



危险化学品安全丛书

WEIXIAN HUAHUOPIN ANQUAN CONGSHU

危险化学品 废物的处理

● 王罗春 何德文 赵由才 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

图书在版编目 (CIP) 数据

危险化学品废物的处理/王罗春, 何德文, 赵由才编
著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 11
(危险化学品安全丛书)
ISBN 7-5025-7869-2

I. 危… II. ①王…②何…③赵… III. 化学工业
废物-废物处理 IV. X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 132518 号

危险化学品安全丛书

危险化学品废物的处理

王罗春 何德文 赵由才 编著

责任编辑: 杜进祥 郭乃铎

文字编辑: 杨欣欣

责任校对: 顾淑云

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行

安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 349 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7869-2

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序 言

危险化学品，是指那些易燃、易爆、有毒、有害和具有腐蚀性的化学品。危险化学品是一把双刃剑，一方面它在发展生产、改变环境和改善生活中发挥着不可替代的积极作用；另一方面，当人们违背科学规律、疏于管理时，其固有的危险性将对人类生命、物质财产和生态环境的安全构成极大威胁。危险化学品的破坏力和危害性，已经引起世界各国、国际组织的高度重视和密切关注。

党中央和国务院对危险化学品的工作历来十分重视，全国各地区、各部门和各企事业单位为落实各项安全措施做了大量工作，使危险化学品的工作保持着总体稳定，但是安全形势依然十分严峻。近几年，在危险化学品生产、储存、运输、销售、使用和废弃危险化学品处置等环节上，火灾、爆炸、泄漏、中毒事故不断发生，造成了巨大的人员伤亡、财产损失及重大环境污染，危险化学品的安全防范任务仍然相当繁重。

安全是和谐社会的重要组成部分。各级领导干部必须树立以人为本的执政理念，树立全面、协调、可持续发展的科学发展观，把人民的生命财产安全放在第一位，建设安全文化，健全安全法制，强化安全责任，推进安全科技进步，加大安全投入，采取得力的措施，坚决遏制重特大事故，减少一般事故的发生，推动我国安全生产形势的逐步好转。

为防止和减少各类危险化学品事故的发生，保障人民群众生命、财产和环境安全，必须充分认识危险化学品安全工作的长期性、艰巨性和复杂性，警钟长鸣，常抓不懈，采取切实有效措施把这项“责任重于泰山”的工作抓紧抓好。必须对危险化学品的生产实行统一规划、合理布局和严格控制，加大危险化学品生产经营单位的安全技术改造力度，严格执行危险化学品生产、经营销售、储存、运输等审批制度。必须对危险化学品的工作进行总体部署，健全危险化学品的安全监管体系、法规标准体系、技术支撑体系、应急救援体系和安全监管信息

管理系统，在各个环节上加强对危险化学品的管理、指导和监督，把各项安全保障措施落到实处。

做好危险化学品的安全工作，是一项关系重大、涉及面广、技术复杂的系统工程。普及危险化学品知识，提高安全意识，搞好科学防范，坚持化害为利，是各级党委、政府和社会各界的共同责任。化学工业出版社组织编写的《危险化学品安全丛书》，围绕危险化学品的生产、包装、运输、储存、营销、使用、消防、事故应急处理等方面，系统、详细地介绍了相关理论知识、先进工艺技术和科学管理制度。相信这套丛书的编辑出版，会对普及危险化学品基本知识、提高从业人员的技术业务素质、加强危险化学品的安全管理、防止和减少危险化学品事故的发生，起到应有的指导和推动作用。



二〇〇五年五月

前 言

危险化学品废物是危险化学品生产、使用、运输、储存等过程中产生的废物，具有易爆、易燃、毒害、腐蚀性、放射性等性质。随着化学工业和石油化学工业的发展，大量易燃、易爆、有毒、有害、腐蚀性等危险化学品不断问世，由此也产生了不少危险化学品废物。因各种原因所引起的危险化学品事故，具有偶然性大、往往引起大量人员伤亡或造成巨大的财产损失或环境危害的特点，给生态环境和人类生存带来了极大的威胁。同时，随着我国经济持续快速发展，人民生活水平不断提高，人们对安全的需求比以往任何时候显得更加迫切，而安全处理处置是消除其危害性的唯一途径。

