

中西部地区大型流域生态补偿机制

丁双,戴玉才

(青岛大学经济学院,山东 青岛 266100)

摘要:为进一步提高我国中西部地区流域生态补偿机制的有效性和稳定性,利用拓展能值模型核算流域生态补偿标准,分析双维度机制分类框架机制类型,依据补偿方补偿意愿确定流域政府及其上级政府的补偿额分摊支付比例,并以汾河流域忻州段-太原段为例验证该机制的可行性。结果表明:中西部地区不协调的经济发展方式和当地大型流域复杂多样的生态环境加大了当地流域生态保护难度,应以生态价值为核心确定补偿标准,在流域政府补偿上级政府补差型机制下尽快设立专项资金并合理分摊支付补偿额,保障流域生态补偿政策的有效落地。

关键词:流域生态补偿机制;流域生态补偿标准;补偿额分摊;中西部地区大型流域;汾河流域

中图分类号:X196

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2023)01-0078-06

为统筹推进山水林田湖草沙系统治理、改善流域生态质量、增强流域区域平衡发展,近年来我国将流域作为生态保护补偿的重点对象,相关研究也针对流域生态补偿实施的必要性进行论证^[1-2]。流域作为一种准公共物品,其外部效应导致的流域跨界污染和上下游利益错配问题需要一种约束性手段对相关利益主体的行为和职责进行规范。流域生态补偿通过界定补偿主客体、交换资金或项目等补偿方式实现补偿主体和受偿主体之间利益的合理分配,为解决流域问题开辟新的途径。

对于中西部地区大型流域生态补偿,相关学者从流域生态补偿量化、居民补偿支付意愿、补偿模式和绩效评价等方面开展了相关研究。在流域生态补偿量化方面,刘菊等^[3]运用 InVEST 模型和影子工程法测算岷江上游的水源涵养服务价值;刘叶叶等^[4]利用水污染经济损失函数、一维水质模型和补偿标准修正系数构建流域生态补偿模型。围绕流域居民生态补偿支付意愿,熊凯等^[5]利用条件价值法和 Heckman 两阶段模型分析赣江流域南昌段居民的生态补偿支付意愿、水平和影响因素;王奕淇等^[6]对渭河流域中下游居民生态补偿支付意愿进行研究;徐瑞璠等^[7]分析了渭河流域城镇居民的生态补偿支付水平。对于流域生态补偿模式和绩效评价,曲超等^[8]运用 DID 模型评价 2010—2017 年赤

水河流域横向生态补偿对于污染物总量减排绩效的影响;张丛林等^[9]将政府和社会资本合作模式与赤水河流域生态补偿相结合,探讨 PPP 模式下流域生态补偿各环节可能面临的风险。

尽管针对中西部地区具体大型流域生态补偿的研究成果已较为丰富,流域生态补偿理论研究也得以完善,但多数研究没有对流域生态补偿的重点工作(如何量化流域生态价值以确定补偿标准,如何选择与当地实际契合度高的补偿机制类型,如何分摊支付流域生态补偿额)进行系统性研究,且目前尚未有探讨具有普适性的中西部地区大型流域生态补偿机制研究。本文以流域生态补偿重点工作为中心,利用拓展能值模型量化流域生态补偿标准,分析双维度机制分类框架机制类型,建议由流域政府的上一级政府设立流域生态补偿专项资金并按照补偿方支付意愿对补偿额进行分摊支付,通过完善中西部地区大型流域生态补偿机制以满足当地生态文明建设需要。

1 中西部地区大型流域生态补偿机制重点工作

1.1 生态补偿标准构建

我国中西部地区地方政府在实施补偿政策的过程中探索出不同的补偿额量化方式,其中以根据每

作者简介:丁双(1998—),女,硕士研究生,主要从事环境经济学研究。E-mail:dshyinfu@163.com

通信作者:戴玉才(1965—),男,教授,博士,主要从事环境经济学、生态经济学研究。E-mail:dyc@qdu.edu.cn

年跨界断面水质考核情况或根据水质补偿指数发放固定补偿额的方式为主。这种补偿标准无法反映流域作为一个生态单元的系统性改善状况,且每年发放的定量补偿额更多意义上是对流域生态保护主体承担的治理成本进行补偿,不能根据流域生态状况变化对补偿额进行灵活调整,影响政策执行效果。

