

团体标准

T/CAPSA 23501—2026

微小型生命搜救机器人

Micro life search and rescue robot

2026-10-16 发布

2026-10-17 实施

公共安全科学技术学会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 产品结构、型号和分类	1
5 技术要求	3
6 试验方法	5
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输、贮存	8

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。

本文件由公共安全科学技术学会提出并归口。

本文件起草单位：北京凌天智能装备集团股份有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国矿业大学（北京）、煤科（北京）检测技术有限公司、江苏凌天智能科技有限公司、天津祥安科技有限公司、中应安仪（江苏）检测认证有限公司。

本文件主要起草人：常善强、常建、杨晓燕、王聪、李斌、陶振翔、王亚辉、许东亚、刘凯华、赵越、叶洋、刘洋、陈烺伊、金常伟。

引 言

微小型生命搜救机器人作为特种机器人的重要分支，在地震坍塌、泥石流、爆炸袭击等极端复杂灾害现场，承担着进入狭小、危险空间开展信息侦测、生命体征搜寻与定位的关键任务，对最大限度减少人员伤亡、提升救援效率与作业安全性具有不可替代的作用。随着人工智能、传感技术与机器人技术快速发展，该类机器人研发与工程应用日趋增多。但目前市场产品性能参差不齐，设备接口互不兼容，产品可靠性缺少统一评价依据，制约装备大规模、高效化投入救援实战。因此亟需制定科学统一的团体标准，规范产品设计研发、引导行业技术创新、保障实战救援效能，为装备采购、验收以及多装备协同作业提供技术依据。

目前，国内外机器人相关标准多聚焦于工业机器人、服务机器人通用安全要求，或是面向常规尺寸搜救机器人等大型救援装备；针对微小型生命搜救特定应用场景，在场景适配性、专用搜救功能、系统互操作性等方面缺少细化规定。

本文件技术先进性主要体现在两个方面：一是引领技术融合，将机器人通行机动性能与生命探测专用技术指标进行系统性整合规范，推动行业向“感知-决策-行动”一体化智能搜救方向发展；二是立足实战效能，全部技术条款以提升灾害现场搜救成功率为导向，填补通用安全标准到专用搜救效能标准之间的标准空白。

贯彻实施本文件时，生产单位应按照本文件技术要求开展产品设计、生产制造与出厂检验；检测评价机构依据本文件开展产品测试与验收；采购使用单位可依据本文件开展装备选型、采购验收。当本文件规定与现行国家、行业强制性标准出现不一致时，应优先执行强制性国家标准；涉及专利实施的，相关方宜按照公平、合理、无歧视原则处理专利许可事宜。

微小型生命搜救机器人

1 范围

本文件规定了微小型生命搜救机器人（以下简称机器人）的产品型号、分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于具备地面移动能力，可搭载生命搜救载荷，能够进入狭窄有限空间作业，用于灾害、事故等复杂受限场景开展生命探测、搜救辅助作业的微小型生命搜救机器人。

本文件不适用于空中、水下、爆炸性环境等作业类型的生命搜救机器人。

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 191—2025 包装储运图形符号标志

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

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 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Db：交变湿热（12 h+12 h 循环）

GB/T 2423.5—2019 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击

GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动(正弦)

GB/T 37703—2019 地面废墟搜救机器人通用技术条件

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

GB/T 9969—2008 工业产品使用说明书 总则

GB/T 10111—2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序

GB 50171—2012 电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范

GB/T 16754—2021 机械安全 急停功能 设计原则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

微小型生命搜救机器人 micro life search and rescue robot

由移动载体、控制装置、机载探测设备等构成，具备人工遥控、半自主或自主行走控制功能可进入建筑坍塌废墟缝隙、狭小管道等人员无法抵达的受限空间，执行生命体征探测、环境侦察任务的地面搜救机器人。

