

选择试验模型法在澳门固体废弃物管理中的应用

金建君, 王志石

(澳门大学科技学院, 澳门)

摘要:环境物品或环境服务的经济价值评估是环境经济学研究的前沿领域. 选择试验模型法是目前国际上用于评估环境物品经济价值的一种新方法. 本文以澳门的固体废弃物管理为例, 探讨选择试验模型法在澳门进行环境物品经济价值评估实践的可行性. 在专家咨询和小组讨论的基础上, 确定垃圾分选和回收、垃圾收集频率、减小垃圾收集过程中产生的噪音和垃圾处理费为澳门固体废弃物管理的 4 个属性. 在对澳门 6 个堂 260 名居民进行随机抽样调查的基础上, 分析了澳门固体废弃物管理不同属性的价值以及固体废弃物管理不同替代方案的相对价值. 结果表明, 实行垃圾分选和回收利用以及减小垃圾收集过程中产生的噪音是澳门今后固体废弃物管理的合理选择.

关键词:选择试验模型法; 固体废弃物管理; 澳门

中图分类号: X327 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2006)04-0820-05

Choice Experiment Method and Its Application to Solid Waste Management in Macao

JIN Jian-jun, WANG Zhi-shi

(Faculty of Science and Technology, University of Macau, China)

Abstract: Economic valuation of environmental goods or services has been becoming a research frontier and hotspot of environmental economics in the world. Choice experiment (CE) is a relatively new method that can be used to value the economic benefits of environmental goods or services. This paper reports an attempt to apply the CE method in Macao that aimed to understand Macao residents' preferences for solid waste management programs. A random sample survey of 260 respondents in Macao was conducted during the summer in 2004. Survey data was analyzed using multinomial logit models. Results from 260 in-person interviews indicate that Macao residents preferred waste segregation and recycling at source and noise reduction during waste collection and transportation. The study concludes that CE is a reliable tool in the analysis of respondents' preferences for the development of suitable solid waste management programs in Macao.

Key words: choice experiment; solid waste management; Macao

环境物品或环境服务的经济价值评估是国际上环境经济学研究的前沿领域, 是制定可持续环境政策的关键步骤^[1]. 固体废弃物管理是目前城市发展所面临的一个重要环境问题^[2], 在人多地少的澳门尤其如此. 近 10 年来, 澳门固体废弃物的数量一直在持续增加, 给澳门的环境带来了巨大的压力. 澳门的可持续发展迫切需要实施有效的固体废弃物管理策略, 而对固体废弃物管理方案进行经济价值评估是制定有效管理策略的关键.

由于固体废弃物管理具有公共物品的特性, 传统的市场评估方法难以对其经济价值做出准确的评估^[3]. 选择试验模型法 (Choice Experiment, CE) 是最近几年在发达国家出现的一种新的环境公共物品经济价值评估方法^[4], 目前主要用于评估水质改善、自然区域和野生动植物保护的经济价值^[5~9]. 由于选择试验模型法问卷设计和技术分析难度较大, 以及受不同社会体制等多种因素的影响, 选择试验模型法在我国的实践只有个别案例^[10]. 本文将选

择试验模型法应用于澳门的固体废弃物管理, 以期能推动该方法在我国进行环境物品经济价值评估的研究.

1 澳门固体废弃物管理现状

澳门特别行政区地处珠江三角洲珠江口西南岸, 陆地总面积 27.3 km², 由澳门半岛、氹仔岛、路环岛和路氹填海区组成. 2003 年, 澳门特区总人口达 448 495 人, 人口密度为 16 428 人/km², 是世界人口密度较高的地区之一. 随着澳门经济和旅游业的发展, 澳门固体废弃物数量一直持续增加. 有关数据表明, 澳门固体废弃物数量在过去 10a 内增长了 53%, 远远超过人口及本地国民生产总值的增长^[11].