本书是《危险化学品安全丛书》中的一本，沿两条主线对危险化学品废物的处理处置进行了论述。一条是方法主线，论述了废物的物理、化学、生物处理处置的方法原理，详细介绍了物理与化学处理技术的细分类，并列举了生物处理方面的不少实例；同时，将废物处理处置最常用的焚烧处理和填埋处置技术单独列出成章，在废物的焚烧处理方面，介绍了各种类型的焚烧炉、焚烧处理的管理流程、废热回收、烟气净化以及各种形态（固、液、气）废物和有害有毒废物的焚烧处理要求等；在废物的填埋处置方面，主要介绍了废物填埋前的预处理以及在填埋处置方面与一般废物（生活垃圾）的不同之处。另一条主线是废物的类型，在本书的第六章，对不同类型废物的处理技术分别进行论述。此外，本书还对危险化学品安全处理处置有关的内容，如危险化学品废物的来源、特性、与危险废物之间的区别与联系以及不明危险化学品废物的定义、可能来源、判定方法与技术、安全转移技术等，进行了详细、全面的介绍。

参加本书编写的人员有上海电力学院的王罗春（第一、二、四、五章）、中南大学的何德文（第一、二、三、四、五、六章）和同济大学的赵由才（第二、四、五章）。

由于时间仓促，书中难免存在不足之处，敬请读者提出建议和修改意见。

编著者

2005年8月

目 录

第一章 概述	1
第一节 危险化学品及其特性.....	1
一、爆炸品及其特性.....	2
二、压缩气体和液化气体及其特性.....	4
三、易燃液体及其特性.....	5
四、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品及其特性.....	6
五、氧化剂和有机过氧化物及其特性.....	8
六、有毒品及其特性.....	11
七、放射性物品及其特性.....	12
八、腐蚀品及其特性.....	14
第二节 危险化学品废物的来源与特性.....	16
一、危险化学品废物的来源.....	16
二、危险化学品废物的特性.....	16
三、危险化学品废物与危险废物之间的区别与联系.....	23
第二章 不明危险化学品废物的判定	27
第一节 化学物质种类及浓度的初步分析.....	27
一、借助专门的检测车和探测器检测.....	27
二、利用化学快速检测法检测.....	28
第二节 危险性类别及大小的初步鉴别.....	33
一、文献查阅.....	33
二、根据物质的化学结构进行初步分析和判定.....	34
三、危险性鉴别试验.....	36
第三节 不明危险化学品的转移.....	42
一、转移前的处理.....	42
二、转移前的包装.....	43
三、装卸.....	44
四、转移.....	46
第三章 危险化学品废物的处理	49

第一节 概述	49
第二节 危险化学品废物的物理处理	54
一、压实技术	55
二、破碎技术	57
三、分选技术	58
四、脱水与干燥技术	61
五、蒸馏与溶剂萃取法	63
六、吸附法	65
七、膜分离技术	69
八、离子交换法	72
九、电渗析	76
十、固化处理技术	76
第三节 危险化学品废物的化学处理	79
一、化学沉淀处理法	79
二、危险化学品废物的中和	84
三、氧化反应	84
四、还原反应	93
五、焚烧处理方法	95
六、热解	98
第四节 危险化学品废物的生物处理	101
一、生物处理的原则	102
二、生物治理技术概述	103
三、含砷化学品废水微生物处理	106
四、氰化物化学品的生物处理	109
五、生物治理危险化学品废物的前景	110
第四章 危险化学品废物焚烧处理	112
第一节 危险化学品废物焚烧炉	113
一、空气幕焚烧炉	114
二、气旋焚烧炉	114
三、多膛焚烧炉	115
四、流化床焚烧炉	117
五、转窑焚烧炉	118
六、旋转焚烧炉	120
七、电焚烧炉	120
八、封闭坑焚烧炉	121

