

★ 高 等 学 校 教 材 ★



生产工艺防火

SHENGCHAN GONGYI FANGHUO

黄郑华 李建华 主编



化学工业出版社

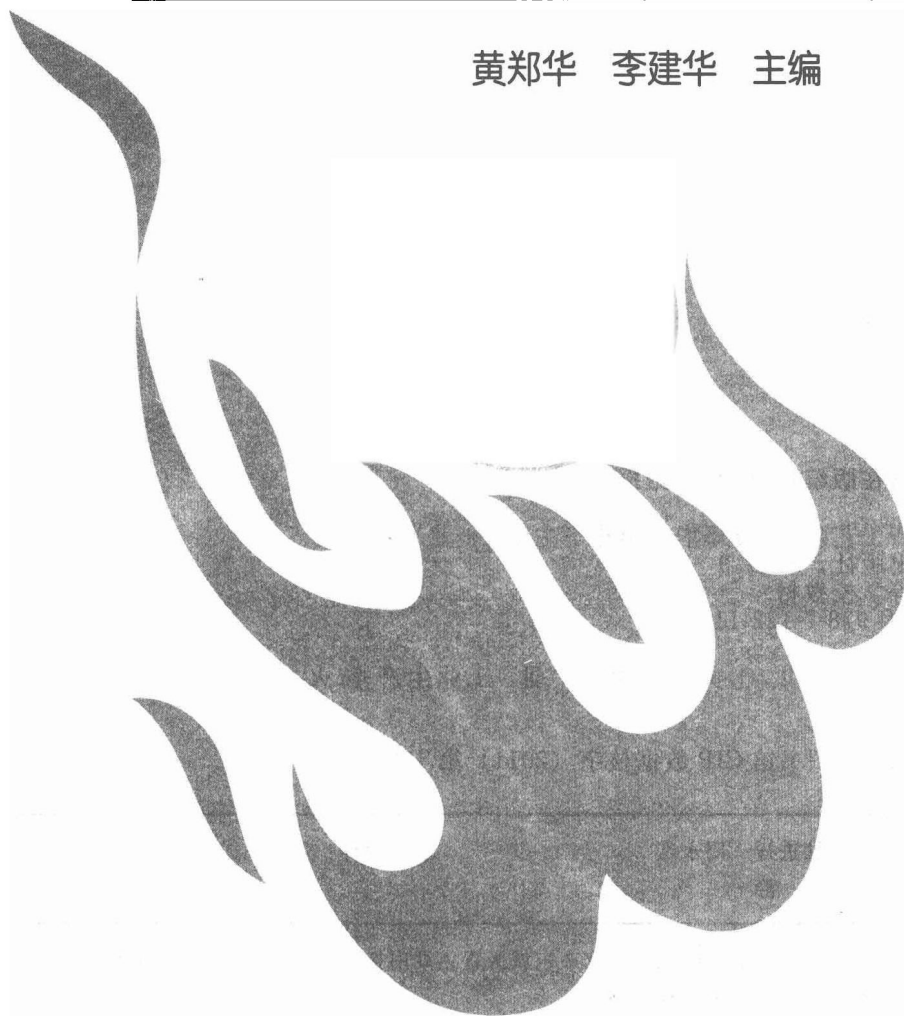
★ 高 等 学 校 教 材 ★



生产工艺防火

SHENGCHAN GONGYI FANGHUO

黄郑华 李建华 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书结合作者多年教学和防火实践工作新经验,吸纳了消防法规的新标准和近年来国内外消防科技研究的新成果;从生产工艺过程火灾危险性分析、防火防爆基本技术、物料储运工艺设备、生产工艺设备、危险性作业、生产加工工艺过程等方面系统地阐述了生产过程发生火灾事故的原因和机理,并归纳总结了生产过程火灾危险性的评价方法、预防对策和防火技术;根据生产工艺的火灾、爆炸事故危害性特点,介绍了事故应急处置措施和初期火灾的扑救技术。

本书理论性、系统性和应用性强,适宜作为安全工程、消防工程、消防管理、化学工程、轻工纺织工程等专业的本科生、专科生、成人教育的教材使用,也可供从事消防监督工作人员以及企业生产安全技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

生产工艺防火/黄郑华,李建华主编. —北京:化学工业出版社,2011.9
高等学校教材
ISBN 978-7-122-11615-4

I. 生… II. ①黄…②李… III. 工业生产-防火
IV. X932

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第122908号

责任编辑:杜进祥 周永红
责任校对:吴 静

装帧设计:韩 飞

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:化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张16 $\frac{3}{4}$ 字数436千字 2011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

前言



生产企业是国民经济发展的主体，它为满足人们物质文化生活不断增长的需要，承担着为人民生产和创造物质财富的重任。随着社会主义现代化建设的迅猛发展，生产企业的种类在增多，生产工艺过程涉及的新材料、新产品、新工艺和新设备也在大量涌现，发生火灾、爆炸事故的原因和影响因素增多，以及事故的危害程度增大，给生产企业的防火工作提出许多新挑战和新课题，要求各级消防安全的相关部门更加注重提高生产工艺过程的防火监督管理和安全技术水平。

《生产工艺防火》教材从生产工艺过程火灾危险性分析和防火防爆基本技术入手，系统地阐述了生产过程发生火灾事故的原因和机理，归纳总结了生产过程火灾危险性的评价方法及其预防对策；重点对石油、化工、轻工等企业的典型生产工艺、典型生产设备和危险性作业分析了火灾危险性，在此基础上分类对火灾危险性较大的物料储运工艺设备、生产工艺设备、危险性作业、生产加工工艺过程、可燃物料排放等提出了具有针对性的消防安全措施和应采取的防火技术；根据生产工艺的火灾、爆炸事故危害性特点，介绍了事故应急处置措施和初期火灾的扑救技术。

