

陕南汉江流域生态补偿的定量标准化初探

张自英¹ 胡安焱¹ 向 丽²

(1. 长安大学环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 深圳康佳集团数网事业部, 广东 深圳 518053)

摘要 分析生态补偿理论及生态补偿标准的理论基础, 探讨生态建设区的总成本计算方法, 根据上游水资源特点与水资源保护的投入, 建立了陕南汉江流域受益区对上游地区生态建设与保护总成本补偿计算模型, 提出直接成本及间接成本的计算方法, 并对修正因素中的水量分摊系数、水质修正系数和效益修正系数的赋值方法进行了说明。最后, 以汉江流域生态补偿服务区补偿标准的计算为例, 得出受益区年补偿额为71.13亿元。结果表明, 该模型对生态补偿标准的制定有一定的参考价值。

关键词 生态补偿; 补偿标准; 补偿额度; 陕南地区; 汉江流域

中图分类号 F323.213 **文献标识码** A **文章编号** 1006-7647(2011)01-0025-04

Quantitative standardization of ecological compensation for Hanjiang River basin in southern area of Shaanxi Province//
ZHANG Zi-ying¹, HU An-yan¹, XIANG Li² (1. College of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Digital and Network Department of Shenzhen Konka Group, Shenzhen 518053, China)

Abstract: The theories of ecological compensation and the theoretical basis of ecological compensation standards were analyzed. The calculation method for the total cost of ecological construction area was discussed. According to the characteristics of upstream water resources and the input of their protection, a total cost compensation model was established for the ecological construction and protection in the upstream regions by the benefit regions of Hanjiang River basin in southern area of Shaanxi Province. Relevant methods to calculate the direct and indirect costs in the model were proposed, and the assignment methods for water-sharing coefficient, water quality correction factor and efficiency correction factor were described. Based on the calculation of the compensation of ecological compensation service regions in Hanjiang River basin, the annual compensation from the benefit regions was up to 71.13 billion Yuan. A conclusion is drawn that the proposed model is valuable for the preparation of ecological compensation standards.

Key words: ecological compensation; compensation standard; compensation lines; southern area of Shaanxi Province; Hanjiang River basin

生态补偿是以恢复、维护和改善生态系统服务功能为目的、以调整相关主体(保护者和受益者)的环境及其经济利益的分配关系为对象、以内化相关活动的外部成本为原则的一种环境经济政策。它综合运用行政、法律和市场等各种手段, 具有经济激励作用, 其理论基础包括生态学基础、法学基础、公共物品理论基础和外部成本内部化理论基础^[1]。

流域生态保护的根本目的在于保证全流域水资源的可持续利用^[2], 这是国家可持续发展战略顺利实施的基础。但随着社会经济的飞速发展, 流域生态环境现状不容乐观, 同时流域生态保护面临诸多问题。我国大多数河流的上游地区往往是经济相对贫困、生态相对脆弱的地区, 这些地区很难独自承担

生态建设和流域生态环境保护的费用, 需要下游受益区和政府分担生态建设的重任。因此, 建立流域生态补偿机制, 实施对流域上游地区的补偿, 可以理顺流域上下游间的生态关系和利益关系, 加快上游地区经济社会的发展, 有效保护流域上游的生态环境, 从而促进全流域社会经济的可持续发展。

陕南汉江流域水能资源丰富, 生物资源充裕, 是陕西省水力资源最优良的水梯级开发地区; 中药资源丰富, 拥有各类中药资源3000余种, 占全国的60%以上, 被誉为我国“天然药库”, 茶叶种植历史悠久, 主要分布在大巴山和汉江及其支流两岸的丘陵和低山区, 以汉中和安康为主, 林业资源丰富, 板栗、核桃、菌类种植已具有一定规模, 是全国四大魔芋种

植区域之一。陕南是我国重要的粮棉油产区之一，有较好的农业发展条件。因此，对汉江上游的生态补偿标准量的研究，可以为建立全流域生态补偿机制提供依据，具有一定的经济意义和社会意义。

1 汉江流域生态建设区总成本分析

根据生态补偿的理论基础，下游的经济效益要向上游地区转移，即下游向上游进行生态补偿^[3]。目前，生态补偿的标准在学术界还难以形成统一的认识，本文主要从生态建设与保护的总成本着手对生态补偿额度进行量化测算。上游地区生态建设与保护的总成本^[4]，由直接成本和间接成本构成。直接成本主要指为保护水源地水质和水量所开展的各项措施而投入的额外成本，包括林业资源保护成本、水土流失治理成本、水利工程建设成本和环境污染综合治理成本；间接成本主要指为保护水源而失去发展的机会成本^[5]，包括限制工农业发展造成的经济损失、移民安置成本和地方财政收入的减少量^[6]。公式表示如下：

$$T = D + I \tag{1}$$

$$D = L + S + J + W \tag{2}$$

$$I = G + Y + C \tag{3}$$

式中： T 为生态建设总成本； D 为直接成本； I 为间接成本； L 为林业资源保护成本； S 为水土流失治理成本； J 为水利工程建设成本； W 为环境污染综合治理成本； G 为限制工农业发展造成的经济损失； Y 为移民安置成本； C 为地方财政收入减少量。

