



新型气体灭火系统 (卤代烷替代物) 设计手册

蒋彦胤 雷志明 编著
蒋永琨 王世杰 审核

722
3.13
8

中国环境科学出版社

86.6.722
TV998-13

59228

新型气体灭火系统 (卤代烷替代物) 设计手册

蒋彦胤 雷志明 编著
蒋永琨 王世杰 审核

中国环境科学出版社

• 北 京 •

图书在版编目(CIP)数据

新型气体灭火系统(卤代烷替代物)设计手册/蒋彦胤, 雷志明编著. -北京:中国环境科学出版社, 1999. 6

ISBN 7-80135-778-7

I. 新… II. ①蒋… ②雷… III. 灭火剂, 气体-设计-技术手册 IV. TU998.13-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 06591 号

中国环境科学出版社出版发行

(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)

北京市通县永乐印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 4 月 第 一 版 开本 787×1092 1/32

1999 年 8 月 第二次印刷 印张 4 3/8 插页 1

印数 1 001—3 000 字数 98 千字

定价:9.80 元

前 言

国际社会为保护大气臭氧层而签署的《保护臭氧层维也纳公约》、《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书（修订本）》等国际公约即将于 2005 年在我国生效，届时，对大气臭氧层具有极强的破坏作用的卤代烷（Halon）“1301”和“1211”灭火系统将被禁止使用，开发和推广使用新型气体灭火系统已经迫在眉睫。本手册收录的 EBM 气溶胶灭火系统、高压和低压二氧化碳（CO₂）灭火系统、烟烙尽（Inergen）灭火系统及七氟丙烷（FM-200）灭火系统是目前国际上流行的四种替代卤代烷（Halon）的气体灭火系统，其中，除了高压二氧化碳（CO₂）灭火系统应用历史较长以外，其余均为新型气体灭火系统，目前我国已经逐步得到推广和使用。本手册详细地介绍了这四种灭火剂的性质、灭火机理、对环境的影响以及灭火系统的设计计算方法，具有全面、新颖、实用的特点，是国内第一本关于替代卤代烷的新型气体灭火系统的设计手册。本手册是消防设计人员和消防建审人员一部理想的工具书，也是与消防和环境保护有关的科研人员和在校师生一部理想的参考书。

本手册是在山西安华灭火器材有限责任公司、美国安素（ANSUL）公司、天津消防科学研究所的有关技术资料的基础上编写而成。其中，第一、三、四、五章由雷志明高级工程师编写，第二章由蒋彦胤研究员级高级工程师编写，蒋永琨高级工程师和王世杰高级工程师共同审阅。在手册编写

过程中，得到了山西安华消防器材有限责任公司、美国安素公司北京代表处等有关各方的大力支持，中国航空工业规划设计研究院陆新生工程师也协助编者做了大量的工作，在此表示衷心地感谢！

编者

1999年2月14日

目 录

1 概述.....	(1)
1.1 气体灭火系统发展概况.....	(1)
1.2 设置气体灭火系统的场所.....	(6)
1.3 气体灭火系统的类型与选择.....	(8)
2 EBM 气溶胶灭火系统	(13)
2.1 EBM 气溶胶的性质、灭火机理及应用范围	(13)
2.2 系统的构成和控制方式.....	(18)
2.3 系统设计的基本要求.....	(21)
2.4 系统设计计算.....	(24)
3 烟烙尽 (INERGEN) 灭火系统	(30)
3.1 烟烙尽 (INERGEN) 的性质、灭火机理和 适用范围.....	(30)
3.2 系统的构成和控制方式.....	(32)
3.3 系统设计的基本要求.....	(36)
3.4 系统设计计算.....	(39)
4 七氟丙烷 (FM-200) 灭火系统	(54)
4.1 七氟丙烷的性质、灭火机理和应用范围	(54)
4.2 系统的构成和控制方式.....	(55)
4.3 系统设计的基本要求.....	(59)
4.4 系统设计计算.....	(62)
4.5 系统主要组件.....	(74)
5 二氧化碳灭火系统.....	(81)

