

# 中国电器工业协会标准

CHINA ELECTRICAL EQUIPMENT INDUSTRY ASSOCIATION STANDARD

T/CEEIA XXXX—2023

## 建筑机器人通用技术条件

General specifications of construction robots

（征求意见稿）

2023 – XX – XX 发布

2023 – XX – XX 实施

中国电器工业协会 发布

中国电器工业协会（CEEIA）是在平等、自愿基础上，由全国电工装备制造、科研、院校、工程成套、销售、用户及相关企事业单位组成的全国性社会组织。按照专业分为发电设备、输变电设备、配电设备、用电设备、基础元件和材料五个领域。现有 42 个分支机构，6000 余家会员单位，分布在全国各地，涵盖电器工业所有领域。中国电器工业协会始终以振兴和发展我国电器工业，代表和维护全行业共同利益和会员合法权益为宗旨，在政府和会员之间发挥“纽带”和“桥梁”的作用。

制定中国电器工业协会团体标准，是推动行业可持续发展，满足企业需要，推进企业技术进步，也是协会重要工作之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国电器工业协会团体标准的建议并参与有关工作。

中国电器工业协会团体标准按照《中国电器工业协会团体标准制定工作管理办法》进行制定、发布和管理。标准中有关的知识产权问题，按照《中国电器工业协会团体标准知识产权管理办法》进行管理。

在标准实施过程中，如发现需要修改或完善之处，请联系中国电器工业协会标准化工作委员会秘书处。

本标准由中国电器工业协会制定发布，其版权归中国电器工业协会所有，任何组织和个人未经中国电器工业协会同意，不得印刷、销售。考虑到本标准中某些条款可能涉及的专利，中国电器工业协会不负责任何类别专利权的鉴别。

中国电器工业协会地址：北京市丰台区南四环西路 12 区 30 号楼  
邮政编码：100070 电话：010-68171344 传真：68244802  
网址：[www.cceia.com](http://www.cceia.com)

---

---

目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 分类及命名规则 ..... 2

5 基本要求 ..... 2

    5.1 功能配置 ..... 2

    5.2 功能要求 ..... 3

6 技术要求 ..... 4

    6.1 外观要求 ..... 4

    6.2 零部件通用要求 ..... 4

    6.3 移动载体要求 ..... 4

    6.4 机载设备要求 ..... 4

    6.5 控制装置要求 ..... 4

    6.6 整机要求 ..... 5

7 试验方法 ..... 7

    7.1 外观检查 ..... 7

    7.2 零部件通用性能试验 ..... 7

    7.3 移动载体性能试验 ..... 7

    7.4 机载设备性能试验 ..... 8

    7.5 控制装置性能试验 ..... 8

    7.6 整机性能试验 ..... 8

8 检验规则 ..... 11

    8.1 检验分类 ..... 11

    8.2 出厂检验 ..... 11

    8.3 型式检验 ..... 13

9 标志、说明、包装、运输与贮存 ..... 14

    9.1 标志 ..... 14

    9.2 说明 ..... 14

    9.3 包装 ..... 14

    9.4 运输 ..... 14

    9.5 贮存 ..... 14

参 考 文 献 ..... 15

## 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。

本文件根据T/CEEIA 270-2017《CEEIA标准编写指南》的有关规定编写。

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。

文件由中电协电气场所用机器人安全与检测标准化专业委员会提出。

本文件由中国电器工业协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：xxx……

本文件主要起草人：xxx……

本文件为首次发布。

# 建筑机器人通用技术条件

## 1 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 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 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

3 术语和定义

GB/T 12643—2013界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**建筑机器人 construction robot**

在建筑行业，用于工程勘测、施工、维护、检修、清拆等环节的机器人。

[来源：GB/T 36239—2018，3.3，有修改]

3.2

**主控系统 master control system**

在一个机器人系统中，接受作业任务和各类信息进行综合分析处理，并对建筑机器人本体和机器人附属装置进行协同控制从而有效完成作业任务的控制系统。

[来源：GB/T 38872—2020，3.4，有修改]

4 分类及命名规则

建筑机器人的分类及命名规则应符合T/CEEIA XXX—2023中第4章、第5章的要求。

5 基本要求

5.1 功能配置

建筑机器人的功能配置应满足表1要求。

表1 建筑机器人功能配置

| 功能     |     | 建筑机器人 |    |    |    |
|--------|-----|-------|----|----|----|
|        |     | 勘察    | 施工 | 运维 | 拆除 |
| 基本功能   | 控制  | √     | √  | √  | √  |
|        | 行走  |       | √  | √  | √  |
| 作业功能   | 勘测  | √     |    |    |    |
|        | 施工  |       | √  |    |    |
|        | 运维  |       |    | √  |    |
|        | 拆除  |       |    |    | √  |
| 自保护功能  | 耐高温 | √     | √  | √  | √  |
|        | 防倾覆 | √     | √  | √  | √  |
|        | 防碰撞 | √     | √  | √  | √  |
| 信息采集功能 | 气体  | √     | √  | √  | √  |
|        | 环境  | √     | √  | √  | √  |

|                                |    |   |   |   |   |
|--------------------------------|----|---|---|---|---|
|                                | 视频 | √ | √ | √ | √ |
|                                | 音频 | √ | √ | √ | √ |
| 通信功能                           | 双向 | √ | √ | √ | √ |
| 防爆功能                           |    |   |   |   |   |
| 声光报警功能                         |    | √ | √ | √ | √ |
| 注：“√”表示该类建筑机器人必须配置的功能，其余功能可选配。 |    |   |   |   |   |

