



面向21世纪全国高校环保类规划教材

固体废物处理与利用

GUTI FEIWU CHULI YU LIYONG

朱能武 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

X705
Z-565

面向 21 世纪全国高校环保类规划教材

固体废物处理与利用

朱能武 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书主要阐述固体废物处理与利用基本知识, 兼顾基础理论与国内外新进展。全书分 4 篇, 共 17 章。第 1 篇为概论, 主要介绍了固体废物的概念、特点、来源、分类、危害与污染控制, 固体废物处理与利用的历史、现状与发展趋势。第 2 篇为总论, 介绍了固体废物无害化、减量化和资源化的共性技术问题——填埋、焚烧、热解、堆肥化、化学处理和厌氧消化。第 3 篇为各论, 针对重要固体废物, 包括生活垃圾、污泥、电子电器废物、工业废弃物、矿业废弃物、农业废弃物、塑料与废纸等, 分述了其处理与利用的原理与途径。第 4 篇讲述危险废物的处理处置方法, 还对医疗废物和放射性废物做了专门论述。

本书可作为大专院校环境类专业的教学用书, 也可作为相关领域的科研、技术和管理人员参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

固体废物处理与利用/朱能武编著. —北京: 北京大学出版社, 2006.1
(面向 21 世纪全国高校环保类规划教材)
ISBN 7-301-08836-1

I. 固… II. 朱… III. 固体废物—废物处理与利用—高等学校—教材 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 029802 号

书 名: 固体废物处理与利用

著作责任者: 朱能武 编著

责任编辑: 胡伟晔

标准书号: ISBN 7-301-08836-1/TH·0005

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765013

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 17.75 印张 388 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

前 言

随着社会、经济的快速发展和人民生活水平的日益提高,固体废物的产生量逐年增加、造成的污染日趋严重,其污染治理和控制已引起全社会的密切关注;固体废物潜在的利用价值也逐渐为人们所认知,“放错了地方的资源”的思想已深入人心。特别是在目前大力发展循环经济和走新型工业化道路的大背景下,固体废物的处理与利用的重要性显得尤为突出。固体废物处理与利用是环境类专业的主干课程,但还缺乏与专业课程建设、培养专业人才相适应的教材。因此,编写《固体废物处理与利用》教材显得十分必要。

本书具有以下特点:第一,“脉络”清晰。为更好地适合教学和自学的需要,教材内容的编排按照概论—总论—各论—特殊为线索。概论部分可让读者对固体废物处理与利用有总体认识,总论部分可使读者获得当前固体废物处理与利用的关键技术方面的知识,各论部分则为读者提供各类具体的固体废物的处理与利用的方法,特殊部分讲述危险废物,包括医疗废物和放射性废物的处理处置方法。第二,“肌肉”丰满。与当前大多数参考书主要讲述传统的城市固体废物——城市生活垃圾的现状相比,本书将我国产生量巨大的农业固体废弃物也列入了各论中,还对新兴的固体废物,如废旧电器、计算机、报废汽车等做了阐述。第三,“新内容”充实。在编写本书过程中,编者查阅了大量文献资料,还加入编者自己的研究成果,如生活垃圾处理的“三位一体”思想、污泥的“三化”利用途径,并涉及新领域、新进展和新成果。

全书分4篇,共17章。第1篇为概论部分,分2章叙述。第1章讲述固体废物的概念、特点、来源、分类、危害与污染控制;第2章分析固体废物处理与利用的历史、现状与发展趋势。第2篇为总论,分5章叙述固体废物处理与利用的重要共性技术问题。第3~6章分别讲述固体废物的填埋、焚烧、热解、堆肥化等技术,第7章讲述固体废物的化学处理、厌氧消化方法。第3篇为各论,分7章(第8~14章)分别叙述重要固体废物,包括生活垃圾、污泥、电子电器废物、工业废弃物、矿业废弃物、农业废弃物、塑料与废纸等的处理与利用。第4篇讲述危险废物的处理处置,还针对医疗废物和放射性废物做了专门论述。

