

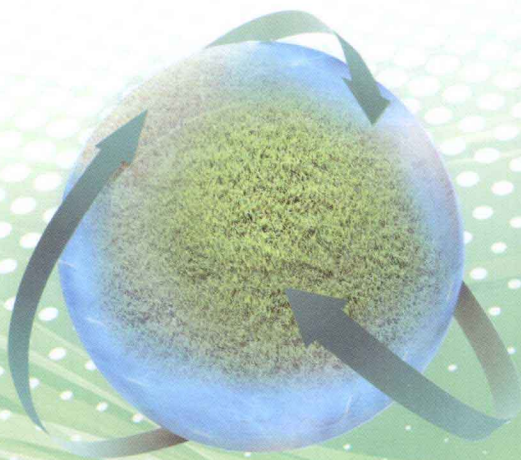


普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12.5" GUIHUA JIAOCAI

固体废物处置与处理

王黎 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

固体废物处置与处理

王 黎 主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2014

内 容 提 要

本书主要介绍了固体废物处理、处置与可持续利用的资源化技术,其中包括固体废物资源化的静脉产业链、二次资源涉及的物理单元操作技术,物理、化学与生物技术等分离技术内容。根据我国国情,重点介绍了固体废物如金属、非金属、核废物以及生物质废弃物的分质协同处理的资源化利用方法与应用实践及最终处置方法。通过学习,学生可以了解和掌握固废处理与处置和资源化利用技术的原理与应用方法,提高资源利用效率,达到资源可持续利用的目的。

本书可作为高等院校环境工程专业本科生和研究生的教材,也可供从事相关专业的工程研究和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处置与处理/王黎主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6442-4

I. ①固… II. ①王… III. ①固体废物处理—高等学校—教材 IV. ①X705

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第313448号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号, 邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbcs@cnmip.com.cn

责任编辑 陈慰萍 马文欢 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6442-4

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京印刷一厂印刷

2014年1月第1版, 2014年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15.5印张; 377千字; 237页

34.00元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿信箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街46号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

本书是环境工程专业必修核心课程的专业教材。随着固体废物利用理论与技术的发展，现有的教材需要进一步更新，以满足环境工程专业固体废物处置与处理教学的需求。本书结合国内外现有教材的特点，强调在固体废物处置与处理过程中的资源可持续利用，使学生通过学习，深化固体废物处置与处理过程中的绿色资源化理念，掌握其理论与技术。

本书涵盖了固体废物处置与处理以及资源可持续利用理论与技术的主要内容，编写中注意先易后难，内容结构合理、系统、完整，注重学生在固废资源可持续利用理论与技术领域的实际应用能力的培养。

本书主要介绍现代固废资源可持续利用的一些分离技术理论和主要工程应用方法与装备，以提高学生在实际过程中利用环境工程、矿冶工程和系统工程等方面的知识，解决资源利用过程中的环境和资源利用问题。本书可以使学生熟悉固废资源可持续利用技术与一些不可再生与可再生资源的有效利用方法，提高资源利用效率，达到资源可持续利用的目的。

本书由王黎任主编，陶虎春、袁志涛、于峰、冯涛、王捷、李丽匣任副主编。参加本书编写工作的还有于洪海、刘广、张惠灵、张洪杰、张淑琴、于峰、雷国元、胡宁、周芸、丛馨、徐子娇、刘海娜、全玮、冯小娜、林乔、张捷、任大军等。

