



实用灭火技术指南

王 强 主编

SHIYONG MIEHUO JISHU ZHINAN



化学工业出版社



实用消防
技术丛书

实用灭火技术指南

王 强 主编

SHIYONG MIEHUO JISHU ZHINAN



化学工业出版社

· 北 京 ·

《实用灭火技术指南》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)、《干粉灭火装置》(GA 602—2013)、《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。主要内容包括灭火基础理论、灭火剂与灭火设备、灭火系统、灭火技术、火灾扑救、灭火战勤保障和消防员的安全防护。

本书可供从事消防工作的一线指挥员、执勤战斗员学习,也可供从事消防工作的管理人员和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用灭火技术指南/王强主编. —北京:化学工业出版社, 2016.8

(实用消防技术丛书)

ISBN 978-7-122-27304-8

I. ①实… II. ①王… III. ①灭火-指南 IV. ①TU998.1-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第126527号

责任编辑:袁海燕

文字编辑:谢蓉蓉

责任校对:宋 玮

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12½ 字数323千字 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:39.00元

版权所有 违者必究

《实用灭火技术指南》编写人员

主 编：王 强

参编人员：张 亮 郭海涛 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，2015年8月12日23:30左右，位于天津滨海新区塘沽开发区的天津东疆保税港区瑞海国际物流有限公司所属危险品仓库发生爆炸，损失惨重。这次火灾的严重性，提醒人们要加大消防工作的力度，提高防火灭火技术。因此，为满足消防工作的一线指挥员、执勤战斗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，培养更多的掌握防灭火工程技术的专业人才，我们编写了此书。

《实用灭火技术指南》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）、《干粉灭火装置》（GA 602—2013）、《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。本书共分为六章，主要介绍了灭火基础理论、灭火剂与灭火设备、灭火系统、灭火技术、火灾扑救、灭火战勤保障和消防员的安全防护。

本书可供从事消防工作的一线指挥员、执勤战斗员学习，也可供从事消防工作的管理人员和技术人员参考。

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，并提出宝贵意见。

编者

2016.6

目录



1 灭火基础理论	1
1.1 火灾基本常识	1
1.1.1 我国当前的火灾形势	1
1.1.2 建筑结构耐火极限	2
1.1.3 火灾与爆炸的危害	6
1.1.4 典型火灾案例分析	7
1.2 灭火原理	9
1.2.1 根据着火三角形的灭火分析	9
1.2.2 根据热着火理论的灭火分析	10
1.2.3 根据链锁反应理论的灭火分析	12
1.3 灭火的基本方法	13
1.4 常见危险品	15
1.4.1 爆炸品	15
1.4.2 易燃气体和氧化气体	16
1.4.3 易燃液体	18
1.4.4 易燃固体	19
1.4.5 自燃物品	20
1.4.6 遇水易燃物品	21
1.4.7 腐蚀性物品	22
1.4.8 氧化性物品和有机过氧化物	23
1.4.9 毒性物品	24
1.4.10 放射性物品	25
2 灭火剂与灭火设备	26
2.1 常用灭火剂	26
2.1.1 水灭火剂	26
2.1.2 泡沫灭火剂	28
2.1.3 干粉灭火剂	32
2.1.4 二氧化碳灭火剂	36
2.1.5 气溶胶灭火剂	37
2.1.6 惰性混合气体灭火剂	38
2.1.7 卤代烷灭火剂	40
2.1.8 金属火灾灭火剂	41
2.1.9 新型灭火剂	42
2.2 灭火设备	44

2.2.1	消火栓	44
2.2.2	灭火器	45
2.2.3	常见射水器具	48
2.2.4	消防泵及消防水泵接合器	50
2.2.5	常见泡沫灭火设备	52
3	灭火系统	57
3.1	水灭火系统	57
3.1.1	消防给水系统	57
3.1.2	自动喷水灭火系统	63
3.1.3	细水雾灭火系统	68
3.1.4	水蒸气灭火系统	70
3.2	泡沫灭火系统	71
3.2.1	泡沫灭火系统的分类	72
3.2.2	泡沫灭火系统的选择	73
3.3	干粉灭火系统	75
3.3.1	干粉灭火系统的组成、特点及适用场所	75
3.3.2	干粉灭火系统的动作程序	75
3.3.3	干粉灭火装置的灭火性能	76
3.3.4	干粉灭火系统的检查与维护管理	77
3.4	气体灭火系统	79
3.4.1	系统主要组件	79
3.4.2	气体灭火系统防护区的设置要求	82
3.4.3	气体灭火系统控制与操作	83
3.4.4	气体灭火系统施工与安装要求	84
3.4.5	气体灭火系统的验收试验方法	84
3.4.6	气体灭火系统的检查与维护管理	86
4	灭火技术	90
4.1	消防炮灭火技术	90
4.1.1	消防炮的结构与类型	90
4.1.2	消防炮的性能参数	94
4.1.3	固定消防炮灭火系统	96
4.1.4	移动消防炮灭火系统	99
4.2	细水雾灭火技术	101
4.2.1	细水雾成雾及灭火机理	101
4.2.2	细水雾灭火性能	103
4.2.3	细水雾灭火影响因素	104
4.2.4	固定式细水雾灭火系统	104
4.2.5	移动式细水雾灭火装备	106
4.3	泡沫灭火技术	109
4.3.1	泡沫灭火技术概述	109
4.3.2	低倍数泡沫灭火技术	110

