

黑河流域张掖地区生态系统服务恢复的条件价值评估

张志强^{1,2}, 徐中民^{1,3}, 程国栋¹, 苏志勇³

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室, 兰州 730000; 2. 中国科学院 资源环境科学信息中心, 兰州 730000; 3. 兰州大学 干旱农业生态国家重点实验室, 兰州 730000)

摘要:以当前国际上流行的衡量环境物品经济价值的重要方法——条件价值评估法(CVM), 针对黑河流域张掖地区生态系统恶化的现状, 以支付卡的方法设计了 700 份调查问卷, 调查了黑河流域居民对恢复张掖地区生态系统服务的支付意愿(WTP)。结果表明, 黑河流域 96.6% 的居民家庭对恢复张掖地区生态系统服务存在支付意愿。对支付卡数据的非参数估计结果表明, 黑河流域居民家庭对恢复张掖地区生态系统服务的平均最大支付意愿每户每年在 45.9~68.3 元之间。支付卡数据的参数估计分析表明, 黑河流域居民家庭对恢复张掖地区生态系统服务的平均最大支付意愿每户每年为 53.35 元。按黑河流域现有家庭数量计算, 恢复张掖地区生态系统服务的经济效益每年至少在 2246.28×10^4 元以上。由于恢复张掖地区生态系统服务具有巨大的正外部效应, 因此, 仅就黑河流域居民家庭数量估计的恢复张掖地区生态系统服务的经济价值, 只是对恢复张掖地区生态系统服务的经济价值的最低估价。

关键词:条件价值评估法(CVM); 支付意愿(WTP); 生态系统服务; 经济价值; 张掖地区

Contingent Valuation of the Economic Benefits of Restoring Ecosystem Services of Zhangye Prefecture of Heihe River Basin

ZHANG Zhi-Qiang^{1,2}, XU Zhong-Min^{2,3}, CHENG Guo-Dong¹, SU Zhi-Yong³ (1. *State Key Laboratory of Frozen Soil Engineering, Cold and Arid Region Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, China*; 2. *Scientific Information Center for Resources and Environment, CAS, Lanzhou 730000, China*; 3. *State Key Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(6): 885~893.

Abstract: The Contingent Valuation Method (CVM) is a direct interview approach that can be used to provide acceptable measures of the economic value of recreation opportunities as well as preservation of natural resources. This latter use is unique to contingent valuation. Contingent valuation methods use simulated (hypothetical) markets to identify values similar to actual markets. The experience gained in US and Europe for about three decades shows that CV is a promising technique which could potentially help public decision-making. Lots of empirical studies conducted in various contexts show that the approach is well-accepted by the general public.

The authors take it as an tool to analyze the economic benefits of restoring ecosystem service in an impaired river basin, Heihe river basin, which ranks the second large inland river basin in northwest

基金项目:中国科学院知识创新工程重大资助项目(KZCX1-10-07); 中国科学院知识创新工程重大资助项目(KZCX1-09-04); 中国科学院“西部之光”计划“甘肃省 21 世纪生态建设与大农业可持续发展研究”资助项目

收稿日期:2001-12-12; **修订日期:**2002-04-28

作者简介:张志强(1964~), 男, 甘肃定西人, 博士, 研究员。主要从事生态经济学和可持续发展方面的研究。E-mail: zhangzq@ns.lzb.ac.cn

致谢:美国科罗拉多大学 John Loomis 教授在问卷设计和结果分析过程中给予了指导和帮助; 张海涛、鲁安新同志参加了问卷调查, 在此表示衷心感谢。

China. To obtain accurate benefit estimates using CVM technique requires detailed descriptions of the resources being valued. In our survey, a 12-page questionnaire with maps, pictures and figures depicting the reason why the ecosystem of Heihe river basin and Zhangye prefecture has been deteriorating, the measures by which ecosystem services could be restoring from their current level, and the benefits the households in the area could get from restoring ecosystem services.

Results from 700 in-person interviews indicate that 96.6% of the households in Heihe river basin would like to pay for restoring the ecosystem services of Zhangye prefecture. Non-parameter analysis of the payment card data shows that the maximum average willingness to pay (WTP) is 45.9~68.3 RMB Yuan per household per year. Parameter analysis of the data indicates that the maximum average WTP is 53.35 RMB Yuan per household per year. The annual aggregate benefits of restoring ecosystem services of Zhangye prefecture is at least 2246.28×104 RMB Yuan, calculated by the number of the households in 1999 in the Heihe river basin. This result is a conservative estimates for the economic value of restoring the ecosystem services of Zhangye prefecture because of the positive externalities of restoring the ecosystem services on the outside of Heihe river basin.

