

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2025.02.034; CSTR:32311.14.rswc.2025.02.034.

樊华, 赵翠薇. 西南地区城镇化与生态韧性耦合协调关系研究[J]. 水土保持研究, 2025, 32(2): 340-352.

Fan Hua, Zhao Cuiwei. Research on the coupling coordination relationship between urbanization and ecological resilience in southwest China[J].
Research of Soil and Water Conservation, 2025, 32(2): 340-352.

西南地区城镇化与生态韧性耦合协调关系研究

樊华¹, 赵翠薇^{1,2}

(1. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550025;

2. 喀斯特山地生态环境保护与资源利用协同创新中心, 贵阳 550025)

摘要: [目的] 分析西南地区城镇化与生态韧性的耦合协调关系, 以此促进区域经济社会可持续发展和生态系统保护。[方法] 以西南地区为研究对象, 运用熵值法、耦合协调度模型、地理探测器等分析了 2011—2021 年西南地区城镇化与生态韧性的耦合协调关系及其驱动因素。[结果] (1) 城镇化水平从研究初期的 0.168 增长到研究末期的 0.326, 整体呈现持续向好发展, 低水平和较低水平城市数量较多。生态韧性水平从 2011 年的 0.158 上升至 2021 年的 0.260, 以较低水平和中等水平城市为主, 具有典型的空间集聚性和非均衡性特征。(2) 耦合协调水平持续改善, 整体呈现北高南低的格局, 初期以轻度失调为主, 至 2021 年演变为勉强协调为主。(3) 驱动因素方面, 产业结构 (Ind) 对二者的耦合协调水平具有较强驱动作用, 均值达到 0.746, 自然地理条件 (Geo) 的驱动作用则相对较弱, 均值仅为 0.144。[结论] 西南地区城镇化与生态韧性耦合协调水平不断提高, 从失调逐渐走向协调发展, 并受到产业结构 (Ind)、科技创新能力 (Tec)、经济发展水平 (Eco) 等多因素的综合影响。

关键词: 城镇化; 生态韧性; 耦合协调; 西南地区

中图分类号: F299.27; X321

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2025)02-0340-13

Research on the coupling coordination relationship between urbanization and ecological resilience in southwest China

Fan Hua¹, Zhao Cuiwei^{1,2}

(1. School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550025, China; 2. Collaborative Innovation Center of Ecological Environment Protection and Resource Utilization in Karst Mountain Area, Guiyang 550025, China)

Abstract: [Objective] The aims of this study are to analyze the coupling coordination relationship between urbanization and ecological resilience in southwest China, and to promote the sustainable development of regional economy and society and ecosystem protection. [Methods] Southwest China was taken as the research object. Entropy value method, coupling coordination degree model, and Geodetector were used to explore the coupling coordination relationship between urbanization and ecological resilience in southwest China and its driving factors from 2011 to 2021. [Results] (1) The level of urbanization grew from 0.168 at the beginning of the study to 0.326 at the end of the study, showing a sustained positive development as a whole, with a larger number of low-level and lower-level cities. The level of ecological resilience rose from 0.158 in 2011 to 0.260 in 2021, which was mainly observed in the lower-level and medium-level cities, with typical spatial agglomeration and non-equilibrium characteristics. (2) The level of coupling coordination continued to improve, with an overall spatial pattern of high level in the north and low level in the south, which was dominated by mild dissonance in the initial stage and evolving into minimal coordination

收稿日期: 2024-05-20

修回日期: 2024-07-08

接受日期: 2024-07-15

资助项目: 国家自然科学基金重大研究计划专题(41471032); 贵州省高校人文社会科学研究项目(2020SSD003)

第一作者: 樊华(1997—), 男, 重庆梁平人, 硕士研究生, 研究方向为城镇化与乡村振兴。E-mail: 1185218914@qq.com

通信作者: 赵翠薇(1968—), 女, 贵州大方人, 博士, 教授, 主要从事土地管理与资源开发。E-mail: 972487901@qq.com

http://stbcjy.paperonice.org

dominance by 2021. (3) In terms of driving factors, the industrial structure (Ind) had a strong driving effect on the coupling coordination level of the two, with a mean value of 0.746, while the driving effect of the natural geographic conditions (Geo) was relatively weak, with a mean value of only 0.144. **[Conclusion]** The level of coupling coordination of urbanization and ecological resilience in southwest China has been increasing, gradually moving from dysfunction to coordinated development, and is influenced by a combination of multiple factors, such as industrial structure (Ind), scientific and technological innovation capacity (Tec), and the level of economic development (Eco).

Keywords: urbanization; ecological resilience; coupling coordination; southwest China

我国西南地区以山地丘陵为主,山峦叠嶂而平地稀缺的土地资源特征显著。作为世界上最大的喀斯特连续带,土层较薄,环境容量小,生态系统极其敏感和脆弱^[1]。伴随着西部大开发战略的推进,西南地区经济社会发展步入快车道,城镇化水平稳步提升。然而由于特殊的自然地理环境,加之不合理的人类活动,植被破坏、水土流失、石漠化灾害不断加剧,导致对该地区具有关键支撑作用的生态系统遭到严重破坏,城镇化发展与生态系统保护间的矛盾日益突出。党的二十大报告指出,必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念,要推进以人为核心的城镇化,打造宜居、韧性、智慧城市。城镇化,从本质上来讲就是在减少污染排放、资源消耗的同时提高经济效率的过程^[2]。推进城镇化进程必须关注生态系统韧性的提升,这不仅是满足人们高品质生活的重要途径,更是实现人与自然和谐共生的必要举措。因此,在当前的发展态势下,积极探索城镇化与生态韧性协调发展的新道路、新方法、新举措势在必行。

当前针对城镇化的研究较为成熟,国外研究认为城镇化是人口集中的过程,包含城镇数量增加及其规模的扩大^[3],并探讨了城镇化与政治、经济、文化的关系^[4-5]。国内研究认为城镇化是城乡人口共同作用的结果^[6],土地城镇化是生产、生活与生态关系在城市空间上的映射^[7],促进人口与土地的合理匹配至关重要^[8]。早期学者通过城镇人口比重这一指标实现了对城镇化的量化分析^[6]。随着研究深入,学者认识到城镇化是一个复杂的过程,单一指标难以反映城镇化进程中多因素的变化情况,因此学者从人口、经济、社会、区位、资源环境等多方面对城镇化水平进行了综合评价^[9-10],同时,也有学者通过测算城镇化效率以此来表征城镇化水平和质量^[11]。从实践来看,考虑到不同区域自然与人文因素的不同,学者们针对山区^[12]、欠发达区^[13]、多民族区^[14],提出了相应的城镇化发展路径。

生态韧性概念由生态学家 Holling 提出^[15],针对生态韧性的相关研究近年来逐渐增多。早期学者认为生态系统在遭受扰动后,恢复到稳定状态的能力即是生态韧性^[16]。随后,演化韧性开始兴起,其强调通

过调整自身结构与状态,实现可持续发展的能力^[17]。为对生态韧性进行量化评价,一部分学者融合地理学与景观生态学思想,从“规模—密度—形态”对城市生态韧性进行评价^[18],更多学者则是基于社会经济以及遥感等数据,利用 PSR 模型及演化韧性理论对生态韧性进行评价^[19-20]。随着城镇化迅速发展,城市生态系统问题日益严峻且复杂,在此背景下,积极探索国土空间开发保护成为现实亟需,已有学者认为对城镇和生态空间进行高效合理配置,解决生态失序、资源利用效率问题,可有效推动区域可持续发展^[21-22]。

在快速推进城镇化进程中,如何提高城市抵御生态系统问题的能力,促进二者协调发展意义重大。学者围绕城镇化与城市韧性^[23]、城镇化与生态环境^[24]、城镇化与生态系统服务等^[25]方面进行了大量研究,针对城镇化与生态韧性关系的研究近年来逐渐增加。在研究内容上,学者利用自然地理信息或社会经济等数据建立评价指标体系,探讨城镇化对生态韧性的影响^[26]、二者的耦合协调关系^[27]、相对发展情况^[28]及交互胁迫关系^[29],为实现生态系统保护和区域高质量发展提供借鉴。在研究方法上,学者通过综合适配模型^[30]、协调影响力模型^[31]、Tapio 脱钩模型等^[28]揭示了二者的内在联系,为深入理解其动态演变规律,制定策略提供依据。综合而言,当前研究趋向多学科、多方法、多尺度融合,研究对象的地理空间也从关注发达地区城市群,延伸至西部地区以及流域范围,这也说明促进城镇化与生态韧性耦合协调发展具有普遍意义。

