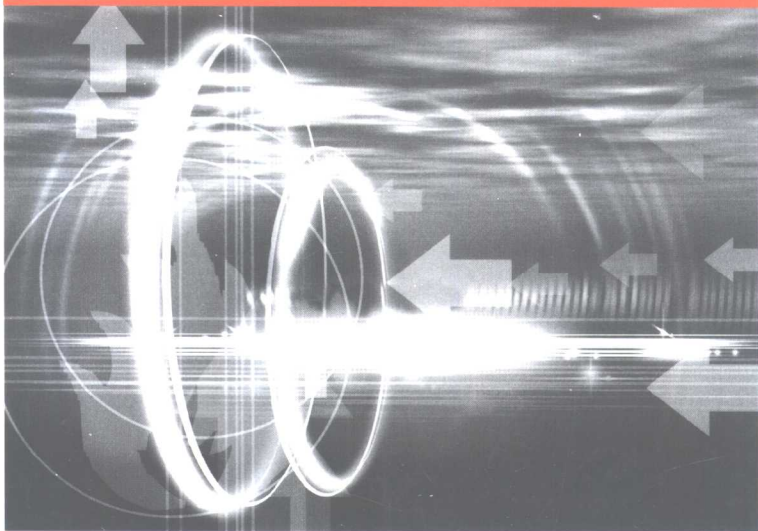


安全健康新知丛书

风险分析 与安全评价

罗云 樊运晓 马晓春 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

安全健康新知丛书

风险分析与安全评价

罗云 樊运晓 马晓春 编著



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

风险分析与安全评价/罗云, 樊运晓, 马晓春编著. —北京: 化学工业出版社, 2004. 3

(安全健康新知丛书)

ISBN 7-5025-5322-3

I. 风… II. ①罗…②樊…③马… III. ①工业生产-风险分析
②工业生产-安全管理 IV. X931

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 023248 号

安全健康新知丛书

风险分析与安全评价

罗云 樊运晓 马晓春 编著

责任编辑: 赵颖力 刘家新

文字编辑: 谢蓉蓉

责任校对: 顾淑云 边涛

封面设计: 关飞

*

化学工业出版社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

北京云浩印刷有限责任公司装订

开本 787 毫米×960 毫米 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 343 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5322-3/X·406

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

序

人类的发展、社会的繁荣、科技的进步、世界的文明，乃至当代人类所拥有的一切，是靠什么得以实现的呢？靠劳动、靠知识、靠技能、靠科学、靠学习、靠发明、靠创造……，简要地说，就是靠人类的文化，靠人类文化不断的进步和发展。古代文化、现代文化，东方文化、西方文化，民族文化、国度文化，地域文化、信仰文化，自然文化、社会文化，传统文化、科学文化……，无论何种文化，都具有承传性和创新性的共同特点。既不断学习和继承前辈的优秀文化，又在劳动实践基础上融炼、创新出社会需要的当代文化，两者交融和优化，形成与日俱进的先进文化，并采用符合时代的文化形式体现出来。

国家经济的发展，人民生活质量的保障，社会的繁荣稳定，又靠什么呢？靠科学、靠技术、靠经济，同时还要靠安全。保障人民生命和国家财产安全，是党和政府“执政为民”的要求，是宪法及国家性质本质的要求，是社会进步与文明的标志，是人权的重要内涵；安全生产是国家安全和社会稳定的基石，是生产力发展的基础和条件，是人民安居乐业和提高生活质量的基本保证。安全关系社会稳定，关系社会经济快速健康持续发展，因此，安全对于实现全面建设小康社会宏伟目标具有重大战略意义。安全将与人口、资源、环境一样成为国家的一项基本国策。

文化与安全的交融，构成了安全文化的体系。本系列丛书，就是安全健康新的知识体系的文化丛书。《安全健康新知丛书》共分十册，即《安全科学与工程导论》、《现代安全管理》、《现代救援与保障技术》、《安全文化通论》、《安全工程师与注册安全工程师》、《安全危机管理与防范》、《安全经济学》、《风险分析与安全评价》、《安全健康法律法规》、《职业安全健康管理体系的理论与实践》。

