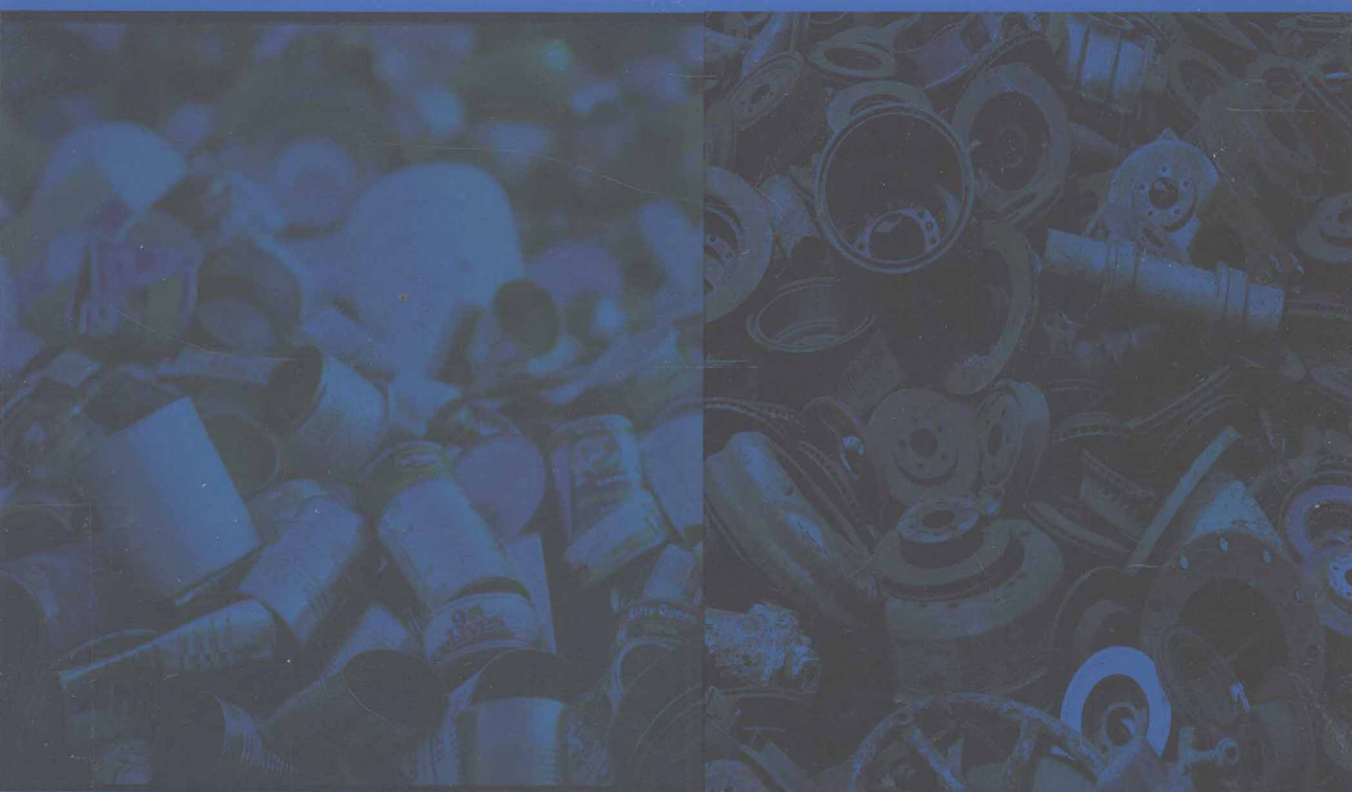


“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

固体废物 处置与资源化

(第二版)

○ 蒋建国 编著



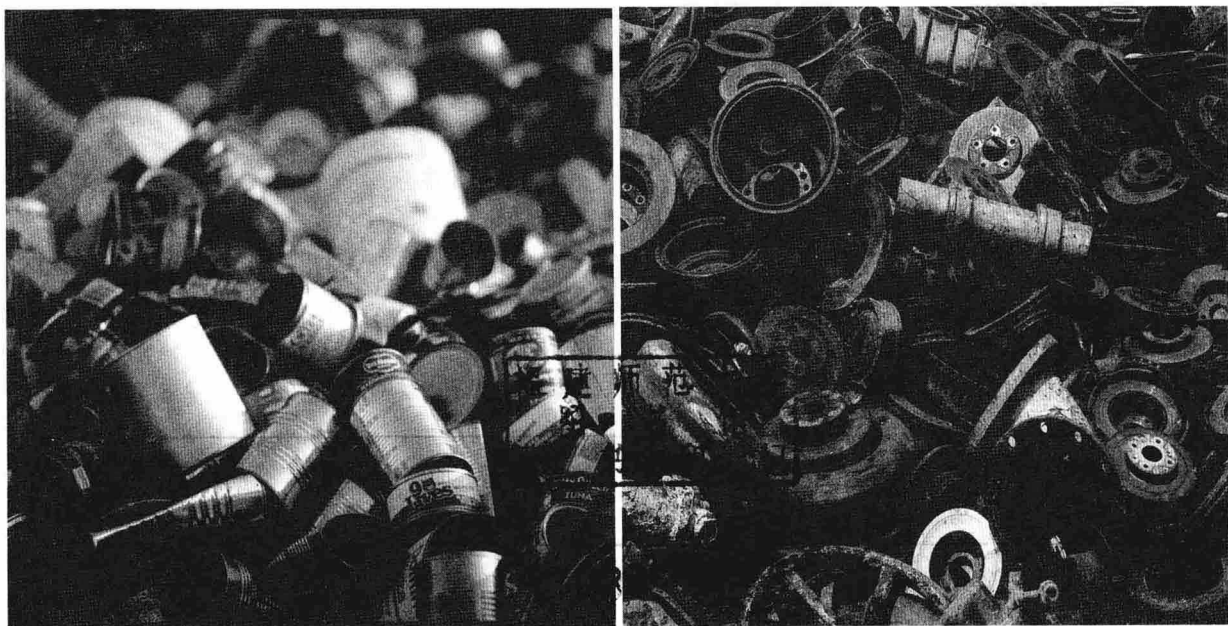
化学工业出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

固体废物 处置与资源化

(第二版)

○ 蒋建国 编著



化学工业出版社
· 北京 ·

本书系统介绍了固体废物的环境问题及其管理, 固体废物的产生、特征及采样方法, 固体废物的收集、运输及转运系统, 固体废物的压实、破碎及分选处理技术, 污泥的浓缩、调质破解与脱水处理技术, 危险废物固化/稳定化处理技术, 有机废物堆肥化处理技术, 有机废物厌氧消化处理技术, 固体废物焚烧处理技术, 固体废物热解处理技术, 固体废物熔融处理技术, 污泥热干化处理技术以及固体废物填埋处置技术。书中还配有大量例题和习题。

本书充分体现基础理论和工程实践相结合的特点, 尽量纳入国际上先进的和前瞻性的技术内容, 既可供高等院校环境专业师生教学使用, 也可供相关的科研、工程和管理人员参考, 同时也可作为全国注册环保工程师专业考试的复习参考材料。

