



中华人民共和国国家标准

GB 35373—2017

氢氟烃类灭火剂

HFC fire extinguishing agents

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义、缩略语..... 1

4 通用要求 2

5 试验方法 2

6 检验规则..... 11

7 包装、标志、充装、运输和贮存 12



前 言

本标准的第4章、第6章和7.1~7.3为强制性的,其余为推荐性的。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国公安部提出并归口。

本标准负责起草单位:公安部天津消防研究所。

本标准参加起草单位:浙江省化工研究院有限公司、四川齐盛消防设备制造有限公司。

本标准主要起草人:李姝、马建明、庄爽、刘玉恒、刘慧敏、包志明、张彬、王帅、陈培瑶、史婉君、张毅。



氢氟烃类灭火剂

1 范围

本标准规定了氢氟烃类灭火剂的术语和定义、缩略语、通用要求、试验方法、检验规则、包装、标志、充装、运输和贮存。

本标准适用于氢氟烃类灭火剂。

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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 601 化学试剂 标准滴定溶液的制备

GB/T 603 化学试剂 试验方法中所用制剂及制品的制备

GB/T 3864 工业氮

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 5907.1 消防词汇 第1部分:通用术语

GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 7376 工业用氟代烷烃中微量水分的测定

GB/T 9722—2006 化学试剂 气相色谱法通则

GB 14193 液化气体气瓶充装规定

GB 14922.1 实验动物 寄生虫学等级及监测

GB 14922.2 实验动物 微生物学等级及监测

GB 14923 实验动物 哺乳类实验动物的遗传质量控制

GB 14924.3 实验动物 配合饲料营养成分

GB 14925 实验动物 环境及设施

GB 18614—2012 七氟丙烷(HFC227ea)灭火剂

GB/T 20285—2006 材料产烟毒性危险分级

GA 578—2005 超细干粉灭火剂

道路危险货物运输管理规定(交通部)

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 5907.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

氢氟烃类灭火剂 HFC fire extinguishing agent

只含有氢原子、氟原子的烃类灭火剂。以 HFC_{xyz} 或 HFC_{xyzfa} 或 HFC_{xyzfa} 表示。

注: HFC 表示氢氟烃; x 表示碳原子个数减1; y 表示氢原子个数加1; z 表示氟原子个数; f 表示中间碳原子的取代

基形式为—CH—；e 表示中间碳原子的取代基形式为—CHF—；a 表示两端碳原子的取代原子量之和的差为最小即最对称。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

LOAEL ——可观察到的生理学及毒性学副作用的最低浓度；

NOAEL ——观察不到的生理学及毒性学副作用的最高浓度；

TANK ——钢质卧式灭火剂储罐。

4 通用要求

4.1 一般要求

4.1.1 氢氟烃类灭火剂的性能应符合本标准。

4.1.2 氢氟烃类灭火剂生产企业应公布下列内容：

- a) 主要组分名称及产品中该组分的同分异构体名称及含量；
- b) 产品的 LOAEL 值和 NOAEL 值；
- c) 产品的灭火浓度,灭火浓度不应大于 7%。

4.2 技术要求

4.2.1 理化性能

氢氟烃类灭火剂理化性能应符合表 1 的规定。

表 1 氢氟烃类灭火剂理化性能

项 目		技术指标
纯度/%		≥99.6
酸度/(mg/kg)		≤3
水分/(mg/kg)		≤10
蒸发残留物/%		≤0.01
悬浮物或沉淀物		无混浊或沉淀物
毒性	麻醉性	无麻醉症状和特征
	刺激性	无刺激症状和特征

