

ICS 35.24

CCS L 66

团 体 标 准

T/CIE XXX-2024

人形机器人智能化分级技术要求

Technical Requirements for Humanoid robot Intelligent Classification
(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国电子学会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 人形机器人智能化分级	4
4.1 分级原则	4
4.2 划分要素	5
4.3 等级划分	5
4.4 人形机器人智能化各等级技术要求	6
附 录 A 等级划分和划分要素的关系	9
参 考 文 献	10

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专利的责任。

本文件由中国电子学会提出并归口。

本文件起草单位：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，杭州宇树科技有限公司，中国信息通信研究院，中国工业互联网研究院，北京星动纪元科技有限公司。

本文件主要起草人：。

引 言

近年来人形机器人应用呈现爆发式增长，导致技术水平和规模参差不齐，亟需标准化规范以促进行业持续稳定发展。

本文件旨在解决人形机器人智能技术测试评价的瓶颈，满足对机器人科学、全面的测试评价需求。

本文件适用于人形机器人，明确人形机器人的智能化评价等级划分、测试评价要求，为人形机器人智能化测试评价工作提供指导。

人形机器人智能化分级技术要求

1 范围

本文件规定了人形机器人智能化分级的原则、要素、等级划分和技术要求。

本文件适用于各种类型的人形机器人，包括但不限于服务机器人和工业机器人。本文件可为人形机器人的设计、研发、测试和评估提供指导。

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 39405—2020 机器人分类

GB/T 41867—2022 信息技术 人工智能 术语

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机器人 robot

具有一定程度的自主能力，可在其环境内运动以执行预期任务的可编程执行机构。

[来源：GB/T 38834.1-2020, 3.1]

3.2

人形机器人 humanoid robot

具备类人形态，利用两条腿实现移动的智能机器人。

[来源：GB/T 39405-2020, 定义 3.8, 有修改]

3.3

动作 Action

动作是指人形机器人执行的单个行为或操作单元，通常由关节或组件的运动完成。

4 人形机器人智能化分级

4.1 分级原则

人形机器人智能化等级的划分，旨在衡量其在满足人类需求的同时，结合人工智能技术发展所达到的能力水平。本分级参考人形机器人在以下关键维度上的表现，并以人机交互能力逐步增强、对人类依赖逐步减少为核心发展方向进行综合评估：

- a) 融合性原则： 根据人形机器人在人机和环境之间的融合程度进行划分；
- b) 效能性原则： 根据人形机器人的任务执行效率和操作精准度进行划分；

- c) 认知性原则：根据人形机器人的感知理解和自主决策能力进行划分；
- d) 可靠性原则：根据人形机器人的运行安全性和风险应对能力进行划分；
- e) 自洽性原则：根据人形机器人的自主学习和自我优化能力进行划分。

基于以上原则，将人形机器人智能化等级划分为 L0 到 L5 级，覆盖从完全依赖人类操作到高度自主智能化的技术演进路径。分级旨在依据人形机器人在上述关键维度的表现，将机器人的智能化水平转化为可量化的划分要素。

智能化等级与划分要素之间的关系详见附录A。

4.2 划分要素

基于以下五个要素对人形机器人智能化等级进行划分：

——人形机器人是否具备交互与协作能力：

指人形机器人通过多模态方式（包括但不限于语音、动作、情感表达）与人类进行协同工作的能力，体现了由简单机械响应到自然流畅对话的交互层次，以及主动提供辅助和协同的能力。

——人形机器人是否具备运动与操作能力：

指人形机器人在不同环境中进行运动、操作的能力，体现了从依赖人类指令到自主灵活操作的转变，包括基础平衡能力、自主导航能力、物体抓取操作能力以及动作的精度和速度。

——人形机器人是否具备感知与认知能力：

指人形机器人感知、理解外部环境，并进行认知推理的能力，体现了从简单信息识别到复杂情境理解的认知层次，具体表现为对目标和场景的识别能力，对语义、情境的理解能力，以及进行简单或复杂推理的能力。

——人形机器人是否具备安全与可靠性：

指人形机器人在运行中的安全性和可靠性表现，包括对碰撞、冲击的检测与防护能力，对异常情况的处理能力，以及对故障的检测和恢复能力，体现了从被动安全保护到主动风险规避的能力提升。

