

# 一体化关节平均无故障时间测试与评定

(征求意见稿)

## 编制说明

2025年08月

# 《一体化关节平均无故障时间测试与评定》 团体标准 征求意见稿编制说明

1. 工作简况，包括任务来源、协作单位、主要工作过程、团体标准主要起草人及其所做的工作等

## 1.1 任务来源

《一体化关节平均无故障时间测试与评定》由上海市人工智能行业协会提出。

## 1.2 协作单位

本标准的起草单位有上海机器人产业技术研究院有限公司、北京人形机器人创新中心有限公司、人形机器人（上海）有限公司、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、中国科学院沈阳自动化研究所、无锡巨蟹智能驱动科技有限公司、五八智能科技（杭州）有限公司、中晶新源（上海）半导体有限公司等。

## 1.3 主要工作过程

标准编制期间，其主要工作过程如下：

1) 2024年10月，标准起草单位调研了一体化关节的市场现状、标准现状，根据目前一体化关节标准缺失的现状，提出了标准起草需求；

2) 2024年10月，标准起草单位结合一体化关节的特点，起草了标准草案；

3) 2024年11月，由上海市人工智能行业协会进行了立项评审，会后根据专家意见对草案进行了修改并提交评审资料，2024年11月，下达标准计划；

4) 2025年1月，标准牵头单位对外公开征集，组建了标准起草工作组；

5) 2025年2月，标准牵头单位收集标准草案意见并召开了第一次工作组会议，讨论了标准草案，会后标准牵头单位根据收集的意见及现场意见对标准草案进行了标准框架优化与内容修改，主要集中在对可靠性测试、基准工况和性能测试项目的讨论；

6) 2025年3月,标准牵头单位在标准起草工作组内进行了征求意见,共收集到3条意见,并对意见进行了修改;

7) 2025年4月,标准牵头单位组织召开第二次标准工作组会议,讨论标准草案,并根据讨论情况对标准进行了修改,主要集中可靠性统计方案和故障处理的讨论;

8) 2025年7月-2025年8月,标准牵头单位开展了一体化关节平均无故障时间测试与评定的标准验证,对一体化关节的加速试验条件进行了验证,根据验证情况对标准进行了修改,形成征求意见稿。

#### 1.4 标准主要起草人及其所做的工作

上海机器人产业技术研究院有限公司负责了本标准的架构制定工作,并对标准内容进行初审;上海机器人产业技术研究院有限公司主要负责本标准的全文编制工作并主导了标准的会议讨论和标准的整体审核工作;中晶新源(上海)半导体有限公司、五八智能科技(杭州)有限公司、无锡巨蟹智能驱动科技有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司参加了标准工作组会议,提出标准内容的具体修改意见;北京人形机器人创新中心有限公司协助上海机器人产业技术研究院有限公司进行了标准的试验验证工作;上海电器设备检测所有限公司、上海添唯认证技术有限公司、上海电器科学研究所派代表参与过程讨论。

**2. 标准编制原则和确定标准主要内容(如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等)的论据(包括试验、统计数据),修订标准时,应增列新旧标准水平的对比;**

##### 2.1 标准制订的原则

标准编制遵循“统一性、适用性、一致性、规范性”的原则,注重标准的可操作性。本标准编写是执行 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》。