由于编者水平有限，书中疏漏之处，恳请同行专家、学者和广大读者指正。

王 黎

2013年8月

冶金工业出版社部分图书推荐

| 书 名 | 作 者 | 定价(元) |
|------------------------|---------|--------|
| 我国金属矿山安全与环境科技发展前瞻研究 | 古德生 | 45.00 |
| 微颗粒黏附与清除 | 吴 超 | 79.00 |
| 安全管理基本理论与技术 | 常占利 | 46.00 |
| 危险评价方法及其应用 | 吴宗之 | 47.00 |
| 硫化矿自燃预测预报理论与技术 | 阳富强 吴 超 | 43.00 |
| 生活垃圾处理与资源化技术手册 | 赵由才 | 180.00 |
| 城市生活垃圾直接气化熔融焚烧技术基础 | 胡建杭 | 19.00 |
| 高瓦斯煤层群综采面瓦斯运移与控制 | 谢生荣 | 26.00 |
| 深井开采岩爆灾害微震监测预警及控制技术 | 王春来 | 29.00 |
| 煤矿安全生产400问 | 姜 威 | 43.00 |
| 系统安全评价与预测(第2版)(本科国规教材) | 陈宝智 | 26.00 |
| 矿山安全工程(国规教材) | 陈宝智 | 30.00 |
| 耐火材料(第2版)(本科教材) | 薛群虎 | 35.00 |
| 防火与防爆工程(本科教材) | 解立峰 | 45.00 |
| 安全系统工程(本科教材) | 谢振华 | 26.00 |
| 安全评价(本科教材) | 刘双跃 | 36.00 |
| 安全学原理(本科教材) | 金龙哲 | 27.00 |
| 火灾爆炸理论与预防控制技术(本科教材) | 王信群 | 26.00 |
| 化工安全(本科教材) | 邵 辉 | 35.00 |
| 重大危险源辨识与控制(本科教材) | 刘诗飞 | 32.00 |
| 噪声与振动控制(本科教材) | 张恩惠 | 30.00 |
| 冶金企业环境保护(本科教材) | 马红周 张朝晖 | 23.00 |
| 特种冶炼与金属功能材料(本科教材) | 崔雅茹 | 20.00 |
| 金属材料工程实习实训教程(本科教材) | 范培耕 | 33.00 |
| 机械工程材料(本科教材) | 王廷和 | 22.00 |
| 现代材料测试方法(本科教材) | 李 刚 | 30.00 |
| 无机非金属材料研究方法(本科教材) | 张 颖 | 35.00 |
| 材料科学基础教程(本科教材) | 王亚男 | 33.00 |
| 安全系统工程(高职高专教材) | 林 友 | 24.00 |
| 煤矿钻探工艺与安全(高职高专教材) | 姚向荣 | 43.00 |
| 矿山安全与防灾(高职高专教材) | 王洪胜 | 27.00 |
| 矿井通风与防尘(高职高专教材) | 陈国山 | 25.00 |
| 炼钢厂生产安全知识(职业技能培训教材) | 邵明天 | 29.00 |
| 冶金煤气安全实用知识(| 袁乃收 | 29.00 |

目 录

| | |
|---|----|
| 1 绪论 | 1 |
| 1.1 固体废物处置、处理与可持续利用相关知识 | 1 |
| 1.1.1 固体废物处置、处理与资源可持续利用的定义 | 1 |
| 1.1.2 固体废物的资源可持续利用的由来 | 7 |
| 1.1.3 固体废物资源化的含义、形式与作用 | 9 |
| 1.2 固体废物处置、处理与可持续利用的内容 | 12 |
| 1.2.1 固体废物资源可持续利用的两重性 | 12 |
| 1.2.2 社会经济系统中物质的流动与再资源化利用 | 14 |
| 1.3 固体废物处置、处理与可持续利用发展动态 | 22 |
| 1.3.1 环境法规的确立 | 22 |
| 1.3.2 废弃物的产生与防治 | 23 |
| 1.3.3 固体废物资源可持续性技术开发的必要性 | 24 |
| 1.3.4 固体废物资源化可持续利用技术的研究方向 | 25 |
| 1.4 固体废物处置、处理与静脉产业 | 26 |
| 1.4.1 静脉产业的基本概念 | 26 |
| 1.4.2 静脉产业的构成及市场结构 | 27 |
| 1.4.3 静脉产业园区建设实践 | 28 |
| 1.4.4 静脉产业的未来发展 | 29 |
| 习题 | 29 |
| 2 固体废物处置、处理与可持续利用的主要分离技术基础 | 30 |
| 2.1 固体废物处置、处理与可持续利用技术的适应性 | 30 |
| 2.1.1 固体废物资源化再利用与技术适应性 | 30 |
| 2.1.2 固体废物资源化再利用与环境保护 | 30 |
| 2.2 固体废物处置、处理与可持续利用技术的发展 | 31 |
| 2.2.1 信息网络的构建 | 31 |
| 2.2.2 二次资源的物质流动预测 | 32 |
| 2.2.3 运输和技术开发问题 | 32 |
| 2.2.4 监测与分析测试技术 | 32 |
| 2.2.5 特种技术开发 | 33 |
| 2.2.6 最优化技术 | 33 |
| 2.2.7 环境友好技术的开发 | 34 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 2.3 固体废物处置、处理与资源化利用的一些分离技术基础 | 34 |
| 2.3.1 单元操作技术 | 34 |
| 2.3.2 分离技术基础理论 | 35 |
| 2.3.3 分离技术的评价与预测 | 50 |
| 习题 | 50 |
| 3 固体废物处置、处理与可持续利用的物理单元操作技术 | 51 |
| 3.1 固固分离技术 | 51 |
| 3.1.1 粉碎 | 51 |
| 3.1.2 分级操作 | 54 |
| 3.1.3 重力分离 | 56 |
| 3.1.4 磁选分离 | 59 |
| 3.1.5 电选分离 | 60 |
| 3.1.6 手选 | 62 |
| 3.1.7 光学分选 | 62 |
| 3.1.8 放射性分选 | 63 |
| 3.1.9 重量分选 | 63 |
| 3.1.10 分形分选 | 64 |
| 3.2 固液分离技术 | 64 |
| 3.2.1 浓缩 | 64 |
| 3.2.2 过滤脱水 | 65 |
| 3.2.3 干燥 | 66 |
| 3.3 固气分离技术 | 67 |
| 3.3.1 固气分离的原理 | 67 |
| 3.3.2 设备选择 | 68 |
| 3.4 成型造粒技术 | 68 |
| 3.4.1 成型造粒的概述 | 68 |
| 3.4.2 成型造粒设备的分类 | 68 |
| 3.4.3 废弃物的造粒 | 69 |
| 习题 | 70 |
| 4 固体废物处置、处理与可持续利用的物理化学处理技术 | 71 |
| 4.1 热稳定及热解分离技术 | 71 |
| 4.1.1 热稳定与热分解过程 | 71 |
| 4.1.2 熔融处理 | 73 |
| 4.1.3 挥发和蒸馏 | 76 |
| 4.2 固体废物资源化技术 | 81 |
| 4.2.1 浸出和溶解 | 81 |
| 4.2.2 析出和沉淀 | 82 |

