# 固体废弃物资源化技术

徐惠忠　主　编
王德义　赵　鸣　副主编

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心
·北　京·

需要全本请访问 www.ertongbook.

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

固体废弃物资源化技术/徐惠忠主编. —北京：化学工业出版社，2003.12
ISBN 7-5025-4696-0

Ⅰ. 固… Ⅱ. 徐… Ⅲ. ①固体废物-废物处理②固体废物-废物综合利用 Ⅳ. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 102123 号

固体废弃物资源化技术
徐惠忠 主 编
王德义 赵 鸣 副主编
责任编辑：陈 丽 董 琳 刘兴春
责任校对：洪雅姝 靳 荣
封面设计：潘 峰

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话：(010) 64982530
http://www.cip.com.cn

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印刷
三河市前程装订厂装订
开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 13¼ 字数 358 千字
2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4696-0/X·321
定 价：34.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

# 前　　言

固体废弃物作为生产与消费活动的副产物，随着排放量与积累量的不断增加，已成为现代文明社会的痼疾。如何更多更好地将这些被称为“垃圾”的固体废弃物进行再生或综合利用，不仅关系到我们的生活环境是否能得以净化，而且由于其代替了部分有限的天然资源，从而影响到我们的子孙后代是否存在更多的生存与发展机会。

目前，对于固体废弃物的处置仍然以堆置与填埋方式为主，有关论述固体废弃物处理与处置方面的著作虽不鲜见，但专门论述将固体废弃物转化为有用资源的技术参考书还比较缺乏。事实上，我国对于固体废弃物的再生利用历史并不短，再生利用率也不算低，但就技术与管理水平而言，与发达国家还有相当大的差距。迄今为止，我国的垃圾分类回收工作还刚刚起步，在国外行之有效的生产者负责废物回收处理制度还没有建立起来，成规模的废物加工处理及其设备制造企业还非常缺乏，整个回收体系仍然由无组织的“拾荒者”和“废品收购站”承担，加工利用则主要依靠某些企业作为降低成本的掺配原料自发进行，有些企业甚至将废物利用当成制造劣质产品的正当理由。鉴于此，我们认为，有必要尽快出版一本系统介绍固体废弃物资源化技术的指导性参考书，以推动该项事业向着目的化、正规化、规模化、产业化的方向发展。

全书由徐惠忠统稿，王德义负责编写第二章的第二节、第三章的第四节、第五节和第四章的第二节，赵鸣负责编写绪论、第二章的第四节、第五节和第三章的第一节，吴广芬负责编写第二章的第三节和第三章的第三节，蒋家宇负责编写第二章的第一节和第三章的第六节，刘鹏负责编写第一章第一至第三节，王美娥负责编写第三章的第二节，齐永波负责编写第四章的第一节。初稿完成后，由

徐惠忠负责对各章节内容进行修改、补充和全书结构与表述方式统一工作。

考虑到系统性，本书在编写过程中除了运用编者的科研成果与知识积累外，还借鉴和引用了大量的前人成果与著作，其中，个别引用资料由于种种原因可能出处标明有遗漏或不够准确，在此对相关作者表示深深致歉，同时向所有被引用资料的作者表示万分感谢。

限于编者水平，本书难免存在疏漏、缺点和谬误，敬希广大读者不吝赐教。

编者

2003 年于烟台

# 目　　录


绪论 …… 1
第一节　固体废弃物的概念、来源和分类 …… 1
一、固体废弃物的概念 …… 1
二、固体废弃物的来源及成分 …… 2
三、固体废弃物的分类 …… 5
第二节　固体废弃物的特点、危害及其控制 …… 7
一、固体废弃物的特点 …… 7
二、固体废弃物的危害 …… 8
三、固体废弃物污染的控制 …… 10
第三节　固体废弃物处理与处置方法 …… 11
一、固体废弃物处理、处置的原则 …… 11
二、固体废弃物处理方法 …… 12
三、固体废弃物处置方法 …… 13
第四节　我国固体废弃物资源化的历史、现状与发展趋势 …… 13
一、我国固体废弃物资源化的历史 …… 14
二、我国固体废弃物资源化的现状 …… 15
三、我国固体废弃物资源化的发展趋势 …… 16
参考文献 …… 16
第一章　金属质固体废弃物的资源化技术 …… 17
第一节　废钢铁的回收与加工处理 …… 17
一、废钢铁的种类及其辨识 …… 18
二、废钢铁的分选与加工处理 …… 27
三、冶金工业对废钢铁的技术要求 …… 30
第二节　废有色金属的回收与加工处理 …… 33
一、废有色金属的种类与辨识 …… 36
二、废有色金属的分选与加工处理工艺 …… 46
三、废旧有色金属与再生有色金属的技术标准 …… 60


需要全本请访问 www.ertongbook.

