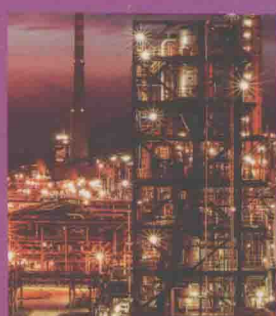
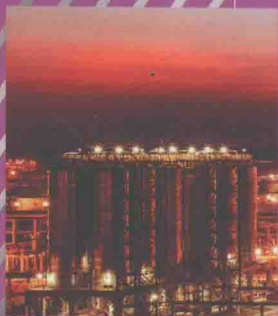




普通高等教育“十三五”规划教材——化工安全系列



化工安全工程学

HUAGONG ANQUAN GONGCHENGXUE

主 编 袁雄军

副主编 毕海普 刘龙飞

主 审 王凯全



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十三五”规划教材——化工安全系列

化工安全工程学

主 编 袁雄军

副主编 毕海普 刘龙飞

主 审 王凯全

中国石化出版社

内 容 提 要

本书阐述了化工生产过程中各种事故和职业性伤害发生的规律及其原因、防止化工事故及其严重后果的理论和技術。全书共六章,分别介绍了化工生产危害及其控制、化工物料安全工程、化工反应安全工程、化工单元操作安全工程、化工公用系统安全工程以及化工预防性检查和事故处置等内容。

本书可以作为高等院校安全技术及工程、安全管理工程、化学工艺与工程等相关专业的教学用书,也可供化工企业的安全和技术管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全工程学 / 袁雄军主编. —北京:中国石化出版社, 2018.2

普通高等教育“十三五”规划教材·化工安全系列
ISBN 978-7-5114-4697-8

I. ①化… II. ①袁… III. ①化学工业-安全工程-高等学校-教材 IV. ①TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 007150 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市朝阳区吉市口路9号

邮编:100020 电话:(010)59964500

发行部电话:(010)59964526

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 399 千字

2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷

定价:45.00 元

《普通高等教育“十三五”规划教材 ——化工安全系列》编委会

主 任：王凯全（常州大学）

委 员（按姓氏笔画为序）：

李少香（青岛科技大学）

李 伟（东北石油大学）

杨保平（兰州理工大学）

陈海群（常州大学）

修光利（华东理工大学）

柴 文（常熟理工学院）

前 言

我国是化学品生产和使用大国，目前已经形成无机化学品、纯碱、氯碱、基本有机原料、化肥、农药等主要产业，可以生产 45000 余种化学产品，化工行业在国民经济中发挥着越来越重要的作用。化学品已广泛应用于工农业生产和居民日常生活，对于发展社会生产力、提高人民生活质量起到了不可替代的作用。化学工业是基础工业，既以其技术和产品服务于所有其他工业，同时也制约其他工业的发展。

但是，由于化工生产中的原料和产品绝大多数为易燃、易爆及有毒、有腐蚀性的物质，生产工艺的连续性强，集中化程度高，技术复杂，设备种类繁多，极易发生破坏性很大的事故，严重威胁职工的生命和国家财产的安全，影响社会的稳定 and 国家的声誉。化工行业成为现代工业中危险源最集中、危险性最高的行业之一。安全生产是化工行业的首要问题，必须高度重视，警钟长鸣。

化工安全工程学是研究化工生产过程中各种事故和职业性伤害发生的规律及其原因、防止化工事故及其严重后果的科学。由于在化工生产过程中物料使用、反应过程、单元操作、公用系统、厂址选择和总平面布置等各个环节都可能发生事故和伤害，因此，化工安全工程学需要研究这些环节的危险性以及预防和控制事故的规律。

本书是作者在多年教学和科研的基础上，考虑到近年来化工安全技术迅速发展的状况，以及广大技术人员和管理人员进行知识更新的需要而编写的。本书从认识安全工程学范畴入手，介绍了化工安全工程学在其中的地位；通过对化学物质的危险性、化工反应过程和单元操作危险性以及化工企业公用系统及总平面布置安全要求的分析，阐述了泄漏、燃烧、爆炸、毒害等化工生产的主要危险和有害因素的特点，力图从机理上探究事故的原因及预防和控制对策，为化工安全生产提供理论和技术支持。在编写过程中，作者力求将化工安全的分析方法与化工生产中的具体安全问题相结合，既注重提高安全理论水平，又注重解决实际问题。在对理论和分析方法的阐述中强调了实用性和可操作性，在各章主要内容之后均安排了一定数量的案例。

