

DOI: 10.5846/stxb201403250552

张玲, 李小娟, 周德民, 张翼然. 基于 Meta 分析的中国湖沼湿地生态系统服务价值转移研究. 生态学报, 2015, 35(16): 5507-5517.

Zhang L, Li X J, Zhou D M, Zhang Y R. An empirical study of meta-analytical value transfer of lake and marsh ecosystem services in China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(16): 5507-5517.

# 基于 Meta 分析的中国湖沼湿地生态系统服务价值转移研究

张 玲<sup>1,2</sup>, 李小娟<sup>1,2</sup>, 周德民<sup>1,2,\*</sup>, 张翼然<sup>1,2</sup>

1 首都师范大学城市环境过程与数字模拟国家重点实验室培育基地, 北京 100048

2 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100048

**摘要:** Meta 分析价值转移方法作为资源价值评估的一种有效方法, 在国外已经有大量的实证研究出现, 但是在国内相应的实证研究非常稀少, 有关该方法在湖沼湿地生态系统服务价值评估的应用研究还尚未见报道。通过收集有关中国湖沼湿地生态系统服务价值评估的实证研究文献的价值评估结果, 建立价值转移数据库, 应用 Meta 分析和多元回归分析方法构建中国湖沼湿地生态系统服务的 Meta 分析价值转移模型, 并对该模型用于样本外价值转移的有效性做出评估, 探讨 Meta 分析价值转移方法在中国湖沼湿地生态系统服务价值评估领域的可应用性及发展前景。研究结果表明: (1) 在样本文献中, 通常洪水调蓄和水源涵养服务是湖沼湿地提供的经济价值最高的生态系统服务, 而水质净化服务的经济价值最低; (2) 湖沼湿地面积、生态系统服务受益人口数量、不同生态系统服务之间的价值差异以及不同价值评估方法的使用会影响湖沼湿地生态系统服务价值的变化; (3) Meta 分析价值转移模型用于样本外价值转移的有效性检验结果显示, 样本外价值转移的转移误差范围在 0.09%—234.61% 之间, 平均转移误差为 19.99%, 在自然资源价值转移的可接受误差范围内, 因此 Meta 分析价值转移方法是评估湿地生态系统服务价值的一种可行且快速的方法。

**关键词:** 中国; 湖沼湿地; 生态系统服务; 价值转移; Meta 分析

## An empirical study of meta-analytical value transfer of lake and marsh ecosystem services in China

ZHANG Ling<sup>1,2</sup>, LI Xiaojuan<sup>1,2</sup>, ZHOU Demin<sup>1,2,\*</sup>, ZHANG Yiran<sup>1,2</sup>

1 Base of the State Laboratory of Urban Environmental Processes and Digital Modeling, Capital Normal University, Beijing 100048, China

2 Beijing Key Laboratory of Resource Environment and Geographic Information System, Beijing 100048, China

**Abstract:** Wetlands are highly productive ecosystems and provide people with both direct and indirect benefits, which are called ecosystem services. Despite of the high value of the ecosystem services that wetlands provide to us, these continue to be degraded or lost due to the effects of intensive agricultural practices, irrigations, water extraction for domestic and industrial uses, urbanization, infrastructure and industrial development and pollution. Wetland ecosystem services have not been fully recognized or adequately quantified during the past economic and social development. Hence, accurate understanding and reasonably valuating ecosystem services can provide a scientific basis for the rational development of wetland resources. A series of valuation techniques, such as replacement cost method, contingent valuation method, and travel cost method and so on, have been used extensively to evaluate the value of wetland ecosystem services. Although the number of applications for such techniques to wetland ecosystem services is rapidly growing, site specific estimates are often

基金项目: 林业公益性行业科研专项资助项目(201204201); 北京市教委科研基地建设类项目资助

收稿日期: 2014-03-25; 网络出版日期: 2015-05-18

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhoudemin@neigae.ac.cn

unavailable. Reasons include time and budget constraints as well as technical challenges of conducting research in areas where wetlands are located. Value transfer techniques are an attractive option for policy-maker facing time and budget constraints when reliable primary valuations are absent. Value transfer makes use of results from previous empirical valuation studies (often termed study sites) and applies their value estimations to the policy site in question. In order to reduce the error inherent in value transfer, meta-analysis is commonly used to provide a more thorough and statistically valid value estimation to use in value transfer. There appear a few published studies on value transfer of ecosystem services in China. This paper presents an empirical study of the meta-analytical value transfer performed to evaluate economic values of China's lakes and marshes ecosystem services. The meta-analysis relied on a database consisting of 281 values estimated from 52 empirical valuation studies on ecosystem services of China's lakes and marshes. In this paper, we divided the wetland ecosystem services into 8 categories on the basis of literature review, including aquatic production, raw materials production, recreation and tourism service, water conservation service, flood mitigation service, water purification service, carbon fixation service and oxygen release service. Our findings indicated that both flood mitigation service and water conservation service were the most highly valued wetland services in our sample, and water purification service had the lowest economic value. The meta-regression results revealed a number of important factors in explaining variation in value estimation of ecosystem services, notably the area of lakes and marshes, the number of beneficiaries around the wetland, the differences in economic values among ecosystem services and the differences in valuation methods. We also assessed the robustness of the meta-regression analysis model for out-of-sample value transfer by an n-1 data splitting technique. The transfer errors were from 0.09% to 234.61% and the average transfer error was 19.99%, which is within the acceptable error range of natural resources value transfer. It indicated that value transfer with meta-analysis would be a potentially effective tool for wetland ecosystem services valuation in China.