——人形机器人是否具备自主与适应性能力：

指人形机器人在不同场景下的自主性表现和对环境的适应能力，体现了从依赖预设程序到自主学习进化的过程，包括在特定或动态环境中完成任务序列的能力，以及自主学习、优化和适应变化的能力。

4.3 等级划分

4.3.1 L0 依赖级

无人交互能力，高度依赖人类。人形机器人无自主感知和运动能力，所有操作应由人类远程实时指令，无主动安全防护。

适用于高度受控的单一场景，例如：L0 级机器人可应用于远程操作的危险环境探测，或在人类远程控制下进行数据采集。

4.3.2 L1 指令级

具备初级人机交互能力，高度依赖人类指令。人形机器人可通过单一通道接收简单指令，具备基础行走能力；配备初级传感器可进行简单目标识别；具备基础被动安全功能，具有局部自主性，但其他任务仍需人类干预。

适用于低复杂度的交互场景，例如：L1 级机器人可应用于简单的语音控制，或在特定场所进行固定路线巡逻。

4.3.3 L2 协作级

具备基础多模态交互能力，可在已知环境自主移动。人形机器人可进行简单的多步骤指令操作，具备物体抓取能力，可进行简单的语义理解，具备基础安全保护，可在特定环境中完成简单任务序列。

适用于中等复杂度的交互和执行场景，例如，L2 级机器人可在固定区域内协助进行物品整理，或在简单场景下辅助进行货物搬运。

4.3.4 L3 辅助级

具备语义化交互能力，可在动态环境自主行动。人形机器人可理解上下文含义并进行多轮对话，具有初步情境感知能力，具备基本的力度控制，可在室内复杂场景独立运行，并能根据历史交互优化任务表现，具备基础的故障检测和处理能力。

适用于室内复杂场景的辅助任务，例如：L3 级机器人可应用于辅助老年人日常生活，或在酒店等场景进行自助送餐服务。

4.3.5 L4 协同级

具备自然流畅的人机交互能力，可在复杂环境长期自主工作。人形机器人可识别多种情感和复杂语境，可使用复杂工具，具备情境感知和推理能力，支持多目标任务并行处理，具备多层安全保护机制，可对突发情况做出响应，并能持续优化策略。

适用于复杂环境下的长期自主工作，例如：L4 级机器人可应用于复杂工厂环境下的巡检与维护，或在开放区域进行自主安保巡逻。

4.3.6 L5 融合级

具备人类级别的社交能力，具有全面的自主性和适应性。人形机器人可识别复杂情感并融入多文化多语境，动作能力接近人类，具有高级认知和推理能力，并能进行创造性学习，具备主动风险评估与规避能力，具备全面的故障诊断和自我修复能力，可在几乎所有场景独立运行，并能适应各种未知的复杂环境。

适用于各种高度复杂的应用场景，例如：L5 级机器人可应用于提供情感支持并能进行自主学习的伴侣，或在未知环境进行自主探索。

4.4 人形机器人智能化各等级技术要求

4.4.1 L0 依赖级

L0 级人形机器人应满足以下技术要求：

- a) 能够准确执行预先编写的程序指令。指令执行成功率应不低于 98%。
- b) 能够执行预定义的基本动作，例如行走、转弯、抓取放置等。动作重复精度偏差应不超过 5mm，或角度偏差应不超过 5°；任务完成率应不低于 95%。
- c) 具备基础安全机制，紧急停止响应时间应不超过 0.5 秒，过载保护触发率不低于 99%。

4.4.2 L1 指令级

L1 级智能人形机器人应满足以下技术要求：

- a) 可通过单一通道接收简单指令；语音/手势识别准确率应不低于 85%。
- b) 具备基础平衡能力，可在无障碍平面行走；具备基础物体抓取能力，抓取成功率应不低于 90%。
- c) 具备初级目标识别能力，可识别至少 3 种物体类别；目标识别准确率应不低于 80%。
- d) 具备基础被动安全功能，碰撞检测响应时间应不超过 0.5 秒。
- e) 具有局部自主性，能够进行简单避障。

