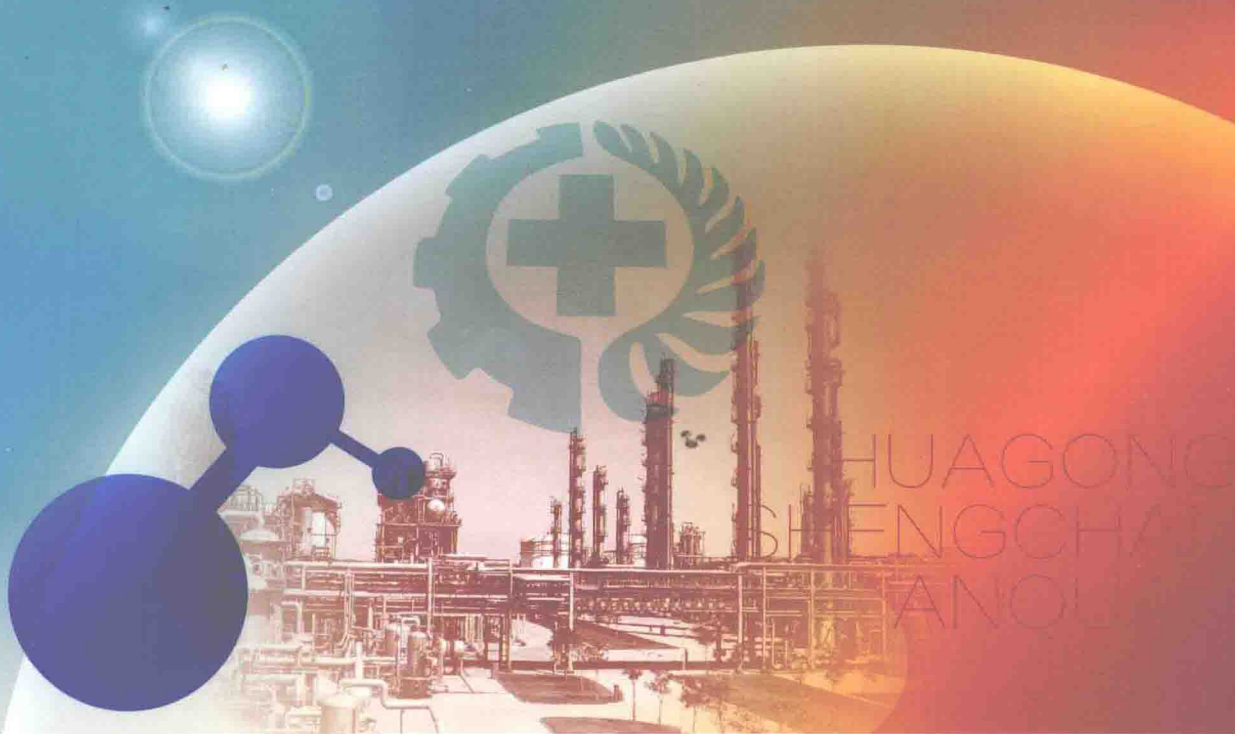




“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



化工生产安全技术

第二版

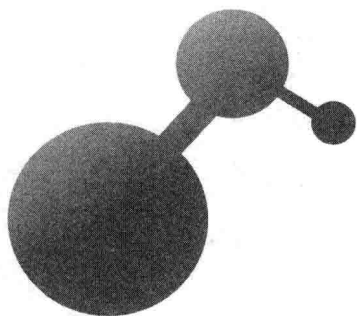
◎ 张麦秋 李平辉 主编 ◎ 张 颖 主审



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



HUAGONG
SHENGCHAN
ANQUAN
JISHU

化工生产安全技术

第二版

张麦秋 李平辉 主编 张 颖 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要介绍化工生产与安全、防火防爆安全技术、工业防毒安全技术、电气与静电防护安全技术、化学反应的安全技术、化工单元操作安全技术、压力容器的安全技术、化工装置检修的安全技术、安全生产事故应急预案编制、石化企业 HSE 管理体系等,各单元附有必备相关理论知识、复习思考题和案例分析等,并附有劳动保护相关知识、化工企业安全生产禁令、安全生产法律法规目录等。

本书适合高职化工技术类专业如应用化工技术、精细化学品生产技术、有机化工生产技术、高聚物生产技术、化工装备技术、生物化工技术、制药技术等专业作为教材,也可作为安全工程类专业教材或参考资料,以及本科院校、中职化工技术类专业学生作参考资料和相关工程技术人员、管理人员、技术工人作为培训教材或学习资料。

图书在版编目(CIP)数据

化工生产安全技术/张麦秋,李平辉主编.—2版.
北京:化学工业出版社,2014.8
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-122-21076-0