**Key Words:** China; lake and marsh; ecosystem services; value transfer; meta-analysis

湿地是地球上水陆相互作用形成的独特生态系统,不仅能够为人类提供大量的食物、原材料和水资源,而且在蓄洪防旱、改善气候、保护生物多样性、维持区域生态系统平衡等方面起着重要的作用,具有巨大的环境效益和经济效益<sup>[1-2]</sup>。目前,国内外学者已经广泛使用条件价值法、旅行费用法等需要通过实地调研才能实现的方法对不同类型、不同尺度的湿地的生态系统服务价值进行了评估。但是,随着湿地生态系统服务价值评估需求的增加,评估者们在实践中发现有许多实证研究因为受到评估时间和评估成本等因素的限制难以通过获取一手资料来完成。同时,就较高的评估成本而言,也并非所有的实证评估都是有必要的<sup>[3]</sup>。因此,政策和理论研究的兴趣转向于利用价值转移方法,也有研究者称为效益转移方法,即通过计量经济学方法将已有的湿地生态系统服务价值评估结果(通常被称为研究地)转移到待研究湿地(通常被称为政策地),从而得到政策地湿地的价值。目前这种方法已经成为国外自然环境和资源价值评估领域关注的热点,出现了大量的实证研究<sup>[4]</sup>。

价值转移方法分为数值转移方法和函数转移方法两类,函数转移方法又包括需求函数转移方法和 Meta 分析价值转移方法<sup>[5]</sup>。其中,Meta 分析价值转移方法因为能够通过价值转移函数对研究地和政策地在生态系统特征、自然和社会经济环境以及价值评估方法等方面的差异进行有效控制,与其他价值转移方法相比,被认为是一种较为精确和严密的价值转移方法。目前,Meta 分析价值转移方法在生态系统服务价值评估领域的应用研究主要有两方面,一是在一个宽泛的生态系统服务价值评估框架下,建立一个具有普遍适用性的 Meta 分析价值转移模型,用于生态系统服务价值的预测,二是在某一具体的政策背景下,建立一个针对该政策背景的 Meta 分析价值转移模型<sup>[6]</sup>。Meta 分析价值转移方法在湿地生态系统服务价值评估领域的应用研究主要集中在前者,目前,国外学者已经将 Meta 分析价值转移方法应用于不同类型、不同尺度的湿地生态系统服务价值评估研究中<sup>[7-12]</sup>。

我国在自然资源价值转移方面的研究起步较晚,相应的实证研究也较少<sup>[13]</sup>,目前多集中于数值转移方法的应用研究,而对 Meta 分析价值转移方法的应用研究非常少。依据目前文献检索的情况,我国学者已经开展了 Meta 分析价值转移方法在大连星海公园的游憩价值评估<sup>[14]</sup>、中国森林资源的游憩价值评估<sup>[15]</sup>、中国自然资源价值评估<sup>[4]</sup>以及滇池水质改良的生态系统服务价值评估<sup>[16]</sup>等方面的应用研究,但还未见针对中国湖沼湿地生态系统服务价值评估的应用研究。本文通过收集有关我国湖沼湿地生态系统服务价值评估的实证研究文献的价值评估结果,建立价值转移数据库,应用 Meta 分析和多元回归分析方法构建中国湖沼湿地生态系统服务的 Meta 分析价值转移模型,并对该模型用于样本外价值转移的有效性做出评估,探讨 Meta 分析价值转移方法在中国湖沼湿地生态系统服务价值评估领域的可应用性及发展前景。

## 1 研究方法 with 数据

### 1.1 Meta 分析价值转移模型的一般形式

Meta 分析应用于生态系统服务价值转移通常有 3 个作用:(1) 综合和评估某一特定类型生态系统服务价值评估研究;(2) 构建 Meta 回归模型用于评估影响生态系统服务价值变化的因素;(3) 使用构建的 Meta 回归模型预测生态系统服务价值<sup>[17]</sup>。目前,国外已有研究为如何构建一个湿地生态系统服务价值的 Meta 回归模型提供了许多理论指导和经验<sup>[18-22]</sup>。Meta 回归模型的形式一般为:

$$\ln(y_i) = a + b_s X_s + b_p X_p + b_e X_e + u \quad (1)$$

式中,因变量  $y$  是调整为以 2010 年为基期的湖沼湿地生态系统服务的价值向量(元  $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ )。 $a$  是常数项, $u$  为残差项, $b_s$ 、 $b_p$  和  $b_e$  为自变量的回归系数矩阵, $X_s$ 、 $X_p$  和  $X_e$  为自变量矩阵,其中  $X_s$  为湖沼湿地生态系统服务价值评估方法变量, $X_p$  为被评估湖沼湿地的特征, $X_e$  是被评估湖沼湿地周边的地理环境特征。

本文选用对数线性模型构建 Meta 回归模型,因变量使用自然对数形式有以下两个原因:(1) 这种形式已经普遍应用于国外已有的湿地生态系统服务的 Meta 分析价值转移研究,在这样的背景下,方便研究结果之间的比较;(2) 对数变换通常能够减小原始数据的波动程度和非对称性,改进湿地价值高度偏移的问题,提高模型的拟合精度,减小异方差<sup>[22]</sup>。

### 1.2 文献数据的收集和价值转移数据库的建立

中文文献数据来源于中国学术期刊网络出版总库,以关键词、主题词等方式检索从 1990—2012 年发表的有关中国湖沼湿地生态系统服务价值评估的实证研究文献。具有以下 3 种情况的文献将会被排除:(1) 评估对象为人工湖沼湿地的文献,(2) 评估对象为湖沼湿地非使用价值的文献,(3) 使用能值分析方法和价值转移方法的文献。最终,剩余 52 篇相关文献入选价值转移数据库,其中 43 篇为期刊论文,9 篇为硕士和博士学位论文。统计这些文献的发表时间,发现这些文献最早发表时间在 2001 年,其中有 12 篇文献发表在 2001—2005 年,有 27 篇发表在 2006—2010 年,有 13 篇发表在 2010 年以后。根据《中国湖泊志》<sup>[23]</sup> 的中国湖泊分区统计这些文献评估的湖沼湿地的地理分布,发现被评估湖沼湿地多分布在东部平原、东北平原与山区和蒙新高原地区,具体统计结果见表 1。将入选价值转移数据库的文献信息录入 Excel 表中建立 Meta 分析价值转移数据库,主要包括文献题目、作者、出版年份、出处、湿地名称、湿地所处区域、生态系统服务类型、生态系统服务的物质量评估指标和价值估计值以及使用的价值评估方法和价格参数等多类信息。

根据联合国千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)的分类体系,湖沼湿地生态系统服务包括供给服务、调节服务、支持服务和文化服务四类。在价值转移数据库的样本文献中,湖沼湿地的供给服务通常包括动植物产品,调节服务包括水源涵养、洪水调蓄、水质净化和大气组分调节,支持服务包括营养循环、土壤保持和生物多样性保护,文化服务包括旅游休闲和科研教育。还有少数几篇文献评估了湖沼湿地的淡水供给、水力发电、航运、气候调节、空气质量调节等生态系统服务的价值。但是,联合国千年生态系统评估(MA)的这一分类体系受到了很多质疑<sup>[24-25]</sup>,例如其混淆了过程和终点、容易导致重复计算等<sup>[2,26]</sup>。本文在总结前人分类基础上,结合样本文献经常评估的生态系统服务类型,将湖沼湿地生态系统服务分为中间服务

