高 等 学 校 教 材

固体废物污染控制工程

张小平 编
萧 锦 审

化学工业出版社
教 材 出 版 中 心
·北 京·

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（京）新登字 039 号

图书在版编目（CIP）数据

固体废物污染控制工程/张小平 编，萧锦 审. —北京：化学工业出版社，2004.6
高等学校教材
ISBN 7-5025-5037-2

Ⅰ.固… Ⅱ.张… Ⅲ.固体废物-污染控制-高等学校-教材 Ⅳ.X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 057451 号

高等学校教材
固体废物污染控制工程
张小平 编
萧 锦 审
责任编辑：唐旭华 满悦芝
文字编辑：刘莉珺
责任校对：洪雅姝
封面设计：潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 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
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 19½ 字数 478 千字
2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-5037-2/G·1346
定 价：29.00 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

随着我国经济、社会的快速发展，固体废物产生量逐年剧增，其污染也日趋严重，对其污染的控制和治理亦受到全社会的普遍关注。为适应这一形势，全国各类高校的环境科学和环境工程专业均开设了有关固体废物的课程，并将其作为本科和研究生的专业主干课程之一。虽然近年来出版了不少固体废物方面的书籍，但相对于废水、废气的处理和控制而言，固体废物污染控制方面的教材无论是从科技水平的发展，还是学科体系的建立都相对滞后，也不适应专业课程建设和教学的需要。因此，编写一本《固体废物污染控制工程》教材十分必要。

本教材有以下特点：首先，编排更适合教学的需要，更符合人们思维的习惯，即以处理方法而不是以处理对象为次序进行编排，这是因为尽管处理对象千差万别，但各单元在方法学上的相对稳定性和独立性却是永恒不变的，即各处理单元具有共同的规律，如焚烧单元，其过程机理不因处理对象不同而变化；其次，按照“循环经济”的概念，对于固体废物的污染防治，无论是无害化还是资源化，都应首先追溯到废物产生过程的“始端”进行减量，对于“末端”无可避免地产生的少量废物才予以处理和利用，即固体废物的处理应是一个从“始”到“终”的全流程闭路循环的污染防治过程（这也是本书名称的由来），而以往的处理处置、资源化，更多的是针对已经产生的固体废物的处理和利用；第三，作为教材，书中有较多的例题、思考题和计算题，使学生更易掌握所学的内容。

全书共12章，第1、2章主要介绍固体废物的来源、组成、性质、分类方法以及固体废物污染对环境和对人类健康的影响和危害，固体废物物流特征及其与循环经济的关系；第3章介绍了城市固体废物、工业固体废物和危险废物收集、运输及贮存方式，以及城市固体废物收集方案和运输路线的初步设计；第4章主要介绍固体废物压实、破碎及分选技术的基本原理和方法，以及各种方法的优缺点和适用范围；第5～10章作为本教材的重点部分，介绍了固体废物处理过程的化学法（中和、氧化还原等）、生物法（堆肥化）、热化学法（焚烧、热解等）、固化法的基本概念、基本原理和基本方法，以及污泥处理、处置和资源化的技术原理和方法特点；第11章重点介绍固体废物地质处置的基本概念、土地填埋的原理和方法、垃圾渗滤液处理技术和方法以及填埋气利用技术和方法；第12章主要介绍了城市和工业固体废物资源化的途径和方法，为城市和工业固体废物的综合开发和循环利用奠定基础。总之全书力求体现固体废物“循环”处理的思想，从其源流、集运、预处理、处理、处置和资源化等方面，重点介绍固体废物物流过程的基本概念、基本理论和基本方法，以及固体废物污染控制的过程原理、设备特征、技术方法和工艺流程。

本教材是在我们已有讲义《固体废物工程》的基础上编写而成的，全书由张小平副教授编写，由萧锦教授审定。研究生张丽、黄伟海、黄华存、王智慧、孔丽春等绘制了书中部分

图表，在此对他们的辛勤劳动表示感谢。另外，本书在编写过程中参考了大量资料和许多学者的研究结果，编者对他们表示谢意。

固体废物相对于废水、废气来说，其污染控制还比较落后，技术也相对不够成熟，加之编者水平所限，时间仓促，资料收集不够全面，书中的不足和疏漏甚至错误在所难免，敬请专家、同行和广大读者批评指正。

