中国农业大学学报 2026,31(11):299-315
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

赵星雨,张佳文,李楠,祁帆,袁承程. 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的影响效应[J]. 中国农业大学学报,2026,31(11):299-315.
ZHAO Xingyu, ZHANG Jiawen, LI Nan, QI Fan, YUAN Chengcheng. Impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2026, 31(11): 299-315.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.11.23

国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的影响效应

赵星雨[1] 张佳文[1,2] 李 楠[1] 祁 帆[3] 袁承程[1*]

(1. 中国农业大学 土地科学与技术学院,北京 100193;
2. 辽宁省大连市旅顺口区发展和改革局,辽宁 大连 116050;
3. 中国国土勘测规划院,北京 100035)

摘 要 为探究我国国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的影响效应,基于2000—2020年565个县市区的面板数据,运用双重差分模型评估国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的影响效应及溢出机制。结果表明:1)国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果具有显著促进作用;2)国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果存在明显的区域异质性效应,在东南生态区、黄河重点生态区和长江及川滇重点生态区中效果更为显著;3)重点生态功能区政策对生态保护功能效果存在正向空间溢出效应。因此,应充分发挥国家重点生态功能区政策对促进生态保护功能效果的引导作用,深化重点生态功能区政策的长效性与精准性,因地制宜发展重点生态功能区差异化路径,促进区域协同机制,实现生态系统质量的进一步改善。

关键词 国家重点生态功能区政策; 生态保护功能; 双重差分模型; DPSIR模型

中图分类号 F205 **文章编号** 1007-4333(2026)11-0299-17 **文献标志码** A

Impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

ZHAO Xingyu[1], ZHANG Jiawen[1,2], LI Nan[1], QI Fan[3], YUAN Chengcheng[1*]

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Lushunkou District Development and Reform Bureau of Liaoning, Dalian 116050, China;
3. China Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100035, China)

Abstract This study aims to explore the impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions in China. Based on panel data from 565 counties, districts and cities from 2000 to 2020, the difference-in-difference model was adopted to evaluate the impact and spillover mechanism of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions. The research results show that: 1) the National Key Ecological Function Zone Policy has a significant promoting effect on the ecological protection functions. 2) the National Key Ecological Function Zone Policy has obvious regional heterogeneous effects on the improvement of ecological protection functions, which are more significant in the Southeast Ecological Zone, key ecological zone of the Yellow River, and key ecological zones of the Yangtze River and Sichuan-Yunnan. 3) The National Key Ecological Function Zone Policy has a positive spatial spillover effect on the improvement of ecological protection functions. Therefore, the guiding role of the National Key Ecological Function Zone Policy in improving the effect of ecological protection functions should be fully leveraged, the long-

收稿日期:2026-02-02;接受日期:2026-03-05
基金项目:国家自然科学基金面上项目(42571312);国家自然科学基金重点项目(42530506)
第一作者:赵星雨(ORCID:0009-0004-1798-3768),硕士研究生,E-mail:s20253213954@cau.edu.cn
通讯作者:袁承程(ORCID:0009-0003-9415-0826),博士,副教授,主要从事土地利用系统调查与设计及生态系统服务评价研究,E-mail:ycc@cau.edu.cn

term effectiveness and precision of the policy should be deepened, differentiated development paths for key ecological function zones should be advanced according to local conditions, regional coordination mechanisms should be promoted, and the quality of the ecosystem should be further improved.

Keywords the National Key Ecological Function Zone Policy; ecological protection function; DID model; DPSIR model

良好的生态环境是人类社会可持续发展的根本保障,其承载的生态系统服务功能不仅维系着生物多样性的存续,更直接影响着区域生态安全格局与人类福祉水平[1]。然而,伴随着工业化与城镇化进程加速,自然景观的破坏和生态系统退化等问题日益突出[2]。生态脆弱区面临着水土流失加剧、生物栖息地破碎化等严峻挑战,生态脆弱区的空间范围也随之不断扩大[3]。据统计,全国约55%的陆地国土空间已处于中度及以上生态脆弱状态[4]。为破解经济发展与生态保护的矛盾,2010年12月国务院印发《全国主体功能区规划》[4],正式设立主体功能区。重点生态功能区是主体功能区类型之一,是国家生态安全体系的重要支撑,为国土空间生态保护修复、提升国土空间治理效能、改善生态环境质量、筑牢国家生态安全屏障等提供重要指引[5]。

近年来,生态保护功能研究逐渐成为国土空间规划与生态系统管理领域的重要议题,主要围绕生态功能识别与评价、功能冲突与权衡、安全格局构建等维度展开。例如:在生态功能识别与评价领域,通过构建多尺度指标体系,实现了生态功能的定量化表征与评价[6];在功能冲突与权衡方面,部分研究通过分析生物多样性维护、产水量、生境质量、碳储存、粮食供给等方面,关注生态系统服务及其权衡与协同关系的时空演变特征,进而划分生态系统服务功能分区,并提出差异化的生态管控建议[7-8];在生态安全格局构建方面,主要基于源地识别—阻力面建立—廊道提取的思路框架,划定生态保护区、生态修复区和生态建设区等生态功能分区并开展生态安全格局的优化[9]。此外,从评价方法来说,主要有最小阻力模型[10]、贝叶斯网络[11]、NPP定量指标法[12]等方法;从评价对象来看,既包括草地[13]、湿地[14]与森林[15]等单一自然资源或某种生态系统,也涉及对沿海地区[16]、典型流域[17]及干旱区区域[18]等中小尺度或特定类型区域进行生态重要性评价。

尽管已有研究开展了生态功能评价,但关于某种政策对生态环境影响效应的实证研究尚少。目前,双重差分模型(Difference-In-Difference model,DID)作为一种准实验研究方法,通过构造“处理组”(受政策干预区域)与“对照组”(未受干预区域)在政策实施前后的差异比较,有效控制不可观测的混杂变量,识别政策的净效应,已被广泛应用到政策效应评估,尤其是在经济学、公共卫生等领域得到大量应用[19-20]。已有研究将DID引入生态领域,借助双重差分模型评估国家尺度生态工程、区域性环境规制对生态系统服务的因果效应。例如:胡剑波等[21]基于国家生态文明先行示范区的准自然试验,探讨了试点政策对城市减污降碳的协同增效;Nawaz等[22]借助双重差分模型探讨“新钻11国(N-11)”国家和“金砖”国家绿色金融与气候变化缓解的关系。此外,也有研究主要聚焦于重点生态功能区的经济效应[23-24]和环境质量效应[25-26]。例如,侯孟阳等[27]评估发现国家重点生态功能区在提升环境质量的同时还促进了经济增长;金声甜等则指出重点功能区的设立能够促进产业结构升级并抑制碳排放强度[28],对于生态保护功能方面的作用机制与影响效应仍有进一步探讨的空间。然而,研究多关注单一变量来探讨政策效应[29-30],较少从复合指标体系层面构建评价体系进而评估政策效应。例如,范庆泉等[31]将植被覆盖率作为被解释变量研究国家重点生态功能区转移支付重点补助政策的“增绿效应”,邓元杰等[32]采用生态环境质量表征国家重点生态功能区的生态环境改善效应,以单一生态指标作为被解释变量来识别政策效应虽然有助于揭示某一具体环境维度的变化,但难以反映生态系统功能的整体提升情况。也有相关研究尝试构建综合评价指标体系[33],通过多维度加权整合反映生态功能的系统性变化,例如柯水发等[34]通过构建绿色GDP评价指标体系,评估国家重点生态功能区对区域绿色经济增长的贡献。但上述研究多围绕某一具体要素或单一环境子系统展开,未从主体功能区制度目标出发,系统构建与生态保护功能定位相匹配的综合功能评价框架。

鉴于此,本研究为探究国家重点生态功能区政

策对生态保护功能的影响，将首批国家生态重点功能区的设立视为一次准自然实验，基于DPSIR模型构建涵盖驱动、压力、影响、状态、响应5个维度的生态保护功能效果综合评价指标体系，并系统刻画其生态功能的动态演变，运用双重差分模型对国家重点生态功能区战略的实施开展政策效应评价与异质性分析，进而引入空间计量模型分析该政策的空间溢出效应，旨在系统识别国家重点生态功能区政策对区域生态保护功能提升的政策效应与机制路径，以期为完善国家生态保护政策提供理论参考和决策支持。

1　理论分析与研究假说

我国主体功能区战略是促进区域协调发展和推进国家空间治理的重要手段，通过构筑人口、经济、资源相协调的国土空间发展格局，形成区域发展优势互补、人与自然和谐的发展秩序。2013年《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》[35]中明确提出要“坚定不移实施主体功能区制度，建立国土空间开发保护制度，严格按照主体功能区定位推动发展”。国家重点生态功能区作为主体功能区重要的生态环境空间管控单元，已成为维护国家生态安全和提升绿色发展能力的重要保障。