图书在版编目 (CIP) 数据

固体废物处置与资源化/蒋建国编著. —2 版.
北京: 化学工业出版社, 2012.11
“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
ISBN 978-7-122-15395-1

I. ①固… II. ①蒋… III. ①固体废物处理
②固体废物利用 IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 227237 号

责任编辑: 董琳
责任校对: 王素芹

装帧设计: 杨北

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码 100011)

印刷: 北京市振南印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 22 $\frac{1}{4}$ 字数 684 千字 2013 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

随着我国城市化、工业化进程的高速发展和人口的迅速增长，固体废物产生量逐日递增，且其性质更趋复杂，由此引发的环境问题也日益突出。近十几年来我国对固体废物的管理工作越来越重视，特别是1995年颁布实施的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，使固体废物的管理纳入了法制化轨道。2005年，国家又对该法进行了修订，为我国深入开展固体废物管理工作奠定了更为权威的基础。但从总体上看，我国固体废物的处理处置任务还很艰巨，固体废物的处置和资源化技术水平相比发达国家还有很大的差距，管理水平也有待提高，特别是针对我国固体废物特点的处理处置及资源化技术和管理体系等方面的系统研究还有很大的发展空间。

固体废物管理作为多学科交叉的综合性研究方向，涉及生活垃圾、工业固体废物、农业废物和危险废物的处理处置与资源化、管理体系建立以及相关法规标准制定等多个研究领域。近年来，我国开设固体废物相关专业课程的院校数量与日俱增，出版与之相关的专业手册和教材的数量与水平也有了显著的提高，教学体系日趋完善，这都为我国固体废物管理的进一步发展打下更坚实的基础。作为国内最早开设与固体废物处理处置与资源化有关的专业基础课的院校之一，笔者根据多年从事教学、科研和工程实践工作所积累的经验 and 知识，并参考国内外相关资料与多位专家的意见，于2008年编著出版了《固体废物处置与资源化》（“十一五”国家级规划教材）一书。经过几年的教学实践，同时鉴于国内外固体废物管理水平的提高和处理处置技术的发展，特别是我国于2009年颁布实施《循环经济促进法》后，在固体废物管理领域密集出台了一批与生活垃圾、工业固体废物、大宗固体废物、废弃电器电子产品、污水厂剩余污泥等资源化利用相关的政策和规划，在危险废物和污染场地等方面的管理也出现了一系列新问题需要解决，鉴于此，笔者深感到需要进一步完善和提高该书的架构体系来满足当前的迫切需要。于是，从2011年开始，笔者在原有教材内容基础上进行了大量的完善和更新，以期能够通过此书的出版为促进我国固体废物的管理、处理处置和资源化方向的长远发展略尽微薄之力。

本书为《固体废物处置和资源化》（第二版），其内容既包括对固体废物进行管理和污染控制的处理处置技术，也包括对固体废物作为可再生资源进行利用的各类资源化技术。因此，在全书编写顺序上，遵循固体废物的产生、收运、贮存、利用、处理和处置的全过程管理原则编排章节，并结合减量化、资源化、无害化的“三化原则”以及循环经济和可持续发展的理念组织内容；在内容设置上，为满足研究型人才培养的需要，充分体现基础理论和工程实践相结合的特点，同时为适应国际发展和培养高水平管理人才的需要，尽量融入国际上先进的管理理念和前瞻性的技术内容。本书的编著旨在满足我国高等院校专科生、本科生和研究生培养和教学的需要，同时兼顾科研、工程和管理人员作为专业参考资料和培训教材的需要。

本书的编著得到清华大学环境学院固体废物控制研究所的大力支持，在此谨向他们致以诚挚谢意。由衷感谢化学工业出版社的协助出版以及其他各位同仁的鼎力支持，使此书能够顺利完成。

由于笔者水平有限，书中定有不当和疏漏之处，敬请读者同行不吝赐教。

蒋建国

2012年9月于清华园

第一版前言

随着我国城市化、工业化进程的高速发展和人口的迅速增长，固体废物产生量逐日递增，且其性质更趋复杂，由此引发的环境问题也日益突出。近十几年来我国对固体废物的管理工作越来越重视，特别是1995年颁布实施了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，使固体废物的管理纳入了法制化轨道。2005年，国家又对该法进行了修订，为我国深入开展固体废物管理工作奠定了更为权威的基础。但从总体上看，我国固体废物的处理处置任务还很艰巨，固体废物的处置和资源化技术水平相比发达国家还有很大的差距，管理水平也有待提高，特别是针对我国固体废物特点的处理处置及资源化技术和管理体系等方面的系统研究还有很大的发展空间。

固体废物管理作为多学科交叉的综合性研究方向，涉及生活垃圾、工业固体废物、农业废物和危险废物的处理处置与资源化、管理体系建立以及相关法规标准制定等多个研究领域。近年来，我国开设固体废物相关专业课程的院校数量与日俱增，出版与之相关的专业手册和教材的数量与水平也有了显著的提高，教学体系日趋完善，这都为我国固体废物管理的进一步发展打下了更坚实的基础。作为国内最早开设与固体废物处理处置与资源化有关的专业基础课的院校之一，笔者根据多年从事教学、科研和工程实践工作所积累的经验和知识，并参考国内外相关资料与多位专家的意见，于2005年编辑出版了《固体废物处理处置工程》一书。经过教学实践，同时鉴于国内外固体废物管理水平的提高和处理处置技术的发展，笔者深感到需要进一步完善和提高该书的架构体系来满足当前的迫切需要。于是，从2006年开始，作为教育部立项的“十一五”国家级规划教材，笔者秉承“十年树木，百年树人”的精神，在原有教材内容基础上进行了大量的完善和更新，编著了《固体废物处置与资源化》教材，以期能够通过此书的出版为促进我国固体废物的管理、处理处置和资源化方向的长远发展略尽微薄之力。

本书内容既包括对固体废物进行管理和污染控制的处理处置技术，也包括对固体废物作为可再生资源进行利用的各类资源化技术。因此，在全书编写顺序上，遵循固体废物的产生、收运、贮存、利用、处理和处置的全过程管理原则编排章节，并结合减量化、资源化、无害化的“三化原则”以及循环经济和可持续发展的理念组织内容；在内容设置上，为满足研究型人才培养的需要，充分体现基础理论和工程实践相结合的特点，同时为适应国际发展和培养高水平管理人才的需要，尽量融入国际上先进的和前瞻性的技术内容。本书的编著旨在满足我国高等院校专科生、本科生和研究生培养和教学的需要，同时兼顾科研、工程和管理人员作为专业参考资料的需要。

本书的编写得到清华大学环境科学与工程系固体废物控制研究所的大力支持，李国鼎、聂永丰、白庆中、王伟、王洪涛、李金惠、袁光裕等教授为本书的编写提供了很多宝贵的建议和许多珍贵资料，张妍、杜雪娟、陈懋喆、娄志颖、黄云峰、张唱、吴时要、王岩等参加了部分章节的文字整理和图片绘制工作，在此谨向他们致以诚挚谢意。最后由衷感谢化学工业出版社的协助出版以及其他各位同仁的鼎力支持，使此书能够顺利完成。

