



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



建筑消防技术

(第二版)

龚延风 张九根 孙文全 主编



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑消防技术

(第二版)

龚延风 张九根 孙文全 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了建筑消防技术与策略。全书包括火灾与消防的基础理论知识、建筑消防策略、建筑的防火设计、各种灭火系统、建筑防排烟系统、火灾报警与联动控制系统、消防电气系统等内容,使读者能够从整体上把握和理解消防系统的体系和功能,并能够掌握建筑消防的基本理论及建筑消防工程的设计技术。

本书可作为高等院校相关专业的教材,也可供建筑消防系统相关设计师及施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑消防技术/龚延风,张九根,孙文全主编. —2版. 北京:科学出版社, 2009

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-03-024579-3

I. 建… II. ①龚…②张…③孙… III. 建筑物-消防-高等学校-教材
IV. TU998.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 073935 号

责任编辑:童安齐 陈 迅/责任校对:赵 燕

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年8月第 二 版 印张:27 1/2

2009年8月第三次印刷 字数:632 000

印数:5 500—8 500

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763-8002

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

第二版前言

本书第一版出版发行已有 6 年。6 年来建筑消防技术无论在理论研究上还是在工程实践应用上都取得了长足的进步，人们对建筑消防技术规律的认识在不断加深。建筑消防设计的显著变化就是随着国内外对建筑消防技术研究的全面展开，建筑消防技术具备了较为扎实的技术基础，并以此为基础逐渐形成了性能化的设计方法。性能化设计与条文式设计是两种迥然不同的设计方法，在修订本书时，我们考虑到本科教学的实践性特色要求，几经斟酌，在内容选取上目前仍然还是采取了以条文式设计为主、性能化设计为辅的策略，以期达到既满足理论学习又与工程实践相衔接的目的。以后可能采用条文式设计和性能化设计并重的方法进行编制较为适宜。

本次修订由龚延风、张九根、孙文全担任主编。本书具体编写分工为：第一章由赵声萍、龚延风编写；第二章由吴骥良、张怡编写；第三章至第五章由孙文全、武海霞编写；第六章由龚延风、赵声萍编写；第七章由马小军编写；第八章由张九根编写。

本书编写过程中，作者参考了近年来相关文献报道的科研成果，在此对相关作者表示衷心感谢。

由于作者学识有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

第一版前言

伴随着社会发展的历史进程，人与建筑的关系越来越密切，人类工作、生活的更多时间是在建筑物内度过的，人们赋予建筑的功能也更加复杂和综合，大体量的建筑也不断增加，这些都增加了建筑火灾的危险性和危害性。建筑物一旦发生火灾，往往会造成巨大的财产损失和严重的人员伤亡，因此，提高建筑的安全水平是建筑科技时刻关注的课题之一。然而，在以往的教学，建筑消防的教育显得较为薄弱，与建筑业的发展形势不相适应，亟待加强。

建筑消防技术是一门综合性很强的工程技术，它涉及到建筑学、结构、给排水、暖通空调、电气控制等不同的专业门类。在以往的教学，建筑消防技术是被分解到各个专业中分别学习的，各专业人员大多只局限于学习与本专业相关的内容。但是，建筑消防技术本身是一个完整的、有机的系统，我们需要从不同的角度采用多种方式来防范和应对火灾，多种消防手段和系统共同作用才能取得良好的防治效果。分散教学显然不利于学生对消防技术的全面理解和掌握，学生往往只见树木，不见森林，缺乏整体认识，不利于各子系统间的相互配合。因此，建筑消防技术的教学从分散走向综合是必然趋势，本书的编写正是基于这种认识。

本书在编写过程中注重于构建建筑消防系统的完整框架，体现了各系统间的相互联系和整体作用；在内容安排上着重阐述各个子系统的基本原理和方法，使读者能把握消防技术的基本规律和核心，便于在工作实践中不断理解、学习和发展新的消防技术。本书作为教材，在编写时较好地处理了教材与规范之间的关系，避免把本书写成规范的说明书，但在介绍具体方法时充分结合了国家有关标准、规范的内容，以提高本书的实用性。

