


化工生产

防火防爆安全技术

▲
HUAGONG SHENGCHAN
FANGHUO FANGBAO
ANQUAN JISHU

■ 黄郑华 李建华 黄汉京 编著

 中国劳动社会保障出版社

化工生产防火防爆 安全技术

黄郑华 李建华 黄汉京 编著

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

化工生产防火防爆安全技术/黄郑华等编. —北京: 中国劳动
社会保障出版社, 2006

ISBN 7-5045-5532-0

I. 化… II. 黄… III. ①化学工业-防火 ②化学工业-防爆
IV. TQ086.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 025620 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
850毫米×1168毫米 32开本 13.875印张 360千字
2006年5月第1版 2006年5月第1次印刷

定价: 30.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

内 容 提 要

化工生产行业属于高危作业，近年来随着我国化工生产的快速发展，火灾、爆炸等重、特大事故时有发生，化工生产防火、防爆安全技术问题越来越被人们所重视。

本书针对上述情况，从以下方面系统介绍了化工生产防火防爆安全技术知识：①化工生产过程的火灾危险性分析与评价；②化工生产过程火灾爆炸事故原因分析；③防火防爆基本技术措施；④典型工艺设备防火；⑤炼油生产工艺过程防火；⑥乙烯、合成塑料、合成橡胶、合成纤维、氮肥、乙炔、氯碱、氧气、烟花爆竹等生产工艺过程的防火；⑦化工企业的消防安全管理；⑧初期火灾的扑救等。

本书既可作为化工、石化等有关行业的安全生产技术培训用书；也可作为安全工程师与安全技术人员必备的工具书、参考书。

前 言

化工生产因原料及产品大多易燃易爆、有毒和腐蚀性，工艺条件复杂苛刻，生产装置大型化和加工过程又连续化，在生产过程中潜在的危险因素诸多，火灾爆炸、中毒等安全事故频繁发生。据有关资料介绍，在各类工业爆炸事故中，化工爆炸占32.4%，重、特大事故造成的损失也是以化学工业为最，约为其他工业的5倍。随着我国化工生产的迅速发展，带来的生产安全性问题越来越被人们所重视。尤其是近年来世界高新技术的发展及在化工领域的应用，专用产品、高增值产品和具有先进功能的产品不断开发，以及采用高新技术改造传统化工等，这些问题都不断向化工生产安全提出新的挑战。

现代化工生产是一个系统工程，如果这一系统中的某一细小环节存在隐患，就是一颗定时炸弹，不从系统工程上加强安全管理，就会引发火灾、爆炸事故。例如反应器、压力容器的爆炸，会造成破坏力极强的冲击波，使生产装置和建筑物倒塌或起火。由于管线破裂或设备损坏，大量易燃气体或液体瞬间泄放，便会迅速蒸发形成蒸汽云团，并且与空气混合达到爆炸下限，随风飘移，遇明火爆炸。由于设备密封不严，特别是在间歇操作中泄漏的情况很多，容易造成操作人员的急性和慢性中毒。生产中往往有副反应发生，有些机理尚不完全清楚。有的设备是在危险边缘（如爆炸极限）附近进行生产的，生产工艺中影响各种参数的干扰因素也很多，设定的参数很容易发生偏移，而参数的偏移也是事故的根源之一。化工装置中的许多关键设备，特别是高负荷的

塔槽、压力容器、反应釜、经常开闭的阀门等，运转一定时间后，常会出现多发故障或集中发生故障的情况等。

这些事故和潜在的危险因素破坏了正常生产并威胁着人们的生命安全，甚至给环境造成严重污染。因此，必须研究生产中各种灾害发生的原因，从工艺、设备及设施的设计阶段起，就要考虑采取相应的措施以防止事故的发生，并在项目建设、运行中严格管理，力求生产过程安全化、高效率化。同时，要不断提高我国化工全行业人员的消防安全意识，加强消防安全技术的基础性培训，学习防火防爆安全知识，将安全生产落到实处。

