

DOI: 10.20103/j.stxb.202408272021

马庆, 苏香燕, 周妍, 李付全, 张永帅, 胡自远, 李凯, 孙然好. 基于居民生计变化的区域生态修复社会效益研究. 生态学报, 2025, 45(11): 5101-5112.

Ma Q, Su X Y, Zhou Y, Li F Q, Zhang Y S, Hu Z Y, Li K, Sun R H. A quantitative study on social benefits of ecological restoration based on livelihood changes. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(11): 5101-5112.

## 基于居民生计变化的区域生态修复社会效益研究

马庆<sup>1,2</sup>, 苏香燕<sup>3,4</sup>, 周妍<sup>3,4</sup>, 李付全<sup>5</sup>, 张永帅<sup>5</sup>, 胡自远<sup>5</sup>, 李凯<sup>1</sup>, 孙然好<sup>1,2,\*</sup>

1 中国科学院生态环境研究中心区域与城市生态安全全国重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 自然资源部国土整治中心, 北京 100035

4 自然资源部土地整治重点实验室, 北京 100035

5 山东省地质矿产勘查开发局第七地质大队, 临沂 276000

**摘要:** 区域生态修复工程能够影响当地社会经济发展、增进居民福祉, 促进区域内生式发展, 但当前对于社会效益的量化缺乏具体标准。以沂蒙山区域山水林田湖草生态保护修复工程为例, 基于居民可持续生计框架和指标体系, 量化工程实施前后区域内居民生计活动的变化, 从而分析不同修复单元之间差异的主控因子。结果表明: (1) 生态保护修复工程影响居民生计策略转变。居民收入结构由务农主导型向务工主导型和兼业多项型转变, 农业生产方式由人力密集型向规模化和集约化的现代经营转变, 乡村产业结构由传统农耕向特色种植和乡村旅游等生态衍生产业转变; (2) 生态保护修复工程对居民综合生计具有明显提升作用。整体工程区内居民综合生计水平几乎增长了一半, 但不同生计类型的变化程度略有差异, 由高到低为生计环境>生计结果>生计资本; (3) 尽管生态保护修复工程取得了显著成效, 但不同修复单元的差异较为显著。如森林提质主体修复单元等多元化收入来源的修复单元内居民生计指数最高; 发展生态产业的修复单元内居民生计可持续性最高, 如水质提升与污染防治单元; 生计模式单一且资源匮乏的修复单元内居民生计水平偏低, 如废弃矿山主体修复单元。分析不同生计类型和修复单元的变化差异性, 有助于制订精准的政策和管理措施, 推动生态修复事业向着更高标准、更广领域、更深层次发展, 为实现区域可持续发展提供了重要支撑。

**关键词:** 山水林田湖草生态保护修复; 可持续生计; 效益评估; 生态贫困陷阱; 沂蒙山区域

## A quantitative study on social benefits of ecological restoration based on livelihood changes

MA Qing<sup>1,2</sup>, SU Xiangyan<sup>3,4</sup>, ZHOU Yan<sup>3,4</sup>, LI Fuquan<sup>5</sup>, ZHANG Yongshuai<sup>5</sup>, HU Ziyuan<sup>5</sup>, LI Kai<sup>1</sup>, SUN Ranhao<sup>1,2,\*</sup>

1 State Key Laboratory of Regional and Urban Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China

4 Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China

5 No. 7 Geological Brigade, Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Linyi 276000, China

**Abstract:** Quantifying the intricate interplay between ecological restoration initiatives and their interactions with both the natural environment and various socio-economic factors is of immense importance. This understanding is crucial for fostering

基金项目: 山东省沂蒙山水技术咨询项目 (SDGP371300000202302000152)

收稿日期: 2024-08-27; 网络出版日期: 2025-04-07

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: rhsun@rcees.ac.cn

intrinsic development in ecologically vulnerable regions, as well as for enhancing the well-being of local residents. By delving into the mechanisms that drive this interplay, we can better comprehend how these initiatives can be optimized for the benefit of both the environment and the communities that depend on it. Utilizing the ecological conservation and restoration efforts of the Shan-shui initiative in the Yimeng Mountain area as a case study, this research aims to assess the project within the framework of sustainable livelihoods for the local inhabitants. The study quantifies the shifts in the livelihood activities of local residents before and after the implementation of the project. It also examines the principal factors that account for the disparities observed among different restoration units, thereby identifying the unique challenges and opportunities. Furthermore, this research devises targeted strategies aimed at bolstering the sustainability of residents' livelihoods in the context of these ecological initiatives. The results of this analysis reveal several key findings: (1) The ecological conservation and restoration initiative has had a profound impact on the livelihood strategies employed by residents in the area. Specifically, this initiative has facilitated a significant shift in their income structure, transitioning from a model predominantly reliant on active farming to one that is increasingly oriented towards labor-based and part-time work opportunities. In addition to this shift, the methods of agricultural production have undergone a transformation as well, evolving from traditional, labor-intensive practices to large-scale, intensive modern management techniques. This transition exhibits a broader change in the rural economy, moving away from traditional farming practices towards the development of ecological derivative economy. These types of economy include specialty planting and rural tourism, both of which are increasingly becoming vital components of the local economy. (2) Moreover, the ecological conservation and restoration endeavor has markedly enhanced the overall livelihood of the residents in the project area. The overall level of the residents' comprehensive livelihood has nearly doubled as a result of these efforts, with the degree of change varying slightly among different livelihood types. This variation can be observed in a descending order of impact as follows: livelihood environment, livelihood results, and livelihood capital. (3) While the ecological protection and restoration project has achieved remarkable results overall, it is important to note that the differences among various restoration units are particularly pronounced. For instance, the livelihood index is highest in those restoration units that boast diversified income sources, such as the main forest enhancement restoration unit. Conversely, the sustainability of livelihoods is found to be highest in units that have successfully developed ecological industries, exemplified by the water quality enhancement and pollution prevention unit. In stark contrast, the livelihood level remains low in those restoration units characterized by a single livelihood mode and limited resources, such as the primary abandoned mine restoration unit. An in-depth analysis of the diversity of livelihood types and the conditions of different restoration units will provide valuable insights that can aid in crafting tailored policies and management strategies. This nuanced approach will not only propel ecological restoration efforts to a higher standard but also expand their scope and deepen their impact. Ultimately, these efforts will provide crucial support for the achievement of sustainable development in the region, ensuring that both ecological and community needs are met in a harmonious and balanced manner.