本书的作者来自于教学、设计、管理等不同部门，这种组合可以达到优势互补、各取所长、共同提高的效果。参加本书编写的有（按姓氏笔画为序）马小军、刘俊、陈卫、张九根、张怡、吴骥良、龚延凤、梁云红等七位同志，由林荣祖教授、顾仲华教授、国君杰高级工程师主审，莫奇同志绘制了部分插图。

本书除可以作为高等院校建筑学、城市规划、土木工程、给排水工程、建筑环境与设备工程、电气工程及其自动化、工程管理等专业的教材之外，还可作为设计、监理、管理、安装等行业有关消防工程技术人员的参考书。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 消防基础知识	1
第一节 燃烧原理	1
第二节 可燃物的燃烧特点及燃烧产物	8
第三节 火灾	10
第四节 建筑火灾典型案例分析	17
第五节 建筑消防系统及消防方针	26
思考题	30
第二章 建筑防火	31
第一节 建筑总平面防火	31
第二节 建筑防火分区	39
第三节 安全疏散设计	45
第四节 建筑耐火设计	56
思考题	73
第三章 消火栓及自动喷水灭火系统	75
第一节 消火栓给水系统	75
第二节 消火栓系统用水量	78
第三节 消火栓的布置	79
第四节 消火栓系统的水力计算	80
第五节 消火栓给水系统的供水设施	85
第六节 消火栓给水系统的超压和水锤	87
第七节 自动喷水灭火系统	91
第八节 自动喷水灭火系统用水量	112
第九节 喷头的布置	115
第十节 自动喷水灭火系统的水力计算	122
第十一节 自动喷水灭火系统的供水设施	126
第十二节 自动喷水灭火系统的减压、超压及特殊喷头	128
第十三节 消防炮灭火系统	131
第十四节 大空间智能型主动喷水灭火系统	147
思考题	163
习题	163

第四章 气体灭火系统	164
第一节 概述.....	164
第二节 气体灭火系统的类型、组成与工作原理.....	174
第三节 系统主要组件及其设计要求.....	179
第四节 气体灭火系统的设计.....	183
第五节 哈龙灭火系统的替代技术.....	200
第六节 气体灭火系统的操作与控制.....	212
思考题.....	215
第五章 泡沫灭火系统	217
第一节 概述.....	217
第二节 泡沫灭火系统的组成及适用范围.....	218
第三节 泡沫灭火剂与系统组件.....	225
第四节 泡沫灭火系统设计计算.....	234
思考题.....	248
习题.....	248
第六章 防烟排烟技术	249
第一节 烟气的性质与危害.....	250
第二节 烟气的流动特性.....	256
第三节 烟气的控制方式.....	272
第四节 自然排烟的设计.....	280
第五节 机械排烟.....	284
第六节 正压送风防烟系统.....	290
第七节 通风空调系统的阻火隔烟.....	299
思考题.....	303
习题.....	304
第七章 火灾自动报警系统与消防联动控制系统	305
第一节 火灾自动报警系统类型与组成.....	305
第二节 火灾探测器的选择与布置.....	308
第三节 消防联动控制系统的工作原理.....	330
第四节 火灾自动报警与消防联动控制系统的设计.....	338
第五节 火灾事故广播与消防电话.....	347
第六节 消防控制室.....	352
第七节 火灾自动报警及消防联动控制系统发展.....	354
思考题.....	365
习题.....	366
第八章 消防电气	367
第一节 消防供电电源.....	367
第二节 消防负荷计算.....	386

第三节	消防配电系统设计·····	388
第四节	配电线路防爆防火设计·····	397
第五节	火灾应急照明与疏散指示标志·····	402
第六节	建筑物防雷、防静电设计·····	405
第七节	接地·····	411
第八节	剩余电流式电气火灾监控系统·····	415
思考题	·····	421
习题	·····	422
附录 1	常用消防电气符号与注释 ·····	423
附录 2	基本名词术语 ·····	424
参考文献	·····	426

