

基于 DEA-Tobit 两阶段法的上海浦东新区垃圾转运效率及其影响因素

郑莹莹¹, 周锐², 王新军^{1,2}^① (1. 复旦大学环境科学与工程系, 上海 200433; 2. 复旦大学城市规划与发展研究中心, 上海 200433)

摘要: 综合考虑经济和环境效率, 采用 DEA-Tobit 两阶段法对浦东新区的生活垃圾转运效率及其影响因素进行研究。第 1 阶段, 运用 DEA 方法中的 SBM-undesirable 模型分析上海市浦东新区 13 个生活垃圾转运单元的综合效率, 结果发现浦东新区生活垃圾转运的平均效率为 0.668, 普遍存在投入冗余和非期望产出过多等问题, 且呈现北高南低的空间分布特征; 第 2 阶段, 采用 Tobit 模型对转运效率的外部影响因素进行研究, 结果表明收集密度、垃圾分类和中转站的设备水平对生活垃圾转运效率有显著影响。

关键词: 垃圾转运效率; DEA-Tobit 两阶段法; 影响因素; 浦东新区

中图分类号: X2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2015)03-0308-06

DOI: 10.11934/j.issn.1673-4831.2015.03.006

Analysis of Municipal Solid Waste Transfer Efficiency and Its Affecting Factors in Pudong New District Based on the DEA-Tobit Two-Phase Method. ZHENG Ying-ying¹, ZHOU Rui², WANG Xin-jun^{1,2} (1. Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China; 2. Research Center for Urban Planning & Development, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: By taking into account economic and environmental efficiencies comprehensively, the DEA-Tobit two-phase method was used to investigate transfer efficiency of municipal solid waste (MSW) and its affecting factors in the Pudong New District. In Phase One, the SBM-undesirable model of the DEA method was used to analyze overall efficiency of the 13 MSW transferring units in the Pudong New District, and it was found that the mean MSW transfer efficiency was 0.668. Problems, like input redundancy, excessive undesirable outputs, etc. existed quite extensively in the district, and the spatial distribution of MSW transfer efficiency was characterized by being higher in the north and lower in the south. In Phase Two, the Tobit model was applied to explore external influencing factors. It was found that the collection density and sorting of MSW and equipment of the staging stations were the main factors affecting MSW transfer efficiency.

Key words: MSW transfer efficiency; DEA-Tobit two-phase method; influencing factor; Pudong District

我国城市生活垃圾产生量以每年 3%~10% 的速度迅速增长^[1], 2012 年我国城市垃圾清运量达 17 080.9 万 t, 10 a 内增加近 30%。在城市生活垃圾的全过程管理中, 垃圾收运是连接发生源与处理处置设施不可或缺的一个重要环节, 其费用约占管理总费用的 75%~80%^[2]。另一方面, 收集站—中转站—处置厂的转运形式已成为我国大部分城市主要的生活垃圾清运模式, 以垃圾中转站为核心, 包括上下游运输环节的转运单元承担着保障其服务范围内市容环境水平的任务。因此, 对垃圾转运效率进行测度并探究其影响因素对城市环境管理具有重要意义。

目前, 国外学者在垃圾转运方面的研究主要集中于垃圾中转站选址、数量及分布^[3-4]、转运路线设

计与优化^[5]以及转运站的外部性研究^[6-7]等内容, 而有关生活垃圾转运效率的研究相对缺乏。国内学者大多关注中转站布局^[8]、垃圾中转站运行评价^[9-11]以及城市环境卫生评价^[12-13]等, 主要研究方法有模糊数学法、层次分析法以及数据包络分析法等。在效率评价研究方面, 易思宇等^[11]选取能耗、建设投资、劳动定员和工作时间为输入指标, 转运量为输出指标, 运用数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 中的 CCR 模型, 对 4 个转运站进行评价, 并与设计标准进行比较, 认为该模型可以较准

收稿日期: 2015-02-11

基金项目: 国家自然科学基金(51378127)

