

石油化工安全 分析方法及应用

顾祥柏 编



化学工业出版社

石油化工安全分析方法及应用

顾祥柏 编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

石油化工安全分析方法及应用/顾祥柏编. —北京:
化学工业出版社, 2001.9
ISBN 7-5025-3367-2

I. 石… II. 顾… III. 石油化学工业-安全-分
析 IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 042072 号

石油化工安全分析方法及应用

顾祥柏 编

责任编辑: 刘 哲

责任校对: 蒋 宇

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18¹/₂ 字数 456 千字

2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-3367-2/TQ·1392

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

石油化工安全分析是一个多学科综合应用的工作，它涉及到化学、物理化学、概率与数理统计、布尔代数、工艺学、仪表及控制系统、电气、计算机及其应用、人类工程学等学科。单从一门学科来介绍石油化工的安全分析问题，很难将有关的问题说清楚。

石油化学工业随着工艺技术的不断更新，新设备、新材料、新催化剂及高效节能设备越来越多地用于石油化工装置中，使得装置的规模日益大型化，自动化程度越来越高。对石油化工本身及其配套设施的安全性评估方法日渐复杂。单一的安全分析方法往往不能够满足对石油化工及其配套设施安全性评估的要求。如对于装置中单台设备的安全性的评估，采用简单的故障类型及影响的分析方法可以获得很好的效果，但对于生产装置和工艺过程的安全分析，采用危险和可操作性研究（Hazop）的方法比较合适。对于既要考虑工艺流程本身的安全问题，又要考虑流程布置的安全问题，则采用定量风险评估的分析方法（一般采用计算机应用软件）比较合适。

对于许多从事安全分析的工程师来讲，日本劳动省化工厂安全定量评价方法、道化学火灾爆炸危险指数评价方法及蒙德火灾爆炸毒性指标评价法比较容易掌握，有许多参数和判定准则可以直接套用，使用比较方便。

对于用于石油化工安全检测与控制的仪表及控制系统本身的安全问题，一般采用安全度及风险矩阵的分析方法比较方便。

由此可以看出，对于石油化工的安全分析，应根据不同的情况，采用不同的安全分析方法。一般来讲，选择石油化工的安全分析方法应考虑但不限于如下的问题：（1）被分析对象的特点；（2）已掌握的安全分析需要的参数、指数及相关资料的情况；（3）可用于安全分析的资源及工具；（4）对安全分析结果的要求（如定性或定量分析）。

本书基于石油化工安全分析的要求，系统地介绍了石油化工安全分析方法，以及这些方法的特点与应用条件。不仅介绍了有关安全分析的基础知识，还详细介绍了各种工业安全分析方法，包括 Safeti 安全分析软件包应用的计算机辅助安全分析。借助一些成熟的安全分析工具或安全分析软件包，将各种有效的分析方法结合在一起，对流程工业进行综合分析是未来的应用趋势。即使这样也要求使用软件的人掌握各种安全分析方法及这些安全分析方法的特点，以便对计算机应用软件提供的结果进行正确的分析判断和综合。

此外本书也介绍了安全设计、操作、维护的工程应用知识。结合有关的应用，举例说明各种安全分析方法的应用技术。对于部分典型的分析方法，还汇总了部分常用的参数（如道化学火灾爆炸危险指数评价方法、蒙德火灾爆炸毒性指标评价法等），为读者直接应用提供了方便，具有较强的实用性。对从事石油化工工程设计、安全分析、安全操作、安全审查等工作，以及大专院校相关专业师生等，具有很好的参考价值。