收稿日期: 2005-03-09; 修订日期: 2005-05-17

基金项目: 澳门大学科研基金 (RG012/03-04S/WZS/FST)

作者简介: 金建君 (1978~), 女, 博士研究生, 主要研究方向为环境与资源经济学, E-mail: ya27402@umac.mo

由于澳门土地面积狭小,土地资源极度匮乏,澳门固体废弃物的处置方式一直以焚烧为主,填埋为辅。虽然澳门目前产生的固体废弃物数量还没有超过澳门焚化炉的最大处置能力,但研究表明,到2007年澳门特区的垃圾清运总量将超过澳门焚化炉的焚化能力^[12],而且目前澳门垃圾填埋场的垃圾处置能力已达到饱和状态^[11]。随着澳门赌权的开放,人口和经济的增长以及游客的不断增加,日益增长的固体废弃物数量势必给澳门的环境带来更大的压力,澳门的可持续发展迫切需要实施有效的固体废弃物管理方案。从经济学的角度看,有效的固体废弃物管理方案应能为全社会带来最大的福利^[13]。因此,对各固体废弃物管理方案进行经济价值评估是制定有效管理策略的关键。

2 选择试验模型法

选择试验模型法以效用最大化理论为基础,通过问卷的形式为被调查者提供由环境物品的不同属性状态组合而成的选择集(Choice sets),让被调查者从每个选择集中选出自己最喜好的一种方案。研究者可以根据被调查者的偏好,运用经济计量学模型分析出不同属性的价值以及由不同属性状态组合而成的各种方案的相对价值。

选择试验模型法最早由 Louviere 和 Hensher 提出^[14],早期的研究主要集中在市场和交通领域。直到最近,Adamowicz、Boxall、Hanley、Carlsson 等才开始将选择试验模型法应用于环境资源的价值评估^[5-9]。选择试验模型法认为被调查者的每一个选择都可以表示为不同属性状态的组合,被调查者在做选择时总以效用最大化为目的。假设被调查者的效用函数用 $U(X, S)$ 表示,则:

$$U_{ni}(X_{ni}, S_n) = V(X_{ni}, S_n) + \varepsilon_{ni} \quad (1)$$

式中, U_{ni} 为被调查者 n 选择方案 i 的直接效用函数; V_{ni} 为被调查者 n 选择方案 i 的间接效用函数; X_{ni} 为被调查者 n 所选方案 i 的属性特征; S_n 为被调查者 n 的社会经济特征; ε_{ni} 为被调查者 n 选择方案 i 的随机变量。

被调查者对各种方案的选择主要根据每种方案为其带来效用的大小,他(她)只选择给其带来最大效用的方案。因此,被调查者 n 从选择集 C 中选择方案 i 的概率可表示为:

$$\text{Prob}(i/C) = \text{Prob}(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}; i \neq j, j \in C) \quad (2)$$

假设 ε 服从独立同类型分布(Independently

and Identically Distributed, IID), 则被调查者 n 选择方案 i 的概率可用多项式 Logit 模型(Multinomial Logit Model, MNL)表示:

$$\text{Prob}(ni) = \frac{\exp(\mu V_{ni})}{\sum_{j \in C} \exp(\mu V_{nj})} \quad (3)$$

式中, μ 为标量函数,通常可取 1。

在 MNL 模型估计的基础上,环境物品各个属性的价值(WTP)可表示为^[15]:

$$\text{WTP} = -(\beta_{\text{attribute}})/(\beta_M) \quad (4)$$

式中, $\beta_{\text{attribute}}$ 为环境物品各属性项的估计系数; β_M 为收入的边际效用,通常用成本项的估计系数表示。

假设被调查者 n 选择方案 i 的间接效用函数为方案 i 各个属性特征的线性函数:

$$V_{ni} = \text{ASC} + \sum \beta_k X_k \quad (5)$$

式中, ASC 为替代特定常数(Alternative Specific Constant),用来解释无法观察的属性对选择结果的影响; β 为系数; X_k 为方案 i 的第 k 个属性特征,则:

$$\text{CS} = -\frac{1}{\beta_M} \left[\ln \left[\sum_i e^{V_i^0} \right] - \ln \left[\sum_i e^{V_i^1} \right] \right] \quad (6)$$

式中: CS 为补偿剩余(Compensating Surplus),表示环境物品状态变化所带来的福利; V^0 和 V^1 为环境物品状态变化前和状态变化后的间接效用。

3 问卷的设计与调查

在专家咨询和与澳门居民、澳门政府管理人员、澳门垃圾清运公司以及澳门垃圾焚化中心的专职人员进行多次讨论的基础上,确定了澳门固体废弃物管理的属性及其状态(表1)。

根据表1中澳门固体废弃物管理的属性及其状态,运用因子设计法(Factorial design)一共产生 $2^3 \times 4$ 个由不同属性状态组合而成的选择集。考虑效用平衡(Utility balance)原则,本研究最后共采用 24 个选择集,并对其进行分块处理(分成 3 块,每块 8 个选择集)。每个被调查者完成 8 个选择集。每个选择集包含 2 种方案:现状和备选方案(表2)。被调查者需要从每个选择集中选出自己喜欢的一种方案。调查问卷的最终稿经多次预调查(Prestest surveys)后反复修改确定。问卷主要包括 4 个部分:①固体废弃物管理的基本知识;②澳门居民对固体废弃物管理的认识和态度;③不同属性状态组成的方案比较;④被调查者的社会经济信息。

