

第二分册

# 注册环保工程师 专业考试复习教材

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会 编写  
中国环境保护产业协会

ZHUCE  
HUANBAO  
GONGCHENGSHI  
ZHUANYE  
KAOSHI  
FUXI JIAOCAI

中国环境科学出版社

# 注册环保工程师 专业考试复习教材

(第二分册)

全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会

中 国 环 境 保 护 产 业 协 会

编写

中国环境科学出版社·北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

注册环保工程师专业考试复习教材. 第二分册/全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会, 中国环境保护产业协会编写. —北京: 中国环境科学出版社, 2007.5

ISBN 978-7-80209-337-9

I. 注… II. ①全… ②中… III. 环境保护—工程技术—资格考核—自学参考资料 IV. X

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 058778 号

责任编辑 唐大为 沈 建

责任校对 扣志红

封面设计 龙文视觉

---

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 2007 年 5 月第一版

印 次 2007 年 5 月第一次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 41.75

字 数 3 200 千字 (本册 948 千字)

定 价 400.00 元 (全套 4 册)

---

【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

# 前 言

环境工程作为一门以环境科学为基础、以工艺技术为主导的工程学科，具有多学科相互渗透、技术工艺复杂、起步晚、发展较快等特点，主要包括水污染防治、大气污染防治、固体废物处理处置、物理污染防治、污染现场修复等工程技术领域。环境工程师的主要职责就是要在从事环境工程设计、咨询等活动中，通过环境工程措施来削减污染物排放，使其稳定达到国家环境法规、标准规定的污染物排放限值，其从业范围包括环境工程设计、技术咨询、设备招标和采购咨询、项目管理、施工指导等各类工程服务活动。环境工程师作为环境工程设计、咨询服务的主要力量，应具有一定的理论知识、扎实的专业技能、丰富的实际工程经验和良好的职业道德，并能准确理解、正确应用各类环境法规、标准和政策。

为加强对环境工程设计相关专业技术人员的管理，提高环境工程设计技术人员综合素质和业务水平，保证环境工程质量，维护社会公共利益和人民生命财产安全，2005年9月1日起国家实施了注册环保工程师执业资格制度，并开始实行注册环保工程师资格考试。注册环保工程师资格考试实行全国统一大纲、统一考试制度，分为基础考试和专业考试。

根据《注册环保工程师资格考试专业考试大纲》的要求，全国勘察设计注册工程师环保专业管理委员会秘书处和中国环境保护产业协会组织环境工程领域的资深专家编写了《注册环保工程师专业考试复习教材》系列丛书，供环境工程专业技术人员参加注册环保工程师资格专业考试复习使用。同时，也供从事环境工程设计、咨询、项目管理等方面的环境工程专业技术人员，以及高等学校环境工程专业的师生在实际工作、教学、学习中参考使用。

本复习教材以《注册环保工程师资格考试专业考试大纲》为依据，内容力求体现专业考试大纲对以下三个层次知识的要求：

- (1) 了解：是指注册环保工程师应知的与环境工程设计密切相关的知识。
- (2) 熟悉：是指注册环保工程师开展执业活动必须熟悉的知识。
- (3) 掌握：是指注册环保工程师必须掌握，并能够熟练地把它运用于工程实践的知识和必备技能。

根据注册工程师专业考试和环境工程专业的特点,本复习教材内容以注册环保工程师应掌握和熟悉的具有共性的专业理论知识、环境工程实际技能为重点,既不同于普通教科书,也不同于一般理论专著,力求达到科学性、系统性与实用性的统一。为保证知识的系统性,本复习教材部分章节的编排并非与大纲一一对应,但其内容基本涵盖了大纲要求的全部内容。

本复习教材丛书共分四个分册:

