



生态与农村环境学报  
*Journal of Ecology and Rural Environment*  
ISSN 1673-4831, CN 32-1766/X

## 《生态与农村环境学报》网络首发论文

题目： 秦岭东部乡村聚落空间演变特征及其影响因素研究：以商洛市丹凤县为例  
作者： 纪惠文，查小春  
DOI： 10.19741/j.issn.1673-4831.2021.0294  
收稿日期： 2021-05-10  
网络首发日期： 2021-10-21  
引用格式： 纪惠文，查小春. 秦岭东部乡村聚落空间演变特征及其影响因素研究：以商洛市丹凤县为例[J/OL]. 生态与农村环境学报.  
<https://doi.org/10.19741/j.issn.1673-4831.2021.0294>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

DOI: 10.19741/j.issn.1673-4831.2021.0294

# 秦岭东部乡村聚落空间演变特征及其影响因素研究： 以商洛市丹凤县为例

纪惠文，查小春<sup>①</sup> (陕西师范大学地理科学与旅游学院，陕西 西安 710119)

**摘要：**以位于秦岭东部的陕西省商洛市丹凤县为研究对象，基于Google Earth历史影像提取2010、2015和2019年丹凤县乡村聚落斑块数据，采用景观格局空间分析、ArcGIS空间分析和核密度等方法，对丹凤县乡村聚落空间分布格局演变特征进行时空动态研究，并采用**地理探测器进一步探究丹凤县乡村聚落空间分布格局的影响因子**。结果表明，从乡村聚落规模看，2010—2019年丹凤县乡村聚落数量和密度减少，但聚落面积增加，空间扩张程度明显。从乡村聚落空间分布看，聚落密度呈西南高、东北低分布，县域内高密度核分布分散、类型多样、连续性不强，其范围逐渐缩小并向乡镇中心移动，乡村聚落沿低地缓坡、河流道路两侧分布的指向性加强。地形等自然因素塑造了丹凤县乡村聚落基本空间格局，并对乡村聚落演变的影响持续增强；距交通、河流距离等区位因素和人口密度等社会经济因素是推动乡村聚落空间演变速度及空间分布模式的重要动力。研究结果可为丹凤县乡村振兴、聚落空间优化布局等提供理论依据。

**关键词：**秦岭东部；丹凤县；乡村聚落；空间演变；影响因素；**地理探测器**

**中图分类号：**K901.8

**Spatial Evolution Characteristics and Influencing Factors of Rural Settlement in Eastern Qinling Mountains: A Case study of Danfeng County in Shangluo City, China.** Ji Hui-wen, ZHA Xiao-chun<sup>①</sup> (School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

**Abstract:** Rural settlement is the main habitation of rural population and the central place for social activities such as life and production. With the comprehensive promotion of rural revitalization, urban-rural integration development and migration and relocation in Qinling-Bashan mountains, the spatial pattern of rural settlements has changed greatly. Taking Danfeng County of Shangluo City in Shaanxi Province in the east of Qinling Mountains as the research object in this paper. Firstly, the settlement patches data of Danfeng County in 2010, 2015 and 2019 were extracted based on Google Earth historical images. Then the spatial-temporal dynamics of rural settlements spatial distribution pattern in Danfeng County were analyzed using the methods of landscape pattern spatial analysis, ArcGIS spatial analysis and kernel density. and the influencing factors of spatial distribution pattern of rural settlement in Danfeng County were further studied by using Geodetector models. The study results show that: (1) The numbers and the density of rural settlements in Danfeng County decreased

收稿日期：2021-05-10

**基金项目：**国家科技基础资源调查专项 (2017FY100905)

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: zhaxch@snnu.edu.cn

from 2010 to 2019, but the area increased continuously, which indicated that the spatial expansion of rural settlements was obvious. (2) The spatial distribution, density was high in the southwest and low in the northeast. The distribution of high-density core in county was characterized by dispersion, diversity and weak continuity, the scope of high-density kernel gradually shrank and moved to the townships center. The directivity of rural settlements along the gentle slopes of lowland and on both sides of river and roads was strengthened. (3) Terrain and other natural factors shaped the basic spatial pattern of rural settlements in Danfeng County, and the impact on the spatial evolution of rural settlements continued to strengthen. Location factors such as distance to traffic and river and social and economic factors such as population density are important driving forces to promote the spatial evolution speed and spatial distribution pattern of rural settlements. The study results may provide a theoretical basis for rural revitalization and optimal layout of settlement space in Danfeng County.

**Key Words:** Eastern Qinling Mountains; Danfeng County; rural settlement; spatial evolution; influencing factors; Geodetector

乡村聚落是农村人口的主要聚居地和进行生活生产等社会活动的中心场所,也称为农村居民点,主要包括村庄和集镇<sup>[1-2]</sup>,其形成和发展演化与自然条件、社会经济发展密不可分。国外对乡村聚落研究始于 19 世纪,研究范式由最初简单的定性描述发展到计量化和模式化阶段,并逐渐向社会和人文方向转型,研究内容越来越注重聚落演变、聚落空间形态与分类、乡村聚落重构、聚落景观和生态研究等<sup>[3-6]</sup>。国内聚落研究开始较晚,但在乡村发展战略推动下,我国城乡结合程度加强,乡村聚落空间格局发生较大变化,国内学者关于乡村聚落的研究逐渐丰富,研究区域涉及黄土地区<sup>[7]</sup>、江南丘陵地区<sup>[8]</sup>、岩溶山地区<sup>[9]</sup>、经济发达地区<sup>[10-11]</sup>和平原地区<sup>[12]</sup>等;研究方法多采用定性和定量相结合,并逐渐向多学科发展,引入 3S 技术、景观格局指数分析、空间计量模型、空间统计分析和实地考察调研等;研究内容包括乡村聚落空间特征,乡村聚落演变及其影响因素,聚落演变类型、乡村聚落空间优化和空间重构模式研究等<sup>[13-15]</sup>。

我国是一个山地大国,山地面积占国土总面积的 68.82%,山区人口占全国总人口的 44.79%<sup>[16]</sup>,山区仍是我国乡村聚落的主要分布场所。已有学者对山地乡村聚落进行了研究,但其研究区域地貌特征多为海拔较低的山区丘陵或低山<sup>[17-18]</sup>,对受自然环境约束力较强的秦岭山脉乡村聚落研究较少。而且在山区聚落演变影响因素方面,仍偏重于简单的定性描述,缺少对聚落演变影响机制的定量分析,且研究方法较为单一<sup>[18-19]</sup>。作为我国南北地理分界线的秦岭山脉,其环境复杂性、气候敏感性、资源依赖性和区域封闭性较强,这些特征影响着该区域人口和聚落的空间分布格局及演变<sup>[20]</sup>。此外,随着乡村振兴、城乡一体化发展以及秦巴山区移民搬迁的全面推进,山区人口发生大规模迁移,乡村聚落空间格局也发生了显著变化,因此研究该区域乡村聚落空间格局演化规律对于丰富山区聚落研究体系、优化山区聚落空间布局、促进人地和谐和区域可持续发展具有重要意义<sup>[19]</sup>。以商洛市丹凤县为研究区域,运用 GIS 分析、景观指数分析、空间分析和地理探测器等方法,基于 2010、2015 和 2019

