

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.05.009.

丁振华, 田鹏州, 唐雅倩. 典型山地丘陵区国土空间功能变化的地形梯度效应[J]. 水土保持研究, 2023, 30(5): 379-386, 407.

DING Zhenhua, TIAN Pengzhou, TANG Yaqian. Terrain Gradient Effect on Land Spatial Function Changes in Typical Mountainous and Hilly Areas[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(5): 379-386, 407.

典型山地丘陵区国土空间功能变化的地形梯度效应

丁振华^{1,2}, 田鹏州³, 唐雅倩⁴

(1.河南省地球物理空间信息研究院, 郑州 450007; 2.河南省国土空间信息工程技术研究中心, 郑州 450007; 3.河南省资源环境调查一院, 郑州 450007; 4.湖南师范大学 地理科学学院, 长沙 410081)

摘要: [目的]明晰洞庭湖流域国土空间功能变化的地形梯度效应, 为国土空间新格局构建、实施监督国土空间规划和促进区域协调发展提供科学依据。[方法]在多元国土信息数据支持下, 从三生(生产、生活和生态)功能视角, 运用功能归并法、图谱法、标准差椭圆和地形位指数等方法, 揭示 1990 年以来国土空间功能变化异质性特征, 探讨功能变化下地形梯度效应。[结果]将洞庭湖流域国土空间功能的服务状态划分为主导、重要、次要和无 4 种类型, 30 年来流域生产、生活功能占主导地位的国土面积缓慢增加, 生态功能占主导地位的国土趋于萎缩, 功能强弱变化区集中于洞庭湖区、湘江流域等地, 呈点状式分布特点。生产和生态功能变化呈显著方向性分布特点, 生活功能变化规律性较差。生产和生活功能占据主导和重要地位的国土倾向分布于低地形梯度, 生态功能占据主导地位的国土向高地形梯度区集中, 地形为洞庭湖流域国土空间功能时空异质性形成的重要因素。生产、生活功能占据主导地位国土和生态功能占据次要地位的国土多为稳定型图谱, 生产、生态功能的反复变化型图谱随地形位指数增长先波动上升后下降。[结论]洞庭湖流域的国土空间规划与管理应综合考虑地形梯度效应问题, 以推动流域国土资源的高效配置。

关键词: 国土空间; 三生功能; 空间格局; 地形梯度效应; 洞庭湖流域

中图分类号: F301.21

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)05-0379-08

Terrain Gradient Effect on Land Spatial Function Changes in Typical Mountainous and Hilly Areas

DING Zhenhua^{1,2}, TIAN Pengzhou³, TANG Yaqian⁴

(1. Henan Geophysical Space Information Research Institute, Zhengzhou 450016, China;

2. Henan Land Space Information Engineering Technology Research Center, Zhengzhou 450016, China;

3. The First Institute of Resources and Environment Investigation of Henan Province, Zhengzhou 450007, China;

4. Department of Resources and Environment, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: [Objective] The aims of this study are to clarify the topographic gradient effect of land spatial function change for Dongting Lake Basin, and provide scientific basis for the construction of new land spatial pattern, the implementation and supervision of land spatial planning, and the promotion of regional coordinated development. [Methods] Based on multi-source data, from the perspective of Production-Living-Ecological functions, and the methods of function merging, atlas, standard deviation ellipse and terrain position were used to reveal the spatio-temporal characteristics of the spatial functions of the basin since 1990, and discuss the terrain gradient effect of spatial function changes, so as to clarify the distribution pattern of local land and spatial resources. [Results] The service state of the land-spatial function in Dongting Lake Basin were divided into dominant, important, secondary and non-dominant types. Since 1990, the land area dominated by pro-

收稿日期: 2022-09-29

修回日期: 2022-10-24

资助项目: 湖南省自然科学基金(2021JJ40352); 湖南省教育厅创新平台科研项目(20K080); 河南省重点研发与推广专项项目(222102320299); 河南省财政专项(豫财环资〔2020〕58号)

第一作者: 丁振华(1983—), 男, 甘肃天水人, 工程师, 主要研究方向为耕地及国土资源综合利用。E-mail: 445424561@qq.com

通信作者: 田鹏州(1986—), 男, 甘肃静宁人, 高级工程师, 主要研究方向资源环境效应研究。E-mail: 446702157@qq.com

<http://stbcyj.paperonce.org>

duction and living functions had increased slowly, while the land dominated by ecological functions had tended to shrink. The functional change areas concentrated in Dongting Lake area, Xiangjiang River Basin and other areas, showed pointed distribution characteristics. The changes of production, living and ecological functions all showed significant directional distribution patterns. The land with dominant and important production and living functions tended to distribute in low terrain gradients, while the land with dominant ecological functions concentrated in high terrain gradient areas. The terrain was important factor for the formation of spatial and temporal heterogeneity of land functions in Dongting Lake Basin. Most of the lands with dominant production and living functions and lands with secondary ecological functions were stable maps, and the map with repeated changes of production and ecological functions fluctuated first and then decreased with the growth of shape index. [Conclusion] The land spatial planning and management of Dongting Lake Basin should comprehensively consider the terrain gradient effect to promote the efficient allocation of land resources in this basin.

