

高等学校“十二五”规划教材 | 安全工程类

Anquanpingjiajishu

安全评价技术

(第二版)

◎张乃禄 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十二五”规划教材 | 安全工程类

安全评价技术

(第二版)

张乃禄 主 编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书内容共9章,系统地介绍了安全评价的基本原理与应用技术,主要包括绪论、安全评价原理与模型、危险危害因素分析、安全评价依据与规范、安全评价方法、评价单元的划分和评价方法的选择、安全对策措施、安全评价与评价报告、安全评价实例等内容。全书系统性强,重点突出,注重应用。

本书可作为安全工程专业及相关专业的教材,也可作为从事安全评价、安全管理工作的专业技术人员的实用参考书,还可作为注册安全工程师和安全评价师考试辅导用书,以及企业工程技术人员和广大技术工人的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

安全评价技术/张乃禄,主编. —2版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2011.12

高等学校“十二五”规划教材. 安全工程类

ISBN 978-7-5606-2699-4

I. ①安… II. ①张… III. ①安全评价—高等学校—教材 IV. ①X913

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第234273号

策 划 戚文艳

责任编辑 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2011年12月第2版 2011年12月第4次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 22

字 数 520千字

印 数 8001~11 000册

定 价 38.00元

ISBN 978-7-5606-2699-4/X·0001

XDUP 2991002-4

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

第二版前言

近年来,共建和谐社会、安全发展已成为时代的主题,系统安全分析、评价方法受到企业和管理部门的高度重视并得到了大量的应用。安全评价的意义在于可有效地预防事故的发生,减少财产损失和人员伤亡与伤害。安全评价与日常安全管理和安全监督监察工作不同,安全评价是查找、分析和预测工程、系统存在的危险,有害因素及危险,危害程度,并提出合理可行的安全对策措施,指导危险源监控、预防事故发生,以达到最低事故率、最少损失和最优的安全投资效率。安全评价作为现代安全管理模式,在国内得到了迅速推广和发展,并已成为安全生产重要的技术保障措施之一。

《安全评价技术》从2007年出版到现在,已有5年时间。该书得到许多高校安全工程专业师生和专家学者的厚爱,并先后提出许多宝贵的意见和建议,特别是作者多次有幸参加全国高校安全工程专业学术年会暨安全人才培养研讨会,与安全工程领域的前辈教授和教学一线的同行进行交流与讨论,有机会吸取大家的智慧。正是这些建议和讨论,使笔者认识到本书有必要进一步修改和完善。

本书对第一版内容进行了整合和调整,将内容增加到9章。其中,将第一版1.1.5节和1.1.6节的内容重新编写独立成章,即第4章安全评价依据与规范;增加了5.12节其他评价方法的内容;在5.7和5.8节,分别增加了评价分析实例;在思考题中,增加了新题型。

本书是由张乃禄教授带领其科研团队在第一版的基础上完成的,在此对原作者张乃禄、刘灿等表示崇高的敬意和感谢,同时,对参加修订工作的在读研究生胡伟、庞诚等表示感谢。在本书修订过程中,参考了国内许多相关书刊及研究报告,还得到了西安电子科技大学出版社戚文艳等的指正与帮助,在此一并表示衷心感谢!

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2011年9月

第一版前言

安全科学的诞生标志着人类对劳动安全的认识发展到了比较高的层次，是人类社会进步和科学技术发展的产物。安全科学技术是保护劳动者在劳动过程中的安全与健康的科学，它是在人类的生产实践中形成并逐步发展起来的。随着安全科学技术的发展，逐步建立了安全科学的学科体系，发展了本质安全、过程检测与控制、人的行为控制等事故理论，引入了安全系统工程方法，使安全评价愈来愈受到广泛重视。安全评价是实现安全生产的重要手段和基本程序，是有效提高企业本质安全程度的一项基础性工作；是为安全生产监督管理部门提供决策和技术监督支撑的有力手段；是消除隐患、防范事故的一项重要举措；是现代先进安全生产管理的重要内容之一。安全评价不仅成为现代安全生产的重要环节，而且在安全管理的现代化、科学化过程中也起到了积极的推动作用。

随着《中华人民共和国安全生产法》的颁布与实施，国家和有关部委相继颁布了十多部与安全评价有关的法律、法规。国家安全生产监督管理局陆续发布了《安全评价通则》及各类安全评价导则，体现了国家对安全评价工作的高度重视。安全评价工作已在全国各行业普遍展开，并且逐渐走上了规范化、法制化的轨道。

本书参考了国内外有关文献资料，结合作者从事安全评价技术教学和评价工作的经验，在西安石油大学安全工程专业“安全评价技术讲义”的基础上编写而成。本书既可作为安全工程专业的教材，也可供从事安全工作的专业技术人员参考。

本书共8章，其中第1、2、4章和8.1节由张乃禄编写，第5章和6.1、6.2、8.2、8.3、8.4节由刘灿编写，第3、7章由徐竟天编写，6.3、6.4节以及各章的思考题和附录由薛朝妹编写。硕士研究生张源、石瑞、张建华等完成了本书文字的录入和制图工作。本书由西安石油大学张家田教授主审，并提出了许多合理的建议。本书编写过程中，参考了国内多位专家教授的相关著作、文章及研究报告，同时也得到了西安石油大学电子工程学院领导、同仁的大力支持，并提出了许多宝贵意见；本书出版过程中，得到了西安电子科技大学出版社戚文艳、段蕾编辑的指正与帮助。在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平有限且编写时间仓促，不妥之处在所难免，敬请广大读者提出宝贵意见。