5.2 功能要求

5.2.1 基本功能

- 5.2.1.1 控制功能应满足建筑机器人在建筑施工场景对机器人进行可靠控制的要求。
- 5.2.1.2 行走功能应满足建筑机器人在建筑施工场景实现直行、转弯、爬坡、越障等要求。

5.2.2 作业功能

- 5.2.2.1 勘测功能应满足在建筑地面、空中以及水下范围内对建筑结构构件与尺寸、施工现场安全进行调研的要求。
- 5.2.2.2 施工功能应满足材料构件加工生产；地基与基础施工（土方挖掘、桩基施工、基础施工、凿截桩等）、主体结构施工（混凝土施工、钢结构安装、砌体结构施工等）、机电安装（铺设、机电安装等）、建筑装饰装修（墙板及其他新型墙体安装、幕墙安装、抹灰施工、腻子涂覆打磨、涂料喷涂、饰面砖铺贴、饰面板安装、墙地面预处理等）；防水施工（地下防水、外墙防水、屋面防水、室内防水）；材料及构件二次运输；现场垂直运输；现场测量放线；检测（涉及质量、安全、进度等项目自动化测量、检验或巡检）；改造（外立面翻新、新增维护结构、结构加固、水电改造等）；建筑垃圾处理、园林园建（道路施工、绿植施工、设备安装）等施工作业的要求。
- 5.2.2.3 运维功能应满足在建筑使用期间对外立面检测及清洁、设备及管道检修、室内地面清洁的作业要求。
- 5.2.2.4 拆除功能应满足对新建建筑施工前场地处理和既有建筑结构拆除和清运的作业要求。

5.2.3 自保护功能

- 5.2.3.1 防倾覆功能应满足机器人在不大于其工作坡度的环境条件下行走或实施作业的要求。
- 5.2.3.2 防碰撞功能应满足机器人在行走或作业过程中，若遇到障碍物应及时停止或绕行，在自主模式下障碍物移除后应能恢复行走的要求。
- 5.2.3.3 防跌落能力应满足机器人在行走或作业过程中，若遇到沟槽、下落台阶等情况，应能停止并报警的要求，停止位置距离跌落边缘应不小于 50mm。
- 5.2.3.4 机器人使用保护应满足在机器人作业时，需具备安全防护装置，确保机器人即使掉落/倾翻，也不会对周围人员或环境造成伤害。

5.2.4 信息采集功能

- 5.2.4.1 气体参数采集功能应满足机器人采集作业现场有毒、有害、易燃、易爆气体种类、浓度、和变化趋势要求。
- 5.2.4.2 环境参数采集功能应满足机器人采集作业现场温度、湿度等环境参数的要求。
- 5.2.4.3 视频信息采集功能应满足机器人采集其周围或本体动作姿态视频信息的要求。
- 5.2.4.4 音频信息采集功能应满足机器人采集其周围音频信息的要求。

5.2.5 通信功能

- 5.2.5.1 机器人应具备与机器人任务调度系统双向通信的功能。
- 5.2.5.2 水下机器人通信功能应符合 GB/T 36896.1—2018 中 5.2 a) 的要求。机器人本体与水面主控系统建立通信。

5.2.6 声光报警功能

声光报警功能应满足机器人在作业时提供声、光警示信号进行异常报警、低电量报警的要求。

5.2.7 其他功能

当建筑机器人配置其他功能时，其功能还应符合相应的国家标准和行业标准的要求。

## 6 技术要求

### 6.1 外观要求

6.1.1 机器人标识文字、符号和标志应清晰端正。

6.1.2 机器人整机应外观整洁、结构坚固，所有连接件、紧固件应有防松措施；外壳表面应涂有保护层或防腐设计，不应有伤痕、毛刺等其他缺陷。

### 6.2 零部件通用要求

6.2.1 自制件应经质量检验部门检验合格。外购件、外协件应符合相关文件规定，具有合格证并经质量检验部门检验合格。

6.2.2 液压系统应符合 GB/T 3766—2015 中 5.1、5.2、5.3.1、5.3.2.5、5.4.7.2 及 5.4.7.7 的规定。

6.2.3 气动系统应符合 GB/T 7932—2017 中 5.1、5.2、5.3.1、7.3.1 及 5.4.6 的规定。

6.2.4 机器人用电池/电池组应符合 GB 40165 的规定。

6.2.5 机器人用电机应符合 GB/T 34667—2017 中 5.2.10 的规定。

6.2.6 机器人用充电器或电源应符合 GB/T 34667—2017 中 5.2.11 的规定。水下机器人电源适应性应符合 GB/T 36896.1—2018 中 5.7 的要求。