① 通信作者 E-mail: fudanplanning@vip.163.com

确地评价垃圾转运站的产能及效率;薛庆根等^[13]选取城市市容环境卫生专用车辆数和从业人员数作为投入变量,道路清扫面积、生活垃圾清运量和粪便清运量作为产出变量,采用 DEA 方法分析了我国城市市容环境卫生效率;YOUTI 等^[14]选取单位收运成本、单位时间收运量、每辆车收运量、服务人口数和每辆车每公里收运量这 5 个关键性指标,运用 DEA 模型和 CW 模型对台湾 307 个垃圾收运系统进行综合评价;林晓东^[15]提出了包括经济性评价、高效性评价、环境影响评价、资源化评价、安全与应急评价、管理与社会评价等指标在内的 3 个指标层级的垃圾收运系统绩效评价体系,采用层次分析法对重庆市垃圾收运系统进行了综合评价。

总体上看,目前针对城市生活垃圾转运效率的研究成果还较少,且研究对象主要集中于中转站单位,缺乏对包含中转站及其上下游运输在内的转运单元的关注;指标选取上多考虑经济效率,忽略了垃圾转运过程的负外部效应,缺乏对环境效率的关注;结果分析上缺乏对效率影响因素的分析。鉴于此,综合考虑经济和环境效率构建评价指标体系,利用 DEA 法测算城市生活垃圾转运效率,并通过 Tobit 模型对效率的影响因素进行分析。

1 研究方法

1.1 数据包络分析

DEA 是一种常用的效率评价方法,用以评价多指标输入和多指标输出的相同类型的决策单元(decision making unit, DMU)之间的相对效率。1978 年 CHARNES 等^[16]学者提出了第 1 个 DEA 模型——CCR 模型。该方法不需要预先估计参数,且无需考虑量纲的同一化,在避免主观因素、减少误差和运算简化等方面有很大的优越性。目前,DEA 模型已被广泛应用于经济^[17]、企业运营^[18]、交通^[19]、生态^[20]、环境^[21]和能源^[22]等领域的效率评价。

城市生活垃圾转运可以看成是一个多投入多产出的系统,但其生产过程会产生碳排放和二次污染等“非期望产出”(undesirable output),即要越少越好,而传统 DEA 模型的假设是产出最大化,显然不适用。因此,必须对非期望产出指标进行处理,主要方法包括:将其变为投入指标;将其乘以-1 再转换成正向属性;方向性距离函数法。前两者能直接使用传统 DEA 模型运算,但不能反映实际生产过程,因此会造成偏差,第 3 种方法忽视了投入和产出指标的松弛性问题,因而其度量的效率值不准确或有偏差。由此, TONE^[23]提出了 SBM 模型,将松弛

变量直接纳入目标函数之中,不仅解决了投入产出指标的松弛性问题,还避免了径向和角度选择带来的误差。而考虑非期望产出的 SBM 模型(SBM-undesirable model)也随之发展起来^[24],大量研究表明,该模型更能准确地实现存在非期望产出情况下的效率评价^[19,25]。因此,该研究采用 SBM-undesirable 模型,以更加准确地测算城市生活垃圾转运效率。

模型具体原理如下:假定垃圾转运系统有 n 个决策单元(DMU),且每个决策单元有 3 个向量,即投入、期望产出和非期望产出向量,那么,第 j 个 DMU 的投入、期望产出和非期望产出项可分别表示为 $\mathbf{x}_j = (x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, \dots, x_{mj})^T \in R^m$, $\mathbf{y}_j^g = (y_{1j}^g, y_{2j}^g, y_{3j}^g, \dots, y_{s_1j}^g)^T \in R^{s_1}$, $\mathbf{y}_j^b = (y_{1j}^b, y_{2j}^b, y_{3j}^b, \dots, y_{s_2j}^b)^T \in R^{s_2}$, $j=1, 2, 3, \dots, n$ 。其中 m, s_1 和 s_2 分别表示投入、期望产出和非期望产出的指标数。对于所有 DMU 来说,可相应定义投入、产出和非期望产出的矩阵分别为 $\mathbf{X} = [\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3, \dots, \mathbf{x}_j, \dots, \mathbf{x}_n] \in R^{m \times n}$, $\mathbf{Y}^g = [\mathbf{y}_1^g, \mathbf{y}_2^g, \mathbf{y}_3^g, \dots, \mathbf{y}_j^g, \dots, \mathbf{y}_n^g] \in R^{s_1 \times n}$, $\mathbf{Y}^b = [\mathbf{y}_1^b, \mathbf{y}_2^b, \mathbf{y}_3^b, \dots, \mathbf{y}_j^b, \dots, \mathbf{y}_n^b] \in R^{s_2 \times n}$ 。其中, $\mathbf{X} > 0$, $\mathbf{Y}^g > 0$, $\mathbf{Y}^b > 0$ 。在规模报酬可变的情况下,生产可能集 P 定义为

