



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

固体废物 处置与资源化

蒋建国 编著



化学工业出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

固体废物 处置与资源化

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, 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. 北京: 化学工业出版社, 2007.12
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-122-01335-4

I. 固… II. 蒋… III. ①固体废物-废物处理-高等学校-教材 ②固体废物-废物综合利用-高等学校-教材
IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 186919 号

责任编辑: 董琳 邹宁

文字编辑: 管景岩

责任校对: 蒋宇

装帧设计: 尹琳琳

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21½ 字数 649 千字 2008 年 1 月北京第 1 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: 39.00 元

版权所有 违者必究

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 and 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	3
1.2.4 农业废物	5
1.2.5 其他废物	5
1.3 固体废物的污染特点及其环境影响	5
1.3.1 固体废物对环境潜在污染的特点	5
1.3.2 固体废物对环境的影响	6
1.3.3 固体废物对人体健康的影响	8
1.4 我国固体废物的产生和管理现状	9
1.4.1 我国固体废物管理的历史及发展	9
1.4.2 我国城市生活垃圾的产生和管理现状	9
1.4.3 我国工业固体废物的产生及处理现状	10
1.4.4 我国危险废物的产生及处理现状	11
1.5 固体废物的管理原则	12
1.5.1 “三化”基本原则	12
1.5.2 全过程管理原则	13
1.5.3 循环经济理念下的固体废物管理原则	14
1.6 我国固体废物管理体系	16
1.6.1 固体废物环境管理制度	16
1.6.2 固体废物管理系统	18
1.7 我国固体废物环境管理标准体系	19
1.7.1 固体废物分类标准	19
1.7.2 固体废物鉴别方法标准	20
1.7.3 固体废物污染控制标准	20
1.7.4 固体废物综合利用标准	21
讨论题	21
2 固体废物的产生、特征及采样方法	22
2.1 固体废物产生量及预测	22
2.1.1 城市生活垃圾产生量及预测	22
2.1.2 工业固体废物产生量及预测	25
2.2 固体废物的物理及化学特性	26
2.2.1 固体废物的物理特性	27
2.2.2 固体废物的化学特性	29
2.2.3 危险废物特性及鉴别试验方法	33
2.3 固体废物的采样方法	38
2.3.1 采样统计方法	38
2.3.2 单一随机采样型	40
2.3.3 分层随机采样型	40
2.3.4 系统随机采样型	40
2.3.5 阶段式采样法	41
2.3.6 权威性采样法	41
2.3.7 混合采样型	41
2.3.8 不同废物贮存形态的取样方法	42
2.3.9 我国生活垃圾采样标准	43
2.3.10 我国用于鉴别固体废物危险特性的采样方法	45
讨论题	46
3 固体废物的收集、运输及转运系统	47
3.1 固体废物的收集	47
3.1.1 收集方式	47
3.1.2 国外城市垃圾分类收集概况	48
3.1.3 我国城市垃圾分类收集概况	50
3.2 固体废物收运系统及其分析方法	50
3.2.1 废物收运系统分类	50
3.2.2 拖曳容器系统分析方法	52
3.2.3 固定容器系统分析方法	55
3.3 固体废物收集路线及规划设计	59
3.3.1 固体废物收集路线的规划	59
3.3.2 固体废物收集路线的设计	60
3.4 固体废物的运输	64
3.4.1 车辆运输	64
3.4.2 船舶运输	65
3.4.3 管道运输	65
3.4.4 危险废物运输的特殊要求	66
3.5 固体废物转运系统	67
3.5.1 垃圾转运的必要性	67
3.5.2 转运站分类	68
3.5.3 不同类型转运站介绍	69
3.5.4 转运站选址	73
3.5.5 转运站配置要求	74
3.5.6 转运站环境保护与劳动安全卫生	75
3.5.7 转运站工艺设计	75
3.6 固体废物收运系统的优化	76
讨论题	78

4 固体废物的压实、破碎及分选处理技术	80
4.1 概述	80
4.2 固体废物的压实技术	80
4.2.1 压实原理	80
4.2.2 压实机械	82
4.2.3 压实器的选择	83
4.2.4 填埋场的压实	84
4.3 固体废物的破碎技术	84
4.3.1 概述	84
4.3.2 破碎机械	85
4.3.3 特殊破碎技术	88
4.4 固体废物的分选技术	89
4.4.1 分选的定义及评价指标	89
4.4.2 筛分	90
4.4.3 重力分选	92
4.4.4 磁选技术	96
4.4.5 浮选技术	97
4.4.6 半湿式破碎分选技术	99
讨论题	100

