

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2013.03.018

基于水质恢复成本的流域逐级补偿标准

侯慧平, 葛颜祥, 潘娜, 于富昌

(山东农业大学经济管理学院, 山东 泰安 271018)

摘要:以流域水质“恢复成本”作为补偿依据,并以全国 76 家污水处理厂的处理数据为基础,确定将污水还原为标准水质所需的单位成本,以此作为上游造成的流域污染恢复成本的参照标准,结合流域水环境容量研究上游对下游的生态补偿量。利用“恢复成本”对生态补偿量进行核算,试图解决流域生态补偿颇受争议的补偿标准的确定问题。

关键词:流域逐级补偿;补偿标准;水质恢复成本;计量经济模型

中图分类号: X171.4 文献标志码: A 文章编号: 1004-6933(2013)03-0083-04

River basin stepwise compensation standards based on water quality restoration cost

HOU Huiping, GE Yanxiang, PAN Na, YU Fuchang

(College of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: Taking the river basin water quality restoration cost as a basis for compensation, the unit cost required for restoration of sewage for obtaining water that meets the standard was determined based on the processing data from 76 sewage treatment plants in China. It can be used as the reference for determining the restoration cost. Combined with the river basin water environmental capacity, the amount of ecological compensation from upstream to downstream areas was studied. The amount of ecological compensation was calculated using the restoration cost, which can fundamentally solve the controversial problem of determination of compensation standards in the river basin ecological compensation process.

Key words: river basin stepwise compensation; compensation standard; water quality restoration cost; econometric model

我国流域生态补偿机制的研究和实践尚处于探索阶段。从现有研究来看,确定补偿标准是流域生态补偿的关键环节。确定生态补偿标准的依据主要有两种^[1],一是投入成本,二是生态服务价值。从投入成本的角度来确定流域生态补偿标准需要计算直接成本、间接成本和发展成本。尽管有部分学者结合不同的案例依据投入成本对流域生态补偿的标准进行了研究^[2-5],但是间接成本和发展成本都难以准确核定,在实践中还存在一定的缺陷。基于此,部

分学者从流域生态服务价值方面确定生态补偿标准^[6-8],但由于流域生态服务价值不能准确地测定,且所有的生态服务并不能全部有效地被利用于生产中,这会使生态补偿标准过高制定,从而不利于流域生态补偿机制的正常运行。笔者基于流域生态补偿标准确定所面临的矛盾和困境,针对流域逐级补偿模式,以流域水质“恢复成本”为依据,通过计量模型确定水质恢复成本与污染物浓度之间的函数关系,借此对流域生态补偿量进行核算。

基金项目:国家自然科学基金(70873077);山东省“三农”问题软科学研究基地项目(SN10017)

作者简介:侯慧平(1985—),女,硕士研究生,研究方向为资源与环境经济。E-mail:houping@163.com

通信作者:葛颜祥,教授。E-mail:geyanxiang@126.com

1 流域逐级补偿的基本原理

我国流域多为跨行政区流域,在生态补偿机制的实施过程中,涉及多个行政区之间的补偿。上游某个区域(行政区)的经济活动对流域生态产生的负外部性(或正外部性)实际上是由下游各个区域共同承担,因此该上游区域应当对下游区域分别逐个进行补偿(或被补偿),这种“一对多”补偿(或被补偿)方式的补偿主体和补偿量需要逐一进行确定,这必然导致流域生态补偿过程的复杂化,交易成本也随之提高。

1.1 基本构想

为了简化跨区域流域生态补偿,仅考虑两个相邻的上下游区域之间的生态补偿关系,这两个相邻区域中的下游区域 i 代表其他下游区域接受上游区域的补偿(如果上游水质保护的好,也可能对上游进行补偿),然后区域 i 再与其下游区域进行补偿(或者被补偿),以此类推,从流域的上游到其相邻的下游逐级进行补偿。这种逐级补偿的方式可以简化操作、降低谈判成本,有利于流域生态补偿机制的实施。

流域逐级补偿按所跨行政区域划分可以分为跨省、市、县3个层次。如果流域交界断面的生态服务水平低于标准要求,则上游补偿下游,反之则下游补偿上游,如果刚好达到标准则不需要进行补偿。流域逐级补偿是沿着流域走向按照上下游相邻区域之间相互补偿;按不同层次补偿可以有县级补偿、市级补偿、省级补偿;上下级行政区域之间的补偿;如跨市流域末端所在市由该市所在省份进行补偿,跨省流域末端所在省份由国家进行补偿。