本书由常州大学袁雄军(第一章、第二章、第六章)、毕海普(第五章);常熟理工学院刘龙飞(第三章、第四章)等编写,常州大学时静洁、黄勇和绿盾安全科技(常州)有限公司白帆也参与部分章节的编写工作,常州大学王凯全教授承担了全书的审稿工作。在本书编写过程中,作者参阅和引用了大量文献资料,在此对原著作者表示感谢。

由于作者水平有限,难以跟上化工安全工程理论和技术发展的步伐,书中存在一些不当之处,敬请专家、读者批评指正。

编 者



目 录

第一章 化工生产危害及其控制 ... (1)	一、化学品危险性鉴定程序与内容 (92)
第一节 化工工程及其危险性 ... (1)	二、化学品物理危险性鉴定方法 (94)
一、化工生产的危险性 (1)	三、化学品物理危险性鉴定实验安全 要求 (97)
二、主要危险化工工艺 (4)	第三节 危险化学品物料的使用安全 (98)
三、重点监管危险化学品 (15)	一、危险化学品储存、使用安全 基本要求 (98)
四、重大危险源辨识 (20)	二、危险化学品储存安全 (99)
第二节 危险有害物质泄漏 (25)	三、危险化学品装卸安全 (103)
一、泄漏事故的特点及主要原因 (25)	四、危险化学品事故防范 (104)
二、泄漏事故易发位置和主要原因 (28)	五、危险化学品事故应急 (105)
三、泄漏后的扩散 (28)	第四节 化工物料事故案例 (107)
第三节 燃烧和爆炸 (37)	一、甲醇储罐爆炸燃烧事故 ... (107)
一、燃烧 (37)	二、一氧化碳中毒事故 (108)
二、爆炸 (45)	三、环氧乙烷再蒸馏塔爆炸事故 (109)
第四节 化学物质职业病危害 ... (53)	第三章 化工反应安全工程 (111)
一、职业病危害概述 (54)	第一节 化工反应的危险性 (111)
二、毒性指标及分级 (59)	一、化工反应主要危险性 (111)
三、职业病危害防治 (61)	二、化工反应危险性分类 (112)
第五节 化工生产事故致因及其控制 原理 (65)	第二节 反应设备安全技术 (113)
一、化工事故的致因理论 (65)	一、反应设备的类型及操作方式 (113)
二、化工事故控制理论 (69)	二、反应设备的危险性 (117)
第二章 化工物料安全工程 (76)	三、反应器安全运行的基本要求 (118)
第一节 化学物质的危险性分类 (76)	四、釜式反应器的选择与安全运行 (118)
一、物理危险 (77)	
二、健康危险 (86)	
三、环境危险 (90)	
第二节 化学品物理危险性鉴定技术 (91)	