1.1 直接成本的计算

根据陕南历年统计年鉴的相关数据资料^[7-14]和式(2)进行直接成本核算，得到汉江流域上游生态建设与保护的历年累积直接成本^[15]，计算结果见表1。

表1 陕南地区生态补偿直接成本核算
(1999—2006年) 亿元

城市	L	S	J	W
汉中市	22.87	1.40	32.76	8.27
安康市	34.21	2.53	28.89	2.26
商洛市	18.37	1.19	8.91	2.29

由表1可知，安康市在历年直接成本中投入67.89亿元，在3个城市中所占比例最大，为41.41%；汉中市的直接成本投入为65.30亿元；商洛市的直接成本投入为30.76亿元，在3个城市中占的比例相对较少，只占18.76%。安康市在陕南汉江流域生态保护工作中投入的资金比较多，做出的贡献比较大。所以，对生态补偿建设区进行补偿分配时，需要按成本投入的比例进行补偿，以达到生态补偿的公平、公正。

1.2 间接成本的计算

由于获取资料的难度较大，直接进行间接成本计算比较困难，因此本文采用间接方式进行分析计算。选取与水源地自然条件相近但未受涵养水源影响的相邻经济发展地区的居民人均可支配收入，与陕南水源地的人均可支配收入进行比较，计算两者之间的收入差异，近似地将两者的差异作为限制发展可能造成的经济损失^[5]。

$$B = (X - Q)R + (S - M)N \tag{4}$$

式中： B 为水源保护经济损失； X 为参照区城镇居民人均可支配收入； Q 为研究区城镇居民人均可支配收入； R 为研究区城镇居民人口数； S 为参照区农民人均纯收入； M 为研究区农民人均纯收入； N 为研究区农业人口数。

陕南地区是陕西省的一部分，考虑该地区的综合经济情况^[6]，选取陕西省和西安市分别作为参照地区。根据统计数据及式(4)计算由于限制发展可能造成的经济损失，得到：相对于陕西省的经济损失为362.20亿元，相对于西安市的经济损失为1172.88亿元。为了计算结果的准确性，取两者平均值作为研究区由于限制发展可能造成的经济损失，即累积间接成本为767.54亿元，从而根据式(1)得到生态建设总成本为931.49亿元。

1.3 修正因素

水是生态中最活跃的因子，也是与人类生产、生活关系最密切的因素，对于上游地区的生态补偿应该考虑水质和水量以及效益等指标，因此需要对全流域的生态建设与保护总成本进行修正。主要考虑3个修正因素^[3]，即水量分摊系数(K_Q)、水质修正系数(K_q)和效益修正系数(K_E)。

1.3.1 水量分摊系数

水量分摊系数为受益地区利用的上游水量占上游总水量的比例，公式表示为

$$K_Q = \frac{Q_{\text{d供}}}{Q_{\text{总}}} \tag{5}$$

式中： $Q_{\text{d供}}$ 为受益地区利用的上游水量； $Q_{\text{总}}$ 为上游总水量。

陕南秦巴山区地表水资源量为304.79亿 m^3 ，其中汉中市为150.74亿 m^3 ，安康市为105.43亿 m^3 ，商洛市为48.62亿 m^3 。从陕南出境的多年平均径流量达到290.7亿 m^3 ，占丹江口水库总库容的70%以上，即 $K_Q = 70\%$ 。

