

## 流域生态补偿标准核算方法研究进展

郭庆<sup>1</sup>, 王敏英<sup>2</sup>, 王晨野<sup>2</sup>

(1. 海南大学 生态与环境学院, 海南 海口 570208; 2. 海南省环境科学研究院, 海南 海口 571126)

**摘要:** 研究梳理目前的流域生态补偿标准核算方法。基于流域水环境质量的优劣, 将目前的流域生态补偿标准核算方法划分为生态保护补偿与流域污染补偿。流域生态补偿标准核算方法主要包括支付意愿法、总成本核算法、生态系统服务价值法和水资源价值法, 其中流域污染补偿核算方法同时考虑到了流域内水质与水量的保护。此外还分析了各流域生态补偿标准核算方法的优缺点。

**关键词:** 流域生态补偿; 补偿类型; 生态保护补偿; 流域污染补偿

**中国分类号:** X171      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3776(2022)02-0084-06

## Progress on Ecological Compensation Standard Estimation of River Basins

GUO Qing<sup>1</sup>, WANG Min-ying<sup>2</sup>, WANG Chen-ye<sup>2</sup>

(1. Institute of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou 570208, China; 2. Hainan Academy of Environmental Sciences, Haikou 571126, China)

**Abstract:** Reviews were made on ecological compensation standard estimations of river basin. Based on water quality of river basin, current ecological compensation standard estimations could be divided into ecological protection compensation and basin pollution compensation. Ecological protection compensation estimations had willingness-to-pay, total cost accounting, value of ecosystem services and water resources. While pollution compensation estimation accounted water quality and quantity protection. Analysis were made on the advantages and disadvantages of each estimation.

**Key words:** ecological compensation of river basin; compensation type; ecological protection compensation; pollution compensation of river basin

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出健全生态保护补偿机制, 在水源地保护区和下游受益区通过资金补偿、智力补偿和物质补偿等方式开展流域横向生态补偿。同时, 健全生态功能区、国家级自然保护区和长江等重要流域的生态补偿体系, 并科学量化生态系统产品的价值标准。流域作为一个独立的自然地理单元有着与其他自然单元的高关联性、复杂性和多层次性等性质, 属于生态补偿中热门的研究对象<sup>[1]</sup>。流域生态补偿是指因过度开发利用生态资源引起的环境问题或因生态保护享受了一定的生态效益, 在将生态系统的非市场价值和溢出效应转化为货币价值确定生态损害价值基础上, 由政府主导向流域生态系统补偿方与受补偿方转移支付用于弥补其损失的行为<sup>[2]</sup>。流域生态补偿中, 流域生态补偿标准的核算是核心问题, 合理的补偿标准直接关系到补偿效果和政策的可行性。关于流域生态补偿标准核算方法逐渐成为了研究热点, 此前, 流域生态补偿标准核算方法的研究主要为单向补偿(下游补偿上游), 随着国家提出完善

收稿日期: 2021-10-02; 修回日期: 2021-12-31

基金项目: 2019 年海南省基础与应用基础研究计划(自然科学领域)高层次人才项目基金资助(2019RC354)

作者简介: 郭庆, 研究生, 从事环境经济政策、环境规划研究; E-mail: 546087232@qq.com。通信作者: 王敏英, 高级工程师, 从事环境经济政策、环境规划研究; E-mail: hnwangmy@hainan.gov.cn。

流域横向生态补偿, 更多的研究者将目光转向流域双向生态补偿 (以激励和赔偿的模式连线上下游), 本文以流域横向生态补偿为基础梳理了相关的核算方法。近年来, 国内外研究流域生态补偿标准的核算方法主要有支付意愿法<sup>[3]</sup>、总成本核算法<sup>[4]</sup>和生态系统服务价值法<sup>[5]</sup>等。流域生态补偿标准的量化未具有统一的体系, 但凡涉及流域水资源交易问题时, 交易价格和支付意愿总是难以统一, 因此, 对流域生态补偿标准核算方法的研究可以为解决流域水污染问题和流域发展矛盾, 实现社会公平与和谐发展提供理论依据。

