



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2017.04.016

周赞, 孙世军, 崔朋. 饮用水源保护区生态补偿标准修正核算方法[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(4): 94-100. ZHOU Zan, SUN Shi jun, CUI Peng. Amendment of ecological compensation standard for drinking water source protection area[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(4): 94-100. (in Chinese)

饮用水源保护区生态补偿标准修正核算方法

周 赞, 孙世军, 崔 朋

(东北师范大学 环境学院, 长春 130117)

摘要: 研究从“谁保护, 谁受益”、“谁使用, 谁付费”、“谁污染, 谁负责”的角度出发, 综合考虑生态保护总成本法、水资源价值法和水质补偿赔偿法的优点, 确立了基于水量、水质修正系数的饮用水源保护区生态补偿标准核算方法, 并以杨木水库为例估算了用水地区对杨木水库生活饮用水源保护区所在地的生态补偿额度: 16 746.06 万元/年, 即用水地区每年向水源保护区所在地支付 16 746.06 万元作为生态补偿资金。所建核算方法避免了传统方法仅考虑单一因素的计算, 较为全面的反映生活饮用水源保护区生态补偿的实际情况, 对生态补偿机制的建立具有一定参考作用。

关键词: 生态补偿; 饮用水源保护区; 杨木水库; 生态保护总成本; 水资源价值法; 水质补偿赔偿法

中图分类号: X321 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672 1683(2017)04 0094 07

Amendment of ecological compensation standard for drinking water source protection area

ZHOU Zan, SUN Shi jun, CUI Peng

(School of Environment, Northeast Normal University, Changchun 130117, China)

Abstract: From the point of view of "who protects, who benefits", "who uses, who pays" and "who is responsible for pollution", this paper comprehensively considers the total cost of ecological protection, water resources value and water compensation law. A compensation method for ecological compensation of drinking water source protection area based on water quantity and water quality correction coefficient was established. And taking Yangmu Reservoir as an example, estimated the ecological compensation amount for the location of Yangmu Reservoir's drinking water source protection area: 167.4606 million Yuan / year, that is, the water use area pays 167.4606 million Yuan per year to the water source protection area as ecological compensation funds. This method avoids the fact that the traditional method only considers the single factor and reflects the actual situation of the ecological compensation of the drinking water source protection area, which has a certain reference function for the establishment of ecological compensation mechanism of the drinking water source protection area.

Key words: ecological compensation; drinking water source protection areas; Yangmu reservoir; total cost of ecological protection; water resources value; compensation for water quality

生态补偿制度建设是推进生态文明建设的重中之重。目前, 国内外学者在生态补偿基础理论、资金筹措、运行机制以及评估等方向取得了丰富

的研究成果^[1-8]。国内外政府对海域、森林、农田、水域等方面也进行了大量的生态补偿实践, 并取得了相应的效果^[9-11]。其中, 水资源作为人类赖以

收稿日期: 2016-10-28 修回日期: 2017-05-19 网络出版时间:

网络出版地址:

基金项目: 吉林省环境保护厅环境保护科研项目“吉林省地表水饮用水源保护区生态补偿机制研究”(2016-11-1)

Fund: Environmental Protection Research Project of Environmental Protection Department of Jilin Province "Study on Ecological Compensation Mechanism of Surface Water Drinking Water Source Protection Area in Jilin Province" (2016-11-1)

作者简介: 周 赞(1991-), 男, 山东省淄博人, 主要从事环境规划与管理方面的研究。E-mail: 652540143@qq.com

通讯作者: 孙世军(1974-), 男, 吉林省通化人, 副教授, 博士, 主要从事环境科学方面的研究。E-mail: sunsj763@nenu.edu.cn

生存发展之根底, 饮用水源保护区的生态补偿成为了理论研究和实践的重点领域, 怎样确定补偿额度则成为生态补偿的中心议题^[12-16], 将直接影响生态补偿理论与实践工作的科学性、可行性和成效。现阶段国内外已有若干水源地生态补偿额度的核算方法, 但研究的角度多基于单一视角, 没有同时从生态保护者、受益者、污染者等多角度出发统筹各方利益。为了避免现有方法单一因素的计算结果, 综合考虑实际补偿工作中存在的环境保护成本、供水地区的机会损失、供水量、水质等多项因素的影响, 本文首次较为系统地分析和总结了现有水源保护区生态补偿标准的核算方法,