中西部地区作为我国长江、黄河等重点流域的发源地和集多种生态系统为一体的重点生态功能分布区,具有丰富的生态资源。因此,对于中西部地区大型流域生态补偿标准的评估不能简单地照搬以水质为主要依据的补偿标准,而是要遵循整体性、系统性原则,以生态价值为核心,利用流域生态外溢价值制定中西部地区大型流域生态补偿标准。

1.1.1 流域生态补偿利益相关主体分析

从理论层面来看,流域生态补偿主体为从流域生态保护中受益或对流域生态造成破坏的对象,受偿主体为对流域生态保护做出贡献或因其他主体的生态破坏行为而利益受损的对象。从实践层面来看,国外流域生态补偿较为成熟,已完成由政府主导型向市场主导型模式的转换,流域生态补偿参与主体以企业、环保中介组织或流域居民为主;国内流域生态补偿市场化程度较低,企业和居民环保意识有待提高,环保中介组织尚不成熟,流域生态补偿仍以政府为主导。考虑到我国中西部地区的社会经济发展水平和流域治理难度,以及当地政府、企业、中介组织和流域居民等利益相关主体的生态保护和补偿支付能力,本文将政府作为流域生态补偿的参与主体。

1.1.2 流域生态补偿额测算

从国内外流域生态补偿实践来看,现阶段国内流域生态补偿额测算方法以构建跨界断面水质补偿系数法为主;国外流域生态补偿起步早、市场化水平高,流域生态补偿额测算方法更趋多元,有水权交易法、支付意愿法和生态系统服务价值法等。鉴于我国中西部地区经济社会发展水平较低,无论是对市场化程度要求较高的国外实践方法,还是无法充分反映流域生态价值的水质补偿系数法均不适用于当地。

流域生态外溢价值作为流域生态外部性的产物,能够动态反映流域上游地区行为对流域生态价值产生的影响,满足流域生态补偿重点在于补偿流域生态价值的要求,因此本文以流域生态外溢价值为补偿依据测算中西部地区大型流域生态补偿额。流域生态外溢价值由流域生态价值和区域自身消费的生态价值之差所得,其中流域生态价值包括流域生态系统服务价值和流域生态资源稀缺性价值。能值理论通过统一区域内各类物质流量纲,满足了量化流域生态外溢价值的要求,基于该理论本文构建

拓展的能值模型计算流域生态外溢价值,分别运用能值分析法和 Shannon-Wiener 指数、水足迹法^[10]测算流域生态系统服务价值、生态资源稀缺性价值和区域自身消费的流域生态价值。

a. 流域生态系统服务能值测算。流域生态系统服务能值由输入流域生态系统的能量来源决定。Odum 等^[11-13]对地球生物圈能值输入来源和全球能值基准进行了深入研究。基于科学性、合理性和时效性原则,本文采用 Brown 等^[14-15]更新的全球能值基准 12.0×10^{24} seJ/a,将地球生物圈的能量来源设定为主要可再生能源、二级及三级可再生能源两个等级,为避免重复计算,取两个等级中的最大值作为流域生态系统服务能值,流域生态系统的各种能量及流域生态系统服务能值计算式分别如下:

$$\begin{cases} E_1 = SAT\eta \\ E_2 = Sq\eta \\ E_3 = \frac{1}{2}S\rho u^3 C \\ E_4 = SpE_i G \\ E_5 = SpH\psi g \\ E_6 = Sp\psi G_r \end{cases} \quad (1)$$

$$E = \max\left(\sum_{i=1}^2 E_i, \sum_{i=3}^6 E_i\right) Q_i \quad (2)$$

式中: E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 、 E_5 、 E_6 分别为输入流域生态系统的太阳能、地热能、风能、雨水化学势能、径流重力势能和径流化学势能; S 为流域面积; A 为太阳年均辐射量; T 为反照率; η 为卡诺效率; q 为热通量; ρ 为空气密度; u 为陆地风速; C 为土地阻力系数; p 为平均降水量; E_i 为蒸散率; G 为吉布斯自由能; H 为流域平均海拔高度; ψ 为径流率; g 为重力加速度; G_r 为吉布斯径流能; E 为流域生态系统服务能值; Q_1 、 Q_2 分别为太阳能、地热能的太阳能当量转换率, Q_3 、 Q_4 、 Q_5 、 Q_6 分别为风能、雨水化学势能、径流重力势能和径流化学势能的能值转换率。

