

ICS 25.040.30

CCS J 28

团 体 标 准

T/GDPAWS XX—202X

危化品企业消防灭火机器人性能测试 技术规范

Technical Specification for Performance Testing of Fire-fighting Robots in
Hazardous Chemical Enterprises

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

广东省安全生产协会 发布

目 次

1	范围	4
2	规范性引用文件	4
3	术语和定义	4
4	基本要求	5
5	性能测试	5
5.1	避障性能测试	5
5.2	复杂场景通过性能测试	6
5.3	负载能力测试	7
5.4	防水抗浸水性能测试	8
5.5	火源识别能力测试	9
5.6	极端环境适应性测试	9
6	通信与遥控	10
7	自主作业	11
7.1	自主导航	11
7.2	精准喷射	12
7.3	续航与稳定性能力测试	13
8	特殊功能测试	14
8.1	清障功能	14
8.2	破拆功能	15
8.3	阀门开关功能	15
8.4	搬运重物功能	16
附录 A	典型危险化学品处置场景说明	18
附录 B	破拆场景说明	20

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》给出的规则起草。

本文件由广东省安全生产协会提出。

本文件由广东省安全生产协会归口。

本文件起草单位:广州六瑞消防科技有限公司、中山大学、北京理工大学、湖南科技大学、明光浩淼安防科技股份公司、山东省青岛市消防救援支队、北京机械设备研究所、湖南中自工业智能研究院有限公司、广东安全技术职业培训学院。

本文件主要起草人:韩瑜、张剑、杜希强、左词立、高峻蛟、蒋大伟、胡乃荧、黄信阳、沈浩、吴亮红、肖强、姜华、张建军、刘孙权、黎明、阳送贵。

危化品企业消防灭火机器人性能测试技术规范

1 范围

本标准规定了危化品企业消防灭火机器人的主要应用要求、基于危化品事故典型场景的主要性能指标检测方法。

本标准适用于存在陆上危化品企业，不适用海洋石油天然气开采。

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。

XF 892.1 消防灭火机器人第1部分：通用技术条件

GB/T 12642-2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 38124-2019 服务机器人性能测试方法

T/ZZB 2024-2020 消防灭火机器人

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

消防灭火机器人 Fire Fighting and Extinguishing Robot

可自主或遥控操作，在危险火灾场景执行灭火、防护、侦察、救援等任务的特种机器人。

3.2

危化品企业 Hazardous Chemical Enterprises

从事化学品生产、储存、经营等活动，存在危化品燃爆风险的企业。

3.3

避障性能 Obstacle Avoidance Performance

消防灭火机器人在行进中感知并规避障碍物，保持路径通畅的能力。

3.4

环境适应性 Environmental Adaptability

机器人在高温、浓烟、复杂地形等火灾场景下稳定运行的能力。

3.5

负载能力 Load Capacity

机器人在额定工况下，可搭载灭火药剂、消防水带的最大质量。

3.6

火源识别 Fire Source Recognition

机器人通过传感系统，快速精准检测并定位火灾源头的的能力。

3.7

自主导航 Autonomous Navigation

机器人无需人工操控，自主规划路径、完成移动作业的能力。

3.8

自主作业 Firefighting Robot Autonomous Operation

消防灭火机器人通过自主导航与智能决策，在火灾现场独立执行灭火、救援等任务。

3.9

精准喷射 Firefighting Robot Precision Spraying

消防灭火机器人通过火源定位与喷射参数控制，实现灭火剂精确指向目标区域。

4 基本要求

- 4.1 危化品企业宜根据企业实际燃爆风险配置相应类型和功能的消防灭火机器人。
- 4.2 危化品企业应结合生产场景特点及风险等级，确定消防灭火机器人的关键技术参数。
- 4.3 危化品企业应定期对消防灭火机器人进行实地测试和运行，确定设备的实际工作能力。
- 4.4 消防灭火机器人的操作人员在使用设备前应进行培训，具备独立操作能力。
- 4.5 危化品企业应将消防灭火机器人纳入企业应急预案，并每年对应急预案进行修正完善。
- 4.6 危化品企业应建立消防灭火机器人的操作规程、维护制度。
- 4.7 消防灭火机器人的其他基本性能应参照XF 892.1《消防灭火机器人第1部分：通用技术条件》测试。

5 性能测试**5.1 避障性能测试****5.1.1 测试目的**

基于危化品典型事故场景特点，测试消防灭火机器人在事故现场行进路径上对各类静置障碍物和动态障碍物的规避能力。

5.1.2 测试条件

- a) 测试场地道路长度不小于100m，宽度不小于3m。
- b) 障碍物设置
 - 标准障碍：直径400mm、高1500mm的圆柱体（模拟人体躯干）；
 - 小尺寸障碍：直径300mm球体（模拟小型障碍物）；
 - 大尺寸障碍：600mm×600mm×600mm立方体（模拟装置、建筑的倒塌物）；
 - 动态障碍：遥控移动车（速度0.5-2m/s可调）。

5.1.3 测试流程与步骤

按照图1所示预设行驶路径，开展避障性能测试。

a) 标准障碍物测试

- 在机器人行进路径上放置三个直径400mm的圆柱体，距离起点分别为30m、50m、80m；
- 启动机器人自主行进模式，记录其感知到障碍物的时间及避障轨迹；
- 重复三次实验测试，分析避障动作延迟及路径规划合理性。