I. ①化… II. ①张…②李… III. ①化工生产-安全技术-高等职业教育-教材 IV. ①TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 141176 号

责任编辑:窦臻 高钰 提岩

责任校对:宋玮

装帧设计:尹琳琳

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 1/4 字数 385 千字 2014 年 10 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:30.00 元

版权所有 违者必究

本书主要介绍化工生产与安全、防火防爆安全技术、工业防毒安全技术、电气与静电防护安全技术、化学反应的安全技术、化工单元操作安全技术、压力容器的安全技术、化工装置检修的安全技术、安全生产事故应急预案编制、石化企业 HSE 管理体系等,各单元附有必备相关理论知识、复习思考题和案例分析等,并附有劳动保护相关知识、化工企业安全生产禁令、安全生产法律法规目录等。

本书适合高职化工技术类专业如应用化工技术、精细化学品生产技术、有机化工生产技术、高聚物生产技术、化工装备技术、生物化工技术、制药技术等专业作为教材,也可作为安全工程类专业教材或参考资料,以及本科院校、中职化工技术类专业学生作参考资料和相关工程技术人员、管理人员、技术工人作为培训教材或学习资料。

图书在版编目(CIP)数据

化工生产安全技术/张麦秋,李平辉主编.—2版.
北京:化学工业出版社,2014.8
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-122-21076-0

I. ①化… II. ①张…②李… III. ①化工生产-安全技术-高等职业教育-教材 IV. ①TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 141176 号

责任编辑:窦臻 高钰 提岩

责任校对:宋玮

装帧设计:尹琳琳

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 1/4 字数 385 千字 2014 年 10 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:30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

虽然化工生产中各个环节不安全因素较多，但是，只要各个环节处理得当，各危险因素是可控的。根据化工生产安全管理的发展，本次修订时，增加了安全生产事故应急预案编制及石化企业 HSE 管理体系等内容。建议课时 50 学时。

本教材是由企业专家和学院教师共同开发，通过对具体案例进行分析，介绍相关的安全事故防范与处理的技术技能、安全知识、法律法规等。教师可根据专业类别、教学任务灵活掌握学习内容，也便于学生自学。

本教材由张麦秋、李平辉主编，张麦秋编写单元一、单元三、单元七及附录，吴兴欢编写单元二、单元四，李平辉编写单元五、单元六，何鹏飞编写单元八，陈岳编写单元九，王罗强编写单元十。本教材聘请中国化工教育协会副会长王绍良教授为编写顾问，张麦秋统稿，中盐株化集团高级工程师张颖主审。

为了方便教学，本教材配有电子课件，使用本教材的师生可登录化学工业出版社教学资源网 (www.cipedu.com.cn) 免费下载。也欢迎广大读者通过本课程公共邮箱 hgscqjs@126.com 或进入本课程大学城教学资源空间 <http://www.worlduc.com/UserShow/default.aspx?uid=183643> 交流讨论，教材中的不足之处，敬请指出，以便及时更正。

编者
2014 年 6 月

第一版前言

安全是企业发展的基础，安全生产是企业生存的必备条件。由于我国处于市场经济建设初期，工业安全生产基础薄弱，安全生产管理水平不高，生产力发展水平较低，同时我国又处于经济高速增长期，数以亿计的农民工进入劳动力市场，从业人员素质较低，再加上经济全球化带来发达工业国家向我国转移“高风险、高耗能产业”等因素，使我国工业安全形势更加严峻。

化工生产的原料和产品多为易燃、易爆、有毒及有腐蚀性，化工生产特点多是高温、高压或深冷、真空，化工生产过程多是连续化、集中化、自动化、大型化，化工生产中安全事故主要源自于泄漏、燃烧、爆炸、毒害等，因此，化工行业已成为危险源高度集中的行业。

由于化工生产中各个环节不安全因素较多，且相互影响，一旦发生事故，危险性和危害性大，后果严重。所以，化工生产的管理人员、技术人员及操作人员均必须熟悉和掌握相关的安全知识和事故防范技术，并具备一定的安全事故处理技能。

本教材是由企业专家和学院教师共同开发，采用任务引领、案例驱动的教材开发新理念，以单元—任务—案例—技术分析—相关知识—复习思考题—案例分析的体例形式编写而成，通过对具体案例进行分析，介绍相关的安全事故防范与处理的技术技能，及安全知识、法律法规等，任务清晰，知识目标、能力目标明确。并将相关知识编排于任务之后，由教师根据专业类别、教学任务灵活掌握学习内容，也便于学生自学。

