



· 黄河流域人地系统协调与可持续发展 ·

黄河流域特色保护类村庄种群分布动态与生境选择

王 玲¹, 芮 畅^{1,2}, 罗 飞¹, 孙玮鸿¹

(1. 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127; 2. 西北大学 陕西省黄河研究院, 陕西 西安 710127)

摘要 基于种群生态学理论,将黄河流域971个国家级特色保护类村庄视作一个地理种群。综合GIS空间分析和数理统计方法,明晰这一种群的分布动态和生境选择特征,进而应用地理探测器对比揭示影响该种群分布的生态因子。结果表明:①黄河流域特色保护类村庄的分布密度随种群增长而大幅提高,分布模式随尺度变大由显著聚集转为不显著离散,分布格局随时间推移由多中心向单中心演化,但集聚中心一直位于河谷盆地;②黄河流域特色保护类村庄具有“聚中低山区、向阳坡斜坡、喜温暖湿润、近黄河干流”的偏好,趋向中等人口密度、经济欠发达地区分布,主要位于国道沿线30 km、省道沿线10 km、中心城市周边20~80 km、历史城镇周边60 km、旅游景区和文保单位周边20 km范围内;③影响特色保护类村庄种群分布的生态因子具有综合性、非等价性和限定性,在黄河流域以文保单位和海拔为主导。

关键词 特色保护类村庄;地理种群;空间分布;生境选择;黄河流域

中图分类号: K901.8 **DOI**: 10.16152/j.cnki.xdxbr.2024-03-014

The population distribution dynamics and habitat selection of characteristic protection villages in the Yellow River Basin

WANG Ling¹, RUI Yang^{1,2}, LUO Fei¹, SUN Weihong¹

1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Yellow River Institute of Shaanxi Province, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract Based on the theory of population ecology, 971 national-level characteristic protection villages in the Yellow River Basin were regarded as one geographic population. Based on GIS spatial analysis and mathematical statistics method, the distribution dynamics and habitat selection characteristics of the population were clarified, and then the ecological factors affecting the distribution of this geographic population were revealed by comparing with geographic detectors. The result shows that: ① The distribution density of characteristic protection villages in the Yellow River Basin increased significantly with population growth, the distribution pattern changed from significant aggregation to insignificant dispersion with the increase of scale, and the distribution pattern evolved from multicenter to monocenter over time, but the agglomeration center was always located in the valley basin. ② The characteristic protection villages in the Yellow River Basin have the prefer-

收稿日期: 2023-11-30

基金项目: 国家自然科学基金(42201222); 教育部人文社会科学研究青年基金(23XJCZH013)。

第一作者: 王玲, 女, 从事乡村地理与规划研究, wangling15@126.com。

通信作者: 芮畅, 男, 副教授, 从事城乡转型与空间治理研究, ruiyang@nwu.edu.cn。

ences of "gathering in the middle and low mountains, facing the sunny slope slopes, liking warmth and wetness, being close to the main stream of the Yellow River", and tend to be distributed in areas with medium population density and economically undeveloped areas. It is mainly located within 30 km along the national highway, 10 km along the provincial highway, 20 ~ 80 km around the center city, 60 km around the historic town, and 20 km around the tourist attractions and cultural preservation units. ③ The ecological factors influencing the population distribution of characteristic protected villages are comprehensive, non-equivalent and limited, and are dominated by cultural preservation units and altitude in the Yellow River Basin.

Keywords characteristic protection villages; geographic population; spatial distribution; habitat selection; Yellow River Basin

村庄是乡村地域系统的基本构成单元和主要空间形态,因功能状态的差异而分化为特色村、中心村、空心村等类型^[1]。针对不同类型村庄分类开展研究和实践是推进乡村振兴的必然要求,也是深化乡村地域系统理论认识的重要路径。特色保护类村庄是国家《乡村振兴战略规划(2018—2022 年)》确定的 4 种村庄类型之一,是特色资源丰富、保护价值重要的一类村庄的统称。其源于历史文化名村,以传统村落为主体,还包含特色景观旅游名村和少数民族特色村寨,是具有政策意涵的新概念,吸引了学界的关注。既有特色保护类村庄研究大多聚焦村庄个体和微观尺度,以单案例分析为主,涉及案例村保护与发展的博弈^[2]、乡村旅游的适宜性^[3]、空间重构和发展策略^[4-5]、规划编制和景观设计^[6-7]等主题;也有个别研究注意到特色保护类村庄的种群属性^[8],开始在全国这一宏观尺度探究该类村庄个体所不具备的群体空间分布特征及其动态,但对群体生境选择特征及影响种群特征的生态因子揭示不足,对地理单元和中观尺度缺乏关注。

流域作为相对独立的地理单元,兼具自然生态系统的完整性和文化景观的相对一致性,是研究人类聚居现象的更优尺度。黄河流域是华夏先民最早活动的地理单元^[9],人类聚居历史悠久,聚落遗产资源富集,聚落地域特色鲜明。改革开放以来城镇化的快速推进和城乡建设的大规模开展,使得该流域的人居环境发生了剧变,流域内的特色乡村面临存续危机^[10],亟待加强保护利用和科学研究。相关研究已对黄河流域传统村落的空间分布特征^[11-13]、旅游响应度^[14]、旅游适应性^[15],以及与非物质文化遗产的空间关系^[16]等进行了分析,取得了一定进展。但在国家分类推进乡村振兴背景下,仍有必要将研究对象由传统村落拓展为包含其在内的特色保护类村庄,以期

更好地响应国家战略。

综上,本文基于种群生态学理论,将黄河流域 971 个国家级特色保护类村庄视作一个地理种群开展研究。首先,采用最近邻指数、Ripley's *K* 函数和核密度分析等方法,刻画该种群的分布动态特征;进而,借助与全国和长江流域的比较,明晰黄河流域特色保护类村庄种群的生境选择特征;最后,应用地理探测器,对比揭示影响该种群分布的生态因子及其独特性,从而为该流域特色保护类村庄的振兴决策提供科学依据,为乡村聚落研究提供新的理论视角。

1 数据与方法

1.1 研究区域与对象

本文以黄河流域为研究区。黄河流域位于 95°53'E ~ 119°05'E、32°10'N ~ 41°50'N 之间,自西向东横跨中国地势三级阶梯和青藏高原、内蒙古高原、黄土高原、华北平原等四大地貌单元,涉及青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南和山东 9 个省区,总面积 $79.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ (见图 1)。

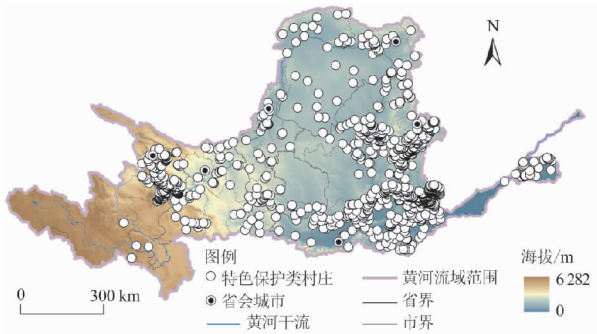


图 1 黄河流域特色保护类村庄空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of characteristic protection villages in the Yellow River Basin

