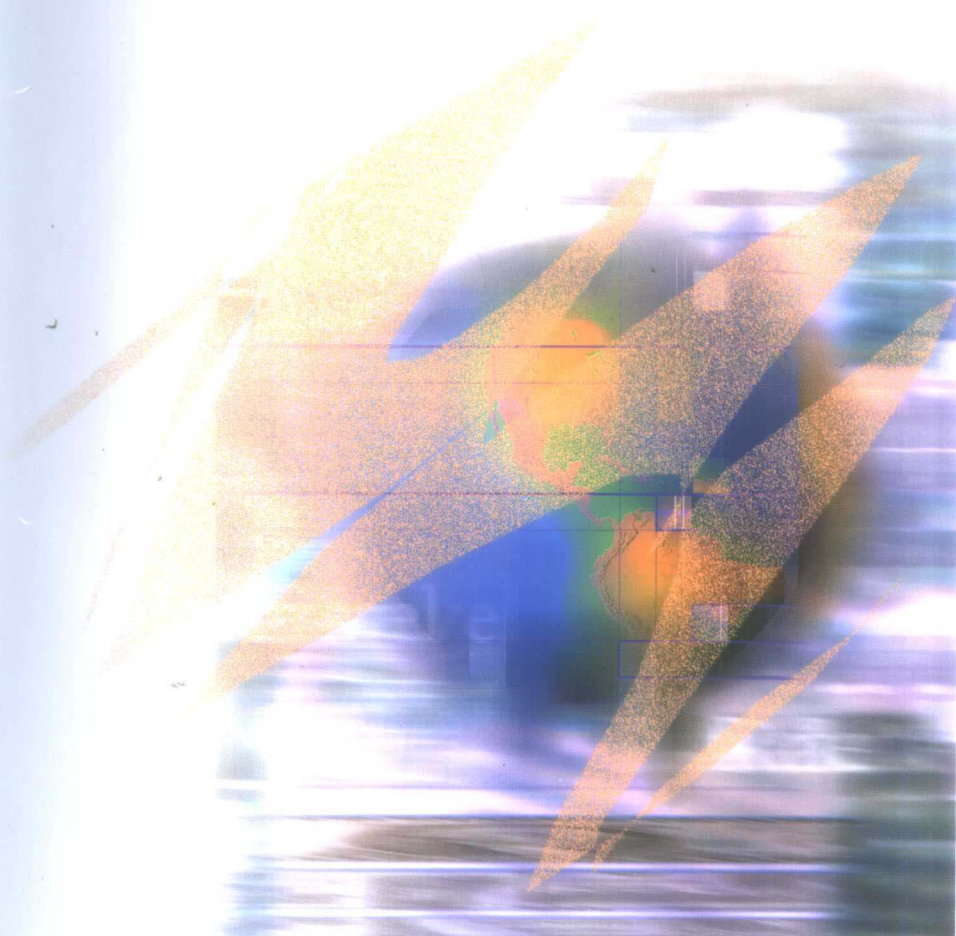


YOU HAI FEI WU SHENG TAI FENG XIAN PING JIA

有害废物 生态风险评价

张永春 林玉锁 孙勤芳 李维新 编著
陈 锐 贺昭和 张毅敏



中国环境科学出版社

有害废物生态风险评估

张永春 林玉锁 孙勤芳 李维新 编著
陈 锐 贺昭和 张毅敏

中国环境科学出版社

• 北 京 •

图书在版编目(CIP)数据

有害废物生态风险评价/张永春等编著. —北京:中国环境科学出版社, 2002.8

ISBN 7-80163-248-6

I. 有... II. 张... III. 有害物质: 废物—环境污染—研究 IV. X5

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第098148号

中国环境科学出版社出版
(100036 北京海淀区普惠南里14号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

电子信箱: cesp@public.east.cn.net

北京联华印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002年8月 第 一 版 开本 787×1092 1/16

