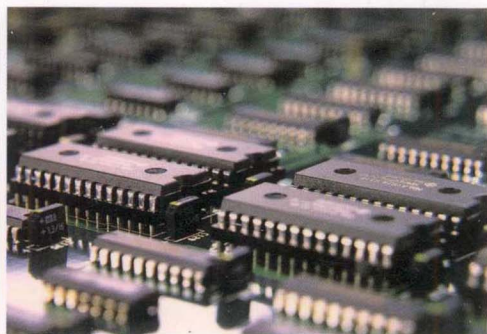


WEIXIAN FEIWU HUOMIAN GUANLI JISHU



# 危险废物豁免管理技术

黄启飞 主编  
杨玉飞 王琪 副主编

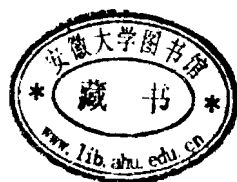
中国环境科学出版社

开专项经费项目系列丛书

# 危险废物豁免管理技术

黄启飞 主编

杨玉飞 王 琪 副主编



中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

危险废物豁免管理技术/黄启飞主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2012.6

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-5111-1001-5

I. ①危… II. ①黄… III. ①危险物品管理—废物管理—研究 IV. ①X7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 090405 号

策划编辑 丁莞歆  
责任编辑 黄颖  
责任校对 尹芳  
封面设计 何为

---

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
电子邮箱: [bjgl@cesp.com.cn](mailto:bjgl@cesp.com.cn)  
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)  
010-67175507 (科技标准图书出版中心)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)  
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京市联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2012 年 7 月第 1 版  
印 次 2012 年 7 月第 1 次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 7  
字 数 152 千字  
定 价 19.00 元

---

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

# 《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

## 编委会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

# 总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境

科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案,形成一批环境监测预警和监督管理技术体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得的资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

## 前 言

危险废物管理是固体废物环境管理的重点，世界各国普遍对危险废物采取严格管理的制度。我国危险废物产生量大，种类特性极其复杂，建立适合我国国情的管理体系和技术支持体系，对于减少危险废物管理过程中环境风险、保护我国生态环境和人民身体健康具有十分重要的意义。

危险废物的性质、进入环境的数量和方式以及所进入的环境条件不同，其最终的影响或后果也不一样，环境风险大的危险废物具有实行优先控制的需求，而产生量小、分散、风险小的危险废物则可以采用豁免管理的方式进行管理。发达国家的管理经验表明，危险废物豁免管理是加强危险废物管理的创新制度，可以有效减少危险废物管理过程中的总体环境风险。

我国危险废物环境风险管理和危险废物豁免理论和实践的研究还处于非常初级的阶段，远未达到有效应用的阶段。尚缺乏危险废物的环境风险评估与豁免（排除）标准，也没有建立完善的危险废物豁免（排除）体系。虽然有些地方管理部门认识到实施危险废物优先管理的重要性，但是由于缺乏必要的基础研究和方法学支持，在制定相关的法规、标准时往往缺乏针对性和可行性。

依托环保公益性行业科研专项经费项目“危险废物环境风险（豁免）控制技术研究”，作者系统论述了我国危险废物的产生特点，运用危险废物环境风险评估技术方法识别了危险废物豁免管理的关键控制环节，最后提出了电镀污泥、染料涂料废物和废矿物油小量豁免标准，初步构建了我国危险废物豁免管理技术体系。为我国危险废物豁免管理做出了有益的探索。