$$P = \{ (\mathbf{x}, \mathbf{y}^g, \mathbf{y}^b) \mid \mathbf{x} \geq \mathbf{X}\boldsymbol{\lambda}, \mathbf{y}^g \leq \mathbf{Y}^g\boldsymbol{\lambda}, \mathbf{y}^b \geq \mathbf{Y}^b\boldsymbol{\lambda}, \boldsymbol{\lambda} \geq 0 \} \quad (1)$$

式(1)中, $\boldsymbol{\lambda}$ 为权重向量。

因此,SBM 模型可表示为

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{t=1}^{s_2} \frac{s_t^b}{y_{t0}^b} \right)} \quad (2)$$

$$\mathbf{x}_0 = \mathbf{X}\boldsymbol{\lambda} + \mathbf{s}^-, \boldsymbol{\lambda} \geq 0, \mathbf{s}^- \geq 0, \quad (3)$$

$$\mathbf{y}_0^g = \mathbf{Y}^g\boldsymbol{\lambda} - \mathbf{s}^g, \mathbf{s}^g \geq 0, \quad (4)$$

$$\mathbf{y}_0^b = \mathbf{Y}^b\boldsymbol{\lambda} + \mathbf{s}^b, \mathbf{s}^b \geq 0. \quad (5)$$

式(2)~(5)中, \mathbf{x}_0 , \mathbf{y}_0^g 和 \mathbf{y}_0^b 分别为某 DMU 的投入、期望产出和非期望产出组合; x_{i0} , y_{r0}^g 和 y_{t0}^b 分别表示第 i 个投入、第 r 个期望产出和第 t 个非期望产出 ($i=1, 2, 3, \dots, m; r=1, 2, 3, \dots, s_1; t=1, 2, 3, \dots, s_2$); \mathbf{s}^- , \mathbf{s}^g 和 \mathbf{s}^b 分别为投入、期望产出和非期望产出的松弛变量; $\frac{s_i^-}{x_{i0}}$, $\frac{s_r^g}{y_{r0}^g}$ 和 $\frac{s_t^b}{y_{t0}^b}$ 分别表示投入冗余率、期望

产出不足率和非期望产出冗余率。目标函数 ρ^* 关于 \mathbf{s}^- , \mathbf{s}^g , \mathbf{s}^b 是严格递减的,并且 $0 \leq \rho^* \leq 1$ 。对于特定的评价单元,当 $\rho^* = 1$,即 \mathbf{s}^- , \mathbf{s}^g 和 \mathbf{s}^b 全为 0 时,表明决策单元已处于效率最优状态;当 $\rho^* < 1$,即 \mathbf{s}^- , \mathbf{s}^g 和 \mathbf{s}^b 不全为 0 时,则表示决策单元存在效率损

失; ρ^* 越接近 1 则表示效率越高。

1.2 Tobit 模型

DEA 模型引入的变量是决策单元内部可控的投入和产出,没有考虑外部不可控因素。而这些不可控因素是造成决策单元效率差异的重要原因。为进一步分析效率的影响因素及其影响程度,在 DEA 分析的基础上衍生出一种两阶段分析法:第 1 阶段采用 DEA 测算各个决策单元的效率值,第 2 阶段以上一步得出的效率值作为因变量,以影响因素作为自变量进行回归分析。由于根据 DEA 模型测算出的效率被限制在 0~1 之间,如果使用普通最小二乘法直接回归,会导致参数估计值出现严重偏差。因此,通常采用受限因变量模型,也就是 Tobit 模型进行回归分析。标准 Tobit 模型基本思路如下:

$$y_i^* = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta} + \varepsilon_i, \tag{6}$$

$$y_i = \begin{cases} y_i^*, & y_i^* > 0 \\ 0, & y_i^* \leq 0 \end{cases} \tag{7}$$