5 污泥的浓缩、调质破解与脱水处理技术	101
5.1 污泥的分类及基本性质	101
5.1.1 污泥的分类	101
5.1.2 污泥的性质	101
5.1.3 污泥水分布结构	103
5.2 污泥浓缩技术	103
5.2.1 污泥重力浓缩	103
5.2.2 污泥气浮浓缩	104
5.2.3 污泥机械浓缩	105
5.3 污泥破解与调质技术	106
5.3.1 污泥破解和污泥调质技术种类	106
5.3.2 污泥物理破解调质技术	107
5.3.3 污泥化学破解调质方法	112
5.3.4 污泥生物破解调质方法	114
5.4 污泥机械脱水技术	115
5.4.1 污泥脱水的基本理论	115
5.4.2 常用污泥机械脱水方式	116
5.4.3 污泥真空过滤脱水	117
5.4.4 污泥压滤脱水	118
5.4.5 污泥离心脱水	120
讨论题	121

6 危险废物固化/稳定化处理技术	122
6.1 概述	122
6.1.1 固化/稳定化的定义	122
6.1.2 固化/稳定化技术的特点及其 应用	122
6.1.3 固化/稳定化技术对不同危险废物的 适应性	123
6.2 水泥固化技术	124
6.2.1 基本理论	124
6.2.2 水泥固化的影响因素	126
6.2.3 水泥固化工艺介绍	127
6.2.4 水泥固化技术的应用	128
6.3 石灰固化技术	129
6.4 塑性材料包容技术	130
6.4.1 热固性塑料包容	130
6.4.2 热塑性材料包容	130
6.5 自胶结固化技术	132
6.6 熔融固化技术	132
6.6.1 定义及其技术种类	132
6.6.2 原位熔融固化技术	133
6.6.3 异位熔融固化技术	134
6.7 高温烧结技术	137
6.7.1 烧结原理	137
6.7.2 影响烧结的因素	138
6.7.3 烧结窑炉类型	138
6.7.4 烧结技术	138
6.7.5 烧结中的重金属行为	139
6.8 土壤聚合物固化技术	139
6.8.1 概述	139
6.8.2 土壤聚合物的合成	140
6.8.3 土壤聚合物的特点	141
6.8.4 土壤聚合物处理重金属废物	141
6.9 化学稳定化处理技术	142
6.9.1 概述	142
6.9.2 化学稳定化技术的基本原理	143
6.9.3 氢氧化物化学稳定化技术	145
6.9.4 硫化物化学稳定化技术	146
6.9.5 硅酸盐化学稳定化技术	147
6.9.6 碳酸盐化学稳定化技术	148
6.9.7 利用 CO ₂ 的加速碳酸化技术	148
6.9.8 磷酸盐化学稳定化技术	150
6.9.9 亚铁盐化学稳定化技术	151
6.9.10 无机及有机螯合物化学稳定化 技术	151
6.10 固化/稳定化产物性能的评价方法	152
6.10.1 概述	152
6.10.2 固化/稳定化处理效果的评价 指标	153
6.10.3 固体废物的浸出机理	154
6.10.4 浸出率的定义及浸出试验	156
6.10.5 国内外固体废物标准浸出毒性方法 及其应用	158
讨论题	161

