

贸易—经济—人口系统对边境地区 国土空间格局演变区域差异的影响 ——以中越边境带为例

林树高¹, 诸培新^{1,2}, 陆汝成³, 毕佳港¹

(1. 南京农业大学公共管理学院, 南京 210095; 2. 南京农业大学中国资源环境与发展研究院, 南京 210095;

3. 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 南宁 530001)

摘要:厘清人—地—业关系是揭示国土空间格局演变地域异质性规律的理论基础。在探讨贸易—经济—人口系统对边境地区国土空间格局演变区域差异作用机制的基础上, 以中越边境带广西段和云南段为例, 运用转移图谱和标准差椭圆模型分析城镇、农业、生态空间演变特征, 并利用泰尔指数测度贸易、经济和人口因素对其区域差异的影响程度。结果表明: (1) 中越边境带国土空间格局演变存在先慢后快的时序化差异, 广西段变化速度呈先减后增的“U”型演化特征, 云南段呈急剧探底后加速回升的“V”型变化过程。(2) 中越边境带国土空间格局演变响应地区发展系统具有本地化差异, 抵边地区农业、生态空间频繁转为城镇空间, 非抵边地区农业空间与生态空间互竞加快。(3) 中越边境带国土空间格局演变存在西北急东南缓的空间化差异, 城镇、农业空间的重心位置西移北进, 生态空间重心位置由东南偏西北移动, 云南段国土空间格局演变强度高于广西段。(4) 贸易—经济—人口系统对中越边境带国土空间格局演变区域差异的影响逐渐减弱, 贸易子系统对国土空间格局演变的扰动程度高于经济和人口子系统。边境贸易、经济发展和人口分布塑造边境地区国土空间格局演变的时序、本地和空间差异化特征, 调控边境贸易对国土空间的影响是纾缓边境地区空间冲突的重要举措。

关键词: 国土空间; “三区空间”; 区域差异; 人地系统; 边境地区; 中越边境带

国土空间是自然要素与人类活动长期交互形成的巨系统^[1], 为认知、开发与保护土地综合体提供了基本范式^[2]。中国以城镇化和工业化为引领的城镇扩张模式, 造成土地资源配置存在区域失调、区际极化、区内竞争等系列难题, 迫使国土空间利用面临结构失衡、功能低效、格局欠优等多重挑战^[3]。明晰国土空间格局演变差异与形成机理成为应对国土空间开发难题与挑战的逻辑前提, 是优化空间格局、调整空间结构和提高空间效率的理论基础^[4], 对促进提升空间治理能力具有实践意义。

把握国土空间格局演变的地域规律, 是国土空间可持续利用需要认识和解决的科学问题。国外研究多关注国土空间演变的空间格局^[5]、驱动机制^[6]、生态效应^[7]和功能优化^[8,9]等方面。当前, 中国高度重视国土空间开发与治理, 先后统筹生产、生活、生态三大空

收稿日期: 2022-10-10; 修订日期: 2023-03-13

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42061043); 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目 (2023KY0873, 2023KY1600)

作者简介: 林树高 (1993-), 男, 广西北海人, 博士研究生, 主要从事土地资源可持续利用研究。

E-mail: lsgao613@163.com

通讯作者: 陆汝成 (1972-), 男, 广西临桂人, 博士, 教授, 主要从事土地利用、土地规划与区域发展研究。

E-mail: 710912213@qq.com

间布局和推进生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界划定工作。基于生产—生活—生态分类的“三生空间”演化研究为协调人地关系提供了理论指导^[10],而面向城镇—农业—生态分类的“三区空间”演变研究为促进城乡融合发展提供了实践路径^[11]。学者基于“三生空间”视角分析了不同尺度国土空间格局演变的地域规律与形成机理:城镇化快速发展和实施退耕还林政策是导致全国尺度“三生空间”东西部分异的关键原因^[12,13],经济发展和政策制度造成省级尺度的“三生空间”演变存在区际差异^[14,15],但经济增长对流域等跨行政区“三生空间”演变差异的扰动更大^[16,17];而在小尺度县域内部的“三生空间”演变差异更加显化,与社会经济发展有一定关系,但特色产业的主控影响更强^[18,19]。基于“三生空间”分类解析国土空间格局演变规律得到学术界一致认可^[20],但由于该分类体系形成的空间较为破碎、分散,难以在城市外围的广大农业、生态空间直接划定。因此,面向规划实践的城镇—农业—生态空间分类体系刻画国土空间格局有利于促进城乡协调发展^[21]。在基于“三区空间”的国土空间格局演变研究上,学者开展了“三区三线”划定^[22-24]、质量评价与空间优化^[25-27]、格局演变及其驱动机制^[11,28-30]等方面的研究,为优化国土空间格局提供有益借鉴。但在研究视角上,从空间治理体系下的城镇—农业—生态空间分类解析国土空间格局演变规律鲜有涉及;在研究内容上,地理梯度分异或多因素系统集成是研究国土空间格局演变区域差异形成机理的主要切入点,亟待开展特定社会经济系统对国土空间格局演变区域差异的影响分析;在研究区域上,典型山区、重要流域和中心城市为主要研究对象,较少对区位特殊和生态脆弱的边境地区国土空间格局演变差异深入剖析。

边境地区是中国向国际社会展示改革开放成效的前沿阵地。20世纪90年代以来,全球范围内有关地缘政治经济影响下的边境土地利用变化研究日益受到关注^[31]。边境地区以边境贸易为依托形成多样化的经济增长方式,诱致国土空间格局演变的区域差异日渐显著^[19],掌握其演变规律与区域差异的响应过程,是边境地区构筑统筹发展与安全的国土空间格局亟待解决的空间治理问题。中越边境带是中国与越南接壤的地域空间,位于云南省东南部(云南段)和广西壮族自治区西南部(广西段),在系列倾斜性开发开放政策驱动下,该地区贸易、经济快速发展和人类活动不断增强引致国土空间格局演变区域差异逐步扩大,制约区域城乡融合和可持续发展。鉴于此,本文尝试探究贸易—经济—人口系统对边境地区国土空间格局演变区域差异的影响机理,采用转移图谱和标准差椭圆模型分析中越边境带2000—2020年城镇、农业和生态空间演变特征,并运用泰尔指数测度贸易、经济和人口因素对其区域差异的影响程度,以期探明地缘空间系统转型的独特新机制,为边境地区优化国土空间格局和助推可持续发展提供借鉴。

1 理论机制分析

国土空间格局的形成与演化过程受多方面因素的交互影响^[32],其中人口分布和经济发展因素对国土空间格局演变的区域差异产生重要作用^[17]。而边境地区依托边境贸易构建多样化的经济增长模式,使贸易、经济、人口与土地交互形成边境地区复杂的人—地—业关系,使其国土空间格局演变的时空差异形成机制更为复杂(图1)。

贸易—经济—人口系统发展与演化决定边境地区国土空间格局演变区域差异规律。首先,社会经济发展水平造就边境地区国土空间差异演进的空间化进程。社会经济发展

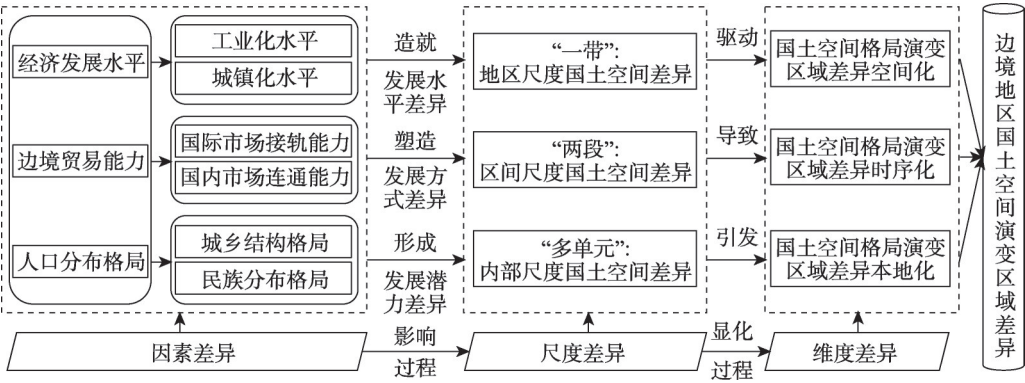


图1 贸易—经济—人口系统对边境地区国土空间格局演变区域差异的影响机制

Fig. 1 The influence mechanism of Trade-Economy-Population system on regional differences of territorial spatial pattern evolution in border areas

是驱动国土空间格局演变的主控因素^[33]，部分边境县城镇化、工业化的产业基础相对较弱，受西部大开发、兴边富民行动等政策导向和经济全球化的影响，外向型经济成为边境地区地缘经济的主要特质^[34]；因自然地理、交通建设、经贸合作和地缘环境等方面因素在空间尺度上形成的地域分异规律，使地区经济发展方式、主导产业不同，造就整个边境带的经济发展水平差异驱动地区尺度的国土空间格局演变存在空间化差异。其次，边境贸易能力演化塑造边境地区国土空间差异演进的时序化过程。边境地区以边境贸易为基础形成市场多边、要素多样和对象多元的发展方式，引领区域全球化发展趋势^[35]。然而，由于各地边贸平台建设和口岸等级、通商能力在时间尺度上分布存在差异，边境贸易能力决定地区经济韧性与发展模式，由口岸贸易牵引的发展模式差异导致国土空间格局演变存在时序化差异。最后，人口空间分布格局形成边境地区国土空间差异演进的本地化历程。人类活动是影响国土空间格局演变最活跃的因素之一，但边境地区人口密度较低，缺乏较高级别的教育、娱乐、甚至必要的基础设施^[34]，人口流动性不强，在国家“戍边固边”政策的持续实施下，人口整体分散、局部集聚的特征显著，城乡人口的分异格局差异引发各县区内部国土空间格局演变存在本地化差异。