This estimated economic value suggests that the general public in Heihe river basin would be willing to pay to restoring the ecosystem services. Thus, the application and development of CVM technique in China should be encouraged because of the necessity of the integrated environmental and economic accounting and the rationally environmental economic decision-making.

Key words: Contingent valuation method (CVM); Willingness to pay (WTP); Ecosystem services restoration; Economic value; Zhangye prefecture; Heihe river basin

文章编号:1000-0933(2002)07-0885-09 中图分类号:Q146, X171.4 文献标识码:A

1 条件价值评估法及其应用发展概述

对生态、环境资产(包括其数量和质量)为人类所提供的物品或服务的经济价值进行定量评估的生态、环境经济评价是生态经济学、环境经济学研究的前沿和难点领域^[1, 2]。条件价值评估法(Contingent valuation method, CVM)是一种典型的陈述偏好评估法,它利用效用最大化原理,在假想市场情况下,直接调查和询问人们对某一环境效益改善或资源保护措施的支付意愿(Willingness to pay, WTP)、或者对环境或资源质量损失的接受赔偿意愿(Willingness to accept, WTA),以推导环境效益改善或环境质量损失的经济价值。CVM 可用于评估环境物品的利用价值和非利用价值,是近几十年来国外生态与环境经济学中最重要的和应用最广泛的关于公共物品价值评估的方法^[3, 4]。

条件价值评估的经济学原理是^[4]:假设消费者的效用函数受市场商品 x , 非市场物品(将被估值) q , 个人偏好 s 的影响。其间接效用函数除受市场商品的价格 P , 个人收入 y , 个人偏好 s 和非市场商品 q 的影响外, 还受个人偏好误差和测量误差等一些随机成分的影响, 如用 ϵ 表示这种随机成分, 则间接效用函数可用 $V(p, q, y, s, \epsilon)$ 表示。被调查者个人通常面对一种环境状态变化的可能性(从 q_0 到 q_1), 假设状态变化是一种改进, 即 $V_1(p, q_1, y, s, \epsilon) \geq V_0(p, q_0, y, s, \epsilon)$, 但这种状态改进需要花费消费者一定的资金。条件价值方法是利用问卷调查的方式, 揭示消费者的偏好, 推导在不同环境状态下的消费者的等效用点 $[V_1(p, q_1, y - w, s, \epsilon) = V_0(p, q_0, y, s, \epsilon)]$, 并通过定量测定支付意愿(w)的分布规律得到环境物品或服务的经济价值。

CVM 由 R. Davis^[5]于 1963 年提出并首次应用于研究缅甸州林地宿营、狩猎的娱乐价值。19 世纪 70 年代以来, CVM 逐渐地被用于计量环境的娱乐、狩猎和美学效益的经济价值^[6, 7]。1979 年, 美国水资源委员会(WRC)出台了在水资源规划中应用 CVM 法开展成本—效益分析的原则和程序, 将 CVM 法推荐为评估休憩效益的两种优先方法之一(另一种为旅行成本法), 推动了水资源相关联邦机构如美国陆军工程部队、美国垦务局等对 CVM 法的应用^[8]。1986 年, 美国内政部推荐 CVM 法为测量自然资源和环境存在价值和遗产价值的基本方法^[3, 9]。1992 年, 美国国家海洋和大气管理局(NOAA)任命的一个高级委员会

(Blue-RibbonPanel),对 CVM 在测量自然资源的非利用价值或存在价值方面的可应用性进行了评估,该委员会提出了将 CVM 应用于评估自然资源的非利用价值或存在价值的一些指导原则^[8]。CVM 起源于美国,美国政府部门的推动对 CVM 在环境物品经济价值评估中的广泛应用和方法发展起到了重要作用。

20 世纪 80 年代 CVM 研究引入英国、挪威和瑞典,90 年代引入法国和丹麦。欧洲国家的环境价值评估研究虽然起步比美国晚,但发展也十分引人注目。据统计,至 1999 年,欧洲国家应用各类环境价值评估技术开展的环境价值评估研究案例已达 650 多例,其中 CVM 的应用占主要部分。欧洲国家过去 20 余年的研究表明,CVM 在帮助公共决策方面是一个很有潜力的技术^[10]。

随着生态经济学和环境经济学的迅速发展,当前 CVM 法在西方国家得到广泛的应用,研究案例和著作加速增多。据 Mitchell 等^[9](1989)统计,从 20 世纪 60 年代初 CVM 法提出到 20 世纪 80 年代末的 20 余年时间里,公开发表的 CVM 法研究案例有 120 例。Carson 等^[11]的统计结果为,世界上 40 多个国家 CVM 法研究的案例已超过 2000 例。而据加州大学经济系 2001 年的统计表明,1990 年代以来(主要是最近几年)用 CVM 法评估非市场资源价值的文献有 500 多篇。