2004-07~2004-08,来自澳门 6 个堂(澳门的一种分区方式)的 260 名居民接受了研究者的随机抽

样问卷调查. 各堂区样本的数量主要依据 2003 年澳 门各堂区住户的数目按比例分配确定.

表 1 澳门固体废弃物管理的属性及其状态

Table 1 Attributes and levels used in CE survey

属性	属性定义	状态	代码
SEPR	垃圾分选和回收	不需要进行垃圾分选和回收	0
		需要进行垃圾分选和回收, 所需设备由政府免费提供	1
FREQ	垃圾收集频率	1 天收集 1 次, 不固定时间	0
		1 天收集 2 次, 固定时间	1
NOISE	减小垃圾收集过程中的噪声	维持现状	0
		采取措施尽量减小噪声	1
COST	月人均垃圾处理费 ¹⁾ /MOP	0; 10; 20; 30	0; 10; 20; 30

1): MOP 为澳门的货币形式, 1.00US\$ 约等于 8.00MOP

表 2 CE 问卷中的一个选择集

Table 2 A sample choice set in CE surveys

方案属性	方案 A(现状)	方案 B
垃圾分选和回收	不需要	需要, 所需设备由政府免费提供
垃圾收集频率	1 天 1 次, 不固定时间	一天 2 次, 固定时间
减小噪声	维持现状	采取措施尽量减小噪声
月人均垃圾处理费/MOP	0	30
我选 A()	我选 B()	我都不选()

4 结果

4.1 问卷调查

本次调查共发放问卷 260 份, 回收 260 份, 除去漏选错选的 19 份问卷, 共得到 241 份有效问卷. 被调查者的基本统计情况为: 男性占 49.36%, 女性占 50.64%; 18~ 39 岁的占 58.8%, 40~ 65 岁的占 41.2%; 有大学或以上文凭的占 37.34%; 家庭月平均收入为 16 824.03MOP, 其中高于平均水平的占 40.93%, 低于平均水平的占 59.07%.

4.2 MNL 模型分析

本文使用经济计量学软件 Limdep Nlogit 3.0, 运用 2 个不同的多项式 Logit 模型(MNL)对调查结果进行了分析. 第 1 个 MNL 模型仅考虑各选择方案的属性(SEPR, FREQ, NOISE 和 COST) 及其状态对选择结果的影响; 第 2 个 MNL 模型则同时考虑被调查者的社会经济状况及其对固体废弃物管理的态度以及各选择方案的属性和状态对选择结果的影响. MNL 模型 1 采用了 3 个间接效用函数:

$$\begin{aligned} V_1 &= \beta_1 \times \text{SEPR} + \beta_2 \times \text{FREQ} + \beta_3 \times \text{NOISE} \\ &\quad + \beta_4 \times \text{COST} \\ V_2 &= C_1 + \beta_1 \times \text{SEPR} + \beta_2 \times \text{FREQ} + \beta_3 \times \text{NOISE} \\ &\quad + \beta_4 \times \text{COST} \\ V_3 &= C_2 \end{aligned} \tag{7}$$

MNL 模型 2 通过分析被调查者的社会经济状况及其对固体废弃物管理的态度和替代特定常数 ASC 的相互作用来研究社会经济变量和态度变量对选择结果的影响^[15]. MNL 模型 2 所采用的社会经济变量和态度变量如表 3 所示, 采用的间接效用函数为:

$$\begin{aligned} V_1 &= \beta_1 \times \text{SEPR} + \beta_2 \times \text{FREQ} + \beta_3 \times \text{NOISE} \\ &\quad + \beta_4 \times \text{COST} \\ V_2 &= C_1 \times C_1 \times \text{INCOME} + C_1 \times \text{EDUCATE} + C_1 \\ &\quad \times \text{HOEARN} + C_1 \times \text{CONSWM} + \beta_1 \times \text{SEPR} \\ &\quad + \beta_2 \times \text{FREQ} + \beta_3 \times \text{NOISE} + \beta_4 \times \text{COST} \\ V_3 &= C_2 + C_2 \times \text{AGE} + C_2 \times \text{WSEPARI} + C_2 \\ &\quad \times \text{ENVICON} + C_2 \times \text{HO15} \end{aligned} \tag{8}$$