第一分册包括环境法规与标准概论、水污染防治工程基础和实践、大气污染防治工程基础与实践三篇;第二分册包括固体废物处理处置与资源化工程基础与实践、物理污染防治工程基础与实践两篇;第三分册为注册环保工程师应知应会的主要环境标准和规范汇编;第四分册为考试复习手册,包括考试大纲、样题和注册环保工程师应知应会的环境法律、法规、规章、技术政策等。

参加本复习教材编写的单位近 20 个。其中,环境法规与标准概论篇由中国环境科学研究院和中国环境保护产业协会编写;水污染防治工程基础和实践篇由清华大学环境科学与工程系、北京市环境科学研究院、北京工业大学建筑工程学院市政工程系、北京城市排水集团有限责任公司编写;大气污染防治工程基础与实践篇由天津大学环境科学与工程学院、华北电力大学环境科学与工程学院、武汉科技学院环境与城建学院、北京工业大学环境与能源学院、中国环境管理干部学院环境工程系、中钢集团天澄环保科技股份有限公司编写;固体废物处理处置与资源化工程基础与实践篇由清华大学环境科学与工程系、中国城市建设研究院环境卫生所、中国有色工程设计总院市政环境分院编写;物理污染防治工程基础与实践篇由北京市劳动保护科学研究所、清华大学电机系、首都经济贸易大学安全与环境工程学院编写。为便于参加考试的人员对题型的理解,第四分册编入了注册工程师环保专业管理委员会专家组精心编写的样题及解答,供考生复习参考。

本复习教材的编写在注册工程师环保专业管理委员会专家组的指导下完成,编写过程中得到了编写人员所在单位的大力支持,并参考了我国现行的环境工程高等教育的推荐教材和环境工程手册、专著等,在此表示诚挚的谢意。

本复习教材编写历时两年,不少内容几易其稿,凝聚了全体编写人员的心血。但由于环境工程技术涉及面广,本复习教材又是首次编写,难免有差错之处,敬请广大读者批评指正,以期在本教材再版时补充和修正。