该教材是基于多年的教学和防火实践工作新经验，吸纳了消防法规的新标准和近年来国内外消防科技研究的新成果而编写完成的，对生产工艺过程的防火监督管理和消防安全技术进行了较为深入的研究，反映目前本领域主要研究状况和成果；其理论性、系统性和应用性强，适宜作为安全工程、消防工程、消防管理以及化学工程、轻工纺织工程等专业的本科生、专科生、成人教育的教材使用，也可供从事消防监督工作人员以及企业生产安全技术人员学习参考。

该教材第一、二、三章及第六章部分内容由武警学院黄郑华教授编写，五、七、八章及第四章部分内容由武警学院李建华教授编写，第四章部分内容由武警学院陈伟红副教授编写，第六章部分内容由武警学院王平副教授编写。该教材最后由武警学院黄郑华教授统稿。

该教材的编写得到宋光积教授等消防前辈的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。在编写过程中，参阅了一些专著、教科书及论文，在此向原作者表示谢意。

限于编者的水平和条件，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请广大读者及同行专家指正。

编者

2011年6月



目 录

第一章 生产工艺过程火灾危险性分析

第一节 生产工艺过程的火灾危险性	1
一、物质的火灾危险性	1
二、生产工艺过程的火灾危险性	6
三、生产工艺过程的火灾爆炸事故特征	8
第二节 生产的火灾危险性分类	10
一、评价生产火灾危险性的要素	10
二、生产的火灾危险性分类原则	11
三、生产的火灾危险性分类	11
第三节 生产工艺过程火灾爆炸事故原因	18
一、火灾爆炸事故的主要原因	18
二、火灾爆炸事故的原因结构	19
第四节 生产工艺过程火灾爆炸事故类型	21
一、火源点火类火灾与爆炸	22
二、泄漏类火灾与爆炸	23
三、自燃类火灾与爆炸	25
四、反应失控类火灾与爆炸	27
五、传热类蒸气爆炸	28
六、破坏平衡类蒸气爆炸	30
思考题	32

第二章 防火防爆基本技术

第一节 生产工艺的防火防爆技术	33
一、火灾爆炸危险物质的控制	33
二、引火源及其控制	34
三、工艺参数的控制	39
第二节 限制火灾爆炸事故蔓延扩展的技术	40
一、工厂的安全布置	40
二、火灾爆炸的局限化	44
第三节 防火防爆安全装置与设施	45
一、防爆泄压装置与设施	45

二、火焰隔断装置与设施	51
三、抑爆装置	56
四、紧急制动装置	57
五、自动控制和保险装置	59
思考题	60

第三章 物料储运工艺设备的防火技术

第一节 气体物料输送工艺设备的防火技术	61
一、气体压缩输送设备	61
二、气体压缩输送设备火灾爆炸危险性分析	64
三、防火防爆安全措施	66
第二节 液体物料输送设备的防火防爆	68
一、输送方法和设备	68
二、液体输送设备火灾爆炸危险性分析	70
三、防火防爆安全措施	72
第三节 固体物料输送设备的防火防爆	74
一、输送方法和设备	74
二、固体物料输送设备的火灾爆炸危险性分析	76
三、防火防爆安全措施	76
第四节 生产工艺管道的防火技术	77
一、管道的分类	77
二、管道的分级	78
三、生产工艺管道的火灾爆炸危险性分析	79
四、防火防爆技术措施	81
第五节 物料储存工艺设备的防火技术	83
一、液体物料储存工艺设备的防火技术	83
二、液化气体储存工艺设备的防火技术	91
三、可燃气体储存工艺设备的防火技术	96
四、危险化学品仓储的防火技术	99
思考题	101

第四章 生产工艺设备的防火技术

第一节 粉碎研磨工艺设备的防火技术	102
一、粉碎研磨的方法及设备	102
二、粉碎研磨工艺设备火灾危险性分析	104
三、粉碎研磨工艺设备防火防爆技术措施	105
第二节 传热工艺设备的防火技术	107
一、传热方法和设备的类型	107

二、换热工艺设备火灾爆炸危险性分析	109
三、传热工艺设备防火防爆技术措施	111
第三节 吸收工艺设备的防火技术	112
一、吸收工艺过程及其设备	113
二、吸收过程的火灾爆炸危险性分析	114
三、吸收工艺设备防火防爆技术措施	115
第四节 蒸馏工艺设备的防火技术	116
一、蒸馏原理及蒸馏流程	117
二、蒸馏过程火灾爆炸危险性分析	119
三、蒸馏工艺设备防火防爆技术措施	120
第五节 干燥工艺设备的防火技术	122
一、干燥方法与设备	122
二、干燥工艺设备火灾爆炸危险性分析	126
三、干燥工艺设备防火防爆技术措施	127
第六节 化学反应工艺设备的防火技术	128
一、化学反应工艺设备的类型	128
二、化学反应工艺设备火灾爆炸危险性分析	131
三、化学反应工艺设备防火防爆技术措施	134
思考题	137

第五章 危险性作业的防火技术

第一节 置换清洗作业的防火技术	138
一、常用置换清洗方法	138
二、生产设备置换清洗的火灾爆炸危险性分析	140
三、置换清洗作业的防火防爆技术措施	141
第二节 动火检修作业的防火技术	143
一、设备检修的分类	143
二、设备检修的火灾爆炸危险性分析	143
三、检修前的准备	146
四、检修动火的防火防爆技术措施	148
第三节 油漆喷涂作业的防火技术	154
一、表面处理作业的防火要求	154
二、油漆喷涂作业的防火要求	155
三、干燥的防火要求	158
第四节 有限空间作业的防火技术	159
一、有限空间作业的定义	159
二、有限空间作业的危险性分析	159
三、有限空间作业的事故特点	160
四、有限空间作业的事故预防措施	161
思考题	163

