



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

高职高专教材

HUAGONG
ANQUAN
JISHU YU
ZHIYE
JIANKANG

化工安全技术 与职业健康

第二版

● 孙玉叶 主编 ● 王 瑾 副主编 ● 杨永杰 主审

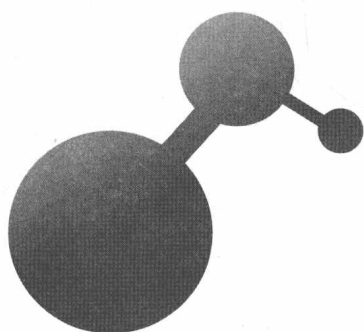


化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

高职高专教材



HUAGONG
ANQUAN
JISHU YU
ZHIYE
JIANKANG

化工安全技术 与职业健康

第二版

● 孙玉叶 主编 ● 王 瑾 副主编 ● 杨永杰 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材在全面分析了化工安全生产特点及化工职业健康要求的基础上,共分四个部分组织相关编写内容:其中第一部分总论概述了化工生产与职业健康安全的关系,并简略介绍了危险化学品安全基础知识,为后续章节的学习打下了坚实的基础;第二部分是化工安全技术篇,内容包括化工生产防火防爆、化工特种设备安全、电气及静电安全技术,从化工安全技术层面分析了化工安全生产存在的问题,并有针对性地提出安全对策措施;第三部分是化工职业健康篇,内容包括职业健康监护及化工职业卫生技术,从职业健康层面分析了化工生产过程中各职业有害因素对从业人员健康的影响,并有针对性地提出了防护技术措施;第四部分是化工安全生产意识、能力拓展篇,从化工安全检修、危险化学品事故应急救援及化工企业安全生产管理方面进一步提高化工从业人员的安全生产意识与能力。

全书精选了上百个化工生产事故案例并结合具体的化工安全生产知识进行分析,能有效地提高学习者的安全生产意识,从而激发学习者主动提高安全生产能力,以真正实现“要我安全”到“我要安全”的转变。

本书适合作为高职高专化工技术类专业(应用化工生产技术、有机化工生产技术、石油化工、生产技术、精细化工生产技术、高聚物生产技术、生物化工技术、制药技术、化工装备技术等)教材,也可作为化工企业从业人员的安全生产知识培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全技术与职业健康/孙玉叶主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2015.6

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-122-23657-9

I. ①化… II. ①孙… III. ①化工安全-安全技术-高等职业教育-教材②化学工业-职业病-健康教育-高等职业教育-教材 IV. TQ086②R135

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 079263 号

责任编辑: 窦臻提岩
责任校对: 吴静

装帧设计: 刘剑宁

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: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张18½ 字数460千字 2015年8月北京第2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: 35.00 元

版权所有 违者必究

中国石油和化学工业行业规划教材·高职高专化工技术类 编审委员会名单

主 任：陈炳和

委 员：（按姓氏笔画排列）

丁志平	南京化工职业技术学院
于兰平	天津渤海职业技术学院
王绍良	湖南化工职业技术学院
吉 飞	常州工程职业技术学院
朱东方	河南工业大学化学工业职业学院
任耀生	中国化工教育协会
杨永杰	天津渤海职业技术学院
杨宗伟	四川化工职业技术学院
陈炳和	常州工程职业技术学院
金万祥	徐州工业职业技术学院
洪 霄	常州工业职业技术学院
秦建华	扬州工业职业技术学院
袁红兰	贵州工业职业技术学院
曹克广	承德石油高等专科学校
程桂花	河北化工医药职业技术学院
潘正安	化学工业出版社

前言

本教材自 2009 年出版以来,受到了广大相关高职院校师生的欢迎,被教育部确定为“‘十二五’职业教育国家规划教材”,荣获中国石油和化学工业优秀出版物奖(教材奖)一等奖。同时也收到了广大师生针对教材内容所提出的一些想法和建议。另外,教材有相当一部分内容与国家的相关法律法规及标准关联度较大,而自教材出版后,部分法律法规及标准也已重新修订。为了使教材的内容与国家的相关政策、法规及标准保持一致,并使教材的内容及形式更符合高职教育的特点,编者对教材进行了第二版修订。

