

# 2000—2020年广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程的耦合协调关系

刘少坤, 黄荣华, 张利国, 王鹏程

(南宁师范大学 自然资源与测绘学院, 广西 南宁 530001)

**摘要:** [目的] 科学评价广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程成效, 揭示其耦合协调机理, 为促进边境振兴与区域协调发展提供参考。[方法] 以广西边境地区8个县域为研究区域, 借助熵权TOPISIS综合评价方法及耦合协调模型分析2000—2020年广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程的耦合协调性时空格局特征。[结果] ①广西边境地区土地生态安全指数稳健上涨, 全局生态安全指数由0.213增长至0.728, 各县域土地生态安全都呈现不同的增长幅度; 区域差异逐渐减小, 整体呈现“南北高, 中间低”空间格局。②兴边富民进程整体协调水平友好上升, 由0.176攀升至0.631, 经历了“先降后升”的阶段性演变过程; 各县域兴边富民进程等级差异不明显, 整体格局变化不大, 而国家重要口岸凭祥市与东兴市发展优势越发明显。③土地生态安全系统与兴边富民进程系统耦合协调度日益上升, 由0.440攀升至0.823, 两者的耦合度经历了“先降后升”; 空间上呈现由“整体分散”逐渐演变为“南北高, 中间低”的特征, 凭祥市与东兴市“双核”辐射带动, 协调类型由轻度失调、濒临失调为主导逐渐向初级协调演变。[结论] 在兴边富民和生态保护国家战略支撑下, 需强化边境政策创新, 协同发挥多要素叠加效应, 不断提高边境生态安全和边民幸福指数。

**关键词:** 土地生态安全; 兴边富民进程; 耦合协调; 广西边境地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2023)03-0176-09

中图分类号: X321, F124.5

**文献参数:** 刘少坤, 黄荣华, 张利国, 等. 2000—2020年广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程的耦合协调关系[J]. 水土保持通报, 2023, 43(3): 176-184, 300. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2023.03.022; Liu Shaokun, Huang Ronghua, Zhang Ligu, et al. Coupling coordination relationship of land ecological security and prosperity process at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(3): 176-184, 300.

## Coupling Coordination Relationship of Land Ecological Security and Prosperity Process at Border Areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

Liu Shaokun, Huang Ronghua, Zhang Ligu, Wang Pengcheng

(School of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi 530001, China)

**Abstract:** [Objective] The effect of land ecological security at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region, and the process for improving border areas and enriching people were evaluated scientifically, and the coupling coordination mechanism was revealed in order to provide a reference for promoting border revitalization and regional coordinated development. [Methods] The study was conducted for the eight counties in the border areas of Guangxi. We analyzed the spatial-temporal characteristics of the coupling coordination between land ecological security and the process of prospering the frontier and enriching people in Guangxi border areas from 2000 to 2020. We used the entropy weight TOPISIS comprehensive evaluation method and coupling coordination model. [Results] ① The land ecological security index of border areas gradually increased over time, with the overall ecological security index increasing from 0.213 to 0.728. The land ecological security of each county exhibited different growth rates. The regional differences decreased,

收稿日期: 2022-08-15

修回日期: 2022-10-10

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于‘四维度’的边境耕地多功能利用与国家战略农田划定研究: 以广西边境地区为例”(42061043); 广西大学生创新创业训练计划项目(202110603172); 广西高校中青年骨干教师科研基础能力提升项目(2021KY0401)

第一作者: 刘少坤(1974—), 男(汉族), 广东省五华县人, 副教授, 博士, 主要从事土地资源可持续利用, 城市生态环境规划与管理研究。Email: kunshow@163.com。

通信作者: 张利国(1989—), 男(瑶族), 广西壮族自治区贺州市人, 博士, 讲师, 主要从事土地利用与评价研究。Email: zh.ligu@163.com。

showing an overall spatial pattern of “high in the north and south, low in the middle”. ② The overall coordination level of the process of prospering the frontier and enriching the people has rose from 0.176 to 0.631, following a pattern of “decrease-increase”. Regional differences were not obvious. The grade difference of the process of prospering the frontier and enriching the people in each county was not obvious, and the overall pattern changed little. The development advantages of Pingxiang and Dongxing City, which are important national ports, become more and more obvious. ③ The coupling coordination degree of the land ecological security system and the process system of prospering the frontier and enriching the people was increasing day by day, rising from 0.440 to 0.823, and the coupling degree of the two followed a pattern of “decrease-increase”. The spatial feature gradually evolved from “overall dispersion” to “high in the north and south, low in the middle”. Driven by the “dual-core” radiation of Pingxiang and Dongxing City, the coordination type was gradually evolving from mild disorder and imminent disorder to primary coordination. [Conclusion] The national strategy of prospering the frontier, enriching the people, and ecologically protecting the environment requires strengthening the innovation of border policy, coordinating the superposition effect of multiple factors, and continuously improving the ecological security and happiness index of border residents.

**Keywords:** land ecological security; the process of prospering the frontier and enriching people; coupling coordination; border areas of Guangxi Zhuang Autonomous Region

土地生态安全已被中国纳入国家安全体系,是维持土地生态系统良性循环的关键。自2000年中国兴边富民政策实施至今,尤其是“一带一路”发展倡议提出以来,边境地区经济得以快速发展,但土地利用类型的剧烈变化引致生态环境质量下降、生态保护力度不足等负面影响引发政府和学界的广泛关注。兴边富民行动促进了边疆地区社会经济发展,是提升国家对边缘区域治理的重要战略<sup>[1]</sup>。它与土地生态安全协调作用可遵循城镇化与生态环境系统耦合关系理论与研究<sup>[2]</sup>。因此,探究边境地区的土地生态安全与兴边富民进程的互动关系,对促进边境地区协调发展具有重要现实意义。

在土地生态安全的相关研究中,诸多学者从自然、经济、社会、政策等层面构建评价体系,评价方法的选择亦进行了深入地阐述<sup>[3-4]</sup>;研究尺度上,存在省域<sup>[5]</sup>、市域<sup>[6]</sup>、县域等<sup>[7]</sup>行政单元;研究方法上,主要基于压力(P)—状态(S)—响应(R)、驱动力(D)—压力(P)—状态(S)—影响(I)—响应(R)等模型,通过TOPISIS熵权综合评价、GIS 网格分析等方法进行研究。目前,学术界围绕土地生态安全角度阐述了中国自然—经济—社会发展的各个方面,探索了土地生态安全与城镇化<sup>[8]</sup>、区域经济发展<sup>[9]</sup>、旅游业<sup>[10]</sup>协调互动关系及时空变化特征。围绕兴边富民研究中,学者们主要着眼于宏观视角定性分析兴边富民行动政策的发展进程制约因素和优化路径<sup>[11-12]</sup>;微观视角基于社会经济发展定量分析兴边富民行动政策实施对边缘地区的效果评价分析。近些年,随着国家对边缘及欠发达地区发展的日益重视,兴边富民行动与“一带一路”倡议<sup>[13]</sup>、乡村振兴<sup>[14]</sup>的协调发展逐渐引起

