

中国兵器工业总公司质量技安局

安全技术普及教育系列教材之九

防 火 与 灭 火

刘镇宁 编

兵器工业出版社

1:9
中国兵器工业总公司质量技安局
安全技术普级教育系列教材之九

防 火 与 灭 火

刘镇宁 编

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

本书介绍了防火与灭火的基本知识，其内容包括燃烧概念及灭火的基本方法，火灾探测器的类型，灭火剂、灭火器、消防车、消防泵等消防技术装备的类型、性能、结构，喷水灭火系统和泡沫灭火系统的类型、性能、结构，防火及几种火灾的扑救等。本书可作为企业安全技术管理人员和干部、职工的安全技术培训教材。

防火与灭火

刘镇宁 编

*

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

太原机械学院印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/32 印张：6.4 字数：14.5千字

1992年3月第1版

1992年3月第1次印刷

印数：1~3000

定价：3.30元

ISBN 7-80038-488-8/Z·19

前 言

“安全第一、预防为主”的方针，反映了党与政府为人民服务的根本宗旨，是代表国家和人民长远利益的一项基本国策。兵器工业是易燃易爆危险性大、发生事故后果严重的行业，因而安全生产工作更具有特殊的重要性。正因如此，我们兵器工业历来就有重视安全生产的好传统，当然这也是通过历史上一次又一次血的事故教训之后逐步形成的。当前，兵器工业正处在保军转民，建立军民结合新体制的第二次创业时期，产品结构的调整，新老人员更替，安全技术不断发展，新技术不断引进，更加重了安全技术教育培训的任务。我们必须采取多种形式，提高全体职工的安全生产意识和安全技术素质，以保障职工在劳动生产过程中的安全与健康，圆满地完成党和国家交给我们的军民品生产和科研任务，在治理整顿、深化改革的新形势下，开创兵工安全生产新局面。为此，中国兵器工业总公司质量技安局组织山西地区具有高级职称的工程技术人员和高校教授、副教授，编写了这套“安全技术普及教育系列教材”，共九个分册：

《法规与安全生产》

《安全工程学基础》

《安全评价基础》

《静电危害及其防护》

《危险货物的安全储运》

《防爆安全技术》

《三级安全教育》

《锅炉压力容器安全管理》

《防火与灭火》

这套系列教材的特点是，力求突出科学性、实用性、新颖性和系统性，对通用安全技术和管理，有较全面的阐述，是一套通用的安全技术普及教育系列教材。但各册相对独立，自立其义，读者可以通读断览，各取其便。希望这套系列教材的出版会对读者有所帮助。

这套系列教材在编委会指导下，确定了各分册的编写人员、编写大纲、主审人、特约编辑。编者在广泛搜集资料和调查研究的基础上，写出了初稿，并经过多次会议讨论修改。作者根据会议要求修稿后，由主编陆庆武同志审核统稿，最后由中国兵器工业总公司质量技安局解艾兰、李树行、李淑新等同志终审定稿。

本系列教材在编写过程中，得到了兵器工业出版社有关领导和编辑的多次指导，也得到山西省国防科工办、太原机械学院及专科部、有关工厂的领导和同志的大力支持。各册编者、主审人、特约编辑以及主编和终审的同志，基本上是利用工余时间写作和审稿的，做了大量工作，付出了辛勤劳动，完成了编审任务。尽管如此，由于编者和审稿者水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司

质量技安局

1990年8月10日

编 者 的 话

《防火与灭火》简要介绍了燃烧及灭火的基本方法、火灾探测、消防技术装备、固定式灭火系统、防火及火灾扑救的基本知识。本书由周富林同志担任主审人、侯左明同志担任特约编辑，参加审定的有编委会的同志。在编写过程中，得到山西机床厂、晋东化工厂、晋安化工厂、卫东化工厂、兴安化学材料厂、太原机械学院等单位的领导和有关同志的大力支持，在此表示诚挚的谢意。由于编写时间仓促，作者水平有限，不足之处在所难免，请读者批评指正。

