# 新型城镇化进程中山西省县域综合发展质量评估
## ——基于“社会-景观-生态”三维视角

张琨伟，张仲伍，周 静，武 磊
（山西师范大学 地理科学学院，山西 太原 030031）

**摘 要：**［目的］对2012—2023年山西省102个县域单元综合发展质量进行科学评估，为区域高质量发展与行政区划优化提供科学依据。［方法］基于新型城镇化与协同发展的核心内涵，从“社会-景观-生态”三维视角构建综合发展质量评估框架。综合运用泰尔指数、探索性时空数据分析及障碍度模型等方法，对研究区综合发展质量进行时空格局解析与障碍因子诊断。［结果］①山西省县域综合发展质量呈缓慢提升态势，年均增长率1.28%，空间上呈现“大分散，小集中”的格局，高水平区集聚于中部及晋东南，低水平区分布于运城盆地。②总体差异呈波动收敛趋势，但62.75%的差异来源于地市内部。晋城、吕梁、长治等市内部差异呈扩大趋势。③全局空间相关性显著但持续减弱，局部空间结构表现出强烈的“路径依赖”与“空间锁定”特征。④社会发展质量是当前最主要的制约维度，其中邮政电信业务总量、规模以上工业企业利润总额及地均固定资产投资是3大核心障碍因子；同时，生态系统与景观格局的制约作用正逐步显现。［结论］山西省县域综合发展质量有所提升，但仍面临内部失衡、空间锁定及多维制约等挑战，未来需统筹推进社会经济与生态保护，以实现三维协同提升。

**关键词：**新型城镇化；社会发展质量；景观格局；生态系统质量；山西省
**文献标识码：**A **文章编号：**1000-288X(2026)03-0409-15 **中图分类号：**F127

**文献参数：**张琨伟，张仲伍，周静，等.新型城镇化进程中山西省县域综合发展质量评估[J].水土保持通报，2026，46(3)：409-423. Zhang Kunwei, Zhang Zhongwu, Zhou Jing, et al. Evaluation of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province during new-type urbanization process [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2026, 46(3): 409-423.

**DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2026.03.027** **CSTR：32312.14.stbctb.2026.03.027**

# Evaluation of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province during new-type urbanization process
## —A three-dimensional perspective based on ‘society-landscape-ecology’

Zhang Kunwei, Zhang Zhongwu, Zhou Jing, Wu Lei
(*College of Geographical Sciences, Shanxi Normal University, Taiyuan, Shanxi* 030031, *China*)

**Abstract:** [Objective] The comprehensive development quality of 102 county-level units in Shanxi Province from 2012 to 2023 was scientifically evaluated in order to provide a scientific basis for regional high-quality development and the optimization of administrative divisions. [Methods] Based on the core connotations of new-type urbanization and coordinated development, an evaluation framework for comprehensive development quality was constructed from the three-dimensional perspective of ‘society-landscape-ecology’. Theil index, exploratory spatiotemporal data analysis, and obstacle degree model were comprehensively applied to analyze the spatiotemporal patterns of comprehensive development quality in the study area and to diagnose obstacle factors. [Results] ① The comprehensive development quality of counties in Shanxi Province showed a slow upward trend, with an average annual growth rate of 1.28%. Spatially, it exhibited a pattern of ‘large dispersion with small concentration’, with high-level areas clustered in the central region and southeastern Shanxi Province, and

**收稿日期：**2025-12-02 **修回日期：**2026-01-07 **采用日期：**2026-01-08
**资助项目：**山西省自然科学基金青年项目(202403021222245)；山西省哲学社会科学规划课题(2024QN058)；山西省基础研究计划项目(202503011232005)
**第一作者：**张琨伟(1998—)，男(汉族)，山西省忻州市人，硕士研究生，研究方向为城镇化与生态环境。Email：223113029@sxnu.edu.cn。
**通信作者：**张仲伍(1969—)，男(汉族)，河南省安阳市人，博士，教授，硕士生导师，主要从事区域经济方面的研究。Email：zhangzw@sxnu.edu.cn。

low-level areas distributed in the Yuncheng Basin. ② Overall differences showed a fluctuating convergence trend, but 62.75% of the differences originated from internal prefecture-level cities, with intra-city disparities in Jincheng, Lüliang, and Changzhi showing an expanding trend. ③ Global spatial correlation was significant but continuously weakened, and the local spatial structure exhibited strong characteristics of 'path dependence' and 'spatial lock-in'. ④ Social development quality was the most constraining dimension at present, with the total volume of postal and telecommunications services, total profits of industrial enterprises above designated size, and fixed-asset investment per unit of land area identified as the three core obstacle factors. Meanwhile, the constraining effects of the ecosystem and landscape pattern quality were gradually becoming apparent. [Conclusion] The comprehensive development quality of counties in Shanxi Province has improved, but it still faces challenges such as internal imbalances, spatial lock-in, and multidimensional constraints. In the future, socio-economic development and ecological protection should be coordinated to achieve three-dimensional synergistic enhancement.

**Keywords: new-type urbanization; social development quality; landscape pattern; ecosystem quality; Shanxi Province**

改革开放以来,中国经历了快速的经济增长与城镇化进程。以规模扩张为核心的传统城镇化模式,在推动工业化,促进要素集聚方面发挥了重要作用,助力国家经济实力显著增强,但也逐渐暴露出结构性矛盾。在要素单向集聚与制度性壁垒的共同作用下,区域发展不平衡加剧[1]。与此同时,城乡间公共服务差距拉大,生态环境压力持续累积,人地关系日趋紧张[2]。尽管各级政府多次出台协调与修复政策,但多属短期调控,未能从根本上扭转传统模式带来的深层问题。为应对上述挑战、实现可持续发展,中国共产党第十八次全国代表大会明确提出走中国特色新型城镇化道路[3]。这标志着中国城镇化进入以"以人为本"为核心、追求高质量发展、城乡融合、生态宜居的新阶段。2014年《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》的颁布[4],进一步将这一战略制度化、系统化。在这一进程中,县级行政区扮演着关键角色[5]。它既是政策实施的"最后一公里",也是城乡要素流动与融合的重要载体,其发展质量直接关系到新型城镇化在基层的落地成效。然而,当前部分县域仍面临公共服务不足、资源匹配滞后、协同机制不畅等现实约束。因此,科学评估县域综合发展质量,不仅是优化行政区划设置,推动区域协调发展的基础,也对深化新型城镇化实践具有重要意义。

目前,城市发展质量评估已成为国内外学术界聚焦的重要研究领域,积累了丰硕的理论成果与实践经验,为不同尺度区域的发展规划与治理策略优化提供了理论支撑和实践参考。相关研究始终与时代需求和国家战略紧密联动。近年来,学者们尤为关注新型城镇化[6]、乡村振兴[7]、高质量发展[8-9]、共同富裕[10]、新质生产力[11]、韧性城市[12]及生态保护等[13]重大热点议题。具体而言,围绕"新型城镇化",学者们突破传统城镇化中"规模扩张优先"的评估框架,转向对人口市民化质量、城乡要素融合效率、公共服务均等化水平等"质量维度"的量化解析[14];结合"乡村振兴"战略,研究进一步延伸至城乡互动视角,探索县域单元在连接城乡、统筹发展中的质量评估体系[15];针对"高质量发展"与"新质生产力",研究则聚焦经济结构转型、创新驱动效应、产业升级潜力等指标,揭示城市发展动能转换的质量特征[16];而"共同富裕"目标下,收入分配差距、基本公共服务普惠性等公平维度的评估成为重要补充[17];面对全球气候变化与突发风险挑战,"韧性城市"与"生态保护"相关研究则强化了对城市生态承载力、灾害应对能力、绿色低碳转型成效的量化测度[18]。在研究对象和方法中,现有研究多聚焦于国家战略区域、典型模式地区或问题突出区域,通过构建多维度、多层次指标体系,运用熵值法、TOPSIS法、耦合协调度模型、空间计量模型等方法,对不同城市的发展质量、发展差异及其影响因素进行了系统性评估[19-21]。这些研究清晰勾勒出相关城市发展质量的空间格局与演化规律,并深入剖析了制约高质量发展的关键因素,为政策制定提供了科学依据。然而,现有研究仍存在一些局限:①多集中于国家、省域或城市群等宏观尺度,针对县域这一关键基础单元的深入评估仍显不足;②评估模型与指标体系的区域针对性不强,未能充分整合多源数据,难以从多角度深层次揭示区域特质,导致部分政策建议的落地性与精准性有待提升。

山西省作为中国典型的资源型省份,大部分县域发展长期依赖煤炭资源,面临产业转型艰难、生态修复压力大、区域差距显著等独特挑战,具有鲜明的区域代表性[22]。因此,本文以山西省为例,以新型城镇化战略为时代背景,以地理学三大定律为理论基础,整合社会统计与遥感数据,构建涵盖"社会-景观-

生态”3个维度的县域综合发展质量评估体系,并运用GIS空间分析、熵权法、泰尔指数、探索性时空数据分析(ESTDA)及障碍度模型等方法,对2012—2023年该省102个县域单元进行时空格局解析与障碍因子诊断。本研究旨在为县域发展质量研究提供典型区域案例,为山西省县域高质量发展与行政区划优化提供科学依据,以助力资源型地区的新型城镇化实践。

# 1　研究区概况与数据来源

## 1.1　研究区概况

山西省地处华北黄河流域中部,国土面积1.57×$10^5$ $km^2$,地形以山地、丘陵为主,属温带大陆性气候。2023年底全省常住人口为3 466万,地区生产总值为25 698.2亿元,人均地区生产总值为73 984元。作为中国能源重化工基地,具有丰富的煤炭、煤层气等资源,目前该省正处于能源革命与智能化转型阶段,产业向绿色化、高端化升级,新能源产业快速发展。省内经济发展悬殊,极化效应严重,以省会太原独大,其余城市经济发展动力严重不足,高质量发展面临巨大挑战。此外,由于地处黄土高原,水土流失严重,城市长期无序扩张,导致生态问题严重,人地矛盾极为突出。在新型城镇化、乡村振兴和黄河流域生态保护和高质量发展重大战略的统领下,当前各级政府聚焦生态优先、产业升级、城乡融合,探索生态、产业、文化协同发展的高质量转型之路。

