

消防应用技术

XIAOFANG YINGYONG JISHU

(第二版)

张凤娥 乐巍 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

消防应用技术

(第二版)

张凤娥 乐巍 主编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书是在第一版的基础上修订而成,内容包括消防基本知识、消防灭火器材、城市消防、建筑消防、石油化工消防、气体灭火系统和城市火灾对环境的影响等。内容涉及火灾发生、扑救的基础知识;灭火剂、灭火器种类及其配置;建筑材料的耐火等级;建筑防火分区及防烟分区的划分及安全疏散等防火方法和技术;建筑消火栓给水系统与自动喷水灭火系统;石油化工企业的消防站建立、油罐消防设计;各种气体消防设计与计算;火灾探测技术;城市火灾对环境资源的消耗及对空气、水体和土壤的影响分析等。

本书可作为高等院校给排水工程、建筑环境与设备工程、化学工程、安全工程、石油储运等专业的本科教材;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。

图书在版编目(CIP)数据

消防应用技术 / 张凤娥, 乐巍主编. —2 版.
—北京: 中国石化出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-5114-3819-5

I. ①消… II. ①张… ②乐… III. ①消防-基本知识
IV. ①TU998. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 020959 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 16 印张 393 千字

2016 年 3 月第 2 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

定价: 48.00 元

再版前言

消防应用技术是一门综合性较强的工程技术,它涉及建筑结构、给排水、建筑环境与设备、电气控制、石油储运、石油化工等不同的专业门类。因此,消防技术的应用从分散走向综合是必然趋势,《消防应用技术》的编写正是基于这种认识。

本书是在《消防应用技术》(第一版)的基础上修订、编写的。此次修订基本上保留了原有的章节顺序,但在内容上做了一些增删和修改,主要有:根据《建筑设计防火规范》GB 50016—2014(2015版)、《石油库设计规范》GB 50074—2014、《火灾自动报警系统设计规范》GB 50116—2013、《泡沫灭火系统设计规范》GB 50151—2010、《建筑给水排水设计规范》GB 50015—2003(2009版)、《石油化工企业设计防火规范》GB 50160—2008、《建筑灭火器配置设计规范》GB 50140—2005以及新实施的消防类规范和标准的内容做了全面的更新和充实;增加了城市火灾对环境的影响(第七章),目的是让大家了解火灾对环境的危害,增强火灾防范意识。

本书力求做到:

在内容上力求科学性、系统性、基础性、前沿性。本书在编写过程中注重于构建消防系统的完整体系,从城市消防到建筑消防再发展到石油化工企业的消防;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使用,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。

在功能上力求广泛性与实用性。消防是涉及很多专业方面知识的一门科学,本书结合实际及国家相关标准规范,介绍了很多专业的相关知识,力求将它们汇集到一起,精干简练阐述了相关的知识,这样可以应用于多个专业、多个角度,以提高本书的实用性。

在风格上力求简练,注重工程性。消防工程是一个工程性很强的科学,从事消防工作的人员有多个岗位,要求知识面丰富、掌握的角度不同,所以本书

考虑到了几个专业的需要从多个方面进行论述，注重工程设计的渗透，本书在编写上力求语言简练，案例有代表性。

在本书的编写过程中，硕士研究生陈梦杰同学在编辑绘图方面给予了大力帮助，在此表示衷心感谢！

在本书的编写过程中，参考了大量的资料，特向这些资料的作者致谢！

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

第一章 消防基本知识	(1)
第一节 火灾基本知识	(1)
第二节 燃烧的类型与特点	(4)
第二章 灭火剂及灭火材料	(8)
第一节 灭火剂与灭火器	(8)
第二节 灭火器材	(15)
第三章 城市消防建设和管理	(29)
第一节 城市的消防规划	(29)
第二节 城市消防给水系统规划	(32)
第三节 重点消防保护单位的确定	(37)
第四节 消防设备的联用	(43)
第五节 消防车供水压力计算	(50)
第四章 建筑防火	(60)
第一节 建筑耐火等级	(60)
第二节 建筑防火分区	(66)
第三节 防烟分区	(70)
第四节 建筑安全防火技术	(77)
第五节 室内消防给水系统	(83)
第六节 自动喷水灭火系统	(96)
第五章 石油化工企业的消防	(119)
第一节 石油及石化产品的主要特性	(119)
第二节 消防站的建立	(122)
第三节 油罐火灾的扑救	(127)
第四节 油罐的消防冷却设计	(136)
第五节 固定油罐灭火系统设计	(139)
第六节 浮顶油罐灭火系统设计	(154)
第七节 泡沫液输送流程的选择	(156)
第八节 其他企业火灾的扑救	(157)

第六章 气体灭火系统 (161)

第一节 概述 (161)

第二节 气体灭火系统的类型、组成与工作原理 (164)

第三节 系统配置及其防护区设置 (168)

第四节 CO₂灭火系统设计与计算 (176)

第五节 七氟丙烷灭火系统 (188)

第七章 城市火灾对环境的影响 (199)

第一节 城市火灾对环境资源的消耗 (199)