目 录

第一章 消防工作概述	(1)
第一节 消防工作的重要意义	(1)
第二节 消防工作的方针和法规	(2)
第二章 燃烧及灭火的基本方法	(4)
第一节 燃烧	(4)
第二节 灭火的基本方法	(22)
第三章 火灾探测器	(25)
第一节 感烟火灾探测器	(26)
第二节 感温火灾探测器	(30)
第三节 感光火灾探测器	(35)
第四节 可燃气体探测器	(38)
第四章 灭火剂	(41)
第一节 水	(41)
第二节 化学泡沫灭火剂	(43)
第三节 空气泡沫灭火剂	(47)
第四节 干粉灭火剂	(59)
第五节 二氧化碳灭火剂	(65)
第六节 卤代烷灭火剂	(66)
第七节 各种灭火剂型号的表示法	(70)
第五章 灭火器	(72)
第一节 清水灭火器	(73)
第二节 酸碱灭火器	(76)
第三节 化学泡沫灭火器	(78)

第四节	干粉灭火器	(82)
第五节	二氧化碳灭火器	(88)
第六节	1211灭火器	(92)
第七节	其他类型的灭火器	(97)
第八节	灭火器设置的原则和数量	(98)
第六章	固定式灭火系统	(101)
第一节	喷水灭火系统	(101)
第二节	泡沫灭火系统	(114)
第七章	消防车	(123)
第一节	灭火消防车	(125)
第二节	专勤消防车	(132)
第三节	举高消防车	(133)
第四节	消防车型号编制方法	(134)
第八章	消防器材	(137)
第一节	消防泵	(137)
第二节	消防枪炮	(138)
第三节	消火栓及其他消防器材	(145)
第九章	防火	(152)
第一节	火灾成因和规律	(152)
第二节	点火源的控制	(155)
第十章	火灾的扑救及案例分析	(172)
第一节	化工企业火灾的扑救	(172)
第二节	液化石油气火灾的扑救	(179)
第三节	仓库火灾的扑救	(185)
第四节	电气火灾的扑救	(189)

第一章 消防工作概述

第一节 消防工作的重要意义

自从人类在地球上出现以来，很早就同火结下了不解之缘。人类的生活、生产等活动，都离不开火。火的利用，具有划时代的意义。自从人类学会利用火，就意味着迫使这种无生命的自然力为自己服务。毫不夸大地说，没有火的利用，就没有今天人类社会的发展，也就没有今天的物质文明和精神文明。

火既可以服从人们的意志，造福于人类；也会违反人们的意志，造成很大的危害。无数事实告诉我们，失控的火，危险极大。它能夺去人们的生命，损害人们的健康；它能使人们通过辛勤劳动创造的财富，转瞬间化为灰烬；它能吞噬掉大片的森林和草原，使宝贵的自然资源遭到严重的破坏。自古以来，世界各国因火灾蒙受重大损失的惨痛教训，不胜枚举。以美国为例，在1976年至1980年的5年间，平均每年发生火灾3074420次，年损失约55亿美元，死亡总人数达43650人。其间1980年11月21日，内华达州拉斯维加斯市米高梅(M、G、M)大旅馆发生的一次大火灾，死亡84人，受伤679人，伤亡惨重。1987年5月6日至6月2日，发生于我国大兴安岭的特大森林火灾，过火面积101公顷，烧毁房屋 $6.14 \times 10^5 \text{m}^2$ ，烧毁存材 $8.55 \times 10^5 \text{m}^3$ ，粮食3250t，桥涵67座，通讯线路483km，输变电路284.2km。受灾群众5万多人，死亡193人，受伤226人，给国家和人民的生命财产造成了重大损失。