由于笔者水平所限，书中定有不当和疏漏之处，敬请读者同行不吝赐教。

蒋建国

2007年11月于清华园

目 录

1 固体废物的环境问题及其管理	1
1.1 固体废物的定义及其二重性	1
1.1.1 固体废物的定义	1
1.1.2 固体废物的二重性	1
1.2 固体废物的分类	2
1.2.1 生活垃圾	2
1.2.2 工业固体废物	3
1.2.3 危险废物	4
1.2.4 农业废物	6
1.2.5 其他废物	7
1.3 固体废物的污染特点及其环境影响	7
1.3.1 固体废物对环境潜在污染的特点	7
1.3.2 固体废物对环境的影响	8
1.3.3 固体废物对人体健康的影响	9
1.4 我国固体废物的产生和管理现状	10
1.4.1 我国固体废物管理的历史及发展	10
1.4.2 我国城市生活垃圾的产生和管理现状	11
1.4.3 我国工业固体废物的产生及处理现状	12
1.4.4 我国危险废物的产生及处理现状	13
1.5 固体废物的管理原则	15
1.5.1 “三化”基本原则	15
1.5.2 全过程管理原则	16
1.5.3 循环经济理念下的固体废物管理原则	16
1.6 我国固体废物管理体系	19
1.6.1 我国固体废物环境管理的法律法规体系	19
1.6.2 固体废物环境管理制度	20
1.6.3 固体废物管理系统	22
1.7 我国固体废物环境管理标准体系	22
1.7.1 固体废物分类标准	23
1.7.2 固体废物鉴别方法标准	24
1.7.3 固体废物污染控制标准	24
1.7.4 固体废物综合利用法规标准	25
讨论题	26
2 固体废物的产生、特征及采样方法	28
2.1 固体废物产生量及预测	28
2.1.1 城市生活垃圾产生量及预测	28
2.1.2 工业固体废物产生量及预测	31
2.2 固体废物的物理及化学特性	32
2.2.1 固体废物的物理特性	33
2.2.2 固体废物的化学特性	35
2.2.3 危险废物特性及鉴别试验方法	40
2.2.4 危险废物判定规则	46
2.3 固体废物的采样方法	46
2.3.1 采样统计方法	47
2.3.2 单一随机采样型	48
2.3.3 分层随机采样型	49
2.3.4 系统随机采样型	49
2.3.5 阶段式采样法	49
2.3.6 权威性采样法	50
2.3.7 混合采样型	50
2.3.8 不同废物贮存形态的取样方法	50
2.3.9 我国生活垃圾采样标准	52
2.3.10 我国用于鉴别固体废物危险特性的采样方法	54
讨论题	54
3 固体废物的收集、运输及转运系统	56
3.1 固体废物的收集方式与生活垃圾分类收集	56
3.1.1 收集方式	56
3.1.2 国外生活垃圾分类收集概况	57
3.1.3 我国生活垃圾分类收集的发展历程	60
3.1.4 我国生活垃圾分类收集现状及发展趋势	60
3.2 固体废物收运系统及其分析方法	61
3.2.1 废物收运系统分类	61
3.2.2 拖曳容器系统分析方法	63
3.2.3 固定容器系统分析方法	66
3.3 固体废物收集路线及规划设计	70
3.3.1 固体废物收集路线的规划	70
3.3.2 固体废物收集路线的设计	71
3.4 固体废物的运输	75
3.4.1 车辆运输	75
3.4.2 船舶运输	76
3.4.3 管道运输	76
3.4.4 危险废物运输的特殊要求	77
3.5 固体废物转运系统	78
3.5.1 垃圾转运的必要性	78

3.5.2	转运站分类	79	3.5.6	转运站环境保护与劳动安全卫生	86
3.5.3	不同类型转运站介绍	80	3.5.7	转运站工艺设计	86
3.5.4	转运站选址	84	3.6	固体废物收运系统的优化	87
3.5.5	转运站配置要求	85		讨论题	89
4	固体废物的压实、破碎及分选处理技术	91			
4.1	概述	91	4.4	固体废物的分选技术	100
4.2	固体废物的压实技术	91	4.4.1	分选的定义及评价指标	100
4.2.1	压实原理	91	4.4.2	筛分	101
4.2.2	压实机械	93	4.4.3	重力分选	103
4.2.3	压实器的选择	93	4.4.4	磁选技术	107
4.2.4	填埋场的压实	94	4.4.5	浮选技术	108
4.3	固体废物的破碎技术	95	4.4.6	半湿式破碎分选技术	110
4.3.1	概述	95	4.4.7	淋洗技术	111
4.3.2	破碎机械	96		讨论题	112
4.3.3	特殊破碎技术	99			
5	污泥的浓缩、调质破解与脱水处理技术	113			
5.1	污泥的分类及基本性质	113	5.3.2	污泥物理破解调质技术	119
5.1.1	污泥的分类	113	5.3.3	污泥化学破解调质方法	124
5.1.2	污泥的性质	113	5.3.4	污泥生物破解调质方法	126
5.1.3	污泥水分布结构	115	5.4	污泥机械脱水技术	127
5.2	污泥浓缩技术	115	5.4.1	污泥脱水的基本理论	127
5.2.1	污泥重力浓缩	115	5.4.2	常用污泥机械脱水方式	128
5.2.2	污泥气浮浓缩	116	5.4.3	污泥真空过滤脱水	128
5.2.3	污泥机械浓缩	117	5.4.4	污泥压滤脱水	130
5.3	污泥破解与调质技术	118	5.4.5	污泥离心脱水	131
5.3.1	污泥破解和污泥调质技术种类	118		讨论题	132
6	危险废物固化/稳定化处理技术	133			
6.1	概述	133	6.6.2	原位熔融固化技术	147
6.1.1	固化/稳定化的定义	133	6.6.3	异位熔融固化技术	149
6.1.2	固化/稳定化技术的特点及其应用	133	6.7	高温烧结技术	152
6.1.3	固化/稳定化技术对不同危险废物的适应性	135	6.7.1	烧结原理	152
6.1.4	固化/稳定化技术所涉及的基本原理	136	6.7.2	影响烧结的因素	152
6.2	水泥固化技术	139	6.7.3	烧结窑炉类型	152
6.2.1	基本理论	139	6.7.4	烧结技术	153
6.2.2	水泥固化的影响因素	140	6.7.5	烧结中的重金属行为	153
6.2.3	水泥固化工艺介绍	141	6.8	土壤聚合物固化技术	154
6.2.4	水泥固化技术的应用	143	6.8.1	概述	154
6.3	石灰固化技术	143	6.8.2	土壤聚合物的合成	154
6.4	塑性材料包容技术	144	6.8.3	土壤聚合物的特点	155
6.4.1	热固性塑料包容	144	6.8.4	土壤聚合物处理重金属废物	156
6.4.2	热塑性材料包容	145	6.9	化学稳定化处理技术	157
6.5	自胶结固化技术	146	6.9.1	概述	157
6.6	熔融固化技术	147	6.9.2	化学稳定化技术的基本原理	158
6.6.1	定义及其技术种类	147	6.9.3	氢氧化物化学稳定化技术	159
			6.9.4	硫化物化学稳定化技术	160
			6.9.5	硅酸盐化学稳定化技术	161
			6.9.6	碳酸盐化学稳定化技术	162

