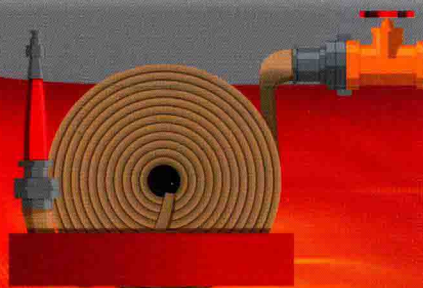




消防安全管理技术

郭海涛 主编

XIAOFANG ANQUAN GUANLI JISHU



化学工业出版社

实用消防
技术丛书

消防安全管理技术

郭海涛 主编

XIAOFANG ANQUAN GUANLI JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

《消防安全管理技术》依据现行《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)、《建设工程施工现场消防安全技术规范》(GB 50720—2011)、《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116—2013)等最新规范编写了此书。主要包括:建筑防火基础知识、消防安全技术、消防安全管理。

本书实用性强,重点突出、详略得当,本书可供建筑消防工程施工现场管理人员、设计人员、施工人员等学习参考,也可作为高等院校建筑消防工程专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

消防安全管理技术/郭海涛主编. —北京:化学工业出版社, 2016.8

(实用消防技术丛书)

ISBN 978-7-122-27367-3

I. ①消… II. ①郭… III. ①消防-安全管理 IV. ①TU998.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第133750号

责任编辑:袁海燕

文字编辑:谢蓉蓉

责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张11½ 字数299千字 2016年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00元

版权所有 违者必究

《消防安全管理技术》编写人员

主 编：郭海涛

参编人员：张 亮 王 强 刘彦亭 张 盼

李亚州 刘 培 何 萍 陈 达

高 超 邢丽娟 齐丽丽

前言



火灾是严重危害人类生命财产、直接影响到社会发展及稳定的一种最为常见的灾害，近年来，随着经济建设的快速发展，物质财富的急剧增多，建筑行业的高速发展，火灾发生的频率也越来越高，造成的损失也越来越大。建筑火灾的严重性，时刻提醒人们要加大消防工作的力度，做到防患于未然。这就对从事消防工程的设计、施工、监测、运行维护人员的要求大大增加，对从业人员的知识积累、技能要求、学习能力提出了更高的要求。因此，为满足消防设计、施工人员全面系统学习的需求，并结合我国近几年来各种消防安全设计、施工、管理等方面的经验，且遵循“预防为主，防消结合”的消防工作方针，培养更多掌握建筑消防法律法规、设备消防安全技术、防火灭火工程技术等技术的人才，我们编写了此书。

《消防安全管理技术》依据现行《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)、《建设工程施工现场消防安全技术规范》(GB 50720—2011)、《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116—2013)等最新规范进行编写。本书共分为三章，主要介绍了：建筑防火基础知识、消防安全技术、消防安全管理。

本书实用性强，重点突出、详略得当，本书可供建筑消防工程施工现场管理人员、设计人员、施工人员等学习参考，也可作为高等院校建筑消防工程专业的教材。

由于编者的经验和学识有限，尽管尽心尽力，但书中内容难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正和提出宝贵意见。

编者

2016年4月

目录



1 建筑防火基础知识 1

- 1.1 火灾与燃烧 1
 - 1.1.1 火灾及其危害 1
 - 1.1.2 燃烧的基本原理 5
- 1.2 建筑火灾的发生和控制 17
 - 1.2.1 火灾的产生 17
 - 1.2.2 火灾的控制和管理 18
- 1.3 建筑防火对策 28
 - 1.3.1 建筑防火与减灾系统 28
 - 1.3.2 建筑物使用消防安全管理 49
- 1.4 常用消防设施 50
 - 1.4.1 灭火器 50
 - 1.4.2 消防给水系统 53
 - 1.4.3 消火栓 60
 - 1.4.4 消防泵及消防水泵接合器 61
 - 1.4.5 射水器具 64
 - 1.4.6 建筑消防设施检测与维护 66

2 消防安全技术 68

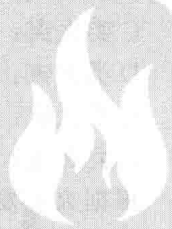
- 2.1 施工现场消防布局 68
 - 2.1.1 概述 68
 - 2.1.2 防火间距与消防车道 70
 - 2.1.3 防火分隔设施 72
 - 2.1.4 特殊建筑结构的防火分隔措施 76
- 2.2 防火分区和防烟分区 82
 - 2.2.1 防火分区 82
 - 2.2.2 防烟分区 83
- 2.3 安全疏散 84
 - 2.3.1 安全疏散设计的原则及主要影响因素 84
 - 2.3.2 安全疏散时间和距离 85
 - 2.3.3 疏散出口 87
 - 2.3.4 疏散楼梯和楼梯间 91
 - 2.3.5 安全疏散的其他设施 94
- 2.4 施工现场安全防火 98
 - 2.4.1 施工现场防火基本要求 98

2.4.2	施工现场重点部位防火	101
2.4.3	施工现场重点工种防火	105
2.4.4	不同工况施工现场防火	110
2.5	电气防火	113
2.5.1	电气防火基础知识	113
2.5.2	消防用电防火	115
2.5.3	施工现场消防照明防火	119
2.5.4	施工现场电气设备防火	122

