

城乡融合背景下秦巴山区县域 “三生”空间时空演变

李晨曦^{1,2}, 吴国超¹, 吴克宁³, 张乐彤¹, 吴靖瑶⁴, 魏洪斌⁵, 靳知锬⁶

[1. 西安建筑科技大学 公共管理学院, 陕西 西安 710055;

2. 陕西地建-西安交大土地工程与人居环境技术创新中心, 陕西 西安 710049;

3. 中国地质大学(北京) 土地科学技术学院, 北京 100083; 4. 陕西省地质调查中心, 陕西 西安 710068;

5. 自然资源部 国土整治中心, 北京 100035; 6. 中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队, 陕西 西安 710003]

摘要: [目的] 探究秦巴山区“三生”空间时空演变及“三生”用地占比影响因素, 为区域协调生态保护与经济发展的矛盾以及推动县域城乡融合与可持续发展提供参考。[方法] 以秦巴山区为例, 综合运用空间分析、转移矩阵等方法定量测算“三生”空间的时空演变特征。在构建“三生”用地占比评价指标体系的基础上, 运用最优参数地理探测器模型, 识别影响“三生”用地格局的主导驱动因子并解析其交互作用机制。[结果] ①秦巴山区“三生”空间格局呈现“生态增加, 生产减少, 生活快速扩张”的演变趋势。②秦巴山区土地利用呈现“结构稳定, 内部剧变”的时空格局, 2010年后变化显著。③秦巴山区“三生”用地综合指数呈“西高东低, 南高北低”的态势。④人口密度是普适性主导因子, 而政府财政支出作为关键调控变量, 通过基础设施投资与生态保护修复双向调节生产与生态空间。森林覆盖率构成生态空间的基底, 生活用地扩张与环境污染状况之间存在显著关联。[结论] 在生态保护区严格执行生态红线管控, 巩固退耕还林成果。在城镇发展区控制建设用地规模, 优化空间布局。通过财政投入的精准导向, 促进土地利用结构的优化调整。未来需进一步强化规划引领和政策保障。

关键词: “三生”空间; 最优参数地理探测器; 土地利用; 时空演变; 秦巴山区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2026)02-0366-12

中图分类号: X321, F205

文献参数: 李晨曦, 吴国超, 吴克宁, 等. 城乡融合背景下秦巴山区县域“三生”空间时空演变[J]. 水土保持通报, 2026, 46(2): 366-377. Li Chenxi, Wu Guochao, Wu Kening, et al. Spatiotemporal evolution of productive-living-ecological space at county level of Qinling-Daba Mountains area under background of urban-rural integration [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2026, 46(2): 366-377.

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2026.02.021

CSTR: 32312.14.stbctb.2026.02.021

Spatiotemporal evolution of productive-living-ecological space at county level of Qinling-Daba Mountains area under background of urban-rural integration

Li Chenxi^{1,2}, Wu Guochao¹, Wu Kening³, Zhang Letong¹, Wu Jingyao⁴, Wei Hongbin⁵, Jin Zhikun⁶

[1. School of Public Administration, Xi'an University of Architecture and Technology,

Xi'an, Shaanxi 710055, China; 2. Joint Technology Innovation Center for Land Engineering and

Human Settlements of Shaanxi Land Engineering Construction Group Co., Ltd. and Xi'an Jiaotong

University, Xi'an, Shaanxi 710049, China; 3. School of Land Science and Technology, China University of

Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an, Shaanxi 710068, China;

5. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China; 6. Shaanxi

Branch of China National Geological Exploration Center of Building Materials Industry, Xi'an, Shaanxi 710003, China]

Abstract: [Objective] The spatiotemporal evolution of productive-living-ecological space (PLES) and the

收稿日期: 2025-09-08

修回日期: 2025-11-23

采用日期: 2025-11-28

资助项目: 教育部人文社会科学研究一般项目“城乡融合发展视域下黄河流域乡村生产空间重构作用机制与实现路径研究”(23YJC630076); 陕西省自然科学基金基础研究计划青年项目“陕西省乡村产业发展的时空演化过程、联农带农效应及调控策略研究”(2025JC-YBQN-413); 陕西地建-西安交大土地工程与人居环境技术创新中心开放基金资助项目(2024WHZ2056); 国家自然科学基金项目(42171261)

第一作者: 李晨曦(1988—), 男(汉族), 陕西省咸阳市人, 博士, 副教授, 主要从事土地资源评价与利用规划方面的研究。Email: lichexi@xauat.edu.cn.

通信作者: 吴国超(2002—), 男(汉族), 广东省兴宁市人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源评价与利用规划。Email: gcwu@xauat.edu.cn.

influencing factors of its land use composition in the Qinling-Daba Mountains area are investigated in order to provide a reference for resolving conflicts between ecological conservation and economic development and promoting county-level urban-rural integration and sustainable development. [Methods] Taking the Qinling-Daba Mountains area as a case study, the spatiotemporal evolution of PLES was quantitatively analyzed by integrating spatial analysis with a land use transition matrix. An evaluation indicator system for PLES land use composition was established, and the optimal parameters-based geodetector model was employed to identify the dominant drivers of PLES patterns and to analyze their interaction mechanisms. [Results] ① The PLES pattern in the Qinling-Daba Mountains area showed a trend of expanding ecological space, shrinking production space, and rapidly growing living space. ② Land use in the Qinling-Daba Mountains area exhibited a spatiotemporal pattern of overall structural stability with intense internal transformation, particularly significant after 2010. ③ The comprehensive PLES index was higher in the western and southern regions and lower in the eastern and northern regions. ④ Population density was a universal dominant factor, while government fiscal expenditure served as a key regulatory variable, regulating production and ecological space through infrastructure investment and ecological conservation and restoration initiatives. Forest coverage formed the foundation of ecological space, and there is a significant correlation between residential land expansion and environmental pollution. [Conclusion] In ecological conservation zones, strict enforcement of ecological redlines is essential to consolidate the achievements of the Grain for Green Program. In urban development zones, the scale of construction land should be controlled and spatial layouts optimized. Targeted fiscal investment guidance is crucial for optimizing the land use structure. Future efforts should strengthen planning guidance and policy safeguards.

Keywords: productive-living-ecological space; optimal parameters-based geodetector; land use; spatio-temporal evolution; Qinling-Daba Mountains area

2020年底,中国脱贫攻坚战取得全面胜利。这一成果实现了联合国可持续发展目标(SDGs)中的第1项——消除贫困,更体现出中国在扶贫领域的重要进展。随着新型城镇化与乡村振兴战略的推进,城乡结构正由“二元”转变为“融合”“一体化”。中国共产党第二十届三中全会提出,“城乡融合发展是中国式现代化的必然要求”,要求持续完善城乡融合发展体制机制。统筹协调国土空间规划是促进城乡融合发展的关键^[1]。在此背景下,城乡地域系统生产空间、生活空间、生态空间正经历重构与演变。“三生”空间是开展城乡融合发展空间治理的3个维度^[2],揭示了人地关系演变的内在逻辑与作用机制^[3]。

土地利用转型让土地要素作为城乡发展的连接点^[4]。合理的土地利用转型促进城乡空间布局优化,通过改善资源配置与公共服务,加速城乡融合发展^[5]。此外,土地利用效率与城乡融合发展呈正相关^[6]。而“三生”空间正是对土地多功能性的深化与中国化实践,“三生”空间演变的本质是土地利用转型^[7]。城乡融合发展不仅是人口和经济的融合,更是社会、空间和生态等维度的融合^[8],其目标在于城乡功能互补、居民福祉均等、人与自然和谐共生。因此,应因地制宜谋发展,加快生产要素流动,以产业发展驱动生产空间的重构与效率提升^[9]。以提高居

