

KECHIXU SHENGHUO
LAJI CHULI YU
ZIYUANHUA JISHU



可持续生活垃圾处理 与资源化技术

宋立杰 陈善平 赵由才 主编



化学工业出版社

KECHIXU SHENGHUO
LAJI CHULI YU
ZIYUANHUA JISHU



可持续生活垃圾处理 与资源化技术

宋立杰 陈善平 赵由才 主编



化学工业出版社

·北京·

本书主要包括生活垃圾的区域性收运系统、生物反应器卫生填埋技术、焚烧资源化利用技术、裂解资源化技术、机械生物处理技术、沼气发酵技术、源头分类和机械分选技术、垃圾中塑料、玻璃、纸张等回收废物的循环利用技术以及相关防治渗滤液、臭气等二次污染的环境保护技术。

本书主要适合于高等学校师生以及从事生活垃圾处理的工程技术人员、有关管理人员等阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

可持续生活垃圾处理与资源化技术/宋立杰, 陈善平, 赵由才主编. —北京: 化学工业出版社, 2013.10
ISBN 978-7-122-18368-2

I. ①可… II. ①宋…②陈…③赵… III. ①垃圾处理
②垃圾-固体废物利用 IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 210985 号

责任编辑: 左晨燕
责任校对: 吴 静

文字编辑: 刘莉珺
装帧设计: 孙远博

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 装: 三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 34 字数 911 千字 2014 年 2 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: 150.00 元

版权所有 违者必究

前言

生活垃圾处理和污染综合治理是城市管理及公共服务的重要组成部分，是社会文明程度的重要标志，是建设资源节约型、环境友好型社会的重要内容，是关系民生的基础性公益事业。近年来，我国生活垃圾处理和污染防治工作取得了长足发展，政策法规不断完善，资金投入不断加大，处理能力和无害化处理率大幅提高。然而，随着城镇化进程的加快和人民生活水平的提高，城市生活垃圾产量激增，垃圾处理能力相对不足。据统计和调查估算，2011年城市生活垃圾清运量约为1.64亿吨，县城生活垃圾清运量约为0.67亿吨，即全国城镇生活垃圾清运量共约2.31亿吨。截止到2011年年底，全国城镇生活垃圾无害化处理场（厂）合计约为1360座，年处理生活垃圾约为1.58亿吨，无害化处理率仅为68.4%。另外，垃圾分类、回收、处理和污染防治能力和水平相对滞后，已成为实现全面建设小康社会目标的一个薄弱环节，亟须采取综合措施加以解决。

为妥善解决生活垃圾处理及污染问题，推进生活垃圾减量化和资源化工作，环保部、住建部、国家发改委于2010年6月拟定了《关于加强生活垃圾处理和污染综合治理工作的意见（征求意见稿）》。意见指出，至2015年底，建立健全生活垃圾处理政策体系和污染综合治理监管体系，减量化、资源化和无害化水平进一步提高，生活垃圾污染得到有效控制。城市生活垃圾产生量增长率逐年下降，“十二五”末人均生活垃圾产生量实现零增长。农村垃圾分类收集、无害化处理水平有较大提高，农村环境卫生状况有实质性改善。《“十二五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》中进一步明确，“到2015年，直辖市、省会城市和计划单列市生活垃圾全部实现无害化处理，设市城市生活垃圾无害化处理率达到90%以上，县县具备垃圾无害化处理能力，县城生活垃圾无害化处理率达到70%以上”，“全国城镇生活垃圾焚烧处理设施能力达到无害化处理总能力的35%以上，其中东部地区达到48%以上”，“在50%的设区城市初步实现餐厨垃圾分类收运处理”，“建立完善的城镇生活垃圾处理监管体系”。根据目前我国的经济和社会发展水平，在当前和今后相当长时期内，城市生活垃圾仍然以卫生填埋为主，辅之以清洁焚烧、生物处理等其他处理方法，因此必须采取适宜的措施防治处理过程中渗滤液、焚烧渣（飞灰和炉渣）、臭气等二次污染问题。垃圾的分类收集是必然趋势，但必须解决垃圾分类收运体系建立和分类后餐厨垃圾、塑料、纸张、橡胶、玻璃、建筑垃圾等废物经济可行的处理与资源化技术。随着循环经济的理念逐渐深入人心，作为实践循环经济的重要一环——静脉产业，在我国得到了较快的发展。所谓静脉产业，是指承担废弃物收集运输、分解分类、资源化或最终处置等过程的产业，其核心是将废弃物转变为可重新利用的资源和将再生资源转变为产品。

