

DOI: 10.5846/stxb201903230549

杨海乐,危起伟,陈家宽.基于选择容量价值的生态补偿标准与自然资源资产价值核算——以珠江水资源供应为例.生态学报,2020,40(10):3218-3228.

Yang H L, Wei Q W, Chen J K. Quantifying the payments for ecosystem services and the value of natural resources based on the indicator of optional capacity value: a case study on water resources supply in Zhujiang River Basin, China. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(10): 3218-3228.

基于选择容量价值的生态补偿标准与自然资源资产价值核算

——以珠江水资源供应为例

杨海乐¹, 危起伟¹, 陈家宽^{2, 3, *}

1 中国水产科学研究院长江水产研究所, 农业农村部淡水生物多样性保护重点实验室, 武汉 430223

2 复旦大学生物多样性科学研究所, 上海 200438

3 南昌大学生命科学研究院流域生态研究所, 南昌 330031

摘要:选择容量价值是指,一项人类生存生产所必需的生态系统服务,其总量为消费该生态系统服务的消费活动所提供的选择自由度(即选择容量, optional capacity)与该消费活动所产生的经济社会价值的乘积。选择容量价值将经济发展状况和资源环境状况融合了起来,实现了经济社会发展与生态环境保护的价值统一,这对于推进保护与发展相辅相成的生态文明建设具有积极意义。为了探索以选择容量价值为指标的生态补偿标准与自然资源资产价值核算框架和核算方法,以珠江流域水资源供应为例,对跨水文单元的水资源供应流动进行了生态补偿核算,对各水文单元的水资源供应的自然资源资产价值进行了量化评估研究。研究结果显示,珠江三角洲地区的水资源供应的选择容量价值大部分(约 74%)来自上游水文单元的跨区输入,而上游水文单元所提供的水资源供应的选择容量价值也在相当程度上依赖于下游水文单元的经济社会发展。基于跨区流动的水资源供应的选择容量价值,可以按照“共享共担”和“同工同酬”原则进行跨区生态补偿核算;基于各水文单元所提供的水资源供应的选择容量价值,可以对各单元内自然资源资产价值进行核定,这对于协调区域发展推进西江-珠江经济带流域生态文明建设具有重要意义。

关键词:生态系统服务价值;选择容量价值;生态补偿制度;生态文明建设;珠江流域

Quantifying the payments for ecosystem services and the value of natural resources based on the indicator of optional capacity value: a case study on water resources supply in Zhujiang River Basin, China

YANG Haile¹, WEI Qiwei¹, CHEN Jiakuan^{2,3, *}

1 Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture of China, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China

2 Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai 200438, China

3 Center for Watershed Ecology, Institute of Life Science, Nanchang University, Nanchang 330031, China

Abstract: The ecosystem services (ES) optional capacity value (OCV) indicates the optional capacity of supporting the total value produced by human being's economic and social activities (TVPH) provided by the total volume of an ES which is indispensable to human survival. The OCV is described by the product of multiplying the TVPH by the optional capacity. The optional capacity is defined by the freedom of choosing the ES consumption from total ES volume, which is indicated by

收稿日期:2019-03-23; 网络出版日期:2020-04-02

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jkchen@fudan.edu.cn

the average uncertainty of choosing the ES consumption from its total volume. The average uncertainty is described by log base 2, which indicates the uncertainty in a binary decision and is measured in bits. As combining the socio-economic index (i.e. TVPH) and the ES indexes (i.e. total ES volume and ES consumption), the OCV indicates the socio-economic conditions and the ES conditions at the same time. As the OCV describes the complementarity of development and protection, the usage of OCV in ES management will promote the endeavor for ecological civilization. However, how to introduce the OCV into management practice is still unclear. Especially, the method of how to introduce OCV into the frameworks and methods of quantifying the payments for ecosystem services (PES) and the value of natural resources (VNR) is needed to study urgently. To explore the frameworks and methods of quantifying the PES and the VNR based on the indicator of OCV, we analyzed the OCV of water resources supply in Zhujiang River Basin, China. Then, the PES between hydrologic units was discussed based on the OCV of ES spatial subsidies. The value of water resources in each hydrologic unit was quantified using the OCV of water resources supply. The results showed that the OCV of water resources supply of the hydrologic unit was supplied mostly (nearly 74%) by the subsidies from upstream hydrologic units. The value of water resources in each hydrologic unit (except the Zhujiang Delta) was more or less affected by the socio-economic conditions in downstream hydrologic units. We discussed the framework of the PES along with the principles of (1) interests sharing and responsibilities bearing, and (2) equal pay for equal work and based on the OCV of water resources supply of passing-by water. We also discussed the framework of water resources value quantification based on the OCV of water resources supply in our case study. It is obvious that these two frameworks based on the OCV will coordinate the development between hydrologic units and promote the watershed ecological civilization of Zhujiang River Basin.