边境贸易、经济发展和人口分布造就边境地区多阶段、多路径、多尺度的国土空间分异规律，塑造不同尺度的国土空间演变格局，并形成空间、时序和本地多维度的差异化特征。探究边境地区国土空间格局演变规律需要将贸易—经济—人口系统纳入统一的解释框架开展动态分析，考察国土空间格局演变所包含人—地—业关系互动的关键过程。因此，刻画不同阶段边境地区国土空间格局演变的动态变化、转移过程和迁移路径特征，介入贸易、经济和人口因素对不同尺度国土空间格局演变区域差异的影响与响应过程，揭示边境地区国土空间格局演变地域分异本质及演化规律的深层逻辑。

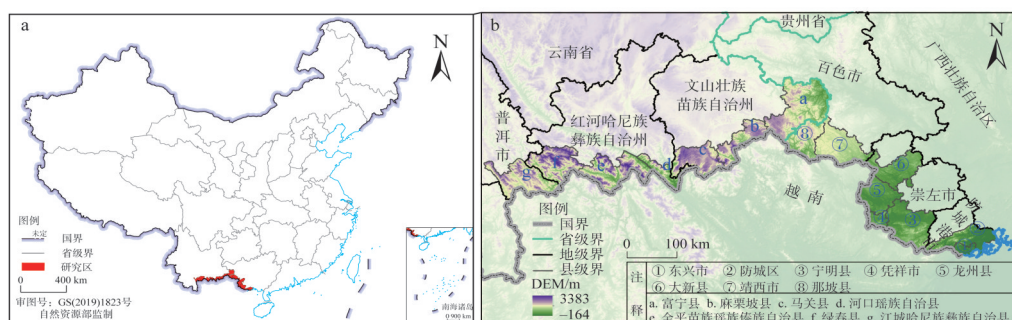
2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究区概况 with 数据来源

2.1.1 研究区概况

中越边境带位于中国西南边陲，属典型喀斯特地貌，与越南的凉山、高平等7省接

壤, 边境线长2400余km, 包括云南段的马关、麻栗坡和广西段的东兴、凭祥等15个县级行政单元 (“一带两段多单元”), 国土总面积39800余km² (图2)。2020年, 中越边境带有394.84余万人, 城镇化率为37.92%, 其中, 广西段、云南段分别约223.47万人、171.37万人, 城镇化率分别为41.32%、33.51%; GDP为1505.92亿元, 广西段、云南段分别为847.23亿元、658.69亿元; 拥有陆路口岸18个, 进出口贸易总额达2745.03亿元, 广西段、云南段分别为2420.96亿元、324.07亿元。中越边境带在中国发展与东盟国家的对外贸易中占据重要地位, 在西部大开发等重大系列政策驱动下, 引致国土空间格局演变加速、区域差异日渐明显。“山、江、海”的自然本底和“老、少、边”的人文特色使中越边境带这一独特的地理空间成为研究国土空间格局演变区域差异的典型样区。



注: 本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作, 底图无修改, 下同。

图2 中越边境带区位图

Fig. 2 Location of the Guangxi and Yunnan sections of the China-Vietnam border zone

2.1.2 数据来源与处理

用于刻画2000—2020年国土空间格局演变特征的5期土地利用变化矢量数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心 (<http://www.resdc.cn/>), 该数据集分辨率为30 m×30 m, 精度达90%以上。由于当年社会经济统计数据次年发布, 故用于测度表征贸易—经济—人口系统对国土空间格局演变区域差异影响程度的边境贸易额、GDP和总人口等统计数据来源于2001—2021年的《中国县域统计年鉴》《中国口岸年鉴》《广西统计年鉴》和《云南统计年鉴》。数据处理和分析借助ArcGIS 10.8与Origin 2021平台。

根据国土空间规划实践和城乡结构的地域导向, 参照相关研究^[11,29,30], 按照《全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系》和国土空间规划实践中的“三区三线”分类, 建立国土城镇—农业—生态空间与土地利用结构的衔接体系 (表1)。城镇空间是城镇化和工业化的载体, 由城镇用地、工矿业和交通等建设用地构成; 农业空间是农村生活和农业生产的主阵地, 由耕地和农村居民点等农用地构成; 生态空间主要发挥生态承载和生态保育功能, 由林地、草地和水域等生态用地构成。

2.2 研究方法

2.2.1 国土空间转移图谱

(1) 国土空间转移模型

采用国土空间转移模型分析国土空间结构的转移数量与转化过程。表达式为^[19]:

表1 城镇—农业—生态空间与土地利用结构衔接表

Table 1 Urban-Agricultural-Ecological space connected with the land-use structure

国土空间	空间类型	空间类型编码	土地利用结构
生态空间	水域生态空间	1	河渠、湖泊、水库坑塘、滩涂、滩地、沼泽地
	绿被生态空间	2	有林地、灌木林地、疏林地、其他林地、高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地、沙地、盐碱地、裸土地、裸岩石质地
城镇空间	城镇生活空间	3	城镇居住用地
	工矿生产空间	4	工业和交通建设用地
农业空间	农业生产空间	5	水田、旱地
	乡村生活空间	6	农村居民点用地

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

式中： S_{mn} 为国土空间类型面积（ hm^2 ）； n 为国土空间类型数（ hm^2 ）； S_{ij} 为研究基期第*i*类国土空间到研究末期转为第*j*类国土空间的面积（ hm^2 ）。

(2) 国土空间图谱模型

采用国土空间图谱模型分析各类型国土空间变化的空间格局。表达式为^[11]：

$$W = A \times 10 + B \tag{2}$$

式中： W 为新生成的国土空间图谱编码； A 、 B 分别为研究初期和末期的国土空间类型图谱编码。采用十进制标记国土空间转移图谱编码，图谱单元编码由相互转换的二类空间类型代码组成，如： $W=12$ （即 $1 \times 10 + 2$ ）表示由水域生态空间转为绿被生态空间的国土空间转移图谱。

2.2.2 标准差椭圆模型

运用标准差椭圆的重心、长短轴和方位角刻画各类型国土空间面积的整体分布特征、集聚程度和集聚中心。其中椭圆面积和*x*、*y*两轴标准距离越小集聚程度越高，反之则越低。计算公式为^[3]：

$$\tan \theta = \frac{\left[\sum_{i=1}^n x_i'^2 - \sum_{i=1}^n y_i'^2 \right] + \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i'^2 - \sum_{i=1}^n y_i'^2 \right)^2 + 4 \left(\sum_{i=1}^n x_i' y_i' \right)^2}}{2 \sum_{i=1}^n x_i' y_i'} \tag{3}$$

$$\delta_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(x_i' \cos \theta - y_i' \sin \theta \right)^2} / n, \delta_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(x_i' \sin \theta + y_i' \cos \theta \right)^2} / n \tag{4}$$

式中： x_i 、 y_i 为县域几何中心坐标； $\tan \theta$ 为椭圆方位角； x_i' 和 y_i' 分别为县域中心到平均中心的坐标偏差； δ_x 和 δ_y 分别为沿*x*轴和*y*轴的标准差。

2.2.3 泰尔指数模型

当研究样本可分为多个群组时，泰尔指数（Theil index）按样本容量可测度组间差距与组内差距，其值越大说明差异越大，反之则越小。构建中越边境带广西段与云南段国土空间泰尔指数，研究贸易—经济—人口系统对国土空间演变区域差异的影响程度。计算公式为^[17]：

$$T_g = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_g} \times \ln \left(\frac{S_i}{S_g} / \frac{q_i}{q_g} \right)$$
(5)

$$T_y = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_y} \times \ln \left(\frac{S_i}{S_y} / \frac{q_i}{q_y} \right)$$
(6)

$$T_1 = q_g \times \ln \left(\frac{S_g}{q_g} \right) + q_y \times \ln \left(\frac{S_y}{q_y} \right)$$
(7)

$$T_2 = q_g \times \left[\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_g} \times \ln \left(\frac{S_i}{S_g} / \frac{q_i}{q_g} \right) \right] + q_y \times \left[\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_y} \times \ln \left(\frac{S_i}{S_y} / \frac{q_i}{q_y} \right) \right]$$
(8)

$$T = \left[q_g \times \ln \left(\frac{S_g}{q_g} \right) + q_y \times \ln \left(\frac{S_y}{q_y} \right) \right] + \left[q_g \times \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_g} \times \ln \left(\frac{S_i}{S_g} / \frac{q_i}{q_g} \right) + q_y \times \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_y} \times \ln \left(\frac{S_i}{S_y} / \frac{q_i}{q_y} \right) \right]$$
(9)

式中： T_g 、 T_y 分别为广西段、云南段国土空间泰尔指数； T_1 和 T_2 分别为区域间和区域内国土空间泰尔指数； T 为中越边境带国土空间泰尔指数； S_i 为第*i*个县某类空间占整个边境带该类空间的比例； S_g 、 S_y 分别表示广西段、云南段某类空间占整个边境带该类空间的比例。选取边境贸易额、GDP和常住人口表征贸易—经济—人口系统对边境地区国土空间格局演变区域差异的影响。其中 q_i 为第*i*个县边境贸易额、GDP或人口占整个边境带边境贸易额、GDP或人口的比例； q_g 和 q_y 分别是广西段和云南段边境贸易额、GDP或人口占整个边境带边境贸易额、GDP或人口的比例。