了学者的关注,为展开土地生态安全与兴边富民进程耦合协调提供了理论基础和实践路径,但仍有需要提升的空间:①兴边富民行动内涵包括推动经济、加强建设、加快开放、提升幸福、繁荣民族、保护生态,而目前兴边富民进程的研究多集中于定性分析与注重相对单一的社会经济指标统计分析,仍需构建“规模—效率”评价指标体系对兴边富民进程进行有效探索;②土地生态安全评价较集中于京津冀、粤港澳大湾区、长江经济带等核心区域为主,对国家地缘政治经济合作特殊地带的微观尺度研究仍相对薄弱;③目前对国家边境地区开发开放平台、“一带一路”进程中的土地生态安全与社会经济发展的研究仍然鲜见。边境地区作为国土生态安全的屏障、跨国经济交流带,在人类命运共同体及全球经济背景下,中国对外开放转型,边境贸易活动日益加强,对土地生态系统的影响日益扩大,亟需开展边境地区土地生态安全与兴边富民进程交互关系,这将对促进边境地区社会经济发展与建设“美丽中国”窗口具有科学意义。

基于此,本研究在推演土地生态安全与兴边富民进程的作用机制上,构建“压力—状态—响应”土地生态安全与“兴边—富民”兴边富民进程综合评价指标体系,采用TOPISIS熵权综合评价法、耦合协调度模型等方法,科学评价广西壮族自治区边境地区土地生态安全与兴边富民进程成效,揭示其耦合协调机理,以为促进边境振兴与区域协调发展提供参考。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

广西壮族自治区边境地区(以下简称广西边境地

区)处于中国广西壮族自治区西南部,是中国与越南两国的交汇地带,包括东兴市、防城区、宁明县、凭祥市、龙州县、靖西市、大新县和那坡县。研究区作为国家开发开放的重要平台,是国际贸易经济的重要纽带,截至 2020 年,研究区总人口  $2.27 \times 10^6$  人,少数民族人口比例达 80% 以上,GDP 达到  $7.31 \times 10^{10}$  元。研究区是典型的“老少边山穷”地区,地貌类型独特多样,人口外溢严重,经济发展相对落后,同时作为国家重点开发开放平台和跨境经济合作区,承载着边境安全、生态保护、产业发展、国际交流等多种功能。近年来边境地区城市化、经济快速发展的同时,生态安全保护与经济发展之间的矛盾越发凸显,因此,选取该地区展开土地生态安全与兴边富民进程的耦合协调关系具有代表性。

## 1.2 数据来源

本文以广西中越边境地区 8 个县域为研究对象,指标体系所需经济社会数据主要来源于《中国县域统计年鉴》《广西统计年鉴》及各县统计公报;生态系统服务价值(ESV)和生态系统弹性(ECO),参照以谢高地等<sup>[15]</sup>测算方法,以广西 2000 至 2020 年平均粮食单产  $47.489 4 \text{ kg/km}^2$ ,2019 年全国粮食平均收购价格 2.7 元进行修正。对于个别指标数据缺失,以其他年份数据为基础通过线性插值进行赋值。

# 2 指标体系构建与研究方法

## 2.1 土地生态安全与兴边富民进程耦合协调机制

土地生态安全反映一定时间内某个区域的生态状况不会威胁到环境及人类生存发展,并且生态系统自身的稳定性能够不断得到提高的状态<sup>[16]</sup>。兴边富民行动实质是促进边境地区社会经济国家发展的国家战略政策。生态环境与城镇化系统交互胁迫的科学与研究范式,是以陆地表层人类活动与生态环境系统为研究对象<sup>[2]</sup>,其逻辑主线是处理好人与自然的关系,其目标既涉及社会经济可持续增长,同时也兼顾生态安全稳定。可见城镇化与生态安全交互科学理论为土地生态安全与兴边富民进程交互机制框架理论构建提供了理论支持。

### 2.1.1 土地生态安全对兴边富民进程的作用机理

实现社会经济的持续发展的客观前提是有生态安全保障,因此,土地生态系统的安全稳定,能够有效促进兴边富民进程的发展。具体作用路径如下:①发挥土地生态安全的资源保障功能,为边境经济发展提供了良好的资源条件。②发挥土地生态安全的集约导向功能,为兴边富民进程提供高效路径。土地生态安全状况的良性循环关键在于土地资源状态要素的

稳定,土地资源开发利用的粗放行为使土地资源要素不能充分体现价值进而冲击生态系统稳定,可通过市场化的条件加大资本和技术减少土地生态资源生产要素来缓解土地生态安全压力,优化土地资源配置,提高土地集约水平进而提高兴边富民进程水平。③发挥资产增值功能,促进兴边富民进程水平跃升,全力推进与产业结合的生态治理,通过土地生态修复、提升生态景观,将生态资源转化为生态产品,实现生态“溢价”。④发挥反馈调节功能,生态环境与社会经济发展具有两面性,若生态安全状态不佳,引致一系列生态问题,对社会经济系统的发展产生约束作用,从而制约兴边富民进程。践行“靠山养山,生态优先理念”,由“先发展后治理”转向“边防控边发展”的生态安全保护方式,为保障实现兴边富民进程所需产业提供了支撑。

### 2.1.2 兴边富民进程对土地生态安全的作用机理

兴边富民进程中产业兴旺及人民富裕对土地生态安全影响作用颇大,具体作用路径如下:①兴边富民进程为生态修复投入资金支持。兴边富民进程中引致的边境地区生态问题必须通过生态文明建设予以修复,生态文明建设是高质量发展下兴边富民进程的内涵延伸,而兴边富民行动的实质是在国家开放开发特殊政策下促进社会经济发展,进而政府有更多的经济基础对生态保护治理投入基金。②兴边富民水平的提高,意味着社会生产方式进一步提升,不断满足人民对美好生活的需求,社会道德水平进而提升,生态保护意识随之增长。③兴边富民进程中,产业发展对能源的需求以及对环境的污染引起土地生态安全的压力紧张,冲击土地生态安全状态的稳定,通过不断完善保护制度的相应措施调节土地生态安全的良性循环。

