

中国村庄空间分布规律及其影响因素

周扬^{1,2,3}, 黄晗^{1,2,3}, 刘彦随^{1,2,3}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院精准扶贫评估研究中心, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 村庄是乡村治理和乡村振兴的基本单元, 开展村庄空间分布特征及其影响因素研究对全面推进乡村振兴国家战略落地具有重要的理论价值和实践意义。本文在解析村庄系统演进生命周期规律的基础上, 系统集成村庄点位、地理环境、地理区位、交通条件、社会经济等多源数据, 综合运用缓冲区分析、核密度估计、空间自相关分析、Ripley's K函数等方法, 刻画了中国村庄空间分布特征, 识别了村庄空间分异的影响因子, 揭示了中国村庄的空间分异规律。结果表明: ① 村庄的演进遵循形成、发展、稳定、衰退与振兴的“生命周期”规律, 其演进受自然地理环境和人文社会经济要素共同影响, 不同地区村庄演进的速度、强度、方向和结果各异。② 中国村庄分布密度为0.35个/km², 整体上呈现“南多北少、南聚北散”、“东多西少、东聚西散”的特征, 以长江中下游及淮河流域等地区村庄分布最为密集。以“胡焕庸”线为界, 东南半壁村庄密度显著高于西北半壁。③ 全国省、县、乡级尺度上村庄核密度值的莫兰指数分别为0.58、0.86、0.91, 呈现明显的空间聚集特征; 各省内村庄空间分布呈倒“U”型分布模式, 不同省份村庄空间分布模式差异明显。④ 中国村庄分布格局是地理环境、区位条件、社会经济要素交互耦合作用的结果。在坡度6°~8°、海拔0~200 m、降雨量1100~1200 mm、年均温15~19 °C、人为土和栽培植被等条件下村庄分布较为集聚, 且村庄沿道路与河流聚集分布特征明显, 在沿道路和河流100~300 m缓冲区内村庄密度最大, 随缓冲距离增加村庄密度逐渐降低。全面推进乡村振兴战略背景下, 亟待系统开展乡村衰退成因与动力机制解析、衰退乡村地理空间识别与地域类型划分、乡村振兴可行途径与地域模式研究。

关键词: 村庄; 空间分布; 影响因素; 乡村地域系统; 乡村振兴; 乡村地理学

DOI: 10.11821/dlxb202010012

1 引言

村庄通常是指乡村地区的自然村落, 是乡村地区最普遍的空间表征和最基本的组织单元^[1-2]。长期以来, 自发组织和演化形成的自然村落在空间承载着中国乡土文化的精髓。伴随工业化和城镇化的快速发展, 中国城乡发展格局正经历重大的转型过程, 村庄的空间形态、分布格局、发展规模也在快速演化, 村庄建设无序化、资源利用低效化、村庄空心化、乡村贫困化等“乡村病”问题日益凸显^[3]。更为重要的是, 快速城镇化过程中, 中国部分村庄在不断走向凋敝甚至消亡, 严重制约着全面小康社会的建成和区域可

收稿日期: 2020-01-11; 修订日期: 2020-07-20

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA23070300); 国家自然科学基金项目(41931293, 41871183, 41601172)

[Foundation: Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No.XDA23070300; National Natural Science Foundation of China, No.41931293, No.41871183, No.41601172]

作者简介: 周扬(1984-), 男, 贵州普安人, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事贫困地理与乡村振兴研究。

E-mail: zhouyang@igsrr.ac.cn

通讯作者: 刘彦随(1965-), 男, 陕西绥德人, 研究员, 博士生导师, 中国地理学会会员(S110005331M), 主要从事农业与乡村地理学、土地利用与区域可持续发展研究。E-mail: liuys@igsrr.ac.cn

持续发展。村庄是乡村治理的对象和乡村振兴的基本单元。系统研究村庄空间分布格局、影响因素、分异特征及形成机理,是有效解决“乡村病”、指导村庄发展规划和推动城乡融合发展的前提和基础,亦是全面推进乡村振兴国家战略落地的重要抓手。

乡村聚落是聚落地理学和乡村地理学的研究对象^[1]。国外对乡村聚落的研究始于19世纪中叶,德国地理学家Kohl在《人类交通居住与地形的关系》一书中系统论述了人口集中与聚落地理位置的关系,开辟了聚落地理研究的先河^[4]。1891年地理环境决定论的代表人物Eratzel阐述了聚落分布对自然环境的依赖性^[5]。1933年Christaller提出了“中心地理论”学说,实现了乡村聚落研究的理论突破^[6-7]。20世纪60年代,计量革命促使聚落地理学和乡村地理学研究走向定量化和模式化阶段,其间众多学者关注聚落形态、人居环境、乡村发展规划等,开展了大量实证研究^[8-10]。显而易见,国外对乡村聚落的研究主要体现在乡村聚落生态^[11]、聚落空间形态^[12]、聚落景观^[13-14]等方面。相较而言,国内对乡村聚落的研究起步较晚,林超先生于1938年撰写的《聚落分类之讨论》,指出乡村聚落与土地密切相关^[15]。1950年吴传钧先生定量划分了聚落等级,提出了“市镇度”概念^[16]。1978年改革开放以来,国内对乡村聚落开展了大量的研究,其中最具代表性的如金其铭先生于20世纪80年代相继出版了《农村聚落地理》和《中国农村聚落地理》等著作,系统论述了聚落地理研究的理论、方法以及典型地区农村聚落的形成、演化及分异特征^[17]。20世纪90年代以来,随着“3S”技术和数理模型的发展,极大地推动了乡村聚落的跨学科交叉研究。进入21世纪,国内学者对乡村聚落的研究主要集中在村庄用地结构与功能^[18-19]、村庄空间演变及其作用机理^[20-21]、村庄居民点整理模式^[22-24]、村庄空心化及其综合整治^[25-27]和村庄生态景观格局^[28-29]等,积累了一大批优秀成果。乡村聚落研究侧重于中、微观尺度^[30-35],且多数以定性分析为主^[36-43],但着眼于乡村地域系统,对全国村庄分布格局、分异规律及其形成机理的系统性研究相对不足。村庄是社会生产力发展到一定阶段产生的、相对独立的、具有特定的经济、社会和自然景观特点的地区综合体^[44]。面向全面实施乡村振兴国家战略,深入开展全国村庄空间分布格局、特征及其形成机理,对于分区分类推进乡村振兴战略具有重要的理论意义和实践价值。

新时代中国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾,而这种不平衡不充分发展最突出体现在乡村^[45]。自1978年改革开放以来,中国乡村人口占全国总人口比重由1978年的82.08%降至2019年的39.40%,城镇化率由17.92%增加到60.60%。照此速度,到2035年中国城镇化率可能超过70%,届时全国人口可能接近15亿的峰值,意味着中国仍有4亿多人生活在农村。村庄仍是农村人口聚居和生活的场所,其空间组织和形态会随着乡村治理与乡村振兴而更加优化。村庄的形成、发展、衰退和消亡有其自然、区位、社会、历史等方面的原因。在现代城乡融合和乡村振兴背景下,亟需系统开展中国村庄分布格局与形成机理研究,深化乡村地域系统理论认知。本文以全国340余万个自然村庄为研究对象,集成地貌、气象、水系、土壤、交通、社会、经济等多源数据,综合运用缓冲区分析、核密度估计、空间自相关分析、Ripley's K函数分析等研究方法,开展中国村庄空间分布格局及其分异规律研究,探明村庄分布影响因素,以期为全面推进乡村振兴国家战略落地,以及国土空间规划与乡村治理提供理论参考和决策依据。

2 理论基础

2.1 乡村地域系统与村庄系统

村庄,又称“村落”“农村聚落”,是农村人口集中居住形成的聚落^[1-2]。乡村是相对

于城市建成区之外的广大乡土地域^[46]。乡村地域系统是由人文、经济、资源与环境相互联系、相互作用下构成的、具有一定结构、功能和区际联系的乡村空间体系，是一个由城乡融合体、乡村综合体、村镇有机体、居业协同体等组成的地域多体系统^[46]。乡村地域系统包含乡村地域内核系统和外援系统^[3]。村庄是乡村地域系统主要的空间形态和居业协同状况的集中表现形式，村庄系统是乡村地域内核系统的重要组成部分。村庄系统演进受乡村地域内核系统推力和外援系统拉力的共同驱动，由于功能的不同而表征为特色村、中心村、空心村、贫困村等不同类型^[46]。村庄系统的演化受自然环境、资源禀赋、区位条件、经济基础、人力资源、文化习俗、区域政策、历史背景等因素的综合影响，其中社会经济发展、城镇化和工业化是村庄系统发展演化的主导驱动力。

2.2 村庄系统演化生命周期规律

村庄系统的演化通常会经历一个形成、发展、稳定、衰退、振兴或衰亡的“生命周期”过程。村庄的形成及演化受自然环境要素（地形、地貌、土壤、气候、水文、植被等）和人文社会经济要素（人口、经济、战争、城镇化等）的共同影响^[5, 17, 21, 42, 26]。对于资源禀赋状况较好、地理区位优势和发展基础较好的地区，村庄会朝着可持续或良性方向发展，村庄在不断发展中壮大，当村庄系统内人口、土地、产业等要素配置达到最优时，村庄的结构和功能达到相对稳定状态。相反，资源条件相对较差，发展基础较为薄弱的地区，受外界的冲击或影响，村庄会逐渐走向凋敝、衰落甚至消亡。村庄衰落是乡村地域系统衰退的外在表现，是城市对乡村地域系统的拉力和乡村地域系统自我推力综合作用的结果^[3, 27]。改革开放以来，快速工业化和城镇化对中国村庄发展带来了前所未有的影响^[26]。农村人口向城镇转移，一些地区人口大量流失、农业产业边缘化、乡村经济衰退、宅基地空废，导致村庄严重空心化。村庄空心化是村庄演化过程中的一种不良过程，是城乡转型发展过程中乡村地域系统演化的一种特殊形态^[27]。