第二节 尾气冷却/废热回收系统	122
一、废气冷却方式	122
二、废热回收利用方式及途径	123
三、废热锅炉	123
第三节 焚烧烟气的净化处理技术	125
一、概述	125
二、处理的基本方式	127
三、烟气中灰尘的去除技术	127
四、烟气中酸性气体脱除技术	132
五、重金属脱除及控制技术	134
六、NO _x 和二噁英控制技术	135
第四节 危险化学品废物焚烧管理流程	136
一、废物验收	136
二、分析与鉴定	136
三、分类	137
四、卸载及传送	138
五、储存	140
六、焚烧前的预处理	141
七、焚烧炉的操作及监控	142
八、化学事故应急救援预案	143
第五节 固态危险化学品废物的焚烧	143
一、固态危险化学品废物的燃烧过程	143
二、固态危险化学品废物焚烧处理方式	144
三、固态危险化学品废物焚烧炉	144
四、固态危险化学品废物进料方式	145
第六节 气态危险化学品废物的焚烧	146
一、概述	146
二、废气焚烧炉	147
三、燃烧方法	148
第七节 液态危险化学品废物的焚烧	152
一、液体危险废物焚烧过程	152
二、液体废物焚烧炉	154
三、雾化设备	157
四、可燃性液态危险化学品废物的焚烧	160
五、部分可燃性液态危险化学品废物的焚烧	161

六、有机卤素溶剂的焚烧.....	162
第八节 有毒有害危险化学品废物的焚烧.....	163
一、整体防爆炸全密闭操作.....	164
二、防有毒化学品蒸气扩散操作.....	164
三、废气处理工艺.....	165
四、废水处理工艺.....	165
五、固体废弃物的处理.....	166
六、环境监测体系.....	166
第五章 危险化学品废物的填埋处置	168
第一节 危险化学品废物填埋处置的预处理.....	168
一、固化/稳定化技术.....	168
二、药剂稳定化处理技术.....	175
三、固化/稳定化效果的评价.....	178
第二节 危险化学品废物的填埋处置.....	181
一、概述.....	181
二、处置技术选择.....	182
三、负荷量和相容性.....	183
四、填埋场的作业要求.....	186
第六章 特种危险化学品废物的处理处置方法	200
第一节 爆炸性危险化学品废品的处理.....	200
一、概述.....	200
二、过期火炸药的处理与利用.....	201
三、生产火炸药废水的处理.....	203
四、瓦斯爆炸防治技术.....	205
第二节 易燃危险化学品的处理.....	207
一、概述.....	207
二、易燃化学品的管理与应急措施.....	211
三、易燃化学品废物的处理与处置.....	212
四、典型易燃化学品的处理.....	214
第三节 腐蚀性危险化学品废物的处理.....	220
一、概述.....	220
二、腐蚀性的试验方法.....	220
三、腐蚀性气体的处理.....	221
四、腐蚀性液体的处理.....	225
五、其他腐蚀性物质的处理.....	232

第四节 放射性废物的处理.....	233
一、概述.....	233
二、放射性废物的管理.....	236
三、放射性污染防治.....	238
四、典型放射性废物的处理.....	238
第五节 固态、液态、气态危险化学品废物处理.....	242
一、固态危险化学品废物的处理.....	243
二、液态危险化学品废物的处理.....	248
三、气态危险化学品废物的处理.....	251
第六节 其他特种危险化学品废物.....	254
一、电子废弃物的处理.....	254
二、废电池的处理技术.....	272
参考文献.....	282