全书力求系统、全面地阐述固体废物处理与利用的知识,还加入了一些最新研究报道、研究成果,乃至研究思路。因此,在教学和学习过程中应根据实际需要有所取舍。

本书是在编者《固体废物污染控制原理与技术》讲义的基础上编写而成的。全书由朱能武编写。研究生杨波、路江涛在书稿完成中付出了辛勤劳动,在此对他们表示感谢。

由于编者水平有限,资料收集尚不全面,加上时间有限,不足和错误之处在所难免,恳求广大读者批评指正。

编 者

2005年3月

目 录

第 1 章 固体废物概述	1
1.1 固体废物的概念与特点	1
1.1.1 固体废物的概念	1
1.1.2 固体废物的特点	1
1.2 固体废物的来源与分类	2
1.2.1 固体废物的来源	2
1.2.2 固体废物的分类	3
1.3 固体废物的危害与污染控制	6
1.3.1 固体废物的危害	6
1.3.2 固体废物的污染控制	9
1.4 总结	11
1.5 思考题	11
第 2 章 固体废物处理与利用的历史、现状与发展趋势	12
2.1 固体废物处理与利用的历史与现状	12
2.1.1 固体废物处理与利用的历史	12
2.1.2 固体废物处理与利用的现状	13
2.2 固体废物处理与利用的发展趋势	20
2.3 总结	20
2.4 思考题	21
第 3 章 固体废物的填埋处理技术	22
3.1 填埋的概念和分类	22
3.1.1 填埋的概念	22
3.1.2 填埋的分类	25
3.2 填埋物的生物降解原理	28
3.2.1 填埋物的生物降解过程	28
3.2.2 填埋物固液相、液气相反应的特点	30
3.2.3 降解填埋物的微生物种类	31
3.2.4 影响固体废物降解的因素	31
3.3 填埋气的产生、收集与利用	32
3.3.1 填埋气的产生与组成	32

3.3.2	填埋气的收集	34
3.3.3	填埋气的净化与利用	38
3.4	填埋场的二次污染与防治	42
3.4.1	渗滤液的产生与处理	42
3.4.2	填埋场臭气的控制	46
3.4.3	填埋场蚊蝇的控制	48
3.5	总结	49
3.6	思考题	49
第4章	固体废物的焚烧处理技术	51
4.1	焚烧技术概述	51
4.1.1	焚烧的概念	51
4.1.2	焚烧的历史、现状及发展趋势	52
4.2	焚烧过程的影响因素	55
4.3	焚烧过程的动力学规律	57
4.3.1	固体废物燃烧的异相反应特征	57
4.3.2	碳和氢的燃烧反应机理及动力学特征	58
4.3.3	固体废物焚烧过程的宏观动力学特征	59
4.4	焚烧设备	59
4.5	焚烧热能的回收与利用	64
4.6	焚烧的二次污染与防治	65
4.6.1	焚烧烟气的产生与防治	66
4.6.2	焚烧厂固液污染物的产生与防治	68
4.7	总结	69
4.8	思考题	69
第5章	固体废物的热解处理技术	70
5.1	热解的概念	70
5.2	热解的原理与特点	71
5.3	热解的主要影响因素	72
5.4	热解的工艺与设备	74
5.4.1	热解的工艺及分类	74
5.4.2	热解反应器	75
5.5	总结	77
5.6	思考题	78
第6章	固体废物的堆肥化处理技术	79
6.1	堆肥化的概念与分类	79