6.9.7	利用 CO ₂ 的加速碳酸化技术	162	6.10.2	固化/稳定化处理效果的评价指标	167
6.9.8	磷酸盐化学稳定化技术	164	6.10.3	固体废物的浸出机理	168
6.9.9	亚铁盐化学稳定化技术	166	6.10.4	浸出率的定义及浸出试验	170
6.9.10	无机及有机螯合物化学稳定化技术	166	6.10.5	国内外固体废物标准浸出毒性方法及其应用	173
6.10	固化/稳定化产物性能的评价方法	167	讨论题		176
6.10.1	概述	167			
7	有机废物堆肥化处理技术	177			
7.1	概述	177	7.4	堆肥化工艺	192
7.1.1	固体废物的生物处理	177	7.4.1	概述	192
7.1.2	有机废物生物处理过程的基本生物原理	177	7.4.2	典型堆肥工艺	193
7.2	堆肥化的基本概念与发展过程	180	7.4.3	典型的机械堆肥工艺流程	194
7.2.1	堆肥化的定义	180	7.5	堆肥产品及其腐熟度评价	195
7.2.2	堆肥化技术的历史及发展	180	7.5.1	堆肥产品的质量要求和标准	195
7.3	堆肥化原理及其影响因素分析	182	7.5.2	堆肥产品腐熟度评价方法	196
7.3.1	堆肥化原理	182	7.5.3	堆肥的功效及其利用	199
7.3.2	堆肥化过程温度变化规律	183	7.5.4	堆肥产品中重金属的影响及其控制	200
7.3.3	堆肥化生物动力学基础	184	讨论题		201
7.3.4	堆肥化的影响因素及其控制	186			
8	有机废物厌氧消化处理技术	203			
8.1	概述	203	8.5.3	一阶段干式系统	215
8.2	厌氧消化原理及其影响因素	203	8.6	两阶段系统消化反应器	218
8.2.1	厌氧消化产沼的机理及途径	203	8.6.1	简介	218
8.2.2	厌氧消化产沼的生物化学过程	205	8.6.2	无微生物滞留的两阶段“湿-湿”处理工艺	218
8.2.3	厌氧消化的影响因素及其控制	206	8.6.3	有微生物滞留的两阶段“湿-湿”处理工艺	220
8.3	厌氧消化处理工艺	207	8.6.4	两阶段厌氧消化工艺水解段的影响因素及控制	221
8.3.1	低固体厌氧消化技术	207	8.6.5	有机垃圾水解液气化技术及其影响因素	222
8.3.2	高固体厌氧消化技术	209	8.7	序批式处理系统	224
8.3.3	典型厌氧消化处理技术和工艺	209	8.8	不同消化反应器的比较	226
8.4	厌氧消化反应器种类及其性能评价	211	讨论题		227
8.4.1	厌氧消化反应器种类	211			
8.4.2	厌氧消化反应器性能评价指标	212			
8.5	一阶段系统消化反应器	213			
8.5.1	简介	213			
8.5.2	一阶段完全混合湿式处理系统	213			
9	固体废物焚烧处理技术	228			
9.1	固体废物热处理技术的种类及特点	228	9.3.3	固体废物焚烧和燃烧的关系	232
9.1.1	固体废物热处理技术的定义	228	9.4	焚烧效果的评价及影响因素	232
9.1.2	热处理技术种类	228	9.4.1	焚烧效果的评价指标	232
9.1.3	热处理技术特点	228	9.4.2	影响焚烧效果的主要因素	233
9.2	焚烧技术及其发展	229	9.5	焚烧主要参数及热平衡计算	235
9.2.1	焚烧技术的定义及特点	229	9.5.1	焚烧空气量及烟气量	235
9.2.2	焚烧技术的历史及发展	229	9.5.2	烟气温度	238
9.3	固体废物的焚烧特性	231	9.5.3	焚烧系统热平衡计算	239
9.3.1	固体废物的三组分	231	9.6	典型焚烧系统及工作原理	242
9.3.2	固体废物的热值	231	9.6.1	机械炉床式焚烧炉	242

9.6.2 旋转窑式焚烧炉	246	9.7.4 酸性气体控制技术	257
9.6.3 流化床式焚烧炉	249	9.7.5 重金属控制技术	259
9.6.4 模组式固定床焚烧炉(控气式焚烧炉)	251	9.7.6 二噁英和呋喃控制技术	260
9.7 焚烧产生的大气污染物及其控制	253	9.8 焚烧灰渣及其控制	263
9.7.1 焚烧烟气组成及其控制标准	253	9.8.1 焚烧产生灰渣的种类	263
9.7.2 粒状污染物控制技术	254	9.8.2 焚烧灰渣的收集及输送	264
9.7.3 氮氧化物控制技术	254	9.8.3 焚烧灰渣的处理处置及再利用	264
		讨论题	265
10 固体废物热解处理技术	266		
10.1 概述	266	10.3 热解工艺类型及其在固体废物处理中的应用	269
10.1.1 热解定义	266	10.3.1 热解工艺分类	269
10.1.2 热解技术的历史及发展	266	10.3.2 固体废物的热解处理技术	270
10.2 热解原理及其影响因素	267	讨论题	274
10.2.1 热解原理	267		
10.2.2 热解技术影响因素	268		
11 固体废物熔融处理技术	275		
11.1 概述	275	11.5.2 高温等离子体发生器类型	280
11.2 废物熔融技术工艺过程	275	11.5.3 等离子体技术处理固体废物的工艺流程	281
11.3 燃料热源熔融技术	276	11.5.4 等离子体熔融技术的特点及其进展	282
11.4 电热源熔融技术	278	讨论题	283
11.5 高温等离子体熔融技术	280		
11.5.1 高温等离子体技术简介	280		
12 污泥热干化处理技术	284		
12.1 概述	284	12.4 污泥热干化设备	288
12.2 污泥干化特性及影响因素	285	12.4.1 直接加热式	289
12.2.1 污泥干化特性	285	12.4.2 间接加热式	291
12.2.2 污泥干化过程	286	12.4.3 其他加热方式	296
12.2.3 影响污泥干化过程的因素	286	12.4.4 污泥热干化设备的应用实例	297
12.3 污泥干化工艺	287	12.5 污泥干化工艺中的安全问题	297
12.3.1 热干化工艺类型	287	12.5.1 不安全因素	297
12.3.2 干化热源	287	12.5.2 热干化安全隐患解决方案	299
12.3.3 干化工艺系统	288	讨论题	299
13 固体废物填埋处置技术	300		
13.1 概述	300	13.3.1 填埋场总体规划	312
13.1.1 固体废物处置的定义	300	13.3.2 填埋场选址的依据、原则和要求	313
13.1.2 固体废物最终处置原则	300	13.3.3 填埋场选址步骤	314
13.1.3 填埋处置技术的历史与发展	301	13.3.4 填埋场库容和规模的确定	315
13.1.4 填埋处置的意义	302	13.4 填埋场防渗系统	315
13.1.5 生物反应器填埋场及其发展	303	13.4.1 填埋场防渗技术类型	315
13.2 填埋处置技术分类	305	13.4.2 国内外填埋场防渗层典型结构	317
13.2.1 惰性填埋法	305	13.4.3 填埋场防渗层铺装及质量控制	319
13.2.2 卫生填埋法	305	13.5 地表水和地下水控制系统	320
13.2.3 安全填埋法	309	13.5.1 地表水控制系统构成及要求	321
13.2.4 一般工业固体废物贮存、处置场	311	13.5.2 地表水排洪系统设计	322
13.3 填埋场总体规划及场址选择	312	13.5.3 地下水控制系统	324