随着 CVM 法在生态和环境经济价值评估中的日益广泛应用,其数据调查和统计分析方法日臻完善。CVM 的问卷格式已由早期的连续问卷格式发展为连续问卷格式和离散问卷格式两大类。在 CVM 的发展过程中,研究者在注意到被调查者对‘是’或‘不是’的回答比要他们直接说出最大支付意愿更能模拟市场定价行为,而开始在研究中采用封闭式二分式选择(dichotomous choices)问卷格式。封闭式二分式选择问卷格式是由 Bishop 等于 1979 年引进 CVM 研究中的^[12],得到广泛应用是在 Hanemanne 建立了两分式问卷选择与支付意愿之间的函数关系式之后^[13]。目前,CVM 的分析方法已从早期的单边界约束,发展到现在的多边界、多目标、多阶段的支付意愿的研究^[3,14~18]。

在研究方法发展的同时,研究范围也不断扩大,从开始的对资源与环境物品的娱乐价值研究到目前广泛的应用于评估环境改善的效益和环境破坏的损失。自 Randall 等在 1974 年第一次将条件估值研究方法应用于关于环境质量改善的研究以来^[7],有关环境恢复和环境改善方面的条件估值研究文献逐年增多。近年来,有关 CVM 的应用研究主要是评估水质改善、湿地恢复、石油泄露、自然区域保护、健康风险减少、流域生态系统服务恢复等的价值评估,以及环境物品条件价值评估的公平性研究^[19]等。

由于市场体制不健全、生活习惯等多种因素的影响,CVM 法在发展中国家应用的案例不多。CVM 法于 20 世纪 90 年代末开始被引入我国,迄今仅有个别研究案例^[20,21]。随着我国市场经济体制的逐步完善,以及由于符合可持续发展标准的环境经济综合核算体系(绿色国民经济核算)建立与完善的必然要求,通过模拟市场的方法评估生态环境公共物品的经济价值的工作必将迅速发展^[1],这也是环境经济政策制定的基础工作,因此,CVM 方法在我国亟待介绍与发展。

2 黑河流域张掖地区生态系统服务恢复价值的 CVM 调查

2.1 研究区域概况

黑河是西北干旱区第二大内陆河流,流域总面积达 12.8 万 km²。全流域 1999 年有 193 万人。随着流域人口的急速膨胀和流域经济活动规模及强度的持续增加,黑河流域出现严重的水资源短缺并进而引发绿洲退化和萎缩、草原“三化”、土地荒漠化及沙尘暴频发、土壤次生盐渍化等一系列生态环境问题。恢复流域的生态环境是流域可持续发展的前提和基础已成为国家和地方政府的共识。

张掖地区地处黑河流域中上游,国土总面积 41924km²,占流域总面积的 32.8%。1999 年底全区总人口 126.07 万人,占流域总人口的 65.3%。张掖地区是黑河流域内土地开发强度最大的区域,生态环境问题十分突出,主要表现在:①因干旱缺水,地下水位下降,防风固沙林带和荒漠植被旱象严重,导致天然绿洲退化和萎缩;②植被稀疏,1999 年底森林覆盖率 9.17%,全区土壤侵蚀面积 25992.9 km²,占国土总面积的 62%;③因超载过牧等导致草原的退化、沙化、盐碱化现象突出,位于黑河上游的肃南县、山丹军马场、民乐县南丰乡、山丹县马营乡等沿山地区草原退化、水土流失严重等;④沙漠戈壁面积达 12046 km²,占国土总面积的 28%,风沙灾害及沙尘暴频发,近 50a 来,河西地区共发生过 6 次特大沙尘暴,近年来几乎每年都发生严重沙尘暴灾害;⑤水资源严重短缺,黑河断流现象频发,水事纠纷不断。归结起来,就是不合理的

类经济活动和人口压力破坏了流域复合生态系统的良性循环维持机理,导致区域的水、土、生物环境之间的平衡被打破,使区域生态环境劣变。

张掖地区生态环境状况的好坏对整个黑河流域生态环境状况的好坏起着决定性的作用。张掖地区的生态恢复和保护对整个黑河流域的生态恢复和保护至关重要。如何解决经济发展与生态恢复之间的矛盾是当前研究的焦点问题之一。本文采用条件价值评估法(CVM),研究了恢复张掖地区生态系统服务的总经济价值,这将为恢复和保护张掖地区生态系统的决策提供重要的科学依据。

