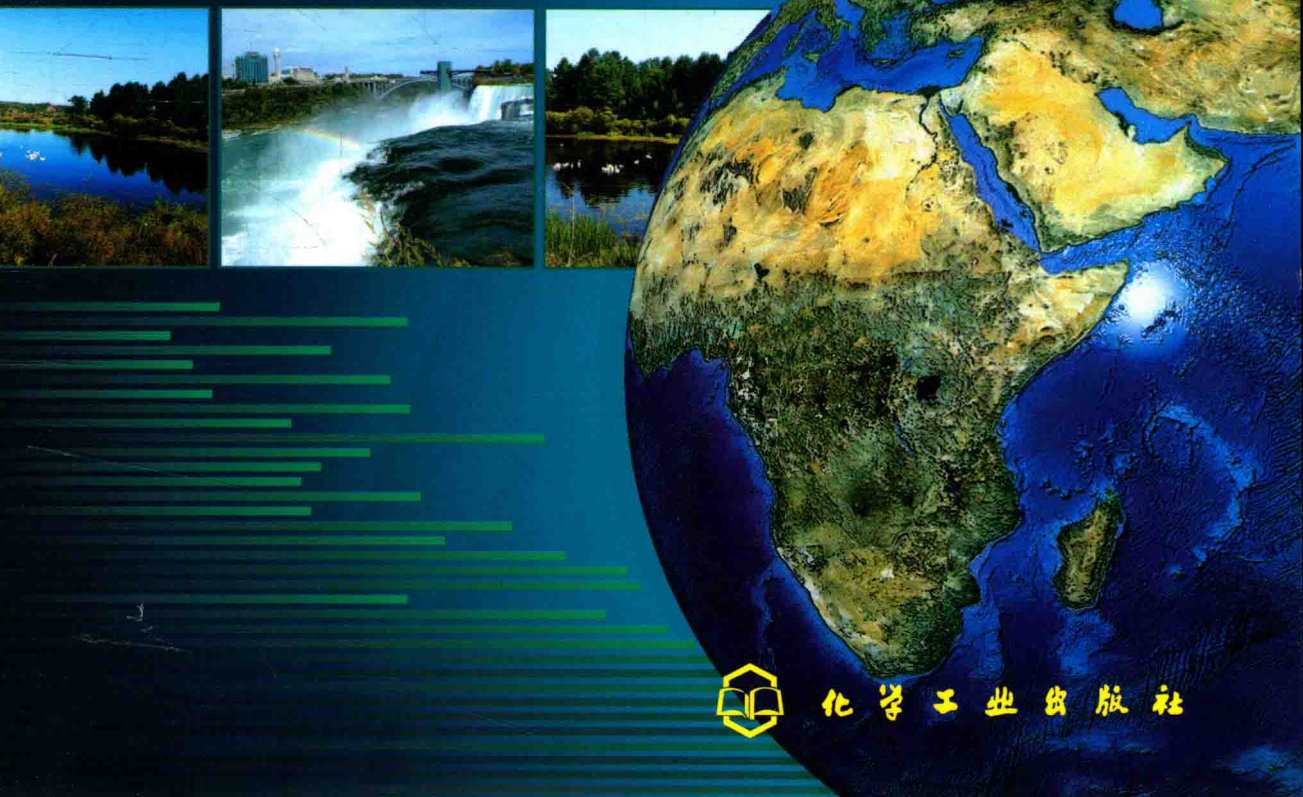


普通高等教育“十三五”规划教材

生活垃圾处理与资源化

赵由才 主 编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

生活垃圾处理与资源化

赵由才 主 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共分为7章,内容主要包括生活垃圾及其区域性收运系统、生活垃圾卫生填埋技术、生活垃圾焚烧发电技术、生活垃圾好氧堆肥与厌氧发酵技术、生活垃圾渗沥液处理技术、环卫管理与静脉产业园、农村生活垃圾收运与处理技术。

本书可作为高等院校给水排水科学与工程、市政工程、环境工程、环境科学等专业的教材,也可作为从事生活垃圾处理的技术人员、管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生活垃圾处理与资源化/赵由才主编. —北京:化学工业出版社, 2016.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-27576-9

I. ①生… II. ①赵… III. ①生活废物-垃圾处理-高等学校-教材②生活废物-废物综合利用-高等学校-教材
IV. ①X799.305

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第155199号

责任编辑:满悦芝

责任校对:边涛

文字编辑:荣世芳

装帧设计:刘亚婷

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:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张11½ 字数273千字 2016年10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:29.00元

版权所有 违者必究

前言

生活垃圾是人类社会的必然产物，具有如下特性：①无主性，即被丢弃后不易找到具体负责人；②分散性，丢弃后分散在各地，需对其进行收集；③危害性，给人们的生产和生活造成不便，危害人体健康；④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。目前，我国市政部门收运的、需要进行末端无害化处置的生活垃圾大约 1.6 亿吨/年，其污染控制与资源化是城市公共管理及服务的重要组成部分，是社会文明程度的重要标志，也是关系民生的基础性公益事业。发达国家生活垃圾治理已经从末端处置向全量资源化方向发展，而我国目前还处于以末端处置为主、资源化为辅的初级阶段。

