

徐礼来, 闫祯, 崔胜辉. 2013. 城市生活垃圾产量影响因素的路径分析——以厦门市为例[J]. 环境科学学报, 33(4): 1180-1185

Xu L L, Yan Z, Cui S H. 2013. Path analysis of influencing factors on municipal solid waste generation: A case study of Xiamen City [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 33(4): 1180-1185

## 城市生活垃圾产量影响因素的路径分析 ——以厦门市为例

徐礼来<sup>1,2</sup>, 闫祯<sup>1,2</sup>, 崔胜辉<sup>1,2,\*</sup>

1. 中国科学院城市环境与健康重点实验室, 中国科学院城市环境研究所, 厦门 361021

2. 厦门市城市代谢重点实验室, 厦门 361021

收稿日期: 2012-07-15

修回日期: 2012-09-10

录用日期: 2012-09-11

**摘要:** 城市生活垃圾产量日益剧增, 已成为制约我国城市健康和可持续发展的瓶颈. 深入开展城市生活垃圾产生量的影响因素研究有助于揭示垃圾产生机制, 把握其动态变化趋势, 从而指导生活垃圾可持续管理及调控. 因此, 以厦门市为例, 基于 1979—2010 年生活垃圾清运量及经济、生活水平、城市发展水平、社会人口学特征、自然等方面的时间序列数据, 运用路径分析方法, 开展了城市生活垃圾产量影响因素研究. 结果表明, 所构建的路径分析模型拟合优度很高, 相比较简单的相关分析, 很好地解释了因素与垃圾产量的因果关系; 城市规模、人均可支配收入、城市化率、GDP 的直接影响系数分别为 0.58 ( $p < 0.001$ )、0.55 ( $p < 0.001$ )、0.52 ( $p < 0.001$ )、0.51 ( $p < 0.001$ ), 均大于 0.5, 说明正影响作用很大; 家庭特征直接影响系数为 -0.40 ( $p < 0.001$ ), 为较大负影响; GDP 通过旅游人次、城市规模通过家庭特征对垃圾产量有间接作用, 影响系数分别为 0.13 ( $p < 0.001$ )、0.31 ( $p < 0.001$ ); 各因素总影响系数排序为城市规模 (0.89,  $p < 0.001$ ) > GDP (0.64,  $p < 0.001$ ) > 人均可支配收入 (0.55,  $p < 0.001$ ) > 城市化率 (0.52,  $p < 0.001$ ) > 家庭特征 (-0.40,  $p < 0.001$ ) > 旅游人次 (0.19,  $p < 0.001$ ) > 年均温度 (0.09,  $p < 0.001$ ); 旅游人次影响作用为中等偏弱, 温度只引起生活垃圾产量的年内变动而不影响年际变化.

**关键词:** 城市生活垃圾; 产量; 影响因素; 路径分析

文章编号: 0253-2468(2013)04-1180-06

中图分类号: X32

文献标识码: A

## Path analysis of influencing factors on municipal solid waste generation: A case study of Xiamen City

XU Lilai<sup>1,2</sup>, YAN Zhen<sup>1,2</sup>, CUI Shenghui<sup>1,2,\*</sup>

1. Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021

2. Xiamen Key Lab of Urban Metabolism, Xiamen 361021

Received 15 July 2012;

received in revised form 10 September 2012;

accepted 11 September 2012

**Abstract:** The increasing amount of municipal solid waste (MSW) has imposed great challenges to healthy and sustainable development of the cities. Study of the relationship between influencing factors and MSW is crucial to explore the metabolism of MSW generation and forecast its dynamic trend, which is fundamental in guiding the sustainable management and regulation of MSW. To investigate the relationship between factors and MSW generation, a case study of Xiamen city was conducted by employing path analysis based on time series data of MSW, economy, residents' living standards, urban development, socio-demographic and natural characteristics from 1979 to 2010. The results showed that the proposed path model exhibited good fit indices and could explain the causality between factors and MSW compared with simple correlation analysis. The direct effects of city size, per capita disposable income, urbanization rate and GDP were 0.58 ( $p < 0.001$ ), 0.55 ( $p < 0.001$ ), 0.52 ( $p < 0.001$ ), and 0.51 ( $p < 0.001$ ) that were all greater than 0.5, which indicated their significant positive effects. Household characteristics had a relatively significant negative direct effect (-0.40,  $p < 0.001$ ). GDP had a positive indirect effect (0.13,  $p < 0.001$ ) through tourist population, and city size had a positive indirect effect (0.31,  $p < 0.001$ ) through household characteristics on MSW generation. Total effects of variables were ranged as city size (0.89,  $p < 0.001$ ) > GDP (0.64,  $p < 0.001$ ) > per capita disposable income (0.55,  $p < 0.001$ ) > urbanization rate (0.52,  $p < 0.001$ ) > household characteristics (-0.40,  $p < 0.001$ ) > tourist population (0.19,  $p < 0.001$ ) > mean annual temperature (0.09,  $p < 0.001$ ). Tourist population had weak positive effects and temperature