总体而言,城镇化与生态韧性的相关研究还处于起步阶段。当前研究多是针对城市群或流域展开,而对西南喀斯特地区关注较少。此外,从演化韧性理论视角,构建“压力—状态—响应—创新”的生态韧性评价体系的相关研究仍有待充实。再者,当前研究多是探讨二者的协调关系,对其背后的驱动因素探究较少。基于此,本研究的边际贡献在于:相较于东部发达地区,西南地区因自然条件较差、基础设施薄弱等问题,城镇化进程较为缓慢。同时受限于生态系统脆弱,该地区面临的生态风险较高。从演化韧性理论视角,科学把握该地区城镇化与生态韧性协调发展现状

及其演变情况,明晰影响两系统协调发展的因素,为制定符合该区域实际情况的发展路径,实现区域协调可持续发展,助推西部大开发提供参考。

1 城镇化与生态韧性相互作用关系

城镇化涵盖人口、经济、社会、空间等多方面,同时还强调城乡互补、协调发展^[32]。人口城镇化使得城镇常住人口增多,人口集聚及密度增大,人们对资源和能源的需求随之增加,资源枯竭、交通拥堵、住房紧张等问题相继涌现,一定程度上给生态系统带来负面效应。经济城镇化使得城市产业由低端向高端迭代,生产规模扩大。一方面生产污染物排放对环境造成胁迫作用,增加生态系统压力;另一方面,经济发展质量的提升有利于优化经济结构、提高经济效率,进而提升生态系统韧性,促进系统演化更新^[33]。社会城镇化可以实现教育、医疗、基础设施等资源的合理配置,进而改变生态系统状态,调整生态响应^[27]。空间拓展是城镇化发展的重要一环,空间城镇化必须遵循集约高效利用的原则,尤其是在土地资源稀缺的山地地区,合理规划城市布局尤为重要。城乡融合发展一方面推进城镇要素整合,实现区域资源和基础设施共建共享,促进区域协调发展,另一方面倡导城乡绿色转型发展,可以降低生态系统压力。

在演化韧性视角下,压力、状态、响应、创新四大维度环环相扣,紧密联系,构成城市生态韧性系统^[20]。在天气日渐极端、气候愈发复杂、环境破坏严重的背景下,生态压力会对城镇人口规模、城镇建设

用地产生约束作用。状态韧性可以反映当前城镇化发展对生态系统的影响情况及变化趋势,反映城镇化发展的合理程度,一定程度上约束人们对资源的开发,进而影响城镇人口、规模及基础设施,并对城镇经济起到一定重塑作用^[27]。生态响应可以优化资源配置,提高生态资源利用效率,促进生态资源的循环利用,引导城镇人口、空间等的合理布局,提升基础设施等资源环境的承载能力。演化韧性理论下,通过学习、创新,对城市生态韧性进行系统分析,针对性强化,从而达到路径突破和结构更新,实现城镇化发展和生态系统保护的平衡与稳定^[17]。

城镇化与生态韧性的耦合协调关系主要包括发展和协调两方面。发展主要指系统从小到大、从低级到高级的过程。城镇化初期,城镇处于缓慢发展阶段,城镇人口比重较低,人口密度较小,城镇建设用地规模不大,对生态资源需求较小。随着城镇化进程加速,不管是城镇人口、用地情况,还是基础设施建设都呈现急剧上升趋势,城镇发展所需生态资源猛增,生态压力增大。城镇化进程中通过调整产业结构、资源集约、改善环境等促进生态系统改善,实现可持续发展。协调主要指两系统及其子系统从失调到协调的过程。通过各方协作,顺应城镇化与生态韧性发展规律,平衡保护与发展的关系,扭转“人一地”失调局面,在实现城镇人口合理增长、建设用地有序扩张、经济持续健康发展、基础设施合理供给、城乡协调发展的同时,减少生态压力,促进生态系统不断创新,满足城镇化需求,进而实现城镇化与生态韧性的高度良性耦合(图 1)。

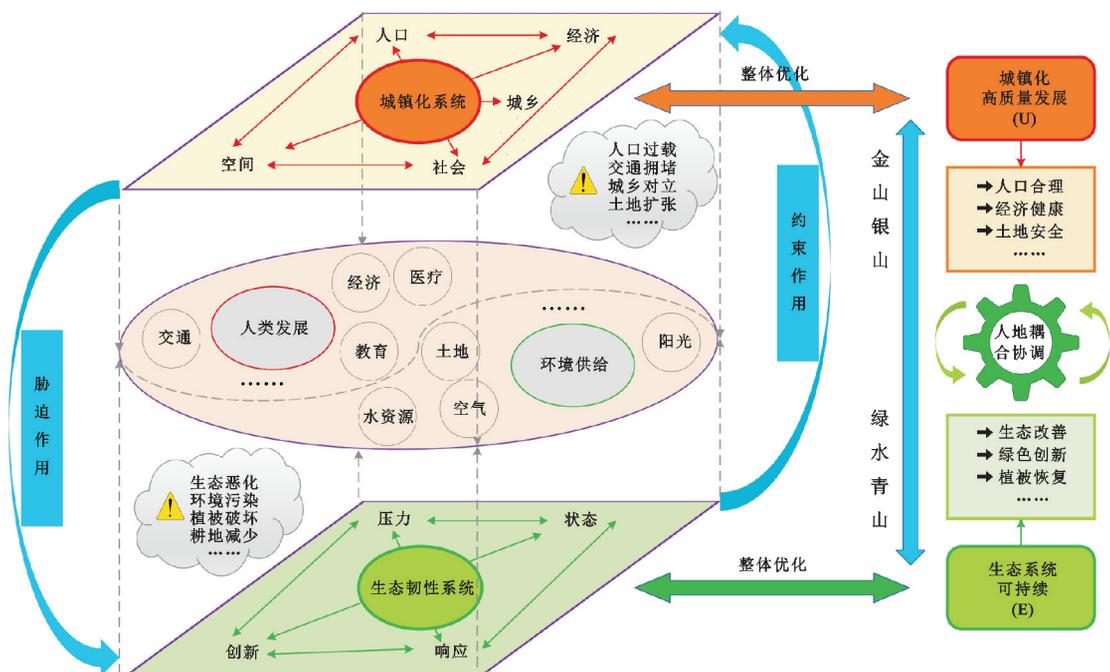


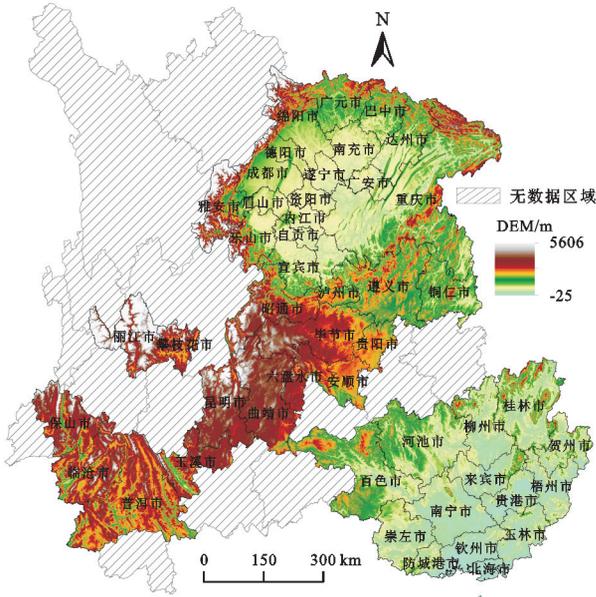
图 1 城镇化与生态韧性耦合协调关系

Fig. 1 Coupling coordination relationship between urbanization and ecological resilience

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

本研究所述西南地区包括四川、重庆、贵州、云南、广西,共三省一市一区(图 2)。2022 年底,该地区常住人口为 25 183 万人,城镇化率 57.64%,低于全国平均水平(65.22%)。西南地区土壤贫瘠,地势起伏较大,整体呈现西北高、东南低。地形复杂,地貌类型多样,包括云贵高原、四川盆地、广西丘陵、横断山脉。根据国土调查成果共享应用服务平台数据显示,西南地区生态资源丰富,2022 年林地、草地和湿地面积分别为 8 235.13 万 hm^2 , 1 141.56 万 hm^2 , 141.35 万 hm^2 。该地区主要位于热带和亚热带地区,热量充足,降水丰沛。同时由于喀斯特地貌广布,表土流失严重,蓄水保水能力差,旱涝灾害多发,区域生态问题极为突出。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 GS(2019)1822 号的标准地图制作,底图未做修改,下同。