## 1 流域生态补偿核算方法

流域生态补偿指的是当流域内污染物的排放量低于断面监测标准或水资源使用量未超过规定的总量时, 其产生的过剩的生态系统服务价值被流域下游所利用, 同时上游采取的保护行为对下游产生了有利的经济与生态效益, 而自己却不能从中得利时, 下游地区应该通过资金、智力和物质等方式补偿上游地区的生态保护行为。流域生态保护补偿的主要特征是流域水质达标甚至优于水质目标要求, 相关方涉及流域内各级政府<sup>[6]</sup>。

### 1.1 支付意愿法

支付意愿法 (WTP) 又称条件价值法, 是对流域生态服务补偿方或受偿方采用问卷调查等方式了解补偿方对流域环境改善或者水资源保护最大的支付意愿, 或了解受偿方对流域生态补偿的最小受偿意愿来评价生态系统服务功能的价值<sup>[7]</sup>。其具有较强的主观因素, 是一种具有代表性的陈述偏好的评估方法。支付意愿法补偿标准费用的数学计算公式<sup>[8]</sup>为:

$$P = CVM_W \times VPC_W \quad (1)$$

式中,  $P$  表示补偿标准费用;  $W$  表示各类受水区;  $CVM_W$  表示  $W$  区的最大支付意愿;  $VPC_W$  表示  $W$  区的人口数量。

自 20 世纪以来, 许多国内外学者研究使用支付意愿法核算流域生态补偿标准。如: 任义生<sup>[9]</sup>等以实地研究数据为基础, 采用意愿估价方法和托比特模型, 对居民的 WTP 及其在新安江流域中的影响因素进行分析, 结果显示, 当地 84.21% 的居民愿意对流域生态系统服务支付费用; AftabKhan<sup>[10]</sup>等利用选择实验技术收集的数据, 通过 Logit 模型, 对整个黑河流域不同非生物和生物生态系统服务的城市、农村和集合数据中的抽样受访者的偏好进行评估, 估算结果显示, 与农村居民相比城市普通家庭更愿意为生态系统服务的恢复支付更多的费用; 赵素芹<sup>[11]</sup>等对九洲江流域下游居民进行了支付意愿调查, 结果显示, 下游居民每人每年的支付意愿为 165.44 元; 彭成<sup>[12]</sup>等在中国西江流域的研究结果表明, 在与河流垂直距离 3 km 以内的居民有着更强烈的流域生态系统服务的支付意愿。

### 1.2 总成本核算法

总成本核算法因其简单的指标且可相对客观地对流域生态补偿标准进行核算而受到广泛运用。总成本核算法的指标包括直接成本和间接成本。流域上游为了维持流域环境质量, 开展各项生态系统保护和修复重大工程, 耗费了相当多的资源, 所消耗的资源为总成本核算法中的直接成本; 另一方面, 上游水资源保护区的政府为了水环境质量、生态功能保障等要求, 放弃了部分工业企业的发展, 导致本地财政经济收入的损失和发展权的丧失, 这部分属于总成本核算法指标的间接成本<sup>[13]</sup>, 其数学计算公式<sup>[14]</sup>为:

$$P = DC + IC \quad (2)$$

$$DC = Wecc + Wepc + Oc \quad (3)$$

$$IC = C_{IO} + C_{AO} \quad (4)$$

式中,  $P$  表示流域生态补偿数值;  $DC$  表示直接成本;  $IC$  表示间接成本;  $Wecc$  表示流域生态保护与建设成本;  $Wepc$  表示环境保护与治理成本;  $Oc$  表示其他成本 (水措施投入、流域环境保护相关科技投入、生态建设直接损失等);  $C_{IO}$  表示生态保护丧失的工业发展机会成本;  $C_{AO}$  表示生态保护丧失的农业发展机会成本。