5.1	二氧化碳的性质、灭火机理和应用范围	(81)
5.2	系统的构成和控制方式	(83)
5.3	系统设计的基本要求	(87)
5.4	全淹没系统设计计算	(99)
5.5	局部应用系统设计计算	(122)
5.6	系统主要设备和组件	(126)

1 概 述

1.1 气体灭火系统发展概况

在各种气体灭火剂中，卤代烷（Halon）“1211”和“1301”灭火剂以其灭火效率高、安全洁净、毒性低、腐蚀性小、储存时间长、适用性广等优点而得到了广泛和长期的应用。80年代初期，研究人员发现，卤代烷灭火剂以及氟氯烃（CFC）制冷剂、喷雾剂、发泡剂等对大气臭氧层造成了明显的耗损破坏，为了保护人类赖以生存的大气臭氧层，在世界环保组织的推动下，联合国环境规划署组织召开了多次国际会议，从1985年起，先后通过了多项关于保护臭氧层的国际条约。目前，卤代烷（1301）灭火剂已在美国 and 很多发达国家停止生产和使用；发展中国家（包括中国）也在相继制定停止生产和使用卤代烷灭火剂的计划。我国政府于1989年批准加入了《保护臭氧层维也纳公约》，1989年又批准加入了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书（修订本）》，并制定了中国削减臭氧层耗损物质国家方案。根据方案要求，公安部中国消防行业卤代烷替代转轨工作领导小组已制定《中国淘汰卤代烷战略研究》，中国拟定于2005年停止生产和使用卤代烷灭火剂，公通字（1994）第94号文件《关于在非必要场所停止再配置卤代烷灭火器的通知》中亦对卤代烷灭火剂的使用作了必要的限制，1996年公安部颁布的《卤代烷替代品推广应用的规定》对可以使用的几种卤代烷替代品作了明

明确规定，为新型环保灭火剂的推广应用提供了法律依据。另外，全球气候变暖所造成的危害也越来越受到各国政府和科学家们的普遍关注，准备采取或已经采取了相应对策，以减少因过量排放二氧化碳而引起的温室效应。

几年来，世界各国的科学家和工程技术人员都在积极寻找替代卤代烷的新型气体灭火剂，并在下列几个方面取得了一定的进展：

(1) 积极开发新型环保灭火剂，如 EBM 气溶胶、烟烙尽 (IG541，美国商标名称 INERGEN) 灭火剂等。

(2) 继续寻找符合环保要求的卤代烃类灭火剂，如七氟丙烷 (HFC227ea，美国商标名称 FM-200)。

(3) 继续发展和完善原有惰性气体灭火系统，改进原有系统之不足。如低压二氧化碳灭火系统。

美国《洁净气体灭火系统标准》(NFPA2001，1994 年版) 认可的 8 种卤代烷候选替代物与卤代烷“1301”性能参数综合比较见表 1-1。

在评价气体灭火剂时通常应遵循下列 10 项原则：① 蒸发后无残留物；② 对大气臭氧层的损耗潜能值 (ODP) 小，甚至为 0；③ 具有较好的灭火性能；④ 低毒或无毒；⑤ 合成物在大气中存留寿命 (ALT) 短；⑥ 温室效应潜能值 (GWP) 小，甚至为 0；⑦ 具有良好的气相电绝缘性；⑧ 具有良好的稳定性，能够长期储存；⑨ 用量宜接近于卤代烷“1301”；⑩ 价格不宜过高，经济合理。

这 10 项原则中前 4 项比较重要，可以作为评价气体灭火剂的主要依据。

上面提到的 EBM 气溶胶、烟烙尽 (IG541，美国商标名称 INERGEN)、七氟丙烷 (HFC227ea，美国商标名称 FM-200) 以及二氧化碳灭火剂，除了已经广泛采用的二氧化碳灭