生活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、碳氢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、铜、铬等；或是物理性污染物，如放射性污染物；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。

1984 年前，我国绝大部分生活垃圾还田利用，之后，随着生活垃圾组分的日益复杂化，人们研究出符合“三高”（高含水率、高杂性、高湿垃圾含量）特性的处置新方式，开发了符合国情的生活垃圾产业化技术，实现了生活垃圾从随意丢弃到源头减量与资源回收利用、从简易堆填到安全可控卫生填埋和填埋气发电、从露天堆烧到大型炉排清洁焚烧发电的重大变革，使卫生填埋和焚烧发电逐步成为我国生活垃圾大规模、快速消纳处置的两大主流技术。

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生活垃圾，而被广泛使用。针对渗沥液（又称渗滤液）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，使渗沥水能够及时排出垃圾堆体。排出的渗沥液必须进行有效处理后才能排至水体。在填埋过程中，应安装间隔为 50~100m 的矩阵型沼气导排管道系统。填埋时，应在尽可能小的表面上堆放垃圾，缩小作业面。

焚烧发电法是生活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。在温度为 850℃ 的第一燃烧室焚烧后，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。生活垃圾焚烧产生的热量用于发电或供热。焚烧发电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。国际上经常采用的垃圾焚烧炉型一般为机械炉排，流化床焚烧炉也已经得到应用。焚烧发电技术近年来在我国城市生活垃圾处理中得到快速发展，国产化率快速提高。

本书是针对给水排水科学与工程、市政工程专业特点而编写的教科书，内容包括生活垃圾及其区域性收运系统、生活垃圾卫生填埋技术、生活垃圾焚烧发电技术、生活垃圾好氧堆肥与厌氧发酵技术、渗沥液处理技术、环卫管理与静脉产业园、农村生活垃圾收运与处理技术等章节。本书也适合于从事生活垃圾处理的工程技术、管理人员和市政工程和环境工程专业人员阅读和参考。

本书由赵由才任主编，谢伟雪、李金辉任副主编，具体编写分工如下：赵由才、许碧君（第1章），赵由才、张华、龙燕（第2章），赵由才、孙晓军、柴晓利（第3章），谢伟雪、牛冬杰、赵由才（第4章），赵由才、李广科、牛静、石磊（第5章），李金辉、许碧君、赵由才（第6章），李杭芬、曾超、宋楠、罗安然、杨玉杰、赵由才（第7章）。书中内容大部分是作者多年来的研发与应用成果，但也参考了国内外同行公开发表的资料，由于作者时间和水平有限，疏忽之处在所难免，请读者批评指正。

赵由才

2016年6月于同济大学

目 录

第1章 生活垃圾及其区域性收运系统	1
1.1 城市生活垃圾	1
1.1.1 城市生活垃圾组分	1
1.1.2 分类生活垃圾物流体系	2
1.2 农村生活垃圾	3
1.3 城市生活垃圾收集	4
1.3.1 垃圾收集方式及物流体系	4
1.3.2 生活垃圾压缩收集技术	5
1.3.3 集装箱式垃圾收集技术	5
1.3.4 生活垃圾综合收集技术	5
1.4 城市生活垃圾贮存	6
1.4.1 分类贮存	6
1.4.2 贮存容器	7
1.4.3 贮存设施	8
1.4.4 贮存容器及设施选址	9
1.5 城市生活垃圾转运技术	9
1.5.1 城市生活垃圾转运形式	10
1.5.2 生活垃圾转运物流设计	10
1.5.3 生活垃圾直接转运技术	13
1.5.4 生活垃圾压缩转运技术	13
1.5.5 垃圾集装化水陆联运技术	16
1.6 典型垃圾中转站及其工艺设备	16
1.6.1 水平推入装箱式垃圾中转站	19
1.6.2 水平装箱式垃圾中转站	19
1.6.3 竖直装箱式垃圾中转站	19
1.7 小城镇生活垃圾区域联合收运	22
1.7.1 小城镇环境卫生规划	22
1.7.2 小城镇生活垃圾区域联合处理	22
习题与思考题	24

