

基于选择实验方法的北京市空气质量价值评估

全世文

(中国社会科学院农村发展研究所,北京 100732)

摘要 科学地评估空气质量的经济学价值是政府制定空气污染治理政策的必要前提。近年来选择实验方法逐渐兴起,并被研究者广泛应用于环境价值评估。与其他陈述偏好方法相比,选择实验的一个优势是其具有更高的外部效率。选择实验方法在国内的应用研究尚处在起步阶段。本研究分别在2015年和2016年对北京市居民开展了两次基于选择实验方法的网络调查,在调查数据的基础上采用随机参数Logit和广义多元Logit模型分析了北京市居民对空气质量的偏好,并据此估算了空气质量价值。根据2015年样本的估算结果,雾霾天气($PM_{2.5}$ 超标)和沙尘天气(PM_{10} 超标)对北京市居民的平均边际价值分别为6.32元/d和2.69元/d;根据2016年样本的估算结果,两个价值分别为7.72元/d和2.81元/d。上述估算结果在两次调查样本中基本稳定,而且在多种模型设定下都具有较强的稳健性,与近年来的同类研究结果基本一致。以2016年样本的估算结果为基础,2015年北京市雾霾天气和沙尘天气引起的价值损失分别为239.61亿元和45.13亿元,占北京市当年GDP总量的1.04%和0.20%。进一步研究发现,北京市2015年和2016年空气质量改善的价值均低于北京市政府同年用于治理空气污染投入的财政资金总量,说明资金使用效率有待进一步提高;此外,虽然空气质量对高收入居民具有更高的价值,但是,以收入水平为指标设计的累进税率并不比固定税率更优。

关键词 空气质量;选择实验;价值评估;成本效益分析;雾霾

中图分类号 F062.2 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2017)09-0046-10 DOI: 10.12062/cpre.20170449

空气污染是中国长期以来经济快速发展所带来的一个严重负面效果。伴随着一次又一次的“重霾锁城”,空气质量已经成为影响普通居民生活幸福感的一个关键因素。根据Freeman等^[1]的总结,空气污染可以通过损害人体健康、增加防护支出、减少休闲娱乐、降低视觉和知觉舒适性等多种渠道对人类的福利造成影响。而评估这种福利影响则是经济学家长期关注的一项研究内容。环境政策制定和项目开发论证都需要对环境质量变化的经济价值进行科学的评估,进而结合政策成本、项目效益等信息判断政策和项目的可行性。基于此,本文拟采用选择实验方法对北京市的空气质量进行价值评估。

1 文献综述

由于空气质量的公共物品属性,其价值无法通过直接的市场数据进行评估。经济学家开展环境价值评估的方法可以分为陈述偏好方法和显示偏好方法两类:前者通过调查对象汇报的假想市场数据评估价值,其代表为条件价值评估方法(Contingent Valuation);后者通过观测间接市

场数据评估价值,其代表为特征价格方法(Hedonic Pricing)。早期有大量研究采用这两种方法评估了空气质量的经济学价值。例如,蔡春光与郑晓瑛^[2]采用双边界二分选择方法分析得到北京市居民对空气质量提高健康水平的支付意愿为652.33元/a;陈永伟和陈立中^[3]采用房地产特征价格方法分析得到青岛市消费者因空气污染降低对商品住房的边际支付意愿为99.79元/a。近年来,也有研究通过主观幸福感函数中空气质量与货币收入的边际替代率来测算空气质量价值^[4-6]。

从总体上看,显示偏好方法的优点在于真实市场数据具有较高的外部效率。但是,因为空气质量影响人类福利的渠道并非都存在间接市场,所以,通过单一间接市场评估的空气质量价值只能构成空气质量总价值的下界^[3,7]。与此相反,陈述偏好方法虽然可以在理论上得到居民对空气质量改善的最大支付意愿,但是,数据的假想性特征导致其外部效率一直备受质疑。这也是陈述偏好方法的结论难以被推广到政策应用中的一个主要原因。正如Louviere et al.^[8]所述,陈述偏好方法在应用研究中的核心

收稿日期:2017-04-15

作者简介:全世文,博士,助理研究员,主要研究方向为环境经济学、食品安全的经济分析。E-mail:quanshiwen@163.com。

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“基于选择实验的北京市雾霾治理公共政策研究”(批准号:16XNB023)。



问题是如何保证结果的效度。

选择实验方法在近年来逐渐兴起,并被研究者广泛应用于环境价值评估。与陈述偏好方法相比,选择实验的一个优势是其更高的外部效度。经验研究广泛证实了在条件价值评估中,被试者倾向于采取策略性行为,导致其汇报的支付意愿偏离真实支付意愿^[9-10]。但是,选择实验方法要求被试者在一系列构造的选项之间进行对比权衡,从而间接地进行价值评估,这种问题形式会加大被试者采取策略性行为的认知成本,因而选择实验具有更高的外部效度^[11-12]。许多经验研究的结论也都支持选择实验满足激励相容的原则^[13]。

目前,国际上已有部分研究采用选择实验方法评价了不同地区的空气质量价值^[14-15]。但是,选择实验方法在国内的应用研究尚处在起步阶段,这也是本文重新讨论空气质量价值评估问题的原因。本文采用选择实验方法为空气质量价值评估增加新的经验证据,对分析结果的稳健性进行重点讨论;在价值评估结果的基础上开展空气污染治理的成本效益分析,并讨论个人环境税的征税方案。

2 理论与方法

2.1 理论依据

选择实验会向被试者提供一系列的“复合环境产品”选项供被试者选择,每个复合产品均由多个环境属性进行定义。环境属性本身是连续的,但是,被试者对“复合环境产品”的选择则是离散的。被试者的优化问题可以被定义为:

$$\begin{aligned} & \max_{q,z} U(q(A), z) \\ & \text{s.t. } i. \quad y = tq + z \\ & \quad ii. \quad q_i q_j = 0, \forall i \neq j \\ & \quad iii. \quad z \geq 0, q_j \in \{0, 1\}, \forall j \end{aligned} \quad (1)$$

