

实用消防安全丛书

灭火剂与灭火器

中国消防协会学术工作委员会 组织编写

 徐晓楠 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

TU998.1

8

实用消防安全丛书

灭火剂与灭火器

中国消防协会学术工作委员会 组织编写



徐晓楠 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

灭火剂与灭火器/徐晓楠编著. —北京: 化学工业出版社, 2005.3
(实用消防安全丛书)
ISBN 7-5025-6681-3

I. 灭… II. 徐… III. ①灭火剂②灭火器
IV. TU998.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 012219 号

实用消防安全丛书

灭火剂与灭火器

中国消防协会学术工作委员会 组织编写

徐晓楠 编著

责任编辑: 杜进祥

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 吴静

封面设计: 关飞

*

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 290 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6681-3/X·589

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序 言

消防是一项社会性、科学性很强的工作，是人民生命财产安全和社会主义经济建设的重要保障之一。近年来，随着改革开放的不断深入，国家经济建设的快速发展，城市化建设规模的不断扩大，对消防工作的要求也越来越高。只有普及消防法规和消防科技教育，才能有效地预防和减少火灾危害。在当前国家经济建设迅速发展，火灾形势相当严峻的情况下，将消防知识纳入社会教育、培训的内容，对于提高全民的消防素质，增强全社会抗御火灾的能力，意义重大。

近年来，随着国民经济和人民生活水平的稳步提高，消防产业逐渐上升为国民经济的重要组成部分。各类消防企业如雨后春笋般成长起来。据统计，我国现有各类消防产品生产企业数千家，消防工程施工企业万余家，从业人员达百余万人。开展消防安全培训，提高从业人员消防安全意识和素质的问题，越来越引起各级政府的重视。尤其是《中华人民共和国消防法》把消防教育、培训上升为法律规定，有力地推动了社会消防教育、培训工作。

为了服务于社会消防安全教育、培训工作，结合当前消防技术法规要求和消防科学技术发展，中国消防协会学术工作委员会和化学工业出版社安全科学与工程出版中心共同组织专业人员编写了这套“简明扼要，选材新颖，特色鲜明，通俗易懂”的实用消防安全丛书，全面系统地介绍当代防火、灭火技术知识，以供广大消防工程设计、施工安装技术人员，社会单位消防管理人员及消防专业相关人员学习、培训使用。

这套丛书包括9个分册，分别为：《消防基础知识》、《灭火剂与灭火器》、《建筑防火安全技术》、《建筑电气防火技术》、《建筑火灾自动报警技术》、《建筑消防给水系统》、《建筑气体灭火系统》、《建筑消防安全管理》、《建筑消防安全问答》等。这套丛书的一个共同特点是

坚持理论与实践相结合的原则，反映了消防领域的基本知识、基本方法和作者的宝贵经验以及有关领域的最新成果，注重实用性和可操作性，力求通俗易懂，面向广大社会从业人员。

我相信这套丛书的出版，有利于社会消防安全教育、培训工作，对提高公民的消防安全素质、增强全民抗御火灾的能力将发挥积极的作用，消防领域的广大科技工作者、管理人员以及相关专业人员也将从中受益。

中国人民武装警察部队学院副院长，少将
中国消防协会学术工作委员会主任委员



2005年11月

前 言

过去的世纪里，人类在同火灾作斗争的历程中，积累了丰富的经验，获得了累累硕果。大量的灭火实践告诉我们，正确认知火灾现象，揭示火灾过程发生发展规律，开发研制高效的灭火药剂及其配套的灭火器具，掌握灭火剂在灭火过程中的灭火规律特性，科学合理地配置灭火药剂及灭火器，对提高灭火部队的战斗力，有效控制火灾，减少火灾损失，发挥着重要作用。

我国的灭火技术经过几十年的发展，取得了可喜的成绩，已研制开发了可用于扑灭各类火灾的灭火剂，如水系灭火剂、泡沫灭火剂、干粉灭火剂、惰性气体灭火剂、哈龙灭火剂以及适应生态环保要求的新型灭火剂（哈龙替代品、气溶胶灭火剂等），并开发研制了配套使用的各类灭火器（灭火系统将在其他分册阐述），建立了灭火剂和灭火器的产品标准与试验方法标准。尽管我国灭火剂与灭火器在质量和品种上与发达国家相比有一定差距，但基本上可满足我国消防市场的要求。