若不重视土地生态安全的资源要素平衡稳定,社会经济增长依然是粗放模式,会引致生态系统破坏、资源消耗和污染排放等问题,对生态环境产生胁迫作用。

## 2.2 指标体系构建

### 2.2.1 土地生态安全评价

本研究在借鉴多方文献基础上<sup>[17]</sup>,为有效评价土地生态系统安全,结合图 1,借助 PSR 模型的原理,根据研究区的特色,基于评价指标的科学性、可获得性等原则,并咨询相关领域专家意见进行土地生态安全指标体系构建(表 1)。通过极差法标准化后,采用熵权法确定时间权重和空间权重,时间权重将研究区作为一个研究单元进行数据分析得到,各县域数据分析得到空间权重,两者的数据分别为研究区总数据与县域数据,个别百分数用平均值取代。根据 PSR 原理,压力(P)层从人口压力、社会压力、经济压力、环境压力来反映土地生态压力



来源及作用,状态(S)层为资源状态、环境状态、经济状态来反映土地生态的变化程度,响应(R)层为经济

响应、环境响应、社会响应来反映人类应对土地生态变化所做出的调控。

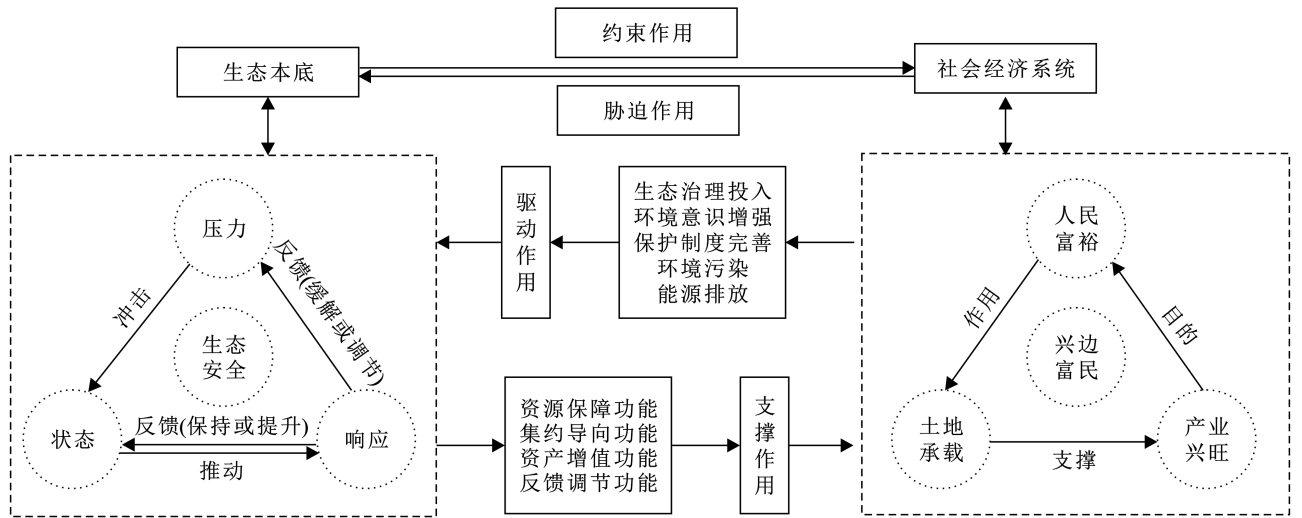


图 1 土地生态安全与兴边富民进程系统作用机制

Fig.1 System mechanism of land ecological security and prosperity process

表 1 土地生态安全综合评价指标体系及权重

Table 1 Comprehensive evaluation index system and weight of land ecological security

目标层	准则层	指标层	指标单位	指标含义	指标性质	时间权重	空间权重
土地生态安全	压力	人口自然增长率	%	人口出生率/人口死亡率,表征人口增长压力	-	0.017 4	0.017 6
		人口城镇化率	%	城镇人口/总人口,表征城镇化扩张压力	-	0.076 2	0.075 5
		第一产业经济比重	%	第一产业增加值/农业用地面积,表征农业经济结构压力	-	0.060 8	0.062 8
		单位面积化肥使用量	t/hm <sup>2</sup>	化肥使用量/农业用地面积,表征农业污染压力	-	0.011 8	0.020 4
	状态	人均耕地面积	hm <sup>2</sup> /人	耕地面积/总人口,表征土地资源状况	+	0.124 6	0.119 4
		NDVI		中国年度植被指数空间分布数据集,表征植被覆盖越茂密的状况	+	0.024 4	0.021 9
		景观斑块密度	个/hm <sup>2</sup>	基于土地利用分类栅格图像通过 Fragstats 软件计算得出,表征景观类型的破碎化程度	+	0.002 5	0.010 6
		坡度	度	从 DEM 数据中提取,表征区域地势条件	-	0.028 7	0.028 8
		地均进出口总额	万元/hm <sup>2</sup>	出口贸易总额/土地总面积,表征地区贸易发展状况	+	0.029 7	0.031 4
		地均财政总收入	万元/hm <sup>2</sup>	财政收入总额/土地总面积,表征地区政府财政支配状况	+	0.038 4	0.040 6
		人均粮食产量	t/人	粮食总产量/总人口,表征粮食安全保障状况	+	0.030 1	0.047 2
		建设用地比重	hm <sup>2</sup>	建设用地面积/土地总面积,表征建设用地开发状况	-	0.002 4	0.012 1
		生态系统服务价值(ESV)	万元	客观表征区域生态系统的直接、间接经济价值和生态环境服务价值	+	0.054 8	0.041 8
		生态系统弹性(ECO)		生态系统在受到外界干扰时维持自身功能及所处状态不变的能力	+	0.076 5	0.074 7
地均 GDP	万元/hm <sup>2</sup>	GDP 总量/土地总面积,表征土地集约利用状况	+	0.019 4	0.025 0		
响应	废水排放达标率	%	达标外排水量总/外排水量,表征水资源保护水平	+	0.094 3	0.103 6	
	自然保护区	km <sup>2</sup>	自然保护区面积,表征土地生态保护水平	+	0.042 1	0.035 2	
	地均固定资产投资额	万元/hm <sup>2</sup>	固定资产投资额,表征土地社会投入水平	+	0.083 7	0.073 1	
	单位耕地农业机械水平	万千瓦/hm <sup>2</sup>	农业机械总动力/耕地面积,表征农业科技水平	-	0.019 1	0.020 9	
	生活垃圾无害处理率	%	生活垃圾处理量/生活垃圾产生量,表征土地生态维护水平	+	0.123 1	0.096 2	
	森林覆盖率	%	森林总面积/土地总面积,表征水土保持水平	+	0.040 0	0.041 2	

