

文章编号:0559-9350(2010)06-0665-06

## 流域水资源共建共享理念与测算方法

许凤冉<sup>1</sup>, 阮本清<sup>2</sup>, 汪党猷<sup>3</sup>, 张春玲<sup>3</sup>

(1. 中国水利水电科学研究院 水力学研究所, 北京 100038;

2. 中国水利水电科学研究院 科研管理与规划计划处, 北京 100038;

3. 中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100038)

摘要: 本文根据流域水资源共建共享理念, 提出了水资源效益分享和成本分摊测算方法。以跨皖浙两省的新安江流域为例, 界定了流域水资源共建区与共享区的范围, 核算了2006年水源涵养与保护的投入。按照受益者分享的水资源效益比例对保护投入进行了分摊, 并分析了测算结果的合理性及实施方式, 探索了建立和完善全流域水资源保护基金及其使用的管理制度。

关键词: 水资源保护; 生态补偿; 共建共享; 新安江流域

中图分类号: TV213

文献标识码: A

## 1 研究背景

在流域水资源管理工作中, 存在着区域间水资源开发利用与保护不协调的问题, 并由此而提出了实施生态补偿的要求。流域水资源开发利用在质量与数量上常常表现出不同程度的竞争性。水资源利用和保护存在正负两方面的外部效应, 且会从上游向下游转移。一方面上游水资源过度开发可能造成下游水资源短缺或水污染加剧; 另一方面, 流域上游一般开发利用程度较低, 其良好的生态环境质量有利于下游地区分享优质充足的水资源, 但沉重的水资源与生态保护任务在一定程度上限制了上游发展。大多数河流的上游地区往往经济相对落后, 面临着加快经济发展和加强环境保护的双重压力。流域水循环的整体性、河流水系的连续性和流动性, 以及行政区域和社会经济各部门之间的相互分割性, 导致水资源保护与开发利用中出现了这种成本与效益的不对称问题。

建立流域生态补偿机制有利于协调上下游水资源利用与保护工作, 促进流域经济社会可持续发展。流域内区域间的生态补偿可以划分为两类问题。一类是上游水源涵养区的生态补偿。江河上游地区具有水源涵养、水土保持、生物多样性维护等重要功能, 对流域水循环的可持续性具有全局性影响, 但其水资源与生态保护的要求较高, 经济社会的开发利用活动受到限制, 因而需要实施水源涵养的生态补偿。另一类问题指上下游水资源利用与保护中因水量和水质的竞争性引起的补偿。目前, 我国对上下游间水污染的惩罚或赔偿已经有了比较成熟的法律规定。江苏、浙江等省通过设立跨界断面的水量水质考核标准, 明确责任, 探索实施了上下游间的补偿机制<sup>[1-2]</sup>。尽管国内外对上游水源涵养区的生态补偿已有一些研究和实践探索, 但存在补偿标准测算方法不成熟、政府补偿比重过大、缺乏跨省流域生态补偿机制等问题<sup>[3]</sup>。流域生态补偿标准的测算研究多数是从水资源保护的成本和效益核算开展的, 但当前仍存在若干难点。在效益测算中, 从社会效益和生态效益中提取水资源效益份额的计算方法还不成熟, 其中水资源保护带来的效益更是难以定量测算。自然因素和人为保护因素带来的水资源效益很难区分, 因而难以准确确定补偿量的上限值。水资源保护的测算相对简单, 但对如何从上游水资源

收稿日期: 2009-03-26

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(50979114); 中国水科院科研专项(水集1010)

作者简介: 许凤冉(1981-), 男, 河北承德人, 博士, 主要从事流域水资源管理研究。E-mail: xufr@iwahr.com

保护成本中划出一部分作为补偿下限的问题,目前还缺乏科学合理的方法,也是当前研究的热点问题。

水源涵养与保护能有效改善水循环条件和水环境质量,对流域水资源持续发挥各类服务功能具有很大的促进作用。上游区域水源涵养与保护的总成本包括实际保护投入和相关的限制发展机会损失。为促进水源涵养与保护的跨界外部效应内部化,本文从流域水资源共建共享理念出发,以新安江流域为例,进行水源涵养与保护实际投入的分摊测算,探索流域生态补偿标准测算和实施方式的新思路。