式(6)~(7)中, y_i^* 为潜变量; \mathbf{X}_i 为自变量向量; $\boldsymbol{\beta}$ 为相关系数向量; ε_i 为随机变量,服从正态分布; y_i 为观察到的因变量。

2 研究对象与指标构建

2.1 研究对象

浦东新区位于上海市东部,总面积为 1 373.83 km²,2013 年常住人口达 540.9 万,全年生活垃圾清运量达 151.21 万 t,日均垃圾清运量达 4 143 t。按照《上海市固体废弃物处置发展规划》要求,浦东新区生活垃圾单独处理,独成系统,目前已具备较为完善和独立的垃圾收运和处置体系。在垃圾收运方面,基本形成了直运和转运相结合的方式。距离垃圾处置厂较近的地区采用直运方式,其余均采用转运方式,即使用中小型运输车辆将生活垃圾从收集点运往中转站,再使用大中型车辆运至处置厂。目前,浦东新区共有 14 个垃圾中转站,包括 1 个建

筑垃圾中转站和 13 个生活垃圾中转站,服务面积覆盖全区 78%左右(图 1)。为了准确地反映浦东新区的生活垃圾转运效率,基于 DEA 方法的评价原则,需要选取具有相同功能的决策单元进行比较研究,因此将研究对象确定为以垃圾中转站为核心,包含上下游运输环节的生活垃圾转运单元,每个转运单元即 1 个决策单元,共计 13 个。

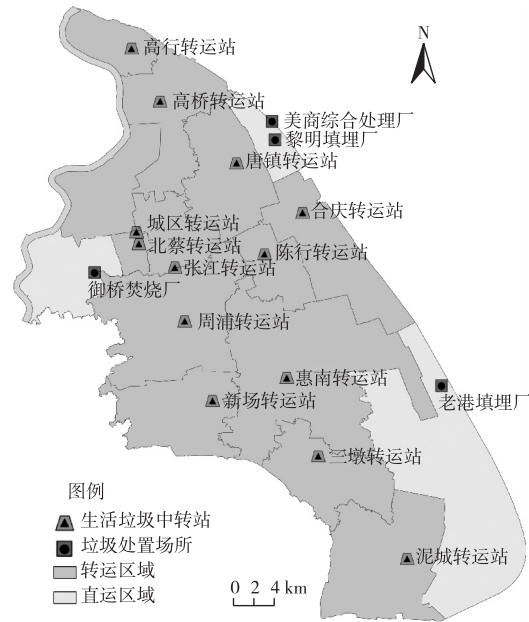


图 1 上海市浦东新区生活垃圾中转站分布及服务范围
Fig. 1 Distribution of the 13 MSW staging stations in the Pudong New District

2.2 指标构建与数据说明

2.2.1 效率评价指标体系构建

根据完整性、独立性、代表性和数据可获得性原则,考虑经济和环境效率,选取固定投入、运行投入、工作人员和能源消耗作为投入指标,清运量作为期望产出指标,碳排放量作为非期望产出指标(表 1)。

表 1 城市生活垃圾转运效率评价指标体系

Table 1 Efficiency evaluation index system for urban MSW transfer

指标类型	准则	指标名称	含义
投入指标	资金投入	固定投入	中转站建设和设备投入、运输车辆购置费
		运行投入	设备、车辆维护费用
	劳动力投入	工作人员	中转站、上下游运输工作人员总数
产出指标	能源投入	能源消耗	中转站的水电消耗、运输油耗总量
	经济效率(期望产出)	清运量	运往垃圾处置厂的垃圾量
	环境效率(非期望产出)	碳排放量	能源消耗产生的碳排放量

