

# 固体废物 处理处置与资源化工程

Solid Waste Engineering  
Treatment, Disposal and Resoucization

● 杨建设 编著

● Yang Jianshe

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书从固体废物源流、集运、预处理、处理处置管理以及资源化利用等方面,以“循环经济(3R)”思想为依据,概括了固体废物的产生方式、污染途径、控制方法和管理趋势;重点介绍了固体废物处理技术(归类放置、收集与运输、压实与浓缩、冷与热处理、破碎与分选、生物处理、化学与固化等),固体废物处置技术(堆肥、填埋、沼气化、焚烧、热解)以及一些主要行业固体废物的资源利用技术,包括过程原理、技术方法和工艺流程。尽量突出 21 世纪垃圾消化的新趋势,特别介绍了沼气工程、填埋场设计、轻工业废物、电子垃圾资源化回收利用等方面的内容。本书可作为高等院校环境工程、环境科学、资源再生技术及市政工程等专业的教材,也可供相关学科的技术人员、教学和管理人员阅读和参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

### 图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理处置与资源化工程/杨建设编著. —北京:清华大学出版社, 2007.10

ISBN 978-7-302-16077-9

I. 固… II. 杨… III. 固体废物—处理处置 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 139114 号

责任编辑:柳萍 洪英

责任校对:赵丽敏

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

[c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:170×230 印 张:20.5

字 数:390 千字

版 次:2007 年 10 月第 1 版

印 次:2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:024893-01

前

言

FOREWORD

讲授了几年的“固体废物处理工程”大学专业课程，总觉得手头资料的匮乏与知识面的偏窄，遂利用闲暇时间不断地学习。初为如何做好该课程的多媒体课件补充内容，后又有给本科毕业班学生作专业前沿讲座之压力，加之勤奋好学的学生们施与本人的历史责任感，便形成了想出版一部知识覆盖面相对“较宽”的教材的基础和动机。

在此期间，环境工程正沐浴着我国国民经济快速健康和加大力度改善环境的大好时光。国家在实施“蓝天、碧水计划”有了长足进步之后，在固体废物处理处置方面也有了一定的强化力度。管理上，在先后颁布和实施了一系列法规法令的同时，各地环保部门还相继设立了环保监察执法大队和固体废物管理与处理中心。这样一些环保职能机构和岗位的设立，说明国家确实在认真解决环境问题，也为我国大学培养从事环境科学与工程及其相关专业的大学生增加了两线就业的渠道和希望。

在固体废物处理环节上，以前很少有人提出比较全面的生物处理的功能和作用环节。对诸如冷处理、热处理这样一些应用最广的对待和处理问题与事物的基本手段则在固体废物处理环节中没有显现出来。作者将其列入书中，目的就是想让冷处理、热处理环节在固体废物资源化工程应用方面起到应有的作用。

在固体废物处置上，近年来明显的发展趋势就是垃圾填埋场在县级人口规模单元上的规划设计与实施；有害（危险）废物的分类存放和安全填埋场分区设计与实施。而土地耕作处置对固体废物消解的综合功能和作用则是在强调食品安全的有机生态农业系统工程中，需要不断地加以强化和完善其内容配置。

随着城镇化过程的加快，我国的城镇垃圾沼气化、水改厕后化粪池沼气工程再改造的设计和任务实施就更加迫切；一些大中城市还积极推行了垃圾填埋气收集和利用工程；区域医疗垃圾专用焚烧场设计和运

营、焚烧发电；废物热解能源的回收和利用，垃圾热解再生能源和资源化技术等方面也进展较快。特别是我国一些地区已经把沼气普及率作为生态文明村镇和新农村建设衡量的一项刚性指标，因此在教材中引入这些内容是必要和具有重要意义的。

在我国，矿产、电力、钢铁、有色金属、化学工业、石化等行业的企业行为中，HSE已经成为考察企业生存发展的瓶颈，健康(health)、安全(security)和环境(environment)成为新一代青年择业的重要因素。在这些方面，有关资源化技术的进展理应在教材内容中体现出来。因而对近年来轻工业固体废物处理与资源化、电子垃圾的处理与资源化方面，本教材设立专门的章节给予介绍和反映，既平衡了大学教育知识面需求，又反映出社会在固体废物处理处置与资源化方面发展的趋势。希望能为我国普通高等院校的环境科学与工程专业、再生资源科学技术与市政工程等专业的高等教育做出贡献。