2.3 城乡融合系统与城乡有机体

城乡融合系统是由城镇地域系统和乡村地域系统相互交叉、渗透、融合而成的一个城乡交错系统^[46]，主要包含地域、市域、县域“三域”层次，它们通过城乡基础网相联通、相融合，形成城乡发展一体化格局，以及城市—城镇—中心村（社区）—自然村空间体系。城乡是一个有机整体，只有两者都可持续发展，才能相互支撑^[46-48]。村庄衰退是制约乡村可持续发展和全面建成小康社会的重要障碍因素。面向全面建成小康社会的目标，针对当前中国“城进村衰”、农村空心化和日益严峻的“乡村病”问题，我国提出并实施了乡村振兴国家战略^[48]。乡村振兴是乡村地域系统的全面振兴，是乡村地域系统要素重组、空间重构和功能提升的系统性过程^[3, 48]。村庄是乡村治理与乡村振兴的基本单元，是一定县域“城—镇—村”体系的重要组成部分。以工促农、以城带乡成为城乡融合发展的基本关系和主要方式。乡村振兴的主要目的就是通过实施政策、技术、市场和资金等要素的干预或投入措施，促进城乡要素的平等交换和公共资源的均衡配置，尤其是促进衰退村庄的转型发展和乡村地域系统的全面振兴，最终实现城乡发展一体化和城乡等值化^[49-50]。

3 研究方法 with 数据来源

3.1 研究方法

3.1.1 缓冲区分析 缓冲区（Buffer）分析是地统计学方法中最基本的空间分析方法之一，是解决空间邻近性问题并揭示地理要素影响范围和影响机理的空间操作工具。其基

本原理是基于特定的点、线、面等地图要素,以其为中心并在周围建立一定数量和宽度的缓冲带,使得矢量要素在二维空间上得以扩展,结合目标要素叠加分析以揭示不同地理要素之间的作用机制。本研究在 ArcGIS 软件中利用缓冲区分析工具对河流和道路要素设定缓冲距离建立不同缓冲距离下的缓冲带,形成不同等级的河流和道路缓冲区多边形实体,叠加全国村庄点位进行分区统计,得到不同缓冲距离下缓冲带上的村庄密度,定量揭示不同河流和道路等级下中国村庄空间分布规律。

3.1.2 核密度估计分析 核密度估计 (Kernel Density Estimation) 是基于研究对象本身对未知密度函数进行非参数估计的空间分析方法,与传统的点密度估计方法相比,核密度估计结果具有更高的连续性^[51]。计算公式如下:

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

式中: $F(x)$ 为估值点 x 处的核密度估计值; k 表示核函数; $x-x_i$ 表示估值点到 x_i 的距离, h 为带宽, n 为带宽范围内点的数目。本文采用 ArcGIS 平台的核密度估计工具测算全国省级和县级尺度下村庄的核密度值,刻画不同空度尺度下中国村庄空间分布特征。

3.1.3 空间自相关分析 空间自相关分析 (Spatial Autocorrelation Analysis) 是通过空间自相关指数来反映自然或社会要素在空间上的关联程度,揭示其空间分布规律的一种空间统计方法^[52]。计算公式为:

$$\text{Global Moran's } I = \frac{\sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_i \sum_{j \neq i} w_{ij}} \quad (2)$$

式中: n 为不同行政区划等级下村庄的数量; s^2 为不同行政区等级内村庄核密度值的方差; x_i 、 x_j 分别为行政区 i 、 j 内村庄核密度值; \bar{x} 为表示村庄核密度值的均值; w_{ij} 为空间权重矩阵,本文使用反距离权重标准。Moran's I 取值范围为 $[-1, 1]$, 大于 0 为正相关,小于 0 为负相关,等于 0 表示随机分布。

3.1.4 Ripley's K 函数 Ripley's K 函数 (Ripley's K Function) 也称多距离空间聚类分析,是用来分析多尺度点状要素空间格局的工具,其统计量可以揭示不同空间观测尺度下点状要素分布的特定模式^[53]。计算公式如下:

$$K(d) = A \sum_i \sum_{j \neq i} \frac{k_{ij}(d)}{n^2} \quad \left(i, j = 1, 2, \dots, n; k_{ij}(d) = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq d \\ 0, & d_{ij} > d \end{cases} \right) \quad (3)$$

式中: d 为距离尺度; A 为研究区域面积; n 为村庄个数; d_{ij} 为两个村庄 i 与 j 之间的距离; $k_{ij}(d)$ 为要素权重函数。为使统计结果线性化并保持方差稳定,对 $K(d)$ 开方进行线性变换,用 $L(d)$ 代替 $K(d)$, 其公式为:

$$L(d) = \sqrt{\frac{K(d)}{\pi}} - d \quad (4)$$

在随机分布的假设下, $L(d)$ 的期望值等于 0; 当 $L(d) > 0$ 时,表示村庄呈现聚集分布趋势; 当 $L(d) < 0$ 时,表示村庄呈分散分布。本文通过对全国不同省域内村庄点状要素进行 Ripley's K 函数分析,得到不同空间尺度下村庄空间分布特征。

3.2 数据来源与处理

本文所使用的数据包括中国 340 余万个自然村点位 (不含港澳台地区)、各级行政单元边界、河流水系和交通路网等矢量数据,以及反映村庄地形、气候、土壤、植被、人口、经济发展等自然和人文经济特征的栅格数据。其中,村庄点位数据源自《中国电子

地图》(2012年)^[45],该数据主要通过百度地图获取,其与《中国城乡建设统计年鉴》(2015年)公布的村庄数量(264.5万)有出入,这与中国自然村庄的消亡有关,但目前难以获取自然村庄的最新点位,统计上村庄数量减少不代表村庄点位会消失,故采用该数据分析中国村庄空间分布特征具有一定的合理性;省、县级行政区边界数据是基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)1698号的标准地图通过矢量化得到。乡(镇)级行政区边界、水系和交通数据来自国家地球系统科学数据中心(<http://www.geodata.cn>),从水系和交通数据中提取国家一级、二级、三级河流矢量边界以及国家铁路、高速路、国道等交通干线数据,通过构建不同尺度的缓冲区并采用统计工具得到村庄点状要素在河流和道路周边的空间分布特征。坡度和高程数据来源于中国科学院计算机网络信息中心的地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>)。气温、降雨量、植被类型、土壤类型、人口、GDP等数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心,空间分辨率为1 km,其中气温和降雨量是基于2015年全国2400多个气象站点观测数据空间处理插值生成(<http://www.resdc.cn>);植被类型空间分布数据来源于《中国1:100万植被图》(2008年);土壤类型和土壤质地数据根据全国土壤普查办公室于1995年编制并出版的《中国1:100万土壤图》数字化生成;人口和GDP来自2015年的中国人口空间分布公里网格数据集和中国GDP空间分布公里网格数据集。本文还分析了全国村庄分布区域特征,包括南北方地区、东中西经济带、九大流域区和15个现代农业一级区,其中南北方、东中西地区的划分标准参考已有研究^[54],现代农业区参考2018年刘彦随等研制的中国现代农业区划方案^[55]。

4 结果分析

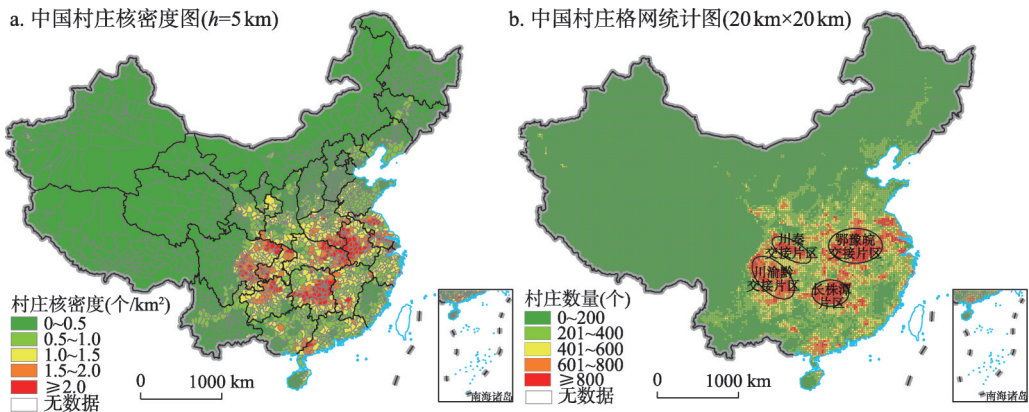
4.1 中国村庄空间分布规律

4.1.1 总体分布规律 由于受区域地理位置、资源条件和社会经济发展水平影响,中国村庄空间分布呈现明显的地域分异规律,呈现出4个明显的聚集区,核心—边缘状分布格局明显(图1)。全国村庄密度为0.35个/km²,其中安徽省的村庄密度最高(1.59个/km²),重庆、江苏、贵州、河南、江西、浙江等省份的村庄密度也较高(大于1个/km²),而青海、新疆、西藏、内蒙古、天津、黑龙江等6个省(市、区)内村庄密度相对较低(不足0.10个/km²)。县域尺度上,全国有1252个村庄的核密度值低于0.50个/km²,占全国县域单元的43.75%;404个县域单元的村庄核密度值超过1.50个/km²,占14.12%,这些村庄集中分布鄂豫皖交接片区、长株潭片区、川渝黔交接片区、川秦交接片区(图1)。以“胡焕庸线”为界,其两侧村庄分布的聚集程度差异悬殊,“胡焕庸线”以东地区村庄数量占全国的90.63%,村庄密度为0.75个/km²,以西地区村庄数量仅占全国的9.37%,村庄密度仅为0.06个/km²，“胡焕庸线”线东南半壁区域村庄密度显著高于西北部地区(图2)。