3 消防安全管理 126

3.1	消防安全管理概述	126
3.1.1	消防安全管理组织机构及职责	126
3.1.2	消防安全管理的任务	127
3.1.3	消防安全管理的作用	127
3.1.4	消防安全管理的原则	128
3.1.5	消防安全管理制度	129
3.2	消防管理的基本方法	131
3.2.1	分级负责法	131
3.2.2	重点管理法	131
3.2.3	调查研究法	132
3.2.4	消防安全评价法	133
3.3	建筑内部电气防火管理	134
3.3.1	爆炸危险场所的电气设备	134
3.3.2	建筑消防用电	136
3.3.3	建筑防雷火灾	144
3.4	消防系统管理	145
3.4.1	消防系统的选择	145
3.4.2	消防系统的维护管理	149
3.5	特殊场所的消防安全管理技术	152
3.5.1	医院的消防安全	152
3.5.2	商场、集贸市场消防安全	156
3.5.3	公共娱乐场所消防安全	157
3.5.4	宾馆、饭店消防安全	160
3.5.5	院校消防安全	163
3.5.6	电信通信枢纽消防安全	168
3.5.7	重要办公场所的消防安全	172

参考文献 178



1.1 火灾与燃烧

1.1.1 火灾及其危害

1.1.1.1 火灾的概念

火灾是火在时间和空间上失去控制而导致蔓延的一种灾害性燃烧现象。火灾发生的三个必要条件是可燃物、热源和氧化剂（通常情况下为空气）。各种灾害中火灾是发生最频繁且极具毁灭性的灾害之一，其直接损失大约是地震的五倍，仅次于干旱和洪涝。

1.1.1.2 火灾的特性

火是一种快速的氧化反应过程，具有一般燃烧现象的特点，常常伴随着发热、发光、火焰以及发光的气团及燃烧爆炸造成的噪声等。火的正确使用所能提供的能量，不仅使人类基本的饮食和居住条件改善了，而且极大地促进了社会生产力的发展，对人类文明的进步做出了重大的贡献。

火灾是火在时间和空间上失去控制而导致蔓延的一种灾害性燃烧现象，会对自然和社会造成一定程度的损害。火灾科学的研究表明，火灾的发生与发展具有双重性，也就是火灾既具有确定性，又具有随机性。火灾的确定性指的是在某特定的场合下发生了火灾，火灾基本上按着确定的过程发展，火源的燃烧蔓延、火势的发展以及火焰烟气的流动传播将遵循确定的流体流动、传热传质以及物质守恒等规律。火灾的随机性主要指的是火灾在何时、何地发生是不确定的，是受多种因素影响随机发生的。

火灾从发生、发展到最终造成重大灾害性事故大致可以分为四个阶段：初起期、成长期、最盛期和衰减期。火灾一旦发展到最盛期，火灾所产生的烟和热，以及有毒有害物质（CO、CO₂、碳氢化合物、氮氧化物等）不仅会严重威胁人的生命安全，导致巨大的财产损失，而且对环境和生态系统也会造成不同程度的破坏。火灾导致的直接损失约为地震的五倍，仅次于干旱和洪涝，而其发生的频率则高居于各种灾害之首。

1.1.1.3 火灾的类别

火灾的类型不同，其特点也有所不同。《火灾分类》（GB/T 4968—2008）根据物质燃烧特性，将火灾划分为下列六种类型。

A类火灾：固体物质火灾。这种物质通常具有有机物性质，一般在燃烧时能产生灼热的余烬，如木材、棉、毛、麻以及纸张火灾等。

B类火灾：液体或可熔化的固体物质火灾。如汽油、煤油、原油、柴油、甲醇、乙醇、

沥青以及石蜡火灾等。

C类火灾：气体火灾。如天然气、煤气、甲烷、乙烷、丙烷以及氢气火灾等。

D类火灾：金属火灾。如钾、钠、镁、钛、锆、锂以及铝镁合金火灾等。

E类火灾：带电火灾。物体带电燃烧的火灾。

F类火灾：烹饪器具内的烹饪物（如动植物油脂）火灾。

根据火灾发生的场所，一般包括建筑火灾、森林火灾以及交通工具火灾等。其中，根据建筑物功能的不同特点，建筑火灾包括民用建筑火灾、公共建筑火灾以及工厂仓库火灾等。根据建筑物结构的不同特点，建筑火灾可分为高层建筑火灾与地下建筑火灾等。

1.1.1.4 火灾与社会经济的关系

火灾的双重性，尤其是随机性特征表明，火灾是一种同人类活动密切相关，但是不完全以人的意志为转移的灾害现象，火灾具有与社会环境条件和人类行为密切关联的特性。随着社会生产规模的扩大、财富积累的迅速增加以及生活水平的提高，造成火灾的因素增多，即使采取了一些常规性的或者应急性的防灾措施，也难以杜绝火灾发生，火灾发生频率和造成的损失呈显著增长的趋势。据火灾统计资料表明，20世纪后半叶，美国火灾直接财产损失增长了约有17倍，由1950年的6.5亿美元增加到2000年的112亿美元。自1996年以来，随着经济的快速发展，我国火灾起数持续增长，2001~2005年五年间我国火灾起数达到了121.7万起，死亡约1.2万人，伤1.6万人，直接经济损失达75.5亿元。近年来火灾的起数达到了56年总和的26%左右。令人感到欣慰的是，随着国家对消防安全的重视，火灾的各项损失朝着好的方向发展。我国1950~2006年间火灾数据的统计分析见表1-1，1991~2006年间火灾数据的统计分析如图1-1、图1-2所示。