| | | |
|----------|-----------------------------|------------|
| 4.2.3 | 泡沫吸附分离技术 | 84 |
| 4.2.4 | 萃取分离 | 88 |
| 4.2.5 | 膜分离技术 | 96 |
| 4.2.6 | 电化学分离 | 104 |
| 4.2.7 | 气体还原 | 106 |
| | 习题 | 107 |
| 5 | 固体废物处置、处理与可持续利用的生物技术 | 109 |
| 5.1 | 固体废物处置、处理与资源可持续利用生物技术概述 | 109 |
| 5.1.1 | 生物技术的产生 | 109 |
| 5.1.2 | 生物技术的概念与内容 | 110 |
| 5.1.3 | 生物技术与资源可持续利用 | 112 |
| 5.2 | 石油固废污染环境资源的生物恢复与利用 | 113 |
| 5.2.1 | 石油的生物降解能力 | 113 |
| 5.2.2 | 石油污染的生物恢复过程与微生物 | 113 |
| 5.2.3 | 石油污染生物恢复影响因素 | 115 |
| 5.2.4 | 今后石油污染生物恢复与利用的研究课题 | 116 |
| 5.3 | 石油固废的微生物脱硫技术 | 117 |
| 5.3.1 | 生物过程脱硫的可能性 | 117 |
| 5.3.2 | 利用 DM220 的基因修饰 | 118 |
| 5.3.3 | 生物固定化技术应用 | 119 |
| 5.3.4 | 费用限制因子辨析 | 120 |
| 5.4 | 固废资源利用的生物浮选、吸附与特殊物质降解 | 121 |
| 5.4.1 | 资源利用的生物浮选 | 121 |
| 5.4.2 | 资源利用中的生物吸附 | 123 |
| 5.4.3 | 资源利用中特殊物质降解与恢复 | 125 |
| 5.5 | 矿业资源的生物再利用 | 126 |
| 5.5.1 | 生物冶金技术原理 | 127 |
| 5.5.2 | 生物冶金技术的常用方法 | 127 |
| 5.5.3 | 生物冶金技术中的常见生物及反应过程控制 | 128 |
| 5.5.4 | 生物冶金技术应用 | 130 |
| 5.5.5 | 今后矿业资源的生物再利用技术进展 | 130 |
| 5.6 | 固废处理过程环境的生物脱臭技术 | 131 |
| 5.6.1 | 生物脱臭机理 | 131 |
| 5.6.2 | 生物处理系统 | 132 |
| 5.6.3 | 生物脱臭装置及应用 | 133 |
| 5.6.4 | 生物脱臭技术的发展趋势 | 136 |
| 5.7 | 工业废物农业性资源化利用 | 136 |
| 5.8 | 固废资源的生物恢复技术 | 140 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.8.1 | 资源生物恢复技术原理 | 142 |
| 5.8.2 | 生物恢复过程的调控 | 144 |
| 5.8.3 | 工程生物恢复技术 | 146 |
| 5.8.4 | 可处理性试验及评价过程 | 148 |
| 5.8.5 | 生物恢复技术的发展趋势 | 149 |
| | 习题 | 150 |
| 6 | 金属固体废物处置、处理与可持续利用技术的应用与实践 | 152 |
| 6.1 | 概述 | 152 |
| 6.1.1 | 金属固废资源可持续利用对象的分类 | 152 |
| 6.1.2 | 再资源化收集和最佳资源化处理途径 | 153 |
| 6.1.3 | 制品的寿命、有关代用品以及消费形态 | 153 |
| 6.1.4 | 社会效益和再资源化能成立的条件 | 154 |
| 6.2 | 贵金属的循环利用 | 156 |
| 6.2.1 | 贵金属概述 | 156 |
| 6.2.2 | 含贵金属废弃物的回收再利用 | 156 |
| 6.3 | 催化剂的再利用 | 161 |
| 6.3.1 | 废催化剂的分类 | 161 |
| 6.3.2 | 催化剂再利用的意义 | 161 |
| 6.3.3 | 催化剂再利用的常用技术及方法 | 162 |
| 6.4 | 电镀污泥的处理技术 | 163 |
| 6.4.1 | 电镀废水的处理及电镀污泥 | 163 |
| 6.4.2 | 电镀污泥的还原 | 165 |
| 6.4.3 | 电镀污泥的专门处理 | 166 |
| 6.4.4 | 不产生电镀污泥技术 | 166 |
| 6.5 | 磁性材料的再资源化 | 167 |
| 6.5.1 | 磁性材料概述 | 167 |
| 6.5.2 | 再资源化技术 | 167 |
| 6.6 | 稀有金属的再资源化 | 168 |
| 6.6.1 | 稀有金属再资源化的必要性 | 168 |
| 6.6.2 | 稀有金属的回收利用 | 169 |
| 6.7 | 废旧汽车的再资源化 | 176 |
| 6.7.1 | 废旧汽车概述 | 176 |
| 6.7.2 | 大规模汽车拆解业的废车处理实例 | 176 |
| 6.7.3 | 汽车废料的旋流器再资源化处理 | 176 |
| 6.8 | 铝的回收与利用 | 179 |
| 6.8.1 | 铝的概述 | 179 |
| 6.8.2 | 铝废料的处理 | 179 |
| 6.9 | 废电池的再资源化 | 181 |