编　者

2004 年 6 月于华南理工大学

目　录

1　绪论 …… 1
1.1　固体废物的定义、特性和分类 …… 1
1.1.1　固体废物的定义及范畴 …… 1
1.1.2　固体废物的特点和特征 …… 1
1.1.3　固体废物的分类 …… 2
1.2　城市固体废物的来源、组成和性质 …… 3
1.2.1　城市固体废物的来源及特点 …… 3
1.2.2　城市固体废物的组成 …… 5
1.2.3　城市固体废物的性质 …… 6
1.3　工业固体废物的来源、类型及性质 …… 9
1.3.1　工业固体废物来源 …… 9
1.3.2　工业固体废物的组成及性质 …… 10
1.4　危险废物的来源及特性 …… 12
1.4.1　危险废物定义 …… 12
1.4.2　危险废物的来源 …… 12
1.4.3　危险废物的特性 …… 13
1.5　固体废物产生量及治理现状简介 …… 14
1.5.1　产生量 …… 14
1.5.2　治理现状 …… 17
1.5.3　固体废物处理处置基本流程 …… 17
1.6　固体废物污染的环境影响 …… 18
1.6.1　造成污染的途径 …… 18
1.6.2　固体废物对环境和人体健康的影响 …… 19
1.6.3　固体废物的污染控制 …… 20
1.7　固体废物的处理处置技术 …… 20
1.7.1　处理技术 …… 20
1.7.2　处置技术 …… 20
1.8　固体废物的管理体系 …… 21
1.8.1　《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的确立 …… 21
1.8.2　“三化”原则 …… 21
1.8.3　“三化”间的关系 …… 22

需要全本请访问 www.ertongbook.com

思考题 …… 22
2 固体废物物流特征与循环经济发展模式 …… 23
2.1 固体废物的物流特征 …… 23
2.2 循环经济 …… 24
2.2.1 源流 …… 24
2.2.2 循环经济的概念和特征 …… 24
2.2.3 循环经济的内涵和原则 …… 24
2.2.4 3R 原则的优先法则及其涵义 …… 25
2.2.5 循环经济的三个层次 …… 26
2.3 循环经济应用于城市垃圾的处理 …… 27
思考题 …… 27
3 固体废物的收集、运输和贮存 …… 28
3.1 工业固体废物的收集、运输 …… 28
3.2 城市垃圾的收集、运输及贮存 …… 28
3.2.1 城市垃圾的收集、搬运和贮存 …… 29
3.2.2 城市垃圾的清除和运送 …… 30
3.2.3 城市垃圾的转运及中转站设置 …… 35
3.3 危险废物的收集、运输及贮存 …… 41
3.3.1 危险废物的贮存 …… 41
3.3.2 危险废物的收集 …… 41
3.3.3 危险废物的运输 …… 42
思考题 …… 42
4 固体废物的预处理技术 …… 43
4.1 固体废物的压实 …… 43
4.1.1 压实程度的量度 …… 43
4.1.2 压实设备简介 …… 44
4.2 固体废物的破碎 …… 45
4.2.1 破碎的目的 …… 45
4.2.2 破碎方法 …… 45
4.2.3 破碎比（程度） …… 46
4.2.4 破碎流程 …… 46
4.2.5 破碎机简介 …… 47
4.3 固体废物的分选 …… 48
4.3.1 筛分 …… 48
4.3.2 重力分选 …… 49
4.3.3 磁力分选 …… 52
4.3.4 电力分选 …… 53
4.3.5 光电分选 …… 54
4.4 分选回收工艺系统 …… 55
4.4.1 城市垃圾分选回收工艺系统 …… 56