民生活质量为首要任务,推动公共服务供给和基础设施建设,进而实现生活空间布局优化^[10]。县域是国家治理的基本单元,“三生”空间的合理布局是城乡融合发展的“助推器”^[11]。“三生”空间现有研究集中于格局演变及驱动因素^[12-13]、空间冲突及优化建议等^[14-15]方面,研究尺度涵盖国家^[16]、省域^[17]、市域^[18]、县域^[19]、单一乡村^[20]、平原等^[21],但仍存在局限与不足。现有研究往往将生产、生态和生活空间的影响因素割裂看待,忽视城乡要素流动对“三生”空间格局重塑的关键驱动作用。此外,还缺乏对跨省区域内县域单元的综合探讨,难以支撑跨省域的协同治理。

秦巴山区既是中国南北地理、气候的分界线,又是国家生态安全的核心屏障和南水北调中线工程的水源命脉。同时,该地区集革命老区、大型水库库区和自然灾害易发多发区于一体,是集中连片特困地区,其内部面临着巩固脱贫攻坚成果、全面推进乡村振兴的任务。因此,对该区域开展“三生”空间研究具有典型性和特殊性。本研究通过探讨秦巴山区“三生”空间现状及其成因,提出空间布局优化对策建议,为解决城乡发展差异提供参考。

1 研究区概况

秦巴山区位于中国中部地区(103°44′—113°14′E,

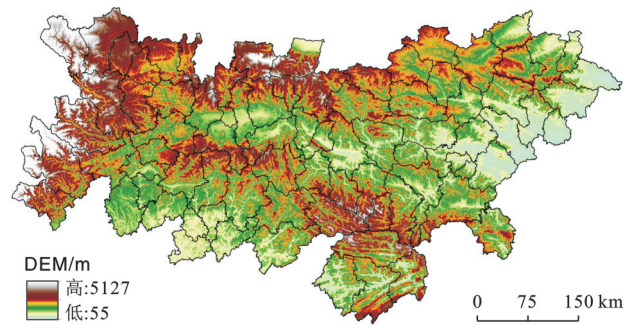
30°29′—34°38′N), 横跨陕、甘、豫、鄂、渝、川, 共下辖 18 市 81 县(市、区), 总面积约 $2.25 \times 10^5 \text{ km}^2$, 是秦岭与大巴山的交会地带(图 1)。秦巴山区以山地丘陵为主, 间有盆地; 气候类型多样, 垂直变化显著; 水系发达, 径流资源丰富。地区生产总值由 2012 年的 6.22×10^{11} 元提升到 2022 年为 1.44×10^{12} 元, 但经济发展水平仍较为落后。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

本研究使用由中国科学院资源环境科学与数据中心 (<https://www.resdc.cn/>) 获取的 2000, 2010, 2020, 2023 年 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 分辨率的中国土地利用遥感监测数据。参照《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017), 并结合秦巴山区的实际情况, 划分土地利用类型(表 1)。评价指标数据来源于国家青

藏高原科学数据中心、《中国县域统计年鉴》和研究区各县统计年鉴、统计公报以及政府工作报告, 经整理得出县域面板数据。



注: 该图基于自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2019) 1822 号的标准地图制作。底图边界无修改。下同。

图 1 秦巴山区数字高程模型
Fig.1 Digital elevation model (DEM) of Qinling-Daba Mountains area

表 1 “三生”空间土地利用功能分类

Table 1 Classification of land use functions in productive-living-ecological space

“三生”空间土地利用功能分类		土地利用类型的二级分类
一级地类	二级地类	
生产用地	农业生产用地	水田、旱地
	工矿生产用地	其他建设用地
生态用地	林地生态用地	有林地、灌木林、疏林地、其他林地
	草地生态用地	高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地
	水域生态用地	河渠、湖泊、水库、坑塘、滩地
	未利用地生态用地	裸土地、裸岩石质地、其他未利用土地
生活用地	城镇生活用地	城镇用地
	农村生活用地	农村居民点

“三生”空间的本质是对土地主导功能的界定。一块土地可能同时具备生产、生活或生态的多种功能, 但其主导功能决定了其在宏观空间格局中的分类归属。因此, 从土地利用类型到“三生”空间的转换, 核心是判断每一种土地利用类型所承载的“三生”功能中的主导功能。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵阐明不同土地利用类型变化的方向和数量以及结构特征, 反映各地类之间的相互转化关系, 从而识别转移前后不同地类的结构特征。其意义在于直观呈现在某时间段一定区域内土地利用类型变化情况。

2.2.2 土地利用动态度及结构差异

土地利用变化主要体现在土地利用类型变化、数量变化等方面。其中, 土地数量变化可用土地利

用动态度呈现, 包括单一土地利用动态度和综合土地利用动态度。

通过对研究区土地利用时空分异做定量分析, 得出结构差异度系数(c_t)。基于欧氏距离度量研究区两时点间差异, 且 c_t 越大, 结构差异性越大。计算公式为

$$c_t = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{bi} - P_{ai})^2} \quad (1)$$

式中: i 为土地利用类型; P_{ai} 和 P_{bi} 分别为研究期初期和末期第 i 类地类占总体比重; t 为不同研究时段。 c_t 分为微小差异 ($0 < c_t \leq 0.25$)、一般差异 ($0.25 < c_t \leq 0.50$) 和显著差异 ($0.50 < c_t \leq 1$)。

2.2.3 “三生”用地综合指数

“三生”用地利用程度的变化取决于人类对土地开发利用的程度。王思远等^[22]从生态学角度提出土地利用程度的综合分析方法, 将不同的土地利用类

型分成未利用土地级、林草水用地级、农业用地级和城镇用地级4级,并设定分级指数(表2)。

表2 土地利用程度分级指数

Table 2 Grading index of land use intensity

类型	土地利用类型	分级指数
未利用地	未利用地	1
林草水用地	林地、草地、水域	2
农业用地	耕地	3
城镇用地	城镇、农村、工矿	4

研究区的“三生”土地利用程度以“三生”用地综合指数来表达,计算公式为

$$L_j = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad (2)$$

式中: L_j 为“三生”用地综合指数; A_i 为第*i*级“三生”用地分级指数; C_i 为第*i*级“三生”用地分级面积百分比; n 为“三生”用地分级数。

$$\begin{aligned} \Delta L_{b-a} &= L_b - L_a \\ &= 100 \times \left[\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} - \sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right] \quad (3) \end{aligned}$$

式中: ΔL_{b-a} 为“三生”用地综合指数变化; C_{ia} 和 C_{ib} 分别代表*a*时期和*b*时期第*i*级“三生”用地分级面积百分比。根据该公式可计算“三生”土地利用的程度变化量。 $\Delta L_{b-a} > 0$,表示该区域的“三生”土地利用处于发展时期;反之,则处于调整期或衰退期。

2.2.4 最优参数地理探测器

地理探测器是由王劲峰等^[23]提出的一组探测地理空间分层异质性及其背后驱动力的统计学方法。为确定最佳的分层方法和分层数量,本研究采用最优参数地理探测器模型,主要应用分异及因子探测器和交互作用探测器^[24-25]。

人地关系地域系统理论认为,“人”和“地”通过复杂的相互作用构成一个动态开放的巨系统,而“三生”空间是人地相互作用最直接的空间体现和物质载体。任何一个核心驱动力都会协同作用于生产、生活、生态3个子系统,并且研究区资源环境要素的空间分异性相对较小。基于此,本研究参考相关文献^[26-28],考虑指标的系统性和可获取性,从人口融合、经济融合、社会融合、生态融合、空间融合5个维度选取12个指标构建评价体系(表3)。

表3 秦巴山区各县“三生”用地占比评价指标体系

Table 3 Evaluation indicator system for proportion of productive-living-ecological land in counties of Qinling-Daba Mountains area