4.1.2 区域分布规律

(1) 南北村庄分布规律^①。中国村庄在南方地区的分布多且较为聚集,南方地区村庄数量占全国村庄数量的66.11%,村庄密度(村庄数量/对应区域面积,下同)达到0.60个/km²。北方地区的村庄分布少、较分散,村庄数量占比为33.89%,村庄密度仅为0.19个/km²。从南北分布格局看,中国村庄空间格局总体上呈现“南多北少、南聚北散”的分布规律(图2)。

① 北方地区包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、安徽、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆;南方地区包括上海、江苏、浙江、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、西藏。



注: 基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1698号的标准地图制作, 底图无修改。

图1 中国村庄空间分布特征

Fig. 1 Spatial distribution characteristics of Chinese villages

(2) 三大经济带村庄分布规律^②。在全国东、中、西三大经济带上, 村庄数量和村庄密度均有显著差异。从分布密度看, 东、中部地区村庄分布聚集程度较高, 村庄密度分别为0.69个/km²和0.78个/km²; 西部地区村庄分布较分散, 村庄密度仅为0.19个/km²。从分布数量上看, 东、中、西部地区村庄数量分别占全国村庄数量的21.98%、39.34%、38.68%。可见, 全国村庄数量占比自东向西呈现地带性递减规律, 具有“西少东多、东聚西散”的差异特征(图2)。



注: 基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1698号的标准地图制作, 底图无修改。

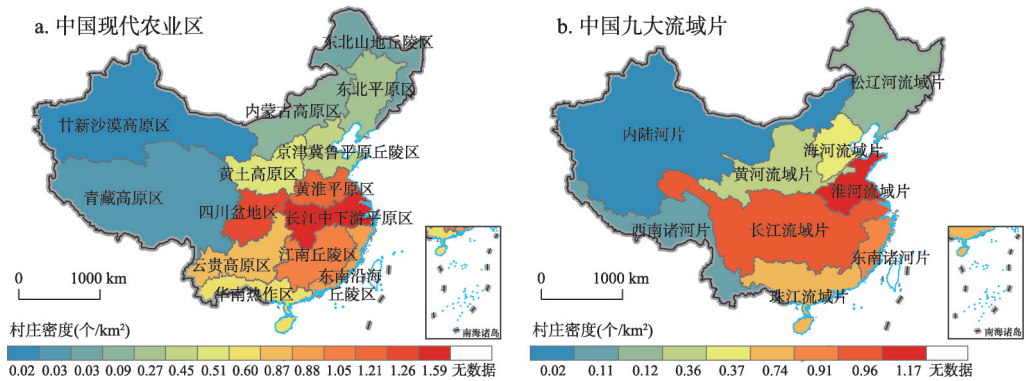
图2 不同地理分区下中国村庄的核密度分布

Fig. 2 Kernel density distribution of Chinese villages under different geographic divisions

(3) 中国现代农业区村庄分布特征。根据刘彦随等2018年研制的中国现代农业区划方案^[51], 中国分为15个农业一级区, 52个农业二级区, 除海洋农业区以外的14个农业一级区内村庄空间分布结果如图3a所示。中国村庄在长江中下游平原区聚集程度最高, 村庄密度达到1.59个/km²。其次是四川盆地区、黄淮平原区、江南丘陵区 and 东南沿海丘陵区, 这些地区资源禀赋条件较好, 地理区位、农业生产条件较为优越, 适合人口聚居, 村庄密度相对较高。甘新沙漠高原区、青藏高原区、东北山地丘陵区、内蒙古高原区等地区自然环境较恶劣, 农业生产限制性因素比较多, 不利于农业生产和人口大规模聚集, 因此村庄数量相对较少, 密集程度不高。

(4) 中国九大流域片村庄分布特征。图3b揭示了在九大流域片村庄空间分布特征。

② 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南、香港、澳门、台湾; 中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南; 西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。



注：基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1698号的标准地图制作，底图无修改。

图3 中国现代农业区和九大流域片村庄密度

Fig. 3 Village density in modern agricultural divisions and nine drainage basins in China

从村庄聚集程度上看，淮河流域片地势平坦、河网密布，村庄密度最高，达1.17个/km²；长江流域、东南诸河以及珠江流域等区域内村庄密度相对较高，分别为0.96个/km²、0.91个/km²、0.74个/km²。受资源环境承载力制约、生态环境脆弱，虽然黄河流域村庄分布有一定规模，但村庄聚集程度不高。

4.2 中国村庄空间集聚特征

4.2.1 村庄分布空间集聚特征 在GeoDa软件平台中采用莫兰指数 (Moran's *I*) 分别对省、县、乡三级行政区划单元的村庄核密度值进行全局空间自相关分析。图4显示了省、县、乡三级尺度上村庄核密度值的Moran散点图，其中第一象限（高一高型聚类）和第三象限（低—低型聚类）表示村庄核密度值呈现正相关关系，第二象限（低—高型异常）第四象限（低—高型异常）表示村庄核密度值呈现负相关关系。从Moran指数散点图可以看出，大多数散点分布在第一和第三象限，仅少部分村庄落在第二和第四象限，且省、县、乡级尺度上村庄核密度值的Moran指数分别为0.58、0.86、0.91，表示不同空间尺度上全国村庄分布趋于高值集聚和低值集聚的空间正相关。从省级到县级再到乡镇尺度上，随着空间尺度逐渐降低，村庄核密度值的Moran指数不断增大，表明村庄聚集程度随空间尺度下降逐渐增加，空间自相关性逐渐增强。

4.2.2 不同尺度下村庄集聚特征 本文运用Ripley's *K*函数进一步解析中国村庄在不同尺度范围内的分布特征。由于各省范围内村庄之间的距离及其*L(d)*值差异明显，为了更好地

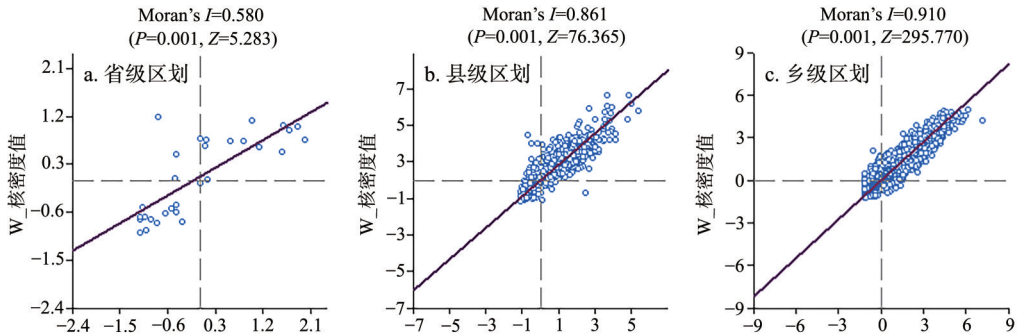


图4 不同空间尺度下村庄核密度值的Moran指数散点图

Fig. 4 Scatter diagram of Moran index of village kernel density in different spatial scales

地比较不同省域范围内的村庄聚集程度,本文采用不同空间观测尺度与最大空间观测尺度的比值为横坐标,以省域范围内各观测尺度下的 $L(d)$ 值与最大 $L(d)$ 值的比值为纵坐标绘制各省不同空间观测尺度下的 $L(d)$ 分布图。结果显示,在观测距离范围内,各省村庄空间分布的 $L(d)$ 值绝大多数大于置信区间的上限,且在95%的置信水平上通过显著性检验,表明各省村庄分布在不同空间尺度范围内呈明显的集聚分布特征(图5)。

总体来看,中国各省内村庄空间分布呈倒“U”型形态,村庄分布在省域范围内出现集聚峰值的空间尺度存在差异。全国各省内村庄最大 $L(d)$ 值对应的空间距离 d 分别为:内蒙古(384 km)、黑龙江(335 km)、四川(261 km)、西藏(245 km)、新疆(230 km)、吉林(204 km)、云南(186 km)、青海(168 km)、湖南(150 km)、安徽(128 km)、河北(126 km)、陕西(126 km)、湖北(124.7 km)、广西(124 km)、山东(119 km)、山西(118 km)、贵州(116 km)、河南(114 km)、江西(106 km)、辽宁(106 km)、广东(103 km)、江苏(100 km)、浙江(94 km)、重庆(86 km)、福建(66 km)、宁夏(62 km)、海南(46 km)、北京(45 km)、天津(25 km)、上海(19 km)。

从 $L(d)$ 曲线变化趋势来看,各省 $L(d)$ 函数值均表现为随空间距离的增加呈现先增后减趋势。从 $L(d)$ 值峰值对应的空间距离来看,超过一半省份的 $L(d)$ 曲线峰值对应的空间距离在其最大观测距离的50%~70%这一空间尺度范围内。湖南、四川两省内村庄出现集聚特征峰值的空间观测尺度占其省域范围内最大观测尺度的比值最大,分别为最大观测距离的90%和87%,说明湖南、四川两省内村庄在较大的空间观测尺度上集聚程度更加明显。同时,北京、云南、吉林、黑龙江、安徽等地 $L(d)$ 曲线出现峰值也都在最大空间观测尺度的70%以上,表明这些省份内村庄在较大的空间观测尺度范围内也呈现明显的空间集聚特征。然而,天津、广东、福建、新疆、陕西、内蒙古、西藏等地区村庄 $L(d)$ 曲