b. 流域生态资源稀缺性能值测算。能值分析法虽然可被用来评估生态资源珍稀物种的价值,但该方法计算所得结果与生态系统服务价值口径不一致,不能实现数值上的整合。为更准确地量化生态资源稀缺性价值,王显金等^[16]利用 Shannon-Wiener 指数构建了生物稀缺性价值的调整系数,将其作用于通过能值分析得到的生态系统服务价值,从而得到生态资源稀缺性价值。后续有关生态资源稀缺性价值的研究^[17]也多采用此法来弥补能值分析法的缺陷。考虑到 Shannon-Wiener 指数是生物学中调查物种多样性最常用的方法,与能值分析法相比更具专业性和科学性,因此本文也利用该指数测算研究

区域生态系统的生态资源稀缺性价值。通过将代表生态资源稀缺性系数的 Shannon-Wiener 指数作用于能值分析法测得的流域生态系统服务能值,得到流域生态资源稀缺性能值。计算式如下:

$$R_e = EW \quad (3)$$

式中: R_e 为流域生态资源稀缺性能值; W 为流域生态系统的 Shannon-Wiener 指数。

c. 区域自身消费的流域生态能值测算。水是流域生态系统的核心要素,它参与到流域生态系统循环、人类经济和社会活动之中。本文以水资源的消耗代表人类对于流域生态系统产品和服务的消费,采用水足迹模型构建流域生态消费系数,该系数反映研究区域对于流域生态能值的消耗程度。将研究地区的水资源需求与水资源供给之比作为流域生态消费系数,由于不同地区间产业结构存在差异,而这一差异会对当地的用水结构产生显著的影响,因此本文利用单位 GDP 能耗系数对流域生态消费系数进行修正,将修正后的流域生态消费系数作用于流域生态能值,得到区域自身消费的流域生态能值。相关指标及计算式如下:

$$M = (E + R_e) \frac{W_d}{W_s} \mu \quad (4)$$

式中: M 为区域自身消费的生态能值; W_d 为区域水资源需求; W_s 为区域水资源供给; μ 为流域所在区域的单位 GDP 能耗系数。

d. 流域生态外溢价值测算。流域生态外溢价值为流域所在地区向其他地区溢出的生态价值,其中流域生态价值包括流域生态系统服务价值和流域生态资源稀缺性价值,流域生态价值剔除区域自身消费后的剩余部分即为所研究流域的生态外溢价值。计算式如下:

$$S_v = \frac{E + R_e - M}{E_{mr}} \quad (5)$$

式中: S_v 为流域生态外溢价值; E_{mr} 为研究区域的能值/货币比率。当 $S_v > 0$ 时,该地区流域生态价值外溢,有多余的生态价值可供下游地区使用;当 $S_v \leq 0$ 时,该地区的流域生态价值恰好或不足以满足自身消费。

1.2 流域生态补偿机制类型分析

2012 年以来流域生态补偿在全国范围内广泛开展,基于已有实践本文将流域生态补偿参与主体分为流域政府和上级政府两种类型,将省级政府作为流域政府的最高级别政府,以补偿主体间的协同关系为分类依据,将流域生态补偿机制分为流域政府补偿型、流域政府补偿上级政府奖补型和流域政府补偿上级政府补差型 3 种类型。在流域政府补偿型机制中,参与主体为流域政府及其上级政府,补偿

主体为流域政府。流域生态补偿标准、补偿额分配等细则由流域政府决定;上级政府通过顶层设计引导和推动流域政府构建生态补偿机制,不参与补偿支付环节。流域政府补偿上级政府奖补型机制参与主体同样由流域政府及其上级政府构成,上级政府以奖补流域政府的间接补偿方式参与到补偿支付环节,并通过奖惩机制进一步约束流域政府的生态保护职责。在流域政府补偿上级政府补差型机制中,上级政府不仅承担引导和监督流域生态补偿的责任,还履行补差职责,与流域政府一同支付流域生态补偿额。流域生态补偿相关事宜不再由流域政府单方面决定,而是通过以流域政府为主体、上级政府受邀列席的联席会议形式共同商定。

