

团体标准

T/CAMETA XX—2024

人形机器人智能感知与运动控制技术规范

Humanoid robot intelligent perception and motion control technology

(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

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室

本标准主要起草人：

人形机器人智能感知与运动控制技术规范

1. 范围

本文界定了“人形机器人智能感知与运动控制”基本定义、概念、传感器、控制器和驱动器等重要模块的功能参数及可靠性等。

本文件适用于人形机器人智能感知与运动控制系统研发设计单位、生产制造企业、科研院所、行业协会以及第三方服务商进行工业机器人视觉系统开发、应用。

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 35273 信息安全技术 个人信息安全规范

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 36008-2018 机器人与机器人装备 协作机器人的安全要求

GB/T 20867 工业机器人 安全实施规范

GB/T 12642-2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 33905 智能传感器

GB/T 44589-2024 机器人自适应能力技术要求

GB/T 39007-2020 基于可编程控制器的工业机器人运动控制规范

GB/T 12643-2013 机器人与机器人装备

GB/T 38124-2019 服务机器人性能测试方法

GB/T 40327-2021 轮式移动机器人导引运动性能测试方法

ISO 18461-1:2016 机器人技术 服务机器人的性能标准和相关试验方法

3. 术语和语义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

人形机器人 Humanoid Robot

一种具有人类外形特征、结构和行为方式的机器人。通常具备与人类相似的头部、躯干、四肢和关节，能够在一定程度上模仿人类的运动和行为。

3.2

智能感知 Intelligent Perception

机器人通过视觉、听觉、触觉等多种传感器获取环境信息，并利用数据处理和分析能力进行信息识别、理解和决策的过程。

3.3

机器人智能化 Robot intelligence

机器人的感知、认知、决策等功能在非结构化或动态环境下自主作业能力的程度。

3.4

位姿估计 Pose Estimation

通过感知系统（如相机、激光雷达、惯性测量单元等）获取物体或机器人在空间中的位置和姿态，以确定其精确的三维位置（ x, y, z ）及方向（旋转角度）。

3.5

语义分割 Semantic Segmentation

语义分割是将图像或点云中的每个像素或点分类到特定的语义类别中的过程，以实现对环境中的物体和区域的精准识别。通过将视觉数据进行语义分割，机器人能够识别并区分道路、障碍物、行人等，为路径规划、避障和人机交互提供关键支持。

3.6

多模态感知 Multimodal Perception

结合视觉、听觉、触觉等多种传感器获取环境信息，并利用数据处理和分析能力进行信息识别、理解和决策的过程。

3.7

多传感器系统 Multi-Sensor System

多传感器系统指的是集成了多种类型的传感器，如视觉相机、激光雷达（LiDAR）、深度相机、加速度计、陀螺仪和惯性测量单元（IMU），触觉传感器等，以实现环境的全面感知。

3.8

力反馈柔顺控制 Force Feedback Compliance Control

在机器人与环境接触时，力反馈控制策略用于调整机器人的力输出，使机器人能够在柔性操作时平稳调整接触力，避免对环境或自身造成损伤。

3.9

环境建图与路径规划 Environment Mapping and Path Planning

机器人通过传感器采集环境信息生成地图，并基于此地图进行路径规划、避障和自主导航等操作，从而实现高效、安全的任务执行。

3.10

感知控制 Perception and Control

机器人通过多传感器系统实时获取环境信息并转化为控制指令，以实现自主决策和行为调整的过程。该系统融合视觉、力反馈、姿态感知等数据，支持机器人在复杂环境中的路径规划、避障、姿态保持和交互控制。感知控制包括三个主要部分：感知（Perception）、决策（Decision-making）和控制（Control）。

