

普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

# 化工安全

邵 辉 主编



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

# 化工安全

邵 辉 主编



北 京  
冶金工业出版社  
2012

## 内 容 提 要

本书根据化工生产的特点,系统地讲述了化工生产过程危险物质的泄漏与扩散、燃烧与爆炸等各种事故和职业性伤害发生的规律及原因;阐述了在典型的化工反应和化工操作过程中预防和控制化工事故的基本理论和技术;介绍了化工职业健康卫生、化工生产安全管理和化工事故应急救援等化工安全相关技术知识。

本书可以作为高等院校安全工程、安全管理工程、化学工艺与工程等专业的教学用书,也可供化工企业的安全和技术管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

化工安全/邵辉主编. —北京:冶金工业出版社,2012.5

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5898-0

I. ①化… II. ①邵… III. ①化工安全—高等教育—教材  
IV. ①TQ086

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第067748号

出版人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 张耀辉 马文欢 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5898-0

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销

2012年5月第1版,2012年5月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;16.25印张;389千字;247页

35.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 前 言

化工生产是经济社会发展的重要支柱。一方面,化工生产有力地促进了国民经济的发展,改善和提高了人们的生活水平;另一方面,在化工(特别是危险化学品)生产过程中存在着许多不安全因素和职业危害,如易燃、易爆、易中毒、高温、高压、有腐蚀等,因此比其他工业生产有着更大的潜在危险性。

在化工生产过程中,风险是客观存在的,虽然看不见、摸不着,但它却与生产活动密不可分,如影随形。本书以化工生产过程为主线,应用安全原理与事故控制理论,对化工生产中的事故和职业危害进行了系统地分析与阐述。

化工安全是保证化工安全生产的主要技术支撑,是安全工程专业学生必须掌握的专业技术,在安全人才培养中占有重要的地位,对培养学生的安全工程思维和应用能力具有重要意义。

化工生产的多样性和工艺过程的复杂性,使得化工安全技术具有极强的实践性,本书通过一些典型的化工生产工艺与安全控制技术的介绍,力图达到举一反三的目的,使化工安全技术成为化工安全生产、降低伤亡事故和财产损失的有效保障。

作者根据多年来在化工安全方面的研究与实践,在编写上力求能够为读者提供一个较为系统的技术体系:

- (1)在内容上力求科学性、系统性、基础性和前沿性。
- (2)在功用上力求广泛性和实用性。
- (3)在风格上力求简明性和趣味性,做到深入浅出,语言简练明了,案例典型、生动。

本书由常州大学邵辉(第1章)、葛秀坤(第2、4章)、郑州大学刘诗飞(第3、6章)、安徽工业大学刘秀玉(第5、9章)、淮海工学院李娜(第7章)、常州大学黄勇(第8章)共同编写,邵辉教授承担全书的策划与统调。本书是作者多年来的



教学与研究经验和不断阅读与思索的总结。限于作者的理论水平和实践经验,书中难免存在一些不足,恳请广大读者予以批评指正。

本书在编写的过程中,引用了大量与本书内容有关的反映学术前沿的教材、专著和论文,在此向原作者表示感谢!同时,本书的编写还得到常州大学、郑州大学、安徽工业大学、淮海工学院的大力支持和帮助,在此一并表示感谢!

作 者

2012年3月

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 化工生产的特点 .....	1
1.1.1 化工生产系统的特点 .....	1
1.1.2 化工生产中的事故特点 .....	2
1.2 安全与系统安全 .....	4
1.2.1 安全与危险 .....	4
1.2.2 系统安全 .....	5
1.2.3 “人-机-环”系统安全分析 .....	7
1.3 我国化工安全生产的现状与发展趋势 .....	9
1.3.1 我国化工安全生产的现状 .....	9
1.3.2 我国化工安全生产的发展趋势 .....	11
1.3.3 加强安全生产的对策措施 .....	12
1.4 危险化学品从业单位安全生产标准化概述 .....	15
1.4.1 危险化学品安全生产标准化发展概述 .....	15
1.4.2 危险化学品安全生产标准化的实施原则 .....	17
1.4.3 危险化学品从业单位安全生产标准化通用规范简介 .....	19
1.4.4 危险化学品从业单位安全生产标准化评审标准简介 .....	21
思考题 .....	23
<b>2 化工安全基础</b> .....	24
2.1 物料安全基础 .....	24
2.1.1 化学物质的危险性和危害 .....	24
2.1.2 危险化学品分类 .....	29
2.1.3 化学物质危险控制的一般原则 .....	31
2.2 化工生产常用设备安全基础 .....	32
2.2.1 静设备安全技术 .....	32
2.2.2 动设备安全技术 .....	55
2.2.3 压力管道与阀门安全技术 .....	62
2.3 化工生产事故的控制措施 .....	67
2.3.1 事故可预防性 .....	67
2.3.2 事故控制的基本对策 .....	67
2.3.3 人的因素导致事故的控制 .....	68