Key Words: ecosystem services value; optional capacity value; payments for ecosystem services; progression of ecological civilization; Zhujiang River Basin

选择容量价值是指,一项人类生存生产所必需的生态系统服务,其总量为消费该生态系统服务的消费活动所提供的选择自由度(即选择容量,optional capacity)与该消费活动所产生的经济社会价值的乘积^[1-2]。它达成了经济发展状况和资源环境状况的融合,实现了经济社会发展与生态环境保护的价值统一^[1],而这对于推进保护与发展相辅相成的生态文明建设具有非常积极的意义。在中国的生态文明建设中,有两项非常重要的制度——生态补偿制度和领导干部自然资源资产离任审计制度^[3-6]。但目前来看,在生态补偿制度的落实中,生态补偿标准核算所依赖的传统方法具有明显的局限性^[7-9];在领导干部自然资源资产离任审计制度的探索中,自然资源资产价值核算还缺乏明确的思路和方法^[10-12]。因而,将选择容量价值引入生态补偿标准和自然资源资产价值核算,将是一个非常有益的尝试,也是一个亟需研究的课题。

为了探讨选择容量价值这个指标如何为核算生态补偿标准和自然资源资产价值提供新的量化支持,本文以珠江流域水资源供应的服务价值为例,用“选择容量价值”这个指标对跨水文单元的水资源供应进行了生态补偿核算,对各水文单元的水资源供应的自然资源资产价值进行了量化评估研究。

1 问题的提出:生态文明建设需要新工具

生态文明建设是中国特色社会主义事业总体布局“五位一体”中的重要组成部分,主体功能区制度是中国生态文明制度体系中的一项基本制度^[13-15]。由于功能区行政区划和地域开发利益属地化的背景^[16],主体功能区制度中对各区域的优化开发、重点开发、限制开发、禁止开发的限定与落实,深化了区域间经济社会发展利益的不均衡,造成了欠发达地区主体功能定位之下的限制与发展困境^[14],所以一方面通过完善不同区域间的财政转移支付制度以弥补财政纵向和横向的失衡^[14,17],另一方面通过基于区域间生态系统服务的空间转移和生态系统服务共享的生态补偿来协调不同主体功能区间的利益关系^[18-20],就成了必然之路。要使主体功能区规划落到实处,必须针对不同主体功能区的不同主体功能主要任务,进行相应的配套政策和管理体

系强力支撑,尤其是契合于主体功能的区域绩效考核体系^[14,21]。针对这两个问题,政府已推出生态补偿制度和领导干部自然资源资产离任审计制度的设计和试点^[3-6]。

我国现行的生态补偿主要有两套机制:垂向的转移支付机制和横向的生态补偿机制^[22]。在横向生态补偿实践中,主要分政府主导型补偿和市场主导型补偿两大类,其中政府主导型补偿占据主导地位,市场主导型补偿是补充手段^[23]。在政府主导的横向生态补偿标准核算实践中,最常用的主要有3个核算类型:损害赔偿型、保护补偿型、两者混合型^[24]。其中,损害赔偿的标准核算主要基于损害导致的经济损失或/和治理成本^[7-8],保护补偿的标准核算主要基于保护产生的服务价值或/和保护成本^[9]。这3个类型都依赖于损害或者保护所产生的损失、成本或价值,预设了生态系统服务提供区域给生态系统服务使用区域提供的本底性生态系统服务是无偿的,而这一预设是不合理的。另外,有学者提到了基于谈判能力、水权、排污权的生态补偿标准核算^[25-26]。很显然,这类核算对于发展能力弱、谈判能力弱的供应生态系统服务的上游地区来说是不公平的。

在生态补偿中,既然生态系统服务提供区域向生态系统服务受益区域提供了服务并产生了相应的价值,那么为了体现“(保护自然)就是保护和发展生产力,就应得到合理回报和经济补偿”,生态补偿就应该以生态系统服务的参考价值为参考标准。最近有学者开始探讨基于生态系统服务价值和生态足迹比对进行生态补偿标准核算^[27-28],也有学者探讨基于上游的保护成本、上游的生态系统服务价值、下游的生态系统服务受益程度、下游地方政府的支付能力、中央政府的综合支付等要素进行生态补偿标准核算^[29],还有学者探讨基于生态服务价值、自然环境、区域定位和资源稀缺度等要素进行生态补偿标准核算^[30]。这些都是很好的探索生态补偿的思路。

而领导干部自然资源资产离任审计中一个重大的问题是缺乏科学的评价体系,各界都在探索评价指标体系的构建^[10-11]。在自然资源资产审计中,既然设定了自然资源和生态环境是一种资产,那么就有增值和贬值的问题,而不只是“多了、少了、好了、差了”的问题,如果在审计中只考虑了自然资源和生态环境的物理属性而没有考虑其经济属性,那么其作为资产的价值就被消解了,这是值得反思的。为了体现“保护自然就是增值自然价值和自然资本的过程”,对自然资源和生态环境的审计应该用其服务价值来衡量。最近已有学者开始探讨自然资源价值属性的核算^[12],是非常值得肯定的。

然而,不论是生态补偿标准的核算^[27-30],还是自然资源价值属性的核算^[12],其中所涉及到的生态系统服务价值评估目前所采用的都是传统的生态系统服务价值核算的方法体系。这些传统生态系统服务价值评估方法往往采用对各项服务进行单独评估,然后予以线性加和或加权加和^[9,31-33]。这个路径存在一些无法同时给出圆满解答的问题,比如服务项选择和确认的问题,区域间文化间服务项选择的异质性问题,单项服务定价的问题,区域间文化间价格确定的异质性问题,相关项之间重复计算的问题,未受关注项的漏算的问题,最终价值的高估与低估问题等^[34]。这就导致了自然资源资产价值地区间横向可比性差的问题,导致了生态系统服务价值只能作为生态保护补偿标准的理论上限而非现实的补偿标准,现实的生态保护补偿标准则普遍以机会成本为主的现象^[35]。并且,在实际操作中还面临着核算复杂、成本高、时效性弱、可用性弱等问题,另外,还无法简便应对生态系统服务的价值非线性^[36-37]和单元价值的区域异质性^[38-40]等问题。

