

SPT SPT 高等院校选用教材

工科类

化工安全工程

高等院校
选用教材

化工安全工程

蔡凤英 谈宗山 编著
孟 赫 蔡仁良



科学出版社

科学出版社

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,着重介绍了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. -北京:科学出版社,2001

(高等院校选用教材)

ISBN 7-03-008450-0

I. 化… II. 蔡… III. 化学工业-安全技术-高等学校-教材

IV. TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 06566 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂 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:710×1000 1/16

2001 年 2 月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—4 000 字数:361 000

定价:26.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

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。

安全工程技术的发展和运用,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 ω 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 代替重量体积浓度(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

第一章 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	(5)
1.2.1 化工生产的特点	(5)
1.2.2 安全在化工生产中的重要地位	(6)
1.3 事故的预防	(7)
1.3.1 事故的特性	(8)
1.3.2 伤亡事故致因理论	(9)
1.3.3 预防事故的基本原则.....	(12)
思考题	(16)
第二章 燃烧与爆炸	(17)
2.1 燃烧及其特性.....	(17)
2.1.1 燃烧与氧化.....	(17)
2.1.2 燃烧条件.....	(18)
2.1.3 燃烧过程及燃烧形式.....	(19)
2.1.4 燃烧种类.....	(21)
2.1.5 氧指数.....	(25)
2.1.6 最小点火能量.....	(26)
2.2 燃烧机理.....	(28)
2.2.1 燃气燃烧的连锁反应.....	(28)
2.2.2 连锁反应速度表达式.....	(29)
2.3 燃烧速度.....	(29)
2.3.1 可燃气体的燃烧速度.....	(29)
2.3.2 可燃液体的燃烧速度.....	(32)
2.3.3 可燃固体的燃烧速度.....	(32)
2.4 爆炸及其特性.....	(33)
2.4.1 爆炸分类.....	(33)

2.4.2	爆炸极限及其计算	(34)
2.4.3	爆炸范围图	(41)
2.4.4	爆炸与爆轰	(43)
2.4.5	分解爆炸性气体爆炸	(44)
2.4.6	粉尘爆炸	(45)
2.4.7	雾滴爆炸	(47)
2.4.8	爆炸温度与压力	(48)
2.4.9	爆炸压力——爆炸强度	(50)
	思考题	(55)
	习题	(56)
第三章	防火防爆措施	(57)
3.1	防止可燃可爆系统的形成	(57)
3.1.1	控制可燃可爆物质	(57)
3.1.2	着火源及其控制	(63)
3.2	火灾爆炸事故蔓延扩散的限制措施	(78)
3.2.1	厂址选择与总平面布置	(79)
3.2.2	从建筑设计方面采取限制措施	(85)
3.3	消防设施	(95)
3.3.1	火灾的分类	(95)
3.3.2	灭火的基本方法	(96)
3.3.3	灭火物质及其选用	(97)
3.3.4	灭火装置	(102)
3.3.5	消防用水及设施	(103)
3.3.6	消防站	(104)
	思考题	(105)
	习题	(105)
第四章	职业卫生	(107)
4.1	职业卫生与职业病概述	(107)
4.1.1	职业卫生	(107)
4.1.2	职业病	(108)
4.2	职业中毒	(110)
4.2.1	工业毒物的基本概念	(110)
4.2.2	工业毒物对人体的危害	(112)
4.2.3	工业毒物的毒性	(113)
4.2.4	最高容许浓度与阈限值	(115)

4.2.5	职业接触毒物危害程度分级	(118)
4.2.6	职业中毒与现场急救	(119)
4.2.7	常见工业毒物	(120)
4.3	生产性粉尘及其对人体的危害	(122)
4.3.1	生产性粉尘及分类	(122)
4.3.2	生产性粉尘对人体的危害	(123)
4.3.3	生产性粉尘的卫生标准	(124)
4.4	防尘防毒的对策措施	(124)
	思考题	(127)
	习题	(128)
第五章	压力容器安全	(129)
5.1	压力容器的安全问题	(129)
5.1.1	容器的应用和特点	(129)
5.1.2	容器的安全问题	(130)
5.2	容器的分类	(132)
5.2.1	容器的定义范围	(132)
5.2.2	容器的分类	(132)
5.2.3	容器安全管理的主要法规与技术标准	(133)
5.3	容器的基本结构	(135)
5.3.1	概述	(135)
5.3.2	容器的结构特征	(136)
5.4	容器的安全设计	(139)
5.4.1	强度安全设计	(139)
5.4.2	结构安全设计	(146)
5.5	容器的破坏形式和原因	(147)
5.5.1	引言	(147)
5.5.2	韧性破裂	(148)
5.5.3	脆性破裂	(149)
5.5.4	疲劳破裂	(151)
5.5.5	应力腐蚀破裂	(153)
5.5.6	蠕变破裂	(155)
5.6	容器的制造安全技术	(155)
5.6.1	容器的制造缺陷	(155)
5.6.2	容器制造质量控制	(159)
5.7	容器的安全装置	(161)

