

卤代烷 灭火系统

熊湘伟 徐才林 田如漪 唐祝华 编著

CF_3Br
1301

CF_2Br_2
1202

CF_2ClBr
1211

C_2F_4
240

CF_3Br
1301

上海科学技术出版社

$\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$
2402

卤代烷灭火系统

熊湘伟 徐才林 编著
田如漪 唐祝华

上海科学技术出版社

卤代烷灭火系统

熊湘伟 徐才林 编著
田如漪 唐祝华

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 常熟第七印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 11.825 字数 257,000

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—2,000

ISEN 7-5323-2703-5/TU·91

定价: 5.75 元

(沪)新登字 108 号

内 容 提 要

卤代烷灭火剂灭火能力强,对金属腐蚀作用小,不导电,长期储存不变质、不分解,不污损灭火对象。卤代烷灭火系统在气体消防中,具有突出的优越性。

本书全面介绍了卤代烷灭火系统的基础知识。详细论述了系统设置场所的要求;系统组件的选择与布置;灭火剂用量与管网流体计算;系统的操作控制方式;以及系统的安装、验收和维护等的注意事项和要求。资料丰富,说理清晰,有较高参考价值。

本书可供从事卤代烷灭火系统工程设计、安装、验收、使用、维护和消防产品设计、生产、检验、管理的工程技术人员及各大院校有关专业师生参考使用。

前 言

卤代烷灭火系统是一种具有很强灭火能力、能扑救多种类型火灾的现代化消防设施,大多用来防护像微波室、通信机房、变配电室、集成电路生产车间、电子计算机房等贵重设备室,以及珍贵图书、档案、文物资料库房等重要场所,在国内外得到广泛地应用。近10年来,我国在卤代烷灭火系统的基础研究、工程设计、产品开发和标准规范的制订等方面做了大量工作,取得了十分显著的成绩。但至今还没有一本全面论述这一重要消防设施的专门著作,给从事这一类灭火系统研究、设计、生产和管理人员带来诸多不便。

本书是作者在总结归纳多年来从事卤代烷灭火系统试验研究、产品开发、工程设计、规范编制的实践经验和吸收大量国内外最新科研成果的基础上编写的,可供从事消防系统工程研究、设计、管理和产品开发的工程技术人员使用参考。

本书由熊湘伟和徐才林任主编,1、2、3、4、8章由熊湘伟执笔,5、6、7、9章由徐才林执笔,10、11章由田如漪、唐祝华执笔。倪照鹏和程正军参加了部分章节的编写工作。

本书由公安部消防局李春镐、冯修远同志负责审稿。在本书编写过程中,曾得到公安部天津消防科学研究所甘家林、金洪斌,上海震旦消防设备总厂傅荣海,建设部建筑设计院赵世明,上海化工设计院梁淑兰、郑浩峰,上海市崇明县建设局黄汉达、倪诗道等同志;以及南京消防器材厂、浙江消防器材厂、天津第二消防器材厂、震旦消防设备总厂、天津跃进消防

器材厂等给予了很大支持。在此一并表示谢意。

编 者

1990年5月

目 录

第一章 卤代烷灭火剂	1
第一节 命名方法和灭火原理	1
第二节 物理化学性能和质量要求	3
第三节 毒性分析	17
第四节 其他危害	22
第二章 卤代烷灭火系统	28
第一节 系统的应用范围	28
第二节 系统的分类	34
第三节 系统的结构	38
第三章 卤代烷灭火系统的组件	47
第一节 贮存装置和贮存容器	47
第二节 容器阀和瓶头阀	54
第三节 选择阀	69
第四节 喷嘴	72
第五节 管道及管道附件	81
第四章 灭火剂用量计算	95
第一节 灭火剂总用量	95
第二节 全淹没系统设计灭火用量	96
第三节 全淹没系统灭火剂设计浓度	102
第四节 全淹没系统灭火剂的流失补偿量	119
第五节 局部应用系统灭火剂设计用量	135
第六节 灭火剂的剩余量	143
第五章 卤代烷1301管网流体计算	149
第一节 流动特性和计算方法	149
第二节 基本参数	153

