

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2020.01.016

南水北调中线工程生态补偿计算研究

寇青青, 运剑苇, 刘淑婧,
张卫华, 靳军英, 李苑劼

西南大学 资源环境学院, 重庆 400715

摘要: 跨流域调水生态补偿的计算方法和考虑因素直接影响着受水区在调水工作中的参与热情. 本研究以南水北调陕西汉中、安康、商洛水源区及京、津、冀、豫受水区为研究区, 在考虑水源区水土保持建设、受水区市场情况、水源区水资源价值、水源区排污权损失价值基础上, 加入未来水资源调度机会成本、市民意愿支付差价占比及意愿支付补偿额占比, 重新计算生态补偿总量. 得陕西水源区当前可计算的受水区补偿额为 62.42 亿元/年. 为发展中南水北调中线工程生态补偿计算提供新的计算思路和方法.

关键词: 生态补偿; 南水北调; 陕西水源区

中图分类号: X171; F062.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2020)01-0112-06

水是万物之源、生命离不开水, 水从古至今都是影响人类生存与发展的重要因素, 人类对水的需求也只增不减. 降雨量和降雨历时在全球的不均匀分布直接导致了水资源的分布不均^[1], 使得在丰水区与缺水建设跨流域调水设施日渐频繁. 跨流域调水是指通过建设大规模的输水设施从丰水区向缺水进行调水, 完成水资源的重新分配工作, 可有效缓和缺水水量储蓄不佳及水资源时空分布不平衡的问题^[2]. 我国在很早以前就有着跨流域调水的案例, 比如南起余杭(今杭州), 北到涿郡(今北京)的京杭大运河, 是世界上里程最长、工程最大、最古老运河之一, 是我国文化地位的象征, 也是我国跨流域调水悠久历史的见证. 跨流域调水的生态补偿问题也伴随水资源的重新分配变得极为重要.

国际上, 流域生态补偿起源于生态服务市场的管理和规划, 如 1933 年成立的美国田纳西流域管理局^[3], 简称 TVA, 起初, 以通航和抗旱防洪为主, 集中开发田纳西流域水资源; 到 19 世纪 50 年代侧重对流域动植物的保护工作; 60 年代, 土壤侵蚀严重影响着流域居民的生活环境质量, TVA 又加重对流域自然资源的保护, 作为对流域居民的补偿, 出现了生态补偿雏形. 此类“补偿”是一种非物质的生存空间改善补偿, 以改善受补偿者生活环境为主要目标, 没有针对流域开发带来的负面效应进行其他物质补偿, 更没有提出准确的量化补偿思想.

我国在 20 世纪 90 年代初开始研究生态补偿问题, 欧明豪等^[4]在长江上游地区提出建立流域经济补

收稿日期: 2018-05-21

基金项目: 重庆市基础科学与前沿技术研究项目(cstc2016jcyjA0460); 重庆市社会民生类重点研发项目(cstc2018jsex-mszdX0052).

作者简介: 寇青青(1994—), 女, 硕士研究生, 主要从事水文分析与计算、水量平衡研究.

通信作者: 张卫华, 博士, 副教授.

偿机制; 钟瑜等^[5]应用博弈论思想研究了湖区生态补偿机制, 吴保刚^[6]通过对生态补偿理论及内涵的探讨分析, 总结出“异地开发”的补偿方式. 总的来说, 我国在流域生态补偿的研究与实践上还有待深入开展, 当前更多的是定性补偿研究, 对于定量补偿的研究较少. 在定量补偿的研究上, 不同学者在计算生态补偿的考虑因素上有不同的取舍, 对于水资源的未来价值考虑研究甚少, 同时随着社会的发展, 公式系数也应做适当调整.

本文的研究对象是南水北调中线工程, 增加考虑未来水资源调度的机会成本、市民意愿支付差价占比、意愿支付补偿额占比 3 个因素, 重新计算受水区应向水源区支付的生态补偿总量, 对缓解南水北调工程在水源区造成的不利影响有积极作用, 对更新南水北调中线工程生态补偿的计算方法也具有十分重要的参考意义.

