

# 环境风险评价

## 实用技术和方法

胡二邦 主编



中国环境科学出版社

X820.3  
3

# 环境风险评估实用技术和方法

主 编 胡二邦  
副主编 彭理通 陆雍森 方 栋

中国环境科学出版社

·北 京·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

环境风险评价实用技术和方法/胡二邦主编. - 北京:  
中国环境科学出版社, 1999.9  
ISBN 7-80135-912-7

I. 环… II. 胡… III. 环境风险-评价 IV. X828

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 71734 号

中国环境科学出版社出版发行

(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

\*

2000 年 6 月第 一 版 开本 787 × 1092 1/16

2000 年 6 月第一次印刷 印张 31 1/4

印数 1—3 000 字数 740 千字

**定价: 56.00 元**

## 编 委 会 成 员

- 主 编 胡二邦 研究员，中国辐射防护研究院，太原，030006
- 副主编 彭理通 高级工程师，中国石化总公司上海石化环保技术中心，上海，200540
- 陆雍森 教授，同济大学环境科学与工程学院，上海，200092
- 方 栋 研究员，清华大学核能技术设计研究院，北京，100084
- 编 委 林玉锁 副研究员，国家环保总局南京环境科学研究所，南京，210042
- 高增林 研究员，中国辐射防护研究院，太原，030006
- 黄祥瑞 研究员，清华大学核能技术设计研究院，北京，100084
- 韩曾萃 教授级高工，浙江省河口海岸研究所，杭州，310016
- 姚仁太 副研究员，中国辐射防护研究院，太原，030006
- 常学奇 副研究员，中国辐射防护研究院，太原，030006
- 汪立忠 博士，上海市环境监测中心，上海，200030
- 周引娣 助工，中国石化总公司上海石化环保技术中心，上海，200540
- 李 红 讲师，清华大学核能技术设计研究院，北京，100084
- 高占荣 助研，中国辐射防护研究院，太原，030006
- 吴 平 助工，中国石化总公司上海石化环保技术中心，上海，200540
- 童海定 工程师，中国石化总公司上海石化环保技术中心，上海，200540
- 周 强 博士，同济大学环境科学与工程学院，上海，200092
- 乔清党 助研，中国辐射防护研究院，太原，030006

## 序

环境风险评价是环境科学中一门崭新的学科，目前的发展方兴未艾。《环境风险评价实用技术和方法》一书汇总了国内外目前进行环境风险评价的常用技术和方法，为我国高等院校开展环境风险评价教学和各行各业进行环境风险评价提供了一本好的教材和得力的工具书。

该书的出版将大大推动我国环境风险评价工作在各个领域更广泛更深入的开展与发展。

该书的出版也标志着我国环境风险评价学科迈入了一个新的阶段。

解松萍  
二〇〇九年三月五日

# 前 言

在现代工业高速发展的同时,在世界环境史上曾发生过几起震惊世界的环境污染事故,使工业设施重大事故引起的环境风险受到世界各国越来越密切的关注,环境评价是21世纪实现可持续发展的重要手段之一,环境风险评价是环境评价中一个崭新的日益重要的分支,20多年来得到迅速的发展;90年代以来,随着我国重大建设项目特别是世界银行和亚洲开发银行贷款项目的环境影响报告中开展环境风险评价的需要,对环境风险评价的实用技术和方法的需求更趋迫切。为此,中国环境评价学会环境风险专业委员会组织编著了本书。