编 者

2007 年 2 月

# 目 录

## 第 4 篇 固体废物处理处置与资源化工程基础与实践

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 第 1 章 固体废物的分类、污染特性及管理原则 .....        | 3  |
| 1.1 固体废物的定义、分类和环境污染特性 .....          | 3  |
| 1.2 固体废物的管理原则 .....                  | 8  |
| 第 2 章 固体废物特性、分析与采样（含危险废物特性及鉴别） ..... | 13 |
| 2.1 固体废物的物理化学特性 .....                | 13 |
| 2.2 固体废物的采样 .....                    | 18 |
| 2.3 危险废物的特性和鉴别试验方法 .....             | 25 |
| 第 3 章 固体废物的收集、运输及中转 .....            | 29 |
| 3.1 固体废物收集方式及分类收集原则 .....            | 29 |
| 3.2 固体废物收运系统分析 .....                 | 30 |
| 3.3 城市垃圾的搬运、贮存及清运方式 .....            | 40 |
| 3.4 固体废物的转运及转运站设置 .....              | 43 |
| 3.5 危险废物收集运输的特殊要求 .....              | 54 |
| 第 4 章 固体废物的压实、破碎和分选技术 .....          | 56 |
| 4.1 固体废物的压实 .....                    | 56 |
| 4.2 固体废物的破碎 .....                    | 60 |
| 4.3 固体废物的分选 .....                    | 67 |
| 第 5 章 固体废物固化/稳定化处理技术 .....           | 80 |
| 5.1 固化/稳定化的定义及适用范围 .....             | 80 |
| 5.2 水泥固化技术 .....                     | 84 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 5.3 石灰固化技术 .....              | 89         |
| 5.4 塑性材料包容技术 .....            | 90         |
| 5.5 熔融固化技术 .....              | 92         |
| 5.6 自胶结固化技术 .....             | 99         |
| 5.7 化学稳定化技术 .....             | 99         |
| <b>第 6 章 固体废物生物处理技术 .....</b> | <b>104</b> |
| 6.1 概述 .....                  | 104        |
| 6.2 固体废物生物处理原理 .....          | 104        |
| 6.3 固体废物生物处理厂的选址和总体设计 .....   | 112        |
| 6.4 固体废物好氧堆肥技术 .....          | 115        |
| 6.5 固体废物厌氧消化技术 .....          | 127        |
| <b>第 7 章 固体废物热处理技术 .....</b>  | <b>142</b> |
| 7.1 概述 .....                  | 142        |
| 7.2 固体废物焚烧技术 .....            | 143        |
| 7.3 固体废物热解技术 .....            | 193        |
| <b>第 8 章 固体废物填埋处置技术 .....</b> | <b>202</b> |
| 8.1 概述 .....                  | 202        |
| 8.2 填埋处置技术分类 .....            | 203        |
| 8.3 填埋场选址及总图设计 .....          | 209        |
| 8.4 填埋场防渗系统 .....             | 215        |
| 8.5 地表水和地下水控制系统 .....         | 220        |
| 8.6 填埋气体的产生及控制 .....          | 228        |
| 8.7 渗滤液的产生及控制 .....           | 240        |
| 8.8 填埋场的作业与管理 .....           | 247        |
| 8.9 填埋场终场覆盖与场址修复 .....        | 252        |
| 8.10 填埋场环境保护和监测 .....         | 255        |
| 8.11 实例 1 .....               | 256        |
| 8.12 实例 2 .....               | 260        |
| <b>第 9 章 固体废物资源化技术 .....</b>  | <b>265</b> |
| 9.1 煤矸石的综合利用 .....            | 265        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 9.2 冶金矿山固体废物的综合利用 .....           | 271        |
| 9.3 能源工业废物的回收和利用 .....            | 277        |
| 9.4 冶金工业固体废物的回收和利用 .....          | 288        |
| 9.5 化学工业废物的回收和利用 .....            | 299        |
| <b>第 10 章 填埋堆体与尾矿库的生态修复 .....</b> | <b>318</b> |
| 10.1 非规范填埋场的治理 .....              | 318        |
| 10.2 尾矿库的生态修复工程设计 .....           | 319        |
| <b>参考文献 .....</b>                 | <b>327</b> |

## 第 5 篇 物理污染控制工程基础与实践

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <b>第 1 章 噪声与振动污染控制工程基础 .....</b> | <b>331</b> |
| 1.1 噪声与振动的计量和评价 .....            | 331        |
| 1.2 声源及其特性 .....                 | 355        |
| 1.3 声波的传播和衰减 .....               | 359        |
| 1.4 噪声和振动的测量分析 .....             | 373        |
| 1.5 噪声污染防治工程原理 .....             | 385        |
| 1.6 振动污染防治工程原理 .....             | 402        |
| <b>第 2 章 物理污染控制工程实践 .....</b>    | <b>413</b> |
| 2.1 吸声降噪工程 .....                 | 413        |
| 2.2 隔声降噪工程 .....                 | 432        |
| 2.3 消声降噪工程 .....                 | 462        |
| 2.4 隔振工程 .....                   | 488        |
| 2.5 噪声和振动控制系统设计 .....            | 508        |
| <b>第 3 章 主要电磁污染源及其特性 .....</b>   | <b>518</b> |
| 3.1 电磁场基本原理 .....                | 518        |
| 3.2 电磁耦合途径 .....                 | 569        |
| 3.3 大环境中的电磁污染 .....              | 574        |
| 3.4 电磁污染的主要危害 .....              | 588        |



|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第4章 电磁污染防治基本方法 ..... | 593 |
| 4.1 场强测量方法 .....     | 593 |
| 4.2 电磁环境管理法规 .....   | 606 |
| 4.3 电磁环境评价标准 .....   | 607 |
| 4.4 电磁污染防治基本方法 ..... | 620 |
| 参考文献 .....           | 655 |