应化学工业出版社的邀请，为安全生产、安全管理、安全教育、安全科研、安全减灾、职业健康、安全社区建设、应急求援、安全中介服务、安全文化产业、风

险与保险等领域的同仁和朋友，编写这套安全健康新知丛书，自然是一件艰巨而又光荣的任务。艰巨在于要传播保护人民安全健康的新知识，引导大众以科学的理性和正确的方法去预防各种意外的灾害和事故，保护和珍爱人的生命，责任之重大；光荣在于能将这套安全健康新知丛书奉献给安全减灾界的同行，作为一份安全文化的快餐以飨诸君，使更多的人应用安全健康新知、分享安全科技的恩惠，为保护最广大人民的安全、健康奔小康传播安全文化，为实现惠及 12 亿人的全面小康献力。感谢化学工业出版社的领导、主编及编辑，对这套丛书选题的决策投入和付出的辛劳，表明他们对人民安全健康的关爱，对大众安全文化新知的青睐。

安全健康新知不仅是安全减灾相关人员需要不断吸收的科技文化补品，也是广大人民保护生命、预防生活生产活动中风险和灾难的指南，是应急自救、互救逃生的实用手册。只要大家崇尚科学，不断学习，不停实践，认真吸收，锐意创新，我国的安全文化事业就会更加繁荣。安全文化、社区文化、减灾文化、企业安全文化、大众安全文化等方面的新知，将会使全国人民生活得更加安全、健康、舒适与长寿。

徐德蜀 罗云金 磊

2004 年春节



我们的生产和生活活动中，时时处处充满着来自于技术的风险。它带给我们各类安全事故，给个人造成生命的丧失、生理的伤残，给家庭带来痛苦和不幸，给社会和企业造成生产的影响、财产的破坏与经济的损害，给国家稳定造成干扰和危害。因此，人们憎恨来自于技术风险的意外事故。

然而，导致技术风险的本质根源是什么？如何消除或控制技术风险？如何减轻由于技术风险造成的损害和损失？

首先我们从技术系统的“本质安全”说起。

“本质安全”这一术语源于20世纪60年代的电子工业部门，用于指电子系统的自我保护功能。后来这一概念以及“本质安全化”的理论和方法被工业安全技术人员接纳并推广，作为对技术系统安全性能评价的原则之一。

关于本质安全的定义，有两种观点。一种观点认为：本质安全化是针对人-机-环境整个系统而言，可谓之系统本质安全化。也就是说：对于一个人-机-环境系统，在一定历史的技术经济条件下，使其具有较完善的安全设计及相当可靠的质量，运行中具有可靠的管理技术。其内容包括：人员本质安全化，机具本质安全化，作业环境本质安全化，人-机-环境系统管理本质安全化等。

第二种观点认为：本质安全化的概念仅适用于物质环境方面的本质安全化。因为：①人的生理机能根本不可能是本质安全化的；②人是不停地接受外界物质、能量、信息作用的客体，又是异常复杂的物质与精神不断循环的系统，要达到本质安全化是不大可能的。所以“本质安全化”是指通过本质安全化的手段、方法，达到对人无损无害。

两种观点不同，但都充分肯定了技术系统的本质安全对于预防事故灾害的重要性和必要性。事实上，在现代的安全管理工作中，人们研究最多、成果最多的也是

系统的本质安全化技术。它对于预防事故和保障安全生产起到了巨大的改进和促进作用。

为了实现本质安全化的目的，安全科学技术专业人员在探索和研究其基本的理论和方法。随着安全科学技术理论的发展，人们逐步认识了实现系统本质安全化的基本方法：

(1) 从根本上消除危险、危害因素及其导致事故和毒害事件的发生条件。即针对事故发生的主要原因，采取物质技术措施，使其从根本上消除，这是防止发生事故最理想的本质安全措施。主要有：①以安全、无毒、低毒产品替代危险、高毒产品；②按本质安全化要求，重新设计工艺流程、设备结构、形状和选择能源；③消除事故可能发生的必需条件。

(2) 在设备或技术系统中应能自动防止操作失误、设备故障和工艺异常。操作失误、设备故障和工艺异常是生产过程中难以避免的现象。设备及其系统应有自动防范措施，否则必然导致事故发生、人员伤害、设备损坏，还可能引起燃烧、爆炸。采取自动防范措施的主要方法有：①用机械的程序控制代替手工操作，是保证安全、防止错误操作的根本途径；②积极进行自动化和机器人的研究、生产，逐步替代人去从事险、脏、累、尘毒及其他人们不愿从事的工作；③采用安全装置，安全装置一般由机器制造厂商设计安装并随机器销售，这些安全装置有：屏护装置，密闭装置，自动和联锁装置，保险装置，自动监测、报警、处置装置，以及指示灯、安全色等辅助性安全装置。