需要说明的是,由于垃圾转运过程产生的二次污染数据无法获得,因此仅引入碳排放指标作为非期望产出,其计算方法为

$$T_{CO_2} = E_o F_o K_o + E_e K_e \quad (8)$$

式(8)中, T_{CO_2} 为 CO_2 排放总量,t; E_o 为运输车柴油消耗量,t; E_e 为中转站电力消耗量,kWh; K_o 和 K_e 分别为柴油和电力的 CO_2 排放系数, K_o 根据IPCC取值为 $74\ 100\text{ kg} \cdot (\text{TJ})^{-1}$, K_e 根据2013年华东区域电网基准排放因子取值为 $0.810\ 0\text{ kg} \cdot (\text{kWh})^{-1}$; F_o 为柴油的净热值,为 $43 \times 10^{-6}\text{ TJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其余指标数据均来自浦东新区固体废弃物管理署和浦东新区垃圾收运运营企业2013年的相关统计数据。

2.2.2 影响因素选取

目前,关于垃圾转运效率影响因素的研究尚少,笔者根据实际调研及相关分析,考虑区域、设施和政策的影响,引入收集密度、服务半径、设备水平、中转站规模和垃圾分类情况等变量作为影响因素进行分析(表2)。

表2 影响因素变量定义及说明

Table 2 Definition and description of influencing factor variables

准则	变量名称	含义
区域因素	收集密度	服务范围内每平方公里收集的垃圾量
	服务半径	中转站的服务半径
设施因素	设备水平	虚拟变量,中转站带有压缩、除臭等先进设备取值1,否则为0
	中转站规模	中转站设计转运能力
政策因素	垃圾分类情况	垃圾分类试点覆盖的人口占服务人口比例

3 实证结果与分析

3.1 效率分析

运用DEA Solver Pro 5.0软件,选择SBM-undesirable模型测算13个转运单元的综合效率值,同时为了考察加入非期望产出对生活垃圾转运效率的实际影响,采用传统CCR模型对不含非期望产出变量的垃圾转运效率进行测度(图2)。从图2可以看出,考虑非期望产出情况下的SBM-undesirable模型测度的效率值明显低于CCR模型测度结果,整体降幅达20%。这说明垃圾转运产生的非期望产出对浦东新区生活垃圾转运的整体效率损失产生影响,在不考虑非期望产出情况下对其进行效率评价有所失真。因此,基于SBM-undesirable模型的效率测度更能反映各转运单元运行效率的真实水平。下

文分析均采用SBM-undesirable模型测度结果。

从表3可知,浦东新区生活垃圾转运平均综合效率为0.668。13个转运单元中只有北蔡、城区和高行的综合效率值为1,说明相对于其他转运单元,这3个转运单元已处于效率最优状态。其余10个转运单元均存在效率损失和要素投入冗余现象,各转运单元资源存在无效率利用,非期望产出过多,需要优化投入和产出使其效率达到有效状态。

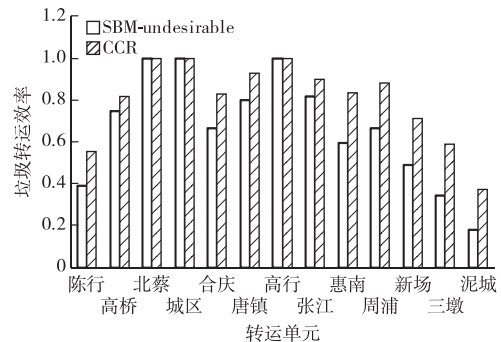


图2 考虑非期望产出和不考虑非期望产出的浦东新区13个垃圾转运单元效率比较

Fig. 2 Comparison between the 13 MSW staging stations in MSW transfer efficiency with or without taking into account unexpected output

从投入冗余角度看,生活垃圾转运效率损失的主要影响因素依次为固定投入、运行投入和人员投入。其中,陈行、新场、三墩和泥城转运单元的投入冗余率最大,相对效率十分低下。在这4个转运单元中,作为其核心的垃圾中转站都不具备压缩设备,垃圾直接露天散落堆放,而且使用时间均已达到10a以上,接近设计使用年限,普遍存在设备老化、负荷过大和转运能力低下等问题,导致其维护费用和人工成本居高不下。惠南和周浦中转站属于现代化中转站,但可能由于其服务范围半径较大,收集车辆运次较少,利用率低下,造成固定投入冗余率较高。能源投入中运输油耗占比达90%以上,而运输油耗与运距呈正相关,一定程度上可以通过路线优化来改进效率,如合庆、唐镇、张江、惠南、周浦和新场等转运单元;而能源投入冗余率很高的转运单元,如泥城、陈行和三墩等,则要重新评估中转站的选址及服务范围是否合理。