第六章 生产加工工艺过程的防火技术

第一节 石油炼制典型工艺的防火技术	164
一、石油炼制生产工艺流程	164
二、炼油生产的火灾危险性分析	165
三、石油炼制典型生产工艺过程防火	167
第二节 合成氨生产工艺的防火技术	174
一、合成氨生产工艺流程	174
二、合成氨生产厂的基本特点	174
三、合成氨生产工艺过程防火	175
第三节 木材加工工艺的防火技术	185
一、木材加工生产工艺流程	185
二、木材加工的火灾危险性分析	186
三、木材加工的防火安全措施	188
第四节 纺织生产工艺的防火技术	189
一、纺织生产工艺过程	189
二、纺织生产的火灾危险性	192
三、纺织生产的防火安全措施	198
第五节 粮食加工工艺的防火技术	202
一、粮食加工生产工艺流程	202
二、粮食加工的火灾危险性分析	206
三、粮食加工的防火防爆安全措施	208
思考题	210

第七章 消防安全管理

第一节 消防安全管理的方针和原则	211
一、我国消防工作的方针	211
二、消防安全管理的原则	211
第二节 消防安全管理组织与职责、制度建设	212
一、消防组织的组建依据	212
二、企业消防安全管理组织与职责	212
三、企业消防安全管理制度	213
第三节 消防安全教育和培训	217
一、消防安全教育和培训的目的和意义	218
二、消防安全教育和培训的内容	218
三、消防安全教育培训的组织和要求	219
第四节 消防安全检查与火灾隐患整改	220
一、消防安全检查	220
二、火灾隐患整改	222

第五节 企业事故应急预案的编制与应用	226
一、企业事故应急预案的编制	226
二、企业事故应急预案的应用	233
思考题	234

第八章 初期火灾的扑救技术

第一节 初期火灾扑救的基本原则	235
一、立即扑救,及时报警	235
二、关阀断料,控制火势	235
三、冷却保护,防止爆炸	236
四、疏散自救,配合消防队灭火	236
第二节 初期火灾扑救用器材和设施	236
一、灭火器	236
二、固定灭火设施	239
第三节 初期火灾或紧急情况的应急处置措施	243
一、气体或液化气泄漏的处置措施	243
二、易燃液体泄漏火灾的扑救	246
三、生产装置火灾的扑救	247
四、管道系统火灾的扑救	248
五、电气线路和设备火灾的扑救	249
第四节 初期火灾扑救应注意的问题	251
一、采用不同方法灭火时应注意的问题	251
二、火灾事故现场危险征兆的判别	253
三、预防复燃、复爆事故发生	254
四、防止造成环境污染	254
第五节 初期火灾扑救中的安全防护方法与技术	255
一、对火焰的防护	256
二、对高温的防护	256
三、对轰燃的防护	256
四、对浓烟、缺氧、毒气的防护	257
五、对爆炸的防护	257
六、对沸溢与喷溅的防护	258
七、对带电火灾扑救的防护	258
八、对冻伤的防护	258
思考题	259

参考文献

第一章



生产工艺过程火灾危险性分析

生产工艺过程是指从产品的生产技术准备、投产，到产出产品为止的全部过程。生产工艺过程的基本内容是人们的劳动过程，即劳动者利用劳动手段作用于劳动对象，使其按预定的目的改变其形状、结构、性质或位置的过程。在某种情况下，生产过程的进行还需要借助自然力的作用，因此，企业中生产工艺过程是许多相互联系的劳动过程与自然过程的结合。

生产企业种类繁多，按其加工和生产产品的不同，生产工艺过程及其火灾危险性各不相同。生产工艺过程的火灾危险性是指生产过程中发生火灾、爆炸事故的原因、因素和条件，以及火灾扩大蔓延条件的总和。虽然无法对各种产品的生产过程及其火灾危险性逐个进行分析研究，但可以按照物质的类别、产品的生产路线以及过去的安全经验，寻找分析生产过程火灾危险性的一般原则和方法，依此去分析任何生产过程的火灾危险性，并有针对性地提出防火防爆安全技术措施。

第一节 生产工艺过程的火灾危险性

一、物质的火灾危险性

物质是火灾爆炸事故的主体，物质的物理、化学性质决定了该物质的火灾危险性，也是生产工艺过程火灾危险性的主要因素。在生产过程中，使用、生产、储存、加工的物质种类繁多，为保证过程的防火安全，必须了解物质与火灾、爆炸事故发生有关的一些物理化学性质，从而采取相适应的防火防爆和防止火灾扩大蔓延的措施，以及发生火灾事故后应采取的急救方法。

（一）物质发生着火、爆炸的主要特性

1. 闪点

在一定温度下，液态可燃物液面上蒸发出蒸气，当其与空气形成混合气体达到一定浓度时，液面上若有火源就会发生瞬间着火，一闪即灭的燃烧现象，这种现象称为闪燃。发生闪燃现象时可燃物质的最低温度称为闪点。可燃液体在闪点温度下只能闪燃而不能连续燃烧，这是因为在闪点温度下可燃液体蒸发速度小于燃烧速度，蒸气来不及补充，液面上的蒸气烧光后火焰立即熄灭。但闪燃已经表明液体有着火的危险。