本文研究对象是黄河流域特色保护类村庄种群,即在流域范围内的该类村庄个体的总和。考虑数据的权威性、可获性和一致性,以截至 2023 年底至少获评中国历史文化名村、中国传统村落、中国少数民族特色村寨和全国特色景观旅游名村四者中其一的 971 个国家级特色保护类村庄为研究样本(见图 1)。同时,因在分析研究对象的生境选择特征和分布影响因子时涉及与全国和长江流域同类种群的对比,本文研究样本实际包括了全部 9 474 个国家级特色保护类村庄(其中长江流域 3 411 个)。

1.2 数据来源及处理

研究样本的原始数据中,中国历史文化名村和全国特色景观旅游名村名单均来源于住房和城乡建设部网站;中国传统村落名单来源于中国传统村落数字博物馆(<https://www.dmetv.cn>);中国少数民族特色村寨名单来源于国家民族事务委员会网站。自然地理数据中,黄河流域边界数据来源于中国工程科技知识中心(<https://www.ckceest.cn>),海拔、地形起伏度、坡度、坡向等地形数据来源于该中心提供的 SRTM 30 m DEM 数据;气温、降水量、河流等数据均来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<https://www.resdc.cn>)。社会经济数据中,省市行政区划边界和道路、人口、GDP 等数据集也来源于中国科学院资源环境科学数据中心;全国重点文物保护单位和国家历史文化名城名单来源于中国政府网;中国历史文化名镇名单来源于住房和城乡建设部网站;国家 5A 级旅游景区名单来源于文化和旅游部网站;4A 级旅游景区名单来源于各省份旅游主管部门网站。研究样本等点状地理要素的经纬度坐标通过综合百度地图和高德地图 API 软件获取,并在 ArcGIS 中进行地理配准和可视化分析。

1.3 研究方法

1.3.1 最近邻指数

最近邻指数是表征点状要素之间邻近性的地理指标,可用于判断黄河流域特色保护类村庄种群的空间分布类型。公式为^[13]

$$R = \frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_E} \tag{1}$$

$$\bar{r}_E = \frac{1}{2\sqrt{D}} = \frac{1}{2\sqrt{n/A}} \tag{2}$$

式中: R 为最近邻指数; $\bar{r}_1$ 和 $\bar{r}_E$ 为实际最邻近距离和理论最邻近距离; n 和 D 为特色保护类村庄种

群规模和分布密度; A 为黄河流域面积。 $R < 1$ 时,种内个体集群分布; $R = 1$ 时,个体随机分布; $R > 1$ 时,个体均匀分布。

1.3.2 Ripley's K 函数

地理格局具有尺度依存特性,不同尺度下挖掘出的空间模式不同^[17]。Ripley's K 函数可揭示点状地理要素在不同空间尺度下的分布模式及其转换规律。公式为^[18]

$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k(i, j)}{\pi n(n-1)}} \tag{3}$$

式中: n 、 A 含义同式(2); d 为距离尺度; $k(i, j)$ 为权重。 $L(d)$ 的观测值高于期望值表示要素呈聚集分布,若观测值同时高于置信区间上限,则在对应距离 d 内的空间聚集具有统计显著性; $L(d)$ 的观测值低于期望值表示要素呈离散分布,若观测值同时低于置信区间下限,则在对应距离 d 内的离散具有显著性。观测值与期望值的差值达到最大时所对应的 $L(d)$ 值是要素聚集强度的峰值,对应的距离 d 则表征要素聚集规模。

1.3.3 核密度分析

核密度分析是一种估计点状要素在不同空间位置上概率密度函数的非参数方法,在地理要素分布研究中应用广泛,可用以直观刻画黄河流域特色保护类村庄种群的空间集聚格局。公式为^[8]

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \tag{4}$$

式中: $f_n(x)$ 为核密度值; $k(\frac{x-x_i}{h})$ 表示核函数; $(x-x_i)$ 为估值点 x 到被观测点 x_i 的距离; h 为带宽,经多次对比调试后确定为 80 km; n 为带宽内的点数。

1.3.4 缓冲区分析

缓冲区分析是解决地理邻近性问题的空间分析工具。通过对地理要素按设定的距离条件,在其周围建立一定数量和宽度的多边形区域,分析区域内的空间数据以揭示要素影响范围和机理^[1]。本文采用 ArcGIS 中的缓冲区分析工具,对特色保护类村庄种群分布与河流、主要道路、中心城市、历史城镇、文保单位和旅游景区的关联规律进行描述性统计分析。

1.3.5 空间关联指数

空间关联指数源于群落生态学中关于景观要素空间关系的研究^[16],可定量反映特色保护类村庄种群与中心城市、历史城镇、文保单位和旅游景

区等相关种群的数量空间关系。公式为^[19]

$$R = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}} \quad (5)$$

式中: R 为空间关联指数; a 为全部样方中同时包含两类种群个体的样方数; b 为全部样方中仅包含特色保护类村庄个体的样方数; c 为全部样方中仅包含其他种群个体的样方数; d 为全部样方中同时不包含两类种群个体的样方数。 R 值范围为 $[-1, 1]$, $R > 0$ 为正关联, $R < 0$ 为负关联。并用式(6) 对 R 值进行显著性检验。

$$X^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)} \quad (6)$$

式中: a, b, c, d 含义同式(5); n 为样方总数。查阅卡方分布表, 在显著水平为 0.05 自由度为 1 的条件下, 上分位数为 3.84, 若 $|X^2| > 3.84$, 表明两类种群的空间关联显著, 反之则不显著。

1.3.6 地理探测器

地理探测器是量度和挖掘地理事物空间分异性及其背后驱动力的空间统计学方法^[20]。本文借助其中的因子探测器模块, 明晰显著影响特色保护类村庄分布异质性的生态因子。生态因子影响力的大小以 q 值度量, 公式为^[21]

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{i=1}^n N_i \sigma_i^2 \quad (7)$$

式中: n 为变量的分层; N 和 N_i 为研究区和第 i 层的样本数; σ^2 和 σ_i^2 为因变量在整个研究区和第 i 层内的方差。 q 值范围为 $[0, 1]$, q 值越大表明自变量对因变量的解释力越强。

2 结果与分析

2.1 特色保护类村庄种群分布动态特征

2.1.1 分布密度变化

种群密度是种群最基本的特征和种群数量统计最常用的指标。如图 2 所示, 黄河流域特色保护类村庄种群由小变大、由疏到密, 数量经历了前期缓慢增长、后期阶梯式快速增长的变动过程, 由 2003 年的 2 个增至 2023 年的 971 个; 密度也呈同样变化趋势, 相应由 0.03 个/ 10^4 km^2 增至 12.21 个/ 10^4 km^2 。该种群数量的剧烈变化主要是政策因素调节的结果。2013 年中央一号文件首次提出“制定专门规划, 启动专项工程, 加大力度保护有历史文化价值和民族、地域元素的传统村落和民居”, 到该年底黄河流域特色保护类村庄种群数量突破 100 达到 114, 密度超过 1 个/ 10^4 km^2 , 达 1.43 个/ 10^4 km^2 。此后, 6 次中国传统村落大规模调查和 3 批中国少数民族特色村寨命名挂牌工作的开展, 使得特色保护类村庄种群的规模迅速扩大, 种群承载的中华优秀传统文化基因多样性得以保持。到 2023 年底, 黄河流域该种群数量接近 1 000 个, 密度超过 10 个/ 10^4 km^2 。除 2013 年和 2023 年外, 2018 年也是特色保护类村庄种群动态变化的一个重要的时间节点。该年中共中央、国务院印发的《乡村振兴战略规划》明确提出了特色保护类村庄的概念, 标志着该类村庄种群的保护与发展已上升到国家战略层面。由此可见, 政策始终是对特色保护类村庄种群影响最强烈的外源性调节因素。

