



“十二五”江苏省高等学校重点教材 (编号: 2015-1-091)



普通高等教育“十三五”规划教材

化工生产安全技术

HUAGONG SHENGCHAN ANQUAN JISHU

(第二版)

陈 群◎主编



中国石化出版社

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



“十二五”江苏省高等学校重点教材 (编号:2015-1-091)



普通高等教育“十三五”规划教材

化工生产安全技术

(第二版)

陈群 主编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书是作者在多年科研、教学实践的基础上,吸收了当前国内外化工安全科学知识的最新内容编写而成的。全书根据化工生产的基本原理和方法,结合化工工艺和技术的特点,系统阐述了化学危险物质、化工单元操作、化学反应过程、化工安全设计、化工装置安全检修、压力容器安全、电气安全等化工生产过程安全控制技术,并对化工生产中的职业危害和劳动保护等相关知识进行了详细的介绍。

本书可作为高等院校安全工程、化学工程及相关工程类专业本科生的教学用书,还可作为从事化学工业、精细化工、药物合成、石油化工安全生产技术与管理专业人员的培训和学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工生产安全技术 / 陈群主编. —2 版.

—北京:中国石化出版社,2017. 12

普通高等教育“十三五”规划教材 “十二五”江苏省高等学校重点教材

ISBN 978-7-5114-4676-3

I. ①化… II. ①陈… III. ①化工生产-安全技术-高等学校-教材 IV. ①TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 257282 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

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 18 印张 450 千字

2018 年 1 月第 2 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

定价:55.00 元

再版前言

安全，是一个历史悠久、永恒发展的话题，是国家发展、人民安康的基本保证。随着我国社会、经济的快速发展，安全问题日益突出，安全生产已经成为各行业的首要问题。

化学工业与国民经济各部门密切联系，它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的作用，化学工业的发展水平已经成为衡量一个国家综合实力的重要标志之一。

但是，化学工业涉及化学品尤其是危险化学品，它们具有易燃易爆、有毒有害的固有危险特性，这些危险有害因素并不会随着社会进步或经济发展而改变。目前，我国化工生产安全事故居高不下，重特大事故时有发生，给国家和人民带来了巨大的损失。国家领导人多次对安全生产工作做出重要批示，提出“安全红线”的刚性要求，要求全方位强化安全生产，这些对安全人才的培养都产生了深刻的影响。

长期以来，国内高校化学、化工类专业主要注重化学品的合成工艺研究及流程实现，但是对实际流程中的安全风险、如何管控这些风险、对安全生产所具备的环境和隐患排除等内容涉及较少，而安全类专业对化工工艺及化学原理基础知识学习不够，两者相互脱节，难以适应我国化学工业的快速发展。2016年11月22日，国家安监总局、教育部联合要求，在全国相关高校和专科学校将化工安全生产课程设为必修课。

本书以事故致因理论为基础，以化学物质和化学反应过程为载体，以安全科学技术为手段，预防和控制化工生产各环节可能发生的事故和伤害。本书将化学品安全管理、工艺设备安全和化工企业整体安全有机结合，系统全面地阐述了化工生产安全法律法规、化学危险物质及其储存运输安全、化工反应过程安全技术、化工单元操作安全技术、压力容器安全技术、电气与静电安全技术、化工安全设计、化工生产职业危害与劳动保护、化工装置安全检修等安全控制技术，力求较全面地探究事故的根本原因及预防、控制对策，解决化工生产中

的具体安全问题，使从事化工安全生产技术与管理人员能系统地掌握化工生产安全技术和方法。

本书第一版自 2012 年出版以来，由于内容丰富，知识结构系统且理论联系实际，在编写上深入浅出，语言简练明了，案例生动有趣，获得了社会的广泛好评，并于 2015 年成功遴选为江苏省高等学校立项建设的重点教材(编号：2015-1-091)。在此基础上，作者考虑到近年我国化工生产安全技术领域发生的巨大变化和突飞猛进的发展，以及广大技术人员和管理人员知识更新的需要，特别是适应安全科学与工程一级学科的发展，以及高等学校与国际工程认证标准接轨，对化工安全领域的最新成果与发展进行补充、完善，对国内最新安全法规标准进行了总结和更新，最终形成本书。