4.2.2 灭火性能

氢氟烃类灭火剂释放结束后 30 s 内火焰全部熄灭,且燃料盘、燃料罐内有剩余燃料。

5 试验方法

警示——试验方法规定的一些试验过程可能导致危险情况,操作者应采取适当的安全和健康防护措施。

5.1 一般规定

本标准所用试剂和水在没有注明其他要求时,均指分析纯试剂和 GB/T 6682—2008 中规定的三级水。

试验中所用标准溶液,在没有注明其他要求时,均按 GB/T 601、GB/T 603 的规定制备。

5.2 取样

5.2.1 取样钢瓶的处理方法

取样钢瓶在第一次使用前,需用水和适当的溶剂(如乙醇或丙酮)洗涤。洗净后,在 105℃~110℃电热鼓风干燥箱内烘 3 h~4 h,趁热将钢瓶抽真空至绝对压力不高于 1.3 kPa,并在此压力下保持 1 h~2 h,然后关闭钢瓶阀门以备取样。

在以后的每次取样前,应把钢瓶中残留的氢氟烃类灭火剂样品放空,仍然在 1.3 kPa 条件下抽真空 1 h,再灌入少量的准备要取的氢氟烃类灭火剂,继续在 1.3 kPa 条件下抽真空 1 h 以保持取样钢瓶的清洁和干燥。

5.2.2 取样方法

用一根干燥的不锈钢细管连接在氢氟烃类灭火剂钢瓶的出口阀上,不锈钢细管要尽可能短,稍稍开启钢瓶阀门,放出氢氟烃类灭火剂,冲洗阀门及连接管 1 min,然后将连接管的末端迅速与取样钢瓶阀门紧密连接。把取样钢瓶放在天平上(必要时,取样钢瓶可浸在冰盐浴中),将氢氟烃类灭火剂钢瓶的出口阀门打开,打开取样钢瓶阀门,使氢氟烃类灭火剂灌入其中。从天平指示出的重量变化来确定灌入样品的重量。取样结束后,先关闭取样钢瓶阀门,然后再关闭灌装氢氟烃类灭火剂的钢瓶阀门,拆除连接管。

5.3 纯度

5.3.1 设备

气相色谱仪:配有火焰离子化检测器(FID),符合 GB/T 9722—2006 中 6.3 规定的色谱条件下,以苯为试样,整机灵敏度以检出限 D 计,要求检出限 $D \leq 5 \times 10^{-10}$ g/s。

5.3.2 试验条件

推荐的色谱试验条件见表 2,其他能达到同等分离程度的色谱柱和色谱操作条件均可使用。

表 2 色谱试验条件

项 目	条 件	项 目	条 件
毛细管柱	30 m×320 μm 键合硅胶基多孔层开管柱	柱温/℃	初始温度 30℃,保持 4 min, 以 10℃/min 的速度从 30℃升温 到 200℃,保持 10 min
柱流量/(mL/min)	2.0	检测器温度/℃	300
进样口	分流/不分流进样口, 分流比 40:1	进样量/mL	1.0

表 2 (续)

项 目	条 件	项 目	条 件
进样口温度/℃	200	补偿气体 (氮气, $\geq 99.995\%$) 流量/(mL/min)	45
氢气($\geq 99.995\%$)流量/ (mL/min)	40	空气(经硅胶或分子 筛干燥、净化) 流量/(mL/min)	450

5.3.3 试验步骤

5.3.3.1 启动气相色谱仪,调节仪器,使仪器的条件稳定并符合要求。

5.3.3.2 将氢氟烃类灭火剂取样钢瓶接上取样管,放倒钢瓶,打开钢瓶阀门,排气 1 s~3 s,取液相汽化样进样分析。

5.3.3.3 采用面积归一化计算方法,计算氢氟烃类灭火剂的纯度。

5.3.4 结果

取三次平行测定结果的算术平均值为测定结果,各次测定的绝对偏差应不大于 0.05%。

5.4 酸度

5.4.1 原理

使试样气化、鼓泡进入实验室三级水中,吸收酸性物质,以溴甲酚绿为指示液,用氢氧化钠标准滴定溶液滴定,计算得出酸度(以 HCl 计)。

5.4.2 试剂、仪器

试验用试剂、仪器要求如下:

- 氢氧化钠标准滴定溶液:浓度为 0.01 mol/L;
- 溴甲酚绿指示液:浓度为 1 g/L;
- 电子天平:感量 1 g;
- 微量滴定管:最小分度值 0.01 mL;
- 多孔式气体洗瓶:容积 250 mL;
- 锥形瓶:容积 250 mL。