# 第4篇

---

## 固体废物处理处置与资源化工程基础与实践

---

主 编：蒋建国

主 审：李国鼎

编 写：（按姓氏笔画排列）

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 王敬民 | 刘特明 | 郭祥信 | 陈南翔 |
| 段力强 | 翟力新 | 刘海威 | 孟宝峰 |
| 彭孝容 | 王克允 | 戴瑞峰 | 贺风云 |
| 张 波 | 杨春福 | 张邦超 |     |



# 第1章 固体废物的分类、污染特性及管理原则

## 1.1 固体废物的定义、分类和环境污染特性

### 1.1.1 固体废物的定义及分类

#### 1. 固体废物的定义

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(以下简称《固体法》)中明确提出固体废物的法律定义:是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。由此可见,《固体法》除了针对半固态废弃物的污染防治外,对液态废物和置于容器中的气态废物的污染防治同样适用。

固体废物具有鲜明的时间和空间特征。从时间方面讲,它仅仅相对于目前的科学技术 and 经济条件,随着科学技术的飞速发展,矿物资源的日趋枯竭,生物资源滞后于人类需求,昨天的废物势必又将成为明天的资源。从空间角度看,废物仅仅相对于某一过程或某一方面没有使用价值,而并非在一切过程或一切方面都没有使用价值,某一过程的废物,往往是另一过程的原料。例如,高炉渣可以作为水泥生产的原料、电镀污泥可以回收高附加值的重金属产品、城市垃圾中的可燃性部分经焚烧后发电、废旧塑料通过热解可以制油等。

#### 2. 固体废物分类

固体废物有多种分类方法,既可根据其来源、组分、形态,也可就其危险性、燃烧特性等分别区分为:

- (1) 根据其来源分为工业固体废物、农业废物、生活垃圾等;
- (2) 按其化学组成可分为有机废物和无机废物;
- (3) 按其形态可分为固体废物(例如玻璃瓶、报纸、塑料袋、木屑等)、半固态废物(如污泥、油泥、粪便等)和液态(气态)废物(如废酸、废油与废有机溶剂等);
- (4) 按其污染特性可分为危险废物和一般废物;
- (5) 按其燃烧特性可分为可燃废物(通常指 $1\,000^{\circ}\text{C}$ 以下可燃烧者,如废纸、废塑料、废机油等)和不可燃废物(通常在 $1\,000^{\circ}\text{C}$ 焚烧炉内仍无法燃烧者,例如金属、玻璃、砖石等)。

依照《固体法》的规定,将固体废物分为生活垃圾、工业固体废物和危险废物三类。

### (1) 生活垃圾

生活垃圾是指在日常生活中或者为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物。在该定义中,生活垃圾包括了城市生活垃圾和农村生活垃圾。《固体法》中指明:城市生活垃圾应当按照环境卫生行政主管部门的规定,在指定的地点放置,不得随意倾倒、抛撒或者堆放。农村生活垃圾污染环境防治的具体办法,由地方性法规规定。

根据目前我国环卫部门的工作范围,城市生活垃圾包括:居民生活垃圾、园林废物、机关单位排放的办公垃圾等。不过,在实际收集到的城市生活垃圾中,可能还包括有部分中、小型企业产生的工业固体废物和少量危险废物(如废打火机、废油漆、废电池、废日光灯管等),由于后者具有潜在危害,需要在相应的法规特别是管理工作中,逐步制定和采取有效措施对其进行分类收集和进行适当的处理处置。

### (2) 工业固体废物

工业固体废物是指在各种工业、企业、交通等部门在生产过程中产生的固体废物。工业固体废物按行业主要包括以下几类:冶金工业固体废物;能源工业固体废物;石油化学工业固体废物;矿业固体废物;其他工业固体废物。

有些国家将废矿石和尾矿单独列为矿山废物,而我国《固体法》中规定:“露天贮存冶炼渣、化工渣、燃烧灰渣、废矿石、尾矿和其他工业固体废物,应当设置专用的贮存设施、场所。”可见,已明确将废矿石和尾矿纳入工业固体废物类加以管理。

