

CEEIA2023027 《建筑机器人通用技术条件》
编制说明（征求意见稿）

标准起草组

2023年8月

1、标准范围

本文件规定了建筑机器人的术语和定义、分类及命名规则、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、说明、包装、运输与贮存要求。

本文件适用于各类建筑机器人。

2、项目来源

根据《关于下达 2023 年第一批中电协团体标准制定计划的通知》（中电协[2023]64 号）文件，本标准名称为《建筑机器人通用技术条件》，计划编号为 CEEIA2023027，提出单位为中电协电气场所用机器人安全与检测标准化专业委员会，归口单位为中国电器工业协会标准化工作委员会。

3、工作简况

3.1 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、中国建筑第八工程局有限公司、苏州方石科技有限公司、中建八局科技建设有限公司、山东鼎安升机器人有限公司、广东工业大学机电工程学院、大连瑞翔机电设备有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国建筑第四工程局有限公司、安徽省计量科学研究院、上海雅跃智能

科技有限公司、南京筑领科技有限责任公司、上海大学、同济大学、上海电器科学研究所（集团）有限公司。

3.2 主要工作过程

标准编制期间，其主要工作过程如下：

- a) 2022 年 12 月，标准起草单位调研了建筑行业现状、建筑机器人的市场现状、标准现状，并根据标准缺失的现状，提出了标准起草需求；
- b) 2023 年 2 月，标准起草单位结合建筑机器人的技术现状及需求，起草了标准草案；
- c) 2023 年 3 月，开展立项评审，会后根据专家意见对草案进行了修改并提交评审资料，2023 年 3 月，下达标准计划；
- d) 2023 年 4 月，标准牵头单位对外公开征集，组建了标准起草工作组；
- e) 2023 年 5 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，主要集中在对建筑机器人功能、水下作业类型机器人的技术要求的讨论；
- f) 2022 年 6 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，主要集中在对机器人关键零部件，如新增电池、电机的规定，机器人环境适应性指标合理性、机器人安全要求的讨论；

3.3 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作为标准的主要起草人负责了本标准的架构、全文内容编制工作，并对标准内容进行初审，同时主导了标准的会议讨论和标准的整体审核工作；中国建筑第八工程局有限公司、苏州方石科技有限公司、中建八局科技建设有限公司、山东鼎安升机器人有限公司、广东工业大学机电工程学院、大连瑞翔机电设备有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国建筑第四工程局有限公司、安徽省计量科学研究院、上海雅跃智能科技有限公司、南京筑领科技有限责任公司、上海大学、同济大学、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。

4、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

4.1 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。本标准编写是符合 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》和 T/CEEIA 270-2017《CEEIA 标准编写指南》的编制要求。

4.2 标准的主要内容及确定依据

4.2.1 主要内容框架

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内容包括:

- a) 第 4 章 分类及命名规则;
- b) 第 5 章 基本要求: 包括功能配置、功能要求、其他功能;
- c) 第 6 章 技术要求: 包括外观要求、零部件通用要求、移动载体要求、整机要求、激光雷达、安全;
- d) 第 7 章 试验方法: 对应第 5 章、第 6 章要求给出对应试验方法;
- e) 第 8 章 检验规则: 包括检验分类、出厂检验、型式检验;
- f) 第 9 章 标志、说明、包装、运输与贮存要求。

4.2.2 主要参考标准和技术规范

GB/T 156 标准电压

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1—2008 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—2008 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 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Ka: 盐雾

GB/T 2423.38 环境试验 第2部分：试验方法 试验R：水试验方法和导则

GB/T 3766—2015 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP 代码）

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 5083—1999 生产设备安全卫生设计总则

GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB 7247.1—2012 激光产品的安全 第1部分：设备分类、要求

GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB/T 7251.8—2020 低压成套开关设备和控制设备 第8部分：智能型成套设备通用技术要求

GB 7258—2017 机动车运行安全技术条件

GB/T 7932—2017 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求

GB/T 11287 电气继电器 第21部分：量度继电器和保护装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇：振动试验（正弦）

GB/T 12642—2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB 14097—2018 往复式内燃机 噪声限值

GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验

GB/T 15540—2006 陆地移动通信设备电磁兼容技术要求和测量方法

GB/T 17478—2004 低压直流电源设备的性能特性

GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 第2部分：工业环境中的抗扰度试验

GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 第4部分：工业环境中的发射

GB 18296—2019 汽车燃油箱及其安装的安全性能要求和试验方法

GB 20891—2014 非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三、四阶段）

GB/T 22359.1—2022 土方机械与建筑施工机械 内置电源机器的电磁兼容性（EMC） 第1部分：典型电磁环境条件下的EMC一般要求

GB/T 30976.2 工业控制系统信息安全 第2部分：验收规范

GB/T 34667—2017 电动平衡车通用技术条件

GB/T 36896.1—2018 轻型有缆遥控水下机器人 第1部分：总则

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 38871—2020 工业环境用移动操作臂复合机器人通用技术条件

GB/T 39463 工业机器人电气设备及系统 通用技术条件

GB 40165—2021 固定式电子设备用锂离子电池和电池组 安全技术规范

GB/T 40574—2021 大型工业承压设备检测机器人通用技术条件

GB 50171 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范

JB/T 8896—1999 工业机器人验收规则

JB/T 9773.2 柴油机 起动性能试验方法

JB/T 14111—2020 电力场站巡检机器人通用技术条件

XF 892.1—2010 消防机器人第1部分：通用技术条件

T/CEEIA XXX—2023 建筑机器人分类

根据以上国家标准、行业标准指导标准研制，同时结合了建筑行业实际情况。

4.2.3 主要内容的确定

◆ 分类及命名规则

与《建筑机器人分类》标准保持一致。

◆ 技术要求

本标准的技术要求确定，参考现有机器人大类国家标准、行业标准，以及具体特种机器人国家标准、行业标准（消防机器人、电力机器人等）。

1. 外观要求

对机器人标识、标志、整机外观、连接件紧固件进行规定。

2. 零部件通用要求

对建筑机器人通用零部件进行规定，包括自制件需检验合格，外购件检验合格并符合其他文件要求，液压系统、气动系统、电池、电机、充电器、电源等满足现行国家标准要求。

3. 移动载体要求

考虑建筑机器人用到的移动载体，如内燃机、电动机等，并满足现行国家标准要求。

4. 机载设备要求

对建筑机器人机载设备的基本要求进行规定，包括构件外缘不应有锐边，运动关节应有限位装置且限位装置可靠，俯仰、回转、传动等机构灵活可靠。

5. 控制装置要求

对建筑机器人控制装置安装、接线、电磁兼容、防护等级进行规定，满足现行国家标准要求。

6. 整机要求

6.1 基本要求

对建筑机器人电气设备及系统，安全防护设计进行规定。

6.2 控制性能

控制性能指标根据客户合同要求确定,并了解市面上建筑机器人通信的距离在无障碍物遮挡条件下范围为 150-400m,因此本标准规定建筑机器人遥控距离 ≥ 150 m,建筑机器人的遥控距离数值关系到现场施工效率以及作业人员的安全。公司通过对建筑机器人进行抽检,检测结果均可显示建筑机器人在空旷、可视且无电磁干扰的理想环境下遥控距离不小于 150m,因此本标准制定建筑机器人在空旷、可视且无电磁干扰的理想环境下遥控距离应不小于 150m。

6.3 运动性能

不同建筑作业现场对机器人的技术性能要求不同,但均要求地面作业机器人需要在施工现场自由移动并有效完成各项任务;施工现场可能存在坡道、楼梯等高度差,建筑机器人需要具备足够的爬坡能力,以便在不同高度间自由移动;施工现场,可能存在各种障碍物,如管道、电缆、构件等,需要机器人具备越障能力;精确的定位信息可以确保机器人在施工现场中准确移动和定位;施工现场的空间可能较为狭窄,建筑机器人需要具备良好的转弯能力,以灵活地在狭小空间中转弯,避免碰撞或卡住。综上需要建筑机器人具备移动、爬坡、越障、导航定位、转弯、制动等基本运动性能;水下作业机器人的运动性能需满足国家标准要求,本文件对具体指标不做规定,需在产品标准中加以规定,仅明确具体试验方法。