6.1.1	堆肥化的概念	79
6.1.2	堆肥化的分类	80
6.2	堆肥化的原理	81
6.2.1	好氧堆肥的原理	81
6.2.2	厌氧堆肥的原理	83
6.2.3	堆肥化过程的动力学原理	84
6.3	堆肥化过程的影响因素与控制	85
6.3.1	生物因素与控制	85
6.3.2	非生物因素与控制	86
6.4	堆肥化产品的利用	88
6.4.1	堆肥化产品的质量要求	88
6.4.2	堆肥化产品的应用	89
6.5	堆肥厂的二次污染与防治	90
6.6	总结	91
6.7	思考题	92
第7章	固体废物的其他处理技术	93
7.1	化学处理	93
7.1.1	中和法	93
7.1.2	氧化还原法	93
7.1.3	化学浸出法	94
7.2	厌氧消化	95
7.2.1	厌氧消化的原理	95
7.2.2	厌氧消化的影响因素	96
7.2.3	厌氧消化处理工艺及分类	97
7.3	总结	99
7.4	思考题	99
第8章	生活垃圾的处理与利用	100
8.1	生活垃圾概述	100
8.2	我国生活垃圾的现状	101
8.3	收集、转运与压实	102
8.3.1	垃圾产生源的搬运管理	102
8.3.2	垃圾的贮存管理	103
8.3.3	垃圾的收集与运输	106
8.3.4	城市垃圾压缩中转站	107
8.3.5	压实原理与方法	109
8.4	预处理	114

8.4.1	破碎	114
8.4.2	分选	120
8.5	生活垃圾的“三位一体”处理与利用模式	125
8.6	总结	125
8.7	思考题	126
第9章	污泥的处理与利用	127
9.1	污泥的概念和来源	127
9.2	污泥的性质与利用潜力	128
9.2.1	污泥的性质	128
9.2.2	污泥的利用前景	129
9.3	污泥的“三化”处理与利用	131
9.3.1	堆肥与农用资源化	131
9.3.2	焚烧与能源化	133
9.3.3	材料化	134
9.4	总结	136
9.5	思考题	137
第10章	电子电器废物的处理与利用	138
10.1	废电池	138
10.1.1	概述	138
10.1.2	废电池的处理与回收	140
10.1.3	废电池的综合利用	141
10.2	废旧电子电器	143
10.2.1	概述	143
10.2.2	电路板的处理与回收利用	144
10.2.3	计算机元器件的回收利用	147
10.3	报废汽车	149
10.3.1	概述	149
10.3.2	回收配件的再生	150
10.3.3	黑色金属材料的回收	150
10.3.4	有色金属的再生	151
10.3.5	铝合金液化回收装置	152
10.4	总结	153
10.5	思考题	153
第11章	工业废弃物的处理与利用	154
11.1	冶金工业固体废物处理与利用	154

11.1.1	高炉渣的综合利用	154
11.1.2	钢渣的综合利用	155
11.1.3	有色冶金固体废物的综合利用	158
11.2	石油工业固体废物处理与利用	159
11.2.1	概述	159
11.2.2	石油炼制工业固体废物处理与利用	160
11.2.3	石油化工工业固体废物处理与利用	163
11.2.4	石油化纤工业固体废物处理与利用	163
11.3	化学工业固体废物处理与利用	164
11.3.1	概述	164
11.3.2	无机盐工业固体废物处理与利用	169
11.3.3	氯碱工业固体废物处理与利用	170
11.3.4	磷肥工业固体废物处理与利用	171
11.3.5	氮肥工业固体废物处理与利用	172
11.3.6	纯碱工业固体废物处理与利用	173
11.3.7	硫酸工业固体废物处理与利用	174
11.3.8	其他化学工业固体废物处理与利用	175
11.4	总结	177
11.5	思考题	177
第 12 章	矿业废弃物的处理与利用	178
12.1	概述	178
12.2	煤矸石	178
12.2.1	来源、组成和性质	179
12.2.2	危害和治理	180
12.2.3	综合利用	182
12.3	尾砂	187
12.3.1	尾砂综合处理与利用的一般原则	187
12.3.2	尾砂处理与综合利用的途径	188
12.3.3	尾砂处理与综合利用的要求	188
12.4	其他矿山废石	189
12.4.1	矿山废石的来源	189
12.4.2	矿山废石的一般处理方法	189
12.5	总结	190
12.6	思考题	191
第 13 章	农业废弃物的处理与利用	192
13.1	概述	192