为进一步明晰流域生态补偿机制类型选择,本文构建了中西部地区、东部地区和东北地区流域生态补偿机制分类比较表,以流域空间尺度为依据将流域分为中小型流域(流域面积 1 万 km^2 以下)和大型流域(流域面积 1 万 km^2 及以上),见表 1。

表 1 三大区域流域生态补偿机制分类比较

流域生态补偿机制分类	中西部地区	东部地区	东北地区
大型流域	流域政府补偿 上级政府补差型	流域政府补偿 上级政府奖补型	流域政府补偿 上级政府补差型
中小型流域	流域政府补偿 上级政府奖补型	流域政府补偿型	流域政府补偿 上级政府奖补型

双维度流域生态补偿机制分类框架下流域生态补偿机制类型可分为 6 种组合,根据表 2 所示的 2019—2021 年中西部、东部和东北地区的流域生态治理难度和地区补偿能力,进一步分析 3 个地区中小型流域和大型流域的生态补偿机制类型选择。东部地区生态治理难度较小、地区补偿能力较强,中小型流域可采用以流域政府为补偿主力的流域政府补偿型机制;相较中小型流域而言,大型流域生态治理难度加大、补偿资金数额更高,仅靠流域政府挑起补偿支付的重担力不从心,因此适用于上级政府给予适当奖补的流域政府补偿上级政府奖补型机制。对于东北地区而言,流域生态治理难度不高,但与东部地区相比补偿能力较低。该地区中小型流域虽然生态治理难度较低,但由于当地财力水平有限,生态补偿离不开上级政府的支持,宜选择流域政府补偿上级政府奖补型;大型流域由于面临更大的治理难度和更高的补偿金额,上级政府的指导和资金的直接拨付缺一不可,宜采用流域政府补偿上级政府补差型。与东部地区和东北地区相比较,中西部地区流域生态治理难度最大,生态补偿能力较低,即使是中小型流域的生态补偿也需要上级政府的支持,宜选择

表 2 2019—2021 年中西部、东部和东北地区流域生态治理难度及地区补偿能力

年份	地区	流域生态治理难度			地区补偿能力		
		水土流失面积占区域面积比例/%	国家重点生态功能区数量/个	生物种类数/种	地区人均 GDP/万元	地区人均财政支出/万元	中央对地方重点生态功能区转移支付/亿元
2019	中西部地区	35.98	20	183 911	5.62	1.38	654.13
	东部地区	8.30	2	69 770	9.44	1.57	112.02
	东北地区	19.45	3	17 892	4.66	1.36	44.85
2020	中西部地区	35.78	20	207 940	5.83	1.44	646.64
	东部地区	8.13	2	80 089	9.32	1.54	103.31
	东北地区	19.19	3	22 786	5.20	1.59	44.55
2021	中西部地区	35.56	20	218 193	6.47	1.81	718.27
	东部地区	7.99	2	83 503	11.37	2.47	112.90
	东北地区	18.94	3	24 116	5.61	1.53	50.73

注:水土流失面积来自《中国水土保持通报》,生物种类数来自《中国生物物种名录》,地区人均 GDP、人均财政支出来自《中国统计年鉴》、《国民经济和社会发展统计公报》,中央对地方重点生态功能区转移支付根据财政部公开数据整理。

流域政府补偿上级政府奖补型机制;对于大型流域而言,上级政府在生态补偿中的直接参与和补偿支付都是不可或缺的,这意味着引入上级政府履行补差职责,与流域政府一同分摊支付补偿额的补差型机制更能满足中西部地区大型流域生态补偿的实际需要。

1.3 流域生态补偿额的分摊支付

从我国流域生态补偿实践来看,尚未有明确的政策文件对流域生态补偿额的分摊支付做出规定,尤其在流域政府补偿型和流域政府补偿上级政府奖补型机制类型的实践中,存在流域生态补偿资金来源单一、支付主体单一的问题。此外,当前我国中西部地区多数省份尚未设立流域生态补偿专项资金,对流域生态补偿额的筹集和发放没有明确的规定,无法对补偿资金的使用进行专业指导和监督,确保专款专用。因此,为保证流域生态补偿资金充足和分摊支付科学合理,本文建议由流域政府的上一级政府设立流域生态补偿专项资金,对其分摊和使用加以规范。以流域政府为地级市政府,上级政府为省政府和中央政府为例,由省政府设立流域生态补偿专项资金,受偿方地级市财政局根据补偿标准向省相关部门提出补偿申请。鉴于我国中西部地区流域政府的补偿支付能力较低,在流域政府补偿上级政府补差型机制下,按照地级市政府的补偿意愿分摊地级市同其上级政府的支付额度,由地级市政府支付意愿补偿额,上级政府对剩余未支付的流域生态补偿额进行补差。