4 产品结构、型号和分类

4.1 产品结构

产品结构见图1。

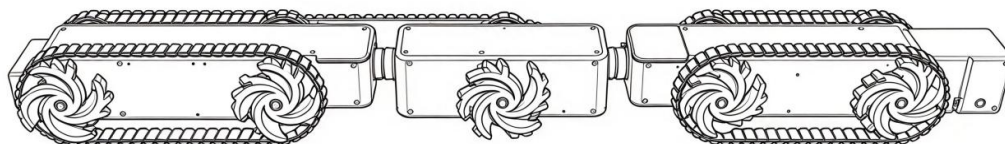
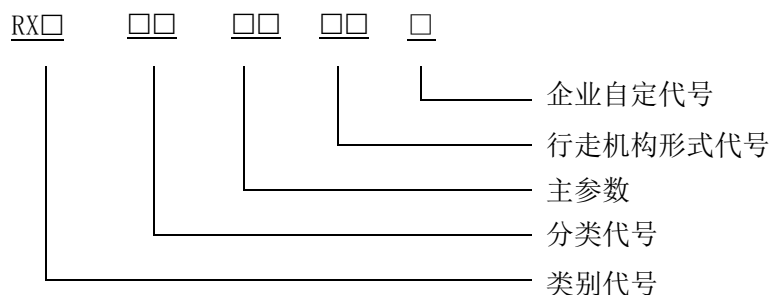


图 1 微小型生命搜救机器人结构图

4.2 产品型号

机器人的产品型号由类别代号、分类代号、主参数、行走机构型式代号和企业自定代号等组成。型号编制方法如下：



示例 1:控制方式为人工遥控的机器人, 侦察种类为 6 种, 轮式行走方式, 型号为 RXR-C6L。

示例 2:控制方式为半自主控制的机器人, 侦察种类为 6 种, 履带式行走方式, 型号为 RXB-C6D。

示例 3:控制方式为自主控制的机器人, 侦察种类为 6 种, 履带式+轮式行走方式, 型号为 RXZ-C6LD。

4.3 产品分类

4.3.1 类别代号

位于产品型号的第一部分,用三个汉语拼音字母表示,第一个汉语拼音“RX”表示搜救机器人,第三个汉语拼音表示该机器人的控制方式,其代号见表1。

表 1 控制方式代号

控制方式	代号
人工遥控控制	R
半自主控制	B
自主控制	Z

4.3.2 分类代号

位于产品型号第二部分,用一至两个汉语拼音字母表示;若产品仅有单一功能,采用一个字母;若具备两种及以上复合功能,选取最主要两种功能,主要功能放第一位,次要功能放第二位,代号见表 2。

4.3.3 主参数

位于产品型号第三部分。主参数第一部分表示探测参数数量;若产品具备防爆功能,增加字母 B 作为防爆标识。

表 2 分类代号和主参数

搜救机器人	分类代号	主参数	
		含义	单位

侦察	C	探测参数数量	个（种）
----	---	--------	------

4.3.4 行走机构型式代号

位于产品型号的第四部分,用一至二个汉语拼音字母表示,其代号见表3。

表 3 行走机构代码

行走机构	代号
轮式	L
履带式	D
其它	Q

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 标识

5.1.1.1 机器人的开关、按键、指示灯、显示屏等位置应设置中文标识。

5.1.1.2 机器人的关键位置(如电源、端口等)应设置中文提示或警告用语。

5.1.2 外观装配

5.1.2.1 机器人的各组成部分外观应清洁、平整,无裂痕、变形等明显缺陷现象。

5.1.2.2 机器人的各组成部分装配应完整、牢靠,无缺损、松动现象,操作应方便、可靠。

5.2 供电电源

供电电源要求:

- a) 额定电压: DC5.0V~DC24V
- b) 采用自带可循环充电或可快速换电电源为动力。

5.3 基本功能

机器人应具备以下基本功能:

- a) 应具有温度、氧气等环境信息感知功能;
- b) 应具有人体生命体征探测功能;
- c) 应具有自主导航行走功能;
- d) 应具有图像传输功能;
- e) 应具有语音通话功能;
- f) 应具有自组网通讯功能;
- g) 应具有照明功能;
- h) 宜具有物质补给功能,包括但不限于水、氧气、人体所需的能量物质及药品等。

5.4 主要技术指标

主要技术指标见表4。

表 4 主要技术指标

技术指标	参数
整机重量	≤5kg

有效载荷	$\geq 0.5\text{kg}$
最大行进速度	$\geq 0.5\text{m/s}$
最大爬、下坡角度	$\geq 50^\circ$
可爬行通过的复杂狭小空间（通行入口）	$\leq 5\text{cm} \times 5\text{cm}$
生命体征探测距离和定位精度	$\geq 10\text{m}, \leq 5\text{cm}$
图像传输帧率	$\geq 20\text{fps}$
图像分辨率	$\geq 160 \times 120$
续航能力	常温条件下 $\geq 30\text{min}$ （行进速度 0.5m/s ）； -10°C 环境下续航时间不低于常温续航的 70%
通讯方式和距离	无线/有线； $\geq 200\text{m}$
防护等级	$\geq \text{IP67}$

