

FEIWU  
ZIYUANHUA  
YU ANQUAN  
CHUZHI JISHU GAILUN



孟 伟 赫英臣 编著  
L. Krapp 蔡士悦

# 废物资源化 与安全处置 技术概论

中国环境科学出版社

# 废物资源化与安全处置技术概论

孟 伟 赫英臣 编著  
L. Krapp 蔡士悦

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

废物资源化与安全处置技术概论/孟伟、赫英臣等编  
著. —北京: 中国环境科学出版社, 2005.10

ISBN 7-80209-192-6

I. 废... II. 孟... III. 固体废物-废物处理  
IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 116014 号

---

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>  
电子信箱: [bjzhwp@163.com](mailto:bjzhwp@163.com)  
电话号码: 010—67112738

印 刷 北京市联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2005 年 10 月第一版  
印 次 2005 年 10 月第一次印刷  
印 数 1—3000  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 16.75 插页 2  
字 数 420 千字  
定 价 48.00 元

---

## 序

《废物资源化与安全处置技术概论》较系统全面地概述了固体废物处理与处置技术的基本理论, 实践应用的基本条件, 对环境保护的功能, 以及在长期应用实践中存在的问题。

本书第一章提到的废物资源化与交换技术是把废物作为有用材料进行再利用, 重新创造经济价值的最优处理方法。在将来废物的资源化率和作为资源进行交换率应是衡量科技进步和社会发展的标准, 废物资源化率和交换率越高说明科学技术先进, 经济效益好, 环境保护措施有成效。

尽管废物能做到最大可能的利用, 但仍要存在一定量不能再利用的废物, 特别是城市生活垃圾和工业一般废物仍会出现很大数量。对这些废物不进行妥善处理 and 处置, 对环境和人体健康的危害将会越来越严重。本书较详细的介绍了当前国内外对固体废物的地表填埋、地下填埋、沤肥化和焚烧处理与处置技术的发展现状, 技术状态和将来技术发展的方向。在废物填埋处置中较详细的介绍了地表安全填埋场的选址、基础密封、渗滤液排放与处理、土地复垦等全面的技术环节, 并对技术水平作出相应的环境评价。

在固体和液体废物地下处置技术上, 特别以实例介绍了德国把危险废物在岩盐矿和煤矿井里进行填埋和充填的技术方法; 美国把液体废物向地下灌注的技术方法。这两个国家将废物进行地下处置已经有几十年的历史。实践证明废物地下处置会使环境保护得到一劳永逸的效果。废物地下处置既节约了大量土地资源, 又避免了有害物质在生物圈上再循环, 使废物远离生物圈, 是确保环境领域和生态环境达到永久安全的根本保证。废物的地下处置, 实质上也是把地下空间作为废物贮存的永久仓库, 当科学技术发展需要某种废物时, 又可将废物从地下取出作为资源利用。固体废物和液体废物地下处置是将来废物处置的主导方向, 是实现废物远离生物圈脱离物质循环的唯一途径, 将是当今社会最提倡的一种废物处置技术。

废物的焚烧技术是废物减量化的最好的热处理措施, 废物只有先减量化才能进行地下处置, 特别是量大的生活垃圾必须首先要进行焚烧处理。在该书除介绍了较先进的焚烧技术外, 还重点介绍了烟气脱尘、脱硫和烟气处理技术, 在焚烧技术中特别强调的是烟气排放要达标。

废物沤肥化技术是废物资源化利用的另一种体现, 特别针对我国城市生活垃圾以厨余垃圾 (> 50%) 为主要成分的特点, 发展生活垃圾沤肥化处理应是我国生活垃圾的主要处理方式。

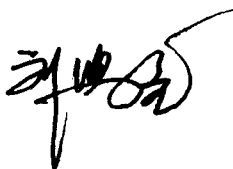
对于危险废物在本书中以三个章节进行了重点论述, 主要针对我国当前对危险废物的管理重视不够, 危险废物造成环境危害极大的实际情况, 较详细地论述了危险废物调查技术方法、与危险废物合理处置相关的相容性和不相容性, 以及为了正确鉴别危险废物的浸出毒性试验方法和技术标准。

综上所述, 该书较全面、细致地论述了固体废物当前主要的处理与处置技术, 在该书

的启发和引导下，有助于我国各地对固体废物的安全处置，选择最先进适用的技术，为城市环境管理建立了很好的技术基础。

本书作者曾是从事环境保护事业 20 多年的较有成就的科技人员，他们在环境事业上的成就和贡献在我们读这本书时会得到充分体现。我希望这本书对我国环境事业的发展起到一定的作用，又希望这本书的作者们能更加热爱环保事业，为我国环境面貌的改观作出更大努力。

中国工程院院士 刘鸿亮

A handwritten signature in black ink, appearing to be '刘鸿亮' (Liu Hongliang), written in a cursive style.