2.3.4 设备因素导致事故的控制 .....	69
思考题 .....	70
<b>3 化工生产过程危险物质泄漏与扩散 .....</b>	<b>71</b>
3.1 化工生产过程危险物质泄漏 .....	71
3.1.1 化工生产过程危险物质泄漏事故的特点 .....	71
3.1.2 泄漏后果初步分析 .....	71
3.1.3 常见的泄漏源及危险控制 .....	72
3.1.4 泄漏量的计算 .....	76
3.2 液体扩散 .....	80
3.2.1 液体扩散和液池计算 .....	80
3.2.2 液体的蒸发量计算 .....	82
3.2.3 泄漏物质在水中的扩散 .....	83
3.3 气体的扩散 .....	84
3.3.1 气体喷射扩散浓度分布的计算 .....	84
3.3.2 气体或液体闪蒸形成的蒸气绝热扩散半径与浓度的计算 .....	85
3.3.3 气团在大气中的扩散 .....	86
思考题 .....	94
<b>4 化工燃烧与爆炸 .....</b>	<b>95</b>
4.1 燃烧 .....	95
4.1.1 燃烧的特征 .....	95
4.1.2 燃烧的条件 .....	95
4.1.3 燃烧的分类 .....	97
4.1.4 燃烧过程及燃烧形式 .....	99
4.1.5 燃烧的基本理论 .....	100
4.2 爆炸 .....	102
4.2.1 爆炸的概念 .....	102
4.2.2 爆炸的分类 .....	103
4.2.3 爆炸极限及其计算 .....	105
4.2.4 爆炸能量的相关计算 .....	109
4.3 防火防爆技术措施 .....	111
4.3.1 防火防爆的一般原则 .....	111
4.3.2 火灾和爆炸的预防措施 .....	111
4.3.3 限制火灾和爆炸事故蔓延扩散的措施 .....	116
4.3.4 化工火灾和爆炸事故的扑救措施 .....	120
4.4 电气防火防爆 .....	127
4.4.1 电气火灾和爆炸的原因及特点 .....	127
4.4.2 电气火灾和爆炸危险场所的划分 .....	128

4.4.3 电气设备防火防爆要求 .....	129
思考题 .....	132
<b>5 典型的化工反应过程 .....</b>	<b>133</b>
5.1 氧化(过氧化)反应 .....	133
5.1.1 氧化反应的含义 .....	133
5.1.2 氧化反应的安全技术要点 .....	133
5.2 还原反应 .....	134
5.3 硝化反应 .....	136
5.3.1 硝化及硝化产物 .....	136
5.3.2 混酸制备的安全 .....	137
5.3.3 硝化器 .....	137
5.3.4 硝化过程安全技术 .....	137
5.4 氯化反应 .....	138
5.5 催化反应 .....	139
5.5.1 催化过程的安全技术 .....	139
5.5.2 催化重整 .....	140
5.5.3 催化加氢 .....	141
5.6 裂解反应 .....	142
5.6.1 热裂解 .....	142
5.6.2 催化裂解 .....	143
5.6.3 加氢裂解 .....	144
5.7 聚合反应 .....	144
5.7.1 高压下乙烯聚合 .....	145
5.7.2 氯乙烯聚合 .....	146
5.8 电解反应 .....	148
5.8.1 电解过程 .....	148
5.8.2 离子膜电解食盐生产氯碱工艺 .....	148
5.8.3 电解槽 .....	149
5.9 磺化、烷基化和重氮化反应 .....	149
5.9.1 磺化 .....	149
5.9.2 烷基化 .....	150
5.9.3 重氮化 .....	150
思考题 .....	151
<b>6 典型的化工操作过程安全技术 .....</b>	<b>152</b>
6.1 传热类单元操作 .....	152
6.1.1 加热操作 .....	152
6.1.2 熔融操作 .....	154
6.1.3 干燥操作 .....	155