为便于读者自习，本书还在每个学习单元上增加了学习目的和要求以及案例分析和复习思考题。本书所用素材，部分来自作者多年来从事化工安全教学、科研的积累和体会，部分来自对近年来公开出版的相关教材、专著的学习和吸收，在此对原著作者和出版社表示感谢。

本书由常州大学陈群主编，常州大学陈海群、王凯全、王新颖、葛秀坤、黄勇和南京理工大学朱俊武、潘峰、卑凤利等参与编写，全书由陈群统稿。在编写的过程中得到了常州大学教务处的大力帮助，在此谨向他们致以诚挚的谢意，作者同时感谢 2015 年度江苏高校优秀科技创新团队和常州市石墨烯环境安全材料重点实验室资助项目(CM20153006)。

化工生产安全技术涉及面广，专业性强，由于作者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者和同行多多赐教，不胜感激！

目 录

| | |
|--------------------------------------|--------|
| 1 绪 论 | (1) |
| 1.1 化工生产与安全 | (2) |
| 1.1.1 化工生产的特点 | (2) |
| 1.1.2 化工生产中常见事故原因 | (3) |
| 1.1.3 安全生产在化工生产中的重要意义 | (4) |
| 1.2 化工生产安全技术与管理 | (5) |
| 1.2.1 化工生产安全技术 | (5) |
| 1.2.2 化工安全生产管理 | (6) |
| 1.3 安全生产法律法规 | (14) |
| 1.3.1 安全生产法律法规体系 | (14) |
| 1.3.2 我国主要的安全生产法律法规 | (16) |
| 1.4 危险化工安全生产禁令 | (23) |
| 1.4.1 化工生产四十一条禁令 | (23) |
| 1.4.2 中国石化安全生产十大禁令 | (24) |
| 1.4.3 高处作业中的“十不登高”“四不准踏”和“防落口” | (25) |
| 1.4.4 化工防火防爆十大禁令 | (25) |
| 复习思考题 | (26) |
| 案例分析 | (26) |
| 2 化学危险物质 | (27) |
| 2.1 化学危险物质的危险性 | (27) |
| 2.1.1 化学物质的活性 | (27) |
| 2.1.2 化学物质的物理危险 | (30) |
| 2.1.3 化学物质的生物危险 | (34) |
| 2.1.4 化学物质的环境危险 | (34) |
| 2.2 危险化学品分类及特性 | (36) |
| 2.2.1 爆炸品 | (37) |
| 2.2.2 压缩气体和液化气体 | (38) |
| 2.2.3 易燃液体 | (39) |
| 2.2.4 易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品 | (40) |
| 2.2.5 氧化剂和有机过氧化物 | (41) |
| 2.2.6 毒害品和感染性物品 | (42) |
| 2.2.7 放射性物品 | (43) |
| 2.2.8 腐蚀品 | (43) |
| 2.3 化学危险物质包装、储存和运输安全 | (44) |

| | | |
|--------|--------------|------|
| 2.3.1 | 包装安全技术 | (44) |
| 2.3.2 | 储存安全技术 | (45) |
| 2.3.3 | 化学危险物质运输安全 | (48) |
| 2.4 | 化学危险物质事故应急处理 | (49) |
| 2.4.1 | 危险化学品事故的类型 | (49) |
| 2.4.2 | 火灾事故现场应急处理 | (50) |
| 2.4.3 | 爆炸事故现场应急处理 | (50) |
| 2.4.4 | 泄漏事故现场应急处理 | (51) |
| 2.4.5 | 中毒事故现场应急处理 | (52) |
| 2.4.6 | 化学灼伤事故现场应急处理 | (53) |
| 2.4.7 | 环境污染事故现场应急处理 | (54) |
| | 复习思考题 | (55) |
| | 案例分析 | (55) |
| 3 | 化工反应过程安全技术 | (57) |
| 3.1 | 化工反应的危险性分类 | (57) |
| 3.2 | 典型化工反应过程安全技术 | (58) |
| 3.2.1 | 氧化反应 | (58) |
| 3.2.2 | 还原反应 | (60) |
| 3.2.3 | 硝化反应 | (62) |
| 3.2.4 | 氯化反应 | (64) |
| 3.2.5 | 催化反应 | (66) |
| 3.2.6 | 裂解反应 | (68) |
| 3.2.7 | 聚合反应 | (70) |
| 3.2.8 | 磺化、烷基化和重氮化反应 | (73) |
| 3.2.9 | 电解反应 | (75) |
| 3.2.10 | 其他反应 | (77) |
| 3.3 | 化工工艺参数安全控制 | (79) |
| 3.3.1 | 温度控制 | (79) |
| 3.3.2 | 压力控制 | (80) |
| 3.3.3 | 液位控制 | (80) |
| 3.3.4 | 加料控制 | (80) |
| 3.3.5 | 成分控制 | (81) |
| 3.3.6 | 自动控制与安全保护装置 | (82) |
| | 复习思考题 | (83) |
| | 案例分析 | (83) |
| 4 | 化工单元操作安全技术 | (84) |
| 4.1 | 化工单元操作的危险性 | (84) |
| 4.2 | 化工单元操作安全技术 | (85) |
| 4.2.1 | 物料输送操作安全技术 | (85) |
| 4.2.2 | 加热操作安全技术 | (89) |