第一章 概 述

第一节 危险化学品及其特性

具有易燃、易爆、毒害、腐蚀、放射性等危险特性，在生产、储存、运输、使用和废弃物处置等过程中容易造成人身伤亡、财产毁损、环境污染的化学品均属危险化学品。危险化学品目前约有数千种，其性质各不相同，每一种危险化学品往往具有多种危险性。原国家质量技术监督局 1992 年发布的国家标准《常用危险化学品的分类及标志》(GB 13690—92) 按常用危险化学品主要危险特性将其分为 8 类：第Ⅰ类，爆炸品；第Ⅱ类，压缩气体和液化气体；第Ⅲ类，易燃液体；第Ⅳ类，易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品；第Ⅴ类，氧化剂和有机过氧化物；第Ⅵ类，有毒品；第Ⅶ类，放射性物品；第Ⅷ类，腐蚀品。各类危险化学品的细分类及其举例见表 1-1。

表 1-1 危险化学品细分类及其举例

类 别		举 例
Ⅰ 爆炸品		点火器材：导火索、火绳 起爆器材：导爆索、雷管 炸药和爆炸性药品：(1)起爆药，雷汞、叠氮铅；(2)爆破药，梯恩梯、黑索金、铵油炸药、硝铵炸药；(3)火药，硝化纤维火药、硝化甘油火药、民用黑火药 其他爆炸物品：爆竹、烟花、礼花弹
Ⅱ 压缩气体和液化气体	易燃气体	正丁烷、氢、乙炔
	不燃气体	氮、二氧化碳、氦、氩、氟、氨、助燃气体氧、压缩空气
	有毒气体	氯、二氧化硫、氨
Ⅲ 易燃液体	低闪点液体	汽油、乙硫醇、二乙胺、乙醚、丙酮
	中闪点液体	无水乙醇、苯、甲苯、乙苯、乙酸乙酯、乙酰氯、丙烯腈、丙烯酸清烘漆、硝基清漆、磁漆
	高闪点液体	二甲苯、氯苯、正丁醇、环己酮、糠醛、松节油、醇酸清漆、环氧清漆
Ⅳ 易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品	易燃固体	赤磷、硫黄粉、闪光粉、发泡剂 H、二硝基苯、二硝基苯酚、萘
	自燃物品	二乙基锌、连二亚硫酸钠、白磷、硝化纤维
	遇湿易燃物品	三氯硅烷、金属钠、金属钾、金属锂、金属镁、电石(碳化钙)、氢化钠

续表

类 别		举 例
V 氧化剂和 有机过氧化物	氧化剂	过氧化物:过氧化钠、过氧化氢 氯的高价含氧酸及其盐:高氯酸、高氯酸钾、氯酸钾 硝酸盐:硝酸钾、硝酸铵 高锰酸盐:高锰酸钾、高锰酸钠 过氧酸盐类:过硫酸铵、过硼酸钠 高价金属盐类:重铬酸盐 高价金属氧化物:三氧化铬、二氧化铅
	有机过氧化物	过乙酸、过氧化十二酰、过氧化甲乙酮
VI 有毒品	剧毒品	无机剧毒品:氧化钠;硒化合物;砷化合物;汞、铍、铊、磷的化合物 有机剧毒品:硫酸二甲酯、四乙基铅、醋酸苯汞
	毒害品	无机毒害品:汞、铅、钡、氟的化合物 有机毒害品:乙二酸、四氯乙烯、甲苯二乙氰酸酯、苯胺、农药、鼠药
VII 放射性物品		^{60}Co 、 ^{226}Ra 、独居石、硝酸钍、夜光粉、发光剂、天然铀、铀钠复盐、镭-铍中子源
VIII 腐蚀品	酸性腐蚀品	硝酸、硫酸、盐酸、氢氟酸、冰醋酸、五氯化磷、二氯化硫、磷酸、甲酸、氯乙酐、氯磺酸、溴
	碱性腐蚀品	氢氧化钠、硫化钠、二乙醇胺、二环己胺、水合肼、生石灰、甲醇钠
	其他腐蚀品	碘、苯酚、苯酚钠、甲醛溶液、次氯酸钠溶液、氯化铬

