



环保公益性行业科研专项经费项目
农村生活垃圾收集处理及资源化系列丛书

农村生活垃圾转运 技术及应用

主 编：荣宏伟

副主编：曹勇锋 张朝升 张可方

中国建筑工业出版社

环保公益性行业科研专项经费项目

农村生活垃圾收集处理及资源化系列丛书

农村生活垃圾转运技术及应用

主 编：荣宏伟

副主编：曹勇锋 张朝升 张可方



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农村生活垃圾转运技术及应用/荣宏伟主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2014. 1
(农村生活垃圾收集处理及资源化系列丛书)
ISBN 978-7-112-15435-7

I. ①农… II. ①荣… III. ①农村-生活废物-垃圾
处理 IV. ①X799.305

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 303631 号

本书为《农村生活垃圾收集处理及资源化系列丛书》之一。本书主要根据我国农村生活垃圾的产生特点及收集处理需求, 结合我国生活垃圾收集处理技术的现状和发展, 并针对我国农村生活垃圾基础设施建设目标, 以农村生活垃圾收运处理新技术为主并结合不同农村地区的适用性, 系统地阐述了我国农村生活垃圾收集转运的基本方法和技术。全书主要对农村生活垃圾概述、农村生活垃圾转运站选址布点技术、农村生活垃圾转运系统分析及设备配置优化、农村生活垃圾转运典型区域应用实例等进行了详细的论述。

本书可作为从事环境工程专业及环境科学专业的科研及工程技术人员的参考书, 也可以作为高等学校环境工程专业、环境科学专业教师及研究生、本科生的教学参考书; 同时可以作为我国广大农村环保管理者的参考书。

* * *

责任编辑: 于 莉 田启铭

责任设计: 张 虹

责任校对: 陈晶晶 赵 颖

环保公益性行业科研专项经费项目
农村生活垃圾收集处理及资源化系列丛书
农村生活垃圾转运技术及应用

主 编: 荣宏伟

副主编: 曹勇锋 张朝升 张可方

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版
北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 9 $\frac{1}{4}$ 字数: 230 千字
2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-15435-7
(24028)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序 言

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要措施、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006～2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目234项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一

系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项经费项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

前 言

随着我国农村居民生活消费水平的提高,以及各种现代工业生产的日用消费品的普及,使农村地区产生大量的生活垃圾;农村生活垃圾已经成为农村面源污染的主要来源,日益突出的生活垃圾污染对农村生态环境、农民生活、生产和身心健康造成了严重影响和潜在威胁。目前全国农村每年产生的生活垃圾约 2.8 亿 t,生活垃圾年清运量约 5700 万 t,年处理量仅为 3500 万 t;在全国 571611 个行政村中,约有 26%的行政村有生活垃圾收集点,能对生活垃圾进行处理的约占 10%。大量生活垃圾无序丢弃或露天堆放,对环境造成严重污染,不仅占用土地、破坏景观,而且还传播疾病,严重污染了水环境、土壤和空气以及农村人居环境。我国农村生活垃圾数量的急剧上升已成为一个严峻的环境问题,“垃圾围城”或“垃圾向农村发展”等问题所带来的环境困扰已严峻地摆在了人们面前。

同时,农村地区收集转运设施落后陈旧,配套设施严重不足等一系列问题,主要体现在:大部分村子以敞开式垃圾池收集为主,部分配有一定数量的垃圾桶,但在设置上存在数量少、服务半径和设置位置不合理等问题;垃圾收集车辆数量少而且陈旧老化,在进行收集过程中产生垃圾散落、灰尘飞扬、污水滴漏和噪声污染等严重的二次污染问题;还有就是由于资金等诸多原因造成应建的收运设施及配套设备被搁置,或者部分建有收集转运系统的农村由于缺少经费的投入而成为摆设等。

针对以上问题,本书对我国农村生活垃圾收集运输的方法、收集运输机具配置、转运工艺的选择、中转站的选址和设备配置、垃圾收运系统的经费投入和管理等方面作了全面的论述,以促进我国农村生活垃圾收集运输和中转站建设的规范化以及管理体制现代化。同时,本书还对转运技术在两个典型农村的应用情况作出了详细论述,以供读者借鉴。

本书编写人员分工如下:第 1 章由荣宏伟、曹勇锋、张可方、张朝升编写;第 2 章由荣宏伟、张朝升编写;第 3 章由曹勇锋、张可方编写;第 4 章由荣宏伟、曹勇锋、张可方、张朝升编写。在本书的编写过程中得到了环境保护部华南环境科学研究所、广州市城市管理技术研究中心、东北林业大学等单位的大力支持,在此表示衷心感谢!