4.4.2 粉煤灰分选回收系统…… 56
4.4.3 从煤矸石中分选回收硫铁矿系统…… 56
思考题 …… 57
5 固体废物的化学处理技术 …… 58
5.1 中和法…… 58
5.2 氧化还原法…… 58
5.2.1 煤粉焙烧还原法…… 58
5.2.2 药剂还原法…… 58
5.3 化学浸出法…… 59
6 固体废物的焚烧处理技术 …… 60
6.1 概述…… 60
6.1.1 焚烧或燃烧的定义…… 60
6.1.2 固体废物焚烧过程的“三化”特性…… 60
6.1.3 燃烧过程分析…… 60
6.1.4 固体废物的可燃性…… 61
6.1.5 垃圾焚烧现状…… 62
6.1.6 固体废物焚烧的控制因素…… 62
6.1.7 焚烧（燃烧）效果…… 63
6.1.8 现代焚烧系统基本组成…… 63
6.2 燃烧反应过程的动力学规律…… 64
6.2.1 固体废物燃烧的异相反应特性…… 64
6.2.2 碳和氢的燃烧反应机理及动力学特性…… 67
6.2.3 固体废物焚烧过程的宏观动力学特性…… 70
6.3 燃烧反应计算…… 75
6.3.1 空气需要量的计算…… 75
6.3.2 燃烧温度的计算…… 77
6.3.3 完全燃烧产物生成量的计算…… 79
6.3.4 热值计算（根据元素分析值计算）…… 81
6.3.5 各成分之间的换算…… 82
6.3.6 停留时间的计算…… 83
6.4 焚烧系统…… 86
6.4.1 焚烧系统概述…… 86
6.4.2 焚烧炉…… 87
6.4.3 焚烧炉的比较…… 91
6.5 垃圾焚烧技术工艺…… 92
6.5.1 概述…… 92
6.5.2 垃圾焚烧厂一般工艺流程…… 93
6.6 固体废物焚烧过程中烟气的产生及其控制…… 97
6.6.1 焚烧尾气中的污染物及其控制方法…… 97
6.6.2 硫氧化物（SO_x）的生成及控制 …… 98

6.6.3 氮氧化物（NO_x）的生成和控制方法 …… 100
6.6.4 二噁英的生成与控制 …… 103
6.6.5 熔融气化焚烧技术 …… 107
6.7 垃圾焚烧过程中的环保标准 …… 107
思考题 …… 108
计算题 …… 109
7 固体废物的热解处理技术 …… 110
7.1 概述 …… 110
7.1.1 定义 …… 110
7.1.2 热解产物 …… 110
7.1.3 热解与焚烧的区别 …… 110
7.1.4 热解的优点 …… 111
7.1.5 热解方式分类 …… 111
7.1.6 影响热解的主要参数 …… 111
7.1.7 热解、气化、液化和部分燃烧 …… 111
7.2 热解原理 …… 111
7.2.1 热解过程 …… 111
7.2.2 热解过程动力学分析 …… 112
7.2.3 不同温度和不同加热速率下的产物收率 …… 114
7.3 典型固体废物的热解 …… 114
7.3.1 城市垃圾的热解 …… 114
7.3.2 废塑料的热解 …… 115
7.4 国外热解处理技术的发展计划 …… 116
7.4.1 美国热解技术开发及发展计划 …… 116
7.4.2 欧洲各国热解技术的研究和开发 …… 117
7.4.3 日本热解技术的研究和开发 …… 119
7.4.4 加拿大热解技术的研发 …… 120
7.5 流态化热解过程简介 …… 120
7.5.1 流态化热解技术设备 …… 120
7.5.2 流态化热解技术在固体废物处理中的应用 …… 122
思考题 …… 125
8 固体废物的堆肥化处理技术 …… 126
8.1 概述 …… 126
8.1.1 堆肥化的定义 …… 126
8.1.2 固体废物堆肥化的意义 …… 126
8.1.3 堆肥的作用 …… 126
8.1.4 堆肥化的原料 …… 127
8.1.5 堆肥化原料特性的评价指标 …… 127
8.1.6 肥堆产品质量及卫生要求 …… 127
8.2 堆肥化的基本原理 …… 128