**基金项目:** 福建省科技计划项目 (No. 2010I0014); 厦门市科技计划项目 (No. 3502Z20101015, 3502Z20111049)

**Supported by** the Science and Technology Project of Fujian Province (No. 2010I0014) and the Science and Technology Project of Xiamen City (No. 3502Z20101015, 3502Z20111049)

**作者简介:** 徐礼来 (1987—), 男, E-mail: llxu@iue.ac.cn; \* 通讯作者 (责任作者), E-mail: shcui@iue.ac.cn

**Biography:** XU Lilai (1987—), male, E-mail: llxu@iue.ac.cn; \* **Corresponding author**, E-mail: shcui@iue.ac.cn

can only influence inner-annual variation of MSW generation rather than inter-annual changes.

**Keywords:** municipal solid waste; generation; factors; path analysis

## 1 引言(Introduction)

随着社会、经济的高速发展及居民消费模式的转变,城市生活垃圾的产量日益剧增.2010年我国城市生活垃圾清运量为15804.8万t,相较1979年的2508万t,增加了5倍多,年平均增长率高达6.1%(中国统计局,2010).全国几乎2/3的城市已被垃圾包围,并且这个包围圈开始逐渐向农村扩张.生活垃圾剧增引起的一系列环境、经济和社会问题,严重阻碍了城市的健康与可持续发展(Giusti, 2009; Pan *et al.*, 2010).深入开展城市生活垃圾产量影响因素研究对揭示生活垃圾产生机制,准确把握生活垃圾动态变化,指导城市生活垃圾可持续管理与调控具有十分重要的意义.

20世纪70年代以来,国内外学者分别从家庭、城市、国家3个尺度就生活垃圾产生量的影响因素做了大量研究.家庭尺度上的研究表明,生活垃圾产生量与该尺度上的经济、社会人口学特征及个体行为紧密相关(Dangi *et al.*, 2008; Ojeda-Benitez *et al.*, 2008; Thanh *et al.*, 2010).城市尺度上的研究表明,城市化水平、社会经济属性与生活垃圾产量有着深刻的内在联系.例如,潘玲阳等(2011)研究了城市化梯度下不同社区垃圾产量,发现城市和农村社区垃圾产量高于城郊社区;范常忠和张淑娟(1997)研究认为,所有因素中城市人口规模、GDP增速对生活垃圾产生量影响最显著且呈正相关;Buenrostro等(2001)和Beigl等(2004)研究指出,城市人均垃圾产量与家庭规模呈显著负相关,就业人口会影响居民生活垃圾和企事业生活垃圾产生量;自然因素的影响同样不可忽视,台风、暴雨等极端气候事件可能引起垃圾产量的短时剧增(Chen *et al.*, 2007).国家尺度上的研究多以宏观的社会、经济、人口等指标为基础,GDP、工业总产值、城镇总人口、城市建成区面积、居民消费支出等都与城市生活垃圾产生量呈现显著的正相关关系,因而被频繁应用于国家尺度上生活垃圾量的预测(Daskalopoulos *et al.*, 1998; 杜吴鹏等, 2006).然而已有研究大都基于简单相关分析或聚类分析,虽然能较好地反映城市生活垃圾产量与因素间的相关性,但不能进一步揭示因素与生活垃圾产量的因果关系,更不能定量确定这种因果关系的直接和间

接作用效果.因此,本研究以厦门市为例,探讨城市尺度上影响生活垃圾产量的主要因素,量化经济、生活水平、城市发展水平、社会人口学特征、自然等方面因素与生活垃圾产量的直接和间接因果关系,以期城市生活垃圾管理提供科学依据.