### 6.3 移动载体要求

#### 6.3.1 选用内燃机作动力源的移动载体要求

6.3.1.1 内燃机应装有最高转速限制装置，并能可靠动作。

6.3.1.2 内燃机排气管出口设置应符合 GB 7258—2017 中 12.5.4 的规定。

6.3.1.3 燃油箱的安全性能应符合 GB 18296—2019 中第 4 章的规定。

6.3.1.4 内燃机起动性能应满足 JB/T 9773.2 的规定。

6.3.1.5 噪声应符合 GB 14097—2018 中第 5 章的规定。

6.3.1.6 排气污染应符合 GB 20891—2014 中 5.2.3 的规定。

#### 6.3.2 选用电动机作动力源的移动载体要求

机器人的供电电源，应优先选用 GB/T 156 的规定值，低压直流电源的性能应符合 GB/T 17478—2004 中第 5、6 章的规定。

#### 6.3.3 其他要求

6.3.3.1 移动载体上应装设电路总开关，其安装位置应清晰醒目、便于操作。

6.3.3.2 移动载体应设有可靠的制动装置。

### 6.4 机载设备要求

6.4.1 机载设备不应有锯齿等锐边的构件外缘。

6.4.2 机载设备运动关节的始、终点应设有限位装置，限位装置应能使其在额定负载或最大速度下运动时可靠停止，不应产生越程现象。

6.4.3 机载设备的俯仰、回转、传动等机构应动作灵活、安全可靠。

### 6.5 控制装置要求

6.5.1 机器人本体或后方控制装置的安装、接线应符合 GB 50171 的规定。

6.5.2 带有计算机系统的智能型控制装置应符合 GB/T 7251.8—2020 中 8.2、8.4、8.5 的规定。

6.5.3 控制装置的电磁兼容性应符合 GB 7251.1—2013 中 9.4 的规定。

6.5.4 无线通信装置的电磁兼容性应符合 GB/T 15540—2006 中 5.2、5.4、5.5 的规定。

6.5.5 借助外壳防护的电器设备的防护等级应不低于 GB/T 4208 中 IP54 的规定。



6.6 整机要求

6.6.1 基本要求

- 6.6.1.1 机器人上布置的电气、液压、气动线路应排列整齐、固定牢靠、走向合理，便于安装、拆卸，并用醒目的颜色和标志加以区分；电气、液压、气动系统不得有漏电、漏油、漏气现象；润滑和冷却情况应满足本文件的相关规定。
- 6.6.1.2 机器人的电气设备及系统应符合 GB/T 39463 的规定。
- 6.6.1.3 设计机器人系统时，应考虑所有可能发生的失效。安全防护设计应符合 GB 5083—1999 的规定。

6.6.2 控制性能要求

- 6.6.2.1 采用遥控装置的机器人在实验环境（空旷、通视环境）下的遥控距离应不小于 150 m，工作应可靠。
- 6.6.2.2 两台或两台以上机器人在同一区域内工作时，其控制信号应不相互干扰。
- 6.6.2.3 后方控制台应能实时、可靠地控制机器人。
- 6.6.2.4 后方控制台应能实时、可靠地接收机器人采集的图像、语音、数据等信息并进行处理。
- 6.6.2.5 机器人本体或后方控制台的紧急停止按钮按下后，机器人应立即停止所有动作。并保证维持自身系统稳定，不发生倾覆或跌落等意外事故。

6.6.3 运动性能要求

- 6.6.3.1 机器人（除水下机器人外）运动性能指标，应在产品技术文件中加以规定，包括但不限于：
  - 最大速度；
  - 制动性能；
  - 爬坡性能；
  - 越障高度；
  - 自主导航定位；
  - 转弯宽度。
- 6.6.3.2 水下机器人运动性能指标，可参考 GB/T 36896.1—2018 中 5.3 的要求，并在产品技术文件中加以规定，包括但不限于：
  - 最大静水速度；
  - 总系柱推力；
  - 负载能力；
  - 偏航角控制精度；
  - 深度控制精度；
  - 高度控制精度。

6.6.4 操作性能要求

- 机器人的操作性能指标，应在产品技术文件中加以规定，包括但不限于：
- 位姿准确度；
  - 位姿重复性；
  - 轨迹准确性。

6.6.5 环境适应性

6.6.5.1 基本要求

机器人在表2环境条件下使用、运输和贮存时，应能保持正常。

表2 环境条件

| 环境条件 | 工作条件     | 贮存运输条件   |
|------|----------|----------|
| 环境温度 | -30℃~40℃ | -40℃~55℃ |

| 环境条件 | 工作条件          | 贮存运输条件    |
|------|---------------|-----------|
| 相对湿度 | ≤95%（40℃）     | ≤93%（40℃） |
| 大气压力 | 86kPa~106 kPa |           |

6.6.5.2 防盐雾

机器人应能承受GB/T 2423.17—2018规定的质量分数为(5±1)%、温度为(35±2)℃、pH值为6.5~7.2的盐溶液环境下持续放置16h的盐雾试验，试验期间和试验后机器人表面应无腐蚀。

