

文章编号: 1008-2786-(2020)5-726-14

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000550

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

马晓蓉, 查小春*

(陕西师范大学 地理科学与旅游学院, 西安 710062)

摘 要: 聚落演变是研究人地关系的重要组成部分, 把握聚落演变的规律性对于优化聚落空间结构, 促进人地协调发展具有重要意义。本研究以秦巴山区宁强县为研究对象, 基于 Google Earth 高分辨率影像提取了 2010 年和 2019 年宁强县乡村聚落斑块数据, 综合运用景观格局指数和 GIS 空间分析等方法, 对宁强县乡村聚落空间格局的演变特征进行了动态研究, 并引入地理加权回归模型进一步探寻了宁强县乡村聚落空间格局及演变的影响因子。研究结果表明: (1) 从乡村聚落规模来看, 与 2010 年相比, 2019 年宁强县乡村聚落数量减少而规模增加, 小型聚落逐渐向大、中型聚落发展; 聚落规模空间集聚性显著, 大规模聚落分布在河谷平坝并向外扩展, 小规模聚落散布在外围的山地丘陵区, 分布重心由西部向东部和南部转移; (2) 从空间分布来看, 乡村聚落高密度区向镇区缩减, 原本以街道办和各镇为中心的多核带状分布逐渐破碎化。聚落空间分布的低地缓坡指向性和交通、河流指向性随时间发展进一步加强; (3) 复杂的地形条件、河流、地质环境和耕地资源等自然环境因素塑造了宁强县乡村聚落大分散、小集聚的空间基本格局, 并在聚落演变中继续发挥着重要作用; 政策制度因素以及交通条件、人口规模等社会人文因素是推动宁强县乡村聚落迅速演化的重要动力。本研究可为山区乡村聚落的空间布局优化和移民搬迁选址提供理论依据。

关键词: 秦巴山区; 乡村聚落; 空间演变; 影响因子; 地理加权回归模型; 宁强县

中图分类号: K901.8

文献标志码: A

乡村聚落是指人类为了农业生产生活和社会活动而集聚定居的场所, 又称为农村居民点, 主要包括村庄和乡镇。在自然资源条件和社会经济发展的影响下, 乡村聚落始终处于动态演化中。聚落演变是聚落地理学研究的重要内容之一, 国外乡村聚落研究受人本主义思潮的影响, 研究范式向社会和人文方向转型, 研究内容逐渐全面深入, 更加注重人文、社会、经济等因素对聚落演变的影响^[1]、聚落形态结构变化和乡村聚落转型重构研究^[2-3]。随着我国

城市化和工业化进程不断加快, 以及新农村建设和乡村经济的迅速发展, 国内学者对乡村聚落演变开展了大量的研究, 包括探究典型区域下乡村聚落演变规律、演变影响因素以及演变模式等, 研究区域集中在传统农区^[4]、东部发达地区^[5]、黄土丘陵区^[6-7]、西南岩溶地区^[8-9]和江南丘陵区^[10], 研究方法向多学科融合, 涉及 3S 技术、地理空间分析、景观格局指数、空间计量模型和问卷调查等。

纵观国内研究, 在研究聚落演变的影响因子方

收稿日期 (Received date): 2020-06-09; **改回日期** (Accepted date): 2020-07-24

基金项目 (Foundation item): 国家科技基础资源调查专项项目 (2017FY100905)。[National Science and Technology Basic Resources Survey project (2017FY100905)]

作者简介 (Biography): 马晓蓉 (1995-), 女, 山西太原人, 硕士研究生, 主要研究方向: 资源开发与环境演变。[MA Xiaorong (1995-), female, born in Taiyuan, Shanxi province, M. Sc. candidate, research on resource development and environmental evolution] E-mail: shirley@snnu.edu.cn

* **通讯作者** (Corresponding author): 查小春 (1972-), 男, 陕西汉中, 博士, 教授, 主要研究方向: 资源开发与环境演变。[ZHA Xiaochun (1972-), male, Ph. D., professor, research on resource development and environmental evolution] E-mail: Zhaxch@snnu.edu.cn

面,重点探讨了地形、河流、交通等传统因子以及城市化和工业化背景下社会经济、区位条件、政策制度等新型因子的影响^[11],而对受自然环境约束力较强地区的地质环境等特殊因子的研究较少;在研究区域方面,主要集中在中东部经济发达、人口稠密的平原和丘陵地区,对西部经济落后、人口稀疏的山区,尤其是对秦巴山区等国家集中连片特困区的聚落研究较为薄弱,且处于定性分析阶段^[12-14]。秦巴山区是我国重要的地理—生态过渡带,具有高度的环境复杂性、气候敏感性、资源依赖性和区域封闭性,影响着山区人口和聚落的空间分布及变化。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,研究秦巴山区聚落的空间格局特征及演化规律不仅有利于丰富山区聚落研究体系,而且对于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。因此,本研究以位于秦巴山区的移民搬迁重点县——陕西省宁强县为例,基于2010年和2019年的乡村聚落斑块数据,运用景观格局指数和地理空间分析等方法,从聚落规模和空间分布两个角度出发探究宁强县乡村聚落空间格局的演变特征,并引入地理加权回归模型(Geographical Weighted Regression, GWR)进一步探究其影响因素,以期对秦巴山区乡村聚落布局优化和移民搬迁选址提供理论支持。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

宁强县位于秦岭山系向大巴山山系过渡的陕西省西南隅(图1),南邻巴蜀,北接秦陇,地理坐标为 $32^{\circ}27'06''\text{N} \sim 33^{\circ}12'42''\text{N}$, $105^{\circ}20'10''\text{E} \sim 106^{\circ}35'18''\text{E}$ 。受秦岭纬向构造带和大巴山弧形褶皱带的影响,宁强地形多呈“V”形构造,地质环境差,滑坡、崩塌、泥石流等自然灾害易发多发。区内地势东南高、西北低,可分为玉带河谷地、嘉汉谷地、西部低山、北部中山、五丁关中山和巴山高中山6种地貌类型,属于典型山区^[15]。宁强为汉水发源地,境内河流分属汉江和嘉陵江两大水系,主要包括玉带河、大安河、燕子河、安乐河、广坪河等河流,宝成、阳安铁路纵横县境,108国道、西汉高速公路穿境而过,秦楚文化、巴蜀文化与羌氏文化在这里相互融合发展,历史文化深厚,被称为“三千里汉江第一城”^[15]。截至2019年,全县共辖2个街道办事处、16个镇、200个行政村,面积为 3246.8 km^2 ,总人口达32万。此外,宁强县各村镇依托生态、旅游、资源、区位等优势,加强农业园区、工业园区、文旅景区和新型城镇化建设,推动乡村经济迅速发展。在乡村振兴和陕南生态扶贫避灾移民搬迁政策的引导下,人口逐渐向城镇、中心村集中,村落出现了废弃、

