式为上限输出值与下限输出值之差的绝对值,按式(A.7)计算。

7.2.4 非线性 (η_L)

非线性描述工业机器人传感器输出特性相较于理想线性响应的偏离程度。

对于线性传感器,可计算实际标定曲线与拟合直线之间的最大偏差,按式(A.8)计算。

7.2.5 迟滞 (δ_H)

迟滞用于反映工业机器人传感器的响应一致性,是指在相同输入点下,从输入值增大和减小两个方向所获得输出之间的最大差值,按式(A.9)计算。

7.2.6 重复性 (ρ_R)

重复性衡量在一致测量条件(包括测试方法、环境、设备等)下,对同一输入多次测量所得到结果的一致性。该参数反映了工业机器人传感器在短时间内输出的稳定性。按式(A.10)~式(A.12)计算。

7.2.7 准确度 (ξ)

准确度表示工业机器人传感器输出与真实值或标准值之间的接近程度,受系统性误差与随机误差的共同影响。具体可按误差带或标准偏差评估,按式(A.13)~式(A.14)计算。

7.2.8 灵敏度 (k)

灵敏度定义为输出变化量与输入变化量之比,按式(A.15)式计算。

对非线性设备,可定义平均灵敏度,即满量程输出与输入范围之差的比值。

8 动态性能试验

本试验旨在评估工业机器人传感器对动态输入信号的响应能力,以验证其在典型工业机器人应用中的适应性和稳定性。适用于具有动态输出特征的机器人传感器。

8.1 试验项目

动态性能试验项目包括但不限于以下参数:

- a) 频率响应;
- b) 谐振频率;

- c) 自振频率;
- d) 阻尼比;
- e) 上升时间;
- f) 时间常数;
- g) 过冲量。

以上项目可根据具体工业机器人传感器种类按需选取。

8.2 试验方法

按照统一的方法对其关键动态性能参数进行测试与评估。试验方法包括试验设备准备、环境设置、信号激励方式、数据采集分析与重复性验证，具体要求如下：

- a) 使用具备阶跃信号输入能力和高精度采样系统的测试平台，对工业机器人传感器进行标准信号激励。采集装置的带宽应满足测试频率上限的3倍以上；
- b) 将工业机器人传感器置于标准测试环境中，避免外部振动、温度波动或电磁干扰对测试结果的影响；
- c) 对于压力或力类工业机器人传感器，施加幅值恒定的正弦激励信号，频率逐步扫频；对于视觉或位置类工业机器人传感器，可采用快速变化的图像或位移输入模拟动态场景；
- d) 记录输出信号与输入信号之间的增益、相位差、上升时间等特性，计算每项动态性能参数值，结果应与产品技术规范或性能指标表进行比对；
- e) 对每一测试样品进行至少三次独立测试，统计结果的一致性和重复误差，用于后续可靠性评估。

8.3 动态性能参数

为明确工业机器人传感器动态性能的主要评估维度，现对常用参数的定义及测量单位进行统一说明，可依据下列标准确定：

表2 工业机器人传感器常用动态性能参数说明

参数名称	描述	单位
频率响应	输出幅值与输入幅值的比值随频率变化的特性曲线	Hz
谐振频率	输出响应最大时对应的激励频率	Hz/kHz
自振频率	在阶跃激励下，传感器输出振荡的自然频率	Hz/kHz
阻尼比	实际阻尼与临界阻尼的比值，影响系统稳定性	%
上升时间	输出从规定最终值一个大的百分率上升到一个大的规定百分率的时间	ms/μs
时间常数	输出达到63%最终值所需时间	ms/μs
过冲量	输出超过稳态值的最大偏移量	%/mV/N

9 试验方法

9.1 平均无故障时间（MTBF）评估试验方法

9.1.1 试验原理

试验应模拟工业机器人传感器典型任务循环中的实际使用状态，包括多轴联动下的高频切换、重复节拍、长期运行中的电磁干扰和温度变化等综合应力条件。

本试验采用计时统计法，在真实或等效机器人任务负载下运行传感器至故障，并依据统计学方法计算其平均无故障时间（MTBF），以量化其在复杂工业场景中的固有可靠性。

9.1.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

9.1.3 试验步骤

- 1) 将工业机器人传感器集成安装于模拟工业机器人工作平台或等效试验台，施加符合实际工况的机械负载与电气工作信号；
- 2) 设置工业机器人传感器所在系统的典型工作循环参数，并进行持续运行；
- 3) 实时监测并记录各传感器的故障发生时间及故障类型；
- 4) 按附录A的式（A.4）计算平均无故障时间（MTBF）值，结合机器人任务周期推算系统级可靠性水平。