第二节 城市火灾对空气的影响分析 (199)

第三节 城市火灾的高热影响 (203)

第四节 城市火灾对水体的影响 (205)

第五节 城市火灾对土壤的影响分析 (206)

附录 (207)

参考文献 (249)

第一章 消防基本知识

消防是与火灾并行的，“预防为主，防消结合”的消防方针是我国人民长期以来与火灾斗争的经验总结。要做好消防工作，我们必须了解最基本的消防知识。

第一节 火灾基本知识

一、火灾的分类

根据国家标准 GB/T 4968—2008《火灾分类》的规定，火灾分为 A、B、C、D、E、F 六类。

(1) A 类火灾：指固体物质火灾。这种物质往往具有有机物的性质，在燃烧时能产生灼热的余烬。如木材、棉、毛、麻、纸张及其制品等燃烧的火灾。

(2) B 类火灾：指液体火灾和可熔化固体物质火灾。如汽油、煤油、柴油、原油、甲醇、乙醇、沥青、石蜡等燃烧的火灾。

(3) C 类火灾：指气体火灾。如煤气、天然气、甲烷、乙烷、丙烷、氢气等燃烧的火灾。

(4) D 类火灾：指金属火灾。如钾、钠、镁、钛、锂、锆、铝镁合金等燃烧的火灾。

(5) E 类火灾：指带电物体的火灾。如发电机房、变压器室、配电间、仪器仪表间和电子计算机房等在燃烧时不能及时或不宜断电的电气设备带电燃烧的火灾。

(6) F 类火灾：指烹饪器具内的烹饪物(如动植物油脂)火灾。

二、火灾的特点

(1) 起火因素多。现代建筑功能复杂，人员流动频繁，管理不便，火灾隐患不易发现；室内装修要求高，易燃物品多；同时火源多，如厨房和维修管道、设备的焊枪明火、烟蒂余星以及各类电器设备使用不当漏电、短路等，均能引起火灾。

(2) 火势蔓延迅速。由于建筑越高，风力越大，同时高层建筑内设置的竖向通道多，如电梯井、管道井、通风竖井、电缆井、垃圾道、自动扶梯和楼梯间等，所以高层建筑物着火时烟气的水平扩散速度可达 $0.5 \sim 0.8\text{m/s}$ ，而垂直方向的速度可达 $3 \sim 4\text{m/s}$ ，半分钟上升 100m 左右，对于建筑物而言，楼梯间、管道井、电缆井通风道形成“烟囱”为燃烧产生的热烟提供了上升的条件，加上新鲜空气的补充，火势蔓延更加迅速。

(3) 疏散困难，易造成伤亡事故。楼梯是疏散的主要通道，人多不易疏散，而且烟气扩散迅速，又含有一氧化碳等有害气体，在浓烟中会窒息晕倒，伤亡损失大，均增大了控火、灭火的难度，所以公共建筑和廊道式居住建筑要求设置不少于两个的安全出口或安全楼梯。

(4) 扑救困难。由于目前我国消防设备能力有限， 24m 以上的建筑发生火灾时，从室外扑救困难。多层建筑可借助于城市的消防车灭火，高层建筑主楼在中央，周围是裙房，消防

车无法靠近高层建筑，而且还需要在热辐射强、烟雾浓的环境下工作，均增大了控火、灭火的难度，所以高层建筑应立足于自救，同时高层周围一定要设置消防通道。例如 2000 年 6 月 30 日广东江门市某高级烟花厂发生特大爆炸事故；2008 年 8 月 26 日广维化工股份有限公司发生爆炸事故，爆炸引发的火灾导致车间内装有甲醇等易燃易爆物品的储罐发生爆炸；2009 年 2 月 9 日夜，尚在建设中的中央电视台新址园区文化中心 159m 高的屋顶发生火灾，火灾是由于燃放烟花爆竹引起的，前后共出动了 85 台各类消防车辆，595 名消防员参加扑救。

三、燃烧的基本条件

着火即是燃烧，燃烧是一种放热发光的化学反应。凡发生燃烧就必须同时具备燃烧的必要条件和充分条件。

(一) 燃烧的必要条件

(1) 可燃物。凡能与空气中的氧或其他氧化剂起剧烈反应的物质，都可称为可燃物。可燃物的种类繁多，按其物理状态，分为气体可燃物、液体可燃物和固体可燃物三种类别。如木材、纸张、汽油、乙炔，金属钠、钾等。