| | |
|--|------------|
| 6.9.1 电池的种类和回收元素 | 181 |
| 6.9.2 一次电池的再利用 | 182 |
| 6.9.3 二次电池的再利用 | 185 |
| 习题 | 189 |
| 7 非金属和核废物的处置、处理与可持续利用技术的应用与实践 | 190 |
| 7.1 油灰和煤灰的再利用 | 190 |
| 7.1.1 概述 | 190 |
| 7.1.2 油灰和煤灰的再处理 | 190 |
| 7.2 玻璃的再利用 | 193 |
| 7.3 废纸的再利用 | 194 |
| 7.3.1 概述 | 194 |
| 7.3.2 废纸的再生技术 | 195 |
| 7.4 核燃料的再利用 | 196 |
| 7.4.1 能源的现状 | 197 |
| 7.4.2 核燃料制造 | 198 |
| 7.4.3 核燃料的再处理 | 200 |
| 7.4.4 FBR (快速中子增殖反应器) 燃料的再处理 | 201 |
| 7.5 家用电器的回收与利用 | 202 |
| 7.5.1 概述 | 202 |
| 7.5.2 废家电处理 | 203 |
| 7.6 城市垃圾的再资源化 | 204 |
| 7.6.1 概述 | 204 |
| 7.6.2 垃圾再资源化技术 | 204 |
| 习题 | 206 |
| 8 固体废物的最终处置 | 207 |
| 8.1 垃圾焚烧与发电 | 207 |
| 8.1.1 概述 | 207 |
| 8.1.2 焚烧原理 | 207 |
| 8.1.3 垃圾焚烧技术 | 208 |
| 8.1.4 焚烧法处理的特点 | 209 |
| 8.1.5 医疗垃圾的焚烧处理 | 210 |
| 8.1.6 垃圾的资源化利用——焚烧发电 | 211 |
| 8.2 垃圾填埋场 | 214 |
| 8.2.1 卫生填埋场的规划和设计 | 215 |
| 8.2.2 防渗系统 | 217 |
| 8.2.3 渗滤液的收集和处理 | 220 |
| 8.2.4 垃圾填埋气的收集和利用 | 222 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 8.2.5 封场覆盖系统 | 225 |
| 8.3 尾矿的综合利用 | 227 |
| 8.3.1 尾矿的定义 | 227 |
| 8.3.2 尾矿综合利用的意义 | 228 |
| 8.3.3 尾矿综合利用的方式 | 229 |
| 8.3.4 尾矿综合利用存在的问题 | 232 |
| 习题 | 232 |
| 参考文献 | 234 |

1 绪 论

学习目标

掌握资源、可持续性的概念及二者间的关系，进而掌握资源可持续利用的定义。了解资源可持续利用的由来与作用，以便深入了解可持续利用的两重性、社会经济系统中物质的流动与再资源化利用等内容。了解一般环境法规的确定、废弃物的产生和处理、处置及其可持续利用技术的研究方向。

1.1 固体废物处置、处理与可持续利用相关知识

固体废物处置、处理与可持续利用，是人类社会发展面临的新的挑战。人类社会发展需要新的资源利用方式，需要新的资源保障，需要创造新的生态化资源利用途径，也需要对人类所享有现代物质文明产生的废弃物进行处理与处置，解决人类在发展过程中产生的资源枯竭与破坏、环境质量恶化等环境与资源问题，使人类社会与经济能健康地发展。因此，通过现代科学技术为固体废物处置、处理与资源可持续利用提供技术支撑，将生态经济与绿色环境认识付诸行动，对推动固体废物处置、处理快速发展和资源可持续利用有重要意义。

1.1.1 固体废物处置、处理与资源可持续利用的定义

随着全球资源、环境与发展问题的广泛讨论，人们提出了固体废物处置、处理与资源可持续利用和发展的概念。为了阐明固体废物处置、处理与资源可持续利用定义，下面从资源、固体废物处置、处理与可持续性的概念及其相互关系加以阐述。