倪琪<sup>[15]</sup>等在采用总成本核算法核算渭河流域的生态补偿费用同时也对下游生态系统服务改善产生的收益进行了协商模型预估, 使用双视角进行补偿标准的评定。饶清华<sup>[16]</sup>基于闽江流域生态补偿为基础, 使用机会成本法并同时引入生态补偿系数, 构建了新的流域生态补偿模型, 为传统总成本核算方法进行了补充。

从实际角度出发,该补偿标准核算方法的补偿额度只是补偿多付出的成本,是受补偿方流域生态保护行为得以实施的最低补偿,未体现出双方获益原则,并不能使流域生态保护方从流域生态保护中获得激励。因此,许多学者将总成本核算法计算出来的结果作为流域生态补偿的下限。

### 1.3 流域生态系统服务价值法

Costanza<sup>[17]</sup>等最早于 20 世纪 90 年代在《Nature》中提出生态系统的产品和服务是可以进入市场交易的,并将其划分为养分循环、原材料供应和水土保持等十七种类别。基于国内外的研究成果,赵世宽<sup>[18]</sup>等将生态系统的的服务价值概括为:生态系统提供的自然资源和生态服务通过价值当量法量化为经济价值,使用自然资本每年的流量价值反应生态系统服务的价值量。主流的生态系统服务价值法包括模拟市场法、旅行费用法、市场价值法等。其中,市场价值法的数学计算公式为:

$$V_m = \sum_{i=1}^n E_i \times P_i \quad (5)$$

式中,  $V_m$  表示生态系统产品价值;  $E_i$  表示第  $i$  类生态系统的产品产量;  $P_i$  表示第  $i$  类生态系统的产品价格。

在流域生态系统服务价值量化研究中,钟绍卓<sup>[19]</sup>等通过将生态系统服务功能进行能值分析将其转换为统一的标准值,又使用能值货币比率将其经济可视化,最后通过生态系统服务功能经济与能值随时间的变化来确定洱海流域的生态补偿标准。吴娜<sup>[20]</sup>等以渭河干流甘肃段为研究区域,基于国家退耕还林政策,使用生态系统服务和权衡的综合评估模型以及加权法核算出渭河流域新增加的生态系统服务价值。张捷<sup>[21]</sup>等则采用生态元的核算方法构建了一个关于各种生态资源的数据库,以此基础建立起长江流域包括各类生态服务的综合横向生态补偿模式。王奕洪<sup>[22]</sup>等使用生态系统服务价值构建了渭河流域的生态补偿体系,通过当量因子表计算流域生态系统服务功能价值,以及使用水生态足迹法计算流域上游自身消耗的生态服务价值,最后使用总的生态服务价值减去上游自身消耗的价值得到渭河流域的生态补偿标准额。

目前,基于流域生态系统服务价值核算的方法在实际应用中存在许多的争议,因为根据地域与环境质量条件的不同所选择的生态系统服务价值量核算指标也会不同,从而导致计算结果差别很大。由于生态系统服务价值法计算出的补偿费用大多数偏高,因此生态系统服务价值法核算出来的补偿费用经常作为流域生态补偿额的上限。

### 1.4 水资源价值法

水资源价值属于自然资本的一部分,涵盖市场价值与非市场价值。通常水资源价值法指依据流域内水资源市场价值分析经济效益,通过经济效益的损失计算生态补偿额。基于监测断面水质指标的标准值,判断是上游向下游补偿,还是下游向上游补偿。其补偿费用计算公式<sup>[23]</sup>为:

$$P = WQ \times P_w \times \beta \quad (6)$$

式中,  $P$  为流域补偿费用;  $WQ$  为需水量;  $P_w$  为水资源价格;  $\beta$  为水质调整系数。

李怀恩<sup>[24]</sup>等以水量、水质、人口、社会经济等要素构建模糊数学模型,计算出陕西水源区的水资源价值。郭梅<sup>[25]</sup>等采取水资源费改为水资源税的形式加快了东江流域生态补偿的进展。此评估方法可操作并易行,但公式中参数的取值对结果的运算影响程度较高。基于此,在使用水资源价值法时要结合目标流域实际情形进行参数的认定,其中水质调整系数  $\beta$  可根据优质优价政策确定。