可燃液体多数是有机化合物，结构相似，分子量不同的有机同系物，分子量大的分子结构变形大，分子间力大，蒸发困难，蒸气浓度低，闪点高；否则闪点低。因此，有机同系物的闪点有如下变化规律：闪点随分子量的增加，沸点的升高，相对密度的增大，蒸气压的降



低而升高；同系物中异构体比正构体闪点低，因为碳原子数相同的异构体中，支链数增多，造成空间障碍增大，使分子间距离变远，从而使分子间力变小，闪点下降。两种完全互溶的可燃液体，它们的混合液体的闪点一般低于各组分的闪点的算术平均值，并且接近于含量大的组分的闪点。可燃液体中混入不燃液体，其闪点随着不燃液体含量增加而升高，当不燃组分含量达一定值时，混合液体不再发生闪燃。

闪点是评定可燃液体火灾危险的一个重要参数。根据闪点可以判断可燃液体在室温下能否发生闪燃。闪点高于室温（如 28°C ）的液体，在室温条件下蒸气浓度很低，在弱小点火源作用下不会发生闪燃，更不会发生连续燃烧。闪点是可燃液体生产、储运的火灾危险性分类的依据。根据《建筑设计防火规范》（GB 50016—2006），闪点小于 28°C 的液体属甲类，如汽油；闪点大于等于 28°C 但小于 60°C 的液体属乙类，如煤油；闪点大于等于 60°C 的液体属丙类，如柴油、润滑油等。闪点是配置灭火剂供给强度的依据。灭火剂供给强度是指扑灭单位面积液体的燃烧，在单位时间内需供给的灭火剂的数量。一般闪点越低，灭火剂供给强度越大。

2. 燃点

可燃液体的温度被加热到超过闪点时，蒸发速度加快，当蒸发速度等于燃烧速度时，蒸气与空气的混合气遇火源发生燃烧以后，由于蒸气可源源不断地补充，燃烧能连续进行下去。可燃物质加热到一定温度，遇火源发生连续燃烧的现象称着火，发生着火的最低温度称燃点或着火点。

显然，一切可燃物质的燃点都高于其闪点。液体可燃物的闪点越低，燃点与闪点之差越小。闪点小于 0°C 的液体，它们的燃点和闪点之差仅在 1°C 左右，闪点在 100°C 以上的液体，燃点比闪点高出 30°C 或更高。一般油品的燃点比闪点高 $3\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。对于低闪点液体，在评价火灾危险性时，只考虑闪点就可以了，对于高闪点液体，由于燃点比闪点高出很多，在评价火灾危险性时，燃点也应考虑在内，因为液体温度达到燃点以上时，才能发生连续燃烧。

3. 自燃点

可燃物质在没有外部火花或火焰的条件下，当加热到一定程度时能自动燃烧的现象称为自燃，发生自燃的最低温度称为自燃点。

物质的自燃点不是物性参数，它不仅与其本性有关，而且还受到外界条件的影响。不同状态的物质，例如可燃气体、液体和固体物质，其自燃点前者高于后者。影响液体自燃点的外部因素有：压力增大，可燃液体液面上方的蒸气浓度和氧浓度增加，化学反应速度增加，自燃点降低；可燃液体自燃点比闪点高很多，比沸点也高很多，在自燃点温度下，液体已经全部汽化，此时增加可燃蒸气浓度，自燃点降低，当可燃蒸气浓度增大到等于当量浓度时，自燃点最低，再增加蒸气浓度，自燃点反而会增加；空气中氧含量提高，有利于化学反应发生，自燃点降低；活性催化剂如铈、铁、钒、钴、镍等的氧化物，能加速氧化反应而降低可燃液体的自燃点，而钝性催化剂如油品抗震剂——四乙基铅等，则能使其自燃点升高。容器材料的导热性能强，自燃点升高，通常导热性能是铁管 $>$ 石英管 $>$ 玻璃管；容器的表面积与体积之比越大，容器的散热能力越强，会提高物质的自燃点。有机同系物的自燃点的变化规律是：自燃点随分子量的增大而降低，这是因为同系物内化学键键能随分子量增大而变小，因而反应速度快，自燃点降低；有机物中的同分异构体物质，其正构体的自燃点比异构体的自燃点低，这是由于电子效应与空间效应造成的，电子效应是异构体中碳原子上的氢原子被烷基取代后，烷基的电负性小，与分子中电荷中心产生共振（相当于正负电荷中和），使分子稳定化，而空间效应是分子中碳原子上氢被取代基取代以后，使得空间拥挤，造成分子中的反应中心难以和另一个反应分子接近，反应不易进行，自燃点升高；饱和烃比相应的非饱



和烃的自燃点高,是因为非饱和烃中含有比较活泼的 π 键,易于氧化而自燃;烃的含氧衍生物(如醇类、醛类、醚类)的自燃点低于分子中含相同碳原子数的烷烃的自燃点,而且醇类自燃点高于醛类自燃点,这是因为含氧衍生物析出的氧使化学反应速度加快,从而降低自燃点。有机化合物同系物的自燃点变化规律几乎与其闪点的变化规律相反,这是因为闪点的大小主要受分子间力的大小影响,而自燃点主要取决于活化能的大小。低熔点固体的闪点、燃点和自燃点等燃烧参数的影响因素与液体类似,其余固体还有如下规律:固体物质粉碎得越碎,自燃点越低;受热时间越长,其闪点、燃点和自燃点均会有所下降。

物质的自燃点是评价其火灾危险性的指标之一,自燃点越低,火灾危险性越大。根据物质的自燃特性,应注意采取降温散热措施。对于低温下遇空气能自燃的物质,应隔绝空气、控制温度不超过自燃点;对于生产中物料受热温度超过其自燃点的物质,要注意防止物料泄漏发生自燃。

