

环境风险评价

实用技术、方法和案例

胡二邦 主编

**HUANJING
FENGXIAN PINGJIA**
SHIYONG JISHU FANGFA HE ANLI

中国环境科学出版社

环境风险评价 实用技术、方法和案例

主 编 胡二邦

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、方法和案例/胡二邦主编. 北京:
中国环境科学出版社, 2009. 2
ISBN 978-7-80209-917-3

I. 环… II. 胡… III. 环境质量—风险分析 IV. X820.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 001606 号

责任编辑 杨吉林
责任校对 刘凤霞

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2009 年 2 月第 1 版
印 次 2009 年 2 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 51
字 数 1183 千字
定 价 130.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编 委 会 成 员

- 主 编 胡二邦 (中国辐射防护研究院)
- 副主编 彭理通 (上海南域石化环境保护科技有限公司)
徐 波 (福建省环境科学研究院)
陆雍森 (同济大学环境科学与工程学院)
方 栋 (清华大学核能技术设计研究院)
- 编 委 黄祥瑞 (清华大学核能技术设计研究院)
刘 建 (福建省环境科学研究院)
林玉锁 (环境保护部南京环境科学研究所)
高增林 (中国辐射防护研究院)
韩曾萃 (浙江省河口海岸研究所)
常学奇 (中国辐射防护研究院)
乔 冰 (交通部水运科学研究院)
包存宽 (同济大学环境科学与工程学院)
蔡如钰 (福建省环境科学研究院)
张树琛 (大连理工大学环境与生命学院)
姚仁太 (中国辐射防护研究院)
籍 伟 (北京永新环保有限公司)
时公玉 (北京飞燕石化环保科技发展有限公司)
唐子华 (北京欣国环境科技发展有限公司)
郑笑彬 (化学工业第二设计院)
申满对 (中国石化吉通洛阳化工工程公司)
张 勇 (大连市环境科学设计研究院)
聂永丰 (清华大学环境科学与工程系)
李 红 (清华大学核能技术设计研究院)
蔡春霞 (环境保护部环境发展中心)
梁明易 (环境保护部华南环境科学研究所)
倪东旗 (中国辐射防护研究院)
张玉环 (环境保护部华南环境科学研究所)

陆嘉昂（江苏省环境科学研究院）
李 冰（江苏省环境科学研究院）
汪立忠（同济大学环境科学与工程学院）
郝宏伟（中国辐射防护研究院）
周引娣（上海南域石化环境保护科技有限公司）
曾 雨（福建省环境科学研究院）

前 言

自《环境风险评价实用技术和方法》2000年6月正式出版以来,短短的8年中,我国的环境风险评价事业有了长足的进展,受到普遍的关注。2004年12月国家环保总局正式颁布《建设项目环境风险评价技术导则》(CHJ/T 169—2004),要求所有工程项目环境影响评价报告书都应包含“环境风险评价”章节。尤其是2005年11月我国吉林化工厂爆炸造成松花江水污染事件引起了国家高层领导的关注。原国家环保总局接连下发关于加强环境风险检查、管理防范与后评估的通知,更引起各级环保机构、工程设计院所与环评单位的高度重视和关注。在此期间,发现了该环境风险评价导则的不足之处,也对执行导则中的一些重大和关键问题,例如最大可信事故及其源项、半致死与伤害浓度阈值及其防范措施、大气环境风险评价的模式与计算量、环境风险水平的估算与评价等,进行了较广泛与较深入的研讨。在此基础上,国家环境保护部有关司、局与环境工程评估中心组织有关专家编写了新版《环境风险评价技术导则》。2005年,中国工程院把环境毒理与风险评价技术定位为二级学科。

为了反映这8年来,尤其是近年来我国环境风险评价技术与方法的进展,提供广大环评工作者编制环境影响报告书的环境风险评价章节以可参照的实例,推动我国环境风险评价技术学科的成长,我们除了对《环境风险评价实用技术和方法》一书作了修改和补充外,还在各章增加了较多可作参考或类比的案例并作了点评,编写成本书。