## 2 流域污染补偿核算方法

流域污染补偿是指研究范围内流域水资源的使用量超出了规定的总量要求或污染物的排放导致相关水质指标低于断面监测的考核标准时,使下游地区投入更多的费用用于流域生态恢复,产生了外部不经济性,则下游地区应向上游地区索取污染治理费用并合理要求上游地区承担相应的经济损失。流域污染补偿的特征是流域水质不达标和地理位置跨度较大,相关方包括流域内居民、企业以及政府<sup>[26]</sup>。

### 2.1 水质水量保护目标核算法

根据流域断面水质控制要求以及监测断面单位时间内通过的污染物质量可以将水质水量保护目标核算法分为以下 2 种<sup>[27]</sup>。

2.1.1 基于流域上下游断面水质核算方法 该核算方法以地表水的环境功能和保护指标为依据, 按功能等级划分水质等级, 将水质分为 I~V 级, 以其中的 III 级或 IV 级为关键指标。流域补偿费用标准是使用一年内监测断面水质的规定值与实际检测值的差值判断, 其计算公式有 2 种:

(1) 单因素水质指标提高一级的补偿金额之和为下游应该获得的补偿金额 ( $P_{\text{单}}$ )<sup>[28]</sup>:

$$P_{\text{单}} = \frac{M_c}{10} \times R \times T_w \quad (7)$$

式中,  $M_c$  为断面水质提高一级减少的水质质量浓度;  $R$  为污水处理和其他保护措施的直接成本;  $T_w$  为下游总供水量。

(2) 根据水域功能类别的提升计算补偿金额 ( $P_{\text{总}}$ )<sup>[29]</sup>:

$$P_{\text{总}} = Q_{\text{取}} \times \sum_{i=1}^n (L_i C_i N_i) \quad (8)$$

式中,  $Q_{\text{取}}$  为下游取水量;  $L_i$  为水质指标提高的级别;  $C_i$  为水质指标提高一级的成本;  $N_i$  为超标倍数;  $i$  为污染物。

关于水质指标的流域生态补偿案例有很多。陈方舟<sup>[30]</sup>等在新安江流域生态补偿机制可持续化研究中提出以高锰酸盐、氨氮、总磷和总氮四项指标作为评价指标, 成功取得了正的生态效益。永定河流域基于水质水量的生态补偿促进了北京、天津和河北三个城市的协同发展<sup>[31]</sup>。杨玉霞<sup>[32]</sup>等基于黄河流域水资源短缺的情况下, 提出以水量作为生态补偿核心, 兼以水质为辅的横向生态补偿机制。

2.1.2 基于流域上下游断面水污染物通量核算方法 基于考核断面水污染物排放通量的补偿是指超过水质控制目标的断面按照超标的污染物项目、河流水量以及商定的补偿标准, 以跨界超标污染物排放通量确定超标补偿金额, 其具体数学计算公式<sup>[33]</sup>为:

$$P_{\text{单}} = Q_{\lambda} \times S \times (V_{\text{指标}} - V_{\text{目标}}) \quad (9)$$

$$P_{\text{多}} = \sum_{i=1}^n Q_{\lambda} \times S \times (V_{\text{指标}} - V_{\text{目标}}) \quad (10)$$

式中,  $P_{\text{单}}$  为单因子补偿费用;  $P_{\text{多}}$  为多因子补偿费用;  $S$  为补偿标准;  $V_{\text{指标}}$  为断面水质指标值;  $V_{\text{目标}}$  为断面水质目标值。

赵素芹<sup>[34]</sup>等通过构建流域水环境污染削减模型与线性规划模型求算九洲江流域最小生态补偿量, 根据计算结果得出中央及广西、广东地方政府的补偿费用。在污染物排放通量补偿方法效益评估中, 曲超等<sup>[35]</sup>基于 2010—2017 年遵义市与毕节市面的面板统计数据, 使用双重差分法模型得出结论: 流域横向生态补偿政策使工业企业减少了污染物的排放。LU<sup>[36]</sup>等在水污染补偿计算基本流程的基础上, 建立了流域水污染经济损失计量模型。采用计量经济学模型计算水污染经济损失补偿额, 应用水环境数学模型方法计算对下游地区的影响程度, 从而得出对下游地区的影响占总体影响的比例, 得出各地区应承担的补偿金额。