随着经济的发展和社会的不断进步，火灾形势也随之日益严峻，了解灭火过程的熄火条件、灭火剂的灭火机理、灭火剂的灭火特性，正确选用和使用灭火剂及灭火器是新形势下从事灭火战斗人员必须具备的知识。为适应现代社会的需要，作者在多年从事教学、科研基础上，查阅了大量相关资料，编写了这本《灭火剂与灭火器》，以满足广大读者的需求。

本书共分三章。主要介绍了灭火的基本理论、各类灭火剂的特性、灭火器及其使用、各类灭火剂及灭火器的产品标准和试验方法。本书在编写过程中注意吸收国内外灭火理论、灭火剂研究等方面的先进技术和经验，突出实用性和可操作性。

本书可供从事灭火剂及灭火器研究的工程技术人员，消防部队指挥员，企、事业单位消防管理干部，灭火战斗人员使用，也可作为高等院校消防工程专业、安全技术工程专业、化学工程专业的教学参考书。愿此书能为从事火灾扑救的人员提供一些有益的参考。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者和同行批评指正。

编著者

2005年9月

内 容 提 要

本书为《实用消防安全丛书》之一。

全书共分三章，主要介绍了灭火的基本理论、各类灭火剂（如水系灭火剂、泡沫灭火剂、干粉灭火剂、惰性气体灭火剂、哈龙灭火剂及新型的哈龙替代品、气溶胶灭火剂等）的特性和灭火器及其使用等内容。书后附有各类灭火剂及灭火器的产品标准和试验方法。本书内容上吸收了最新的研究理论，并突出了实用性和可操作性。

本书可供从事灭火剂与灭火器研究的工程技术人员、消防部队指挥员及灭火战斗人员使用，也可作为高等院校消防工程及相关专业的教学参考书。

目录

第一章 灭火分析	1
第一节 终止燃烧的物理化学基础	1
一、灭火是一个物理过程	1
二、终止有焰燃烧的物理化学作用	2
第二节 终止燃烧的热理论	10
一、简单开口系统	10
二、简单开口系统的热量平衡和质量平衡	11
三、简单系统的放热与散热曲线及灭火分析	12
第三节 终止燃烧的链锁反应理论	18
一、链锁反应理论的出发点	18
二、自由基增长与销毁速度分析	19
三、链锁反应的灭火措施	20
第四节 终止燃烧的方法	22
一、燃烧临界现象与火焰的终止	22
二、用各种灭火剂终止燃烧的方法	29
三、冷却法及其灭火条件	30
参考文献	39
第二章 灭火剂	40
第一节 灭火剂的概念及其分类	40
第二节 水、水系灭火剂	42
一、水	42

二、水系灭火剂	48
三、细水雾灭火剂	61
第三节 泡沫灭火剂	79
一、泡沫灭火剂的原理	79
二、泡沫灭火剂的分类	82
三、泡沫灭火剂的性质	82
四、泡沫液的储存	90
五、泡沫灭火剂的应用	90
六、泡沫灭火剂扑救可燃液体火灾的灭火时间和泡沫供给 强度计算	91
七、常用泡沫灭火剂	95
八、泡沫灭火剂研究的新进展	112
九、与国外产品的比较	121
第四节 气体灭火剂	123
一、卤代烷灭火剂	123
二、惰性气体灭火剂	131
三、哈龙替代灭火剂	139
四、哈龙替代物的发展趋势	165
五、惰性气体、化学火性抑制剂灭火的供给强度、灭火时间 和总用量计算	167
第五节 干粉灭火剂	171
一、干粉灭火剂简介	171
二、烟雾灭火剂	182
三、气溶胶灭火剂	182
四、纳米粉末灭火剂	193
第六节 金属灭火剂	195
一、7150 灭火剂	195
二、原位膨胀石墨灭火剂	196
参考文献	198