结合其适用性引入水量、水质修正系数, 建立了一套基于水质水量的生活饮用水源保护区生态补偿标准核算修正方法, 以辽源杨木水库为例, 结合实地调查计算补偿额度, 以期对饮用水源保护区的补偿工作提供更具实用性的参考。

1 研究方法

1.1 水源保护区生态补偿标准计算方法简述

现阶段关于水源保护区生态补偿额度核算主要基于以下几种方法, 每种核算方法各有其优缺点, 在实际补偿工作中的应用程度也各不相同^[18-24], 现有计算方法比较见表 1。

表 1 现有计算方法比较

Tab. 1 Comparison of existing methods of calculation

方法名称	优点	缺点	实用程度评价
生态系统服务功能法	能反映出生态系统所提供的各种服务, 并将这些服务赋予相应的经济价值。	需收集大批数据通过复杂分析, 计算得出的数额十分巨大, 常超过补偿者承受范围, 政府政策认同度不高。	低
生态保护总成本法	充分结合保护区在生态环境保护工作中投入的直接成本和因保护生态环境而产生的发展机会损失, 计算公式比较简单。	其中机会成本的计算方法尚存在争议。	高
水资源价值法	直接将水资源货币化, 只需要考虑其质量和数量, 计算方法简单易行。	缺乏综合系统研究, 方法有待改进和完善。	高
条件价值评估法	结合水资源受益者的支付意愿和支付能力, 避免了数据大量收集和计算。	受人为因素影响较大, 可能与实际情况不符。	中
水质补偿赔偿法	以《地表水环境质量标准》衡量水质指标, 对达标部分进行补贴、超标部分作出赔偿, 已经被多个省份采用。	主要用于水质较差的水体, 缺乏针对生活饮用水源保护区的理论和实践研究。	高

1.2 修正的补偿标准计算模型构建

目前国内外学者的研究大多基于其中一种方法, 从单一视角出发研究生态补偿标准的测算。但在实际补偿工作中, 其补偿额度会受到环境保护成本、供水地区的机会损失、供水量、水质等多项因素的影响, 仅仅基于某一种因素计算得到的生态补偿标准有一定局限性, 不能完全指导实际生态补偿工作中补偿标准的制定。因此为了确保核算的补偿标准更具实用性, 本文针对以上因素选取表 1 中实用程度较高的三种方法, 整合生态保护总成本法、水资源价值法和水质补偿赔偿法的优点, 在传统生态保护总成本法的基础上引入了水量、水质修正系数来修正补偿金额, 并以杨木水库为例, 估算用水地区对保护区所在东辽县的生态补偿额度, 为补偿标准的确定提供理论和方法支持。

本研究从实际出发, 将修正后的补偿标准模型构建分为三部分, 具体如下:

$$C_t = C_s \times K_v \times K_Q \quad (1)$$

式中: C_t 为补偿标准; C_s 为生态环境保护总成本(万元/a); K_Q 为水质修正系数; K_v 为水量修正系数。

1.2.1 生态保护总成本(C_s)

保护区所在地为维护该区生态环境支付的所有费用即是生态保护的直接成本; 同时, 饮用水源保护区的政府和居民为了保护生态环境, 禁止或限制某些污染较重的行业在该区域建设, 产生的发展机会损失属于生态环境保护的间接成本。所以, 生态环境保护总成本为:

$$C_s = D_{C_t} + I_{C_t} \quad (2)$$

式中: C_s 为生态环境保护总成本(万元/a); D_{C_t} 为生态环境保护直接成本(万元/a); I_{C_t} 为生态环境保护间接成本(万元/a)。

(1) 直接成本。

由查阅的文献来看, 目前学界对生态保护成本的核算范围尚未形成统一、具体的界定, 水源保护区生态保护直接成本核算指标往往取决于计算者对研究区生态建设和环境保护措施的了解程度, 以及数

据资料的收集、掌握情况^[25]。例如,刘玉龙等将新安江流域水源地的生态环境保护直接成本界定为林业建设成本、水土流失治理成本和污染防治成本^[22];李怀恩等将南水北调中线工程水源区生态环境保护直接成本分为水土流失治理成本、退耕还林成本、工业治理投资成本、废水处理成本及固体废弃物填埋处理成本^[26]。由此可见,研究者对直接成本核算标准的选取多是在实践案例的基础上进行的论述。