第一章 消防基础知识

第一节 燃烧原理

燃烧俗称火，早在公元前 50 万年，“北京人”已经开始用火；公元前 6～前 5 世纪，古希腊的赫拉克利特提出了万物之源是火的主张。火构成了人类从野蛮进入文明的重要标志。

在古代，人类在用火的同时产生了许多有关火的传说。例如，我国的五行说“金、木、水、火、土”，古希腊的四元说“水、土、火、气”，古印度的四大说“地、水、火、风”等，其中都有火。在古人看来，火是万物之源，火能化育万物，但由于科学技术和生产力水平的限制，在那时人们不可能再进一步研究火的本质。

到了近代，随着科学技术的发展和生产力水平的不断提高，火在工业技术中的应用日益广泛（如制陶、冶金等），这就使得人们迫切地想要弄清火的本质，于是产生了种种对燃烧现象的解释。其中影响最深、流行时间最长的一种学说是欧洲的“燃素说”。

燃素说认为，火是由无数细小的微粒构成的物质实体，这种火的微粒就是燃素。按照燃素说，所有的可燃物质都含有燃素，并在燃烧时释放出来，变成灰烬；不含燃素的物质不能燃烧；物质燃烧之所以需要空气，是因为空气能够吸收燃素。

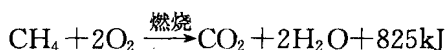
燃素说曾解释过许多化学现象，并对科学的发展起过一定的积极作用，但燃素说毕竟是一种凭空捏造出来的学说，因此它不能解释全部的燃烧现象，也必定经不住实践的检验。燃素说在欧洲流行了一个多世纪，直到 18 世纪下半叶，氧被发现后，燃烧的秘密才终于被揭开了，从而宣告了燃素说的破产。

1774 年，英国化学家普里斯特利在实验室发现了氧。在此基础上，法国化学家拉瓦锡进行了大量的实验，通过实验结果的归纳和分析，终于在人类历史上第一次提出了科学的燃烧学说——燃烧的氧学说，并于 1777 年公布于世。这一学说的中心思想是：燃烧是可燃物与氧的化学反应，同时放出光和热。

现代化学表明，燃烧是可燃物与氧化剂作用发生的放热反应，通常伴有火焰、发光和（或）发烟现象。可见，燃烧的氧学说距离现代燃烧学说只有一步之遥了。

一、燃烧本质

在日常生活和生产过程中所看到的燃烧现象，大多是可燃物质与空气（氧）或其他氧化剂进行剧烈反应而发生的放热发光现象，其燃烧过程中的化学反应十分复杂，有化合反应，有分解反应，有些复杂物质的燃烧先是物质受热分解，然后发生化合反应。



燃烧通常伴有火焰、发光和（或）发烟的现象。燃烧区的温度较高，使其中白炽的固体粒子和某些不稳定（或易受激发）的中间物质分子内的电子发生能级跃迁，从而发出各种波长的光，发光的气相燃烧区就是火焰，它的存在是燃烧过程中最明显的标志；由于燃烧不完全等原因，燃烧产物中会混有一些微小颗粒，这样就形成了烟。

从本质上讲，燃烧是一种可燃物与氧化剂作用发生的氧化反应，但这种氧化反应由于反应速率不同，或成为燃烧，或成为一般氧化反应。一般氧化反应，由于反应速率低，产生的热量又随时散失，因而没有发光现象；而剧烈的氧化反应，瞬时放出大量的热和光，故燃烧的基本特征表现为放热、发光、发烟、伴有火焰等。

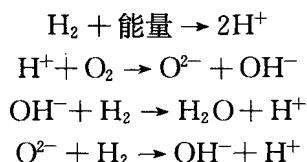
近代链式反应理论认为燃烧是一种游离基的链式反应。链式反应也称链锁反应，即化合物或化学分子中的共价键在外界因素（如光、热）的影响下，裂解而成化学活性非常强的原子或原子团——游离基（也称自由基），在一般条件下这些原子或原子团容易自行结合成分子或与其他物质分子反应生成新的游离基。反应物产生少量新的游离基时，即可发生链式反应。反应一经开始，许多链式步骤就自行发展下去，直至反应物裂解完为止。链式反应机理大致可以分为三个阶段：