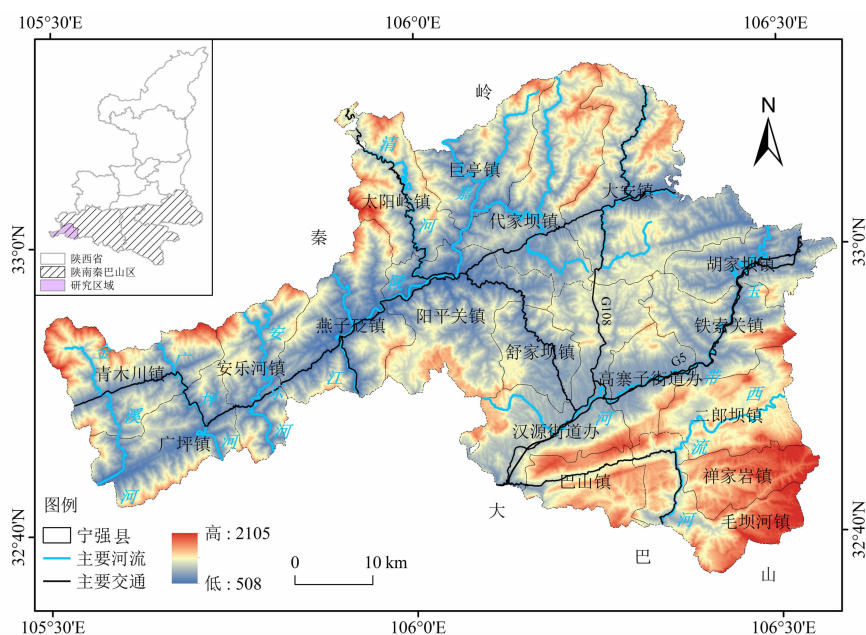


图1 宁强县区位图

Fig. 1 Location of Ningqiang county, Qinba Mountain Area, China

整合等现象,聚落演变速度较快。因此,本文以宁强县为研究对象探讨乡村聚落的空间演变规律。

1.2 数据来源与处理

综合考虑宁强聚落发展情况以及数据的可获取性和实效性,本研究以宁强县正式开展移民搬迁安置工作的 2015 年为参照,选择 2010 年和 2019 年作为时间节点来研究宁强县乡村聚落空间演变特征。聚落斑块数据依据 Google Earth 高分辨率历史影像,采用人工目视解译判读和实地考察校正获得。DEM 数据(30 m 分辨率)来自中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>),从中提取高程和坡度数据。宁强行政边界、交通、河流等数据来源于国家地理测绘信息局的 1:25 万地形要素数据,其中交通包括国道、省道、县道和乡级道路,并基于 Google Earth 影像对交通网络进行核对补充。社会经济数据由相应年份的宁强县统计年鉴整理所得。

2 研究方法与模型

2.1 景观格局指数

景观生态学中的景观格局指数能够刻画研究区土地利用和聚落的空间格局特征^[16],选取聚落斑块数(NP)、斑块密度(PD)、斑块总面积(CA)、平均斑块面积(MPS)、最小斑块面积(MINP)和最大斑块面积(MAXP)等指标定量分析宁强县聚落格局演变差异。

2.2 空间自相关模型

2.2.1 全局空间自相关

以聚落斑块面积为分析变量,采用全局空间自相关模型测度宁强县聚落规模的空间关联模式,即判断聚落在空间分布上是否存在聚集性。常用指标为 Moran's I 指数,表达式为^[17]:

$$\text{Moran's } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

式中, x_i 和 x_j 分别表示 i 和 j 区域的观测值; n 为观测值数目; W_{ij} 为空间权重矩阵;Moran's I 指数的取值为 $(-1, 1)$, 当 $0 < \text{Moran's } I < 1$ 时,表示聚落规模布局存在正的空间自相关, $-1 < \text{Moran's } I < 0$ 表示存在负的空间自相关, $\text{Moran's } I = 0$ 表明不存在空间

自相关。利用标准化 Z 值对 Moran's I 指数进行显著性检验,表达式为:

$$Z(I) = I - E(I) / \sqrt{\text{VAR}(I)} \quad (2)$$

式中, $\sqrt{\text{VAR}(I)}$ 和 $E(I)$ 分别是 $Z(I)$ 的期望值和方差。

2.2.2 局部空间自相关

利用空间热点探测工具(Getis - Ord G_i^*)进一步检验乡村聚落规模在局部地区是否存在统计上显著的“高值簇”和“低值簇”,并利用 GIS 空间可视化的方法揭示“热点”区和“冷点”区^[18]。表达式为:

$$G_i^*(d) = \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) \cdot x_j / \sum_{j=1}^n x_j \quad (3)$$

式中, d 表示距离; $w_{ij}(d)$ 为以距离规则定义的空间权重。对 $G_i^*(d)$ 进行显著性检验,表达式为:

$$Z(G_i^*) = I - E(G_i^*) / \sqrt{\text{VAR}(G_i^*)} \quad (4)$$

式中, $\sqrt{\text{VAR}(G_i^*)}$ 和 $E(G_i^*)$ 分别为 $G_i^*(d)$ 的期望值和方差。若 $G_i^*(d)$ 为正且统计显著时,表示位置 i 周围的聚落规模高(高于均值),属于高值集聚区(“热点”区);若 $G_i^*(d)$ 为负且统计显著,表示位置 i 周边的聚落规模低(低于均值),属于低值集聚区(“冷点”区)。

2.3 核密度分析

核密度分析属于非参数密度估计的一种,核密度值的高低能够反映乡村聚落在空间上的密度分布情况。其模型如下^[19]:

$$f(x, y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (5)$$

式中, $f(x, y)$ 为位于 (x, y) 位置的密度估计; k 为核函数; h 为带宽; n 为带宽内的观测数值; d_i 为位置 (x, y) 距第 i 个观测位置的距离。

2.4 研究模型

2.4.1 地理加权回归模型

地理加权回归模型(GWR)是由 Fotheringham 等首先提出的一种有效处理回归分析中空间非平稳性现象的建模技术^[20],该模型将空间位置嵌入到回归参数中,利用局部加权最小二乘法进行逐点参数估计,使变量间的关系或结构随着地理位置的变化而变化,相对于普通最小二乘法(OLS)只是对参数进行全局或者平均意义上的估计这一不足而言,该模型更能反映空间局部变化,具有显著的优越性^[21]。本文应用 GWR 模型,在全局回归模型的基础

础上进行局部参数估计,并利用 GIS 软件对模型的参数估计值进行空间表达,进一步探索空间变异特征和空间规律。模型结构如下:

$$y_i = \beta_0(\mu_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k(\mu_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (6)$$

式中, (μ_i, v_i) 是第 i 个样本空间单元的地理坐标; $\beta_k(\mu_i, v_i)$ 是连续函数 $\beta_k(\mu, v)$ 在 i 样本空间单元的值; ε_i 为随机误差项。基于 ARCGIS10.2/SPATIAL/GWR 工具,权重函数选择 $W_{ij} = \exp[-(d_{ij}/b)]^2$, 并采用自适应方法 Adaptive 进行函数校准,以修正的赤池信息准则(AICc)确定带宽。

2.4.2 变量选择与模型构建

乡村聚落空间演变受自然环境、社会人文、政策制度等因素的综合影响。借鉴已有研究经验^[22-23],以宁强 200 个行政村为中心构建泰森多边形,并与乡村聚落斑块进行矢量叠加,选择各行政村聚落用地占比作为因变量。依据因子选取的科学性、易获取性和可量化原则,从自然环境和社会人文方面选择对宁强聚落空间格局影响较大的地形、河流、地质环境、交通、人口规模、耕地资源等传统因子和特殊因子作为自变量构建回归模型,政策制度因素由于没有合适的指标量化,不纳入回归模型。具体指标见表 1。

表 1 聚落空间格局演变影响因子指标

Tab. 1 The index of impact factors for the spatial structure evolution of rural settlements

指标类型		变量含义
因变量	聚落空间格局	各行政村聚落用地占比
自变量	地形	各行政村内的地形位指数
	河流	各行政村聚落距河流的距离均值
	地质环境	各行政村地质灾害风险得分(按地质灾害高、中、低易发性分别赋予得分 1、3、5,统计各行政村风险得分)
	交通	各行政村聚落距交通的距离均值
	耕地资源	各行政村耕地面积
	人口规模	各行政村人口密度

构建 GWR 模型之前,需要运用全局自相关模型对因变量进行相关性预检验,基于 ARCGIS10.2 测得 2010 年和 2019 年的 Moran's I 指数均为 0.48 (Z 得分分别为 15.29 和 15.07),均通过显著性检

验,表明宁强县 200 个行政村聚落用地分布具有较强的空间自相关特征,自变量对因变量的影响需要从空间加权的角度予以解释^[24]。其次,构建 OLS 模型和 GWR 模型,OLS 模型诊断结果显示各影响因子的 VIF 均低于 7.5,说明不存在冗余变量。此外,由表 2 可知,GWR 模型的決定系数 R^2 和校正決定系数 R^2 均高于 OLS 模型,且赤池信息准则(AICc)相较 OLS 模型小于 3 以上,表明 GWR 模型对因变量的解释程度要高于 OLS 模型,GWR 模型的拟合效果更理想。

