

ICS 13.220.10

CCS C84

团体标准

T/CFPA 040-2025

举高灭火机器人

Aerial fire fighting robot

2025-06-20 发布

2025-10-01 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 分类和型号编制 2

5 功能 3

6 技术要求 3

7 试验方法 7

8 检验规则 12

9 标志、包装、运输及贮存 14

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这些专利的责任。

本文件由国网安徽省电力有限公司电力科学研究院提出并解释。

本文件由中国消防协会归口。

本文件起草单位：国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、应急管理部天津消防研究所、国安达股份有限公司、徐工消防安全装备有限公司、中国安全生产科学研究院、漳州市消防救援支队、中国科学技术大学、国网山东省电力有限公司电力科学研究院、江苏徐工工程机械研究院有限公司、亿江（北京）科技发展有限公司、九江中船消防设备有限公司、山东国兴智能科技股份有限公司。

本文件主要起草人：张佳庆、刘睿、何旻、陈涛、过羿、洪清泉、高志刚、沈旭钊、丁国成、张鹏、车洪磊、徐小东、钱小东、王龙、黎昌海、黄玉彪、孙韬、章彬彬、李国春、张勇、张亦乐、高旭辉、张凯、唐治琦、韩松、于东兴、李冠男。

举高灭火机器人

1 范围

本文件规定了举高灭火机器人的术语和定义、分类和型号编制、功能、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存等。

本文件适用于在地面行走的带有举升臂架等机载设备的灭火机器人,其他类型举高灭火机器人可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 1147.1 中小功率内燃机 第1部分:通用技术条件

GB 1589 汽车、挂车及汽车列车外轮廓尺寸、轴荷及质量限值

GB/T 3766 液压系统通用技术条件

GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)

GB 13954—2009 警车、消防车、救护车、工程救险车标志灯具

GB/T 14172 汽车、挂车及汽车列车静侧倾稳定性台架试验方法

GB/T 17478—2004 低压直流电源设备的性能特性

GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB 19156 消防炮

GB 26133 非道路移动机械用小型点燃式发动机排气污染物排放限值与测量方法

GB 38031—2020 电动汽车用动力蓄电池安全要求

XF 892.1—2010 消防机器人第1部分:通用技术条件

T / CECS G:T10—2018 汽车试验场特种道路设计与施工技术规程

3 术语和定义

3.1

举高灭火机器人 aerial fire fighting robot

由移动载体、控制装置、自保护装置、机载设备(包括但不限于举升臂架、消防炮、供液管路、回转平台或支腿)等系统组件组成,采用自主控制、半自主控制或人工遥控方式,可将消防炮举升至工作高度,并向指定目标喷射灭火介质,辅助消防员从事特定消防作业的移动机器。

3.2

举升臂架 high boom

举高灭火机器人上安装的可折叠或伸缩的多级臂架,用于举升消防炮并承载消防炮喷射反力。

3.3

回转平台 turntable

由驱动装置、传动装置和回转支承组成,一端安装举升臂架,另一端与车架连接,使臂架等结构绕其回转中心线连续回转的平台。

3.4

最大工作高度 maximum operating height
举高灭火机器人驻车状态下，臂架举升到极限高度时，消防炮口中心线到驻车地面的垂直距离。

3.5

最大工作幅度 maximum operating amplitude
举高灭火机器人驻车状态下，臂架向侧面伸展至极限位置时，消防炮口至回转平台中心的水平投影距离。

4 分类和型号编制

4.1 分类

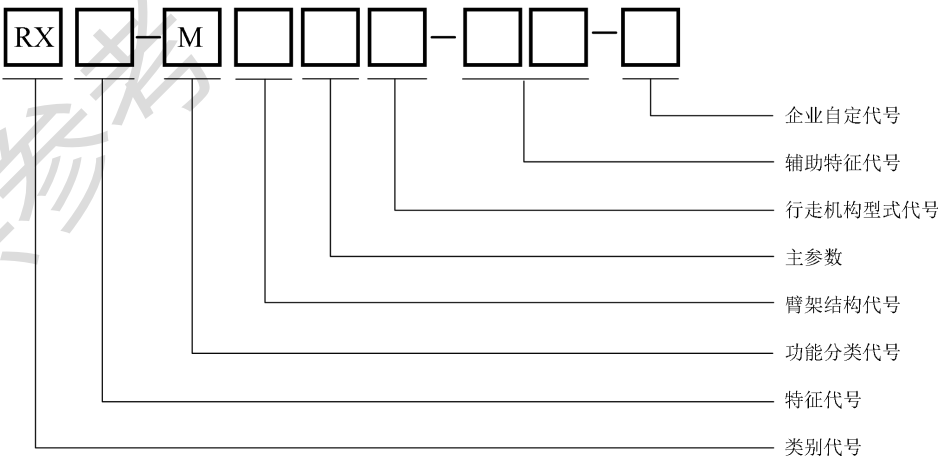
举高灭火机器人的分类和代号见表 1。
表1 举高灭火机器人分类及代号

分类属性	分类	代号
臂架结构型式	折叠式	Z
	伸缩臂式	S
	组合式	H
行走机构型式	轮式	L
	履带式	D
	足腿式	T
	其他型式	Q
动力型式	动力电池式	D
	内燃机式	N