重点生态功能区作为保障国家生态安全的空间载体，明确限制进行大规模高强度工业化城镇化开发，促使产业与建设活动在区域间重新布局，并优化空间资源配置，提升生态产品供给能力。此外，国家重点生态功能区通过强化核心生态区的用途管制与生态修复，能够有效减少环境污染的排放，推动优化当地生态环境，从而促进生态保护功能的有效改善。基于此，本研究提出假说1：国家重点生态功能区政策能够有效促进生态保护功能的改善提升。

国家重点生态功能区在自然资源禀赋、经济区位等方面存在诸多差异，其生态功能区类型也不相同，就自然地理区位来看，根据自然资源部印发的《中国陆域生态基础分区（试行）》[36]，不同生态功能区分布于黄河重点生态区、长江及川滇重点、东南生态区、东北生态区以及青藏高原生态区，不同分区在气候条件、地形地貌、水热组合及生态系统结构方面差异显著，导致自然修复能力与生态系统稳定性存在明显分异；同时，各区域在经济发展水平、产业结构类型、与核心城市的空间联系以及地方治理能力等方面亦呈现明显差异，这种空间异质性也决定了政策实施效果的非均衡性。自然本底条件较好、生态系统恢复能力较强的区域，国家重点生态功能区政策可能更易产生显著正向效果；产业结构升级程度较高或治理能力较强地区，政策执行效果可能更为显著；而生态环境高度脆弱或生态本底水平较高、边际改善空间有限的区域，政策效果可能存在阶段性不显著或滞后性。由此，提出假说2：国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的影响效应存在异质性。

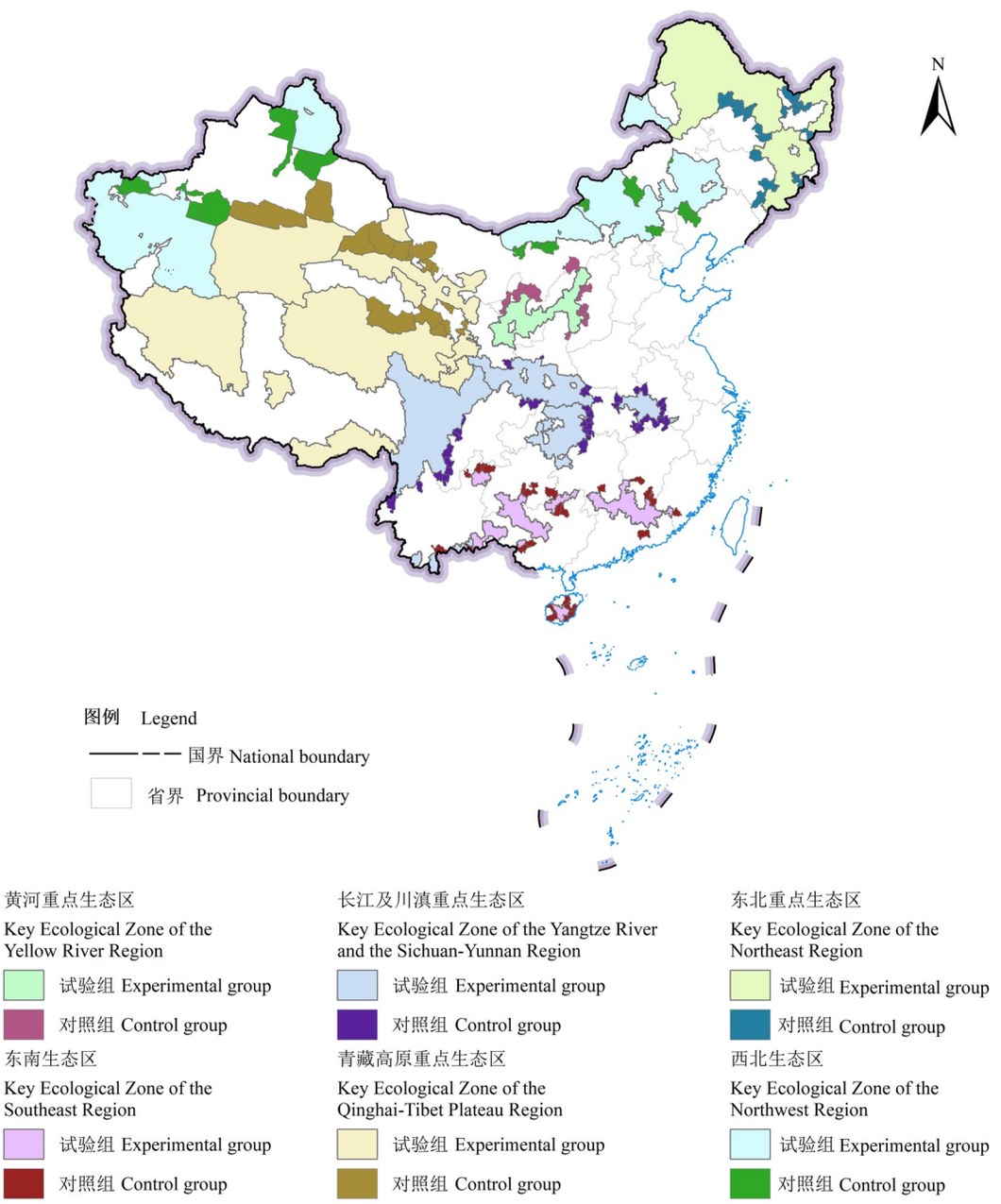
空间外部性的存在，使得重点生态功能区在促进当地生态保护功能效果提升的同时，也会对邻近地区产生一定影响。首先，基于生态系统的整体性与连通性，重点生态功能区具有自然维度的空间扩散属性，水源涵养与水土保持功能通过流域水循环有效改善下游生态基底，而植被修复通过生态廊道的连片效益，突破行政边界限制，优化区域整体景观格局。其次，国家生态保护功能区政策的实施也产生示范带动效应，重点生态功能区在探索“绿水青山就是金山银山”[37]转化路径中积累的治理经验，为邻近区域提供了可复制的制度模板，有效降低了周边地区的制度创新成本与治理风险。此外，要素流动与产业转型也间接促进了周边地区的绿色发展。一方面，生态补偿机制的完善促进了受益区与受偿区之间的要素循环，通过跨区域生态投资实现绿色基础设施的共建共享；另一方面，严格的生态红线约束倒逼核心区产业结构绿色转型，引导非农劳动力及相关生产要素向周边功能优势区转移。在资本、劳动力等要素跨区域流动的带动下，资源配置效率得到提升，区域间产业分工与功能协作关系随之优化。由此，本研究提出假说3：国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的影响存在空间溢出。

2　研究区概况、研究方法与数据来源

2.1　研究区域及数据来源

本研究以全国565个县（区）作为研究样本，研究时段为2000—2020年。为避免第2批国家重点生态功能区可能造成的结果干扰，并考虑数据可得性与研究可行性，选取2010年428个首批纳入国家重点生态功能区的县域单位作为试验组。以生态

用地所占比例高且不属于国家城镇开发区为原则，按照1∶3左右比例从国家重点生态功能区缓冲区域中选取137个县级行政单位作为对照组（图1）。此外，依据自然资源部发布的《中国陆域生态基础分区（试行）》[38]，本研究将研究区域划分为6大分区：长江及川滇重点生态区、东北生态区、东南生态区、黄河重点生态区、青藏高原生态区和西北生态区。



基于自然资源部标准地图服务网站审图号GS（2024）0650号。

Based on map review No. GS (2024) 0650 from the Standard Map Service Website of the Ministry of Natural Resources.

图 1 研究区概况及国家重点生态功能区分布

Fig. 1 Overview of the study area and distribution of the National Key Ecological Function Zones

2.2 研究方法

2.2.1 双重差分模型

双重差分法是研究政策效应及其影响分析的流行工具[47]，通过设置“自然实验”的方式对政策效果进行无偏估计[48]。基于此，参考相关文献[28,49]，本研究采用双重差分模型，将国家重点生态功能区的

设立视为一次准自然试验。具有个体和时间双向固定效应的基准回归方程如下：

$$Y_{it}=\beta_0+\beta_1\mathrm{DID}_{it}+\gamma C_{it}+\mu_i+\mu_t+\varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中：Y_{it}为i县在第t年的生态保护功能效果综合水平；DID_{it}为政策虚拟变量；β_0、β_1和γ为待估参数；C_{it}为控制变量的集合；μ_i和μ_t分别为个体固定效应和时间固定效应；ε_{it}代表残差。

为进一步分析国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的空间溢出效应，本研究构建空间杜宾双重差分模型如下：

$$Y_{it}=\beta_0+\alpha\sum_{j=1}^{n}W_{ij}Y_{jt}+\beta_1\mathrm{DID}_{it}+\delta\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\mathrm{DID}_{jt}+\gamma C_{it}+\varphi\sum_{j=1}^{n}W_{ij}C_{jt}+\mu_i \quad (2)$$

