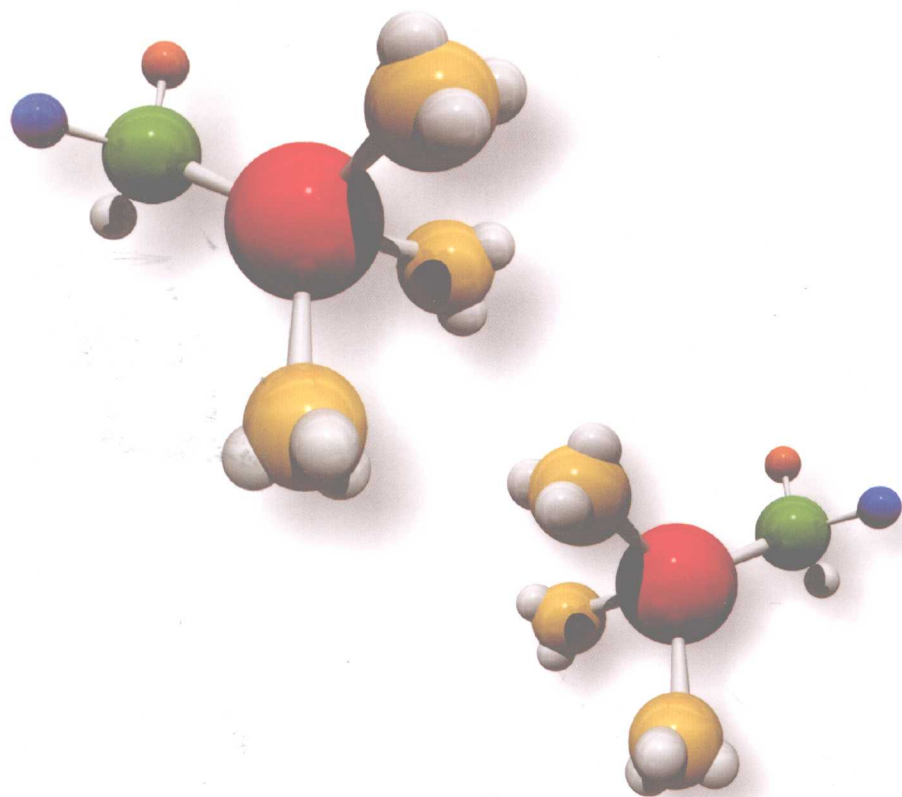




21世纪高等教育精品规划教材



Huagong Anquan Shengchan Jishu

化工安全生产技术

© 王德堂 孙玉叶 主编

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

卓越系列 21 世纪高等教育精品规划教材

化工安全生产技术

主 编 王德堂 孙玉叶
主 审 冷士良

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书系统介绍了化工反应、化工单元操作、危险化学品、特种设备、电气安全、装置安装与维修、生产运行等化工安全控制技术,对常用易燃易爆物品的防火防爆、职业接触性毒物防护方法和安全法规进行了较详细的说明,并配有大量的化工事故案例及相关的应用实例,具有较强的实用性和可操作性。

本书是高等教育以及职业教育化工技术类非安全类专业的教材,也可作为化工专业、安全专业以及相关企业安全生产技术管理人员学习和参考的技术资料。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全生产技术/王德堂,孙玉叶主编. —天津:天津大学出版社,2009.3

ISBN 978-7-5618-2941-7

I. 化… II. ①王…②孙… III. 化学工业—安全生产 IV. TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 017988 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 19

字 数 475 千

版 次 2009 年 3 月第 1 版

印 次 2009 年 3 月第 1 次

印 数 1-3 000

定 价 29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

化工安全生产技术按照“安全第一、预防为主”的工作方针,运用化工生产的基本原理和方法,结合化工安全生产的特点,系统分析了生产过程中各种危险因素,预测发生事故或造成职业危害的可能性及其严重程度,提出科学、合理、可行的安全生产控制方法,稳定化工生产。

自2002年6月29日《中华人民共和国安全生产法》、《危险化学品管理条例》、《职业防护法》等法律法规颁布以来,国家安全生产监督管理局、国家质量监督检验检疫总局及各部委发布了一系列有关安全生产的规范和标准。我国化工生产行业发展速度很快,预防事故的发生对安全生产起到了很大的作用,安全生产也日益受到政府、企业的重视。