4.2 型号编制

4.2.1 构成和编制

举高灭火机器人的产品型号编制方法如下：



类别代号位于产品型号的第一部分，用两个汉语拼音字母“RX”表示消防机器人。
特征代号位于产品型号的第二部分，用一个汉语拼音字母表示，代表机器人的动力型式，分类及代号见表 1。
功能分类代号位于产品型号的第三部分，用一个汉语拼音字母“M”表示机器人的主要功能是灭火。
臂架结构代号位于产品型号的第四部分，用一个汉语拼音字母表示，代表机器人举升臂架的结构类

型，分类及代号见表 1。

主参数位于产品型号的第五部分，用罗马数字表示，代表机器人臂架展开后的最大工作高度，单位为 m。

行走机构型式代号位于产品型号的第六部分，用一个汉语拼音字母表示，代表机器人行走机构型式，分类及代号见表 1。

辅助特征代号位于产品型号的第七部分，由两部分组成，第一部分表示自主控制功能，若该产品具有自主控制功能，用大写字母 Z 表示，若无则省略；第二部分表示防爆功能，若该产品具有防爆功能，用大写字母 B 表示，若无则省略。

企业自定代号位于产品型号的最后部分，用阿拉伯数字或英文大写字母表示，位数和含义由企业自定。

4.2.2 产品型号示例

示例 1：采用折叠式臂架，最大举升高度 15m，以动力电池为动力源，轮式行走机构，具备自主控制功能的举高灭火机器人，无企业自定义代号，其型号为：RXD-MZ15L-Z。

示例 2：采用伸缩臂式臂架，最大举升高度 25m，以内燃机为动力源，履带行走机构的举高灭火机器人，无企业自定义代号，其型号为：RXN-MS25D。

示例 3：采用组合式臂架，最大举升高度 30m，以动力电池为动力源，轮式行走机构举高灭火机器人，防爆型，无企业自定义代号，其型号为：RXD-MH30L-B。

5 功能

5.1 基础功能

举高灭火机器人应具备以下基础功能：

- a) 移动：在地面完成行走、越障、避障、爬坡等动作；
- b) 举高：将消防炮举升至一定高度并稳定可靠工作；
- c) 遥控：通过遥控终端或平台，能远程对机器人的移动、举升收缩臂架、喷射灭火介质等动作行为进行遥控；
- d) 灭火：举升臂架顶端的消防炮能喷射灭火介质；
- e) 接驳：通过对接接驳口，获取灭火介质供给；
- f) 防护：防水、防碰撞、防倾覆、耐高温防护；
- g) 火情监视与信息传输：能监视火场画面，并向控制端传输火情信息；
- h) 辅助动力源接入：能外接辅助动力源收回举升臂架。

5.2 可选功能

特定型号或适用于特定场所的举高灭火机器人宜具备以下功能：

- a) 自动接驳：自动与灭火介质供给接驳口完成定位、对接；
- b) 自主控制：根据作业任务，自动规划最优行驶路线，主动避障并行驶到预定作业位置。

6 技术要求

6.1 使用条件

机器人正常使用条件如下：

- a) 机器人：环境温度-20~70℃，相对湿度≤95 %；
- b) 遥控终端：环境温度-20~45℃，相对湿度≤80 %；
- c) 灭火介质输送管路、阀门：环境温度-20~70℃，在低于-20℃寒冷地区使用时，输送管路、阀门应采取防冻保温措施；
- d) 用后维护：机器人每次喷射泡沫混合液或压缩空气泡沫后，应使用清水彻底冲洗管路，并打开放水阀放空排尽。

6.2 外观要求

- 6.2.1 机器人外壳表面应有防护涂层及防腐设计,表面光洁、均匀、无明显棱角突起,不应有伤痕、毛刺等缺陷,内部设施不外露,各连接件固定牢靠、紧固件应有防松脱措施。
- 6.2.2 臂架折叠后整体尺寸应满足运输车辆的外轮廓尺寸要求,并应符合 GB 1589 的规定。
- 6.2.3 标识铭牌上应包含技术参数信息,字体应清晰易读,应牢固张贴在易观察位置。
- 6.2.4 机器人上应设置具有闪烁功能的灯光警示装置,灯具的光色应为红色,发光强度和闪烁强度应符合 GB 13954—2009 中 5.7、5.8 的规定,当机器人通电工作后,灯光警示装置应开始报警。

6.3 零部件通用要求

- 6.3.1 自制件应经质量检验部门检验合格,外购件、外协件应符合相关标准的规定,具有合格证并经质量检验部门检验合格。
- 6.3.2 机器人灭火介质接驳口处应设置压力限制阀,应能将压力保持在管路最大工作压力的 1.1 倍以下。
- 6.3.3 机器人输送灭火介质管路最低处应设置放水阀,且放水阀位置应方便操作,打开放水阀后,管路内水应能在 3min 内排尽。
- 6.3.4 具有输送、喷射灭火介质功能的承压管路进行水压密封性能试验后,各连接部位应无渗漏;承压管路的耐压零部件进行水压强度试验后,不应有渗漏、裂纹及永久变形等缺陷。
- 6.3.5 液压系统应符合 GB/T 3766 的规定。