式中：W_{ij}为空间邻接权重矩阵；α、β、φ为空间滞后系数。其余变量含义同式(1)。

2.2.2　研究变量

1)被解释变量。被解释变量为测算所得的2000—2020年生态保护功能效果综合评价水平，参考了相关文献对DPSIR模型运用的阐释[39-40]，构建基于DPSIR模型的生态保护功能效果综合评价体系(图2)。该评价体系从经济建设驱动(D)、人类活动压力(P)、生态系统状态(S)、生态功能影响(I)与生态政策响应(R)这5个层面评价生态保护功能效果。经济建设驱动层代表区域经济发展对重点生态功能区建设的驱动作用，选用“第三产业增加值”表征经济建设的正向驱动作用[41]。人类活动压力层用于衡量人类活动对生态系统施加的压力。选取“人口密度”和“夜间灯光指数”表征人类活动对生态系统施加的压力。生态系统状态层反映生态系统质量、服务功能及其相关承载力水平。选取“生态环境质量”“植被覆盖度”“净初级生产力”3个指标以评估生态系统的质量在经济建设驱动和人类活动压力下是否得到改善。生态功能影响层反映系统所处的状态对人类或者生物所产生的影响。选用“土壤侵蚀敏感性”“PM2.5”和“生境质量”来表征生态系统服务功能的影响作用[42-45]。生态政策响应层反映的是人类制定积极(用地)政策以响应促进重点生态功能区建设，选取“林地占比”“草地占比”和“湿地占比”来表征地方政府协调生态用地数量做出的努力，这是对国家重点生态功能区建设作出的积极响应。并在对数据进行标准化的基础上，采用层次分析法与德尔菲法相结合的方式，确定指标权重，最后进行生态保护功能效果综合水平得分测算，相关计算公式及含义见相关参考文献[46]。具体的指标权重分配见表1。



图2　本研究构建的国家重点功能区生态保护功能评价框架

Fig. 2　Evaluation framework for the ecological protection function of the National Key Ecological Function Zones constructed in this study

表1 生态保护功能效果综合评价指标体系

Table 1 Comprehensive evaluation index system for ecological protection function effects

准则层 Criterion layer	一级指标 Primary indicator	二级指标 Secondary indicator	指标属性 Indicator attribute	指标权重 Indicator weight
经济建设驱动(D) Economic construction drive	产业发展驱动	第三产业增加值	+	0.069 2
人类活动压力(P) Human activity pressure	人口承载压力	人口密度	−	0.036 6
	环境干扰压力	夜间灯光指数	−	0.033 3
生态系统状态(S) Ecosystem status	生态环境状态	生态环境质量	+	0.160 9
	植被覆盖状态	植被覆盖度	+	0.122 6
	系统生产状态	净初级生产力	+	0.110 8
生态功能影响(I) Ecological function impact	水土保持功能	土壤侵蚀敏感性	−	0.102 4
	空气净化功能	$PM_{2.5}$	−	0.067 4
	生物栖息功能	生境质量指数	+	0.129 9
生态政策响应(R) Ecological policy response	林地政策响应	林地占比	+	0.066 4
	草地政策响应	草地占比	+	0.052 4
	湿地政策响应	湿地占比	+	0.048 2

注:“+”和“−”分别代表正向指标和负向指标。

Note: + and − represent positive indicators and negative indicators, respectively.

2)核心解释变量。核心解释变量是国家重点生态功能区政策的虚拟变量。即 $DID_{it}=Treat_i\times Post_{it}$。其中 $Treat_i$ 与 $Post_{it}$ 分别为个体虚拟变量和时间虚拟变量,$Treat_i$ 用于识别 i 县是否被列为国家重点生态功能区,若 i 县属于国家重点生态功能区,则 $Treat_{it}$ 取1,反之取0。$Post_{it}$ 为时间虚拟变量,用于识别政策是否已经开始执行,若被确定为国家重点生态功能区的城市政策开始实行,则 $Post_{it}$ 取1,反之取0。

3)控制变量。为了排除其他因素对政策实施效果的干扰,在模型估计过程中需要对此类因素加以控制。参照文献[40]中对控制变量的选择情况,选取开发强度、地区生产总值(GDP)和建设用地产出(GDP/建设用地面积)等变量作为控制变量。

2.3 数据说明

本研究所用数据涵盖2000、2005、2010、2015和2020年共5个时期,主要包括多源遥感数据和统计数据。其中,土地利用数据(30 m分辨率)、夜间灯光指数、GDP、植被覆盖度、归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index,NDVI)以及人口密度(1 km分辨率)主要来源于中国科学院资源环境科学数据中心(https://www.resdc.cn/)。净初级生产力(Net Primary Productivity,NPP)数据(500 m分辨率)则获取自NASA/USGS的LP-DAAC数据库(https://lpdaac.usgs.gov/)。生态环境质量、土壤质地和PM2.5数据(30 m分辨率)来源于国家地球系统科学数据中心(http://www.geodata.cn)。此外,2020年DEM(30 m分辨率)来源于水经注软件。各年份的第三产业增加值数据则整理自各省、市、县的统计年鉴。主要变量的描述性统计如表2所示。

3 实证结果与分析

3.1 生态保护功能效果的演化特征

基于对生态保护功能效果的测算,借助核密度估计分析2000—2020年生态保护功能效果的时序演化特征,结果见图3。2000—2020年生态保护功能效果的核密度曲线整体呈现明显向右移动趋势,说明研究区域内生态保护功能效果逐步提升;从分布形态来看,核密度曲线主峰态势主要表现为“波峰上升、宽度收窄”特征,表明生态保护功能效果的内部差异逐渐缩小。

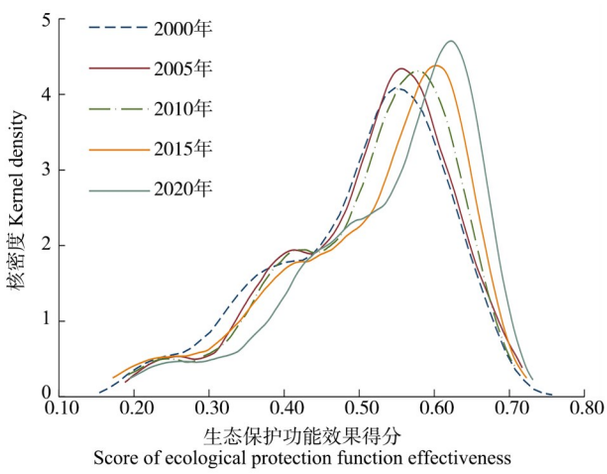
3.2 基准回归结果

以各县域生态保护功能效果综合指数 Y 为被

表 2　主要变量描述性统计

Table 2　Descriptive statistics of main variables

变量类型 Variable type	变量名称 Variable name	变量符号 Variable symbol	样本量 Sample size	均值 Mean value	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value
被解释变量 Dependent variable	生态保护功能效果	Y	2 825	0.516 0	0.113 5	0.171 7	0.731 4
核心解释变量 Core explanatory variable	国家重点生态功能区政策	DID_{it}	2 825	0.454 5	0.498 0	0.000 0	1.000 0
控制变量 Control variable	开发强度	C_1	2 825	0.015 2	0.021 7	0.000 0	0.022 9
	地区生产总值	C_2	2 825	207.668 0	407.172 6	0.001 5	4 884.790 0
	建设用地产出	C_3	2 825	10.837 2	22.003 9	0.000 0	310.842 7



生态保护功能效果得分高低代表生态保护功能效果的优劣程度，得分越高，生态保护功能效果越好。核函数采用 Epanechnikov 核；带宽为 0.028 5。

The score of ecological protection function effectiveness represents the quality level of ecological protection function effectiveness; the higher the score, the better the ecological protection function effectiveness. The kernel function adopts the Epanechnikov kernel; the bandwidth is 0.028 5.

图 3　2000 年、2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年生态保护功能效果得分核密度估计

Fig. 3　Kernel density estimation of ecological protection function effectiveness scores for 2000, 2005, 2010, 2015 and 2020

解释变量，表征国家重点生态功能区的政策效应，采用双重差分模型评估国家重点生态功能区的政策效应对生态保护功能效果的影响，基准模型回归结果如表 3。可见核心解释变量系数为 0.003 6，且在 5% 的水平上通过了显著性检验。由此可知，国家重点生态功能区政策每增加 1 个标准差，生态保护功能效果约提升其均值的 0.375%（0.003 6×0.498 0/0.477 9），国家重点生态功能区政策使得生态保护功能效果变化约 0.007 0 个标准差（0.003 6/0.516 0），说明国家重点生态功能区政策的实施对区域生态保护功能效果具有提升作用，但整体效应强度有限。开发强度（C_1）的系数显著为负，说明开发强度对生态保护功能存在显著的负向影响，不利于生态保护功能效果的提升。建设用地产出（C_3）的系数为 0.000 1，且在 1 % 的显著性水平上显著，这表明建设用地产出的提高对生态保护功能改善具有一定的积极影响，土地集约利用水平以及单位土地产出效率的提升有利于降低对新建设用地的需求，从而缓解了对生态环境的压力。

3.3　国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的平行趋势检验

双重差分方法准确估计政策效应依赖于平行趋势检验。在国家重点生态区政策实施前，试验组与控制组的生态保护功能水平具有相同的变动趋势，而在政策实施后，试验组与对照组出现明显的差异，则认为政策效应满足平行趋势假设。本研究以政策实施

表 3 基准回归结果

Table 3 Baseline regression results

变量 Variable	被解释变量 Y The dependent variable Y	变量 Variable	被解释变量 Y The dependent variable Y
DID_{it}	0.003 6**（0.001 5）	控制变量 Control variables	已控制
C_1	−0.135 7**（0.044 9）	个体固定效应 Individual fixed effect	已控制
C_2	0.000 0***（0.000 0）	时间固定效应 Time fixed effects	已控制
C_3	0.000 1***（0.000 0）	R^2	0.984 4
常数项 Constant term	0.512 7***（0.001 1）	样本量 Sample	2 825

注：***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著。括号中的数字为标准误差。下同。

Note: ***, **, and * indicate significance at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively. Numbers in parentheses are standard errors. The same applies to the following tables.

