

流域生态补偿主客体识别方法比较研究 ——以行政区为研究对象

华庆莉¹, 曹秋迪², 沈菊琴³, 高 鑫⁴, 孙付华³

(1. 江苏省水利防汛物资储备中心, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省太湖水利规划设计研究院, 江苏 苏州 215106;
3. 河海大学 农业科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 4. 河海大学 商学院, 江苏 南京 211100)

摘要:以流域范围内的行政区为研究对象,创新的将水足迹法、生态系统服务价值法引入到流域生态补偿主客体识别领域,对比并分析了流域地理位置识别法、水足迹法、生态系统服务价值法在识别流域生态补偿主客体的优缺点与使用范围。在此基础上,提出流域生态补偿主客体识别方法选择与应用的相关建议。

关键词:流域生态补偿; 主客体识别; 水足迹; 生态系统服务价值; 行政区

中图分类号:X171 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2020)12-0022-05

Comparative study on subject – object identification methods of watershed ecological compensation ——taking administrative regions as the research object

HUA Qingli¹, CAO Qiudi², SHEN Juqin³, GAO Xin⁴, SUN Fuhua³

(1. *Jiangsu Provincial Water Conservancy and Flood Control Material Reserve Center, Nanjing 210029, China;*
2. *Jiangsu Taihu Planning and Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Suzhou 215106, China;*
3. *College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;*
4. *Business College, Hohai university, Nanjing 211100, China*)

Abstract: Taking the administrative regions within the river basin as the research object, the water footprint method, the ecosystem services value method were innovatively introduced in the field of subject – object identification of watershed ecological compensation. The advantages, disadvantages and application range of watershed geographic location identification, water footprint identification and ecosystem service value identification were compared and analyzed. On this basis, some suggestions on the selection and application of the subject – object identification methods of watershed ecological compensation were put forward.

Key words: watershed ecological compensation; identification of subject and object; water footprint; value of ecosystem services; administrative region

人类社会与经济的快速发展导致了大量的污染物分散到水体中并且超过了水体的自净能力,这已经开始威胁到人类的正常生活与可持续发展。

由于水体的流动性,发生在流域上游的污染很容易转移到流域下游。因此,水污染问题不再局限于一个行政区域,而是成为一个涉及多个行政区域的跨

收稿日期:2020-08-10

基金项目:江苏省水利科技项目(2018034)

作者简介:华庆莉(1970—),女,会计师,本科,研究方向为水利经济、防汛物资储备管理、资源会计等。Email:849162124@qq.com

区域问题^[1-2]。流域的影响范围广,通常包含若干个不同的行政区;同时,由于不同行政区的利益需求不同,所以对于不同行政区而言,制定一套统一的行动方案来解决跨区域水污染问题十分困难^[3]。流域生态补偿作为一项将水环境保护外部性内部化的经济激励制度,它能够打破传统的各行政区独立解决本区域水污染问题的模式,通过协调不同行政主体之间的利益关系进而共同解决跨区域水污染问题^[4]。因此,流域生态补偿制度已经被世界上众多国家认可并在实践中予以使用。目前,对于流域生态补偿的研究主要集中于补偿概念及框架的构建,补偿主客体的识别、补偿标准的确定,补偿方式的研究以及补偿效果的评价等方面。

在流域生态补偿机制构建过程中,补偿主客体的识别是流域生态补偿机制构建的第一个重要环节,补偿主客体的识别关系到补偿标准的制定,补偿资金的分配以及补偿方式的选择,所以,一个好的流域生态补偿机制应该是在正确识别补偿主客体的基础之上建立起来的。目前,学者们对于流域生态补偿主客体识别所进行的专门研究较少,大多数的研究都是基于不同行政区在流域中不同地理位置而直接识别补偿的主客体。但是,这样的识别方式缺乏相应的科学依据,并且只适用于具有明显地理位置差异的流域生态补偿主客体识别;而对于流域中地理位置接近或者分布在流域左右岸的不同行政区而言,该方法则无法科学地识别出补偿主客体。因此,随着我国生态文明建设的推进以及流域生态补偿研究步入深入推进阶段,这样根据地理位置粗略地对流域生态补偿主客体进行界定的方法已经无法适应于我国对于流域生态补偿现实的需求,所以需要流域生态补偿主客体的识别进行科学的分析并提出更加科学的识别方法。