2.2 调查问卷设计及偏差处理

作者在事先对黑河流域进行详细调研并了解流域生态问题的基础上,确定了调查的主要内容和方式,设计了CVM问卷初稿并在中科院寒区旱区环境与工程研究所进行了预调查,通过预调查完善了问卷中问题的表述及确定了投标数量值及其分布间隔,最终的CVM问卷共12页由3部分组成。

第一部分是引言部分,图文并茂地解释了张掖地区生态环境的现状及其成因。

第二部分是未来5a的生态恢复和保护计划部分,提出了生态恢复和保护计划的目标和实施方法及预期取得的生态环境效益。生态恢复和保护计划包括两部分:一是恢复和建设植被,使森林覆盖率由目前的9.17%上升到5a后的11.4%;二是实施可持续发展的水资源利用。张掖地区现状灌溉用水约占83.5%、工业用水约占0.6%、城镇和农村生活用水约占0.6%、河道中剩余地表水约占15.4%。要恢复流域的生态系统,就必须恢复流域水资源系统的良性维持机理。必须大力发展节水农业,使灌溉用水由目前的83.5%至少减少到72%以下,河流中的水量由目前的15.4%至少增加到26.8%以上,增加河流中的水量和提高水质,使正义峡下泄水量增加2~2.5亿 m^3 ,以用于保护和建设全流域的生态环境,维护人类赖以生存的绿洲的生态环境安全。

在浅显的介绍流域生态系统服务的概念的基础上,阐明了恢复生态系统服务可以持续地为人类带来福利。然后,提出了问卷调查要评估的生态恢复计划可以部分恢复的几种生态系统服务:①恢复水资源的供应;②控制土壤侵蚀(抑制沙尘暴);③提供野生动物的栖息环境;④恢复生态系统的水资源自然净化和污水的净化;⑤抑制土壤盐碱化等。

第三部分是条件价值评估的问卷调查部分,调查流域居民对改善区域生态系统服务所带来的福利的最大支付意愿(WTP)。考虑到调查对象是流域的居民,被调查者并不熟悉市场定价行为,而且以前缺乏类似的研究,难确定随机向被调查者提供的投标数量。因此,没有采用二分式选择问卷格式,而是采用支付卡(Payment card)问卷格式,这样被调查者只需要在有些有序排列的投标数量中选择肯定愿意支付的最大数量和肯定不愿意支付的最小数量即可。

调查中的核心估值问题如下:

当前张掖地区生态恢复和保护计划正在筹集资金的阶段,如果您投票支持该计划,您愿意在未来的5年内,每年从您的家庭收入中最多拿出多少元支持这一计划?(请在下面对应的数值上画圈)

0; 2; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 120; 140; 160; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 500; 600。

同时请在当前您肯定不愿出资的最小数字上画圈。

如果当前是进行一次性筹集资金,您将从家庭收入中拿出_____元来支持这一计划。(请在横线上填数)。

条件价值评估法是一种典型的陈述偏好价值评估技术,影响其结果准确性的限制条件或因素很多,如假想偏差(hypothetical bias)、支付方式偏差(payment method bias)、投标设计偏差(bid design bias)或投标起点偏差(starting point bias)、调查方式偏差(survey mode bias)、问题顺序偏差(order effects bias)、不反映偏差(nonresponse bias)、抗议投标偏差(protest bidding bias)等,其中,假想的市场规则和投标设计的准确性是条件价值评估的主要限制条件。例如,支付/投标卡问卷格式的CVM研究建议了投标起点和数值间隔,建议的出价应足够低和间隔会被回答者误解为“适当”的WTP范围,从而会出现投标设计偏差或投标起点偏差。在本研究中,在提前对研究的问题深入调研的基础上,精心设计了图文并茂的调查问卷,尽可

能精确地描述假想市场的属性并进行了预调查,通过预调查掌握被调查者对假想市场的响应并确定预设的投标起点值和数值间隔及范围的合理性,以减小起点偏差^[3]。在调查的实施过程中,根据国际上的研究经验,均采取了相应的方法^[3,4],以减少和降低条件价值评估中的各种偏差对估值结果的可能影响。

2.3 调查实施及样本特征分析

本次调查采用面对面采访的方式,样本发放范围包括黑河流域张掖地区6个县(市)、嘉峪关市、酒泉地区的酒泉市、金塔县和内蒙古额济纳旗,总共发出样本700份。各县(市)样本的发放数量主要是根据1999年各县(市)的家庭户数按比例确定的,再采用随机群抽样(randomized cluster sampling)的方法选定样本,每个随机群样本数量控制在总样本的1/13之内^[3]。由于问卷的发放是采用随机抽样的方法,而且被调查者覆盖了全流域,因此该调查问卷具有条件价值调查方法所要求的问卷广泛性要求。

