



城市固废资源化利用系列丛书

餐厨垃圾资源化 处理技术

许晓杰 冯向鹏 张锋 李翼闽 主编

CANCHU LAJI
ZIYUANHUA
CHULI JISHU



化学工业出版社

城市固废资源化利用系列丛书

餐厨垃圾资源化 处理技术

许晓杰 冯向鹏 张锋 李冀闽 主编

CANCHU LAJI
ZIYUANHUA
CHULI JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分五章,针对国内外餐厨垃圾收集、运输和处理技术研究现状,详细介绍了餐厨垃圾的理化特性和生物特性,重点介绍了餐厨垃圾三种主要资源化处理技术:堆肥化、厌氧发酵和饲料化处理技术,并对三种处理技术进行了综合全面的理论论述和技术分析,分析了各自的优势和存在的弊端;详细介绍各技术的关键设备;并就相应技术列举具体工程案例。另外,本书也详细阐述了地沟油的产生、处理现状及理化特性,介绍了生物柴油特性及发展现状,重点介绍了地沟油制备生物柴油各种技术的原理、工艺设计,并列举工程实例。

适用读者对象:环境工程专业在校师生、环保领域科研工作者、环保主管政府部门和机构管理者及技术人员等。

图书在版编目(CIP)数据

餐厨垃圾资源化处理技术/许晓杰等主编. —北京:
化学工业出版社, 2015. 8
(城市固废资源化利用系列丛书)
ISBN 978-7-122-24260-0

I. ①餐… II. ①许… III. ①生活废物-废物综合利用 IV. ①X799.305

· 中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 126197 号

责任编辑: 廉 静 张双进 装帧设计: 王晓宇
责任校对: 边 涛

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 13 字数 342 千字 2015 年 9 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: 56.00 元 版权所有 违者必究

随着我国经济的发展,城市化进程的加快,人民生活水平不断提高,城市餐饮业也日益繁荣。伴随着餐饮业的繁荣,餐厨垃圾产生量空前增长,给城市固废处理带来了新的压力和挑战。

俗话说“垃圾是放错位置的资源”。与其它城市固废一样,餐厨垃圾同样具有两面性。处理不当,不仅污染环境,甚至带来食品卫生安全隐患;处理得当可以变废为宝,制成有机肥或沼气,实现节能减排,成为国家生态文明建设和美丽中国建设的有力支撑。目前,针对餐厨垃圾资源化处理的书籍相对较少。本书系统地介绍了餐厨垃圾收集、运输和处理技术研究现状,重点介绍了资源化处理技术,为餐厨垃圾资源化处理提供参考。

本书章节设计科学合理、逻辑清晰、深入浅出,全面阐述了餐厨垃圾及地沟油资源化处理领域技术现状、工艺路线、关键设备及研究进展,内容翔实,使读者阅读完后能切实掌握餐厨垃圾资源化处理技术及地沟油制备生物柴油技术。

本书在编写过程中参考引用了相关手册、书籍等文献,在此对原作者表示深深的感谢。另外,刘晓明、陈广飞、孙远兴、冯仕章、李政、王浩海也对本书编写工作给予了大力支持,在此一并感谢。

本书可作为从事环境保护工作的专业技术人员和管理人员专业参考书。

限于编者水平和时间,书中难免有疏漏之处,敬请读者予以批评指正。

编者

2015年2月于北京

第一章 绪论

第一节 餐厨垃圾定义	1
第二节 城市固体废弃物的组成及餐厨垃圾特点	1
一、城市固体废弃物的组成	1
二、餐厨垃圾的组成特点	2
三、餐厨垃圾的危害	3
第三节 餐厨垃圾的处置原则和政策	4
一、餐厨垃圾的处置原则	5
二、餐厨垃圾相关政策和标准	5
第四节 餐厨垃圾的收集和运输	7
一、餐厨垃圾产生量计算	7
二、贮存容器	8
三、餐厨垃圾收集和运输	8
四、餐厨垃圾收运现状及存在问题	12
五、餐厨垃圾收运保障	13
六、餐厨垃圾规范化收运重要意义	15
第五节 餐厨垃圾处理技术和资源化现状	15
一、餐厨垃圾处理技术	15
二、资源化处理现状	18