年丹凤县乡村聚落数据分析其空间演变规律及影响因素，以期为丹凤县乡村振兴、聚落空间优化布局等提供科学依据。

## 1 研究区概况

丹凤县位于秦岭东段南麓（图 1），属于北亚热带向暖温带过度的半湿润山地气候区，地势西北高、东南低，是一个“九山半水半分田”的山区。县域内山脉自北而南分别为蟒岭、流岭和鹤岭；县内水资源较丰富，主要有丹江、银花河、武关河和老君河。根据地形地势特点，丹凤县可以分为河谷川塬区、低山丘陵区和中山区 3 个地貌区，山区占比达 87% 以上。312 国道、西合铁路和沪陕高速穿县而过。全县辖 1 个街道办事处、11 个镇、132 个村，总面积为 2 438 km<sup>2</sup>，总人口 30.9 万人，其中农业人口有 27.7 万人，占总人口的 91.7%<sup>[21]</sup>。当前，丹凤县利用各乡镇区位优势，大力发展农业工业园区、旅游业及电子商务新兴服务业，并在精准扶贫、新型城镇化建设和城乡结合快速发展等大力推动下，于 2020 年 2 月 27 日正式退出贫困县，但其社会经济发展水平依旧不高，在城乡融合和移民搬迁政策实施的同时，农村劳动力部分向城市转移，部分乡村聚落已出现了空心化、人地关系紧张等问题。因此，选择丹凤县为研究对象，以探讨山区乡村聚落空间演变及其影响因素。

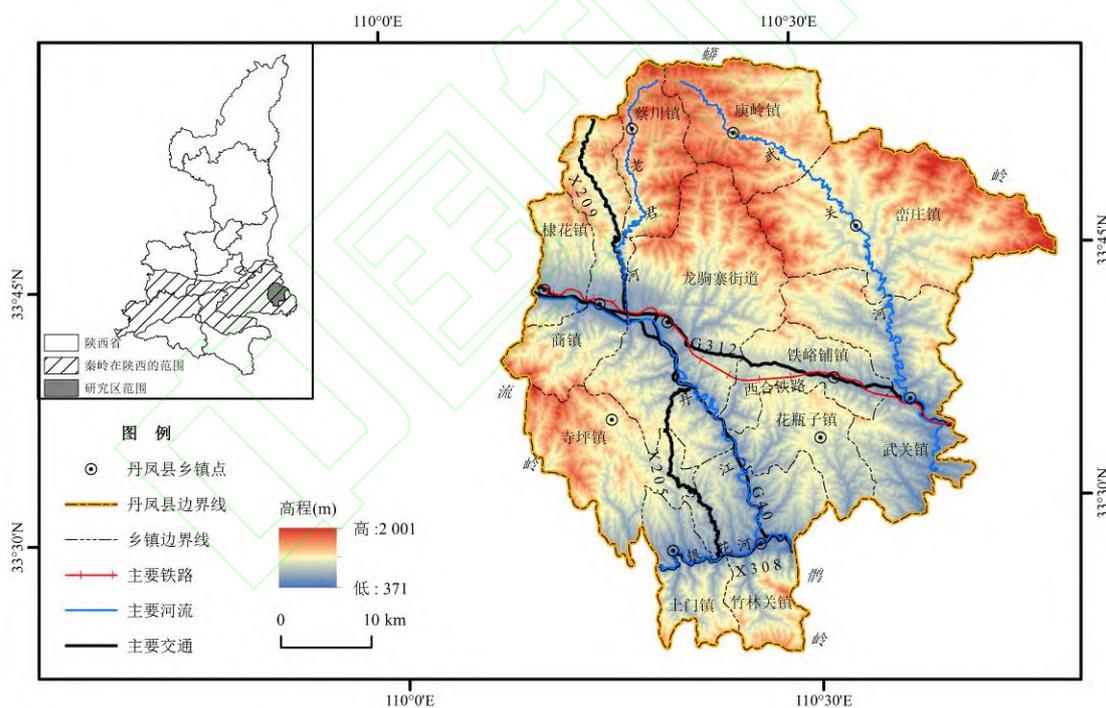


图 1 商洛市丹凤县区位

Fig.1 Location of Danfeng County

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源

考虑到数据可获取性，2010、2015 和 2019 年丹凤县聚落斑块矢量数据从 Google Earth 历史影像中通过人工目视解译提取和实地考察校正获得。DEM 数据（分辨率为 30 m）来源

于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn>)，并从 DEM 数据中提取丹凤县高程、坡度和地形要素。该县河流、交通数据来源于国家基础地理信息 (1: 25 万)，河流主要是丹江及其主要支流，交通路线包括高速、国道、省道、县道和乡道，并基于 Google Earth 影像对道路进行补充。人口密度栅格数据 (分辨率为 1 km) 来源于 WorldPop (<https://www.worldpop.org/>)，2010 和 2015 年 GDP 栅格数据 (分辨率为 1 km) 来源于中国科学院资源环境科学数据中心 (<http://www.resdc.cn/Default.aspx>)，2010 和 2020 年土地利用数据 (分辨率为 30 m) 来源于 Globeland30 (<http://www.globallandcover.com/>) 和清华大学宫鹏教授团队的全球 30 m 土地覆盖数据集 FROM-GLC (2015 年) [22]。由于分辨率存在一定差异，将各数据分辨率统一为 1 km 以便开展影响因素分析，此外以上所有数据均经过投影变换为统一坐标系。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 景观格局空间分析

景观格局是人类活动和环境干扰促动下的结果，其变化在一定程度上能直观表现景观实际情况，是反映结构组成和空间配置某方面特征的简单定量指标 [23]。利用历史影像提取的乡村聚落斑块矢量数据，通过 ArcGIS 10.4 软件 Patch Analysis 工具对 2010、2015 和 2019 年丹凤县乡村聚落斑块矢量数据采用斑块数目 (NP)、斑块总面积 (CA)、平均斑块面积 (MPS)、最大斑块面积 (MAXP)、平均面积标准差 (PSSD) 和斑块密度 (PD) 6 个指标进行景观格局分析，其中，CA、MPS、PSSD 和 MAXP 用来表示聚落规模大小。

### 2.2.2 核密度分析

核密度分析属于非参数密度估计的一种，数值高低能够反映乡村聚落在空间上的密度分布情况，数值越大，乡村聚落分布越密集。将聚落斑块矢量数据转为点要素，采用 ArcGIS 10.4 软件核密度工具进行计算，计算公式 [24] 为

$$f(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k\left[\frac{|x-x_i|}{h}\right] \quad (1)$$

式 (1) 中， $f(x)$  表示在  $x$  处的核密度值； $n$  为观测数量； $h$  为带宽； $k$  为权重系数； $x_i$  为带宽范围内第  $i$  个要素。带宽是核密度分析最重要的影响因素，通过多距离空间聚类 (Ripley's K) 分析、增量空间自相关和不同距离核密度的多次尝试，最终选择最优搜索半径为 3 000 m，最优栅格像元距离为 30 m。

### 2.2.3 全局空间自相关 (Global Moran's Index)

全局空间自相关可以用于判断聚落分布是否具有集聚特征，采用 ArcGIS 10.4 软件进行计算，计算公式 [25] 为

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij}} \quad (2)$$

式(2)中,  $I$ 为全局空间自相关指数;  $n$ 为要素总数;  $C_{ij}$ 为要素 $i$ 、 $j$ 之间的空间权重;  $x_i$ 、 $x_j$ 为要素 $i$ 、 $j$ 属性值;  $S$ 为 $x_i$ 与其平均值偏差之和。 $I$ 的取值范围为[-1,1]。当 $I>0$ 时,表明区域空间分布为空间正相关,呈集聚趋势,数值越大,集聚程度越大;当 $I<0$ 时,表明为空间负相关,即呈聚类趋势;当 $I=0$ 时,则表明空间分布不相关,分布具有随机性。

#### 2.2.4 平均最近邻分析

该方法可以反映聚落斑块整体分布情况,采用每个要素与其最近邻要素之间的平均距离计算得到,其计算公式<sup>[26]</sup>为

$$ANN = \frac{\overline{D_0}}{D_e} \quad (3)$$

式(3)中,  $N_{AN}$ 为平均最近邻比率(ANN);  $\overline{D_0}$ 为每个斑块质心与其最邻近斑块质心的距离平均值;  $D_e$ 为假设随机分布的斑块质心的平均距离。ANN值 $<1$ 为集聚分布,ANN值 $>1$ 为随机分布。

#### 2.2.5 地形起伏度和地形位指数

地形起伏度是某特定区域内最高和最低海拔之差,用来描述研究区地形宏观特征。基于CUSUM算法的突变点分析法,根据平均地形起伏度和分析窗口尺度的关系得到最佳分析窗口为 $18\text{ m} \times 18\text{ m}$ <sup>[27]</sup>。