1 流域生态补偿主客体概念界定

流域生态补偿以流域为研究对象,由于流域范围广大,所以流域生态补偿必然会涉及众多的利益相关者。那么如何在众多的利益相关者中(政府、企业、社会公众等)识别出具体的流域生态补偿主客体,则是进行流域生态补偿机制建设的第一步。而在流域生态补偿的具体实践中,企业与社会公众的补偿通常是通过当地行政区政府来实现的。所以,根据“谁开发、谁保护,谁受益、谁补偿”的原则,本文认为,流域生态补偿主体是指能够从流域水资源中获益的行政区政府;而流域生态补偿客体是指

保护流域生态环境而付出了成本的行政区政府^[5]。

2 流域生态补偿主客体识别方法

在流域生态补偿的研究中,如果流域中的各行政区政府被视为是流域生态补偿主客体的界定对象,那么存在较为常用的流域生态补偿主客体识别的思路,那就是流域地理位置识别法,它是根据不同行政区在流域中的地理位置进行流域生态补偿主客体的识别。除此之外,本文将水足迹法与生态系统服务价值法引入到流域生态补偿主客体的识别研究中,科学地对流域生态补偿主客体进行识别。水足迹法是根据不同行政区之间对于水资源的使用状况进行流域生态补偿主客体的识别;生态系统服务价值法根据不同行政区生态系统服务价值的变化情况进行流域生态补偿主客体的识别。

2.1 流域地理位置识别法

流域地理位置识别法^[6]是在流域生态补偿中使用最为广泛的补偿主客体确定方法。该方法的确定思路主要是依托于不同行政区在流域范围内不同的地理位置来确定的。通常认为,流域上游行政区由于位于流域上游地区,其生产生活行为会对流域水资源产生影响,进而影响到流域下游地区。因此,为了保证流域下游地区的正常用水,流域上游行政区会投入大量的成本进行环保建设或者限制污染行业的发展,进而对流域水资源进行生态保护。这样在流域上游行政区保护水资源的过程中会付出直接成本用于环保建设,同时又因为限制污染企业的发展,会丧失大量的机会成本。所以,通常将位于流域上游的行政区作为流域生态补偿的客体。相反,位于流域下游的行政区由于能够在不支付成本的情况下就直接获得优质的水资源,因此通常会将流域下游的行政区作为流域生态补偿的主体。

2.2 水足迹法

2.2.1 流域生态补偿主客体确定思路

在一定时期内,若没有出现剧烈的地质运动以及环境改变,不同行政区内的总可用水量可以视为是一个固定的区间值。在不同的行政区之间,若某行政区对于流域水资源的实际使用量超过了它的配额,那么就会减少其他行政区对于流域水资源使用量;反之,若某行政区对于流域水资源的实际使用量低于它的配额,则会增加其他行政区对流域水资源的使用量^[7]。因此,可以根据初始水权分配的方法,将流域中不同行政区每年的总可用水量进行

划分,进而确定不同行政区的初始可用水量(配额)。然后通过核算不同行政区每年的实际用水量,再与本地区期初的配额相对比,如果某行政区的实际用水量超过了该行政区的初始可用水量,那么可以判定该行政区过度的使用了流域水资源,那么该行政区就应该作为流域生态补偿的主体,进而支付相应的补偿费;反之,如果某行政区的实际用水量低于该行政区的初始可用水量,那么可以判定该行政区节约使用了流域水资源,那么该行政区就应该作为流域生态补偿的客体,进而获得相应的补偿费。