第三章 灭火器	201
第一节 灭火器概述	201
一、灭火器的种类	201
二、灭火器的基本结构	202
三、灭火器的标志	203
四、灭火器型号的编制	203
五、几种常用灭火器	204
第二节 灭火器的配置	235
一、灭火器配置场所的危险等级及划分因素	235
二、灭火器灭火级别分类	238
三、选择灭火器应考虑的因素	240
四、灭火器的配置分析	242
五、灭火器的配置位置及要求	247
六、灭火器符号表示	248
七、灭火器箱	249
第三节 灭火器的检查和报废	252
一、灭火器的检查	252
二、灭火器的报废	254
第四节 常用灭火器的维护和保养	255
一、维护和保养的技术要求	255
二、水型灭火器的维护和保养	257
三、泡沫灭火器的维护和保养	258
四、卤代烷灭火器的维护和保养	260
五、二氧化碳灭火器的维护和保养	264
六、干粉灭火器的维护和保养	266
参考文献	270
附录	271
附录一 灭火剂与灭火器常用标准一览	271
附录二 水系灭火剂通用技术条件(GB 17835—1999)	272

附录三	泡沫灭火剂通用技术条件(GB 15308—94)	275
附录四	蛋白泡沫灭火剂和氟蛋白泡沫灭火剂(GA 219—1999 代替 ZB C 84007—88)	278
附录五	高倍数泡沫灭火剂(GA 31—92 代替 ZB C84 001~ C84 002~84)	281
附录六	二氟一氯一溴甲烷灭火剂(1211 灭火剂) (GB 4065—83)	283
附录七	三氟一溴甲烷灭火剂(1301 灭火剂)(GB 6051—85)	285
附录八	七氟丙烷(HFC 227 ea) 灭火剂(GB 18614—2002)	286
附录九	二氧化碳灭火剂(GB 4396—84)	288
附录十	干粉灭火剂通用技术条件(GB 13532—92)	289
附录十一	简易式灭火器(GA 86—94)	292
附录十二	手提式灭火器通用技术条件 (GB 4351—1997 代替 GB 4351—84)	298
附录十三	推车式 1211 灭火器(GA 77. 1—94)	314
附录十四	推车式干粉灭火器(GA 77. 3—94)	318
附录十五	推车式二氧化碳灭火器(GA 107—1995)	323
附录十六	推车式化学泡沫灭火器(GA 77. 2—94)	329

第一章 灭火分析

第一节 终止燃烧的物理化学基础

一、灭火是一个物理过程

扑灭火灾，从物理角度看，就是首先终止各种燃烧过程，即在燃烧区建立能消除任何形式燃烧过程（有焰燃烧、无焰异相燃烧、阴燃等）继续进行的条件。分析这些条件可从分析火场燃烧所需要的充分条件开始。

燃烧的充分条件可用“火三角形”表示：可燃物-氧化剂-引火源的模拟系统示意，如图 1-1 所示。

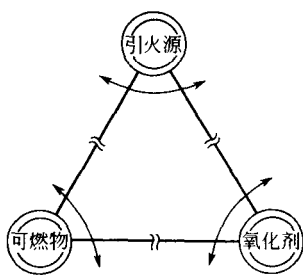


图 1-1 典型的火三角示意

在图 1-1 中，如果完全断开火三角形的一个边，燃烧即不能进行，如断绝向火场提供可燃物，或将可燃物与燃烧区隔绝，火灾就

会终止。如果隔绝氧化剂，如完全阻止空气进入燃烧区，扩散燃烧就会终止。同样，如果消除引火源（在火灾尚未发展起来的初起阶段，引火源常常就是燃烧区本身，即火焰），燃烧也即自然终止了。控制可燃物的方法是灭火的最常用方法，如来自工艺装置的可燃气体或易燃、可燃液体可用关闭输送管道的阀门或用其他某种方法以阻止其进入燃烧区。切断火三角一条边也可采用金属板、毡子、石棉被或湿帆布等物去覆盖小型易燃、可燃液体贮罐的方法来灭火（根据油罐几何尺寸和火场战斗条件能够做到的时候）；可用混合搅拌方法或者覆盖泡沫方法扑灭易燃、可燃液体贮罐火灾；在燃烧固体可燃物料的火场，可采用拆除燃烧的结构和搬走可燃物品堆垛等；阻止空气进入房间，降低助燃气体的浓度等，如用这种方法扑救地下室、隧道、矿井、船舱火灾，通常扑灭有焰的扩散燃烧的氧浓度应降到14%~15%，而无焰燃烧和阴燃则氧浓度需要降得更低（5%~6%）。此外，终止火焰燃烧的直观例子还有使引火源与可燃混合物隔离的方法，如用热容大的金属网置于扩散火焰下的“死区”，然后向上抬，直到火焰由喷口完全断开为止；在井口上方用炸药（置于火焰的“死区”）爆炸方法灭气体井喷火灾等，几乎都是采用同样的方法，使火焰在某一时间内离开新的可燃混合物而使燃烧终止，上述分析可以看作是终止火场燃烧定性。