维度层	指标层	属性	计算方式
人口融合	X_1 城镇化水平	+	城镇人口/地区总人口(%)
	X_2 人口密度	+	地区总人口/地区总面积(人/km ²)
	X_3 人均GDP	+	国内生产总值/地区总人口(万元/人)
经济融合	X_4 人均地方财政一般预算收入	+	地方财政一般预算收入/地区总人口(万元/人)
	X_5 人均社会消费品零售总额	+	社会消费品零售总额/地区总人口(万元/人)
社会融合	X_6 城乡居民收入差距指数	-	城镇居民人均可支配收入/农村居民人均可支配收入(%)
	X_7 人均城乡居民储蓄存款余额	+	住户存款余额/地区总人口(万元/人)
	X_8 人均地方财政一般预算支出	+	地方财政一般预算支出/地区总人口(万元/人)
生态融合	X_9 森林覆盖率	+	林地面积/地区总面积(%)
	X_{10} PM _{2.5} 浓度	-	每立方米当量直径≤2.5 μm的悬浮颗粒物含量(μg/m ³)
空间融合	X_{11} 人均耕地面积	+	耕地面积/地区总人口(m ² /人)
	X_{12} 人均建设用地面积	+	建设用地面积/地区总人口(m ² /人)

注:属性一栏“+”表示正向指标,“-”表示负向指标。

3 结果与分析

3.1 秦巴山区“三生”空间时空演变特征

3.1.1 时空格局演变

研究结果表明,2000—2023年,研究区生产用地面积减少 2.73×10^3 km²(图2),其原因在于该区

域持续推行“退耕还林”政策。农业结构不断调整,部分农田转为生态或建设用地。农业生产用地主要分布在秦巴山区的河谷、盆地和地势较平坦的区域,如汉江谷地、嘉陵江上游河谷等。这些地区土壤肥沃、水源充足,适合耕作,在空间上呈带状或片状分布,与河流走向一致。工矿生产用地面积增长迅速,

其中 2010—2023 年该地类增长幅度达 428.5%。伴随工业化进程提速,该区域矿产资源勘探开发力度持续加大,叠加地方政府的产业政策驱动,以及交通网络建设催生的采石场等配套用地需求,工矿用地实现快速扩张。该地类集中分布在城镇周边、交通干线附近和资源富集区。由于秦巴山区生态功能重要,工业生产用地规模较小,多位于河谷平原或山间盆地,空间上呈点状或集群分布。总体上,2010—2023 年生产用地面积变化幅度较 2000—2010 年更大。

研究区生态用地面积从 2000 年的 $1.58 \times 10^5 \text{ km}^2$ 增加至 2023 年的 $1.60 \times 10^5 \text{ km}^2$, 增加 $2.31 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。2000—2023 年生态用地主要扩张地类为林地和水域,增加面积分别为 $2.35 \times 10^3 \text{ km}^2$ 和 725 km^2 。林地广泛分布于秦巴山区的山地和丘陵地带,特别是海拔较高的区域,如秦岭主脊、大巴山腹地。林地覆盖率高,呈连续大片分布,是主要的生态屏障。水域沿河流、湖泊和水库分布,如汉江、丹江口水库、嘉陵江等流域,呈线状或面状特征,多位于河谷低地。在空间上,与生产用地和生活用地相邻。在绿色政策的推动下,公众环保意识提升,对生态服务功能的需求增加,因而区域的生态修复加强。草地面积呈先增

后降再升的变化趋势,面积累计减少 801 km^2 , 主要原因是部分草地在封育措施下自然演替为灌木林或乔木林,同时过度放牧导致草地退化以及造林工程中对草地的主动清除。草地常与林地交错,呈斑块状分布,空间上较分散。而未利用地呈零星点状分布,面积较小,常位于人类活动稀少的偏远地带。

研究区生活用地面积自 2000 年的 $1.50 \times 10^3 \text{ km}^2$ 上升为 2023 年的 $1.95 \times 10^3 \text{ km}^2$, 累计增加 445 km^2 , 增幅为 29.7%。2000—2023 年城镇和农村生活用地持续扩张,面积变化尤为明显,2000—2010 年面积分别增大 25.7% 和 3.4%, 2010—2023 年分别增大 42.2% 和 16.1%。由于人口集聚和经济发展,生活用地扩张速度较快。城镇生活用地集中分布在河谷平原、交通枢纽和经济中心,呈团块状或带状扩展,空间上与工业生产用地和农业生产用地相邻。而农村生活用地分散在农业生产用地附近,沿道路、河流或山谷分布,形成村落或乡镇,呈点状布局。农村居民点存在无序蔓延的困境,大部分农村居民点邻近耕地,反映出小农经济模式下生产与居住紧密关联的传统属性。与此同时,生活用地的增速远超生产与生态用地,且城镇用地扩张快于农村,凸显土地供给紧张与城镇化提速的冲突。

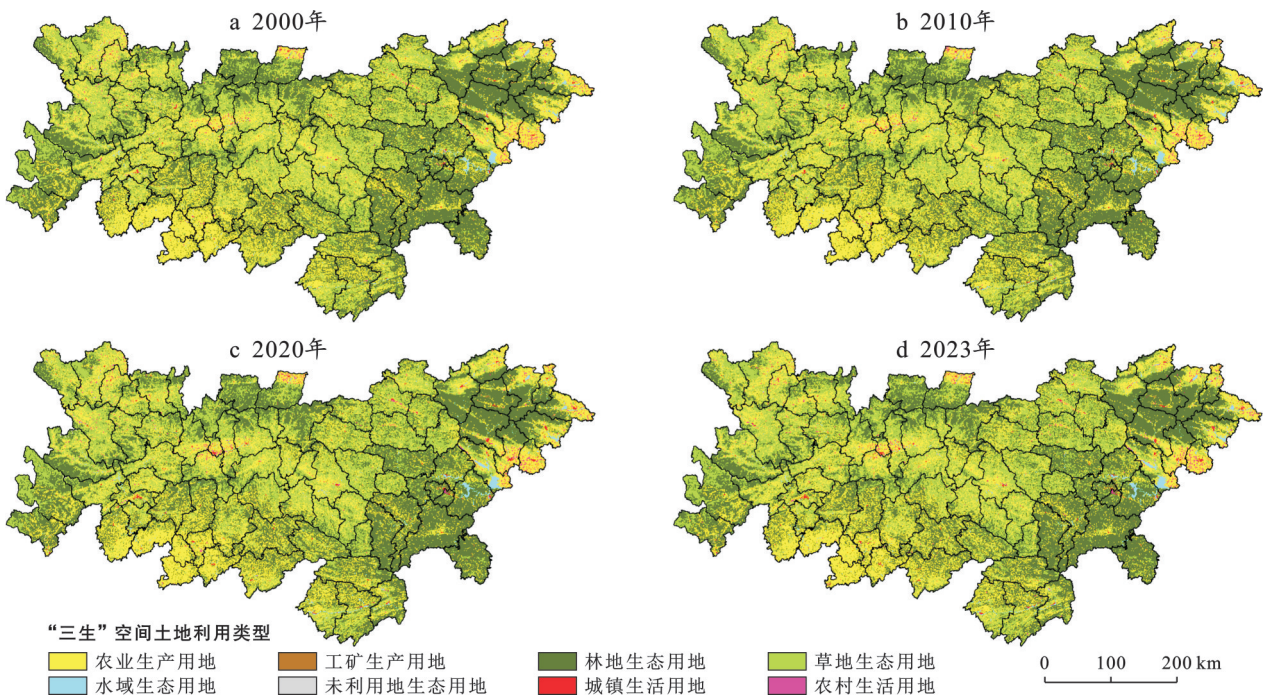


图 2 2000—2023 年秦巴山区“三生”空间土地利用现状

Fig.2 Land use status of productive-living-ecological space in Qinling-Daba Mountains area (2000—2023)

3.1.2 土地利用转移矩阵分析

研究区 2000—2010 年土地利用结构变化较小,各类用地的转入转出面积较小,变化面积为 $1.23 \times$

10^3 km^2 , 主要表现为林地、草地、水域面积的增加以及农业生产用地面积的减少,工矿生产用地、未利用地和生活用地功能类型的转变不明显;研究区 2010

—2023年土地利用结构变化较大,各类用地的转入转出面积较大,变化面积为 $9.71 \times 10^4 \text{ km}^2$,主要表现为工矿生产用地、林地和水域面积的增加以及农业生产用地和草地面积的减少(图3)。