本书的宗旨是既系统地阐述“环境风险评价”学科的基本理论,又重点介绍开展环境风险评价的实用技术和方法,既反映国外在此领域的一些最新进展,又反映国内在此领域所做的工作。根据这一宗旨,本书由三篇组成:第一篇环境风险评价总论,总共包括十章:第1章概述(胡二邦、汪立忠),第2章可靠性工程(黄祥瑞),第3章源项分析(彭理通、童海定),第4章有毒有害物质在大气中的弥散(胡二邦、姚仁太),第5章有毒物质在湖泊、河流、海洋的稀释扩散(韩曾萃),第6章污染物在食物链中的动态转移(胡二邦、高占荣),第7章环境污染的健康风险评价(高增林、常学奇),第8章环境风险评价指标体系(彭理通、胡二邦、周引娣),第9章减少危害的防范措施与应急计划(彭理通、吴平),第10章环境风险影响报告书的编制(彭理通);第二篇行业与领域的环境风险评价,包括六章:第11章化工、石化行业事故风险评价与管理(彭理通、周引娣、吴平),第12章水环境污染的风险评价与管理(陆雍森、汪立忠、周强),第13章农药环境风险评价(林玉锁),第14章核电厂事故后果评价(胡二邦),第15章危险品贮运风险评价(彭理通、童海定),第16章中国煤电和核电环境影响与健康风险(李红、方栋);第三篇实用案例,包括8个实例:例A 芳烃抽提装置项目环境风险评价(姚仁太、胡二邦、彭理通、乔清党);例B 潮汐河网条件下点源事故排放的风险评价(汪立忠、陆雍森、周强);例C 应用分段烟羽模式估算秦山核电厂(二期)设计基准事故概率后果(胡二邦、高占荣);例D 非核设施排放的气载污染物的健康危害风险预测(张和原、胡二邦);例E 切尔诺贝利核电站事故后果模式估算国际比对(胡二邦);例F 空气中多环芳烃致肺癌的风险评价(高增林、常学奇);例G 某核动力研究设计院废水排放健康风险评价(高增林、常学奇);例H 高放废液处理与处置不同技术方案的放射性健康风险比较(方栋、李红)。

鉴于环境风险评价是一门新兴的学科,正在蓬勃发展之中,其应用领域与范围也在不断扩大之中,因而环境风险评价的许多新的进展和应用未收录于本书中,加之编著时间较短及编著者的水平所限,难免有疏漏或错误之处,请读者不吝更正,以便再版修正。

目前,环境风险评价的发展方兴未艾,各种新的评价方法在不断探索发展之中,本书作为抛砖引玉之作,对目前国内外常用的环境风险评价技术和方法进行了系统的汇

总，既可视作为各行业今后制定各自的环境风险评价技术导则的基础与参考，也为从事这一领域工作的安全、环保管理、科技人员提供了必要的工具。

愿本书成为有关专业院校师生的益友良师和推动我国环境风险评价更快发展的动力，也希望本书能为我国“环境风险评价”这一新兴学科的形成与发展作出应有的贡献。

编著者

1999.3

# 目 录

序

前言

第一篇 环境风险评价总论	1
第1章 概述	1
1.1 国内外进展概况	1
1.2 环境风险评价的基本概念、评价内容和程序	2
1.2.1 基本概念	2
1.2.2 研究重点	2
1.2.3 评价内容和程序	3
1.3 环境风险评价(ERA)与环境影响评价(EIA)的主要区别	7
1.4 环境风险管理(ERM)	9
1.4.1 环境风险管理目的和内容	9
1.4.2 环境风险管理基本原则	10
1.4.3 环境风险管理方法	10
1.5 环境风险决策中的价值观、感觉和伦理	11
1.5.1 价值观	11
1.5.2 感觉	13
1.5.3 伦理	14
参考文献	14
第2章 可靠性工程	16
2.1 概论	16
2.1.1 环境风险评价中的可靠性工程的任务	16
2.1.2 可靠性、安全性与风险性	17
2.1.3 可靠性工程的发展	18
2.2 系统可靠性指标及典型系统可靠性计算	19
2.2.1 可靠度函数	19
2.2.2 常用的失效密度函数	20
2.2.3 浴盆曲线	22
2.2.4 典型系统可靠性计算的框图法	23
2.2.5 参数估计概论	25
2.3 事件树分析(ETA)	29
2.3.1 引言	29



2.3.2	事件树的建造	30
2.3.3	事件树的简化	31
2.3.4	事件树的定量化	32
2.4	故障树分析(FTA)	33
2.4.1	引言	33
2.4.2	FTA的术语与符号	35
2.4.3	故障事件的分类	38
2.4.4	故障树的建造	39
2.4.5	故障树的定性分析	43
2.4.6	故障树的定量分析	44
2.4.7	重要度分析	46
2.4.8	通用多功能微机FTA程序包	48
	参考文献	50
	<b>第3章 源项分析</b>	51
3.1	概述	51
3.1.1	源项分析的内容及目的	51
3.1.2	源项分析程序	51
3.1.3	源项分析中的术语	52
3.2	风险识别	52
3.2.1	风险识别及其基础	52
3.2.2	物质危险性识别	56
3.2.3	化学反应危险性识别	79
3.2.4	工艺过程危险性识别	79
3.3	事故源项分析	85
3.3.1	源项分析及其基础	85
3.3.2	原因—结果分析(CC)	85
3.3.3	最大可信灾害事故及其源项	87
	参考文献	87
	<b>第4章 有毒有害物质在大气中的弥散</b>	89
4.1	引言	89
4.2	诊断风场	89
4.2.1	概述	89
4.2.2	客观诊断风场模式及方法	90
4.2.3	客观诊断风场模式的应用和性能分析	93
4.3	污染物在大气中的弥散估算	100
4.3.1	大气扩散模式	100
4.3.2	烟羽抬升	103
4.3.3	大气稳定度分类与扩散参数	105
4.3.4	混合层及其修正	110