13.1.1	农业废弃物的概念	192
13.1.2	农业废弃物资源化利用的途径	193
13.2	畜禽粪便	194
13.2.1	现状	194
13.2.2	堆肥化	194
13.2.3	厌氧消化	195
13.2.4	再生饲料	195
13.3	作物秸秆	197
13.3.1	现状	197
13.3.2	生物质气化与能源利用	198
13.3.3	氨化技术	200
13.3.4	青贮饲料	202
13.3.5	厌氧发酵	202
13.4	总结	207
13.5	思考题	208
第 14 章	塑料与废纸的处理与利用	209
14.1	废塑料	209
14.1.1	现状	209
14.1.2	废塑料的再生利用	210
14.1.3	废塑料的改性利用	210
14.1.4	废塑料的其他利用	211
14.2	农用薄膜	213
14.2.1	农用塑料薄膜残留危害	213
14.2.2	解决农田残膜危害的方法	213
14.3	废纸	214
14.4	快餐具	217
14.4.1	概况	217
14.4.2	几种主要的可降解餐具	218
14.4.3	快餐具回收利用产业化	222
14.5	总结	222
14.6	思考题	223
第 15 章	危险废物概述	224
15.1	危险废物的概念、种类和来源	224
15.1.1	危险废物的概念和种类	224
15.1.2	危险废物的来源	224
15.2	危险废物的收集、运输与贮存	226

15.2.1	危险废物的收集	226
15.2.2	危险废物的运输	227
15.2.3	危险废物的贮存	228
15.3	危险废物的处理、处置方法	228
15.3.1	危险废物的焚烧处理	228
15.3.2	危险废物的固化/稳定化处理	230
15.3.3	危险废物的填埋处置	232
15.4	总结	234
15.5	思考题	235
第 16 章	医疗废物的处理、处置	236
16.1	医疗废物的概念、种类与性质	236
16.1.1	医疗废物的概念	236
16.1.2	医疗废物的种类	236
16.1.3	医疗废物的性质	237
16.2	医疗废物的危害	237
16.3	医疗废物的管理体系	238
16.3.1	我国医疗废物管理体系存在的问题	238
16.3.2	医疗废物管理的相关法规	239
16.3.3	医疗废物的管理体系	239
16.4	医疗废物的处理、处置方法	240
16.5	总结	244
16.6	思考题	244
第 17 章	放射性废物的处理、处置	245
17.1	放射性废物的概念、来源与分类	245
17.2	放射性废物的处理	245
17.2.1	放射性废水的处理	246
17.2.2	放射性固体废物的处理	246
17.2.3	放射性气体废物的处理	247
17.3	放射性废物的处置	248
17.4	总结	249
17.5	思考题	249
附录 1	中华人民共和国固体废物污染环境防治法	250
附录 2	生活垃圾焚烧污染控制标准	259
附录 3	生活垃圾填埋污染控制标准	265
参考文献	271

第 1 章 固体废物概述

1.1 固体废物的概念与特点

人类社会发展到今天，我们在享受现代化所带来的物质文明的同时，每年也要消耗大量的自然资源，并产生数以亿吨的各种废弃物。这些废弃物终究还是要排放到地球上，不仅侵占了大量的土地资源，而且严重污染了我们赖以生存的环境，对人类自身的生存空间造成巨大的威胁。同时，我们还面临着资源短缺的严重威胁。随着社会的不断进步，产生的废弃物数量会不断增多，废弃物的污染控制与资源化已成为全球关注的热点和难点问题。