第二章 餐厨垃圾堆肥化处理

第一节 概述	25
一、堆肥化及堆肥的定义	25
二、堆肥化分类	25
三、堆肥的原料要求	25
四、堆肥的原则	26
五、堆肥的产品质量和卫生要求	26
六、欧洲国家的堆肥质量和质量保证概况	26

第二节 堆肥化原理	27
一、堆肥化原理概述	27
二、堆肥微生物	29
三、影响堆肥化的因素分析	30
第三节 堆肥工艺分类	32
一、按微生物对氧的需求分类	32
二、按要求的温度范围分类	32
三、按堆肥过程中的操作方式分类	33
四、按堆肥堆制场所分类	33
五、按发酵历程分类	33
第四节 好氧堆肥工艺	34
一、好氧堆肥的基本工艺程序	34
二、餐厨垃圾堆肥工艺	35
第五节 好氧堆肥系统	42
一、条垛式堆肥系统	42
二、强制通风静态垛堆肥系统	44
三、装置式反应器（发酵仓）堆肥系统	45
第六节 堆肥的腐熟度及其测定	53
第七节 餐厨垃圾堆肥示例介绍	55
一、南宫餐厨垃圾处理厂	55
二、北京高安屯餐厨垃圾处理工程	57

第三章 餐厨垃圾厌氧发酵处理

第一节 概述	63
第二节 厌氧发酵原理	64
一、厌氧发酵理论	64
二、厌氧发酵微生物学	66
三、厌氧发酵的生化反应过程	72
第三节 餐厨垃圾厌氧发酵工艺	75
一、餐厨垃圾厌氧消化理论产气量	75
二、餐厨垃圾厌氧处理工艺分类	76
三、餐厨垃圾厌氧处理工艺技术	80
四、湿式厌氧发酵处理餐厨垃圾工艺流程	89
五、餐厨垃圾厌氧消化影响因素	91
第四节 厌氧发酵的沼气处理	95
一、沼气介绍	95
二、沼气提纯	97
第五节 沼气利用方式	103

一、概述	103
二、沼气发电技术	104
三、沼气生产压缩天然气(CNG)	110
四、甲烷燃料电池发电	111
第六节 餐厨垃圾厌氧消化工程案例	114
一、重庆餐厨垃圾处理工程	114
二、法兰克福有机垃圾干化消化工程	117

第四章 餐厨垃圾饲料化处理技术

第一节 概述	122
第二节 餐厨垃圾湿热处理技术	122
一、湿热处理技术的发展	122
二、餐厨垃圾湿热水解处理制取饲料原料和肥料原料技术	124
三、工程案例(苏州市餐厨垃圾处理工程)	126
第三节 餐厨垃圾高温干化灭菌技术	128
一、工艺流程	128
二、核心技术设备	129
第四节 餐厨垃圾的其他资源化技术	131
一、生物发酵制氢技术	131
二、蚯蚓处理技术	137
三、真空油炸技术	138
四、提取生物降解性塑料技术	139

第五章 地沟油制备生物柴油

第一节 概述	142
一、地沟油定义	142
二、地沟油化学组成及物理特性	142
三、地沟油处理现状	144
四、相关政策法规	145
第二节 生物柴油	145
一、生物柴油的标准	145
二、生物柴油的优点	149
三、生物柴油发展现状	150
第三节 制备生物柴油反应机理	156
一、酯化反应机理	156
二、酯交换反应机理	157
三、酯化、酯交换反应动力学	167

第四节 地沟油制备生物柴油工艺技术..... 175
 一、预处理工艺..... 175
 二、地沟油制备生物柴油工艺..... 182
 三、其他生物柴油制备工艺..... 186
 四、生物柴油技术发展趋势..... 194
 第五节 生物柴油制备工程案例..... 195
 香港屯门生物柴油制备工程..... 195

参考文献

第一章 绪 论

第一节 餐厨垃圾定义

餐厨垃圾 (restaurant garbage), 俗称泔脚, 是除居民日常生活以外的食品生产经营者生产经营活动中产生的食物残余、食品加工废料和废弃食用油脂, 是城市生活垃圾的重要组成部分, 主要来自于饭店、餐厅及企事业单位食堂产生的剩饭菜及食物残渣, 其组成包括: 蔬菜、米、面、动植物油、肉、骨头等种类。它与厨余垃圾 (kitchen waste)、食品下脚料 (food residue) 统称为食品废物 (food waste)。