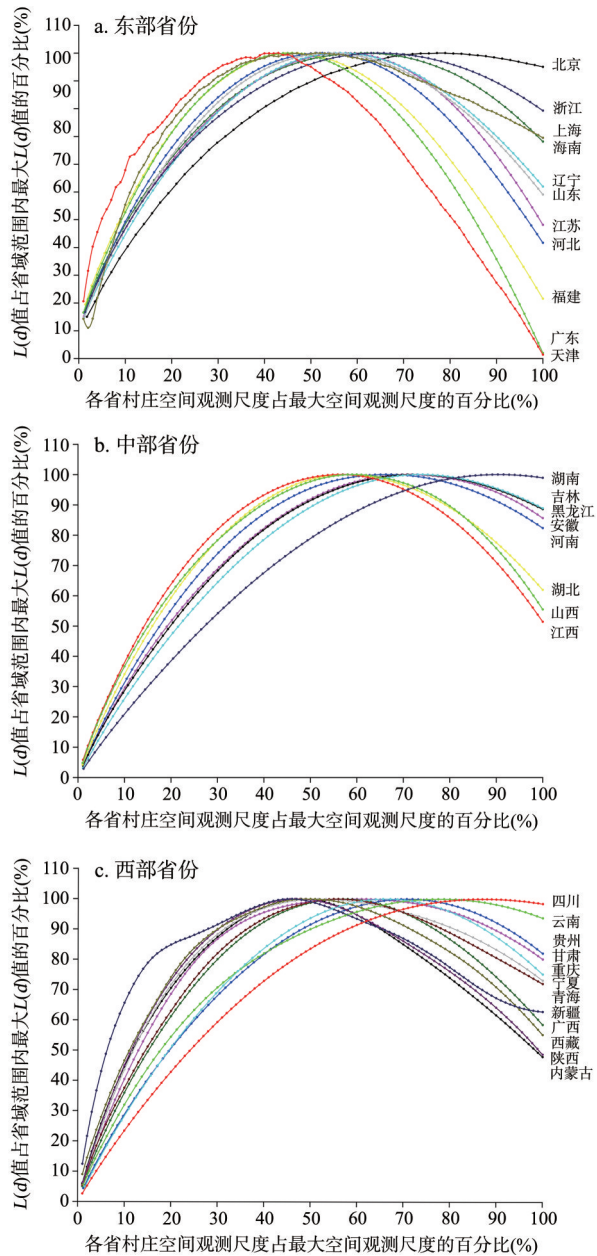


图5 中国各省内村庄分布的Ripley's K 函数分析结果
Fig. 5 Ripley's K function of village distribution in Chinese province-level regions

线出现峰值相对较早,峰值对应的观测距离不足其最大空间观测尺度的50%,表明这些地区的村庄分布相对较为分散,特别是天津和广东两地村庄 $L(d)$ 值在较大空间观测尺度下甚至低于随机分布的最大值;新疆、内蒙古、西藏等地幅员辽阔,且村庄数量相对较少、村庄分布较为分散,而广东、天津两地区位条件较好,村庄多集中分布在河流、交通干线和乡镇周边,在较大区位选择下集聚特征也并明显。

4.3 不同因素影响下村庄空间分布规律

村庄是特定地区人地关系地域系统中“人”和“地”两个子系统相互影响、相互作用演化形成产物,其形成和分布受地理环境(地形、气候、降水、土壤、植被等)、区位条件、人文社会因素(人口、经济、战争、传统文化)的共同影响。地理环境因素中,地形地貌对村庄的形成、分布、规模和发展有着深刻的影响。

4.3.1 地形地貌 地形是影响土地利用方式和村庄分布的重要因子。作为土地资源固有的两个环境因子,坡度和高程的区域差异综合反映地形条件对区域内水、气、热等资源要素的再分配作用,通过改变土地的生产力影响农村土地利用的方式和村庄居民点的分布格局。全国村庄数量和密度随地形变化呈现出明显的分异特征。基于对不同地形条件下村庄数量和村庄密度的统计结果表明,在坡度 2° 以下范围内村庄数量最多,占全国村庄总数的35.5%(图6a)。随着坡度增加村庄数量不断减少,当坡度超过 35° 后村庄数量的占比趋于平稳。依据国际地理联合会(International Geographical Union, IGU)的坡度划分标准,坡度 35° 被作为陡坡和峭坡的分界点;当坡度超过 35° 后,正常的生产生活活动会受到极大限制,不利于聚居,村庄数量较少,密度不高;在坡度 $6^\circ\sim 8^\circ$ 时全国村庄密度达到最大值,之后随坡度增加,村庄密度逐渐减小。

与坡度基本一致,中国村庄分布呈现随海拔高度增加而减少的趋势。统计结果表明,全国村庄数量和密度在海拔 $0\sim 200\text{ m}$ 的区域内最高或最大(图6b)。平原区海拔一般在 200 m 以下,区域内宽阔平坦,是全国主要的乡村聚落区。全国近一半村庄分布在平原区,且村庄密度接近 $1\text{个}/\text{km}^2$ 。村庄密度在海拔高度 $1000\sim 1200\text{ m}$ 处出现一个极小值,在海拔 $1800\sim 2000\text{ m}$ 处出现一个极大值,表明在海拔 1000 m 左右的高原地区村庄分布较周边地区更为分散,在海拔 2000 m 左右村庄分布较周边区域更为聚集。这与中国地形三级阶梯状分布的相关,第一级阶梯海拔在 4000 m 以上,以高原为主,村庄分布较为分散;第二级阶梯以内蒙古高原、云贵高原、黄土高原、四川盆地、准噶尔盆地、塔里木盆地为主,海拔高度在 $1000\sim 2000\text{ m}$ 之间,部分地区特别是云贵高原和黄土高原地区地形起伏度较大,不利于人口聚居,村庄相对较为分散;第三级阶梯以平原和丘陵为主,地形起伏度较小,农业生产条件优越,地理区位较好,村庄集聚程度较高。

4.3.2 气候条件 农业生产与区域气候条件密切相关,气温变化和降水量多寡是定量反映某地区气候特征的主要指标。温度是控制地表及土地资源利用的各种物理、化学、生物过程的关键指标,是农业生产中农作物生长发育的必要条件。降水对农业来说同样至关重要,是土壤水分和作物需水量的主要来源。农业发展严重依赖水、热资源,降雨量和温度则是反映水热条件的重要指标,很大程度上影响村庄的自然集聚和再分布。适宜的气候条件是乡村居民正常生产生活的必备条件,气温和降雨量的变化往往影响到乡村居民的工作效率和生活舒适程度。

不同温度和降水条件下全国村庄数量和密度均存在显著差异(图6c、6d)。统计结果显示,年降雨量在 $1100\sim 1200\text{ mm}$ 之间的湿润地区全国村庄数量最多,占全国村庄数量的8.56%。除极度干旱和湿润地区外,不同降水条件下村庄数量均占全国村庄数量的1%以上,村庄数量随年降雨量变化有差异但不显著。中国年降雨量高于 800 mm 为湿润区,

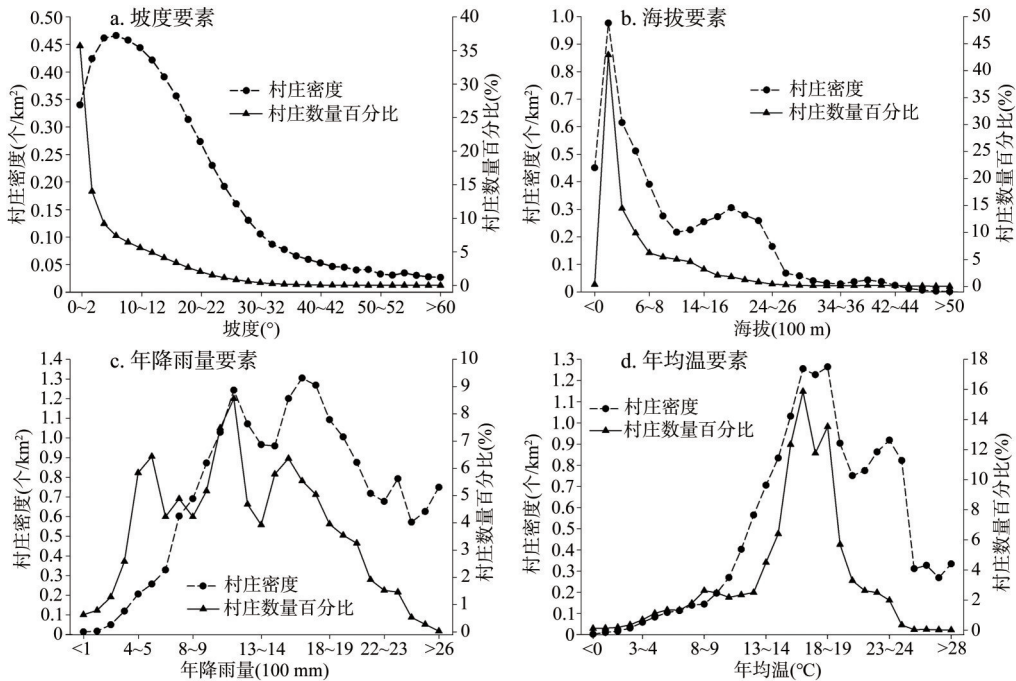


图6 不同地形和气候条件下中国村庄分布

Fig. 6 Village distribution in China under different terrains and climate conditions