本书由王德堂和孙玉叶担任主编。徐州工业职业技术学院王德堂编写第1~6章,常州工程职业技术学院孙玉叶编写第4、7、10章,徐州工业职业技术学院刘晓静编写第5章,金华职业技术学院曾宇春编写第8章,周福富编写第9章,长沙环境保护职业技术学院卢莎编写第11章。全书由王德堂统稿,冷士良主审。中国矿业大学朱国庆副教授、徐州安全生产监督管理局王化明处长、江苏北方氯碱集团有限公司卓立副总经理、徐州恩华药业集团李敢主任等对书稿进行了认真审阅,提出不少宝贵意见,在此深表谢意。本书在编写过程中得到徐州工业职业技术学院院长周立雪教授、副院长金万祥副教授、系主任冷士良教授,常州工程职业技术学院系主任薛叙明副教授,天津渤海职业技术学院副院长杨永杰教授等的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书内容丰富,系统性强,理论与实践相结合,具有较强的实用性。编写本书参考了有关专著与文献(见参考文献),在此,向其作者一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中存在不妥之处在所难免,敬请读者批评指正,不吝赐教。

编者

2009年1月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 化学工业	(1)
1.2 化工生产的危险性及其分类	(3)
1.3 安全设计技术	(10)
1.4 安全控制技术	(17)
1.5 安全技术经济的发展	(22)
复习思考题	(26)
2 化学反应过程安全技术	(27)
2.1 概述	(27)
2.2 氧化反应	(28)
2.3 还原反应	(31)
2.4 卤化反应	(32)
2.5 硝化反应	(34)
2.6 催化反应	(36)
2.7 聚合反应	(38)
2.8 裂解反应	(41)
2.9 电解反应	(42)
2.10 其他反应	(44)
2.11 典型事故案例分析	(46)
复习思考题	(49)
3 化工单元操作安全技术	(51)
3.1 概述	(51)
3.2 流体输送单元操作安全技术	(52)
3.3 传热单元操作安全技术	(55)
3.4 冷冻单元操作安全技术	(59)
3.5 蒸发与蒸馏单元操作安全技术	(61)
3.6 吸收单元操作安全技术	(63)
3.7 干燥单元操作安全技术	(64)
3.8 萃取单元的安全操作技术	(67)
3.9 其他化工单元安全操作技术	(68)
3.10 典型事故案例分析	(73)
复习思考题	(78)
4 危险化学品事故应急救援	(79)

4.1	危险化学品安全基础知识	(79)
4.2	危险化学品事故	(84)
4.3	危险化学品事故应急救援方法	(88)
4.4	典型危险化学品事故应急处理	(91)
4.5	应急救护及事故现场救护技术	(95)
	复习思考题	(108)
5	防火防爆技术	(110)
5.1	燃烧	(110)
5.2	爆炸	(115)
5.3	防火防爆措施	(121)
5.4	建筑防火	(126)
5.5	消防灭火	(134)
	复习思考题	(141)
6	特种设备安全技术	(142)
6.1	压力容器	(142)
6.2	锅炉	(149)
6.3	气瓶	(156)
6.4	压力管道	(160)
6.5	典型事故案例分析	(167)
	复习思考题	(168)
7	电气及静电安全技术	(169)
7.1	电气安全技术	(169)
7.2	防静电技术	(181)
7.3	防雷技术	(188)
	复习思考题	(192)
8	化工安装、检修及维护安全技术	(194)
8.1	概述	(194)
8.2	设备检修和维护安全技术	(196)
8.3	管道检修和维护安全技术	(209)
8.4	电气检修和维护安全技术	(213)
8.5	仪表检修和维护安全技术	(216)
8.6	分析仪器检修和维护安全技术	(219)
	复习思考题	(222)
9	化工装置运行安全技术	(223)
9.1	开车安全检查	(223)
9.2	耐压试验技术	(229)
9.3	模拟运转安全	(234)
9.4	试车安全技术	(237)

9.5 生产安全	(242)
9.6 化工装置验收	(246)
复习思考题	(248)
10 职业病防治技术	(249)
10.1 概述	(249)
10.2 防尘防毒技术	(252)
10.3 其他职业危害及控制	(262)
10.4 灼伤及其防治	(270)
10.5 个体防护用品及选用	(272)
复习思考题	(275)
11 安全管理	(276)
11.1 安全生产管理及其发展现状	(276)
11.2 安全管理基本原则和基本制度	(277)
11.3 生产经营单位的安全生产管理	(278)
11.4 安全生产监督管理	(281)
11.5 化工安全生产相关的法律法规	(282)
复习思考题	(290)
参考文献	(294)

1

绪论

[学习目标]

通过本章学习,了解化学工业和化工生产,认识到化工生产的危险性、化工装置的特点、化工安全设计的作用和重要性,熟悉安全设计过程和安全生产基本控制技术,更好地完善安全经济技术。主要培养学生化工安全设计基本职业素质和安全生产的基本工作能力。

1.1 化学工业

广义的化学工业是指生产过程表现为化学反应过程或生产化学产品的工业,它们具有共同的生产技术特点和相同的技术经济规律。

1.1.1 化学工业的分类

世界各国所指的化学工业其基本含义相同,但包括的范围却有较大的差异。

1. 美国标准工业分类法(SIC)