2005 年 8 月

## 前 言

世界范围内的人类生存空间环境状况的改善，很重要的任务就是对人民在生产和生活过程中产生的大量固体废弃物的处理和合理的处置。在当今世界固体废弃物对环境的污染是十分严重的，它要占据一定的空间位置，它要在环境中循环和运移，所以它对大气、土壤、地面水和地下水以及生态环境都造成了不良影响和污染，致使人们的生存环境向恶化的方向发展。鉴于固体废弃物对环境污染的严重性，人们想了许多办法和发展了相关技术来控制污染和治理污染，使各种污染尽可能的根除。几十年来世界各国对固体废物污染所制定的治理原则就是“废物避免、废物利用、废物安全处置”。在这个原则下发展了许多控制和治理废物污染的技术，在这里我们重点介绍和研究这些技术的国内外发展现状和实践应用的可能性。

本书主要论述废物资源化的回收再利用技术，废物地上安全填埋与废物地下安全填埋技术，废物的热处理技术和有机废物的沤肥化技术等。这些废物处理技术都能使废物得到合理处置，但是从长期利益上，为了子孙后代考虑，使废物处理能一劳永逸，无后顾之忧，那就是像德国提出的“让废物远离生物圈，脱离生物圈的物质循环”的倡议。在这个口号下，当前欧洲部分国家以及美国等也正积极开展废物地下充填处理（采矿措施），废物的地下堆填贮藏，将地下采矿活动形成的空间尽可能利用于废物的处理，特别是500m或800m以下的空间是废物处置最理想的场所。而美国将废液或废水进行地下灌注处理已有几十年的历史，以前是利用开采后的地下油、气田空间，当前已开始为了处理废物而经大量勘探工作来寻找裂隙发育的地层，特别是较深的（大于800m）裂隙地层是理想的废液处理空间。我们期望本书对危险废弃物地下填埋（灌注）技术的介绍能引起人们对发展这项技术以及这项技术对环境可能引起的影响的关注，因为只有关注，才能积极的行动。从德国和美国实践经验证明，让废物远离生物圈的设想是可以实现的。我国矿产资源丰富，采矿业发达，地下空间的潜力很大；另外油、气田的开采规模也很大，在这种条件下，我国迅速开展废物、废液的地下处置应是当前的迫切任务。

工业固体废弃物已成为我们国家实施可持续发展战略在环境保护方面的一个重大障碍，在发展的同时解决这个问题是建设循环型经济和环境友好型社会的重大国家需求。然而，不同技术路线的选择，结果可能完全迥异，事实证明，投资和处理结果以及环境效应并不是简单的正相关关系。因此，我们热切的期望，本书能给当前的实际需求提供有益的参考和借鉴，读者能从本书中汲取一些有用的观点和技术方法。同时，更好地学习国际上先进的理论与关键技术，并紧密地和本地具体的工程、环境管理结合，我们相信，本书可以起到一定的作用。

本书介绍了这一领域国内外的技术方法，希望能起到抛砖引玉的作用并得到我国政府、环保部门、企业家和科学家们的重视，尽快将我国废物处理技术发展到了与世界同步的水平，将对我国环境状况的改善和经济的可持续发展奠定牢固的基础。

在本书的编著过程中，我们主要借鉴在完成国家科技攻关课题研究中形成的成果以及

在完成国内有关城市委托进行的固体废物处理处置工程的前期研究和工程设计文件。在完成本书的同时，我们真诚地感谢金瞰昆教授、赫嘉豪、席北斗博士提供相关资料，以及参与各项相关工作的贺敬娜、盛秀荣、付霞、阮维理等同事，正是由于有了大家的参与和支持，才使得完成本书有了可能，请原谅在此不一一致谢。另外，我们谨以此书的出版纪念德国亚琛大学的 Lutz Krapp 教授。