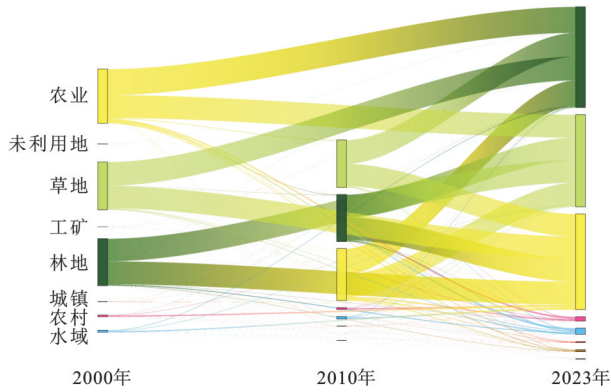


图3 秦巴山区土地利用转移桑基图

Fig.3 Sankey diagram of land use transition in Qinling-Daba Mountains area

2000—2023年研究区土地利用格局发生明显变化。农业生产用地转出面积较大,转出面积为 $3.39 \times 10^4 \text{ km}^2$,大部分转为林地、草地和水域,其次是生活用地。另外,工矿生产用地的转出面积为 83.0 km^2 ,转入面积为 673.0 km^2 ,其总面积增加。生态用地由 $1.58 \times 10^5 \text{ km}^2$ 增加至 $1.60 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。其中,转入面积变化最大的是林地生态用地,转入面积共计 $3.24 \times 10^4 \text{ km}^2$,占转入总面积的33.3%。同时,转出面积变化最大的是草地生态用地,转出面积共计 $3.05 \times 10^4 \text{ km}^2$,占转出总面积的31.3%。

2010年后秦巴山区土地利用变化加剧。低效耕地持续向林地转换是政策的核心体现,而生活用地和工矿用地的扩张则反映出社会发展的现实需求。草地面积在后期减少,揭示了生态修复过程中林草结构的动态调整及可能面临的退化压力。

3.1.3 土地利用动态度及结构差异

研究区在2000—2010年、2010—2020年和2000—2023年的结构差异度系数均小于0.25,故结构差异微小,表明该区域在研究期内土地利用结构总体趋于稳定,其原因在于秦巴山区以山地为主,适宜大规模开发的土地稀缺。从土地利用动态变化(图4)来看,3个时段的综合土地利用动态度分别为0.027%,1.666%和0.941%。工矿生产用地和城镇生活用地的动态度高,位列前二,但只能集中在有限河谷盆地,难以全面铺开。林地生态用地和草地生态用地的动态度低,位列末尾,因为该地类多位于陡坡地带,受开发限制,具有天然稳定性。

作为长江和黄河上游重要水源涵养地,研究区生态保护政策严格限制大规模开发,抑制了生态用地的转化。

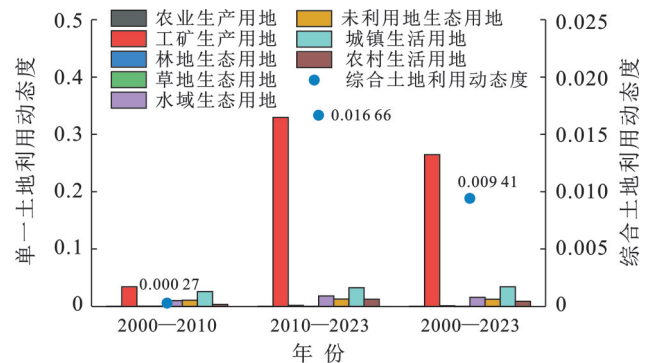


图4 秦巴山区“三生”空间土地利用动态度对比

Fig.4 Comparison of land use dynamic degree for productive-living-ecological space in Qinling-Daba Mountains area

3.1.4 “三生”用地综合指数变化特征

根据研究区实际情况,采用自然断点法,将2000,2010,2020,2023年县域“三生”用地指数划分为5个等级:低利用程度区、中低利用程度区、中利用程度区、中高利用程度区和高利用程度区。

生产用地指数呈现“西高东低”格局(图5)。西部四川盆地边缘(如仪陇县、苍溪县)生产用地指数显著高于东部鄂西、豫西山区,反映了地形条件与农业资源禀赋的差异。高利用程度区多呈团状分布,如南阳市西部、广元和巴中,形成农业经济板块,具备区域协同发展基础。低值区多与国家级自然保护区、水源涵养区重叠,如太白县、丹江口市,生态红线严格限制农业扩张。

生态用地指数呈“西低东高,南低北高”的态势(图6)。西部四川盆地和南部南阳盆地周边生态用地指数较低,说明开发强度大。东部秦岭核心区和北部秦岭山区生态用地指数高,说明生态保护强度大。部分区域指数显著上升,如淅川县、南召县、巴州区,主要是由于生态文明建设力度高,生态环境不断改善。太白县、留坝县受生态保护的刚性约束,生态用地指数持续处于高位。

生活用地指数“北高南低”格局明显(图7)。高值与中高值区主要集中在区域中心城市和交通枢纽,如汉台区、利州区、茅箭区等,凭借区位和交通优势,生活用地指数显著高于周边。然而,在秦岭、大巴山核心腹地的绝大多数县域,如太白县、留坝县、佛坪县等,生活用地指数极低且常年停滞,城镇化进程整体缓慢,城镇发展空间极为有限。

