

流域横向生态补偿政策的水环境效益评估

胡东滨¹, 林媚¹, 陈晓红^{1,2*} (1.中南大学商学院, 湖南 长沙 410083; 2.湖南工商大学前沿交叉学院, 湖南 长沙 410205)

摘要: 基于 2000~2019 年浙江和安徽 26 个地级市的面板数据,使用合成控制法定量分析新安江 3 轮横向生态补偿试点政策对其水环境效益的总体性和结构性影响。结果表明:政策效果在时间上存在异质性,第 1、2 轮政策试点显著的提升了新安江流域整体的水环境,但第 3 轮试点对上游水环境的影响是负的。政策效果在空间上存在异质性。流域横向生态补偿政策使下游的生物多样性价值平均提高了 0.068 亿元,但使上游生物多样性价值平均降低了 0.015 亿元。政策效果在结构上存在异质性。通过对水环境效益的结构性分解,发现横向生态补偿政策使新安江流域的水质净化能力价值平均提高了 31.874 亿元,但使其产品供给价值平均下降了 13.402 亿元。政策效果存在预期效益。流域横向生态补偿的政策效果在政策正式实施前 2 年已经出现。

关键词: 横向生态补偿; 合成控制法; 水环境效益; 新安江流域

中图分类号: X321 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2022)11-5447-10

Effects of river basin horizontal ecological compensation on water environment benefits. HU Dong-bin¹, LIN Mei¹, CHEN Xiao-hong^{1,2*} (1.School of Business, Central South University, Changsha 410083, China; 2.School of Frontier Crossover Studies, Hunan University of Technology and Business, Changsha 410205, China). *China Environmental Science*, 2022,42(11): 5447~5456

Abstract: Based on the panel data of 26 prefecture-level cities in Zhejiang and Anhui provinces from 2000 to 2019, this paper uses the synthetic control method to quantitatively analyze the overall and structural impacts of the three-round horizontal ecological compensation pilots' policy on the Xin'an River basin on its water environmental benefits. The results showed that: (1) there existed temporal heterogeneity in policy effects. The first and second rounds of policy pilots significantly improved the overall water environment of the Xin'an River Basin, while the third round of pilots had a negative impact on the upstream water environment. (2) there existed spatial heterogeneity in policy effects. The horizontal ecological compensation policy of the river basin increased the biodiversity value of the downstream by an average of 6.8 million yuan, but reduced the biodiversity value of the upstream by an average of 1.5 million yuan. (3) there existed structural heterogeneity in policy effects. Structural decomposition of water environmental benefits showed that the horizontal ecological compensation policy increased the value of water purification capacity in the Xin'an River Basin by an average of 3.1874 billion yuan, but reduced the value of its product supply by an average of 1.3402 billion yuan. (4) there existed expected benefits in policy effects. The effect of the horizontal ecological compensation policy has appeared two years ahead the official implementation of the policy.

Key words: horizontal ecological compensation; synthetic control method; water environmental benefits; Xin'an river basin

中国政府过去一般采取行政命令方式治理流域污染,但由于受水资源的流动性与行政区域的固定性和分割性影响^[1],跨省流域污染治理权责复杂^[2],治理效果不理想,形成了一系列治理难题^[3]。2011 年,安徽浙江两省通过协商谈判,签订了新安江流域生态保护补偿协议,我国首个跨省流域横向生态补偿试点启动。与命令控制型的生态补偿不同,横向生态补偿的特征是以市场横向补偿为主、财政纵向转移支付为辅^[4]。经过 3 轮试点,新安江流域生态系统服务价值和水生态服务价值逐年上升,连续多年是全国水质最好的河流之一。此后,国务院、财政部、生态环境部等中央部门,相继出台了《生态文明体制改革总体方案》^[5]、《关于健全生态保护补偿机制的意见》^[6]、《支持长江全流域建立横向生态保护补偿机

制的实施方案》^[7]等文件,探索建立横向生态补偿长效机制,解决跨省流域环境污染治理问题。

国内外关于跨省流域横向生态补偿的研究主要是从制度规则^[6-7]等角度,基于合约理论^[3]、博弈论^[3,10-11]和制度分析与发展(IAD)框架^[12]等理论,对流域横向生态补偿政策的有效性及其对环境^[13-16]、经济^[4,17-18]和社会^[18-19]影响评估进行了部分研究。使用的方法主要有:访谈法^[21-23]、案例法^[23-24]、实验调查法^[19-20,25-26]、模糊集定性比较法^[27]等定性研究方法和统计方法^[13-14]、双重差分法(DID)^[4,15,17,28]、构建指标体系法^[29]、层次分析-模糊综合评价法^[30]等。选

收稿日期: 2021-04-09

基金项目: 国家自然科学基金基础科学中心项目(72088101)

* 责任作者, 院士, xhc_201909@163.com

取的评价指标主要有:水质^[21,31-32]、水污染强度^[28]、水资源利用率^[33-34]、企业全要素生产率^[35]、贫困状况^[36]、环境保护意愿^[25]等。

目前,国内外对横向生态补偿政策效果评价的研究已取得一系列成果^[2,37-39],但在水环境效益评估方面仍然有较大的探索空间.一是定量评估方法不够科学.现有文献多采用传统 DID 方法,使用 DID 方法的关键在于满足平行趋势假设及找到合适的对照组.而流域与流域之间的差别很大,很难找到与处理组相似的流域作为对照组,因此该方法使用在流域横向生态补偿政策评估中存在前提假设难以满足、难以找到合适的对照组等问题,易造成因果识别不足和内生性问题.二是水环境效益的评价指标选取较为单一,多单独选取水污染强度、水质等,鲜有考虑水资源供给、生物多样性等因素,对政策的水环境效果评价不够全面;三是时间、空间和结构上的异质性的讨论不足.新安江横向生态补偿政策试点分为 3 轮,每轮试点政策存在差异,而现有文献大多只评估了某一轮试点^[4,28,32],对 3 轮试点的整体效果及不同试点期的差异性效果讨论很少。

本文基于水环境效益的角度,利用合成控制法构造合理的反事实,从水资源供给、产品供给、水质净化能力、生物多样性价值和旅游价值 5 个维度,对流域横向生态补偿的水环境效益进行全面的量化评估,旨在弥补以往流域横向生态补偿政策量化评估不足的问题,为横向生态补偿政策的进一步推广提供参考。

1 研究方法

1.1 样本介绍

新安江流域是长江流域的重要水系,发源于安徽省黄山市,横跨安徽与浙江两省,最终注入千岛湖,是千岛湖的重要水源地.为改善流域生态环境,经过多年的实践探索,新安江成为我国首个跨省流域的横向生态补偿试点,2012~2020 年 9 年间,共进行了 3 轮试点,建立了跨省流域横向生态保护补偿机制,取得了良好的环境、经济和社会效果.新安江 3 轮试点的参与对象均为黄山市和杭州市,考核标准均为断面水质,补偿资金来源和补偿原则每一轮都有所不同,详见表 1。