2002年8月 第一次印刷 印张 19 1/2

印数 1—3 000 字数 480 千字

定价: 38.00 元

前 言

有害废物生态风险评价是当今世界在环境污染与生态影响问题日益严重、对有害废物的管理要求不断提高的形势下发展起来的。废物是人们在生产或生活过程中不能利用,或由于经济、技术的原因未能利用而弃置于环境的固态、液态或气态物质,在此主要指固态和粘稠状的液态废物。弃置于环境的废物或多或少会产生对环境不利的影响,因此,对环境而言都是有害的。本书所指的有害废物侧重于含有对人体或其它生物毒害作用物质的废物。对生态环境而言,判别某种废物是否有害或危害大小,不仅取决于废物所含污染物质的生物毒性,更主要取决于生物受体或生态系统吸纳有害物质的数量、方式和过程。如果某种废物得到很好处置,不与生物或生态系统中的关键因子接触,不造成对环境、生物或生态系统的危害,就可以不认为是有害废物。进入环境的废物,其有害物质从源到生物受体要经历一系列迁移、转化过程,在这些过程中,其形态、状态、数量、性质等都有可能发生变化,对生物受体的作用取决于这些变化的结果。受影响的生物受体或生态系统的反映因其自身的特殊性和所处的环境而各不相同。由于环境的复杂性和影响因素千变万化,有害废物的生态影响大小具有很大不确定性。生态风险评价的任务就是要定量、或半定量、或定性地描述废物中的有害物质从源到环境目标生物或生态系统的过程,给出对环境目标生物或生态系统危害的可能性大小的评价。

本书系统地介绍了有害废物生态风险评价的主要程序和方法,包括有害废物源评价、有害废物的环境过程、有害废物环境迁移、转化、归趋的数学模拟、有害废物环境生物毒性效应评价、暴露、受体和生态效应评价、有害废物生态风险表征和不确定性分析等,可供环境管理部门进行有害废物环境风险管理和有关部门开展有害废物生态风险评价和其它风险评价时参考。本书也可作为高等院校环境管理专业学生或研究生教学参考资料。

本书是在“八五”国家科技攻关计划项目中“有害废物风险评价程序与方法研究”专题研究的基础上编写的。第一章绪论、第二章生态风险评价基础、第八章风险表征、附件1、附件4由张永春编写,第三章有害废物源评价由李维新编写,第四章有害废物的环境过程由贺昭和、张毅敏编写,第五章有害废物环境迁移、转化、归趋的数学模拟、附件2由孙勤芳、张永春编写,第六章有害废物环境生物毒性效应评价由陈锐编写,第七章暴露、受体和生态效应由林玉锁编写,附件3由张永春、贺昭和编写。秦文娟主持了“有害废物风险评价程序与方法研究”项目的前阶段的研究工作。作者对在本项目研究过程中给予指导、在本书撰写过程中给予帮助的蔡道基、许鸥泳、胡霭堂、董雅文、陈怀满、程胜高、程水源、周连碧、陈路林、董新华、王君玲、张新、吴迪等专家表示衷心的感谢。限于作者水平和经验,书中谬误之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2001年4月28日于南京

目 录

上篇 有害废物生态风险评价

1 绪论	(3)
2 生态风险评价基础	(11)
2.1 基本概念	(11)
2.1.1 风险	(11)
2.1.2 风险评价	(11)
2.1.3 生态风险评价	(11)
2.2 生态风险评价目标、要求	(12)
2.3 学科领域与应用范围	(12)
2.4 生态风险评价主要内容	(13)
2.4.1 评价系统的结构	(13)
2.4.2 生态风险评价主要内容	(14)
2.5 预测性风险评价与回顾性风险评价	(17)
2.5.1 预测性风险评价	(17)
2.5.2 回顾性风险评价	(19)
2.6 生态风险评价程序	(21)
2.6.1 危害识别	(22)
2.6.2 暴露-反映估算	(23)
2.6.3 暴露评价	(23)
2.6.4 风险表征	(24)
2.7 生态风险评价技术与方法	(24)
2.7.1 风险度量方法	(24)
2.7.2 模拟技术	(24)
2.7.3 专家判断的方法	(26)
2.8 有待研究的问题	(26)
3 有害废物源评价	(27)
3.1 概述	(27)
3.1.1 有害废物的来源及分布	(27)
3.1.2 有害废物的数量	(28)
3.1.3 有害废物的危害	(29)
3.1.4 有害废物源评价定义	(31)
3.1.5 有害废物源评价在有害废物管理及处理处置过程中的作用	(31)
3.1.6 有害废物源评价在生态风险评价中的作用	(31)