6.4 机载设备要求

- 6.4.1 消防炮应符合 GB 19156 的规定。
- 6.4.2 举升臂架、消防炮、回转平台的运动关节的始、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。
- 6.4.3 举升臂架、消防炮的俯仰、回转、传动等机构应动作灵活、安全可靠,当运动关节部件到达设定的边界位置时,机器人应向遥控端发送位置已到极限的警报信号提示。
- 6.4.4 消防炮前端应配备探照灯,探照灯的光色应是黄色,探照灯照射方向与炮喷射方向相同。

6.5 电磁兼容性要求

- 6.5.1 射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17626.3—2016 中试验等级 3 的规定。
- 6.5.2 静电放电抗扰度应符合 GB/T 17626.2—2018 中试验等级 3 的规定。

6.6 防护要求

- 6.6.1 应符合 GB/T 4208—2017 中 IPX6 级别防水性能。
- 6.6.2 能在高温、强热辐射环境下可靠工作。机器人高温耐受值不应低于 70℃,灭火作业时应能自启动喷水降温、隔离防护等自保护功能,当机器人车身温度超过预设耐受值后,应能发出警报并视情况退出作业现场。
- 6.6.3 能在倾斜平面上安全可靠工作。臂架折叠状态在下,机器人侧倾稳定角度不应低于 30%;最大工作高度或最大工作幅度时,消防炮额定工况下作业,机器人侧倾稳定角度不应低于 5%。
- 6.6.4 能感知障碍物避免碰撞。感知探测距离不应小于 5m,当接近的障碍物高于机器人移动载体离地间隙时能主动制动,停车后距离障碍物不应大于 1m 且不小于 0.3m。
- 6.6.5 进入易燃、易爆危险场所工作的机器人除满足上述功能外,还应具有防爆性能,依据作业场所,其防爆性能应符合 GB/T 3836.1 的规定。
- 6.6.6 机器人本体和遥控端应装有紧急停止功能按钮,安装位置有指示标识且便于操作。

6.7 举升性能要求

6.7.1 举升速度

最大工作高度不超过 15 m 的机器人，臂架从初始位置举升到最大工作高度并回转 90° 的时间不应大于 100 s，最大工作高度大于 15 m 时，超过 15 m 部分每增加 5 m，时间增加 20 s。

6.7.2 最大工作高度

最大工作高度应大于 6m。

6.7.3 回转角度

举升臂架左右水平回转角度不应小于 180°。

6.7.4 回转速度

回转平台回转 90° 的时间不应大于 30s。

6.8 移动性能要求

6.8.1 直行速度

举升臂架折叠状态下，整机在水平地面上直行速度不应小于 1.5m/s，且速度可调。

6.8.2 直行偏移量

直行偏移量不应大于连续直行距离的 7%。

6.8.3 爬坡能力

举升臂架折叠状态下，整机爬坡能力不应小于 40%。

6.8.4 越障能力

越障高度不应小于离地面间隙的 0.5 倍或 0.2m 两者之间的较大值。

6.8.5 转弯能力

转弯直径不应大于举升臂架折叠状态下整机长度的 2 倍。

6.9 火情监视与信息传输要求

6.9.1 监视设备

机器人举升臂架顶端或消防炮机构上应搭载可见光和红外相机。

6.9.2 可见光相机性能

可见光相机图像分辨率不应小于 1920×1080，放大倍率不应小于 3 倍，具有画面调焦、监视画面录像保存功能。

6.9.3 红外相机性能

红外相机采样帧率不应小于 25 帧每秒，图像分辨率不应小于 384×288，应具有白热、黑热、伪彩色三种显示模式，应具有温度标尺显示、温度数值显示、画面调焦、监视画面录像保存功能。

6.9.4 监视范围

红外、可见光的拍摄方向应与消防炮口朝向一致，拍摄范围不应小于消防炮的喷射范围。

6.9.5 信息传输

机器人可向遥控端传输灭火作业相关关键信息，包括但不限于：火情画面、机器人设备状态、灭火介质喷射流量、异常告警信息等。机器人具备标准数据接口，可以与外部平台进行通信，实现数据交换和功能交互操作。

6.10 消防炮性能要求

6.10.1 喷射距离

机器人在最大工作高度，供液管路在额定工作压力下，消防炮射程不应小于 30m。

6.10.2 喷射流量

机器人消防炮的额定流量不应小于 24L/s。

6.10.3 喷射角度

消防炮绕水平线的俯角应大于 45° ，仰角应大于 30° ，水平左右摆角均应大于 45° 。

6.11 遥控要求

6.11.1 机器人的可靠遥控工作距离不应小于 200m。

6.11.2 遥控端下达操作指令后，机器人能实时、准确执行指令，反应延迟时间不应大于 2s。

6.11.3 两台或两台以上的机器人在同一区域内工作时，各自遥控信号应独立互不干扰。

6.11.4 机器人遥控终端应配备显示屏，强太阳光条件下，屏幕内容应清晰易读。

6.11.5 机器人遥控终端的连续工作续航不应低于 4.0h。

6.12 动力源要求

6.12.1 机器人的动力电池性能应符合 GB/T 17478—2004 中第 5、6 章的规定，安全要求应符合 GB 38031—2020 中第 5 章的规定。