第三节　废机器的回收与加工处理 …… 63
一、废旧汽车的回收与加工处理 …… 63
二、废船舶的拆解与材料的回收利用 …… 73
参考文献 …… 78
第二章　无机非金属质固体废弃物的资源化技术 …… 79
第一节　冶金及电力工业废渣的利用 …… 79
一、冶金及电力工业废渣的种类及性质 …… 79
二、冶金及电力工业废渣的加工与处理 …… 85
三、冶金及电力工业废渣的应用 …… 95
第二节　化学工业废渣的处理与利用 …… 123
一、化学工业废渣的种类与特性 …… 123
二、化学工业废渣的处理与回收 …… 125
第三节　矿业废渣的加工与应用 …… 152
一、矿业废渣的种类与性质 …… 152
二、矿业废渣的综合利用技术 …… 155
第四节　建筑垃圾的再生利用 …… 186
一、建筑垃圾的组成与分选 …… 187
二、用建筑垃圾配制再生骨料混凝土 …… 189
三、废砖的综合利用 …… 194
四、废陶瓷的综合利用 …… 195
第五节　污泥与垃圾灰的资源化 …… 196
一、污泥的成分及性质 …… 196
二、污泥的处理 …… 199
三、污泥的资源化利用 …… 201
四、垃圾焚烧灰渣的性质及应用 …… 226
参考文献 …… 230
第三章　有机质固体废弃物的资源化技术 …… 232
第一节　废旧塑料的再生与应用 …… 232
一、废旧塑料的种类与辨识 …… 233
二、废旧塑料的再生加工技术 …… 238
三、废旧塑料的其他应用 …… 250
第二节　废旧橡胶的再生与应用 …… 260
一、废旧橡胶的种类与辨识 …… 260

二、废旧橡胶的再生加工 …… 265
三、再生胶及其综合利用 …… 270
四、再生胶粉的综合利用 …… 279
五、废橡胶的热利用 …… 285
六、废橡胶的直接利用和废纤维的利用 …… 287
第三节 废纸的再生与应用 …… 293
一、废纸的种类与辨识 …… 295
二、废纸的再生加工 …… 303
三、废纸的其他应用 …… 324
第四节 废纤维织物的处理与利用 …… 330
一、废纤维织物的种类与辨识 …… 330
二、废纤维织物的加工与综合利用 …… 337
第五节 废旧皮革的回收与利用 …… 343
一、废旧皮革的分类 …… 343
二、皮革加工过程简介 …… 343
三、废毛皮的综合利用 …… 345
四、废旧皮革的回收与利用 …… 350
第六节 农林废弃物的利用 …… 357
一、农林废弃物的成分、性质与利用途径 …… 358
二、农作物秸秆的综合利用 …… 360
参考文献 …… 378
第四章 特殊固体废弃物的资源化技术 …… 380
第一节 电子废弃物的回收与利用 …… 380
一、电子废弃物的组成 …… 380
二、电子废弃物的处理与利用 …… 383
三、电子废弃物的危害 …… 386
四、电子废弃物回收利用的意义与现状 …… 387
五、国外经验及其启示 …… 389
第二节 废电池的回收与综合利用 …… 392
一、废电池的种类与辨识 …… 392
二、废电池的综合利用技术 …… 398
三、国外电池回收处理措施对我们的启示 …… 409
参考文献 …… 411

# 绪　论

## 第一节　固体废弃物的概念、来源和分类

### 一、固体废弃物的概念

对于固体废弃物，目前尚没有一个统一的确切定义。

从环境保护角度看，根据《中华人民共和国固体废弃物污染环境防治法》的规定，固体废弃物是指在生产建设、日常生活和其他活动中产生的污染环境的固态、半固态废弃物质，如矿业废料、建筑垃圾、废纸、废塑料、废玻璃、炉渣、矿渣、废水污泥、人畜粪便、动物尸体、变质食品等。