| | | |
|-------|--------------------|-------|
| 4.2.3 | 冷却、冷凝、冷冻操作安全技术 | (90) |
| 4.2.4 | 筛分、过滤操作安全技术 | (93) |
| 4.2.5 | 粉碎、混合操作安全技术 | (95) |
| 4.2.6 | 熔融、干燥操作安全技术 | (98) |
| 4.2.7 | 蒸发、蒸馏操作安全技术 | (100) |
| 4.2.8 | 吸收操作安全技术 | (102) |
| 4.2.9 | 萃取操作安全技术 | (102) |
| 4.3 | 化工单元设备安全技术 | (103) |
| 4.3.1 | 泵的安全运行 | (103) |
| 4.3.2 | 换热器的安全运行 | (106) |
| 4.3.3 | 精馏设备的安全运行 | (109) |
| 4.3.4 | 反应器的安全运行 | (111) |
| 4.3.5 | 过滤器的安全运行 | (113) |
| 4.3.6 | 压缩机的安全运行 | (114) |
| 4.3.7 | 蒸发设备的安全运行 | (116) |
| 4.3.8 | 存储设备的安全运行 | (116) |
| | 复习思考题 | (117) |
| | 案例分析 | (117) |
| 5 | 压力容器安全技术 | (119) |
| 5.1 | 压力容器概述 | (119) |
| 5.1.1 | 压力容器的定义 | (119) |
| 5.1.2 | 压力容器的分类 | (120) |
| 5.1.3 | 压力容器的结构 | (123) |
| 5.1.4 | 压力容器安全运行基本条件 | (124) |
| 5.2 | 压力容器的设计、制造、使用与定期检验 | (124) |
| 5.2.1 | 压力容器的破坏形式 | (124) |
| 5.2.2 | 压力容器设计、制造和安装 | (127) |
| 5.2.3 | 压力容器的安全使用管理 | (129) |
| 5.2.4 | 压力容器的定期检验 | (131) |
| 5.3 | 压力容器的安全附件 | (133) |
| 5.4 | 工业锅炉安全技术 | (137) |
| 5.4.1 | 锅炉的分类 | (138) |
| 5.4.2 | 锅炉常见事故 | (139) |
| 5.4.3 | 锅炉运行的安全管理 | (140) |
| 5.4.4 | 锅炉的主要安全附件 | (142) |
| 5.4.5 | 锅炉的定期检验 | (143) |
| 5.5 | 气瓶安全技术 | (143) |
| 5.5.1 | 气瓶的分类 | (144) |
| 5.5.2 | 气瓶的颜色和标记 | (146) |
| 5.5.3 | 气瓶的安全附件 | (146) |