表 1-1 8 种卤代烷候选替代物与卤代烷“1301”性能参数综合比较

参数项(条件)	量纲	FC ₃ - 1-10	HBFC 22B ₁	HCFC 混 合料 A	HCFC 124	HFC 125	HFC 227ea	HFC 23	IG 541	H 1301
化学式(组分)		C ₄ F ₁₀	CHF ₂ Br	见注 1	CHFClCF ₃	CHF ₂ CF ₃	CF ₃ CHFCF ₃	CHF ₃	见注 2	CF ₃ Br
商标名(别名)		CEA 410	H 1201	NAFS3	- FE 241	FE25	FM200	FH13	Inergen	Halon
分子量		238.0	130.9	92.9	136.5	120	170.0	70.0	34.0	148.9
沸点(1 atm)	℃	-2.0	-15.5	-38.3	-11.0	-48.5	-16.4	-82.1	-196.0	-57.8
冰点	℃	-128.2	-145.0	-107.2	-198.9	-102.8	-131.0	-155.2	-78.5	-168.0
临界温度	℃	113.2	138.8	124.4	122.2	66.0	101.7	25.9		67.0
临界压力	kPa	2323	5132	6047	3614	3595	2912	4856		3960
临界比容	cc/male	371	169	162	242	210	274	133		200
临界密度	kg/m ³	629	775	577	565	571	621	525		745
液体比热 (25℃)	kJ/(kg·℃)	1.047	0.813	1.256	1.130	1.260	1.184	1.549		0.208 cal/ (g·℃)
蒸气比热 (1 atm, 25℃)	kJ/(kg·℃)	0.804	0.455	0.670	0.741	0.800	0.808	0.737	0.574	0.112 cal/ (g·℃)

续表

参数项(条件)	量纲	FC-3 1-10	HBFC 22B ₁	HCFC 混合料 A	HCFC 124	HFC 125	HFC 227ea	HFC 23	IG	H
达沸点时的汽 化潜热(在环境 25℃时试)	kJ/kg	96.3	172.0	225.6	194.0	164.7	132.6	239.6	220.0	28.38 cal/g
液体热导率 (25℃)	W(m·℃)	0.0537	0.0830	0.0900	0.0722	0.0651	0.0690	0.0779		0.0372 kcal/ (m·h·℃)
液体粘度 (25℃)	cP	0.324	0.0280	0.210	0.299	0.145	0.226	0.083		0.150
相对介电强度 (1 atm, 25℃)	N ₀ =1.00	5.25	1.35	1.32	1.55	0.96 (20℃)	200	1.04	1.03	1.83
水在灭火剂中的 溶解度(21℃)	ppm (重量比)	10	500	1200	700 (25℃)	700 (25℃)	600	500 (10℃)	150	100
蒸气压(25℃)	kPa	289.6	431.3	948.0	386.0	1371.0	457.7	4480.0 (20℃)	15200.0	1650.0
储存压力 (20℃)	kPa	2500	2500	2500	1400	1200	2500	4200	15000	2500
储存容器										
最小工作压力	kPa	3500	3500	3500	1680	2240	3500	12600	15500	
最大充装密度	kg/m ³	1280	1630	899	1135	925	1150	86		1125
杯式法灭火浓 度(改正庚烷 火, F _{enul})	%, v/v	5.5	3.9	7.2(ulc)	6.4	8.1	5.8	12.0	29.1 (AnsuL)	3.0

续表

参数项(条件)	量纲	FC ₃ - 1-10	HBFC 22B ₁	HCFC 混合料 A	HCFC 124	HFC 125	HFC 227ea	HFC	IG	H
最小设计灭火 浓度	% ,v/v	6.0	5.0	15.4	8.5	10.9	7.0	16.0	35.0	5.0
惰化、抑爆浓 度(对丙烷)	% ,v/v	10.3	11.7	11.8	12.0	15.7	11.5	20.2	49.0	6.0
毒 LC ₅₀ 或 性 ALC	% ,v/v	>80.3	10.8	64.0	23.0~ 29.0	>70.0	>80.0	>65.0	>80.0	>80.0
数 NOAEL	% ,v/v	40.0	2.0	10.0	1.0	7.5	9.0	50.0	43.0	5.0
据 LOAEL	% ,v/v	>40.0	3.9	>10.0	2.5	10.0	10.5	>50.0	52.0	7.5
ODP	CFC ₁₁ = 1.00	0	0.74	0.05	0.02	0	0	0	0	16
GWP _a	CFC ₁₁ = 1.00	0.80		0.13	0.10	0.84	0.3~0.5	1.32		2.0
GWP _b	100 (V _s CO ₂)	5500		1600	440	3400	2050	9000		4900
大气中存活 寿命	年	2600	9	16	7	41	31	280	0	77
UNEP 拟淘汰 年限			1996 年	2030 年 (欧洲 2015 年)						1994 年欧美 停止生产