感谢张英民、张立秋、孙兴滨、高灿锋、杜馨、尚晓博在本书的资料收集和审核中给予的大力支持,特在此一一致谢。

由于编者水平有限,时间仓促,难免有不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 农村生活垃圾概述	1
1.1.1 我国农村生活垃圾污染现状	1
1.1.2 农村生活垃圾量迅速增长的原因	2
1.2 农村生活垃圾转运现状	3
1.2.1 我国农村生活垃圾转运情况	3
1.2.2 国外农村生活垃圾转运情况	4
1.3 垃圾转运系统和工艺技术	4
1.3.1 垃圾转运系统构成	4
1.3.2 垃圾转运系统	5
1.3.3 垃圾转运工艺技术	9
1.4 生活垃圾转运站	10
1.4.1 垃圾转运站（垃圾中转站）	10
1.4.2 垃圾转运站的作用	11
1.4.3 垃圾转运站的设置	12
1.4.4 垃圾转运站的规模	12
1.4.5 垃圾转运站的类型	14
1.4.6 垃圾转运站的运行维护管理	18
1.5 生活垃圾的收集与运输机具	21
1.5.1 垃圾收集方法	21
1.5.2 垃圾收集设施	23
1.5.3 垃圾收集车	30
1.5.4 垃圾转运车	32
第 2 章 农村生活垃圾转运站选址布点技术	43
2.1 农村生活垃圾转运站选址布点概述	43
2.1.1 农村生活垃圾转运站选址布点的重要性	43
2.1.2 农村生活垃圾转运站选址布点的方法	43
2.2 加权距离和最小准则（重心法）布点技术	45
2.2.1 重心法	45
2.2.2 重心选址法垃圾转运站选址	45
2.3 最大最小与最小最大准则布点技术	46
2.3.1 最小距离最大准则（反中心问题）选址	46
2.3.2 最大距离最小准则（中心问题）选址	47
2.4 层次分析法（AHP）布点技术	48
2.4.1 层次分析法（AHP）	48

2.4.2 层次分析法 (AHP) 垃圾转运站选址	49
2.5 鲍莫尔-沃尔夫 (Baumol-Wolfe) 模型布点技术	58
2.5.1 Baumol-Wolfe 模型	58
2.5.2 Baumol-Wolfe 模型的建立	58
2.5.3 垃圾转运站选址中的 Baumol-Wolfe 模型	61
2.6 模糊综合评判法布点技术	63
2.6.1 模糊综合评判法	63
2.6.2 模糊综合评判法垃圾转运站选址	63
2.7 指标满意度法布点技术	71
2.7.1 指标满意度法	71
2.7.2 指标满意度法模型的建立	72
第3章 农村生活垃圾转运系统分析及设备配置优化	76
3.1 垃圾转运系统的物流特性	76
3.1.1 系统与物流系统概念	76
3.1.2 转运系统的物流特性分析	77
3.1.3 垃圾转运站的模块化设计	79
3.2 转运系统设备配置合理化分析	81
3.2.1 卸料及推料系统	82
3.2.2 压缩设备	82
3.2.3 运输设备	83
3.3 转运站的填装设备车辆配置模型	86
3.3.1 作业单元及转运车辆计算	86
3.3.2 转运站中各设备数量的计算	87
3.3.3 系统单元前端收集车辆计算	87
3.3.4 影响转运设备配置的因素	88
3.4 农村生活垃圾转运系统与设备选择	89
3.4.1 农村生活垃圾转运系统的选择	89
3.4.2 农村生活垃圾转运系统设备的选择	90
3.5 垃圾转运系统的费用效益分析	92
3.5.1 费用效益分析理论	92
3.5.2 费用效益评价步骤	93
第4章 农村生活垃圾转运典型区域应用实例	96
4.1 广东省 JL 镇农村生活垃圾转运技术研究实例	96
4.1.1 广东省 JL 镇基本情况	96
4.1.2 生活垃圾转运站布点技术研究	97
4.1.3 JL 镇转运系统设备配置研究	109
4.1.4 JL 镇转运系统费用效益分析	112
4.2 四川省 DL 县农村生活垃圾转运技术研究实例	116
4.2.1 四川省 DL 县基本概况	116
4.2.2 DL 县转运站布点技术研究	119
4.2.3 DL 县转运系统设备配置研究	126
4.2.4 DL 县转运系统费用效益分析	128
参考文献	133