按照我国现行的管理体系，有时也将不能排入水中的液态废弃物和不能排入大气而置于容器中的气态废弃物归为固体废弃物，如废油、废酸、废氯氟烃等。

固体废弃物一词中的“废”，具有鲜明的时间特征与空间特征。从时间上讲，它仅仅表示就目前的科学技术与经济条件而言，一时尚无法或不愿利用，但随着科学技术的不断发展和一次原料的日益短缺，今天的废弃物势必将成为明天的资源。从空间上看，废弃物仅仅相对于某一过程或某一方面没有使用价值，而非在一切过程或一切方面都没有使用价值，某一过程的废弃物，往往是另一过程的原料；某一地点被丢弃的东西，又可能在另一地点发挥作用。例如，高炉矿渣，过去都是作为冶金废弃物，现在却成为重要的建筑材料原料，广泛用于生产水泥、砖、陶粒、矿棉等，利用率已接近100％；相反，有些现在被称为废弃物的东西，其实在过去并不作为废弃物看待，如人畜粪便，在化肥出现以前一直是作为肥料的主要来源。

在资源再生利用工作者看来，任何废弃物都不是无用之物。因

此，有人将废弃物称为“放错地方的资源”或“人工制造的矿产”。

据此，本书对固体废弃物的定义是：人类在生产建设、日常生活和其他活动中产生的，在一定时期或一定地点无法利用而被丢弃的污染环境的固态、半固态物质。

鉴于本书的编写目的，主要是阐述业已或即将推广应用的废弃物再生或综合利用技术，因此，除了从社会效益角度看待固体废弃物的废而不废意义外，还不能不考虑实施这些技术的经济效益。就经济效益层面看，最可行得到资源化开发利用的固体废弃物至少应当具备另外三个特征：一是产生量具备一定规模，即所谓的大宗废弃物；二是开发利用企业能够从中获得经济效益，包括弥补废弃物导致的环境损失效益；三是在回收、加工及利用过程中对人类健康与生态环境不构成新的危害。为此，本书所述的“固体废弃物”，主要是指那些大宗、单纯或经分选、获得比较容易的工业、矿业、建筑业、农林业，以及生活垃圾中易于回收的固态废弃物。

## 二、固体废弃物的来源及成分

固体废弃物来自人类生产和生活活动的许多环节，来源极为广泛，种类极为复杂。表 0-1 列出从各类发生源产生的主要固体废弃物。

主要工业行业排放的固体废弃物的种类和数量如表 0-2 所列。

表 0-1　从各类发生源产生的主要固体废弃物

| 发　生　源 | 产生的主要固体废弃物 |
|---|---|
| 采矿、选矿业 | 废石、尾矿、金属、废木、砖瓦、水泥、混凝土等建筑材料 |
| 冶金、机械、金属结构、交通工业 | 金属、渣、砂石、废模型、陶瓷、涂料、管道、黏合剂、绝热绝缘材料、污垢、废木、塑料、橡胶、布、纤维、填料、各种建筑材料、纸、烟尘、废汽车、废机床、废仪器、构架、废电器等 |
| 建筑材料工业 | 金属、水泥、黏土、陶瓷、石膏、石棉、砂、石、纸、纤维等 |
| 食品工业 | 烂肉、蔬菜、水果、谷物、硬果壳、金属、塑料、玻璃、烟草、玻璃瓶、罐头盒等 |
| 橡胶、皮革、塑料工业 | 橡胶、皮革、塑料、线、布、纤维、染料、金属、废渣等 |
| 石油、化学工业 | 有机和无机化学药品、金属、塑料、橡胶、玻璃、陶瓷、沥青、毡、石棉、纸、布、纤维、烟尘、污泥等 |

续表

| 发　生　源 | 产生的主要固体废弃物 |
| --- | --- |
| 电器、仪器、仪表工业 | 金属、玻璃、木、塑料、橡胶、化学药品、研磨废料、纤维、电器、仪器、仪表、机械等 |
| 居民生活 | 食物垃圾、纸、布、木、金属、塑料、玻璃、陶瓷、器具、杂品、庭院整修物、碎砖瓦、脏土、燃料、灰渣、粪便等 |
| 商业机关 | 纸、布、木、金属、塑料、玻璃、陶瓷、器具、杂品、燃料、灰渣、管道、沥青及其他建筑材料、各种有害废渣、汽车、电器等 |
| 市政管理、污水处理 | 脏土、碎砖瓦、树叶、死禽畜、旧金属、废锅炉、灰渣、污泥、管道、器具、建筑材料等 |
| 农业 | 庄稼秸秆、烂蔬菜、烂水果、糠秕、果树剪枝、人畜粪便、农药等 |
| 核工业、核动力及放射性同位素应用 | 旧金属、放射性废渣、粉尘、污泥、器具、建筑材料等 |