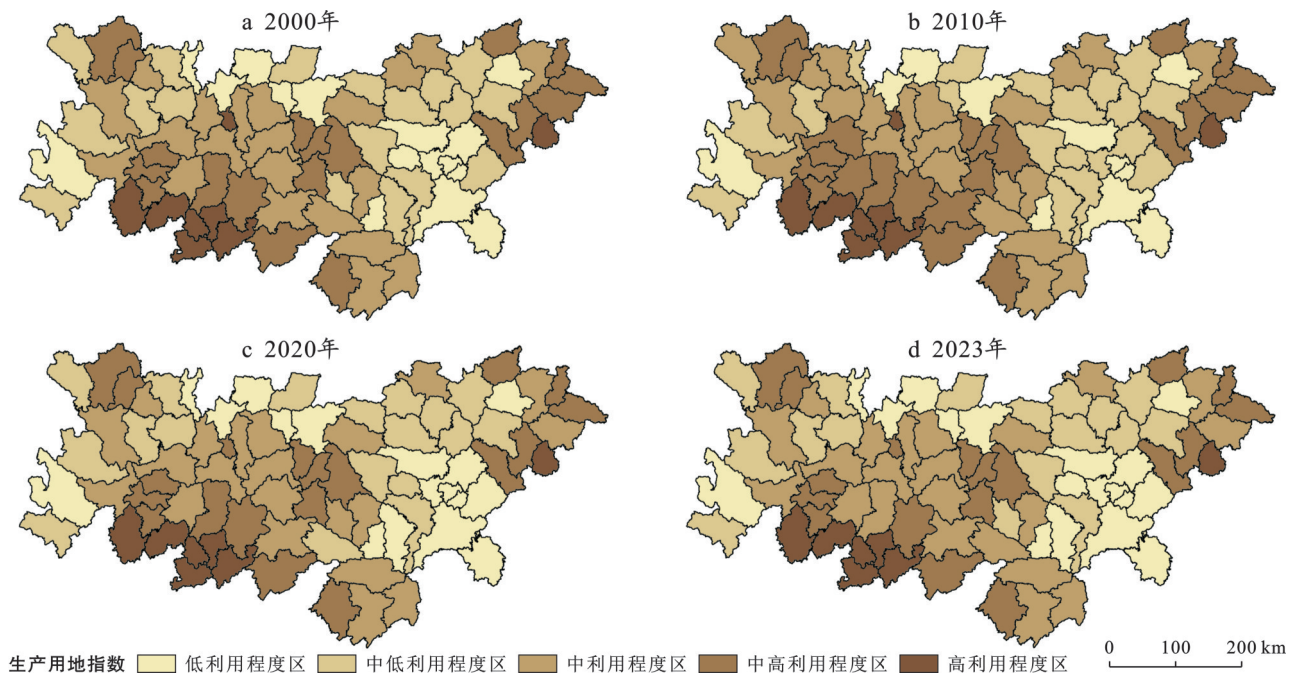


图 5 秦巴山区县域生产用地指数

Fig.5 Productive land use index at county level in Qinling-Daba Mountains area

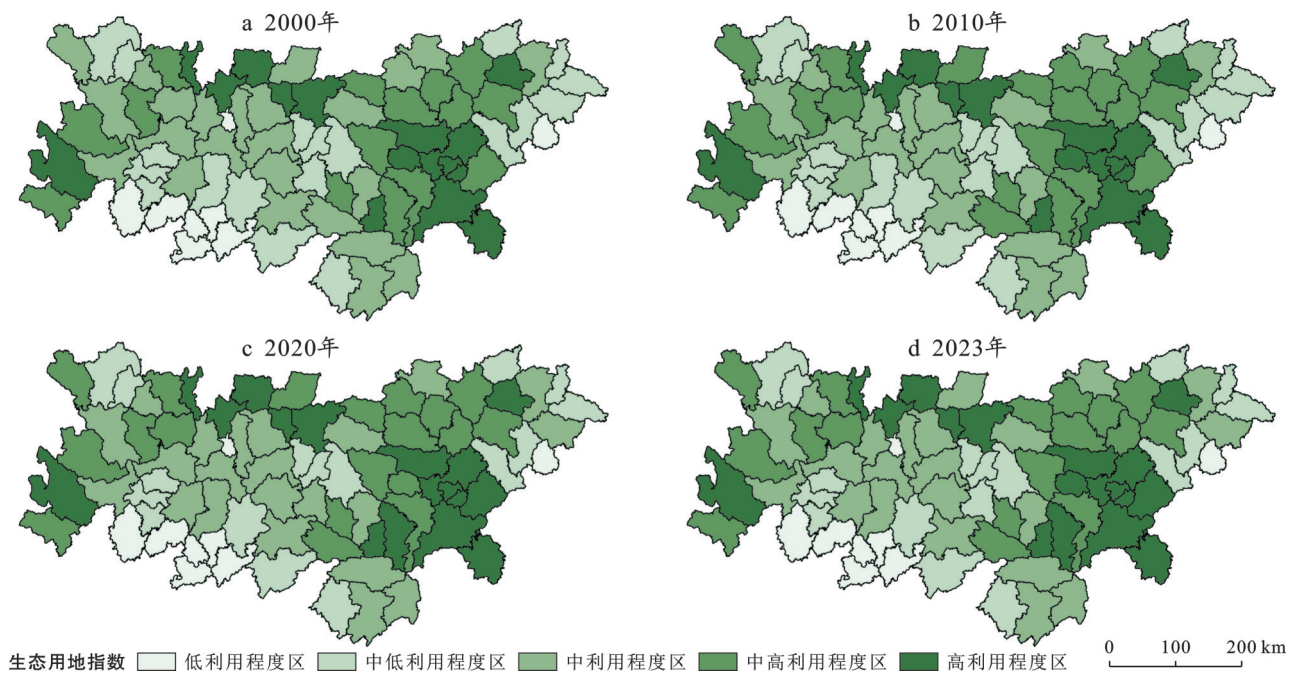


图 6 秦巴山区县域生态用地指数

Fig.6 Ecological land use index at county level in Qinling-Daba Mountains area

秦巴山区县域“三生”用地综合指数整体呈现“西高东低、南高北低”的空间分布特征(图 8)。西部地区及南阳盆地受成渝城市群与长江经济带辐射带动,兼具地形平坦与政策倾斜优势,因此土地开发强度较高。而东部及陕南、陇南地区受生态约束强、地形复杂等因素限制,开发程度普遍较低。

高利用程度区集中分布于四川盆地北缘、南阳盆地等经济较发达区域,以镇平县、仪陇县、苍溪县等为

代表,其主要特征在于区位优势显著,紧邻中心城市,人类活动密集,经济集聚效应明显,但所面临的生态环境压力较大。中高利用程度区包括鲁山县、利州区、朝天区等,主要位于区域中心城市周边或交通干线沿线。该类区域地势较为平缓,基础设施较为完善,经济活力较强,但土地利用效率仍可提升。中利用程度区分布于秦巴山区腹地及河谷平坝地带,如汉中盆地边缘、南阳盆地西部和重庆东北部,典型县域

包括嵩县、竹山县、城口县等。这些区域地形条件适宜农业,但产业结构层次偏低,易受自然灾害影响。中低利用程度区多分布于低山丘陵过渡带,如豫西伏牛山区、鄂西北山地和陕南部分地区,卢氏县、郧阳区、宁陕县等属于此类。该类区域虽具备一定农业基

础,人类活动与生态保护并存,但远离经济中心,经济转型困难。低利用程度区集中分布于秦巴山区核心生态保护区,如太白县、留坝县、郧西县等。这些区域地形复杂、海拔较高,生态敏感性突出,普遍面临人口“空心化”问题,发展高度依赖生态补偿与绿色产业。