## 1.2　数据来源

选取2012—2023年为本次研究的时间范围,考虑到期间大同、长治和晋中存在县级行政区调整,采用2023年的行政区划为研究标准。将各地级市的市辖区进行合并,最终得到102个研究单元。社会统计数据来源于2013—2024年《中国县域统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国农产品资料汇编》《山西省统计年鉴》以及相应年份各区县的国民经济和社会发展统计公报(http://www.stats.gov.cn/)。土地利用数据来源于武汉大学杨杰教授团队的中国土地覆被数据集(CLCD)(https://zenodo.org/record/8176941),分辨率为30 m×30 m。植被净初级生产力和植被覆盖度数据都来源于NASA地球科学数据网站(https://lpdaac.usgs.gov/products/mod17a3hgfv061/),分辨率为500 m×500 m。$PM_{2.5}$,$CO_2$数据来源于国家青藏高原科学数据中心(https://data.tpdc.ac.cn/),分辨率为1 km×1 km。为确保数据信息的一致性,将上述栅格数据统一投影坐标系并重采样为1 km×1 km。

# 2　评价体系与研究方法

## 2.1　“社会-景观-生态”综合评价体系构建

“社会-景观-生态”综合评估模型由社会发展质量、景观格局质量、生态系统质量3个维度构成。社会发展质量以人类的社会、经济活动为主,是县域发展质量主要的评价内容;景观格局质量是在人类活动影响下县域土地利用格局变化的直观表征;生态系统质量是受人类活动强度和景观格局变化引起的自然环境面貌及总体质量的改变。3个系统相互独立又相互融合,共同构成山西省综合发展评估框架(表1)。综合发展质量公式为[19]

$$C=\sqrt[3]{S\cdot L\cdot E} \tag{1}$$

式中:$C$为综合发展质量;$S$为社会发展质量;$L$为景观发展质量;$E$为生态系统质量。

### 2.1.1　社会发展质量评价

根据新型城镇化的核心内涵,参考前人的相关研究[8,19-20,23],并结合研究区特征,遵循科学性、系统性、完整性、代表性等原则,同时考虑到数据的可获得性,从人口发展、经济发展、民生发展、土地发展、绿色发展、城乡发展、乡村发展等7个维度构建23个核心指标,对山西省县域的社会发展质量进行评估。其中,人口发展是指县域人口总量的提升以及城镇人口比例不断提高的动态过程;经济发展是指县域产业结构的调整,居民经济条件改善以及企业产值增多推动的经济高质量发展过程;民生发展是指县域基础设施建设和公共服务供给的发展与完善;土地发展是指县域伴随经济、人口发展对行政区内土地集约利用的程度;绿色发展是指县域通过绿色发展减轻和恢复生态环境的过程;城乡发展是指县域城乡要素流通,城乡生活差距不断缩小的过程;乡村发展是指县域第一产业产值不断提高,农民生活富裕的体现。本文利用熵权法对社会发展质量各级指标进行客观赋权,以避免主观差异的影响,最后采用线性加权法计算社会发展综合指数[24]。

### 2.1.2　景观格局质量评价

景观格局是区域土地利用发生变化的一种直观表达,其受到人类社会和自然环境的双重影响。景观格局质量的变化一方面会影响农林业的资源利用效率和改善空气质量,对居民的休憩娱乐以及美丽城市的建设产生影响,另一方面则会影响生态系统中的物种丰度、分布以及种群的生存能力。本文从景观异质性、景观连通性和景观形态3个维度构建5个核心指标对社会发展质量进行评估。其中,景观

异质性通过香农多样性表征;景观连通性通过聚集指数、散布与并列指数和景观蔓延指数表征;景观形态则利用面积加权平均分形维数表征[19]。所有指标利用Fragstats 4.2的移动窗口算法获得,窗口大小设置为3 km×3 km。根据已有研究[25-26],本文利用权重系数模型来计算综合景观格局质量,将异质性、连通性与形态的权重分别设定为0.35,0.30和0.35,进而平均分解到各自表征指标上。综合景观格局质量计算公式为

$$L = 0.35 \times LH + 0.35 \times LS + 0.30 \times LC = 0.35 \times SHDI + 0.35 \times FRAV + 0.10 \times AI + 0.10 \times LH + 0.10 \times CI \quad (2)$$

式中:LH为景观异质性;LS为景观形态;LC为景观连通性;SHDI为香农多样性指数;FRAC为面积加权平均分形维数;AI为聚集指数;IJI为散布与并列指数;CI为景观蔓延指数。

**表1 山西省县域综合发展质量评价体系**

**Table 1 Evaluation system of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

| 准则层 | 目标层 | 指标层 | 权重 | 属性 |
|---|---|---|---|---|
| 社会发展质量 | 人口发展 | 人口规模/% | 0.073 4 | + |
| | | 城镇化率/% | 0.018 8 | + |
| | 经济发展 | 人均可支配收入/万元 | 0.021 1 | + |
| | | 二、三产业比例/% | 0.006 4 | + |
| | | 人均居民储蓄存款余额/万元 | 0.025 4 | + |
| | | 规模以上工业企业利润总额/万元 | 0.155 9 | + |
| | | 财政自给率/% | 0.034 2 | + |
| | 民生发展 | 邮政电信业务总量/万元 | 0.157 5 | + |
| | | 移动电话用户数/户 | 0.090 4 | + |
| | | 人均年末金融机构贷款余额/万元 | 0.064 7 | + |
| | | 每万人中小学在校人数/人 | 0.008 5 | + |
| | | 每万人医疗机构床位数/张 | 0.015 4 | + |
| | 土地发展 | 地均固定资产投资额/(万元·$km^{-2}$) | 0.120 8 | + |
| | | 土地利用效率 | 0.031 6 | + |
| | | 人均绿地面积/$m^2$ | 0.060 1 | + |
| | 绿色发展 | 森林覆盖率/% | 0.038 3 | + |
| | | 农用化肥施用量/t | 0.003 2 | − |
| | | $PM_{2.5}$/(μg·$m^{-3}$) | 0.007 1 | − |
| | | $CO_2$/t | 0.002 5 | − |
| | 城乡发展 | 城乡居民可支配收入比/% | 0.003 6 | − |
| | | 城乡社会消费品零售额之比/% | 0.000 3 | − |
| | 乡村发展 | 农林牧渔产值/万元 | 0.047 1 | + |
| | | 地均粮食产量/kg | 0.013 6 | + |
| 景观格局质量 | 景观异质性 | 香农多样性指数 | 0.350 0 | + |
| | 景观连通性 | 聚集指数 | 0.100 0 | + |
| | | 景观蔓延度指数 | 0.100 0 | + |
| | | 散布与并列指数 | 0.100 0 | + |
| | 景观形态 | 面积加权平均分维数 | 0.350 0 | + |
| 生态系统质量 | 生态系统活力 | 植被覆盖度与植被净初级生产力 | 0.175 9 | + |
| | 生态系统弹性 | 生态系统弹性系数 | 0.131 1 | + |
| | 生态系统服务 | 生态系统服务价值 | 0.693 0 | + |

注:“+”表示指标属性为正向,“−”表示指标属性为负向。

2.1.3　生态系统质量评价

生态系统质量体现了生态系统在压力下维持健康结构、自我调节和恢复的能力。本文从生态系统活力、生态系统弹性和生态系统服务3个维度构建3个核心指标对生态系统质量进行评估。其中,生态系统活力是指生态系统的生产能力和植被覆盖率,本文采用植被净初级生产力与植被覆盖度乘积的平方根对生态系统活力进行量化。生态系统弹性是指地区生态系统在受到外界干扰后能够恢复其原始状态和结构的能力[27]。本文采用植被覆盖度作为弹性分值来计算县域生态系统弹性,并利用对数函数对土地利用数据和植被指数进行标准化处理。生态系统服务以生态系统服务价值表征。将山西省土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、未利用地和建设用地6类,其中建设用地不参与价值计算。通过计算研究期间山西省粮食的平均产量和收购价格,以1个单位当量因子价值等于1/7个单位面积农田年均产量的经济价值为标准,得出山西省单位面积价值当量为1 538.3元/hm$^2$。并依据谢高地等制定的中国陆地生态系统服务价值当量表得到山西省生态系统服务单位面积价值系数表(表2),进而对县域的生态系统服务价值进行计算[28]。利用熵权法对3个维度进行客观权重赋值,计算得到生态系统质量综合指数。

$$EV=\sqrt{NPP\cdot FVC} \tag{3}$$

$$ER=\left(-\sum_{i=1}^{n}S_i\log_2 S_i\right)\cdot S_i\cdot P_i \tag{4}$$

$$ESV=A_k\cdot VC_k\cdot NPP_k \tag{5}$$

式中:EV为生态系统活力;ER为生态系统弹性;ESV为生态系统价值;NPP为植被净初级生产力标准化值(g/(m$^2$ a)(以C计);FVC为植被覆盖度标准化值(%);$n$代表土地利用类型;$S_i$为第$i$类土地利用的植被覆盖度;$P_i$为第$i$类土地利用面积(hm$^2$);$A_k$为第$k$种土地利用面积;$VC_k$为第$k$种土地利用单位面积价值当量(元/hm$^2$);$NPP_k$为所属城市第$k$种土地类型的NPP系数。