4.3.5	内边界层 .....	111
4.3.6	烟羽中污染物浓度的耗减过程 .....	113
4.4	污染物的干、湿沉积 .....	116
4.4.1	污染物的干沉积 .....	116
4.4.2	污染物的湿沉积 .....	116
4.5	天气取样技术 .....	117
4.6	模式的有效性检验 .....	120
4.6.1	应用预测值与观测值之比检验决定论模式的有效性 .....	120
4.6.2	用于检验概率模式有效性的预测值与观测值之比 .....	120
4.6.3	应用相关分析检验模式有效性 .....	121
4.6.4	应用符合度 $d$ 并结合均方误差检验模式的有效性 .....	122
<b>参考文献</b> .....		124
<b>第5章 有毒物质在湖泊、河流、海洋的稀释扩散</b> .....		127
5.1	有毒物质在湖泊中的预测模型 .....	127
5.1.1	有毒物质在固/液相中的分配过程 .....	127
5.1.2	混合均匀的湖泊有毒物质浓度预测模型 .....	128
5.1.3	考虑沉积物时有毒物质的浓度预测模型 .....	131
5.1.4	恒定及非恒定模型的解析解 .....	133
5.2	有毒物质传输及反应机理参数的确定 .....	135
5.2.1	吸附作用 .....	135
5.2.2	挥发 .....	137
5.2.3	光解反应 .....	138
5.2.4	水解反应 .....	140
5.2.5	生物降解 .....	140
5.3	有毒物质在河流、河口的解析解及数值解 .....	141
5.3.1	有毒物质在河流的解析解 .....	141
5.3.2	有毒物质的数值解 .....	144
5.4	海湾、河口的油污染计算 .....	145
5.4.1	浅海水动力模型简介 .....	145
5.4.2	油(乳化油)的浓度计算模型 .....	146
5.4.3	油膜扩展计算公式 .....	147
5.4.4	油溢出事故中心的追踪模型 .....	147
<b>参考文献</b> .....		148
<b>第6章 污染物在食物链中的动态转移</b> .....		149
6.1	引言 .....	149
6.2	干、湿沉积截获与初始滞留 .....	150
6.2.1	植物表面的干沉积 .....	150
6.2.2	湿沉积 .....	151
6.2.3	植物对湿沉积核素的截获与初始滞留 .....	151

6.2.4 土壤表面的总沉积量 .....	152
6.3 易位 .....	152
6.4 因干、湿沉积和易位导致的收割时的浓度 .....	153
6.5 人参与土壤表层的污染元素浓度 .....	153
6.5.1 人渗 .....	153
6.5.2 土壤表层的污染元素浓度 .....	153
6.6 根部吸收 .....	154
6.6.1 土壤根系区域的污染元素浓度 .....	154
6.6.2 根部吸收 .....	154
6.7 耕作对土壤表层与根系区核素浓度的影响 .....	154
6.7.1 沉积事件发生在当年耕作之前或上年收割之后 .....	154
6.7.2 沉积事件发生在当年耕作之后 .....	155
6.8 植物可食部分污染元素浓度 .....	155
6.8.1 沉积事件发生在当年耕作前（即考虑耕作的影响） .....	155
6.8.2 沉积发生在耕作之后（不考虑耕作影响） .....	156
6.9 动物产品污染元素浓度 .....	156
6.10 食品加工过程中污染元素损失 .....	156
6.11 人体食入途径污染元素摄入率 .....	156
<b>参考文献</b> .....	156
<b>第7章 环境污染的健康风险评价</b> .....	158
7.1 环境污染与健康危害 .....	158
7.1.1 引言 .....	158
7.1.2 大气污染与健康危害 .....	158
7.1.3 水体污染与健康危害 .....	160
7.1.4 土壤污染与健康危害 .....	161
7.1.5 微量元素与健康 .....	162
7.2 环境污染的健康风险评价方法 .....	163
7.2.1 引言 .....	163
7.2.2 危害判定 .....	165
7.2.3 剂量反应评估 .....	167
7.2.4 暴露量评估 .....	169
7.2.5 危险表征 .....	171
7.2.6 风险管理 .....	176
<b>参考文献</b> .....	179
<b>第8章 环境风险评价指标体系</b> .....	181
8.1 环境风险评价指标 .....	181
8.1.1 个人风险 .....	181
8.1.2 社会风险 .....	181
8.2 环境风险评价标准 .....	184