4.3.3	中倍数泡沫灭火技术	113
4.3.4	高倍数泡沫灭火技术	114
4.4	新型灭火技术	115
4.4.1	自动跟踪定位射流灭火系统	115
4.4.2	火探管式自动探火灭火技术	117
4.4.3	超细干粉灭火技术	119
4.4.4	压缩空气泡沫灭火技术	120
4.4.5	氮气灭火技术	122
4.4.6	气溶胶灭火技术	123
5	火灾扑救	125
5.1	基础知识	125
5.1.1	灭火的战术原则	125
5.1.2	灭火的组织指挥	131
5.1.3	火场供水	139
5.1.4	火场破拆	143
5.1.5	火场排烟	143
5.1.6	疏散和保护物资	145
5.2	几种常见的火灾扑救	146
5.2.1	高层建筑火灾扑救	146
5.2.2	地下建筑火灾扑救	152
5.2.3	油罐火灾扑救	159
5.2.4	森林火灾扑救	164
5.2.5	矿井火灾扑救	171
6	灭火战勤保障和消防员的安全防护	177
6.1	灭火战勤保障	177
6.1.1	灭火战勤保障的原则和要求	177
6.1.2	技术保障	179
6.1.3	物质保障	179
6.1.4	生活保障	180
6.1.5	社会联勤保障	180
6.2	消防员的安全防护	182
6.2.1	个人呼吸保护装备	182
6.2.2	消防员的防护服	184
6.2.3	其他防护器具	188
参考文献		192



1.1 火灾基本常识

1.1.1 我国当前的火灾形势

进入 20 世纪 90 年代,我国经济进入快速上升期,城市化进程明显加快,导致火灾的危险性和复杂性也日益增加。同时,随着我国经济的快速发展,人们对安全稳定的社会环境也提出了更高的要求,火灾预防和扑救的难度明显加大。当前,我国正处于火灾形势比较严峻的时期,重大火灾时有发生,公共聚集场所火灾严重,仓储及各类堆场火灾突出,小型生产经营场所火灾所占比例也较大。火灾的次数和损失居高不下,尤其是发生了多起特大和重大火灾。有的还造成了严重的群死群伤事故。据统计,2011 年全国共发生火灾 12 万多起,死亡 1000 余人,直接财产损失 18.8 亿元。

图 1-1 表明了 2001~2011 年全国火灾的总体态势,从图中可以看出,近 10 年期间我国的总体火灾形势呈稳中有降的趋势。但进入 2009 年以来,火灾形势出现波动,火灾总量反弹,全国呈现火灾多发的趋势,较大火灾事故增加明显,重特大火灾次数逐渐受到控制,但造成的直接经济损失非常可观。

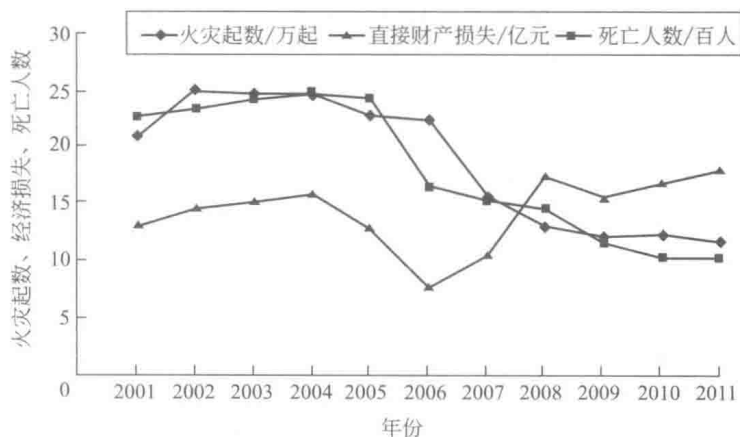


图 1-1 2001~2011 年全国火灾总体态势

对火灾形势进行总体判断,当前和今后一个时期,我国仍处于火灾多发、易发、高发期,发生重特大火灾,尤其是群死群伤火灾的高风险依然存在,消防安全面临的形势仍然十分严峻。