图 2 研究区域

Fig. 2 Study area

2.2 研究方法

2.2.1 熵值法 常见的指标赋权方法有主观与客观赋权之分,为了消除主观因素影响,使评价结果更加客观公正,本研究采用熵值法进行权重计算,再利用权重与标准化值相乘得到城镇化/生态韧性综合发展水平^[23]。

(1) 在进行评价之前,由于各项指标存在差异性,因此需要对指标进行标准化处理:

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

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

式中: i 代表城市; j 代表评价指标; x_{ij} 为标准化前 i 城市的第 j 项指标值; X_{ij} 为标准化后的 i 城市的第 j 项指标值; x_{\max} 与 x_{\min} 分别为第 j 项指标的最大值和最小值。

(2) 计算 i 城市第 j 项指标的比重:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad (3)$$

(3) 计算第 j 项指标的信息熵值:

$$E_j = \frac{-1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (4)$$

(4) 计算第 j 项指标的信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - E_j \quad (5)$$

(5) 计算第 j 项指标权重:

$$\omega_j = d_j / \sum_{j=1}^k d_j \quad (6)$$

(6) 计算城镇化/生态韧性的综合发展水平:

$$U_i = \sum_{j=1}^k X_{ij} \omega_j \quad (7)$$

式中: U_i 表示城镇化/生态韧性的综合发展水平,其取值范围为 $[0, 1]$, 值越接近 1 则表明该区域的城镇化/生态韧性水平越高,反之则越低。

2.2.2 耦合协调度模型 耦合协调度模型可用于描述不同要素或系统间相互平衡、相互协调程度。城镇化与生态韧性具有辩证统一关系,二者互促互进,为衡量两系统的协调发展情况,采用耦合协调度模型计算二者的耦合协调水平。耦合协调度越高,则表明城镇化与生态韧性具有越良好的相互协作能力,反之则协作能力较低,其计算公式如下:

$$C = \frac{2\sqrt{U_1 \times U_2}}{U_1 + U_2} \quad (8)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (9)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (10)$$

式中: C 为耦合度; U_1, U_2 分别为城镇化、生态韧性的综合发展水平; D 为耦合协调度; T 为综合协调指数; α, β 为待定系数。对于西南地区而言,当前正处于城镇化发展的关键时期,而生态系统是保障该地区发展的基础,无论是城镇化还是生态韧性对该地区的经济社会发展都具有重要作用,故取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。将城镇化与生态韧性的耦合协调关系划分为极度失调至优质协调 10 类^[27](表 1)。

2.2.3 地理探测器 地理探测器是探测空间分异性并揭示其背后驱动因素的一种统计学方法,包含因子探测、交互探测、风险探测及生态探测^[34]。为探究城镇化与生态韧性耦合协调关系的驱动因素,本研究调

用 R 语言中的 GD 包,采用自然断点、标准差、几何间隔、分位数和相等间隔等方法将各因子分为 3~8 类。利用因子探测分析各个因子对耦合协调度空间分异的解释程度。其计算公式如下:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2 \quad (11)$$

式中: q 为影响因子对两系统耦合协调关系的解释程度,其取值范围为 $[0, 1]$,值越大则解释力越强,反之则越低; n, σ^2 分别为样本总量和方差; n_h, σ_h^2 分别为第 h ($h=1, 2, \dots, L$) 层的样本量和样本方差。

表 1 耦合协调类型划分

耦合协调度	耦合协调等级	编号
(0.0~0.1]	极度失调	I
(0.1~0.2]	严重失调	II
(0.2~0.3]	中度失调	III
(0.3~0.4]	轻度失调	IV
(0.4~0.5]	濒临失调	V
(0.5~0.6]	勉强协调	VI
(0.6~0.7]	初级协调	VII
(0.7~0.8]	中级协调	VIII
(0.8~0.9]	良好协调	IX
(0.9~1.0]	优质协调	X

2.3 数据来源

由于各自治州数据缺失较多,本研究主要聚焦于 47 个地级及以上城市。时间段为 2011—2021 年。数据主要来源于相应年份的《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《中国区域统计年鉴》《四川统计年鉴》《重庆统计年鉴》《贵州统计年鉴》《云南统计年鉴》《广西统计年鉴》以及各地级市统计年鉴、政府网站、国民经济和社会发展统计公报、EPS 数据库、中国经济社会大数据研究平台、中经网统计数据库。由于研究期内年份跨度较大,部分数据存在一定缺失,主要通过插值法和年平均增长率进行补齐。

2.4 评价指标体系

2.4.1 城镇化水平评价指标体系 人口城镇化反映城镇人口的发展情况,是农村人口转变为城镇人口的直接体现,是城镇化的核心。在城镇化进程中,人处于核心地位,不仅要关注城镇人口数量的增加,也要关注城镇人口的就业情况,选取城镇化率、城镇人口数、城镇人口密度,从绝对和相对两个角度表征城镇人口的变化情况,选取第三产业从业人员占比表征城镇人口就业情况。经济城镇化反映城镇化进程中的经济发展情况,不仅强调经济实力和综合发展水

平的提升,更要关注人们生产生活的改善。选取人均 GDP、人均地方财政收入表征城镇经济发展质量与潜力,选取城镇常住居民人均可支配收入、人均社会消费品零售总额表征人们的收入与购买能力,体现居民的生活水平。社会城镇化反映城镇化进程中教育、卫生、文化、基础设施等方面的建设情况和普及程度,是改善民生的具体体现。选取每万人卫生机构床位数表征医疗卫生水平,每万人图书馆藏书量表征文化设施建设水平,用水普及率表征居民日常生活配套设置情况,教育支出占财政比重表征教育水平。空间城镇化反映城镇空间规划和土地利用的合理性,对城镇土地进行合理规划,是实现土地资源高效利用的重要前提,体现了对土地集约节约的利用状况。选取人均道路面积、建成区排水管道密度表征土地城镇化水平,选取人均建成区面积、建成区面积占区域总面积之比表征土地空间扩张情况。城乡融合是打破城乡二元结构,解决“三农”问题以及城镇化进程中城乡对立问题的关键,促进城乡要素双向自由流动,有利于促进城乡平衡发展、协调共进。选取城乡可支配收入比表征城乡收入及消费协调情况,选取城乡居民人均储蓄存款余额表征城乡财富剩余与资本累计情况,选取非农产业与农业产出比表征城乡产业发展水平(表 2)。

2.4.2 生态韧性评价指标体系 压力维度反映城镇化进程中对生态系统造成的污染和影响。人类生产生活过程中,对资源的消耗和对环境的污染都会给生态系统造成巨大压力,选取人均工业废水排放量、人均工业二氧化硫排放量、人均工业烟(粉)尘排放量等表征城镇化进程中的工业污染情况,选取生活垃圾清运量表征人类生产生活对环境产生的负荷。状态维度反映在生产生活给予的压力下生态系统所呈现的状态。选取水资源总量表征人类拥有水资源总量情况,选取建成区绿化覆盖率、每万人拥有公厕数表征城市绿化建设及基础设施完善情况,选取人均土地面积表征资源供给状态。响应维度反映在生态系统问题下所采取的多样化的干预措施,旨在有效改善生态系统的状况。选取人均公园绿地面积表征生态空间响应情况,选取生活垃圾无害化处理率、污水处理厂集中处理率、燃气普及率表征日常生产生活低碳环保情况。创新维度反映生态系统通过学习、创新,实现路径突破和结构更新,从而更加迅速有效地应对各种干扰的能力。选取科技支出占比、每万人专利授权数表征科技投入强度和创新产出水平(表 3)。

表 2 城镇化水平评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of urbanization level

维度层	指标层	单位	属性	参考文献
人口城镇化	城镇化率	%	+	[23]
	城镇人口数	万人	+	[18]
	城镇人口密度	人/km ²	+	[18]
	第三产业从业人员占比	%	+	[10]
经济城镇化	人均 GDP	元/人	+	[9]
	人均地方财政收入	元/人	+	[27]
	城镇常住居民人均可支配收入	元	+	[9]
	人均社会消费品零售总额	元/人	+	[27]
社会城镇化	每万人卫生机构床位数	张	+	[35]
	每万人图书馆藏书量	千册、件	+	[9]
	用水普及率	%	+	[10]
	教育支出占财政比重	%	+	[36]
空间城镇化	人均道路面积	m ²	+	[36]
	建成区排水管道密度	km/km ²	+	[37]
	人均建成区面积	km ² /万人	+	[35]
	建成区面积占区域总面积之比	%	+	[38]
城乡融合	城乡可支配收入比	—	—	[39]
	城乡居民人均储蓄存款余额	元	+	[39]
	非农产业与农业产出比	—	+	[40]