2.1	填埋场建设	26
2.1.1	填埋场选址	26
2.1.2	填埋场防渗材料	27
2.1.3	填埋场水平防渗结构	28
2.2	填埋作业及机械设备	30
2.3	填埋场渗沥液收集	34
2.3.1	导流层	34
2.3.2	收集沟和多孔收集管	35
2.3.3	集水池及提升系统	36
2.3.4	调节池	37
2.3.5	清污分流	39
2.4	生活垃圾填埋场恶臭污染控制	40
2.4.1	利于恶臭控制的面积最小化作业面形状	40
2.4.2	小作业面下的精细化作业技术	42
2.4.3	基于恶臭控制的膜覆盖材料比选	42
2.5	基于恶臭控制的填埋作业集成技术	46
2.5.1	作业面最小化的填埋作业规划	46
2.5.2	路基箱与卸料平台铺设及道路排水技术	47
2.5.3	作业面负压抽吸除臭技术	49
2.6	膜下通风除臭技术	50
2.7	填埋场恶臭污染控制联动响应与管理体系	51
2.7.1	恶臭污染预警系统	51
2.7.2	恶臭污染响应措施	52
2.7.3	填埋场恶臭污染控制与管理路线图	52
2.8	控制作业暴露面的围堰作业技术	53
2.9	生活垃圾填埋场稳定化	53
2.10	填埋场生态恢复植被选择	54
	习题与思考题	55

3.1	生活垃圾焚烧设备	56
3.1.1	炉排型焚烧炉	56
3.1.2	炉排炉种类	57
3.1.3	各炉排炉技术比较	61
3.2	焚烧炉设计	63
3.3	焚烧炉运行	64
3.4	焚烧工艺辅助设备	65
3.4.1	垃圾贮坑	65

3.4.2	垃圾接收设施	66
3.4.3	进料系统	66
3.4.4	燃烧空气供应系统	67
3.4.5	焚烧灰渣收集系统	68
3.5	生活垃圾焚烧厂烟气	68
3.5.1	烟气中主要污染物	68
3.5.2	烟气污染物控制	69
3.6	典型烟气净化工艺	70
3.6.1	净化工艺分类	70
3.6.2	净化工艺流程	71
3.7	烟气净化系统及设备	73
3.7.1	半干法反应塔	73
3.7.2	布袋除尘系统	74
3.7.3	消石灰、活性炭贮存与喷射系统	74
3.7.4	烟气管道系统	75
3.8	焚烧飞灰及其稳定化处理	75
3.8.1	典型炉排炉飞灰	75
3.8.2	飞灰稳定化处理	76
	习题与思考题	79

第4章 生活垃圾好氧堆肥与厌氧发酵技术.....80

4.1	生活垃圾好氧堆肥	81
4.1.1	好氧堆肥原理	81
4.1.2	好氧堆肥分类	84
4.2	生活垃圾好氧堆肥技术	85
4.2.1	好氧堆肥工艺流程	85
4.2.2	好氧堆肥工艺影响因素	87
4.2.3	堆肥腐熟度判定	89
4.3	好氧堆肥系统及设备	92
4.3.1	条垛式发酵设备	93
4.3.2	筒仓式堆肥发酵仓	94
4.3.3	卧式堆肥发酵滚筒	95
4.3.4	多层立式堆肥发酵塔	96
4.3.5	槽式堆肥系统	97
4.3.6	熟化堆肥设备	98
4.4	堆肥资源化利用	98
4.4.1	土壤改良剂	98
4.4.2	土壤生物修复	99
4.4.3	作物施肥	99
4.5	堆肥的应用发展	100

4.5.1	好氧堆肥与生态卫生厕所	100
4.5.2	好氧堆肥与生物质炭	100
4.6	生活有机垃圾厌氧发酵技术	101
4.6.1	厌氧发酵原理	102
4.6.2	厌氧发酵微生物	102
4.6.3	厌氧发酵工艺	104
4.6.4	厌氧发酵工艺影响因素	105
4.7	典型厌氧发酵设备	107
4.8	沼气、沼液与沼渣综合利用	111
4.8.1	沼气的利用	111
4.8.2	沼液与沼渣的利用	111
	习题与思考题	112

第5章 生活垃圾渗沥液处理技术 113

5.1	渗沥液生物毒性	113
5.1.1	渗沥液对鲫鱼肝脏过氧化氢酶 CAT 水平的影响	113
5.1.2	渗沥液对鲫鱼肝脏超氧化物歧化酶 SOD 水平的影响	115
5.1.3	渗沥液 COD_{Cr} 值与鲫鱼肝脏染毒时间的综合作用效应评估	116
5.2	填埋场渗沥液调节池	117
5.3	生活垃圾渗沥液厌氧生物处理技术	118
5.3.1	上流式厌氧反应器 UASB 厌氧处理工艺	119
5.3.2	上流式污泥床过滤器 UBF 厌氧处理工艺	119
5.4	渗沥液梯度压力好氧预处理技术	121
5.4.1	梯度压力好氧预处理工艺流程	121
5.4.2	梯度压力好氧装置处理渗沥液	122
5.5	矿化垃圾生物反应床渗沥液预处理技术	127
5.6	生活垃圾渗沥液膜处理技术	129
5.7	渗沥液纳滤 (NF) 处理技术	130
5.8	渗沥液反渗透 (RO) 深度处理技术	131
5.9	典型生活垃圾渗沥液处理系统	131
5.10	渗沥液反渗透 (RO) 浓缩液深度处理技术	133
5.10.1	浓缩液基本特征	133
5.10.2	过硫酸钾深度氧化技术	134
5.10.3	浓缩液蒸发技术	136
	习题与思考题	137