3.1.7	有害废物源评价的原则	(32)
3.1.8	主要研究内容	(32)
3.2	有害废物源评价资料收集	(32)
3.3	有害废物的鉴别与分类系统	(35)
3.3.1	有害废物鉴别指标	(35)
3.3.2	指标说明	(36)
3.3.3	有害废物的分类系统	(38)
3.4	潜在有害物质的确定	(42)
3.4.1	主要有害物质成分的确定方法	(42)
3.4.2	潜在有害污染物质名单的确定	(42)
3.5	目标有害物质筛选评价系统研究	(46)
3.5.1	评价指标体系的建立	(46)
3.5.2	评分系统的建立	(50)
3.5.3	其他目标有害物质筛选评价方法简介	(54)
3.6	源表征	(55)
3.6.1	目标有害物质进入环境的途径	(56)
3.6.2	源强的估算方法	(57)
附表 3-1	推荐的废物分类表	(60)
附表 3-2	目标有害物质筛选综合评价指标权重分配专家咨询表	(70)
4	有害废物的环境过程	(71)
4.1	概述	(71)
4.2	环境过程分析的程序	(73)
4.3	迁移过程	(73)
4.3.1	分配过程	(74)
4.3.2	挥发	(76)
4.4	转化过程	(78)
4.4.1	水解	(78)
4.4.2	光解	(84)
4.4.3	生物转化	(95)
5	迁移、转化、归趋数学模拟	(99)
5.1	概述	(99)
5.2	迁移、转化、归趋分析的主要内容	(100)
5.3	分析过程和步骤	(101)
5.4	分析方法	(101)
5.4.1	实测法	(102)
5.4.2	实验室模拟(物理模拟)	(102)
5.4.3	数学模拟预测法	(102)
5.5	用于分析的数学模型	(102)

5.5.1	质量平衡模型	(103)
5.5.2	地面水环境质量模型	(104)
5.5.3	大气环境质量模型	(110)
5.5.4	地下水环境质量模型	(115)
5.5.5	土壤模型	(116)
5.5.6	食物链模型	(117)
5.5.7	沉积物年代学模型	(117)
5.5.8	多介质模型	(117)
5.5.9	无机化学物质模型	(117)
5.5.10	其它模型	(118)
5.6	模型的选择、建模、验证	(118)
5.6.1	模型的选择	(118)
5.6.2	建立数学模型	(119)
5.7	参数估算	(120)
5.7.1	地面水	(120)
5.7.2	地下水	(122)
5.7.3	大气	(124)
5.8	模型的解	(124)
5.9	灵敏度分析	(124)
6	生物毒性效应	(126)
6.1	概述	(126)
6.2	分析程序和步骤	(127)
6.3	毒性评价	(130)
6.3.1	代表性生物的确定原则	(130)
6.3.2	毒性试验指标	(130)
6.3.3	基本试验	(131)
6.3.4	影响因素	(134)
6.4	剂量-效应评价	(135)
6.5	结构-活性关系	(140)
6.6	混合化学物品的效应	(142)
6.6.1	机理	(144)
6.6.2	公式	(144)
6.6.3	联合作用的理论模型及其评价方法	(145)
6.7	进一步研究的方面	(148)
7	暴露、受体、终点和生态效应	(150)
7.1	暴露评价	(150)
7.1.1	暴露途径	(150)
7.1.2	暴露途径的确定方法	(150)