13.6 填埋气体的产生、迁移及控制	325	13.7.2 渗滤液特性	340
13.6.1 废物稳定化基本原理	325	13.7.3 渗滤液调节池	342
13.6.2 填埋气体的组成特性	327	13.7.4 渗滤液处理技术	342
13.6.3 填埋气体产生量计算	328	13.7.5 填埋场中水及污染物的迁移	344
13.6.4 填埋场气体的迁移	331	13.8 填埋场终场覆盖与场址修复	346
13.6.5 填埋气体收集系统	334	13.9 填埋场环境保护和监测	348
13.6.6 填埋气体的处理和利用	337	13.9.1 填埋场环境保护措施	348
13.7 填埋场渗滤液的产生及控制	337	13.9.2 填埋场环境监测	348
13.7.1 渗滤液产生量计算	337	讨论题	349
附录			
附录 1 单位换算	350	特性参数	352
附录 2 典型难溶化合物的溶度积	350	附录 4 在 298K 时各主要物质的生成热	352
附录 3 填埋场中 12 种微量气体组分的物理		附录 5 各种气体的平均定压比热容	353
参考文献			
			354

1

固体废物的环境问题及其管理

如果说人类的历史是一部能与质转换应用的历史,那么自有人类活动以来,这种能与质的转换过程便有固体废物产生,因此,废物处理的问题从人类社会形成之初就已经存在,只是在过去的社会里,由于人口少、资源消耗低、固体废物的产生量不多且性质单纯、环境的自然净化能力远远大于废物的污染负荷,因此过去的人类活动的历史并没有出现所谓的固体废物与环境污染的问题。然而,随着今天社会的高度工业化、劳动密集、人口过度集中以及城市化进程的加快,固体废物产生量逐日递增,且其性质日益复杂。因此,目前我们所面临的固体废物问题,已不再是单纯的“何来处理”,且要做到“如何处理”,才能对固体废物进行充分的资源化利用并避免其对环境造成公害。

1.1 固体废物的定义及其二重性

1.1.1 固体废物的定义

所谓废物是人类在日常生活和生产活动中对自然界的原材料进行开采、加工、利用后,不再需要而废弃的东西,由于废物多数以固体或半固体状态存在,通常又称为固体废物。但是,由于历史上人们对“固体”和“废物”的概念及其范畴认识的差异,造成了对固体废物的种类及其数量统计上的巨大差异,因此,对固体废物制定明确和统一的定义就显得尤其重要。

1995年我国首次颁布实施的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(以下简称《固体废物法》)中明确提出了“固体废物”的法律定义: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、半固态废物物质。

2005年修订后的《固体废物法》对“固体废物”又有了新的诠释:固体废物是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质。

从上述法律定义可以看出,固体废物主要来源于人类的生产和消费活动,人们在开发资源和制造产品的过程中,必然产生废物;任何产品经过使用和消耗后,最终将变成废物。物质和能源消耗量越多,废物产生量就越大。

从广义上讲,废物按其形态有气态、液态和固态之分。气态和液态的污染成分主要是混入或掺进一定容量的水(或液态物质)或气体之内,因而分别称为废水、污水、废液或废气、尾气等,对于这样一些废物,通常纳入水环境或大气环境的管理体系,并且分别有专项法规作为执法依据,如《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国大气污染防治法》。相对来说,固态的废物称为固体废物,包括所有经过使用而被弃置的固态或半固态杂物,甚至还包括具有一定毒性的液体或气体的物质。《固体废物法》定义的危险废物中则明确包含液态废物和置于容器中的气态废物的污染防治。

1.1.2 固体废物的二重性

固体废物具有鲜明的时间和空间特征,它同时具有“废物”和“资源”的二重特性。从时间角度看,固体废物仅指相对于目前的科学技术和经济条件而无法利用的物质或物品,随着科学技

术的飞速发展，矿物资源的日趋枯竭，自然资源滞后于人类需求，昨天的废物势必又将成为明天的资源。从空间角度看，废物仅仅相对于某一过程或某一方面没有使用价值，而并非在一切过程或一切方面都没有使用价值，某一过程的废物，往往是另一过程的原料。例如，高炉渣可以作为水泥生产的原料、电镀污泥可以回收高附加值的重金属产品、城市生活垃圾中的可燃性部分经焚烧后可以发电、废旧塑料通过热解可以制油、有机垃圾可以作为生物质废物进行利用等。所以固体废物又有“放错地方的资源”之称。

1.2 固体废物的分类

固体废物有多种分类方法，既可根据其组分、形态、来源等进行划分，也可根据其危险性、燃烧特性等进行划分，目前主要的分类方法有：

- ① 根据其来源分为工业固体废物、农业废物、生活垃圾等；
- ② 按其化学组成可分为有机废物和无机废物；
- ③ 按其形态可分为固体废物（例如玻璃瓶、报纸、塑料袋、木屑等）、半固体废物（如污泥、油泥、粪便等）和液态（气态）废物（如废酸、废油与有机溶剂等）；
- ④ 按其污染特性可分为危险废物和一般废物；
- ⑤ 按其燃烧特性可分为可燃废物（通常指 1000℃ 以下可燃烧者，如废纸、废塑料、废机油等）和不可燃废物（通常在 1000℃ 焚烧炉内仍无法燃烧者，例如金属、玻璃、砖石等）。

依据《固体法》对固体废物的分类，将其分为生活垃圾、工业固体废物和危险废物等三类进行管理，2005 年修订后的《固体法》还对农业废物进行了专门要求，另外，放射性废物虽然不属于《固体法》管理的范围，但有其特殊性，本节也作简要介绍。

1.2.1 生活垃圾

生活垃圾（municipal solid waste）是指在日常生活中或者为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物。在该定义中，生活垃圾包括了城市生活垃圾和农村生活垃圾。《固体法》规定：城市生活垃圾应当按照环境卫生行政主管部门的规定，在指定的地点放置，不得随意倾倒、抛撒或者堆放，农村生活垃圾污染环境防治的具体办法，由地方性法规规定。

根据目前我国环卫部门的工作范围，城市生活垃圾包括：居民生活垃圾、园林废物、机关单位排放的办公垃圾、街道清扫废物、公共场所（如公园、车站、机场、码头等）产生的废物等。在实际收集到的城市生活垃圾中，还可能包括有部分小型企业产生的工业固体废物和少量危险废物（如废打火机、废漆、废电池、废日光灯管等），由于后者具潜在危害，需要在相应的法规特别是管理工作中逐步制定和采取有效措施对之进行分类收集和进行适当的处理处置。此外，在城市的维护和建设过程中会产生大量的建筑垃圾和余土，由于这类废物性质较为稳定，一般由环卫部门的淤泥渣土（或建筑垃圾）办公室按相关规定单独收运和处置。