第 1 章 绪 论

1.1 农村生活垃圾概述

农村生活垃圾是指农村人口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，包括厨余垃圾等有机垃圾，纸类、塑料、金属、玻璃、织物等可回收废品，砖石、灰渣等不可回收垃圾，农药瓶、日用小电子产品、废油漆、废灯管、废日用化学品和过期药品等危险废物。

1.1.1 我国农村生活垃圾污染现状

1. 垃圾产量大，成分日趋复杂

随着我国农村居民生活消费水平的提高，以及各种现代工业生产的日用消费品的普及，必然产生大量的生活垃圾。目前全国农村每年产生生活垃圾约 2.8 亿 t，全国 16711 个建制镇和 14168 个乡，生活垃圾年清运量约 5700 万 t，年处理量仅为 3500 万 t，571611 个行政村，有生活垃圾收集点的约占 26%，对生活垃圾进行处理的约占 10%。大量生活垃圾无序丢弃或露天堆放，对环境造成严重污染，不仅占用土地、破坏景观，而且还传播疾病，严重污染了水环境、土壤和空气以及农村人居环境。农村生活垃圾数量的急剧上升已成为一个严峻的环境问题，“垃圾围城”或“垃圾向农村发展”等问题所带来的环境困扰已严峻地摆在了人们面前。

农村生活垃圾的构成主要受农民生活水平、能源结构、季节变化和生活习惯等的影响，同时随着工业产品在农民的生活中日益增多，生活垃圾成分和含量也趋向城市化。表 1-1 是我国部分地区农村生活垃圾组分构成。从表 1-1 可以看出北方农村许多地方为燃煤区，生活垃圾无机成分含量较大，南方地区农村生活垃圾则以易腐有机垃圾厨余和果皮为主。

不同地区农村生活垃圾组分构成 表 1-1

地区	生活垃圾组分构成的平均值(%)							
	厨余	渣土	玻璃	金属	纸类	塑料	织物	其他
北京市	26.28	58.97	0.90	0.16	3.94	5.48	1.16	3.11
辽宁省	12.69	78.69	1.06	0.03	1.42	6.04	0.04	0.03
黑龙江省	26.86	51.07	3.82	3.35	3.87	3.18	2.65	5.21
安徽省	74.37	12.76	0.38	0.11	2.29	2.39	2.40	5.30
江苏省	51.55	23.15	2.80	1.25	6.00	10.05	3.45	1.75
四川省	56.16	19.77	0.07	0.47	19.23	2.34	1.43	0.56
广东省	62.25	3.32	2.41	0.64	6.60	15.56	4.89	4.33
海南省	40.4	27.4	3.9	0.7	7.7	13.3	1.0	5.6

2. 垃圾分散，随意倾倒，难以收集

农村居民居住分散，地域广，绝大部分农村没有专门的垃圾收集、运输、填埋及处理系统。农村生活垃圾几乎都是在田间村头、道路两旁等随地丢弃。长此以往，道路两旁、村间空地都成了简易垃圾填埋场，自然低洼地也成了天然垃圾箱。全国农村一年的生活垃圾中，约有1亿t的垃圾被随意堆放或倒入河流湖泊中。垃圾不仅占用了大量土地，而且成为苍蝇、蚊虫、老鼠等病原体孳生的场所。被垃圾污染的河流在不断增多，水体逐渐发黑，水中漂浮的垃圾随处可见，严重污染地表水体。农村生活垃圾对环境的污染情况见图1-1。



图 1-1 农村生活垃圾环境污染图片

3. 城市垃圾向农村地区输送

一部分城市由于基金或技术的局限，常常把城市垃圾向郊区、农村等地输送，从而加重了农村生态环境压力，影响了农村整体的环境卫生，并且对农村地下水、土壤、空气造成严重污染；同时给当地农民的身体健康带来了影响。正是由于城市垃圾转输到农村，加上处理方式不合理，这就造成农村生活垃圾处理的难度与日俱增和农村生活垃圾随意堆放的现象，使本来就缺乏保护的农村生态环境日趋恶化。

1.1.2 农村生活垃圾量迅速增长的原因

1. 农村社会经济的发展

随着农村现代化进程的推进，农村生活水平不断提高，大量化学品、工业品进入农村家庭成为生活必需品。这些物品在使用过程中和使用后产生大量废弃物，增加了农村生活垃圾的复杂性，加大了处理难度，成为破坏农村生态环境的重要原因。

2. 农村人口快速增长，居住分散

快速增长的人口对农村环境造成了极大的压力，超过了农村环境的承载能力。从经济学分析看，正是地理上分散的人口、企业、居住点等形式对生态和环境造成了巨大的压力和严重的破坏。