4. 爆炸极限

(1) 爆炸浓度极限

可燃气体或液体的蒸气与空气混合达到一定的浓度范围时,遇火源即能发生爆炸,这个遇火源能够发生爆炸的浓度范围,称为爆炸极限,通常用体积百分数(%)来表示。可燃物质与空气形成的可燃性混合物,遇火源发生爆炸的最低浓度,称爆炸下限,而能够发生爆炸的最高浓度,称爆炸上限。可燃气体或蒸气与空气形成的可燃性混合物,在浓度低于爆炸下限和高于爆炸上限时,既不爆炸也不着火,这是由于前者的可燃物含量不够,过量空气的冷却作用阻碍火焰的蔓延;而后者则是空气不足,火焰不能蔓延的缘故。可燃性混合物的浓度大致相当于完全反应浓度(化学计算浓度)时,具有最大的爆炸威力。

可燃粉尘在堆积状态下,通常只能发生缓燃现象,当粉尘悬浮在空气中,并达到一定浓度范围时,其燃烧特性与可燃气体相类似,若受到点火源的作用,就会发生化学性爆炸。

爆炸极限受可燃性混合物的温度、压力和含惰性气体量等因素影响。爆炸性混合物的初始温度越高,则爆炸极限范围越宽,即爆炸下限降低而爆炸上限增高,这是因为系统温度升高,其分子内能增加,使原来不燃的混合物成为可燃、可爆的系统,所以温度升高使爆炸危险性增大。爆炸性混合物的初始压力对爆炸极限有很大的影响,在压力增加的情况下,其爆炸极限的变化较复杂。一般情况下压力增大,爆炸极限扩大;压力降低,则爆炸极限范围缩小,这是因为系统压力增高,其分子间距更为接近,碰撞率增高,使得燃烧的最初反应和反应进行更为容易。若混合物中所含惰性气体的浓度增加,爆炸极限的范围缩小,安全性提高,惰性气体的浓度提高到一定数量可使混合物不发生爆炸。除上述因素外,火源强度、火源与混合物的接触时间、充装容器管道直径等也对爆炸极限有影响。

爆炸极限可作为评定可燃气体、液体蒸气或粉尘火灾危险性的依据。爆炸下限越低,爆炸范围越大,则火灾危险性越大。例如乙炔的爆炸极限为2.5%~82%,氢气的爆炸极限为4%~75%,氨的爆炸极限为15%~27%,其火灾危险性乙炔>氢气>氨。爆炸极限可作为评定气体生产、储存火灾危险性类别,采取相应的防火防爆措施的依据,生产、储存爆炸下限<10%的可燃气体为甲类火灾危险,爆炸下限 $\geq 10\%$ 的可燃气体为乙类火灾危险。

(2) 爆炸温度极限

可燃液体的饱和蒸气浓度是由温度决定的。在一定的温度下,可燃液体表面上形成的饱和蒸气浓度是一定的,因此,可燃液体除了有爆炸浓度极限外,还有一个爆炸温度极限。可燃液体在一定温度下,形成等于爆炸浓度极限的蒸气浓度,这时的温度称为爆炸温度极限。爆炸温度极限和爆炸浓度极限一样,也有上限和下限之分。对应于爆炸浓度上、下限的液体温度称为可燃液体爆炸温度上、下限。爆炸温度下限就是闪点。爆炸温度下限越低,爆炸温



度上限越高,爆炸温度范围越广,爆炸危险性就越大。

利用爆炸温度极限来判断可燃液体的蒸气爆炸危险性,有时比爆炸浓度极限更方便。例如,已知苯蒸气的爆炸浓度极限是 $1.5\% \sim 9.5\%$,不能直接判断苯在室温(如 28°C)下是否能发生爆炸,但知道其爆炸温度极限是 $-14 \sim 19^{\circ}\text{C}$,就可知苯在室温条件下其蒸气与空气混合物浓度正处在爆炸极限之内,遇火源会发生爆炸。

5. 最小引燃能

可燃气体、蒸气、粉尘与空气形成的爆炸性混合物,在用电火花进行点火试验时,存在一个电火花能量界限条件,即在电火花能量低于某一数值时,上述混合物只能受热升温而不着火;当能量高于此数值时,混合物才能受热升温发生剧烈化学反应而导致着火。能够使可燃混合物着火所需的电火花能量最低值,称为该可燃物的最小引燃能。

最小引燃能受可燃物的物态,可燃物的结构,可燃性气体在混合气体中所占的相对密度,温度,压力等因素影响。一般来讲,可燃气的引燃能小于可燃液体的引燃能,而可燃液体的引燃能又小于可燃固体的引燃能,对于同种物质这种规律就更明显,这是因为液体变成蒸气燃烧之前需吸收一定的蒸发热,固体物质需要经过熔化、裂解等过程,这都需要能量。单质可燃物质的化学结构与最小引燃能量之间通常有如下规律:在脂肪族有机化合物中,烷烃类的最小引燃能最大,烯烃类次之,炔烃类较小;碳链长,支链多的物质,引燃能量较大;分子中具有共轭结构的物质,引燃能量较小;带有负取代基的有机物,其引燃能量顺序 $\text{SH} < \text{OH} < \text{Cl} < \text{NH} < \text{CN}$;一级胺比二、三级胺的引燃能量大;醚与硫醚比具有同样数目碳原子的直链烷烃的引燃能量高;过氧化物的引燃能量较小;芳香族的引燃能量与具有相同碳原子数的脂肪族有机化合物,具有同一数量级的引燃能量。一般情况下,可燃气体与空气(或氧气)的混合比例在稍高于它的完全反应浓度时,其引燃能量最小。可燃混合气体的初温增加,最小引燃能减少。压力降低,可燃气体的最小引燃能增大,当压力降到某一临界压力时,可燃气体就很难着火。所以,从安全角度讲,采用减压操作对防火是有利的。