9.1.4 试验结果

以统计方式给出各传感器的MTBF值，单位为小时，并标明置信度。对异常失效数据应作出说明。

9.2 耐久性能测试方法

9.2.1 试验原理

通过模拟工业机器人传感器在长期、重复、高强度典型工况下的运行状态，评估其承受周期性机械冲击、电流冲击和热漂移等复合工况下关键性能参数的稳定性与结构完整性，从而验证其在典型机器人任务中能否长期维持正常工作，适用于实际工业环境的能力。

9.2.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

9.2.3 试验步骤

- 1) 在标准环境条件下，对工业机器人传感器进行性能参数的基准测量；
- 2) 根据典型机器人应用场景，确定加载幅值、循环频率、总循环次数或累计运行时长，加载方式应贴近真实工况；
- 3) 将工业机器人传感器安装于耐久加载装置，按设定参数持续运行至试验结束；
- 4) 在同样的环境条件下按标准规定（参考第7章和第8章）对其关键性能指标进行复检；
- 5) 对比前后测得数据，计算关键参数的变化量和变化百分比。

9.2.4 试验结果

工业机器人传感器在完成上述耐久性能测试后，应将核心性能指标的测试结果与初始技术规范要求进行比对，试验结果应包括：

- 1) 各阶段关键参数的记录值；
- 2) 参数的相对变化百分比；
- 3) 是否满足产品详细技术规范中规定的容限。

若试验方法与本规范存在差异，应在产品技术文档中予以详细说明。

9.3 长期漂移与老化性能测试方法

9.3.1 试验原理

通过模拟工业机器人传感器在静态加载或间歇性运行条件下的长期服役状态，评估其关键性能参数的稳定性，进而验证其在长期工作环境中抵抗材料老化、界面疲劳及电子漂移等因素的能力。

9.3.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

9.3.3 试验步骤

- 1) 将传感器在恒温、恒湿的受控环境中连续运行设定时长，建议不少于500小时。运行模式应模拟典型工业机器人应用中的间歇激活或长时间静置状态；
- 2) 设定期采样间隔，按标准规定（参考第7章和第8章）对其关键性能指标进行复检；
- 3) 将各阶段测量结果与初始基准值进行对比，计算偏移量、变化率及其趋势；
- 4) 若发现参数存在突跃、非线性偏移等异常行为，应进行失效分析，并判定是否存在潜在老化机制。

9.3.4 试验结果

工业机器人传感器在完成上述长期漂移与老化性能测试后，应将核心性能指标的测试结果与初始技术规范要求进行比对，试验结果应包括：

- 1) 初始值与终止值的对比；
- 2) 各关键性能参数的变化百分比；
- 3) 其是否在产品技术规范规定的范围之内的判断。

若某项指标超过限定阈值，应视为样品不满足老化性能要求。

若试验方法与本规范存在差异，应在产品技术文档中予以详细说明。

9.4 寿命评估试验方法

9.4.1 试验原理

通过模拟工业传感器在长期工作循环和静态贮存条件下的运行状态，评估其关键性能参数的稳定性，从而验证其适用于实际工业环境的能力。试验应同时考察工作寿命与贮存寿命两个维度，以判断其全寿命周期内的性能保持能力。

9.4.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

9.4.3 试验步骤

9.4.3.1 循环疲劳寿命试验步骤

- 1) 将待测工业机器人传感器安装于专用的疲劳加载平台，确保与实际工业机器人使用环境一致；
- 2) 根据产品设计要求设定循环压力范围、应力加载频率（例如每分钟循环次数）及总循环次数，加载方式应模拟典型作业场景；
- 3) 执行循环加载，期间监测传感器是否出现明显失效或异常信号输出；

- 4) 加载完成后，按标准规定（参考第7章和第8章）对其关键性能指标进行复检；
- 5) 测试结果应满足传感器产品规范或设计文件中规定的性能保持标准。

9.4.3.2 贮存寿命试验步骤

- 1) 将工业机器人传感器在断电状态下置于规定的温湿环境中，模拟工业现场或备品贮存期间的实际贮存条件；
- 2) 持续贮存至设定周期结束；
- 3) 取出样品并恢复至标准测试环境，按标准规定（参考第7章和第8章）对其关键性能指标进行复检；
- 4) 检测结果应在产品技术规范规定的变化容限范围内。

9.4.4 试验结果

工业机器人传感器在完成上述寿命评估后，应将核心性能指标的测试结果与初始技术规范要求进行比对，试验结果应包括：

- 1) 完成寿命循环后各性能指标的实测值；
- 2) 与技术规范规定标准的偏离情况；
- 3) 是否仍满足寿命终点的性能判定标准。

若试验方法与本规范存在差异，应在产品技术文档中予以详细说明。

9.5 振动耐受试验

9.5.1 试验原理

通过模拟工业机器人在运行过程中因机构运动、地面扰动或加工过程引起的机械振动工况，评估传感器在多轴向振动应力作用下的安装稳定性、信号输出一致性及功能保持能力，验证其在典型振动条件下持续稳定运行并抵御机械扰动的能力。