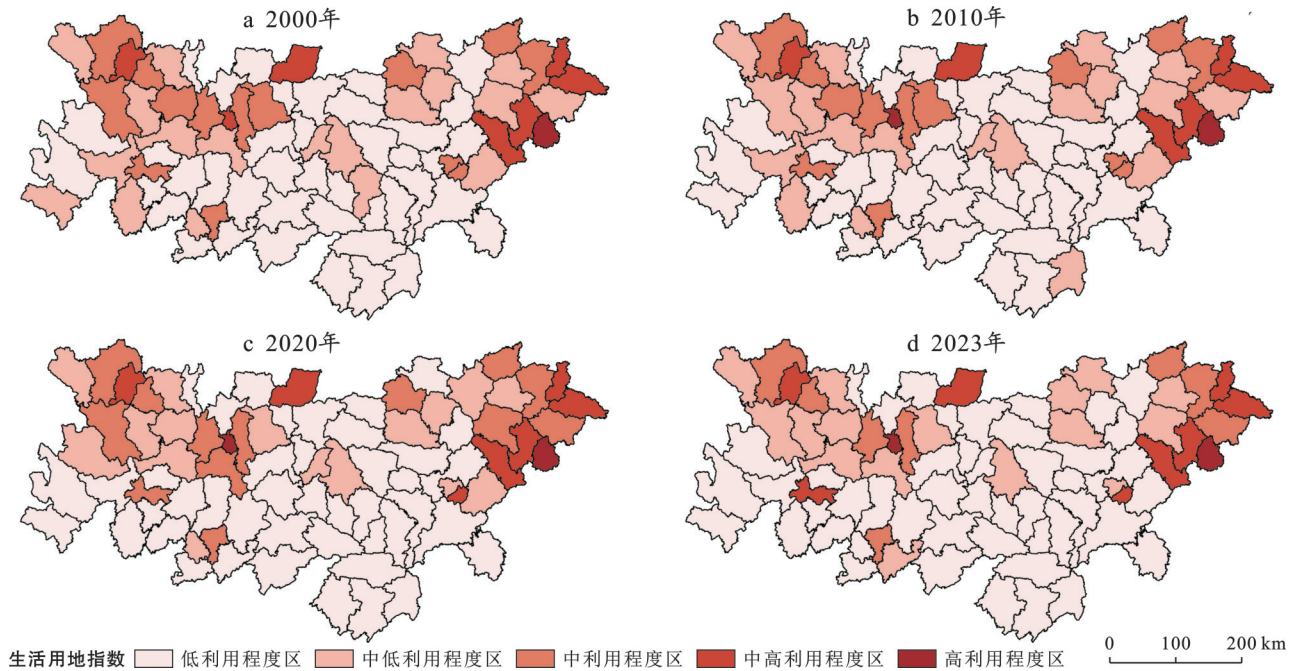


图 7 秦巴山区县域生活用地指数

Fig.7 Living land use index at county level in Qinling-Daba Mountains area

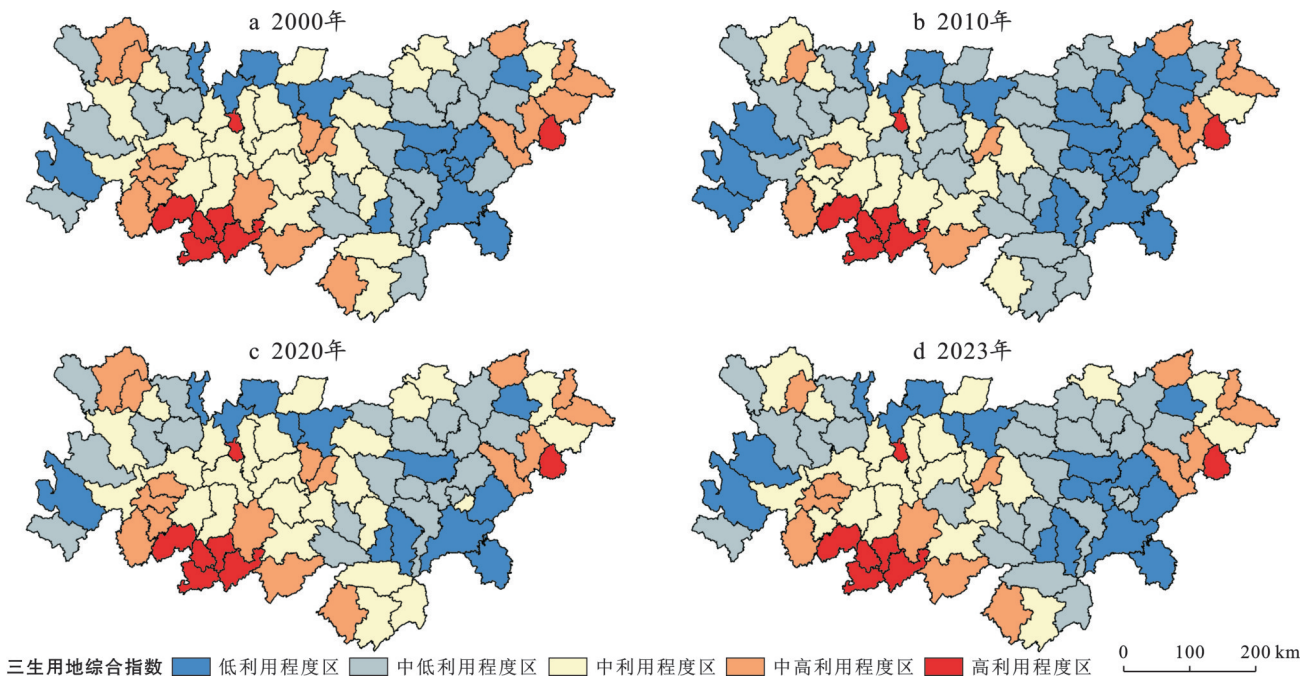


图 8 秦巴山区县域“三生”用地综合指数

Fig.8 Composite index of production-living-ecological land use at county level in Qinling-Daba Mountains area

“三生”用地综合指数与土地开发利用程度呈正相关。高利用程度区和低利用程度区均具有辐射带

动作用,促进或抑制周围区域土地开发利用程度。此外,2000—2010年秦巴山区 22.2% 县域处于发展

时期,而 64.2% 县域处于调整/衰退期。2010—2023 年秦巴山区 48.2% 县域处于发展时期,而 49.4% 县域处于调整/衰退期。高利用程度区以发展期主导,但分化明显;中利用程度区以调整期为主,表现为局部发展;低利用程度区以调整/衰退期为主。总体上,调整/衰退期县域较多,发展期县域比例上升。

3.2 秦巴山区“三生”用地占比的影响因素

3.2.1 单因子探测分析

表 4 表明,研究区生产用地占比的因子解释力排序为: $q(X_2) > q(X_9) > q(X_8) > q(X_{12}) > q(X_{10}) > q(X_4) > q(X_1) > q(X_3) > q(X_{11}) > q(X_6) > q(X_7) > q(X_5)$ 。其中,人口密度、森林覆盖率和人均地方财政一般预算支出的解释力均超过 40%,表明这 3 个因子是关键因素。人口密度越高,社会生产活动越集中。森林覆盖率高的地区易受国家法律法规的严格管制,即便能够开发,也会因高昂成本和潜在风险而搁置,进而抑制生产用地的扩张。而人均地方财政一般预算支出影响显著,表明政府可能通过基础设施建设和大规模产业投资调控生产用地。

研究区生态用地占比的因子解释力排序为: $q(X_2) > q(X_9) > q(X_8) > q(X_{10}) > q(X_{12}) > q(X_4) > q(X_1) > q(X_{11}) > q(X_6) > q(X_7)$ 。其中,人口密度、森林覆盖率和人均地方财政一般预算支出的解释力均超过 40%。一般而言,人口密度越高,生态用地占比越低,表明人口集聚会显著减少生态空间。森林覆盖率影响显著,进一步显示了研究区生态环境质量极佳。政府通过公共财政投入,实施环境污染治理、生态环境保护与修复等,推进了人与自然的和谐共生。同时,人均 GDP 和人均社会消费品零售总额无显著影响,说明单纯追求 GDP 增长或刺激消费并不能保护好生态空间,表明推动生态文明建设离不开政策导向。

研究区生活用地占比的因子解释力排序为: $q(X_2) > q(X_8) > q(X_{11}) > q(X_{10}) > q(X_7) > q(X_{12}) > q(X_9) > q(X_1) > q(X_6) > q(X_3) > q(X_5) > q(X_4)$ 。其中,人口密度解释力最强,说明人口密集地区对居住空间需求大,生活用地占比通常较高,反映出城乡融合中人口集聚对生活空间扩张的驱动作用。人均地方财政一般预算支出、人均耕地面积和 $PM_{2.5}$ 浓度的解释力均超过 50%。政府支出通过基础设施建设、公共服务配套等方式直接影响生活用地配置。而人均耕地面积大的地区生活用地占比可能较低,体现出土地资源分配中的冲突。城镇生活用地集中,往往伴随较高污染水平,反映出生态约束对生活空间布局的影响。

表 4 秦巴山区各县“三生”用地占比单因子探测结果
Table 4 Single-factor detection results for proportion of productive-living-ecological land in counties of Qinling-Daba Mountains area

驱动因子	Y_1 生产用地占比	Y_2 生态用地占比	Y_3 生活用地占比
	q_1	q_2	q_3
X_1	0.227 (***)	0.221 (***)	0.436 (***)
X_2	0.565 (***)	0.622 (***)	0.833 (***)
X_3	0.124 (***)	0.112 (—)	0.199 (***)
X_4	0.249 (***)	0.245 (***)	0.115 (***)
X_5	0.078 (***)	0.068 (—)	0.181 (***)
X_6	0.103 (***)	0.135 (*)	0.407 (***)
X_7	0.101 (***)	0.127 (**)	0.470 (***)
X_8	0.405 (***)	0.409 (***)	0.620 (***)
X_9	0.468 (***)	0.472 (***)	0.442 (***)
X_{10}	0.274 (***)	0.317 (***)	0.518 (***)
X_{11}	0.112 (***)	0.128 (***)	0.568 (***)
X_{12}	0.275 (***)	0.267 (***)	0.469 (***)

注:*,**,***分别表示在 10%,5% 和 1% 置信水平下显著相关;“—”表示无显著相关性。

3.2.2 交互因子探测分析

从生产用地占比的影响因素来看, $X_2 \cap X_{11}$ 的交互解释度最大,为 0.914,表明人口密度越高,耕地资源越紧张。 $X_1 \cap X_2$, $X_8 \cap X_9$, $X_2 \cap X_9$, $X_2 \cap X_3$ 的交互解释度均大于 0.8,说明人口密度、森林覆盖率和政府支出等关键因子之间存在强相关性。而 X_7 与 X_9 的交互作用呈单因子非线性减弱,表明生态约束决定生产用地格局,而人均储蓄存款余额代表潜在的消费与投资能力,趋于投入回报率高的生产性领域,使得生产用地扩张,由此对森林覆盖率产生影响。