编著者
2007年2月

目 录

第1章 绪论	1	3.4 工业过程危险危害因素的辨识	36
1.1 安全评价概述	1	3.4.1 总图布置及建筑物的危险危害因素辨识	36
1.1.1 安全评价的基本概念	1	3.4.2 生产工艺过程的危险危害因素辨识	37
1.1.2 安全评价的内容和分类	2	3.4.3 主要设备或装置的危险危害因素辨识	38
1.1.3 安全评价的目的和意义	4	3.4.4 电气设备的危险危害因素辨识	38
1.1.4 安全评价的程序	5	3.4.5 特种设备的危险危害因素辨识	39
1.2 安全评价技术的发展及现状	7	3.4.6 企业内特种机械的危险危害因素辨识	39
1.2.1 国外安全评价技术的发展及现状	7	3.4.7 登高装置的危险危害因素辨识	40
1.2.2 国内安全评价技术的发展及现状	8	3.4.8 危险化学品的危险危害因素辨识	40
思考题	10	3.4.9 作业环境的危险危害因素辨识	44
第2章 安全评价原理与模型	11	3.4.10 与手工操作有关的危险危害因素辨识	45
2.1 安全评价原理	11	3.4.11 储运过程的危险危害因素辨识	46
2.1.1 相关原理	11	3.4.12 建筑和拆除过程中的危险危害因素辨识	46
2.1.2 类推原理	14	3.5 重大危险源辨识	47
2.1.3 惯性原理	15	3.5.1 重大危险源辨识依据	47
2.1.4 量变到质变原理	16	3.5.2 重大危险源的分类和分级	47
2.2 安全评价模型	17	思考题	49
2.2.1 安全评价模型简介	17	第4章 安全评价依据与规范	50
2.2.2 安全评价模型的特点	17	4.1 法律的分类与地位	50
2.2.3 常用的几种安全评价模型	18	4.1.1 宪法	50
思考题	30	4.1.2 法律	50
第3章 危险危害因素分析	31	4.1.3 行政法规	51
3.1 危险危害因素的产生	31	4.1.4 地方性法规	51
3.1.1 能量与有害物质	31	4.1.5 行政规章	52
3.1.2 失控	32	4.1.6 国际法律文件	52
3.2 危险危害因素的分类	32	4.2 安全评价所依据的主要法律、法规	52
3.2.1 按导致事故和职业危害的原因分类	33	4.2.1 《中华人民共和国刑法》	52
3.2.2 按事故类别、职业病类别分类	34	4.2.2 《中华人民共和国劳动法》	54
3.3 危险危害因素的辨识	35		
3.3.1 危险危害因素辨识的原则	35		
3.3.2 危险危害因素辨识的内容	36		
3.3.3 危险危害因素辨识的方法	36		

4.2.3 《中华人民共和国安全生产法》·····	54	5.4.1 预先危险分析法概述·····	87
4.2.4 《中华人民共和国矿山安全法》·····	55	5.4.2 预先危险分析法步骤·····	87
4.2.5 《中华人民共和国职业病防治法》·····	56	5.4.3 预先危险分析法的优缺点及适用范围·····	89
4.2.6 《安全生产许可证条例》·····	57	5.4.4 预先危险分析法应用实例·····	89
4.2.7 《危险化学品安全管理条例》·····	58	5.5 故障假设分析法·····	90
4.2.8 《烟花爆竹安全管理条例》·····	60	5.5.1 故障假设分析法概述·····	90
4.2.9 《煤矿建设项目安全设施监察规定》·····	61	5.5.2 故障假设分析法步骤·····	90
4.2.10 《非煤矿山建设项目安全设施设计审查与竣工验收办法》·····	62	5.5.3 故障假设分析法的优缺点及适用范围·····	92
4.2.11 《安全评价机构管理规定》·····	64	5.5.4 故障假设分析法应用实例·····	92
4.2.12 《安全评价机构考核管理规则》·····	66	5.6 危险与可操作性研究法·····	94
4.3 安全评价所依据的主要标准·····	69	5.6.1 危险与可操作性研究法概述·····	94
4.3.1 安全标准定义·····	69	5.6.2 危险与可操作性研究法步骤·····	95
4.3.2 安全标准范围·····	70	5.6.3 危险与可操作性研究法的优缺点及适用范围·····	97
4.3.3 安全生产标准种类·····	71	5.6.4 危险与可操作性研究法应用实例·····	97
4.3.4 与评价有关的安全标准·····	71	5.7 故障树分析法·····	100
4.4 安全评价规范·····	73	5.7.1 故障树分析法概述·····	100
4.4.1 安全评价通则·····	73	5.7.2 故障树分析法名词术语和符号·····	100
4.4.2 安全评价导则·····	74	5.7.3 故障树分析法步骤·····	103
4.4.3 安全评价实施细则·····	74	5.7.4 故障树分析法的优缺点及适用范围·····	111
4.5 风险判别指标·····	75	5.7.5 故障树分析法应用实例·····	111
思考题·····	76	5.8 事件树分析法·····	116
第5章 安全评价方法 ·····	77	5.8.1 事件树分析法概述·····	116
5.1 安全评价方法概述·····	77	5.8.2 事件树分析法步骤·····	117
5.1.1 安全评价方法的分类·····	77	5.8.3 事件树分析法的优缺点及适用范围·····	121
5.1.2 常用的安全评价方法·····	79	5.8.4 事件树分析法应用实例·····	121
5.2 安全检查表分析法·····	83	5.9 日本化工企业六阶段安全评价法·····	123
5.2.1 安全检查表分析法概述·····	83	5.9.1 六阶段评价法概述·····	123
5.2.2 安全检查表分析法步骤·····	83	5.9.2 六阶段评价法步骤·····	123
5.2.3 安全检查表分析法的优缺点及适用范围·····	84	5.9.3 六阶段评价法的优缺点及适用范围·····	126
5.2.4 安全检查表分析法应用实例·····	84	5.9.4 六阶段评价法应用实例·····	126
5.3 专家评议法·····	85	5.10 道化学火灾、爆炸危险指数评价法·····	128
5.3.1 专家评议法概述·····	85	5.10.1 道化学评价法概述·····	128
5.3.2 专家评议法步骤·····	85	5.10.2 道化学评价法有关内容·····	128
5.3.3 专家评议法的优缺点及适用范围·····	85	5.10.3 道化学评价法评价程序·····	132
5.3.4 专家评议法应用实例·····	86	5.10.4 道化学评价法的优缺点及适用范围·····	135
5.4 预先危险分析法·····	87		