**Key Words:** ecological protection and restoration of mountains-rivers-forests-farmlands-lakes-grasslands; sustainable livelihood; benefit evaluation; ecological poverty traps; Yimeng mountain area

工业化、城市化和农业集约化高速发展,伴随着对自然资源高强度的掠夺式利用,导致了土地荒漠化、生态系统退化、生物多样性降低等一系列生态问题<sup>[1-2]</sup>。这些问题的产生不仅对生态环境造成了严重破坏,还进一步限制了当地居民的生计来源,加剧了贫困问题,形成了生态贫困陷阱<sup>[3-5]</sup>。为了摆脱这一恶性循环,生态环境保护和反贫困成为人类实现可持续发展战略中的重要措施<sup>[6]</sup>。

我国将生态保护修复视为实现人类福祉与高质量发展的重要手段,并随着社会经济的高速发展,修复策略也在不断地演进和完善<sup>[7-8]</sup>。传统的生态修复通常侧重于解决特定类型的生态问题或修复单一要素的生

态系统,然而这种修复策略在实践中修复成效有限<sup>[9-10]</sup>。十八大以来,我国生态保护修复从重点整治转向系统治理、从被动应对转变为主动作为、从全球环境治理的参与者转变为引领者。特别是在“整体保护、系统修复、综合治理”和“命运共同体”理念的指导下,我国在重点生态功能区和生态安全屏障关键节点实施了 52 个山水林田湖草一体化保护修复工程,这标志着我国生态建设从实践探索阶段过渡到科学理论指导的历史性转折点<sup>[11-13]</sup>。然而,随着人们对美好生活向往与社会经济快速发展的矛盾日益凸显,生态保护修复迫切需要以新的视角综合考虑恢复生态系统稳定性和人类社会经济可持续发展之间的内在联系,效益评估是为深化认识人与自然和提升人类福祉的一项重要措施。

目前,生态保护修复工程效益评估研究主要集中在评估方法、评估内容和评估尺度 3 个方面。首先,在评估方法上<sup>[14-15]</sup>,通常采用修复前后或基于长时间序列的时间维度<sup>[16]</sup>,或采用“以空间换时间”的空间维度<sup>[17]</sup>。其次,评估内容通常围绕工程实施内容展开<sup>[18]</sup>,如生态修复优先区识别、路径确认、技术选择、过程监测和效益评价<sup>[19]</sup>。最后,评估尺度通常包括特定物种、种群、群落等生物多样性不同尺度<sup>[20]</sup>,以及生态系统安全、格局、质量、服务功能等<sup>[21]</sup>。总的来看,效益评估目标大多在单一尺度上针对特定的生态要素<sup>[22]</sup>,对人为活动和社会经济层面的研究较少,尤其在实现人与自然可持续发展“双赢”目标的评估方面还具有局限性<sup>[23]</sup>。

生态修复区域内的居民生计通常与周边的生态环境产生交互关系<sup>[24-26]</sup>。居民生计概念的提出,旨在消除极端贫困,并在确保自然资源可持续利用的基础上,将其与就业、减贫、福祉和能力等更广泛的问题联系起来,探究社会经济和生态环境之间多维复杂关系<sup>[27-31]</sup>。随着其理论基础的加强和实践的推进,研究范围不断全面和多元,由最初关注易地搬迁规划<sup>[32]</sup>、宅基地整治<sup>[33]</sup>、生态补偿<sup>[34]</sup>、土地流转<sup>[35]</sup>等单一的生计活动向综合考虑社会福祉、环境健康和经济增长的平衡发展考虑,研究范围包含海洋保护区管理(MPA)<sup>[36]</sup>、国家公园建设<sup>[37-38]</sup>、生态脆弱区修复<sup>[39]</sup>、乡村振兴战略<sup>[40]</sup>等服务于区域和国家可持续发展的重要举措和重大战略。因此,通过探究工程区内居民生计的动态变化,可以作为生态保护修复工程效益评估的有效方式。

基于此,本研究以沂蒙山区域山水林田湖草一体化保护修复工程(以下简称“山水工程”)为研究对象,基于问卷调查和参与式评估的方法,分析山水工程实施对区域居民生计策略和生计活动的动态变化趋势,以各生计类型中生计指数和变化程度最高和最低的修复单元为研究对象,揭示生态修复工程在促进自然环境与社会经济可持续发展平衡之间的关键作用因子,为中国生态保护和修复效益评估与管理应用提供理论与技术支撑。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区概况

山东省沂蒙山区域以其独特和典型的生态功能和历史地位,在国家生态安全战略和农业战略格局中占据着重要位置。该区域位于黄河和淮河等重要水系的骨架中,对于维护国家重点生态功能区、南水北调重大工程以及农产品供给安全的起着至关重要的作用。沂蒙山区域于 2021 年被批复为“十四五”首批山水工程区域之一,涉及临沂市兰山区、罗庄区、河东区、郯城县、兰陵县、费县、蒙阴县、平邑县、沂南县和沂水县等 10 个县区,总面积达到 13794.85km<sup>2</sup>。其中,水域面积为 708.48km<sup>2</sup>,陆域面积为 13086.37km<sup>2</sup>。工程区气候条件适宜,多年平均气温为 13.4℃,降水量为 819.7mm,年平均风速为 2.6m/s;地形以中低山丘陵为主,地貌复杂,河流众多,土壤多为棕壤,土地类型多样,包括农田、湿地、林地及建设用地;修复区产业结构相对单一,居民的经济收入主要依赖于务农和务工。沂蒙山区域山水工程以沂河“水安全、水生态”为主线,构建了“一河,三区,八单元”的总体治理格局(图 1),旨在促进沂蒙革命老区的生态保护和高质量振兴发展。因此,以沂蒙山区域为例开展居民可持续生计评估,具有较好的代表性和典型性,不仅能够反映山水工程的社会成效,而且对提高居民福祉以及推动区域可持续发展具有重要意义。

