

黄河水量分配的经济综合模式研究

彭少明^{1,2}, 黄 强¹, 畅建霞¹, 刘 涵¹

(1 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048;

2 黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003)

[摘 要] 以水资源分配的伦理经济和效益经济理论为基础, 探讨了基于不同目标的水资源分配模式, 提出了兼顾伦理与效益的黄河水量分配的经济综合模式, 构建了水资源分配的经济综合模型, 并以2010水平年为例进行了黄河水量分配的模拟研究和实证分析, 提出了黄河流域水资源综合分配方案。该方案与国务院87分水方案相比, 提高了流域的总福利水平, 同时也维持了流域的和谐发展。

[关键词] 黄河流域; 水资源; 水量分配; 综合分配模式; 伦理经济; 效益经济

[中图分类号] TV 211. 1⁺ 1; TV 212. 4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2006)04-0125-05

日益扩大的供水范围和持续增长的需水要求, 使水少沙多的黄河难以承受, 其承担的供水任务已超过承载能力, 造成水资源供需矛盾日益突出, 地区间用水矛盾加剧, 流域生态环境不断恶化, 黄河下游长时间断流是水资源供需矛盾突出的集中表现。断流造成了部分地区无水可供, 河道主河槽淤积加重, 防洪难度增加, 河口地区生态环境恶化, 生物多样性减少, 制约了经济、社会和环境的协调发展。随着国家西部大开发战略的实施, 黄河流域经济的快速发展将使水资源供需矛盾更加突出。预计到2010, 2020, 2030和2050年, 黄河流域水资源供需缺口将分别达到60, 80, 130和160亿 m^3 ^[1]。为满足流域及下游沿黄地区经济和社会发展的需要, 必须以现代水利和可持续发展的观点, 统筹考虑城乡生活、生态环境与国民经济各行业用水, 合理分配黄河流域水资源, 以达到流域综合效益最大化, 进而实现黄河水资源的可持续利用。

国内外关于水资源优化配置的研究, 多数是从水资源经济效益入手, 来研究水资源的高效利用模式^[2-4]。随着可持续协调发展观的提出, 一些学者开始将目光转向资源配置的伦理问题研究^[5-8], 但当前的研究尚未能提出一套针对缺水地区水资源分配的综合方案, 也就无法为经济社会和谐发展提供决策。为此, 本研究从伦理和效益两方面进行黄河水量分配综合模式研究, 以期对黄河水量合理分配及规划利用提供参考。

1 水资源的经济学特性及其分配问题

合理使用稀缺性水资源实质是一个经济问题, 因此对水资源进行科学分配的经济特性, 表现为资源在经济系统不同部门之间的分配及其在区域系统不同地域上的分配; 若资源分配不当, 不仅会造成经济建设中的增长无效率或有效率无效果, 而且会引起生态环境的破坏。经济学认为“稀缺性”是指相对于消费需求来说可供数量有限。当今世界, 水资源既有物质稀缺性, 即可用水量不足; 又有经济稀缺性, 即缺乏大量的开发资金。

由于水资源供求矛盾日益突出, 人们逐渐重视到稀缺性水资源的分配问题, 水资源空间优化配置和合理利用已成为当今世界关注的热点之一, 形成了既符合自然又符合人类社会经济活动需要的水资源环境与经济伦理观念。河流生命是指河流生态系统整体, 它以一定的基本水量在其固定的河道内以稳定的、正常的水流动来维持河流生命的延续, 这就是河流的伦理观。生物中心论(biocentrism)倡导者泰勒认为, 人类对有限水资源的过度利用会影响到生态环境系统, 生态用水量如果得不到低限满足就会使生态系统退化、恶化, 进而影响人类社会的存在和发展^[9]。Tony Allan也对世界水资源可持续利用的科学研究和实践应用问题进行了比较研究, 结果表明: 致力于提高水资源利用效率又不失公平地使用有限的水资源发挥最大的效益, 符合水资源利用的

· [收稿日期] 2005-08-16

[基金项目] 国家“973”重点基础研究发展规划项目(G19990436)

[作者简介] 彭少明(1973-), 男, 河南信阳人, 在读博士, 主要从事水文水资源研究。

经济学原理^[9]。

我国水资源的区际分配多采用行政配额的方式,在思想上和实践上仍倚重于行政手段,侧重于强化“分水协议”的实施保障机制,而不重视对利益主体的经济激励,已产生了不少的区际矛盾。黄河流域目前沿用的是国务院87分水方案^[1],由于其不能满足沿黄区域经济发展及流域治理的需要,因而制约了黄河流域经济、社会、生态系统的和谐发展。