6.12.2 机器人上应装设电路总开关，安装位置应有指示标识且方便操作。

6.12.3 机器人整机和配套充电设施应有防触电设计。

6.12.4 机器人整机和配套充电设施的电气控制系统中应有过热、过电流等保护装置。

6.12.5 机器人内燃机应符合 GB/T 1147.1 中的规定。

6.12.6 机器人内燃机的排放污染应该符合 GB 26133 中的规定。

6.13 辅助动力源要求

6.13.1 机器人应设置辅助动力源接口，当主动力源失效后，能接入辅助动力源，将举升状态臂架收回至折叠状态，收回臂架的时间应满足表 2 中要求。

6.13.2 以内燃机为主动力源的机器人，使用车载蓄电池为辅助动力源时，收回臂架后，蓄电池应仍能启动内燃发动机。

6.13.3 外接电池作为辅助动力源时，电池容量应能满足完成 3 次及以上应急回收工作。

表 2 使用辅助动力源的臂架收回时间

最大举升高度/m	收回臂架时间/min
≤ 15	≤ 10
> 15	≤ 15

6.14 整机可靠性

6.14.1 机器人应能在 $-20\sim 70^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常工作。

6.14.2 机器人续航能力应能满足 5km 行驶距离和 20 次举升臂架完整动作循环。

6.14.3 机器人应经抗振试验，试验后外观结构不应有破损、松动现象，各部件不应有漏液现象，机器人各功能正常。

6.15 自动接驳要求

6.15.1 通信互联

具备自动接驳功能的机器人除上述要求外，接驳装置具备与机器人、遥控端双向通信功能，当控制端下达灭火作业指令后，接驳装置能自动打开接驳口保护机构，做好接驳准备，接驳时能向遥控端反馈

异常或接驳完成信号。

6.15.2 接驳时间

从下达自动接驳指令开始，至机器人完成接驳，并向遥控端反馈接驳完成信号为止，为完成一次接驳时间，接驳时间不应大于 60s。

6.15.3 接驳一次性成功率

机器人执行接驳命令一次性成功的概率不应低于 90%。

6.16 自主控制能力

6.16.1 具备自主控制的机器人除满足上述要求外，还应具备自主导航行驶功能。行驶时定位精度不应低于 0.5m，行驶速度不应低于 0.5m/s，非绕行障碍时的行走轨迹与预设轨迹偏移量不应大于机器人整机宽度的 50%。

6.16.2 具备自主控制的机器人除满足上述要求外，还应具备自主避障能力，能感知探测 5m 范围内障碍物，接近障碍物时自主规划新路线绕行且绕行后行驶轨迹与原预设轨迹偏差不大于 1m。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验环境应满足如下条件：

- a) 温度：在机器人标称的工作温度范围内；
- b) 相对湿度：不大于 95%；
- c) 试验宜在无风条件下开展，当不可避免有风条件时，风速不应大于 2m/s；
- d) 如需在室外试验时，应避免雨、雪等恶劣天气。

7.1.2 试验机器人应满足如下条件：

- a) 试验整机按照制造厂说明，使其处于正常使用时的状态；
- b) 试验整机装备齐全，并按制造厂规定保持满电或满油状态。

7.1.3 试验道路应满足如下条件：

- a) 在水泥或柏油路面上进行时，路面应干燥、整洁，有良好的附着系数；
- b) 试验道路两端有足够长的助行区域和保证安全停车的辅助区域。

7.2 外观、材质检查

7.2.1 目测检查外观和举升臂架折叠时整机大小尺寸，判断试验结果是否符合 6.2.1、6.2.2 的规定。

7.2.2 目测检查部件安装、铭牌张贴情况，上电后检查灯光警示装置状态，判断是否符合 6.2.3-6.2.5 的规定。

7.3 零部件通用性能试验

7.3.1 合格性检查

查验自制零部件、外购件的合格证书，判断是否符合 6.3.1 的规定。

7.3.2 承压管路试验

7.3.2.1 目测检查机器人灭火介质供给口处压力限制阀，查验压力限制阀检验证书，比较限制压力与输送介质管路的最大工作压力数据，判断是否符合 6.3.2 的规定。

7.3.2.2 检查机器人管路最低处放水阀，在水平空地上，关闭机器人除供液进口外其他管路阀门，在管路中注满水并排除空气，打开放水阀，计量所有水放尽所需时间，判断试验结果是符合 6.3.3 的规定。

7.3.2.3 将机器人臂架举升至最大工作高度，封闭受压管路，使用试压泵对管路注满水并排除空气，然后缓慢加压至最大工作压力的 1.5 倍，保持 3min；无异常后，缓慢加压至最大工作压力 2 倍，保持 3min，判断试验结果是否符合 6.3.4 的规定。