为了促进我国生活垃圾处理和资源化事业的发展，全面总结国内外生活垃圾处理和资源化技术，特编写本书。本书主要内容包括生活垃圾的区域性收运系统、生物反应器卫生填埋技术、焚烧资源化利用技术、裂解资源化技术、机械生物处理技术、沼气发酵技术、源头分

类和机械分选技术、垃圾中塑料、玻璃、纸张等回收废物的循环利用技术以及相关防治渗滤液、臭气等二次污染的环境保护技术。本书主要适合于高等学校师生，以及从事生活垃圾处理的工程技术人员、有关管理人员等阅读和参考。



本书篇幅较大，书中所引用的国内外大量文献资料在参考文献或正文中尽可能列出，但由于时间所限，加上编者在撰写时出现的疏忽，某些文献可能被遗漏，请有关原作者谅解。

参加编写的人员有宋立杰、赵由才、陈善平、陶倩倩（第1章），宋立杰、赵爱华、张益（第2章），赵由才、宋立杰、赵爱华、唐红侠、高小峰（第3章），赵由才、秦峰、赵爱华、谢田（第4章），宋立杰、袁文祥（第5章），宋立杰、谢田（第6章），袁文祥（第7章），宋立杰、陈善平、兰思杰（第8章），宋立杰、陈善平、邵俊、高小峰（第9章），周海燕、赵由才、宋立杰、黄仁华、谢田（第10章），邵俊、宋立杰、兰思杰（第11章），毕珠洁（第12章）。由宋立杰、陈善平、赵由才任主编，邵俊、毕珠洁任副主编。全书由宋立杰、陈善平负责统稿和整理。

编者

2013年6月

目 录

 第 1 章 绪论	1
1.1 生活垃圾的来源、产量和性质	1
1.1.1 生活垃圾的来源和性质	1
1.1.2 生活垃圾的危害	2
1.2 生活垃圾的处理与处置技术	3
1.3 国内外生活垃圾处理现状	7
1.3.1 国外生活垃圾处理现状	7
1.3.2 我国生活垃圾处理现状	10
1.3.3 生活垃圾处理存在的问题	11
1.4 我国生活垃圾处理进展和展望	12
1.4.1 取得进展	12
1.4.2 展望	18
 第 2 章 生活垃圾收运系统	20
2.1 生活垃圾分类收集	21
2.1.1 概述	21
2.1.2 国外生活垃圾分类收集概况	21
2.1.3 我国生活垃圾分类收集	34
2.2 生活垃圾的搬运	41
2.2.1 生活垃圾收集方法	41
2.2.2 居民住宅区垃圾搬运	42
2.2.3 商业区与企业单位垃圾搬运	43
2.3 生活垃圾的贮存	43
2.3.1 贮存容器及设施	44
2.3.2 分类贮存	47
2.4 生活垃圾的清运	50
2.4.1 清运操作方法	50
2.4.2 收集车辆	53
2.4.3 生活垃圾的收运路线	56
2.5 生活垃圾转运站	62
2.5.1 定义	62
2.5.2 转运站类型	62
2.5.3 设置要求	65
2.5.4 工艺设计计算	67



第3章 可持续生活垃圾卫生填埋关键技术..... 69

3.1 人工水平防渗系统.....	69
3.1.1 柔性土工膜.....	69
3.1.2 压实黏土.....	69
3.1.3 钠基膨润土复合防水衬层 (GCL)	70
3.1.4 水平防渗结构.....	71
3.1.5 水平防渗与垂直防渗的联合应用.....	73
3.2 缺陷地基土上高维卫生填埋技术.....	73
3.2.1 老港四期工程区概况.....	74
3.2.2 四期填埋区总体布局与设计.....	76
3.2.3 填埋库区地基评价.....	80
3.2.4 填埋区地基土处理.....	82
3.2.5 边坡稳定性分析.....	85
3.2.6 地下水导排.....	89
3.2.7 填埋作业工艺.....	91
3.2.8 施工方法.....	92
3.3 生活垃圾填埋场稳定化过程.....	93
3.3.1 垃圾腐殖质特性变化研究.....	93
3.3.2 填埋渗滤液特性变化研究.....	96
3.3.3 垃圾基本性质变化过程研究.....	99
3.3.4 填埋场沉降研究	100
3.3.5 填埋场稳定化时间预测	108
3.3.6 新释“填埋场”	112
3.4 填埋场生态修复利用技术	112
3.4.1 填埋场垃圾填埋龄的确定	113
3.4.2 植被选择原则	114
3.4.3 老港现有植被调查	115
3.4.4 填埋场封场后生态修复	116