Keywords: production-living-ecology function; territorial space; spatial pattern; topographic gradient effect; Dongting Lake basin

国土空间是人类生产、生活及生态文明建设载体,是国土宏观尺度认识的基本范式^[1]。随着工业化、城镇化和农业现代化进程加速推进,国土空间格局与功能发生剧烈变化,其可持续开发与利用面临新挑战^[2-3]。面对新阶段发展新需求,我国政府明确提出要从多功能角度确立国土空间开发新格局,强调通过重点解决国土空间开发格局优化问题以推进生态文明建设,并提出构建“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的国土空间发展战略^[4-5]。而地形作为地表高低形态的体现,其通过作用于地表物质的迁移与能量转换驱动着动植物分布和人类活动,在一定程度上决定着国土空间及其服务功能差异的形成,影响着国土空间管理战略制定^[6-8]。因此,从功能视角出发,明晰国土空间与地形因素关系,对国土空间新格局的构建、实施监督国土空间规划和促进区域协调发展具有积极意义。

在不同的坡度、地表起伏度上,国土空间变化表现出明显的梯度效应特点^[9]。近年来,学者们围绕此类问题开展了系列研究:(1) 功能服务上,相关研究主要集中在国土空间功能的识别、时空分布格局、影响因素及等方面^[10-13],其中功能识别一是多依据各功能的表现量或生物物理过程进行功能价值化表达,但该方法易受研究对象的社会发展状况影响,且难以精准度量区域内部功能差异状况^[14-15]。二是遵循“自下而上、功能分级”原则,采用分类标准对国土空间资源进行归并分类,该方法弥补了原有用地分类对生态功能考虑不足的缺点,可与其他用地分类系统进行衔接^[5];(2) 地形梯度效应方面,学者们主要选取高程、坡度、坡向等作为地形因子,通过叠加地形因子来研究其对土地利用格局、生态环境服务、生境质量差异

形成与演化的影响^[16-18]。如丁智强等^[19]选取面积—高程积分指数、坡长坡度指数以及地形湿度指数来分析哈尼梯田遗产核心区土地利用的地形梯度效应;路昌等^[9]探讨了地形因素对土地利用格局变化的影响以揭示土地利用时空演变原因、过程及机理。但值得注意的是,在国土空间规划战略背景下,鲜有从国土空间功能出发来明晰国土空间的地形梯度效应研究,导致国土空间规划的落实与管理存在与实地地形等自然条件不适配风险。鉴于此,本文选取我国南方典型山地丘陵区—洞庭湖流域为研究区,基于多期土地利用现状数据、DEM 数据等,从三生功能视角,运用功能归并法、图谱法等手段,揭示 1990 年以来该流域国土空间功能的时空变化规律并探讨其地形梯度效应,进而明晰国土空间分布规律,为地方国土空间规划实施与管理提供理论支撑。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

洞庭湖流域(107°16′—114°17′E, 24°38′—30°26′N)为长江水系重要的生态区及粮棉油生产基地,总面积 26.3 万 km²,除包括洞庭湖区外,还包括湘、资、沅、澧四水所对应的子流域,覆盖湖南省大部分和湖北、广西、贵州、重庆部分地区(图 1)。洞庭湖流域属典型亚热带季风气候区,四季分明,雨热同期,但具有明显的季节性和区域性特点。境内地貌形态复杂多样,东南西三面环山,地形以山地和丘陵为主,北面地势较为平坦,形成了独特的“马蹄形”格局。该流域国土空间开发历史欠账较多,发展短板仍然突出,在国家持续推进国土空间规划和功能协调发展背景下,探讨地形因素对洞庭湖流域国土空间功能差异形成的影

响,兼具理论意义与实践价值。

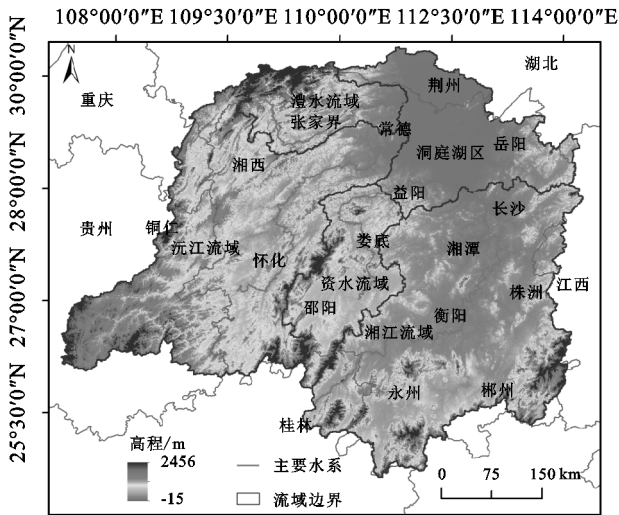


图 1 洞庭湖流域基础地理要素示意图

1.2 数据来源

1990 年、2005 年、2020 年洞庭湖流域土地利用现状基础数据源来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>)的“中国土地利用现状遥感监测数据集”(该数据已应用于多地区的土地利用变化及其遥感监测动态研究,具有较高的准确率及实用性),该数据集的源为美国陆地资源卫星 Landsat 多光谱遥感影像,影像数据在经过大气校正、几何纠正、图像增强等预处理的基础上,进行波段的标准

假彩色融合,采取人机交互式目视解译方法完成土地利用信息数据的识别;地形数据源来自 ASTER GDEM 高程数据(精度 30 m),经洼地填充后,提取研究区高程、坡度等信息(图 1);行政区划数据来自于国家基础地理信息中心网站(<http://www.ngcc.cn/ngcc/>)。各图件均经流域轮廓裁剪、投影变换统一转为 Albers 双标准纬线等积投影。

2 研究方法

2.1 功能赋分法

功能多样性及复合性为国土空间的基本属性。在考虑国土空间结构差异基础上,明确国土的生产、生活和生态功能服务强弱程度,继而采用功能归并法并结合已有学者^[5,15]构建关于土地利用类型的三生功能评价赋值标准,将功能的主导、重要、次要和无 4 种服务状态分别赋值为 5 分、3 分、1 分和 0 分。以水域用地为例,水库坑塘服务于农业灌溉所需,与此同时也起到调节气候、涵养水源、丰富生物多样性作用,水库坑塘既发挥生产功能又发挥生态功能作用,但相较于湖泊主导的生态服务功能而言,其提供的生态服务功能弱,因此将其生产功能和生态功能分别赋值为 1 分,而湖泊的生产和生态功能则分别赋为 0 分和 5 分。其他用地类型功能的赋分标准如下表所示(表 1)。