2.2.2 兴边富民进程评价 根据数据的科学性和可获得性,结合边境地区的特色,参考相关研究<sup>[11,18]</sup>,以“兴边”和“富民”为准则层,分别从产业兴边和人民生活富裕下设 9 个指标建立兴边富民进程评价指标体

系(表 2),权重求取方法与表 1 相同。

### 2.3 研究方法

2.3.1 TOPISIS 模型 采用 TOPISIS 熵权法对土地生态安全和兴边富民进程评价。采用极差法对指标

变量进行无量纲化处理,以提高指标间的可比性<sup>[19]</sup>。

计算公式如下:

$$\text{正向指标: } Y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij\min}}{x_{ij\max} - x_{ij\min}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } Y_{ij} = \frac{x_{ij\max} - x_{ij}}{x_{ij\max} - x_{ij\min}} \quad (2)$$

式中:  $Y_{ij}$  表示标准化后的值;  $x_{ij}$  为原始指标值;  $x_{ij\max}$ 、 $x_{ij\min}$  分别为原始数据中的最大值和最小值。数据标准化后,采用熵权法计算权重后,构建土地生态安全综合评价指数与兴边富民进程综合评价指数函数:

构建规范化指标加权决策矩阵  $K$

$$K = (Q_{ij})_{n \times m} \quad (3)$$

$$Q_{ij} = Y_{ij} \times a_j \quad (4)$$

最优方案  $P_j^+$  和最劣方案  $P_j^-$ :

$$P_j^+ = \max Q_{i1}, \max Q_{i2} \cdots \max Q_{im} \quad (5)$$

$$P_j^- = \min Q_{i1}, \min Q_{i2} \cdots \min Q_{im} \quad (6)$$

欧氏距离  $T_i^+, T_i^-$ :

$$T_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (P_{j=1}^+ - r_{ij})^2} \quad (7)$$

$$T_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (P_{j=1}^- - r_{ij})^2} \quad (8)$$

相对接近度  $C_i$ :

$$C_i = \frac{T_i^-}{T_i^+ + T_i^-} \quad (9)$$

式中:  $0 < C_i < 1$ ,  $C_i$  越大,表明研究对象  $t$  的土地生态安全或兴边富民进程水平越高,反之,则越低。

表 2 兴边富民进程综合评价指标体系及权重

Table 2 Comprehensive evaluation index system and weight of prospering process

目标层	准则层	指标层	指标单位	指标含义	指标性质	时间权重	空间权重
兴边富民进程	兴边	农林牧渔业值	%	表征农林牧渔业发达程度	+	0.025 1	0.034 7
		交通路网密度	km/hm <sup>2</sup>	表征边境交通便捷程度	+	0.030 9	0.032 4
		人均工业总产值	万元	工业生产总产值/总人口,表征地区工业发展程度	+	0.040 7	0.048 6
		人均边境贸易总额	万元/人	贸易总额/总人口,表征边境贸易发展水平	+	0.066 8	0.070 5
		第三产业比重	%	第三产业增加值/GDP,表征产业结构水平	+	0.059 4	0.061 4
		边境旅游接待人数	万人次	表征边境旅游业的发展水平	+	0.021 3	0.022 5
		边贸从业人员	人	表征边境人员就业水平	+	0.118 3	0.107 8
		人均邮政服务量	元/人	邮政服务总量/总人口,反映边境邮政服务业发展水平	+	0.022 8	0.039 4
		普通中学在校生数	人	表边境教育发展水平	+	0.020 9	0.028 6
		富民	人均用电	万千瓦小时/人	用电量/总人口,表征边境的能源消费能力	+	0.048 4
	农村恩格尔系数		%	表征农村生活富裕水平	+	0.065 2	0.070 9
	人均旅游收入		元/人	旅游收入总额/总人口,表征边境收入水平	+	0.126 2	0.138 8
	农村每百户移动电话用户数量		部/百户	表征边境通信发展水平	+	0.040 7	0.039 3
	人均财政支出		元/人	财政总支出/总人口,表征边境基础设施建设水平	+	0.029 5	0.030 2
	人均 GDP		万元/人	GDP/总人口,表征经济发展水平	+	0.019 4	0.020 4
	城乡输入平衡指数		%	表征城乡发展不平衡程度改善能力	+	0.071 2	0.068 4
	城乡最低生活保障人数占比	%	表征地区脱贫水平	-	0.150 7	0.104 7	
农村人均纯收入	元/人	表征农民富裕水平	+	0.042 5	0.021 6		

2.3.2 耦合协调度模型 耦合协调度能够有效衡量两个及以上系统之间协同功效与整体功效,可将土地生态安全和兴边富民进程两个系统相互作用、协调发展的程度定义为土地生态安全与兴边富民进程耦合协调度<sup>[20-21]</sup>。计算公式如下:

$$C = \frac{\sqrt{f(x) \times g(y)}}{f(x) + g(y)} \quad (10)$$

$$E = \alpha \cdot f(x) + \beta \cdot g(x) \quad (11)$$

$$D = \sqrt{C \times E} \quad (12)$$

式中:  $f(x)$  和  $g(y)$  分别代表土地生态安全综合指数和兴边富民进程综合指数;  $C$  为耦合度,取值范围为

$[0, 1]$ ;  $E$  为综合评价指数;  $\alpha$  和  $\beta$  为待定系数,本文取  $\alpha = \beta = 0.5$ ;  $D$  为系统耦合协调度。为了更好地反映研究区土地生态安全和兴边富民进程协调程度,参照相关研究<sup>[22]</sup>划分耦合协调等级(表 3)。

### 3 结果与分析

为直观呈现广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程耦合协调发展在时间上的变化过程,运用上述公式(1)~(12)测算广西边境地区 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 年土地生态安全与兴边富民进程评价结果、耦合度与协调发展度(表 4, 图 2)。

表 3 耦合协调度类别划分标准

Table 3 Classification standard of coupling coordination degree

类别	耦合协调系数	耦合协调状态	特征
失调衰退	[0,0.09]	极度失调	系统彼此基本独立
	(0.09,0.19]	严重失调	系统间对彼此的影响很弱
	(0.19,0.29]	中度失调	系统间的相互作用较弱
	(0.29,0.39]	轻度失调	系统间的相互作用不强
	(0.39,0.49]	濒临失调	系统间存在相互影响,但作用不强烈
过度发展	(0.49,0.59]	勉强协调	系统的稳定性勉强维持
	(0.59,0.69]	初级协调	系统间的相互作用具有一定的协调稳定程度
	(0.69,0.79]	中级协调	系统间的相互作用较为强烈
协调发展	(0.79,0.89]	良好协调	系统间的协调水平较高,相互关联度高
	(0.89,1]	优质协调	系统间达到稳定的相互影响状态,向有序方向发展