由于本教材是针对高职化工技术类专业如应用化工技术、精细化学品生产技术、有机化工生产技术、高聚物生产技术、化工装备技术专业、生物化工技术、制药技术等专业编写的，各专业任课教师应根据专业培养目标，自由组合相关单元作为本专业教学内容，其他内容可作为专业拓展知识，由学生自学。建议课时 40 学时。

全书由张麦秋、李平辉主编，李平辉编写单元一、单元三，张麦秋编写单元二、单元七及附录，黄铃编写单元五、单元六，高永卫编写单元四，何鹏飞编写单元八。全书由张麦秋统稿，中盐株化集团张颖高级工程师主审。

为方便教学，本书配有电子课件，使用本教材的学校可以登录化学工业出版社教学资源网（www.cipedu.com.cn）免费下载。

教材中如有缺欠之处，敬请指出，以便及时更正，欢迎广大读者进入本课程大学城教学资源网 <http://www.worlduc.com/UserShow/default.aspx?uid=183643> 交流讨论。

编者

目 录

单元一 化工生产与安全	1	四、溢料和泄漏的控制	34
任务一 化工生产的特点及危险性因素分析	1	五、自动控制与安全保护装置	34
一、案例	1	任务四 防火防爆的设施控制	35
二、化工生产的特点分析	2	一、案例	35
三、化工生产的危险性因素分析	3	二、安全防范设计	35
相关知识 化工生产及其地位	4	三、阻火装置防火	36
任务二 化工生产安全分析与评价	6	四、泄压装置防爆	38
一、案例	6	五、其他安全装置	40
二、安全工程的基本概念	6	任务五 消防安全	43
三、危险性预先分析与安全预测	7	一、案例	43
四、危险性评价方法	9	二、常见初起火灾的扑救	43
相关知识 危险化学品	11	相关知识一 灭火方法及其原理	45
任务三 化工生产安全管理	16	相关知识二 灭火设备与设施	46
一、案例	16	复习思考题	49
二、安全管理规范	16	案例分析	49
三、安全目标管理	19	单元三 工业防毒安全技术	50
四、企业安全文化建设	21	任务一 急性中毒的救护	50
相关知识一 安全管理知识	21	一、案例	50
相关知识二 生产安全事故等级划分及 责任追究制度	22	二、急性中毒的现场救护	50
复习思考题	23	相关知识 工业毒物与职业中毒	51
案例分析	23	任务二 综合防毒	54
单元二 防火防爆安全技术	24	一、案例	54
任务一 点火源的控制	24	二、防毒技术	55
一、案例	24	三、防毒管理	56
二、明火的管理与控制	24	四、个体防护技术	58
三、高温表面的管理与控制	25	相关知识 防毒呼吸器	59
四、电火花及电弧的管理与控制	25	复习思考题	62
五、静电的管理与控制	26	案例分析	62
六、摩擦与撞击的管理与控制	26	单元四 电气与静电防护安全技术	63
相关知识一 燃烧与爆炸基础知识	27	任务一 电气安全技术	63
相关知识二 火灾爆炸危险性分析	29	一、案例	63
任务二 火灾爆炸危险物质的处理	30	二、电气安全技术	63
一、案例	31	三、触电急救技术	69
二、火灾爆炸危险物质的处理方法	31	相关知识 电气安全基本知识	71
任务三 工艺参数的安全控制	32	任务二 静电防护技术	76
一、案例	32	一、案例	76
二、温度控制	32	二、静电防护技术	76
三、投料控制	33	相关知识 静电危害及特性	79
		任务三 防雷技术	81

