

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20160419

· 问题研究 ·

基于水质水量的流域生态补偿标准测算^{*}

——以黄河流域宁夏回族自治区为例

陈艳萍^{*}, 周 颖

(河海大学商学院, 江苏南京 211100)

摘 要 文章在综述国内外生态补偿标准的理论研究成果的基础上, 提出基于水质水量的补偿标准测算模型。以综合污染指数法确定水质污染指数, 以实际取水量和分配的初始水权的差值确定应补偿的水量, 并考虑资金的时间价值, 根据补偿金支付方式和年限确定最终实际支付的补偿金额, 构建出基于水质水量的流域生态补偿模型, 以黄河流域宁夏段为例进行实证分析。结果表明: 宁夏回族自治区为提高经济社会发展水平, 牺牲了水环境, 既污染了水质, 对下游内蒙古的用水质量产生了负面影响, 同时也占用了流域内其他行政区的水量, 根据生态补偿模型计算出来的补偿金额为 1.727 4 亿元, 且不同的支付方式和支付年限导致实际支付的最终补偿金额也不一样: 若 3 年后一次性付清, 则实际补偿金额为 2.073 亿元; 若分 3 年分期等额支付, 则实际补偿金额为 1.939 亿元; 若分期不等额支付, 则结果另当别论。黄河流域宁夏段面临严重的水质水量问题, 所以基于水质水量模型计算出来的宁夏回族自治区与流域内其他行政区间的补偿金额较大, 如果仅以宁夏回族自治区政府作为唯一的补偿主体, 以省际间的财政转移支付作为唯一的补偿方式, 对宁夏回族自治区造成了巨大的财政压力, 因此仍需上级政府部门即中央政府给予适当资金、人才和技术上的支持, 才能确保流域内的生态补偿得到更好地实施。

关键词 流域生态补偿 水质 水量 资金时间价值 黄河

中图分类号: F205; F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9121[2016]04-0119-08

0 引言

近年来, 生态补偿已逐步成为环境经济学与生态学的重点研究领域之一, 很多学者从不同的学科角度探讨了生态补偿的内涵。生态补偿的概念起源于生态学理论, 专指自然生态补偿的范畴。近年来, 随着人口急剧膨胀和社会经济快速发展, 人类为了满足自身对水资源和良好生态环境的需要, 在流域范围内修筑各类水利工程和利用水资源, 这些活动在流域内局部区域提供水能、水资源和良好生态环境的同时, 也改变了河流水文情势和河道内外水量分配, 损害或增强河流生态系统服务功能, 引起流域内区域间损益变化。通过经济和市场手段调整流域内损益关系, 实现流域协调可持续发展, 流域生态补偿迎刃而生, 并很快成为国内外研究热点。

补偿标准的测算是流域生态补偿的核心和技术关键, 补偿标准的确定直接关系到补偿力度的大小, 但是由于本身的复杂性, 目前尚未形成统一的补偿标准。国际上对生态补偿标准的研究更加侧重于基于补偿意愿的研究。Amigues (2002) 对 Garonne River 的河岸栖息地项目的支付意愿 (WTP) 与受偿意愿 (WTA) 进行了讨论分析^[1]。Bienabe 等 (2006) 对哥斯达尼加的流域居民和国外进行了意愿调查和 CE 分析, 并建立了回归模型, 结果表明: 不同人群都愿意增加环境服务的付费水平^[2]。Morana 等 (2007) 对苏格兰地区居民流域生态补偿的支付意愿进行了问卷调查, 结果表明, 基于环境和社会福利目标, 居民

收稿日期: 2015-02-09

作者简介: 陈艳萍 (1977—), 女, 湖北随州人, 副教授。研究方向: 水资源管理、资源环境管理。Email: chenyp@hhu.edu.cn

^{*} 基金项目: 国家社科基金重大项目“保障经济、生态和国家安全的严格水资源管理制度体系研究” (12&ZD214); 国家社会科学基金项目“弱势群体保护视角下黄河上游水生态补偿机制研究” (13CGL095)

有强烈的支付意愿以收入税的模式参与生态付费^[3]。Ana-vinarroya 等 (2010) 认为, 在西班牙, 流域环境影响评价中的生态补偿标准远远低于为避免环境资源净损失所预期的支付意愿标准^[4]。

