

基于机会成本的闽江流域生态补偿标准研究

饶清华¹, 林秀珠¹, 邱宇^{2,3}, 陈芳¹

(1. 近海流域环境测控治理福建省高校重点实验室(福建师范大学福清分校), 福建 福清 350300; 2. 吉林大学 东北亚研究院, 吉林 长春 130012; 3. 福建省金皇环保科技有限公司, 福建 福州 350002)

摘要:针对基于机会成本的生态补偿标准研究存在的问题,本研究建立基于机会成本的闽江流域跨界生态补偿标准测算模型,分类统计了 2010~2015 年流域上游地区生态保护的生态成本,并结合下游地区福州市的经济发展水平确定闽江流域下游地区应支付给上游地区的补偿量。结果表明,三明市获得的补偿额为 0.5694~0.9407 亿元,南平市获得的补偿额为 2.0104~2.7061 亿元,下游地区福州市需要支付生态补偿额为 2.5797~3.4913 亿元。针对补偿标准测算结果提出了相应的对策措施:拓展补偿资金筹措渠道,实现政府主导与市场机制相结合的补偿模式,在补偿资金的同时加以项目或技术补偿,缓解上游地区的资金、技术压力。

关键词:生态补偿;机会成本;补偿标准;闽江流域

中图分类号:X32 文献标识码:A 文章编号:1007-6336(2018)05-0655-08

Research on ecological compensation standard in Minjiang River basin based on opportunity cost

RAO Qing-hua¹, LIN Xiu-zhu¹, QIU Yu^{2,3}, CHEN Fang¹

(1. Key Laboratory of Measurement and Control System for Offshore Environment, Fuqing Branch of Fujian Normal University, Fujian Province University, Fuqing 350300, China; 2. Northeast Asia Studies College, Jilin University, Changchun 130012, China; 3. Fujian Jinhuang Environmental Sci-Tech Co., Ltd., Fuzhou 350002, China)

Abstract:To address the existed problems of ecological compensation standard for opportunity cost, and according to the trans-regional eco-compensation calculating model of Minjiang River Basin which is based on opportunity cost. This paper statistical classified the ecological protection costs of the 2010-2015 in the upper reaches, and has confirmed the amount of compensation that should be paid to the upper reaches of the Minjiang River basin in the light of economic development level in the lower reaches. The results indicated that the amounts of eco-compensation received by Sanming and Nanping cities were $0.5694 \times 10^8 \sim 0.9407 \times 10^8$ Yuan and $2.0104 \times 10^8 \sim 2.7061 \times 10^8$ Yuan, respectively. The downstream Fuzhou city needed to pay $2.5797 \times 10^8 \sim 3.4913 \times 10^8$ Yuan for eco-compensation. Corresponding to it, some countermeasures are put forward as suggested: Expending compensation financing channels, combination the compensation model government-led and market. Besides the financial compensation, the project compensation or technical compensation were also discussed in this article.

Key words: ecological compensation; opportunity costs; compensation standard; Minjiang River Basin

收稿日期:2017-04-21, 修订日期:2017-07-01

基金项目:福建省社会科学规划项目:“闽江流域生态补偿机会成本分析研究”(FJ2016C022);福建省高校杰出青年科研人才培育计划项目:“闽江流域生态补偿与污染赔偿”(闽教科[2016]23号);近海流域环境测控治理福建省高校重点实验室开放课题(S1-KF 1707)

作者简介:饶清华(1981-),男,福建福州人,博士研究生,副教授,主要从事环境影响评价方面研究, E-mail:raoqinghua@sina.com

通讯作者:邱宇(1981-),男,博士研究生,高级工程师,主要从事环境影响评价方面研究, E-mail:qiuyu075@163.com

随着社会经济的发展,生态环境保护与经济发展之间的矛盾日益凸显,一方面是日益增长的流域生态环境服务数量及质量的需求,另一方面由于不合理的利用水资源,导致流域水环境污染问题日益突出,保护生态环境与发展经济的协调问题以及流域上下游发展的公平性问题也进一步加深^[1]。在此深刻背景下,生态补偿成为各国经济学家和环境学家研究的热点^[2-4],并且被作为一种有效的经济手段成功应用到解决生态环境保护与经济发展之间的矛盾中去^[5-6]。流域生态补偿受到我国政府的高度重视以及社会的广泛关注,党中央、国务院多次对建立生态补偿机制提出明确要求^[7-9]。我国相关部门陆续出台了一系列法律法规和政策,要求切实加强流域生态环境保护。建立流域生态补偿制度是当前国际和国内环境管理的发展方向^[10-12],具有科学依据的流域水环境经济补偿确定方法既是资源环境领域的研究热点,也是环境管理工作中迫切需要解决的技术难点。