一、案例	81	任务三 筛分、过滤操作的安全技术	102
二、建(构)筑物的防雷技术	82	一、案例	102
三、化工设备的防雷技术	83	二、筛分的安全技术要点	102
四、人体的防雷技术	84	三、过滤的安全技术要点	102
五、防雷装置的检查	85	任务四 粉碎、混合操作的安全技术	103
相关知识 雷电及常用防雷装置	85	一、案例	103
复习思考题	87	二、粉碎的安全技术要点	103
案例分析	87	三、混合的安全技术要点	104
单元五 化学反应的安全技术	88	任务五 输送操作的安全技术	105
任务一 氧化反应的安全技术	88	一、案例	105
一、案例	88	二、输送操作的安全技术要点	105
二、氧化反应的安全技术要点	88	任务六 干燥、蒸发与蒸馏操作的安全技术	106
任务二 还原反应的安全技术	89	一、案例	106
一、案例	89	二、干燥的安全技术要点	107
二、还原反应的安全技术要点	90	三、蒸发的安全技术要点	107
任务三 硝化反应的安全技术	91	四、蒸馏的安全技术要点	107
一、案例	91	任务七 其他单元操作的安全技术	107
二、硝化反应的安全技术要点	91	一、吸收操作的安全技术要点	107
任务四 氯化反应的安全技术	93	二、液-液萃取操作的安全技术要点	108
一、案例	93	任务八 化工单元设备操作的安全技术	108
二、氯化反应的安全技术要点	93	一、案例	108
任务五 催化反应的安全技术	94	二、泵的安全运行	109
一、案例	94	三、换热器的安全运行	109
二、催化反应的安全技术要点	95	四、精馏设备的安全运行	109
任务六 聚合反应的安全技术	95	五、反应器的安全运行	110
一、案例	95	六、蒸发器的安全运行	110
二、聚合反应的安全技术要点	96	七、容器的安全运行	111
任务七 电解反应的安全技术	96	复习思考题	111
一、案例	96	案例分析	111
二、食盐水电解的安全技术要点	96	单元七 压力容器的安全技术	112
任务八 裂解反应的安全技术	97	任务一 压力容器的设计管理	112
一、案例	97	一、案例	112
二、裂解反应的安全技术要点	98	二、设计管理	113
任务九 其他反应的安全技术	98	相关知识 压力容器基本知识	114
一、磺化的安全技术要点	98	任务二 压力容器的制造管理	116
二、烷基化的安全技术要点	98	一、案例	116
三、重氮化的安全技术要点	99	二、压力容器的制造许可管理	117
复习思考题	99	相关知识 压力容器检验技术	118
案例分析	99	任务三 压力容器运行的安全技术	123
单元六 化工单元操作安全技术	100	一、案例	123
任务一 加热操作的安全技术	100	二、投用的安全技术	124
一、案例	100	三、运行控制的安全技术	125
二、加热操作的安全技术要点	101	四、安全操作技术	126
任务二 冷却冷凝与冷冻操作的安全技术	101	五、运行中的主要检查内容	127
一、案例	101	相关知识 压力容器的使用管理	127
二、冷却冷凝与冷冻的安全技术要点	101		

任务四 压力容器停止运行的安全技术	134	复习思考题	165
一、案例	135	案例分析	165
二、正常停止运行的安全技术	136		
三、紧急停止运行的安全技术	137	单元九 安全生产事故应急预案编制	166
任务五 压力容器维护保养的安全技术	137	任务一 生产经营单位安全生产事故应急	
一、案例	138	预案的编制	166
二、使用期间维护保养的安全技术	138	一、应急预案编制的依据	166
三、停用期间的安全技术	140	二、应急预案的类型及编制要求	166
任务六 气瓶的安全技术	140	三、车间生产安全事故应急预案编制	
一、案例	140	解析	167
二、气瓶的安全技术	140	四、案例分析	168
三、气瓶的检验	142	相关知识一 MFT 型推车式干粉灭火器的	
相关知识 气瓶的基本知识	142	使用	171
任务七 工业锅炉的安全技术	144	相关知识二 MF 型手提式干粉灭火器的	
一、案例	144	使用方法	171
二、锅炉运行的安全技术	145	相关知识三 人口呼吸（口对口呼吸）	171
复习思考题	147	相关知识四 胸外心脏挤压法	172
案例分析	147	相关知识五 氧气呼吸机的使用方法	172
单元八 化工装置检修的安全技术	149	任务二 电解车间生产安全事故应急救援	
任务一 装置停车的安全技术	149	预案解析	173
一、案例	149	一、编制目的	173
二、停车操作注意事项	149	二、基本概况	173
三、吹扫与置换	150	三、生产安全事故应急救援指挥小组及	
四、抽堵盲板	151	职责	173
五、装置环境安全标准	151	四、生产安全事故分级标准	174
相关知识 化工装置检修基本知识	152	五、预警级别及事故报警	174
任务二 检修动火作业的安全技术	154	六、应急响应与应急预案的启动	174
一、案例	154	七、事故处置	175
二、动火作业规范	154	八、应急结束	175
任务三 检修用电的安全技术	156	九、事故调查与评估	175
一、案例	156	十、应急物资装备与信号规定	175
二、检修用电规范	156	十一、应急救援队伍	175
任务四 检修高处作业的安全技术	157	十二、应急预案的演练	175
一、案例	157	专项预案一 电解槽漏液事故应急处置	
二、高处作业规范	157	措施	176
任务五 检修限定空间或罐内作业的安全		专项预案二 电解槽突然停电事故应急	
技术	159	处置措施	176
一、案例	159	专项预案三 压缩风包事故应急救援预案	
二、限定空间或罐内作业规范	159	及处置措施	177
任务六 检修起重作业的安全技术	161	专项预案四 起重伤害事故处置措施	178
一、案例	161	专项预案五 火灾事故应急处置措施	179
二、起重作业规范	161	复习思考题	180
任务七 检修后开车的安全技术	162	案例分析	180
一、案例	162	单元十 石化企业 HSE 管理体系	182
二、装置开车前安全检查	162	任务一 HSE 管理体系框架	182
三、装置开车的安全技术	164	一、HSE 管理体系模式	182
		二、健康、安全与环境管理体系建立和	