在(1)式中, U 表示拟凹效用函数, q 表示一个由 J 维向量定义的用来描述空气质量综合状况的一系列复合产品, A 是定义 q 的 K 维空气污染物属性向量, z 表示一个作为参照的私人物品, 设其价格为 1。约束条件 i 表示预算约束, 其中 y 表示收入, t 表示 q 的“价格”向量, 即被试者为了消费每种特定的空气质量都需要缴纳一定的税额(本文不考虑空气质量的初始产权设定, 在现实中, 消费者可能并不需要为空气污染治理承担缴税义务, 但这意味着实现特定空气质量的成本被转嫁到了市场产品的价格中)。约束条件 ii 表示复合产品的互斥性, 即被试者在选择集合 q 中能且只能选择一种空气质量的复合产品, 且约束条件 iii 限定了这种产品的数量固定为 1。假设被试者的效用函数满足弱互补性的条件, 上述优化问题也可以由(2)式的间接效用函数进行表达:

$$V(y, t, A) = \max [V_1(y-t_1, A_1), \dots, V_J(y-t_J, A_J)] \quad (2)$$

在(2)式中, V_j 表示被试者选择 q_j 时的条件间接效用, 被试者会选择为一个为其带来效用最高的空气质量状况。于是, 一个典型的离散选择问题可以被描述为: $V_j > V_i, \forall i \neq j$ 。此时, 考虑空气污染水平发生了一个由 A^0 到 A^1 的变化, 那么, 通过补偿变差定义的空气质量价值可以被描述为:

$$\max [V_1(y-t_1, A_1^0), \dots, V_J(y-t_J, A_J^0)] = \max [V_1(y-t_1 - CV, A_1^1), \dots, V_J(y-t_J - CV, A_J^1)] \quad (3)$$

研究者的任务是在(3)式中对 CV 进行估算。

2.2 实证模型

为了估算 CV , 研究者最常用的一种设定是在随机效用理论的基础上将条件间接效用 V_j 定义为一个线性函数形式:

$$V_j(y-t_j, A_j) = \alpha_0 + \alpha(y-t_j) + \beta A_j + \varepsilon_j \quad (4)$$

在(4)式中, α 表示收入的边际效用, β 表示 K 种空气污染物的边际效用向量, 将(4)式代入(3)式, 并假设 ε_j 服从第一极值分布, 于是, 可以求得^[16]:

$$E(CV) = \frac{1}{\alpha} [\ln(\sum_{j=1}^J \exp(\beta A_j^1 - \alpha t_j)) - \ln(\sum_{j=1}^J \exp(\beta A_j^0 - \alpha t_j))] \quad (5)$$

假设 A^0 到 A^1 的变化仅为空气污染物 A_k 发生了一个边际变化, 那么 A_k 的边际价值可以求解为 $w_k = \beta_k / \alpha$ 。研究者估算 CV 的任务可以转化为估算偏好参数 α 和 β 。

在(4)式中估算偏好参数的传统方法是多元 Logit 模型, 随着现有研究广泛证实了个体的偏好异质性, 偏好参数不再被定义为一个固定参数, 而是被定义为一个随机参数。Fiebig et al.^[17] 将个体的异质性分解为两个来源: “偏好异质性”(Preference Heterogeneity) 和“范围异质性”(Scale Heterogeneity), 前者衡量个体偏好偏离平均偏好的差异, 后者衡量个体决策随机性的差异, 即(4)式被进一步定义为:

$$V_{nj}(y-t_j, A_j) = \alpha_{0n} - \alpha_n t_j + (\sigma_n \beta + \gamma \eta_n + (1-\gamma) \sigma_n \eta_n) A_j + \varepsilon_j \quad (6)$$

(6)式定义了一个广义多元 Logit 模型 (Generalized Multinomial Logit, GMNL) 的效用函数形式, 其中, 下标 $n \in N$ 表示第 n 个被试者, η_n 用来捕获个体对污染物 A_j 的偏好异质性, σ_n 用来捕获个体在决策过程中的范围异质性, γ 用来分配两种异质性的权重并决定两种异质性的关系, $0 \leq \gamma \leq 1$ 。当 $\gamma = 1$ 且 $\sum(\eta_n) = 0$ 时, 个体异质性完全反映为范围异质性; 当 $\gamma = 0$ 且 $\sigma_n = 1$ 时, 个体异质性完全反映为偏好异质性, 对应的模型退化为随机参数 Logit 模型 (Random Paramet Logit, RPL)。在 RPL 模型中, 通常假定随机参数服从正态分布, 即 $\eta_n \sim N(0, \Sigma)$ 。在 GMNL 模型

中,通常进一步假定范围参数服从均值为1的对数正态分布,即 $\sigma_n \sim LN(1, \sigma^2)$ 。

为了分析模型估计结果的稳健性,后文进一步考虑在RPL模型和GMNL模型中引入“特定选项常数项”(Alternative Specific Constant, ASC),将式(6)修改为:

$$V_{nj}(y-t_j, A_j) = \alpha_{0n} - \alpha_n t_j + (\sigma_n \beta + \gamma \eta_n + (1-\gamma) \sigma_n \eta_n) A_j + ASC_j + \varepsilon_j \quad (7)$$

在(7)式中,ASC可以用来捕获被试者对模型中未加控制的其他空气污染物的综合偏好,也可以用来反映被试者高估现状偏好的情形,被认为可以更加准确地描绘被试者在选择情景中的决策过程^[12]。此外,后文还考虑了在RPL模型中引入被试者个人统计学特征的情形,将(6)式修改为:

$$V_{nj}(y-t_j, A_j) = \alpha_{0n} - \alpha_n t_j + (\beta + \eta_n) A_j + \theta (s_n \otimes A_j) + ASC_j + \varepsilon_j \quad (8)$$

在(8)式中, s_n 表示被试者 n 的个人特征向量。由于随机效用理论中的信息价值反映在选项之间的效用差值上,而非单一选项的绝对值上,所以 s_n 不能以独立变量的形式出现在效用函数中(否则会被消减),只能以和属性变量的交叉项的形式被引入模型,如(8)式所示,参数 θ 可以用来捕获个人特征对被试者空气质量偏好的边际影响。此时,空气污染物 A_k 的边际价值为 $w_k = (\beta + \eta_k + \theta_k s) / \alpha$ 。

3 实验设计与数据

3.1 选择实验设计

设计选择实验的基本步骤包括:①选择空气污染物属性向量 A ;②确定每种污染物属性的水平;③生成空气质量的复合产品 q ;④构造选择情景。其中,前两个步骤是设计选择实验的基础。与其他陈述偏好方法相比,选择实验的一个典型特点是信息负荷很高,随着属性数量和属性水平的上升,实验的信息负荷会随之呈现出指数型的上升。而大量研究均已证实:过高的信息负荷会导致被试者根据启发式采取一系列非理性的信息处理策略用来简化决策过程,从而使分析结果出现偏误^[12]。因此,本文根据一个预调查的结果,仅选择了普通居民最为关切的两种污染物:可吸入颗粒物(PM_{10})和细颗粒物($PM_{2.5}$),用来设计选择实验。其中, PM_{10} 是沙尘天气的主要成分, $PM_{2.5}$ 是雾霾天气的主要成分。此外,本文使用“缴税”作为评价空气质量价值的“支付工具”。

在第②步中,首先需要定义污染程度的“单位”,现有研究主要有两种定义方法:以浓度为单位^[6,18-19]和以天数为单位^[20-21]。为了统一被试者对污染程度的主观认知,本文采用以天数为单位的定义方法。本文向被试者首先提供了两张“中度雾霾天气”和“中度沙尘天气”的图片,