7.3.3 液压系统性能试验

按 GB/T 3766 中的规定进行液压系统性能试验，判断试验结果是否符合 6.3.5 的规定。

7.4 机载设备试验

7.4.1 查验消防炮检验证书，判断是否符合 6.4.1 的规定。

7.4.2 目测检查机载设备构件外缘光洁度，举升臂架、消防炮运动部位的起始、终点限位装置，判断试验结果是否符合 6.4.2 的规定。

7.4.3 遥控操作机器人，目测检查动作情况和警报信号，判断试验结果是否符合 6.4.3 的规定。

7.4.4 目测检查消防炮前端探照灯，判断是否符合 6.4.4 的规定。

7.5 电磁兼容性试验

7.5.1 按 GB/T 17626.3—2016 中 8.2 规定的射频电磁场辐射抗扰度检验方法进行试验，试验期间机器人系统应通电，机器人及遥控装置应能正常工作，判断试验结果是否符合 6.5.1 的要求。

7.5.2 按 GB/T 17626.2—2018 中 8.3 规定的静电放电抗扰度检验方法进行试验。接触放电施加在设备导电表面和耦合板上，空气放电在绝缘表面进行。机器人系统各组部件在试验期间与试验后应能正常工作，判断试验结果是否符合 6.5.2 的要求。

7.6 防护试验

7.6.1 防水性能试验

按 GB/T 4208—2017 中第 15 章的规定进行防水性能试验，判断试验结果是否符合 6.6.1 的规定。

7.6.2 耐高温防护试验

机器人耐高温防护试验按以下步骤进行：

- 遥控操作机器人移动至高温环境仓内，设定仓内温度为70℃；
- 待温度稳定2h后，遥控测试机器人移动、转弯、臂架举升、回转等各项功能；
- 调高仓内温度至比机器人预设耐受温度值高5℃，观察控制端有无高温警报信号；
- 打开仓门，移出机器人，观察监测数据并测试各项功能；
- 判断试验结果是否符合6.6.2的规定。

7.6.3 侧倾稳定性试验

7.6.3.1 将机器人举升臂架完全折叠，按 GB/T 14172 中的试验方法，开展非灭火工况下的侧倾稳定性试验，判断试验结果是否符合 6.6.3 的规定。

7.6.3.2 灭火工况下的侧倾稳定性试验按下述步骤进行：

- 将机器人置于试验场地中，举升臂架升至最大工作高度；
- 按 GB/T 14172 中的试验方法开始试验；
- 试验中，消防炮在额定供液压力和额定流量下试喷，调节消防炮喷射水平和俯仰角度，调整消防炮柱、雾喷射方式，在额定角度范围内调整回转平台，模拟真实灭火作业场景；
- 遥控调整臂架至最大工作幅度位置，按步骤 b)和 c)进行试验；
- 试验测得灭火工况下的最大侧倾稳定角度，判断试验结果是否符合 6.6.3 的规定。

7.6.4 防碰撞试验

防碰撞试验按下述步骤进行：

- 在机器人设定的行驶路线中设置 3 处障碍物，间隔大于 5m，第一处障碍物距离机器人大于 10m，障碍物高度不低于越障高度，宽度不低于 0.8m；
- 操作机器人行驶，识别到障碍物并报警后，测量此时机器人距离障碍物的最近距离；
- 对于不具备自主控制的机器人，操作机器人继续行驶，直至制动停车，测量此时机器人距离障碍物最近距离；

- d) 操作机器人行驶完设定路线至终点;
- e) 判断试验结果是否符合 6.6.4 的规定。

7.6.5 防爆性能检查

查验机器人的防爆标志, 防爆合格证, 判断是否符合 6.6.5 的规定。

7.6.6 紧急停止试验

紧急停止试验按下列步骤进行:

- a) 遥控机器人处于工作状态;
- b) 按下机器人本体或遥控装置的紧急停止按钮, 观察机器人动作;
- c) 判断试验结果是否符合 6.6.6 的规定。

7.7 举升性能试验

举升性能试验按下列步骤进行:

- a) 将机器人置于平整地面上, 在举升臂架上安装高度传感器, 在回转平台上安装角度传感器;
- b) 试验开始时计时, 机器人的举升臂架从初始折叠状态展开至最大工作高度, 然后回转平台旋转 90°, 计时结束, 判断试验结果是否符合 6.7.1 的规定, 读取高度传感器数据, 判断试验结果是否符合 6.7.2 的规定;
- c) 将回转平台恢复至初始位置, 机器人水平回转, 使用角度仪器测量最大水平回转角度, 判断试验结果是否符合 6.7.3 的规定;
- d) 试验开始时计时, 机器人重复回转 2 次最大角度范围, 读取角度传感器数据, 计算回转速度, 判断试验结果是否符合 6.7.4 的规定。

7.8 移动性能试验

7.8.1 直行速度试验

机器人举升臂架在折叠状态下, 按 XF 892.1—2010 中 8.6.3.1 规定的进行直行速度试验, 判断试验结果是否符合 6.8.1 的规定。

7.8.2 直行偏移量试验

按 XF 892.1—2010 中 8.6.3.2 规定的进行直行偏移量试验, 判断试验结果是否符合 6.8.2 的规定。

7.8.3 爬坡能力试验

机器人举升臂架在折叠状态下, 按 XF 892.1—2010 中 8.6.3.4 规定的进行爬坡能力试验, 判断试验结果是否符合 6.8.3 的规定。

7.8.4 越障能力试验

按 XF 892.1—2010 中 8.6.3.5 规定的进行越障能力试验, 判断试验结果是否符合 6.8.4 的规定。

7.8.5 转弯直径试验

按 XF 892.1—2010 中 8.6.3.3 规定的进行转弯直径试验, 判断试验结果是否符合 6.8.5 的规定。

7.9 火情监视和信息传输试验

7.9.1 目测检查机器人外观和部件, 查验设备说明书、技术文档等材料, 判断是否符合 6.9.1-6.9.3、6.9.5 的规定。

7.9.2 在遥控端操作机器人, 检查最大放大倍数、画面调焦、画面录制功能, 打开红外监视功能, 查看温度分布信息, 切换红外热像仪显示模式, 判断试验结果是否符合 6.9.2、6.9.3 的规定

