

团 体 标 准

T/CFPA 045-2025

地面消防救援机器人通信及现场组网设备 技术要求

Technical requirements for communication of ground fire rescue robot and on-site
networking equipment

2025-08-26 发布

2025-12-01 实施

中国消防协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	1
5 性能要求	2
5.1 机器人通信性能要求	2
5.2 现场组网设备性能要求	2
6 试验方法	4
6.1 通则	4
6.2 基本性能试验	4
6.3 射频电磁场辐射抗扰度试验	5
6.4 静电放电抗扰度试验	5
6.5 低温（运行）试验	5
6.6 高温（运行）试验	5
6.7 恒定湿热（运行）试验	6
6.8 恒定湿热（耐久）试验	6
6.9 振动（正弦）（运行）试验	6
6.10 冲击（运行）试验	7
6.11 单/多跳数据传输试验	7
6.12 单跳拉远数据传输试验	7
7 标志	8
7.1 产品标志	8
7.2 质量检验标志	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。

本文件由中国消防协会提出。

本文件由中国消防协会团体标准管理部归口。

本文件起草单位：煤炭科学研究总院有限公司、应急管理部沈阳消防研究所、沈阳美宝控制有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国消防救援学院、福建省特种设备检验研究院、北京凌天智能装备集团股份有限公司。

本文件起草人：刘晗、范玉峰、李斌、邢翱、马青波、张茜、王聪、梁志达、姜学赞、郑耿峰、常善强。

本文件的内容不涉及专利。

仅供参阅 请采用正式出版标准

地面消防救援机器人通信及现场组网设备技术要求

1 范围

本文件规定了地面消防救援机器人通信技术要求和现场组网设备的基本要求、性能要求、试验方法及标志要求。

本文件适用于在消防救援现场采用无线方式通信的地面消防救援机器人通信保障及现场组网设备的设计、生产、测试、检验和应用。

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 4208 外壳防护等级 (IP 代码)

GB 8702—2014 电磁环境控制限值

GB/T 16838 消防电子产品环境试验方法及严酷等级

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 37703—2019 地面废墟搜救机器人通用技术条件

GB 50313—2013 消防通信指挥系统设计规范

3 术语和定义

除GB/T 37703—2019、GB 50313—2013术语和定义适用于本文件外，以下术语和定义适用于本文件。

3.1

地面消防救援机器人 ground fire rescue robot

具有智能感知和判断能力的自动或半自动在地面执行消防救援任务的设备，以下简称机器人。

3.2

现场组网设备 on-site networking equipment

在消防救援现场用于快速搭建应急通信网络，实现机器人等设备接入、数据传输的通信设备。

4 基本要求

4.1 机器人应具备以无线方式直接接入或中继方式接入消防救援现场指挥部或移动通信指挥中心进行通信交互的功能。

- 4.2 机器人射频遥控链路与业务链路应采用分离设计原则。
- 4.3 机器人射频收发频率和功率应符合我国对无线设备使用、管理的有关规定。
- 4.4 机器人射频覆盖区域内综合电场强度应低于 GB 8702—2014 规定的公众照射导出限值。
- 4.5 机器人与操控单元通信应满足 GB/T 37703—2019 中 5.6.1 的要求。
- 4.6 现场组网设备包装中应包含质量检验合格标志和使用说明书。现场组网设备表面应无腐蚀、涂层脱落和起泡现象，无明显划伤、裂痕、毛刺等机械损伤，紧固部位无松动。
- 4.7 现场组网设备应通过指示灯（器）或文字显示方式，明确指示设备工作状态、电源工作状态、链路工作状态等。
- 4.8 现场组网设备应支持机器人的无线接入，并具有接入安全认证机制。
- 4.9 现场组网设备应支持 Mesh 策略，支持多设备自主中继通信。

5 性能要求

5.1 机器人通信性能要求

- 5.1.1 机器人与现场组网设备可视无干扰条件下射频遥控链路数据平均传输时延应小于 300 ms。
- 5.1.2 机器人与现场组网设备可视无干扰条件下射频业务链路数据平均传输时延应小于 1 s。
- 5.1.3 机器人与操控单元通信距离应不低于 GB/T 37703—2019 中 5.6.2 的要求。

5.2 现场组网设备性能要求

- 5.2.1 现场组网设备 1 跳后数据平均传输速率应不小于 20 Mbps，4 跳后数据平均传输速率应不小于 5 Mbps。
- 5.2.2 现场组网设备可视无干扰传输距离应不小于 500 m，且平均传输速率应不小于 5 Mbps。
- 5.2.3 现场组网设备外壳防护等级应不低于 IP65。
- 5.2.4 现场组网设备应能耐受表 1 规定的电磁干扰条件下的各项试验，并应满足下列要求：
- a) 试验期间，现场组网设备应保持在正常工作状态；
 - b) 试验后，现场组网设备应满足 4.8 的要求。