表 1 新安江 3 轮横向生态补偿实行情况
Table 1 The implementation of three rounds of horizontal ecological compensation in Xin'an River Basin

序号	时间	补偿金额	补偿原则
第 1 轮	2012~2014	每年 5 亿元.其中,中央	中央 3 亿元无偿拨付给安徽省.皖浙两省各出资
		出资 3 亿,皖浙两省分	的 1 亿元按考核标准判
第 2 轮	2015~2017	别出资 1 亿元.	定归属.若断面水质优于
			基础限值,则浙江补偿安
第 3 轮	2018~2020	3 年累计 21 亿元.其中	徽;若断面水质劣于基础
		中央资金共 9 亿,按 4	限制或上游界内发生重
		亿、3 亿、2 亿退坡方	大污染事故,则安徽补偿
		式补助,皖浙两省每年	浙江.
		各 2 亿.	在第一轮基础上将基准
			限值调整为 2012~2014
		中央不再给予补偿资	年 3 年联合监测均值,同
		金,只有皖浙两省各出	时实行分档补助、好水
		资 2 亿元.同时,首次支	好价.
		持通过设计绿色基金	在上一轮的基础上主要
		等方式引导社会资本	有两大变化:一是水质考
		加大新安江流域的综	核标准更高,水质稳定系
		合治理.	数由上一轮的 89%提高
			到 90%;同时提高了氨
			氮、高锰酸钾、总氮和
			总磷四项指标的权重系
			数.

注:资料来源于《新安江流域水环境补偿试点实施方案》^[40]和《关于新安江流域上下游横向生态补偿的协议》^[41];参与对象均为黄山市和杭州市;考核标准均为断面水质核算的补偿指数。

1.2 模型设定

目前,国内学者做政策评估多使用 DID 方法,该方法难点在于难以找到合适的对照组,在本研究中,流域与流域之间的差别很大,很难找到可以作为新安江流域对照组的其它流域.针对该问题 Abadie 等^[42-43]提出了合成控制法(SCM),用数据驱动的方式,估算权重,合成多个控制单元,拟合形成一个在政策实施前生态环境和经济状态与实验组基本一致的对照组,以减少主观选择对照组的误差并克服潜在的政策内生性问题^[32],得到了广泛的应用^[44-45]。

假设新安江流域经过的浙江省和安徽省共有 $N+1$ 个市,其中,城市 1 在 T_0 期开始实行流域横向生态补偿,其他 N 个市没有实行流域横向生态补偿. Y_{it} 表示城市 i 在 t 期实施流域横向生态补偿的环境效益, Y_{0it} 表示城市 i 在 t 期没有实施流域横向生态补偿的环境效益, 则城市 i 实施流域横向生态补偿的因果效应可表示为 $\tau_{it} = Y_{it} - Y_{0it}$. 城市 i 在 t 期观测到的流域横向生态补偿的结果为: $Y_{it} = D_{it}Y_{1it} +$

$(1 - D_{it})Y_{0it} = Y_{0it} + \tau_{it}D_{it}$, D_{it} 表示城市 i 在 t 期的横向生态补偿机制干预状态. 假设城市 1 在 T_0 期后实行流域横向生态补偿, 而其他 N 个城市在所有时期都没有实行流域横向生态补偿, 那么对于 $t > T_0$, 流域横向生态补偿的效果可以表示为 $\tau_{it} = Y_{1it} - Y_{0it}$. 其中, Y_{1it} 可以通过直接观察城市 1 的水环境效益指标得到, 而 Y_{0it} 是城市 1 没有实行流域横向生态补偿时的潜在结果, 不是观测值, 因此需要通过构建如下“反事实”模型来估计^[43]:

$$Y_{0it} = \delta_t + \theta_i Z_i + \lambda_t \mu_i + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

式中: δ_t 是时间固定效应; Z_i 是控制变量; θ_i 是参数向量 λ_t 是时间效应, μ_i 是个体效应, ε_{it} 是随机扰动项.

为求出 Y_{0it} , 可以通过对控制组各城市加权来模拟实验组的特征, 假设存在一个权重向量 $W^* = (w_2, \dots, w_{N+1})$, 满足 $w_j \geq 0, j = 2, \dots, N+1$ 且 $\sum_{j=2}^{N+1} w_j = 1$. 对于 $T_0 < t \leq T$, 有 Y_{0it} 的估计值 $\hat{Y}_{0it} = \sum_{j=2}^{N+1} w_j^* Y_{jit}$, 从而流域横向生态补偿的水环境效益估计值为:

$$\hat{\tau}_{it} = Y_{it} - \sum_{j=2}^{N+1} w_j^* Y_{jit}, t \in [T_0 + 1, \dots, T] \tag{2}$$

选择最小化 X_1 与 X_0W 来确定权重. 其表达式为 $\|X_1 - X_0W\| = \sqrt{(X_1 - X_0W)'V(X_1 - X_0W)}$, X_1 是流域横向生态补偿试点前实验组的 $(m \times 1)$ 维特征向量, X_0 是流域横向生态补偿试点前控制组对应的 $(m \times n)$ 维矩阵, V 是可通过软件程序计算得到^[43]的 $(m \times n)$ 维对称半正定矩阵.

通过加权后得到的合成地区的流域横向生态补偿效果情况, 实际上是模拟了假设流域横向生态补偿试点地区不实施该政策时的水环境效益情况, 则政策实施地区与合成地区之间的水环境效益差异就是流域横向生态补偿政策对该流域水环境效益的影响.

按照上述原理, 本文将杭州市和黄山市作为实验组. 为了更加准确的评估流域横向生态补偿政策的水环境效益, 考虑到对照组与实验组的生态环境特征应尽可能相似且不受流域横向生态补偿政策的影响, 选取安徽省和浙江省的其他市作为对照组, 同时, 因为宣城市的绩溪县也参与了试点, 因此将宣城市剔除, 最终确定宁波、嘉兴、湖州、绍兴、舟山、温州、金华、衢州、台州、丽水、合肥、淮北、亳州、宿州、蚌埠、阜阳、淮南、滁州、

六安、马鞍山、芜湖、铜陵、池州和安庆 24 个市作为对照组.