### (3) 危险废物

危险废物是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物。

危险废物的特性通常包括急性毒性、易燃性、反应性、腐蚀性、浸出毒性和疾病传染性。根据这些性质,各国均制定有各自的鉴别标准和危险废物名录。联合国环境规划署《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》列出了“应加控制的废物类别”共45类,“须加特别考虑的废物类别”共2类。

根据1998年1月4日由国家环境保护局、国家经济贸易委员会、对外贸易经济合作部和公安部联合颁布,并于1998年7月1日实施的《国家危险废物名录(环发[1998]89号)》(以下简称《名录》),我国危险废物共分为47类(见表4-1-1)。

根据《名录》的规定:凡列入《名录》的废物类别都属于危险废物,列入国家危险废物管理范围;未列入《名录》的废物类别需进行鉴别,高于鉴别标准的属危险废物,列入国家危险废物管理范围;低于鉴别标准的,不列入国家危险废物管理。有关具体的鉴别标准参见本书第2.3节“危险废物的特性及鉴别试验方法”。

除了上述三类废物外,农业废物和放射性废物的管理问题也十分重要。

1995年制定的《固体法》中没有对农业废物的处置提出要求,也没有将农村生活垃圾纳入管理体系。随着我国农业产业化发展和农村生活水平的提高,农业废物和农村垃圾所造成的污染问题已开始显现。对城乡垃圾的区别对待,不仅使农村垃圾处于无序堆放的状态,还导致城市垃圾向农村转移,造成垃圾围城、土壤和水源污染、农村卫生条件恶化等环境问题。为了逐步消除农村固体废物污染,改善农村卫生条件,将农村固体废物纳入固体废物污染防治体系是非常必要的。因此,经过修订的《固体法》规定“从

事种植、畜禽养殖、水产养殖等农业生产活动的单位和个人，应当对生产过程中产生的秸秆、畜禽粪便、淤泥以及其他农业固体废物进行综合利用；不能利用的，按照国家有关环境保护规定收集、贮存、处置，防止污染环境”，同时，将“城市生活垃圾污染环境的防治”一节修改为“生活垃圾污染环境的防治”，使该节的管理覆盖面扩大到农村。并明确“农村生活垃圾污染环境防治的具体办法，由地方性法规规定”。从而表明我国已将农业和农村固体废物纳入了固体废物污染防治体系进行管理。

表 4-1-1 中国国家危险废物名录

| 编号   | 废物类型       | 编号   | 废物类型        |
|------|------------|------|-------------|
| HW01 | 医院临床废物     | HW25 | 含硒废物        |
| HW02 | 医药废物       | HW26 | 含镉废物        |
| HW03 | 废药物、药品     | HW27 | 含锑废物        |
| HW04 | 农药废物       | HW28 | 含碲废物        |
| HW05 | 木材防腐剂废物    | HW29 | 含汞废物        |
| HW06 | 有机溶剂废物     | HW30 | 含铊废物        |
| HW07 | 热处理含氰废物    | HW31 | 含铅废物        |
| HW08 | 废矿物油       | HW32 | 无机氟化物废物     |
| HW09 | 废乳化液       | HW33 | 无机氰化物废物     |
| HW10 | 含多氯联苯废物    | HW34 | 废酸          |
| HW11 | 精（蒸）馏残留    | HW35 | 废碱          |
| HW12 | 废染料涂料      | HW36 | 石棉废物        |
| HW13 | 有机树脂类废物    | HW37 | 有机磷化合物废物    |
| HW14 | 新化学品废物     | HW38 | 有机氟化物废物     |
| HW15 | 易爆性废物      | HW39 | 含酚废物        |
| HW16 | 感光材料废物     | HW40 | 含醚类废物       |
| HW17 | 表面处理废物     | HW41 | 废卤化有机溶剂     |
| HW18 | 焚烧处置残渣     | HW42 | 有机溶剂废物      |
| HW19 | 含金属羰基化合物废物 | HW43 | 含多氯苯并呋喃类废物  |
| HW20 | 含铍废物       | HW44 | 含多氯苯并二噁英类废物 |
| HW21 | 含铬废物       | HW45 | 含有机卤化物废物    |
| HW22 | 含铜废物       | HW46 | 含镍废物        |
| HW23 | 含锌废物       | HW47 | 含钡废物        |
| HW24 | 含砷废物       |      |             |