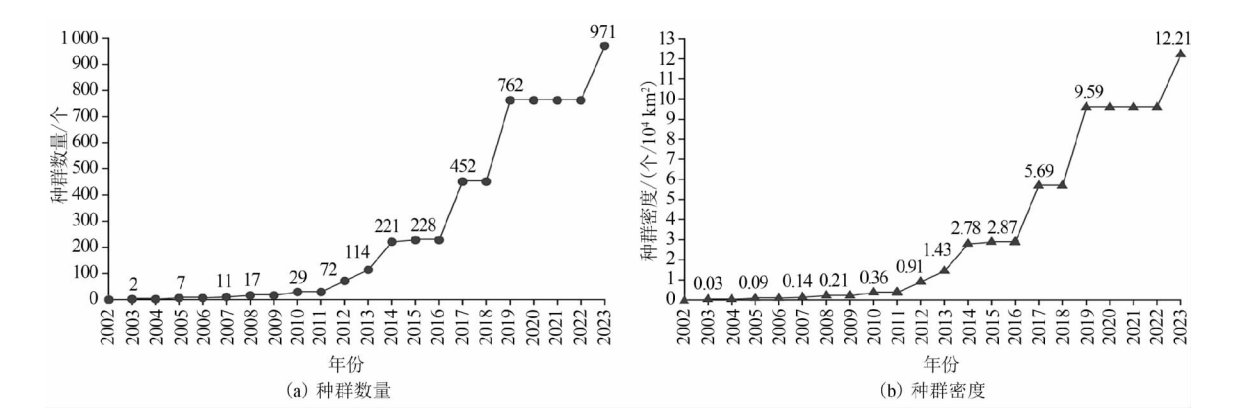


图 2 黄河流域特色保护类村庄种群数量和密度变动

Fig. 2 Population quantity and density change of characteristic protection villages in the Yellow River Basin

2.1.2 分布模式变化

如上所述,2013 年、2018 年和 2023 年是黄河流域特色保护类村庄种群增长过程中的 3 个重要时点,故选取这 3 个时点对种群空间分布模式的变化进行分析。结果显示,黄河流域特色保护类村庄种群的最近邻指数持续减小,由 2013 年的 0.525 减至 2018 年的 0.461,再减至 2023 年的 0.449。可见,这一种群内的特色保护类村庄分布相当不均,一直成群密集分布,且聚集程度不断增强。

进一步运用 ArcGIS 中基于 Ripley's K 函数的多距离空间聚类分析工具,揭示黄河流域特色保护类村庄种群空间分布模式的尺度变化规律

(见图 3)。结果表明,这一种群的空间分布在 3 个年份均存在多尺度特征,分布模式随距离增大由显著聚集变为不显著离散,但模式转换的特征空间尺度略有差异,分别为 326 km、312 km、319 km。进一步分析这一种群空间聚集模式的变化可知,该种群在 2013 年、2018 年和 2023 年 $L(d)$ 达到峰值的空间距离分别为 52 km、72 km 和 69 km,相应的 $L(d)$ 峰值分别为 117、135 和 141。可见,黄河流域特色保护类村庄种群在 312 km 内始终在空间上呈显著聚集分布,且聚集强度随着时间推移持续增大,聚集规模也整体表现出扩大趋势。

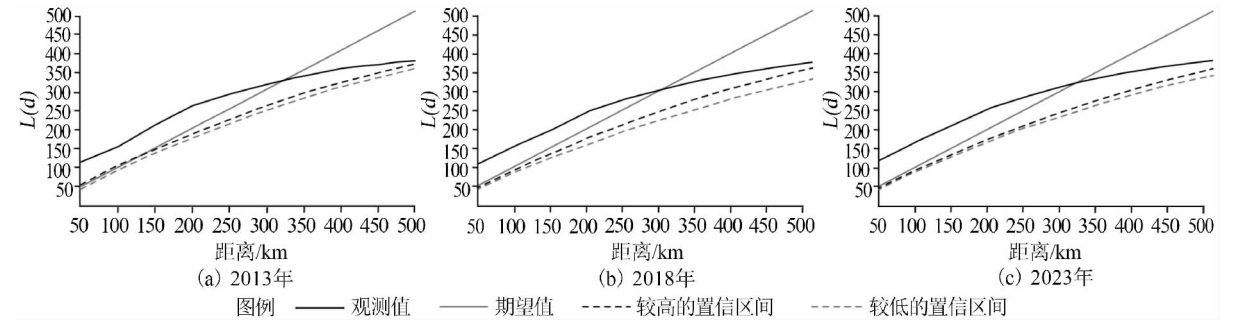


图 3 黄河流域特色保护类村庄种群 Ripley's K 函数分析

Fig. 3 Ripley's K function analysis of characteristic protection village populations in the Yellow River Basin

2.1.3 分布格局变化

分别对 2013 年、2018 年和 2023 年的黄河流域特色保护类村庄种群进行核密度制图(见图 4),进一步明晰种群空间集聚区域和格局。结果显示,这一种群的分布格局总体呈现出由多中心向单中心演化的趋势,但集聚中心一直位于河谷盆地,紧邻中国地势阶梯分界线和省界等地理界线,与黄河干流及一级支流的关系密切,折射出地形、水资源和区位条件的影响。2013 年,该种群内的特色保护类村庄高密度分布在青甘、晋豫、晋陕交界地区和山西中部地区,在黄河上游的湟水谷地和黄河中游的太原盆地、晋城盆地最为集聚;到 2018 年,随着集聚程度的增强,此前的主要集聚区出现连片趋势,由 5 个演变为 3 个;到 2023 年,黄河流域特色保护类村庄种群最终形成了以山西省晋城市为单核的空间集聚格局,核密度的峰值由 2013 年的 21.917 个/ 10^4 km^2 大幅增至 205.770 个/ 10^4 km^2 。

2.2 特色保护类村庄种群生境选择特征

生境选择是生物与环境之间的基本关系,反

映某一生物个体或种群对特定生境的偏好。生境概念因而具有相对意义,总是针对特定主体而言^[22]。在生态学理论中,生境以生物为主体,指生物个体或种群赖以生存的环境,由对生物有直接或间接影响的全部生态因子构成。本文中的生境以特色保护类村庄为主体,是对该类村庄形成和演化起作用的各类生态因子的总和。生态因子按其性质一般分为非生物因子、生物因子和人为因子 3 类。本文参照相关文献^[1,8,11-13,23],以地形、气候、河流等要素表征非生物因子,以城镇、文物、景区等要素表征生物因子,以人口、经济、交通等要素表征人为因子,综合分析影响特色保护类村庄个体发育和种群发展的生态因子(见图 5)。同时,鉴于不同地理种群经过长期变异、选择和适应后,对生态因子的要求往往有异,因而本研究通过与长江流域和全国同类种群的比较,明晰黄河流域特色保护类村庄种群的生境选择特征及其特殊性。