9.5.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

推荐使用频率范围10 Hz~2000 Hz、最大加速度不低于100 m/s²的振动试验台，支持正弦扫频与随机振动模式，并配套具备多轴激励与试验数据记录功能的控制系统。

9.5.3 试验步骤

- 1) 将传感器按其在工业机器人中的典型安装方式固定在振动台上，固定方式应尽可能贴近实际应用场景，以模拟真实工况下的支撑刚度与约束条件；
- 2) 进行正弦振动试验，推荐频率10 Hz~500 Hz，加速度幅值不超过50 m/s²、每轴向扫频循环次数不少于5次，以评估传感器在不同频率与加速度组合下的结构完整性与输出稳定性；
- 3) 进行随机振动试验，推荐采用功率谱密度0.04 g²/Hz（5 Hz~2000 Hz），持续时间不少于2小时。模拟复杂振动环境下的多频激励对传感器性能的影响。

具体参数可根据传感器类型、安装方式及实际工况适当调整，调整情况应在试验报告中予以说明。

9.5.4 试验结果

工业机器人传感器在完成振动耐受性试验后，应对其结构完整性和输出信号稳定性进行评估。试验结果应包括：

- 1) 正弦及随机振动加载前后，各轴向关键输出信号的实测值与稳定性记录；
- 2) 试验过程中是否出现异常波动、通信中断或支撑结构松动等问题；
- 3) 振动加载期间及之后，传感器是否保持正常工作，是否满足耐振动能力要求。

若试验中出现数据丢失、信号漂移超限或外壳破损等异常现象，应在报告中记录并结合产品要求作出评估说明。

若试验方法与本规范存在差异，应在产品技术文档中予以详细说明。

9.6 电磁抗扰试验

9.6.1 试验原理

通过模拟工业现场常见的静电放电、辐射干扰、电压浪涌等电磁干扰源，评估工业机器人传感器在复杂电磁环境下的信号稳定性和功能保持能力，验证其在复杂电磁环境中可靠工作的能力。

9.6.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

推荐使用具备如下基本性能的电磁干扰试验设备：

- a) 射频信号发生器：频率范围80 MHz~6 GHz，场强10 V/m；
- b) 电快速瞬变脉冲群发生器：脉冲幅值±2 kV，重复频率5 kHz；
- c) 浪涌发生器：开路电压±4 kV（电源线），±2 kV（信号线）。

设备应具备长时间稳定运行能力及实时数据记录功能。

9.6.3 试验步骤

- 1) 进行射频辐射抗扰度试验，推荐按GB/T 17626.3-2023规定的方法进行，频率80 MHz~1 GHz，场强10 V/m，调制80 %AM；
- 2) 进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，推荐按GB/T 17626.4-2018规定的方法进行，施加±2 kV脉冲于电源端口，持续1分钟；
- 3) 进行浪涌抗扰度试验，推荐按GB/T 17626.5-2019规定的方法进行，对电源和信号线分别施加±4 kV和±2 kV浪涌。

具体参数可根据传感器类型、安装方式及实际工况适当调整，调整情况应在试验报告中予以说明。

9.6.4 试验结果

工业机器人传感器在完成电磁抗扰试验后，应对其功能维持情况及输出数据一致性进行评估。试验结果应包括：

- 1) 射频辐射、脉冲群、浪涌等抗扰试验前后各输出参数的记录情况；
- 2) 试验期间是否发生信号干扰、异常输出、系统重启或通信中断等；
- 3) 抗扰期内功能是否连续有效、抗扰后是否恢复正常，是否满足产品抗电磁干扰能力要求。
如存在未恢复性干扰效应或参数偏移超过规定，应视为抗扰能力不满足标准要求。

若试验方法与本规范存在差异，应在产品技术文档中予以详细说明。

9.7 高湿与湿热试验

9.7.1 试验原理

通过模拟工业机器人在高温高湿或交变湿热环境中长期运行工况，评估传感器在高湿应力作用下的电气绝缘性能、信号稳定性及结构密封可靠性，验证其在高湿热环境中长期稳定运行的能力。

9.7.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

推荐使用温度控制范围不低于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度调控范围为 $40\%\sim 98\% \text{ RH}$ ，温湿度控制精度应优于 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\pm 3\% \text{ RH}$ 的恒温恒湿试验箱，设备应具备长时间稳定运行能力及实时数据记录功能。