5.10.5 道化学评价法应用实例	135	7.2.1 厂址及厂区平面布局的 对策措施	193
5.11 ICI 蒙德火灾、爆炸、毒性指标 评价法	139	7.2.2 防火、防爆对策措施	193
5.11.1 ICI 蒙德法概述	139	7.2.3 电气安全对策措施	194
5.11.2 ICI 蒙德法评价程序	140	7.2.4 机械伤害防护措施	195
5.11.3 初期危险度评价	140	7.2.5 有害因素控制对策措施	198
5.11.4 最终危险度评价	145	7.2.6 其他安全对策措施	203
5.11.5 ICI 蒙德法的优缺点及 适用范围	147	7.3 安全管理对策措施	207
5.11.6 ICI 蒙德法应用实例	147	7.3.1 建立制度	207
5.12 其他评价方法	149	7.3.2 完善机构和人员配置	208
5.12.1 统计图表分析法	149	7.3.3 安全培训、教育和考核	208
5.12.2 概率评价法	153	7.3.4 安全投入与安全设施	209
5.12.3 层次分析综合评价法	157	7.3.5 实施监督与日常检查	209
5.12.4 模糊数学综合评价法	166	7.4 事故应急救援预案	209
5.12.5 BP 神经网络综合评价法	173	7.4.1 应急救援预案的类型	209
思考题	176	7.4.2 应急救援预案的编制内容	210
第 6 章 评价单元的划分和 评价方法的选择	179	7.4.3 应急救援预案编制的 格式及要求	212
6.1 评价单元的划分	179	7.4.4 应急救援预案的编制步骤	213
6.1.1 评价单元的概念	179	思考题	214
6.1.2 划分评价单元的目的和意义	179	第 8 章 安全评价与评价报告	215
6.1.3 划分评价单元的 基本原则和方法	180	8.1 评价数据的处理	215
6.2 常用安全评价方法比较	181	8.1.1 评价数据采集处理原则	215
6.3 安全评价方法的选择	183	8.1.2 评价数据的分析处理	216
6.3.1 安全评价方法的选择原则	183	8.2 安全评价结论	219
6.3.2 安全评价方法的选择过程	184	8.2.1 编制安全评价结论的一般步骤	219
6.3.3 选择安全评价方法的 准则和流程	184	8.2.2 评价结论的编制原则	219
6.3.4 选择安全评价方法 应注意的问题	188	8.2.3 评价结果分析、归类和 评价结论的主要内容	220
思考题	190	8.3 安全预评价及其评价报告	221
第 7 章 安全对策措施	191	8.3.1 安全预评价的内容	221
7.1 安全对策措施的基本要求和 制定原则	191	8.3.2 安全预评价程序	221
7.1.1 安全对策措施的基本要求	191	8.3.3 安全预评价报告书的格式	222
7.1.2 制定安全对策措施 应遵循的原则	191	8.3.4 安全预评价报告的编制	223
7.2 安全技术对策措施	192	8.3.5 安全预评价建设单位应 提供的资料	224
		8.4 安全验收评价及其评价报告	224
		8.4.1 安全验收评价概述	225
		8.4.2 安全验收评价工作要求	226
		8.4.3 安全验收评价工作程序	227
		8.4.4 安全验收评价计划书	231
		8.4.5 安全验收评价报告的格式	232