### 1.2 可持续生计评价指标

可持续生计包含环境、经济、社会和制度等多方面的复杂系统,涉及社会和自然等交叉领域<sup>[41-43]</sup>。为量

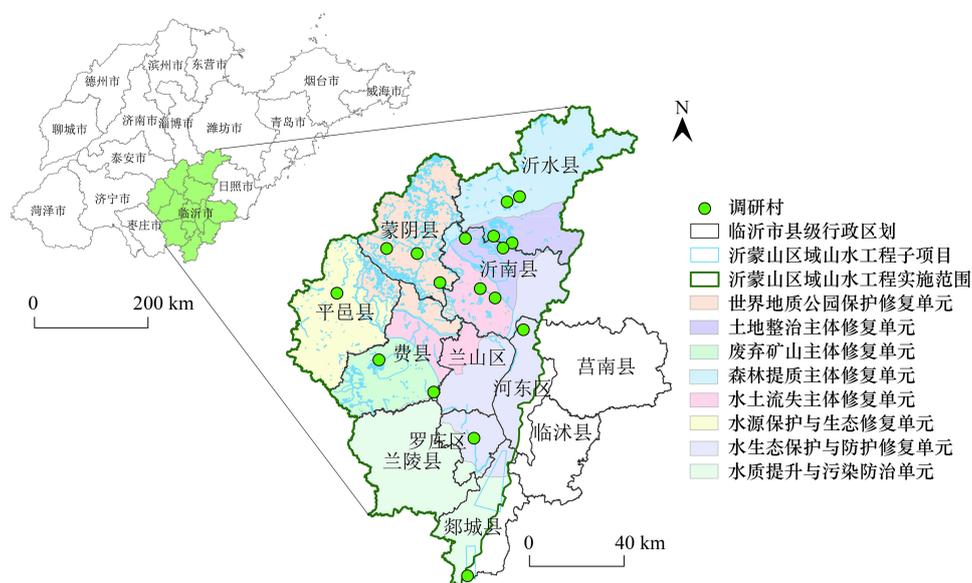


图1 研究区区位图及采样点

Fig.1 Location of study area and sampling locations

化评估沂蒙山区域山水工程对居民生计的影响,参考已有的研究成果<sup>[44-47]</sup>,并结合研究区自然条件 and 生产生活特征,构建了居民可持续生计评价指标体系(表1)。在该评价体系中,从生计资本、生计环境和生计结果3个维度进行评估。生计资本是指居民用于维持生计的资源,包括人力资本、自然资本、物质资本、金融资本和社会资本。人力资本包括家庭劳动力、健康、教育等方面,选取职业类型等指标来衡量;自然资本以土地为核心,选取人均土地数量和土地利用类型等指标来刻画;物质资本关注维持生计的基本资料及基础设施,选取交通和灌溉便利度等指标来衡量;金融资本关注居民的货币收支情况,选取收入来源和生活物资来源等指标来衡量;社会资本关注居民的人际关系及社会资源,选取每日交流人数等指标来衡量。生计环境直接影响着生计活动和资源获取的条件,可以通过土地质量、河道水质和道路类型等指标来衡量。生计结果是居民生计活动的最终体现,可以通过意识改变、满意度等指标来衡量。通过该评价体系,可以全面地评估居民生计的状况,并为制定相应的政策提供依据,以促进居民的可持续生计和区域的可持续发展。

### 1.3 数据调查方法

本研究的数据源于问卷调查和参与式评估,为确保样本的科学性和严谨性,调研对象限定为长期居住在工程区内且具备独立完成问卷能力的居民。2023年7月和10月,研究团队通过专题研讨、野外核查和调研座谈等方式,深入了解项目区的社会经济背景和工程实施进展,并修订和完善了半结构化调查问卷和访谈提纲;2024年4月,团队采用多阶段目的性抽样的方法,按照修复区、修复单元、县/区、乡/镇、村、户的顺序,选取了17个乡/镇中26个具有代表性的村庄进行调研(图1)。团队在每个村庄随机抽取14—16户居民作为问卷调查的对象,问卷对象尽可能为户主。团队共收集了400份问卷,每份问卷的完成时间约为20—40min,在剔除无效问卷后,有效问卷为388份,有效率为97%。问卷内容主要为2020年以来家庭基本信息,包括家庭人口结构、职业和收入类型等;生计资本、生计环境和生计结果的相关内容(表1),在调研过程中,除问卷内容还就一些关键性问题进行追问,以获得更详细和深入的信息。

### 1.4 数据处理与统计方法

指标权重是量化评估的关键,尽管目前指标权重确定的方法多种多样,但归纳起来大致可分为主观赋权法、客观赋权法以及主客观综合集成赋权法。由于本文建立的评价指标体系具有底层指标多、上层指标非定量的特点,为提高评估结果的准确性和有效性,本研究采用了层次分析法(AHP)和主成分分析法(PCA)结合的方法确定权重(表2)。

表 1 居民生计可持续性评价指标

Table 1 Indicators for assessing people's livelihood sustainability

目标层 Target layer	准则层 Rule layer	指标层 Index layer		指标赋值说明 Indicator assignment description	
		一级指标层	二级指标层		
沂蒙山区山水工程居民 可持续生计评价体系 Evaluation system for sustainable livelihoods of residents in the Yimeng mountain region for ecological protection and rehabilitation of mountains- rivers-forests- farmlands- lakes-grasslands	生计资本	人力资本	家庭劳动力/个	>7=5;(5,7]=4;(3,5]=3;(1,3]=2;(0,1]=1	
			户主健康状况	健康=3;一般=2;不健康=1;	
			户主职业	公职人员=1;外出务工=2;务农=3;退休人员=4;个体经营者=5; 学生=6	
	自然资本	土地收入类型	耕地、畜牧、林业、流转;有一项计1分,最大4,最小0		
			人均土地面积/(hm <sup>2</sup> /人)	>1.3=3;(0.06,1.3]=2;[0,0.06]=1	
			土地离家距离/k	[0,1]=3;(1,2]=2;>2=1	
		物质资本	交通完善度	非常满意=5;满意=4;一般=3;不满意=2;非常不满意=1	
			河道连通度	非常满意=5;满意=4;一般=3;不满意=2;非常不满意=1	
			灌溉便利度	非常满意=5;满意=4;一般=3;不满意=2;非常不满意=1	
	金融资本	主要收入来源	公职=5;经商=4;补贴=3;务工=2;务农=1		
			收入类型	固定工资;经商、补贴、务工、务农,有一项计1分;最大5分,最小1分	
		社会资本	粮食、蔬菜等生活物资来源	购买=1;友邻馈赠=2;自种=3	
			友邻关系	非常好=5;较好=4;一般=3;不好=2;非常差=1	
			每日交流人数(含电话)	>10=3;(5,10]=2;(0,5]=1	
			邀请亲朋好友游玩	一定会=5;可能会=4;不一定=3;可能不会=2;一定不会=1	
生计环境	交通环境	道路类型	沥青路=4;水泥路=3;砂石料=2;泥土路=1		
	耕作环境	土地质量	非常好=5;较好=4;一般=3;不好=2;非常差=1		
	灌溉环境	河道水质	非常好=5;较好=4;一般=3;不好=2;非常不好=1		
生计结果	收入满意度	收入满意度	非常满意=5;满意=4;一般=3;不满意=2;非常不满意=1		
	环境满意度	环境满意度	非常满意=5;满意=4;一般=3;不满意=2;非常不满意=1		
	生物满意度	生物满意度	非常满意=5;满意=4;一般=3;不满意=2;非常不满意=1		
	意识改变	意识改变	一定会=5;可能会=4;不一定=3;可能不会=2;一定不会=1		

表 2 居民可持续生计指标权重

Table 2 Weighting of indicators of sustainable livelihoods of the population

准则层 Rule layer	组内权重 Weight in the group/%	指标层 Index Layer	组内权重 Weight in the group/%	指标层 Index Layer	全局权重 Global weight/%
生计资本 Livelihood capital	30.51	人力资本	15.45	家庭劳动力	1.68
				户主健康状况	1.73
				户主职业	1.30
	自然资本	20.20	20.28	土地收入类型	2.05
				人均土地数量	2.09
				土地离家距离	2.02
				交通完善度	2.19
				河道连通度	2.20
				灌溉便利度	1.80
	金融资本	22.32	21.76	主要收入来源	2.07
收入类型				2.11	
生活物资来源				2.63	
友邻关系				2.27	
生计环境 Livelihood context	35.73	33.08	34.00	每日交流人数	2.25
				邀请亲朋好友	2.12
				道路类型	11.82
				土地质量	12.15
				河道水质	11.76
生计结果 Livelihood outcome	33.76	23.00	25.35	收入满意度	7.77
				环境满意度	8.56
				物种满意度	8.38
				环保意识改变	9.06

$$W_k = \frac{\sqrt{\alpha_k \beta_k}}{\sum_{k=1}^n \sqrt{\alpha_k \beta_k}}$$

式中,  $W_k$  为指标权重,  $\alpha_k$  为层次分析法计算所得的权重,  $\beta_k$  为主成分分析法计算所得的权重。

为避免量纲和数值造成的误差, 提高算法效率, 对样本进行数据标准化处理。根据各指标的标准化得分及权重值, 计算各指标在不同年份的得分, 进而求得各生计类型的生计指数及变化程度。

$$P = \sum_{k=1}^n W_k I_k$$

式中,  $W_k$  为  $k$  项指标的权重,  $I_k$  为该指标的标准化得分,  $W_k I_k$  为该指标的综合得分,  $P$  为生计指数。