## 2 材料与方法(Materials and methods)

### 2.1 数据来源

本研究所用的1979—2010年厦门市生活垃圾清运量及经济、生活水平、城市发展水平、社会人口学特征、自然等相关方面数据来源于《福建统计年鉴》、《厦门经济特区年鉴》及厦门市市容环境卫生管理处.

### 2.2 路径分析

路径分析由遗传学家Sewall Wright于1921年首次提出,是一种探讨多重变量之间因果结构模式的统计技术,用以检验一个假想的因果模型的准确和可靠程度,测量变量间因果关系的强弱(Streiner, 2005).所构建的假设模型中包括观测(测量)变量和潜在变量,测量变量是可以通过测量直接得到的变量,模型中用长方形表示;潜在变量则需要由观测变量推估出来,模型中用椭圆表示.为定量探究各因素与城市生活垃圾产量的因果关系,构建厦门城市生活垃圾产量影响因素路径分析模型,本研究用历年城市生活垃圾清运量代表生活垃圾产量,因为生活垃圾清运量与垃圾产量呈正比,一定时期内的比例系数为常数,因而可以等效替代;并且拟定GDP、人均可支配收入、城市化率、城市规模、家庭特征、年均温度等6个指标分别代表经济、生活水平、城市发展水平、社会人口学、自然方面的影响因素,考虑厦门旅游城市的性质,特别加入了旅游人次.由于城市垃圾管理水平、居民文化素质等个体因素难以量化,因而模型建立时未作考虑.所构建的影响因素体系中,GDP、人均可支配收入、城市化率、旅游人次和年均温度为测量变量,家庭特征和城市规模为潜在变量,家庭特征由家庭规模、户均就业人口两个观测变量表示,城市规模用城市建成区面积和城市常住人口表示.基于前人研究(Streiner, 2005)和一般逻辑,构建如图1所示的因果路径.假设GDP、人均可支配收入、城市化率、城市规模、旅游人次、年均温度和家庭特征对生活垃

圾产量有直接影响,GDP 通过旅游人次的中介作用、城市规模通过家庭特征的中介作用对生活垃圾产量还有间接影响。

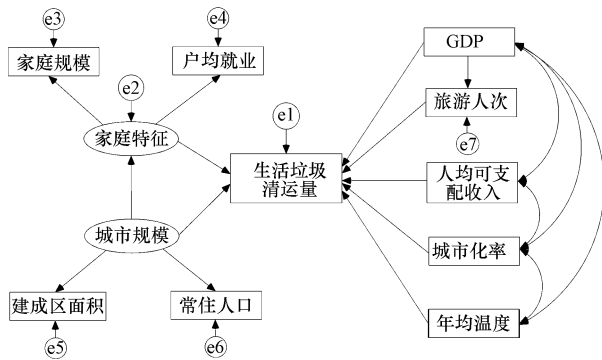


图1 城市生活垃圾影响因素路径图(单箭头表示直接影响效果,双箭头表示简单的相关关系,e代表模型未包括的其他影响因子)

Fig. 1 Path analysis diagram for the relationships between MSW and related factors (Single headed arrows indicate direct effects, double headed arrows indicate the simple correlations, e presents other factors that are not included in this model)

本研究数据分析和模型构建通过 SPASS17.0 和 AMOS17.0 实现. 路径分析模型的整体拟合优度通过卡方统计值( $\chi^2$ )、残差均方根(RMR)、近似误差均方根(RMSEA)、拟合优度指数(GFI)、调整拟合优度指数(AGFI)、比较拟合指数(CFI)及规范拟合指数(NFI)综合检验,如果模型参数估计同时满足卡方统计值不显著( $p > 0.05$ )、 $RMR < 0.1$ ,  $RMSEA < 0.05$ ,  $GFI > 0.9$ ,  $AGFI > 0.9$ ,  $CFI > 0.9$ ,  $NFI > 0.9$ ,则说明模型很好地拟合了数据,模型通过检验(Schumaker *et al.*, 2004; 侯杰泰等, 2004; Kline, 2005).