7.1.3	暴露情况分析时应考虑的因素	(153)
7.1.4	暴露计算	(156)
7.1.5	暴露评价的一般程序与步骤	(159)
7.2	受体确定的一般程序与方法	(160)
7.2.1	生态不利影响的识别	(160)
7.2.2	有风险生态系统的表征	(164)
7.2.3	目标生物的选择	(164)
7.3	终点确定的一般程序与方法	(165)
7.3.1	评价终点	(165)
7.3.2	测定终点	(166)
7.3.3	有害废物处置场地终点选择的方法和步骤	(167)
7.4	生态效应评价	(167)
7.4.1	生物水平效应	(167)
7.4.2	种群水平效应	(168)
7.4.3	生态系统水平效应	(170)
8	风险表征	(175)
8.1	概述	(175)
8.1.1	概念	(175)
8.1.2	风险表征的表达方式	(175)
8.1.3	可接受的风险	(176)
8.1.4	专家判断	(177)
8.1.5	表达方式	(177)
8.2	定性的风险表征	(177)
8.3	定量的风险表征	(178)
8.3.1	商值法	(179)
8.3.2	修正的商值法	(181)
8.3.3	连续法	(181)
8.3.4	风险因子法	(183)
8.3.5	生态系统风险表征	(184)
8.3.6	概率风险表征	(185)
8.3.7	逻辑树法	(186)
8.3.8	人体健康风险评价	(188)
8.4	不确定性分析	(191)
8.4.1	不确定性概念	(191)
8.4.2	不确定性的来源	(191)
8.4.3	不确定性的识别	(193)
8.4.4	不确定性的传递	(196)
8.4.5	不确定性的处理	(196)

下篇 有害废物生态风险评价程序与方法研究
生态风险评价部分附件

附件 1 有害废物生态风险评价专用名词、术语	(205)
附件 2 有害废物生态风险评价有关模型和数据库	(217)
附件 3 生态风险评价范例选编	(253)
附件 4 Risk* Assistant™简介	(288)
参考文献	(293)

上 篇

有害废物生态风险评价

1 绪论

人类从事物质生产和其它各种活动的时候,不可避免地要产生各种废物,这些废物如果不经过适当的无害化处理或资源化利用,或处理、处置方法不适当,或处理得不彻底,流失或排放到环境之中,就会对环境造成影响或破坏。有些物质或产品本身并不是有害废物,在生产、储存、运输、销售、使用过程中,由于管理或使用方法不当,流入环境,成为环境污染物,也会造成不良的环境后果。还有一些化学品,如农用化学品或其它化学品,在使用过程中,发挥其应有的作用的同时,也有一定的副作用,危害生态环境和人体健康,从广义上讲,进入环境的有害废物对环境、生态和人体健康的影响主要有以下方面:

人体健康方面:

- 致癌;
- 遗传缺陷,包括致突变,会造成一代一代相传的基因变化,或造成遗传基因损害;
- 再生性障碍,包括造成对发育中的胎儿的损害;
- 免疫生物学的自动动态平衡的变化;
- 中枢神经系统错乱;
- 先天畸形。

环境污染方面:

- 污染物以足以造成各种危害的形态和浓度存在;
- 污染物与生物或环境介质接触,发生相互作用;
- 发生的相互作用对生命体有威胁;
- 与环境其它物质反应而改变生物或生态效应;
- 环境质量变化引起使用功能的变化或资源丧失。

生态系统方面:

- 生境的丧失;
- 种群数量的减少;
- 生态系统结构和功能的改变。

有害废物对环境和生态系统的危害不仅由直接弃置、任意堆放或处置不当而引起,即便是经过一定方法或工程措施处理或处置过的有害废物,如管理不完善,也可能造成生态环境危害,其区别只是在于危害的性质、范围、程度不同。有害废物不但对堆放场地有直接影响,而且可能影响到周围相当大的生态系统,甚至会形成全球性的影响。在自然界风化、侵蚀、雨水冲刷、淋溶等作用下,有毒有害物质以颗粒或溶质的形态从废物场向周围移动,进入大气、地表水、地下水等流体后随着流体的流动向周围更大的范围扩展开去。在迁移过程中,伴随着一系列的物理、化学、生物化学变化,如化合、分解、光解、水解、吸附、解吸、生物降解等过程,使得不同时间在生态系统中不同空间的分布和形态各不相同,对整个生态系统和系统中各组成部分的影响也各不相同。要对有害废物进行科学的、有效的管理,必须了解这些影响的性质、大小、程度、后果,相应地必须说明这些影响的来源、过