注 1: 含 HCFC22 82%, HCFC124 9.5%, HCFC123 4.75%, 萘烯 3.75%。

注 2: 含 N₂52%, Ar 40%, CO₂8%。

火剂以外，其它三种灭火剂是我国有关部门拟推荐采用的新型气体灭火剂，与众多的气体灭火剂比较，它们具有各自独特的性能和诸多的优点。其中，EBM 灭火剂是我国独立开发出的一种新型灭火剂，目前已经通过公安部门的鉴定。烟烙尽（INERGEN）和七氟丙烷（FM-200）灭火剂也是新研制出的灭火剂，它们均已通过美国 UL-1058 标准认可和 FMRC 检测，并列入美国《洁净气体灭火系统标准》（NFPA2001，1994 年版）。二氧化碳灭火剂应用时间最长，其良好的灭火性能已经得到实践的认证。这四种灭火剂的共同点是满足了联合国环境规划署对大气臭氧层潜能耗尽值 $ODP=0$ 的要求，其它指标则各具特色。除环保指标外，它们的综合性能均不如卤代烷 1301 灭火剂。这也是目前世界各国尚未确定哪种产品作为卤代烷（Halon）“1301”和“1211”灭火剂替代产品的主要原因之一。在实际工作中，究竟选择哪种灭火剂，用户应根据自己的实际情况，经过认真的调查研究，综合比较并征求当地消防部门意见再作决择为宜。本书以这四种气体灭火剂为主，介绍气体灭火系统的设计和计算。

1.2 设置气体灭火系统的场所

目前采用的气体灭火剂基本上都是高效、洁净的灭火剂，它们的电绝缘性很好，具有较强抑制电弧产生的能力，可扑救带较高电压设备的火灾，而水和泡沫灭火剂是不能用来扑救带电设备火灾的。气体灭火剂的灭火速度也是其它类型的灭火剂所无法比拟的。气体灭火系统主要用于保护一些重点或要害部位。一个防护区是否需要设置气体灭火系统，应根据防护区的具体情况对各种灭火设施进行全面比较后确定。通常可遵循下列几项原则：

- 1) 该防护区要求使用不会污染被保护物的“洁净”灭火

剂。

2) 该防护区有电气火灾危险,要求使用不导电的灭火剂。

3) 防护区内有贵重的设备和物品,要求使用灭火速度快、高效、性能可靠的灭火剂。

4) 防护区内不宜或难于使用其它类型的灭火剂。

《建筑设计防火规范》GBJ16—87 和《高层民用建筑设计防火规范》GB50045—95 (1997 年局部修订条文) 中规定:

(1) 高层建筑的下列房间,应设置气体灭火系统:

1) 主机房建筑面积不小于 140m^2 的电子计算机房中的主机房和基本工作间的已记录磁、纸介质库。

2) 省级和超过 100 万人口的城市,其广播电视发射塔楼内的微波机房,分米波机房、米波机房,变、配电室和不间断电源 (UPS) 室。

3) 国际电讯局、大区中心、省中心和 1 万路以上的地区中心的长途通讯机房、控制室和信令转接点室。

4) 2 万线以上的市话汇接局和 6 万门以上的市话端局程控交换机房、控制室和信令转接点室。

5) 中央及省级治安、防灾和网局级及以上的电力等调度指挥中心的通讯机房和控制室。

6) 其它特殊重要设备室。

(2) 高层建筑的下列房间应设气体灭火系统,但不得采用卤代烷“1211”和“1301”灭火系统:

1) 国家、省级和超过 100 万册的图书馆的特藏库。

2) 中央和省级档案馆中的珍藏库和非纸质档案库。

3) 大、中型博物馆中的珍品库房。

4) 一级纸、绢质文物的陈列室。中央和省级广播电视中心内,面积不小于 120m^2 的音像制品库房。

《人民防空工程设计防火规范》GBJ98—87（1997年局部修订条文）中规定：柴油发电机房，变、配电室和图书、资料、档案等特藏库房，宜设置二氧化碳等气体灭火系统，但不应采用卤代烷“1211”“1301”灭火系统。重要通信机房和电子计算机房应设置气体灭火系统。