实施的程序	183	生产安全十条规定	201
三、案例	184	附录四 生产经营单位安全生产事故应急	
相关知识 HSE 管理体系的缘起	184	预案编制导则	202
任务二 HSE 体系危害评价与风险管理	186	附录五 特种设备安全监察条例	207
一、案例	186	附录六 相关安全生产法律法规目录	218
二、危害评价方法	188	附录七 安全生产标志	220
复习思考题	190	附录八 石油天然气工业健康、安全与	
案例分析	190	环境管理体系	222
附录	193	附录九 有关“职业安全健康”的部分	
附录一 常见工业毒物及预防	193	网站	233
附录二 劳动保护相关知识	197	参考文献	235
附录三 化工（危险化学品）企业保障			

单元一 化工生产与安全

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。化工生产涉及高温、高压、易燃、易爆、腐蚀、剧毒等状态和条件，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。特别是事故往往波及空间广、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。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。

任务一 化工生产的特点及危险性因素分析

知识目标：能陈述化工生产的特点；能说明化工生产的发展与地位。

能力目标：初步建立安全生产意识；能初步判断化工生产的风险；能分析事故发生的主要原因。

一起复杂的事故，其背后潜在的问题是多方面的。了解化工生产本身的特点，掌握化工生产的危险因素，抓住技术、人、信息和组织管理的安全生产四要素才能避免重大化工生产安全事故的发生。

一、案例

印度博帕尔农药厂发生的“12·3”事故是世界上最大的一次化工毒气泄漏事故，其死亡损失之惨重，震惊全世界，令人触目惊心。

1984年12月3日凌晨，印度中央联邦首府博帕尔的美国联合碳化公司农药厂发生毒气泄漏事故。有近40t剧毒的甲基异氰酸酯（MIC）及其反应物在2h内冲向天空，顺着7.4km/h的西北风向东南方向飘荡，覆盖了相当部分市区（约64.7km²）。高温且密度大于空气的MIC蒸气，在当时17℃的大气中，迅速凝聚成毒雾，贴近地面层飘移，许多人在睡梦中就离开了人世。而更多的人被毒气熏呛后惊醒，涌上街头，晕头转向，不知所措。博帕尔市顿时变成了一座恐怖之城。在短短的几天内死亡2500余人，有20多万人受伤需要治疗。据统计本次事故共死亡3500多人。孕妇流产、胎儿畸形、肺功能受损的受害者不计其数。

这次事故经济损失高达近百亿元，震惊整个世界。

1. 事故原因

原因是多方面的，该厂生产过程中的技术、设备、人员素质、安全管理等许多方面都存在着问题。

（1）直接原因 严重违反操作规程，操作人员素质差、责任心不强。

（2）间接原因

① 厂址选择不当。建厂时未严格按工业企业设计卫生标准要求，没有足够的卫生隔离带。

② 当局和工厂对MIC的毒害作用缺乏认识。发生重大的泄漏事故后，根本没有应急救

援和疏散计划。

③ 工厂的防护检测设施差。仅有一套安全装置，由于管理不善，而未处于应急状态之中，事故发生后不能启动。

④ 管理混乱。安全装置无人检查和维修，随意拆除温度指示和报警装置，坐失抢救良机。交接班不严格，常规的监护和化验记录漏记。

⑤ 技术人员素质差。2日23:00，610号贮罐突然升压，操作员向工长报告时，得到答复却说不要紧，对可能发生的异常反应缺乏认识。

⑥ 对MIC急性中毒的抢救无知。事故发生后，医疗当局和医务人员都不知道其抢救方法。

2. 事故教训

① 对于产生化学危险物品的工厂，在建厂前选址时应作危险性评价。根据危险程度留有足够防护带。建厂后，不得临近厂区建居民区。

② 对于生产和加工有毒化学品的装置，应装配传感器、自动化仪表和计算机控制等设施，提高装置的安全水平。

③ 对剧毒化学品的贮存量应以维持正常运转为限，博帕尔农药厂每日使用MIC的量为5t，但该厂却贮存了55t。

④ 健全安全管理规程，并严格执行。提高操作人员技术素质，杜绝误操作和违章作业。严格交接班制度，记录齐全，不得有误，明确责任，奖罚分明。

⑤ 强化安全教育和健康教育，提高职工的自我保护意识和普及事故中的自救、互救知识。坚持持证上岗，没有安全作业证者不得上岗。

⑥ 对生产和加工剧毒化学品的装置应有独立的安全处理系统，一旦发生泄漏事故，能及时启动处理系统，将毒物全部吸收或破坏掉。该系统应定期检修，保持良好的应急工作状态。

⑦ 对小事故要做详细分析处理，做到“四不放过”。该厂在1978年至1983年间曾发生过6起急性中毒事故，并且中毒死亡一人，尚未引起管理人员对安全的重视。

⑧ 凡生产和加工剧毒化学品的工厂都应制定化学事故应急救援预案。通过预测把可能导致重大灾害的情报在工厂内公开，并应定期进行事故演习，把防护、急救、脱险、疏散、抢险、现场处理等信息让有关人员都清楚。