## 2 结果与分析

### 2.1 生态修复前后居民生计变化规律

受访居民男性数量略高于女性数量, 分别占样本数的 51.8% 和 48.2%; 60 岁以上的老年人占样本数的 57.8%, 20 岁以下的年轻人仅占总数的 0.8%; 受教育程度多为中低水平, 其中未上学的占总样本数 34.8%, 本科以上学历的占样本数的 4.6%; 调研期间, 超 3/4 的受访居民正在从事日常工作 (76.8%), 其主要职业类型为务农和务工 (表 3)。由于工程区大多以村域为实施单元, 因此受访居民大多为农民, 受访居民符合目前农村人口特征。

表 3 受访居民基本特征

Table 3 Basic characteristics of respondents

人口特征 Demographics		人数 Population	比例/% Percent	人口特征 Demographics		人数 Population	比例/% Percent
性别 Gender	男	201	51.8	受教育程度 Education level	未上学	135	34.8
	女	187	48.2		小学	111	28.6
年龄 Age	20 岁以下	3	0.8		初中	70	18
	21—50 岁	88	22.7		高中	54	13.9
	51—60 岁	73	18.8	本科及以上	18	4.6	
	61—70 岁	157	40.5	到此目的 Purpose	休闲娱乐	83	21.4
	71 岁以上	67	17.3	走亲访友	7	1.8	
				日常工作	298	76.8	

参考相关的研究<sup>[48-49]</sup>, 将受访农户的生计类型分为务农主导型、务工主导型和兼业多项型。山水工程实施前后, 居民收入结构和土地利用类型发生了明显的转变 (图 2)。从居民收入结构来看。工程实施前以务农主导型的居民占总样本量的 62.4%, 务工主导型的居民占 24.5%, 兼业多项型的居民仅占 1.3%。工程实施后年收入类型为 2 种及其以上的居民总样本量的 46% 和 28%。总体来说, 山水工程助力居民收入类型由务农主导型向务工主导型和兼业多项型转变。

从居民土地数量和利用类型看。工程实施前人均土地数量大于 0.13hm<sup>2</sup>/人的仅占样本量的 13.7%, 以耕地、畜牧、林地或流转等单一土地收入的居民占样本量的 50.5%, 土地资源未能得到充分利用。工程实施后人均土地数量大于 0.13hm<sup>2</sup>/人的居民比例上升至 27.6%, 拥有 2 种及以上收入来源的居民占总样本量的 37.1%, 土地利用效率显著提升。因此, 山水工程推动农业生产模式由人力密集型向农业规模化和集约化的现代经营转变。

### 2.2 不同类型生计的变化比较

图 3 表明, 通过实施山水工程, 居民综合生计指数由 2.46 增长至 3.51, 提高了 42.62%, 有效地改善了居民生计环境和生计资本, 从而提高居民的总体福祉。然而, 各生计类型的增长程度相差较大, 具体表现为生计环

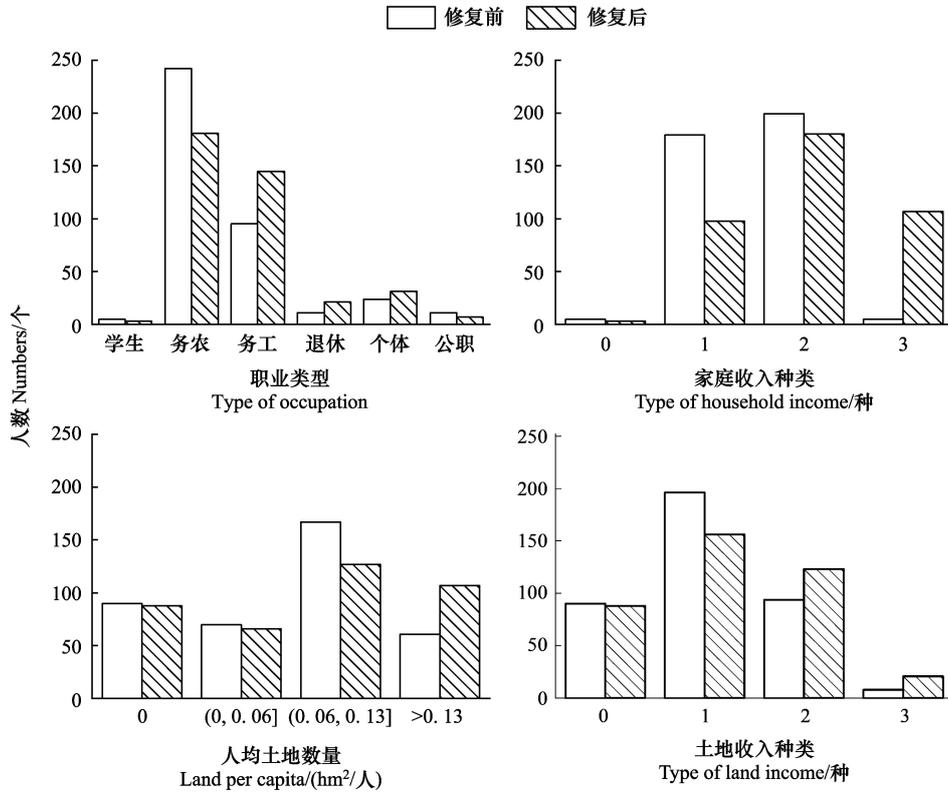


图 2 工程实施前后居民生计动态对比

Fig.2 Comparison of livelihood dynamics before and after project implementation

境>生计结果>生计资本。值得注意的是,生计资本的人力资本和自然资本的改善效果尚不显著,这可能与监测时间过短或外部因素的影响有关。指标显著提高的可能原因是实施修路、造林等短期内就能显现效益的举措,在短时间内使周围环境得的了改善,并得到周边居民的认可,而需要数年或数十年才能显现的长期效益在这次评估中表现不佳。因此,为更好地量化山水工程的整体效益,需要对指标层进行长期的监测和评估。

2.3 不同修复措施对生计变化的影响

图 4 表明不同修复单元均能有效改善居民生计水平和满意度。然而,通过对生计指数变化程度最高和最低的修复单元进行研究发现,各修复单元的变化程度存在较大的差异(表 4)。从综合生计来看,森林提质主体修复单元(3.75)的生计指数最高,其次是世界地质公园保护修复单元(3.62)和水质提升与污染防治单元(3.62),废弃矿山主体修复单元(3.21)的最低,表明资源枯竭和环境破坏是影响居民提升自身能力和改善生活质量最大的限制因素。从生计变化程度看,水质提升与污染防治单元(48.37%)的增长率最为显著,其次是水源保护与生态修复单元(45.82%),废弃矿山主体修复单元(31.28%)增长最为缓慢。