3.11

运动控制 Motion Control

控制轴与轴组运动的算法集合。

3.11

模型预测控制 Model Predictive Control

是一种优化控制方法，主要由模型、预测和控制三部分组成，通过系统模型预测未来行为，利用优化算法实现系统闭环控制

3.11

全身控制 Whole Body Control

能够同时控制人形机器人多个自由度实现复杂运动的一种综合控制策略，通过优化算法解决多任务及多约束问题，实现人形机器人协调稳定控制

3.11

强化学习控制 Reinforcement Learning Control

智能体在与环境交互过程中通过学习策略达成回报最大化或实现特定目标的一种机器学习方法

4. 智能感知技术

4.1 整体实现逻辑框架

传统的机器人感知技术侧重于单一传感器的应用，通常用于封闭、静态环境。而现代感知控制技术则通过多传感器融合，结合视觉、力反馈和姿态感知，构建出对复杂动态环境的全面感知。感知系统包含 3D 视觉系统、姿态传感器、接触传感器等，并通过数据处理与环境建图算法，帮助机器人理解周围环境，实现实时调整和响应。图 1 展示了人形机器人感知控制技术的整体逻辑框架。

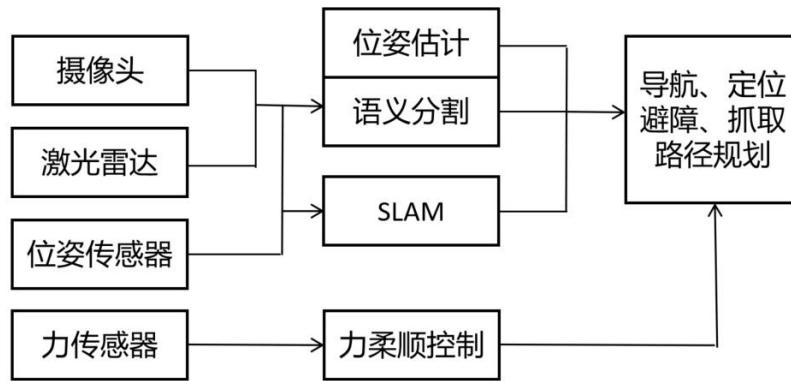


图 1 感知控制技术的整体逻辑架构

4.2 机器人多传感器智能感知

4.2.1 概述

多传感器智能感知控制是机器人实时环境理解的核心，通过整合 3D 视觉、姿态感知和激光雷达等多种传感器，机器人能够捕捉精细的环境信息，识别物体、检测障碍物并精确测距。借助数据融合和模式识别算法，多传感器感知控制为机器人提供全面的环境感知能力，以支持其自主决策和路径规划等功能。

4.2.2 3D 视觉系统

3D 视觉系统通过捕捉环境的三维深度信息，帮助机器人建立空间感知能力。深度相机或激光雷达获取的点云数据，使机器人能够生成环境的三维模型，并通过图像处理算法实现物体识别、障碍检测及路径规划，确保其在复杂环境中的顺利导航。

4.2.3 激光雷达系统

激光雷达系统通过发射和接收激光束扫描周围环境，生成高精度的点云数据和环境轮廓。激光雷达可实时获取障碍物的距离和位置，支持机器人在复杂环境中的定位、障碍物检测与避障。激光雷达与 SLAM 技术的结合使机器人能够在未知环境中构建地图，并通过路径规划算法完成自主导航。

4.2.4 多传感器数据融合

多传感器数据融合是通过将来自 3D 视觉和激光雷达的数据进行综合处理，以生成全面的环境感知结果。数据融合算法如卡尔曼滤波、粒子滤波和深度学习模型等，能够高效处理不同来源的数据，降低噪声并提高系统的稳定性和实时性。多传感器数据融合使机器人能够在复杂、动态的环境中执行更为准确的决策、路径规划和避障操作。