##### 2.2 标准的主要内容(增加体现自创新部分的说明)

标准规定了一体化关节平均无故障时间测试与评定的试验样品、统计方案、

试验条件、受试样品功能和性能检测、试验实施、故障判据/分类/统计原则及故障处理、相关试验时间统计、试验的结束和结果报告，适用于一体化关节。

除了标准的规范性要素（范围、规范性引用文件、术语和定义等）外，本标准的正文部分主要包括：

- a) 第 4 章 试验样品：对一体化关节试验时的样品要求和数量进行了规定；
- b) 第 5 章 统计方案：对一体化关节的评定指标、试验方案和试验时间计算方式进行了规定；
- c) 第 6 章 试验条件：对一体化关节的试验环境、使用工况和试验时的电应力进行了规定；
- d) 第 7 章 受试样品功能和性能测试：规定了受试样品的检测项目、检测方法及其合格判据，列出了外观检查的方法和判据、功能检查的要求和判据以及性能检测的要求和判据；
- e) 第 8 章 试验实施：规定了一体化关节的可靠性试验步骤；
- f) 第 9 章 故障判据、分类、统计原则及故障处理：规定了故障判据的原则、故障的分类、故障的统计原则、当量故障数的计算公式及故障处理方式；
- g) 第 10 章 相关试验时间统计原则：规定了样品的相关试验时间的统计原则；
- h) 第 11 章 试验的结束：规定了判定试验结束原则。列出了接收判决下的 MTBF 的置信下限估计公式和拒收判决下的 MTBF 单边下限估计公式；
- i) 附录 A 试验记录：规定了试验时间、试验记录、故障情况记录、故障维修记录和故障分析记录。
- j) 附录 B 机器人一体化关节功率 MOSFET 选型要求：规定了机器人一体化关节功率 MOSFET 选型要求，包含基本电气参数、效率与能效、可靠性设计、动态特性、封装与散热以及抗冲击能力。

### **3. 主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；**

#### **3.1 试验验证分析**

北京人形机器人创新中心有限公司一体化关节为对象,对其平均无故障时间测试与评定进行了验证,主要包括统计方案验证、加速试验条件验证、试验实施验证等。

### 3.2 综述报告

《“十四五”机器人产业发展规划》明确将智能一体化关节列为重点攻关领域,一体化关节模组是现代机器人技术中的核心组件,主要应用于人形机器人、四足机器人、医疗或协作机器人领域。根据行业定义,一体化关节模组占到人形机器人成本的70%以上,占协作机器人的90%,是制约人形机器人成本的最重要因素。研究一体化关节既是突破“卡脖子”技术、降低产业成本的现实选择,更是实现机器人柔性化作业、安全人机共生的必然路径。随着国产模块在精度与可靠性上比肩国际一线品牌,该技术正重塑全球机器人产业竞争格局。

### 3.3 技术论证

本文件的要求和试验方法参考了目前已成熟的标准,本文件在编制过程中所引用的标准是经过工作组的多次讨论后形成的。同时,对于本文件形成的技术内容的正确性及适用性,工作组也组织单位参与了标准的验证工作,以北京人形天工一体化关节进行了试验验证的工作,根据验证结果修改了标准内容,验证的结果也证明了本文件的可行性,本文件提出的试验方法具备复现性和重复性。

### 3.4 预期的经济效果

本文件以规范一体化关节平均无故障时间测试与评定为目的,通过依据本标准的测试对产品进行全面的考核,暴露产品存在的问题,企业以本标准开展研发、生产和测试可以从早期避免产品存在的问题,缩短研发周期,提高进入市场后产品的适用性,具有较好的经济效益。

本文件发布实施后,将指导一体化关节的研发团队、第三方检测机构更好的开展设计和试验工作,实现研发阶段对产品潜在缺陷的快速识别与整改。让潜在缺陷留在实验室,降低售后故障率,支持国产一体化关节质量提升和品牌建设,为我国一体化关节质量水平综合提升提供一种可行标准指导。

**4. 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况；**

目前关于一体化关节的平均无故障时间测试与评定的没有现有标准，在性能测试方面，等效采用了 GB/T 43200-2023 《机器人一体化关节性能及试验方法》中弯矩、背隙、额定转矩、功率密度、绝对定位精度、重复定位精度等。确保了评价方法与国际主流技术要求保持一致。

然而，与国际现有标准相比，本文件的突出贡献在于首次系统性地提出一体化关节的平均无故障时间测试与评定，填补了国际标准在一致性量化评价领域的空白。

**5. 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系；**

与现行相关法律、法规、规章及相关标准无矛盾。

**6. 重大分歧意见的处理经过和依据；**

无。

**7. 标准的建议；**

建议作为团体标准实施，建议标准发布后立即实施。

**8. 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）；**

本标准发布后，标准起草组将作为标准应用推广的主体，组织科研院所、相关企业、第三方检测认证机构等进行标准的宣贯。同时，起草组对标准的核心内容进行解读，方便后续的应用。

**9. 废止现行有关标准的建议；**

无，本标准为首次制定标准。

**10. 其他应予说明的事项。**

无。

起草工作组  
2025年08月