

成都市生活垃圾收运系统现状及发展趋势分析*

刘 洁^{*,1} 何彦锋²

(1. 成都大学城乡建设学院, 成都 610106; 2. 中国水电顾问集团成都院, 成都 610072)

摘 要:针对城市垃圾产量及特性的发展特点、人口密度及增长速度、收运设施现有及规划等不同状况,合理制定收运系统的规划方案是系统优化的第一步,也是保证其稳定运行的先决条件。本文以成都市为例,对全市(包括三大圈层)的生活垃圾收运系统的现状及发展规划情况进行调研,并在此基础上,针对不同时期,提出中心城区收运系统规划方案。方案指出,目前两个处理厂及多个转运站之间的垃圾物流调度方案应科学合理的制定以达到整个收运系统经济、环境最优;近期内(2015 年)需从源头开始对整个调度方案进行优化;远期内(2020)应循序渐进的推行生活垃圾分类收集体系。

关键词:城市生活垃圾;收运系统发展规划;成都市生活垃圾收运系统;垃圾物流调度

中图分类号:X705 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1006-6055.2013.02.024

Analyze of Municipal Solid Waste Collection and Transportation System Status and Development Tendency in Chengdu*

LIU Jie^{*,1} HE Yanfeng²

(1. School of Urban and Rural Construction of Chengdu University, Chengdu 610106;

2. hydrochina Chengdu Engineering Corporation, Chengdu 610072)

Abstract:On account of the municipal solid waste characteristic status and development direction, the population density and growth rate, the collection and transportation facility status and the planning program, the first step of optimization is working out a proper plan for MSW collection and transportation system. And it is also a prerequisite to the stable running of the system. The investigations on MSW collection and transportation system status and development plan in Chengdu were made. And based on the conclusion of the investigations, different plans for optimization of Chengdu centre during different periods were proposed. The conclusions suggest that currently waste logistics distribution plan between two disposal plants and few intermediate facilities should be done scientifically and reasonably, in the short term (before 2015) an optimization plan for waste transportation from sources to disposal plants should be done, in the long term (before 2020) MSW sorting, collection and transportation should be implemented step by step. All these are aim to gain the maximum environmental and economic effect.

Key words: municipal solid waste (MSW); MSW collection and transportation system development plan; MSW collection and transportation system in Chengdu; waste logistics distribution

1 引言

随着经济人口的快速增长和城市化进程的不断推进,我国城市生活垃圾的产生量以每年 3~10% 的速度快速增长。日益增长的垃圾量给市政环卫部门带来了巨大的清运压力,也是造成我国垃圾围城现象和环境污染日益突出的重要原因。与此同时,垃圾量的剧增也导致其收集、运输与中转费用的不断增加。在城市生活垃圾的全过程管理中,城市生活垃圾的收运是连接发生源与处理处置设施的不可或缺的一个重要环节,其收运费用耗资最大,约占总费用的 60~80%,且操作过程也极为复杂。因此,合理配置和优化调度不但能获得收运系统本身的最大经济效益,同时对于降低城市固体废物的全过程管理成本,提高综合利用效率,减少最终处置的废物量均具有重要的意义。很多学者在此领域展开了大量的理论研究^[1-9]。

然而,城市生活垃圾收运系统的优化不仅仅是个数学问题,它必须兼顾社会环境等因素实现收运系统经济、高效、稳定的运行。因此,针对城市垃圾产量及特性的发展特点、人口密度及增长速度、收运设施现有及规划等不同状况,合理