5.4.3 试验步骤

5.4.3.1 在三个多孔式气体洗瓶中分别加入 100 mL 实验室三级水,在第三个多孔式气体洗瓶中加入溴甲酚绿指示液 2 滴~3 滴,用导管串联。

5.4.3.2 擦干取样钢瓶及阀门,称量,准确至 1 g,将取样钢瓶阀门出口与第一个多孔式气体洗瓶连接,慢慢打开钢瓶阀门使液态样品气化后通过三个多孔式气体洗瓶,大约通入 100 g 试样后关闭钢瓶阀门,取下取样钢瓶,擦干,称量,准确至 1 g。

5.4.3.3 若第三个多孔式气体洗瓶中指示液未变色,继续下述步骤,否则重新进行试验。

5.4.3.4 将第一个和第二个多孔式气体洗瓶的水合并,移入锥形瓶,加入溴甲酚绿指示液 2 滴~3 滴,用氢氧化钠标准溶液滴定至终点。

5.4.4 结果

酸度按式(1)计算:

$$X = [C_{\text{NaOH}} \times V \times 0.036\ 5 / (m_1 - m_2)] \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

X ——氢氟烃类灭火剂的酸度(以 HCl 计),单位为毫克每千克(mg/kg);

V ——耗用氢氧化钠标准滴定溶液的体积,单位为毫升(mL);

C_{NaOH} ——氢氧化钠标准滴定溶液的实际浓度,单位为摩尔每升(mol/L);

m_1 ——试样吸收前取样钢瓶的质量,单位为克(g);

m_2 ——试样吸收后取样钢瓶的质量,单位为克(g)。

取两次平行测定结果的算术平均值为测定结果,两次平行测定结果的绝对差值不大于这两个测定值的算术平均值的 30%。

5.5 水分

水分的测定按 GB/T 7376 的规定进行。

5.6 蒸发残留物

5.6.1 原理

使样品蒸发,称取高沸点残留物的质量,计算得出蒸发残留物含量。

5.6.2 试剂、仪器

试验用试剂、仪器要求如下:

- a) 二氯甲烷:分析纯;
- b) 蒸发器:由蒸发管和称量管组成,如 GB 18614—2012 中图 1 所示;
- c) 恒温水槽;
- d) 电热鼓风干燥箱:可调节温度至 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- e) 天平:感量 0.1 mg。

5.6.3 试验步骤

5.6.3.1 将称量管在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的电热鼓风干燥箱中干燥约 30 min 后,在干燥器中冷却 45 min,称量称量管的质量 m_2 ,称准至 0.1 mg。将称量管与蒸发管连接。

5.6.3.2 称取冷却到不沸腾的试样约 500 g 于蒸发器内,将称量管一部分浸于恒温水槽中,使试样蒸发。恒温水槽的温度调节到试样可在 1.5 h~2.0 h 蒸发完毕。

5.6.3.3 试样气化结束后,在蒸发器中加入 10 mL 二氯甲烷,把称量管放在约 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温水槽中,使二氯甲烷气化,气化完成后,将称量管放在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的电热鼓风干燥箱中干燥约 30 min 后,在干燥器中冷却 45 min,称量称量管的质量 m_1 ,称准至 0.1 mg。

5.6.4 结果

蒸发残留物按式(2)计算:

$$Y = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100\%$$

.....(2)