由于是采用面对面的调查方式,本次调查的问卷反馈率很高,排除一些有明显错误的问卷(支付意愿超过工资收入的5%以上的,前后矛盾的,胡答漏答的)后,回收有效问卷643份,占发放问卷的91.86%。在这些有效问卷中,621个居民家庭有支付意愿,占96.6%。有83个被调查者的WTP为0,其中,61人WTP为0的原因是“家庭收入低”;22人属于抗议性回答^[3],占有效问卷的3.4%。抗议性回答的问卷中,4人认为“生态恢复计划不能达到预期目的”,16人认为“应由国家出资而不应由个人和家庭掏钱,拒绝支付”,1人“对生态恢复不感兴趣”,1人“对这种支付意愿调查不感兴趣”。抗议性回答比例很低说明该问卷设计的效果比较好^[3]。

其他的560人的WTP大于零,但支付方式有差异,其中247人选择了“捐款”(占44%),221人选择了“交纳生态环境税”(占40%),34人选择了“多交水费”(占6%),58人选择了“出工”等其它方式(占10%)。以选择“捐款”和“交税”的支付方式为主。选择“多交水费”方式的被调查者比例最低,主要是因为当前的水费负担较重,平均每667m²每年48~72元,已接近农民的承受极限。占10%的被调查者(基本上是农民)选择“出工”等其它方式来代替出资,说明居民收入水平不高,也说明本次调查的结果有低估环境经济价值的可能。

621份有效问卷(排除了抗议性反映的22份问卷)回答者的基本统计情况如下:①户籍,城市390人;农村231人。②性别,男性434人;女性187人。③文化程度,小学45人;初中113人;高中187人;大学及以上276人。④年龄,18~24岁138人;25~35岁271人;36~50岁189人;50岁以上23人。⑤家庭年收入,1~5000元236人;5001~10000元193人;10001~20000元164人;20001元以上28人。

由于在问卷调查中,要求对家庭情况比较熟悉、文化层次较高、年龄必须超过18岁的成员回答问题,这能解释样本中被调查者文化层次的变化规律,小学最少,大学最多。被调查者的收入分配情况也符合该流域居民的收入分配结构。

3 CVM 调查结果的统计处理与分析

3.1 平均最大支付意愿的非参数估计

投标卡方法可以根据被调查者肯定愿意支付的最大货币数量和肯定不愿意支付的最小货币数量来确定支付意愿的变化范围。

图1是根据各投标点上投标人数频率分布图。在样本处理过程中发现,除极少数被调查者的最大支付意愿散点分布在15,25,30,35,40,45,60,70,80,120,140,160,180,250,350上以外,其余的被调查者的最大支付意愿都选择在图中其余的投标数量上,因此,在计算过程中,对极少数散点进行了中位值处理,而没有采用分区分组处理方法。在0投标数量的83个样本中,61个被调查者选择了支持生态系统服务恢复计划,但由于经济困难而选择了0支付数量,这些0支付意愿样本在处理过程中予以考虑。

根据上面的支付意愿分布频率图,可以计算出张掖地区生态系统服务恢复的最大平均支付意愿的期望值:

$$E(WTP) = \sum_{i=1}^{12} p_i b_i = 45.9(\text{元})$$

万方数据

由于是采用投标卡式的调查方法,被调查者所愿意支付的最大数量的组合提供了整体平均支付意愿

的下限,而不可能接受的最小支付数量提供了整体平均支付意愿的上限。在调查中发现,被调查者都拒绝支付投标卡上比自己选择的最大支付意愿高一级的数量,图2是根据各投标点上不愿意投标的人数频率分布图。这样就可以采用与上面同样的方法确定最大平均支付意愿的上限。

$$E(NWTP) = \sum_{i=1}^{12} p_i b_i = 68.3(\text{元})$$

可接受的最大支付意愿为每户每年45.9元,不愿意接受的最小支付意愿数量为每户每年68.3元。因此,黑河流域居民对恢复张掖地区生态系统服务的平均最大支付意愿每户每年45.9~68.3元之间。

3.2 平均支付意愿的参数估计方法

尽管在模拟市场定价行为方面,支付卡方式的作用不如离散型二分式选择问卷^[3],但采用支付卡的方式,被调查者的WTP范围可以直接清楚的揭示。知道了平均支付意愿的变化范围,就可以采用参数估计的方法来确定平均支付意愿值。