第4章 生活垃圾焚烧资源化利用关键技术 120

4.1 我国生活垃圾焚烧处理发展历程	120
4.2 生活垃圾热值增值系列技术	121
4.2.1 半程生物处理	121
4.2.2 全程生物处理	122
4.2.3 垃圾热值的变化过程	123
4.3 矿化垃圾的再焚烧技术	124
4.4 生活垃圾压滤深度脱水技术	125
4.5 生活垃圾焚烧工艺集成技术	126
4.5.1 生活垃圾焚烧理论过程	126
4.5.2 影响焚烧过程的因素	127
4.5.3 燃烧图	127
4.5.4 焚烧容量的确定	128

4.5.5	焚烧厂系统	128
4.6	城市生活垃圾焚烧炉型确定	129
4.6.1	焚烧炉的比选	129
4.6.2	生活垃圾炉排炉特点	130
4.6.3	上海市生活垃圾焚烧炉型的确定	131
4.6.4	炉排的国产化	131
4.6.5	焚烧炉的设计	132
4.7	焚烧工艺辅助设备	133
4.7.1	垃圾贮坑	133
4.7.2	垃圾接受设施	134
4.7.3	进料系统	135
4.7.4	燃烧空气供应系统及其炉排通风性能的改进	135
4.7.5	焚烧灰渣收集系统	136
4.7.6	焚烧烟气净化系统	137
4.7.7	焚烧系统的运行过程	137
4.8	焚烧发电系统	137
4.8.1	锅炉	137
4.8.2	余热锅炉过热蒸汽参数的确定	138
4.8.3	汽轮发电机及冷凝方式的确定	139
4.8.4	实际焚烧厂的余热利用	139
4.9	生活垃圾焚烧烟气处理技术	140
4.9.1	焚烧过程烟气发生过程	140
4.9.2	生活垃圾焚烧厂烟气控制系统	141
4.9.3	烟气净化系统主要设备结构和特征	143
4.9.4	焚烧系统尾气脱硝技术	144
4.9.5	焚烧厂重金属及二噁英去除工艺	145
4.9.6	焚烧厂长距离水道式脱硫系统	145
4.9.7	实际焚烧厂烟气排放情况	151
4.9.8	实际焚烧厂烟气控制	152
4.10	生活垃圾焚烧厂运营管理技术	153
4.10.1	集散型控制系统组成	153
4.10.2	DCS系统	154
4.10.3	实际焚烧厂运行经验	155



第5章 生活垃圾裂解技术

5.1	概述	156
5.1.1	裂解的概念	156
5.1.2	生活垃圾裂解技术的发展概况	156
5.1.3	生活垃圾裂解技术的前景展望	158
5.2	裂解原理	159
5.2.1	裂解动力学模型	160
5.2.2	影响裂解的主要参数	163
5.3	裂解工艺	166

5.3.1	按供热方式的分类	166
5.3.2	按裂解温度的分类	167
5.3.3	按裂解反应器的结构分类	167
5.3.4	生活垃圾裂解工艺的辅助系统	170
5.4	生活垃圾裂解工艺的工程实例	170
5.4.1	移动床熔融炉类	170
5.4.2	回转窑类	174
5.4.3	流化床类	176
5.4.4	管型炉瞬间热解类	178




第6章 堆肥与机械生物处理技术



6.1	概述	181
6.1.1	堆肥化	181
6.1.2	机械生物处理	181
6.1.3	适宜的堆肥原料	181
6.2	堆肥原理	182
6.2.1	好氧堆肥原理	182
6.2.2	堆肥化的影响因素	185
6.3	堆肥工艺	189
6.3.1	堆肥化的工艺类型	189
6.3.2	好氧堆肥化工艺过程	191
6.4	堆肥设备	192
6.4.1	进料供料设备	193
6.4.2	发酵设备	194
6.5	堆肥肥效和利用	200
6.5.1	垃圾堆肥肥效	200
6.5.2	堆肥的利用	202
6.6	堆肥的腐熟度及其判定	206
6.6.1	堆肥腐熟和稳定的评估方法	206
6.6.2	腐熟度的检测方法的过程	210
6.7	堆肥实例介绍——北京阿苏卫生活垃圾综合处理工程	212
6.8	我国垃圾堆肥处理的现状、问题及发展趋势	216
6.8.1	我国垃圾堆肥处理的现状	216
6.8.2	我国有机垃圾生化处理存在的问题	216
6.8.3	我国垃圾堆肥处理的发展趋势	217
6.8.4	垃圾堆肥生物处理发展对策建议	219