流域政府补偿方的补偿意愿取决于政府支付能力,政府支付能力又受到政府财政能力和居民补偿意愿的双重影响。自中国实行分税制以来,地方政府各项目开支很大程度上取决于其财政能力;在人民与政府委托代理的关系下,政府意愿支付的补偿额度又会

受当地居民补偿意愿的影响。因此,本文将政府财政能力和居民补偿意愿作为政府支付能力的影响因素。其中,政府财政能力由一般预算收入和一般预算支出中流域生态保护相关项目支出决定。

通过向 20 位相关领域专家学者征集流域政府补偿方支付能力影响因素占比分配的意见,得到一般预算收入、一般预算支出中流域生态保护相关项目支出和居民补偿意愿各项指标占比分别为 30.28%、32.30% 和 37.42%。考虑到收集所得结果可能存在一定的主观性,采用被广泛用于赋值指标权重并严格遵循数学法则的客观赋权法——熵权法计算各指标的权重。通过求取两者的平均值得到各因素占比,从而得到流域政府支付能力系数:

$$P_n = \sum_{i=1}^3 w_i f_i \quad (6)$$

式中: P_n 为流域政府补偿方的支付能力系数; w_i 为各指标的权重; f_i 为标准化处理后的政府支付能力影响因素指标。

李金昌等^[18]认为,由于没有考虑支付方的支付意愿,现有测量生态价值的方法所得出的结果往往令人难以接受,考虑采用能够较好反映人们意愿支付的生态价值的工具——皮尔生长曲线,李芬等^[19-20]也运用该工具求取生态环境价值的支付意愿相对值。本文在借鉴上述研究成果的基础上,利用流域政府补偿方支付能力系数和简化的皮尔模型构造流域政府补偿方的补偿意愿系数。补偿意愿系数构造公式如下:

$$l = \frac{1}{1 + e^{-t}} \quad (7)$$

其中

$$t = \frac{1}{P_n} - P_a$$

式中: l 为流域政府补偿方的补偿意愿系数; P_a 为流域生

态补偿期间流域政府补偿方支付能力系数的平均值。

流域政府补偿方的意愿补偿额通过将补偿意愿系数作用于流域生态外溢价值获得,流域政府补偿方的上级政府对剩余的流域生态补偿额进行补差。计算公式如下:

$$L_p = lS_v \quad (8)$$

$$D_p = S_v - L_p \quad (9)$$

式中: L_p 为流域政府补偿方的意愿补偿额; D_p 为上级政府的补差额。

2 中西部地区大型流域生态补偿机制模拟应用

中西部地区是我国能源核心战略基地、重要的生态安全屏障和脱贫攻坚的主战场,面临经济发展方式转型、生态安全保障和脱贫成果拓展的三重压力。该地区大型流域地理环境复杂多样,河流调节径流能力下降、河床土体疏松、水土流失等问题普遍存在,流域生态治理难度较大。其中汾河流域面积总计 39 721 km²,忻州段位于流域的源头,是汾河生态保护的点河段,该河段为典型的黄土高原地貌,水土流失、水体污染等问题较为严重,承接忻州段流域资源的太原段则承载着为太原市提供自然、经济和人文资源的重要功能。汾河流域忻州段-太原段具有中西部地区大型流域生态治理难度大、地区补偿能力较低的特点,以该河段为例模拟运行大型流域生态补偿机制对于推动中西部地区大型流域整体生态保护具有重要的参考意义。考虑到现阶段该流域尚未建立生态补偿机制,且山西省县级以下政府的财政能力和流域治理水平有限,本文选取地级市政府作为流域政府,中央政府和省政府作为上级政府对汾河流域忻州段-太原段进行跨市域流域生态补偿模拟。