和最终服务两部分,以最终服务的价值作为湖沼湿地生态系统服务的总价值,最终服务包括水产品、原材料产品、水源涵养、洪水调蓄、水质净化、固碳、释氧、旅游休闲和科研教育。在样本文献中,科研教育服务的价值评估多是采用价值转移方法,因此本文不做分析。

表 1 价值转移数据库文献评估的湖沼湿地的地理分布<sup>[27-77]</sup>

Table 1 Geographic location of valued lakes and marshes<sup>[27-77]</sup>

分区 Regionalization	被评估湖沼湿地 Valued lakes and marshes in literatures
云贵高原地区 Yunnan-Kweichow Plateau region	滇池
青藏高原地区 Qinghai-Tibet Plateau region	拉鲁湿地, 羊卓雍湖
蒙新高原地区 Mongolia-Xinjiang Plateau region	艾比湖, 博斯腾湖, 乌梁素海, 居延海, 鄂尔多斯遗鸥保护区
东北平原地区与山区 Northeastern China region	卧龙湖, 查干湖, 大布苏湿地, 向海湿地, 莫莫格湿地, 扎龙湿地
东部平原地区 Eastern China region	洞庭湖, 鄱阳湖, 升金湖, 安庆沿江湖泊, 洪泽湖, 太湖, 洪湖, 保安湖, 涨渡湖, 武汉南湖, 梁子湖, 严东湖, 东平湖, 南四湖, 白洋淀, 衡水湖

生态系统服务价值评估通常不会采用单一的评估方法,而是综合采用多种方法对同一生态系统的不同生态系统服务的价值进行评估<sup>[78]</sup>。样本文献使用的经济学价值评估方法有市场价值法、生产率法、影子价格法、替代成本法、避免损失成本法、人力资本法、旅行费用、条件价值法和享乐价值法等。理论上,可供各种湿地生态系统服务价值评估选择的价值评估方法很多,例如水质净化服务,既可以使用替代成本法,也可以使用人力资本法或生产率法进行评估。但是,各种价值评估方法在实际应用时都有其特定的应用条件和限制,有些方法由于评估经费、数据可得性等因素限制难以实现<sup>[79]</sup>,因此使用频率也较低。表 2 列出了与本文确定的最终服务相对应的样本文献使用频率较高的价值评估方法以及物质量的评估指标。

表 2 湖沼湿地生态系统服务价值评估经常使用的价值评估方法

Table 2 The commonly applied methods of lake and marsh ecosystem services valuation

湖沼生态系统服务类型 Final ecosystem services of lake and marsh	常用的物质量评估指标 Commonly applied physical evaluation indexes	常用的价值评估方法 Commonly applied valuation methods
水产品 Aquatic production	鱼、虾、蟹等水产品	市场价值法
原材料产品 Raw material production	经济植物	市场价值法
旅游休闲 Recreation and tourism	旅游收入或旅游投资或旅行费用支出+旅行时间价值+消费者剩余	替代成本法、旅行费用法
水源涵养 Water conservation	年径流量或湖泊常年蓄水量	替代成本法、市场价值法
洪水调蓄 Flood mitigation	湖泊调蓄洪水量或洪水造成的经济损失	替代成本法、避免损失成本法
水质净化 Water purification	湖体纳污量或固定 N、P 的量	替代成本法
固碳 Carbon fixation	湿地植物固碳量	影子价格法、替代成本法
释氧 Oxygen release	湿地植物释氧量	替代成本法

同一种生态系统服务的价值估计值会因为样本文献评估者对生态系统服务的物质量评估指标、价值评估方法和价格参数选择的不同而有所差异。因此,本文从样本文献提取价值观察值时,对于同一种生态系统服务,尽量提取物质量评估指标较为一致的价值观察值,物质量评估指标的筛选标准见表 2。在价格参数方面,样本文献对同一种生态系统服务的价值评估使用的价格参数差异主要体现在两方面,一是对于同一种价值评估方法,评估者选择使用的价格参数不同,二是不同价值评估方法之间使用的价格参数不同。对于前者,这种差异只存在于少数几篇样本文献之间,大多数文献使用的价格参数是较为一致的,例如洪水调蓄价值评估使用的水库造价成本是 0.67 元/m<sup>3</sup>,固碳价值评估使用的瑞典碳税率 150 美元/t 和中国造林成本 250 元/t。因

此,本文保留这种价格参数之间的差异,不将其作为筛选价值观察值的标准。对于后者,本文使用 Meta 回归模型对使用不同价值评估方法造成的差异进行控制。

最终,从 52 篇样本文献中提取出 281 个价值观察值用于 Meta 分析价值转移模型的构建。由于价值观察值的评估基准年通常不在同一年,数据之间不具有可比性,从而需要将不同年份的价值观察值调整到同一年份。本文在价值观察值调整时,首先找到文献引用的各个价格参数的原始文献及其相应的评估基准年,并以此评估基准年为基础,借鉴国外研究中常用的价值观察值的折算方法<sup>[4,80-81]</sup>,使用消费者物价指数(Consumer price index, CPI)将不同评估基准年的价值观察值统一调整到 2010 年的物价水平。

### 1.3 Meta 分析价值转移模型的自变量选取

国外湿地生态系统服务价值转移研究通常会考虑价值评估方法、湿地面积、湿地生态系统服务类型、湿地所处区域的社会经济发展水平、同类型湿地的替代效应以及其他因素对湿地价值变化的影响。参考国外相关研究考虑的影响因素<sup>[9,20-21]</sup>,结合数据的实际获取情况,选取用于构建 Meta 回归模型的自变量:

(1) 价值评估方法 生态系统服务价值的评估结果很大程度上依赖于价值评估方法、物质量评估指标和价格参数的选择。本文只重点分析不同价值评估方法的使用对湖沼湿地价值变化的影响。

(2) 生态系统服务类型 不同类型生态系统提供的生态系统服务存在差异,这些生态系统服务的重要性也有所不同的,因而具有的经济价值也会存在差异,不同生态系统服务之间的价值差异可能会对湖沼湿地的价值变化产生影响。