2.2.2 计算模型

依据水足迹的相关理论,流域中各行政区的水足迹计算公式^[8]为

$$W_{FP,i} = I_{WTP,i} + E_{WTP,i} \quad (1)$$

$$I_{WTP,i} = A_{WP,i} + I_{WW,i} + D_{WD,i} + E_{WD,i} - F_{W,ie} \quad (2)$$

$$E_{WTP,i} = F_{W,ik} - F_{W,ire} \quad (3)$$

式中: $W_{FP,i}$ 为流域内行政区*i*的整体水足迹,是行政区*i*所消耗的水资源的总量, m^3 ; $I_{WTP,i}$ 为流域内行政区*i*的内部水足迹,是行政区*i*中被用于当地生产生活所消耗的水资源的总量, m^3 ; $E_{WTP,i}$ 为流域内行政区*i*的外部水足迹,是行政区*i*消耗的从外部进口的虚拟水数总量, m^3 ; $A_{WP,i}$ 为流域内行政区*i*用于农业生产的水资源量, m^3 ,包括农作物生产和动物产品生产2个部分的水资源量; $I_{WW,i}$ 为流域内行政区*i*用于工业生产的水资源量, m^3 ; $D_{WD,i}$ 为流域内行政区*i*用于居民生活的水资源量, m^3 ; $E_{WD,i}$ 为流域内行政区*i*用于生态环境的水资源量, m^3 ; $F_{W,ie}$ 为流域内行政区*i*的出口虚拟水量, m^3 ; $F_{W,ik}$ 与 $F_{W,ire}$ 分别为流域内行政区*i*外部进口的虚拟水总量以及进口转出口的虚拟水总量, m^3 。

2.3 生态系统服务价值法

2.3.1 流域生态补偿主客体确定思路

生态系统服务通常表示的是能够被人类直接使用或者间接使用的,由生态系统提供的相关产品与服务的总称^[9]。流域作为人类文明的发源地,由于它能够对人类提供各种有利于其自身发展的生态产品与服务,例如土壤的保持,清洁的水资源、生物多样性、娱乐休闲场所等,这使得流域在人类起源、发展的过程中,起到了不可估量的作用。通过对流域生态系统服务价值的评估,其目的是在货币化流域生态系统服务价值的基础上,为流域生态补偿主客体的识别提供科学依据。

根据 Tacconi^[10]对生态补偿的定义,“生态系统服务付费是针对环境增益服务而对资源提供者进行有条件支付的一种透明系统”。由此定义可知,生态补偿是针对环境增益服务所进行的补偿,那么在确定生态补偿主客体时,应该按照以下思路进行:(1)确定不同年份不同行政区的生态系统服务类别;(2)将不同年份不同行政区的生态系统服务价值货币化;(3)确定不同行政区货币化后的生态系统服务价值的变化量;(4)根据不同行政区的具体状况,将货币化后的生态系统服务价值进行调整;(5)根据不同行政区调整后货币化的生态系统服务价值变化情况,确定流域生态补偿的主客体。生态系统服务价值增加的行政区应该作为流域生态补偿的客体,生态系统服务价值降低的行政区应该作为流域生态补偿的主体。

2.3.2 计算模型

根据 Costanza 等^[11]学者确立的生态系统服务价值评估原理与方法,结合我国学者谢高地等^[12]于2008年改进的“中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量”(表1),流域中各行政区的生态系统服务价值计算公式为

$$V_{C_s,k,t} = D_t \times B_{k,s} \quad (4)$$

$$E_{SV_s,k,t} = \alpha_{k,t} \times V_{C_s,k,t} \quad (5)$$

$$E_{SV_t} = \sum_k \sum_s E_{SV_s,k,t} \quad (6)$$

$$D_t = A_{r,t} \times N_{r,t} + A_{w,t} \times N_{w,t} + A_{m,t} \times N_{m,t} \quad (7)$$

式中: V_C 为单位生态系统服务价值; D 为单位标准生态系统服务价值; B 为生态系统服务价值系数; E_{SV} 为生态系统服务价值; α 为不同土地类型的面积; A 为播种面积; N 为不同粮食作物的单位净利润。 s 为不同的生态系统服务; k 为不同的土地类型; t 为不同的时间; r 为水稻; w 为小麦; m 为玉米。

