

生态系统产品和服务价值的定价研究

操建华

(中国社会科学院 农村发展研究所, 北京, 100732)

摘要: 加强对生态系统产品和服务的定价研究是将生态福祉量化和对生态环境算账的现实要求, 目前缺乏被普遍认可的定价方法和参数。文章不考虑MA分类中的中间服务即支持服务, 在勾勒出核算体系和实物量的基础上, 对生态系统最终产品和服务的核算方法和价格参数的选择逐项分析, 形成一整套定价体系。提出由专家合议推出相关方法的运用次序、权威部门定期发布相关重要价格参数、关注价格的可比性问题等政策建议。

关键词: 生态系统服务; 核算方法; 定价参数

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4407(2016)07-024-05

Research on Pricing the Value of Ecosystem Products and Services

CAO Jianhua

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

Abstract: Strengthening the research on how to price the value of ecosystem products and services is the requirement of environmental accounting. There are no widely recognized accounting methods and related parameters. The middle services such as supporting service in MA classification are not included in the discussion. Based on the quantity of final ecosystem products and services, the appropriate accounting methods and parameters were analyzed item by item and the complete set of pricing system are proposed. Policy suggestion, such as recommending the best pricing methods by experts, posting important parameters by authority in given period and paying attention to the price comparability, are put forward.

Key words: ecosystem service; environmental accounting methods; pricing parameter

1 引言

生态系统是人类生存和发展的基础, 其经济效用已在国民经济核算体系中得到较多体现, 但其生态效用却几乎没有反映。欧阳志云等最早提出了生态系统生产总值(gross ecosystem product, GEP)概念及相关的研究框架, 是推动这一进程的重要尝试。生态系统服务价值的定价研究是将生态系统提供的福祉量化的关键环节之一, 然而目前缺乏被普遍认可的核算方法和参数。

中央政府近几年多次强调要对生态环境算账, 并在内蒙古、浙江、湖南、贵州和陕西等多地启动“编制自然资源资产负债表”的试点工作, 领导干部自然资源资产离任审计也将启动。这些重大国家战略的实施对生态资产和服务的定价提出了迫切的现实需求。

我国生态系统产品和服务价值的定量核算主要有两条研究路径: 一条是生态系统服务价值当量法。该方法是通过各类生态系统服务单位价值, 或者通过建立各类生态系统服务单位价值与粮食平均单产价值之间的关联, 估计生态系统整体价值。适用于大中尺度的生态系统服务价值的估算。另一条路径建立在生态系统服务实物量指标的基础

上, 对各项产品和服务逐项核算, 汇总得出总的生态系统服务价值。适用于各种尺度生态系统服务价值的评估。

本研究采用后一种研究路径, 归纳出生态系统服务的各种核算方法、经济学基础和适用的评估对象, 并在具体的生态系统产品和服务核算指标体系和既有实物量指标基础上, 提出对应的生态系统服务核算方法和定价参数, 最后提出加强方法科学性的政策建议。

2 生态系统服务价值定价研究的评估方法和经济学基础

2.1 生态系统服务价值评估方法的主要观点

关于生态系统服务价值评估方法的代表性观点主要有三种。

第一种, 根据数据来源和方法是否直接产生货币价值, 将价值评估方法分为直接观察、间接观察、直接假设和间接假设等四类^[1]。直接观察法包括竞争性和模拟性的市场价格的使用; 间接观察法包括旅行费用法、特征值法、可避免费用支出法和投票法; 直接假设法包括投标法和意愿调查法; 间接假设法包括条件排名法、条件行为法、条件

基金项目: 中国科学院 STS 项目“生态系统服务与生态资产定价方法”(KFJ-EW-ST5-002-5)

作者简介: 操建华(1970~), 女, 湖北襄阳人, 博士, 副研究员, 从事生态、资源和环境经济研究。

投票法等条件价值法。

第二种,依据生态系统产品和服务的市场发育程度,将价值评估方法分为三类:常规市场评估技术、替代/隐含市场评估技术和假想市场评估技术^[2]。其中常规市场评估技术包括生产率变动法或生产函数法(市场价值法)、剂量-反应法、机会成本法、预防性支出法或防护费用法、重置或恢复成本法(包括影子工程法)、替代成本法、有效成本法、疾病成本法和人力资本法。替代/隐含市场评估技术主要包括旅行费用法、资产价值法和享乐定价法。假想(模拟)市场法主要包括条件价值评估法(CVM)和选择实验法(CE)。