## 2 流域水资源共建共享的理论基础和测算思路

**2.1 流域水资源共建共享理念** 流域水资源共建共享是可持续发展理论的具体体现。水资源共建与共享的范围是由自然地理和社会经济因素所决定的<sup>[4]</sup>。共建区指上游流域所有集水区分水岭以内的闭合区间,其范围主要决定于自然地理因素。共享区指直接或间接分享共建区水资源效益的区域,其范围受到自然地理因素和动态的社会经济因素的影响。共享区包括整个共建区在内,并包括流域内、外现有和潜在的利用共建区水资源的区域。由于水资源保护具有外部性,上游水资源保护的正效益会有一部分或大部分转移到下游地区。

共建区与共享区的确定,既有利于明确水资源保护主体,又能明确共享水资源保护效益的各相关主体,使得生态补偿问题变成共建共享解决方案。在水资源共建区水量、水质状况良好,且能保证水资源在共享区正常发挥各类服务功能的条件下,按照“谁受益谁补偿”的原则,共享区内的受益主体都有分担共建区水资源与水环境保护投入的义务。对于水资源与生态环境保护现状较好的流域上游地区,通过建立共建共享机制可以有效协调上下游水资源保护工作,促进上下游合作与和谐发展。

**2.2 理论基础** 以可持续发展理论为统领,水文与水资源学、水资源经济学和环境经济学的相关理论与方法共同构成了实施流域水资源共建共享的理论基础。资源的公共物品属性和有偿使用理论、外部成本内部化理论和效率与公平理论等,为流域生态补偿标准的具体计算方法、生态补偿实施的原则和机制设计提供了更为直接的理论基础,也为流域水资源共建共享的测算和实施提供了依据<sup>[5-6]</sup>。

水资源公共物品属性造成的外部性,是实施区域间生态补偿的主要原因。水的流动性、可更新性、多用途性和流域整体性,决定了水资源产生的效益(包括正效益和负效益)具有显著的外部性特点,即效益转移的特点。无论是外部非经济性还是外部经济性,都会造成生产者私人成本(收益)不同于社会成本(收益),引起帕累托效率的偏离。因而,需要消除私人成本(收益)与社会成本(收益)的差异,从经济学角度进行分析,见图1所示。

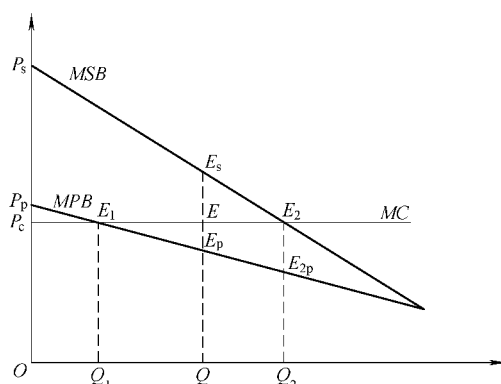


图1 水资源保护的外部经济性

当存在外部经济性时,上游地区水资源保护在全流域的边际社会效益  $MSB$  大于边际私人效益  $MPB$ 。两条线之间的部分即为外部正效益。上游投资水源涵养与生态保护时,如果其投资行为由  $MPB$  和边际成本  $MC$  决定,这时保护规模  $Q_1$  小于由  $MSB$  和  $MC$  决定的有效保护规模  $Q_2$ 。如果流域上游地区水资源和水环境保护现状较好,保护投入比较充分,保护规模  $Q$  往往处于  $Q_1$  与  $Q_2$  之间。此时,社会效益为  $OP_sE_sQ$ ,私人效益为  $OP_pE_pQ$ ,则存在相应的外部正效益为  $P_pP_sE_sE_p$ ,保护成本为  $OP_cEQ$ 。对流

域生态补偿量的测算来讲,补偿量的下限应为  $E_1EE_p$ ,上限应不超过全部的外部正效益  $P_pP_sE_sE_p$ 。

在补偿标准的测算中,水资源保护外部正效益  $P_pP_sE_sE_p$  作为补偿量的上限,其测算方法尚不成熟。同时,如何从总保护成本  $OP_cEQ$  中划分出补偿量的下限  $E_1EE_p$ ,也存在较大难度。采取流域水资源共建共享理念,可以较好解决补偿标准测算中的上述难点。按照共享区受益主体享受共建区水资源效益的比例来分担保护成本,可以得到相对合理的水资源保护成本分担方法,有利于促使流域上下游形成更为主动的、良性循环的利益分享和责任协调机制。