地形位指数是根据坡度和高程综合反映地形条件,用来反映不同地形位条件下乡村聚落分布情况,参照喻红等<sup>[28]</sup>的计算方法得到。高程越高、坡度越大,该地区地形位指数值越大,相反,高程低、坡度小的地区则地形位指数值较小,其他情况则属于地形位指数中间值。

#### 2.2.6 地理探测器

地理探测器是通过探测并利用空间分异性,来解释该现象背后驱动因素的一种统计学方法。它包括4个探测器,该研究采用分异及因子探测,可以探测某因子 $X$ 解释因变量 $Y$ 的空间分异程度,其计算公式<sup>[29]</sup>为

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{W_{SS}}{T_{SS}} \quad (4)$$

式(4)中,  $q$ 为分异及因子探测统计量;  $h$ 为分类或分区;  $N_h$ 和 $N$ 分别为 $h$ 和全区单元数;  $\sigma_h^2$ 和 $\sigma^2$ 分别为 $h$ 和全区 $Y$ 值的方差;  $W_{SS}$ 和 $T_{SS}$ 分别为类别内方差之和及全区总方差。 $q$ 取值范围为[0,1],  $q$ 值越大,说明自变量 $X$ 对因变量 $Y$ 的解释作用越强。当 $q=1$ 时,表明因子 $X$ 完全控制 $Y$ 的空间分布;当 $q=0$ 时,表明两者没有任何关系,其数值大小表示 $X$ 解释了 $100 \times q\%$ 的 $Y$ 。在地理探测器软件中,计算结果包括 $q$ 和 $p$ 值,  $p$ 值可用于检验 $q$ 值显著性水平。

### 3 丹凤县乡村聚落空间分布特征变化

#### 3.1 丹凤县乡村聚落数量特征

近 10 a 来, 丹凤县乡村聚落规模变化明显。由表 1 可知, 2019 年聚落斑块数量较 2010 年从 36 054 个减少到 34 186 个, 而聚落斑块总面积却从 2 724.80  $\text{hm}^2$  增加至 2 854.33  $\text{hm}^2$ , 平均斑块面积从 0.076  $\text{hm}^2$  增加至 0.084  $\text{hm}^2$ , 最大斑块面积也从 254.92  $\text{hm}^2$  增大到 283.94  $\text{hm}^2$ , 说明丹凤县乡村聚落数量虽然有所减少, 但是空间规模明显增加。同时, 2015—2019 年丹凤县乡村聚落规模变化幅度较 2010—2015 年大, 其中, 总面积增加 71.13  $\text{hm}^2$ , 最大面积增加 22.40  $\text{hm}^2$ , 平均面积标准差增加 0.16  $\text{hm}^2$ , 表明近 10 a 来丹凤县乡村聚落空间规模明显扩大。

表 1 2010、2015 和 2019 年丹凤县乡村聚落景观指数对比

Tab. 1 The comparison of Landscape indices of rural settlements of Danfeng County in 2010, 2015 and 2019

| 年份   | NP/个   | CA/ $\text{hm}^2$ | MPS/ $\text{hm}^2$ | PSSD/ $\text{hm}^2$ | MAXP/ $\text{hm}^2$ | PD/(个 $\text{km}^2$ ) |
|------|--------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 2010 | 36 054 | 2 724.80          | 0.076              | 1.581               | 254.92              | 14.98                 |
| 2015 | 36 299 | 2 783.21          | 0.077              | 1.614               | 261.55              | 15.08                 |
| 2019 | 34 186 | 2 854.33          | 0.084              | 1.775               | 283.94              | 14.20                 |

NP 为斑块数目, CA 为斑块总面积, MPS 为平均斑块面积, PSSD 为平均面积标准差, MAXP 为最大斑块面积, PD 为斑块密度。

#### 3.2 丹凤县乡村聚落聚集性特征

2010 和 2015 年乡村聚落斑块密度较为接近, 约为 15 个  $\text{km}^2$ , 而在 2019 年降低至 14.20 个  $\text{km}^2$ , 说明丹凤县近 10 a 来乡村聚落集聚程度略有降低 (表 1)。由表 2 可知, 对丹凤县聚落斑块进行空间自相关和平均最近邻分析, 置信水平为 99% 条件下, 空间自相关  $I > 0$ , 表明 2010、2015 和 2019 年丹凤县聚落分布整体呈集聚性, 但 ANN 值逐年增加, 说明集聚趋势减小, 这与表 1 结论相同。

表 2 丹凤县 2010、2015 年和 2019 年乡村聚落全局空间自相关和平均最近邻分析

Tab. 2 The Global Moran's  $I$  and average nearest neighbor analysis of rural settlements of Danfeng County in 2010, 2015 and 2019

| 年份   | 全局空间自相关分析 |        |        |       | 平均最近邻分析 |          |        |
|------|-----------|--------|--------|-------|---------|----------|--------|
|      | $I$       | 方差     | $z$ 得分 | $p$ 值 | ANN     | $z$ 得分   | $p$ 值  |
| 2010 | 0.003 8   | <0.001 | 3.276  | 0.001 | 0.312   | -249.879 | <0.001 |
| 2015 | 0.003 8   | <0.001 | 3.214  | 0.001 | 0.314   | -250.086 | <0.001 |
| 2019 | 0.003 9   | <0.001 | 2.958  | 0.003 | 0.321   | -240.031 | <0.001 |

$I$  为全局空间自相关指数, ANN 为最邻近比率。

为进一步分析丹凤县乡村聚落聚集空间分布情况, 采用 ArcGIS 10.4 软件核密度分析工

具得到丹凤县聚落斑块空间密度分布（图2）。

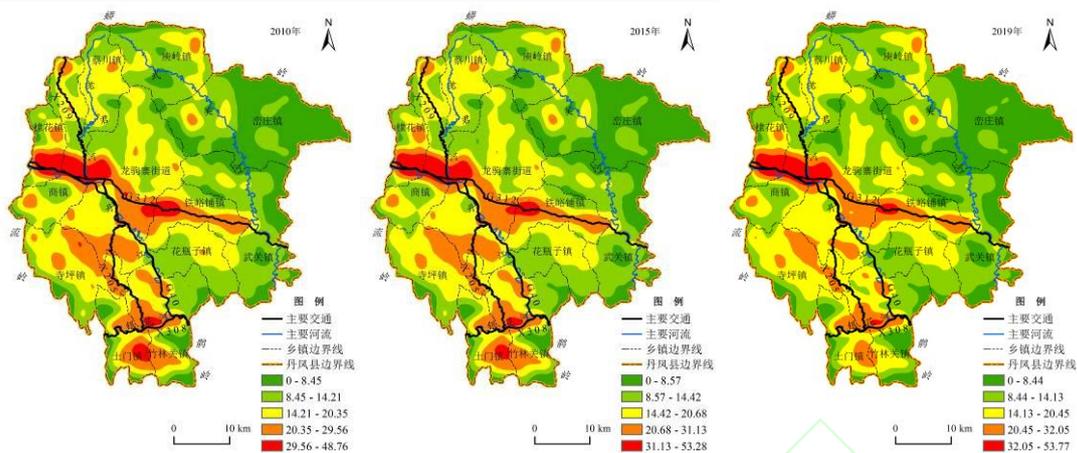


图2 2010、2015和2019年丹凤县乡村聚落密度

Fig.2 The rural settlements density of Danfeng County in 2010, 2015 and 2019

由图2可知，2010、2015和2019年丹凤县乡村聚落密度分布特点较相似，呈西南高、东北低的空间分布特点，较好地与丹凤县地势特点相对应。其中，乡村聚落最密集的地方主要位于丹江宽谷的棣花镇、商镇及龙驹寨街道中部，其次为丹江和银花河交汇的竹林关镇，而位于丹凤县北部蟒岭中山区的峦庄镇聚落分布较少，且高密度核分布分散，连续性不强。以312国道为界，将丹凤县分为南北2个部分，县域中部，即河谷川塬区的国道两侧为条带状高密度核集聚区；南部低山丘陵区高密度核集聚区较北部中山区集中，为多核团状；北部高密度核为点状分布。

