《人形机器人关节驱动用精密丝杠驱动模组可靠性试验方法》

（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本项目根据中国欧洲经济技术合作协会2026年团体标准制定计划，项目名称为《人形机器人关节驱动用精密丝杠驱动模组可靠性试验方法》项目计划号T/CEATEC-2026-149的任务而进行制订。

（二）起草单位及主要起草人

本文件起草单位：宁波马丁具身机器人科技有限公司、河北工业大学。

本文件主要起草人：王建红、邹双喜、邢明才。

（三）标准制定目的和意义

从产业角度分析，制定《人形机器人关节驱动用精密丝杠驱动模组可靠性试验方法》团体标准的目的和意义主要体现在以下几个方面：

1.目的

制定本文件的核心目的是规范人形机器人关节用精密丝杠副的可靠性试验方法，完善相关技术标准体系。精密丝杠副作为人形机器人关节的重要传动部件，其可靠性直接影响关节的运动精度、承载能力、传动性能及使用寿命。随着人形机器人技术的发展，精密丝杠副在实际应用中面临短行程往复、频繁换向、交变载荷及受载停歇等复杂工况，对其耐久性能和运行可靠性提出了更高要求。然而，现有相关标准主要涉及丝杠副的性能检测、承载能力及寿命计算，针对人形机器人关节特殊工况下的可靠性试验方法、失效判定及结果评价等方面尚缺乏系统性规定。

本文件旨在统一精密丝杠副的试验条件、性能检测、耐久试验、静态承载试验、环境适应性试验、加速寿命试验、失效判定及可靠度评价等要求，为产品可靠性验证、性能评价、质量控制及工程应用提供技术依据，推动人形机器人关键传动部件可靠性试验的规范化和标准化。

2.意义

本文件的发布实施将有助于提升人形机器人关节用精密丝杠副可靠性试验的规范性、科学性和结果可比性。通过统一试验条件、载荷与运动工况、寿命计量及性能检测方法，明确轴向间隙、预紧保持性、行程精度、转矩、传动效率等关键性能指标的检测要求，以及失效判据和可靠度评价方法，能够更加全面地评价精密丝杠副在复杂工况下的性能退化和失效风险，为产品设计优化、寿命评估和质量改进提供依据。

从产业发展角度看，本文件将进一步完善人形机器人关键传动部件的可靠性试验标准体系，引导企业规范产品试验流程和技术验证要求，提升滚珠丝杠副和行星滚柱丝杠副的可靠性及质量控制水平。同时，为人形机器人关节传动系统的产品选型、性能验证和工程应用提供技术支撑，促进关键零部件技术进步和人形机器人产业高质量发展。

（四）主要工作过程

1.前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集相关的材料。同时，标准编制小组安排相关人员，多次与相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2026 年 5 月 21 日本团体标准由中国欧洲经济技术合作协会正式立项，立项名称为：《人形机器人关节驱动用精密丝杠驱动模组可靠性试验方法》。

2.标准起草过程

2026 年 5 月，团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标准制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编

制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于2026年9月初完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

二、标准编制原则和依据

（一）编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

（二）标准主要内容与确定依据

1.标准主要内容

1.1 范围

本文件规定了人形机器人关节用精密丝杠副的可靠性试验条件、试验方法、失效判定和结果评价方法。本文件适用于人形机器人关节用滚珠丝杠副和行星滚柱丝杠副的可靠性试验。

1.2 规范性引用文件

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 5080.1 可靠性试验 第1部分：试验条件和统计检验原理

GB/T 17587.3 滚珠丝杠副 第3部分：验收条件和验收检验

GB/T 17587.5 滚珠丝杠副 第5部分：轴向额定静载荷和动载荷及使用寿命

GB/T 17248.2 声学 机器和设备发射的噪声 在一个反射面上方可忽略环境修正的近似自由场测定工作位置和其他指定位置的发射声压级

GB/T 34986 产品加速试验方法

JB/T 12604 行星滚柱丝杠副

1.3 术语和定义

规定了精密丝杠副、轴向间隙、预紧、工作循环和目标寿命共5个核心术语。

1.4 基本要求

规定了试验方案与样本、试验条件与设备、寿命计量与维护等基本要求。试验前应根据人形机器人关节的实际工况确定载荷、速度、行程、工作循环及目标寿命，明确检测项目、性能限值和失效判据。试验装置应具备必要的测量、控制和安全保护功能，并统一寿命计量方式及润滑维护要求，确保试验结果的准确性和可比性。