4.2.5 环境建图与路径规划

环境建图与路径规划是机器人在未知或动态环境中实现自主导航的关键。机器人通过多传感器数据，特别是来自激光雷达和 3D 视觉系统的数据，使用 SLAM（同步定位与建图）技术生成环境地图。基于此地图，路径规划算法（如 A*、Dijkstra、RRT 等）计算从起点到目标点的最优路径，同时检测和规避障碍物。环境建图与路径规划使机器人能够在复杂环境中安全、高效地完成导航和任务执行。

4.3 姿态感知系统

4.3.1 概述

姿态感知系统利用惯性测量单元（IMU）、加速度计和陀螺仪等传感器来实时监测机器人的姿态和运动状态。该系统通过获取机器人的加速度、角速度和姿态角信息，为机器人提供平衡和姿态保持的支持。姿态感知算法整合传感器数据，帮助机器人在动态环境中稳定地进行移动和操作。

4.3.2 姿态传感器数据采集

姿态传感器用于实时监测机器人的运动状态和姿态变化。典型的姿态传感器包括加速度计、陀螺仪和惯性测量单元（IMU），这些传感器可以实时捕捉机器人的加速度、角速度和姿态角信息，帮助人形机器人在运动过程中保持平衡。

4.3.3 姿态估计与调整

通过多传感器数据融合，姿态估计算法能够生成机器人的实时姿态信息。卡尔曼滤波器和互补滤波器等技术用于整合姿态传感器数据，消除噪声干扰，从而提升姿态估计的准确性。控制算法基于姿态数据实时调整机器人的关节和身体姿态，以确保人形机器人在动态环境中的平衡和稳定。

4.4 力反馈系统

4.4.1 概述

力反馈系统通过安装在机器人末端执行器（如手臂、手指或脚底）上的力传感器或压力传感器，实时监测机器人与环境的接触力。该系统通过检测接触的力大小、方向和接触面积，确保机器人在交互中的安全性和稳定性。力反馈控制算法（如阻抗控制和导纳控制）使机器

人在与物体或人接触时能够进行柔顺操作，避免过度施力和损坏目标物体，实现精确的力控制。

4.4.2 接触传感器数据获取

接触传感器监测机器人与环境或物体的接触状态，通常安装在机器人末端执行器（如手臂、脚底等）上。通过力传感器或压力传感器，系统能够实时感知接触的力大小、方向和接触面积，确保人性机器人与外界交互的安全性和稳定性。

4.4.3 力反馈柔顺控制策略

在机器人与环境接触时，力反馈控制策略用于调整机器人的力输出。阻抗控制和导纳控制是常用的力控策略，分别用于控制末端的力/力矩输出以及位置反馈。力反馈控制使机器人能够在柔性操作时平稳调整接触力，避免对环境或自身造成损伤，从而实现人形机器人力柔顺控制，实现更好的人机交互效果。

5. 人形机器人智能感知技术要求

5.1 机器人感知系统的技术要求

感知系统的性能直接决定了机器人的环境适应能力和工作效率。感知系统应具备高精度、高可靠性、多传感器协同的能力，并满足以下技术要求：

5.1.1 多传感器融合

感知系统应能够融合多种传感器数据，包括视觉、姿态和接触感知等，确保机器人能够全面理解环境。融合算法应具备高效性和实时性，采用如卡尔曼滤波、粒子滤波等技术来处理来自不同传感器的数据，提高感知精度。

5.1.2 环境建图与定位精度

机器人感知系统应支持高精度的环境建图和自身定位。环境建图算法如 SLAM 应能够应对复杂、动态的环境，确保机器人能够在未知环境中精确构建地图并定位。定位误差应在合理范围内，保证机器人路径规划的准确性。

5.1.3 姿态感知与平衡控制

机器人感知系统应具备对自身姿态的精确监测与调整能力。姿态传感器应具备较高的采样频率和灵敏度，确保在机器人运动时，能够实时反馈其姿态状态。姿态估计算法需结合多个传感器数据，提供稳定可靠的姿态估计结果。