4.4.3 L2 协作级

L2 级人形机器人应满足以下技术要求：

- a) 支持语音、触摸、手势等基础多模态交互；多模态交互识别准确率应不低于 85%。
- b) 可在已知环境中自主行走，并避让障碍；具备抓取和简单物体操作能力，可完成至少 5 种操作任务；动作重复精度偏差应不超过 3mm，或角度偏差应不超过 3°。
- c) 具备目标识别能力，可识别至少 5 种物体类别，目标识别准确率应不低于 90%；支持简单的语义理解，可识别至少 100 个语义词汇。
- d) 检测到轻微碰撞或异常状态时，可进入安全模式；安全模式触发响应时间应不超过 0.3 秒。
- e) 在特定环境中具备连续自主能力，可完成简单任务序列；自主任务完成率应不低于 80%。

4.4.4 L3 辅助级

L3 级智能人形机器人应满足以下技术要求：

- a) 支持语音、动作和情感等多模态自然交互；多模态交互准确率应不低于 90%，支持多轮交互。
- b) 可在动态环境中自主行走，能避让行人、上下台阶；支持较复杂的物体抓取与操作，具备基本的力度控制；可完成至少 10 种操作任务；动作重复精度偏差应不超过 2mm，或角度偏差应不超过 2°。
- c) 具备初步的情境感知能力，可初步识别用户意图和情绪；能进行简单的推理；可理解至少 200 个语义词汇，并能识别至少 10 种物体类别。
- d) 运动中具备力控保护，可在检测异常力矩时减力或停止；具备基础的故障检测和处理能力，故障自检时间应不超过 1 秒。
- e) 可在室内复杂场景独立运行；具备初步学习能力，可根据历史交互优化任务表现；连续自主运行时间应不低于 2 小时。

4.4.5 L4 协同级

L4 级人形机器人应满足以下技术要求：

- a) 具备自然流畅的人机交互能力，可识别多种情感和复杂语境；多模态交互准确率应不低于 95%，支持主动提供交互信息。
- b) 可在复杂环境中（拥挤人流、动态障碍物）自主移动；支持复杂工具使用，可完成至少 20 种操作任务，应具备较为精准的力度和速度控制；动作重复精度偏差应不超过 1mm，或角度偏差应不超过 0.5°；可适应至少 3 种复杂地形。
- c) 具备情境感知与推理能力，可理解复杂语境并进行任务策略规划；支持多目标任务的并行处理；可理解至少 500 个语义词汇，并能识别至少 20 种物体类别。
- d) 具备多层安全策略，检测故障或碰撞时主动规避风险，可动态限力与自动恢复；具备数据安全保护机制；安全模式触发响应时间应不超过 0.1 秒。
- e) 可在复杂环境中长期自主工作；对突发情况具备较强应对能力；能持续优化策略；连续自主运行时间应不低于 5 小时。

4.4.6 L5 融合级

L5 级人形机器人应满足以下技术要求：

- a) 具备人类级别的社交与沟通技巧，能识别复杂情感并融入多文化多语境；多模态交互准确率应不低于 98%，可与人类建立情感连接，主动发起对话，并根据人类情绪调整交互策略。

b) 动作能力接近人类，具备极高灵活性与精确度；可完成精细任务及人机协作，可完成至少 30 种操作任务；应具备精准的力度和速度控制；动作重复精度偏差应不超过 0.5mm，或角度偏差不超过 0.1° ；可适应至少 5 种复杂地形。

c) 具备高级认知与推理能力，能在未知环境中快速学习；可理解复杂语境，并能进行任务策略规划；具有创造性学习能力，并能进行更高层次的抽象思维；语义词汇量应不低于 1000 个，并能识别至少 30 种物体类别，可理解至少 5 种复杂场景。

d) 具备主动风险评估与规避能力，动态限力与容错机制齐备，能确保长期运行的高可靠性与安全性；具备全面的故障诊断和自我修复能力；安全模式触发响应时间应不超过 0.05 秒。

e) 具备全面的自主性与适应性，可在几乎所有场景中独立运行；具备高级学习与进化能力，能够创造性地完成新任务，能适应各种未知的复杂环境；连续自主运行时间应不低于 10 小时。

附录 A

(资料性)

