

何青松, 查莹莹. 中国县域乡村人口收缩的空间识别及驱动机制: 基于斑块尺度的研究[J]. 华中农业大学学报, 2024, 43(6): 39-52.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2024.06.005

中国县域乡村人口收缩的空间识别及驱动机制: 基于斑块尺度的研究

何青松, 查莹莹

华中科技大学公共管理学院, 武汉 430074

摘要 分析县域乡村地区收缩空间格局差异及其影响因素, 为剖析县域内人地关系、促进资源高效集约利用提供实证依据及科学指导。利用农村居民点的居民点图斑和高分辨率人口分布数据 LandScan 等具体地理信息数据, 创新性地构建人口收缩指数指标, 以此来系统性检测 2000—2020 年我国农村居民点在斑块尺度上的人口密度动态变化情况, 并全面分析全国 2 847 个县域范围内农村居民点人口收缩的空间分布特点。结果显示: 收缩斑块在淮河流域突出集中, 西部地区居民点以轻度收缩为主, 东部沿海居民点多为重度收缩。在县域层面, 乡村人口收缩现象显示出显著的地域差异性, 形成了“两带多集聚区”的空间格局特征, 不同行政区划类型的县(市)呈现出差异化的人口收缩特性。城镇化水平(UR)、教育服务水平(EDU)、农业机械化水平(ARG)是我国县域乡村内部收缩最显著的 3 个影响因素。交互作用层面, 教育服务水平和农村收入水平的组合作用解释力最强。

关键词 乡村收缩; 斑块尺度; 空间格局; 地理探测器

中图分类号 TU982.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2024)06-0039-14

当前我国城乡结构转化加速推进, 城镇化进程加快, 城镇人口总量稳步增长, 城镇化质量和覆盖范围显著提升。截至 2023 年底, 我国常住人口城镇化率已达 66.16%, 快速城镇化和工业化进程驱动了我国乡村地域的巨大变化, 在此过程中, 城乡差距不断扩大, 乡村人口大量涌入城镇转化为城镇人口, 同时城市空间扩张的需求挤压了乡村空间, 进一步加速乡村人口的流失。数据显示, 2015—2023 年乡村人口的负增长早于全国人口负增长 25 a。1995 年以来, 乡村人口累计减少约 3.7 亿人, 同时村庄用地面积远大于城市, 但城市人口多于农村, 城乡人口与建设用地的错配和供需不对称导致“人减地增”悖论、乡村空心化、宅基地闲置与空间混乱等人地关系失衡问题。2024 年中央一号文件指出, 未来的乡村建设要根据人口变化来推进, 提出“适应乡村人口变化趋势, 优化村庄布局、产业结构、公共服务配置”要求。

历史上我国农村建设用地建设和发展缺乏统一

的科学规划, 存在较为严重的闲置和粗放利用现象。《乡村振兴用地政策指南(2023 年)》指出, 要通过积极盘活存量等举措提高基层用地管理水平, 积极推进居民点集约化管理, 倡导乡村空间重构。乡村社会经济结构经历深刻变革过程中, 在内部结构面临转型、乡村人口持续减少的趋势前提下, 人口并非在空间上均匀减少。现实中存在着村庄之间的分化, 产业基础和人居环境良好的村庄可能会吸引人口流入, 人口出现增加态势, 更多村庄因为人地资源的重新分配而出现大量空闲土地, 内部结构“空心化”仍是当前农村居民点用地结构演变的主要方向^[1]。

我国正从“乡村中国”迈向“城乡中国”, 实践中, 城市的边界拓展与治理体系配置某种程度上也倒推乡村人口重构。城镇化水平较高的大都市面临发展建设用地短缺困境的同时, 郊区乡村大块建设用地人口流出严重, 土地低效利用, 面临城乡用地结构难题。另外城市扩张过程中大量乡村被卷入城市建成区, 这些区域通过集中居住、村庄撤并以实现公共服

收稿日期: 2024-06-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(42371424; 42001334); 湖北省自然科学基金项目(2023AFB630)