我国对于生态补偿的研究始于 20 世纪 90 年代末, 并逐步从宏观政策研究转入到量化研究阶段。生态补偿主要涉及森林资源、农业资源、公路建设等方面。李晓光 (2009) 等以土地权属为载体, 应用机会成本法确定了海南中部山区进行森林保护的机会成本, 并探讨了时间因子和风险因子对机会成本的影响^[5]。梁龙等以山东桓台为例, 运用生命周期评价 (LCA) 方法, 对桓台 14 年的小麦—玉米轮作模式进行了碳排放评估, 认为只有建立合理的生态补偿机制才能发展清洁农作, 实现低碳经济^[6]。而流域生态补偿的研究在我国已成为热点问题之一。在水源地保护测算的机会成本法研究方面, 魏楚 (2011) 等基于污染权角度, 采用机会成本法构建了一个基于计量经济学的流域生态补偿标准测算模型, 核心在于上游居民丧失了“污染权”即等于丧失了发展权^[7]。李远 (2012) 等提出了基于上游供给成本和生态服务价值来核定生态补偿标准, 其中, 供给成本包括直接投入成本和限制工业发展损失的机会成本^[8]。在费用分析法研究方面, 李远 (2012) 等通过对东江流域上游生态保护与建设、水环境治理与保护投入和其他成本投入的测算, 得到了水资源保护的直接成本投入^[8]。在支付意愿法研究方面, 张翼飞 (2008) 系统梳理了生态服务及其价值评估、支付意愿与补偿标准之间的理论联系, 指出充分考虑利益主体的意愿是科学制定补偿标准的必要环节, 意愿价值评估法的应用将增强我国生态补偿标准的科学性^[9]。葛颜祥等 (2009) 提出在黄河流域建立生态补偿制度, 形成上游生态保护的激励机制是解决黄河流域生态问题的有效途径, 通过对黄河流域上游居民的问卷调差, 利用条件价值法 (CVM) 对该区域居民的补偿意愿及支付水平进行分析, 结果表明, 居民受教育程度及收入水平与其生态补偿意愿及支付水平具有显著的正相关关系, 就生态补偿意愿而言, 女性居民的生态补偿意愿较男性居民更强^[10]。在生态服务价值法研究方面, 谢晓敏 (2013) 等从工业利用价值的角度, 提出了利用一维断面控制模型核算研究范围的 COD 理想水环境容量, 并结合污染物排放量和当地 GDP 估算剩余 COD 水环境容量及其价值的生态服务价值计算方法^[11]。接玉梅 (2012) 等在对河流生态系统服务功能分类的基础上, 对大汶河河流生态系统服务功能的总价值进行了初步评估^[12]。在跨界断面补偿或赔偿测算方面, 徐大伟 (2008) 等提出了基于跨区域水质水量指标的补偿量测算方法, 建立了关于水质、水量的综合指标值来测算跨区域补偿量^[13]。郭志建 (2013) 等提出了基于水质水量的流域逐级补偿制度, 即以改良水质的单位投入成本和保持水量的单位投入成本作为单位补偿金额, 分别确定基于水质和水量的补偿量^[14]。

国内外学者从多个角度研究了流域生态补偿标准, 比如投入和收益角度、水资源价值角度、水环境剩余容量角度, 每个角度都有具体方法与之相对应, 比如基于投入角度的费用分析法、机会成本法, 基于收益角度的支付意愿法、生态服务价值法, 基于这些方法, 国内外学者构建了多种补偿标准测算模型, 且都在实证分析中做了应用, 为我国进行流域生态补偿的实践提供了理论支撑。但在以水质水量为补偿标准进行生态补偿量测算时, 更多学者倾向于考虑以水质状况的变化对补偿主客体产生的影响来确定生态补偿量, 如选取多个水质评价指标, 运用单因子评价方法或综合评价法衡量水质污染状况, 据此构建基于水质的生态补偿模型, 却忽视了节约用水或水量占用对补偿主客体也会产生重要影响的情况, 如某一范围内补偿主体的水量占用使得该范围内补偿客体的生活、生产用水不足, 阻碍补偿客体经济、社会发展。因此, 在构建流域生态补偿模型时, 应同时考虑水质和水量变化对补偿结果造成的影响。

研究在此基础上, 从“污染者付费、受益者补偿”的角度出发, 充分考虑补偿主体因发展生产、提高生活水平对水质、水量造成的影响, 并考虑了补偿金的支付方式和年限, 构建了基于水质水量的生态补偿标准测算模型, 并以黄河流域宁夏段为例进行了实证测算。

