

高原湖泊乡村聚落空间分异及驱动力探测

——以环洱海地区为例

李琛¹ 吴映梅¹ 高彬嫔¹ 武燕¹ 郑可君^{1, 2} 李婵¹¹

(1. 云南师范大学 地理学部, 中国云南 昆明 650500;

2. 云南省社会科学院, 中国云南 昆明 650000)

【摘要】: 以环洱海地区为例, 综合运用最近邻指数、Voronoi 图及基于地理网络的景观格局指数系统分析高原湖泊乡村聚落位置—规模—形态空间分异特征, 并引入基于最优参数的地理探测器探测驱动因素。结果表明: (1) 高原湖泊乡村聚落空间分布呈显著集聚分布特征; 洱海西侧的集聚程度高于东侧, 密度较大的聚落集中分布在洱海西侧、北侧及东北侧, 密度较低的聚落主要分布在洱海东侧。(2) 网格微观视角从位置—规模—形态刻画高原湖泊乡村聚落空间分异特征更清晰; 聚落位置受洱海湖泊中心辐射作用明显; 聚落规模空间分布特征呈现出“C型”结构, 规模较大的聚落集中分布在洱海东侧及南北两侧区域, 并呈团块状; 聚落形态相对规则, 结构不复杂。(3) 高原湖泊乡村聚落空间分异驱动因素体现出聚落较强的“人—土—地—水”的共生关系; 乡村聚落位置和形态的空间分布主要受高程、坡度等自然环境因素和距耕地、水域距离等区位可达性因素的影响, 而聚落规模受 GDP 及人口密度社会经济因素的驱动更明显。因子之间的交互作用存在协同增强效应, 其中, 自然环境和区域可达性的交互作用对洱海乡村聚落位置和形态特征影响最为突出, 区位可达性和社会经济的交互作用对乡村聚落规模特征协同增强影响最为突出。

【关键词】: 乡村聚落 空间分布 地理探测器 高原湖泊 环洱海地区 乡村振兴 共生关系 乡村旅游

【中图分类号】: F323; K901.8 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2022) 04-0220-10

乡村聚落作为乡村居民生产和生活的载体, 兼具生产功能、生活功能、生态功能、文化功能等多重功能, 是乡村振兴建设中的基本单元^[1], 而乡村发展不充分问题已经成为了中国新发展阶段主要矛盾的突出体现^[2]。对于高海拔、高生态敏感性和脆弱性的高原湖泊乡村聚落而言, 其乡村发展问题更复杂, 发展形势更严峻。厘清高原湖泊乡村聚落空间分异及驱动因素, 不仅是合理规划乡村聚落布局的理论基础, 也是乡村振兴战略高效推进亟需解决的实践问题。

国外学者在 19 世纪便展开有关乡村聚落的研究^[3], 从早期关注聚落与自然环境关系的定性描述^[4], 逐渐开始借助 3S 技术对乡村聚落的空间分布、演变、及其他要素的相互作用关系进行探索。例如 Clark 等^[5]探究了美国远郊乡村聚落的空间分布特征及其空间配置的相关因素; Ristic 等^[6]则分析了塞尔维亚的乡村聚落空间分布特征对旅游业发展的影响。国内学者则从地理学的时空观、综合观出发, 重点围绕行政区^[7]、山地地区^[8,9]、流域地区^[10,11]、绿洲^[12]、少数民族特色区^[13]等地区, 分析其乡村聚落空

作者简介: 李琛 (1998—), 男, 云南昆明人, 硕士研究生, 研究方向为区域经济开发与管理。E-mail:lichen5112@qq.com; 吴映梅 (1968—), 女, 云南昆明人, 博士, 教授, 研究方向为区域经济与地方发展。E-mail:wuyingmei@hotmail.com

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41761037); 云南省哲学社会科学创新团队科研项目 (2021tdxmy04); 云南省哲学社会科学规划社会智库项目 (SHZK2021415)

间分布特征^[14]、时空演变过程^[15]、驱动因素^[16]，并针对乡村聚落的类型划分^[17]、空间优化^[18]、情景预测^[19]等进行探讨。高原湖泊地区是以典型高原山地环境和湖泊共同构成的区域，在纬度地带性和垂直地带性规律的共同作用下，兼具山区和湖泊流域的独特地理环境，呈现高生态价值和高脆弱性特征，是一种特殊类型的地理单元。乡村聚落在这种特殊地理单元具有怎样的空间分异特征及驱动因素？是否表征这种特殊单元的共性特性？探讨这类问题对高原湖泊流域乡村聚落可持续发展具有重要意义。目前，有关高原湖泊乡村聚落的研究主要集中于聚落空间分布特征^[19]、演变过程^[21]、适宜性评价^[22]以及乡村聚落用地与人口经济关系的探讨等^[23]，已有研究多基于行政区空间单元，更注重对乡村聚落空间位置的分布格局，一定程度上削弱了乡村聚落位置—规模—形态多空间属性对地域环境依赖，且少有对高原湖泊乡村聚落空间分异驱动因素进行探讨。即使在针对其他典型乡村聚落空间格局驱动因素的研究中，也多运用经验决定地理探测器中空间数据离散化和空间尺度效应的关键问题^[16,24]，鲜有将空间分异的最优组合作为地理探测器模型参数以揭示驱动因素。鉴于高原湖泊乡村聚落的位置—规模—形态空间分异及对驱动因素的客观揭示和精准分析能综合把握中微观尺度，丰富乡村地理学在高原湖泊地区的研究内容，具有重要理论与实践意义，本研究以典型高原湖泊乡村聚落环洱海地区为例，采用 2017 年乡村聚落图斑数据，系统分析乡村聚落位置—规模—形态空间分异特征，利用基于最优参数的地理探测器揭示空间分异的驱动因素，以期对环洱海地区深化美丽乡村建设提供思路，为探索高原湖泊乡村聚落高质量发展、乡村聚落优化及乡村振兴提供参考依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