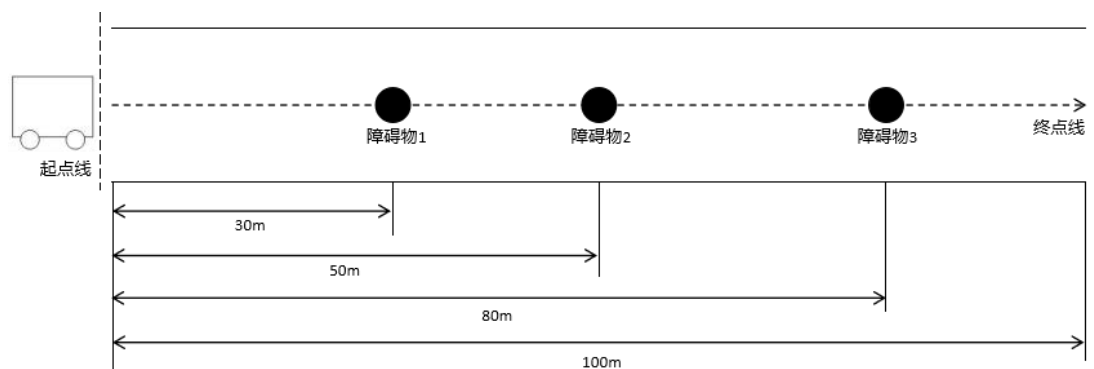
b) 小尺寸障碍物测试

- 在测试路径上随机位置布置三个直径300mm的球体，距离起点分别为30m、50m、80m；
- 测试机器人对小尺寸障碍的识别能力及避让策略；

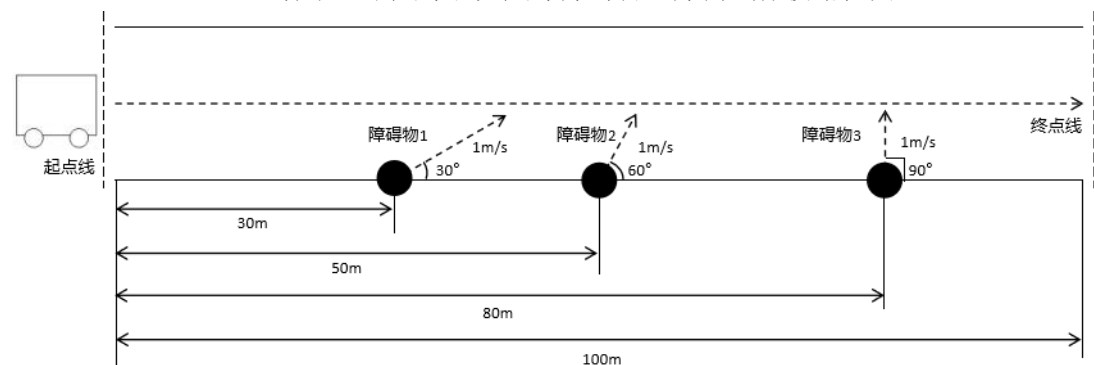
- 重复三次实验测试，分析避障动作延迟及路径规划合理性。
- c) 大尺寸障碍物测试
- 在测试路径上随机位置布置三个600mm×600mm×600mm立方体，距离起点分别为30m、50m、80m；
 - 测试机器人对大尺寸障碍物的识别能力及避让策略；
 - 重复三次实验测试，分析避障动作延迟及路径规划合理性。
- d) 动态障碍物测试
- 在机器人行进路径上，遥控移动车以1m/s速度横向切入机器人行进路径；
 - 测试机器人实时路径重规划能力及紧急制动响应时间；
 - 重复测试不同切入角度（30°、60°、90°）。

5.1.4 测试结果

序号	障碍物类型	第一次	第二次	第三次	备注
	标准障碍物				
	小尺寸障碍物				
	大尺寸障碍物				
	动态障碍物				
	其他				



(a) 标准、小尺寸和大尺寸障碍物避障测试行驶路径图



(b) 动态障碍物避障测试行驶路径图

图1 避障性能测试行驶路径图

5.2 复杂场景通过性能测试

5.2.1 测试目的

针对危化品事故复杂场景下的路径,测试灭火机器人在危化品企业典型燃爆事故环境下的自主通行能力。

5.2.2 测试条件

- a) 测试场地道路长度不小于 200m, 宽度不小于 6m。
- b) 在测试路径上分别设置如下路面:
 - 可调节窄道: 测试宽度比待测机器人外形宽度多400mm, 窄道长度是机器人长度的1.5倍;
 - 碎石路面: 单个碎石直径200-400mm, 高度200-300mm; 碎石数量不少于20个, 相邻碎石距离不大于500mm, 碎石路面长度不低于30m;
 - 积水路面: 水坑深度200-300mm, 水坑宽度宽于机器人宽度, 水坑长度不低于1200mm, 进出水坑两端设30-40°斜坡, 相邻水坑距离不超过2000mm, 路面至少设置5个水坑;
 - 管线阻挡路面: 在行进路径上设置不少于4根金属管线或管状凸起物, 管径150-300mm, 管线横跨路面两端, 管线分别与前进方向呈90°、60°、45°、15°, 管线强度应满足机器人越过的载荷。

5.2.3 测试流程与步骤

按照图 2 所示预设行驶路径, 开展复杂场景通性能测试。

- a) 启动机器人, 待运行稳定后, 从测试道路起点开始行进, 分别通过上述路面。
- b) 记录机器人通过不同类型路面的时间。若在某路段卡住停止不前, 则该测试不通过。
- c) 重复3次, 取平均值。