3 结果分析

3.1 国土空间格局动态变化分析

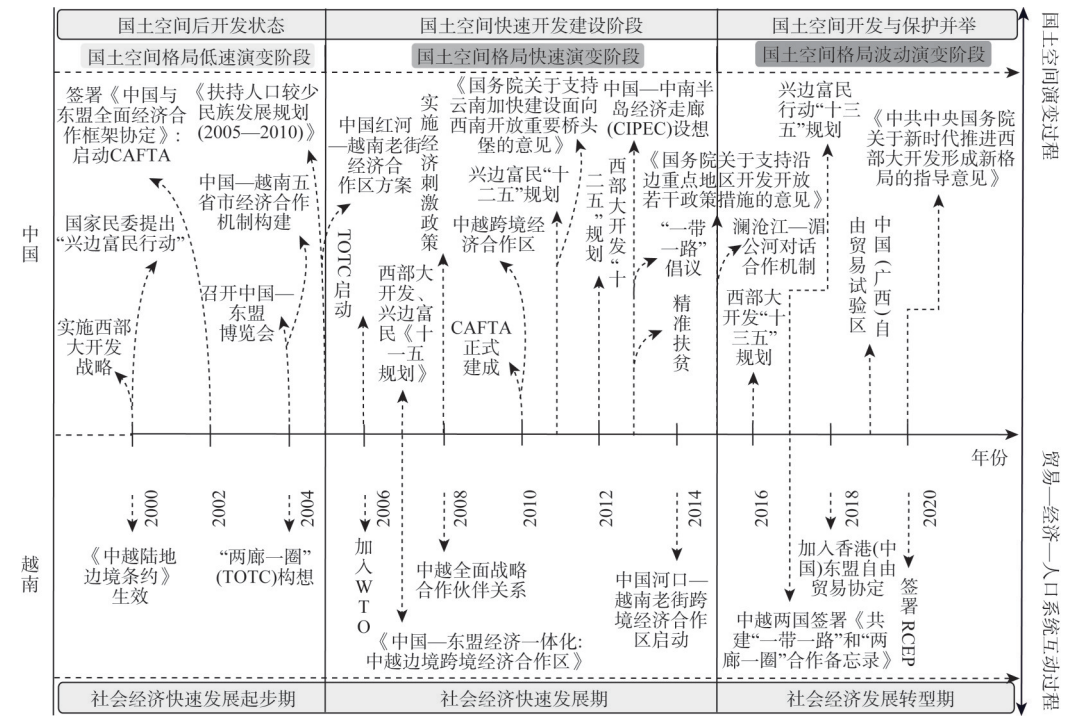
生态空间在中越边境带国土空间格局中占据优势地位，城镇空间面积增加，农业、生态空间面积减少，国土空间格局演变符合区域资源禀赋和社会经济发展特征（表2）。从各类型空间面积变化来看，城镇化和工业化驱动人口与产业向城镇聚集，导致城镇空间始终处于扩张态势，2000—2020年新增126.21 km²。农业空间面积先增后缩，原因是

表2 2000—2020年中越边境带国土空间类型面积与动态度
Table 2 Territorial spatial type area and dynamic attitude of the China-Vietnam border zone from 2000 to 2020

空间类型	空间结构	国土空间面积/km ²					国土空间动态度/%			
		2000年	2005年	2010年	2015年	2020年	2000—2005年	2005—2010年	2010—2015年	2015—2020年
城镇空间	城镇生活空间	48.40	56.66	64.31	69.71	94.04	3.412	2.700	1.677	6.980
	工矿生产空间	36.70	40.25	40.79	67.53	117.27	1.940	0.268	13.111	14.730
	小计	85.10	96.92	105.11	137.24	211.31	2.777	1.690	6.114	10.794
农业空间	乡村生活空间	202.25	199.17	194.90	194.52	204.06	-0.304	-0.429	-0.039	0.981
	农业生产空间	6009.46	5983.98	6060.44	6042.02	6016.81	-0.085	0.256	-0.061	-0.083
	小计	6211.71	6183.16	6255.34	6236.53	6220.87	-0.092	0.233	-0.060	-0.050
生态空间	水域生态空间	215.70	217.39	235.56	237.84	281.96	0.156	1.671	0.194	3.710
	绿被生态空间	33315.80	33331.49	33242.51	33225.95	33129.67	0.009	-0.053	-0.010	-0.058
	小计	33531.50	33548.88	33478.08	33463.79	33411.63	0.010	-0.042	-0.009	-0.031
国土空间		39838.52	39838.52	39838.52	39838.52	39838.52	0.022	0.083	0.031	0.098

边境地区在上轮土地利用总体规划中加强了农村土地用途管制,人口城镇化驱动农村宅基地腾退,使乡村生活空间小幅收缩,但因城镇扩张、实施“村村通”等农村公共基础设施建设工程和“坡耕地还林”生态保护政策,导致后期农业生产空间面积减少。生态空间面积减少119.87 km²,变化趋势与农业空间一致,水域生态空间面积激增、绿被生态空间收缩,生态空间的阶段性增长主要受政策所致:《西部大开发“十一五”规划》安排西部地区荒山荒地造林任务233万hm²,其中西南岩溶地区重点实施石漠化综合治理工程,使前期生态空间面积减少趋缓,但为了保障社会经济建设,林地转为建设用地,导致后期生态空间面积加速减少。

国土空间格局变化速度存在明显的时序化差异。2000—2020年4个研究时段的国土空间综合动态度分别为0.022%、0.083%、0.031%和0.098%,城镇空间变化速度最快、农业空间次之、生态空间最小,国土空间格局演变加快由主要受自然环境的影响转向受愈加强烈的人类社会经济活动干扰。在各类开发开放政策和跨区域对话合作机制由酝酿阶段转为确立与完善的过程中,中越边境带国土空间也先后经历从欠开发状态到开发建设再到开发与保护并举的利用模式,国土空间格局演变呈现出“低速—高速—波动”的变化特征(图3)。城镇空间近年来剧烈变化,2015—2020年动态度达10.794%,其中工矿生产空间的动态度最高,主要受中越龙邦—茶岭(靖西市)、中越河口—老街(河口县)跨境经济合作区和东兴市国家重点开发开放试验区建设导致工矿用地快速增长的影响;城镇空间在2005—2010年变化速度较小,受经济危机影响,边境贸易活动、基础建设投



注:参考文献[31]和[36]完善。

图3 2000—2020年中越边境带系列发展政策及与越南的对话合作机制

Fig. 3 A series of development policies for the China-Vietnam border zone and a dialogue and cooperation mechanism between China and Vietnam from 2000 to 2020

资行为减少，城镇化和工业化增长速度放缓，经济和人口变化对城镇空间的干扰降低。农业空间变化速度逐渐趋快，由社会经济建设和耕地保护政策所致。生态空间在2005—2010年变化速度最高，由绿被生态空间减少所致；2015年以后生态空间变化速度较小，原因是绿被生态空间减少的速度在一定程度上与水域生态空间增加的速度冲抵。

3.2 国土空间格局演变过程分析

3.2.1 国土空间利用类型转移数量分析

中越边境带国土空间利用类型转移关系具有显著的阶段性差异特征。2000—2005年国土空间利用类型相互转换面积为573.43 km²，表现为生态空间与农业空间互转和城镇空间蚕食农业、生态空间（图4）。该时期边境地区处于快速发展的起步阶段，城乡系统要素流动慢，绿被生态空间与农业生产空间互换474.84 km²，主导了国土空间利用类型转移关系；乡村生活空间转入面积的96.15%来源于绿被生态、农业生产空间。2005—2010年国土空间利用类型互转面积为262.75 km²，主要特征是城镇、农业空间挤占生态空间。《兴边富民行动“十一五”规划》提出加强边境城镇的公路、物流贸易、进出口加工和国际商贸旅游集散地建设，加速城镇空间扩张，同时推动开垦后备资源补充耕地。2010—2015年国土空间利用类型转移强度与前一时段相仿，城镇空间持续挤占农业、生态空间。2015—2020年国土空间利用类型转移行为最活跃、规模最大，各类空间相互转移面积为2741.63 km²。随着加快土地资源供给侧结构性改革，通过土地整治措施有效推动低产农用地、疏林地、裸土地、空心村宅基地等低质低效土地向工矿、居住用地等优质高效领域流动，为工业振兴提供充足的空间保障，导致城镇空间高速扩张；农业和生态空间内部结构动态优化、规模缩小，农业生产与绿被生态空间互换频繁。2000—2020年

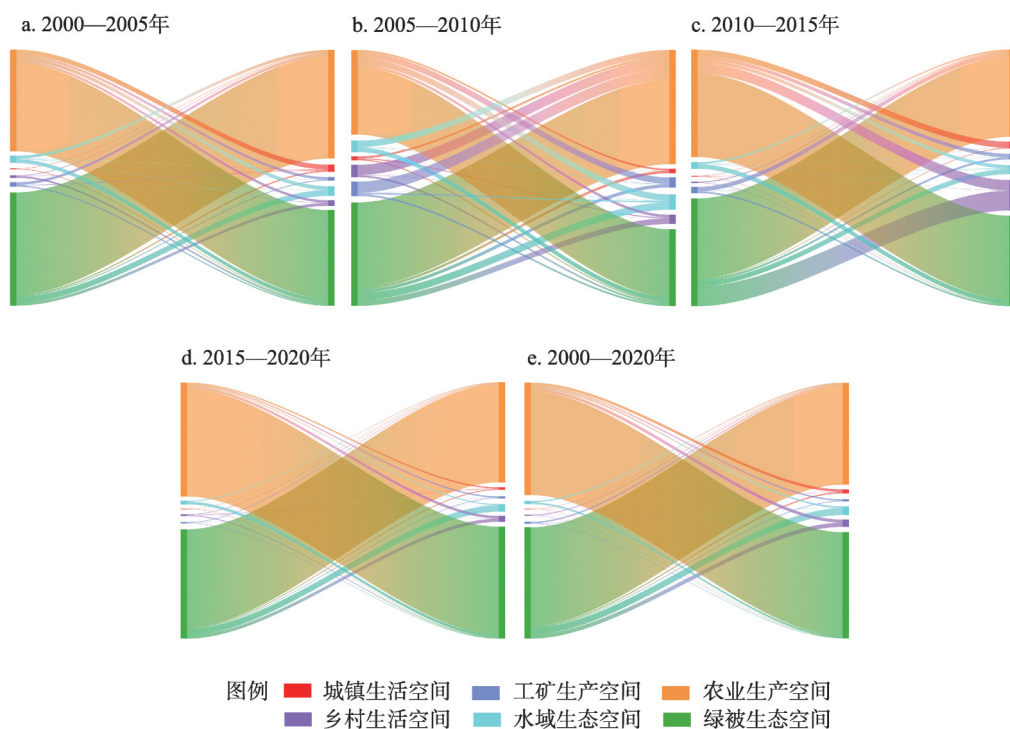


图4 2000—2020年中越边境带国土空间利用类型转移数量

Fig. 4 Amount of territorial space utilization type transfer in China-Vietnam border zone from 2000 to 2020