前的第一期为基期，平行趋势检验结果表明：国家重点功能区政策实施前各期估计系数在0值附近波动，意味着试验组和控制组区县在政策实施前并没有表现出显著差异；在2010年政策实施后系数均显著为正，表明研究样本通过了平行趋势检验，国家重点生态功能区政策能够促进生态保护功能改善（图4）。

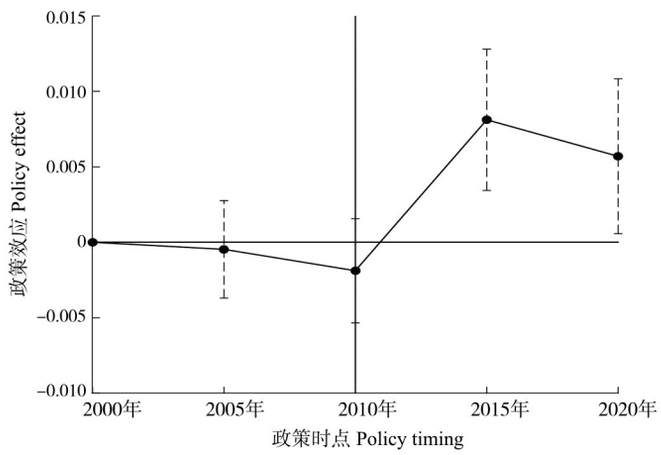


图 4 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的平行趋势检验

Fig. 4 Parallel trend test of the impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

3.4 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的稳健性检验

3.4.1 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的安慰剂检验

鉴于基准回归的估计结果可能存在由随机因素或潜在未观测政策影响所导致的偏差，为排除这些潜在干扰对基准估计结果的影响，确保对国家重点生态功能区政策效应识别的准确性，本研究运用安慰剂检验方法验证结果的稳健性。本研究参照文献[50]关于双重差分模型的安慰剂检验思路，分别采用时间安慰剂伪处理时间、空间安慰剂伪处理个体和混合安慰剂同时使用伪处理时间与伪处理个体3种安慰剂进行检验，提高双重差分模型结果的稳健性。

本研究首先通过时间安慰剂，将2005年作为虚假的政策时间，生成虚假政策时间的虚拟变量与核心解释变量的交互项，结果如表4所示。结果表明所有估计系数均不显著。空间安慰剂采用随机抽样的形式，在初始样本中抽取428个样本作为伪处理组，再次对基准模型进行估计，重复计算500次。混合安慰剂随机冲击500次，每次随机抽取伪处理组与伪处理时间后，结果如图5所示。空间安慰剂和混合安慰剂的回归模型的估计值均在0附近且整体服从正态分布，500次回归结果的估计系数距离基准回归模型回归系数0.003 6较远，并且对应P值绝大部分＜0.1，说明安慰剂检验结果通过，基准回归结果是稳健的。

表4　国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的时间安慰剂检验

Table 4　Time placebo test of the impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

变量 Variable	虚拟冲击时点 Y Placebo shock timing Y
DID_{it}	0.002 2 （0.001 6）
控制变量 Control variables	已控制
个体固定效应 Individual fixed effect	已控制
时间固定效应 Time fixed effects	已控制
R^2	0.984 0
N	2 825

3.4.2　其他稳健性检验

此外，本研究也开展了其他稳健性检验。第一，缩尾处理，鉴于极端值可能影响—模型估计的稳健性和准确性，对连续变量的上下5%分位数实施了缩尾处理以保证模型结果的可靠性；第二，引入省份固定效应，考虑到不同省份影响经济水平、地方政策等有所差异，尽管本研究已经控制了县域层面的固定效应，仍可能受所属不同省份影响产生差异，由此加入省份虚拟变量进行稳健性检验；第三，改变标准误，在本研究原来普通标准误的基础上，更换为稳健标准误和县域聚类标准误。结果表明，无论是缩尾处理，还是引入省份固定效应和改变标准误，DID_{it}的系数仍然显著为正，进一步验证了结果稳健。

3.5　国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的异质性分析

通过异质性分析检验国家重点生态功能区政策在不同自然地理分区下生态功能区的实施效应[51]。表5为各生态功能区交互项的回归结果，其系数反映了国家重点生态功能区政策对生态保护功能提升的净效应，可见政策呈现显著的空间分异。主要结果如下：

1）东南生态区的交互项系数为0.011 2，在1%的显著性水平上显著，这表明国家重点生态功能区政策在东南生态区的实施显著促进生态保护功能效果的提升。一方面，东南地区自然本底较好，植被演替与自然修复能力较强；另一方面，东南沿海

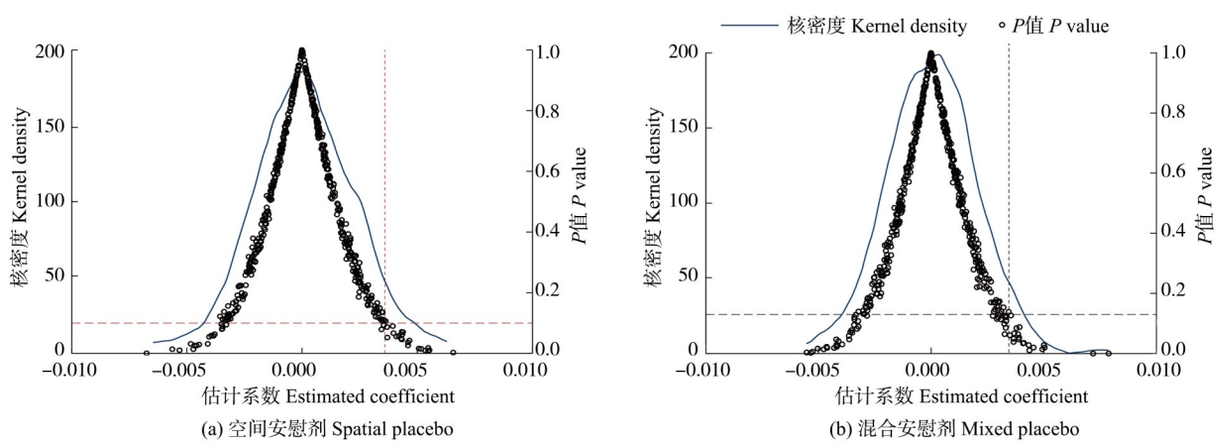


图5　国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的空间安慰剂和混合安慰剂检验

Fig. 5　Spatial placebo and mixed placebo tests of the impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

地区经济发达,城镇化率高,人口大量向城市转移,显著减轻了生态保护功能区的生态环境压力,促进了生态保护政策的有效落实和生态环境的改善。

2)黄河重点生态区系数为0.021 8,且在1%的显著性水平上显著。这类地区主体功能区政策发展方向主要为控制开发强度,以小流域为单元综合治理水土流失,政策实施后效果显著,也反映出黄河流域在这一时期的水土保持工程与生态治理取得了实质性进展。

3)长江及川滇重点生态区交互项的系数为0.015 7,且在1%的显著性水平上显著。这表明长江及川滇重点生态区国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果提升产生了显著的积极影响。该区域生物多样性丰富,生态系统结构复杂,稳定性强,对于政策的正向反馈比较灵敏。该区域作为中国重要的生态屏障和经济带,在生态文明建设方面具备较强的政策执行力、技术支撑和公众参与度,为生态保护功能的持续改善提供了有力保障。

4)西北生态区的交互项系数为−0.019 2,说明政策干预尚未产生显著正向作用,由于该地区生态环境系统较为脆弱,受自然环境限制较大,生态系统对气候波动的敏感性远高于政策干预的力度,政策实施的周期相对于生态恢复的自然周期太短,导致在观测期内看不到显著效果。

5)东北生态功能区和青藏高原生态区属于生态保护功能效果高值区,负向显著系数并不意味着政策完全失效,而是反映高生态本底区域的“维护成本”远高于低本底区域的“修复收益”,面临对抗自然和气候波动的高昂成本,边际改善效果不明显,导致统计上的政策效果被掩盖。