3 流域生态补偿主客体识别方法比较与选择

流域生态补偿主客体的识别是建立流域生态补偿机制的第一步,只有在清晰地界定了流域生态补偿主客体的基础上,才能进一步进行补偿标准、补偿方式、补偿机制等方面的研究。目前,流域地理位置识别法是流域生态补偿主客体识别中使用较多的方法,但是该方法具有一定的局限性。而本文将水足迹法、生态系统服务价值法引入到流域生态补偿主客体识别中,这对以往的流域生态补偿主客体识别方法有一定的完善与扩充。通过对流域生态补偿主客体识别方法的适用范围、优点与缺点

表 1 中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量

	森林	草地	农田	湿地	水体	荒漠
气体调节	4.32	1.50	0.72	2.41	0.51	0.06
气候调节	4.07	1.56	0.97	13.55	2.06	0.13
水源涵养	4.09	1.52	0.77	13.44	18.77	0.07
土壤形成与保护	4.02	2.24	1.47	1.99	0.41	0.17
废物处理	1.72	1.32	1.39	14.4	14.85	0.26
生物多样性保护	4.51	1.87	1.02	3.69	3.43	0.40
食物生产	0.33	0.43	1.00	0.36	0.53	0.02
原材料	2.98	0.36	0.39	0.24	0.35	0.04
娱乐文化	2.08	0.87	0.17	4.69	4.44	0.24

进行比较(表 2), 可为流域生态补偿机制的构建奠定一定的基础。

流域地理位置识别法是确定流域生态补偿主客体最常用的方法, 它具有操作简单特点, 通常针对整个流域进行研究。但是该方法也存在它的局限性, 如, 当研究范围是局部流域时, 若不同行政区分别坐落于流域的两岸或者不存在明显的地理位置上的上下游关系时, 该方法就无法确定流域生态补偿的主客体。除此之外, 流域地理位置识别法中的上下游关系会根据参考系的变化进而发生相应的变化, 则所决定的补偿主客体会根据参考系的调整发生变化。

相比之下, 水足迹法与生态系统服务价值法不仅适用于整个流域尺度的生态补偿主客体识别, 而且也适用于流域局部的生态补偿主客体识别。两者的共同优点在于 2 种方法可以以流域内不同行

政区为单位, 分别核算不同行政区的水足迹与生态系统服务价值。在不同的时间内, 通过核算出不同行政区的水足迹与生态系统服务价值的变化量, 根据变化量的正负确定流域生态补偿的主客体。这样的确定方法可有效解决流域地理位置识别法中出现的问题。

但是水足迹法与生态系统服务价值法也有存在自身的局限性。水足迹法测算的结果难以精确, 尤其是农业水足迹的测算需要考虑到不同气候、光照时间、生长周期等诸多因素。很多情况下, 考虑到计算的复杂性, 水足迹通常是根据已经给出的各个行政区单位农产品的虚拟水含量乘以产量进而测算农业水足迹。由于不同区域的统计口径与指标不同, 结果会存在偏差。除此之外, 工业用水、虚拟水进出口的相关数据资料难以获取, 这些均会导致水足迹计算结果无法精确。

表 2 流域生态补偿主客体识别方法比较一览

方法	适用范围	优点	缺点
流域地理位置识别法	针对全流域尺度的流域生态补偿主客体识别	操作简便, 根据行政区的地理位置即可确定流域生态补偿主客体	无法对不具有明显上下游关系的不同行政区进行主客体识别
水足迹法	全流域尺度或流域局部均可使用	能够对不具有明显上下游关系的不同行政区进行主客体的识别	精确性欠佳; 不同行政区的相关数据难以收集
生态系统服务价值法			生态系统服务功能与服务价值之间的转换关系难以确定