本书第三篇第二章及第五篇第九章由李少鹏编写，其余章节及全书统稿、审定均由顾祥柏完成。本书在编写过程中，胡晨提供了不少宝贵意见，在此一并致谢！

由于石油化工安全分析较为复杂，涉及的知识面及学科较宽，书中难免有误，不妥之处，望读者指正。

编 者
2001 年 1 月

内 容 摘 要

本书系统地介绍了危险与可操作性研究、故障类型及影响分析、故障树分析、事件树分析、因果模型分析、基本定量风险评估、日本劳动省化工厂安全定量评价法、道化学火灾爆炸危险指数评价方法、蒙德火灾爆炸毒性指标评价等石油化工常用的安全分析方法以及这些方法的特点及应用条件,并举例说明各种安全分析方法的应用技术。另外还详细介绍了SAFETI安全分析软件包的应用及计算机辅助安全分析。对于部分典型的分析方法还汇总了部分常用的参数(如道化学火灾爆炸危险指数评价方法、蒙德火灾爆炸毒性指标评价法等),为读者直接应用提供了方便。同时为实际应用安全分析技术提供了较为全面的安全分析需要考虑的因素与分析方法,具有较强的实用性。对从事工程设计、安全分析、安全操作、安全审查等工作,以及大专院校相关专业师生等,具有很好的参考价值。

目 录

第一篇 安全分析基础

第一章 绪论	1
第一节 安全的重要性.....	1
第二节 系统的偏差及其常见原因.....	2
第三节 安全分析与保证.....	3
第二章 风险	5
第一节 风险认识.....	5
第二节 风险的定量化判别.....	6
第三节 风险的成本效益分析.....	9
第三章 工艺生产装置危险源的识别	12
第一节 危险物质及化学品	12
第二节 有毒与有害物质	18
第三节 危险工艺过程的识别	20
第四节 危险单元操作的识别	21
第五节 物料的危险性调查	22
第四章 系统安全分析	24
第一节 系统安全分析及作用	24
第二节 生产工艺过程的安全分析	25

第二篇 系统安全分析方法

第一章 危险和可操作性研究	26
第一节 Hazop 的目标及基本概念.....	26
第二节 Hazop 研究及管理.....	30
第三节 计算机化的报告系统	34
第四节 扩展的 Hazop	34
第二章 故障类型及影响分析	36
第一节 FMEA 方法及步骤	36
第二节 危险程度分析	39
第三章 故障树分析	41
第一节 故障树定量分析基础	41
第二节 初步的危险性分析	44
第三节 故障树分析方法	45
第四章 事件树分析	50
第一节 事件树分析程序及作用	50

第二节 事件树分析方法及特点	50
第五章 逻辑树分析方法	53
第一节 逻辑树的定量化	53
第二节 平均不可用率	57
第三节 依赖性分析	59
第四节 逻辑树的故障数据应用	60
第六章 因果模型分析法	68
第一节 事故原因及其后果	69
第二节 爆炸因果分析方法	74
第三节 火灾因果分析方法	78
第七章 概率理论及马尔可夫模型分析	81
第一节 概率理论分析	81
第二节 马尔可夫模型分析方法	82
第八章 基本定量风险评估 (QRA)	84
第一节 风险矩阵评估方法	84
第二节 安全度分析方法	85
第三节 保护层分析方法	88
第四节 风险容忍度法	88
第九章 日本劳动省化工厂安全定量评价法	90
第一节 危险度	90
第二节 安全措施	93
第三节 危险物质	95
第四节 单元危险度计算实例	97
第十章 道化学公司火灾爆炸危险指数评价方法	98
第一节 风险分析计算程序	98
第二节 安全措施补偿系数	104
第三节 工艺单元的选择	105
第四节 物质系数的确定	106
第五节 工艺单元危险系数	109
第六节 工艺单元危险系数的确定	118
第七节 危险分析汇总	123
第八节 风险分析数据包	128
第九节 混合物物质系数的确定	128
第十节 基本预防和安全措施	136
第十一节 安全措施检查表	137
第十二节 确定危害系数的方程式	140
第十一章 蒙德火灾爆炸毒性指标评价法	142
第一节 评价单元的确定	142
第二节 单元内的重要物质及其物质系数	142
第三节 单元危险性的初期评价	143

第四节 单元的补偿评价	158
第五节 安全对策措施和评价结论	165

第三篇 计算机辅助安全分析

第一章 流程工业安全分析常用的计算机网络资源	166
第二章 计算机辅助安全分析软件	169
第一节 LEAK 软件简介	169
第二节 SAFETI 软件简要介绍及原理分析	170
第三章 流程安全研究院 (PSI) 网站内容介绍	173