1.3 气体灭火系统的类型与选择

气体灭火系统的类型较多，通常按灭火方式、系统结构特点、储存压力等级、管网布置形式进行分类，具体见表1-2。

在设计灭火系统时，首先应将防护区与所在的建筑物的其它消防系统一并考虑，根据具体情况，合理地确定气体灭火系统的设计方案。一般来说，气体灭火系统只能扑救建筑物内部火灾，而建筑物自身的火灾，宜采用其它灭火系统进行扑救。然后根据防护区的具体情况（如：防护区的位置、大小、几何形状、开口和通风等情况；防护区内可燃物的种类、性质、数量和分布等情况；可能发生火灾的类型、起火源、易着火部位及防护区内人员分布情况等）合理地选择气体灭火系统的类型和结构，进而确定灭火剂用量、系统组件的型号和布置、系统的操作控制形式等，在安全的前提下做到经济合理。

表 1-2 气体灭火系统的类型

系统类型	定 义	灭 火 剂	适 用 条 件	优、缺点
(1) 按应用方式分类				
全淹没灭火系统	在规定时间内,向保护区喷射一定浓度的灭火剂,并使其均匀地充满整个保护区的灭火系统	二氧化碳, 七氟丙烷, 烟烙尽, EBM 气溶胶	保护区应是一个开孔率不超过 3% 的封闭空间,在此空间内能够建立有效扑灭火灾的灭火剂浓度,并将灭火剂浓度保持一段所需要的时间,对于深位火灾,保护区内除泄压口外,其余开口均应在灭火剂喷射前自动关闭	可扑灭表面火灾和深位火灾,但要求保护区封闭良好,对保护区内的开口有严格的限制
局部应用系统	向保护对象以设计喷射率直接喷射灭火剂,并持续一定时间的灭火系统	二氧化碳	保护区在灭火过程中不能封闭,或虽然能够封闭但不符合全淹没系统要求表面火灾所采用的灭火系统	可扑灭表面火灾,但不能扑灭深位火灾,对保护区要求不高
(2) 按系统结构特点分类				
组合分配系统	组合分配系统用一套灭火剂储存装置保护两个或两个以上保护区或保护对象的灭火系统	二氧化碳, 七氟丙烷, 烟烙尽	系统总的灭火剂储存量只考虑按照需要灭火剂最多的保护区配置,如组合中某个保护区需要灭火,则通过选择阀、容器阀等控制,定向释放灭火剂	储存容器数和灭火剂用量可以大幅度减少,造价低,维护方便,但设计复杂
管网系统				

续表

系统类型	定 义	灭 火 剂	适 用 条 件	优、缺点
(2) 按系统结构特点分类	单元独立系统	二氧化碳, 七氟丙烷, 烟烙尽, EBM 气溶胶	用单元独立系统保护的防护区在位置上是单独的, 离其他防护区较远不便于组合, 或是两个防护区相邻, 但有同时失火的可能	设计简单, 系统安全可靠。但储存容器数和灭火剂用量较大, 造价高, 维护困难
	管网系统 无管网装置	由灭火剂储存装置、固定喷头以及控制系统组成的成套设备	适用于保护体积和面积比较小的防护区或设备	系统简单, 维护方便, 可以不设储瓶间, 节约用地。但保护区不宜过大
(3) 按储存方式分类	高压系统	二氧化碳, 七氟丙烷, 烟烙尽 5.17MPa; FM-200 储存压力为 2.5 及 4.2MPa; 烟烙尽 (IN-ERGEN) 储存压力为 15MPa	高压储存容器中灭火剂的温度随储存地点的环境温度的变化而变化, 储存容器必须能够承受最高预期温度时所产生的压力。储存容器中的压力还受灭火剂充装密度的影响, 在最高储存温度下的充装密度要注意控制, 防止充装密度过大。该系统宜用于小型消防工程	用于大、中型消防工程时, 瓶组多, 占地大, 阀门管件多, 压力比低压系统高, 安装难度大, 维护复杂, 受环境温度影响大