制定收运系统的规划方案是系统优化的第一步,也是保证其稳定运行的先决条件。

成都市是全国西南政治、经济、文化中心,城市面积 2 176 km²。据统计,2007 年末户籍人口 1 112.3 万人,市区人口 502.7 万人,位居全国第四;2008 年底生活垃圾年产量已达到 176 万 t/a,且近年都保持着 4% 的增长率,清运压力巨大。整个市区划分为三个圈层,其中成都市市中心城区(青羊区、金牛区、锦江区、武侯区、成华区、高新区)为第一圈层;双流、郫县、龙泉、温江、青白江、新都等郊区县为第二圈层;金堂、大邑、新津、蒲江、邛崃、崇州、都江堰、彭州等县级市为第三圈层。本文以成都市为例,对全市(包括三大圈层)的生活垃圾收运系统的现状及发展规划情况进行调研,并在相关规划基础上,针对不同时期,提出中心城区收运系统规划方案。

2 成都市生活垃圾收运系统现状

2.1 垃圾收运系统运行管理模式

成都市现行的生活垃圾收运系统运行管理模式为市、区、街梯级管理体制。市城市管理局为市政府行使市容环境卫生管理的职能部门,下设的环境卫生管理处负责全市的垃圾转运车、压缩中转站、果屑箱等环卫设施的建设管理和维护;负责城市生活垃圾的收集、运输、处置规范化管理和协调工作。各区城市管理局下设环境卫生管理科,负责区内生活

* 成都市城管科学研究院成都市生活垃圾清运数字化管理系统基金资助

** E-mail:27728881@qq.com; Tel:13708196768

垃圾的清运作业规范化管理、协调、压缩中转站的运行维护管理等工作,并行使转运具体作业职能。区属各街道办事处负责委托专职环卫公司对辖区内的生活垃圾进行清运工作,并行使对其监督管理职能。据统计,成都市专职收集运输人员多达2 000余人,占全市环卫工人的 15%。

2.2 垃圾收运作业模式

2.2.1 收集及运输方式

成都市是西南地区科技、商贸、金融中心和交通枢纽,同时又是城乡一体化示范性城市。除中心主城区外,成都市还依托现有的城镇,整合为六大片区,其“一主六片”的大都市格局必然会在城区建设、改造及城乡一体化进程中存在着诸多问题,带来了多样化的收集方式,如老城区的密封垃圾桶收集方式、住宅区的桶装垃圾房收集方式、近年来普遍采用的袋装收集房收集方式等。

成都市垃圾主要采用直接和中转两种运输方式。在中心城区除个别企事业单位、学校、商场等单位垃圾采用压缩车收集并直接运往填埋场或焚烧厂之外,其他垃圾都由所在街道办事处委托专职环卫公司负责收集并运往各区压缩转运站。这一过程多采用2 t或5 t的自卸车、车厢可卸车或8t的压缩车运输。转运站的垃圾经压缩后由15 t大型压缩车长距离运输至填埋场或焚烧厂。这种中转运输方式是在成都市区不断扩大且各区压缩中转站陆续修建的背景下形成的较经济的运输模式。中心城区直运和转运两种方式的日运输量比例约为1:6。二三圈层区县的垃圾收运由于运距相对较近,以非压缩式垃圾车收运为主,并在逐渐增加压缩式垃圾车的比重,直运和转运运输比例约为8:1。

2.2.2 转运设施

垃圾转运站一般配有较先进的压缩、装卸、除尘等设备,因此,在垃圾运输距离大于20 km时,设置大中型中转站可获得较大的环境、社会和经济效益。由于中心各城区离垃圾处理厂距离都在30 km以上,中心城区垃圾运输都采用转运站转运方式。目前,中心城已建有9座大中型、4座中小型压缩转运站,日转运能力为3 440 t,基本满足城市垃圾中转运输需要。这10座转运站采用了推入装箱压缩转运作业方式,实现了垃圾的密闭和减容,转运车辆的满载运输,作业效

率高。按照压力方向,可将推入装箱压缩转运模式分为水平装箱方式和垂直装箱方式。

与中心城区相比二、三圈层的垃圾转运建设较为滞后,垃圾转运站数量少,转运能力小,工艺落后。二圈层多采用日处理要求较小的小型垃圾压缩转运站,由垃圾压缩机、垃圾集装箱组成,与专用的勾臂车配套使用。三圈层多采用无压缩功能的垃圾转运站,垃圾直接卸入大型垃圾运输车的车厢内。这种转运工艺虽然投资成本少、运行成本低,但处理效果较差,未实现垃圾减容,且敞开作业,环境卫生条件较差。