6.1.4	蒸发、蒸(精)馏操作 .....	156
6.1.5	冷却、冷凝和冷冻操作 .....	158
6.2	物料传送与加工类单元操作 .....	159
6.2.1	物料输送操作 .....	160
6.2.2	物料破碎、混合操作 .....	163
6.2.3	筛分、过滤操作 .....	164
6.3	物料分离类单元操作 .....	166
6.3.1	吸收操作简介 .....	166
6.3.2	萃取操作简介 .....	166
6.3.3	结晶操作简介 .....	166
6.3.4	吸收、萃取、结晶操作危险性分析和安全技术 .....	166
6.4	物料储存过程危险性分析和安全技术 .....	167
	思考题 .....	167
7	化工职业健康卫生技术 .....	168
7.1	化工职业健康卫生概述 .....	168
7.1.1	化工职业健康卫生的危害因素分析 .....	169
7.1.2	化工职业健康卫生的控制分析 .....	169
7.2	化工车间通风 .....	171
7.2.1	化工车间通风的方式与基本要求 .....	171
7.2.2	化工车间气态污染物的控制技术 .....	172
7.3	粉尘、化工毒物的危害及预防 .....	174
7.3.1	工作场所粉尘、化工毒物的分类 .....	174
7.3.2	工作场所粉尘、化工毒物的危害 .....	175
7.3.3	工作场所粉尘、毒物的检测 .....	177
7.3.4	工作场所粉尘、毒物的预防 .....	181
7.4	化工生产中噪声、振动、辐射的危害与预防 .....	187
7.4.1	噪声的危害与预防 .....	187
7.4.2	振动的危害与预防 .....	189
7.4.3	辐射的危害与预防 .....	190
	思考题 .....	192
8	化工生产安全管理技术 .....	193
8.1	概述 .....	193
8.1.1	化工生产安全管理的主要内容 .....	193
8.1.2	化工生产安全管理的主要特点 .....	193
8.2	化工生产预防性检查 .....	194
8.2.1	管道、阀门、安全附件的检查 .....	194
8.2.2	泵、压缩机的检查 .....	197
8.2.3	反应器、容器、换热器的检查 .....	198

8.2.4 燃烧炉与锅炉的检查 .....	199
8.2.5 仪表、其他配件的检查 .....	200
8.2.6 化学品仓库的检查 .....	201
8.2.7 监测、预警、通讯网络等的检查 .....	201
8.2.8 消防设施和管理的检查 .....	202
8.3 化工生产安全操作规程 .....	203
8.3.1 生产岗位安全操作规程 .....	203
8.3.2 动火作业的安全操作规程 .....	204
8.3.3 检修作业的安全操作规程 .....	208
8.4 化工生产安全管理制度 .....	211
8.4.1 概述 .....	211
8.4.2 安全生产责任制度 .....	212
8.4.3 安全教育培训制度 .....	214
8.4.4 安全检查制度 .....	217
8.4.5 安全技术措施计划管理制度 .....	220
8.4.6 事故隐患管理制度 .....	222
思考题 .....	223
<b>9 化工事故应急救援技术 .....</b>	<b>224</b>
9.1 应急救援系统概述 .....	224
9.1.1 事故应急救援的意义 .....	224
9.1.2 相关的技术术语 .....	225
9.1.3 应急救援系统的组成 .....	225
9.2 应急救援系统的建立 .....	226
9.2.1 应急救援系统的主要内容 .....	226
9.2.2 应急救援系统的组织机构 .....	227
9.2.3 应急救援系统的运作程序 .....	228
9.3 应急救援预案的制定 .....	228
9.3.1 应急救援预案编制概述 .....	228
9.3.2 应急预案编制的基本要求 .....	229
9.3.3 应急救援预案类型与内容的确定 .....	229
9.3.4 事故应急救援预案的编写 .....	231
9.4 应急救援行动 .....	233
9.4.1 应急设备与资源 .....	233
9.4.2 事故评估程序 .....	235
9.4.3 通告和通讯联络程序 .....	236
9.4.4 现场应急对策的确定和执行 .....	238
思考题 .....	246
<b>参考文献 .....</b>	<b>247</b>