(3) 湖沼湿地面积 随着湿地面积的增加,某些生态系统服务的单位面积价值可能会存在规模收益递减现象。但是生态系统具有临界阈值,当生态系统规模小于某值时,生态系统将会崩溃,无法提供生态系统服务,因而湿地的价值可能会随着湿地面积的增加而增大。

(4) 受益人口数量 湖沼湿地生态系统服务的受益人群数量反映的是湖沼湿地生态系统服务的需求或市场大小<sup>[10]</sup>。根据数据的获取情况,将湖沼湿地受益人群的范围界定为湖沼湿地所处地级行政区。湿地所处地级行政区的人口数据来源于各省历年的《统计年鉴》。

(5) 区域经济发展状况 湿地生态系统服务价值的大小与湿地所处区域的经济水平有密切关系,例如发达地区和欠发达地区对湿地生态系统服务价值的认定和市场实现就存在相当大的差距<sup>[82]</sup>。本文选取人均 GDP 作为衡量区域经济发展状况的指标。根据数据的获取情况,将区域的尺度界定为湖沼湿地所处地级行政区。湿地所处地级行政区的人均 GDP 数据来源于各省历年的《统计年鉴》。

(6) 湖沼湿地的替代效应 湖沼湿地的价值会受到周边同类型湿地的影响,周边同类型湿地越多,人们对被评估湖沼湿地的需求也会随之下降,该湖沼湿地的价值也会减小。使用 ArcGIS 软件提取样本文献中被评估湖沼湿地周边 50 km 范围内的其他湖沼湿地面积,分析替代效应对被评估湖沼湿地价值的影响。使用的全国湖泊和沼泽湿地数据来源于中国科学院遥感应用研究所 2008 年覆盖全国的 1442 景 CBERS 遥感影像作为基础数据源,通过软件自动与人工目视解译相结合的方法提取的湖泊和沼泽湿地矢量图层。影像元精度为 20 m,几何纠正误差不超过两个像元,详细技术流程及处理方法、调查验证结果可以参考相关文献<sup>[83]</sup>。

统计每个变量相应的价值观察值的数量和均值,按照统计和计量的数据要求,将自变量的各类信息“编码”和赋值,Meta 回归模型的变量信息见表 3。

## 2 结果分析

### 2.1 Meta 回归模型的回归结果

本文使用 stata 12.0 软件,应用加权最小二乘法(Weighted Least Squares)针对表 3 设定的因变量和自变量拟合 Meta 回归模型。本文选择加权最小二乘法(Weighted Least Squares)建立回归模型的原因是由于构建 Meta 回归模型的大多数样本文献提供的价值观察值有多个,但是这些来源于同一文献的多个价值观察值之间可能会存在相关性,针对这一问题,本文借鉴国外研究中解决该问题常用的方法<sup>[9,21]</sup>,即将每个价值观察值

来源文献所提供的价值观察值总数的倒数这一权重赋予该价值观察值,应用加权最小二乘法 (Weighted Least Squares) 构建模型。模型构建过程中删除了标准化残差绝对值大于 2.5 的价值观察值。Meta 回归模型的回归结果见表 4。

表 3 Meta 回归模型的变量信息

Table 3 Descriptive of variables tested in meta-regression function

变量 Variables	赋值 Measure	变量性质 Variable property	均值 Mean	标准差 Standard error	价值观察 值数量 Number of observations	单位 Unit
因变量: Dependent variables						
湿地每公顷价值( $y$ ) Wetland value per hectare	—	数值型变量 (自然对数形式)	8.13	2.36	281	元/hm <sup>2</sup>
自变量: Independent Variables						
替代成本法( $X_1$ ) Replacement cost method	0	参照组	8.69	2.35	167	—
市场价值法( $X_2$ ) Market price method	1/0	如果使用的价值评估方法为市场价值法,取值 1,否则为 0	8.37	1.73	32	—
影子价格法( $X_3$ ) Shadow price method	1/0	如果使用的价值评估方法为影子价格法,取值 1,否则为 0	7.25	2.19	79	—
旅行费用法( $X_4$ ) Travel cost method	1/0	如果使用的价值评估方法为旅行费用法,取值 1,否则为 0	6.96	2.12	19	—
避免损失成本法( $X_5$ ) Avoided cost method	1/0	如果使用的价值评估方法为避免损失成本法,取值 1,否则为 0	9.42	1.24	7	—
释氧( $X_6$ ) Oxygen release	0	参照组	7.73	2.25	32	—
水产品( $X_7$ ) Aquatic products	1/0	如果生态系统服务类型为水产品生产,取值 1,否则为 0	7.18	1.98	38	—
原材料产品( $X_8$ ) Raw materials	1/0	如果生态系统服务类型为原材料产品,取值 1,否则为 0	7.00	2.45	32	—
旅游休闲( $X_9$ ) Recreation and tourism	1/0	如果生态系统服务类型为旅游休闲,取值 1,否则为 0	7.56	2.30	32	—
水源涵养( $X_{10}$ ) Water conservation	1/0	如果生态系统服务类型为水源涵养,取值 1,否则为 0	9.60	1.86	31	—
洪水调蓄( $X_{11}$ ) Flood mitigation	1/0	如果生态系统服务类型为洪水调蓄,取值 1,否则为 0	10.63	1.22	42	—
水质净化( $X_{12}$ ) Water purification	1/0	如果生态系统服务类型为水质净化,取值 1,否则为 0	6.83	2.13	39	—
固碳( $X_{13}$ ) Carbon fixation	1/0	如果生态系统服务类型为固碳,取值 1,否则为 0	7.56	2.13	138	—
湿地面积( $X_{14}$ ) Wetland area	—	数值型变量 (自然对数形式)	10.74	1.66	281	hm <sup>2</sup>
受益人口数量( $X_{15}$ ) the number of beneficiaries	—	数值型变量 (自然对数形式)	15.58	1.04	281	人
人均 GDP ( $X_{16}$ ) GDP per capita	—	数值型变量 (自然对数形式)	10.41	0.45	281	元/人
周边 50 km 范围内其他湖沼湿地的面积( $X_{17}$ ) Other lakes and marshes area in 50 km radius	—	数值型变量 (自然对数形式)	7.51	4.97	281	hm <sup>2</sup>