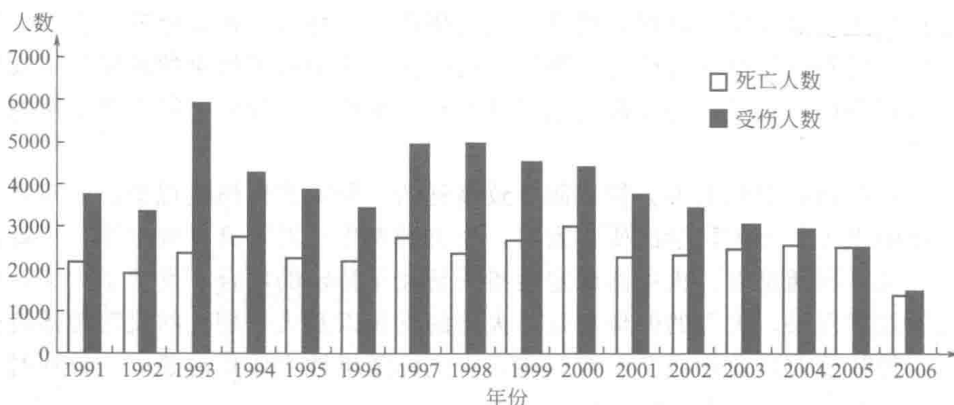


图 1-1 1991~2006 年火灾伤亡情况

表 1-1 我国 1950~2006 年火灾数据统计分析

时间	火灾起数/万起	死亡/万人	受伤/万人	直接经济损失/亿元
1950~2005 年	466.4	18.0	47.5	255.9
1991~2005 年	210.5	3.7	5.9	191.7
1996~2005 年	190.5	2.5	3.8	145.1
2001~2005 年	121.7	1.2	1.6	75.5
2006 年	22.2702	0.1517	0.1418	7.8

据火灾统计资料的分析表明，20世纪80年代以前，我国火灾主要集中在农村地区，火灾起数、死亡和受伤人数以及直接经济损失四项指标农村占较大份额。近年来，随着经济的蓬勃发展，我国城市化水平发展速度突飞猛进，城市人口也随之迅速增加。但是，绝大多数城市还

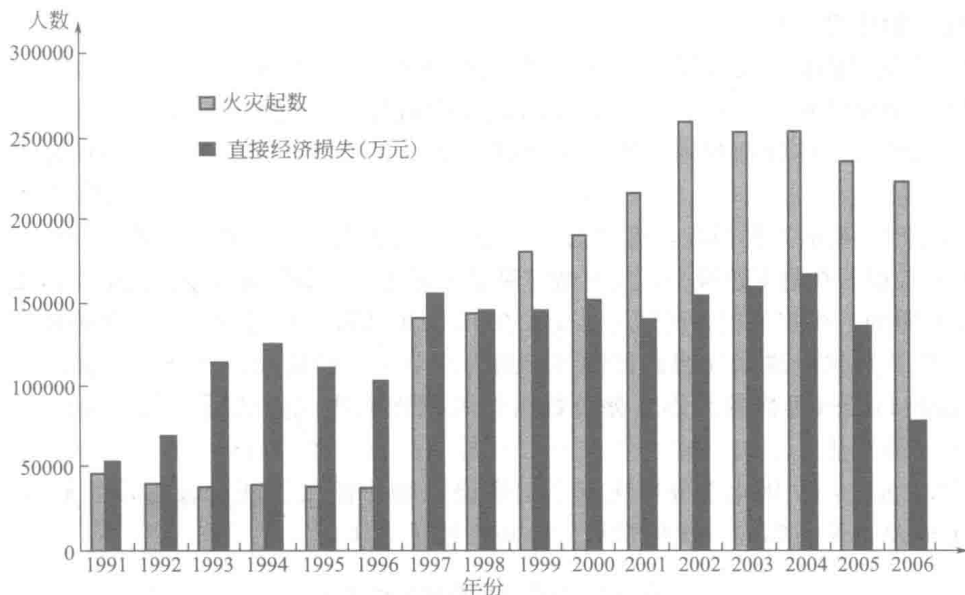


图 1-2 1991~2006 年火灾损失情况

处于新城与旧城、城区与工业区以及商业区与棚户区共存的状态，相当一部分城市中还遗留有由于历史原因建成的不符合消防规范标准的加油（气）站及易燃易爆品生产储存点等，城市格局处于畸形状态。自 20 世纪 80 年代开始，我国城市火灾的比例逐年上升，农村火灾比例下降，城市火灾四项指标占到 60% 以上。尤其是，城市建筑密度增大，地下工程和高层建筑增加，24m 以上的、100m 以上的高层以及超高层建筑已成为城市建设的主流，建筑物内人员密度高度集中。大量新开发的建筑物，高度节节攀升，盲目追求规模及功能的庞大、复杂。特别是新建建筑和后期改造的旧建筑盲目追求装修的奢华程度，建筑物的火灾荷载以及消防设计和施工存在严重的超规及违规的现象。城市火灾由过去易燃易爆品集中的工厂、仓库以及居民住宅等场所开始向商场、饭店、舞厅等公共建筑以及高层建筑、地下建筑蔓延。从 20 世纪 90 年代开始，重特大火灾尤其是公共建筑物内重特大恶性火灾事故显著增多，并且由于建筑物内人员密集，火灾造成的人员伤亡惨重。建筑火灾所导致的经济损失上升到全部火灾经济损失的 80% 以上，城市建筑火灾已成为威胁社会公共安全的一个重要因素。

所以，研究建筑火灾发生和防治的规律，开发切实有效的建筑消防技术，是当前加强城市公共安全的一项重要任务，具有十分重要的现实意义及社会价值。

1.1.1.5 火灾的烟气危害

火灾烟气会造成严重危害，其危害性主要有毒害性、减光性和恐怖性。火灾烟气的危害性可概括为对人们生理上的危害和心理上的危害两方面，烟气的毒害性和减光性是生理上的危害，而恐怖性则是心理上的危害。