5.5 控制性能要求

- 5.5.1 两台及两台以上机器人在同一区域工作时，其控制信号和通信信号不应相互干扰和串频。
- 5.5.2 机器人后方控制装置与机器人应能实时、可靠地控制机器人。
- 5.5.3 机器人后方控制装置应能实时、有效的接收机器人采集的视频、音频、数据等信息并进行处理。
- 5.5.4 机器人或后方控制在按下紧急停止按钮后，机器人应能立即停止所有动作。
- 5.5.5 多机器人协同作业通信频段需分区规划，相邻设备信道间隔 $\geq 10\text{MHz}$ ，支持自组网信道自动避让。

5.6 工作稳定性

机器人应进行工作稳定性试验，每天连续工作2 h（每日试验内，每15min 启停 1 次，全程无功能失效、卡顿），持续运行2 d，其基本功能、主要技术指标、控制性能要求应符合5.3、5.4、5.5的规定。

5.7 电气安全

- 5.7.1 机器人本体和操控单元控制器的安装和接线应符合 GB50171 的规定。
- 5.7.2 机器人本体和操控单元控制器的技术特性应符合 GB/T7251.8-2005 中 5.2、5.4、5.5 的规定。
- 5.7.3 机器人具有急停按钮,应符合 GB/T 16754-2008 中 4.4 规定的要求。
- 5.7.4 机器人电源电路与壳体之间绝缘电阻应符合表 1 要求。
- 5.7.5 机器人在常态和交变湿热试验后应通过历时 1 min 的工频耐压试验，试验电压符合表 5 要求，试验中应无火花、飞弧和击穿闪络现象，且泄漏电流不大于 5 mA。

表 5 绝缘电阻及工频耐压

测试部位	绝缘电阻 $\text{M}\Omega$		工频耐压值 V
	正常状态	湿热试验后	
电源端子与外壳之间	≥ 10	2.0	500

5.8 环境适应性

- 5.8.1 机器人经工作温度试验后，其基本功能、主要技术指标及控制性能要求应符合 5.3、5.4、5.5 的规定。

- 5.8.2 机器人经贮存温度试验后,其基本功能、主要技术指标及控制性能要求应符合 5.3、5.4、5.5 的规定。
- 5.8.3 机器人经交变湿热试验后,其基本功能、主要技术指标、及控制性能要求电气安全应符合 5.3、5.4、5.5、5.7 的规定。
- 5.8.4 机器人经振动试验后,接插件和零部件应无松动和脱落现象,其基本功能及主要技术指标应符合 5.4、5.5 的规定。
- 5.8.5 机器人经冲击试验后,接插件和零部件应无松动和脱落现象,其基本功能、主要技术指标及控制性能要求应符合 5.3、5.4、5.5 的规定。

6 试验方法

6.1 试验条件

各项试验除另有规定外,一般按下列环境条件进行:

- a) 温度: 15 °C~35 °C;
- b) 相对湿度: 45%RH~75%RH;
- c) 大气压力: 80 kPa~110 kPa。

6.2 试验仪器和设备

6.2.1 测量仪器和设备的一般要求:

- a) 计量器具的准确度和测量范围应保证所测指标的要求;
- b) 测量仪器及设备的选型应符合所测性能的特性;
- c) 测试仪器应按照计量法的相关规定进行计量检定,并校准合格。