表 1 洞庭湖流域国土用地的三生功能评价赋分

土地利用分类体系	生产功能	生活功能	生态功能	土地利用分类体系	生产功能	生活功能	生态功能
11 水田	3	0	3	42 湖泊	0	0	5
12 旱地	3	0	3	43 水库坑塘	1	0	1
51 城镇用地	5	5	0	44 永久性冰川雪地	0	0	5
52 农村居民点	5	5	0	45 滩涂	0	0	5
53 其他建设用地	5	0	0	46 滩地	0	0	5
21 有林地	1	0	5	64 沼泽地	0	0	5
22 灌木林地	0	0	5	61 沙地	0	0	1
23 疏林地	0	0	5	62 戈壁	0	0	1
24 其他林地	0	0	3	63 盐碱地	0	0	1
31 高覆盖度草地	1	0	5	65 裸土地	0	0	1
32 中覆盖度草地	1	0	5	66 裸岩石质地	0	0	1
33 低覆盖度草地	1	0	3	67 其他用地	0	0	1
41 河渠	0	0	5				

2.2 信息图谱分析法

采用信息图谱分析法来揭示洞庭湖流域三生功能变化的过程性特征^[20]。本文通过叠加流域相邻年期的国土空间功能图,以获取对应时段(1990—2005 年和 2005—2020 年)空间功能的变化图谱,并将图谱特征概括为 5 类:稳定型(1990—2020 年国土三生功能状态未发生变化)、前期变化型(仅 1990—2005 年

功能状态发生变化)、后期变化型(仅 2005—2020 年功能状态发生变化)、反复变化型(1990—2020 年发生 2 次变化,且 1990 年、2020 年的功能状态相同)和持续变化型(1990—2020 年发生 2 次变化,且 1990 年、2020 年的功能状态不相同)。通过揭示洞庭湖流域不同图谱类型的空间分布规律,以研究国土三生功能的时空变化特征。

2.3 标准差椭圆分析法

中心形态学中的标准差椭圆能够精确揭示要素的多方面空间分布规律,并已广泛应用于生态环境、社会经济和土地利用等领域^[21-22]。由于标准差椭圆具有整体性、格局性和图形性的特点,可以通过观察标准差椭圆的要素特征,用以直观反映数据空间分布的总体轮廓和形态特征。标准差椭圆主要由3个基本要素构成:转角 θ 、沿主轴(长轴)的标准差和沿辅轴(短轴)的标准差以及形状指数(沿辅轴标准差除以沿主轴标准差的无量纲数值),其中,转角 θ 、沿主轴(长轴)的标准差和沿辅轴(短轴)的标准差反映了椭圆的整体方向性特征,形状指数则反映椭圆的向心力程度,值越大形状越接近于圆,分布的随机性越大,极化特征越不突出,反之越接近于线性,方向性特征越突出,极化特征越明显。

2.4 地形位分析法

高程和坡度作为地形因子的重要组成部分,对国土三生功能的时空格局造成显著影响。但考虑到单一地形因子不足以描述地形对时空格局和图谱变化影响,本文引入地形位指数^[8-9],以揭示流域高程与坡度变化对国土三生功能变化的影响规律,公式为:

$$T = \ln \left[\left(\frac{E}{E_0} + 1 \right) \times \left(\frac{S}{S_0} + 1 \right) \right] \quad (1)$$

式中: T 为地形位指数; E 表示选定点的高程(m); E_0 表示选定点所属区域的平均高程(m); S 为选定点的坡度(°); S_0 为该点所属区域的平均坡度(°)。地形位指数与高程和坡度线性正相关,高程和坡度越小,地形位指数越小,反之则亦然。

地形分布指数表示各功能类型在不同地形位区间上的分布频率,能够有效消除地形位梯度分段和面积差异的影响,公式为:

$$P = \left(\frac{S_{ie}}{S_i} \right) / \left(\frac{S_e}{S} \right) \quad (2)$$

式中: P 代表地形分布指数; e 为选取的地形因子; S_{ie} 代表 i 功能类型在 e 类地形因子特定等级下的面积(km^2); S_i 代表 i 功能类型总面积(km^2); S_e 是 e 地形因子在特定等级下的面积(km^2); S 是流域面积(km^2)。当 $p > 1$ 时,表明对应功能类型在该地形位的比重大于该类型总面积在流域的比重,属优势地形位区间,且 p 值越大则优势度越大。

3 结果与分析

3.1 洞庭湖流域国土三生功能变化特征

洞庭湖流域国土三生功能分布图(图2)。20世纪90年代以来,经济迅速发展、生态退耕等人类干扰

活动,使得洞庭湖流域国土空间资源强烈变化,引致三生功能变化显著。生产功能高值区呈扩张趋势,扩张区主要集中于长株潭地区、洞庭湖区、湘江流域等地,生产功能占据主导与重要功能的国土面积占流域总面积的30.01%,且尤以长株潭地区生产功能占据主导地位的区域扩张最为显著,主要原因是在长株潭一体化进程推进下,城镇用地、其他建设用地面积增长迅速,导致生产功能高值区扩张强烈。生产功能低值区多集中在西部澧水流域、西南部沅江流域等经济发展条件较差地区;随着流域内城镇化、城市化发展进程不断加快,对应生活功能高值区也逐渐扩张,以生活功能为主导的国土面积增加了157.00 km^2 ,变化区集中在长株潭地区、衡阳以及其他城镇周边地带;生态功能则呈现与生产、生活功能变化相反的特点,相较于1990年、2020年生态功能为主导功能和重要功能的国土面积分别减少了338.20 km^2 ,137.97 km^2 ,不具备生态功能的国土面积增长了410.08 km^2 ,主要集中于长株潭周边地带以及湘江流域境内,空间上呈点状式扩张特点。