何青松, E-mail: baihua2013@163.com

通信作者: 查莹莹, E-mail: 1512265596@qq.com

务一体化,一些村庄总体上人数变化不大甚至增长,但往往内部出现比例较高的局部收缩区域,这些地区的乡村收缩并非仅发生在经济落后省份,也常出现在经济较好的区域,其背后是要素重构引发的区域人口重新分布^[2],这些局部收缩地块往往难以侦测。因此,从空间和程度上识别出这些乡村局部收缩,明晰居民点系统的用地结构,为政府合理匹配乡村人居环境资源、城乡融合发展战略实现具有重要意义。

乡村收缩是一个复杂且多维度的现象,地理学界关于乡村收缩的识别和驱动已有大量研究。西方发达国家在经历城市化后率先出现乡村人口自然收缩,提出收缩概念,ESCAPE报告定义收缩区域为长期(至少一代人)内人口显著减少的地区,特别指出收缩乡村为至少20年人口持续流失的地区^[3]。国内学者对于收缩研究侧重于城市收缩的探讨,在城市收缩领域已有较为成熟的研究脉络,但对乡村收缩系统性的理论与实践的探究相对薄弱。刘振等^[4]首次将人口收缩概念由城市延伸至乡村领域,定义收缩为具有独立社会经济体系的区域在特定时间段内出现总人口、劳动力或家庭数量持续下滑的状态。

在乡村收缩识别测度上,目前尚未形成统一标准,主要集中于人口与空间2个维度。乡村人口流失作为乡村收缩的基本表征,主要是通过人口变化进行识别,具体指标有人口转移率、老龄化程度、常住人口比重。相关研究^[5-7]中还着眼于空心化视角,认为农村人口空心化作为乡村收缩的核心表现形式,是衡量我国乡村人口收缩状况的重要指标^[4]。还有研究将乡村人口减少引发的社会经济衰退、村庄空心化等诸多内涵统称为乡村收缩现象^[8]。然而,空心化更加强调人口流失过程中的农村系统内部衰败^[9],乡村收缩强调收缩作为农村发展的必然趋势,其色彩相对更为中性。空间维度上,赵民等^[10]率先提出相对于城市“精明拓展”的乡村空间“精明收缩”,基于农村人居空间界定收缩类型。由于传统建设用地面积指标难以反映实际收缩情况^[11],这部分研究更多聚焦农村空间收缩,探究乡村人口与土地间的动态关系^[12]。此外研究大多单一集中于乡村居民点用地空间分布格局变化。乡村空间之所以区别于自然空间,在于其将“人”作为空间表征的核心特征,抽象乡村空间的内涵也不能脱离人对地理环境的作用逻辑^[13],人口始终作为关键维度识别和测度乡村收缩。

国内外学者还重点关注乡村人口收缩的分布格

局。研究尺度上,李玉红等^[14]发现省域层面整体上各地村庄人口流失现象普遍存在,但内部存在较大差异。中观上,黄河流域^[15]、黄土高原地区^[16]等已有研究涉及。微观上,学者们从县域尺度和乡镇进行数据收集和案例分析^[8,17]。驱动因素上,自然禀赋是乡村收缩的重要原因,如行政村海拔、地面坡度^[5]。还有学者从经济角度讨论乡村集聚经济的减少降低了区域工资、收入减少引起人口流出^[18],县域经济增长疲软、就业岗位不足^[19]、区域间经济发展不平衡^[20]对乡村收缩也有诱发作用。社会层面,生育率^[21]和农民家庭结构变化^[22]为乡村收缩提供了人口基础,基础设施恶化、环境污染和公共服务供给的不充分^[19]是乡村人口收缩的重要推力,家庭资源禀赋和村庄发展状况间接加剧乡村收缩^[23]。

目前相关研究已经取得一定进展,但仍存在尚待补充之处。一方面,大多数乡村人口研究集中在省市县域等宏观尺度上,用统计数据进行区域整体上的判定,不能完全真实反映乡村人口流动的事实,缺乏空间单元内部更为细致的特征及格局探讨。另一方面,基于个体案例研究虽多,但在统一框架下进行深入系统研究的尝试较少,各地区研究的时间和数据跨度不一,导致难以直接比较,也无法准确、全面地揭示我国农村在哪些区域正经历何种程度的人口收缩现象,以及其内在的收缩动力机制。