表 4 Meta 回归模型的回归结果  
Table 4 Estimated meta-regression value transfer function

变量 Variable	非标准化回归系数 Standardized coefficient	标准差 Standard error
常数项 Constant	3.293	3.189
市场价值法 ( $X_2$ ) Market price method	-1.910 ***	0.681
影子价格法 ( $X_3$ ) Shadow price method	2.161 **	1.049
旅行费用法 ( $X_4$ ) Travel cost method	-1.676 ***	0.628
避免损失成本法 ( $X_5$ ) Avoided cost method	-1.117	0.717
水产品 ( $X_7$ ) Aquatic production	1.187	0.802
原材料产品 ( $X_8$ ) Raw materials production	1.337	0.815
旅游休闲 ( $X_9$ ) Recreation and tourism	0.696	0.583
水源涵养 ( $X_{10}$ ) Water conservation	2.270 ***	0.485
洪水调蓄 ( $X_{11}$ ) Flood mitigation	2.903 ***	0.430
水质净化 ( $X_{12}$ ) Water purification	-0.928 **	0.422
固碳 ( $X_{13}$ ) Carbon fixation	-1.552	1.051
湿地面积 ( $X_{14}$ ) Wetland area	-0.228 ***	0.076
受益人口数量 ( $X_{15}$ ) the number of beneficiaries	0.445 ***	0.114
人均 GDP ( $X_{16}$ ) GDP per capita	0.024	0.276
周边 50 km 范围内其他湖沼湿地的面积 ( $X_{17}$ ) Other lakes and marshes area in 50 km radius	-0.020	0.023

样本数  $N=275$ ,  $R^2=0.40$ ,  $F=13.02$  \*\*\*; \*\*\* 在 0.01 水平上显著; \*\* 在 0.05 水平上显著; \* 在 0.10 水平上显著

## 2.2 影响湖沼湿地服务价值变化的因素分析

### 2.2.1 价值评估方法的影响

Meta 回归模型的回归结果显示,影子价格法、市场价值法和旅行费用法的回归系数在统计上显著,说明在其他影响因素不变的情况下,使用影子价格法、市场价值法和旅行费用法评估得到的价值估计值与替代成本法的价值估计值呈现出显著差异。影子价格法和替代成本法得到的价值估计值要高于其他价值评估方法,而市场价值法得到的价值估计值最低,这与 Woodward 和 Wui<sup>[19]</sup>以及 Brander 等人<sup>[20]</sup>的研究结果较为一致。

### 2.2.2 生态系统服务类型的影响

在 8 种湖沼生态系统服务中,水源涵养、洪水调蓄和水质净化服务的回归系数在统计上显著,说明在其他影响因素不变的情况下,水源涵养、洪水调蓄和水质净化服务的价值与释氧服务呈现显著差异。水源涵养、洪水调蓄服务的经济价值要高于其他湖沼生态系统服务,而水质净化服务的价值最低,这与 Brander 等人<sup>[20]</sup>发现的湿地水质净化服务的价值要高于其他湿地生态系统服务的结论相反。这可能是因为目前国内湖沼湿地水质净化服务的价值评估方法还存在缺陷,并且相关资料数据较为欠缺且获取困难,进而导致湖沼湿地水质净化服务的价值被低估。

### 2.2.3 湖沼湿地面积的影响

湖沼湿地面积变量的回归系数显著为负,说明湖沼湿地的每公顷价值存在规模收益递减现象,这与 Woodward 和 Wui<sup>[19]</sup>以及 Brander 等人<sup>[20]</sup>的研究结果一致。但是 Woodward 和 Wui 以及 Brander 等人也同时指出这种效应会随着湿地面积的增加而以几何级数减弱。以本文湖沼湿地面积的回归系数-0.228 为例解释,对于一个面积 10 hm<sup>2</sup>的湖沼湿地,面积每增加 1%,湿地每公顷价值减小 2.28%,而对于一个面积 1000 hm<sup>2</sup>的湖沼湿地,面积每增加 1%,湿地每公顷价值仅减小 0.023%,所以湖沼湿地的总经济价值仍然会随着湿地面积的增加而增长。

### 2.2.4 受益人口数量的影响

受益人口数量变量的回归系数显著为正,表明湖沼湿地生态系统服务的受益人数越多,对湖沼湿地生态系统服务的需求随之增长,湖沼湿地的价值也会随之增加。对数形式的连续变量的回归系数表明的是在保持

其他影响因素不变的情况下,自变量的百分比变化引起的因变量的百分比变化。受益人口数量的回归系数为 0.445,说明湖沼湿地所处地级市的人口数量每增加 1%,湖沼湿地每公顷价值增加 0.45%。

### 2.2.5 区域社会经济发展状况的影响

人均 GDP 变量的回归系数在统计上不显著,但是与湖沼湿地每公顷价值呈现正相关关系,这可能说明人均 GDP 越高的地区,社会经济发展状况越好,该地区人口的社会资本和文化水平相对较高,对湖沼湿地生态系统服务的需求和支付意愿可能也会较高。

### 2.2.6 湖沼湿地的替代效应

湖沼湿地周边 50 km 范围内的其他湖沼湿地面积的回归系数在统计上不显著,但与湖沼湿地每公顷价值呈现负相关关系,这可能说明湖沼湿地的替代效应会影响湖沼湿地的价值,周边同类型湿地越多,被评估湖沼湿地的价值越低。

## 2.3 Meta 分析价值转移模型的有效性检验

在使用价值转移方法代替和辅助实证研究时,需要对这种方法的有效性进行检验,即检验价值转移模型预测的湿地价值的预测值与实证研究得到的湿地价值(通常被称为真实值)之间的一致性。可以用价值预测值与真实值之间的相对差额(通常称为转移误差)来检验价值转移模型的有效性,转移误差(*TE*)的计算公式如下:

$$TE = \frac{y_{obs} - y_{est}}{y_{obs}} \cdot 100\% \quad (2)$$

式中, $y_{obs}$ 为实证研究得到的湿地价值, $y_{est}$ 为价值转移模型预测的湿地价值预测值。通常,转移误差的值越小,说明价值转移模型的有效性越好。