1 研究区概况

南水北调中线工程从丹江口水库开始调水, 总干渠长 1 432 km, 年平均调水量 141.4 亿 m^3 , 从水源区汉中、安康、商洛调水, 向主要受水区北京、天津、河北、河南输水, 为受水区城市生活、工农业发展用水提供保障.

汉中、安康及商洛 3 市都气候湿润, 降雨丰富, 水源区多年平均径流深是陕西全省的 2 倍以上, 多年平均降雨 884.2 mm, 高于陕西省多年平均值, 其气候概况如表 1 所示.

表 1 水源区气候概况

地区	平均气温/ ℃	最高气温/ ℃	最低气温/ ℃	相对湿度/ %	多年平均降雨/ mm	多年平均径流深/ mm
汉中	14.0	42.9	-4.2	78	968.7	553.3
安康	14.5	40.9	-5.0	71	900.0	427.9
商洛	13.5	40.7	-9.3	65	783.9	252.0
平均	14.0	41.5	-6.2	71.3	884.2	411.1
陕西省	13.0	44.0	-10.0	42	656.2	192.8

2016 年陕南汉中、安康及商洛 3 市水资源总量 183.4 亿 m^3 , 是全省水资源总量 271.5 亿 m^3 的一半以上, 产水模数是全省产水模数的近 2 倍^[7], 水资源十分丰富, 陕西省 2016 年水源区水资源概况如表 2 所示.

表 2 水源区 2016 年水资源概况

地区	计算面积/ km ²	年降水量/ 亿 m^3	地表水资源总量/ 亿 m^3	地下水资源总量/ 亿 m^3	重复计算量/ 亿 m^3	水资源总量/ 亿 m^3	产水模数/ (万 $m^3 \cdot km^{-2}$)
汉中	27 246	208.6	72.9	25.6	23.2	75.3	27.6
安康	23 391	205.5	81.1	15.9	15.6	81.4	34.8
商洛	19 292	136.6	26.3	9.3	8.9	26.7	13.8
陕南	69 929	550.7	180.3	50.8	47.7	183.4	26.2
陕西省	205 603	1287.5	249.2	107.4	85.1	271.5	13.2

水源区均属贫困地区, 2016 年 3 市的总 GDP 仅 2 691.5 亿元, 占全省 GDP 的 13.87%, 全省人均 GDP 为 51 015 元, 是水源区人均 GDP 的 1.6 倍以上, 汉中市、安康市、商洛市人均 GDP 排名均在全省排名靠后^[8]. 陕西省 2016 年 GDP 情况如表 3 所示.

表 3 陕西省各市 2016 年 GDP 情况

地区	城镇居民人均可支配收入/元	农村居民人均可支配收入/元	国内生产总值 GDP/亿元	人均 GDP/元	人均 GDP 排名
榆林	29 781	10 582	2 773.1	81 764	1
西安	35 630	15 191	6 282.7	71 647	2
宝鸡	31 730	10 287	1 932.1	51 262	3
延安	30 693	10 568	1 082.9	48 300	4
咸阳	31 662	10 481	2 391.0	48 016	5
铜川	27 594	9 478	311.6	36 803	6
汉中	25 595	8 855	1 156.5	33 597	7
安康	25 962	8 590	842.9	31 770	8
商洛	25 468	8 358	692.1	29 271	9
渭南	27 485	9 415	1 488.6	27 743	10
杨凌示范区	35 510	14 959	119.2	58 386	
全省	28 440	9 396	19 399.6	51 015	
水源区 3 市	25 675	8 601	2 691.5	31 546	

2 研究方法

本文在史淑娟的研究基础上,考虑水源区水土保持建设、受水区水市场情况、水资源价值、排污权损失价值^[9]4个因素,加入未来水资源调度的机会成本因素,同时纳入市场变化影响下的意愿支付差价占比及意愿支付补偿额占比,重新分析计算跨流域调水生态补偿总量的考虑因素,计算南水北调中线二期工程调水情况下水源区的生态补偿总量.其中水土保持措施建设管护、污水处理厂的增建运营以及未知的未来价值此类投入成本损失、运营费用及机会成本损失由中央政府纵向支付,而水源区水资源价值及受水区水资源经济红利、生态改善由受水区横向支付^[10].