本书的宗旨是系统阐述环境风险评价学科的基本理论,反映国内外尤其是国内在此领域的最新进展,又联系实际加入案例及其点评,使理论联系实际,提高本书的实用性。根据这一宗旨,本书由两篇组成:第一篇环境风险评价总论,总共包括10章:第1章概述(胡二邦);第2章可靠性工程(黄祥瑞);第3章源项分析(彭理通、胡二邦);第4章有毒有害物质在大气中的弥散(胡二邦、姚仁太);第5章有毒有害物质在湖泊、河流、海洋的稀释扩散(韩曾萃、刘建);第6章污染物在食物链中的动态转移(胡二邦);第7章环境污染的健康风险评价(常学奇、高增林);第8章环境风险评价标准(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);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8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);第12章水环境污染的风险评价与管理(陆雍森、汪立忠);第13章区域规划环评中的环境风险评价(胡二邦);第14章农药生态风险评价(林玉锁);第15章危险品储运风险评价(彭理通);第16章核电厂事故后果评价(胡二邦);第17章中国煤电和核电环境影响与健康风险(李红、方栋);第18章有关软件简介。

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,因而环境风险评价仍有一些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,请读者不吝指正,以便再版时

修正。

由于各案例是由许多不同的作者整理编写的，而本书的编写时间有限，各案例不可能按统一要求进行重新计算、编写，只能按原报告书的环境风险章节进行适当修改与凝练而成，难免有许多不当之处。主编对各案例的点评，仅代表个人意见，难免不当，也可能有误，仅供案例作者与本书读者参考。

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较系统的汇总。此外，提供各行各业环境风险评价的案例和改进建议以及若干实用参数表，可视为环评工作者编制环境风险评价章节的工具书与高校相关专业的教材和参考书，又可视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、环境评价、环保管理、科技人员提供了必要的工具。

愿本书成为环评工作者与有关专业院校师生的良师益友，成为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
2008年9月

目 录

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	4
1.3 环境风险评价 (ERA) 与环境影响评价 (EIA) 的主要区别	8
1.4 环境风险评价与安全评价的主要区别	9
参考文献	9
第 2 章 可靠性工程	11
2.1 概论	11
2.1.1 环境风险评价中的可靠性工程的任务	11
2.1.2 可靠性、安全性与风险性	12
2.1.3 可靠性工程的发展	13
2.2 系统可靠性指标及典型系统可靠性计算	13
2.2.1 可靠度函数	13
2.2.2 常用的失效密度函数	15
2.2.3 浴盆曲线	17
2.2.4 典型系统可靠性计算的框图法	18
2.2.5 参数估计概论	20
2.3 事件树分析 (ETA)	24
2.3.1 引言	24
2.3.2 事件树的建造	25
2.3.3 事件树的简化	26
2.3.4 事件树的定量化	27
2.4 故障树分析 (FTA)	28
2.4.1 引言	28
2.4.2 FTA 的术语与符号	30
2.4.3 故障事件的分类	33
2.4.4 故障树的建造	34
2.4.5 故障树的定性分析	37

2.4.6	故障树的定量分析	39
2.4.7	重要度分析	41
2.4.8	通用多功能微机 FTA 程序包	43
参考文献		45
第 3 章 源项分析		46
3.1	概述	46
3.1.1	源项分析的内容及目的	46
3.1.2	源项分析程序	46
3.1.3	源项分析中的术语	47
3.2	风险识别	47
3.2.1	风险识别及其基础	47
3.2.2	物质危险性识别	50
3.2.3	化学反应危险性识别	65
3.2.4	工艺过程危险性识别	65
3.3	事故源项分析	79
3.3.1	源项分析及其基础	79
3.3.2	原因—结果分析 (CC)	79
3.3.3	最大可信事故及其源项	80
参考文献		84
第 4 章 有毒有害物质在大气中的弥散		85
4.1	引言	85
4.2	诊断风场	85
4.2.1	概述	85
4.2.2	客观诊断风场模式及方法	86
4.2.3	客观诊断风场模式的应用和性能分析	89
4.3	污染物在大气中的弥散估算	96
4.3.1	大气扩散模式	96
4.3.2	烟羽抬升	99
4.3.3	大气稳定度分类与扩散参数	101
4.3.4	混合层及其修正	107
4.3.5	内边界层	108
4.3.6	烟羽中污染物浓度的耗减过程	110
4.4	污染物的干、湿沉积	112
4.4.1	污染物的干沉积	112
4.4.2	污染物的湿沉积	113
4.5	天气取样技术	114
4.6	模式的有效性检验	117
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	117
4.6.2	用于检验概率模式有效性的预测值与观测值之比	117