第三节 反应工艺安全技术	(120)	五、机械设备	(176)
一、光气化反应	(120)	六、储运设备	(180)
二、电解反应	(121)	第四节 化工单元操作事故案例	
三、氯化反应	(122)		(185)
四、硝化反应	(123)	一、加热事故	(185)
五、合成氨反应	(125)	二、结晶事故	(186)
六、裂化反应	(126)	三、物料输送事故	(187)
第四节 化工反应事故案例	(127)	四、干燥事故	(188)
一、氧化反应事故案例——环己烷氧		五、蒸发事故	(188)
化反应罐爆炸事故	(127)	六、蒸馏事故	(189)
二、硝化反应事故案例——硝铵溶液		七、混合事故	(190)
爆炸事故	(128)	八、过滤事故	(191)
三、聚合反应事故案例——聚乙烯		第五章 化工公用系统安全工程 ...	(192)
装置爆炸事故	(130)	第一节 化工供电系统安全	(192)
四、裂化反应事故案例——炼油厂		一、化工供电系统事故及其原因	
爆炸及火灾事故	(131)		(192)
五、磺化反应事故案例——磺酸离		二、安全供电	(193)
心机解体事故	(132)	三、防止触电事故	(194)
第四章 化工单元操作安全工程 ...	(134)	四、电气作业安全	(196)
第一节 化工单元操作的危险性		五、防止电气火灾	(197)
.....	(134)	六、防止静电事故	(202)
一、化工单元操作的危险性分类		七、防止雷击事故	(205)
.....	(134)	第二节 供热系统安全工程	(207)
二、化工单元操作的注意事项		一、锅炉安全技术	(207)
.....	(135)	二、其他供热系统安全技术 ...	(214)
第二节 化工单元操作安全技术		第三节 化工供水系统安全工程	
.....	(135)		(219)
一、流体流动过程	(135)	一、化工企业生产用水的一般要求	
二、传热过程	(138)		(219)
三、传质过程	(142)	二、生水系统安全	(221)
四、热力过程	(147)	三、生活用水系统安全	(221)
五、机械过程	(148)	四、杂用水系统安全	(222)
六、物料储运过程危险性分析和		五、冷却水安全	(222)
安全技术	(152)	六、锅炉给水安全	(224)
第三节 化工单元设备安全	(153)	第四节 化工消防系统安全工程	
一、流体流动和输送设备	(153)		(225)
二、传热设备	(161)	一、化工企业消防安全设计概述	
三、传质设备	(170)		(225)
四、热力设备	(176)	二、化工企业灭火器配置	(227)

三、消防给水系统	(229)	四、现场急救	(254)
第五节 化工公用系统事故案例	(233)	五、泄漏处理	(255)
一、电焊作业触电事故	(233)	第五节 常见的化工火灾扑救方法	(256)
二、锅炉爆炸事故	(234)	一、灭火的基本原理	(256)
三、污水池燃爆事故	(235)	二、常见的化工火灾扑救方法	(257)
第六章 化工预防性检查和事故处置	(237)	第六节 化工企业应急救援预案示例(某化肥厂应急救援预案)	(261)
第一节 化工生产隐患排查	(237)	一、基本情况	(261)
一、隐患排查的基本要求	(237)	二、重大危险源的确定及分布	(261)
二、隐患排查方式及频次	(238)	三、应急救援指挥部的组成、职责和分工	(262)
三、隐患排查内容	(239)	四、救援专业队伍的组成及分工	(263)
第二节 化工生产现场单元预防性安全检查	(243)	五、NH ₃ (气、液)重大事故的处置	(263)
第三节 化工事故应急救援	(249)	六、信号规定	(264)
一、事故应急救援的原则和任务	(250)	七、有关规定和要求	(265)
二、化学事故应急救援预案	(251)	八、厂区危险目标图及救援路线图示(略)	(265)
三、化学事故应急救援预案的演习	(252)	参考文献	(266)
第四节 化工事故现场处置	(253)		
一、隔离、疏散	(253)		
二、防护	(253)		
三、询情和侦检	(254)		

第一章 化工生产危害及其控制

科学技术的发展，不断提高人们的物质水平和文化生活水平，特别是化工、石油化工的迅速崛起，有力地促进了国民经济的发展。但是，随着新技术、新产品的不断开发和利用，潜在的风险因素也随之增加，尤其是化工生产。化工工业生产、储存、使用的原料、产品具有易燃易爆、有毒有害、腐蚀性等特点，其生产过程在高温、高压条件下进行，化工原料和产品的多样性，化学工艺的复杂性，给化工生产过程带来许多不安全因素。因此，分析化工生产的危害性对化工生产至关重要。本章主要包括化工工程及其危险性、危险有害物质泄漏、燃烧和爆炸、化学物质职业病危害和化工生产事故致因及其控制原理等内容。