本文应用重复留一法交叉验证法对所构建的 Meta 分析价值转移模型用于样本外价值转移的有效性做出评估。重复留一法交叉验证法的流程可以参照 Brander 等人<sup>[20]</sup>以及 Stapler 和 Johnston<sup>[84]</sup>的研究。样本外价值转移的转移误差范围在 0.09%—234.61%之间,在构建模型的 275 个价值观察值中,40%的观察值的转移误差小于 10%,53%的观察值的转移误差在 10%—50%之间,仅有 2%的观察值的绝对转移误差大于 100%。样本外价值转移的平均转移误差为 19.99%。国外相关研究表明,实践中自然资源价值转移的平均转移误差一般在 20%—40%之间是可以接受<sup>[85-86]</sup>,而本文样本外价值转移的平均转移误差小于 20%,说明所构建的 Meta 分析价值模型用于样本外价值转移的有效性较好。

## 3 结论与讨论

### 3.1 讨论

Meta 分析价值转移方法的可靠性很大程度上取决于已有研究的数量和质量<sup>[4]</sup>。目前,我国湖沼湿地生态系统服务研究发展迅速,相关实证研究文献的发表数量在逐年增加,但是,可用于湖沼湿地生态系统服务价值转移研究的实证研究数量还是较少,某些生态系统的各项生态系统服务价值至今还没有相关研究成果。从本文收集到的样本文献来看,文献评估的湖沼湿地主要集中在东部平原、东北平原与山区以及蒙新高原地区,而对于青藏和云贵高原地区,仅有少数几块湖沼湿地被评估。并且这些实证研究文献的质量通常参差不齐,生态系统服务概念界定上的歧义,物质量评估指标、价值评估方法以及价格参数使用上的差异,使得不同文献的价值评估结果的可比性降低,难以应用于湖沼湿地生态系统服务的价值转移研究中。

在价值转移模型构建方面,与国外的研究相比,本文使用的解释变量仍然较少,未考虑湿地生态系统的生物物理特征、环境质量、空间格局、气候变化以及人类活动等影响因素,因而模型的拟合精度较低。究其原因虽然我国已经开展了生态系统结构与功能的定位观测,但是在我国大多数地区,仍然缺乏生态系统功能的定位观测和实验,以及各种生态系统服务的形成、动态变化以及受人类影响的机理研究<sup>[87]</sup>,因而较难将相关影响因素纳入 Meta 分析价值转移模型中,提高模型的拟合精度。

因此,为了促进 Meta 分析价值转移方法在我国湖沼湿地生态系统服务价值评估领域的广泛应用,提高该方法的可操作性,有必要在今后的研究中,加强我国湖沼湿地生态系统功能的定位观测和实验,以及湖沼生态系统服务的形成、变化以及人类影响的机理研究,并在此基础继续加强我国湖沼湿地生态系统服务价值评估的理论和实证研究,提高实证研究的质量和数量。同时,学习我国 2008 年颁布的《森林生态系统服务功能评估规范》,在湿地生态系统服务价值评估方面制定类似的规范,规定湿地生态系统服务价值评估的数据来源、评估指标体系、评估公式等,从而规范湿地生态系统服务价值评估的指标和方法,使其评估结果更容易用于 Meta 分析价值转移研究中。

近年来,国外学者利用来源于多国的湿地生态系统服务价值评估研究的评估结果在全球<sup>[20-21]</sup>、欧洲<sup>[7]</sup>、东南亚<sup>[8]</sup>等区域尺度上针对红树林、珊瑚礁等多种湿地类型开展了 Meta 分析价值转移方法在湿地生态系统服务价值评估领域的应用研究,对 Meta 分析价值转移模型的可靠性以及发展前景进行了探讨。但是,目前我国在这方面的研究探索仍然处于起步阶段,还有待于进一步开展相关方面的实证研究,系统和深入地探讨湿地生态系统服务价值转移的理论和方法。

### 3.2 结论

本文基于收集到的 52 篇中国湖沼湿地生态系统服务价值评估的实证研究文献的评估结果,建立价值转移数据库,应用 Meta 分析和多元回归分析方法构建中国湖沼湿地生态系统服务的 Meta 分析价值转移模型,并对该模型的样本外价值转移的有效性做出评估。主要结论如下:

(1) 在样本文献中,通常洪水调蓄和水源涵养服务是湖沼湿地提供的经济价值最高的生态系统服务,而水质净化服务的经济价值最低;

(2) 湖沼湿地面积、生态系统服务受益人口数量、不同生态系统服务之间的价值差异以及不同价值评估方法的使用会影响湖沼湿地生态系统服务价值的变化;

(3) Meta 分析价值转移模型用于样本外价值转移的有效性检验结果显示,样本外价值转移的转移误差范围在 0.09%—234.61%之间,平均转移误差为 19.99%,在自然资源价值转移的可接受误差范围内,因此 Meta 分析价值转移方法是评估湿地生态系统服务价值的一种可行且快速的方法。

**致谢:**感谢中国林业科学研究院马牧源老师、国家海洋局第一海洋研究所肖艳芳博士以及首都师范大学宋文斌和徐婷硕士在论文修改过程中提供的无私帮助。

### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 刘红玉. 中国湿地资源特征、现状与生态安全. 资源科学, 2005, 27(3): 54-60.
- [ 2 ] 宋豫秦, 张晓蕾. 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法. 生态学报, 2014, 34(6): 1352-1360.
- [ 3 ] 赵玲, 王尔大. 评述效益转移法在资源游憩价值评估中的应用. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(12): 490-495.
- [ 4 ] 赵玲, 王尔大. 基于 Meta 分析的自然资源效益转移方法的实证研究. 资源科学, 2011, 33(1): 31-40.
- [ 5 ] Johnston R J, Rosenberger R S. Methods, trends and controversies in contemporary benefit transfer. Journal of Economic Surveys, 2010, 24(3): 479-510.
- [ 6 ] Moeltner K, Boyle K J, Paterson R W. Meta-analysis and benefit transfer for resource valuation addressing classical challenges with Bayesian modeling. Journal of Environmental Economics and Management, 2007, 53(2): 250-269.
- [ 7 ] Brander L M, Bräuer I, Gerdes H, Ghermandi A, Kuik O, Markandya A, Navrud S, Nunes P A L D, Schaafsma M, Vos H, Wagtendonk A. Using meta-analysis and GIS for value transfer and scaling up: valuing climate change induced losses of European wetlands. Environmental and Resource Economics, 2012, 52(3): 395-413.
- [ 8 ] Brander L M, Wagtendonk A J, Hussain S S, McVittie A, Verburg P H, de Groot R S, van der Ploeg S. Ecosystem service values for mangroves in Southeast Asia: a meta-analysis and value transfer application. Ecosystem Services, 2012, 1(1): 62-69.
- [ 9 ] Salem M E, Mercer D E. The economic value of mangroves: a meta-analysis. Sustainability, 2012, 4(3): 359-383.
- [ 10 ] De Groot R, Brander L, Van der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braate L, Christief M, Crossmang N, Ghermandi A, Heina L, Hussainj S, Kumark P, McVittiej A, Portelal R, Rodriguez L C, ten Brinkm P, van Beukeringb P. Global estimates of the value of ecosystems and their