我国火灾损失随着经济的发展呈不断上升的趋势,群死群伤火灾问题突出,特大火灾呈波

动下降趋势。面对这么严峻的现实情况，我们必须分析火灾发生的原因，并研究解决措施。

我国目前火灾的发生主要有以下三方面的原因。

(1) 公共和商业区域火灾 公共场所以及商业区域人群密集度高，在这些地方发生火灾会对居民生命构成直接性的威胁：许多公共性区域的电缆电线已经达到了使用寿命周期，但由于操作人员防火意识淡薄，一度讲究节约成本，没有及时更换新的电气设备，致使电器在工作过程中发生漏电现象，引起火灾，危及行人生命安全，殃及周边的建筑等，造成严重的生命、财产损失。这类型火灾发生地区为人群密集地，不利于人员的疏散，火灾影响较大。

(2) 森林火灾 我国森林总面积大约为 15894.1 万公顷，比较广阔。由于我国气候原因以及森林分布的独特地理位置，在森林发生火灾时，很容易导致火势蔓延，尤其是气候干燥的冬天，枯枝烂叶比较多，火势顺着大风会迅速上窜、蔓延，加之森林火灾抢救工作比较困难，需要使用大型机械工具，但道路不畅，大型救火设备难以深入，很容易造成大面积火灾情况，造成居民生命、财产的严重损失。森林火灾具有波及范围大、火灾扑救工作难等特点。

(3) 居民不注意用电引发的火灾 随着当前经济的快速增长、发展，为了适应居民不断增长的物质文化需求，大量新型家用电器应运而生，有效提高了居民的生活水平，但同时也引发了火灾隐患。其一是近年来居民楼里发生的很多火灾都是由于大型家用电器生产不符合规范标准引起的。其二就是许多居民在家电使用过程中没有按照规范操作，致使发生火灾，造成居民生命、财产的损失。这类型火灾现象发生范围小，但火灾在短时间内发生危害损失较为严重，发生比较频繁，扑救工作处理性比较强。

1.1.2 建筑结构耐火极限

(1) 厂房和仓库的耐火等级

① 厂房和仓库的耐火等级可分为一、二、三、四级，相应建筑构件的燃烧性能和耐火极限，除《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)另有规定外，不应低于表 1-1 的规定。

表 1-1 不同耐火等级厂房和仓库建筑构件的燃烧性能和耐火极限 单位：h

构件名称		耐火等级			
		一级	二级	三级	四级
墙	防火墙	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00
	承重墙	不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
	楼梯间和前室的墙 电梯井的墙	不燃性 2.00	不燃性 2.00	不燃性 1.50	难燃性 0.50
	疏散走道两侧的隔墙	不燃性 1.00	不燃性 1.00	不燃性 0.50	难燃性 0.25
	非承重外墙 房间隔墙	不燃性 0.75	不燃性 0.50	难燃性 0.50	难燃性 0.25
柱		不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
梁		不燃性 2.00	不燃性 1.50	不燃性 1.00	难燃性 0.50
楼板		不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.75	难燃性 0.50

续表

构件名称	耐火等级			
	一级	二级	三级	四级
屋顶承重构件	不燃性 1.50	不燃性 1.00	难燃性 0.50	可燃性
疏散楼梯	不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.75	可燃性
吊顶(包括吊顶搁栅)	不燃性 0.25	难燃性 0.25	难燃性 0.15	可燃性

注：二级耐火等级建筑内采用不燃材料的吊顶，其耐火极限不限。

② 高层厂房。甲、乙类厂房的耐火等级不应低于二级，建筑面积不大于 300m² 的独立甲、乙类单层厂房可采用三级耐火等级的建筑。

③ 单、多层丙类厂房和多层丁、戊类厂房的耐火等级不应低于三级。

使用或产生丙类液体的厂房和有火花、赤热表面、明火的丁类厂房。其耐火等级均不应低于二级，当为建筑面积不大于 500m² 的单层丙类厂房或建筑面积不大于 1000m² 的单层丁类厂房时，可采用三级耐火等级的建筑。