### 3 结果(Results)

#### 3.1 路径分析

3.1.1 模型拟合 根据上述假设的因果路径,借助 AMOS17.0,模型拟合得以实现. 模型拟合效果为,卡方统计值  $\chi^2 = 25.318, p = 0.201 > 0.05$  为不显著,  $RMSEA = 0.024 < 0.05$ ,  $RMR = 0.039 < 0.1$ ,  $GFI = 0.960 > 0.9$ ,  $AGFI = 0.931 > 0.9$ ,  $NFI = 0.952 > 0.9$ ,  $CFI = 0.963 > 0.9$ . 这些指标不仅说明模型对数据的拟合程度较好,也说明假设因果路模型很好地解释了各变量与生活垃圾产量的因果关系。

3.1.2 模型输出 图2为模型输出的因果关系图及路径系数,它直观地反映了各因素与城市生活垃圾产量的因果关系. 结果显示,GDP、人均可支配收

入、旅游人次、城市化率、年均温度、家庭特征、城市规模对生活垃圾产量有直接影响,其中,只有家庭特征表现出负的直接影响效果. 参考表1,根据路径系数的绝对值大小,因素的直接影响效果排序为城市规模(0.58,  $p < 0.001$ ) > 人均可支配收入(0.55,  $p < 0.001$ ) > 城市化率(0.52,  $p < 0.001$ ) > GDP(0.51,  $p < 0.001$ ) > 家庭特征(-0.40,  $p < 0.001$ ) > 旅游人次(0.19,  $p < 0.001$ ) > 年均温度(0.09,  $p < 0.001$ ). GDP 通过旅游人次、城市规模通过家庭特征对生活垃圾产量还有间接影响,作用大小分别为0.13( $p < 0.001$ )和0.31( $p < 0.001$ ). 直接影响系数和间接影响系数的代数和即为总影响系数,如表1所示,各因素对生活垃圾产量总影响系数大小排序为城市规模(0.89,  $p < 0.001$ ) > GDP(0.64,  $p < 0.001$ ) > 人均可支配收入(0.55,  $p < 0.001$ ) >

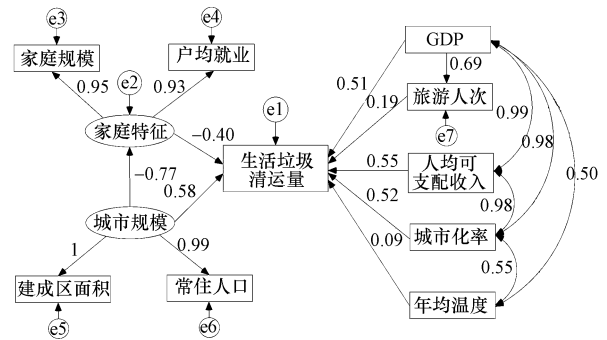


图2 各个因素影响城市生活垃圾产量路径系数

Fig. 2 Path coefficients of the proposed model

表1 变量间直接、间接和总影响系数

Table 1 Direct, indirect and total effects of variables

变量	自变量	直接影响系数	间接影响系数	总影响系数
生活垃圾清运量	城市化率	0.52		0.52
	GDP	0.51	0.13	0.64
	人均可支配收入	0.55		0.55
	城市规模	0.58	0.31	0.89
	家庭特征	-0.40		-0.40
	旅游人次	0.19		0.19
家庭规模	家庭特征	0.95		0.95
	城市规模		-0.73	-0.73
户均就业	家庭特征	0.93		0.93
	城市规模		-0.72	-0.72
旅游人次	GDP	0.69		0.69
家庭特征	城市规模	-0.77		-0.77
建成区面积	城市规模	1		1
常住人口	城市规模	0.99		0.99

注:所有数据均符合  $p < 0.001$ .

城市化率(0.52,  $p < 0.001$ ) > 家庭特征(-0.40,  $p < 0.001$ ) > 旅游人次(0.19,  $p < 0.001$ ) > 年均温度(0.09,  $p < 0.001$ )。所有影响因素中,城市规模、人均可支配收入、GDP 和城市化率的影响系数均大于 0.5,说明对生活垃圾产量影响很大;家庭规模的影响系数为 -0.40( $p < 0.001$ ),说明对生活垃圾产量影响比较大;而旅游人次的影响系数为 0.19( $p < 0.001$ ),为中等偏弱;代表自然因素的年均温度的路径系数只有 0.09( $p < 0.001$ ),表现出较弱的影响效果,基本可以忽略。所有因素中,城市规模的总影响效果明显大于其他因素;城市规模、人均可支配收入、GDP 和城市化率等 4 个内在因素的总影响效果明显大于社会人口学、旅游人次和代表自然因素