表 3 生态韧性评价指标体系

Table 3 Evaluation index system of ecological resilience

维度层	指标层	单位	属性	参考文献
压力维度	人均工业废水排放量	t/人	-	[27]
	人均工业二氧化硫排放量	t/人	-	[27]
	人均工业烟(粉)尘排放量	t/人	-	[27]
	生活垃圾清运量	万 t	-	[19]
状态维度	水资源总量	m ³	+	[17]
	建成区绿化覆盖率	%	+	[27]
	每万人拥有公厕数	座	+	[41]
	人均土地面积	km ² /人	+	[27]
响应维度	人均公园绿地面积	m ²	+	[41]
	生活垃圾无害化处理率	%	+	[20]
	污水处理厂集中处理率	%	+	[20]
	燃气普及率	%	+	[41]
创新维度	科技支出占比	%	+	[20]
	每万人专利授权数	件	+	[20]

3 城镇化与生态韧性水平评价

3.1 城镇化水平分析

图 3 展现了 2011—2021 年城镇化及分维度水平的变化趋势。(1) 西南地区城镇化水平总体表现为逐年增长的态势,其数值从 2011 年的 0.168 增长到 2021 年的 0.326,共计增长 0.158,增长幅度达到 94.05%。(2) 从不同维度来看,除人口城镇化之外,其余维度均表现出良好的增长趋势,但绝对水平有一定差距,从大到小排序为:经济城镇化>空间城镇化>人口城镇化>社会城镇化>城乡融合。由此可知,经济发展在

推动城镇化进程中贡献较大,而城乡融合贡献较小,揭示了城与乡融合进程迟缓。(3) 从变异系数来看,研究期内,西南地区城镇化变异系数从 2011 年的 0.443 下降至 2021 年的 0.328,除 2013 年较前一年有略微上升之外,整体上保持下降趋势,区域间的城镇化水平差距逐渐缩小,表明西南地区不同城市间的协同发展能力得到增强,有力促进了城镇化的协调发展。

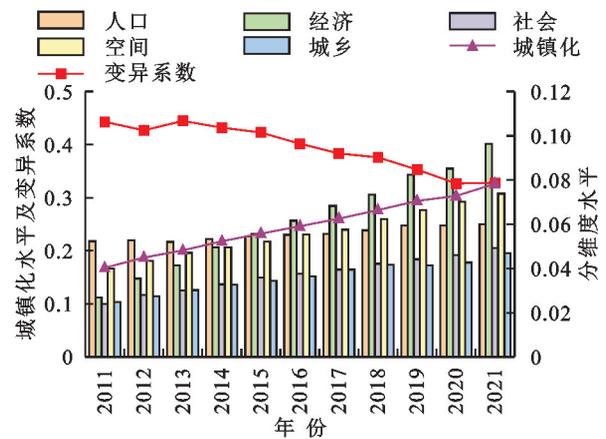


图 3 整体城镇化及分维度水平

Fig. 3 Overall urbanization and sub-dimension levels

利用自然间断点分级法将 2011 年、2016 年和 2021 年三年城镇化水平分为 5 个等级,即低水平、较低水平、中等水平、较高水平和高水平,并进行可视化。由图 4 可知,西南地区城镇化水平时空差异显著,以低水平和较低水平为主导,区域中心城市领跑特征显著。

高水平城市:2011 年,有成都、重庆、贵阳、昆明、攀枝花 5 个城市,到 2021 年时攀枝花退出高水平序

列,作为资源型城市,近年来面临转型发展等问题,发展后劲稍显不足。而其他高水平城市多为省会城市或直辖市,综合实力雄厚,因而城镇化发展较好。较高水平城市:时间上数量变化不大,空间上呈现散点式布局。中等水平城市:空间变化较显著,研究初期呈现零散分布,研究末期则向成都、重庆两大城市周围集聚,表明成渝双城的辐射效应逐渐显现,有效带动了周边地区协同发展。较低水平城市:在初期呈条带状由北向南分布,末期则逐渐向成渝地区及云贵交界处集中。低水平城市:在空间上逐渐趋于集中,开

始向广西和云南转移。由于云南和广西大部分城市基础设施薄弱,经济发展滞后,同时受制于自然环境和区位条件,城镇化发展相对缓慢。总体上,得益于西部大开发等战略的实施,西南地区城镇化进程总体上呈现积极发展态势,而从区域内部来看,成渝地区总体发展水平较高。相比之下,广西、云南、贵州等地虽然也在积极推进城镇化进程,但在国家战略定位、城市群协调发展、基础设施建设以及人口和产业政策等方面,与成渝地区存在一定的差距,从而影响了其城镇化发展的速度和质量。

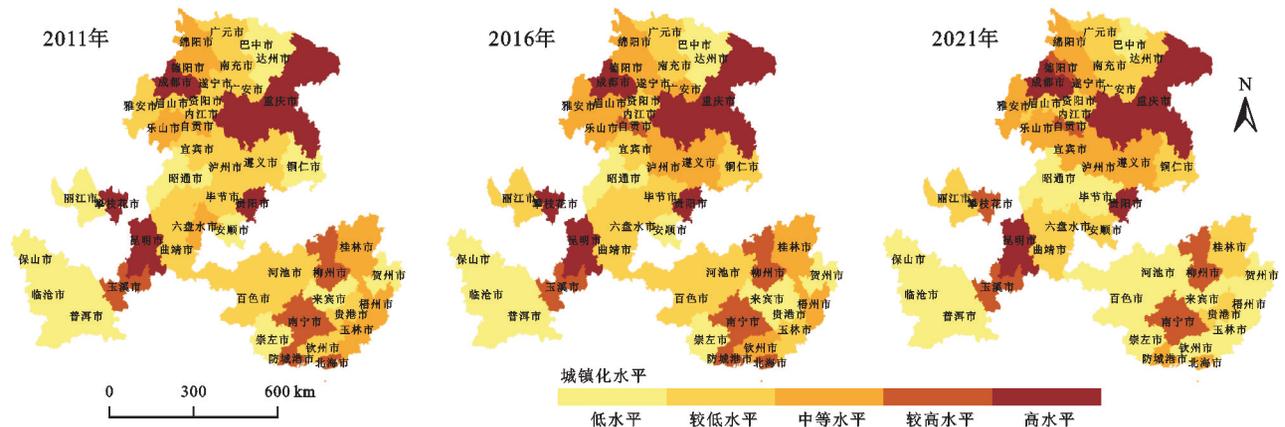


图 4 城镇化水平时空格局

Fig. 4 Spatio-temporal pattern of urbanization levels

3.2 生态韧性水平分析

图 5 展现了 2011—2021 年西南地区生态韧性及分维度水平的变化趋势。(1) 西南地区生态韧性水平呈现逐年增加之势,从 2011 年的 0.158 上升至 2021 年的 0.260,共计增长了 0.102,增长幅度达到 64.56%。得益于生态文明建设和美丽中国建设,西南地区坚持生态优先、绿色发展的理念,将生态保护与经济社会发展紧密结合,有效保护了生态系统,使得生态韧性逐年提高,持续向好发展。(2) 从不同维度水平来看:状态维度>响应维度>创新维度>压力维度。响应维度表现为逐年上升趋势,这也表明各地针对生态环境问题所采取的应对措施能有效改善生态系统。其余 3 个维度水平均呈波动上升趋势,个别年份水平有所下降,但总体上保持着稳定向好发展态势。(3) 从变异系数来看,西南地区生态韧性变异系数由初期的 0.313 上升至末期的 0.321,由于各地区自然环境、经济发展水平、生态保护政策实施力度存在差异,导致变异系数在研究期内呈现波动变化趋势,需进一步加强区域间的生态建设合作与协调,以促进西南地区整体生态韧性的提升和稳定。