**表2　山西省生态系统服务单位面积价值系数**

**Table 2　Ecosystem service value coefficients per unit area in Shanxi Province**　　单位:元/hm$^2$

| 生态系统服务分类 | | 土地利用类型 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一级服务 | 二级服务 | 耕地 | 林地 | 草地 | 水域 | 未利用土地 |
| 供给服务 | 粮食生产 | 1 307.555 | 446.107 | 584.554 | 1 230.64 | 15.383 |
| | 原料生产 | 615.320 | 1 015.278 | 861.448 | 353.809 | 46.149 |
| | 水资源供给 | 30.766 | 523.022 | 476.873 | 12 752.507 | 46.149 |
| 调节服务 | 气体调节 | 1 030.661 | 3 338.111 | 3 030.451 | 1 184.491 | 169.213 |
| | 气候调节 | 553.788 | 9 998.95 | 8 014.543 | 3 522.707 | 153.83 |
| | 净化环境 | 153.830 | 2 968.919 | 2 645.876 | 8 537.565 | 476.873 |
| | 水温调节 | 415.341 | 7 291.542 | 5 860.923 | 157 275.792 | 323.043 |
| 支持服务 | 土壤保持 | 1 584.449 | 4 076.495 | 3 691.920 | 1 430.619 | 199.979 |
| | 维持养分循环 | 184.596 | 307.660 | 276.894 | 107.681 | 15.383 |
| | 生物多样性 | 199.979 | 3 707.303 | 3 353.494 | 3 922.665 | 184.596 |
| 文化服务 | 美学景观 | 92.298 | 1 630.598 | 1 476.768 | 2 907.387 | 76.915 |

## 2.2　研究方法

2.2.1　泰尔指数

泰尔指数通常作为衡量区域之间收入差距的指标,本文利用其原理揭示山西省综合发展质量的总体差异、组内差异、组间差异和分地区差异。计算公式[29]为

$$T=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{Y_i}{\overline{Y}}\ln\frac{Y_i}{\overline{Y}} \tag{6}$$

$$T_b=\sum_{k=1}^{K}Y_k\ln\frac{Y_k}{n_k/n} \tag{7}$$

$$T_k=\sum_{k=1}^{K}Y_k\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{Y_i}{Y_k}\ln\frac{Y_i/Y_k}{1/n_k}\right) \tag{8}$$

式中:$T$代表泰尔指数;$Y_i$代表县域综合发展质量;$\overline{Y}$代表平均发展质量;$T_b$代表组内差距;$T_k$代表组间差距;$Y_k$代表第$k$组的综合发展质量;$n_k$为第$k$组的县域数量;$K$为组的总数。

2.2.2　探索性时空数据分析(ESTDA)

本文利用ESTDA模型,通过全局莫兰指数判断山西省县域综合发展质量是否存在空间相关性,通过局部莫兰指数识别其局部空间集聚情况。计算公

式[23]为

$$I=\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}W_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})} \tag{9}$$

$$I_i=\frac{n(x_i-\bar{x})\sum_{j=1}^{n}W_{ij}(x_i-\bar{x})}{\sum_{j=1}^{n}(x_i-\bar{x})(x_i-\bar{x})} \tag{10}$$

式中：$I$为全局 Moran's $I$指数；$I_i$为局部 Moran's $I$指数，$n$为县域数量；$x_i$，$x_j$分别为县域$i$和县域$j$的观测值；$x$为属性的均值；$W_{ij}$为空间权重矩阵。全局 Moran's $I$指数计算结果采用$Z$检验，当$Z>2.58$，则通过$p<0.01$的显著性检验。

此外，考虑到山西省县域综合发展质量的变化具有时空动态性，进一步结合LISA时间路径和时空跃迁来刻画县域综合发展质量局部空间解构的动态性、空间依赖方向的波动性、空间整合性及其跃迁特征。相关计算公式[30]为

$$d_i=\frac{n\sum_{t=1}^{T-1}d(L_{i,t},L_{i,t}+1)}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T-1}d(L_{i,t},L_{i,t}+1)} \tag{11}$$

$$f_i=\frac{\sum_{t=1}^{T-1}d(L_{i,t},L_{i,t}+1)}{d(L_{i,t},L_{i,t})} \tag{12}$$

$$\theta_i=\arctan\frac{\sum_{j}\sin\theta_j}{\sum_{j}\cos\theta_j} \tag{13}$$

式中：$d_i$为相对长度；$f_i$为弯曲度；$\theta_i$为移动方向；$n$为县域数量；$T$为时间间隔；$L_{i,t}$为$i$县域在$t$年 Moran's $I$散点图中的坐标；$d(L_{i,t}, L_{i,t+1})$为第$t$年到$t+1$年$i$县域的移动距离。若$d$和$f$值越大，则反映某县域的综合发展质量呈现出动态的局部空间结构特征及依赖方向越显著。$\theta$反映县域局部空间结构演变的整合性特征。

2.2.3 障碍度模型

本文以山西省县域综合发展质量指数为观测值，引入障碍度模型识别影响县域综合发展质量的主要障碍因子，从而为山西省提升整体发展质量制定合理的政策提供科学依据。计算公式[31]为

$$Q_{ij}=\frac{W_jI_{ij}}{\sum_{j=1}^{n}W_jI_{ij}}100\%=\frac{W_j(1-X_{ij})}{\sum_{j=1}^{n}W_j(1-X_{ij})} \tag{14}$$

式中：$Q_{ij}$为第$i$个县域第$j$项指标的障碍度；$W_j$为变量权重；$I_{ij}$为偏离度；$X_{ij}$为标准化值。$O_{ij}$的大小反映了该因子对综合发展质量的阻碍程度。

## 3 结果与分析

### 3.1 山西省县域综合发展质量时空格局

3.1.1 社会发展质量时空格局

利用熵权法得出2012—2023年山西省县域社会发展质量指数（图1）。研究期间，山西省平均社会发展质量指数呈现出波动上升趋势，年均增长率为3.76%。2013年后经历3 a的瓶颈期，提升不够明显，2016年后社会发展质量指数稳定上升，但在2022年以后有所下降。县域社会发展质量指数变异系数也呈现波动变化特征，截至2023年，变异系数相比2012年提升了0.24%，达到了37.84%，表明省内各县域之间的差距仍较为悬殊。具体来看，经济发展和民生发展提升较为明显，年均增长率分别为7.78%和4.77%。乡村发展年均增长率也达到了3.78%，高于其他维度的发展速率。从贡献度来看，经济发展的贡献度最高，达到了25.80%，其次为乡村发展（21.83%）、土地发展（21.04%）和城乡发展（20.06%）。

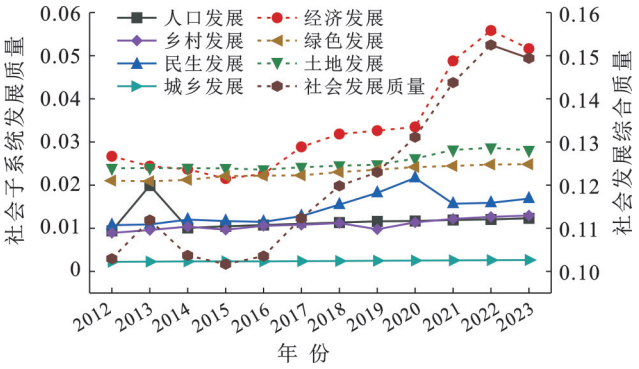



**图1 山西省县域社会发展质量时间变化趋势**

**Fig.1 Temporal variation trends of county-level social development quality in Shanxi Province**

地理学第二定律揭示了地理现象具有显著的空间异质性。选取2012，2016，2020和2023年4个时间节点，利用ArcGIS 10.8软件结合自然间断点方法，将社会发展质量指数分为高、较高、中等、较低和低5个等级，将山西省县域社会发展质量进行空间可视化（图2）。整体来看，高水平区以太原市辖区为核心呈圈层扩散，并沿汾河谷地及主要交通廊道延伸，体现出省会城市在资源集聚与辐射带动方面的双重效应。晋东南（长治、晋城）形成较为稳定的次级高值集聚区，与其相对完善的产业体系和对外交通条件密切相关；临汾、吕梁等地则呈现“核心城区较高，周边县域跟随”的局部集聚特征。相比之下，晋北与晋南部分县域长期处于中低水平，受产业结构单一、人口流失及公共服务能力不足等因素叠加影响，发展提升相对滞后。时间维度上，2020年指数普遍回落，

反映出新冠疫情对县域社会经济运行的短期抑制;而后续恢复程度的差异,则进一步揭示了不同县域在产业韧性、治理能力与要素吸引力上的结构性分化。

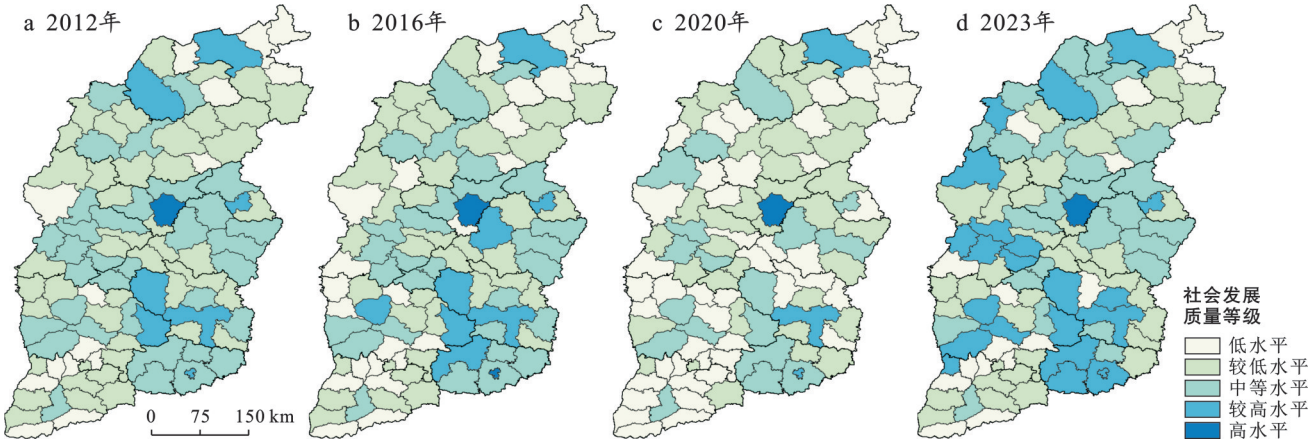



**图 2　山西省县域社会发展质量空间分布格局**

**Fig.2　Spatial distribution patterns of county-level social development quality in Shanxi Province**

3.1.2　景观格局质量时空格局

根据权重系数法得出 2012—2023 年山西省县域景观格局质量综合指数(图 3)。研究期间,山西省县域景观格局质量亦呈波动上升态势,年均增长率为 0.16%。2019 年景观格局质量有所降低,主要受到景观异质性和景观形态下降的影响,但随后稳定提升。景观格局质量变异系数也呈现波动变化的趋势,整体上变异系数呈增加趋势,从 2012 年的 19.21% 上升到 19.56%,差异仍较为明显。具体来看,景观异质性提升幅度最大,年均增长率为 0.144%,景观形态较低,年均增长率仅为 0.06%,而景观连通性呈现下降趋势,但下降幅度较小,年均下降率仅有 0.007%。从贡献度来看,景观形态平均贡献度为 34.31%,其次为景观异质性(31.28%)和景观连通性(27.13%)。