4.6.3	应用相关分析检验模式有效性	118
4.6.4	应用符合度 d 并结合均方误差检验模式的有效性	118
4.7	实例	121
4.7.1	我国天气取样标准的初步筛选和推荐	121
4.7.2	滨海复杂地形核电厂址高斯烟羽模式有效性检验	137
参考文献		146
第5章 有毒有害物质在湖泊、河流、海洋的稀释扩散		148
5.1	有毒物质在湖泊中的预测模型	148
5.1.1	有毒物质在固/液相中的分配过程	148
5.1.2	混合均匀的湖泊有毒物质浓度预测模型	149
5.1.3	考虑沉积物时有毒物质的浓度预测模型	152
5.1.4	恒定及非恒定模型的解析解	154
5.2	有毒物质传输及反应机理参数的确定	156
5.2.1	吸附作用	157
5.2.2	挥发	158
5.2.3	光解反应	159
5.2.4	水解反应	162
5.2.5	生物降解	162
5.3	有毒物质在河流、河口的解析解及数值解	163
5.3.1	有毒物质在河流的解析解	163
5.3.2	有毒物质的数值解	165
5.4	有毒有害物质在海洋中的稀释扩散	167
5.4.1	潮流数值模拟	167
5.4.2	油品等难溶性液体化学品泄漏事故污染的分析计算	169
5.4.3	可溶性化学品泄漏事故污染的分析计算	171
参考文献		172
第6章 污染物在食物链中的动态转移		173
6.1	引言	173
6.2	干、湿沉积截获与初始滞留	174
6.2.1	植物表面的干沉积 (A_d)	174
6.2.2	湿沉积 (A_w)	175
6.2.3	植物对湿沉积核素的截获与初始滞留	176
6.2.4	土壤表面的总沉积量 (A_s)	176
6.3	易位	176
6.4	因干、湿沉积和易位导致的收割时的浓度	177
6.5	人参与土壤表层的污染元素浓度	177
6.5.1	人渗	177
6.5.2	土壤表层的污染元素浓度	178
6.6	根部吸收 (A_r)	178

6.6.1	土壤根系区域的污染元素浓度	178
6.6.2	根部吸收	178
6.7	耕作对土壤表层与根系区核素浓度的影响	178
6.7.1	沉积事件发生在当年耕作之前或上年收割之后	179
6.7.2	沉积事件发生在当年耕作之后	179
6.8	植物可食部分污染元素浓度	180
6.8.1	沉积事件发生在当年耕作前(即考虑耕作的影响)	180
6.8.2	沉积发生在耕作之后(不考虑耕作影响)	180
6.9	动物产品污染元素浓度(C_m)	180
6.10	食品加工过程中污染元素损失	180
6.11	人体食入途径污染元素摄入率(A_H)	181
	参考文献	181
	第7章 环境污染的健康风险评价	183
7.1	环境污染与健康危害	183
7.1.1	引言	183
7.1.2	大气污染与健康危害	183
7.1.3	水体污染与健康危害	185
7.1.4	土壤污染与健康危害	186
7.1.5	微量元素与健康	187
7.2	环境污染的健康风险评价方法	188
7.2.1	引言	188
7.2.2	危害判定	190
7.2.3	剂量反应评估	192
7.2.4	暴露量评估	195
7.2.5	风险表征	196
7.2.6	风险管理	203
7.3	实例	204
7.3.1	太原市居民吸入途径风险研究	204
7.3.2	非核设施排放的气载污染物的健康危害风险预测	209
7.3.3	切尔诺贝利核电站事故后果模式估算国际比对	214
	参考文献	219
	第8章 环境风险评价标准	221
8.1	环境风险后果表征	221
8.1.1	大气环境风险后果计算量	221
8.1.2	氯气等有毒有害物的致死概率	223
8.1.3	半致死、伤害及车间短时间允许浓度	224
8.2	环境风险评价指标	225
8.2.1	个人风险	225
8.2.2	社会风险	225