7.9.3 遥控调节机器人消防炮水平、俯仰角度, 观察监视画面, 判断试验结果是否符合 6.9.4 的规定

7.9.4 布置一钢质油盘，尺寸 400mm×500mm×60mm，倒入油料并点燃，操作机器人展开举升臂架，调整回转平台角度使摄像头画面朝向点燃油盘，从遥控端观察火情画面、读取温度、机器人设备状态等信息，判断试验结果是否符合 6.9.5 的规定。

7.10 消防炮试验

消防炮试验按下述步骤进行：

- a) 选取平坦试验场地，在机器人前端消防炮上安装角度传感器，在机器人介质接驳口处安装流量传感器；
- b) 操作机器人与灭火介质供给端可靠接驳，灭火介质为水，供给压力不应小于机器人进液管道的额定工作压力；
- c) 操作机器人展开至最大工作高度，遥控消防炮开始喷水，待流量稳定后，读取流量传感器数据，判断是否符合 6.10.2 的规定；
- d) 遥控操作消防炮仰角为 $30 \pm 2^\circ$ ，以消防炮出口铅垂线与地面交点为原点，当消防炮流量稳定后，用秒表测定不小于 10s 时间的最远落水点，该点与原点之间的距离即为最大射程，测量记录试验结果，判断是否符合 6.10.1 的规定；
- e) 遥控操作消防炮执行俯仰角度和水平角度调节，每次朝同一方向调节直至射流方向不再改变，待试验结束后读取角度传感器数据，判断是否符合 6.10.3 的规定。

7.11 遥控试验

机器人的遥控试验按下列步骤进行：

- a) 量取一段不小于 200m 区间，将机器人布置在区间一端，设为停车端，遥控装置在区间另一端，设为控制端；
- b) 用遥控装置发出前后左右移动、加速刹车、转弯后退、展开举升臂架、启动灭火介质喷射、主动接驳、紧急停止等指令后，观察机器人动作情况，判断试验结果是否符合 6.11.1 和 6.11.2 的规定；
- c) 在停车端平行布置 2 台相同型号机器人，用 2 台遥控终端在控制端处同时操作，观察机器人动作情况，判断试验结果是否符合 6.11.3 的规定；
- d) 在户外日光直射下，目测检查遥控终端屏幕内容，计量终端续航时间，判断试验结果是否符合 6.11.4、6.11.5 的规定。

7.12 动力源检查

7.12.1 查验机器人的动力电池合格证，测量机器人的动力电池供电电压，判断试验结果是否符合 6.12.1 的规定。

7.12.2 查验机器人的电路总开关，判断是否符合 6.12.2 的规定。

7.12.3 查验机器人和配套充电设施防护措施，判断是否符合 6.12.3 的规定。

7.12.4 查验机器人的电气原理图、技术报告，判断是否符合 6.12.4 的规定。

7.12.5 查验机器人内燃机的合格证和出厂报告，判断是否符合 6.12.5 和 6.12.6 的规定。

7.13 辅助动力源试验

7.13.1 遥控机器人举升至最大工作高度，切断主动力源，使用辅助动力源收回臂架并计时，判断试验结果是否符合 6.13.1 的规定；

7.13.2 以内燃机为主动力源的机器人，举升至最大工作高度后，内燃机停机，使用车载蓄电池完全收回臂架，测试车载蓄电池启动内燃机，判断试验结果是否符合 6.13.2 的规定。

7.13.3 将外接电池充满电后连接机器人，通过与遥控端配合，进行 3 次举升臂架完整回收，判断试验结果是否符合 6.13.3 的规定。

7.14 整机可靠性试验

7.14.1 温度适应试验

温度适应试验按下列步骤进行:

- a) 遥控操作机器人移动至高低温环境仓内, 设定仓内温度为 $70\pm 2^{\circ}\text{C}$;
- b) 待温度稳定2h后, 打开仓门, 移出机器人, 观察监测数据并测试各项功能;
- c) 将仓内温度设置为 $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$, 按步骤b)重新测试机器人低温适应能力;
- d) 判断试验结果是否符合6.14.1的规定。

7.14.2 续航能力试验

续航能力试验按下述步骤进行:

- a) 在试验场地中选取 250m 试验路段 (直线段或往复段均可), 将机器人电池充满电或油箱注满油料;
- b) 遥控机器人沿试验路段按最大速度行驶 250m 后制动;
- c) 遥控机器人举升臂架展开至最大工作高度, 回转平台顺时针回转 90° , 再将逆时针回转 90° , 随后收回举升臂架至行驶状态;
- d) 完成步骤 b)和步骤 c)后视为一个完整循环, 重复执行该循环, 直至机器人电量或油量显示 5% 以下, 记录最大循环次数;
- e) 根据最大循环次数, 判断试验结果是否符合 6.14.2 的规定。