6.4 操作性能

由于各类建筑机器人在施工过程中均需要准确的定位和操作，以确保建筑结构的精度和稳定性；同时在建筑现场中，可能存在多个机器人进行协作操作。如果每个机器人的位姿和轨迹不准确，它们之间的协作将会受到影响，导致施工错误或工作冲突，存在安全隐患；建筑机器人的位姿和轨迹数据也可用于建筑信息模型、进行进度监控和质量控制等工作。因此要求机器人必须具备位姿准确度、位姿重复性、轨迹准确性等操作性能，具体指标应在产品标准中加以规定，仅明确具体试验方法。

6.5 环境适应性

建筑机器人在室外工作时，需要能够适应不同季节和地域的气候条件。 $-30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的温度范围可以覆盖大部分气候条件，包括寒冷冬季和炎热夏季；过高的湿度可能导致机器人部件生锈、电气故障等问题。将湿度限制在 $\leq 95\%$ (40°C)可以有效防止这些问题的发生；建筑机器人可能会在不同海拔高度的建筑工地工作，因此需要能够适应不同大气压力条件下的运行；建筑机器人在户外环境中经常暴露在恶劣天气条件下，包括高湿度、盐雾等，为了确保机器人的结构安全，延长使用寿命，保护电子元件，提高工作效率和可靠性，需要建筑机器人承受 GB/T 2423.17—2018 规定的盐雾试验要求；为了避免实际使用中降雨情况对机器人安全问题的影响，需要建筑机器人承受 GB/T 2423.38 规定的降雨试验标准，且机器人没有漏水现象，并且能够正常工作；根据现行标准，静水压力是水下作业机器人的重要指标，随着水深的增加，静水压力也随之增大，为确保水下建筑机器人的结构

强度、密封性能和浮力控制,从而保证机器人能够在水下环境中安全、稳定地工作,需要满足水下机器人国家标准要求。

6.6 防护等级

建筑机器人在施工现场经常会接触到不同形状和大小的固体物体,例如砖块、石头等,需要防止这些物体进入机器人内部造成损坏或故障。此外,在施工过程中也会暴露在各种天气条件下,包括雨水、水泥浆等液体的接触,需防止这些液体对机器人的内部部件和电路造成损害。因此各类建筑机器人的整机防护等级应不低于 GB/T 4208 规定的 IP54 要求(完全防护对于直径大于 1mm 的固体物体,防护对于喷溅水的防护)。对于防护等级要求更高的建筑机器人产品,可在对应产品标准中给出更为严格的防护等级要求。

6.7 电磁兼容性

为保证各类建筑机器人(地面、水下等)在电磁环境中正常运行,需要建筑机器人满足对应机器人国家标准。

6.8 功能

依据《建筑机器人分类》标准中机器人功能维度划分,明确在建筑工程生命周期不同阶段应用的建筑机器人的功能配置要求,以及各项功能的通用要求。

1. 基本功能:包括控制、行走功能;机器人基本功能关乎现场人员的生命安全、与机器人行走性能的要求。

2. 作业功能：依据《建筑机器人分类》，包括勘测、施工、运维、清拆，本文件作为适用于各类建筑机器人的通用标准，仅明确该作业功能的通用要求，具体指标可通过后续系列标准、企业标准进行制定。

3. 自保护功能：建筑现场环境复杂，阻碍机器人移动，需要机器人具备防倾覆、防碰撞、防跌落能力。

4. 信息采集功能：建筑机器人需要在清晰度低、避光房间进行建筑相关数据采集，进而提供绝对位置信息，因此本标准提出建筑机器人实现采集气体信息、环境信息、视频信息、音频信息，该要求能够满足当前国内外客户使用要求和行业需求。

5. 通信功能：本标准提出各类机器人需与任务调度系统实现双向通信。并与《建筑机器人通信架构与协议导则》中通信架构要求保持一致。水下作业机器人的通信满足相关标准规定。