通过资料收集,根据《辽源市杨木水库生活饮用水源保护区环境保护项目环境影响报告书》中的工程量及投资,本研究选取案例水源保护区人工湿地建设成本(D_{c1})、生态拦截沟渠建设成本(D_{c2})、生态拦截箱建设成本(D_{c3})以及保护区管理站的建设成本(D_{c4})四个指标为生态保护直接成本。计算公式为:

$$D_{c1} = D_{c1} + D_{c2} + D_{c3} + D_{c4} \quad (3)$$

(2)间接成本。

本研究由案例水源保护区所在地人均收入与区位相同的东丰县人均收入的差值估算出研究区产生的间接成本。计算公式为:

$$I_{c1} = (I_{wa} - I_{wb}) \times n_w + (I_{fa} - I_{fb}) \times n_f \quad (4)$$

式中: I_{wa} 为参照地区职工平均收入(万元/a); I_{wb} 为保护区职工平均收入(万元/a); I_{fa} 为参照地区农民人均纯收入(万元/a); I_{fb} 为保护区农民人均纯收入(万元/a); n_w 为保护区职工总数; n_f 为保护区农业人口总数。

1.2.2 水量修正系数(K_v)

水量修正系数为受水地区利用水源保护区水量(W_u)与水源保护区总水量(W_T)之比,计算公式:

$$K_v = W_u / W_T (0 < K_v < 1) \quad (5)$$

1.2.3 水质修正系数(K_Q)

根据“谁污染,谁负责”的国际公认原则,引入水质修正系数 K_Q 从水污染净化成本弥补角度,以水质影响程度以及污染物通量来估算饮用水源保护区由于供水水质高于水质标准可额外获得的补偿量,或者由于供水水质低于水质标准需对用水地区返还的赔偿量。

根据《地表水环境质量标准》,以研究区水质达标情况及污染物削减成本来估算额外补偿或返还赔偿量。具体补偿或赔偿额度计算公式:

$$EC = P \times R_c = \sum_{n=1}^{365} [(C_g - C_n) \times Q_n] \times R_c \quad (6)$$

式中: P 为饮用水源保护区的污染物年通量(t/a); C_n 为饮用水源保护区第 n 天监测水质(mg/L); C_g 为饮用水源保护区目标水质(mg/L); Q_n 为第 n 天

饮用水源保护区的供水量(m^3/d); R_c 为单位污染物削减的成本(元/t); EC 为保护区从用水地区额外获得(返还)的水质补偿(赔偿)量(元/a),如 EC 为负值,则保护区要向用水地区返还该额度金额作为水质赔偿,如 EC 为正值,则保护区可额外从用水地区获得水质补偿。水质修正系数公式为:

$$K_Q = 1 + EC / (C_s * K_v) \quad (7)$$

2 案例应用

2.1 案例概况

本文选择位于辽源市东辽县的杨木水库生活饮用水源保护区作为案例,该区位于地理位置为北纬 $42^{\circ}46' - 43^{\circ}03'$,东经 $125^{\circ}18' - 125^{\circ}32'$,总面积 $411 km^2$ 。该保护区范围包括杨木水库整个控制流域,保护区划图见图1。

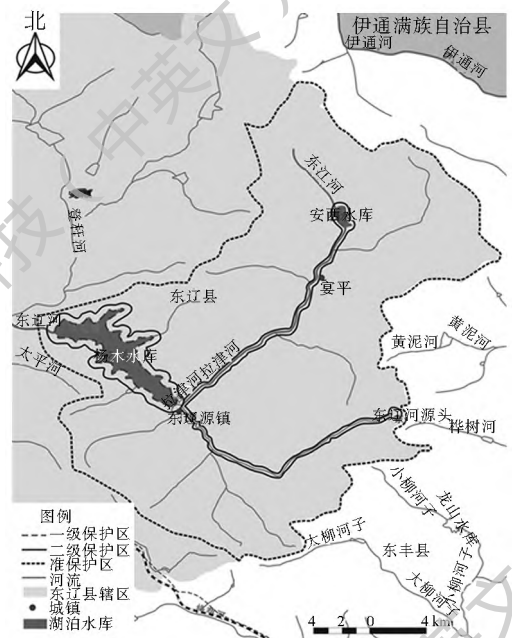


图1 杨木水库生活饮用水源保护区划图

Fig. 1 Yangmu Reservoir drinking water source protection zoning map

杨木水库位于东辽河上游,其水库特征值见表2。研究区所在东辽县为保护辽源市的饮用水资源,于经济发展上做出了一定的牺牲。根据《辽源市城市总体规划(2010年-2030年)》的规定,辽源市东辽县除城区、安恕、渭津外均为限制开发区域,杨木水库为禁止开发区域,多种行业发展受到了限制。2013年保护区所在地东辽县地区生产总值为1378093万元,在辽源市各区县位列末位;地方财政收入48039万元,较2012年减少了23.5%。