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 我国危险废物产生与管理现状 .....    | 1  |
| 1.1 我国危险废物产生现状.....          | 1  |
| 1.1.1 工业危险废物的产生特点 .....      | 1  |
| 1.1.2 其他行业产生的危险废物 .....      | 3  |
| 1.2 危险废物管理中污染控制关键环节初步识别..... | 4  |
| 1.2.1 贮存环节环境污染风险识别 .....     | 4  |
| 1.2.2 运输环节环境污染风险识别 .....     | 5  |
| 1.2.3 处置环节环境污染风险识别 .....     | 5  |
| 第 2 章 危险废物风险评价技术方法 .....     | 6  |
| 2.1 环境风险评价一般方法.....          | 6  |
| 2.1.1 环境风险评价类型 .....         | 6  |
| 2.1.2 环境风险评价在环境管理中的应用 .....  | 8  |
| 2.2 危险废物环境风险评价框架及模型建立.....   | 9  |
| 2.2.1 危险废物环境风险评价框架 .....     | 9  |
| 2.2.2 危险废物环境风险评价模型构建 .....   | 12 |
| 第 3 章 危险废物豁免管理的关键控制环节研究..... | 15 |
| 3.1 典型危险废物危害识别（污染特性） .....   | 16 |
| 3.1.1 电镀污泥中污染物识别 .....       | 16 |
| 3.1.2 染料涂料类废物中污染物识别 .....    | 22 |
| 3.1.3 废矿物油中污染物识别 .....       | 30 |
| 3.1.4 废酸废碱中污染物识别 .....       | 35 |
| 3.2 危险废物豁免管理风险评价的暴露场景构建..... | 37 |
| 3.2.1 贮存环节暴露场景建立 .....       | 37 |
| 3.2.2 运输环节暴露场景建立 .....       | 39 |
| 3.2.3 处置环节暴露场景建立 .....       | 39 |
| 3.3 危险废物豁免管理各环节的风险识别研究.....  | 40 |
| 3.3.1 风险评价模型参数获取 .....       | 40 |
| 3.3.2 电镀污泥风险评价 .....         | 48 |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 3.3.3 染料涂料类废物风险评价 .....             | 51        |
| 3.3.4 废矿物油风险评价 .....                | 56        |
| 3.3.5 废酸废碱风险评价 .....                | 59        |
| 3.4 总结 .....                        | 63        |
| <b>第4章 典型危险废物允许豁免限值研究 .....</b>     | <b>64</b> |
| 4.1 建立豁免标准的技术路线 .....               | 64        |
| 4.2 电镀污泥豁免标准的建立 .....               | 64        |
| 4.2.1 贮存环节 .....                    | 64        |
| 4.2.2 处置（填埋）环节 .....                | 71        |
| 4.3 染料涂料类废物豁免标准建立 .....             | 75        |
| 4.3.1 贮存环节 .....                    | 75        |
| 4.3.2 处置环节 .....                    | 82        |
| 4.4 废矿物油豁免标准建立 .....                | 86        |
| 4.4.1 贮存环节 .....                    | 86        |
| 4.4.2 填埋环节 .....                    | 92        |
| 4.5 废酸废碱 .....                      | 96        |
| 4.5.1 贮存和运输 .....                   | 96        |
| 4.5.2 综合利用 .....                    | 96        |
| 4.6 典型危险废物豁免标准总结 .....              | 97        |
| <b>第5章 我国危险废物豁免管理的总结与相关建议 .....</b> | <b>98</b> |
| 5.1 主要结论 .....                      | 98        |
| 5.2 局限与展望 .....                     | 99        |

# 第 1 章 我国危险废物产生与管理现状

## 1.1 我国危险废物产生现状

危险废物的来源非常广泛，不仅包括工业生产活动，而且包括家庭生活、商业、办公、学校等科研机构、医院等医疗机构以及农业生产活动等。工业危险废物主要来源于工业生产活动，是危险废物的主要来源。从根本上讲，农业以及其他行业产生的危险废物也基本上都是工业生产出来的产品经过使用之后产生的，工业生产是危险废物的真正源头。

### 1.1.1 工业危险废物的产生特点

#### (1) 工业危险废物产生量

我国 2000—2007 年工业危险废物年产生量统计见表 1-1。

表 1-1 2000—2007 年我国工业危险废物产生量变化<sup>①</sup>

|                 | 2000 年 | 2001 年 | 2002 年 | 2003 年 | 2004 年 | 2005 年 | 2006 年 | 2007 年  |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 危险废物产生量/万 t     | 830    | 952    | 1 000  | 1 171  | 995    | 1 156  | 1 084  | 1 079.0 |
| 危险废物占工业固废的百分比/% | 1.02   | 1.07   | 1.06   | 1.17   | 0.92   | 0.93   | 0.72   | 0.61    |