2 水资源分配的经济学基础

经济学界关于社会福利存在两种截然不同的观点,即伦理经济的最大最小福利观点和效益经济的最大社会总福利观点。在伦理经济体系中,考虑社会的均衡发展,将社会中处于最劣的成员福利作为指导社会决策的参照,因此赋予社会最差处境的成员以福利优先性。伦理经济理论的社会福利函数为:

$$W = \min(G_1(x^1), G_2(x^2), \dots, G_n(x^n)) \quad (1)$$

式中, $G_1(x^1), G_2(x^2), \dots, G_n(x^n)$ 为区域 n 的产出收益,是资源分配量 x^i 的函数。

伦理经济主张对资源分配中经济发展落后且主要受制于资源供给的地区实施扶贫政策,进行资源分配倾斜使其尽快发展,以提高社会综合福利水平^[10]。因此,伦理经济社会的选择目标为:

$$\max(\min(G_1(x^1), G_2(x^2), \dots, G_n(x^n))) \quad (2)$$

而效益主义经济理论则主张资源按照效益分配,以实现社会总福利最大化,因此社会总福利最大化是功利主义决策的依据^[10]。效益主义经济理论的社会福利函数为:

$$W = \sum_{i=1}^N \alpha_i G_i(x^i) \quad (3)$$

式中, α_i 为成员 i 对社会福利的贡献权重, $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1$ 。

若 $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = \frac{1}{N}$, 则表明成员地位与贡献相等,改变 α_i 即可调整各区域对流域福利贡献的权重, N 为流域分区总数。效益经济按照总福利最大化的社会选择目标为:

$$\max \sum_{i=1}^N G_i(x^i) \quad (4)$$

3 综合模型的建立与求解

水量分配是一个国家内部利用水资源的关系问题,分水方案由分水目的所决定,按照决策者的目标不同,可以有不同的分水目的和模式。在资源主权化的前提下,处在经济发展的不同时期,所追求的社会

经济目标也不同。实际上区域水资源分配通常是多目标的,但其求解过程是通过几个单目标的某种组合优化而获得的。黄河流域的社会、经济情况十分复杂,有经济发达的沿海地区,也有经济发展较为落后的西部少数民族地区,要保证少数民族地区的生存和发展水平以及流域整体的经济效益,既有经济问题又包含民族问题,因此是一个典型的复合决策的社会问题。由河流伦理观的总原则可知,维持流域生存必需的水资源分配应当以平均原则为主,满足低限生存和发展需求;而非生存必需的资源代内分配,则不必强调平均原则,可按市场调节方式来进行分配。按照这一原则,各地区的生活需水必须得到优先满足以确保区域的持续发展。这种配置原则不仅体现了资源代内分配的人道主义和生物伦理特性,也符合我国经济处在发展初期阶段的国情,以效率 and 经济效益为主,把资源利用在最有效率和最能产生经济效益的地区和产业上,以追求经济目标最大化。

根据社会选择(效益或伦理)的不同目标,可有不同的水量分配目标,亦可折算统一在一个综合模型中。对于各区的生存保障用水,即各区域的基本生存和发展用水以及河流的生存用水需求(这里统称为河流的伦理需水量)应优先得到满足,以体现伦理经济的公平特性。在优先满足河流伦理需水量的前提下,流域水量的空间分配应遵循以下原则:优化水资源在区域内的产业分配及不同地区的空间分配,使流域总收益最大、社会福利增加最大。在河流伦理水量有限满足基础上,以流域水量分配总收益最大为目标函数,以各区域用水上下限以及流域水资源总量为约束条件,建立黄河流域优化分配模型,即:

$$w = \max \iint (q, x, y) dx dy \quad (5)$$

$$s.t.: D_i \leq q_i \leq \bar{D}_i$$

$$\iint_i (x, y) dx dy \leq e_i$$

式中, q_i 为区域 i 分配的水资源量, x 和 y 为区域生产、生活过程中的原材料投入, e_i 为区域 i 可分配的水资源量, D_i 为维持区域 i 的伦理需水量, $\bar{D}_i$ 为区域 i 的最大满足需水量。