5.7.1	压力容器安全装置的作用与类型	(161)
5.7.2	压力容器安全装置的基本要求	(162)
5.7.3	安全泄压装置	(162)
5.7.4	安全泄放量的计算	(163)
5.7.5	安全阀	(164)
5.7.6	爆破片的选用	(167)
5.8	压力容器的爆炸危害及其事故分析	(169)
5.8.1	容器的爆炸和爆炸能量	(169)
5.8.2	压缩气体容器的爆炸能量	(170)
5.8.3	液化气体或高温饱和水容器的爆炸能量	(171)
5.8.4	压力容器的事故分析与处理	(171)
	思考题	(174)
	习题	(175)
第六章	泄漏源及扩散模式	(176)
6.1	常见泄漏源	(176)
6.2	液体经小孔泄漏的源模式	(177)
6.3	储罐中液体经小孔泄漏的源模式	(178)
6.4	液体经管道泄漏的源模式	(180)
6.5	气体或蒸气经小孔泄漏的源模式	(185)
6.6	闪蒸液体的泄漏源模式	(188)
6.7	易挥发液体蒸发的源模式	(189)
6.8	扩散模式	(190)
6.9	湍流扩散微分方程与扩散模型	(193)
6.9.1	湍流扩散微分方程	(193)
6.9.2	无边界点源扩散模型	(194)
6.9.3	有界点源扩散模型	(195)
6.10	帕斯奎尔-吉福德(Pasquill-Gifford)模型	(196)
6.10.1	大气稳定度与扩散参数的确定	(196)
6.10.2	P-G 扩散模型	(197)
	思考题	(202)
	习题	(202)
第七章	危险性分析方法	(204)
7.1	安全检查表	(204)
7.1.1	概述	(204)
7.1.2	安全检查表编制的步骤和依据	(205)

7.1.3	安全检查表的种类和内容	(206)
7.1.4	编制和使用安全检查表应注意的问题	(206)
7.1.5	安全检查表的格式	(207)
7.2	预先危险性分析	(209)
7.2.1	概述	(209)
7.2.2	分析步骤	(209)
7.2.3	分析举例	(211)
7.3	危险和操作性研究	(211)
7.3.1	概述	(211)
7.3.2	分析步骤	(212)
7.3.3	应用举例	(212)
7.4	故障类型和影响分析	(214)
7.4.1	概述	(214)
7.4.2	分析步骤	(215)
7.4.3	应用举例	(217)
7.5	事件树分析	(221)
7.5.1	分析原理	(221)
7.5.2	分析步骤	(221)
7.5.3	应用举例	(222)
7.6	事故树分析	(223)
7.6.1	概述	(223)
7.6.2	事故树分析的步骤	(223)
7.6.3	事故树的符号及意义	(224)
7.6.4	编树举例	(224)
7.6.5	定性分析	(227)
	思考题	(233)
	习题	(233)
第八章	安全性评价	(235)
8.1	安全性评价概述	(235)
8.1.1	安全性评价的概念	(235)
8.1.2	安全性评价的内容	(236)
8.1.3	安全指标	(236)
8.1.4	安全性评价的应用阶段	(237)
8.2	安全性评价的基本程序	(239)
8.3	安全性评价的基本方法	(240)

8.3.1 安全性评价方法的分类	(240)
8.3.2 安全性评价方法简介	(241)
思考题	(274)
习题	(274)
附录	(276)
I 部分可燃性气体和蒸气的火灾、爆炸危险性参数	(276)
II 车间空气中有害物质的最高容许浓度	(279)
III 《化工行业职业性接触毒物危害程度分级》HG24001—96	(283)
IV 物质系数和特性	(285)
参考文献	(294)