从上述分析可以看出，城市生活垃圾包括的废物种类很多，我国目前还没有明确的分类方式，以下以美国的分类方法为例对其进行介绍。

(1) 街道垃圾（street refuse）街道垃圾是经由人工从街道、人行道或公共场所（如公园、车站、码头）等地所扫集的废物，其最普遍的组成物是落叶、泥沙与纸张等。

(2) 一般垃圾（rubbish）一般垃圾泛指城市垃圾中含水分少的固体废物，分为可燃性与不可燃性垃圾，大部分来自商店、学校、家庭、办公或机关，其典型组成见表 1-1。

① 可燃组分：其组成大都为纸张、木材、木屑、破木、橡胶类、塑料类、花草、树叶等含有机化学成分（organic compound）的废物。此种废物虽为有机物，但因水分少且稳定性高，故不易腐化，可闲置较长时间，另外其发热值较高，通常不需其他辅助燃料即可燃烧，这两点是该类垃圾有别于厨余垃圾的特点。

表 1-1 一般垃圾的典型组成

组 成	质量分数/%			
	范 围	典型代表	美国加利福尼亚州	美国马里兰州
食物类	2~26	14	8.3	27.4
纸类	15~45	34	35.8	15.5
木板	3~15	7	10.9	13.0
塑料	2~8	5	6.9	4.6
纤维	0~4	2	2.5	2.3
橡胶	0~2	0.5	2.5	0.4
皮革	0~2	0.5	0.7	1.3
玻璃	4~16	8	7.5	10.3
空罐	2~8	6	5.1	8.3
金属类	1~4	2	2.2	1.2
陶器	1~3	1.5	0.8	1.1
砖石	0~5	3	2.1	3.2

② 不可燃组分：其组成大都为金属类、空铁罐、陶瓷、玻璃等，在普通焚烧炉（小于 1000℃）无法燃烧，其成分大都为无机物（nonorganics）。

(3) 厨余垃圾（garbage, kitchen waste）组成物大都为菜肴与馊水等易于腐败的有机物，其主要来源为家庭厨房、餐厅、饭店、食堂、市场及其他与食品加工有关的行业。由于厨余垃圾含有极高的水分与有机物，故很容易腐坏而产生恶臭，通常不作久存而于隔天即清除运走。

(4) 废弃车辆（abandoned vehicles）其组成物大都为不可燃的金属类或玻璃物，另有少部分为塑料与橡胶类。该类废物清除常需靠政府有关单位负责，因其体积过于庞大且来源极为分散。

(5) 工程拆除垃圾（demolition wastes）其组成主要为工程或建筑物拆除的废料，如混凝土块、废木材、废管道、砖石等。

(6) 建筑垃圾（construction wastes）此类废物指住宅、大厦、铺路等施工过程中产生的残余废料，包括泥土、石子、混凝土、砖块、瓦片与电线等。

1.2.2 工业固体废物

工业固体废物（industrial solid waste）是指在工业、交通等生产过程中产生的固体废物。工业固体废物按行业主要包括以下几类。

(1) 冶金工业固体废物 冶金工业固体废物主要包括各种金属冶炼或加工过程中所产生的废渣，如高炉炼铁产生的高炉渣、平炉（转炉/电炉）炼钢产生的钢渣、铜镍铅锌等有色金属冶炼过程产生的有色金属渣、铁合金渣及提炼氧化铝时产生的赤泥等。其中钢铁冶金渣和有色金属冶金渣是冶炼渣中主要的两大类，根据国家发展改革委发布的《大宗固体废物综合利用实施方案》的统计数据，2010 年我国冶炼渣产生量约为 3.15 亿吨，其中钢渣 0.8 亿吨、铁渣 1.9 亿吨、赤泥 300 万吨、铜渣 850 万吨、铅锌渣 430 万吨。目前，主要利用途径有再选回收有价元素、生产渣粉用于水泥和混凝土、建筑和道路材料等，综合利用率约 55%。

(2) 能源工业固体废物 能源工业固体废物主要包括燃煤电厂产生的粉煤灰、炉渣、烟道灰、采煤及洗煤过程中产生的煤矸石等。

近年来，随着我国燃煤电厂快速发展，粉煤灰产生量逐年增加，2010 年产生量达到 4.8 亿吨，利用量达到 3.26 亿吨，综合利用率约 68%，主要利用方式有生产水泥、混凝土及其他建材产品和筑路回填、提取矿物高值化利用等。煤矸石是煤炭开采和洗选加工过程中产生的固体废弃物，占煤炭产量的 18% 左右。据统计，2010 年我国煤矸石产生量约 5.94 亿吨，综合利用率约 61.4%，主要利用方式为煤矸石发电、生产建材产品、筑基铺路、土地复垦、塌陷区治理和井下充填换煤等。

(3) 石油化学工业固体废物 石油化学工业固体废物主要包括石油及加工工业产生的油泥、焦油页岩渣、废催化剂、废有机溶剂等，化学工业生产过程中产生的硫铁矿渣、酸（碱）渣、盐泥、釜底泥、精（蒸）馏残渣以及医药和农药生产过程中产生的医药废物、废药品、废农药等。

(4) 矿业固体废物 矿业固体废物主要包括采矿废石和尾矿，废石是指各种金属、非金属矿山开采过程中从主矿上剥离下来的各种围岩，尾矿是指在选矿过程中提取精矿以后剩下的尾渣。

尾矿是目前我国产生量最大的固体废物，主要包括黑色金属尾矿、有色金属尾矿、稀贵金属尾矿和非金属尾矿。2010年，我国尾矿产生量约12.3亿吨，其中主要为铁尾矿和铜尾矿，分别占到40%和20%左右，而当年尾矿综合利用率仅约14%，利用途径主要有再选、生产建筑材料、回填、复垦等。受资源品位低、利用成本高、经济效益差、利用技术缺乏等问题制约，目前我国尾矿仍以堆存为主，尾矿库安全隐患问题突出。

(5) 轻工业固体废物 轻工业固体废物主要包括食品工业、造纸印刷工业、纺织印染工业、皮革工业等工业加工过程中产生的污泥、废酸、废碱以及其他废物。

(6) 其他工业固体废物 主要包括机加工过程产生的金属碎屑、电镀污泥、建筑废料以及其他工业加工过程产生的废渣和工业副产石膏等。其中，工业副产石膏包括脱硫石膏、磷石膏、氟石膏、钛石膏、盐石膏等。

工业固体废物来源广泛、种类多、产生量大，不同类型的工业固体废物其对环境和人类的危害特性差异也非常显著，当其危害特性达到危险废物的特性标准时则按照危险废物管理（见1.2.3节），否则根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599—2001）按照一般工业固体废物管理，该标准定义一般工业固体废物是指未被列入《国家危险废物名录》或者根据国家规定的GB 5085鉴别标准和GB 5086及GB/T 15555鉴别方法判定不具有危险特性的工业固体废物。该标准又根据其危害特性的差异，把一般工业固体废物分为第Ⅰ类一般工业固体废物和第Ⅱ类一般工业固体废物来进行管理。第Ⅰ类一般工业固体废物是指按照GB 5086规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中，任何一种污染物的浓度均未超过GB 8978最高允许排放浓度，且pH值在6~9范围之内的一般工业固体废物。第Ⅱ类一般工业固体废物是指按照GB 5086规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中，有一种或一种以上的污染物浓度超过GB 8978最高允许排放浓度，或者是pH值在6~9范围之外的一般工业固体废物。