因此,合理确定标准额度,完善补偿机制,弥补生态环境保护成本,对东辽县经济发展乃至保障整个辽源市饮用水的资源有着重大推进作用。

表 2 杨木水库水文特征及水库特征

Tab. 2 Yangmu Reservoir hydrological characteristics and reservoir characteristics

特征	项目	特征值	
水文特征	多年平均降雨量/mm	658.2	
	多年平均径流量/万 m ³	5 460	
	多年平均沙量/万 m ³	16	
	设计	重现期/a	100
		洪峰流量/(m ³ /s)	1 128
		洪水总量/万 m ³	7 900
		重现期/a	10 000
	校核	洪峰流量/(m ³ /s)	2 813
		洪水总量/万 m ³	17 000
	水库特征	调节性能	
设计洪水位/m		294.9	
校核洪水位/m		298.35	
汛限水位/m		294.25	
兴利水位/m		294.25	
死水位/m		288.25	
总库容/万 m ³		9 412	
其中:防洪库容/万 m ³		4 112	
兴利库容/万 m ³		3 800	
死库容/万 m ³		1 500	

水面,植物于箱内生长,可吸附水中营养物质,将其投放于沟渠中水质较差段或沟渠尾端可加强沟渠系统的去污能力。杨木水库生活饮用水源保护区共设置生态拦截箱 100 个,投入资金共计 92 31 万元。

(4) 水源保护区管理站建设成本。

杨木水库生活饮用水源保护区建设了管理站一间,用于人工湿地的日常管护、对杨木水库及东辽河河水的日常监测,投入资金共计 230.76 万元。由公式(3)算出研究区生态保护直接成本是 1 153.82 万元,核算结果见表 3。

表 3 研究区生态环境保护直接成本

Tab. 3 Direct Cost of Eco-environmental Protection in Research

成本类型	规模	金额/万元
人工湿地建设成本	总面积约 40 万 m ² , 围堰、引水主渠、分水副渠及配水支渠共 14 800 m	692.29
生态拦截沟渠建设成本	800 m	138.46
生态拦截箱建设成本	100 个	92.31
水源保护区管理站建设成本	1 座	230.76
合计		1 153.82

注: 1 该引用数据来源于《辽源市杨木水库生活饮用水源保护区环境保护项目环境影响报告书》,2012 年,第 15 页。

2.2 案例水库生态保护总成本核算

2.2.1 直接成本核算

(1) 人工湿地建设成本。

为了保护水源保护区水质,在东辽河两岸平坦的河滩地建设了人工湿地。人工湿地总面积约 40 万 m²,建设外围堰、引水主渠、分水副渠及配水支渠共 14 800 m。分隔区内种植香蒲、芦苇等挺水植物,以及槐叶萍、浮萍等浮水植物,这些植物充分吸收和利用了河水及农田汇水中的有机成分,并可对水质进行净化。人工湿地建设投入资金共计 692.29 万元。

(2) 生态拦截沟渠建设成本。

根据环境工程学和生态学原理,将杨木水库原有退水渠道改造为生态型渠道,使其同时具有灌溉排水和污水净化的能力。在杨木水库上游支流东辽河和拉津河汇入东辽河河口附近农田排水沟渠建设有生态型拦截沟渠,总长度 800 m,沟渠内种植去污能力强的芦苇等植物,对两条进入杨木水库的支流水质进行净化。生态拦截沟渠建设投入资金共计 138.46 万元。

(3) 生态拦截箱建设成本。

拦截箱是生态拦截沟渠中的辅助成分,箱浮于

2.2.2 机会成本核算

本文以 2013 年作为参考年,选取东丰县农村和城镇人口的人均收入作为参照标准来估算保护区所在地东辽县发展机会损失。参照区东丰县和东辽县区位相同,且位于保护区控制流域范围之外,因此以东丰县作为参照区较为合理。