表 3 MNL 模型 2 中的变量及其定义

Table 3 Definitions of variables included in MNL model 2 analysis

变量	定义
INCOME	家庭月总收入/1 000MOP
EDUCATE	受教育水平(1= 大学或以上文凭; 0= 大学以下文凭)
HOEARN	有收入的家庭成员数
CONSWM	固体废弃物管理态度(1= 关心; 0= 不关心)
AGE	被调查者的年龄(1= 18~ 39 岁, 0= 40~ 65 岁)
WSEPARI	支持垃圾分选(1= 支持; 0= 不支持)
ENVICON	环保意识(1= 支持环保活动; 0= 不支持环保活动)
HO15	未成年子女数

MNL 模型 1 和模型 2 的分析结果如表 4 所示. 从表 4 可以看出, 所选的垃圾分选和回收、减小噪声

和垃圾处理费等无论在模型 1 还是模型 2 都在 1% 的水平上显著,表明问卷的设计以及模型的选择都具有较强的科学性.从统计参数 Pseudo- R^2 来看,模型 2 比模型 1 的估计结果要更准确些. MNL 模型 2 的研究结果表明,对选择结果有显著影响的变量主要包括被调查者的家庭月总收入、受教育水平、固体废物管理态度、有收入的家庭成员数和环保意识等.该结果表明被调查者的社会经济状况及其对固体废物管理的态度直接影响他们对固体废物管理方式的最终选择.

根据表 4 的分析结果,采用公式(4)可计算出澳门固体废物管理各个属性的价值(表 5).根据模型 2 的计算结果,澳门居民对垃圾分选和回收的平均支付意愿为每人每月 6.37MOP;平均每人每月愿意支付 6.12MOP 用于减小澳门垃圾收集过程中产生的噪声;对于垃圾的收集频率从 1 天 1 次不固定时间收集改为 1 天 2 次固定时间收集的平均支付意愿为每人每月 0.81MOP.因此,对澳门居民来说,澳门今后的固体废物管理应实施垃圾分选和回收并减小垃圾收集过程中产生的噪声.

表 4 MNL 模型 1 和模型 2 分析结果¹⁾
Table 4 Estimation results of model 1 and model 2

变量	模型 1		模型 2	
	系数	t-检验	系数	t-检验
垃圾分选和回收	0.657 9	5.81***	0.671 6	5.86***
垃圾收集频率	0.079 6	0.67	0.085 2	0.71
减小噪声	0.621 5	5.67***	0.646 0	5.820***
垃圾处理费	- 0.102 8	- 19.23***	- 0.105 5	- 19.36***
ASC1	0.864 4	5.74***	0.758 3	3.90***
ASC1(家庭月总收入)			0.000 0	2.71***
ASC1(受教育水平)			0.660 5	5.81***
ASC1(有收入的家庭成员数)			- 0.198	- 3.06***
ASC1(固体废物管理态度)			0.112 3	2.56**
ASC2	- 2.106 5	- 20.38***	- 2.289 1	- 8.65***
ASC2(年龄)			- 0.685 1	- 3.22***
ASC2(垃圾分选态度)			0.704 3	2.81***
ASC2(环保意识)			0.635 8	2.85***
ASC2(未成年子女数)			- 0.840 6	- 3.59***
对数似然比	- 1 371.38		- 1 315.66	
χ^2	526.45[4]***		637.89[12]***	
Pseudo- R^2	0.16		0.20	
样本总数	1 880		1 880	

1) *** 在 1% 的水平上显著; ** 在 5% 的水平上显著

表 5 澳门固体废物管理属性的价值/MOP
Table 5 Implicit prices for attributes in choice sets/MOP

属性	模型 1	模型 2
垃圾分选和回收	6.40	6.37
减小噪声问题	6.05	6.12
垃圾收集频率	0.77	0.81

根据表 4 中模型 1 或模型 2 的研究结果,运用公式(6)可以得出澳门居民为改变目前的固体废物管理方式,对各选择方案的支付意愿,结果见表 6.以方案 1 为例,根据模型 2 的计算结果,如果将澳门固体废物管理现状改为方案 1,即需要进行垃圾分选和回收,所需设备由政府免费提供;垃圾收集频率为 1 天 2 次,固定时间收集;采取适当措施尽量减小垃圾收集过程中产生的噪声,澳门居民的平均

支付意愿约为每人每月 20.48MOP.