第三种,在大类上与第二种方法基本相同,将评估方法分为直接市场法、替代市场法和模拟市场法等三类,但是每一类包括的具体评估方法与上述第二种观点有显著不同。该观点认为,直接市场法包括市场定价法和市场价值法两种,替代市场法包括费用支出法、机会成本法、影子工程法、人力资本法和享乐价格法等,模拟市场法主要指条件价值法^[3]。

本文采用常规市场评估法、替代市场法和模拟市场法的大类表述,暂不纠结于具体的分类。侧重阐述其经济学原理,以及具体技术在生态系统产品和服务价值衡量上的运用。

2.2 生态系统服务价值定价的经济学基础

生态系统产品和服务是人类从生态系统所获得的各种有形或无形的收益,生态系统服务的价值可以通过衡量这些社会福利的价值来体现。社会福利(W)常用消费者剩余(CS)和生产者剩余(PS)之和来衡量,即:

$$W=CS+PS$$

其中, W 用于衡量生态系统某种变动给社会带来的净效益值。即生态资源和环境品质的改变,使其供给和需求的数量、价格发生变动,进而引起相关所有消费者和生产者的福利变动的总和。

2.2.1 常规市场评估技术的经济学基础

对已经市场化的产品和服务可以采用市场评估法核算其价值。在缺乏市场供需信息的情况下,通常假定市场供需是一定的,用生态系统服务品质改善(或恶化)所带来的产品产量增加(或减少)乘上产品的市场价格,或用生产成本的降低(或增加),或消费者支出金额的减少(或增加),作为生态系统服务的价值。其快速评价公式可以表达为:

$$W=P*\Delta Y$$

其中, ΔY 是环境产品和服务的数量变动; P 为单位环境产品和服务的市场净价值。市场价格必须正确反映资源的稀缺性,如果存在价格扭曲,需对价格进行调整。

2.2.2 替代市场法的经济学基础

用替代物的市场价值来衡量本身没有市场价值的生态

系统产品和服务价值的方法叫替代市场法。它是在某种资源环境未形成交易市场和价格,但可替代的其他资源环境已经形成交易市场和价格的情况下,根据可替代物品的市场价格来评估此种资源环境的价值的方法。例如,环境改善对社区的影响,可以通过社区内房地产价格的变化,分离出环境质量因素,从而得出环境改善的价值。

2.2.3 模拟市场法的经济学基础

假想市场法是指在没有替代市场的情况下,评估者构建一个虚拟的产品市场,根据其市场价格,估算资源环境价值及其变动的方法。适用于没有市场的服务和产品。由于缺乏供给和需求曲线,该方法通过综合所有的利益相关者的 WTP (愿付价值)和 WTA (受偿价值)来衡量产品和服务的价值。主要包括条件价值评估法(CVM)和选择实验法(CE)等。公式表达为:

$$W=TWTP - TWTA$$

其中, $TWTP$ 是所有利益相关者的支付意愿; $TWTA$ 是所有利益相关者的受偿意愿。 WTP 或 WTA 可通过问卷、电话、集中询问被调查者等方式获得。

2.3 生态系统服务价值评估的具体技术

常用的生态系统产品和服务的价值评估的具体技术包括:市场价值法、机会成本法、预防性支出法(防护费用法)、重置或恢复成本法、影子工程法(恢复成本法的特殊形式)、替代成本法、疾病成本法、人力资本法、有效成本法、旅行费用法、享乐定价法、条件价值法和选择实验法,等等。这些方法的详细介绍可以在很多书中看到,如徐中民^[2],李文华^[4]等,各种方法仍然在发展完善中。