图6c中村庄密度分布在800 mm左右显著增大, 年降雨量低于700 mm的地区村庄密度低于全国平均水平(0.35个/km²), 在湿润地区村庄密度普遍高于0.60个/km²。由图6d可知, 村庄数量和村庄密度随年均温变化具有较高的一致性。区域年均温在15~19℃时村庄数量和村庄密度显著高于其他区域, 这些区域村庄数量累计占比达到53.44%, 村庄密度均高于1个/km², 表明中国村庄在年均温为15~19℃的地区分布广泛, 且分布较为聚集。

4.3.3 土壤类型 土壤是社会经济发展最基本的重要物质基础。中国土壤类型分布具有鲜明的地带性和区域性特征, 在不同的地理空间下土壤具有不同的理化性质。土地生产力的大小很大程度上取决于土壤特性, 土壤类型不同, 适宜种植的农作物和适合发展的产业不同, 村庄分布格局也有所变化。由表1可知, 根据传统的“土壤发生系统”确定的12个土纲条件下中国村庄分布有显著差异。土壤类型为铁铝土的地区村庄分布最广泛, 村庄数量占村庄总数的25.77%, 村庄密度约为0.78个/km²。在人为土、初育土、淋溶土、半水成土等土壤类型的地区, 由于适宜的土壤提供了农业种植的基本条件, 村庄也都占据一定规模。从村庄聚集程度来看, 干旱土、水成土、盐碱土和高山土等土壤类型分布区由于土壤天然能力和适耕性的限制, 村庄分布较为稀疏, 村庄密度低于0.05个/km²。在人为土的土壤类型区域, 村庄密度为1.56个/km², 远远高于其他土壤类型区, 表明人类活动在一定程度上改造着土壤理化性质和土壤类型, 而土壤类型和理化性质反过来影响村庄分布。

4.3.4 植被类型 受水、土、气、热等因素影响, 中国植被分布具有明显的地带性分异规律。根据《中国1:100万植被图》(2008年), 中国植被类型包含针叶林、高山植被、栽培植被、针阔叶混交林、阔叶林、灌丛、荒漠、草原、草丛、草甸、沼泽等11个植被类型组。不同植被类型组下村庄空间分布统计结果如表1所示。结果表明, 全国超过一半的村庄分布在栽培植被类型区, 且该区域内村庄密度也高于其他植被类型区, 村庄密度

表1 不同土壤和植被类型下中国村庄统计结果

Tab. 1 Statistical results of Chinese villages under different soil and vegetation types

土纲分类	数量百分比(%)	村庄密度(个/km ²)	植被类型	数量百分比(%)	村庄密度(个/km ²)
淋溶土	11.818	0.370	针叶林	14.078	0.591
半淋溶土	5.141	0.403	针阔叶混交林	0.013	0.019
钙层土	2.152	0.122	阔叶林	5.722	0.276
干旱土	0.361	0.039	灌丛	14.126	0.531
漠土	0.168	0.009	荒漠	0.363	0.010
初育土	20.513	0.421	草原	1.961	0.046
半水成土	10.442	0.461	草丛	6.082	0.686
水成土	0.120	0.027	草甸	1.224	0.040
盐碱土	0.306	0.060	沼泽	0.092	0.048
人为土	22.549	1.564	高山植被	0.006	0.001
高山土	0.666	0.011	栽培植被	55.838	0.897
铁铝土	25.766	0.776	其他	0.495	0.025

约为0.90个/km²，表明人类活动对地区植被分布有较大的改造作用。在灌丛、针叶林等植被类型区的村庄也相对较为广泛，两种植被类型区内村庄数量分别占全国的14.13%和14.08%，村庄密度分别为0.53个/km²和0.59个/km²。在植被类型为针阔叶混交林、荒漠、草原、草甸、沼泽、高山植被的地区，村庄数量较少，分布较为分散，即只有少数村庄分布在这些植被类型区内，村庄聚集程度不高，意味着这些地区不适宜农作物生长，农业发展受限，村庄分布较为分散。

4.3.5 水文条件 河流是聚落形成的关键要素，村庄以农业为主的生产结构决定了农业生产对水源的依赖性。为减少生产半径，节约劳动成本，村庄多呈镶嵌分布在生产地周围，导致了村庄沿河流分布。在农业社会，大型流域周边往往能够形成密集的村庄，除了与生产结构相关，便利的航运条件带来的地区人口和物资流动也是影响村庄形成与分布的重要因素。

本文通过对不同等级河流分别以500 m为等间距进行20级缓冲区分析，形成缓冲区矢量实体，并据此统计不同河流缓冲内村庄的分布密度（图7a）。由图7a可知，在10 km缓冲区内，不同等级河流周边村庄密度差异显著。具体表现为村庄密度：三级河流>二级河流>一级河流，且随着缓冲半径的增加，村庄密度逐渐降低。村庄密度在2 km缓冲区内变化显著，一级河流周边0.5~1.0 km、二级和三级河流周边0~0.5 km缓冲区内村庄分布密度最高。当缓冲区半径超过2 km时，村庄密度虽有小幅度降低但曲线总体趋于平稳。为了更加细致的分析村庄在河流周边的分布状况，本文还建立了100 m等间距20个缓冲区共2 km的缓冲区实体，形成村庄密度曲线（图7b）。结果显示，不同等级河流周围村庄密度开始较小，曲线逐渐上升且在200~300 m存在一个极大值，之后逐渐降低并趋于平缓。这表明在各级河流周边2 km范围内，村庄分布较为分散，在距河流200~300 m内村庄聚集程度最高，之后随着缓冲距离加大，村庄密度逐渐降低，村庄密度曲线在某一距离后（一级河流500 m、二级和三级河流1000 m）趋于平稳，村庄分布较0~100 m范围内也更为聚集。

4.3.6 交通区位 道路是决定地区对外联系的重要因素，影响人口流动、物质流通和信息传递。在村庄形成和发展过程中，交通区位优越的地区逐渐成为地区社会资源的集散地，更加有利于人口的聚集和村庄的再分布。中国村庄多数分布在大型交通干线周边并沿交通轴线拓展。交通网络布局会改变村庄空间分布格局，同时在农村发展过程中道路

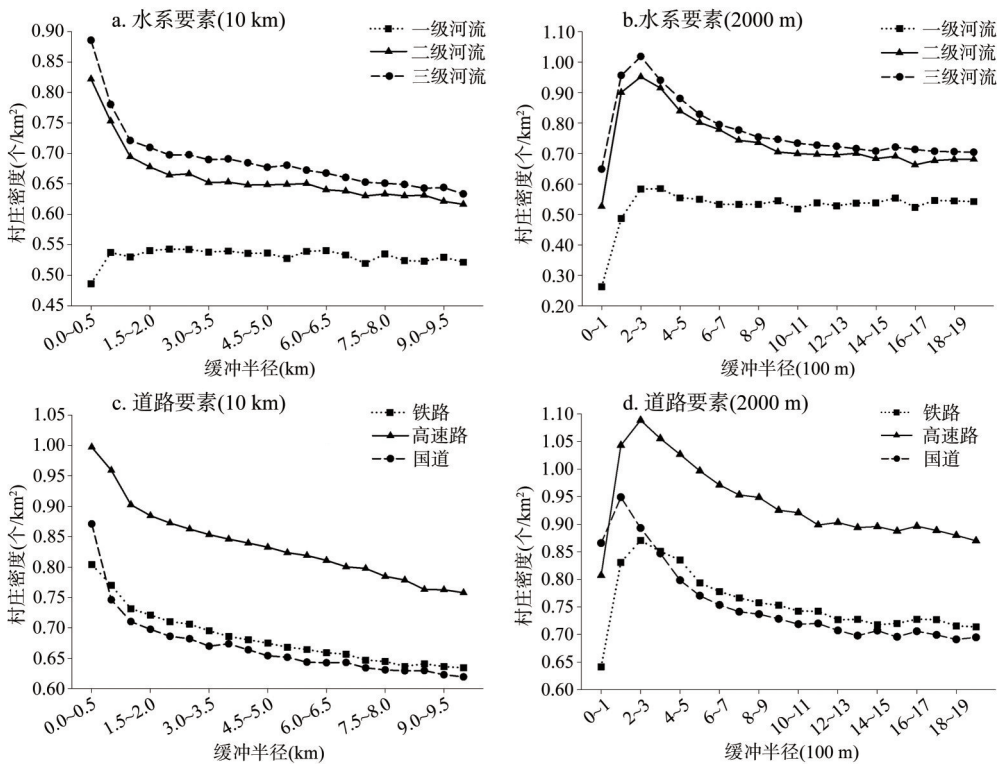


图7 不同河流和道路缓冲区内中国村庄分布统计

Fig. 7 Statistical results of the distribution of Chinese villages in different rivers and road buffer zones

网络的建设在很大程度上也受到乡村居民点分布结构的影响,这种相互作用加强了交通网络与村庄分布之间的联系。

为了揭示道路网络周边村庄空间分布规律,本文也分别建立了500 m和100 m等间距的20级缓冲区,通过空间叠加分析得到不同道路缓冲区内村庄的分布特征(图7c、7d)。在500 m等间距缓冲区内,0~0.5 km缓冲半径下国道周边村庄密度高于铁路周边村庄密度。不同类型道路周边10 km范围内,村庄密度表现为:高速路>铁路>国道。随着缓冲距离的增加,村庄密度不断降低。同样地,在100 m等间距缓冲区内,村庄密度在某一范围内达到极大值(高速路和铁路200~300 m,国道100~200 m),在某一距离(高速路800 m,铁路和国道1100 m)后村庄密度降低的速率变缓。对于高速路和铁路周边2 km的村庄来说,趋于平缓后的缓冲区内村庄密度较0~100 m范围内高,而国道周边村庄0~100 m范围内村庄密度比300 m缓冲距离之外的村庄密度都要高。