本书能够顺利地出版，其中还包含了一些院校专家教授的辛勤付出。他们是华南理工大学周少奇教授，茂名学院环境工程系李德豪教授、钟华文副教授、张冬梅副教授，成都大学曾友为教授，广东工业大学李彦旭教授，暨南大学李明玉教授，重庆文理学院曹优明教授和广西大学吴烈善教授。在此，向各位编审对该书的关心与支持深表谢意！

清华大学出版社在本书出版中付出了艰辛的劳动，对此深表感谢！

由于时间紧迫，本人能力有限，书中不当之处在所难免，诚恳地希望同行在使用本教材过程中不断提出宝贵意见，以便有机会再版时予以吸纳和改进。

作者

2007年7月

1	概论 .....	1
1.1	固体废物概念及其分类 .....	1
1.2	固体废物污染及其控制 .....	3
1.2.1	固体废物的污染途径 .....	3
1.2.2	固体废物污染危害与控制措施 .....	4
1.3	固体废物管理及其政策 .....	5
1.3.1	管理体系与技术 .....	5
1.3.2	管理原则与目标 .....	8
1.3.3	相关政策与标准 .....	8
1.4	固体废物处理处置与资源化工程发展趋势 .....	9
1.4.1	研究对象与内容 .....	9
1.4.2	发展趋势与展望 .....	11
2	固体废物处理系统工程 .....	14
2.1	固体废物处理的前期准备 .....	14
2.1.1	归类放置 .....	14
2.1.2	收集与运输 .....	15
2.1.3	清洗、匀化与存储 .....	21
2.2	固体废物的压实与浓缩 .....	22
2.2.1	压实处理 .....	22
2.2.2	浓缩处理 .....	23
2.3	固体废物的破碎与分选 .....	29
2.3.1	破碎处理 .....	29
2.3.2	分选处理 .....	30
2.3.2.1	筛分 .....	31

2.3.2.2	重力分选	32
2.3.2.3	磁力分选	34
2.3.2.4	电力分选	36
2.3.2.5	浮选	36
2.3.2.6	其他分选方法	37
2.4	固体废物的冷、热处理	40
2.4.1	冷处理	40
2.4.2	热处理	42
2.5	固体废物的生物处理	43
2.5.1	微生物处理技术	43
2.5.2	动物处理技术	45
2.5.3	植物处理技术	45
2.6	有害废物的化学与固化处理	46
2.6.1	化学处理	46
2.6.2	固化处理	48
2.6.2.1	包胶固化	48
2.6.2.2	自胶结固化	53
2.6.2.3	玻璃固化	53
2.6.2.4	有害废物固化处理应用	54
<b>3</b>	<b>固体废物处置工程</b>	<b>57</b>
3.1	概述	57
3.1.1	概念与原则	57
3.1.2	类型和特点	58
3.2	固体废物土地填埋	59
3.2.1	土地卫生填埋	60
3.2.1.1	场址选择	60
3.2.1.2	场地设计	69
3.2.1.3	填埋操作	76
3.2.2	土地安全填埋	78
3.2.2.1	场地选择	79
3.2.2.2	分区设计	81
3.2.2.3	填埋操作	82
3.2.3	浅地层埋藏处置	86

3.3	土地耕作处置	92
3.3.1	原理与分析	92
3.3.2	场地选择	94
3.3.3	操作方法	94
3.3.4	农业废物综合利用实例	95
3.3.4.1	作物秸秆利用实例	95
3.3.4.2	动物粪便利用实例	100
3.4	海洋处置	102
<b>4</b>	<b>生活垃圾资源化工程</b>	<b>104</b>
4.1	堆肥处理工程	104
4.1.1	堆肥概念、对象与作用	104
4.1.2	好氧堆肥原理、过程与影响因素	105
4.1.3	堆肥方法、设备与效果评价	108
4.1.4	垃圾厌氧堆肥	110
4.2	沼气工程	112
4.2.1	沼气工程原理、影响因素和工艺	112
4.2.2	沼气工程配料、设计与反应器	115
4.2.3	城镇化粪池沼气化改造	124
4.3	填埋气发电技术	131
4.3.1	生活垃圾的填埋产气新技术	131
4.3.2	垃圾产气发电技术与设备	133
4.4	垃圾焚烧工程	134
4.4.1	垃圾的热值计算与燃烧工艺	135
4.4.2	焚烧设备	141
4.4.3	焚烧能源的回收利用	144
4.5	垃圾热解工程	147
4.5.1	热解原理	147
4.5.2	热解工艺分类与反应器	149
4.5.3	典型固体废物的热解	151
<b>5</b>	<b>矿山与电力工业固体废物处理工程</b>	<b>156</b>
5.1	概述	156
5.2	矿山废石处理工程	157