5.1.4 接触力反馈精度

机器人感知系统中，接触传感器应具有较高的灵敏度和精度，以确保机器人在操作过程中能够准确感知与外界的接触力。系统应能够根据力反馈信息实时调整力输出，避免过度施力或损伤被操作物体。

5.2 数据处理与实时性要求

感知系统采集的数据量大，处理速度与实时性直接影响机器人的反应速度和准确性。

5.2.1 数据处理能力

系统应具备高效的数据处理能力，能够实时处理大量的传感器数据，并及时将处理结果反馈至控制系统。数据处理模块需具备高效的计算资源和优化算法，确保机器人在动态环境中进行快速决策与反应。

5.2.2 实时性与通信要求

感知系统与机器人控制系统之间的数据通信应具备低延时和高带宽的特性。通信协议如 TCP/IP 和 Modbus 应能够支持大数据量、高频率的传感器数据传输，确保多传感器数据的同步性与实时性。

6. 运动控制技术

6.1 运动控制系统架构

如图 2，人形机器人运动控制系统包括硬件平台、软件系统和运动范式三大部分，其中硬件平台包含了驱动系统、传感系统和能源系统；软件系统包括底层控制和上层决策；运动范式包含了腿足运动、臂手运动、全身运动以及用户交互。

驱动系统：实现机器人关节的运动，包括驱动器、减速器、传动机构等；

传感系统：实现对机器人自身状态及周围环境的感知，包括位/力传感器、惯性测量单元、视觉传感器等；

能源系统：提供机器人运行所需的能源以及相应能源管理系统，通常具有高能量密度、高功率输入/输出的特点，达到一定程度的带负载续航能力；

底层控制：在关节层面的控制器，具备高实时性、高响应速度的特点，如实现位置环、速度环、电流环的复合控制；

上层决策：在系统层面的控制算法总成，综合各类传感器信息以及用户任务指令，通过基于模型或基于数据的控制算法获得机器人可执行的目标指令；

腿足运动：通过协调双腿运动实现机器人的空间运动能力；

臂手运动：通过协调上肢机械臂实现对目标物体的操作能力；

头部运动：通过协调头部运动与测量的视觉信息实现对环境感知和目标测量；

腰部运动：通过协调腰部运动实现身体平衡和操作空间的提高；

全身运动：主要通过人形机器人上肢、下肢协调运动实现机器人各部位的动作控制，实现复杂任务的运动能力；

用户交互：用户可以通过多种方式对机器人下达任务指令，机器人对指令的接收与执行进行反馈。

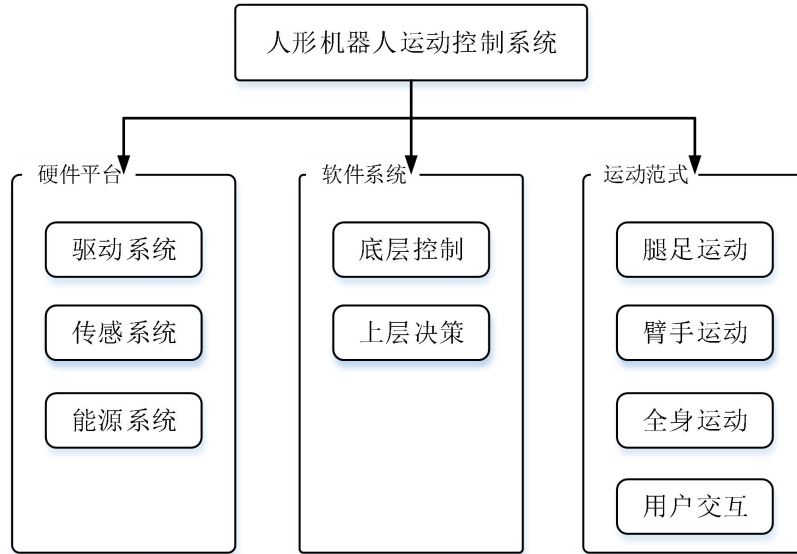


图 2 运动控制系统的逻辑架构

6.2 控制功能要求

6.2.1 腿足运动功能

应包括但不限于：静止站立、原地蹲起、行走能力、转弯能力、越障能力、平衡能力等。