表5 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的异质性分析

Table 5 Heterogeneity analysis of the impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

变量 Variable	东北生态区 Key Ecological Zone of the Northeast Region	东南生态区 Key Ecological Zone of the Southeast Region	黄河重点生态区 Key Ecological Zone of the Yellow River Region	青藏高原生态区 Key Ecological Zone of the Qinghai-Tibet Plateau Region	西北生态区 Key Ecological Zone of the Northwest Region	长江及川滇生态区 Key Ecological Zone of the Yangtze River and the Sichuan-Yunnan Region
DID_{it}	−0.026 3***	0.011 2***	0.021 8***	−0.012 1***	−0.019 2***	0.015 7***
	(0.001 9)	(0.002 0)	(0.002 2)	(0.002 1)	(0.002 0)	(0.001 9)
常数项 Constant term	0.513 1***	0.512 9***	0.513 2***	0.512 8***	0.513 0***	0.512 7***
	(0.001 0)	(0.001 1)	(0.001 1)	(0.001 1)	(0.001 1)	(0.001 0)
控制变量 Control variable	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
个体固定效应 Individual fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应 Time fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
R^2	0.985 6	0.984 6	0.985 0	0.984 6	0.985 0	0.985 2
样本量 Sample	2 825	2 825	2 825	2 825	2 825	2 825

3.5 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的空间溢出效应分析

首先引入0—1矩阵检验生态保护功能效果的空间自相关性,结果见表6。可见所有年份Moran's I均>0,并通过显著性检验,表明生态保护功能效果具有显著的正相关性。

表 6　3.5 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的空间自相关检验结果

Table 6　Spatial autocorrelation test of the impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

年份 Year	莫兰指数 Moran's *I*	*Z* 值 *Z* value	*P* 值 *P* value
2000	0.908 ***	30.717	0.000
2005	0.913 ***	30.897	0.000
2010	0.913 ***	30.888	0.000
2015	0.921 ***	31.168	0.000
2020	0.916 ***	30.993	0.000

上述结果证明空间相关性的存在，为进一步研究国家重点生态功能区政策是否对生态保护功能效果存在空间溢出效应，通过 LM 检验、LR 检验以及 Wald 检验，结果见表 7。本研究选择时间与个体双向固定的空间杜宾双重差分模型（SDM-DID）进行实证分析，从而更深入地探讨国家重点生态功能区政策与生态保护功能效果之间的空间联系。

SDM 模型中相关自变量系数解释相对复杂，根据相关研究[52-53]，采用偏微分将总效应分解为直接效应与间接效应。具体来说，分解得到的直接效应，能够准确衡量影响因素对本地区结果变量产生的实际影响；而间接效应则解释了通过空间传导其对邻近地区结果变量的影响，即空间溢出效应。因此，从效应分解结果来看（表 8），空间自相关系数（Spatial rho）为 0.782，且在 1% 水平上显著为正，表明生态保护功能效果存在显著的空间依赖特征，即一个地区生态保护功能水平的提升会显著带动邻近地区生态保护功能的协同改善。核心解释变量的直接效应、间接效应和总效应均为正且显著，说明国家重点生态功能区政策的实施不仅有效促进了本地区生态保护功能效果的提升，同时通过区域要素流动、生态联动与政策协同，实现了对邻近地区生态功能的正向带动，体现出政策在强化区域生态屏障和优化国土空间格局中的溢出效应。控制变量方面，开发强度（C_1）的直接效应和间接效应均为负，表明在重点生态功能区严格的空间开发约束下，过高的土地利用强度仍会削弱生态保护功能的提升，同时通过空间关联机制对周边地区的生态系统产生抑制作用，反映出过度开发带来的负向空间溢出效应。经济发展水平（C_2）的直接效应和间接效应均为正，说明在重点生态功能区政策引导下，经济增长逐步由要素驱动向绿色转型驱动转变，经济活动的优化促进了本地与邻近地区生态保护功

表 7　国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的模型检验

Table 7　Test of models of the impact of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

模型识别检验方法 Model identification testing method	统计量 Statistical quantity	*P* 值 *P* value
空间滞后模型的拉格朗日乘数检验 LM-spatial lag	615.013 ***	0.000
稳健的拉格朗日乘数空间滞后检验 Robust LM-spatial lag	4.122 *	0.042
空间误差模型的拉格朗日乘数检验 LM-spatial error	4 588.557 ***	0.000
稳健的拉格朗日乘数空间误差检验 Robust LM-spatial error	3 988.665 ***	0.000
空间滞后模型的似然比检验 LR-spatial lag	35.090 ***	0.000
空间误差模型的似然比检验 LR-spatial error	41.468 ***	0.000
空间滞后模型的沃尔德检验 Wald-spatial lag	25.250 ***	0.000
空间误差模型的沃尔德检验 Wald-spatial error	41.090 ***	0.000

能的协同提升，体现出绿色经济发展的正向空间溢出效应。建设用地产出（C_3）直接效应相对较弱，但其间接效应为正，表明建设用地利用效率的提升具有空间溢出效应。在国家重点生态功能区政策实施后，通过区域间资源要素的优化配置与土地利用结构的合理调整，建设用地效率提高对周边地区生态保护功能的提升产生了积极影响，体现出生态建设成效在空间上的联动与传导特征。

表 8 国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果影响的空间效应

Table 8 Spatial effects and decomposition results of the National Key Ecological Function Zone Policy on the effect of ecological protection functions

变量 Variable	直接效应 Direct effect	间接效应 Indirect effect	总效应 Overall effect
DID_{it}	0.003 4 ***	0.007 4 ***	0.010 8 ***
	（0.001 0）	（0.002 1）	（0.002 2）
C_1	−0.212 0 ***	−0.294 8 *	−0.506 8 ***
	（0.034 3）	（0.170 1）	（0.192 3）
C_2	0.000 0 ***	0.000 0 ***	0.000 0 ***
	（0.000 0）	（0.000 0）	（0.000 0）
C_3	0.000 0 **	0.000 4 ***	0.000 4 ***
	（0.000 0）	（0.000 1）	（0.000 1）
空间自相关系数 Spatial rho		0.781 7 ***	
		（0.009 1）	
误差项方差 Variance sigma2_e		0.000 1 ***	
		（0.000 0）	

4 政策建议与结论

4.1 政策建议

基于上述研究结果，提出以下对策建议：

1）继续推动实施重点生态功能区政策，深化重点生态功能区政策的长效性与精准性。研究结果显示，重点功能区政策效应总体显著为正，且表现出较强的持续性与一定的滞后性，同时在不同生态区间存在显著空间差异。由此，结合所构建的DPSIR模型的生态保护功能效果综合评价体系，需从“驱动—响应”协同维度强化政策设计。一方面优化经济驱动力的绿色导向，通过生态产品价值核算体系将“第三产业增加值”增长与生态用地保护挂钩，破解经济发展对生态系统的隐性胁迫；另一方面，提升政策响应的动态适配性，依据不同生态功能区资源禀赋与保护优先级，加强差异化政策设计，增强区域政策的精准适配能力与执行成效。

2）提出因地制宜构建差异化治理路径（图 6）。研究结果显示，国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果提升的影响效应存在异质性，需要提出差异化路径。首先，针对东南生态区、长江及川滇重点生态区及黄河重点生态区这些政策效应显著区域，应强化高响应区域的生态服务增益功能，探索“压力疏解-功能跃升”的转型路径。其一，构建基于人类活动梯度压力的空间管控体系，结合夜间灯光指数等空间表征变量，在生态红线外围划定“压力缓冲带”，通过产业疏解与人口密度调控，降低核心生态区的人为干扰强度。其二，激活生态服务的市场转化机制，将中央财政转移支付额度与县域生态环境质量考核结果直接挂钩，形成“生态质量-财政收益”的正向传导链条，充分挖掘本土优质生态资源优势，加快探索生态产品价值实现路径[54]，推动生态优势向经济优势转化。其次，针对政策效应相对不显著的西北、青藏高原及东北生态区，应强化政策体系支撑，实施“生态本底-响应模式”适配路径，以遏制区域生态系统退化趋势，增强区域生态服务功能、生态调节功能及生态系统抗干扰能力[55]。其中，西北生态区应立足干旱气候条件与脆弱本底，建立“水资源承载力阈值-植被恢复”耦合机制，维持生态系统稳态。对于青藏高原生态区，应

创新“草地占比动态调控-牧业系统转型”联动机制，在控制草地资源承载压力基础上，优化牧业发展路径，增强生态系统稳定性。东北生态区则应聚焦“黑土地保护-湿地修复”空间协同工程，在粮食安全与耕地保护的基础上，健全黑土地保护机制，加强林草资源培育、保护与管理[56]，探索耕地扩张负面清单制度。同时完善湿地保护修复体系，恢复退化湿地，提升水土保持与生态调节能力。