4.3.7 人口经济 人是乡村地区从事生产和生活活动的行为主体。人口的大量聚集和快速增长,会造成村庄在空间上形成并不断扩散。在传统农业社会,人口增长产生新的住房需求和粮食需求,当原有居民点无法提供足够的用以建设住房的适宜土地或用以生产粮食的耕地时,村民便寻求新的场所以满足其正常生产生活活动,从而形成新的村庄。相反,若原有居民点能为村民提供合适的生产生活场所,村庄容纳了更多的人口造成地区人口密度的增大。由图8a可知,近80%村庄所在地区的人口密度不足500人/km²,而这些村庄分布密度也较低,高于0.3个/km²。随着人口密度增大,村庄数量逐步减少,多数村庄所在地区的人口密度低于0.4个/km²。当人口密度在1000~1500人/km²这一区间内时,村庄密度最大,之后随着人口密度不断增大,村庄密度呈下降趋势。

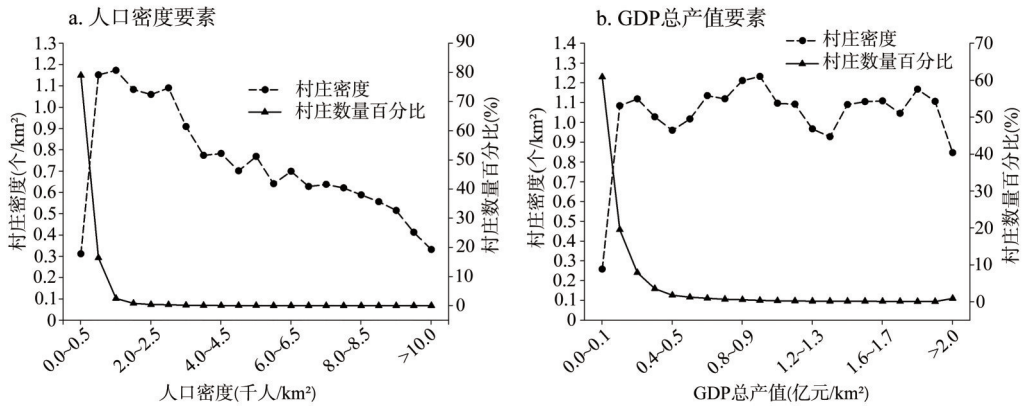


图8 不同人口密度和经济发展水平下中国村庄空间分布统计

Fig. 8 Statistical results of the spatial distribution of Chinese villages under different population densities and economic development levels

区域经济要素是影响中国村庄形成与分布的重要因子。传统农业所依赖的耕地资源的非集中性和农业劳作半径的有限性造成了乡村聚落空间分布的分散性，而当经济发展到一定水平，农业现代化建设水平和机械化程度得到提高，农民的耕作半径随之得到扩大，这在很大程度上增加了在其他地区进行村庄选址的可能性。另外，区域发展水平的提高为乡村住宅建设提供经济支撑，农户改善居住条件的愿望和对住宅区位的选择偏好使得更多的乡村居民转而选择更好的区位修建住房，从而影响村庄形成和空间分布格局。通过对中国人口空间分布公里网格数据进行村庄点位属性提取和汇总运算得到不同人口密度条件下村庄数量和村庄密度的变化（图8b）。由图8b可知，在地均GDP低于0.1亿元/km²的地区，村庄密度远低于其他地区，同时近60%的村庄也分布在这些区域，之后随着GDP总产值增大村庄数量逐渐减少。在地均GDP高于0.1亿元/km²的条件下，村庄密度在0.8~1.4个/km²之间上下波动，在地均GDP为0.9亿~1.0亿元/km²这一区间内村庄密度最大。

总体来看，中国村庄空间分布具有明显的地域分异规律，不同自然地理分区下村庄分布特征各异。北方平原地区地形起伏度较低，一定区域内气候、土壤等自然地理条件相对稳定，传统小农经济下村庄空间布局大多呈现出分散小规模特征。南方地区多山地、多丘陵，地形起伏度较大，区域资源环境条件的局部变化导致生产力水平的巨大差异，村庄往往在环境条件较为优越的地带呈现出规模聚集。西北内陆地区自然资源条件恶劣，村庄区位选择的资源依附性决定了该地区村庄分布较为分散。东部沿海地区由于气候条件适宜、土壤肥沃，水资源相对丰富，加之交通基础设施布局的牵引极大地促进了地区非农产业发展，村庄集聚分布特征明显。四川盆地及其周边地区独特的地形条件造就了其温暖湿润的气候和肥沃的高产土壤，为村庄形成和聚集分布提供了良好的人居环境，这片区域上也形成了川渝黔交接片区和川秦交接片区两个高密度村庄聚集区。长江中下游地区地势平坦开阔，河网密布，水流平缓，适宜小麦、水稻、玉米等主要农作物种植，较高的土地生产力水平使得该地区成为中国重要的农业生产基地，长江中下游地区聚集着大量的乡村聚落，鄂豫皖交接片区和长株潭片区两个村庄高度区域也由此形成。相反，青藏高原区和北方干旱半干旱区等地由于人居环境较差，区域水热条件也不能满足多数大规模农作物的种植要求，村庄分布较为分散。

5 结论与讨论

本文系统阐述了村庄演化的生命周期规律,通过集成地理环境和人文经济多源数据,综合运用缓冲区分析、核密度估计、空间自相关分析、Ripley's K函数等模型方法,定量刻画了中国村庄空间分布规律及其集聚特征,深入解析了影响村庄空间分布的自然条件与经济社会因素。

(1) 村庄是乡村地域系统“城—镇—村”体系的重要组成部分,村庄系统是乡村地域内核系统的核心。村庄系统演进受乡村地域内核系统推力和外援系统拉力的共同驱动。村庄系统的演化会经历一个形成、发展、稳定、衰退、振兴或衰亡的“生命周期”过程。乡村振兴是对村庄衰退过程进行调控和干预的主要人文过程,其目的是通过政策、技术、市场和资金等要素的干预或投入,促进衰退村庄系统的转型发展和乡村地域系统的全面振兴。

(2) 中国村庄平均密度为0.35个/km²,不同自然地理分区下村庄空间分布特征明显。中国村庄分布呈现“南多北少、东多西少、南聚北散、东集西散”的特征;以长江中下游地区分布最广泛且聚集程度最高。全国村庄分布存在鄂豫皖交接片区、长株潭片区、川渝黔交接片区和川秦交接片区4个明显的聚集区,且“胡焕庸”线以东的地区村庄分布密度显著高于西北部地区。

(3) 不同省份和空间观测尺度下村庄空间分布特征各异。全国省、县、乡镇尺度上村庄核密度值的Moran's *I*分别为0.58、0.86、0.91,集聚特征明显,且随着行政区划尺度的降低,村庄集聚特征更加明显。在省域范围内,不同空间观测尺度下多数村庄呈集聚分布特征,村庄分布 $L(d)$ 值曲线呈现倒U型空间分布形态。北京、云南、吉林、黑龙江、安徽、贵州等地 $L(d)$ 值曲线出现峰值较晚,表明在较大的空间观测尺度范围内村庄依然保持较高的聚集程度;天津、广东、福建、新疆、陕西、西藏等省份村庄 $L(d)$ 函数峰值出现相对较早。

(4) 中国村庄空间布局是地形、气候、土壤、植被、水文、交通、人口和经济发展等多重地理要素协同作用、长期影响的结果。村庄数量与密度随坡度增加而逐渐减少或降低,在坡度6°~8°时达到最大值;在海拔0~200 m区域内村庄数量百分比和村庄密度均显著高于其他区域;湿润地区村庄密度普遍高于0.60个/km²;区域年均温在15~19℃时村庄数量最多、密度最大,集聚程度最高;在栽培植被和人为土环境条件下村庄密度相对较高;各级水系周边村庄密度表现为:三级水系>二级水系>一级水系,村庄聚集程度随距河流主干道的距离增加而逐渐降低,在河流主干道200~300 m范围内聚集程度最高;不同类型道路周围村庄密度表现为:高速路>铁路>国道;多数村庄所在地区的人口密度低于0.1千人/km²,这一区域村庄分布最为分散;当地均GDP低于0.5亿元/km²时,村庄密度远低于其他地区。

村庄的形成、分布、规模和发展受到自然条件、人文因素的综合影响,受数据可获得性限制,本文仅分析了中国村庄空间分布规律、集聚特征,以及不同地理分区的村庄空间分布格局,更多的是侧重于影响村庄分布的地理环境要素的剖析,未能全面揭示中国村庄系统的形成机制及其发展演化规律。由于难以获取官方最新的村庄点位数据,本文仅刻画了历史时期中国村庄的空间分布特征,尚未系统探究中国村庄的时空演化规律。在乡村空心化和村庄快速衰退或消亡背景下,亟需系统集成地理大数据、高分遥感影像、地理国情调查、农业普查和人口普查等多源数据,进一步深化中国村庄时空演化格局及其动力机制的系统研究。