(1) 火灾烟气的毒害性

① 烟气的毒害性。

a. 烟气中含氧量往往低于人们生理正常所需要的数值，当空气中含氧量降低到 15% 时，人的肌肉活动能力下降；降到 10%~14% 时，人就会四肢无力，思维混乱，辨不清方向；降到 6%~10% 时，人就会晕倒。所以对处在着火房间内的人们来说，氧的短时致死浓度为 6%。而实际的着火房间中氧的最低浓度可达到 3% 左右，可见在发生火灾时人们要是不及时逃离火场是很危险的。

b. 烟气中含有各种有毒气体，而且这些气体的含量已超过人们生理正常所允许的最高

浓度，造成人们中毒死亡。

c. 烟气中悬浮微粒也是有害的。危害最大的颗粒是直径小于 $10\mu\text{m}$ 的飘尘，肉眼看不见它们，能长期飘浮在大气中，少则数小时，长则数年。直径小于 $5\mu\text{m}$ 的飘尘，由于气体扩散作用，能进入人体肺部黏附并聚集在肺泡壁上，引起呼吸道病和增大心脏病死亡率，对人造成直接危害。

d. 火灾烟气具有较高的温度，这对人们也是一个很大的危害，在着火的房间内，烟气温度可高达数百摄氏度，在地下建筑中，火灾烟气温度可高达一千摄氏度以上。人们对高摄氏度烟气的承受力是有限的。在 65°C 时，可短时忍受；在 120°C 时 15min 内将产生不可恢复的损伤。

总而言之，火灾生成烟气的毒害性可归纳为八个字，即缺氧、毒害、尘害、高温。

② 评价材料烟气毒性的大小。评价材料烟气毒性大小的方法有：化学分析法、动物试验法以及生理研究法。

a. 化学分析法：利用化学分析法可了解燃烧产物中的气体成分及浓度，研究温度对燃烧产物的生成及含量的影响。比较常用的分析方法见表 1-2。

表 1-2 烟气气体成分分析方法

方法	气体种类	取样方法	备注
气相色谱	CO 、 CO_2 、 O_2 、 N_2 、烃类	间断取样	使用 5\AA ($1\text{\AA}=0.1\text{nm}$) 分子筛和 GDX-104 柱
红外光谱(不分光型)	CO 、 CO_2	连续取样	专用仪器
傅里叶红外气体分析仪(FT-IR)	CO 、 CO_2 、 HCN 、 NO_x 、 SO_2 、 H_2S 、 HCl 、 HF 、 NH_3 、 CH_4 等十多种气体	连续取样	一次分析最短时间为 1s
比色法	HCN 丙烯醛	间断取样，水溶液吸收	限于低浓度
电化学法	CO	连续	响应较慢
气体分析管	CO 、 CO_2 、 HCN 、 NO_x 、 H_2S 、 HCl	间断取样	半定量

化学分析法虽然可分析气态燃烧产物的种类及含量，但不能解释毒性的生理作用，因此还需进行动物试验及生理研究。

b. 动物试验法：就是利用观察生物对燃烧产物的综合反应来评价烟气的毒性。在暴露室中放入实验小鼠，暴露 30min，测定小鼠停止活动时间与小鼠死亡时间。由这些实验数据可判断不同材料燃烧烟气的相对毒性，见表 1-3。

表 1-3 材料燃烧烟气的相对毒性 (水平管式加热炉试验法)

材料	死亡时间 /min	停止活动时间/min	材料	死亡时间 /min	停止活动时间/min
变性聚丙烯腈纤维	4.54 ± 1.00	3.74 ± 0.23	棉	15.10 ± 3.03	9.18 ± 3.61
羊毛	7.64 ± 2.90	5.45 ± 1.77	PMMA	15.58 ± 0.23	12.61 ± 0.06
丝	8.94 ± 0.01	5.84 ± 0.12	尼龙-66	16.34 ± 0.85	14.01 ± 0.13
皮革	10.22 ± 1.72	8.16 ± 0.69	PVC	16.84 ± 0.93	12.69 ± 2.84
红橡木	11.50 ± 0.71	9.09 ± 10.0	酚醛树脂	18.81 ± 4.84	12.92 ± 3.22
聚丙烯	12.98 ± 0.52	10.75 ± 0.18	聚乙烯	19.84 ± 0.29	8.86 ± 0.80
聚氨酯(硬泡沫)	15.05 ± 0.60	11.23 ± 0.50	聚苯乙烯	26.13 ± 0.12	19.04 ± 0.39
ABS	14.48 ± 1.59	10.58 ± 1.32			

c. 生理试验法：即对在火灾中中毒死亡者进行尸体解剖，了解死亡的直接原因，如血液中毒性气体的浓度、气管中的烟尘，以及烧伤情况等。研究证实，在死者血液中，CO 和 HCN 是主要的毒性气体。在气管及肺组织中也检出了重金属成分，如铅、镉等，以及吸入肺部的刺激物，如醛、HCl 等。

(2) 火灾烟气的减光性 可见光波的波长为 $0.4\sim 0.7\mu\text{m}$ ，一般火灾烟气中烟粒子粒径为几微米到几十微米，即烟粒子的粒径大于可见光的波长，这些烟粒子对可见光是不透明的，即对可见光有完全的遮蔽作用，当烟气弥漫时，可见光因受到烟粒子的遮蔽而大大减弱，能见度大大降低，这就是烟气的减光性。

(3) 火灾烟气的恐怖性 发生火灾时，特别是发生爆燃时，火焰和烟气冲出门窗空洞，浓烟滚滚，烈火熊熊，使人产生了恐怖感，常常给疏散造成混乱局面，使有的人失去活动能力，有的甚至失去理智，惊慌失措。所以，恐怖性的危害也是很大的。

1.1.2 燃烧的基本原理

1.1.2.1 燃烧

(1) 燃烧的条件 燃烧，是指可燃物与氧化剂作用发生的放热反应，一般伴有火焰、发光和（或）发烟现象。燃烧过程中，燃烧区的温度较高，使其中白炽的固体粒子与某些不稳定（或者受激发）的中间物质分子内电子发生能级跃迁，从而发出各种波长的光。发光的气相燃烧区即为火焰，它是燃烧过程中最明显的标志。由于燃烧不完全等原因，会导致产物中存在一些小颗粒，这样就形成了烟。