表 0-2　主要工业行业排放固体废弃物的种类和数量

| 行业类别 | 固体废弃物种类及数量 |
| --- | --- |
| 矿山开采 | 废石：各种金属和非金属矿山在开采过程中剥离的围岩和废矿石，每吨矿石产生废石 2000～3000kg<br>尾矿：在选矿、洗选过程中排出的尾矿，每吨铁矿约排出 3000kg<br>煤矸石：采煤巷道掘进中排出的废矸石，每吨煤约 2000kg；洗煤时约排出 650～700kg |
| 冶金工业 | 高炉渣：高炉在冶炼过程中排出的废渣，每吨铁约产生 400～1000kg<br>钢渣：转炉钢渣每吨产品产生 200kg；平炉钢渣每吨钢约产生 250kg；电炉钢渣每吨钢约产生 150kg<br>铁合金钢渣：硅铁合金每吨产品产生 2500～3500kg；硅锰合金每吨产品产生 1500～2000kg；钒铁合金每吨产品产生 3000～4000kg；碳素铬铁渣每吨产品产生 1000～1800kg；高炉锰铁渣每吨产品产生 2800～3200kg |
| 有色金属工业 | 赤泥：生产氧化铝时所排出的泥渣，生产 1t 氧化铝排出赤泥量约 800～2000kg<br>有色金属渣<br>炼铜渣：生产 1t 铜约排出 600～800kg<br>炼铅渣：生产 1t 铅约排出 300～400kg<br>炼锌渣：生产 1t 锌约排出 300～400kg<br>炼镍渣：生产 1t 镍约排出 4000kg |

续表

| 行业类别 | 固体废弃物种类及数量 |
| --- | --- |
| 电力工业 | 粉煤灰及炉渣，燃烧 1t 煤约产生炉灰渣及粉煤灰 100～300kg |
| 化学及石化工业 | 硫铁矿渣：1t 产品约排硫铁废矿 500kg<br>磷石膏：磷酸工业排出的磷石膏量，每吨磷酸约为 4000～5000kg；用酸沉淀后所产生的铅和磷酸铁量约为 10～50kg<br>电石渣：1t 乙炔的产生量为 2500～3000kg |
| 机械工业 | 废型砂：各种机械零件铸造时的废砂模、砂芯等，主要成分是二氧化硅及黏合剂 |
| 建材工业 | 水泥窑灰：主要成分是钙、硅、镁、铁、铝等，其数量为水泥产量的 10%左右 |

由于来源不同或原物质成分的差异，对于固体废弃物的成分很难做出精确的描述。一般情况下，往往采用“组分质量分数”代表其成分。所谓的“组分”是指固体废物中成分或性质比较接近的一组物质。对于以有机成分为主的固体废弃物，通常按照其加热燃烧时的物态进行“组分”划分。

城市生活垃圾中，典型固体废弃物的组分含量如表 0-3 所列。

表 0-3　城市生活垃圾典型成分[单位：%（质量）]

| 组分 | | 水分 | 挥发分 | 固定碳 | 灰分 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 食物 | 脂肪 | 2.0 | 95.3 | 2.5 | 0.2 |
| | 混合食物废弃物 | 70.0 | 21.3 | 3.6 | 5.0 |
| | 水果废弃物 | 78.7 | 16.6 | 4.0 | 0.7 |
| | 肉类废弃物 | 38.8 | 56.4 | 1.8 | 3.1 |
| 纸制品 | 卡片纸板 | 5.2 | 77.5 | 12.3 | 5.0 |
| | 杂志 | 4.1 | 66.4 | 7.0 | 22.5 |
| | 白报纸 | 6.0 | 81.1 | 11.5 | 1.3 |
| | 混合废纸 | 10.2 | 75.9 | 8.4 | 5.4 |
| | 浸蜡纸板箱 | 3.4 | 90.9 | 4.5 | 1.2 |


需要全本请访问 www.ertongbook.