从时间变化来看，2010—2019年核密度最高值逐年增加，表明高密度核地区单位面积聚落数量逐渐增加；且随着时间发展，乡村聚落核分布位置及大小发生变化：2010年蔡川镇、寺坪镇和花瓶子镇的“小核心”消失，而商镇、龙驹寨街道、土门镇和竹林关镇的核心范围缩小，到2019年，土门镇和竹林关镇核心位置消失，寺坪镇、竹林关镇北部、花瓶子镇、铁峪铺镇、龙驹寨街道南部和北部以及峦庄镇东部均呈中高密度向低密度变化的特点。

### 3.3 丹凤县乡村聚落在地形影响下的分布特征

采用 ArcGIS 10.4 软件从 DEM 数据中提取研究区高程、坡度，并计算地形位指数和地形起伏度。按照传统划分方法<sup>[30]</sup>，将丹凤县地貌类型分为丘陵（371~500 m）、低山（>500~1 000 m）及中山（>1 000~2 001 m）；地形起伏度分为平坦（0~30 m）、微起伏（>30~70 m）、小起伏（>70~200 m）和中起伏（>200~500 m）；坡度根据水土保持综合治理规划并结合研究需要，将坡度分为平坡（0°~8°）、缓坡（>8°~15°）、斜坡（>15°~25°）、陡坡（>25°~35°）和急陡坡（>35°）。由此绘制不同高程、地形起伏度、坡度和地形位指数下研究区聚落斑块数量和面积变化趋势图（图3）。

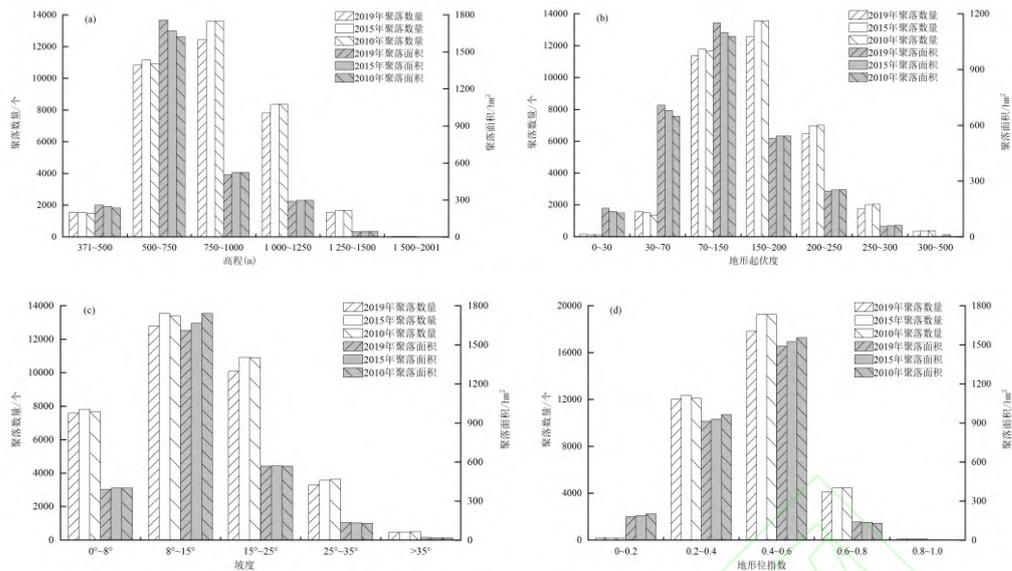


图3 不同高程、坡度、地形起伏度和地形位指数下丹凤县斑块数量和面积变化

Fig.3 The changes of Danfeng County settlement quantity and scale under different altitude, gradients, terrain relief and terrain index

由图3(a)可知,研究区60%的聚落集中分布在海拔 $>500\sim 750$ 和 $>750\sim 1000$  m的低山地区,随着高程增加,聚落数量呈递减趋势;聚落面积峰值出现在海拔 $>500\sim 750$  m区域内,并向两侧迅速减小。2019年海拔 $>750\sim 1000$  m范围内乡村聚落数量较2010和2015年明显减少,海拔 $371\sim 750$  m丘陵低山地区乡村聚落规模则明显增加,海拔 $>750$  m的中山地区聚落面积略有降低。

由图3(b)可知,地形起伏度为 $0\sim 70$  m的乡村聚落数量分布较少,但规模较大;69%的聚落主要分布在地形起伏度 $>70\sim 200$  m的小起伏地区,这与乡村聚落分布面积峰值出现在地形起伏度 $>70\sim 150$  m相对应,因而地形起伏度 $>70\sim 150$  m是聚落分布最密集的范围。随着起伏度增加,聚落面积迅速减小,不同地形起伏度聚落面积由高到低依次为小起伏、微起伏、平坦和中起伏。2010—2019年地形起伏度在 $0\sim 150$  m范围内研究区聚落数量略有增加;地形起伏度在 $150$  m以下的起伏较平坦地区聚落规模扩张显著,其占比从2010年的68%上升至2019年的70%,表明丹凤县乡村聚落向平坦、微小起伏地区分布趋势明显。

由图3(c)可知,88%的乡村聚落主要分布在坡度 $<25^\circ$ 较为平坦的地区,聚落数量峰值出现在 $8^\circ\sim 15^\circ$ 的缓坡区,随着坡度增加,聚落分布数量和面积均迅速减小。从时间角度看,2019年坡度在 $8^\circ\sim 25^\circ$ 的乡村聚落数量较2010和2015年明显减少;而只有在 $15^\circ$ 以下的平缓地区聚落规模明显扩张,表明丹凤县乡村聚落向平缓地区分布趋势明显。不同地面坡度级别对耕地利用的影响不同,其中 $>15^\circ\sim 25^\circ$ 容易发生严重水土流失,且《水土保持法》规定,坡度 $>25^\circ$ 不准开荒种植农作物,故坡度在 $15^\circ$ 以上的丹凤县聚落数量逐年减小。

由图3(d)可知,根据聚落数量和面积分布特征,87%的聚落主要分布在地形位指数

为 0.2~0.6 范围, 乡村聚落数量和规模峰值均出现在地形位指数为 0.4~0.6 范围, 并向两侧递减。2010—2019 年地形位指数为 0~0.2 范围聚落数量有少量增加; 而地形位指数<0.6 范围聚落规模明显扩张, 尤其是地形位指数<0.2 的聚落面积占比逐年增加, 表明丹凤县聚落向小地形位指数集中分布的趋势明显。

综上所述, 丹凤县乡村聚落主要分布在海拔>500~1 000 m、地形起伏度为 70~200 m、坡度为 8°~15° 和地形位指数为 0.2~0.6 的小起伏低山、缓坡地区, 且聚落规模扩张以小起伏丘陵低山、15° 以下平缓地区为主, 聚落空间分布的低地缓坡趋势明显。

### 3.4 乡村聚落沿河流、道路分布特征

采用 ArcGIS 10.4 软件多环缓冲区分析工具对道路(包括高速、国道、省道、县道和乡道)和水系(1~4 级河流)数据以 500 m 为间隔创建缓冲区, 将缓冲区结果与 3 期聚落斑块数据进行叠加分析, 得到不同距离下聚落空间分布情况(图 4)。