燃烧可分为有焰燃烧与无焰燃烧。通常看到的明火均为有焰燃烧；有些固体发生表面燃烧时，有发光发热的现象，但是无火焰产生，这种燃烧方式则是无焰燃烧。燃烧的发生及发展，必须具备 3 个必要条件，即可燃物、助燃物（氧化剂）以及引火源（温度）。当燃烧发生时，以上 3 个条件必须同时具备，如果有一个条件不具备，那么燃烧就不会发生，燃烧条件可以用着火三角形来表示，如图 1-3 所示。



图 1-3 着火三角形

① 可燃物。凡是能与空气中的氧或其他氧化剂起化学反应的物质，都叫做可燃物，如木材、氢气、煤炭、汽油、纸张、硫等。可燃物按其化学组成，分为无机可燃物与有机可燃物两大类；按其所处的状态，又可分为可燃固体、可燃液体以及可燃气体的三大类。

② 助燃物（氧化剂）。凡是与可燃物结合能导致和支持燃烧的物质，叫作助燃物，如广泛存在于空气中的氧气。普遍意义上，可燃物的燃烧均指的是在空气中进行的燃烧。在一定条件下，各种不同的可燃物发生燃烧，都有本身固定的最低氧含量要求，氧含量过低，即使其他必要条件均已具备，燃烧仍不会发生。

③ 引火源（温度）。凡是能够引起物质燃烧的点燃能源，统称为引火源。在一定情况下，各种不同可燃物发生燃烧，都有本身固定的最小点火能量要求，只有达到一定能量才能引起燃烧。常见的引火源有以下几种：

a. 明火。明火是指生产、生活中的炉火、焊接火、烛火、吸烟火，撞击、摩擦打火，机动车辆排气管火星及飞火等。

b. 电弧、电火花。电弧、电火花指的是电气设备、电气线路、电气开关及漏电打火，电话、手机等通信工具火花，静电火花（物体静电放电、人体衣物静电打火以及人体积聚静电对物体放电打火）等。

c. 雷击。雷击瞬间高压放电能够引燃任何可燃物。

d. 高温。高温指的是高温加热、烘烤、积热不散、机械设备故障发热、摩擦发热、聚焦发热等。

e. 自燃引火源。自燃引火源指的是在既无明火又无外来热源的情况下，物质本身自行发热、燃烧起火，如钾、钠等金属遇水着火；白磷、烷基铝在空气中会自行起火；易燃、可燃物质与氧化剂及过氧化物接触起火等。

④ 链式反应自由基。自由基是一种高度活泼的化学基团，能与其他自由基和分子起反应，从而导致燃烧按链式反应的形式扩展，也叫做游离基。

研究表明，大部分燃烧的发生与发展除了具备上述 3 个必要条件以外，其燃烧过程中还存在未受抑制的自由基作中间体。多数燃烧反应不是直接进行的，而是借助自由基团和原子这些中间产物瞬间进行的循环链式反应。自由基的链式反应就是这些燃烧反应的实质，光和热是燃烧过程中的物理现象。所以，完整地论述为，大部分燃烧发生和发展需要 4 个必要条件，即可燃物、助燃物（氧化剂）、引火源（温度）以及链式反应自由基，燃烧条件可以进一步通过着火四面体来表示，如图 1-4 所示。

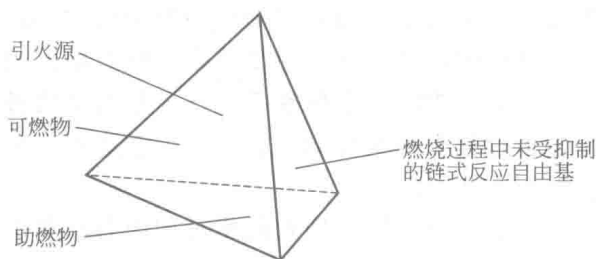


图 1-4 着火四面体

(2) 燃烧的分类 任何事物的分类都必须有一定的前提条件。而不同的前提条件有不同的分类方法，不同分类方法会有不同的分类结果。燃烧的分类也是如此，根据不同的前提条件通常有以下几种分类。

① 按引燃方式划分。燃烧根据点燃方式的不同可分为引燃与自燃两种。

a. 引燃。引燃指受外部热源的作用，物质开始燃烧的现象。即为火源接近可燃物质，局部开始燃烧，然后开始传播的燃烧现象。在规定的试验条件之下，能够发生引燃的最低温度称为引燃温度，用“ $^{\circ}\text{C}$ ”表示。根据引燃方式的不同又可分为局部引燃与整体引燃两种。如人们用打火机点燃烟头，用电打火点燃灶具燃气等均属于局部引燃；而熬炼沥青、松香、石蜡等易熔点固体时温度超过了引燃温度的燃烧就属于整体引燃。这里还需要说明一点，有人将由于加热、烘烤、熬炼以及热处理或者由于摩擦热、辐射热、压缩热以及化学反应热的作用而引发的燃烧划分为受热自燃，实际上这是不对的，由于它们虽然不是靠明火的直接作用而引发的燃烧，但它们仍然是靠外界的热源而引发的，而外界的热源本身就是一个引燃源，因此仍应属于引燃。

b. 自燃。自燃指的是在没有外界引燃源作用的条件下，物质靠本身内部的一系列物理、化学变化而发生的自动燃烧现象。其特点为借助物质本身内部的变化提供能量。在规定的试验条件下，物质发生自燃的最低温度叫做自燃温度，用“ $^{\circ}\text{C}$ ”表示。