7.2 有机废物堆肥化处理技术	162		
7.1 概述	162	7.4 堆肥化工艺	177
7.1.1 固体废物的生物处理	162	7.4.1 概述	177
7.1.2 有机废物生物处理过程的基本生物 原理	162	7.4.2 典型堆肥工艺	178
7.2 堆肥化的基本概念与发展过程	165	7.4.3 典型的机械堆肥工艺流程	179
7.2.1 堆肥化的定义	165	7.5 堆肥产品及其腐熟度评价	180
7.2.2 堆肥化技术的历史及发展	165	7.5.1 堆肥产品的质量要求和标准	180
7.3 堆肥化原理及其影响因素分析	167	7.5.2 堆肥产品腐熟度评价方法	181
7.3.1 堆肥化原理	167	7.5.3 堆肥的能效及其利用	184
7.3.2 堆肥化过程温度变化规律	168	7.5.4 堆肥产品中重金属的影响及其 控制	185
7.3.3 堆肥化生物动力学基础	169	讨论题	186
7.3.4 堆肥化的影响因素及其控制	171		
8.2 有机废物厌氧消化处理技术	188		
8.1 概述	188	8.5.3 一阶段干式系统	200
8.2 厌氧消化原理及其影响因素	188	8.6 两阶段系统消化反应器	203
8.2.1 厌氧消化产沼的机理及途径	188	8.6.1 简介	203
8.2.2 厌氧消化产沼的生物化学过程	190	8.6.2 无微生物滞留的两阶段“湿-湿” 处理工艺	203
8.2.3 厌氧消化的影响因素及其控制	191	8.6.3 有微生物滞留的两阶段“湿-湿” 处理工艺	205
8.3 厌氧消化处理工艺	192	8.6.4 两阶段厌氧消化工艺水解段的影响 因素及控制	206
8.3.1 低固体厌氧消化技术	192	8.6.5 有机垃圾水解液化技术及其影响 因素	207
8.3.2 高固体厌氧消化技术	194	8.7 序批式处理系统	209
8.3.3 典型厌氧消化处理技术和工艺	194	8.8 不同消化反应器的比较	211
8.4 厌氧消化反应器种类及其性能评价	196	讨论题	212
8.4.1 厌氧消化反应器种类	196		
8.4.2 厌氧消化反应器性能评价指标	197		
8.5 一阶段系统消化反应器	198		
8.5.1 简介	198		
8.5.2 一阶段完全混合湿式处理系统	198		
9.2 固体废物焚烧处理技术	213		
9.1 固体废物热处理技术的种类及特点	213	9.6 典型焚烧系统及工作原理	227
9.1.1 固体废物热处理技术的定义	213	9.6.1 机械炉床式焚烧炉	227
9.1.2 热处理技术种类	213	9.6.2 旋转窑式焚烧炉	231
9.1.3 热处理技术特点	213	9.6.3 流化床式焚烧炉	234
9.2 焚烧技术及其发展	214	9.6.4 模組式固定床焚烧炉(控气式焚 烧炉)	236
9.2.1 焚烧技术的定义及特点	214	9.7 焚烧产生的大气污染物及其控制	238
9.2.2 焚烧技术的历史及发展	214	9.7.1 焚烧烟气组成及其控制标准	238
9.3 固体废物的焚烧特性	216	9.7.2 粒状污染物控制技术	239
9.3.1 固体废物的三组分	216	9.7.3 氮氧化物控制技术	239
9.3.2 固体废物的热值	216	9.7.4 酸性气体控制技术	242
9.3.3 固体废物焚烧和燃烧的关系	217	9.7.5 重金属控制技术	244
9.4 焚烧效果的评价及影响因素	217	9.7.6 二噁英和呋喃控制技术	245
9.4.1 焚烧效果的评价指标	217	9.8 焚烧灰渣及其控制	248
9.4.2 影响焚烧效果的主要因素	218	9.8.1 焚烧产生灰渣的种类	248
9.5 焚烧主要参数及热平衡计算	220	9.8.2 焚烧灰渣的收集及输送	249
9.5.1 焚烧空气量及烟气量	220	9.8.3 焚烧灰渣的处理处置及再利用	250
9.5.2 烟气温度	223	讨论题	250
9.5.3 焚烧系统热平衡计算	224		