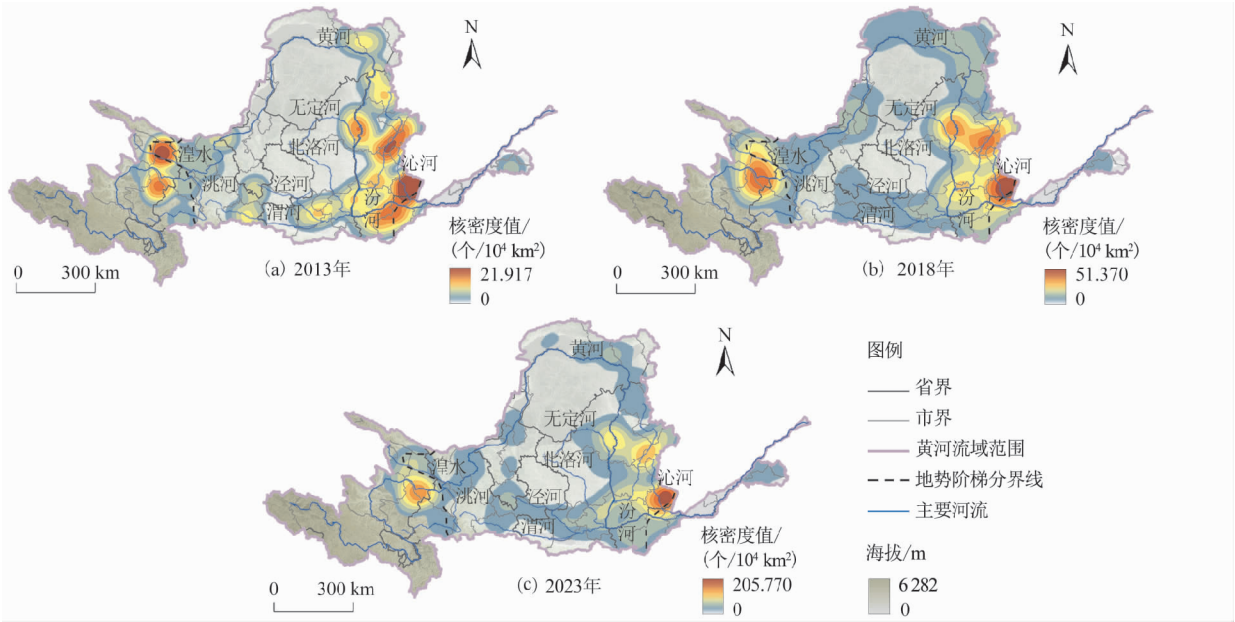


图4 黄河流域特色保护类村庄种群分布格局演化

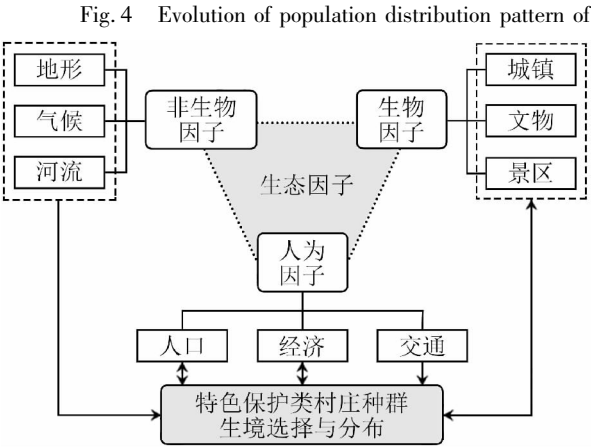


图5 特色保护类村庄种群生境选择的分析框架
Fig. 5 Analytical framework for habitat selection of characteristic protected villages

2.2.1 对非生物因子的选择

1) 地形。地形条件是在村庄选址和布局中发挥基础性作用的生态因子。①从海拔看〔见图6(a)〕,与全国及长江流域不同,黄河流域特色保护类村庄种群最主要分布在海拔500~2000 m的中低山区,而非海拔1000 m以下的低山丘陵和平原地区,位于海拔500 m以下地区的村庄数量占比(9.47%),远低于全国(45.28%)和长江流域(47.32%)。②从地形起伏度看〔见图6(b)〕,与全国及长江流域相同,黄河流域特色保护类村庄种群亦集中分布在起伏度100 m以下,即地面平坦或起伏小的地区,且其内村庄占比达94.85%,还高于全国(84.74%)和长江流域

(81.41%)10个百分点以上。③从坡度看〔见图6(c)〕,黄河流域80.64%的特色保护类村庄分布在 $0.5^{\circ}\sim15^{\circ}$ 的各类斜坡地带,长江流域相近比例(79.71%)和全国3/4以上(75.70%)的该类村庄则分布在坡度更大($2^{\circ}\sim35^{\circ}$)的缓斜坡、斜坡和陡坡地。④从坡向看〔见图6(d)〕,与全国及长江流域一致,黄河流域的特色保护类村庄也多分布在光热条件更好的阳坡和半阳坡,且后者中位于阳坡和阴坡的村庄比例较之前两者相应更大和更小。

2) 气候。气候条件及其强约束下的农业生产活动对村庄形成和发展有直接影响,不同水热条件下村庄数量分布存在显著差异。①从气温看〔见图6(e)〕,受所处纬度位置、地形等因素的限制,黄河流域的特色保护类村庄数量在年平均气温 $10^{\circ}\text{C}\sim15^{\circ}\text{C}$ 的区域最多(占比56.85%),而非与长江流域和全国一样,最主要分布在年平均气温 $15^{\circ}\text{C}\sim20^{\circ}\text{C}$ 即热量资源更充足的区域。②从降水看〔见图6(f)〕,受海陆位置等导致的中国降水空间分布规律影响,黄河流域80.95%的特色保护类村庄都位于年降水量在400~800 mm之间的半湿润区,全国73.26%和长江流域94.52%的特色保护类村庄则集中在水分条件更好、年降水量800 mm以上的湿润区。

3) 河流。河流等水系作为水源命脉和航运通道,是乡村聚落形成的基础和城乡经济发展的保障。分别以3 km和10 km为半径对一级至五

级河流建立缓冲区进行相交分析,结果显示(见表 1):黄河流域位于不同距离缓冲区内的特色保护类村庄数量占比与全国接近,均有三成以上(30.79%和 30.03%)的村庄分布在沿河 3 km 范围内,有约 2/3(64.78%和 67.43%)的村庄分布在沿河 10 km 范围内。可见,河流是特色保护类村庄种群形成和发展的重要依托,这种近水分布

特征在长江流域表现得更为明显。进一步分不同等级河流看(见表 1),区别于长江流域和全国,黄河流域特色保护类村庄种群对一级河流的依赖程度明显大于长江流域和全国,约 10%和 20%的村庄分布在黄河干流沿线 3 km 和 10 km 范围内。可见,黄河作为中华民族的母亲河,是华夏先民临水而居的重要选择。