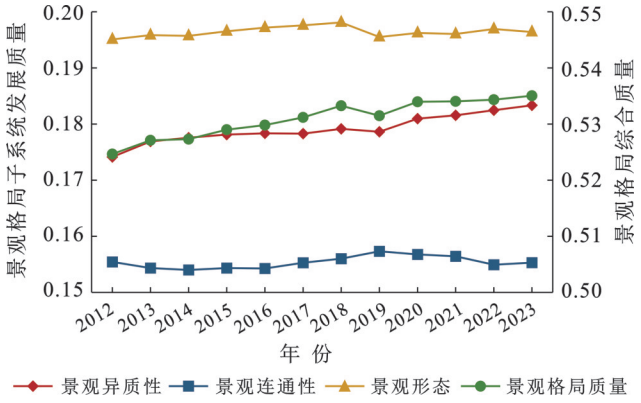



**图 3　山西省县域景观格局质量时间变化趋势**

**Fig.3　Temporal variation trends of county-level landscape pattern quality in Shanxi Province**

地理学第三定律揭示区域特征存在地理相似性,进一步将景观格局质量指数进行空间可视化(图 4)。研究期间全省总体格局变化较小,高水平与较高水平县域主要沿太行—吕梁山脉呈带状分布。这一格局与山地地区地形起伏大,林地草地比例高,生态修复导向较强有关:多类型土地覆被并存使斑块组合更丰富,形态复杂度与异质性指标相对较高,且受开发强度约束变化幅度有限。相对地,运城盆地及部分平原农业区以耕地连片为主,景观结构趋于单一;叠加城镇扩张、园区建设与交通廊道加密,建设用地与线性设施切割效应增强,导致连通性缓慢下降。时间上 2019 年指数回落,可能反映阶段性用地调整与建设活动增强引起的异质性、形态走弱,而其后差异体现了用地管控与生态治理力度不同。

3.1.3　生态系统质量时空格局

利用熵权法得出 2012—2023 年山西省县域生态系统质量指数(图 5)。研究期间,山西省县域生态系统质量指数波动变化,拐点较多,呈现“高—低—高—低”的动态变化特征,但整体上得到了提升,年均增长率为 0.33%。2013—2015 年出现了短暂的线性下降趋势,2016 年则开始出现频繁变化的特征,生态系统质量不够稳定,一定程度上反映出城市对待生态系统的先破坏后修复,修复后又破坏的恶性循环。生态系统质量指数变异系数变化幅度则较大,截至 2023 年,变异系数下降了 6.62%,省内各县域差距有所收敛,但变异系数仍达到了 34.99%,差距仍较为严重。具体来看,生态系统活力提升较为明显,年均增长率达到了 1.58%,生态系统弹性年均增长率仅为 0.52%,而生态系统服务功能则呈现下降趋势,平均下降了 2.80%。从贡献度来看,生态系统服务贡献率达到了 71.69%,生态系统活力和生态系统弹性分别为 24.78% 和 29.73%。

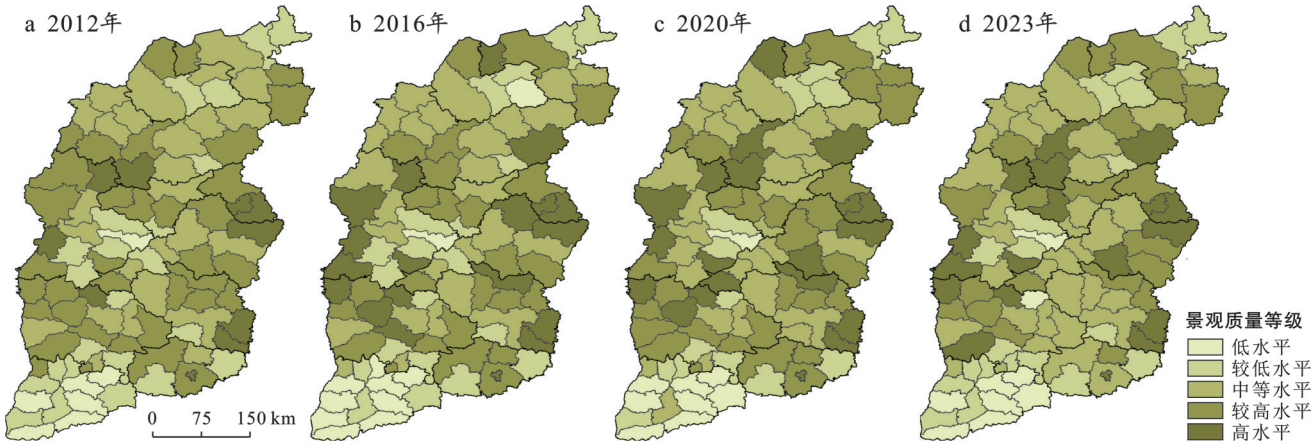



**图 4 山西省县域景观格局质量空间分布格局**

**Fig.4 Spatial distribution patterns of county-level landscape pattern quality in Shanxi Province**

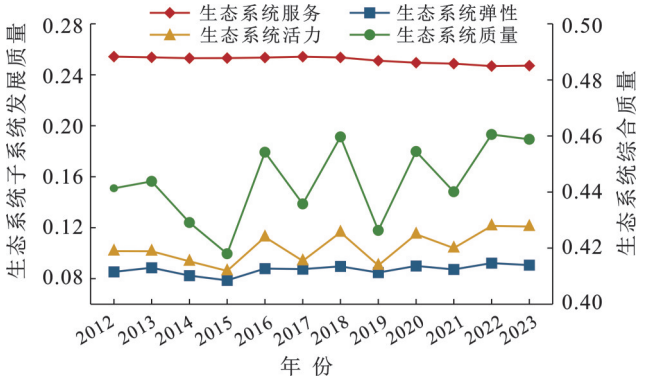



**图 5 山西省县域生态系统质量时间变化趋势**

**Fig.5 Temporal variation trends of county-level ecosystem quality in Shanxi Province**

将山西省县域生态系统质量进行空间可视化（图 6）。研究期间，山西省县域生态系统质量高水平县域不断增多，在空间格局上与景观格局质量相似，高水平、较高水平地区集中分布在太行-吕梁山脉一带。由外向内的圈层结构较为明显，除晋北大同地区和晋南运城地区以外，生态系统质量由边缘向中心呈现逐级下降的空间格局。值得注意的是，太原市区的生态系统质量与社会发展质量形成鲜明对比，长期处于较低水平，这与其高强度的人类活动和发达的城市经济密切相关，生态修复任务还较为艰巨。太原北部、吕梁北部和忻州地区受太行和吕梁山主脉和余脉的影响，形成了高生态系统质量县域集群，林地、草地面积广布，山地丘陵等自然地貌广布，降水较多，人类足迹较少，使得该区域保持了较高的生态系统服务价值，生态弹性和活力均较好。

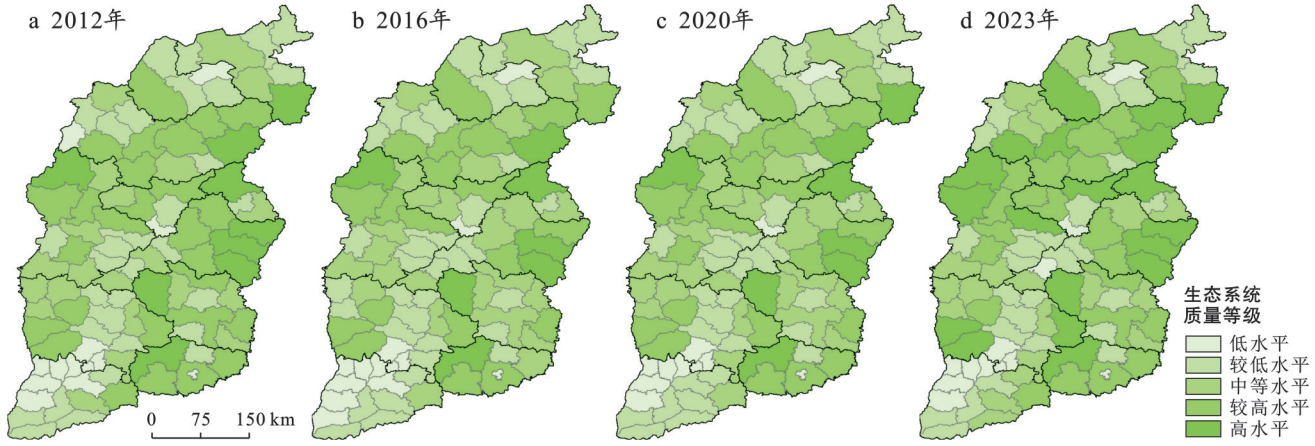



**图 6 山西省生态系统质量空间分布格局**

**Fig.6 Spatial distribution patterns of ecosystem quality in Shanxi Province**

3.1.4 综合发展质量时空格局

根据公式（1）可计算得出山西省县域综合发展质量指数。由图 7 可知，研究期间，综合发展质量缓慢提升，年均增长率为 1.28%，其中 2016 年后增长趋于稳定。综合发展质量指数变异系数整体呈收敛趋势，截至 2023 年下降了 0.59%，表明县域间差距有所缩小，但仍维持在 21.11%，区域发展不平衡问题依然存在。从地市层面看，各市平均综合发展质量均呈