6.6.5.3 防滴水

地面上使用的机器人应能承受GB/T 2423.38规定的降雨强度为(10±5)mm/h、持续时间为30min的试验，试验期间和试验后应能正常工作。

6.6.5.4 静水压力

水下机器人静水压力应符合GB/T 36896.1—2018中5.5.3的要求。

6.6.6 防护等级

各类机器人的整机防护等级应不低于GB/T 4208规定的IP54要求，不同类型的建筑机器人防护等级应在产品技术文件中加以规定。

6.6.7 电磁兼容性

6.6.7.1 机器人应符合GB/T 17799.2、GB 17799.4、GB/T 22359.1的规定，试验过程中产品应工作正常。

6.6.7.2 水下机器人电磁兼容应符合GB/T 36896.1—2018中5.6的要求。

6.6.8 作业、自保护、信息采集、通信、声光报警功能

建筑作业、自保护、信息采集、通信、声光报警功能的基本要求应分别符合5.2.2~5.2.6的规定，具体数值应在产品标准中规定。

6.6.9 机械性能

6.6.9.1 振动

机器人应能承受GB/T 11287规定的严酷等级为1级的振动耐久试验。水下机器人应符合GB/T 36896.1—2018中5.5.4的要求。

6.6.9.2 冲击

机器人应能承受GB/T 14537规定的严酷等级为1级的冲击耐久试验。

6.6.9.3 碰撞

机器人应能承受GB/T 14537规定的严酷等级为1级的碰撞试验。

6.6.10 噪声

机器人在正常运行时所产生的噪声应不高于80dB(A)。

6.6.11 可靠性

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，具体数值应在产品标准中规定。机器人平均故障间隔时间宜不小于3000h，平均修复时间宜不大于4h。