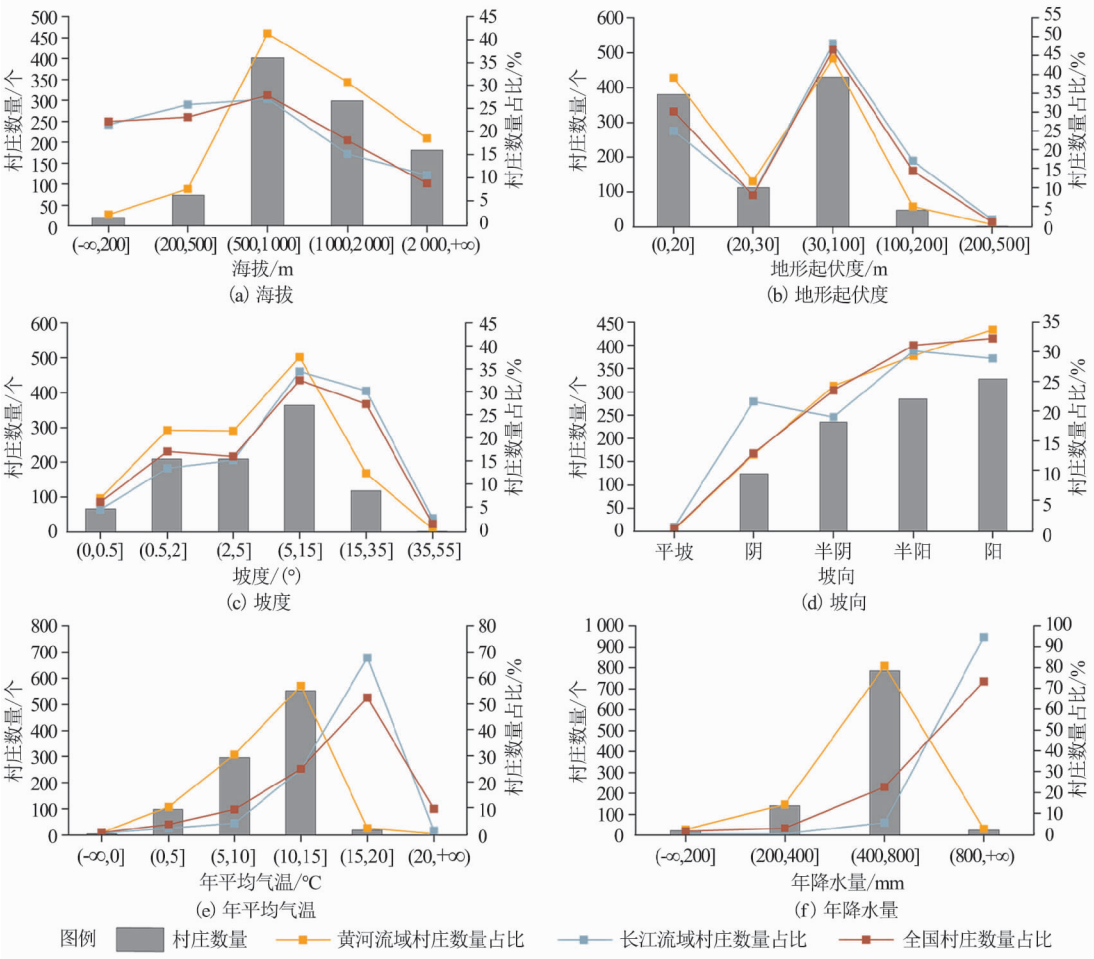


图 6 不同地形和气候条件下的特色保护类村庄种群分布

Fig.6 Population distribution of characteristic protection villages under the different terrain and climate conditions

表 1 不同距离和等级河流缓冲区内的特色保护类村庄统计结果

Tab.1 Statistical results of characteristic protection villages in river buffer zones of different distances and grades

3 km 缓冲区	黄河流域		长江流域		全国	
	数量/个	占比/%	数量/个	占比/%	数量/个	占比/%
一级河流	97	9.99	51	1.50	211	2.23
二级河流	0	0.00	39	1.14	105	1.11
三级河流	15	1.54	122	3.58	275	2.90
四级河流	52	5.36	188	5.51	535	5.65
五级河流	164	16.89	760	22.28	1 815	19.16
合计	299	30.79	1 114	32.66	2 845	30.03

10 km 缓冲区	黄河流域		长江流域		全国	
	数量/个	占比/%	数量/个	占比/%	数量/个	占比/%
一级河流	198	20.39	115	3.37	452	4.77
二级河流	1	0.10	79	2.32	194	2.05
三级河流	60	6.18	327	9.59	750	7.92
四级河流	115	11.84	430	12.61	1 263	13.33
五级河流	373	38.41	1 874	54.94	4 534	47.86
合计	629	64.78	2 478	72.65	6 388	67.43

2.2.2 对生物因子的选择

1) 城镇。乡村与城镇是相互依存的命运共同体。为明晰特色保护类村庄与历史上、当下作为区域中心或对所在区域发展有重要影响的城镇的关联特征,选取4个直辖市及333个地级行政区政府驻地城市作为当前时期的中心城市,对其建立以20 km为等间距的10级缓冲区,统计得到各级缓冲区内的特色保护类村庄数量和比例〔见图7(a)〕。与全国及长江流域相同,黄河流域特色保护类村庄亦主要位于距离城市20~80 km的区域,但在这一区域的数量占比(75.80%)要高于前两者(67.72%和63.73%)不少。换言之,特色保护类村庄与中心城市的关系在黄河流域更为紧密,两者在黄河流域的平均距离和空间关联指数也分别小于和大于在长江流域和全国的同一指标值(见表2)。同时,将454个国家历史文化名城名镇作为历史时期的重要城镇,同理得到其10级缓冲区内的特色保护类村庄数量和比例,发现总体呈现距离衰减趋势〔见图7(b)〕。这一趋势在黄河流域表现得最为显著,仅在历史城镇周边20 km范围内就分布有40.47%的特色保护类村庄。综合平均距离和空间关联指数看(见表2),特色保护类村庄与历史城镇的关系较之中心城市更密切,反映出这类村庄久远的建村历史和近城的选址特征。

2) 文物。特色保护类村庄植根于地域文化,以文物古迹为重要依托和价值体现,本身也是活态文化遗产。对5 058处全国重点文物保护单位(下文简称文保单位)建立以10 km为等间距的10级缓冲区〔见图7(c)〕。统计分析各级缓冲区内的特色保护类村庄数量和比例,发现距离衰减特征在黄河流域表现得最明显,村庄数量随着与文保单位距离的增加而快速减少。在文保单位10 km缓冲区内已集中了黄河流域56.33%的特色保护类村庄,这一比例远高于全国及长江流域。平均距离和空间关联指数的计算结果也证实了这一点(见表2),即特色保护类村庄种群与文保单位种群的空间关系在黄河流域更为紧密。

3) 景区。特色保护类村庄以利用特色资源发展乡村旅游为主要振兴路径,与旅游景区具有共生基础和协同潜力。对4 931个国家4A级及以上旅游景区建立10 km等间距的10级缓冲区〔见图7(d)〕。统计分析后发现特色保护类村庄主要分布在距离这些重点旅游景区不到20 km的区域,且这一区域内的村庄数量占比在黄河流域要分别高于全国和长江流域7个和10个百分点以上。黄河流域特色保护类村庄与旅游景区存在及潜在的协同关系从两者相对较短的平均距离也可以看出(见表2),因而有必要在该流域促进村景联动发展。