第7章 生活垃圾填埋场沼气发电技术

7.1	概论	220
7.1.1	生活垃圾处理处置主要技术优缺点比较	220
7.1.2	生活垃圾填埋气体回收利用的意义	221
7.1.3	填埋气体回收利用途径和条件	221
7.2	垃圾填埋场产气分析	222

7.2.1	有机垃圾降解过程分析	222
7.2.2	填埋气的特性、成分及其随时间的变化	224
7.2.3	填埋气产气量及产气速率	225
7.2.4	填埋场产气分析实例	228
7.3	可利用填埋气资源分析案例	230
7.3.1	可利用填埋单元的选取	231
7.3.2	填埋气收集量的预测	231
7.3.3	填埋气发电利用方式确定	232
7.3.4	填埋气发电系统	233
7.4	填埋气收集系统工程主要内容	234
7.4.1	填埋气收集方案的比较与选择	234
7.4.2	填埋气收集系统工程主要内容	236
7.5	填埋气净化处理系统	237
7.5.1	净化方案的选择	237
7.5.2	预处理装置	238
7.6	填埋气发电机组	240
7.7	清洁发展机制 (CDM) 对填埋气发电技术应用的影响	242
	第8章 源头分类与机械分选技术	244
8.1	源头分类技术	244
8.2	机械分选技术	245
8.2.1	机械分选技术概述	245
8.2.2	物料分选的一般理论	245
8.3	筛分	247
8.3.1	筛分原理	247
8.3.2	筛分效率	247
8.3.3	筛分设备类型及应用	248
8.4	重力分选	251
8.4.1	跳汰分选	252
8.4.2	风力分选	255
8.4.3	摇床分选	258
8.5	磁力分选	259
8.5.1	磁选	260
8.5.2	磁流体分选 (MHS)	261
8.6	电力分选	263
8.6.1	电选的分选过程	263
8.6.2	电选设备及应用	263
8.7	浮选	264
8.7.1	浮选原理	264
8.7.2	浮选药剂	264
8.7.3	浮选设备	265
8.7.4	浮选工艺过程	265
8.8	其他分选方法	266

8.8.1	摩擦与弹跳分选	266
8.8.2	光电分选	267
	第9章 废物循环利用技术	268
9.1	厨余垃圾的处理与利用	268
9.1.1	厨余垃圾的概念、来源和基本特性	268
9.1.2	国内外厨余垃圾产生及处理现状	269
9.1.3	厨余垃圾的管理和处置原则	270
9.1.4	厨余垃圾传统处理技术概述	271
9.1.5	厨余垃圾的厌氧发酵处理	275
9.2	废纸张再生利用技术	281
9.2.1	概述	281
9.2.2	废纸回收利用	284
9.2.3	废纸再生处理工艺流程	288
9.3	废塑料的回收利用和处理	293
9.3.1	概述	293
9.3.2	废塑料管理	295
9.3.3	废塑料的回收利用技术	298
9.4	废橡胶再生利用技术	310
9.4.1	概述	310
9.4.2	废橡胶的再生技术	316
9.4.3	胶粉的生产及应用	319
9.4.4	废橡胶的能源利用技术	334
9.5	建筑垃圾的处理与应用	336
9.5.1	概述	336
9.5.2	国外经验	340
9.5.3	建筑垃圾的性质	345
9.5.4	废旧混凝土的资源化技术	348
9.5.5	废旧砖瓦的资源化	364
9.5.6	旧沥青路面料的资源化	369
9.5.7	建筑垃圾作桩基填料加固软土地基	375
9.5.8	其他建筑垃圾的资源化利用	383
	第10章 环境保护技术	387
10.1	生活垃圾渗滤液处理技术	387
10.1.1	矿化垃圾的基本组成与性质	387
10.1.2	矿化垃圾生物反应床处理渗滤液	393
10.1.3	“水解酸化+A/O ² -A/O+MBR+RO”组合工艺	407
10.1.4	利用水泥处理渗滤液生物处理出水技术	410
10.2	垃圾焚烧发电厂飞灰固化稳定化与安全填埋技术	412
10.2.1	飞灰特性	412
10.2.2	飞灰固化稳定化试验	413
10.2.3	稳定化方案比选	419