表 2 OLS 模型和 GWR 模型拟合结果比较

Tab. 2 Comparison of fitting results between OLS model and GWR model

类型	2010 年		2019 年	
	OLS	GWR	OLS	GWR
R^2	0.46	0.57	0.47	0.65
校正 R^2	0.44	0.51	0.45	0.59
AICc	460.78	443.61	458.02	414.24

3 宁强县乡村聚落空间格局演变特征

3.1 乡村聚落规模演变特征

3.1.1 聚落数量显著减少而规模明显增加

由表 3 可知,宁强县乡村聚落斑块数量从 2010 年的 8700 个减少至 2019 年的 6034 个,斑块密度由 2.67 个/ km^2 降低为 1.85 个/ km^2 ,但聚落斑块总面积增加了 8.17 km^2 ,乡村聚落用地面积占县城土地面积的比重由 2010 年的 0.85% 增长至 2019 年的 1.11%,且平均斑块面积、最大斑块面积和最小斑块面积在后期均有所增加,聚落规模扩张明显。这是随着宁强城乡一体化建设和陕南移民搬迁的推进,对自然环境恶劣、基础设施落后的小规模聚落进行撤并或搬迁,同时经济的发展以及人口和住房需求的增加也在推动聚落向外扩展或内部填充,导致聚落数量在总体上减少而聚落规模增大。

3.1.2 小型聚落向大、中型聚落发展趋势明显

利用 Jenks 最佳自然断裂法的分类结果,将宁强县乡村聚落规模划分为 5 个等级。由表 4 可知,宁强县 0.5 hm^2 以下的低等级聚落数量偏多,而 0.5 hm^2 以上的中、高等级聚落数量偏少,小型聚落

表 3 宁强县乡村聚落景观指数

Tab.3 Landscape indices of rural settlements in Ningqiang county

年份	斑块数/个	斑块密度(个/km ²)	斑块总面积/km ²	平均斑块面积/m ²	最小斑块面积/m ²	最大斑块面积/m ²
2010 年	8700	2.67	28.02	3220.79	230.76	229790.80
2019 年	6034	1.85	36.19	5998.01	260.30	290071.23

表 4 宁强县聚落规模分级统计

Tab.4 Classification statistics of rural settlements scale in Ningqiang county, the Qinba Mountain Area

聚落规模分级	范围/hm ²	2010 年		2019 年	
		数量/个(占比/%)	面积/hm ² (占比/%)	数量/个(占比/%)	面积/hm ² (占比/%)
独院聚落	0~0.1	2795(32.13)	196.96(7.03)	919(15.23)	64.30(1.78)
小型聚落	0.1~0.5	4748(54.57)	1009.53(36.03)	3234(53.60)	794.91(21.96)
中等聚落	0.5~1	668(7.68)	459.70(16.41)	991(16.42)	693.41(19.16)
大型聚落	1~5	457(5.25)	832.33(29.70)	834(13.82)	1566.10(43.27)
超大型聚落	>5	32(0.37)	303.58(10.83)	56(0.93)	500.48(13.83)

和大型聚落在聚落用地面积中所占比重大。与 2010 年相比,2019 年宁强县独院聚落和小型聚落的斑块数量和斑块面积均减少,数量占比由 2010 年的 86.70%降低至 68.83%,聚落用地面积占比也从 43.06%降至 23.74%;中等、大型聚落以及超大型聚落的斑块数量和斑块面积均显著增加,其中中等聚落和大型聚落的数量和面积比重增长最为迅速。以上表明宁强县乡村聚落在数量上仍以小型聚落占优势,但随着时间变化,大型聚落用地面积占比超过了小型聚落,乡村聚落规模逐渐由小型聚落向大、中型聚落发展。

3.1.3 乡村聚落规模的“冷热点”空间关联特征突出

以聚落斑块面积为分析变量,运用 Moran's *I* 指数来探索宁强县乡村聚落规模的全局空间关联模式,结果得到 2010 年和 2019 年的 Moran's *I* 指数分别为 0.07 和 0.10(*Z* 得分分别为 26.85 和 41.27),均大于 0 且通过显著性检验,表明宁强县聚落规模在全局上存在显著的空间集聚性。

利用“热点”探测工具进一步分析聚落规模的局部分异特征(图 2),结果如下:首先,宁强县聚落规模的局部集聚特征显著,聚落规模“热点”区主要分布在嘉汉谷地和玉带河谷地,且范围向四周扩展,部分地区聚落规模优势丧失;“冷点”区始终围绕“热点”区在外侧分布,但空间分布位置发生了明显变化。其次,2010 年“热点”区主要分布在县城街道

办、阳平关镇、燕子砭镇和大安镇等嘉汉谷地、玉带河谷地以及青木川镇附近。随着人口、经济要素的增加以及 108 国道和西汉高速的辐射带动作用,以阳平关镇、燕子砭镇、胡家坝镇等镇区为中心的“热点”区范围向外围扩展,聚落规模发展迅速,平均斑块面积从 2010 年的 0.64 hm² 增长至 2019 年的 1.02 hm²。大安镇受地形限制,聚落分布在大安河两岸和山间沟谷地带,聚落规模发展较缓,9 年间平均斑块面积仅由 0.52 hm² 增长至 0.68 hm²,由原来的“热点”区转变为随机分布区,聚落规模优势丧失。再次,“冷点”区分布在“热点”区外围的山地丘陵区,2019 年与 2010 年相比,宁强县西北部和阳平关镇南部的“冷点”区消失,聚落平均斑块面积由 0.17 hm² 增长至 0.65 hm²,由小规模集聚向随机分布发展;五丁关东部和巴山北坡一带出现大范围的小规模聚落集聚,成为新的“冷点”区,这是由于该区受地形限制,聚落主要分布于山间沟谷间并沿交通线向外扩展,聚落演变以小规模斑块增长为主,9 年间聚落斑块数量从 1220 个增加至 1371 个,平均斑块面积从 0.28 hm² 增长至 0.33 hm²。

3.2 乡村聚落空间分布演变特征

3.2.1 聚落密度分布局部变化

基于 ARCGIS10.2 空间分析模块中的核密度分析工具,对 2010 年和 2019 年宁强县乡村聚落斑块的密度分布情况进行分析和制图。由图 3 可知,

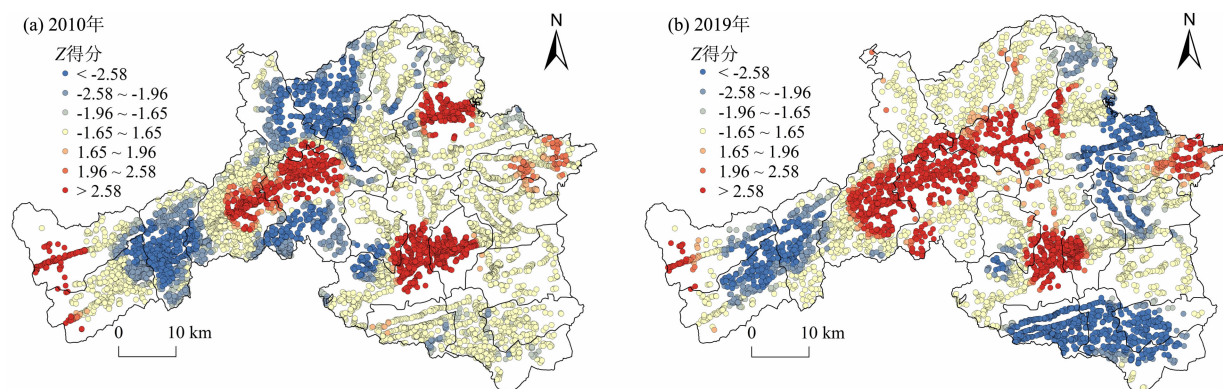


图2 2010年和2019年宁强县乡村聚落规模空间集聚特征

Fig. 2 The spatial clustering characteristics of rural settlements scale in 2010 and 2019 in Ningqiang county