在本版教材修订中,内容增减始终以化工类专业培养方案对学生应具备的安全意识与能力为依据,充分考虑化工安全与防护课程教学大纲的要求,并结合高职教育的特点,在基本保留前版内容框架的基础上,对相关内容进行了修订,并根据化工安全生产的特点在电气安全部分增加了防爆电气相关内容。本版教材修订的主要特点是:对原版教材的案例进行了更新,删除了原版教材中的部分非化工行业及年代较久远的非典型事故案例,增加了近几年来石油化工行业的典型事故案例。根据高职教育的特点对原版教材各章后的应会部分进行了修订,结合各章能力目标设置了形式多样的能力训练项目,以提高学生的安全防护能力及紧急事件的处置能力。另外,本版教材在各章后新增了与各章内容相关的素材库导引,其中有案例素材库,对应章节内容相关的典型事故案例分析;网络资源库,对应章节可用的网络多媒体资源;法律法规及标准库,对应章节相关的法律法规及标准名录。

第二版教材第一、二、十章由常州工程职业技术学院孙玉叶编写,第三章由太原科技大学化学与生物工程学院钱爱玲编写,第四章由武汉软件工程职业学院徐宗编写,第五章由常州工程职业技术学院陈川编写,第六、七章由贵州科技工程职业学院王瑾编写,第八章由中山职业技术学院林跃华编写,第九章由天津渤海职业技术学院孙浩编写。本书在修订过程中除了得到文献著者的帮助外,还得到全国高职高专化工技术类专业教学指导委员会主任陈炳和等专家的指导与帮助,在此一并表示感谢。

限于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2015 年 3 月

第一版前言

随着工业化进程的迅猛发展,生产规模不断扩大,各种化学化工的新材料、新产品、新技术、新工艺和新设备给人民群众的生活中带来了极大的便利,但随之而来的化工生产事故特别是危险化学品事故也不断发生,给人民的生命、财产安全和生活环境构成了重大的威胁。为避免或减少事故发生,降低事故损失,化工从业人员应该在掌握各自专业知识与技能的基础上,熟悉化工生产安全及职业卫生相关知识,具备初步的化工生产危险有害因素辨识分析能力,以提高安全生产意识与能力。切实贯彻“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针。

本书根据《安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》、《特种设备安全监察条例》等法律法规要求,并结合化工生产易燃易爆、中毒、腐蚀及生产设施多是特种设备等生产特点,组织相关编写内容,并精选了大量化工生产事故案例穿插在相应知识点处,以全面提高化工从业人员的安全生产意识与能力。

本书是由具有企业安全生产管理经验的国家注册安全工程师孙玉叶及具有丰富教学经验的高职学院教师王瑾、钱爱玲、张桃先、孙浩等同志集体讨论分工执笔,完稿后又经天津渤海职业技术学院杨永杰教授及国家注册安全工程师(高级工程师)王宏俊反复审校、编写人员反复修改而后完成的一部集体著作。其中常州工程职业技术学院孙玉叶编写了第一章、第二章、第十章,太原科技大学化学与生物工程学院钱爱玲编写了第三章,武汉软件工程职业学院张桃先编写了第四章,贵州科技工程职业学院王瑾编写了第五章、第六章、第七章,天津渤海职业技术学院孙浩编写了第八章、第九章。本书在编写过程中还得到全国化工高职教育教学指导委员会化工技术类专业委员会陈炳和主任的指导与帮助,在此表示感谢。

本书立足化工行业安全生产与职业卫生特点,从化工安全技术、化工职业健康、危险化学品事故应急救援及化工企业安全生产管理等方面组织编写内容,并在每章开头提出学习本章应达到的知识目标与能力目标,在每章末尾附以应知应会训练题,具体实用,可操作性强。本书既可作为高职高专化工类专业的教材,又可作为化工企业从业人员的安全生产知识培训教材。

在编写过程中,虽然各编审都花了很多精力,但由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者提出建议及修改意见。

编者

2009年6月

目 录

第一部分 总论

1

第一章 化工生产与职业健康安全	1
第一节 现代化工生产与安全	1
一、化工生产的特点	2
二、化工安全生产形势	4
三、化工生产事故的原因	5
四、化工生产事故的特点	8
五、职业健康安全在化工生产中的地位和作用	9
第二节 化工职业健康安全管理有关法律法规及标准	11
一、安全生产法律法规体系	11
二、职业安全健康标准体系	13
三、危险化学品安全生产相关法律法规及标准	14
应会操练	15
应知题练	16
素材库导引	16
第二章 危险化学品安全基础知识	17
第一节 危险化学品及分类	17
一、危险化学品的定义	17
二、危险化学品的分类	17
第二节 危险化学品危险性分析	19
一、危险化学品固有危险性	19
二、危险化学品过程危险性	21
第三节 危险化学品的管理控制	24
一、登记注册	25
二、分类管理	25
三、安全标签	26
四、化学品安全技术说明书	30
五、安全教育	35
应会操练	35
应知题练	36
素材库导引	37