1) 链引发，即生成游离基，使链式反应开始。生成方法有热分解、光化、放射线照射、氧化还原、加入催化剂等。

2) 链传递，游离基作用于其他参加反应的物质分子，产生新的游离基。

3) 链终止，即游离基消失，使链的反应终止。

以氢在空气中的燃烧为例：



从上述反应式可以看出，游离基有氢原子、氧原子及羟基，反应过程中的每一步都取决于前一步生成的物质，故称这种反应为链式反应。

二、燃烧条件

任何物质的燃烧并不是随便发生的，而是必须具备一定的条件。燃烧的发生和发展，一般必须具备以下三个必要条件，即可燃物、氧化剂和温度。人们通常以燃烧三角形来表示这三个要素（图 1-1）。但是，随着科学的发展，人们发现用燃烧三角形表示无焰燃烧的基本条件是正确的；而对有焰燃烧，因燃烧过程中存在未受抑制的游离基作为中间体，即前述的链式反应理论，所以表示有焰燃烧应增加一个必要条件——链式反应，这样就形成了燃烧四面体（图 1-2）。

1. 可燃物

凡是能与空气中的氧或其他氧化剂发生化学反应的固体、液体、气体物质都称为可燃物。常见的可燃物质有木材、纸张、汽油、乙醇、氢气、乙炔气、钾等。

2. 氧化剂

能帮助和支持可燃物燃烧的物质，即能与可燃物发生氧化反应的物质称为氧化剂，



图 1-1 燃烧三角形

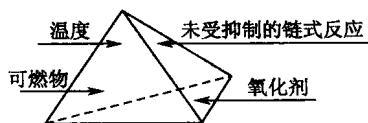


图 1-2 燃烧四面体

如氧、氟、氯等。

3. 温度

温度即为引火源，是指供给可燃物和氧化剂发生燃烧反应的能量来源。常见的是热能，其他的还有由化学能、电能、机械能等转变而来的热能，燃烧反应可以通过用明火点燃处于空气（或氧气）中的可燃物或通过加热处于空气（或氧气）中的可燃物来实现。在无外界引火源时，只有将可燃物加热到其着火点以上才能使燃烧反应进行。因此，物质的燃烧除了其可燃性和氧化剂之外，还需要温度。由于各种可燃物的化学组成和化学性质各不相同，其发生燃烧的温度也不同。

4. 链式反应

大多数的有焰燃烧都存在着链式反应。当某种可燃物受热时，它不仅会气化，而且该可燃物的分子还会发生热裂解作用，即它们在燃烧前会裂解为简单分子，这些分子中的原子间的共价键常常会发生断裂，生成活性很强的游离基。由于游离基是一种高度活泼的化学形态，能与其他游离基及分子反应，而使燃烧持续下去，这就产生了燃烧的链式反应。

具备了燃烧的必要条件，并不等于燃烧必然发生。在各种必要条件中，还有一个“量”的概念，这就是发生燃烧或持续燃烧的充分条件，即

1) 一定的可燃物浓度。可燃气体或蒸气只有达到一定浓度后才会发生燃烧，如车用汽油在 -38°C 以下、灯用煤油在 4°C 以下、甲醇在 7°C 以下时均不能达到燃烧所需的浓度，在这种条件下，虽有足够的氧气和明火，仍不能发生燃烧。

2) 一定的氧气含量。各种不同的可燃物发生燃烧，均有本身固定的最低含氧量要求，低于这一浓度，虽然燃烧的其他条件已具备，燃烧仍不会发生，如汽油的最低氧含量要求为14.4%、煤油为15%。

3) 一定的点火能量。各种不同的可燃物发生燃烧，均有本身固定的最小点火能量要求，只有达到这一强度要求时才会引起燃烧反应，否则燃烧便不会发生，如汽油的最低点火能量为0.2mJ。

4) 不受抑制的链式反应。对于无焰燃烧，以上三个条件同时存在，相互作用，燃烧即会发生。对于有焰燃烧，除以上三个条件外，燃烧过程中存在未受抑制的游离基，形成链式反应，使燃烧能够持续下去，也是燃烧的充分条件之一。