10 固体废物热解处理技术	252
10.1 概述	252
10.1.1 热解定义	252
10.1.2 热解技术的历史及发展	252
10.2 热解原理及其影响因素	253
10.2.1 热解原理	253
10.2.2 热解技术影响因素	254
10.3 热解工艺类型及其在固体废物处理中的应用	255
10.3.1 热解工艺分类	255
10.3.2 固体废物的热解处理技术	256
讨论题	260
11 固体废物熔融处理技术	261
11.1 概述	261
11.2 废物熔融技术工艺过程	261
11.3 燃料热源熔融技术	262
11.4 电热源熔融技术	265
11.5 高温等离子体熔融技术	266
11.5.1 高温等离子体技术简介	266
11.5.2 高温等离子体发生器类型	267
11.5.3 等离子体技术处理固体废物的工艺流程	268
11.5.4 等离子体熔融技术的特点及其进展	268
讨论题	269
12 污泥热干化处理技术	270
12.1 概述	270
12.2 污泥干化特性及影响因素	270
12.2.1 污泥干化特性	270
12.2.2 污泥干化过程	271
12.2.3 影响污泥干化过程的因素	272
12.3 污泥干化工艺	272
12.3.1 热干化工艺类型	272
12.3.2 干化热源	273
12.3.3 干化工艺系统	274
12.4 污泥热干化设备	274
12.4.1 直接加热式	274
12.4.2 间接加热式	278
12.4.3 其他加热方式	282
12.4.4 污泥热干化设备的应用实例	283
12.5 污泥干化工艺中的安全问题	283
12.5.1 不安全因素	283
12.5.2 热干化安全隐患解决方案	284
讨论题	284
13 固体废物填埋处置技术	286
13.1 概述	286
13.1.1 固体废物处置的定义	286
13.1.2 固体废物最终处置原则	286
13.1.3 填埋处置技术的历史与发展	287
13.1.4 填埋处置的意义	288
13.2 填埋处置技术分类	289
13.2.1 惰性填埋法	289
13.2.2 卫生填埋法	289
13.2.3 安全填埋法	291
13.3 填埋场总体规划及场址选择	294
13.3.1 填埋场总体规划	294
13.3.2 填埋场选址的依据、原则和要求	294
13.3.3 填埋场选址步骤	296
13.3.4 填埋场库容和规模的确定	296
13.4 填埋场防渗系统	297
13.4.1 填埋场防渗技术类型	297
13.4.2 国内外填埋场防渗层典型结构	298
13.4.3 填埋场防渗层铺装及质量控制	300
13.5 地表水和地下水控制系统	301
13.5.1 地表水控制系统构成及要求	301
13.5.2 地表水排洪系统设计	302
13.5.3 地下水控制系统	305
13.6 填埋气体的产生、迁移及控制	305
13.6.1 废物稳定化基本原理	305
13.6.2 填埋气体的组成特性	308
13.6.3 填埋气体产生量计算	309
13.6.4 填埋场气体的迁移	312
13.6.5 填埋气体收集系统	314
13.6.6 填埋气体的处理和利用	318
13.7 填埋场渗滤液的产生及控制	319
13.7.1 渗滤液产生量计算	319
13.7.2 渗滤液特性	321
13.7.3 渗滤液调节池	323
13.7.4 渗滤液处理技术	324
13.7.5 填埋场中水及污染物的迁移	325
13.8 填埋场终场覆盖与场址修复	327
13.9 填埋场环境保护和监测	329
13.9.1 填埋场环境保护措施	329
13.9.2 填埋场环境监测	330
讨论题	331

附录	332		
附录 1 单位换算	332	特性参数	334
附录 2 典型难溶化合物的溶度积	332	附录 4 在 298°K 时各主要物质的生成热	334
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	335
参考文献			336

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“何处处理”,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年修改后的《固体法》对“固体废物”的定义又进行了修订: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°C 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°C 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、废油漆、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其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, 其一般组成见表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。

(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。

(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。

(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等。

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 SEVESO 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 (见表 1-2)，《名录》除列出废物编号和废物类别外，还详细明确了废物来源以及常见危害组分或废物名称。

表 1-2 中国国家危险废物名录

编 号	废物类型	编 号	废物类型	编 号	废物类型
HW01	医院临床废物	HW17	表面处理废物	HW33	无机氟化物废物
HW02	医药废物	HW18	焚烧处置残渣	HW34	废酸
HW03	废药物、药品	HW19	含金属碳化化合物废物	HW35	废碱
HW04	农药废物	HW20	含铍废物	HW36	石棉废物
HW05	木材防腐剂废物	HW21	含铬废物	HW37	有机磷化合物废物
HW06	有机溶剂废物	HW22	含铜废物	HW38	有机氟化物废物
HW07	热处理含氰废物	HW23	含锌废物	HW39	含酚废物
HW08	废矿物油	HW24	含砷废物	HW40	含醚类废物
HW09	废乳化液	HW25	含硒废物	HW41	废卤化有机溶剂
HW10	含多氯联苯废物	HW26	含镉废物	HW42	有机溶剂废物
HW11	精(蒸)馏残留	HW27	含锑废物	HW43	含多氯苯并呋喃类废物
HW12	废染料涂料	HW28	含碲废物	HW44	含多氯苯并二噁英类废物
HW13	有机树脂类废物	HW29	含汞废物	HW45	含有机卤化物废物
HW14	新化学品废物	HW30	含铊废物	HW46	含镍废物
HW15	易爆性废物	HW31	含铅废物	HW47	含钡废物
HW16	感光材料废物	HW32	无机氟化物废物		