表 4 2013 年研究区与参照区人均收入对比

Tab. 4 Comparison of per capita income in the study area and the reference area in 2013

地区	农民人均纯收入/元	农业人口总数/万人	职工平均收入/元	职工总数/人
东丰县	10 487	29.49	38 434	15 030
东辽县	9 887	27.69	32 169	21 625

注:数据来源《辽源统计年鉴(2014)》。

从表 4 可以看出,水源保护区所在地东辽县农村居民人均收入与东丰县基本持平,而城镇居民人均收入则明显低于相邻的东丰县。依据表 4 的数据由公式(4)估算得到 2013 年研究区生态环境保护机会成本是 30 162.06 万元。综上,由公式(2)估算 2013 年研究区生态保护总成本为 31 315.88 万元。

2.3 水量修正系数计算

杨木水库多年平均径流量 W_T 为 5 460 万 m^3 。目前,杨木水库向辽源市区日供水 8 万 m^3 ,年供水量 W_U 为 2 920 万 m^3 ,因此,由式(5) 计算得出水量修正系数 $K_V = 0.5348$ 。

2.4 水质修正系数计算

由于数据的可获取性,本文水量数据采用杨木水库向辽源市区的平均日供水量,水质评估指标采用 COD_{Cr} ;水质数据采用 2011 年辽源市环境监测站对杨木水库生活饮用水源保护区仁家桥断面水质监测的年平均值 15.28 mg/L。根据《吉林省地表水功能区划》,将杨木水库水质控制目标作为补偿依据。

污染物削减成本 R_c 的确定采用影子工程法,参照国内部分污水的 COD 处理成本作为污染物的削减成本进行估算。具体见表 5。

表 5 国内部分污水处理厂 COD 处理成本

Tab. 5 The Cost for COD Treatment of Some Sewage Treatment Plants In Domestic

企业名称	进水浓度 $/(mg \cdot L^{-1})$	出水浓度 $/(mg \cdot L^{-1})$	处理总成本 $/(元 \cdot t \cdot 水^{-1})$	COD 削减成本 $/(元 \cdot t^{-1})$
沈阳市北部污水处理厂	350.00	80.00	0.650	2047
哈尔滨文昌污水处理厂	216.24	18.63	0.750	3795
大连马栏河污水处理厂	400.00	35.00	0.600	1644
沈阳满堂河污水处理中心	257.17	22.31	0.500	2129
吉林市污水处理厂	350.00	59.85	0.530	1827
鞍山市西部第二污水处理厂	380.00	60.00	0.780	2438
平均	325.57	45.97	0.635	2313

注:表中引用参数来源于《中国城镇污水处理厂汇编》。

由表 5 可知,目前国内东北地区各污水处理厂的 COD 处理成本存在一定差异,但大部分在 2 000 元/t 以上,本研究取其平均值,即 COD 处理成本 R_c 为 2 313 元/t。

研究区水质控制目标为 0 类, COD 标准限值 C_g 为 ≤ 15 mg/L, Q_n 采用杨木水库对辽源市平均日供水量为 8 万 m^3/d ,根据公式(6) 估算研究区所在地从用水地区获得(或返还)的生态补偿(赔偿)量,计算结果见表 6。

由表 6 及公式(7) 计算可知,水质修正系数 $K_Q = 0.9999$ 。

2.5 结果与讨论

式(1) $C_i = C_s \times K_v \times K_Q$ 即为饮用水源保护区生态补偿标准修正模型的基本公式,将由公式(2)、

表 6 研究区生态补偿(赔偿)量计算

Tab. 6 Calculation of ecological compensation (compensation) in study area

用水地区	水源保护区所在地	水质控制目标	供水量 $/(m^3 \cdot d^{-1})$	COD_{Cr} $/(mg \cdot L^{-1})$	补偿量 $/(万元 \cdot a^{-1})$
辽源市区	东辽县	0	80 000	15.28	- 1.8911

(5)、(7) 计算的结果代入上式,即得实际的年补偿额度。经过核算,研究区的生态补偿标准为 $C_i = 16\ 746\ 06$ 万元/a 即用水地区每年向东辽县支付 16 746 06 万元作为生态补偿资金。