1.3 变量与数据来源

1.3.1 被解释变量 水环境效益. 为了比较全面的衡量流域横向生态补偿政策对水环境效益的影响, 本文借鉴相关研究^[45-47], 综合考虑浙江和安徽的地理特性及数据可得性, 从流域生态系统服务功能的 4 个一级类型和 11 个二级类型中(表 2), 选取单位面积水系生态系统服务功能价值当量最大的 5 个二级类型: 水源供给、产品供给、水质净化、生物多样性和旅游价值作为指标, 表征水环境效益, 并借鉴马庆华^[50]的方法进行计算.

表 2 水生态系统服务类型		
Table 2 Ecosystem service types of aquatic systems		
生态系统	一级服务类型	二级服务类型
水系	供给服务	食物生产
		原料生产
		水资源供给
	调节服务	气体调节
		气候调节
		净化环境
		水文调节
		土壤保持
	支持服务	维持养分循环
		生物多样性
	文化服务	美学景观

1.3.2 控制变量 借鉴已有研究成果^[28], 选取了以下控制变量: (1) 行政区域面积(area, km²), 取城市行政区域土地面积; (2) 人均 GDP(gdp, 元), 取城市当年人均地区生产总值; (3) 产业结构(structure, %), 取第二产业增加值占 GDP 比重; (4) 对外开放水平(open, 亿美元), 取城市实际使用外资金额; (5) 技术水平(technology, 亿元), 取城市年度科学支出金额; (6) 城镇化水平(urban, %), 取城市非农业人口占总人口的比重; (7) 基础设施情况(infrastructure, m²), 取城市道路面积. 同时, 计算了 1999 年为基期的 GDP 平减指数, 对相关变量进行了平减, 剔除了价格因素的影响.

1.3.3 数据来源 水环境效益指标体系包含内容广泛, 数据涉及环境、经济等多个领域, 统计数据均来源于 2001~2020 年浙江和安徽 2 省的统计年鉴和水资源公报, 水价数据来自于各级政府公布的水价公告和《涉农价格和收费目录》. 其他数据来源于

EPS 数据平台整理而得。

在确定了方法、数据源,并获得数据之后,应用 Abadie 等^[43]开发的程序包 Synth 来实证分析和检验流域横向生态补偿政策对新安江流域水环境效益的影响。

表 3 水环境效益评估方法
Table 3 Water Environmental benefits assessment methods

一级指标	二级指标	指标解释	核算方法
水资源供给	V_1	指水资源作为水源,用于生产生活而产生的效益,属于供给服务	计算公式为: $V_1 = \sum_{i=1}^5 P_i Q_i$, 其中 P_i 为第 i 种类型用水的水价, Q_i 为第 i 种类型的用水量, i 为用水类型, 包括 5 种类型
	产品供给 V_2	指水产品生产带来的效益,属于供给服务	取当年渔业总产值进行估算
水环境效益	V_3	指水资源自净能力产生的效益,主要考虑对 COD 净化功能的价值,属于调节服务	用水资源的纳污价值进行估算,计算公式为: $V_3 = cw$, 其中, c 纳污量, w 为废水治理设施运行费用, c 通过工业 COD 排放量、III 类地表水 COD 控制浓度及水资源总量计算而得, 其中, III 类地表水 COD 控制浓度按照《地表水环境质量标准 (GB 3838-2002)》 ^[51] 对流域水质的要求取 20mg/L
	生物多样性 V_4	指流域水生态系统生物多样性带来的效益,属于支持服务	采用模拟市场技术进行计算 ^[52] , 计算公式为: $V_4 = WTP \times h$, 其中, WTP 是居民对生物多样性的支付意愿, 取 38.66 元/人 ^[53] , h 为城市常住人口
	旅游价值 V_5	指河流优美的自然环境带来的效益,属于文化服务	计算公式为: $V_5 = \alpha V_1$, 其中, V_1 代表的是旅游产值, α 是比重, 取 12.3% ^[54]

2 结果与讨论

2.1 政策效应评估

2.1.1 综合效应 由图 1 可见,在横向生态补偿政策实施前,黄山和杭州水环境效益值的实际值与合成值的变化趋势基本一致,说明模型拟合效果好。流域横向生态补偿实施后,水环境效益实际值曲线都位于合成值曲线之上,表明横向生态补偿有效^[55]促进了新安江流域上下游水环境效益的提升。从政策效果来看,横向生态补偿政策对新安江上下游水环境效益提升的平均值分别是 10.600 和 98.070,下游

的政策效果最明显。从政策效应的纵向变化来看,上游的政策效应趋势则波动比较大,其政策效应经历了 2012~2015 逐渐增大,到 2015 年达到最大值,然后开始减小,最后在 2017 年开始转为负的过程。说明流域横向生态补偿政策在后期对上游水环境效益带来了抑制作用,其原因可能与补贴金额不够有关^[56-57],因为在 2018 年开始的第 3 轮试点中,中央不再给予补偿资金。

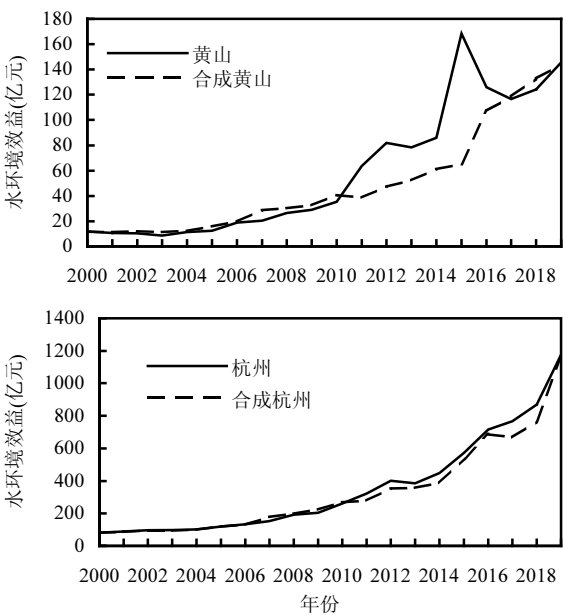


图 1 2012 年横向生态补偿政策的环境效应
Fig.1 Environmental effects of horizontal ecological compensation policy in 2012

2.1.2 预期效应 从图 1 中还可以看到,横向生态补偿的政策效应在政策开始正式实施前 2 年(2010 年)就已经出现,在 2009 年,黄山市向全国人大递交了《关于推进新安江流域补偿机制试点工作的议案》;2010 年,全国政协赴杭州调研,形成了《关于千岛湖水资源保护情况的调研报告》^[58]。同年,浙江省委做出《关于推进生态文明建设的决定》^[59],要求“实现主要水系源头地区省级生态补偿的全覆盖”,同时杭州编制了《杭州市生态文明建设规划》^[60]和《生态文明建设三年行动方案》^[61],要求尽快出台《千岛湖饮用水源专项整治规划》^[55]加强水环境治理;2010 年 3 月,财政部、环保部就关于开展跨省新安江流域生态补偿试点的实施方案征求皖浙两省的意见,并于同年 12 月向黄山市和绩溪县拨付启动资金 5000 万元;2011 年 3 月,财政部、环保部印发了《关于启