采用参数估计方法,需要在WTP值和被调查者和公共商品的属性值之间建立一种函数关系,首先将投标数量变化范围的中点值视为被解释变量,采用最大似然估计法估计投标数量中点值与其它代表被调查者特征信息和环境物品属性变量之间的关系,在实际应用中常选择支付意愿的对数正态分布作为被解释变量。关系方程式如下:

$$\ln(WTP) = X'\beta + \mu \tag{1}$$

式中, X 为被调查者或环境物品的一些特征属性, β 为估计的参数, μ 为服从 $[0,\sigma^2]$ 正态分布的随机变量。有很多研究者曾利用方程式(1)讨论过支付意愿与投标数量、收入和被调查者的其它社会经济信息之间的关系,取得了一些研究成果^[22]。但后来的研究发现由于方程式(1)中假设期望的WTP值等于被调查者投标数量变化范围的中点值,可能导致有偏的WTP值。Cameron和Huppert在(1)式分析基础上将支付意愿值当成一个随机变量,引进了双边界的概率模型来进行分析^[23]。

采用支付卡的方式调查了支付意愿的范围后,被调查者将回答‘是’的概率可用下式表示:

$$\Pr(\text{‘是’}) = \Pr(WTP \geq T_L) = 1 - G_{WTP}(T_L) \tag{2}$$

WTP落在投标门槛值 $[T_L, T_U]$ 之间的概率为 $G_{WTP}(T_U) - G_{WTP}(T_L)$,其中 T_L 为被调查者愿意支付的最大数量, T_U 是被调查者不愿意支付的最小数量。很显然被调查者的支付意愿在 $[T_L, T_U]$ 这一范围内。

针对所有的调查者很容易得到如下的对数似然函数:

$$\ln(L) = \sum_{i=1}^n \ln[G_{WTP}(T_{ui}) - G_{WTP}(T_{Li})] \tag{3}$$

易知 $G_{WTP}(T_{ui}) \rightarrow \Phi(\eta U_i - \gamma X_i)$, $G_{WTP}(T_{Li}) \rightarrow \Phi(\eta L_i - \gamma X_i)$, Φ 是标准的正态累计频率密度函数。其中 $\gamma = \beta/\sigma$, $\eta = 1/\sigma$ 。通过利用方程(1)中估计得到的 β 和 σ 值,并注意到 $\ln(WTP) \rightarrow [0, \sigma^2]$ 的分布,就可以得到平均支付意愿值为 $e^{(\beta X + \sigma^2/2)^{[24]}}$ 。

3.3 计算结果与数据

3.3.1 支付意愿的变化范围 对调查的621份有效问卷(不含抗议性回答),计算了各投标值肯定愿意支

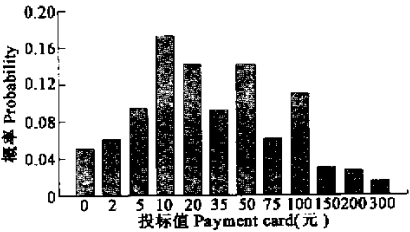


图1 各投标值肯定愿意支付的被调查者的概率分布图

Fig. 1 Probability of responders that are willing to pay on payment card

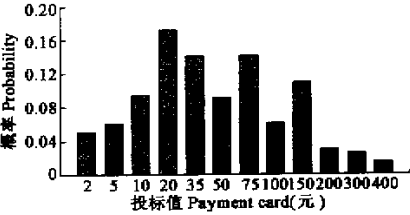


图2 各投标值肯定不愿意支付的被调查者的概率分布图

Fig. 2 Probability of responders that are not willing to pay on payment card

付样本人数的频率分布表(表1)。在处理数据的过程中,发现仅有极少数样本是散点分布,其余的数据都处在下表中选择的投标数量上,因而没有对数据进行分组处理,而是对少数散点进行了中位值处理。

表1 各投标值肯定愿意支付样本人数分布频率

Table 1 Distribution frequency of interviewees by BID that respondent would vote

投标数量 BID	0	2	5	10	20	35	50	75	100	150	200	300
频率 Frequency	0.05	0.06	0.10	0.17	0.14	0.09	0.14	0.06	0.11	0.03	0.03	0.02

* BID 是被调查者肯定愿意支付的投标数量(元)The unit of BID is RMB(yuan)