(2) 氧化剂(助氧剂)。凡能帮助和支持燃烧的物质，即能与可燃物发生氧化反应的物质称为助燃物。如空气、氧、氯、溴氯酸钾、高锰酸钾、过氧化钠等。

(3) 温度(着火源)。着火源是指供给可燃物与氧或助燃剂发生反应的能量来源。最常见的有明火焰、赤热体、火星和电火花等。

所谓明火焰是最常见而且比较强的点火源，如一根火柴、一个烟头都会引起火灾，明火焰的温度约在 700~2000℃ 之间，可以点燃任何可燃物质。

所谓赤热体是指受到高温或电流因素作用，由于蓄热而具有较高温度的物体，如烧红了的铁块、金属设备等。赤热体点燃可燃物的速度主要取决于物质的性质和状态。

火星是在铁器与铁器或铁器与石头之间强力摩擦撞击时产生的火花，火星的能量虽小，但温度很高约有 1200℃，也能点燃。如棉花、布匹、干草、糠类的易燃固体物质。

电弧和电火花是在两极间放电放出的火花或者是击穿产生的电弧光，这些火花能引起可燃气体、液体蒸气和固体物质着火，是一种较危险的着火源。

(二) 燃烧的充分条件

在某些情况下，虽然具备了燃烧的三个必要条件，也不一定能发生燃烧。这就需要可燃物的浓度(H_2 在空气中的含量达到 4%~75% 之间就着火甚至发生爆炸)和提供充足的氧，否则就不会使燃烧继续下去，表 1-1 为某些物质燃烧的最低含氧量。

表 1-1 某些物质燃烧所需最低含氧量

物质名称	含氧量/%	物质名称	含氧量/%
氢气	5.90	煤油	15.0
乙炔	3.70	汽油	14.4
乙醚	12.0	多量棉花	8.0
乙醇	15.0	黄磷	10.0
丙酮	13.0	碎橡胶屑	13.0
二硫化碳	10.5	蜡烛	16.0

四、防火的基本措施

根据燃烧的基本条件，一切防火措施都为了防止燃烧的三个条件同时结合在一起，所以防火措施也就从这几个方面考虑。

(1) 控制可燃物。用难燃或不燃的材料代替易燃、可燃材料；用水泥或混凝土结构代替木结构；用防火涂料代替可燃材料，提高耐火极限；对散发可燃气体或蒸气的场所加强通风换气，防止积聚形成爆炸性混合物；对装有易燃气体或可燃气体的容器关闭角阀，防止泄漏。

(2) 隔绝助燃物。对使用生产易爆化学物品的生产设备实行密闭操作，防止与空气接触形成可燃混合物。如：①存放遇水易燃易爆的化学仓库进行严密禁水，一旦这类火灾着火，用干沙或干粉灭火剂或埋压，使燃烧物隔绝氧气而窒息，严禁用水或泡沫灭火；②炼油场的仓库，常用泡沫灭火系统隔绝空气防止冷却爆炸。

(3) 消除着火源。火源是火灾的苗头，我们就把它消灭在萌芽状态，仓库、油库、加油站严禁任何火源，在爆炸危险的场所安装整体防爆电气设备等。

(4) 阻止火势蔓延。为防止火势蔓延，在建筑分区之间要设防火通道、防火墙、防火安全门或留防“火”间距；在面积较大的场所划分防火分区，用卷帘门隔开，在可燃气体管道上安装阻火器；塑料管道易燃，一旦着火下层火舌会顺着管道蔓延到上层，所以在楼板下管道上设阻火圈。

五、灭火的基本原理

灭火的基本原理可分为四个方面，冷却、窒息、隔离和化学抑制。前三种灭火作用属于物理过程，化学抑制是一个化学过程。

(1) 冷却灭火。达到着火点是可燃物持续燃烧的条件，所以对于一般可燃固体，将其冷却到燃点以下；对于可燃液体，将其冷却到闪点以下燃烧反应就会终止。用水扑灭一般固体物质的火灾，主要是通过冷却作用来实现。水能大量吸收热量由液态变成气态，使燃烧物的温度迅速降低，所以水是救火的主要灭火剂，既经济又实惠，也没有太多的副作用。而对于可燃液体，不能用水来灭火，通常用泡沫灭火。

(2) 窒息灭火。火灾燃烧是依靠氧，只要周围空气中氧的浓度 $\geq 15\%$ 就可能燃烧，所以降低氧的浓度，就可以灭火。如采用湿棉被、湿帆布封闭孔洞，封闭门窗避免新鲜空气进入，或用手提式 CO_2 或管道灭火器窒息灭火。

(3) 隔离灭火。把可燃物与火焰以及氧隔离开来，燃烧反应会自动终止，如转移可燃物，关闭有关阀门，切断可燃气体与可燃液体的通道。另外用灭火器把燃料与氧和热隔离开来，通常用泡沫灭火器将泡沫覆盖住燃烧体或固体的表面，把可燃物与火焰和空气隔开。封闭门窗孔洞防止火焰和热气流从孔洞蔓延，从而引燃其他可燃物。

(4) 化学抑制灭火。通过化学反应产生抑制燃烧的物质，可燃物质的燃烧都是游离基的链锁反应，碳氢化合物在燃烧过程中其分子被活化，发生游离基 $\text{H}\cdot$ 、 $\text{OH}\cdot$ 、 $\text{O}\cdot$ 的链锁反应。卤代物灭火剂能有效压制游离基的产生，中断燃烧反应或者能降低游离基的连锁反应，达到灭火的目的，但是卤代物灭火剂具有破坏大气臭氧层的作用。所以应尽可能少使用卤代物灭火剂。干粉灭火剂灭火也属于化学抑制灭火，灭火效果很好。卤代物灭火剂能够扑灭的火灾，干粉灭火剂均可扑灭，但是干粉灭火剂易污染环境与破坏设备，所以对精密仪器不可使用干粉灭火剂。

