

团体标准

T/CAMETA XX—2024

人形机器人性能检测试验方法

Performance Testing Methods for Humanoid Robots

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国机电一体化技术应用协会 发布

目次

前 言	3
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 安全要求	5
4.1 基本要求	5
4.2 机械安全	5
4.3 电气安全	6
4.4 环境安全	6
5 测试条件	6
5.1 测试前提条件	6
5.2 环境条件	6
6 性能测试方法	7
6.1 负载性能	7
6.2 移动性能	7
6.3 越障能力	8
6.4 抗扰性能	9
6.5 地形通过性能	10
6.6 定位能力	10
6.7 导航能力	11
6.8 操作性能	11
6.9 续航性能	12
参考文献	12
编制说明	13
一 工作简况	14
二 标准编制原则	16
三 标准主要内容	17
四 预期经济效果	17
五 采用国际标准和国外先进标准情况	17
六 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	17
七 重大分歧意见的处理经过和依据	18
八 标准性质的说明	18
九 贯彻标准的要求和措施建议	18
十 废止现行有关标准的建议	18
十一 主要起草单位和联系方式	18

前 言

本标准按照 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。

本标准由中国机电一体化技术协会提出。

本标准由中国机电一体化技术协会归口。

本标准起草单位：哈工大机器人技术与系统全国重点实验

本标准主要起草人：

1 范围

本标准规定了人形机器人的术语和定义、安全要求、性能测试条件、性能测试方法。
本文件适用于人形机器人性能测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性应用而构成本文件必不可少的条款。其中，标注日期的引用文件，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 38124-2019 服务机器人性能测试方法

GB/T 38244-2019 机器人安全总则

GB/T 44253-2024 巡检机器人安全要求

GB/T12643-2013 机器人与机器人装备 词汇

GB 31241-2022 便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范

GB/T 36276 电力储能用锂离子电池

GB/T 33265 教育机器人安全要求

GB/T18029.13 轮椅车 第 13 部分:测试表面摩擦系数的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

人形机器人 humanoid robot

具有躯干、头和四肢，外观和动作与人类相似的机器人。

[GB/T12643-2013,定义 3.17]

3.2

最大平地移动速度 maximum ground moving speed

机器人在额定负载及正常工作状态下，平地移动允许达到的最大行进速度。

3.3

正常工作状态 normal operating status

机器人制造厂商规定的，在符合使用环境下能正常运行的状态。

3.4

负载 load

在规定的速度和加速度条件下，沿着运动的各个方向，机械接口或移动平台处可承受的力和/或扭矩。

注:负载是质量、惯性力矩的函数,是机器人承受的静态力和动态力。

[GB/T12643-2013,定义 6.2.1]

3.5

额定负载 rated load

正常操作条件下作用于机械接口或移动平台且不会使机器人性能降低的最大负载。

注:额定负载包括末端执行器、附件、工件的惯性作用力。

12643-2013,定义 6.2.2]GB/T

3.6

定位 localization

在环境地图上识别或分辨移动机器人的位姿。

[GB/T 12643-2013,定义 7.2]

3.7

导航 navigation

依据定位和环境地图决定并控制行走方向。

注:导航包括了为实现从位姿点到位姿点的运动和整片区域覆盖的路径规划, [GB/T

12643-2013,定义 7.6]

3.8

待机状态 standby mode

机器人主电源打开后,机器人除了站立不做任何操作的状态。

注 1:不包括电源打开后默认执行作业程序的机器人。

注 2:操作包括按钮、触屏、语音等外部唤醒。

3.9

续航能力 cruising ability

机器人在充电完成后,可持续运行的时间。不包含待机时间。

4 安全要求

4.1 基本要求

人形机器人应符合 GB/T 38244 和 GB/T 44253 的安全要求。

4.2 机械安全

4.2.1 急停

人形机器人应具有紧急停止机制,一旦发生异常或出现危险,可以快速、直接地停止人形机器人的所有动作。

4.2.2 结构

人形机器人表面不应有尖锐的凸起物，避免对用户产生物理性伤害。

4.2.1 动作

人形机器人应具备吊装接口，能够安装安全绳类的防护装置，避免测试过程中，机器人动作执行失败，对自身或用户产生物理损害。

4.3 电气安全

4.3.1 电池和电源管理

人形机器人的电池（组）及其应用应符合 GB 31241 和 GB/T 36276 的要求。电池安全功率和电源适配器安全功率应符合 GB/T 33265 的相关要求。