城市和乡村是一个有机体、命运共同体^[46-47]。新时期乡村转型与振兴是乡村自然、经济、技术与政策要素交互融合,乡村内聚力与城市外援力交互作用的系统优化过程^[48]。村庄是乡村居民的主要集聚区和乡村地域系统的基本空间载体,在全面推进城乡融合与乡村振兴国家战略背景下,深入研究中国村庄的形成、分布、发展与演化特征,对于揭示乡村发展基本规律、深化乡村地理学理论认知、推进形成中国乡村科学具有重要的理论意义和科学价值。面向乡村振兴国家战略,亟待系统开展中国衰落或衰退乡村成因诊断、地理空间识别、地域类型划分和驱动机理解析,深入探究不同地域类型区衰退乡村实现转型与振兴的动力机制,探明乡村振兴的地域模式与路径,为新时期地理学服务乡村振兴国家战略提供了新机遇,也提出了新挑战。

参考文献(References)

- [1] Jin Qiming. The history and current trend of research on rural settlement geography in China. *Acta Geographica Sinica*, 1988, 43(4): 311-317. [金其铭. 我国农村聚落地理研究历史及现今趋向. *地理学报*, 1988, 43(4): 311-317.]
- [2] Urban and Rural Planning Term Review Committee. *Chinese Terms in Urban and Rural Planning*. Beijing: Science Press, 2020. [城乡规划学名词审定委员会. *城乡规划学名词*. 北京: 科学出版社, 2020.]
- [3] Liu Yansui, Zhou Yang, Li Yuheng. Rural regional system and rural revitalization strategy in China. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2511-2528. [刘彦随, 周扬, 李玉恒. 中国乡村地域系统与乡村振兴战略. *地理学报*, 2019, 74(12): 2511-2528.]
- [4] Li Hongbo, Zhang Xiaolin. A review and trend on rural settlement geography abroad. *Human Geography*, 2012, 27(4): 103-108. [李红波, 张小林. 国外乡村聚落地理研究进展及现今趋势. *人文地理*, 2012, 27(4): 103-108.]
- [5] [Jin Qiming, Dong Xin, Zhang Xiaolin. *Rural Geography*. Nanjing: Jiangsu Education Publishing House, 1990. [金其铭, 董昕, 张小林. *乡村地理学*. 南京: 江苏教育出版社, 1990.]
- [6] Christaller Walter. *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*. Chang Zhengyi, et al. trans. Beijing: The Commercial Press, 1998. [沃尔特·克里斯塔勒. *德国南部的中心地原理*. 常正义, 等, 译. 北京: 商务印书馆, 1998.]
- [7] DeMarco M, Matusitz J. The impact of central-place theory on Wal-Mart. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 2011, 21(2): 130-141.
- [8] Hill M. *Rural Settlement and the Urban Impact on the Countryside*. London: Hodder & Stoughton, 2003: 58-72.
- [9] Njoh A J. Municipal councils, international NGOs and citizen participation in public infrastructure development in rural settlements in Cameroon. *Habitat International*, 2011, 35(1): 101-110.
- [10] Mcgrath B. The sustainability of a car dependent settlement pattern: An evaluation of new rural settlement in Ireland. *The Environmentalist*, 1998, 19(2): 99-107.
- [11] McKenzie P, Cooper A, McCann T, et al. The ecological impact of rural building on habitats in an agricultural landscape. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 101(3): 262-268.
- [12] Bański J, Wesołowska M. Transformations in housing construction in rural areas of Poland's Lublin region-Influence on the spatial settlement structure and landscape aesthetics. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 94(2): 116-126.
- [13] Sevenant M, Antrop M. Settlement models, land use and visibility in rural landscapes: Two case studies in Greece. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 80(4): 362-374.
- [14] Zomeni M, Tzanopoulos J, Pantis J D. Historical analysis of landscape change using remote sensing techniques: An explanatory tool for agricultural transformation in Greek rural areas. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 86(1): 38-46.
- [15] Lin Chao. The discussion of the type of the rural settlements. *Geography*, 1938, 6(1): 17-18. [林超. 聚落分类之讨论. *地理*, 1938, 6(1): 17-18.]
- [16] Wu Chuanjun. *Man-Land Relationship and Economic Layout: Works of Wu Chuanjun*. Beijing: Academy Press, 2008. [吴传钧. *人地关系与经济布局: 吴传钧文集*. 北京: 学苑出版社, 2008.]
- [17] Jin Qiming. *The Rural Settlement Geography in China*. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1989. [金其铭. *中国农村聚落地理*. 南京: 江苏科学技术出版社, 1989.]
- [18] Zhang Bailin, Zhang Fengrong, Zhou Jian, et al. Functional evolution of rural settlement based on micro-perspective: A case study of Hetaoyuan Village in Yishui County, Shandong Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(10): 1272-1279. [张佰林, 张凤荣, 周建, 等. 农村居民点功能演变的微尺度分析: 山东省沂水县核桃园村的实证. *地理科学*, 2015, 35(10): 1272-1279.]
- [19] Ma Wenqiu, He Xin, Jiang Guanghui, et al. Land use internal structure classification of rural settlements based on land use function. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(4): 269-277. [马雯秋, 何新, 姜广辉, 等. 基于土地功能的农村居民点内部用地结构分类. *农业工程学报*, 2018, 34(4): 269-277.]

- [20] Zhang Tianzhu, Zhang Fengrong, Xie Zhen, et al. Spatial pattern evolution of rural settlements in mountainous areas of ethnic minorities in Yunnan Province under background of precise poverty alleviation. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(9): 246-254. [张天柱, 张凤荣, 谢臻, 等. 精准扶贫背景下云南少数民族山区农村居民点空间格局演变. *农业工程学报*, 2019, 35(9): 246-254.]
- [21] Hai Beibei, Li Xiaoqian, Xu Jiawei. Spatio-temporal evolution of rural settlements in Gongyi. *Geographical Research*, 2013, 32(12): 2257-2269. [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. *地理研究*, 2013, 32(12): 2257-2269.]
- [22] Tan Xuelan, Zhong Yanying, Duan Jiannan, et al. The change and driving forces of rural residential area under the background of rapid urbanization: A case study of the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 34(3): 309-315. [谭雪兰, 钟艳英, 段建南, 等. 快速城市化进程中农村居民点用地变化及驱动力研究: 以长株潭城市群为例. *地理科学*, 2014, 34(3): 309-315.]
- [23] Gao Xiaochen, Shi Peiji, Pan Jinghu, et al. Rural residential land consolidation zoning research of oasis region based on coupling relationship: A case of Ganzhou district. *Advances in Earth Science*, 2011, 26(10): 1071-1078. [高小琛, 石培基, 潘竞虎, 等. 基于耦合关系的干旱绿洲区农村居民点整理分区研究: 以张掖市甘州区为例. *地球科学进展*, 2011, 26(10): 1071-1078.]
- [24] Qu Yanbo, Zhang Fengrong, Song Wei, et al. Integrated correction and calculation of rural residential consolidation potential: A case study of Pinggu district, Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(4): 490-503. [曲衍波, 张凤荣, 宋伟, 等. 农村居民点整理潜力综合修正与测算: 以北京市平谷区为例. *地理学报*, 2012, 67(4): 490-503.]
- [25] Yang Ren, Liu Yansui, Chen Yangfen. Comprehensive measure and partition of rural hollowing in China. *Geographical Research*, 2012, 31(9): 1697-1706. [杨忍, 刘彦随, 陈秧分. 中国农村空心化综合测度与分区. *地理研究*, 2012, 31(9): 1697-1706.]
- [26] Long Hualou, Li Yurui, Liu Yansui. Analysis of evolutive characteristics and their driving mechanism of hollowing villages in China. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(10): 1203-1213. [龙花楼, 李裕瑞, 刘彦随. 中国空心化村庄演化特征及其动力机制. *地理学报*, 2009, 64(10): 1203-1213.]
- [27] Liu Yansui, Liu Yu, Zhai Rongxin. Geographical research and optimizing practice of rural hollowing in China. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(10): 1193-1202. [刘彦随, 刘玉, 翟荣新. 中国农村空心化的地理学研究及整治实践. *地理学报*, 2009, 64(10): 1193-1202.]
- [28] Tan Xuelan, Yu Siyuan, Ouyang Qiaoling, et al. Assessment and influencing factors of rural hollowing in the rapid urbanization region: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration. *Geographical Research*, 2017, 36(4): 684-694. [谭雪兰, 于思远, 欧阳巧玲, 等. 快速城市化区域农村空心化测度与影响因素研究: 以长株潭地区为例. *地理研究*, 2017, 36(4): 684-694.]
- [29] Yang Chengbo, Liu Xiuhua. Rural settlements landscape evolution and driving factor in Beibei district of Chongqing. *Mountain Research*, 2017, 35(6): 890-898. [杨成波, 刘秀华. 重庆市北碚区农村居民点用地景观变化及驱动因素分析. *山地学报*, 2017, 35(6): 890-898.]
- [30] Duan Xiaowei, Li Xiaoqian. Spatial differentiation and its influencing factors of settlements evolution in mountainous counties: A case study of Songxian county in western Henan province. *Geographical Research*, 2018, 37(12): 2459-2474. [段小薇, 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. *地理研究*, 2018, 37(12): 2459-2474.]
- [31] Liu Minghao, Dai Zhizhong, Qiu Daochi, et al. Influencing factors analysis and rational distribution on rural settlements in mountains region. *Economic Geography*, 2011, 31(3): 476-482. [刘明皓, 戴志中, 邱道持, 等. 山区农村居民点分布的影响因素分析与布局优化: 以彭水县保家镇为例. *经济地理*, 2011, 31(3): 476-482.]
- [32] Jiao Beibei, Shi Peiji, Liu Chunfang, et al. The distribution of rural settlements in relation to land form factors in low hilly land on the Loess plateau. *Resources Science*, 2013, 35(8): 1719-1727. [焦贝贝, 石培基, 刘春芳, 等. 黄土高原低山丘陵区农村居民点分布与地形因子关系研究: 以兰州市七里河区为例. *资源科学*, 2013, 35(8): 1719-1727.]
- [33] Chen Zongfeng, Li Yurui, Liu Yansui. Distribution pattern characteristic and type classification of rural settlements in loess hilly-gully region. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(14): 266-274. [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. *农业工程学报*, 2017, 33(14): 266-274.]
- [34] Zheng Wensheng, Jiang Yupei, Luo Jing et al. The spatial distribution and pattern optimization of rural settlements in plain water area: A case of Gong'an, Hubei. *Economic Geography*, 2014, 34(11): 120-127. [郑文升, 姜玉培, 罗静, 等. 平原水乡乡村聚落空间分布规律与格局优化: 以湖北公安县为例. *经济地理*, 2014, 34(11): 120-127.]
- [35] Zhou Ning, Hao Jinmin, Meng Peng, et al. Layout optimization for county rural residents in Huang-Huai-Hai plain area and its remediation strategies. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(7): 256-263. [周宁, 郝晋珉, 孟鹏, 等. 黄淮海平原县域农村居民点布局优化及其整治策略. *农业工程学报*, 2015, 31(7): 256-263.]
- [36] Tan Xuelan, Zhang Yansi, Tan Jie, et al. Study on the spatial evolution characteristics and influence factors of rural