6.2.2 臂手运动功能

应包括但不限于：单/双臂抓取、操作能力、双臂协同作业等。

6.2.3 头部运动功能

应包括但不限于：头部俯仰、旋转和偏航运动等。

6.2.4 腰部运动功能

应包括但不限于：腰部俯仰、旋转和偏航运动等。

6.2.5 全身运动功能

应包括但不限于：摆臂行走、跨区域操作等。

6.2.6 用户交互功能

应具备执行交互指令并做出控制响应的能力。交互指令包括但不限于：语音指令、手势动作、触控、遥控等。

6.3 控制性能要求

6.3.1 腿足控制性能

应满足：单腿运动自由度 ≥ 5 ；最大行走速度 $\geq 1\text{m/s}$ 。

6.3.2 臂手控制性能

应满足：

- a) 操作时，末端（手腕）重复定位精度应 $\leq 1\text{mm}$ ；
- b) 末端（手腕）最大速度应 $\geq 0.5\text{m/s}$ ；
- c) 末端（手腕）执行器负载 $\geq 3\text{kg}$ ；
- d) 单臂自由度 ≥ 6 ；
- e) 手部自由度 ≥ 6 。

6.3.3 头部控制性能

应满足：

- a) 头部自由度 ≥ 2 ；
- b) 头部旋转运动范围不小于 $\pm 90^\circ$ ，运动速度 $\geq 60^\circ/\text{s}$ ；
- c) 头部俯仰运动范围不小于 $[-30^\circ, 45^\circ]$ ，运动速度 $\geq 60^\circ/\text{s}$ 。

6.3.4 腰部控制性能

应满足：

- a) 腰部自由度 ≥ 2 ；
- b) 腰部关节运动速度 $\geq 60^\circ/\text{s}$ 。

6.3.5 底层控制性能

应支持：

- a) 一种或多种驱动器，包括但不限于：电机、液压驱动器、气动驱动器等；
- b) 一种或多种传感器，包括但不限于：编码器、力传感器、电流电压传感器、惯性传感器等；
- c) 驱动器控制频率应 $\geq 1000\text{Hz}$ 。

6.3.6 上层决策

应满足：

- a) 具备在不同环境或状态下，自适应调整的控制能力。包括但不限于基于模型驱动、基于数据驱动的控制算法策略；
- b) 交互任务响应时间 $\leq 300\text{ms}$ 。

6.3.7 续航负载

应满足：

- a) 具备足够的作业空间和续航能力，当续航能力不足时可根据实际工况自行调整保持一个安全的姿态进行休眠或关机；
- b) 连续步行状态下，机器人的续航能力应 $\geq 2\text{h}$ ；
- c) 负载 $\geq 1/6$ 机器人空载自重。