第四篇 安全设计、操作及维护

第一章 安全设计、操作及维护	176
第一节 安全设计	176
第二节 安全操作	187
第三节 安全维护	189
第四节 安全的组织机构及事故调查	191
第五节 人的可靠性	192
第二章 危险场所的划分及保护方法	200
第一节 危险场所的分类及保护	200
第二节 危险划分标准的区别	204
第三章 安全仪表及控制系统设计	207
第一节 安全联锁系统定量分析方法及程序	207
第二节 安全仪表系统设计原则	210
第三节 安全仪表系统设计方法	211

第五篇 安全分析方法的应用

第一章 工程项目安全评审	218
第一节 工程项目安全评审的目的、方式及组织	218
第二节 工程项目安全评审要点	219
第二章 危险和可操作性研究的应用	221
第一节 危险和可操作性研究在石油化工装置中的应用	221
第二节 储罐进料系统 Hazop 分析	228
第三章 概率及马尔可夫模型安全分析应用	231
第一节 蒸馏单元泵系统的可用性分析	231
第二节 储罐系统安全分析	234
第四章 FMEA 方法的应用	236
第一节 防侧滑制动系统	236
第二节 半定量 ABS	237
第五章 故障树分析方法的应用	239
第一节 事故树分析方法在乙醛装置安全分析中的应用	239

第二节	环氧乙烷生产的火灾爆炸事故树分析	243
第三节	碳二馏分加氢反应器破裂的事故树分析	245
第四节	高氯酸火灾爆炸事故树分析	248
第六章	安全评价阶段法在高压聚乙烯装置定量评价中的应用	251
第七章	道化学火灾爆炸指数法的应用	255
第一节	道化学指数法在 30 万吨乙烯装置安全评价中的应用	255
第二节	PTA 装置氧化反应器的火灾爆炸风险分析	262
第三节	炼油厂某催化装置的安全评价	265
第八章	蒙德法在腈纶装置中的应用	268
第一节	工程危险因素综合分析	268
第二节	危险性指数评价	270
第九章	SAFETI 软件在石油化工安全分析中的应用	273
第一节	工程简述	273
第二节	SAFETI 软件的应用	273
第三节	失效案例定义	276
第四节	场景分析	279
第五节	相似性模型公式	280
第六节	结果分析	282
附录	缩略语	284
	参考文献	285

第一篇 安全分析基础

第一章 绪 论

流程工业的危险（安全）分析（PHA），主要目的是找出可能引起不期望后果的流程设计和操作中的有关薄弱环节，例如人员伤害和设备的灾难性损坏。流程工业危险（安全）分析（PHA）一般采用结构化的评估技术，如检查清单、危险与可操作性（Hazop）研究、故障类型及影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）等方法。这些方法可以全面系统和有序地对流程进行分析。

流程工业的安全分析结果可以为分析出来的薄弱环节提供改进措施或补偿措施。另外安全分析也有助于企业执行有关的标准与法规，如 OSHA 等。

流程的安全分析综合起来主要包括下面的内容：(1) 流程的危险；(2) 以前的事故和最近事故损失；(3) 工程和行政管理；(4) 工程和行政管理故障后果及影响；(5) 定性评估这些后果对雇员、公众和环境的影响；(6) 装置和工厂现场；(7) 人的可靠性。

在进行流程安全分析时，工厂的工程师、操作人员、维护人员和安全人员应参与流程的安全分析工作。流程安全分析的 3 个成功的步骤如下。

任务 1：准备 在进行任何流程安全分析之前，安全分析组长（领导）和秘书（记录员）应收集系统数据，将整个系统分成相应要分析的单元，建立工作单和检查清单，这对于有效地进行安全分析是十分必要的，例如设备故障模式清单、流程偏差、初始的“如果—什么”问题。