改革开放以来, 我国国民经济长足进步, 城市人口迅速增长, 人民生活水平不断提高, 城市餐饮业日益繁荣, 使餐厨垃圾的产生量空前增长。据统计, 2007 年餐饮业零售额为 1.2 万亿元, 2008 年达到 1.5 万亿元, 2009 年达到了 1.8 万亿元。我国有建制的城市 667 个, 各类餐馆 350 多万家, 餐厨垃圾日均产量超过 50t 的城市有 512 个。据不完全统计, 现在我国餐饮企业年产生餐厨垃圾已超过 3000 万吨, 数量惊人。

餐饮业的不断发展, 餐厨垃圾的产生量不断递增, 为城市固废处理带来了更多的压力和挑战; 同时, 餐厨垃圾又是一种可以变废为宝, 有利用价值和巨大潜力的“城市矿产”, 因此合理有效地处理餐厨垃圾具有很好的经济效益和社会效益。

第二节 城市固体废弃物的组成及餐厨垃圾特点

一、城市固体废弃物的组成

城市固体废弃物 (简称城市固废) 主要来自城市居民生活与消费、商业活动、市政建设与维修、市区的园林绿化、医疗娱乐场所等方面产生的一般性垃圾, 以及人畜粪便、餐厨垃圾、市政污泥、垃圾处理收集的残渣与粉尘等固体物质。表 1-1 和表 1-2 分别是发达国家城市固废组成和我国部分城市固废组成的统计表格。

表 1-1 发达国家城市固废组成

单位: %

组成	食品	纸类	细碎物	金属	玻璃	塑料	其他	含水率	热值/(kcal/lb)
美国	12	50	7	9	9	5	8	25	1260
英国	27	38	11	9	9	2.5	3.5	25	1058.4
日本	22.7	38.2	21.1	4.1	7.1	7.3	0.5	23	1109
法国	22	34	20	8	8	4	4	3.5	1008
荷兰	21	25	20	3	10	4	17	25	907.2
德国	15	28	28	7	9	3	10	35	908.2

续表

组成	食品	纸类	细碎物	金属	玻璃	塑料	其他	含水率	热值/(kcal/lb)
瑞士	20	45	20	5	5	3	2	35	1083.6
瑞典	25	45	5	7	7	9	5	25	1001
意大利	25	20	25	3	7	5	15	30	796
比利时	21	30.1	26	2	4	9	10	28	765

注：1kcal/lb=9.2kJ/kg。

表 1-2 我国部分城市固废组成 单位：%

组成	食品	纸类	塑料	织物	灰土砖石	玻璃	金属	其他
北京	50.6	4.2	0.6	1.2	42.2	0.9	0.8	4.2
上海	42.7	0.4	0.5	0.5	44.6	0.4	—	—
哈尔滨	16.6	3.6	0.5	0.5	74.8	2.2	0.9	—
湛江	37.1	0.9	42.7	0.4	59.4	0.02	0.7	—
福州	21.8	0.6	44.6	—	62.2	1.1	0.5	3.4

从表 1-1、表 1-2 中可以看出，我国的餐厨垃圾与发达国家相比，在城市固废中所占比率较大，特别是特大型城市，餐厨垃圾甚至超过建筑垃圾，成为城市固废的第一大组成部分，这与我国城市规模的扩大，餐饮业不断发展，餐厨垃圾的产生量呈现不断增长的趋势相吻合。

另外，从表 1-2 可以看出，因我国各地区经济发展不平衡和地域的差异，各城市固废的成分存在很大的不均匀性，一级城市和二级城市餐厨垃圾在城市固体废弃物所占比例有十分明显的差异。

二、餐厨垃圾的组成特点

餐厨垃圾具有一定的物理、化学及生物特性。含水率在 85%左右，脱水性能较差，高湿易腐，并产生难闻的异味。餐厨垃圾具有较高的挥发分，化学元素组成中氮元素含量较高。从化学组成上，以 C、H、O、N、S、Cl 为主，如表 1-3 所示。

表 1-3 餐厨垃圾的化学成分

餐厨垃圾	化学成分(质量分数)/%					
	C	H	O	N	S	Cl
	43.52	6.22	34.50	2.79	<0.3	0.21

其化学分子式可粗略表示为 C_{18.15}H_{31.10}O_{10.80}N_{1.00}S_{0.05}·0.03NaCl。与其他垃圾相比，餐厨垃圾具有含水量、有机物含量、油脂含量及盐分含量高，营养元素丰富等特点，具有很大的回收利用价值。