由于放射性废物在管理方法和处置技术等方面与其他废物有明显的差异性，大多数国家都不将其包含在危险废物范围内。我国的《固体法》中也未涉及放射性废物在内。但由于核能和核技术各个领域得到广泛利用，其安全与污染防治问题日益突出，我国曾于 2003 年颁布实施了《中华人民共和国放射性污染防治法》，该法对放射性固体废物的管理和处置均有明确的规定。

所谓放射性废物是指放射性核素含量超过国家规定限值的固体、液体和气体废物。从处理和处置的角度，按比活度和半衰期将放射性废物分为高放长寿命、中放长寿命、低放长寿命、中放短寿命和低放短寿命五类。对于低、中水平放射性固体废物在符合国家规定的区域实行近地表处置。高水平放射性固体废物和  $\alpha$  放射性固体废物实行集中的深地质处置。禁止在内河水域和海洋上处置放射性固体废物。

### 1.1.2 固体废物环境污染特性

#### 1. 固体废物对环境潜在污染的特点

固体废物的固有特性及其对环境的潜在污染危害决定了对其进行管理和污染控制的管理方法和管理体制。概括地讲,固体废物对环境的潜在污染特点包括以下几个方面:

##### (1) 数量巨大、种类繁多、成分复杂

如前所述,我国的固体废物污染控制已成为环境保护领域的突出问题之一。随着工业生产规模的扩大、人口的增加和居民生活水平的提高,各类固体废物的产生量也逐年增加。据统计,全国工业固体废物的产生量在2002年已经达到9.4亿多t,而且还以每年10%的速度在增加。随着我国城市化进程和居民生活水平的逐步提高,城市生活垃圾产生量仍以每年4.8%的速度递增,2002年全国城市垃圾清运量已经超过1.36亿t,而城市垃圾有效处理率还不足70%。城市人均日产垃圾量超过1.0kg,接近工业发达国家的水平,从这个数字来说,我国已处在超前污染的状态。

固体废物的来源十分广泛,例如,工业固体废物包括了工业生产、加工,燃料燃烧,矿石采、选,交通运输等行业,以及环境治理过程所产生和丢弃的固体和半固体的物质。另外,从固体废物的分类,我们可以大致了解固体废物组成的复杂状态。除在城市垃圾中包含了几乎所有日常生活中接触到的物质以外,危险废物的种类将随着科学技术的发展而日益增多。

##### (2) 滞留期久、危害性强

固体废物除直接占用土地和空间外,其对环境的危害影响需要通过水、大气或土壤等介质方能进行。以固态形式存在的有害物质向环境中的扩散速率相对比较缓慢,例如渗滤液中的有机物和重金属在黏土层中的迁移速率,大约在每年数厘米的数量级上,其对地下水和土壤的污染需要经过数年,甚至数十年后才能显现出来。与废水、废气污染环境的特点相比,固体废物污染环境的滞后性非常强,但一旦显现了对环境的污染,其后果将非常严重,因此,固体废物对环境的影响具有长期性、潜在性和不可恢复性等复杂后果。