二、终止有焰燃烧的物理化学作用

（一）终止有焰燃烧的物理化学机理

图1-2列举的一些终止燃烧机理，在扑救多数一般火灾中，不总是能够奏效的，如用突然降低反应区压力来终止燃烧，用提高反应区辐射介质黑度系数的方法急剧升高散热强度，以及从反应区瞬间将引燃混合物的所有引火源都撤除。但在某些具体场合，每一种机理都可以运用。

1. 降低反应区压力

化学反应速率取决于可燃物与氧化剂分子的有效碰撞数量。而

2 灭火剂与灭火器

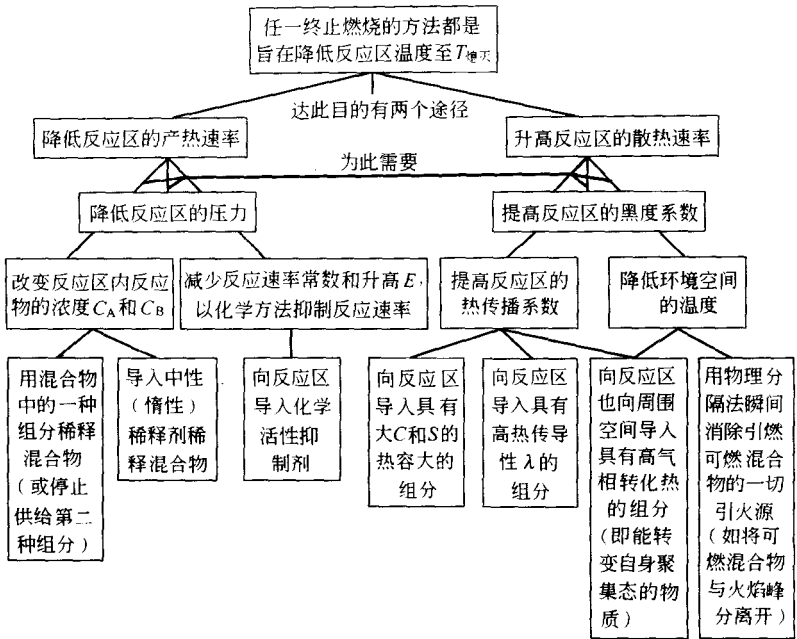


图 1-2 终止燃烧的机理

这种碰撞数量是与反应区单位体积的分子数成正比。所以，燃烧过程的强度与压力相关。为了强化燃烧过程，在实用的技术装置、燃烧室、炉膛、工艺装置中，都要提高燃烧的压力。如果降低压力，扩散燃烧的强度也就降低，如将压力降到一定值，将使反应区单位体积中的分子数量降到燃烧不能继续的程度。对于多数碳氢可燃物来说，其不能维持燃烧的压力极限近似等于 0.1 Pa（在专用的装置中，在低压下，如达 0.01 Pa，燃烧还能维持，但对熄灭扩散燃烧，将压力降至 0.4~0.5 Pa 就足够了）。在这种负压情况下，产热速率大大降低，反应区的温度可降到熄灭温度，燃烧即会停止。用突然降低压力的方法，可熄灭某些工艺装置和器具的燃烧，也可用于扑灭驾驶舱、飞机客舱、飞船船舱、宇宙航行的轨道站火灾。