消防是预防和扑救火灾的总称。它的主要任务，就是同火灾作斗争。我国的消防工作，历史悠久。我们的祖先早就认识到预防火灾的重要性。周朝就设置了“司燬”、“司烜”和“宫正”三职大官，分别掌管乡间、城内和宫廷火禁的工作。有二月份不准烧山林的用火禁令。对于失火、烧荒者，还要处以刑罚。汉朝有“执金吾”（宫外卫戍官）和“卫尉”（宫内卫戍官），分别兼管城内和宫中的火政，即消防管理。并规定夏至和立秋以后，不得焚烧大火，不得用木炭铸铁和冶炼矿石。北宋都城汴京（现河南省开封市），有专门救火的军队，称“防隅军”和“潜火队”，并修筑了望火楼。明、清时期皇宫，即现北京故宫内放置的鎏金缸就是专门储水供灭火用的。清末以来，消防管理有所发展。消防组织形式上出现了官办警察队和企业办专职队。防火工作出现了近代方法和新技术，如民国时期天津市中原百货公司大楼有八层，楼内配置了消火栓和灭火器，楼顶安装了避雷针；上海的百老汇大厦安装了自动洒水灭火设备等。灭火工作也出现了近代器材。如以内燃机为动力的消防泵和消防车，在一些城市的消防队和救火会中逐步应用；一些消防器材厂也开始生产消防泵和泵浦消防车等。但是广大城镇和农村消防事业十分落后，火灾事故非常严重。只是在中华人民共和国成立后，我国的消防工作才得到了长足的进展。

第二节 消防工作的方针和法规

消防工作的方针是“预防为主，防消结合”。这是《中华人民共和国消防条例》所明确规定的。“预防为主”，就是要将预防火灾摆在首位，防患于未然。应事先采取有效的

防范措施，从根本上避免和减少火灾危害。“防消结合”，就是在进行防火工作的同时，时刻做好灭火的战斗准备。一旦发生火灾，即能迅速、有效地予以扑灭。把火灾的危害，控制在最小范围。多年来的实践证明：“预防为主，防消结合”的方针，是行之有效的，是完全正确的。

1984年5月11日第六届全国人民代表大会常务委员会第五次会议批准的、1984年5月13日国务院公布的《中华人民共和国消防条例》，是我国现行的消防基本法规。该条例有总则、火灾预防、消防组织、火灾扑救、消防监督、奖励与惩罚、附则共7章32条。它对消防工作的方针、火灾预防的要求，消防组织机构的设置、火灾的扑救、消防监督机关的职责权限、奖励惩罚等重大问题作了规定。《中华人民共和国消防条例》是消防法规中最重要的一個文件，是制定各项具体消防规章、条例的依据。我们应该认真贯彻执行。

除了上述由国家最高立法机关批准、由国家最高行政机关颁发实施的“消防基本法规”外，还有由各级人民政府或主管部门制定颁发的“消防行政法规”，如《化学危险品贮存管理暂行办法》，《仓库防火安全管理规则》等。消防行政法规是消防基本法规的具体化，亦应认真贯彻执行。此外，还有各有关主管部门制定颁发的“消防技术规范”，如《建筑设计防火规范》、《炼油化工企业设计防火规定》等等。遵守消防技术规范是我们的法律义务。

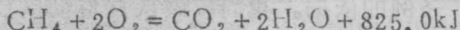
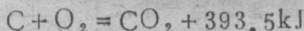
第二章 燃烧及灭火的基本方法

第一节 燃烧

一、燃烧及燃烧条件

(一) 燃烧

燃烧是可燃物与氧化剂作用所发生的一种放热反应，通常都伴有火焰、发光和发烟的现象。在多数情况下，物质在燃烧中所形成的产物是氧化物。例如碳、甲烷等可燃物都能在空气中燃烧而形成氧化物。



需要说明的是：

1. 并非能产生发热、发光的现象就必定是燃烧现象。例如白炽灯泡通电后，钨丝即发热、发光。但它不是燃烧，而是将电能转变为光能和热能的一种物理现象。
2. 并非凡氧化反应都必定是燃烧反应。例如亚硫酸钠在空气中能逐渐被氧化成为硫酸钠。这种氧化过程根本不会产生燃烧。亚硫酸钠本身亦非可燃物。

只有在反应速度较快、放热量较多的、激烈的氧化反应中，放出的热量足以将燃烧产物加热到发光程度，才能产生燃烧现象。

(二) 燃烧条件

燃烧现象的产生必须同时具备下列三个条件。

1. 有可燃物质存在，如木材、汽油、酒精、棉花、纸

张、甲烷、乙烯等。可燃物大都含有碳、氢等元素。

2. 有助燃物质存在，常见的为含于空气中的氧气及各种氧化剂。后者如硝酸钾、氯酸钾等。

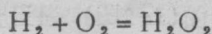
3. 有能导致燃烧的能源，即点火源。点火源的种类很多，有明火、高温表面、自燃、绝热压缩、电火花、聚集的日光、射线、化学能、撞击、摩擦等。不同的可燃物，被点燃所需的温度和能量各不相同。