- services in monetary units. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 50-61.
- [11] Londoño L M, Johnston R J. Enhancing the reliability of benefit transfer over heterogeneous sites: a meta-analysis of international coral reef values. *Ecological Economics*, 2012, 78: 80-89.
- [12] Brander L M, Brouwer R, Wagtendonk A. Economic valuation of regulating services provided by wetlands in agricultural landscapes: a meta-analysis. *Ecological Engineering*, 2013, 56: 89-96.
- [13] 吴欣欣, 陈伟琪. 成果参照法在自然生态环境价值评估中的应用现状及展望. *环境科学与管理*, 2012, 37(11): 96-100.
- [14] 苗翠翠. 基于效益转移方法的旅游资源价值评价研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [15] 石平. 应用效益转移法评估价森林旅游资源价值[D]. 大连: 大连理工大学, 2010.
- [16] 卢英. 滇池水质改良的生态服务价值评价. *资源开发与市场*, 2013, 29(3): 277-279.
- [17] Bergstrom J C, Taylor L O. Using meta-analysis for benefits transfer: theory and practice. *Ecological Economics*, 2006, 60(2): 351-360.
- [18] Brouwer R, Langford I H, Bateman I J, Crowards T C, Turner R K. A meta-analysis of wetland contingent valuation studies. *Regional Environmental Change*, 1999, 1(1): 47-57.
- [19] Woodward R T, Wui Y S. The economic value of wetland services: a meta-analysis. *Ecological Economics*, 2001, 37(2): 257-270.
- [20] Brander L M, Florax R J G M, Vermaat J E. The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and a meta-analysis of the literature. *Environmental and Resource Economics*, 2006, 33(2): 223-250.
- [21] Ghermandi A, van den Bergh J C J M, Brander L M, de Groot H L F, Nunes P A L D. Values of natural and human-made wetlands: A meta-analysis. *Water Resource Research*, 2010, 46(12): 1-12.
- [22] Chen D R. Essays on Improving the Econometric Estimation of Wetlands Values via Meta-Analysis [D]. Columbus, OH, USA: Ohio State University, 2010.
- [23] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志. 北京: 科学出版社, 1998.
- [24] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 2007, 63(2-3): 616-626.
- [25] Wallace K J. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation*, 2007, 139(3-4): 235-246.
- [26] 庞丙亮, 崔丽娟, 马牧源, 李伟. 若尔盖高寒湿地生态系统服务价值评价. *湿地科学*, 2014, 12(3): 273-278.
- [27] 吕磊, 刘春学. 滇池湿地生态系统服务功能价值评估. *环境科学导刊*, 2010, 29(1): 76-80.
- [28] 王洪亮. 基于生态系统服务功能价值的滇池水污染经济损失分析. 新疆大学, 2011.
- [29] 张天华, 陈利顶, 普布丹巴, 黄琼中, 徐建英. 西藏拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能价值估算. *生态学报*, 2005, 25(12): 3176-3180.
- [30] 李朝霞, 蒋晓艳. 高原湖泊生态系统服务功能及其对水电开发的影响. *水利水电科技进步*. 2011, 31(1): 20-24.
- [31] 谢正宇, 李文华, 谢正君, 李新琪. 艾比湖湿地自然保护区生态系统服务功能价值评估. *干旱区地理*, 2011, 34(3): 532-540.
- [32] 孙玉芳, 刘维忠. 新疆博斯腾湖湿地生态系统服务功能价值评估. *干旱区研究*, 2008, 25(5): 741-744.
- [33] 段晓男, 王效科, 欧阳志云. 乌梁素海湿地生态系统服务功能及价值评估. *资源科学*, 2005, 27(2): 110-115.
- [34] 郝伟罡, 魏永富, 张生, 李畅游, 李馨. 干旱区草型湖泊湿地价值量化评估. *生态经济*, 2007, 1: 142-148.
- [35] 任娟, 肖洪浪, 王勇, 肖生春. 居延海湿地生态系统服务功能及价值评估. *中国沙漠*, 2012, 32(3): 851-856.
- [36] 梁犁丽, 汪党猷, 王芳. 鄂尔多斯遗鸥保护区生态系统服务价值评估. *中国水利水电科学研究院学报*, 2010, 8(2): 138-145.
- [37] 王丽耀, 王洪禄, 刘扬, 李铮. 卧龙湖湿地生态系统服务价值评价. *黑龙江科技信息*, 2010, 16: 272.
- [38] 崔保山, 杨志峰. 吉林省典型湿地资源效益评估研究. *资源科学*, 2001, 23(3): 55-61.
- [39] 杨成玉. 莫莫格国家级自然保护区湿地生态系统服务功能价值评估. 东北师范大学, 2008.
- [40] 崔丽娟. 扎龙湿地价值货币化评估. *自然资源学报*, 2002, 17(4): 451-456.
- [41] 吴平, 付强. 扎龙湿地生态系统服务功能价值评估. *农业现代化研究*, 2008, 29(3): 335-337.
- [42] 庄大昌. 洞庭湖湿地生态系统服务功能价值评估. *经济地理*, 2004, 24(3): 391-432.
- [43] 庄大昌. 洞庭湖湿地资源间接利用价值评估. *湖南文理学院学报(社会科学版)*. 2005, 30(6): 15-18.
- [44] 张运, 张贵. 洞庭湖湿地生态系统服务功能效益分析. *中国农学通报*, 2012, 28(8): 276-281.
- [45] 毛德华, 吴峰, 李景保, 皮红莉. 洞庭湖湿地生态系统服务价值评估与生态恢复对策. *湿地科学*, 2007, 5(1): 39-44.
- [46] 柳易林. 洞庭湖湿地生态系统生态服务功能价值评估与生态功能区划. 湖南师范大学, 2005.
- [47] 代勇, 李景保, 刘正. 三峡水库运行后洞庭湖湿地生态系统服务功能价值评估. *资源开发与市场*, 2011, 27(2): 1104-1106.
- [48] 鄢帮有. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估. *资源科学*, 2004, 26(3): 61-68.
- [49] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. *生态学杂志*, 2004, 23(4): 47-51.
- [50] 汪为青. 鄱阳湖湿地生态系统服务价值与退田还湖生态补偿研究. 江西师范大学, 2009.