编著者

2005 年 8 月

# 目 录

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| <b>1 固体废物资源化循环再利用与交换技术</b> | <b>1</b>   |
| 1.1 固体废物资源化                | 1          |
| 1.2 固体废物交换                 | 5          |
| <b>2 固体废物安全填埋处置技术</b>      | <b>23</b>  |
| 2.1 固体废物安全填埋处置技术的法律、法规与标准  | 23         |
| 2.2 固体废物安全填埋场基础密封技术        | 37         |
| 2.3 固体废物安全填埋场基础密封层的制作技术    | 40         |
| 2.4 固体废物安全填埋场表面密封体系与复垦技术   | 62         |
| 2.5 填埋场的监控与监测技术            | 65         |
| 2.6 固体废物安全填埋场垃圾渗滤液处理技术     | 66         |
| 2.7 固体废物安全填埋场实例            | 74         |
| <b>3 废物地下处理处置技术</b>        | <b>101</b> |
| 3.1 德国的固体废物地下填埋处置技术        | 102        |
| 3.2 美国的液体废物地下深井灌注技术        | 125        |
| <b>4 废物焚烧处理技术</b>          | <b>130</b> |
| 4.1 废物焚烧工艺                 | 130        |
| 4.2 湿式烟气脱硫技术方法             | 138        |
| 4.3 电过滤器除尘技术               | 140        |
| 4.4 废物焚烧处理技术应用实例           | 141        |
| <b>5 有机废物沤肥技术</b>          | <b>148</b> |
| 5.1 堆肥技术发展简史               | 148        |
| 5.2 堆肥技术基本原理               | 149        |
| 5.3 好氧堆肥化基本工艺与分类           | 153        |
| 5.4 废物堆肥化设备                | 156        |
| 5.5 德国 Backhus 沤肥技术工艺      | 165        |
| 5.6 亚琛市 Wurselen 有机废物沤肥厂   | 172        |
| 5.7 奥地利维也纳市有机废物堆肥技术        | 172        |
| 5.8 对我国有机废物沤肥技术的应用与发展的建议   | 174        |
| <b>6 危险废物调查技术方法</b>        | <b>176</b> |
| 6.1 危险废物调查方法与项目            | 176        |
| 6.2 调查项目与程序                | 177        |
| 6.3 危险废物的有害特性试验            | 192        |
| 6.4 危险废物数据库及预测模型           | 201        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>7 危险废物的相容及不相容性 .....</b>        | <b>208</b> |
| 7.1 概述 .....                       | 208        |
| 7.2 江南某市危险废物相容和不相容性研究 .....        | 216        |
| 7.3 我国主要城市危险废物相容和不相容性 .....        | 220        |
| 7.4 城市固体废物与危险废物共处置研究 .....         | 225        |
| <b>8 危险废物浸出毒性试验及其浸出方法标准 .....</b>  | <b>232</b> |
| 8.1 国外危险废物浸出毒性试验及其方法 .....         | 232        |
| 8.2 我国危险废物浸出毒性试验和方法标准 .....        | 234        |
| 8.3 工业固体废物浸出毒性试验方法存在的问题和发展趋势 ..... | 245        |
| <b>附录：锦州市地下水保护国际合作现场考察报告 .....</b> | <b>246</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>255</b> |
| <b>后记 .....</b>                    | <b>257</b> |

# 1 固体废物资源化循环再利用与交换技术

在固体废物中有许多有用物质，这些物质应视为宝贵财富，不能轻易地被人们丢掉，应尽可能地把它们都利用起来，作为生产中的材料和人们生活的有用物品。废物利用应在废物避免的前提下来实行，在废物法则中给人们提出的第一项任务就是废物避免，那么废物利用本身也是废物避免的一种体现。因此废物避免与废物利用和交换应同时存在，并要有机的配合起来。

## 1.1 固体废物资源化

### 1.1.1 在生产过程中废物避免与回收再利用

特别是工业、手工业的废物产生量的缩小与在生产过程中废物避免和废物的回收再利用的水平关系十分密切，因此要求任何产品在生产工艺上应采用新技术，要节约原材料，提高产品质量，要增长产品的使用寿命，尽量避免废品，减少边、角废料的产生量。这个原则既有利于企业的盈利又有利于环境保护，但是能做到这一点则非常不容易。

在任何产品生产中都建立废物避免和废物再利用的制度，这应是企业管理的最重要任务。实际上某些企业即使有了这方面的制度，但都没有认真的实行，企业管理者应该把这个问题看作比技术革新更重要，能做到这一点实质上应是产品质量提高的保证，企业盈利的前提条件。在企业生产中，边、角废料的减少或回收再利用也是企业清洁生产、企业文明的具体体现。在当今世界市场竞争如此激烈，如在生产过程中能做到废物避免和废物回收再利用，也可认为是企业或工厂创造利润的途径和企业生存的出路，也是企业生产与环境友好，可持续发展的保证。

### 1.1.2 在产品消费过程中的回收再利用

生产的产品是供给人们消费，使用或者再生产的资料。像产品的包装物品、使用过的废旧物品、旧家具和家用电器的更新等，在人们的生活中每天都要产生许多垃圾，在这些垃圾中有许多有用物质，因此每个人都有将这些有用物质回收再利用的义务。由于各个国家人们的生活水平不一样，所以在产品消费过程中对有用废物的回收方式也各异，但绝大部分有用物品都做到了回收再利用。