第二部分 化工安全技术篇

38

第三章 防火防爆技术	38
第一节 燃烧与爆炸基础知识	39
一、燃烧基础知识	39

二、爆炸基础知识	44
第二节 火灾的形成及其预防原理	48
一、火灾产生的原因	48
二、火灾事故的发展过程	50
三、火灾事故的特点	51
四、火灾发生的条件和灭火的原理	54
五、生产过程火灾爆炸危险性分类	54
第三节 燃烧爆炸的预防	56
一、防火防爆基本原则	56
二、防火防爆安全措施	57
第四节 灭火与灭火措施	68
一、火灾与灭火	68
二、灭火剂	69
三、灭火器	71
四、灭火系统	72
五、火灾自动报警系统	74
应会操练	75
应知题练	76
素材库导引	77
第四章 化工特种设备安全技术	77
第一节 压力容器安全技术	78
一、压力容器及其分类	78
二、压力容器的安全附件	79
三、压力容器的使用管理	81
四、压力容器的定期检验	83
第二节 气瓶安全技术	84
一、气瓶的定义与分类	84
二、气瓶安全附件	85
三、气瓶的漆色及标志	86
四、气瓶的充装与储运	86
五、气瓶的安全使用	88
六、气瓶的定期检验	88
第三节 压力管道安全技术	88
一、压力管道概述	88
二、压力管道安装	89
三、压力管道的腐蚀与防护	89
四、压力管道质量检验及监督检验	90
五、在用压力管道的定期检验	91
六、压力管道的维护与检修	92
七、在用压力管道安全管理与事故分析	93
第四节 锅炉安全技术	95
一、锅炉基础知识	95
二、锅炉安全附件	95
三、锅炉运行	96
四、锅炉给水	98
五、锅炉常见事故及预防措施	99
应会操练	100

应知题练	101
素材库导引	102
第五章 电气安全技术	102
第一节 触电防护技术	103
一、电流对人体的伤害	103
二、触电事故	105
三、触电事故防护	109
四、现场触电急救	113
第二节 静电防护技术	115
一、静电的产生及类型	115
二、静电的影响因素	116
三、静电的危害	117
四、静电防护措施	118
第三节 雷电防护技术	125
一、雷电的形成和分类	126
二、建筑物防雷的分类	127
三、防雷装置	128
四、防雷措施	130
第四节 电气防爆	132
一、电气火灾和爆炸的原因	132
二、危险场所的划分	133
三、防爆电气设备	136
应会操练	138
应知题练	140
素材库导引	141

第三部分 化工职业健康篇

143

第六章 职业健康监护	143
第一节 职业健康概述	143
一、职业病及其致害因素	144
二、职业病预防	145
第二节 劳动防护用品及选用	147
一、劳动防护用品及分类	147
二、劳动防护用品的选用	150
应会操练	151
应知题练	151
素材库导引	152
第七章 化工职业卫生技术	152
第一节 防尘技术	153
一、生产性粉尘及其危害	153
二、防尘措施	156
第二节 防毒技术	158
一、工业毒物及其危害	158
二、防毒措施	162
第三节 其他职业危害及防控	165
一、噪声危害及控制	165

二、辐射危害及预防	167
三、高温、低温作业危害及防护	169
第四节 灼伤及其防治	171
一、灼伤及其分类	171
二、化学灼伤的现场急救	172
三、化学灼伤的预防措施	173
应会操练	174
应知题练	175
素材库导引	175

第四部分 化工安全生产意识、能力拓展篇

177

第八章 化工安全检修	177
第一节 化工安全检修的分类与特点	178
一、化工装置检修的分类	178
二、化工装置检修的特点	178
第二节 化工安全检修的一般要求	179
一、检修前的安全工作	179
二、化工检修的实施	181
三、抽堵盲板、置换与清洗等作业安全	182
四、化工检修的验收	185
第三节 化工检修作业安全	186
一、动火作业	186
二、动土作业	190
三、受限空间作业	192
四、高处作业	195
五、电气作业和临时用电安全	197
应会操练	199
应知题练	200
素材库导引	201
第九章 危险化学品事故应急救援	203
第一节 危险化学品事故	204
一、危险化学品事故类型	204
二、危险化学品事故特点	205
第二节 危险化学品事故应急救援概述	206
一、危险化学品事故应急救援的基本原则	206
二、危险化学品事故应急救援的基本任务	207
三、危险化学品事故应急救援的基本形式	207
四、应急救援工作的特点与基本要求	208
第三节 典型危险化学品事故应急处置	208
一、火灾事故	208
二、爆炸事故	210
三、泄漏事故	211
四、中毒窒息事故	212
五、化学烧伤事故	213
六、环境污染事故	215
第四节 应急救援及事故现场救护技术	216