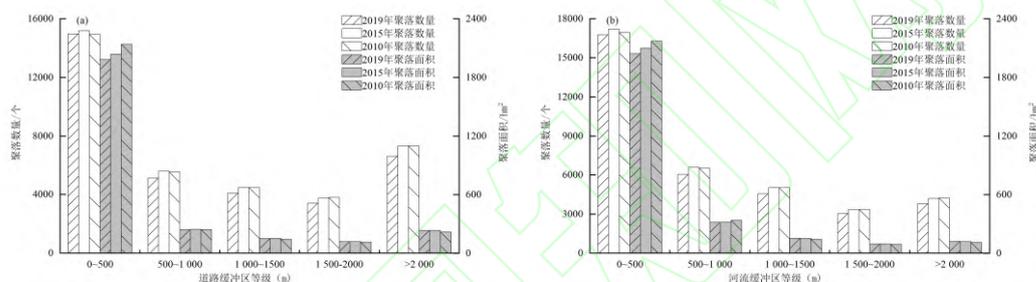


图 4 2010、2015 和 2019 年丹凤县不同道路与河流缓冲区乡村聚落数量和面积分布特征

Fig.4 Distribution of rural settlement quantity and area in various road and river buffers of Danfeng County in 2010, 2015 and 2019

由图 4 (a) 可知, 距道路距离 0~500 m 的聚落分布最集中, 其数量和面积占比分别达到 40% 和 70% 以上, 随着距离增加, 聚落数量和面积都在迅速减少。2010—2019 年丹凤县交通基础设施不断发展、完善, 全县公路通车里程从 1 893 km 升至 2 031 km<sup>[31]</sup>, 这使得虽然全县聚落数量逐年减少, 但距道路距离<500 m 的缓冲区内聚落规模明显扩张, 其中, 2015 年聚落面积较 2010 年增加 55 hm<sup>2</sup>, 而 2019 年比 2015 年增加 1 倍, 表明丹凤县乡村聚落规模在距道路距离 500 m 范围内扩张趋势明显, 聚落沿交通道路分布的指向性加强。

由图 4 (b) 可知, 丹凤县乡村聚落沿道路和河流的空间分布具有一致性。距河流距离 500 m 的缓冲区内也是乡村聚落分布最密集的范围, 其数量和面积占比分别达到 45% 和 75% 以上, 且随着距离增加, 丹凤县乡村聚落数量和面积均呈现递减趋势。2010—2019 年各级距河流距离缓冲区内聚落数量均在减小而聚落规模均有所扩张, 尤其在距河流距离 1 000 m 缓冲区内, 聚落扩张趋势更明显。

#### 4 丹凤县乡村聚落空间演变影响因素分析

乡村聚落空间分布特征是人类认识、利用和改造自然的结果，其分布和地域组合表现出人类生活生产与环境关系的特征，从而反映乡村社会经济发展过程<sup>[32]</sup>。乡村聚落规模影响因素可以分为自然（地貌、地质、水文和气候等）和社会（交通、土地利用、城镇化和城乡关系等）2 大类<sup>[17]</sup>。由于山区特殊的地形条件，自然条件成为乡村聚落空间布局的基本骨架，且对聚落空间格局演变有着限制作用，随着时间推移，人地关系发生变化，由于交通道路等基础设施不断完善，社会经济因素成为山区乡村聚落空间演变的重要驱动力<sup>[19]</sup>。该研究根据数据获取难易度、完整性和精确性以及研究区特点，选取高程（ $X_1$ ）、坡度（ $X_2$ ）、坡向（ $X_3$ ）、地形起伏度（ $X_4$ ）和地形位指数（ $X_5$ ）5 个自然因素，距河流距离（ $X_6$ ）和距道路距离（ $X_7$ ）2 个区位因素，以及人口密度（ $X_8$ ）、GDP（ $X_9$ ）和耕地面积（ $X_{10}$ ）3 个社会经济因素，共 10 个指标来分析研究区聚落规模变化的影响因素。

地理探测器作为探测空间分异并揭示其驱动因子的方法，操作简单，应用范围广，已有学者将该方法应用于聚落空间格局及居民点时空演变影响因素分析<sup>[7,11]</sup>。由于地理探测器自变量  $X$  必须为类型量，若为数值，需先将其转为类型量，因此变量  $X_1 \sim X_7$  和  $X_{10}$  分类采用传统分类方法， $X_8 \sim X_9$  分类采用自然裂点法。此外，对于不规则的因变量  $Y$  聚落斑块面积数据，需先将其均匀空间离散化，再与自变量  $X$  叠加进行分析，因此对聚落斑块数据进行格网化处理。经过多次尝试，该研究采用格网大小为 250 m×250 m 的聚落斑块进行分析，并通过计算几何和叠加分析工具得到 2010、2015 及 2019 每个格网内聚落斑块面积及对应各类属性特征。然后通过地理探测器〔式（4）〕计算获得分异及因子探测的  $q$  值和  $p$  值（表 3）。由表 3 可知，各因子统计学检验  $p$  值均小于 0.05，说明这些因子的  $q$  统计量不为 0，均有统计学意义，即所有因子均对聚落规模发展有不同程度影响。

表 3 格网化下丹凤县聚落规模空间分布的影响因子探测结果

Tab. 3 The results of influence factor detector on spatial distribution of Danfeng County settlement scale under gridding

| 指标       | 2010 年  |        | 2015 年  |        | 2019 年  |        |
|----------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
|          | $q$ 值   | $p$ 值  | $q$ 值   | $p$ 值  | $q$ 值   | $p$ 值  |
| $X_1$    | 0.081 4 | <0.001 | 0.083 0 | <0.001 | 0.086 3 | <0.001 |
| $X_2$    | 0.019 9 | <0.001 | 0.020 1 | <0.001 | 0.022 9 | <0.001 |
| $X_3$    | 0.008 7 | <0.001 | 0.009 2 | <0.001 | 0.009 0 | <0.001 |
| $X_4$    | 0.319 7 | <0.001 | 0.326 3 | <0.001 | 0.334 6 | <0.001 |
| $X_5$    | 0.078 5 | <0.001 | 0.083 7 | <0.001 | 0.088 7 | <0.001 |
| $X_6$    | 0.035 5 | <0.001 | 0.036 3 | <0.001 | 0.036 3 | <0.001 |
| $X_7$    | 0.048 5 | <0.001 | 0.049 9 | <0.001 | 0.050 3 | <0.001 |
| $X_8$    | 0.460 9 | <0.001 | 0.426 5 | <0.001 | 0.433 0 | <0.001 |
| $X_9$    | 0.245 2 | <0.001 | 0.180 0 | <0.001 |         |        |
| $X_{10}$ | 0.022 0 | <0.001 | 0.008 5 | <0.001 | 0.001 3 | <0.001 |

#### 4.1 自然因素对乡村聚落的影响

由表 3 可知,影响丹凤县乡村聚落规模空间分布的自然因素中,起主导作用的因子为地形起伏度 ( $X_4$ ),其 2019 年  $q$  值为 0.334 6,其后依次为地形位指数 ( $X_5$ )、高程 ( $X_1$ )、坡度 ( $X_2$ ) 和坡向 ( $X_3$ ),且除坡向外,其他自然因子影响程度逐年增加。由于坡向的解释作用最小,且变化不明显,因此该研究忽略其对聚落空间分布的影响。与 2010 年相比,2015 年  $X_4$  的  $q$  值从 0.319 7 增加到 0.326 3,  $X_5$  的  $q$  值从 0.078 5 提高至 0.083 7,而  $X_1$  和  $X_2$  增加程度仅为  $X_5$  的 50%。这说明 2010—2015 年单一因子  $X_1$  和  $X_2$  的解释能力不如综合因子强,因而地形起伏度和地形位指数是影响丹凤县乡村聚落规模空间分布的显著自然因子。2015—2019 年,  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$  和  $X_5$  4 个指标增加幅度均有所提高,说明在这一阶段自然因素的解释能力较 2010—2015 年有所加强。

此外,由于丹凤县位于秦岭南麓低山丘陵地段,气候特征及降水分布不均匀,加上地形地貌复杂、地质环境脆弱,使得该地区极易发生地质灾害。据调查,丹凤县地质灾害主要包括滑坡、崩塌和泥石流,这些灾害对山区内乡村聚落破坏程度高,影响了聚落规模大小及分布位置。由于丹凤县地质灾害点密集分布在竹林关镇和土门镇<sup>[33]</sup>,所以 2010—2019 年土门镇和竹林关镇聚落高密度核逐渐消失。