② 根据燃烧时可燃物的状态划分。根据燃烧时可燃物所呈现的状态可分为气相燃烧与固相燃烧两种。可燃物的燃烧状态是指燃烧时的状态，而不是指可燃物燃烧前的状态。如乙醇在燃烧之前为液体状态，在燃烧时乙醇转化为蒸气，其状态为气相。

a. 气相燃烧。气相燃烧指燃烧时可燃物和氧化剂都是气相的燃烧。气相燃烧是一种常

见的燃烧形式。如汽油、酒精、丙烷以及蜡烛等的燃烧都属于气相燃烧。实质上，凡是有火焰的燃烧均为气相燃烧。

b. 固相燃烧。固相燃烧指燃烧进行时可燃物为固相的燃烧。固相燃烧又叫做表面燃烧。如木炭、镁条以及焦炭的燃烧就属于此类。只有固体可燃物才能发生此类燃烧，但是并不是所有固体的燃烧均属于固相燃烧，对在燃烧时分解、熔化以及蒸发的固体，都不属于固相燃烧，仍为气相燃烧。

③ 根据燃烧速度及现象划分。燃烧根据燃烧速度及现象的不同可分为爆炸、着火、阴燃、闪燃、微燃以及轰燃 6 种。

a. 爆炸。爆炸指的是由于物质急剧氧化或分解反应，产生温度、压力增加或者两者同时增加的现象。是一种可燃物与氧化剂事先混合好了的混合物遇火源发生的一种十分快速的燃烧。爆炸按其燃烧速度传播的快慢分为爆燃与爆轰两种。

i. 爆燃。指燃烧以亚音速传播的爆炸。亚音速指的是反应中穿过燃烧介质的反应前端速度小于或等于声速（空气中约 340m/s）的速度。

ii. 爆轰。指的是燃烧以冲击波为特征，以超音速（空气中约大于 340m/s）传播的爆炸。

b. 着火。着火亦称起火，简称为火，指以释放热量并伴有烟或火焰或两者兼有为特征的燃烧现象。着火是经常见到的一种燃烧现象，如木材燃烧、油类燃烧以及煤气的燃烧等都属于这一类型的燃烧。其特点是：通常可燃物燃烧需要引燃源引燃；另外，可燃物一经点燃，在外界因素不影响的情况下，可持续燃烧下去，直至把可燃物烧完为止。任何可燃物的燃烧都需要一个最低的温度，这个温度叫做引燃温度，用“℃”表示。可燃物不同，引燃温度也不同。

c. 阴燃。阴燃指的是物质无可见光的缓慢燃烧，通常产生烟与温度升高的迹象。阴燃是可燃固体由于供氧不足而形成的一种缓慢的氧化反应，其特点为有烟而无火焰。阴燃是很危险的火灾前兆，因为阴燃通常都是因供氧不足而形成的，所以大多为不完全燃烧，因此，当阴燃在密闭空间内进行，随着阴燃的进行，分解出的可燃气体与可燃的不完全燃烧产物在这个空间的浓度即会增大，就有可能达到爆炸浓度而发生烟雾爆炸。若是棉花、麦秸、麻、稻草等可燃物的堆垛中潜入了燃着的烟头等火种时，就会发生潜伏期很长的阴燃；若棉花、麦秸以及稻草类可燃物发生火灾，如果未经水彻底浇灭还会发生死灰复燃。

d. 闪燃。闪燃指的是在液体表面上产生的足够的可燃蒸气，遇火能产生一闪即灭的燃烧现象。闪燃是液体燃烧特有的一种燃烧现象，但少数低熔点可燃固体在燃烧时也有这种现象。闪燃就是着火的前兆，当液体达到闪燃温度时，就说明火灾已到了一触即发的状态，必须立即采取相应的降温措施，否则就有着火的危险。在规定的试验条件下，液体表面产生闪燃的最低温度叫做闪燃温度，用“℃”表示。

e. 微燃。微燃指的是燃烧物在空气中受到火焰或高温作用时能够发生燃烧，但将火源移走后燃烧即行停止的燃烧。只能发生微燃的物质叫做难燃物。

f. 轰燃。轰燃指的是在一限定空间内可燃物的表面全部卷入燃烧的瞬变状态。

轰燃是燃烧释放的热量在室内逐渐积累和对外散热共同作用、燃烧速率急剧增大的结果。在火灾中，供给可燃物的能量增多是导致燃烧速率增大的基本原因。当烟气量较大且较浓时，烟气层的热辐射将会很强。随着燃烧的持续，热烟气层的厚度与温度在不断增加。如果着火房间对外界的传热速率不太大，则室内的温度将会逐渐升高，此时因为火焰、热烟气层和壁面将大量热量反馈给可燃物，加剧可燃物的热分解与燃烧，使火势进一步增强，结果使火灾很快发展到轰燃阶段。

轰燃的出现,标志着火灾已经到了充分发展的阶段。通常来说,发生轰燃后,室内所有可燃物的表面都开始燃烧,但是不一定每一个火场都会出现轰燃,比如大空间建筑、可燃物较少的建筑以及可燃物比较潮湿的场所等就不易发生轰燃。

轰燃不需要突然增大的空气量。发生轰燃的临界条件,目前主要有两种观点:一种是以顶棚下的烟气温度接近 600°C 为临界条件;另一种是以地面的热通量达到一定值为条件,认为要使室内发生轰燃,地面可燃物接受到的热通量应不小于 $20\text{kW}/\text{m}^2$ 。试验表明,在普通房间内,若燃烧速率达不到 $40\text{g}/\text{s}$ 是不会发生轰燃的。

④ 根据有无人为控制划分。

a. 有控制的燃烧指为了通过燃烧所产生的热能而有控制进行的燃烧。如烧饭、取暖、照明、内燃机的燃烧、火箭的发射等,均属于有控制的燃烧。有控制的燃烧是人类需要的正常燃烧,而不属于火灾燃烧的范畴。

b. 失去控制的燃烧简称为失火,指人们不需要的失去控制所形成的燃烧。如各种火灾条件下的燃烧均属于失去控制的燃烧。

(3) 燃烧的方式及其特点 可燃物质受热后,由于其聚集状态的不同,而发生不同的变化。绝大多数可燃物质的燃烧都是在蒸气或者气体的状态下进行的,并出现火焰。而有的物质则不能变为气态,其燃烧发生在固相中,比如焦炭燃烧时,呈灼热状态。因为可燃物质的性质、状态不同,燃烧的特点也不一样。