由图 6 可知,生态韧性存在显著的时空演变特征,以较低水平和中等水平为主,空间上具有典型的

空间集聚性和非均衡性特征。高水平城市:数量上具有明显变化,三年分别为 4 个、8 个、2 个,成都和重庆作为区域中心城市,拥有较为稳定的生态发展策略和雄厚的物质基础,生态韧性水平稳步提升。相比之下,其他城市发展基础薄弱,同时受城镇化影响,生态空间被挤占,生态韧性水平有所波动。较高水平城市:数量减少趋势明显,由初期的 13 个减少至末期的 6 个,开始向省会城市及其周边区域集中。中等水平城市:逐渐分散,2011 年,主要分布于广西、成渝城市群及其周边,到 2021 年则零散分布于各个地区。较低水平和低水平城市:两者数量占比较大,研究末期较初期有明显的数量增加。究其原因,随时间推移,中心城市因其在经济、资源、人才及科技等多个领域的突出优势,带动了生态韧性水平的显著提升。然而,对于大多数非中心城市来说,尽管其生态韧性绝对水平也在逐步上升,但由于所需的关键支撑条件不足,改善速度较为缓慢,加之西南地区生态本底相对脆弱,使得大多数城市生态韧性相对水平偏低。综合而言,西南地区生态韧性水平两极分化较为严重,中心城市发展较好,其余城市发展缓慢。

4 耦合协调关系分析

4.1 耦合协调度分析

由图 7 可知,各个年份耦合协调度介于轻度失调

到良好协调之间,从变化趋势来看,西南地区耦合协调整体上呈现良好的变化趋势。2011年,有31个城市处于轻度失调阶段,占比高达65.96%,仅有5个城市处于勉强协调阶段,占城市总数的10.64%。在此之后,轻度失调城市开始减少,到2016年,轻度失调城市减少至5个,濒临失调成为主要类型,占比高达74.47%,此外,部分城市上升至初级协调阶段。在此之后,勉强协调城市逐渐增加,至2021年,总数达到23个,占比48.94%,成为区域主要类型。综合而言,从2011—2021年,西南地区由失调为主导转变为协调为主导,这也从侧面说明了该地区重视生态文明建设,在积极推进城镇化进程中,始终坚持生态修复与保护、治理与改善协同并进,为城镇化提供良好的生

态环境支撑,进而推动西南地区可持续发展。

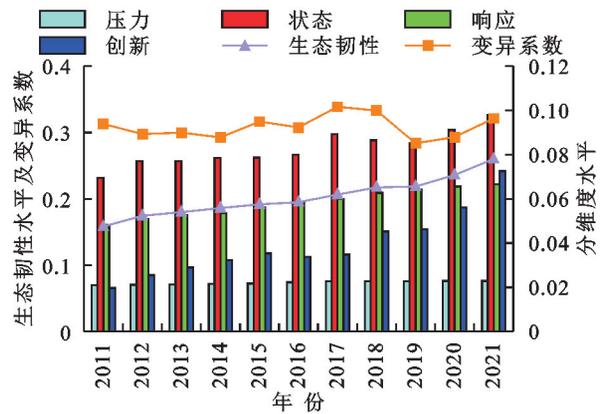


图 5 整体生态韧性及分维度水平

Fig. 5 Overall ecological resilience and sub-dimension levels

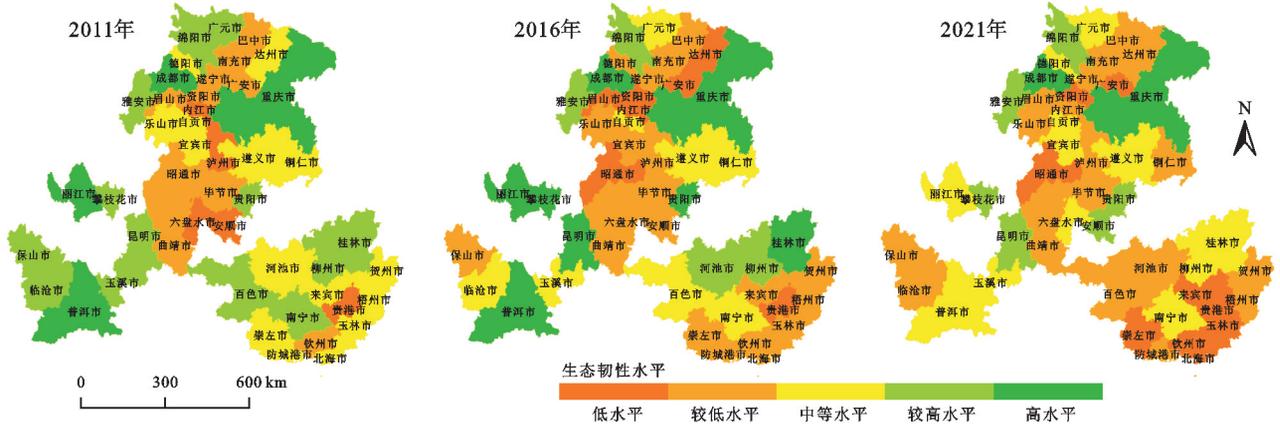


图 6 生态韧性水平时空格局

Fig. 6 Spatio-temporal pattern of ecological resilience levels

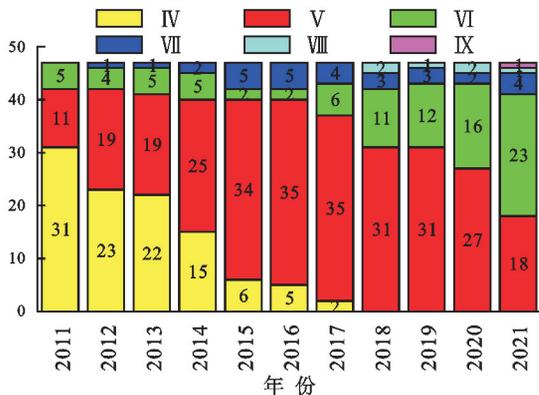


图 7 耦合协调度变化趋势

Fig. 7 Trend of coupling coordination degree

由图 8 可知,各个城市耦合协调水平持续向好发展,空间差异显著且变化明显。2011年,轻度失调城市呈片状分布,从四川北部一直向南延伸至广西东部地区,安顺市最低(0.321),成都市最高(0.595)。2016年,区域耦合协调程度有较大提升,贵港市最低(0.380),成都市最高(0.655),仅有5个城市处于轻度失调阶段,零散分布于四川、云南、广西,濒临失调成为区域主导类型。2021年,区域耦合协调程度进一步提升,成都、重庆分别提升为良好协调、中级协调类型,轻度失调类型

消失,区域北部发展总体好于南部。

综合而言,西南地区耦合协调主要呈现以下特点:(1)以区域中心城市为主,辐射带动周边城市发展。在研究期内,成都、重庆、贵阳、昆明等城市耦合协调程度一直处于区域前列,这些城市作为直辖市或省会城市,在自身实现耦合协调良好发展基础之上,还积极发挥辐射效应,辐射带动周边城市共同发展。但值得注意的是,与其他城市相比,南宁对周边城市的辐射作用相对较弱,这可能与其首位度较低,削弱了其影响力有一定关系^[42]。(2)省际交界处及边缘城市发展较为缓慢。在研究期内,钦州市、来宾市、玉林市、昭通市、临沧市等发展相对缓慢,这些城市大多位于边界或省际交界处,地理位置相对较差,发展基础薄弱,受到的辐射带动作用也相对较弱。

4.2 耦合协调驱动因素分析

4.2.1 驱动因素选取 为探明耦合协调水平的驱动因素,从经济发展水平、产业结构、政府调控能力、科技创新能力、自然地理条件、区域文化水平等方面进行解释变量选取(表4)。城镇化和生态韧性的发展离不开经济支撑,经济发展为城镇化发展提供不竭动力,同时

经济发展可以为生态韧性提升以及环境保护提供充足的资金保障,选取 GDP 表征经济发展水平(Eco)。产业结构对区域经济发展的水平与稳定性具有重要影响,进而影响城镇化与生态韧性建设的资金供应,同时对区域生态承载能力带来挑战,选取二、三产业增加值占 GDP 比重表征产业结构(Ind)。政府在城镇化和生态韧性耦合协调发展中的重要保障作用,作为“有形的手”,一定程度上还会决定区域城镇化和生态韧性发展方向,选取地方财政支出占 GDP 比重表征政府调控能力(Gov)。在新发展阶段下,技术创新可以提高劳动生产效率,减少对资源环境的依赖,不