一、心肺复苏术	216
二、止血术	220
三、包扎术	223
四、固定术	226
五、搬运	230
应会操练	233
应知题练	234
素材库导引	235
第十章 企业安全管理概述	236
第一节 企业安全管理组织机构	237
一、企业安全管理组织机构构成	237
二、企业安全管理组织机构职责	238
第二节 企业安全生产规章制度	240
一、安全生产规章制度概述	240
二、安全生产责任制	242
三、安全生产教育培训制度	244
四、安全生产检查制度	248
五、安全生产奖惩制度	250
六、生产安全事故管理制度	251
七、设备设施安全管理制度	254
八、危险作业审批制度	257
九、安全操作规程	258
第三节 作业环境安全管理	259
一、作业环境安全管理概述	259
二、作业环境的布设	261
三、作业环境的定置管理	262
四、安全标志装置及其布设	268
第四节 安全文化建设	272
一、企业安全文化概述	272
二、企业安全文化建设模式	273
三、企业安全文化的建设与实践	274
应会操练	278
应知题练	278
素材库导引	279

第一部分

总 论

第一章

化工生产与职业健康安全

学习目标

知识目标

1. 了解化工生产的特点及化工生产的安全形势。
2. 熟悉化工生产事故原因及特点。
3. 深刻理解职业健康安全在化工生产中的地位与作用。
4. 熟悉化工职业健康安全管理相关法律法规及标准。

能力目标

1. 能认清化工安全生产的形势，确立正确的学习态度。
2. 能通过检索分析化工生产事故案例，从而分析事故发生的原因及特点，进而吸取事故经验教训。
3. 能检索与应用危险化学品相关法律法规及标准。

第一节 现代化工生产与安全

到 20 世纪末，我国已能生产各种化学产品四万余种（品种、规格），现在国内的一些主要化工产品产量已位于世界前列，如化肥、染料产量位居世界第一；农药、纯碱产量居世界第二；硫酸、烧碱居世界第三；合成橡胶、乙烯产量居世界第四；原油加工能力居世界第四。石油和化学工业已经成为国内工业的支柱产业之一。随着经济的发展与科学的进步，石油和化学工业还将会快速发展，化工产品会越来越多。目前列入《危险化学品名录》（2012 版）的危险化学品有 3833 种，列入《剧毒化学品目录》（2012 版）的剧毒化学品有 335 种。危险化学品具有易燃、易爆、有毒、有腐蚀性等危险特性，在生产（废弃处置）、储存、运输、使用过程中，安全措施不当时，就会对人（包括生物）、设备、环境造成

损害。

一、化工生产的特点

随着石油化学工业的迅速发展,安全生产问题愈来愈突出。石油化工生产从安全的角度分析,不同于冶金、机械制造、基本建设、纺织和交通运输等部门,有其突出的特点。具体表现在以下几方面。

1. 化工产品和生产方法的多样化

化工生产所用的原料、半成品、成品种类繁多,绝大部分是易燃、易爆、有毒、腐蚀性危险化学品。而化工生产中一种主要产品可以联产或副产几种其他产品,同时,又需要多种原料和中间体来配套。同一种产品往往可以使用不同的原料和采用不同的方法制得,如苯的主要来源有四个:炼厂副产、石脑油铂重整、裂解制乙烯时的副产以及甲苯经脱烷基制取苯。而用同一种原料采用不同的生产方法,可得到不同的产品,如从化工基本原料乙烯开始,可以生产出多种化工产品。

2. 生产规模的大型化

近 20 年来,国际上化工生产采用大型生产装置是一个明显趋势。世界各国出现了以炼石脑油和天然气凝析液为原料,采用烃类裂解技术制造乙烯的大型石化工厂,生产乙烯的装置也由 20 世纪 50 年代的 10 千吨级跃升为 100~300 千吨级。我国已建成了许多年产 30 万吨以上的合成氨的大型化肥装置,目前新建的乙烯装置和合成氨装置大都稳定在 30 万~45 万吨/年的规模。