3.2 国土三生功能变化图谱特征

洞庭湖流域国土三生功能图谱图(图3)。对相邻年期国土空间功能图进行叠加处理,以获取三生功能变化图谱信息,研究结果显示,“稳定”仍为洞庭湖流域国土三生功能变化的主要特征。具体表现为:(1)1990—2020年,洞庭湖流域国土空间生产功能变化以稳定型图谱为主,占流域国土总面积的89.02%,图谱转角 θ 为77.81°,其椭圆主轴基本沿正东微偏北—正西微偏南的方向进行分布,反映了洞庭湖流域稳定型生产功能在正东微偏北—正西微偏南的分布较正北微偏西—正南微偏东更为密集的特点。其次为前期变化型和后期变化型,占比分别是6.13%和4.05%,其余类型面积极少。由于耕地和建设用地为最主要的生产功能服务用地类型,故30a以来洞庭湖流域发挥着较好的农业主产与经济发展复合区地位;(2)对于生活功能而言,由于其子功能对应的用地类型较为单一,且变化本底值较小,使得其变化图谱以稳定型为主,占比达到98.92%,后期变化型仅为1.03%,前期变化型和反复变化型极少。同时,各椭圆类型的形状指数处于0.71~1.15范围,表征着洞庭湖流域生活功能变化方向性特征偏弱、随机性较强的特点;(3)生态功能的稳定型图谱面积占比为87.05%,其次为前期变化型和后期变化型,占比分别是8.21%和5.04%,反复变化型和持续变化型图谱面积分别为2 654.66 km^2 ,754.5 km^2 。值得注意的是,稳定型多

为生态功能占次要地位的区域,而稳定型区域中生态功能占主导地位的区域面积较小,其余生态功能发生变化的图谱则主要集中在各城镇周边地带,反复变化型主要类型是“次要—重要—次要”和“重要—次要—重要”,持续变化型主要类型是“重要—次要—无”。

结合功能类型所对应的土地利用类型可以看出,洞庭湖流域生态功能变化以围绕农业生产活动为中心进行。同时,从椭圆的空间形态可以看出,生态功能与生产功能变化具有较好的相关性,其稳定性图谱更倾向于分布在东北至西南方向。