并以两种天气在一年中的发生天数来衡量污染程度。中国环境监测总站发布的数据显示,2014年北京市 $PM_{2.5}$ 超标(雾霾天气)天数为162d, PM_{10} 超标(沙尘天气)天数为86d。为了便于认知,本文将这两个数值约等为180d和100d,并据此作为设计属性水平的现状基准,分别设定了三个水平的治理效果(见表1)。然后,本文参考同类研究的价值评估结果^[18],选择以400元/年作为缴税基准,也设定了三个缴税额度(见表1)。

在第③步中,根据表1的定义,选择实验对应于一个3属性3水平的实验设计方案,即一共可以组合出27种反映空气质量的复合产品。本文采用标准的正交设计方案在这27种组合中提取了9个复合产品选项。然后,在第④步中,本文依据属性水平平衡、效用平衡和最小重叠的原则将9个复合产品选项配对为4个选择情景(每个情景中有两个选项,舍弃1个选项)。此外,在每个选择情景中,本文都增加了一个“维持现状”的选项。为了避免“排序效应”,4个选择情景在每份问卷中都被随机排序。在正式进入选择实验以前,问卷还向被试者提供了一个示例情景,用来说明情景设定的含义及填答方法。

3.2 调查实施与样本描述

课题组于2015年11月和2016年10月对北京市常住居民开展了两次问卷调查。两次调查使用相同的问卷,主要询问了被试者的人口统计学特征、大气污染认知以及在上述选择情景中的决策。两次调查均采用网络调查方法,委托同一家大型网络调查公司向其北京市样本库中投放调查问卷,并限定调查对象均为在北京市常住时间超过3年的成年居民。两次调查分别收集了232与222份有效问卷,表2汇报了两次调查样本(后文分别称“样本1”和“样本2”)的统计学特征。

根据表2汇报的结果,两次调查收集的样本整体上具有相似的人口统计学特征。与北京市居民的整体情况相比,调查样本具有女性比例偏高、年龄偏低、受教育水平偏高的特征,这也是网络调查样本的共同特征。网络调查方法面临的主要问题是样本框偏差,很多研究都发现通过网络调查获取的样本特征与其他调查方法获取的样本存在

表1 选择实验设计中的属性及其水平定义
Tab.1 Attributes and attribute levels in choice experiment design

属性	属性水平		
雾霾天气/d	135(降低25%)	90(降低50%)	45(降低75%)
沙尘天气/d	75(降低25%)	50(降低50%)	25(降低75%)
缴税额度/ 元·a ⁻¹	200	400	600



显著差异。但是随着互联网的不断普及,尤其是移动互联网的快速发展,这种样本偏差也在随之减小^[22]。而且,许多对比研究也证实了网络调查数据的有效性^[22-23]。

4 估计结果与稳健性分析

4.1 空气质量的边际价值估算

根据上文的实验设计,式(6)中的空气污染属性向量可以定义为 $A=(haze, sand)'$,其中 $haze$ 表示雾霾发生天数, $sand$ 表示沙尘发生天数。依据式(6)对表2中的两个样本分别回归随机参数Logit模型(RPL)和广义多元Logit模型(GMNL),为了得到服从正态分布的边际价值,将收入的边际效用 α_n 限定为固定参数,回归结果如表3所示。

从表3的估计结果可知,四个模型都表现出了良好的整体拟合效果,且估计结果在两次调查样本之间和两个模型之间都具有较高的相似性。所有系数估计值均与理论预期相吻合: t 的估计系数为负,说明缴税的边际效用为负(即收入的边际效用为正); $haze$ 和 $sand$ 的均值估计系数也为负,说明大气污染对居民的平均边际效用也为负。相比之下,一个中度雾霾天气的边际负效用较中度沙尘天气更大,这与近年来北京市居民对空气污染的认知也相互一致,说明雾霾的危害强于沙尘。高度显著的标准差系数证实了居民对空气污染具有异质性的偏好,说明随机参数模型较传统的固定参数模型具有更好的解释效果。GMNL模型与RPL模型相比,不能拒绝 $\tau=0$ 的原假设,即范围异质性未被证实,说明不同的被试者在选择情景中的决策具

有程度相似的不确定性或随机性。该结论说明本文实验设计的信息负荷适宜,被试者可以按照理性原则在选项之间进行权衡。

在表3估计结果的基础上可以进一步根据贝叶斯法则估算每个被试者的偏好参数^[16],进而可以计算出空气污染对每个被试者的边际价值,即每个被试者对降低空气污染的边际支付意愿。根据RPL模型的计算结果作核密度图,如图1所示。整体上看,两次调查样本估算的边际价值比较吻合,说明北京市居民在近两年对空气污染的偏好具有较强的稳定性。相比之下,通过样本2估算的边际价值略高于样本1,排除调查时点的贴现效果,这也反映了北京市居民对降低空气污染的支付意愿有小幅的增加。

以样本2为例,分别有20.10%和29.48%的被试者对降低雾霾和沙尘具有负向的边际支付意愿,这一结果与曾贤刚等^[18]通过直接询问调查对象得到零支付意愿的居民比例相似。被试者拒绝支付的主要原因可能是对实验中空气质量的初始产权设定存疑,或者是对治理空气污染的政策效果缺乏信心。样本2的估算结果可以被描述为:北京市居民对降低一天标准中度雾霾天气的平均支付意愿为7.72元,对降低一天标准中度沙尘天气的平均支付意愿为2.81元。据此估算,如果将雾霾天气的发生天数在2014年的基础上降低一半,从162d减少到81d,那么,北京市居民的平均总支付意愿为625.32元;将沙尘天气发生天数降低一半,从86d减少到43d的总支付意愿为120.83元。

表2 调查样本的描述统计
Tab.2 Descriptive statistics of the sample

变量	变量含义	样本1		样本2	
		均值	标准差	均值	标准差
<i>gender</i>	性别	0.565	0.497	0.572	0.496
<i>age</i>	年龄	31.677	9.081	33.680	5.550
<i>edu</i>	受教育年限	16.259	2.622	15.482	2.949
<i>inc</i>	月均收入/10 ³ 元	7.121	4.968	7.162	4.700
<i>prof</i>	是否有环保专业知识背景(是=1,否=0)	0.203	0.403	0.113	0.317
<i>child</i>	家庭是否有儿童(是=1,否=0)	0.616	0.487	0.550	0.499
<i>ill</i>	是否曾患呼吸系统疾病(是=1,否=0)	0.651	0.478	0.532	0.500
<i>aqi</i>	是否了解“空气质量指数”(是=1,否=0)	0.720	0.450	0.662	0.474
<i>know</i>	对雾霾和沙尘的知识水平(取值范围:0-7)	3.448	1.261	4.063	1.400