#### 4.2 区位因素对乡村聚落的影响

区位因素使得乡村聚落迅速聚集,从而改变聚落规模及空间分布特征,道路是聚落之间联系的通道,是聚落人流、物流发生的基础,河流是人们生活生产所依赖的重要资源<sup>[34]</sup>。由表 3 可知,距河流、道路距离对丹凤县乡村聚落规模空间分布有一定解释作用,并且距道路距离 ( $X_7$ ) 的解释能力高于距河流距离 ( $X_6$ ),两者对应  $q$  值最大分别为 0.050 3 (2019 年) 和 0.036 3 (2019 年),表明区位因素对乡村聚落空间分布有着重要影响,距道路距离是影响丹凤县聚落规模空间分布的主要区位因素。2010—2019 年两个区位因素  $q$  值逐年增加,说明区位因素对聚落规模空间分布的影响程度不断加强。截至 2015 年,312 国道、西合铁路和沪陕高速公路横穿县域全境,多条道路改造升级,乡村道路建设发生显著变化,同时带动了物质、人员的交流,进而促进聚落沿道路布局;而河流是在自然环境下形成,在较长一段时间内不会发生较大变化,且部分沿河聚落是由于交通道路的发展带动而规模不断扩大,因此距道路距离正逐年成为影响丹凤县乡村聚落规模空间分布的重要区位因素。但随着县域基础设施不断完善,村际道路修建不断加强,部分乡村聚落沿着新修建的村路分布,沿路分布的聚落基本稳定下来,因此 2015—2019 年区位因素的解释能力增加量减小。

#### 4.3 社会因素对乡村聚落的影响

由表 3 可知,影响聚落规模空间分布的社会因素的解释作用由大到小依次为人口密度

( $X_8$ )、GDP ( $X_9$ ) 和耕地面积 ( $X_{10}$ )，其对应  $q$  值最大分别为 0.460 9 (2010 年)、0.245 2 (2010 年) 和 0.022 0 (2010 年)，说明人口密度和 GDP 是影响聚落规模空间分布的主导社会经济因子，两者相互促进、互相影响。与 2010 年相比，2015 年人口密度的  $q$  值由 0.460 9 降低到 0.426 5，GDP 的  $q$  值从 0.245 2 减少到 0.180 0。由此可见，社会经济因子对该县乡村聚落规模空间分布的解释作用在逐年减小。而人口密度和 GDP 在经济发展水平较高的地区地处低地宽谷处，与聚落规模空间分布基本呈正向关系。党的十八大以来，丹凤县城镇化水平加速提升，基础设施建设加快、小城镇建设投入加大，棣花镇、竹林关镇等地城镇化率水平明显提高，乡村人口发生迁移，住房需求增加，聚落规模及空间分布随之发生变化，并且人口增加也促进了社会经济发展；但同时，乡村聚落不断向外扩展造成乡村聚落内部空心化，出现了建新留旧、“一户多宅”现象<sup>[35]</sup>。

## 5 讨论

乡村聚落空间分布及其变化受自然、社会及区位因素的综合影响。自然因素在一定时期内较稳定，持续影响着乡村聚落最初的分布、规模，它是形成聚落空间格局的基础。马利邦<sup>[36]</sup>研究表明，自然条件对山区乡村聚落的影响程度比社会条件大，如沟壑纵横的黄土高原形成了“大分散、小集中”的聚落分布格局<sup>[7]</sup>，突发的自然灾害会带来乡村聚居环境突变<sup>[14-15]</sup>。地理探测器分析结果表明，各影响因素对丹凤县乡村聚落空间分布的影响程度由大到小依次为人口密度、地形起伏度、GDP、地形位指数、高程、距道路距离、距河流距离、坡度、坡向和耕地面积，且随着时间发展，社会经济因素逐渐减弱。县域内约 68% 的聚落分布在海拔为  $>500\sim 1\ 000\text{m}$ ，相对高度为  $>70\sim 200\ \text{m}$  以及坡度为  $8^\circ >15^\circ$  的丘陵低山区，且规模较大、分布较集中，此外乡村聚落沿河流、道路分布特征明显，表明了自然因素塑造了丹凤县乡村聚落集中在低地宽谷、沿河流道路的分布格局。由此可见，随着社会发展，人们在追求更高生活水平的时候，依然受到山区的特殊地形以及传统生活生产方式的影响，因而在自然环境特殊的地区，自然因素依旧是乡村聚落空间分布及其演变的基础，这与闵婕等<sup>[14]</sup>和段小微等<sup>[37]</sup>的研究结果一致。

地理探测器分析结果显示，人口密度是影响丹凤县乡村聚落格局演变的最大因素，且 GDP 影响程度仅次于地形起伏度。虽然人口密度和 GDP 影响强度逐年减弱，但对丹凤县乡村聚落演变的影响依旧不可忽视。在乡村振兴、脱贫攻坚等一系列国家政策的大力推动下，社会因素对乡村聚落空间格局正在发挥着重要作用：人地关系的演变、城镇化、工业化和交通的发展是乡村聚落空间格局的驱动力<sup>[10]</sup>，经济发展是乡村聚落分布变化的持续拉力因素，山区发展的一系列措施对山区乡村聚落演变产生突变性影响<sup>[38]</sup>。2018 年党中央提出了《乡村振兴战略规划（2018—2022 年）》，该战略实施涉及到乡村的政治、经济、社会等各个方面，而乡村聚落是人们的主要聚居区，是人类活动的主要场所，也是人类行为的空间结果<sup>[39]</sup>，所以乡村振兴战略对乡村聚落有着重要影响，乡村聚落也是乡村振兴实施的关键之一。

除此之外，贫困问题也一直困扰着山区丘陵地区农村社会经济的发展，秦巴山区曾是全国14个连片特困地区之一，移民搬迁工程、产业扶贫、基础设施建设与完善以及生态环境保护等脱贫攻坚战略的实施，促进了农村经济发展水平提高，改变了乡村聚落的空间分布和发展状况，改善了乡村聚落主体的生活生态环境，乡村人口逐渐向乡镇中心及其周围，河流和道路两侧迁移，如丹凤县的龙驹寨街道、竹林关镇、棣花镇、蔡川镇和竹林关镇等在乡镇中心建设的移民搬迁安置社区，扩大了聚落面积，提高了人口密度，聚落集聚程度明显增加；但同时，乡村用地规模也在不断扩大，房屋建筑闲置、废弃程度加剧，乡村聚落空心化程度加重。综上所述，社会因素和区位因素已成为丹凤县乡村聚落空间演变的不竭驱动力，这与郭晓东等<sup>[18]</sup>、马晓蓉等<sup>[20]</sup>的研究结果一致。

由此可见，乡村振兴战略和脱贫攻坚战略的实施需要乡村聚落各要素之间逐渐协调发展<sup>[38,40]</sup>，促进乡村空间功能提升，优化乡村聚落空间结构，同时要遵循自然、因地制宜、可持续发展等，加快农业农村现代化的步伐。基于以上的分析结果，对丹凤县未来聚落选址和规划布局提出以下建议：（1）聚落分布整体上应保持集中性，由于地形等自然因素的影响，在小范围内可以出现块状分散特征；（2）在不超过环境承载力的基础上，乡村聚落选址和新建应考虑出行便利、水源丰富、经济水平较高的低地缓坡地区；（3）政府通过政策引导，尽量减少分散住户比例，鼓励村民向乡镇中心迁移，并对出现聚落空心化的村镇进行整治。

该研究克服了传统计算机解译和基于遥感影像而无法获得更加精准的乡村聚落斑块数据的不足，在一定程度上丰富了秦岭乡村聚落时空变化特征，研究结果对丹凤县乡村聚落空间分布优化及乡村振兴发展有一定借鉴意义。但是由于数据获取限制，缺少更高分辨率的社会经济数据，在定量分析影响因素时精度略有不足，且社会因素方面选取的指标类型也较少；同时，历史影像获取时间较短，缺乏长时段空间格局动态变化分析。未来可通过社会经济调查，结合相应统计年鉴获得高分辨率社会经济数据，并应用多种分析方法探寻乡村聚落影响因素；采用遥感影像和历史影像相结合的方法，获得精度高、时间序列长的聚落斑块数据。