1.1.1.1 资源

资源即自然资源，是指在一定的技术条件下，自然界中对人类有用的一切物质的和非物质的要素，如土壤、草地、水、森林、野生动植物、矿产、阳光、空气等。在现代生产发展水平下，为满足人类的生活和生产需要而被利用的自然要素，称为“资源”。由于经济条件和技术水平的限制，暂时难以利用的自然要素，称为“潜在资源”。资源大致可以分为可再生资源 and 不可再生资源两类。从开发利用的角度观察，两者之间的绝对界限很难划分。在一般情况下，可再生资源主要是指能够不断繁衍生长的生物资源和可循环利用的自然资源。这类资源固然可以通过大自然的作用生殖繁衍，进行新陈代谢，不断循环地得到开发利用，但是如果一定时期内耗用无度，就可能打断资源再生循环的“链条”，使其枯竭。例如，我国的森林砍伐和近海捕捞都有向大自然攫取过度的倾向，土地也存在滥用的现象。不同的可再生资源，其再生恢复的速度是不同的。如自然形成 1cm 厚的土壤

腐殖层需要几百年, 砍伐森林的恢复一般需要数十年到百余年。因此, 对可再生资源的消耗速度应小于其再生恢复速度, 同时, 要不断增加社会投入来加快其恢复和再生, 以满足社会经济发展对资源不断增加的需求。

不可再生资源是指储量有限, 形成速度极其缓慢, 一般需要几万年甚至上亿年时间才能形成的自然资源。相对于人类历史而言, 这类资源可以视为不可再生的, 如矿产资源。但大多数矿产品可以回收再利用形成资源利用的闭合循环系统, 而且随着科技的发展和进步, 可利用矿产资源的储量不断扩大。例如在 1860 年时, 铜的开采边界品位是 6%, 由于科技的进步, 采、选、冶技术水平的提高, 铜的现今开采边界品位已下降到 0.25%, 这就极大地扩展了可用铜矿资源的储量。

同时, 人们尝试利用可再生资源替代不可再生资源, 如石油资源是不可再生的, 按现在的耗用规模计算, 世界现有石油储量只能保证 30 年持续生产的需要。因此目前已有一些国家, 正在试验用酒精代替汽油或利用生物发酵技术制取燃油, 以缓和石油资源的供需矛盾。

资源的客观属性具体表现为:

(1) 稀缺性: 资源之所以称为资源, 是针对人类的需要而言的。资源与人类社会系统的关系是不可逆的, 即资源的“单流向”特征。资源只能是供体, 社会系统是受体。而作为供体的资源总是被消耗的, 只要是被消耗的, 也就总是稀缺的。即使是可再生资源, 当社会需求的增长速度超过资源再生增殖能力时, 同样也会表现出稀缺的特征。

(2) 竞争性: 竞争性来源于稀缺性。资源的竞争性表现在两个方面: 其一, 在众多资源构成中, 人类社会努力选择在其应用上最为合适、在经济上最为合算、在时间上最为适宜的那一类资源。这种以经济为目的的选择本身就体现出了竞争性的内涵; 其二, 在众多的需求者中, 均不同程度地需要同一类资源。因此, 资源供给体的优劣差异和稀缺特征, 必然在资源受体之间引起对于资源供给体的选择及占用等一系列复杂的竞争现象。

(3) 非均衡性: 资源的质和量往往不可能均匀地出现在任一空间范围, 它们总是相对集中于某些区域。在这些资源聚集的区域里, 资源的密度大、数量多, 或者是质量好、易于开发利用, 因此资源也表现出其自然丰度上的差异性和地理分布上的非一致性。

(4) 循环性: 自然界中, 各类自然资源之间是相互联系的, 并按照各自所固有的规律运动, 保持相对平衡关系。例如自然界中的水, 在太阳辐射的影响下, 不断地进行循环。海洋和大陆上的水, 经蒸发成为水蒸气进入大气圈, 随着空气的运动, 在适当的气候条件下, 以降雨、降雪、冰雹的形式回到地面, 汇入海洋, 并部分地渗入地下, 这就构成了自然界中水的循环。所以只要保持水体循环系统及其平衡不受破坏, 水是不会枯竭的。但是, 如果水体循环受到破坏, 失去平衡, 就会引起某些地区水源枯竭, 出现水荒。如对地下水的抽取超过其补给量, 就会造成地下水水位下降, 甚至引起地面沉降。

1.1.1.2 固体废物

固体废物是指人类在生产和生活活动中丢弃的固体和泥状物质。它包括从废水、废气分离出来的固体颗粒; 也包括人类一切活动过程产生的, 且对所有者已不再具有使用价值而被废弃的固态或半固态物质; 还包括各类生产活动中产生的固体废物或废渣, 以及生活活动中产生的固体废物——垃圾。