第三节	压力损失计算公式	158
第四节	分流流量校正	169
第五节	管径和喷嘴孔口面积的计算	184
第六节	公式计算法的计算步骤及举例	193
第七节	图表计算法的计算步骤及举例	200
第六章	卤代烷1211管网流体计算	208
第一节	中期状态计算法	208
第二节	基本参数	209
第三节	压力损失计算	212
第四节	管径和喷嘴孔口面积的计算	217
第五节	喷射时间验算	223
第六节	计算步骤及举例	228
第七章	计算机在设计计算中的应用	247
第一节	卤代烷 1301 灭火系统	247
第二节	卤代烷 1211 灭火系统	260
第八章	防护区的设置要求	289
第一节	全淹没系统防护区	289
第二节	局部应用系统防护区	305
第九章	系统的操作与控制	307
第一节	操作与控制程序	307
第二节	基本要求	312
第三节	贮存容器的启动	315
第十章	系统的安装、验收与维护	321
第一节	安装	321
第二节	验收	344
第三节	维护	351
第十一章	安全要求	355
第一节	安全应用浓度	355
第二节	人员安全防护	360

第一章 卤代烷灭火剂

第一节 命名方法和灭火原理

一、命名方法

卤代烷是以卤素原子取代烷烃类化合物分子中部分或全部氢原子后所生成的一类有机化合物的总称。一些低级烷烃的卤代化合物具有不同程度的灭火能力，通常将这些具有灭火能力的卤代化合物统称为卤代烷灭火剂。卤代烷灭火剂分子中的卤素原子一般指氟、氯、溴三种原子。氟原子能使该化合物稳定，减小毒性，降低沸点及增加热稳定性；氯和溴原子，特别是溴原子，能提高该化合物的灭火能力、提高其沸点，但其毒性增加，热稳定性降低。卤代烷化合物的种类很多，但用做灭火剂的主要只有二氟一氯一溴甲烷、三氟一溴甲烷、二氟二溴甲烷、一氯一溴甲烷和四氟二溴乙烷。

由于卤代烷灭火剂的化学名称繁杂，不便于书写和记忆，国际上通常采用美国海军提出的命名原则，即用四个阿拉伯数字依次代表卤代烷化合物分子中所含的碳、氟、氯、溴原子数，如果末位是零则略去。卤代烷灭火剂的化学式及代号分别为：

二氟一氯一溴甲烷	CBrClF_2	卤代烷 1211
三氟一溴甲烷	CBrF_3	卤代烷 1301
四氟二溴乙烷	$\text{CBrF}_2 \cdot \text{CBrF}_2$	卤代烷 2402
二氟二溴甲烷	CBr_2F_2	卤代烷 1202

一氯一溴甲烷

CH_2BrCl

卤代烷 1011

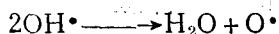
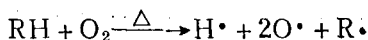
这五种灭火剂，以卤代烷 1301 应用最广泛，1211 次之，其他三种较少应用。

二、灭火原理

采用卤代烷灭火剂灭火有两大优点，一是灭火速度快，当防护区内的灭火剂浓度达到临界灭火值时，火焰将在极短的时间内被扑灭；二是用量少，对一般物质的火灾，仅用 5% 体积浓度的灭火剂就能扑灭。

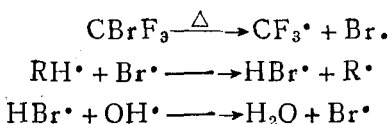
卤代烷灭火剂主要是能通过抑制燃烧的化学反应过程，使燃烧反应中断而达到灭火的目的。其作用是靠灭火剂接触火焰或高温表面时分解产生的活性游离基，夺取燃烧连锁反应过程中生成的活性物质，从而使燃烧连锁反应的链传递中断而灭火。这就是说，卤代烷灭火剂在燃烧的化学反应过程中起着负催化作用。一般将这种灭火机理称之为游离基理论。这一理论流传较广，它对卤代烷灭火剂的灭火过程描述如下：