二、化工生产的特点分析

化学工业作为国民经济的支柱产业，与农业、轻工、纺织、食品、材料建筑及国防等部门有着密切的联系，其产品已经并将继续渗透到国民经济的各个领域。其生产过程的主要特点有以下几个方面。

1. 化工生产涉及的危险品多

化工生产使用的原料、半成品和成品种类繁多，且绝大部分是易燃、易爆、有毒、有腐蚀的化学危险品。生产中的贮存和运输等有其特殊的要求。

2. 化工生产要求的工艺条件苛刻

生产中，有些化学反应在高温、高压下进行，有的要在深冷、高真空度下进行。如由轻柴油裂解制乙烯，再用高压法生产聚乙烯的生产过程中，轻柴油在裂解炉中的裂解温度为800℃；裂解气要在深冷（-96℃）条件下进行分离；纯度为99.99%的乙烯气体在100~300MPa压力下聚合，制成聚乙烯树脂。

3. 生产规模大型化

国际上化工生产装置大型化明显加快。以乙烯装置的生产能力为例，20 世纪 50 年代为 10 万吨/年，70 年代达到 60 万吨/年。化肥生产，合成氨从 20 世纪 50 年代的 6 万吨/年到 60 年代初的 12 万吨/年，60 年代末达到 30 万吨/年，70 年代发展到 50 万吨/年以上。

4. 生产方式日趋先进

现代化工企业的生产方式已经从过去的手工操作、间歇生产转变为高度自动化、连续化生产，生产设备由敞开式变为密闭式，生产装置由室内走向露天，生产操作由分散控制变为集中控制，同时也由人工手动操作和现场观测发展到由计算机遥测遥控等。

三、化工生产的危险性因素分析

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、交通等同类事故多发行业。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，见表 1-1。

表 1-1 化学工业危险因素的类型

序号	类型	危 险 因 素
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
2	工厂布局	①工艺设备和贮存设备过于密集 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产品的标示不完全 ③送风装置内的粉尘爆炸 ④废气、废水和废渣的处理 ⑤装置内的装卸设施

续表

序号	类型	危险因素
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波动
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遇到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 9 类危险因素所起的作用,表 1-2 为统计结果。

表 1-2 化学工业和石油工业的危险因素统计结果

类别	危险因素	危险因素的比例/%	
		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

由于化工生产存在诸多危险性,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。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,即使有先进的生产技术和现代化的设备,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。



相关知识

化工生产及其地位

1. 发展

化学工业是一个历史悠久、行业和产品涉及广泛、在国民经济中占重要地位的行业。数千年以前,人们创造的陶瓷、冶金、酿造、造纸、染色等生产工艺,就是古老的化学工艺

过程。

18 世纪, 纺织工业的兴起, 纺织物漂白与染色技术的发展, 需要硫酸、烧碱、氯气等无机化学产品; 农业生产对化学肥料及农药的需求; 采矿业的发展需要大量的炸药, 所有这些都推动了近代化学工业的发展。

19 世纪, 以煤为基础原料的有机化学工业在德国迅速发展起来。19 世纪末 20 世纪初, 石油的开采和炼制为石油化学工业与化学工程技术奠定了基础。同时, 美国产生了以“单元操作”为主要标志的现代化学工业生产。1888 年, 美国麻省理工学院开设了世界上最早的化学工程专业, 基本内容是工业化学和机械工程。

20 世纪 20 年代石油化学工业的崛起推动了各种单元操作的研究。50 年代中期提出了传递过程原理, 把化学工业中的单元操作进一步解析为三种基本操作过程, 即动量传递、热量传递和质量传递以及三者之间的联系。同时在反应过程中把化学反应与上述三种传递过程一并研究, 用数学模型描述过程。60 年代初, 新型高效催化剂的发明, 新型高级装置材料的出现, 以及大型离心压缩机的研究成功, 开始了化工装置大型化的进程, 把化学工业推向一个新的高度。此后, 化学工业过程开发周期已能缩短至 4~5 年, 放大倍数达 500~20000 倍。