上升趋势,其中大同、朔州、运城年均增长率分别为1.86%,1.77%和1.76%,高于全省平均水平,而晋中(0.73%)、阳泉(0.74%)则增长相对缓慢。内部差异方面,朔州市变异系数最高(8.44%),县域间波动较强;晋中市变异系数最低(3.96%),内部发展较为均衡。

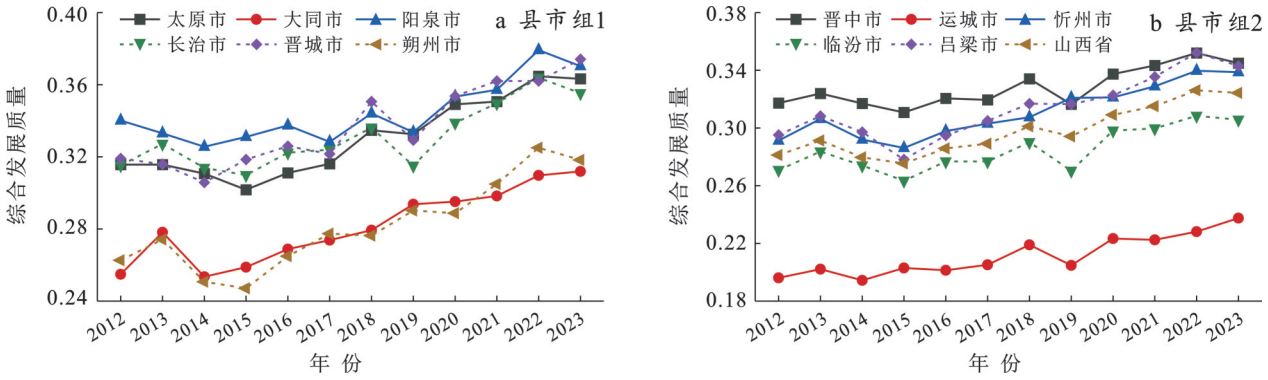



**图 7　山西省县域综合发展质量时间变化趋势**

**Fig.7　Temporal variation trends of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

在空间上,山西省县域综合发展质量呈现“大分散,小集中”的分布格局(图 8)。高水平与较高水平县域主要集聚于以太原市区为核心的中部都市圈,并向南延伸至长治、临汾与晋城交界地带,形成明显的核心增长区。

然而,随时间推移,中部与南部地区之间出现了一条显著的较低水平县域隔离带,反映出区域协同发展动力不足。中等水平县域多分布于高值区外围或穿插于高低值区域之间,在吕梁、临汾等地呈条带状分布。较低水平县域集中分布于汾河沿线、忻州西部及朔州等地。低水平县域则以团块状集中分布于南部的运城盆地,并呈环状围绕运城市区,形成连片的发展洼地。值得注意的是,紧邻太原的清徐县长期处于低水平,与省会形成鲜明反差。这主要源于其耕地保护限制城镇连片开发、第三产业滞后、与太原通勤便捷性不足及省会的虹吸效应等多重因素叠加,导致其难以依托自身或借助区域联动实现有效提升。

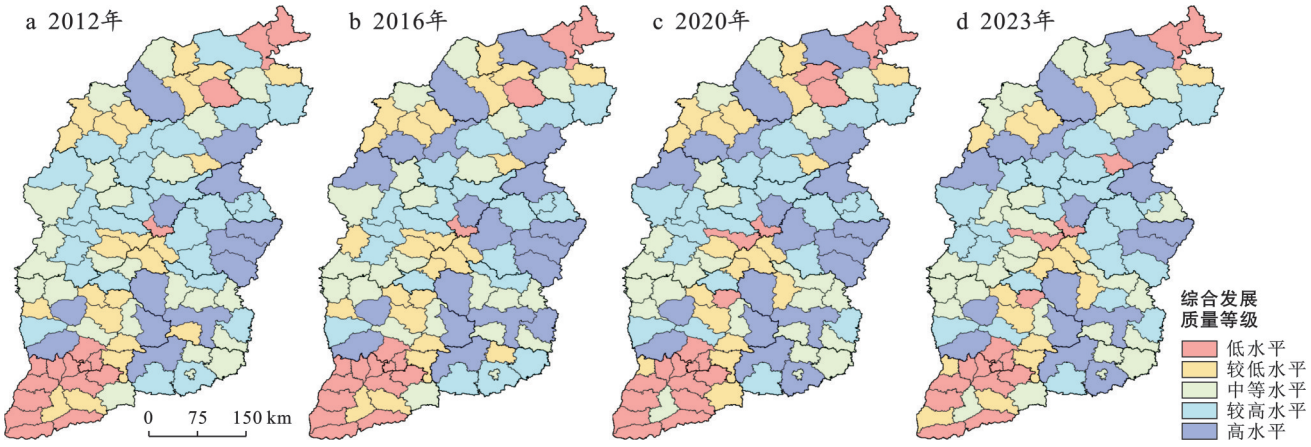



**图 8　山西省县域综合发展质量空间分布格局**

**Fig.8　Spatial distribution patterns of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

### 3.2　山西省县域综合发展质量区域差异

为深入了解山西省县域综合发展质量差异,采用泰尔指数来解析其总体差异、组内差异、组间差异及其贡献率(图 9)。2012—2023 年总泰尔指数呈波动下降趋势,年均降幅 1.24%,但阶段性拐点明显。总体差异主要来源于组内差异,平均贡献度为62.75%,且其贡献度仍以年均 0.65% 的速度缓慢上升,表明协调发展的核心挑战在于各地级市内部的县际失衡。

基于前文结果,省域总体差异主要来自组内差异,进一步对泰尔指数进行分解,得到 11 市的组内泰尔指数及其贡献度(图 10)。研究期内,各市泰尔指数普遍呈波动变化,多数城市整体下降,说明市域内部县际差距在一定程度上收敛,但收敛过程并不稳定。从平均水平看,临汾市组内差距最高(0.025),其次为朔州市(0.024)、太原市(0.023)和大同市

(0.022),表明这些地区内部“核心城区—外围县域”的分化更为突出。在动态变化上,朔州和太原波动幅度较大,且2023年泰尔指数回升,提示其内部差距在阶段性扩张与收敛之间反复。相比之下,阳泉市贡献度下降率最低,年均下降率2.78%,其内部差距持续缩小,显示县域间发展节奏更为同步。总体来看,市域内部差异长期占优并非单一指标波动所致,而是“社会-景观-生态”三维子系统在同一市域内呈现“不同步提升与空间错配”的综合结果。首先,社会发展质量总体上升,但县域间差异仍较显著,体现出以市辖区为核心的要素集聚与公共服务供给优势持续强化;在增长极与“核心—外围”机制作用下,产业平台、基础设施与就业机会更易向核心区集中,外围县域则受人口外流、产业承接能力与财政约束影响,提升速度相对滞后,从而放大市域内部梯度。其次,核心区开发强度高、建设用地扩张更易导致景观破碎化与连通性下降,而山地丘陵或生态管控较强区域受地形与用地约束,景观完整性相对更高,形成明显的县域分化。再次,自然地貌占优、林草覆盖较高且人类足迹较弱的县域更易维持较高生态质量,而资源型产业集中或城镇化强的县域则生态质量偏低,呈现与社会发展质量“高-低对照”的空间错配。综合而言,市域内部差异的主导地位反映了资源型地区转型过程中,不同县域在“要素吸引—产业转型—生态治理”上的路径差异与协同不足,进而导致综合发展质量出现结构性分化。

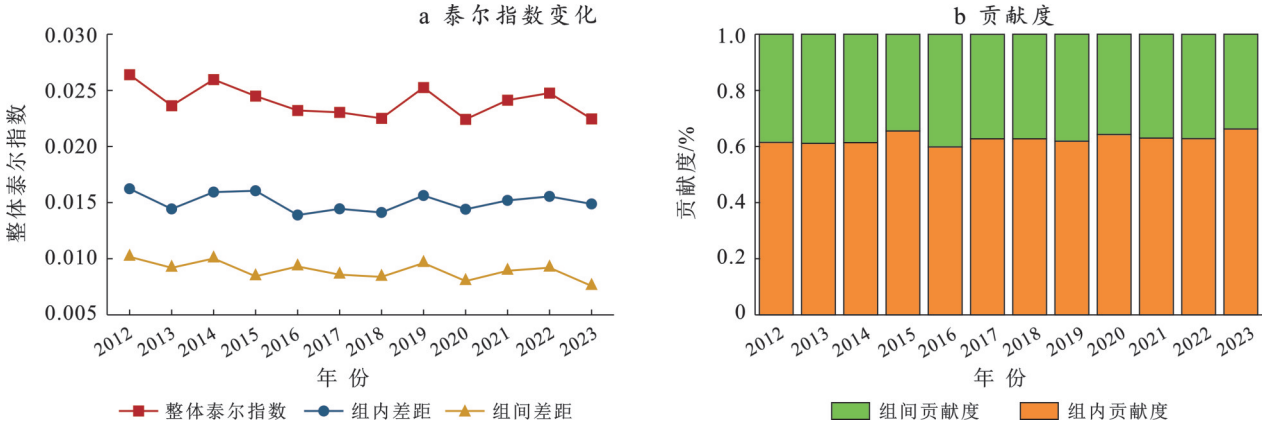



**图9 山西省县域综合发展质量泰尔指数及组间、组内贡献度变化趋势**

**Fig.9 Temporal variation trends of Theil index and its contribution rates between-group and within-group for county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

### 3.3 山西省县域综合发展质量LISA时空动态特征

#### 3.3.1 综合发展质量空间集聚特征

依据地理学第一定律,地理现象的空间相关性随距离增加而减弱。本文运用探索性时空数据分析方法,通过全局与局部莫兰指数,揭示山西省县域综合发展质量的空间集聚特征。结果显示(表3),2012—2023年全局Moran's *I*值始终为正,且通过1%显著性检验,表明全省县域综合发展质量存在显著的空间正相关性。然而,全局Moran's *I*整体呈波动下降趋势,从2012年的0.404降至2023年的0.320,反映出空间集聚效应有所减弱,县域间异质性逐步增强。