由表 1-1 可知，我国危险废物产生量自 2000 年后逐年递增，到 2003 年达到最大值，2003 年后，危险废物的产量在 1 100 万 t 左右，并基本保持不变。2000—2003 年危险废物产生量占工业固体废物产生量的比例在 1.0%~1.5%，而 2004—2007 年危险废物产生量占工业固体废物产生量的比例在 0.6%~1.0%。

#### (2) 工业危险废物产生的行业分布

工业生产过程中的危险废物主要是产品制造过程中的副产物。在工业各部门中危险废物的产生量并不是均匀分布的，产生量较大的工业部门包括化工业、电子工业、石油炼制工业以及原生金属工业等。

由表 1-2 可以看出，我国产生工业危险废物产生量排名前十位行业是化学原料及化学制品制造业，有色金属矿采选业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，有色金属冶炼及压延加工业，非金属矿采选业，黑色金属冶炼及压延加工业，通信计算机及其他电子设备制造业，电力、热力的生产和供应业，医药制造业，化学纤维制造业。这些行业的危险废物产

<sup>①</sup> 数据来源：中国统计年鉴。

量都大于 20 万 t/a, 年产量占总年产量的 87.4%。说明这些工业行业是我国危险废物的重点产生行业, 也是危险废物重点管理的对象。

我国正在大力发展高新技术, 高新技术企业的产业范围包括电子与信息技术、生物工程和医药技术、新材料及应用技术、先进制造技术、航空航天技术、现代农业技术、新能源与高效节能技术、环境保护新技术、海洋工程技术、核应用技术、传统产业改造中应用的新技术新工艺等。可以预见, 今后随着产业结构的不断调整, 高新技术产业的危险废物产生量会有增加的趋势。

表 1-2 工业危险废物产生行业统计<sup>①</sup>

单位: 万 t

| 行业              | 危险废物年产量 |        |        |        |        |
|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------|
|                 | 2004 年  | 2005 年 | 2006 年 | 2007 年 | 年平均值   |
| 化学原料及化学制品制造业    | 389.25  | 443.50 | 350.10 | 254.59 | 359.36 |
| 有色金属矿采选业        | 263.88  | 222.05 | 155.51 | 78.31  | 179.94 |
| 石油加工、炼焦及核燃料加工业  | 59.22   | 74.79  | 90.53  | 87.47  | 78.00  |
| 有色金属冶炼及压延加工业    | 51.70   | 70.33  | 89.83  | 83.10  | 73.74  |
| 非金属矿采选业         | 61.63   | 76.33  | 75.21  | 11.34  | 56.13  |
| 黑色金属冶炼及压延加工业    | 24.52   | 31.81  | 45.75  | 46.55  | 37.16  |
| 通信计算机及其他电子设备制造业 | 16.33   | 18.07  | 34.08  | 46.52  | 28.75  |
| 电力、热力的生产和供应业    | 2.46    | 67.62  | 21.23  | 21.60  | 28.23  |
| 其他行业            | 7.23    | 20.69  | 68.34  | 12.32  | 27.14  |
| 医药制造业           | 19.96   | 20.97  | 24.20  | 36.33  | 25.36  |
| 化学纤维制造业         | 14.46   | 27.73  | 26.13  | 12.41  | 20.18  |
| 石油和天然气开采业       | 17.34   | 19.11  | 10.09  | 11.16  | 14.43  |
| 金属制品业           | 9.13    | 9.87   | 13.45  | 24.76  | 14.30  |
| 纺织业             | 10.20   | 15.22  | 9.70   | 21.03  | 14.04  |
| 仪器仪表及文化办公用机械制造业 | 9.42    | 4.03   | 8.44   | 17.64  | 9.88   |
| 交通运输设备制造业       | 10.19   | 7.75   | 8.28   | 10.84  | 9.26   |
| 造纸及纸制品业         | 11.06   | 6.29   | 8.27   | 9.56   | 8.80   |
| 通用设备制造业         | 3.69    | 7.78   | 5.61   | 7.09   | 6.04   |
| 电气机械及器材制造业      | 3.86    | 3.53   | 5.99   | 7.57   | 5.24   |
| 煤炭开采和洗选业        | 0.05    | 0.08   | 18.29  | 1.56   | 4.99   |
| 皮革毛皮羽毛(绒)及其制造业  | 3.43    | 3.29   | 3.88   | 4.06   | 3.67   |
| 非金属矿物制品业        | 1.50    | 2.83   | 2.67   | 2.64   | 2.41   |
| 专用设备制造业         | 1.46    | 2.40   | 2.14   | 2.63   | 2.16   |
| 纺织服装、鞋、帽制造业     | 0.56    | 0.93   | 1.80   | 2.88   | 1.54   |
| 塑料制品业           | 0.70    | 0.36   | 0.80   | 1.41   | 0.81   |
| 黑色金属矿采选业        | 0.00    | —      | 2.01   | 0.01   | 0.50   |
| 印刷业和记录媒介的复制     | 0.39    | 0.45   | 0.45   | 0.69   | 0.49   |
| 工艺品及其他制造业       | 0.22    | 0.34   | 0.45   | 0.50   | 0.38   |
| 橡胶制品业           | 0.08    | 0.30   | 0.38   | 0.53   | 0.32   |
| 食品制造业           | 0.14    | 0.35   | 0.31   | 0.46   | 0.32   |