最小引燃能是衡量可燃气体和蒸气的火灾危险性的特性指标,物料的引燃能量值越小,火灾危险性越大。大部分可燃气体的最小点火能不超过 2.0mJ ,如乙炔、氢的最小引燃能仅为 0.02mJ ,这说明可燃气体和蒸气需要的点火能量是很低的,凡是充满或散发可燃气体的场所、容器、设备、管道,在能形成爆炸性混合物的情况下,都要杜绝出现任何引火源。

6. 反应性

有的物质遇水即发生剧烈的化学反应,放出可燃气体和大量的热,可燃气体在局部高温环境中与氧结合发生自燃,大量可燃气体与空气形成混合物,遇火源会发生爆炸。遇水反应能自燃的物质遇酸同样会发生反应,而且更剧烈,发生自燃的危险性更大。有的物质在常温下遇空气即发生剧烈的化学反应而导致燃烧。有的物质互相接触能发生自燃,一般强氧化剂和强还原剂混合,由于强烈氧化还原反应而自燃。有些易燃固体与氧化剂混合,在外界作用下(如受热、撞击、摩擦等)能着火或爆炸。

物质反应的危险特性是评价这些特定物质火灾危险性的重要指标。这类物料在生产过程中,要根据其不同的特性,分别采取隔绝空气、通风散热、防水防潮、隔离存放,防止外界作用等措施。

(二) 物质火灾危险扩大的主要特性

物质的某些性质(如流动性、水溶性、沸点等)看似与发生火灾的危险性没有关联,但在火灾状态下,它会对火灾起到促进作用,致使火灾迅速蔓延扩大,甚至导致发生爆炸事故。



影响火灾危险性扩大的物质的主要性能有热值、燃烧速度、可燃气体比重、沸点、水溶性、流动扩散性等。

1. 物质的热值

物质的热值是指单位体积或单位质量的可燃物完全燃烧时放出的热量。物质的热值越大，火灾危险性越大，越容易造成火灾蔓延扩大。

2. 物质的燃烧速度

物质的燃烧速度是衡量火灾扩大蔓延速率的重要指标，物质燃烧速度越快，越容易造成火灾的蔓延扩大。

一般可燃气体的燃烧速度比可燃液体和固体快，可燃液体比固体可燃物快。这是因为可燃气体扩散速度快，且在常温下就已具备燃烧条件，而液体和固体物质在燃烧时需要经过分解、熔化、蒸发等过程。

3. 物质的相对密度

气体或蒸气的相对密度是指气体或蒸气对空气的密度之比。通常，气体或蒸气的密度随分子质量增大而增大，随温度的升高而减小。多数气体或蒸气的密度都比空气大，只有少数例外，如氢、甲烷、氨等。比空气重的气体或蒸气往往漂流于地表、沟渠、厂房死角等低位区，长时间聚集不散，易遇引火源发生着火爆炸。比空气轻的气体逸散在空气中可以无限制的扩散，易在装置或通风不良的建筑物的高位区聚集，与空气形成爆炸性混合物，而且能够顺风飘荡，致使可燃气体着火爆炸和蔓延扩展。在环境温度下比空气轻的蒸气当其冷却时仍在低位区扩散，如从液氨或液化天然气产生的蒸气就是如此。

液体的相对密度是指液体和水的密度之比。液体的密度一般随温度的升高而降低。非互溶液体由于密度不同在加工和储存装置中分层，一旦启动搅拌往往会激发剧烈的化学反应。如在酚和苛性碱液混合物的配制中，酚无搅拌加入混合器会形成液体分层，启动搅拌将发生剧烈反应并释放出大量热引起爆炸，类似事故屡见不鲜。密度较小的液体（如汽油、煤油）分布或聚集在较重液体（水）之上，当其向污水排放系统排放时，由于这些液体在水面之上，发生火灾时，可沿着污水管网蔓延。

4. 可燃液体的沸点和蒸气压力

有机化合物中，分子量越小，沸点越低，闪点也越低，饱和蒸气压力越大，蒸发速度越快，其火灾危险性越大。在火灾状态下，沸点越低的物质更容易迅速形成过大的蒸气压力而导致容器爆裂，造成泄漏和扩散，使火灾事故进一步扩大蔓延。

5. 物质的可压缩性和热膨胀性

气体可被压缩，甚至可以被压缩成液态。在容积不变时，温度与压力成正比关系，就是说盛装压缩气体或液化气体的容器，在热的作用下，气体就会急剧地膨胀，产生很大的压力，如压力超过容器的耐压强度就会引起容器胀裂或爆裂，以致扩大灾害的范围。因此，储存和使用压缩气体和液化气体时，要注意防火、防热和防震等。

6. 物质的水溶性和与水的抵触程度

有部分物质能溶于水。在火灾发生时，首选灭火剂是水，而水溶性可燃物有可能随着灭火剂的扩散而扩散，形成新的火源，使火灾事故扩大。所以在扑救水溶性物质火灾时，特别是能溶于水且比水轻的物质的火灾，应考虑选用适当的灭火剂。

水是一种最常用、最普通的灭火剂，如果某物品着火后不能用水或含水的灭火剂扑救，那么就增加了扑救的难度，也就加大了火灾扩大和蔓延的危险，其火灾危险性大于不与水抵触的物品。



7. 物质的流动扩散性

可燃性液体具有流动扩散性，当储存容器损坏时，流动的可燃物就是流动的火源，增加了对周围建、构筑物的威胁和危害。可燃物流动性越好，扩散速度越快，其火灾扩大的危险性越大。