对生计资本而言,森林提质主体修复单元的生计资本指数和增长率最高,分别为 0.93 和 39.07%;相比之下,水土流失主体单元的生计资本指数较高,但变化率较低,分别为 0.90 和 25.12%;水生态保护与防护修复单元的生计资本指数和变化率均较低,分别为 0.83 和 26.19%。对生计环境而言,世界地质公园保护修复单元和水质提升与污染防治修复单元的生计环境指数最高,分别为 1.36 和 1.33,但增长率较低,分别为 49.10% 和 54.14%;土地整治主体修复单元的生计指数较低,但增长速率较快,分别为 1.22 和 69.99%;废弃矿山主体修复单元的生计环境指数和增长率最低,分别为 1.09 和 41.49%。对生计结果而言,森林提质主体修复单元的生计指数最高,但增长率最低,分别为 1.49 和 32.30%。水质提升与污染防治单元的生计结果指数和增长率较高,分别为 1.39 和 56.33%。总体来说,不单纯依赖传统农业生产方式,具有多元化收入来源的修复单元内居民的生计水平较高,而生计模式单一且资源匮乏的修复单元内居民的生计水平偏低。

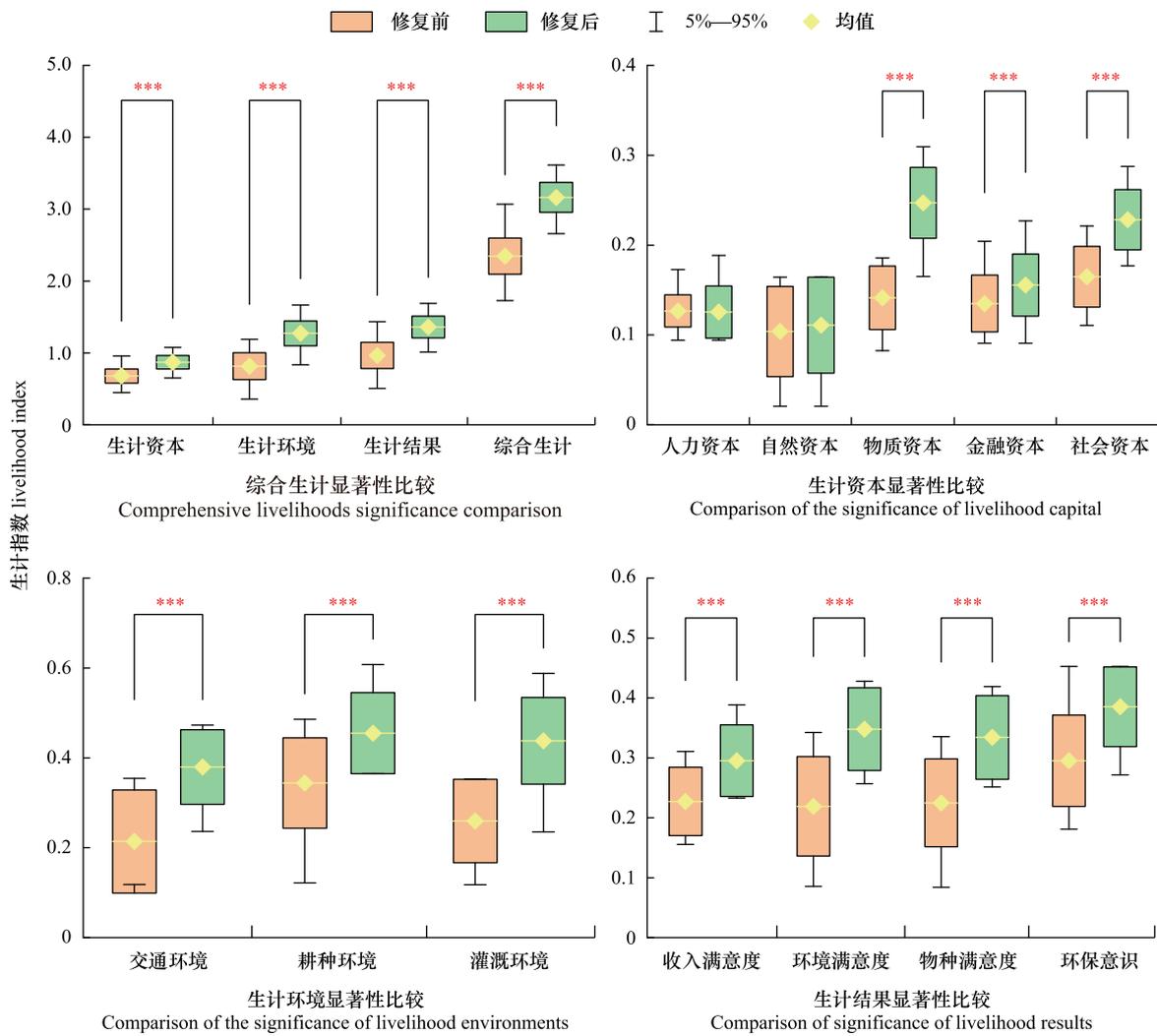


图3 工程实施前后居民生计指标动态对比

Fig.3 Comparing the dynamics of livelihood indicators before and after implementing the project

\* : $P \leq 0.05$ ; \*\* : $P \leq 0.01$ ; \*\*\* : $P \leq 0.001$

表4 工程实施前后不同修复单元的生计指数变化情况

Table 4 Change in livelihood indices in different restored units before and after project implementation

修复单元 Rehabilitation units	生计资本 Livelihood capital			生计环境 Livelihood context			生计结果 Livelihood outcome		
	修复前	修复后	变化率/%	修复前	修复后	变化率/%	修复前	修复后	变化率/%
	森林提质主体修复单元 Forest enhancement main rehabilitation unit	0.67	0.93	39.07	0.93	1.32	42.42	1.12	1.49
世界地质公园保护修复单元 World geopark rehabilitation unit	0.69	0.88	27.92	0.91	1.36	49.10	0.99	1.39	40.58
水源保护与生态修复单元 Water sources of ecological protection and rehabilitation unit	0.65	0.83	28.85	0.80	1.33	65.74	0.96	1.35	40.58
土地整治主体修复单元 Land remediation main rehabilitation unit	0.70	0.89	26.65	0.72	1.22	69.99	0.99	1.32	33.14