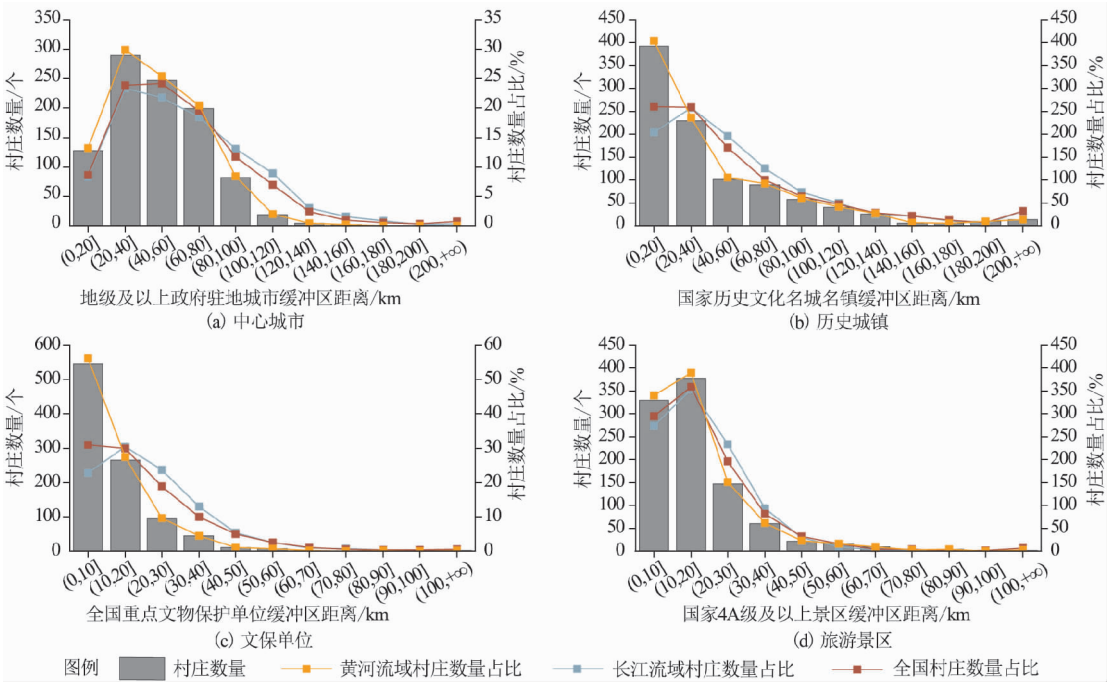


图7 特色保护类村庄种群分布与相关种群的关系

Fig.7 The relationship between population distribution and related populations in characteristic protection villages

表 2 特色保护类村庄种群与相关种群的空间关系分析结果

Tab.2 Spatial relationship analysis results between characteristic protection village population and related population

相关种群	黄河流域		长江流域		全国	
	平均距离/km	空间关联指数	平均距离/km	空间关联指数	平均距离/km	空间关联指数
中心城市	48.09	0.21	62.38	0.07	60.04	0.19
历史城镇	43.30	0.24	60.37	0.16	56.86	0.30
文保单位	11.52	0.41	21.54	0.36	19.97	0.47
旅游景区	16.52	0.36	18.01	0.41	18.91	0.52

2.2.3 对人为因子的选择

1) 人口。人口是社会生产的主体,具有一定的
人口是乡村聚落存在的前提。根据已有关于中国人口密度的分级和分区标准^[24]研究,统计不同密度类型区内的村庄数量和比例〔见图 8(a)〕。与全国及长江流域相同,黄河流域的特色保护类村庄数量在一般过渡区(人口密度为 100 ~ 200 人/km²)和低度核心区(人口密度为 200 ~ 400 人/km²)最多,但在人口密度 400 人/km² 以上的区域内数量占比分别高于全国和长江流域 6 个和 10 个百分点以上。人口过于集聚和稀疏的区域都不利于村庄存留,因此,黄河流域特色保护类村庄主要分布在中等人口密度区域,但相对更趋向于人口密集区域。

2) 经济。村庄因人口集聚而形成,因经济集聚而发展,但特色保护类村庄分布与经济因子的关系不同于人口。由图 8(b)可知,黄河流域的特色保护类村庄数量与经济发展水平成反比,一定区域的地均 GDP 越高,其内的村庄数量和比例越低。这种分布的经济欠发达地区指向在全国和长江流域表现得更为明显,黄河流域有七成以上(71.88%)的特色保护类村庄分布在地均 GDP 低于 1 500 万元/km² 的区域,在同一区域全国和长江流域则各有 76.84% 和 83.20% 的村庄分布。究其原因,这类经济发展滞后的区域虽不利于特色保护类村庄的振兴,但却因较为缓慢的工业化和城市化进程而为村庄及其特色的保留创造了有利环境。

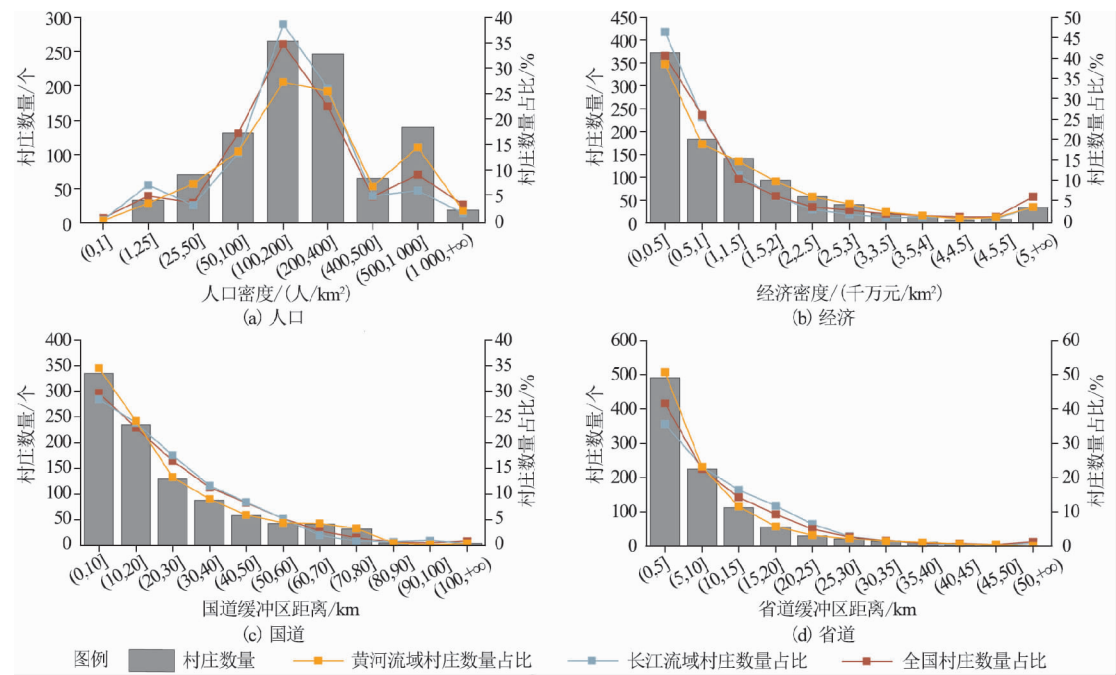


图 8 特色保护类村庄种群分布与人为因子的关系

Fig.8 The relationship between population distribution and anthropic factors in characteristic protection villages

3) 交通。与主要交通通道的空间距离和区位关系影响村庄与外部环境的物质、能量和信息

交换,是村庄选址布局的重要考虑因素。对国道、省道分别建立以 10 km、5 km 为等间距的 10 级缓

冲区,统计分析结果如图 8(c)、(d) 所示。特色保护类村庄的近路分布和交通依赖特征显著,其与国道和省道的距离越近,分布越多,数量和比例随着距离增加呈现衰减趋势,且这种趋势在黄河流域表现得更为明显。该流域国道 10 km 和省道 5 km 缓冲区内的特色保护类村庄数量占比已分别超过 1/3 (34.50%) 和 1/5 (50.67%),均高于全国及长江流域。总体而言,黄河流域特色保护类村庄种群的分布与主要道路密切相关,尤其集中在国道 30 km 和省道 10 km 缓冲区范围内,其内的村庄数量已分别占到总数的 71.99% 和 73.84%。