8.2.1 好氧堆肥化过程的基本原理 …… 128
8.2.2 厌氧堆肥化过程的原理 …… 130
8.2.3 堆肥过程的动力学原理 …… 130
8.3 好氧堆肥化的基本工艺过程 …… 136
8.3.1 前处理 …… 136
8.3.2 主发酵 …… 136
8.3.3 后发酵 …… 137
8.3.4 后处理 …… 137
8.3.5 脱臭 …… 137
8.3.6 贮存 …… 137
8.4 堆肥化处理过程的几种组合形式 …… 137
8.5 影响固体废物堆肥化的主要因素 …… 137
8.5.1 通风的作用及其控制 …… 138
8.5.2 含水率 …… 139
8.5.3 堆肥过程的温度及其控制 …… 142
8.5.4 有机质含量 …… 143
8.5.5 颗粒度 …… 143
8.5.6 碳氮比 (C/N) …… 144
8.5.7 碳磷比 (C/P) …… 144
8.5.8 pH 值 …… 144
8.6 堆肥化设备及工艺系统 …… 144
8.6.1 物料处理设备 …… 145
8.6.2 翻堆设备 …… 145
8.6.3 反应器堆肥系统 …… 146
8.6.4 除臭设备 …… 147
8.6.5 堆肥设备发展趋势 …… 147
8.7 堆肥腐熟度的评价指标 …… 148
8.7.1 物理参数评价指标 …… 148
8.7.2 化学参数作判定标准 …… 148
8.7.3 用工艺参数作为堆肥腐熟度判定标准 …… 149
8.7.4 生物法评价指标 …… 149
8.8 好氧堆肥化的未来展望 …… 150
思考题 …… 150
计算题 …… 151
9 固体废物的固化处理技术 …… 152
9.1 固化处理的原理和步骤 …… 152
9.1.1 固化处理的原理 …… 152
9.1.2 固化处理的基本步骤 …… 152
9.1.3 固化处理效果 …… 152
9.2 固化处理的基本方法 …… 153

9.2.1 水泥固化法 …… 153
9.2.2 石灰固化法 …… 154
9.2.3 热塑性材料固化法 …… 154
9.2.4 热固性材料固化法 …… 154
9.2.5 玻璃固化法 …… 155
9.2.6 自胶结固化和大型包封法 …… 155
思考题 …… 155
10 污泥的处理处置技术 …… 156
10.1 概述 …… 156
10.1.1 污泥的分类与产生量 …… 156
10.1.2 污泥的性质 …… 157
10.1.3 污泥处理处置的基本方法 …… 161
10.1.4 污泥资源化的发展趋势 …… 163
10.1.5 国内外污泥处理处置的现状 …… 165
10.2 污泥的处理技术 …… 167
10.2.1 污泥的浓缩 …… 167
10.2.2 污泥的调质 …… 168
10.2.3 污泥的稳定 …… 169
10.2.4 污泥的脱水 …… 171
10.2.5 污泥的热干燥 …… 172
10.2.6 超声波技术处理污泥 …… 174
10.2.7 湿式氧化法处理污泥 …… 177
10.2.8 超临界水氧化法处理污泥 …… 178
10.3 污泥的处置技术 …… 179
10.3.1 土地利用 …… 179
10.3.2 土地填埋 …… 179
10.3.3 污泥焚烧 …… 180
10.3.4 水体消纳 …… 181
10.4 污泥的资源化技术 …… 181
10.4.1 污泥的堆肥化 …… 181
10.4.2 污泥的燃料化 …… 183
10.4.3 污泥制动物饲料 …… 187
10.4.4 污泥制吸附剂 …… 187
10.4.5 污泥制造建材 …… 188
10.4.6 污泥制胶黏剂 …… 188
思考题 …… 189
11 固体废物的最终处置技术 …… 190
11.1 概述 …… 190
11.1.1 固体废物处置的基本原理和处置原则 …… 190
11.1.2 地质屏障的防护性能 …… 192

11.1.3 固体废物陆地处置的基本方法…… 194
11.2 填埋场的基本构造和类型…… 196
11.2.1 自然衰减型填埋场…… 196
11.2.2 全封闭型填埋场…… 198
11.2.3 半封闭型填埋场…… 198
11.3 填埋场中的生物降解行为…… 198
11.3.1 填埋场垃圾的降解过程…… 198
11.3.2 填埋场固液相、液气相反应的特点…… 199
11.3.3 卫生填埋场内的微生物种类…… 201
11.3.4 影响固体废物降解的因素…… 201
11.4 渗滤液的产生及控制…… 202
11.4.1 渗滤液的组成及特征…… 202
11.4.2 来源…… 203
11.4.3 控制渗滤液产生量的工程措施…… 204
11.4.4 渗滤液产生量计算…… 205
11.4.5 渗滤液的处理方法…… 206
11.4.6 渗滤液处理方法的选择…… 207
11.5 填埋场气体的产生与控制…… 208
11.5.1 填埋场气体组成特征…… 208
11.5.2 填埋场气体的产生方式…… 208
11.5.3 填埋场气体的运动…… 209
11.5.4 填埋场气体处理系统…… 210
11.5.5 填埋场气体利用技术…… 210
11.6 矿化垃圾的开采与利用…… 210
思考题…… 211
计算题…… 212
12 固体废物的资源化 …… 213
12.1 概述…… 213
12.1.1 固体废物的资源化…… 213
12.1.2 资源化系统…… 213
12.2 城市固体废物的资源化…… 215
12.2.1 城市固体废物资源化途径…… 215
12.2.2 城市固体废物资源化技术框架…… 218
12.2.3 城市固体废物资源化技术系统…… 219
12.3 工业固体废物的资源化…… 232
12.3.1 工业固体废物资源化现状…… 232
12.3.2 矿业固体废物的综合利用…… 234
12.3.3 冶金工业废渣的综合利用…… 241
12.3.4 化工废渣的综合利用…… 245
12.4 典型固体废物的综合利用…… 249