3 生态系统产品和服务价值的核算体系及对应的核算方法

3.1 生态系统产品和服务的核算体系

生态系统产品和服务的核算与生态系统的分类密切相关。Costanza 等人将生态系统服务按具体功能分为17类。MA (The Millennium Ecosystem Assessment, 联合国千年生态系统评估)则区分为供给、调节、支持和文化服务等四大类、26个子类别,更便于计量。近年来,要求仅对最终产品和服务进行核算的呼声渐高,支持服务被认为是中间服务可以不用计量。因为中间服务的价值将体现在最终服务中,本研究支持只对最终产品核算,仅考虑供给服务、调节和文化等三类服务的核算与定价问题。其中:供给服务用农林牧渔产品、原材料、能源等的产量和产值核算。调节服务按大气、水、土壤做了进一步的区分。大气调节主要核算指标是固碳、释氧、吸热、增湿、吸收污染物等的数量和价值;水调节主要是涵养水源、洪水调蓄和净化水质的数量和价值;土壤调节主要是保持土壤、减少淤积、

防沙固土和减轻水体污染的数量与价值。基于此建立的核算体系见表 1。

表1 生态系统产品和服务的核算指标体系及对应的评估方法

分类	指标类别	实物量指标	价值量指标	适用的主要评估方法	
供给服务	食物、原材料、能源等的供给	产量	产值	市场价值法、替代市场法	
调节服务	大气	固碳释氧	植被固碳量	固碳价值	市场价值法、替代成本法和重置成本法
			土壤固碳量	固碳价值	
			释放氧气量	释氧价值	
	气候调节	增加湿度	吸收热量	降温价值	替代成本法
			增加湿度	增湿价值	
	净化大气	滞尘量	吸收污染物	处理污染物价值	替代成本法、防护费用法
			滞尘量	滞尘价值	
	水	涵养水源	调节水量	水价值	影子工程法、市场价值法
		洪水调蓄	调节水量		影子工程法
		净化水质	净化水量	净化水价值	替代成本法、影子工程法
土		保土或减淤	土壤保持量	保持土壤价值	替代成本法
	防风固沙	固沙量	固沙价值	恢复、替代和机会成本法	
	减轻面源污染	污染减少量	污染减少价值	替代成本法、防护费用法	
其他	如减轻病虫害			防护费用法、替代成本法等	
文化服务	游憩		游憩价值	TCM、CVM、CE 等	

3.2 不同生态系统产品和服务对应的评估方法

不同生态系统产品和服务的定价有差异：供给服务的产品和服务通常有真实的市场，因此主要使用市场定价。调节服务主要采用市场法和替代市场法，部分也可以采用模拟市场法。文化信息服务可以运用替代市场法和模拟市场法，如旅行费用法和条件价值法。表 1 对生态系统服务与其价值评估方法之间的关系进行了归纳。由于同一种生态系统服务通常会适用几种评估方法，使得评估结果很大程度上依赖于不同方法的选择。

4 生态系统产品和服务价值具体的定价方法及参数选择

不同的生态系统产品和服务的定价方法和价值参数可能是不同的。以下分供给服务、调节服务和文化服务三大类具体探讨生态系统产品和服务的价值核算。

4.1 供给服务的定价方法和价格选择

供给服务的计算公式通常如下：

$$V=Q_{\text{总产量}} * P$$

其中， $Q_{\text{总产量}}$ 为供给产品的数量； P 为所提供产品的单价。主要包括农产品、水和能源。不同产品的价格参数选择建议如下。

4.1.1 农产品定价

农产品价格参数有多种选择，要保证与资源价值的强关联度和数据的权威性，建议价格选择遵循如下原则：(1) 优先考虑农民出售价，其次是批发价，最后是零售价。因

为距离生产者越近，价格与资源价值的关联度越强；距离消费者越近，价格与资源价值的关联度越弱。(2) 应尽可能选择由权威部门公开发布的价格。全国层面上的数据，用全国和省级价格参数；省级层面的定价，用省、市县级价格参数；地方层面的定价用地方价格参数。大部分可在权威年鉴中找到，有些农产品如林产品还可以利用权威网络平台收集。

4.1.2 供水资源定价

中国各地的水价是不一样的，目前由各地发改委核定。水价按行业不同被划分为居民生活用水价、行政事业用水价、工业及生产性服务业用水价、经营服务业用水价、特种行业用水价、农业用水价等六类，核算时可以根据生态系统提供水资源的主要用途选择水价。