9.7.3 试验步骤

- 1) 将传感器按照正常工作状态置于环境试验箱内，推荐设定温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 93% ；
- 2) 连续保持试验条件不少于48小时，以模拟高湿环境对传感器结构与性能的长期影响；
- 3) 在试验过程中，推荐每小时通电运行不少于15分钟，监测传感器输出信号的稳定性与准确性，评估其在高湿条件下的功能保持能力。

具体参数可根据传感器类型、安装方式及实际工况适当调整，调整情况应在试验报告中予以说明。

9.7.4 试验结果

工业机器人传感器在完成高湿与湿热性能试验后，应评估其在高温高湿环境下的功能维持能力及信号输出稳定性。试验结果应包括：

- 1) 试验前后信号幅值、噪声、输出漂移等关键性能参数的记录与比较；
- 2) 湿热条件加载期间是否存在结露、信号不稳定、短时失效等问题；
- 3) 整个试验周期内是否维持正常功能，是否满足产品湿热环境下工作要求。

如出现明显信号漂移或输出异常，应分析其是否属于可逆变化并结合产品容限判断是否合格。
若试验方法与本规范存在差异，应在产品技术文档中予以详细说明。

9.8 高低温循环试验

9.8.1 试验原理

通过模拟工业机器人在昼夜温差、热源激励或环境突变条件下频繁经历的高低温变化过程，评估传感器在热胀冷缩应力下的结构完整性和性能稳定性，验证其在高低温循环应力下保持结构稳定与性能可靠的能力。

9.8.2 试验设施与设备

本标准不对试验设备的具体型号和配置做统一规定，具体选型应依据传感器的技术特性和应用场景，由相关产品详细技术规范予以明确。

推荐使用温度范围不低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，转换速率 $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 高低温循环试验箱，设备应具备长时间稳定运行能力及实时数据记录功能。

9.8.3 试验步骤

- 1) 将传感器置于高低温循环试验箱中，初始环境设为常温，推荐为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，确保设备正常运行；
- 2) 按如下循环程序进行环境应力测试：推荐先降温至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并保持2小时，再以 $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并保持2小时，之后降温至常温（约 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）完成一个循环过程，整个过程循环次数推荐不少于10次；

具体参数可根据传感器类型、安装方式及实际工况适当调整，调整情况应在试验报告中予以说明。

9.8.4 试验结果

工业机器人传感器在完成高低温循环性能试验后，应评估其在热交变应力下的结构稳定性与功能持续性。试验结果应包括：

- 1) 各循环阶段（低温、高温、常温）中关键参数的实时记录与偏差监控；
- 2) 是否存在热胀冷缩引发的结构损伤、信号异常或功能中断；
- 3) 完成全部温度循环后，传感器是否恢复至正常工作状态，是否满足热循环耐受能力要求。

如存在非线性漂移、通信失败或参数偏移超限，应结合应用场景评估其影响，并在试验报告中详细说明。

若试验方法与本规范存在差异，应在产品技术文档中予以详细说明。

10 性能监测与数据处理

10.1 数据采集要求

- a) 在试验过程中，应持续监控工业机器人传感器的运行状态，重要事件应详实记录。记录文档须字迹清晰、内容真实，任何改动需注明原因并由记录人签字确认；
- b) 如发现异常或功能故障，检验人员应立即依据既定的故障分类和判定原则进行登记，填写相应的“故障登记表”及“故障分析记录”；
- c) 应记录环境参数与实验条件，包括温度、湿度、电源波动、试验工况等，纳入数据文件元信息中；
- d) 每项试验应生成原始数据、处理数据与数据采集日志三类文件，并明确数据存储路径、文件命名规则及数据负责人。

10.2 数据处理方法

- a) 试验过程中采集的原始数据应经预处理，包括去除异常点、数据补齐、单位统一等，确保数据的准确性与可比性；
- b) 对性能参数的计算应依据本标准附录A所列方法执行，并对关键参数计算结果进行有效性判断，记录计算过程与中间结果；
- c) 针对试验中的动态数据，应采用合适的滤波与拟合方法提取关键特征；
- d) 当数据量较大或工业机器人传感器输出存在周期性波动时，建议引入批处理分析脚本或算法工具进行数据处理与可视化；
- e) 所有处理结果应与原始数据建立明确的追溯关系，处理流程、处理人员、软件版本应记录在案；
- f) 最终结果应按照试验项目要求，输出关键性能参数值、变化量、变化趋势与统计指标，并汇总于试验报告中。

附录 A (资料性附录)