2. 分类

化工生产通常分为无机和有机两大化学工业门类。

(1) 无机化学工业 无机化学工业包括:

- ① 基本无机化学工业。包括无机酸、碱、盐及化学肥料的生产。
- ② 精细无机化学工业。包括稀有元素、无机试剂、药品、催化剂、电子材料的生产。
- ③ 电化学工业。包括食盐水溶液的电解, 烧碱、氯气、氢气的生产; 熔融盐的电解, 金属钠、镁、铝的生产; 电石、氯化钙和磷的电热法生产等。
- ④ 冶金工业。钢铁、有色金属和稀有金属的冶炼。
- ⑤ 硅酸盐工业。玻璃、水泥、陶瓷、耐火材料的生产。
- ⑥ 矿物性颜料工业。

(2) 有机化学工业 有机化学工业包括:

- ① 基本有机合成工业。以甲烷、一氧化碳、氢、乙烯、丙烯、丁二烯以及芳烃为基础原料, 合成醇、醛、酸、酮、酯等基本有机合成原料的生产。
- ② 精细有机合成工业。染料、医药、有机农药、香料、试剂、合成洗涤剂、塑料与橡胶的添加剂, 以及纺织和印染助剂的生产。
- ③ 高分子化学工业。塑料、合成纤维、合成橡胶等高分子材料的合成。
- ④ 燃料化学加工工业。石油、天然气、煤、木材、泥炭的加工。
- ⑤ 食品化学工业。糖、淀粉、油脂、蛋白质、酒类等食品的生产。
- ⑥ 纤维素化学工业。以天然纤维素为原料的造纸、人造纤维、胶片等的生产。

在上述化学工业部门的分类中, 有些工业部门如冶金工业, 由于在国民经济中的特殊性, 已经从化学工业中分离出来, 成为一个单独的工业部门; 水泥、玻璃等硅酸盐的生产, 根据国家对经济管理的需要, 划归建材工业部门; 合成纤维、人造纤维属于纺织工业部门; 而造纸、食品、酿造等归入轻工业部门。

目前的化学工业已经发展成为一个有化学矿山、化学肥料、基本化学原料、无机盐、有机原料、合成材料、农药、染料、涂料、感光材料、国防化工、橡胶制品、助剂、试剂、催化剂、化工机械和化工建筑安装等 23 个行业的工业生产部门。

3. 化学工业在国民经济中的地位

当今世界，人们的衣、食、住、行等各个方面都离不开化工产品。化肥和农药为粮食和其他农作物的增产提供了物资保障；质地优良、品种繁多的合成纤维制品不但缓解了棉粮争地的矛盾，而且大大美化了人们的生活；合成药品种类的日益增多，大大增强了人类战胜疾病的能力；合成材料具有耐高温、耐低温、耐腐蚀、耐磨损、高强度、高绝缘等特殊性能，成为发展近代航天技术、核技术及电子技术等尖端科学技术不可缺少的材料，并普遍应用在建筑业、汽车、轮船、飞机制造业上。

我国是化学品生产和消费大国。乙烯、合成树脂、无机原料、化肥、农药等重要大宗产品产量位居世界前列。据统计，2004 年化肥、硫酸、纯碱、染料世界第一；原油加工量、烧碱世界第二；乙烯世界第三。随着国民经济飞速发展，化学工业在国民经济中地位的重要性日趋凸显。截至 2010 年底，我国石化和化学工业规模以上企业约 3.5 万家，全部从业人员约 608 万人，资产总计约 5.25 万亿元。2010 年，全行业实现工业总产值 7.64 万亿元，“十一五”年均增长 22.3%。

然而，经济社会的不断发展，城镇化的快速推进，众多老化工企业逐渐被城镇包围，安全防护距离不足等问题凸显。部分处于城镇人口稠密区、江河湖泊上游、重要水源地、主要湿地和生态保护区的危险化学品生产企业已成为重大安全环保隐患。据初步统计，化学原料及化学制品制造业排放的废水、废气、废固总量分别居全国工业行业第 2 位、第 4 位和第 5 位，化学需氧量（COD）、氨氮、二氧化硫、氮氧化物等主要污染物排放也均位居全国工业前列。

随着我国建设资源节约型、环境友好型社会战略的实施，化学工业在资源保障、节能减排、淘汰落后、环境治理、安全生产等方面，面临着更加严峻的形势和任务。

任务二 化工生产安全分析与评价

知识目标：能陈述安全工程的基本内容；能说明危险源的范围及危险化学品的分类和特性。

能力目标：初步具备对化工生产中的危险性与安全进行分析预测的能力。

安全是客观事物的危险程度能够为人们普遍接受的状态，安全技术是人们为了预防或消除对工人健康的有害影响和各类事故的发生，改善劳动条件而采取的各种技术措施和组织措施。安全生产是化工企业永恒的主题，对化工生产中的危险性与安全进行分析预测是十分重要的。