第一节 化工工程及其危险性

经历长期的发展，我国已经形成了门类比较齐全、品种大体配套并基本可以满足国内需要的化学工业体系，成为重要的能源和基础工业。由于化工生产存在众多危险性，使其发生泄漏、火灾、爆炸等重大事故的可能性及其严重后果比其他行业一般来说要大。因此，安全工作在化工生产中有着非常重要的作用，是化工生产的前提和保障。

一、化工生产的危险性

化学工业在国民经济中的地位日益重要，发展化学工业对促进工农业生产、巩固国防和改善人民生活等方面都有重要作用。但是化工生产较其他工业部门具有较普遍、较严重的危险。化工生产涉及高温、高压、易燃、易爆、腐蚀、剧毒等状态和条件，与矿山、建筑、交通等同属事故多发行业。但化工事故往往因波及空间广、危害时间长、经济损失巨大而极易引起人们的恐慌，影响社会的稳定。

美国保险协会(AIA)对化学工业的317起火灾、爆炸事故进行调查，分析了主要和次要原因，把化学工业危险因素归纳为以下9个类型。

1. 工厂选址

- (1) 易遭受地震、洪水、暴风雨等自然灾害；
- (2) 水源不充足；
- (3) 缺少公共消防设施的支援；
- (4) 有高湿度、温度变化显著等气候问题；
- (5) 受邻近危险性大的工业装置影响；

- (6) 邻近公路、铁路、机场等运输设施；
- (7) 在紧急状态下难以把人和车辆疏散至安全地带。

2. 工厂布局

- (1) 工艺设备和储存设备过于密集；
- (2) 有显著危险性和无危险性的工艺装置间的安全距离不够；
- (3) 昂贵设备过于集中；
- (4) 对不能替换的装置没有有效的防护；
- (5) 锅炉、加热器等火源与可燃物工艺装置之间距离太小；
- (6) 有地形障碍。

3. 结构

- (1) 支撑物、门、墙等不是防火结构；
- (2) 电气设备无防护措施；
- (3) 防爆通风换气能力不足；
- (4) 控制和管理的指示装置无防护措施；
- (5) 装置基础薄弱。

4. 对加工物质的危险性认识不足

- (1) 在装置中原料混合，在催化剂作用下自然分解；
- (2) 对处理的气体、粉尘等在其工艺条件下的爆炸范围不明确；
- (3) 没有充分掌握因误操作、控制不良而使工艺过程处于不正常状态时的物料和产品的详细情况。

5. 化工工艺

- (1) 没有足够的有关化学反应的动力学数据；
- (2) 对有危险的副反应认识不足；
- (3) 没有根据热力学研究确定爆炸能量；
- (4) 对工艺异常情况检测不够。

6. 物料输送

- (1) 各种单元操作时对物料流动不能进行良好控制；
- (2) 产品的标识不完全；
- (3) 风送装置内的粉尘爆炸；
- (4) 废气、废水和废渣的处理；
- (5) 装置内的装卸设施。

7. 误操作

- (1) 忽略关于运转和维修的操作教育；
- (2) 没有充分发挥管理人员的监督作用；
- (3) 开车、停车计划不适当；
- (4) 缺乏紧急停车的操作训练；
- (5) 没有建立操作人员和安全人员之间的协作体制。

8. 设备缺陷

- (1) 因选材不当而引起装置腐蚀、损坏；
- (2) 设备不完善，如缺少可靠的控制仪表等；
- (3) 材料的疲劳；
- (4) 对金属材料没有进行充分的无损探伤检查或没有经过专家验收；
- (5) 结构上有缺陷，如不能停车而无法定期检查或进行预防维修；
- (6) 设备在超过设计极限的工艺条件下运行；
- (7) 对运转中存在的问题或不完善的防灾措施没有及时改进；
- (8) 没有连续记录温度、压力、开停车情况及中间罐和受压罐内的压力变动。

9. 防灾计划不充分

- (1) 没有得到管理部门的大力支持；
- (2) 责任分工不明确；
- (3) 装置运行异常或故障仅由安全部门负责，只是单线起作用；
- (4) 没有预防事故的计划，或即使有也很差；
- (5) 遇有紧急情况未采取得力措施；
- (6) 没有实行由管理部门和生产部门共同进行的定期安全检查；
- (7) 没有对生产负责人和技术人员进行安全生产的继续教育和必要的防灾培训。