对(5)式按照拉格朗日极值求解,则有

$$\frac{\partial G(q, x, y)}{\partial q} = \lambda \quad (6)$$

式中, $\frac{\partial G(q, x, y)}{\partial q}$ 为边际收益,满足(6)式的解即为最优解,即实现了流域水量的最优分配。表明最后一单位水资源被分配到整个区域中边际效益最大的分

区(或水资源利用的边际效益在各用水区是相等的), 达到帕累托最优分配进而实现了流域总收益最大化的分水目标。

然而上述模型只是一种数学模型的形式, 由于黄河流域空间跨度大、地理过程不连续, 在很多情况下, (5) 式的积分表达式求解十分困难。因此可借助经济学一般均衡的求解原理和方法将(6) 式分解为以下等式求解, 即

$$\frac{\partial G_i(q,x,y)}{\partial q}=\frac{\partial G_i(q,x,y)}{\partial q}=\lambda \tag{7}$$

(7) 式表明, 水资源在不同地区、不同部门间分配的边际收益相等。水资源利用的边际收益是指每增加单位用水量所能产生的经济效益, 由于部门水资源利用方式不同, 不同地区同类部门间生产工艺技术水平不同及用水数量变化, 导致了水资源利用边际收益是部门、空间和用水量的函数。边际收益在经济学中呈现递减的规律, 由于边际收益递减规律的存在及收益函数的凹性特点, 区域*i* 的边际收益随用水量的增大而不断减小, 即向一个区域分配一定水量后会导致该区域的边际收益下降, 同时区域*j* 的边际收益则由于分水量的减少而提高, 最终达到平衡而可得到一个λ满足(7) 式。(7) 式显示水资源扣除区域伦理需求的水量分配, 在完全竞争的水资源市场中, 可以通过边际收益比较来集中配置, 从而实现分配水量的边际效益最大化, 进而在流域内实现帕累托最优。如果改变水量在不同部门、不同区域的分配已不能使流域的社会福利获得改善, 则说明水资源的分配已实现了流域社会福利的最大化,

达到帕累托最优分配方案。

按上述原理, 流域水资源(除去河流的伦理水量后) 应首先分配到初始边际效益最大的地区, 随着边际效益递减到第二个地区的初始边际效益水平时, 第二地区也应得到分水; 当第一或第二分水区的边际效益递减到第三个地区的初始水平时, 第三个地区也应开始与第二和第一区竞争得到分水, 依此类推。由于水资源有限, 只有边际效益较大的地区才能得到分水, 这是动态优化的过程。即应满足不同区域的边际产出相等的条件, 因为各区域的边际收益不同时, 意味着资源的空间分配不合理, 应该将资源导入到边际产出较高的区域以增加整体福利水平。

4 流域经济区域划分及模型求解原则

黄河流域涉及青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙、陕西、山西、河南、山东等九省(区) 和 69 个地级行政区, 空间跨度大, 经济发展不平衡, 地理空间的基本特征存在差异, 不同地域的自然条件、资源禀赋、人口条件等均不同, 生产能力也不一样。在以往的水资源规划和黄河的重大问题研究^[9] 中, 以省区作为经济区域划分比较粗, 不能反映区域的经济特征。本文根据流域的自然条件、资源分布、人口状况、经济发展状况等进行经济分区, 使得同一经济区域具有相对均质物质性或者物质流、能量流、信息流联系的紧密性。按照这一原则结合黄河流域的四级区套地市, 将黄河流域划分为179 个经济分区^[11] (表1), 地市或县是经济分区的最小单元, 在分区研究的基础上进行行政区的统计汇总, 以便于宏观决策。

表1 黄河流域的行政区与经济分区
Table 1 Region and economic zone in Yellow-river basin

行政区 Region	国土面积/万 km ² Country area	包含分区 Zone included	行政区 Region	国土面积/万 km ² Country area	包含分区 Zone included
青海 Qinghai	15.2	17	陕西 Shaanxi	13.3	38
四川 Sichuan	1.7	1	山西 Shanxi	9.7	27
甘肃 Gansu	14.3	33	河南 Henan	3.6	19
宁夏 Ningxia	5.1	11	山东 Shandong	1.4	15
内蒙 Neimeng	15.1	18	全流域 All-basin	79.5	179

对流域各分区按照柯布—道格拉斯 (Cobb-douglas)^[11] 生产函数构建以资金技术、劳动和水资源为投入要素的生产函数:

$$G(q,x,y,t)=A(x,y,t)^{\alpha}L(x,y,t)^{\beta}q(x,y,t)^{\tau} \tag{8}$$

式中, *A* (*x*, *y*, *t*) 为资金技术投入; *L* (*x*, *y*, *t*) 为劳动投入量; *q* (*x*, *y*, *t*) 为水资源投入量; α, β, τ 分别为资金技术、劳动、水资源投入的产出弹性, 反映资金和劳动投入变化后引起产出的变化程度。