选择容量价值是一个从新的认知维度评估生态系统服务服务价值的指标。它以两个事实为基本依据:1)如果我们失去了任何一项关键的生态系统服务(比如氧气、水),那么人类就无法生存^[41];2)如果没有人类活动的存在,那么生态系统就给人类提供不了任何价值^[42]。因此,1)如果一项关键的生态系统服务是维持人类正常生存生产生活所必需的,那么我们就可以说人类经济社会活动产生的总价值是建立在消费该生态系统服务的基础上的;2)在维持人类正常生存生产生活中,需要消费一定量的生态系统服务,而一个区域的生态系统服务总量给这些消费活动提供了一定的选用自由度。

选择容量价值是指,一项人类生存生产所必需的生态系统服务,其总量为消费该生态系统服务的消费活动所提供的选择自由度(即选择容量)与该消费活动所产生的经济社会活动总价值的乘积,用非货币单位来

计量^[1]。选择自由度用在总量中选出消费量的平均不确定性(average uncertainty)来表示,其中平均不确定性可以用以 2 为底的对数,即求其在一个简单的二元选择决策中所具有的不确定性,单位为比特(bit)^[43]。选择容量价值的核算因为只是用生态系统服务总量、消费量、经济社会活动总价值 3 个对应参量来进行计算,所以可以解决传统生态系统服务价值评估所面临核算复杂、成本高、时效性弱、可用性弱、难以解决非线性和异质性问题;同时也因为选择容量价值将经济发展状况和资源环境状况融合了起来,实现了经济社会发展与生态环境保护的价值统一,所以可以为理解生态系统服务提供新的认知维度,可以为核算生态补偿标准和自然资源价值提供新的量化支持。

2 研究区域

珠江是我国七大江河之一,干流长 2214 km,流域面积 45.37 万 km²,气候温暖多雨,年降水总量 6535 亿 m³,水资源总量 3384.8 亿 m³^[44]。珠江三角洲是中国重要的经济区,珠江-西江连接着中国东部发达地区与西部欠发达地区,上下游之间区域发展不平衡问题比较突出^[45]。2014 年国务院批复《珠江-西江经济带发展规划》,把珠江-西江经济带作为珠江三角洲地区转型发展的战略腹地,进而打造成为中国西南、中南地区开放发展新的增长极^[45-46]。

珠江-西江是珠三角地区的重要水源地,保护好江河水质对下游地区的用水安全至关重要,因而绝不能将高污染、高能耗的产业转移到西江中上游去;珠江流域的流域生态文明试验区建设,关键是探索建立沿江流域生态和环境补偿机制,推动建立省际横向生态补偿制度,共同促进经济发展与生态环境相协调的科学发展^[47-48]。

中共中央国务院 2017 年发布的《关于完善主体功能区战略和制度的若干意见》(后文简称《意见》)明确,到 2020 年,我国符合主体功能定位的县域空间格局基本划定,陆海全覆盖的主体功能区战略格局精准落地,“多规合一”的空间规划体系建立健全;基于不同主体功能定位的配套政策体系和绩效考核评价体系进一步健全,主体功能区制度保障体系基本建立^[49]。《意见》已选择首批 4 个省份开展生态产品价值实现机制试点^[49]。本研究是对生态产品价值实现方式的一个探索。

3 数据来源

根据水利部珠江水利委员会的水资源数据统计口径,本文将珠江流域构建为由南北盘江、红柳江、郁江、西江下游段、北江、东江、珠江三角洲 7 个水文单元组成的流域-亚流域系统(图 1)。

本文所用数据主要来自水利部珠江水利委员会的门户网站——珠江水利网上所发布的系列公报——《珠江片水资源公报》,CNKI 统计数据的数据库,以及相关文献。

4 研究方法

考虑到水资源分布的空间异质性和水资源运动的方向性,每个亚流域/干流区间都有它产自降水的本地水资源供应量,并且干流区间还有来自上游的过境水资源供应量。依据选择容量价值的评估方法和原则^[1],来计算本地水资源供应量的选择容量价值和外源输入(空间辅加)的水资源供应量的选择容量价值(公式 1, 2),其中水资源供应量的外源输入量以可到达量为准来计算。

$$V_{o,l} = \begin{cases} V_e \times \log_2 \frac{ES_l}{ES_c} & ES_c < ES_l \\ V_e \times \log_2 \frac{(ES_l + ES_s)}{ES_c} \times \frac{ES_l}{ES_c} & ES_c \geq ES_l \end{cases} \quad (1)$$

$$V_{o,s} = V_e \times \log_2 \frac{(ES_l + ES_s)}{ES_c} - V_{o,l} \quad (2)$$

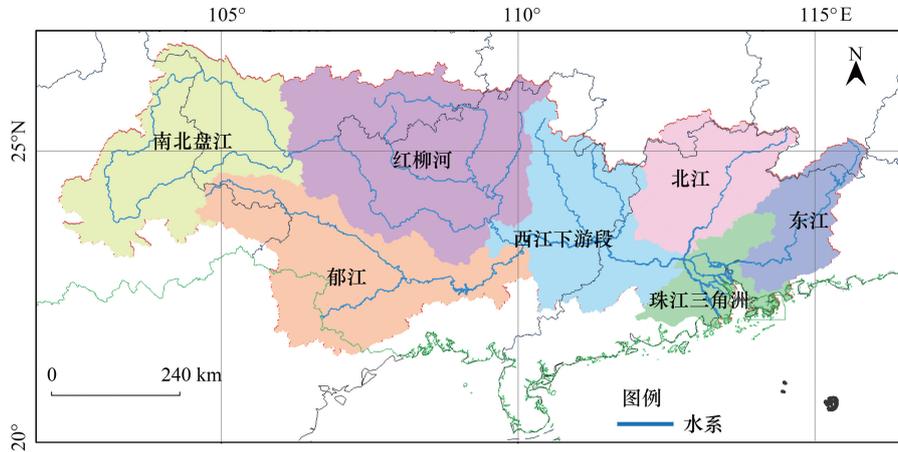


图1 珠江流域及其7个水文单元

Fig.1 The Zhujiang River Basin (Pearl River Basin) and its seven hydrologic units