④ 使用或储存特殊贵重的机器、仪表、仪器等设备或物品的建筑，其耐火等级不应低于二级。

⑤ 锅炉房的耐火等级不应低于二级，当为燃煤锅炉房且锅炉的总蒸发量不大于 4t/h 时，可采用三级耐火等级的建筑。

⑥ 油浸变压器室、高压配电装置室的耐火等级不应低于二级，其他防火设计应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB 50229—2006) 等标准的规定。

⑦ 高架仓库、高层仓库、甲类仓库、多层乙类仓库和储存可燃液体的多层丙类仓库。其耐火等级不应低于二级。

单层乙类仓库，单层丙类仓库，储存可燃固体的多层丙类仓库和多层丁、戊类仓库，其耐火等级不应低于三级。

⑧ 粮食筒仓的耐火等级不应低于二级；二级耐火等级的粮食筒仓可采用钢板仓。

粮食平房仓的耐火等级不应低于三级；二级耐火等级的散装粮食平房仓可采用无防火保护的金属承重构件。

⑨ 甲、乙类厂房和甲、乙、丙类仓库内的防火墙，其耐火极限不应低于 4.00h。

⑩ 一、二级耐火等级单层厂房(仓库)的柱，其耐火极限分别不应低于 2.50h 和 2.00h。

⑪ 采用自动喷水灭火系统全保护的一级耐火等级单、多层厂房(仓库)的屋顶承重构件，其耐火极限不应低于 1.00h。

⑫ 除甲、乙类仓库和高层仓库外，一、二级耐火等级建筑的非承重外墙，当采用不燃性墙体时，其耐火极限不应低于 0.25h；当采用难燃性墙体时，不应低于 0.50h。

4 层及 4 层以下的一、二级耐火等级丁、戊类地上厂房(仓库)的非承重外墙，当采用不燃性墙体时，其耐火极限不限。

⑬ 二级耐火等级厂房(仓库)内的房间隔墙，当采用难燃性墙体时，其耐火极限应提高 0.25h。

⑭ 二级耐火等级多层厂房和多层仓库内采用预应力钢筋混凝土的楼板，其耐火极限不应低于 0.75h。

⑮ 一、二级耐火等级厂房(仓库)的上人平屋顶，其屋面板的耐火极限分别不应低于



1.50h 和 1.00h。

⑩ 一、二级耐火等级厂房（仓库）的屋面板应采用不燃材料。

屋面防水层宜采用不燃、难燃材料，当采用可燃防水材料且铺设在可燃、难燃保温材料上时，防水材料或可燃、难燃保温材料应采用不燃材料作防护层。

⑪ 建筑中的非承重外墙、房间隔墙和屋面板，当确需采用金属夹芯板材时，其芯材应为不燃材料，且耐火极限应符合《建筑设计防火规范》（GB 50016—2014）有关规定。

⑫ 除《建筑设计防火规范》（GB 50016—2014）另有规定外，以木柱承重且墙体采用不燃材料的厂房（仓库），其耐火等级可按四级确定。

⑬ 预制钢筋混凝土构件的节点外露部位，应采取防火保护措施，且节点的耐火极限不应低于相应构件的耐火极限。

（2）民用建筑的分类和耐火等级

① 民用建筑根据其建筑高度和层数可分为单、多层民用建筑和高层民用建筑。高层民用建筑根据其建筑高度、使用功能和楼层的建筑面积可分为一类和二类。民用建筑的分类应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 民用建筑的分类

名称	高层民用建筑		单、多层民用建筑
	一类	二类	
住宅建筑	建筑高度大于 54m 的住宅建筑(包括设置商业服务网点的住宅建筑)	建筑高度大于 27m,但不大于 54m 的住宅建筑(包括设置商业服务网点的住宅建筑)	建筑高度不大于 27m 的住宅建筑(包括设置商业服务网点的住宅建筑)
公共建筑	①建筑高度大于 50m 的公共建筑; ②建筑高度 24m 以上部分任一楼层建筑面积大于 1000m ² 的商店、展览、电信、邮政、财贸金融建筑和其他多种功能组合的建筑; ③医疗建筑、重要公共建筑; ④省级及以上的广播电视和防灾指挥调度建筑、网局级和省级电力调度建筑; ⑤藏书超过 100 万册的图书馆、书库	除一类高层公共建筑外的其他高层公共建筑	①建筑高度大于 24m 的单层公共建筑; ②建筑高度不大于 24m 的其他公共建筑

注：1. 表中未列入的建筑，其类别应根据本表类比确定。
2. 除本规范另有规定外，宿舍、公寓等非住宅类居住建筑的防火要求，应符合本规范有关公共建筑的规定。
3. 除本规范另有规定外，裙房的防火要求应符合本规范有关高层民用建筑的规定。