#### (1) 在居民区内设立废旧物品回收站

欧洲或其他经济较发达的国家，在一定范围的居民区内都设立一个小的废旧物品回收站，在这个回收站要设立不同类型的垃圾箱，每个垃圾箱都标有物品名称，如纸品、玻璃、塑料、金属物品、旧电池、家用电器、纺织品等。居民会自觉地每周一次或定期用自己的私人汽车把家累积存的这些有用垃圾送到废旧物品回收站分类投放到各个箱里。例如奥地利的维也纳市在 1996 年在全市各居民区总共设立了 19 个垃圾回收站，有 130 万人向

这些垃圾站运送可回收利用的垃圾,据统计(1997年数据)木材的回收量为1 9551 t、塑料为6 415 t、金属回收量为17 936 t,纺织品为354 t。从1988年开始又设立旧轮胎的垃圾回收站,至1997年回收量已达到926 t。此外,从1990年开始维也纳市又开始对电子产品、废旧电子材料、屏幕进行分类和回收处理,至1997年已回收到1 100 t。在1997年这19个垃圾回收站共回收35 378 t废旧材料和有机物质,44 539 t建筑碎料和23 953 t大型垃圾。这种对有用废物的回收方式在欧洲各个国家都是同样的,居民自觉到临近垃圾站去投送,然后环卫工人定期把这些有用垃圾送给加工厂或相关企业进行加工再生产。

除此之外,在一些大型超市以收押金的方式来回收有用物品,例如饮料瓶等。

## (2) 无组织的个体收购有用垃圾的方式

在经济不太发达的国家,特别是在中国,有许多人靠收购有用垃圾生存,而且还有相当好的收入。像纸箱、啤酒瓶、塑料等有用物品,居民们都暂时把它保存在家里,当收购者走街串户到家门口时,居民可随时把它卖给收购者,收购者再把它卖给收购站,其中收购者可收取一定利润。收购站再把这些物品送到相关工厂和企业,又可取得一定利润。因此靠回收有用垃圾也解决了许多人的就业问题。据有关部门统计可回收利用的垃圾占城市生活垃圾总产生量的30%以上。

### 1.1.3 家用电器产品回收再利用与合理处置

由于人民生活水平的提高,家用电器产品的使用量越来越多,在城市居民中,甚至城市所有的家庭都拥有电视机、电脑、电冰箱、空调机、电热水器等许多家用电器。这些家用电器的服务年限一般都在10年左右,像质量不好的洗衣机或电冰箱仅用几年就坏了,而不再使用了。这些大量家用电器产品的出现给环境带来了极沉重的负担。目前我国对这些旧家用电器的回收利用还没有形成有管理能力的体系,据新闻媒体报道像电脑这类的废物对环境造成了很大的危害,特别是冰箱里的制冷剂等对环境的影响其危害性是很大的。而对我国当前经济尚不发达的情况下应组织一定的回收队伍,对废旧家用电器进行回收利用形成产业,不仅能创造出一定的经济效益,解决就业问题,还能显著的减轻环境污染的负担,则是政府或相关企业上应负起责任并给予重视。

#### (1) 对电冰箱和电脑、电视机屏幕废物的回收和处理

在家用电器中电冰箱和电视机屏幕对环境危害是极大的,这个问题引起奥地利维也纳市的特别重视,他们专门成立了这类垃圾的处理厂。对电冰箱的处理他们还认识到制冷剂氯氟烃的危险性,因此处理目标主要避免氯氟烃对环境的污染。他们所采取的措施是两级处理:

第一级是把冰箱中的液体制冷剂和空压机油抽出,在正常压力下气体状的氯氟烃可从油水分离出来,压成液体并放入钢制的瓶内,然后再进行适当处理。在不能回收再利用的前提下,不管任何处理方法,其原则不能对环境造成危害。

第二级处理是从隔热材料中回收氯氟烃,回收方式有多种。为了从泡沫中回收氯氟烃必须把它们磨碎加压挤出,在冰箱体内如有金属和塑料部件含有氯氟烃时,除将空压机拆除外,其余部分都要压碎然后送垃圾焚烧厂进行焚烧处理,燃烧后的金属部分可用磁力机回收。

奥地利对于旧屏幕处理目标,首先考虑要将有害物质分离,回收可利用的材料,然后

对那些不可利用,例如直径大于 2cm,长 10cm 的电容器(含 PCB 危险性废物);液晶显示器;电池和蓄电池;屏幕涂层等这些不能再利用的物件可送到焚烧厂去焚烧处理。对于显像管要采用一定的方法首先进行回收利用,而对于有害的荧光材料应作填埋或焚烧处理。

## (2) 除家用电器以外的有潜在环境影响的废品回收利用与处理

将混入生活垃圾中有害物质分离出来,可以减轻生活垃圾的有害成分,又会减轻垃圾焚烧厂的负荷,而且有些物质还会有再利用的可能。所谓潜在环境影响的废品主要有药品(包括试剂)、照明灯管、发动机油、煤气罐、食用油、旧电池、灭火器、启动电池和旧容器等。