从生态用地占比的影响因素来看, $X_2 \cap X_{11}$ 的交互解释度为 0.922,在所有交互对中最强。反映出在人多地少的区域,各类用地竞争异常激烈。耕地的保护压力会进一步挤压生态用地。 $X_1 \cap X_2$ 的交互解释度为 0.837,交互作用强。城镇化与人口密度本质上是同一进程的两个侧面,它们的强交互作用共同构成对生态用地的挤压效应。总体上,人口密度、森林覆盖率和政府支出这 3 个关键因子之间存在着强烈的交互作用。

从生活用地占比的影响因素来看, $X_2 \cap X_{12}$ 的交互解释度最大,为 0.982。表明人口密度和人均建设用地面积共同作用增强生活用地占比的解释力,反映出人口集聚直接驱动建设用地扩张,尤其是居住用地的增加。同时,建设用地配置进一步吸引人口集中,形成正向反馈循环。 $X_2 \cap X_{10}$ 的强交互作用表明人口密集地区往往伴随高 $PM_{2.5}$ 浓度,生活用

地占比高与环境污染密切相关,需平衡居住需求与生态保护。 $X_2 \cap X_9$ 和 $X_8 \cap X_9$ 的交互作用表明人口密度、政府支出与森林覆盖率协同影响生活用地,政府支出可能通过生态补偿或绿化项目调节生活空

间布局,而森林覆盖率高的地区会限制生活用地无序扩张。因此,秦巴山区“三生”用地占比影响因素交互作用普遍较高,且均呈双因子增强或非线性增强(图 9)。

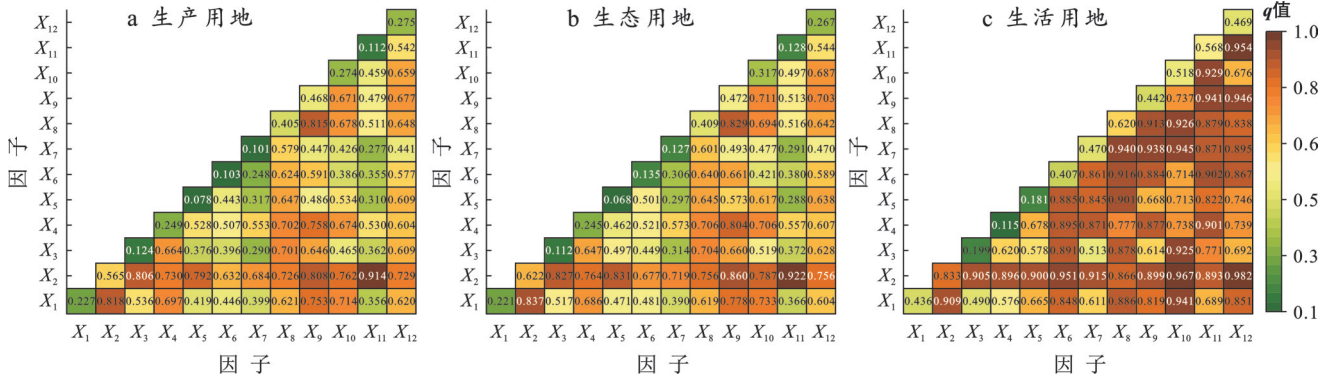


图 9 秦巴山区各县“三生”用地占比交互因子探测分析热图

Fig.9 Heatmaps of interaction factor detection analysis for proportion of productive-living-ecological land in counties of Qinling-Daba Mountains area

4 结论

(1) 秦巴山区“三生”空间格局呈现“生态增加,生产减少,生活快速扩张”的演变趋势。生态用地持续增加,主要得益于退耕还林和水域保护,但草地退化需加强修复。生产用地因农业结构调整而缩减,工矿用地急剧扩张。生活用地快速增长,城镇扩张快。应优化城乡布局,遏制无序蔓延,促进土地集约利用。

(2) 秦巴山区土地利用呈现“结构稳定,内部剧变”的时空格局,2010年后变化显著。生态用地主导的土地利用结构稳定,但内部流转剧烈。工矿用地动态度高,扩张迅速;城镇用地次之,反映出城镇化压力,但结构保持稳定。应巩固林地成果并加强草地修复,对工矿用地实施严格的准入与生态监管,并引导城镇在有限空间内集约发展。

(3) 秦巴山区“三生”用地综合指数呈“西高东低、南高北低”的态势。生产与生态用地呈明显的空间互补关系,西部盆地及南阳盆地和生产-生活核心区,而东部秦岭腹地则为生态核心区。县域发展两极分化,近半数县域在 2010 年后进入发展期,但低利用程度的生态核心区面临“空心化”风险。人类活动高度集聚于河谷盆地,导致高值区生态环境压力巨大。应在西部优化集约发展,在东部强化生态补偿与绿色产业发展,并对高值区设定开发强度上限,以平衡发展与保护的关系。

(4) 人口密度是普适性主导因子,而政府财政支出作为关键调控变量,通过基础设施投资与生态保

护修复双向调节生产与生态空间。森林覆盖率构成生态空间的基底,生活用地扩张则受环境污染状况影响。因此,政策上需在人口密集区严格管控建设用地,在生态功能区通过财政转移支付进行生态补偿,并依托国土空间规划对用地转换边界实施刚性约束。

5 建议

(1) 秦巴山区腹地等生态用地高值区应严格实施生态红线管控,坚持以封育和自然恢复为主导,巩固退耕还林成果,并对草地流失区域开展针对性修复。在汉江谷地等生产-生活核心区,需设定城镇开发强度上限,严格限制工矿用地无序扩张,引导其向环境承载力较高区域集中布局,缓解生态压力。

(2) 秦巴山区西部盆地等生产用地高值区应推进低效耕地整合与农业结构优化,减少与生态用地的冲突。同时,应控制农村居民点无序蔓延,引导其向城镇和中心村集中。城镇建设应优先利用存量土地,提升土地利用效率,以应对生活用地快速增长带来的压力。

(3) 充分发挥政府财政支出的调控功能,在生态功能区加大转移支付与生态补偿,在生产区投资基础设施以促进集约化。重视人口密度与资源环境之间的核心矛盾,在人口密集区通过产业政策引导人口有序流动,缓解土地资源承载压力。

参考文献 (References)

[1] 戈大专,孙攀,汤礼莎,等. 国土空间规划支撑城乡融合发展的逻辑与路径[J]. 中国土地科学, 2023, 37(1): 1-9. Ge Dazhuan, Sun Pan, Tang Lisha, et al. The logic and