进一步绘制局部LISA聚类图发现(图11),研究期间高高集聚县域数量呈现由内向外逐渐递减的空间变化特征,晋中地区东部高高集聚的县域群逐渐向外扩散,向北延伸至忻州太原北部和忻州中部,并逐步扩散到吕梁北部,向南数量则逐渐减少。截至2023年,高高集聚县域数量仅有8个,相比2012年减少3个。高低集聚县域则仅有大同市辖区和乡宁县,但随着时间推移,大同市辖区转为不显著区域,仅保留乡宁一县。低高集聚县域则分散分布在高高集聚县域周边,数量较为稳定。长子县和高平市长期稳定在低高集聚区,黎城县则从高高集聚向下转移为低高集聚县域。低低集聚县域则呈团簇状分布在运城,研究期间变化较为稳定,内部各县域没有发生向上转移的情况,也没有向外扩散,临汾市的曲沃和侯马亦受到影响,长期处于低低集聚区。整体来看,各县域的集聚特征相对稳定,具有明显的路径依赖特征,除高高集聚区变化较为明显外,其余3类均较为稳定。

#### 3.3.2 综合发展质量LISA时间路径分析

通过计算LISA时间路径相对长度、弯曲度以及移动方向,进一步揭示山西省县域综合发展质量的动态性、变化的波动性与空间整合性特征。2012—2023年相对长度小于1的县域有57个,比例为55.88%,表明整体空间格局具有一定的稳定性。在空间上呈现西北-东南对折的梯度下降格局,吕梁、忻州西部,大同、朔州西部地区,以及太原市辖区、晋城大部分县域的相对长度较高,表明这些县域具有更为动态的局部空间结构(图12)。弯曲度均值为

10.76,其中小于均值的县域数量为 77 个,所占比例为 75.49%,表明全省综合发展质量具有较强的时空依赖性。其中,弯曲度排名前 3 的县域为芮城县(105.94)、夏县(102.23)、石楼县(57.48),显示出更加波动的时空依赖关系。在空间上高值区呈现北部连片集聚、南部边缘拓展的格局。移动方向结果显示,有 53 个县域自身与邻域县域整体呈现协同跃迁,比例为 51.96%,其中有 40 个县域呈现正向协同跃迁(第 1 象限),主要分布在西部边缘;负向协同增长(第 2 象限)的县域为 13 个,主要分布第 4 象限外围。而处于第 2 象限和第四象限的县域数量分别为 18 个和 31 个,主要分布在中、东部,空间整合性相对较弱。

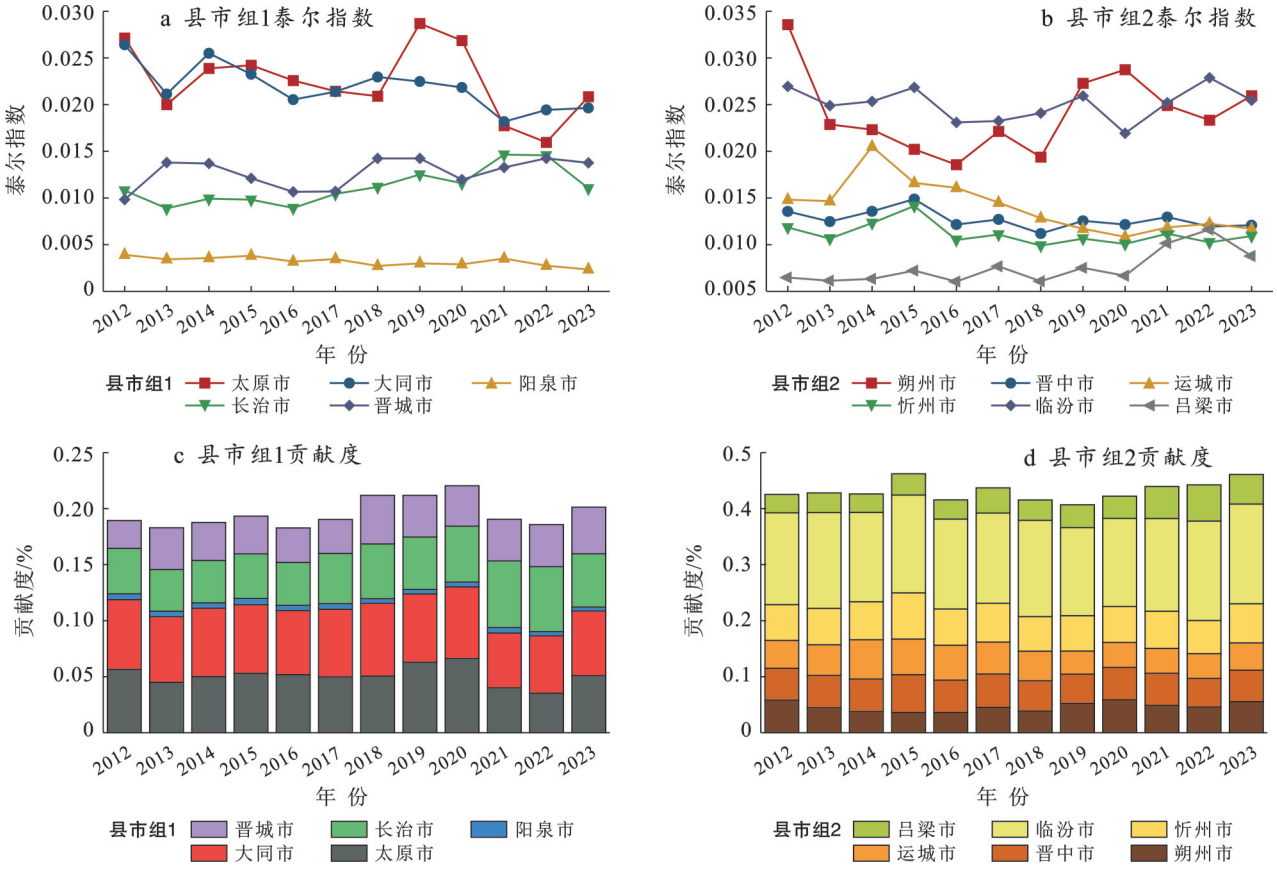



**图 10　山西省县域综合发展质量各城市组内差距与贡献度变化趋势**

**Fig.10　Temporal variation trends of intra-city disparities and contribution rates of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

**表 3　山西省县域综合发展质量全局莫兰指数**

**Table 3　Global Moran's *I* of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

| 年份 | Moran's *I* | *z* 值 | *p* 值 |
|---|---|---|---|
| 2012 | 0.404 | 6.660 2 | 0.001 |
| 2013 | 0.411 | 6.819 8 | 0.001 |
| 2014 | 0.392 | 6.501 1 | 0.001 |
| 2015 | 0.376 | 6.237 7 | 0.001 |
| 2016 | 0.413 | 6.858 5 | 0.001 |
| 2017 | 0.378 | 6.313 9 | 0.001 |
| 2018 | 0.367 | 6.161 4 | 0.001 |
| 2019 | 0.359 | 6.013 3 | 0.001 |
| 2020 | 0.347 | 5.784 2 | 0.001 |
| 2021 | 0.363 | 6.099 7 | 0.001 |
| 2022 | 0.351 | 5.862 2 | 0.001 |
| 2023 | 0.320 | 5.358 0 | 0.001 |

### 3.3.3　综合发展质量 LISA 时空跃迁分析

根据综合发展质量莫兰散点图,进一步计算 102 个县域不同局部相关类型的相互转移过程。研究期间,Ⅰ型为比例最高的跃迁类型,在不同阶段比例分别为 84.31%,84.31%,90.20% 和 91.18%,表明综合发展质量未发生显著的类型转移,空间格局稳定并具有较强的转移惰性和空间锁定特征,但整体呈现双赢态势(图 13)。2012—2015 年综合发展质量发生跃迁的县域数量为 16 个,跃迁类型Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ(1)的县域数量分别为 5,9,1 个,主要分布在吕梁山中部;2015—2018 年Ⅱ型县域数量有所增加,Ⅲ型县域有所减少,其余跃迁类型趋于稳定;2018—2021 年Ⅰ型县域数量开始增加,并到 2023 年达到了最大值(93),除Ⅳ(1)型县域数量增加到 2 个,其余类型均呈下降

趋势,空间上分布较为零散。这表明研究期间各时段综合发展质量的局部空间格局虽受到一定的邻域溢出作用,但归根结底仍受自身因素主导,路径依赖和空间锁定效应显著,各县域需结合自身发展条件、自然本底特征来实现社会、景观和生态的综合提升。