注:课题组在调查问卷中设计了7个判断正误形式的客观问题用来评价调查对象对雾霾和沙尘的知识水平。调查对象每答对1题加1分,答错记0分,由此得到取值范围为0-7的变量 $know$ 。

表3 模型回归结果
Tab.3 Estimation results

项目	样本1				样本2			
	RPL		GMNL		RPL		GMNL	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
均值								
t	-0.481**	0.048	-0.487**	0.052	-0.362**	0.043	-0.381**	0.064
$haze$	-3.029**	0.374	-3.091**	0.411	-2.769**	0.356	-2.748**	0.455
$sand$	-1.291**	0.390	-1.299**	0.398	-0.969*	0.388	-1.024*	0.439
标准差								
$haze$	4.245**	0.466	4.294**	0.495	3.914**	0.432	4.213**	0.767
$sand$	2.793**	0.489	2.841**	0.518	2.945**	0.478	3.104**	0.631
范围异质性								
τ			0.135	0.211			-0.279	0.321
观测值	2 784		2 784		2 664		2 664	
修正R ²	0.218		0.217		0.203		0.203	
Chi ²	388.4		96.0		355.4		44.6	
P值	0.000		0.000		0.000		0.000	

注:①**和*分别表示在1%和5%的统计水平上显著;②为了提高系数估计值的量级,μ的单位调整为“10²元”, $haze$ 和 $sand$ 的单位调整为“10²d”;③观测值=样本量×12,其中,12表示4个选择情景中的选项总数;④在GMNL模型中,设 $\gamma=0$;⑤在所有模型中均设 β 为独立分布的随机参数。

表4总结了近年来评估国内空气质量价值的相关研究结论。不要求强制支付的陈述偏好方法通常面临着价值被高估的风险,而且,考虑到近年来普通居民对空气污染的认知和关注度都有大幅提高,采用陈述偏好方法估算的空气质量价值可能会进一步上升。但是,从表4的对比来看,基本上可以排除本文明显高估空气质量价值的可能性。虽然不同研究采用的评估方法、选择的评估对象、界定的价值范畴都存在差异,但是,排除部分在数量级上存在明显高估或低估的研究结论以后,多数研究的评估结果处于300—1000元/年的范围以内。本文估算的空气质量价值基本上处于这一范围,说明估计结果具有良好的聚敛效度。

4.2 稳健性分析

为了进一步判断上文估算的空气质量边际价值的稳健性,本文分别从以下两个维度对回归模型进行重新估计:考虑引入特定选项常数项(ASC)、考虑引入被试者个人统计学特征。首先,根据前文设定的(7)式在模型中引入特定选项常数项,估计结果如表5所示。

根据定义可知,ASC项反映了“维持现状”选项中未加控制的其他空气污染物的综合情况,因此,从理论上讲,其边际效用也应为负值。但是,在表5中,所有模型都无法拒绝ASC均值系数为零的原假设,说明其他空气污染物对被试者的综合价值并不明确。与表4进行对比也可以发现,引入ASC项以后,模型的修正 R^2 并未得到明显的改善,说明ASC项并不能提高模型对被试者决策的解释力度。表6汇报了估算被试者个体层面上边际价值的统计结果。其中,ASC项的边际价值均值为正且统计显著,说明被试者对降低其他空气污染物也具有均值为正的支付意愿,但是,ASC项的边际价值明显低于雾霾和沙尘。上述结论意味着被试者在选择情景中很可能并未重视其他

空气污染物的影响,这也从侧面印证了 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 是目前北京市居民最关切的两种空气污染物。

对比表6与图1中的统计结果可以发现,在模型中引入ASC项以后估算的雾霾与沙尘边际价值均有小幅的下降,可以理解为ASC代表的其他空气污染物分担了雾霾与沙尘价值的一部分份额。但是,雾霾和沙尘的边际价值下降的幅度并不大,据此可以说明,引入ASC项并不会对上文估算的空气质量价值造成显著的影响。

然后,考虑在模型中控制被试者的个人特征,根据前文定义的式(8)进行回归,结果如表7所示。与表4的估计结果对比可知,当模型中引入个人特征与空气质量的交叉项以后,雾霾和沙尘的标准差系数均有所下降,但仍然统计显著,据此可以说明个人特征因素可以在一定程度上解释被试者的偏好异质性,但解释力度有限。这一结论从模型的修正 R^2 明显提升也可以得到验证。

就特征因素来看,收入因素与雾霾和沙尘的交叉项系数在两个样本中都显著为负,说明随着收入的增加,空气污染的边际负效用也会随之增加,即收入更高的居民对降低空气污染具有更高的边际支付意愿。这一结论与许多

表4 空气质量价值评估的相关研究结果对比

Tab.4 Comparison of air quality values among relevant studies

作者	时间	样本区域	评估方法	价值界定	估算结果/ 元·a ⁻¹
蔡春光等 ^[22]	2007	北京市	双边界二分	空气污染水平较2005年降低50%	652.33
高新才等 ^[24]	2011	兰州市	支付卡	空气质量达到二级标准	46.99↓
戚会琛等 ^[25]	2013	青岛市	支付卡	空气质量达到新二级标准	34.93↓
黄德生 ^[26]	2013	北京市	支付卡	城市能见度提高3dv	363.28
				城市能见度提高6dv	576.24
陈永伟等 ^[6]	2013	CFPS城市	主观幸福感	PM_{10} 降低 $1\mu g/m^3$	343.60↑
				SO_2 降低 $1\mu g/m^3$	45.20
				NO_2 降低 $1\mu g/m^3$	232.44↑
何凌云等 ^[5]	2014	CSS城市	主观幸福感	空气质量劣于二级标准减少1d	353.41↑
Tan等 ^[27]	2014	北京市 上海市	双边界二分	空气质量达到北京奥运会标准	925.25
					426.12
曾贤刚等 ^[18]	2015	北京市	开放式	$PM_{2.5}$ 浓度降低30%	273.36
				$PM_{2.5}$ 浓度降低60%	477.84
石春娜等 ^[28]	2016	温江市	选择实验	空气质量达标天数提高1%	399.45↑
Tang等 ^[14]	2016	29个城市	选择实验	雾霾天数由30d降低到15d	1733.48
本研究	2017	北京市	选择实验	雾霾天数较2014年减少一半	625.32
				沙尘天数较2014年减少一半	120.83

注:①表中仅不完全统计了近10年来采用陈述偏好方法估算中国空气质量价值的研究结果;②表中时间为发表时间,较调查时间晚1—2a;③高新才等^[24]原文估算结果为140.97元/(户·a),表中按照每户3人进行折算;④↓表示结果在数量级上偏低,↑表示结果在数量级上偏高。