研究区的总水量不仅用于受水地区的国民经济和生活用水,同时也确保了研究区植被、水体等的生态用水。在水量修正系数计算中,依据“谁使用,谁付费”的原则,用水地区只需分担自己利用的水量进行生态补偿,而用水地区利用水源保护区的水量为保护区总水量的 53.48%,因此引入水量修正系数后的研究区实际生态补偿额度较生态保护总成本明显减少。

在水资源利用过程中,水源保护区供给用水地区水量的水质越好,其发挥的效益越大。根据“谁污染,谁负责”的原则,以饮用水源保护区目标水质 C_g 与实际供水水质 C_n 的差值来反映水质优劣,当 $C_g = C_n$, $EC = 0$, $K_Q = 1$,用水地区仅须补偿其使用水资源的价值 $C_s \times K_V$;当 $C_g > C_n$, $EC > 0$, $K_Q > 1$,用水地区除承担其使用水资源的价值 $C_s \times K_V$,还须为使用了优于水质标准的水量而对水源保护区补偿; $C_g < C_n$ 时, $EC < 0$, $K_Q < 1$,水源保护区应为提供了劣于水质标准的水量对用水地区返还一定额度作为水质赔偿。在本文案例中,由于生态环境保护行动比较到位,供水水质与研究区水质控制目标基本持平,水质修正系数 $K_Q \approx 1$,因此研究区生态补偿额度较修正前无显著变化,与保护区水质实际情况相符。而在污染较为严重或者实际水质远远优于水质标准的地区,由式(7) 计算出水质修正系数对补偿额度的影响将更加显著。

因次,本模型既考虑到生态环境保护工程建设的资金投入,又考虑到水源地区经济发展的机会损失、供水量和供水水质。吸收了水资源价值法、水质补偿赔偿法和传统总成本模型的优点并避免了单一方法的局限性,既可以节省水资源,同时用水质量得以保证,可较为全面的反映杨木水库生活饮用水源保护区的实际状况,具备一定的可行性。

3 结语

在饮用水源保护区生态补偿工作中,供水水质

和水量都是影响其额度不可或缺的要害,本文建立的基于水质水量修正的生态补偿标准核算方法对水源保护区生态补偿标准的确定具有重要的理论依据和参考价值。按照该方法得出杨木水库生活饮用水源保护区生态保护总成本31 315.88万元,其中直接成本为1 153.82万元,间接成本为30 162.06万元,引入水质水量修正系数后,用水地区应补偿水源保护区的生态补偿额度为16 746.06万元。辽源市可通过政策倾斜、生态搬迁、纵向财政转移及人才输送等手段,弥补水源保护区因生态环境保护所致的地方财政收支缺口与发展机会损失,实现区域基本公共服务的均等化。

对比先前的研究工作,本模型不局限于传统总成本法的简单加总计算,通过对生态补偿过程中影响因素的分析,提炼出水质和水量要素计入补偿金额并以此计算得出用水地区实际需支付的生态补偿额度,在提升模型合理性的同时,也可以对饮用水源保护区所在地保护水资源和生态环境的行动起到侧面鼓励的作用。此外,环境保护成本、供水地区的机会损失、供水量、水质等参数具有动态变化特征,其生态补偿标准额度应根据年度变化按当年年值估算,以期促进地保护区环境和经济的可持续发展。

由于个人水平及研究数据等限制,研究在以下方面还存在不足,需要后续进一步补充和完善:

(1)此方法生态保护直接成本核算指标的选取依赖计算者对研究区的了解以及数据资料的掌握程度,因此不同计算者用此方法计算出的直接成本有所偏差。

(2)在对机会成本进行核算时,选取与研究区区位相近但未受禁限政策影响的相邻地区作为参照地,通过其差值来计算生态保护过程中产生的机会损失。但实践中,完全符合标准的参照地可能很难找到,或者相似程度难以保证,而且还可能会受生态保护政策以外的其他因素的影响,因此采用此方法算出的机会成本与实际值有出入。

参考文献(References):

[1] Wunder S, Engel S, Pagiola S. Taking Stock: A Comparative Analysis of Payments for Environmental Services Programs in Developed and Developing Countries[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 834-852.

[2] Engel S, Pagiola S, Wunder S. Designing Payments for Environmental Services in Theory and Practice: An Overview of the Issues[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 663-674.