表 4 广西边境地区 2000—2020 年土地生态安全与兴边富民进程协调类型

Table 4 Types of coordination between land ecological security and prosperity process at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

年份	$f(x)$	$g(y)$	$C$	$D$	协调状态
2000	0.213	0.176	0.995	0.440	濒临失调
2005	0.241	0.158	0.978	0.441	濒临失调
2010	0.296	0.338	0.997	0.562	勉强协调
2015	0.574	0.473	0.995	0.721	中级协调
2020	0.728	0.631	0.997	0.823	良好协调

注: $f(x)$ 代表土地生态安全综合指数; $g(y)$ 代表兴边富民进程综合指数; $C$ 为土地生态安全综合指数与兴边富民进程耦合协调系数; $D$ 为耦合协调发展系数。

### 3.1 土地生态安全与兴边富民进程综合评价

根据公式(1)–(9),测算广西边境地区 8 个县域土地生态安全与兴边富民进程指数,通过自然间断点法将土地生态安全与兴边富民进程分别划分 5 个等级(表 5),其后进行耦合协调性空间分析。

表 5 广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程等级划分

Table 5 Classification of land ecological security and prosperity process at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region

	不安全(I)	较不安全(II)	临界安全(III)	较安全(IV)	安全(V)
土地生态安全	[0,0.2]	(0.2,0.4]	(0.4,0.6]	(0.6,0.8]	(0.8,1]
兴边富民进程	低水平区(I)	较低水平区(II)	中水平区(III)	较高水平区(IV)	高水平区(V)
	[0,0.2]	(0.2,0.4]	(0.4,0.6]	(0.6,0.8]	(0.8,1]

3.1.1 土地生态安全综合评价时空演变 由表 4 和图 2 可发现,2000—2020 年广西边境地区土地生态安全指数跃升明显,总体增长了 0.515。从表 4 可知 2000—2010 年各地区土地生态安全指数皆往好发展。其中,2007 年出台《生态广西建设规划纲要》(2006—2025),以保障生态环境安全为主线推动经济增长升级。2010—2020 年土地生态安全增加坡度变陡,生态安全指数由 0.296 增长至 0.728,各县域土地生态安全都呈现不同的增长幅度,其中那坡县、龙州县、防城区、东兴市的提升空间较大,前两者得益于两

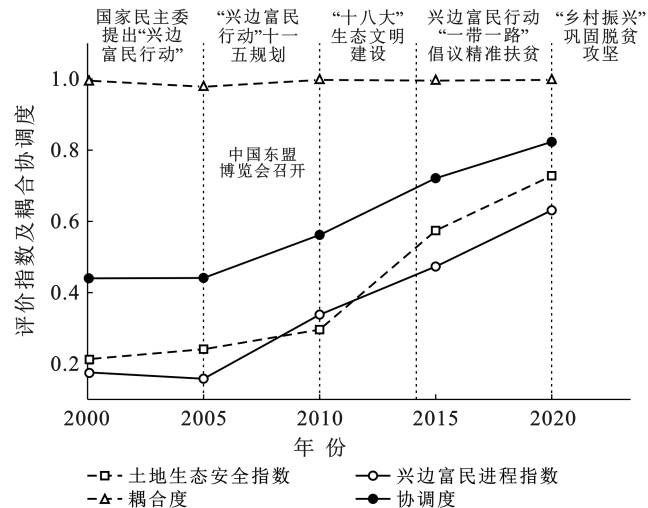


图 2 2000—2020 年广西边境地区综合评价指数及耦合协调度

Fig.2 Comprehensive evaluation index and coupling coordination degree at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

县资源本底优势,推动其地区石漠化治理与乡村振兴;防城区和东兴市得益于沿海对外贸易,其经济高质量发展得以促进。虽然土地生态安全指数处于上升状态,但从土地生态安全结构来看,土地生态安全仍有提升的空间,随着城市化推进、边境贸易及旅游业的不断发展,生态服务系统价值开始下降,生态环境压力持续上升,引致阻碍土地生态安全状况的稳定。

从空间维度上看,呈现“南北高,中间低”等级逐渐变大的空间特征。由表 6 和图 3 可以看出,2000 年土地生态安全空间布局呈现“整体分散,局部集聚,北

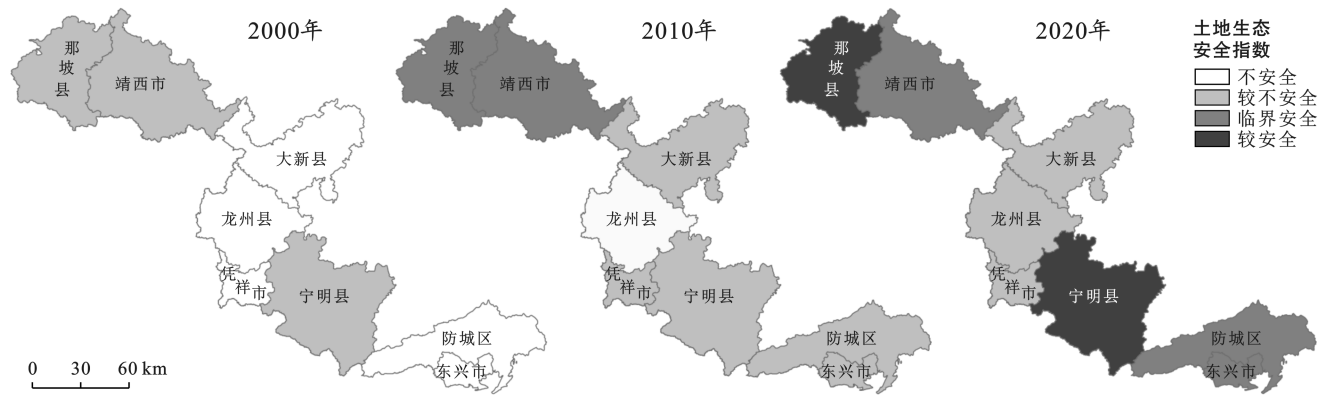
部与中南部偏高”的特征,其中仅有那坡县、靖西市、宁明县处于较不安全,其余为不安全,安全等级整体较低。2010 年土地生态安全水平跃升较大,不安全等级区域由 5 个缩减至 1 个,仅有龙州县为不安全等级;其中,较不安全由 3 个增加到 5 个,那坡县和靖西市由较不安全跃升为临界安全。结合实际,临界安全区表现出经济发展相对落后,自然环境破坏较小,生态环境相对较好的特征。2020 年,土地生态安全整