1 基于水质水量的生态补偿标准原理

一般情况下, 某一流域行政区的用水对其他地区产生的影响体现在两个方面: 向河流超标排放污水, 导致该段河流水质污染严重的同时也对下游水质造成了影响; 使用的水量超出分配到的初始水权或自身经

济发展水平应占用的水量,导致其他地区用水量受限,影响生产生活。对该种情况进行的生态补偿既要考虑对于水质净化即污水处理的补偿,也要考虑对于水量占用的补偿,即双重补偿,才能体现生态补偿的重要性、必要性和有效性。补偿原理参见图 1。

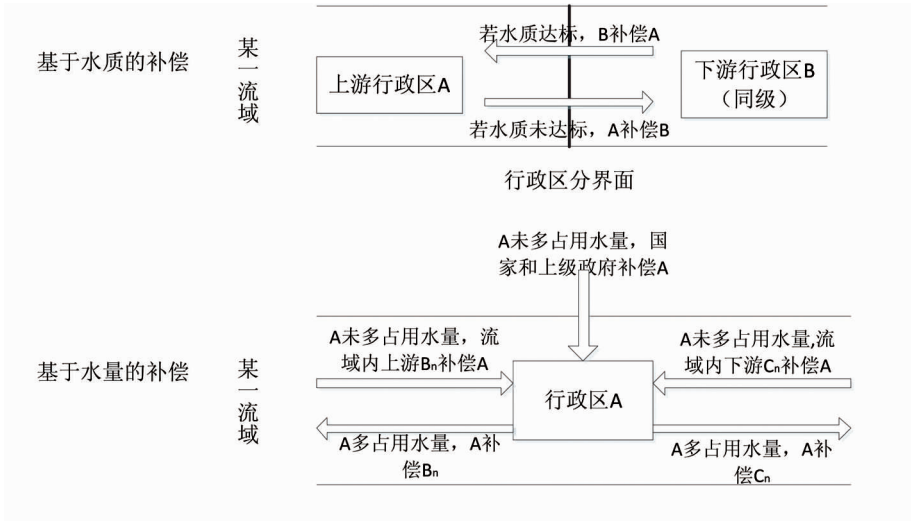


图 1 基于水质水量的流域行政区间生态补偿原理

基于水质的补偿只涉及到流域内行政区的相互补偿,而基于水量的补偿还涉及到流域外相关政府部门。图 1 中箭头代表生态补偿的方向, B_n 代表行政区 A 上游的所有地区, C_n 代表其下游的所有地区。由此可见,流域生态补偿涉及多个补偿主体和客体,且不同情况下,补偿主客体可以相互转变。

2 基于水质的补偿标准测算

2.1 确定水质污染指数——综合污染指数法

水质的评价方法比较成熟,有单因子评价法、综合评价方法,其中综合评价法又包括:综合污染指数法、水质系数法、有机污染综合评价、布朗水质指数法等^[15]。该研究综合考虑上述各种水质评价方法的特点以及我国流域水环境监测体系的发展状况,采用相对简单、数据易获取的“综合污染指数法”。“综合污染指数法”是表示各种污染物对水体综合污染程度的一种数量指标,具体计算公式为:

$$P_k = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{C_{oj}} \times C_k \tag{1}$$

其中, P_k 为流域行政区界 k 断面河流水质的综合污染指数,该值越高,表明水质污染越严重, n 为污染物的种类, C_j 为某种污染物的实测浓度, C_{oj} 为某种污染物的评价标准值,具体参照《地表水环境质量标准 (GB3828-2002)》,如表 2 所示。 C_k 指地面水体各种污染物的统一最高允许指标,比如水库此值为 0.1。

2.2 构建基于水质污染指数的补偿标准测算函数

$$M_{k_1} = (P_k^{out} - P_k^{in}) \times Q_p \times C_{k_1} = \left(\sum_{j=1}^n \frac{C_j^{out}}{C_{oj}} C_k - \sum_{j=1}^n \frac{C_j^{in}}{C_{oj}} C_k \right) \times Q_p \times C_{k_1} \tag{2}$$