8.4.6 安全验收评价报告的编制	232	9.3.5 加油站重大危险源评价	285
8.5 安全现状评价及其评价报告	234	9.3.6 安全技术对策措施	288
8.5.1 安全现状评价的内容	234	9.3.7 整改复查情况	289
8.5.2 安全现状评价的工作程序	234	9.3.8 结论	289
8.5.3 安全现状评价报告的格式	236	9.4 非煤矿安全现状评价	290
8.5.4 安全现状评价报告的编制	236	9.4.1 概述	290
思考题	237	9.4.2 危险危害因素辨识与分析	292
第9章 安全评价实例	238	9.4.3 评价单元的划分与 评价方法的选择	297
9.1 气田产能开发工程安全预评价	238	9.4.4 安全定性、定量评价	298
9.1.1 总论	238	9.4.5 安全对策措施及建议	311
9.1.2 评价单元划分	241	9.4.6 复查整改情况	312
9.1.3 工艺设备、设施危险因素分析	241	9.4.7 结论	312
9.1.4 危险度评价	244	思考题	313
9.1.5 劳动安全评价	247	附录	315
9.1.6 安全对策措施	267	附录1 重大危险源辨识标准	315
9.1.7 结论	270	附录2 安全评价通则	321
9.2 煤气厂安全验收评价	270	附录3 安全预评价导则	323
9.2.1 总论	270	附录4 安全验收评价导则	325
9.2.2 生产工艺介绍	271	附录5 安全现状评价导则	329
9.2.3 危险危害因素分析	271	附录6 陆上石油和天然气开采业 安全评价导则	332
9.2.4 安全评价检查表	273	附录7 危险化学品经营单位 安全评价导则(试行)	335
9.2.5 安全对策措施及建议	275	附录8 非煤矿山安全评价导则	337
9.2.6 结论	275	参考文献	341
9.3 加油站安全现状评价	275		
9.3.1 总论	275		
9.3.2 被评价单位基本情况	276		
9.3.3 主要危险危害因素分析	276		
9.3.4 安全评价现场检查表	280		

第1章 绪 论

1.1 安全评价概述

1.1.1 安全评价的基本概念

1. 安全和危险

安全和危险是一对互为存在前提的术语。

危险是指系统处于容易受到损害或伤害的状态，常指危险因素。

安全是指系统处于免遭不可接受危险伤害的状态。安全是人、机具及人和机具构成的环境三者处于的协调/平衡状态，一旦打破这种平衡，安全就不存在了。安全的实质就是防止事故，消除导致死亡、伤害、急性职业危害及各种财产损失事件发生的条件。例如，在生产过程中导致灾害性事故的原因有人的误判断、误操作、违章作业，设备缺陷，安全装置失效，防护器具故障，作业方法不当及作业环境不良等。所有这些又涉及设计、施工、操作、维修、储存、运输以及经营管理等许多方面，因此必须从系统的角度观察、分析，并采取综合方法消除危险，才能达到安全的目的。

2. 事故

事故是指造成人员死亡、伤害、职业病、财产损失或其他损失的意外事件。意外事件的发生可能造成事故，也可能并未造成任何损失。对于没有造成死亡、伤害、职业病、财产损失或其他损失的事件可称之为“未遂事件”或“未遂过失”。因此，意外事件包括事故事件，也包括未遂事件。

事故是由危险因素导致的，危险因素导致的人员死亡、伤害、职业危害及各种财产损失都属于事故。

3. 风险

风险是危险或危害事故发生的可能性与危险、危害事故严重程度的综合度量。衡量风险大小的指标是风险率(R)，它等于事故发生的概率(P)与事故损失严重程度(S)的乘积，即

$$R=PS$$

由于概率值难以取得，因此常用频率代替概率，这时上式可表示为

$$\text{风险率} = \frac{\text{事故次数}}{\text{时间}} \times \frac{\text{事故损失}}{\text{事故次数}} = \frac{\text{事故损失}}{\text{时间}}$$

式中，时间可以是系统的运行周期，也可以是一年或几年；事故损失可以表示为死亡人数、损失工作日数或经济损失等；风险率是二者之商，可以定量表示为百万工时死亡事故率、

百万工时总事故率等,对于财产损失可以表示为千人经济损失率等。

4. 系统和系统安全

系统是指由若干相互联系的、为了达到一定目标而具有独立功能的要素所构成的有机整体。对生产系统而言,系统构成包括人员、物资、设备、资金、任务指标和信息等六个要素。

系统安全是指在系统寿命期内,应用系统安全工程和管理方法,识别系统中的危险源,定性或定量表征其危险性,并采取控制措施使其危险性最小化,从而使系统在规定的性能、时间和成本范围内达到最佳的安全程度。因此,在生产中为了确保系统安全,需要按系统工程的方法,对系统进行深入分析和评价,及时发现固有的和潜在的各类危险和危害,提出相应的解决方案和途径。

5. 安全评价

安全评价,国外也称为风险评价或危险评价,它是以实现工程和安全为目的,应用安全系统工程的原理和方法,对工程和系统中存在的危险及有害因素等进行识别与分析,判断工程和系统发生事故和职业危害的可能性及其严重程度,提出安全对策及建议,制定防范措施和管理决策的过程。

安全评价既需要安全评价理论的支撑,又需要理论与实际经验的结合,二者缺一不可。

6. 安全系统工程

安全系统工程是以预测和防止事故发生为中心,以识别、分析、评价和控制安全风险为重点,开发出来的安全理论和方法体系。它将工程、系统中的安全问题看做一个整体,应用科学的方法对构成系统的各个要素进行全面的分析,判明各种状况下危险因素的特点及其可能导致的灾害性事故,通过定性和定量分析,对系统的安全性作出预测和评价,将系统事故发生的可能性降至最低。危险识别、风险评价、风险控制是安全系统工程方法的基本内容。