① 数据来源: 中国统计年鉴。

| 行业             | 危险废物年产量 |          |          |        |         |
|----------------|---------|----------|----------|--------|---------|
|                | 2004 年  | 2005 年   | 2006 年   | 2007 年 | 年平均值    |
| 文教体育用品制造业      | 0.05    | 0.27     | 0.27     | 0.32   | 0.23    |
| 燃气生产和供应业       | 0.15    | 0.15     | 0.20     | 0.17   | 0.17    |
| 家具制造业          | 0.24    | 0.28     | 0.05     | 0.10   | 0.17    |
| 废弃资源和废旧材料回收加工业 | 0.24    | 0.09     | 0.15     | 0.09   | 0.14    |
| 水的生产和供应业       | 0.04    | 0.13     | 0.05     | 0.33   | 0.14    |
| 木材加工及木竹藤棕草     | 0.32    | 0.14     | 0.02     | 0.01   | 0.12    |
| 其他采矿业          | 0.02    | —        | 0.00     | 0.26   | 0.07    |
| 农副食品加工业        | 0.10    | 0.02     | 0.01     | 0.06   | 0.05    |
| 饮料制造业          | 0.02    | 0.01     | 0.01     | 0.01   | 0.01    |
| 烟草制品业          | 0.00    | 0        | 0.03     | 0      | 0.01    |
| 总计             | 995.24  | 1 159.89 | 1 084.73 | 818.92 | 1 014.7 |

### 1.1.2 其他行业产生的危险废物

第三产业泛指除农业、工业之外的行业的统称，包括商业、交通运输业、医疗服务业、教育、科学研究、旅游业、环境保护等。

#### (1) 医疗废物

医疗服务产生的危险废物主要是具有传染性、感染性的医疗废物。2006 年，我国共调查县及县以上医院 10 332 家，涉及 206 万张床位。医疗废物产生量约为 50 万 t。

#### (2) 商业部门产生的危险废物

商业部门一般属于危险废物产生量较少或很小的来源，包括洗衣店（干洗店）、车辆维修与保养场所、加油站、照相冲印店、药店、油漆店等。

#### (3) 教育、科研机构产生的危险废物

中学、大中专学校、科研机构的试验在使用化学品过程中也会产生一定数量的危险废物，如废酸、废碱、化学试剂容器等。

#### (4) 环保产业产生的危险废物

环境保护产业在防治污染的过程中也会产生某些危险废物，例如城市生活垃圾焚烧炉和余热锅炉产生的焚烧飞灰，由于含有二噁英类（PCDDs、PCDFs），按照危险废物进行管理。