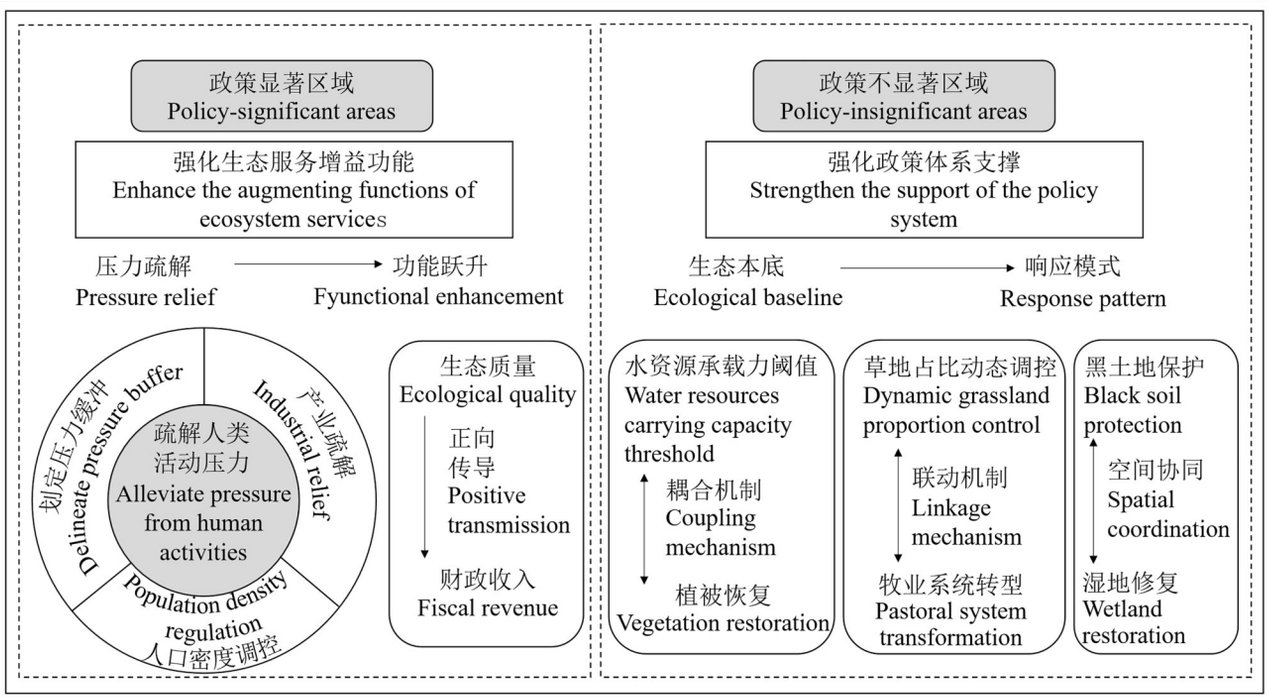


图 6　本研究提出差异化治理路径策略

Fig. 6　Differentiated governance path strategy proposed in this study

3）重视政策空间关联性，强化区域生态协作。根据本研究结论，国家重点生态功能区政策对生态保护功能效果的提升存在明显正向的空间外溢，说明生态要素在区域间具有流动性和关联性。由此，需要构建跨区域生态联合机制，促进重点生态功能区与周边区域的良性互动。并可在流域治理、林地保护等方面实施统一规划与标准，通过上下游联动等措施，形成“核心引领、周边协同”的区域生态保护合力，最大化释放政策正向效应。

最后，本研究还存在一定的局限性：在指标构建方面，受限于部分数据的可获取性，某些指标或许不是表征相关准则层的最佳选择。后续研究可进一步补充更具代表性的指标，完善生态保护功能效果评价体系。指标赋权及对照组选取过程存在一定的主观性，研究结果与实际情况可能存在偏差。本研究双重差分法模型构建中，政策时点前后只有两个时间节点，这可能会使统计效应不稳定。由于政策效应可能需要更长时间才能显现，后续研究有待进一步增加政策实施前后的时间节点，以便捕捉到政策实施后长期效应的变化。

4.2　结论

本研究为探究国家重点生态功能区政策对生态保护功能的影响，基于DPSIR模型构建国家重点生态功能区生态保护功能效果综合评价指标体系，系统刻画其生态功能的动态演变，采用双重差分模型，探究国家重点生态功能区战略实施的政策效应。主要结论如下：1）2000—2020年国家重点生态功能区政策的实施显著发挥了促进生态保护功能的政策效应；2）异质性分析结果显示，国家重点生态功能区政策对生态保护功能的政策效应存在明显的区域异质性，在东南生态区、黄河重点生态区和长江及川滇重点生态区中更为显著；3）生态保护功能效果存在显著的空间相关性，重点生态功能区政策对本地区与邻近地区提升生态保护功能效果也存在正向的空间溢出效应。

参考文献 References

[1] 杨庆媛, 陆纪宜, 李元庆, 张忠训, 周璐璐, 王文鑫, 王浩骅, 唐业清. 融合人类价值观的生态系统服务供需冲突: 适配性评估[J]. 农业工程学报, 2026, 42(6), 322-332
Yang Q Y, Lu J Y, Li Y Q, Zhang Z X, Zhou L L, Wang W X, Wang H H, Tang Y Q. Integrating human values into conflict-adaptation assessment forecosystem service supply and demand: A case study of the threegorges reservoir area (Chongqing section)[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2026, 42(6), 322-332 (in Chinese)

[2] Carugati L, Gatto B, Rastelli E, Lo Martire M, Coral C, Greco S, Danovaro R. Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning[J]. *Scientific Reports*, 2018, 8: 13298

[3] Wei W, Wang N, Yin L, Guo S, Bo L. Spatio-temporal evolution characteristics and driving mechanisms of Urban - Agricultural - Ecological space in ecologically fragile areas: A case study of the upper reaches of the Yangtze River Economic Belt, China[J]. *Land Use Policy*, 2018, 145: 107282

[4] 国务院. 国务院关于印发全国主体功能区规划的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2011(17): 3-89
State Council of the People's Republic of China. Notice of the state council municipality on printing and distributing the planning of national main functional zones[J]. *Gazette of the State Council of the People's Republic of China*, 2011(17): 3-89 (in Chinese)

[5] 汤怀志, 郧文聚, 孔凡婕, 林倩, 汪嫦红. 国土空间治理视角下的土地整治与生态修复研究[J]. 规划师, 2020, 36(17): 5-12
Tang H Z, Yun W J, Kong F J, Lin Q, Wang C H. Land consolidation and ecological restoration from the perspective of national land and space governance[J]. *Planners*, 2020, 36(17): 5-12 (in Chinese)

[6] 陈谢扬, 李同昇, 朱炳臣, 李炬霖. 基于自然地理区的生态调节功能重要性评价及主导因子识别: 以陕西省为例[J]. 地理研究, 2023, 42(5): 1359-1377
Chen X Y, Li T S, Zhu B C, Li J L. Evaluation of the importance of ecological regulation function in Shaanxi Province based on physiographic regions and identification of dominant factors[J]. *Geographical Research*, 2023, 42(5): 1359-1377 (in Chinese)

[7] 冯琳, 雷国平. 东北地区生态系统服务及权衡/协同关系时空演变特征与功能分区研究[J]. 中国土地科学, 2023, 37(7): 100-113
Feng L, Lei G P. Study on spatial-temporal evolution characteristics and functional zoning of ecosystem services and trade-offs/synergies relationships in northeastern China[J]. *China Land Science*, 2023, 37(7): 100-113 (in Chinese)

[8] 王美娜, 舒翰俊, 范顺祥, 褚力其, 刘荣增, 张建杰. 河南省生态系统服务供需格局与人类活动强度的耦合关系[J]. 中国农业大学学报,2025,30(6):194-210
Wang M N, Shu H J, Fan S X, Chu L Q, Liu R Z, Zhang J J. Coupling relationship between the supply-demand pattern of ecosystem service and human activity intensity in Henan Province [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(6): 194-210 (in Chinese)

[9] 陶德凯, 张子建, 周文莉, 王智勇. 基于生态系统服务供需协同的生态安全格局构建:以安徽省为例[J]. 规划师, 2024, 40(10): 16-24
Tao D K, Zhang Z J, Zhou W L, Wang Z Y. Construction of ecological security pattern based on demand-supply coordination of ecosystem service: A case study of Anhui Province[J]. *Planners*, 2024, 40(10): 16-24 (in Chinese)

[10] 解晨, 周建好, 姜群鸥, 肖辉杰, 辛智鸣. 沿黄荒漠绿洲区生态廊道与生态节点识别及景观格局优化: 以磴口县为例[J]. 中国农业大学学报,2024,29(5): 135-148
Xie C, Zhou J Y, Jiang Q O, Xiao H J, Xin Z M. Identification of ecological corridors and ecological nodes and optimization of landscape pattern in desert oasis area along the Yellow River: Taking Dengkou County as an example [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(5): 135-148 (in Chinese)

[11] Dang L Y, Zhao F, Teng Y M, Teng J, Zhan J Y, Zhang F, Liu W, Wang L Q. Scale dependency of trade-offs/synergies analysis of ecosystem services based on Bayesian Belief Networks: A case of the Yellow River Basin[J]. *Journal of Environmental Management*, 2025, 375: 124410