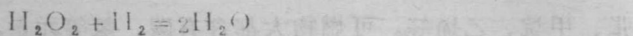
可燃物、助燃物、点火源是构成燃烧的三个要素。只有在可燃物、助燃物充足，点火源能产生足够的能量，达到必要的温度，三要素同时具备并互相作用时，才会发生燃烧现象。否则，就燃烧不起来。例如，当空气中的氧含量低于14%^①，一般可燃物质就不会发生燃烧。用一根火柴可以引着一张纸，却不能引着一块木板。对于正在进行着的燃烧，若消除其中任何一个条件，燃烧便会中止。这就是防火与灭火的基本原理。

二、燃烧理论

(一) 过氧化物理论

过氧化物理论认为，气体分子在各种能量（热量、辐射能、电能、化学反应能等）作用下可被活化。被活化的氧分子其氧原子间形成了过氧键—O—O—。这种被活化的氧分子（过氧基）能和还原剂的分子化合生成过氧化物。此种过氧化物是强氧化剂，它不仅能氧化形成氧化物的物质，而且也能氧化其它较难被氧化的物质。例如在氢和氧的反应中，被活化的氧分子，首先和氢反应生成过氧化氢。强氧化剂过氧化氢再氧化氢而生成水。其反应式如下：





在有机物和氧的反应中，被活化的氧分子能和有机物反应生成有机过氧化物。这种有机过氧化物可看作是过氧化氢 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 的衍生物。随其中有一个或两个氢原子被烷基所取代而成为 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{R}$ 或 $\text{R}-\text{O}-\text{O}-\text{R}$ 。它们是不稳定的化合物，在受热、撞击、摩擦时能分解甚至引起燃烧或爆炸。例如蒸馏乙醚时，常因其残液中过氧乙醚的存在而引起自燃或爆炸。过氧化物理论解释了很多有机物的燃烧现象，但也有许多实验事实解释不了，如不能解释氢和氯在光的催化作用下所发生的、反应速度极快的燃烧爆炸反应。

(二) 链锁反应理论

根据过氧化物理论，一个活化分子(基)只能与一个分子起反应。但在氯化氢的生成反应中，为什么引入一个光子能生成十万个氯化氢分子，这就是由于链锁反应的结果。

近代用链锁反应理论来解释燃烧机理。链锁反应理论认为燃烧是一种自由基型的链锁反应。自由基(又称游离基)是具有未成对电子的原子或原子团。它们反应活性非常强，总希望获得或失去一个电子或共用一对电子而成键，是反应的活性中心。自由基一般都是反应的中间产物，在液态或气态时寿命很短，浓度极低，不能单独分离出来。只要在一定条件下使反应物产生少量的自由基，就会产生链锁反应，使反应自动迅速地进行下去，直到反应物全部耗完为止。当自由基由于某种原因丧失活性而全部消失时，链锁反应就会中断，燃烧也就停止。

按照自由基的形成、参与化学反应和丧失活性的过程，可将链锁反应描述如下。

1. 链引发

链引发是形成自由基活性中心的反应。某些物质在光、热、辐射能的作用下能产生自由基，从而使链锁反应得以开始。

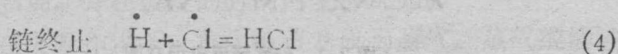
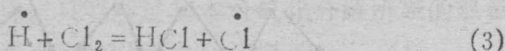
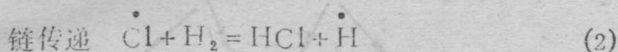
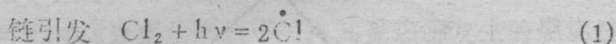
2. 链传递

链传递又称链转移，是自由基活性中心和反应体系中其它反应物分子发生作用，产生了新的自由基，而本身却丧失活性转变为稳定分子的反应。链传递中自由基活性中心并未消失，链锁反应得以继续进行。