4.1.3 能源定价

水能发电单价比较合适的核算指标是各省份发电企业平均上网电价。

秸秆、沼气和薪柴服务价值是其作为燃料为人类提供热能的效用，可用替代成本法核算。即：用与其产生的热能等值的电能的价值来衡量，用转化的电能乘以电价即可求得。

4.2 调节服务的定价方法和参数选择

4.2.1 生态系统的水调节定价

生态系统的水资源调节服务主要表现在三个方面：水源涵养、洪水调蓄和水资源净化。

(1) 水源涵养。生态系统的水源涵养价值是生态系统如森林等的蓄水保水价值，等于蓄水量乘以蓄水单价，可采用影子工程法核算。影子工程法是恢复成本法的特殊形式，它假设水源涵养价值相当于一座蓄水量与生态系统水源涵养量相当的水库，因此单价用建设同等蓄水量的水库的单位库容建造成本衡量。具体数值可以参照 1993 ~ 1999 年中国水利年鉴平均水库库容造价成本，为 2.17 元 / 吨，其他年份的单位造价可以用价格指数进行折算。此外，也可以采用市场价值法核算，直接用水价作价格参数。

(2) 洪水调蓄。生态系统的洪水调蓄价值是湿地生态系统的蓄水防洪价值，通常采用影子工程法核算。由于其效用与水库相似，其价值核算方法和定价参数同涵养水源服务。

(3) 水质净化。生态系统水质净化价值指生态系统如陆地和天然水体降低污染物浓度的生态价值。其核算主要采用替代成本法，即用工业治理水体污染物的成本来计算。单位污染物的治理成本可以用单位污染物的治理费用或排放收费标准，如国家和地方发改委 2003 年发布的排污费征收标准及后续发布的变更征收标准。也有采用影子工程法核算的，如用建立污水处理厂的价格来评估生态系统净化水质的价值。

4.2.2 生态系统的土壤调节定价

生态系统提供的土壤调节服务主要包括土壤保持、减轻土壤面源污染、防风固沙等。

(1)土壤保持。土壤保持服务的价值是指由生态系统的水土保持功能所减轻的土壤流失量的价值,最广泛的核算方法是替代成本法。思路是:若没有该生态系统,相应的土壤保持量就成为水土流失量,造成水体泥沙淤积,需通过人工清淤作业消除。因此土壤保持的价值可以用清淤工程费用来替代,等于土壤保持量与单位清淤费用的乘积。单价主要是挖取单位面积土方所需费用。2002年黄河水利出版社出版的《中华人民共和国水利建筑工程预算定额》(上册)中,人工挖土方I和II类土,每100立方米需要42个人工,按每个人工30元/天算,得出挖取单位面积土方的费用是12.6元/立方米。其他年份的单位费用可以通过价格指数折算获取。

(2)减轻面源污染。生态系统在减轻土壤侵蚀的同时,减少了土壤中的营养物质的流失,减轻了对水体的面源污染,其价值的定价方法主要是替代成本法。即用降解水体中等量面源污染的成本替代生态系统减轻面源污染的价值。治理水体中N、P和COD的单位成本可以用COD、BOD和氨氮排污收费价格替代。参数同水质净化服务。

(3)防风固沙。生态系统防风固沙服务的价值是指生态系统通过减少土壤风蚀而产生的预防土地沙化的生态效应价值,等于固沙量与治沙所需的单位费用的乘积。单位治沙费用的确定方法主要有机会成本法和恢复成本法。

恢复成本法即是用将沙地恢复为有植被覆盖的土地所需要费用作为防风固沙的价值。也有观点从治理成本的角度认为这是替代成本法。目前可以参考的价格参数有:①将沙荒地恢复成为农用地的平均成本。如莫宏伟等^[5]以榆林为例采用的测算参数是34500元/公顷。②草地植被恢复费。2012年,内蒙古自治区草原植被恢复费征收使用管理办法发布,对征用或使用基本草原的单位征收37500元/公顷的草地植被恢复费。

也有运用机会成本法估算的,如韩永伟等^[6]以黑河2006年单位土地面积GDP作为土地的机会成本估算土地损失的经济价值,采用的参数是2万元/平方千米。

4.2.3 大气调节定价

大气调节服务主要包括固碳、释放氧气、气候调节和环境净化服务等四类。

(1)固定二氧化碳。生态系统固碳价值指生态系统通过植被和土壤固定CO₂缓解温室效应的生态价值,等于植被或土壤固定的CO₂数量乘以固碳价格,核算方法主要是市场价值法、替代成本法和重置成本法。目前主要有四种具体的固碳价格:①碳税率,即对家庭、工业和服务业等