需要全本请访问 www.ertongbook.com

12.4.1 废塑料的回收与利用 …… 249
12.4.2 废橡胶的回收与利用 …… 250
12.4.3 废电池的回收与利用 …… 254
12.5 农业固体废物的处理利用 …… 256
12.5.1 农作物秸秆的利用 …… 256
12.5.2 稻壳的综合利用 …… 257
思考题 …… 257
附录 …… 258
附录一 中华人民共和国固体废物污染环境防治法 …… 258
附录二 国家危险废物名录及鉴别标准 …… 265
附录三 危险废物鉴别标准——腐蚀性鉴别 …… 273
附录四 医疗废物管理条例 …… 277
附录五 废电池污染防治技术政策 …… 284
附录六 生活垃圾焚烧污染控制标准 …… 288
附录七 生活垃圾填埋污染控制标准 …… 293
参考文献 …… 298

1 绪 论

1.1 固体废物的定义、特性和分类

1.1.1 固体废物的定义及范畴

固体废物是指人类在生产建设、日常生活和其他活动中产生，在一定时间和地点无法利用而被丢弃的污染环境的固体、半固体废弃物质。(Solid wastes are all the wastes arising from human and animal activities that are normally solid and are discarded as useless or unwanted.)

根据物质的存在状态划分，废物包括固态、液态和气态废弃物质。在液态和气态废物中，若其污染物质混掺在水和空气中，直接或经处理后排入水体或大气，习惯上，将它们称为废水和废气，纳入水环境或大气环境管理范畴；而对于其中不能排入水体的液态废物和不能排入大气的置于容器中的气态废物，因其具有较大的危害性，则将其归入固体废物管理体系。

1.1.2 固体废物的特点和特征

(1)“资源”和“废物”的相对性

从固体废物定义可知，它是在一定时间和地点被丢弃的物质，是放错地方的资源。因此，此处的“废”，具有明显的时间和空间的特征。

① 从时间方面看：固体废物仅仅相对于目前的科技水平还不够高、经济条件还不允许的情况下暂时无法加以利用。但随着时间的推移，科技水平的提高，经济的发展，资源滞后于人类需求的矛盾也日益突出，今天的废物势必会成为明日的资源。

② 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，但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，往往会成为另一过程的原料。例如，煤干石发电、高炉渣生产水泥、电镀污泥中回收贵重金属等。

事实上，进入经济体系中的物质，仅有10%～15%以建筑物、工厂、装置器具等形式积累起来，其余都变成了所谓废物。因此固体废物成为一类量大而面广的新的资源将是必然趋势。“资源”和“废物”的相对性是固体废物最主要的特征。

(2) 成分的多样性和复杂性

固体废物成分复杂、种类繁多、大小各异，既有无机物又有有机物，既有非金属又有金属，既有有味的又有无味的，既有无毒物又有有毒物，既有单质又有合金，既有单一物质又有聚合物，既有边角料又有设备配件。其构成可谓五花八门、琳琅满目。有人说：“垃圾为人类提供的信息几乎多于其他任何东西。”

(3) 危害的潜在性、长期性和灾难性

固体废物对环境的污染不同于废水、废气和噪声。它呆滞性大、扩散性小，它对环境的影响主要是通过水、气和土壤进行的。其中污染成分的迁移转化，如浸出液在土壤中的迁移，是一个比较缓慢的过程，其危害可能在数年以致数十年后才能发现。从某种意义上讲，固体废物，特别是有害废物对环境造成的危害可能要比水、气造成的危害严重得多。