三、燃烧类型

(一) 闪燃

在一定温度下，易燃与可燃液体（固体）表面上产生足够的可燃蒸气，遇火能产生

一闪即灭的短促燃烧现象,即为闪燃。也就是说,液态可燃物表面会产生可燃蒸气,固态可燃物也因蒸发、升华或分解会产生可燃气体或蒸气,这些可燃气体或蒸气与空气混合而形成可燃性气体,当遇明火时会发生一闪即灭的火苗或闪光现象。

1. 闪点

在规定的试验条件下,液体表面能产生闪燃的最低温度称为闪点。闪点是衡量物质火灾危险性的重要参数。

闪点可用标准仪器测定。液体的闪点可用开杯式或闭杯式闪点仪(通常有泰格闭杯试验器、泰格开杯试验器、克利弗兰得开杯试验器等)测定,测定固体的闪点通常采用程序升温的加热方法。部分易燃和可燃液体的闪点如表 1-1 所示。

表 1-1 部分易燃和可燃液体的闪点

名称	闪点/℃	名称	闪点/℃	名称	闪点/℃
汽油	-50	乙苯	23.5	丙烯腈	-5
煤油	37.8~73.9	丁苯	30.5	戊烯	-17.8
柴油	60~100	甲酸丙酯	-3	丁二烯	41
原油	-6.7~32.2	乙酸丙酯	13.5	氢氰酸	-17.5
乙醇	12.8	乙酸乙酯	-5	二硫化碳	-45
正丙醇	23.5	乙酸丁酯	17	苯乙烯	38
戊醇	<-40	乙酸戊酯	42	乙二醇	85
己醇	-20	乙醚	-45	丙醇	-10
辛醇	16.5	丙醛	15	环己烷	6.3
苯	-14	乙酸	42.9	松节油	32
甲苯	5.5	丁酸	77	环氧丙烷	-37

2. 液体的闪点

不同种类的易燃和可燃液体,根据其化学组成不同,闪点一般有如下变化规律:

1) 同系物的闪点随其相对分子质量的增加而升高。例如,甲醇的闪点为 11.1℃,而正丙醇的闪点为 23.5℃,如表 1-2 所示。

2) 同系物的闪点随沸点的增加而升高,如表 1-2 所示。

表 1-2 醇类和芳香烃的闪点与相对分子质量、沸点的关系

液体名称	相对分子质量	沸点/℃	闪点/℃
甲醇	32	64.7	11.1
乙醇	46	78.4	12.8
丙醇	60	97.8	23.5
丁醇	74	118.0	36
苯	78	80.1	-14
甲苯	92	110.6	5.5
二甲苯	106	138.3	25.5

3) 多种成分的混合物, 如汽油、煤油、柴油等, 其闪点随沸程的增加而升高, 表 1-3 中列出了汽油的闪点与沸程的关系。

表 1-3 汽油的闪点与沸程的关系

沸程/℃	闪点/℃	沸程/℃	闪点/℃
50~60	-58	110~120	-11
60~70	-45	120~130	-4
70~80	-36	130~140	+3.5
80~110	-24	140~150	+10

4) 两种液体混合物的闪点, 一般低于这两种可燃液体闪点的平均值。例如, 汽油的闪点为 -38°C , 照明用煤油的闪点为 40°C , 若将两者按体积比 1:1 混合, 混合物的闪点低于两者闪点平均值 1°C 。

5) 能溶于水的易燃液体的闪点随含水量的增加而升高。例如, 纯乙醇的闪点为 12.8°C ; 含水 25% 时, 则变为 22°C ; 含水 45% 时, 则变为 23°C 。

3. 固体的闪点

部分木材、塑料的闪点如表 1-4 和表 1-5 所示。

表 1-4 部分木材的闪点

材料名称	闪点/℃	材料名称	闪点/℃	材料名称	闪点/℃	材料名称	闪点/℃
松木	240	枞木	262	柏木	253	冷杉木	253
白桦	263	桂木	270	红松木	263	梧桐木	169