续表

| 组　分 | | 水　分 | 挥发分 | 固定碳 | 灰　分 |
|---|---|---|---|---|---|
| 塑料 | 混合废塑料 | 0.2 | 95.8 | 2.0 | 2.0 |
| | 聚乙烯 | 0.2 | 98.5 | 0.1 | 1.2 |
| | 聚苯乙烯 | 0.2 | 98.7 | 0.7 | 0.5 |
| | 聚氨酯 | 0.2 | 87.1 | 8.3 | 4.4 |
| | 聚乙烯氯化物 | 0.2 | 86.9 | 10.8 | 2.1 |
| 木材、树枝等 | 花园修剪垃圾 | 60.0 | 30.0 | 9.5 | 0.5 |
| | 木材 | 50.0 | 42.3 | 7.3 | 0.4 |
| | 坚硬木材 | 12.0 | 75.1 | 12.4 | 0.5 |
| | 混合木材 | 20.0 | 67.9 | 11.3 | 0.8 |
| 皮革、橡胶、衣物等 | 混合废皮革 | 10.0 | 68.5 | 12.5 | 9.0 |
| | 混合废橡胶 | 1.2 | 83.9 | 4.9 | 9.9 |
| | 混合废衣物 | 10.0 | 66.0 | 17.5 | 6.5 |
| 玻璃、金属等 | 玻璃和矿石 | 2.0 | | | 96～99 |
| | 金属、罐头厅 | 2.0 | | | 96～99 |
| | 黑色金属 | 2.0 | | | 96～99 |
| | 有色金属 | 2.0 | | | 96～99 |
| 其他 | 办公室清扫垃圾 | 3.2 | 20.5 | 6.3 | 70.0 |
| | 城市废弃物 | 15～20 | 30～60 | 5～15 | 9～30 |
| 工业废弃物 | | 10～30 | 30～60 | 5～15 | 10～30 |

对于成分相对纯净的工业固体废弃物，一般用主要元素的氧化物质量百分含量来表示成分。

三、固体废弃物的分类

关于固体废弃物的分类，由于出发点不同，往往具有不同的划分标准与分类体系。按照其组成可分为有机废弃物和无机废弃物；按其形态可分为固态废弃物和半固态废弃物；按其污染特性可分为危险废弃物和一般废弃物。根据《中华人民共和国固体废弃物污染环境防治法》（1995 年公布）分为城市生活垃圾、工业固体废弃物

和危险废弃物，其中，城市生活垃圾主要由食物类、纸制品类、塑料类、木材与树枝类、玻璃与金属类、皮革与织物类、粪便以及废家用器具等物质组成；工业固体废弃物按行业可以进一步划分为冶金工业固体废弃物、能源工业固体废弃物、石化工业固体废弃物、矿业固体废弃物、轻工业固体废弃物及其他工业固体废弃物等；危险废弃物是指列入国家危险废物名录或是根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定具有危险特性的废物。按照 1998 年 7 月 1 日实施的《国家危险废物名录》，我国危险废物共分为 47 类。

分类的目的，一是为了描述与研究的方便；二是通过分类尽可能地反映出同一组别在分类原则下的共性，以及不同组别间的差异。

一个良好的分类体系，至少应当具备如下几个性质。

（1）系统性　要求各层的分类依据应当统一，上层对下层具有包容性。

（2）全面性　要求分类表中应包含全部的组成个体，不留遗漏。

（3）明晰性　要求各类之间界线鲜明，种类之内特征一致，不能有既此又彼或似是而非的现象。

（4）实用性　既要简单明了，又要针对分类目的，具有固名启示作用。

目前，完全符合分类学要求的固体废弃物分类方案还没有做出。从资源化角度看，最好的分类方案至少应当能够体现出如下两个基本方面：一是固体废弃物的来源，以便于明确采集、回收目标；二是固体废弃物的成分与性质，以便确定加工方式与利用方向。据此，本书采用了如表 0-4 所列分类方案。

表 0-4　固体废弃物的分类体系

| 大　类 | 亚　类 | 举　例 |
| --- | --- | --- |
| 金属质固体废弃物 | 废黑色金属 | 废碳素钢、废合金钢 |
| | 废有色金属 | 废铝、废铜、废铅 |
| | 废机器及零件 | 废机器、废机器零件、废电机 |