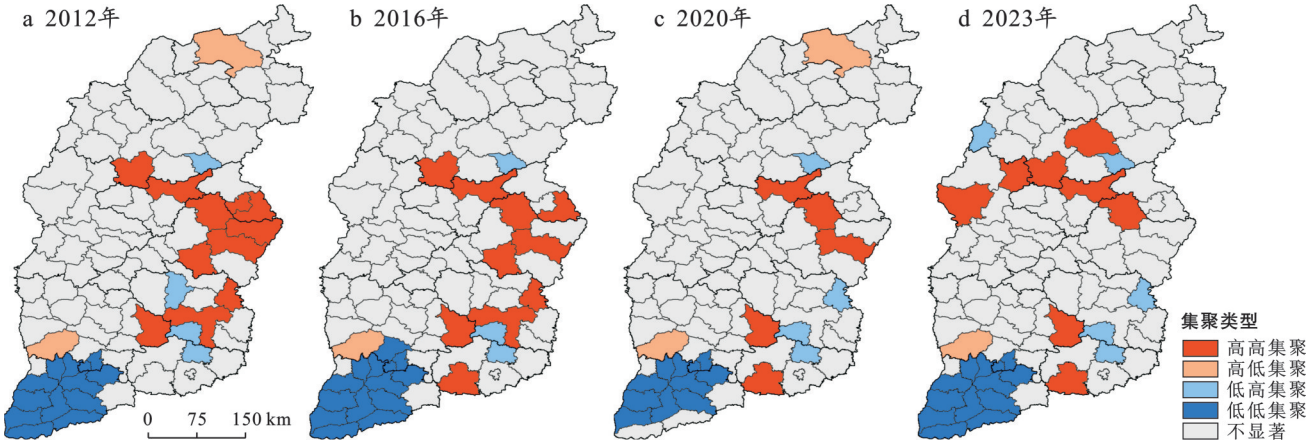



图 11 山西省县域综合发展质量 LISA 聚类图

**Fig.11 LISA cluster maps of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

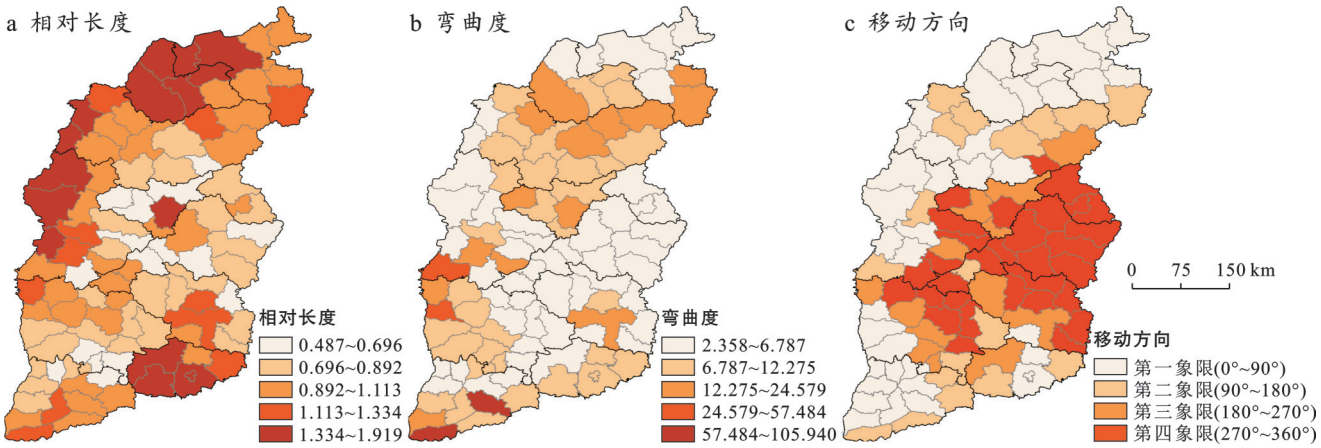



图 12 山西省县域综合发展质量 LISA 时间路径

**Fig.12 Temporal paths of LISA for county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

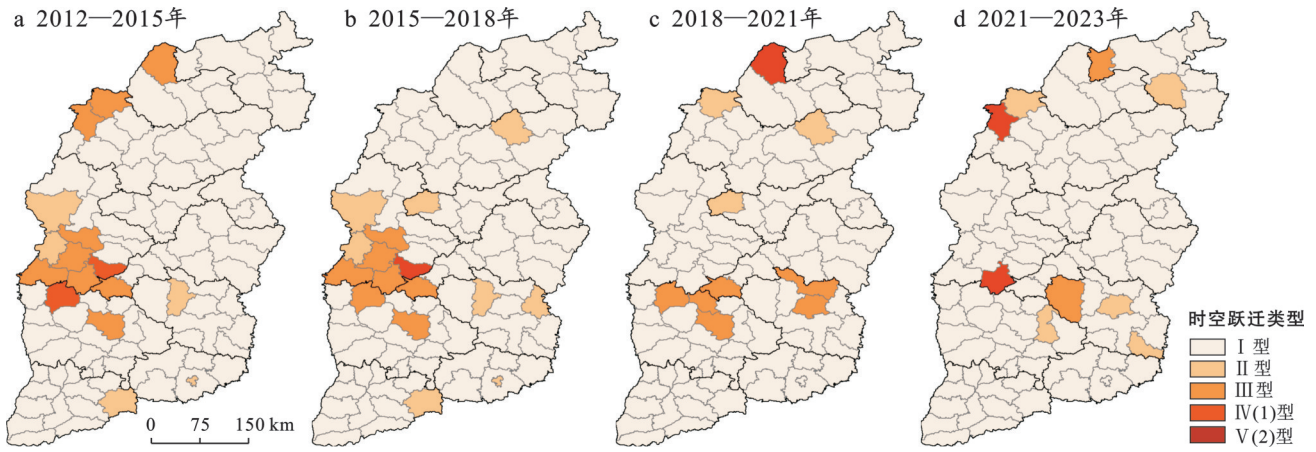



图 13 山西省县域综合发展质量 LISA 时空跃迁

**Fig.13 LISA spatiotemporal transition of county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

### 3.4 综合发展质量障碍度因子诊断

采用障碍度模型对山西省县域综合发展质量进行障碍因子诊断(表 4)。结果显示,准则层障碍度排序始终为:社会发展质量 > 生态系统质量 > 景观格

局质量,表明社会经济滞后是当前最主要的制约因素。其中,社会发展质量障碍度呈下降趋势,而生态与景观维度障碍度持续上升,反映景观与生态约束正逐步增强。在目标层中,民生发展、经济发展与土地发展长期位列障碍度前3位,民生发展障碍度尤为突出,显示基础设施与公共服务仍是县域发展的突出短板。12 a间,民生发展与土地发展的障碍度波动提升,这表明山西各县需更加重视改善居民生活条件,完善公共基础设施,同时强化土地集约利用并优化资源配置效率。

**表 4　山西省县域综合发展质量准则层与目标层障碍度**

**Table 4　Barrier degrees of criteria layer and target layer for county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

| 年份 | 准则层 | | | 目标层(前3) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 社会发展质量 | 景观格局质量 | 生态系统质量 | 民生发展 | 经济发展 | 土地发展 |
| 2012 | 96.03 | 1.66 | 2.31 | 36.12 | 23.50 | 19.78 |
| 2013 | 95.99 | 1.69 | 2.33 | 36.43 | 24.09 | 19.95 |
| 2014 | 95.97 | 1.67 | 2.36 | 35.92 | 23.98 | 19.76 |
| 2015 | 95.95 | 1.64 | 2.41 | 35.89 | 24.22 | 19.71 |
| 2016 | 96.13 | 1.63 | 2.24 | 36.02 | 24.14 | 19.82 |
| 2017 | 95.98 | 1.63 | 2.39 | 36.26 | 23.53 | 19.96 |
| 2018 | 96.03 | 1.64 | 2.33 | 36.29 | 23.43 | 20.15 |
| 2019 | 95.73 | 1.69 | 2.58 | 36.05 | 23.51 | 20.23 |
| 2020 | 95.07 | 2.00 | 2.93 | 35.89 | 23.70 | 20.25 |
| 2021 | 95.65 | 1.75 | 2.59 | 37.72 | 21.66 | 20.20 |
| 2022 | 95.64 | 1.81 | 2.54 | 38.26 | 20.78 | 20.42 |
| 2023 | 95.60 | 1.84 | 2.56 | 37.89 | 21.41 | 20.42 |

从具体指标层障碍因子来看,邮政电信业务总量、规模以上工业企业利润总额、地均固定资产投资是长期位列前三的主要障碍因子(图14)。邮政电信业务总量作为民生发展的核心表征,障碍度变化趋势与民生发展整体保持一致,高障碍度直接反映了县域在数字化、信息化基础设施和服务能力上的滞后,这不仅制约了社会运行效率,也影响了新兴产业业态的培育和营商环境的优化。规模以上工业企业利润总额代表了经济发展,其障碍度变化趋势亦与经济发展趋势相同,该指标的高障碍度暴露出山西省县域工业经济,尤其是传统资源型产业,在效益提升,盈利能力方面面临严峻挑战,这背后可能与产业附加值低,市场竞争加剧,环保成本内化等因素密切相关。地均固定资产投资则从属于土地发展,其障碍度虽有所提升,但离散程度远低于前两者,高障碍度直接指向了县域空间开发的经济效率问题。投资强度与土地利用效率不匹配,可能意味着存在投资粗放、项目产出效益不高、或空间布局不合理等情况,影响了资本对综合发展质量提升的贡献率。

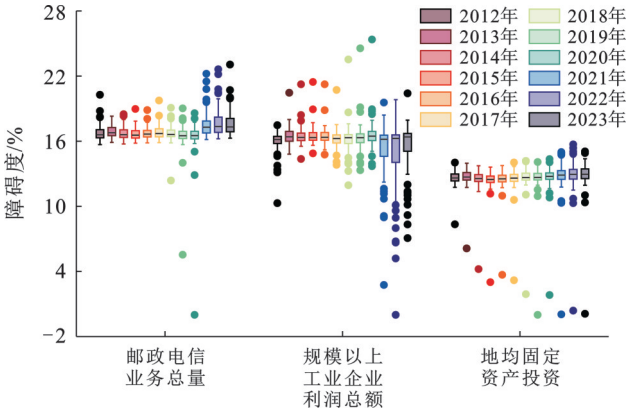



**图 14　山西省县域综合发展质量指标层障碍因子时序变化**

**Fig.14　Temporal variation of barrier factors at indicator layer for county-level comprehensive development quality in Shanxi Province**

整体上,山西省县域综合发展质量的障碍因子呈现出“以社会经济短板为基础约束,生态环境渐显”的复合特征。因此,山西县域未来政策制定需突破单一维度思维,采取系统性干预策略,统筹推进社会经济发展与生态保护,以实现三维协同提升。

## 4　结　论

(1) 研究期内,山西省县域综合发展质量指数年均增长率为1.28%,整体呈波动上升趋势,2016年后增速趋稳。空间上表现为“大分散,小集中”的分布特征。高水平与较高水平县域主要集聚于中部太原都市圈,低水平县域则呈团块状集中分布于南部的运城盆地,这一格局揭示了省内核心增长极的辐射范围有限,并存在明显的发展洼地。

(2) 山西省县域综合发展质量的总体差异呈波动下降趋势,但组内差异始终主要来源,且贡献度仍在缓慢攀升,表明协调发展的关键难点集中在地级市内部的县际失衡。其中,晋城、吕梁、长治组内差异扩大更为显著,而阳泉内部协同性相对较好。

(3) 全局Moran's $I$显示县域综合发展质量存在显著的空间正相关,但空间集聚效应总体减弱、异质性增强。LISA时空动态进一步表明局部空间结构具有强烈的路径依赖和空间锁定特征。高高集聚区趋于收缩,低低集聚区则相对稳定。这反映了县域发展不仅受自身条件制约,也与周边区域的发展状态紧密关联,形成难以打破的固化格局。