第6章 环卫管理与静脉产业园 138

6.1	我国环卫管理机构	138
6.2	环卫管理对象	140
6.2.1	清扫保洁	140
6.2.2	生活垃圾管理	140

6.2.3 餐厨垃圾管理	141
6.2.4 建筑垃圾管理	141
6.2.5 粪便管理	142
6.2.6 公厕管理	142
6.2.7 环卫数字化管理	143
6.3 静脉产业园简介	143
6.4 静脉产业园的建设与运行	145
6.5 我国静脉产业园建设的启示	150
习题与思考题	151

第7章 农村生活垃圾收运与处理技术 152

7.1 农村生活垃圾管理	152
7.1.1 农村生活垃圾产生及特性	152
7.1.2 农村生活垃圾收集与处理	153
7.1.3 农村生活垃圾管理与对策	155
7.2 农村生活垃圾收集与转运	156
7.2.1 生活垃圾收运系统	156
7.2.2 农村生活垃圾收运及管理	157
7.2.3 农村生活垃圾收运设施	158
7.2.4 生活垃圾收集设施配置优化	161
7.2.5 农村生活垃圾转运站设置	163
7.3 农村生活垃圾处理与资源化技术	165
7.3.1 有机易腐生活垃圾堆肥处理	166
7.3.2 有机质生活垃圾热解处理技术	166
7.3.3 难降解干废物与生活污水共处置技术	168
7.3.4 农村生活垃圾中废塑料清洁提质技术	169
7.3.5 生活垃圾残渣末端卫生填埋技术	169
习题与思考题	170

参考文献 171

第 1 章 生活垃圾及其区域性收运系统

生活垃圾是人类社会的必然产物，具有如下特性：①无主性，即被丢弃后不易找到具体负责人；②分散性，丢弃后分散在各处，需对其进行收集；③危害性，对人们的生产和生活和周围环境产生不利影响，危害人体健康；④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。目前，我国市政部门收运的、需要进行末端无害化处置的生活垃圾大约 1.6 亿吨/年，其污染控制与资源化是城市公共管理及服务的重要组成部分，是社会文明程度的重要标志，也是关系民生的基础性公益事业。发达国家生活垃圾治理已经从末端处置向全量资源化方向发展，而我国目前还处于以末端处置为主、资源化为辅的初级阶段。生活垃圾一般包括城市生活垃圾和村镇生活垃圾或农村生活垃圾。本书除了第 7 章及特指外，均指城市生活垃圾，或称垃圾。

1.1 城市生活垃圾

城市生活垃圾（又称城市固体废物）主要来自居民生活与消费、市政建设和维护、商业活动、市区园林绿化及市郊耕种生产、医疗、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。城市生活垃圾构成及来源见表 1-1。

表 1-1 城市生活垃圾构成及来源

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	同居民生活垃圾，包括食物垃圾、废纸、玻璃、金属、塑料陶瓷、灰渣、植物、废电池、粪便、杂土等，另有建材废物、易燃易爆废物、传染性废物、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、树枝叶等
农牧业	秸秆、蔬菜、水果、杂草、树枝叶、粪便、死禽畜等
医疗	金属、放射形物质、粉尘、污泥、器具建材、棉纱等

1.1.1 城市生活垃圾组分

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。由于工业发展不平衡、城市现代化程度不同以及生活习惯等影响，不同地区的垃圾组分也有差别，但大体上可分为无机物和有机物两大类，见表 1-2。垃圾分类收集工作一般可从有毒有害垃圾和大件垃圾的分类收集开始，逐步推广到玻璃、废纸等有用物质的全面分类收集。生活垃圾

的分类收集需要城市居民的密切配合，同时要求配置较完善的垃圾分类收运处理系统，是一项长期而艰难的系统工程，需要数年的时间才能逐步实现。

表 1-2 城市生活垃圾分类

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、石灰片等
	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、废弃物品、竹木制品等

1.1.2 分类生活垃圾物流体系

居民垃圾分类有两种形态，一种是指源头分类，即居民将垃圾分类后袋装；另一种是垃圾混合收集，源头未分类，收集后在分拣中心进行分类。推行垃圾分类收集，逐步建立和完善城市垃圾分类收集物流系统是城市走可持续发展道路的需要。近阶段开展的垃圾分类有将居民生活垃圾中的食物垃圾和可回收利用物质分类、餐厨垃圾以及大件垃圾分类等几种。分类生活垃圾物流系统流程如图 1-1 所示。