从安全角度考虑,大型化会带来重大的潜在危险性。

(1) 能量大增加了能量外泄的危险性 生产过程温度越高,设备内外压力差越大,对设备强度要求就越高,也就越难以保证。原材料、半成品甚至产品在加工过程中外泄的可能性就会增大。一旦大量外泄,就会在很大范围燃烧爆炸或产生易爆的蒸气云团或毒气云,给人民生命财产带来巨大的灾难。1984 年印度博帕尔发生的异氰酸甲酯泄漏所造成的中毒事故,就是震惊世界的化学灾害事故。

(2) 生产相互依赖、相互制约性大增 为了提高经济效益,把各种生产有机地联合起来,一个厂的产品就是另外一个厂的原料,输入输出只是在管道中进行,多数装置直接接合,形成直线连接,不仅规模变大而且更为复杂,装置间的相互作用强了,独立运转成为不可能。直线连接又容易形成许多薄弱环节,使系统变得非常脆弱。

(3) 生产弹性减弱 放弃了中间储存设备,使弹性生产能力日益减弱。过去化工生产往往在工序或车间之间设置一定的储存能力,以调节生产的平衡,大型化必然带来连续化和自动控制操作,不可能也不必要再设置中间储存能力,但也因此导致生产弹性的减弱。

(4) 控制集中化和自动控制,使系统复杂化 没有控制的集中和自动化也谈不上大型化。但控制设备和计算机也有一定的故障率,如果是开环控制,人是子系统的一员,人的低可靠性增大了发生事故的可能。

(5) 设备要求日益严格 工厂规模大型化以后,对工艺设备的处理能力、材质和工艺参数要求更高。如轻油裂解、蒸汽稀释裂解的裂解管壁温要求都在 900℃ 以上,合成氨、甲醇、尿素的合成压力要求都在 10MPa 以上,高压聚乙烯压缩机出口压力为 350MPa,高速水泵转速达 2500r/min,天然气深冷分离在 -120~-130℃ 的条件下进行,这些严酷的生产条件,给设备制造带来极大的难度,同时也增加了潜在危险性的严重程度。

(6) 大型化给社会带来威胁 工厂大型化基本上是在原有厂区上逐渐扩建的,大量职工的生活需求又使厂区与居民区越来越近,一旦发生事故,便会对社会造成巨大影响。

3. 工艺过程的连续化和自动控制

化工生产有间歇操作和连续操作之分,间歇操作的特点是各个操作过程都在一组或一个设备内进行,反应状态随时间而变化,原料的投入和产出都在同一地点,危险性原料和产品都在岗位附近。因此,很难达到稳定生产,操作人员的注意力十分集中,劳动强度也很大,这就容易发生事故。间歇生产方式不可能大型化,连续化和自动控制是大型化的必然结果。

连续操作的特点是各个操作程序都在同一时间内进行,所处理的原料在工艺过程中的任何一点或设备的任何断面上,其物理量或参数(如温度、压力、浓度、比热容、速率等)在过程的全部时间内,都要按规定要求保持稳定。这样便形成了一个从原料输入、物理或化学处理、形成产品的连续过程,原料不断输入,产品不断输出,使大型化成为可能。

连续大型化的生产很难想象能用人工控制。20世纪50年代中在某些化工生产中使用负反馈的定值控制方式,使工艺过程比较平稳,后来随着工艺技术的发展,逐步进入了集中控制、自动控制和计算机控制,实现了工艺过程控制的自动化,保证了运转条件和产品质量的稳定,同时也提高了生产的安全性。

连续化生产的操作比起间歇操作要简单,特别是各种物理量参数在正常运转的全部时间内是不变的;不像间歇操作不稳定,随时间变化经常出现波动。但连续化生产中外部或内部产生的干扰非常容易侵入系统,影响各种参数发生偏离;由于各子系统的输入输出是连续的,上游的偏离量很容易传递到下游,进而影响系统的稳定。连续化生产装置和设备之间的相互作用非常紧密,输入输出问题也比间歇操作复杂,所以必须实现自动控制,才能保持稳定生产。自动控制虽然能增加运转的可靠性,提高产品质量和安全性,但也不是万无一失的。美国石油保险协会曾调查过炼油厂火灾爆炸事故原因,其中因控制系统发生故障而造成的事故即达6.1%,所以,即使采用自动控制手段,也应加强管理,搞好维护,不可掉以轻心。