(3) 设置空间和时间的防护距离，尽量使人员不与具有危险性、毒害性的机器接触，这样，即使发生事故也不能造成伤害，或减缓伤害程度。具体的方法有：①将具有危险性、毒害性的机器围封于特定场所，如抗爆间、密闭室、“安全壳”等，使之与人员及周围环境保持一定的安全距离，进行空间隔离；②在人员与机器之间或机器周围，设立隔断墙、隔火墙、防爆墙、隔火间、隔爆间、抗爆土堤、抗爆屏障、防泄堤及避难设施（安全滑梯、滑杆、通道等）；③围栏、护网可起部分隔离作用，只用于其他隔离措施无法实行的情况；④时间隔离是为避免相邻作业发生事故后相互影响而确定错开作业时间，达到隔离目的，但它易随着人为因素而失效，所以只在其他隔离措施无法实行时才运用。

(4) 根据生产特点，作好安全措施的最佳配合。首先应研究对象的主要危险因素，熟悉各种安全措施、方法的使用范围和条件，然后进行选择、匹配，从两个或两个以上的相对安全措施的最佳组合中求取最大限度的安全效果。对重要、危险的部位要采用双重、多重安全保障措施。

综上所述，本质安全化原则和技术对于从根本上认识技术风险、消除事故和危害事件，防止人为失误、系统故障时可能发生的伤害，是最基本和有效的措施，这种措施贯穿于技术方案论证、设计以及基本建设、生产、科研、技术改造等一系列过程的诸多方面，它对于指导安全生产科学管理工作有重大的意义，故此，“本质安全”的原则在安全设计、安全管理中得到了广泛的应用。

要实现技术系统的本质安全，就需要认识技术风险，进行风险分析、风险评价和风险控制。因此，风险分析与管理是实现系统本质安全的基础。

本书的重要内容涉及如下方面：

- (1) 技术风险对现代社会的影响和负面作用。
- (2) 工业风险管理的基本概念、原则、理论和方法。
- (3) 风险辨识的理论和技術。
- (4) 风险评估的理论和方法。
- (5) 风险控制的理论——事故预测与预防的理论。
- (6) 重大事故的应急救援理论和方法。

作者期望通过本书提出的观点，介绍的理论和方法，分析、探讨的实例和论证，向读者传递一套风险管理的理论和方法体系。

由于安全科学技术的理论和方法还处于发展之中，风险分析与安全评价的理论和方法体系还有待于不断研究和探索，加之作者知识及能力水平所限，不足及错误之处在所难免，望读者能予谅解，并能提出宝贵意见。

罗云

2004年元月于北京

内 容 提 要

生产安全事故的发生是技术风险的表现。预防事故的理论从事故致因理论发展到风险管理理论,是国际安全科学理论的发展潮流和标志。本书论述了国际现代先进的风险分析与安全评价理论和方法,通过介绍缜密的危险辨识、科学的风险评估、有效的风险控制的方法和理论,给我国安全生产领域引入了一种全新的事故防范方法。

书中首先分析了现代工业风险的现状,介绍了风险防范科学的发展、风险管理的基本思路和策略,更有实用价值的是详述了危险源辨识与风险评估的方法和实例,同时对事故预测、事故预防、事故应急和风险控制进行了深入介绍。

本书具有前沿性、理论性、系统性和实用性的特点,可供企业生产技术人员、注册安全工程师、安全主任、政府安全生产监督管理人员阅读。特别对于矿山、建筑、石油、化工等高危行业的生产和安全技术专业人员,本书的理论和方法将是提升安全分析和风险管理能力的专业指导。本书也可作为高校、科研单位安全科技人员及安全工程专业大学生的理想的参考书。



录

第一章 生存于风险的王国	1
第一节 正视技术的两面性	1
一、技术是一把双刃剑——利弊共存	1
二、两种前途	3
第二节 生活中的技术风险	7
一、居家生活中的技术风险	7
二、技术风险就在我们的身边	9
三、家庭意外事故风险	14
四、居家意外的防范	17
第三节 生产中的技术风险	20
一、生产效益与技术灾难相伴	20
二、工业事故和灾难的特点	21
三、生产事故的特性	22
四、生产事故的原因	23
五、生产过程中的风险与危害	24
第四节 生存于化学品的王国	27
一、化学物质的善与恶	27
二、职业环境中的化学物质	30
三、生活用品化学化	32
四、化学污染与遗传	33
五、食品化学化	34
六、食物的污染	35