通过对成都市生活垃圾转运设施调研结果的汇总可知,绝大部分转运站都是在2004年后才陆续建成的。中心城区实现了每个区至少建有一座压缩转运设施,且都采用了压缩比大,效率高的推入装箱压缩工艺,基本满足垃圾中转运输需要。但大部分转运站基本都处于满、超负荷运行状态,随着中心城区垃圾量的不断增加,转运设施的增设或扩容等问题将会提上日程。另外,随着四座垃圾焚烧厂的相继建成并运行,由于焚烧厂离市区的距离普遍小于填埋场,可考虑采用压缩车直接将垃圾运往各焚烧厂。

2.3 各设施间垃圾物流分析

图1为成都市各设施间垃圾物流过程示意图。其中实线部分为中心城区物流过程,虚线部分为二三圈层物流过程。图中可以看出,中心城区内的垃圾由各区压缩站转运或由收集站直运至长安填埋场或第一焚烧厂。据调查知,各区垃圾运往哪个处理厂取决于每车垃圾到达处理厂的时间,即中心城区垃圾优先运往第一焚烧厂,当焚烧厂日处理量达到处理能力时,所有的垃圾运往长安填埋场。这种粗放型运行模式无固定的调度方案可循,随机性强、经济性差。因此,制定科学合理的调度方案势在必行。

二三圈层的垃圾转运设施大多规模小且不完善,其垃圾物流过程更为复杂,一旦某个环节出现突发状况,很可能造成物流过程混乱,严重威胁城市卫生环境。因此,在现有设施基础上,如何制定合理可行的调度方案显得尤为重要。另外,结合各地区自身经济条件,制定垃圾转运设施的具体完善方案也是极其迫切的。

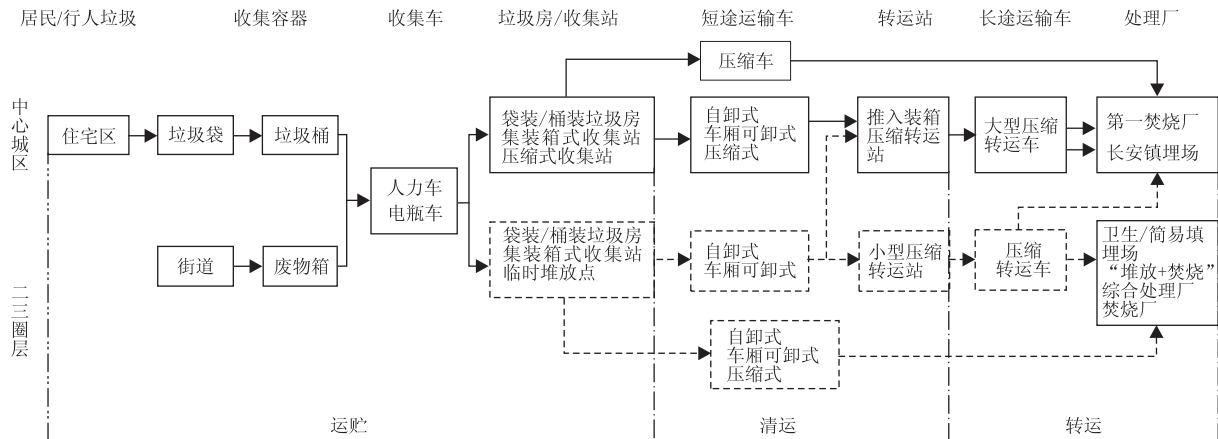


图1 成都市各设施间的垃圾物流过程

Figure 1 General diagram of MSW collection and transportation in Chengdu

表 1 中心城区常住人口预测结果(万人)