[12] 吴英迪, 蒙吉军. 中国自然资源生态服务重要性评价与空间格局分析[J]. 自然资源学报, 2022, 37(1): 17-33
Wu Y D, Meng J J. Quantifying the spatial pattern for the importance of natural resource ecosystem services in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(1): 17-33 (in Chinese)

[13] 赵苗苗, 赵海凤, 李仁强, 张丽云, 赵峰侠, 刘丽香, 沈瑞昌, 徐明. 青海省1998—2012年草地生态系统服务功能价值评估[J]. 自然资源学报, 2017, 32(3): 418-433
Zhao M M, Zhao H F, Li R Q, Zhang L Y, Zhao F X, Liu L X, Shen R C, Xu M. Assessment on grassland ecosystem services in Qinghai Province during 1998-2012[J]. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(3): 418-433 (in Chinese)

[14] 孙宝娣, 崔丽娟, 李伟, 康晓明, 张曼胤. 湿地生态系统服务价值评估的空间尺度转换研究进展[J]. 生态学报, 2018, 38(8): 2607-2615
Sun B D, Cui L J, Li W, Kang X M, Zhang M Y. A review of spatial-scale transformation in wetland ecosystem service evaluation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(8): 2607-2615 (in Chinese)

[15] 刘胜涛, 高鹏, 刘潘伟, 牛香, 王兵. 泰山森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 生态学报, 2017, 37(10): 3302-3310
Liu S T, Gao P, Liu P W, Niu X, Wang B. An ecosystem services assessment of Tai Mountain[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(10): 3302-3310 (in Chinese)

[16] 崔莉. 基于景观格局变化分析的沿海区域生态系统保护研究: 以浙江沿海地区为例[J]. 管理世界, 2018, 34(6): 72-82, 93
Cui L. Coastal regional ecosystem protection analysis based on landscape pattern change: The case of Zhejiang Province[J]. *Journal of Management World*, 2018, 34(6): 72-82, 93 (in Chinese)

[17] 燕乃玲, 赵秀华, 虞孝感. 长江源区生态功能区划与生态系统管理[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(5): 598-602
Yan N L, Zhao X H, Yu X G. Ecosystem delineation on priority ecosystem services and ecosystem management in the upper Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(5): 598-602 (in Chinese)

[18] 王一山，刘龙浩，魏宸博，梁洁，鞠正山，徐艳．典型干旱区区域生态环境质量时空特征分析：以塔里木河流域“四源一干”区域为例[J]．中国农业大学学报，2025，30(2)：242-254
Wang Y S，Liu L H，Wei C B，Liang J，Ju Z S，Xu Y．Temporal and spatial characteristics of the ecological environment quality in the typical arid zone：A case study on the “Four sources and one stem” region of the Tarim River Basin[J]．*Journal of China Agricultural University*，2025，30(2)：242-254.(in Chinese)

[19] 宋傅天，姚东旻．“城投部门”议价能力与地方政府债务扩张[J]．管理世界，2021，37(12)：92-108
Song F T，Yao D M．Bargaining power of “urban investment department” and debt expansion of local government[J]．*Journal of Management World*，2021，37(12)：92-108(in Chinese)

[20] 马超，赵双雨，唐润宇．上医治未病：免费体检计划对老年人医疗服务与健康福利的影响[J]．管理世界，2023，39(12)：144-166
Ma C，Zhao S Y，Tang R Y．Prevention is better than cure：The effect of the plan for free health check-up on the health care utilization and health benefits of the elderly[J]．*Journal of Management World*，2023，39(12)：144-166(in Chinese)

[21] 胡剑波，张宽元．试点政策对城市减污降碳的协同增效研究：基于国家生态文明先行示范区的准自然试验[J]．长江流域资源与环境，2023，32(10)：2196-2211
Hu J B，Zhang K Y．Study on the synergy of pilot policy on urban pollution and carbon reduction：A quasi-natural experiment based on the national ecological civilization advance demonstration area[J]．*Resources and Environment in the Yangtze Basin*，2023，32(10)：2196-2211(in Chinese)

[22] Nawaz M A，Seshadri U，Kumar P，Aqdas R，Patwary A K，Riaz M．Nexus between green finance and climate change mitigation in N-11 and BRICS countries：Empirical estimation through difference in differences (DID) approach[J]．*Environmental Science and Pollution Research*，2021，28(6)：6504-6519

[23] 杨喆，李晴晴，薛文晧．国家重点生态功能区设立对农村居民收入的影响：基于PSM-DID的实证分析[J]．资源科学，2023，45(1)：144-157
Yang Z，Li Q Q，Xue W H．Impact of the establishment of National Key Ecological Functional Areas on the rural residents′ income：Empirical analysis based on PSM-DID[J]．*Resources Science*，2023，45(1)：144-157(in Chinese)

[24] Xiao Y，Shimada K，Shao S D，Liu L Q，Pan S，Xiao W H．The diminishing incentive of ecological fiscal transfer on local government environmental expenditure：Evidence from National Key Ecological Function Zone in China[J]．*Ecological Economics*，2025，235：10863

[25] Zhang M Y，He H L，Zhang L，Yu G R，Ren X L，Lv Y，Niu Z E，Qin K Y，Gao Y N．Increased ecological land and atmospheric CO2 dominate the growth of ecosystem carbon sinks under the regulation of environmental conditions in national key ecological function zones in China[J]．*Journal of Environmental Management*，2024，366：121906

[26] 周玉玺，程创业．多样化补偿方式对国家重点生态功能区农业生产绿色转型的影响[J]．资源科学，2025，47(2)：417-429
Zhou Y X，Cheng C Y．Effects of diversified compensation methods on the green transformation of agricultural production in national key ecological functional areas[J]．*Resources Science*，2025，47(2)：417-429(in Chinese)

[27] 侯孟阳，席增雷，张晓，姚顺波．国家重点生态功能区的环境质量与经济增长效应评估[J]．中国人口·资源与环境，2023，33(1)：24-37
Hou M Y，Xi Z L，Zhang X，Yao S B．Assessing the environmental quality and economic growth of the National Key Ecological Function Areas[J]．*China Population Resources and Environment*，2023，33(1)：24-37(in Chinese)

[28] 金声甜，李小花．国家重点生态功能区设立对县域碳排放强度的影响：以长江经济带为例[J]．经济地理，2023，43(9)：139-147
Jin S T，Li X H．Impact of the establishment of national key ecological function zones on carbon emission intensity：Taking the Yangtze River economic belt as the research area[J]．*Economic Geography*，2023，43(9)：139-147(in Chinese)

[29] 郭仕利，薛寒忆，邵东旭，徐定德．国家重点生态功能区政策红利的实现机制：基于增汇增收的视角[J]．中国人口·资源与环境，2025，35(12)：181-194
Guo S L，Xue H Y，Shao D X，Xu D D．Realization mechanisms of policy dividends in National Key Ecological Function Zones：From the perspective of carbon sink enhancement and income growth[J]．*China Population，Resources and Environment*，2025，35(12)：181-194(in Chinese)

[30] 林立国，杜泓钰．环境保护是否阻碍经济增长？基于国家重点生态功能区环保机构垂直改革的研究[J]．财经研究，2024，50(9)：78-93
Lin L G，Du H Y．Does environmental protection hinder economic Growth？Based on the vertical reform of environmental protection departments in the national key ecological function zones[J]．*Journal of Finance and Economics*，2024，50(9)：78-93(in Chinese)

[31] 范庆泉，刘惠，刘祎男，王子仲．京津冀生态补偿是否具有“增绿”效应：来自国家重点生态功能区转移支付重点补助的证据[J]．经济学报，2024，11(1)：416-444
Fan Q Q，Liu H，Liu Y N，Wang Z Z．Does ecological compensation in the Beijing-Tianjin-Hebei Region affect eco-environmental protection：Evidence from the key subsidies for transfer payment in national key ecological functional areas[J]．*China Journal of Economics*，2024，11(1)：416-444(in Chinese)

[32] 邓元杰，张晓龙．国家重点生态功能区设立能否兼顾生态与经济？：基于四川省130个县的经验证据[J]．生态经济，2026，42(2)：194-202
Deng Y J，Zhang X L．Can national key ecological function zones balance ecological protection and economic development？ Empirical evidence from 130 counties in Sichuan Province[J]．*Ecological Economy*，2026，42(2)：194-202(in Chinese)

[33] 邓光耀，韩福孝．重点生态功能区对县域生态效率的影响：基于多期双重差分模型的实证分析[J]．自然资源学报，2026，41(2)：407-424
Deng G Y，Han F X．The impact of key ecological function areas on county-level ecological efficiency：An empirical analysis based on multi-period difference-in-differences model[J]．*Journal of Natural Resources*，2026，41(2)：407-424(in Chinese)

[34] 柯水发，陈津志，黄丹妮．国家重点生态功能区政策能否促进县域绿色经济增长[J]．中国环境科学，2026，46(1)：539-554.
Ke S F，Chen J Z，Huang D N．Can the policy of national key ecological functional zones promote green economic growth in counties[J]．*China*