美国标准工业分类法中,化学工业包括生产基本化工产品的企业和产品加工以化学过程为主的企业,以及与石油加工有关的企业。这些企业的产品可分为三类:①基本化工产品,如酸、碱、盐以及有机化工产品等;②需进一步加工使用的化工产品,如合成纤维、塑料、橡胶等;③能直接消费的化学产品,如农药、洗涤剂、涂料等。

2. 俄罗斯工业分类法

俄罗斯工业分类法中,化学工业是包括石油化学工业在内的工业企业。化工产品分为八大类:①无机化学产品和化学原料;②聚合物、合成橡胶、塑料和化学纤维;③油漆、颜料等产品;④合成染料和有机中间体;⑤有机合成产品(石油产品、炼焦产品和木材化学产品);⑥化学试剂和高纯物质;⑦药品及其化学制品;⑧工业橡胶制品和工业石棉制品。

3. 中国工业分类法

我国工业分类法中,化学工业一般理解为包括石油化学工业在内的生产部门。化学工业按三种方式分类:①不受现行管理体制的局限,将化工产品分成十九类,该分类方式与国外化学工业的可比性较强;②与上述产品基本相对应的行业分类,将化学工业分为二十个行业;③国家统计局在统计工作中对我国化工行业的分类,较为粗略,但与国际上的通行分类接近。化学工业既是加工工业,也是原材料工业;既包括生产资料的生产,也包括生活资料的生产。三种分类方法涉及的化工产品如表 1-1 所示。

1.1.2 化学工业的特点

由于化工过程生产技术的特殊性,以及化学工业在国民经济中的作用,决定了化学工业具有许多不同于其他工业部门的特点。

(1)装置型工业。化工生产过程通常是在若干种设备构成的整套装置中进行的,基本上有设备、管路、电气、仪表等,通过若干化工单元操作(过程)制得产品。

(2)资金密集型工业。化工产品的生产是由一整套装置实现的,决定了化学工业是资金密集度较高的工业。生产装置的投资额占总投资的比例很大。一般化工装置固定资产投资是参考装置生产能力比的0.6~0.7次方倍,因而,具有装置的规模经济性。除了一次性投资很高外,由于多数化工产品的生产工艺流程较长,流动资金的占用时间也长。此外,化工生产过程往往涉及高温、高压、低温、真空以及较强的腐蚀性等苛刻条件,每年必须花费的设备维修费也常常高于其他工业。

表 1-1 化工产品分类

按产品分类	按行业分类	按统计部门分类
化学矿	化学矿	基本化学原料制造业
无机化工原料	无机盐	化学肥料制造业
有机化工原料	有机化工原料	化学农药制造业
化学肥料	化学肥料	有机化学品制造业
农药	化学农药	合成材料制造业
高分子聚合物	合成纤维单体	日用化学品制造业
涂料、颜料	涂料、颜料	其他化学工业
染料	染料和中间体	医药工业
信息用化学品	感光 and 磁性材料	化学纤维工业
试剂	化学试剂	橡胶制品业
食品和饲料添加剂	石油化工	塑料制品业
合成药品	化学医药	
日用化学品	合成树脂和塑料	
黏合剂	酸、碱	
橡胶和橡塑制品	合成橡胶	
催化剂和助剂	催化剂、试剂和助剂	
火工产品	煤化工	
其他化学产品	橡胶制品	
化工机械	化工机械	
	化工新型材料	

(3)知识密集型工业。化工产品品种繁多,原料、路线和工艺技术的多样性及复杂性,特别是化工生产朝着自动化程度更高的生产过程发展,这就要求高度的知识和技术密集度。国民经济的迅速发展,要求化学工业提供品种更加广泛、性能更为优良和质量更好的化工产品,这也对技术和知识提出了更高的要求。

(4)高能耗、资源密集型工业。能源不仅是化工生产中的动力,也是重要的原料。化学工业的能源消耗仅次于冶金工业,而耗电量则居首位。在化工生产中,原材料费用占产品成本的60%~70%,其中大部分原料是自然资源。化学工业,特别是基本化学工业的发展,受到资源和能源供应的约束。因而,如何根据能源和资源合理地配置来发展化学工业,是一个很重要的问题。

(5)多污染工业。化学工业是产生污染最多的行业之一。化工生产过程的中间产物多,副产物也多,可能导致的有害物质排放也相应增多。有一些作为工业原料的化工产品本身对人体健康和生态环境也是有害的,处理不当将对人类和生态环境产生严重的影响。防止和治理污染是化学工业面临的重要问题,也是化学工业可持续发展必须解决的重要课题。