在 1997 年奥地利维也纳市通过设在各居民区的垃圾站和潜在环境影响的废品收集站总共收集上来的各类物品达 1 686 245kg,其中:

|      |        |
|------|--------|
| 有机垃圾 | 40.67% |
| 无机垃圾 | 1.55%  |
| 药品   | 4.42%  |
| 灭火器  | 0.17%  |
| 发动机油 | 7.55%  |
| 煤气罐  | 0.25%  |
| 食用油  | 15.4%  |
| 其他   | 0.37%  |
| 旧电池  | 2.81%  |
| 照明灯管 | 0.510% |
| 启动电池 | 25.08% |
| 旧容器  | 0.44%  |

上述回收的材料进行了回收再利用,不能再利用的分别进行安全填埋和焚烧处置。

### 1.1.4 大宗型废物的合理利用与安全处置

大宗型废物是指那些数量大的惰性物质,它的不安全堆放除要占用大量土地外,它的粉尘颗粒在风的作用下对大气环境造成强大影响。这些大宗型废物主要指发电厂的煤粉灰、煤矿开采产生的矸石,建筑废墟,以及垃圾焚烧厂的渣和各种水洗矿渣、金属冶炼渣等。这些数量大的废物普遍可以作为建筑材料使用,但是正因为它的产生量大只单作建筑材料使用是消耗不掉的,所以人们又设法在其他方面来利用它。

#### (1) 对建筑废墟的利用

城市的发展使旧建筑拆除,新建筑物兴起,不免要产生大量建筑废墟,当许多建筑废墟没有找到适当用途之前,会暂时堆放在城郊闲散的空地上或坑内。在我国的深圳市近年来把大量建筑废墟作为填埋场垃圾覆盖土使用,在下坪填埋场可以看到把建筑废墟物质运来后先堆在一旁,然后逐渐的使用在垃圾堆填到一定厚度时把它覆盖在上面,这样既便于堆填作业又有利于避免垃圾散发臭气和滋生蚊蝇。除此之外建筑废墟也可以填坑造地使用,或修路、筑堤。

在德国统一时,柏林墙被推倒后,大部分墙体被打碎后将钢筋拆除,然后对水泥墙碎块用粉碎机加工成小碎块,作混凝土加工料使用,成为很好的建筑材料,变废为利取得了

很好的经济效益。

### (2) 对发电厂粉煤灰的利用

燃煤发电厂一般产灰量都达 70% 以上, 因此一般在发电厂附近都有很大的贮灰场。因此在发电厂周围的空气质量都是很差的, 在我国粉煤灰利用和处置问题一直是个难题, 粉煤灰在我国曾作为煤矿开采工作面充填材料使用过, 但由于工艺和采矿效益问题并没有坚持下来。粉煤灰也曾用来制砖和做其他建筑材料, 但使用量很小。至目前为止我国电厂的粉煤灰仍没有完全得到充分的利用和合理的处理, 对环境的影响仍然没有得到控制。

在德国发电厂的粉煤灰在 20 世纪 80 年代末曾普遍当作废物运到填埋场进行填埋处理, 但是由于其量大占据填埋场的体积太大而又终止了这种做法。近年来随着德国新的采矿法出现, 作出限制全陷法采煤的决定, 而将燃煤电厂粉煤灰和垃圾焚烧厂的渣、煤矿的水洗矸石和其他一些废物混合在一起制成膏状充填材料, 大量用于井下工作面充填, 这种应用的消耗量较大。

在当前我国由于环境保护的力度加强, 许多城市都开始建设垃圾填埋场, 因此建议也可把粉煤灰作为垃圾填埋覆土层使用, 对于大型填埋场这种消耗量也是很大的, 并且也会符合环保要求。

垃圾焚烧场的渣, 由于在 1 000℃ 以上的高温作用下, 一般都可形成不溶于水的结晶渣, 所以可以作建筑材料和筑路材料使用。在深圳市龙岗区中心城垃圾焚烧发电厂的渣已用于制砖材料使用, 在厂周围已建设一个小型制砖厂, 取得了较好的经济效益。

### (3) 煤矿开采形成的矸石山的利用与处置

我国煤炭资源丰富, 许多城市的主体产业就是煤炭开采, 长期以来我国能源的主体也是煤炭, 因此在 20 世纪我国煤炭产业很兴盛, 出现了许多煤城。但是在 20 世纪中期、初期人们的环保意识还不强, 故在煤炭开采时, 没有采取任何环保措施。因此, 在煤矿区矸石山耸立, 塌陷坑到处存在给矿区的生态环境造成了强烈的破坏, 特别是在 20 世纪末许多小煤矿和私人矿业的兴起, 在矿区严重环境污染的基础上又雪上加霜, 形成了更深层次的大气污染和生态破坏。特别是无控制的矸石山自燃发火, 小炼焦厂的星罗棋布, 给矿区的环境带来更严重的影响。