《化工生产防火防爆安全技术》针对化工安全生产、工作需要，以企业安技环保人员、企业管理人员与安全消防人员、企业技术人员、岗位操作人员应知应会应掌握的化工生产防火防爆安全知识为基本内容，较系统地分析了化工生产过程的火灾危险性、火灾爆炸事故的原因，阐述了化工生产中重点设备和典型工艺过程的火灾危险隐患、防火防爆技术、消防安全管理与检查方法、火灾应急扑救等安全科技知识，具有较强的实用性和指导性。本书既可作为有关行业的安全生产培训教材，也可作为安全工程师与安全技术人员的必备工具书、参考书。

目 录

第一章 化工生产过程的火灾危险性分析与评价 ·····	(1)
第一节 物质的火灾危险性分析·····	(2)
第二节 化工生产过程的火灾危险性分析·····	(17)
第三节 化工企业的火灾爆炸事故特征·····	(21)
第四节 生产的火灾危险性分类·····	(26)
第二章 化工生产过程火灾爆炸事故原因分析 ·····	(31)
第一节 火灾爆炸事故的主要原因·····	(31)
第二节 火灾爆炸事故的原因结构·····	(33)
第三节 火灾爆炸事故原因类型·····	(37)
第三章 防火防爆基本技术措施 ·····	(58)
第一节 生产工艺的防火防爆技术措施·····	(58)
第二节 限制火灾爆炸扩展的技术措施·····	(87)
第三节 防火防爆安全装置·····	(96)
第四章 典型工艺设备防火 ·····	(118)
第一节 物料输送工艺设备防火·····	(118)
第二节 加热工艺设备防火·····	(134)
第三节 干燥工艺设备防火·····	(153)
第四节 粉碎研磨工艺设备防火·····	(158)
第五节 吸附工艺设备防火·····	(163)

第五章 炼油生产工艺过程防火 ·····	(170)
第一节 炼油生产工艺流程·····	(170)
第二节 炼油生产的火灾危险性分析·····	(174)
第三节 炼油典型生产工艺过程防火·····	(177)
第六章 乙烯生产工艺过程防火 ·····	(195)
第一节 乙烯生产工艺流程·····	(195)
第二节 乙烯生产过程火灾危险性分析·····	(202)
第三节 乙烯生产过程的防火安全措施·····	(205)
第七章 合成塑料生产工艺过程防火 ·····	(210)
第一节 合成树脂的生产工艺过程·····	(210)
第二节 合成树脂生产过程的火灾危险性分析·····	(215)
第三节 合成树脂生产过程的防火安全措施·····	(219)
第四节 塑料制品加工防火·····	(225)
第八章 合成橡胶生产工艺过程防火 ·····	(228)
第一节 合成橡胶的生产工艺过程·····	(228)
第二节 合成橡胶生产过程的火灾危险性分析·····	(232)
第三节 合成橡胶生产过程的防火安全措施·····	(237)
第四节 橡胶加工过程防火·····	(240)
第九章 合成纤维生产工艺过程防火 ·····	(244)
第一节 合成纤维生产过程·····	(244)
第二节 合成纤维生产的火灾危险性分析·····	(249)
第三节 合成纤维生产过程的防火安全措施·····	(254)
第十章 氮肥生产工艺过程防火 ·····	(259)
第一节 氮肥生产工艺过程·····	(259)

第二节	合成氨生产工艺过程防火·····	(263)
第三节	稀硝酸生产工艺过程防火·····	(282)
第四节	硝酸铵生产工艺过程防火·····	(285)
第十一章	乙炔生产工艺过程防火·····	(289)
第一节	乙炔生产工艺过程·····	(289)
第二节	乙炔生产过程的火灾危险性分析·····	(293)
第三节	乙炔生产过程的防火安全措施·····	(299)
第十二章	氯碱生产工艺过程防火·····	(309)
第一节	氯碱生产工艺过程·····	(309)
第二节	氯碱生产过程火灾危险性分析·····	(317)
第三节	氯碱生产过程的防火安全措施·····	(322)
第十三章	氧气生产工艺过程防火·····	(329)
第一节	氧气生产工艺过程·····	(329)
第二节	氧气生产过程的火灾危险性分析·····	(332)
第三节	氧气生产过程的防火安全措施·····	(340)
第十四章	烟花爆竹生产工艺过程防火·····	(348)
第一节	烟花爆竹的生产工艺过程·····	(348)
第二节	烟花爆竹生产的火灾危险性分析·····	(354)
第三节	烟花爆竹生产过程的防火安全措施·····	(361)
第四节	烟花爆竹工厂的火灾扑救·····	(371)
第十五章	化工企业的消防安全管理·····	(374)
第一节	消防安全管理责任主体及其职责·····	(374)
第二节	消防安全管理规章制度·····	(377)
第三节	消防安全教育和培训·····	(383)