3. 农村居民环境意识薄弱

当前，我国农村人口文化水平普遍偏低，缺乏环保意识。农民将可分解与不可分解、可回收与不可回收、有害与无害的生活垃圾混为一体随意丢弃。另外，我国是一个多民族国家，各民族文化 and 心理层次不尽相同。这些历史和社会因素在一定程度上直接或间接造成了农村生活垃圾处理难度的增大。

4. 农村基础设施建设工作缺乏支持

长期以来，我国城乡经济社会发展形成了严重的二元结构，实行的是城乡分治的建设机制，城乡差距不断扩大。前些年中国污染防治投资几乎全部投到工业和城市，我国农村环保科技投入分散，缺乏国家层面城乡统筹环境保护科技投入机制，对农村环境保护的发展贡献水平低，缺乏强有力的、系统化的农村环保科学技术支撑和管理体制机制保障体系，从而造成公共环境卫生等设施严重不足，或有环境卫生设施的地区也由于重规划、轻运行、缺技术，致使环境卫生基础设施形同虚设，流于形式，不能真正发挥作用。

5. 相关管理体制不适应，法律法规不健全

在实际工作中，地方行政管理部门的执法范围更多地或完全集中在市区、卫星城镇和中心镇，对农村生活垃圾的执法管理处于一种近乎真空的状态。缺少专门针对农村这一特殊环境和区域的生活垃圾管理的相关法律法规，给依法管理带来了困难。另外就是部分农村环境保护直接套用城市环境保护的技术体系和管理办法，很少重视农村环境保护的科技创新，致使实用、低成本的农村环境保护技术的开发和推广极为困难，成为了开展农村环境保护工作的薄弱环节，导致了城乡环境发展不同步和环境污染问题突出。

1.2 农村生活垃圾转运现状

1.2.1 我国农村生活垃圾转运情况

我国约有 26% 的农村设有生活垃圾收集点，农村垃圾一般由村内自行收集，大部分村子以敞开式垃圾池收集为主，部分配有一定数量的垃圾桶；但垃圾池的设置不同程度的存在设置数量少，服务半径和设置位置不合理，垃圾桶缺失或损坏严重等问题；垃圾收集车数量少而且陈旧老化，在进行收集过程中产生垃圾散落、灰尘飞扬、污水滴漏和噪声污染等严重二次污染问题；还有就是由于资金等诸多原因造成应建的收运设施及配套设备被搁置，或者部分建有收集转运系统的农村由于缺少经费的投入而成为摆设。总的来说，我国农村生活垃圾的收集转运现状如下：

(1) 大部分农村基本没有垃圾收运处理设施，垃圾随处乱堆，甚至直接倾倒在镇区的河流、沟渠、坑塘，对农村居住环境和自然环境造成严重的污染。

(2) 有些农村，虽然设置了垃圾收集点，但是没有采取任何有效的密封和清洁措施，垃圾没有进行转运处理，只是在收集点附近直接处置，就地填埋或焚烧，没有采取任何防护措施，使得生活垃圾对周边人居环境、土壤、地下水等环境资源造成极大的危害。

(3) 少部分农村，虽然有垃圾收运设施，能把生活垃圾从收集点收运至填埋场处理，使得生活垃圾可以得到较有效的处置。但是，农村地区普遍存在收运设施陈旧老化，收运手段落后，收集点和转运站点建设缺乏科学性，不仅布局不够合理，数量严重不足，设施不配套，而且收运过程密闭化和机械化程度低，监管体系不够完善，经费投入不足等现象，直接导致生活垃圾收运不及时，转运效率低，运输费用高，运输过程中垃圾散落，有机污水沿街滴洒，噪声污染，使得生活垃圾在转运过程中对环境造成严重的二次污染。

1.2.2 国外农村生活垃圾转运情况

国外发达国家积累了很多农村环境管理、政策、经济调控的成功经验，普遍注重发展循环经济，同时加强政策、法规、市场的引导和激励，以科学技术为支撑，重视经济、法律法规、行政等各方面综合协调作用。

美国的农民住得分散，但是，垃圾公司会深入到每个乡村的每个角落。每家每户都有一个带轮子的垃圾箱，居民每天早晨送到公路边，由专车带走分类垃圾。美国农村的垃圾处理，一般由规模不大的家庭公司来承担。公司的员工也是农民，他们开着小垃圾车，到各家各户收取垃圾，同时也收取一定费用。美国的西雅图市政府规定：每月每户居民运走四桶垃圾，需交纳 13.25 美元的费用，每增加一桶垃圾，加收费用 9 美元。据悉，这一规定实施以后，西雅图市的垃圾量一下减少了 25% 以上。