在 20 世纪末和 21 世纪初由于科技的发展, 能源结构的改变, 煤矿生产受到了限制, 使许多燃煤动力得到改变, 致使因燃煤造成大气中  $\text{SO}_2$  的污染得到了较好的控制, 而当前在矿区最严重的问题是矸石山的存在, 由于它的量大则很难处理, 在当前煤炭产业不景气的情况下这个问题更难解决。煤矿矸石山的解决过去曾用它制砖等作建筑材料的原料, 但只能用去很少一部分。还可以用作井下开采的充填材料、修路、筑堤材料, 但这些利用方式仍不能彻底消灭矿区矸石的存在。较理想的做法就是用这些矸石材料填坑造地, 使矿区高耸的矸石山移平, 塌陷的采矿沉陷区重新填平恢复原貌, 使矿区的地形地貌经过人工修复可以重新获得正负平衡的效果, 取得大量可利用的土地面积, 进行耕种或其他土地利用的目的, 将会创造出很大的经济价值。但是这种解决办法的实现必须要有矿区长远规划和大量资金的支持。不管怎样, 矿区矸石的移平和生态环境的改变是必须要解决的问题, 国家和地方政府对这个问题的解决是责无旁贷的, 否则矿区的环境面貌是无法改变的, 希望有一天会出现理想的措施解决各个矿区普遍存在的这个疑难问题。

在德国老矿区, 像鲁尔矿区的许多矿井的老矸石山因当地气温适宜, 雨量充沛, 而被

种植林木或用相适合的植被覆盖进行生态复垦处理,形成人工的景观。特别是在德国 Aachen 和 Essen 市周围许多绿色的山并不是天然的山,而是用绿色植物人工修复了的旧的采矿矸石山。也有的矸石山用来回填过去露天开采形成的坑,造成平地并种植了作物。还有像杜伊斯堡市港口的堤坝,莱茵河的防洪堤坝很大一部分都是用临近矿区的矸石筑成。现今矿井开采产生的矸石由于现在德国采矿法禁止采用全陷法采煤,所以采出的矸石又经过加工成充填材料而重新又返回地下,因此在德国不管是停采的老矿区还是在生产的新矿区,地面上基本上无矸石山存在。

## 1.2 固体废物交换

自从 70 年代以来,随着发达国家工业的快速发展,工业固体废物的产生量与日俱增,随之对环境造成严重的污染,致使在处理处置的过程中使人们对废物的概念产生了新的认识,认为“废物”的概念应是相对的,即一个工艺过程产生的废物,可能是另一个工艺的原料,这样废物就变成了资源。若废物能投入市场在使用者和产生者之间进行物质交换,则成为废物资源化的一种手段。通过废物的市场交换方式,可最大限度地以较经济的方式使废物得到回收利用。

废物交换制度的建立及其推广应用,使废物充分资源化,提高废物综合利用率,化害为利,变废为宝,对减轻废物处理处置的压力将发挥重要作用。

由于废物交换在我国起步较晚,关于其交换的方式、方法及其实施过程没有充分资料进行介绍,本文试图从废物交换市场的建立、废物交换的可行性、废物交换的管理与实施、废物交换信息管理系统和我国废物交换实施基本情况等加以论述,以促进废物交换工作在我国得到进一步地开展,形成市场化机制。

### 1.2.1 废物交换与废物资源化

#### (1) 固体废物的资源特征

值得人们注意的是,废物是一个相对的概念,有人认为所谓废物是“在一定的时空条件下没有使用价值的物质”。换言之,许多在某时某地被废弃的物质,随着技术经济条件发展变化或者随着时间或空间上的转移,就有可能变成有用的原材料。正是由于废物有这种相对性,为固体废物的管理及污染控制提供了广阔的前景。

固体废物分类有很多方法,按其性质可分为有机物和无机物;按其形状可分为固体的和液状的;按其来源可分为工业的、生活的等等。为了便于管理,经常采用按来源分类的方法。

对危险废物的判别,一般是按其是否具有急性毒性、易燃性、腐蚀性、反应性和浸出特性进行判定,凡是具有其中一种或一种以上特性者即可称为危险固体废物。

以上这些不同类型的废物都具有一定利用的价值,在 1972 年,荷兰首先提出了废物交换思想,即一个行业的废物可能成为另一个行业的原料过程。原西德化学工业协会(VCI)首先在原西德实施了废物交换制度。