表1 电磁兼容性试验条件

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
射频电磁场辐射抗扰度试验	场强	10 V/m	正常工作状态
	频率范围	80 MHz~6000 MHz	
	扫频步长	不超过前一频率的1%	

表1 电磁兼容性试验条件 (续)

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
射频电磁场辐射抗扰度试验	调制幅度	80% (1kHz, 正弦)	正常工作状态
	电压	140 dB μ V	
	调制幅度	80% (1kHz, 正弦)	
静电放电抗扰度试验	放电电压	空气放电 (绝缘体外壳): 8 kV 接触放电 (导体外壳和耦合板): 6 kV	正常工作状态
	放电极性	正、负	
	放电间隔	≥ 1 s	
	每点放电次数	10	
	极性	正、负	
	试验次数	5	

5.2.5 现场组网设备应能耐受表2规定的气候环境条件下的各项试验, 并应满足下列要求:

- 恒定湿热 (耐久) 试验期间, 现场组网设备处于断电状态, 低温 (运行) 试验、高温 (运行) 试验和恒定湿热 (运行) 试验期间, 现场组网设备应保持在正常工作状态;
- 试验后, 现场组网设备不应有破坏涂覆和腐蚀现象, 并满足 4.8 的要求。

表2 气候环境试验条件

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
低温 (运行) 试验	温度	-25 ± 2 °C 或生产者声称的温度	正常工作状态
	持续时间	16 h	
高温 (运行) 试验	温度	70 ± 2 °C	正常工作状态
	持续时间	16 h	
恒定湿热 (运行) 试验	温度	40 ± 2 °C	正常工作状态
	相对湿度	93 ± 3 %	
	持续时间	4 d	
恒定湿热 (耐久) 试验	温度	40 ± 2 °C	不通电状态
	相对湿度	93 ± 3 %	
	持续时间	96 h	

^a 生产者声称的温度不应低于 -25 °C。

5.2.6 现场组网设备应能耐受表3规定的机械环境条件下的各项试验, 并应满足下列要求:

- 试验期间, 现场组网设备应保持在正常工作状态;
- 试验后, 现场组网设备不应有机械损伤和紧固部位松动现象, 并满足 4.8 的要求。

表3 机械环境条件

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
振动 (正弦) (运行) 试验	频率范围	10~150 Hz	正常工作状态
	加速度	5 m/s^2	

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
振动（正弦）（运行）试验	频率范围	10~150 Hz	正常工作状态
	加速度	5 m/s ²	
	扫频速率	1 OCT/min	

表 3 机械环境条件（续）

试验名称	试验参数	试验条件	工作状态
振动（正弦）（运行）试验	轴线数	3	正常工作状态
	每个轴线扫频次数	1	
冲击（运行）试验	脉冲持续时间	6 ms	正常工作状态
	轴线数	3	

6 试验方法

6.1 通则

6.1.1 本章试验方法适用于现场组网设备，试验顺序见表 4。

6.1.2 试验样品（以下简称试样）为现场组网设备 5 台。试样在试验前予以编号。

6.1.3 除另有说明外，各项试验均在下列大气条件下进行：

——温度：0℃~35℃；

——相对湿度：25%~75%；

——大气压力：86 kPa~106 kPa。

6.1.4 除另有说明外，各项试验数据的容差均为±5%。

6.1.5 试样在试验前应进行外观检查，检查结果应满足 4.6 的要求。

表 4 试验顺序

序号	章条	试验项目	样品编号		
			1	2	3-5
1	6.1.5	外观检查	√	√	
2	6.2	基本性能试验	√	√	
3	6.3	射频电磁场辐射抗扰度试验	√		
4	6.4	静电放电抗扰度试验	√		
5	6.5	低温（运行）试验	√		
6	6.6	高温（运行）试验	√		
7	6.7	恒定湿热（运行）试验	√		
8	6.8	恒定湿热（耐久）试验		√	
9	6.9	振动（正弦）（运行）试验	√		
10	6.10	冲击（运行）试验	√		
11	6.11	单/多跳数据传输延迟试验	√	√	√
12	6.12	单跳拉远数据传输试验	√	√	