仅可以提高城镇化发展质量,还可以改善由经济发展带来的生态系统破坏问题,选取地方财政科学支出表征科技创新能力(Tec)。自然地理条件对区域经济发展和生态韧性具有重要影响,尤其在山地地区更为突出,同时还会对城镇化空间布局产生影响,阻碍城市建设用地扩张,增加城镇化建设成本,选取平均高程表征自然地理条件(Geo)。城镇化发展还受到文化水平的影响,受教育程度越高,文化水平越高,则更利于区域城镇化质量的提升,同时人们的环境保护意识也就越强,囿于部分地区缺乏高等学校数据,故用中小师生比表征区域文化水平(Edu)。

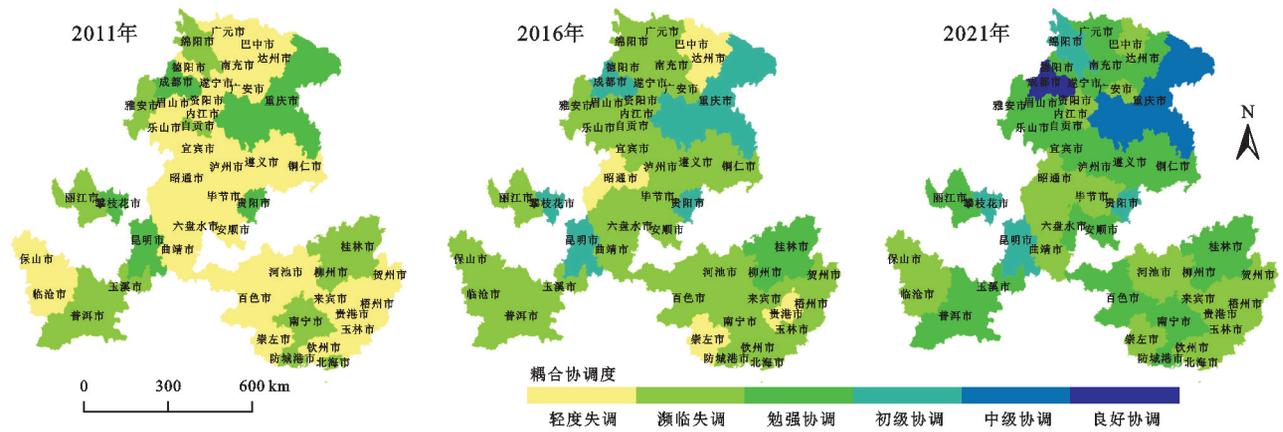


图 8 耦合协调度时空格局

Fig. 8 Spatio-temporal pattern of coupling coordination degree

表 4 耦合协调度驱动因素

Table 4 Coupling coordination degree drivers

	变量名称	变量含义	编号
被解释变量	耦合协调度	耦合协调度模型计算得出	D
	GDP	经济发展水平	Eco
解释变量	二、三产业增加值占 GDP 比重	产业结构	Ind
	地方财政支出占 GDP 比重	政府调控能力	Gov
	地方财政科学支出	科技创新能力	Tec
	平均高程	自然地理条件	Geo
	中小师生比	区域文化水平	Edu

4.2.2 驱动因素分析 由图 9 可知,各因素均在一定程度上对两系统的协调发展产生影响。从均值情况来看,Ind>Tec>Eco>Gov>Edu>Geo,产业结构(Ind)、科技创新能力(Tec)、经济发展水平(Eco)对城镇化与生态韧性的协调发展起着主要作用,政府调控能力(Gov)和区域文化水平(Edu)发挥了重要作用,而自然地理条件(Geo)的影响则相对较弱。总体而言,可将各类驱动因素概括为城镇化与生态韧性协调发展的“六大驱动力”。

产业推动力。首先产业结构对城镇化与生态韧性的协调发展具有较高影响,随着时间推移,q 值从 2011 年 0.619 增长至 2021 年的 0.802。产业结构在

升级转型中,可以促进区域技术水平进步,产品附加值增加,从而促进经济发展。这一过程中,二三产业得到快速发展,企业活力增加,不断涌现出各种新兴产业,增加就业岗位,促进大量劳动力向城镇聚集,从而使得城镇人口增加,城镇规模扩大,促进城镇化发展。与此同时,企业转型升级,可以减少对能源的消耗和环境的污染,推动生态系统持续向好发展。

科技支撑力。科技创新能力对于城镇化与生态韧性的协调发展具有重要支撑作用。q 值从 2011 年的 0.692 增加至 2021 年的 0.705 并处于持续增长阶段。科技作为第一生产力,可以引领城镇化向数字化、信息化、智能化方向发展,提升经济发展质量,改

变人们的出行方式,丰富人们的日常生活。科技创新还可以提高劳动生产效率,摒弃传统的高污染发展模式,减少碳排放,推动绿色城镇化发展。

经济驱动力。经济发展水平是影响城镇化与生态韧性的重要因素,其 q 值较为稳定,始终处于0.600以上,这也表明促进两系统的协调发展,经济驱动是不可忽视的一股力量。经济发展方式、模式与水平都深刻影响着居民生产生活与生态系统状况,推动经济高质量发展,可以为城镇化发展和生态系统改善提供更多的资金支持,从而助推基础设施建设与生态系统改善。

政府调控力。从探测结果来看,政府调控力的 q 值不高,均值为0.346,但从其变化趋势来看,其影响力持续上升,对于两系统协调发展的重要程度不言而喻。政府通过转移支付等手段,调节各方资金,将其运用到城镇化发展较为薄弱的方面以及生态系统改善方面,优化生态资源配置,促进生态保护与城镇化发展共赢。

教育促进力。从区域文化水平的 q 值来看,呈现“V”字形的演变趋势,从2011—2016年呈下降趋势,之后大幅提升至2021年的0.441。教育发展不仅可以提升区域文化软实力,还可以提升区域社会城镇化水平。而知识的外溢又可以促进科学发展,为经济发展提供长期动力。不仅如此,随着人们文化水平的提升,对于良好生态系统的追求将更加明显,促进环保理念、环保生活方式的推广,从而提升人们对生态系统保护的自觉性。

环境影响力。受限于地形地貌,西南地区城镇化进程中可利用地不足。从探测结果来看,总体上自然环境对城镇化与生态韧性协调发展的 q 值不高,三年均值仅0.144,这可能与社会经济发展迅速,科学技术进步等因素使得自然环境的束缚减小有关。但从实际出发,自然条件对山地城镇发展的限制仍然不可忽视,未来发展需要因地制宜,探索符合当地实际的山地特色城镇化发展路径。

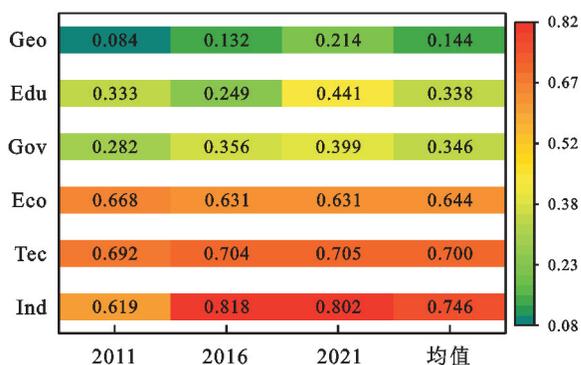


图9 因子探测结果

Fig. 9 Factor detection results

5 结论与讨论

5.1 结论

(1) 城镇化水平,从2011年的0.168增长到2021年的0.326,整体持续向好发展。时空格局上以低水平和较低水平为主,高水平 and 较高水平多分布于中心城市,其余等级形成多板块分布。生态韧性水平,从2011年的0.158上升至2021年的0.260,呈现逐年增长持续提升状态。时空格局上,存在显著的时空演变特征,以较低水平和中等水平为主,具有典型的空间集聚性和非均衡性特征。

(2) 耦合协调度方面,2011年,轻度失调为主导,占比高达65.96%,2016年濒临失调成为主要类型,占比高达74.47%,至2021年,勉强协调城市总数达到23个,占比48.94%,成为区域主要类型。

(3) 驱动因素方面,Ind>Tec>Eco>Gov>Edu>Geo,产业结构(Ind)、科技创新能力(Tec)、经济发展水平(Eco)成为耦合协调水平的主要驱动因素,政府调控能力(Gov)和区域文化水平(Edu)次之,而自然地理条件(Geo)的驱动作用则相对较弱。