1.3 垃圾转运系统和工艺技术

1.3.1 垃圾转运系统构成

垃圾转运系统由中转和运输两个环节组成，其中包括各种收运车辆、输送设备、转运设备、附属设备（如收集容器等），以及相应的操作规程、管理制度和作业方式等，垃圾转运系统示意如图 1-2 所示。

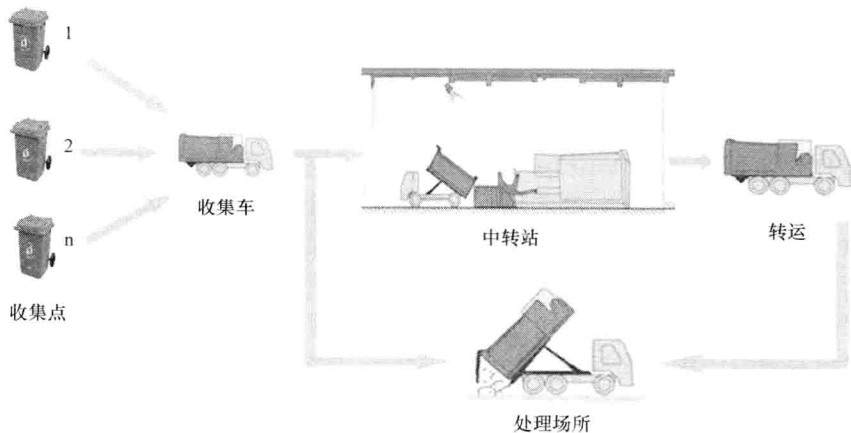


图 1-2 垃圾转运系统示意

当生活垃圾收集点和处理场所距离较短，不需要设置中转设施时，可以直接将生活垃圾从收集点运输至垃圾处理场。

当垃圾收运系统需要设置中转环节时，通常将中转和运输统称为转运。转运过程为：

垃圾收集车将在各收集点收集的垃圾运至垃圾中转站，在中转站将垃圾压缩后转载到大载重量的运输工具上，用大载重量的运输工具将垃圾运往远处的处理场。

垃圾中转站是指大、中型转运站，是否设立垃圾中转站，主要视距离而定。一般来说，运输距离越长，设立转运站越合算。当垃圾运输距离超过 20km 时，应设置中转站。由于规模经济的原因，大吨位的长距离运输比小吨位运输成本低，有助于垃圾运输的总费用降低。中转站的建设除符合我国环境卫生工程设施标准中有关规定之外，还应符合《生活垃圾转运站技术规范》CJJ 47—2006 等国家相关标准，与垃圾处理设施配套规划。同时，要考虑城市垃圾分类收集和分类处理的需要，设置垃圾分类运输设备，为城镇垃圾的全面分类收集打下基础。

1. 垃圾的中转

垃圾的中转（垃圾的转运）是指通过中转站把收集车收集来的垃圾转载到大型运输工具上，并运往最终处理场所的过程。设置中转设施的目的是增加收集车的往返次数，以提高收集作业效率，同时通过分拣、压缩、破碎、去铁等设施使垃圾增加容积密度，从而增加转运车辆的装载量，减少转运的次数，达到节约垃圾运输费用的目的。另外也考虑到以此来缓和交通量。

2. 垃圾的运输

垃圾的运输是指收集车辆把收集到的垃圾运至终点、卸料和返回的全过程。根据有无中转设施，生活垃圾运输方式可分为直接运输与中转运输。直接运输中，垃圾收集车即为运输车，各储存点的垃圾集装到垃圾收集车上后直接运至垃圾处理利用设施或处理场。中转运输是指利用中转站、大型运输工具将收集后或经压缩后的垃圾运输至垃圾处理利用设施或处理场的运输方式。

运输距离的长短是决定采用何种运输方式的主要依据。如果垃圾收集地点距处理场地点不远，用垃圾收集车直接运送垃圾是最常用且较经济的方法。只有在垃圾的运输距离较远时，才有采用中转运输的必要。采用中转运输的主要目的是为了节约垃圾的运输费用。这是因为长距离运输时，大吨位运输工具的运行费用比小吨位的低；此外，垃圾在中转站经压缩、打包等处理后，容积密度明显提高，从而可大大提高载运工具的装载效率，有利于降低垃圾运输的总费用。因此，小型生活垃圾运输一般采用直接运输，大、中型生活垃圾运输多采用中转运输。另外，垃圾收运效率和费用的高低还取决于垃圾的收集方法、收运车辆的数量、装载量及机械化装卸程度、收运次数、时间、劳动定员和收运路线等。