动实施新安江流域水环境补偿试点工作的函》(财建函(2011)123号),由此可推断,虽然新安江流域横向生态补偿政策的正式实施时间是2012年,但在此之前中央多部委及黄山和杭州进行了大量的前期工作,使得新安江流域横向生态补偿的政策效果提前,产生了预期效应。

为了更精准的评估2010年出现的政策预期效应,将政策实施点往前推至2010年,重新进行拟合,结果如图2所示。上游黄山和下游杭州在2010前的特征拟合非常好;2010年起,黄山与合成黄山、杭州与合成杭州水环境效益路径开始有明显差异,趋势与2012年类似。这一方面说明2012年的结果是稳健的;另一方面说明横向生态补偿的政策效果确实在2010年开始显现。在第1、2轮试点(2010~2017)中,流域横向生态补偿对新安江上下游的水环境效益都有正向的提升效应;第3轮试点(2017~2019年),下游水环境效益实际值曲线于拟合值曲线之间的距离逐渐缩小,说明流域横向生态补偿仍能改善新安江下游的水环境,但是政策效应有缩小的趋势。而上游水环境效益实际值曲线开始位于拟合值曲线的下方,第3轮流域横向生态补偿政策对上游水环境产生了负面影响,降低了黄山的水环境效益。

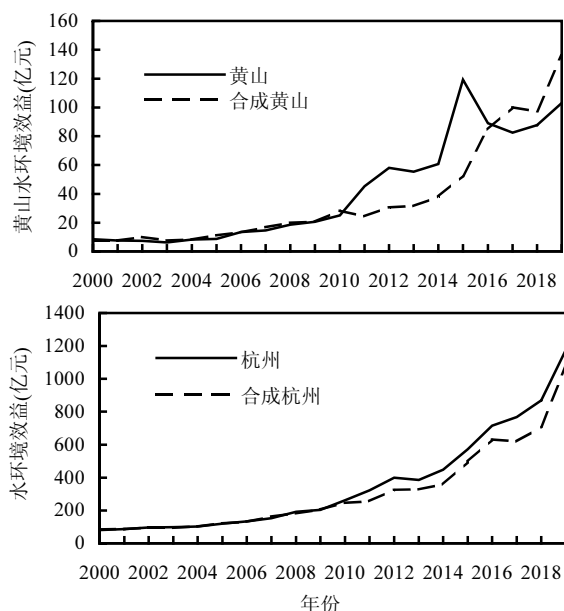


图2 2010年横向生态补偿政策的环境效应

Fig.2 Environmental effects of horizontal ecological compensation policy in 2010

合成黄山主要由丽水市、宿州市、淮北市以及

衢州市合成,其权重分别为:0.066、0.026、0.588 和 0.320,淮北市的权重最高为 0.588。合成杭州主要由合肥市、宁波市以及舟山市合成,其权重分别为:0.020、0.842、0.138,宁波市的权重最高为 0.842。

2.2 异质性分析

2.2.1 产品供给(V_2) 本文以渔业总产值来考察横向生态补偿政策对水资源产品供给的影响。结果如图3所示,流域横向生态补偿政策降低了新安江上下游的水资源产品供给,且对下游的作用更明显,上下游的政策效应均值分别为-0.320、-13.830。

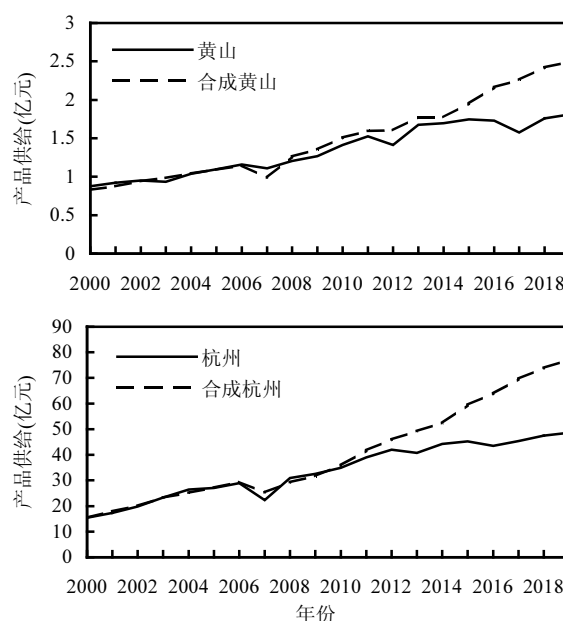


图3 2010年横向生态补偿政策的产品供给效应

Fig.3 Product supply effects of horizontal ecological compensation policy in 2010

2.2.2 水质净化(V_3) 水质净化变化反映的是流域水资源纳污能力的变化,结果如图4所示,上游的政策效应经历了一段波折,2010~2017年水质净化的实际值曲线位于合成值曲线的上方,2017~2019年实际值曲线位于合成值下方,表明横向生态补偿政策对上游水质净化的效应随着时间的推移先是有积极的作用,而后从2017年开始出现负面影响,政策效应的均值5.360,与已有研究结论相一致。出现负面效应的可能原因在于:对于一定量的水资源来说,其纳污能力在一定程度上是有限的,随着政策标准的不断提高,其纳污能力的提升将逐步达到最大值,然后开始下降。而政策实施后,下游水质净化实际值曲线始终位于合成值曲线之上,且两者之间的差值经

历了先增大后变小的趋势,政策效应均值达到 82.020,表明横向生态补偿政策有效的提升了下游的水质净化能力,且这一积极作用随着时间的推移先增大后减少.