中国是世界公认的美食大国，由于其食品种类的多样化、口味的多变性、各个地方经济条件、居民生活习惯以及季节变化的影响，使得中国不同区域和餐饮单位产生的餐厨垃圾成分大相径庭，同一餐饮单位在不同时间所产生的餐厨垃圾成分也会有很大差异。根据部分城市的调查，餐厨垃圾中食物垃圾、骨头占到 90%以上，其余部分主要是纸张、塑料、木头、金属、织物等，如表 1-4 所示；有机物含量（占干物质的 80%~93%）、含水率（70%~87%）、油脂含量（2%~3%）和 NaCl 含量（1%左右）高，其中的粗脂肪和粗蛋白含量与大豆、玉米等典型饲料无显著差别，如表 1-5 所示；V_s 含量（占总含固量的 75%~90%）与 COD 含量也较高（65000~90000mg/L），如表 1-6 所示。

表 1-4 餐厨垃圾组成

单位：%

城 市	指 标						
	食物垃圾	纸张	金属	骨头	木头	织物	塑料
贵阳	92.09	0.80	0.10	5.20	1.01	0.10	0.70
沈阳	92.16	0.42	0.08	5.22	1.31	0.12	0.69
重庆	94.13	0.305	0	5.237	0.015	0.127	0.186
武汉	88.40	2.80	0.20	5.20	1.00	0.30	2.10

表 1-5 餐厨垃圾营养成分

单位：%

城市	指 标					
	含水率	有机质(干基)	粗蛋白(干基)	粗脂肪(干基)	含油量(湿基)	盐分(湿基)
苏州	84.43	82.98	21.80	29.30	3.28	0.70
北京	74.39	80.21	25.86	24.77	3.12	0.36
天津	70.99	85.64	24.30	25.96	2.63	0.70
重庆	87.07	92.88	14.45	17.02	1.96	0.24
杭州	74.94	91.50	16.46	24.31	2.09	1.32

表 1-6 餐厨垃圾的理化性质

城 市	指 标						
	$T_s/\%$	V_s ($T_s/\%$)	$T_N/\%$	pH 值	碱度 /(mg/L)	COD _{Cr} /(mg/L)	C/N
贵阳	15.23	75.14	2.02	4.75	540.54	84400	17.49
沈阳	18.76	85.04	2.25	4.56	660.27	91200	20.12
重庆	12.93	87.37	2.31	4.05	—	64600	15.53
杭州	25.06	91.50	3.91	3.98	—	78600	17.11

此外，由于餐厨垃圾有机物含量高，腐烂变质速度快，易携带滋生病菌：口蹄疫、沙门氏菌、弓形虫、猪瘟病菌等，直接利用和不适当的处理会造成病原菌的传播和感染；外观上，餐厨垃圾表观油腻、湿淋，又极大地影响人的视觉和嗅觉等的舒适感。因此，餐厨垃圾既具有很大的资源利用价值，又很容易对环境 and 人体健康造成不利影响。

三、餐厨垃圾的危害

餐厨垃圾若不能合理有效地进行处理，对环境 and 人的健康都会带来各种危害，主要表现在以下方面。

1. 喂养生猪的危害

餐厨垃圾成分复杂，极易腐烂变质，而且含有沙门氏菌、志贺氏菌、金黄色葡萄球菌、结核杆菌等有强烈感染性的致病菌，以及肠毒素、黄曲霉毒素、曲酸、亚硝酸盐等有毒有害成分，加之在餐具洗涤、运输等过程中可能混入铝、汞、镉等重金属成分以及有机化合物、苯类化合物等，以上这些有毒有害物质进入生猪体内后，蓄积在猪的脂肪、肌肉等组织里，人食用到一定程度后，就会导致肝脏、肾脏等系统免疫功能下降。据世界卫生组织和联合国粮农组织报告资料，由动物传染的人畜共患传染病有 90 多种，其中由猪传染的就有 25 种，这些人畜共患疾病的载体主要是被污染的禽畜产品及其含有病原微生物的排泄物。近些年来猪链球菌事件，乃至疯牛病事件，都给人们敲响了警钟。