第五节 我国事故风险的统计、分析与对比	37
一、我国各类事故死亡人数总统计	38
二、建国以来我国职业工伤事故统计	39
三、建国以来我国煤矿事故统计	43
四、1990 年以来我国火灾事故统计	45
五、水运事故统计	46
六、民航事故统计	47
七、道路交通事故统计	49
第六节 事故风险给我们的警示和启示	50
一、20 世纪全球重大事故警示——十大技术灾难	50
二、让平安的愿望变为安全的行动	54
三、提高人类安全素质从自我做起	55
四、防范风险需要采用系统综合对策	56
第二章 风险防范科学的发展和进步	58
第一节 古代的安全防范	58
一、我国古代的风险防范	58
二、古代人类的风险防范观	59
三、人类安全法规的起源与发展	61
第二节 近代安全科学技术的起源与发展	63
一、安全认识观的发展和进步	63
二、安全科学理论的发展	64
三、安全科学技术发展的标志性成果	65
四、安全科学技术与社会经济的关系	66
五、20 世纪安全生产拾萃	67
第三节 安全科学理论的发展	68
一、事故学理论	68
二、危险分析与风险控制理论	69
三、安全科学原理	70
第四节 安全对现代社会的影响及作用	73
一、安全生产事关我国小康社会的安全稳定	73
二、安全生产事关我国国际形象和国际市场的竞争力	74
三、安全生产水平是“以人为本”的内涵	75

四、安全生产事关社会经济健康持续发展	76
五、安全生产在全面建设小康社会进程中的重要地位和作用	83
第三章 工业风险管理	87
第一节 基本概念和术语	87
一、风险概念	87
二、风险的分类	88
三、与风险相关的重要术语	89
第二节 工业风险管理理论的发展	91
一、国外风险评价发展的历程	91
二、我国风险管理的研究与应用概况	92
三、风险管理的作用及意义	93
第三节 风险管理基础	94
一、风险管理的概念	94
二、风险度的确定	97
三、风险管理与安全管理	97
四、风险分析的内容及目的	98
第四节 风险管理的理论体系和范畴	99
一、风险管理的理论体系	99
二、风险管理范畴	100
三、风险管理的程序	103
第五节 风险管理技术	104
一、风险管理的技术步骤	104
二、风险管理规划	105
三、风险识别与评估模式	106
四、风险控制技术	109
第四章 危险源的辨识与管理	116
第一节 危险源辨识与控制理论概述	116
一、危险源及其辨识的概念	116
二、两类危险源理论	118
三、危险源控制概念	118
四、危险性评价是辨识危险源的基础	119
五、危险源辨识、评价与控制的实施	119

第二节 危险源辨识技术	120
一、危险区域调查	121
二、危险源区域的划分原则	121
三、危险源调查内容	122
四、危险源辨识的组织程序	123
五、危险源辨识的技术程序	124
六、危险源辨识的途径	127
七、危险源数据采集的内容	127
第三节 危险因素的分类	128
一、根据危害性质分类的方法	128
二、根据事故形式分类的方法	130
三、根据职业健康影响危害性质分类的方法	131
第四节 危险源的分类	132
一、第一类危险源分析	133
二、第二类危险源分析	135
三、危险源与事故发生的关联性	137
第五节 危险源分级方法	137
一、易燃易爆、有毒有害物质危险源辨识分级	137
二、压力容器危险源的辨识分级	138
第六节 危险源的控制管理	140
一、危险源控制途径	140
二、危险源的分级管理	142
第五章 风险评价方法	144
第一节 风险评价综述	144
一、风险评价的作用及意义	144
二、安全评价导则	147
三、安全验收评价导则	148
四、安全预评价导则	151
第二节 风险评价原理	153
第三节 风险评价的程序与分级方法	155
一、风险评价的程序	155
二、风险分级方法	157

第四节	风险分析方法	158
一、	安全检查表法	158
二、	预先危险性分析 (PHA) 法	159
三、	失效模式和后果分析 (FMEA) 法	160
四、	事件树分析 (ETA) 法	161
五、	故障树分析 (FTA) 法	161
第五节	风险评价方法	166
一、	概述	166
二、	LEC 评价法	167
三、	MES 评价法	170
四、	MLS 评价法	171
五、	道化学火灾、爆炸危险指数评价法	171
六、	帝国化学公司蒙德部火灾、爆炸、毒性指数评价法	174
七、	危险性与可操作性研究	175
八、	易燃、易爆、有毒重大危险源评价法	176
九、	基于 BP 神经网络的风险评价法	178
十、	日本六阶段评价法	179
十一、	系统综合安全评价技术	180
十二、	$R=FEMSL$ 评价法	182
十三、	模糊评价法	184
十四、	各种风险评价方法的比较	185
第六节	风险接受准则	188
一、	风险管理的 ALARP 原则	188
二、	风险接受准则	190
第六章	重大危险源评价实例分析	193
第一节	冶金高温作业区的评价	193
第二节	农药包装车间的评价	194
第三节	煤气作业区的评价	198
第四节	模糊评价法的应用	202
一、	有观测样本的危险源模糊评价分级	202
二、	没有观测样本的危险源模糊评价分级	205
第七章	事故预防原理与风险控制	213