能源使用征收二氧化碳排放税,主要在欧洲实施。国内很多文献通常引用瑞典碳税率。②国际碳汇市场的交易价格。即一国(通常是发达国家)购买另一国(通常是发展中国家)碳排放指标的价格,是一种通过市场机制实现生态系统价值补偿的有效途径。国际碳汇市场交易价格波动较大,我国国内碳交易正在7个城市试点,价格也不稳定,近几年有下滑趋势。③单位造林固碳成本。中国人工营造杉木、马尾、落叶松、泡桐、杨树、桉树等的成本,固定1吨碳成本分别有250元^[7]、251.4元^[8]、273.3元^[9]等。④工业减排成本。即是用个部门各项能源如煤炭、原油、天然气和电力等的CO₂减排成本作为单位固碳价值。

北欧各国碳税率过高,我国暂时还不具备征收条件。碳交易价格反映真实市场,但是波动大,市场还不成熟。工业减排成本目前缺乏被普遍认可的权威数据,造林成本法则相对稳定易测。

(2)释放氧气。生态系统释氧价值指生态系统通过植被固定氧气产生的生态效应的价值,可以用生态系统制造的氧气数量乘以氧气单价来表示。

氧气价格主要由两种方法确定:①工业制氧法。即认为生态系统制造氧气的价值相当于工业制造同样氧气的价值。根据中华人民共和国卫生部网站公布的2007年春季氧气价格,工业制氧成本为1000元/吨。②造林成本法。相关参数如:中国森林提供1吨氧气的造林成本为369.7元^[9]。

(3)气候调节。生态系统气候调节价值是植被通过蒸腾作用和水面蒸发过程调节气候产生的生态效应,主要包括降低温度价值和增加湿度价值两个方面,都可以用替代成本法进行核算。其中,降低温度价值,用空调等效降温所耗电量的价值来替代;增加湿度价值,用加湿器等效加湿所耗电量的价值来计算^[10]。电价可采用居民用电价,数据来源于国家和各地发改委的相关文件。

(4)大气净化。生态系统的大气净化服务主要包括:吸收硫化物、氮化物和粉尘等物质,过滤空气,维持大气成分的平衡等。其价值核算通常采用替代成本法。即用工业治理大气污染物的成本来替代,通常用相应大气污染物的工程治理成本乘以排放量来核算其价值。其中,单位治理成本可参考国家和地方发改委2003年发布的排污费征收标准及后续发布的变更标准。

4.2.4 其他服务的定价

其他服务,包括病虫害防治、地质灾害防治等的价值,需要根据具体情况分析确定。如生态系统是能够通过丰富的物种多样性水平降低病虫害发生率,因而具有病虫害防治价值。这种价值通常用替代成本法和防护费用法核算。林地可以考虑用发生病虫害后自愈的面积和人工防治病虫害的成本来核算其价值。目前价格参数只有来自个体的研究。如

参照沈瑞祥等人^[11]的研究,20世纪90年代我国人工林病虫害发生面积8000万公顷,防治费用12亿元,可以推算出当年单位人工林面积病虫害防治费用为15元/公顷。

4.3 文化服务的定价

生态系统具有美学价值,通常采用旅游费用法或条件价值法计算。旅游费用法是以消费者支出价值为基础。相关数据可以来自于旅游部门或研究机构的抽样调查资料或研究者的实地抽样调研结果。条件价值法则建立在问卷调查的支付意愿基础上。

5 结语

生态系统服务价值的计量一直困扰于计量方法和参数选择的多样性。本文尽管对此进行了梳理,但也进一步证明了技术方法和参数的选择仍然是个较大的问题。为加强计量的科学性,可以考虑以下建议:

一是继续强调只对最终产品和服务进行评估,减少计算范围的重复性。由于MA的分类方法影响深远,很多研究还是同时计量供给服务、调节服务、支持服务和文化美学服务的价值。由于中间服务的价值已经包含在最终服务中,更为合理的计量范围应限定在生态系统的最终服务和收益。