5.2.4 测试结果

序号	路面类型	第一次	第二次	第三次	备注
	窄道				
	碎石路面				
	积水路面				
	管线阻挡路面				
	其他				

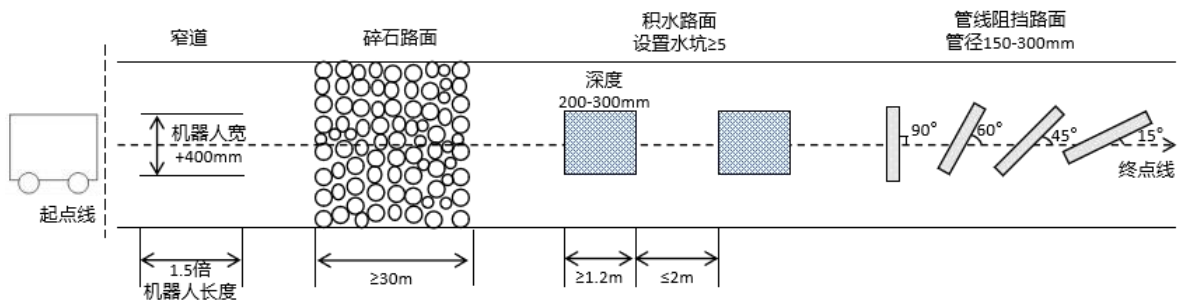


图2 复杂场景通过性能测试行驶路径图

5.3 负载能力测试

5.3.1 测试目的

基于危化品典型事故处置需求,考察消防灭火机器人在事故现场拖拽消防水带前进及转向时的负载能力, 测试其现场移动及远程输送消防水的能力。

5.3.2 测试条件

- a) 测试场地: 道路长度不小于200m, 路面净宽不小于6m, 道路上至少设2个90°拐弯。
- b) 消防水带: 根据消防灭火机器人的额定参数确定消防水带的型号和数量, 需准备的消防带数量比额定拖动数量多2条以上。
- c) 消火栓: 工作压力0.8-1.2MPa。

5.3.3 测试流程与步骤

a) 启动消防灭火机器人，达到稳定运行状态后，将消防灭火机器人布置在测试场地道路起始位置。按消防灭火机器人的消防带拖拽设计能力，在机器人的接口处连接最大数量的消防带，由消防栓向消防带内充满水。

b) 已连接消防带的消防灭火机器人在消防道路上直线行驶100m，测试最大行驶速度。

c) 已连接消防带的消防灭火机器人在消防道路上进行1个90°转弯，共行驶100m，测试最大行驶速度。

d) 已连接消防带的消防灭火机器人在消防道路上进行2个90°转弯，共行驶100m，测试最大行驶速度。

e) 将所有消防带内的水排除，在消防道路上直线行驶100m，测试最大行驶速度。

f) 将所有消防带内的水排除，消防灭火机器人在消防道路上进行1个90°转弯，共行驶100m，测试最大行驶速度。

g) 将所有消防带内的水排除，消防灭火机器人在消防道路上进行2个90°转弯，共行驶100m，测试最大行驶速度。

h) 每一个工况测试结束时，测试机器人自行脱除消防带的能力。

i) 每一种工况测试3次，取平均值。

5.3.4 测试结果

序号	水带是否充水	水带长度	拐弯数量	第一次	第二次	第三次	备注

5.4 防水抗浸水性能测试

5.4.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，考察消防灭火机器人在危化品事故现场的防水能力、抗浸水能力。

5.4.2 测试条件

a) 采用消防车的雾状水和水喷淋装置，向待测机器人喷射雾状水和水喷淋。

b) 水池：深度不低于消防灭火机器人高度，进出水池的两端设斜坡（不超过 30°）。

5.4.3 测试流程与步骤

a) 将消防灭火机器人停在试验场地中，采用人工雨淋的方法进行试验，此时降水强度不小于 0.12mm/s，持续淋水15min后对机器人的控制装置、电气元件等需要防水的部位进行开盖检查。消防灭火机器人需具有良好防水性能，需防止水渍的部位，均不能有水渗入。

b) 将机器人设置在空水池中，启动机器人，达到稳定工作状态后，持续向水池内注水，直到水淹没机器人顶部最高点，停止注水，静置30min，观察机器人在浸没状态是否能正常工作。

c) 每个工况重复测试3次。

5.4.4 测试结果

序号	测试类型	第一次	第二次	第三次	备注
	水喷雾				
	水喷淋				
	浸水				

5.5 火源识别能力测试

5.5.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟在火灾初期阶段和火灾处置结束后防复燃管控阶段，考察自主作业的消防灭火机器人在事故现场主动识别火焰、判断火焰位置及报警的能力。

5.5.2 测试条件

- a) 测试场地：100m×20m，路面为水泥路面或混凝土路面。
- b) 测试设备
 - 标准火源：1.5m×1.5m 乙醇油盘火，注入的燃料维持持续燃烧时间不低于5min；
 - 小尺寸火源：0.2m×0.2m 乙醇油盘火，注入的燃料维持持续燃烧时间不低于5min；