环洱海地区位于我国云南省大理白族自治州中部，总面积为 1815km²。其中，洱海作为中国第七大淡水湖，云南第二大湖泊，不仅是全国核心生态区域，也是典型的低纬高原湖泊，水域面积达 249.8km²。然而随着乡村旅游作为乡村振兴的重要方式，环洱海地区乡村旅游业迅速发展，沿湖乡村聚落周边民宿连片、人口集聚，乡村旅游业已经给洱海造成严重的生态环境问题^[25,26]。2015 年习近平总书记考察大理时指出“一定要把洱海保护好”。为了修复并保护洱海生态环境，《大理州洱海流域空间规划（2017—2035）》将洱海流域生态、农业、城镇空间比例控制在 78：17：5，在生态优先原则的“三区三线”管控下，环洱海地区作为高原湖泊乡村聚落、乡村经济发展与生态环境保护冲突的典型代表地区，科学揭示其乡村聚落空间分异特征及驱动因素，有利于精准治理与规划，促进区域以乡村旅游为核心的乡村振兴和生态环境保护二者协调发展。

1.2 数据来源

本研究的土地利用数据来源于 2017 年大理市土地利用总体规划数据库，从中获取乡村聚落图斑、耕地图斑、河流及湖泊、交通设施等图斑。其中，乡村聚落图斑为农村居民点用地，耕地图斑为水田、水浇地、旱地以及设施农用地，景区图斑为风景名胜用地。DEM 数据来自地理空间数据云（<http://www.gscloud.cn>），在此基础上运用 ArcGIS 获取高程、坡度等数据。气温、降水、GDP、人口空间分布数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心（<http://www.resdc.cn>）；夜光遥感数据来源于 Luo-jia1-01 数据（<http://59.175.109.173:8888/index.html>），并利用 ENVI 对其进行校正；道路数据来源于全国地理信息资源目录服务系统（<https://www.web-map.cn>）。

2 研究方法

本研究采用 500m×500m 的格网将研究区划分为 7320 个评价单元，以便对乡村聚落进行空间化分析。首先，将乡村聚落空间属性数据赋值在所属网格中，运用平均最近邻指数、Moran's I 等方法探究乡村聚落位置空间分布特征。其次，借助热点分析（Getis-Ord G^{*}_i）、景观格局指数分析乡村聚落规模、形态空间分布特征。最后，采用基于最优参数的地理探测器选择最优的空间数据离散化方式并揭示乡村聚落空间分布特征的驱动因素。

2.1 空间分布特征研究方法

2.1.1 平均最近邻指数

平均最近邻指数 (Average Nearest Neighbor, ANN) 是根据每一乡村聚落斑块的质心与其最邻近斑块质心之间的平均距离得出, 是用于判断乡村聚落空间分布模式的最常用的方法之一。平均最近邻指数数值分布在 $[-1, 1]$ 之间, 结果越接近 1 说明分布越离散, 反之越集聚^[10]。

$$ANN = \frac{\gamma_a}{\gamma_\beta} = \frac{\sum \frac{d_{\min}}{n}}{\frac{\sqrt{n/A}}{2}} = \frac{2\sqrt{\lambda}}{n} \sum d_{\min} \quad (1)$$

式中: ANN 为平均最近邻指数; γ_a 为乡村聚落点的最近邻平均距离; γ_β 为乡村聚落点空间随机分布下的理论平均值; d_{\min} 为某一乡村聚落点与最近邻乡村聚落的距离; n 为乡村聚落数量; A 为空间单元总面积; λ 为乡村聚落空间分布密度。

2.1.2 Voronoi 图分析法

Voronoi 图分析法常用判断乡村聚落点空间分布模式及其优化^[27]。研究运用 Voronoi 图中的变异系数 (Coefficient of Variation, CV) 进一步验证乡村聚落点的分布模式, 其公式如下:

$$CV = (Std/Ave) \times 100\% \quad (2)$$

式中: CV 为 Voronoi 多边形的变异系数; Std 和 Ave 分别为 Voronoi 多边形面积的标准差和平均值。一般 $CV > 64\%$ 时, 乡村聚落点为聚集; $CV < 33\%$ 时, 乡村聚落点为均匀分布; 两者间为随机分布。

2.1.3 景观格局指数法

运用景观生态学方法, 借助景观格局指数定量分析乡村聚落的规模、形态等特征, 揭示环洱海地区乡村聚落景观格局。本研究选取斑块数量 (NP)、斑块密度 (PD)、斑块面积 (CA)、平均斑块面积 (AREA_MN)、基于面积加权分维数 (FRAC_AM)、景观形状指数 (LSI) 和平均最近邻欧式距离 (ENN_MN) 共 7 个指标在 Fragstats4.2 进行测算。

2.1.4 探索性空间数据分析

采用探索性空间数据分析 (Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA) 方法探讨环洱海地区乡村聚落某一属性的空间分布模式及异质性特征^[28]。其中空间自相关主要包括全局空间自相关性和局部空间自相关, 本研究选取 Moran's I 指数来反映全局自相关程度, 运用热点分析 (Getis-Ord G_i^*) 指数来识别具有显著空间集聚特征性的高值和低值区分布位置^[29]。

2.2 地理探测器分析方法

2.2.1 基于最优参数的地理探测器模型

①最优参数选择。地理探测器是探测空间分异性, 并揭示其背后驱动力的方法^[30]。通过空间数据离散化确定空间分层异质性

的最佳尺度是运用地理探测器的关键环节^[31]。判断离散化分类效果可通过地理探测器的 q 统计量来评价, q 值越大分区效果越好^[30]。因此, 借助 R 语言中 GD 包^[31], 运用相等间隔分类 (equal breaks)、自然断点分类 (natural breaks)、分位数分类 (quantile breaks)、几何间隔分类 (geometric breaks)、标准差分类 (standard deviation breaks), 将分类等级数中设置为 5~12 类, 从中筛选出 q 值最大的空间尺度作为地理探测器分析的参数。

②地理探测器方法。在选择最优参数的基础上运用地理探测器中因子探测揭示乡村聚落空间分布特征的驱动力。

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (3)$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, SST = N \sigma^2 \quad (4)$$