表 1-5 部分塑料的闪点

材料名称	闪点/℃	材料名称	闪点/℃
聚苯乙烯	370	聚氯乙烯	530
聚乙烯	340	苯乙烯、异丁烯酸甲酯共聚物	338
乙烯纤维	290	聚基甲酸乙酯泡沫	310
聚酰胺	420	聚酯、玻璃钢纤维	298
苯乙烯-丙烯腈共聚树脂	366	密胺树脂	475

4. 闪点与火灾危险性

在消防工作中, 以闪点的高低作为评价液体火灾危险性的重要依据之一。闪点越低的液体, 其火灾危险性就越大。根据闪点可对液体生产、加工、储存的火灾危险性进行分类, 进而采取相应的防火安全措施。

(二) 着火

可燃物质与空气共存, 达到某一温度或与火源接触即发生燃烧, 并在火源移去后, 仍能继续燃烧, 直至可燃物燃尽为止, 这种持续燃烧的现象叫着火。可燃物质开始持续燃烧所需要的最低温度叫燃点。部分常见可燃物质的燃点如表 1-6 所示。

表 1-6 部分常见可燃物质的燃点

物质名称	燃点/℃	物质名称	燃点/℃
石蜡	158~195	赛璐珞	100
蜡烛	190	醋酸纤维	320
樟脑	70	涤纶纤维	390
萘	86	黏胶纤维	235
纸张	130	尼龙 6	395
棉花	210~255	腈纶	355
麻绒	150	聚乙烯	341
麻	150~200	有机玻璃	260
蚕丝	250~300	聚丙烯	270
木材	250~300	聚苯乙烯	345~ 360
松木	250	聚氯乙烯	391

一切可燃液体的燃点都高于其闪点。一般规律是，易燃液体的燃点比其闪点高 1~5℃，而且液体的闪点越低，这一差别越小，因此在评定这类液体的火灾危险性时，燃点没有实际意义。燃点对可燃固体和闪点比较高的可燃液体，具有实际意义。控制这些物质的温度在燃点以下，也是预防火灾发生的措施之一。

（三）自燃

如果物质的温度未达到燃点，不用明火去点燃是不会着火的。若可燃物质在空气中连续、均匀地加热到一定的温度，在没有外部火花、火焰等火源的作用下，能够发生自动燃烧的现象叫做受热自燃。

可燃物质受热发生自然的最低温度叫自燃点。在这一温度时，可燃物质与空气接触，不需要明火火源的作用就能自动发生燃烧。部分可燃物质在空气中的自燃点如表 1-7 所示。

表 1-7 部分可燃物质在空气中的自燃点

物质名称	自燃点/℃	物质名称	自燃点/℃
汽油	415~530	二硫化碳	112
煤油	210	木材	250~350
石油	约 350	褐煤	250~450
氢	572	木炭	350~400
己烷	248	棉纤维	530
丁烯	443	聚乙烯	520
乙炔	305	聚苯乙烯	560
苯	580	有机玻璃	440
甲醇	498	镁	520

可燃物质的自燃点不是固定不变的，它主要取决于氧化时所放出的热量和向外导出的热量。液体与气体可燃物（包括受热时能熔融的固体）的自燃点还受压力、浓度、含氧量、催化剂等因素的影响；固体可燃物自燃点与固体粉碎颗粒的大小、分解产生的可燃气体数量及受热时间长短等因素有关。

日常生产、生活中引起受热自燃的因素主要有：接触灼热物体、直接用火加热、摩擦生热、化学反应、高压压缩、热辐射作用等。有些可燃物质在空气中，在远低于自燃点的温度下自燃发热，并且这种热量经过长时间的积蓄使物质达到自燃点而燃烧，这种现象叫做物质的自热自燃。物质自热自燃发热的原因有物质的氧化生热、分解生热、吸附生热、聚合生热和发酵生热。