7.14.3 抗振试验

抗振试验按下述步骤进行:

- a) 选取一段不小于 50m 的卵石路, 卵石路应符合 T / CECS G:T10—2018 中 3.2.8 的要求, 卵石直径在 50~200mm 之间;
- b) 机器人举升臂架收回并锁止, 遥控机器人在卵石路往返行驶, 速度不低于 0.5m/s, 试验开始后计时;
- c) 连续行驶 30min 后, 目测检查机器人外观、结构, 测试各项功能;
- d) 判断试验结果是否符合 6.14.3 的规定。

7.15 自动接驳试验

具备自动接驳功能的机器人除上述试验外, 还应开展自动接驳试验, 按下述步骤进行:

- a) 遥控机器人行驶至接驳工作位置;
- b) 下达开始接驳指令, 同时立即计时, 直到机器人向遥控端反馈接驳已完成信号, 停止计时, 记录该次接驳作业所用时间, 若过程中发生超过 20s 操作停滞、卡顿, 或遥控端接收到接驳作业异常信号, 则视为本次接驳失败;
- c) 一次接驳完成后, 与接驳口解除, 恢复至步骤 a)中状态, 然后按步骤 b)重复开始下一次接驳作业, 连续进行 20 次接驳作业;
- d) 观察接驳作业时接驳装置动作情况和遥控端接收到的接驳信号情况, 计算 20 次接驳平均耗时和一次接驳成功率, 判断试验结果是否符合 6.15.1~6.15.3 的规定。

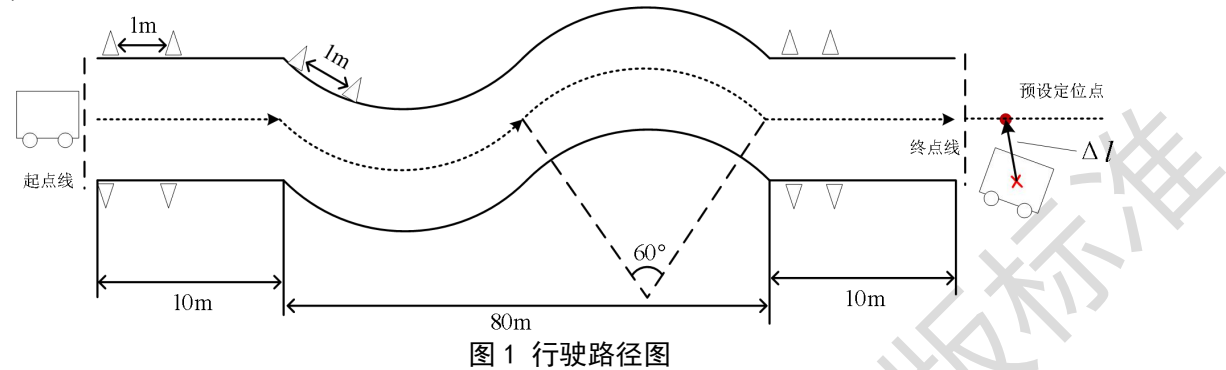
7.16 自主控制试验

7.16.1 行驶精度试验

具备自主控制功能的机器人除上述试验外, 还应开展行驶精度和自主避障试验。按下面步骤进行:

- a) 在试验场地中按图 1 预设一条行驶路径, 路径全长 100m, 分为直线—曲线—直线三段, 首尾两段直线长度均为 10m, 曲线为角度 60° 的两段反向圆弧路径, 三段路径平滑衔接。道路宽度为机器人整机宽度的 2 倍, 在道路两侧每隔 1m 布置锥桶;
- b) 在起点和终点处分别划线标记, 在终点线外沿行驶路径方向标记预设定位点, 预设定位点距离终点线距离为机器人长度的一半;
- c) 行驶路径设置完毕后, 将预设路径发送至机器人, 遥控操作机器人行驶至起始线;
- d) 下达出发指令, 同时开始计时, 观察机器人行驶轨迹, 机器人沿轨迹行驶 100m 后到达终点线后停止, 观察锥桶情况, 记录所需时间和停车时机器人中心点位置, 计算行驶平均速度, 测量停车中心点与预设定位点的偏差 Δl ;

- e) 将倒地锥桶恢复，重复步骤 c) 和 d) 5 次，选取消耗时间最长的一次，计算行驶速度，选取机器人停车中心点距离预设定位点的偏差 Δl 最大值作为行驶定位精度；
- f) 判断试验结果是否符合 6.16.1 的规定。



7.16.2 自主避障试验

自主避障试验按下列步骤进行：

- a) 在试验场地内设定不小于 100m 路段作为机器人行驶路线，路线中设置 3 处障碍物，间隔大于 5m，第一处障碍物距离机器人大于 10m，障碍物高度不低于越障高度，宽度不低于 0.8m；
- b) 使机器人从起点位置，按设定路线自主行驶，当机器人遥控后台识别到障碍物后，测量此时机器人距离障碍物的最近距离；
- c) 机器人继续行驶，遇到障碍物之前自主绕行，然后回到设定路线上继续行驶，避障过程中整机未碰撞到障碍物，则视为避障成功；
- d) 机器人自主行驶至终点，测量避障后的行驶轨迹和设定轨迹的偏差值；
- e) 判断试验结果是否符合 6.16.2 的规定。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为型式检验和出厂检验。