式中: q 表示因子的解释力, 其值域为 [0, 1], 越接近于 1 解释力越大; h 为解释变量或被解释变量的分层 (Strata); N_h 和 N 为层 h 和全区的单元数; σ_h 和 σ^2 分别代表层 h 和全区 Y 值的方差; SSW 和 SST 分别为层内方差之和及全区总方差。

交互作用探测器通过比较单一因子的 q 值和双因子交互的 q 值来判断双变量间交互作用特点, 该方法对于相互作用的假设不仅限于传统统计学方法, 因此具有一定的优势, 驱动因子的交互作用通过探测结果的 $q(X_i \cap X_j)$ 值来识别驱动因子之间的共同作用是否增加或减弱对分析变量的解释力。判别方法详见相关文献^[30]。

2.2.2 驱动因子选择及处理

乡村聚落位置—规模—形态空间特征的形成是自然环境、经济社会多重因素共同作用下的结果, 当地的自然环境、社会经济发展、区位条件都会通过一定方式驱动乡村聚落的变化。因此, 在借鉴已有研究的基础上^[7, 10, 12, 16, 24, 32], 结合环洱海地区的实际情况, 本研究从自然环境条件、社会经济条件、区位条件三方面共选择 12 个驱动因子。在 ArcGIS 中将所有影响因子进行栅格化处理, 并统一投影坐标系。

3 结果与分析

3.1 乡村聚落空间分布特征

3.1.1 集聚分布特征

运用平均最近邻指数 (ANN)、Voronoi 图分析法以及斑块数量 (NP) 的 Moran's I 综合判定乡村聚落的空间分布模式。可以看出, 研究区乡村聚落平均最近邻指数为 0.511, Voronoi 图中的变异系数 CV 值为 247.77%, 斑块数量 (NP) 的 Moran's I 为 0.425, 且对应 P 值远小于 0.01, Z 值得分绝对值远高于其标准差, 表明环洱海地区乡村聚落的空间分布模式随机出现的概率远小于 1%, 进一步说明研究区乡村聚落的空间分布较为集聚。环洱海地区是典型的高原湖泊平坝区, 乡村聚落多分布于地势平缓, 聚落洱海及其周边河流较多的地区, 整体上呈现环洱海区域集聚分布, 这也与乡村聚落空间分布模式指标表的结果一致。

进一步将乡村聚落斑块、乡村聚落斑块密度 (PD)、以及乡村聚落 Voronoi 图反映在空间上, 得出环洱海地区乡村聚落密度

分布呈显著的环湖分布特征，并表现出明显的空间异质性（图1），乡村聚落斑块密度平均为 11.273 个/km²，属于典型的高密度型聚落^[33]。不同聚落密度的地域分布差异明显，密度大于 15 个/km² 的聚落主要集中在洱海西侧的大理镇、洱海北侧的上关镇及东北侧的双廊镇，且呈团块状及条带状分布，在其他乡镇以散点状分布；密度较低的聚落主要分布在洱海东侧的挖色村。由此发现，高密度区域多分布在旅游资源充分的地区，加之人口规模增长、政府引导保护和开发传统村落，进一步促进了高密度聚落的形成。从 Voronoi 图中看出，洱海西侧聚落密度明显高于东侧，且均围绕着洱海及其流域水系分布，湖泊中心辐射作用明显，同时受地形地貌的约束，其中太邑乡和双廊镇尤为明显。

3.1.2 规模和形态特征

利用聚落斑块面积 (CA) 的热点分析 (GetisOrdG_i^{*}) 网格数来表征乡村聚落规模特征，热点网格数越多的区域表明乡村聚落规模越大；应用聚落斑块基于面积加权分维数 (FRAC_AM) 和景观形状指数 (LSI) 来揭示乡村聚落形态特征 (图 2、图 3)。整体上看，除双廊镇外的其余地区均存在乡村聚落规模较大且集聚的特征。其中，喜洲镇乡村聚落平均斑块面积 (AREA_MN) 最大，为 3.14hm²，双廊镇的平均斑块面积最小，仅为 0.32hm²；规模较大且较集聚的区域在凤仪镇，其斑块面积高于研究区的平均值，且热点网格数最高，为 78。各乡镇分维数相似，但景观形状指数 (LSI) 和平均最邻近欧式距离 (ENN_MN) 有明显差异：凤仪镇、双廊镇、下关镇的 LSI 均高于 25，表明该区域乡村聚落形状复杂，为适应河流、地形走向，加之耕地较为破碎，使聚落形态复杂且呈明显的条带状。此外，挖色镇和凤仪镇的 ENN_MN 较高，斑块间距离较远，表明乡村聚落间的距离较长，连通性较差。这与该区域的行政区狭长，且各区内部呈乡村聚落“大集聚，大分散”的空间特征有关。