## 6 结论

以秦岭东部丹凤县乡村聚落斑块数据为基础，采用景观格局分析和空间分析对聚落空间演变特征进行时空上的动态研究，并采用地理探测器探究了乡村聚落规模空间分布及演变的影响因素，对秦岭东部聚落空间演变的研究进一步加强。主要研究结果为

（1）从乡村聚落规模看，2010—2019年丹凤县乡村聚落数量不断减少，但聚落面积不断增加，空间扩张程度明显。聚落规模具有集聚特征，但该特征逐年减弱。

（2）从乡村聚落空间分布看，聚落分布呈西南高、东北低，分布最密集地方主要位于丹江宽谷地区，但县域内高密度核分布分散、类型多样、连续性不强，其范围逐渐缩小并向乡镇中心移动；平缓小起伏的丘陵低山区以及河流、道路两侧是聚落扩张最明显的地区，乡村聚落沿低地缓坡以及河流和道路两侧分布的指向性加强。

(3) 丹凤县乡村聚落规模空间分布及其演变受自然、区位和社会经济等因素的综合影响,其中自然因素奠定了丹凤县乡村聚落的基本空间格局,并对乡村聚落演变的影响持续增强;随着经济发展和人民生活水平提高,区位因素和社会经济因素对乡村聚落空间演变的速度及空间分布模式有着重要推动作用。

## 参考文献

- [1] 何仁伟,陈国阶,刘邵权,等.中国乡村聚落地理研究进展及趋向[J].地理科学进展,2012,31(8):1055-1062.[HE Ren-wei,CHEN Guo-jie,LIU Shao-quan,et al.Research Progress and Tendency of Chinese Rural Settlements Geography[J].Progress in Geography,2012,31(8):1055-1062.]
- [2] 陈勇,陈国阶.对乡村聚落生态研究中若干基本概念的认识[J].农村生态环境,2002,18(1):54-57.[CHEN Yong,CHEN Guo-jie.Basic Concepts in the Study of Rural Settlement Ecology[J].Rural Eco-environment,2002,18(1):54-57.]
- [3] 李红波,张小林.国外乡村聚落地理研究进展及近今趋势[J].人文地理,2012,27(4):103-108.[LI Hong-bo,ZHANG Xiao-lin.A Review and Trend on Rural Settlement Geography Abroad[J].Human Geography,2012,27(4):103-108.]
- [4] ROY S S,JANA N C.Impact of Geomorphic Attributes on Rural Settlement Distribution:A Case Study of Baghmundi Block in Purulia District,West Bengal[J].International Journal of Innovative Research & Development,2015,4(8):121-132.
- [5] FIGLUS T.Process of Incorporation and Morphological Transformations of Rural Settlement Patterns in the Context of Urban Development.the Case Study of ŁÓDŹ[J].Quaestiones Geographicae,2020,39(2):75-95.
- [6] ROBERTS B K.Landscape of Settlement:Prehistory to the Present[M].London:Rutledge,1996:20-35.
- [7] 杨凯悦,宋永永,薛东前.黄土高原乡村聚落用地时空演变与影响因素[J].资源科学,2020,42(7):1311-1324.[YANG Kai-yue,SONG Yong-yong,XUE Dong-qian.Spatiotemporal Change of Rural Settlement Land in the Loess Plateau and Influencing Factors[J].Resources Science,2020,42(7):1311-1324.]
- [8] 张荣天,张小林,李传武.镇江市丘陵区乡村聚落空间格局特征及其影响因素分析[J].长江流域资源与环境,2013,22(3):272-278.[ZHANG Rong-tian,ZHANG Xiao-lin,LI Chuan-wu.Spatial Pattern and Influencing Factors of Rural Settlements in Zhenjiang Hilly Area[J].Resources and Environment in the Yangtze Basin,2013,22(3):272-278.]
- [9] 李阳兵,李潇然,张恒,等.基于聚落演变的岩溶山地聚落体系空间结构整合:以后寨河地区为例[J].地理科学,2016,36(10):1505-1513.[LI Yang-bing,LI Xiao-ran,ZHANG Heng,et al.Spatial Structure Integration of Rural Settlements in Karst Mountains Based on Settlement's Evolution:A Case of Houzhaihe Area[J].Scientia Geographica Sinica,2016,36(10):1505-1513.]
- [10] 李红波,张小林,吴江国,等.苏南地区乡村聚落空间格局及其驱动机制[J].地理科学,2014,34(4):438-446.[LI Hong-bo,ZHANG Xiao-lin,WU Jiang-guo,et al.Spatial Pattern and Its Driving Mechanism of Rural Settlements in Southern Jiangsu[J].Scientia Geographica Sinica,2014,34(4):438-446.]
- [11] 简钰清,龚建周,罗雅红,等.广东省乡村聚落用地演变及其主控因子分析[J].生态与农村环境学报,2021,37(2):155-163.[JIAN Yu-qing,GONG Jian-zhou,LUO Ya-hong,et al.Analysis on the Land Evolution of Rural Settlement and Its Main Control Factors in Guangdong Province[J].Journal of Ecology and Rural Environment,2021,37(2):155-163.]
- [12] 吴江国,张小林,冀亚哲.苏南和皖北平原地区乡村聚落分形特征对比分析:以镇江丹阳市和宿州埇桥区为例[J].长江流域资源与环境,2014,23(2):161-169.[WU Jiang-guo,ZHANG Xiao-lin,JI Ya-zhe.Comparison of the reunion-Like Settlement System Fractal Characteristics in Sourthern of Jiansu and Northern of Anhui:A Case Study of Danyan and Yongqiao in Suzhou[J].Resources and Environment in the Yangtze Basin,2014,23(2):161-169.]
- [13] 屠爽爽,周星颖,龙花楼,等.乡村聚落空间演变和优化研究进展与展望[J].经济地理,2019,39(11):142-149.[TU Shuang-shuang,ZHOU Xing-ying,LONG Hua-lou,et al.Research Progress and Prospect of Spatial Evolution and Optimization of Rural Settlements[J].Economic Geography,2019,39(11):142-149.]
- [14] 闵捷,杨庆媛.三峡库区乡村聚落空间演变及驱动机制:以重庆万州区为例[J].山地学报,2016,34(1):100-109.[MIN Jie,YANG Qing-yuan.Spatial Evolution and Driving Mechanism of the Rural Settlement in the Three Gorges Reservoir Area:A Case in Wanzhou County[J].Mountain Research,2016,34(1):100-109.]
- [15] 周国华,贺艳华,唐承丽,等.中国农村聚居演变的驱动机制及态势分析[J].地理学报,2011,66(4):515-524.[ZHOU Guo-hua,HE Yan-hua,TANG Cheng-li,et al.Dynamic Mechanism and Present Situation of Rural Settlements Evolution in China[J].Acta Geographica Sinica,2011,66(4):515-524.]
- [16] 陈国阶,方一平,高延军.中国山区发展报告:中国山区发展新动态与新探索[M].北京:商务印书馆,2010:1-36.
- [17] 胡航箫,戴文远,徐乙文,等.福州山区乡村聚落空间格局及其与水土资源的耦合态势[J].生态与农村环境学