5.5.3 测试流程与步骤

按照图3预设行驶路径，开展避障性能测试。

a) 标准火源测试

点燃1个标准火源，机器人设置到自主行驶和自动识别模式，从100m外向火焰方向移动，通过机载热像仪记录火源定位坐标及输出报警信号时间，重复测试3次，计算平均识别距离、识别报警时间。

b) 小尺寸火源测试

点燃1个小尺寸油盘火，机器人从100m外匀速向火焰方向移动，通过机载热像仪记录火源定位坐标及输出报警信号时间，重复测试3次，计算平均识别距离、识别报警时间。

5.5.4 测试结果

序号	火源类型	第一次	第二次	第三次	备注
	标准火源				
	小尺寸火源				
	其他				

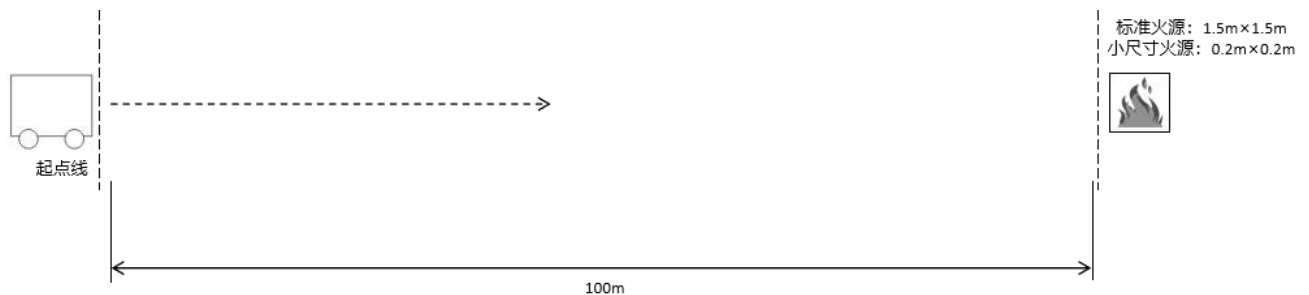


图3 火源识别性能测试行驶路径图

5.6 极端环境适应性测试

5.6.1 测试目的

基于危化品典型火灾事故场景特点，模拟抵近作业时的高温环境，考察消防灭火机器人在高温环境下的自主作业能力及工作稳定性。

5.6.2 测试条件

采用大型燃烧室，室内在顶部及四周设置不少于10个燃气喷头，每个喷头的燃气流量及压力相同，在室内可创造不同热辐射强度的测试封闭环境。室内的热辐射强度测试范围在1.2-30kW/m²。喷头火焰不得接触机器人本体，且火焰最远端距离机器人至少1m以上，避免烧毁机器人。

5.6.3 测试流程与步骤

a) 将待测机器人放置到燃烧室中心区域，在机器人的顶部及四周各设置 1 个热流传感器，用于测试机器人外围的热辐射强度。

b) 根据待测机器人的额定耐温范围，设定燃烧室内的燃气喷头燃烧状态，达到测试条件。

c) 点燃燃气喷头并达到预设的热辐射值后，开始计时。

d) 在测试期间，用遥控装置持续操作机器人，使得机器人处于持续动作状态，通过燃烧室观察窗观察机器人的动作，待机器人停止动作后，停止燃烧，记录测试时间。

e) 重复三次测试，取平均值。

5.6.4 测试结果

序号	热辐射强度	第一次	第二次	第三次	备注

6 通信与遥控

6.1 通信测试

通信试验参照XF 892.1《消防灭火机器人第1部分：通用技术条件》中8.6.7的要求进行测试。

6.2 遥控测试

6.2.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟石化装置区和罐区火灾环境，测试机器人在化学品火灾场景下，处于石化装置区、罐区等高大拥塞空间内的远程通信和遥控灵活性，考察其在复杂环境下的自主工作能力及检测数据传输能力。

6.2.2 测试条件

a) 开阔空间

选择平坦、无遮挡的露天区域（如空旷操场、专业测试场），场地长度不低于预估最大遥控距离的 1.5 倍，避免周边存在大功率无线电设备（如基站、雷达、高压输电线）。在机器人测试位置设置气体释放装置（测试气体至少包括硫化氢、甲烷等），用于测试机器人的气体检测功能，所释放的气体类型及浓度根据待测机器人配置的气体检测仪确定。

b) 障碍物遮挡

模拟化学品企业消防现场复杂环境，每间隔1m设置金属货架（尺寸2m×1m×3m）≥10组作为遮挡障碍物，或在生产装置区（装置占地面积不小于400m²）测试，形成多径反射环境。在机器人测试位置设置气体释放装置，用于测试机器人的气体检测功能，所释放的气体类型及浓度根据待测机器人配置的气体检测仪确定。

c) 电磁干扰

在测试区域内开启干扰源（如功率可调的无线电发射器、柴油发电机），设置干扰频率与机器人遥控频率一致或相近。在机器人测试位置设置气体释放装置，用于测试机器人的气体检测功能，所释放的气体类型及浓度根据待测机器人配置的气体检测仪确定。

6.2.3 测试方法

a) 开阔空间

● 开阔空间遥控试验参照XF 892.1《消防灭火机器人第1部分：通用技术条件》中8.6.2的要求进行测试。其中100m测量区间，可调整为机器人标称的最远遥控距离，开展验证性测试。

● 若点位所有指令均能稳定执行，则延长测量区间10m继续测试；若出现指令延迟、丢包、执行失败等情况，缩短测量区间10m继续测试，最终确定最远遥控距离。

- 开启气体释放装置，测试机器人的气体检测能力、视频监控及数据传输情况。在测试结束前，遥控自脱落消防带接头。记录启停响应时间、动作响应的精准度。
- 重复测试3次。
- b) 障碍物遮挡
 - 障碍物遮挡试验参照开阔空间测试进行，机器人与遥控人员之间通过设置金属货架或生产装置作为遮挡障碍物。
 - 重复测试3次。
- c) 电磁干扰
 - 电磁干扰测试参照开阔空间测试进行，在测试区域内开启电磁干扰源，置干扰频率与机器人遥控频率一致或相近。从低功率到高功率逐步调整干扰源强度，每调整一次干扰功率，重复测试，记录不同干扰强度下的有效遥控距离。
 - 重复测试3次。