六、热传播的几种途径

火灾在发生这个过程伴随着热传播过程，热传播有三种途径，即热传导、热对流和热辐射。

(1) 热传导。热量通过直接接触的物质从温度高的传给温度低的物质叫热传导。影响热传导的主要因素有温度差、导热系数、导热物体的厚度以及截面面积。固体物质是强的导热体、液体次之、气体较差。

(2) 热对流。热通过流动的介质将热量由空间的一处到另一处的现象叫热对流。热对流的方向是热流体向上，冷流体的向下流动，因而火焰总是向上扩散燃烧。影响热对流的主要因素是温度差，通风孔洞面积、高度和通风洞所处的位置的高度。热对流是热传播的主要方式，是影响早期火灾发展的最主要的因素，温度差越大，热对流越快，通风孔洞面积越大热对流越快。

(3) 热辐射。以电磁波形式传递热量的现象叫热辐射。热辐射的主要特点是，任何物质(固体、液体、气体)都能把热量以电磁波的形式辐射出去，也能吸收别的物质辐射出来的热量。同时热辐射不需要任何介质，通过真空也能辐射。热辐射的热量和火焰温度的四次方成正比。因此，当燃烧处于发展阶段时，热辐射成为热传播的主要形式。

第二节 燃烧的类型与特点

一、燃烧的类型

燃烧的类型有许多种，主要有闪燃、着火、自燃和爆炸。

(1) 闪燃。一定温度下，液体能蒸发成蒸气或少量固体如樟脑、萘、木材、塑料(聚乙烯、聚苯乙烯等)表面上能产生足够的可燃蒸气，遇火源能产生一闪即灭的现象。发生闪燃的最低温度称为闪点，液体的闪点越低，火险性越大。闪点是评定液体火灾危险性的主要依据。表 1-2 给出了某些可燃液体的闪点温度。

表 1-2 某些可燃液体的闪点温度

可燃物名称	二硫化碳	乙醚	汽油	丙酮	润滑油	甲苯	乙醇	松节油	石油
闪点/℃	-45	-45	10	-10	285	26.3	10	32	30

注：1. 闪点低于或等于 45℃ 的液体为易燃液体，闪点大于 45℃ 的称为可燃液体；

2. 易燃和可燃液体的闪点高于储存温度时，火焰的传播速度低。

(2) 着火。可燃物质发生持续燃烧的现象叫着火，如油类、酮类。可燃物开始持续燃烧的所需要的最低温度，叫燃点(又称为着火点)，燃点越低，越容易起火。根据可燃物质的燃点高低，可以鉴别其火灾危险程度，表 1-3 给出了 20 种可燃物质着火的燃点。

表 1-3 几种可燃物质的燃点

名称	汽油	煤油	乙醇	樟脑	萘	赛璐珞	橡胶	纸张	石蜡	麦秸
燃点/℃	16	86	60~76	70	86	100	120	130	190	200
名称	布匹	棉花	烟草	松木	有机玻璃	胶布	聚乙烯	聚氯乙烯	涤纶	尼龙 6
燃点/℃	200	210	222	250	260	325	340	391	390	395

(3) 自燃。可燃物在空气中没有外来火源，靠自热和外热而发生的燃烧现象称为自燃。根据热的来源不同，可分为本身自燃和受热自燃。使可燃物发生自燃的最低温度叫自燃点，物质的自燃点越低发生火灾的危险性越大。自燃有固体自燃、气体自燃及液体自燃，表 1-4 给出了 27 种物质的自燃点。

表 1-4 几种可燃物的自燃点

物质名称	黄磷	松香	汽油	煤油	轻柴油	木材	无烟煤	稻草	涤纶纤维
自燃点/℃	30	240	255~530	240~290	350~380	400~500	280~500	330	442
物质名称	氢	CO	H ₂ S	甲烷	乙醇	乙醛	丙酮	乙酸	苯
自燃点/℃	572	609	292	537	392	275	661	650	580
物质名称	铝	铁	镁	锌	有机玻璃	硫	聚苯乙烯	树脂	合成橡胶
自燃点/℃	645	315	520	680	440	190	490	460	320

自燃物品的防火与灭火：储运自燃物品时必须通风散热，远离火源、热源、电源，不要受日光曝晒，装卸时防止撞击、翻滚、倾倒和破损容器。储存或运输时严禁与其他化学危险品混放或混运，码垛时容器间应垫有木板，白磷(黄磷)必须保存于水中，且不得渗漏。浸泡过的水和容器有毒，要特别注意，油布、油纸等只许分层、分件挂置，不许堆放存放，应注意防潮湿。扑灭自燃火灾一般可以用水、干粉或沙土扑救。黄磷火灾可用雾状水，不要用高压水枪乱冲，以免黄磷四处飞溅，扩大火灾。