二是组织领域内相关研究者从理论依据和现实可行性两方面共同探讨定价方法的优劣,由相对权威的部门排序和推荐。当一个参数有多种选择时,尽可能选择市场化程度高和更靠近生态系统端的价格参数。

三是国家有关部门对一些重要的价格参数进行监测和测算,并定期发布结果。如森林固碳、碳交易价格和工业制氧价格等,国家相关部门可以每年公布一次当年数据。对一些工程成本参数,如水库建造成本、清淤成本等,可以委托相关部门每间隔一段时间做一次测算并公布结论。历史数据

尽管可以通过价格指数做调整,但无法将技术进步带来的成本下降因素考虑在内,导致对价格参数估计过高。

最后需强调的是,所有历史价格参数在使用时必须考虑可比性问题,运用时需用价格指数进行调整。□

参考文献:

- [1] Mitchell R C, Carson R T. Using surveys to value public goods: The contingent valuation method [M]. Washington: Resources for the Future, 1989.
- [2] 徐中民. 生态经济学理论方法与应用[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [3] 荒漠生态系统服务功能监测与评估技术研究项目组. 荒漠生态系统功能与服务价值研究[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [4] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与运用[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008.
- [5] 莫宏伟, 任志远, 王欣. 植被生态系统防风固沙功能价值动态变化研究——以榆阳区为例[J]. 干旱区研究, 2006(1): 56~59.
- [6] 韩永伟, 拓学森, 高吉喜, 等. 黑河下游重要生态功能区植被防风固沙功能及其价值初步评估[J]. 自然资源学报, 2011(1): 58~65.
- [7] 薛达元, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估[J]. 中国环境科学, 1999(3): 247~252.
- [8] 景跃波, 陈隽. 莱阳河自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 林业资源管理, 2007(5): 87~91.
- [9] 朱绍文, 张立, 孙春林. 八达岭林场森林资源价值评估及生态效益经济补偿的初步探讨[J]. 北京林业大学学报, 2003(S1): 71~74.
- [10] 孟庆义, 欧阳志云, 马东春, 等. 北京水生态服务功能与价值[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [11] 沈瑞祥, 骆有庆, 杨旺. 我国人工林病虫害现状及控制对策[J]. 世界农业, 2000(9): 36~37.

(责任编辑: 保文秀)

(上接23页)

- load profiles [R]. CA: California Public Utilities Commission, 2010.
- [20] Klein G, Krebs M, Hall V, et al. California's water-energy relationship [R]. CA: California Energy Commission, 2005.
- [21] National Research Council. Water reuse: Potential for expanding the nation's water supply through reuse of municipal wastewater [R]. US: National Academies Press, 2012.
- [22] Lehr J H, Keeley J W, Lehr J K, et al. Water encyclopedia [M]. US: John Wiley & Sons Inc., 2005: 610-613.
- [23] Hansen L G. Water and energy price impacts on residential water demand in Copenhagen [J]. Land Economics, 1996, 72(1): 66-79.
- [24] Marsh D M. The water-energy nexus: A comprehensive analysis in the context of New South Wales [R]. Sydney: Dissertation of University of Technology, 2008.
- [25] Hu G P, Ou X M, Zhang Q, et al. Analysis on energy-water nexus by Sankey diagram: The case of Beijing [J]. Desalination & Water Treatment, 2013, 51(19): 4183-4193.
- [26] Ou X M, Zhang X, Xing Y, et al. China's energy-water nexus in 2009 by Sankey Diagram [J]. Chemical Engineering Transactions, 2014, 42: 31-36.
- [27] Dong H, Yong G, Sarkis J, et al. Regional water footprint evaluation in China: A case of Liaoning [J]. Science of the Total Environment, 2013, 442(1): 215-224.
- [28] Mo W W, Nasiri F, Exkelman M J, et al. Measuring the embodied energy in drinking water supply systems: A case study in the Great Lakes region [J]. Environmental science & technology, 2010, 44(24): 9516-9521.
- [29] Bhattacharya A, Mitra B K. Water availability for sustainable energy policy: Assessing cases in South and South East Asia [R]. Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2013.
- [30] 顾阿伦, 滕飞. “十一五”期间中国主要工业部门节能的节水效果分析[J]. 资源科学, 2014(9): 1773~1779.

(责任编辑: 张海艳)