从产出角度看,碳排放是造成生活垃圾转运效率损失的主要原因。碳排放主要是由于垃圾转运过程中消耗能源产生,与能源种类及消耗量有关,可见转运单元的能源使用效率还存在优化空间。

表3 浦东新区13个生活垃圾转运单元的综合效率、投入冗余比例及产出改进比例

Table 3 Comprehensive efficiency, input redundancy and output improvement of the 13 MSW staging stations

转运单元	综合效率	投入冗余比例/%				产出改进比例/%	
		固定投入	运行投入	人员投入	能源投入	碳排放	清运量
陈行	0.389	-60.07	-60.17	-58.71	-41.23	-31.35	0.00
高桥	0.746	-28.06	-24.38	-17.93	-20.83	-6.89	0.00
北蔡	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
城区	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合庆	0.666	-41.23	-40.23	-39.23	-12.15	-0.63	0.00
唐镇	0.799	-9.50	-33.23	-6.89	-13.39	-11.00	0.00
高行	1.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
张江	0.816	-20.50	-28.70	-16.37	-8.22	0.00	0.00
惠南	0.594	-69.46	-39.66	-42.31	-5.70	-4.61	0.00
周浦	0.667	-61.63	-31.84	-19.20	-9.92	-8.09	0.00
新场	0.488	-58.68	-56.56	-60.00	-20.55	-9.30	0.00
三墩	0.343	-68.65	-68.95	-73.46	-32.63	-27.91	0.00
泥城	0.176	-84.69	-81.84	-89.47	-56.39	-48.18	0.00
平均值	0.668	-38.65	-35.81	-32.58	-17.00	-11.38	0.00

将综合效率值按 >1.0 、 $>0.7\sim 1.0$ 、 $>0.4\sim 0.7$ 和 $0\sim 0.4$ 这4个等级划分为高效、相对高效、相对低效和低效4种类型。结果(图3)显示,北部生活垃圾转运效率最高,中部次之,南部最低,可见浦东新区生活垃圾转运效率在空间分布上具有明显差异性,效率较高的单元主要集中在人口密度高、城市化水平较高的区域。究其原因,可能是由于人口密度高的地区垃圾收集密度高,收集车辆利用率、装载率和单位时间产量都较高,达到转运设备的规模经济效应,从而表现出较高的转运效率。

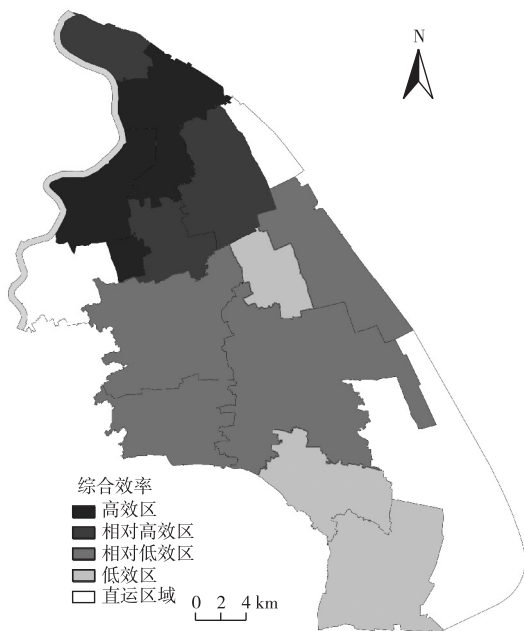


图3 上海市浦东新区生活垃圾转运综合效率空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of MSW transfer efficiency in the Pudong New District