1.1.3 化学工业的地位和作用

化学工业与国民经济各部门有着密切的联系,在国民经济中占有十分重要的地位。它的影响涉及农业、工业和国防,它的产品与人们的日常生活息息相关。

(1)化学工业为现代农业的发展提供了十分重要的物质条件。化学肥料、农药、农用除草剂、植物生长剂、饲料添加剂、农用薄膜等已成为现代农业必不可少的生产资料。

(2)化学工业为其他的工业部门提供了大量的基本原料和材料。化学合成纤维、染料、纺织助剂等均是纺织工业的基本原料。化学工业生产的塑料、合成橡胶和其他合成材料,也是许多工业部门必需的基本原材料。半导体材料、磁记录材料、感光材料和其他特殊功能材料等,为现代科技的发展提供了重要的基础条件。

(3)化学工业直接或间接地提供了国防所需的物质条件,如新型的导弹推进剂、大型运载火箭的燃料等。

(4)许多化学工业的产品,例如药品、洗涤用品、化妆品、食品添加剂、涂料、颜料、油漆等已成为人们日常生活中不可缺少的产品。可以说,没有现代化学工业,就没有现代的社会生活。

化学工业历来为世界各国所重视,一般都使其保持超前发展,世界各主要工业化国家化学工业的发展速度一般均高于整个工业平均发展速度。化学工业的发展水平已经成为衡量一个国家综合国力的重要标志之一。近10年来,我国化学工业的发展速度也高于整个工业平均发展速度。按照科学发展观,认真研究和处理好化学工业中的安全问题,对化学工业乃至对整个社会的经济效益和发展都有重要的意义。

1.2 化工生产的危险性及其分类

石油化学企业的生产具有高温、高压、燃烧性、爆炸性、毒性和腐蚀性等特点。

1.2.1 燃烧性和火灾危险性分类

1. 基本概念

(1)燃点。可燃物质加温受热并点燃后,所放出的燃烧热能使该物质挥发足够量的可燃蒸气来维持燃烧,此时加温该物质所需的最低温度即为该物质的“燃点”,也称“着火点”。

(2)闪点。闪点是指可燃液体挥发出来的蒸气与空气形成的混合物遇火源能够发生闪燃的最低温度。

(3)自燃点。可燃物质达到某一温度时,与空气接触,无需引火即可剧烈氧化而自行燃烧,发生这种情况的最低温度为自燃点。

(4)引燃温度。引燃温度是指按照标准试验,引燃爆炸性混合物的最低温度。

(5)易燃物质。易燃物质是指易燃气体、蒸气、液体和薄雾等。

(6)易燃气体。易燃气体是指以一定比例与空气混合后可形成爆炸性混合物的气体。

(7)易燃或可燃液体。它在可预见的使用条件下,能产生可燃蒸气或薄雾,闪点低于45℃的液体称易燃液体;闪点大于或等于45℃而低于120℃的液体称可燃液体。

(8)易燃薄雾。易燃薄雾指弥散在空气中的易燃液体的微滴。

2. 可燃气体的火灾危险性分类

《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 中对可燃气体的火灾危险性分类见表 1-2,可燃气体的火灾危险性分类举例见表 1-3。

表 1-2 可燃气体的火灾危险性分类

类 别	可燃气体与空气混合物的爆炸下限
甲	<10%(体积分数)
乙	≥10%(体积分数)

表 1-3 常见可燃气体的火灾危险性分类举例

类 别	名 称
甲	乙炔,环氧乙烷,氢气,合成气,硫化氢,乙烯,氰化氢,丙烯,丁烯,顺丁烯,反丁烯,甲烷,乙烷,丙烷,丁烷,丙二烯,环丙烷,甲胺,环丁烷,甲醛,甲醚,氯甲烷,氯乙烯,异丁烷等
乙	一氧化碳,氨,溴甲烷

3. 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 中对液化烃、可燃液体的火灾危险性分类见表 1-4,液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例见表 1-5。

表 1-4 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

类 别	名 称	特 征	
甲	A	液化烃 15℃时的蒸气压力>0.1MPa的烃类液体及其他类似的液体	
	B	可燃液体	甲 A 类以外,闪点<28℃
乙	A		28℃≤闪点≤45℃
	B		45℃≤闪点≤60℃
丙	A		60℃≤闪点≤120℃
	B	闪点>120℃	