本研究设计了一个基于斑块尺度的分析框架,选取全国范围内的县级行政单元作为核心研究对象,通过构建一套专门用于乡村收缩度量的标准指标体系以识别乡村人口由密集向稀疏转变的过程,量化农村空心化的发展状况。旨在利用县域在我国城乡转型中的独特作用,弥补既有研究因统计口径多样性和城乡合并讨论所导致的分析不足,更全面地揭示农村内部人口收缩趋势的地域差异性,并预测县域内部可能出现严重人口流失的“空心点”,为乡村治理提供县级空间层面的实证依据。

1 材料与方法

1.1 研究数据及处理

本研究选择中国大陆范围内的2847个县级行政区作为基本的研究单元,但因数据完整性问题,未涵盖港澳台地区、西藏自治区、新疆维吾尔自治区以及部分民族自治县。使用的空间数据资源包括:无修改底图基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1822号的标准地图制作,行政区域界线

数据从国家基础地理信息系统网站(<http://www.ngcc.cn>)获取。人口密度格网数据来源于美国橡树岭国家实验室(ORNL)构建的LandScan全球人口动态统计分析数据库(<https://landscan.ornl.gov/landscan-datasets>),LandScan数据集集成遥感、GIS和经济社会多个数据源,使用多比例方法精确分配至网格像元,是目前最准确可靠的人口动态统计分析数据^[24-25],其空间分辨率为1 km,能够提供统计数据无法获得的信息,相对于其他网格化人口数据集,高度建模的LandScan在空间精细度和估计误差方面表现更好,且倾向于揭示城市郊区的道路、定居点和小城镇或农村的变化,在山区和低人口密度地区性能优于其他数据集^[26],基于此获得2000—2020年的人口密度数据。土地利用数据则来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),该数据集在建设用一级分类下进一步划分为城镇(城镇建设用地)、农村居民点(农村建设用地)和其他建设用地。因此,本研究的农村居民点与农村建设用地含义一致,基于此获得农村居民点即农村建设用地的空间分布信息。另外,为了全面剖析影响人口分布及变化的社会经济背景因素,研究还引用《中国县域统计年鉴》《中国城市统计年鉴》中的相关县级数据,选择县级数据来源,主要是考虑到:县域尺度能够综合反映乡村地区的社会、经济和环境特征,能够提供一全面分析乡村人口收缩的空间框架。另外县域数据的连续性和可比性强,有助于我们进行长期趋势分析和跨区域比较,以此补充和完善对研究区域内社会经济状况的理解和分析。

在定义“收缩”区域时,参考ESCAPE政策报告的标准,相较于短期或小规模的人口变动,乡村收缩现象更强调长期性和代际传递性的影响。乡村收缩是一个由多重因素交织而成的复杂现象,人口的流失综合反映出乡村在经济、社会、环境等方面的困境,是乡村的重要识别和测量维度。LandScan人口数据库利用地理信息系统技术和密度区分模型对人口普查数据进行精细化处理和估算,具有高度精确性,综合反映了与经济活动如就业、交通等因素相关的空间格局^[27],利用LandScan人口数据库作为识别乡村收缩现象的基础依据,对于揭示乡村收缩态势具有较强的解释力和重要的研究价值。

在对人口密度栅格数据进行初步处理的基础上:①基于2000年和2020年土地利用数据,提取出期间一直存在的农村居民点用地,将其转为30 m×

30 m的栅格,并将农村居民点栅格数据转成点要素。②将农村居民点用地图层和2000—2020年多期LandScan人口栅格数据图层进行叠加,通过ArcGIS值提取至点工具,得到每个矢量点的当年人口密度数据。③进一步统计农村居民点所覆盖矢量点的平均人口密度,得到每个农村居民点用地斑块的人口密度数据共计21期,计算每个斑块上21个人口密度值的变化趋势作为农村居民点是否收缩的依据。最后将农村居民点图斑和县边界相交,汇总到县以得到基于斑块尺度县级层面的数据。本研究仅关注并分析2000—2020年始终存在的766 325个居民点斑块,而不涉及在这段时间内新增或消失的斑块,原因在于只有持续存在的人口分布斑块才有利于连续地分析人口变化过程及收缩情况,同时更能反映人地特征。

1.2 研究方法

1)收缩县域识别及收缩程度判定。采用较长时序内的人口密度变化趋势作为评价指标,定量反映人口时间演化,通过计算斑块尺度上人口随时间变化的回归斜率,定义其为区域收缩指数,趋势斜率采用最小二乘法计算,公式如下:

$$K = \theta_{\text{slope}} = \frac{n \sum_{i=1}^n i x_i - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n i^2 - \left(\sum_{i=1}^n i \right)^2} \quad (1)$$