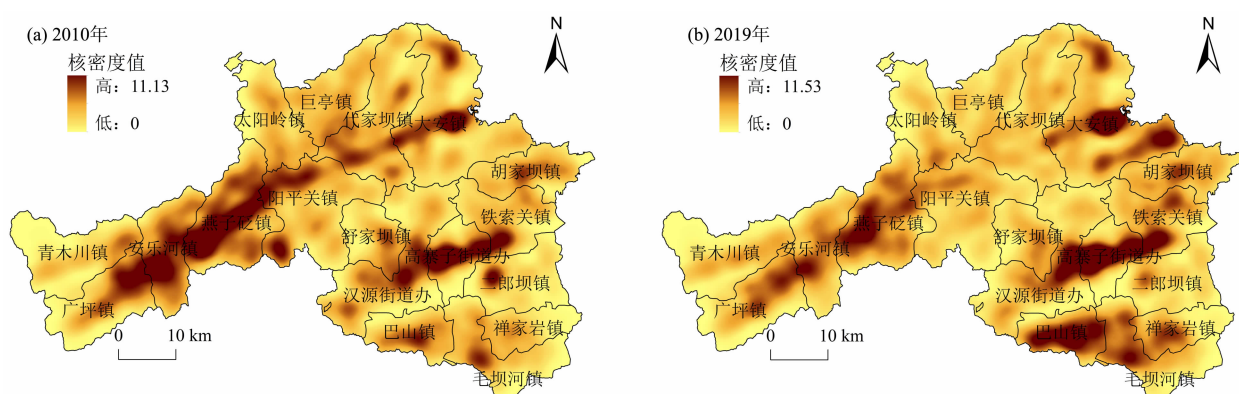


图3 2010年和2019年宁强县乡村聚落核密度分布图

Fig. 3 Distribution map of rural settlements density in 2010 and 2019 in Ningqiang county

2010年和2019年宁强县乡村聚落核密度图呈现较为相似的空间分布格局,聚落高密度区均表现为以街道办和各镇区为中心的多核带状分布;2010年聚落集中分布在嘉汉谷地、玉带河谷地和西部低山区,以汉源街道办、高寨子街道办、大安镇、阳平关镇、燕子砭镇、安乐河镇等镇区为中心,形成两条东北—西南向延伸的带状高密度聚集区。与之相比,2019年巴山北坡和大安镇南部的聚落沿河流和交通分布的集中程度加强,成为新的聚落高密度区,而嘉陵江谷地和西部低山聚落高密度区缩减且向镇区附近集中,原空间带状分布逐渐破碎化;此外,对比两个年份的核密度图和聚落规模热点图发现,聚落高密度区与聚落规模“热点”区的空间分布基本一致,即河谷阶地聚落为大规模高密度分布,而聚落低密度区的空间分布与“冷点”区有一定差别,山地丘陵区的小规模聚落除河流和交通两侧的密集程度加强外,大多为散状分布,呈现小规模高密度分布和小规模低密度分布并存

的空间分布特征。

3.2.2 低地缓坡指向性加强

基于DEM数据,提取宁强县的海拔和坡度信息。按照传统地貌划分方法,将宁强县划分为谷坝(508~800 m)、低山(800~1000 m)、中山(1000~1600 m)和高中山(1600~2105 m);根据第二次土地调查坡度分级标准和研究需要,将坡度划分为 $\leq 7^\circ$ 、 $7^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 25^\circ$ 、 $25^\circ \sim 35^\circ$ 、 $> 35^\circ$,统计2010年和2019年宁强县两个时期不同地形条件下聚落空间分布特征。

图4(a)显示,随着海拔的增加,聚落数量和规模分布均呈现“谷坝>低山区>中山区>高中山区”的递减趋势。其中,海拔1000 m以下的川道谷坝和低山丘陵是聚落分布最为密集的区域,斑块数量和斑块面积所占比重分别达到70%和80%以上。随时间演化,各区域内聚落数量均减少,但聚落规模扩张显著,扩张程度同样呈现出“谷坝>低山区>中山区>高中山区”的递减特征,表明聚落向川道

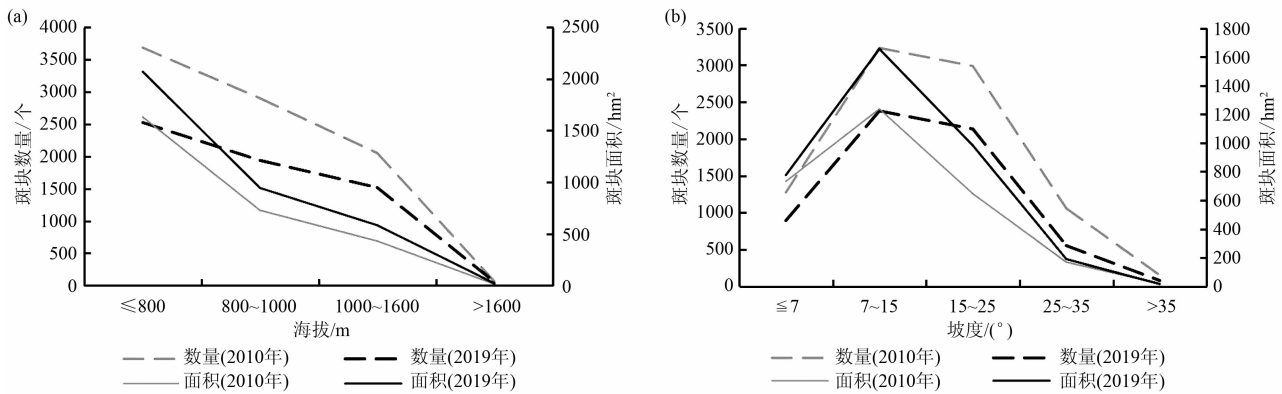


图4 不同高程(a)和坡度范围内(b)宁强县乡村聚落统计

Fig. 4 Statistics of rural settlements in different elevation (a) and slope ranges (b) in Ningqiang county

谷坝和低山丘陵区分布趋势进一步加强。由图4(b)可知,聚落数量和规模随坡度变化呈拱形分布,70%以上的聚落集中分布在 $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 和 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的平缓地区,随着坡度增大,斑块数量迅速减小;斑块规模峰值出现在 $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 区域内,并逐渐向两端递减。随时间演化,除 35° 以上的陡坡地区斑块规模有所下降外,其他区域斑块规模均显著增加,尤其是 25° 以下平缓区的斑块规模扩张最为明显。由上可知,宁强县聚落斑块主要分布在海拔1000 m以下和坡度 $7^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的川道谷坝和低山丘陵区,且聚落扩展以川道谷坝和 25° 以下平缓地区为主,聚落空间分布的低地缓坡指向性进一步加强。

3.2.3 交通和河流指向性加强

利用 ArcGIS10.2 的多环缓冲区工具,对河流图层和道路图层(包括国道、省道、县道和乡级道路)以1000 m为间隔建立缓冲带,范围为0~5000 m,将其分别与2010年和2019年的聚落斑块进行叠加,得到各缓冲带内聚落数量和聚落规模的分布及变化情况。

由表5可知,距离交通线越近,斑块数量越多,斑块总规模和平均斑块规模越大,其中1000 m缓冲区内聚落数量比重和面积比重分别达到50%和70%以上。由于研究期间宁强县交通等基础设施不断完善,原本影响交通规划的聚落重新布局,1000 m缓冲区内聚落平均斑块面积由2010年的 0.42 hm^2 增长为2019年的 0.78 hm^2 ,新增斑块面积占到新增斑块总面积的近70%,聚落规模扩张最大,聚落空间分布的交通指向性进一步加强。

山区交通线一般沿着河流布局,因此河流和交

通作用下的聚落空间分布特征具有一致性。随着河流缓冲区距离的增加,宁强县乡村聚落的斑块数量、斑块总规模和平均斑块规模均呈递减趋势。两时期相比,各缓冲区内聚落数量减少而规模增大,且距河流越近,聚落规模扩张越大,其中在河流1000 m的缓冲带内,斑块面积增加了 355.96 hm^2 ,占到新增斑块面积的43.56%,平均斑块面积由 0.47 hm^2 增长为 0.88 hm^2 ,斑块规模和平均斑块规模的扩张程度均高于其他级别缓冲带,聚落空间分布的河流指向性进一步加强。