的年均温度。

### 3.2 相关性分析

对各因素与城市生活垃圾产量做 Pearson 相关性分析,结果如表 2 所示。所有因素中,旅游人次与城市生活垃圾产量的相关系数最大,呈显著的正相关关系;代表经济水平的 GDP 和代表城市规模的建成区面积、常住人口与城市生活垃圾产量的相关系数基本相同,也具有显著的正相关关系,略高于城市化率、人均可支配收入与城市生活垃圾产量表现出来的相关系数;代表家庭特征的户均就业、家庭规模与生活垃圾产量呈显著的负相关关系;而代表自然因素的年均温度与生活垃圾产量的相关系数为 0.556( $p < 0.01$ )。

表 2 各个变量间的相关系数  
Table 2 Correlation matrix of variables

	生活垃圾清运量	旅游人次	城市化率	年均温度	GDP	户均就业	家庭规模	建成区面积	常住人口	人均可支配收入
生活垃圾清运量	1									
旅游人次	0.990**	1								
城市化率	0.979**	0.993**	1							
年均温度	0.556**	0.510**	0.553**	1						
GDP	0.987**	0.994**	0.985**	0.503*	1					
户均就业	-0.749**	-0.760**	-0.782**	-0.587**	-0.724**	1				
家庭规模	-0.754**	-0.768**	-0.789**	-0.561**	-0.747**	0.881**	1			
建成区面积	0.987**	0.989**	0.978**	0.493*	0.996**	-0.701**	-0.722**	1		
常住人口	0.983**	0.996**	0.995**	0.513*	0.994**	-0.741**	-0.757**	0.992**	1	
人均可支配收入	0.979**	0.986**	0.984**	0.529*	0.991**	-0.745**	-0.776**	0.988**	0.989**	1

注: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ 。

## 4 讨论 (Discussion)

相比较简单的相关分析而言,虽然旅游人次与生活垃圾产量表现出显著的相关性,但路径分析发现旅游人次的直接影响系数实际只有 0.19( $p < 0.001$ ),影响效果为中等偏弱;简单相关分析中,GDP、人均可支配收入、城市规模和城市化率与生活垃圾产量表现出显著的相关性且差别不大,但路径分析结果表明四者的总影响系数差异较大,且城市规模 > GDP > 人均可支配收入 > 城市化率;家庭规模表现出负相关,与路径分析的输出基本一致,为比较大的负影响效果;相关分析中表现出显著相关的年均温度实际对生活垃圾产量的直接影响只有 0.09( $p < 0.001$ ),相对较弱,基本可以忽略。可见,路径分析与相关分析结果差异较大,并且前者能定量地输出直接、间接和总的因果关系,因而在城市

生活垃圾影响因素研究应用时具备较大优势。

影响城市生活垃圾产生的因素包括内在、社会人口学特征、个体、自然和政策因素 5 类。内在因素的作用机制就是伴随城市经济发展、居民生活水平提高、城市规模扩张和城市化水平提升,生活垃圾产量逐年递增的必然过程,已有的研究也表明,GDP、人均 GDP、城市人口和用地规模、城市人口比重等因子与生活垃圾产量呈显著的正相关关系(范常忠等, 1997; 周翠红等, 2003; Beigl *et al.*, 2008; 王秀芬等, 2010),但未就它们之间的因果关系及量化做进一步探讨。基于路径分析结果,城市规模、GDP、人均可支配收入和城市化率对生活垃圾产量的影响都很大,且大小关系为城市规模 > GDP > 人均可支配收入 > 城市化率。城市规模无论在直接影响还是总影响方面都最大,原因可能是城市用地扩张和人口集聚直接或间接地导致了城市道路清扫