式(1)中: K 为人口密度变化趋势线的斜率; n 为研究时间,本研究为21 a; x_i 为第 i 年的农村居民点人口密度值。根据人口绝对收缩的概念,若 $K < 0$ 则表明该区域人口呈减少趋势,即呈现收缩状态,且 K 的绝对值越大,说明该区域人口收缩的程度越严重。反之,则为增长趋势,未出现人口收缩。分位数分级法可以避免数据的极端值对分析结果的影响,从而更加准确地反映收缩斑块的真实情况,按照分位数法将所有斑块的收缩指数分为轻度收缩区($-1.01 \leq K < 0$);中度收缩区($-3.51 \leq K < -1.01$);重度收缩区($-2\ 364.5 \leq K < -3.51$)。

为能准确地对各县域单元的全局收缩程度进行测算,需要考虑到全部居民点斑块在县域整体收缩程度的作用。因此,对所有斑块按照面积加权求和的计算方法,分别求取各县域下收缩斑块的加权平均收缩指数 K_{Mean} ,公式定义如下:

$$K_{\text{Mean}} = \sum_{i=1}^n \left(K_i \times \frac{a_i}{C_A} \right) \quad (2)$$

式(2)中: K_{Mean} 为各县域面积加权平均 K 值, K_i

为该县域单元下第*i*个农村居民点斑块的*K*值, a_i 为该县第*i*个农村居民点斑块的面积, C_A 为该县所有农村居民点斑块的总面积。

2)景观格局分析。景观格局是指大小和形状不同的景观要素在空间上的排列,景观指数能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置特征。收缩斑块复杂多样,为识别收缩斑块的空间分布特征,利用景观格局分析方法分析农村收缩形态,捕捉乡村建设用地收缩发展过程中的形态特征与空间异质性。景观格局分析分为斑块水平、类型水平和景观水平3个层次,本研究选择指数斑块面积(CA)、斑块数量(NP)和斑块所占景观面积比例(PLAND)3个景观指数对县域乡村收缩建设用地进行形态分析。进一步进行基于收缩斑块占比的收缩县域识别,在对各区域收缩斑块面积加总求和后,通过公式(3)求得该区域的收缩比*Y*。

$$Y = \frac{A_i}{C_A} \quad (3)$$

式(3)中:*Y*是 A_i 与 C_A 的比值, A_i 为第*i*个县域单元下全部具有收缩趋势(即 $K < 0$)的居民点斑块加总面积, C_A 为该县域单元下农村居民点斑块面积的总和。根据收缩农村居民点面积占全县总农村居民点面积的比例结果判断中国2 847个县域内部乡村收缩程度,占比越大则该县域乡村内部收缩越普遍。因此,本研究的县域乡村收缩特指县域内居民点的内部收缩。

3)探索性空间数据分析。采用全局Moran's *I*探索我国县域内部收缩水平是否存在空间关联,用于表现出各县域间的空间依赖性,采用局部Moran's *I*反映县域收缩水平高值和低值聚集的具体区域,观测空间依赖情况。Getis-Ord G_i^* 用于计算统计学意义上的热点和冷点,反映我国县域乡村收缩水平的空间差异。全局空间自相关。计算中国县域乡村收缩全局空间自相关系数*I*值,分析区域总体的空间关联度和空间差异程度。*I*值越大表明研究区域空间自相关性越强,其值越小则表示区域收缩指数的空间离散性越强,如式(4)所示。

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j}} \quad (4)$$

局部空间自相关。选择局部指标(LISA)图进行全国范围局部空间自相关的判定。基于收缩面积计算结果,以及全国范围内各县域研究单元的局部空

间自相关系数,判断各研究单元与所邻研究单元的空间关系模式^[28]。

$$L_i = (x_i - \bar{x}) \frac{\sum_{j=1}^n W_{i,j} (x_j - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \quad (5)$$

式(4)~(5)中,*n*是总体容量,即研究县域单元的数量; x_i 是第*i*个县域单元内收缩面积占比; x_j 是第*j*个县域单元内收缩面积占比; \bar{x} 是所研究县域单位收缩面积占比的均值; $W_{i,j}$ 是空间邻接矩阵。