3.2 影响因素分析

以综合效率得分为因变量,收集密度、服务半径、设备水平、中转站规模和垃圾分类情况为自变量,运用 Stata 12.0 软件进行 Tobit 回归分析,运算结果见表4。从表4可知,收集密度、设备水平、垃圾分类情况与生活垃圾转运效率呈正相关关系。其中,设备水平变量对垃圾转运效率的影响贡献最大,说明具有压缩和除臭等功能的转运单元效率相对较高,而通过 DEA 分析也发现一些设备陈旧、负荷过大的转运单元效率极低,应该予以改进。其次,收集密度越高,转运效率越高,这也验证了前文对转运效率空间分布特征的分析。最后,垃圾分类工作推进越广的区域垃圾转运效率越高,这可能是由于源头垃圾分类达到减量化效果,且干湿分类减少了运往转运站的垃圾含水量,转运站压缩负荷降低,车辆装载率普遍提高,从而提高了转运效率。另外,中转站规模大小与转运效率呈负相关,但其相关系数很小,说明影响程度较低。综上,可以得出收集密度、设备水平和垃圾分类情况对生活垃圾转运效率有显著影响。

表4 Tobit 回归分析结果

Table 4 Tobit regression analysis

解释变量	相关系数	标准误差
收集密度	0.058 1*	0.028 6
服务半径	0.018 2	0.012 1
设备水平	0.221 5**	0.083 7
中转站规模	-0.001 1**	0.000 4
垃圾分类情况	0.015 8**	0.005 8

* 和 ** 分别表示在 5% 和 1% 置信水平上相关显著。

4 结论与建议

DEA-Tobit 两阶段法可以较好地应用于生活垃圾转运效率评价,可以反映城市环境卫生管理的综合水平;碳排放造成了效率损失,因此考虑非期望产出的综合效率更能够反映生活垃圾转运效率水平的实际情况;浦东生活垃圾转运效率目前处于中等偏上水平,并呈现北高南低的空间分布特征;收集密度、设备水平和垃圾分类与生活垃圾转运效率呈正相关关系,且对转运效率均有显著影响。

为了提高城市生活垃圾转运效率,可以从以下几个方面进行改进:提高垃圾中转站的设备水平,老旧、垃圾露天散落堆放的中转站应该进行优化和改进,引进压缩、除臭设备,逐步走向垃圾密闭不落地的现代化经营之路;推进垃圾分类工作,特别要注重垃圾的干湿分类,从源头上减少垃圾清运量,在提高垃圾转运效率的同时促进固体废弃物的资源化利用;对于垃圾收集密度较低的地区可以考虑在合适位置建立一定数量的小型一级中转站,原有垃圾中转站作为二级转运单元,由此可以精简车辆数量,提高转运效率;一些能源投入冗余率较高的转运单元可以通过路线优化提高转运效率,特别严重的要考虑重新评估选址是否合理,与上位规划相互衔接另外布局,并对上位规划提出修改性建议。

参考文献:

- [1] WANG H, NIE Y. Municipal Solid Waste Characteristics and Management in China [J]. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 2001, 51(2): 250-263.
- [2] SIMONETTO E O, BORENSTEIN D. A Decision Support System for the Operational Planning of Solid Waste Collection [J]. *Waste Management*, 2007, 27(10): 1286-1297.
- [3] WIRASINGHE S C. An Approximate Procedure for Determining the Number, Capacities and Locations of Solid Waste Transfer-Stations in an Urban Region [J]. *European Journal of Operational Research*, 1983, 12(1): 105-111.
- [4] OMER K, NESIM E. Selecting Transfer Station Locations for Large Solid Waste Systems [J]. *European Journal of Operational Research*, 1988(35): 339-349.
- [5] TAVARES G, ZSIGRAIOVA Z, SEMIAO V, et al. Optimisation of MSW Collection Routes for Minimum Fuel Consumption Using 3D GIS Modeling [J]. *Waste Management*, 2009, 29(3): 1176-1185.
- [6] TZIPI E, MIRA G B, MORDECHAI S, et al. Measuring Externalities of Waste Transfer Stations in Israel Using Hedonic Pricing [J]. *Waste Management*, 2007, 27(5): 614-625.
- [7] BOVEA M D, POWELL J C, GALLARDO A, et al. The Role Played by Environmental Factors in the Integration of a Transfer Station in a Municipal Solid Waste Management System [J]. *Waste Management*, 2007, 27(4): 545-553.
- [8] 王金华, 孙可伟, 房镇. 城市垃圾中转站选址研究 [J]. *环境科学与管理*, 2008, 33(5): 57-59.
- [9] 肖菊仙. 垃圾中转站项目风险评价体系研究 [J]. *上海建设科技*, 2013(5): 60-62.
- [10] 马培东, 黄川, 王里奥, 等. 城市生活垃圾转运站经济合理性研究 [J]. *环境卫生工程*, 2006, 14(6): 14-16.
- [11] 易思宇, 陈海滨, 胡洋, 等. 基于 DEA 模型的生活垃圾转运站产能及效率评价的初步研究 [J]. *环境卫生工程*, 2012, 20(1): 44-47.
- [12] 周靖承. 基于 DEA 模型的我国城市生活垃圾管理效率评价 [J]. *中国环境科学*, 2012, 32(7): 1332-1338.
- [13] 薛庆根, 褚保金, 俞立平. 基于 DEA 的城市市容环境卫生效率研究 [J]. *生态经济*, 2008, 12(5): 133-136.
- [14] YOUTI H, TZECHIN P, JEHNJUNG K. Performance Assessment for Municipal Solid Waste Collection in Taiwan [J]. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(4): 1277-1283.
- [15] 林晓东. 垃圾收运系统绩效评估模型及其应用研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [16] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the Efficiency of DMU [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [17] 俞立平, 周曙东, 王艾敏. 中国城市经济效率测度研究 [J]. *中国人口科学*, 2006(4): 51-56.
- [18] 韩晶. 中国钢铁业上市公司的生产力和生产效率: 基于 DEA-TOBIT 两步法的实证研究 [J]. *北京师范大学学报: 社会科学版*, 2008(1): 119-126.
- [19] 杨良杰, 吴威, 苏勤, 等. 基于 SBM-Undesirable 模型的 1997—2010 中国公路运输效率评价 [J]. *地理科学进展*, 2013, 32(11): 1602-1611.
- [20] 李磊, 刘洁, 刘学, 等. 无锡市可持续发展综合评价 [J]. *生态与农村环境学报*, 2011, 27(6): 14-18.
- [21] 王俊能, 许振成, 胡习邦, 等. 基于 DEA 理论的中国区域环境效率分析 [J]. *中国环境科学*, 2010, 30(4): 565-750.
- [22] 王强, 樊杰, 伍世代. 1990—2009 年中国区域能源效率时空分异特征与成因 [J]. *地理研究*, 2014, 33(1): 43-56.
- [23] TONE K. A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498-509.
- [24] TONE K. Dealing With Undesirable Outputs in DEA: A Slacks-Based Measure (SBM) Approach [EB/OL]. (2007-04-10) [2014-12-20]. <http://scienc-dinks.jp/j-east.2014-11-2>.
- [25] 杨可清, 段学军, 叶磊. 基于 SBM-Undesirable 模型的城市土地利用效率评价 [J]. *资源科学*, 2014, 36(4): 712-721.

作者简介: 郑莹莹(1990—), 女, 福建泉州人, 硕士生, 主要研究方向为环境管理。E-mail: yingyingzheng0203@163.com

(责任编辑: 许素)

基于DEA-Tobit两阶段法的上海浦东新区垃圾转运效率及其影响因素

作者: [郑莹莹](#), [周锐](#), [王新军](#), [ZHENG Yingying](#), [ZHOU Rui](#), [WANG Xinjun](#)
作者单位: [郑莹莹, ZHENG Yingying \(复旦大学环境科学与工程系, 上海, 200433\)](#), [周锐, ZHOU Rui \(复旦大学城市规划与发展研究中心, 上海, 200433\)](#), [王新军, WANG Xinjun \(复旦大学环境科学与工程系, 上海 200433; 复旦大学城市规划与发展研究中心, 上海 200433\)](#)
刊名: [生态与农村环境学报](#) 
英文刊名: [Journal of Ecology and Rural Environment](#)
年, 卷(期): 2015 (3)

引用本文格式: [郑莹莹](#). [周锐](#). [王新军](#). [ZHENG Yingying](#). [ZHOU Rui](#). [WANG Xinjun](#) [基于DEA-Tobit两阶段法的上海浦东新区垃圾转运效率及其影响因素](#)[期刊论文]-[生态与农村环境学报](#) 2015 (3)