(4) 爆炸。由于物质急剧氧化或分解反应产生温度、压力分别增加或同时增加的现象，称为爆炸。爆炸时化学能或机械能转化为动能，释放出巨大能量，气体、蒸气在瞬间发生剧烈膨胀等现象。常见的爆炸分为物理爆炸和化学爆炸，其中物理爆炸由于液体变成蒸气或者气体迅速膨胀，压力增加超过容器所能承受的极限而造成容器爆炸，如蒸汽锅炉、液化气钢瓶。化学爆炸是固体物质本身发生化学反应，产生大量气体和热而发生的爆炸，可燃气体和粉尘与空气混合物的爆炸属于此类化学爆炸，能发生化学爆炸的粉尘有铝粉、铁粉、聚乙烯塑料、淀粉、烟煤及木粉等。爆炸性物质又分为爆炸性化合物和爆炸性混合物，其中爆炸性化合物按组分分为单分解爆炸物质(如过氧化物、氯酸和过氯酸化合物、氮的卤化物等)和复分解爆炸物质，如 TNT、硝化棉等；爆炸性混合物通常由两种或两种以上的爆炸组分和非爆炸组分经机械混合而成，如黑色火药、硝化甘油炸药等。在此要注意“二次爆炸”，如果容器中装有可燃气体或液体，在发生物理爆炸的同时往往伴随着化学爆炸，这种爆炸称为“二次爆炸”。2008 年 8 月 2 日，贵州某公司的一精甲醇储罐中的甲醇蒸气与二氧化碳形成爆炸性混合气体，由于精甲醇罐附近又在违规进行电焊等动火作业，引起爆炸性混合气体燃烧并通过管道引发爆炸，同时附近的储罐也被点燃发生爆炸。2015 年 8 月 12 日天津滨海新区集装箱码头发生爆炸，出事仓库内存放四大类、几十种易燃易爆危险化学品，有气体、液体、固体等化学物质，主要有硝酸铵、硝酸钾、电石等，第一次爆炸震级 ML 约 2.3 级，相当于 3t TNT，第二次爆炸在 30s 后，近震震级 ML 约 2.9 级，相当于 21t TNT，损失惨重，人员伤亡严重。粉尘或可燃气体爆炸后，如果扑救不当，也可能引起“二次爆炸”，“二级爆炸”迫害性很大，所以对盛装可燃气体或液体的容器，设计一定要严格、科学。

二、可燃物的燃烧特点

(一) 气体的燃烧特点

气体燃烧所用热量仅用于氧化或分解，或将气体加热到燃点，不需要像液体或固体需要

蒸发或熔化，因此易燃烧，速度也快。

根据燃烧前可燃气体与氧混合状态的不同，燃烧分为两大类，即预混燃烧与扩散燃烧。预混燃烧是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，此类燃烧易引起爆炸。如液化气泄漏与空气中氧气混合达到一定浓度时易造成爆炸。扩散燃烧是指可燃气体从喷口喷出，在喷口处与空气中的氧边扩散、边混合、边燃烧，如正常使用煤气炉点火后发生的燃烧、天然气井的井喷燃烧这类。

易燃烧气体有 H_2 、 CO 、 CH_4 、乙烷、乙烯等，助燃气体有 O_2 、 Cl_2 等。

(二) 液体的燃烧特点

液体的燃烧是液体蒸发出蒸气而进行燃烧，所以燃烧与否，燃烧速率与可燃液体的蒸气压，闪点、沸点和蒸发速率有关。凡闪点低于或等于 $45^\circ C$ 的液体为易燃液体，闪点大于 $45^\circ C$ 的称可燃液体，易燃和可燃液体的闪点高于储存温度时，火焰的传播速度低。

(1) 液体的分类。根据其闪点，国家有关技术标准将易燃、可燃液体分为甲、乙、丙三个类别。

甲类：汽油、苯、甲醇、丙酮、乙醚、石蜡油等，其闪点小于 $28^\circ C$ 。

乙类：煤油、松节油、丁醚、溶剂油、樟脑油、蚁酸等，其闪点 $28 \sim 60^\circ C$ 。

丙类：柴油、润滑油、机油、菜籽油等，其闪点大于等于 $60^\circ C$ 。

(2) 液体的理化性质。液体的火灾危险性是由其理化性质决定的，可以从三个方面来表述。

① 密度。液体的密度越小，蒸发速度越快，闪点越低，火灾危险性就越大，密度小于水的液体不能用水扑救，应该用惰性气体或泡沫扑救。

② 流动扩散性。易燃可燃液体具有流动性，液体越黏稠，流动性与扩散性就越差，自燃点较低，但随着温度的升高，其流动性和扩散性也就越增强。

③ 水溶性。在芳香族碳氢化合物中，大部分易燃和可燃液体是难溶于水的，但醇类、醛类、酮类能溶于水，火险由大到小的次序为醚类、醛酮类、醇类、酸类，在水溶性易燃和可燃液体的灭火中，应采用抗溶性泡沫。

(3) 燃烧应注意的现象。液态烃类燃烧时，通常具有橘色火焰并散发浓密的黑色烟云；醇类燃烧，通常具有透明蓝色火焰，无烟雾；醚类燃烧时，液体表面伴有明显的沸腾状，这类火灾难以扑灭。