6.3 一般要求检查

对照相关技术文件资料,通过感官观察、触摸、操作进行检查,试验结果应符合 5.1 的规定。

6.4 基本功能试验

6.4.1 环境信息感知功能试验

机器人置于不同温度、氧气环境,比对本机采集数据与标准计量设备读数,数据采集显示正常、误差符合指标即合格。

6.4.2 人体生命体征探测功能试验

将生命体征模拟源置于机器人探测有效范围,控制终端可准确识别并提示人体生命信号为合格。

6.4.3 自主导航行走功能试验

设置 3 处带有障碍物的目标点位,机器人可自主规划路径、避障并抵达目标点为合格。

6.4.4 图像传输功能试验

建立通信链路,控制终端可稳定接收清晰、无持续断帧的实时视频图像为合格。

6.4.5 语音通话功能试验

机器人与控制终端建立通信,双向对讲语音清晰、无严重失真为合格。

6.4.6 自组网通讯功能试验

多台机器人开机自动组网,主链路断开后可中继转发,各类数据传输正常为合格。

6.4.7 照明功能试验

机器人置于暗光环境,远程开启照明装置,照明可正常启闭,控制端图像中可清晰辨识周边环境为合格。

6.4.8 物质补给功能试验

搭载补给物资后启动投放机构，物资输送释放顺畅无泄漏卡滞即为合格；未配置本项功能不判定不合格

6.5 主要技术指标试验

6.5.1 机器人重量测试

使用计量合格的计量器具对机器人进行称重（不含备件及配套手持端控制器），应符合5.4要求。

6.5.2 机器人有效载荷

机器人上电进入正常工作状态，将标准砝码固定于机器人本体，控制机器人行进，行进状态正常，则判定符合 5.4 要求。

6.5.3 最高运行速度测试

在规定测试距离内，控制机器人以最大速度行驶，记录行驶距离与时间，计算平均速度，结果应符合 5.4 要求

6.5.4 最大爬、下坡角度

在爬坡试验台设置试验角度，测量高度差与水平距离，核算实际角度，观察机器人攀爬状态，结果应符合 5.4 要求。

6.5.5 通行入口测试

设置 5 cm×5 cm 矩形通道，通道长度不小于机器人本体长度；操作机器人通过通道，可稳定顺利通过则符合 5.4 要求。

6.5.6 机载设备生命体征探测距离和精度测量

开启机器人，使机器人进入正常工作状态，设计机器人机载设备生命探测模块，探测距离范围测试方法如图 1 所示。生命探测仪装置与探测目标之间隔空气介质，进行探测，根据生命探测装置的最大纵向探测距离值 L ($L=10\text{m}$)，将探测目标置于生命探测仪装置正前方 L 远处，每次的探测距离值与实际距离值的差值即为探测距离误差。记录其测量结果，测量 3 次取平均值平均值应满足 5.4 要求。

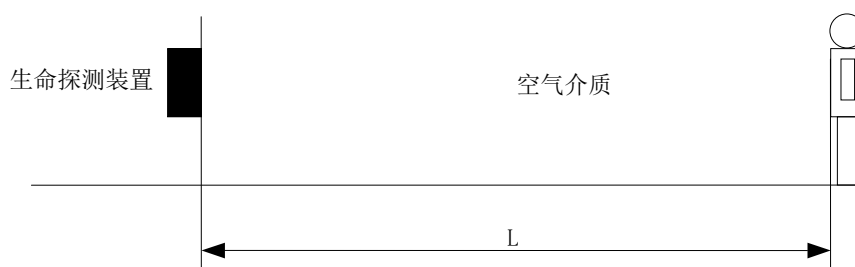


图 2 机载设备生命体征探测距离和精度测量

6.5.7 图像传输帧率和图像分辨率

在稳定网络条件下，采用测试工具统计视频输出帧率和图像分辨率，结果应符合 5.4 要求。

6.5.8 无线最大续航能力测试

机器人满电状态，以 0.5 m/s 速度行进，直至欠压报警，记录连续正常工作时间，结果应符合 5.4 要求

6.5.9 通讯方式和距离

依据机器人控制通讯方式，测量机器人可实时进行数据处理和信息接收发送的状态下测量其通讯距离，判定是否符合5.4要求。

6.5.10 防护性试验

外壳防护试验按 GB/T 4208 规定方法进行；应同时满足防尘、1 m 水深 30 min 无进水，任意一项不满足即判定不合格。

6.6 控制性能试验

选取2台及以上机器人，同时上电工作；机器人控制、通信不应出现相互干扰、串频现象，机载设备功能可控，结果应符合 5.5 要求。

6.7 工作稳定性试验

机器人连续测试 2 d，每日累计工作不少于 2 h；试验后基本功能、主要技术指标、控制性能应满足 5.3、5.4、5.5 的规定。

6.8 电气安全

6.8.1 绝缘电阻试验

绝缘电阻按照 GB/T5226.1-2008 中 18.3 的规定及表 5 要求进行。

6.8.2 工频耐压试验

按表 1 章规定的试验方法进行。

6.9 环境适应性

6.9.1 工作低温试验

按GB/T 2423.1—2008中试验Ad方法进行，在温度为 $(0\pm3)^{\circ}\text{C}$ 条件下，样品通电，稳定2 h后测试其基本功能和主要技术指标。

6.9.2 工作高温试验

按GB/T 2423.2—2008中试验Bd方法进行，在温度为 $(40\pm2)^{\circ}\text{C}$ 条件下，样品通电，稳定2 h后测试其基本功能和主要技术指标。