[3] Barton D N, Faith D P, Rusch G M, et al. Environmental Service Payments: Evaluating Biodiversity Conservation Trade offs and

Cost-Efficiency in the Osa Conservation Area, Costa Rica[J]. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(2): 901-911.

[4] Farley J, Costanza R. Payments for Ecosystem Services: From Local to Global[J]. *Economical Economics*, 2010, 69(11): 2060-2068.

[5] 李文华, 刘某承. 关于中国生态补偿机制建设的几点思考[J]. *资源科学*, 2010, 32(5): 791-796. (LI Wen-hua, LIU M o u cheng. Reflections on the construction of ecological compensation mechanism in China[J]. *Resources Science*, 2010, 32(5): 791-796. (in Chinese))

[6] 王兴杰, 张骞之, 刘晓雯, 等. 生态补偿的概念、标准及政府的作用—基于人类活动对生态系统作用类型分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(5): 41-50. (WANG Xing-jie, ZHANG Qian-zhi, LIU Xiaowen, et al. The concept and standard of ecological compensation and the role of government—based on the analysis of the types of human activities to ecosystem[J]. *China's Population, Resources and Environment*, 2010, 20(5): 41-50. (in Chinese))

[7] 周晨, 丁晓辉, 李国平, 等. 南水北调中线工程水源区生态补偿标准研究—以生态系统服务价值为视角[J]. *资源科学*, 2015, 37(4): 0792-0804. (ZHOU Chen, DING Xiaohui, LI Guoping, et al. Study on ecological compensation standard of water source area in the Middle Route Project of South to North Water Transfer— from the perspective of ecosystem service value[J]. *Resources Science*, 2015, 37(4): 0792-0804. (in Chinese))

[8] 郑雪梅, 耿雷华, 黄勇, 等. 大伙房水源受水城市居民生态补偿支付意愿及影响因素分析[J]. *湿地科学*, 2016, 14(1): 65-71. (ZHENG Xue mei, GENG Lei-hua, HUANG Yong, et al. Analysis on the willingness to pay and the influencing factors of ecological compensation for water-affected urban residents in[J]. *Wetland Science*, 2016, 14(1): 65-71. (in Chinese)) DOI: 10.13248/j.cnki.wetlandsci.2016.01.011

[9] Porras I, Grieggran M, Neves N. All that glitters: a review of payments for watershed services in developing countries. [J]. *Lied Natural Resource Issues*, 2008, 45(Dec 14): 420-442.

[10] Sommerville M, Jones Julia P G, Rahajaharison M, et al. The Role of Fairness and Benefit Distribution in Community-Based Payment for Environmental Services: Interventions: A Case Study from Menabe, Madagascar[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(6): 1262-1271.

[11] Thuy P T, Campbell B M, Garnett S, et al. Importance and Impacts of Intermediary Boundary Organizations in Facilitating Payment for Environmental Services in Vietnam[J]. *Environmental Conservation*, 2010, 37(1): 64-72.

[12] 龚建文, 周永章, 张正栋. 广东新丰江水库饮用水源地生态补偿机制建设探讨[J]. *热带地理*, 2010, 30(1): 40-44. (GONG Jian-wen, ZHOU Yong-zhang, ZHANG Zheng-dong. Discussion on Construction of Ecological Compensation Mechanism for Drinking Water Source Area of Xinfengjiang Reservoir in Guangdong Province[J]. *Tropical Geography*, 2010, 30(1): 40-44. (in Chinese))