5.2 建议与讨论

(1) 自然环境方面,立足山地环境特点,建设特色城镇化模式。山区坡地多、丘陵广、平原少且生态系统脆弱,应调整城镇发展模式与空间布局,充分利用山间平原以及起伏和缓地区,推广城镇上山、垂向立体的城镇发展模式。禁止开发坡度较大的地区,并将其规划建设成为城市生态屏障区。对于规模较小的城市,充分利用地势较低的洼地,形成小型环状发展模式;对于规模较大的城市,可采取分片集中的城镇发展模式,形成多组团、多核心的城市格局。

(2) 协调发展方面,推进城镇化高质量发展,兼顾生态系统治理。一方面,补齐城镇化发展短板,就人口城镇化而言,优化人口空间分布,注重以人为核心的城镇化,推动农业转移人口市民化,提升城镇人口质量。就城乡融合而言,均衡城乡资源配置,缩小城乡医疗、教育资源差距,加大对普洱、保山、临沧等低水平城市资金和政策倾斜力度,提升农村人口生活质量,增强乡村发展活力。就社会城镇化而言,优化教育、医疗、文化等基础设施配置,提升基础设施质量及其覆盖面,增强城镇居民物质基础和精神文化需求,加深对城市的归属感和认同感。另一方面,减轻区域整体生态压力,提升区域生态韧性水平。针对攀枝花、六盘水、曲靖等生态压力较大的资源型城市,调整产业结构,促进产业转型,减少对高耗能、高污染行业的依赖,加强对废水、废气、废渣等的管理。加大绿

色科技投入,开辟绿色发展新路径,形成以成都、重庆、贵阳、昆明、南宁等区域中心城市为主,其他城市为辅的区域绿色科技创新中心,将科技成果转化为生态韧性提升的不竭动力。加强不同区域协同治理,西南地区同属山地喀斯特地貌大环境,生态环境紧密相连,不同区域间应打破行政壁垒,加强城市生态治理经验交流与分享,形成区域协同、资源共享、优势互补的生态环境治理新格局。

(3) 对内凸显区域特色,向外加强区域合作。一方面,城镇化应体现地方特色,西南地区少数民族众多,自然风光优美,城镇化发展不应千篇一律,而需因地制宜。各城市应根据自己的自然、人文特色,充分利用旅游资源、历史文化资源等,打造如“凉都六盘水”“春城昆明”“林城贵阳”等城市特色品牌。另一方面,成渝城市群、黔中城市群、滇中城市群、北部湾城市群等应提高绿色发展水平,加强污染防治,出台更合理,更环保的规章制度,打造“低废”乃至“无废”城市群。借助长江经济带、“一带一路”倡议等,加强与长江三角洲、珠江三角洲等发达地区的交流合作,构筑生态安全屏障。

本研究通过建立城镇化与生态韧性评价指标体系,揭示了西南地区两系统耦合协调关系的时空分异规律,为推动可持续发展,促进人与自然和谐共生提供了一定参考。但仍存在以下不足:首先,西南地区是少数民族聚集地,有着许多具有特定意义的民族节日和特色文化活动,同时该地区又有成都、重庆等现代化的大都市,在现代文明和民族文化交织的地区,如何结合自身历史文化习俗和传统产业走出特色城镇化模式还值得进一步深思。此外,由于数据获取难度较大,在构建城镇化与生态韧性指标体系时,缺少反映该地区特点和石漠化特点的指标。在时空尺度上也仅做了11 a的比较研究,未将西南地区各自自治州纳入研究,待相关数据完善之后,可延长研究时间,增加并细化研究单元,提升结果的符合性。

参考文献(References):

- [1] 吴瑶琴,蒋超华,徐勤学,等.西南喀斯特地区不同岩面形态下岩面径流特征[J].水土保持研究,2024,31(1):10-17.
Wu Y Q, Jiang C H, Xu Q X, et al. Runoff characteristics of rock surface under different rock surface morphology in southwest Karst Area[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024,31(1):10-17.
- [2] 赵麇,刘衍峰.习近平关于新型城镇化建设的重要论述研究[J].经济学家,2023(8):5-13.
Zhao N, Liu Y F. Research on Xi Jinping's important discourse on the construction of new urbanization[J]. Economist, 2023(8):5-13.
- [3] Tisdale H. The process of urbanization[J]. Social Forces, 1942,20(3):311.
- [4] Moomaw R L, Shatter A M. Urbanization and economic development: A bias toward large cities? [J]. Journal of Urban Economics, 1996,40:13-37.
- [5] 薛艳杰.深度城镇化内涵特征及实现路径思考[J].城市,2013(1):33-37.
Xue Y J. Deep urbanization connotation characteristics and realization path thinking [J]. Journal of Urban Sciences, 2013(1):33-37.
- [6] 刘涛,卓云霞,彭荣熙,等.基于城乡人口变动视角的中国城镇化地域类型时空演变[J].地理学报,2022,77(12):3006-3022.
Liu T, Zhuo Y X, Peng R X, et al. Urban-rural population change and the regional types evolution of China's urbanization [J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(12):3006-3022.
- [7] 杨喜,卢新海.空间效应视角下中国城市土地城镇化的驱动因素[J].中国人口·资源与环境,2021,31(1):156-164.
Yang X, Lu X H. Driving factors of urban land urbanization in China from the perspective of spatial effects [J]. China Population, Resources and Environment, 2021,31(1):156-164.
- [8] 吴一凡,刘彦随,李裕瑞.中国人口与土地城镇化时空耦合特征及驱动机制[J].地理学报,2018,73(10):1865-1879.
Wu Y F, Liu Y S, Li Y R. Spatio-temporal coupling of demographic-landscape urbanization and its driving forces in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2018,73(10):1865-1879.
- [9] 臧锐,张鹏,杨青山,等.吉林省城市化水平综合测度及时空演变[J].地理科学,2013,33(10):1231-1237.
Zang R, Zhang P, Yang Q S, et al. Comprehensive measure and spatial-temporal evolution of urbanization level in Jilin Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2013,33(10):1231-1237.
- [10] 熊湘辉,徐璋勇.中国新型城镇化水平及动力因素测度研究[J].数量经济技术经济研究,2018,35(2):44-63.
Xiong X H, Xu Z Y. Research on level and mechanical machine under the guidance of new urbanization [J]. The Journal of Quantitative & Technological Economics, 2018,35(2):44-63.
- [11] 刘同超.黄河流域城镇化效率的分异特征及影响因素分析[J].地域研究与开发,2022,41(5):50-55.
Liu T C. Differentiation characteristics and influencing factors of urbanization efficiency in the Yellow River Basin[J]. Areal Research and Development, 2022,41(5):50-55.
- [12] 彭恺.我国山地城镇化困境及旅游城镇化实施路径[J].