1.1.1 固体废物的概念

固体废物（Solid Waste）是指人类在生产建设、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。从宏观上讲，固体废物来源于两个方面：一个是生产过程中产生的废物；另一个是社会产品使用消费过程中产生的生活废物。人类在开发资源和制造产品的过程中，必然产生废弃物，这就是生产废物；而任何产品经过使用和消耗后，最终也将变成废物，这就是生活废物。

固体废物一词中“废弃”有时间和空间的特点。从时间上讲，它表示相对于目前的科学技术和经济条件，一时无法利用，但是随着科学技术的发展，自然资源的日益枯竭，无法满足人类需要，昨日的废弃物必然将成为明日的资源；从空间上讲，废弃物仅仅相对于某一过程或某一方面没有使用价值，而并不是一切过程和方面都没有使用价值，某一过程的废弃物也可能是另一过程的原料。例如，高炉矿渣、煤矸石等，过去都是作为冶金废弃物，可是现在却成为重要的建筑材料，用来制砖；人畜粪便，从古到今，一直都是作为肥料的主要来源，而且肥效很好。所以，对环境工作者来说，固体废弃物不是无用之物，而是“放错了地方的资源”。

1.1.2 固体废物的特点

固体废物与废水和废气相比，主要有以下几个特点：

(1) 成分的多样性和复杂性。现代固体废弃物，其成分十分复杂，品种繁多，从大到

小，从单一物质到聚物质，从简单到复杂，从边角料到设备配件，从有机到无机，从金属到非金属，从无毒到有毒，从无味到有味，这样构成了五花八门的“垃圾世界”。

(2) 环境与资源的双重价值。人类对固体废弃物的处理与利用，关系到人类对资源的有效利用，变无用为有用，变一用为多用，使自然资源能够永远地循环利用，实现资源和生态环境的可持续发展，以及经济和社会的可持续发展。

(3) 生产性废弃物的减少，消费性废弃物的增多。随着社会的发展，社会生产力水平的不断提高，人类对物质需求的不断膨胀，以及消费水平的不断提高，使得生产过程中产生的废弃物不断减少，而消费性废弃物会不断增多。

(4) 有用与无用的集合体。从字面上理解，固体废弃物是人类废弃之物，但是，废弃物这一概念具有明显的时间和空间的特征。废弃或不废弃是相对于人们的观念意识和利用能力而言的。某些单位或个人所产生的废弃物，是以其生产能力和消费水平来说的，而对其他单位或个人来看，就不一定是废弃物了。因此，任何固体废弃物本身都具有一定的资源价值。

(5) 持久的危害性。固体废物是呈固态、半固态的物质，不具有流动性；因此，它不可能像废水、废气那样可以迁移到大容量的水体（如湖泊、江河、海洋）或溶入大气中，通过自然界中物理、化学、生物等多种途径进行稀释、降解和净化。固体废物只能通过释放渗出液和气体进行“自我消化”处理。而这个过程是非常漫长、复杂和难以控制的。例如，堆放场中的城市生活垃圾不经任何处理，一般需要 10~30 年左右的时间才可以趋于稳定，而废旧塑料和橡胶则需要更长的时间，在这样一个漫长的时间段内，会对环境造成持续的危害。

(6) 彼此依赖，相互循环。随着固体废物对自然环境及人类生存压力的增加，人们对环境和资源意识的增强，在产品的设计、制造、生产过程中，会考虑到一个大循环问题，尽量不造成资源浪费和环境污染，很多废弃物将被再生和循环利用。这样，随着人类社会的不断发展，生产过程与再生资源化处理与利用过程的界限将逐渐被淡化。

1.2 固体废物的来源与分类

1.2.1 固体废物的来源

人类在资源开发和产品制造过程中，不可避免地要产生废弃物，而且任何产品经过使用和消费后也会变成废弃物。固体废弃物的来源大体上可以分为两类：一类是生产过程中所产生的废弃物，我们称之为生产废弃物；另一类是在产品进入市场，在流动过程中或使用过程中产生的固体废弃物，称之为生活废弃物（垃圾）。