2.3 测算思路 流域水资源保护的效益共享和成本分摊的测算思路见图 2 所示。

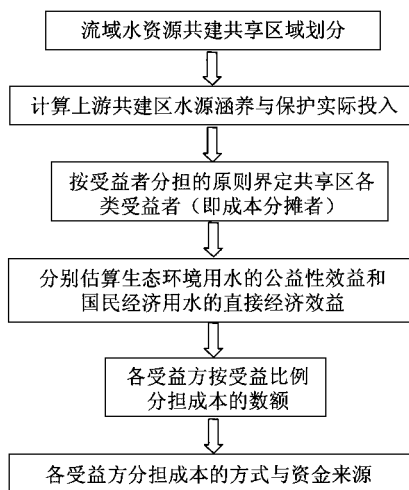


图 2 流域水资源共建共享总体思路

2.3.1 流域上游共建区水资源保护投入核算 重点估算水源涵养林建设与水土流失治理、水污染防治、生态移民等方面的投入,作为成本分摊的依据。

2.3.2 水资源国民经济效益与生态效益测算 水资源效益涵盖的外延很宽,本文主要对水资源的直接经济效益和公益性生态效益进行估算。直接经济效益以能明确界定受益主体的直接使用效益为主;公益性生态效益以河道内生态用水效益和纳污效益为主。

(1) 估算国民经济用水效益。国民经济用水效益指水资源共享区内各地区、各部门和各单位直接或间接利用上游流域水资源的效益之和,其表达式为:

$$V_j = \sum_{i=1}^n V_i \quad (1)$$

式中:  $V_j$  为国民经济用水总效益(元/年);  $V_i$  为第  $i$  个国民经济部门所分享的水资源效益(元/年)。

(2) 估算生态环境用水的公益性效益。水资源生态环境效益的计算公式为:

$$V_E = V_1 + V_2 \quad (2)$$

其中:

$$V_1 = P_1 \times (W - W_g); V_2 = P_2 \times W \quad (3)$$

式中:  $V_E$  为河道内生态用水效益与纳污效益之和(元/年);  $V_1$  为河道内生态用水效益(元/年);  $V_2$  为纳污效益(元/年);  $P_1$  为河道内生态用水单位价值(元/ $m^3$ );  $W_g$  为河道外供水量( $m^3$ );  $W$  为年径流量( $m^3$ );  $P_2$  为单方水纳污效益(元/ $m^3$ )。

2.3.3 成本分摊计算模式 根据流域水资源及其开发利用情况,分别测算各区域分享的水资源国民经济效益和生态效益。按照共享区受益者分享效益的比例,分摊流域上游共建区的水资源保护投入。

### 3 新安江流域水资源效益分享与成本分担测算

3.1 研究区概况 新安江发源于安徽省休宁县,由西向东进入浙江省淳安县千岛湖(新安江水库),并于

建德市梅城与兰江汇合成为富春江,下游称为钱塘江,最后注入杭州湾。新安江流域总面积 11 674km<sup>2</sup>,约占钱塘江流域面积的五分之一。新安江多年平均地表水资源量 118 亿 m<sup>3</sup>。流域控制性水库—新安江水库年均来水 105 亿 m<sup>3</sup>,其中新安江皖浙省界断面多年平均来水 65 亿 m<sup>3</sup>,约占 62%。2006 年安徽省内新安江流域水资源利用量为 4.5 亿 m<sup>3</sup>;杭州市水资源利用量约 48 亿 m<sup>3</sup>,其中约四分之一水量来自新安江流域。新安江水质现状良好,根据国家环保总局在皖浙省界断面的监测结果,该断面水质符合或优于地表水Ⅲ类水质标准。化学需氧量(COD)和氨氮(NH<sub>3</sub>-N)等指标符合Ⅱ类水质标准,总氮、总磷符合Ⅲ类水质标准。新安江水库主要水质指标符合国家地表水Ⅰ类水质标准,为国内水质最好的大型湖泊(水库)之一。

新安江流域在行政区域上分属安徽省黄山市和绩溪县,以及浙江省淳安县和建德市。与邻近经济发达地区比较,流域经济发展相对滞后,如 2006 年黄山市和淳安县人均 GDP 分别为 12 733 元和 14 894 元,而下流的建德市和杭州市区已分别达到 22 643 元和 66 476 元。

### 3.2 水资源共建区与共享区范围

(1) 共建区。新安江水资源共建区的范围是指新安江流域(含新安江水库)所有集水区内的闭合区间。这一区域内的社会经济活动会对新安江水资源产生程度不同的正面效应或负面效应。

(2) 共享区。水资源共享区是一个包括共建区的所有以新安江、富春江、钱塘江为水源的用水地区,涉及流域内外直接或间接分享新安江水资源效益的社会经济系统。现状范围包括共建区,以及下游杭州地区,计浙皖两省的 10 个市辖区、6 个县和 3 个县级市。共建共享区的范围如图 3 所示。