2.1 数据来源

根据拓展能值模型所需指标,从 2011—2019 年《山西省水资源公报》《山西统计年鉴》《忻州统计年鉴》《太原统计年鉴》和忻州市境内气象站点、wind 数据库以及山西省生物研究所对汾河源头生物多样性的科研成果^[21]获取相关数据;通过问卷调查获得 155 位太原市居民关于向忻州市进行汾河流域生态补偿的补偿意愿。

2.2 流域生态补偿标准测算

根据构建的拓展能值模型,利用式(2)、式(3)、式(4)分别求得 2011—2019 年汾河流域忻州段每年流域生态系统服务能值、生态资源稀缺性能值和区域自身消费能值,利用式(5)得到 2011—2019 年忻州市每年的流域生态外溢价值,分别为 4 633. 92 万元、6 337. 66 万元、9 921. 25 万元、5 916. 76 万元、

5 911. 33 万元、8 215. 05 万元、10 556. 68 万元、12 527. 50 万元、9 188. 16 万元。从结果来看,2011—2019 年汾河流域忻州段每年的流域生态价值正向溢出,太原市每年均可从汾河流域忻州段溢出的流域生态价值中获益,忻州市应得到流域生态补偿;2014 年和 2015 年忻州段流域生态外溢价值较 2013 年下降明显,可能是由于 2014 年和 2015 年忻州市年降水量突降,降水量的减少影响到河流径流量和流域生态功能,进而导致流域生态价值下降,同时 2014 年与 2015 年忻州市消费的生态价值与 2013 年相比变化不大,因此该时间段溢出的流域生态价值有所下降。

2.3 流域生态补偿额的分摊支付

根据构建的分摊支付模型,由山西省政府设立流域生态补偿专项资金,太原市政府及其上级政府作为补偿主体分别向忻州市政府分摊支付意愿补偿额和补差额。利用式(6)、式(7)得到太原市政府的补偿意愿系数,式(8)测算太原市政府的意愿补偿额,式(9)测算中央政府及山西省政府的补差额,见表 3。结果表明:2011—2019 年太原市政府补偿意愿系数逐年提升,太原市政府向忻州市政府支付的意愿补偿额随之逐年增加,并于 2015 年超过中央政府及山西省政府向忻州市政府支付的补差额,在流域生态补偿额的支付中逐渐占主导。

表 3 2011—2019 年汾河流域忻州段流域生态补偿额
分摊支付

年份	太原市政府补偿意愿系数	太原市政府的意愿补偿额/万元	中央政府及山西省政府的补差额/万元
2011	0.39	1 824.35	2 809.57
2012	0.45	2 848.82	3 488.84
2013	0.47	4 663.02	5 258.23
2014	0.47	2 805.90	3 110.86
2015	0.51	2 995.56	2 915.77
2016	0.51	4 209.89	4 005.16
2017	0.54	5 676.77	4 879.92
2018	0.57	7 188.51	5 339.00
2019	0.58	5 350.28	3 837.88

3 结论与建议

3.1 结论

a. 当前将跨界断面水质作为补偿依据的补偿标准已无法适应生态功能多样的中西部地区大型流域生态保护需要,补偿标准应加快向以生态价值为核心的流域生态外溢价值转变。

b. 面对流域生态保护紧迫性升级的严峻形势,能有效应对流域治理难度大、流域政府补偿能力有限问

题的流域政府补偿上级政府补差型机制更能满足中西部地区实现大型流域与经济社会耦合发展的需要。

c. 流域生态补偿额分摊支付是否合理关乎补偿机制的稳定性,设立流域生态补偿专项资金,按照补偿意愿由流域政府补偿方和上级政府分别履行补偿和补差责任是必要的。

d. 2011—2019年太原市政府对于向忻州市进行流域生态补偿的意愿逐年提高,这既符合我国流域生态补偿工作重心由中央逐渐转移至地方的发展方向,同时也表明流域政府补偿上级政府补差型机制具有可行性和合理性。