# 1 绪 论

化工是国民经济的基础产业，经济的快速发展对化工产品的需求种类及数量与日俱增，现代社会已离不开化工生产。社会的巨大需求又促进了化工生产的快速增长，特别是我国的经济发达地区，也是化工生产的聚集区，如在经济发达的长三角地区据不完全统计就集聚了上万家的大大小的化工生产企业。化工生产由于存在着许多不安全因素和职业危害，如易燃、易爆、易中毒、高温、高压、有腐蚀性等，故比其他生产有着更大的危险性。本章将就化工生产的特点、安全与系统安全、我国化工安全生产的现状与发展趋势等做简要介绍。

## 1.1 化工生产的特点

化工生产的特点是由其使用的物料、设备、工艺等多种因素所决定的，在生产过程中对这些因素要有清晰的认识和分析，了解它们之间的相互关系，才能有的放矢地进行安全管理，采取有效的安全技术措施，确保安全生产。

### 1.1.1 化工生产系统的特点

化工生产系统是一个复杂的“人-机-环”系统，该系统可以用图 1-1 表示。

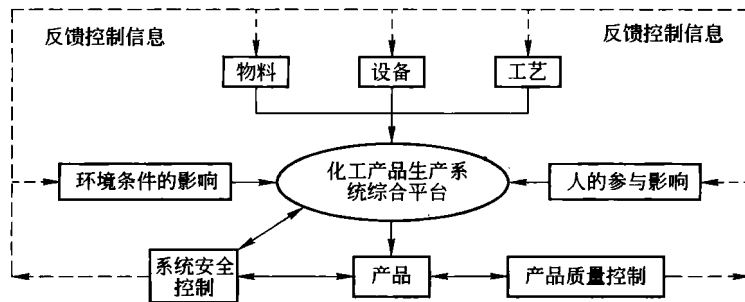


图 1-1 化工生产系统逻辑结构图

由图 1-1 可见，化工生产系统有如下特点：

(1) 化工生产系统组成的复杂性与可变性。化工生产系统组成的复杂性取决于化工产品的多样性、生产工艺的多变性。根据其生产的产品，其生产系统由物料、设备、工艺组成相应的产品生产系统平台，在生产中还要受到环境、人的参与等因素的影响。

化工生产系统的可变性表明：生产同一产品可有不同的系统组成；反之，相同的系统组成也可生产不同的化工产品。

(2) 化工生产系统中各种信息流动与交换的时空性。在化工生产中各种信息流动与

交换的时空性对系统的稳定性发挥重要的影响作用。这些信息包括物料信息、设备信息、工艺参数信息、系统状态信息、产品信息、安全信息、人的参与信息、各种控制信息等，它们显现的时间、空间位置对系统都有不同的影响作用。只有正确地了解并控制这些信息，才能保证系统按设计的功能稳定运行。

(3) 化工生产系统控制的多样性。在化工生产系统中有各种控制子系统，如产品质量控制系统、系统安全控制系统等，这些系统相互关联，同时又相互制约。系统中的各种控制又依赖于系统中各种信息的流动与交换。

(4) 化工生产系统的动态性。化工生产系统的动态性使得化工安全管理的难度大大提高，这种系统的动态性表现有时又是非常复杂的，如产品的变化、设备的变化、工艺参数的变化、人的操作变化、信息的变化、环境因素的变化等，均可引起系统生产的变化，与此同时对应的各种控制、操作、技术措施等必须跟上，否则系统就会不稳定。