国土空间利用类型互换面积为2918.82 km²，演变特征由农业生产、绿被生态空间变化主导，二者互换面积占全域国土空间利用类型互换面积的87.82%。工矿生产空间分别从绿被生态、农业生产空间净转入53.04 km²、39.55 km²，城镇生活空间从绿被生态、农业生产空间净转入15.18 km²、39.55 km²，表明中越边境带城镇化以占用耕地为主，工业化以挤占林草地为主。

3.2.2 国土空间利用类型转移过程分析

中越边境带国土空间图谱变化具有多向性（图5）。2000—2020年绿被生态空间→农业生产空间（编码25）图谱变化最明显，集中在中部地势平坦地区；农业生产空间→绿被生态空间（编码52）图谱变化次之，集中在中部和西部的陡坡地区，表明“退耕还林”工作取得实效，但存在“农进林退、林扩农缩”的特征；绿被生态空间→工矿生产空间（编码24）和农业生产空间→工矿生产空间（编码54）集中在口岸城市的抵边区域，由于边境贸易快速发展，加快基础设施和边贸区的建设使工矿生产空间增加；绿被生态空间→城镇生活空间（编码23）和农业生产空间→城镇生活空间（编码53）集中在东南部的中心城区并逐渐向边境一线抵进，2014年起广西和云南两省区加大“产业—就业”式的精准扶贫力度，引导工农企业向抵边贫困区布局，使新增的城镇生活与工矿生产空间交融分布；绿被生态空间→水域生态空间（编码21）和农业生产空间→水域生态空间（编码51）集中在东南部北仑河口及境内流域沿岸，同时为改善农业生产条件，一些耕地和林地转为坑塘水面；绿被生态空间→乡村生活空间（编码26）和农业生产空间→乡村生活空间（编码56）均匀分布；乡村生活空间→农业生产空间（编码65）离散分布于各县，为保障粮食安全和落实耕地占补平衡政策，废弃宅基地复垦为耕地是农业生产空间的转入来源之一。

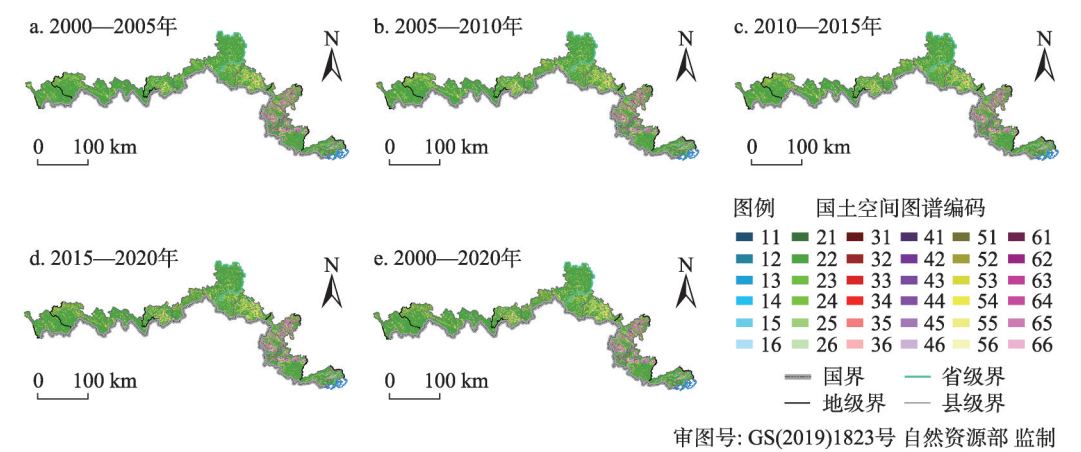


图5 2000—2020年中越边境带国土空间利用类型图谱

Fig. 5 Pattern of territorial space utilization in China-Vietnam border zone from 2000 to 2020

3.3 国土空间格局演变路径分析

中越边境带各类国土空间重心迁移路径复杂化。2000—2020年城镇生活、工矿生产、水域生态和乡村生活空间的重心迁移显著，绿被生态、农业生产空间因面积基数大，重心移动不明显（图6）。其中城镇生活空间呈“东南—西北—东南”迂回的迁移过程，2000—2010年标准差椭圆的X轴坐标值减小、Y轴坐标值增长，重心沿西偏北方向

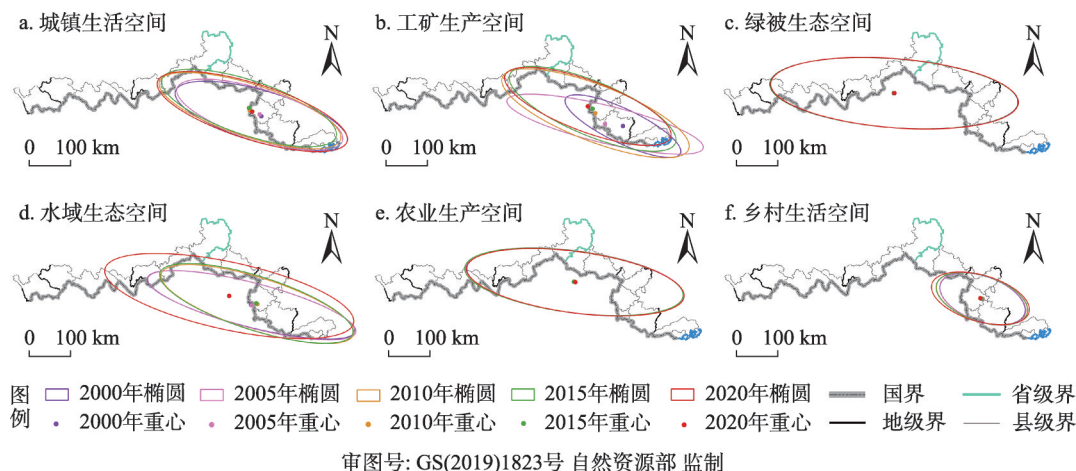


图6 2000—2020年中越边境带国土空间标准差椭圆

Fig. 6 The standard deviation ellipse of China-Vietnam border zone from 2000 to 2020

迁移,表明云南段该空间结构占比提高、空间分布均衡性增强;2020年标准差椭圆的 X 、 Y 轴坐标值变化与2010年相反,重心沿东偏南方向扩展。工矿生产空间重心表现为“东南—西北”的迁移格局,2010年标准差椭圆面积大幅扩增, Y 轴坐标值增长高于 X 轴减小的速度,重心沿西北方向的云南段移动,空间集聚效应减弱。绿被生态空间的重心呈现东移南进的变化轨迹;水域生态空间的标准差椭圆面积逐渐增加,重心由东南向西北移动,空间离散分布趋势愈加明显。农业生产空间的重心由东南偏西北细微迁移,近年来各县大力推进“小块并大块”的土地整治模式,使农业生产空间的集聚现象日趋明显。乡村生活空间的标准差椭圆面积扩大, X 轴坐标值持续减小, Y 轴坐标值先减后增,重心呈现“东南—西南—西北”的迁移现象,离散分布趋势明显、区域差异缩窄。

3.4 贸易—经济—人口系统对国土空间格局演变区域差异的影响分析

3.4.1 广西段与云南段泰尔指数比较

边境贸易对中越边境带国土空间格局演变区域差异的扰动程度更高。边境贸易额权重下的国土空间泰尔指数均高于人口和GDP权重下的国土空间泰尔指数,相比于经济发展水平和人口空间分布差异,边境贸易发展差异对国土空间格局演变的影响更大(表3)。2005年以前边境贸易额权重下广西段各类国土空间的泰尔指数高于云南段,原因是该时期广西段东南部与西北部的边境贸易发展极化,加剧国土空间格局演变的区域差异;云南段各县区均有陆路口岸,边境贸易发展均衡,国土空间泰尔指数较小。2005年以后边境贸易额权重下的云南段国土空间泰尔指数高于广西段,随着中国与东盟国家签署《中国—东盟全面经济合作框架协议》并启动建设中国—东盟自由贸易区,边境贸易均衡发展对广西段国土空间格局演变的影响减弱;由于原国家二类口岸的调整归并,云南段部分县贸易平台集聚加剧边境贸易额差距扩大,导致各县国土空间开发与保护强度存在区间差异。人口和GDP权重下广西段城镇、农业空间的泰尔指数高于云南段同类空间,表明广西段城镇、农业空间分布差异受人类活动的影响程度高于云南段。广西段、云南段城镇化率分别由2000年的17.32%、8.65%攀升至2020年的41.32%、33.51%,广西段各时段GDP均高于云南段,广西段国土空间面积小于云南段,但人口规模和经济发展水平明

表3 2000—2020年中越边境带广西段与云南段国土空间类型的泰尔指数
Table 3 Theil index of the territorial space types of the Guangxi and Yunnan sections of the
China-Vietnam border zone from 2000 to 2020

权重类型	年份	城镇空间 T_g	农业空间 T_g	生态空间 T_g	城镇空间 T_r	农业空间 T_r	生态空间 T_r
人口	2000	0.533	0.054	0.036	0.123	0.053	0.120
	2005	0.419	0.059	0.037	0.062	0.048	0.090
	2010	0.321	0.096	0.059	0.158	0.041	0.092
	2015	0.162	0.102	0.063	0.191	0.042	0.091
	2020	0.165	0.104	0.059	0.107	0.036	0.086
GDP	2000	0.205	0.292	0.215	0.085	0.112	0.149
	2005	0.187	0.202	0.164	0.041	0.098	0.138
	2010	0.171	0.181	0.176	0.090	0.089	0.139
	2015	0.055	0.187	0.172	0.105	0.076	0.125
	2020	0.086	0.194	0.178	0.052	0.086	0.131
边境贸易	2000	0.813	0.916	0.909	0.701	0.799	0.733
	2005	0.805	0.921	0.903	0.705	0.836	0.854
	2010	0.698	0.814	0.712	0.796	0.889	0.874
	2015	0.688	0.726	0.734	0.714	0.798	0.721
	2020	0.469	0.714	0.708	0.700	0.792	0.715