瑞士再保险公司统计了化学工业和石油工业的 102 起事故案例，分析了上述九类危险因素所起的作用，表 1-1 为统计结果。

表 1-1 化学工业和石油工业的危险因素

序号	危险因素	危险因素比例/%	
		化学工业	石油工业
1	工厂选址	3.5	7.0
2	工厂布局	2.0	12.0
3	结构	3.0	14.0
4	对加工物质的危险性认识不足	20.2	2.0
5	化工工艺	10.6	3.0
6	物料输送	4.4	4.0
7	误操作	17.2	10.0
8	设备缺陷	31.1	46.0
9	防灾计划不充分	8.0	2.0

由于化工生产存在上述危险性，使其发生泄漏、火灾、爆炸等重大事故的可能性及其严重后果比其他行业一般来说要大。血的教训充分说明，在化工生产中如果没有完善的安全防护设施和严格的安全管理，即使先进的生产技术，现代化的设备，也难免发生事故。而一旦发生事故，人民的生命和财产将遭到重大损失，生产也无法进行下去，甚至整个装置会毁于一旦。因此，安全工作在化工生产中有着非常重要的作用，是化工生产的前提和保障。

二、主要危险化工工艺

为了提高化工工艺的本质安全化水平,国家安监总局先后发文,规定了主要的18种化工生产重点监管危险工艺,分别是:光气及光气化工艺、电解工艺(氯碱)、氯化工艺、硝化工艺、合成氨工艺、裂解(裂化)工艺、氟化工艺、加氢工艺、重氮化工艺、氧化工艺、过氧化工艺、胺基化工艺、磺化工艺、聚合工艺、烷基化工艺、电石生产工艺、偶氮化工艺以及新型煤化工工艺,其中包括:煤制油(甲醇制汽油、费-托合成油)、煤制烯烃(甲醇制烯烃)、煤制二甲醚、煤制乙二醇(合成气制乙二醇)、煤制甲烷气(煤气甲烷化)、煤制甲醇、甲醇制醋酸等工艺。

1. 光气及光气化工艺

(1) 工艺简介

该反应光气及光气化工艺包含光气的制备工艺,以及以光气为原料制备光气化产品的工艺路线,光气化工艺主要分为气相和液相两种,为放热反应。

(2) 工艺危险特点

① 光气为剧毒气体,在储运、使用过程中发生泄漏后,易造成大面积污染、中毒事故;

② 反应介质具有燃爆危险性;

③ 副产物氯化氢具有腐蚀性,易造成设备和管线泄漏使人员发生中毒事故。

(3) 典型工艺

一氧化碳与氯气的反应得到光气;光气合成双光气、三光气;采用光气作单体合成聚碳酸酯;甲苯二异氰酸酯(TDI)的制备;4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯(MDI)的制备等。

(4) 重点监控工艺参数

一氧化碳、氯气含水量;反应釜温度、压力;反应物质的配料比;光气进料速度;冷却系统中冷却介质的温度、压力、流量等。

2. 电解工艺(氯碱)

(1) 工艺简介

电流通过电解质溶液或熔融电解质时,在两极上所引起的化学变化称为电解反应。涉及电解反应的工艺过程为电解工艺。许多基本化学工业产品(氢、氧、氯、烧碱、过氧化氢等)的制备,都是通过电解来实现的,为吸热反应。

(2) 工艺危险特点

① 电解食盐水过程中产生的氢气是极易燃烧的气体,氯气是氧化性很强的剧毒气体,两种气体混合极易发生爆炸,当氯气中含氢量达到5%以上,则随时可能在光照或受热情况下发生爆炸。

② 如果盐水中存在的铵盐超标,在适宜的条件($\text{pH}<4.5$)下,铵盐和氯作用可生成氯化铵,浓氯化铵溶液与氯还可生成黄色油状的三氯化氮。三氯化氮是一种爆炸性物质,与许多有机物接触或加热至 90°C 以上以及被撞击、摩擦等,即发生剧烈的分解而爆炸。