式中：

Y ——蒸发残留物，%；

m_1 ——试样气化后称量管的质量，单位为克(g)；

m_2 ——称量管的质量，单位为克(g)；

m ——试样的质量，单位为克(g)。

5.7 悬浮物或沉淀物

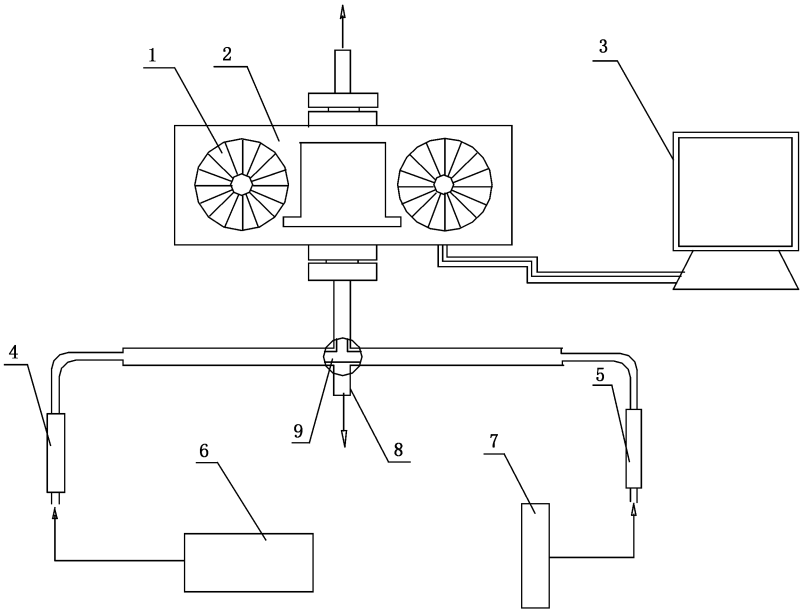
取不沸腾的冷却试样 10 mL 置于内径约 15 mm 的试管内，擦干试管外壁附着的霜或湿气，从横向透视观察是否有混浊或沉淀物。

5.8 毒性

5.8.1 试验装置

5.8.1.1 装置概述

毒性试验装置由灭火剂和空气供给系统、小鼠运动记录系统、小鼠转笼以及染毒箱等组成，如图 1 所示。



- 说明：
- 1——小鼠转笼；

2——染毒箱；

3——计算机；

4——流量计；

5——流量计；

6——空气源；

7——灭火剂样品；

8——排气口；

9——三通旋塞。

图 1 气体灭火剂毒性试验装置

5.8.1.2 小鼠转笼

小鼠转笼由铝制成,如 GB/T 20285—2006 中图 5 所示,转笼质量为 (60 ± 10) g;小鼠转笼在支架上应能灵活转动,无固定静置点。

5.8.1.3 染毒箱

染毒箱由无色透明的有机玻璃材料制成,染毒箱有效空间体积约 9.2 L,可容纳 10 只小鼠进行染毒试验。

5.8.1.4 灭火剂和空气供给系统

灭火剂和空气供给系统由灭火剂样品、空气源(瓶装压缩空气或空气压缩机抽取洁净的环境空气)、可调节的 2.5 级气体流量计及输气管线组成。

5.8.1.5 小鼠运动记录系统

小鼠运动记录采用红外或磁信号监测小鼠转笼转动的情况,每只小鼠的时间-运动图谱应能定性地反映每时刻转笼的角速度。

5.8.2 试验动物要求

5.8.2.1 试验动物应是符合 GB 14922.1 和 GB 14922.2 要求的清洁级试验小鼠。

5.8.2.2 试验小鼠应从取得试验动物生产许可证的单位获得,其遗传分类应符合 GB 14923 的近交系或封闭群要求。

5.8.2.3 从生产单位获得的试验小鼠应作环境适应性喂养,在试验前 2 d,试验小鼠体重应有增加,试验时周龄应为 5 周~8 周,质量应为 $21\text{ g}\pm 3\text{ g}$ 。

5.8.2.4 每个试验组试验小鼠为 8 只或 10 只。雌雄各半,随机编组。

5.8.2.5 试验小鼠饮用水应符合 GB 5749 要求;饲料应符合 GB 14924.3 要求;环境和设施应符合 GB 14925 的要求。

5.8.3 试验步骤

5.8.3.1 将小鼠按编号装笼并安放到染毒试验箱的支架上,盖合染毒箱盖。

5.8.3.2 开启灭火剂和空气供给系统并分别调节流量,使灭火剂和空气的混合气体中灭火剂浓度达到 5.10 中确认灭火浓度的 1.3 倍。

5.8.3.3 通过三通旋塞将初始 10 min 的混合气直接排放掉,然后旋转三通旋塞,让混合气进入染毒箱,试验开始。

5.8.3.4 试验进行 30 min,在此过程中观察和记录小鼠的行为变化。

5.8.3.5 30 min 试验结束,迅速打开染毒箱,取出小鼠。

5.8.4 试验现象观察

5.8.4.1 30 min 染毒期内观察小鼠运动情况:昏迷、痉挛、惊跳、挣扎、不能翻身、欲跑不能等症状。小鼠眼区变化情况:闭目、流泪、肿胀、视力丧失等。记录上述现象的时间和死亡时间。