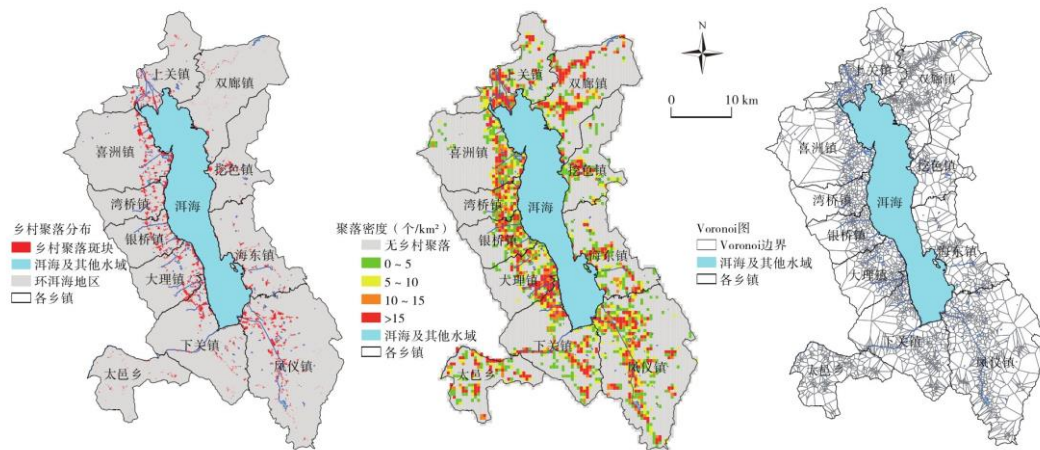


图 1 环洱海地区乡村聚落斑块、密度及 Voronoi 空间分布图

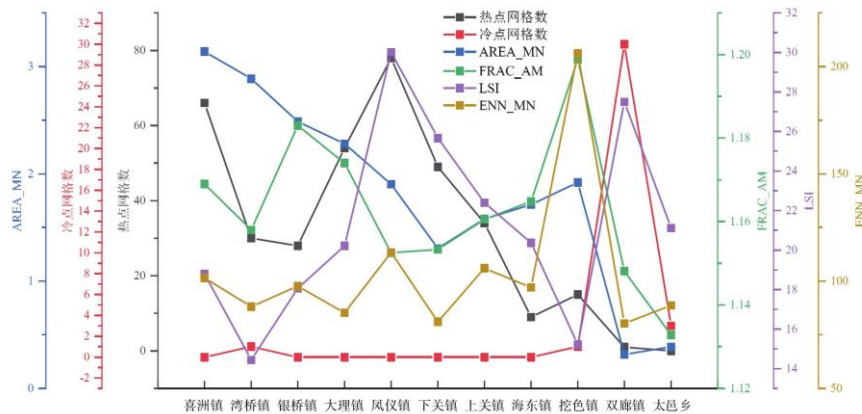


图 2 环洱海地区行政区尺度下乡村聚落规模、形态指数组合图

从环洱海地区乡村聚落的规模空间分布特征看，研究区乡村聚落规模的地域分布特征呈现出“C型”结构，即规模较大的区域主要集中于洱海南北两侧以及西侧区域，并成团块状集聚；东侧的乡村聚落规模明显较小。其中，大理镇与下关镇的交界处，凤仪镇、喜洲镇和上关镇环湖区域呈现出团块状规模性集聚，双廊镇则呈条带状分布。从乡村聚落的形态特征看，大多数乡村聚落的分维数处于 0~1.136 之间，聚落形态相对规则，其中洱海西侧分维数高的区域比东侧的更破碎，东侧挖色镇、海东镇和凤仪镇的高分维数区域呈块状。乡村聚落景观形状指数平均值为 2.18，整体上结构不复杂，形状指数较低的区域广泛分布，高形状指数在凤仪镇、洱海西侧地区与双廊镇斑块形态复杂的区域较为集中。凤仪镇的高形状指数位于中部地区，该区正在打造大理州工业园区，城市用地的扩展整合部分乡村聚落使该区聚落形态不规则。洱海西侧作为洱海的核心旅游区，长期的旅游开发打断了乡村聚落的地域连通性，乡村聚落形状较为复杂，同时，为适应耕地分布和沿河沿湖的良好区位优势，乡村聚落形状也表现出依据地形条件布局特征。双廊镇乡村聚落斑块不规则且分布集聚，斑块面积小，破碎程度高，这些破碎的乡村聚落斑块呈条带状分布于该区北侧，尽管存在旅游急速开发的影响，但破碎地区并非核心旅游集聚区，因此，聚落形态更多受地形条件影响。

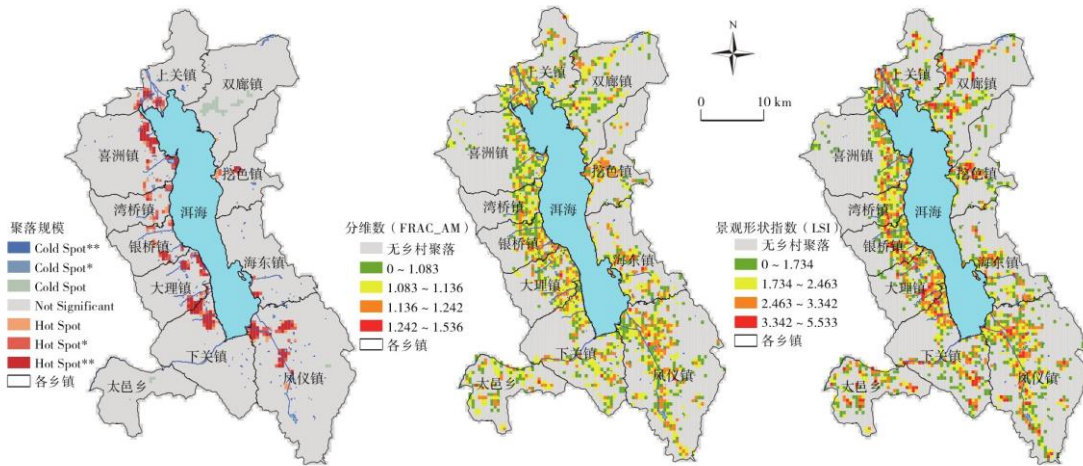


图 3 环洱海地区乡村聚落规模、形态空间分布图

3.2 驱动因素分析

3.2.1 最优参数选择

为进一步揭示乡村聚落不同特征空间分布的驱动因素，选取斑块密度 (PD) 表征乡村聚落位置空间分布，斑块面积 (CA) 表征乡村聚落规模空间分布，运用景观形状指数 (LSI) 表征乡村聚落形态空间分布，运用地理探测器测度乡村聚落不同特征的驱动因素大小。在运用地理探测器过程中，筛选出空间数据离散的最佳尺度。受篇幅所限，以乡村聚落规模驱动因素的空间分层异质性的最佳尺度的选取为例 (图 4)。结果显示，不同的空间离散方式和不同的区间数量组合方式对 q 值有明显的影响，以海拔 (X_1) 为例，分位数分类方法的 q 值明显大于其他方式，且在区间数量为 10 时 q 值最大，因此海拔 (X_1) 在地理探测器中应是以分位数为 10 类为最优参数选择。而不同的驱动因子有不同的空间离散方式，将其 q 值最大的方式作为本研究地理探测器的最优参数。

