

21

世纪高等院校教材·化工类

化工安全工程 (第二版)

蔡凤英 谈宗山 编著
孟 赫 蔡仁良



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材·化工类

化工安全工程

(第二版)

蔡凤英 谈宗山 编著
孟 赫 蔡仁良

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据化学工业的主要危险——火灾爆炸、有毒有害等特点,着重介绍燃烧与爆炸的基本概念和防火防爆的基本措施、职业卫生、压力容器安全、泄漏源及扩散模式,以及危险性分析方法和安全性评价等内容。

本书深入浅出,理论联系实际,可作为高等院校化工类专业的安全工程课教学用书,也可供从事化学工业的工程技术人员、环保和安全管理干部培训和参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全工程/蔡凤英等编著. —2 版. —北京:科学出版社,2009
21 世纪高等院校教材·化工类
ISBN 978-7-03-025622-5

I. 化… II. 蔡… 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(2009)第 170732 号

责任编辑:杨向萍 陈雅娴 刘俊来 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 2 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009 年 10 月第 二 版 印张:20 1/4 插页 1

2009 年 10 月第八次印刷 字数:394 000

印数:14 501—18 500

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

本书第一版自 2001 年出版以来,已经印刷 7 次,使用 8 年之久。随着我国对安全生产的日益重视和安全工程技术的发展,近年来出台了一系列有关安全生产的法律法规,不少技术规范和标准作了修改并颁布了一些新的规范、标准。为能反映安全科学技术的新进展,我们在保持深入浅出、理论联系实际、具有较高实用价值特色的基础上,对第一版的部分内容进行了修订:

1. 所有章节引用的标准都依最新版标准作了修订;
2. 除按新标准对第 2 章部分内容作修订外,在爆炸分类中增加了“按事故过程爆炸分类”;
3. 将第 4 章原职业病名单修改为国家最新制定的职业病名单;
4. 根据作者的教学经验对第 5 章原有结构作了全面修订,更有利于系统地掌握压力容器安全技术;
5. 根据近年来安全科学的进展和国家安监总局发布的有关安全评价的规定,对第 8 章作了相应的修订并增加了“安全评价的原理”一节,使之更适用于现实工作的要求。
6. 删去了第一版附录Ⅱ 车间空气有害物质的最高容许浓度。

本书作为教学用书,有些信息难以在书中全面反映,加之我们水平有限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者和使用单位继续给予支持,指出不当之处,提出修改意见和建议,以便再版时修订。

作 者

2009 年 4 月于华东理工大学

第一版前言

化工生产具有生产工艺复杂多变、原材料及产品易燃易爆、有毒有害和腐蚀性,生产装置大型化、过程连续化、自动化等特点,因此在生产过程中存在着潜在的危险因素。这些危险因素在一定条件下会转变为事故,从而破坏正常生产并危及人们的生命安全,甚至给环境造成严重污染。所以必须研究生产中各种灾害发生的原因,从工艺、设备及设施的设计阶段起,就要考虑采取相应的措施以防止事故的发生,并在项目建设、运行中严格管理,力求生产过程安全化、高效率化。

安全工程是研究生产过程事故的成因及其控制,并结合人的因素探讨如何健全生产过程的一门科学,而化工安全工程则是研究化工生产过程事故发生的原因以及关于防止事故所需的科学技术和知识的一门课程。

安全工程技术和应用,对化学工业起着至关重要的作用。随着化工生产技术的迅速发展,生产过程的潜在危险性逐渐增加,从事化学工业的工程技术人员必须系统地掌握安全工程知识。早在1983年国务院就明确规定,各理工科大专院校应开设安全技术课程。根据教学的需要,我们编写了这本书。书中考虑化学工业的主要危险是火灾、爆炸和有毒有害,故着重阐述了燃烧爆炸的基本概念及防火防爆的技术措施、职业卫生、压力容器安全、泄漏源及扩散模式、危险性分析方法及安全性评价等内容。希望读者通过学习能在今后的工程设计、技术开发、科学研究和生产管理中,运用这些知识分析、评价和控制危险,促进化学工业的发展和生产顺利进行。