第一章 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。人们在长期的生产实践中,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,研究其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,其他工程学一般都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,同时也阻碍了生产的正常进行,影响着经济发展。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;物有生产中所用的物质(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,导致事故的原因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:当技术不熟练、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,因其具有燃烧、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,这些内容归纳起来可分为以下三个方面:

1. 安全技术

安全技术是针对生产劳动过程中存在着的危险因素,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

它是针对生产劳动过程中存在着对人体健康有害的因素,长期作用于人体而引起机体器官发生病变,导致职业中毒和职业病,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。它包括防尘防毒、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。它是从立法上和组织上采取措施,保护职工在劳动过程中的安全和健康。研究的内容主要有:制订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。建国以来,我们党和政府十分重视劳动保护工作,早在1952年就根据毛泽东主席的指示制定了安全生产方针。我国现行的安全生产方针是“安全第一,预防为主”。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。1978年中共中央《关于认真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。1983年国务院批转劳动人事部、国家经委、全国总工会《关于加强安全生产和劳动安全监察工作的报告的通知》中又重申:基建计划等部门应将新建、扩建和技术改造企业的劳动安全卫生设施,与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。这便是安全和生产的“三同时”。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“三不放过”原则,即事故原因分析不清不放过;事故责任者和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,从而制定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,它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。它应用到物理、化学、生物学、工业毒理学、放射防护学等科学知识。

劳动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到运筹学、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、生物力学等方面去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,它是用心理学、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,一般都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℃,最低则为 -170℃;最高操作压力为 11.28MPa,最低只有 0.07~0.08MPa。高压聚乙烯生产最高压力达 300MPa。这样的工艺条件,再加上许多介质具有强烈腐蚀性,在温度应力、交变应力等作用下,受压容器常常因此而遭到破坏。有些反应过程要求的工艺条件很苛刻,像用丙烯和空气直接氧化生产丙烯酸的反应,各种物料比就处于爆炸范围附近,且反应温度超过中间产物丙烯醛的自燃点,控制上稍有偏差就有发生爆炸的危险。

3. 生产规模大型化、生产过程连续性强

现代化工生产装置规模越来越大,以求降低单位产品的投资和成本,提高经济效益。例如,我国的炼油装置最大规模已达年产 800 万吨,乙烯装置已建成年生产能力 45 万吨,并即将扩建到年产 70 万吨的更大规模。装置的大型化有效地提高了生产效率,但规模越大,贮存的危险物料量越多,潜在的危险能量也越大,事故造成的后果往往也越严重。

化工生产从原料输入到产品输出具有高度的连续性,前后单元息息相关,相互制约,某一环节发生故障常常会影响到整个生产的正常进行。由于装置规模大且工艺流程长,因此使用设备的种类和数量都相当多。如某厂年产 30 万吨乙烯装置含有裂解炉、加热炉、反应器、换热器、塔、槽、泵、压缩机等设备共 500 多台件,管道上千根,还有各种控制和检测仪表,这些设备如维修保养不良很易引起事故的发生。

4. 生产过程自动化程度高

由于装置大型化、连续化、工艺过程复杂化和工艺参数要求苛刻,因而现代化工生产过程用人工操作已不能适应其需要,必须采用自动化程度较高的控制系统。近年来随着计算机技术的发展,化工生产中普遍采用了 DCS 集散型控制系统,对生产过程的各种参数及开停车实行监视、控制、管理,从而有效地提高了控制的可靠性。但是控制系统和仪器仪表维护不好,性能下降,也可能因检测或控制失效而发生事故。

1.2.2 安全在化工生产中的重要地位

安全是人类赖以生存和发展的最基本需要之一。西方行为科学的“需要层次

论”者认为,人的需要有5个层次,即生理、安全、社交、尊重和自我实现。其中生理(吃、穿、住、用、行等)需要是生存最基本的需要,其次就是希望得到安全,没有伤亡、疾病和不受外界威胁、侵略。可见安全也是人的最基本和低层次的需要。化工生产由于具有自身的特点,发生事故的可能性及其后果比其他行业一般来说要大,而发生事故必将威胁着人身的安全和健康,有的甚至给社会带来灾难性破坏。例如,1975年美国联合碳化物公司比利时公司安特卫普厂,年产15万吨高压聚乙烯装置,因一个反应釜填料盖泄漏,受热爆炸,发生连锁反应,整个工厂被毁。1984年12月3日发生在印度博泊尔市农药厂的毒气泄漏事故,由于储罐上安全装置有缺陷,管理上也存在问题,致使45吨甲基异氰酸酯几乎全部泄漏,造成20万人受到不同程度的中毒,死亡数千人,生态环境也遭到严重破坏。近年来我国化工行业也发生几起重大的恶性事故,如1988年某厂球罐内大量液化气逸出,遇火种而发生爆燃,使26人丧生,15人烧伤。