7. 试验方法

7.1 多传感器感知系统测试

7.1.1 视觉系统测试

预检：检查视觉系统中的摄像头和深度传感器的安装位置、连接和布线是否符合设计要求，确保各传感器视角不被遮挡。

图像质量测试：在标准光照条件下，采集视觉系统输出的图像数据，通过分辨率、色彩还原度、噪声水平等参数进行评估，确保图像质量符合要求。

精度测试：利用标定工具进行系统标定，并进行测距和物体识别的精度测试。检测视觉系统在不同距离和角度下的识别与测距误差，并确保其在允许范围内。

7.1.2 力反馈系统测试

无载荷测试：在未施加任何负载的情况下，启动机器人并执行标准化操作（如手臂抓取动作），测量力反馈系统的初始数据，作为基准值。

逐步加载测试：逐步增加负载至设计极限，并在每一级负载下重复标准化操作，记录力传感器的反馈数据，确保在各负载条件下，力反馈系统能够准确检测到接触力并保持安全性。

极限负载测试：将负载增加至设计极限，观察力反馈系统是否出现过度形变或异常信号，确保系统在极端条件下仍具备稳定性和准确性。

7.1.3 姿态感知系统测试

姿态传感器数据校准：通过静态标定检测姿态传感器的零点漂移、灵敏度和噪声水平，以确保传感器基础参数稳定。

动态测试：执行一系列标准化动作（如行走、转弯等），记录姿态传感器的实时数据，分析传感器的响应速度和精度，确保其在动态环境中能够准确反馈姿态信息。

失稳测试：在机器人可能出现失稳的情况下（如斜坡上行走或负载偏移），测试姿态感知系统的平衡保持能力，确保其在极端姿态条件下的稳定性。

7.1.4 激光雷达系统测试

预检：检查激光雷达的安装、校准和扫描角度，确保其视角范围覆盖设计要求。

距离精度测试：在不同距离、角度和表面特性条件下测试激光雷达的测距精度，并确保其误差在设计允许范围内。

动态环境测试：在动态环境中（如移动障碍物）测试激光雷达的实时反应能力，观察是否能够准确检测到障碍物的距离与位置，并在系统中实现动态避障。

7.1.5 多传感器数据融合测试

静态融合测试：在静态环境中测试多传感器融合算法的准确性，确保视觉、力反馈、姿态和激光雷达数据能够实现无误差融合。

动态融合测试：在复杂动态环境下测试多传感器数据的融合效果，观察系统是否能够在实时条件下准确输出感知信息，并评估数据同步性能。

异常情况检测：引入外部干扰或传感器故障情境，测试多传感器融合系统的容错能力，确保其在异常条件下仍能提供有效感知数据。

7.2 环境建图与路径规划系统测试

7.2.1 环境建图精度测试

静态建图测试：在静态场景中运行 SLAM 算法，检测生成的环境地图精度，确保地图误差在设计范围内。

动态建图测试：在动态场景（如移动物体或环境变化）下运行 SLAM 算法，测试系统能否有效排除动态干扰，生成可靠的环境地图。

7.2.2 路径规划与避障测试

静态路径规划测试：在已知静态地图中规划路径，确保规划的路径最短、安全，且机器人能够按预定路径到达目标点。

动态避障测试：在机器人运动路径中加入移动障碍物，测试系统的实时避障能力，确保其在动态环境下能够识别并绕行障碍物。

多路径规划测试：设置多个目标点，测试系统在多任务条件下的路径规划和任务切换能力，确保路径优化和目标任务完成的高效性。

7.3 系统响应速度与实时性测试

7.3.1 数据处理速度测试

测量多传感器数据的采集、处理与融合速度，确保系统能够在高频率数据输入下保持低延时，为机器人决策提供实时数据支持。

7.3.2 控制响应测试

在机器人进行不同操作时，测试控制系统接收感知数据并进行响应的延迟，确保机器人能够快速响应环境变化，实现实时控制。

7.3.3 通信稳定性测试

在长时间、高频率通信条件下测试数据传输的稳定性，确保各传感器与控制系统之间的通信无明显延迟或数据丢失，并满足实时性要求。

7.4 运动控制能力测试

7.4.1 测试环境

在下列环境下对人形机器人进行性能测试：

- a) 环境温度：0-40℃；
- b) 相对湿度：0%-80%；
- c) 地形条件：测试试验应包含三个及以上复杂地形配置，包括平地、斜坡、台阶、石子路、草地等路况，其中在常见平坦地形如干燥沥青、水泥和混凝土路面的实验地形条件需满足 GB/T 40327-2021 中的要求。