正确理解化工生产系统的特点，是做好安全生产最基础的工作。

### 1.1.2 化工生产中的事故特点

了解化工生产的事故特点是做好事故预防的前提。在化工生产过程中存在着许多不安全因素和职业危害，这主要是由于化学品生产具有如下几个特点：

(1) 化工生产使用的物料绝大多数具有潜在危险性。化工生产使用的原料、中间体和产品种类繁多，绝大多数是易燃易爆、有毒有害、有腐蚀性等危险化学品。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的情况下有强烈腐蚀性。

这些潜在危险性决定了在生产过程中必须对化学品的使用、储存、运输提出特殊的要求，如果稍有不慎就会酿成事故。

(2) 化工生产工艺过程复杂、工艺条件苛刻。化学品生产从原料到产品，都有其特定的工艺流程、控制条件和检测方法，一般都需要经过许多生产工序和复杂的加工单元，通过多次反应或分离才能完成。有些化学反应是在高温、高压下进行的，这些化学反应都存在较高的危险性，如硝化、氯化、氟化、氨化、磺化、加氢、重氮化、氧化、过氧化、裂解、聚合等。

例如，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  $800^{\circ}\text{C}$ ，裂解气要在深冷 ( $-96^{\circ}\text{C}$ ) 条件下进行分离，纯度为 99.99% 的乙烯气体在 294kPa 压力下聚合，制取聚乙烯树脂。

一般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。

化学品生产的工艺参数前后变化很大。工艺条件的复杂多变，再加上许多介质具有强烈的腐蚀性，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然点，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。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 70 万吨。装置的大型化有效地提高了生产效率,但规模越大,储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。

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,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,这些设备若维修保养不良很易引起事故的发生。

(4) 化工事故发生的因果性、不确定性与突发性。

1) 因果性。事故的发生都存在各种各样的因果关系,这种因果关系千差万别,有的比较清晰,有的比较模糊,有的似乎毫无关系。但事故的发生总是这些“因”与“果”发展变化过程的结果。在化工生产中人们更多看到的是事故发生后产生的结果,而没有认真地去思考,事故的结果是如何产生的,在什么条件下产生的,在什么时候会产生,在什么地点产生,其事故发生前的演化过程如何。

根据事故的因果理论,正确把握化工生产过程中各种因素的相互关系,理清“因”与“果”的逻辑关系、逻辑层次及信息传输,是做好化工事故预防的重要基础工作。

2) 不确定性。事故的发生看起来是不确定的,一般无法精确预料事故在什么时间、什么地点发生,但事故的这种不确定性可以应用数理统计的思想和方法来解决。事故的不确定性表现在两个方面:

① 事故发生的不确定性,即事故发生的可能性有多大。这可以应用数理统计中的概率进行解决,由于关于事故的统计资料很少,在实际应用中有很大的难度。常州大学邵辉教授等人研究提出了基于信息扩散理论的对单一样本点进行集值化处理的模糊数学处理方法,该方法认为,虽然小样本携带的信息不完备,具有模糊不确定性。但在处理小样本问题时,根据模糊集的理论,可以把概率分布看做是从事件到概率值的映射。因此,在求某一事故的发生概率时,可以转化成求观测样本和事故发生概率分布的一个映射关系。

② 事故产生的危害程度的不确定性,即事故发生后产生的后果有多大(如人员伤亡情况、财产损失程度、环境影响程度等)。目前我国衡量事故严重度的指标主要有建筑施工死亡率、火灾死亡率、工矿商贸企业从业人员 10 万人死亡率、亿元 GDP 死亡率、道路交通万车死亡率等,这些指标都是宏观控制指标,对于具体事故的衡量指标还有待于进一步的研究。

现在常用的一个概念是“可接受的风险”,或称“合理的风险程度”。风险是综合衡量事故的发生可能性与后果严重度的指标,在确定了“可接受的风险”和事故的发生概率后,就可求出事故发生后可接受的严重度。

3) 突发性。事故的突发性表现在事故发生的偶然性与潜伏性,事故在发生前是不会显现的,生产系统好像一切都“正常”、“平静”。事故是否发生表现为很大的偶然性。但事故的研究表明,在化工生产系统中客观地存在着危险因素,只要这些危险因素不消除,