一、案例

1993 年 8 月 5 日，广东省深圳市安贸公司清水河危险化学品仓库发生特大火灾爆炸事故，造成 15 人死亡，141 人受伤住院治疗，其中重伤 34 人，直接经济损失 2.5 亿元。专家认定，清水河的干杂仓库被违章改做化学危险品仓库，仓库内化学危险品存放严重违章是事故的主要原因，教训极为深刻。

二、安全工程的基本概念

安全工程，是指在具体的安全存在领域中，运用的各种安全技术及其综合集成，以保障人体动态安全的方法、手段、措施，内容包括生产和工作过程中各种事故和职业性伤害发生的规律、原因及防止技术和手段，各类事故可能对人身、财产、环境带来恶果等。

安全工程是依附于所处的生产领域和工作过程的工作。为了在工程实践中实现其安全功能,安全工程都带有明显的行业特征,必须符合所处的生产领域和工作过程的技术、工艺、装备条件和运行规律。

任何具体的安全工程项目都具有双重的工程技术范畴,即特有安全工程技术和行业安全工程技术。特有安全工程技术包括系统安全工程、安全系统工程、安全控制工程、安全人机工程、消防工程、安全卫生工程、安全管理工程、安全价值工程等。行业安全工程技术包括化工安全工程、建筑安全工程、矿山安全工程、交通安全工程、电气安全工程、信息安全工程等。化工生产的管理人员、技术人员及操作人员既要熟悉特有安全工程技术,还必须掌握行业安全工程技术。特有安全工程技术的主要内容见表 1-3。

表 1-3 特有安全工程技术的主要内容

项 目 工 程	定义或描述	基 本 内 容
系统安全工程	运用系统论、风险管理理论、可靠性理论和工程技术手段进行辨别、评价,并采取措施使系统在可接受的性能、时间、成本范围内达到最佳安全程度	危险源辨识、危险性评价、危险源控制
安全系统工程	安全系统工程就是应用系统工程的原理和方法,分析、评价及消除系统中的各种危险,实现系统安全的一整套管理程序和方法体系	系统安全分析、系统安全预测、系统安全评价、安全管理措施
安全控制工程	应用控制论的一般原理和方法解决安全控制系统的调节与控制规律	一般分析程序:绘制安全系统框图、建立安全控制系统模型、对模型进行计算和决策、综合分析 with 验证
安全人机工程	是人-机-环境系统工程与安全工程的结合,保证系统在人、机、环境三者的最佳安全匹配下,以确保人-机-环境系统高效、经济地运行	主要包括人-机-环境系统整体安全性能分析、设计和评价,人-机-环境系统的安全分析数学模型和物理模拟技术,虚拟现实技术在人-机-环境系统整体安全中的应用等
消防工程	消防工程是消火、防火工程的简称。消防工程是在对火灾现象、火灾影响、人们在火灾中的行为和反应的分析认识的基础上,运用科学和工程原理、规范以及专家判断,保护人员、财产和环境免受火灾的危害的工程和技术措施	英国工程理事会(ECD)认为,消防工程涉及 14 个科学和工程领域,即火灾科学(与消防化学、消防动力学)、防火工程(与主动、被动)、烟气控制、逃生、火场灭火、火灾调查、火灾风险评价及估量(包括火灾保险)、消费项目及能源的消防安全、消防安全设计(与建筑物管理、工业过程管理、运输活动管理、城市和社区管理)
安全卫生工程	从质和量两个方面来阐明职业性危害因素与劳动者健康水平的关系,从技术上改善劳动条件,防止职业病,保护劳动者的安全与健康,提高其作业能力,促进生产的发展和劳动生产率的提高	职业性危害因素及其检测、劳动卫生标准、职业性危害防治技术
安全管理工程	是管理者运用管理工程学的理论和方法对安全生产进行的计划、组织、指挥、协调和控制的一系列技术、组织和管理活动	安全管理工程作为管理工程的重要分支,遵循管理工程的普遍规律性,服从管理工程的基本原理
安全价值工程	是运用价值工程的理论和方法,依靠集体智慧和有组织的活动,通过对某种措施进行安全功能分析,力图用最低安全寿命周期投资,实现必要的安全功能,从而提高安全价值的安全技术经济方法	安全价值工程的任务:实现最佳安全投资策略、追求安全功能与安全投入的最佳匹配

三、危险性预先分析与安全预测

1. 危险性预先分析

危险性预先分析(缩写为 PHA)是一种定性分析评价系统内危险因素和危险程度的方