式中, ES_i : 水文单元内由本地产生和供应的水资源供应量; ES_s : 水文单元内来自于外源输入的水资源供应量; ES_c : 水文单元内人类经济社会活动所消费的水资源量; V_e : 经济社会活动总价值; $V_{o,l}$: 水文单元内由本地水资源供应所提供的选择容量价值; $V_{o,s}$: 水文单元内由外源输入水资源供应所提供的选择容量价值。

在此,以珠江流域的7个水文单元为核算单元,对水资源供应进行选择容量价值评估。其中人类经济社会活动总价值用区内的国内生产总值来计量。

5 研究结果

各水文单元所享受的水资源供应价值。以2016年为例,红柳江、西江下游段和珠三角所分别收到的269.5亿 m^3 、1611.6亿 m^3 和3473.5亿 m^3 过境水分别提供了0.1839万亿元·比特、0.9584万亿元·比特和18.4487万亿元·比特的选择容量价值(表1)。总的来算,在亚流域尺度,珠江流域水资源供应的选择容量价值是37.6100万亿元·比特(表1)。

表1 在2016年,珠江流域各水文单元所享受的由各水文单元本地产水及水文单元之间过境水所提供的水资源供应的选择容量价值(V_o)Table 1 The optional capacity values (OCV, V_o) of water provision experienced by each hydrologic unit of Zhujiang River Basin in 2016, which are provided by local water provision of each hydrologic unit and passing-by water from upstream hydrologic units

	水资源总量 Total volume / ($\times 10^9 m^3$)	水资源用量 Usage / ($\times 10^9 m^3$)	国内生产总值 GDP / ($\times 10^{12}$ 元·比特)	选择容量价值 V_o The optional capacity values
南北盘江	29.56	4.78	0.6373	1.6753
红柳江	105.98	9.17	0.5626	1.9863
上游来水	26.95			0.1839
郁江	35.70	7.87	0.5745	1.2532
西江下游段	83.48	10.38	0.6179	1.8583
上游来水	161.16			0.9584
北江	69.64	5.26	0.4109	1.5315
东江	41.95	4.51	1.0488	3.3746
珠江三角洲	37.93	17.10	5.5161	6.3399
上游来水	347.35			18.4487
总量 Sum	939.70	59.07	9.3681	37.6100

各水文单元所提供的水资源供应价值。将过境水所提供的选择容量价值分配到各个输出过境水的水文单元,可以计算各水文单元所提供的水资源供应的选择容量价值。每个水文单元所提供的水资源供应价值相差不太大,但除了珠江三角洲区域,其他各区域输出的水资源供应价值占其所提供的水资源供应价值的相当大一部分,其中绝大部分输出到了珠江三角洲区域(表 2)。

表 2 在 2016 年,珠江流域各水文单元所提供的水资源供应(包括本地水和过境水)的选择容量价值(V_o)

Table 2 The optional capacity values (OCV, V_o) of water provision provided by each hydrologic unit of Zhujiang River Basin in 2016

	选择容量价值 The optional capacity values V_o / (10^{12} 元·比特)				总和 Sum
	本地服务 Local service	输出到红柳江 Output to Hong-Liu River	输出到西江下游段 Output to Xijiang River Lower Reach	输出到珠三角 Output to Zhujiang Delta	
南北盘江	1.6753	0.1839	0.1603	1.4314	3.4508
红柳江	1.9863		0.6066	5.4175	8.0104
郁江	1.2532		0.1915	1.7108	3.1555
西江下游段	1.8583			4.1747	6.0329
北江	1.5315			3.5793	5.1107
东江	3.3746			2.1351	5.5097
珠江三角洲	6.3399				6.3399
总量 Sum	18.0190	0.1839	0.9584	18.4487	37.6100

2006 与 2016 年珠江各水文单元水资源供应价值的对比。分析比较 2006 年和 2016 年珠江流域每个水文单元水资源供应的选择容量价值,可以发现无论是本地服务还是输出的服务,其都随着经济的增长而得以增长(表 3)。因为从 2006 到 2016 年,国内生产总值、水资源总量、水资源用量等变化的空间异质性,7 个水文单元所提供的水资源供应的选择容量价值的变化各不相同,无论是本地水资源还是过境水资源(表 3)。