1.2 补偿方向和补偿量

水质是流域各交界处的生态服务水平的主要确定依据。考虑到我国目前流域水环境的总体水平,如果选择Ⅱ类水质标准作为目标水质,多数地区在经济上难于实现,如果选择Ⅳ类水质标准作为目标水质,又难于起到治理污染,改善水环境质量的作用。Ⅲ类水质标准适用于一般鱼类保护区及游泳区、集中式生活饮用水水源地二级保护区。但对于不同的流域,不同行政区确定的水资源目标用途是不同的,则应根据行政区对水质状况的具体要求,确定横界面之间的水质标准,但是对于大部分流域,主要是以鱼类保护区、游泳等为主。因此,研究将Ⅲ类水质标准作为流域内行政区界水质是否达标的主要依据,即依据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的要求,上游地区供给下游地区的水质标准可以设定为Ⅲ类水。

如果上游向下游输送的水质劣于Ⅲ类水,上游地区需要对下游地区进行补偿;如果上游向下游输送的水质优于Ⅲ类水,则下游地区需要对上游地区进行补偿;如果上游地区供给下游地区为Ⅲ类水质,上游、下游所处的行政区无需进行补偿^[6]。

补偿方向确定以后,还要确定补偿量。从污水治理成本即污水“恢复成本”的角度确定生态补偿标准具有一定的现实意义。从权责对等的角度来看,上游来水污染了水环境,就有责任对水体进行治理,使其恢复到标准水质;如果上游未进行治理,污染的水资源流到下游,下游治理所需的成本就要由上游以生态补偿形式支付。因此,生态补偿标准的确定可以转化为污染治理成本的计算。如果确定了对污水进行处理后使其能达到标准水质所需投入的单位成本,这样就能确定上游造成的污染所导致下游生态治理的“恢复成本”。根据这种“恢复成本”确定上游应该为其造成的水生态破坏对下游进行补偿的金额。

“恢复成本”的确定可以参照下游污水处理厂的污水处理成本。以污水处理厂将污水恢复成标准水质所投入的成本为依据,来确定流域生态补偿标准,反映了水体污染者应该向受偿者支付的金额。这里所提到的成本主要包括每月耗电量、人员工资、药剂费、利息、管网维护及其他污水处理的直接投入。

2 水质恢复成本的计量模型

利用回归模型模拟水体中污染因子的浓度与恢复成本之间的关系,通过成本的定量分析确定补偿标准,从而推算出流域逐级补偿在上下游行政区域之间的补偿量。

2.1 数据来源

目前,我国污水处理厂处理的污染因子主要有 BOD₅、COD 等,污水处理行业通常以这些指标为依据检测水质变化。因此,流域水体中 BOD₅、COD 等指标的浓度从某一数值下降到符合Ⅲ类水质标准的直接治理成本,可以代表流域水生态的“恢复成本”。

笔者选取全国 76 家城镇污水处理厂污水处理数据^[9]。由于各个污水处理厂流入污水中的 BOD₅、COD 质量浓度不同,以及各处理厂的技术和设备等方面的差异,所以直接成本、处理效率都存在差异,选择进水 BOD₅、COD 质量浓度分别为 x_1 、 x_2 ,直接治理成本为 Y 建立计量模型,定量分析进水污染因子浓度对直接成本的影响,并以此确定水生态恢复成本。

2.2 计量模型的建立和分析

为了寻找 BOD₅、COD 的质量浓度变化与直接处理成本之间的关系,作 x_1 、 x_2 的几种函数形式与 Y

之间的散点图(图1),通过各种模型形式的统计检验指标对比,最终确定模型形式为

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 \log(x_1) + \beta_3 x_1^2 + \beta_4 x_2 + u \quad (1)$$

式中: Y 为治理污水所需投入的直接成本,万元/ t ; x_1, x_2 分别为进水中BOD₅、COD的质量浓度,mg/L; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 为待估参数; u 为随机误差项。

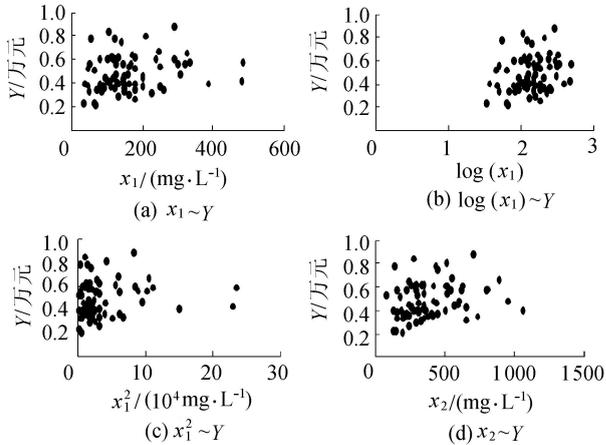


图1 $x_1, x_2 \sim Y$ 散点图

依据所选取的全国76家城镇污水处理厂污水处理数据,运用最小二乘法估计治理成本模型,回归结果如表1所示。模型显著性检验(F 检验)为10.62364;拟合度 $R^2=0.374419$ 。