其中, M_{k_1} 为基于水质确定的补偿标准, P_k^{out} 为行政区界 k 在其境内的流域下游区界断面点的综合污染指数, Q_p 为该行政区的污水排放量, P_k^{in} 为行政区界 k 在其境内的流域上游区界断面点的综合污染指数, C_{k_1} 代表为保持水质投入的单位成本,可用污水的单位处理成本来代替。基于水质确定的生态补偿量分为 3 种情况:

当 $P_k^{out} - P_k^{in} > 0$,即 $M_{k_1} > 0$ 时,说明该行政区出境监测断面的水质相对于入境监测断面的水质发生恶化,水质在该行政区内受到污染,产生了负外部性,对下游相邻行政区的用水质量产生影响,该行政区

应给予下游同级行政区政府相应的补偿;

当 $P_k^{out} - P_k^{in} = 0$, 即 $M_{k_1} = 0$ 时, 说明水质在该行政区未发生变化, 该行政区采取了一定措施保证水质不受污染, 因此无需给予下游同级行政区政府补偿;

当 $P_k^{out} - P_k^{in} < 0$, 即 $M_{k_1} < 0$ 时, 说明该行政区出境监测断面的水质相对于入境监测断面的水质有所改善, 反映了该行政区为保护水质不受破坏, 做出了很大的努力并产生了正的外部性, 下游相邻行政区也因此受益, 所以下游同级行政区政府应对该行政区做出适当的补偿。

3 基于水量的补偿标准测算

3.1 确定补偿水量

水量的大小直接关系到该地区的经济发展和人民生活, 水量充足地区居民和企业取水、用水方便, 而水量不足、水资源严重匮乏地区就显得矛盾重重, 企业发展受限、人民生活不便, 社会发展受到了严重威胁。而原本不属于水量型缺水地区由于生态破坏严重导致河流径流量减少甚至断流或者水量被占用, 而后转化为水量型缺水的情况是很常见的, 比如黄河流域。因此应由多占用水量的地区向被占用水量的地区给予适当的补偿, 缓解当地的用水压力, 可用实际取水量和分配水量的差额表示。具体计算公式为:

$$L_k = Q_k - Q_{\text{标}} \quad (3)$$

其中, L_k 为需要补偿的水量, Q_k 为该行政区实际取水量, $Q_{\text{标}}$ 为黄河管理委员会分配给该行政区的黄河取水量指标, 即初始水权。

3.2 构建基于水量的补偿标准测算函数

$$M_{k_2} = L_k \times R_k = (Q_k - Q_{\text{标}}) \times C_{k_2} \quad (4)$$

其中, M_{k_2} 为基于水量确定的补偿标准, C_{k_2} 表示为保持水量投入的单位成本, 如植树造林、治理水土流失投入的成本。同样, 基于水量确定的生态补偿量也分为 3 种情况:

当 $L_k < 0$, 即 $M_{k_2} < 0$ 时, 说明该行政区的实际取水量小于其分配到的水量限额, 节约了用水, 因节约的水量而受益的流域内其他地区应给予该行政区相应补偿;

当 $L_k = 0$, 即 $M_{k_2} = 0$ 时, 说明该行政区的实际取水量正好等于其分配到的水量限额, 不产生补偿行为;

当 $L_k > 0$, 即 $M_{k_2} > 0$ 时, 说明该行政区的实际取水量超出其分配到的水量限额, 该行政区应向流域内其他因水量被占用而利益受损的地区提供相应补偿。

4 基于水质水量的补偿标准测算模型

补偿标准的制定既要考虑对水质的补偿, 也要考虑对水量的补偿。但是一般来说, 上述补偿标准的计算和补偿行为都是发生在计算期以后的年度里, 所以在时间上具有滞后性, 因此该研究考虑补偿金额的时间价值, 即补偿主体在实际支付补偿额时必须要考虑资金的时间价值。这里涉及到补偿金的支付方式与支付年限, 不同的支付方式与支付年限, 资金的时间价值也不一样, 最终支付的补偿金额就不一样。由于这里的补偿金支付方式的性质与贷款相似, 因此利率以中国人民银行公布的金融机构人民币贷款基准利率为准, 按照复利计算。至此得到流域生态补偿标准的计算公式为:

4.1 在计算期后的某一年度一次性付清

$$M_k = (M_{k_1} + M_{k_2}) \times (1 + r_1) \cdots (1 + r_n) \quad (5)$$

r_n 为央行公布的金融机构人民币贷款基准利率, n 为支付的年限, M_k 为该行政区接受的补偿金额或付出的补偿金额。

4.2 在计算期后某一年度开始分期等额支付

$$M_k' = (M_{k_1} + M_{k_2}) \div PVIFA_{i,n} \quad (6)$$

$$M_k = nM_k' \quad (7)$$

M_k' 为分期偿还的补偿金, i 为贷款利率, n 为分期偿还的年限, $PVIFA_{i,n}$ 为对应的年金现值系数, M_k 为该行政区接受的补偿金额或付出的补偿金额。

4.3 在计算期后的某一年度开始分期不等额支付

$$M_n' = M_n \times (1 + r_1) \cdots (1 + r_{n-1}) \times (1 + r_n) \quad (8)$$

$$M_k = \sum_{i=1}^n M_n' \quad (9)$$

$$\text{约束条件为 } \sum_{i=1}^n M_n = M_{k_1} + M_{k_2} \quad (10)$$

M_n 为补偿主客体之间协商的补偿期内第 n 年的补偿额, M_n' 为该年实际需要支付的补偿金额, r_n 为该年的利率, n 为协商的补偿年限, M_k 为该行政区接受的补偿金额或付出的补偿金额。

5 实证分析

5.1 宁夏回族自治区水环境概况

黄河是我国的第二大河, 流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等 9 省(区)。黄河以其占全国河川径流 2% 的水资源, 承担着全国 12% 的人口、13% 的粮食产量、14% 的 GDP、及 50 多座大中型城市、420 个县(旗)城镇的供水任务。

作为黄河上游的重要省区之一, 宁夏回族自治区在经济、社会迅速发展的同时, 面临着严重的水环境问题。“沿黄经济区”是宁夏各种生产要素和经济活动最为集中的地区, 主要包括银川、卫宁两大平原地区。随着经济和社会的发展, 该经济区工农业用水越来越密集, 水环境破坏程度也越来越严重, 主要表现在宁夏段水中污染物超标, 取水量远超过分配到的水量。

宁夏回族自治区目前已进行了森林、草原和矿产资源开发等方面的生态补偿实践, 是生态环境脆弱地区进行环境治理的一个积极尝试, 并取得了初步效果。但是在流域生态补偿方面, 宁夏并无先例。根据宁夏回族自治区 2012 年的环境质量公报显示, 黄河干流宁夏段 II 类水质断面比例为 66.7%, 比 2011 年上升了 33.3%, 主要原因在于中卫下河沿和叶盛公路桥的水质等级由 2011 年的 III 类上升到 2012 年的 II 类。主要污染物高锰酸钾指数年均浓度下降 6.7%, 但是氨氮年均浓度上升 1.6%。全区主要污染物 COD 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 排放总量较 2011 年分别下降了 2.43% 和 3.10%, 但远未达到“黄河中上游流域水污染防治规划(十二五)”设定的目标。总体来说, 水质有所改善, 但效果不明显。经过对黄河干流宁夏段的上游中卫下河沿监测断面以及下游的麻黄沟监测断面的对比可以看出, 水中污染物的浓度明显上升, 说明黄河的水质在经过宁夏时受到了明显的污染。而污染最直接的受害者是下游的内蒙古, 因此宁夏回族自治区应对这部分损失进行补偿。

根据黄河水资源公报显示, 宁夏回族自治区的取水量和耗水量在整个黄河流域占比较大, 耗水量达到了 11% 左右, 与其经济发展程度极不相符。因此宁夏回族自治区若占用水量过多, 势必会对流域内其他行政区的用水产生影响, 宁夏对于多占用的这部分水量应给予利益受损地区适当的补偿。

该研究根据需要, 选用位于黄河流域宁夏段上游的甘肃—宁夏回族自治区界的中卫下河沿监测断面和位于黄河流域宁夏段下游的宁夏—内蒙古省界的麻黄沟监测断面作为黄河宁夏段的入境断面和出境断面, 对这两个监测断面 2012 年的水质水量数据进行采集, 经过分析和计算得到结果。

5.2 黄河流域宁夏段水质情况及基于水质的补偿金额测算

选择中华人民共和国环保部公布的 2012 年全国主要流域重点断面水质自动检测周报^[16]提供的的数据, 以黄河流域宁夏段中卫下河沿和麻黄沟两个监测断面全年 52 周水体污染物指标年平均值作为该年的污染物指标值。