生态系统服务价值测算中,目前使用最为广泛的就是“价值当量法”。谢高地等^[12]提出的价值当量(表1)是中国陆地生态系统的平均值。如果使用这个平均值对不同流域的生态系统服务进行测算,有可能缺乏针对性,进而会出现较大的偏差。所以,在具体使用价值当量法测算生态系统服务价值时,都会根据研究范围的特殊情况对价值当量进行调整。但是目前调整的方法没有标准,不同学者存在不同的调整办法。同时,目前我国缺少对于生态系统价值确定的统一核算方法,那么目前所使用的价值当量法是否能够正确地反应生态系统的实际经济价值,还有待于进一步的研究。

4 结 语

流域生态补偿主客体的识别是流域生态补偿机制构建中重要的环节,其研究目的是要解决流域生态补偿中“谁补偿谁”这一核心问题。通过对流域地理位置识别法、水足迹法与生态系统服务价值法的对比分析,可以得出:(1)流域地理位置识别法只适用于大尺度的流域生态补偿,例如全流域的生态补偿,而对于不具有明显上下游关系的行政区无法确定其补偿主客体,并且该方法是基于常识判断形成的,缺乏一定的科学性;(2)水足迹法与生态系统服务价值法通常是作为确定流域生态补偿标准的两种方法,但是它同样可以被用于确定流域生态补偿的主客体研究;(3)水足迹法与生态系统服务价值法不仅能够对全流域主客体进行识别,而且可以对流域局部的主客体进行识别,但2种方法都存在自身的局限性。

流域生态补偿主客体的识别是一项复杂的工作,因为流域生态补偿中会涉及较多的利益相关者。本文仅以流域内的行政区作为主客体识别的对象,这样的识别方法符合我国流域生态补偿具体实施工作,但也具有一定局限性。在未来流域生态补偿主客体的识别研究中,应该从多层级的角度对流域生态补偿主客体进行识别,将企业、人民等利益相关者加入到流域生态补偿主客体的识别中,构建一个流域生态补偿主客体识别的多层级系统。建立这样的多层级主客体识别框架将有助于提高流域生态补偿的精准性,为我国流域生态补偿机制

的构建打下基础,进而推动我国流域生态补偿的具体实践与长效实施。

参考文献:

- [1] HONG L, FANG L, QIAN Z, et al. The quantitative analysis of ecological compensation responsibility in watershed [J]. Energy Procedia, 2012, 16 (Part B): 1324-1331.
- [2] FU Y, DU X, RUAN B, et al. Agro-ecological compensation of watershed based on emergy [J]. Water Science Technology, 2017, 76(10): 2830-2841.
- [3] GAO X, SHEN J, HE W, et al. Multilevel governments' decision-making process and its influencing factors in watershed ecological compensation [J]. Sustainability, 2019, 11(7)(1990):28.
- [4] 王金南, 刘桂环, 文一惠. 以横向生保护补偿促进改善流域水环境质量——《关于加快建立流域上下游横向生态保护补偿机制的指导意见》解读 [J]. 环境保护, 2017, 7(45):13-18.
- [5] 马永喜, 王娟丽, 王晋. 基于生态环境产权界定的流域生态补偿标准研究 [J]. 自然资源学报, 2017, 32(8):1325-1336.
- [6] 卢卓建. 基于排污权交易的东江流域生态补偿研究 [J]. 现代经济信息, 2017(16):9-11.
- [7] ZHANG C, ANADON L D. A multi-regional input-output analysis of domestic virtual water trade and provincial water footprint in China [J]. Ecological Economics, 2014, 100(2):159-172.
- [8] 刘红光, 陈敏, 唐志鹏. 基于灰水足迹的长江经济带水资源生态补偿标准研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11):2553-2563.
- [9] AHMED M T. Millennium ecosystem assessment [J]. Environmental Science Pollution Research, 2002, 9(4):219-220.
- [10] TACCONI L. Redefining payments for environmental services [J]. Ecological Economics, 2012, 73(1727):29-36.
- [11] COSTANZA R, D'ARCE R, GROOT R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. World Environment, 1997, 25(1):3-15.
- [12] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进 [J]. 自然资源学报, 2015, 30(8):1243-1254.