4.3.2 防电击设计

人形机器人内部电路设计应确保电气元件与用户之间有有效隔离，避免电击事故。

4.3.3 电磁兼容性

应满足 GB/T 44253 的要求。

4.4 环境安全

人形机器人性能测试环境应按测试内容进行划分、标识，并进行区隔，避免与其他人或设备发生碰撞或意外。

5 测试条件

5.1 测试前提条件

在测试前机器人应进行适当的预热。

机器人应处于正常工作状态，确保整个测试过程中以安全的方式操作对于移动性能、定位导航、续航能力，除非另有说明，机器人应在额定负载条件下以额定速度进行测试。

5.2 环境条件

在下列环境下对服务机器人进行性能测试：

a)环境温度:0℃~40℃;

b)相对湿度:0%~80%;

c)地面或坡面:摩擦系数在 0.75~1.0 范围内,依据 GB/T18029.13 测量如果制造商指定的环境条件超出以上条件,应在测试报告内说明。

6 性能测试方法

6.1 负载性能

6.1.1 测试目的

本测试是为了测试人形机器人的负载性能。

6.1.2 测试设备

充当载荷物应结构简单,易于安装在机器人本体上,最小载荷重量为 0.5kg;载荷安装位置位于机器人躯干处。测试区域长度为 5 倍机器人长度(沿运动方向的长度),但不小于 1000mm,宽度要保证机器人能够正常行走。

6.1.3 测试方法

测试步骤如下:

a)将载荷稳定地固定在机器人躯干上;

b)将安全绳联接在机器人上(安全绳处于松弛状态);

c)单次测试机器人以额定速度行走不小于 1000mm 的距离;测试不少于 3 次,单次测试中如果失败可重复一次,如果仍失败,本测试终止。

6.1.4 测试结果

每次测试时,若机器人行走过程中出现倾倒、侧滑、颠簸、走歪以及报错等异常状况时,则认为此过程测试失败。测试结果应包括负载重量、额定速度,测试次数,成功次数等。取连续 3 次测试成功的负载结果。

6.2 移动性能

6.2.1 平地移动最大速度

6.2.1.1 测试目的

本测试为了测试人形机器人在平地、额定负载条件下,直线前往目标点的最大允许行进速度。

6.2.1.2 测试设备

按照 GB_T 38124-2019 中 5.1.1.2 规定的设备进行测试。

6.2.1.3 测试方法

按照 GB_T 38124-2019 中 5.1.1.3 规定的方法进行测试。

6.2.1.4 测试结果

按照 GB_T 38124-2019 中 5.1.1.4 规定的测试结果执行。

6.2.2 最大坡度

按照 GB_T 38124-2019 中 5.1.3 规定的设备及方法进行测试。

6.2.3 上下台阶

6.2.3.1 测试目的

本测试为了测试人形机器人在正常条件下，上下台阶的能力。

6.2.3.2 测试设备

台阶尺寸：长×宽×高=1200mm×40mm×H（高度应大于100mm）；

台阶级数：不少于3级。

6.2.3.3 测试方法

测试步骤如下：

- a) 确定台阶高度与级数；
- b) 将安全绳联接在机器人上（安全绳处于松弛状态）；
- c) 使机器人在正常条件下到达台阶前方并通过台阶。

6.2.3.4 测试结果

机器人在上下台阶过程中，出现倾倒、侧滑失稳以及报错等异常状况时，认为此过程测试失败。测试结果应包括台阶高度、台阶级数，测试次数，成功次数等。连续3次测试成功为通过此测试。