8.2.1 环境风险评价标准 .....	184
8.2.2 各行业风险最大可接受水平历史统计值 .....	188
<b>参考文献</b> .....	201
<b>第9章 减少危害的防范措施与应急计划</b> .....	202
9.1 防范措施与应急预案的重要性 .....	202
9.2 工厂减少危害的防范措施和应急计划 .....	202
9.2.1 事故隐患分析管理 .....	202
9.2.2 工程项目应急措施 .....	205
9.2.3 工厂应急措施 .....	206
9.3 社会救援应急预案 .....	210
9.3.1 社会救援的基本原则、任务和应急预案内容 .....	210
9.3.2 事故应急状态和应急响应等级及其基本应急措施 .....	211
<b>参考文献</b> .....	214
<b>第10章 环境风险影响报告书的编制</b> .....	215
10.1 编制原则和要求 .....	215
10.2 报告书编制内容及格式 .....	215
10.2.1 总 则 .....	215
10.2.2 建设项目工程概况 .....	215
10.2.3 建设项目周围地区环境状况 .....	216
10.2.4 风险识别及分析 .....	216
10.2.5 后果预测 .....	217
10.2.6 风险管理及减少风险措施 .....	217
10.2.7 风险评价结论 .....	217
10.2.8 应急措施预案 .....	217
<b>第二篇 行业与领域的环境风险评价</b> .....	219
<b>第11章 化工、石化行业事故风险评价与管理</b> .....	219
11.1 化工、石化行业环境风险评价的特点 .....	219
11.2 评价程序 .....	220
11.2.1 评价等级划分 .....	220
11.2.2 技术工作程序 .....	225
11.3 工作内容与方法 .....	227
11.3.1 风险识别 .....	227
11.3.2 风险分析 .....	230
11.3.3 后果计算 .....	233
11.3.4 风险评价 .....	246
11.3.5 风险管理 .....	248
11.3.6 应急措施预案 .....	249
<b>参考文献</b> .....	253
<b>第12章 水环境污染的风险评价与管理</b> .....	254

12.1	导论	254
12.2	水质污染的健康风险评价	255
12.2.1	水质污染与水处理技术的限制	255
12.2.2	水污染物的健康风险	255
12.2.3	水污染物风险评价	256
12.2.4	风险管理	256
12.2.5	案例: 饮用水中氯乙烯的风险评价	258
12.3	突发性水污染事故及源项估计	260
12.3.1	突发性水污染事故	260
12.3.2	事故风险评价与管理体糸	264
12.3.3	事故源项定量估计	267
12.4	毒物排放对污水生物处理厂影响的风险评价	273
12.4.1	风险评价框架与抑制浓度估算	273
12.4.2	预测污水处理厂内毒物归宿的动力学模型	275
12.4.3	动态模拟及其应用	281
12.5	突发性事故排放水质模拟及风险评估	284
12.5.1	确定性水质模型	284
12.5.2	随机水力—水质耦合模型	288
12.5.3	风险控制对策与决策	294
12.6	城市水源选址的对比风险评价	297
12.6.1	对比风险评价原理和特点	298
12.6.2	评价目标和工作程序	298
12.6.3	案例研究	299
12.6.4	结语	302
	<b>参考文献</b>	302
	<b>第 13 章 农药生态风险评价</b>	305
13.1	引言	305
13.2	生态风险评价的一般概念	305
13.2.1	生态风险评价系统的结构	305
13.2.2	生态风险评价的工作内容	307
13.2.3	生态风险表征的一般方法	308
13.3	农药生态风险评价的基本框架	311
13.3.1	评价指标	311
13.3.2	评价系统	311
13.3.3	评价工作内容	311
13.4	农药在环境中的浓度估算	313
13.4.1	农药以颗粒剂形式施入土壤	313
13.4.2	农药以种子处理剂进入土壤	315
13.4.3	农药喷施被作物截获和散落到土壤	315