- [51] 叶小华, 李铁松, 夏训峰, 陈林, 李剑. 升金湖湿地生态系统服务价值评估. 三峡环境与生态, 2009, 2(4): 1-4.
- [52] 周葆华, 操璟璟, 朱超平, 金宝石. 安庆沿江湖泊湿地生态系统服务功能价值评估. 地理研究, 2011, 30(12): 2296-2304.
- [53] 陈留佳. 洪泽湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 华中师范大学研究生学报, 2008, 15(1): 110-115.
- [54] 姜昊, 程磊磊, 尹昌斌. 洪泽湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 农业现代化研究, 2008, 29(3): 331-334.
- [55] 翟水晶, 胡维平, 钱谊. 江苏泗洪洪泽湖湿地自然保护区生态服务功能价值评估. 生态与农村环境学报, 2008, 24(1): 24-28.
- [56] 胡金杰. 太湖生态系统服务价值评估. 扬州大学, 2009.
- [57] 许妍, 高俊峰, 黄佳聪. 太湖湿地生态系统服务功能价值评估. 长江流域资源与环境, 2010, 19(6): 646-652.
- [58] 杜婷婷, 罗维, 李中和, 吕永龙. 湖泊生态系统服务功能价值评估—以太湖为例. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(11): 208-211.
- [59] 刘韬, 陈斌, 杜耘, 江炎生, 魏显虎. 洪湖湿地生态系统服务价值评估研究. 华中师范大学学报(自然科学版), 2007, 41(2): 304-308.
- [60] 莫明浩, 任宪友, 王学雷, 肖锐. 洪湖湿地生态系统服务功能价值及经济损益评估. 武汉大学学报(理学版), 2008, 54(6): 725-731.
- [61] 潘文斌, 唐涛, 邓红兵, 蔡庆华. 湖泊生态系统服务功能评估初探—以湖北保安湖为例. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1315-1318.
- [62] 陈建军. 洪泽湖湿地生态系统服务价值评估. 华中农业大学, 2010.
- [63] 程子腾, 黄朝禧. 武汉市南湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 国土资源科技管理, 2011, 28(6): 12-15.
- [64] 陈志平, 熊汉锋, 黄世宽, 万细华. 梁子湖湿地生态系统服务功能价值评估研究. 水土保持研究, 2009, 16(2): 231-238.
- [65] 揭珊. 梁子湖湿地生态系统服务功能价值评估. 湖北大学, 2011.
- [66] 王凤珍, 周志翔, 郑忠明. 城郊过渡带湖泊湿地生态服务功能价值评估—以武汉市严东湖为例. 生态学报, 2011, 31(7): 1946-1954.
- [67] 任燕, 郑昭佩. 东平湖生态系统服务功能价值评估. 水土保持研究, 2007, 14(3): 131-133.
- [68] 刘存东, 何太蓉, 庄红娟. 南四湖生态系统服务功能价值评估. 人民黄河, 2009, 31(6): 62-63.
- [69] 梁春玲. 南四湖湿地生态系统结构、功能与服务价值研究. 山东师范大学, 2010.
- [70] 邓立斌. 南四湖湿地生态系统服务功能价值初步研究. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 214-219.
- [71] 李建国, 李贵宝, 王殿武, 解惠贤. 白洋淀湿地生态系统服务功能与价值估算的研究. 南水北调与水利科技, 2005, 3(3): 18-21.
- [72] 张素珍, 王金斗, 李贵宝. 安新县白洋淀湿地生态系统服务功能评估. 中国水土保持, 2006, 7: 12-15.
- [73] 张培. 白洋淀湿地价值评估. 河北农业大学, 2008.
- [74] 卫立冬, 卢瑞玲. 衡水湖湿地生态系统供给功能的价值估算. 衡水学院学报, 2009, 11(4): 75-77.
- [75] 卫立冬, 卢瑞玲. 衡水湖湿地生态系统调节功能的价值估算. 衡水学院学报, 2010, 12(1): 66-68.
- [76] 卫立冬. 衡水湖湿地生态系统调节功能的价值估算. 衡水学院学报, 2010, 12(4): 33-36.
- [77] 尹连庆, 解莉. 衡水湖湿地生态系统服务功能价值评估. 海河水利, 2007, 6: 17-19.
- [78] 张振明, 刘俊国. 生态系统服务价值研究进展. 环境科学学报, 2011, 31(9): 1835-1842.
- [79] Li W H. Theories, Methods and Applications in Valuing the Ecosystem Services. Beijing: China Renmin University Press, 2008.
- [80] Kochi I, Hubbell B, Kramer R. An empirical Bayes approach to combining and comparing estimates of the value of a statistical life for environmental policy analysis. Environmental & Resource Economics, 2006, 34(3): 385-406.
- [81] Johnston R J, Besedin E Y, Iovanna R, Miller C J, Wardwell R F, Ranson M H. Systematic variation in willingness to pay for aquatic resource improvements and implications for benefit transfer: a meta-analysis. Canadian Journal of Agricultural Economics, 2005, 53(2-3): 221-248.
- [82] 赵桂慎, 文育芬, 于法稳. 生态系统服务功能价值测算的研究进展、问题及趋势. 生态经济, 2008, (2): 100-103.
- [83] 牛振国, 宫鹏, 程晓, 魏建宏, 王琳, 黄华兵, 沈少青, 吴昀昭, 王晓风, 王显威, 应清, 梁璐, 张丽娜, 王雷, 姚谦, 杨镇钟, 郭子祺, 戴永久. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析. 中国科学 D 辑, 2009, 39(2): 188-203.
- [84] Stapler R W, Johnston R J. Meta-analysis, benefit transfer, and methodological covariates: implications for transfer error. Environmental and Resource Economics, 2009, 42(2): 227-246.
- [85] Brouwer R. Environmental value transfer: state of the art and future prospects. Ecological Economics, 2000, 32(1): 137-152.
- [86] Ready R, Navrud S. International benefit transfer: methods and validity tests. Ecological Economics, 2006, 60(2): 429-434.
- [87] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望. 自然资源学报, 2009, 24(1): 1-10.