(4) 污染“源头”和富集“终态”的双重性

废水和废气既是水体、大气和土壤环境的污染源，又是接受其所含污染物的环境。固体废物则不同，它们往往是许多污染成分的终极状态。例如一些有害气体或飘尘，通过治理，最终富集成废渣；一些有害溶质和悬浮物，通过治理最终被分离出来成为污泥或残渣；一些含重金属的可燃固体废物，通过焚烧处理，有害金属浓集于灰烬中。但是，这些“终态”物质中的有害成分，在长期的自然因素作用下，又会转入大气、水体和土壤，又成为大气、水体和土壤环境污染的“源头”。

1.1.3 固体废物的分类

分类是任何一门科学研究的基础工作，是对事物的深刻认识，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重要意义。

固体废物按组成可分为有机废物和无机废物；按形态可分为固态、半固态和液（气）态废物；按污染特性可分为危险废物和一般废物；按来源分为工业固体废物、矿业固体废物、农业固体废物、有害固体废物和城市垃圾。

在1995年颁布的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中，将固体废物分为：a. 城市固体废物或城市生活垃圾（municipal solid waste，MSW）；b. 工业固体废物（industrial solid wastes or commercial solid wastes，ISW）；c. 危险废物（hazardous wastes）三大类。本教材以此分类原则，主要就上述三类固体废物作以介绍。将固体废物类型、来源和组成总结于表1-1中，其中农业固体废物量大面广，在中国其产生量已超过工业固体废物的产生量，故也将其列入表中予以介绍。

表1-1 固体废物的类型、来源和主要组成物

城市生活垃圾	居民生活	指日常生活过程中产生的废物。如食品垃圾、纸屑、衣物、庭院修剪物、金属、玻璃、塑料、陶瓷、炉渣、碎砖瓦、废器具、粪便、杂品、废旧电器等
	商业、机关	指商业、机关日常工作过程中产生的废物。如废纸、食物、管道、碎砌体、沥青及其他建筑材料、废汽车、废电器、废器具，含有易爆、易燃、腐蚀性、放射性的废物，以及类似居民生活栏内的各类废物
	市政维护与管理	指市政设施维护和管理过程中产生的废物。如碎砖瓦、树叶、死禽死畜、金属、锅炉灰渣、污泥、脏土等
工业固体垃圾	冶金工业	指各种金属冶炼和加工过程中产生的废物。如高炉渣、钢渣、铜铅铬汞渣、赤泥、废矿石、烟尘、各种废旧建筑材料等
	矿业	指各类矿物开发、利用加工过程中产生的废物。如废矿石、煤矸石、粉煤灰、烟道灰、炉渣等
	石油与化学工业	指石油炼制及其产品加工、化学品制造过程中产生的固体废物。如废油、浮渣、含油污泥、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	指食品工业、造纸印刷、纺织服装、木材加工等轻工部门产生的废物。如各类食品糟渣、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、塑料填料等

续表

工业固体垃圾	机械电子工业	指机械加工、电器制造及其使用过程中产生的废物。如金属碎料、铁屑、炉渣、模具、砂芯、润滑剂、酸洗剂、导线、玻璃、木材、橡胶、塑料、化学药剂、研磨料、陶瓷、绝缘材料以及废旧汽车、冰箱、微波炉、电视、电扇等
	建筑工业	指建筑施工、建材生产和使用过程中产生的废物。如钢筋、水泥、黏土、陶瓷、石膏、砂石、砖瓦、纤维板等
	电力工业	指电力生产和使用过程中产生的废物。如煤渣、粉煤灰、烟道灰等
危险废物	核工业、化学工业、医疗单位、科研单位等	主要来自于核工业、核电站、化学工业、医疗单位、制药业、科研单位等产生的废物。如放射性废渣、粉尘、污泥等，医院使用过的器械和产生的废物、化学药剂，制药厂废渣、废弃农药、炸药、废油等
农业固体垃圾	种植业	指作物种植生产过程中产生的废物。如稻草、麦秆、玉米秆，根茎、落叶、烂菜、废农膜、农用塑料、农药等
	养殖业	指动物养殖生产过程中产生的废物。如畜禽粪便、死禽死畜、死鱼死虾、脱落的羽毛等
	农副产品加工业	指农副产品加工过程中产生的废物。如畜禽内容物、鱼虾内容物、未被利用的菜叶、菜梗和菜根、秕糠、稻壳、玉米芯、瓜皮、果皮、果核、贝壳、羽毛、皮毛等