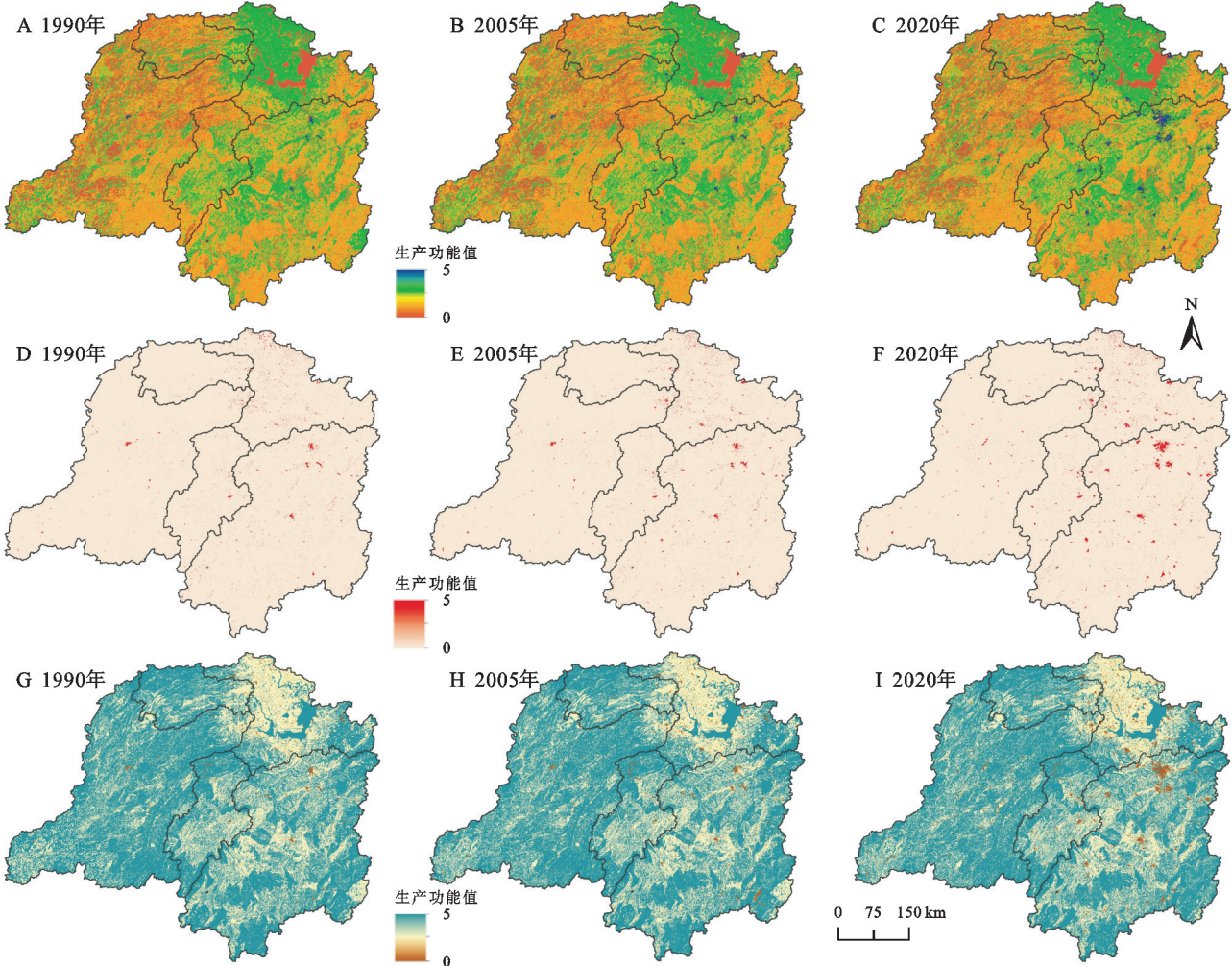


图 2 1990—2020 年洞庭湖流域国土三生功能分布

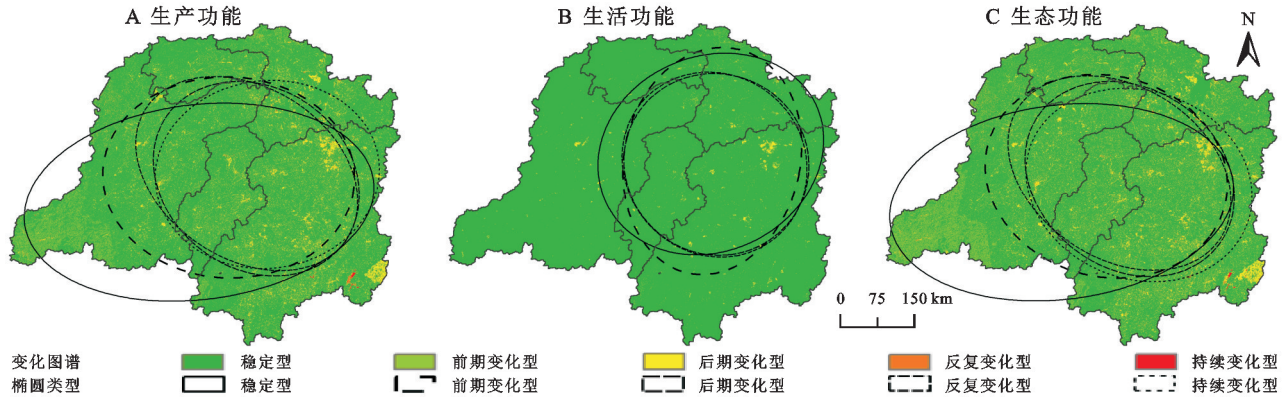


图 3 1990—2020 年洞庭湖流域国土三生功能变化图谱信息图

3.3 洞庭湖流域三生功能变化的地形梯度效应

参考相关学者研究^[8-9],基于等间隔重分类法(Equal Interval Reclassify)对坡度,高程和地形位指数进行分级(高程、坡度和地形位的范围区间分别是

—15~2 456 m,0°~28.19°和—0.027~3.8),将其按照从小到大的顺序等分为 20 个级别,以保证地形梯度分析的全面性。基于上述级别划分结果,将坡度,高程和地形位指数依次平均分为低(1~5)、中低(6~

10)、中高(11~15)和高(16~20)4个区段,统计3者在不同区段的面积比例情况。结果显示,洞庭湖流域高程和坡度在不同区段具有明显的面积比例差异,并呈现出显著的偏态分布特征。其中,高程和坡度在低区段和中低区段的面积之和占比高达97.22%和98.93%。地形位指数与高程和坡度相比,偏态情况明显减小,其在低区段和中低区段的面积占比分别为39.94%和39.62%,占比接近,相较于高程和坡度,地形位指数级别之间的比例变化相对平缓,主要原因在于高程高但坡度小和高程低但坡度大的地形组合普遍存在。

3.3.1 国土三生功能结构的地形梯度效应 洞庭湖流域三生功能的地形分布指数图(图4)。随着国土空间规划、区域协调发展等战略推进,洞庭湖流域的生产和生活功能占据主导和重要地位的国土趋向于低地形梯度,生态功能占据主导地位的国土逐渐向高地形梯度区域集中。具体表现在:生产功能占主导和重要地位、生活功能占主导地位以及生态功能占主导、重要和次要地位的地形分布指数均表现出缓慢下降特点,部分年份先升后降,其优势地形位区间为低区段,主要分布在洞庭湖区等地势较为平坦的地区。无生产功能国土的分布指数围绕 $p=1$ 上下波动,在地形位指数8~11级区间段大于1,属优势分布区间,在19~20级区间呈现缓慢下降特点,即在高程较高坡度较大的区域少有分布。生产功能为次要地位的国土广泛分布,其低、中高和高区段均为优势分布。生产功能为重要地位和主导地位的国土优势分布区间为低区段;无生活功能的国土受地形影响最小,整体分布指数均接近于1,不存在明显的优势分布区间。生活功能占据主导地位国土的优势分布区间为低区段,即主要生活功能区主要分布在地势平坦区域;生态功能为无、次要和重要的国土优势分布区间为低区段,在其他区段的分布面积随地形位指数上升而下降。生态功能占据主导地位的土地的优势分布区间为中低、中高和高区段,其分布指数与地形位指数正相关,随地形位指数上升而上升。

3.3.2 国土三生功能变化图谱的地形梯度效应 洞庭湖流域国土空间功能变化图谱的地形分布指数图(图5)。生产功能的稳定型图谱受地形影响较小,地形分布指数趋近于1。生产功能前期变化型和持续变化型的地形分布指数均表现出波动下降的趋势,并在低区间达到峰值,其优势分布区间为低区间;后期变化型主要对应为后一时间段中开发为生产功能的