2.3 特色保护类村庄种群分布影响因素

基于上文揭示的 9 类生态因子,选取 11 个自变量,同时以特色保护类村庄数量为因变量进行

地理探测。探测以 50 km × 50 km 的网格为基本单元,黄河流域、长江流域和全国分别在 ArcGIS 中划分出 416 个、858 个和 4 277 个网格。根据地理探测器运行要求,综合专业知识、分类方法和前文分析结果,对自变量进行离散化处理,将其转化为分类变量。其中,海拔的分类断点为 200 m、500 m、1 000 m、2 000 m、3 000 m 和 4 000 m;年降水量的分类断点为 200 mm、400 mm、800 mm、1 000 mm 和 1 600 mm;坡度和年平均气温的分级与前文保持一致;其余变量均采用自然断点法分为 8 类。影响黄河流域、长江流域和全国特色保护类村庄种群分布的生态因子探测结果如表 3 所示。进而基于探测所得 q 值,采用 SPSS 中的 K 均值聚类算法,将通过显著性检验的因子按影响力大小分为 3 类,明晰主导生态因子。

表 3 特色保护类村庄种群分布影响因素探测结果

Tab. 3 Detection results of factors affecting population distribution in characteristic protection villages								
生态因子类型		因子名称	黄河流域		长江流域		全国	
			<i>q</i> 值	排序	<i>q</i> 值	排序	<i>q</i> 值	排序
非生物因子	地形	海拔/m	0.205 ***	2	0.154 ***	2	0.074***	9
		坡度/(°)	0.023*	11	0.030***	9	0.038***	11
	气候	年降水量/mm	0.054***	10	0.155 ***	1	0.201 ***	1
		年平均气温/℃	0.137***	6	0.095***	5	0.192 ***	2
	河流	河流长度/km	0.079***	9	0.012	—	0.045***	10
生物因子	城镇	历史城镇数量/个	0.180***	3	0.032	—	0.126***	8
	文物	全国重点文物保护单位数量/个	0.259 ***	1	0.039***	8	0.148***	6
	景区	国家 4A 级及以上景区数量/个	0.119***	8	0.057***	6	0.149***	5
人为因子	人口	人口密度/(人/km ²)	0.163***	5	0.114***	4	0.162***	4
	经济	地均 GDP/(万元/km ²)	0.129***	7	0.046***	7	0.131***	7
	交通	公路里程/km	0.176***	4	0.120***	3	0.182 ***	3

注:***表示在 0.01 水平上显著,**表示在 0.05 水平上显著,*表示在 0.1 水平上显著,其余表示未通过显著性检验;黑体表示主导生态因子。

就黄河流域而言,研究选取的 11 个自变量均通过了显著性检验,表明该流域特色保护类村庄种群的分布格局是生物、非生物和人为 3 类生态因子共同作用的结果。分因子类型看,生物因子的综合解释力最高(平均 q 值为 0.186),人文因子的解释力次之(平均 q 值为 0.156),非生物因子的解释力最低(平均 q 值为 0.100)。可见,黄河流域特色保护类村庄种群的分布更多是受种间关系和人类活动的影响。但从具体因子看,除全国重点文物保护单位外,海拔这一非生物因子也在黄河流域特色保护类村庄分布中起着主要作用。

比较而言,显著影响长江流域特色保护类村

庄种群分布的因子亦同样涉及全部 3 类生态因子,其中起主要作用的因子也包括海拔。除海拔外的另一主导生态因子是年降水量,也属于非生物因子。并且在该流域,非生物因子对特色保护类村庄种群的整体影响力也最强。可见,区别于黄河流域,长江流域特色保护类村庄种群的空间分异主要由非生物因子尤其是降水因子和地形因子决定。将研究范围由流域扩大到全国,所得结果又有差异。主导全国特色保护类村庄分布的显著性因子则是气候因子和交通因子。综上可知,影响特色保护类村庄种群的生态因子具有综合性、非等价性和限定性。该类村庄的不同地理种群都受到各类、多个生态因子的综合作用,但对特

定地理种群分布起作用的因子及主导因子有差异。不同地理种群的发展需要不同的生态因子或生态因子的不同强度。

3 结论与讨论

3.1 结论

1) 黄河流域特色保护类村庄的分布密度随种群增长而大幅提高,分布模式随尺度变大由显著聚集转为不显著离散,分布格局随时间推移由多中心向单中心演化,但在 312 km 内始终成群密集分布,且集聚强度持续增强,集聚规模整体扩大,集聚中心一直位于河谷盆地并紧邻地势阶梯分界线和省界。

2) 黄河流域特色保护类村庄种群表现出“聚中低山区、向阳坡斜坡、喜温暖湿润、近黄河干流”的自然生境偏好,主要分布在人口密度为 50 ~ 400 人/km²、经济密度低于 1 500 万元/km² 的区域,以及国道沿线 30 km、省道沿线 10 km、中心城市周边 20 ~ 80 km、历史城镇周边 60 km、旅游景区和文保单位周边 20 km 范围内。

3) 影响特色保护类村庄种群的生态因子具有综合性、非等价性和限定性。不同于在全国以气候和交通因子为主导,在长江流域以降水和地形因子为主导,在黄河流域起主要作用的显著因子是全国重点文物保护单位的数量和海拔。

3.2 讨论

1) 结果讨论。不同于本文中黄河流域特色保护类村庄种群分布由文化和地形因素主导的结论,相关研究或认为河网密度、年降水量等自然条件是最主要的影响因素^[13],或认为人口数量、GDP 等社会经济因素的影响最大^[25]。上述研究都采用地理探测器进行归因,但结果存在明显差异,可能存在 3 个原因:一是样本类型和规模不同,本文采用的是包含传统村落、历史文化名村在内的特色保护类村庄的最新数据;二是变量离散化处理方式不同,本文综合运用了专业知识和分类算法,并在利用自然断点法分类时按 8 级而非 5 级划分;三是定位精度和分析面元的不同,综合运用百度地图和高德地图 API 解析样本地址,并采用更小尺度的 50 km × 50 km 网格而非 100 km × 100 km 网格进行空间统计,从而可能引发尺度效应和分区效应。

2) 政策建议。① 黄河流域特色保护类村庄

种群发展应以黄河国家文化公园建设为依托,以种群密度最高的晋城盆地为中心,以种群分布集中的黄河干流及其支流湟水和汾河为廊道,构建“一心引领、三廊支撑”的总体空间格局,推动流域特色保护类村庄的保护利用由点状向带状和网络状转变,全面彰显和传承黄河文化。② 黄河流域特色保护类村庄种内个体的发展应因势利导、分类施策,对于邻近区域中心城市、高等级旅游景区等优势种的村庄,应利用区位优势发展乡村休闲旅游和特色产业,不断增强城村和村景间的正相互作用和互补性,提高个体适应度;对于地处省界、高山陡坡等不利生境的村庄,应以防止遗传变异性丧失为目标,加强文化生态的整体保护和文化基因的活态传承。