| | | |
|-------|---------------|-------|
| 5.5.4 | 气瓶安全管理 | (147) |
| 5.6 | 压力容器法律法规、标准体系 | (151) |
| | 复习思考题 | (152) |
| | 案例分析 | (152) |
| 6 | 电气与静电安全技术 | (153) |
| 6.1 | 电气安全工程基础 | (153) |
| 6.1.1 | 电(能)的基本知识 | (153) |
| 6.1.2 | 电气事故的特点与分类 | (154) |
| 6.2 | 电气安全防护技术 | (156) |
| 6.2.1 | 电气安全的管理措施 | (157) |
| 6.2.2 | 电气安全的技术措施 | (158) |
| 6.3 | 静电防护技术 | (172) |
| 6.3.1 | 静电的产生与危害 | (172) |
| 6.3.2 | 静电防护措施 | (175) |
| 6.4 | 防雷技术 | (179) |
| 6.4.1 | 雷电形成、分类和危害 | (179) |
| 6.4.2 | 建筑物的防雷分类 | (181) |
| 6.4.3 | 防雷装置 | (182) |
| 6.4.4 | 防雷措施 | (184) |
| | 复习思考题 | (187) |
| | 案例分析 | (187) |
| 7 | 化工安全设计 | (189) |
| 7.1 | 厂址选择与总平面布置 | (190) |
| 7.1.1 | 厂址的安全选择 | (190) |
| 7.1.2 | 总平面布置 | (192) |
| 7.2 | 建筑物的安全设计 | (197) |
| 7.2.1 | 生产及储存的火灾危险性分类 | (197) |
| 7.2.2 | 建筑物的耐火等级 | (198) |
| 7.2.3 | 建筑物的防火结构 | (200) |
| 7.2.4 | 安全疏散 | (203) |
| 7.3 | 化工过程安全设计 | (205) |
| 7.3.1 | 工艺过程的安全设计 | (205) |
| 7.3.2 | 工艺流程的安全设计 | (207) |
| 7.3.3 | 工艺装置的安全设计 | (207) |
| 7.3.4 | 工艺管线的安全设计 | (208) |
| 7.3.5 | 过程物料的安全评价 | (210) |
| 7.3.6 | 工艺设计安全校核 | (211) |
| 7.4 | 消防设计 | (212) |
| 7.4.1 | 消防设施 | (212) |
| 7.4.2 | 消防设施的配置 | (214) |

| | |
|---------------------------|--------------|
| 复习思考题 | (218) |
| 案例分析 | (218) |
| 8 职业危害与劳动保护 | (220) |
| 8.1 职业危害因素与职业病 | (220) |
| 8.1.1 职业危害因素及其来源 | (220) |
| 8.1.2 职业病概述 | (222) |
| 8.2 化工生产职业危害与劳动保护 | (225) |
| 8.2.1 劳动保护的主要工作内容 | (225) |
| 8.2.2 工业毒物危害与防护 | (225) |
| 8.2.3 生产性粉尘危害与防护 | (233) |
| 8.2.4 灼伤危害及防护 | (236) |
| 8.2.5 振动危害与防护 | (238) |
| 8.2.6 噪声危害与防护 | (240) |
| 8.2.7 辐射危害与防护 | (242) |
| 8.2.8 高温、低温作业危害与防护 | (245) |
| 8.2.9 实行工时休假制度 | (247) |
| 8.2.10 女职工和未成年工劳动保护 | (247) |
| 复习思考题 | (249) |
| 案例分析 | (249) |
| 9 化工装置安全检修 | (251) |
| 9.1 化工设备与化工装置检修 | (251) |
| 9.1.1 化工设备分类及安全要求 | (251) |
| 9.1.2 化工装置检修的分类 | (252) |
| 9.1.3 化工装置检修的特点 | (252) |
| 9.2 化工装置检修安全管理 | (253) |
| 9.3 化工装置安全停车与处理 | (255) |
| 9.3.1 停车前的准备工作 | (255) |
| 9.3.2 装置停车的安全处理 | (255) |
| 9.4 化工装置检修作业安全技术 | (258) |
| 9.4.1 动火作业 | (258) |
| 9.4.2 动土作业 | (259) |
| 9.4.3 设备内作业 | (261) |
| 9.4.4 高处作业 | (262) |
| 9.4.5 厂区吊装作业 | (264) |
| 9.4.6 电气作业 | (265) |
| 9.4.7 盲板抽堵作业 | (266) |
| 9.4.8 受限空间作业 | (267) |
| 9.4.9 断路作业 | (268) |
| 9.5 化工装置的安全检修 | (269) |
| 9.5.1 压力容器的安全检修 | (269) |

| | | |
|-------------|-----------------|-------|
| 9.5.2 | 管道的安全检修 | (270) |
| 9.5.3 | 电气设备的安全检修 | (271) |
| 9.5.4 | 化工仪表的安全检修 | (272) |
| 9.6 | 装置检修后开车 | (274) |
| 9.6.1 | 装置开车前安全检查 | (274) |
| 9.6.2 | 装置开车 | (276) |
| | 复习思考题 | (276) |
| | 案例分析 | (277) |
| 参考文献 | | (278) |