程和有关的因素。在这些方面,当今世界各国通行的做法是开展风险评价。

由于有害废物的性质不同,进入环境的数量和方式不同,所进入的环境条件不同,受影响的对象及其耐受水平、承受能力不同,最终的影响或后果也不一样。一方面,要保护人类生存和发展的环境条件,包括良好、舒适的生活环境和为人们生活、生存提供物质需要的资源,要保护当代人们的身体健康,还要保障人类繁衍和发展的环境条件与物质条件,要保障人类与其生存环境的可持续发展。另一方面,人类在为了生存和发展而进行各种活动时,不可避免地要对环境造成不利的影响,包括产生各种对生态环境和人体健康有害的废物,由于经济技术和其它条件的限制,完全彻底地处理一切有害废物,不使任何有害废物进入环境是不现实的,也是无法实现的。这就需要权衡多方面的关系,作出合理的决策。风险评价可以帮助权衡各种关系,作为支持决策的有用工具。

具体地讲,风险评价涉及到有害废物环境管理的很多重要方面。

有害废物的种类很多,不同的有害废物,由于其性质不同,在同样的环境条件下,同样的数量对环境、生物和人体健康的影响作用也不相同。人们总是首先关心那些危害最大的有害物质,优先实行对它们的控制,风险评价可以帮助识别需要优先控制的有害废物。

有害废物处理和处置方式、地点既关系到处理费用的大小,也关系到对环境和生态系统的影响。借助风险评价方法,可以对多种方案进行比较,帮助选择合适的场地和处理、处置方式,以减少工程费用,减轻对环境的影响,确定是否需要进一步的后续防治工作和必要的环境监测。

国家关于环境保护的许多法规、标准的制定往往基于人体健康、生态环境的安全、经济技术等方面的可接受程度,确定这样的界限可以借助于风险评价。

进入环境的污染物或有害废物,在环境中迁移、转化的过程如何,会影响到夺大的范围,影响达到什么样的程度,近期的影响怎样,未来又会发生什么影响,对人群和生态环境的什么方面发生什么影响,哪一种影响是最重要的,这些是人们在有害废物的环境和生态效应方面最关心的问题,要清楚地说明这些问题,需要风险评价。

新的化学品如农药是否可以允许使用,必须借助风险评价说明其在环境中的暴露过程和环境、生态以及人体健康效应。

有害物质,包括一些化学品,工业原料如石油等的大量泄漏,对环境以及生态系统的长期影响与后果,是否有必要采取措施去控制这种影响,使生态环境恢复到事故发前之前的状态,也需要进行风险评价。

生态环境中发生了一些重大的变化,如某种鱼或鸟的减少,树木的大量死亡,森林衰退等,也许与某种有害废物不适当处置或化学品的不适当使用有关,通过风险评价可以寻找和解释这些现象发生的原因,找到相应的解决办法。

有害废物风险评价的历史可以追溯到 20 世纪 30 年代,那时开始出现了以毒理学为基础的 risk 评价。环境 risk 评价是与环境科学的产生和发展相联系的,70 年代初,为了研究污染物以及一些化学品对人类和生态系统的不利影响,产生了以危害评价,或安全评价为基础的 risk 评价,1983 年美国国家科学研究院在总结各地研究和实践的基础上组织编写了《risk 评价在联邦政府:管理过程》一书。该书系统介绍了环境 risk 评价的方法,作