2. 提高反应区辐射介质黑度系数

当某些可燃物料燃烧（如氢、镁）时，火焰温度很高，由燃烧区散发出的热量应该是很多的 [因为 $q_2'' = \epsilon\sigma(T_{\text{燃烧}} - T_{\text{终止}})$]，但是这种火焰由于无颜色，因而其黑度系数很小，反应区的热散失不像黑度系数(ϵ)较大时所能散发的那样大。向火焰中导入专门可提高火焰辐射能力的添加物，急剧增大反应区的散热速率，从而可以熄灭燃烧。

3. 降低产热速率

降低产热速率的途径有：改变反应混合物 c_A 和 c_B 的浓度组分或者改变化学反应速率常数和活化能 E 。

改变燃烧的化学反应区混合物组分，最简单的方法是停止向反应区供给可燃物或氧化剂这两种组分中的一种组分。但这种方法只有在用技术或机械手段能够做到的情况下才可应用。如关闭气体管道上的阀门，或用金属盖板覆盖小型容器，或用其他方法阻止可燃物进入燃烧区。

用搅拌储罐内可燃液体的方法灭火是一种不用灭火剂、停止向燃烧反应区供给可燃物的常用方法。其机理主要是液体燃烧时，可燃物依靠液体上层蒸发而进入燃烧区，其下层的液体温度低于上层，如果液体温度低于其闪点，那么用强烈的机械搅拌液体方法，液体下层的冷液层就会被翻到液面，而表面受热温度较高的液体层或受搅动而被冷却，或暂被强力驱赶到液下，这时液面将是冷液层，其温度不仅低于燃点，而且低于闪点。在这个温度下，蒸气压和分压都不大，即在液面的蒸气量不足以形成蒸气与空气的可燃混合物。因此，燃烧区由于得不到所需数量的蒸气而使火焰熄灭。在动力学中，用这种方法灭火可看出，当逐渐降低液体表层温度时，液面上液体蒸气与空气的混合物将是贫混合气，并能被周围空气强烈地稀释，以致反应速率急剧下降，燃烧区的产热速率下降，反应区的温度也下降，导致化学反应速率下降。产热速率和火焰温度下降使火焰向可燃液体表面传递的热流强度下降，这将进一步使蒸气生成强度下降、使反应区的可燃物更加稀少。所有这些相互联系的

4 灭火剂与灭火器

过程的综合作用结果，会使反应区的温度降至熄灭温度，这时燃烧过程就会停止，火焰被熄灭。

向反应区内供给过量可燃物的方法灭火，从原理上来说是不可能的，但火灾中通常氧化剂流入反应区的量很大，而且很难控制，所以增大可燃物的供给强度，不能使混合物过于富化也就不可能灭火，相反地，由于增大了火焰尺寸而强化了燃烧过程。只有在密闭容器中，且能限制空气进入燃烧区的情况下，用富化可燃混合物的方法才能灭火。比如，扑救地下室、隧道、竖井、舱室等场合的火灾时，可以减小空气进入燃烧区的强度，因为氧化剂过少（或燃烧区内可燃物相对过量）而使燃烧强度下降，火焰熄灭。通过改变混合物的组分而改变燃烧过程基本参数的性质，可以认为是反应速率以及产热速率、火焰温度、火焰传播速率都下降，这既能发生在混合物贫化的时候，又能发生在富化的时候，因为这些参数只有在可燃混合物组分的浓度处于反应物质的量浓度和接近于这个浓度范围时才具有最大值。

选择导入燃烧区的灭火手段和方法，要根据可燃物种类、其燃烧的状况和一些辅助情况而定。

（二）终止燃烧的机理与可燃物燃烧状况和聚集态的相关性

火场上终止燃烧过程的机理在很大程度上同燃烧种类和状况、环境条件、可燃物的初始状态以及许多其他因素相关。

选择灭火剂及其投入到燃烧区的方法要视所要使用的终止燃烧过程的机理和方法而定，灭火剂的需要量、其供给强度以及其他因素，最终都将决定扑灭某种火灾的有效性和质量。

1. 均相的动力燃烧

均相的动力燃烧时，在密闭的容器内气体或蒸气的混合物均已事先混合好，用隔绝可燃混合物中某一组分（因为混合气在着火前已形成）进行灭火的机理就不适用。火焰峰能沿可燃混合物自行移动，因而只能通过外界作用去制止它；用化学方法抑制火焰峰的反