生活废弃物主要是城市生活垃圾。城市生活垃圾的产生量由季节、生活水平、生活习

惯、生活能源结构、人口数量、城市规模和地理环境等多方面的因素决定。例如，城市固体废弃物的增长率，发达国家的年增长率约为5%，发展中国家的年增长率约为6%~8%，而我国现阶段经济发展较快，目前的年增长率大约在8%~10%，2000年，全国城市垃圾产生量已达1.4亿吨。总体来说，发展中国家的城市固体废物年增长率要高于发达国家。

生产废弃物主要来自于工、农业生产部门，主要是冶金、煤炭、电力工业、石油化工、轻工、原子能以及农业生产等部门。由于我国经济的发展，长期采用大量消耗原料、能源的粗放型经营模式，生产工艺、技术和设备落后，管理水平低下，资源利用率很低，因此使得固体废物大量产生，这样不仅造成了资源的浪费，而且严重污染了环境。据《中国环境状况公报》报告，2000年全国工业固体废物产生量约为8.2亿吨，危险废弃物为830万吨。值得一提的是，我国是世界上最大的农业国家，农业固体废弃物的产生量也很大，据估计，目前我国每年要产生十几亿吨的农业固体废物。

1.2.2 固体废物的分类

对固体废物进行分类是处理和利用固体废物的基础。固体废物的科学分类对其进行深入研究，以及处理、处置和资源化利用具有举足轻重的意义。

固体废物来源广泛，种类繁多，成分复杂，其分类方法也有很多种。按其形态可分为固体废物（粉状、粒状、块状）和半固态（污泥）废弃物；按其危险性可分为一般性固体废物和危险性固体废物；按其化学组成可分为有机废弃物和无机废弃物；按其来源可分为矿业废弃物、工业废弃物、城市垃圾、农业废弃物和放射性废弃物等。1995年国家颁布的《中华人民共和国固体废物污染环境法》（下称《固废法》）将固体废物分为城市生活垃圾、工业固体废物和危险废弃物三大类，而没有把农业废弃物纳入其中。但是，我国是世界上最大的农业国家，农业废弃物的产生量已超过工业固体废物，并对环境造成越来越严重的污染，所以，应该把农业固体废物纳入不可忽视的一大类。

本书主要按危险性将固体废物分为两大类：一般性固体废物和危险性固体废物。而一般性废弃物又分为以下几个大类：城市生活垃圾、污泥、废旧电子电器、工业固体废物、农业固体废物和矿业固体废物（如表1-1所示）。

表 1-1 固体废物的分类、来源及主要组成物

分类	来源	主要组成物
城市生活垃圾	居民生活	食物垃圾、纸屑、布料、金属、玻璃、塑料、陶瓷、燃料、灰渣、废器具、粪便、杂品等
	商业、机关	管道、废纸、食物、放射性废物、建筑材料、沥青、各种杂物，以及含有易爆易燃、易腐蚀的废物等
	市政维护、管理部门	碎砖石、树叶、死禽死畜、金属、锅炉灰渣、脏土等

(续表)