为开展风险评价的技术指南。世界卫生组织和欧共体国家在这方面的研究也很活跃。80年代剂量与效应模型的出现,使得大量实验室毒性试验和其它试验的研究成果可以外推到环境和生态系统,直接模拟生态系统效应的物理模型如微宇宙、中宇宙、以及野外观测与现场试验技术也发展起来,随着计算机和计算机技术的发展,也出现了一批模拟污染物环境过程的数学模型,新的有毒有害化学品的大量出现,相应地产生大量有关的有害废物,传统的毒性试验方法难以适应研究和实验需要,60年代产生的,以统计学为基础的化学物质结构与活性之间的关系研究,在这一时期在定量的结构与活性关系的研究方面获得很多成果。这样各门学科知识联结和综合起来,用以研究和评价复杂的生态环境问题,逐步形成了比较系统的有害废物或环境污染物人体健康和环境风险评价系统。1986年美国国家环保局提出了风险评价指南,内容包括致癌风险评价,致突变风险评价,化学品混合物的健康风险评价,新开发的有怀疑的有毒物质的健康风险、暴露评价。同年美国国家环保局又发布了另一本人体健康风险评价指南以取代上述指南,标志人体健康风险评价已进入成熟阶段。

20世纪80年代后期,以美国为代表的一些国家在这一领域致力于计算机技术和数学模型的开发与应用,收集和整理现存的大量毒性试验资料、化学品理化性质资料、生态系统资料、环境资料,用以建立数据库,研究各种预测模型,开发模型与数据库之间、模型与模型之间的连接系统,以期迅速、全面、准确可信地开展风险评价。这样,不但使风险评价,而且使人类活动与环境、生态、人体健康等重大环境问题的研究纳入一个完整的大系统,从总体的、系统的、联系的观点出发,就有可能解释生态环境领域一些复杂的现象,揭示原因、本质和规律,作出准确的预测评价,使环境管理和重大问题的决策更具科学性。

在环境科学领域,风险评价可分为生态风险评价和人体健康风险评价两大类。生态风险评价是在人体健康风险评价基础上发展起来的。近几年,由于可持续发展的口号出现,对生态系统而不仅仅是对生物个体的关注越来越突出,提出了发展生态风险评价技术的要求。健康风险评价以人群作为生态系统的特殊种群,人体健康风险评价也可看成生态风险评价的特例,即特殊的个体和种群水平的生态风险评价。

生态风险评价的概念不是人们主观臆想出来的,它是环境科学发展到一定阶段的必然产物,是适应环境保护的需要而产生的。生态环境是人类和不同生物种群共同生存和活动的空间,各种各样的生物和非生物共处于一个空间之中,构成了生态系统。人类和各种生物、人类和生存的环境、生物与生物、生物与环境之间客观存在着错综复杂、千丝万缕的关系,既相互依存,又相互制约。对生态系统中某一点或某一方面的干扰,都会在整个系统中传播、扩展,并发生连锁反应。一方面,系统受到干扰后会受到一定的影响,系统要承受这种干扰。另一方面,系统也会对这种干扰作出能动的反映,使这种干扰逐步衰减,同时系统也会进行自我调整,以适应这种干扰。进入环境的污染物、或有害物质,一方面对生态系统的生物,包括人群,产生直接的危害,另一方面也会对生态系统中与这生物种群有关的其它因素产生影响,或对整个生态系统产生影响。这影响通过各种途径又会间接地影响到所关心的生物。因此生态风险评价比人体健康风险评价具有更广泛的意义,也把人体健康风险评价推向更深的层次。

环境科学越深入发展,越要求从整体的而不是局部的、联系的而不是孤立的、系统的而不是割离的、运动的而不是静止的观点来说明环境问题、解释各种现象,揭示内在的关系和规律。由于这种客观需要,就产生了生态风险评价。这样的认识也不是近期才产生的,人们早就认识到要从总体的、系统的、运动的、联系的观点去分析问题、解决问题。但由于科学技术还没有充分发展,一些学科知识的积累还不充分,一些先进的手段还不具备,人们不得不从各自不同的角度和学科去研究问题,随着计算机的出现、计算方法和数学模拟技术的进步、系统论的发展、信息系统的发展、分析测试技术的进展和突破,使这种设想的实现有了可能。生态风险评价的出现,表明有害废物评价进入了新的层次,发展到了更高的水平。