本书是编者在多年教学实践的基础上,吸收了当前国内外安全科学知识的新内容,几经修改编写而成。全书共分八章,其中第一、七、八章由蔡凤英执笔;第二、三章由谈宗山执笔;第四、六章由孟赫执笔;第五章由蔡仁良执笔。

考虑到本书既是一本教材,又可供工程技术人员阅读和学习,有必要将现行国标规定与习惯用法在此说明,以方便读者阅读。本书采用国标表示法,例如用质量分数 w 代替习惯用法重量百分比浓度(W/W)%;体积分数 φ 代替体积百分比浓度(V/V)%;质量浓度 ρ 代替质量体积浓度(W/V)%等。

由于化工安全工程涉及面甚广,加之我们水平所限,书中难免有不妥之处,敬请从事安全工作的同仁不吝指正,以便再版时修订。

编 者

2000年2月于华东理工大学

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 安全工程概述	1
1.1.1 安全工程的任务和目的	1
1.1.2 安全工程研究的对象	2
1.1.3 安全工程研究的基本内容	3
1.2 化工生产与安全	6
1.2.1 化工生产的特点	6
1.2.2 安全在化工生产中的重要地位	7
1.3 事故的预防	8
1.3.1 事故的特性	9
1.3.2 伤亡事故致因理论	10
1.3.3 预防事故的基本原则	13
思考题	17
第 2 章 燃烧与爆炸	18
2.1 燃烧及其特性	18
2.1.1 燃烧与氧化	18
2.1.2 燃烧条件	19
2.1.3 燃烧过程及燃烧形式	20
2.1.4 燃烧种类	22
2.1.5 氧指数	27
2.1.6 最小点火能量	27
2.2 燃烧机理	29
2.2.1 燃气燃烧的连锁反应	29
2.2.2 连锁反应速率表达式	30
2.3 燃烧速度	31
2.3.1 可燃气体的燃烧速度	31
2.3.2 可燃液体的燃烧速度	33
2.3.3 可燃固体的燃烧速度	34

2.4 爆炸及其特性	34
2.4.1 爆炸分类	34
2.4.2 爆炸极限及其计算	38
2.4.3 爆炸范围图	46
2.4.4 爆炸与爆轰	47
2.4.5 分解爆炸性气体爆炸	49
2.4.6 粉尘爆炸	49
2.4.7 雾滴爆炸	52
2.4.8 爆炸温度与压力	53
2.4.9 爆炸压力——爆炸强度	55
思考题	60
习题	61
第3章 防火防爆措施	62
3.1 防止可燃可爆系统的形成	62
3.1.1 控制可燃可爆物质	62
3.1.2 着火源及其控制	68
3.2 火灾爆炸事故蔓延扩散的限制措施	83
3.2.1 厂址选择与总平面布置	84
3.2.2 从建筑设计方面采取限制措施	88
3.3 消防设施	98
3.3.1 火灾的分类	99
3.3.2 灭火的基本方法	99
3.3.3 灭火物质及其选用	101
3.3.4 灭火装置	106
3.3.5 消防用水及设施	107
3.3.6 消防站	108
思考题	109
习题	109
第4章 职业卫生	110
4.1 职业卫生与职业病概述	110
4.1.1 职业卫生	110
4.1.2 职业病	111
4.2 职业中毒	113
4.2.1 工业毒物的基本概念	113
4.2.2 工业毒物对人体的危害	115

4.2.3 工业毒物的毒性	117
4.2.4 工作场所有害因素职业接触限值	119
4.2.5 职业接触毒物危害程度分级	122
4.2.6 职业中毒与现场急救	123
4.2.7 常见工业毒物	124
4.3 生产性粉尘及其对人体的危害	127
4.3.1 生产性粉尘及分类	127
4.3.2 生产性粉尘对人体的危害	128
4.3.3 生产性粉尘的卫生标准	129
4.4 防尘防毒的对策措施	129
思考题	133
习题	133
第5章 压力容器安全	134
5.1 压力容器的安全问题	134
5.1.1 引言	134
5.1.2 容器的应用和特点	134
5.1.3 容器的安全特征	135
5.2 容器的分类	137
5.2.1 容器的安全监察范围	137
5.2.2 容器的分类	138
5.2.3 容器安全管理法规与安全技术标准	141
5.3 容器的基本结构	141
5.3.1 容器的主要工艺参数	141
5.3.2 容器的基本构成	142
5.3.3 容器的结构特征	143
5.4 容器的失效形式	146
5.4.1 引言	146
5.4.2 韧性破裂	146
5.4.3 脆性破裂	148
5.4.4 疲劳破裂	150
5.4.5 应力腐蚀破裂	152
5.4.6 蠕变破裂	154
5.4.7 泄漏失效	154
5.5 容器的安全设计	155
5.5.1 容器的材料及选用	155