6.3 越障能力

6.3.1 测试目的

本测试是在人形机器人正常工作的条件下，测试其能越过不同障碍物的能力。

6.3.2 测试设备

凸起障碍物尺寸：长×宽×高=1200mm×40mm×H（高度应大于 100mm）；

凹入障碍物尺寸：长×宽×高=1200mm×W×100mm（宽度应大于 100mm）。

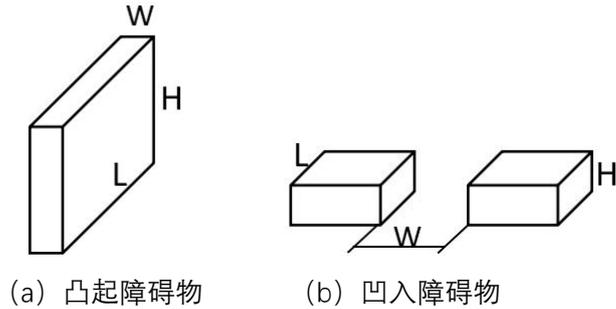


图1 障碍物示意图

6.3.3 测试方法

测试步骤如下：

- a) 确定凸起障碍物高度/凹入障碍物宽度；
- b) 将安全绳联接在机器人上（安全绳处于松弛状态）；
- c) 使机器人在正常条件下到达障碍物前方并通过障碍物。

6.3.4 测试结果

机器人在通过障碍物过程中，出现倾倒、侧滑失稳以及报错等异常状况时，认为此过程测试失败。测试结果应包括障碍物类型、障碍物尺寸，测试次数，成功次数等。连续5次测试，有一次成功为通过此测试，否则判定为失败。

6.4 抗扰性能

6.4.1 测试目的

本测试是为了测试人形机器人抗扰性能。

6.4.2 测试设备

- a)按照 GB_T 38124-2019 中 5.1.1.2 规定的设备进行测试；
- b) 摆锤重量为 M (kg)；
- c) 测试设备可以是视觉跟踪系统、激光追踪仪等。

6.4.3 测试方法

测试步骤如下：

- a) 将安全绳联接在机器人上；
- b) 将摆锤上放置标记点；
- c) 机器人稳定站立后，开始在平地上行走，在行走过程中，受到摆锤冲击，冲击方向为正向与侧向，通过运动跟踪仪记录摆锤冲击速度，根据下式计算冲量。

$$\text{冲量} = M \times \text{摆锤速度}$$

6.4.4 测试结果

机器人在行走过程中，受到摆锤冲击，出现倾倒、侧滑失稳以及报错等异常状况时，认为此过程测试失败。测试结果应包括摆锤重量，摆锤撞击机器人的速度，冲击方向。连续3次测试成功为通过此测试。

6.5 地形通过性能

6.5.1 测试目的

本测试是为了测试人形机器人地形通过性能。

6.5.2 测试设备

典型地形包括草地、沙地、碎石地形，碎石平均直径 $\geq 2\text{cm}$ ，地形尺寸如下图所示；

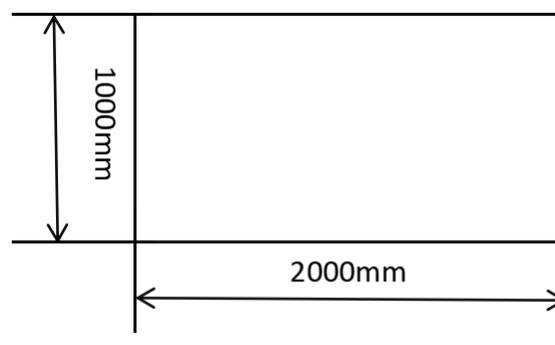


图2 典型地形范围示意图

6.5.3 测试方法

测试步骤如下：

- a) 将安全绳联接在机器人上；
- b) 机器人稳定站立后，分别通过草地区域、沙地区域、碎石区域。

6.5.4 测试结果

机器人在典型地形行走过程中，出现倾倒、侧滑失稳以及报错等异常状况时，认为此过程测试失败。测试结果应包括行走地形类型，行走速度，成功次数。每种地形连续3次测试成功为通过此测试，通过速度取3次的最小值。