生态风险评价的概念是在1990年美国国家环保局风险评价专题讨论会上提出的,当初是研究把1983年提出的人体健康风险评价的方法引入生态风险评价的可能。随着研究和实践的深入,发现虽然有一些方面是相通的,但生态风险与人体健康风险评价各自有自己独立的需要发展的内容,研究的方法和侧重点也不一样。目前风险评价的定义、概念、基本内容已经比较明确,为大家普遍接收的内容主要包括四个方面:(1)危害识别;(2)浓度-效应;(3)暴露评价;(4)风险表征。现在需要研究的是怎样把这四部分系统地组合起来进行综合评价,研究的重点在怎样建立生态风险评价数据库、开发预测模型、开发连接软件。

关于生态风险评价数据库,主要包括以下内容:

- (1)受体数据库,包括受体物种、种群和生态系统;
- (2)环境参数数据库;
- (3)为数学模型的建立所必需的模型参数数据库;
- (4)毒理学参数数据库;

关于预测模型主要包括以下几个部分:

- (1)能在选定环境条件下预测有害物质浓度时空分布的暴露分析模拟模型;
- (2)以有害物质浓度分析与受体效应关系为基础的暴露水平与生态效应预测模型;
- (3)以暴露分析与危害分析为基础的风险表征计算机分析计算;
- (4)风险评价结果的可靠性、不确定性因素分析评价模型。

关于连接软件,目的是把暴露评价的各个组成部分联系起来,主要把数据库与数学模拟的预测模型连接起来,并配以存贮、检索、计算、输出等系统。

预测模型的设计和计算机软件的开发是研究的中心部分。

在我国环境保护领域,尚未开展有害废物或有毒有害化学品的风险评价,无论是人体健康方面,还是生态方面的风险评价都处于准备阶段。有毒有害废物或化学品的环境问题越来越突出,对这方面的管理亟待进一步加强。虽然如此,与风险评价有关的基础研究和实践已开展多年,在以下几方面已取得一些成果:

(1)农药管理登记和环境安全评价。以生态毒理学为基础,研究农药的生物毒性、环境过程和转归,以及根据生物个体、种群的毒性效应评价其环境安全性,为农药使用是否允许的决策提供科学依据。

(2) 污染物环境转归研究。结合环境质量评价、污染控制、环境规划等,研究污染物在环境中迁移转化的过程和规律。

(3) 介绍和引进国外一些暴露分析数学模型。如美国国家环保局阿森斯研究所的暴露分析模拟系统(EXAMS)、欧共体的三阶逸度分析数学模型等。

(4) 1993 年中国环境科学学会举办了“环境风险评价学术研讨会”,首次探讨怎样在我国开展风险评价。

(5) 在有害废物和有毒有害化学品管理方面,研究并提出在我国优先分析和控制的有毒有害化学品(化合物)名单,以及有关筛选优先控制化学品的原则和方法。

(6) 与有害废物、有毒化合物风险评价有关的基础理论和技术的研究也有很大进展,如定量结构-活性关系研究。

(7) 引进和建立了可用于风险评价的数据库,如 NRPTC 等。

所有这些为在我国开展有害废物风险评价提供了良好的基础。因此,在这个时期建立有害废物风险评价的程序和方法,推动我国开展风险评价,使对有害废物和有毒化学品的管理决策进入更高的层次是非常适时和十分必要的。

本书的内容包括有害废物生态风险评价的整个过程和各有关方面:

(1) 生态风险评价基础

从总体上阐述生态风险的概念、基本内容、涉及到的学科基础、评价的基本程序、一些基本方法。

(2) 有害废物源评价

提出有害废物的基本概念、划分原则和方法、有害废物基本现状、有害废物的分类系统、指标体系和分类方法、有害废物进入环境的途径、有害废物源评价的内容、评价的程序、源强的确定等评价有关的方法。