废物交换作为一种思想和实践,被人们广泛接受和采用,这与当时的社会、经济条件是有密切关系的。

## 1) 对资源有限性的认识

资源、能源、环境是人类赖以生存的重要条件，是人类社会发展的必要物质基础。人类为了满足自身及其社会日益增长的物质与文化生活需要，从自然界大量开发资源，不断扩大以生产和消费为主要内容的经济活动，但是在日益膨胀的社会物质需要面前，自然资源与能源已逐步趋向匮乏。同时由于对环境和资源没有进行妥善保护和合理利用，到 20 世纪 60~70 年代已出现了许多环境问题。大气、水域被污染，固体废物大量排放、堆积，使水资源匮乏，能源短缺，能源市场不稳定等，使发达国家产生能源和资源的危机感，这些问题会使人们对“资源有限”有了更明确的认识，使人们对如何节约能源，去开发再生能源产生了紧迫感。

## 2) 法律的约束

由于固体废物，特别是危险废物对环境污染日益加重，为了防止对环境的污染，各国先后颁布了一些法律加以约束，如表 1-1 所示。

表 1-1 一些国家和地区有关固体废物的法规、条例

| 国家名称  | 法规条例名称                             | 制订、修改时间                    |
|-------|------------------------------------|----------------------------|
| 美国    | 固体废物处置法                            | 1965 年                     |
|       | 资源回收法                              | 1970 年                     |
|       | 资源保护与回收法 (RCRA)                    | 1976 年, 1980 年修订           |
|       | 全面环境责任承担赔偿责任和义务法                   | 1980 年                     |
|       | 危险废物填埋场最低技术要求                      | 1984 年                     |
| 英国    | 有毒废物堆放法                            | 1972 年                     |
|       | 污染控制法                              | 1974 年                     |
|       | 垃圾处置法                              | 1978 年                     |
| 荷兰    | 化学废物法                              | 1976 年                     |
|       | 废物法                                | 1977 年                     |
| 日本    | 废物处理清扫法                            | 1970 年                     |
|       | 危险废物法试行纲要                          | 1987 年                     |
|       | 废弃物最终处置场指针                         | 1985 年                     |
| 前西德   | 废物处置法、废物技术导则、居民废物技术导则、固体废物减少和处置管理法 | 1972 年, 1976 年修订<br>1986 年 |
| 法国    | 废物处理法                              | 1972 年<br>1976 年           |
| 瑞典    | 危害环境的废物规划                          | 1976 年                     |
| 丹麦    | 废油及化学废物处理法                         | 1972 年                     |
| 墨西哥   | 固体废物有害废物及潜在性有害废物条例                 | 1983 年                     |
| 中国台湾省 | 废物处理法                              | 1974 年<br>1980 年修订         |

随着发达国家的固体废物管理法规体系的健全，以及关于危险废物排放和处理处置的严格规定，使得人们不再一味注重废物产生后的末端处理处置，开始研究废物的最少量化

和综合利用,寻求途径进行废物的循环利用,建立废物市场,沟通供求渠道以减少废物的产生量和处理处置量,废物交换市场则是这些活动的重要环节和场所。

### 3) 科学技术的进步

随着科学技术的发展,人类对资源、能源的再利用技术不断进步,目前各行各业都具有废物循环利用技术,并正在继续开发研究废物综合利用技术。例如,废旧汽车加工回收钢铁,废塑料炼油,废旧铝容器加工成铝锭,亚硫酸盐废液加工成酵母,铬渣综合利用已开发出铬渣制钙镁磷肥、钙铁粉、铸石和玻璃着色剂等技术,成功地开发了磷石膏制硫酸联产水泥的综合利用技术,利用生产季戊四醇排出的废母液,分别回收母液中的甲酸钠和季戊四醇的技术,煤矸石制成建筑材料,粉煤灰制砖等等。这些技术的开发和成熟为废物交换和循环利用提供了可能性。

### 4) 人们环境意识的提高

随着我国国民经济的发展,特别是我国改革开放以来,在国营大中型企业不断发展的同时,乡镇企业像雨后春笋般地发展起来,由于工业的迅速发展,排放的废气、废水和废渣与日俱增,尽管我国政府职能部门和生产者采用了很多措施设法加以治理,但是由于技术条件和财政能力的限制,排放的废物仍然对环境造成了污染。例如,酸雨的出现;河流变污浊;利用某些河段污水灌田出现农作物减产;固体废物的堆积不仅影响市容,而且毒害城市居民的身心健康。我国政府及环保部门多年来的大力宣传有关环境保护方面的知识,使广大人民群众充分认识到环境保护工作的重要性和必要性,人们渴望回到从前那样清新的空气、碧绿的溪水以及绿树成荫的环境,这种回归自然、改善目前环境的愿望,无疑对我国环境保护工作,包括对固体废物的再生利用,废物交换工作等的积极开展具有深远的意义。