② 民用建筑的耐火等级可分为一、二、三、四级。除《建筑设计防火规范》（GB 50016—2014）另有规定外，不同耐火等级建筑相应构件的燃烧性能和耐火极限不应低于表 1-3 的规定。

表 1-3 不同耐火等级建筑相应构件的燃烧性能和耐火极限

单位：h

构件名称		防火等级			
		一级	二级	三级	四级
墙	防火墙	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00	不燃性 3.00
	承重墙	不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
	非承重墙	不燃性 1.00	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性

续表

构件名称		防火等级			
		一级	二级	三级	四级
墙	楼梯间和前室的墙 电梯井的墙 住宅建筑单元之间的墙和分户墙	不燃性 2.00	不燃性 2.00	不燃性 1.50	难燃性 0.50
	疏散走道两侧的隔墙	不燃性 1.00	不燃性 1.00	不燃性 0.50	难燃性 0.25
	房间隔墙	不燃性 0.75	不燃性 0.50	难燃性 0.50	难燃性 0.25
柱		不燃性 3.00	不燃性 2.50	不燃性 2.00	难燃性 0.50
梁		不燃性 2.00	不燃性 1.50	不燃性 1.00	难燃性 0.50
楼板		不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性
屋顶承重构件		不燃性 1.50	不燃性 1.00	可燃性 0.50	可燃性
疏散楼梯		不燃性 1.50	不燃性 1.00	不燃性 0.50	可燃性
吊顶(包括吊顶搁栅)		不燃性 0.25	难燃性 0.25	难燃性 0.15	可燃性

注：1. 除《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)另有规定外，以木柱承重且墙体采用不燃材料的建筑，其耐火等级应按四级确定。

2. 住宅建筑构件的耐火极限和燃烧性能可按现行国家标准《住宅建筑规范》GB 50368 的规定执行。

③ 民用建筑的耐火等级应根据其建筑高度、使用功能、重要性和火灾扑救难度等确定，并应符合下列规定：

- a. 地下或半地下建筑（室）和一类高层建筑的耐火等级不应低于一级；
- b. 单、多层重要公共建筑和二类高层建筑的耐火等级不应低于二级。

④ 建筑高度大于 100m 的民用建筑，其楼板的耐火极限不应低于 2.00h。

一、二级耐火等级建筑的上人平屋顶。其屋面板的耐火极限分别不应低于 1.50h 和 1.00h。

⑤ 一、二级耐火等级建筑的屋面板应采用不燃材料。

屋面防水层宜采用不燃、难燃材料，当采用可燃防水材料且铺设在可燃、难燃保温材料上时，防水材料或可燃、难燃保温材料应采用不燃材料作防护层。

⑥ 二级耐火等级建筑内采用难燃性墙体的房间隔墙，其耐火极限不应低于 0.75h；当房间的建筑面积不大于 100m² 时，房间隔墙可采用耐火极限不低于 0.50h 的难燃性墙体或耐火极限不低于 0.30h 的不燃性墙体。

二级耐火等级多层住宅建筑内采用预应力钢筋混凝土的楼板，其耐火极限不应低于 0.75h。

⑦ 建筑中的非承重外墙、房间隔墙和屋面板，当确需采用金属夹芯板材时，其芯材应为不燃材料，且耐火极限应符合本规范有关规定。

⑧ 二级耐火等级建筑内采用不燃材料的吊顶，其耐火极限不限。



三级耐火等级的医疗建筑、中小学校的教学建筑、老年人建筑及托儿所、幼儿园的儿童用房和儿童游乐厅等儿童活动场所的吊顶,应采用不燃材料;当采用难燃材料时,其耐火极限不应低于 0.25h。

二、三级耐火等级建筑内门厅、走道的吊顶应采用不燃材料。

⑨ 建筑内预制钢筋混凝土构件的节点外露部位,应采取防火保护措施,且节点的耐火极限不应低于相应构件的耐火极限。

1.1.3 火灾与爆炸的危害

1.1.3.1 火灾的危害

火对人类具有利与害的两重性,人类自从掌握了用火的技术以来,火在为人类服务的同时,却又屡屡危害成灾。火灾的危害十分严重,具体表现在以下几个方面:

(1) 毁坏财产,易造成巨大的财产损失 凡是火灾都会毁坏财物。火灾,能烧掉人类经过辛勤劳动创造的物质财富,使城镇、乡村、工厂、仓库、建筑物和大量的生产、生活资料化为灰烬;火灾,可将成千上万个温馨的家园变成废墟;火灾,能吞噬掉茂密的森林和广袤的草原,使宝贵的自然资源化为乌有;火灾,能烧掉大量文物、古建筑等诸多的稀世瑰宝,使珍贵的历史文化遗产毁于一旦。另外,火灾所造成的间接损失往往比直接损失更为严重,这包括受灾单位自身的停工、停产、停业,以及相关单位生产、工作、运输、通信的停滞和灾后的救济、抚恤、医疗、重建等工作带来的更大的投入与花费。至于森林火灾、文物古建筑火灾造成的不可挽回的损失,更是难以用经济价值计算。

(2) 残害人类生命 火灾不仅使人陷于困境,它还涂炭生灵,直接或间接地残害人类生命,给人类造成难以消除的身心痛苦。

(3) 破坏生态平衡 火灾不仅会毁坏财物、残害人类生命,而且还会严重破坏生态环境。

(4) 引起不良的社会和政治影响 火灾不仅给国家财产和公民人身、财产带来了巨大损失,还会影响正常的社会秩序、生产秩序、工作秩序、教学科研秩序以及公民的生活秩序。当火灾规模比较大,或发生在首都、省会城市、人员密集场所、经济发达区域、有名胜古迹等地方时,将会产生不良的社会和政治影响。有的会引起人们的不安和骚动,有的会损害国家的声誉,有的还会引起不法分子趁火打劫、造谣生事,造成更大的损失。

1.1.3.2 爆炸的危害

爆炸通常伴随发热、发光、压力上升、真空和电离等现象,具有强大的杀伤力和破坏力,破坏作用取决于爆炸物数量和性质、爆炸时的条件及位置等因素。

(1) 直接破坏 直接造成机械设备、装置、容器和建筑的毁坏和人员伤亡,爆炸后产生碎片(一般碎片在 100~500m 内飞散),碎片击中人体则造成伤亡,飞出后会在相当大的范围内造成危害。

(2) 冲击波破坏 冲击波破坏也称爆破作用。爆炸时产生的高温高压气体产物以极高的速度膨胀,像活塞一样挤压周围空气,把爆炸反应释放出的部分能量传给压缩的空气层,空气受冲击而发生扰动,这种扰动在空气中传播就成为冲击波。

冲击波可以在周围的固体、液体、气体介质(如金属、岩石、建筑材料、水、空气等)中传播,传播速度极快,可以对周围环境的机械设备和建筑物产生破坏作用,造成人员的伤亡。冲击波还可以在它的作用区域内产生震荡作用,使物体因震荡而松散,甚至破坏。在爆炸中心附近,空气冲击波波阵面上的超压可达几个甚至十几个大气压,在这样高的超压作用

下,建筑物被摧毁,机械设备、管道等也会受到严重破坏。当冲击波大面积作用于建筑物时,波阵面超压在 $0.02\sim 0.03\text{MPa}$ 内,足以使大部分砖木结构建筑物受到强烈破坏。超压在 0.1MPa 以上时,除坚固的钢筋混凝土建筑外,其余建筑将全部破坏。

(3) 导致火灾 爆炸气体产物的扩散发生在极其短促的瞬间,对一般可燃物来说,不足以造成起火燃烧,而且冲击波造成的爆炸风还有灭火作用。但爆炸产生的高温高压,建筑物内遗留大量的热或残余火苗,会把从破坏的设备内部不断流出的可燃气体、易燃或可燃液体的蒸气点燃,也可能把其他易燃物点燃引起火灾。爆炸抛出的易燃物有可能引起大面积火灾,这种情况在油罐、液化气钢瓶爆破后最易发生。正在运行的燃烧设备或高温的化工设备被破坏,其灼热的碎片可能飞出,点燃附近储存的燃料或其他可燃物,引起火灾。爆炸引起火灾,损失更为严重。

(4) 中毒和环境污染 在实际生产生活中,许多物质不仅是可燃的,而且是有毒的,发生爆炸事故时,会使大量有害物质外泄,造成人员中毒和环境污染。

1.1.4 典型火灾案例分析

2015年8月12日23:30左右,天津港国际物流中心区域内瑞海公司所属危险品仓库发生爆炸,爆炸物品是集装箱内的易燃易爆物品。现场火光冲天,附近居民听到巨大爆炸声,有强烈震感。

习近平对天津滨海新区危险品仓库爆炸事故作出重要指示,要求尽快控制消除火情,全力救治伤员,确保人民生命财产安全。李克强就救援和应急处置工作作出批示。

当地网友上传的视频显示,爆炸现场火光冲天,腾起蘑菇云(图1-2),伴有抛射状燃烧物,河北多地有震感。有目击者称腾起的蘑菇云至少有百米高,火光冲天,爆炸产生的气流非常强烈。