就存在诱导事故发生的客观条件。另外，海因里希事故法则告诉我们，事故是事物发展演变过程中，偶然中存在必然，必然中存在偶然的辩证关系的客观表现。要正确认识事故偶然性，不能有丝毫的侥幸心理，要在化工生产过程中注重“危险因素”和“一般事件”的防治。

## 1.2 安全与系统安全

### 1.2.1 安全与危险

安全与危险是系统安全中的一对矛盾与统一，它们都是系统的一种客观存在“状态”，只是在讨论问题时的出发角度不同而已。

#### 1.2.1.1 安全

关于安全的定义有不同的表述，这里引用美国安全工程师学会（ASSE）编写的《安全专业术语辞典》以及《英汉安全专业术语辞典》中对安全的定义，其表述为：

安全意味着可以容忍的风险程度。

在这个简短的定义中包含了三层意思：首先，表明安全是系统存在的一种状态；其次，这种状态是在一定经济社会条件下人们可接受的；再者，判断系统的安全是人们主观对系统客观存在的认识与可接受标准的分析、比较与判断过程，常用安全度这一概念来表达主观认识对客观存在的反映。

#### 1.2.1.2 危险

危险是系统客观存在的一种潜在的状态，指材料、物品、系统、工艺过程、设施或场所对人、财产或环境具有产生伤害的潜能，其发生可能造成人员伤害、职业病、财产损失、作业环境破坏的状态。危险常用风险这一概念来表达其大小，风险是危险发生（转变）事故的可能性与事故产生的严重度的综合。

#### 1.2.1.3 安全与危险的逻辑关系

安全与危险的逻辑关系可通过图 1-2 来认识与理解。

在讨论安全或危险时，首先要确定对象，也就是系统（或子系统、或独立单元等）。图 1-2 表示系统中由安全和危险共同构成的逻辑整体，即图中的矩形。用对角线将矩形一分为二，上下分别代表系统的安全与危险，安全与危险合起来为逻辑“1”。

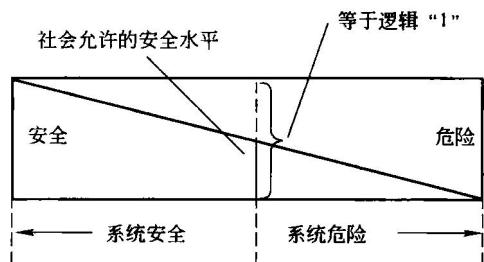


图 1-2 安全与危险的逻辑关系

由图 1-2 可见，沿着对角线由右向左发展时，表示系统的安全度在逐渐提高，危险性在逐渐降低。当到达最左边界线时，系统达到了“绝对安全”，因为这里，系统的安全为“1”，危险为“0”。这是一种理想的安全系统，在真实系统中是不存在的。

反之，沿着对角线由左向右发展时，表示系统的风险在逐渐提高，即安全度在逐渐降低。当到达最右边界线时，系统达到了“绝对危险”，因为这里，系统的危险为“1”，安

全为“0”。这是一种“绝对危险”的系统，这样的系统在真实系统中也是不可能存在的。

图 1-2 中“社会允许的安全水平”也是十分重要的概念，是表示在一定的经济社会发展水平、技术水平、人类文明、环境状况等条件下人们可接受的安全水平，也是人们对安全与危险的一种权衡与协调。

综上所述，安全与危险的逻辑关系对人们认识安全与危险具有一定的帮助，也给安全工作提供了一种指导思想和安全极限目标。

#### 1.2.1.4 对安全与危险的主要认识

(1) 没有任何系统（事物）是绝对安全的，任何系统（事物）中都潜伏着危险因素，通常所说的安全或危险只不过是一种主观认识对客观存在的判断。

(2) 不可能根除一切危险源和危险，可以减少来自现有危险源的危险性，宁可减少总的危险性而不是只彻底去消除几种选定的危险。

(3) 由于人的认识能力有限，有时不能完全认识危险源和危险，即使认识了现有的危险源，随着生产技术的发展，新技术、新工艺、新材料和新能源的出现，又会产生新的危险源。由于受技术、资金、劳动力等因素的限制，对于认识了的危险源也不可能完全根除。由于不能全部根除危险源，只能把危险降低到可接受的程度，即可接受的危险。安全工作的目标就是控制危险源，努力把事故发生概率降到最低，即使发生事故，也可把伤害和损失控制在较轻的程度上。