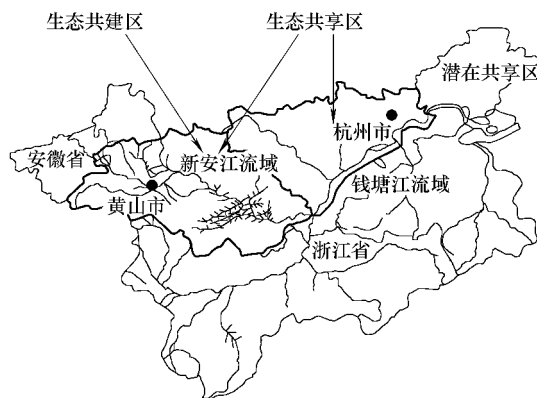


图 3 新安江水资源共建共享区示意

3.3 新安江流域水资源保护投入 考虑新安江流域水源涵养林建设、水土流失治理、生态移民、水污染治理等主要保护措施,2006 年总计投入 4.88 亿元,其中皖浙省界断面以上的安徽省地区投入 3.66 亿元,淳安县投入 1.22 亿元,见表 1。

表 1 2006 年新安江流域水资源与生态保护实际投入汇总 (单位:亿元)

区域	林业建设	水土流失治理	生态移民	水污染治理投入	合计
新安江皖浙省界以上	1.30	0.06	1.60	0.70	3.66
淳安县	0.49	0.03	0.10	0.60	1.22
新安江流域	1.79	0.09	1.70	1.30	4.88

3.4 新安江水资源的效益测算 水资源具有多种综合效益,包括供水、发电、灌溉、水产、旅游、航运和生态等,有的可以定量估算,有的则很难定量估算。目前,国内外对水资源国民经济和生态效益估算尚未形成一致认可的成熟估算方法,不同方法之间的估算差异也比较大<sup>[7-8]</sup>,本文根据式(1)一式(3),以 2006 年为例,采用效益分摊系数法、替代成本法等方法分别估算了新安江流域安徽省部分、淳安县部分及新安江水库下游区域分享的发电、水土保持、供水、渔业和旅游等效益。新安江水库下游杭州市的渔业养殖涉及池塘养殖和干支流养殖,但只有富春江、钱塘江干流的网箱养殖才会受到新安江水资源的影响。因而,估算新安江水资源给下游渔业生产带来的效益存在较大困难,在此暂不做估算。根据文献[9],东南诸河河道内生态用水价值为 0.11 元/m<sup>3</sup>,以此作为河道内生态用水公益性效益估算的依据。

同时,根据新安江水资源实际容纳的污染物入河量及替代治理成本,估算了新安江流域水资源实际发挥的纳污效益。

新安江水资源的经济效益按 2006 年的状况进行估算,生态环境用水效益按多年平均条件下的水资源量进行测算,各项结果见表 2。其综合效益约为 62 亿元,其中国民经济效益为 27 亿元,生态环境用水效益为 35 亿元。

表 2 新安江水资源分项效益估算结果 (单位:亿元)

分享效益		新安江流域皖浙省界以上	淳安县	新安江水库	新安江水库以下
国民经济效益	发电			2.60	
	水土保持			0.02	
	供水	4.56	1.37		5.70
	渔业	0.26	0.17		
	旅游		5.79		6.55
	小计	4.82	7.33	2.62	12.25
生态环境用水效益	河道内生态用水	6.94	10.82		10.14
	纳污	1.25	0.33		5.67
	小计	8.19	11.15		15.81
总计	62.17	13.01	18.48	2.62	28.06

3.5 新安江流域水资源保护的\*\*成本分摊\*\* 按照共享区效益分享的比例来分摊共建区水源涵养与保护的\*\*实际投入\*\*,由表 1 和表 2,可以得到分享新安江水资源的各个地区受益主体应分摊投入,见表 3。

水资源效益包括公益性生态效益和国民经济用水的直接经济效益,水资源保护投入应按政府补偿与市场化补偿相结合的方式\*\*进行分担\*\*。在考虑效益补偿时,各地区国民经济用水分担成本可从明确受益主体的效益中提取。由于河道内生态用水、纳污等社会公益性效益的受益者难以明确,可考虑由国家、地方政府作为受益主体,本文按中央政府和地方政府各承担 50% 进行了估算。政府可采取财政转移支付、水资源与生态保护投资项目和保护基金等直接补偿方式,也可以通过优惠的经济政策予以间接补偿。