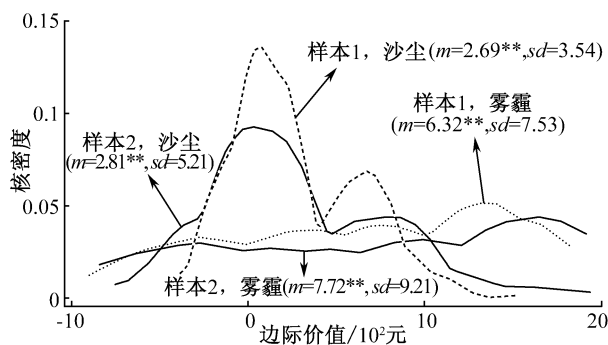


图1 空气质量边际价值的核密度图

Fig.1 Kernel density of air quality's marginal values

注:①图中 m 表示均值,单位为“元/d”, sd 表示标准差,**表示对应的均值在1%的统计水平上显著;②采用Epanechnikov核函数作图。



现有研究的分析结果相一致^[6,18]。另一个具有显著影响的特征因素是个人对空气污染的认知水平(包括 *aqi* 和 *know*) 这一结论符合经验认识,与现有研究的结论也相吻合^[6,18],说明被试者对空气污染的关切度、了解度等认知水平越高,其对降低污染水平的支付意愿也越高。

进一步考虑引入个人特征因素对空气质量边际价值的影响。在表 7 报告的估计结果基础上估算被试者个体层面上的边际价值,统计结果如表 8 所示。与图 1 描述的结果进行对比可知,样本 1 估算的雾霾和沙尘价值都有所

上升,样本 2 估算的雾霾和沙尘价值都有所下降,但是变化幅度并不大。据此可以说明,引入个人特征因素虽然有助于改善模型的解释力度,但同样不会对上文的分析结果造成显著的影响。

表 5 引入 ASC 项后的模型估计结果
Tab.5 Estimation results after including alternative specific constant

项目	样本 1				样本 2			
	RPL		GMNL		RPL		GMNL	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
均值								
<i>t</i>	-0.496**	0.080	-0.508**	0.083	-0.379**	0.073	-0.675*	0.335
<i>haze</i>	-2.972**	0.663	-2.871**	0.663	-2.655**	0.638	-6.017*	2.994
<i>sand</i>	-1.216	0.953	-1.008	0.960	-0.761	0.906	-2.624*	1.220
ASC	-0.313	1.164	-0.391	1.153	-0.332	1.072	0.355	0.374
标准差								
<i>haze</i>	4.103**	0.460	4.293**	0.497	3.895**	0.441	8.254	4.228
<i>sand</i>	2.395**	0.570	2.757**	0.509	2.844**	0.535	5.705	3.147
ASC	1.823**	0.389	0.604	0.689	0.867	0.709	0.595	0.402
范围异质性								
τ			0.108	0.190			-1.087*	0.450
观测值	2.784		2.784		2.664		2.664	
修正 R^2	0.217		0.215		0.202		0.205	
Chi2	382.2		107.6		350.5		6.3	
P 值	0.000		0.000		0.000		0.175	

注:①**和*分别表示在 1%和 5%的统计水平上显著;②为了提高系数估计值的量级, μ 的单位调整为“ 10^2 元”, *haze* 和 *sand* 的单位调整为“ 10^2 d”;③观测值=样本量 \times 12,其中,12 表示 4 个选择情景中的选项总数;④在 GMNL 模型中,设 $\gamma=0$;⑤在所有模型中均设 β 为独立分布的随机参数。

表 6 引入 ASC 项后估算空气质量边际价值的统计结果
Tab.6 Marginal values of air quality based on models including alternative specific constant

项目	样本 1				样本 2			
	RPL		GMNL		RPL		GMNL	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
<i>haze</i>	5.972**	6.912	5.669**	7.133	7.002**	8.669	7.250**	8.678
<i>sand</i>	2.416**	2.460	2.018**	3.251	2.168**	4.590	3.149**	4.008
ASC	0.606**	1.610	0.767**	0.201	0.869**	0.537	0.202*	1.509

注:①**和*分别表示在 1%和 5%的统计水平上显著;②边际价值均值的单位为“元/d”。

表 7 引入个人特征与空气质量交叉项后的模型估计结果
Tab.7 Estimation results after including interactions between demographics and air quality

均值	样本 1(RPL)				样本 2(RPL)			
	系数		标准误		系数		标准误	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
<i>t</i>	-0.470**	0.080	-0.375**	0.073				
<i>haze</i>	9.438**	3.203	4.135*	2.088				
<i>sand</i>	6.347*	3.204	0.811	2.768				
ASC	-0.378	1.162	-0.483	1.065				
交叉项								
均值								
<i>gender</i>	-0.164	0.578	-0.236	0.661	0.614	0.516	-1.056	0.657
<i>age</i>	-0.055	0.037	-0.040	0.039	0.025	0.046	0.055	0.061
<i>edu</i>	-0.233	0.154	-0.008	0.126	-0.050	0.110	0.031	0.141
<i>inc</i>	-0.468**	0.109	-0.329**	0.118	-0.191*	0.077	-0.220*	0.087
<i>prof</i>	-1.388*	0.722	-0.623	0.805	0.655	0.851	-0.405	1.055
<i>child</i>	-0.995	0.656	-0.493	0.711	-0.229	0.504	0.072	0.637
<i>ill</i>	0.063	0.647	-0.095	0.725	-0.032	0.511	-0.329	0.650
<i>aqi</i>	-1.271	0.743	-1.709*	0.784	-0.609	0.527	-0.542	0.688
<i>know</i>	-0.568	0.274	-0.618*	0.280	-1.333**	0.213	-0.283	0.247
标准差								
<i>haze</i>	3.152**		0.392		3.012**		0.367	
<i>sand</i>	2.253**		0.610		2.971**		0.490	
ASC	1.796**		0.591		0.994*		0.459	
观测值					2.784			2.664
修正 R^2					0.246			0.224
Chi2					247.9			227.2
P 值					0.000			0.000

注:①**和*分别表示在 1%和 5%的统计水平上显著;②为了提高系数估计值的量级, μ 的单位调整为“ 10^2 元”, *haze* 和 *sand* 的单位调整为“ 10^2 d”;③观测值=样本量 \times 12,其中,12 表示 4 个选择情景中的选项总数;④在所有模型中均设 β 为独立分布的随机参数,设 θ 为固定参数。

表 8 引入个人因素特征后估算空气质量边际价值的统计结果

Tab.8 Marginal values of air quality based on models including demographics

项目	样本 1(RPL)		样本 2(RPL)	
	均值	标准差	均值	标准差
	<i>haze</i>	6.763**	7.830	7.307**
<i>sand</i>	2.905**	4.777	2.081**	5.866
ASC	0.816**	1.649	1.284**	0.674