从整个流域层次来讲,流域生态环境保护的最大受益者往往是经济较为发达的下游地区,流域生态环境保护最大付出者是上游地区,而上游地区往往是经济贫困的地区,他们的付出却没有得到合理的补偿^[13-14]。因此,仅仅依靠上游地区来承担流域生态环境保护的责任,而没有给予相应的经济补贴,那么流域生态环境保护将很难达到预期的效果。因此,建立完善的生态补偿的机制,重视上游地区的付出,根据上游地区的环境保护投入测算补偿标准,从而提高上游地区保护流域生态环境的积极性,对于实现流域水资源的最优化利用具有极其重要意义。

根据不同流域特征和流域内面临的突出问题,总结国内的流域生态补偿地方试点的生态补偿模式,可以将流域生态补偿划分为三大类型:一是基于流域跨界水质监测断面水质目标考核的生态补偿和污染赔偿模式^[15-16];二是基于跨界上下游超标污染物通量计量的生态补偿和污染赔偿模式^[1,17];三是针对生态环境建设投入成本、机会成本以及发展成本的生态补偿模式^[18-20]。针对第一、二种生态补偿模式,国内开展了较多的研究工作。但是,对于第三种模式国内仅开展了少量的研究,主要实施的流域有福建省闽江流域、广东省东江源等流域等。此外,已有的研究存在以下不

足的地方:①补偿年限不完整,时间跨度不长,缺乏流域在实施流域生态补偿前后的对比。②较少开展机会成本分类计算的研究,不能很好的反映流域生态环境保护对上游地区不同产业的影响。③基于机会成本损失来测算补偿标准的相关研究较少。因此,本研究以闽江流域为例,将流域上游及下游地区分别看作两个独立的个体,从微观经济学角度出发对流域生态补偿进行分析,借助机会成本概念,分类统计上游地区不同产业由于流域生态环境保护的机会成本损失,测算出闽江流域上下游地区不同年限的生态补偿标准,为福建省乃至全国跨界流域补偿标准的测算提供参考借鉴。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

闽江作为福建省的第一大河,发源于建宁县均口镇,流经 36 个县、市,总长 2872 km,干流全长 577 km,其中在福建省内流域面积达 59922 km²,占全省陆域面积的 48.87%。闽江流域上中游地区多属于经济欠发达地区,包括三明、南平等部分县市,闽江流域下游福州市则经济较为发达。本研究将福州地区划分为闽江下游,将南平地区划分为闽江流域中游,将三明等地区划分为闽江流域上游。

1.2 基于机会成本的流域生态补偿模型

1.2.1 机会成本

机会成本 (opportunity cost, OC) 又称为替代性成本,是指做一个选择后所丧失的不做该选择而可能获得的最大利益。具体到流域生态环境保护,即上游地区保护水资源投入的成本以及为了维护流域生态环境而放弃的产业发展所可能获得的利益。在目前的流域生态补偿标准测算中,将流域上游生态环境保护的生态补偿标准分为直接成本与间接成本两个部分。直接成本是指流域上游在生态保护过程为维护生态稳定,保持流域水质水量所直接投入的费用。直接成本包括两大类^[18]:流域生态环境保护与建设的直接费用、环境保护与治理的直接费用,具体表现为流域上游为了涵养水源、净化水质、保持水土所进行的生态建设投入,包括林业建设、水利建设、流域水环境整治、农村环境综合整治等。间接成本即机会成本,是上游地区为了保护生态环境而限制产业发

展所放弃的发展权以及相应发展可能获得的经济利益,主要是工业发展和农业发展损失的机会成本^[18]。

1.2.2 直接成本测算

流域生态环境保护的直接成本包括林业建设、水利建设、流域水环境整治、农村环境综合整治、废水治理费用等。直接成本测算公式如下:

$$C_{\text{直}} = C_{11} + C_{12} + C_{13} + C_{14} \quad (1)$$

式中: $C_{\text{直}}$ 为流域上游生态环境保护直接成本; C_{11} 为流域上游林业建设费用; C_{12} 为流域水利建设费用; C_{13} 为流域上游水环境整治费用; C_{14} 为流域上游农村环境综合整治费用。