物质的自热自燃和受热自燃，这两种现象的本质是一样，只是热的来源不同，前者是物质本身的热效应，后者是外部加热的作用，因此两者可以统称为自燃。

（四）爆炸

物质发生急剧氧化或分解反应，使其温度、压力增加或使两者同时增加的现象，称为爆炸。在爆炸时，势能（化学能或者机械能）突然转变为动能，有高压气体生成或释放出高压气体，且这些高压气体随之作机械功，如移动、改变形状或抛射周围物体。

按爆炸物质在爆炸过程中的变化，爆炸可分为化学爆炸和物理爆炸。

物理爆炸是由于液体变成蒸气或者气体迅速膨胀，压力急速增加，并大大超过容器的极限压力而发生的爆炸，如蒸汽锅炉、液化气钢瓶等的爆炸。化学爆炸是因物质本身发生化学反应，产生大量气体和高温而发生的爆炸，如炸药的爆炸、可燃气体与空气混合物的爆炸等。

按照爆炸的变化传播速度，化学爆炸可分为爆燃、爆炸、爆震。爆燃是指爆炸物质的爆炸变化速率为数十米至数百米，爆炸时压力不激增，没有爆炸特征的响声，无多大破坏力，如气体爆炸性混合物在接近爆炸下限或上限时的爆炸属爆燃；爆炸时物质的变化速度为每秒数百米至每秒数千米，爆炸时会引起压力激增，有震耳的响声，有破坏作用，如被压榨的火药受摩擦或遇火源引起的爆炸；爆震这种爆炸的特点是突然引起极高的压力，其传播是通过超音速的冲击波来实现的，每秒可达数千米，冲击波能远离爆震发源地而存在，并引起相距一定距离处的炸药爆炸（称为殉爆），具有很大的破坏力。

在消防工作中经常遇到的是可燃性气体、蒸气、粉尘与空气或其他氧化介质形成爆炸性混合物而发生的化学爆炸。对生产、生活中存在可燃气体、蒸气、粉尘环境的火灾爆炸危险性，可通过其相应的爆炸极限来判定，进而采取相应的防范措施。

所谓爆炸极限（又称爆炸浓度极限、燃烧极限、火焰传播极限）是可燃气体、蒸气或粉尘与空气混合后，遇火源产生爆炸的浓度范围，通常以体积百分比表示。空气中含有可燃气体、蒸气或粉尘所形成的混合物，遇火源能发生爆炸的最低浓度称爆炸下限；遇火源能发生爆炸的最高浓度称爆炸上限。部分可燃气体和液体蒸气的爆炸极限如表 1-8 所示。

表 1-8 部分可燃气体和液体蒸气的爆炸极限

物质名称	在空气中的爆炸极限/%		在氧气中的爆炸极限/%	
	下限	上限	下限	上限
氢气	4.0	75.0	4.7	94.0
乙炔	2.5	82.0	2.8	93.0
甲烷	5.0	15.0	5.4	60.0
乙烷	3.0	12.45	3.0	66.0
丙烷	2.1	9.5	2.3	55.0
乙烯	2.75	34.0	3.0	80.0
丙烯	2.0	11.0	2.1	53.0
氨	15.0	28.0	13.5	79.0
环丙烷	2.4	10.4	2.5	63.0
一氧化碳	12.5	74.0	15.5	94.0
乙醚	1.9	40.0	2.1	82.0
丁烷	1.5	8.5	1.8	49.0
二乙烯醚	1.7	27.0	1.85	85.5

爆炸极限是个测量参数,也就是说日常生产、生活中某种可燃性气体、蒸气、粉尘的爆炸极限受各种因素(如初始温度、初始压力、惰性介质及杂质、混合物中氧含量、点火源等)变化的影响。一般而言,初始温度越高,其分子内能增大,爆炸极限范围越大;初始压力升高,其分子距离缩短,爆炸极限范围变大;混合物中加入惰性气体,爆炸极限范围缩小,特别是爆炸上限受到的影响更大;混合物中氧含量增大,爆炸下限降低,爆炸上限上升;点火源的温度越高,热表面面积越大,与混合物接触时间越长,点火源给混合物的能量越大,爆炸极限范围也越大。