据悉,灭火过程发生二次爆炸,致使部分救援人员被困。根据调查结果显示,第二次爆炸的火焰高达 100m 以上,而且冲击波击破 2km 以外的门窗。因为化学品爆炸不是一般的消防队员可以扑救的,必须要由化学专业消防队员才可以到现场参与扑救,但由于事故原因分析不当,大批普通的消防队员赶到现场,而且从照片上看出他们使用了喷水灭火,因此,二次爆炸导致了大批消防队员被困。

由于塘沽的泰达医院、天津第五中心医院、泰达心血管医院很快出现伤员“饱和”的状况。急救人员开始往市内医院分流伤者,通过救护车往返接送,将不少伤者分别送至市内的总医院、津医院、武警医院、第三中心医院、第四医院等多家医院救治。

发生爆炸的天津东疆保税港区瑞海国际物流有限公司,是天津口岸危险品货物集装箱业务的大型中转、集散中心。

1.1.4.1 爆炸原因

集装箱内易燃易爆物品发生爆炸。天津消防消息,2015年8月12日23:30左右,天津滨海新区第五大街与跃进路交叉口的一处集装箱码头发生爆炸,发生爆炸的是集装箱内的易燃易爆物品。

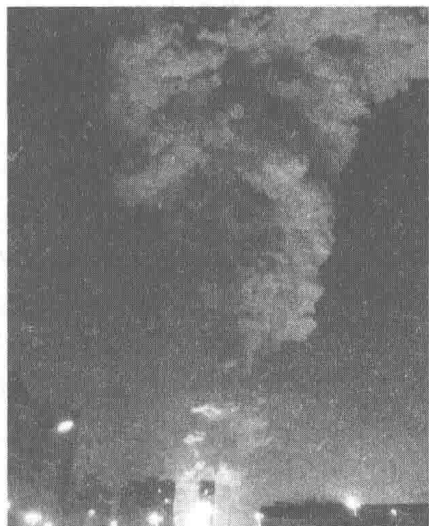


图1-2 爆炸现场

危化品堆垛火灾引发爆炸。据公安部消防局消息，12日22:50，天津消防总队接到报警称，天津滨海新区港务集团瑞海物流危化品堆垛发生火灾。

爆炸能量相当于24t TNT。中国地震台的监测设备清晰地记录到了本次事故：从波形记录结果看，第一次爆炸发生在8月12日23时34分6秒，近震震级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。

1.1.4.2 天津事故调查分析

(1) 爆炸的地点及周边如何规划布局情况 事故发生地位于天津滨海新区港务集团瑞海物流危化品堆垛，事故是消防队员扑灭火灾过程中，现场发生爆炸所致。

爆炸地点位于渤海海运物流枢纽港口滨海新区第五大街集装箱码头，周边有多家物流公司，并有居民小区，距离事故现场不足1km。

2001年，国家安监局就颁布《危险化学品经营企业开业条件和技术要求》，明确规定大中型危险化学品仓库应与周围公共建筑物、交通干线（公路、铁路、水路）、工矿企业等距离至少保持1000m。

(2) 危险品仓库、加油站布局问题 国务院2002年公布《危险化学品安全管理条例》及化学品的相关存储标准，厂区化学品仓库应距民用建筑、明火或散发火花地点25m，同时，相关企业在对危险化学品的储存、移动、预防等多方面均应遵循较为严格的要求。

根据地图和仓库布局显示，危险品仓库数量仅为两个，消防设施布局不全，而该公司经营的危险品种类涵盖了几乎所有的工业危险品。明显存在储运安全问题。

(3) 起火物品及起火原因是什么？为何引起爆炸？第一次爆炸物是什么？第二次爆炸物品又是什么？是因为灭火引起的吗？比如碳化硅（电石）遇水就会发生猛烈爆炸。

瑞海国际物流有限公司仓储业务类别有：

- ① 压缩气体和液化气体（氟气、压缩天然气等）；
- ② 易燃液体（甲乙酮、乙酸乙酯等）；
- ③ 易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品（硫黄、硝化纤维素、电石、硅钙合金等）；
- ④ 氧化剂和有机过氧化物（硝酸钾、硝酸钠等）；
- ⑤ 毒害品（氰化钠、甲苯二异氰酸酯等）；
- ⑥ 腐蚀品、杂类（甲酸、磷酸、甲基磺酸、烧碱、硫化碱等）等多个种类。