1.2.3 间接成本测算

上游地区实施生态环境保护后,对产业的发展进行了限制,其中对上游地区农业、工业的发展影响较大,而对于第三产业的发展影响相对较小。对于农业来说,因植树造林、涵养水源等造成农业种植面积减少,限制了农业的发展。对于工业来说,由于对流域水环境的保护,一方面严格限制工业排污情况,加大节能减排力度,促使企业必须做好三废处理,另一方面严格限高污染、高耗水产业的发展,为保护流域生态环境而牺牲了部分的发展权,降低了上游地区工业总产值。

(1) 农业机会成本损失

由于上游区流域生态建设与保护导致了土地利用变化,从而引起的农业收益变化,由上游区农作物单位面积纯收入乘以农作物播种面积变化的数量来衡量,计算公式如下:

$$C_{2i} = \sum_m \sum_n A_{mn} \times Q_n \quad (2)$$

式中: C_{2i} 为流域上游生态环境保护的农业机会成本损失; A_{mn} 为第 m 种生态保护措施引起的种植第 n 种作物的播种面积变化; Q_n 为进行土地利用方式改变以前种植第 n 种农作物的单位面积收益。

(2) 工业机会成本损失

工业机会成本损失通过流域实施生态环境保护前后,上游地区和某一参照地区的工业发展速度的之间存在的差异来衡量。流域上游地区在实施生态保护后某一年的工业损失成本 C_{3k} 为当年上游地区的人均第二产业增加值损失量 $GDP_{k\text{损}}$ 与上游地区当年总人口数 N_k 、收益系数 S_k 的乘积,收益系数 S_k 为各个行政区内财政收入占该行

政区当年 GDP 的比例。

$$C_{3k} = GDP_{k\text{损}} \times N_k \times S_k \quad (3)$$

式中: k 为流域上游地区实施生态保护年限, $k=1,2,3,\dots$ 。

上游地区的人均第二产业增加值损失量 $GDP_{k\text{损}}$ 与上游地区实施生态环境保护前一年实际人均第二产业产值、实施生态环境保护第 k 年的实际人均第二产业产值与第二产业增速值、机会成本损失参数有关,具体计算过程如下:

$$GDP_k = GDP_{k-1} \times (1 + a_k + \theta) - GDP_k \quad (4)$$

式中: GDP_k 为上游地区实施生态环境保护第 k 年的实际人均第二产业产值; GDP_{k-1} 为上游地区上一年实际人均第二产业产值; a_k 为上游地区实施生态环境保护第 k 年的第二产业增加值增长率; θ 为机会成本损失参数,表示上游地区实施生态环境保护后损失的机会成本,即损失的人均第二产业年均增加值增长率。

设 λ 为上游地区未实施生态环境保护时,人均第二产业年均增速值; λ' 为上游地区实施生态环境保护后,人均第二产业年均增速值; η 为未实施流域环境生态保护时,参照区的人均第二产业年均增速值; η' 为实施流域生态环境保护后,参照区的人均第二产业年均增速值。机会成本损失参数 θ 的计算公式如下:

$$\theta = |(\lambda' - \eta') - (\lambda - \eta)| \quad (5)$$

(3) 间接成本总额

上游地区生态环境保护间接总成本 OC 为流域上游生态环境保护农业机会成本损失 C_{2i} 与由于流域生态环境保护丧失发展机会的工业损失成本 C_{3k} 之和,其计算公式为:

$$OC = C_{2i} + C_{3k} \quad (6)$$

1.2.4 生态补偿额度测算

(1) 成本总额测算

根据以上成本分析可以得出总成本 $C_{\text{总}}$ 由直接成本 $C_{\text{直}}$ 和间接成本 OC 构成。其公式如下:

$$C_{\text{总}} = C_{\text{直}} + OC \quad (7)$$

(2) 生态补偿系数

流域生态环境保护的总成本往往较大,而不同地区的经济发展水平并不一致,因此,按照流域生态环境保护总成本进行补偿不具备可操作性。上游地区的流域生态环境保护对下游产生正外部性影响,而下游地区往往是生态环境保护的受益者。经济发展水平相对高的地区对流域生态保护

所产生的外部性利用程度比发展水平低的区域高。因此,生态补偿量应该是基于补偿主体经济发展水平的流域生态环境保护总成本的一定比例值。为此我们引入生态补偿系数 R_f ,以某个地区的 GDP 与全省 GDP 总值的比值为参数,经济发展水平以恩格尔系数来表示。根据改进 R. Pearl 生长曲线模型来确定 R_f ,具体表达如式^[21-23]:

$$R_f = \frac{L_f}{(1 + ae^{-bt})}$$

(8)