土地,多选址于地形平坦的区域,便于提高农业机械化程度,其优势区间为低区段中地形位指数2~5等级区段。反复变化型的优势区间为中高区间,随地形位指数增长先升后降,主要分布在流域内地形起伏较大、生产条件较差区域;生活功能变化图谱的地形分布指数中,稳定型变化受地形因素影响较小, p 值接近于1,前期变化型、后期变化型和反复变化型均以低区段为优势分布区间,即对应地势较为平坦的地区,其分布指数随地形位指数上升而下降,主要原因在于人类居住生活偏向于地势平坦的地区;生态功能图谱的地形分布指数中,前期变化型的优势分布区间为低区段和高区段,且变化方向主要从重要地位变为次要或无,反映了研究期内流域生态功能变化区域主要分布在地形平坦和地形起伏大区域的特点。优势分布区间为低区段的生态功能变化图谱为后期变化型和持续变化型,反复变化型的优势分布区间为中高区段,变化趋势为先增后降,峰值位于第12级地形位,主要原因在于前期城市化进程的迅速推进,使得部分发挥生态功能的地形起伏适中的国土被占用,但随着生态退耕、生态保护意识增长,生态功能国土得以恢复。

4 讨论与结论

4.1 讨论

明晰国土空间与地形因素关系,对国土空间新格局构建、实施监督国土空间规划和促进区域协调发展具有重要意义。洞庭湖流域国土三生功能变化与社会经济发展密切相关,城镇周边区域发挥生态功能的国土面积减少对严守生态保护红线提出了巨大挑战。面对高质量发展要求,当前洞庭湖流域的生态文明建设尚未达到时代要求,仍需继续深化生态改革,促使国土生态功能发挥最大效用,以切实保障生态功能为前提,满足社会经济需求,发展生产和生活功能,通过提高生产和生活功能土地的利用效用,达到以少量资源发挥最大效用的目的,促使流域国土三生功能发挥协同效应;另一方面,受自然和社会因素综合作用,洞庭湖流域国土空间存在反复变动情形,浪费了大量人力物力资源,面临规划稳定性和严肃性较差、国土利用效率低等问题,在实际规划管理过程中,可考虑三生功能变化的地形梯度效应因素,并结合当地社会经济发展需求,对发挥生产、生活和生态功能的国土加强规划管理,合理实现资源高度配置,形成科学合理的国土空间结构体系,推进区域可持续发展,建设美丽中国^[23]。