- 报,2021,37(2):164-171.[HU Hang-xiao,DAI Wen-yuan,XU Yi-wen,et al.Spatial Pattern of Rural Settlements in Fuzhou Mountainous Area and Its Coupling with Water and Soil Resources[J].Journal of Ecology and Rural Environment,2021,37(2):164-171.]
- [18] 郭晓东,张启媛,马利邦.山地—丘陵过渡区乡村聚落空间分布特征及其影响因素分析[J].经济地理,2012,32(10):114-120.[GUO Xiao-dong,ZHANG Qi-yuan,MA Li-bang.Analysis of the Spatial Distribution Character and Its Influence Factors of Rural Settlement in Transition-region between Mountain and Hilly[J].Economic Geography,2012,32(10):114-120.]
- [19] 李姗姗,曹广超,赵鹏飞.秦巴山区农村居民点空间分布及其影响因素分析:以陕西省宁强县为例[J].水土保持研究,2014,21(3):186-191.[LI Shan-shan,CAO Guang-chao,ZHAO Peng-fei.Analysis of Spatial Distribution of Rural Settlements and Its Influential Factors in Qinba Mountain Area:A Case Study of Ningqiang County in Shaanxi Province[J].Research of Soil and Water Conservation,2014,21(3):186-191.]
- [20] 马晓蓉,查小春.秦巴山区乡村聚落空间格局演变及影响因子:以陕西宁强县为例[J].山地学报,2020,38(5):726-739.[MA Xiao-rong,ZHA Xiao-chun.Spatial Structure Evolvement and Impact Factors of Rural Settlements in the Qinba Mountain Area:A Case Study of Ningqiang County in Shaanxi Province,China[J].Mountain Research,2020,38(5):726-739.]
- [21] 丹凤县人民政府.县情概况[EB/OL].(2020-03-13)[2020-10-15].<http://www.danfeng.gov.cn/zjdf/xqgk/58.htm>.
- [22] LI C C,GONG P,WANG J,et al.The First All-season Sample Set for Mapping Global Land Cover with Landsat-8 Data[J].Science Bulletin,2017,62(7):508-515.
- [23] 陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观指数分类、应用及构建研究[J].应用生态学报,2002,13(1):121-125.[CHEN Wen-bo,XIAO Du-ning,LI Xiu-zhen.Classification,Application,and Creation of Landscape Indices[J].Chinese Journal of Applied Ecology,2002,13(1):121-125.]
- [24] 薛明月,王成新,窦旺胜,等.黄河流域传统村落空间分布特征及其影响因素研究[J].干旱区资源与环境,2020,34(4):94-99.[XUE Ming-yue,WANG Cheng-xin,DOU Wang-sheng,et al.Spatial Distribution Characteristics of Traditional Villages in the Yellow River Basin and Influencing Factors[J].Journal of Arid Land Resources and Environment,2020,34(4):94-99.]
- [25] 张松林,张昆.全局空间自相关 Moran 指数和 G 系数对比研究[J].中山大学学报(自然科学版),2007,46(4):93-97.[ZHANG Song-lin,ZHANG Kun.Comparison between General Moran's Index and Getis-ord General G of Spatial Autocorrelation[J].Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni,2007,46(4):93-97.]
- [26] 海贝贝,李小建,许家伟.巩义市农村居民点空间格局演变及其影响因素[J].地理研究,2013,32(12):2257-2269.[HAI Bei-bei,LI Xiao-jian,XU Jia-wei.Spatio-temporal Evolution of Rural Settlements in Gongyi[J].Geographical Research,2013,32(12):2257-2269.]
- [27] 王志恒,胡卓玮,赵文吉,等.应用累积和分析算法的地形起伏度最佳统计单元确定[J].测绘科学,2014,39(6):59-64.[WANG Zhi-heng,HU Zhuo-wei,ZHAO Wen-ji,et al.Extracting Optimum Statistical Unit for Relief Degree of Land Surface with CUSUM Algorithm[J].Science of Surveying and Mapping,2014,39(6):59-64.]
- [28] 喻红,曾辉,江子瀛.快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J].地理科学,2001,21(1):64-69.[YU Hong,ZENG Hui,JIANG Zi-ying.Study on Distribution Characteristics of Landscape Elements along the Terrain Gradient[J].Scientia Geographica Sinica,2001,21(1):64-69.]
- [29] 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 Jin-feng,XU Cheng-dong.Geodetector:Principle and Prospective[J].Acta Geographica Sinica,2017,72(1):116-134.]
- [30] 李炳元,潘保田,韩嘉福.中国陆地基本地貌类型及其划分指标探讨[J].第四纪研究,2008,28(4):535-543.[LI Bing-yuan,PAN Bao-tian,HAN Jia-fu.Basic Terrestrial Geomorphological Types in China and Their Circumscriptions[J].Quaternary Sciences,2008,28(4):535-543.]
- [31] 商洛市统计局.丹凤县国民经济和社会发展统计公报[EB/OL].(2020-11-10)[2021-12-25].<http://tjj.shangluo.gov.cn/index/ShowClass.asp?ClassID=33&page=1>.
- [32] 简钰清,陈颖怡,谢圆圆,等.1980—2015年广东省乡村聚落的空间特征与演变[J].生态与农村环境学报,2019,35(6):698-706.[JIAN Yu-qing,CHEN Ying-yi,XIE Yuan-yuan,et al.Dynamic Analysis of the Spatial Structure and Evolution Model of Rural Settlement in Guangdong Province from 1980 to 2015[J].Journal of Ecology and Rural Environment,2019,35(6):698-706.]
- [33] 邵新风.丹凤县地质灾害调查与防治[J].陕西煤炭,2012,31(6):20-21,31.
- [34] 宋伟,程叶青,林丹,等.快速城镇化背景下乡村居民点时空演变及其驱动因素:以海口市为例[J].经济地理,2020,40(10):183-190.[SONG Wei,CHENG Ye-qing,LIN Dan,et al.Spatio-temporal Evolution and Driving Forces of Rural Settlements under the Background of Rapid Urbanization:A Case Study of Haikou City[J].Economic Geography,2020,40(10):183-190.]
- [35] 刘彦随,刘玉.中国农村空心化问题研究的进展与展望[J].地理研究,2010,29(1):35-42.[LIU Yan-sui,LIU Yu.Progress and Prospect

- on the Study of Rural Hollowing in China[J].Geographical Research,2010,29(1):35-42.]
- [36] 马利邦,田亚亚,郭晓东,等.基于格网的河西绿洲乡村聚落时空演变及其与水土资源的空间耦合关系[J].自然资源学报,2018,33(5):775-787.[MA Li-bang,TIAN Ya-ya,GUO Xiao-dong,et al.Spatial-temporal Change of Rural Settlements and Its Spatial Coupling Relationship with Water and Soil Resources Based on Grid in the Hexi Oasis[J].Journal of Natural Resources,2018,33(5):775-787.]
- [37] 段小微,李小建.山区县域聚落演化的空间分异特征及其影响因素:以豫西山地嵩县为例[J].地理研究,2018,37(12):2459-2474.[DUAN Xiao-wei,LI Xiao-jian.Spatial Differentiation and Its Influencing Factors of Settlements Evolution in Mountainous Counties:A Case Study of Songxian County in Western Henan Province[J].Geographical Research,2018,37(12):2459-2474.]
- [38] 冯应斌,龙花楼.中国山区乡村聚落空间重构研究进展与展望[J].地理科学进展,2020,39(5):866-879.[FENG Ying-bin,LONG Hua-lou.Progress and Prospect of Research on Spatial Reconstruction of Rural Settlements in Mountainous Areas of China[J].Progress in Geography,2020,39(5):866-879.]
- [39] 余斌,卢燕,曾菊新,等.乡村生活空间研究进展及展望[J].地理科学,2017,37(3):375-385.[YU Bin,LU Yan,ZENG Ju-xin,et al.Progress and Prospect on Rural Living Space[J].Scientia Geographica Sinica,2017,37(3):375-385.]
- [40] 李小建,胡雪瑶,史焱文,等.乡村振兴下的聚落研究:来自经济地理学视角[J].地理科学进展,2021,40(1):3-14.[LI Xiao-jian,HU Xue-yao,SHI Yan-wen,et al.The Role of Rural Settlements in Rural Revitalization:Perspective of Economic Geography[J].Progress in Geography,2021,40(1):3-14.]

作者简介: 纪惠文(1996—), 女, 山西大同人, 硕士生, 主要研究方向为资源开发与环境演变。E-mail: 973930121@qq.com