对原所有者而言, 这些固体或半固体物质是废弃物。原所有者在生产或生活过程中,

对原料、商品或消费品，仅利用了其中对他们有效的成分。而对于原所有者不再具有使用价值的大多数固体废物中仍含有其他生产行业中需要的成分，通常经过一定的处理，可以转变为其他行业中的生产原料，甚至可以直接使用。可见，固体废物的概念随时、空的变迁而具有相对性。固体废物资源化利用就是充分利用资源，减少废物处置的数量，增加社会与经济效益，促进绿色生态社会建设。

固体废物的分类方法很多：按其组成可分为有机废物和无机废物；按其形态可分为固体废物、半固体废物；按其污染特性可分为危险废物和一般废物；按其来源可分为矿业的、工业的、城市生活的、农业的和放射性的废物。此外，固体废物还可分为有毒和无毒的两大类。有毒有害固体废物是指具有毒性、易燃性、腐蚀性、反应性、放射性和传染性的固体、半固体废物。

固体废物危害是污染环境和浪费资源。固体废物经常通过水、大气和土壤等环境媒介进行污染。如果固体废物在收运、堆放过程中未作密封处理，有的经日晒、风吹、雨淋、焚化等作用，挥发大量废气、粉尘；有的发酵分解后产生有毒气体，向大气中飘散，造成大气污染。许多国家把大量的固体废物直接向江河湖海倾倒，这不仅减少了水域面积，淤塞航道，而且污染水体，使水质下降。固体废物对水体的污染，有的是直接污染地表水，有的是下渗后污染地下水。在城市里大量堆放固体废物而又不处理，不仅妨碍市容，而且有害城市卫生。城市堆放的生活垃圾，非常容易发酵腐化，产生恶臭，使蚊蝇、老鼠等滋生繁衍，容易引起疾病传染。在城市下水道的污泥中，还含有几百种病菌和病毒。长期堆放的工业固体废物有毒物质潜伏期较长，会造成长期威胁。

固体废物的迁移和扩散差，需要占有大量的土地。城市固体废物侵占土地的现象日趋严重，我国堆积的工业固体废物有 60 亿吨，生活垃圾有 5 亿吨，预计每年有 1000 万吨固体废物无法处理而堆积在城郊或公路两旁，几万公顷的土地被它们侵吞。严重污染植物赖以生存的土壤。未经处理的有害废物长期存在，使土壤渣化严重，通过中风化、淋溶后，污染物渗入土壤，杀死土壤微生物，破坏土壤的腐蚀分解能力，导致土壤质量下降。带有病菌、寄生虫卵的粪便施入农田，一些根茎类蔬菜、瓜果就把土壤中的病菌、寄生虫卵吸进或带入体内，人们食用后就会患病。因此，需要对固体废物进行妥善处理，以消除其不良影响。

固体废物处置与处理的方法是指最终处置或安全处置和资源化处理利用的方法。它涉及固体废物污染控制，解决固体废物有价物质的回收与再利用。同时，一些固体废物经过处理和利用，总还会有部分残渣存在，而且很难再加以利用，这些残渣可能又富集了大量有毒有害成分；还有些固体废物，目前尚无法利用。它们都将长期地保留在环境中，是一种潜在的污染源。为了控制其对环境的污染，必须进行最终处置，使之最大限度地与生物圈隔离。目前，固体废物处理方法很多，主要包括海洋处置和陆地处置两大类。陆地处置包括土地耕作、工程库或贮留池贮存、土地填埋以及深井灌注几种。其中土地填埋法是一种最常用的方法。海洋处置主要分海洋倾倒与远洋焚烧两种方法。近年来，随着人们对保护环境生态重要性认识的加深和总体环境意识的提高，海洋处置已受到越来越多的限制。

1.1.1.3 可持续性

可持续性的实质来源于人类原始的物种经济。工业化前人们的生活处于勉强维持生计的可持续性时代，对自然界存在着特有的认识，即人与赖以生存的动植物有着精神上的联

系,人是自然界的一部分,而不是脱离自然界的主宰者。随着社会的工业化,这种“原始的可持续性”时代已经结束。近代,可持续性的概念起源于人们对森林、渔业类等可更新资源利用的认识,尤其对森林资源利用的认识在这一概念的形成中起了很大的作用。这一点可以从近代西方环境保护主义的起源中充分得到印证。随着人类对环境问题认识的不断加深,可更新资源的认识引申到了资源环境系统,于是产生了现代的可持续性概念,即:现存的资源环境状况需要在一定福利水平上维持现代人类与后代人的生活。因而许多人有用“资源可持续性”来代替“可持续性”的提法。也正因为这一原因,《世界保护策略》确定了三项原则,即:(1)基本生态过程和生命系统的维持;(2)遗传多样性的保护;(3)物种和资源的可持续利用。它实际上真正提出的是资源可持续利用问题,而不是“可持续发展”。现在人们通常把可持续性与经济、社会、环境、人口增长等组合起来使用,形成了“可持续的经济”、“可持续的社会”、“可持续的增长”、“可持续的环境”等概念,可见,人们对“可持续性”这一概念赋予了不同的内涵,但给出的解释却又是模糊不清的。因此有关可持续性的任何讨论必须回答持续什么、对象是谁和多长时间这三个问题。就资源、环境与发展领域来讲,可持续性这一概念的定义应该是:在对人类有意义的时间和空间上,支配这一生存空间的生物、物理、化学定律所规定的限度内,资源环境对人类福利需求的可承受力或可承载能力。到目前为止,除此之外对可持续性的定义或解释,用于资源、环境与发展似乎都很不恰当,只是这一概念与其他的概念组合用于其他场合时人们对它的理解或引申。