一、爆炸品及其特性

本类化学品是指在外界作用下(如受热、受压、撞击等),能发生剧烈的化学反应,瞬时产生大量的气体和热量,使周围压力急剧上升,发生爆炸,对周围环境造成破坏的物品;也包括无整体爆炸危险,但具有燃烧、抛射及较小爆炸危险的物品。常见的有导火索、2,4,6-三硝基甲苯[梯恩梯或茶色炸药, $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$]、环三次甲基三硝胺[黑索金或旋风炸药, $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_3(\text{NO}_2)_3$]、雷汞酸 $[\text{Hg}(\text{ONC})_2]$ 等。

爆炸品的主要特性是:爆炸性强;敏感度高。

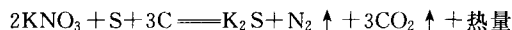
1. 爆炸性强

爆炸可分为核爆炸、物理爆炸和化学爆炸三种。

核爆炸是由核反应引起的爆炸,如原子弹或氢弹的爆炸。物理爆炸是由物理原因所引起的爆炸,如蒸汽锅炉因水快速气化,压力超过设备所能承受的强度而引起的锅炉爆炸;装有压缩气体钢瓶的受热爆炸等。化学爆炸是物质发生化学反应而引起的爆炸,化学爆炸通常是由炸药及爆炸性物品所引起的,也可以由可燃气体和助燃气体的混合物遇明火或火源而引起,还可以是可燃粉末与空气的混合物遇明火或火源而引起。化学反应引起化学爆炸的前提是:①反应速度极快;②放出大量的热量;③产生大量的气体。三者缺一不可。

爆炸品都具有化学不稳定性，在一定外因的作用下，能以极快的速度发生猛烈的化学反应，产生大量无法在短时间内散逸开的气体和能量，从而导致周围的温度迅速升高并产生巨大的压力而引起爆炸。

例如黑火药的爆炸反应为



此反应的反应速度极快，产生大量气体（280L/kg），放出大量的热量（3015kJ/kg），火焰温度高达 2100℃。

2. 敏感度高

爆炸品的化学组成和性质决定了其发生爆炸的可能性，而外界作用是发生爆炸的必要条件，这个外界作用称为起爆能，即爆炸品发生爆炸时所需外界提供的能量。不同爆炸品的起爆能不同，某一爆炸品的最小起爆能，即为该爆炸品的敏感度（简称感度）。起爆能越小，敏感度越高。爆炸品的感度主要分为：热感度，如加热、火花、火焰等；机械感度，如冲击、针刺、摩擦、撞击等；静电感度，如静电、电火花等；起爆感度，如雷管、炸药等。

影响爆炸品敏感度的主要因素有爆炸品的化学组成和结构、温度、杂质、结晶、密度等。

（1）化学组成和化学结构 爆炸品的化学组成和化学性质是决定其具有爆炸性质的内在因素，其爆炸性是由分子中的某些“爆炸性基团”引起的。如，硝基化合物中的一NO₂基，雷汞、雷银中的一O—N≡C基，叠氮化合物中的一N≡N≡N基，重氮化合物中的一N=N—基等。爆炸品分子中“爆炸性基团”的数目对其敏感度影响很大，同类爆炸品所含“爆炸性基团”的数越多，其敏感度越高。例如，硝基苯不易爆炸，而因其毒性突出定为毒害品；（邻、间、对）二硝基苯爆炸敏感度不高，而其易燃性比爆炸性更突出，故定为易燃固体；三硝基苯爆炸性敏感度高，故定为爆炸品。

（2）温度 温度对爆炸品的敏感度影响较大。温度升高，爆炸品具有的内能增高，起爆所需外界供给的能量相应减少，因而其机械感度也升高。

（3）杂质 杂质对爆炸品的敏感度影响很大，杂质不同其影响亦不同。一般情况下，固体杂质，特别是硬度高、有棱角的杂质能使冲击能量集中在尖棱上，产生许多高能中心，促使爆炸品爆炸，因而能增加爆炸品的敏感度。如梯恩梯炸药中混进砂粒后，其敏感度就显著提高。而松软或液态杂质混入爆炸品后，往往会降低爆炸品的敏感度。如雷汞的水分含量大于 10% 时，在空气中点燃不会导致爆炸；苦味酸含水率超过 35% 即不会爆炸。