- residential area in the south of Yangtze River: A case study of Changsha. *Human Geography*, 2016, 31(1): 89-93. [谭雪兰, 张炎思, 谭洁, 等. 江南丘陵区农村居民点空间演变特征及影响因素研究: 以长沙市为例. *人文地理*, 2016, 31(1): 89-93.]
- [37] Liu Yansui. Rural transformation development and new countryside construction in eastern coastal area of China. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(6): 563-570. [刘彦随. 中国东部沿海地区乡村转型发展及新农村建设. *地理学报*, 2007, 62(6): 563-570.]
- [38] 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. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 33(1): 45-51. [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. *地理科学*, 2013, 33(1): 45-51.]
- [39] Chen Yonglin, Xie Binggeng. The spatial evolution and restructuring of rural settlements in Jiangnan hilly region: A case study in South Jiangxi. *Geographical Research*, 2016, 35(1): 184-194. [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. *地理研究*, 2016, 35(1): 184-194.]
- [40] Li Xiaokun, Li Zhongfeng, Feng Min. Analysis of rural settlements spatial distribution pattern in Chongqing three gorges reservoir area. *Research of Soil and Water Conservation*, 2013(20): 243-252. [李孝坤, 李忠峰, 冯敏. 重庆三峡库区乡村聚落空间分布辨析. *水土保持研究*, 2013(20): 243-252.]
- [41] Long Hualou, Li Yurui, Liu Yansui. Analysis of evolutive characteristics and their driving mechanism of hollowing villages in China. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(10): 1203-1213. [龙花楼, 李裕瑞, 刘彦随. 中国空心化村庄演变特征及其动力机制. *地理学报*, 2009, 64(10): 1203-1213.]
- [42] Zhou Guohua, He Yanhua, Tang Chengli, et al. Dynamic mechanism and present situation of rural settlements evolution in China. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(4): 515-524. [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. *地理学报*, 2011, 66(4): 515-524.]
- [43] Zhou Yang, Guo Yuanzhi, Liu Yansui. Areal types and their development strategies of rural areas in China. *Geographical Research*, 2019, 38(3): 467-481. [周扬, 郭远智, 刘彦随. 中国乡村地域类型及分区发展途径. *地理研究*, 2019, 38(3): 467-481.]
- [44] Yang Ren, Liu Yansui, Long Hualou, et al. Spatial distribution characteristics and optimized reconstructing analysis of rural settlement in China. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 36(2): 170-179. [杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 等. 中国村庄空间分布特征及空间优化重组解析. *地理科学*, 2016, 36(2): 170-179.]
- [45] Beijing Lingtu Software Technologies Ltd. China Electronic Map [CD]. Beijing: People Traffic Audiovisual Electronic Press, 2012. [北京灵图软件技术有限公司. 中国电子地图[CD]. 北京: 人民交通音像电子出版社, 2012.]
- [46] Liu Yansui. Research on the urban-rural integration and rural revitalization in the new era in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4): 637-650. [刘彦随. 中国新时代城乡融合与乡村振兴. *地理学报*, 2018, 73(4): 637-650.]
- [47] Liu Yansui, Li Yuheng. Revitalize the world's countryside. *Nature*, 2017, 548(7667): 275-277.
- [48] Liu Yansui. The basic theory and methodology of rural revitalization planning in China. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(6): 1120-1133. [刘彦随. 中国乡村振兴规划的基础理论与方法论. *地理学报*, 2020, 75(6): 1120-1133.]
- [49] Liu Yansui, Lu Shasha, Chen Yufu. Spatio-temporal change of urban-rural equalized development patterns in China and its driving factors. *Journal of Rural Studies*, 2013, (32): 320-330.
- [50] Liu Yansui, Chen Cong, Li Yurui. Differentiation regularity of urban-rural equalized development at prefecture-level city in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2015, 25(9): 1075-1088.
- [51] Wang Geng, Li Sujuan, Ma Qifei. Spatial equilibrium and pattern evolution of ecological civilization construction efficiency in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(11): 2198-2209. [王耕, 李素娟, 马奇飞. 中国生态文明建设效率空间均衡性及格局演变特征. *地理学报*, 2018, 73(11): 2198-2209.]
- [52] Fu Qiang, Zhu Yunqiang, Sun Jiulin, et al. Spatial patterns and gravity centers curve of livestock and poultry breeding in China. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(10): 1383-1398. [付强, 诸云强, 孙九林, 等. 中国畜禽养殖的空间格局与重心曲线特征分析. *地理学报*, 2012, 67(10): 1383-1398.]
- [53] Wang Shijun, Hao Feilong, Jiang Lili. Locations and their determinants of large-scale commercial sites in Changchun, China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(6): 893-905. [王士君, 浩飞龙, 姜丽丽. 长春市大型商业网点的区位特征及其影响因素. *地理学报*, 2015, 70(6): 893-905.]
- [54] Liu Dajun, Hu Jing, Chen Junzi, et al. The study of spatial distribution pattern of traditional villages in China. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(4): 157-162. [刘大均, 胡静, 陈君子, 等. 中国传统村落的空间分布格局研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(4): 157-162.]
- [55] Liu Yansui, Zhang Ziwen, Wang Jieyong. Regional differentiation and comprehensive regionalization scheme of modern agriculture in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(2): 203-218. [刘彦随, 张紫雯, 王介勇. 中国农业地域分异与现代农业区划方案. *地理学报*, 2018, 73(2): 203-218.]

The spatial distribution characteristics and influencing factors of Chinese villages

ZHOU Yang^{1,2,3}, HUANG Han^{1,2,3}, LIU Yansui^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. Center for Assessment and Research on Targeted Poverty Alleviation, CAS, Beijing 100101, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Village is the object of rural governance and revitalization. It is of great scientific value to carry out the research on the spatial distribution characteristics and influencing factors for comprehensively promoting the implementation of the rural revitalization strategy. This study systematically integrated the multi-source data such as the longitude and latitude coordinates of the village, geo-environment, traffic conditions and socio-economic level, and comprehensively applied spatial analysis, kernel density estimation and Ripley's K-function to describe the spatial distribution characteristics of Chinese villages and identify the influencing factors of village spatial differentiation. The results demonstrated that the evolution of villages follows the life cycle laws of formation, development, stability, decline, and revitalization, which is affected by the natural geographical environment and human, social, and economic factors. The speed, intensity, direction, and outcome of village evolution vary across regions over time. Further analysis results showed that the distribution density of villages in China is 0.353 per square kilometer. Overall, the number of villages in China is larger in the south than in the north, and larger in the east than in the west, and characterized by agglomeration in the southeast and dispersion in the northwest. Villages are most densely distributed in the middle and lower reaches of the Yangtze River and the Huaihe River Basin. With Hu's line as the boundary, the density of villages in the southeast is higher than that in the northwest. The Moran indexes of the kernel density of villages on the scales of province, county and township are 0.580, 0.861 and 0.910, respectively, showing obvious spatial aggregation characteristics. The spatial distribution of villages in each province presents an inverted U-shaped pattern, and the difference is obvious between provinces. The distribution pattern of Chinese villages is the result of the interactive coupling of geographical environment, location conditions, and social and economic factors. The spatial distribution of Chinese villages is relatively concentrated under the conditions of a slope of 6°-8°, an altitude of less than 200 m, rainfall of 1100-1200 mm, average annual temperature of 15-19 °C, and anthropogenic soil and cultivated vegetation. The spatial distribution of villages is clustered along roads and rivers. The density of villages in the buffer zone of 100-300 m around roads and rivers is the largest, and gradually decreases as the buffer distance increases. Under the background of comprehensively promoting the strategy of rural revitalization, it is urgent to systematically analyze the causes and dynamic mechanism of rural recession, identify the geographical distribution and types of declining villages, and explore the feasible ways and regional models of rural revitalization.

Keywords: village; spatial distribution; influencing factors; rural regional system; rural revitalization; rural geography