体跃升,呈现南北高一中间低分布格局。总体土地安全等级处于上升状态,得益于边境地区近年来重视生态修复以及经济提升加大对生态治理的投入,仅大新县与凭祥市安全等级不变,究其原因是在国家开放开发特殊政策的刺激下,对外贸易程度加大,人口对产品需求的增加导致对产业的发展要求提高,致使人类加大对土地资源的利用,引致环境恢复能力减弱,阻碍土地生态安全提升。

表 6 广西边境地区 2000—2020 年土地生态安全综合评价指数

Table 6 Comprehensive index of land ecological security at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

年份	土地生态安全综合评价指数							
	大新县	东兴市	防城区	靖西市	龙州县	那坡县	宁明县	凭祥市
2000	0.199	0.158	0.156	0.240	0.095	0.258	0.248	0.161
2010	0.211	0.258	0.260	0.430	0.179	0.471	0.399	0.249
2020	0.376	0.479	0.485	0.534	0.396	0.668	0.629	0.379



注:本图基于自然资源部标准地图服务系统 GS(2019)1822 号标准地图制作。下同。

图 3 广西边境地区 2000—2020 年土地生态安全指数空间布局

Fig.3 Spatial distribution of land ecological security index at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

3.1.2 兴边富民进程综合评价时空演变 从时间上看,广西边境地区兴边富民进程水平整体呈现“不断上升”趋势。由表 7 可知,2000—2020 年兴边富民进程指数从 0.176 升至 0.631。2000—2010 年兴边富民进程指数在 2005 年略微下降后,呈持续上涨态势,2000—2010 年兴边富民进程指数大约增长了 92%,广西边境地区兴边富民进程水平上升一个台阶。2010—2020 年,兴边富民进程水平增长相对稳定。这一时期,边境地区 GDP 增长 14.86%,得益于 2013 年精准扶贫工作和 2014 年“一带一路”倡议等系列政策,边境旅游、贸易的全力推进促进了兴边富民进程水平的提高。

从空间上看,各县域兴边富民进程等级差异不明显,整体格局变化不大(图 4)。2000 年边境各县域兴边富民进程指数整体处于低水平区域,最高等级的东兴市和凭祥市仅处于较低水平区。2010 年兴边富民进程指数提升,较低水平区域由 2 个升至 3 个。2010—2020 年兴边富民进程指数大幅度提升,低水平区由 5 个减少为 0,凭祥市跃升为较高水平区,防城区和东兴市提升为中水平区,呈现出“凭祥单核领跑—东兴紧追”态势。凭祥市和东兴市在兴边富民行动、“一带一路”推动下,又得益于国家贸易口岸的区位优势,其社会经济文化得到了综合提升。

表 7 广西边境地区 2000—2020 年兴边富民进程综合评价指数

Table 7 Comprehensive evaluation index for prosperity process at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

年份	兴边富民进程综合评价指数							
	大新县	东兴市	防城区	靖西市	龙州县	那坡县	宁明县	凭祥市
2000	0.138	0.239	0.166	0.092	0.113	0.125	0.124	0.221
2010	0.151	0.356	0.270	0.176	0.153	0.142	0.179	0.317
2020	0.275	0.540	0.405	0.358	0.254	0.239	0.315	0.640



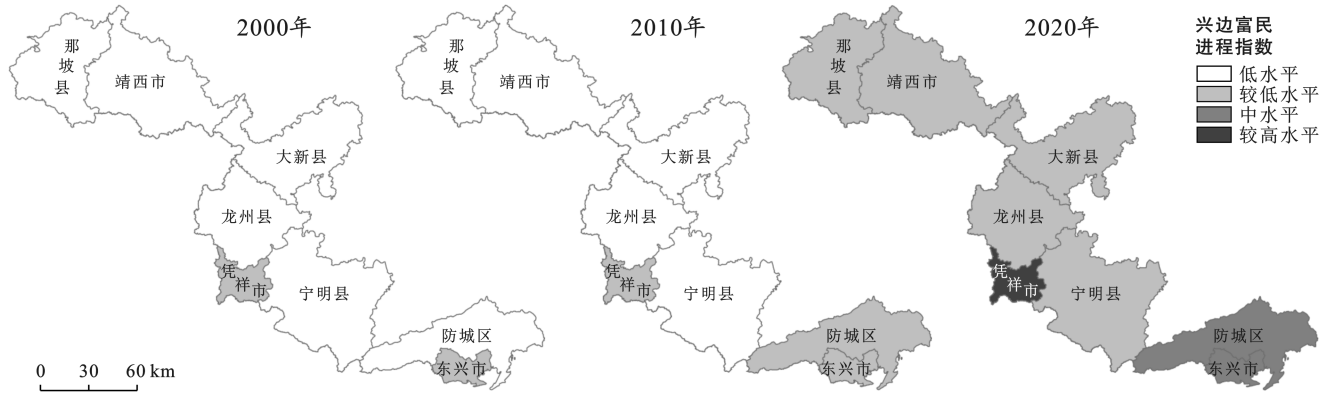


图 4 广西边境地区 2000—2020 年兴边富民进程指数空间布局

Fig.4 Spatial distribution of prosperity process index at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

### 3.2 土地生态安全与兴边富民进程耦合协调时空格局演变特征

截取 2000, 2010, 2020 年数据, 计算广西各县土地生态安全与兴边富民进程耦合协调度(表 8), 呈现区域耦合协调度的联系(图 5)。

由表 8 可知, 从时间视角出发, 2000 年广西边境各县土地生态安全与兴边富民进程耦合协调度处于 0.322 至 0.441 之间, 其中轻度失调与濒临失调类型区域比例为 1 : 3, 协调类型都处于失调状态; 2010 年

耦合协调度介于 0.407 至 0.550 之间, 该阶段濒临失调与勉强协调型的比例为 1 : 3; 2020 年耦合协调度位于 0.563 至 0.732 之间, 各区域耦合协调水平较 2010 年跃升了一个等级以上。在该阶段, 广西边境地区积极推动城乡统筹发展, 加速推进兴边富民进程, 在政策措施等推动下, 边境各类产业的发展促进了人民生活水平的大幅提高, 土地生态环境保护措施落实较好, 土地生态安全成效显著, 促使两系统的协调性稳步加强。

表 8 广西边境地区 2000—2020 年土地生态安全与兴边富民进程耦合协调度

Table 8 Coupling coordination of land ecological security and prosperity process at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020