1 绪 论

本章学习目的和要求

1. 了解化工生产的特点；
2. 了解化工生产中常见事故原因；
3. 了解化工安全技术措施的分类及其主要内容；
4. 掌握安全生产管理的基本原则和主要内容；
5. 了解安全生产法律法规的定义及特点；
6. 掌握我国主要的安全生产法律法规。

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，是一个历史悠久、多品种、在国民经济中占有重要地位的工业部门。

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稳产高产提供了保障；质地优良、品种繁多、价廉物美的合成纤维制品提高了人们的生活质量；合成药品种类的日益增多，迅速提高了人们战胜疾病的能力；各种合成新材料，普遍应用在建筑、汽车、轮船、飞机制造等行业；具有耐高温、耐低温、耐腐蚀、高强度、高绝缘等特殊性能的材料在航天科技、电子技术等尖端科学技术中更是不可或缺。

化学工业的内部分类比较复杂，过去把化学工业部门分为无机化学工业和有机化学工业两大类，前者主要有酸、碱、盐、硅酸盐、稀有元素、电化学工业等；后者主要有合成纤维、塑料、合成橡胶、化肥、农药等工业。

20 世纪初，兴起了以石油、天然气为原料生产有机化工产品的石油化学工业。20 世纪 60 年代和 70 年代是石油化学工业飞速发展的时期，包括的范围越来越广泛。以石油炼厂气、油田伴生气及各种石油馏分为原料，经过裂解、分离，可以生产出烯烃、芳烃等有机合成的基础原料以及一系列重要的有机产品，如合成树脂、合成橡胶、合成纤维等。

随着化学工业的发展，跨类的部门层出不穷，逐步形成酸、碱、化肥、农药、有机原料、塑料、合成橡胶、合成纤维、染料、涂料、医药、感光材料、合成洗涤剂、炸药、橡胶等门类繁多的化学工业。

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，化学工业生产本身面临着安全生产和环境保护方面的重要问题。随着化学工业的飞速发展，这些问题已越来越引起人们的关注。

1.1 化工生产与安全

1.1.1 化工生产的特点

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、有毒性、具有腐蚀性的化学危险品，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

近几十年来，国际上化工生产采用大型生产装置是一个明显的趋势。以化肥生产为例，20世纪50年代合成氨的最大规模为 $6 \times 10^4 \text{t/a}$ ，60年代初为 $12 \times 10^4 \text{t/a}$ ，60年代末达到 $30 \times 10^4 \text{t/a}$ ，70年代发展到 $50 \times 10^4 \text{t/a}$ 以上。乙烯装置的生产能力也从20世纪50年代的 $10 \times 10^4 \text{t/a}$ 发展到70年代的 $60 \times 10^4 \text{t/a}$ 。

采用大型装置可以明显降低单位产品的建设投资和生产成本，有利于提高劳动生产率。因此，世界各国都在积极发展大型化工生产装置。当然，也不是说化工装置越大越好，这里涉及到技术、经济的综合效益问题。例如，目前新建的乙烯装置和合成氨装置大都稳定在 $(45 \sim 60) \times 10^4 \text{t/a}$ 的规模。

(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。

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、速度等）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，而间歇操作不稳定，随时间变化经常出现波动，很难达到稳定生产，因此连续化和自动控制是大型化的必然结果。

(4) 生产工艺条件苛刻

化工生产中，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。例如：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°C ；裂解气要在深冷 (-96°C) 条件下进行分离；纯度为99.99%的乙烯气体在 $100 \sim 300 \text{MPa}$ 压力下聚合，制成聚乙烯树脂。苛刻的生产工艺条件对设备的本质安全可靠

性、工艺技术的先进性和操作人员的技术、责任心都提出了更高的要求。因此现代化工所具有的上述特点决定了化学工业是一个安全事故相对多发的行业。

1.1.2 化工生产中常见事故原因

化工生产过程中使用、接触的化学物质种类繁多，生产工艺复杂多样，因此发生事故的原因也是千变万化的，概括起来主要有以下几点：

(1) 装置内产生新的易燃易爆物。有些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入了某些物质而发生化学反应，生成了新的易燃易爆物质，在一定的条件下就会发生事故。如浓硫酸储存在碳素钢材料的罐中是安全的，但若混入了水变成了稀硫酸，就会和碳钢发生反应放出氢气，氢气与储罐上部的空气混合，很容易发生爆炸事故。