5.5.2 压力容器的强度	157
5.5.3 压力容器的结构设计	163
5.5.4 压力容器的设计管理	164
5.6 压力容器的安全制造	164
5.6.1 压力容器的制造缺陷	165
5.6.2 压力容器的制造检验	169
5.6.3 压力容器的制造管理	171
5.7 压力容器的定期检验	171
5.7.1 定期检验的目的和意义	171
5.7.2 定期检验的检验内容和要求	172
5.8 压力容器的安全装置	174
5.8.1 压力容器安全装置的作用与类型	174
5.8.2 压力容器安全装置的基本要求	175
5.8.3 压力容器的安全泄压装置	175
5.8.4 安全阀及其选用	177
5.8.5 爆破片装置及其选用	181
5.9 压力容器的事故分析和处理	184
5.9.1 容器的爆炸和爆炸能量	184
5.9.2 压力容器的事故分析与处理	186
思考题	189
习题	189
第6章 泄漏源及扩散模式	191
6.1 常见泄漏源	191
6.2 液体经小孔泄漏的源模式	192
6.3 储罐中液体经小孔泄漏的源模式	193
6.4 液体经管道泄漏的源模式	195
6.5 气体或蒸气经小孔泄漏的源模式	201
6.6 闪蒸液体的泄漏源模式	204
6.7 易挥发液体蒸发的源模式	205
6.8 扩散模式	206
6.9 湍流扩散微分方程与扩散模型	209
6.9.1 湍流扩散微分方程	209
6.9.2 无边界点源扩散模型	210
6.9.3 有界点源扩散模型	212
6.10 帕斯奎尔-吉福德模型	212

6.10.1 大气稳定度与扩散参数的确定	212
6.10.2 P-G 扩散模型	215
思考题	218
习题	218
第7章 危险性分析方法	220
7.1 安全检查表	220
7.1.1 概述	220
7.1.2 安全检查表编制的步骤和依据	221
7.1.3 安全检查表的种类和内容	222
7.1.4 编制和使用安全检查表应注意的问题	222
7.1.5 安全检查表的格式	223
7.2 预先危险性分析	225
7.2.1 概述	225
7.2.2 分析步骤	225
7.2.3 分析举例	227
7.3 危险和操作性研究	227
7.3.1 概述	227
7.3.2 分析步骤	228
7.3.3 应用举例	228
7.4 故障类型和影响分析	230
7.4.1 概述	230
7.4.2 分析步骤	231
7.4.3 应用举例	233
7.5 事件树分析	237
7.5.1 分析原理	237
7.5.2 分析步骤	237
7.5.3 应用举例	237
7.6 事故树分析	239
7.6.1 概述	239
7.6.2 事故树分析的步骤	239
7.6.3 事故树的符号及意义	240
7.6.4 编树举例	241
7.6.5 定性分析	243
思考题	249
习题	249

第 8 章 安全评价	251
8.1 安全评价概述	251
8.1.1 安全评价的基本概念	251
8.1.2 安全评价的内容和分类	252
8.1.3 安全评价的目的和意义	255
8.2 安全评价的程序	256
8.2.1 前期准备	256
8.2.2 辨识与分析危险有害因素	256
8.2.3 划分评价单元	256
8.2.4 定性、定量评价	256
8.2.5 提出安全对策措施建议	256
8.2.6 安全评价结论	256
8.2.7 编制安全评价报告	256
8.3 安全评价的原理	257
8.3.1 相关性原理	257
8.3.2 类推原理	259
8.3.3 惯性原理	260
8.4 安全评价方法	260
8.4.1 安全评价方法分类	260
8.4.2 安全评价方法简介	262
思考题	295
习题	295
参考文献	297
附录	299
I 部分可燃性气体和蒸气的火灾、爆炸危险性参数	299
II 《化工行业职业性接触毒物危害程度分级》HG 24001—96	302
III 物质系数和特性	304