10.2.4	稳定化/固化工艺的选择	421
10.2.5	某飞灰预处理工程设计方案	422
10.3	固体废物处理过程温室气体的产生及控制	429
10.3.1	生活垃圾填埋	429
10.3.2	垃圾焚烧	434
10.3.3	生活垃圾堆肥	438
10.3.4	生活垃圾卫生填埋场甲烷减排与控制技术	440
10.4	垃圾焚烧厂焚烧炉渣处理技术	444
10.4.1	炉渣的性质表征	444
10.4.2	炉渣对磷的吸附	450
10.4.3	炉渣处理畜禽废水	454
10.4.4	某工程炉渣处理工艺	458




第 11 章 静脉产业园

11.1	概述	462
11.1.1	静脉产业	462
11.1.2	静脉产业园	463
11.2	静脉产业园的建设与运行	465
11.2.1	国外实践	465
11.2.2	国内实践	474
11.3	我国静脉产业园建设的启示	480
11.3.1	国外	480
11.3.2	国内	480
11.4	建设固体废物综合利用园区渐成热点	481



第 12 章 环卫管理

12.1	环卫管理的内涵	482
12.1.1	环境卫生的定义	482
12.1.2	环卫管理的定义	482
12.2	我国环卫管理改革与发展的理论基础	482
12.2.1	循环经济	482
12.2.2	三化原则	482
12.2.3	垃圾外部性	484
12.2.4	庇古税与科斯定理	484
12.2.5	“公地悲剧”与“反公地悲剧”	485
12.2.6	环卫行业的自然垄断性	486
12.2.7	新公共管理理论	487
12.3	我国环卫管理的政策法规	488
12.3.1	法规	488
12.3.2	标准	488
12.3.3	政策	488
12.3.4	问题与对策分析	489
12.4	我国环卫管理机构设置	490

12.4.1	国家一级的管理机构	490
12.4.2	城市一级的管理机构	491
12.4.3	具体管理机构	493
12.4.4	问题与对策分析	493
12.5	投资与融资管理	494
12.5.1	环境卫生工程投资管理	494
12.5.2	环境卫生工程融资管理	496
12.5.3	工程项目管理模式	499
12.6	环卫管理的对象	500
12.6.1	清扫保洁	500
12.6.2	生活垃圾管理	501
12.6.3	餐厨垃圾管理	504
12.6.4	建筑垃圾管理	506
12.6.5	粪便管理	508
12.6.6	公厕管理	510
12.7	环卫监管与应急管理	512
12.7.1	环卫监管	512
12.7.2	应急管理	513
12.8	我国环卫管理的发展方向	515
12.8.1	分权化	515
12.8.2	一体化	515
12.8.3	市场化	515
12.8.4	社会化	516
12.8.5	规范化	517
12.8.6	数字化	517
12.8.7	环保化	518
12.8.8	有偿化	518
12.8.9	人性化	519
12.8.10	尊重规划	519
12.9	国内外环卫管理实例	519
12.9.1	美国的垃圾收费	519
12.9.2	新加坡的垃圾收运	520
12.9.3	德国的垃圾分类及处理	521
12.9.4	北京的环卫数字化管理	522
12.9.5	上海的环卫管理体系	523
12.9.6	西安的建筑垃圾管理	523
	参考文献	525

第 1 章 结 论

1.1 生活垃圾的来源、产量和性质

1.1.1 生活垃圾的来源和性质

生活垃圾是指人们在日常生活中或为日常生活提供服务的活动中产生的废弃物。生活垃圾是固体废物的一种，具有如下特性：a. 无主性，即被丢弃后不易找到具体负责者；b. 分散性，丢弃后分散在各处，需对其进行收集；c. 危害性，对人们的生产和生活产生不便，危害人体健康；d. 错位性，一个时空领域的废物在另一个时空领域可能是宝贵的资源。

城市生活垃圾（又称城市固体废物）主要来自居民的生活与消费、市政建设和维护、商业活动、市区的园林绿化及市郊的耕种生产、医疗和旅游娱乐等过程，包括一般性垃圾、人畜粪便、厨房弃物、污泥、垃圾残渣和灰尘等物质。主要固体废物的来源见表 1-1。

表 1-1 城市固体垃圾的构成来源

来源	构成物
居民生活	食物垃圾、废纸、玻璃、金属、塑料陶瓷、灰渣、植物、废电池、粪便、杂土等
商业及市政机关	除包含居民生活垃圾的构成物外，另有建材废物、易燃易爆、传染性、放射性废物、汽车、轮胎、废电池、电器、器具等
市政建设和维护	脏土、瓦砾、树枝叶、死禽畜等
农牧业	秸秆、蔬菜、水果、杂草、粪便、死禽畜等
医疗	金属、放射性物质、粉尘、污泥、器具建材、棉纱等