烃类物质 RH 在空气或氧气中燃烧时，产生活性游离基 $\text{R}\cdot$ 、氧原子 $\text{O}\cdot$ 、氢原子 $\text{H}\cdot$ 和 $\text{OH}\cdot$ 基团，即：



后一步反应放出大量热并生成 $\text{O}\cdot$ ，若不加入卤代烷灭火剂，这一连锁反应将自动进行下去。当加入卤代烷灭火剂后，通过灭火剂与火焰或高温表面接触分解出 $\text{Br}\cdot$ ， $\text{Br}\cdot$ 与 $\text{OH}\cdot$ 基团再进一步反应，生成 H_2O 和新的 $\text{Br}\cdot$ ，则 $\text{OH}\cdot$ 基团被除

去。以卤代烷 1301 灭火剂为例,基反应过程如下:



生成新的 $\text{Br}\cdot$ 再与更多的可燃物质进行化学反应,如此不断持续下去,活性基 $\text{O}\cdot$ 、 $\text{H}\cdot$ 和 $\text{OH}\cdot$ 均被除去,燃烧反应便会停止。由于这一连锁反应的速度极快,因而卤代烷灭火剂的灭火效率是很高的。

第二节 物理化学性能和质量要求

卤代烷 1301 和 1211 属液化气体型,而卤代烷 2402 则为易挥发液体型。前两种灭火剂的沸点低于 0°C , 常温条件下为气态,加压或致冷后可以液化贮存在压力容器内。它们的蒸气压较高,喷入防护区后迅速气化,易于均匀分布。卤代烷 2402 的沸点较高,常温条件下为液态。卤代烷灭火剂的化学性能稳定,在正常情况下长期贮存可达 20 年之久。

一、卤代烷 1301 灭火剂

1. 主要物理性能

卤代烷 1301 灭火剂的主要物理性能如表 1-1 所示。

表 1-1 卤代烷 1301 的物理性能

分子量	118.9
沸点(在 0.1013MPa 压力下)	-57.8°C
冰点(在 0.1013MPa 压力下)	-168°C

(续表)

临界温度	67℃
临界压力	3.95MPa
临界比容	0.00134m ³ /kg
液体密度(20℃)	1575kg/m ³
气体密度(0.1013 MPa 和 20℃)	6.29kg/m ³
气体比容(0.1013MPa 和 20℃)	0.159m ³ /kg
液体比热容(25℃)	870J/kg·K
气体比热容(0.1013MPa和25℃)	468J/kg·K
液体导热系数(25℃)	0.0431W/m·K
液体粘度(25℃)	1.59×10 ⁻⁵ Pa·s
气体粘度(25℃)	1.63×10 ⁻⁶ Pa·s
表面张力(25℃)	0.004N/m
相对介电常数(0.1013MPa 和 25℃, 氮气=1.00)	1.83
液体折射率(25℃)	1.238
液体绝缘电阻率(20℃)	69.0×10 ¹² Ω·cm
气体绝缘电阻率(20℃)	68.7×10 ¹² Ω·cm
绝缘击穿电压	32kV
水在卤代烷1301中的溶解度 (0.1013 MPa 压力和 25℃)	0.01%重量比
卤代烷 1301 在水中的溶解度 (0.1013 MPa 压力和25℃)	0.03%重量比

• 书中未注明者均为绝对压力,下同。

2. 液体密度

卤代烷 1301 灭火剂的液体密度与温度的关系见表1-2。

表 1-2 1301的液体密度与温度的关系

温度(℃)	液体密度(kg/m ³)	温度(℃)	液体密度(kg/m ³)
-60	2000	10	1640
-55	1980	15	1610
-50	1960	20	1570
-45	1940	25	1540
-40	1910	30	1500
-35	1890	35	1460
-30	1860	40	1410
-25	1840	45	1360
-20	1810	50	1300
-15	1790	55	1240
-10	1770	60	1150
-5	1730	65	1000
0	1700	67	745
5	1670		