血的教训充分说明了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,即使先进的生产技术,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,安全在化工生产中有着非常重要的作用,安全是化工生产的前提和关键,没有安全作保障,生产就不能顺利进行。随着社会的发展,人类文明程度的提高,人们对安全的要求也越来越高,企业各级领导、管理干部、工程技术人员和操作工人都必须做到“安全第一”,把安全生产始终放在一切工作的首位;同时还必须深入研究安全管理和预防事故的科学方法,控制和消除各种危险因素,做到防患于未然。对于担负着开发新技术、新产品的工程技术人员,必须树立安全观念,认真探讨和掌握伴随生产过程而可能发生的事故及预防对策,努力为企业提供技术上先进、工艺上合理、操作上安全可靠的生产技术,使化工生产中的事故和损失降到最低限度。

1.3 事故的预防

尽管生产过程存在着各种各样的危险因素,在一定条件下能导致事故发生,但只要事先进行预测和控制,事故一般是可以预防的。

所谓事故是指人们在进行有目的的活动过程中,突然发生违犯人们意愿,并可能使有目的的活动发生暂时性或永久性中止,造成人员伤亡或(和)财产损失的意外事件。

事故有自然事故和人为事故之分。自然事故是指由自然灾害造成的事故,如地震、洪水、旱灾、山崩、滑坡、龙卷风等引起的事故。这类事故在目前条件下受科学知识的限制还不能做到完全防止,只能通过研究预测预报技术,尽量减轻灾害所

造成的破坏和损失。人为事故是指由人为因素而造成的事故,这类事故既然是人为因素引起的,原则上都能预防。据美国 20 世纪 50 年代统计,在 75000 件伤亡事故中,天灾只占 2%,98%是人为造成的,也就是说 98%的事故基本上是可以预防的。

事故之所以可以预防是因为它和其他事物一样,具有一定的特性和规律,只要我们掌握了这些特性和规律,事先采取有效措施加以控制,就可以预防事故的发生及减少其造成的损失。

1.3.1 事故的特性

一般来说,事故具有如下特性:

1. 因果性

事故因果性是说一切事故的发生都是有一定原因引起的,这些原因就是潜在的危险因素。已知生产中存在着许多危险因素,有来自人的方面,包括人的不安全行为和管理缺陷;也有物的方面,包括物和环境存在的不安全条件。这些危险因素在一定的时间和地点相互作用就会导致事故的发生。事故的因果性是事故必然性的反映,若生产中存在着危险因素,则迟早必然发生事故。

因果关系具有继承性,即第一阶段的结果可能是第二阶段的原因,第二阶段的原因又会引起第二阶段的结果。它们的关系如图 1.1 所示。

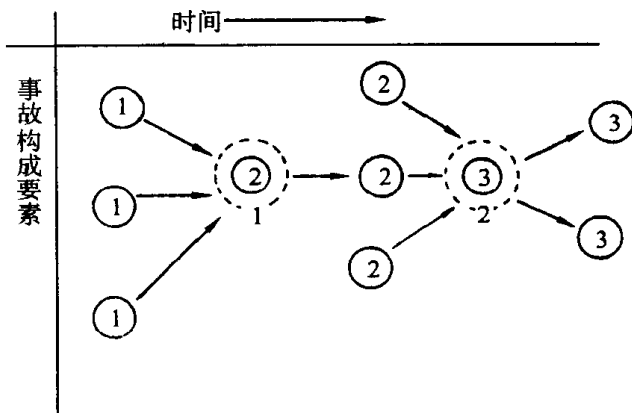


图 1.1 因果关系示意图

因果继承性说明事故的原因是多层次的。有的和事故有直接联系,有的则是间接联系,决不是某一个原因就能造成事故,而是诸多不利因素相互作用促成的。因此,不能把事故原因归结为一点,在识别危险时要把所有的潜在因素都找出来,包括直接的、间接的,以至更深层次的。只要把危险因素都识别出来,事先加以控制和消除,事故就可以预防。