8.3	环境风险评价标准	229
8.3.1	环境风险评价标准	229
8.3.2	各行业风险最大可接受水平历史统计值	232
	参考文献	245
	第9章 减少危害的防范措施与应急计划	246
9.1	防范措施与应急预案的重要性	246
9.2	工厂减少危害的防范措施和应急计划	246
9.2.1	事故隐患分析管理	246
9.2.2	工程项目应急措施	249
9.2.3	工厂应急措施	250
9.3	社会救援应急预案	254
9.3.1	社会救援的基本原则、任务和应急预案内容	254
9.3.2	事故应急状态和应急响应等级及其基本应急措施	255
	参考文献	257
	第10章 环境风险影响报告书的编制	258
10.1	编制原则和要求	258
10.2	报告书编制内容及格式	258
10.2.1	总则	258
10.2.2	建设项目工程概况	258
10.2.3	建设项目周围地区环境状况	259
10.2.4	风险识别及分析	259
10.2.5	后果预测	260
10.2.6	风险管理及减少风险措施	260
10.2.7	风险评价结论	260
10.2.8	应急措施预案	260
	第二篇 行业与领域的环境风险评价	261
	第11章 化工、石化行业事故风险评价与管理	261
11.1	化工、石化行业环境风险评价的特点	261
11.2	评价程序	262
11.2.1	评价等级划分	262
11.2.2	技术工作程序	267
11.3	工作内容与方法	269
11.3.1	风险识别	269
11.3.2	风险分析	272
11.3.3	后果计算	274
11.3.4	风险评价	286
11.3.5	风险管理	288
11.3.6	应急措施预案	289
11.4	案例	293

11.4.1	平煤集团年产 30 万吨聚氯乙烯树脂及配套 25 万吨离子膜烧碱项目环境风险评价	293
11.4.2	珠江三角洲成品油管道工程环境风险评价	306
11.4.3	合成氨企业环境风险评价	322
11.4.4	逸盛大化石化有限公司 120 万吨/年 PTA 项目	334
11.4.5	天然气输送工程环境风险评价	339
11.4.6	某气田开发工程环境风险评价	362
参考文献		382
第 12 章 水环境污染的风险评价与管理		384
12.1	导论	384
12.2	水环境污染的健康风险评价	385
12.2.1	水质污染与水处理技术的限制	385
12.2.2	水污染物的健康风险	385
12.2.3	水环境污染的风险评价	386
12.2.4	风险管理	386
12.2.5	案例：饮用水中氯乙烯的风险评价	388
12.3	突发性水污染事故及源项估计	390
12.3.1	突发性水污染事故	390
12.3.2	事故风险评价与管理体制	394
12.3.3	事故源项定量估计	397
12.4	毒物排放对污水生物处理厂影响的风险评价	403
12.4.1	风险评价框架与抑制浓度估算	404
12.4.2	预测污水处理厂内毒物归宿的动力学模型	405
12.4.3	动态模拟及其应用	412
12.5	突发性事故排放毒物的水质模拟及风险评价	414
12.5.1	确定性水质模型	414
12.5.2	随机水力-水质耦合模型	418
12.5.3	风险控制对策与决策	424
12.6	城市水源选址的对比风险评价	428
12.6.1	对比风险评价原理和特点	428
12.6.2	评价目标和工作程序	429
12.6.3	案例研究	429
12.6.4	结语	432
12.7	潮汐河网中点源事故排放的水环境风险评价	433
12.7.1	概况及源强分析	433
12.7.2	突发性排污的水质风险模拟	437
12.7.3	风险评价	444
参考文献		447
第 13 章 区域规划环评中的环境风险评价		451