第 1 章 绪 论

科学技术的发展,不断提高着人们的物质生活和文化生活水平。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。如今,人们的“衣、食、住、行”样样都离不开化工产品,而且化学工业越来越与其他工业密切相关,化工产品广泛应用于农业、国防、轻工、纺织、建筑等行业,并成为发展国防工业和尖端科学技术不可缺少的原料。因此,化学工业对提高人们的生活水平,促进其他工业的迅速发展都起着十分重要的作用。

但是,随着新技术、新产品的不断开发和利用,潜在的危险因素随之增加。尤其是化工生产由于具有易燃易爆、有毒有害、腐蚀性强等特点,危险性较之其他行业要大,发生事故的后果也往往比较严重。因此在化工生产中要特别重视安全,要从保护人身安全和健康出发,深入研究事故发生的客观规律,努力探讨控制危险的有效措施,防止各类事故的发生。

1.1 安全工程概述

人类在求生存求发展的过程中,不断地从自然界获取物质和精神财富,而同时又在一定条件下经受着自然界作用于人类的危害。特别是在生产活动中,随着生产技术的不断发展,生产过程中的危险性也随之上升。在长期的生产实践中,人们为了保护自身的安全,不得不想办法控制各种危害,从而积累了消除不安全因素,促进生产发展,保护自身安全的经验。由此也逐渐形成了一门新的学科——安全科学。

安全工程是安全科学的工学门类。它是研究生产过程中各种事故和职业性伤害发生的原因以及防止事故和职业病发生的一门科学技术。不同生产过程发生事故的种类和原因不完全相同,防止的方法也有所差异。化工安全工程则针对化工生产中存在的主要危险和有害因素,研究发生事故的原因及防范措施。

1.1.1 安全工程的任务和目的

安全工程与其他工程学有所不同,其他工程学一般是研究正常生产过程。但是任何生产过程都不同程度地存在着一些危险因素,这些危险因素如果不及时消除,就会发生事故,从而威胁到人身的安全和健康,同时也阻碍生产的正常进行,影响经济发展。安全工程是从保护人、发展生产的角度出发,针对伴随生产过程可能

发生的不安全因素和职业性危害进行科学分析和研究,并考虑人的因素,探讨如何完善生产过程,以实现高效率和高可靠性的一门学科。

安全工程的任务是研究工业灾害发生的原理及规律,分析、评价生产中可能发生的事故,采用工程技术方法和科学管理手段控制生产中的危险有害因素,防止伤亡事故、职业病、职业中毒以及其他各种事故发生,创建安全、卫生、舒适的劳动条件。其目的是保护人的生命安全以及在生产活动中的身心健康,使职工在劳动中保持持久的劳动能力,提高劳动效率;保护设备财产不受损坏,使生产能安全、稳定、顺利地进行,以提高经济效益。

随着社会的进步,人类文明程度的提高,对安全的要求越来越高,安全工程肩负的任务也将更加繁重。目前,安全已不仅仅只考虑生产过程对企业内部带来的职业安全卫生问题,还要重视对环境的污染,要把健康(health)、安全(safety)、环境(environment)作为一个整体来加强管理。国际上一些大的石油公司如壳牌公司于20世纪80年代就开始这方面的探索和研究,并于1995年制定了HSE管理体系标准。1996年1月,ISO/TC67的SC6分委会(国际标准化组织负责石油天然气工业材料、设备的海上结构标准化的技术委员会)发布了《石油和天然气工业健康、安全与环境(HSE)管理体系》标准草案。我国石油天然气总公司也于1997年6月27日正式发布了石油天然气工业健康、安全与环境管理体系的行业标准,并于当年的9月1日实施。HSE管理体系已成为国际上现行的一套通用管理办法,相信今后我国各行业都会普遍推广和实施。