6.2.4 测试结果

序号	环境条件	第一次	第二次	第三次	备注
	开阔空间				
	障碍物遮挡				
	电磁干扰				
	其他				

7 自主作业

7.1 自主导航能力测试

7.1.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟大型石化园区、大型石化企业环境，考察消防灭火机器人在事故现场区域自主选择最优路径并自主通行的能力，测试机器人的定位精度及重复定位精度。

7.1.2 测试条件

测试起点与终点的路径距离应 $\geq 2000\text{m}$ ，路径中应包含直线与路口选择，且可行路径 ≥ 3 条。

7.1.3 测试流程与步骤

按照图4所示示意图，开展自主导航性能测试。

- a) 在测试场地选定起点和终点，将机器人部署到测试场地起点。
- b) 通过机器人上位机界面在可行区域指定终点，机器人自行规划路径，选择最优路径。
- c) 开启自主行进模式，测试机器人是否按规划最优路径行驶，机器人到达终点停止行进后，测量机器人与设置终点的距离，计算定位误差。
- d) 下次测试时，改变终点位置。
- e) 自主导航测试重复3次，记录每次轨迹精度、路径规划时间、定位时间和行驶时间。

7.1.4 测试结果

序号	测试情况	第一次	第二次	第三次	备注

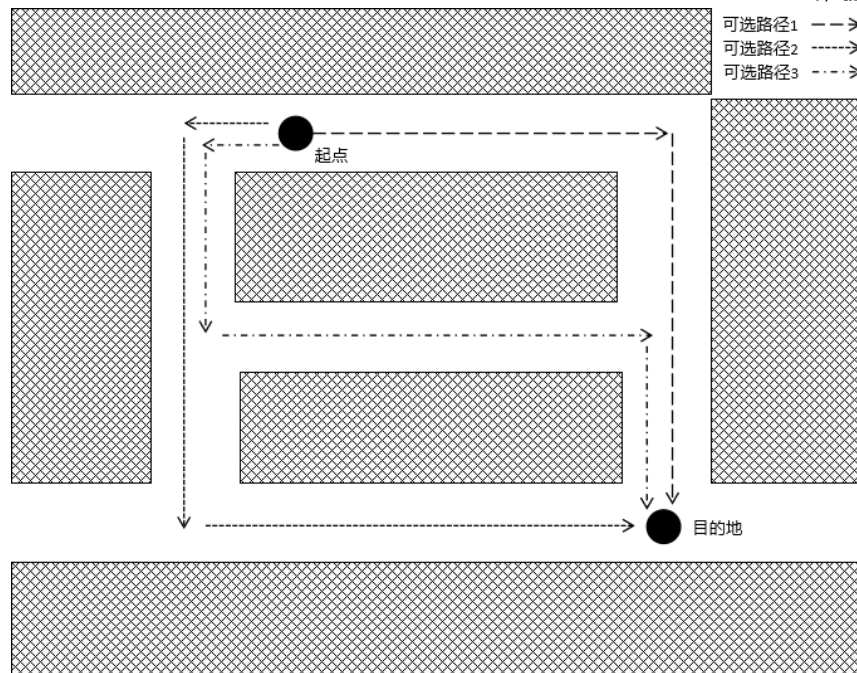


图4 自主导航性能测试示意图

7.2 精准喷射能力测试

7.2.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟装置区火灾环境，考察消防灭火机器人在化学品事故现场自主喷射灭火和自主选择高温设备冷却防护的能力，测试机器人的多方位姿准确度及自我位姿调整能力。

7.2.2 测试条件

- a) 测试场地：长度不低于120m，场地空旷。
- b) 测试设备
 - 灭火：采用3台油盘（ $2.4\text{m} \times 2.4\text{m} \times 0.3\text{m}$ ）作为火源，间隔2m一字排开，每个油盘内盛装200L柴油或汽油，保证自由燃烧时间10min以上。
 - 冷却：以储罐罐壁为模型，选一块 $15\text{m} \times 20\text{m}$ 的长方形钢板（厚度不低于3mm），竖直设置。采用电加热装置加热钢板至 $150 \pm 10^\circ\text{C}$ ，在钢板背面加设3组温度传感器测量温度。也可选择退役的立式储罐为测试对象。