对于不同类型的油类敞口储罐的火灾中应特别注意三种现象：沸溢、溅出、冒泡。原油和重质石油产品在油罐中燃烧时，表面温度会逐渐被加热到 $60 \sim 80^\circ C$ ，以后温度跳跃式上升到 $250 \sim 360^\circ C$ ，在高温下逐渐向液体深部加热，这种现象称为热波。冷热油的分界面叫热波界面，油品燃烧 $5 \sim 10 min$ 后，在液面下 $6 \sim 9 cm$ 处形成热波界面，当热波界面热油温度上升到 $149 \sim 360^\circ C$ 时，如果继续燃烧，温度不断上升，会发生分馏现象，轻馏分蒸发，重馏分中的沥青、树脂和焦炭产物比油重会下沉，油品的热波分界面继续向深处推移，直到热波界面与含水层相遇，水滴变成蒸汽，体积猛烈增加 1700 多倍，被油品薄膜包围的大量蒸汽气泡形成泡沫状的石油溢流向油罐液面移动，以至发生沸腾、喷溅冒泡现象。因此对油罐进油和储油温度必须严格控制在 $90^\circ C$ 以内，而且进油管流速较高时，由高到低地进入，易产生雾状喷出，落下的油撞击油罐和液面，致使静电荷急剧增加，极易引起油罐爆炸起火，因此油罐的进油管不能从油罐上部接入。

(三) 固体的燃烧特点

凡遇火、受热、撞击、摩擦或与氧化剂接触能着火的固体物质，统称为燃烧固体。固体物质燃烧特点是必须经过受热、蒸发、热分解使固体上方可燃气体的浓度达到燃烧的极限，才能持续不断地发生燃烧。

(1) 易燃固体的分类。易燃固体按照燃烧难易程度分一、二两级。

一级易燃固体：燃点低，易于燃烧或爆炸，燃烧速度快，并能释放出剧毒气体，它们有磷及磷的化合物如红磷、三硫化四磷、五硫化四磷，硝基化合物如二硝基苯及一些含氮量在12.5%的硝化棉、闪光粉等。

二级易燃固体：燃烧性能比一级固体差，燃烧速度慢，燃烧毒性小，它们大致包括各种金属粉末；碱金属氨基化合物，如氨基化锂、氨基化钙等；硝基化合物，如硝基芳烃；硝化棉制品，如硝化纤维漆布、赛璐珞、萘及其化合物等。

(2) 固体燃烧的方式。固体可燃物由于其分子结构的复杂性，物理性质的不同，燃烧方式分为四种，有蒸发燃烧、分解燃烧、表面燃烧、阴燃。

蒸发燃烧：熔点较低的可燃固体，受热后熔融，然后与可燃液体一样蒸发称为蒸发燃烧，如硫、磷、沥青、热塑性高分子材料等。

分解燃烧：受热能分解出组成成分与加热温度相应的热分解的产物，然后再氧化燃烧，称分解燃烧，如木材、纸张、棉、麻、丝合成橡胶等的燃烧。

表面燃烧：蒸气压非常小或难以热分解的可燃固体，不能发生蒸发燃烧或分解燃烧，当氧气包围固体表层时，呈炽热状态而无火焰燃烧，表现为表面发红而无火焰，如木炭、焦炭等的燃烧。

阴燃：没有火焰的缓慢燃烧现象称为阴燃，当空气不流通，加热温度较低或含水分较高时会阴燃，如成捆堆放的棉麻、纸张及大堆垛的煤、潮湿的木材。

(3) 理化性质。可燃固体火灾危险性决定于该物质的理化性质。

熔点：熔点低(100℃以下)的固体物质容易蒸发和汽化，一般燃点也较低，燃烧速度快。

燃点：固体物质的燃点越低就越容易着火。

自燃点：自燃点低的物质具有较大的火灾危险性。

单位体积的表面积：同样的物质单位体积的表面积越大，氧化面积就越大，蓄热能力就越强，其危险性也就越大。

受热分解速度：低温下受热分解速度较快的物质，由于分解时温度会自行升高以致达到自燃点，其火灾危险性较大。

(4) 灭火方法

多数固体可燃物着火可用水扑救，如镁、铝等金属粉末、樟脑、萘燃烧时，只能用干粉灭火或者干沙覆盖；赤磷冒烟，应采用黄沙、干粉等扑灭；散装硫磺冒烟应及时用水扑救。

第二章 灭火剂及灭火材料

第一节 灭火剂与灭火器

一旦发生火灾,灭火剂是必不可少的,它可以通过冷却、窒息、隔离及化学抑制达到破坏燃烧条件,终止燃烧的目的。灭火剂的类型有多种,有水、泡沫、干粉、二氧化碳等,可以扑灭各种不同类型的火灾,下面我们一一进行介绍。