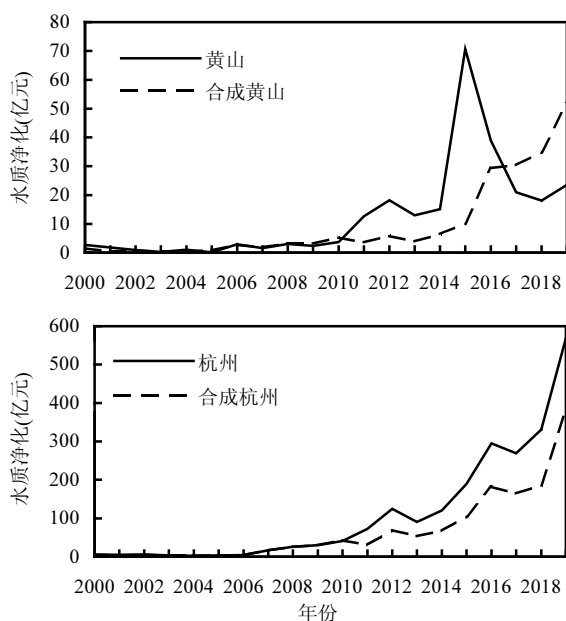


图4 2010年横向生态补偿政策的水质净化效应

Fig.4 Water purification effects of horizontal ecological compensation policy in 2010

关于 2015 年水质净化价值的突然提升的问题.通过对原始数据的核查发现,是由于 2015 年黄山废水治理设施运行费用突然增加近 3 倍引起的.而废水治理设施运行费用突然增加的可能原因在于:安徽省“十二五”规划要求“全面完成重点流域城镇污水处理厂的升级改造,污水处理设施要求选择具备脱磷脱氮能力的工艺技术,同时还要求设计污泥无害化处理处置方案,确保到 2015 年,出水水质达到一级 A 排放标准.”为了确保本文结果的可靠性,将 2015 年作为异常值删除重新拟合,发现在 2016 年政策效果由正转负,与当前结论一致.

2.2.3 生物多样性价值(V_4) 以居民对生物多样性的支付意愿来考察横向生态补偿对流域生物多样性价值的政策效应.从具体效应来看,在横向生态补偿政策实施后,上游生物多样性价值的实际值曲线位于拟合值曲线之上,说明横向生态补偿政策对上游和流域的生物多样性产生了负面的影响.与此相反,政策实施后,下游生物多样性价值的实际值曲线位于拟合值曲线的上方,说明横向生态补偿政策

对下游的生物多样性价值有积极的政策效应.可能的原因在于本文生物多样性指标的计算使用的是常住人口对生物多样性的支付意愿,随着政策实施的不断深入,水质情况得到改善,政府承担了大部分的治理支出,使得居民的支付意愿反而降低^[26],这与马庆华等^[50]的结果相似.同时这个结果也从侧面反映横向生态补偿政策在新安江上游的科普还远远不够.

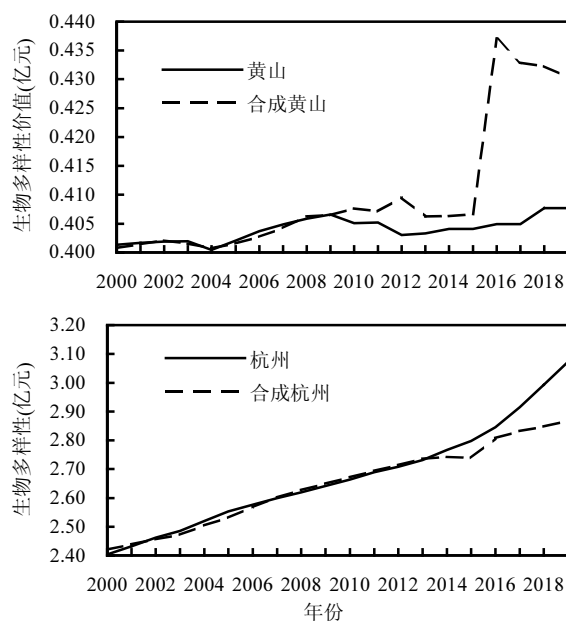


图5 2010年横向生态补偿政策的生物多样性效应

Fig.5 Biodiversity effects of horizontal ecological compensation policy in 2010

2.3 稳健性分析

为了确保新安江流域水环境效益的变化是源自于横向生态补偿政策形成的效应,而非其他因素的影响,分别采用调整政策试点年份和改变拟合城市 2 种方法对实证结果进行稳健性检验.

2.3.1 调整政策试点年份 为了剔除政策实施时间对本文实证结果的影响,将政策实施时间改变为 2011 年重新拟合.如果拟合结果变化不大,则说明政策效果不随时间的改变而发生变化,前文结论是稳健的;反之,则是不稳健的.如图 6 所示,拟合结果与前文基本一致,说明有关政策效应的结果是稳健的,与政策实施年份无关.

2.3.2 更换对照组 为了剔除对照组对政策效果的影响,更换新安江上下游城市的对照组,分别用安徽省的其他城市作为对照组来拟合黄山,用浙江省

的其他城市作为对照组来拟合杭州.结果如图 7 所示,新安江上游黄山和下游杭州的实际值与新拟合值的变化趋势与前文拟合结果相似,说明前文结果是稳健的.

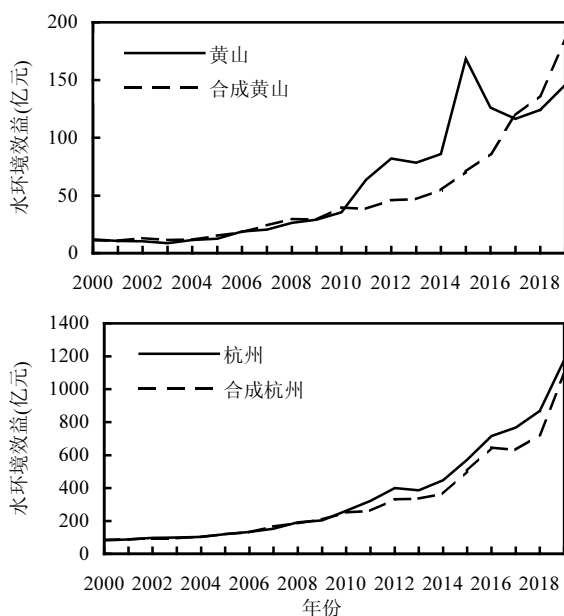


图 6 稳健性检验——调整政策试点年份

Fig.6 Robustness test - adjustment policy pilot years

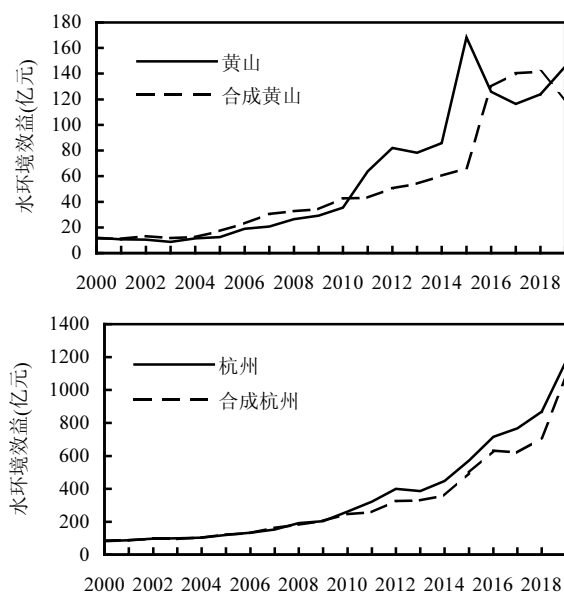


图 7 稳健性检验——更换对照组

Fig.7 Robustness test - change of control group

2.4 政策建议

为发挥新安江流域横向生态补偿实践的经验价值,进一步完善横向生态补偿机制,形成长效生态保护补偿机制,提出如下政策建议:

一是继续推动流域横向生态补偿政策实施,拓宽补偿资金渠道.继续推进试点,鼓励省内各市之间也尝试跨区域的横向生态补偿试点,继续朝着市场化的方向前进,进一步完善横向生态补偿制度.同时拓宽补偿资金渠道,吸引社会资本进入,强化横向生态补偿的长效调节功能.