#### (5) 家庭源危险废物

家庭危险废物（Household Hazardous Waste, HHW）指家庭产生的危险废物，这些废物含有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性成分，种类繁多，成分复杂。按照 HHW 的不同性质，对照《国家危险废物名录》关于危险废物的分类方法，将家庭危险废物分成 9 大类：①洗涤用品类废物；②洗护用品、化妆品类废物；③废旧电池类废物；④小件电子设备废物；⑤其他生活用品废物；⑥装修时所产生的废物；⑦废矿物油类；⑧强酸、强碱类废物；⑨家用其他化学品类废物。

由于其产生源分布广泛、产生量小，HHW 不可能采用申报登记、转移联单等管理措施，许多国家都从危险废物法规中豁免，主要混入生活垃圾进入生活垃圾填埋场。根据在

生活垃圾填埋场开展的调查统计，家庭产生的危险废物约占垃圾总量的 0.25%，但家庭危险废物在垃圾场的填埋垃圾中仅占 0.046 5%，这是由于一部分有回收利用价值的电子废物已被拾荒者分捡。在垃圾填埋场的家庭危险废物中各种包装物在数量上占大半，偶尔出现的废旧电器元件。碱性电池、打火机家庭常用的物品也只是在垃圾场的样品中偶然出现，并在数量上只占总量的 10%左右。在垃圾场的垃圾样品中，过期药品、化妆品、磁带、温度计等危险废物数量较少，在数量和质量上也只占很小的一部分。

我国正处于经济的快速转型时期，随着人民生活水平的巨大变化，HHW 的种类、数量也在改变。各类小型电子设备、灯管、磁带等危险废物在各家庭中都有很高的保有量，其产生量在整个家庭危险废物中占较大比例。

1.2 危险废物管理中污染控制关键环节初步识别

危险废物之所以能对人类和环境产生危害，除了废物自身的危害性之外，必要的条件就是暴露于环境中与人体接触。危险废物暴露于环境中并与人体接触的途径主要产生在危险废物的贮存、运输、处理处置等环节。

1.2.1 贮存环节环境污染风险识别

调查情况表明，相当比例的企业在危险废物包装、贮存场所封闭状况、防渗设施设置等方面存在一定问题。开放式贮存条件下，降雨时危险废物中有害物质会溶入雨水中形成渗滤液。若堆存场所无防渗设施，渗滤液会迁移至地下水层，污染地下水，进而通过饮水途径危害人体健康（图 1-1）。在这种暴露途径中，危险废物中污染物的释放量（用浸出量表征）、污染物在土壤饱和层及不饱和层的迁移转化是影响污染风险的两个关键因素。由于污染物在土壤饱和层及不饱和层的迁移转化是不可控过程，因此，控制贮存环节的污染风险关键在于控制废物中污染物的释放过程。

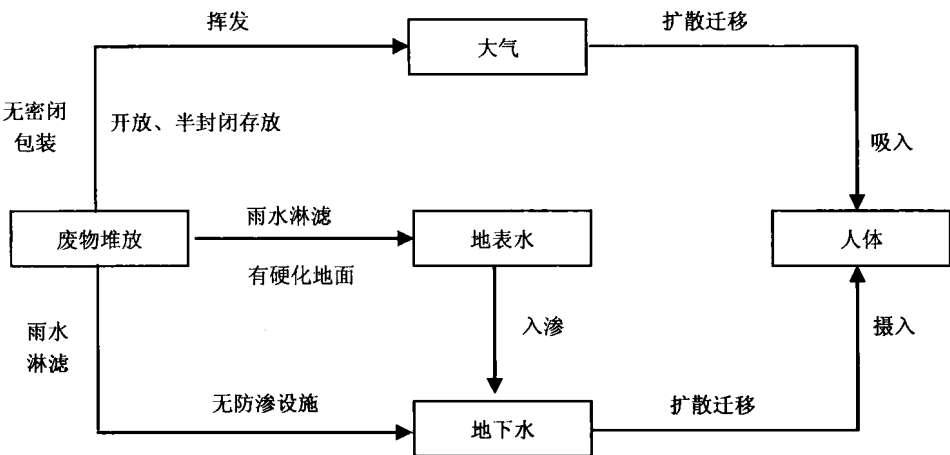


图 1-1 危险废物贮存环节环境污染识别

在非密闭贮存方式中，危险废物未进行包装，或没有进行密闭包装（液态废物，如废溶剂、废矿物油），废物中可挥发性有机污染物挥发进入空气，人体长时间暴露于该环境

下，其健康会受到危害（图 1-1）。在这种暴露途径中，风向与风力是不可控因素，废物中有机污染物的挥发释放速率是影响污染风险大小的主要因素，因此，通过规范废物包装、改善贮存条件是控制其污染风险的主要措施。