6.6.12 续航能力

机器人的续航能力的技术要求应在产品技术文件中加以规定。

6.6.13 安全

### 6.6.13.1 电气安全

6.6.13.1.1 机器人的电气安全应满足 GB/T 5226.1 的要求。

6.6.13.1.2 所有电气电控导线均应捆扎成束、布置整齐、紧固卡紧，接头牢固并有绝缘套。电力线与信号线应分开，并对信号线采取屏蔽、双绞等抗干扰措施。

6.6.13.1.3 充电设备在电源额定电压 220 V，额定频率 50 Hz $\pm$ 0.5 Hz，电压波动范围-10%~+7%的条件下应能正常工作。

6.6.13.1.4 机器人金属外壳应设置可靠的安全接地系统。

6.6.13.1.5 水下机器人接地、绝缘电阻安全要求应符合 GB/T 36896.1—2018 中 5.4.2、5.4.3 的要求。

### 6.6.13.2 机械安全

机器人在最大负载及最大工作范围条件下，机器人整体不应失衡。机器人重心的倾斜角度不超过10度等。

### 6.6.13.3 信息安全

机器人信息安全应满足GB/T 38244—2019中第8章的要求。系统数据传输时应符合GB/T 30976.1的要求。

### 6.6.13.4 作业安全

6.6.13.4.1 机器人作业时，应设置安全人员，统一信号管理，当出现可能危及人身安全的情况时，应立即停止作业，并及时处置。

6.6.13.4.2 机载设备的使用和维护应严格按照产品使用说明定期执行。

### 6.6.14 激光雷达

机器人的激光雷达应符合GB 7247.1—2012中1类激光产品的辐射限值和标识要求。

## 7 试验方法

### 7.1 外观检查

应目测检查机器人的表面质量及电气线路。

### 7.2 零部件通用性能试验

7.2.1 液压系统性能试验应按 GB/T 3766—2015 中第 6 章的方法进行试验。

7.2.2 气压系统性能试验应按 GB/T 7932—2017 中第 6 章的方法进行试验。

7.2.3 机器人用电池/电池组应按 GB 40165 规定的方法进行试验。

7.2.4 水下机器人电源适应性应按 GB/T 36896.1—2018 中 6.7 的规定进行试验。

### 7.3 移动载体性能试验

#### 7.3.1 内燃机限速

应按XF 892.1—2010 中8.3.1的方法进行试验。

#### 7.3.2 排气管安全性

应按XF 892.1—2010 中8.3.2的方法进行试验。

#### 7.3.3 燃油箱安全性

应按GB 18296—2019中第5章的方法进行试验。

#### 7.3.4 内燃机起动性能

应按JB/T 9773.2—1999中6.6.3~6.6.5的方法进行试验。

### 7.3.5 噪声

应按GB 14097—2018 中第4章的方法进行试验。

### 7.3.6 排气污染

应按GB 20891—2014 中附录B的方法进行试验。

### 7.3.7 供电电源性能试验

应按GB/T 17478—2004中第9章的方法进行试验。

### 7.3.8 其他要求

7.3.8.1 移动载体上装设的电路总开关应采用目测和手动检查。

7.3.8.2 移动载体的制动装置应采用手动检查。

## 7.4 机载设备性能试验

7.4.1 应目测检查机载设备的构件外缘光洁度。

7.4.2 限位装置性能应在额定负载或最大速度下运动时检查是否有越程现象。

7.4.3 应采用目测检查机载设备的仰俯、回转、传动等机构动作。

## 7.5 控制装置性能试验

7.5.1 应目测检查控制装置的安装、接线。

7.5.2 应按 GB/T 7251.8—2020 中第 10 章的规定对计算机系统的智能型控制装置进行试验。

7.5.3 应按 GB 7251.1—2013 中 8.2.8 的规定对控制装置的电磁兼容性进行试验。

7.5.4 应按 GB/T 15540—2006 中第 8、9 章的规定对无线通信装置的电磁兼容性进行试验。

7.5.5 应按 GB 4208—2017 中第 12~15 章的规定对控制装置的外壳防护等级进行试验。

## 7.6 整机性能试验

### 7.6.1 基本要求试验

7.6.1.1 应目测检查机器人电气、液压、气动线路质量。

7.6.1.2 应按 GB/T 39463 的要求对机器人电气设备及系统进行试验。

7.6.1.3 应按 GB 5083—1999 中第 5、6 章的要求对机器人的安全防护性能进行试验。

### 7.6.2 控制性能试验

#### 7.6.2.1 遥控试验

应按下列步骤进行：

——在试验地面上取大于 150 m 测量区域，划出控制端线和停车端线；

——将机器人置于停车端线处，在控制端线处用无线（有线）遥控装置控制机器人，使其动作，判断试验结果是否符合 6.6.2.1 的要求；

——将一台机器人至于停车端线处，选取同型号的其他 2 台无线遥控装置，在控制端线处用 3 台无线遥控装置控制机器人，判断试验结果是否符合 6.6.2.2 的要求。

#### 7.6.2.2 后方控制台

应按下列步骤进行：

——在试验地面上取大于 150 m 测量区间，划出控制端线和停车端线；

——将机器人和控制台分别放置在控制端线和停车端线处；

——用后方控制台控制机器人，使其动作，判断试验结果是否符合 6.6.2.3 的要求；

——用后方控制台接收机器人采集的图像、语音、数据等信息，判断试验结果是否符合 6.6.2.4 的要求。

#### 7.6.2.3 紧急停止

应按下列步骤进行：

- 使机器人处于工作状态中；
- 按下机器人本体或后方控制台的紧急停止按钮，机器人应立即停止所有动作；
- 机器人本体或后方控制台的紧急停止试验，各进行3次，判断试验结果是否符合6.6.2.5的要求。

### 7.6.3 运动性能试验

#### 7.6.3.1 最大速度

应按照JB/T 14111—2020中6.3.3的规定进行试验。

#### 7.6.3.2 制动性能

应按照JB/T 14111—2020中6.3.3的规定进行试验。

#### 7.6.3.3 爬坡能力

应按照JB/T 14111—2020中6.3.4的规定进行试验。

#### 7.6.3.4 越障高度

应按照JB/T 14111—2020中6.3.5的规定进行试验。

#### 7.6.3.5 自主导航定位

应按照GB/T 38124-2019中5.2.1的规定进行试验。

#### 7.6.3.6 转弯宽度

应按照XF 892.1—2010中8.6.3.3的规定进行试验。

#### 7.6.3.7 最大静水速度

应按照GB/T 36896.1—2018中6.3.1的规定进行试验。

#### 7.6.3.8 总系柱推力

应按照GB/T 36896.1—2018中6.3.2的规定进行试验。

#### 7.6.3.9 负载能力

应按照GB/T 36896.1—2018中6.3.3的规定进行试验。

#### 7.6.3.10 偏航角控制精度

应按照GB/T 36896.1—2018中6.3.4的规定进行试验。

#### 7.6.3.11 深度控制精度

应按照GB/T 36896.1—2018中6.3.4的规定进行试验。

#### 7.6.3.12 高度控制精度

应按照GB/T 36896.1—2018中6.3.4的规定进行试验。

### 7.6.4 操作性能

#### 7.6.4.1 位姿准确度

应按照GB/T 12642—2013中7.2.1的方法进行试验。

#### 7.6.4.2 位姿重复性

应按照GB/T 12642—2013中7.2.2的方法进行试验。

#### 7.6.4.3 轨迹准确性

应按照GB/T 12642—2013中8.2的方法进行试验。

## 7.6.5 环境适应性试验

### 7.6.5.1 基本要求

应按照 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3 中规定的试验方法,按表2温湿度指标进行试验。其中工作条件试验时间为 4 h,贮存条件试验时间为8 h。