A.1 传感器寿命分布函数

- a) 设某工业机器人传感器系统由n个关键部件组成，各部件的寿命分布函数记为 $F_i(t)$ ，其中 $i=1,2,\dots,n$ 。采用蒙特卡洛方法进行一次抽样，在每轮模拟中为这n个部件分别生成一组随机寿命样本 $t_{11}、t_{12}、\dots、t_{1n}$ ；
 - b) 依据工业机器人传感器可靠性评价模型，对这组样本 $t_{11}、t_{12}、\dots、t_{1n}$ 进行分析，确定本轮模拟中传感器的故障时间 t_1 ；
 - c) 通过重复上述过程N次，得到传感器系统的故障时间样本序列 $t_1、t_2、\dots、t_n$ ，基于该样本集可开展寿命分布函数的拟合，包括故障数据统计、寿命分布函数参数估计、拟合优度检验和优选（参见附录B），获得符合该工业机器人传感器可靠性的寿命分布函数 $F(t)$ 。

A.2 故障率

工业机器人传感器故障密度函数 $f(t)$ 的计算公式如下所示：

工业机器人传感器故障率 λ 的计算公式如下所示：

A.3 可靠度

工业机器人传感器可靠度函数 $R(t)$ 的计算公式如下所示:

A.4 平均无故障时间

MTBF的点估计按下式进行：

$$m = k \frac{\sum_{j=1}^n T_j}{\sum_{j=1}^n r_j} \quad \dots \quad (A.4)$$

式中：

m ——MTBF的点估计值；

n ——样机数；

T_j ——评定周期内第 j 件工业机器人传感器的累积工作时间，单位为小时 (h)；

r_j ——评定周期内第 j 件工业机器人传感器的累积故障数;

k ——可靠性修正系数。

如果到定时截尾试验时间，工业机器人传感器没有出现故障，则MTBF的点估计为：

$$m=3T \quad \dots \dots \dots \quad (\text{A.5})$$

式中：

m ——MTBF的点估计值；

T ——定时截尾试验总试验时间, 单位为小时(h)。

A.5 可用度

工业机器人传感器平均可用度计算公式如下：

A——平均可用度；

MTBF——平均无故障时间，单位为小时(h)；

MTTR——平均维修时间，单位为小时(h)。

A.6 满量程输出 (FSO)

满量程输出量定义为传感器在输入变量由最小值变动至最大值过程中,所对应输出变化量的绝对值:

其中：

Y_{\max} ——输入为满量程时的输出值；

Y_{\min} ——输入为零时的输出值。

A.7 非线性 (η_L)

通过最小二乘法拟合所有校准点，得到最佳拟合直线方程为 $Y_{ideal} = mx + b$ 。

非线性误差率按下式计算：

$$\eta_L = \frac{|Y_i - Y_{ideal}|_{\max}}{FSQ} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (\text{A.8})$$

其中.

Y ——输入为 x 时的实际输出；

Y_{t+1} ——同输入下理想直线的输出值;

FSO——根据式(A.7)计算出的满量程输出。

A.8 迟滞 (δ_H)

迟滞误差通常以满量程输出 (FSO) 的百分比表示，按下式计算：

$$\delta_H = \frac{|\bar{Y}_{Ui} - \bar{Y}_{Di}|_{\max}}{FSO} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (\text{A.9})$$

其中：

\bar{Y}_{Ui} , \bar{Y}_{Di} ——同一输入值下，正向行程和反向行程输出平均值；

FSO——根据式(A.7)计算出的满量程输出。

A.9 重复性 (ρ_R)

采用标准差法对每个测点做n次测量，计算标准差，再取平均：

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2} \quad \dots \dots \dots \text{(A.10)}$$

其中：

Y_{ij} ——第*i*个测试点第*j*次输出；

\bar{Y}_i ——第*i*个测试点输出平均值；

m ——测点数量;

n——每个测点的重复次数；

FSO——根据式(A.7)计算出的满量程输出;

ρ_R ——重复性误差百分比。

A.10 准确度 (ξ)

准确度表示传感器输出值相对于参考真实值（或约定真值）的接近程度，反映传感器系统误差和随机误差的综合影响。

$$e_i = \bar{Y}_i - X_i \quad \dots \quad (\text{A.13})$$

$$\xi = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{FSO} \right)^2} \times 100\% \quad \dots \quad (\text{A.14})$$

其中：

\bar{Y}_i ——第*i*个测试点输出平均值；

X_i ——第*i*个点的参考输入真值；

e_i ——第*i*个测试点的误差；

FSO ——根据式(A.7)计算出的满量程输出。

A.11 灵敏度 (k)

传感器的灵敏度定义为输入发生单位变化时输出变化的大小，按下式计算：

$$k = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad \dots \quad (\text{A.15})$$

其中：

ΔY ——输出量变化值；

ΔX ——输入量变化值。

附录 B (资料性附录)