3) 研究展望。地理探测器作为新的空间归因方法在使用中仍面临若干问题,典型如自变量的 q 值多大才能被判定为主导因子? 本文尝试通过 K -均值聚类算法而非主观判断来明晰主导因子,但在确定分级数量时仍存在一定主观性。后续还需通过对自然断点法、均值标准差法等数据离散化方法效果的比较,探寻一种更加客观和权威的主导因子识别方法。此外,从研究区域看,未来应进一步聚焦湟水谷地、太原盆地、晋城盆地等特色保护类村庄密集分布的地理单元,在更小尺度开展地理种群研究,以期深化对黄河流域特色保护类村庄种群地理变异特征的理论认识。

参考文献

- [1] 周扬, 黄晗, 刘彦随. 中国村庄空间分布规律及其影响因素[J]. 地理学报, 2020, 75(10): 2206-2223.
ZHOU Y, HUANG H, LIU Y S. The spatial distribution characteristics and influencing factors of Chinese villages[J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(10): 2206-2223.
- [2] 宋玥琳. 特色保护类村庄保护与发展的博弈与新平衡:以贵阳马头寨为例[J]. 小城镇建设, 2023, 41(8): 114-119.
SONG Y L. Game and new balance between protection and development of characteristic protected villages: Taking Guiyang Matouzhai as an example[J]. Development of Small Cities & Towns, 2023, 41(8): 114-119.
- [3] 梁妍. 延庆非典型特色保护类乡村旅游适宜性评价研究:以慈母川村为例[D]. 北京: 北京建筑大

- 学, 2021: 49-50.
- [4] 冯德东, 冯应斌, 赵玲珑, 等. 特色保护类村域农村居民点空间重构探析[J]. 地理科学进展, 2022, 41(5): 825-837.
- FENG D D, FENG Y B, ZHAO L L, et al. Spatial restructuring of rural residential land in characteristic protection villages[J]. Progress in Geography, 2022, 41(5): 825-837.
- [5] 高溪. 乡村振兴战略背景下特色保护类村庄空间发展策略研究:以北京市巴园子村为例[D]. 北京: 北京建筑大学, 2020: 56-58.
- [6] 王茜茜. 乡村振兴背景下特色保护类村庄的实用性村庄规划研究:以山西省介休市南庄村为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2021: 29-31.
- [7] 房妍杉. 特色保护类村庄景观风貌规划设计:以呼和浩特市石人湾村为例[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2022: 23-26.
- [8] 芮畅, 杨坤, 李宜峰, 等. 中国特色保护类村庄时空动态特征与振兴对策研究:基于种群生态学视角[J]. 地理研究, 2022, 41(8): 2203-2220.
- RUI Y, YANG K, LI Y F, et al. Spatio-temporal dynamic characteristics and revitalization strategies of characteristic protection villages in China:Based on the perspective of population ecology [J]. Geographical Research, 2022, 41(8): 2203-2220.
- [9] 汪芳, 安黎哲, 党安荣, 等. 黄河流域人地耦合与可持续人居环境[J]. 地理研究, 2020, 39(8): 1707-1724.
- WANG F, AN L Z, DANG A R, et al. Human-land coupling and sustainable human settlements in the Yellow River Basin [J]. Geographical Research, 2020, 39(8): 1707-1724.
- [10] 汪芳, 苗长虹, 刘峰贵, 等. 黄河流域人居环境的地方性与适应性:挑战和机遇[J]. 自然资源学报, 2021, 36(1): 1-26.
- WANG F, MIAO C H, LIU F G, et al. The locality and adaptability of human settlements in the Yellow River Basin:Challenges and opportunities[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(1): 1-26.
- [11] GAO C G, WU Y, BIAN C L, et al. Spatial characteristics and influencing factors of Chinese traditional villages in eight provinces the Yellow River flows through[J]. River Research and Applications, 2023, 39(7): 1255-1269.
- [12] QIAO J J, LEE J, YE X Y. Spatiotemporal evolution of specialized villages and rural development: A case study of Henan Province, China[J]. Annals of the American Association of Geographers, 2016, 106(1): 57-75.
- [13] 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 M Y, WANG C X, DOU W S, 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.
- [14] 邵秀英, 刘亚玲, 王向东, 等. 黄河流域传统村落旅游响应度及影响因素研究[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(6): 200-208.
- SHAO X Y, LIU Y L, WANG X D, et al. Tourism responsiveness of traditional villages in the Yellow River Basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2021, 35(6): 200-208.
- [15] WANG F, ZHAO X G, QIU Y X, et al. Adaptability of traditional villages as tourist destinations in Yellow River Basin, China [J]. Indoor and Built Environment, 2023, 32(3): 574-589.
- [16] 李如友, 石张宇. 黄河流域传统村落与非物质文化遗产的空间关系及形成机理[J]. 经济地理, 2022, 42(8): 205-212.
- LI R Y, SHI Z Y. Spatial relationship and formation mechanism of traditional villages and intangible cultural heritage in the Yellow River Basin[J]. Economic Geography, 2022, 42(8): 205-212.
- [17] 裴韬, 刘亚溪, 郭思慧, 等. 地理大数据挖掘的本质[J]. 地理学报, 2019, 74(3): 586-598.
- PEI T, LIU Y X, GUO S H, et al. Principle of big geodata mining[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(3): 586-598.
- [18] 唐蓓佩, 王兴, 马滕, 等. 国家园林城市空间分布的点格局分析[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018, 49(6): 1073-1078.
- TANG B P, WANG X, MA T, et al. Point pattern analysis of national garden city spatial distribution[J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2018, 49(6): 1073-1078.
- [19] 田磊, 史冰心, 孙凤芝, 等. 黄河流域传统村落与非物质文化遗产空间相关性及其影响因素[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(3): 186-194.
- TIAN L, SHI B X, SUN F Z, et al. Spatial correlation between traditional villages and intangible cultural heritage in the Yellow River Basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2023, 37(3): 186-194.
- [20] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地

理学报, 2017, 72(1): 116-134.

WANG J F, XU C D. Geodetector: Principle and prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.

[21] 杨玉欢,贺建雄,张新红,等. 中国乡土文化多尺度空间分布特征及影响因素[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2023, 53(4): 529-540.

YANG Y H, HE J X, ZHANG X H, et al. Multi-scale spatial distribution characteristics and influencing factors of Chinese vernacular culture [J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 2023, 53(4): 529-540.

[22] 孙儒泳,李博,诸葛阳,等. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社,1993:11-12.

[23] 杨坤,芮旻,李宜峰,等. 基于共生理论的中国特色保护类村庄振兴类型细分研究[J]. 地理科学进展, 2021, 40(11): 1861-1875.

YANG K, RUI Y, LI Y F, et al. Revitalization type subdivision of characteristic protection villages in China based on the symbiosis theory[J]. Progress in Geography, 2021, 40(11): 1861-1875.

[24] 葛美玲,封志明. 中国人口分布的密度分级与重心曲线特征分析[J]. 地理学报, 2009, 64(2): 202-210.

GE M L, FENG Z M. Population distribution of China based on GIS: Classification of population densities and curve of population gravity centers[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(2): 202-210.

[25] 赵宏波,魏甲晨,苗长虹,等. 黄河流域历史文化名城名镇名村的空间分异与影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(4): 70-77.

ZHAO H B, WEI J C, MIAO C H, et al. Spatial differentiation of historical and cultural cities towns and villages in Yellow River Basin [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2021, 35(4): 70-77.

(编辑 张 欢)