### 1.2.2 系统安全

系统安全理论是为解决复杂系统的安全问题而开发、研究出来的安全理论、方法体系。系统安全的思想，就是应用系统安全工程解决安全问题的思想。系统安全的思想是安全生产的灵魂，是化工企业职工必须具备的最基本素质。系统安全的思想反映在三个方面。

#### 1.2.2.1 安全是相对的思想

长期以来，人们一直把安全和危险看做是截然不同的、相对对立的。系统安全的思想认为，世界上没有绝对安全的事物，任何事物中都包含不安全的因素，具有一定的危险性。

安全是通过对系统的危险性和允许接受的限度比较而确定的，人们对系统安全的把握是主观认识对客观存在的反映，这一过程可用图 1-3 加以说明。

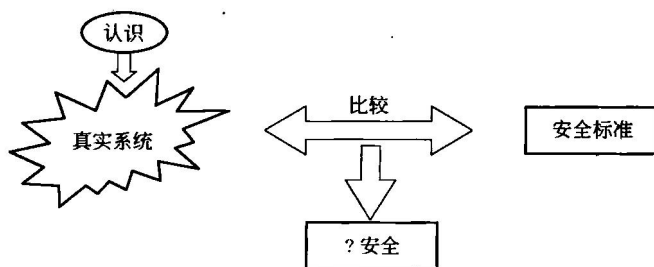


图 1-3 安全的认识过程

因此，安全工作的首要任务就是在主观认识能够真实地反映客观存在的前提下，在允

许的安全限度内,判断系统危险性的程度。在这一过程中要注意:

认识的客观、真实性;安全标准的科学、合理性;分析判断的正确性。

所以安全是伴随人们的活动过程。它是一种状态,是与时、空相联系的状态变化过程。

### 1.2.2.2 安全伴随着系统生命周期的思想

系统的生命周期从系统的构思开始,经过可行性论证、设计、建造、试运转、运转、维修直至系统报废(完成一个生命周期),其各个环节都存在不同的安全的问题。要充分认识系统生命周期中安全的两个方面:

(1) 本质化安全。本质安全是系统安全的根本保证,从系统的构思、设计开始就融入系统,对系统有两个基本的要求:一是系统正常运行条件下本身是安全的,也就是系统在其生命周期中不依赖保护与修正安全设备也能安全运行;二是系统的故障安全,也就是系统在出现故障时,如失去电或公用工程,系统将进入故障安全状态,保证人员和财产的安全。本质安全是系统的理想状态,是安全工作追求的目标。

(2) 工程化安全。工程化安全思想是对本质安全的补充,其主导思想就是应用工程安全保护设备进一步加强系统在其生命周期中的安全性,但是必须确保工程安全设备在系统出现问题时不产生故障。

本质安全和工程化安全构成了系统生命周期安全的思想。

### 1.2.2.3 系统中的危险源是事故根源的思想

危险源是可能导致事故的潜在的不安全因素。任何系统都不可避免地存在某些危险源,而这些危险源只有在触发事件的触发下才会产生事故。

有关危险源的分类方法很多,这里介绍常用的一种分类:

(1) 第一类危险源。根据能量意外释放理论,能量或危险物质的意外释放是伤亡事故发生的本质。于是,把生产过程中存在的,可能发生意外释放的能量(能源或能量载体)或危险物质称为第一类危险源。

(2) 第二类危险源。导致能量或危险物质约束或限制措施破坏或失效、故障的各种因素,称做第二类危险源。它主要包括物的故障、人为失误和环境因素。

一起伤亡事故的发生往往是两类危险源共同作用的结果。第一类危险源是伤亡事故发生的能量主体,决定事故后果的严重程度;第二类危险源是第一类危险源造成事故的必要条件,决定事故发生的可能性。