垃圾、交通垃圾、居民生活垃圾、商业垃圾和企事业单位垃圾等主要生活垃圾来源的全面增长,因而作用效果最明显. 表征生活水平的人均可支配收入的直接影响(055,  $p < 0.001$ )仅次于城市规模,因为生活垃圾与生活水平提高紧密相关,生活水平提高引起的居民商品购买能力和食物消费增加导致商业垃圾与餐厨等居民生活垃圾两个最主要生活垃圾来源的显著增长. 代表经济水平的GDP总影响系数排列第二,因为城市生活垃圾主要产生于城市物流过程的消费环节,经济活动强度直接影响物质消费,显然经济水平与经济活动强度呈正比,因此,城市的经济发展水平是影响生活垃圾产量的重要因素之一. Sokka等(2007)和Liu等(2011)的研究认为,当国民经济发展到一定水平,GDP的继续增长对垃圾产量的拉动并不明显,但从路径分析输出来看,目前GDP对生活垃圾产量的直接影响系数达0.51( $p < 0.001$ ),正处于持续的正影响阶段. 此外,GDP通过旅游人次对生活垃圾产量的间接作用是由于经济发展导致旅游环境改善,大量游客涌入增加了商业垃圾等的产生. 伴随生产、生活与消费模式转变的高速城市化进程,生活垃圾产量也逐年递增,此观点在本研究得到证实.

本研究从家庭特征的角度研究了社会人口学特征对生活垃圾产量的影响,结果显示有比较大的负影响效果,因为家庭规模缩小导致人均生活垃圾产量增加,同时城市总人口不断增长,因而城市垃圾产量也相应增加. Beigl等(2004)研究了55个欧洲城市生活垃圾产生的影响因素,结果也表明生活垃圾总量与家庭规模呈显著负相关;此外,还有学者就教育水平、就业情况、消费习惯、文化和宗教信仰等因素与家庭生活垃圾产生的关系做了一定的探讨(Bandara *et al.*, 2007),但这些因素的影响机制和大小有待进一步研究. Yousuf等(2007)和Falahnezhad等(2011)研究认为,温度变化与季节更替会引起生活垃圾产量的年内变动;然而路径分析结果表明,年均温度的直接影响只有0.09( $p < 0.001$ ),相对较弱,基本可以忽略,说明温度因子只引起垃圾产量年内变动而不影响年际变化. 近年来由于政府的宏观调控,垃圾减量、源头分类、资源化再利用等相关政策因素对生活垃圾产生的影响愈加明显(Sokka *et al.*, 2007). 个体行为影响垃圾产生的研究也逐步兴起,Afroz等(2011)分析发现,环境污染关注程度、环保意识和垃圾分类意愿对城市

生活垃圾减量化有显著贡献,而肖黎珊等(2011)的研究认为关系不明显. 由于政策因素和个体因素难以量化,本研究模型构建并未考虑二者,如何量化政策和个体因素并将其运用于模型构建有待进一步研究.

## 5 结论(Conclusions)

1) 相比较简单的相关分析而言,路径分析能直观地揭示各因素与生活垃圾产量的因果关系,并能有效地定量输出直接、间接及总的的影响系数.

2) 城市规模、GDP、生活水平和城市化率是影响生活垃圾产量最重要的内在因素,影响大小顺序为城市规模 > GDP > 生活水平 > 城市化率. 可见,通过限制城市用地无序扩张、建设紧凑城市将城市规模控制在一定范围是遏制垃圾产量高速增长的最有效途径. 根据厦门市“十二五”规划,2015年GDP将是2010年的两倍,城市化率也将从80%上升到85%,内在因素的高速增长将导致生活垃圾的持续攀升,厦门市生活垃圾管理应该在产量动态预测的基础上评估现有垃圾处理、处置和管理的力度和适宜程度,规划并实施好城市生活垃圾综合管理体系.

3) 代表社会人口学特征的家庭规模与户均就业对生活垃圾产量有较强的负影响效果. 通过教育、法规、经济等手段鼓励并引导居民崇尚大家庭制,同时政府加大促进就业的力度等措施能有效控制垃圾产生.

4) 温度只引起生活垃圾产量的年内变动而不影响年际变化,传统时间序列上平均安排垃圾处理处置和管理力度容易造成资源的浪费,因而应根据生活垃圾产量年内变动规律合理地安排和分配管理措施及力度.