1.3.2 垃圾转运系统

1. 转运系统的发展

从国内外的研究可以看出，人们对垃圾转运技术的认识经历了下面几个阶段：

（1）在早些时候，人们用人工或马车收集运输垃圾，然后运到垃圾处理地点或处理场所。这些构成了垃圾转运系统的雏形。

（2）随着社会的发展，尤其是现代汽车和廉价燃料的出现，人们则更多地采用汽车直接运输的方法，把垃圾从收集点直接运到邻近的处理处置场所。

（3）现在，随着城市规模的进一步扩大，导致垃圾处理处置场所远离城区中心，加上劳动力、燃料动力费用的上升，转运成为垃圾处理系统必要和必需的操作。目前大部分国家都普遍使用转运站来转运垃圾。

(4) 从转运发展的前些阶段和其他垃圾处理技术的发展可以看出,在评估各种废物处理处置技术对环境、社会和经济的影响时,废物管理者多是从是否经济可行这一方面来考虑,而忽视了各种废物处理处置技术对社会与环境的影响。现在随着公众对废物管理工作的日益关注,仅仅考虑废物处理处置技术的经济可行性已经不能满足公众对废物管理工作的要求,怎样对废物处理处置技术的环境和社会影响进行准确的评估,已经成为废物决策管理系统研究领域的一个重大课题。从这个角度讲,垃圾转运也是保护城市生活环境的重要举措之一,具有不可替代的重要作用。这也是人们关于“转运”认识的高级阶段。

2. 垃圾转运系统分析

根据中转的次数,垃圾转运系统可分为直接转运系统、一级转运(二次运输)系统、二级转运(三次运输)系统。

(1) 直接转运系统

直接转运系统是指生活垃圾收运系统中,从收集点收集到的垃圾仅经过一次运输,便可以运送至生活垃圾处理场的系统。该系统一般采用较大吨位的转运车辆(如后装压缩式垃圾车、侧装式垃圾车等)对分散于各收集点的垃圾(桶装、袋装或散装)进行收集转运;而且转运距离一般在20km以内。这种转运方式较适用于人口密度低、车辆可方便进出、收集点离处理场所不太远的地区。

主要特点:该系统灵活性较大,垃圾的收集点可随时变更;运输过程中垃圾不易散落,垃圾直接运送至处理场,实现了垃圾运输一步到位;但由于车辆必须到收集点进行转运作业,对收集点周围环境造成影响(如噪声、粉尘等);此外,环境条件(如街巷宽度、转弯半径、停车空间等)也限制了转运车的规模(能力)发展。转运系统如图1-3所示。

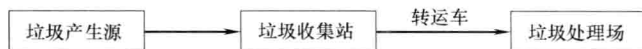


图 1-3 直接转运系统

(2) 一级转运(二次运输)系统

一级转运系统是指从收集点收集到的垃圾,经过小型收集车一次运输到垃圾中转设施,再通过大型转运车二次运输至垃圾处理场的过程。该系统一般是在10km²范围内收集垃圾,经过集中压缩转运到15~30km范围的垃圾处理场。来自产生源的垃圾,一般通过人力或机动小车(1~2吨位车型)进行收集,运输至转运站,再由较大的车辆(我国现多采用5~8吨位车型)转运到处理场所。该种转运方式较适用于人口密度高、区内道路窄小的城区;而一些对噪声等污染控制要求较高,及实行垃圾分类收集的地区,也较适宜采用这种转运方式;同时也适合于中、长距离垃圾的运输。该系统如图1-4所示。

主要特点:整个转运系统可以做到垃圾的密闭,无渗沥液、恶臭及垃圾洒落等二次污染;垃圾日产日清,从而大大改善了垃圾收集站周边环境。另外,这种收集站的服务半径较小,缩短了清运工人的运距,降低了劳动强度,提高了清运效率。这种收运系统的建设和运行成本均较低,管理简便,易于被居民所接受。

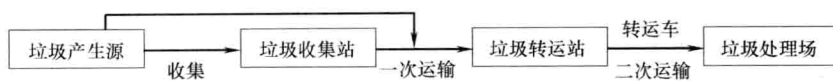


图 1-4 一级转运（二次运输）系统

一级转运（二次运输）系统在我国采用非常广泛。在 20 世纪七八十年代普遍采用非填装的直接倾倒式中转方式。从 20 世纪 90 年代中末期起，随着垃圾成分的变化及中转技术的发展，开始全面转向填装式（又称“压缩”式）中转方式。