8. 物质的带电性

气体、液体和固体粉尘在运动中由于摩擦而产生静电，放电产生的火花可引起燃烧爆炸事故。在抽灌、运输、喷溅和输送流动等过程中，要采取防静电积聚的措施。

通常情况下，以爆炸浓度极限和最小引燃能作为评价气体火灾危险性的主要标志；以闪点和自燃点作为评价可燃液体的火灾危险性标志，受热蒸发性、流动性、带电性是衡量液体火灾危险性的参考指标；以自燃点和燃点作为评价固体可燃物火灾危险性的标志，固体物质的熔点、比表面积及热分解特性是衡量火灾危险性的参考指标。

二、生产工艺过程的火灾危险性

在了解和掌握生产中所使用物质的物理、化学性质和火灾、爆炸特性的基础上，分析物质在加工处理过程中同生产设备、工艺控制条件、作业行为、生产环境等要素的联系与作用，分析评价生产工艺过程发生火灾或爆炸事故的危险性，是做好防火工作的前提。

1. 生产工艺设备的危险性

生产所使用的设备种类繁多，结构复杂，按其功能不同可分为储存容器、反应容器、物料输送设备、换热设备、分离设备、干燥设备、自控设备等。储存容器按储存方式可分为敞口式储存容器，如储液池、槽、罐等，封闭式储存容器，如液化气体或压缩气体储罐、计量罐、压力缓冲器等，敞口式容器容易燃烧，封闭式容器容易爆炸。反应容器如反应塔、釜、合成塔等，多在一定温度、一定压力条件下运行，容易发生爆炸。输送设备种类很多，其中输送液体的泵，如蒸汽泵、喷射泵、离心泵、水环泵等，输送气体的风机、真空泵、压缩机及其附属的各种风道、管道等，都有一定的火灾危险性，着火时易成为火势蔓延的通道。换热设备的加热方式有直接火加热、热水、蒸汽、有机载热体，电热器、红外线加热等，加热热源可成为引火源，容易发生火灾爆炸。作为冷却冷凝的换热设备一旦发生故障，不能发挥冷却、降温作用，就会导致反应设备温度上升，发生爆炸。分离设备有沉降室、旋风分离器、吸收塔、吸附器等，这些设备处理可燃物料均具有一定火灾危险性。干燥设备有火墙，热蒸汽、热空气、红外线干燥室，电干燥室等，这些部位容易发生火灾。自控设备在生产操作中的应用，增加了操作失误的危险性，而且这种失误常不易被发觉，酿成火灾或爆炸的危险性更大。相反，若自控设备的可靠性好，技术性能高，尤其是监测、报警自动连锁等装置的性能越完善，发生火灾危险的可能性越小，而且也容易将火灾、爆炸事故消灭在初起状态。

压力容器在工业生产中应用广泛，按安装形式分类有固定式和移动式两大类。固定式如反应釜、气柜、压力缓冲罐、蒸煮锅、各种换热容器、分离容器等；移动式如各类压缩气体气瓶、液化气体气瓶、溶解气体气瓶、储气桶、槽车等。按容器外形分类，有球形容器如储装液化气体的球形罐等；有圆桶形容器如反应釜、气瓶等。气瓶是使用最广泛的压力容器。由于压力容器的部件受力情况较复杂，使用条件较苛刻，容易发生超载，与其他设备比较，压力容器更具有危险性。

生产设备高低不同，设备连接的管道纵横交错、四通八达，在火灾情况下，不仅容易形成立体火灾、发生连锁爆炸，也易导致大面积火灾，给火灾扑救工作带来困难。



设备材质多样,针对设备的耐压、耐温、耐腐蚀等不同要求,而有钢质、陶瓷、搪瓷、玻璃等材质。钢材易发生腐蚀,在高温下或火焰直接作用下,容易变形坍塌。玻璃、陶瓷在100℃以上时,骤遇冷水喷射容易发生炸裂。

2. 生产工艺过程的危险性

工业生产从原料到产品,要经过许多工序和复杂的加工单元,通过多次反应或分离才能完成。现代大型工业生产都是集原料加工、中间产品再处理和产品再加工于一体,成为多种产品的综合性企业,生产一种产品可以联产或副产多种其他产品,同时又需要多种其他原料和中间体配套;同一种产品的生产往往可以采用不同的原料和不同的生产方法,更增加了其生产工艺过程的复杂性。例如,炼油生产的催化裂化装置,从原料到产品要经过8个加工单元,乙烯从原料裂解到产品出来需要14个单元;化肥生产从原料到产品要经过12个复杂加工单元。如某厂年产30万吨乙烯装置含有裂解炉、加热炉、反应器、换热器、塔、槽、泵、压缩机等设备共500多台件,管道上千根,还有各种控制和检测仪表,这些设备如维修保养不良很易引起事故的发生。

工业生产常采用连续化生产,从原料输入到产品输出具有高度的连续性,各工序之间一环扣一环,紧密相连,相互制约,具有高度的连续性。如果某一工序或某一台设备发生故障,常常会影响到整个生产的正常进行。

同时,在很多生产中,特别是染料、医药、表面活性剂、涂料、香料等小批量的精细化工生产中,由于生产的特性,间歇操作还很多,生产环境差,劳动强度大,易出现事故,且操作人员与设备靠近,发生事故时难以躲避。