表1 模型参数估计及检验结果

变量	参数	参数标准差	t 检验值	零系数概率
x_1	-8.77×10^{-3}	0.002548	-3.441871	0.0010
$\log(x_1)$	0.567212	0.202939	2.794988	0.0067
x_1^2	1.17×10^{-5}	2.90×10^{-6}	4.025078	0.0001
x_2	4.69×10^{-4}	2.00×10^{-4}	2.344710	0.0218
常数项 β_0	-1.477870	0.714243	-2.069141	0.0422

注:零系数概率是指 $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 为零的概率。

以上可以看出, F 检验值为10.62,通过了1%的显著性水平检验。 $x_1, x_1^2, \log(x_1), x_2$ 均能通过显著性水平为5%的 t 检验。根据回归结果,得出每吨污水的直接治理成本 Y 与 x_1, x_2 之间的计量经济模型为

$$Y = -1.47787 - 8.77 \times 10^{-3} x_1 + 0.567212 \log(x_1) + 1.17 \times 10^{-5} x_1^2 + 4.69 \times 10^{-4} x_2 \quad (2)$$

根据城镇污水处理厂数据得到直接处理成本占总成本的比例平均为56.56%,可以得到每吨污水要恢复到标准用水所需的总成本为

$$T_c = Y/0.5656 = 1.768Y \quad (3)$$

其中 T_c 为单位污水总的恢复成本。

2.3 流域逐级补偿标准的确定

根据上述计量模型得到的流域水质单位恢复成本,确定基于水质的流域逐级补偿标准 M 。设流经该交界断面补偿期内流量为 Q ,则:

$$M = QT_c = 1.768YQ \quad (4)$$

以此类推,利用相同方法确定行政区 i 与其下游地区之间的补偿数额。至此得到了基于水质的恢复成本的流域逐级补偿标准的计算方法,即公式(4)。

以上得到的基于水质的流域生态补偿标准,是上游向下游输送的水资源的水质低于规定的标准水质时,上游必须向下游补偿的数额。但是如果上游在利用水资源过程中对水资源进行了保护,或将其利用后的水资源进行治理后再向下游输送,使其输送的水质达到规定的水质标准之上,这样下游地区就要对上游地区进行补偿,以补偿其在水资源利用过程中为了保护或恢复水质所付出的代价,则上游地区应从其相邻的下游地区取得的补偿额为 M 。

3 结语

为保护流域水生态,为遵守上下游地区环境与经济发展的公平性原则,在现有的条件下研究流域逐级补偿的量化标准。本文选取的76家城镇污水处理厂的数据,通过建立计量经济学模型,测定了地表水从V类水修复到III类水质标准的恢复成本。

但是流域生态保护更重要的是建立流域水生态保护的合作机制,即建立交界断面水质联合检测机制、信息互通机制、联合执法机制^[10-11]。流域逐级补偿标准的确定及其后续的实施在理论上是可行的,但实际实施过程中可能会出现一些偏差。在研究中遇到数据等方面的限制,文中没有考虑水量的时间分布对污染因子的影响,因此流域逐级补偿标准研究需在以后的实施过程中根据实际情况进行必要修正,以期获得更符合实际的流域逐级补偿标准。

参考文献:

- [1] 闫峰陵,罗小勇,雷少平.丹江口库区水土保持生态补偿标准的定量研究[J].中国水土保持科学,2010,8(6):58-63. (YAN Fengling, LUO Xiaoyong, LEI Shaoping. Ecological compensation standard of soil and water conservation in Danjiangkou reservoir area [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2010, 8(6): 58-63. (in Chinese))
- [2] 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(8):129-135. (LIU Xiaohong, YU Xijun. Research on standardization of compensation for trans-regional water pollution based on protection of water eco-system in river valley: an empirical analysis of Tai Lake Basin [J]. Ecological Economy, 2007(8): 129-135. (in Chinese))
- [3] 沈满洪.在千岛湖引水工程中试行生态补偿机制的建议[J].杭州科技,2004(2):12-15. (SHEN Manhong.