任务 2：流程安全分析会议 流程安全分析小组应在工厂举行相应的安全分析会议，安全分析组长和秘书应引导分析小组按照所选用的安全分析方法对全部系统进行审查，安全分析秘书应记录安全分析小组所讨论的内容。安全分析小组应根据事件的频率和后果，来评价整个流程中主要的潜在危机。这种评估有助于决定哪些事件是重要的，何种降低风险的选择是最重要的。在大多数情况下，可以采用流程安全分析软件来帮助安全分析小组举行有关的会议，并将有关的安全分析结果形成文件。

任务 3：将安全分析结果形成文件 安全分析小组组长和秘书应将安全分析小组讨论及分析的结果形成高质量的报告。根据不同工艺流程的要求，流程安全分析报告可以包括系统说明、分析原理及方法、安全分析小组的推荐和详细的会议总结表。

风险和可靠性的管理有助于建立一个有效的管理、执行与跟踪安全分析研究的系统。

第一节 安全的重要性

所有工程师均有责任确保建设中与运行中的工厂的安全，并确保工厂在合理的安全操作条件下运行，这不仅是法律责任，也是一种职业道德。

这种责任是广泛的，可以归类成如下几类：(1) 防止工人的死亡与伤害；(2) 防止公众的死亡与伤害；(3) 防止工厂损坏；(4) 防止第三者权益的损坏；(5) 防止环境破坏。

一般来讲,防止人员死亡与伤害是最优先的。上面的排列顺序不能作为一般的优先级别的次序。许多人将保护环境放在保护权益之前。对于企业来讲,如果不采取恰当的安全措施,则意味着可能要遭受经济损失,如市场份额的减少,商誉的降低,也可能引起事故和其他的事件。当前石油化工的趋势,是将安全健康和环境保护结合起来考虑,将它们作为有机的整体来处理。

一般来讲,工厂中的事故(除火灾)某个岗位很少会影响到其他岗位的操作人员或公众人员,因此大多数情况安全保护措施主要考虑的是确保生产操作人员的安全,采取机械保护、动负荷报警和电隔离等措施。而流程工业如石油化工工业的情形则不一样,工厂的事故可能引起有毒物质泄放,容易引起易燃易爆物质泄放以及大量的能量释放等,这不仅会导致对生产操作人员的伤害,还可能对第三者或公众造成伤害。石油化工厂或化工厂的泄放可能会造成周边环境的污染,这种污染可产生长期或短期的后果,事故引起的问题会强加于社会与个人。重大的事故一般不是发生在正常的生产过程,而是来自于大量的跳车、停车与卸料。

大多数情况下,石油化学工业采用一般的判断和常规的工程技术就可以确保安全。当流程中所采用的物料或操作方法、操作程序变得更危险时,确保安全操作的问题会变得更加复杂,往往要求采用专家安全分析方法,这种技术只能通过专门的培训和类似的经验得到。

所有工程师均有责任确保他们所设计和操作的工厂具有实用合理的安全性,这个责任要求从预防安全事故发生等多方面做工作。同时必须建立企业的安全文化,并在设计、施工、安装和操作的各个阶段采用最恰当的安全保证措施。

对于安全,最重要的原则是确保过程是本质安全的。在石油化工安全措施实施的过程中,不能遗漏任何危及安全的因素,大多数复杂的安全设备应采用最好的安全分析技术分析其有效性。如果在流程工业中存在有害的物质,不论采用什么安全措施,风险都不会降低为零,因此用有益的物质代替有害物质,可以大幅度降低风险。

对有人参与的活动,从根本上消除风险是不可能的,工程师能做到的是努力控制风险,确保风险与收益相当。本书主要考虑与石油化工相关的风险,详细讨论了各种安全分析方法,并回答了下面的问题:(1)发生的事故类型?(2)可能发生事故的频率?(3)事故后果是什么?(4)事故产生的风险是否可以接受?