表 3 新安江流域水源涵养与保护实际投入分摊结果 (单位:万元)

分摊部门		新安江流域皖浙省界以上	淳安县	新安江水库	新安江水库以下
用水部门分摊	发电			2043	
	水土保持			14	
	供水	3579	1074		4474
	渔业	200	133		
	旅游		4544		5145
	小计	3779	5751	2057	9619
政府分摊	中央	3215	4374		6202
	地方	3215	4374		6202
总计	48788	10209	14499	2057	22023

## 4 结果讨论

(1) 从计算结果可以看出,各部门分享的效益远大于分担的投入,其比例约为 12.7:1。这是因为自然因素在水资源发挥各种效益的过程中起着主要作用,人类的水资源保护投入则是发挥了保护性和辅助性的作用。在上述算例中,即使总投入达到 10 亿元,效益与成本之比仍然达 6.2:1,可见这种效益-成本分担机制是可持续的。

(2) 水源涵养与保护实际投入和机会损失的性质不同,在实施上具有各自适应的补偿措施和机制。因而,机会损失不应作为保护投入而被直接分摊,在补偿实施上更多地需要以上下游的经济合作为主。本文主要研究了实际投入的分摊问题,在实施层面上主要以资金和项目措施为主。为此,应逐步探索建立和完善全流域水资源保护基金及其使用管理制度,确保基金的按时足额到位、公平合理分配和有效监

督管理。

(3) 以上只是以 2006 年实际发生的保护投入为例进行分析, 仅仅反映了新安江流域在现状水平下提供保护投入的实际能力, 尚不能满足实际水资源保护需求。应编制全流域水资源保护规划、生态建设规划等, 以维持和改善生态现状所需要的总投入为基数, 进行保护投入的分担测算。

(4) 由于每年的水资源、国民经济和保护投入等参数都是动态变化的, 各受益部门每年受益的份额、分担的投入也是动态变化的, 应定期进行测算和调整。

#### 参 考 文 献:

- [ 1 ] 刘国才. 建立钱塘江流域生态补偿机制的实践探讨 [C]// 中国环境保护优秀论文集. 北京: 中国环境科学, 2005: 2017 - 2021.
- [ 2 ] 万军, 张惠远, 王金南, 等. 中国生态补偿政策评估与框架初探 [J]. 环境科学研究, 2005, 18(2): 1 - 8.
- [ 3 ] 阮本清, 许凤冉, 张春玲. 流域生态补偿研究进展与实践 [J]. 水利学报, 2008, 39(10): 1220 - 1225.
- [ 4 ] 刘玉龙, 阮本清, 张春玲, 等. 从生态补偿到流域生态共建共享—兼以新安江流域为例的机制探讨 [J]. 中国水利, 2006, 10: 4 - 8.
- [ 5 ] 张春玲, 阮本清. 水资源恢复补偿经济理论分析 [J]. 水利科技与经济, 2003, 3: 3 - 5.
- [ 6 ] 杨光梅, 闵庆文, 李文华, 等. 我国生态补偿研究中的科学问题 [J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4289 - 4300.
- [ 7 ] 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 等. 水生态服务功能分析及其间接价值评价 [J]. 生态学报, 2004, 24(10): 2091 - 2099.
- [ 8 ] 甘泓, 汪林, 倪红珍, 等. 水经济价值计算方法评价研究 [J]. 水利学报, 2008, 39(11): 1060 - 1066.
- [ 9 ] 王浩, 秦大庸, 汪党献, 等. 水利与国民经济协调发展研究 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.

### **Model for calculating benefit and cost sharing of water resources co-conservation in a river basin**

XU Feng-ran, RUAN Ben-qing, WANG Dang-xian, ZHANG Chun-ling  
(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Based on the principle that the allocation of water resources benefit among beneficiaries shall be determined according to their corresponding input proportion, a method for calculating the benefit and cost sharing of water resources co-conservation of a river basin is suggested. The model is applied to analyze the sharing of the Xin'an River basin which across the Anhui Province and Zhejiang Province, China. The current territorial scales of the co-conservation area and the benefit sharing area are determined. The total actual water conservation cost in 2006 is calculated and the benefits of water utilization for different beneficiaries are estimated. The conservation cost is allocated to water users or governments in whole sharing area according to the proportion of benefits sharing. The feasibility of the results and corresponding implementation modes are investigated.

**Key words:** water resources protection; ecological compensation; co-conservation; cost; benefit; sharing

(责任编辑: 王成丽)