6.2 基本性能试验

6.2.1 检查并记录试样工作状态、电源状态以及链路工作状态显示。

6.2.2 按 GB/T 4208 进行试样外壳防护等级测试。

6.3 射频电磁场辐射抗扰度试验

6.3.1 试验设备

试验设备应满足GB/T 17626.3的规定。

6.3.2 试验步骤

6.3.2.1 将试样按 GB/T 16838 规定进行试验配置，使试样处于正常工作状态。

6.3.2.2 按 GB/T 16838 规定的试验方法对试样施加表 1 所示条件的射频电磁场辐射干扰。试验期间，检查并记录试样状态。试验后，按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.4 静电放电抗扰度试验

6.4.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 17626.2的规定。

6.4.2 试验步骤

6.4.2.1 将试样按 GB/T 16838 规定进行试验配置，使试样处于正常工作状态。

6.4.2.2 按 GB/T 16838 规定的试验方法对试样施加表 1 所示条件的电快速瞬变脉冲群干扰。试验期间，检查并记录试样状态。试验后，按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.5 低温（运行）试验

6.5.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 16838的相关规定。

6.5.2 试验步骤

6.5.2.1 试验前，将试样在 6.1.3 规定的大气条件下放置 2 h~4 h。然后使试样处于正常工作状态。

6.5.2.2 调节试验箱温度，使其在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下保持 $30\text{ min}\pm 5\text{ min}$ ，然后，以不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率降温至 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或生产者声称的温度。

6.5.2.3 在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或生产者声称的温度下，保持 16 h，立即按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.5.2.4 调节试验箱温度，使其以不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并保持 $30\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 。

6.5.2.5 取出试样，在 6.1.3 规定的大气条件下放置 1 h~2 h，检查试样表面涂覆情况，并按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.6 高温（运行）试验

6.6.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 16838的相关规定。

6.6.2 试验步骤

6.6.2.1 试验前，将试样在 6.1.3 规定大气条件下放置 2 h~4 h。然后使试样处于正常工作状态。

- 6.6.2.2 调节试验箱温度,使其在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下保持 $30\text{ min}\pm 5\text{ min}$,然后,以不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.6.2.3 在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下,保持 16 h,立即按 6.2 的方法进行基本性能试验。
- 6.6.2.4 调节试验箱温度,使其以不大于 $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率降温至 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,并保持 $30\text{ min}\pm 5\text{ min}$ 。
- 6.6.2.5 取出试样,在 6.1.3 规定的大气条件下放置 1 h~2 h,检查试样表面涂覆情况,并按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.7 恒定湿热(运行)试验

6.7.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 16838的相关规定。

6.7.2 试验步骤

- 6.7.2.1 试验前,将试样在 6.1.3 规定大气条件下放置 2 h~4 h,然后将试样处于正常工作状态。
- 6.7.2.2 调节试验箱,使温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $93\text{ }\%\pm 3\%$ (先调节温度,当温度达到稳定后再加湿),连续保持 4 h,立即按 6.2 的方法进行基本性能试验。
- 6.7.2.3 取出试样,在 6.1.3 规定的大气条件下,处于正常工作状态 1 h~2 h,检查试样表面涂覆情况,并按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.8 恒定湿热(耐久)试验

6.8.1 试验设备

试验设备应符合GB/T 16838的相关规定。

6.8.2 试验步骤

- 6.8.2.1 试验前,将试样在 6.1.3 规定大气条件下放置 2 h~4 h,然后在不通电状态下将试样置于试验箱内。
- 6.8.2.2 调节试验箱,使温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $93\text{ }\%\pm 3\%$ (先调节温度,当温度达到稳定后再加湿),连续保持 96 h。
- 6.8.2.3 取出试样,在 6.1.3 规定的大气条件下,恢复 12 h,检查试样表面涂覆情况,并接通电源,按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.9 振动(正弦)(运行)试验

6.9.1 试验设备

试验设备(振动台及夹具)应符合GB/T 16838的规定。

6.9.2 试验步骤

- 6.9.2.1 将试样按正常安装方式刚性安装(重力影响可忽略时除外),并确保试样可放于任何高度,将试样处于正常工作状态。
- 6.9.2.2 依次在三个互相垂直的轴线上,在 10 Hz~150 Hz 的频率循环范围内,以 5 m/s^2 的加速度幅值,1 OCT/min 的扫频速率,各进行 1 次扫频循环。试验期间,检查并记录试样的工作状态。
- 6.9.2.3 试验后,检查试样外观及紧固部位,并按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.10 冲击（运行）试验