Table 1 The population forecast in following 8 years in Chengdu centre (10⁴)

区域	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	平均相对误差	平均均方差比值
中心城	515.42	529.00	544.11	560.67	579.93	600.00	619.59	639.99	0.009	0.16
锦江区	60.96	61.25	61.58	61.98	62.24	62.46	62.85	63.19	0.004	0.35
青羊区	89.72	91.82	94.13	96.59	99.09	101.63	104.24	106.90	0.005	0.12
金牛区	114.00	115.92	118.10	120.62	123.11	125.19	126.96	129.33	0.010	0.25
武侯区	110.54	115.17	120.25	126.20	132.54	138.67	144.73	151.41	0.020	0.20
成华区	98.29	99.46	100.90	102.51	103.97	105.19	106.30	107.78	0.008	0.24
高新区	55.48	60.49	65.72	72.03	79.05	86.44	94.92	103.85	0.029	0.13

3 中心城区垃圾收运系统发展规划方案

3.1 生活垃圾特性变化趋势

3.1.1 产生量

通过建立 GM(1,1)灰色模型对中心城各区常住人口进行预测,采纳《2006 ~ 2020 成都市固体废弃物处置发展规划》^[10]中(下称规划)人均垃圾产生量的预测值直接计算出垃圾产生预测量。

GM(1,1)建模原理和预测过程已有一套的成熟理论^[11],在预测垃圾产生量的实际应用方面也取得了较满意的结果^[12,13]。

我们建立等维灰数递补 GM(1,1)模型预测中心城区常住人口数,同时采用《规划》中中心城区人均垃圾产生量的预测值,利用类比法对中心城区的垃圾产生量进行预测,同理可预测出各个区的垃圾产生量。等维灰数递补模型是利用原始数据建立的 GM(1,1)每次只预测一个值,将其值补充到原始数据中,同时剔除掉最老的数据,从而形成新的等维度的数列,重复以上步骤至完成预测目标。这种通过反复建立 GM(1,1)模型进行预测的方法能有效地提高预测精度。

原始数据序列为 2000 ~ 2012 年中心城区常住人口,数据来源于 2012 年成都统计年鉴,通过以上方法常住人口预测结果见表 1。由表看出,预测模型的平均相对误差除高新区在(0.01,0.05)区间内属二级精度标准外,其余各区的相对误差都小于等于 0.01 属于一级精度标准;平均方差比值都小于等于 0.35,属于一级精度标准。

采纳《规划》^[10]中人均垃圾产生量的预测值(《规划》采取回归法预测类比法修订确定其值)直接计算出垃圾产生预测量,结果见表 2。

表 2 中心城区生活垃圾日产量预测结果(t/d)

Table 2 The daily amount of waste in Chengdu centre (t/d)

区域	现状 2012	近期 2015	远期 2020
人均垃圾产生量(kg/人·d)	1.05	1.10	1.15
中心城区	4 863.87	6 167.42	7 618.27
锦江区	630.95	677.41	726.70
青羊区	849.65	1 035.38	1 229.32
金牛区	1 091.51	1 299.09	1 487.33
武侯区	930.63	1 322.75	1 741.21
成华区	969.43	1 109.87	1 239.44
高新区	391.70	722.92	1 194.27

3.1.2 垃圾组分和热值

随着经济发展,生活垃圾分类收集方式的推广,生活垃圾中的有机易腐物含量将进一步降低,砖瓦陶瓷的含量与目前相比变化不大,而纸制品、纺织物、金属、塑料橡胶和玻璃

含量将有所上升,可燃物含量的增加,从而也会导致生活垃圾低位热值逐步提高。《规划》通过分析较发达城市的历史垃圾组分数据,预测成都市发展到同等经济水平时的垃圾性质特征,其预测结果见图 2^[10]。