续表

| 大　类 | 亚　类 | 举　例 |
| --- | --- | --- |
| 无机非金属质固体废弃物 | 废冶金矿渣 | 冶铁高炉渣、钢渣、有色金属渣、赤泥 |
| | 废燃料渣 | 锅炉渣、粉煤灰、油页岩渣 |
| | 废矿业渣 | 煤矸石、尾矿 |
| | 废化工渣 | 磷石膏、氟石膏、电石渣、硫酸渣、废催化剂 |
| | 建筑垃圾 | 废混凝土、废砖瓦、废陶瓷、废玻璃 |
| | 污泥与垃圾灰 | 污泥、垃圾焚烧灰 |
| 有机质固体废弃物 | 废塑料 | 废薄膜、废瓶罐、废包装箱(袋)、废塑料管 |
| | 废橡胶 | 废轮胎、废胶鞋 |
| | 废纸 | 废书报、废纸板 |
| | 废织物 | 废棉纤维衣物、废化纤衣物 |
| | 废皮革 | 废皮革衣物、废革鞋 |
| | 废植物 | 废木质家具、废木屑、废蔗渣、树枝、农作物秸秆 |
| 特殊固体废弃物 | 废电子电器 | 废电视、废冰箱、废洗衣机、废电脑、废仪表 |
| | 废电池 | |

## 第二节　固体废弃物的特点、危害及其控制

### 一、固体废弃物的特点

1. 数量巨大

据统计，在人类的生产与消费中或之后，所有投入经济体系的物质仅有10%～15%以建筑物、工具和奢侈品的形式积累起来，其余部分最终都将变成废弃物，其中，又有将近70%是以固体废弃物的形式排放。据有关资料统计，全世界每年产生数十亿吨工业固体废弃物和数亿吨危险废物，放射性废物的产生量也在逐年上升；全球年产垃圾超过100亿吨，其中美国达30亿吨，日本最近10年平均每年垃圾抛弃量增加1倍，英国城市垃圾量15年增加1倍。我国2001年工业固体废弃物年产生量达到了8.87亿吨，城市垃圾超过了1.5亿吨。

2. 增长迅速

随着生产力的发展与生活水平的提高，商品的消费量不断增加、更新速度不断加快，由此导致废弃物的产生量与排放量随之加速增长。就世界水平看，固体废弃物的年增长率大体与国民经济增长率相等，大约为3%。经济发达国家大约为5%；经济欠发达国家为1%～2%；一些迅速发展的发展中国家，由于工业上尚处于资源消耗型阶段，废弃物回收利用水平又相对较低，因而固体废弃物增长速度尤其迅猛。以我国为例，1980年全国城市垃圾的总清运量仅为3132万吨，到1985年即增长了1倍多，达到6395万吨，2000年已超过1.5亿吨，20年间平均增长率约为9%～10%。

3. 成分复杂

受来源、季节、生产方式、生活习惯、处理程度等多种因素的影响，固体废弃物的成分不仅复杂，而且多变。在堆垛的不同层位、不同区段，都存在着组分种类、含量、品质、物相、物性等方面的差别。因此，通常所说的固体废弃物成分，只能是统计性的。

4. 各种污染物的终态

在废水、废气及其他环境污染治理过程中都会产生固体废弃物，特别是从污染控制设施排出的固体废物，浓集了许多污染成分，是各种污染物的终态，而人们却往往对这类污染物存有一定稳定、滞呆的错觉。

5. 具有潜在的、长期的危害性

大量堆置的固体废弃物，在自然条件影响下，其中的一些有害成分会转入大气、水体和土壤中，参与生态系统的物质循环，有些污染物质还会在生物机体内积蓄和富集，通过食物链影响到人体健康，因而具有潜在的、长期的危害性。固体废弃物污染途径见图0-1。