6.10.1 试验设备

试验设备（冲击试验台）应符合GB/T 16838的规定。

6.10.2 试验步骤

6.10.2.1 将试样按刚性安装在冲击试验台上,启动冲击试验台,对质量为 $M(\text{kg})$ 的试样,以峰值加速度为 $(100-20 \times M) \times 10 \text{ m/s}^2$,脉冲持续时间为 6 ms 的半正弦波脉冲,对试样的 3 个相互垂直的轴线中的每个方向连续冲击 3 次,总计 18 次。

6.10.2.2 试验后,检查试样外观及紧固部位,并按 6.2 的方法进行基本性能试验。

6.11 单/多跳数据传输试验

6.11.1 试验设备

具备无线/有线接口的笔记本电脑2台,并在笔记本上安装Iperf软件。

6.11.2 试验步骤

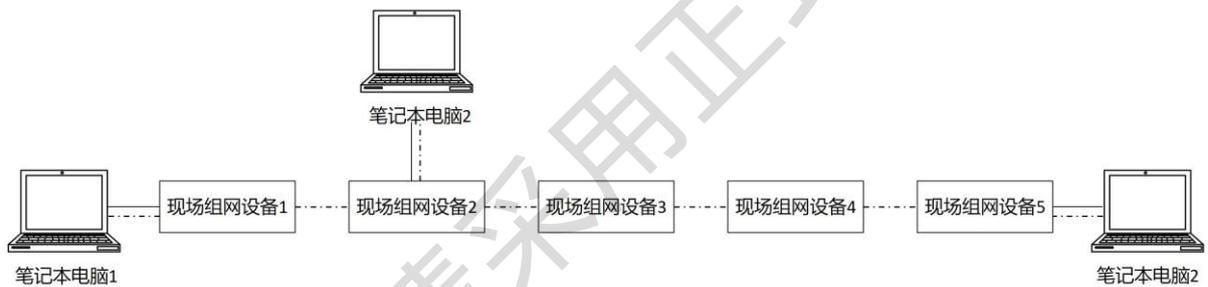


图1 单/多跳数据传输示意图

6.11.2.1 按照图 1 搭建测试环境,现场组网设备按照链式组网,相邻设备间距 2m。

6.11.2.2 所有现场组网设备开机并进入正常工作状态后,测量传输速率时,将笔记本电脑 1 通过有线/无线与现场组网设备 1 连接,笔记本电脑 2 通过有线/无线与现场组网设备 2-5 逐一连接,笔记本电脑 1 作为发送端应用 Iperf 工具分别向笔记本电脑 2 发送 100 MB 数据,逐一记录平均传输速率。

6.11.2.3 试验后,单跳平均传输速率和 4 跳平均传输速率满足 5.2.1 的要求。

6.12 单跳拉远数据传输试验

6.12.1 试验设备

具备无线/有线接口的笔记本电脑2台,并在笔记本上安装Iperf软件。

6.12.2 试验步骤

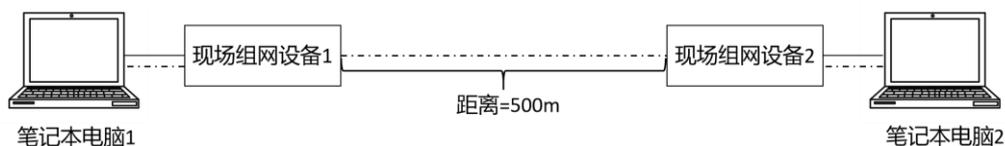


图2 单跳拉远数据传输示意图

- 6.12.2.1 按照图 2 搭建测试环境，组网设备 1 和组网设备 2 之间相距 500m。
- 6.12.2.2 所有组网设备开机并进入工作状态后，测量单跳传输速率/传输时延时，将笔记本电脑 1 通过有线/无线与组网设备 1 连接，笔记本电脑 2 通过有线/无线与组网设备 2 连接，笔记本电脑 1 作为发送端应用 Iperf 工具向笔记本电脑 2 发送 100 MB 数据，记录平均传输速率。
- 6.12.2.3 试验后，平均传输速率满足 5.2.2 的要求。

7 标志

7.1 产品标志

- 7.1.1 每台现场组网设备均应有清晰、耐久的产品标志，产品标志应包括以下内容：
 - a) 产品名称和型号；
 - b) 产品执行的标准号；
 - c) 制造商名称、地址；
 - d) 制造日期和产品编号；
 - e) 产品主要技术参数（供电方式及参数、使用环境及软件版本号）。
- 7.1.2 产品标志信息中如使用不常用符号或缩写时，应在与现场组网设备一起提供的使用说明书中注明。

7.2 质量检验标志

每台现场组网设备均应有清晰的质量检验合格标志。