调查结果表明，危险废物一般含水量较高，且降雨也会维持废物的湿度，因此，因风蚀产生颗粒物扩散污染对人体健康危害较小，不作为重点研究。

## 1.2.2 运输环节环境污染风险识别

调研结果显示，危险废物的运输环节管理比较规范，产生的风险较小，但运输过程中普遍会途经环境敏感点。当途经环境敏感点（河流、湖泊等）时发生事故，运输的废物有倾泻污染水源的风险。因此，降低交通事故率、提高风险防范意识、做好事故应急预案是控制运输环节环境污染的主要措施。

## 1.2.3 处置环节环境污染风险识别

调研中发现，我国危险废物主要处置方式是安全填埋（主要针对无机废物）、焚烧（主要针对有机废物）。焚烧过程要符合国家相关排放标准，对人体造成的环境风险应可控。但填埋过程造成的风险较大。我国目前缺乏对于危险废物填埋场运行管理方面的统计数据，同时，危险废物豁免管理之后，一般将进入生活垃圾填埋场进行最终处置，因此，对填埋处置环节存在的污染风险做如下分析：

据不完全统计，我国生活垃圾填埋场采用黏土、HDPE 或者黏土和 HDPE 复合水平防渗结构的填埋场占 69%，其中以黏土为主要防渗措施的占 16.4%，有 31%的填埋场未设置防渗设施。对 HDPE 膜上下基层采取了保护措施的仅占 50%。同时采用帷幕灌溉和水平防渗的仅占 7.3%。可见，我国填埋场在防渗结构和防渗设施污染控制方面仍然存在差距，由于我国填埋场目前污染控制方面存在的问题容易导致地下水污染。

提高填埋场的防渗水平、减小危险废物进入生活垃圾填埋场的数量是控制填埋处置污染的关键环节。

## 第 2 章 危险废物风险评价技术方法

危险废物是环境管理的重点，世界各国对危险废物均采取了严格的管理措施。但是，由于危险废物的种类繁多，性质复杂，处置方式和废物特性各有不同，不同的危险废物或同一种危险废物暴露于不同的环境中，所产生风险通常会有较大差异。环境风险评价是定量评估暴露于环境中的危险源对人体健康及生态系统所造成可能损失的有效手段。因此，为准确把握不同危险废物在各种暴露方式下对环境所造成的风险，必须对危险废物的危害鉴别方法、剂量-反应关系和暴露的评估技术、环境风险表征手段等进行系统研究。此外，部分危险废物在其资源化过程中还会对生产安全产生风险，例如，废酸废碱类废物常作为化工生产的替代原料被综合利用，其对生产系统安全产生影响。因此，为了对危险废物进行科学的管理，首先应建立危险废物风险评价技术方法体系。

### 2.1 环境风险评价一般方法

环境风险评价是风险评价的一种。环境风险评价是指对人类的各种社会经济活动所引发或面临的危害对人体健康、社会经济、生态系统等所造成的可能损失进行评估，并据此进行管理和决策的过程。广义上包括自然灾害、建设项目和有毒有害物质的风险评价，狭义上常指对有毒有害物质危害人体健康和生态系统的影响程度进行概率估计，并提出减小环境风险的方案 and 对策。环境风险评价的目的是为风险管理提供依据，为风险管理提出指导性意见。风险管理依据环境风险评价的结果制定预防措施和应急措施。