5.2.1	矿山废石的一般处理方法	157
5.2.2	废石和尾砂复田实例	158
5.2.3	尾矿的综合开发利用	159
5.3	矿山尾砂处理工程	161
5.3.1	目的金属组分的分布特征和利用	161
5.3.2	尾砂的分类及其特征	162
5.3.3	尾砂的综合处理与利用	163
5.4	电力工业固体废物	167
5.4.1	煤矸石	167
5.4.2	粉煤灰	172
<b>6</b>	<b>冶金工业固体废物处理工程</b>	<b>185</b>
6.1	黑色冶金工业固体废物	185
6.1.1	高炉渣	186
6.1.2	钢渣	190
6.2	有色冶金工业固体废物	195
6.2.1	铜渣	199
6.2.2	冶锌废渣	202
6.2.3	钼渣	205
6.2.4	钨渣	207
6.2.5	硫铁矿烧渣	208
6.2.6	废石膏	210
6.2.7	赤泥	212
6.3	其他废渣	216
6.3.1	铅渣	216
6.3.2	砷渣	220
6.3.3	汞渣	221
<b>7</b>	<b>化学工业固体废物处理工程</b>	<b>223</b>
7.1	概述	223
7.2	无机盐工业固体废物处理工程	225
7.2.1	废物来源与组成	225
7.2.2	铬渣综合治理技术	227
7.3	氯碱工业固体废物处理工程	229



7.3.1	废物来源与组成	230
7.3.2	综合治理技术	230
7.4	磷肥工业固体废物处理工程	232
7.4.1	废物来源及组成	232
7.4.2	综合治理技术	233
7.5	氮肥工业固体废物处理工程	237
7.5.1	废物来源及组成	237
7.5.2	综合治理技术	238
7.6	纯碱工业固体废物处理工程	239
7.6.1	废物来源及组成	239
7.6.2	综合治理技术	239
7.7	硫酸工业固体废物处理工程	241
7.7.1	废物来源及组成	242
7.7.2	综合治理技术	242
7.8	其他化工固体废物处理工程	243
7.8.1	废催化剂处理工程	243
7.8.2	有机原料及合成材料工业固体废物处理工程	247
7.8.3	染料工业固体废物处理工程	248
7.8.4	感光材料工业固体废物处理工程	249
<b>8</b>	<b>石油化学工业固体废物处理工程</b>	<b>251</b>
8.1	概述	251
8.2	石油炼制工业固体废物处理工程	253
8.2.1	来源与性质	253
8.2.2	处理技术	256
8.3	石油化工工业固体废物处理工程	261
8.3.1	来源及组成	261
8.3.2	处理技术	263
8.4	化纤工业固体废物处理工程	266
8.4.1	来源及组成	266
8.4.2	处理技术	268
<b>9</b>	<b>轻工业固体废物处理工程</b>	<b>273</b>
9.1	概述	273
9.2	纺织废物	274

9.2.1	原料废物·····	274
9.2.2	废旧纤维·····	276
9.2.3	废旧物料·····	280
9.3	造纸废物·····	281
9.3.1	废纸综合利用·····	281
9.3.2	造纸厂白泥废渣综合利用·····	284
9.4	皮革废物·····	288
9.4.1	中国制革行业概况·····	288
9.4.2	旧皮革回收与再利用·····	288
9.5	屠宰废物·····	292
9.5.1	动物骨头·····	292
9.5.2	动物皮毛、羽毛和蹄角·····	293
9.5.3	屠宰杂物·····	294
9.6	制糖业废物·····	295
9.6.1	甘蔗梢叶·····	295
9.6.2	甘蔗渣·····	295
9.6.3	滤泥·····	296
9.6.4	废糖蜜·····	296
9.7	其他轻工业固体废物·····	296
9.7.1	包装类废物·····	296
9.7.2	陶瓷废料·····	297
9.7.3	废旧玻璃·····	299
9.7.4	玩具废材·····	299
<b>10</b>	<b>电子废弃物的资源化利用工程·····</b>	<b>301</b>
10.1	概述·····	301
10.1.1	来源与危害·····	301
10.1.2	问题与管理·····	303
10.1.3	一般处理方法·····	305
10.2	废旧家电资源化回收利用·····	306
10.3	废旧办公及通信设备回收利用·····	308
10.4	废旧电池回收利用·····	310
10.4.1	废旧电池类型·····	310
10.4.2	废旧电池回收利用·····	311