二、固体废弃物的危害

固体废弃物对人类环境的危害，主要表现在以下6个方面。

1. 侵占土地

固体废弃物不加以利用时需占地堆放，堆积量越大，占地越

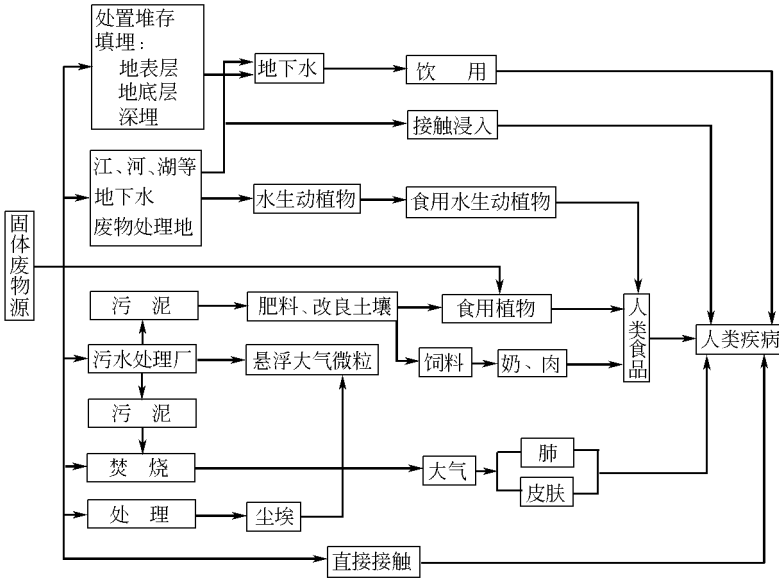



**图 0-1　固体废弃物的污染途径**

多。据估算，每堆积 1 万吨废物，约占地 1 亩（1 亩＝666.67$m^2$）。截止至 1994 年，我国仅工业固体废物历年累计堆积量就达 66 亿吨以上，占地 90 多万亩。

我国许多城市利用市郊堆存城市垃圾，侵占了大量农田。由于垃圾产生量的增长速度很快，城市垃圾占地的矛盾也日益突出，目前我国有 2/3 的城市陷入垃圾的包围中；同时，大量废物的堆积，也严重破坏了地貌、植被和自然景观。

2. 污染土壤

废物堆放和没有适当的防渗措施的垃圾填埋，其中的有害成分很容易经过风化、雨淋、地表径流的侵蚀渗入土壤之中，使土壤毒化、酸化、碱化，从而改变了土壤的性质和土壤结构，影响土壤微生物的活动，妨碍植物根系的生长，甚至导致寸草不生；而且其污染面积往往超过所占土地的数倍。

3. 污染水体

固体废弃物随天然降水和地表径流进入江河湖泊，或随风飘迁落入水体使地面水污染；随渗沥液进入土壤则使地下水污染；直接排入河流、湖泊或海洋，又会造成更大的水体污染。

4. 污染空气

固体废弃物一般通过如下途径污染大气：一些有机固体废物在适宜的温度和湿度下被微生物分解，释放出有害气体；以细粒状存在的废渣和垃圾，会随风飘逸扩散到很远的地方，造成大气的粉尘污染；固体废弃物在运输和处理过程中产生有害气体和粉尘；煤矸石自燃会散发出大量的 $SO_2$、$CO_2$、$NH_3$ 等气体；另外，采用焚烧法处理固体废弃物也会污染大气。

5. 影响环境卫生

我国工业固体废物的综合利用率目前还较低，2001 年综合利用工业固体废物 4.7 亿吨，为当年工业固体废物产生量的 52.1%，致使累计堆存量不断在增加。目前，我国垃圾处理率只有 58%，而无害化处理只占 22%，中小城镇垃圾露天堆放每年达 1 亿吨。未经无害化处理的垃圾进入环境，严重影响人们的居住环境和卫生状况，导致传染病菌繁殖，对人们的健康构成潜在的威胁。

6. 其他危害

某些特殊的有害固体废弃物的排放，除以上各种危害外，还可能造成燃烧、爆炸、接触中毒、严重腐蚀等特殊损害。

三、固体废弃物污染的控制

根据固体废弃物所具有的特点，对其污染的控制应从以下几方面入手。

第一，从污染源头起始，改进或采用更新的清洁生产工艺，尽量少排或不排废物，这是控制工业固体废物污染的根本措施。在工业生产中采用精料工艺，减少废渣排量和所含成分。在能源需求中，改变供求方式，提高燃烧热能利用率。在企业生产过程中，以前一种产品的废物作为后一种产品的原料，并以后者的废物再生产第三种产品，如此循环和回收利用，既可使固体废弃物的排出量大为减少，还能使有限的资源得到充分的利用，满足良性的可持续发


需要全本请访问 www.ertongbook.