(2) 易燃易爆物在系统内积聚。在生产过程中，原料带入或反应生成的易燃易爆物积聚在工艺系统内，如果不能及时排除或处理，一旦条件具备(如遇明火或遇高温)，就会发生火灾爆炸。如乙醛氧化生产醋酸的过程，乙醛氧化反应生成的中间产物是过氧醋酸，过氧醋酸再分解为醋酸。过氧醋酸是不稳定化合物，当其积累到一定量，温度的波动会导致其发生突发性爆炸，因此，生产中应采用催化剂加快其分解速度，避免积累。再比如氯碱生产过程中，电解食盐水中如果带入了氯化铵，氯化铵在电解时会生成三氯化氮夹杂在氯气中，三氯化氮也是不稳定化合物，一旦在热交换器中积聚到一定量，就会引起分解爆炸。

(3) 高温下物料气化分解。化工生产中所遇到的气化温度较低的易燃液体(如乙醚等)，在高温下气化产生高压，会发生爆炸。生产中的加热过程，如果管道发生阻塞，局部温度升高，可能造成某些热载体在高温下发生分解(如联苯醚在 390℃ 下会分解出氢、氧和苯等)产生高压，引起爆炸。

(4) 高热物料泄漏自燃或物料泄漏遇高温表面或明火。生产过程中有些反应物料的温度超过了自燃点，一旦泄漏与空气接触就会引起燃烧。如催化裂化过程、烃类热裂解过程等有机物原料高温反应的过程中，管道、设备接口或取样点、热电偶测温点等发生泄漏，都会引起火灾甚至爆炸事故。

(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等控制不当，会造成反应剧烈，产生大量反应热。反应热不能及时移出，就可能引起超压爆炸。

(6) 原料杂质含量过高。化工生产中许多化学反应对原料中杂质含量要求很严格，有的杂质在反应过程中可能生成危险的副产物(如自燃物质)，导致事故。如电石法生产乙炔的过程中，若电石中磷化钙的含量过高，在遇水时会反应生成磷化氢，磷化氢遇空气就会燃烧，引起乙炔和空气混合气体发生爆炸。

(7) 生产系统和检修系统串通。在化工生产中，很多情况下的临时性检修或小修都是在部分停车情况下进行的，如果没有采取可靠的措施(最常用的是加盲板)将生产系统与停车检修系统隔绝，就容易引发火灾、爆炸、中毒等事故。

(8) 系统压力变化。化工生产过程中，系统压力受各方面影响发生变化，可以造成物料倒流、正压系统变负压、负压系统变正压，最终引起事故。如有些常压装置或容器，由于各种原因造成温度下降，里面的易燃易爆蒸汽冷凝，就会形成负压，空气便有可能被吸入，与里面的易燃易爆物混合形成爆炸混合物，一旦出现撞击火花等点火源，就会发生爆炸事故。有些负压装置或容器，当出现温度上升、设备管路堵塞、投料量和压力增大或气体排出量减少等情况时，都会使压力升高，负压系统变为正压，可能造成物料外泄，遇空气引起燃烧爆炸。

(9) 传热介质和传热方法选择不当。换热是化工生产中最常见的单元过程之一，传热介质选用不当或加热方法选择不当，都很容易发生事故。一定要了解被加热物料和传热介质的性质，要清楚两者之间是否会发生危险性反应，要清楚在工艺要求的加热温度下，被加热物料和传热介质本身是否会发生分解等变化，造成事故。

(10) 危险物质处理不当。很多化学物质都具有易燃、易爆、腐蚀、有毒等特性。在生产、使用、装卸、运输、储存过程中，如果操作不当或措施不力，都会引发事故。

(11) 不可抗拒或不可预见的外部因素。在生产过程中，由于自然灾害、停水、停电、停汽等，不仅会造成设备停车，如果处理不当，也很容易引发各种事故。因此，一般企业在制定工艺操作规程、岗位操作法和安全规程时，都会考虑这些不可抗拒或不可预见的外部因素可能造成的危害，制定紧急停车处理等应急方案，以免发生突然变故时带来重大的损失。