分类	来源	主要组成物
工业固体废物	冶金工业	高炉渣、钢渣、赤泥、废矿石、烟尘、各种废旧建筑材料、汞渣
	石油化学工业	废油、浮渣、炉渣、碱渣、塑料、橡胶、陶瓷、纤维、沥青、油毡、石棉、涂料、化学药剂、废催化剂和农药等
	轻工业	各类食品糟渣、废纸、金属、皮革、塑料、橡胶、布头、线、纤维、染料、刨花、锯末、碎木、化学药剂、金属填料等
	机械建筑行业	金属碎料、铁屑、炉渣、模具、玻璃、陶瓷、研磨料、钢筋、水泥、黏土、石膏、沙石、砖瓦、纤维板等
	电力行业	煤渣、粉煤灰、烟道灰等
农业废物	种植业	稻草、麦秸、玉米秸、根茎、落叶、烂菜、废农膜、农药、农用塑料
	养殖业	畜禽粪便、死禽死畜、死鱼、死虾、脱落的羽毛
	农副产品加工业	畜禽内容物、鱼虾内容物、菜叶、稻壳、瓜果、果皮、果核、贝壳、羽毛、皮毛等
矿业废物	矿山选冶厂等	废石、尾矿、金属、废木、砖瓦、灰石、水泥、沙石等
污泥	水处理部门、生活污水	生活污水污泥、工业废水污泥、给水污泥
	工业	各种含油污泥、赤泥、各种有机污泥等
废旧电子电器	居民生活	电视机、电冰箱、洗衣机、电脑等家用电器，手机及其电池、各种废旧电子产品等
	工业生产部门	报废汽车、仪表、仪器、电路板

1. 城市生活垃圾

城市生活垃圾又称为城市固体废弃物 (Municipal Solid Waste, MSW)，它是指在城市居民日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废弃物。城市生活垃圾主要包括厨余物、废纸、废塑料、废织物、废金属、废玻璃、陶瓷碎片、砖瓦渣土、粪便以及废家具、庭院废物等。城市生活垃圾主要来自于城市居民家庭、城市商业、餐饮业、旅游业、旅馆业、服务业、市政环卫业、交通运输业、文教卫生业和行政事业单位、工业企业以及污水处理厂等。

2. 污泥

污泥是指介于液体和固体之间的一种半固态的浓稠物，主要是废水处理中产生的沉淀物、颗粒物和漂浮物的集合体。它可以用泵输送，但它很难通过沉降进行固液分离。悬浮物浓度一般在1%~10%，低于此浓度称为泥浆。之所以将污泥单独划为一类，是因为随着国家对水处理治理的加大，污泥的产生量及对污泥资源化研究也将加大。污泥的来源及水处理方法不同，产生的污泥性质不一，污泥的种类很多，分类也比较复杂，一般有以下几种类别：

(1) 按来源分 污泥主要有生活污水污泥、工业废水污泥和给水污泥。

(2) 按处理方法和分离过程分 污泥可分为沉淀污泥(包括物理沉淀污泥、混凝沉淀污泥、化学沉淀污泥)及生物处理污泥(包括剩余污泥、生物膜法污泥),目前一般都是沉淀污泥和生物处理污泥的混合污泥。

(3) 按污泥的成分和性质分 污泥可分为有机污泥和无机污泥;亲水性污泥和疏水性污泥。如生活污水处理产生的混合污泥和工业废水产生的生物污泥,都是典型的有机污泥,其特征就是有机含量高(60%~80%)、颗粒小(0.02~0.2mm)、密度小(1.002~1.006g/cm³);化学沉淀污泥及沉砂池产生的污泥属于典型的无机污泥,特征是有机含量少、颗粒粗、密度大、含水率低等。

3. 废旧电子电器

顾名思义,废旧电子电器就是报废的电子产品、电器产品。很多书籍将这一类废物归为城市生活垃圾,但是现在废旧电子电器的数量大得惊人,而且在不断增加,对环境造成的危害也特别严重,所以,本书将这一类固体废物单独提出来,以引起更多的注意。

废旧电子电器主要包括废旧的家用电器、电脑、各种电子仪表、电子仪器、通讯器材、报废汽车等。据有关部门1999年调查结果显示,中国目前电冰箱的社会拥有量是1亿台,而电视机和洗衣机的数量均已超过1亿台,这些家用电器现在正好达到了报废的高峰期,每年报废量达500~600万台;而计算机方面的问题则更大,据有关部门2000年调查结果显示,发达国家已有1.25亿台废弃计算机,预计到2003年,全世界将有5亿台废旧计算机等待处理;手机、寻呼机的更新换代的速度非常快,报废期短,我国目前就有手机大约2亿部,问题也十分突出;再一个问题就是报废汽车的问题,一部汽车里的电子元件、仪表也是很多,处理不好不但造成资源浪费,还会污染环境。综上所述,废旧电子电器的处理已成为一个亟待解决的问题,应引起足够的重视。