回答问题(4)的责任不完全取决于工程师,但是所有工程师必须清楚,石油化工的安全问题,不只是风险分析的数学问题,而且包括伦理道德的因素,这个观念对于安全分析很重要。

第二节 系统的偏差及其常见原因

工艺生产系统的操作偏差(Deviations of Process System)主要包括量的偏差、化学状态的偏差及物理状态的偏差。

一、量的偏差及其常见原因

(1)无流量、断流 其常见原因有管道堵塞,输送路线错误,出口超压,泵故障,泵发生气缚(气塞、气封),控制器故障,阀被卡住或关闭,止回阀装反,盲板未拆除,吸入容器抽空,管道断裂,供电或供汽故障等。

(2)倒流 其常见原因有自流情况下的出口超压,发生倒虹吸,泵故障,止回阀装反,溢流,泄压阀故障,隔离设施故障等。

(3) 流量过多 其常见原因有管道出口压力降低, 吸入端加压, 喘振, 控制器故障, 阀故障, 内部泄漏, 容器或管道破裂, 泄压阀打开, 爆破片破裂, 物料粘度下降, 沟流 (填充床、沸腾床), 增加物料的时间不当等。

(4) 流量过少 其常见原因有泵故障, 气蚀, 喘振, 管道泄漏, 管道部分堵塞, 排出端结垢或部分堵塞, 吸入压头降低, 阀卡住, 控制器动作相反, 控制信号减弱, 物料粘度增大, 没有在恰当的时间增加流量, 过滤器堵塞等。

(5) 液位偏差 其常见原因有冷凝, 撤出热量过多或过少, 存在额外的物相, 存在额外的物料, 控制阀故障, 供料过多或过少, 振动, 虹吸, 膨胀, 收缩, 局部积聚。

二、化学状态的偏差及其常见原因

(1) 污染或存在杂质 其常见原因有杂物如空气、氮、水、润滑油、蒸汽进入系统, 催化剂损毁, 腐蚀产物, 内部泄漏, 失去真空, 隔离措施故障, 不合格产品再循环, 物料在炉管内或再沸器内发生热裂解, 送错物料, 原料中的杂质变化等。

(2) 浓度偏差 其原因有排出物变化, 混合物比例变化, 在反应器内或其他地点发生额外的反应, 进料变化, 间歇生产中改变加料次序及数量, 填充床或沸腾床中的沟流, 催化剂活性变化, 搅拌器故障, 分离出非预期的物相, 反应速度变化, 与构造材料反应 (腐蚀) 溶解等。

三、物理状态的偏差及其常见原因

(1) 压力偏差 其常见的原因有沸腾, 冷凝, 凝固, 反应, 分解, 闪蒸, 起沫, 爆炸, 爆聚, 进料和出料不平衡, 堵塞, 物料充满容器或管道无膨胀空间, 控制阀故障, 排液管故障, 真空系统故障, 日晒, 外部火灾等。

(2) 温度偏差 其常见的原因有冷凝, 蒸发, 环境条件, 热损失, 粘度或密度的增大或减小, 外部或内部的火灾或泄漏, 放热或吸热反应, 催化剂活性变化, 过热, 热点, 火焰点燃, 烧积炭, 表面结垢, 日晒, 换热器一侧堵塞, 热冲击 (温度骤降, 急冷急热), 雨淋, 结冰, 火焰熄灭, 润滑故障, 振动等。

(3) 外形、尺寸偏差 其常见的原因有破碎, 研磨, 搅拌不好, 滞止, 粘着, 沉降, 膨胀, 收缩等。

第三节 安全分析与保证

一、工艺生产装置安全分析的内容

工艺生产装置安全分析的内容主要包括如下。

(1) 对生产过程中危险源的识别、即危险物料的识别、危险化学反应过程的识别和危险单元操作的识别。

(2) 工艺生产装置按生产单元对危险度进行定量评价, 以确定该生产单元的危险度和需要采取的防护措施, 生产装置危险度的定量评价方法有日本劳动省化工安全评价六阶段法的定量评价方法, 美国道公司的火灾、爆炸指数评价方法 (Dow's fire and explosion index hazard Classification Code), 英国 ICI 公司蒙德火灾爆炸毒性指标评价法等。