### 7.6.5.2 盐雾试验

应按照GB/T 2423.17—2008中第6章的规定进行试验,试验期间和试验后机器人表面应无腐蚀。

### 7.6.5.3 滴水试验

应按照GB/T 2423.38—2008中第5章规定的方法进行实验,试验期间和试验后机器人表面应能正常工作。

### 7.6.5.4 静水压力试验

水下机器人静水压力应按照GB/T 36896.1—2018中6.5.2的规定进行试验。

## 7.6.6 防护性能

应按照GB/T 4208的规定进行试验。

## 7.6.7 电磁兼容试验

7.6.7.1 应按照 GB/T 17799.2、GB 17799.4、GB/T 22359.1 的规定进行试验。

7.6.7.2 水下机器人电磁兼容应按照 GB/T 36896.1—2018 中 6.6 的规定进行试验。

## 7.6.8 作业功能试验

应按照相关文件或说明书进行操作,检验作业功能是否符合6.6.7的要求。

## 7.6.9 自保护功能试验

7.6.9.1 应按照 XF 892.1—2010 中 8.6.5 的规定对机器人防倾覆能力进行试验。

7.6.9.2 应按照 JB/T 14111—2020 中 6.3.8 的规定对机器人防碰撞能力进行试验。

7.6.9.3 应按照 JB/T 14111—2020 中 6.3.9 的规定对机器人防跌落能力进行试验。

7.6.9.4 应按照 GB/T 40574—2021 中 6.5.2 的规定对机器人使用保护能力进行试验。

## 7.6.10 信息采集功能试验

应按照 XF 892.1—2010 中8.6.6的规定进行试验。

## 7.6.11 通信功能试验

7.6.11.1 通信功能试验按以下步骤进行:

——在试验地面上取 100m 测量区间,画出控制端线和停车端线;

——对于采用无线通信的机器人,将主控系统放置在距离试验场地接近 1km 的地方,保障整个试验场地距离主控系统不大于 1km;

——机器人分别放置在控制端线;

——用主控系统给机器人发送运动、停止动作等指令,观察机器人是否接受指令,并准确动作;

——用主控系统遥控机器人采集图像、语音、数据等信息,判断机器人是否按照指令采集信息并上传至统。

7.6.11.2 水下机器人通信带宽应按照 GB/T 36896.1—2018 中 6.3.5 的规定进行试验。

7.6.11.3 水下机器人误码率应按照 GB/T 36896.1—2018 中 6.3.6 的规定进行试验

## 7.6.12 声光报警功能试验

应按照 XF 892.1—2010 中8.6.9的规定进行试验。

### 7.6.13 机械性能试验

#### 7.6.13.1 振动耐久试验

应按照GB/T 11287规定的方法进行振动耐久试验，严酷等级为1级。试验后，查看检测装置是否发生紧固件松动、机械损坏等现象。水下机器人振动应按照GB/T 36896.1—2018中6.5.3的规定进行试验。