4 聚落空间格局及演变的影响因子

GWR模型结果给出了每个影响因子对各行政村聚落空间格局影响的回归系数,选取两个年份各因子回归系数的平均值、最小值、最大值和中位数进行描述统计。由表6可知,各因子的影响程度和作用趋势在不同行政村存在较大的差异。从回归系数绝对值的平均值来看,地形对聚落空间格局的影响力最大,其次是人口规模、地质环境、河流、耕地资源和交通,且随时间变化,地形、河流、耕地资源的影响程度明显增强。从各因子回归系数的正负值结果来看,两个年份地形、河流、地质环境和人口规模对区域聚落空间格局的影响较为稳定,而交通、耕地资源表现出正负两种效应,存在明显的空间异质性。之后利用 ArcGIS10.2 对 GWR 模型结果中各个影响因子的回归系数进行可视化分析(图5),探究各影响因子对聚落空间格局及演变的空间差异。

表 5 不同交通、河流缓冲带内宁强县乡村聚落统计

Tab. 5 Statistics of the rural settlements in different road and river buffer zones in Ningqiang county

空间要素	缓冲区距离/m	聚落数量/个		聚落面积/hm ²		平均斑块面积/hm ²	
		2010 年	2019 年	2010 年	2019 年	2010 年	2019 年
交通	0 ~ 1000	4734	3283	1999.39	2553.37	0.42	0.78
	1000 ~ 2000	1881	1319	391.67	551.83	0.21	0.42
	2000 ~ 3000	886	747	167.28	267.34	0.19	0.36
	3000 ~ 4000	549	386	104.69	139.16	0.19	0.36
	4000 ~ 5000	317	216	78.09	78.97	0.25	0.37
河流	0 ~ 1000	3134	2079	1480.64	1836.60	0.47	0.88
	1000 ~ 2000	1694	1079	399.57	531.52	0.24	0.49
	2000 ~ 3000	1132	741	245.25	300.42	0.22	0.41
	3000 ~ 4000	884	638	193.71	276.24	0.22	0.43
	4000 ~ 5000	634	458	152.34	213.68	0.24	0.47

表 6 宁强县 2010 年和 2019 年 GWR 模型影响因子回归系数结果统计

Tab. 6 Statistics of impact factor regression coefficient in 2010 and 2019 obtained by GWR in Ningqiang county

解释变量	2010 年				2019 年			
	平均值	最大值	最小值	中位数	平均值	最大值	最小值	中位数
地形	-0.426	-0.202	-0.765	-0.392	-0.571	-0.272	-0.983	-0.554
河流	-0.142	-0.026	-0.238	-0.172	-0.157	-0.025	-0.281	-0.186
地质环境	-0.209	-0.050	-0.422	-0.214	-0.207	-0.023	-0.462	-0.206
交通	-0.002	0.191	-0.115	-0.061	-0.003	0.158	-0.174	-0.065
耕地资源	-0.057	0.072	-0.139	-0.068	-0.082	0.079	-0.266	-0.094
人口规模	0.303	0.379	0.175	0.328	0.214	0.503	-0.075	0.236

4.1 自然环境因素

地形、河流、耕地资源等自然环境因素在一定时间内保持相对稳定,对聚落空间格局的影响常会因外部要素的作用而发生变化,而地质灾害具有突发性,成为部分聚落被动迁移和衰退消失的重要原因^[25-26]。

(1)宁强聚落空间格局受地形和与河流距离的负向影响,大规模聚落集中分布在地势平坦、邻近水源的嘉汉谷地和玉带河谷地,而河流流经的山地丘陵成为小规模聚落分布区;此外,地形和河流还通过影响耕地质量和灌溉条件引导聚落向水源充足、利于农业建设的河流阶地或低山丘陵分布。由图 5(a)和 5(b)可知,随时间变化,地形和河流对聚落空间格局的影响程度增强,其中县城西北部,包括燕子砭镇、太阳岭镇、巨亭镇和阳平关镇北部受地形的

负向作用明显提高,而西部广坪河、安乐河和燕子河一带成为河流的影响高值区,聚落沿河流两岸的布局趋势进一步加强。

(2)聚落空间格局受地质灾害的负向影响,宁强地质环境差,受大气降水和人类工程活动的影响,地质灾害易发多发,滑坡、崩塌、泥石流和地面塌陷是宁强最为发育的地质灾害类型,数量多、密度大、对聚落破坏性强,可以直接导致聚落消失或迁移。随着人类活动和社会经济的发展,地质灾害隐患点数量逐渐增加,聚落发展具有明显的避灾特征,如图 5(c)所示,阳平关镇、舒家坝镇和汉源街道办这一带为滑坡、崩塌、泥石流高发区,聚落空间格局受地质灾害的负向影响最大,且随时间变化,西部低山区聚落受地质灾害的影响程度有一定增强,但总体上变化不大。

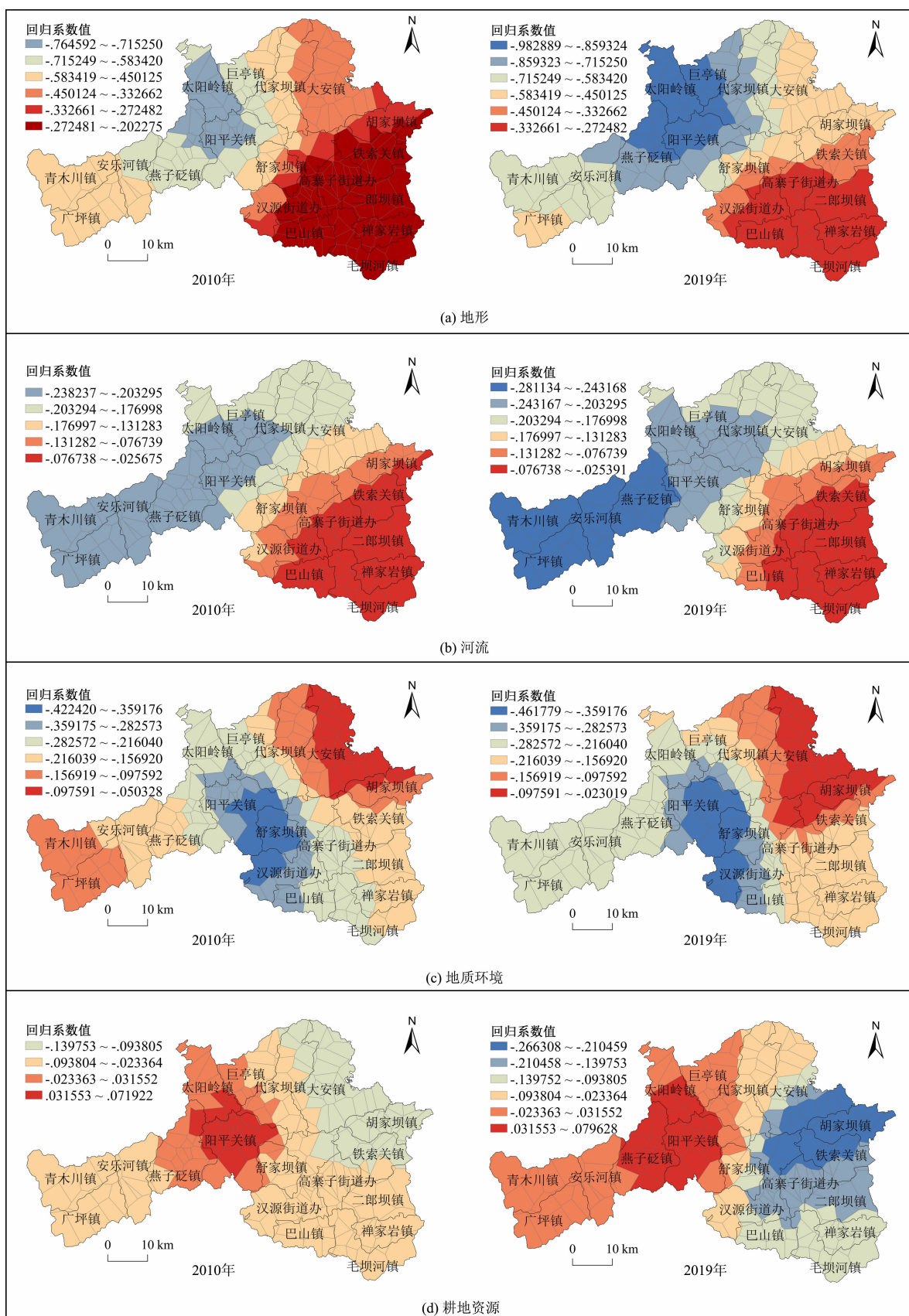


图5 宁强县2010年和2019年GWR模型影响因子回归系数空间分布图

Fig.5 Spatial distribution of impact factor regression coefficient in 2010 and 2019 obtained by GWR in Ningqiang County