3. 链终止

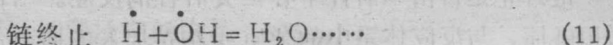
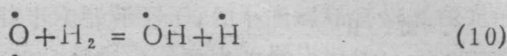
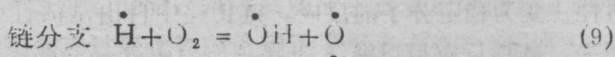
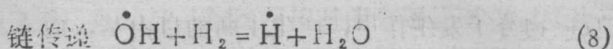
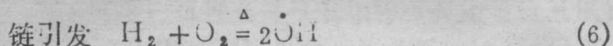
链终止是自由基活性中心丧失活性的反应。当自由基间互相碰撞、与反应体系中的杂质或外界加入的抑制剂等惰性物质碰撞时，就会丧失活性而消失。自由基和器壁碰撞时，也会把能量传递给器壁，丧失活性成为不活泼的分子，从而使链锁反应终止。

链锁反应又分为直链反应和支链反应两种类型。直链反应的特点是，自由基活性中心在链传递反应中，每反应一次，仅能产生一个新的自由基，原来的自由基活性中心随之消失，亦即自由基活性中心总数不变。氯和氢化合生成氯化氢的反应是典型的直链反应：



支链反应（图2-1）的特点是，自由基活性中心每反应一次，能产生一个以上的自由基，称为链分支。链分支的结

果使得自由基活性中心总数增加，链锁反应速度也不断加快，发展为燃烧或爆炸。氧和氢的反应是典型的支链反应。



在反应 (9) 中，单基自由基 $\dot{\text{H}}$ 与 O_2 反应，生成了 $\dot{\text{O}}\text{H}$ 和 $\dot{\text{O}}$ 两个自由基，链发生了分支。在反应 (10) 中，双基自由基 $\dot{\text{O}}$ 与 H_2 反应，生成了 $\dot{\text{H}}$ 和 $\dot{\text{O}}\text{H}$ 两个自由基，链也发生了分支。换言之，在 (9)、(10) 反应中，自由基活性中心的数目都增加了一倍。

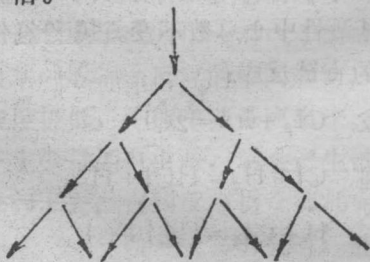


图 2-1 分支链反应示意图

链锁反应速度可用下式表示。

$$\omega = \frac{F(c)}{f_i + f_c + A(1 - \alpha)}$$

式中 $F(c)$ ——反应物浓度函数

f_s ——自由基在器壁上的销毁因素

f_c ——自由基在气相中的销毁因素

A ——与反应物浓度有关的函数

α ——链的分支数 (在直链反应中 $\alpha = 1$, 在在支链反应中 $\alpha > 1$.) -

温度、压力、杂质、容器材料、容器形状及大小都能影响反应速度。在一定条件下, 当 $f_s + f_c + A(1 - \alpha) \rightarrow 0$ 时, 就会发生爆炸。

根据链锁反应理论, 有的学者提出了燃烧的四面体学说。这种学说认为燃烧除应具备可燃物、助燃物和点火源三个条件外, 还应保证可燃物与助燃物之间的燃烧反应不受干扰。在某些受到干扰的情况下 (如向燃烧物喷洒干粉或卤代烷灭火剂), 自由基丧失活性的速度会大于自由基的生成速度。链锁反应受到抑制, 燃烧即被削弱或中止。

三、燃烧过程

大多数可燃物质的燃烧是在蒸气或气体状态下进行的 (图2-2)。但是也有一些物质不能成为气态燃烧, 如焦炭燃烧只在表面上进行, 而不显现火焰。

随着可燃物质聚集状态的不同, 其受热所发生的燃烧过程也不同。

气体最容易燃烧, 只要满足其本身氧化分解所需的热量便能迅速燃烧, 并在极短的时间内全部烧光。

液体在火源作用下, 首先被蒸发成为蒸气。蒸气继续被氧化分解, 然后着火、燃烧。

固体燃烧分为两种情况。如果是简单物质, 如硫、磷等, 受热时首先熔化, 然后蒸发、着火、燃烧; 如果是复杂