4. 间歇操作仍是众多化工企业生产的主要方式

间歇操作的特点是所有操作阶段都在同一设备或地点进行。原料、催化剂、助剂等加入反应器内,进行加热、冷却、搅拌等操作,使之发生化学反应。经一段时间反应完成后,产品从反应器内全部或部分卸出,然后再加入新原料周而复始地进行新一轮的操作。

间歇操作适于生产批量较少而品种较多的化工产品,如染料、医药、精细化工等产品,这种生产方式仍是化工生产的重要方式之一。有些集中控制或半自动控制的化工装置也还残留着间歇操作的部分特性。

进行间歇操作时,由于人机接合面过于接近,发生事故很难躲避,岗位环境不良,劳动强度也大。因此,在中小型工厂中,如何改善间歇操作的安全环境和劳动条件,仍是当今化工安全的主攻方向。

5. 生产工艺条件苛刻

采用高温、高压、深冷、真空等工艺,可以提高单机效率和产品收率,缩短产品生产周期,使化工生产获得更大的经济效益。然而,与此同时,也对工艺操作提出更为苛刻的要求,首先,对设备的本质安全可靠性提出了更高的要求,否则,就极易因设备质量问题引发设备安全事故;其次,是要求操作人员必须具备较为全面的操作知识、良好的技术素质和高度的责任心;最后,苛刻的工艺条件要求必须具备良好的安全防护设施,以防工艺波动、误操作等导致的事故,而对这些苛刻条件下的生产进行防护,无论从软件还是到硬

件都不是一件很容易的事情，而一旦不能做好，就会发生不可估量的事故。

二、化工安全生产形势

目前我国正处在工业化加速发展阶段，安全生产总体稳定、趋于好转的发展态势与依然严峻的现状并存，安全发展的要求与仍然薄弱的基础条件之间矛盾突出，安全形势不容乐观。特别是危化品泄漏、火灾、爆炸等较大事故时有发生，运输和使用环节事故有上升趋势。虽然近年来，全国化工行业和危险化学品领域持续开展安全生产专项整治，安全生产形势呈现了总体平稳、趋势向好的态势。但是基于化工生产的特点，当前我国化工行业和危险化学品领域安全生产形势依然严峻，重特大事故仍时有发生。

【案例 1-1】 京沪高速 3·29 液氯泄漏事故 2005 年 3 月 29 日晚，一辆在京沪高速公路行驶的罐式半挂车在江苏淮安段发生交通事故，引发车上罐装的液氯大量泄漏，造成 29 人死亡，456 名村民和抢救人员中毒住院治疗，门诊留治人员 1867 人，10500 多名村民被迫疏散转移，大量家畜（家禽）、农作物死亡和损失，造成直接经济损失 1700 余万元。京沪高速公路宿迁至宝应段（约 110km）关闭 20h。

【案例 1-2】 吉化 11·13 爆炸事故 2005 年 11 月 13 日，中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司双苯厂硝基苯精制岗位外操人员违反操作规程导致硝基苯精馏塔发生爆炸，造成 8 人死亡，60 人受伤，直接经济损失 6908 万元，并造成松花江水污染事件，引发不良的国际影响。

【案例 1-3】 北京东方化工厂“6·27”爆炸火灾事故 1997 年 6 月 27 日晚，北京东方化工厂因操作工开错阀门致使油气溢出，遇火源发生火灾爆炸事故，死亡 9 人，伤 39 人，20 余个 1000~10000m³ 的装有多种化工物料的球罐被毁，直接经济损失 1.17 亿元。

【案例 1-4】 西维尼纶集团“8·26”爆炸事故 2008 年 8 月 26 日 6 时 40 分，广西维尼纶集团有限责任公司所属的广西广维化工股份有限公司有机厂发生爆炸事故，造成 20 人死亡、60 人受伤，厂区附近 3km 范围 18 个村庄及工厂职工、家属共 11500 多名群众疏散。事故造成直接经济损失约 7586 万元。“8·26”爆炸事故是近 10 年来全国伤亡最严重的化工事故。