1.3.2 水质修正系数

在水资源利用的过程中，上游地区提供优质的水源给受益地区，使其发挥更大的社会和经济效益。基于此，确定水质修正系数，对总成本进行分摊。要

确定水质修正系数,首先要确定一个标准参照值。本文以接口断面水质与所要求水质的污染物质量浓度差作为标准值,再测算上游地区生态建设所削减的污染物质量浓度,两者的比值就是水质修正系数。当 $K_q = 1$ 时,接口断面水质与所要求水质的污染物质量浓度差与上游地区生态建设所削减的污染物质量浓度相等,则下游地区只需因利用上游水量而分摊成本;当 $K_q > 1$ 时,接口断面水质与所要求水质的污染物质量浓度差小于上游地区生态建设所削减的污染物质量浓度,说明上游地区的生态建设做到很好,已经远远超出所要求的标准,下游地区在分摊成本的同时,还要因享用优于标准水质的水而对上游地区进行补贴;当 $K_q < 1$ 时,接口断面水质与所要求水质的污染物质量浓度差大于上游地区生态建设所削减的污染物质量浓度,表明上游地区生态建设没有达到所要求的标准,下游地区在分摊成本的同时,还要因上游向下游排放劣于标准水质的水量得到上游地区的赔偿。水质修正系数为

$$K_q = \frac{D_{x1}}{D_{x2}} \tag{6}$$

式中: D_{x1} 为上游地区生态建设所削减的污染物质量浓度; D_{x2} 为接口断面水质与所要求水质的污染物质量浓度差。 x 表示污染物质,如 COD、BOD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、DO 等。

陕南秦巴山区的汉江流域上游段的接口断面允许水质标准为Ⅱ类水,研究即以Ⅱ类水作为水质修正标准。根据陕南 3 个地区 2007 年统计年鉴相关数据,主要污染物质为 COD,根据实际 COD 质量浓度与所要求水质类型的 COD 质量浓度,计算得到 $K_q = 1$ 。

1.3.3 效益修正系数

在上游地区生态环境良好的状况下,通过水循环,上游地区给下游地区带来了供水、工业、农业、服务业等方面的正效益,此时,分享正效益的受益区应遵照受益者补偿的原则对生态补偿成本进行分担。引入效益修正系数,对汉江流域生态受益区应该承担的生态建设成本进一步修正。根据各部门综合指标取经验值为 1.2^[3],即 $K_E = 1.2$ 。

汉江流域受益区生态建设与保护年补偿额度为

$$C_d = K_Q K_q K_E T \tag{7}$$

式中: C_d 为汉江流域受益区生态建设与保护年补偿额。

根据式(7)以及 1996—2006 年历年累积统计数据计算得到受益区生态补偿总额为 782.45 亿元,故陕南受益区年均补偿额为 71.13 亿元。其中汉中市为 28.33 亿元,安康市为 29.46 亿元,商洛市为

13.34 亿元。根据陕南 3 个地区的历年人口统计数据^[7],可计算出 3 个地区每年的人均补偿额,汉中市为 766.55 元/人,安康市为 1 004.92 元/人,商洛市为 561.28 元/人。参照陕南 3 个市历年的人均 GDP 可知,汉中市人均 GDP 为 4 322.37 元,安康市为 3 204.65 元,商洛市为 2 784.84 元。陕南 3 个市的生态补偿额度占当地人均 GDP 比例分别为汉中市 17.7%、安康市 31.4%、商洛市 20.2%,可见生态补偿的措施势在必行,对当地经济社会产生重要的影响。

2 汉江流域生态补偿服务区补偿标准预测

按照陕南地区人均 GDP 的增长速度和人口的增长率,预测汉江流域生态补偿服务区的补偿额度。根据历年陕南地区统计数据可知,陕南地区人均 GDP 的年增长率为 11.63%,人口年增长率为 0.3%。由于这 2 种参数计算标准不同,为了预测值的准确性,取两者的平均值(5.97%)进行年生态补偿额预测。受益区年补偿额增长的趋势预测见表 2。

表 2 陕南受益区年补偿额预测

年份	总人口/ 万人	人均 GDP/元	年生态补偿 额/亿元
2010	929.26	9 760.58	89.46
2015	943.46	16 835.41	119.16
2020	957.89	29 174.29	158.71
2025	972.55	50 785.22	211.39
2030	987.44	88 788.13	281.55
2035	1 002.57	155 870.30	375.00

据表 2 可知,未来受益区的生态补偿额是稳步上升的,越往后生态补偿额的增长速度越快,其增长的速度与陕南地区的人口变化和人均 GDP 增长速度有着密不可分的关系。通过生态补偿的措施实现对水资源价值的转移,促进汉江流域内的群众对水资源进行生态保护,改变流域内的经济发展结构,改进生产技术,更好地实现流域内经济与环境的和谐发展^[17]。