第四节	消防安全检查	(387)
第十六章	初期火灾的扑救	(395)
第一节	化工企业应急预案的制定	(395)
第二节	初期火灾扑救的基本原则	(398)
第三节	初期火灾扑救的器材和设施	(400)
第四节	初期火灾或紧急情况的处置方法	(417)
第五节	化工火灾扑救应注意的问题	(427)
参考文献		(433)

第一章 化工生产过程的火灾危险性分析与评价

化学工业是利用化学反应和状态变化等手段使物质本来具有的性质发生变化，制造出化学品的制造业。化工企业（包括石油化工企业）是指开采、炼制石油、生产化工原料以及用化工原料或其他原料生产化工产品（或中间体）的企业。化工生产的范围很广，包括化肥、化纤、化学试剂、溶剂、染料、塑料、橡胶、医药、火化工、酸、碱、盐等基本化工原料，以及石油、天然气开采及其炼制加工等。化工企业在国民经济和人民生活中占有重要的地位，它涉及到工业、农业、国防以及人民生活的各个方面。目前，我国大型现代化化工企业及中、小型化工企业已遍布全国各地。然而，化工生产由于大多具有易燃易爆、有毒有害、腐蚀性强，生产工艺复杂、操作条件苛刻等特点，较之其他行业具有更大的危险性，发生事故的后果往往也较严重。现代企业生产装置的复杂化、生产过程的连续化、操作过程的自动化、新材料的合成、新工艺、新技术的采用，潜在的危险因素将随之增加。因此，深入研究化工生产过程中事故发生的客观规律，努力探索行之有效的预防措施，确保生产安全顺利地进行十分重要。

化工企业的火灾危险性大小主要取决于生产工艺过程中存在的火灾危险。化工产品品种繁多，生产门类复杂，随着其加工材料和产生产品的不同，生产工艺过程各环节的火灾危险性也不尽相同。根据生产物料和生产产品的类别，通过对典型生产工艺以及典型产品生产过程的火灾危险性分析，探索评估生产工艺过程

火灾危险性的一般原则和方法，并依此分析和评定各类产品生产过程的火灾危险性，便可有针对性地提出防火防爆措施。

第一节 物质的火灾危险性分析

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。在化工生产过程中，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救急方法。

分析物质的主要物理化学性质，主要着眼于物质类别、物质的燃烧性和爆炸性，以及评价物质火灾爆炸危险性的指标。

一、物质发生着火、爆炸的主要特性

(一) 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，液面上若有引火源就会发生瞬间着火，也就是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，比重的增大，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，在弱小引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》GBJ 16—87，闪点小于 28°C 的液体属甲类，如汽油；闪点等于或大于 28°C 和小于 60°C 的液体属乙类，如煤油；闪点等于或高于 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量。一般闪点越低，需要的灭火剂供给强度越大。

（二）燃点

可燃液体被加热到超过闪点的温度时，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，由于蒸气能源源不断地补充，燃烧能连续进行下去。可燃物质加热到一定温度，遇引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。闪点低于 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。

(三) 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一四乙基铅等，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、醚类等）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，这是因为闪点的高低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，自燃点就越低；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。

(四) 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，这个遇引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，遇引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，若受到引火源的作用，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值可使混合物不发生爆炸。除上述因素外，引火源强度、引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%~9.5%，不能直接判断苯在室温（如28℃）下是否能发生爆炸，但知道其爆炸温度极限是-14~19℃，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，遇引火源会发生爆炸。

（五）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比重，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