通过对黄河流域 1956~ 2000 年的用水、产值统计回归分析来确定α, β 和 τ, 绘制出流域经济分区的边际效益变化台阶曲线, 并作为模型求解的输入参数^[12]。表2 为 2000 年黄河流域经济社会指标。

5 流域水资源分配结果与分析

以黄河流域 2010 水平年水量分配为例, 解析流域水资源分配综合模型的水资源区际分配流程与结

果。2010 水平年流域需水量为635 56 亿m³,地下水2000 年长系列的平均径流573 25 亿m^{3[11]}。开采量按 110 亿m³ 总量控制,地表水采用1956~

表2 2000 水平年黄河流域行政区涉及人口及GDP 指标

行政区 Region	人口/万人 Population	GDP 指标/亿元 Index of GDP			
		第一产业 Primary industry	第二产业 Second industry	第三产业 Third industry	GDP 总量 Total GDP
青海 Q inghai	438	29 53	66 08	87 74	183 35
四川 Sichuan	9	2 07	0 51	0 7	3 27
甘肃 Gansu	1 789	105	319 72	257 55	682 26
宁夏 N ingxia	549	45 95	120 04	99 58	265 57
内蒙 Neim eng	845	101 92	362 38	226 2	690 51
陕西 Shaanxi	2 730	206 14	640 48	592 73	1 439 34
山西 Shanxi	2 150	115 84	573 74	368 7	1 058 28
河南 Henan	1 689	167 68	559 86	345 71	1 073 25
山东 Shandong	773	96 8	379 86	345 39	822 05
全流域 All-basin	10 971	870 92	3 022 67	2 324 29	6 217 88

按照河流伦理理论,黄河的伦理水量应包括:

(1)维持黄河生命的水量。黄河的生命力从3 个方面体现:一是安全排泄一定量级洪水的能力;二是抵御一定程度污染的能力;三是河道及河口生态系统抵御一定程度扰动及维护生态平衡的能力^[13]。因此,其生命水量包括用于河道冲沙减淤150 亿m³,生态基流50 亿m³,湿地生态需水10 亿m³,总量为210 亿m^{3[9]}。

(2)维持流域内各区域基本生存和发展需要的水量。区域内农村城镇居民生存的生活需水量为48 73 亿m³,应得到第一位的优先满足;为维护流域经济发展的最基本需求,工业需水量的1/2 (81 53 亿m³)及农业需水量的1/4(105 97 亿m³)也应作为下限需求得到满足。

对黄河流域水量分配综合模型求解,得到分配方案如表3 所示。表4 为国务院87 分水方案^[1]。

表3 2010 水平年黄河流域各行政区水资源分配及供需平衡结果 亿m³

行政区 Region	需水量 Water demand			供水量 Water supply	分水量 Water allocation	供需平衡缺水水量 Deficit of dem and-supply equilibrium			生态水量 Water for ecological purpose
	农业 A griculture	生活 L ife	工业 Industry			工业 Industry	农业 A griculture	小计 Total	
青海	15 12	2 3	4 67	16 04	11 36	0 88	5 17	6 05	?
四川	0 02	0 06	0 04	0 12	0 12	0	0	0	?
甘肃	39 56	7 35	19 98	57 08	28 16	0 63	9 18	9 81	?
宁夏	76 98	2 62	7 88	76 98	34 09	0 84	9 66	10 5	?
内蒙	78 65	4 61	9 05	75 58	51 41	0 76	15 97	16 73	?
陕西	65 36	11 51	19 66	85 89	46 35	0 98	9 66	10 64	?
山西	45 09	7 82	27 92	71 78	41 08	0 3	8 75	9 05	?
河南	47 73	7 74	27 9	81 91	56 44	0 04	1 42	1 46	?
山东	55 37	4 72	25 95	85 87	74 24	0	0 17	0 17	?
津冀	0	0	20	20	20	0	0	0	?
合计	423 88	48 73	163 05	571 25	363 25	4 43	59 98	64 41	210

注:表中水量分配考虑了工程条件,供水量中含地下水,工业包括二、三产业,分水量为扣除回归的耗水量。

Note:Water allocation in the Table 3 is the dissipative water include groundwater and have thought of the engineering condition