### 3 流域生态补偿标准核算方法分析

流域生态补偿标准的核算方法很多, 采用不同的核算方法得出的补偿费用也不同, 其计算结果甚至具有较大的差异。目前, 生态补偿费用主要根据流域生态环境改善程度、生态补偿双方的经济发展情况、国内外的生态补偿案例和专家意见来确定。本文根据流域水环境质量优劣以及流域生态补偿目的将流域生态补偿核算方法划分为 2 种类型——生态保护补偿与流域污染补偿。生态保护补偿中的支付意愿补偿法在国外运用十分广泛与成熟, 但在国内因为社会性质与经济模式的不同, 使其推广难以顺利进行。总成本核算方法易于流域生态服务受益方接受, 但核算标准并没有得到科学的认证, 尤其是间接成本的计算标准, 在实践中, 通常间接成本的计

算结果是小于其价值的。生态系统服务价值法目前使用较多的是通过 InVEST 模型模拟生态服务系统中物质量和价值量的变化,将其转化为货币价值。但此方法的计算结果往往是补偿主体接受不了的,公众认同度低。水资源价值法极其依赖市场的调控,当水资源市场逐步稳定时才能有效地使用。水质水量保护目标核算法则是目前我国流域生态补偿实践中广泛使用的一种核算标准,该方法具有双向激励作用,能更好地让上下游政府开展水环境保护工作,践行“绿水青山就是金山银山”的科学思想。

各种补偿标准核算方法的优点与缺点见表 1。

表 1 流域生态补偿主要核算方法的优点和缺点			
Table 1 Advantages and disadvantages of different ecological compensation estimations of river basins			
补偿类型	补偿标准核算方法	优点	缺点
生态保护补偿	支付意愿法	国外运用较多,考虑了受益方的支付意愿以及受偿方的受偿意愿	主观性强,对生态系统的功能价值体现不完全
	总成本核算法	补偿量核算结果易于接受,充分考虑了上游地区的付出成本	计算结果通常只是成本的计算,未对受补偿方有激励作用
	生态系统服务价值法	完全的体现了流域整个生态系统的价值	各区域计算指标的不同导致结果差异化严重,同时计算出的补偿额往往大于受益方的支付意愿
	水资源价值法	计算过程简化,以水量和水质为主	计算方法不成熟,未考虑水生态等其他价值
流域污染补偿	水质水量保护目标核算法	补偿量核算依据充分,实践中被多省份考虑	上下游地区经济发展相差较大的情况下,导致补偿过程不顺利

研究发现,在使用流域生态补偿标准核算方法时要兼顾保护者和受益者的双方利益,从客观事实出发,根据流域上下游各因素的影响选择补偿标准的核算方法。例如,流域污染补偿类型核算方法适用于研究区域上下游经济发展水平相差不多的情况;生态保护补偿类型的核算方法则适用于上游地区的经济水平落后于下游地区。目前,基于水质水量的核算方法已经日渐成熟,随着《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》的提出以及社会经济发展程度的提高,学者们将更多目光集中于生态系统服务功能价值上。如:高振斌<sup>[37]</sup>等使用了当量因子法来评估东江流域的生态系统服务功能价值,刘洋<sup>[38]</sup>等认为未来的主要研究趋势是根据生态系统服务建立生态补偿标准核算体系,王敏英<sup>[39]</sup>等在海南岛生态补偿建设中提出完善生态补偿标准化,构建基于生态系统服务的生态补偿体系。

4 研究展望

对流域生态补偿标准核算方法的研究已趋于成熟,但统一的流域生态补偿标准核算体系仍处于初期探索阶段,相关的研究都还可深入,未来研究可从以下几个方面进行:

(1) 常用流域生态补偿核算方法都有着各自的狭隘性,探索多种核算方法结合使用,取长补短,针对各流域的自然地理、社会与经济发展和土地利用等因素建立科学的流域生态补偿核算体系。如将支付意愿法与生态系统服务价值法结合可以使上游政府与居民从生态保护中获得巨大激励。将总成本核算法与生态系统服务价值法理念结合可以更准确地核算生态补偿标准。

(2) 流域生态补偿在时间尺度上并不属于一个短期过程,它是拥有较长时间跨度的。而在一个长期过程中并不能保证土地利用度、土壤覆盖植被、河流径流量、社会经济以及自然产品价值量等因素持续不变。因此,为适应研究区域内各指标在时间以及空间上的变化,需要构建一个科学的流域生态补偿动态核算标准。

(3) 目前,基于生态系统服务价值的核算方法是比较热门的研究方向。为了从自然贡献的角度揭示生态系统服务的经济价值,而不仅仅是从人类偏好的角度决定,应更多地关注基于生态系统服务价值的流域生态补偿。自然生态系统的恢复非常困难,它不仅需要耗费大量的人力、物力和资金,而且这些成本还很难衡量。在这种情况下,研究者可以根据生态系统的调节、供给和文化服务量化指标以及经济价值量等因素为制定生态补偿标准提供有价值的参考。