4. 工业固体废物

工业固体废物是指在工业、交通等生产活动中产生的固体废物。工业固体废物主要来自于冶金工业、石油与化学工业、轻工业、机械电子工业、建筑业和其他工业行业。典型的工业固体废物有炉渣、金属、塑料、橡胶、化学药剂、陶瓷、沥青等。

5. 农业固体废物

农业固体废物是指在农业生产及产品加工过程中产生的固体废物。农业固体废物主要来自于植物种植业、动物饲养业和农副产品加工业。常见的农业固体废物有稻草、麦秸、玉米秸、稻壳、落叶、果核、畜禽粪便、死禽死畜、羽毛、皮毛等。

6. 矿业固体废物

矿业固体废物是指在矿山开采核矿石冶炼生产过程中产生的废物。其中矿山所产生的

固体废物又分为废石（包括煤矸石）和尾矿两大类。矿山开采过程所产生的无工业价值的矿体围岩和夹石统称废石。据统计，目前现有的矿山废石已达3亿吨以上。矿石在选矿过程中选出目的的精矿后，剩余的含有目的金属很少的矿渣称为尾矿，我国每年排出的尾矿大约有1亿吨左右。两者的数量如此巨大，处理工艺复杂，已成为一大难题。

1.3 固体废物的危害与污染控制

1.3.1 固体废物的危害

固体废物污染环境的途径多、污染形式复杂，可间接或直接污染环境，既有即时性污染，又有潜伏性和长期性的污染。一旦固体废物造成环境污染或潜在的污染变成现实，消除这些污染就往往需要比较复杂的技术和大量的资金投入，花费较大的代价进行治理，并且很难使环境恢复。总体上讲，固体废物对环境和人类的危害主要表现在如下几个方面：

1. 侵占土地资源

固体废物产生之后，需要土地堆放。产生废物的处理量越少，堆积量也就越大，占用的土地也就越多。据估计，每堆积1万吨废渣需要占用一亩土地。据报道，美国有200万 hm^2 的土地被固体废物侵占，英国为60万 hm^2 。由于我国过去对固体废物的处理和利用不够重视，导致固体废物的大量堆积，截至1994年底，我国仅工矿业废渣、煤矸石、尾矿的堆积量就达66亿t，占用土地6万多 hm^2 。我国许多城市近郊处也常常是城市生活垃圾的堆放所，垃圾的堆放占用了大量的生产用地，从而进一步加剧了我国人多地少的矛盾。例如，广州市近郊堆放的各种废物就占地168.5 hm^2 ，其中仅垃圾堆放就占地69 hm^2 。随着我国经济的发展和人们生活水平的提高，固体废物的产生量会越来越大，如不进行有效的处理与利用，固体废物侵占土地的问题会变得更加严重。

2. 污染土壤

废物堆放，其中的有害组分容易污染土壤。如果直接利用来自医院、肉类联合厂、生物制品的废渣作为废料施入农田，其中的病菌、寄生虫等就会使土壤污染。人与污染的土地直接接触，或生吃此类土壤上种植的蔬菜、瓜果就会致病。当污染土壤中的病原微生物与其他有害物质随天然降水径流或渗流进入水体后就可能进一步危害人的健康。

工业固体废物还会破坏土壤内的生态平衡。土壤是许多细菌、真菌等微生物聚居的场所。这些微生物形成了一个生态系统，在大自然的物质循环中，担负着碳循环和氮循环的一部分重要任务。工业固体废物，特别是有害固体废物，经过风化、雨雪淋溶、地表径流