分析发现,被调查者的肯定不愿支付的最小投标值通常仅比肯定愿意支付的最大投标值在投标卡上高1位。为此,采用最大对数似然函数法估计了流域整体、干流地区与周边地区的支付意愿与其他影响变量的关系式,结果如表2。由表2的计算结果可知,黑河流域居民对恢复张掖地区生态系统的平均支付意愿为每户每年53.37元。

3.3.2 流域整体、干流地区和周边地区居民各解释变量的估计系数具有同样的符号(除周边地区的户籍项外),反映出城市居民比农村居民的支付意愿要高,文化层次高的居民比文化层次低的居民支付意愿要高,收入高的居民比收入低的居民支付意愿要高,周边地区城市居民的支付意愿比农村地区居民的支付意愿低,可能是因为调查样本选择的问题,在周边地区调查的98户城市居民中,家庭年收入高于10000元的仅有18户。

3.3.3 恢复张掖地区生态系统服务的总经济价值1999年黑河流域共有居民483223户。在将本次分析结果推广到面上的过程中,认为样本调查中83户(包括抗议性回答22户,占总样本的12.9%)家庭的支付意愿为0,在按照12.9%扣除0支付意愿的家庭(62335户)后,然后将有支付意愿的家庭数(420888户)乘平均每户家庭的最大支付意愿(53.35元),就得到全流域每年的最大支付意愿为 2246.28×10^4 元,则黑河流域居民5a的最大支付意愿总价值为 1.13×10^8 元。因此,仅黑河流域居民而言,恢复张掖地区生态系统服务的经济效益每年至少在 2246.28×10^4 元以上,未来5a张掖地区生态系统服务恢复的总经济效益至少在 1.13×10^8 元以上。

由于以下各种原因,上述结果可能低估了恢复张掖地区生态系统服务的经济效益:

- (1)有些收入低的家庭由于经济困难没有能力支付金钱,但愿意以其他方式代替出钱的,在分析中其最大愿意支付的数量以0支付意愿处理。
- (2)张掖地区生态系统服务的恢复还存在明显的正外部效应,黑河流域地区以外的居民还可能存在很大的支付意愿。由于较难确定流域以外取样的范围,以及为了保证问卷回收率等多种原因,本次研究的样本仅集中在与张掖地区生态恢复关系最密切的黑河流域,而没有调查流域外、受益于恢复张掖地区生态系统服务的样本。
- (3)虽然在调查中采取了激励措施,但在实际调查中发现,还是存在一部分被调查者不说真话、低报自己的真实最大支付意愿的情况。

因此,可以认为上述结果只是对恢复张掖地区生态系统服务总经济价值的最低估计。

表2 采用参数估计方法估计的支付意愿关系和结果
Table 2 The parametric model of willingness to pay and estimated results

项目 Item	流域整体 Watershed as a whole
常数项 Constant term	2.776(16.512*)
户籍 Household register	0.497(4.069**)
年龄 Age	-0.124(-1.877**)
收入 Income	0.0000587(6.483*)
对数似然比 Logarithmic likelihood ratio	-1045.652
残差平方 Residual square	1.315
样本数 Sample number	621
平均 WTP Mean WTP	53.37

* 表中括号内是t检验数,* 是在指0.01的水平上显著,
** 是指在0.05的水平上显著,回归方程的被解释变量都是支付意愿变化区间中点值的自然对数 The digits in the parentheses are t-text result. * shows that it is obvious at 0.01 level, ** shows that it is obvious at 0.05 level. The variables of regression function are the natural logarithm of the middle-point values of the intervals of willingness to pay (WTP)

4 结语

本文采用条件价值评估法(CVM)对黑河流域张掖地区生态系统服务恢复的经济价值进行了研究,在对 700 份问卷中的 643 份有效问卷进行统计分析后发现,黑河流域 96.6%的居民家庭对恢复张掖地区生态系统服务存在支付意愿。对支付卡数据进行了非参数估计和参数估计,非参数估计结果表明,黑河流域居民家庭对恢复张掖地区生态系统服务的平均最大支付意愿每户每年在 45.9~68.3 元之间;参数估计分析表明,黑河流域居民家庭对恢复张掖地区生态系统服务的平均最大支付意愿每户每年为 53.35 元。按黑河流域现有家庭数量计算,恢复张掖地区生态系统服务的经济效益每年至少在 2246.28×104 元以上。

CVM 是国外用于环境经济价值评估的一种主要方法,可用于评估环境物品的利用价值和非利用价值,该方法在美国、欧盟国家得到了广泛应用。由于现有的其它物理和经济模型不能定量测量环境物品的非利用经济价值,因此采用条件价值评估法(CVM)得到的诸如生态系统服务恢复、水质改善、自然区域保护等所产生的经济价值,为自然资源和环境保护的决策提供了一个定量框架。因此,CVM 法在环境经济评价和环境政策制定中日益发挥出重要作用。