表 1-5 常见液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例

类 别	名 称	
甲	A	液化甲烷,液化天然气,液化氯甲烷,液化顺式 2-丁烯,液化乙烯,液化乙烷,液化反式 2-丁烯,液化环丙烷,液化丙烯,液化丙烷,液化环丁烷,液化新戊烷,液化丁烯,液化丁烷,液化氯乙烯,液化环氧乙烷,液化丁二烯,液化异丁烷,液化石油气,二甲胺等
	B	异戊二烯,异戊烷,汽油,戊烷,二硫化碳,异己烷,己烷,石油醚,异庚烷,环己烷,辛烷,异辛烷,苯,庚烷,石脑油,原油,甲苯,乙苯,邻二甲苯,间二甲苯,对二甲苯,异丁醇,乙醚,乙醛,环氧丙烷,甲酸甲酯,乙胺,二乙胺,丙酮,丁醛,二氯甲烷,三乙胺,醋酸乙烯,甲乙酮,丙烯腈,醋酸乙酯,醋酸异丙酯,二氯乙烯,甲醇,异丙醇,乙醇,醋酸丙酯,丙醇,醋酸异丁酯,甲酸丁酯,吡啶,二氯乙烷,醋酸丁酯,醋酸异戊酯,甲酸戊酯,丙烯酸甲酯
乙	A	丙苯,环氧氯丙烷,苯乙烯,喷气燃料,煤油,丁醇,氯苯,乙二胺,戊醇,环己酮,冰醋酸,异戊醇
	B	35号轻柴油,环戊烷,硅酸乙酯,氯乙醇,氯丙醇,二甲基甲酰胺
丙	A	轻柴油,重柴油,苯胺,旋子油,酚,甲酚,糠醛,20号重油,苯甲醛,环己醇,甲基丙烯酸,甲酸,乙二醇丁醚,甲醛,糠醇,辛醇,乙醇胺,丙二醇,乙二醇,二甲基乙酰胺
	B	蜡油,100号重油,渣油,变压器油,润滑油,二乙二醇醚,三乙二醇醚,邻苯二甲酸二丁酯,甘油,联苯-联苯醚混合物

4. 生产厂房的火灾危险性分类

《建筑设计防火规范》GBJ 16 中的生产厂房的火灾危险性可按表 1-6 分为五类。

表 1-6 生产厂房的火灾危险性分类

生产类别	火灾危险性特征
甲	使用或产生下列物质的生产： (1) 闪点 $<28^{\circ}\text{C}$ 的液体； (2) 爆炸下限 $<10\%$ 的气体； (3) 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质； (4) 常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质； (5) 遇酸、受热、撞击、摩擦、催化以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂； (6) 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质； (7) 在密闭设备内操作温度等于或超过物质本身自燃点的生产
乙	使用或产生下列物质的生产： (1) $28^{\circ}\text{C}\leq\text{闪点}<60^{\circ}\text{C}$ 的液体； (2) 爆炸下限 $\geq 10\%$ 的气体； (3) 不属于甲类的氧化剂； (4) 不属于甲类的化学易燃危险固体； (5) 助燃气体； (6) 能与空气形成爆炸性混合物的浮游状态的粉尘、纤维、闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 的液体雾滴
丙	使用或产生下列物质的生产： (1) 闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 的液体； (2) 可燃固体
丁	具有下列情况的生产： (1) 对非燃烧物质进行加工，并在高热或熔化状态下经常产生强辐射热、火花或火焰的生产； (2) 利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体进行燃烧做其他用的各种生产； (3) 常温下使用或加工难燃烧物质的生产
戊	常温下使用或加工非燃烧物质的生产

注：(1) 在生产过程中，如使用或产生易燃、可燃物质的量较少，不足以构成爆炸或火灾危险时，可以按实际情况确定其火灾危险性的类别。

(2) 一座厂房内或本防火分区内有不同性质的产品生产时，其分类应按火灾危险性较大的部分确定，但火灾危险性大的部分占本层或本防火分区面积的比例小于 5% (丁、戊类生产厂房的油漆工段小于 10%)，且发生事故时不足以蔓延到其他部位，或采取防火设施能防止火灾蔓延时，可按火灾危险性较小的部分确定。

5. 仓库储存物品的火灾危险性分类

《建筑设计防火规范》GBJ 16 中的储存物品的火灾危险性可按表 1-7 分为五类。

1.2.2 爆炸性和爆炸分区

1. 爆炸性概念

(1) 爆炸极限。易燃气体、易燃液体的蒸气或可燃粉尘和空气混合达到一定浓度时，遇到

火源就会发生爆炸。达到爆炸的空气混合物的浓度,称之为爆炸极限。爆炸极限通常以可燃气体、蒸气或粉尘在空气中的体积百分数来表示。其最低浓度称为“爆炸下限”,最高浓度称为“爆炸上限”。

表 1-7 储存物品的火灾危险性分类

储存物品类别	火灾危险性的特征
甲	(1)闪点 $<28^{\circ}\text{C}$ 的液体; (2)爆炸下限 $<10\%$ 的气体,以及受到水或空气中水蒸气的作用,能产生爆炸下限 $<10\%$ 气体的固体物质; (3)常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质; (4)常温下受到水或空气中水蒸气的作用能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质; (5)遇酸,受热、撞击、摩擦以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物,极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂; (6)受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质
乙	(1) $28^{\circ}\text{C}\leq\text{闪点}<60^{\circ}\text{C}$ 的液体; (2)爆炸下限 $\geq 10\%$ 的气体; (3)属于甲类的氧化剂; (4)不属于甲类的化学易燃危险固体; (5)助燃气体; (6)常温下与空气接触能缓慢氧化,积热不散引起自燃的物品
丙	(1)闪点 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 的液体; (2)可燃固体
丁	难燃烧物品
戊	非燃烧物品