对该模型属性进行修改,定义 L_f 为补偿能力; t 为恩格尔系数的倒数; a 、 b 为常数; e 为自然对数的底数,其中 L_f 具体表达如式:

$$L_f = \frac{GDP_f}{GDP}$$

(9)

式中: GDP_f 为 f 市生产总值; GDP 为所在省生产总值(元/年)。

将模型简化,令 a 、 b 都取值为 1^[22],可得:

$$R_f = \frac{e^\varepsilon}{(1 + e^\varepsilon)} \times L_f = \frac{e^\varepsilon \times GDP_f}{(1 + e^\varepsilon) \times GDP}$$

(10)

式中: ε 为恩格尔系数。

(3)生态补偿总额

根据式(10)得出补偿系数,就可以求出生态补偿总额 C 。

$$C = C_{总} \times R_f \times \Phi$$

(11)

式中: Φ 为水质判断系数,当上游供水水质优于Ⅲ类水质时, $\Phi = 1$;当上游供水水质部分时段位于Ⅳ~Ⅴ类时, Φ 为供水水质优于Ⅲ类水质所占比例, $\Phi < 1$;当上游供水水质劣于Ⅴ类水质时, Φ 为供水水质劣于Ⅴ类水质所占比例, $\Phi < 0$ 。

1.2.5 数据来源

相关数据来源于福建省环境状况公报(2001~2015 年)、福建省环境统计年报(2010~2015 年)、福建省统计年鉴(2001~2015 年)、南平市统计年鉴(2010~2015 年)、三明市统计年鉴(2010~2015 年)、南平年鉴(2010~2015 年)、三明年鉴(2010~2015 年),交界断面水质数据来源于据福建省环境保护厅。数据准确、规范,资料来源可靠。

2 结果与讨论

2.1 闽江流域生态补偿标准测算

2.1.1 直接成本

流域生态环境保护的直接成本主要由林业建设、水利建设、流域水环境整治、农村环境综合整治、废水治理等费用组成。三明市、南平市 2010 年至 2015 年的流域生态环境保护直接投入见表 1。

表 1 上游地区流域生态保护直接投入(单位:亿元)

Tab.1 Direct investment of ecological protection in upstream area of Minjiang River Basin (×10⁸ Yuan)

年份	林业建设		水利建设		流域水环境整治		农村综合整治		合计	
	三明	南平	三明	南平	三明	南平	三明	南平	三明	南平
2010	9.83	2.01	9.60	10.21	5.39	9.66	0.96	1.08	25.78	22.96
2011	8.68	2.82	12.75	15.10	1.76	4.2	1.07	1.06	24.25	23.18
2012	2.15	4.22	18.0	18.31	3.70	4.39	2.27	0.98	26.12	27.90
2013	6.19	7.59	24.73	22.03	4.20	1.46	1.93	1.70	37.05	32.78
2014	2.61	6.33	24.6	24.06	4.00	4.47	1.10	0.30	32.31	35.16
2015	4.61	7.89	23.18	30.63	7.09	1.60	0.99	0.58	35.87	40.70

由表 1 可以看出,三明、南平等地为保护闽江流域水环境,在植树造林、水利维护及修建、流域水环境整治及保护、农村综合整治、废水治理等方面做出了大量的努力。

2.1.2 农业机会成本损失

上游地区流域生态环境保护的农业机会成本

主要指因植树造林、涵养水源等造成农业种植面积变化。研究过程中进行简化,仅考虑农业产值和农作物播种面积之间的关系。农业产值变化与机会成本损失之间存在相反的关系。三明市、南平市 2010 年至 2015 年的流域生态环境保护农业成本变化见表 2。

表 2 上游地区流域生态环境保护农业成本变化

Tab. 2 Agricultural costs changing of ecological protection in upstream area of Minjiang River Basin

年份	农作物播种面积 /万 m ²		农业产值/万元 ^①		农作物单位面积 产值/元·m ⁻²		农作物播种面积 变化/万 m ² ②		农业产值变化 /万元 ^③	
	三明	南平	三明	南平	三明	南平	三明	南平	三明	南平
2010	406700	424851	1503367	1243100	3.70	2.93	1120	-1376.67	4140.08	-4028.08
2011	416090	427709.5	1701423	1683060	4.10	3.94	9390	2858.53	38396.4	11248.48
2012	417950	429942.5	1847699	1875147	4.42	4.36	1860	2232.93	8222.8	9738.69
2013	430210	436128.4	1992510	2021305	4.63	4.63	12260	6185.93	56782	28669.67
2014	437210	436101.3	2195260	2225597	5.02	5.10	7000	-27.13	35147.5	-138.47
2015	447350	437270	2335029	2425341	5.22	5.55	10140	1168.73	52927.7	3583.44