如图 1-1 所示为泔水猪。



图 1-1 泔水猪



图 1-2 地沟油流向黑作坊

2. 地沟油的危害

利用餐厨垃圾提炼出来的“地沟油”，被不法商贩改头换面冒充“精制食用油”流入市场（见图 1-2）。非法提炼的“地沟油”中含有大量危险致癌物质，其中黄霉素是目前发现的高致病性化学致癌物质，其毒性是砒霜的 100 倍。用“地沟油”加工生产的食品含有大量对人体有害的苯类成分及许多其他致癌物质，对人体健康危害极大，长期食用会造成肿瘤等慢性疾病的发生，甚至致癌。

3. 环境危害

餐厨垃圾渗滤液 COD 浓度最高达 100000mg/L，可通过地表径流和渗透作用，污染地表水和地下水，严重污染环境；餐厨垃圾有机物含量高，若处置不当，就会很快腐烂变臭，释放恶臭气体，污染大气环境，使人产生不良感受，对环境卫生造成恶劣影响，如图 1-3 所示。



图 1-3 餐厨垃圾

第三节 餐厨垃圾的处置原则和政策

长期以来，我国并没有重视对餐厨垃圾的管理。传统的餐厨垃圾处理方式主要是填埋或卖给利用者送到郊区喂猪。显然这种处理方式存在很多问题，填埋不仅占用土地资源，垃圾

渗滤液还可能污染地表水和地下水；未经处理的餐厨垃圾，很容易滋生大量病菌，直接作为饲料喂猪，喂出的猪的卫生情况堪忧。

20 世纪末，疯牛病、口蹄疫等世界范围的畜禽传染疾病的流行传播，使人们意识到餐厨垃圾直接喂猪的巨大卫生隐患，餐厨垃圾的管理在我国部分城市开始得到重视。一些城市认识到餐厨垃圾传统处理模式存在很多环境和卫生安全的问题。要完全消除或使餐厨垃圾对人体健康、市容环境的影响降到最低，必须科学、合理地对餐厨垃圾进行处置管理，建立健全、规范、有序的餐厨垃圾管理体系。同时，倡导人们注重节约，抵制铺张浪费，减少餐厨垃圾产生量，从源头上对餐厨垃圾减量。

一、餐厨垃圾的处置原则

为消除餐厨垃圾对环境的影响，保障人体健康，餐厨垃圾管理应遵循以下原则。

(1) 统一管理原则 管理部门应依法制定规划、标准，进行协调，监督、管理。

(2) 市场运作原则 按照“谁产生，谁负责”的原则，产生餐厨垃圾的单位负有处置责任，具体可采用以下几种办法：一是大型餐饮单位自设生化处理机处理；二是餐饮单位联合自行处置；三是相关企业参与收集、运输和处理。

(3) 单独处理原则 餐厨垃圾作为一种特殊的生活垃圾，应单独收集、运输、利用、处理，如通过加工，可制成饲料或有机肥料，尽可能变废为宝。

(4) 依法监督原则 政府部门对餐厨垃圾，应在倾倒、收集、运输、利用、处理等各个环节依法实行全过程的监督。

二、餐厨垃圾相关政策和标准

2000 年 5 月，上海市农委、商委等 6 个部门联合下发了《关于对郊区中小型生猪饲养场、点进行专项治理的通知》（沪农委〔2000〕第 69 号），禁止把未经处理的餐厨垃圾用于养殖家禽，禁止未经环卫部门批准的企业进行泔水油回收和再利用处理。

2003 年 1 月 1 日青岛市实施的《青岛市无规定动物疫病区管理办法》规定，“饲养动物不得使用宾馆酒店废弃的食物（泔水）、生活垃圾、过期变质的食品和饲料及国家禁止使用的动物源性饲料”，并实行强制收制，以 6 元/t 的收费标准向餐饮业收取餐饮剩余物污染费，统一集中处理。

“非典”后，餐厨垃圾的管理得到国家和地方管理部门的高度重视。2005 年，北京市颁布的《北京市动物防疫条例（草案）》中规定，严禁动物养殖业使用饭店、宾馆、餐厅、食堂产生的未经无害化处理的餐厨垃圾饲喂动物。2006 年北京市又颁布实施了《北京市餐厨垃圾收集运输处理办法》，其中规定餐厨垃圾不得随意倾倒、堆放，不得排入雨水管道、污水排水管道、河道、公共厕所和生活垃圾收集设施中，不得与其他垃圾混倒。餐厨垃圾的产生者负有对其产生的餐厨垃圾进行收集、运输和处理的义务；而且明确规定餐厨垃圾的产生者不得将餐厨垃圾交给没有相应处理能力的单位和个人，凡准备从事餐厨垃圾的集中收集、运输和处理的企业，应当依法取得“从事城市生活垃圾经营性清扫、收集、运输、处理服务”的行政许可和运输车辆准运证件等相关许可。