13.1	评价范围与内容	451
13.1.1	评价范围	451
13.1.2	评价内容	451
13.2	突发性事故的环境风险评价	451
13.2.1	规划区域/园区重大危险源突发性事故的风险识别	451
13.2.2	最大可信事故源项分析	451
13.2.3	主要保护目标调查	452
13.2.4	影响大气、地表水、地下水、海洋的环境风险预测与分析	452
13.2.5	环境风险水平估算与评价	452
13.3	关于低浓度长期累积效应对人体健康影响的预测	453
13.3.1	区域内或规划区域中的长期、低浓度排放源识别 (排放源、速率、源模型)	454
13.3.2	规划区污染物浓度的变化预测	454
13.3.3	低浓度长期排放累积效应通过吸入(或食入途径) 导致的人体健康风险	454
13.4	园区或规划评价区环境风险水平估算与评估	456
13.4.1	风险水平可接受值	456
13.4.2	个人风险等值线	457
13.4.3	社会风险	457
13.5	预防或减轻环境风险的对策、措施和应急预案	457
13.5.1	风险区划与规划布局、定位、规模的调整建议	457
13.5.2	规划进区项目风险管理要求与危险污染物的削减策略	457
13.5.3	规划区与周围区域的环境风险防范对策	458
13.6	案例	458
13.6.1	某港口经济区规划环境风险评价	458
13.6.2	某沿海石油化工产业中长期发展规划环境风险评价	478
13.6.3	大连大孤山半岛区域环境风险评价案例	496
13.6.4	某石油化工园区环境风险评价	525
13.6.5	××化工园区与××核电厂相容性分析	538
13.6.6	A市经济技术开发区总体规划评价中的环境风险评价	553
	参考文献	560
	第14章 农药生态风险评价	561
14.1	引言	561
14.2	生态风险评价的一般概念	561
14.2.1	生态风险评价系统的结构	561
14.2.2	生态风险评价的工作内容	562
14.2.3	生态风险表征的一般方法	564
14.3	农药生态风险评价的基本框架	566
14.3.1	评价指标	566

14.3.2	评价系统	567
14.3.3	评价工作内容	567
14.4	农药在环境中的浓度估算	569
14.4.1	农药以颗粒剂形式施入土壤	569
14.4.2	农药以种子处理剂进入土壤	571
14.4.3	农药喷施被作物截获和洒落到土壤	571
14.4.4	农药喷施时飘逸至地面水	572
14.4.5	从污水处理厂排入地面水体	572
14.4.6	污水处理厂污泥施入到土壤	573
14.4.7	农药自土壤中挥发	573
14.4.8	农药自地面水的挥发	574
14.4.9	饮用水体中的农药	575
14.4.10	淋溶到用作饮用水的地下水	575
14.4.11	农药自作物上挥发	576
14.4.12	作物对农药的吸收	576
14.5	农药对生态环境影响的风险评价	577
14.5.1	农药对鸟类和哺乳动物危害影响的风险评价	577
14.5.2	农药对蜜蜂危害影响的风险评价	580
14.5.3	农药对蚯蚓影响的风险评价	580
14.5.4	农药对水生生物影响的风险评价	580
14.5.5	农药在水体中行为评价	580
14.5.6	农药淋溶污染浅层地下水的评价	581
参考文献		586
第 15 章 危险品储运风险评价		587
15.1	运输风险评价	587
15.1.1	概述	587
15.1.2	危险货物分类	587
15.1.3	危险货物的危害特性	589
15.1.4	危险货物的运输风险及防范	593
15.2	石油化工储运风险评价	599
15.2.1	石油化工储运系统风险特征	599
15.2.2	石油化工储运风险分析	603
15.2.3	石油化工储运事故后果估算	609
15.2.4	石油化工储运系统风险防范措施和应急计划	618
15.3	案例	623
15.3.1	××石化项目海域环境风险评价	623
15.3.2	危险废物填埋场防渗膜破裂环境风险评价	654
15.3.3	A 原油商业储备基地工程项目环境风险评价	664
15.3.4	中海油立沙码头工程环境风险评价	681