（3）二级转运（三次运输）系统

二级转运系统是指，垃圾通过小型收集车收集至一次转运站进行处理后，再通过中大型转运车将垃圾转运至大型垃圾转运站再次压缩处理后，通过超大型转运车将垃圾转运至处置场的一种收运过程。该系统一般是在垃圾收集服务区距离处置场较远（通常不小于 30km），且垃圾收集服务区的垃圾量很大时采用，具体流程见图 1-5。

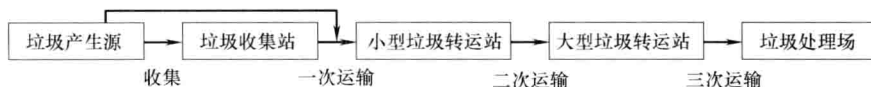


图 1-5 二级转运（三次运输）系统

二级转运系统是在一级转运系统的基础上，再增加一次大规模的中转方式复合而成的。其基本技术路线是：垃圾通过人力或机动小车运至小型垃圾转运站，用中型（5t 左右）转运车辆运到大型转运站，再用填装压缩设备将垃圾压入集装箱或收集容器，最后使用大型运输车辆运至处理处置场所。进行垃圾一次中转的小型转运站设点在城区内（通常按居民区、商业街区设点），一次收集运输服务半径不大（多为 1km 以内）；完成二次中转的大型转运站则设点在城区边缘或城郊，转运能力大（多大于 1000t/d），配置为大型运输车（箱体容积大于 24m³，载重量大于 15t），三次运输距离达 30~50km，甚至更远，以获取最大的单位运输效率。该种模式不仅考虑了一次转运的适应性，而且总体转运规模大，运输距离远，单位运输费低，适合服务范围大的情况。

近年来，由于我国推行城乡统筹化发展，都市圈范围不断扩大，城市中心区周围区域发展较快，它们和主城区一起构成了我国特有的大都市区体系。面对这种情况，根据不同区域的特点，有针对性地选择适合当地的收运系统，对构建整个大都市生活垃圾收运系统有重要意义。二级转运系统便适合于那些城市发展速度较快，大都市区范围较大的区域。

3. 垃圾转运系统确定

城市生活垃圾转运系统的建设和规划受到地理地质条件、经济状况、社会环境、城市化水平、垃圾的特性以及垃圾处理的目的与要求等多方面因素影响。我国各城市间地域、经济、社会、文化发展不尽相同，城市区域的人口密度、垃圾的收集状况也相差悬殊，这对于合理构建大城市生活垃圾转运系统提出了很高的要求。

若城市的各区域在选择生活垃圾转运系统时，照搬其他系统，将有可能造成投资大、收运效率低、二次污染严重等许多不良后果，同时也会对社会、居民生活环境等产生深刻影响。因此，如何帮助、引导不同区域因地制宜地进行生活垃圾转运系统的选择和构建，

是我国城市生活垃圾综合管理系统所面临的一项十分紧迫的任务，而确定生活垃圾转运系统选择的影响因素即是最为关键的基础性工作。

目前，根据相关研究，垃圾收运模式的确定主要由社会、经济、环境等许多因素交互影响，是政府在城市管理中需要宏观决策的一个战略性问题，主要有以下影响因素。

(1) 处置设施的位置

根据城市总体发展规划，城市垃圾应进行减量化、无害化、资源化处置。一般情况下，垃圾处理场应选址于人口密度相对较低的城乡接合部或郊区。因此，城市市区、特别是中心城区的垃圾进行垃圾处置时，需要进行远距离输送。

生活垃圾处置设施的选址要按照城市 and 区域的发展规划，进行定位和建设，区域内是否规划设立处置设施将直接导致不同的运输距离，影响到是否设置中转站，采取几级转运。

(2) 垃圾收集密度

垃圾收集密度是指单位土地面积 (km^2) 上垃圾的收运质量 (t)。一般来说，该密度与区域人口密度呈正相关，但对垃圾收集半径影响很大。

(3) 经济可行性

经济性评价指标，作为评价垃圾收运系统的指标之一，是指对单位质量的垃圾进行收运的市场价格，也可以简称为吨垃圾费用。在完成一定的垃圾收运过程中，吨垃圾费用主要受清运操作方式，配备车辆的数量、性能、设备的折旧情况，收运次数、时间、劳动强度，运输距离、运输路线等因素影响，并且运输距离 (km) 为收运经济可行性的主要影响因素。

(4) 环境影响

收集过程的垃圾飞扬、污水渗漏、臭气扩散，运输过程中封闭性差导致的垃圾散落、滴漏，以及收运作业中各种设备产生的噪声污染和车身不洁造成的视觉污染等，都是收运系统对环境造成的影响。