① 气体燃烧。可燃气体的燃烧不需像固体、液体那样经熔化以及蒸发过程,其所需热量仅用于氧化或分解,或将气体加热到燃点,所以容易燃烧且燃烧速度快。根据燃烧前可燃气体与氧混合状况不同,其燃烧方式分为扩散燃烧与预混燃烧。

a. 扩散燃烧。扩散燃烧就是可燃性气体和蒸气分子与气体氧化剂互相扩散,边混合边燃烧。在扩散燃烧中,化学反应速率要比气体混合扩散速度快得多。整个燃烧速度的快慢通过物理混合速度决定。气体(蒸气)扩散多少,就会烧掉多少。人们在生产、生活中的用火(如燃气做饭、点气照明、烧气焊等)都属于这种形式的燃烧。

扩散燃烧的特点:燃烧较为稳定,扩散火焰不运动,可燃气体与气体氧化剂的混合在可燃气体喷口进行。对稳定的扩散燃烧,只要控制得好,就不至于导致火灾,一旦发生火灾也较易扑救。

b. 预混燃烧。预混燃烧又称为爆炸式燃烧。它指的是可燃气体、蒸气或粉尘预先同空气(或氧)混合,遇引火源产生带有冲击力的燃烧。预混燃烧通常发生在封闭体系中或在混合气体向周围扩散的速度远小于燃烧速度的敞开体系中,燃烧放热导致产物体积迅速膨胀,压力升高,压力可达 $709.1\sim 810.4\text{kPa}$ 。一般的爆炸反应即属此种。

预混燃烧的特点:燃烧温度高,反应快,火焰传播速度快,反应的混合气体不扩散,在可燃混合气中引入一火源就会产生一个火焰中心,成为热量与化学活性粒子集中源。若预混气体从管口喷出发生动力燃烧,如果流速大于燃烧速度,则在管中形成稳定的燃烧火焰,由于燃烧充分,燃烧速度快,燃烧区呈高温白炽状;如果可燃混合气在管口流速小于燃烧速度,则会发生“回火”,如制气系统检修前不进行置换就烧焊,燃气系统在开车前不进行吹扫就点火,用气系统产生负压“回火”或漏气未被发现而用火时,往往形成动力燃烧,有可能导致设备损坏和人员伤亡。

② 液体燃烧。易燃、可燃液体在燃烧过程中,燃烧的并不是液体本身,而是液体受热时蒸发出来的液体蒸气被分解、氧化达到燃点而燃烧,即蒸发燃烧。所以,液体是否能发生燃烧、燃烧速率高低,与液体的蒸气压、闪点、沸点以及蒸发速率等性质密切相关。可燃液体会产生闪燃的现象。

可燃液态烃类燃烧时，一般产生橘色火焰并散发浓密的黑色烟云。醇类燃烧时，一般产生透明的蓝色火焰，几乎不产生烟雾。某些醚类燃烧时，液体表面常会伴有明显的沸腾状，这类物质的火灾较难扑灭。在含有水分、黏度较大的重质石油产品，如原油、重油以及沥青油等发生燃烧时，有可能产生沸溢现象及喷溅现象。

a. 闪燃。发生闪燃的原因是易燃或者可燃液体在闪燃温度下蒸发的速度比较慢，蒸发出来的蒸气仅能维持一刹那的燃烧，来不及补充新的蒸气维持稳定的燃烧，所以一闪就灭了。但闪燃却是引起火灾事故的先兆之一。闪点则指的是易燃或可燃液体表面产生闪燃的最低温度。

b. 沸溢。以原油为例，其黏度比较大，并且都含有一定的水分，以乳化水与水垫两种形式存在。所谓乳化水是原油在开采运输过程中，原油中的水因为强力搅拌成细小的水珠悬浮于油中而成的。放置久之后，油水分离，水由于密度大而沉降在底部形成水垫。

燃烧过程中，这些沸程较宽的重质油品产生热波，在热波向液体深层运动时，因为温度远高于水的沸点，所以热波会使油品中的乳化水汽化，大量的蒸汽就要穿过油层向液面上浮，在向上移动过程中形成油包气的气泡，也就是油的一部分形成了含有大量蒸汽气泡的泡沫。这样，必然导致液体体积膨胀，向外溢出，同时部分未形成泡沫的油品也被下面的蒸汽膨胀力抛出，使液面猛烈沸腾起来，就像“跑锅”一样，这种现象叫做沸溢。

从沸溢过程说明，沸溢形成必须具备下列3个条件：

- i. 原油具有形成热波的特性，即沸程宽，密度相差比较大。
- ii. 原油中含有乳化水，水遇热波则变成蒸汽。
- iii. 原油黏度较大，使水蒸气不容易由下向上穿过油层。

c. 喷溅。在重质油品燃烧进行过程中，随着热波温度的逐渐升高，热波向下传播的距离也加大，当热波达到水垫时，水垫的水大量蒸发，蒸汽体积迅速膨胀，以至将水垫上面的液体层抛向空中，向外喷射，这种现象叫做喷溅。

通常情况下，发生沸溢要比发生喷溅的时间早得多。发生沸溢的时间与原油的种类、水分含量有关。根据实验，含有1%水分的石油，经45~60min燃烧即会发生沸溢。喷溅发生的时间同油层厚度、热波移动速度及油的线燃烧速度有关。