1.1.2 安全评价的内容和分类

1. 安全评价的内容

安全评价是一个利用安全系统工程原理和方法,识别和评价系统及工程中存在的风险的过程。这一过程包括危险危害因素及重大危险源辨识、重大危险源危害后果分析、定性及定量评价、提出安全对策措施等内容。安全评价的基本内容如图 1-1 所示。

1) 危险危害因素及重大危险源辨识

根据被评价对象,识别和分析危险危害因素,确定危险危害因素的分布、存在的方式,事故发生的途径及其变化的规律;按照国家重大危险源辨识标准 GB18218—2000 进行重大危险源辨识,确定重大危险源。

2) 重大危险源危害后果分析

选择合适的分析模型,对重大危险源的危害后果进行模拟分析,为企业和政府监管部门制定安全对策措施和事故应急救援预案提供依据。

3) 定性及定量评价

划分评价单元,选择合理的评价方法,对工程、系统中存在的事故隐患以及发生事故的可能性和严重程度进行定性及定量评价。

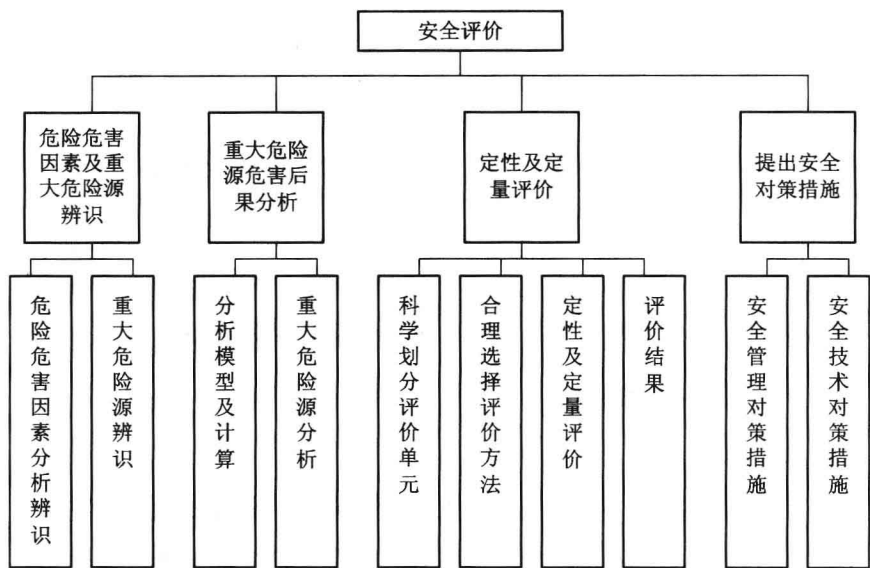


图 1-1 安全评价的基本内容

4) 提出安全对策措施

提出消除或减少危险危害因素的技术和管理对策措施及建议。

2. 安全评价的分类

通常根据工程及系统的生命周期和评价目的，将安全评价分为安全预评价、安全验收评价、安全现状评价和安全专项评价四类。

1) 安全预评价

安全预评价实际上就是在项目建设前，应用安全评价的原理和方法对该项目的危险性、危害性进行预测性评价。安全预评价以拟建设项目作为研究对象，根据建设项目可行性研究报告的内容，分析和预测该建设项目可能存在的危险及有害因素的种类和程度，提出合理可行的安全对策措施及建议。

经过安全预评价形成的安全预评价报告，将作为项目报批的文件之一，同时也是项目最终设计的重要依据文件之一。安全预评价报告主要提供给设计单位、建设单位、业主及政府管理部门。在设计阶段，必须落实安全预评价所提出的各项措施。

2) 安全验收评价

安全验收评价是在建设项目竣工验收之前、试生产运行正常之后，通过对建设项目的设施、设备、装置实际运行状况及管理状况的安全评价，查找该建设项目投产后存在的危险、有害因素，确定其程度，提出合理可行的安全对策措施及建议。

安全验收评价是为安全验收进行的技术准备，最终形成的安全验收评价报告将作为建设单位向政府安全生产监督管理机构申请建设项目安全验收审批的依据。另外，通过安全验收，还可检查生产经营单位的安全生产保障，确认《安全生产法》的落实情况。

3) 安全现状评价

安全现状评价是针对系统及工程的安全现状进行的安全评价，通过评价查找其存在的

危险和有害因素，确定其程度，提出合理可行的安全对策措施及建议。

对在用生产装置、设备、设施，储存、运输及安全管理状况进行的全面综合安全评价，是根据政府有关法规或生产经营单位职业安全、健康、环境保护的管理要求进行的。

4) 安全专项评价

安全专项评价是根据政府有关管理部门的要求，对专项安全问题进行的专题安全分析评价，如危险化学品专项安全评价、非煤矿山专项安全评价等。

安全专项评价一般是针对某一项活动或某一个场所，如一个特定的行业、产品、生产方式、生产工艺或生产装置等存在的危险及有害因素进行的安全评价，目的是查找其中存在的危险及有害因素，确定其程度，提出合理可行的安全对策措施及建议。

1.1.3 安全评价的目的和意义

1. 安全评价的目的

安全评价的目的是查找、分析和预测工程及系统中存在的危险和有害因素，分析这些因素可能导致的危险、危害后果和程度，提出合理可行的安全对策措施，指导危险源的监控，预防事故的发生，以达到最低事故率、最少损失和最优的安全投资效益，具体包括以下四个方面。