城市生活垃圾产生量大，且逐年递增。近年来我国城市生活垃圾清运总量稳步增加（见图 1-1），2007~2010 年期间稳定在 1.5 亿~1.6 亿吨/年，平均清运量为 1.55 亿吨/年，约合 42.5 万吨/日。2010 年清运量为 1.58 亿吨，约合 43.3 万吨/日。

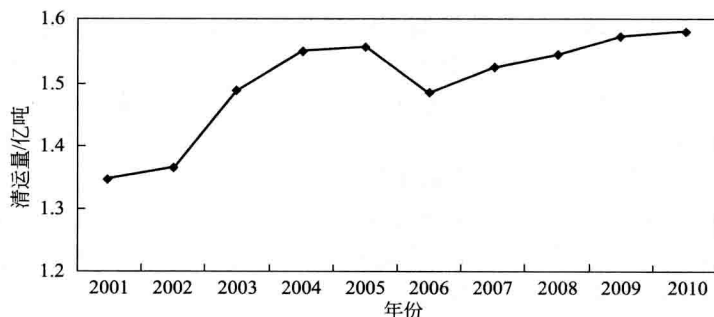


图 1-1 我国生活垃圾清运量

统计数字表明，城市生活垃圾的产量与城市规模、人口增长速度及城市居民生活水平成正比关系；由于工业的发展不平衡、城市现代化程度不同以及生活习惯等影响，不同地区垃圾的组成成分也有差别，但大体上可分为无机物和有机物两大类，见表 1-2。



表 1-2 生活垃圾分类

分类	项目	成分
无机物	玻璃	碎片、瓶、管、镜子、仪器、球、玩具等
	金属	碎片、铁丝、罐头、零件、玩具、锅等
	砖瓦	石块、瓦、水泥块、缸、陶瓷件、石灰片
	炉灰	炉渣、灰土等
	其他	废电池、石膏等
有机物	塑料	薄膜、瓶、管、袋、玩具、鞋、录音带、车轮等
	纸类	包装纸、纸箱、信纸、卫生纸、报纸、烟纸等
	纤维类	破旧衣物、布鞋等
	有机质	蔬菜、水果、动物尸体与毛发、废弃物、竹木制品等

随着经济的发展和人们生活水平的提高，垃圾的数量不断增加，垃圾的成分也发生了很大的变化，其显著特点是城市生活垃圾中的高热值可燃物含量明显增加。据统计，近年来我国近百座城市的生活垃圾成分中废塑料、废纸、织物和木竹类的平均含量增加近 40%，其中以塑料增长幅度最大，接近 50%。预计近年我国城市生活垃圾成分还会处于不断变化的“动态”过程，其中有易腐垃圾成分和可燃成分会稳步增长，它将较大幅度地提高垃圾热值和垃圾的总有机质。此外，我国许多城市正积极推进城市生活垃圾的袋装化收集和分类收集，生活垃圾中的各类可回收利用物可得到直接回收利用或纳入再循环过程，这将不仅使进入处理流程的垃圾中无机成分大幅度降低，有机成分进一步提高，而且为在我国发展垃圾焚烧发电、制肥和综合利用等技术创造了有利条件。据报道，目前我国城市生活垃圾容器化收集率已经达到 85% 以上，其中大型或特大城市达到了 95%，中小城市也不低于 80%。而且许多城市已大力推行垃圾收集袋装化，积极创造条件实施垃圾分类收集，避免或减轻了城市生活垃圾对城市生态环境的污染。实践证明，我国城市生活垃圾产量、成分及其垃圾收集运输方式的变化，将对我国城市生活垃圾处理产生积极影响。

1.1.2 生活垃圾的危害

垃圾，既是人类文明的副产品，又是人类生存的“污染物”。当今，垃圾已成为世界第一大公害，许多国家都把垃圾视为破坏环境的头号祸首之一。根据联合国人口统计资料，本世纪末世界上有 70%~80% 的人口聚集到城市，城市化发展致使人口密集，人们生活消费水平不断提高，垃圾量猛增，许多城市面临了“垃圾围城”的严重局面。垃圾不但会侵占大量土地，污染土壤、空气和水体，破坏生态环境，又易孳生蚊蝇传染疾病，对人类的危害越来越大，严重地威胁着人们的生活和健康。因此，城市生活垃圾的消纳处理和综合治理，已成为影响和制约城市整体功能正常发挥和城市居民生活及劳动环境的突出因素。