第二节 可燃物的燃烧特点及燃烧产物

一、可燃物的燃烧特点

(一) 可燃气体的燃烧特点

可燃气体的燃烧不需像固体、液体那样经过熔化、蒸发过程,其所需热量仅用于氧化或分解,或将气体加热到燃点,因此可燃气体容易燃烧,速度也快。通常根据燃烧前可燃气体与氧的混合状况不同,可燃气体的燃烧可分为两大类:

1) 扩散燃烧,指可燃气体从喷口(管口或容器泄漏口)喷出,在喷口处与空气中的氧边扩散混合、边燃烧的现象。其燃烧速度取决于可燃气体的喷出速度,一般为稳定燃烧,如容器、管路泄漏发生的燃烧及天然气井的井喷燃烧都属于此类。

2) 预混燃烧,指可燃气体与氧在燃烧之前混合,并形成一定浓度的可燃混合气体,被火源点燃所引起的燃烧。这类燃烧往往会造成爆炸。影响预混燃烧速度的因素有气体

的组成、可燃气体浓度、可燃混合气体的初始温度、压力、管路直径、管道材质等，如处于标准状态下的甲烷与空气混合气体在管道内的燃烧就属于此类。

(二) 可燃液体的燃烧特点

可燃液体的燃烧实际上是液体蒸气的燃烧，因此其燃烧与否、燃烧速率等与液体的蒸气压、闪点、沸点和蒸发速率等性质有关。某些液体在储存温度下，液面上蒸气压在易燃范围内遇到火源时，其火焰传播速率较快。易燃液体和可燃液体的闪点高于储存温度时，其火焰传播速率较低，因为火焰的热量必须足以加热液体表面，并在火焰扩散之前形成易燃蒸气-空气混合物。影响这一过程的有环境因素、风速、温度、燃烧热、蒸发速率、大气压等。

液态烃类燃烧时，通常有橘色火焰并散发浓密的黑色烟云；醇类燃烧时，通常具有透明的蓝色火焰，几乎不产生烟雾；某些醚类燃烧时，液体表面伴有明显的沸腾状，这类物质的火灾难以扑灭。在不同类型油类的敞口储罐的火灾中应特别注意三种特殊现象——沸溢、溅出、冒泡，这类液体在燃烧过程中，向液层面不断传热，会使含有水分、黏度大、沸点在 100℃ 以上的重油、原油产生沸溢和喷溅现象，造成大面积火灾，这种现象称为突沸，往往会造成很大的危害，这类油品也称为沸溢性油品。

液体火灾危险性是根据其闪点来划分等级的，可燃液体的火灾危险性分类如表 1-9 所示。

表 1-9 可燃液体的火灾危险性分类

火灾危险性分类	分级	闪点/℃	可燃液体举例
甲	一级易燃液体	<28	汽油、苯、甲醇
乙	二级易燃液体	28~60	煤油、丁醚
丙	可燃液体	>60	柴油、润滑油

(三) 可燃固体的燃烧特点

固体可燃物的燃烧必须经过受热、蒸发、热分解过程，当固体上方可燃气体浓度达到燃烧极限时，才能持续不断地发生燃烧。由于固体可燃物分子结构的复杂性和物理性质的不同，其燃烧方式也不同，通常有蒸发燃烧、分解燃烧、表面燃烧和阴燃四种。

1) 蒸发燃烧，指熔点较低的可燃固体受热融熔，然后像可燃液体一样蒸发成蒸气而燃烧，如硫、沥青的燃烧等。

2) 分解燃烧，分子结构复杂的固体可燃物，在受热分解出其组成成分及与加热温度相应的热分解产物后，这些分解产物再氧化燃烧，这称为分解燃烧，如木材、合成橡胶等的燃烧。

3) 表面燃烧，指蒸气压非常小或者难以热分解的可燃固体不能发生蒸发燃烧或分解燃烧，当氧气包围物质的表层时，呈炽热状态并发生无焰燃烧。表面燃烧属于非均相燃烧，现象为表面发红而无火焰，如木炭、焦炭等的燃烧。

4) 阴燃，指没有火焰的缓慢燃烧的现象称为阴燃。一些固体可燃物，如成捆堆放