续表

修复单元 Rehabilitation units	生计资本 Livelihood capital			生计环境 Livelihood context			生计结果 Livelihood outcome		
	修复前	修复后	变化率/%	修复前	修复后	变化率/%	修复前	修复后	变化率/%
	水土流失主体修复单元 Soil erosion main rehabilitation unit	0.72	0.90	25.13	0.79	1.26	59.25	0.94	1.34
废弃矿山主体修复单元 Abandoned mines main rehabilitation unit	0.64	0.84	30.64	0.77	1.09	41.49	0.85	1.28	51.54
水生态保护与防护修复单元 Water ecosystem protection rehabilitation unit	0.66	0.83	26.19	0.75	1.27	68.30	0.99	1.35	35.25
水质提升与污染防治单元 Water quality enhancement and pollution prevention unit	0.68	0.90	30.75	0.86	1.33	54.14	0.90	1.39	56.33

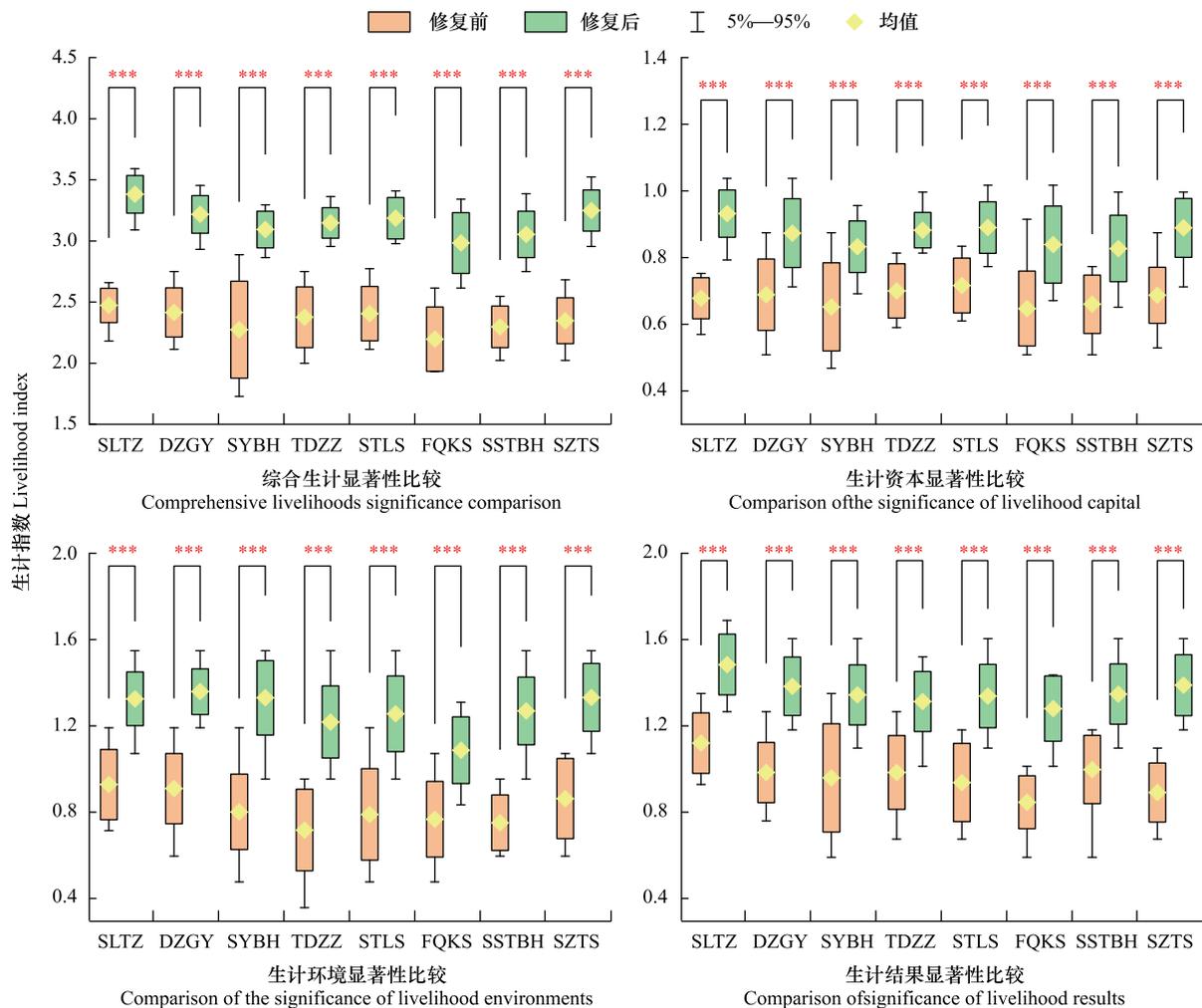


图 4 工程实施前后不同修复单元居民生计类型对比

Fig.4 Comparison of residents' livelihoods in different rehabilitation units before and after project implementation

SLTZ: 森林提质主体修复单元; DZGY: 世界地质公园保护修复单元; SYBH: 水源保护与生态修复单元; TDZZ: 土地整治主体修复单元; STLS: 水土流失主体修复单元; FQKS: 废弃矿山主体修复单元; SSTBH: 水生态保护与防护修复单元; SZTS: 水质提升与污染防治单元

### 3 讨论

对于完全依靠传统家庭农业维持生计的居民来说,自然资源是其生计的物质基础,是最重要的生计资源<sup>[51]</sup>。然而,生态环境变化对人们的福祉和生计产生多重压力,尤其是长期持续性获取生态脆弱区自然资源的居民,最终可能导致其陷入贫困陷阱,尤其是仅依赖土地生存的小农户<sup>[51]</sup>。本研究以山东省临沂市沂蒙山区域山水工程为例,旨在评估山水工程对恢复自然环境和摆脱贫困陷阱以及当地居民的生计方面的影响。结果表明(图2),实施山水林田湖草生态保护修复工程有助于优化了居民生产、生活和生态空间格局,改变居民的传统生计类型和生计策略。这与Li等<sup>[37]</sup>的研究结果一致,即全过程、全要素推进生态保护修复有助于居民摆脱对自然资源的依赖以及拓宽非农牧收入,进而促进民生福祉。基于此,本研究证实,山水工程可以将生态环境治理与居民生计和资源利用相结合,打破生态脆弱地区的生态陷阱,实现生态和社会经济可持续发展的“双赢”目标<sup>[52]</sup>。

此外,人们越来越意识到生计多样化对增长经济、减贫和提高民生福祉越来越重要<sup>[53]</sup>。本研究证实,山水工程通过土地整治、修建景观廊道和改善基础设施等措施,将人类及其生计活动与山水林田湖草系统治理有机结合,使得项目区内居民的生活环境改善及生计多样性提升<sup>[54]</sup>。值得注意的是,在乡村振兴和生态文明的双重模式下,山水工程通过发展特色种植和养殖模式,以及生态旅游等生态衍生产业的支撑措施,成功构建了一个生态环境友好、经济可持续、人与自然和谐共生的生计发展体系,为区域居民提供了更加可持续和稳定的生计保障<sup>[55]</sup>。因此,后续的生态保护修复工程可以通过提供现代化种植技能和市场化经营管理培训,引导居民构建一个既能保护生态环境,又能提升居民福祉的可持续发展模式。这将有助于生态保护修复工程达到保护生态环境、改善居民生活质量和经济状况,并实现社会经济协同发展的目的。