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；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 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”，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”，使该节的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，由地方性法规规定”，将农业和农村固体废物纳入了固体废物污染防治体系进行管理。

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、吸附或除尘等技术将存在于气相中的粉尘或可溶性污染物(如酸性气体)转移或转化为固体物质。同样, 在水处理工艺中, 无论是采用物化处理技术(如混凝、沉淀、超滤等)还是生物处理技术(如好氧生物处理、厌氧生物处理等), 在水得到净化的同时, 总是将水体中的无机和有机污染物以固相的形态分离出来, 因而产生大量的污泥或残渣。从这个意义上讲, 可以认为废气治理或水处理的过程, 实际上都是将环境中的污染物转化为比较难于扩散的形式, 将液态或气态的污染物转变为固态的污染物, 降低污染物向环境迁移的速率。由于固体废物对环境的危害影响需通过水、气或土壤等介质方能进行, 因此, 固体废物既是废水和废气处理过程的“终态”, 又是污染水、大气、土壤等的“源头”, 也正是由于这一特点, 对固体废物的管理既要尽量避免和减少其产生, 又要力求避免和减少其向水体、大气以及土壤环境的排放。最终处置需要解决的就是废物中有害组分的最终归宿问题, 也是控制环境污染的最后步骤。最终处置对于具有永久危险性的物质, 即使在人工设置的隔离功能到达预定工作年限以后, 处置场地的天然屏障也应该保证有害物质向生态圈中的迁移速率不致引起对环境和人类健康的威胁。

1.3.2 固体废物对环境的影响

正是由于固体废物如上的诸多特点, 一旦对环境的潜在污染变为现实, 而要消除这些污染往往需要耗费较大的代价。具体来说, 固体废物对环境介质可能造成的污染危害表现在以下几个方面。

(1) 对土地的影响 固体废物的堆放需要占用土地, 据估计, 每堆积 1 万吨废渣约需占用土地 0.067hm²。我国 1995 年全国工业固体废物的产生量约为 6.4 亿吨, 历年累积堆存的工业固体废物量已达 66 亿吨, 堆存占地约 5.5 万公顷。我国许多城市的近郊也常常是城市生活垃圾的堆放场所, 形成垃圾围城的状况。固体废物的任意露天堆放, 不但占用一定土地, 而且其累积的存放量越多, 所需的面积也越大, 如此一来, 势必使可耕地面积短缺的矛盾加剧。

随着我国经济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, 如不加以妥善管理, 固体废物侵占土地的问题会变得更加严重。即使是固体废物的填埋处置, 若不着眼于场地的选择评定以及场基的工程处理和封场后的科学管理, 废物中的有害物质还会通过不同途径而释入环境中, 乃至对生物包括人类产生危害。

(2) 对水体的影响 固体废物对水体的污染途径有直接污染和间接污染两种: 前者是把水体作为固体废物的接纳体, 向水体直接倾倒废物, 从而导致水体的直接污染; 而后者是固体废物在堆积过程中, 经过自身分解和雨水浸淋产生的渗滤液流入江河、湖泊和渗入地下而导致地表和地下水的污染。

历史上, 世界范围内有不少国家直接将固体废物倾倒入河流、湖泊或海洋, 甚至将后者当成

处置固体废物的场所之一。例如，美国仅在1968年就向太平洋、大西洋和墨西哥湾倾倒固体废物4800多万吨。而发生在20世纪50年代的国际上最著名的公害病之一的“水俣病”，就是由于工业废物向水体的排放所造成的。该病是由甲基汞引起的神经系统疾病，由于这种病最初发生在日本熊本县的水俣市，由此而得名“水俣病”。最初关于水俣病的报道是在1956年5月，据调查，从1953年前后开始就有此类患者出现，1962年首先从该工厂的废渣中检测出了甲基汞。1966年7月该工厂停止生产有机汞，1968年废除了乙醛生产线。据调查，汞在鱼贝类体内的富集浓度最高为1966年的80mg/kg，1971年降低为4mg/kg。1991年3月止，被确认水俣病患者的人数达2248人，死亡1004人。1974~1989年共处理总汞含量超过25mg/kg的底泥151万立方米，清除后总汞浓度降低到平均4.65mg/kg。就我国而言，截止到2002年，每年仍有超过2000万吨的工业固体废物排入环境，其中约有1/3直接排入天然水体，成为地表水和地下水的重要污染源之一。