由成都市生活垃圾性质的变化趋势可知成都市生活垃圾低位热值将上升;成都市中心城生活垃圾含水率为 55% ~ 60%,低位热值可达 5 500 千焦/千克以上,到 2020 年,预计成都市中心城生活垃圾低位热值达到 6 000 千焦/千克左右。这为成都市垃圾的分类收集以及垃圾的处置方式提出了新的要求。

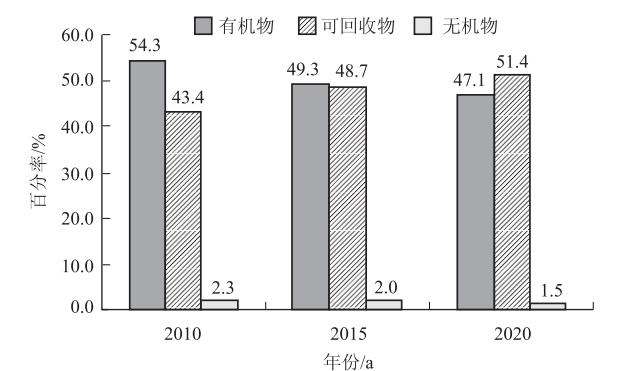


图 2 成都市中心城生活垃圾成分变化趋势图^[10]

Figure 2 The tendency chart of waste composition development in Chengdu centre^[10]

3.2 生活垃圾收运及处理设施规划与建设

由于目前成都市中心城区生活垃圾收运体系已基本完善,今后将着重增加和改善生活垃圾处理设施的规划和建设。

根据成都市中心城区生活垃圾产量、垃圾性质的变化趋势,同时综合考虑该城市的自然地理和社会经济等因素的基础上,规划指出中心城区生活垃圾处理处置方式应从“填埋为主,焚烧为辅”的处理方式向“以焚烧为主,结合卫生填埋以及综合处理等多种处置技术全面发展”转变。因此,中心城区生活垃圾处置设施规划建设情况如下:1)成都市中心城区第二、三垃圾焚烧发电厂(处理能力均为 1 800 t/d)正在建设中,预计分别在今明两年投运;2)第四垃圾焚烧发电厂已在规划中,其建设规模为 1 800 t/d,预计在 2015 年后建成运行;3)卫生填埋场第三期工程已完成规划选址,其处理能力为 2 400 t/d,已基本建成投运。

3.3 不同时期生活垃圾收运系统规划方案

1)当前

目前,中心城区垃圾日产量已达到 4 874 t/d,虽然各区

转运站大部分处于满、超负荷运行状态,但转运能力基本满足垃圾中转运输需要。因此,目前各区垃圾仍采用压缩转运站中转运输的模式。现有一座垃圾焚烧厂投产运行,但其处理量仍不能满足中心城区垃圾处理量的需要,剩余部分仍需要运往长安填埋场进行卫生填埋处置。于是各区垃圾转运站与两大垃圾处理处置场之间的物流调度方案需进行优化设计从而达到经济、环境效益最优。

2) 近期

2015 年中心城区垃圾日产量预测达到 6 000 余吨,超过压缩站日转运能力的近一倍,各大压缩站已无法满足垃圾中转运输的需要。但考虑二三焚烧厂已投产运行且离市区距离较近,因此,届时各区可考虑采用压缩车直运和压缩站转运相结合的运输方式。虽然这种运输方式能满足垃圾日运输的需要,但无疑增加了垃圾物流调度的难度,也使得整个收运系统更为复杂。垃圾从收集站开始就存在着不确定性,如可以运往压缩站也可以直接运往填埋场或焚烧厂。因此,如需构建高效、经济的收运系统必须从源头即收集站开始对整个调度方案进行优化。本文将以街道办为单位,选取其中心为收集站中心从而对整个收运系统的优化过程进行简化处理。