3.2.2 驱动因素分析

①单因子探测。各因子对环洱海地区乡村聚落空间分布特征均有显著的驱动作用（P 值均小于 0.01）。针对乡村聚落位置—规模—形态不同空间特征，其主要的驱动因素也有所不同。

对乡村聚落位置的空间分布驱动因素分析发现， X_8 （距耕地距离）、 X_1 （高程）和 X_{12} （距水域距离）是主要的驱动因子，q 值大小分别为 0.2158、0.1526 和 0.1327，表明区位可达性和自然因素均显著影响着乡村聚落的位置，聚落更倾向于分布在水域、耕地周边的海拔相对较低的位置。耕地资源、地形、水系等要素框定了农业生产条件的优劣和生产生活设施的便捷性，成为了高原湖泊乡村聚落位置分布的主导驱动力。

对乡村聚落的规模空间分布的驱动因素分析发现， X_1 （高程）、 X_{12} （距水域距离）、 X_2 （坡度）是其主要的驱动力因子，q 值大小分别为 0.1808、0.1525 和 0.1458。此外 X_5 （GDP）和 X_6 （人口密度）的 q 值大小与 X_2 较为接近，分别为 0.1451 和 0.1415，且 X_7 （夜间灯光遥感）在位置—规模—形态的驱动作用中对规模特征的影响最大，进一步说明社会经济因素和自然因素共同影响着乡村聚落规模。人口数量和经济体量决定着乡村聚落规模的大小，而高程、坡度等则是限制聚落规模的发展。

对乡村聚落形态空间分布的驱动因素分析发现， X_8 （距耕地距离）、 X_1 （高程）和 X_{12} （距水域距离）是影响乡村聚落斑块形状的复杂程度的主要驱动因子，q 值大小分别为 0.2946、0.2386 和 0.2005。此外， X_3 （年平均气温）、 X_{11} （距道路距离）、 X_2 （坡度）对其形态特征也有明显的影响，并且对乡村聚落形态空间分布的驱动作用大多均高于位置和规模特征的作用，表明区域可达性和自然因素影响不仅影响着乡村聚落位置，且更能影响其空间形态。乡村聚落为了充分发挥生产潜力，生产出更多的农作物价值，使其空间形态需要沿河、沿道路、或主动适应耕地的分布特征，而高程、坡度、年平均气温也会对聚落空间形态的塑造起到约束作用。

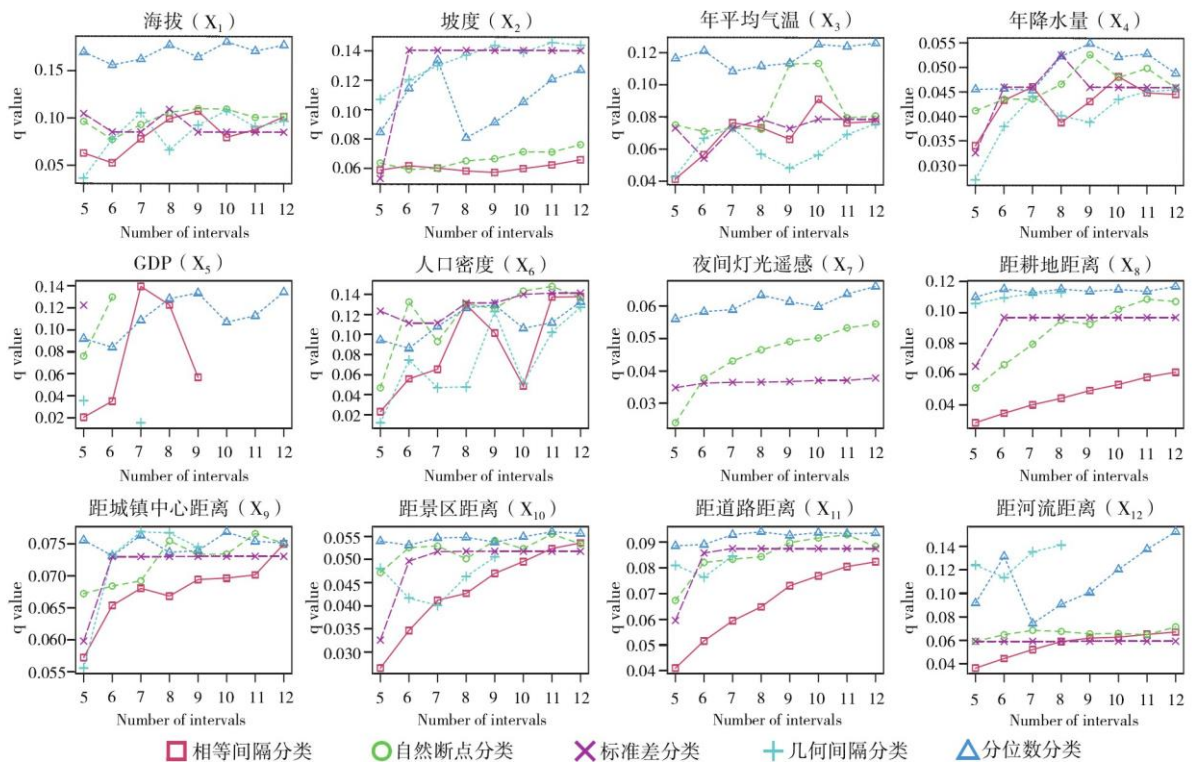


图 4 以斑块面积为例的不同分类方法及分区数量 q 值统计图

总体来看，研究区乡村聚落位置—规模—形态的空间分布特征是受自然环境、社会经济和区域可达性因素的共同作用。其

中，距耕地距离、距水域距离、高程、距道路距离、GDP、人口密度等是最主要的驱动因子，在环洱海地区乡村聚落空间特征分布中起到了主导作用，由此反映出高原湖泊乡村聚落较强的“人—土—地—水”的共生关系。