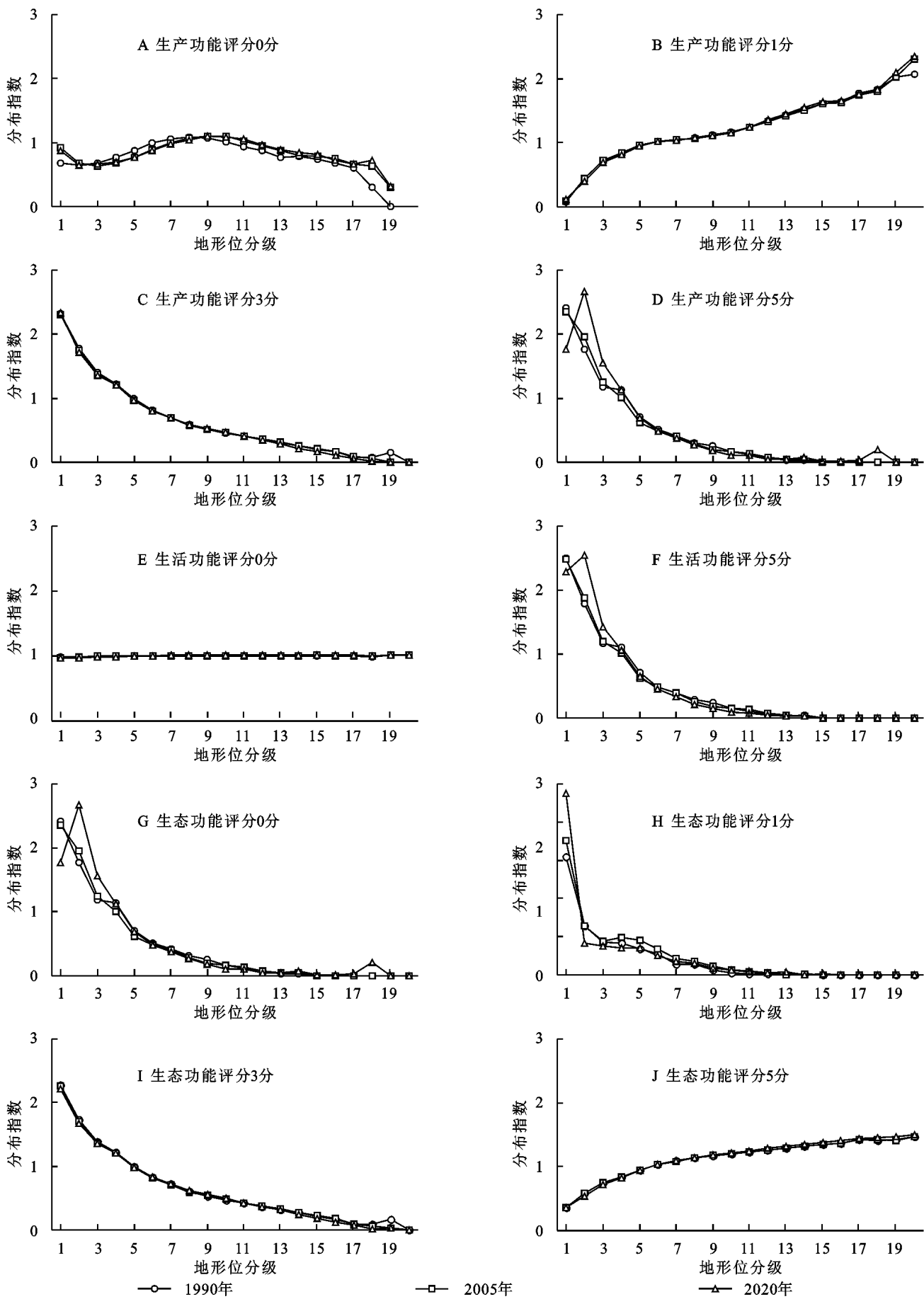


图 4 1990—2020 年洞庭湖流域国土三生功能的地形分布指数

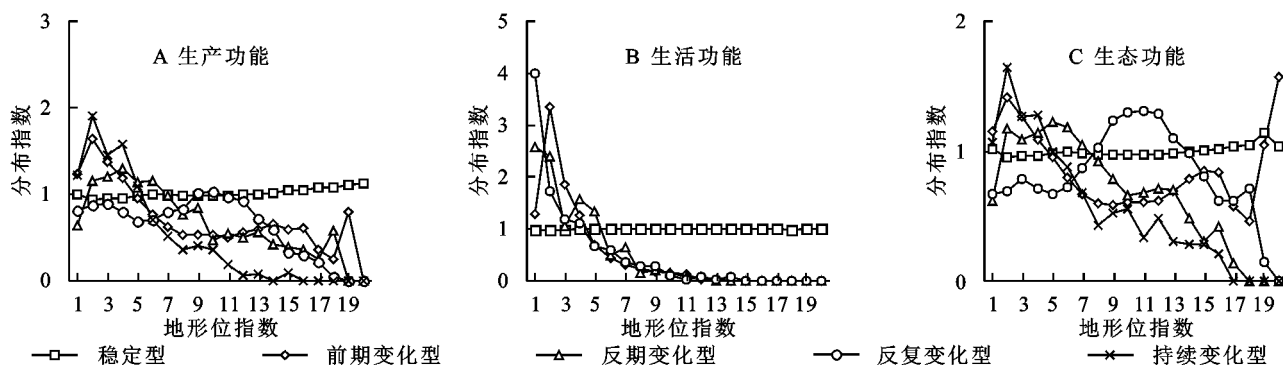


图5 1990—2020年洞庭湖流域国土三生功能图谱的地形分布指数

4.2 结论

揭示典型山地丘陵区国土空间功能变化的地形梯度效应,对于国土空间规划实施与管理具有重要意义。该文以洞庭湖流域为研究区,在多源国土空间数据支持下,从三生功能视角揭示1990年来该流域国土空间功能的时空变化特征,探讨空间功能变化的地形梯度效应,明晰当地国土空间资源分布规律。主要结论如下:30 a间,洞庭湖流域生产、生活功能占据主导地位 and 重要地位的国土,主要分布在地势平坦地区且多呈扩张趋势,扩张态势与城镇化进程正相关。生态功能高值区域萎缩、低值区域扩张,低值区在空间上呈小规模点状式扩张特点。稳定型图谱面积占比最大且分布较为集中,具有明显的方向特征和分布特征,其中生产功能和生活功能的稳定型图谱主要为占据主导和重要地位的国土,而生态功能稳定型图谱主要是生态功能占据次要地位的区域;不具备生产功能和生活功能的国土受地形因素影响小,在各种地形中均有分布。生产功能占据次要地位和生态功能发挥主导作用的土地,广泛分布在地势起伏大地区,且其优势分布指数随地形位指数上升而上升。洞庭湖流域三生功能变化图谱中,稳定型图谱与其他4种图谱差别较大,无明显优势分布,生产功能和生态功能的反复变化型图谱随地形位指数增长先升后降;随着国土空间规划、区域协调发展战略推进,生产和生活功能占据主导和重要地位的国土趋向于低地形梯度,生态功能占据主导地位的国土逐渐向高地形梯度区域集中。因此,后续洞庭湖流域的国土空间规划实施与管理,应综合考虑地形梯度效应问题,以推动流域国土资源的高效配置。对于低地形梯度分布区应重点关注生产和生活功能的提升策略制定问题,而对于高地形梯度区则需注重生态功能维持,并同时注意协调中地形梯度分布区的国土空间功能协调问题。

参考文献:

[1] 陈晓红,许晓庆,刘艳军,等.基于三生空间质量的哈城市群城市脆弱性时空演变格局及驱动力研究[J].生

态学报,2022,42(15):6395-6405.

- [2] 王有小,刘少坤,陆汝成,等.“三生”空间视角下近40年广西边疆地区景观生态风险及地形梯度分析[J].生态与农村环境学报,2021,37(12):1586-1595.
- [3] 魏小芳,赵宇鸾,李秀彬,等.基于“三生功能”的长江上游城市群国土空间特征及其优化[J].长江流域资源与环境,2019,28(5):1070-1079.
- [4] 龙花楼.论土地整治与乡村空间重构[J].地理学报,2013,68(8):1019-1028.
- [5] 刘继来,刘彦随,李裕瑞.中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J].地理学报,2017,72(7):1290-1304.
- [6] 吴见,王帅帅,谭靖.基于安徽省土地利用变化的地形梯度效应分析[J].长江流域资源与环境,2016,25(2):239-248.
- [7] 曲衍波,商冉,齐伟,等.山东省栖霞市土地利用时空格局的垂直梯度研究[J].中国土地科学,2014,28(8):24-32.
- [8] 孙丕苓,许月卿,王数.环京津贫困带土地利用变化的地形梯度效应分析[J].农业工程学报,2014,30(14):277-288.
- [9] 路昌,雷国平,周浩,等.挠力河流域土地利用变化及地形梯度效应分析[J].中国土地科学,2017,31(8):53-60,97.
- [10] 于莉,宋安安,郑宇,等.“三生用地”分类及其空间格局分析:以昌黎县为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(2):89-96.
- [11] 韦绍音,陆汝成,林晓楠,等.广西陆地边境带国土空间格局演化及机理研究[J].中国土地科学,2021,35(12):98-108.
- [12] 谢晓彤,李效顺.河南省“三生”功能时空演变特征及影响因素[J].农业工程学报,2021,37(22):243-252.
- [13] 赵寿露,李石华,许新惠,等.耦合MOP-FLUS模型的滇中城市群“三生”空间格局优化[J].水土保持研究,2022,29(4):322-328.
- [14] 周浩,金平,夏卫生.省级国土空间“三生”功能评价及其分区研究:以河南省为例[J].中国土地科学,2020,34(8):10-17.
- [15] 崔家兴,顾江,孙建伟,等.湖北省三生空间格局演化特征分析[J].中国土地科学,2018,32(8):67-73.
- [16] 付建新,曹广超,郭文炯.1980—2018年祁连山南坡土地利用地形梯度变化及其地形因子地理探测[J].水土保持研究,2021,28(6):371-381.