③ 电解溶液腐蚀性强。

④ 液氯的生产、储存、包装、输送、运输可能发生液氯的泄漏。

(3) 典型工艺

氯化钠(食盐)水溶液电解生产氯气、氢氧化钠、氢气;氯化钾水溶液电解生产氯气、氢氧化钾、氢气。

(4) 重点监控工艺参数

电解槽内液位;电解槽内电流和电压;电解槽进出物料流量;可燃和有毒气体浓度;电解槽的温度和压力;原料中胺含量;氯气杂质含量(水、氢气、氧气、三氯化氮等)等。

3. 氯化工艺

(1) 工艺简介

氯化是化合物的分子中引入氯原子的反应,包含氯化反应的工艺过程为氯化工艺,主要包括取代氯化、加成氯化、氧氯化等。

(2) 工艺危险特点

① 氯化反应是一个放热过程,尤其在较高温度下进行氯化,反应更为剧烈,速度快,放热量较大;

② 所用的原料大多具有燃爆危险性;

③ 常用的氯化剂氯气本身为剧毒化学品,氧化性强,储存压力较高,多数氯化工艺采用液氯生产是先汽化再氯化,一旦泄漏危险性较大;

④ 氯气中的杂质,如水、氢气、氧气、三氯化氮等,在使用中易发生危险,特别是三氯化氮积累后,容易引发爆炸危险;

⑤ 生成的氯化氢气体遇水后腐蚀性强;

⑥ 氯化反应尾气可能形成爆炸性混合物。

(3) 典型工艺

① 取代氯化 氯取代烷烃的氢原子制备氯代烷烃;氯取代苯的氢原子生产六氯化苯;氯取代萘的氢原子生产多氯化萘;甲醇与氯反应生产氯甲烷;乙醇和氯反应生产氯乙烷(氯乙醛类);醋酸与氯反应生产氯乙酸;氯取代甲苯的氢原子生产苄基氯等。

② 加成氯化 乙烯与氯加成氯化生产1,2-二氯乙烷;乙炔与氯加成氯化生产1,2-二氯乙烯;乙炔和氯化氢加成生产氯乙烯等。

③ 氧氯化 乙烯氧氯化生产二氯乙烷;丙烯氧氯化生产1,2-二氯丙烷;甲烷氧氯化生产甲烷氯化物;丙烷氧氯化生产丙烷氯化物等。

④ 其他工艺 硫与氯反应生成一氯化硫;四氯化钛的制备;黄磷与氯气反应生产三氯化磷、五氯化磷等。

(4) 重点监控工艺参数

氯化反应釜温度和压力;氯化反应釜搅拌速率;反应物料的配比;氯化剂进料流量;冷却系统中冷却介质的温度、压力、流量等;氯气杂质含量(水、氢气、氧气、三氯化氮等);氯化反应尾气组成等。

4. 硝化工艺

(1) 工艺简介

硝化是有机化合物分子中引入硝基($-\text{NO}_2$)的反应,最常见的是取代反应。硝化方法

可分成直接硝化法、间接硝化法和亚硝化法，分别用于生产硝基化合物、硝胺、硝酸酯和亚硝基化合物等。涉及硝化反应的工艺过程为硝化工艺。

(2) 工艺危险特点

① 反应速度快，放热量大。大多数硝化反应是在非均相中进行的，反应组分的不均匀分布容易引起局部过热导致危险。尤其在硝化反应开始阶段，停止搅拌或由于搅拌叶片脱落等造成搅拌失效是非常危险的，一旦搅拌再次开动，就会突然引发局部激烈反应，瞬间释放大量的热量，引起爆炸事故。

② 反应物料具有燃爆危险性。

③ 硝化剂具有强腐蚀性、强氧化性，与油脂、有机化合物(尤其是不饱和有机化合物)接触能引起燃烧或爆炸。

④ 硝化产物、副产物具有爆炸危险性。

(3) 典型工艺

① 直接硝化法 丙三醇与混酸反应制备硝酸甘油；氯苯硝化制备邻硝基氯苯、对硝基氯苯；苯硝化制备硝基苯；蒽醌硝化制备 1-硝基蒽醌；甲苯硝化生产三硝基甲苯(俗称梯恩梯，TNT)；丙烷等烷烃与硝酸通过气相反应制备硝基烷烃等。