注:①仅表示农业产值本身,不含林业产值、牧业产值、渔业产值;②负数表示当年面积减少,正数表示当年面积增加;③指由于当年农作物播种面积变化而引起的产值变化

2.1.3 工业机会成本损失

由于三明、南平、宁德地区在地域上相接近、产业结构上相类似,因此,以宁德地区作为参照,以此来计算其机会成本损失参数 θ 。2005年以来,闽江流域开始实施生态补偿,2008年5月,闽江流域被列为全国首批开展生态环境补偿的6个试点地区之一。因此,以2001~2005年的平均值代表未进行流域生态环境保护时的经济发展水平;以2010~2015年代表开展流域生态环境保护

后的经济发展水平。其中,根据收集到的有关数据,2001~2005年三明、南平、宁德等地的第二产值人均增速值分别为:0.09192、0.08727、0.09544;2010~2015年三明、南平、宁德等地的第二产值人均增速值分别为:0.14817、0.15194、0.20423。限于篇幅有限,将2001~2005年的三明、南平、宁德等地的第二产业指标值省略。上游及参照地区的第二产业指标值见表3。

表 3 三明、南平、宁德第二产业指标值

Tab. 3 Second industry index value in Sanming, Nanping, and Ningde city

行政区	年份	生产总值/亿元	总人口数/万人	人均生产总值/万元	人均增加值/万元	人均增加值增长率 ^① /%	财政收入/万元	GDP/亿元	收益系数
三明	2010	480.22	272.73	1.7608	0.4129	22.13	496415	975.10	0.0509
	2011	610.9	273.35	2.2349	0.4741	28.04	645368	1211.81	0.0533
	2012	677.79	274.24	2.4715	0.2366	34.67	774353	1334.82	0.0580
	2013	771.92	278.46	2.7721	0.3006	14.17	898450	1477.59	0.0608
	2014	850.98	284.01	2.9963	0.2242	30.63	909210	1621.21	0.0561
	2015	875.16	284.21	3.0793	0.0830	26.93	936821	1713.05	0.0547
南平	2010	304.79	313.90	0.9710	0.1753	15.45	385886	728.65	0.0530
	2011	376.78	313.40	1.2022	0.2313	26.88	486803	894.31	0.0544
	2012	423.97	313.88	1.3507	0.1485	23.85	591777	995.08	0.0595
	2013	481.13	316.04	1.5224	0.1716	11.26	716243	1105.82	0.0648
	2014	543.65	319.19	1.7032	0.1808	22.03	809938	1232.56	0.0657
	2015	578.09	319.86	1.8073	0.1041	23.82	864266	1339.43	0.0645
宁德	2010	317.22	338.48	0.9372	0.2089	16.60	405056	738.61	0.0549
	2011	435.75	340.03	1.2815	0.3443	24.09	543043	930.12	0.0584
	2012	512.23	342.3	1.4964	0.2149	24.24	706378	1075.06	0.0657
	2013	627.59	347.18	1.8077	0.3112	11.31	886949	1238.72	0.0716
	2014	705.63	352.24	2.0033	0.1956	28.68	989222	1376.09	0.0719
	2015	759.96	348.92	2.1780	0.1748	36.74	1043894	1487.36	0.0702

注:①表示人均第二产业增加值增长率(%),根据人均第二产业增加值(万元)与上一年的人均第二产业生产总值(万元)的比值来确定

根据收集到 2001 ~ 2015 年的三明、南平、宁德等地第二产业相关指标值,根据公式(5)计算出成本损失参数 θ 值,得到三明、南平等地市的机会成本损失参数,具体见表 4。

表 4 三明、南平机会成本损失参数

Tab. 4 Opportunity cost loss parameters in Sanming and Nanping city

行政区	λ	λ'	η	η'	θ
三明	0.0873	0.1519	0.0954	0.2042	0.0441
南平	0.0919	0.1482	0.0954	0.2042	0.0525

由计算出的成本损失参数 θ 值,结合公式(3)、(4),可以测算出 2010 ~ 2015 年三明、南平等地工业机会成本损失值,具体见表 5。

2.1.4 生态补偿额度

生态补偿额度应该是基于经济发展水平的流

域生态环境保护总成本的一定比例值,需要结合下游地区的经济发展水平来确定。因此,根据福州、南平的恩格尔系数、GDP 和全省的 GDP,以及式(5)可以得出补偿系数 R_f ,具体见表 6。