[13] 李怀恩, 庞敏, 肖燕, 等. 基于水资源价值的陕西水源区生态补偿量研究[J]. *西北大学学报: 自然科学版*, 2010, 40(1): 149

154. (LI Hua'en, PANG Min, XIAO Yan, et al. Study on ecological compensation of water resource area in Shaanxi Province Based on water resources value[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2010, 40(1): 149-154. (in Chinese))
- [14] Daly Hassen H, Pectenella D, Ahmed T J. Economic Instruments for the Sustainable Management of Mediterranean Watersheds[J]. Forest Systems, 2010, 19(2): 141-155.
- [15] 王淑云, 耿雷华, 黄勇, 等. 饮用水水源地生态补偿机制研究[J]. 中国水土保持, 2009(9): 57. (WANG Shuyun, GENG Leihua, HUANG Yong, et al. Study on ecological compensation mechanism of drinking water source area[J]. China Soil and Water Conservation, 2009(9): 57. (in Chinese))
- [16] 耿涌, 戚瑞, 张攀. 基于水足迹的流域生态补偿标准模型研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 11-16. (GENG Yong, QI Rui, ZHANG Pan. Study on ecological compensation standard model of watershed based on water footprint[J]. China's Population, Resources and Environment, 2009, 19(6): 11-16. (in Chinese))
- [17] 周大杰, 桑燕鸿, 李惠民, 等. 流域水资源生态补偿标准初探——以官厅水库流域为例[J]. 河北农业大学学报, 2009, 32(1): 10-13. (ZHOU Dajie, SANG Yanhong, LI Huimin, et al. Preliminary study on ecological compensation standard of river basin water resource—a case study of Guanting Reservoir[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2009, 32(1): 10-13. (in Chinese))
- [18] 董胜男, 孙秀玲, 徐晓儒. 模糊可变评价模型在水资源价值评价中的应用[J]. 人民黄河, 2009, 31(11): 54-55. (DONG Shengnan, SUN Xiuling, XU Xiaoru. Application of fuzzy variable evaluation model in water resources value evaluation[J]. People of the Yellow River, 2009, 31(11): 54-55. (in Chinese))
- [19] 许凤冉, 阮本清, 汪党献, 等. 流域水资源共建共享理念与测算方法[J]. 水利学报, 2010, 41(6): 665-670. (XU Fengran, RUAN Benqing, WANG Dangxian, et al. Concept and calculation method of water resources co-construction and sharing[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2010, 41(6): 665-670. (in Chinese))
- [20] 郑海霞, 张陆彪, 涂勤. 金华江流域生态服务补偿支付意愿及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 761-767. (ZHENG Haixia, ZHANG Lubiao, TU Qin. Analysis on willingness to pay and its influencing factors of ecological service compensation in Jinhua River watershed[J]. Resources Science, 2010, 32(4): 761-767. (in Chinese))
- [21] 王飞儿, 徐向阳, 方志发, 等. 基于 COD 通量的钱塘江流域水污染生态补偿量化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(3): 259-263. (WANG Feier, XU Xiangyang, FANG Zhifa, et al. Quantification of ecological compensation for water pollution based on COD Flux in Qiantang River Basin[J]. Resources and Environment in the Yangtze, 2009, 18(3): 259-263. (in Chinese))
- [22] 刘玉龙, 许凤冉, 张春玲, 等. 流域生态补偿标准计算模型研究[J]. 中国水利, 2006(22): 35-38. (LIU Yulong, XU Fengran, ZHANG Chunling, et al. Study on calculation model of ecological compensation standard for river basins[J]. China Water Resources, 2006(22): 35-38. (in Chinese))
- [23] 李青, 张落成, 武清华. 太湖上游水源保护区生态补偿支付意愿问卷调查——以天目湖流域为例[J]. 湖泊科学, 2011, 23(1): 143-149. (LI Qing, ZHANG Luocheng, WU Qinghua. Questionnaire on willingness to pay compensation for ecological compensation in the water source protection area of the upper reaches of Taihu Lake—a case study of the Tianmuhu watershed[J]. Lake Science, 2011, 23(1): 143-149. (in Chinese))
- [24] 李潇, 李国平. 禁限开发区生态补偿支付标准研究[J]. 华东经济管理, 2015, 29(3): 57-62. (LI Xiaopeng, LI Guoping. Study on ecological compensation payment standard of development zone[J]. East China Economic Management, 2015, 29(3): 57-62. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1007-5097.2015.03.011
- [25] 段靖, 严岩, 王丹寅等. 流域生态补偿标准中成本核算的原理分析与方法改进[J]. 生态学报, 2010, 30(1): 0221-0227. (DUAN Jing, YAN Yan, WANG Danyin, et al. Principle analysis and method improvement of cost accounting in river basin ecological compensation standard[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(1): 0221-0227. (in Chinese))
- [26] 李怀恩, 谢元博, 史淑娟等. 基于防护成本法的水源区生态补偿量研究——以南水北调中线工程水源区为例[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2009, 39(5): 875-878. (LI Huaien, LI Guoping, SHI Shujuan, et al. Study on ecological compensation amount of water source area based on protection cost method—Taking water source area of middle route project of South to North Water Diversion for example[J]. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2009, 39(5): 875-878. (in Chinese))