5.8.4.2 染毒刚结束及染毒后 1 h 内应观察小鼠行为的变化情况并记录。

5.8.4.3 染毒后的 3 d 内,应观察小鼠各种症状的变化情况,每天记录各种现象及死亡情况。

5.8.5 毒性伤害性质的确定

5.8.5.1 实验小鼠出现下列症状和特征时,毒性判定为“麻醉”:

- a) 在染毒期中,小鼠有昏迷、痉挛、仰卧等症状出现;
- b) 小鼠运动图谱显示在染毒期中小鼠有较长时间停止运动或在某一时刻后不再运动的丧失逃离能力的特征图谱;
- c) 小鼠在 30 min 染毒期或其后 1 h 内死亡。

5.8.5.2 实验小鼠出现下列症状和特征时,毒性判定为“刺激”:

- a) 染毒期中小鼠寻求躲避,有明显的眼部和呼吸行为异常,口鼻黏液增多;
- b) 小鼠运动图谱显示小鼠几乎一直跑动;
- c) 小鼠染毒后 3 d 内行动迟缓、虚弱厌食或出现死亡现象。

5.9 灭火性能

5.9.1 试验条件

5.9.1.1 试验空间

试验空间的净体积应不小于 100 m^3 ,其长、宽均不小于 4 m,高度为 $3.7\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$,墙体、屋顶、门等应有足够的承受内压的强度。

试验空间若设泄压口,应设在 $3/4$ 空间高度以上或顶部。

5.9.1.2 试验仪器及材料

试验用仪器及材料要求如下:

- a) 氧浓度仪:分辨率不低于 0.1% ,应能连续采集和记录整个试验过程中封闭空间内的氧气浓度。M1 距离地面的高度与燃料盘的高度相等,水平距离燃料盘 $600\text{ mm} \sim 1\,000\text{ mm}$ 。M2 位于 M1 上方,垂直于 M1,高度为 $0.9H$ 。M3 位于 M1 下方,垂直于 M1,高度为 $0.1H$,如 GA 578—2005 中图 2 所示。
- b) 测温装置:K 型热电偶,直径 1 mm ,测温仪表时间常数不大于 1 s ,连续测量,测量范围 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +1\,200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。M4 位于燃料盘上方中心 100 mm 处,M5 位于四个燃料罐上方 50 mm 处。
- c) 压力变送器:精度不低于 0.5% ,距喷嘴距离不超过 1 m ,应能连续监控和显示喷嘴出口压力。
- d) 燃料盘:面积为 $0.25\text{ m}^2 \pm 0.02\text{ m}^2$ 的正方形钢质盘,高 106 mm ,壁厚 6 mm ,盘内加 12.5 L 燃料,油盘底部垫水,燃料面距盘口上沿至少 50 mm ,燃料盘底部距地面 600 mm ,可放置于房间内不被灭火剂直接喷射到的任何地方。
- e) 燃料罐:四个钢质的圆形试验罐。直径 $80\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$,高度不小于 100 mm ,壁厚不小于 2 mm ;燃料罐内放入 50 mm 燃料,底部垫水,燃料面距罐口上沿至少 40 mm 。四个罐放置在房间四角,距墙 50 mm 交点处,其中二个罐距地面不大于 300 mm ,另两个罐距房顶不大于 300 mm ,两两角对称放置。
- f) 正庚烷:初馏点 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, 50% 馏分点 $93\text{ }^{\circ}\text{C}$,干点 $96.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,密度($15.6\text{ }^{\circ}\text{C}/15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) 0.719 ,雷德(Reid)蒸汽压 13.79 kPa 。
- g) 电子秤:精度 200 g 。
- h) 秒表:分度值 0.1 s 。