③ 固体燃烧。按照各类可燃固体的燃烧方式与燃烧特性，固体燃烧的形式大致可分为5种，其燃烧也各有特点。

a. 蒸发燃烧。硫、磷、钾、钠、松香、蜡烛、沥青等可燃固体，在受到火源加热时，先熔融蒸发，随后蒸气与氧气发生燃烧反应，这种形式的燃烧一般叫做蒸发燃烧。樟脑、萘等易升华物质，在燃烧时不经过熔融过程，但其燃烧现象也可以看作是一种蒸发燃烧。

b. 表面燃烧。可燃固体（如焦炭、木炭、铁、铜等）的燃烧反应是在其表面由氧和物质直接作用而发生的，称为表面燃烧。这是一种无火焰的燃烧，有时又叫做异相燃烧。

c. 分解燃烧。可燃固体，如木材、煤、合成塑料以及钙塑材料等，在受到火源加热时，先发生热分解，随后分解出的可燃挥发分与氧发生燃烧反应，这种形式的燃烧通常称为分解燃烧。

d. 熏烟燃烧（阴燃）。可燃固体在空气不流通、加热温度比较低、分解出的可燃挥发分较少或者逸散较快、含水分较多等条件下，往往发生只冒烟而没有火焰的燃烧现象，这就是熏烟燃烧，也称阴燃。

e. 动力燃烧（爆炸）。动力燃烧指的是可燃固体或其分解出的可燃挥发分遇火源所发生的爆炸式燃烧，主要包括可燃粉尘爆炸、炸药爆炸以及轰燃等几种情形。例如，能析出一氧化碳的赛璐珞、能析出氰化氢的聚氨酯等，在大量堆积燃烧时，常会产生轰燃现象。

这里需要指出的是，以上各种燃烧形式的划分不是绝对的，有些可燃固体的燃烧往往包含两种或两种以上的形式。例如，在适当的外界条件下，木材、棉、麻以及纸张等的燃烧会明显地存在分解燃烧、熏烟燃烧以及表面燃烧等形式。

1.1.2.2 可燃物的燃烧形式与历程

(1) 可燃气体的燃烧形式与历程 可燃气体的燃烧不像低熔点固体、液体那样，需要经过熔化与蒸发的过程，而在常温下就具备了直接与氧结合的条件，燃烧时所需要的热量仅用于氧化或者分解气体和将气体加热到引燃温度，因此燃烧历程较短，一旦着火，其燃烧速度会很快达到最大数值，直至燃尽为止。

可燃气体按照其分子结构分为简单气体和复杂气体两种。分子结构较为简单的气体视为简单气体，如 H_2 、 CO 等；分子结构比较复杂的气体视为复杂气体，比如 C_2H_6 、 C_4H_{10} 等。简单气体燃烧时，只需受热、氧化过程，而复杂的气体需经过受热、分解以及氧化等过程才开始燃烧。因为复杂气体增加了分解的过程，所以比简单气体难于燃烧。

由此可见，可燃气体的燃烧历程是：

分解→氧化→燃烧

(2) 可燃液体的燃烧形式与历程 液体燃烧速度的快慢程度，决定于液体挥发的难易程度。挥发性好的液体燃烧速度快，反之则慢。对烃类液体而言，相对密度大的液体，因为其分子间的引力大、不易挥发，所以相对密度大的液体比相对密度较小的液体难于燃烧。

液体在开始燃烧时，因为液体表面温度低，蒸发速度慢，所以燃烧速度较慢，生成的火焰不高。随着燃烧的进行，液体表面温度增高，蒸发速度加快，燃烧速度与火焰也随之增高，直至液体沸腾，燃尽为止。

液体的化学组成不同，燃烧历程也不同。纯的液体燃烧时，蒸发出来的蒸气和液体的组成相同；多种混合的液体燃烧时，先蒸发出来的是低沸点的成分，而沸点较高的成分蒸发出来的很少。因此，混合液体的燃烧，在剩下的液体中，高沸点成分的含量相对增加，其相对密度、黏度以及闪点也相应增高。如原油、重油及其他石油产品的燃烧，都有此种情况。所以，液体着火时，可对盛装液体的容器壁用水加强冷却，以减缓液体蒸发速度，减弱燃烧强度，利于迅速扑灭火灾。

由此可见，可燃液体的燃烧历程为：

蒸发→分解→氧化→燃烧

(3) 可燃固体的燃烧形式与历程 可燃固体指的是在标准状态下的空气中遇引燃源的作用可发生燃烧的固体。如赤磷、硫黄、樟脑、火柴、萘、棉花、纸张、石蜡、木材、麦秸、稻草、布匹等都属于可燃固体。固体可燃物在自然界中广泛存在，它们种类繁多，结构与性质也各不相同，燃烧形式多种多样，是火灾中最为常见、最重要的燃烧对象。

① 木材、纸张、棉花以及煤等复杂成分固体物质的燃烧历程。木材、纸张、棉花和煤等复杂成分的固体物质，其主要成分为碳、氢和氧，当对它们加热时，固体内部会发生一系列复杂的热分解反应，放出一氧化碳、氢气以及甲烷等各种各样的可燃气体和二氧化碳、水蒸气等不燃气体。挥发或者释放出的可燃性气体与空气混合形成可燃混合气体进行燃烧。当固体中的挥发物释放完结时，固体碳质残渣受到氧的作用产生表面燃烧或者无焰燃烧。其燃烧历程是热分解式的燃烧，即：

可燃固体→蒸发→分解→触氧→燃烧

② 木炭、焦炭的燃烧历程。因为木炭、焦炭为多孔性结构的简单固体，即使在高温下也不会熔融、升华或者分解产生可燃气体，所以氧扩散到这些固体物质的表面之后，被高温表面吸附，发生气-固非均相燃烧，反应的产物由固体表面解吸扩散，带着热量离开固体表