②因子交互探测。对 12 个单因子探测的基础上进行因子间的交互作用探测，利用 Origin 中热图将位置—规模—形态各交互驱动作用大小线性等间隔分级反映在图上（图 5），发现驱动因子对环高原湖泊洱海的乡村聚落的位置—规模—形态空间格局的驱动作用并不独立，而是呈现非线性或双因子增强效应。这说明本研究取的 12 个驱动因子中任意两个因子的交互作用对环高原湖泊洱海的乡村聚落空间格局的驱动作用更为显著，即各因子间的交互力更能解释乡村聚落空间分布特征的地域差异。

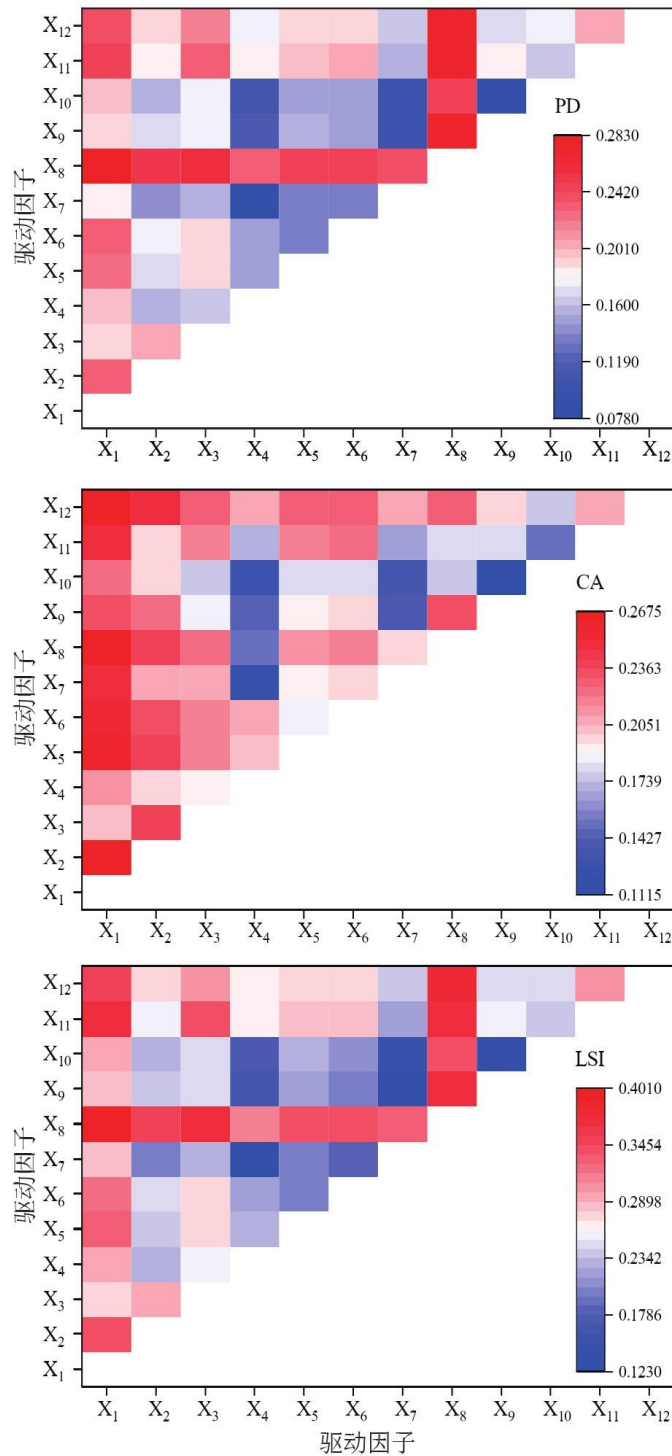


图 5 环洱海地区乡村聚落位置—规模—形态分布特征驱动因子交互探测结果

从乡村聚落位置的空间分布特征看, $X_1 \cap X_8$ 对其影响力最强, q 值最高为 0.2827, 表明环洱海地区高程与耕地条件对乡村聚落位置空间格局的影响具有积极的推动作用。 q 值大于 0.25 的交互作用还有 $X_8 \cap X_{11}$ 、 $X_8 \cap X_{12}$ 、 $X_8 \cap X_9$ 、 $X_2 \cap X_8$ 、 $X_3 \cap X_8$, 显示了双因子较单一因子对乡村聚落位置分异格局驱动作用更大的效果。其中, 在 q 值大于 0.25 的交互作用中 X_8 交互最为频繁, 进一步体现了耕地位置对乡村聚落位置空间分布的重要作用。同时, 与 X_i 交互的各因子大多交互类型为非线性增强, 提升作用较为明显, 年降水量显著影响着农业的发展和布局, 体现出降水对乡村聚落建设与发展的基础性作用。

从乡村聚落规模的空间分布特征来看, $X_1 \cap X_2$ 是其最主要的驱动因素, q 值为 0.2674, 高程和坡度的共同作用是乡村聚落规模发展的重要基础条件。同时, $X_1 \cap X_8$ 、 $X_1 \cap X_{12}$ 、 $X_1 \cap X_{11}$ 、 $X_1 \cap X_9$ 、 $X_1 \cap X_6$ 与最主要影响因素的 q 值差异不大。总体而言, 驱动乡村聚落规模空间分布的因素主要是由社会经济因素和区域可达性因素共同驱动, 其中, X_{11} 、 X_9 和 X_7 与之交互的因子类型半数以上为非线性增强, 驱动作用得到明显提升, 在社会经济因素发展的基础上, 加速发展区域可达性将能有效提高乡村聚落规模。自然环境因素对聚落规模而言更多发挥基础性的约束和支撑, 乡村聚落规模空间分布深受区位可达性因素和社会经济因素的协同增强影响。