（4）结晶 某些爆炸品的敏感度随其晶型变化而不同。如液体硝化甘油在凝固、半凝固时，结晶多为三斜晶系。此时，其机械感度要比液体的更高，对摩擦非常敏感，甚至微小的外力作用就能引起爆炸。

(5) 密度

爆炸品的敏感度通常随密度的增大而下降。密度不仅直接影响冲击力、热量等外界作用在爆炸品中的传播，而且对爆炸品颗粒之间的相互摩擦也有很大影响，因而，粉碎、疏松的爆炸品敏感度更高。

除以上的强爆炸性和高敏感度外，爆炸品还可能具有以下性质：

① 很多爆炸品，具有一定的毒性。

② 有些爆炸品与某些化学品（酸、碱、盐）发生化学反应形成的物质，其爆炸性更强。如苦味酸与某些碳酸盐反应生成的苦味酸盐，其爆炸性要强于苦味酸。

③ 有些爆炸品与一些重金属（铅、铜、银等）及其化合物的反应生成物，其敏感度更高，如雷汞与铜反应的生成物。

④ 有些爆炸品在光照条件下易分解，如叠氮银。

⑤ 有些爆炸品具有较强的吸湿性，其爆炸性在受潮或吸湿后会明显降低，甚至无法起爆，如硝铵炸药。

二、压缩气体和液化气体及其特性

压缩气体和液化气体指压缩、液化或加压溶解的气体，并应符合下述两种情况之一者：

① 临界温度低于 50°C 时，或在 50°C 时，其蒸气压力大于 294kPa 的压缩或液化气体；

② 温度在 21.1°C 时，气体的绝对压力大于 275kPa ，或在 54.4°C 时，气体的绝对压力大于 715kPa 的压缩气体；或在 37.8°C 时，雷德蒸气压力大于 275kPa 的液化气体或加压溶解气体。

各种气体的性质不同，有的气体在室温下，仅仅加压并不能使其变为液体，而必须在加压的同时使温度降低至一定数值才能使它液化，此温度为临界温度。在临界温度下，使气体液化所需的最低压力为临界压力。加压条件下在钢瓶中处于气体状态的为压缩气体（如氮气、氢气、氦气、氧气），处于液体状态的为液化气体（如氯气、氨气、二氧化碳）。此外，本类化学品还包括加压溶解的气体，如乙炔。

压缩气体和液化气体的许多特性，大都是因其被压缩后压力升高而显现出来的，压缩气体和液化气体主要具有以下特性：

① 爆炸性。储于钢瓶内的压缩气体、液化气体或加压溶解气体会受热膨胀，压力升高，能使钢瓶炸裂。液化石油气主要由丙烷和丁烷组成，用于加热和烹调以及作为发动机燃料和其他用途，当液化石油气受热发生气化时，其体积立即以 $1:600$ 的比例膨胀，随时会爆炸。液化气体容器爆炸时其内部的液体几乎