等级划分和划分要素的关系

表 A.1 智能化等级与划分要素的关系

智能等级	级别名称	交互与协作	运动与操作	感知与认知	安全与可靠性	自主与适应性
L0	依赖级	1. 无交互：完全由人类远程遥控，无任何主动交互能力。	1. 所有运动与操作完全依赖操作者实时指令。	1. 无自主感知能力，仅通过传感器向操作者提供环境画面或数据。	1. 具备基础安全机制，无主动防护能力	1. 无自主性，机器人在无人干预时处于静止或待机状态。
L1	指令级	1. 基础交互：机器人可通过单一通道（语音或视觉）接收简单指令。 2. 对指令做出机械化响应。	1. 具备基础平衡与简单行走能力。 2. 可在无障碍环境中站立或移动。 3. 不具备复杂动作能力。	1. 初级传感器可进行简单的目标识别（如障碍物、标志物）。 2. 不具备深度理解能力	1. 可检测大冲击并停止运动。 2. 具备基础被动安全功能。	1. 局部自主性，可平衡控制和简单避障。 2. 其他任务仍需人类干预。
L2	协作级	1. 多模态交互：支持语音+触摸+手势等基础多模态交互。 2. 能理解并执行简单的多步骤指令。	1. 能在已知环境中自主行走、避让障碍。 2. 支持抓取和简单物体操作。 3. 动作精度和速度有限。	1. 融合多传感器（视觉+语音）。 2. 具备目标识别和简单语义理解（如“把杯子放在桌子上”）。	1. 检测到碰撞或异常状态时可进入安全模式，防止进一步损坏。	1. 在特定环境中具备连续自主能力。 2. 可完成简单任务序列（如自主寻找物体并放置）。
L3	辅助级	1. 语义化交互：机器人可理解上下文含义。 2. 结合任务需求主动响应人类意图。	1. 能在动态环境中自主行走（如避让行人、上下台阶）。 2. 支持较复杂的物体抓取与操作（如开门、递物）。 3. 具有基本	1. 能理解多模态输入（语音+手势+表情）。 2. 具备初步的情境感知能力（如识别用户意图和情绪）。 3. 能进行	1. 运动中具备力控保护，可在检测异常力矩时减力或停止，防止伤害人类或损坏自身。 2. 具备基础的故障检测和处理能力。	1. 能在室内复杂场景中独立运行（如导航、递物）。 2. 具备初步学习能力，可根据历史交互优化任务表现。 3. 能适应环

			的力度控制。	简单的推理。		境的轻微变化。
L4	协同级	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自然交互：机器人与人类交互自然流畅。 2. 能识别多种情感和复杂语境。 3. 在合作中主动提供支持。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灵活性大幅提高，可在复杂环境（拥挤人流、动态障碍物）中移动。 2. 支持复杂工具使用（如拧瓶盖、提行李箱）。 3. 具备较为精准的力度和速度控制。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具备情境感知与推理能力。 2. 可理解复杂语境并进行任务策略规划。 3. 支持多目标任务的并行处理 4. 能够进行初步的自我学习。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多层安全策略：检测故障或碰撞时主动规避风险，可动态限力与自动恢复。 2. 具备数据安全保护机制。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可在复杂环境中（如仓储、室外）长期自主工作。 2. 对突发情况具备较强应对能力。 3. 能持续优化策略。 4. 能够适应较为复杂的新环境。
L5	融合级	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社交级交互：机器人具有人类级别的社交与沟通技巧。 2. 能识别复杂情感并融入多文化、多语境的社交场景。 3. 能够建立与人类的情感连接。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 动作能力接近人类，具备极高灵活性与精确度。 2. 可完成精细任务（如系鞋带、插卡）及人机协作（如共同搬运）。 3. 能够根据任务灵活调整运动策略。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高级认知与推理能力，能在未知环境中快速学习。 2. 以类人方式理解世界和规划任务。 3. 具有创造性学习能力，并能进行更高层次的抽象思维。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主动风险评估与规避，动态限力与容错机制齐备，能确保长期运行的高可靠性与安全性。 2. 具备全面的故障诊断和自我修复能力。 3. 能适应复杂的伦理环境。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具备全面的自主性与适应性，可在几乎所有场景中独立运行。 2. 具备高级学习与进化能力，能够创造性地完成新任务。 3. 能适应各种未知的复杂环境，甚至可以独立探索和发展新的能力。

参 考 文 献

- [1] T/CESA 1036—2019 信息技术 人工智能 机器学习模型及系统的质量要素和测试方法