- 规划师, 2018, 34(3): 97-102.
- Peng K. Research on the plight of urbanization and the implementation of tourism urbanization in mountainous towns[J]. *Planners*, 2018, 34(3): 97-102.
- [13] 刘赫, 洪业应. 欠发达地区“倒U型”城乡收入差距的新型城镇化路径: 基于贵州省的经验分析[J]. *贵州财经大学学报*, 2022(6): 98-108.
- Liu H, Hong Y Y. The new urbanization path of “inverted U-shaped” urban-rural income gap in underdeveloped areas—Based on the practical test of Guizhou Province[J]. *Journal of Guizhou University of Finance and Economics*, 2022(6): 98-108.
- [14] 张明斗, 葛于壮. 民族地区城镇化发展模式及路径创新: 基于四川、广西、贵州等地的调研分析[J]. *民族学刊*, 2019, 10(2): 49-56, 110-112.
- Zhang M D, Ge Y Z. A study on the development models and paths of innovation of urbanization in ethnic areas—Based on a survey in Sichuan, Guangxi and Guizhou[J]. *Journal of Ethnology*, 2019, 10(2): 49-56, 110-112.
- [15] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4: 1-23.
- [16] 周梓卉, 李振兴, 石羽. 生态韧性城市的演化与发展研究[J]. *建筑科学*, 2023, 39(2): 202-206, 234.
- Zhou Z H, Li Z X, Shi Y. Study on the evolution and development of ecologically resilient cities[J]. *Building Science*, 2023, 39(2): 202-206, 234.
- [17] 王松茂, 牛金兰. 山东省旅游经济与城市生态韧性协同演化研究[J]. *地理学报*, 2023, 78(10): 2591-2608.
- Wang S M, Niu J L. Co-evolution of tourism economy and urban ecological resilience in Shandong Province[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(10): 2591-2608.
- [18] 王少剑, 崔子恬, 林靖杰, 等. 珠三角地区城镇化与生态韧性的耦合协调研究[J]. *地理学报*, 2021, 76(4): 973-991.
- Wang S J, Cui Z T, Lin J J, et al. Coupling relationship between urbanization and ecological resilience in the Pearl River Delta [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(4): 973-991.
- [19] 吕添贵, 胡晗, 付舒斐, 等. 长三角地区城市生态韧性时空分异特征及影响因素[J]. *地域研究与开发*, 2023, 42(1): 54-60.
- Lyu T G, Hu H, Fu S F, et al. Spatio-temporal differentiation and influencing factors of urban ecological resilience in the Yangtze River Delta[J]. *Areal Research and Development*, 2023, 42(1): 54-60.
- [20] 张明斗, 任衍婷, 周亮. 黄河流域城市生态韧性时空演变特征及影响因素分析[J]. *干旱区地理*, 2024, 47(3): 445-454.
- Zhang M D, Ren Y T, Zhou L. Spatiotemporal evolution characteristics and influencing factors of urban ecological resilience in the Yellow River Basin[J]. *Arid Land Geography*, 2024, 47(3): 445-454.
- [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[J]. *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[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(3): 534-546.
- [22] 闫水玉, 唐俊. 韧性城市理论与实践研究进展[J]. *西部人居环境学刊*, 2020, 35(2): 111-118.
- Yan S Y, Tang J. Progress on the theory and practice of resilient city[J]. *Journal of Human Settlements in West China*, 2020, 35(2): 111-118.
- [23] 周倩, 刘德林. 长三角城市群城市韧性与城镇化水平耦合协调发展研究[J]. *水土保持学报*, 2020, 27(4): 286-292.
- Zhou Q, Liu D L. Study on the coordinated development of urban resilience and urbanization level in the urban agglomeration of Yangtze River Delta[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2020, 27(4): 286-292.
- [24] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. *地理学报*, 2016, 71(4): 531-550.
- Fang C L, Zhou C H, Gu C L, et al. Theoretical analysis of interactive coupled effects between urbanization and eco-environment in mega-urban agglomerations[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 531-550.
- [25] 田一聪, 田明, 李鹏, 等. 西藏自治区城镇化与生态系统服务协调发展研究[J]. *地理科学进展*, 2023, 42(10): 1947-1960.
- Tian Y C, Tian M, Li P, et al. Coordinated development of urbanization and ecosystem services in Tibet Autonomous Region [J]. *Progress in Geography*, 2023, 42(10): 1947-1960.
- [26] Wang S B, Li Z Y, Long Y, et al. Impacts of urbanization on the spatiotemporal evolution of ecological resilience in the Plateau Lake Area in Central Yunnan, China[J]. *Ecological Indicators*, 2024, 160: 111836.
- [27] 郭海红, 刘新民. 沿黄地区中心城市新型城镇化与生态韧性的耦合协调机制研究[J]. *华东经济管理*, 2023, 37(4): 101-109.
- Guo H H, Liu X M. Coupling and coordination mechanism of new urbanization and ecological resilience in central cities along the Yellow River[J]. *East China Economic Management*, 2023, 37(4): 101-109.
- [28] 李苏, 刘浩南. 干旱区城市化与生态韧性耦合协调的时空格局演化分析: 以宁夏为例[J]. *干旱区地理*, 2022, 45(4): 1281-1290.
- Li S, Liu H N. Spatio-temporal pattern evolution of coupling coordination between urbanization and ecolog-

- ical resilience in arid region: A case of Ningxia Hui Autonomous Region[J]. *Arid Land Geography*, 2022, 45(4):1281-1290.
- [29] 汪东川,龙慧,王康健,等.京津冀城市群城市化强度与生态韧性的耦合协调分析[J].*生态学报*,2023,43(15):6321-6331.
- Wang D C, Long H, Wang K J, et al. Coupling coordination analysis of urbanization intensity and ecological resilience in Beijing-Tianjin-Hebei[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023,43(15):6321-6331.
- [30] 贺小荣,石彩霞,彭坤杰.长江中游城市群新型城镇化与生态韧性的时空适配及互动响应[J].*长江流域资源与环境*,2024,33(4):699-714.
- He X R, Shi C X, Peng K J. Spatial-temporal adaptation and interactive response of new-type urbanization and ecological resilience in the middle reaches of the Yangtze River[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2024,33(4):699-714.
- [31] 刘海龙,王改艳,张鹏航,等.汾河流域新型城镇化与生态韧性耦合协调时空演变及协调影响力研究[J].*自然资源学报*,2024,39(3):640-667.
- Liu H L, Wang G Y, Zhang P H, et al. Spatio-temporal evolution and coordination influence of coupling coordination between new urbanization and ecological resilience in Fenhe River Basin [J]. *Journal of Natural Resources*, 2024,39(3):640-667.
- [32] 仇保兴.新型城镇化:从概念到行动[J].*行政管理改革*,2012(11):11-18.
- Qiu B X. New urbanization: from concept to action[J]. *Administration Reform*, 2012(11):11-18.
- [33] 赵领娣,孙兆旭.海岸带城市经济发展质量与生态韧性协同发展演化及空间收敛特征[J].*经济地理*,2023,43(7):119-129,240.
- Zhao L D, Sun Z X. Evolution of coordinated development between economic development quality and ecological resilience in coastal cities and its spatial convergence features [J]. *Economic Geography*, 2023,43(7):119-129,240.
- [34] 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 J F, Xu C D. Geodetector: principle and prospective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017,72(1):116-134.
- [35] 师海猛,张扬,叶青青.黄河流域城镇化高质量发展与生态环境耦合协调时空分异研究[J].*宁夏社会科学*,2021(4):55-63.
- Shi H M, Zhang Y, Ye Q Q. Spatial and temporal differentiation of coupled coordination of urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin[J]. *Ningxia Social Sciences*, 2021(4):55-63.
- [36] 薄文广,钱懿,屈建成,等.新型城镇化与乡村振兴耦合协调及交互影响研究:基于156个地级市面板数据的实证分析[J].*中国软科学*,2023(9):106-116.
- Bo W G, Qian Y, Qu J C, et al. Study on coupling coordination and interaction between new urbanization and rural revitalization: Empirical analysis based on panel data of 156 prefecture-level cities[J]. *China Soft Science*, 2023(9):106-116.
- [37] 王志燕,吴先华,雷刚.山东省新型城镇化建设综合评价:基于2005—2014年数据分析[J].*经济与管理评论*,2016,32(3):153-160.
- Wang Z Y, Wu X H, Lei G. A comprehensive evaluation on new-type urbanization of Shandong Province—Based on the empirical analysis from 2005 to 2014[J]. *Review of Economy and Management*, 2016,32(3):153-160.
- [38] 施益军,翟国方,鲁钰雯,等.中国城镇化规模与质量的协调发展水平测度与分析[J].*地域研究与开发*,2021,40(6):12-18.
- Shi Y J, Zhai G F, Lu Y W, et al. Measurement and dynamic analysis of the coordination level of urbanization scale and urbanization quality in China[J]. *Areal Research and Development*, 2021,40(6):12-18.
- [39] 周德,钟文钰,张佳文,等.县域城乡融合评价及差异化发展路径:以浙江山区26县为例[J].*地理科学*,2023,43(10):1803-1814.
- Zhou D, Zhong W Y, Zhang J W, et al. Evaluation and differential development path of urban-rural integration at county level: A case study of 26 mountainous counties in Zhejiang Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2023,43(10):1803-1814.
- [40] 周德,戚佳玲,钟文钰,等.城市群城乡融合发展:测度评价、障碍因素与驱动因素[J].*地理研究*,2023,42(11):2914-2939.
- Zhou D, Qi J L, Zhong W Y, et al. Urban and rural integration development in urban agglomerations: Measurement and evaluation, obstacle factors and driving factors[J]. *Geographical Research*, 2023,42(11):2914-2939.
- [41] 孙继琼.黄河流域生态保护与高质量发展的耦合协调:评价与趋势[J].*财经科学*,2021(3):106-118.
- Sun J Q. Evaluation and trend prediction of coupling coordination between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin[J]. *Finance & Economics*, 2021(3):106-118.
- [42] 韦星.南宁“急了”[J].*决策*,2020(1):34-37.
- Wei X. Nanning in a hurry[J]. *Decision-Making*, 2020(1):34-37.