表 5 三明、南平工业机会成本损失值

Tab. 5 Industrial value of the loss of opportunity cost in Sanming and Nanping city

年份	工业成本损失值/亿元	
	三明	南平
2010	0.8257	0.6950
2011	1.1309	0.8704
2012	1.5687	1.1792
2013	1.8463	1.4528
2014	1.9480	1.6778
2015	2.0547	1.8471

表 6 福州、南平生态补偿系数

Tab. 6 Ecological compensation coefficient of Fuzhou and Nanping city

年份	福州			南平			全省 GDP/亿元
	恩格尔系数/(%)	GDP/亿元	R_f	恩格尔系数/(%)	GDP/亿元	R_f	
2010	29.6810	3123.41	0.1239	31.0518	728.65	0.0291	14462.75
2011	29.1978	3736.38	0.1218	29.8843	894.31	0.0292	17560.18
2012	29.2308	4210.93	0.1224	29.6027	995.08	0.0290	19701.78
2013	27.9798	4678.49	0.1224	28.7694	1105.82	0.0290	21759.64
2014	28.0470	5169.16	0.1224	28.6623	1232.56	0.0293	24055.76
2015	27.3467	5618.08	0.1228	28.2120	1339.43	0.0294	25979.82

根据交界断面水质周报数据可知,2010 ~ 2015 年水汾桥及竹岐断面水质总体上看较好,部分时段的水质位于 IV ~ V 类,两个断面水质超标的主要原因为溶解氧浓度低于标准值。上游来水水质优于Ⅲ类水质标准所占比例见表 7。

表 7 闽江流域 2010 ~ 2015 年水质判断系数

Tab. 7 Determine coefficient of water quality in Minjiang River Basin from 2010 to 2015

年份	交界断面	
	三明-南平(水汾桥)	南平-福州(竹岐)
2010	100%	98.08%
2011	90.38%	92.38%
2012	94.23%	100%
2013	63.46%	75%
2014	100%	76.92%
2015	98.08%	67.38%

根据式(11)并结合判断系数可以求得闽江流域上下游支付/获取生态补偿额度,详见表 8。

表 8 闽江流域上下游支付/获取生态补偿额度

Tab. 8 Eco-compensation of the upstream and downstream area in Minjiang River Basin (payout and reception)

年份	生态补偿额度/亿元		
	三明	南平	福州
2010	0.7613	2.1620	-2.9233
2011	0.5694	2.0104	-2.5797
2012	0.7333	2.7061	-3.4394
2013	0.6122	2.2683	-2.8805
2014	0.8997	2.5703	-3.4700
2015	0.9407	2.5506	-3.4913

从流域生态补偿支付情况来看,作为补偿对象的上游地区三明市获得南平市的补偿额分别为 0.5694 ~ 0.9407 亿元。对于中游地区南平市,一方面作为生态环境保护的保护者,应得到下游地区福州市的经济补偿,获得的补偿额分别为 2.5797 ~ 3.4913 亿元;另一方面作为生态环境保护的受益者,需要向上游三明市支付生态补偿费用 0.5694 ~ 0.9407 亿元;最终,南平市获得的补

偿额分别为 2.0104 ~ 2.7061 亿元。下游地区福州市单纯作为生态环境保护的受益者,应向中游地区南平市支付生态补偿额 2.5797 ~ 3.4913 亿元,研究结果与林秀珠^[23]等研究结果较为一致。

2.2 讨论

从 2005 年开始,福州每年新增 1000 万元资金用于上游地区生态补偿,对比表 7 中的测算值,补偿力度明显不够。因此,建立合理的闽江流域上下游跨界生态补偿机制,改变现有的单一补偿模式,引入市场经济杠杆,引导社会各方参与,明确上下游区域的权责利、兼顾上下游之间发展与污染之间的利益平衡,拓展补偿资金筹措渠道,建立市场机制与政府主导相结合的补偿模式。

(1)通过对三明、南平地区流域生态环境保护投入成本的构成分析,可以发现三明、南平生态环境保护投入成本在总成本中所占的比例最大,表明三明、南平等地为保护闽江流域水环境付出了大量的努力。工业发展限制的机会成本损失也表明三明、南平等地区在流域生态环境保护过程中严格限制了工业的发展,导致目前其工业基础薄弱。因此,上游地区应进一步改善产业布局,调整产业结构,加大力度引入高技术发展节水型、低排污企业。此外,流域生态环境保护的农业机会成本损失表明三明、南平等地区在植树造林、涵养水源等土地利用方式改变方面仍然有较大的提升空间。为降低农业面源对流域水环境的影响,上游地区一方面应进一步提高森林覆盖率,另一方面应改变农业耕作方式、减少农药化肥施用量。