1.1.2 安全工程研究的对象

任何生产过程都离不开人、物、环境三个方面的因素。人,包括从事生产活动的操作人员和各级管理人员;物,包括生产中所用的物质(含原材料、辅助材料、催化剂、半成品、产品以及作为动力的能源)和机器设备(如机械设备、电气设备、控制系统和仪器仪表等);环境是指每个生产过程所处的作业环境和社会环境。三个方面因素构成了“人-物-环境”生产系统,每个因素就是生产系统的一个子系统。各个子系统都存在着一定的潜在危险因素,并在一定条件下转变为事故,影响系统功能的正常发挥。大量事故的调查结果表明,事故基本上是由这三方面因素造成的。例如,人的行为受生理因素和社会环境的影响容易产生差错,主要表现在:技术不熟练、精神不集中、疲劳、身体不适、心情不愉快或素质差等会发生误操作、误判断或违章指挥、违章作业等。这些不安全行为有时对系统的影响可能不大,而有时则能导致灾难性后果。生产中所用的原材料和产品,具有燃烧、爆炸、腐蚀、毒害等危险性,在生产、使用、储存和运输中如缺乏安全防范措施或管理不善,就会发生意外事件;各种设备由于设计、施工、制造时有缺陷或维修保养不良、腐蚀、老化等原因呈现出磨损、松脱、变形、强度下降、破损、发热、移位以及短路、断路等危险状态,运

行时常会造成人员伤亡或设备破坏。作业环境中的噪声、振动、粉尘、有毒气体和蒸气、温度、湿度、色彩照明、通风采暖以及射线等物理化学因素,不仅影响人的心理情绪,导致误操作,长期接触还会危害人体健康,甚至引起职业病。管理制度、工时定额、人际关系等社会因素也会影响人的心理状态和行为方式。

在人-物-环境系统中,三个子系统相互联系、相互制约、相互影响,构成一个有机整体。例如,由于人对设备的设计、制造有缺陷或维修保养不良,使物(机器设备)存在着不安全状态;物的不安全状态又会在客观上造成人有不安全行为的环境条件;社会环境和作业环境影响着人的心理、生理特征,某些环境因素也会使物的性能发生变化,例如机器寿命和精度下降。因此,安全工程要从系统的观念出发,研究人、物、环境三个方面潜在的危险因素以及出现的条件和形成事故的规律,探讨控制危险、预防事故的有效对策和手段,提高系统的安全可靠性。

1.1.3 安全工程研究的基本内容

由于生产过程存在着各种各样不安全不卫生的因素,这些因素发生事故的规律及其预防方法不完全相同,因此安全工程研究的内容范围很广,这些内容可归纳为以下三个方面:

1. 安全技术

安全技术是针对生产劳动过程中存在的危险因素,研究采取怎样的技术措施将其消灭在事故发生之前,预防和控制工伤事故和其他各类事故的发生。它包括工艺、设备、控制等各个方面,例如变不安全的工艺流程和操作方法为安全的流程和方法,在设备上安装防护装置、保险装置,设置安全联锁、紧急停车等控制手段。

安全技术寓于生产技术之中,它和生产技术是紧密相关的,有什么样的生产技术就有什么样的安全技术,故安全技术有许多门类,如防火防爆技术、电气安全技术、锅炉压力容器安全技术以及建筑安装、机械加工、个体防护等安全技术。

2. 劳动卫生技术

劳动卫生技术生产劳动过程中存在着对人体健康有害的因素,长期作用于人体会引起机体器官发生病变,导致职业中毒和职业病,劳动卫生技术研究如何防治职业危害的技术措施。这方面的内容也称职业卫生,包括防尘防毒、噪声治理、振动消除、通风采暖、采光照明,以及其他物理化学有害因素的防护、现场急救等。