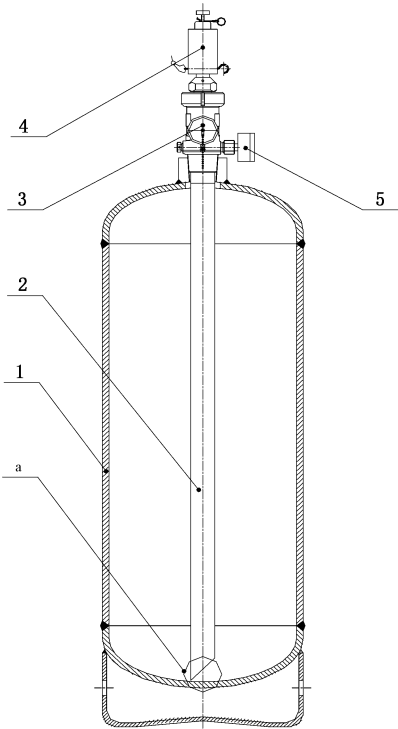
5.9.1.3 标准灭火装置

标准灭火装置要求如下：

- a) 动力源：高压氮气，氮气含水量不应大于 0.006%，并符合 GB/T 3864 的规定；
- b) 灭火剂储存钢瓶：储存钢瓶由容器阀、引伸管和电磁启动装置等组成，引伸管出口距离钢瓶底部距离为 1 mm~2 mm，钢瓶设计压力不小于 13.7 MPa，如图 2 所示；
- c) 容器阀：公称通径为 32 mm，结构为差压式，如图 3 所示；
- d) 灭火剂输送管路：通径 DN32、壁厚不小于 3.5 mm 的不锈钢管；
- e) 喷嘴：喷嘴带导流罩，等效单孔面积 59.87 mm²，共有 8 个喷孔，如图 4 所示。

5.9.1.4 灭火装置的安装

灭火剂钢瓶和氮气钢瓶置于试验房间墙壁外侧，用瓶组架固定。喷嘴置于试验房间内顶部中心、距顶部 300 mm 处，向下喷射。灭火剂钢瓶和喷嘴之间由输送管路连接。



说明：

- 1——灭火剂储存容器；
- 2——引伸管；
- 3——容器阀；
- 4——电磁驱动器；
- 5——压力表。

^a 引伸管与灭火剂储存容器的距离为 3 mm。

图 2 灭火剂储存钢瓶

单位为毫米

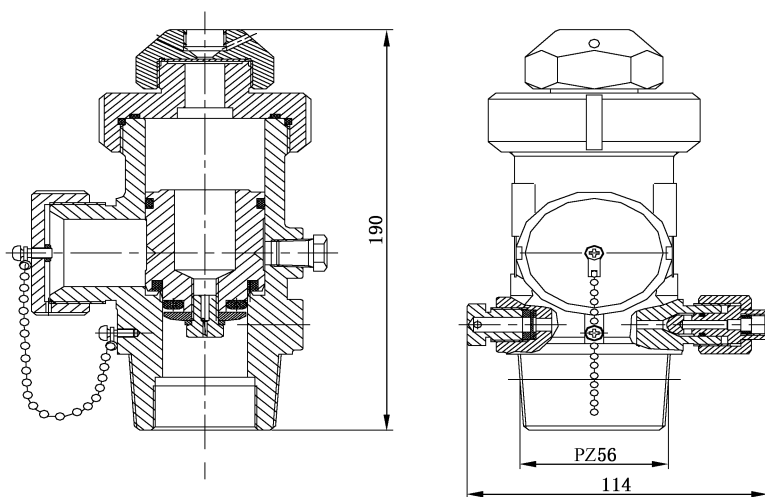
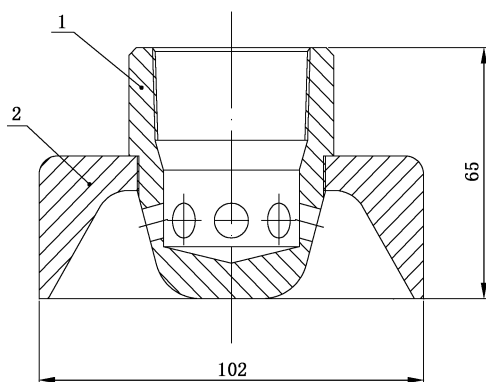