3 结 语

a. 通过对陕南秦巴山区汉江流域上游生态建设与保护总成本的分析可知,直接成本在总成本中所占的比例为 17.6%,间接成本在总成本中所占的比例为 82.4%,表明陕南地区在对上游水源地的建设与保护中,工农业发展受到了严格的限制,导致该地区经济发展缓慢,工农业基础薄弱,生产总值只占陕西省的 11.45%。

b. 通过对陕南秦巴山区汉江流域生态建设与保护的历年补偿额度分析可知,该流域中下游地区对上游地区的生态建设与保护年均补偿额为

71.13 亿元 ,占总成本的 84% ,上游地区自身需要分担的年均建设与保护成本为 13.56 亿元 ,表明汉江流域的中下游地区对水源地的建设与保护资金的投入影响很大 ,对上游水源地的生态补偿相当重要。

c. 生态补偿机制的建立是一项复杂的系统工作 ,生态补偿标准的确立是其中的重点和难点^[18]。目前 ,在学术领域内尚没有一致的生态补偿标准的核算方法 ,本文的探讨只是提供一种思路 ,在具体生态补偿实施的时候 ,要考虑全流域各地区的经济社会发展水平 ,在各地地区协商一致的基础上制定全流域生态与环境保护的规划目标 ,明确界定各方的责、权、利 ,逐步建立和完善全流域生态共建、资源共享、经济共赢的长效机制 ,通过生态补偿资金实现流域水资源保护与经济的双赢。因此 ,建立和完善生态补偿机制是很有必要的。

参考文献 :

[1] 万军 ,张惠远 ,葛察忠 ,等 . 广东省生态补偿机制研究 [C]/王金南 ,庄国泰 .生态补偿机制与政策设计国际研讨会论文集 .北京 :中国环境科学出版社 ,2006 :1-267 .
[2] 任勇 ,冯东方 ,俞海 .中国生态补偿理论与政策框架设计 [M].北京 :中国环境科学出版社 ,2008 :1-179 .
[3] 刘玉龙 .生态补偿与流域生态共建共享 [M].北京 :中国水利水电出版社 ,2007 :1-145 .
[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 .
[5] 刘玉龙 ,路宁 ,李梅 .水资源利用压力下的政策选择

——生态补偿机制 [J].中国水利 ,2008(6) :19-21 .
[6] 钟华 ,姜志德 ,代富强 .水资源保护生态补偿标准量化研究——以渭源县为例 [J].安徽农业科学 ,2008 ,36 (20) 8752-8755 .
[7] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (1999 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,1999 .
[8] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (2000 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,2000 .
[9] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (2001 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,2001 .
[10] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (2002 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,2002 .
[11] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (2003 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,2003 .
[12] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (2004 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,2004 .
[13] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (2005 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,2005 .
[14] 陕西省统计局 .陕西统计年鉴 (2006 年) [M].北京 :中国统计出版社 ,2006 .
[15] 江中文 .南水北调中线工程汉江流域水源保护区生态补偿标准与机制研究 [D].西安 :西安建筑科技大学 ,2008 .
[16] 陈明忠 ,刘恒 ,耿雷华 ,等 .流域水资源可持续利用模式研究 [J].水利水电科技进展 ,2004 ,24(3) 5-7 .
[17] 魏婧 ,梅亚东 ,杨娜 ,等 .现代水资源配置研究现状及发展趋势 [J].水利水电科技进展 ,2009 ,29(4) :73-76 .
[18] 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 .

(收稿日期 2010-04-13 编辑 :方宇彤)

· 简讯 ·

河海大学与香港合作科研成果首获国家科技进步奖

河海大学和香港大学学者共同完成的“复杂环境下水力射流新理论关键技术及应用”获 2010 年度国家科技进步二等奖 ,这是河海大学与香港大学合作科研成果首次获国家奖 ,也是全国水利领域首个内地与香港合作的国家奖。

射流普遍存在于自然界和工业过程 ,污染物正是以射流方式向周边环境扩散释放 ,达到大自然自净效果 ,这些释放过程总是伴随着紊流、环流等动力学方式连续而快速地与周围流体掺混 ,达到浓度稀释。如何建立一种能准确描述复杂环境全过程的水力射流理论和可靠实用的模拟技术 ,为土木水利工程水力设计、环境影响评估、污染混合区界定、污染扩散系统设计、实时消毒剂量投放控制等提供可靠的预测 ,是一个亟待解决的科学技术难题。课题组结合各类工程项目进行了多年的研究和实践 ,在理论分析、数值计算、精细实验和现场调查的基础上 ,原创性地提出了计算初始稀释度的 Lee & Neville-Jones 方程和射流运动轨迹的 JETLAG 模型等理论 ,创建了物质输移 JETLAG 拉格朗日模型 ,开发了复杂环境下污水排放设计辅助决策 VISJET 系统 ,首次采用水力射流理论 ,创建了有限空间下都市防洪新技术 ,首次基于浮射流理论 ,研究了在复杂建筑环境中通风对非典病毒传播的影响。

(本刊编辑部供稿)