13.4.4	农药喷施时飘逸至地面水 .....	316
13.4.5	从污水处理厂排放入地面水体 .....	316
13.4.6	污水处理厂污泥施入到土壤 .....	317
13.4.7	农药自土壤中挥发 .....	318
13.4.8	农药自地面水的挥发 .....	318
13.4.9	饮用水体中的农药 .....	319
13.4.10	淋溶到作饮用水的地下水 .....	319
13.4.11	农药自作物上挥发 .....	320
13.4.12	作物对农药吸收 .....	320
13.5	农药对生态环境影响的风险评价 .....	321
13.5.1	农药对鸟类(哺乳动物)危害影响的风险评价 .....	321
13.5.2	农药对蜜蜂危害影响的风险评价 .....	324
13.5.3	农药对蚯蚓影响的风险评价 .....	324
13.5.4	农药对水生生物影响的风险评价 .....	324
13.5.5	农药在水体中行为评价 .....	324
13.5.6	农药淋溶污染浅层地下水的的评价 .....	324
<b>参考文献</b> .....		330
<b>第 14 章 核电厂事故后果评价</b> .....		331
14.1	基本概念 .....	331
14.1.1	核能发电及中国的核电发展 .....	331
14.1.2	辐射量和单位 .....	332
14.1.3	核电厂源项 .....	333
14.1.4	核安全与排放限值 .....	335
14.2	核电厂事故应急后果评价 .....	336
14.2.1	基本概念与国内外概况 .....	336
14.2.2	应用于核事故应急实时评价中的大气弥散及剂量估算 .....	338
14.3	秦山核电厂实时剂量评价系统的设计、模式、参数与程序 .....	344
14.3.1	实时剂量计算机评价系统的组成 .....	344
14.3.2	实时数据采集系统 .....	345
14.3.3	评价计算机系统 .....	346
14.3.4	评价计算程序系统 .....	346
14.3.5	事故源项 .....	346
14.3.6	大气扩散、剂量估算模式及其程序 .....	346
<b>参考文献</b> .....		351
<b>第 15 章 危险品贮运风险评价</b> .....		353
15.1	运输风险评价 .....	353
15.1.1	概述 .....	353
15.1.2	危险货物分类 .....	353
15.1.3	危险货物的危害特性 .....	354

15.1.4	危险货物的运输风险及防范 .....	359
15.2	石油化工储运风险评价 .....	365
15.2.1	石油化工储运系统风险特征 .....	365
15.2.2	石油化工储运风险分析 .....	369
15.2.3	石油化工储运事故后果估算 .....	376
15.2.4	石油化工储运系统风险防范措施和应急计划 .....	384
参考文献	.....	390
<b>第 16 章</b>	<b>中国煤电和核电环境影响与健康风险 .....</b>	<b>391</b>
16.1	引言 .....	391
16.2	环境影响评价方法 .....	392
16.2.1	概述 .....	392
16.2.2	确定研究范围 .....	393
16.2.3	初步的筛选分析 .....	393
16.2.4	确定技术特点和排放量 .....	393
16.2.5	估算污染物浓度变化 .....	394
16.2.6	影响的估算 .....	395
16.2.7	把影响转换为经济损失 .....	396
16.2.8	确定外部成本 .....	397
16.2.9	不确定性和灵敏度分析 .....	397
16.2.10	结果综合 .....	397
16.3	煤电燃料链及其环境影响 .....	397
16.3.1	煤炭开采与洗选的环境影响 .....	397
16.3.2	煤炭运输 .....	398
16.3.3	燃煤电站 .....	399
16.4	煤电燃料链的健康风险 .....	400
16.4.1	电离辐射的健康风险 .....	400
16.4.2	化学污染的健康风险 .....	402
16.4.3	事故风险 .....	402
16.5	核电燃料链及其环境影响 .....	403
16.5.1	铀矿开采和水冶 .....	403
16.5.2	铀同位素富集和元件制造 .....	403
16.5.3	核电站的环境影响 .....	403
16.5.4	乏燃料后处理及高放废物的环境影响 .....	404
16.5.5	核设施退役 .....	404
16.6	核电燃料链的健康风险 .....	404
16.6.1	公众的电离辐射 .....	404
16.6.2	职业照射 .....	404
16.6.3	事故 .....	405
16.6.4	核能燃料链的辐射和健康风险 .....	405