注:①**表示在 1%的统计水平上显著;②边际价值均值的单位为“元/d”。

5 扩展讨论

5.1 北京市空气污染治理的成本效益分析

成本效益分析是判断环境政策是否可行的基本方法。分析过程涉及四个函数关系^[1]: 政策成本函数、政策对环境质量的技术效果函数、环境质量对人类活动的影响效果函数、人类活动的福利评价函数。本文对空气质量边际价值的估算描绘了后两个函数关系,可以用来估算空气污染治理的效益。

根据上文的估算结果进行效益转移(Benefit Transfer)分析。北京市统计局发布的数据显示,2015年北京市常住人口为2170.5万人。据此计算,减少一个中度雾霾天气对北京市居民的平均总价值约为1.68亿元/d,减少一个中度沙尘天气的平均总价值约为0.61亿元/d(采用图1样本2的估算结果)。将上述价值分别与北京市2015年PM_{2.5}超标天数(共计143d)和PM₁₀超标天数(共计74d)相乘可得雾霾天气和沙尘天气的总价值分别为239.61亿元和45.13亿元(见表9),占北京市2015年GDP总量的1.04%和0.20%。

由于缺乏针对前两个函数的分析,本文根据政府投入的财政资金进行一个简单的匡算。北京市财政局公布的数据显示,从2014年到2016年,北京市用于空气污染治理投入的财政资金分别为61.2亿元、134.0亿元和165.4亿元。财政资金投入的额度低于空气污染的总价值(见表9)。但是,如果将空气污染改善的程度作为财政投入资金的技术效果,那么,治理空气污染的成本显然是高于效益的。例如,从2014年到2015年,空气污染降低的总价值为36.33亿元,而2015年的资金投入则为134.0亿元,效益仅为成本的27.11%。出现这一结果有多种原因。首先,36.33亿元可能低估了治理空气污染的效益,一方面,这一结果没有包括其他空气污染物下降的价值;另一方面,出于空气污染治理的空间溢出效果,北京市周边地区的空气质量改善的价值也应加以囊括。其次,在舆论

表9 北京市空气污染的总价值估算结果
Tab.9 Total value of air quality in Beijing

空气污染	2014年		2015年		2016年	
	超标 天数/d	总价值 /亿元	超标 天数/d	总价值 /亿元	超标 天数/d	总价值 /亿元
雾霾(PM _{2.5})	162	269.09	143	239.61	133	222.86
沙尘(PM ₁₀)	86	52.00	74	45.13	61	37.20

注:①超标天数通过收集中国环境监测总站发布的日数据进行统计,指轻度雾霾和轻度沙尘以上的天数;②总价值=人均边际价值·北京市常住人口·超标天数,其中,人均边际价值取自上文图2的数据,北京市常住人口数据来自于历年北京市统计年鉴,其中,2016年常住人口采用2015年数据。

压力下,北京市治理空气污染治理的资金投入在最近三年出现了大幅上升,2011年和2012年的投入额度仅为17亿元,2013年为30亿元,2016年则达到了165.4亿元,六年间的平均增长速度为57.62%,这一速度显然大幅高于空气质量改善的速度。因此,科学论证环境政策的成本效益、加强财政资金的使用效率应该成为当前空气污染治理的重点工作。

5.2 个人环境税的税制设计

税收是政府治理空气污染的主要资金来源。如果政府向普通居民征收空气污染税,税率应该设置为固定税率还是累进税率?假设政府需要征收的空气污染税总额是给定的,并且,这一总额满足社会层面上的“希克斯-卡尔多”补偿原则,但是,降低空气污染对每个居民的价值有所不同,那么,政府如何向居民征税最公平?

为了对这一问题进行分析,令 $cs_n = w_n - t_n$,其中, w_n 表示降低空气污染对居民 n 的价值, t_n 表示居民 n 的缴税额,那么, cs_n 相当于居民 n 的“消费者剩余”。本文考虑通过度量 cs_n 在样本 N 中的不平等程度来比较不同税制的优劣, cs_n 的不平等程度越低即意味着税制越公平。显然,不平等程度最低的方案为 $cs_n = cs_m, \forall n \neq m$,即样本 N 中所有居民的消费者剩余都相等。特殊地,假设税收总额恰好满足补偿原则,即 $T = \sum t_n = \sum w_n$ 。那么,从理论上讲,最公平的征税方案是对所有 $n \in N$ 都有 $cs_n = 0$,即每个居民上缴的税额恰等于降低污染的价值。但是,由于信息不对称,政府无法了解空气质量对每个居民的真实价值,因此,令 $t_n = w_n$ 的征税方案在现实中不具有可行性。

考虑两种现实中最常用的征税方案,一种方案是设计针对所有居民的固定税率,即 $t_n = T/N$,另一种方案是设计针对收入水平的累进税率,即 $t_n = f(\text{inc}_n)$, $\partial t_n / \partial \text{inc}_n > 0$ 。正如表7的估计结果,设计累进税率的经验证据在于收入对支付意愿具有显著的促进作用。根据前文的估算结果,收入的提高会显著地促进空气质量的边际价值,而且,对雾霾价值的促进作用比沙尘价值更大。以图1中估算的样本2边际价值为基础对两种税制进行比较。假设政府令雾霾天气和沙尘天气下降一天的治理成本恰好满足补偿原则,那么,固定税率即为边际价值的样本均值,即雾霾治理的税率为7.72元/人,沙尘治理的税率为2.81元/人。然后,考虑了一个“完美”的累计税率方案: $t_n = T(\text{inc}_n / \sum \text{inc}_n)$,即所有居民都按照其收入占总收入的比例分摊空气污染治理的总成本。据此可以计算每个居民的消费者剩余 cs_n ,其分布如图2所示。

通过图2可以发现,两种税制的不平等程度在雾霾和沙尘中存在差异。在雾霾的 cs_n 分布图中,累进税率的集中度较固定税率有一定程度的缩小,但在沙尘的 cs_n 分布

图中,两种税率的集中度则并没有明显的差异。为了更准确地进行对比,考虑使用两种常用的度量不平等程度的指标:标准差和基尼系数,表10描述了计算结果。

由表10可知,无论是采用标准差指标,还是采用基尼系数指标,征税后居民消费者剩余的不平等程度与税制之间并没有明确的关系。例如,就雾霾治理税而言,累进税率的 cs_n 标准差较固定税率更大,对样本截尾以后,累进税率的 cs_n 标准差却比固定税率更小;而采用基尼系数指标得到的结论与标准差指标的结论恰好相反。由此说明,以收入水平为信号设计的累进税率并不比固定税率更公平。