(4) 障碍度结果表明,社会发展质量是制约综合质量提升的最主要维度,尤其是民生发展、经济发展

和土地发展。在指标层面,邮政电信业务总量、规模以上工业企业利润总额、地均固定资产投资是长期位列前3的核心障碍因子,分别指向县域基础设施薄弱、产业效益偏弱与资本空间配置效率不高等关键瓶颈。同时,生态系统与景观格局约束上升,需前瞻纳入县域发展政策统筹。

## 5 建 议

(1)补齐社会发展短板,强化基础支撑能力。将县域数字化与网络化基础设施建设前置为优先任务,提升邮政电信与移动互联网覆盖质量及服务能力,夯实公共服务均等化与产业升级的基础条件。

(2)推动产业提质增效,降低资源型路径依赖。省市层面加强统筹引导,通过技术创新补贴、绿色金融等手段支持传统产业绿色改造与产业链延伸,同时培育特色农业、文化旅游与新能源等替代产业,提升县域企业盈利能力与就业吸纳能力。

(3)优化投资考核与空间治理,提高资本配置效率。完善固定资产投资评价机制,由规模导向转向"地均产出"与综合效益导向;强化国土空间规划刚性约束,引导土地集约节约利用,确保重大项目与资源禀赋及生态环境承载力相匹配。

(4)强化市域统筹与跨域协同,破解空间锁定。建议建立市级县域协调机制,通过"强县带弱县",共建产业园与区域交通-产业走廊,促进要素流动;同步推进跨市县流域综合治理、生态补偿与景观共建机制,提升区域整体生态韧性与景观质量。

**参考文献(References)**


[1] He Jingshi, Chen Yongjun, Chen Haoyang, et al. Sci-Tech finance, digital economy and high-quality development of regional economy: Empirical evidence from 273 cities in China [J]. Humanities and Social Sciences Communications, 2025,12:1425.

[2] 辛冲冲,刘丰睿.中国生态环境质量区域差异、动态演进与空间收敛性[J].经济地理,2025,45(10):151-159.
Xin Chongchong, Liu Fengrui. Regional differences, dynamic evolution, and spatial convergence of ecological environment quality in China [J]. Economic Geography, 2025,45(10):151-159.

[3] 陈明星,叶超,陆大道,等.中国特色新型城镇化理论内涵的认知与建构[J].地理学报,2019,74(4):633-647.
Chen Mingxing, Ye Chao, Lu Dadao, et al. Cognition and construction of the theoretical connotation for new-type urbanization with Chinese characteristics [J]. Acta Geographica Sinica, 2019,74(4):633-647.

[4] 国家新型城镇化规划[N].人民日报,2014-03-17(9).
National new-type urbanization plan [N]. People's Daily, 2014-03-17(9).

[5] 任宇飞,方创琳.京津冀城市群县域尺度生态效率评价及空间格局分析[J].地理科学进展,2017,36(1):87-98.
Ren Yufei, Fang Chuanglin. Spatial pattern and evaluation of eco-efficiency in counties of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration [J]. Progress in Geography, 2017,36(1):87-98.

[6] Ma Qing, Shi Feifei. New urbanization and high-quality urban and rural development: Based on the interactive coupling analysis of industrial green transformation [J]. Ecological Indicators, 2023,156:111044.

[7] Wu Huayi, Jiao Haoyue, Hou Shuyang, et al. GeoRRDI: An explainable and multi-source data-driven framework for rural revitalization assessment with spatial heterogeneity consideration [J]. Ecological Indicators, 2025,181:114387.

[8] 陈明华,王哲,谢琳霄,等.中国中部地区高质量发展的时空演变及形成机理[J].地理学报,2023,78(4):859-876.
Chen Minghua, Wang Zhe, Xie Linxiao, et al. The spatiotemporal pattern evolution and formation mechanism of high-quality development in central China [J]. Acta Geographica Sinica, 2023,78(4):859-876.

[9] 方显唯,曹卫东,曹继,等.合肥都市圈县域高质量发展的空间异质性及障碍因子诊断[J].世界地理研究,2025,34(10):122-136.
Fang Xianwei, Cao Weidong, Cao Ji, et al. Diagnosis of spatial heterogeneity and barriers to high quality development in Hefei metropolitan area counties [J]. World Regional Studies, 2025,34(10):122-136.

[10] 陈小龙,狄乾斌,梁晨露.中国式现代化视域下新质生产力赋能共同富裕的机制与效应[J].地理科学,2025,45(7):1393-1406.
Chen Xiaolong, Di Qianbin, Liang Chenlu. Mechanism and effect of new quality productivity enabling common prosperity from perspective of Chinese path to modernization [J]. Geographical Science, 2025,45(7):1393-1406.

[11] Liu Tingting, Yao Zengfu. The impact of digital-intelligent policy synergy on corporate green transformation: A perspective based on new-quality productive forces [J]. Journal of Cleaner Production, 2026,538:147205.

[12] Sánchez-Pinillos M, Dakos V, Kéfi S. Ecological dynamic regimes: A key concept for assessing ecological resilience [J]. Biological Conservation, 2024,289:110409.

[13] Ibrahim A S, Kepe T. Situated urban political ecology of climate resilience planning: The land use planning conundrum in Ghana [J]. Cities, 2026,171:106758.

[14] 乔家君,肖杰.黄河中下游乡村振兴与新型城镇化耦合

协调机制研究[J].地理科学进展,2024,43(3):417-433.
Qiao Jiajun, Xiao Jie. Spatial pattern and driving mechanism of the coordinated development of rural revitalization and new urbanization in the middle and lower reaches of the Yellow River [J]. Progress in Geography, 2024,43(3):417-433.

[15] 刘彦随,周扬,李玉恒.中国乡村地域系统与乡村振兴战略[J].地理学报,2019,74(12):2511-2528.
Liu Yansui, Zhou Yang, Li Yuheng. Rural regional system and rural revitalization strategy in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2019,74(12):2511-2528.

[16] 狄乾斌,梁晨露,陈小龙.新质生产力赋能东北地区资源型城市高质量发展的机制与效应[J].地理科学进展,2025,44(8):1578-1595.
Di Qianbin, Liang Chenlu, Chen Xiaolong. Mechanism and effects of new quality productivity empowering the high-quality development of resource-based cities in northeast China [J]. Progress in Geography, 2025, 44(8):1578-1595.

[17] 李实,杨一心.面向共同富裕的基本公共服务均等化:行动逻辑与路径选择[J].中国工业经济,2022(2):27-41.
Li Shi, Yang Yixin. Equalization of basic public services for common prosperity: Action logic and path selection [J]. China Industrial Economics, 2022(2):27-41.

[18] Lee C C, Yan Jingyang, Li Tong. Ecological resilience of city clusters in the middle reaches of Yangtze River [J]. Journal of Cleaner Production, 2024,443:141082.

[19] 李琛,吴映梅,高彬嫔,等.滇中城市群城镇化水平与生态系统健康的近远程耦合协调[J].经济地理,2025,45(4):157-167.
Li Chen, Wu Yingmei, Gao Binpin, et al. Local and tele-coupling coordination of urbanization and ecosystem health in the central Yunnan urban agglomeration [J]. Economic Geography, 2025,45(4):157-167.

[20] 化祥雨,金祥荣,吕海萍,等.高质量发展耦合协调时空格局演化及影响因素:以浙江省县域为例[J].地理科学,2021,41(2):223-231.
Hua Xiangyu, Jin Xiangrong, Lyu Haiping, et al. Spatial-temporal pattern evolution and influencing factors of high quality development coupling coordination: Case on counties of Zhejiang Province [J]. Geographical Science, 2021,41(2):223-231.

[21] 熊哲超,黄涛珍,叶晨晨.中国数字经济与水资源绿色效率耦合协调度时空演化与影响因素研究[J].干旱区资源与环境,2025,39(12):26-38.
Xiong Zhechao, Huang Taozhen, Ye Chenchen. Spatio-temporal evolution and influencing factors of coupling coordination between digital economy and green efficiency of water resources in China [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2025, 39(12): 26-38.

[22] 刘海龙,丁娅楠,王跃飞,等.山西省城镇化与生态系统服务时空相关性及空间效应分析[J].水土保持学报,2022,36(1):124-134.
Liu Hailong, Ding Yanan, Wang Yuefei, et al. Analysis of temporal-spatial correlation and spatial effect between urbanization and ecosystem services in Shanxi Province [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2022,36(1):124-134.

[23] 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 Hailong, Wang Gaiyan, Zhang Penghang, 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.

[24] 高雅婕,陈诚.长江经济带数字经济发展与新型城镇化耦合协调格局及影响因素[J].统计与决策,2025,41(21):116-121.
Gao Yajie, Chen Cheng. Coupling and coordination pattern and influencing factors of digital economy development and new urbanization in Yangtze River economic belt [J]. Statistics & Decision, 2025,41(21):116-121.

[25] Peng Jian, Liu Yanxu, Wu Jiansheng, et al. Linking ecosystem services and landscape patterns to assess urban ecosystem health: A case study in Shenzhen City, China [J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143:56-68.

[26] He Jianhua, Pan Zhenzhen, Liu Dianfeng, et al. Exploring the regional differences of ecosystem health and its driving factors in China [J]. Science of the Total Environment, 2019,673:553-564.

[27] 欧阳晓,陈键,魏晓,等.长株潭城市群土地利用变化对生态系统健康影响的关键类型及阈值效应[J].地理科学,2024,44(11):1946-1954.
Ouyang Xiao, Chen Jian, Wei Xiao, et al. Exploring key types and threshold effects of land use change impact on ecosystem health in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration [J]. Geographical Science, 2024,44(11):1946-1954.

[28] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值[J].资源科学,2015,37(9):1740-1746.
Xie Gaodi, Zhang Caixia, Zhang Changshun, et al. The value of ecosystem services in China [J]. Resources Science, 2015,37(9):1740-1746.

(下转第 434 页)