注:难燃物品、非燃烧物品的可燃包装质量超过物品本身质量 $1/4$ 时,其火灾危险性应为丙类。

(2)爆炸性气体混合物——大气条件下气体、蒸气、薄雾状的易燃物质与空气的混合物,点燃后燃烧将在全范围内传播。

(3)爆炸性气体环境——含有爆炸性气体混合物的环境。

(4)爆炸性粉尘混合物——大气条件下粉尘或纤维状易燃物质与空气的混合物,点燃后燃烧将在全范围内传播。

(5)爆炸性粉尘环境——含有爆炸性粉尘混合物的环境。

(6)火灾危险环境——存在火灾危险物质以及有火灾危险的区域。

(7)自然通风环境——由于天然风力或温差的作用能使新鲜空气置换原有混合物的区域。

(8)机械通风环境——用风扇、排风机等设备使新鲜空气置换原有混合物的区域。

2. 爆炸危险性概念

(1)爆炸危险区域。爆炸性混合物出现的或预期可能出现的数量达到足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取预防措施的区域。

(2)非爆炸危险区域。爆炸性混合物预期出现的数量不足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取预防措施的区域。

(3)释放源。释放源指可释放出能形成爆炸性混合物的物质所在的位置或地点。

(4)释放源分级。释放源按易燃物质的释放频繁程度和持续时间长短分为以下三个基本等级:①连续级释放源,预计长期释放或短时频繁释放的释放源;②第一级释放源,预计正常运

行时周期或偶尔释放的释放源；③第二级释放源，预计在正常运行时不会释放或偶尔短时释放的释放源。在实际情况中，既存在单一等级释放源，也可能存在两个或两个以上等级释放源的组合。

(5)一次危险和次生危险。一次危险是设备或系统内潜在发生火灾或爆炸的危险，但在正常操作状况下不会危害人身安全或设备完好。次生危险是指由于一次危险而引起的危险，它会直接危害到人身安全，造成设备毁坏和建筑物的倒塌等。

(6)在爆炸性气体环境中，产生爆炸需同时存在两个条件：①存在可燃气体、可燃液体的蒸气或薄雾，其浓度在爆炸极限范围内；②有足以点燃爆炸性气体混合物的火花、电弧或高温。

3. 爆炸性气体环境危险区域的划分原则

爆炸性气体环境危险区域的划分原则是根据爆炸性气体混合物出现的频繁程度和持续时间，按规定分0区、1区、2区、附加2区，具体划分条件如下。

(1)0区——连续出现或长期出现爆炸性气体混合物的环境。

(2)1区——在正常运行时可能出现爆炸性气体混合物的环境。

(3)2区——在正常运行时不可能出现和存在爆炸性气体混合物的环境。

(4)附加2区。当易燃物质可能大量释放并扩散到15 m以外时，划分为附加2区，或即使出现，也仅是短时爆炸危险的区域范围。

1.2.3 介质的毒性和毒性分级

1. 毒物危害程度分级原则

《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044 分级是以急性毒性、急性中毒发病状况、慢性中毒患病状况、慢性中毒后果、致癌性、最高容许浓度六项指标为基础的定级标准。分级原则是依据六项分级指标综合分析，全面权衡，以多数指标的归属定出危害程度的级别，但对某些特殊毒物，可按其急性、慢性或致癌性等突出危害程度定出级别。

(1)急性毒性。以动物试验得出的呼吸道吸入半数致死浓度(LC₅₀)或经口、经皮半数致死量(LD₅₀)的资料为准，选择其中LC₅₀或LD₅₀最低值作为急性毒性指标。

(2)急性中毒发病状况。它是一项以急性中毒发病率与中毒后果为依据的定性指标，可分为易发生、可发生、偶尔发生中毒及不发生急性中毒四级。将易发生致死性或致残性中毒定为中毒后果严重；易恢复的定为预后良好。

(3)慢性中毒患病状况。一般以接触毒物的主要行业中，工人的中毒患病率为依据，但在缺乏患病率资料时，可取中毒症状或中毒指标的发生率。

(4)慢性中毒后果。依据慢性中毒的后果，在脱离接触后，分为继续进展、不能治愈、基本治愈和自行恢复四级，并可依据动物试验结果的受损病变性质(进行性、不可逆性、可逆性)和器官病理生理特性(修复、再生、功能储备能力)，确定其慢性中毒后果。