出现这一结果的主要原因可能在于收入水平对空气质量价值的解释力度有限。虽然从统计概率上看,空气质量对收入更高的居民具有更高的边际价值,但是,收入水平和空气质量价值并没有严格的对应关系。也就是说,仍然存在大量样本,其收入水平低而边际价值高或收入水平高而边际价值低。那么,采用累进税率对这类样本而言会导致比固定税率更严重的不公平。从本文的分析结果来看,累进税率对此类样本的不公平很可能抵消了累进税率在设计原理上平衡税额分配的效果,导致累进税率并没有明显优于固定税率。因此,如果政府向普通居民征收个人

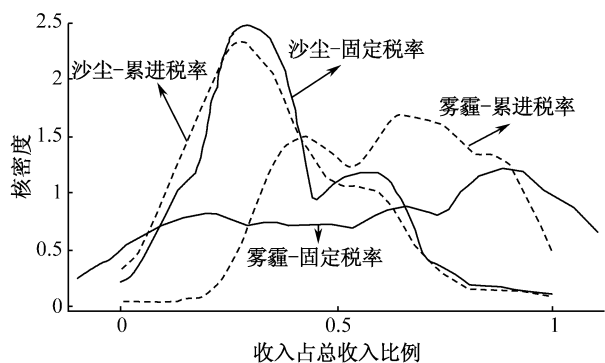


图2 居民消费者剩余的核密度图

Fig.2 Kernel density of consumer surplus

注:① cs_n 数据经过标准化处理;②采用Epanechnikov核函数作图。

表10 居民消费者剩余的标准差与基尼系数
Tab.10 Standard deviation and Gini coefficient of consumer surplus

空气污染		标准差		基尼系数	
		样本2	截尾样本2	样本2	截尾样本2
雾霾 cs_n	固定税率	0.584	0.585	0.324	0.325
	累进税率	0.628	0.493	0.183	0.332
沙尘 cs_n	固定税率	0.384	0.422	0.276	0.350
	累进税率	0.361	0.443	0.297	0.313

注:① cs_n 数据经过标准化处理;②样本2的样本量为222,“截尾样本2”是指删除5%和95%分位数以后的样本2,样本量减少为200。

空气污染税,从公平的角度出发,收入可能并不是税率设计的一个良好的参照指标。政府对累进税率的设计也应进行谨慎的考虑和科学的论证。

6 结论与启示

本文利用两次问卷调查收集的微观数据,采用选择实验方法评估了北京市的空气质量价值。调查结果显示,北京市居民当前最关切的两种空气污染物分别是 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 。本文据此设计选择实验,并在调查数据的基础上采用随机参数Logit模型和广义多元Logit模型估计了样本居民对雾霾天气和沙尘天气的偏好参数,进而计算了空气质量对样本居民的边际价值。结果显示,在一年中,雾霾天气和沙尘天气减少1天对北京市居民的平均边际价值分别为7.72元/d和2.81元/d。据此估算,2015年北京市雾霾天气和沙尘天气损失的总价值分别为239.61亿元和45.13亿元,占北京市当年GDP总量的1.04%和0.20%。

居民对空气污染的偏好异质性得到证实,但决策过程的范围异质性未得到证实,说明调查对象在选择情景中的决策过程符合理性原则。本文随后重点对以上评估结果的效度进行了分析。首先,通过两次调查样本得到的估计结果基本一致,证实了居民对空气污染的偏好在时间维度上具有稳定性。其次,在实证模型中引入“特定选项常数项”和居民的个人特征以后,分析结果并未发生明显的改变。而且,与近10年来的同类研究结果相比,本文的估算结果相对适中,不存在明显高估或低估空气质量价值的现象。由此说明,基于良好的实验设计规范,选择实验在环境公共物品的价值评估领域具有较高的应用价值。

在进一步的讨论中,本文发现北京市2015年和2016年空气质量改善的价值均大幅低于当年北京市政府用于治理空气污染投入的财政资金总量。虽然出于价值界定和空间关联等方面的原因,本文可能低估了北京市治理空气污染的总效益,但是,近年来北京市治理空气污染投入的财政资金急速增长,仍然有必要对环境政策的可行性进行科学的论证,从而提高财政资金的使用效率。此外,本文基于居民个人空气质量价值评估的结果比较了个人环境税的两种税制:固定税率和累进税率。结果显示,虽然空气质量对高收入居民具有更高的价值,但是,以收入水平为指标设计的累进税率并没有比固定税率更加公平。个人环境税的税制设计将是下一步的研究方向之一。

(编辑:刘照胜)

参考文献(References)

[1] FREEMAN A M, HERRIGES J A, KLING C L. The measurement of environmental and resource values: theory and methods[M]. 3rd ed. Washington DC: Routledge, 2014.