## 参考文献:

- [1] 张化楠,葛颜祥,接玉梅,等.生态认知对流域居民生态补偿参与意愿的影响研究——基于大汶河的调查数据[J].中国人口·资源与环境,2019,29(09):109-116.
- [2] 郑云辰,葛颜祥,接玉梅,等.流域多元化生态补偿分析框架:补偿主体视角[J].中国人口·资源与环境,2019,29(07):131-139.
- [3] BIÉNABE E, HEARNE R R. Public preferences for biodiversity conservation and scenic beauty within a framework of environmental services payments[J]. For Polic Econom, 2005, 9(4): 335-348.
- [4] BRANCA G, LIPPER L, NEVES B, et al. Payments for watershed services supporting sustainable agricultural development in Tanzania[J]. J Environ Devel, 2011, 20(3): 278-302.
- [5] 丁健,吴晓斐,黄治平,等.巢湖流域厌氧-土壤净化床工艺处理农村生活污水生态补偿标准测算[J].农业资源与环境学报,2019,36(05):584-591.
- [6] 刘桂环,文一惠,张惠远.流域生态补偿标准核算方法比较[J].水利水电科技进展,2011,31(06):1-6.
- [7] 袁瑞娟,李凯琳.基于意愿调查评估法的东苕溪水质改善的社会效益评估[J].地理科学,2018,38(07):1183-1188.
- [8] 毛占锋,王亚平.跨流域调水水源地生态补偿定量标准研究[J].湖南工程学院学报(社会科学版),2008(02):15-18.
- [9] REN Y S, LU L, ZHANG H M, et al. Residents' willingness to pay for ecosystem services and its influencing factors: A study of the Xin'an River basin[J]. J Clean Prod, 2020, 268: 122301.
- [10] Ali M A S, KHAN S U, KHAN A, et al. Ranking of ecosystem services on the basis of willingness to pay: Monetary assessment of a subset of ecosystem services in the Heihe River basin[J]. Scie Total Environ, 2020, 734: 139447.
- [11] 赵素芹,孙翔,董战峰,等.九洲江流域下游受益区居民的生态补偿支付意愿及其影响因素研究[J].生态经济,2020,36(12):154-159,180.
- [12] CHENG P, TANG HT, ZHU SY, et al. Distance to river basin affects residents' willingness to pay for ecosystem services: Evidence from the Xijiang river basin in China[J]. Ecol Indic, 2021, 126: 107691.
- [13] 余渊,姚建,咎晓辉.基于成本核算方法的流域生态补偿研究[J].环境污染与防治,2017,39(05):559-562,568.
- [14] 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(01):221-227.
- [15] 倪琪,徐涛,李晓平,等.跨区域流域生态补偿标准核算——基于成本收益双视角[J].长江流域资源与环境,2021,30(01):97-110.
- [16] 饶清华,林秀珠,邱宇,等.基于机会成本的闽江流域生态补偿标准研究[J].海洋环境科学,2018,37(05):655-662.
- [17] COSTANZA R, D'ARGE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [18] 赵世宽,郭鹏飞,杨玉玲.生态系统服务价值测算:以重庆市为例[J].统计与决策,2021,37(04):104-107.
- [19] ZHONG S Z, GENG Y, HUANG BB, et al. Quantitative assessment of eco-compensation standard from the perspective of ecosystem services: A case study of Erhai in China[J]. J Clean Prod, 2020, 263: 121530.
- [20] 吴娜,宋晓谕,康文慧,等.不同视角下基于 InVEST 模型的流域生态补偿标准核算——以渭河甘肃段为例[J].生态学报,2018,38(07):2512-2522.
- [21] 张捷,谌莹,石柳.基于生态核算的长江流域横向生态补偿机制及实施方案研究[J].中国环境管理,2020,12(06):110-119.
- [22] 王奕淇,李国平.流域生态服务价值供给的补偿标准评估——以渭河流域上游为例[J].生态学报,2019,39(01):108-116.
- [23] 李怀恩,尚小英,王媛.流域生态补偿标准计算方法研究进展[J].西北大学学报(自然科学版),2009,39(04):667-672.
- [24] 李怀恩,庞敏,肖燕,等.基于水资源价值的陕西水源地生态补偿量研究[J].西北大学学报(自然科学版),2010,40(01):149-154.
- [25] 郭梅,彭晓春,滕宏林.东江流域基于水质的水资源有偿使用与生态补偿机制[J].水资源保护,2011,27(03):86-90.
- [26] 张惠远,刘桂环.流域生态补偿与污染赔偿机制[J].世界环境,2009(02):34-35.
- [27] 赵卉卉,张永波,王明旭.中国流域生态补偿标准核算方法进展研究[J].环境科学与管理,2014,39(01):151-154.
- [28] 刘晓红,虞锡君.基于流域水生态保护的跨界水污染补偿标准研究——关于太湖流域的实证分析[J].生态经济,2007(08):129-135.
- [29] 郑海霞,张陆彪.流域生态服务补偿定量标准研究[J].环境保护,2006(01):42-46.
- [30] 陈方舟,王瑞芳.新安江流域生态补偿机制长效化研究[J].人民长江,2021,52(02):44-49.
- [31] 杨荣金,张一,李秀红,等.创新永定河流域生态补偿机制,助力京津冀协同发展[J].生态经济,2019,35(12):134-138.
- [32] 杨玉霞,闫莉,韩艳利,等.基于流域尺度的黄河水生态补偿机制[J].水资源保护,2020,36(06):18-23,45.
- [33] “流域生态补偿与污染赔偿研究与示范”课题组.国家科技重大专项“水体污染控制与治理”主题六“流域生态补偿与污染赔偿研究与示范”课题之研究报告[R].北京:环境保护部环境规划院,2011.
- [34] 赵素芹,孙翔,侯东林,等.应对畜禽养殖跨界污染的流域水资源生态补偿量研究——以国家生态补偿示范区九洲江流域为例[J].生态学报,2020,40(10):3247-3257.
- [35] 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(09):194-198.
- [36] LU S B, LI J K, XIAO B, et al. Analysis of standard accounting method of economic compensation for ecological pollution in watershed[J]. Sci Total Environ, 2020, 737: 138157.
- [37] 高振斌,王小莉,苏婧,等.基于生态系统服务价值评估的东江流域生态补偿研究[J].生态与农村环境学报,2018,34(06):563-570.
- [38] 刘洋,毕军.流域生态补偿理论及其标准研究综述[J].水利经济,2018,36(03):10-15,77.
- [39] 王敏英,王晨野,吴晓晨,等.海南省生态补偿现状分析与对策[J].浙江林业科技,2020,40(01):96-102.