6 讨论

6.1 生态补偿标准核算

生态补偿的标准核算不仅应该考虑生态系统服务价值^[27-28],更应该以生态系统服务的空间辅加所给生态系统服务受益区带来的价值为核心来进行。如果一个区域的某项自然资源或生态环境服务具有空间上的输出,那么该服务不仅仅为该区域自身提供了选择容量价值,也为接受该服务的下游区域提供了选择容量价值(公式 1, 2)。本地的生态系统服务为本区域提供了服务的选择容量价值,所以本区域应该为其自身的生态环境保护建设进行投入;输出的生态系统服务为下游区域提供了服务的选择容量价值,所以下游区域应该对输出区域的生态环境保护建设进行补偿。由于一项生态系统服务所给本区域和下游区域提供的选择容量价值具有同质性,所以相应的投入和补偿应该坚持“共享共担原则”和“同工同酬原则”。“共享共担原则”,即要求各区域所担负的成本应该与各区域所享受的价值相一致。“同工同酬原则”,即要求一个区域对所享受的同等价值但来源不同的服务供给给予同等的投入或补偿。

这也就意味着,对于作为被限制或者被禁止开发的重点生态功能区来讲,它向下游区域输出服务,那么享受生态系统服务辅加的区域将根据重点生态功能区的生态环境保护建设投入,以“共享共担原则”对生态系统服务输出区域进行生态补偿,或者将根据自身区域的生态环境保护建设投入,以“同工同酬原则”对生态系统服务输出区域进行生态补偿。这种补偿量化思路的确认将为实现上下游协调保护与发展,实现保护就是发展、“绿水青山就是金山银山”提供工具支持。在实际操作中,可以在补偿双方之间,或在全局层面协商利用其中一种补偿原则,或者协调利用两种补偿原则。

具体到本案例中来讲,一个水文单元中的水资源不仅仅为该水文单元自身提供了水资源供应的选择容量价值,也为下游的水文单元提供了水资源供应的选择容量价值。本地水为水文单元自身提供了水资源利用的选择容量价值,所以该水文单元应该对其自身的生态建设进行投入。过境水为受体水文单元提供了水资源利用的选择容量价值,因而受体水文单元应该对供体水文单元进行生态补偿。

表 3 2006 与 2016 年, 珠江流域各水文单元的本地水资源和过境水的水资源供应的选择容量价值 (V_o) 及其对比
Table 3 The optional capacity values (OCV, V_o) of water provision provided by local water provision and passing-by water from upstream hydrologic units in 2006 and 2016

	国内生产总值 GDP/($\times 10^{12}$ 元)		水资源总量 Total volume/($\times 10^9$ m ³)		水资源用量 Usage/($\times 10^9$ m ³)		选择容量价值 V_o /($\times 10^{12}$ 元·比特)								
	2006	2016	2006	2016	2006	2016	本地服务 Local service		输出服务 Output service		总和 Sum				
							2006	2016	增幅* /%	2006	2016	增幅* /%	2006	2016	增幅* /%
南北盘江	0.1577	0.6373	29.66	29.56	4.62	4.78	0.4231	1.6753	296	0.6269	1.7755	183	1.0500	3.4508	229
红柳江	0.1481	0.5626	87.35	105.98	10.34	9.17	0.4560	1.9863	336	1.7373	6.0241	247	2.1934	8.0104	265
上游来水 [#]			27.23	26.95			0.0580	0.1839	217						
郁江	0.1442	0.5745	36.95	35.70	7.29	7.87	0.3374	1.2532	271	0.6981	1.9023	173	1.0355	3.1555	205
西江下游段	0.1765	0.6179	70.74	83.48	11.82	10.38	0.4555	1.8583	308	1.2427	4.1747	236	1.6982	6.0329	255
上游来水 [#]			143.79	161.16			0.2825	0.9584	239						
北江	0.1055	0.4109	64.20	69.64	5.36	5.26	0.3780	1.5315	305	1.1734	3.5793	205	1.5514	5.1107	229
东江	0.2837	1.0488	38.32	41.95	4.20	4.51	0.9051	3.3746	273	0.6961	2.1351	207	1.6011	5.5097	244
珠江三角洲	1.7566	5.5161	34.26	37.93	19.50	17.10	1.4286	6.3399	344				1.4286	6.3399	344
上游来水 [#]			308.20	347.35			5.8341	18.4487	216						
总计 Sum	2.7723	9.3681	361.49	404.24	63.13	59.07	4.3836	18.0190	305	6.1745	19.5910	208	10.5581	37.6100	253

[#] 上游来水的数据(行数据), 在最后一行的总计时不计算在内; * 以百分比计量的增幅(列数据), 在最后一行的总计时采用平均数来计算

如果在南北盘江有一个水资源保护项目,预算需要花费 3.4508 亿元,如果按照“共享共担原则”,如果以 2016 年为基准年,那么由于在 2016 年,南北盘江分别为南北盘江、红柳江、西江下游和珠三角提供了水资源供应的选择容量价值 1.6753、0.1839、0.1603、1.4314 万亿元·比特(表 1),所以从理论上讲,南北盘江、红柳江、西江下游和珠三角应该分别承担 1.6753、0.1839、0.1603、1.4314 亿元。依此类推,如果在红柳江的一个水资源保护项目,预算需要花费 8.0104 亿元,那么按照“共享共担原则”,从理论上讲,红柳江、西江下游和珠三角应该分别承担 1.9863、0.6066、5.4175 亿元。