##### (3) 处理过程的终态,污染环境的源头

在废气的治理过程中,利用洗气、吸附或除尘等技术可以有效地将存在于气相中的粉尘或可溶性污染物(如:酸性气体)转移到或转化为固体物质。同样,在水处理工艺中,无论是采用物化处理技术(如:混凝、沉淀、超滤等)还是生物处理技术(如:好氧生物处理、厌氧生物处理等),在水得到净化的同时,总是将水体中的无机和有机污染物以固相的形态分离出来,因而产生大量的污泥或残渣。从这个意义上讲,可以认为废气治理或水处理的过程,实际上都是将环境中的污染物转化为比较难于扩散的形式,将液态或气态的污染物转变为固态的污染物,降低污染物向环境迁移的速率。由于固体废物对环境的危害影响需通过水、大气或土壤等介质方能进行,因此,固体废物既是污染水、大气、土壤等的“源头”,又是废水和废气处理过程的“终态”,也正是由于这一特点,对固体废物的管理既要尽量避免和减少其产生,又要力求避免和减少其向水体、大气以及土壤环境的排放。最终处置需要解决的就是废物中有害组分的最终归宿问题,也是控制环境污染的最后步骤。最终处置对于具有永久危险性的物质,即使在人工设置

的隔离功能到达预定工作年限以后,处置场地的天然屏障也应该保证有害物质向生态圈中的迁移速率不致引起对环境和人类健康造成威胁。

由此可见,固体废物对环境的污染和危害是不应低估更是不容忽视的。

## 2. 固体废物对环境的影响

正是由于固体废物具有如上的诸多特点,一旦对环境的潜在污染变为现实,而要消除这些污染往往需要耗费较大的代价。具体来说,固体废物对环境介质可能造成的污染危害表现在以下几个方面:

### (1) 对土地的影响

固体废物的堆放需要占用土地,据估计,每堆积 1 万 t 废渣约需占用土地 0.067 hm<sup>2</sup>。我国 1995 年全国工业固体废物的产生量约为 6.4 亿 t,历年累积堆存的工业固体废物量已达 66 亿 t,堆存占地约 5.5 万 hm<sup>2</sup>。我国许多城市的近郊也常常是城市垃圾的堆放场所,形成垃圾围城的状况。固体废物的任意露天堆放,不但占用一定土地,而且其累积的存放量越多,所需的面积也越大,导致可耕地面积短缺的势头加剧。

随着我国经济发展和国民生活水平的提高,固体废物的产生量会越来越大,如不加以妥善管理,固体废物侵占土地的问题会变得更加严重。即使是固体废物的填埋处置,若不着眼于场地的选择评定以及场基的工程处理和封场后的科学管理,废物中的有害物质还会通过不同途径而释入环境中,乃至对生物包括人类产生危害。

### (2) 对水体的影响

固体废物对水体的污染途径有直接污染和间接污染两种:前者是把水体作为固体废物的接纳体,向水体直接倾倒废物,从而导致水体的直接污染;而后者是固体废物在堆积过程中,经过自身分解和雨水淋溶产生的渗滤液流入江河、湖泊和渗入地下而导致地表和地下水的污染。

在世界历史范围内有不少国家直接将固体废物倾倒入河流、湖泊或海洋,甚至以后者当成处置固体废物的场所之一。例如,美国仅在 1968 年就向太平洋、大西洋和墨西哥湾倾倒固体废物 4 800 多万 t。到 2002 年,我国每年仍有超过 2 000 万 t 的工业固体废物排入环境,其中约有 1/3 直接排入天然水体,成为地表水和地下水的重要污染源之一。固体废物弃置于水体,将使水质直接受到污染,严重危害水生生物的生存条件,并影响水资源的充分利用。此外,堆积的固体废物经过雨水的浸渍和废物本身的分解,其渗滤液和有害化学物质的转化和迁移,势必对附近地区的河流及地下水系和资源造成污染。