显高于云南段，由经济快速发展和城乡人口结构调整驱动广西段城镇与农业空间的互换，导致城镇、农业空间分布区域差异较大。人口和GDP权重下的云南段生态空间泰尔指数高于广西段，云南段该空间格局演变差异受人为活动的影响更大，根源是云南段快速城镇化、工业化导致城镇空间逐渐侵蚀生态空间，同时为修复石漠化区域生态环境而实施的生态退耕和封山育林政策，也提高了生态空间的集聚程度。

从国土空间泰尔指数的演化趋势来看（图7），在人口子系统影响下，广西段的农业、生态空间差异逐渐扩大，城镇空间差异先减后增，云南段同类空间的变化趋势与广西段相反。在经济子系统影响下，2015年以前广西段城镇空间差异减小，云南段城镇空间差异动态扩大；2015年以后广西段城镇空间差异骤增，云南段反之。广西段与云南段的生态、农业空间差异变化趋势基本一致，以2015年为界历经先缩小后扩大的演化过程，此阶段人口分布格局和经济发展水平对中越边境带国土空间格局演变的区域差异影响较大，人地系统的交互过程促进国土空间类型在不同程度上得到优化调整。在边境贸易子系统影响下，广西段“三区空间”的差异总体呈现逐渐缩小之势；云南段“三区空间”呈现先激增后骤减的变化过程，表明边境贸易活动对云南段国土空间格局演变的影响更大，调控边境贸易对城镇、农业、生态空间的影响是构筑一体化国土空间格局的重要举措。2000—2020年不同权重下的“三区空间”泰尔指数变化趋势明显，中越边境带在社会经济快速发展阶段，国土空间系统的稳定性较差，对人类活动行为的响应较敏感，应根据其对贸易—经济—人口系统演化的响应程度制定差异化的国土空间开发与保护措施。

3.4.2 区域间与区域内泰尔指数比较

比较中越边境带区域间与区域内国土空间泰尔指数可以发现，不论何种权重下的泰尔指数均呈现下降趋势，表明中越边境带贸易—经济—人口系统协调发展程度提高，对

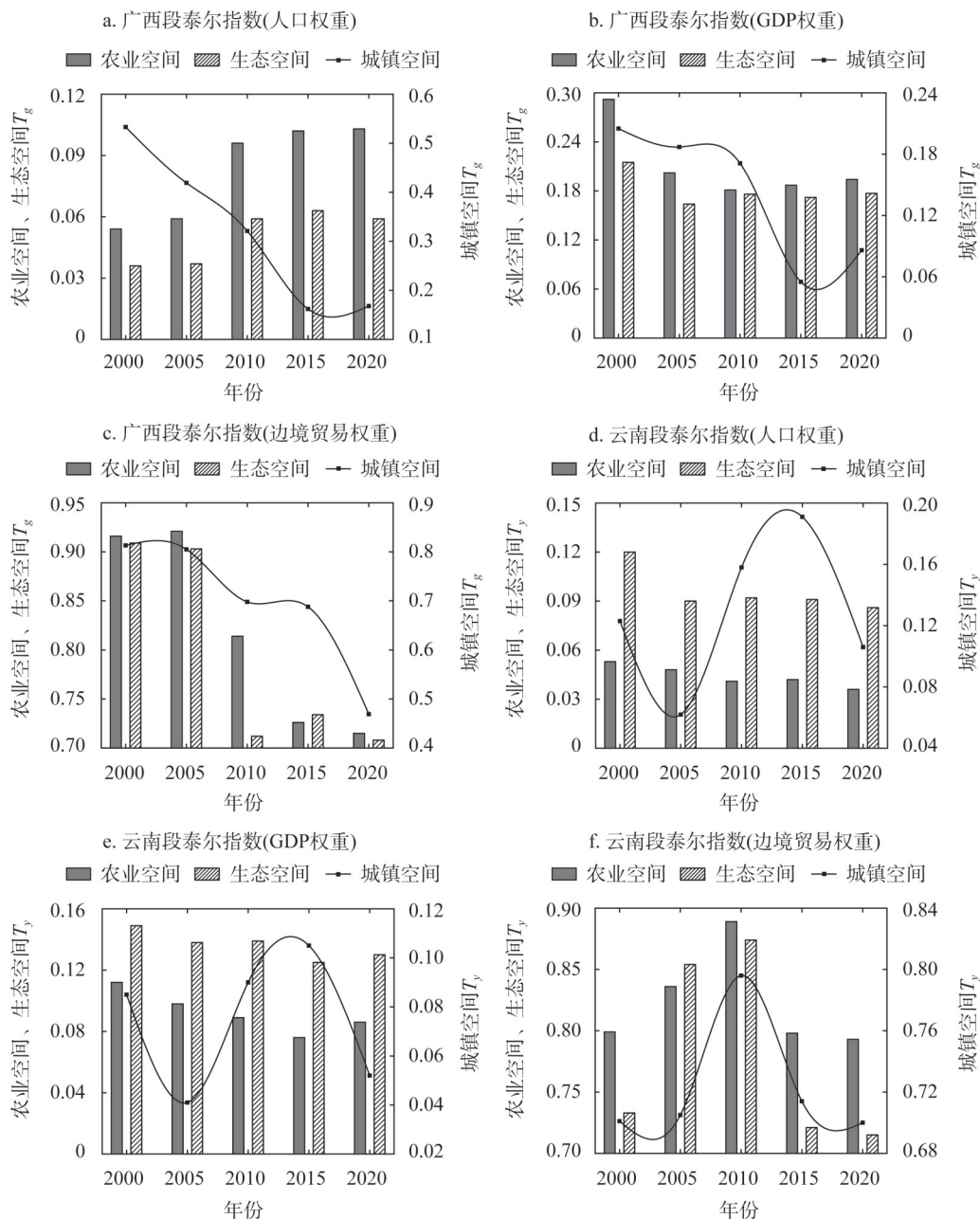


图7 2000—2020年中越边境带广西段与云南段国土空间泰尔指数趋势

Fig. 7 The evolution of the Theil index of the Guangxi and Yunnan sections of the China-Vietnam border zone from 2000 to 2020

“三区空间”分布差异的影响不断减小。从两类泰尔指数值来看,人口、GDP和边境贸易额权重下的区域间泰尔指数(T_1)均值分别为0.073、0.072和0.052,而对应权重的区域内泰尔指数(T_2)均值分别为0.124、0.153和0.760(表4)。区域内泰尔指数明显高于区域间泰尔指数,表明人口、经济和贸易系统影响下的国土空间总体差异(T)主要来源于广西段与云南段各县内部的城镇、农业和生态空间的分布差异。中越边境带、广西段

表4 2000—2020年中越边境带国土空间泰尔指数和区域间、区域内泰尔指数

Table 4 Territorial space Theil index and inter- and intra-regional Theil indexes in China-Vietnam border zone in 2000-2020

权重 类型	年份	城镇空间 T_1	农业空间 T_1	生态空间 T_1	城镇空间 T_2	农业空间 T_2	生态空间 T_2	城镇空间 T	农业空间 T	生态空间 T
人口	2000	0.270	0.004	0.058	0.362	0.054	0.071	0.632	0.058	0.129
	2005	0.239	0.006	0.050	0.267	0.054	0.060	0.506	0.060	0.110
	2010	0.085	0.016	0.028	0.245	0.070	0.074	0.330	0.086	0.102
	2015	0.118	0.015	0.029	0.175	0.074	0.076	0.293	0.089	0.105
	2020	0.135	0.011	0.026	0.138	0.073	0.071	0.273	0.084	0.097
GDP	2000	0.148	0.004	0.131	0.165	0.232	0.193	0.313	0.236	0.324
	2005	0.130	0.003	0.115	0.137	0.166	0.155	0.267	0.169	0.270
	2010	0.015	0.016	0.174	0.147	0.154	0.165	0.162	0.170	0.339
	2015	0.020	0.015	0.154	0.071	0.153	0.157	0.091	0.168	0.311
	2020	0.019	0.005	0.129	0.075	0.159	0.162	0.094	0.164	0.291
边境 贸易	2000	0.081	0.034	0.023	0.785	0.887	0.865	0.866	0.921	0.888
	2005	0.049	0.074	0.005	0.749	0.873	0.875	0.798	0.947	0.880
	2010	0.068	0.118	0.039	0.713	0.826	0.738	0.781	0.944	0.777
	2015	0.050	0.080	0.032	0.693	0.740	0.731	0.743	0.820	0.763
	2020	0.037	0.064	0.021	0.493	0.723	0.709	0.530	0.787	0.730

与云南段两个尺度之间的国土空间格局演变存在较大差异，调控“两段”内部“三区空间”格局演变是降低整个中越边境带国土空间区域差异的关键。

因为中越边境带国土空间格局演变的总体差异主要来源于各县区内部，所以需要观测区域内国土空间泰尔指数的变化趋势（图8）。人口权重下的区域内农业、生态空间差异（ T_2 ）有所扩大，城镇空间差异大幅缩减。GDP权重下的区域内农业、生态空间差异在2000年达到最大，2005年差异大幅缩小，之后泰尔指数稳定在均值水平；城镇空间差异总体较低，先后历经“骤减—稳升”的动态调整过程，随着中越边境带内部的工业化水平差距逐渐扩大，导致城镇空间的差异也明显提升。边境贸易权重下的中越边境带内部城镇、农业和生态空间的泰尔指数变化特征基本一致，演变差异均呈逐渐缩小的变化过程，虽然边境贸易额对各县区国土空间差异的影响逐渐减弱，但在该权重下的城镇、农业和生态空间的区域内泰尔指数均高于人口和GDP下的区域内泰尔指数，边境贸易因素是加剧中越边境带内部国土空间分异的重要因素之一。

4 讨论

4.1 国土空间格局演变区域差异对贸易—经济—人口系统的响应过程

地域分异规律交互作用形成边境地区国土空间格局，跨境贸易、社会经济和人口结构塑造国土空间格局演变的空间异质性^[6]。在中国聚焦边境地区发展出台的系列政策及与越南地缘政治经济关系的对话合作机制驱动下，中越边境带国土空间先后历经“后开发状态—快速开发建设—开发与保护并举”的利用模式，国土空间格局演变速度呈现出螺旋式上升的趋势，国土空间格局演变区域差异对贸易—经济—人口系统的响应过程具有阶段性：