全部烧净，燃烧气体膨胀形成巨大的高温燃气团，爆炸的圆形区域直径可用下式计算

$$D=7.83 \sqrt[3]{W}$$

式中， D 为爆炸圆形区域直径， m ； W 为液化气体的质量， kg 。

② 有些气体相互接触后会发生化学反应而引起燃烧爆炸。如氢和氯、氢和氧、乙炔和氯、乙炔和氧均能发生爆炸。

③ 有的还具有易燃性（如氢气、甲烷、液化石油气等）、毒害性（如二氧化硫、氯气等）、窒息性（如二氧化碳、氮等）。

三、易燃液体及其特性

易燃液体是指易燃的液体、液体混合物或含有固体物质的液体，但不包括由于其危险性已列入其他类别的液体。其闭杯闪点等于或低于 $60^{\circ}C$ 。

所谓闪点，是在规定条件下，使易燃和可燃液体蒸发出足够的蒸气，以致在液面上能发生闪燃的最低温度。而闪燃，是当火焰或炽热物体接近易燃和可燃液体时，其液面上的蒸气与空气的混合物会发生一闪即灭的燃烧。闪点是易燃液体燃爆危险性的一个重要指标，闪点越低，燃爆危险性越大。易燃液体的闪点，随其浓度变化而变化。例如，乙醇水溶液中乙醇含量（体积分数）为 80% 、 40% 、 20% 、 5% 时，其闪点分别为 $19^{\circ}C$ 、 $26.75^{\circ}C$ 、 $36.75^{\circ}C$ 和 $62^{\circ}C$ 。当含量在 3% 时，则没有闪燃现象。两种易燃性液体混合物的闪点，一般在这两种液体闪点之间，并低于这两种物质闪点的平均值。易燃液体的闪点还与很多其他因素有关，当易燃液体以雾或泡沫形式存在时，闪点可下降 $50^{\circ}C$ ；易燃液体的闪点与其纯度密切相关，少量挥发性物质的存在可引起闪点大幅度下降；易燃液体吸附在多孔材料（如绝缘材料）上，其闪点可能略有上升。

易燃液体的蒸气爆炸极限范围越大，危险性越大。爆炸极限也与很多因素有关：爆炸极限受压力影响较小，压力减小，易燃液体的爆炸极限变窄，爆炸危险性减小，当压力小于大气压时尤其明显；温度升高，易燃液体的爆炸极限变宽，爆炸下限变小，同时爆炸上限变大，爆炸危险性增大；惰性气体的加入能使易燃液体的爆炸极限变窄，而加入二氧化碳的效果要比加入氮气的效果更明显。

易燃液体主要具有以下特性：

(1) 高度易燃性 高度易燃性是易燃液体的主要特性。易燃液体几乎全部是有机化合物，分子组成中主要含有碳原子和氢原子，易和氧反应而燃烧。易燃液体的闪点较低，其燃点（一般高于闪点约 $1\sim 5^{\circ}C$ ）也较低，因此易燃液体接触火源极易着火而持续燃烧。

(2) 易爆性 易燃液体挥发性大，易燃液体挥发出来的易燃蒸气与空气混合，当浓度达到一定的范围，即达到爆炸极限时，遇明火即能引起爆炸。

(3) 高度流动扩散性 易燃液体的分子多为非极性分子，黏度一般较小，不仅本身极易流动，还因渗透、浸润及毛细等作用，即使容器只有极细微的裂纹，易燃液体也会渗出容器壁外，扩大其表面积，并源源不断地挥发，使空气中的易燃液体蒸气浓度增高，从而增加了燃烧爆炸的危险性。

(4) 受热膨胀性 易燃液体的膨胀系数较大，受热后体积容易膨胀，同时其蒸气压也相应升高，从而使容器内部压力增大，造成“鼓桶”，甚至爆裂，在容器爆裂时会产生火花而引起燃烧爆炸。

(5) 忌氧化剂和酸 易燃液体都是有机化合物，能与氧化剂（或具有氧化性的酸类，如硝酸）发生剧烈氧化反应并释放大量的热量，使温度上升至燃点而引起燃烧爆炸。例如乙醇与氧化剂高锰酸钾接触会发生燃烧，与硝酸接触也会引起燃烧；松节油遇硝酸立即燃烧。

(6) 毒性 大多数易燃液体及其蒸气均有不同程度的毒性，如甲醇、苯、二硫化碳等，其蒸气被吸入或经皮肤吸收可能引起中毒。

四、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品及其特性

1. 易燃固体

易燃固体指燃点低，对热、撞击、摩擦敏感，易被外部火源点燃，燃烧迅速，并可能散发出有毒烟雾或有毒气体的固体，但不包括已列入爆炸品的物质。

易燃固体的燃烧危险性主要与以下五点理化性质有关：

(1) 熔点 绝大部分可燃物质，其燃烧都是在蒸气和气体的状态下进行的。因此，熔点低的固体物质容易蒸发和气化，一般燃点较低，燃烧速度快。如最常见的钾、钠、白磷、萘、樟脑、石蜡、硫黄、联苯等，它们的熔点分别为62.58℃、97.7℃、44.2℃、80.2℃、170℃、38~60℃、112.8℃、69℃。