(5)致癌性。主要依据国际肿瘤研究中心公布的或其他公认的有关该毒物的致癌性资料，确定为人体致癌物、可疑人体致癌物、动物致癌物及无致癌物。

(6)最高容许浓度。主要以《工业企业设计卫生标准》TJ 36—70 中车间空气中有害物质最高容许浓度值为标准。

2. 毒物危害程度分级标准

按《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044 规定，接触性毒物危害程度共分为四级，见表

1-8。常见职业性接触毒物危害程度分级举例见表 1-9。

表 1-8 接触性毒物危害程度分级

指标		分级			
		I (极度危害)	II (高度危害)	III (中度危害)	IV (轻度危害)
急性 毒性	吸入 LC ₅₀ /(mg/m ³)	<200	200~	2 000~	>20 000
	经皮 LD ₅₀ /(mg/kg)	<100	100~	500~	>2 500
	经口 LD ₅₀ /(mg/kg)	<25	25~	500~	>5 000
急性中毒发病状况		生产中易发生中毒,后果严重	生产中可发生中毒,预后良好	偶可发生中毒	迄今未见急性中毒,但有急性影响
慢性中毒患病状况		患病率高(≥5%)	患病率较高(<5%)或症状发生率高(>20%)	偶有中毒病例发生或症状发生率较高(>10%)	无慢性中毒而有慢性影响
慢性中毒后果		脱离接触后,继续进展或不能治愈	脱离接触后,可基本治愈	脱离接触后,可恢复,不致严重后果	脱离接触后,自行恢复,无不良后果
致癌性		人体致癌物	可疑人体致癌物	实验动物致癌物	无致癌性
最高容许浓度/(mg/m ³)		<0.1	0.1~	1.0~	>10

表 1-9 常见职业性接触毒物危害程度分级举例

级 别	毒物名称
极度危害	汞及其化合物,砷及其无机化合物,氯乙烯,铬酸盐,重铬酸盐,黄磷,铍及其化合物,羰基镍,八氟异丁烯,氯甲醚,锰及其无机化合物,氰化物,苯
高度危害	三硝基甲苯,铅及其化合物,二硫化碳,氯,丙烯腈,四氯化碳,硫化氢,甲醛,苯胺,氟化氢,五氯酚及其钠盐,镉及其化合物,敌百虫,氯丙烯,钒及其化合物,溴甲烷,硫酸二甲酯,金属镍,甲苯二异氰酸酯,环氧氯丙烷,砷化氢,敌敌畏,光气,氯丁二烯,一氧化碳,硝基苯
中度危害	苯乙烯,甲醇,硝酸,硫酸,盐酸,甲苯,二甲苯,三氯乙烯,二甲基甲酰胺,六氟丙烯,苯酚,氮氧化物
轻度危害	溶剂汽油,丙酮,氢氧化钠,四氟乙烯,氨

注:接触多种毒物时,以产生危害程度最大的毒物级别为准。

1.2.4 金属材料的腐蚀性和分级

工业上常见的金属材料,在各种酸、碱、盐溶液中,在大气、土壤及工业用水、海水等介质中,发生的腐蚀多为电化学腐蚀。金属材料在高温气体中的氧化是另一种普遍的腐蚀形式。例如钢铁材料在高温、高压和氢气中发生氢腐蚀,在高温含硫气体中发生硫化腐蚀。

1. 金属耐腐蚀性分级标准

金属耐腐蚀性分为 10 级标准,如表 1-10 所示。

2. 常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合

常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合见表 1-11。

3. 合金元素在不锈钢和低合金钢中对耐蚀性的影响作用

常见的合金元素在不锈钢和低合金钢中对耐蚀性的影响作用见表 1-12。

表 1-10 金属耐蚀性的 10 级标准

耐蚀性类别	腐蚀率/(mm/a)	等级	耐蚀性类别	腐蚀率/(mm/a)	等级
I (完全耐蚀)	<0.001	1	IV (尚耐蚀)	0.1~0.5	6
II (很耐蚀)	0.001~0.005	2		0.5~1.0	7
	0.005~0.01	3	V (欠耐蚀)	1.0~5.0	8
III (耐蚀)	0.01~0.05	4		5.0~10.0	9
	0.05~0.1	5	VI (不耐蚀)	>10.0	10