CVM 在发展中国家应用的案例不多,我国仅有个别研究案例。我国的环境问题相当突出,环境经济核算和环境经济政策制订是我国可持续发展的必然要求,而这又必然涉及环境经济研究方法的发展与完善。推动条件价值评估法(CVM)等环境经济研究方法在我国的应用与发展,是生态经济学、环境经济学的重要任务之一。

参考文献

- [1] Zhang Z Z(张志强), Xu Z M(徐中民), Cheng G D(程国栋). Valuation of ecosystem services and natural capital. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 2001, **21**(11): 1918~1926.
- [2] Fu B J(傅伯杰), Liu S L(刘世梁), Ma K M(马克明). The contents and methods of integrated ecosystem assessment. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 2001, **21**(11): 1885~1892.
- [3] Loomis J B, Walsh R G. Recreation Economic Decisions: Comparing Benefits and Costs. 2nd edition. Pennsylvania: Venture Publishing Inc, 1997. 159~176.
- [4] Hanemann W M, Kanninen B. The statistical analysis of discrete~response CV data. In: Bateman I J and Willis K G ed. *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries*. New York: Oxford University Press, 1999. 302~441.
- [5] Davis R K. Recreation planning as an economic problem. *Natural Resources Journal*, 1963, (3): 239~249.
- [6] Anthony F, Krutilla J. Determination of optimal capacity of resource——based recreation facilities. *Natural Resources Journal*, 1972, (12): 417~444.
- [7] Randall A, Ives B, Eastman C. Bidding games for valuation of aesthetic environmental improvements. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1974, **1**: 132~149.
- [8] Loomis J B. Methodology and the US institutional framework. In: Bateman I J and Willis K G ed. *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries*. New York: Oxford University Press, 1999. 613~627.
- [9] Mitchell D C, Carson R T. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. Washington D C: *Resources for the Future*, 1989. 85~102.
- [10] Bonniex F, Rainelli P. Contingent valuation methodology and the EU institutional framework. In: Bateman I J and Willis K G ed. *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and Developing Countries*. New York: Oxford University Press, 1999. 585~612.
- [11] Carson R T. Valuation of tropical rainforests: philosophical and practical issues in the use of contingent valuation. *Ecological Economics*, 1998, **24**: 15~29.
- [12] Bishop R C, T A Heberlein. Measuring values of extra~Market goods: Are indirect measures biased?. *American Journal of Agricultural Economics*, 1979, **61**(5): 926~930.
- [13] Hanemann W M. Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *American*

Journal of Agricultural Economics, 1984, **66**: 332~341.

- [14] Loomis J B. Environment valuation techniques in water resource decision~making. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2000, (12): 339~344.
- [15] Loomis J B. Panel estimators to combine revealed and stated preference dichotomous choice data. *Journal of Agricultural and Resources Economics*, 1997, **22**(2): 233~245.
- [16] Loomis J B, Gonzalez-Caban A. Comparing the economic value of reducing fire risk to spotted owl habitat in California and Oregon. *Forest Science*, 1997, **34**(4): 473~482.
- [17] Loomis J B. Measuring the economic benefits of removing dams and restoring the elwha river: results of a contingent valuation survey. *Water Resources Research*, 1996, **32** (2): 441~447.
- [18] Loomis J B, Kent P, Strange L, *et al.* Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics*, 2000, **33**: 103~117.
- [19] Jorgensen B S, Wilson M A, Heberlein T A. Fairness in the contingent valuation of environmental public goods: attitude toward paying for environmental improvements at two level of scope. *Ecological Economics*, 2001, **36**: 133~148.
- [20] Xue D Y(薛达元). Economic Valuation of Biodiversity: A Case Study on Changbaishan Mountain Biosphere Reserve in Northeast China (in Chinese). Beijing: China Environmental Science Press, 1997. 168pp.
- [21] Xu Z M(徐中民), Zhang Z Z(张志强), Cheng G D(程国栋), *et al.* Measuring the total economic value of restoring Ejina banner's ecosystem service. *Acta Geologica Sinica*(in Chinese) (地理学报), 2002, **57**(1): 107~116.
- [22] Johansson P O. *The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 53~67.
- [23] Cameron T A, D D Huppert. OLS versus ML estimation of non-market resource values with payment card interval data. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1989, **17** (3): 230~246.
- [24] Dudewicz E J, Mishra S N. *Modern mathematical statistics*. Singapore: John Wiley& Sons, 1988. 62~78.