6. 声光报警功能：本标准提出各类机器人需具备对作业异常情况、低电量情况等给出声、光警示信号。

7. 其他功能：考虑各类建筑机器人自身具备的独特功能，应与现有国家标准、行业标准保持一致。详细技术要求后续部分标准或企业标准进行描述。

6.9 机械性能

为了确保机器人的安全性、设备保护、工作精度和使用寿命，更好地适应各种工作环境和任务要求。各类建筑机器人都需要满足国家标准规定的振动、冲击、碰撞等机械性能。

6.10 噪声

长时间暴露在高噪声环境下可能对人体健康、环境、以及工作人员的工作效率造成影响。因此，为了保护工作人员和周围居民的健康和环境安全，建筑机器人的噪声应该控制在可接受的范围内。

6.11 可靠性

根据现行国家标准，机器人可靠性用平均无故障工作时间和平均修复时间来衡量。但不同机器人可靠性不同，如涉及砂浆，混凝土和瓷砖胶等施工场景的机器人需适当放宽此限制，因砂浆本身的特殊性，在人员操作不当时很容易产生堵管，流损较大的问题。因此本标准只给出推荐指标，具体数值应在产品标准中规定。

6.12 续航能力

不同的任务对于机器人的续航能力要求不同，机器人在不同的环境下执行任务时，续航能力可能会有很大差异，另外机器人在执行任务时的负载大小也会对续航能力产生影响，因此无法明确各类机器人的持续工作时间。需要在具体产品标准中进行限定。

6.13 安全

各类建筑机器人应满足现有机器人安全标准，包括但不限于 GB/T 5226.1、GB/T 36896.1—2018 等，需要考虑机器人电气安全、机械安全、信息安全以及作业安全。

6.14 激光雷达

各类建筑机器人激光雷达应满足现有国家标准要求。

◆ 试验方法

本标准试验方法主要源自现有机器人国家标准、行业标准。

外观采用目测方式进行检测；零部件中**液压系统、气压系统、机器人用电池/电池组、水下机器人电源**应符合现有国家标准试验方法要求；**移动载体性能**试验内容源自 XF 892.1—2010《消防机器人 第1部分：通用技术条件》规定的试验方法；**机载设备、控制装置**参考 XF 892.1—2010《消防机器人 第1部分：通用技术条件》规定的试验方法；**整机性能试验：机器人的安全防护性能、水下机器人电气设备**及**系统**应符合现有国家标准试验方法要求；**控制性能**采用建筑机器人产品技术文件中的试验方法；**运动性能**采用 JB/T 14111—2020（电力场站巡检机器人）、XF 892.1—2010（消防机器人）、GB/T 36896.1—2018（轻型有缆遥控水下机器人）中规定的试验方法；**操作性能**采用 GB/T 12642—2013 中规定的试验方法；**环境适应性**采用 GB/T 2423 系列标准、GB/T 36896.1—2018 水下机器人标准中规定的试验方法；**防护性能**采用 GB/T 4208 规定的试验方法；**电磁兼容性**采用 GB/T 17799.2、GB 17799.4、GB/T 22359.1、GB/T 36896.1 规定的试验方法；**自保护、信息采集、声光报警功能**采用 XF 892.1—2010 规定的试验方法；**作业功能、通信功能**采用产品技术文件中规定的试验方法；**机械性能**采用 GB/T 36896.1—2018、GB/T 14537 规定的试验方法；**噪声**采用 JB/T 8896—1999 规定的试验方法；**可靠性**采用 GB/T 5080.1 规定的试验方法；**续航能力**采用 JB/T 14111—2020 规定的试验方法；**电气安全**采用 GB/T 5226.1、GB/T 36896.1—2018 规定的试验方法；**机械安全**采用 GB/T 38871—2020 规定的试验方法；

信息安全采用 GB/T 30976.2 规定的试验方法；作业安全、激光雷达采用产品技术文件规定的试验方法。

◆ 检验规则

分为出厂检验、型式检验。

◆ 标志、说明、包装、运输与贮存

明确机器人标牌、安全警示标识、产品说明、包装以及运输与贮存通用要求。

4、主要试验（或验证）的分析、综述报告

4.1 验证分析

根据企业提供的近几年的多类建筑机器人产品检测报告、项目验收证明材料等，对标准技术要求、试验方法项目进行了修改，形成征求意见稿。以标准规定的试验方法测试机器人，通过验证可以得出机器人的性能、功能等指标符合标准技术要求。