### 1.1 固体废物概念及其分类

固体废物(简称固废, solid wastes)是指人们在社会生产、流通、日常消费等一系列活动中产生,于一定时间和地点一般不再具有原使用价值而被丢弃的固态或泥状态的物质。从资源再生利用角度看,固体废物又叫“放错地方的原料”。与固体废物常联系的另一称谓是垃圾(garbage, litter, rubbish, trash)。垃圾即人类在日常生活中产生的固体废物。在今天的流行用语里,垃圾也用来比喻不好的、水平不高的、弱的、一些带有垃圾词意的东西,没有用的以及不入时的等一些人或者事物。眼下出现的垃圾邮件、垃圾食品等都表明人们不喜欢或是对人的文化精神或物质生活不健康和有害的东西。

不同行业产生的固体废物组成、性质不同,其处理处置和资源化的具体方法和技术路线也有很大差异。我国工业固体废物综合利用率从1981年的20%上升到2003年的55%以上,有的超过80%,其处理处置和资源化的潜力仍然很大。这里主要涉及到城市垃圾和废旧物,矿业固体废物,废旧钢铁和冶金渣,化学工业固体废物和过期物,轻工业废旧物品和加工渣,电子废物以及废旧家电等,都是固体废物处理处置和资源化工程所应当重视的内容。

#### 1. 固体废物特征

从现有的固体废物处理处置和管理角度看,固体废物主要有以下特征:

(1) 时间性。严格意义上讲,“资源”和“废物”是相对的,不仅生产、加工过程中会产生大量被丢弃的物质,即使是任何产品或商品经过使用一定时间后都将变成废物。因此,固体废物处理处置和资源化将是我们长期面对的问题和任务。

(2) 空间性。废物仅仅在某一个过程和某一个方面没有使用价值,并非在所有过程和一切方面都没有使用价值,某个过程产生的废物往往会是另一过程的原料。

(3) 再生低成本性。利用固体废物再生的过程一般来说,要比利用自然资源

生产产品的过程更节能、省事、省费用。其再生低成本性使得人们对固体废物综合利用有了广阔的开发愿景。

(4) 持久危害性。由于固体废物成分的多样性和复杂性,有机物与无机物、金属和非金属、有毒物与无毒物、有味与无味、单一物与聚合物等,经过环境自我消化(解)的过程是长期复杂和难以控制的,它比废水和废气对人们生活环境的危害更持久、更深远。

因此,与其他环境问题相比,有的专家提出固体废物问题有“四最”:

(1) 最难处置的环境问题。固体废物在“三废”中最难处置,所含的成分相当复杂,其物理性状也千变万化,没有其他废水、废气处置那么简单。

(2) 最具综合性的环境问题。固体废物的污染同时伴随着水污染和大气污染问题,要求具备的能力更强,知识面更宽,思路更广。

(3) 最晚受到重视的环境问题。从国内外总的趋势看,都是在实施“碧水、蓝天工程”之后,固体废物处理处置和管理才最后引起人们的注意,它也是最少得到人们重视的。

(4) 最贴近生活的环境问题。固体废物,尤其是生活垃圾都是伴随着人们日常生活行为所产生,并与人类生存环境息息相关的。当你抱怨环境恶劣的时候,你有没有注意到:你的每一个“随手扔”(哪怕是一节废旧电池、一张擦手纸)在无意识之中会对大家生活的环境、对资源的利用产生不良影响呢?所以,关注生活垃圾,关注固体废物的处理处置与资源化,实质上也是在关注个人素质、全民环境、精神文明和资源意识的大事情。

## 2. 来源

按照固体废物产生过程可将其划分为生产废物、生活废物和流通废物三类。

## 3. 分类

固体废物分类方法很多,但常见的有以下三种分类。

### 1) 按其来源分

可分为:矿业固体废物、工业固体废物、农业固体废物、城市生活垃圾、工程废物和有害固体废物六类。

(1) 矿业固体废物(mining industrial solid waste):来自于矿山开采与选矿加工过程,主要为覆盖土、矿尾料、废石,以及矿渣、灰分等。其性质因矿物成分不同而异,量大类多。