表 6 不同选择方案相对于现状的价值/MOP
Table 6 Welfare changes arising from shifts from the status quo to potential scenarios/MOP

选择方案	属性			相对价值 模型 1	相对价值 模型 2
	分选和回收	收集频率	减小噪声		
现状	0	0	0		
方案 1	1	1	1	21.628 4	20.484 4
方案 2	1	0	1	20.854 1	19.676 8
方案 3	1	1	0	15.582 7	14.361 1
方案 4	1	0	0	14.808 4	13.553 6

5 结论

目前选择试验模型法在我国环境管理中的应用

尚处于起步阶段. 本文将选择试验模型法应用于澳门的固体废弃物管理, 对澳门固体废弃物管理方案的经济价值进行了研究, 并应用选择试验模型法的MNL模型估计了澳门固体废弃物管理各属性的价值和不同替代方案相对于管理现状的价值. 研究表明, 澳门固体废弃物管理各属性的价值分别为: 垃圾分选和回收利用每人每月 6.37MOP, 采取适当措施尽量减小垃圾收集过程中产生的噪声每人每月 6.12MOP, 垃圾收集频率每人每月 0.81MOP. 对澳门居民来说, 澳门今后的固体废弃物管理应实施垃圾分选和回收利用, 并尽量减小垃圾收集过程中产生的噪声. 选择试验模型法在澳门固体废弃物管理中的应用表明了其在环境管理中具有广阔的应用前景.

参考文献:

- [1] 张志强, 徐中民, 程国栋. 条件价值评估法的发展与应用[J]. 地球科学进展, 2003, **18**(3): 454~ 463.
- [2] Foo T Seik. Recycling of domestic waste: early experiences in Singapore [J]. Habitat Intl., 1997, **21**(3): 277~ 289.
- [3] Kwabena A Anaman, Rashidah M Jair. Contingent valuation of solid waste collection services for rural households in Brunei Darussalam [J]. The Singapore Economic Review, 2000, **45**(2): 223~ 240.
- [4] Patricia A Champ, Kevin J Boyle, Thomas C Brown. A Primer on Nonmarket Valuation [M]. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [5] Adamowicz W, Louviere J, Williams M. Combining revealed and stated preference methods for valuing environmental amenities [J]. J. Environ. Econ. Manage., 1994, **26**: 271~ 292.
- [6] Adamowicz W, Boxall P, Williams M, *et al.* Stated preferences approaches to measuring passive use values [J]. Amer. J. Agr. Econ., 1998, **80**: 64~ 75.
- [7] Hanley N, Wright R, Adamowicz W. Using choice experiments to value the environment [J]. Environ. Resource Econ., 1998, **11**: 413~ 428.
- [8] Hanley N, Robert E W, Gary K. Modelling recreation demand using choice experiments: Climbing in Scotland [J]. Environ. Resource Econ., 2002, **22**: 449~ 466.
- [9] Carlsson F, Frykblom P, Liljenstolpe C. Valuing wetland attributes: an application of choice experiments [J]. Ecolog. Econ., 2003, **47**: 95~ 103.
- [10] 徐中民, 张志强, 龙爱华, 等. 环境选择模型在生态管理中的应用——以黑河流域额济纳旗为例[J]. 地理学报, 2003, **58**(3): 398~ 405.
- [11] 澳门环境委员会. 澳门环境状况报告 2003[R]. 澳门: 澳门环境委员会, 2004.
- [12] 陈大扬, 李玮琪, 白庆中. 澳门废弃物处理处置状况评估及处理方案研究[R]. 北京: 北京国环清华环境工程设计研究院, 2004.
- [13] Garrod G, Willis K. Estimating lost amenity due to landfill waste disposal [J]. Resources, Conservation and Recycling, 1998, **22**: 83~ 95.
- [14] Louviere J, Hensher D. On the design and analysis of simulated choice or allocation experiments in travel choice modelling [J]. Transportation Research Record, 1982, **890**: 11~ 17.
- [15] Morrison M, Bennett J, Blamey R. Valuing improved wetland quality using choice modelling [J]. Water Resources Res., 1999, **35**(9): 2805~ 2814.