4)最优参数地理探测器。因子探测器作为地理探测器的最主要部分,主要用来探测人口收缩状态的空间异质性和不同因子对人口收缩状态空间分异性的解释程度,其大小用*q*值衡量,根据*q*值大小可看出各因子对乡村收缩的影响程度,能够判断导致县域乡村收缩的主导因子,其表达式如式(6)所示。

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (6)$$

式(6)中:*q*是各因子对乡村收缩的解释力;*q*值越大表明空间异质性越强,因子影响程度越高;*L*是分层数; N_h 和 σ_h^2 分别是第*h*个区域内的单元数量与方差; $h=1,2,3\cdots$ 。

2 结果与分析

2.1 基于斑块指数的收缩趋势识别

基于2000—2020年持续存在的建设用地,通过收缩指数计算结果可提取出具有持续收缩趋势的农村建设用地,选取景观格局指数斑块面积(CA)、斑块数量(NP)与斑块类型面积占比(PLAND)对县级单元乡村收缩进行空间分析,进一步挖掘县域内部乡村收缩地块的形态特征。从斑块层次来看,2000—2020年,持续存在的农村建设用地斑块共计766 325个(不含港澳台),总面积为96 254.29 km²,其中有352 720个居民点斑块呈现持续收缩状态,收缩斑块总面积为44 088.89 km²,其中收缩斑块数量占比为46%,收缩斑块面积总占比为45.8%,表明收缩现象在我国乡村广泛发生。

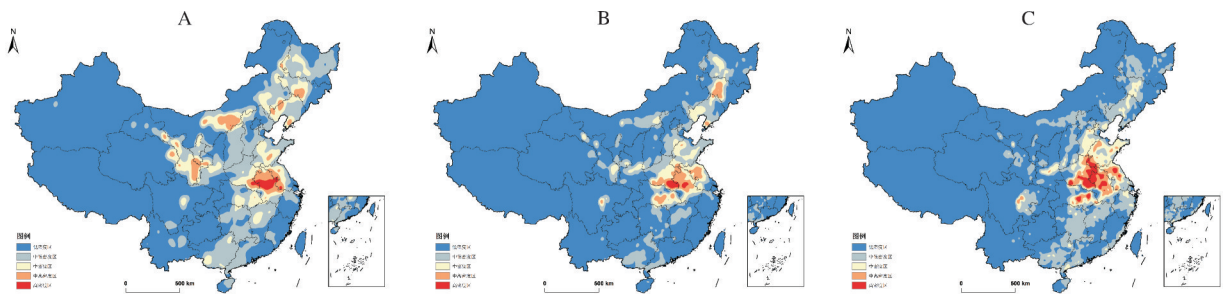
基于收缩类型可进一步识别出全国范围内3种级别收缩斑块类别:重度和中度收缩居民点斑块各117 572个,轻度收缩居民点斑块117 576个。核密度综合考虑斑块数、斑块面积和斑块间距离,能较好地反映农村居民点的空间分布特征^[29],通过ArcGIS将各级收缩居民点图斑要素转点后进行斑块数量(NP)

核密度分析,基于自然断点法将核密度分析结果分为5个等级,探讨3类收缩居民点斑块数量的空间聚集状况,结果如图1所示。图1表明,不同农村居民点收缩程度呈现不明显的空间分异,整体上都呈现出东密西疏的空间格局,收缩斑块大多集中分布于胡焕庸线东侧,以淮河流域高值集中最为显著。

轻度收缩居民点属于多中心分散型,主要分布于华北、东北、华东地区(图1A),其中以华东地区安徽省及其与江苏、河南交界地区最为集聚,另外在内蒙古自治区中部、甘肃省东南部、辽宁省、吉林省、山东省也有小范围集聚。农村居民点轻度收缩核心沿胡焕庸线两侧都有分布,总体分布范围较广,在河南省信阳及驻马店,安徽省的阜阳、六安、淮南、合肥、滁州,以及江苏省淮安、南京、常州等城市出现高密度分布区。中度收缩居民点核密度分布较为集中,主要分布于胡焕庸线东侧的华北、东北、华东地区