(2) 工业固体废物(industrial solid waste or commercial solid waste):即轻、重工业生产和加工、精制等过程中产生的固态和半固态废物,近年来,还有大量使用后报废的工业产品和部件等废物也涉及其中。该类废物具有来源广、种类繁多、数量巨大等特点。

(3) 农业固体废物(agriculture solid waste): 来自于农林牧渔业生产、加工和养殖过程所产生的固态和半固态废物。它时常作为养殖业和农业肥料回田利用、能源回收等。

(4) 城市生活垃圾(municipal solid waste, MSW): 主要为居民生活垃圾、粪便、建筑垃圾、绿地落叶、街道清洁物、商业废旧机具等。主要来自于城镇居民生活、养殖和加工过程,商业、机关、街道。随着城市化的发展和人民生活水平的不断提高,其产生量越来越大。

(5) 环境工程废物(environment project solid waste): 主要是在处理处置废水、废气过程中产生的污泥、粉尘等。随着人们对环境治理的重视和大量环保设备投入运营,这类废物产生数量越来越大,需要专门处理和处置。

(6) 有害固体废物(harmful solid waste): 又称危险废物,主要来自于核处理、核电工业、医疗单位以及化学工业,属于危险品范畴(具有易腐蚀、剧毒、传病、自燃、锋刺、爆炸、易反应、放射性等8大特点)。此类废物危害极大,要做无害化处理和安

#### 2) 按其危害状况分

可分为: 有害废物(腐蚀、剧毒、传病、自燃、锋刺、爆炸、放射性等废物)和一般废物。

#### 3) 按其形状分

可分为: 固体废物(粉状、粒状、块状)和泥状废物(污泥)。

## 1.2 固体废物污染及其控制

固体废物污染是指因不适当地排放、扬弃、存储、运输、使用、处理和处置固体废物而造成对环境的污染。固体废物并不是一种环境介质,而是一种污染物。它本身并不会对环境产生污染,而是由于人们的处理处置不当,使这些固体废物造成对其他环境介质(如土壤、水体、植物)和环境要素(又称环境基质,是指构成人类环境整体的各个独立的性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质组分。环境要素可分自然环境要素和人工环境要素。自然环境要素通常指水、大气、生物、阳光、岩石、土壤等)的污染。这与水污染和大气污染是不同的。

### 1.2.1 固体废物的污染途径

固体废物污染途径是多方面的,主要有以下几种途径: ①通过填埋或堆放渗

漏到地下污染地下水源；②通过雨水冲刷流入江河湖泊造成地面水的污染；③通过废物堆放或焚烧会使许多臭气与烟雾进入人们生活环境，造成大气污染，严重的会影响飞机起飞，造成航班延误；④有些有害毒物施用在农田上会通过生物食物链的传递和富集进入食品；有些则直接散发出有毒气体直接引发呼吸道疾病，造成皮肤过敏，严重的则造成癌变、死亡。

## 1.2.2 固体废物污染危害与控制措施

### 1. 固体废物污染危害表现

固体废物对人类环境的危害表现在以下六个方面：

- (1) 侵占大量土地，破坏当地的地貌和植被；
- (2) 污染当地的土壤和地下水源；
- (3) 污染区域地面水体；
- (4) 污染大气和空气介质；
- (5) 影响市容市貌、环境卫生和人体健康安全；
- (6) 造成巨大的直接经济损失和资源、能源浪费。

### 2. 固体废物对环境的污染特点

- (1) 数量大、种类多、成分复杂、污染面广。
- (2) 滞留期久、危害性强，对环境影响具有长期性、潜在性和不可恢复性。
- (3) 处理过程的终态，又称为环境污染的源头。例如废气治理的过程中，利用洗气、吸附和除尘等技术所形成的固态、半固态废物，需要最终的处置过程。

### 3. 固体废物污染控制措施

(1) (重点是工业制造与加工)改革生产工艺(源头)，减少或不排废物。必须采取以下措施：①采用清洁生产；②采用精料；③提高产品质量和使用寿命，使其不过快地变成废物。