环境风险评价兴起于 20 世纪 70 年代工业发达国家，尤以美国的研究成果突出。美国国家科学院（NAS，1988）提出风险评价由四个部分组成，称为风险评价“四步法”，即危险评价、暴露评价、剂量-反应关系和风险表征，并对各部分作了明确的定义。由此，风险评价的基本框架已经形成，并被世界各国广泛应用。作为一种分析方法，环境风险评价在较早确定的环境影响评价制度中得以应用，由于环境影响评价主要针对政策、规划和建设项目，它们的源项不确定性很小，往往通过确定论的方法来评价其对人体健康和生态安全的影响及预防性措施的可行性，较少运用概率方法。

#### 2.1.1 环境风险评价类型

环境风险评价主要围绕着健康风险评价和生态风险评价展开。在环境风险评价中，对人体健康危害的评价的研究已比较成熟，其基本框架已形成；而生态风险评价正处于总结和完善的阶段，还有许多问题有待研究，这主要体现在以下两个方面：评价终点的选择和生态暴露评价。目前，虽然国外环境风险评价的趋势其研究热点已从对人体健康危害的评价

转移到生态风险的评价,但我国对于生态风险评价的研究仍比较缓慢,还只是从对水环境生态风险评价和区域生态风险评价等领域的基础理论和技术方法进行了探讨,生态风险评价的研究领域还很狭窄,有关的技术方法还不成熟,生态毒理学方面的基础研究和资料还需要不断补充和加强。

### (1) 人体健康风险评价

人体健康风险评价描述的是人体暴露于环境危害因素之后出现的不良健康效应,如致癌性和生理毒性等。目前毒性风险评价大多采用美国国家环保局(USEPA)的人体健康风险评价方法。

USEPA 先后颁布了一系列人体健康风险评价指南和技术导则。1986 年,USEPA 发布了《致癌风险评价指南》(2005 年做了修订补充)、《致畸风险评价指南》、《化学混合物健康风险评价指南》、《致突变风险评价指南》、《暴露风险评价指南》、《可疑发育毒物健康评价指南》;1988 年,颁布了《内吸毒物(A systemic toxicant is one that affects the entire body or many organs rather than a specific site)的健康评价导则》、《男女生殖毒物风险评价指南》;1991 年,发布了《发育毒物健康风险评价导则》;1992 年发布新版《暴露评价导则》并于 1997 年又做了修订和补充,同时发布了《暴露因素手册》。1996 年发布了《生殖毒性风险评价指南》取代了 1988 年发布的《男女生殖毒物风险评价指南》。1998 年发布了《神经毒物风险评价导则》。2000 年发布了《化学混合物健康风险评价补充导则》,同年又发布了《风险表征手册》。2005 年发布了《不同年龄组和童年暴露于环境污染物的监测与评价导则》。同年,发布了《早期的致癌物暴露的易感性评价补充导则》。2006 年 9 月颁布了《儿童环境暴露健康风险评价框架》。

目前,我国学者对人体健康风险评价开展了较多研究。高继军等对北京市城区和郊区 120 个样点的饮用水中的 Cu、Hg、Cd 和 As 的污染水平进行了调查,初步评价了由饮用水水质引起的人体健康风险。韩冰等根据北京市某区浅层地下水有机污染调查结果,评价了由饮水和洗浴带来的人群健康风险。陈鸿汉和谌宏伟等对污染场地健康风险评价的理论和方法进行了探讨,提出了叠加风险和同种污染物多暴露途径人群健康风险的概念,并以某厂有机溶剂洒落导致的土壤和地下水污染为例,综合评价厂区人群由于皮肤接触与呼吸摄入及其厂区下游居民饮水的非致癌风险,是针对具体污染场地开展的较为完整的健康风险评价。康天放等对华北某非规范填埋场附近水井中六价铬、氟化物、挥发酚、亚硝酸盐氮等非致癌物进行测定,并进行了人体健康的致癌性和毒性风险评价。研究表明,水井中六价铬的致癌性高达  $7.60 \times 10^{-4}$ ,高于人体风险可接受值,非致癌性风险较小。张应华以苯为目标污染物,利用 MMSoils 模型模拟计算了某烯烃厂厂区土壤及地下水中苯类污染物的健康风险。晁雷等估算了某废弃冶炼厂土壤中残留重金属对人体的健康风险,并基于未来作为工业用地和休闲用地两种假设,利用 USEPA 人体健康风险评价方法反推了该冶炼厂地块的土壤修复目标值。