6.6 定位能力

6.6.1 测试目的

本测试为了测试人形机器人在导航模式下到达指定目标点的能力。包括到达目标点的姿态准确度和重复性。

6.6.2 测试设备

按照GB_T 38124-2019 中5.2.1.2规定的设备进行测试。

6.6.3 测试方法

按照GB_T 38124-2019 中5.2.1.3规定的方法进行测试。

6.6.4 测试结果

按照GB_T 38124-2019 中5.2.1.4规定的测试结果执行。

6.7 导航能力

6.7.1 测试目的

本测试是为了测试人形机器在工作环境内导航规划能力。

6.7.2 测试设备

按照GB_T 38124-2019 中5.2.2.2规定的设备进行测试。

6.7.3 测试方法

按照 GB_T 38124-2019 中 5.2.2.3 规定的测试方法进行测试。

6.7.4 测试结果

按照GB_T 38124-2019 中5.2.2.4规定的测试结果执行。

6.8 操作性能

6.8.1 测试目的

本测试是为了测试人形机器人的操作性能。

6.8.2 测试设备

按照 GB_T 38124-2019 中 5.3.2.2 规定的设备进行测试。

6.8.3 测试方法

按照 GB_T 38124-2019 中 5.2.2.3 规定的方法进行测试。

6.8.3 测试结果

按照 GB_T 38124-2019 中 5.2.2.4 规定的测试结果执行。

6.9 续航性能

6.9.1 测试目的

本测试是为了测试人形机器人的续航性能，主要测试待机时间、行走续航能力。

6.9.2 测试设备

按照 GB_T 38124-2019 中 5.4.1.2 规定的设备进行测试。

6.9.3 测试方法

测试步骤如下：

- a) 机器人充满电后，将安全绳联接在机器人上（安全绳处于松弛状态）；
- b) 按要求开启机器人，机器人处于正常状态，且机器人保持原地站立姿态，直至机器人出现失稳情况或电量损耗至电源设定的最小充电安全值。记录开始时间和结束时间，计算出待机时间；
- c) 将机器人放在跑步机上，将安全绳联接在机器人上（安全绳处于松弛状态）；
- d) 开启跑步机同时开始计时，使机器人以额定速度在跑步机上匀速行走，直至机器人出现失稳情况或电量损耗至电源设定的最小充电安全值，记录开始时间和结束时间，计算出行走续航时间；

6.9.3 测试结果

机器人出现失稳情况或电量损耗至电源设定的最小充电安全值，判定测试结束，并记录开始时间和结束时间，和计算出的待机时间与行走续航时间。

参考文献

[1] GB_T 40014-2021 双臂工业机器人 性能及其试验方法

[2] GB_T 20868-2007 工业机器人 性能试验实施规范

《人形机器人性能检测试验方法》

编制说明

一 工作简况

（一） 任务来源

工信部在《人形机器人创新发展指导意见》中提出，到 2025 年，人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破，确保核心部组件安全有效供给。到 2027 年，人形机器人技术创新能力显著提升，形成安全可靠的产业链供应链体系，构建具有国际竞争力的产业生态，综合实力达到世界先进水平。

人形机器人性能测试技术规范任务的来源，主要基于以下几点考虑：

1、技术发展的需求

随着人工智能、传感器、机械控制等技术的快速发展，人形机器人在性能上取得了显著提升。然而，不同厂商和科研机构研发的人形机器人在性能方面存在差异，这导致人形机器人在实际应用中的表现参差不齐。为了统一评估人形机器人的性能，制定性能测试技术规范成为迫切需求。

2、行业应用的需求

人形机器人在医疗、教育、娱乐、救援等多个领域具有广泛应用前景。然而，由于缺乏统一的性能测试标准，不同人形机器人在同一应用场景下的性能表现难以比较，这限制了人形机器人的推广和应用。因此，制定性能测试技术规范有助于推动人形机器人在各行业中的广泛应用和深入发展。

3、政策引导与市场需求

国家和地方政府对人形机器人产业的发展给予了高度关注和支持，推出了一系列政策措施来引导和规范产业的发展。同时，随着消费者对人形机器人性能要求的不断提高，市场对于具备高性能的人形机器人的需求也在不断增加。为了满足市场需求和政策导向，制定性能测试技术规范成为推动人形机器人产业健康发展的重要手段。

（二） 国内关于人形机器人性能检测试验方法的制定情况及最新要求

国内在人形机器人性能检测试验方法的标准制定方面，已经取得了显著的成

果。以下是对该领域国内标准制定情况的概述：

已制定的相关标准

1. 《腿式机器人性能及试验方法标准》：这是第一个与人形机器人相关的国家标准，旨在解决以双足、四足为代表的具身智能机器人腿式机器人运动性能指标不统一、试验条件不一致、测试方法不规范等问题。