综上所述,安全工作的一个重要指导思想就是辨识系统中的危险源和消除触发事件的思想。

如何解决危险源问题?应从三个方面思考:

(1) 识别危险源,就是具有专门安全知识与技术的人员,利用现代安全检测技术及设备,应用危险源识别方法与技术进行系统的危险辨识。

(2) 危险源的评价分析,目的是得到各危险源引发事故的可能性和后果严重程度,对危险源进行排序。

(3) 危险源的控制,就是应用由工程技术(Engineering)对策、教育(Education)对策和法制(Enforcement)对策组成的“3E”对策进行危险源的综合控制。

### 1.2.3 “人-机-环”系统安全分析

#### 1.2.3.1 问题的提出

大量事故的调查分析结果表明，导致事故的原因是由于不安全状态、不安全行为和不良环境而引起的，也就是人的因素、物的因素和环境条件三个要素。从系统工程观点来说，这三个要素构成一个“人-机（设备）-环（环境）”系统。为了确保系统获得最佳安全状态，就必须综合考虑三个要素，消除导致事故的原因，使系统达到最佳安全状态。

生产设备是靠人来操纵的，把人、机器（设备）这两个对象作为一个整体来对待，即构成“人-机”系统。这种系统普遍存在于各种工业行业，如化工行业、机械制造业、运输行业等。从系统安全观点出发，不只是考虑“人-机”系统的关系，还应考虑“人-机（设备）-环（环境）”系统的关系。例如化工生产在一些特殊环境下（如高温、高压、低压、有毒有害物质等），应考虑操作人员和化工机械的关系，以保证安全生产和提高生产效率。

#### 1.2.3.2 “人-机-环”系统及安全分析要素

显而易见，为了确保系统安全，不能孤立地研究人、机、环境这三个要素，而要从系统的总体高度上将它们看成是一个相互作用、相互依赖的系统，参见图 1-4，并运用系统工程方法，使系统处于最佳安全状态和最佳工作状态。

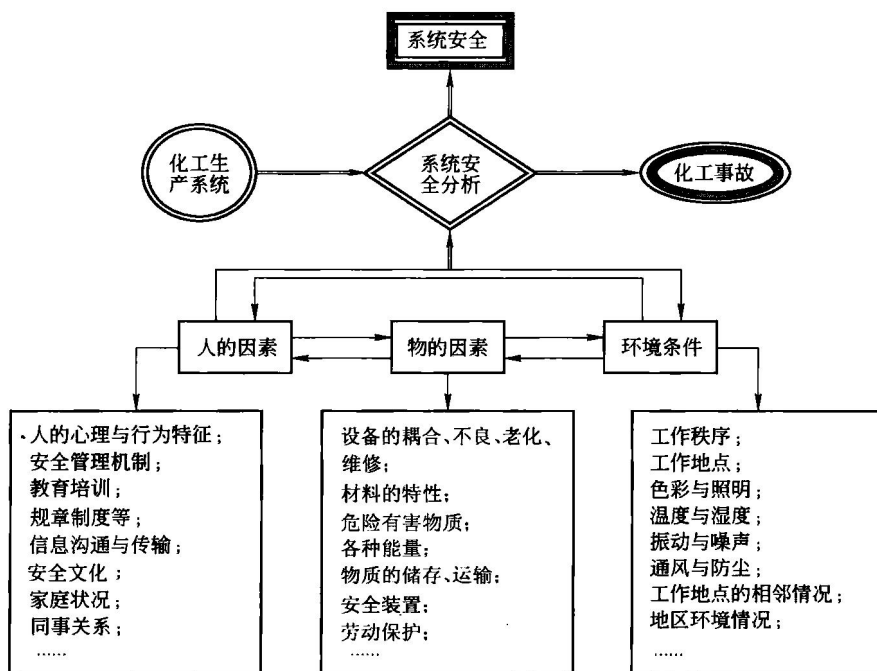


图 1-4 “人-机-环”系统及安全分析要素关系

由图 1-4 可见，“人-机-环”组成的生产系统在生产过程中是向系统安全方向发展，还是向化工事故方向发展，要用系统安全分析的方法进行分析与评价，通过对“人-机-