15.3.5	南京港环评中溢油事故环境风险评价	693
	参考文献	718
	第16章 核电厂事故后果评价	719
16.1	基本概念	719
16.1.1	核能发电及中国的核电发展	719
16.1.2	辐射量和单位	720
16.1.3	核电厂源项	721
16.1.4	核安全与排放限值	723
16.2	核电厂事故应急后果评价	724
16.2.1	基本概念与国内外概况	724
16.2.2	应用于核事故应急实时评价中的大气弥散及剂量估算	726
16.3	秦山核电厂实时剂量评价系统的设计、模式、参数与程序	732
16.3.1	实时剂量计算机评价系统的组成	732
16.3.2	实时数据采集系统	732
16.3.3	评价计算机系统	734
16.3.4	评价计算程序系统	734
16.3.5	事故源项	734
16.3.6	大气扩散、剂量估算模式及其程序	735
16.4	实例	739
	核事故后果评价中剂量与干预评估模式初探	739
	参考文献	748
	第17章 中国煤电和核电环境影响与健康风险	750
17.1	引言	750
17.2	环境影响评价方法	751
17.2.1	概述	751
17.2.2	确定研究范围	752
17.2.3	初步的筛选分析	752
17.2.4	确定技术特点和排放量	752
17.2.5	估算污染物浓度变化	752
17.2.6	影响的估算	753
17.2.7	把影响转换为经济损失	754
17.2.8	确定外部成本	755
17.2.9	不确定性和灵敏度分析	756
17.2.10	结果综合	756
17.3	煤电燃料链及其环境影响	756
17.3.1	煤炭开采与洗选的环境影响	756
17.3.2	煤炭运输	757
17.3.3	燃煤电站	757
17.4	煤电燃料链的健康风险	759

17.4.1	电离辐射的健康风险	759
17.4.2	化学污染的健康风险	761
17.4.3	事故风险	761
17.5	核电燃料链及其环境影响	762
17.5.1	铀矿开采和水冶	762
17.5.2	铀同位素富集和元件制造	762
17.5.3	核电站的环境影响	762
17.5.4	乏燃料后处理及高放废物的环境影响	762
17.5.5	核设施退役	763
17.6	核电燃料链的健康风险	763
17.6.1	公众的电离辐射	763
17.6.2	职业照射	763
17.6.3	事故	763
17.6.4	核能燃料链的辐射和健康风险	763
17.7	结论	764
	参考文献	765
	第 18 章 有关软件简介	767
18.1	江苏田湾核电厂核事故场外后果评价系统的简介	767
18.1.1	前言	767
18.1.2	TW-NAOCAS 系统概述	769
18.1.3	主要物理模块的理论公式	770
18.1.4	模块性能测试	772
18.2	环境风险评价系统 (Risk System) 2.0 简介	778
18.2.1	软件开发的背景	778
18.2.2	软件开发过程	779
18.2.3	软件的特点	779
18.2.4	软件的适用范围	779
18.2.5	RS2.0 软件工作流程	780
18.2.6	软件的界面	780
18.2.7	软件采用的模型	781
18.2.8	软件应用	782
18.2.9	存在的问题	782
18.2.10	今后的改进方向	782
18.3	EIAProA 大气环评专业辅助系统简介	783
18.3.1	软件简介	783
18.3.2	关于烟团模型	783
	附录 (规范性附录) IDLH 浓度	787
	后记	798