1.1.1.4 固体废物的资源可持续利用

固体废物的资源可持续利用包括可再生资源可持续利用和不可再生资源的可持续利用问题。可再生资源可持续利用主要是指利用现代技术使能够不断繁衍生长的生物资源和可循环利用的资源得到可持续性的利用。可再生生物资源是人类几百万年以来开发利用时间最长、种类最多的自然资源。它在天然状态下可形成诸生物间的平衡关系。可再生生物资源即是由植物、动物和微生物所组成的能依靠一定的环境系统(由太阳光、热、气、土壤、水及各种矿物元素等组成)而生生不息、持续为人类提供生物资源的生命系统的集合体。而维持这类生物资源的可再生性最根本的原因是生物与生物、生物与环境之间存在着营养物质的循环及能量的流动,如图1-1所示。可再生生物资源系统中流动的营养物质有着双重的作用,既有贮藏作用又是运输化学能量的载体,是维持整个生命系统进行生物化学活动的结构基础。这种物质循环和能量流动是沿着食物链进行的。也就是说,环境中大气、土壤、水中的各种无机营养元素,通过绿色植物的吸收进入食物链的第一个营养级,然后这些物质又转移给食草动物,进而转给食肉动物,最后由微生物分解并转回到环境系统。这些释放回系统的物质,又可再一次被生命系统利用,重新进入食物链,参加可再生资源系统物质的再循环。从分析中可以看出,各种可再生的生物资源在没有人类作用的自然状态下,由于物质和能量在其食物链(网)的各个环节上的输入和输出能保持大体相当的状态,因此在外界环境条件相对稳定的情况下,各种可再生生物资源之间能相互适应,促使整个生物资源系统不断演替,最终使系统进化到稳定的状态,使可再生资源系统能以复杂的网络保持联系,从而维持生物量和有机个体数目最大,控制与适应环境的能力最强。经过演替生物与环境相互协调,输入与输出大体平衡,结构和功能大体稳定,资源系统达到动态平衡状态,这种状态也可称为生态平衡。所以,各种可再生资源在天然状

态下可以达到自然的生态平衡。

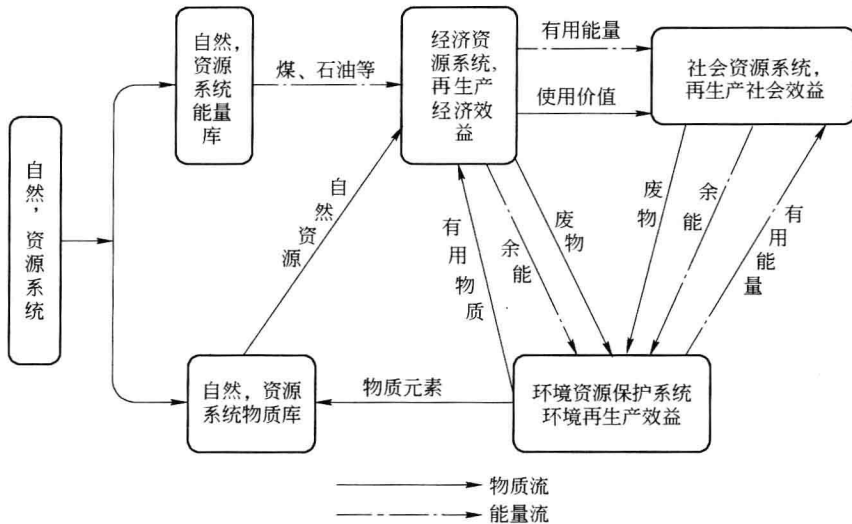


图 1-1 固体废物处置、处理与资源系统的物质循环和能量流动示意图

在一定的环境条件下，任何一种可再生资源的再生能力都不是无限制的。可再生生物资源再生能力具有一定的极限性，这种再生能力要受到土壤、气温、水分、营养物质、太阳光等环境条件及生物所处食物链（网）上的层次条件的直接影响。一般说来，其环境条件越适合该生物生长，而且该生物所处食物链（网）的上一层次的生物数量越少，则该生物资源的再生能力就越强；反之，其再生能力就小。由于某一区域内的某一种生物资源所处的环境条件及其所处的食物链（网）层次条件是大体不变的，这就决定了该种可再生资源再生能力有一个受外界条件综合制约的极限值。例如：中国的渤海海区由于常年有黄河、辽河、滦河、海河等百余条河流注入大量有机和无机物质，加上这里较好的光照和气候条件，使得浮游生物繁茂，成为几十种鱼虾产卵育成的良好场所。尽管如此，其鱼类资源的再生能力也还是有限的。据水产专家估算，渤海的浮游生物产量为 553 万吨，转换为各种鱼虾资源年可捕量为 30.5 万吨。