固体废物弃置于水体，将使水质直接受到污染，严重危害水生生物的生存条件，并影响水资源的充分利用。此外，堆积的固体废物经过雨水的浸渍和废物本身的分解，其渗滤液和有害化学物质的转化和迁移，将对附近地区的河流及地下水系和资源造成污染。

(3) 对大气的影响 固体废物在堆存和处理处置过程中会产生有害气体，若不加以妥善处理，将对大气环境造成不同程度的影响。例如，露天堆放和填埋的固体废物会由于有机组分的分解而产生沼气，一方面沼气中的氨气、硫化氢、甲硫醇等的扩散会造成恶臭的影响，另一方面沼气的主要成分甲烷气体是一种温室气体，其温室效应是二氧化碳的21倍，而甲烷在空气中含量达到5%~15%时很容易发生爆炸，对生命安全造成很大威胁。例如，1995年10月27日，位于北京市昌平区阳坊镇的某公司员工宿舍发生了剧烈爆炸，造成三人严重烧伤，其中一人烧伤面积达95%，3度烧伤面积达65%。究其原因是该员工宿舍紧靠一垃圾堆放场，该堆放场是利用一个废弃的取沙坑对城市生活垃圾进行简易处置，垃圾中的有机物经过一段时间的腐化，产生大量的沼气，由于填埋场没有进行防渗处理，四周土质疏松，透气性好，造成沼气通过土层进入室内并富集，遇明火发生爆炸。

另外，固体废物在焚烧过程中会产生粉尘、酸性气体、二噁英等，也会对大气环境造成污染。堆放的固体废物中的细微颗粒、粉尘等可随风飞扬，从而对大气环境造成污染。据研究表明：当4级以上的风力时，在粉煤灰或尾矿堆表层的粒径为1~1.5cm以上的粉末将出现剥离，其飘扬的高度可达20~50m以上，在季风期间可使平均视程降低30%~70%。

(4) 对土壤和生物群落的影响 固体废物及其渗滤液中所含有害物质会改变土壤的性质和土壤结构，并将对土壤中微生物的活动产生影响。这些有害成分的存在，不仅有碍植物根系的发育和生长，而且还会在植物体内积蓄，通过食物链危及人体健康。

例如，1943~1953年间，在美国纽约州尼加拉市的一段废弃运河的河床上，两家化学公司填埋处置了大约21000t、80余种化学废物。从1976年开始，当地居民家中的地下室发现了有害物质的浸出，同时还发现在当地居民中有癌症、呼吸道疾病、流产等多发现象。当地政府对约900户居民采取紧急避难措施，并对处置场地实施了污染修复工程，前后共耗资约1.4亿美元。该事件就是国际上有名的“腊夫运河事件”，它是国际上危险废物污染环境的典型案例，它不仅带来了美国危险废物管理政策上的重大变化，而且给世界各国在危险废物最终处置问题上敲响了警钟。后来，又据美国EPA调查，到1977年为止，美国全国约有75万个企业将其所产生的6000万吨危险废物分别在5万多个填埋场进行了处置，随时都有可能发生第二个“腊夫运河事件”。针对这种状况，美国国会于1980年通过了《全面环境响应、赔偿及责任法》，即《超级基金法》，又于1984年颁布了《危险及固体废物修正案》，在该修正案中规定，危险废物不能直接进行陆地处置，并要求新建安全填埋场必须采取双衬层防渗措施。

此外，生物群落特别是一些水生动物的休克死亡，可以认为是固体废物处置场释出污染物质的前兆。例如在雨季，填埋场产生的渗滤液会通过地表径流或地下水进入江河湖泊，引起大量鱼群死亡。这类危害效应可从个体发展到种群，直到生物链，并将导致受影响地区营养物循环的改变或产量降低。

1.3.3 固体废物对人体健康的影响

固体废物，特别是危险废物，在露天存放、处理或处置过程中，其中的有害成分在物理、化学和生物的作用下会发生浸出，含有害成分的浸出液可通过地表水、地下水、大气和土壤等环境介质直接或间接被人体吸收，从而对人体健康造成威胁。图 1-1 表示出固体废物进入环境的途径，以及其中化学物质对人类造成感染并致疾病的途径。