Recommendation of piloting ecological compensation mechanism in Lake diversion project [J]. Hangzhou Sci & Tech, 2004(2):12-15. (in Chinese))

[4] 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. Model for river basin ecological compensation [J]. China Water Resources, 2006(22):35-38. (in Chinese))

[5] 薄玉洁,葛颜祥,李彩红. 水源地生态保护中发展权损失补偿研究[J]. 水利经济, 2011, 29(3):38-52. (BAO Yujie, GE Yanxiang, LI Caihong. Ecological compensation of development right of water source areas [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2011, 29(3):38-52. (in Chinese))

[6] 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(1):42-46. (ZHENG Haixia, ZHANG Lubiao. Research on the standardization of compensation for the service of eco system in river valley [J]. Environmental Protection, 2006(1):42-46. (in Chinese))

[7] 徐大伟,郑海霞,刘民权. 基于跨区域水质水量指标的

流域生态补偿量测算方法研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(4):189-194. (XU Dawei, ZHENG Haixia, LIU Minquan. Measuring method of river basin ecological compensation based on river water quality and its water quantity about across administration area [J]. China Population Resources and Environment, 2008, 18(4):189-194. (in Chinese))

[8] 徐琳瑜,杨志峰,帅磊,等. 基于生态服务功能价值的水库工程生态补偿研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(4):125-128. (XU linyu, YANG Zhifeng, SHUAI Lei, et al. Eco-compensation of reservoir project based on ecosystem service function value [J]. China Population Resources and Environment, 2006, 16(4):125-128. (in Chinese))

[9] 中国城镇供水排水协会. 中国城镇污水处理厂文件汇编[G]. 北京:中国城镇供水排水协会, 2006.

[10] 中国生态补偿机制与政策研究课题组. 中国生态补偿机制与政策研究[M]. 北京:科学出版社, 2007.

[11] 吴泽宁. 基于生态经济的区域水质水量统一优化配置研究[D]. 南京:河海大学, 2004.

(收稿日期:2012-11-06 编辑:高渭文)

(上接第 82 页)

[9] 罗莎莎,万国江. 云贵高原湖泊沉积物-水界面铁、锰、硫体系的研究进展[J]. 地质地球化学, 1999, 27(3):47-52. (LUO Shasha, WANG Guojiang. New progress in the study of Fe, Mn and S systems at the sediment-water interface of lakes on Yunnan-Guizhou Plateau [J]. Geology-Geochemistry, 1999, 27(3):47-52. (in Chinese))

[10] 丛海兵,黄廷林,李创宇,等. 于桥水库沉积物内源污染特性研究[J]. 水资源保护, 2006, 22(4):20-23, 61. (CONG Haibing, HUANG Tinglin, LI Chuangyu, et al. Study on internal pollution of sediments in Yuqiao Reservoir [J]. Water Resources Protection, 2006, 22(4):20-23, 61. (in Chinese))

[11] BEUTEL M W, LEONARD T M, DENT S R. Effects of aerobic and anaerobic conditions on P, N, Fe, Mn, and Hg accumulation in waters overlaying profundal sediments of an oligo-mesotrophic lake [J]. Water Res, 2008, 42:1953-1962.

[12] 张晓晶. 乌梁素海沉积物污染特征及营养盐释放规律试验研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2010.

[13] 于海涛,潘伟斌,侯晓辉. 供水水库沉积物中铁锰的释放规律研究[J]. 工业安全与环保, 2012, 38(4):72-75. (YU Haitao, PAN Weibin, HOU Xiaohui. Study on release of Iron and Manganese from sediments in a water-supply reservoir [J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2012, 38(4):72-75. (in Chinese))

(收稿日期:2012-12-04 编辑:徐娟)

· 简讯 ·

天津市规划 3 年内消除黑臭 提升水环境

据悉,从 2013 年起 3 年内,天津市实施多项措施保护水环境,使全市集中式饮用水水源地水质达标,城市人口密集区水体基本消除黑臭现象,主要河流水质达到功能区标准。加快污水再生利用设施及配套管网建设,污水再生利用率不低于 30%。

从 2013 年起,天津市深化水污染物减排,保障饮用水安全。实施于桥水库周边及上游污染综合整治工程,启动蓟县南部新城建设,削减水库周边污染负荷。开展引滦水源保护跨省生态补偿,对引黄沿线的子牙河、南运河、马厂减河、洪泥河等实施截污、清淤等综合整治工程。加强地表水体综合治理,中心城区景观河道以沟通水系、水体流动为重点,河道联通循环。环外区域推动城市景观水体周边截污纳管设施建设,完善雨污分流系统。蓟运河沿线 4 个区县 16 个乡镇所在地完善污水处理厂及配套管网建设,实现全线点源零直排。对达不到排放标准的企业限期改造治理,确保全市排污单位稳定达标排放。完善城镇及工业园区污水处理基础设施建设,规划新建张贵庄等污水处理厂,2015 年城镇污水集中处理率达到 95%。中心城区消灭 16 片排水空白区,改造 5 片雨污水合流区。

(网址: http://www.hwcc.gov.cn/pub2011/hwcc/wwgj/lysl/tj/201305/t20130506_358710.htm)