2.1 水源区水土保持建设的补偿量

水源区水土保持建设补偿量 A 包括按期整治费用 A_1 ,据长江委员会的遥感调查资料显示现有水土流失面积 2.63 万 km^2 ,每 km^2 整治花费 33.12 万元^[11].措施经管费用 A_2 是建造费用的 20%,南水北调中线工程水土保持措施建造费用 119.37 亿元.水保林的看管费用 A_3 ,陕南水保林共需 2.95 万 hm^2 ,参照《天然林保护工程财政资金管理规定》,天然林管护费用每年每公顷 300 元.

2.2 受水区水市场情况的补偿量

亚太经济社会委员会(ESCAP)建议:居民生活用水费用不超过家庭收入的 3%^[12].随着社会进步,经济发展,恩格尔系数降低,综合冬夏用水量,取极限水费为人均可支配收入 1.5%,极限水价为:

$$P_i = \frac{1.5\% \cdot M_i}{W_i} \quad (1)$$

式中: P_i 为每 1 m^3 自来水极限单价,元/ m^3 ; M_i 为居民的平均可支配收入,元/年; W_i 为居民年用水量, m^3 /年.居民可承受最高水价 P_i 可通过查阅 2015 年《中国水资源公报》和第六次全国人口普查相关数据计算得出.

受水区水价差额的补偿量 B 可由以下公式计算:

$$B = \sum_{i=1}^n [(P_i - p_i) \cdot Q_i \cdot \alpha] \quad (2)$$

式中: B 为受水区水价差额补偿量,亿元/年; p_i 为 i 区南水北调实际水价,可通过中国水网查阅,元/ m^3 ; Q_i 为 i 区年调水量,亿 m^3 ; α 为市民意愿支付差价占比,本文取 0.5;表示意愿支付此部分补偿额的市民

占比为 0.5; 若 P_i 小于 p_i , 则该受水区无该项补偿。

Q 表示年调水量, 一期工程年调水 95 亿 m^3 , 二期工程的平均水量为 141.4 亿 m^3 。本文主要计算二期生态补偿量, 年调水量采用 130 亿 m^3 。丹江口水库水量 70% 来源于陕西汉中、安康及商洛, 故陕西水源区年调水量为 Q 为 91 亿 m^3 。二期工程配水按照当前与一期同比例分配。

2.3 水源区水资源价值的补偿量

以水资源价值为基础的生态补偿量计算研究甚少, 郑海霞、刘玉龙等^[13-15]做过这方面的研究。水资源价值受水质与水量的共同作用影响, 故水资源价值的补偿额估算公式^[16]如下:

$$C = Q \cdot \rho \cdot \omega \cdot \beta \quad (3)$$

式中: C 为基于水资源价值的生态补偿额, 亿元/年; Q 为年调水量, 亿 m^3 ; ρ 为水资源价值, 受极限水费占比、居民人均可支配收入、居民年均用水量以及当地当前水价的共同影响^[17], 城市水资源价值可用模糊数学模型估算; ω 为水质系数, 水源区水质长期稳定达到国家地表水环境质量标准 II 类标准, 故取 $\omega = 1$; β 为意愿支付补偿额占比, 本文取 0.5, 表示全体市民意愿支付计算所得的 0.5 倍水资源价值补偿额。

2.4 排污权损失价值的补偿量

国家明文规定地表水排放标准为 III 级。为保证南水北调的优质水源, 丹江、汉江及其支流均严格控制污水的排放, 相当于限制了水源区的排污能力, 影响工业发展。

水环境容量排污权损失价值 D 包括了水环境损失容量创造的经济效益 D_1 ^[18] 和增加的污水处理费用 D_2 ^[19-21], 可用无调水要求下的容量经济价值, 减去满足二期调水时水环境容量带来的经济价值得出。当前对环境容量、允许排放量的量化方法研究较少, 缺乏实用的计算方法, 该部分补偿属于中央财政定性补贴, 本文不做深入研究。