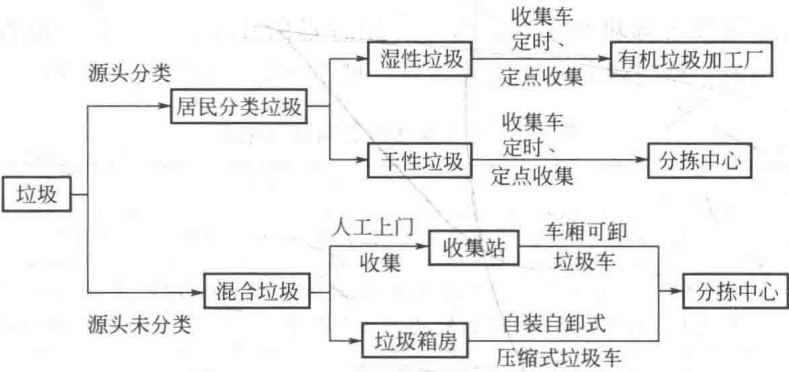


图 1-1 生活垃圾分类综合利用物流系统流程框图

- (1) 大件垃圾物流体系 大件垃圾物流体系由大件垃圾特种收集车定时、定点申报收集，送往大件垃圾处置场进行处置。因总量及收集次数少，大件垃圾收集车的装载量应不小于 8t。配置较好的大件垃圾收集车，可具有破碎功能或起重功能等。
- (2) 餐厨垃圾物流体系 餐厨垃圾是指饭店、宾馆等餐饮业及单位等公共食堂的食物下料和食物残余。未经沥（脱）水的餐厨垃圾含水率平均高达 90％以上，油脂和盐分含量也较高，其主要固体成分包括淀粉类、食物纤维类、动物油脂类等有机物质。餐厨垃圾具有极易腐烂变质的特性，易散发臭气，滋生蚊蝇和老鼠。由于餐厨垃圾中含有丰富的有机物和大量水分，宜于细菌和病毒等微生物生长，极易传播疾病，危害人体健康，不宜直接作为生猪

的饲料，所以许多地方已禁止作为饲料使用，但是原有的垃圾物流系统不能适应含水率和有机物含量高的餐厨垃圾的收运处置。餐厨垃圾物流体系流程框图见图 1-2。

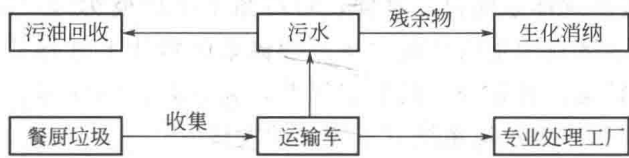


图 1-2 餐厨垃圾物流体系流程框图

餐厨垃圾产生单位用容器盛装或沥水袋装后，由环卫运输单位用餐厨专用收集车收集运输。该类收集车具有自卸、自装和沥水或油水分离等多种功能。餐厨垃圾进处置场后，经分选去除不能发酵的杂物，粉碎后进入发酵器具，经发酵、腐熟后，造粒成有机肥料。餐厨垃圾经过发酵熟化后为粗产品，根据需要添加微量元素及复合氮、磷、钾元素等添加剂，制成精产品，可作为有机复合肥使用。

1.2 农村生活垃圾

随着村镇居民生活消费水平的提高，以及各种日用消费品的普及，村镇生活垃圾产量也是逐年增加，其组成也逐步趋近于城市生活垃圾。城乡生活水平存在巨大差异，农村生活垃圾的管理和处理与城市的差异也很大。农村生活垃圾的主要特性为：产生源点多量大，组分复杂，布局分散，不利收集。从调查的情况分析，村镇生活垃圾容易受燃料种类、局部开发、节令变化、集市贸易等因素的影响，在产量和组分上发生较强的波动。此外，由于我国幅员辽阔，地区间经济发展、生活习惯、自然地理、气候情况等差距较大，造成不同区域村镇生活垃圾产生状况与组分有其各自的特点，这决定了村镇生活垃圾处理技术和管理模式的多样性和复杂性。

农村生活垃圾收运设施数量严重不足，收运过程密闭化和机械化程度低，各项设施不配套。如许多小城镇缺乏必要的垃圾收集桶、果皮箱，居民将生活垃圾任意倾倒在街头巷尾、房前屋后。一些地区用垃圾桶或敞开式垃圾坑代替小型转运站，而由于垃圾桶/坑容积有限、无专人管理，又成为新的污染源。垃圾清理和运输基本以人力、手工作业为主，不仅劳动强度大，收运也不及时。运输过程中，由于车辆密封性差，垃圾中的灰尘和渗沥液沿街滴洒飘散，更加剧了小城镇街区环境脏乱差的局面。

我国农村生活垃圾处理一般有以下几种情况：①大多村镇没有生活垃圾收运处理设施，生活垃圾随处乱堆，甚至直接倾倒在村镇的河流里，造成了严重的污染；②一些村镇设置有生活垃圾收集点，但收集点为露天的，没有任何有效的密封、清洁措施，生活垃圾也只是直接在收集点附近进行简易填埋，没有采取任何防渗措施，对于周边的人居环境、土壤、地下水等环境资源都是一种极大的危害；③还有一些村镇，将生活垃圾从收集点直接运至简易填埋场进行处理，但所谓的填埋场也只是由镇或者村一级建设的简易填埋场，在技术、管理方面都达不到卫生填埋场的要求，在运输和处理过程中都很容易引起二次污染；④另有一些村镇，采用焚烧和堆肥的简化工艺处理生活垃圾。焚烧一般利用普通的锅炉或废弃砖窑，条件稍好的地方也自行建造小型焚烧炉，在解决生活垃圾出路的同时，制造了新的污染，也未能实现焚烧热能的回用。堆肥一般将混合收集的生活垃圾经过简单分拣即进行堆置（粗堆肥），