垃圾中存在对人体有危害的物质或是有害微生物，如致病菌、病毒；或是有机污染物，如氯化烃、烃类化合物气体等致癌物、促致癌物；或是无机污染物，如汞、镉、铅、砷、锌、铬等；或是物理性污染物，如放射性污染；或是其他污染物，如寄生虫、害虫、臭气等。这些污染物污染着土壤、空气与水体，并通过多种渠道危害人体健康。

(1) 直接危害

垃圾随意弃置，会严重破坏城市景观，造成人们心理上的不快。垃圾中有丰富蛋白质、脂类和糖类化合物，在常温情况下，微生物分解有机物过程中产生 NH_3 、 H_2S 及有害的碳氢化合物气体，未收集和处理的垃圾腐烂时具有明显的恶臭和毒性，直接危害人体。



(2) 间接危害

垃圾堆是蚊、蝇、鼠、虫等孳生的场所。垃圾渗滤液与潮湿地是成蚊产卵、幼虫孳生与成蚊的栖息地。蚊子是疟疾、血吸虫病、乙型脑炎等病的传播媒介。苍蝇是传染霍乱、痢疾、伤寒、肝炎等多种传染病的病源。老鼠是鼠疫、钩端螺旋体病、血吸虫病的传染源。蟑螂等昆虫携带肠道病原体及寄生虫卵，是一种病媒昆虫。垃圾堆积地成了蚊、蝇、鼠、虫等栖息、繁殖、危害人体的“大本营”。

(3) 附着危害

垃圾中的危害物污染空气、土壤与水体，又通过空气、土壤、水体、食物等媒介或载体使有害物质侵入人体，使人受害。如果垃圾未做任何无害化处理，集中露天堆放对环境的危害很大，主要表现为如下。

① 侵占和污染大量土地，对农田破坏严重 堆放在郊区的垃圾，侵占了大量农田。生活垃圾未经处理直接或经农民简单处理后施用于农田，会破坏土壤的结构及理化性质。土壤是生态系统中进行物质交换和物质循环的中心环节，垃圾中的重金属和大量有机物、蠕虫（钩虫、蛔虫）卵与幼虫、病原菌（细菌、病毒等）进入土壤，加快蠕虫与病原微生物的繁殖。摘收蔬菜瓜果时可能挟带这些危害物，当人们食用不净瓜菜时，危害物就侵入人体。

② 严重污染空气 垃圾露天堆放的地方臭气冲天、老鼠成灾、蚊蝇孳生，还有大量的沼气等污染物向大气释放。

③ 严重污染水体 垃圾中含有汞（来自红塑料、霓虹灯管、电池、朱红印泥等）、镉（来自印刷、墨水、纤维、搪瓷、玻璃、镉颜料、涂料、着色陶瓷等）、铅（来自黄色聚乙烯、铅制自来水管、防锈涂料等）等微量有害元素，垃圾在堆放过程中会产生大量的酸性和碱性有机污染物，并将垃圾中的重金属溶解出来，污染水体，并在水里富集，被水生动植物摄入，再通过食物链进入人的身体，影响人体健康。一些城市的垃圾堆放场，没有防浸透设施，使一些有毒物质通过雨水淋溶形成渗流污染地表水，同时还通过地下水流污染水源，对人的健康构成永久性的威胁。

④ 影响环境卫生 垃圾中的细微颗粒、干物质或塑料等轻物质随风飘扬，并扩散到很远的地方。

1.2 生活垃圾的处理与处置技术

生活垃圾无害化处理的目的是将垃圾减容、减量、资源化、能源化和无害化处理。目前，通行的城市生活垃圾处理处置技术主要有填埋、焚烧、堆肥，另外，厌氧生物制沼技术、垃圾衍生燃料（Refuse Derived Fuel, RDF）技术等也有出现并应用于城市生活垃圾的处理。

(1) 卫生填埋法

卫生填埋因其方法简单、投资少和几乎可以处理所有种类的垃圾，所以世界各国广泛沿用这一方法。从无污染控制的堆放法发展到卫生填埋，包括渗滤液循环填埋、压缩垃圾填埋、破碎垃圾填埋等。

英国和美国等国家率先采用卫生填埋法处置垃圾，其处理场地称为卫生填埋场。卫生填埋场的建造比较复杂。针对渗滤液渗透对地下水的污染，在卫生填埋场的底部和周围必须铺设高性能聚乙烯材料（High-density polyethylene, HDPE）或其他有类似功能的材料，厚度在1.5~2.5mm，同时在其上面还应铺设至少0.5m的黏土以防止垃圾对衬底材料的破坏。若采用黏土作衬底材料，其渗透系数也必须小于 10^{-7} cm/s，并且厚度大于2m。在衬层上面铺设集水和排水盲沟，使渗滤水能够及时排出垃圾堆体。排出的渗滤液必须进行有效处