**责任作者简介:** 崔胜辉(1973—),男,博士,研究员,博士生导师,主要从事城市生态过程与调控研究,已在国内外刊物发表论文50多篇. E-mail: shcui@iue.ac.cn.

## 参考文献(References):

- Afroz R, Hanaki K, Tudin R. 2011. Factors affecting waste generation: a study in a waste management program in Dhaka City, Bangladesh [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 179(1/4): 509-519
- Bandara N J G J, Hettiaratchi J P A, Wirasinghe S C, *et al.* 2007. Relation of waste generation and composition to socio-economic factors: a case study [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 135(1/3): 31-39

- Beigl P, Lebersorger S, Salhofer S. 2008. Modelling municipal solid waste generation: A review [J]. *Waste Management*, 28(1): 200-214
- Beigl P, Wassermann G, Schneider F, *et al.* 2004. Forecasting municipal solid waste generation in major European cities [EB/OL]. 2004-06-14. <http://www.iemss.org/iemss2004/pdf/regional/beigfore.pdf>
- Buenrostro O, Bocco G, Vence J. 2001. Forecasting generation of urban solid waste in developing countries — A case study in Mexico [J]. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 51(1): 86-93
- Chen J R, Tsai H Y, Hsu P C, *et al.* 2007. Estimation of waste generation from floods [J]. *Waste Management*, 27(12): 1717-1724
- Dangi M B, Urynowicz M A, Gerow K G, *et al.* 2008. Use of stratified cluster sampling for efficient estimation of solid waste generation at household level [J]. *Waste Management & Research*, 26(6): 493-499
- Daskalopoulos E, Badr O, Probert S D. 1998. Municipal solid waste: a prediction methodology for the generation rate and composition in the European Union countries and the United States of America [J]. *Resources Conservation and Recycling*, 24(2): 155-166
- 杜吴鹏, 高庆先, 张恩琛, 等. 2006. 中国城市生活垃圾排放现状及成分分析 [J]. *环境科学研究*, 19(5): 85-90
- 范常忠, 张淑娟. 1997. 佛山市生活垃圾的灰色预测与构成特征研究 [J]. *环境科学研究*, 10(4): 61-64
- Giusti L. 2009. A review of waste management practices and their impact on human health [J]. *Waste Management*, 29(8): 2227-2239
- 侯杰泰, 温忠麟, 成子娟, 等. 2004. 结构方程模型及应用 [M]. 北京: 教育科学出版社
- Kline R B. 2005. *Principles and Practice of Structural Equation Modeling (2nd edition.)* [M]. New York: The Guilford Press
- Liu C, Wu X W. 2011. Factors influencing municipal solid waste generation in China: A multiple statistical analysis study [J]. *Waste Management & Research*, 29(4): 371-378
- Ojeda-Benitez S, Vega C A D, Marquez-Montenegro M Y. 2008. Household solid waste characterization by family socioeconomic profile as unit of analysis [J]. *Resources Conservation and Recycling*, 52(7): 992-999
- Pan L Y, Lin T, Xiao L S, *et al.* 2010. Household waste management for a peri-urban area based on analysing greenhouse gas emissions for Jimei District, Xiamen, China [J]. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17(4): 342-349
- 潘玲阳, 吝涛, 崔胜辉, 等. 2011. 半城市化地区家庭生活垃圾特征及低碳对策: 以厦门市集美区为例 [J]. *环境科学学报*, 31(10): 2319-2328
- Schumaker R E, Lomax R G. 2004. *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling* [M]. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Sokka L, Antikainen R, Kauppi P E. 2007. Municipal solid waste production and composition in Finland—Changes in the period 1960—2002 and prospects until 2020 [J]. *Resources Conservation and Recycling*, 50(4): 475-488
- Streiner D L. 2005. Finding our way: An introduction to path analysis [J]. *Canadian Journal of Psychiatry-Revue Canadienne De Psychiatrie*, 50(2): 115-122
- Thanh N P, Matsui Y, Fujiwara T. 2010. Household solid waste generation and characteristic in a Mekong Delta city, Vietnam [J]. *Journal of Environmental Management*, 91(11): 2307-2321
- 王秀芬, 马志宏, 穆志民, 等. 2010. 基于 BP 神经网络的多因素城市生活垃圾产量预测模型研究 [J]. *安徽农业科学*, 38(10): 5475-5477
- 肖黎姗, 吝涛, 潘玲阳, 等. 2011. 半城市化地区生活垃圾产生及其影响因素分析 [J]. *环境污染与防治*, 33(2): 105-110
- 中国统计局. 2010. 中国统计年鉴 [EB/OL]. 2012-04-25. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>
- 周翠红, 路迈西, 吴文伟, 等. 2003. 北京市城市生活垃圾产量预测 [J]. *中国矿业大学学报*, 32(2): 169-172