为准确评估工业机器人传感器的寿命特性，本标准引入多种常用寿命分布函数模型，并通过最小二乘法进行参数估计。构建寿命分布函数 $F(t)$ 的过程包括数据处理、模型选择、参数拟合与拟合优度检验等步骤，具体如下：

B.1 常用寿命分布模型

本标准考虑以下典型寿命分布函数形式：

- a) 双参数指数分布 $F(t) = 1 - e^{-\lambda(t-T)}$ ($t > T$) , 其中 λ 为故障率, T 为双参数指数分布的位置参数。

b) 威布尔分布 $F(t) = 1 - \exp[-(\frac{t}{\eta})^m]$ 其中 η 为尺度参数, m 为形状参数。

c) 正态分布 (累计失效概率函数形式) $F(t) = \Phi(\frac{t-\mu}{\sigma})$ 其中 μ 为均值, σ 为标准差, $\Phi(x)$ 为标准正态分布函数。

d) 对数正态分布 $F(t) = \Phi(\frac{\ln t - \mu}{\sigma})$ 其中 μ 为均值, σ 为标准差, $\Phi(x)$ 为标准正态分布函数。

B.2 参数估计方法（以威布尔分布为例）

为实现对寿命分布函数参数的估计，采用最小二乘法构建线性回归模型，具体步骤如下：

- a) 根据故障时间数据 t_i 和累计故障概率 $F(t_i)$ ，构造变量： $x_i = \ln(t_i)$ ， $y_i = \ln[-\ln(1-F(t_i))]$
 - b) 进行线性回归拟合，求得回归系数 B 、截距 A ，并换算得到分布参数： $m = B$ ， $\eta = e^{-A/B}$ 。
 - c) 对其他分布模型参数估计可参考上述方法构建相应变量变换形式。

B.3 拟合优度检验

拟合优度采用柯尔莫可洛夫-斯米洛夫 (Kolmogorov-Smirnov) 检验法进行评估, 比较经验累计故障分布函数 $F_n(t)$ 与理论模型 $F(t)$ 的最大偏差 $D(n)$:

根据给定显著性水平 α ，查表获得临界值 $D_{n,\alpha}$ ，当 $D < D_{n,\alpha}$ 时，接受模型拟合有效。

B.4 分布模型优选

模型优选采用残差平方和 (SSE) 最小原则, 计算如下:

选择 SSE 最小的寿命分布模型作为目标传感器的最优寿命分布函数。

注：上述方法参考团体标准 T/GDEIIA 4—2020 附录 A 中的建模流程，结合工业机器人传感器寿命分析的特点进行适配与重构。

附录 C
(资料性附录)
K-S检验临界值表

K-S检验临界值如下表所示：

显著性水平 α 样本数量 \n	0.2	0.15	0.1	0.05	0.01
1	0.9	0.925	0.95	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.766	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.51	0.565	0.669
6	0.41	0.436	0.47	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.36	0.338	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.41	0.49
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.45
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.25	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.2	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
大于35	$1.07/\sqrt{n}$	$1.14/\sqrt{n}$	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

参 考 文 献

- [1] T/FSAS 23—2018 工业机器人可靠性评定
- [2] GB/T 2828.1-2012 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] GB/T 17626.3-2023 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验 射频电磁场辐射抗扰度试验
- [4] GB/T 17626.4-2018 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- [5] GB/T 17626.5-2019 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验 浪涌抗扰度试验
- [6] GB/T 39590.1-2020 机器人可靠性 第一部分 通用导则
- [7] T/GDEIIA 4—2020 工业机器人可靠性指标评价方法

《工业机器人传感器性能可靠性技术要求》

编制说明

2025 年 10 月

一 工作简况

(一) 任务来源

随着我国智能制造和高端装备产业的快速发展，工业机器人在制造、物流、医疗、服务等领域的应用日益广泛。工业机器人传感器作为机器人核心感知与控制的关键部件，其性能可靠性直接关系到机器人系统的稳定运行与作业效率。然而，目前国内针对工业机器人传感器性能可靠性尚缺乏系统化、统一的标准，行业内在传感器设计、测试、集成及寿命评估方面缺少规范性指导，导致产品性能波动大、故障判定不统一，严重制约了技术的规模化应用与产业升级。

在此背景下，中国机电一体化技术应用协会积极响应《国家标准化发展纲要》中“加强重点领域标准制定”的号召，结合行业需求和技术发展趋势，于 2025 年正式立项“工业机器人传感器性能可靠性规范”团体标准编制任务。本标准由湖南大学牵头，联合多家科研院所、行业协会及龙头企业共同参与编制。任务来源具体包括以下三方面：