二是建立流域横向生态补偿动态评估机制,丰富补偿原则中的考核标准.增加生物多样性、水资源供给等考核指标,完善政策评估方法,动态跟踪流域横向生态补偿政策的实施效果,助力流域生态环境持续全面改善.

三是完善流域横向生态补偿的配套机制,同步加强对上下游的激励和约束.流域上下游是生态环境的利益共同体,根据流域横向生态补偿政策对上下游生态环境的不同影响,有针对性的设计配套机制,同步完善对上下游的激励和约束,以保障流域整体生态环境的提升.

3 结论

3.1 从整体效果来看,跨省流域横向生态补偿政策有效的提升了新安江流域上下游的水环境效益,且这一效果在第一二轮试点中是积极显著的,但是在第三轮试点中,对上游的影响有正转负,这可能与中央政府不再提供补贴有关.

3.2 流域横向生态补偿的政策效果存在预期效益,新安江流域横向生态补偿政策的具体实施年份是2012年,但早在2010年政策效果已经开始凸显.说明中央两部委、黄山和杭州的前期工作促使了该政策预期效果的出现.

3.3 流域横向生态补偿所带来的水环境效益变化具有显著的空间和结构差异性,即该政策对流域的上游和下游、流域水环境效益的不同维度均存在显著的异质性影响.空间上,流域横向生态补偿政策提高了下游的生物多样性价值,但对上游生物多样性价值的影响为负.结构上,跨省流域横向生态补偿政策能够提升新安江流域的水质净化价值,但对产品供给产生了负向的影响.

参考文献:

- [1] 饶清华,林秀珠,陈芳,等.基于排污量分配的流域生态补偿标准研究[J]. 中国环境科学, 2022,42(6):2828-2834.

- Rao Q H, Lin X Z, Chen F, et al. Research on the ecological compensation standard for river basin based on pollutant allocation [J]. *China Environmental Science*, 2022,42(6):2828–2834.
- [2] 饶清华,邱宇,王菲凤,等.闽江流域跨界生态补偿量化研究 [J]. *中国环境科学*, 2013,33(10):1897–1903.
- Rao Q H, Qiu Y, Wang F F, et al. Quantification of trans-regional eco-compensation in Minjiang River Basin [J]. *China Environmental Science*, 2013,33(10):1897–1903.
- [3] 张捷,莫扬.“科斯范式”与“庇古范式”可以融合吗?——中国跨省流域横向生态补偿试点的制度分析 [J]. *制度经济学研究*, 2018, (3):23–44.
- Zhang J, M Y. The Coase Theorem and the Pigovian Tax can be integrated? An institutional analysis on pilot programs of inter-province ecological compensation in Chinese watersheds [J]. *Research of Institutional Economics*, 2018,(3):23–44.
- [4] 刘聪,张宁.新安江流域横向生态补偿的经济效应 [J]. *中国环境科学*, 2021,41(4):1940–1948.
- Liu C, Zhang N. Study on the economic effects of Xin'an river basin horizontal ecological compensation [J]. *China Environmental Science*, 2021,41(4):1940–1948.
- [5] 中共中央国务院.生态文明体制改革总体方案 [R]. 北京:中共中央国务院, 2017.
- The Communist Party of China Central Committee and the State Council. Integrated reform plan for promoting ecological progress [R]. Beijing: The Communist Party of China Central Committee and the State Council, 2017.
- [6] 国务院办公厅.关于健全生态保护补偿机制的意见 [R]. 北京:国务院办公厅, 2016.
- General Office of the State Council of the People's Republic of China. Opinions on improving the ecological protection compensation mechanism [R]. Beijing: General Office of the State Council of the People's Republic of China, 2016.
- [7] 财政部,等.支持长江全流域建立横向生态保护补偿机制的实施方案 [R]. 北京:财政部等, 2021.
- Ministry of Finance of the People's Republic of China. Implementation plan for supporting the establishment of horizontal ecological protection compensation mechanism in the Whole Yangtze River Basin [R]. Beijing: Ministry of Finance of the People's Republic of China, 2021.
- [8] 沈满洪,谢慧明.跨界流域生态补偿的“新安江模式”及可持续制度安排 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2020,30(9):156–163.
- Shen M H, Xie H. Transboundary ecological compensation in the Xin'an River Basin and its institutional arrangement of sustainability [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2020,30(9):156–163.
- [9] 王雨蓉,陈利根,陈歆,等.制度分析与发展框架下流域生态补偿的应用规则:基于新安江的实践 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(1):41–48.
- Wang Y R, Chen L G, Chen Xin, et al. Rules-in-use in payments for watershed services under IAD framework: a case study based on Xin'an River's practices [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2020,30(1):41–48.
- [10] 胡振华,刘景月,钟美瑞,等.基于演化博弈的跨界流域生态补偿利益均衡分析——以漓江流域为例 [J]. *经济地理*, 2016,36(6):42–49.
- Hu Z H, Liu J Y, Zhong M R, et al. Interests balance of trans-boundary river basin ecological compensation based on evolutionary game theory: Taking Lijiang Basin as a case [J]. *Economic Geograph*, 2016,36(6):42–49.
- [11] Jiang K, Zhang X, Wang Y. Stability and influencing factors when designing incentive-compatible payments for watershed services: Insights from the Xin'an River Basin, China [J]. *Marine Policy*, 2021, 134:104824.
- [12] 王雨蓉,曾庆敏,陈利根,等.基于 IAD 框架的国外流域生态补偿制度规则与启示 [J]. *生态学报*, 2021,41(5):2086–2096.
- Wang Y R, Zeng Q M, Chen L G, et al. Rules in payments for watershed services abroad based on IAD framework and its enlightenments to China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021,41(5):2086–2096.
- [13] Lin Y, Dong Z, Zhang W, et al. Estimating inter-regional payments for ecosystem services: Taking China's Beijing-Tianjin-Hebei region as an example [J]. *Ecological Economics*, 2020,168:106514.
- [14] 曾贤刚,刘纪新,段存儒,等.基于生态系统服务的市场化生态补偿机制研究——以五马河流域为例 [J]. *中国环境科学*, 2018,38(12): 4755–4763.
- Zeng X G, Liu J X, Duan C R, et al. A study on market-oriented ecological compensation for the ecosystem services based on Wuma River Watershed [J]. *China Environmental Science*, 2018,38(12): 4755–4763.
- [15] Von Thaden J, Manson R H, Congalton R G, et al. Evaluating the environmental effectiveness of payments for hydrological services in Veracruz, México: A landscape approach [J]. *Land Use Policy*, 2021, 100:105055.
- [16] 李冬花,张晓瑶,王咏,等.新安江流域生态系统服务演化过程及权衡协同关系 [J]. *生态学报*, 2021,41(17):6981–6993.
- Li D H, Zhang X Y, Wang Y, et al. Evolution process of ecosystem services and the trade-off synergy in Xin'an River Basin [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021,41(17):6981–6993.
- [17] 张晖,吴霜,张燕媛,等.流域生态补偿政策对受偿地区经济增长的影响研究——以安徽省黄山市为例 [J]. *长江流域资源与环境*, 2019,28(12):2848–2856.
- Zhang H, Wu S, Zhang Y Y, et al. Effect of watershed eco-compensation mechanism on economic growth in compensation area: Take Huangshan City as an example [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019,28(12):2848–2856.
- [18] Jones K W, Mayer A, Von Thaden J, et al. Measuring the net benefits of payments for hydrological services programs in Mexico [J]. *Ecological Economics*, 2020,175:106666.
- [19] Grillos T, Bottazzi P, Crespo D, et al. In-kind conservation payments crowd in environmental values and increase support for government intervention: A randomized trial in Bolivia [J]. *Ecological Economics*, 2019,166:106404.
- [20] Lehtoranta V, Louhi P. Does conservation in Natura 2000 areas promote water quality improvement? Findings from a contingent valuation study on environmental benefits and residents' preferences [J]. *Environmental Science & Policy*, 2021,124:226–234.
- [21] Brownson K, Fowler L. Evaluating how we evaluate success:

- Monitoring, evaluation and adaptive management in payments for watershed services programs [J]. *Land Use Policy*, 2020,94:104505.
- [22] Sheng J, Han X. Practicing policy mobility of payment for ecosystem services through assemblage and performativity: Lessons from China's Xin'an River Basin eco-compensation pilot [J]. *Ecological Economics*, 2022,191:107234.
- [23] Diswandi D. A hybrid Coasean and Pigouvian approach to payment for ecosystem services program in West Lombok: Does it contribute to poverty alleviation? [J]. *Ecosystem Services*, 2017,23:138–145.
- [24] Chen C, Matzdorf B, Zhen L, et al. Social-Network Analysis of local governance models for China's eco-compensation program [J]. *Ecosystem Services*, 2020,45:101191.
- [25] Aguilar F X, Obeng E A, Cai Z. Water quality improvements elicit consistent willingness-to-pay for the enhancement of forested watershed ecosystem services [J]. *Ecosystem Services*, 2018,30:158–171.
- [26] Li C, Shi Y, Ni Q, et al. Effects of social interactions and information bias on the willingness to pay for transboundary basin ecosystem services [J]. *Journal of Environmental Management*, 2021,296:113233.
- [27] 朱仁显,李佩姿.跨区域流域生态补偿如何实现横向协同?——基于 13 个流域生态补偿案例的定性比较分析 [J]. *公共行政评论*, 2021, 14(1):170–190+224–225.
- Zhu R X, Li P Z. How to achieve horizontal coordination of cross-regional river basin ecological compensation: A qualitative comparative analysis of 13 watershed ecological compensation cases [J]. *Journal of Public Administration*, 2021,14(1):170–190,224–225.
- [28] 景守武,张 捷.新安江流域横向生态补偿降低水污染强度了吗? [J]. *中国人口·资源与环境*, 2018,28(10):152–159.
- Jing S W, Zhang J. Can Xin'anjiang river basin horizontal ecological compensation reduce the intensity of water pollution? [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018,28(10):152–159.
- [29] 李彩红,葛颜祥.流域双向生态补偿综合效益评估研究——以山东省小清河流域为例 [J]. *山东社会科学*, 2019,(12):85–90.
- Li C H, Ge Y X. Study on comprehensive benefit evaluation of two-way ecological compensation in the river basin: A case study of Xiaoqing River Basin in Shandong Province [J]. *Shandong Social Sciences*, 2019,(12):85–90.
- [30] 王慧杰,毕粉粉,董战峰.基于 AHP-模糊综合评价法的新安江流域生态补偿政策绩效评估 [J]. *生态学报*, 2020,40(20):7493–7506.
- Wang H J, Bi F F, Dong Z F. Evaluation of ecological compensation policy for Xin'an River Basin based on AHP-Fuzzy Comprehensive Method [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020,40(20):7493–7506.
- [31] Immerzeel W, Stoorvogel J, Antle J. Can payments for ecosystem services secure the water tower of Tibet? [J]. *Agricultural Systems*, 2008,96(1):52–63.
- [32] Zeng Q, Brouwer R, Wang Y, et al. Measuring the incremental impact of payments for watershed services on water quality in a transboundary river basin in China [J]. *Ecosystem Services*, 2021, 51:101355.
- [33] Salzman J. Creating markets for ecosystem services: Notes from the field [J]. *New York University Law Review*, 2005,80:92.
- [34] Bösch M, Elsasser P, Wunder S. Why do payments for watershed services emerge? A cross-country analysis of adoption contexts [J]. *World Development*, 2019,119:111–119.
- [35] 景守武,张 捷.跨界流域横向生态补偿与企业全要素生产率 [J]. *财经研究*, 2021,47(5):139–152.
- Jing S W, Zhang J. Trans-provincial basin horizontal ecological compensation and enterprise Total factor productivity [J]. *Journal of Finance and Economics*, 2021,47(5):139–152.
- [36] 娜 仁,陈 艺,万伦来,等.中国典型流域生态补偿财政支出的减贫效应研究——来自 2010–2017 年安徽新安江流域的经验数据 [J]. *财政研究*, 2020,(5):51–62.
- Na R, Chen Y, Wan L L, et al. Research on the poverty reduction effect of fiscal expenditure of ecological compensation in Typical River Basins of China: Empirical data from Xin'an River Basin, Anhui Province from 2010 to 2017 [J]. *Public Finance Research*, 2020, (5):51–62.
- [37] Tacconi L. Redefining payments for environmental services [J]. *Ecological Economics*, 2012,73:29–36.
- [38] Aguilar-Gómez C R, Arteaga-Reyes T T, Gómez-Demetrio W, et al. Differentiated payments for environmental services: A review of the literature [J]. *Ecosystem Services*, 2020,44:101131.
- [39] 石晓然,张彩霞,殷克东.中国沿海省市海洋生态补偿效率评价 [J]. *中国环境科学*, 2020,40(7):3204–3215.
- Shi X R, Zhang C X, Yin K D. Evaluation of marine ecological compensation efficiency in coastal provinces and cities of China [J]. *China Environmental Science*, 2020,40(7):3204–3215.
- [40] 生态环境部.新安江流域水环境补偿试点实施方案 [R]. 北京:生态环境部, 2012.
- Ministry of Ecological Environment of the People's Republic of China. Pilot implementation plan for water environment compensation in Xin'an Jiang River Basin [R]. Beijing: Ministry of Ecological Environment of the People's Republic of China, 2012.
- [41] 安徽省人民政府,浙江省人民政府.关于新安江流域上下游横向生态补偿的协议 [R]. 安徽浙江:安徽省人民政府,浙江省人民政府, 2018.
- Anhui Provincial People's Government, Zhejiang Provincial People's Government. Agreement on horizontal ecological compensation in upstream and downstream of Xin'an Jiang River Basin [R]. Anhui and Zhejiang: Anhui Provincial People's Government and Zhejiang Provincial People's Government, 2018.
- [42] Alberto Abadie. Semiparametric instrumental variable estimation of treatment response models [J]. *Journal of Econometrics*, 2003,113(2): 231–263.
- [43] Alberto Abadie, Alexis Diamond, Jens Hainmueller. Synthetic Control Methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program [J]. *Publications of the American Statistical Association*, 2010,105(490):493–505.
- [44] 刘友金,曾小明.房产税对产业转移的影响:来自重庆和上海的经验证据 [J]. *中国工业经济*, 2018,(11):98–116.
- Liu Y J, Zeng X M. Research on the influence of industrial transfer from the property taxes: Empirical research from Chongqing and Shanghai [J]. *China Industrial Economics*, 2018,(11):98–116.
- [45] Almer C, Winkler R. Analyzing the effectiveness of international environmental policies: The case of the Kyoto Protocol [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2017,82:125–151.