② 间接硝化法 苯酚采用磺酰基的取代硝化制备苦味酸等。

③ 亚硝化法 2-萘酚与亚硝酸盐反应制备 1-亚硝基-2-萘酚；二苯胺与亚硝酸钠和硫酸水溶液反应制备对亚硝基二苯胺等。

(4) 重点监控工艺参数

硝化反应釜内温度、搅拌速率；硝化剂流量；冷却水流量；pH 值；硝化产物中杂质含量；精馏分离系统温度；塔釜杂质含量等。

5. 合成氨工艺

(1) 工艺简介

氮和氢两种组分按一定比例(1:3)组成的气体(合成气)，在高温、高压下(一般为 400~450℃，15~30MPa)经催化反应生成氨的工艺过程。

(2) 工艺危险特点

① 高温、高压使可燃气体爆炸极限扩宽，气体物料一旦过氧(亦称透氧)，极易在设备和管道内发生爆炸；

② 高温、高压气体物料从设备管线泄漏时会迅速膨胀与空气混合形成爆炸性混合物，遇到明火或因高流速物料与裂(喷)口处摩擦产生静电火花引起着火和空间爆炸；

③ 气体压缩机等转动设备在高温下运行会使润滑油挥发裂解，在附近管道内造成积炭，可导致积炭燃烧或爆炸；

④ 高温、高压可加速设备金属材料发生蠕变、改变金相组织，还会加剧氢气、氮气对钢材的氢蚀及渗氮，加剧设备的疲劳腐蚀，使其机械强度减弱，引发物理爆炸；

⑤ 液氨大规模事故性泄漏会形成低温云团引起大范围人群中毒，遇明火还会发生空间爆炸。

(3) 典型工艺

节能 AMV 法；德士古水煤浆加压气化法；凯洛格法；甲醇与合成氨联合生产的联醇

法；纯碱与合成氨联合生产的联碱法；用变换催化剂、氧化锌脱硫剂和甲烷催化剂的“三催化”气体净化法等。

(4) 重点监控工艺参数

合成塔、压缩机、氨储存系统的运行基本控制参数，包括温度、压力、液位、物料流量及比例等。

6. 裂解(裂化)工艺

(1) 工艺简介

裂解是指石油系的烃类原料在高温条件下，发生碳链断裂或脱氢反应，生成烯烃及其他产物的过程。产品以乙烯、丙烯为主，同时副产丁烯、丁二烯等烯烃和裂解汽油、柴油、燃料油等产品。

烃类原料在裂解炉内进行高温裂解，产出组成为氢气、低/高碳烃类、芳烃类以及馏分为288℃以上的裂解燃料油的裂解气混合物。经过急冷、压缩、激冷、分馏以及干燥和加氢等方法，分离出目标产品和副产品。

在裂解过程中，同时伴随缩合、环化和脱氢等反应。由于所发生的反应很复杂，通常把反应分成两个阶段：第一阶段，原料变成的目的产物为乙烯、丙烯，这种反应称为一次反应；第二阶段，一次反应生成的乙烯、丙烯继续反应转化为炔烃、二烯烃、芳烃、环烷烃，甚至最终转化为氢气和焦炭，这种反应称为二次反应。裂解产物往往是多种组分混合物。影响裂解的基本因素主要为温度和反应的持续时间。化工生产中用热裂解的方法生产小分子烯烃、炔烃和芳香烃，如乙烯、丙烯、丁二烯、乙炔、苯和甲苯等。

(2) 工艺危险特点

① 在高温(高压)下进行反应，装置内的物料温度一般超过其自燃点，若漏出会立即引起火灾；

② 炉管内壁结焦会使流体阻力增加，影响传热，当焦层达到一定厚度时，因炉管壁温度过高，而不能继续运行下去，必须进行清焦，否则会烧穿炉管，裂解气外泄，引起裂解炉爆炸；