- [2]蔡春光,郑晓瑛.北京市空气污染健康损失的支付意愿研究[J].经济科学,2007(1):107-115.[CAI Chunguang,ZHENG Xiaoying.Willingness to pay for health lose from air pollution in Beijing[J].Economic science,2007(1):107-115.]
- [3]陈永伟,陈立中.为清洁空气定价:来自中国青岛的经验证据[J].世界经济,2012(4):140-160.[CHEN Yongwei,CHEN Lizhong.Pricing for clean air: empirical evidence from Qingdao in China[J].The journal of world economy,2012(4):140-160.]
- [4]LEVINSON A.Valuing public goods using happiness data: the case of air quality[J].Journal of public economics,2012,96(9-10):869-880.
- [5]何凌云,黄永明.城市居民基于空气质量改善的支付意愿定量分析[J].城市问题,2014(4):67-73.[HE Lingyun,HUANG Yongming.Urban residents' willingness to pay for air quality improvement[J].Urban problems,2014(4):67-73.]
- [6]陈永伟,史宇鹏.幸福经济学视角下的空气质量定价——基于CFPS 2010年数据的研究[J].经济科学,2013(6):77-88.[CHEN Yongwei,SHI Yupeng.Valuing air quality from the perspective of happiness economics: based on the data from CFPS 2010[J].Economic science,2013(6):77-88.]
- [7]LUECHINGER S.Valuing air quality using the life satisfaction approach[J].The economic journal,2009,119(536):482-515.
- [8]LOUVIERE J J,HENSHER D A,SWAIT J D.Stated choice methods: analysis and applications[M].New York: Cambridge University Press,2000.
- [9]MURPHY J J,ALLEN P G,STEVENS T H,et al.A meta-analysis of hypothetical bias in stated preference valuation[J].Environmental and resource economics,2005,30(3):313-325.
- [10]LIST J,GALLET C.What experimental protocol influence disparities between actual and hypothetical stated values?[J].Environmental and resource economics,2001,20(3):241-254.
- [11]LIST J A,SINHA P,TAYLOR M H.Using choice experiments to value non-market goods and services: evidence from field experiments[J].Advances in economic analysis & policy,2006,5(2):1-37.
- [12]全世文.选择实验方法研究进展[J].经济学动态,2016(1):127-141.[QUAN Shiwen.Research advances on choice experiment[J].Economic perspectives,2016(1):127-141.]
- [13]LUSK J L,SCHROEDER T C.Are choice experiments incentive compatible? a test with quality differentiated beef steaks[J].American journal of agricultural economics,2004,86(2):467-482.
- [14]TANG C,ZHANG Y.Using discrete choice experiments to value preferences for air quality improvement: the case of curbing haze in urban China[J].Journal of environmental planning and management,2016,59(8):1473-1494.
- [15]YOO S,KWAK S,LEE J.Using a choice experiment to measure the environmental costs of air pollution impacts in Seoul[J].Journal of environmental management,2008,86(1):308-318.
- [16]TRAIN K E.Discrete choice methods with simulation[M].New York: Cambridge University Press,2003.
- [17]FIEBIG D G,KEANE M P,LOUVIERE J,et al.The generalized multinomial Logit Model: accounting for scale and coefficient heterogeneity[J].Marketing science,2010,29(3):393-421.
- [18]曾贤刚,谢芳,宗佳.降低PM_{2.5}健康风险的行为选择及支付意愿——以北京市居民为例[J].中国人口·资源与环境,2015,25(1):127-133.[ZENG Xiangang,XIE Fang,ZONG Quan.Behavior selection and willingness to pay of reducing PM_{2.5} health risk: taking residents in Beijing as an example[J].China population,resources and environment,2015,25(1):127-133.]
- [19]HAMMITT J,ZHOU Y.The economic value of air-pollution-related health risks in China: a contingent valuation study[J].Environmental and resource economics,2006,33(3):399-423.
- [20]ALBERINI A,CROPPER M,FU T,et al.Valuing health effects of air pollution in developing countries: the case of 'Taiwan'[J].Journal of environmental economics and management,1997,34(2):107-126.
- [21]曹怀术,廖华.公众改善环境之意愿的层次贝叶斯分析[J].管理学报,2013(2):274-279.[CAO Huaishu,LIAO Hua.The public's willingness to pay for environment quality improvement: a hierarchical Bayesian approach[J].Chinese journal of management,2013(2):274-279.]
- [22]WINDLE J.Comparing responses from internet and paper-based collection methods in more complex stated preference environmental valuation surveys[J].Economic analysis and policy,2011,41(1):83-97.
- [23]OLSEN S.Choosing between internet and mail survey modes for choice experiment surveys considering non-market goods[J].Environmental and resource economics,2009,44(4):591-610.
- [24]高新才,岳立,张钦智.兰州市大气污染支付意愿影响因素分析[J].城市问题,2011(1):62-65.[GAO Xincan,YUE Li,ZHANG Qinzhi.Willingness to pay for air pollution in Lanzhou and its determinants[J].Urban problems,2011(1):62-65.]
- [25]咸会琛,胡萌.青岛市居民对改善空气质量的支付意愿研究[J].城市发展研究,2013(8):95-100.[XIAN Huishen,HU Meng.Research on Qingdao residents' willingness to pay for air quality improvement[J].Urban development studies,2013(8):95-100.]
- [26]黄德生.大气能见度价值评估方法与实证研究[D].北京:北京大学,2013.[HUANG Desheng.Atmospheric visibility valuation method and empirical study[D].Beijing:Peking University,2013.]
- [27]TAN J,ZHAO J.The value of clean air in China: evidence from Beijing and Shanghai[J].Frontiers of economics in China,2014,9(1):109-137.
- [28]石春娜,姚顺波,陈晓楠,等.基于选择实验法的城市生态系统服务价值评估——以四川温江为例[J].自然资源学报,2016(5):767-778.[SHI Chunna,YAO Shunbo,CHEN Xiaonan,et

- al. Economic valuation of ecosystem services based on choice experiments: a case study of Wenjiang in Sichuan Province [J]. *Journal of natural resources*, 2016(5) : 767-778.]
- [29] MIRRLEES J, ADAM S, BESLEY T, et al. Tax by design: the Mirrlees review [M]. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- [30] QI Y, JIA Q G, ZOU J, et al. Future of global governance and climate change action in a changing political landscape [J]. *Chinese journal of population, resources and environment*, 2017, 15 (1) : 1-7.
- [31] ZHU D J. Research from global Sustainable Development Goals (SDGs) to sustainability science based on the object-subject-process framework [J]. *Chinese journal of population, resources and environment* 2017, 15(1) : 8-20.
- [32] JIANG J N, WANG W T, WANG C, et al. Combating climate change calls for a global technological cooperation system built on the concept of ecological civilization [J]. *Chinese journal of population, resources and environment*, 2017, 15(1) : 21-31.
- [33] DONG L. Bound to lead? rethinking China's role after Paris in UNFCCC negotiations [J]. *Chinese journal of population, resources and environment*, 2017, 15(1) : 32-38.

Using choice experiment to evaluate air quality in Beijing

QUAN Shi-wen

(Institute of Rural Development , Chinese Academy of Social Sciences , Beijing 100732 , China)

Abstract The scientific evaluation of air quality is a prerequisite for the government to develop air pollution control policies. In recent years, choice experiment has been increasingly used to measure environmental values. Compared with other stated preference methods, the higher external validity is an important advantage of choice experiment. At present, several foreign studies have evaluated air quality in different regions by using choice experiment. By contrast, the application of choice experiment in China is still in its infancy. The aim of this paper is to add new empirical evidence on air quality evaluation in Beijing by using the method of choice experiment. Specifically, we design a choice experiment regarding air quality and conduct two online surveys on Beijing residents respectively in 2015 and 2016. According to the survey data, we use random parameter logit model and generalized multinomial logit model to elicit individual's preference on air quality, and thus estimate the value of air quality. According to the sample in 2015, the mean marginal values of one hazy day (i.e. with excess $PM_{2.5}$) and one sandy/dusty day (i.e. with excess PM_{10}) are respectively 6.32 yuan and 2.69 yuan. And according to the sample in 2016, the corresponding marginal values are respectively 7.72 yuan and 2.81 yuan. Above estimates are basically stable in the two survey samples, and remain robust in different model specifications, and also keep consistent with results of relevant studies. Consequently, Beijing's hazy and sand-dust weather in 2015 leads to losses respectively worth 23.96 billion yuan and 4.51 billion yuan, namely 1.04% and 0.20% of GDP. We further find that the economic values of air quality improvement in 2015 and 2016 are all considerably lower than Beijing's fiscal input on controlling air pollution, indicating that the efficiency of fiscal fund should be further improved. Besides, although income has a significantly positive impact on individual-level air quality value, we do not find progressive tax rate is obviously better than flat tax rate.

Key words air quality; choice experiment; evaluation; cost benefit analysis; haze