但在安全要求，测试条件，性能测试方法等领域还没有最新系统的相关标准，在此背景下，哈工大机器人技术与系统全国重点实验室结合自身在人形机器人性能检测试验方面所积累的丰富经验，作为主编单位承担了《人形机器人性能检测试验方法》的标准编制工作。

（三） 标准编制的目的、意义

标准制定的意义与影响

1. 提升技术水平：标准的制定有助于推动人形机器人技术的持续创新和改进，提升整体技术水平。
2. 规范市场秩序：通过制定和实施统一的标准，可以规范人形机器人市场的竞争秩序，防止恶性竞争和不合格产品的出现。
3. 保障消费者权益：统一的标准为消费者提供了更加客观、准确的评估依据，有助于保障消费者的合法权益。
4. 促进国际合作：国内标准的制定与国际接轨，有助于提升中国在人形机器人领域的国际竞争力和影响力。

（四） 标准特点

1.本标准在 GB_T 38124-2019 服务机器人性能测试方法

GB/T 38244-2019 机器人安全总则

GB/T 44253-2024 巡检机器人安全要求

GB/T12643-2013 机器人与机器人装备 词汇

GB 31241-2022 便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范

GB/T 36276 电力储能用锂离子电池

GB/T 33265 教育机器人安全要求

GB/T18029.13 轮椅车 第 13 部分:测试表面摩擦系数的测定等国家标准指导下进行人形机器人性能检测试验方法技术规范编制。并规定术语和定义, 安全要求, 测试条件, 性能测试方法等模块的基本要求。

(四) 主要工作过程

1. 编制准备阶段

二 标准编制 2024 年 5 月-6 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

2024 年 10 月出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

2024 年 12 月将进行专家审查, 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

未进行

二 标准编制原则

(一) 科学性原则: 本标准编制是在科学理论和实践经验基础上, 确保技术要求和规范具有科学性和可行性, 能够有效指导实际施工过程。

(二) 统一性原则: 本标准编制统一了各方的要求和标准, 确保项目参建单位在制定说明书时过程中能够按照该标准进行操作, 参照统一标准, 减少歧义。

(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: 本标准编制时充分考虑了可操作性, 确保项目参建单位能够对照标准的要求进行人形机器人性能检测试验方法搭建, 避免标准过于理论化或难以实施的情况。

(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. 内容：本标准界定了人形机器人试验术语和定义，安全要求，测试条件，性能测试方法等模块的基本定义、概念、各重要模块的功能、性能参数及可靠性等。
2. 范围：本文件适用于人形机器人研发设计单位、生产制造企业、科研院所、行业协会以及第三方服务商进行人形机器人系统开发、应用。
3. 规范性引用文件：本标准编制时引用的标准规范等文件；
4. 术语与定义：对本标准中所涉及的名词术语进行定义；
5. 缩略语：对本标准中的缩略语进行解释；

四 预期经济效果

人形机器人性能检测试验方法的实施，预期将带来显著的经济效果。首先，它将促进人形机器人性能检测试验方法标准化和产业化，降低研发和生产成本，提高产品的市场竞争力。其次，规范的实施有助于提升产品质量和生产效率，降低企业的技术更新成本。同时，规范的制定和推广将推动技术创新，促进新产品和服务的开发，开拓新的市场机会。长远来看，这将有助于提升整个人形机器人的智能化水平，增强中国制造业在全球市场的竞争力，为经济增长注入新动力。

五 采用国际标准和国外先进标准情况

在编制人形机器人性能检测试验方法标准过程中，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，确保我国人形机器人性能检测试验方法标准达到国内先进水平，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

在编制人形机器人性能检测试验方法标准过程中，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，我们也充分考虑了人形机器人性能检测试验方法编制过程中，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 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 废止现行有关标准的建议

无。

十一 主要起草单位和联系方式

本标准主编单位：哈工大机器人技术与系统全国重点实验室

本标准参编单位：XXXXX，XXXXX

本标准主要起草人：XXX、XXX、