(2) 燃点 燃点越低的物质、越易着火。因为它们在能量、热量较小时或由于撞击、摩擦的作用，能很快接触热源达到燃点。如最常见的钾、钠、白磷、萘、樟脑、石蜡、硫黄、联苯等，它们的燃点分别为70℃、100℃、34~45℃、86℃、70℃、158~195℃、207℃、113℃。

(3) 自燃点 有些固体物质的自燃点比可燃液体或气体的自燃点都要低，它们一般在180~350℃之间。它们接触热源达到一定的温度，即使没有明火作用也能产生自燃。自燃点低的物质，危险性就会更大一些。许多可燃固体的粉尘在空气中浮游可形成爆炸性混合物。一般地说，粉尘的自燃点都比其原来物质的自燃点高。

(4) 单位体积的表面积 同样的物质，单位体积的表面积越大，其危险性就相应增大，一是氧化面积增大；二是蓄热能力增强。例如硫粉比硫块燃烧快。

(5) 受热分解速度 低温下受热分解速度越快的物质，其燃烧危险性就越

大。物质受热分解会自行升高温度以致达到自燃点。

易燃固体的主要特性是容易被氧化，受热易分解或升华，遇火种、热源常会引起强烈、连续的燃烧。

易燃固体与氧化剂接触，反应剧烈而发生燃烧爆炸。如赤磷与氯酸钾接触，硫黄粉与氯酸钾或过氧化钠接触，都易立即发生燃烧爆炸。

易燃固体对摩擦、撞击、震动也很敏感。如赤磷、闪光粉等受摩擦、震动、撞击等也能起火燃烧甚至爆炸。

有些易燃固体与酸类（特别是氧化性酸）反应剧烈，会发生燃烧爆炸。发泡剂 H（N,N-二亚硝基五亚甲基四胺）与酸或酸雾接触会迅速着火燃烧；萘遇浓硝酸（尤其是发烟硝酸）反应猛烈会发生爆炸。

许多易燃固体有毒，或燃烧产物有毒或有腐蚀性，如二硝基苯、二硝基苯酚、硫黄、五氧化二磷等。

金属粉末如闪光粉、铝粉等，碱金属氨基化合物如氨基化锂、氨基化钠等，除在通常条件下具有燃烧爆炸性外，还兼有遇水燃烧的性能。

2. 自燃物品

自燃物品指自燃点低，在空气中易发生氧化反应，放出热量，而自行燃烧的物品，如二乙基锌、连二亚硫酸钠（保险粉）、白磷（又称黄磷）等。

自燃物品多具有容易氧化、分解的性质，且燃点较低。在未发生自燃前，一般都经过缓慢的氧化过程，同时产生一定的热量，当产生的热量越来越多，使温度达到该物质的自燃点时便会自发着火燃烧。

凡能促进氧化反应的一切因素均能促进自燃。空气、受热、受潮、氧化剂、强酸、金属粉末等能与自燃物品发生化学反应或对氧化反应有促进作用，都可促使自燃物品自燃。

在空气中常温常压下，无任何外来火源作用下，影响物质自燃的条件有：

（1）发热量 单位质量物质发热量是物质特有的性质，其大小因物质种类和引起自燃的反应类型不同而异。一般来说，当混触反应最大发热量低于 418J/g 时，很难发生自燃；当混触反应最大发热量高于 418J/g 时，则可能发生自燃。

（2）温度 在化学反应中温度直接影响反应速度，温度越高，反应速度越快，自燃则容易发生。

（3）比表面积 比表面积越大，单位体积内与空气中氧气的接触面积越大，同时比表面积增大到一定程度能增强其化学反应活性，因而物质比表面积大能加速自燃反应。

（4）催化作用 如果自燃体系中存在对放热反应具有催化作用的物质，则自燃反应会加快。如少量的一氧化氮和二氧化氮能加快硝化纤维素和赛璐珞的