3. 蒸气比容与蒸气压力

卤代烷 1301 灭火剂的蒸气比容和蒸气压力均随温度升高而增加。

蒸气比容可用下式计算,亦可见图 1-1。

$$\mu = 0.14781 + 0.000567\theta \dots \quad (1-1)$$

式中: μ ——卤代烷 1301 在 0.1013 MPa 压力下的蒸气比容, m³/kg;

θ ——蒸气温度, ℃。

蒸气压力与温度的关系见图 1-2。

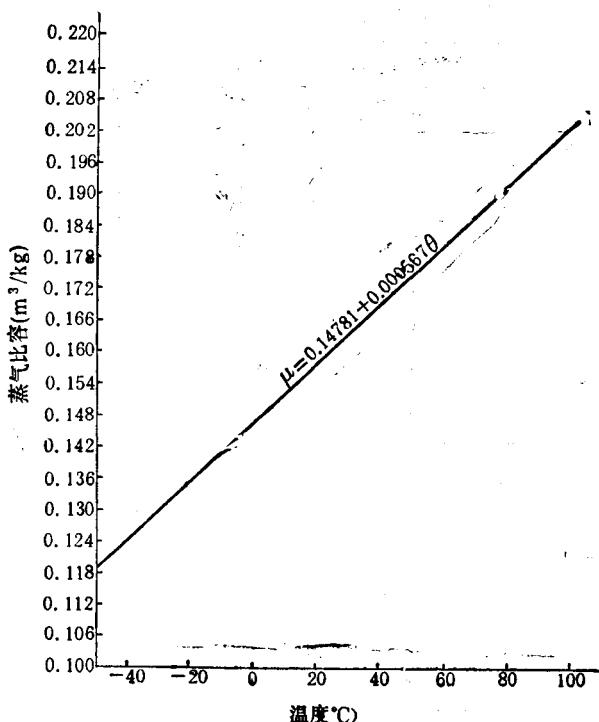


图 1-1 卤代烷 1301 蒸气比容(在 0.1013MPa 压力下)

4. 氮气在卤代烷 1301 中的溶解性

在常温条件下,卤代烷 1301 的蒸气压力可达 1.4MPa 左右,依靠自身的蒸气压可以从贮存的容器中施放出来;但是随着温度的降低,蒸气压力会急骤下降,例如到 -40°C , 蒸气压力仅 0.22MPa 左右,凭着这样低的蒸气压,则难以迅速施放灭火剂。因此,通常将高压氮气加到贮存卤代烷 1301 的容器内去增压,以保证灭火剂能快速地施放到防护区。