### (2) 生态风险评价

生态风险评价是指生态系统及其组分所承受的风险,指某种群、生态系统或整个景观的正常功能受外界胁迫,从而在目前和将来减少该系统内部某些要素或其本身的健康、生产力、遗传结构、经济价值和美学价值的可能性。1990 年 USEPA 风险评价专题讨论会正式提出了生态风险评价的概念,最初是探讨将 1983 年美国国家科学委员会提出的人体健

康风险评价方法引入生态风险评价。经过几年的研讨、修订和完善,1998年USEPA正式颁布了《生态风险评价指南》,提出生态风险评价“三步法”,即问题形成、分析和风险表征,同时要求在正式科学评价之前,首先制定一个总体规划,以明确评价目的。

生态风险评价的研究对象多为污染场地或流域。Skaare等对北极的POPs杀虫剂进行了生态风险评价,认为POPs杀虫剂对北极熊的种群状况和健康存在较大的风险;Sydelko等将动态信息结构系统(DIAS)用于综合风险评价,DIAS可用于预测生态风险的范围和大小,评价在时间和经济上进行生态修复的有效性;Zandbergen选取多个评价指标,利用GIS对城市流域进行了生态风险评价;Fernandez等对有机和无机复合污染的场地进行了生态风险评价;Efroymson等对多介质中有害空气污染物进行生态风险评价,重点评价了空气中多种污染物的暴露和效应;Naito等利用综合水生系统模型(CASM-SUMA),评价了水生生态系统的生态风险,该模型为确定水生生态系统中化合物生态防护水平提供了基础。

我国生态风险评价应用研究也取得了一定的进展。付在毅等对辽河三角洲湿地区域进行了评价,以物种重要性指数、生物多样性指数、干扰强度和自然度作为测量生境的生态指数,以不同的生境类型划分级别作为脆弱性指数,以GIS为工具,对湿地区域的生态风险进行了综合评价。卢宏伟等对洞庭湖流域区域进行了生态风险评价,对各种污染物的毒性污染指数、自然灾害指数和系统本身的生态指数、生物指数、生物多样性指数、物种重要性指数和脆弱性指数进行了综合评价。石璇和杨宇等分析了天津地区土壤、水体中POPs的生态风险。郭平等对长春市城市土壤重金属污染的特征进行了研究,并对其潜在生态风险进行了评价。周启星等通过对城市人口疾病发病率和城镇化水平的分析,对城镇化过程的生态风险评价进行了尝试,分析了乡村城镇化过程中所引起的水污染和城镇人口密度的相关性。结果表明,地表水污染和城镇化水平呈正相关,反映了城市化过程中所遭受的生态代价与风险。马德毅等采用单因子指数法和Hakanson生态风险指数法,对中国主要河口沉积物污染的潜在生态风险进行了评价。

### 2.1.2 环境风险评价在环境管理中的应用

环境风险评价的目的是为风险管理提供依据,为风险管理提出指导性意见,风险管理依据环境风险评价的结果制订预防措施和应急措施。因此,环境风险评价已广泛应用于世界各国的环境管理中,已经成为建设项目、区域开发和政策制定的环境影响评价的重要组成部分。

1985年世界银行环境和科学部颁布了关于控制影响厂内外人员和环境重大危害事故的导则和指南。1987年,欧盟立法规定对有可能发生化学事故危险的工厂必须进行环境风险评价。1988年,联合国环境规划署(UNEP)制订了阿佩尔计划(APELL),以应付那些令人难以防范而又有可能对人类造成严重危害的环境污染事故。欧盟为提高化学品的安全性,分别对已存化学物质和新物质的环境风险评价做出明确规定。某些国际组织(如ISO)制定的职业安全管理制度,也是健康风险评价的具体应用。1999年,USEPA在执行以治理、修复危险废物污染场地为内容的超级基金(superfund)计划过程中,建立了风险评价的整体框架,以及危险化学品的毒性资料数据库、人体健康和生态暴露参数表。后来USEPA根据该模型的评价结果来决定某种工业废物是否列入“危险废物名录”,即对于列入《资