


化工安全

HUAGONG
ANQUAN

全国高校安全工程专业本科规划教材

高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

 中国劳动社会保障出版社

全国高校安全工程专业本科规划教材

安全管理学
安全学原理
安全人机工程学
安全系统工程
职业卫生概论
工业通风与除尘
● 化工安全
工业防毒技术
机械安全工程
电气安全工程
防火防爆技术
锅炉压力容器安全
安全经济学
安全心理学
风险管理与保险

策划编辑 / 高永新 责任编辑 / 傅圣英 责任校对 / 邓硕 封面设计 / 小薛 版式设计 / 崔俊峰

ISBN 978-7-5045-6817-5



9 787504 568175 >

定价：36.00元



全国高校安全工程专业本科规划教材

化 工 安 全

高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

主 编 蒋军成

主 审 张礼敬

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

化工安全/蒋军成主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2007

全国高校安全工程专业本科规划教材

ISBN 978-7-5045-6817-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 181413 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×960 毫米 16 开本 18.75 印张 327 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定价: 36.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

高等学校安全工程学科教学指导委员会

主任委员	孙华山				
副主任委员	黄玉治	范维澄	周世宁	宋振琪	谢和平
	沈忠厚	冯长根	王继仁	宋守信	
委 员	张平远	王 生	钮英建	张来斌	林柏泉
	刘泽功	蔡嗣经	傅 贵	吴 超	吴 穹
	杨庚宇	许开立	程卫民	张殿业	景国勋
	蒋军成	赵云胜	姜德义	黄卫星	刘玉存
	李树刚	吴宗之	伊 烈	崔慕晶	李永红
	李生盛	杨书宏			
秘 书	杨书宏	(兼)			

内 容 简 介

本书从化工物料安全、火灾爆炸、危险化学品泄漏扩散、化工单元操作安全技术、典型反应过程安全技术、事故应急救援六个方面对化工企业生产安全进行了全面系统的阐述。

本书是全国高校安全工程专业本科规划教材，由高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写。本书除作为高等院校安全工程、化学工程、消防工程及相关工程类专业本科生的教学用书外，还可作为从事化学工业、石油化学工业安全生产技术与管理的专业人员的参考用书。

序 言

党的十六届五中全会确立了“安全发展”的指导原则，极大地促进了我国安全科学事业的发展，同时为安全工程学科提供了良好的发展机遇。据初步统计，到目前为止，全国开设安全工程专业的高校已达百余所，安全工程专业已成为我国高等教育中重要的新兴专业之一。

加强教材建设，是促进我国安全工程专业健康发展的重要基础工作。本届（2004—2008年）高等学校安全工程学科教学指导委员会在充分吸收现有教材成果和借鉴上届教指委安全工程专业教材成功编写经验的基础上，于2006年启动了“全国高校安全工程专业本科规划教材”的组织编写和出版工作。第一批安全工程专业本科规划教材包括《安全学原理》《安全管理学》《安全人机工程学》《安全系统工程》《职业卫生概论》《工业通风与除尘》《化工安全》《工业防毒技术》《机械安全工程》《电气安全工程》《防火防爆技术》《锅炉压力容器安全》《安全经济学》《安全心理学》《风险管理与保险》等15种。

本套规划教材的编写力求满足安全工程专业课程体系和课程教学的新发展，立足现实，反映前沿，力求创新，既包括已经成熟并被公认的理论学术思想，又反映安全工程学科领域具有前瞻性与代表性的最新理论、技术和方法，并借鉴吸收世界上发达国家的先进理论、理念与方法。

在本套教材开发过程中，全国30余所高等学校、科研院所的近百名专家和学者积极参与了教材的编写和审订工作，教指委秘书处、教材开发分委会和

中国劳动社会保障出版社做了大量的组织工作，在此向他们表示衷心的感谢！

本套教材的编写和出版，是我国安全工程学科在教材建设方面又迈出的重要一步。虽然我们尽了最大努力，但仍有不足，恳请安全工程领域的专家学者和广大师生提出宝贵意见。

高等学校安全工程学科教学指导委员会

2007年7月

前 言

化工生产过程涉及化学品种类很多,且绝大部分是易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的危险化学品,同时生产条件十分苛刻,大部分反应均在高温、高压下进行,这就使化工生产具有巨大的潜在危险性。随着科学技术的发展,化工生产装置的大型化以及高度的自动化、连续化已成为目前化工生产发展的趋势,这使得化工生产一旦发生事故,后果极其严重。因此,化工过程安全问题及事故的应急救援在化工生产中占据着非常重要的位置。

本书从化工物料安全、火灾爆炸、危险化学品泄漏扩散、化工单元操作安全技术、典型反应过程安全技术、事故应急救援六个方面进行了阐述,既注重理论知识的传授,也注重实践经验的总结。本书层次清晰、内容全面、重点突出,具有较强的系统性、实用性和可操作性。