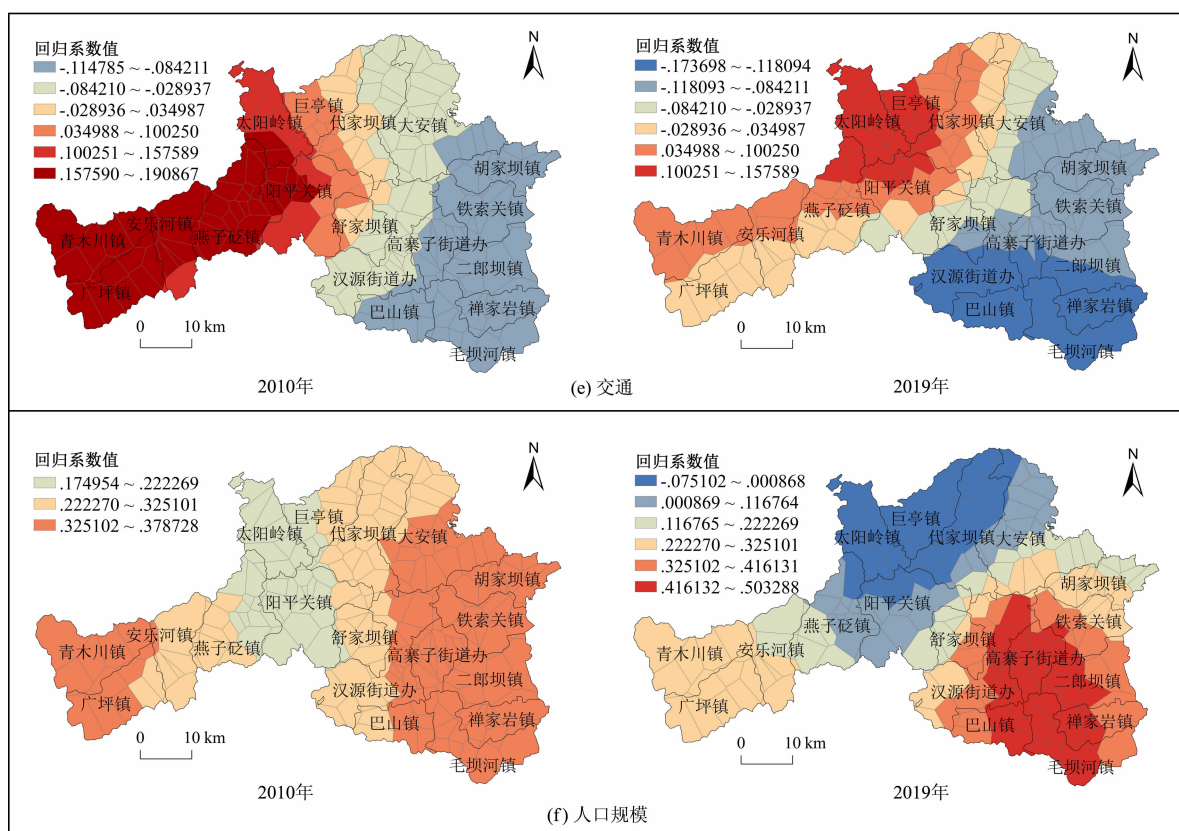


图5(续) 宁强县2010年和2019年GWR模型影响因子回归系数空间分布图

Fig.5 Spatial distribution of impact factor regression coefficient in 2010 and 2019 obtained by GWR in Ningqiang County

(3)耕地资源与聚落空间格局呈负相关关系,宁强土地资源有限,坡耕地面积较大,但整体质量不高,耕地和聚落用地多分布在农业生产条件优越的玉带河阶地、汉江流域、嘉陵江流域以及低山地区,二者在土地利用上存在空间“竞争”关系。随着宁强城乡一体化建设的推进,交通、水利、能源等新增建设用地的增加、生态退耕和农业结构调整等均导致耕地与聚落用地的发生变化,聚落空间格局受耕地的负向影响增强,如图5(d)所示,2019年与2010年相比,大安镇至舒家坝镇一带以东地区耕地面积的负向影响作用增强,其中汉源街道办北部、胡家坝镇和铁锁关镇一带成为高值区,聚落用地与耕地用地的空间“竞争”最显著,而大安镇至舒家坝镇以西地区耕地面积对聚落空间格局的影响不显著。

4.2 社会人文因素

(1)近年来,宁强县致力于打造以108国道、西汉高速以及各乡镇公路为主骨架的“两横、四纵”公路网络,道路等基础设施逐步完善,便利的交通带动聚落间人口、物质、信息等的流动,并吸引聚落沿道路两侧布局延伸,促进聚落演化。由图5(e)可知,

交通的回归系数有正有负,其中代家坝镇至舒家坝镇一线以东聚落空间格局与交通呈负相关关系,聚落空间分布的交通指向性明显。从时间变化来看,巴山以北地区聚落空间格局受交通的影响进一步加强,大量新增的小规模聚落在交通沿线布局,成为聚落规模的“冷点区”。

(2)宁强人口主要分布在嘉汉谷地和玉带河谷地,人口规模与聚落空间格局总体上呈正相关关系。随着乡村劳动力外流、农户生活水平的提高和政府政策的引导,乡村人口逐渐向中心城镇集中,一方面导致聚落内部房屋废弃和聚落空心化,另一方面聚落选址自由度提升,农户重新选址修建房屋或扩大原有聚落规模,或向中心村和中心城镇移民定居,聚落规模和布局发生明显变化。如图5(f)所示,县城中部及以南地区聚落空间格局受人口规模的正向影响明显增强,成为影响高值区;其他地区影响程度均有所减弱,西北部太阳岭镇和巨亭镇等地回归系数降低为负数,这是由于该地位于秦岭南坡,人口相对较少,聚落分布受地形因素的负向影响较大且影响程度逐渐加强,人口规模对聚落格局的影响逐渐

减弱。

4.3 政策制度因素

政策因素具有突变性,能够直接干预生产要素流动,进而影响聚落的空间分布格局和演变。对于宁强县而言,以陕南移民搬迁和新农村建设为代表的政策制度是推动宁强聚落形成和演化的重要因素。宁强县2015年正式开展生态扶贫避灾移民搬迁安置工作,对基础设施落后、人口规模小、自然环境恶劣、地质灾害频繁、对生态敏感区具有潜在威胁和负面影响的居民点,向自然环境和交通、水利等基础设施条件较好的中心城镇和中心村迁并,或重新选址建设移民新村,人口和聚落逐渐向地势平坦的河流阶地或低山丘陵区集中,推动聚落迅速演化,聚落空间扩展既有聚落迁移引起的中心村和中心城镇附近聚落发生的外延式扩展,也有多个小规模聚落重新选址布局,合并成为新聚落的飞地式扩展。