### (3) 对大气的影响

固体废物在堆存和处理、处置过程中会产生有害气体,若不加以妥善处理将对大气环境造成不同程度的影响。例如,露天堆放和填埋的固体废物会由于有机组分的分解而产生沼气,一方面沼气中的氨气、硫化氢、甲硫醇等的扩散会造成恶臭的影响;另一方面沼气的主要成分甲烷气体是一种温室气体,其温室效应是二氧化碳的 21 倍,而甲烷在空气中含量达到 5%~15%时很容易发生爆炸,对生命安全造成很大威胁。固体废物在焚烧过程中会产生粉尘、酸性气体、二噁英等,也会对大气环境造成污染。

另外,堆放的固体废物中的细微颗粒、粉尘等可随风飞扬,从而对大气环境造成污染。据研究表明:当发生 4 级以上的风力时,在粉煤灰或尾矿堆表层的粒径为 1~1.5 mm 以上的粉末将出现剥离,其飘扬的高度可达 20~50 m。在季风期间可使平均视程降低



30%~70%。

#### (4) 对土壤和生物群落的影响

固体废物及其渗滤液中所含有害物质会改变土壤的性质和土壤结构，并将对土壤中微生物的活动产生影响。这些有害成分的存在，不仅有碍植物根系的发育和生长，而且还会在植物有机体内积蓄，通过食物链危及人体健康。

此外，生物群落特别是一些水生动物的休克死亡，可以认为是固体废物处置场释出污染物质的前兆。例如在雨季，填埋场产生的渗滤液会通过地表径流或地下水进入江河湖泊引起大量鱼群死亡。这类危害效应可从个体发展到种群，直到生物链，并将导致受影响地区营养物循环的改变或产量降低。

### 3. 固体废物对人体健康的影响

固体废物，特别是在露天存放、处理或处置过程中，其中的有害成分在物理、化学和生物的作用下会发生浸出，含有害成分的浸出液可通过地表水、地下水、大气和土壤等环境介质直接或间接被人体吸收，从而对人体健康造成危害。

根据物质的化学特性，当某些不相容物相混时，可能发生不良反应，包括热反应（燃烧或爆炸）、产生有毒气体（砷化氢、氰化氢、氯气等）和产生可燃性气体（氢气、乙炔等）。若人体皮肤与废强酸或废强碱接触，将发生烧灼性腐蚀作用。若误吸收一定量农药，能引起急性中毒，出现呕吐、头晕等症状。贮存化学物品的空容器，若未经适当处理或管理不善，能引起严重中毒事件。化学废物的长期暴露会产生对人类健康有不良影响的恶性物质。这类潜存的负面效应，理应予以高度重视。

## 1.2 固体废物的管理原则

### 1.2.1 固体废物“三化”管理基本原则

《固体法》第三条规定：“国家对固体废物污染环境的防治，实行减少固体废物的产生、充分合理利用固体废物和无害化处置固体废物的原则。”这样，就是从法律上确立了固体废物污染防治的“三化”基本原则，即固体废物污染防治的“减量化、资源化、无害化”，并以此作为我国固体废物管理的基本技术政策。

#### 1. 减量化原则

“减量化”是指通过采用合适的管理和技术手段减少固体废物的产生量和排放量。实现固体废物减量化实际上包括两方面内容，首先要从源头上解决问题，这也就是通常所指的“源削减”；其次，要对产生的废物进行有效的处理和最大限度的回收利用，以减少固体废物的最终处置量。

目前固体废物的排放量十分巨大（我国工业固体废物年产生量在  $6 \times 10^8 \text{ t}$  以上，城市垃圾年产生量在  $1 \times 10^8 \text{ t}$  以上），如果能够采取措施，最小限度地产生和排放固体废物，就可以从“源头”上直接减少或减轻固体废物对环境和人体健康的危害，可以最大限度地合理开发利用资源和能源。减量化的要求，不只是减少固体废物的数量和减少其体积，还包括尽可能地减少其种类、降低危险废物的有害成分的浓度、减轻或清除其危险特性等。减量化是对固体废物的数量、体积、种类、有害性质的全面管理，积极开展清洁生