7.4.2 腿足运动能力测试

- a) 行走能力测试：人形机器人接触地面并在不受外部支撑的条件下，独立站立并以步行步态完成前向、后向、左向、右向、左前、右前、左后、右后共八个方向的平移行走功能。
- b) 转弯能力测试：按照 ISO 18646-1 2016 中 10.1-10.4 规定的方法进行测试。
- c) 越障能力测试：按照 GB/T 38124-2019 中 5.1.5 规定的方法进行测试。
- d) 平衡能力测试：人形机器人接触地面并在不受外部支撑的条件下，独立行走过程中应能抵抗间歇性外部冲击扰动并能恢复至正常行走步态。

7.4.3 臂手运动能力测试

- a) 末端(手腕)重复定位精度测试：按照 GB/T 12643-2013 中 7.3.3 规定的方法进行测试。

b) 末端(手腕)最大速度测试：机器人下肢静止时控制手臂以任意姿态由空间中某点 A 运动至某点 B，通过 6 维激光跟踪仪或其他设备采集手臂末端的运动速度。

c) 臂手操作测试：控制机器人单臂手或双臂手在操作空间内对物体进行操作，并完成被操作物体由空间 A 处移动至 B 处。

7.4.4 头部运动能力测试

由空间某点 A 运动至某点 B，通过 6 维激光跟踪仪或其他设备进行运动性能测试，完成最大速度、运动范围以及定位精度的测试。

7.4.5 腰部运动能力测试

由空间某点 A 运动至某点 B，通过 6 维激光跟踪仪或其他设备进行运动性能测试，完成最大速度、运动范围以及定位精度的测试。

7.4.6 全身运动能力测试

人形机器人应能完成全身协调运动的相关动作，例如协调的摆臂行走、由空间 A 区域运动至 B 区域并完成上下肢的运动协调操作等。

7.4.7 用户交互能力测试

人形机器人应根据用户交互指令完成对应动作，包括但不限于：语音交互、遥控交互等。

参考文献

- [1] GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范
- [2] GB/T 4208 外壳防护等级 (IP 代码)
- [3] GB/T 36008-2018 机器人与机器人装备 协作机器人的安全要求
- [4] GB/T 20867 工业机器人 安全实施规范
- [5] GB/T 12642-2013 工业机器人 性能规范及其试验方法
- [6] GB/T 33905 智能传感器
- [7] GB/T 44589-2024 机器人自适应能力技术要求
- [8] GB/T 39007-2020 基于可编程控制器的工业机器人运动控制规范

《人形机器人智能感知与运动控制技术规范》

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。

人形机器人智能感知与运动控制标准制定任务的来源主要基于以下几个方面的需求：

1、 技术发展的需求

随着人工智能、传感器、驱动器等技术的快速发展，人形机器人在智能感知与控制方面取得了显著进步。然而，不同厂商和科研机构研发的人形机器人在感知与控制技术方面存在差异，这导致人形机器人在交互性、自主性、适应性等方面存在不足。因此，制定统一的智能感知与控制标准，有助于推动人形机器人技术的标准化和规范化发展。

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的应用前景。然而，由于缺乏统一的智能感知与控制标准，不同人形机器人在不同应用场景下的表现存在差异，这限制了人形机器人的推广和应用。因此，制定相关标准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、 政策引导的需求

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。为了推动人形机器人产业的健康发展，政府需要制定相关政策和标准来引导和规范产业的发展。智能感知与控制标准作为人形机器人产业的重要组成部分，其制定和实施对于推动产业的发展具有重要意义。

（二） 国内关于人形机器人智能感知与运动控制技术规范的制定情况及最新要

求

随着人形机器人技术的快速发展和广泛应用，智能感知与运动控制作为人形机器人的核心技术，对于提升机器人的自主性、交互性和适应性具有重要意义。因此，制定统一的智能感知与运动控制标准，有助于推动人形机器人技术的标准化和规范化发展。