(1) 促进实现本质安全化生产。通过安全评价，系统地在工程、设计、建设、运行等过程中对事故和事故隐患进行科学分析，针对事故和事故隐患发生的各种可能原因事件和条件，提出消除危险的最佳技术措施方案，特别是从设计上采取相应措施，实现生产过程的本质安全化，做到即使发生误操作或设备故障，系统存在的危险因素也不会因此导致重大事故发生。

(2) 实现全过程安全控制。在设计之前进行安全评价，可避免选用不安全的工艺流程和危险的原材料以及不合适的设备、设施，或当必须采用时，提出降低或消除危险的有效方法。设计之后进行的评价，可查出设计中的缺陷和不足，及早采取改进和预防措施。通过系统建成以后运行阶段进行的系统安全评价，可了解系统的现实危险性，为进一步采取降低危险性的措施提供依据。

(3) 建立系统安全的最优方案，为决策者提供依据。通过安全评价，分析系统存在的危险源及其分布部位、数目，预测事故发生的概率、事故严重度，提出应采取的安全对策措施等，决策者可以根据评价结果选择系统安全最优方案和管理决策。

(4) 为实现安全技术、安全管理的标准化和科学化创造条件。通过对设备、设施或系统在生产过程中的安全性是否符合有关技术标准、规范以及相关规定进行评价，对照技术标准和规范找出其中存在的问题和不足，以实现安全技术、安全管理的标准化和科学化。

2. 安全评价的意义

安全评价的意义在于可有效地预防和减少事故的发生，减少财产损失和人员伤亡。安全评价与日常安全管理和安全监督监察工作不同，它是从技术方面分析、论证和评估产生损失和伤害的可能性、影响范围及严重程度，提出应采取的对策措施。安全评价的意义具体包括以下五个方面。

(1) 安全评价是安全生产管理的一个必要组成部分。“安全第一,预防为主”是我国安全生产的基本方针,作为预测、预防事故重要手段的安全评价,在贯彻安全生产方针中有着十分重要的作用,通过安全评价可确认生产经营单位是否具备了安全生产条件。

(2) 有助于政府安全监督管理部门对生产经营单位的安全生产进行宏观控制。安全预评价将有效地提高工程安全设计的质量和投产后的安全可靠程度;安全验收评价根据国家有关技术标准、规范,对设备、设施和系统进行综合性评价,提高安全达标水平;安全现状评价可客观地对生产经营单位的安全水平作出评价,使生产经营单位不仅可以了解可能存在的危险性,而且可以明确如何改善安全状况,同时也为安全监督管理部门了解生产经营单位安全生产现状,实施宏观控制提供基础资料。

(3) 有助于安全投资的合理选择。安全评价不仅能确认系统的危险性,而且还能进一步考虑危险性发展为事故的可能性及事故造成的损失严重程度,进而计算事故造成的危害,并以此说明系统危险可能造成负效益的大小,以便合理地选择控制、消除事故发生的措施,确定安全措施投资的多少,从而使安全投入和可能减少的负效益达到平衡。

(4) 有助于提高生产经营单位的安全管理水平。

安全评价可以使生产经营单位的安全管理变事后处理为事先预测和预防。通过安全评价,可以预先识别系统的危险性,分析生产经营单位的安全状况,全面地评价系统及各部分的危险程度和安全管理状况,促使生产经营单位达到规定的安全要求。

安全评价可以使生产经营单位的安全管理变纵向单一管理为全面系统管理,将安全管理范围扩大到生产经营单位各个部门、各个环节,使生产经营单位的安全管理实现全员、全面、全过程、全时空的系统化管理。

系统安全评价可以使生产经营单位的安全管理变经验管理为目标管理,使各个部门、全体职工明确各自的指标要求,在明确的目标下,统一步调,分头进行,从而使安全管理工作实现科学化、统一化及标准化。

(5) 有助于生产经营单位提高经济效益。安全预评价可减少项目建成后由于达不到安全的要求而引起的调整和返工建设;安全验收评价可将一些潜在事故隐患在设施开工运行阶段消除;安全现状评价可使生产经营单位较好地了解可能存在的危险并为安全管理提供依据。生产经营单位的安全生产水平的提高可带来经济效益的提高。