然而,这项研究还存在明显的局限性。(1)评价指标缺乏普适性。本研究仅以沂蒙山区域山水工程为例,存在过度考虑修复区内独有自然资源和独特人文情怀价值的情况。因此,正在考虑进行不同区域的横向比较,以确保评估指标的可推广性。(2)评价监测缺乏动态性。本研究仅对生态修复始、末的静态状态进行对比,缺乏工程建设全过程的生态环境、产业发展和人居生计的动态变化。正在考虑进行长期跟踪调研,监测生态修复工程对环境、经济、社会、生计和制度等多因素的动态变化,分析人类活动与自然环境的交互关系。(3)评价体系缺乏系统性。本研究采用的是基于访谈数据的定量调查方法,未深入分析产业结构的动态变化和 policy 对居民生计的长期影响,这限制了对山水工程综合效益的全面评估。然而,研究结果对生态保护修复工程效益评估以及后续措施的调整、改进和管理具有启示意义。

### 4 结论

(1)从居民生计策略来看,工程区内居民生计策略具有明显转变。表现为居民收入结构由务农主导型向务工主导型和兼业多项型转变,农业生产方式由人力密集型向规模化和集约化的现代经营转变,乡村产业结构由传统农耕向特色种植和乡村旅游等生态衍生产业转变。

(2)从居民综合生计来看,工程区内居民综合生计具有明显提升。表现为居民综合生计提升了近一半,然而不同生计类型的变化速率略有差异,由高到低为生计环境>生计结果>生计资本。

(3)从修复单元对比来看,不同修复单元区内居民生计具有明显差异。表现为多元化收入来源的修复单元内居民生计指数最高,如森林提质主体修复单元;发展生态产业的修复单元内居民生计可持续性最高,如水质提升与污染防治单元;生计模式单一且资源匮乏的修复单元内居民生计偏低,如废弃矿山主体修复单元。

整体而言,沂蒙山区域山水林田湖草生态保护修复工程取得了显著的社会效益,较好的完成了实施方案中的规划目标。基于此工程,在未来的生态保护修复中,进一步强调将生产、生活空间有机融入生态空间中,助力区域民生福祉提升以及社会经济发展绿色转型,从而使生态保护修复成果在未来较长时间有力支撑国家和区域高质量发展。

## 参考文献 (References):

- [ 1 ] 李宗善, 杨磊, 王国梁, 侯建, 信忠保, 刘国华, 傅伯杰. 黄土高原水土流失治理现状、问题及对策. 生态学报, 2019, 39(20): 7398-7409.
- [ 2 ] United Nations. The Millennium Development Goals Report 2013. New York: United Nations Publications, 2013.
- [ 3 ] Wackernagel M, Hanscom L, Jayasinghe P, Lin D, Murthy A, Neill E, Raven P. The importance of resource security for poverty eradication. *Nature Sustainability*, 2021, 4: 731-738.
- [ 4 ] Yang Z S, Yang D, Sun D Q, Zhong L S. Ecological and social poverty traps: complex interactions moving toward sustainable development. *Sustainable Development*, 2023, 31(2): 853-864.
- [ 5 ] 姚星星, 张国防. 生态减贫的“隧道效应”研究. 生态环境学报, 2018, 27(2): 389-396.
- [ 6 ] Gann G D, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson C R, Jonson J, Hallett J G, Eisenberg C, Guariguata M R, Liu J G, Hua F Y, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon K W. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 2019, 27(S1): S1-S46.
- [ 7 ] 傅伯杰. 国土空间生态修复亟待把握的几个要点. 中国科学院院刊, 2021, 36(1): 64-69.
- [ 8 ] Fu B J, Liu Y X, Meadows M E. Ecological restoration for sustainable development in China. *National Science Review*, 2023, 10(7): nwad033.
- [ 9 ] 陈妍, 周妍, 包岩峰, 周旭, 苏香燕. 山水林田湖草沙一体化保护和修复工程综合成效评估技术框架. 生态学报, 2023, 43(21): 8894-8902.
- [ 10 ] 王军, 孙雨芹, 杨智威, 彭建. 自然资源-社会经济-生态系统耦合视角下的生态保护修复转型思考. 地质通报, 2024, 43(8): 1297-1304.
- [ 11 ] 刘飞, 刘焕章. 长江上游赤水河示范区水生态修复的成效与挑战. 中国科学院院刊, 2023, 38(12): 1883-1893.
- [ 12 ] 王夏晖, 王金南, 王波, 车露露, 戴超, 郑利杰. 生态工程: 回顾与展望. 工程管理科技前沿, 2022, 41(4): 1-8.
- [ 13 ] 张中秋, 张裕凤, 胡宝清. 山水林田湖草健康发展时空异质性及其驱动力——以广西北部湾经济区为例. 生态学报, 2024, 44(12): 5140-5158.
- [ 14 ] Li R N, Zheng H, O'Connor P, Xu H S, Li Y K, Lu F, Robinson B E, Ouyang Z Y, Hai Y, Daily G C. Time and space catch up with restoration programs that ignore ecosystem service trade-offs. *Science Advances*, 2021, 7(14): eabf8650.
- [ 15 ] 任月, 曹娟娟, 曹玉昆, 李敬焯. 关于山水林田湖草系统运行效率的理论思考. 世界林业研究, 2023, 36(1): 97-102.
- [ 16 ] Browne M A, Chapman M G. Mitigating against the loss of species by adding artificial intertidal pools to existing seawalls. *Marine Ecology Progress Series*, 2014, 497: 119-129.
- [ 17 ] Ebabu K, Tsunekawa A, Haregeweyn N, Adgo E, Meshesha D T, Aklog D, Masunaga T, Tsubo M, Sultan D, Fenta A A, Yibeltal M. Effects of land use and sustainable land management practices on runoff and soil loss in the Upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Science of the Total Environment*, 2019, 648: 1462-1475.
- [ 18 ] Burger J. Environmental management: Integrating ecological evaluation, remediation, restoration, natural resource damage assessment and long-term stewardship on contaminated lands. *Science of the Total Environment*, 2008, 400(1-3): 6-19.
- [ 19 ] 吴辉煌, 范冰冰, 张雪婷, 黄一洲, 李杨帆. 面向水环境现代化治理的绩效评估与优先区识别——以九龙江流域-厦门湾为例. 中国环境科学, 2022, 42(5): 2471-2480.
- [ 20 ] Cavallé P, Dommanget F, Daumergue N, Loucougaray G, Spiegelberger T, Tabacchi E, Evette A. Biodiversity assessment following a naturality gradient of riverbank protection structures in French prealps rivers. *Ecological Engineering*, 2013, 53: 23-30.
- [ 21 ] Feio M J, Hughes R M, Callisto M, Nichols S J, Odume O N, Quintella B R, Kuemmerlen M, Aguiar F C, Almeida S F P, Alonso- Egufalis P, Arimoro F O, Dyer F J, Harding J S, Jang S, Kaufmann P R, Lee S, Li J H, Macedo D R, Mendes A, Mercado-Silva N, Monk W, Nakamura K, Ndiritu G G, Ogden R, Peat M, Reynoldson T B, Rios-Touma B, Segurado P, Yates A G. The biological assessment and rehabilitation of the world's rivers: an overview. *Water*, 2021, 13(3): 371.
- [ 22 ] 邵雅琪, 王春丽, 肖玲, 王美林, 姜群鸥. 妫水河流域山水林田湖草空间格局与生态过程分析. 生态学报, 2019, 39(21): 7893-7903.
- [ 23 ] Wei B J, Mao X, Liu S G, Liu M C, Wang Z, Kang P, Gao H Q, Tang W X, Feng S L, Pan Z Z. Breaking the poverty trap in an ecologically fragile region through ecological engineering: a close-up look at long-term changes in ecosystem services. *Journal of Environmental Management*, 2024, 358: 120921.
- [ 24 ] Hassani A. Towards sustainable land and water management: Eco-hydrological and global scale modelling[D]. Manchester (UK). University of Manchester, 2021.
- [ 25 ] 崔严, 张红, 郝晓敬, 张霄羽. 山西省阳泉矿区农户可持续生计研究. 生态学报, 2020, 40(19): 6821-6830.
- [ 26 ] 杨伦, 刘某承, 闵庆文, 何思源, 焦雯珺. 农户生计策略转型及对环境的影响研究综述. 生态学报, 2019, 39(21): 8172-8182.