地区	2000 年		2010 年		2020 年	
	耦合协调度	耦合类型	耦合协调度	耦合类型	耦合协调度	耦合类型
大新县	0.407	濒临失调	0.423	濒临失调	0.567	勉强协调
东兴市	0.441	濒临失调	0.550	勉强协调	0.713	中级协调
防城区	0.401	濒临失调	0.515	勉强协调	0.666	初级协调
靖西市	0.386	轻度失调	0.525	勉强协调	0.645	初级协调
龙州县	0.322	轻度失调	0.407	濒临失调	0.563	勉强协调
那坡县	0.424	濒临失调	0.509	勉强协调	0.632	初级协调
宁明县	0.419	濒临失调	0.517	勉强协调	0.667	初级协调
凭祥市	0.434	濒临失调	0.503	勉强协调	0.732	中级协调

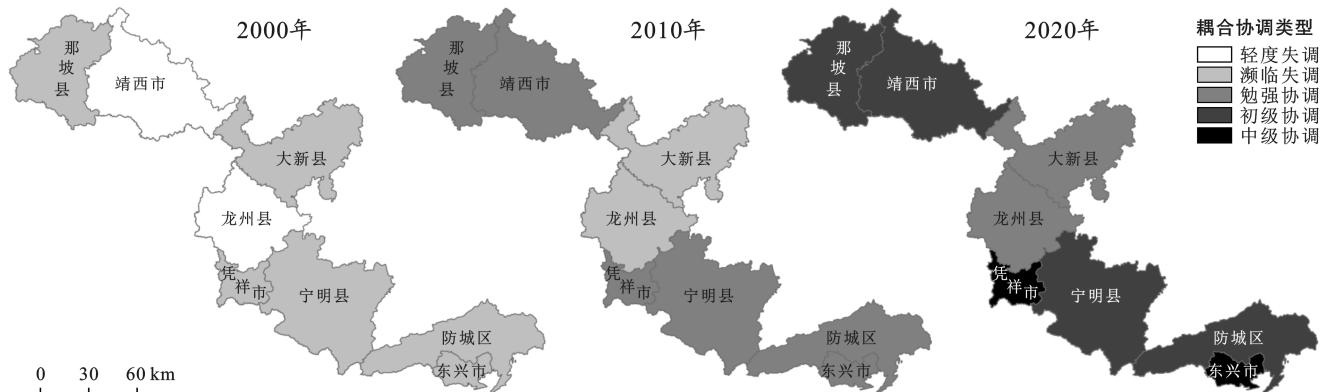


图 5 广西边境地区 2000—2020 年土地生态安全与兴边富民进程耦合协调度空间分布

Fig.5 Spatial distribution of coupling coordination degree between land ecological security and prosperity process at border areas in Guangxi Zhuang Autonomous Region from 2000 to 2020



由图 5 可知,空间上,边境各区域耦合协调关联度越来越紧密,呈现“整体分散”逐渐演变为“南北高,中间低”的空间分布。2000 年,靖西市和龙州县为轻度失调,其余均为濒临失调,两系统的相互协调关系紧密度较低。此阶段正处“兴边富民”行动提出之时,经济响应尚未明显,区域协调相对滞后,整体耦合协调类型整体较为分散。较 2000 年,2010 年区域耦合协调度越来越紧密,南部整体比北部高,轻度失调减为零。2020 年,耦合协调性整体呈现“南北高一中间低”,区域协调进一步扩大,呈现优化趋势。受国家开放政策和平台的集聚区优势影响,东兴市和凭祥市处于中级协调双核带动,经济发展基础较好,加之近年来生态优先、绿色发展的驱动下,其耦合协调保持着友好发展。未来,针对边境地区的自然特点和条件,在保护生态环境的基础上需合理推动产业发展。如那坡县的土地生态安全远高于兴边富民进程,其处于桂西南石漠化地区,可依托资源禀赋特色发展中药、旅游等民生产业。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

(1) 广西边境地区在土地生态安全保护中取得长足发展,土地生态安全指数增长了约 2.4 倍,空间上呈现出整体分散,区域差异显著,呈现“南北高,中间低”等级呈上升趋势的空间特征。边境地区城镇化进入快速发展时期,尤其是国家边境开放开发平台等系列政策推动下,土地生态安全状态压力增大,由于近年来对边境的生态治理投入加大,土地生态安全得以提升,但地区差异协调仍有待提高。

(2) 广西边境地区兴边富民进程区域紧密协同提升,兴边富民进程水平由 0.176 跃升至 0.631,年均增幅约为 60%,逐渐形成凭祥市与东兴市为核心,引领各县域稳坡上涨的态势。在兴边富民行动导向下,边境各县域利用其丰富的土地资源驱动土地生态安全建设,亦能通过提升土地生态安全发展水平增强其土地资源质量,提高兴边富民进程中的产业及社会发展经济效益。

(3) 广西边境地区土地生态安全与兴边富民进程耦合协调度逐步上升,边境贸易、城镇化率及交通便利水平较高,促其耦合协调度越发紧密。那坡县、宁明县、靖西市及防城区,构筑了边境带重要的生态保护屏障。2000—2020 年总体耦合协调水平增长了约 88%,历经轻度协调至中级协调的演变过程,呈现不同耦合协调类型的跃迁,耦合协调度空间格局呈现“整体分散”逐渐演变为“南北高,中间低”的特征。凭

祥市与东兴市耦合协调度为中级协调,积极响应了生态优先号召,为欠发达地区的发展提供了经验借鉴。

### 4.2 讨论

在兴边富民行动上升为国家重点战略,新时期生态安全保护优先的背景下,探索边境地区土地生态安全与兴边富民进程交互关系的协同机制,揭示兴边富民进程与入地系统的演化规律,把握土地生态系统状态、压力、响应的区域格局特征,是服务支撑全面推进边疆地区兴边富民行动决策的重要课题。现今,广西边境地区的人均 GDP 约为  $3.00 \times 10^4$  元,城镇化率约为 32%,面向边境地区城乡融合快速发展时期,健全生态文明建设体系,协同推进土地生态安全与兴边富民进程必须遵循人—地—产系统演化的基本规律,着眼于边疆地区的生态保护、区域协调、产业发达、民生保障大局,有序推进边疆国土生态安全保护与高质量发展,创新生态安全理论与兴边富民行动决策有机融合,健全人—地—产互动关系,探索兴边富民行动的新路径,促进土地生态系统与“兴边—富民”系统深度融合。较以往研究,鲜有从相对微观与欠发达地区进行土地生态安全的探索。本文在指标选取上,从土地利用视角研究生态安全以及将边境贸易、旅游、政策、口岸等因子考虑在内有助于体现边境地区的特殊区位特征。随着“兴边富民”行动的推进,政府的首要任务是改善民生条件和吸引边民回流以巩固边境安全,因此政策导向、边民行为、国土开发利用特点对土地生态安全与兴边富民进程起到了关键性作用,故而未来亟需从政府宏观调控角度、边民土地利用行为及边境国土生态特殊性和敏感性分析土地生态安全与兴边富民进程的内在机理,完善土地生态安全与兴边富民进程耦合协调机理。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 拓俊杰.中国“兴边富民”行动 20 载研究回溯与展望:基于知识图谱的可视化分析[J].内蒙古社会科学,2021,42(4):204-212.
- [2] 任宇飞,方创琳,孙思奥,等.城镇化与生态环境近远程耦合关系研究进展[J].地理学报,2020,75(3):589-606.
- [3] Liu Jinhua, Cao Xiangyang, Zhao Lesong, et al. Spatio-temporal differentiation of land ecological security and its influencing factors: A case study in Jinan, Shandong Province, China [J]. Frontiers in Environmental Science, 2022,10:824254.
- [4] 李文辉,周兴,钟锦玲.2009—2018 年中国农用地多功能利用与乡村发展的时空耦合关系[J].水土保持通报,2021,41(5):244-254.