#### 7.6.13.2 冲击耐久试验

应按照GB/T 14537规定的方法进行冲击耐久试验，严酷等级为1级。试验后，查看检测装置是否发生紧固件松动、机械损坏等现象。

#### 7.6.13.3 碰撞试验

应按照GB/T 14537规定的方法进行碰撞试验，严酷等级为1级。试验后，查看检测装置是否发生紧固件松动、机械损坏等现象。

### 7.6.14 噪声试验

应按照JB/T 8896—1999中5.7的规定进行试验。

### 7.6.15 可靠性

应按照GB/T 5080.1的规定进行试验。

### 7.6.16 续航能力

应按照JB/T 14111—2020中6.3.7规定进行试验。

### 7.6.17 安全试验

#### 7.6.17.1 电气安全试验

7.6.17.1.1 应按照GB/T 5226.1的规定进行试验。

7.6.17.1.2 水下机器人接地、绝缘电阻安全应按照GB/T 36896.1—2018中6.4.2、6.4.3的规定进行试验。

#### 7.6.17.2 机械安全试验

应按照GB/T 38871—2020中7.7.4的方法进行试验。

#### 7.6.17.3 信息安全试验

应按照GB/T 30976.2的规定进行实验。

#### 7.6.17.4 作业安全试验

应按照相关文件或说明书进行操作，检验作业安全是否符合6.8.4的要求。

### 7.6.18 激光雷达试验

应采用目测及在操作中观察的方法。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

检验为出厂检验和型式检验。

### 8.2 出厂检验

8.2.1 每台机器人都应进行出厂检验，并由制造单位的质量检验部门负责实施。

8.2.2 出厂检验项目全部检验合格后，出具产品合格证。

8.2.3 检验中出现某项目不符合要求或发生故障时，需查明原因，进行返修，对该项重新检验。在重

新检验中，该项目再次出现不符合要求或发生故障时，则该产品被判为不合格。

8.2.4 出厂检验项目应符合表3的规定。

表3 检验项目

| 序号 | 检验项目      |                | 技术要求               | 试验方法    | 出厂检验 | 型式试验 |
|----|-----------|----------------|--------------------|---------|------|------|
| 1  | 外观        |                | 6.1                | 7.1     | ○    | ○    |
| 2  | 零部件通用性能试验 | 液压系统性能         | 6.2.2              | 7.2.1   | —    | ○    |
| 3  |           | 气动系统性能         | 6.2.3              | 7.2.2   | —    | *    |
| 4  |           | 电池/电池组         | 6.2.4              | 7.2.3   | —    | —    |
| 5  |           | 电机             | 6.2.5              | —       | —    | —    |
| 6  |           | 充电器/电源         | 6.2.6              | —       | —    | —    |
| 7  |           | 电源适应性（仅水下机器人）  | 6.2.6              | 7.2.4   | —    | —    |
| 8  | 移动载体性能试验  | 内燃机限速          | 6.3.1.1            | 7.3.1   | —    | ○    |
| 9  |           | 排气管安全性         | 6.3.1.2            | 7.3.2   | —    | ○    |
| 10 |           | 燃油箱安全性         | 6.3.1.3            | 7.3.3   | —    | ○    |
| 11 |           | 内燃机起动性能        | 6.3.1.4            | 7.3.4   | —    | ○    |
| 12 |           | 噪声             | 6.3.1.5            | 7.3.5   | —    | ○    |
| 13 |           | 排气污染           | 6.3.1.6            | 7.3.6   | —    | ○    |
| 14 |           | 供电电源性能         | 6.3.2              | 7.3.7   | —    | *    |
| 15 |           | 其他要求           | 6.3.3              | 7.3.8   | —    | ○    |
| 16 | 机载设备性能试验  | 构件外缘光洁度        | 6.4.1              | 7.4.1   | ○    | ○    |
| 17 |           | 限位装置性能         | 6.4.2              | 7.4.2   | ○    | ○    |
| 18 |           | 机构的动作性能        | 6.4.3              | 7.4.3   | ○    | ○    |
| 19 | 控制装置性能试验  |                | 6.5                | 7.5     | ○    | ○    |
| 20 | 基本要求试验    |                | 6.6.1              | 7.6.1   | ○    | ○    |
| 21 | 控制性能试验    | 遥控性能           | 6.6.2.1<br>6.6.2.2 | 7.6.2.1 | ○    | ○    |
| 22 |           | 后方控制台          | 6.6.2.3<br>6.6.2.4 | 7.6.2.2 | ○    | ○    |
| 23 |           | 紧急停止           | 6.6.2.5            | 7.6.2.3 | ○    | ○    |
| 24 | 运动性能试验    | 最大速度           | 6.6.3.1            | 7.6.3.1 | ○    | ○    |
| 25 |           | 制动性能           | 6.6.3.1            | 7.6.3.2 | ○    | ○    |
| 26 |           | 爬坡能力           | 6.6.3.1            | 7.6.3.3 | ○    | ○    |
| 27 |           | 越障高度           | 6.6.3.1            | 7.6.3.4 | ○    | ○    |
| 28 |           | 自主导航定位         | 6.6.3.1            | 7.6.3.5 | ○    | ○    |
| 29 |           | 转弯宽度           | 6.6.3.1            | 7.6.3.6 | ○    | ○    |
| 30 |           | 最大静水速度（仅水下机器人） | 6.6.3.2            | 7.6.3.7 | ○    | ○    |



|                                                                                     |            |                 |          |          |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|----------|----------|---|---|
| 31                                                                                  |            | 总系柱推力（仅水下机器人）   | 6.6.3.2  | 7.6.3.8  | ○ | ○ |
| 32                                                                                  |            | 负载能力（仅水下机器人）    | 6.6.3.2  | 7.6.3.9  | ○ | ○ |
| 33                                                                                  |            | 偏航角控制精度（仅水下机器人） | 6.6.3.2  | 7.6.3.10 | ○ | ○ |
| 34                                                                                  |            | 深度控制精度（仅水下机器人）  | 6.6.3.2  | 7.6.3.11 | ○ | ○ |
| 35                                                                                  |            | 高度控制精度（仅水下机器人）  | 6.6.3.2  | 7.6.3.12 | ○ | ○ |
| 36                                                                                  | 操作性能<br>试验 | 位姿准确度           | 6.6.4    | 7.6.4.1  | — | ○ |
| 37                                                                                  |            | 位姿重复性           | 6.6.4    | 7.6.4.2  | — | ○ |
| 38                                                                                  |            | 轨迹准确性           | 6.6.4    | 7.6.4.3  | — | ○ |
| 39                                                                                  | 环境适应<br>性  | 环境温度            | 6.6.5.1  | 7.6.5.1  | — | ○ |
| 40                                                                                  |            | 环境湿度            | 6.6.5.1  | 7.6.5.1  | — | ○ |
| 41                                                                                  |            | 防盐雾             | 6.6.5.3  | 7.6.5.2  | — | ○ |
| 42                                                                                  |            | 防滴水             | 6.6.5.4  | 7.6.5.3  | — | ○ |
| 43                                                                                  |            | 静水压力（仅水下机器人）    | 6.6.5.5  | 7.6.5.5  | — | ○ |
| 44                                                                                  | 防护性能试验     |                 | 6.6.6    | 7.6.6    | — | ○ |
| 45                                                                                  | 电磁兼容试验     |                 | 6.6.7    | 7.6.7    | — | ○ |
| 46                                                                                  | 作业功能试验     |                 | 6.6.8    | 7.6.8    | ○ | ○ |
| 47                                                                                  | 自保护功能试验    |                 | 6.6.8    | 7.6.9    | ○ | ○ |
| 48                                                                                  | 信息采集功能试验   |                 | 6.6.8    | 7.6.10   | ○ | ○ |
| 49                                                                                  | 通信功能试验     |                 | 6.6.8    | 7.6.11   | ○ | ○ |
| 50                                                                                  | 声光报警功能试验   |                 | 6.6.8    | 7.6.12   | ○ | ○ |
| 51                                                                                  | 机械性能<br>试验 | 振动              | 6.6.9.1  | 7.6.13.1 | — | ○ |
| 52                                                                                  |            | 冲击              | 6.6.9.2  | 7.6.13.2 | — | ○ |
| 53                                                                                  |            | 碰撞              | 6.6.9.3  | 7.6.13.3 | — | ○ |
| 54                                                                                  | 噪声试验       |                 | 6.6.10   | 7.6.14   | — | ○ |
| 55                                                                                  | 可靠性试验      |                 | 6.6.11   | 7.6.15   | — | ○ |
| 56                                                                                  | 续航能力试验     |                 | 6.6.12   | 7.6.16   | ○ | ○ |
| 57                                                                                  | 安全试验       | 电气安全            | 6.6.13.1 | 7.6.17.1 | — | ○ |
| 58                                                                                  |            | 机械安全            | 6.6.13.2 | 7.6.17.2 | — | ○ |
| 59                                                                                  |            | 信息安全            | 6.6.13.3 | 7.6.17.3 | — | ○ |
| 60                                                                                  |            | 作业安全            | 6.6.13.4 | 7.6.17.4 | — | ○ |
| 61                                                                                  | 激光雷达试验     |                 | 6.6.14   | 7.6.18   | ○ | ○ |
| 注：“○”表示机器人需要进行检验的项目，“—”表示不需要进行检验的项目，“*”分别表示机器人采用“气动系统”时和“选用电动机作动力源的移动载体”时要求进行检验的项目， |            |                 |          |          |   |   |