3. 安全卫生管理

安全卫生管理是指对安全生产所进行的计划、组织、指挥、协调和控制的一系列活动。它从立法和组织上采取措施,保护职工在劳动过程中的安全和健康。研

究的内容主要有:制定安全生产的方针政策、法令法规(包括各种规程、规范、条例、标准),使安全生产做到有法必依,有章可循,用法制的手段实施安全。新中国成立以来,我国历届领导人及相应机构都十分重视劳动保护和安全生产工作。早在1952年就根据毛泽东主席的指示制定了安全生产方针。在安全生产方针指导下制定了一系列安全法规和标准。例如,1956年在周恩来总理主持的国务院全体会议上讨论通过并颁布实施了“三大规程”,即《工厂安全卫生规程》、《建筑安装工程安全技术规程》和《工人职员伤亡事故报告规程》。1963年国务院又发布了《关于加强企业生产中安全工作的几项规定》,简称“五项规定”。其内容包括:(1)关于安全生产责任制;(2)关于安全技术措施计划;(3)关于安全生产教育;(4)关于安全生产的定期检查;(5)关于伤亡事故的调查和处理。“五项规定”明确指出,企业的各级领导必须实行安全和生产的“五同时”,即在计划、布置、检查、总结、评比生产的时候,同时计划、布置、检查、总结、评比安全工作。20世纪70年代开始尤其是改革开放后,现代化石油化工装置的引进,促进了我国生产技术的高速发展,由此安全问题也日益突出。为保证安全生产,政府加大了行政监管力度,与此同时也研究制定了许多相关法律、法规、规范、标准。1978年中共中央下发了《关于做好劳动保护工作的通知》,在总结当时我国安全生产情况和存在的问题时明确规定:今后,凡是新建、改建、扩建的工矿企业和革新、挖潜的工程项目,都必须有保证安全生产和消除有毒有害物质的设施。这些设施要与主体工程同时设计、同时施工、同时投产,不得削减。1982年国务院发布《矿山安全条例》和《矿山安全监察条例》,之后相继出台了《中华人民共和国劳动法》、《中华人民共和国消防法》、《中华人民共和国职业病防治法》。

2002年我国颁布了《中华人民共和国安全生产法》(简称《安全生产法》),该法明确规定:“生产经营单位应当具备本法 and 有关法律、行政法规和国家标准或者行业标准规定的安全生产条件;不具备安全生产条件的,不得从事生产经营活动”。《安全生产法》还进一步明确:生产经营单位在新建、改建、扩建工程中的安全设施必须坚持“三同时”的原则,即“生产经营单位新建、改建、扩建工程项目(以下统称建设项目)的安全设施,必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。安全设施投资应当纳入建设项目概算”。“三同时”原则是创造安全作业环境,保障职工的身心健康,减少事故的一项根本措施,也体现了“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针。

近年来由危险化学品引发的事故频繁发生,而且相当多的属重特大事故,给人民的生命财产造成严重损失,也影响社会和谐稳定。为此,国家制定了一系列有关危险化学品的行政法规,主要有《农药管理条例》、《危险化学品安全管理条例》、《使用有毒物质作业场所劳动保护条例》、《烟花爆竹安全管理条例》、《民用爆破器材管理条例》等。2002年11月国家经贸委发布了36号令《危险化学品经营许可证管

理办法》，规定“国家对危险化学品经营销售实行许可制度。经营销售危险化学品的单位，应当依照本办法取得危险化学品经营许可证（以下简称经营许可证），并凭经营许可证依法向工商行政管理部门申请办理登记注册手续。未取得经营许可证和未经工商登记注册，任何单位和个人不得经营销售危险化学品”。2004年国务院又发布了397号令《安全生产许可证条例》，明确规定“国家对矿山企业、建筑施工企业和危险化学品、烟花爆竹、民用爆破器材生产企业（以下统称企业）实行安全生产许可制度”。

事故发生之后，为及时吸取教训，采取有效措施，防止同类事故再次发生，我国在处理伤亡事故时提出了“四不放过”原则，即事故原因分析不清不放过；事故责任者没有受到处理不放过；群众没有受到教育不放过；没有防范措施不放过。为确保安全还必须采取一系列组织措施，如建立和健全安全组织机构，明确安全生产责任制等。

各种法规、制度对防止灾害，保证安全生产起了很重要的作用。但是随着新技术、新材料、新能源的不断出现，工艺过程日趋复杂化、大型化，生产中潜在的危险性也随之增加。法规的制定和修改往往需要一个过程，法规范围以外不一定就没有危险。因此，只是单纯强调遵守现行法规，显然不能完全满足安全生产的需要，必须在研究开发先进安全技术的同时，还要探索现代安全管理方法，采用系统的思想方法进行安全管理。