- [25] Dai Erfu, Wang Yahui. Attribution analysis for water yield service based on the geographical detector method: A case study of the Hengduan Mountain region [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2020,30(6):1005-1020.
- [26] Taran M, Ahirwal J, Deb S, et al. Variability of carbon stored in inland freshwater wetland in Northeast India [J]. *Science of the Total Environment*, 2023,859:160384.
- [27] Griffiths L N, Mitsch W J. Estimating the effects of a hurricane on carbon storage in mangrove wetlands in Southwest Florida [J]. *Plants (Basel, Switzerland)*, 2021,10(8):1749.
- [28] Aitali R, Snoussi M, Kolker A S, et al. Effects of land use/land cover changes on carbon storage in North African coastal wetlands [J]. *Journal of Marine Science and Engineering*, 2022,10(3):364.
- [29] Slessarev E W, Chadwick O A, Sokol N W, et al. Rock weathering controls the potential for soil carbon storage at a continental scale [J]. *Biogeochemistry*, 2022,157(1):1-13.
- [30] Bacar T S, Cheng Yiben, Wang Yunqi, et al. The effect of vegetation restoration in soil organic carbon storage [J]. *Open Journal of Soil Science*, 2022,12(9):427-445.
- [31] Schweizer S A, Mueller C W, Höschen C, et al. The role of clay content and mineral surface area for soil organic carbon storage in an arable toposequence [J]. *Biogeochemistry*, 2021,156(3):401-420.
- [32] 申霞,王鹏,王为攀,等.滨海盐沼净碳汇能力研究方法综述[J].*生态学杂志*,2022,41(4):792-803.
- [33] 熊彩云,张学玲,肖复明,等.鄱阳湖湿地生态系统服务功能变化及其对策分析[J].*人民长江*,2011,42(9):28-32.
- [34] 李若玮,叶冲冲,王毅,等.基于 InVEST 模型的青藏高原碳储量估算及其驱动力分析[J].*草地学报*,2021,29(S1):43-51.
- [35] 徐凯健,谢锦升,曾宏达,等.生态恢复条件下典型红壤侵蚀区马尾松林碳储量时空变化与驱动力分析[J].*中国水土保持科学*,2016,14(1):89-96.
- [36] 林彤,杨木壮,吴大放,等.基于 InVEST-PLUS 模型的碳储量空间关联性及其预测:以广东省为例[J].*中国环境科学*,2022,42(10):4827-4839.
- [37] 邵壮,陈然,赵晶,等.基于 FLUS 与 InVEST 模型的北京市生态系统碳储量时空演变与预测[J].*生态学报*,2022,42(23):9456-9469.

(上接第 184 页)

- [5] 李龙,吴大放,王芳,等.中国快速城市化区域生态系统服务价值预测及权衡研究:以佛山市为例[J].*生态学报*,2020,40(24):9023-9036.
- [6] 薛建春,曹力博.2001—2020 年包头市土地利用转型演变特征与生态安全影响[J].*水土保持通报*,2022,42(1):273-282.
- [7] 陕永杰,魏绍康,苗圆,等.基于 PSR-TOPSIS 模型的“晋陕豫黄河金三角”地区土地生态安全评价[J].*生态经济*,2022,38(7):205-211.
- [8] Chai Ji, Wang Zhanqi, Yu Chen. Analysis for the interaction relationship between urbanization and ecological security: A case study in Wuhan City circle of China [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021,18(24):13187.
- [9] 刘志有,曲秀武,魏冉,等.生态文明视角下的伊犁河谷绿洲土地生态安全评价及障碍因子诊断[J].*水土保持通报*,2022,42(1):137-143.
- [10] 赵书虹,白梦,阮梦枝,等.云南省旅游资源与生态安全协调发展的时空演化特征及障碍因子分析[J].*地理科学*,2021,41(3):493-503.
- [11] 王飞.广西兴边富民行动的实施效果评估:基于自然实验的面板数据分析[J].*广西社会科学*,2014(3):19-23.
- [12] 梁双陆,兰黎娜,杨孟禹.中国兴边富民行动促进边境地区经济增长了吗?:边境地区 136 个县的“准自然实验”分析[J].*广西民族研究*,2021(4):160-170.
- [13] 周民良.“一带一路”背景下创新体制机制推动兴边富民进程[J].*甘肃社会科学*,2016(1):67-71.
- [14] 萧子扬.兴边富民行动与乡村振兴战略的内在逻辑关系及有机衔接路径研究[J].*广西民族研究*,2020(2):129-138.
- [15] 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.
- [16] 高长波,陈新庚,韦朝海,等.区域生态安全:概念及评价理论基础[J].*生态环境*,2006,15(1):169-174.
- [17] 芮亚玲,李巧云.基于改进 PSR 模型的洞庭湖区生态安全评价及主要影响因素分析[J].*农业现代化研究*,2021,42(1):132-141.
- [18] 陈俊歌,林树高.西南边境地区兴边富民进程与生态文明建设交互关系的时空格局[J].*生态经济*,2022,38(7):220-229.
- [19] 杨秀敏,耿静,徐游,等.基于 TOPSIS 模型的海南岛土地综合承载力时空变化及障碍度诊断[J].*生态学报*,2022,42(22):9324-9334.
- [20] 王淑佳,孔伟,任亮,等.国内耦合协调度模型的误区及修正[J].*自然资源学报*,2021,36(3):793-810.
- [21] 杨亮洁,张小鸿,潘竟虎,等.成渝城市群城镇化与生态环境耦合协调及交互影响[J].*应用生态学报*,2021,32(3):993-1004.
- [22] 钟锦玲,周兴,李文辉.广西高质量发展与土地资源可持续利用的耦合协调性[J].*水土保持通报*,2021,41(3):247-257.