1.2.3 危险废物

危险废物（hazardous waste）的特性通常包括急性毒性、易燃性、反应性、腐蚀性、浸出毒性和疾病传染性。危险废物的术语是在20世纪70年代初得到社会认可的。在70年代中期以后，这一术语广为流行。但是，这时对危险废物的定义仍然不明确。美国环保局于1976年国会通过《资源保护和回收法》（RCRA）后，又花了四年的时间，对危险废物做出如下的定义：“危险废物是固体废物，由于不适当的处理、贮存、运输、处置或其他管理方面，它能引起或明显地影响各种疾病和死亡，或对人体健康或环境造成显著的威胁。”

联合国环境规划署（UNEP）在1985年12月举行的危险废物环境管理专家工作组会议上，对危险废物做出了如下的定义：“危险废物是指除放射性以外的那些废物（固体、污泥、液体和用容器装的气体），由于它们的化学反应性、毒性、易爆性、腐蚀性或其他特性引起或可能引起对人类健康或环境的危害。不管它是单独的或与其他废物混在一起，不管是产生的或是被处置的或正在运输中的，在法律上都称为危险废物。”

我国《固体法》中规定：“危险废物是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物。”

危险废物由于其特有的性质，对环境的污染严重，危害显著，因此，对它的严格管理具有特殊意义。例如，20世纪50年代和70年代发生在日本的“水俣病”和“痛痛病”事件以及20世纪70年代末发生在美国的“腊夫运河事件”都曾震惊世界。类似对危险废物管理不当造成的严

重教训在国内外均有不少。因而，1984年联合国环境规划署把危险废物的污染危害列为全球性环境问题之一。

由于处置危险废物在征地、投资、技术、环保等方面的困难，有不法厂商千方百计将自己的危险废物向其他国家转移，致使接受国深受其害。1976年7月10日，意大利北部小城 SEVE-SO 一家生产 2,4,5-三氯苯酚 (TCP) 的工厂发生了爆炸事故。这个事故在几年后成为引起一场关于二噁英问题和危险废物越境迁移问题国际论争的导火索。该化学工厂爆炸产生了约 2.0kg 的二噁英，造成了周围 1810hm² 土地的污染。在现场清理过程中，收集了 20 万立方米污染严重的土壤和 41 罐反应残渣，这些污染土壤和反应残渣的净化，约需耗资 2 亿美元。1 年后废物被转移到法国，1985 年又被转移到瑞士的巴塞尔，并以 250 万美元的价格进行了焚烧处理。

这一事件引起了国际社会的高度重视，1989 年 3 月联合国环境规划署颁布了《关于控制危险废物越境迁移及其处置的巴塞尔公约》，并于 1992 年 5 月 5 日正式生效。到 1995 年 9 月的第三次缔约国会议，缔约国达到 92 个。

《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》列出了“应加以控制的废物类别”共 45 类，“须加特别考虑的废物类别”共 2 类。1998 年 1 月 4 日，我国国家环境保护总局、国家经济贸易委员会、对外贸易经济合作部和公安部联合颁布，并于 1998 年 7 月 1 日实施了《国家危险废物名录 (环发 [1998] 89 号)》(以下简称《名录》)，根据该《名录》，我国危险废物共分为 47 大类。2008 年 8 月 1 日我国国家环境保护部与国家发展和改革委员会第 1 号令颁布实施了修订后的《国家危险废物名录》，根据该《名录》，国家规定的危险废物类别共分为 49 大类，增加了 HW48 “有色金属冶炼废物”和 HW49 “其他废物”，见表 1-2。

表 1-2 国家危险废物名录废物类别汇总

废物类别	行业来源	废物类别	行业来源
HW01 医疗废物	卫生,非特定行业	HW14 新化学药品	非特定行业
HW02 医药废物	化学药品原药制造,化学药品制剂制造,兽用药品制造,生物、生化制品的制造	HW15 爆炸性废物	炸药及火工产品制造,非特定行业
HW03 废药物、药品	非特定行业	HW16 感光材料废物	专用化学产品制造,印刷,电子元件制造,电影,摄影扩印服务,非特定行业
HW04 农药废物	农药制造,非特定行业	HW17 表面处理废物	金属表面处理及热处理加工
HW05 木材防腐剂废物	锯材、木片加工,专用化学产品制造,非特定行业	HW18 焚烧处置残渣	环境治理
HW06 有机溶剂废物	基础化学原料制造	HW19 含金属羰基化合物废物	非特定行业
HW07 热处理含氰废物	金属表面处理及热处理加工	HW20 含铍废物	基础化学原料制造
HW08 废矿物油	天然原油和天然气开采,精炼石油产品制造,涂料、油墨、颜料及相关产品制造,专用化学产品制造,船舶及浮动装置制造,非特定行业	HW21 含铬废物	毛皮鞣制及制品加工,印刷,基础化学原料制造,铁合金冶炼,金属表面处理及热处理加工,电子元件制造
HW09 油/水、烃/水混合物或乳化液	非特定行业	HW22 含铜废物	常用有色金属矿采选,印刷,玻璃及玻璃制品制造,电子元件制造
HW10 多氯(溴)联苯类废物	非特定行业	HW23 含锌废物	金属表面处理及热处理加工,电池制造,非特定行业
HW11 精(蒸)馏残渣	精炼石油产品的制造,炼焦制造,基础化学原料制造,常用有色金属冶炼,环境管理业,非特定行业	HW24 含砷废物	常用有色金属矿采选
HW12 染料、涂料废物	涂料、油墨、颜料及相关产品制造,纸浆制造,非特定行业	HW25 含硒废物	基础化学原料制造
HW13 有机树脂类废物	基础化学原料制造,非特定行业	HW26 含镉废物	电池制造
		HW27 含锑废物	基础化学原料制造
		HW28 含碲废物	基础化学原料制造
		HW29 含汞废物	天然原油和天然气开采,贵金属矿采选,印刷,基础化学原料制造,合成材料制造,电池制造,照明器具制造,通用仪器仪表制造,基础化学原料制造,多种来源
		HW30 含铊废物	基础化学原料制造