近几年，随着餐厨垃圾的处理问题日渐得到重视，从中央到各个地方政府相继出台各项政策和管理办法来杜绝餐厨垃圾违法处理现象。

2010 年 5 月，国家发展改革委、住房城乡建设部、环境保护部、农业部联合印发了《关于组织开展城市餐厨垃圾资源化利用和无害化处理试点工作的通知》（发改办环资〔2010〕1020 号），旨在建立适合我国城市特点的餐厨垃圾资源化利用和无害化处理的法规、政策、标准和监管体系，探索适合我国国情的餐厨垃圾资源化利用和无害化处理技术工艺路

线，宣布我国拟选部分设区的城市或直辖市、市辖区开展餐厨垃圾资源化利用和无害化处理试点；同年7月，国务院下发了《关于加强地沟油整治和餐厨垃圾管理的意见》（国发办[2010]36号），明确提出要严厉打击非法生产销售“地沟油”行为，严防“地沟油”回流至餐桌，同时规范餐厨垃圾收运管理、处理处置，推进餐厨垃圾资源化利用和无害化处理管理新模式；同年8月，发改委正式批准包含北京市朝阳区在内的全国33个城市作为首批餐厨垃圾处理试点单位，国家发改委、财政部安排循环经济发展专项资金6.3亿元对上述试点城市（区）给予支持，如表1-7所示。

表 1-7 第一批 33 个餐厨垃圾处理试点城市

序号	城市	序号	城市	序号	城市
1	北京市(朝阳区)	12	安徽省合肥市	23	云南省昆明市
2	天津市(津南区)	13	福建省三明市	24	贵州省贵阳市
3	河北省石家庄市	14	江西省南昌市	25	陕西省宝鸡市
4	山西省太原市	15	山东省潍坊市	26	甘肃省兰州市
5	内蒙古鄂尔多斯	16	河南省郑州市	27	宁夏银川市
6	辽宁省沈阳市	17	湖北省武汉市	28	青海省西宁市
7	吉林省白山市	18	湖南省衡阳市	29	新疆乌鲁木齐市
8	黑龙江省哈尔滨市	19	广西南宁市	30	辽宁省大连市
9	上海市(闵行区)	20	海南省三亚市	31	浙江省宁波市
10	江苏省苏州市	21	四川省成都市	32	山东省青岛市
11	浙江省嘉兴市	22	重庆市(主城区)	33	广东省深圳市

2012 年 11 月确定第二批 16 个餐厨垃圾处理试点城市，如表 1-8 所示。

表 1-8 第二批 16 个餐厨垃圾处理试点城市

序号	城市	序号	城市	序号	城市
1	江苏省常州市	7	新疆克拉玛依市	13	安徽省芜湖市
2	陕西省咸阳市	8	湖北省宜昌市	14	贵州省遵义市
3	河北省唐山市	9	浙江省金华市	15	内蒙古呼和浩特市
4	广西梧州市	10	山东省泰安市	16	吉林省延吉市
5	山西省大同市	11	云南省丽江市		
6	黑龙江省牡丹江市	12	湖南省长沙市		

2013 年 7 月确定第三批 17 个餐厨垃圾处理试点城市（见表 1-9）。

表 1-9 第三批 17 个餐厨垃圾处理试点城市

序号	城市	序号	城市	序号	城市
1	河南省洛阳市	7	云南省大理市	13	贵州省铜仁市
2	山东省济南市	8	湖南省湘潭市	14	吉林省长春市
3	宁夏石嘴山市	9	黑龙江大庆市	15	新疆库尔勒市
4	浙江省杭州市	10	湖北省襄阳市	16	陕西省渭南市
5	广东省广州市	11	江西省赣州市	17	江苏省徐州市
6	河北省邯郸市	12	内蒙古赤峰市		