(2) (重点是农牧水产业和消费流通业)发展物质循环利用工艺(过程)。

(3) (重点是矿产业、加工业和能源部门)进行综合利用。

(4) (重点生活垃圾与化工、核工业)进行无害化处理与处置(末端处理)。

### 4. 固体废物处理与处置系统

固体废物处理(treatment of solid wastes)即通过物理、化学、生物等方法，使固体废物转化为适于运输、储存、资源化利用以及最终处置的一种过程。

固体废物处置(disposal of solid wastes)即固体废物的最终处置或安全处置，是解决固体废物的归宿问题(如堆肥、填埋、海洋投弃、焚烧等)。

固体废物资源化工程(converting into resources project of solid wastes)即采

用物理、化学和生物等工程的手段与方法,使固体废物化害为利、综合利用,变废为宝,既解决了环境污染问题,又从一定程度上缓解了资源短缺的矛盾,被称为“第二次资源工业革命”或再生资源工程。

就城市生活垃圾和工业固体废物而言,固体废物处理处置系统由收运子系统、处理子系统和处置子系统三部分构成,其系统及其过程如图 1.1 所示。

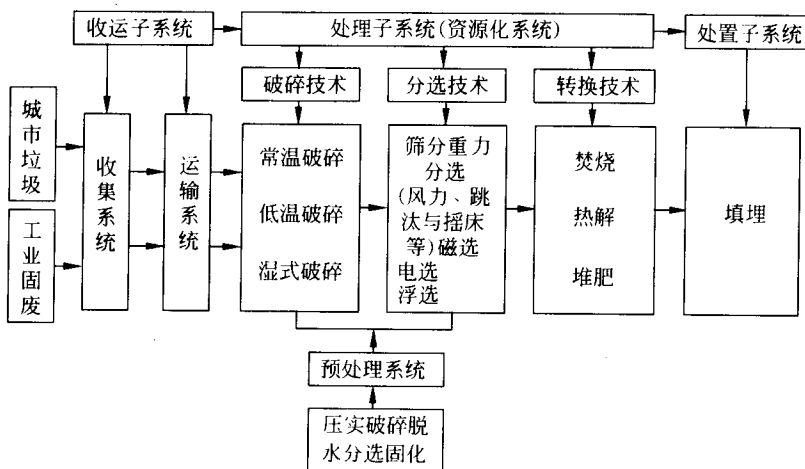


图 1.1 固体废物处理处置系统示意图(引自文献[3])

## 1.3 固体废物管理及其政策

### 1.3.1 管理体系与技术

#### 1. 固体废物管理体系

近年来,我国固体废物管理体系有了一定的健全,主要表现在:

(1) 国家专门划分了有害与非有害废物的种类和范围,并实行名录法和鉴别法,加大了固体废物处理处置的管理强度。

(2) 完善固废法和加大执法力度。1995年10月30日,第八届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议通过并实施《中华人民共和国固体废物污染防治法》;各地环保局都制定了固体废物污染防治的实施细则,设立了环保执法大队,加大了执法力度。

(3) 设立了固体废物管理机构。在各级环境保护主管部门中,逐步设立了危险废物专职管理人员。2005年,全国32个省、市、自治区中有7个建立了固体废物

物管理机构,663座城市有近10个城市建立专业固体废物管理机构。相信在不久的将来,我国各地都将会建立管理机构(附设于各地环保局)和相应的固体废物处理中心(管理废旧电器器件回收与品质质量检测、法规制定、经营许可证审批、危险废物转移管理、医疗垃圾焚烧场运行等)。

## 2. 固体废物管理主要技术与政策

### 1) 基本政策

我国的固体废物管理基本政策:首先是“谁污染,谁治理”,对有污染的企业要加强污染治理的责任落实;其次是污染治理与建设项目“同时规划、同时设计、同时施工”,即实施三同时制度;三是依法加强固体废物管理与治理,强化区域合作,实现循环经济可持续发展和对固体废物全过程管理。

### 2) 主要技术

近年来,固体废物污染控制与其他环境问题一样,经历了从简单处理到全面管理的发展过程。在经历了许多事故和教训之后,一些欧美国家先后出现了“从摇篮到坟墓”(cradle-to-grave)的固体废物全过程管理新理念:重在倡导3C技术对策(clean—避免产生;cycle—综合利用;control—妥善处置)。我国提出了固体废物污染治理的“三化”原则,如下所述:

(1) 固体废物污染控制的减量化技术:要求用较少的原料和能源投入来达到既定的生产目的或消费目的,通过适宜的手段减少固体废物的数量和减小其容积,从经济活动的源头就注意节约资源和减少污染。

(2) 固体废物污染控制无害化技术:将固体废物通过工程处理,确保产品质量合格,达到不损害人体健康、不污染周围自然环境的目。同时要求制造商应该尽量延长产品的使用期,而不是非常快地更新换代。

(3) 固体废物污染控制资源化技术:有两种情况,一种是原级再循环资源化,即废品被循环用来生产同种类型的新产品,例如用废旧报纸生产再生报纸,用使用过的易拉罐再生易拉罐等;另一种是次级再循环,即将废物资源转化成其他产品的原料:其特点是:①生产成本低,例如用废铝炼铝比用铝矾土炼铝可减少资源损耗90%~97%,减少空气污染95%,减少水质污染97%;②能耗少,例如用废钢炼钢比用铁矿石炼钢可节约能耗74%;③生产效率高,例如用铁矿石炼1t钢需8个工时,而用废铁炼1t电炉钢只需2~3个工时;④环境效益好,可除去有毒、有害物质,减少废物堆置场地,减少环境污染。资源化包括物质回收、物质转换和能量转换等方面。

### 3) 减量化、无害化、资源化三者关系

我国固体废物处理与资源化利用发展趋势必然是从“无害化”走向“资源化”。“资源化”是以“无害化”为前提的,“无害化”和“减量化”则应以“资源化”为条件。固体废物“无害化”处理是将固体废物通过工程处理,达到不损害人体健康、不污染



周围自然环境的目。固体废物“减量化”是通过适宜的手段减少和减小固体废物的数量和容积。固体废物“资源化”是采取工艺技术,从固体废物中回收有用的物质和能源。在实践中,重视二次资源开发利用就是循环经济发展模式在“3R原则”和“3E目标”下的具体体现。

“二次资源”或“再生资源”一般不再具有它原有的使用价值,但是通过回收、加工等途径,可以获得新的使用价值。这是循环经济(circular economy 或 recycle economy,特点是低开采—高利用—低排放)发展模式所要求的。

对矿山资源来讲,除去那些需要开发利用的富矿、精品矿资源以形成产品外,二次资源是指矿山尾矿、废料、废水(液)、废气、余热、余压、坏损土地以及待治理的生态环境要素的总称。可以从中获得资源性产品和能源产品,表明矿山各类废弃物具备资源的基本属性;从矿山环境保护和地质灾害防治的角度,二次资源又是污染和灾害产生的重要因素,是影响可持续发展的障碍。待治理的生态环境要素之所以也是二次资源,是因为当环境舒适度不能满足人们对生态环境质量的要求时,就存在对较好环境舒适度的需求,优质的生态环境要素便成为稀缺资源,成为环保投资的动因。与矿山开采的一次资源相比,矿山二次资源的特点有:①资源要素与环境要素密不可分;②矿山二次资源利用的“多解性”;③二次资源利用具有资源消耗与资源再生双重性质;④矿山二次资源是“节能型”资源。

### 3. 倡导循环经济发展模式

循环经济发展模式是一种按照“资源—产品—再生资源”的方式在社会生态经济系统内部进行物质“闭路”循环流动的经济活动,表现为“低开采—高利用—低排放”的特点。循环经济发展模式与传统经济发展模式有着十分显著的区别(见图 1.2),主要在于:传统经济发展模式所关注的只是工业产品产值和增长数字,源头上造成注重了某些资源要素的开发而忽视了另一些更为稀少或珍惜资源的综合利用,造成极大的浪费;生产过程的高耗能、耗料和高污染排放,使生产、生活以及企

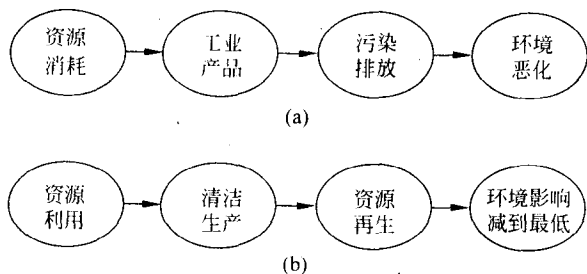


图 1.2 传统经济(traditional economy)发展模式与循环经济(circular economy)发展模式对比

(a) 传统经济发展模式; (b) 循环经济发展模式