16.7 结论 .....	405
参考文献 .....	407
<b>第三篇 实用案例</b> .....	<b>409</b>
案例 A 芳烃抽提装置项目环境风险评价 .....	409
案例 B 潮汐河网条件下点源事故排放的风险评价 .....	426
案例 C 应用分段烟羽模式估算秦山核电厂(二期)设计基准事故概率后果 .....	444
案例 D 非核设施排放的气载污染物的健康危害风险预测 .....	450
案例 E 切尔诺贝利核电站事故后果模式估算国际比对 .....	455
案例 F 空气中多环芳烃致肺癌的风险评价 .....	461
案例 G 某核动力研究设计院废水排放健康风险评价 .....	467
案例 H 高放废液处理与处置不同技术方案的放射性健康风险比较 .....	474



# 第一篇 环境风险评价总论

## 第1章 概述

### 1.1 国内外进展概况

在现代工业高速发展的同时,在世界环境史上曾发生几起震惊世界的重大环境污染事件,其中影响最大和后果最严重的当属 80 年代发生的印度博帕尔市农药厂异氰酸酯毒气泄漏与前苏联切尔诺贝利核电站事故。因此人们逐渐认识并关心重大突发性事故造成的环境危害的评价问题。

这类风险评价常称事故风险评价。它主要考虑与项目联在一起的突发性灾难事故,包括易燃易爆和有毒物质、放射性物质失控状态下的泄漏,大型技术系统(如桥梁、水坝等)的故障。发生这种灾难性事故的概率虽然很小,但影响的程度往往是巨大的。

关于事故风险(或事故后果)评价,国际上沿着三条线发展的。其一称为概率风险评价(PRA, Probability Risk Assessment),它是在事故发生前、预测某设施(或项目)可能发生什么事故及其可能造成的环境(或健康)风险。其最好的范例是美国核管会(NRC)于 1975 年完成的对核电站所进行的极其系统的安全研究,其研究成果就是著名的巨著 WASH-1400 报告。其中系统地发展和建立了所谓的概率风险评价方法(PRA)。其二为实时(Real-time)后果评价,其主要研究对象是在事故发生期间给出实时的有毒物质的迁移轨迹及实时浓度分布,以便作出正确的防护措施决策,减少事故的危害。主要象征之一是国际原子能机构(IAEA)于 1988 年 10 月与美国利物莫国立实验所在该所联合召开的第一届实时剂量评价国际研讨会。我国于 1989~1992 年开发了我国第一套(秦山)核电厂事故应急实时剂量评价系统。目前,国内正以国家核事故应急办公室牵头开展“核事故应急专家支持系统”的研究工作,引入欧盟于 90 年代开发的“RODOS”系统(Real-time On line Decision Support System,实时在线决策支持系统)并使其适用于中国的秦山、大亚湾核电厂(九五国家攻关项目)。其三称为事故后后果(Over-event 或 Past Accident)评价,主要研究事故停止后对环境的影响,其主要象征是 1988~1994 年由 IAEA 及欧盟共同发起主持的有 20 多个国家参加的大型长期国际协调研究项目“核素在陆地、水体、城市诸环境中迁移模式有效性研究”(简称“VAMP”),主要研究前苏联切尔诺贝利核电站事故停止后对中、西欧的影响后果。

目前国内外开展的也是本书主要讨论的环境风险评价可以归属于第一类,即预测某设施(或项目)建成后可能造成的风险。WASH-1400(核电厂概率风险评价指南)报告可看作为里程碑。其后,尤其是印度博帕尔市农药厂事故及前苏联切尔诺贝利核电站事故大大刺激与推动了环境风险评价的研究与开展。印度博帕尔市农药厂事故后,世界银行的环境和科学部很快颁布了关于“控制影响厂外人员和环境的重大危害事故”的导则(World Bank 1985a)和指南(World Bank 1985b)。此外,联合国环境规划署(UNEP)制定了阿