8.2 型式检验

8.2.1 产品的型式试验检验项目全部合格，该产品为合格。

8.2.2 型式检验一般在产品设计定型时进行，但在产品的主要设计、工艺、元器件及材料有重大改变，可能影响产品的重要性能，使原来的试验结论不再有效时，也应进行型式检验。

8.3 出厂检验

举高灭火机器人出厂前，必须由制造厂的检验部门进行出厂检验，检验项目逐个进行，全部检验合格后，附有合格证方可允许出厂。若出现不合格项，可以调整或返修，经调整或返修后检验合格的可以出厂，仍不合格的判定为不合格品。

8.4 检验项目

检验项目见表 3。

表 3 检验项目

序号	检验项目		试验方法	出厂检验	型式检验
1	外观与材质		7.2	√	√
2	零部件通用性能	零部件合格性	7.3.1	√	√
		承压管路性能	7.3.2	√	√
		液压系统性能	7.3.3	√	√

序号	检验项目		试验方法	出厂检验	型式检验
3	机载设备		7.4	√	√
4	电磁兼容性		7.5	×	√
5	防护性能	防水	7.6.1	×	√
		耐高温	7.6.2	×	√
		防倾覆	7.6.3	×	√
		防碰撞	7.6.4	×	√
		防爆（适用时）	7.6.5	×	√
		紧急停止	7.6.6	√	√
6	举升臂架	举升速度	7.7.1	√	√
		举升高度	7.7.2	√	√
		回转角度	7.7.3	√	√
		回转速度	7.7.4	√	√
7	移动性能	直行速度	7.8.1	√	√
		直行偏移量	7.8.2	×	√
		爬坡能力	7.8.3	√	√
		越障能力	7.8.4	√	√
		转弯直径	7.8.5	×	√
8	火情监视和信息传输	监视设备	7.9.1、7.9.2	×	√
		监视范围	7.9.3	√	√
		信息传输	7.9.4	×	√
9	消防炮	喷射距离	7.10	×	√
		喷射流量		×	√
		喷射角度		×	√
10	遥控终端	遥控距离	7.11	√	√
		反应速度		√	√
		通信独立		×	√
		续航与可靠性		×	√
11	动力源	电池合格性	7.12.1	√	√
		电路总开关	7.12.2	×	√
		防触电	7.12.3	×	√
		过热、过流保护	7.12.4	×	√
		内燃机合格性	7.12.5	√	√
12	辅助动力源	收回速度	7.13.1	×	√
		蓄电池冗余	7.13.2	×	√
		外接电池容量	7.13.3	×	√
13	整机可靠性	温度适应性	7.14.1	×	√
		续航能力	7.14.2	×	√
		抗振性能	7.14.3	√	√
14	自动接驳（适用时）	通信互联	7.15	×	√
		接驳时间		×	√
		一次成功率		×	√

序号	检验项目		试验方法	出厂检验	型式检验
15	自主控制 (适用时)	行驶精度	7.16.1	×	√
		自主避障	7.16.2	×	√
注：“√”表示进行检验，“×”表示不进行检验。					

9 标志、包装、运输及贮存

9.1 标志

- 9.1.1 产品标牌应当清晰，张贴在机身明显位置，标牌材质应能保证不易损坏、内容清晰。
- 9.1.2 产品标牌的内容应包括：产品全称、产品型号、质量、动力类型、额定功率、电池容量（适用时）、射程、流量、额定工作压力、制造厂全称及商标、出厂时间和出厂编号等。
- 9.1.3 在机器人的电源开关、充电接口、油料加注口、灭火介质接驳口、紧急停止按钮等位置应有明显指示标志。

9.2 包装

- 9.2.1 在报警灯、消防炮摄像头等关键位置使用包装保护，在电池、油料箱等关键位置的包装应有防尘、防水、防潮等措施。
- 9.2.2 随机包装中应该包括装箱清单、中文使用说明书、产品合格证、出厂报告、专用工具、备品备件和相关的随机文件，随机文件材料应用防潮材料包装。
- 9.2.3 包装前机器人油料箱、水箱应清洗干净，电池电路应处于断路状态。

9.3 运输

- 9.3.1 机器人适用于整机运输。
- 9.3.2 运输时应将举升臂架完全收回，水平回转平台转动至初始位置，消防炮收拢以缩小整机尺寸，所有旋转、传动机构限位锁止，防止运输时误动。
- 9.3.3 运输时应有防尘、防水、防潮、防振等措施，举升臂架等可能发生移动的装置应可靠锁定在运输位置上。
- 9.3.4 运输车辆应有斜坡等配套装卸设施，当机器人运输至现场时，可沿斜坡卸下。

9.4 贮存

- 9.4.1 应贮存在防雨避光的室内，环境温度宜为 5~40 ℃，相对湿度宜小于 80%，室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体，不受灰尘雨雪的侵蚀。
- 9.4.2 需要长期贮存时，应将燃油和水放尽，动力电池切断回路，并按产品使用说明书定期维护保养。