肥料产品灰分高、杂质多、质量差、出路难。

一些城市已经开始关注村镇生活垃圾的处理问题，提出了城乡一体化生活垃圾管理模式，即把城市生活垃圾管理体系向村镇延伸，对村镇生活垃圾实行“统一管理、集中清运、定点处理”，并在部分地区村镇生活垃圾收运处理体系的构建上进行了有益的尝试，确定了“户分类、村收集、镇转运、县处理”的发展思路，尤其是我国江苏、浙江、广东、河南等少数经济发达地区的农村垃圾收运系统有了较大的发展。

1.3 城市生活垃圾收集

垃圾收运阶段的操作，不仅是指对各产生源贮存的垃圾集中和集装，还包括收集清运车辆的往返运输和在终点的卸料等全过程。

1.3.1 垃圾收集方式及物流体系

由于散装收集过程带来洒、漏、扬尘等严重污染问题，因此，散装收集方式已逐步被淘汰，取而代之的是封闭化收集，其中封闭化收集方式中尤以袋装收集最为普遍，且提倡使用塑料袋和纸袋，对于使用者来说一次性使用的垃圾袋比较理想，卫生清洁，搬运轻便，纸袋可用从垃圾中回收的废纸来制造，但其缺点是易燃，且输送、处理成本较高。垃圾箱房作为一种收集设施，仍将存在一段时间，但其在使用中确实存在不少问题，如居民自行投放垃圾时，会有垃圾的散落污染环境；收集作业时车辆产生的噪声影响居民；垃圾箱房管理、保洁不及时，影响景观等。

定时收集是一种以垃圾定时收集为基本特征的垃圾收集方式，由作业单位定时到垃圾产生源收集，采用标准的人力封闭收集车，送至标准的小型压缩收集站（或居民区小型综合处理站），或采用标准的封闭收集车送至转运站或处理厂。这种方式主要存在于早期建成的住宅区。其特点是取消固定式垃圾箱，在一定程度上消除了垃圾收集过程中的二次污染。但由于垃圾必须在指定时间收集并装入垃圾收集车内，在实际操作过程中，常出现垃圾排队等待装车的现象。表 1-3 为不同生活垃圾收集方法。

表 1-3 不同生活垃圾收集方法

垃圾产生方式和种类	收集方法
家庭、单位、行人产生的垃圾	容器收集
抛弃在路面的垃圾	清扫收集
居民区产生的垃圾	小型收集车收集或容器收集
水面漂浮垃圾	打捞收集
建筑垃圾、粗大垃圾、危险垃圾	单独容器或车辆收集

商业区与单位垃圾一般由产生者自行负责搬运，环境卫生管理部门进行监督管理。当委托环卫部门收运时，各垃圾产生单位使用的搬运容器应与环卫部门的收运车辆相配套，搬运地点和时间也应和环卫部门协商而定。居民区生活垃圾装袋后由居民直接送入垃圾箱房中的垃圾桶内，垃圾箱房内垃圾桶收集的垃圾主要由后装压缩式收集车和自装自卸式（侧装）垃圾收集车收集，部分后装压缩式收集车的后部设置提升垃圾桶机构，将桶内垃圾倒入收集车的料斗内，侧装式收集车，配有门架式提升机构或机械手，能自动将垃圾桶提升并倒入车

厢。然后由垃圾收集车运往垃圾转运站或垃圾处理场，或由居民送入放置于住宅楼下或进出通道两侧的指定地点或容器，保洁人员将垃圾用人力车送至集装箱垃圾收集站，装入集装箱内，由垃圾收集车运往垃圾转运站或垃圾处理场。该方法是一种袋装化、密闭化、容器化和不定时的收集方式，其物流系统如图 1-3 所示。