1.2 城市固体废物的来源、组成和性质

1.2.1 城市固体废物的来源及特点

1.2.1.1 定义

城市固体废物或城市生活垃圾是指在城市居民日常生活中或为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物。如厨余物、废纸、废塑料、废织物、废金属、废玻璃陶瓷碎片、粪便、废旧电器、庭院废物等。

1.2.1.2 来源

城市居民家庭、城市商业、餐饮业、旅馆业、旅游业、服务业、市政环卫业、交通运输业、文数卫生业和行政事业单位、工业企业单位以及水处理污泥等。

1.2.1.3 分类（类型）

城市固体废物种类繁多、组成复杂、性质多样，因而也有多种分类方法，主要有：

（1）根据城市垃圾的性质划分

①可燃烧垃圾和不可燃烧垃圾；②高热值垃圾与低热值垃圾；③有机垃圾和无机垃圾；④可堆肥垃圾和不可堆肥垃圾。①和②可作为热化学处理的判断指标，而③和④可作为垃圾能否以堆肥化和其他生物处理的判断依据。

（2）按资源回收利用和处理处置方式划分

①可回收废品；②易堆腐物；③可燃物；④无机废物。为资源回收利用和选择合适的处理处置方法提供依据。

（3）按垃圾产生或收集来源划分

①食品垃圾（厨房垃圾），居民住户排出垃圾的主要成分；②普通垃圾（零散垃圾），纸类、废旧塑料，罐头盒等（以上两项包括无机炉灰，统称为家庭垃圾，是城市垃圾可回收利用的主要对象）；③庭院垃圾，包括植物残余、树叶及其他清扫杂物；④清扫垃圾，指城市

道路、桥梁、广场、公园及其他露天公共场所由环卫系统清扫收集的垃圾；⑤商业垃圾，指城市商业、服务网点、营业场所产生的垃圾；⑥建筑垃圾，指建筑物、构筑物兴建、维修施工现场产生的垃圾；⑦危险垃圾，医院传染病房、放射治疗系统、试验室等场所排放的各种废物；⑧其他垃圾，以上所列以外的场所排放的垃圾。为城市垃圾分类收集、加工转化、资源回收以及选择合适的处理处置方法提供依据。

1.2.1.4 特点

(1) 增长速度快，产生量不均匀

随着全球经济的持续发展和商品消费的增加，城市垃圾的产生和排放量也随之剧增。

① 全球：垃圾产生量以1%～3%的年增长率增长。如美国城市垃圾增长比人口增长快3倍，约为5%；发展中国家6%～8%的年增长率。

② 中国：近年来中国国民经济持续快速发展，城市化进程加快，人民生活水平不断提高。垃圾的产生量和增长率也逐年增加。自1979年以来，中国城市生活垃圾以每年约9%的增长率增长。目前，垃圾的年产量约 $(1.4\sim1.5)\times10^8\ t\cdot a^{-1}$，占全世界产量的1/4多，人均日产垃圾约1～1.2 kg；清运量方面，1980年，城市垃圾总清运量为 $3\ 132\times10^4$ t；1990年，为 $6\ 770\times10^4$ t；1999年，城市垃圾清运量达到 1.4×10^8 t。

总体来讲，城市固体废物的增长率，发展中国家高于发达国家。发达国家约2%～5%；发展中国家约6%～8%；中国平均9%；广州市则以10%以上的年增长率增长。

产生量的不均匀性是指，城市固体废物的产生量在一年中随季节，一天中随时间的变化明显不同，并呈现一定规律。随季节不同，城市固体废物的产生量与燃料结构等有关；而一天中的波动，与各城市垃圾的收集时间、收集方式和居民生活习惯有关。

(2) 成分复杂、多变，有机物含量高

因各地气候、季节、生活水平与习惯、能源结构的不同，垃圾的成分和种类多种多样、不均匀，而且产量变化幅度也很大。例如：①燃烧构成改变，油改气，无机炉灰大为减少；②冷冻食品、成品、半成品、净菜上市，食品垃圾也逐年降低；③包装材料的改变，纸、塑料、金属、玻璃则大量增加。