4.2 综述报告

近年来我国建筑业市场仍然保持了巨大的经济体量，然而技术落后导致的低利润率、人工施工法带来的安全问题、人口年龄结构带来的劳动力短缺这三个方面的矛盾严重制约了我国建筑业的发展。因此我国建筑业迫切需要采取新的建造模式促进行业的可持续发展，进一步加快推进建筑业的转型升级与跨越式发展。建筑机器人可以极大提

高建设工程的效率和安全性，有助于帮助我国实现建筑业的转型，因此有必要对其进行研究。

建筑机器人作为一个具有极大发展潜力的新兴技术，有望实现“更安全、更高效、更绿色、更智能”的信息化营建，整个建筑业或借机完成跨越式发展。建筑业在我国属于支柱产业，2022年全国建筑业总产值31.19万亿元，同比增长6.5%，这一庞大的内需市场为我国建筑机器人的发展壮大提供强有力的保障。在十四五规划中，明确支持机器人等产业创新发展，这一方针对建筑机器人的开发应用产生极为深远的影响。十数年来，我国在工业机器人、特种机器人以及机器人通用技术方面已经积累了较多的经验，并储备了大量人才，加之国家大力倡导创新的利好局势，建筑机器人未来在我国必将取得长足的发展。

建筑机器人作为属于特种机器人的一种，现在国内外尚未存在建筑机器人的相关标准。通过本标准的制定与实施，明确建筑机器人产品的通用技术要求，规范试验方法、检验规则、标志、包装、贮存与运输要求，填补建筑机器人标准的空白，为我国建筑机器人的研发、应用集成和发展提供重要支撑，为国家标准研制提供团标参考。

5、标准在起草过程中遇到的问题及解决办法：重大分歧意见的处理经过和依据：有无重要技术问题需要说明。

无

6、与国外标准的关系：采用国际标准和国外先进标准的程度，与国外标准主要技术内容的差异（可引用标准前言的内容）等。

国内外没有同类标准。

国外：ISO 采用 IFR 分类（应用场景分类）将机器人分为服务机器人、工业机器人两大类，现存标准主要为大类机器人本体标准、安全与性能测试标准等，未存在建筑机器人产品标准。

我国机器人国家标准中将机器人分为工业机器人、个人/家用服务机器人、公共服务机器人、特种机器人，特种机器人按行业分类包括建筑机器人。但现有国标一般为等效采用国际标准，主要为大类机器人整机、零部件、接口、性能测试、系统集成标准等。

机器人通用技术条件标准（国家标准、行业标准）目前共 31 项，其中 7 份为特种机器人，主要为消防、电力、康复、救援、排爆机器人，不存在建筑机器人通用技术条件标准，且现有标准不适用于建筑机器人产品。

7、修订标准时，说明与标准前一版本的重大技术变化，并列出现所涉及的新、旧版本的有关条款（可引用标准前言的内容）以及废止/代替现行有关标准的建议。

/，本标准为首次制定标准。

8、说明标准与其他标准或文件的关系（可引用标准前言的内容），特别是与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系。

本标准与现行法律、法规也无冲突和违背，与强制性国家标准协调一致，无矛盾。

9、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议。

本标准建议制定为推荐性标准，建议标准发布后立即发布实施。

10、贯彻国家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），标准发布后，对国内外业界可能产生的影响。

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。

本文件以规范建筑机器人的通用技术要求、试验方法为目的，企业以本标准开展研发、生产可以从避免产品性能、功能参差不齐，质量难以保证等问题，便于第三方检测认证机构依据本标准开展产品检测认证工作，提高进入市场后产品的适用性，具有较好的经济效益。

11、标准是否涉及知识产权的情况说明：如标准中含有自主知识产权，说明产品研发程度、产业化基础及进程。

/

12、其他应予说明的事项。

无