(下转第407页)

- 时空分异研究:以广西土地农产品为例[J].中国生态农业学报,2020,28(12):1859-1868.
- [31] 戴尔阜,李双元,吴卓,等.中国南方红壤丘陵区净生态系统生产力空间分布及其与气候因子的关系:以江西省泰和县为例[J].地理研究,2015,34(7):1222-1234.
- [32] 陈晓杰,张长城,张金亭,等.基于 CASA 模型的植被净初级生产力时空演变格局及其影响因素:以湖北省为例[J].水土保持研究,2022,29(3):253-261.
- [33] Tallis H T, Ricketts T, Guerry A D, et al. InVEST 2.6.0 User's Guide[M]. Stanford C A: The Natural Capital Project,2013.
- [34] Jopke C, Kreyling J, Maes J, et al. Interactions among ecosystem services across europe: bagplots and cumulative correlation coefficients reveal synergies, trade-offs, and regional patterns[J]. Ecological Indicators, 2015,49:46-52.
- [35] 高艳丽,李红波,侯蕊.汉江流域生态系统服务权衡与协同关系演变[J].长江流域资源与环境,2020,29(7):1619-1630.
- [36] 钱彩云,巩杰,张金茜,等.甘肃白龙江流域生态系统服务变化及权衡与协同关系[J].地理学报,2018,73(5):868-879.
- [37] 武文欢,彭建,刘焱序,等.鄂尔多斯市生态系统服务权衡与协同分析[J].地理科学进展,2017,36(12):1571-1581.
- [38] 冉凤维,罗志军,吴佳平,等.鄱阳湖地区生态系统服务权衡与协同关系的时空格局[J].应用生态学报,2019,30(3):995-1004.
- [39] 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.
- [40] 王修文,于书霞,史志华,等.南方红壤区生态系统服务权衡与协同关系演变对退耕还林的响应[J].生态学报,2021,41(17):1-13.
- [41] Feng Y Y, Zhao Y L, Yang Z M, et al. Spatio-temporal differentiation of trade-offs and synergies of ecosystem services in typical mountain areas of China [J]. Journal of Resources and Ecology, 2021, 12(2):268-279.

(上接第 386 页)

- [17] 李硕,沈占锋,刘克俭,等.大清河流域土地利用变化的地形梯度效应分析[J].农业工程学报,2021,37(5):275-284.
- [18] Li Q, Zhou Y, Mary A C, et al. Spatio-temporal changes in wildlife habitat quality in the middle and lower reaches of the Yangtze River from 1980 to 2100 based on the InVEST model[J]. Journal of Resources and Ecology, 2021,12:43-55.
- [19] 丁智强,华红莲,王平,等.哈尼梯田遗产核心区土地利用信息图谱及地形梯度效应[J].农业工程学报,2021,37(23):225-234.
- [20] 张国坤,邓伟,张洪岩,等.新开河流域土地利用格局变化图谱分析[J].地理学报,2010,65(9):1111-1120.
- [21] 赵璐,赵作权.基于特征椭圆的中国经济空间分异研究[J].地理科学,2014,34(8):979-986.
- [22] 赵媛,杨足膺,郝丽莎,等.中国石油资源流动源:汇系统空间格局特征[J].地理学报,2012,67(4):455-466.
- [23] 金贵,郭柏枢,成金华,等.基于资源效率的国土空间布局及支撑体系框架[J].地理学报,2022,77(3):534-546.

(上接第 396 页)

- [25] 张玉,任建兰,刘凯.近 15 年山东省人地关系演变过程与驱动因素分析[J].湖南师范大学自然科学学报,2019,42(2):1-8.
- [26] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- [27] 桑晚晴,柴剑峰.川甘青毗邻藏区农牧民生计困境调研:基于川甘青三省八县的调查实证[J].资源开发与市场,2018,34(2):211-217.
- [28] 李志东,刘某承.我国草原生态保护补助奖励政策效应评价研究进展[J].草地学报,2021,29(6):1125-1135.
- [29] 张佩佩,董锁成,李泽红,等.甘南藏族自治州生态足迹与生态承载力分析[J].生态科学,2017,36(2):171-178.
- [30] 孙梦华,牛文浩,张蚌蚌,等.黄河流域土地利用变化下生态系统服务价值时空演变及其响应:以陕甘宁地区为例[J].应用生态学报,2021,32(11):3913-3922.
- [31] 温煜华.甘南黄河重要水源补给区生态经济耦合协调发展研究[J].中国农业资源与区划,2020,41(12):35-43.
- [32] 朱纹君,韩美,魏丹妮,等.黄河三角洲人地关系协调度时空演变及其驱动机制[J].水土保持研究,2023,30(12):388-396.
- [33] 杜三强,程云湘,周国利.生态奖补政策下的牧民收入影响因素分析:以肃南、甘南为例[J].中国草地学报,2019,41(4):118-127.