国家战略需求：《中国制造 2025》明确提出要突破机器人关键零部件及系统集成设计制造等技术瓶颈。传感器作为机器人核心感知单元，其性能可靠性直接影响系统稳定性与智能制造水平。为落实国家战略目标，需加快制定工业机器人传感器性能可靠性标准。

行业迫切需求：当前，工业机器人传感器在不同企业和应用场景下存在寿命不确定、环境适应性差、故障判定不统一等问题，影响机器人整体可靠性与生产效率。现有国家标准和行业标准多偏向单一传感器或功能性指标，无法系统覆盖工业机器人传感器在多工况、多物理环境下的可靠性需求。行业亟需一套涵盖性能指标、试验方法、故障判定、寿命评估的专项标准，以指导研发、生产与应用。

技术创新推动：近年来，国内在传感器材料、集成方案、冗余设计、动态性能评价及寿命预测等方面取得进展。但这些技术成果尚未形成统一的标准化推广路径，亟需通过标准编制实现技术固化与共享，推动工业机器人传感器技术水平整体提升。

(二) 国内关于工业机器人传感器性能可靠性的制定情况及最新要求

目前国内与工业机器人传感器相关的标准主要包括以下两类：

基础通用标准：

GB/T 39590.1-2020《机器人可靠性 第 1 部分：通用导则》：定义了可靠性基本概念，但其内容面向整体机器人系统，对工业机器人传感器的可靠性要求和评估方法尚未覆盖。

GB/T 34071-2017《物联网总体技术智能传感器可靠性设计方法与评审》：规定了物联

网智能传感器在研制过程中的可靠性设计及评审方法，为工业机器人传感器可靠性设计提供参考，但该标准并未覆盖工业机器人应用中的特定性能和环境要求。

行业专项标准：

T/FSAS 23-2018《工业机器人可靠性评定》：规定了工业机器人在可靠性验证、测定与评定过程中的总体要求，但面向整机可靠性，未对工业机器人传感器的性能可靠性做出规范。

T/CRSS 0018-2024《工业机器人 性能退化 评价规范》：规定了工业机器人性能退化评价的术语、试验条件、方法及评价方法，但未专门针对传感器性能可靠性做出规范。

综上可见，现有标准偏重整机可靠性，在工业机器人传感器性能可靠性方面缺乏系统规范，未覆盖关键性能指标、寿命评估及环境适应性等要求。国内尚未建立针对工业机器人传感器性能可靠性的系统规范，亟需制定专门标准以指导研发、测试和应用。

（三）标准编制的目的、意义

工业机器人传感器性能可靠性规范的编制，旨在通过系统化、科学化的技术指引，填补国内在工业机器人传感器可靠性标准化建设的空白，推动行业技术水平的整体提升与高质量发展。当前，随着工业机器人在制造、物流、医疗、服务等领域的快速普及，高性能传感器已成为保障机器人可靠运行和作业精度的核心技术。然而，由于缺乏统一的性能可靠性规范，行业内普遍存在传感器寿命不确定、环境适应能力差、故障判定不统一等问题，严重制约了技术的规模化应用与产业升级。本标准的制定，首先着眼于解决技术应用的规范性难题，通过明确传感器性能指标、试验方法、故障判定原则及抽样策略等核心内容，为研发与生产单位提供可操作的技术依据，减少因传感器性能不达标或验证方法不统一导致的系统故障，提升传感器可靠性与一致性。其次，标准通过整合前沿技术成果与工程实践经验，将多种传感器类型的动态性能评价、寿命预测、环境适应性测试等创新方向纳入规范框架，引导行业从经验驱动向科学化、数据化模式转型，为技术迭代与智能制造应用提供基础支撑。此外，本标准注重与国际先进技术规范的对接，通过建立与国际接轨的性能评价体系和可靠性要求，助力国产工业机器人及传感器技术走向全球市场，增强我国在高端机器人领域的话语权。从行业生态层面，标准的实施将促进产学研深度融合，加速科研成果向实际生产力的转化，同时通过规范设计、测试、集成与管理流程，推动全产业链协同发展，为工业机器人在高可靠性、高精度和复杂环境下的广泛应用注入动力。长远来看，这一标准不仅为工业机器人传感器的高可靠性应用奠定了技术基石，更通过标准化手段提升了行业整体竞争力，为我国智能制造产业的高质量发展提供了有力保障。

编制本标准的意义非常重大，原因在于：1) 工业机器人传感器性能可靠性亟需统一标准指导；2) 目前国内尚缺乏系统化、可操作的工业机器人传感器性能可靠性标准。

（四）标准特点

本标准主要涵盖工业机器人传感器性能可靠性评价的术语与定义、故障判定、抽样原则、试验条件、静态与动态性能试验、可靠性试验方法（包括平均无故障时间、耐久性能、长期漂移与老化性能、寿命评估等）、环境适应性试验（包括振动、电磁、高湿、高低温循环等），以及性能监测与数据处理要求。本标准针对工业机器人传感器在复杂工况下的长期运行特性，建立了统一的可靠性测试与评价框架，明确了试验条件、判定原则和数据处理方法，填补了机器人传感器领域在性能可靠性规范方面的标准空白。