(3) 对生产流程系统危险性分析, 是对生产系统的安全性进行检查诊断及预测危险的方法, 可对各种设计方案进行评价, 确定所提出的设计方案是否能满足系统安全性的要求, 找出系统的薄弱环节, 以便加以改进, 作为制定消除危险、采取防止灾害措施的依据。

(4) 对系统危险性分析的方法, 包括危险性和可操作性研究、故障树 (事故树) 分析、

故障类型及影响分析、事件树分析等。

二、安全分析程序

安全分析程序包括如下。

(1) 对采用新工艺的生产装置，应对全生产装置危险度进行定量评价。现有生产工艺中部分生产单元采用了新工艺的项目设计，可只对有关生产单元进行危险度定量评价。危险度定量评价宜采用日本劳动省化工厂安全评价六阶段的定量评价方法。若为了核对，尚可采用美国道公司的火灾、爆炸指数评价法。

(2) 对采用新生产流程的工艺过程，应对全流程进行系统危险性分析。对现有生产流程进行局部改进的工艺过程，应对局部改进的工艺流程进行系统危险性分析。对生产流程的系统危险性分析宜采用危险性和可操作性研究方法。

(3) 经生产装置危险度定量评价后，属于高度危险或危险程度严重的生产单元，宜进行事故树分析。经危险性和可操作性研究发现有爆炸、重大火灾、多人中毒事故可能发生的生产环节，应进行事故树分析。

三、安全保证

有人参与的活动，完全取消风险是不可能的，所有的安全工作是为了在可实现范围内，尽可能使风险达到最低。风险是对不幸事件及其后果的概率和频率的量化，因此可从两方面来考虑安全保证的措施。

一般来讲，最好的安全保证方法，是通过减少潜在的特殊操作的伤害，减轻事故造成的后果。在石油化工中不是总可以实现本质安全的，所以安全保证往往要求采取其他安全保证措施。本书比较系统地提供了安全分析方法及安全保证措施。虽然对石油化工没有指定专门的安全措施，但是健康与安全法规总结了如下的安全设计和操作的概念：(1) 如果可能，尽量避免风险同时发生，例如不采用特殊的物质或流程；(2) 对引起风险的原因采取治本的方法，而不是采取治标的方法；(3) 适合人工作的设计，例如采用好的人类工程学；(4) 采用先进可靠的技术；(5) 将防止风险作为一贯的方针；(6) 编制优先保护整个工作场所的方法；(7) 确保整个企业有较好的健康和安全文化。

第二章 风 险

风险管理中没有任何新的概念,从有生物开始,就存在着生存的风险。在动物王国内,始终存在着某些动物被其他动物吃掉的风险。对生存风险的评估,也可以采用相关的安全评估技术作出判断,以使某些被保护动物能在现存的不同风险中生存。人类已经根据掌握的安全及风险评估方法来认识风险,并通过评估风险大小来确定接受风险,还是采取降低风险的措施,并利用对风险的认识来冒险。因此整个人类的风险史有一个受教育的过程和风险管理培训的过程。

第一节 风险认识

在化学工程师协会 (ICHEME's) 对风险的定义中,采用了事故概率函数(或频率)和后果的概念,有时采用术语“期望的损失”。在实际应用中,如果采用化学工程师协会对风险的定义,可以将降低风险的方法分成降低频率和减小后果两个方面。不管采用什么定义,必须认识到危险不可能自动地引起风险。

对于风险后果,有许多表示方法。最常用的两个方法是简单地用总的经济损失和死亡人数来表示,后一种表示方法可用于许多风险的统计比较,因为这种方法是一种绝对的方法。有时采用术语“死亡人数”,但这是很困难的,因为有一些事故能够导致“比死亡更坏的灾难”。

一、风险的分类

风险可以有許多不同的表现方法。不是所有的风险均能明显地暴露出来,因此风险可进一步分成未知风险、隐风险或无意识风险、显风险或有意识的风险、可预测的风险、临时风险。

(1) 未知风险 不知道风险的后果,同时也不完全了解风险。对于可感知的核电站风险和采用新的工程技术的风险就属于未知风险。

(2) 隐风险或无意识风险 风险是不明显的,检测元件检测不到危险。对于这类风险,人可以很自然地产生错误的安全感觉。离子化辐射一般不能通过检测元件检查出来,这种风险就是隐风险。