如果从技术、管理和制度上分析，化工生产事故主要有以下几种原因：

(1) 设计上的不足。例如厂址选择不好，平面布置不合理，安全距离不符合要求，生产工艺不成熟等，从而给生产带来难以克服的先天性隐患。

(2) 设备上的缺陷。如设计上考虑不周，材质选择不当，制造安装质量低劣，缺乏维护及更新等。

(3) 操作上的错误。如违反操作规程，操作错误，不遵守安全规章制度等。

(4) 管理上的漏洞。如规章制度不健全，隐患不及时消除、治理，人事管理上不足，工人缺乏培训和教育，作业环境不良，领导指挥不当等。

(5) 不遵守劳动纪律，对工作不负责任，未穿戴劳保用品等。

世界上一切事物的发生、发展和消亡，都有它内在的因素和客观条件，都是有一定规律的，事故的发生和消灭也有规律可循。如用火较易发生着火爆炸事故，如果严格的执行用火管理制度，落实防火措施，就可以减少事故的发生。石油化工企业在安全生产上有许多不利因素，但并非一定发生事故。只要充分了解生产过程中的不安全因素，采取相应措施，事故是可以防止的。

1.1.3 安全生产在化工生产中的重要意义

安全生产是指生产中保障人身安全和设备安全，包括两个基本含义：一是生产过程中保护职工的安全和健康，防止工伤事故和职业性危害；二是生产过程中，防止其他各类事故的发生，确保生产装置的连续、稳定、安全运转，保护财产不受损失。安全生产在化工生产中的意义主要体现在：

(1) 安全生产是化工生产的前提。化工生产中易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的物质多，高温、高压设备多，工艺复杂，操作要求严格，因而与其他行业相比，化工生产的危险性更大。化工生产不仅涉及的事故类型多，有火灾、爆炸、中毒和窒息、灼烫、触电、机械伤害、高处坠落等，而且化工生产事故轻则影响产品质量、产量，重则造成人员伤亡、财产损失、环境恶化，甚至毁灭整个工厂。例如，2015年8月12日，位于天津市滨海新区天津港的某公司危险品仓库发生火灾爆炸事故，造成165人遇难、8人失踪，798人受伤，304幢建筑物、12428辆商品汽车、7533个集装箱受损。截至2015年12月10日，依据《企业职工伤亡事故经济损失统计标准》等标准和规定统计，已核定的直接经济损失68.66亿元。因此，事实充分说明离开了安全生产这个前提，化工企业是难以健康正常地发展。

(2) 安全生产是化工生产的保障。要充分发挥现代化工生产的优势, 必须实现安全生产, 确保装置长期、连续、安全地运行。发生事故就会造成生产装置不能正常运行, 影响生产能力, 造成一定的经济损失。

(3) 安全生产是化工生产发展的关键。装置规模的大型化, 生产过程的连续化是现代化工生产发展的方向和趋势, 但要充分发挥现代化工生产的优越性, 必须实现安全生产, 确保装置长期、连续、安全运转。装置规模愈大, 停产一天的损失也愈大。年产 $30 \times 10^4 \text{t}$ 的合成氨装置停产一天, 就少生产合成氨 1000t。开停车愈频繁, 不仅经济上损失大, 丧失了装置大型化的优越性, 而且装置本身的损坏也大, 发生事故的可能性也大。装置大型化, 一旦发生事故其后果更严重, 对社会的影响更大。例如, 2014 年 4 月 16 日上午 10 时, 位于江苏省南通市如皋市某化工有限公司造粒车间发生粉尘爆炸, 接着引发大火, 导致造粒车间整体倒塌。事故造成 8 人当场死亡, 1 人因抢救无效于 5 月 11 日死亡, 8 人受伤, 其中 2 人重伤, 直接经济损失约 1594 万元。

安全生产是个人、家庭、企业和国家的基本需要, 它是国家和政府赋予企业的责任; 是社会和员工的要求; 是生产经营准入的条件; 是市场竞争的要素; 是持续发展的基础; 是利润的组成部分。

1.2 化工生产安全技术与管理

安全技术和生产技术都是根据科学原理和实践经验而发展的各种物质生产的知识和技能。生产技术和安全技术的发展水平, 代表了人们利用自然、改造自然和征服自然的能力。安全技术和生产技术密切相关, 有什么样水平的生产就有什么样水平的安全技术。各行各业有各自的安全技术, 如化工安全技术、冶金安全技术、煤矿安全技术等。