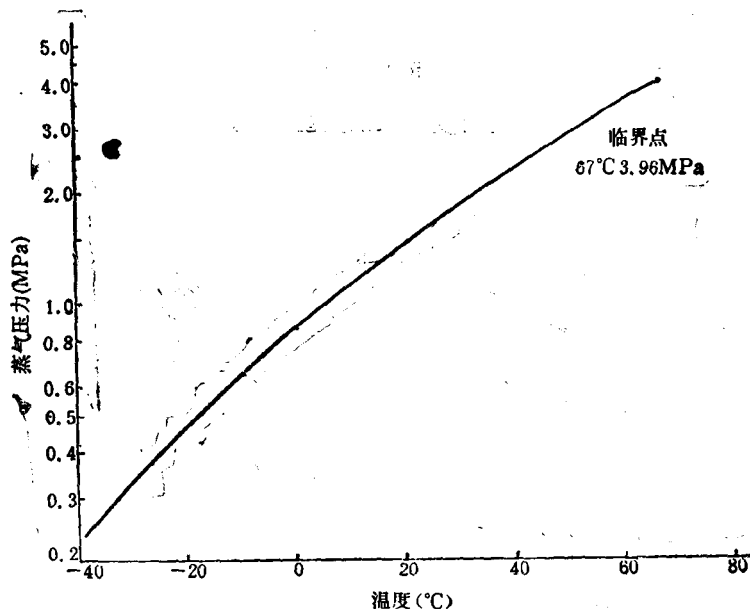


图 1-2 卤代烷 1301 的蒸气压力与温度的关系

用氮气加压，是因为氮气不助燃，而且它在液态卤代烷 1301 中溶解度较低。氮气的溶解度与其压力和温度有关，可用下式计算：

$$x_n = \frac{p_n}{H_x} \quad (1-2)$$

式中： x_n ——氮气在液态卤代烷 1301 中的浓度，mol；

p_n ——氮气分压，MPa(表压)；

H_x ——亨利常数，MPa/mol。

贮存容器中的氮气分压可用下式计算。

$$P_n = p - (1 - x_n)p_v \quad (1-3)$$

式中： P ——贮存容器内压力，MPa(表压)；
 p_v ——卤代烷 1301 的蒸气压力，MPa。

亨利常数 H_x 与温度的关系见图 1-3。

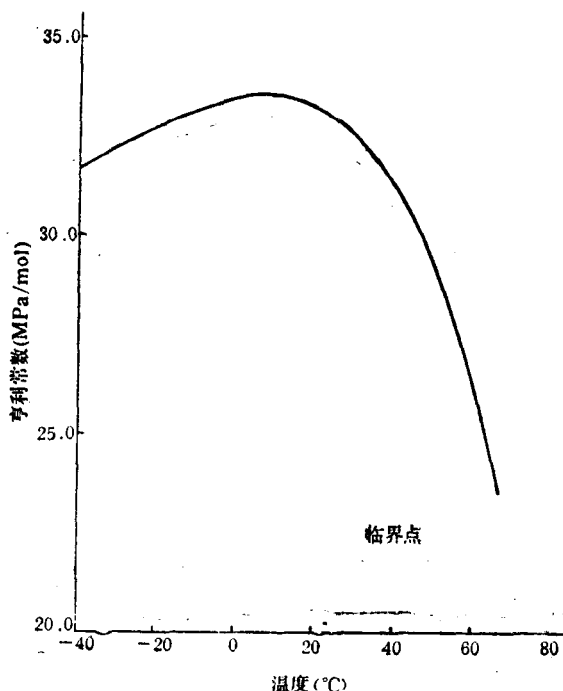


图 1-3 亨利常数与温度的关系

二、卤代烷 1211 灭火剂

1. 主要物理性能

卤代烷 1211 灭火剂的主要物理性能如表 1-3 所示。

表 1-3 卤代烷 1211 的物理性能

分子量	156.4
沸点(在 0.1013 MPa 压力下)	-3.4℃
冰点(在 0.1013 MPa 压力下)	-160.5℃
临界温度	153.8℃
临界压力	4.206MPa
临界比容	$1.403 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$
临界密度	713kg/m ³
液体密度(20℃)	1.830kg/m ³
气体密度(0.1013 MPa 和 20℃)	7.14kg/m ³
气体比容(0.1013MPa 和 25℃)	0.140m ³ /kg
液体比热容(0.1013MPa 和 25℃)	775J/kg·K
气体比热容(0.1013MPa 和 25℃)	452J/kg·K
液体导热系数(25℃)	0.1159W/m·K
液体粘度(25℃)	$3.4 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
气体粘度(25℃)	$1.3 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
表面张力(25℃)	0.0165N/m
相对介电常数(0.1013 MPa 和 25℃) 氮气=1.00	2.7
绝缘电阻率(20℃)	$90 \times 10^{12} \Omega\cdot\text{cm}$
汽化热(沸点)	134kJ/kg

2. 液体密度

卤代烷 1211 灭火剂的液体密度与温度的关系见表1-4。

3. 蒸气比容与蒸气压力

蒸气比容可用下式计算,也可查图 1-4。