如果珠三角区域在为维护本区域内的水资源可用性上预算投入 6.3399 亿元的资金,那么如果按照“同工同酬原则”,如果以 2016 年为基准年,由于在 2016 年,南北盘江、红柳江、郁江、西江下游段、北江、东江、珠三角向珠三角提供的水资源供应选择容量价值分别为 1.4314、5.4175、1.7108、4.1747、3.5793、2.1351、6.3399 万亿元·比特(表 2),因而从理论上讲,相应的就应该给予给珠三角提供水资源供应选择容量价值的上游区域以与价值成比例的相应价值支付/补偿资金:向东江区域支付 1.3396 亿元、向北江区域支付 3.5793 亿元、向西江下游段区域支付 4.1747 亿元、向郁江区域支付 1.7108 亿元、向红柳江区域支付 5.4175 亿元、向南北盘江区域支付 1.4314 亿元。依此类推,如果西江下游段区域在为维护本区域内的水资源可用性上预算投入 1.8583 亿元的资金,那么按照“同工同酬原则”,从理论上讲,相应的就应该向郁江区域支付 0.1915 亿元、向红柳江区域支付 0.6066 亿元、向南北盘江区域支付 0.1603 亿元。

基于选择容量价值的生态补偿标准核算是一个核算简单、成本低、时效性高、可用性高、解决了非线性和异质性问题的核算框架和核算方法。在本案例研究中,只需要核算年的各个水文单元的可用水资源总量、水资源消费量、国内生产总值,就可核算得每个水文单元的选择容量价值,以及跨水文单元输送的选择容量价值,进而基于两个补偿原则——“共享共担原则”和“同工同酬原则”就可以探讨确定各水文单元间的生态补偿标准。因为参数少、计算公式简单,并且 3 个参数都是统计部门的常用统计指标,每年都会更新统计数据、补偿原则也简单明了,所以核算简单、成本低、时效性高、可用性高。由于选择容量价值超越了单一生产活动,所以解决了一项生态系统服务在传统价值核算中的价值非线性的问题。由于在探讨跨水文单元的生态补偿时用的是各水文单元的选择容量价值及相应跨边界输入输出,所以解决了传统生态补偿标准核算中的空间异质性的问题。可以确定,以选择容量价值为量化指标的生态补偿标准核算,将推动跨区域生态补偿资金分配与所提供的服务价值相挂钩的激励约束机制的形成与完善,并为其提供了新的量化思路和方案。

6.2 自然资源资产价值核算

自然资源资产审计不仅要关注资源的物理属性^[10-11],更应该关注自然资源资产价值。选择容量价值将经济发展状况和资源环境状况融合起来,实现了经济发展与生态保护的价值统一。自然资源资产的选择容量价值与其总量和社会经济发展状况正相关,与其消费量负相关。也就是说资源恢复、生态修复、环境容量扩大、资源节约、经济社会发展都将推动自然资源资产价值的增值。在经济社会发展和生态环境保护、资源消耗不可兼顾的情况下,可以以自然资源资产的选择容量价值最大化为规划目标,对经济社会发展和生态环境保护、资源消耗进行权衡,而避免走完全保护或完全发展的极端,找到兼顾保护和发展的平衡点或平衡区。这将为更深刻地认识生态文明建设中“保护与发展相统一”提供量化视角,为习近平总书记的“不搞大开发不是不要开发”、“生态环境保护和经济发展不是矛盾对立的关系,而是辩证统一的关系”的论述提供生态经济学的表达工具^[50]。

如果域内的自然资源和生态环境有服务的输出,并且输出的服务在一段时间内保障和促进了下游区域的生态恢复、环境容量扩大、经济社会发展等,而获得了增值,那么就算本区域(比如禁止开发的重点生态功能区)本身的自然资源和生态环境的可利用量和消费量保持稳定,且经济社会也未得到繁荣发展,其自然资源资产总的算起来还是得到了增值(公式 1, 2)。这种价值的确认为中国的主体功能区战略的实施提供了认知支撑,比如被限制开发和禁止开发的重点生态功能区,虽然无法通过本地的经济社会发展作为有效的价值参量来量化本区域的自然资源资产价值变化,但可以通过对所输出的相关服务的价值量化来进行价值评估。这

将为主政一方的领导干部提供走好生态优先绿色发展之路的目标规划的工具,也为组织部门进行领导干部自然资源资产离任审计提供价值量化工具。

具体到本案例来讲,一个水文单元中的水资源不仅仅为该水文单元自身提供水资源供应的选择容量价值,也为下游的水文单元提供水资源供应的选择容量价值,所以其所提供的价值是本地服务价值和输出的服务价值之和。因而,一个水文单元中的水资源所具有的选择容量价值,不止受本地的资源量、消费量和经济社会发展水平影响,还受输出地的资源量、消费量和经济社会发展水平以及输出量的影响。

从 2006 年到 2016 年,珠江流域各水文单元的本地水资源供应的选择容量价值受本地经济增长推动以及资源量、消费量变动的影响而增长 271% 到 344% 不等,其中由于水资源量、消费量保持相对稳定,经济增长为各水文单元的本地水资源供应价值增长提供了 60% 到 110% 不等的贡献率(表 3)。也就是说,在珠江流域各水文单元推进经济社会发展过程中,没有导致水资源供应量的明显减少,也没有导致水资源的过度消耗,同时其自然资源资产受经济增长推动而得以增值。

从 2006 年到 2016 年,珠江流域各水文单元(除了珠江三角洲区域)输出的过境水资源供应的选择容量价值受受体水文单元的经济增长推动及其资源量、消费量、输入量变动的影响而增长的价值增量是各水文单元在 2006 年所拥有的水资源供应价值的 0.90 倍到 1.95 倍(表 3)。也就是说,作为服务输出区域,上游区域所提供的水资源供应的选择容量价值受所输出的水资源供应的选择容量价值增长的推动而得以明显增长。