3) 远期

预计 2020 年中心城区垃圾日产量达到 7 600 余吨,届时投产运行的垃圾焚烧厂日处理量已达到 9 000 t/d,已能完全满足每日的垃圾处理需求。因此,可考虑中心城区垃圾全部运往焚烧厂处理。

为提高垃圾综合利用率和减少最终处置量,《规划》提出应循序渐进的推行生活垃圾的分类收集,使其回收利用率远期达到 15%。因此,构建完善的垃圾分类收运体系势在必行。

4 结论

本文以成都市为例,对全市的生活垃圾收运系统的现状及发展规划情况进行调研,调研从系统运行管理模式、作业模式和各设施间物流分配三个方面展开。经过调研得知中心城区的中转设施基本满足垃圾中转运输需要。但大部分转运站基本都处于满、超负荷运行状态,随着中心城区垃圾量的不断增加,转运设施的增设或扩容等问题将会提上日程。另外,随着四座垃圾焚烧厂的相继建成并运行,由于焚烧厂离市区的距离普遍小于填埋场,可考虑采用压缩车直接将垃圾运往各焚烧厂。这使得中心城区的收运系统更加复杂。

因此,在相关规划基础上,针对不同时期,提出中心城区收运系统规划方案为后续的系统优化奠定基础。方案指出,目前两个处理厂及多个转运站之间的垃圾物流调度方案应科学合理的制定以达到整个收运系统经济、环境最优;近期内(2015 年)需从源头开始对整个调度方案进行优化;远期内(2020)应循序渐进的推行生活垃圾分类收集体系。

参考文献

- [1] ANDERSON L. A Mathematical Model for the Optimization of a Waste Management; ERL Report [R]. Berkeley: Sanitary Engineering Research Laboratory. University of California, 1968.
- [2] ANEX R, LAWVER R, LUND J, et al. GIGO: spreadsheet-based simulation for MSW systems[J]. Journal of Environmental Engineering, 1996, 122 (4): 259-262.
- [3] ANGELELLI E, SPERANZA M G. The periodic vehicle routing problem with intermediate facilities[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 137 (2): 233-247.
- [4] BAUTISTA J, FERAÁÑDEZ E, PEREIRA J. Solving an urban waste collection problem using ants heuristics[J]. Computers & Operations Research, 2008, 35 (9): 3 020-3 033.
- [5] 朱明华, 范秀敏, 刘炳凯, 等. 上海浦东新区城市生活垃圾收运路线优化研究[J]. 资源科学, 2009, 31 (9): 1 612-1 618.
- [6] ARAGONES-BELTRAN P, PASTOR-FERRANDO J P, GARCIA-GARCIA F, et al. An Analytic Network Process approach for siting a municipal solid waste plant in the Metropolitan Area of Valencia (Spain) [J]. Journal of Environmental Management, 2010, 91 (5): 1 071-1 086.
- [7] LIU Jie, LIU Dan, LIU Min et al. An improved multiple ant colony system for the collection vehicle routing problems with intermediate facilities[C]. Intelligent Control and Automation (WCICA), 2010 8th World Congress. Jinan: IEEE, 2010: 3 078-3 083.
- [8] 刘洁, 刘丹, 何彦锋. 带中转设施的垃圾收集 VRP 的改进蚁群算法[J]. 西南交通大学学报, 2011, 46 (2): 333-339.
- [9] 刘洁, 刘丹, 何彦锋. 带转向约束的城市垃圾收集车辆弧路径问题研究[J]. 世界科技研究与发展, 2011, 33 (1): 1-3.
- [10] 成都市发展和改革委员会, 成都市固体废弃物处置发展规划 (2006~2020), 成都, 2007.
- [11] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [12] 王金华. 城市生活垃圾产生量预测与中转站选址优化研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2008.
- [13] 张蕾. 城市生活垃圾产生量预测及垃圾产生系统调控研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2008.

作者简介

刘洁(1983-), 女, 讲师, 博士, 主要研究方向: 固体废弃物处置及资源化, 城市垃圾收运系统优化。