根据宁夏回族自治区环境保护目标, 选取地表水环境质量标准 (GB3828-2 002)^[17] II 类标准为其评价

表 1 2012 年宁夏回族自治区中卫下河沿和麻黄沟监测断面水质情况

断面名称	平均值					
	pH 值（无量纲）	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	挥发酚	总磷
中卫下河沿	7.63	9.30	1.75	0.25	0.000 8	0.07
麻黄沟	7.89	8.67	3.66	0.56	0.002 8	0.12

标准。取 $C_k = 0.1$ 。2012 年宁夏回族自治区城镇废水排放总量已达 3 亿 m^3 ，其中排入黄河的废水比例高达 80%，即 2.4 亿 m^3 左右，即 $Q_p = 2.4$ 。

表 2 宁夏回族自治区入境和出境断面水质综合污染指数

Ⅱ类标准值	pH 值	DO	COD _{Mn}	NH ₃ -N	挥发酚	P	P_k
	6-9	6	4	0.5	0.002	0.1	
$\frac{C_j^{in}}{C_{oj}}C_k$	0.130	-0.157	0.041	0.063	0.04	0.07	0.187
$\frac{C_j^{out}}{C_{oj}}C_k$	0.131	-0.146	0.086	0.106	0.14	0.12	0.437

根据综合污染指数法，当综合污染指数 $P_k \leq 0.2$ 时，水质状况较好，多个指标未检出或检出项目都在标准之内；当 $0.41 < P_k < 0.7$ 时，水质状况为轻度污染，有个别项指标检出超标或多项指标轻微超标。因此由表 4 可以看出，黄河水质在宁夏入境监测面处水质状况较好，尚未发生污染，但到了出境监测面处达到了Ⅱ类轻度污染，说明宁夏回族自治区为提高社会经济发展水平，牺牲了水环境，使得黄河在该省境内的水体发生污染，导致下游内蒙古的用水质量下降。因此，污水处理成为宁夏的当务之急。该研究的污水处理成本选用黄河流域九个省会城市征收的污水处理费的平均值，即 $C_{k1} = 0.524$ 。

将表 2 中的数据代入到（2）式中计算得出， $M_{k1} = (P_k^{out} - P_k^{in}) \times Q_p \times C_{k1} = 3\ 144$ 万。因此，宁夏回族自治区应补偿下游内蒙古，补偿金额为 3 144 万元。

5.3 黄河流域宁夏段基于水量的补偿金额测算

根据 2012 年黄河水资源公报和 2012 年中国统计年鉴的数据计算黄河流域各省份的 GDP 和取水量占整个流域的比例，得到表 3 所示结果。

由表 3，从整个黄河流域来看，宁夏回族自治区的取水量占比仅次于山东和内蒙古，排第三位，但是其 GDP 占比却仅高于青海，排倒数第二。从其省内情况来看，宁夏回族自治区取水量占比绝对值远远大于其 GDP 占比，这些都充分说明其取水量与其经济发展状况极不相符，反映宁夏回族自治区的现实状况是牺牲水环境发展经济，但是由于技术条件、自然条件的限制，水资源利用效率低下。表 3 中，31.39 亿 m^3 即为宁夏回族自治区多占用的水量，宁夏回族自治区应对占用的这部分水量对其他行政区造成的损失进行补偿。

表 3 黄河流域各省份取水量占比和 GDP 占比

省份	取水量 (亿 m^3)	取水量占 比 (%)	GDP (亿元)	GDP 占比 (%)
青海	12.54	3.25	1 893.54	1.22
四川	0.34	0.09	23 872.80	15.32
甘肃	40.51	10.49	5 650.20	3.63
宁夏	66.39	17.19	2 341.29	1.50
内蒙古	67.35	17.44	15 880.58	10.19
陕西	34.58	8.95	14 453.68	9.28
山西	23.85	6.18	12 112.83	7.77
河南	56.77	14.70	29 599.31	19.00
山东	83.84	21.71	50 013.24	32.10
合计	386.17	100.00	155 817.47	100.00

根据国务院批准实施的《宁夏天然林资源保护工程实施方案》公布的数据显示，2000 ~ 2010 年期间，为治理水土流失、土地沙化、减少入黄泥沙，天然林资源一期工程宁夏累计投资完成 4.272 6 亿元，平均每年投入约 4 272 万元，黄河流域宁夏段多年年均径流量为 9.493 亿 m^3 ，所以水量保持的单位投入成本为 0.045 元 / m^3 ，即 $C_{k2} = 0.045$ 。