国内标准国内制定情况

《人形机器人分类分级应用指南》：该标准详细解读了人形机器人的分类，涵盖通用性、结构及智能相关的术语定义，从结构外观、移动方式到智能模型等方面进行了指导分类。按照具身智能、下肢运动、上肢作业、应用环境等作为分级要素，将人形机器人划分为 L1-L4 四个技术等级。这一标准的出台为人形机器人的研究、开发及应用推广提供了重要的指导。

《具身智能智能化发展阶段分级指南》：该标准引入了全新的智能化分级模型，将人形机器人的智能化能力分为 G1 至 G5 五个阶段，涵盖感知、认知、决策和自主等核心能力。这一标准有助于开发者识别机器人智能化的具体阶段，进而制定相应的研发与应用策略。

但在人形机器人多传感器智能感知，姿态感知系统，力反馈系统，运动控制，技术机器人感知系统的技术要求，多传感器感知系统测试等领域还没有系统的相关标准，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智能感知与运动控制方面所积累的丰富经验，作为主编单位承担了《人形机器人智能感知与运动控制技术规范》的标准编制工作。

（三）标准编制的目的、意义

国内人形机器人智能感知与运动控制标准编制的目的与意义主要体现在以下几个方面：

编制目的

1. 技术规范化：确立统一的技术框架和参数指标，使人形机器人在智能感知与运动控制方面达到一定的技术水准，确保技术的可靠性和稳定性。
2. 保障安全：通过制定严格的安全标准和规范，降低人形机器人在运行和使用过程中可能产生的风险，保障人机交互的安全性。

3. 推动创新：为研发者提供明确的技术导向，推动人形机器人在智能感知与运动控制领域的持续创新和技术突破。

4. 促进应用：标准的统一有助于人形机器人在不同行业和领域中的广泛应用，提升其实用价值和市场潜力。

编制意义

1. 提升产业竞争力：标准的编制和实施将推动人形机器人产业的规范化、标准化发展，提升整个产业的竞争力和技术水平。

2. 优化资源配置：通过标准的引导，可以更有效地配置研发资源，避免重复投入和浪费，提高资源利用效率。

3. 保障消费者权益：统一的标准有助于消费者在购买和使用人形机器人时获得更加一致和可靠的产品体验，保障消费者的合法权益。

4. 推动国际合作：国内标准的制定和完善将为人形机器人领域的国际合作提供基础，促进国际间的技术交流与合作。

（四）标准特点

1. 本标准在 GB/T 35273 信息安全技术 个人信息安全规范

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 36008-2018 机器人与机器人装备 协作机器人的安全要求

GB/T 20867 工业机器人 安全实施规范

GB/T 12642-2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 33905 智能传感器

GB/T 44589-2024 机器人自适应能力技术要求

GB/T 39007-2020 基于可编程控制器的工业机器人运动控制规范

GB/T 12643-2013 机器人与机器人装备

GB/T 38124-2019 服务机器人性能测试方法

GB/T 40327-2021 轮式移动机器人导引运动性能测试方法

ISO 18461-1:2016 机器人技术 服务机器人的性能标准和相关试验方法等国家标准指导下进行人形机器人智能感知与运动控制技术规范编制。并规定人形

机器人多传感器智能感知，姿态感知系统，力反馈系统，运动控制，技术机器人感知系统的技术要求，多传感器感知系统测试等模块的基本要求。

（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智能感知与运动控制技术规范搭建，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多传感器智能感知，姿态感知系统，力反馈

系统，运动控制，技术机器人感知系统的技术要求，多传感器感知系统测试等模块的基本定义、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

人形机器人智能感知与运动控制技术规范的实施，预期将带来显著的经济效果。首先，它将促进人形机器人智能感知与运动控制标准化和产业化，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

在编制人形机器人智能感知与运动控制标准过程中，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智能感知与运动控制技术规范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

在编制人形机器人智能感知与运动控制标准过程中，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智能感知与运动控制技术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 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、