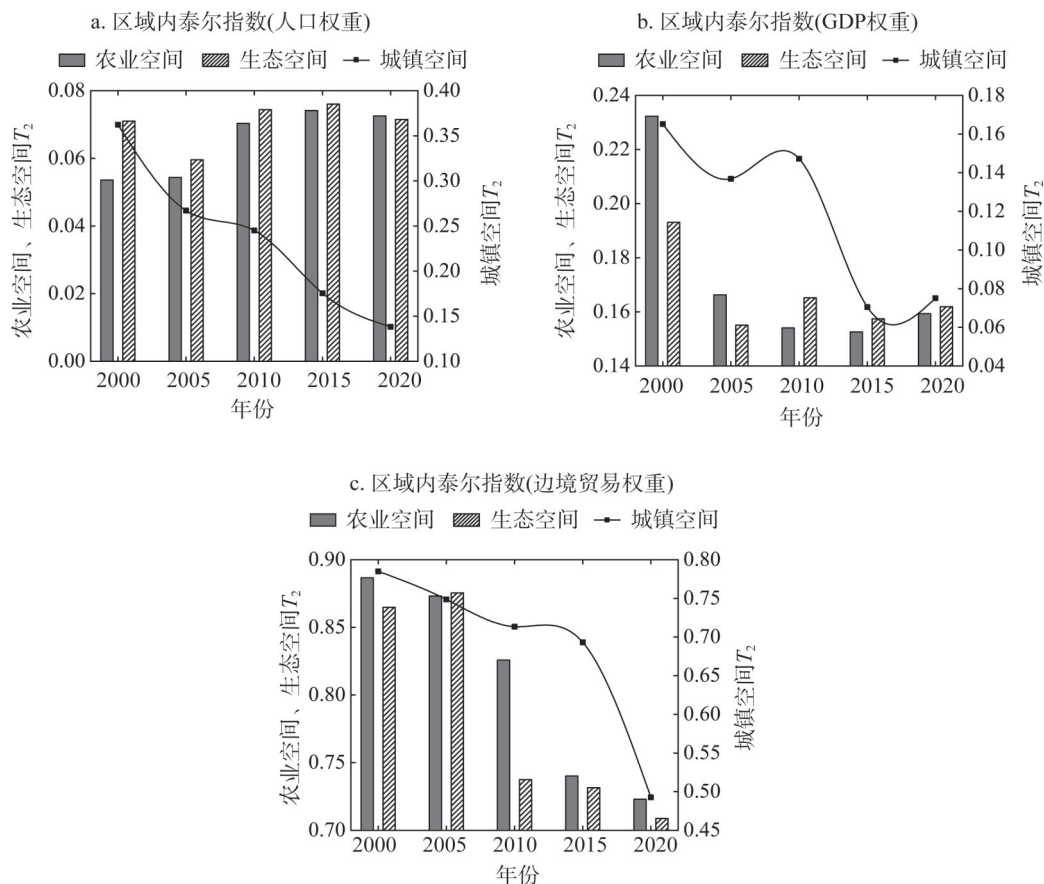


图8 2000—2020年中越边境带区域内国土空间泰尔指数变化

Fig. 8 Evolution of the Theil index of territorial space in the China-Vietnam border zone from 2000 to 2020

(1) 在社会经济快速发展起步的贸易—经济—人口系统交互关系简单化阶段(2000—2005年), 国土空间格局低速演变、区域差异较小。此阶段, 中越边境带国土空间处于待开发状态、人类活动对其干扰强度较低, 由农业空间和生态空间的演化主导格局演变: 首先农产品进出口是主要的双边贸易活动, 加上互贸通道局部集聚和跨境合作机制不完善、贸易关系单一, 城乡资源配置失调、城乡发展功能失衡^[37], 导致农业生产空间利用与开发存在区间差异; 其次受制于经济发展基础和国家、市场的投资偏好, 广西段热带水果和云南段橡胶林产业等农业贸易在中越边境带经贸系统中占据主导地位, 有力驱动未利用地等后备资源开发为耕地和林地, 农业和生态空间的格局演变存在地区差异; 最后边境地区农村人口占比高(2000年城镇化率仅为12.57%), 边民浓厚的“以城供幼、以乡养老”工作、生活理念, “一户多宅”现象愈加突出, 加之宅基地流转体制不畅、退出机制缺失, 加剧国土空间格局演变存在内部结构差异。(2) 在社会经济快速发展的贸易—经济—人口系统交互关系复杂化阶段(2005—2015年), 国土空间格局快速演变、区域差异扩大。随着中越全面经贸合作伙伴关系确立, 中越两国对话合作机制日渐完善和跨境经济合作区等各类边贸区建成, 中国逐渐加大中越边境带振兴力度, 先后出台西部大开发和兴边富民行动的“十一五”“十二五”规划, 重点推进公路网、贸易面等基础设施建设, 土地资源配置和公共投资倾向于城镇化、工业化基础好的城镇, 从

而导致建设用地侵蚀农业、生态用地。另外,为满足自身建设的原材料和资金积累需求,矿产资源开发和加工也是加速国土空间结构调整的重要根源,加剧城镇空间扩张主导下的农业和生态空间萎缩,国土空间格局演变区域差异扩大。(3)在社会经济发展转型的贸易—经济—人口系统交互关系有序化阶段(2015—2020年),国土空间格局波动演变、区域差异逐渐缩小。边境带由高速发展逐步转入高质量发展轨道,国土空间由城镇空间扩张主导转向城镇、农业、生态空间统筹协调的开发与保护模式,人—地—业关系愈发紧密、有序互动。一方面生态空间开发程度和强度最低,通过加大生态文明建设力度,关停高污染采矿业,修复裸露山体和治理河流水域,促进生态空间“有进有出”的波动变化^[21];另一方面严格耕地保护,一些开发区、边贸区通过修编核减了建设规模和优化空间布局,城镇和农业空间集约开发水平攀升。在日渐完善的边境地区发展政策、跨境对话合作机制和经贸交流平台相互作用下,有力地促进了地方发展^[38],贸易—经济—人口系统协调发展对边境地区国土空间格局演变区域差异的影响程度逐渐降低,空间形态的稳定性明显提高(图9)。

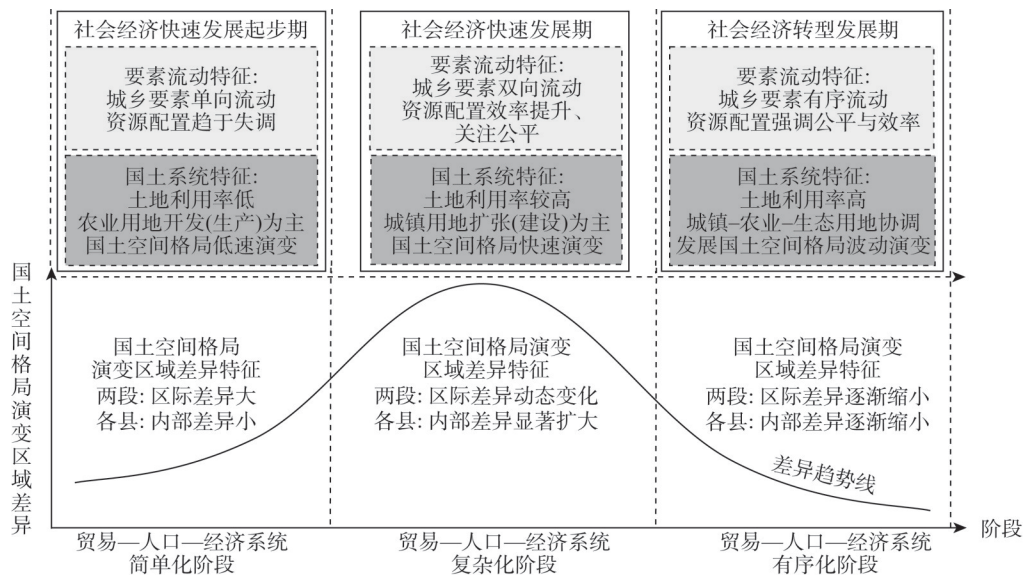


图9 国土空间演变区域差异对贸易—经济—人口系统的响应过程

Fig. 9 Response process of regional differences in territorial space evolution to Trade-Economy-Population system

4.2 国土空间格局演变区域差异调控措施建议

调控中越边境带国土空间区域差异有助于构筑面向东盟国家的“双循环”新发展格局。根据中越边境带国土空间格局演变的区域差异规律及其对贸易—经济—人口系统的响应过程,因地制宜、分类施策引导各类空间协同演变以促进地区均衡发展:(1)以城镇开发边界为依据,优化城镇空间开发格局。广西段应积极盘活城镇存量和低效建设用地,集约建设国家重点开发开放试验区、跨境经济合作区和自由贸易区等重大贸易平台;云南段要大力发展边境工业、农业贸易,改变以城镇扩张为导向的国土空间开发模式,加快构建城镇—农业—生态空间统筹协调的可持续国土空间开发与保护格局。(2)以永久基本农田为基底,扩大农业生产空间规模和优化农业空间结构。广西段要严格执行占补平衡的耕地保护政策,优化抵边地区城乡人口分布格局和规范抵边农村宅基

地利用审批手续,制止抵边耕地非法非农化行为,避免城镇化和工业化侵蚀农业生产空间;云南段应丰富农村产品进出口贸易体系、扩大橡胶产品进口,同时还需加大退化土地和未利用地复垦力度,实施宅基地整治和边境空心村充实工程,吸引边民回流,大力推进耕地集中连片整治工作,提高农业生产空间集聚优势。(3)以生态保护红线为核心,加大生态文明建设力度。广西段应以生态红线为保护核心,减少经济和人类活动对生态空间扰动,充分考虑生态空间功能质量的地域差异性,实施“核心—外围”的生态空间质量提升工程,逐步提高优质生态空间比例;云南段要推动实施生态移民、坡耕地还林等工程,严格在优质生境斑块和重要水源地附近设立探矿、采矿权,加快裸露土地复垦复绿工作,提升绿被生态和水生态系统的生境质量(图10)。