表4 国务院87 黄河可供水量分配方案

Table 4 Distributive percept of assignable water in Yellow -river basin 亿m ³					
行政区 Region	分水量 Water allocation	行政区 Region	分水量 Water allocation	行政区 Region	分水量 Water allocation
青海 Q inghai	14 1	内蒙 Neim eng	58 6	山东 Shandong	70 0
四川 Sichuan	0 4	山西 Shaanxi	38 0	津冀 Jinji	20 0
甘肃 Gansu	30 4	陕西 Shanxi	43 1	合计 Total up	370 0
宁夏 N ingxia	40 0	河南 Henan	55 4		

表3的水量分配(扣除伦理水量)是通过边际效益的动态比较进行的水量分配,从边际效益高的山东、津冀、河南工业部门依次推进到青海、甘肃农业部门,由于山东、河南用水的边际效益高,其满足程度也高,缺水量少。对比表3与表4的水量分配结果可知,山东、河南由于区域边际效益高,得到了较多分水,而青海、甘肃等落后地区由于边际效益相对较低,分水量也少。因此,综合分水方案提高了流域总体经济收益,而且使流域伦理水量也得到了满足。

6 结 语

本文在宏观经济学和微观经济学原理的基础

上,通过伦理经济与效益经济研究,建立了融合伦理与效益的黄河流域水资源分配综合模型,初步构建了水资源分配的经济综合模式框架,并进行了2010水平年黄河流域分配的应用研究,求解了一套维持流域水资源和谐发展、高效利用水资源的综合分配方案。研究突破了流域水资源经济研究单纯重视效益而忽略和谐发展的传统模式,为流域分水提供了一个新思路,但由于流域经济社会统计资料的精确程度有限,本文所提出的水量分配经济综合模式有待进一步检验和校正。

[参考文献]

- [1] 黄河水利委员会 黄河的重大问题及其对策[R]. 郑州: 黄河水利委员会, 1999
- [2] 王劲峰, 刘昌明, 于静洁, 等. 区际调水时空优化配置模型探讨[J]. 水利学报, 2001(4): 7-14
- [3] 姜文来, 武 霞, 林桐枫. 水资源价值模型评价研究[J]. 地球科学进展, 1998(4): 178-183
- [4] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 经济科学出版社, 1994
- [5] 聂华林, 杨建国. 西北地区水资源合理利用与均衡配置的伦理经济学分析[J]. 兰州商学院学报, 2001(4): 22-25
- [6] [德]彼得·科斯罗夫斯基. 伦理经济学原理[M]. 孙瑜, 译. 北京: 商务印书馆, 1997.
- [7] 潘家华. 持续发展途径的经济学分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1997.
- [8] 厉以宁. 经济学的伦理问题[M]. 上海: 生活·读书·新知三联书店, 1995
- [9] Becker N. A comparative analysis of water price support versus drought compensation scheme[J]. Agricultural Economics, 1999, 21: 81-92
- [10] [美]杰弗瑞 A 杰里, 菲利普 J 瑞尼. 高级微观经济理论[M]. 王根蓓, 译. 上海: 上海财经大学出版社, 2002
- [11] 黄河勘测规划设计公司. 黄河流域水资源综合规划报告[R]. 郑州: 黄河勘测规划设计公司, 2005
- [12] [美]保罗·萨缪尔森. 经济学[M]. 北京: 华夏出版社, 1999
- [13] 刘晓燕. 黄河河流生命需水量[EB/OL]. (2003-12-23). <http://www.yrcc.gov.cn>

Study on economic synthetic model of water resources allocation in the Yellow River

PENG Shao-ming^{1,2}, HUANG Qiang¹, CHANG Jian-xia¹, LIU Han¹

(1 Institute of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2 Yellow river Engineer Consulting Co., Ltd, Zhengzhou, Henan 450003, China)

Abstract: Based on the water-allocation theory of ethical economics and benefit economics, different water resources allocation models of different objects are discussed, economic synthetic model of water resources allocation in the Yellow River is lodged and economic synthetic model of water resources allocation is built up. Simulation and case study at 2010 level year of water allocation in the Yellow River is carried out, and synthetic water allocation project of the Yellow River is presented Compared with the watershed scheme of 1987 the welfare of basin is improved and at the same time harmonious development of the Yellow River is maintained

Key words: Yellow River watershed; water resources; water allocation; synthetic allocation model; ethical economics; benefit economics