(图1B),在吉林、安徽、江苏、河南、湖北等地有团状核心聚集,在河南省的信阳、驻马店和安徽省的合肥、六安、淮南等地出现高密度区。重度收缩居民点斑块核心点明显,与轻度和中度收缩居民点的分布存在较大的一致性,主要集中在淮河流域,在长江中下游流域也有少量重度收缩核心点(图1C)。沿胡焕庸线东侧的河南、山东、安徽、江苏、湖北等省份地区成为重度收缩居民点存在的聚集区,高密度区主要出现于这些省份,分布范围较广。

上述结果表明,中国收缩农村居民点主要集中于华北平原至长江中下游平原之间,总体处于东部靠近沿海地区,这表明随着经济的发展,城市汲取巨大部分发展资源,乡村的发展面临人口、资金、土地方面的约束,经济发达地区农村居民点更容易面临与建成区扩张需求的竞争矛盾,这导致了大量的乡村居民涌入城市,带来乡村人口的流动变化。



A. 轻度收缩 Mild shrinkage; B. 中度收缩 Moderate shrinkage; C. 重度收缩 Severely contracted.

图1 全国各级别收缩农村数量核密度空间分布

Fig.1 Spatial distribution of shrinking rural number kernel densities at all levels in the country

将斑块尺度面积(PA)汇总到县级行政单元进行结果分析,利用收缩居民点斑块面积县域加总数据,绘制2000—2020年县域收缩居民点斑块总面积分布图(图2),总体来看,县域收缩斑块总面积分布和县域收缩程度分布较为一致,高值区在华北北部内蒙古自治区以及西北地区甘肃和宁夏等省域内,整体聚集于黄河中上游地。地处华东地区长江中下游平原的安徽、江苏,以及周边省份山东、河南、湖北也出现较大范围高值聚集区;东北地区东北平原周围出现高值块状密集区。另外,华南地区北部湾琼州海峡附近也出现部分收缩总面积高值区。

进一步对各斑块类型总面积(CA)进行空间格局分析,运用ArcGIS中的Jenks自然断裂点分级功能对分区统计后的县域重度、中度、轻度收缩居民点的面积数据进行空间分类(图3)。中国重度收缩居民点空间分异大体上与胡焕庸线相符,呈现明显的东南-西北分异格局。从空间分布来看,以胡焕庸线

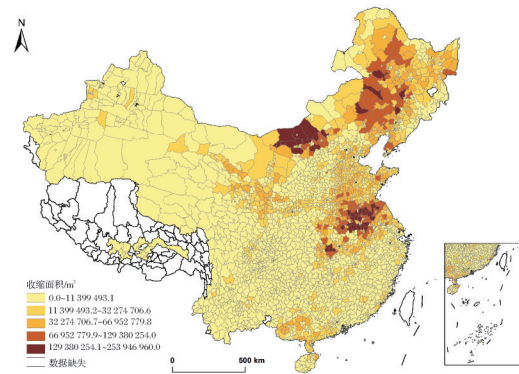


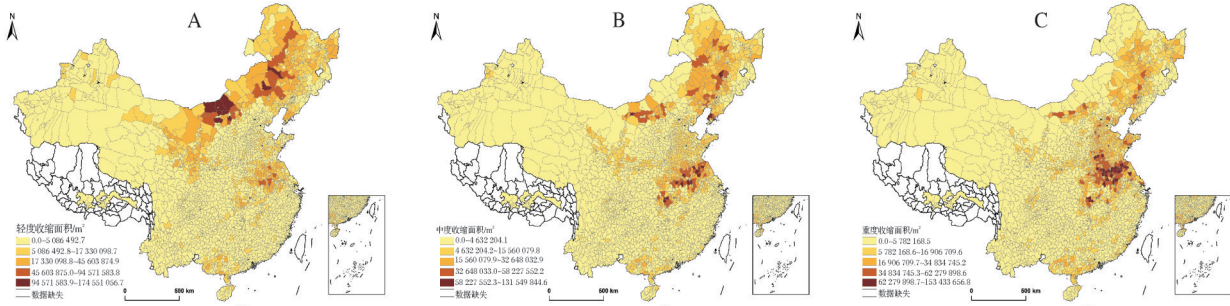
图2 中国县域人口收缩斑块总面积分布

Fig.2 Distribution of total area of county population shrinkage patches in China

为界,重度收缩区面积高值区主要集中在胡焕庸线以东的东北、华北、华中和华南地区,以华东北部的淮河流域和华中东北部的河南、湖北(天门、仙桃)最为凸显,另外在华南地区也有部分高值区集聚。表明该区域收缩指数普遍偏大,2000—2020年居民点