- [27] Scoones I. Sustainable rural livelihoods: a framework for analysis[M]. Brighton: Institute of Development Studies, 1998.
- [28] Radosavljevic S, Haider L J, Lade S J, Schlüter M. Implications of poverty traps across levels. *World Development*, 2021, 144: 105437.
- [29] 汤青. 可持续生计的研究现状及未来重点趋向. *地球科学进展*, 2015, 30(7): 823-833.
- [30] Krantz L. The sustainable livelihood approach to poverty reduction. SIDA. Division for Policy and Socio-Economic Analysis, 2001, 44: 1-38.
- [31] 张宸嘉, 方一平, 陈秀娟. 基于文献计量的国内可持续生计研究进展分析. *地球科学进展*, 2018, 33(9): 969-982.
- [32] 马国璇, 周忠发, 朱昌丽, 陈全, 尹林江. 改进可持续生计框架下易地扶贫搬迁前后农户生计对比分析——以贵州省贞丰县者相镇安置点为例. *中国农业资源与区划*, 2022, 43(5): 207-217.
- [33] 罗湖平, 李雅婷, 郑鹏, 古睿. 基于农户生计资本的农村宅基地整治满意度分析——以湖南省岳阳市为例. *地域研究与开发*, 2024, 43(2): 175-180.
- [34] 任以胜, 陆林, 程豪, 虞虎. 流域生态补偿与乡村居民可持续生计互动的研究进展与展望. *自然资源学报*, 2024, 39(5): 1039-1052.
- [35] Vista B M, Nel E, Binns T. Land, landlords and sustainable livelihoods: the impact of agrarian reform on a coconut hacienda in the Philippines. *Land Use Policy*, 2012, 29(1): 154-164.
- [36] Pike F, Lindström L, Ekstedt J, Jiddawi N S, Torre-Castro M de la. Dynamic livelihoods, gender and poverty in marine protected areas: Case study from Zanzibar, Tanzania. *Ambio*, 2024: 1-16.
- [37] Li J T, Tang H P, Kuang F Y. Exploring livelihood strategies of farmers and herders and their human well-being in qilian mountain national park, China. *Sustainability*, 2023, 15(11): 8865.
- [38] Karki S T. Do protected areas and conservation incentives contribute to sustainable livelihoods? A case study of Bardia National Park, Nepal. *Journal of Environmental Management*, 2013, 128: 988-999.
- [39] 王佳宇, 陈海, 黄娇, 张杰. 黄土丘陵沟壑区农户生计资本对农户福祉的影响及其群体差异研究. *西北大学学报(自然科学版)*, 2024, 54(2): 263-276.
- [40] Yang A X, Ye J Q, Wang Y H. Coupling and coordination relationship between livelihood capital and livelihood stability of farmers in different agricultural regions. *Land*, 2022, 11(11): 2049.
- [41] Singh P K, Hiremath B N. Sustainable livelihood security index in a developing country: a tool for development planning. *Ecological Indicators*, 2010, 10(2): 442-451.
- [42] DFID. Sustainable Livelihoods Guidance Sheets. London: Department for International Development, 2000: 68425.
- [43] Natarajan N, Newsham A, Rigg J, Suhardiman D. A sustainable livelihoods framework for the 21st century. *World Development*, 2022, 155: 105898.
- [44] 王娅, 周立华, 陈勇, 路惠玲, 魏轩. 农户生计资本与沙漠化逆转趋势的关系——以宁夏盐池县为例. *生态学报*, 2017, 37(6): 2080-2092.
- [45] 梁义成, 刘纲, 马东春, 王凤春, 郑华. 区域生态合作机制下的可持续农户生计研究——以“稻改旱”项目为例. *生态学报*, 2013, 33(3): 693-701.
- [46] 赵雪雁, 母方方, 何小风, 苏慧珍, 介永庆, 兰海霞, 薛冰. 多重压力下重点生态功能区农户生计脆弱性——以甘南黄河水源补给区为例. *生态学报*, 2020, 40(20): 7479-7492.
- [47] 唐红林, 陈佳, 刘倩, 杨新军, 张小文, 叶文丽. 生态治理下石羊河流域农户生计转型路径、效应及机理. *地理研究*, 2023, 42(3): 822-841.
- [48] 赵雪雁. 不同生计方式农户的环境感知——以甘南高原为例. *生态学报*, 2012, 32(21): 6776-6787.
- [49] 樊怡, 史兴民, 冯晓, 宋臻. 黄河流域旱塬区农户生计脆弱性及影响因素. *生态学报*, 2022, 42(8): 3134-3143.
- [50] 张芳芳, 赵雪雁. 我国农户生计转型的生态效应研究综述. *生态学报*, 2015, 35(10): 3157-3164.
- [51] Liu W, He L Y, Li J, Feldman M. Illuminating sustainable household well-being and natural resource dependence in the case of disaster resettlement in rural China. *Environmental Science and Pollution Research*, 2024, 31(23): 33794-33806.
- [52] 傅伯杰. 新时代自然地理学发展的思考. *地理科学进展*, 2018, 37(1): 1-7.
- [53] Alogo Loison S. Rural livelihood diversification in sub-Saharan Africa: a literature review. *The Journal of Development Studies*, 2015, 51(9): 1125-1138.
- [54] Fischer J, Bergsten A, Dorresteijn I, Hanspach J, Hylander K, Jiren T S, Manlosa A O, Rodrigues P, Schultner J, Senbeta F, Shumi G. A social-ecological assessment of food security and biodiversity conservation in Ethiopia. *Ecosystems and People*, 2021, 17(1): 400-410.
- [55] 师荣光, 武文豪, 汪常乐, 夏维. 绿色发展视角下乡村生态环境规划的几点思考. *农业资源与环境学报*, 2023, 40(5): 989-996.