看见这些物品名单，就觉得危险，而该公司却只有两个仓库。这也就暴露了消防救援的救援方案和平日里应急救援演练的问题。

(4) 现场管理情况 依据《危险化学品安全管理条例》相关规定：

① 危险化学品专用仓库应当符合国家标准、行业标准的要求，并设置明显的标志。

② 储存剧毒化学品、易制爆危险化学品的专用仓库，应当按照国家有关规定设置相应的技术防范设施。

通过现场以往图片及爆炸后的图片显示，集装箱日常运输和存储存在化学物品混装混放的可能，且不满足相关安全距离规定。

瑞海国际物流有限公司堆场分为重箱区（北侧）、装箱区（西北侧）、空箱区、拆装区和仓库区。而实际上仓库区位于南侧和西南侧，重箱区与仓库仅隔一条运输通道，这样分布的功能区经多次消防安全检查竟都顺利通过。

(5) 爆炸发生后应急响应 2013年天津市发布《天津市人民政府关于印发天津市突发事件总体应急预案的通知》，按照突发事件发生的紧急程度、发展势态和可能造成的危害程度分为一级、二级、三级和四级，分别用红色、橙色、黄色和蓝色标示，一级为最高级别。

发出应急响应后，市和区县人民政府可根据预警级别和分级负责的原则，及时收集、报

告有关信息，公布接报信息的渠道及采取的应急措施，加强对突发事件发生、发展情况的监测和预报工作。

据公安部消防局官方微博发布消息，8月12日22:50，天津消防总队接到报警，并组织人员赶赴现场扑救。23:30左右，现场发生爆炸。

1.2 灭火原理

1.2.1 根据着火三角形的灭火分析

(1) 着火三角形 燃烧的发生必须具备一定的条件。作为一种特殊的氧化还原反应，燃烧反应必须有氧化剂和还原剂参加，此外还要有引发燃烧的能源。这就是由引燃引起的火灾必须具备的三个条件，即可燃物、助燃物和点火源。

可燃物、助燃物和点火源通常被称为燃烧三要素，要使可燃物引燃，三者缺一不可。而且，可燃物、助燃物要具备一定的数量或含量，点火源要具有一定的能量，温度高于可燃物的自燃点，可燃物才会被引燃，火灾才会发生。燃烧发生时，三要素之间的关系可表示为封闭的三角形，通常称之为“着火三角形”，如图1-3所示。

(2) 着火四面体 经典的着火三角形一般足以说明燃烧得以发生和持续进行的原理。但是根据燃烧的链锁反应理论，很多燃烧的发生和持续有游离基（自由基）作“中间体”。着火三角形应扩大到包括一个游离基参加燃烧反应的附加维，从而形成一个着火四面体，如图1-4所示。



图 1-3 着火三角形

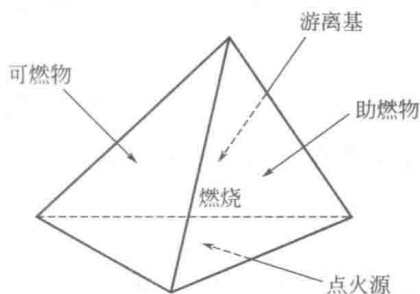


图 1-4 着火四面体

(3) 灭火分析 在图1-4中，如果完全断开着火四面体的一个面，燃烧即不能进行。例如，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；隔绝氧化剂，如阻止空气进入燃烧区，燃烧也会停止。同理，消除点火源或中断链式反应，也可实现灭火。这里所述的点火源，在火灾尚未发展起来的初起阶段，通常就是燃烧区本身，即火焰。

控制可燃物的供给是灭火最常用的方法，如工艺装置的可燃气体或液体火灾，通过关闭输送管道阀门的方法，可以阻止可燃物进入燃烧区，即可实现灭火。扑灭易燃、可燃液体储罐火灾，可以采用金属板、灭火毯、石棉被或湿帆布等物品去覆盖小型储罐的方法来灭火，也可以采用搅拌的方法或者泡沫覆盖的方法，这些都是想办法断开着火四面体的一个面。对于固体火灾，可以采用移走可燃物品、堆垛的方法，也可以采用阻止空气进入燃烧区、降低助燃气体含量等方法。用该方法还可扑救地下室、隧道、矿井、船舱等场所的火灾。

通常，扑灭有焰的扩散燃烧的氧含量降到14%以下即可，而无焰燃烧和阴燃则需要将氧含量降得更低，要达到5%以下。此外，还可以采用使点火源与可燃物隔离的方法来灭