将表 4 数据代入到（4）式中计算得出， $M_{k2} = L_k \times C_{k2} = 1.413$ 亿元。该结果说明宁夏回族自治区的

实际用水量已经超过了分配的初始水权, 占用了流域内其他行政区的用水量, 因此, 宁夏回族自治区应对其他行政区进行补偿, 补偿金额为 1.413 亿。

5.4 最终补偿金额的确定

根据上面的计算结果, 2012 年宁夏省对黄河流域内其他行政区的补偿总金额为 $M_{k_1} + M_{k_2} = 1.727\ 4$ 亿元。

(1) 在计算期后的某一年度一次性付清

假设宁夏回族自治区与其他利益各方经过协商之后, 确定于 2015 年年末一次性付清补偿金, $n = 3$, 2013 年、2014 年的贷款利率都为 6.40%, 2015 年的贷款利率为 6.00%, 根据 (5) 式计算得出, $M_k = (M_{k_1} + M_{k_2}) \times (1 + r_1) \times (1 + r_2) \cdots \times (1 + r_n) = 2.073$ 亿元。

(2) 在计算期后某一年度开始分期等额支付

假设经过协商后, 确定分 3 年进行等额支付补偿金, 截止 2015 年付清, 即 $n = 3$, 利率采用最新公布的 $i = 6.00\%$, $PVIFA_{i,n} = 2.673$, 根据 (6) 式计算得出, $M'_k = (M_{k_1} + M_{k_2}) \div PVIFA_{i,n} = 0.646$ 亿元, 即每年支付补偿金 6 460 万元, 最终支付总的补偿金额 $M_k = nM'_k = 1.939$ 亿元。

(3) 在计算期后的某一年度开始分期不等额支付

该支付方式的具体补偿年限以及每年具体的补偿金额由宁夏回族自治区与其他利益相关者协商确定, 带入式 (7) 计算出来, 再根据式 (9) 计算出实际支付的补偿金额。

6 结论与讨论

该文以保持水质投入的单位成本和保持水量投入的单位成本为单位补偿金额, 分别构建了基于水质和水量的生态补偿量测算模型, 并以黄河流域宁夏段为例进行了实证分析, 得到的结论是: 2012 年, 宁夏回族自治区对黄河流域内其他行政区的补偿金额为 1.727 4 亿元。在这种测算方法中, 同时考虑对水质水量进行补偿, 使得补偿标准得到了合理量化, 相比于只对其中一种因素进行补偿的标准显得更加完整, 也更符合实际情况。

但是, 从研究结果可以看出, 基于水质水量进行生态补偿标准的测算涉及的资金数额较大, 仅靠流域内同级政府之间的横向财政转移支付来实施生态补偿, 无疑给作为补偿主体的政府带来了巨大的财政压力, 因而生态补偿无法及时、高效地得到实施。因此仍需要国家和上级政府部门给予下级政府适当的资金、人力和物力的支持, 才能确保生态补偿得到较好的实施。

流域地方政府间应签订具有约束力的生态补偿协议。该协议可以明确具体的生态补偿金额、年限、方式以及补偿主客体政府存在违约行为时的惩罚机制, 主要作用就是规范补偿主客体双方的权利和义务, 防止生态补偿成为“纸上谈兵”以及水资源利用陷入恶性循环。

除此之外, 该研究的生态补偿模型还存在一定的问题。在指标设置上, 以初始水权作为标准水量没有考虑到当地经济发展导致实际需水量的变化, 单位补偿金额的确定还需进一步的考证; 在进行实证分析时, 以全年的污染物均值作为断面指标值与实际情况还存在偏差。因此该研究的生态补偿模型根据实际情况还需要进一步的修正。建立适合我国流域的生态补偿标准还需各利益相关方的共同参与, 各种制度的完善, 因此还有待进一步的研究。

参考文献

[1] Almigues J. P., Boulatoff C. The Benefits and Costs of Riparian Analysis Habit at Preservation: A Willingness to Accept to Pay Using Contingent Valuation Approach. Ecological Economics, 2002, (43): 17~31

[2] Bienabe E., Hearne R. R. Public Preferences for Biodiversity Conservation and Scenic Beauty within a Framework of Environmental Services Payments. Forest Policy and Economics, 2006, (9): 335~348