6.9.3 低温贮存试验

按GB/T 2423.1—2008中试验Ab方法进行，在温度为 $(-40\pm3)^{\circ}\text{C}$ 条件下，持续16 h，样品不通电，不进行中间检测，试验后在正常环境条件下恢复2 h，测试其基本功能和主要技术指标。

6.9.4 高温贮存试验

按GB/T 2423.2—2008中试验Bb方法进行，在温度为 $(60\pm2)^{\circ}\text{C}$ 条件下，持续16 h，样品不通电，不进行中间检测，试验后在正常环境条件下恢复2 h，测试其基本功能和主要技术指标。

6.9.5 交变湿热试验

按GB/T 2423.4—2008中试验Db方法进行，在最高温度为 $+40^{\circ}\text{C}$ 条件下，持续12 d，样品不通电，不进行中间检测，试验后在正常环境条件下恢复2 h，测试其基本功能和主要技术指标。

6.9.6 振动试验

按GB/T 2423.10—2008中试验Fc方法进行。严酷等级：扫频频率范围10 Hz~150 Hz，加速度幅值 50 m/s^2 （5 g），各轴线上扫频循环次数不低于5次，样品非包装，不通电，不进行中间检测。试验后进行外观检查并测试其基本功能和主要技术指标。

6.9.7 冲击试验

按GB/T 2423.5—2019 试验 Ea 开展冲击试验；峰值加速度 500 m/s^2 （50 g），脉冲持续时间 $(11\pm1)\text{ ms}$ ，三个轴线每个方向冲击 3 次，共计 18 次；样品非包装、不通电。试验后外观检查并检测性能。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 每台机器人均应进行出厂检验，检验合格后方可出具产品合格证。

7.2.2 出厂检验由制造单位质量检验部门实施，必要时用户可参与。

7.2.3 出厂检验项目见表 6。

7.2.4 出厂检验所有项目应符合本文件要求；出现 A 类不合格即判定该产品不合格；出现 A、B 类不合格应返工后重新检验。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂定型时；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响机器人性能时；
- c) 正常生产时每 5 年一次；
- d) 停产一年恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验时。
- g) 若产品批量年出货超 500 台，每 3 年加做一次简化型式检验

7.3.2 检验项目应符合表 6 中的型式检验项目的规定。

表 6 检验项目

序号	检验项目	试验要求	试验项目条款	型式检验	出厂试验	质量特征类别
1	一般要求	5.3	6.3	○	○	A
2	基本功能	5.4	6.4	○	○	A
3	主要技术指标	5.5	6.5	○	○	A
4	控制性能试验	5.6	6.6	○	○	B
5	工作稳定性试验	5.7	6.7	○	○	B
6	电气安全	5.8	6.8	○	○	A
7	工作温度试验	5.9.1	6.9.1、6.9.2	○	—	B
8	贮存温度试验	5.9.2	6.9.3、6.9.4	○	—	B
9	交变湿热试验	5.9.3	6.9.5	○	—	B
10	振动试验	5.9.4	6.9.6	○	—	B
11	冲击试验	5.9.5	6.9.7	○	—	B
注：“○” 为检验项目；“—” 为不检验项目。						

7.3.3 按照 GB/T 10111—2008 规定的方法，在出厂检验合格的产品中抽取受试机器人的各组成设备，样品数量应符合试验要求。

7.3.4 检验结果判定，有 1 项 A 类项目不合格则判该批样机为不合格。对 B 类项目有 1 项不合格应加倍进行抽样试验，若仍有 1 项不合格则判该批样机为不合格。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 机器人明显处应设置铭牌，并可靠固定，铭牌上应清晰地标注下列内容：

- a) 产品型号与名称；
- b) 产品尺寸；
- c) 产品重量；
- d) 防护等级；
- e) 出厂日期；
- f) 产品编号；
- g) 制造厂名；
- h) 防爆标识(必要时)。

8.2 包装

8.2.1 包装箱应具备防雨、防潮、防尘、防振能力；箱内采用防静电 EVA 泡沫内衬，生命探测摄像头、传感探头应设置独立隔仓防护。

8.2.2 包装箱内应有下列文件：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 装箱单。

8.3 产品使用说明书

机器人的使用说明书按GB/T 9969的规定编写。

8.4 运输

包装好的机器人在避免雨雪直接淋袭的条件下应适于公路、铁路、水路、航空等各种运输方式。

8.5 贮存

机器人应贮存于没有雨雪侵入、通风良好，无腐蚀性气体的库房中。