系统的思想方法就是把事物当作一个整体来研究，从整体出发分析其各组成部分之间的有机联系和与外部环境的相互关系，是一种综合的研究分析方法。

把系统的思想用于安全管理可使安全管理走向科学化、现代化。这种管理方法与传统的安全管理不同，不是在事故发生之后就事论事地解决安全问题，而是用系统工程的原理和方法预先分析、评价系统中存在的危险因素及可能造成的损失，从而制订出相应的安全措施控制危险，预防事故，实现系统安全。自20世纪60年代以来逐步形成的一门新的学科——安全系统工程就是系统思想在安全工作中应用实践的总结，已在世界各国得到广泛的推广和使用。

由以上的介绍可以看出，安全工程要达到防止伤亡事故和职业危害，创造安全、健康、舒适的工作条件，保护劳动者的身心健康，提高劳动生产率的目的，其研究的内容极为丰富，涉及的学科范围非常广泛。例如，安全技术研究的内容包括化学物质的燃烧、爆炸、腐蚀等危险特性，锅炉压力容器的爆炸，触电引起的伤害，物体打击，高空坠落，机器转动部件的绞、轧等事故的原理及防止的技术措施，涉及的科学知识和技术有数学、物理、化学、力学、电工学、机械、检测及计算机等方面。

劳动卫生技术研究的内容有噪声、振动、电离辐射、有毒物质、生产性粉尘、高温、湿度等有害因素对人体的危害及其预防的技术措施，应用到物理、化学、生物学、工业毒理学、放射防护学等科学知识。

安全卫生管理是研究和制定安全生产的方针、政策、法规、制度及组织管理等属于社会科学方面的内容。采用系统的方法识别、评价、控制危险因素又涉及运筹学、控制论、决策论、概率论、可靠性等科学知识。

为了更好地使人和机器有机配合,在保持和提高工作效率的同时,保障操作者安全健康、舒适愉快地工作,近年来又创建了一门新的学科——安全人机工程学。它是从劳动者的心理、生理、生物力学等方面研究给生产带来高效率的机械化、自动化、电子化等技术,同时,也研究有害因素的作用机理及其防止方法。安全人机工程是安全工程的一个新的分支,是用心理学、生理学、生物学、人体测量学和工程技术等知识解决人机关系。

综上所述,安全工程是一门多学科、跨门类、综合性很强的交叉学科。

1.2 化工生产与安全

1.2.1 化工生产的特点

国民经济的迅速发展,对化工产品的需求量与日俱增,从而也促进了化工生产的快速增长。特别是20世纪初兴起的石油化学工业,在60~70年代得到飞速发展,产品产量大幅度增长,品种迅速增加,目前化工产品的种类已达数万种之多。化学工业的发展有力地促进了工农业生产,巩固了国防,改善和提高了人们的生活水平。但是化学生产过程存在着许多不安全因素和职业危害,比其他生产有着更大的危险性,这主要是由于化工生产具有如下几个特点:

1. 化工生产的物料绝大多数具有潜在危险性

化工生产使用的原料、中间体和产品绝大多数具有易燃易爆、有毒有害、腐蚀等危险性。例如,聚氯乙烯树脂生产使用的原料乙烯、甲苯和 C_4 及中间产品二氯乙烷和氯乙烯都是易燃易爆物质,在空气中达到一定的浓度,遇火源即会发生火灾爆炸事故;氯气、二氯乙烷、氯乙烯还具有较强的毒性,氯乙烯并具有致癌作用;氯气和氯化氢在有水分存在下有强烈腐蚀性。物质的这些潜在危险性决定了在生产、使用、储存、运输等过程中稍有不慎就会酿成事故。

2. 生产工艺过程复杂、工艺条件苛刻

化工生产从原料到产品,一般需要经过许多工序和复杂的加工单元,通过多次反应或分离才能完成。例如,炼油生产的催化裂化装置,从原料到产品要经过8个加工单元,乙烯从原料裂解到产品出来需要12个化学反应和分离单元。

化工生产的工艺参数前后变化很大。例如,以柴油为原料裂解生产乙烯的过程中,最高操作温度近 1000°C ,最低则为 -170°C ;最高操作压力为 11.28MPa ,最