表 4 基于水量补偿的各指标值

指标	实际取水量	初始水权	需补偿水量	C_{k_2} (元/ m^3)
值	66.39	35	31.39	0.045

- [3] Moran D, McVittie A. Quantifying Public Preferences for Agri-environmental Policy in Scotland: A Comparison of Methods. *Ecological Economics*, 2007, 63 (1): 42 ~ 53
- [4] Ana Villarroja, Jordi Puig. Ecological Compensation and Environmental Impact Assessment in Spain. *Environmental Impact Assessment Review*, 2010, (30): 357 ~ 362
- [5] 李晓光, 苗鸿, 郑华, 等. 机会成本法在确定生态补偿标准中的应用——以海南中部山区为例. *生态学报*, 2009, 29 (9): 4875 ~ 4883
- [6] 梁龙, 王大鹏, 吴文良, 等. 基于低碳农业的清洁生产与生态补偿——以山东桓台为例. *中国农业资源与区划*, 2011, 32 (6): 98 ~ 102
- [7] 魏楚, 沈满洪. 基于污染权角度的流域生态补偿模型及应用. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21 (6): 135 ~ 141
- [8] 李远, 彭晓春, 周丽旋, 等. 流域生态补偿、污染赔偿政策与机制探索——以东江流域为例. 北京: 经济管理出版社, 2012: 95 ~ 128
- [9] 张翼飞, 赵敏. 意愿价值法评估生态服务价值的有效性研究综述与实例设计研究. *地球科学进展*, 2007, (11): 1141 ~ 1149
- [10] 葛颜祥, 梁丽娟, 王蓓蓓, 等. 黄河流域居民生态补偿意愿及支付水平分析——以山东省为例. *中国农村经济*, 2009, (10): 77 ~ 85
- [11] 谢晓敏, 蹇兴超, 冯庆革. 基于 COD 水环境剩余容量的流域生态补偿研究. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23 (5): 103 ~ 106
- [12] 接玉梅, 葛颜祥, 李颖. 大汶河河流生态系统服务功能价值评估. *农业科技管理*, 2012, 31 (2): 4 ~ 7
- [13] 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. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18 (4): 189 ~ 194
- [14] 郭志建, 葛颜祥, 范芳玉. 基于水质和水量的流域逐级补偿制度研究——以大汶河流域为例. *中国农业资源和区划*, 2013, 34 (1): 96 ~ 102
- [15] 王学忠, 王鹏. 不同水质评价方法在怀柔水库水质评价中的应用与分析. *水环境*, 2011, (1): 31 ~ 33
- [16] 中国统计出版社. 中国统计年鉴 2013. 北京: 中国统计出版社, 2013
- [17] 中国环境科学出版社. GB3838-2002: 地表水环境质量标准. 北京: 环境科学出版社, 2002

BASIN ECOLOGICAL COMPENSATION MEASUREMENT BASED ON WATER QUALITY AND QUANTITY ——TAKING NINGXIA PROVINCE OF YELLOW RIVER BASIN AS EXAMPLE

Chen Yanping^{*}, Zhou Ying

(Business School of Hohai University, Jiangsu, Nanjing 211100, China)

Abstract On the basis of summarizing the results of theoretical studies of ecological compensation standards at domestic and abroad, this article proposed a model of compensation measurement of both water quality and water quantity. Comprehensive pollution index method was used to determine the degree of water pollution, the difference between amount of actual water consumption and the initial water rights allocated as the amount should be compensated. Considering the time value of money and determined the amount of compensation in accordance with the method of payment and the age limits, it built the compensation model based on the water quality and quantity. Ningxia Province in Yellow River was used as an example. The results showed: Ningxia Province destructed the water environment to improve the development degree of economy and society, affected the water quality of downstream Inner Mongolia and had taken up the water quantity of the other administrative areas in the same basin. The compensation money was calculated as 172.74 million yuan. The actual payment was different based on different methods and age limits: if paid off once after three years, the money actually paid was 207.3 million; if paid off the same amount divided in three years, the money actually paid was 193.9 million yuan; Because of the serious problems of water quality and quantity, Ningxia Province would face huge financial pressure. Central government's financial, talents and technology support were needed to ensure the better implementation of ecological compensation.

Keywords basin ecological compensation; water quality; water quantity; the time value of money; Yellow River