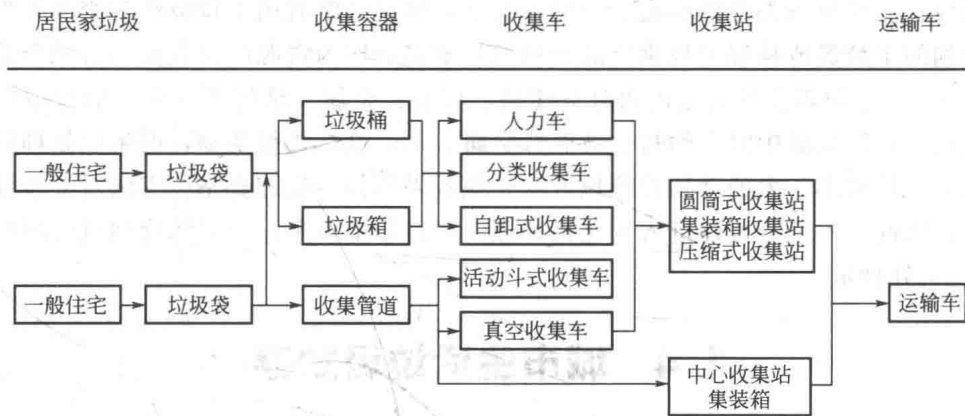


图 1-3 生活垃圾收运系统的垃圾物流

1.3.2 生活垃圾压缩收集技术

生活垃圾小型压缩收集站（简称收集站）作为一种收集居民生活垃圾的小型环卫设施，在国内部分城市的住宅区建成并投入运行。如在上海已有 350 多座收集站在运行，每日压缩收集垃圾达 2000 余吨。收集站的设置，应符合城市环卫设施设置规划（标准）的规定和生活垃圾小型压缩收集站设置标准的要求。收集站的规模应根据服务区域内的生活垃圾产量来确定，相应的工艺流程如图 1-4 所示。居民生活垃圾由保洁工上门收集，用人力车送到收集站。将垃圾倒入垃圾压缩机的料斗内，料斗被专用装置提升、翻转，将垃圾倒入垃圾压缩机的贮料仓内。仓内垃圾在压缩机推头作用下，经与压缩机贮料仓出口对接的垃圾集装箱进料口送入集装箱内。当集装箱内垃圾量达到额定装载量时，停止装载。满载的垃圾集装箱用专用运输车运至处理场。

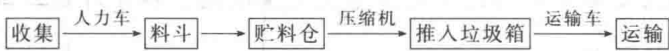


图 1-4 收集站工艺流程框图

1.3.3 集装箱式垃圾收集技术

集装箱垃圾收集站收集方式是一种袋装化、密闭化、容器化和不定时的收集系统。这种收集系统的优点是方便居民投放垃圾，适用于采用集装箱收运生活垃圾的情况。当垃圾装入集装箱，应用压缩机时，则可提高集装箱内垃圾装载量，改善垃圾运输的经济性。垃圾收集站内配置的和直接放在居民区的垃圾集装箱由车厢可卸式垃圾车收集，该垃圾车的吊钩能直接将集装箱拉上车架并锁定。

1.3.4 生活垃圾综合收集技术

解决城市生活垃圾问题的根本在于减少垃圾产出量，通过回收垃圾中的有用物资，减少最终进入垃圾处理场的数量。生活垃圾小型综合处理站（简称综合站）是居住小区的生活垃

圾分类综合收集处理的新型设施,其具有分拣、生化机处理及压缩收集三大功能。即干性垃圾分拣作为可回用资源送资源利用厂;部分不经分拣、适宜生化处理的有机垃圾就地生化机处理;其余的垃圾压缩装箱外运处理。

综合站的规模主要取决于其服务范围内的垃圾产出量。垃圾分类收集是按有毒有害垃圾、干垃圾、湿垃圾三类分别收集。一般情况下,居民已将有用干垃圾作为废品处理了,综合站收集到的干垃圾或从湿垃圾挑出的干垃圾量不多,作为资源的回收量约占综合站日处理垃圾量的8%。干垃圾在综合站内再分成塑料、玻璃、金属、纸等类。由于居民垃圾分类收集效率较低,在湿垃圾中混有塑料、玻璃、金属、木、纸、竹等杂物,而生化处理机对长纤维食物垃圾、贝壳类、大的动物骨等垃圾的处理效果不佳,在综合站也无法对湿垃圾进行仔细再分拣,因此,不经分拣即进入生化机处理的湿垃圾量不多,一般综合站日处理垃圾量的5%为生化机处理量。

1.4 城市生活垃圾贮存

由于生活垃圾产生量的不均性、随意性,以及对环境部门收集清除清运的适应性,还需要配备生活垃圾贮存容器。垃圾产生者或收集者应根据垃圾的数量、特性及环卫主管部门要求,确定贮存方式,选择合适的垃圾贮存容器,规划容器的放置地点和数量。贮存方式大致可分为家庭贮存、街道贮存、单位贮存和公共贮存。

1.4.1 分类贮存

分类贮存是指根据对生活垃圾回收利用或处理工艺的要求,由垃圾产生者自行将垃圾分为不同种类进行贮存,即就地分类贮存。生活垃圾的分类贮存与收集很复杂,在国外有不同的分类方式:①分二类,按可燃垃圾(主要是纸类)和不可燃垃圾分开贮存。其中塑料通常作为不可燃垃圾,有时也作为可燃垃圾贮存。②分三类,按塑料除外的可燃物,塑料,玻璃、陶瓷、金属等不燃物三类分开贮存。③分四类,按塑料除外的可燃物,金属类,玻璃、塑料、陶瓷及其他不燃物四类分开贮存。金属类和玻璃类作为有用物质分别加以回收利用。④分五类,在上述四类基础上,再挑出含重金属的干电池、日光灯管、水银温度计等危险废物作为第五类单独贮存收集。