7.2.3 测试流程与步骤

按照图5所示预设行驶路径，开展精准喷射性能测试。

a) 灭火测试

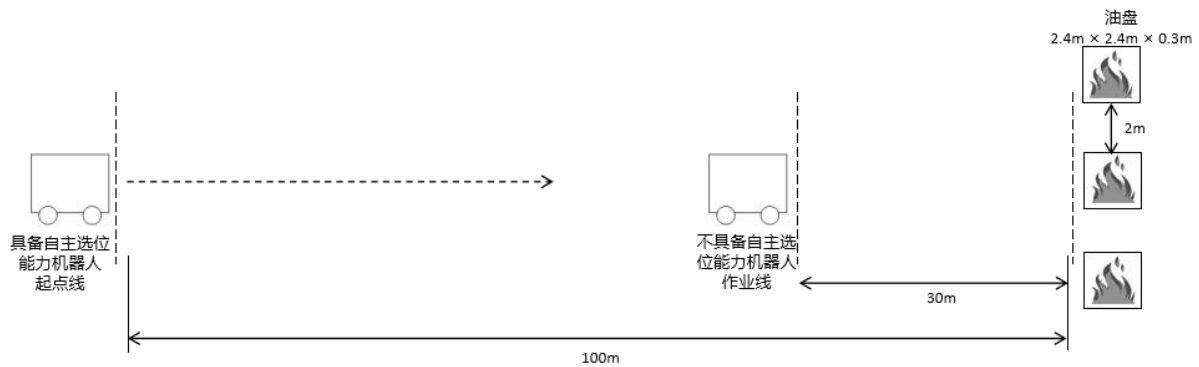
- 若机器人具备自主选位及调节站位能力，将3台油盘放置在消防灭火机器人前向水平距离100m的火源探测范围内；若机器人不具备自主站位及选位能力，将3台油盘放置在消防灭火机器人前向水平距离30m的火源探测范围内。
- 机器人连接好灭火介质供给装备。
- 点燃3台油盘。
- 启动目标检测与自主喷射模式，观察机器人是否具备依次扑灭3台油盘火的能力，记录各个动作响应时间、射流中心落入油盘中心的时间、完全灭火时间。
- 重复3次测试，每次测试前变换机器人的出发方向，测试其自我调整能力。

b) 冷却测试

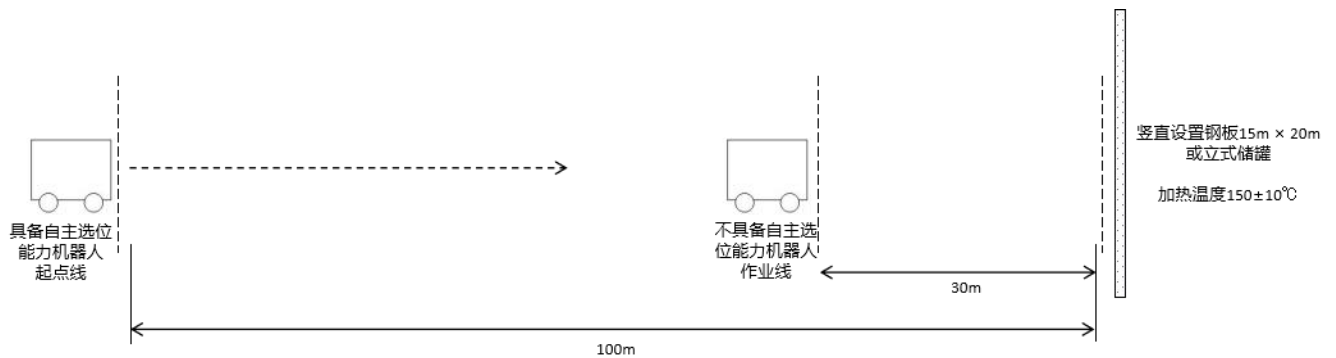
- 若机器人具备自主选位及调节站位能力，将消防灭火机器人放置于储罐或钢板前向水平距离100m的感温探测范围内；若机器人不具备自主站位及选位能力，将消防灭火机器人放置于储罐或钢板前向水平距离30m感温探测范围内。
- 机器人连接好消防水供给装备。
- 通过电加热装置加热储罐或钢板至 $150\pm 10^{\circ}\text{C}$ 后维持。
- 启动自主行进、目标检测与自主喷射模式，待水流喷射至储罐或钢板上后，关闭电加热装置。
- 观察机器人是否具备自主选择高温壁面、自主喷射、自动摆头降温的能力。测试消防炮的直流模式、雾化模式、开花模式等。
- 记录各个动作响应时间及降至常温时间。

7.2.4 测试结果

序号	测试情况	第一次	第二次	第三次	备注
	精准灭火				
	冷却防护				
	其他				



(a) 灭火性能测试



(b) 冷却性能测试

图5 精准喷射性能测试行驶路径图

7.3 续航与稳定性能力测试

7.3.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟长时间灭火作业条件，针对以电池为动力源的机器人进行续航能力测试。

7.3.2 测试条件

- 测试场地为 $200\text{m}\times 8\text{m}$ ，水泥或混凝土地面。
- 消防水带数根。

7.3.3 测试流程与步骤

- a) 将机器人电池充满电，处于待机状态。
- b) 在空载情况（无消防水带）下，机器人沿测试场地循环运动，直到自动停止工作，记录机器人持续工作时间。
- c) 在连接额定数量满水消防水带的情况下，机器人沿测试场地循环运动，直到自动停止工作，记录机器人持续工作时间。
- d) 针对设置机械臂的机器人，进行机械臂持续动作测试，重复循环指令动作，测试指定动作的稳定性及耐久性。
- f) 上述工况，重复测试 3 次。

7.3.4 测试结果

序号	测试情况	第一次	第二次	第三次	备注
	空载情况				
	满水消防水带情况				
	机械臂持续动作情况				
				

8 特殊功能测试

基于危化品典型事故场景特点，针对消防灭火机器人的附属功能开展测试。

8.1 清障功能测试

8.1.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟爆炸事故现场环境，考察消防灭火机器人在事故现场的地面清障能力。