2.5 未来水资源调度的机会成本补偿

未来水资源调度的机会成本 E 是指当前水源区调往受水区的水在未来可产生的经济效益, 但因不能撤销调水工作而带来的直接经济损失。这是一项水资源综合效益的经济损失, 暂且不能量化估计, 可考虑其他非资金补偿手段, 比如技术补偿、设备补偿、水源区享有一些特殊权利的政策补偿或者在水源区建设惠民工程的项目补偿。

3 计算结果

1) 水土保持基本治理费用 A_1 约为 87.1 亿元/年; 水土保持措施加固维修管理费用 A_2 约为 23.874 亿元/年; 水土保持林封育管护费 A_3 约为 0.088 5 亿元/年。故基于水源区水土保持建设的补偿量 A 为 111.03 亿元/年。

2) 受水区水市场情况的补偿量 B 为 1.93 亿元/年。计算结果如表 4 所示。

表 4 基于水资源价值生态补偿量的计算

受水区	当前水价 p_i / (元 · m^3)	可承受水价 P_i / (元 · m^3)	$P_i - p_i$ / (元 · m^3)	二期年调水量 / 亿 m^3	水资源价值生态 补偿量 B / (亿元 · 年 ⁻¹)
北京	3.64	3.96	0.32	11.89	1.93
天津	4.00	2.55	-1.45	9.77	0
河北	2.83	1.13	-1.70	33.24	0
河南	1.65	1.10	-0.55	36.10	0
小计				91	1.93

3) 计算得汉中水资源价值为 1.42 元/ m^3 , 安康水资源价值为 1.26 元/ m^3 , 商洛水资源价值为 1.17 元/ m^3 。汉中和安康两市的水资源价值决定汉江的水资源价值, 商洛市的水资源价值决定丹江的水资源价值。水资源价值的补偿量 C 约为 60.49 亿元/年, 计算结果如表 5 所示。

表 5 基于水资源价值生态补偿量的计算

流域	年调水量/ 亿 m ³	水资源价值/ (元·m ³)	水质	水质系数 ω	水资源价值生态补偿量 C/ (亿元·年 ⁻¹)	小计 /(亿元·年 ⁻¹)
汉江	85.36	1.34	II	1	57.19	60.49
丹江	5.64	1.17	II	1	3.3	

综上,可得陕西水源区当前可计算的水源区水土保持建设的补偿量约 111.03 亿元/年,受水区水市场情况的补偿量约 1.93 亿元/年,水资源价值的补偿量约 60.49 亿元/年,量化总额为 173.45 亿元/年,所以陕南三市应获得受水区补偿量约为 62.42 亿元/年,主要是丹江、汉江水资源价值的补偿量,即使用了优质水源而需要支付的成本额。

4 分析讨论

本研究是建立在南水北调中线二期工程年调水 130 亿 m³ 的基础上计算的,同时 70% 的水来源于陕西水源区的比例不发生变化,各受水区二期用水依然按照一期比例分配用水。但未来具有不确定性,故该计算研究只为陕西水源区生态补偿总量的计算提供参考建议。

基于排污权损失价值及未来水资源调度的机会成本补偿,属于中央资金或者政策补偿,不作深入研究,但可为南水北调生态补偿总量的计算提供新的思考源,考虑水的未来效益。

2016 年 4 月 19 日,《水权交易管理暂行办法》出台,鼓励多样化水权交易,促进水资源的节约、保护和优化配置,为我国未来的调水工程补偿机制建立和水权交易提供了操作办法和法律保障。可见,生态补偿机制也有可能转变为区域水权交易,受水区直接对接水源区购买水资源,达到调水效果。

参考文献:

- [1] 符艳红,谢世友,高洁. 基于 Mann-kendall 法的嘉陵江流域降水量时空分布规律 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(6): 132-139.
- [2] 陈进,黄薇. 跨流域长距离调水工程的风险及对策 [J]. 中国水利, 2006(14): 11-14.
- [3] 张惠远,刘桂环. 我国流域生态补偿机制设计 [J]. 环境保护, 2006, 34(19): 49-54.
- [4] 欧名豪,宗臻铃,董元华,等. 区域生态重建的经济补偿办法探讨——以长江上游地区为例 [J]. 南京农业大学学报, 2000, 23(4): 109-112.
- [5] 钟瑜,张胜,毛显强. 退田还湖生态补偿机制研究——以鄱阳湖区为案例 [J]. 中国人口·资源与环境, 2002, 12(4): 46-50.
- [6] 吴保刚. 小流域生态补偿机制实证研究 [D]. 重庆:西南大学, 2006.
- [7] 陕西省水利厅. 2016 年陕西省水资源公报 [EB/OL]. <http://ishare.iask.sina.com.cn/f/1wYxNRMfV.html>.
- [8] 陕西省统计局. 陕西统计年鉴 2017 [M]. 北京:中国统计出版社, 2017.
- [9] 史淑娟,李怀恩,刘利年,等. 南水北调中线陕西水源区生态补偿量模型研究 [J]. 水土保持学报, 2009, 23(5): 147-151.
- [10] 张延龙. 陕西发声生态补偿:付出不该有回报吗? [N]. 经济观察报, 2014-08-29(12).
- [11] 王玮. 南水北调中线水源区(陕西段)水土保持生态补偿研究 [D]. 西安:西安理工大学, 2010.
- [12] 邱忠恩,谈昌莉,朱勤. 南水北调中线工程供水价格分析 [J]. 人民长江, 2000(7): 6-9, 47.
- [13] 郑海霞. 中国流域生态服务补偿机制与政策研究 [D]. 北京:中国农业科学院农业经济与发展研究所, 2006.
- [14] 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, 34(1): 42-46.
- [15] 刘玉龙. 生态补偿与流域生态共建共享 [M]. 北京:水利水电出版社, 2007.
- [16] 李怀恩,庞敏,肖燕,等. 基于水资源价值的陕西水源区生态补偿量研究 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2010, 40(1): 149-154.
- [17] 魏丽丽. 城市水资源价值与水价弹性研究 [D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2008.

- [18] 吴波. 南水北调中线水源区陕西段水环境容量及其价值的研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2009.
- [19] 张永良. 水环境容量基本概念的发展 [J]. 环境科学研究, 1992, 5(3): 59-61.
- [20] 李宝成, 姚静敏, 王新春. 哈尔滨市地下水环境容量问题分析 [J]. 水利科技与经济, 1997, 3(4): 235-236.
- [21] 牟秦杰, 陈玉成, 魏世强, 等. 重庆市不同功能区水资源资产负债表的比较研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(2): 26-33.

A Study of Eco-compensation Calculation for the Middle Route Project of South-to-North Water Diversion

KOU Qing-qing, YUN Jian-wei, LIU Shu-jing,
ZHANG Wei-hua, JIN Jun-ying, LI Yu-jie

School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: The total amount of ecological compensation for any inter-basin water diversion project is directly related to the enthusiasm of the water intake areas. In order to provide new calculation ideas and methods for the computation of ecological compensation for the middle route project of South-to-North Water Diversion, a study was made to re-compute the total amount of ecological compensation of the project based on Hanzhong, Ankang and Shangluo in Shaanxi as the water source areas and Beijing, Tianjin, Hebei and Henan as the water receiving areas and considering both the water market situation in the water receiving areas, the water and soil conservation measures, the water resource value and the cost of waste water discharge in the water source areas, on the one hand, and the future opportunity cost of water resource allocation in the water source and public willingness to pay the difference proportion and to pay the compensation ratio, on the other. The results showed that Shaanxi should get a compensation of 6.24 billion RMB per year from the water receiving areas.

Key words: ecological compensation; South-to-North Water Diversion Project; Shaanxi water source area

责任编辑 包 颖