1.2.1 化工生产安全技术

化工生产安全技术是为消除化工生产过程中各种危险有害因素, 防止伤害和职业性危害, 改善劳动条件和保证安全生产而在工艺、设备、控制等各方面所采取的一些技术。

1. 化工安全技术措施

不同的生产过程存在的危险因素不完全相同, 需要的安全技术也有所差异, 必须根据各种生产的工艺过程、操作条件、使用的物质(含原料、半成品、产品)、设备及其他有关设施, 在充分辨识潜在危险和不安全部位的基础上选择适用的安全技术措施。

化工安全技术措施主要包括预防事故发生和减少事故损失两个方面, 归纳起来主要有以下几类:

(1) 减少潜在危险因素

生产过程中, 尽量避免使用具有危险性的物质、工艺和设备, 即尽可能用不燃和难燃的物质代替可燃物质, 用无毒和低毒物质代替有毒物质。减少潜在危险因素的方法是预防事故的最根本的措施。

(2) 隔离操作与联锁控制

如果将操作人员与生产设备隔离开来或保持一定距离, 就会避免人身事故的发生或减弱对人体的危害, 如采用 DCS 控制系统不仅可以实现隔离操作, 还具有工艺联锁控制的功能。当设备或装置出现危险情况时, DCS 系统将强制一些元件关闭或调解系统, 使之处于正常

状态或安全停车。

(3) 预置薄弱环节或加强加固

对于某些特别危险的设备或装置，可以在这些设备或装置上安装薄弱元件，当危险因素达到危险值时，这个地方预先破坏，将能量释放，防止重大破坏事故发生。例如，在压力容器上安装安全阀或爆破膜，在电气设备上安装保险丝等。有时，为提高设备的安全程度，可以增加安全系数，加大安全裕度，提高结构的强度，防止设备因结构破坏而导致事故发生。

(4) 封闭处理

封闭处理就是将危险物质和危险能量局限在一定范围之内，防止能量逆流，可有效地预防事故发生或减少事故损失。例如，使用易燃易爆、有毒有害物质时，把它们封闭在容器、管道里边，不与空气、火源和人体接触，就不会发生火灾、爆炸和中毒事故。

(5) 警告牌示和信号装置

警告可以提醒人们注意，及时发现危险因素或危险部位，以便及时采取措施，防止事故发生。警告牌示是利用人们的视觉引起注意；警告信号则可利用听觉引起注意。目前应用比较多的可燃气体、有毒气体检测报警仪，既有光也有声的报警，可以从视觉和听觉两个方面提醒人们注意。

此外，还有生产装置的合理布局、建筑物和设备间保持一定的安全距离等其他方面安全技术措施。随着科学技术的发展，还会开发出新的更加先进的安全防护技术措施。

2. 化工生产安全技术的进展

近几十年来，在安全技术领域广泛应用各个技术领域的科学技术成果，在防火、防爆、防中毒，预防事故和环境污染等方面，都取得了较大发展，安全技术已发展成为一个独立的科学技术体系。

(1) 监测危险状况、消除危险因素的新技术不断出现

危险状况测试、监视和报警的新仪器不断投入应用，如火焰监视器、感光报警器、可燃性气体检测报警仪等。无损探伤技术得到迅速发展，声发射技术和红外热像技术在容器的裂纹检测方面都得到了广泛应用。

压力、温度、流速、液位等工艺参数自动控制与超限保护装置被很多化工企业采用，大大消除了危险有害因素。

(2) 化工生产和危险化学品储运工艺安全技术、设施和器具等的操作规程及岗位操作法，化工设备设计、制造和安装的安全技术规范不断趋于完善。

1.2.2 化工安全生产管理

安全生产管理是管理的重要组成部分，是安全科学的一个分支。所谓安全生产管理，就是针对生产过程的安全问题，运用有效的资源，通过人们的努力，进行有关决策、计划、组织和控制等活动，实现生产过程中人与机器设备、物料、环境的和谐，达到安全生产的目标。

安全生产管理的基本对象是企业的员工，涉及到企业中的所有人员、设备设施、物料、环境、财务、信息等各个方面。

1. 安全生产管理的基本原则

(1) 生产必须安全。安全生产是确保企业提高经济效益和促进生产迅速发展的重要保证，直接关系到广大职工的切身利益。由于化学工业本身具有的危险性很大，一旦发生事