(3) 有害废物的环境过程

包括有关的基本概念、基本环境过程、环境过程分析的内容、分析的过程和步骤、基本迁移过程及其有关的指标体系与分析方法、基本转化过程及其有关的指标体系与分析方法等。

(4) 迁移、转化、归趋分析与模拟

研究污染物从源进入环境,受到各种环境作用,浓度分布发生变化的过程和后果,主要研究数学模拟方法,提出适用于各种不同条件的数学模型,包括一般的基本模型、用于水环境的模型、用于大气环境的数学模型、用于土壤环境的模型、用于地下水环境的数学模型、食物链模型、沉积物模型、多介质模型、化学品转归模型等,并介绍几个常用的有害废物环境转归数学模型。提出模型建立、选择的原则、方法,参数估算方法、模型计算方法,模型的验证与应用等。

(5) 生物毒性效应

研究提出生物毒性效应有关的概念,效应分析涉及到的主要内容,包括危害评价、剂量(浓度)-效应评价、结构-活性关系、多种化学品混合效应等,分析所涉及到的各种技术和方法,包括受试生物的选择原则、常用陆生受试生物、水生受试生物、微生物、评价有

关的指标体系、指标体系确定的原则、常用指标体系、基本试验方法、有关的模型及其使用方法与适用条件等。

(6) 暴露评价

暴露评价涉及的基本概念、几种主要暴露途径、暴露方式、暴露计算、有关的数学模型、暴露试验包括微宇宙、中宇宙的试验方法,暴露分析有关的影响因素及处理方法。

(7) 终点

终点的概念、目标生物确定的原则、常用目标生物和终点确定的指标体系、不同暴露水平的终点确定及有关指标、终点确定的程序和步骤。

(8) 生态效应

生态效应的基本概念、生态系统不同水平,如个体水平、种群水平、群落和生态系统水平的效应表示方式、有关的指标体系、效应表达的常用公式、用于确定生态效应的数学模型。

(9) 外推方法

主要是效应外推,包括不同暴露水平下个体之间的外推、不同生态环境条件下的个体效应外推、种间外推、个体向种群、群落与生态系统外推、不同生命阶段之间的外推等。

(10) 风险表征

风险表征有关的概念、风险基准、最小风险值、可接收水平、常用风险表征方式、定性的风险表征方法、定量的风险表征方法。

(11) 不确定性分析

不确定性分析的内容、不确定性的来源、不确定性的表达方式与方法、不确定性的处理办法。

从有害废物源的分析到污染物在环境中的迁移转化,在特定的生态环境中,在各种作用之下,形成一定的浓度分布形式。生态系统是千姿百态的,不同的生态系统有不同的结构和组成,不同污染物的作用不一样,同种污染物对生态系统的不同组分作用也不相同。污染物相同,浓度不同,作用效应也不相同。不同浓度的同种污染物,其生态环境效应又大相径庭。另一方面,生态系统的不同组分,生物与非生物对有害废物或有毒化学品等污染物的反应、耐受程度以及对污染物的反作用等都不一样。污染物进入环境后,影响其浓度变化和分布的因素十分复杂。因此,要进行有害废物风险评价所要解决的问题不计其数,本书不致力于讨论每一细节及其有关技术、方法。事实上,一些环境科学领域基本的、常规的方法也没有详细讨论的必要。本书着重介绍与有害废物生态风险评价有直接的密切关系、开展风险评价不可缺少的问题。

首先,提供生态风险评价的完整的而不是零碎的、全面的而不是局部的、系统的而不是割离的认识,确定开展有害废物生态风险评价必不可少的几大部分内容,阐明这几大部分之间的联系、开展评价的全过程以及评价的程序和步骤。

生态风险评价的方法很多,1990年美国国家环保局准备制定生态风险评价指南时,收集到的评价方法就有20多种。迄今为止,尚未形成全世界公认的、规范化的程序和方法,本书的重点不是介绍各种不同的评价程序和方法,也不是对了解到的各种方法进行筛