Environmental Science, 2026, 46(1): 539-554 (in Chinese)

[35] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定[EB/OL]. [2026-04-07]. https://www.gov.cn/zhengce/2013-11/15/content_5407874.htm
Central People's Government of the People's Republic of China. Decision of the central committee of the communist party of china on some major issues concerning comprehensively deepening reforms[EB/OL]. [2026-04-07]. https://www.gov.cn/zhengce/2013-11/15/content_5407874.htm

[36] 自然资源部. 中国陆域生态基础分区(试行)[EB/OL]. [2026-04-07]. http://gi.mnr.gov.cn/202305/t20230517_2791210.html
Ministry of Natural Resources. Terrestrial Ecological Base Zoning of China (Trial)[EB/OL]. [2026-04-07]. http://gi.mnr.gov.cn/202305/t20230517_2791210.html (in Chinese)

[37] 樊杰, 高鉴. 践行"绿水青山就是金山银山"理念的主体功能区探索与实践[J]. 中国科学院院刊, 2025, 40(7):1200-1212
Fan J, Gao J. Exploration and practice of major function zoning based on that "lucid waters and lush mountains are invaluable assets" [J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2025, 40(7): 1200-1212 (in Chinese)

[38] 自然资源部. 中国陆域生态基础分区(试行)[EB/OL]. [2026-04-07]. http://gi.mnr.gov.cn/202305/t20230517_2791210.html
Ministry of Natural Resources. Terrestrial Ecological Base Zoning of China (Trial)[EB/OL]. [2026-04-07]. http://gi.mnr.gov.cn/202305/t20230517_2791210.html (in Chinese)

[39] 赵文力, 刘湘辉, 鲍丙飞, 向平安. 长株潭城市群县域生态安全评估研究[J]. 经济地理, 2019, 39(8): 200-206
Zhao W L, Liu X H, Bao B F, Xiang P A. Eco-security assessment of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration at county level [J]. *Economic Geography*, 2019, 39(8): 200-206 (in Chinese)

[40] Mell I. The impact of austerity on funding green infrastructure: A DPSIR evaluation of the Liverpool Green & Open Space Review (LG&OSR), UK [J]. *Land Use Policy*, 2020, 91: 104284

[41] 李辉, 苏昌贵, 魏晓. 省级主体功能区规划实施效果评估与政策启示: 以《湖南省主体功能区规划》实施为例[J]. 经济地理, 2022, 42(5): 45-55
Li H, Su C G, Wei X. Evaluation and policy implications of provincial major function-oriented zone planning: An empirical study on Hunan Province[J]. *Economic Geography*, 2022, 42(5): 45-55 (in Chinese)

[42] Xu D, Yang F, Yu L, Zhou Y Y, Li H X, Ma J J, Huang J C, Wei J, Xu Y, Zhang C, Cheng J. Quantization of the coupling mechanism between eco-environmental quality and urbanization from multisource remote sensing data [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 321: 128948

[43] 武帅, 田冰, 顾世杰, 杨洛祺, 胡引翠. 植被覆盖度对生态脆弱性动态演变的影响: 以河北省张家口为例[J]. 水土保持研究, 2024, 31(2): 310-320
Wu S, Tian B, Gu S J, Yang L Q, Hu Y C. The influence of vegetation coverage on the dynamic evolution of ecological vulnerability: A case study of Zhangjiakou, Hebei Province [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2024, 31(2): 310-320 (in Chinese)

[44] 赵筱青, 石小倩, 李驭豪, 李益敏, 黄佩. 滇东南喀斯特山区生态系统服务时空格局及功能分区[J]. 地理学报, 2022, 77(3): 736-756
Zhao X Q, Shi X Q, Li Y H, Li Y M, Huang P. Spatio-temporal pattern and functional zoning of ecosystem services in the karst mountainous areas of southeastern Yunnan[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(3): 736-756 (in Chinese)

[45] 李怡, 赵小敏, 郭熙, 丁徽, 易丹, 匡丽花. 江西省南昌市生态敏感性空间分异研究[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(10): 65-76
Li Y, Zhao X M, Guo X, Ding H, Yi D, Kuang L H. Study on spatial differentiation of ecological sensitivity in Nanchang City, Jiangxi Province[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(10): 65-76 (in Chinese)

[46] 张佳文, 祁帆, 张定祥, 邹立, 袁承程. 2010—2020年国家重点生态功能区生态质量改善效果评价[J]. 生态学报, 2024, 44(21): 9723-9735
Zhang J W, Qi F, Zhang D X, Zou L, Yuan C C. Evaluation of the ecological quality improvement effect of the National Key Ecological Function Zones from 2010 to 2020[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(21): 9723-9735 (in Chinese)

[47] Palanisami K, Ranganathan C R, Sureshkumar D, Singh Malik R P. Enhancing the crop yield through capacity building programs: Application of double difference method for evaluation of drip capacity building program in Tamil Nadu State, India[J]. *Agricultural Sciences*, 2014, 5(1): 33-42

[48] 陈林, 伍海军. 国内双重差分法的研究现状与潜在问题[J]. 数量经济技术经济研究, 2015, 32(7): 133-148
Chen L, Wu H J. Research status and potential problems of differences-in-differences method in China[J]. *Journal of Quantitative & Technological Economics*, 2015, 32(7): 133-148 (in Chinese)

[49] 丁斐, 庄贵阳. 国家重点生态功能区设立是否促进了经济发展: 基于双重差分法的政策效果评估[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10): 19-28
Ding F, Zhuang G Y. Has the establishment of National Key Ecological Function Areas promoted economic development: Evaluation of the policy effects based on a DID study [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(10): 19-28 (in Chinese)

[50] 陈强, 齐霁, 颜冠鹏. 双重差分法的安慰剂检验: 一个实践的指南[J]. 管理世界, 2025, 41(2): 181-203
Chen Q, Qi J, Yan G P. Placebo tests for difference-in-differences: A practical guide[J]. *Management World*, 2025, 41(2): 181-203 (in Chinese)

[51] 纪洋, 王旭, 谭语嫣, 黄益平. 经济政策不确定性、政府隐性担保与企业杠杆率分化[J]. 经济学(季刊), 2018, 17(2): 449-470
Ji Y, Wang X, Tan Y Y, Huang Y P. Economic policy uncertainty, implicit guarantee and divergence of corporate leverage rate[J]. *China Economic Quarterly*, 2018, 17(2): 449-470 (in Chinese)

[52] Lesage J P, Pace R K, *Introduction to Spatial Econometrics*[M]. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009

[53] 曾冰, 李龙祺, 魏玲. 中国省际交界型县域碳排放时空演变及影响因素[J]. 地理与地理信息科学, 2025, 41(6): 108-117
Zeng B, Li L Q, Wei L. Spatiotemporal evolution and influencing factors of carbon emissions in inter-provincial border counties in China[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2025, 41(6): 108-117 (in Chinese)

[54] 邓伟凤, 刘耀彬, 李硕硕, 魏国恩. 国家重点生态功能区转移支付对生态产品价值转化效率的驱动机制研究[J]. 中国土地科学, 2024, 38(9): 57-67
Deng W F, Liu Y B, Li S S, Wei G E. Research on the driving mechanism of transfer payments in national key ecological functional zones on the

conversion efficiency of ecological product value[J]. *China Land Science*, 2024, 38(9): 57-67 (in Chinese)

[55] 杨悦, 刘冬, 张紫萍, 徐梦佳, 邹长新. 主体功能区生态环境保护政策现状与发展建议[J]. 环境保护, 2020, 48(22): 19-23
Yang Y, Liu D, Zhang Z P, Xu M J, Zou C X. Current situation and development suggestions of ecological environment protection policy in the main functional area[J]. *Environmental Protection*, 2020, 48(22): 19-23 (in Chinese)

[56] 王琦, 刘子刚, 周隽伊. 三江平原沼泽湿地变化的影响因素及其空间效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(7): 44-54
Wang Q, Liu Z G, Zhou J Y. Influencing factors and spatial effects of marsh wetland changes in the Sanjiang Plain[J]. *China Population Resources and Environment*, 2023, 33(7): 44-54 (in Chinese)

责任编辑：杨爱东



第一作者简介：赵星雨，中国农业大学土地科学与技术学院土地资源管理专业硕士研究生。先后参加国家自然科学基金项目(42571312)、第三次全国土壤普查县级成果汇总汇交项目以及主体功能区监测评估指标与方法研究等项目。对土地资源利用领域有浓厚兴趣。



通讯作者简介：袁承程，中国农业大学副教授，博士生导师，主要从事土地调查与评价、耕地保护与利用、土地利用系统方法等研究。近年来主持国家自然科学基金2项，省部级项目10余项，并获2022年度科技智库青年人才计划支持。目前，在*Land Use Policy*、*Journal of Environmental Management*、*Ecological Indicators*等期刊共发表学术论文40余篇，参编专著2部，教材2部。