(2)基于机会成本的闽江流域生态补偿标准研究从直接成本和间接成本两个方面分类统计总额,并结合生态补偿系、水质判断系数来测算最终的生态补偿标准。如果闽江流域上游地区水质满足Ⅲ类水质要求,则下游地区应该向上游地区支付获得优良水质的补偿费用。如果上游地区水质部分时段为Ⅳ~Ⅴ类,则根据水质优于Ⅲ类水质标准所占比例来进行补偿。反之,上游地区水质劣于Ⅴ类水时,上游地区有责任对下游进行补偿。这种补偿方式主客体明确,流域上下游地区各级政府需对行政区域内的交界断面水环境质量负责,根据断面水环境质量来确定上下游生态补偿关系。

(3)上游地区为保护流域生态环境,工农业发展受到了限制,中下游地区是流域生态环境保护的受益者,双方均拥有平等分享流域生态环境

效益的权利,以及共同承担维护生态环境的义务。基于机会成本法所测算出来的补偿数额较大,甚至超出下游地区的承受能力,并且上游地区因保护流域生态环境的发展损失全部由下游地区承担也有违公平原则。因此,引入生态补偿系数,结合下游地区的经济发展水平,生态补偿量应该是基于经济发展水平的流域生态环境保护总成本的一定比例值。采用基于机会成本的流域生态补偿测算方式,开展跨界流域生态补偿,承认上游地区为保护流域生态环境所做出的努力,对于增强上游地区流域生态环境保护的积极性具有重要意义,同时也兼顾了下游地区的利益。

(4)目前闽江流域生态补偿的实施途径主要为政府之间直接补偿资金支付以及财政转移支付。补偿对象仍然以政府对政府为主,测算的补偿量远大于实际补偿量,对于上游地区进行流域生态环境保护的积极性无法起到刺激作用。因此,转变现有的单一补偿模式,一方面拓展补偿资金筹措渠道,积极引导社会各方参与,构建政府主导与市场机制相结合的补偿模式;另一方面应逐渐加大财政投入。此外,在补偿资金的同时还应辅助以项目补偿,如下游地区可以通过资金与技术投资等方式帮助上游地区发展旅游业、生态工业和无污染农业,缓解上游地区发展经济与保护生态环境的矛盾。从而建立闽江流域生态环境的统一保护机制,实现流域利益最大化。

(5)结合我国的流域生态补偿政策,建立闽江流域生态补偿长效机制。根据机会成本分类统计结果并结合交界断面每年的水质情况,确定上下游生态补偿关系,并对流域上下游的生态补偿标准进行动态核算。以期通过上游地区的产业结构调整转型及节能减排力度的加大,逐步实现闽江流域水资源的可持续发展。

(6)补偿模型不确定分析。①机会成本的测算方式缺乏统一的标准与规范,并且以间接核算为主,因此,存在一定的争议性和不确定性,从而影响到补偿标准的准确性和科学性。②上游地区经济的发展受多种因素的制约,仅仅考虑流域生态保护对经济发展制约,夸大了流域生态保护的制约作用;选用 2001 ~ 2005 年的平均值代表未进行流域生态保护时的经济发展水平,忽略了以上时段研究区域在生态环境保护方面所做出的努力;参照地区与上游地区之间的经济发展水平要

相当,因此在选取上存在一定难度,在实际情况中该假设难以实现。此外,选取的参考地区不同,也会造成模型参数的不同。③补偿金额的测算存在不确定性。通过分类统计计算补偿金额,将直接成本分解成上述几种费用,不能完全反映上游地区在流域生态保护方面所做的努力,使得直接成本的估算偏小;研究仅考虑农业产值和农作物播种面积之间的关系,而没有对农业产值进行细分,导致农业机会成本测算存在一定的不确定。此外,由于直接成本方面的数据缺乏,使得 2006 ~ 2009 年的直接成本无法准确测算,造成 2006 ~ 2009 年补偿金额缺失。

3 结 论

(1)总结了基于机会成本的生态补偿标准研究存在的问题,建立基于机会成本的闽江流域跨界生态补偿标准测算模型,对上游地区生态保护的 成本进行了分类统计,并根据下游地区的经济发展水平以及交界断面Ⅲ类水质所占的比例来确定受益主体应支付的补偿费用。该方法数据获取相对容易,测算过程相对简单,拓展了机会成本的应用领域,对传统的流域生态补偿标准测算方法进行了发展和补充。