③ 如果由于断电或引风机机械故障而使引风机突然停转，则炉膛内很快变成正压，会从窥视孔或烧嘴等处向外喷火，严重时会引起炉膛爆炸；

④ 如果燃料系统大幅度波动，燃料气压力过低，则可能造成裂解炉烧嘴回火，使烧嘴烧坏，甚至会引起爆炸；

⑤ 有些裂解工艺产生的单体会自聚或爆炸，需要向生产的单体中加阻聚剂或稀释剂等。

(3) 典型工艺

热裂解制烯烃工艺；重油催化裂化制汽油、柴油、丙烯、丁烯；乙苯裂解制苯乙烯；二氟一氯甲烷(HCFC-22)热裂解制得四氟乙烯(TFE)；二氟一氯乙烷(HCFC-142b)热裂解制得偏氟乙烯(VDF)；四氟乙烯和八氟环丁烷热裂解制得六氟乙烯(HFP)等。

(4) 重点监控工艺参数

裂解炉进料流量；裂解炉温度；引风机电流；燃料油进料流量；稀释蒸汽比及压力；燃料油压力；滑阀差压超驰控制、主风流量控制、外取热器控制、机组控制、锅炉控制等。

7. 氟化工艺

(1) 工艺简介

氟化是化合物的分子中引入氟原子的反应,涉及氟化反应的工艺过程为氟化工艺。氟与有机化合物作用是强放热反应,放出大量的热可使反应物分子结构遭到破坏,甚至着火爆炸。氟化剂通常为氟气、卤族氟化物、惰性元素氟化物、高价金属氟化物、氟化氢、氟化钾等。

(2) 工艺危险特点

- ① 反应物料具有燃爆危险性;
- ② 氟化反应为强放热反应,不及时排出反应热量,易导致超温超压,引发设备爆炸事故;
- ③ 多数氟化剂具有强腐蚀性、剧毒,在生产、储存、运输、使用等过程中,容易因泄漏、操作不当、误接触以及其他意外而造成危险。

(3) 典型工艺

- ① 直接氟化 黄磷氟化制备五氟化磷等。
- ② 金属氟化物或氟化氢气体氟化 SbF_3 、 AgF_2 、 CoF_3 等金属氟化物与烃反应制备氟化烃;氟化氢气体与氢氧化铝反应制备氟化铝等。
- ③ 置换氟化 三氯甲烷氟化制备二氟一氯甲烷;2,4,5,6-四氯嘧啶与氟化钠制备2,4,6-三氟-5-氟嘧啶等。
- ④ 其他氟化物的制备 浓硫酸与氟化钙(萤石)制备无水氟化氢等。

(4) 重点监控工艺参数

氟化反应釜内温度、压力;氟化反应釜内搅拌速率;氟化物流量;助剂流量;反应物的配料比;氟化物浓度。

8. 加氢工艺

(1) 工艺简介

加氢是在有机化合物分子中加入氢原子的反应,涉及加氢反应的工艺过程为加氢工艺,主要包括不饱和键加氢、芳环化合物加氢、含氮化合物加氢、含氧化合物加氢、氢解等。

(2) 工艺危险特点

- ① 反应物料具有燃爆危险性,氢气的爆炸极限为4%~75%,具有高燃爆危险特性;
- ② 加氢为强烈的放热反应,氢气在高温高压下与钢材接触,钢材内的碳分子易与氢气发生反应生成碳氢化合物,使钢制设备强度降低,发生氢脆;
- ③ 催化剂再生和活化过程中易引发爆炸;
- ④ 加氢反应尾气中有未完全反应的氢气和其他杂质在排放时易引发着火或爆炸。

(3) 典型工艺

- ① 不饱和炔烃、烯烃的三键和双键加氢 环戊二烯加氢生产环戊烯等。
- ② 芳烃加氢 苯加氢生成环己烷;苯酚加氢生产环己醇等。
- ③ 含氧化合物加氢 一氧化碳加氢生产甲醇;丁醛加氢生产丁醇;辛烯醛加氢生产辛醇等。
- ④ 含氮化合物加氢 己二腈加氢生产己二胺;硝基苯催化加氢生产苯胺等。