本书旨在为高等院校安全工程、化学工程、消防工程及相关工程类专业本科生提供系统性较强的教学用书,同时也可作为从事化学工业、石油化学工业安全生产技术与管理的专业人员的参考用书。

本书第一、三章部分内容由南京工业大学蒋军成教授编写;第一、二、三章部分内容及第四、五章由南京工业大学潘旭海副教授编写,第二章主体内容由青岛科技大学张军教授编写,第六章由江苏工业学院邵辉教授编写。本书最后由南京工业大学蒋军成教授统稿。南京工业大学张礼敬教授审阅了全书。

由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在错误和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年8月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 化工生产的特点	(1)
一、化工生产的特点	(1)
二、化工生产中常见的安全事故	(2)
第二节 化工生产与安全	(3)
一、燃烧与爆炸	(4)
二、电气事故	(4)
三、静电和雷电事故	(4)
四、职业中毒与尘肺	(5)
五、压力容器爆炸	(6)
六、化工厂腐蚀造成的事故	(7)
第三节 化工物料安全	(8)
一、爆炸品	(8)
二、压缩气体和液化气体	(8)
三、易燃液体	(10)
四、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品	(11)
五、氧化剂和有机过氧化物	(13)
六、毒害品	(15)
七、腐蚀品	(17)
本章小结	(19)
复习思考题	(19)
第二章 火灾与爆炸	(20)
第一节 基本概念	(20)

第二节 火灾与爆炸的区别	(22)
一、火灾的基本特点	(22)
二、爆炸的基本特点	(23)
三、火灾与爆炸的区别	(23)
第三节 火灾发生条件	(24)
一、火三角	(24)
二、燃烧四面体	(29)
三、防火灭火方法	(31)
第四节 燃烧极限的计算	(31)
第五节 爆炸	(34)
一、受限爆炸	(35)
二、冲击波超压破坏	(46)
三、TNT 当量法	(47)
四、化学爆炸能	(51)
五、机械爆炸能	(51)
六、抛射物伤害	(54)
七、爆炸破坏的防护	(55)
第六节 泄压系统	(58)
一、基本概念	(59)
二、泄压的概念	(59)
三、泄压设备的位置	(60)
四、泄压设备的类型	(62)
五、泄放情形	(65)
六、定制泄放尺寸的数据	(65)
七、泄压系统	(66)
第七节 化工事故类型	(72)
一、池火灾	(72)
二、蒸气云爆炸	(78)
三、沸腾液体膨胀蒸气爆炸	(82)
本章小结	(84)
复习思考题	(85)

第三章 泄漏与扩散	(88)
第一节 常见的泄漏源	(88)
第二节 液体泄漏	(89)
一、通过孔洞泄漏	(89)
二、通过储罐上的孔洞泄漏	(90)
三、通过管道泄漏	(91)
第三节 气体或蒸气泄漏	(98)
一、通过孔洞泄漏	(98)
二、通过管道泄漏	(100)
第四节 液体闪蒸	(109)
第五节 液体蒸发	(111)
第六节 扩散方式及影响因素	(113)
第七节 中性浮力扩散模型	(116)
一、高斯模型	(116)
二、扩散系数	(117)
三、最坏事件情形	(119)
四、高斯模型的局限性	(120)
第八节 重气模型	(120)
第九节 释放动量和浮力的影响	(126)
本章小结	(127)
复习思考题	(127)
第四章 化工单元操作安全技术	(129)
第一节 物料输送	(129)
一、固体物料的输送	(129)
二、液体物料的输送	(132)
三、气体物料的输送	(134)
第二节 熔融和干燥	(136)
一、熔融	(136)
二、干燥	(137)
第三节 蒸发和蒸馏	(139)

一、蒸发	(139)
二、蒸馏	(140)
三、蒸发和蒸馏的热源	(142)
第四节 冷却、冷凝和冷冻	(144)
一、冷却和冷凝	(144)
二、冷冻	(146)
第五节 筛分和过滤	(149)
一、筛分	(149)
二、过滤	(149)
第六节 粉碎和混合	(153)
一、粉碎	(153)
二、混合	(155)
本章小结	(156)
复习思考题	(157)
第五章 典型反应过程安全技术	(158)
第一节 氧化反应过程安全技术	(159)
一、概述	(159)
二、工艺危险性分析	(159)
三、防火防爆措施	(160)
四、氨氧化生产硝酸过程安全技术	(162)
第二节 过氧化反应过程安全技术	(175)
一、过氧化氢生产过程安全技术	(175)
二、过氧化氢异丙苯生产过程安全技术	(180)
三、爆炸事故分析及控制技术	(182)
四、抑制生成过氧化物副反应的安全技术	(186)
第三节 还原反应过程安全技术	(187)
一、还原的种类和应用	(187)
二、还原过程危险性分析及安全技术措施	(190)
第四节 硝化反应过程安全技术	(192)
一、硝化反应过程危险性	(193)
二、硝化反应过程安全措施	(193)