(2)以闽江流域为例,测算闽江流域 2010 ~ 2015 年的生态补偿金额。上游地区三明市获得南平市的补偿额分别为 0.5694 ~ 0.9407 亿元;中游地区南平市最终获得的补偿额分别为 2.0104 ~ 2.7061 亿元;下游地区福州市需要向中游地区南平市支付生态补偿额为 2.5797 ~ 3.4913 亿元。

(3)从机会成本的角度来理解生态补偿问题,为我们提供了一种新的方法,有助于我们提出明确的政策路径来有效解决发展经济和流域生态环境保护的矛盾问题,为流域生态共建共享补偿的进一步实施提供一种新的思路,为跨行政区生态补偿标准测算的推广实施提供借鉴。

(4)建立基于机会成本的闽江流域跨界生态补偿标准测算模型,但是在模型参数的确定以及补偿金额的测算等方面存在不确定性,可能导致补偿标准的测算存在偏差。

参考文献:

[1] 饶清华,邱宇,王菲凤,等. 闽江流域跨界生态补偿量化研究[J]. 中国环境科学,2013,33(10):1897-1903.

[2] MURRAY B C, ABT R C. Estimating price compensation requirements for eco-certified forestry[J]. Ecological Economics, 2001, 36(1):149-163.

[3] CUPERUS R, BAKERMANS MMGJ, DE HAESH A, et al. Ecological compensation in Dutch highway planning[J]. Environmental Management, 2001, 27(1):75-89.

[4] VILLARROYA A, PUIG J. A proposal to improve ecological compensation practice in road and railway projects in Spain[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2013, 42:87-94.

[5] JOHST K, DRECHSLER M, WÄTZOLD F. An ecological-economic modeling procedure to design compensation payments for the efficient spatio-temporal allocation of species protection measures[J]. Ecological Economics, 2002, 41(1):37-49.

[6] SCOLOZZI R, GENELETTI D. A multi-scale qualitative approach to assess the impact of urbanization on natural habitats and their connectivity[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2012, 36:9-22.

[7] 吴晓青. 加强生态保护,维护国家生态安全[J]. 生态与农村环境学报,2006,22(3):1-4.

[8] 高吉喜,栗忠飞. 生态文明建设要点探索[J]. 生态与农村环境学报,2014,30(5):545-551.

[9] 张志强,程莉,尚海洋,等. 流域生态系统补偿机制研究进展[J]. 生态学报,2012,32(20):6543-6552.

[10] 王军锋,侯超波,闫勇. 政府主导型流域生态补偿机制研究—对子牙河流域生态补偿机制的思考[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(7):101-106.

[11] 毛显强,钟瑜,张胜. 生态补偿的理论探讨[J]. 中国人口·资源与环境,2002,12(4):38-41.

[12] 王金南,万军,张惠远. 关于我国生态补偿机制与政策的几点认识[J]. 环境保护,2006(10A):24-28.

[13] 饶清华,颜梦佳,林秀珠,等. 基于帕累托改进的闽江流域生态补偿标准研究[J]. 中国环境科学,2016,36(4):1235-1241.

[14] 解建仓,席保军,黄俊铭. 流域水资源保护补偿博弈分析及蚁群算法解[J]. 自然资源学报,2014,29(1):39-45.

[15] 石广明,王金南,毕军. 基于水质协议的跨界流域生态补偿标准研究[J]. 环境科学学报,2012,32(8):1973-1983.

[16] 侯春放,程全国,李晔. 基于水环境容量的寇河流域生态补偿标准[J]. 应用生态学报,2015,26(8):2466-2472.

[17] 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.

[18] 段靖,严岩,王丹青,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):221-227.

[19] 张婕,钱炜,王济干. 实物期权在流域生态补偿机会成本测算中的应用[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(2):239-243.

[20] 乔旭宁,杨永菊,杨德刚,等. 流域生态补偿标准的确定—以渭干河流域为例[J]. 自然资源学报,2012,27(10):1666-1676.

[21] 陈源泉,高旺盛. 基于生态经济学理论与方法的生态补偿量化研究[J]. 系统工程理论与实践,2007,27(4):165-170.

[22] 雷明. 1995' 中国环境经济综合核算矩阵及绿色 GDP 估计[J]. 系统工程理论与实践,2000,20(11):1-9.

[23] 林秀珠,李小斌,李家兵,等. 基于机会成本和生态系统服务价值的闽江流域生态补偿标准研究[J]. 水土保持研究,2017,24(2):314-319.