续表

废物类别	行业来源	废物类别	行业来源
HW31 含铅废物	玻璃及玻璃制品制造,印刷,炼钢,电池制造,工艺美术品制造,废弃资源和废旧材料回收加工业,非特定行业	HW39 含酚废物	炼焦,基础化学原料制造
HW32 无机氟化物废物	非特定行业	HW40 含醚废物	基础化学原料制造
HW33 无机氰化物废物	贵金属矿采选,金属表面处理及热处理加工,非特定行业	HW41 废卤化有机溶剂	印刷,基础化学原料制造,电子元件制造,非特定行业
HW34 废酸	精炼石油产品的制造,基础化学原料制造,钢压延加工,金属表面处理及热处理加工,电子元件制造,非特定行业	HW42 废有机溶剂	印刷,基础化学原料制造,电子元件制造,皮革鞣制加工,毛纺织和染整精加工,非特定行业
HW35 废碱	精炼石油产品的制造,基础化学原料制造,毛皮鞣制及制品加工,纸浆制造,非特定行业	HW43 含多氯苯并呋喃类废物	非特定行业
HW36 石棉废物	石棉采选,基础化学原料制造,水泥及石膏制品制造,耐火材料制品制造,汽车制造,船舶及浮动装置制造,非特定行业	HW44 含多氯苯并二噁英类废物	非特定行业
HW37 有机磷化合物废物	基础化学原料制造,非特定行业	HW45 含有机卤化物废物	基础化学原料制造,非特定行业
HW38 有机氟化物废物	基础化学原料制造	HW46 含镍废物	基础化学原料制造,电池制造,非特定行业
		HW47 含钡废物	基础化学原料制造,金属表面处理及热处理加工
		HW48 有色金属冶炼废物	常用有色金属冶炼,贵金属冶炼,
		HW49 其他废物	环境治理,非特定行业

《名录》除列出了废物类别和行业来源外,还详细列出了废物代码和危险废物的名称以及危险特性。根据《名录》的规定:凡列入《名录》的废物类别都属于危险废物,列入国家危险废物管理范围,但对于来源复杂的废物,其危险特性存在例外的可能性,也就是《名录》中废物代码标注以“*”的废物,规定所列此类危险废物的产生单位确有充分证据证明,所产生的废物不具有危险特性的,该特定废物可不按照危险废物进行管理。未列入《名录》的废物类别需进行鉴别,高于鉴别标准的属危险废物,列入国家危险废物管理范围,低于鉴别标准的,不列入国家危险废物管理范围。具体鉴别标准参见第 2.2.3 节“危险废物特性及鉴别试验方法”。

1.2.4 农业废物

1995 年制定的《固体法》没有对农业废物 (agriculture waste) 的处置提出要求,也没有将农村生活垃圾纳入管理体系。随着农业产业化发展和农村生活水平的提高,农业废物和农村生活垃圾所造成的污染问题已经开始显现。对城乡垃圾的区别对待,不仅使农村生活垃圾处于无序堆放的状态,还导致城市生活垃圾向农村转移,造成垃圾围城、土壤和水源污染、农村卫生条件恶化。为了逐步消除农村固体废物污染,改善农村卫生条件,将农村固体废物纳入固体废物污染防治体系是非常必要的。因此,2005 年修订后的《固体法》规定,“从事种植、畜禽养殖、水产养殖等农业生产活动的单位和个人,应当对生产过程中产生的秸秆、畜禽粪便、淤泥以及其他农业固体废物进行综合利用;不能利用的,按照国家有关环境保护规定收集、贮存、处置,防止污染环境”,明确了农业废物的主要类型及管理要求,同时,将“城市生活垃圾污染环境的防治”一节修改为“生活垃圾污染环境的防治”,使管理覆盖面扩大到农村,并明确“农村生活垃圾污染环境防治的具体办法,该节由地方性法规规定”,将农业废物和农村生活垃圾纳入了固体废物污染防治体系进行管理。

农业废物中产生量最大的是农作物秸秆。我国是农业大国,农作物秸秆具有数量大、种类多和分布广的特点。据统计,我国 2010 年农作物秸秆可收集量约为 7 亿吨,综合利用率在 70% 左右,利用方式主要包括秸秆肥料化 (秸秆还田)、饲料化 (秸秆养畜)、基料化、原料化和燃料

化等。

1.2.5 其他废物

(1) 放射性废物 由于放射性废物 (radioactive wastes) 在管理方法和处置技术等方面与其他废物有着明显的差异, 大多数国家都不将其包含在危险废物范围内。我国的《固体法》也没有涉及放射性废物的污染控制。但随着核能和核技术在各个领域得到广泛利用, 核能和核技术开发利用方面的安全问题以及放射性污染防治问题也随之日益突出, 为此, 我国于 2003 年颁布实施了《中华人民共和国放射性污染防治法》, 该法对放射性固体废物的管理和处置进行了明确的规定。

放射性同位素含量超过国家规定限值的固体、液体和气体废物, 统称为放射性废物。从处理和处置的角度, 按比活度和半衰期将放射性废物分为高放长寿命、中放长寿命、低放长寿命、中放短寿命和低放短寿命等五类。低、中水平放射性固体废物在符合国家规定的区域实行近地表处置, 高水平放射性固体废物和 α 放射性固体废物实行集中的深地质处置。禁止在内河水域和海洋上处置放射性固体废物。

(2) 灾害性废物 灾害性废物 (disaster wastes) 主要是指突发性事件特别是自然灾害 (如海啸、地震等) 造成的固体废物, 其主要特点是产生不可预见、产生量大、组分特别复杂, 若处置不及时会有潜在的传播疾病的隐患。目前对灾害性废物的收运和处理处置的研究还相当缺乏, 需要和相应的应急系统一并考虑, 才能起到最好的效果。

1.3 固体废物的污染特点及其环境影响

1.3.1 固体废物对环境潜在污染的特点

固体废物的固有特性及其对环境的潜在污染危害决定了对其进行管理和污染控制的管理方法和管理体制。概括地讲, 固体废物对环境潜在污染的特点具有以下几个方面。

(1) 产生量大、种类繁多、成分复杂 如前所述, 我国的固体废物污染控制已成为环境保护领域的突出问题之一。随着工业生产规模的扩大、人口的增加和居民生活水平的提高, 各类固体废物的产生量也逐年增加。据统计, 全国工业固体废物的产生量在 2002 年已经达到 9.4 亿多吨, 而且还在以每年 10% 的速度增加。随着我国城市化进程和居民生活水平的逐步提高, 城市生活垃圾产生量仍以每年 4.8% 的速度递增, 2002 年全国城市垃圾清运量已经超过 1.36 亿吨, 而城市垃圾有效处理率还不足 70%。城市人均日产垃圾量超过 1.0kg, 接近工业发达国家的水平, 在这个意义上说, 我国已经处在超前污染的状态。

固体废物的来源十分广泛, 例如, 工业固体废物包括工业生产、加工, 燃料燃烧, 矿物采、选, 交通运输等行业, 以及环境治理过程所产生和丢弃的固体和半固体的物质。另外, 从固体废物的分类, 我们可以大致了解固体废物组成的复杂状态。除在城市垃圾中包含了几乎所有日常生活中接触到的物质以外, 危险废物的种类将随着科学技术的发展而难以作出超前的划定。

(2) 污染物滞留期长、危害性强 固体废物除直接占用土地和空间外, 其对环境的危害影响需要通过水、气或土壤等介质方能进行。以固态形式存在的有害物质向环境中的扩散速率相对比较缓慢, 例如渗滤液中的有机物和重金属在黏土层中的迁移速率, 大约在每年数厘米的数量级上, 其对地下水和土壤的污染需要经过数年甚至数十年后才能显现出来。与废水、废气污染环境的特点相比, 固体废物污染环境的滞后性非常强, 但一旦发生了固体废物对环境的污染, 其后果将非常严重, 因此, 固体废物对环境的影响具有长期性、潜在性和不可恢复性。

(3) 其他处理过程的终态, 污染环境的源头 在废气的治理过程中, 利用洗气、吸附或除