3.2 政策建议

a. 建立流域生态补偿标准核算数据库,为补偿标准向以生态价值为核心转变提供完备的数据支持。相关部门应尽快完成流域自然资源调查和统计,分门别类建立数据库并对其定期更新。

b. 优先在流域重点河段实施流域生态补偿,筑牢流域生态安全屏障。针对中西部地区大型流域生态治理难度大、不宜过度开发的特点,对重点河段进行“活化石”式整体保护,利用当地的独特地貌和景观设立自然公园和保护区,实现流域生态的整体保护和合理利用。

c. 拓展补偿方式和融资渠道,破解补偿能力不足难题。中西部地区各级政府应尽快设立流域生态补偿专项资金,探索多元化补偿资金筹集方式以分担政府补偿压力。同新时代西部大开发、中部地区崛起战略和“一带一路”建设相衔接,借助基金设立、产业转移、项目融资等多元流域生态补偿方式创新区域合作和绿色金融体系。

d. 推动流域生态保护与乡村振兴融合发展,助力绿水青山转变为金山银山。借助中西部地区拥有的独特深厚的历史文化资源,打造生态流域、生态村落、生态文旅三位一体的绿色发展综合体,构建流域保护与社会发展的共同体。

参考文献:

[1] 杨中茂,许健,谢国华. 东江流域上下游横向生态补偿的必要性与实施进展[J]. 环境保护,2017,45(7):34-37.

[2] 邵莉莉. 跨界流域生态系统利益补偿法律机制的构建:以区域协同治理为视角[J]. 政治与法律,2020(11):90-103.

[3] 刘菊,傅斌,张成虎,等. 基于InVEST模型的岷江上游生态系统水源涵养量与价值评估[J]. 长江流域资源与环境,2019,28(3):577-585.

[4] 刘叶叶,毛德华,宋平,等. 基于污染损失和逐级协商的生态补偿量化研究:以湘江流域为例[J]. 生态科学,

2020,39(4):193-199.

[5] 熊凯,孔凡斌. 流域生态补偿居民支付意愿与水平及其影响因素分析:以赣江流域南昌段为例[J]. 农林经济管理学报,2017,16(4):504-512.

[6] 王奕淇,李国平. 基于选择实验法的流域中下游居民生态补偿支付意愿及其偏好研究:以渭河流域为例[J]. 生态学报,2020,40(9):2877-2885.

[7] 徐瑞璠,刘文新,倪琪,等. 风险感知、政府信任与城镇居民生态补偿支付水平:基于渭河流域572户的微观实证[J]. 干旱区资源与环境,2021,35(4):10-16.

[8] 曲超,刘艳红,董战峰. 基于DID模型的流域横向生态补偿政策的污染:贵州省赤水河流域实证研究[J]. 生态经济,2019,35(9):194-198.

[9] 张丛林,黄洲,郑诗豪,等. 基于赤水河流域生态补偿的政府和社会资本合作项目风险识别与分担[J]. 生态学报,2021,41(17):7015-7025.

[10] HOEKSTRA A Y, CHAPAGAIN A K. water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern[J]. Water Resources Management, 2007, 21(1):35-48.

[11] ODUM H T. Environmental accounting: emergy and environmental decision making [M]. New York: John Wiley,1996:192-206.

[12] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京:化学工业出版社,2002.

[13] RAUGEI M A. A different take on the emergy baseline-or can there really be any such thing[J]. Emergy Synthesis, 2013, 7:61-66.

[14] BROWN M T, ULGIATI S. Emergy assessment of global renewable sources[J]. Ecological Modelling, 2016, 339: 148-156.

[15] BROWN M T, CAMPBELL D E, DE V C, et al. The geobiosphere emergy baseline: a synthesis[J]. Ecological Modelling, 2016, 339: 92-95.

[16] 王显金,钟昌标. 沿海滩涂围垦生态补偿标准构建:基于能值拓展模型衡量的生态外溢价值[J]. 自然资源学报,2017,32(5):742-754.

[17] 巩芳,庞雪倩. 基于拓展能值模型的草原生态补偿资金分配标准重构研究[J]. 干旱区资源与环境,2020,34(2):102-108.

[18] 李金昌,姜文来,靳乐山,等. 生态价值论[M]. 重庆:重庆大学出版社,1999.

[19] 李芬,李文华,甄霖,等. 森林生态系统补偿标准的方法探讨:以海南省为例[J]. 自然资源学报,2010,25(5):735-745.

[20] 刘利花,杨彬如. 中国省域耕地生态补偿研究[J]. 中国人口·资源与环境,2019,29(2):52-62.

[21] 李晋川. 汾河源头生物多样性综合考察研究[M]. 太原:山西科学技术出版社,2014.

(收稿日期:2022-05-10 编辑:骆超)