(3) 显风险或有意识的风险 可以通过检测元件检测出来的风险,并给处于危险中的人一些警告或采取缓和或减轻风险行动的手段。在火灾事故中燃烧的风险或当爬山时迎面掉下石块的风险就属于显风险。

(4) 可预测的风险 风险的概率与后果均可采用一定方法计算出来,因此这种危险允许由那些处于危险状态的人员和负责对他们进行保护的人做出一些判断。

(5) 临时风险 风险仅仅在短期存在,或仅仅可能在某个特定的原因下存在的风险。在工厂维护期间进行操作,就是一个工业临时风险的例子。繁忙的交通路口是临时风险最普通的例子。

每类风险要求采用不同的分析方法。在分析和设定可接受的风险标准时,主要依据风险的概率和后果的关系,对风险进行恰当的分类,因此风险能够按高概率/轻微后果到严重后

果/低概率进行分类。

通过对风险的检测来确定可接受风险的问题是复杂的。为了更好地理解这个问题，风险分析人员必须具有一定的心理学、社会学和人类工程学的知识。事实上对新项目，工程师或安全专家具有某些认识风险的概念特别重要，因为专家和外行之间对风险的感觉经常是有差别的。

二、风险的认识

风险的认识受心理学、人类工程学和社会学等多学科的影响，例如公众对大公司的安全期望比小公司的期望大，要求大公司采用更高的标准。现在有许多用以确定影响风险认识因素的方法。还有许多基于这些方法的模型，这些模型可用于解释发现的事情。

风险认识一般可以考虑下面的因素：(1) 意外的遭遇；(2) 整个结果缺乏人的控制；(3) 不确定的结果；(4) 缺乏经验的风险；(5) 滞后的影响；(6) 起源的影响；(7) 低频率/严重后果的事件；(8) 人的原因或非自然的原因。这些因素可以用于解释采用非常高或不协调的安全标准等不合理要求，以及几个众所周知的非专家的感觉。例如：整个欧洲铁路旅行采用的安全标准比公路旅行要高好几个档次，但大多数人经常错误地考虑汽车的事故危险小是因为有人的控制，而铁路旅客的安全往往受制于其他因素。事实上，汽车驾驶员经常目击交通事故，但是很少铁路旅客目击过铁路事故。也就是说公路事故发生的频率非常高，但是恶性程度通常是低的，一般在公路事故中很少有超过2人的死亡。铁路事故非常少，但是偶然事故会导致大量的死亡。另外一个采用这些因素认识风险除的例子是比较核电站和水电站的风险。根据对事故的统计分析，可以得到水电站比核电站更危险的结论，但是公众的感觉恰恰相反，问题在于相对不确定性。一般来讲，人们能够感觉到滞后的影响，但不能证明引起事故的原因。事实上，大坝故障通常是由于设计或施工的不合理引起的，但看起来是由于洪水等自然因素引起的，因为引起事故的初始因素一般是自然因素。

另一个认知风险的方法是心理方法。该方法主要考虑下面三个因素：(1) 后果严重的风险因素；(2) 未知风险因素；(3) 受影响人员的数量。“后果严重”的因素包括人参与控制、将要产生的风险和是否会影响人的思考等因素。采用这种风险认知方法，核电站风险的积分特别少。这种方法在使用时必须考虑有关反感的因素。一般来讲，人可能对于某些特定事情非常反感，如对于癌症的反感，使得人们对可能导致癌症的活动非常反感，甚至比那些可能带来突然死亡的事情如大坝破堤的反感更大。另外社会、文化和人性因素使得对风险的认识进一步复杂化。

最后，再回到流程工业的安全问题上。流程工业的操作始终是连续变化的，操作人员根据对流程的判断来认识每一种危险，并采取相应的安全操作措施，所以操作员采取不同的态度去认识风险，对流程工业的安全操作影响非常大。