表 1-11 常用金属材料易产生腐蚀破裂的环境组合

合金	环境	合金	环境
碳钢及低合金钢	苛性碱溶液 氨溶液 硝酸盐水溶液 含 HCN 水溶液 湿的 CO-CO ₂ -空气混合物 碳酸盐和重碳酸盐溶液 含 H ₂ S 的水溶液 海水 海洋大气和工业大气 CH ₃ COOH 水溶液 CaCl ₂ 和 FeCl ₃ 的水溶液 (NH ₄) ₂ CO ₃ H ₂ SO ₃ -HNO ₃ 混合酸水溶液	钛及钛合金	红烟硝酸 N ₂ O ₄ (含 O ₂ , 不含 NO, 24~74 °C) 湿 C ₁₂ (288, 346, 427 °C) HCl (10%, 35 °C) H ₂ SO ₄ (7%~60%) 甲醇、甲醇蒸气 海水 CCl ₄
奥氏体不锈钢	高温碱液 (NaOH · Ca(OH) ₂ · LiOH) 氯化物水溶液 海水, 海洋大气 连多硫酸 (H ₂ S _n O ₆ , n=2~5) 高温高压含氧高纯水 浓缩锅炉水 水蒸气 (260 °C) H ₂ SO ₄ (260 °C) 湿润空气 (湿度 90%) NaCl+H ₂ O ₂ 水溶液 热 NaCl 湿的氯化镁绝缘物 H ₂ S 水溶液	铜合金	氨蒸气及氨水溶液 FeCl ₃ 水, 水蒸气 水银 AgNO ₃
		铝合金	NaCl 水溶液 海水 CaCl ₂ +NH ₄ Cl 水溶液 水银

1.2.5 石油化工企业可燃气体和有毒气体检测报警

在《石油化工企业可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》SH 3063—1999 中, 甲类气体和液化烃、甲 B、乙 A 类可燃液体汽化后形成的可燃气体, 或其中含有少量有毒气体(硫化氢、氰化氢、氯气、一氧化碳、丙烯腈、环氧乙烷、氯乙烯)、蒸气的特性见表 1-13, 对属于 I 级(极度危害)和 II 级(高度危害)的有毒气体要求进行检测报警。

表 1-12 合金元素在不锈钢和低合金钢中对耐蚀性的影响

元素	不锈钢	低合金钢
Cr	提高耐蚀性的基本元素,含量达 13% 时,耐蚀性有大地提高,在 Cr-Mn-N 钢中,能增加 N 的溶解度	提高抗 H ₂ S、抗高温高压 H ₂ 、抗 CO ₂ 、抗大气以及海水腐蚀的能力
Ni	扩大钝化范围,提高耐蚀性,尤其在非氧化性介质(如稀硫酸)中	抗碱,耐海水,耐大气腐蚀
Mn	在 Cr-Mn-N 钢中,增加 N 的溶解度,对某些有机酸(如醋酸)有利影响	—
C	与铬形成碳化物,降低耐蚀性,降低抗晶间腐蚀性能	对耐蚀性无有利影响
N	在 Cr-Mn-N 钢中提高在海水中的抗腐蚀能力	—
Mo	扩大还原介质中钝化范围,抗 H ₂ 、H ₂ SO ₄ 、HCl、H ₃ PO ₄ 及某些有机酸腐蚀	提高抗 H ₂ S、CO、H ₂ O 以及高温高压 H ₂ 的腐蚀
Cu	提高在 H ₂ SO ₄ 中抗蚀性,与 Mo 同时加入效果显著	抗大气及海水腐蚀
Si	提高氧化性介质中的耐蚀性	—
Al	生成较致密氧化膜,在氧化性介质中抗蚀	抗大气、H ₂ S、碳铵及高温炉气腐蚀
Ti、Nb	生成稳定碳化物,减少 C 的有害作用,保证有效抗晶间腐蚀	抗大气、海水、H ₂ S 以及高温高压的 H ₂ 、N ₂ 、NH ₃

表 1-13 有毒气体、蒸气特性表

物质名称	相对密度 (气体)	熔点/℃	沸点/℃	闪点/自 燃点/℃	爆炸极限/%		最高容许浓 度/(mg/m ³)	火灾危险 性分类	危害程度分级
					下限	上限			
一氧化碳	0.97	-199.1	-191.4	<-50/610	12.5	74.2	30	乙	II
氯乙烯	2.15	-160	-13.9	78/472.22	4	22		甲	I
硫化氢	1.19	-85.5	-60.4	<-50/260	4	46	10	甲	II
氯	2.48	-101	-34.5				1		II
氰化氢	0.93	-13.2	25.7	-17.8/538	5.6	40	0.3	甲	I
丙烯腈	1.83	-83.6	77.3	-5/480	2.8	28	2	甲 B	II
环氧乙烷	1.52	-112.2	10.4	<-17.8/429	3	100	5	甲	II

1.3 安全设计技术

1.3.1 安全设计过程的要求

一个工程项目从设想到建成投产这一阶段称为基本建设阶段,这个阶段可以分为三个时期,即投资决策前时期、投资时期和生产时期。投资决策前时期,主要是做好技术经济分析工作,以选择最佳方案,确保项目建设顺利进行和取得最佳经济效果。这项工作在国外分为机会