2014 年 7 月确定第四批 17 家餐厨垃圾处理试点城市（见表 1-10）。

表 1-10 第四批 17 个餐厨垃圾处理试点城市

序号	城市	序号	城市	序号	城市
1	浙江省衢州市	7	内蒙古呼伦贝尔	13	安徽省淮北市
2	江苏省镇江市	8	山东省聊城市	14	重庆市綦江区
3	陕西省西安市	9	宁夏吴忠市	15	河北省承德市
4	湖北省黄石市	10	黑龙江齐齐哈尔	16	山西省晋中市
5	湖南省娄底市	11	四川省绵阳市	17	广东省东莞市
6	上海市浦东新区	12	吉林省吉林市		

2011 年 4 月，住建部等 16 个部门联合发布的《关于进一步加强城市生活垃圾处理工作的意见》提出，到 2015 年，50% 的社区城市初步实现餐厨垃圾分类收运处理。2012 年 4 月，国务院印发的《“十二五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》重申上述内容，在主要目标中提出，到 2015 年，全面推进生活垃圾分类试点，在 50% 的设区城市初步实现餐厨垃圾分类收运处理，各省（区、市）建成一个以上生活垃圾分类示范城市。

虽然北京、上海、广州等一些大中城市开始重视餐厨垃圾的无害化处理，除根据自身情况制定相应的地方性法规政策外，也开始建设和筹建餐厨垃圾无害化处理设施，但从整体情况来看，我国餐厨垃圾的管理仍处于起步阶段，虽然 2013 年 5 月 1 日，建设部正式批准《餐厨垃圾处理技术规范》（CJJ 184—2012），但餐厨垃圾处理的有关规范和标准仍有待不断完善。

第四节 餐厨垃圾的收集和运输

餐厨垃圾的收集和运输是指收运车辆按照一定的收运时间和路线将餐饮单位收集桶的餐厨垃圾运到终端处理设施。在保证收运效果和环境卫生的前提下，合理地规划和设计垃圾收运系统，优化垃圾的收运线路和收运时间，提高垃圾收运系统的运转效率，可以节省垃圾的收运费用，从而降低处理费用。

餐厨垃圾收运一般采用直接收运方式，通常指近距离运输，即由环卫系统收运队伍从产生源头收运至处理厂；对于远距离运输，需要转运，即在转运站将餐厨垃圾转载至大容量的运输工具上，运至远处的处理厂。

一、餐厨垃圾产生量计算

根据北京环境卫生科学设计研究所《北京餐厨垃圾产生量调查与对策研究》（2003 年），北京餐厨垃圾人均产生量为 0.105kg/d。随着近年来人们生活水平的提高，外出就餐人数及次数均有所增加，因此每万人日均餐厨垃圾产生量也在相应增加。根据北京市规划委员会 2012 年最新编制的《北京市污泥、餐厨和厨余及建筑垃圾处理设施规划》（子课题《北京市餐厨和厨余处理方式研究》），2011 年北京市餐厨垃圾人均产生量为 0.15kg/d。另外，据海通证券统计，国内其他部分城市人均餐厨垃圾产生量也达到 0.145kg/d，如表 1-11 所示。

表 1-11 国内部分城市人均餐厨垃圾产生量

城市	统计区域	常住人口/万人	餐厨垃圾产生量/(t/d)	人均餐厨垃圾产生量/(kg/d)
天津	市内六区	386.0	558	0.145
宁波	宁波市区	220.0	300	0.136
广州	市辖 10 区	600.0	900	0.15
乌鲁木齐	主城区	210.0	300	0.143
贵阳	主城区	200.0	300	0.15
均值				0.145

二、贮存容器

由于餐厨垃圾的特性、产生量不均性，以及对环卫部门收运的适应性，需要给餐饮单位配置相应的贮存容器。

餐厨垃圾产生者或收运者应根据垃圾产生量及环卫主管部门要求，配置相应数量的贮存容器。目前，贮存容器一般选用标准 120L 塑料垃圾桶，容量约 100kg，如图 1-4 所示。餐厨垃圾产生单位根据日产生量来配置容器数量。