8.1.2 测试条件

- a) 测试场地：50m×50m，水泥或混凝土地面。
- b) 障碍物：
 - 设备金属碎块（体积 0.4-0.8m³，重量 100-150kg，形状为正方体、长方体等）；
 - 金属管线（管径 300-500mm，长度 4-8m）；倒塌的设备（体积 1.4-2.0m³，重量 200-400kg）；
 - 地面零散杂物（单个杂物体积在 0.2-0.4m³，形状为球形、正方体、长方体、圆柱形等，设置 30-50 个杂物对象，堆积在集中区域。）

8.1.3 测试方法

- a) 将机器人设为自主工作模式，放置到测试场地。
- b) 在机器人前进方向的 30m 处，分别设置上述障碍物。
- c) 启动机器人进行清障测试，记录清障时间、轨迹选择合理性、残留物品数量。
- d) 重复测试 3 次。

8.1.4 测试结果

序号	测试情况	第一次	第二次	第三次	备注
	障碍物1				
	障碍物2				
	障碍物3				
				

8.2 破拆功能测试

8.2.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟爆炸事故现场环境，根据待测机器人的破拆类型和破拆能力，设置测试对象，测试机器人在危化品复杂事故场景下对障碍物的破拆能力。

8.2.2 测试条件

根据待测机器人的破拆类型和破拆能力，设置测试对象。

设备壁板：模拟危化品储罐、反应釜残骸壁板，采用 Q235 钢板，厚度为 4mm，尺寸 1.0m×0.8m，垂直安装在支架上。

混凝土砌块：模拟现场坍塌墙体碎片，采用 C30 混凝土浇筑，单块尺寸 0.6m×0.4m×0.3m，放置在水平地面上。

8.2.3 测试方法

a) 设备壁板破拆测试

- 将机器人启动，达到稳定工作状态。
- 测试人员遥控机器人进行壁板击穿作业，击穿孔径≥100mm，记录机器人的破拆动作精准度和破拆时间，考察破拆机械臂的动作强度、灵活性等。
- 每个工况重复 3 次测试。

b) 混凝土砌块破拆测试

- 将机器人启动，达到稳定工作状态。
- 测试人员遥控机器人进行混凝土破碎作业，破碎后最大块体尺寸≤50mm×50mm×50mm，记录机器人的破拆动作精准度和破拆时间，考察破拆机械臂的动作强度、灵活性等。
- 每个工况重复 3 次测试。

8.2.4 测试结果

序号	测试情况	第一次	第二次	第三次	备注
	设备壁板				
	混凝土砌块				

8.3 阀门开关功能测试

8.3.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟现场需手动开关阀门场景，考察消防机器人开关阀门能力。

8.3.2 测试条件

设置 DN80、DN150、DN300 阀门台架，阀体中心离地 1m。

8.3.3 测试方法

- a) 将机器人启动，达到稳定工作状态。
- b) 测试人员遥控机器人开关阀门作业，测试人员通过视频监控器进行操作，记录机器人的动作精准度和开关阀门时间。
- c) 人工确认阀门开、关程度。
- d) 每个工况重复 3 次测试。

8.3.4 测试结果

序号	测试情况	第一次	第二次	第三次	备注
	DN80				
	DN150				
	DN300				

				
--	-------	--	--	--	--

8.4 搬运重物功能测试

8.4.1 测试目的

基于危化品典型事故场景特点，模拟危化品桶、装载危化品的托盘等重物处置场景，考察消防机器人对各类重物的抓取、搬运稳定性及作业效率。

8.4.2 测试条件

a) 测试场地：50m×50m，水泥或混凝土地面；设置 1 个 10m×10m 的安全放置区域，放置区域与重物初始位置距离≥20m。

b) 测试设备

- 危化品桶：200L 标准铁桶（装载清水模拟危化品）；
- 托盘：标准塑料托盘（尺寸 1.2m×1.0m），装载袋装石英砂（模拟袋装危化品），单袋重量 25kg，共 4-6 袋，总重量 100-150kg；
- 小型设备部件：长方体金属块 0.5m×0.4m×0.3m（模拟危化品设备残骸），重量 80-100kg。

8.4.3 测试方法

a) 危化品桶搬运测试

- 启动机器人，切换至额定操作模式，将机器人部署在距离危化品桶初始位置 5m 处。
- 控制机器人自主（或遥控）行进至危化品桶旁，调整姿态，使抓取装置对准桶身，启动抓取动作，记录从机器人到达指定位置至完成抓取，桶身离开地面≥100mm，保持稳定无晃动的时间（即抓取时间）。
- 抓取完成后，控制机器人平稳行进至安全放置区域，全程保持重物稳定，不得出现倾斜、晃动、坠落等情况，记录从抓取完成至到达放置区域指定位置的时间（即搬运时间）。
- 调整机器人姿态，将危化品桶缓慢放置指定位置，确保桶身垂直、无倾斜、无滑动，完成放置后记录放置时间。
- 重复测试 3 次。

b) 装载托盘搬运测试

- 启动机器人，切换至额定操作模式，将机器人部署在距离装载托盘初始位置 5m 处。
- 控制机器人自主（或遥控）行进至托盘旁，调整姿态，使抓取装置对准托盘，启动抓取动作（夹具夹紧托盘或机械臂托举托盘），确保托盘平稳离开地面≥100mm，袋装物品无掉落，记录抓取时间。
- 抓取完成后，控制机器人平稳行进至安全放置区域，避免托盘倾斜、袋装物品掉落，记录搬运时间。
- 调整机器人姿态，将托盘缓慢放置指定位置，确保托盘水平、无滑动，袋装物品无掉落、无移位，记录放置时间。
- 重复测试 3 次。

c) 小型设备部件搬运测试

- 启动机器人，切换至额定操作模式，将机器人部署在在距离小型设备部件初始位置 5m 处。
- 控制机器人自主（或遥控）行进至设备部件旁，调整姿态，启动抓取动作，确保抓取牢固、无松动，记录抓取时间。
- 抓取完成后，控制机器人平稳行进至安全放置区域，全程保持设备部件稳定，记录搬运时间。
- 调整机器人姿态，将设备部件缓慢放置指定位置，确保放置平稳、无滑动，记录放置时间。
- 重复测试 3 次。