基于选择容量价值的自然资源资产价值核算是一个核算简单高效、兼顾生态环境保护与经济社会发展、满足体现保护自然就是增值自然价值和自然资本的过程的核算方案。在本案例研究中,各水文单元的水资源供应的选择容量价值的核算只用 3 个参数,其中,可用水资源总量和水资源消费量反映了生态环境保护 and 绿色可持续发展的成果,国内生产总值反映了经济社会发展的成果,而水资源供应的选择容量价值兼顾了这两者。上游水文单元通过生态环境保护为下游水文单元提供持续的可用水资源,下游水文单元凭借上游源源不断的水资源供应推动其自身经济社会发展,而这一过程反映在上游就是其水资源供应的选择容量价值不断增长,肯定了其生态环境保护价值通过区域协同发展而体现出来,体现了保护自然就是增值自然价值和自然资本的过程。同时,以选择容量价值为量化指标的自然资源资产价值评估为不同主体功能地位的区域的工作目标规划、绩效评价考核和领导干部自然资源资产离任审计提供了统一的量化工具。

在主体功能区制度框架下,生态补偿制度旨在促进不同主体功能区之间的任务和功能协调,保障生态产品供应;自然资源资产审计制度旨在落实各主体功能区的发展任务评价,正确衡量其生态产品供应。所以,通过选择容量价值作为统一的量化指标将生态补偿制度和自然资源资产审计制度联动协作起来,一方面可以通过自然资源资产审计引导和督促上游地区通过资源、生态、环境保护为下游提供生态系统服务,另一方面可以通过基于下游地区所享受到的服务价值对上游进行生态补偿为上游的保护行动提供补偿和支持,进而推动形成保护为了发展,发展促进保护,保护和发展相辅相成的生态文明建设的和谐格局。

7 结论

本文以珠江流域水资源供应的选择容量价值为例,建构了基于选择容量价值的生态补偿标准和自然资源价值的核算框架和核算方法。以选择容量价值为指标,基于两个补偿原则——“共享共担”原则和“同工同酬”原则,可以针对跨区域生态系统服务输移进行生态补偿核算,这种核算方案应用简便、成本低、时效性高、可用性高,能够适应生态系统服务的价值非线性和空间异质性特征。以选择容量价值为指标,可以对自然资源资产价值进行核算,这种核算方案简单高效,兼顾了生态环境保护与经济社会发展两个要素,还能够反映区域间的主体功能协同。同时,选择容量价值作为生态补偿制度和自然资源资产审计制度共同的量化指标,为这两个制度的联动协作提供了内在统一性,进而为生态文明制度建设的落实提供了助力。

参考文献(References):

- [1] Yang H L, Zhao B, Chen J K. Quantifying the Payments for Ecosystem Services among hydrologic units in Zhujiang River Basin, China based on

- the indicator of Optional Capacity Value. bioRxiv, 2019, doi: 10.1101/616680.
- [2] Yang H L, Chen J K. Dual Value System and its assessment scheme for understanding and valuing ecosystem services. bioRxiv, 2019, doi: 10.1101/628578.
- [3] 新华社. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《领导干部自然资源资产离任审计规定(试行)》. (2017-11-28) [2018-10-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-11/28/content_5242955.htm.
- [4] 国务院办公厅. 《国务院办公厅关于健全生态保护补偿机制的意见》国办发〔2016〕31号. (2016-05-13) [2019-04-12]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-05/13/content_5073049.htm.
- [5] 国家发展改革委, 财政部, 自然资源部, 等. 《关于印发〈建立市场化、多元化生态保护补偿机制行动计划〉的通知》发改西部〔2018〕1960号. (2019-01-11) [2019-04-12]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-01/11/content_5357007.htm.
- [6] 国务院办公厅. 《国务院办公厅关于印发编制自然资源资产负债表试点方案的通知》国办发〔2015〕82号. (2015-11-17) [2018-10-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-11/17/content_10313.htm.
- [7] 于冰, 胡求光. 海洋生态损害补偿研究综述. 生态学报, 2018, 38(19): 6826-6834.
- [8] 龚虹波, 冯佰香. 海洋生态损害补偿研究综述. 浙江社会科学, 2017, (3): 18-26.
- [9] 赖敏, 吴绍洪, 尹云鹤, 潘韬. 三江源区基于生态系统服务价值的生态补偿额度. 生态学报, 2015, 35(2): 227-236.
- [10] 马志娟, 廖飞, 戴欣好. 新时代资源环境审计发展现状与展望——2017年资源环境审计暨领导干部自然资源资产离任审计理论与实践研讨会综述. 会计之友, 2018, (15): 137-140.
- [11] 耿建新, 刘尚睿, 吕晓敏. 土地自然资源资产负债表与自然资产离任审计——基于土地资源承载能力. 财会月刊, 2018, (18): 113-123.
- [12] 焦志倩, 王红瑞, 许新宜, 杨博. 自然资源资产负债表编制设计及应用 I: 设计. 自然资源学报, 2018, 33(10): 1706-1714.
- [13] 国务院. 《国务院关于印发全国主体功能区规划的通知》国发〔2010〕46号. (2011-06-08) [2018-10-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2011-06/08/content_1441.htm.
- [14] 彭迪云, 何文靓. 我国实施主体功能区战略的利益困局与政策建议——基于博弈论分析的视角. 求实, 2013, (6): 48-52.
- [15] 樊杰. 中国主体功能区划方案. 地理学报, 2015, 70(2): 186-201.
- [16] 曹前满. 主体功能区的价值取向与发展路径匡正. 东南学术, 2015, (2): 90-100.
- [17] 刘陶. 主体功能区建设与财政转移支付制度. 学习月刊, 2012, (22): 13-14.
- [18] 张化楠, 葛颜祥, 接玉梅. 主体功能区的流域生态补偿机制研究. 现代经济探讨, 2017, (4): 83-87.
- [19] 董玉荣. 主体功能区生态补偿的利益博弈与创新机制. 前沿, 2017, (11): 77-80.
- [20] 白鹤松, 张雨竹, 周妹, 王玉芳. 主体功能区间生态补偿协调的构想. 林业调查规划, 2017, 42(3): 73-77.
- [21] 唐常春, 刘华丹. 长江流域主体功能区建设的政府绩效考核体系建构. 经济地理, 2015, 35(11): 36-44.
- [22] 吴乐, 孔德帅, 靳乐山. 中国生态保护补偿机制研究进展. 生态学报, 2019, 39(1): 1-8.
- [23] 王德凡. 内在需求、典型方式与主体功能区生态补偿机制创新. 改革, 2017, (12): 93-101.
- [24] 禹雪中, 冯时. 中国流域生态补偿标准核算方法分析. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(9): 14-19.
- [25] 谭秋成. 关于生态补偿标准和机制. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 1-6.
- [26] 肖加元, 潘安. 基于水排污权交易的流域生态补偿研究. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(7): 18-26.
- [27] 卢新海, 柯善淦. 基于生态足迹模型的区域水资源生态补偿量化模型构建——以长江流域为例. 长江流域资源与环境, 2016, 25(2): 334-341.
- [28] 王奕淇, 李国平. 流域生态服务价值供给的补偿标准评估——以渭河流域上游为例. 生态学报, 2019, 39(1): 108-116.
- [29] 杜林远, 高红贵. 我国流域水资源生态补偿标准量化研究——以湖南湘江流域为例. 中南财经政法大学学报, 2018, (2): 43-50.
- [30] 盛文萍, 甄霖, 肖玉. 差异化的生态公益林生态补偿标准——以北京市为例. 生态学报, 2019, 39(1): 45-52.
- [31] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [32] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [33] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [34] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式. 植物生态学报, 2006, 30(2): 191-199.
- [35] 柳荻, 胡振通, 靳乐山. 生态保护补偿的分析框架研究综述. 生态学报, 2018, 38(2): 380-392.
- [36] Barbier E B, Koch E W, Silliman B R, Hacker S D, Wolanski E, Primavera J, Granek E F, Polasky S, Aswani S, Cramer L A, Stoms D M, Kennedy C J, Bael D, Kappel C V, Perillo G M E, Reed D J. Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. Science, 2008, 319(5861): 321-323.