### 8.3 型式检验

#### 8.3.1 在下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂定型时；
- 正式生产后如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；

- c) 正常生产时应每六年进行一次检验;
  - d) 产品停产超过一年后, 恢复生产时;
  - e) 出厂检验结果与上次型式有较大差异时;
  - f) 国家质量检验监督机构提出型式试验要求时。
- 8.3.2 型式检验项目应符合表 2 规定。
- 8.3.3 型式检验样品应是出场检验合格的产品, 受检台数由制造商产品文件规定。
- 8.3.4 型式检验由制造单位质量检验部门负责实施, 或由上级主管部门指定的有型式检验资格的单位实施。
- 8.3.5 检验中任一项目不符合要求或出现故障时, 需查明原因, 进行返修, 经修复后, 从该项目开始重新进行检验。如再次出现故障或某项不符合要求时, 在查明原因后, 应提出分析报告, 经修复后, 则应重新进行各项型式检验。在重新检验中, 又出现该项不符合要求时, 判定该批产品没有通过型式试验。在查明原因后, 应提出分析报告, 制造商对该批产品全部采取措施, 重新交付型式检验。经型式检验的样品, 应印有标记。
- 8.3.6 检验后出局型式检验报告。

## 9 标志、说明、包装、运输与贮存

### 9.1 标志

- 9.1.1 机器人应具有永久性标牌, 标牌的内容至少应包括: 产品名称、型号编码、电源额定电压和功率、生产编码、生产日期、制造单位名称、制造单位地址等。
- 9.1.2 机器人应具有必要的安全警示标识, 且应体现在产品上明显可见位置。安全警示标识应符合 GB 2894 的要求。

### 9.2 说明

机器人的说明书应包含必要的使用、操作、维护和拆卸机器人时的相关说明及使用信息。除产品相关安全文件规定的内容外, 应在说明书醒目位置标明以下内容:

- 售后服务联系方式: 服务电话或电子邮箱等联系方式;
- 产品执行标准编号。

注: 可将售后服务联系方式和产品执行标准编号标志在包装上。

### 9.3 包装

- 9.3.1 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定, 耐振、耐摔。
- 9.3.2 包装箱标志应符合 GB/T 191 的规定。标志中应标明产品名称、型号、产品执行标准编号、质量、制造商名称、生产日期, 以及“小心轻放”、“怕湿”、“勿倒置”等其他需要标注的内容。
- 9.3.3 包装箱应防尘、防雨。
- 9.3.4 包装箱内应附有装箱清单、产品合格证、使用说明书(包括外观图、各部位名称、功能、规格、各项重要技术指标、操作方法、注意事项及环保要求等)、备件、专用工具及相关的随机文件。

### 9.4 运输

运输、装卸时应小心轻放, 不应抛掷和碰撞, 避免雨雪淋, 防止剧烈撞击、振动。

### 9.5 贮存

机器人应贮存在干燥、防潮、防腐、无油污且通风的室内场所。产品说明书或产品标签上应注明安全贮存条件和贮存维护方法。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 36239-2018 特种机器人 术语
  - [2] GB 50010 混凝土结构设计规范
-