8.4.4 测试结果

科目	测试时间	第一次	第二次	第三次	备注
危化品桶搬运	抓取时间				
	搬运时间				
	放置时间				
.....				

附录 A
(资料性)
典型危险化学品处置场景说明

表 A 典型危险化学品处置场景说明

序号	场景类型	场景描述	主要风险点	备注
1	危化品储罐区火灾场景	主要涉及汽油、柴油、乙醇、甲醇等易燃液体储罐，或液化石油气、天然气等可燃气体储罐，单罐容积 50-1000m ³ ，储罐间距 8-15m，周边设有防护堤、消防管网及阀门井，火灾时伴随高温、浓烟，可能出现储罐泄漏、沸溢、喷溅。	储罐爆炸、火势蔓延、人员灼伤、有毒有害气体泄漏	含立式、卧式储罐场景，适用于储存类危化品企业
2	危化品生产装置区火灾场景	涉及反应釜、精馏塔、管线、泵阀等生产设备，设备密集，管线纵横交错（管径 50-300mm），地面多为混凝土或碎石路面，可能存在设备倒塌、管线断裂，火灾多为局部起火蔓延至整体。	设备爆炸、有毒介质泄漏、火势隐蔽蔓延、机器人行进受阻	适用于化工生产类企业，涵盖间歇式、连续式生产装置
3	危化品仓库火灾场景	单层或多层仓库，建筑面积 500-2000 m ² ，货架密集（层高 2-5m），存放易燃固体、液体、氧化剂等危化品，包装形式为桶装、袋装，堆码高度 1.5-3m，火灾时伴随浓烟、阴燃，可能出现货架倒塌。	火势隐蔽蔓延、有毒烟气积聚、货架倒塌掩埋、二次复燃	含普通仓库、防爆仓库场景，不适用于露天堆场
4	危化品装卸区火灾场景	铁路、公路装卸站台，设有装卸鹤管、泵组、阀门、计量设备，地面为混凝土路面，可能	泄漏扩散、火势快速蔓延、爆炸风险、人	适用于陆上危化品装卸作业区域，含桶装、罐装装卸

		有积水、油污，装卸过程中易发生危化品泄漏起火，火势多集中在鹤管、罐体接口处。	员中毒灼伤	
5	危化品事故泄漏扩散场景	储罐、管线、设备破裂导致危化品（易燃、有毒、腐蚀性）泄漏，泄漏量 50-500L，泄漏区域地面可能形成积液、结霜（低温介质），周边有防护堤、排水沟，未起火但存在燃爆、中毒风险。	泄漏扩散、燃爆隐患、人员中毒、设备腐蚀	含易燃、有毒、腐蚀性危化品泄漏，不含放射性危化品
6	危化品爆炸后现场场景	危化品储罐、装置爆炸后，现场设备倒塌、管线断裂、杂物散落（金属碎块、设备残骸），地面布满碎石、积水，可能有残留火源、有毒气体泄漏，通道堵塞严重。	二次爆炸、残留火源复燃、人员掩埋、有毒气体中毒	适用于各类危化品爆炸后的处置场景
7	危化品罐区阀门操作场景	储罐区阀门井、阀门组，设有 DN80-DN300 各类阀门（闸阀、球阀、蝶阀），阀门中心离地 0.8-1.2m，周边可能有积水、管线遮挡，事故时需快速开关阀门切断介质供应。	阀门操作失误、介质泄漏加剧、人员接触有毒介质	涵盖储罐区、装置区各类常用规格阀门
8	危化品重物搬运场景	事故现场有倾倒的危化品桶（200L 铁桶，重量 150-200kg）、托盘（装载袋装危化品，重量 100-150kg），需搬运至安全区域。	重物坠落、危化品泄漏、搬运过程中机器人倾倒	含危化品桶、装载托盘等常见重物类型

附录 B

(资料性)

破拆场景说明

表 B 破拆场景说明

序号	典型事故场景	现场主要破拆障碍物	破拆目的	备注
1	危化品储罐爆炸坍塌场景	储罐残骸壁板、罐体支架、断裂管线	清除储罐残骸，开辟救援通道，切断泄漏管线	场景常见于石油、化工储罐区事故
2	危化品仓库坍塌场景	坍塌墙体碎片、断裂梁柱、货架残骸	清除坍塌墙体及货架，搜救被困人员，转移危化品	场景常见于固体、液体危化品仓库事故
3	危化品反应釜爆炸场景	反应釜壁板、搅拌装置残骸、连接管线	破拆反应釜残骸，清除有毒有害介质泄漏隐患，开辟作业通道	场景常见于装置区事故
4	危化品运输车辆碰撞泄漏场景	车辆残骸、罐体破裂壁板、管线碎片	破拆车辆残骸，清理泄漏罐体，切断泄漏源	场景常见于危化品公路运输事故