（五）主要工作过程

1. 编制准备阶段

2025年1月-7月。主编单位接到编制任务后，组织专业技术人员成立编制组，开展大量的资料收集和前期调研工作，编写完成标准大纲、标准初稿等。

2. 征求意见阶段

2025年7月完成标准草案的完善，并小范围内部征求意见，根据反馈意见修改形成征求意见稿，全面公开征求意见。

3. 送审阶段

2025年月通过专家审查，并根据专家审查意见修改了送审稿，最终形成报批稿。

4. 报批阶段

准备报批。

二 标准编制原则

（一）科学性原则：本标准的编制以工业机器人传感器在典型应用场景中的性能要求和测试实践为基础，结合可靠性试验的实际经验与数据分析方法，确保各项性能指标、试验条件及评价方法具有科学性、系统性和可验证性，能够有效支撑传感器性能可靠性的评定与验证。

（二）统一性原则：本标准统一了不同类型工业机器人传感器在性能可靠性评价中的术语、测试条件与数据处理方法，确保各类产品的测试结果具有可比性和一致性。

（三）公正性原则：本标准编制过程公正、公平、透明，确保标准的制定过程中各方利益的平衡，不偏袒任何一方，保证标准的客观性和公信力。

（四）可操作性原则：本标准充分考虑工业现场测试的可实施性与设备适配性，所规

定的试验流程、环境条件及数据采集方法均具备工程可操作性和实验可重复性，便于制造企业、检测机构及应用单位按照统一标准执行。

（五）合规性原则：本标准编制符合国家法律法规和相关行业的规范和标准，确保标准的合法性和合规性，遵循国家政策和法律要求。

三 标准主要内容

1. 范围：介绍工业机器人传感器性能可靠性规范的制定内容和适用范围；
2. 规范性引用文件：本标准编制时引用的标准规范等文件；
3. 术语与定义：对本标准中所涉及的名词术语进行定义；
4. 故障判定：传感器故障判定原则和计数方法规定；
5. 抽样：传感器样品的抽样原则和数量要求；
6. 试验条件：可靠性试验前的前提条件和环境条件；
7. 静态性能试验：静态性能试验的项目和方法；
8. 动态性能试验：动态性能试验的项目和方法；
9. 可靠性试验方法：可靠性关键参数的试验方法；
10. 性能监测与数据处理：试验过程中的数据采集、记录及处理方法的规定；

四 预期经济效果

工业机器人传感器性能可靠性规范标准的实施，预期将带来显著的经济效果。目前，工业机器人在制造、物流、医疗等领域的应用正在快速增长，传感器作为核心部件，其性能可靠性直接影响机器人系统的稳定性和生产效率。然而，企业在传感器的设计、集成和可靠性评估过程中面临高昂的研发成本、复杂的试验流程以及时间压力。通过制定工业机器人传感器性能可靠性规范，预期将显著降低这些开发和验证成本。标准的实施将明确性能指标、试验方法及故障判定原则，提升研发效率，减少重复验证工作。此外，统一的可靠性评估框架将促进不同团队和企业之间的协作，降低资源浪费，并简化实验与认证流程，进一步缩短研发周期。这将使企业能够更专注于核心技术创新和应用推广，推动工业机器人产业链的健康发展，最终实现可观的经济回报和社会效益。

五 采用国际标准和国外先进标准情况

在编制工业机器人传感器性能可靠性规范标准过程中，我们充分借鉴了国际标准和国外先进标准，结合国内实际情况进行了深入研究与修订。通过与国际接轨，确保我国工业机器人传感器性能可靠性规范标准达到国际先进水平，为产业发展提供有力支撑。

六 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

在编制工业机器人传感器性能可靠性规范标准过程中，我们严格遵循了相关的现行法律、法规和强制性国家标准，确保标准的合规性和权威性。同时，我们也充分考虑了工业机器人传感器性能可靠性规范标准的发展趋势和应用需求。

七 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中未出现重大分歧意见。

八 标准性质的说明

建议本标准为推荐性标准。

九 有关专利的说明

本文件在制定过程中未涉及任何专利信息，也未引用任何专利技术。

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这些专利的责任。

十 贯彻标准的要求和措施建议

本标准经征求各相关方意见，已形成共识，标准实施之日起，各相关方将遵照执行。

十一 废止现行有关标准的建议

无。