从乡村聚落形态的空间分布特征看, 其主要的交互作用与位置的空间分布特征相似, 其中 $X_1 \cap X_8$ 对形态的驱动作用最大, q 值最高为 0.4001, 这与乡村聚落位置空间分布的交互因子相同, 表明环洱海地区高程与耕地条件同时影响位置和形态的空间分布, 且更能影响其形态特征。 q 值大于 0.35 的交互作用还有 $X_8 \cap X_{12}$ 、 $X_8 \cap X_{11}$ 、 $X_1 \cap X_{11}$ 、 $X_8 \cap X_9$ 、 $X_3 \cap X_8$, 距耕地距离的驱动作用依旧明显。此外, 与年降水量交互的各因子同样也是大多交互类型为非线性增强。

4 讨论与结论

4.1 讨论

4.1.1 乡村聚落空间分布主要驱动因素探讨

高原湖泊乡村聚落由于高原山地为主的地理环境的特殊性, 使得高原湖泊乡村聚落在山—水—林—田—村的传统空间聚落空间特征更加复杂。相比其他典型区域, 高原湖泊乡村聚落位置—规模—形态驱动因素更体现其独特性。其主要驱动因素既有山区乡村聚落受高程、坡度等地形因素的影响, 也存在流域乡村聚落显著的“亲水”性, 在丘陵乡村聚落和黄土高原乡村聚落发挥主导作用的社会经济因素在高原湖泊这一特殊地理单元中则更多作用于乡村聚落规模。由于高原湖泊区受限于山地地形, 适宜农业生产的平坝区土地稀缺, 因此, 乡村聚落位置和形态空间与研究区耕地资源、地形、湖泊水域的空间分布具有较强的趋同性, 较强地反映出高原湖泊地区乡村聚落地域系统“人—土—地—水”的共生关系。同时, 研究区作为典型的旅游城市, 经济人口的快速发展带来的生产要素的大量集聚, 乡村旅游业的开发, 现代化休闲农业的发展, 农户生计方式的进一步转变、乡村聚落与外部联系的通达性增加, 显著影响着高原湖泊区乡村聚落规模、形态特征: 洱海东西两侧聚落规模与形态均差异显著, 西侧聚落规模较大且形态复杂, 西侧主要是洱海的旅游核心区, 快速的经济发展成为西侧聚落规模较大的主要驱动因素, 而旅游景点的开发也使得聚落形态更加复杂; 洱海东侧山地密集, 经济相对滞后, 乡村聚落规模较小, 同时形态复杂的区域更多受地形条件影响, 但由于开发区建设及城镇上山等政策实施驱动, 未来也将影响东侧乡村聚落规模与形态的变化。高原湖泊乡村聚落受地形限制, 社会经济因素与可达性因素共同作用下的乡村聚落规模特征更为显著。

此外, 在驱动因素方法的选择方面, 不少学者尝试使用对单个因素通过缓冲区与乡村聚落空间位置相互叠加以进行探讨, 尽管较为详尽地揭示了驱动因素对空间格局的过程, 但无法将不同的驱动因子在同一层面上进行比较。因此, 本研究基于地理网格尺度, 尝试突破以往以行政区尺度进行分析的限制, 将乡村聚落三种属性的空间分布特征更加精细化地反映在空间上, 进一步深化对乡村聚落的微观研究。针对地理探测器中空间分层异质性最佳尺度的参数识别多主观判断, 而导致探测结果存在偏差的情

况,本研究利用最优参数的地理探测器模型,能够更客观地判断各驱动因子的贡献力,更准确识别其交互方式及过程,更为科学地揭示多种地理要素对乡村聚落空间格局影响机理,对推动乡村聚落格局优化具有一定的参考价值。

4.1.2 乡村聚落空间分布与乡村振兴

乡村聚落空间分布是划分乡村布局类型和问题诊断的基础。因此,在乡村振兴战略落实的过程中,要重视乡村聚落空间分布特征及其驱动因素研究,明确乡村聚落发展的驱动因素,进而因地制宜,合理布局。高原湖泊乡村聚落位置—规模—形态驱动因素存在差异,存在较强的“人—土—地—水”的共生关系;社会经济因素驱动作用重点在于规模的空间分布,而位置和形态的空间分布更易受自然环境和区位可达性因素的影响。环洱海地区应在保护传统村落及环洱海区域乡村聚落文化的基础上,遵循自然环境、社会经济及可达性因素的地域分异规律,进行乡村聚落空间优化,从而进一步促进乡村振兴。

首先,统筹村庄规划,依据位置、规模和形态的三维特征,利用组合矩阵方式将其划分为不同的村庄类型,着重发现劣势区位、小规模及离散破碎形态的村庄,根据不同短板有针对性地进行优化,通过加强交通基础配置,整合破碎乡村聚落斑块、合理进行搬迁移居等方式,推进高效村庄规划落实。

其次,从主要驱动因子出发,合理配置环洱海地区乡村聚落用地空间。充分考虑驱动乡村聚落规模的区位可达性和社会经济的交互作用,基于人口规模、区位条件、资源环境基础以及未来开发水平,在有效保护洱海生态环境的基础上,科学划定乡村聚落生产和生活空间,提高用地效率,依据环洱海地区自然风貌、人文环境、乡土文化等资源禀赋,在洱海周边及交通沿线建设各具特色乡村休闲旅游区,将超出承载力区域的乡村聚落用地空间合理有序退出。

第三,抓住云南省打造世界一流“绿色食品牌”契机,加快构建农业农村现代化体系。依托高原特色现代农业,打造国家农业绿色发展先行区,减少农业面源污染,妥善解决好洱海保护与农业发展的矛盾。从洱海生态环境保护原则出发,带动绿色农业、生态休闲旅游发展,进一步打造美丽乡村和促进乡村旅游发展。