第二节 风险的定量化判别

没有人忽视将风险进行量化的重要性。如果仅用于进行风险比较的目的，可考虑采用风险分析的定量统计数据。一般的活动现在已有基础数据，并且这些基础数据已经整理成比较实用的数据表，这些数据表不仅仅对安全操作有用，而且对公众和决策者也同样有用。

一、风险定量化数据

在考虑什么样的风险可以接受之前，必须做出愿意承受的风险和不愿意接受的风险之间的区别。危险工业的工人知道其工作所涉及的风险，并接受针对这些风险进行安全操作的专

门培训，并经常接受健康检查。危险工业的工人接受工作中的风险，通常是为了获得较高的报酬。参加危险体育活动的运动员接受包括部分刺激的风险和从运动中获得高报酬的风险，与危险工业中操作人员接受风险是类似的。在上述两类活动中，参加人员准备接受比一般公众更高风险。对于石油化工可以将风险分为三类来考虑风险量化：(1) 操作人员的职业风险；(2) 公众的个人风险；(3) 社会风险。操作人员的职业风险是由企业自己解释的，一般比其他类型的风险有更高的风险值。公众的个人风险是指对公众的单个成员遭受不幸事故的风险，这样的风险一般是针对指定的人和场所而言的。可定义如下：风险 = 事故的频率 × 伤亡的概率 × 遭受危险的概率。伤亡概率是引起灾害或不幸事件的概率，遭受危险的概率是指人出现在有危险场所的时间长短。一般由几个不幸事件或潜在的危险位置构成，整个危险是单个事件和危险位置风险的汇总。

1. 社会风险

社会风险的概念反映多个伤亡和长期伤害（包括环境污染）事故发生的可能性，因此，这类事故对社会的影响，不仅包括当时对单个人的直接影响，而且包括对社会及环境的持续长期的影响。

任何危险流程区域内的风险，依赖于危险流程对个人和群体的风险事故发生的频率和后果。

不恰当的流程工厂选址带来危害的后果很明显的，如墨西哥城 LPG 爆炸就是一个非常典型的工厂选址不当的例子。英国 HSE（健康安全委员会）通过对许多工厂选址的研究，提出了一个非常完整的选择流程工厂厂址的方法。特别是对大型石油化工及化工基地的厂址，正确的厂址选择，会减少现场污染的风险等级。

2. 个人风险数据

对个人风险，最简单的方法是采用在任何一年的特别活动中出现类似死亡风险的数据。即使是这个简单的方法，也会由于遭受危险的时间问题而复杂化。

个人风险数据也可用于风险比较，但应用时必须非常小心。因为即使大量的风险数值是相同的，如黄蜂叮咬死亡的风险与核电站事故离子化辐射引起死亡的风险是不可以同日而语。

用于比较单个活动死亡率的统计，对于个人风险的量化是有效的。这种统计方法考虑遭遇危险活动的时间。这类统计最常用的方法是重大事故率（FAR: Fatal Accident Rate）。这种方法最早是由英国化学工业研究出来的，现在已扩大应用于其他工业和其他活动中。

FAR 是在工作生命周期（ 10^5 小时）内，预期在 1000 个人中可能会死亡的人数。因此预期的死亡率是在危险环境中工作 10^8 小时。表 1-2-1 给出了一些工业职业 FAR 数据，表 1-2-2 给出了其他活动的数据。从两个表的对比可以看出，海洋石油和天然气的操作更为危险，因为海洋石油和天然气的操作是乘坐直升飞机往返装置而乘坐直升飞机旅行的重大事故率为 500。这两个表非常清楚地显示，人在空闲时比从事活动时遭受的风险更大。因为人空闲时可能去会做各种旅行和活动。

表 1-2-1 工业职业重大事故率（FAR）数据

行 业	重大事故率(FAR)	行 业	重大事故率(FAR)	行 业	重大事故率(FAR)
化学工业	2	深海捕鱼	40	钢铁工业	70
煤 矿	8	海洋油气	62		