## (2) 废物交换与环境管理

1992年颁布的联合国《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》(简称巴塞尔公约)充分体现了这种思想。在联合国关于环境保护文件(UNEP)《关于拟定巴塞尔公约所管制废物的环境无害管理技术准则的纲领文件草案》(1992年9月)中进一步提出了“无害环境管理”,其中有关固体废物管理的战略准则如下:

“通过采用减少废物的生产方法,防止和尽量减少废物的产生。在可以采用危害较小的物质替代而不会对产品质量或经济成本产生有害影响或其他风险时应避免使用危险物质。在尽可能地通过直接再使用、替代使用、再生或再循环来推动无害化环境的资源回收方法”。

在该草案中,对固体废物特别是危险废物的管理提出一个层次性的管理指导思想,其内容表述如下:

①在具有实际和经济可行性而无害环境的情况下,首先避免废物的产生。

②在①不具有实际和经济可行性而且不能做到无害环境的情况下,将产生废物的量减少到最低限度。

③最大限度地对所产生的可处理的废物进行回收,再循环利用。

④销毁不可用③方法处理的废物或将其变成稳定状态的废物。

⑤最后,需要对处理和回收后的残留物进行适应的最后处置。废物处置主要包括对废物进行焚烧、填埋、热解、好氧或厌氧分解等。

从上述观点我们可以把固体废物的全过程管理归纳为三个层次，首先是防止或尽量减少固体废物的产生；其次是将已产生的废物进行回收，再循环利用；其三是将暂不能回收或再利用的废物进行无害化的处置。固体废物交换是属于第二层次的回收利用，是循环利用中的一个重要环节。

### 1) 固体废物的最小量化

废物最小量化与废物处理处置是两个不同的概念，废物处理处置的概念也包括减容和减量，是指在废物产生以后通过物理的、化学的或生物方法的无害化处理、处置，使其体积、重量（含有害组分含量）的减小。它是一种废物治理途径，属于末端控制污染的范畴。而废物最小量化系指在工业生产过程中，通过产品改换、生产工艺改革及材料循环利用等途径，使在生产过程中废物的产生量最小，以达到节约资源，便于处理处置和减少污染的目的。故废物最小量化是一种限制废物产生的途径，属于首端预防范畴，系指废物排放前的生产工艺过程的各个阶段。

废物最小量化实际上是如何设法满足在生产特定条件下使其物料消耗最少而产品产出率最高的原则。物质（包括生产过程中所需的所有原材料，能源等）被生产者利用及被消

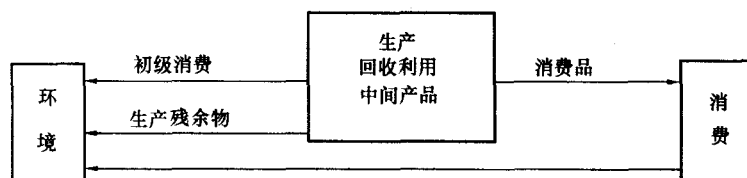


图 1-1 生产、消费过程的投入和产废的关系

费者使用的过程中其总量应该是不变的，其废物是在生产、消费的各个不同阶段中产生的。从整个生产至消费的全过程物质的总量是不变的，图

1-1表示生产、消费过程的投入和产废的关系。表明人们可以通过改革生产中的工艺技术、控制物质最初投入方法、比例以及各个生产环节的产废量来进行管理和控制末端废物的产生量。可以看出固体废物的控制具有总量和过程的特征，废物最小量化、清洁生产及全过程管理固体废物的思想均源于此。

废物最小量化主要内容包括源的减量化和现场循环回收利用两个部分。源的减量化包括产品改换和工艺改革；现场循环回收利用系指废物在生产工艺中的闭路循环或半封闭回收利用。事实上在生产过程中尚有相当部分废物排入环境中，故废物最小量化还应包括非现场回收及加工或其他副产品的再资源化。废物最小量化技术路线如图 1-2 所示。

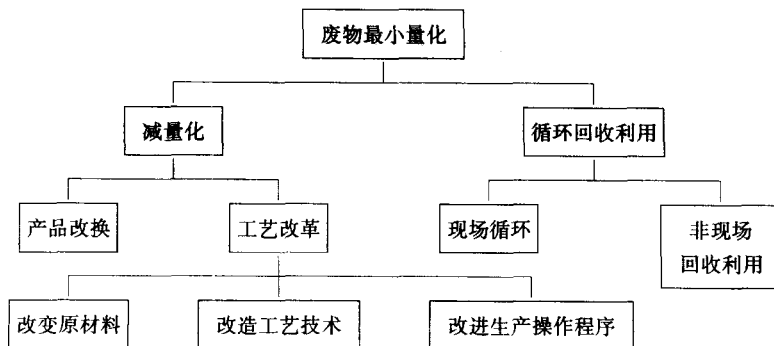


图 1-2 废物最小量化技术路线