图 3 容器阀

单位为毫米



说明：

1——喷嘴；

2——导流罩。

图 4 喷嘴及导流罩

5.9.1.5 试验步骤

试验前试验空间内各测温点的温度应为 $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。灭火过程可用红外摄像机进行观察。

按生产企业公布的灭火浓度将氢氟烃类灭火剂充入灭火剂钢瓶。

将燃料盘、燃料罐按规定加好燃料，首先点燃四个燃料罐，然后点燃油盘，预燃 30 s。关闭试验室门（此时房间内氧浓度低于正常大气中氧浓度的值不得超过 0.5%），启动灭火装置，喷射过程需控制喷射时间为 8 s~10 s。

5.9.2 试验结果

灭火剂释放结束 30 s 内火焰全部熄灭，且燃料盘、燃料罐内有剩余燃料为灭火成功。

6 检验规则

6.1 检验类别

6.1.1 出厂检验

纯度、酸度、水分为出厂检验项目。

6.1.2 型式检验

第 4 章规定的全部项目为型式检验项目。有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品投产或老产品转厂生产;
- b) 正式生产后,产品的结构、材料、生产工艺等有较大改变,可能影响产品性能;
- c) 产品停产 1 年以上恢复生产;
- d) 发生重大质量事故;
- e) 质量监督机构依法提出要求。

6.2 抽样

6.2.1 按批抽样时应随机抽取不小于试验用量 1.5 倍的样品。贮槽装产品以一贮槽产品量为一批,钢瓶装产品以不大于 20 t 为一批。

6.2.2 型式检验样品应从出厂检验合格的产品中抽取。

6.3 结果判定

6.3.1 缺陷分类

缺陷分类见表 3。

表 3 缺陷分类

项 目		缺陷类型
纯度		A
酸度		A
水分		A
蒸发残留物		B
悬浮物或沉淀物		B
毒性	麻醉性	A
	刺激性	A
灭火性能		A

6.3.2 出厂检验

出厂检验项目中,纯度、酸度、水分任一项不合格,则判定出厂检验不合格。

6.3.3 型式检验

型式检验结果符合下列条件之一者,即判定该产品合格,否则判该产品不合格:

- a) 各项指标均符合第 4 章要求；
- b) 只有 1 项 B 类缺陷，其他项目均符合第 4 章相应要求。

7 包装、标志、充装、运输和贮存

7.1 包装

产品应采用外涂银白色油漆的专用钢瓶或 TANK 包装。

7.2 标志

包装外表面应用中英文标注产品名称，并应附有符合 GB/T 191—2008 规定的“怕晒”标志。每瓶产品都应附有产品合格证，合格证应标明产品名称、净重、批号、标准编号、生产日期、生产厂名称、生产厂地址等。

7.3 充装

灭火剂充装应符合 GB 14193 的规定，充装系数不得大于规定值。充装前应确保钢瓶内干燥与清洁。

7.4 运输

钢瓶和 TANK 为带压容器，在装卸运输过程中应轻装轻卸，戴好安全帽，不得撞击、拖拉、摔落和直接曝晒，并遵守交通部《道路危险货物运输管理规定》的有关规定。

7.5 贮存

钢瓶和 TANK 应贮存于通风、阴凉、干燥的地方，不得靠近热源，容器温度不得超过 52℃，避免雨淋日晒和接触腐蚀性物质等。空瓶或实瓶放置应整齐，佩戴好钢瓶帽。立放时，要妥善固定；横放时，头部朝一个方向，垛高不宜超过 5 层。