5 讨论

聚落空间格局及演变是自然环境、社会人文和政策制度等多个因素综合作用的结果。自然环境在塑造聚落空间分布格局的同时也限制着聚落的发展,如地形会限制山区聚落的规模、形态和分布且亲水性特征明显^[25],重大地质灾害会直接导致聚落的消亡^[26],耕地资源与聚落用地存在空间冲突^[27]。GWR结果显示,自然环境因素和社会人文因素对宁强县聚落空间格局的影响力排序为:地形>人口规模>地质环境>河流>耕地资源>交通,说明宁强聚落空间格局首要受到自然地理环境的影响。2019年宁强县聚落斑块密度仅为1.85个/km²,0.5hm²以下的低等级小规模聚落数量占比达到68.83%,说明地形、地质环境、河流和耕地资源等自然环境因素塑造了宁强县大分散、小聚集的聚落空间分布格局,其中河流阶地聚落为大规模高密度分布,山地丘陵聚落为小规模高密度分布和小规模低密度分布并存。而且,宁强县70%以上的聚落分布在海拔1000m以下和坡度7°~25°的地区,表现出明显的低地缓坡和河流、交通指向性。但在山区复杂的地理环境和传统的生产方式作用下,自然环境因素仍是影响宁强县聚落演变的首要因素,说明在自然环境和生态环境特殊的地区,自然环境与地理条件依旧是约束和限制聚落空间格局演变的主控因素,这

与王曼曼^[28]、林金萍^[29]等的研究结果一致。

随着社会经济的迅速发展,自然环境对聚落演变的影响力逐渐减弱,而社会人文因素和政策制度因素在聚落演变中逐渐发挥着引领和主导作用^[11]。如人口增长和流动成为聚落规模增长的内生动力^[18],城镇化和工业化水平的提高、交通等基础设施的完善对聚落演变速度和方向具有引导作用^[18,30],政府政策为聚落演化提供了制度基础,聚落空间格局演变的关键因素逐渐向政府干预政策等外部力量转变^[11,25]。对于宁强聚落演变而言,人口规模对聚落空间格局的影响仅次于地形,且区域影响程度加强,区别于平原区聚落在城镇化和经济迅速发展背景下发生的空间演变^[4],宁强聚落数量减少而规模增加的演变特征是随着人口迁移和政府政策的推动而发展变化的,9年间宁强聚落数量由8700个减少至6034个,其原因在于山区聚落以小规模为主,在新农村建设和生态扶贫避灾移民搬迁等政策的引导下,聚落空间扩展既有小规模聚落向中心村镇迁移引起的聚落外延式扩展,也有多个小规模聚落重新选址合并成为新聚落的飞地式扩展,促使聚落数量在减少的同时,聚落规模仍明显增加。此外,人口增长和住房需求的增加也推动新增斑块在聚落内部填充,或沿河流和交通两侧布局,但新增的聚落数量要低于聚落迁并所减少的数量。可见,政府政策的外部干预、人口增长或迁移导致的人口规模变化以及交通等基础设施的完善已成为推动宁强聚落空间演变的重要动力。

由此,对于山区聚落的重新选址和规划布局,要考虑聚落的空间格局特征,重视影响其空间格局及演变的多种因素,在考虑区域综合环境承载力的前提下,聚落规划布局应优先考虑交通便利、水源丰富的低坡度、低海拔地区;将小城镇建设与移民搬迁政策相结合,加强中心村基础设施建设,发挥生态、旅游、资源、区位等优势,引导山区人口向中心村镇集聚,促进土地资源合理利用和城乡一体化发展。

6 结论

本文以秦巴山区宁强县乡村聚落斑块数据为基础,运用景观格局指数和地理空间分析对聚落空间格局演变特征进行了动态研究,并引入地理加权回归模型探寻了乡村聚落空间格局及演变的影响因

素,加强了西部贫困山区聚落空间格局演变的实证研究。研究结果表明:

(1)从聚落规模来看,2010—2019年宁强县乡村聚落数量减少而规模增加,逐渐由小型聚落向大、中型聚落发展。聚落规模在空间上呈现集聚特性,大规模聚落主要分布在嘉汉谷地和玉带河谷地并向四周扩展,部分地区聚落规模优势丧失;小规模聚落分布在外围的山地丘陵,分布重心由西部向东部和南部迁移。

(2)从聚落空间分布来看,聚落高密度聚集区范围缩减并向镇区集中,原本以街道办和各镇区为中心的核带状分布逐渐破碎化;低地缓坡处和河流、交通两侧是聚落扩张最为明显的地区,聚落空间分布的低地缓坡指向性和河流、交通指向性进一步加强。

(3)宁强聚落空间格局及演变受自然环境、社会人文和政策制度等因素的综合影响,复杂的地形条件、河流、地质环境和耕地资源等自然地理因素塑造了宁强聚落大分散、小聚集的空间基本格局,并在聚落演变中继续发挥着重要作用;政策制度因素以及交通条件、人口规模等社会人文因素是推动聚落空间演变的重要动力。

参考文献 (References)

- [1] BANSKI J, WESOŁOWSKA M. Transformations in housing construction in rural areas of Poland's Lublin region-influence on the spatial settlement structure and landscape aesthetics [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, **94**(2): 116–126.
- [2] ANTROP M. Landscape change and the urbanization process in Europe [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **67**(1): 9–26.
- [3] KISS E. Rural restructuring in Hungary in the period of socio-economic transition [J]. *Geo Journal*, 2000, **51**(3): 221–233.
- [4] 杨慧敏, 姜帆, 李小建, 等. 豫东平原聚落景观格局变化[J]. *生态学报*, 2017, **37**(16): 5313–5323. [YANG Huimin, LOU Fan, LI Xiaojian, et al. Changing patterns of settlement landscape in the Eastern Plain of Henan Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, **37**(16): 5313–5323]
- [5] 马晓冬, 李全林, 沈一. 江苏省乡村聚落的形态分异及地域类型[J]. *地理学报*, 2012, **67**(4): 516–525. [MA Xiaodong, LI Quanlin, SHEN Yi. Morphological difference and regional types of rural settlements in Jiangsu province [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, **67**(4): 516–525]
- [6] 郭晓东, 马利邦, 张启媛. 陇中黄土丘陵区乡村聚落空间分布特征及其基本类型分析——以甘肃省秦安县为例[J]. *地理科学*, 2013, **33**(1): 45–51. [GUO Xiaodong, MA Libang, ZHANG Qiyuan. The spatial distribution characteristics and the basic types of rural settlement in loess hilly area: Taking Qin'an county of Gansu province as a case [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, **33**(1): 45–51]
- [7] 李莺国, 石培基, 刘春芳, 等. 黄土丘陵区乡村聚落时空演变特征及格局优化——以七里河区为例[J]. *经济地理*, 2015, **35**(1): 126–133. [LI Qianguo, SHI Peiji, LIU Chunfang, et al. Spatial-temporal evolution characteristic and pattern optimization of rural settlement in the loess hilly region: taking Qilihe district for example [J]. *Economic Geography*, 2015, **35**(1): 126–133]
- [8] 李阳兵, 罗光杰, 邵景安, 等. 岩溶山地聚落人口空间分布与演化模式[J]. *地理学报*, 2012, **67**(12): 1666–1674. [LI Yangbing, LUO Guangjie, SHAO Jing'an, et al. The evolving models of rural settlements and population distribution in karst mountains [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, **67**(12): 1666–1674]
- [9] 闵婕, 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 Qingyuan. Spatial evolution and driving mechanism of the rural settlement in the Three Gorges Reservoir area: a case in Wanzhou district [J]. *Mountain Research*, 2016, **34**(1): 100–109]
- [10] 陈永林, 谢炳庚. 江南丘陵区乡村聚落空间演化及重构——以赣南地区为例[J]. *地理研究*, 2016, **35**(1): 184–194. [CHEN Yonglin, XIE Binggeng. The spatial evolution and restructuring of rural settlements in Jiangnan hilly region: a case study in South Jiangxi [J]. *Geographical Research*, 2016, **35**(1): 184–194]
- [11] 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 Yingbin, LONG Hualou. 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]
- [12] 李胜坤, 张毅, 闫欣, 等. 基于GIS的秦巴山区乡村聚落空间格局研究——以湖北省竹溪县为例[J]. *农业现代化研究*, 2014, **35**(6): 780–785. [LI Shengkun, ZHANG Yi, YAN Xin, et al. Using GIS techniques to assess spatial pattern of rural settlements in Qinba Mountainous region: a case study in Zhuxi county, Hubei province [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, **35**(6): 780–785]
- [13] 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 Shanshan, CAO Guangchao, ZHAO Pengfei. 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]
- [14] 张百平. 中国南北过渡带研究的十大科学问题[J]. *地理科学*