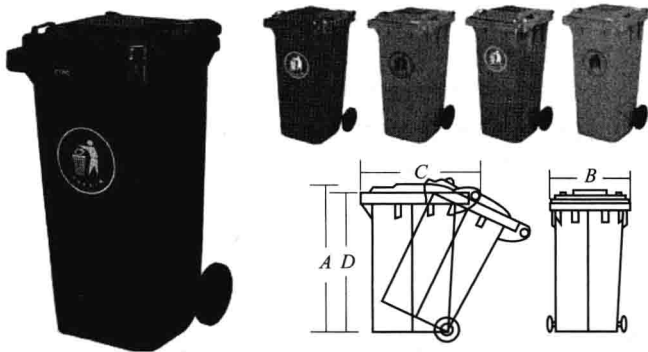


图 1-4 120L 垃圾收集桶

A—940mm；B—468mm；C—550mm；D—905mm

三、餐厨垃圾收集和运输

餐厨垃圾收运阶段，不仅是指对产生源贮存的垃圾集中收运，还包括收运车辆至终点往返运输过程和在终点卸料等全过程。因此这一阶段是收运管理系统中最复杂的，耗资也最大。收运效率和费用的高低，主要取决于下列因素：①收运操作方式；②收运车辆数量、装载量及机械化装卸程度；③收运次数、时间和劳动定员；④收运路线。

(一) 收运操作方式

收运方式采用固定容器系统，如图 1-5 所示。固定容器系统即收集装置在固定的回收点，收运车将收集装置中的餐厨垃圾清空，收集装置放回原处，车子开到第二个回收点重复操作，直到收运车装满或工作日结束，将车子开到处置场清空收运车，收运车开回车库。

(二) 收运行程时间计算

收运成本的高低，主要取决于收运时间的长短，因此对收运操作过程的不同单元时间进行分析，可以建立设计数据和关系式，求出某区域餐厨垃圾收运耗费的人力和物力，从而计算收运成本。收运操作过程分为四个基本用时，即集装时间、运输时间、卸车时间和非收运时间（其他用时）。

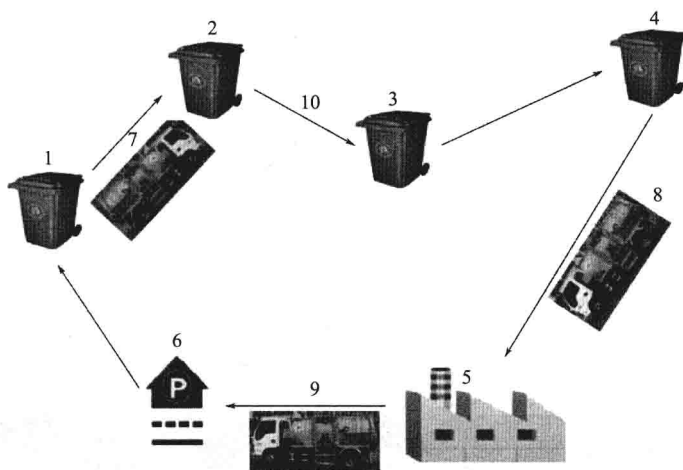


图 1-5 固定容器收运示意图

1~4—餐厨垃圾桶放置点；5—处理厂；6—车库；
7—餐厨垃圾车辆在不同餐厨垃圾桶间收集废弃物；
8—车辆装满餐厨垃圾送往处置场；9—车回车库；10—收集路线

1. 集装时间

每个行程的集装时间包括容器卸空时间和每一行程各集装点之间平均行驶时间。用公式表示为：

$$P_{SCS} = C_t t_{uc} + (N_p - 1) t_{dbc} \quad (1-1)$$

式中 C_t ——每次行程倒空的容器数，个/次；

t_{uc} ——卸空一个容器的平均时间，h/个；

N_p ——每一行程经历的集装点数；

t_{dbc} ——每一行程各集装点之间平均行驶时间。

如果集装点平均行驶时间未知，也可用式(1-2)进行估算，但以集装点间距离代替往返运输距离 x (km/次)。

2. 运输时间

运输时间指收运车从集装点行驶至终点所需时间，加上离开终点驶回原处或下一个集装点的时间，不包括停在终点的时间。当装车和卸车时间相对稳定，则运输时间取决于运输距离和速度，从大量的不同收运车的运输数据分析，发现运输时间可以用下式近似表示：

$$h = a + bx \quad (1-2)$$

式中 h ——运输时间，h/次；

a ——经验常数，h/次；

b ——经验常数，h/km；

x ——往返运输距离，km/次。

3. 卸车时间

专指垃圾收运车在终点（处理厂）逗留时间，包括卸车及等待卸车时间。每一个形成卸车时间用符号 S (h/次) 表示。

4. 非收运时间

非收运时间指在收集操作全过程中非生产性活动所花费的时间。常用符号 W (%) 表示非收运时间占总时间的百分数。

则每一个收运行程时间可用下式表示：