- [37] Koch E W, Barbier E B, Silliman B R, Reed D J, Perillo G M E, Hacker S D, Granek E F, Primavera J H, Muthiga N, Polasky S, Halpern B S, Kennedy C J, Kappel C V, Wolanski E. Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 29-37.
- [38] de Groot R, Brander L, van der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braat L, Christie M, Crossman N, Ghermandi A, Hein L, Hussain S, Kumar P, McVittie A, Portela R, Rodriguez L C, ten Brink P, van Beukering P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1): 50-61.
- [39] Crossman N D, Burkhard B, Nedkov S, Willemen L, Petz K, Palomo I, Drakou E G, Martín-Lopez B, McPhearson T, Boyanova K, Alkemade R, Egoh B, Dunbar M B, Maes J. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services*, 2013, 4: 4-14.
- [40] Drakou E G, Crossman N D, Willemen L, Burkhard B, Palomo I, Maes J, Peedell S. A visualization and data-sharing tool for ecosystem service maps: lessons learnt, challenges and the way forward. *Ecosystem Services*, 2015, 13: 134-140.
- [41] Chaisson E J. *Cosmic Evolution: The Rise of Complexity in Nature*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2002: 1-274.
- [42] Costanza R, de Groot R, Sutton P, van der Ploeg S, Anderson S J, Kubiszewski I, Farber S, Turner R K. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 2014, 26: 152-158.
- [43] Ulanowicz R E. 增长与发展——生态系统现象学. 黄茆莉, 译. 郑州: 黄河水利出版社, 2010: 1-147.
- [44] 《中国河湖大典》编纂委员会. 中国河湖大典·珠江卷. 北京: 中国水利水电出版社, 2013: 1-525.
- [45] 国家发展改革委. 《关于印发珠江—西江经济带发展规划的通知》发改地区[2014] 1729号. (2014-08-01)[2018-10-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-08/01/content_2728213.htm.
- [46] 国务院. 《国务院关于珠江—西江经济带发展规划的批复》国函[2014] 87号. (2014-03-16)[2018-10-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-07/16/content_8933.htm.
- [47] 张周来, 欧甸丘. 珠江—西江经济带发展蓝图已然展开. (2014-07-20)[2018-10-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-07/20/content_2720842.htm.
- [48] 张周来, 欧甸丘, 刘宏宇. 评论: 融合发展才能实现共同进步. (2014-07-20)[2018-10-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-07/20/content_2720832.htm.
- [49] 中共中央, 国务院. 关于完善主体功能区战略和制度的若干意见(中发[2017] 27号). (2017-10-12). <http://www.dongzhi.gov.cn/openness/detail/content/5a4c4410890dc8000d00000c.html>
- [50] 新华社. 习近平主持召开深入推动长江经济带发展座谈会并发表重要讲话. (2018-04-26)[2018-10-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-04/26/content_5286185.htm#1.