- path of supporting urban-rural integrated development through territorial space planning [J]. *China Land Science*, 2023,37(1):1-9.
- [2] 吴宇哲. 城乡融合发展中的空间治理[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2025(7):93-100.
Wu Yuzhe. Spatial governance in urban-rural integrated development [J]. *Frontiers*, 2025(7):93-100.
- [3] 潘方杰, 万庆, 曾菊新, 等. 城镇化进程中湖北省“生产-生活-生态”空间冲突演化及其影响因素[J]. *经济地理*, 2023,43(2):80-92.
Pan Fangjie, Wan Qing, Zeng Juxin, et al. Evolution characteristics and influence factors of spatial conflicts between production-living-ecological space in the rapid urbanization process of Hubei Province, China [J]. *Economic Geography*, 2023,43(2):80-92.
- [4] Niu Bo, Ge Dazhuan, Sun Jingwen, et al. Multi-scales urban-rural integrated development and land-use transition: The story of China [J]. *Habitat International*, 2023,132:102744.
- [5] 周佳宁, 段锴丰, 杜焱强, 等. 土地要素配置如何促城乡多维融合?: 有效市场和有为政府[J]. *中国土地科学*, 2022,36(3):32-40.
Zhou Jianing, Duan Kaifeng, Du Yanqiang, et al. How does land allocation promote urban-rural multi-dimensional integration?: An efficient market and effective government [J]. *China Land Science*, 2022,36(3):32-40.
- [6] 张合林, 王亚晨, 刘颖. 城乡融合发展与土地资源利用效率[J]. *财经科学*, 2020(10):108-120.
Zhang Helin, Wang Yachen, Liu Ying. China's urban-rural integration development and land resource utilization efficiency [J]. *Finance & Economics*, 2020(10):108-120.
- [7] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展[J]. *地理科学进展*, 2017,36(3):378-391.
Huang Jinchuan, Lin Haoxi, Qi Xiaoxiao. A literature review on optimization of spatial development pattern based on ecological-production-living space [J]. *Progress in Geography*, 2017,36(3):378-391.
- [8] Zhou Min, Lyu Hongyu. Intensifying separation or collaborative prosperity?: The impact of the belt and road initiative on China's urban-rural integration development from a spatial justice lens [J]. *Habitat International*, 2025,156:103249.
- [9] 刘彦随, 杨忍, 林元城. 中国县域城镇化格局演化与优化路径[J]. *地理学报*, 2022,77(12):2937-2953.
Liu Yansui, Yang Ren, Lin Yuancheng. Pattern evolution and optimal paths of county urbanization in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022,77(12):2937-2953.
- [10] 孙绍勇, 周伟. 城乡经济共同体建构的理论审视、逻辑透析与实践进路[J]. *经济学家*, 2022(9):69-77.
Sun Shaoyong, Zhou Wei. Theoretical review, logical analysis and practical approach to the construction of urban and rural economic community [J]. *Economist*, 2022(9):69-77.
- [11] 朱玉春, 胡乃元, 马鹏超, 等. 统筹推进县域城乡融合发展: 理论内涵、实践路径与政策建议[J]. *农业经济问题*, 2024,45(2):98-108.
Zhu Yuchun, Hu Naiyuan, Ma Pengchao, et al. Coordinated promotion of integrated urban-rural development at county level: Theoretical connotation, practical path and policy suggestions [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2024,45(2):98-108.
- [12] 杨燕, 胡书玲, 王坤, 等. 少数民族旅游村寨的三生空间演变及驱动机制: 以肇兴侗寨为例[J]. *经济地理*, 2023,43(12):222-230.
Yang Yan, Hu Shuling, Wang Kun, et al. Evolution and driving mechanism of “production-living-ecological” space in ethnic tourism village: A case study of Dong village in Zhaoxing Town [J]. *Economic Geography*, 2023,43(12):222-230.
- [13] 杜品品. 北盘江流域三生空间格局演变与驱动因素[J]. *地域研究与开发*, 2024,43(2):41-47.
Du Pinpin. Evolution of the pattern and driving factors of production-living-ecological space in the Beipan River basin [J]. *Areal Research and Development*, 2024,43(2):41-47.
- [14] 唐常春, 卢幸芷, 雷钧钧, 等. 大城市边缘区城乡多维空间冲突特征与形成机制: 以韶关市转溪村为例[J]. *经济地理*, 2022,42(1):79-89.
Tang Changchun, Lu Xingzhi, Lei Junjun, et al. Characteristics and formation mechanism of urban-rural multidimensional spatial conflict in metropolitan fringe: Take Zhuansi village in Shaoguan City as an example [J]. *Economic Geography*, 2022,42(1):79-89.
- [15] 陈竹安, 冯祥瑞, 洪志强, 等. 南昌市土地利用的空间冲突风险评估及分区优化研究: 基于“三生空间”视角[J]. *世界地理研究*, 2021,30(3):533-545.
Chen Zhu'an, Feng Xiangrui, Hong Zhiqiang, et al. Research on spatial conflict calculation and zoning optimization of land use in Nanchang City from the perspective of “three living spaces” [J]. *World Regional Studies*, 2021,30(3):533-545.
- [16] 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[J]. *自然资源学报*, 2021,36(5):1116-1135.
Kong Dongyan, Chen Huiguang, Wu Kongsen. The evolution of “production-living-ecological” space, eco-environmental effects and its influencing factors in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2021,36(5):1116-1135.

- [17] 周宇,张余,王琴,等.黑龙江省“三生空间”转型及其碳效应[J].土壤通报,2024,55(4):901-911.
Zhou Yu, Zhang Yu, Wang Qin, et al. Transition of production-living-ecological space and carbon effect in Heilongjiang Province [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2024, 55(4):901-911.
- [18] 杜金霜,付晶莹,郝蒙蒙.基于生态网络效用的昭通市“三生空间”碳代谢分析[J].自然资源学报,2021,36(5):1208-1223.
Du Jinshuang, Fu Jingying, Hao Mengmeng. Analyzing the carbon metabolism of “production-living-ecological” space based on ecological network utility in Zhaotong [J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(5):1208-1223.
- [19] 尚雅婕,王蕾,贾佳,等.宾县三生空间格局演变的碳流转路径动态研究[J].水土保持研究,2024,31(4):326-335.
Shang Yajie, Wang Lei, Jia Jia, et al. Study on carbon flow transfer path of the evolution of the spatial and temporal pattern of the production-living-ecological space in Bin County [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(4):326-335.
- [20] 窦银娣,叶玮怡,李伯华.旅游驱动型传统村落“三生”空间功能更新的特征、模式与逻辑:以湖南省张谷英村为例[J].热带地理,2022,42(1):136-147.
Dou Yindi, Ye Weiyi, Li Bohua. Features, models and logic of function renewal of “living-production-ecological” space in tourism-driven traditional villages: A case study of Zhang Guying village, Hunan Province [J]. Tropical Geography, 2022, 42(1):136-147.
- [21] 冯晓娟,雷国平,马泉来,等.1990—2020年河南省黄淮海平原国土空间“三生”功能时空演变[J].水土保持通报,2022,42(4):357-364.
Feng Xiaojuan, Lei Guoping, Ma Quanlai, et al. Spatial-temporal evolution of production-living-ecological function in Huanghuaihai Plain of He'nan Province during 1990—2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(4):357-364.
- [22] 王思远,刘纪远,张增祥,等.中国土地利用时空特征分析[J].地理学报,2001,56(6):631-639.
Wang Siyuan, Liu Jiyuan, Zhang Zengxiang, et al. Analysis on spatial-temporal features of land use in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(6):631-639.
- [23] 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.
Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1):116-134.
- [24] Song Yongze, Wang Jinfeng, Ge Yong, et al. An optimal parameters-based geographical detector model enhances geographic characteristics of explanatory variables for spatial heterogeneity analysis: Cases with different types of spatial data [J]. GIScience & Remote Sensing, 2020, 57(5):593-610.
- [25] 尹君锋,宋长青,石培基,等.耦合视角下甘肃省县乡村“三生”功能协调度的时空跃迁特征与影响因素[J].地理研究,2024,43(4):874-892.
Yin Junfeng, Song Changqing, Shi Peiji, et al. Spatial and temporal transition characteristics and influencing factors of “production-living-ecological” functions of rural areas at county level in Gansu Province from the perspective of coupling [J]. Geographical Research, 2024, 43(4):874-892.
- [26] 孙虹.中国式现代化视角下城乡融合发展水平测度及障碍因素分析[J].统计与决策,2025,41(5):115-120.
Sun Hong. Measurement and obstacle factor analysis of urban-rural integration development level from the perspective of Chinese-style modernization [J]. Statistics & Decision, 2025, 41(5):115-120.
- [27] 骆海燕,吴卓,甘梓莹,等.珠三角城市群三生空间功能的耦合协调时空演变特征[J].中国水土保持科学(中英文),2023,21(6):43-52.
Luo Haiyan, Wu Zhuo, Gan Ziyang, et al. Spatial-temporal evolution characteristics of coupling coordination of “production-living-ecological” space functions in the Pearl River delta urban agglomeration [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2023, 21(6):43-52.
- [28] 王武林,张赐成,张文杰,等.县域生态系统生产总值价值与城乡融合协调发展研究:以广元市为例[J].生态学报,2025,45(18):9177-9191.
Wang Wulin, Zhang Cicheng, Zhang Wenjie, et al. Research on the coordination development between GEP value and urban-rural integration in county territory: A case study of Guangyuan prefecture-level city [J]. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(18):9177-9191.