因此，要实现化工行业和危险化学品领域安全生产形势根本好转还需下大气力。目前化工行业和危险化学品领域安全生产形势严峻，主要表现在以下三个方面：

一是化工行业和危险化学品领域“三高两低”（事故总量高，重特大事故发生频率高，安全隐患风险高，技术装备水平低，从业人员素质低）问题比较突出。主要原因是我国化工行业基础薄弱，发展起步晚，造成目前化工装置工程建设标准低或标准缺失，安全监管法律法规不健全。工程建设标准低或标准缺失，导致新建化工装置工艺、设备、自动化控制、安全设施设计的标准低，加之一些企业采购低价、劣质的设备材料，致使新建化工装置没有达到本质安全的要求，有的还存在安全距离不足的问题。如江苏盐城氟源化工有限公司临海分公司涉及氟化反应的危险化工装置，没有装备超温联锁停车装置，装置框架支撑本应使用“H”型钢却用钢管代替。2006 年 7 月 28 日试生产时反应超温引起爆炸，装置框架倒塌，造成 22 人死亡，其中大部分死者是被倒塌的框架砸死。另外，我国部分化工企业特别是中小化工企业的绝大多数管理人员和操作人员安全意识、管理能力和操作水平还不能满足安全生产的需要。

二是“五化”（工业化、城镇化、国际化、市场化、信息化）进程加快给化工行业和危险化学品领域安全生产带来新的挑战。在工业化进程中，化工发展呈现生产装置和储存设施大型化的趋势，使安全生产工作的难度越来越大。城镇化快速发展，城镇人口密度也随

之提高,发生重大危险化学品事故的风险在显著增强。另外,发达国家低端化工产品和工艺危险、污染重、能耗高的产品制造业向我国转移的现象十分明显,这也给危险化学品安全生产带来了新的挑战。市场化、信息化同样对如何加强和改善危险化学品安全生产、应对突发的危险化学品事故等提出了新的课题。

三是化工行业和危险化学品领域本质安全化程度不高。虽然通过实施危险化学品安全生产许可证制度,淘汰了一批不具备安全生产条件的危险化学品生产企业,但已取证企业中相当一部分安全生产条件不够完善,安全管理水平不高,还没有达到本质安全的要求。

历史上,世界和我国在危险化学品的生产、储存、运输过程中都曾发生过惨烈的安全事故,造成巨大的人员伤亡。

三、化工生产事故的原因

化工生产过程中使用、接触的危险化学品种类繁多,生产工艺复杂,生产条件苛刻(高温、高压等),事故原因千变万化,事故类型也很难简单概括。化工生产中发生的故事多集中在火灾、爆炸事故及危险化学品的中毒事故等,这些事故的发生多由以下原因引起。

1. 装置内产生新的易燃物、易爆物

某些反应装置和储罐在正常情况下是安全的,如果在反应和储存过程中混进或渗入某些物质而发生化学反应产生新的易燃物、易爆物,在条件成熟时就可能发生故事。

如粗煤油中硫化氢、硫醇含量较高,就可能引起油罐腐蚀,使构件上黏附着锈垢,其成分是硫化铁、硫酸铁、氧化铁,有时还会有结晶硫黄等。由于天气突变、气温骤降,油罐的部分构件因急剧收缩和由于风压的改变而引起油罐晃动,造成构件脱落并引起冲击或摩擦产生火种导致油罐起火。

浓硫酸和碳素钢在一般情况下不发生置换反应,但若储罐内混入水变成稀硫酸,稀硫酸就会和钢罐反应放出氢气。这时在储罐上部空间就会形成爆炸性混合物,若在罐壁上动火,就会发生爆炸事故。

2. 高温下物质汽化分解

许多物质在高温下能自行分解,产生高压而引起爆炸。

用联苯醚作载热体的加热过程中,由于管道被结焦物堵塞,局部温度升高,加上控制仪表失灵未能及时发现,致使联苯醚汽化分解(在 390°C 下联苯醚能分解出氢、氧、苯等)产生高压,引起管道爆裂,使高温可燃气体冲出,遇空气燃烧。如果联苯醚加热系统混进某些低沸物,例如水,也会因其急剧汽化发生爆炸。

【案例 1-5】某厂水解釜用联苯醚加热,由于夹套内联苯醚回流管设计不合理,高出夹套底部 15mm ,在联苯炉进行水压试验后水不能放净,夹套底部积水约 20kg 。当水解釜开车运行时,积水遇高温联苯醚回流液温度逐渐上升,经过 1h 左右突然汽化,夹套超压爆炸。