一、水

(一) 水的灭火作用

水是不燃液体,它在灭火中应用最广,是最为廉价的灭火剂。水灭火的作用有四个,一是冷却:1kg 水的温度升高 1℃ 吸收 4.187kJ 的热量,而 1kg 水汽化时要吸收 2261kJ 的热量;二是水对氧有稀释作用:水遇到炽热的燃烧物后汽化产生大量水蒸气,能够阻止空气进入燃烧区,同时,稀释燃烧区中氧的含量,使燃烧区的氧逐渐减少而减弱燃烧强度;三是水的冲击作用:经消防水泵加压后输入到水枪喷射出来的水流压力可达上百米水柱的压力,具有很大的动能冲击力;四是水对水溶性可燃易燃液体的稀释作用:如酒精、醇、醛等。

(二) 不能用水扑救的场所

(1) 与水反应能够产生可燃气体,遇水容易引起爆炸的物质着火时,不能用水扑救。如金属元素遇水生成氢气、电石遇水生成易燃的乙炔气,并放出大量的热,容易引起爆炸。

(2) 非水溶性液体(如原油、石油等)着火时不能用水扑救。

(3) 带电设备及可燃粉尘(面粉、铝粉、煤粉、糖粉、锌粉等)聚集处着火时不能用水扑救。

(4) 储存大量浓硫酸、浓硝酸的场所,不能用水扑救。

(5) 银行票据库、文献书库等不能用水扑救。

(三) 水的灭火形态和应用范围

水的灭火形态有三种直流水、开花水和雾状水,其中直流水和开花水由消火栓所接水枪喷出柱状或开花水枪喷出的滴状水流,主要用于扑救 A 类固体火灾,或闪点在 120℃ 以上、常温下呈半凝固状态的重油火灾,以及石油或天然气井喷火灾。雾状水主要指水滴直径小于 100μm 的水流,以雾状喷出可以获得比直流水或开花水大得多的表面积,提高水与燃烧物的接触面积,有利于水对燃烧物的渗透,雾状水温降快,容易汽化,汽化后体积增大约 1700 倍,稀释了火焰附近的氧气的浓度,窒息了燃烧,又有效地控制了热辐射,它的灭火效率高,水渍损失小。该形态的水主要由自动喷水灭火系统基础上发展而成,用于扑救粉尘、纤维状物质,以及高技术领域的特殊火灾,如计算机房、航天飞行器舱内火灾,及现代大型企业的电器火灾,它具有取代卤代烷的趋势。

二、泡沫灭火剂

(一) 组成

凡能与水混溶并可通过化学反应或机械方法产生灭火泡沫的灭火药剂，称为泡沫灭火剂。泡沫灭火剂一般由发泡剂，泡沫稳定剂、降黏剂、抗冻剂、助溶剂、防腐剂及水组成。主要用于扑救非水溶性可燃液体及一般固体火灾。特殊的泡沫灭火剂还可以扑灭水溶性可燃液体火灾。

(二) 分类

泡沫灭火剂可分为化学泡沫灭火剂和空气泡沫灭火剂。化学泡沫是通过硫酸铝和碳酸氢钠的水溶液发生化学反应产生的，泡沫中包含的气体为二氧化碳。空气泡沫是通过空气泡沫灭火剂的水溶液与空气在泡沫产生器中进行机械混合搅拌而生成的，所以空气泡沫又称为机械泡沫，泡沫中所含气体为空气。空气泡沫灭火剂种类繁多，按泡沫的发泡倍数，可分为低倍数泡沫、中倍数泡沫和高倍数泡沫三类。低倍数泡沫灭火剂的发泡倍数一般在 20 倍以下，中、高倍数灭火剂的发泡倍数一般在 20~1000 倍以下。根据发泡剂的类型和用途，低倍数空气泡沫灭火剂又分为蛋白泡沫、氟蛋白泡沫、水成膜泡沫、合成泡沫、抗溶性泡沫五种类型，中、高倍数泡沫灭火剂属于合成泡沫的类型，见表 2-1。

表 2-1 各种泡沫灭火剂的比较

泡沫 灭 火 剂	化学泡沫 灭火剂	普通化学泡沫灭火剂	YPB 型、YP 型 扑救油类等非水溶性可燃易燃液体 B 类或 A 类火灾		
		抗溶化学泡沫灭火剂			
	空气泡沫 灭火剂	高倍数泡沫灭火剂	扑灭非水溶性可燃、易燃液体 B 类火灾，液化石油气、液化天然气；木材、纸张、橡胶、纺织品 A 类火灾、带电设备火灾；但不能扑灭硝化纤维火灾、炸药火灾、金属类火灾		
		中倍数泡沫灭火剂	发泡倍数为 21~200 的泡沫		
		低倍数泡沫灭火剂	普通泡沫 灭火剂	蛋白泡沫灭火剂 氟蛋白泡沫灭火剂 水成膜泡沫灭火剂 合成泡沫灭火剂	主要扑灭非水溶性、可燃、易燃液体火灾亦可扑灭木材
			抗溶性泡 沫灭火剂	金属皂型抗溶性灭火剂 凝胶型抗溶性灭火剂 抗溶氟蛋白泡沫灭火剂	主要扑灭水溶性液体，如醇、脂，主要在水表面上具有较好的稳定性