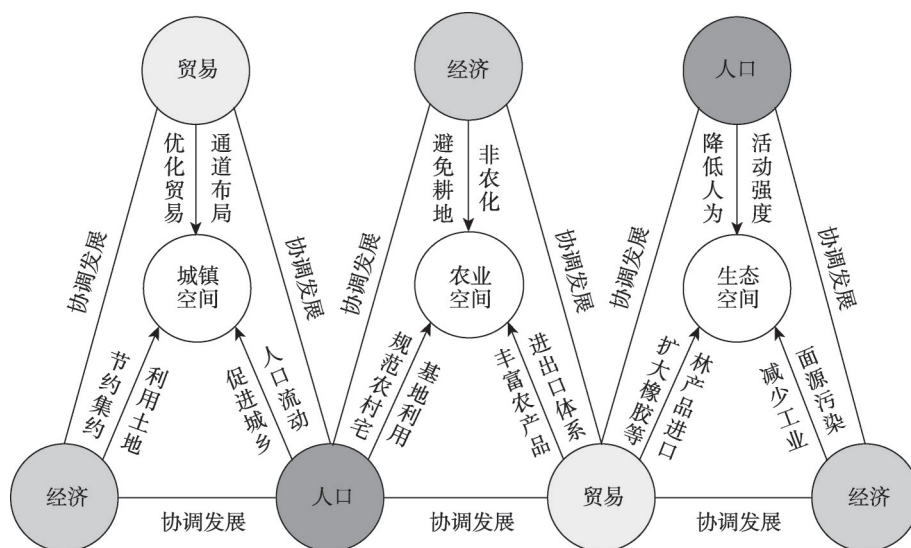


图10 贸易—经济—人口系统对国土空间演变区域差异影响的调控路径

Fig. 10 Regulation path of Trade-Economy-Population system on regional differences in territorial spatial evolution

5 结论与启示

在探讨贸易—经济—人口系统对国土空间格局演变区域差异的作用机制基础上,分析中越边境带城镇、农业和生态空间的动态变化、转移过程与迁移路径,计量贸易、经济和人口因素对其区域差异的影响程度,揭示国土空间格局演变区域差异演化的响应规律,可促进边境地区构筑统筹协调的国土空间开发与保护格局。主要研究结论如下:

(1) 中越边境带国土空间格局变化速度先缓后急,时序化差异特征明显。生态空间在国土空间中占据优势主导地位,城镇空间加速挤占农业、生态空间;城镇空间变化速度最快、农业空间次之、生态空间最小。广西段国土空间格局变化速度呈现先减后增的“U”型变化过程,云南段则呈现急剧探底后加速回升的“V”型变化特征。

(2) 中越边境带国土空间格局转移关系多样化,转移强度具有本地化差异。城镇空间挤压农业、生态空间,绿被生态空间与农业生产空间互换主导广西段与云南段国土空间格局演变特征,抵边地区农业、生态空间向城镇空间转移频繁,非抵边地区农业空间与生态空间互换加快。

(3) 中越边境带国土空间格局转移过程存在西北急东南缓的空间化差异。城镇生

活、工矿生产、水域生态和乡村生活空间的重心“西移北进”现象显著,绿被生态、农业生产空间重心位置呈现由东南偏西北迁移的微弱变化过程,云南段国土空间格局转型强度高于广西段。

(4) 贸易—经济—人口系统对中越边境带国土空间格局演变区域差异的影响作用逐渐减弱,贸易因素对国土空间格局演变区域差异的扰动程度高于经济和人口因素。中越边境带国土空间格局演变区域差异对贸易—经济—人口系统的响应过程具有倒“U”型的阶段性特征,国土空间格局演变区域差异主要来源于广西段与云南段内部且逐渐缩小,广西段城镇、农业空间分布差异受经济和人口的影响高于云南段,云南段生态空间差异受经济和人口的影响更大,广西段国土空间格局演变区域差异受边境贸易的影响高于云南段。

不同区位国土空间格局演变区域差异的影响机制存在差异,经济发展方式是影响国土空间格局演变的关键要素。在内陆资源型城市,经济发展更易扰动国土空间变化,可能的原因与经济发展方式相对单一有关^[17]。而在边境地区,以边境贸易为依托形成多样化的经济增长极,加剧地区城镇化、工业化的差距,塑造了城乡人口和少数民族分布格局,对国土空间系统提出具有时空异质性的开发需求,故贸易发展对边境地区国土空间格局演变的区域差异起主导作用^[19,29],与人口、经济系统共同作用造就多阶段、多路径、多尺度的国土空间格局演变规律,并形成空间化、时序化和本地化等多维度的国土空间格局演变区域差异过程。此与特色旅游、非资源型城市的国土空间格局演变区域差异形成机理契合^[17,18]。分析特定可控要素交互作用对土地系统的影响机制有助于提出针对性的国土空间格局优化措施,但边境地区特别是抵边地区的国土空间利用模式复合化,国土空间格局演变影响因素复杂化、差异更显化,需要结合边民土地利用行为,加强微观尺度下抵边地区的国土空间格局演变区域差异及其形成机制研究,为边境地区制定差异化的管控措施保障国土空间的结构、格局和功能安全提供理论指导。

参考文献(References):

- [1] 张衍毓,陈美景. 国土空间系统认知与规划改革构想. 中国土地科学, 2016, 30(2): 11-21. [ZHANG Y Y, CHEN M J. Spatial systematic cognition and ideas on spatial planning system reform. China Land Sciences, 2016, 30(2): 11-21.]
- [2] SHI Z Q, DENG W, ZHANG S Y. Spatio-temporal pattern changes of land space in Hengduan Mountains during 1990-2015. Journal of Geographical Sciences, 2018, 28(4): 529-542.
- [3] 宋永永,薛东前,夏四友,等. 近40 a 黄河流域国土空间格局变化特征与形成机理. 地理研究, 2021, 40(5): 1445-1463. [SONG Y Y, XUE D Q, XIA S Y, et al. Change characteristics and formation mechanism of the territorial spatial pattern in the Yellow River Basin from 1980 to 2018, China. Geographical Research, 2021, 40(5): 1445-1463.]
- [4] 匡文慧. 新时代国土空间格局变化和美丽愿景规划实施的若干问题探讨. 资源科学, 2019, 41(1): 23-32. [KUANG W H. Issues regarding spatial pattern change of national land space and its overall implementation on beautiful vision in New Era. Resources Science, 2019, 41(1): 23-32.]
- [5] XU N, CHEN W X, PAN S P, et al. Evolution characteristics and formation mechanism of production-living-ecological space in China: Perspective of main function zones. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(16): 9910, Doi: 10.3390/ijerph19169910.
- [6] WANG J, HE T, LIN Y F. Changes in ecological, agricultural, and urban land space in 1984-2012 in China: Land policies and regional social-economical drivers. Habitat International, 2018, 71: 1-13.
- [7] SONG Y Y, XUE D Q, DAI L H, et al. Land cover change and eco-environmental quality response of different geomorphic units on the Chinese Loess Plateau. Journal of Arid Land, 2020, 12(1): 29-43.
- [8] LI S N, ZHAO X Q, PU J W, et al. Optimize and control territorial spatial functional areas to improve the ecological stability and total environment in karst areas of Southwest China. Land Use Policy, 2021, 100: 104940, Doi: 10.1016/j.land

- dusepol.2020.104940.
- [9] WANG S L, QU Y B, ZHAO W Y, et al. Evolution and optimization of territorial-space structure based on regional function orientation. *Land*, 2022, 11(4): 505. Doi: 10.3390/land11040505.
- [10] 时振钦, 邓伟, 张少尧. 近25年横断山区国土空间格局与时空变化研究. *地理研究*, 2018, 37(3): 607-621. [SHI Z Q, DENG W, ZHANG S Y. Spatial pattern and spatio-temporal change of territory space in Hengduan Mountains Region in recent 25 years. *Geographical Research*, 2018, 37(3): 607-621.]
- [11] 曲衍波, 王世磊, 朱伟亚, 等. 黄河三角洲国土空间演变的时空分异特征与驱动力分析. *农业工程学报*, 2021, 37(6): 252-263. [QU Y B, WANG S L, ZHU W Y, et al. Spatial-temporal differentiation characteristics and driving force of territorial space evolution in the Yellow River Delta. *Transactions of the CSAE*, 2021, 37(6): 252-263.]
- [12] 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. *地理学报*, 2017, 72(7): 1290-1304. [LIU J L, LIU Y S, LI Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "production-living-ecological" spaces in China. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(7): 1290-1304.]
- [13] 孔冬艳, 陈会广, 吴孔森. 中国“三生空间”演变特征、生态环境效应及其影响因素. *自然资源学报*, 2021, 36(5): 1116-1135. [KONG D Y, CHEN H G, WU K S. The evolution of "production-living-ecological" space, eco-environmental effects and its influencing factors in China. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(5): 1116-1135.]
- [14] 崔家兴, 顾江, 孙建伟, 等. 湖北省三生空间格局演化特征分析. *中国土地科学*, 2018, 32(8): 67-73. [CUI J X, GU J, SUN J W, et al. The spatial pattern and evolution characteristics of the production, living and ecological space in Hubei province. *China Land Science*, 2018, 32(8): 67-73.]
- [15] 王世磊, 曲衍波, 宗海柠, 等. 市域国土空间格局多维度分解与传导路径. *自然资源学报*, 2022, 37(11): 2803-2818. [WANG S L, QU Y B, ZONG H N, et al. Research on multi-dimensional decomposition and conduction path of territory spatial pattern at the municipal level. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(11): 2803-2818.]
- [16] 韩美, 孔祥伦, 李云龙, 等. 黄河三角洲“三生”用地转型的生态环境效应及其空间分异机制. *地理科学*, 2021, 41(6): 1009-1018. [HAN M, KONG X L, LI Y L, et al. Eco-environmental effects and its spatial heterogeneity of "ecological-production-living" land use transformation in the Yellow River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(6): 1009-1018.]
- [17] 李江苏, 孙威, 余建辉. 黄河流域三生空间的演变与区域差异: 基于资源型与非资源型城市的对比. *资源科学*, 2020, 42(12): 2285-2299. [LI J S, SUN W, YU J H. Change and regional differences of production-living-ecological space in the Yellow River Basin: Based on comparative analysis of resource-based and non-resource-based cities. *Resources Science*, 2020, 42(12): 2285-2299.]
- [18] 焦庚英, 杨效忠, 黄志强, 等. 县域“三生空间”格局与功能演变特征及可能影响因素分析: 以江西婺源为例. *自然资源学报*, 2021, 36(5): 1252-1267. [JIAO G Y, YANG X Z, HUANG Z Q, et al. Evolution characteristics and possible impact factors for the changing pattern and function of "production-living-ecological" space in Wuyuan county. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(5): 1252-1267.]
- [19] 林树高, 陆汝成, 刘少坤, 等. 基于“三生”空间的广西边境地区土地利用格局及多功能演变. *农业工程学报*, 2021, 37(5): 265-274. [LIN S G, LU R C, LIU S K, et al. Land use pattern and multifunctional evolution in the border areas in the Guangxi Zhuang Autonomous Region based on "production-living-ecosystem" space. *Transactions of the CSAE*, 2021, 37(5): 265-274.]
- [20] 黄安, 许月卿, 卢龙辉, 等. “生产—生活—生态”空间识别与优化研究进展. *地理科学进展*, 2020, 39(3): 503-518. [HUANG A, XU Y Q, LU L H, et al. Research progress of the identification and optimization of production-living-ecological spaces. *Progress in Geography*, 2020, 39(3): 503-518.]
- [21] 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. *地理学报*, 2022, 77(3): 534-546. [JIN G, GUO B S, CHENG J H, et al. Layout optimization and support system of territorial space: An analysis framework based on resource efficiency. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(3): 534-546.]
- [22] 张雪飞, 王传胜, 李萌. 国土空间规划中生态空间和生态保护红线的划定. *地理研究*, 2019, 38(10): 2430-2446. [ZHANG X F, WANG C S, LI M. Demarcating ecological space and ecological protection red line under the framework of territory spatial planning. *Geographical Research*, 2019, 38(10): 2430-2446.]
- [23] 高晓路, 吴丹贤, 周侃, 等. 国土空间规划中城镇空间和城镇开发边界的划定. *地理研究*, 2019, 38(10): 2458-2472.