1.1.4 安全评价的程序

安全评价程序主要包括:准备阶段、危险危害因素识别与分析、定性及定量评价、提出安全对策、形成安全评价结论及建议、编制安全评价报告等,如图1-2所示。

1) 准备阶段

明确被评价对象和范围,收集国内外相关法律法规、技术标准及工程和技术资料。

2) 危险危害因素识别与分析

根据被评价的工程和系统的情况,识别和分析危险危害因素,确定危险危害因素存在的部位、存在的方式、事故发生的途径及其变化的规律。

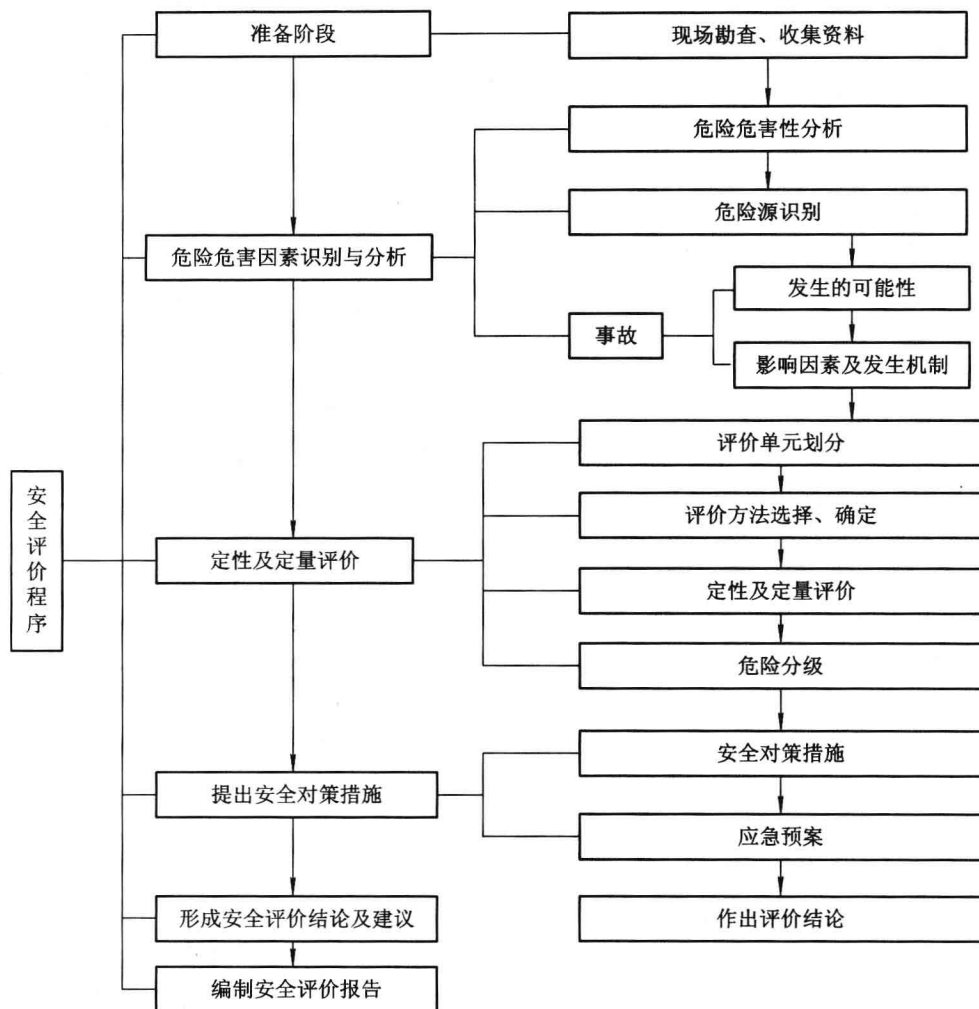


图 1-2 安全评价程序图

3) 定性及定量评价

在危险危害因素识别和分析的基础上，划分评价单元，选择合理的评价方法，对工程和系统发生事故的可能性和严重程度进行定性及定量评价。

4) 提出安全对策措施

根据定性、定量评价结果，提出消除或减弱危险、危害因素的技术和管理措施及建议。

5) 形成安全评价结论及建议

简要地列出主要危险和有害因素的评价结果，指出工程、系统应重点防范的重大危险因素，明确生产经营者应重视的重要安全措施。

6) 编制安全评价报告

依据安全评价的结果编制相应的安全评价报告。

1.2 安全评价技术的发展及现状

1.2.1 国外安全评价技术的发展及现状

安全评价技术起源于20世纪30年代,是随着保险业的发展需要而发展起来的。保险公司为客户承担各种风险,必然要收取一定的费用,而收取费用的多少是由所承担的风险大小决定的。因此,就产生了一个衡量风险程度的问题,这个衡量风险程度的过程就是当时的美国保险协会所从事的风险评价。

安全评价技术在20世纪60年代得到了很大的发展,首先应用于美国军事工业。1962年4月美国公布了第一个有关系统安全的说明书《空军弹道导弹系统安全工程》,以此对与民兵式导弹计划有关的承包商提出了系统安全的要求,这是系统安全理论的首次实际应用。1969年美国国防部批准颁布了最具有代表性的系统安全军事标准《系统安全大纲要点》(MIL-STD-822),对完成系统在安全方面的目标、计划和手段,包括设计、措施和评价,提出了具体要求和程序。此项标准于1977年被修订为MIL-STD-822A,1984年又被修订为MIL-STD-822B,该标准对系统整个寿命周期中的安全要求、安全工作项目都作了具体规定。MIL-STD-822系统安全标准从一开始实施,就对世界安全和防火领域产生了巨大影响,迅速为日本、英国和欧洲其他国家引进使用。此后,系统安全工程方法陆续推广到航空、航天、核工业、石油、化工等领域,并不断发展、完善,成为现代系统安全工程的一种新的理论、方法体系,在当今安全科学中占有非常重要的地位。

系统安全工程的发展和应用,为系统安全评价工作奠定了可靠的基础。安全评价的现实作用又促使许多国家政府、生产经营单位加强对安全评价的研究,开发自己的评价方法,对系统进行事先、事后的评价,分析、预测系统的安全可靠性,努力避免不必要的损失。