1.5 试验方法

规定了准备与初始检测、性能检测、耐久试验、静态承载试验、环境适应性试验、试后检查及加速寿命试验等方法。通过轴向间隙、预紧保持性、行程精度、转矩、传动效率、温度及噪声等项目的检测，评价精密丝杠副的性能变化。结合短行程、频繁换向及交变载荷等实际工况开展耐久试验，并通过静态承载、低温、高温、恒定湿热及加速寿命试验，评价其承载能力、环境适应性和寿命特性。

1.6 失效判定与结果评价

规定了精密丝杠副的失效判据、结果记录及可靠度评价方法。明确结构断裂、传动卡滞、滚动体或循环机构损坏、关键性能超限及润滑失效等判定条件，规范失效寿命、未失效样本及异常情况的记录要求。采用规定的统计方法进行可靠度评价，为产品可靠性验证和寿命评估提供依据。

1.7 试验报告

规定了试验报告的基本内容，包括试验依据、受试件信息、试验装置与条件、目标寿命、检测项目、性能限值、试验数据、失效记录及评价结论等。开展加速寿命试验时，还应记录加速条件、模型参数、失效机理验证结果及等效寿命等信息，确保试验结果完整、准确和可追溯。

2.确定标准主要内容的依据

本文件各项技术要求主要依据现行国家标准、行业标准、人形机器人关节实际运行工况及精密丝杠副可靠性试验的工程经验确定。试验方案与样本要求参考 GB/T 5080.1，结合人形机器人关节短行程往复、频繁换向、交变载荷及受载停歇等典型工况，明确试验条件、样本数量、目标寿命及失效判据。试验条件与设备要求依据精密丝

杠副的运行特点和测量精度需求，确定环境条件、设备功能、参数控制及数据采集要求。寿命计量与维护要求结合丝杠副的运动特性及润滑方式，明确工作循环、累计运行距离、累计相对转数和维护条件。

性能检测要求主要参考 GB/T 17587.3、GB/T 17587.5 和 JB/T 12604，结合精密丝杠副的传动特性，确定轴向间隙、预紧保持性、行程精度、转矩及传动效率等检测方法；噪声测量参考 GB/T 17248.2。耐久试验与静态承载试验结合实际载荷、运动条件及承载要求，规定试验程序、性能监测和试后检查方法。环境适应性试验依据 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2 和 GB/T 2423.3，确定低温、高温及恒定湿热试验方法。加速寿命试验参考 GB/T 34986，结合载荷、温度及循环频次等加速因素，规定加速条件、模型验证和寿命评价要求。失效判定与结果评价依据精密丝杠副的典型失效形式及可靠性统计原理，明确失效判据、寿命记录和可靠度评价方法，为试验结果的科学性、准确性和可比性提供依据。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

编制组在标准起草过程中，结合人形机器人关节用精密丝杠副的实际应用需求，参考现行国家标准、行业标准及相关工程经验，对标准草案中的主要技术要求和试验方法进行了分析论证。针对滚珠丝杠副和行星滚柱丝杠副的结构特点，以及短行程往复、频繁换向、交变载荷等典型工况，重点分析了试验条件、寿命计量、性能检测、耐久试验、静态承载试验、环境适应性试验及加速寿命试验等内容。验证项目主要涉及轴向间隙、预紧保持性、行程精度、转矩、传动效率、温度、噪声及静态承载性能等，并结合失效判定和可靠度评价，对精密丝杠副的可靠性进行综合分析。

通过对相关标准、试验方法及典型失效形式的分析，明确了精密丝杠副可靠性试验的主要技术要求。针对不同产品在试验工况、寿命计量、性能退化及失效判定等方面的差异，本文件统一了试验条件、检测方法和结果评价要求。同时，依据 GB/T 34986 等相关标准，对载荷、温度及循环频次等加速因素提出了模型验证要求，提高寿命评价结果的科学性和可靠性，为产品可靠性验证和质量控制提供技术依据。

从技术经济角度看，本文件统一了人形机器人关节用精密丝杠副的可靠性试验方法和评价要求，有助于减少重复试验和技术验证成本，提高产品研发及质量检测效率。预计本文件实施后，将促进滚珠丝杠副和行星滚柱丝杠副的可靠性提升，推动关键传动部件的设计优化和制造技术进步。同时，为人形机器人关节传动系统的产品选型、性能验证及工程应用提供技术支撑，降低产品应用风险，促进人形机器人产业高质量发展，产生良好的经济效益和社会效益。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、废止现行有关标准的建议

本标准不涉及对现行标准的废止。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

九、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）

本标准首次制定，没有特殊要求。

十、其他应予说明的事项

无。

《人形机器人关节驱动用精密丝杠驱动模组可靠性试验方法》团体标准编制组

2026 年 11 月