开展城市废物的就地分类,不仅能减少投资,而且还能提高回收物料的纯度。生活垃圾中的纸、玻璃、铁、有色金属、塑料、纤维材料等成分适合于分类贮存收集。我国在过去就有传统的废品回收公司(下设各废品收购站)来回收生活垃圾中的有用物质,实践证明这种做法对垃圾分类收集与贮存是非常有效的。国外很重视生活垃圾的分类贮存与回收利用,有的城市强调纸类的单独分离回收,大多数城市则是与玻璃等有用物质一起合并回收。纸类贮存收集可用袋、容器或直接用绳捆绑成“捆”,收集到的旧纸主要送去造纸厂,但也有的将旧纸团成小球,作为发电厂辅助燃料使用。部分国家则重视玻璃的分类贮存与回收利用,主要强调可重复使用的玻璃容器的回收利用,对其他玻璃还细分为透明玻璃和有色玻璃分开收集。

要做到就地分离贮存,需设置(或配给)不同容器(如不同颜色的纸袋、塑料袋或塑胶容器)以便存放不同废物。在美国大多数城市已规定住户必须放置两个垃圾容器,一个贮存厨房垃圾,一个贮存其他废物。相应的垃圾收集车辆也有两分类或三分类车(即同一收集车上将槽分为两格或三格,分别收集废纸、塑料及堆积空瓶)。我国少数城市正在试行分类贮

存的方法，我国生活垃圾在垃圾品质以及居民住宅条件等各方面与发达国家比较都有一定的差距，目前还处于摸索阶段，认识尚不统一。传统的生活垃圾分类主要在处理厂或转运站进行，家庭分类存放需增加容器数量、收集工人数及车辆。就地分类贮存的推广工作是长期而艰巨的系统工程，牵涉到技术、社会以及居民意识等多方面的因素，这三者皆不可偏废。因此在重视技术的同时，更需要统一思想，大力开展宣传，提高全民意识。另外，环卫主管部门先行制定规章及其他社会性强制手段也是不可缺少的，并应有相应的切实可行的技术措施，这才能使工程得到顺利发展。

除上述分类贮存中所提到的各种垃圾外，对于集贸市场废物和医院垃圾等特种垃圾，通常都不进行分类，前者可直接送到堆肥厂进行堆肥，后者则必须立即送专用焚烧炉焚烧。

1.4.2 贮存容器

垃圾贮存容器可分成垃圾箱（桶）和垃圾集装箱两类。垃圾箱（桶）可以按不同特点进行分类：①按容积划分，垃圾箱（桶）可分为大、中、小三种类型。容积大于 1.1m³ 的垃圾箱（桶）称为大型垃圾容器；容积 0.1~1.1m³ 的垃圾箱（桶）称为中型垃圾容器；容积低于 0.1m³ 的垃圾桶（箱）称为小型垃圾容器。②按材质区分，分为金属、塑料和复合材料类型。塑制垃圾桶（箱）重量轻、比较经济但不耐热，而且使用寿命短。在塑制垃圾桶（箱）上一般都印有不准倒热灰的标记。与塑制容器相比，钢制容器重量较重，不耐腐蚀，但不怕热。为了防腐，钢制容器内部都进行镀锌、装衬里和涂防腐漆等防腐处理。复合材料容器性能最优。③按颜色区分，在实行生活垃圾分类收集后，分类袋装垃圾收集要采用不同颜色的标准塑料箱。表 1-4 列出了一些城市采用过的分类塑料收集箱与其颜色的对应关系。

表 1-4 分类收集容器设置一览表

垃圾种类	颜色	垃圾组成
厨余垃圾	绿色	厨余垃圾等有机易腐物
不可回收垃圾	黑色	灰渣、陶瓷等
可回收垃圾	蓝色	纸张、橡胶、塑料、金属、玻璃等
有害和危险垃圾	红色	废灯管、过期药品、有机溶剂等

垃圾桶有圆形、方形和倒梯形等，容器的底部应配有活动滚轮，容器的上口应有盖，其上部配有吊钩或翻盖装置。表 1-5 所列为我国生产的部分垃圾桶的主要参数。

表 1-5 国产部分垃圾桶的主要参数

材质	规格 /L	长度 /mm	上部宽度 /mm	底部宽度 /mm	高度 /mm	深度 /mm	自重 /kg	载重 /kg	形状
塑料	90	550	485	417	855	770	7.8	35	倒梯形
	120	550	485	420	985	905	11.0	50	
	140	550	485	420	1090	1010	12.1	60	
	180	720	480	425	1100	1010	13.1	75	
	240	752	610	620	940	900	16.8	100	
钢	300		φ690	φ600	910	800	45	120	圆形
	280	960	460	460	885	685	79	110	长方形
	340	760	760	620	1000	800	63	130	方形