4.2 结论

本研究以高原湖泊区环洱海地区为例,通过最近邻指数、Voronoi图、地理网格等分析方法分析乡村聚落位置、规模、形态的空间分布特征,运用基于最优参数的地理探测器和揭示其背后的驱动因素,结果表明:①高原湖泊乡村聚落空间分布呈显著集聚分布特征。环洱海地区乡村聚落平均最近邻指数为0.511,Voronoi图CV值为247.77%,斑块数量(NP)的Moran'sI为0.425,集聚分布显著。不同乡村聚落地域集聚分布差异明显,密度大于15个/km²的斑块聚落集中分布在洱海西侧的大理镇,洱海北侧的上关镇及东北侧的双廊镇,密度较低的斑块聚落主要分布在洱海东侧的挖色镇。②网格微观视角从位置—规模—形态刻画高原湖泊乡村聚落空间分异特征更清晰。聚落位置受洱海湖泊中心辐射作用明显,同时也受地形地貌的影响。乡村聚落规模空间分布特征呈现出“C型”结构,规模较大的聚落集中分布在洱海东侧及南北区域,并呈团块状;乡村聚落形态相对规则,结构不复杂,其中洱海西侧相对于东侧聚落更形状复杂。③高原湖泊乡村聚落位置—规模—形态驱动因素更体现其独特性,存在较强的“人—土—地—水”的共生关系。环洱海地区乡村聚落位置和形态的空间分布主要受高程、坡度等自然环境因素和距耕地、水域距离等区位可达性因素的影响,而GDP及人口密度对乡村聚落规模的驱动作用更为明显。因子之间的交互作用存在协同增强效应,自然环境和区域可达性的交互作用对洱海乡村聚落位置和形态特征影响最为突出,区位可达性和社会经济的交互作用对乡村聚落规模特征协同增强影响最为突出。

参考文献:

[1]许建和,柳肃,熊鹰,等.南方山地乡村聚落空间分布及其格局优化调整——以临武县西山瑶族乡为例[J].经济地理,2017,37(10):221-227.

-
- [2]何仁伟. 城乡融合与乡村振兴: 理论探讨、机理阐释与实现路径[J]. 地理研究, 2018, 37(11):2127-2140.
- [3]陈宗兴, 陈晓键. 乡村聚落地理研究的国外动态与国内趋势[J]. 世界地理研究, 1994(1):72-79.
- [4]Trewartha G T. Types of rural settlement in colonial America[J]. Geographical Review, 1946, 36(4):568-596.
- [5]Clark J K, Mcchesney R, Munroe D K, et al. Spatial characteristics of exurban settlement pattern in the United States[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 90(3):178-188.
- [6]RistićD, VukoičićD, MilinčićM. Tourism and sustainable development of rural settlements in protected areas- Example NP Kopaonik (Serbia) [J]. Land Use Policy, 2019, 89:104231.
- [7]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.
- [8]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.
- [9]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.
- [10]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.
- [11]陈君子, 刘大均, 周勇, 等. 嘉陵江流域传统村落空间分布及成因分析[J]. 经济地理, 2018, 38(2):148-153.
- [12]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.
- [13]任维, 张雪葳, 钱云, 等. 浙西南少数民族地区乡土景观研究——以景宁县环敕木山地区传统畚族聚落景观为例[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(5):802-809.
- [14]李骞国, 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.
- [15]Li H, Song W. Pattern of spatial evolution of rural settlements in the Jizhou District of China during 1962-2030[J]. Applied Geography, 2020, 122:102247.
- [16]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.
- [17]李静, 张平宇, 郭蒙. 吉林省村域尺度下居民点空间分布特征及优化重组模式[J]. 地理科学, 2021, 41(5):842-850.
- [18]Lu M, Wei L, Ge D, et al. Spatial optimization of rural settlements based on the perspective of appropriateness-domination: A case of Xinyi City[J]. Habitat International, 2020, 98:102148.
- [19]Ma B, Tian G, Kong L, et al. How China's linked urban-rural construction land policy impacts rural landscape

patterns:A simulation study in Tianjin,China[J].Landscape Ecology,2018,33(8):1417-1434.

[20]徐坚,陈嘉慧,许永涛.环高原湖泊自然村空间分布特征分析——以云南省异龙湖为例[J].云南地理环境研究,2016,28(5):1-5.

[21]刘灵坪.16-20世纪滇池流域的乡村聚落与人地关系——以柴河三角洲为例[J].中国历史地理论丛,2012,27(1):37-46.

[22]李君,武友德,张磊,等.社会经济因素对乡村聚落区位影响的适宜性评价分析——以云南环洱海地区为例[J].经济地理,2016,36(8):195-201.

[23]张磊,武友德,李君.农村人口与聚落用地空间分布的脱钩及预测分析——以大理市洱海东岸地区为例[J].地域研究与开发,2019,38(1):148-154.

[24]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.

[25]Li J,Bai Y,Alatalo J M.Impacts of rural tourism-driven land use change on ecosystems services provision in Erhai Lake Basin,China[J].Ecosystem Services,2020,42:101081.

[26]徐坚,马少谱,陈安旺.高原湖滨人居环境特点及生态文明建设策略研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(S1):62-65.

[27]Tian Y,Kong X,Liu Y.Combining weighted daily life circles and land suitability for rural settlement reconstruction[J].Habitat International,2018,76:1-9.

[28]Li C,Wu Y,Gao B,et al.Multi-scenario simulation of ecosystem service value for optimization of land use in the SichuanYunnan ecological barrier,China[J].Ecological Indicators,2021,132:108328.

[29]李琛,吴映梅,高彬.滇中城市群城镇化与资源环境承载力耦合协调研究[J].水土保持研究,2022,29(2):389-397.

[30]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.

[31]Song Y,Wang J,Ge Y,et al.An optimal parameters-based geographical detector model enhances geographic characteristics of explanatory variables for spatial heterogeneity analysis:cases with different types of spatial data[J].GIScience&Remote Sensing,2020,57(5):593-610.

[32]吴映梅,张超,杨艳昭,等.云南宣威市集镇体系分形特征及影响因素[J].经济地理,2019,39(7):85-95.

[33]陈宗峰,李裕瑞,刘彦随.黄土丘陵沟壑区乡村聚落分布格局特征与类型[J].农业工程学报,2017,33(14):266-274.