- [GAO X L, WU D X, ZHOU K, et al. The urban space and urban development boundary under the framework of territory spatial planning. *Geographical Research*, 2019, 38(10): 2458-2472.]
- [24] 陈文广, 张青璞, 孔祥斌, 等. 基于“三线”统筹的省域永久基本农田布局优化规则与实证研究. *农业工程学报*, 2021, 37(15): 248-257. [CHEN W G, ZHANG Q P, KONG X B, et al. Optimizing rules and empirical research of provincial permanent basic farmland layout based on the "Three-line" coordination. *Transactions of the CSAE*, 2021, 37(15): 248-257.]
- [25] 黄贤金, 陈逸, 赵云泰, 等. 黄河流域国土空间开发格局优化研究: 基于国土开发强度视角. *地理研究*, 2021, 40(6): 1554-1564. [HUANG X J, CHEN Y, ZHAN Y T, et al. Optimization on land spatial development pattern in the Yellow River Basin: From the perspective of land development intensity. *Geographical Research*, 2021, 40(6): 1554-1564.]
- [26] 王静, 曹卫星, 刘晶晶, 等. 泛“胡焕庸线”过渡带的地学认知与国土空间开发利用保护策略建构. *经济地理*, 2022, 42(3): 22-32. [WANG J, CAO W X, LIU J J, et al. Geographical cognition of transitional zone of Pan-Hu Huanyong Line and construction of land development, utilization and preservation strategies. *Economic Geography*, 2022, 42(3): 22-32.]
- [27] 李思楠, 赵筱青, 普军伟, 等. 西南喀斯特典型区国土空间功能质量评价及耦合协调分析: 以广南县为例. *自然资源学报*, 2021, 36(9): 2350-2367. [LI S N, ZHAO X Q, PU J W, et al. Territorial space function quality evaluation and coupling coordination analysis in typical karst areas of Southwest China: A case study of Guangnan county. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(9): 2350-2367.]
- [28] 周鹏, 邓伟, 张少尧, 等. 太行山区国土空间格局演变特征及其驱动力. *山地学报*, 2020, 38(2): 276-289. [ZHOU P, DENG W, ZHANG S Y, et al. Evolution characteristics and its driving force of territory space pattern in the Taihang Mountain, China. *Mountain Research*, 2020, 38(2): 276-289.]
- [29] 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. *中国土地科学*, 2021, 35(12): 98-108. [WEI S Y, LU R C, LIN X N, et al. Study on the evolution and mechanism of territorial space pattern of land border area in Guangxi. *China Land Science*, 2021, 35(12): 98-108.]
- [30] 魏伟, 尹力, 谢波, 等. 国土空间规划背景下黄河流域“三区空间”演化特征及机制. *经济地理*, 2022, 42(3): 1-13. [WEI W, YIN L, XIE B, et al. Spatial-temporal evolution characteristics and mechanism of "three-function space" in the Yellow River Basin under the background of territorial spatial planning. *Economic Geography*, 2022, 42(3): 1-13.]
- [31] 肖池伟, 李鹏, 封志明. 地缘政治经济背景下中老—中越边境地区橡胶林时空扩展特征研究. *地球信息科学学报*, 2022, 24(8): 1512-1524. [XIAO C W, LI P, FENG Z M. Spatial-temporal pattern of rubber expansion in the borderlands of Sino-Lao and Sino-Vietnam in the Geo-political context. *Journal of Geo-information Science*, 2022, 24(8): 1512-1524.]
- [32] 冯广京, 王睿, 谢莹. 国家治理视域下国土空间概念内涵. *中国土地科学*, 2021, 35(5): 8-16. [FENG G J, WANG R, XIE Y. The connotation of territorial space from the perspective of national governance. *China Land Science*, 2021, 35(5): 8-16.]
- [33] 丁明磊, 杨晓娜, 赵荣钦, 等. 碳中和目标下的国土空间格局优化: 理论框架与实践策略. *自然资源学报*, 2022, 37(5): 1137-1147. [DING M L, YANG X N, ZHAO R Q, et al. Optimization of territorial space pattern under the goal of carbon neutrality: Theoretical framework and practical strategy. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(5): 1137-1147.]
- [34] SONG T, CHENG Y, LIU W D, et al. Spatial difference and mechanisms of influence of geo-economy in the border areas of China. *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(12): 1463-1480.
- [35] 宋周莺, 祝巧玲. 中国边境地区的城镇化格局及其驱动力. *地理学报*, 2020, 75(8): 1603-1616. [SONG Z Y, ZHU Q L. Spatio-temporal pattern and driving forces of urbanization in China's border areas. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(8): 1603-1616.]
- [36] 林树高, 陆汝成, 叶宗达, 等. 中越边境地区国土空间功能时空演变与耦合协调. *中国土地科学*, 2022, 36(9): 91-102. [LIN S G, LU R C, YE Z D, et al. Spatial evolution and coupling coordination of territorial space functions in the China-Vietnam border area. *China Land Science*, 2022, 36(9): 91-102.]
- [37] 刘彦随, 龙花楼, 李裕瑞. 全球乡城关系新认知与人文地理学研究. *地理学报*, 2021, 76(12): 2869-2884. [LIU Y S, LONG H L, LI Y R. Human geography research based on the new thinking of global rural-urban relationship. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(12): 2869-2884.]
- [38] 娄帆, 李小建, 白燕飞. 1978年以来中国沿海与内陆经济格局的转折分析. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(5): 1-11. [LOU F, LI X J, BAI Y F. Spatial shift of economic development in China since 1978. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(5): 1-11.]

The influence of Trade-Economy-Population system on regional differences of territorial space pattern evolution in border areas: Take the China-Vietnam border zone as a case

LIN Shu-gao¹, ZHU Pei-xin^{1,2}, LU Ru-cheng³, BI Jia-gang¹

(1. College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. China Resources & Environment and Development Academy, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3. School of Natural Resources and Surveying and Mapping, Nanning Normal University, Nanning 530001, China)

Abstract: Clarifying the relationship between People-Land-Industry is the theoretical basis for revealing the regional heterogeneity of land spatial pattern evolution. On the basis of discussing the influence mechanism of the Trade-Economy-Population system on the regional differences in the spatial evolution of the border areas, this paper applies the geo-transfer map and the standard deviation ellipse model to analyze the spatial evolution of Urban-Agricultural-Ecological space, and uses the Theil index model to measure the impact of trade, economic and population factors on the regional differences. The results show that: (1) There was a sequential difference in the change speed of territorial space pattern in the China-Vietnam border zone, which first slowed down and then accelerated. The change speed of Guangxi section showed the a 'U-type' evolution characteristic of decreasing first and then increasing, while the change speed of Yunnan section showed a 'V-type' change process of sharply falling to the bottom and then accelerating to rise. (2) The evolution of territorial space pattern in the China-Vietnam border zone responded to the localized differences in the regional development system. The agricultural and ecological spaces in border areas were frequently converted into urban space, and the conflict between agricultural and ecological space in the non-border areas was expedited. (3) The evolution of territorial space pattern in the China-Vietnam border zone was spatialized, which was acute in the northwest and slow in the southeast. The center of gravity of urban and agricultural space moved west to north, while the center of gravity of ecological space moved from southeast to northwest. The evolution intensity of territorial space pattern in Yunnan section was higher than that in Guangxi section. (4) The effect of Trade-Economy-Population system on the regional differences in territorial spatial evolution gradually weakened, and the disturbance degree of trade subsystem on territorial space pattern evolution was higher than that of economic and population subsystem. Border trade, economic development and population distribution shape the temporal, local and spatial pattern of border areas. Regulating the impact of border trade on territorial space is an important measure to alleviate spatial conflicts in border areas.

Keywords: territorial space; Urban-Agricultural-Ecological space; regional differences; human-environment system; border area; China-Vietnam border zone