注：1. 氟蛋白泡沫灭火剂和水成膜泡沫灭火剂可与磷酸铵盐干粉灭火剂联用液下喷射。

2. 抗溶泡沫灭火剂对比金属沸点低的醚醛不宜使用。

(三) 灭火原理

泡沫灭火是由泡沫灭火剂的水溶液通过化学、物理的作用，填充大量的气体后形成无数的小气泡。气泡的相对密度范围 0.001~0.5，远小于可燃、易燃液体的相对密度，可以覆盖在液体表面，形成泡沫覆盖层。泡沫灭火的作用机理有：

(1) 泡沫在燃烧物表面形成了泡沫覆盖层，可以使燃烧物表面与空气隔绝；

(2) 泡沫层封闭了燃烧物表面，可以遮断火焰的热辐射，阻止燃烧物本身与附近可燃物的蒸发；

(3) 泡沫析出的液体对燃烧表面进行冷却；

(4) 泡沫受热蒸发产生的水蒸气可以降低燃烧物附近氧的浓度。

(四) 泡沫灭火剂的主要性质

(1) 相对密度：它是指泡沫液在 20℃ 时的密度与水在 4℃ 时的密度的比值，通常泡沫液的相对密度在 1.0~2.0 的范围内。

(2) pH 值：泡沫液的 pH 值一般在 6~7.5 范围内，接近中性，过高或过低泡沫则呈较强的酸性或碱性，对容器腐蚀，不利于长期储存，而且多数泡沫液中有黏性，pH 值过高或过低都会造成胶体溶液不稳定。

(3) 黏度：黏度是衡量泡沫液是否易于流动的一个指标。多数大型泡沫灭火器系统中，泡沫液都是通过比例混合器与水混合之后，输送到泡沫灭火器产生泡沫。在比例混合器中，泡沫液在一定的水压或负压作用下，通过一个固定孔径的孔板，被压入或被吸入水流中与水按一定比例混合，孔径一定时，泡沫液的黏度对通过孔板的流量会产生一定的影响，泡沫液的黏度过大，流动性差，会使泡沫液与水的混合比明显下降而影响灭火效果。多数国家规定：6% 型泡沫液（指 6 份的泡沫液与 94 份体积的水混合）在 20℃ 和 0℃ 时测得的最高黏度应分别为 $15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 和 $100 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 为符合使用要求。

(4) 热稳定性：热稳定性是衡量泡沫液处于较高温度下在一定时间内质量变化的指标。一般将泡沫液加热至 65℃ 保持 24h 后，测其沉降物和沉淀物的含量来衡量，稳定性好的泡沫液经上述处理后，沉降物和沉淀物的含量不应发生明显变化。

(5) 发泡倍数：它是指形成一定体积的泡沫与发泡前液体体积的比值。发泡倍数在 6~8 的低发泡倍数范围内较好，发泡倍数小于 6 或高于 8 时，泡沫的含水量太大或太低，泡沫不够稳定，灭火效果不好。当液下喷射灭火时，则应采用发泡倍数 2~4 的泡沫液，便于防止泡沫从油罐底部上升到油面过程中携带较多的油品，发泡倍数在 500~1000 的称为高倍发泡，采用其中较低的发泡倍数时，泡沫的含水量较大，流动性较好，适用于扑救露天的大面积油类火灾。大倍数的泡沫液适用于扑救有限空间的火灾，如船舶舱间，地下建筑、矿井巷道、飞机库等火灾。

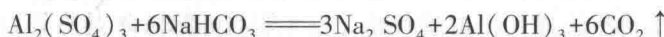
(6) 25% 析液时间和 50% 的析液时间：该指标用于衡量泡沫的稳定性，它是指从开始生成泡沫，到泡沫中析出 1/4 质量的液体所需的时间，为 25% 析液时间。同样，到泡沫中析出 1/2 质量液体所需的时间则为 50% 析液时间，析出时间越长，泡沫稳定性越好。

(五) 化学泡沫灭火剂

化学泡沫灭火剂的类型目前有 YP 型和 YPB 型两种。

(1) 组成：YP 型用于 100L 以下的泡沫灭火剂中，由硫酸铝和碳酸氢钠和少量喷雾干燥成粉末状的蛋白组成，反应生成的胶体氢氧化铝分布于泡沫上，使泡沫具有一定的黏性，易于黏附在燃烧物上，泡沫的稳定性好，pH 值约为 7，但是蛋白泡沫的流动性和自封性较差，灭火效率低，它以水解蛋白作为稳定剂易发生腐败变质，不能久储。YPB 型是以硫酸铝、碳酸氢钠作为发泡剂，并以氟碳表面活性剂、碳氢表面活性剂为增效剂所组成，YPB 型是在 YP 型的基础上研制成功的一种新型化学泡沫灭火器。它克服了 YP 型的缺点，两者性能比较见表 2-2。

(2) 灭火原理：YP 型和 YPB 型化学泡沫灭火剂灭火时可以通过颠倒灭火器或其他方法，使两种酸碱药剂的水溶液发生如下反应：



上述反应中生成的二氧化碳，一方面在溶液中形成大量细微的泡沫，同时灭火器中的压