三、硝化甘油生产过程安全技术	(195)
四、硝基苯生产过程安全技术	(196)
五、TNT 生产过程安全技术	(197)
第五节 电解反应过程安全技术	(199)
一、食盐水电解过程安全技术	(200)
二、水电解过程安全技术	(203)
第六节 聚合反应过程安全技术	(204)
一、聚合的分类及危险性	(204)
二、乙烯聚合反应过程安全技术	(204)
三、氯乙烯聚合反应过程安全技术	(206)
四、丁二烯聚合反应过程安全技术	(207)
第七节 催化重整反应过程安全技术	(208)
一、概述	(208)
二、装置单元组成及工艺流程	(208)
第八节 裂化反应过程安全技术	(214)
一、热裂化反应过程安全技术	(215)
二、催化裂化反应过程安全技术	(216)
三、加氢裂化反应过程安全技术	(234)
第九节 氯化反应过程安全技术	(244)
一、概述	(244)
二、氯化过程应用举例	(245)
三、工艺火险分析	(248)
四、防火防爆措施	(249)
本章小结	(250)
复习思考题	(250)
第六章 事故应急救援	(251)
第一节 应急救援系统概述	(251)
一、事故应急救援的意义	(251)
二、相关的技术术语	(251)
三、应急救援系统的组成	(252)
第二节 应急救援系统的建立	(252)

一、	应急指挥中心 (EOC)	(252)
二、	事故现场指挥中心 (ICP)	(253)
三、	支持保障中心	(254)
四、	媒体中心 (MIC)	(254)
五、	信息管理中心 (IMC)	(254)
六、	应急救援系统的运作程序	(255)
第三节	应急救援计划的制订	(256)
一、	应急救援计划编制概述	(256)
二、	相关计划的评审	(258)
三、	应急救援计划类型的确定	(259)
四、	应急救援计划的内容	(261)
五、	应急救援计划的准备程序	(261)
六、	应急计划基本程序	(264)
七、	事故应急救援计划的编写	(266)
八、	计划的复查评估与修改	(269)
九、	应急救援计划的检查	(271)
第四节	应急救援行动	(273)
一、	应急设备与资源	(273)
二、	事故评估程序	(275)
三、	通知和通信联络程序	(276)
四、	现场应急对策的确定和执行	(278)
本章小结	(283)
复习思考题	(283)
主要参考文献	(285)

第一章 概 论

本章学习目标

1. 了解化工过程生产的特点。
2. 熟悉化工过程生产的主要事故类型。
3. 掌握化工生产物料的主要危险特性及预防措施。

第一节 化工生产的特点

化学工业是运用化学方法从事产品生产的工业，是一个多行业、多品种、在国民经济中占重要地位的工业部门。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建设的各个领域。中国的化学工业经过几十年的发展，目前已形成相当的规模，如硫酸、合成氨、化肥、农药、烧碱、纯碱等主要化工产品的产量均在世界上名列前茅。

一、化工生产的特点

1. 生产涉及的危险化学品多

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、有腐蚀性的危险化学品。这给生产中对这些原材料、燃料、中间产品和成品的储存和运输都提出了特殊的要求。

2. 化工生产要求的工艺条件苛刻

有些化学反应要在高温、高压下进行，有的化学反应要在低温、高真空度下进行。如：在由轻柴油裂解制乙烯、进而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 294 MPa 压力下聚合，制成聚乙烯树脂。

3. 生产规模大型化

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。以化肥为例，20 世纪 50 年代合成氨的最大规模为 6 万吨/年，60 年代初为 12 万吨/年，60 年代末达到 30 万吨/年，70 年代发展到 50 万吨/年，如今已发展到 100 万吨/年以上。

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。

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，继而又发展到计算机控制。

二、化工生产中常见的安全事故

化学工业作为高危行业，重大伤亡事故屡见不鲜。通过大量的化工事故统计分析，可以看出以下几个特点。

1. 爆炸事故屡见不鲜

燃烧爆炸是化工行业生产多发事故之一，主要原因是由行业生产特点决定的，加之违章指挥，违章作业，违反操作规程；设备、工具、附件有缺陷；管理上有漏洞，如规章制度不健全、劳动组织不合理；不懂操作技术知识，操作人员文化素质不高，从而导致燃烧爆炸事故屡屡发生。

2. 泄漏事故普遍发生

泄漏中毒灼伤事故是化工生产普遍发生的事故，是导致职业病发病的主要渠道之一。由于有毒物质大多是原料和中间产物，在生产过程中以气体或液体状态存在，在发生泄漏事故的情况下，有害物质迅速外泄并污染作业环境，如果防护不当或应急救援不及时，很容易发生急性中毒、慢性中毒、职业性皮炎和化学灼伤等伤害事故。

分析泄漏事故的原因，主要是设备密封不严、严重腐蚀穿孔、超压引起设备与管道突然断裂、检修时未加设挡板、有毒气体倒流负压系统、阀门泄漏、操作失误、管理混乱和规章制度不落实等。

3. 相同事故接连不断