要想使收运系统运行对环境的影响降低到最低程度，应根据相应的环境质量标准、设备手册等，采取必要的技术、工艺措施。设备装置的结构性和封闭性便是环境影响的主要因素。

(5) 系统接口

在生活垃圾收运模式中，垃圾收运系统最终需与垃圾处理系统相衔接，故垃圾收运的模式和装备也必须同垃圾的最终处理工艺系统相匹配，即所有作业设备、设施的接口应相互匹配、衔接。系统接口标准便是系统接口的主要影响因素。

(6) 交通影响

生活垃圾收运模式的作业过程对道路的占用，作业的方式以及对车流量的影响，都对交通环境造成很大影响。

我国城市间地域、经济、文化发展水平不尽相同，城市的大小、人口密度相差悬殊，这对合理收运系统的建立提出了很高的要求。但建立合理的生活垃圾转运系统的前提是对区域进行合理的、系统的分类。通过采用聚类分析 (Gluster Analysis) 方法，把城市内区域分为两大类、四种类型进行垃圾收运模式的设计，如表 1-2 所示。国内其他城市或城市内其他区域亦可采用相类似的方法，选择与之相适应的垃圾收运模式。

城市发展的分区类型和相应的垃圾收运模式

表 1-2

类型	特点	收集强度 (t/km ²)	至处理场 距离(km)	收运模式		
				收集方式	转运方式	转运车
中心城区	人口密度高,垃圾产量大	≥ 30	≥ 20	2~5t 压缩车	中转站(处理规模 $\geq 300\sim 400\text{t/d}$)	15t 集装箱
次中心城区	人口密度较高,垃圾产量较大	10~30	≥ 10	2~8t 压缩车,压缩收集站	直运+中转站	15t 集装箱
近郊区	人口密度较离散,区域中心地区垃圾分布集中,周边离散,差异性大	2~10	≥ 10	3~8t 压缩车,人力收集车,压缩收集站	直运+中转站+分流中心(处理规模 $\geq 100\text{t/d}$)	8~15t 集装箱
远郊区	地广人稀,垃圾产量低	≤ 2	≥ 10	3~5t 压缩车,人力收集车	直运+分流中心	8~10t 集装箱

1.3.3 垃圾转运工艺技术

自 20 世纪 90 年代以来,我国的城市垃圾转运技术及设施水平有了很大的提高。但由于地区经济发展不平衡和生活垃圾处理系统本身的差异,导致垃圾转运能力和技术水平参差不齐。现行主要的垃圾转运技术可划分为以下几类:

(1) 敞开式转运技术:这是最早的一代垃圾转运技术。城市生活垃圾主要是通过人力车或小型机动车辆直接倒在某一指定地点,然后由其他车辆将其转运到处理场所。作业过程中,转运场所是敞开或半敞开(有顶棚)的,有时甚至在临时选定的露天空地进行垃圾转运作业。这种情况下,与之配套的车辆通常也是敞开式的。

此种转运技术虽然一定程度上实现了垃圾的转移和运输操作,但同时也造成很大的二次污染。如垃圾的散落、臭气的散发、灰尘的飞扬、污水的泄漏等,尤其是在收集、转运场所的周围,污染现象十分严重。不仅转运现场作业环境十分恶劣,而且直接污染周边环境,危害居民的健康,严重影响城市的正常秩序。随着城市社会经济的发展和人民群众对环境质量要求的提高,该种原始转运模式的诸多缺陷和引发的矛盾日趋突出,因而大多数城市已经或正在将此淘汰,但在部分中小城市(城镇)仍然使用。

(2) 封闭式转运技术:为了克服敞开式转运的缺点,封闭式转运技术应运而生。其中“封闭”一词有两层含义及要求:一是指垃圾转运场所的封闭,二是指转运车上垃圾装载容器的封闭。转运场所的封闭减少了对周围环境的污染;转运容器的封闭减少了运输途中垃圾的散落、灰尘的飞扬和污水的泄漏。具体转运设备见图 1-6。

实践表明,封闭式转运站在很大程度上减少了其作业过程对外部环境的影响。但是,由于垃圾密度小,转运车辆不能满负荷运输,造成效率低下,转运成本高。这种弊端对于倾倒卸料直装式密封垃圾运输车更为突出。

(3) 机械填装/压缩转运技术(简称压缩转运):此类转运模式在国内的规模化应用出现在 20 世纪 90 年代。近几年,随着垃圾成分的变化及中转技术的发展,机械填装/压缩转运技术开始应用并迅速普及。相对于前两种转运技术而言,压缩转运技术在有效防治二次污染的前提下,成功解决了运输车辆的载运能力亏损问题,提高了转运车的运输效率,体现了转运环节的经济性。