第一节 事故致因理论	213
一、早期的事故致因理论	214
二、第二次世界大战后的事故致因理论	215
三、系统安全工程理论	217
四、事故频发倾向论	218
五、事故遭遇倾向论	219
六、多米诺骨牌理论	221
七、轨迹交叉论	222
八、管理失误论	225
九、北川彻三的事故因果连锁理论	228
十、能量转移理论	228
十一、瑟利人因系统理论方法	233
十二、事故原因树	234
十三、变化-失误连锁理论	236
十四、扰动理论	239
十五、作用-变化与作用连锁理论	240
第二节 事故预测原理	242
一、事故指标预测及其原理	243
二、事故隐患辨识预测法	243
三、直观预测法	245
四、时间序列预测法	245
五、回归预测法	246
六、齐次、非齐次泊松过程预测模型	246
七、马尔柯夫链模型	246
八、微观事故状态预测	247
九、灰色预测模型	247
十、趋势外推预测	249
十一、专家系统预测法	249
十二、事故死亡发生概率测度法	250
第三节 事故预防原理	253
一、事故可预防性理论	253
二、事故的宏观战略预防对策	254

三、人为事故的预防·····	257
四、设备因素导致事故的预防·····	260
五、环境因素导致事故的预防·····	263
六、时间因素导致事故的预防·····	264
第八章 事故应急救援 ·····	267
第一节 事故应急体系设计 ·····	267
一、制定事故应急预案的法规要求·····	267
二、事故应急体系的设计·····	268
三、事故应急计划·····	268
四、应急组织机构和指挥中心·····	270
五、事故应急技术·····	271
六、事故应急设施·····	271
七、外部援助系统·····	271
第二节 事故应急预案编制 ·····	271
一、事故应急预案概述·····	271
二、企业事故应急救援体系设计·····	273
三、政府社区的事故应急处理体系设计·····	277
第三节 各类事故预防与应急实例 ·····	280
一、压力容器事故的预防与应急·····	280
二、锅炉事故的预控与应急·····	282
三、电气事故的预控与应急·····	283
四、高温作业区的预防与应急·····	285
五、辐射类危险源的预防与应急·····	285
六、煤气事故预控及应急处理·····	288
七、燃烧类事故的预防与应急·····	292
八、气压毒物的危害与防治·····	292
参考文献 ·····	296

☆ 重要概念：

技术风险，意外事故，安全事故。

☆ 重点提示：

技术风险是客观存在的，本章从不同角度和层面展示了人类面对的风险问题。但是这种展示的用意不是让我们去感受严峻和悲哀，而是让人们警觉，更重要的是要建立风险可防范的意识，同时认识与社会经济和科学技术发展相适应的、应该和可能达到的风险控制水平。

Engineering
Safety
Management

Engineering
Safety
Management

生存于风险的王国

第一节 正视技术的两面性

一、技术是一把双刃剑——利弊共存

技术是人类达到理想境界的阶梯，是创造财富和发展社会经济的强大手段。农业技术的发展使人类踏进了文明的大门，而工业技术的进步则给人类社会和自然界带来了翻天覆地的变化。回顾人类的历史，可以清楚地看出，正是技术的突破带来了一次又一次产业革命和人类社会的日益繁荣。我们今天的物质享受和文化生活，是过去人类梦寐以求的；今天的许多事物，是我们的祖先所不敢想像的。当中国的运动健儿在大洋彼岸奋力拼搏时，亿万同胞可以通过卫星和电视分享他们胜利的喜悦。“朝游北海，暮宿南溟”也不再是什么神话了。今日的飞机、船舰、汽车、火车、高楼大厦、电气化家庭，无一不是工业技术发展的赐予和技术进步的成果。没有现代工业就不会有今天的文明社会。

然而，工业技术在人们的印象中却并不总是光彩夺目的，从另一方面讲，甚至有人对它深恶痛绝，尤其是它造成人类生命的丧失与健康的危害，以及带来了令人厌恶的环境污染等问题。在工业革命初期，工业所造成的肮脏环境还只限于厂房内