- [46] Costanza R, Limburg K, Naeem S, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997,387:253–260.
- [47] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值 [J]. *资源科学*, 2015,37(9):1740–1746.
- Xie G D, Zhang C X, Zhang C S, et al. The value of ecosystem services in China [J]. *Resources Science*, 2015,37(9):1740–1746.
- [48] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.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 [J]. *自然资源学报*, 2015,30(8):1243–1254.
- Xie G D, Zhang C X, Zhang L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area [J]. *Journal of Natural Resources*, 2015,30(8):1243–1254.
- [49] 咎 欣,张玉玲,贾晓宇,等.永定河上游流域水生态系统服务价值评估 [J]. *自然资源学报*, 2020,35(6):1326–1337.
- Zan X, Zhang Y L, Jia X Y, et al. Evaluation on the ecosystem services value of the upper reaches of Yongding River [J]. *Journal of Natural Resources*, 2020,35(6):1326–1337.
- [50] 马庆华.流域生态补偿政策实施效果评价方法及案例研究 [D]. 北京:清华大学, 2015.
- Ma Q H. Research on evaluation methods and case studies for watershed ecological compensation [D]. Beijing: Tsinghua University, 2015.
- [51] GB 3838–2002 地表水环境质量标准 [S].
- GB 3838–2002 Environmental quality standards for surface water [R].
- [52] 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等.生态系统生产总值核算:概念、核算方法与案例研究 [J]. *生态学报*, 2013,33(21):6747–6761.
- Ouyang Z Y, Zhu C Q, Yang G B, et al. Gross ecosystem product: concept, accounting framework and case study [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013,33(21):6747–6761.
- [53] 汪为青.鄱阳湖湿地生态系统服务价值与退田还湖生态补偿研究 [D]. 南昌:江西师范大学, 2009.
- Wang W Q. Study on Poyang Lake wetland ecosystem services value and eco-compensation of the returning field in lakeside areas to Poyang Lake [D]. Nanchang: Jiangxi Normal University, 2009.
- [54] 赵同谦,欧阳志云,王效科,等.中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价 [J]. *自然资源学报*, 2003,(4):443–452.
- Zhao T Q, OUYang Z Y, Wang X K, et al. Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003,(4):443–452.
- [55] 浙江省环境保护厅.千岛湖饮用水源专项整治规划 [R]. 杭州:浙江省环境保护厅, 2009.
- Zhejiang Provincial Department of Ecology and Environment. Special improvement plan for drinking water sources in Qiandao Lake [R]. Hangzhou: Zhejiang Provincial Department of Ecology and Environment, 2009.
- [56] 王奕淇,李国平,延步青.流域生态服务价值横向补偿分摊研究 [J]. *资源科学*, 2019,41(6):1013–1023.
- Wang Y Q, Li G P, Yan B Q. Sharing of watershed ecosystem service value horizontal compensation burden by downstream cities [J]. *Resources Science*, 2019,41(6):1013–1023.
- [57] Shang W, Gong Y, Wang Z, et al. Eco-compensation in China: Theory, practices and suggestions for the future [J]. *Journal of Environmental Management*, 2018,210:162–170.
- [58] 全国政协.关于千岛湖水资源保护情况的调研报告 [R]. 北京:全国政协, 2010.
- National Committee of the Chinese People's Political Consultative Conference. Investigation report on the protection of water resources in Qiandao Lake [R]. Beijing: National Committee of the Chinese People's Political Consultative Conference, 2010.
- [59] 浙江省委.关于推进生态文明建设的决定 [R]. 杭州:浙江省委, 2010.
- The CPC Zhejiang Provincial Committee. Decision on promoting the ecological civilization [R]. Hangzhou: The CPC Zhejiang Provincial Committee, 2010.
- [60] 杭州市人民政府.杭州市生态文明建设规划 [R]. 杭州:杭州市人民政府, 2011.
- Hangzhou Municipal People's Government. Hangzhou ecological conservation plan [R]. Hangzhou: Hangzhou Municipal People's Government, 2011.
- [61] 杭州市人民政府.生态文明建设三年行动方案 [R]. 杭州:杭州市人民政府, 2011.
- Hangzhou Municipal People's Government. Three-year action plan for ecological conservation [R]. Hangzhou: Hangzhou Municipal People's Government, 2011.

作者简介: 胡东滨(1969–),男,湖南长沙人,教授,博士,主要从事资源环境及环境大数据等方面研究.发表论文 70 余篇.