1964年美国道(DOW)化学公司根据化工生产的特点,首先开发出“火灾、爆炸危险指数评价法”,用于对化工装置进行安全评价,该法已修订6次,1993年已发展到第七版,它以单元重要危险物质在标准状态下发生火灾、爆炸而释放出危险性潜在能量的可能性大小为基础,同时考虑工艺过程的危险性,计算单元火灾爆炸指数,确定危险等级,并提出安全对策措施,使危险降低到人们可以接受的程度。由于该评价方法科学、合理、切合实际,因此在世界工业界得到了一定程度的应用,引起各国的广泛研究、探讨,推动了评价方法的发展。1974年英国帝国化学公司(ICI)蒙德(Mond)部在道化学公司评价方法的基础上引进了毒性概念,并发展了某些补偿系数,提出了“蒙德火灾、爆炸、毒性指标评价法”。1974年,美国原子能委员会在没有核电站事故先例的情况下,应用系统安全工程分析方法,提出了著名的《核电站风险报告》(WASH-1400),并被以后发生的核电站事故所证实。1976年日本劳动省颁布了“化工厂安全评价六阶段法”,该方法采用了一整套系统安全工程的综合分析和评价方法,使化工厂的安全性在规划、设计阶段就能得到充分的保证,并陆续开发了“匹田法”等评价方法。由于安全评价技术的发展,安全评价已在现代生产经营单位管理中占有重要的地位。

由于安全评价在减少事故,特别是重大恶性事故方面取得的巨大效益,许多国家的政

府和生产经营单位都愿意投入巨额资金进行安全评价。据统计,美国各公司共雇佣了 3000 名左右的风险专业评价和管理人员,美国、加拿大等国就有 50 余家专门进行安全评价的“安全评价咨询公司”,且业务繁忙。当前,大多数工业发达国家已将安全评价作为工厂设计和选址、系统设计、工艺过程、事故预防措施及制定应急计划的重要依据。近年来,为了适应安全评价的需要,世界各国开发了包括危险辨识、事故后果模型、事故频率分析、综合危险定量分析等内容的商用化安全评价计算机软件包;随着信息处理技术和事故预防技术的进步,新的实用安全评价软件不断地进入市场。计算机安全评价软件包可以帮助人们找出导致事故发生的主要原因,认识潜在事故的严重程度,并找出降低危险的方法。

20 世纪 70 年代以后,全球范围内发生了许多震惊世界的火灾、爆炸及有毒物质的泄漏事故。例如:1974 年英国夫利克斯保罗化工厂发生的环己烷蒸气爆炸事故,导致 29 人死亡,109 人受伤,直接经济损失达 700 万美元;1975 年荷兰国营矿业公司 10×10^4 t 乙烯装置中的烃类气体逸出,发生蒸气爆炸,导致 14 人死亡,106 人受伤,大部分设备毁坏;1978 年西班牙巴塞罗那市和巴来西亚市之间的通道上,一辆满载丙烷的槽车因充装过量发生爆炸,当时正有 800 多人在风景区度假,烈火浓烟造成 150 人被烧死,120 多人被烧伤,100 多辆汽车和 14 幢建筑物被烧毁;1984 年墨西哥城液化石油气供应中心站发生爆炸,事故中约有 490 人死亡,4000 多人受伤,另有 900 多人失踪,供应站内所有设施损毁殆尽;1988 年英国北海石油平台压缩间因天然气大量泄漏而发生大爆炸,在平台上工作的 230 余名工作人员只有 67 人幸免于难,使英国北海油田减产 12%;1984 年 12 月 3 日凌晨,印度博帕尔农药厂发生一起甲基异氰酸酯泄漏的恶性中毒事故,有 2500 多人死亡,20 余万人中毒,是世界上绝无仅有之大惨案。恶性事故造成严重的人员伤亡和巨大的财产损失,促使各国政府、议会颁布法规,规定工程项目、技术开发项目都必须进行安全评价,并对安全设计提出明确的要求。日本《劳动安全卫生法》规定由劳动基准监督署对建设项目实行事先审查和发放许可证制度;美国对重要工程项目的竣工、投产都要求进行安全评价;英国政府规定,凡未进行安全评价的新建生产经营单位不准开工;欧共体 1982 年颁布《关于工业活动中重大危险源的指令》,欧共体成员国陆续制定了相应的法律;国际劳工组织(ILO)也先后公布了 1988 年的《重大事故控制指南》、1990 年的《重大工业事故预防实用规程》和 1992 年的《工作中安全使用化学品实用规程》,对安全评价提出了要求。2002 年欧盟未来化学品白皮书中,明确将危险化学品的登记注册及风险评价,作为政府的强制性指令。

随着现代科技的迅速发展,特别是数学方法和计算机科学技术的发展,以模糊数学为基础的安全评价方法得到了发展和应用,并拓展了原有的方法和应用范围,如模糊故障树分析、模糊概率法等。计算机专家系统、人工神经网络、计算机模拟技术也用于对生产系统进行实时、动态的安全评价。

1.2.2 国内安全评价技术的发展及现状

20 世纪 80 年代初期,安全系统工程引入我国,受到许多大中型生产经营单位和行业管理部门的高度重视。通过吸收、消化国外安全检查表和安全分析方法,机械、冶金、化工、航空、航天等行业开始应用安全分析评价方法,如安全检查表(SCA)、故障树分析(FTA)、故障类型及影响分析(FMFA)、事件树分析(ETA)、预先危险分析(PHA)、危险