理后才能排至水体。目前,用于防渗的材料(主要是高性能聚合物)基本上靠进口。进口材料40元/m²以上。一座中等规模填埋场需要的防渗材料量在1000万元以上,约占征地以外投资的1/3。

在垃圾填埋过程中,应安装间隔为50~100m的矩阵型沼气导排管道系统。垃圾填埋高度在10m以上时,可以考虑沼气的利用。若沼气不利用,应尽可能及时排空或火炬燃烧,使沼气浓度不在爆炸范围内。填埋场严禁烟火。

垃圾填埋时,应在尽可能小的表面上堆放垃圾,缩小作业面。每天的垃圾堆放高度一般为2~3m。填埋过程中经历倾卸、推土机推铺、压实机压实和土壤覆盖。土壤的日覆盖高度为30cm左右。当垃圾填埋至所要求的最终高度后(如上海老港填埋场的4m或杭州填埋场的140~170m),就必须进行厚度为60~100cm的终覆盖,同时种植各种能够生长的植物,如耐酸耐碱的夹竹桃、四季青(草皮)龙柏、石榴、棕榈、海棠及农作物棉花等。目前上海市老港填埋场已成功地建造了绿化苗圃,面积由原来的30亩一跃成为今天的300亩,苗木品种也从原来的几种发展到今天的30多种,并建成了两个六连株大棚温室及一座占地15亩的盆景园,取得了明显的环境和经济效益。

一座日填埋200t、使用年限为20年的中型山谷型填埋场,其建设费用一般在5000万元以上。卫生填埋法是垃圾无害化处理最简单、费用较低的方法,不过渗滤液处理仍然存在问题。卫生填埋法虽然比堆放法在技术上有明显进步,但资源被埋在地下,无法利用,是严重的浪费。近年来人们意识到可持续发展的重要性,填埋以外的垃圾处理方法受到重视,这些方法包括焚烧发电,堆肥农用、分类分选和循环利用等。

我国有许多城市建设了卫生填埋场,如杭州、福州、南昌、深圳、广州、北京、漳州、厦门、泉州等。不过,也有许多城市或村镇仍然采用堆放法处置垃圾。目前卫生填埋场面临的最大挑战是渗滤液低成本高效率处理问题。渗滤液有机物初始浓度(Chemical Oxygen Demand, COD)达10000~50000mg/L,而国家排放标准为COD<100mg/L(一级)或COD<300mg/L(二级)。许多填埋场宣称可承受的渗滤液处理费用应该20元/t以下,并且要达到一级排放标准。实际上,这种技术目前是没有的。全国绝大部分填埋场的渗滤液处理均未达到国家二级排放标准,然而,许多城市却要求渗滤水处理应该达到一级排放标准。根据作者的经验,要使渗滤液处理达到一级国家排放标准,每吨处理费用至少在50~100元以上。

(2) 焚烧法

焚烧法是垃圾的一种高温处理技术,其最大优点是减量化和无害化程度高。垃圾在温度为850℃第一燃烧室焚烧后,产生的烟气再通过温度为1200℃的第二燃烧室彻底焚烧和破坏二噁英及氯苯(Chlorobenzene, CB)、氯酚(Chlorophenol, CP)、多环芳香烃化合物(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH)等化合物,最后采用物理、化学方法进一步去除酸性气体(氯化氢、二氧化硫、氮氧化物等)、烟尘等。垃圾焚烧产生的热量用于发电或供热。

垃圾焚烧是以环境保护为根本出发点的,其次才是能源利用。因此,在进行垃圾焚烧时,最重要的是环境保护。垃圾焚烧过程,特别是重金属和某些气态污染物的产生过程以及这些污染物在气相和固相(炉渣)之间的分配,对于二次污染控制技术的发展有重要指导意义。

随着人们环保意识的加强,制定的法律法规越来越严格,许多原有工艺已经无法适应新的标准。如垃圾焚烧炉渣,几年前炉渣中的重金属按当时的标准是不超标的,但现在欧洲许多国家要求炉渣中的重金属含量应与地壳中的土质相近才能填埋或利用。为此,瑞士、德国等国家又在原来的基础上进一步研究垃圾焚烧过程中重金属的分布与相转移问题,希望炉渣