可再生生物资源也受到地域性规律的制约。例如，世界上的热带雨林资源只能分布在赤道两边、南北回归线以内地域中的多雨地区，是一种资源再生能力最强的森林资源系统，对保护全球的环境有着重要的意义。这种热带雨林现主要分布在南美洲的亚马逊河流域、印度尼西亚群岛地区、东南亚地区和中非的扎伊尔河流域等地区，中国只有在西双版纳等少数地区保留着这种热带雨林。人类在开发利用可再生生物资源时，通过建立可再生生物资源的采掘、分类、加工、销售、资源再生和保护等一系列再生产体系而逐步形成新的可持续利用技术。可再生生物资源的增殖需要适宜条件，所以在人工增殖各种可再生生物资源的过程中，人类必须为其寻求和创造能实现精神高产的环境条件。

(1) 要为所需的生物资源寻找和创造适宜的光、温度、pH 值等方面的生态环境条件。各种生物资源对光、温度、pH 值等环境条件往往都有特定的需求。满足了这些需求，可再生生物资源就能正常生长。这在一些急需生物资源的移植和移养方面具有重要意义。

例如,中国过去是一个橡胶树资源十分缺乏的国家,天然橡胶原料主要靠进口。新中国成立以后,科技人员选择了海南岛和西双版纳等热带雨林地区,成功地大片移种了主要生长在赤道两侧的橡胶林,使我国天然橡胶生产量通过人工增殖的途径而迅速增长,促进了我国橡胶工业的发展。

(2) 要为所需增殖的生物资源创造良好的水土和营养条件,这对农田种植业和水产养殖业的发展具有重要意义。

(3) 要为所需增殖的生物资源创造良好的小气候条件,这对农田种植业、经济林果业、水产养殖业、畜禽饲养业和微生物养殖业的发展都具有重要意义。例如,黄淮海平原地区过去经常受到旱涝风沙碱等自然灾害的危害,农田单产一直很低。自20世纪60年代以来,这里进行了桐粮间作和农田林网化工程,大大改善了农田小气候,使粮食单产大幅度提高。

(4) 要为所需增殖的生物资源创造良好的环境质量条件。这在环境污染比较严重地区发展可再生资源人工养殖业(如水产养殖业、畜禽饲养业等)具有重要意义。

可再生生物资源的合理增殖需要必要的经济投入和体制条件,世界发达国家和发展中国家的实践证明,可再生生物资源的人工增殖是在人类的经济活动已消耗的大量原始生物资源并继续增加其需求量的基础上,人类投入相应的资金作保障,才能正常进行的。如果这种经济投入的量过低,要想实现可再生生物资源的合理增殖是不可能的。这正是很多发展中国家难以实现资源生态经济综合平衡和可持续发展的根本原因。在发达国家,由于经历了“先破坏、后增殖”和“先污染、后治理”的过程,更加注重资源的可持续利用。目前这些国家通过国家投资、民间集资和企业投资并利用现代技术等途径,对本国的森林资源、草场资源和渔业资源的人工增殖都投入了较多的资金和技术,促进了资源环境与经济的协调发展。

可循环再利用资源的可持续利用与可再生生物资源可持续利用相对应。在资源中,存在着大量可循环再用或循环再生资源。在这类资源的开发利用中,也同样存在大量技术问题。人类只有在不断探索和掌握可循环资源利用方面的规律,才能不断地从必然王国走向自然王国。在资源中很多环境资源是可以循环再用或循环再生的。为了把这种资源同可再生的生物资源相区别,我们把它们称为可循环再用或循环再生资源。这类资源同可再生的生物资源及不可再生的矿产资源之间有一定的联系和区别。它们三者相互结合,就构成了总体的自然资源。可再生的生物资源包括植物、动物、微生物及已被人类开发的经济生物与未被开发的野生生物等复杂的分类及其组成。自然资源概括起来即为恒定性环境资源和可循环再用的环境资源。恒定性环境资源主要包括太阳能及潮汐能等。它们恒定性存在,但却周期性作用于一定地域或海域的资源。人类在利用这类资源时也呈现出以天、以季、以年或以潮期为时间单元的循环性。太阳能是在氢核聚变为氦核的过程中产生的。在这样的热核反应中,所产生的是氦核和能量,所消耗的是氢核。由于在组成太阳这个巨大的恒星的物质中,氢约占7%,氦占27%,所以,在相当长的时间内,在太阳内部尚不存在能源枯竭问题。正是从这个意义上来说,太阳能是人类的恒定性能源。环境资源是重要的可循环再利用资源。它主要是指一定地域的土地肥力资源,一个地区由光热、年降雨量、年光照时间、年积温、年无霜期等构成的气候资源,以主要由降雨量决定的区域水资源和水能资源,等等。如果能得到合理保持,它就能世代地被循环利用。