3. 高热物料喷出自燃

生产过程中有些反应物料的温度超过了自燃点,一旦喷出与空气接触就着火燃烧。造成物料喷出的原因很多,如设备损坏、管线泄漏、操作失误等。例如在催化裂化装置热油泵房的泵口取样时,由于取样管堵塞(被油凝住),将取样阀打开用蒸汽加热,当凝油熔化后, 400°C 左右的热油喷出立即起火。

4. 物料泄漏遇高温表面或明火

由于放空管位置安装不当,放空时油喷落到附近 250°C 高温的阀体上引起燃烧。又如热渣油带水,可产生突沸现象,渣油从罐顶喷出,沾污了设备及管线,用汽油进行洗刷时渣

油被汽油溶解后渗淌到下面的高温管线上引起自燃。

【案例 1-6】 1974 年英国尼普洛公司已内酰胺工厂的一临时管线破裂,造成大量己内酰胺泄漏,在厂区上空形成大量可燃气体蒸气云,遇明火发生大爆炸,全厂毁灭。

【案例 1-7】 1973 年日本信越化学工业公司氯乙烯生产装置,由于阀门拧断,氯乙烯储罐内 0.6MPa 压力约 4t 的液体,在 2min 内全部喷出,扩散面积达 12000m²,氯乙烯蒸气从催化剂的进气口进入到催化剂室内,由于继电器动作打火,引起爆炸,接着全系统发生爆炸。

5. 反应热骤增

参加反应的物料,如果配比、投料速度和加料顺序控制不当,会造成反应剧烈,产生大量的热,而热量又不能及时导出,就会引起超压爆炸。

苯与浓硫酸混合进行磺化反应,物料进入后由于搅拌迟开,反应热骤增,超过了反应器的冷却能力,器内未反应的苯很快汽化,导致塑料排气管破裂,可燃蒸气排入厂房内遇火燃烧。

对硝基酚钠的生产中,对硝基苯酚与碱液反应剧烈,须控制一定的碱液浓度,某厂因操作疏忽将稀碱液误换成浓碱液,造成剧烈反应,引起超压爆炸。

6. 杂质含量过高

有许多化学反应过程,对杂质含量要求是很严格的。有的杂质在反应过程,可以生成危险的副反应产物。

【案例 1-8】 乙炔和氯化氢的合成反应,氯化氢中游离氯的含量不能过高(一般控制在 0.005% 以下),这是由于过量的游离氯存在,氯与乙炔反应会立即燃烧爆炸生成四氯乙烷。某厂因操作失误使氯化氢中游离氯高达 30.2%,造成氯乙烯合成器及混合脱水系统燃烧爆炸。

【案例 1-9】 在乙炔生产中,电石中磷化钙含量是严格控制的。磷化钙遇水反应生成磷化氢,而磷化氢在空气中可自燃。如某厂在清理乙炔发生器上部储斗被电磁阀卡住的电石时,用水冲洗,结果电石中磷化钙遇水生成磷化氢,遇空气燃烧,并导致乙炔气和空气混合气的爆炸。

7. 生产运行系统和检修中的系统串通

在正常情况下,易燃物的生产系统不允许有明火作业。某一区域、设备、装置或管线如果停产进行动火检修,必须采取可靠的措施,使生产系统和检修系统隔绝,否则极易发生事故。

【案例 1-10】 某合成氨厂氨水罐停产检修,动火管线和生产系统间未加盲板,仅用阀门隔开,由于阀门不严,又未进行动火分析,结果氨气漏入储罐,动火时储罐发生爆炸。

【案例 1-11】 某厂油罐检修,经过处理后达到动火要求。事隔数天后,相邻的另一油罐开始装油,两罐之间联通阀门没有加盲板隔开。由于阀门不严,满罐油的静压力使阀门泄漏更加严重,造成检修罐内充满了油蒸气和空气的混合物,再次动火前又没有进行检查,结果油罐发生爆炸。

8. 装置内可燃物与生产用空气混合

生产用空气主要有工艺用压缩空气和仪表用压缩空气,如果进入生产系统和易燃物混合或生产系统易燃物料混入压缩空气系统,遇明火都可能导致燃烧爆炸事故。

【案例 1-12】 某合成氨装置,由于天然气混入仪表气源管线,逸出后遇明火发生爆炸。原因是这个生产装置的天然气(原料)管线与仪表用空气管线之间有一个连通管,由阀门隔开。天然气压力为 2.7MPa,空气压力为 0.7MPa。在一次停车检修后,有人误将此阀打开,使天然气通过连通管进入仪表空气管线,再由仪表的排气管逸出,遇明火引起整个控