城市固体废物有机物含量高的特点亦很明显。以广州市老八区为例，通过对16个调查点垃圾成分的调查表明，广州市垃圾主要成分有：①厨余物，其均值在56%～71%，大部分为直径>15 mm的植物茎叶、果皮及较小的动植物碎屑；②易燃成分（竹木、纸类、布织物、橡塑类），八区垃圾的易燃组分比例在22%～33%。

(3) 主要成分为碳，其次为氧、氢、氮、硫等

分析测试表明：C 10%～20%；O 10%～20%；H 1%～3%；N 0.5%～1.0%；S 0.1%～1.2%。

(4) 处理处置方式目前仍以填埋为主

① 国外：1991年美国约70%、英国90%、意大利90%、加拿大82%、法国48%、德国60%、荷兰50%的垃圾靠填埋处理。到1995年，填埋比例有所下降，分别为美国63%、英国80%、意大利74%、加拿大80%、法国45%、德国46%、荷兰45%、日本20%。

② 国内：中国内地城市垃圾基本上采用填埋处理（>70%），收集方式基本上是混合收集，使堆肥和焚烧的发展受到影响，大部分城市甚至采用堆放和简易填埋处理，乱堆乱放还相当普遍。这些情况从表1-2亦可看出。

表 1-2 城市垃圾处理方式 /%

城市	填埋	卫生填埋	生物处理	焚烧	堆肥	其他
北京	73	24	3			
天津	15	27	58			
上海		95	5			
南京	5	90	5			
无锡		86	10		3	1
常州	16		79			5
南通	90					10
合肥	100					
九江	80				20	
武汉	11	84	2			3
宜昌	52	38				10
重庆	61	13	13	13		
广州		95	5			
深圳	83			17		
惠州	95				5	
肇庆	95				5	
清远	80				20	

目前全国有 20 余处堆肥场在运转，广州、上海、南京、武汉、重庆、常州等市都有一部分垃圾进行堆肥处理。但近年来，由于受化学肥料的冲击，堆肥的销售量逐年下降，市场前景欠佳，有的堆肥场甚至将肥料送至填埋场处理。

1.2.2 城市固体废物的组成

城市固体废物的组成受多种因素影响。主要有：①自然环境；②气候条件；③城市发展规模；④居民生活习性（食品结构）；⑤经济发展水平等。

一般来说，垃圾成分在工业发达国家，有机物多，无机物少；在不发达国家，无机物多，有机物少；在中国，南方城市较北方城市，有机物多，无机物少。表 1-3 为中国部分城市固体废物的组成。

表 1-3 中国 17 个城市的固体废物组成 /%

城市	有机废物					无机废物			
	厨余	废纸	纤维	竹、木制品	塑料、橡胶	废金属	玻璃、陶瓷	煤灰、水泥、碎砖	其他
北京	39.00	18.18	3.56		10.35	2.96	13.02	10.93	
上海	70.00	8.00	2.80	0.89	12.00	0.12	4.00	2.19	
广州	63.00	4.80	3.60	2.80	14.10	3.90	4.00	3.80	
深圳	58.00	7.91	2.80	5.19	13.70	1.20	3.20	8.00	
天津	50.11	5.53	0.68	0.74	4.81				
南京	52.00	4.90	1.18	1.08	11.20	1.28	4.09	20.64	3.00
无锡	41.00	2.90	4.98	3.05	9.83	0.90	9.47	25.29	2.58
常州	48.00	4.28	1.70	1.01	10.02	1.10	5.80	25.09	3.00
南通	40.05	4.20	1.72	1.31	8.90	0.82	5.10	34.40	3.50
合肥	44.97	3.57	2.98	2.52	10.22	0.80	4.24	28.40	2.30
九江	47.27	4.18	1.93	1.00	12.50	0.54	3.50	27.08	2.00
武汉	39.16	4.33	1.33	3.20	7.50	0.69	6.55	32.74	4.50
宜昌	29.54	1.22	0.73	1.05	1.18	0.41	8.03	55.84	2.00
重庆	38.76	1.04	0.97	1.58	9.10	0.53	9.03	37.99	1.00
惠州	20.00	2.10	2.12	3.27	12.00	2.91	2.20	25.40	
肇庆	50.00	2.10	1.89	4.10	12.60	2.50	4.35	22.46	
清远	53.00	2.00	1.51	3.20	11.12	2.40	2.10	24.67	

需要全本请访问 www.ertongbook.com