3. 生产工艺条件的危险性

许多生产工艺大都在高温、高压、高速、低温、低压、临界甚至超临界状态下进行,生产工艺控制参数变得更为苛刻,可调节范围变窄,操作控制难度增加,增大了生产的火灾爆炸危险。高温、高压下可使气体或液体蒸气的爆炸极限范围加宽,可使物料处在爆炸极限范围内或自燃点以上操作,可使分解性爆炸物质敏感度增加。低温操作易导致液态物料冻结出现堵塞现象。负压操作易导致设备、管线倒吸入空气与可燃气体形成爆炸性混合物。例如,以柴油为原料裂解生产乙烯的过程中,最高操作温度近1000℃,最低则为-170℃;最高操作压力为11.28MPa,最低只有0.07~0.08MPa。高压聚乙烯生产最高压力达300MPa。化工生产中对物料流量、流速、原料配比等工艺参数要求也十分严格。流量过大、过小,流速过快、过慢,都不利于安全生产。流量过大,能导致反应速度加快,反应不彻底,进而增加后续设备的火灾爆炸危险,还可能导致跑料事故。高速流动的物质还易产生静电,导致静电类火灾或爆炸事故。原料配比失调,易进入爆炸极限范围导致爆炸事故,如用丙烯和空气直接氧化生产丙烯酸的反应,各种物料比就处于爆炸范围附近,且反应温度超过中间产物丙烯的自燃点,控制上稍有偏差就有发生爆炸的危险。

随着科学技术的发展,加之工业生产本身的特殊性的需要,生产装置大量采用自动化程度较高的控制系统,对生产过程的各种参数及开停车实行监视、控制、管理,从而有效地提高了控制的可靠性。但是控制系统和仪器仪表维护不好,性能下降,也可能因检测或控制失效而发生事故。据美国保险协会对炼油厂火灾爆炸事故的统计,因控制系统失灵而造成事故的达6.1%。

4. 特殊作业的危险性

置换、清扫清洗作业常用在生产的开车、停车、检修,或生产过程中对设备、工艺管线、生产车间或厂房内的易燃易爆、有毒物质进行处置的场合。被置换、清扫清洗的气体、液体、固体焦状物具有易燃易爆特性,置换、清扫清洗不彻底,取样分析结果不符合标准,



置换后可燃气体没有排入安全场所等，都可能导致火灾或爆炸事故。

生产检修作业中，常用到补焊修复等动火作业。动火作业本身能为可燃物燃烧或爆炸提供引火源。实际操作中，因动火作业手续不全、动火前进行动火分析的时间不符合要求或分析化验结果不准确、动火作业前的隔离措施不当、不按动火作业规程进行动火焊接补漏、防火准备工作不到位、监护措施不得力等因素，都可能酿成火灾或爆炸事故。

5. 厂房建筑的危险性

生产设备与厂房建筑紧密结合，为适应生产装置集中布置，设备应排列紧凑，相互贯通。建筑以设备为基准“量体裁衣”。有的设备置于建筑之中，有的设备与建筑紧相毗连，或与管道相连。建筑多采用层叠式、竖向布置，单层、二层、三层以上混合一体的建筑较多。生产设备高低不同，生产连续性强，不同层次的厂房连在一起，火灾情况下易形成大面积的立体火灾。

生产工艺流程和设备的特性决定了厂房建筑具有孔洞多、相互贯通的特点。楼板、墙体留有上下串通、左右贯通的孔洞，其中包括工艺管线造成的建筑孔洞、设备吊装孔、安装孔、公用工程管线贯穿孔、通风孔和传输通道等。在发生火灾情况下，以上建筑物孔洞宜造成火势纵横、上下延烧。

生产企业的地下沟、槽多，除一般电缆沟、下水沟外，还有许多物料输送沟，酸、碱溶液槽，原料地下槽等，火灾情况下，这些沟槽容易成为火势蔓延的途径。

三、生产工艺过程的火灾爆炸事故特征

由于生产企业牵涉面极广，行业极复杂，生产特点及原材料、产品性质差别较大，火灾特点也各不相同，加之新兴企业的不断涌现，国有企业的不断革新改造，其火灾特性和规律也存在些许变化。从火灾发生频率、火灾伤亡及经济损失看，石油工业、化学工业及其他危险品制造、储存运输企业显得更为突出。

1. 燃烧速度快，火势发展猛烈

工业企业火灾中燃烧的原料、中间体、产品多为易燃、可燃物质，燃烧速度快。物质的燃烧速度越快，燃烧时释放出的热量多，加热未燃部分表面的面积越大，火场上燃烧温度越高，火焰辐射热越强。因而，邻近的未燃部分达到引燃的时间越短，火焰瞬间扩展的范围越大，火势也越猛烈。

生产装置多采用露天、半露天形式的企业，在火灾情况下空气流通良好，促使火势发展猛烈。厂房之间墙壁、楼板孔洞较多，车间内门、窗也多，起火后加强了气体对流，导致快速燃烧，特别是通过管道向上蔓延进展更快。

2. 容易形成立体燃烧

工业企业的多层厂房的气体扩散、液体流散火以及装置设备的爆炸等，均能引起立体形式的燃烧。其燃烧类型一般有两种情况：一是层叠式竖向布置的多层厂房室内外立体火灾，通常是由于设备、产品、原料着火后引起建筑厂房的燃烧；二是高大设备及配管系统的立体火灾，常发生在露天、半露天的装置区内，易流动扩散形成立体燃烧。

3. 容易形成大面积燃烧

工业企业火灾发展蔓延速度快，加上装置占地面积大、建筑与设备毗连、生产连续性强，极易形成大面积火灾。

在大型石油化工企业的露天、半露天装置区，由于燃烧时发生连锁反应，而造成大面积火灾。可燃气体储罐火灾，储罐破裂，气体向外扩散，扩散的面积越大，形成火灾的面积也