- 进展, 2019, **38**(3): 305 – 311. [ZHANG Baiping. Ten major scientific issues concerning the study of China's north-south transitional zone [J]. *Progress in Geography*, 2019, **38**(3): 305 – 311]
- [15] 宁强县志编纂委员会. 宁强县志[M]. 陕西: 陕西师范大学出版社, 1995: 82 – 87. [Ningqiang County Annals Compilation Committee. *Ningqiang county annals* [M]. Shaanxi: Shaanxi Normal University Press, 1995: 82 – 87]
- [16] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 102 – 106. [WU Jianguo. *Landscape ecology: pattern, process scale and hierarchy* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2007: 102 – 106]
- [17] 刘超, 许月卿, 王惠, 等. 关中地区农村居民点用地数量变化时空特征及影响因素分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2018, **54**(3): 300 – 307. [LIU Chao, XU Yueqing, WANG Hui, et al. Spatial temporal characteristics and influencing factors of rural settlements in Guanzhong [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2018, **54**(3): 300 – 307]
- [18] 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 Beibei, LI Xiaojian, XU Jiawei. Spatio-temporal evolution of rural settlements in Gongyi [J]. *Geographical Research*, 2013, **32**(12): 2257 – 2269]
- [19] 谭雪兰, 刘卓, 贺艳华, 等. 江南丘陵区农村居民点地域分异特征及类型划分——以长沙市为例[J]. 地理研究, 2015, **34**(11): 2144 – 2154. [TAN Xuelan, LIU Zhuo, HE Yanhua, et al. Regional differentiation and type division of rural settlements to South of Yangtse River: a case study of Changsha [J]. *Geographical Research*, 2015, **34**(11): 2144 – 2154]
- [20] BRUNSDON C, FOTHERINGHAM S, CHARLTON M. Geographically weighted regression-modelling spatial non-stationarity [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1998, **47**(3): 431 – 443.
- [21] 刘世梁, 刘琦, 王聪, 等. 基于地理加权回归的漫湾库区景观破碎化及影响因素分析[J]. 地理科学, 2014, **34**(7): 856 – 862. [LIU Shiliang, LIU Qi, WANG Cong, et al. Landscape fragmentation and affecting factors of Manwan reservoir based on geographically weighted regression [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, **34**(7): 856 – 862.]
- [22] 覃瑜, 师学义. 利用 Voronoi 图的城乡居民点布局优化研究[J]. 测绘科学, 2012, **37**(1): 136 – 138. [QIN Yu, SHI Xueyi. Optimizing spatial distribution of residential areas based on Voronoi diagram [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2012, **37**(1): 136 – 138]
- [23] 张耀军, 任正委. 基于地理加权回归的山区人口分布影响因素实证研究——以贵州省毕节地区为例[J]. 人口研究, 2012, **36**(4): 53 – 63. [ZHANG Yaojun, REN Zhengwei. Factors affecting population distribution in mountainous areas: geographically weighted regression using data from Bijie [J]. *Population Research*, 2012, **36**(4): 53 – 63]
- [24] 郑文升, 姜玉培, 李孝环, 等. 公安县农村居民点用地分布影响因子评价——基于 GWR 的空间异质性分析[J]. 人文地理, 2015, **30**(5): 71 – 76. [ZHENG Wensheng, JIANG Yupei, LI Xiaohuan, et al. Factor influence evaluation of the distribution of rural residential land in Gongan county: a spatial heterogeneity study based on geographically weighted regression [J]. *Human Geography*, 2015, **30**(5): 71 – 76]
- [25] 张海朋, 樊杰, 何仁伟, 等. 青藏高原高寒牧区聚落时空演化及驱动机制——以藏北那曲县为例[J]. 地理科学, 2019, **39**(10): 1642 – 1653. [ZHANG Haipeng, FAN Jie, HE Renwei, et al. Spatio-temporal evolution of settlements and its driving mechanisms in Tibetan Plateau Pastoral Area: taking Nagqu county in the northern Tibet as an example [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, **39**(10): 1642 – 1653]
- [26] 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 Guohua, HE Yanhua, TANG Chengli, et al. Dynamic mechanism and present situation of rural settlements evolution in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, **66**(4): 515 – 524]
- [27] 角媛梅, 胡文英, 速少华. 哀牢山区哈尼聚落空间格局与耕作半径研究[J]. 资源科学, 2006, **5**(3): 66 – 72. [JIAO Yuanmei, HU Wenying, SU Shaohua. Spatial pattern and farming radius of Hani settlements in Ailao mountain using GIS [J]. *Resources Science*, 2006, **5**(3): 66 – 72]
- [28] 王曼曼, 吴秀芹, 吴斌, 等. 盐池北部风沙区乡村聚落空间格局演变分析[J]. 农业工程学报, 2016, **32**(8): 260 – 271. [WANG Manman, WU Xiuqin, WU Bin, et al. Evolution analysis of spatial pattern of rural settlements in sandy area of northern Yanchi [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, **32**(8): 260 – 271]
- [29] 林金萍, 雷军, 吴世新, 等. 新疆绿洲乡村聚落空间分布特征及其影响因素[J]. 地理研究, 2020, **39**(5): 1182 – 1199. [LIN Jinping, LEI Jun, WU Shixin, et al. Spatial pattern and influencing factors of oasis rural settlements in Xinjiang, China [J]. *Geographical Research*, 2020, **39**(5): 1182 – 1199]
- [30] 邢谷锐, 徐逸伦, 郑颖. 城市化进程中乡村聚落空间演变的类型与特征[J]. 经济地理, 2007, **27**(6): 932 – 935. [XING Gurui, XU Yilun, ZHENG Ying. Rural settlement spatial evolution types and features in the process of urbanization [J]. *Economic Geography*, 2007, **27**(6): 932 – 935]

Spatial Structure Evolvment and Impact Factors of Rural Settlements in the Qinba Mountain Area: A Case Study of Ningqiang County in Shaanxi Province, China

MA Xiaorong, ZHA Xiaochun*

(School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Settlement evolution is an integral part of the man-land relationship. It is of great significance to grasp the regularity of settlement evolution in order to optimize the spatial structure of settlements and promote man-land coordination. Taking Ningqiang County in the Qinba Mountain Area as the subject of study, and basing the study on the settlement patches data between the years 2010 and 2019 which was extracted from Google Earth's high-resolution images, the spatial pattern evolution of rural settlements in Ningqiang County was analyzed quantitatively through the comprehensive application of the landscape pattern index as well as GIS spatial analysis technology. Subsequently, the influencing factors of spatial pattern and evolution of settlements were explored by introducing the Geographical Weighted Regression(GWR). The results indicated that: (1) From the perspective of the evolution of settlement scale in the Ningqiang county, compared with that of the year 2010, the number of settlements decreased but the scale increased in 2019, while the small settlements gradually developed into large and medium-sized ones. The spatial correlation of settlement scale was significant. Large-scale settlements were mainly distributed along the river valleys and flat dams and expanded outward. The small-scale settlements were distributed in the bordering mountainous and hilly areas. However, the distribution center of gravity shifted from the west to the east and south. (2) From the perspective of spatial distribution, the high-density areas of the settlement were reduced to a township, and the multi-core ribbon distribution, which was initially centered on street offices and townships, was gradually broken up. The positioning of low altitude, gentle slope directivity, near-road and near-river trends of settlement spatial distribution was further strengthened. (3) The complex topographic conditions, rivers, geological environment and cultivated land resources shaped the spatial basic pattern of large dispersion and small cluster of Ningqiang settlements, and played a significant role in the evolution of these settlements. Policy factors, traffic, population scale and other social and human factors were also important driving forces to promote the rapid evolution of settlements. This study is capable of providing a theoretical basis for spatial planning and relocation of rural settlements in mountainous areas.

Key words: Qinba mountain area; rural settlement; spatial evolution; influencing factors; Geographical Weighted Regression model; Ningqiang county