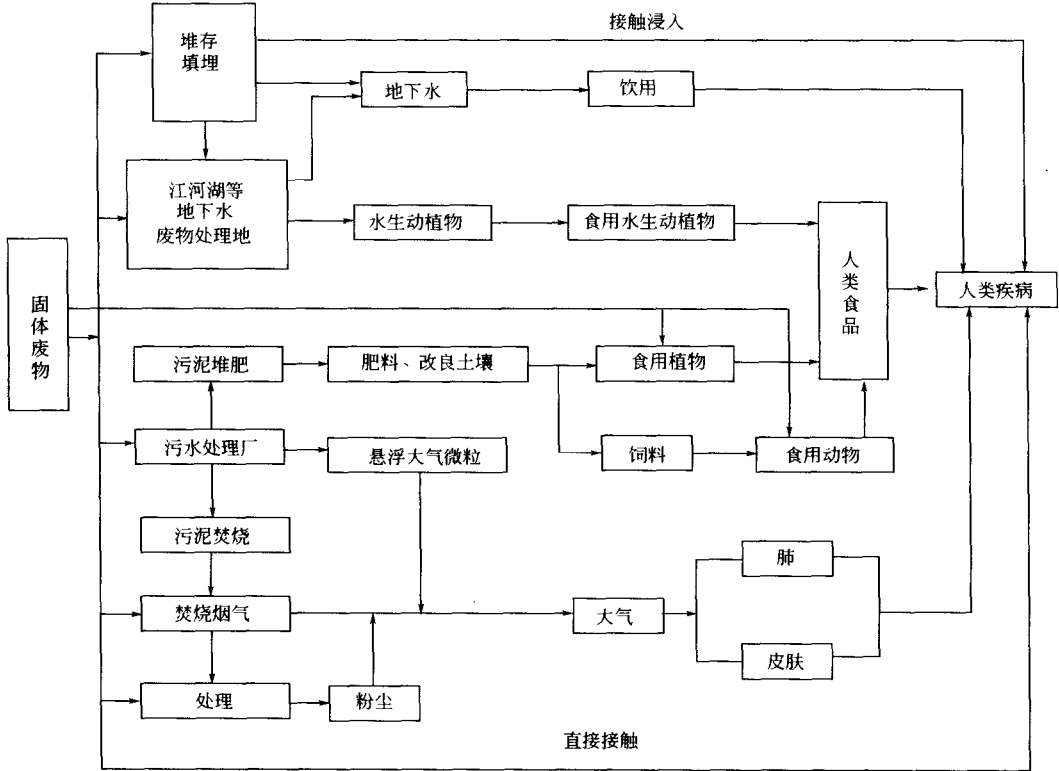


图 1-1 固体废物致人疾病的途径

根据物质的化学特性，当某些不相容物相混时，可能发生不良反应，包括热反应（燃烧或爆炸）、产生有毒气体（砷化氢、氰化氢、氯气等）和产生可燃性气体（氢气、乙炔等）。例如，1993年8月5日，深圳市清水河危险品仓库发生了震惊中外的爆炸事件，造成15人死亡，数十人受伤，仓库区十余座库房受损，经济损失严重。事故的原因主要是不同化学品的混合堆放贮存，该事故暴露了我国危险品管理的严重缺陷，同时，爆炸产生的20000多吨危险废物也给深圳市造成了潜在的环境危害。

另外，若人体皮肤与废强酸或废强碱接触，将发生烧灼性腐蚀作用。若误吸收一定量农药，能引起急性中毒，出现呕吐、头晕等症状。贮存化学物品的空容器，若未经适当处理或管理不善，能引起严重中毒事件。化学废物的长期暴露会产生对人类健康有不良影响的恶性物质。

20世纪30~70年代，国内外不乏因工业废渣处理不当，其中毒性物质在环境中扩散而引起祸及居民的公害事件。如20世纪50~60年代发生在日本富山县的由于含镉废渣排入土壤而引起的“痛痛病”事件，前面已经提及的美国纽约州腊夫运河河谷土壤污染事件，发生在我国的锦州镉渣露天堆积污染井水事件等。不难看出，这些公害事件已给人类带来灾难性后果。尽管近10多年来，严重的污染事件发生较少，但固体废物污染环境对人类健康的潜在危害和影响是难以估量的。