斑块人口密度下降显著。从县域轻度收缩面积分布高值区来看,轻度收缩高值区主要集中在内蒙古、甘肃以及宁夏,在空间上呈现出集中连片分布的特点,同时在华东地区中部的安徽省和江苏西部形成了小范围的高值区。中度收缩面积高值县域集中分布在

华中地区的武汉中部、河南东南部,以及华东地区的安徽北部和江苏北部;在东北地区出现大范围块状分布,另外在华北、内蒙古地区也有小范围块状聚集。县域重度收缩面积分布高值区主要分布于河南、安徽、江苏、湖北等省份。



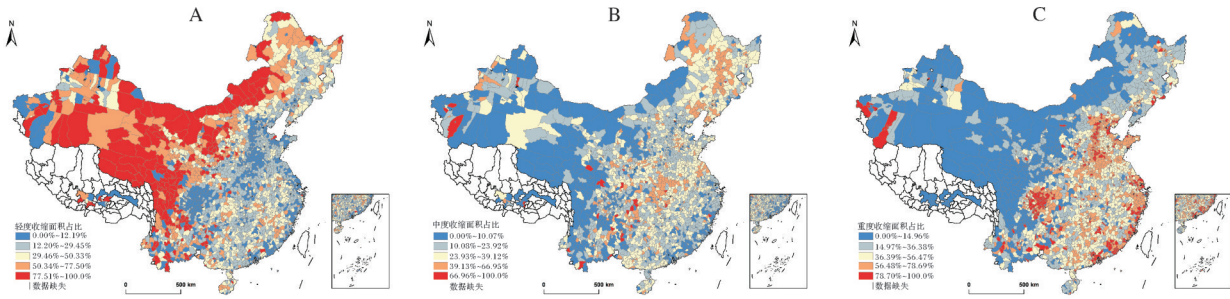
A. 轻度收缩 Mild shrinkage; B. 中度收缩 Moderate shrinkage; C. 重度收缩 Severely contracted.

图3 中国县域各级别人口收缩总面积分布

Fig.3 Distribution of total area of population shrinkage at all levels of counties in China

斑块类型面积占比(PLAND)能够反映各县级景观的收缩比例丰度,计算各类型收缩斑块占总收缩斑块的百分比,可反映我国县级单元下乡村收缩的发生程度,图4表明,以内蒙古、新疆为主的西部地区

乡村收缩主要以轻度收缩(图4A)为主,大部分地区内部轻度收缩占收缩的半数以上;东北地区乡村人口收缩主要以中度收缩为主(图4B);中部及东南沿海地区内部乡村收缩发生多为重度收缩(图4C)。



A. 轻度收缩 Mild shrinkage; B. 中度收缩 Moderate shrinkage; C. 重度收缩 Severely contracted.

图4 中国县域单元收缩斑块类型面积占比分布

Fig.4 Distribution of area share of shrinkage patch types of county units in China

县域乡村收缩比和斑块收缩面积密切相关,县域乡村收缩比均受到轻度、中度、重度收缩面积总和和区域农村居民点面积的影响。因此,基于斑块收缩面积能进一步识别地区收缩强度。利用多测度进行空间分布特征分析有两方面的优点:一是多测度对全国范围内收缩趋势的识别更加全面和准确,二是一定程度上能丰富单一收缩指数解释的局限性。

2.2 基于收缩比的县域内部收缩空间态势

1) 乡村内部收缩的空间分布格局。县域作为稳定治理单元,是连接城市和乡村的桥梁,也是推进城乡融合发展的重要平台,更是评价乡村空间的成熟尺度。将斑块尺度汇总到县域单元,根据收缩居民点斑块面积占县域居民点斑块面积的比值,可以识

别出县域内部乡村收缩结果,基于自然断点将其分为局部收缩、相对收缩和整体收缩。2000—2020年,我国2847个县级行政区中有77%的县域存在不同程度的乡村收缩,其中局部收缩县域935个、相对收缩县域810个、整体收缩县域456个(表1)。乡村收缩存在明显的空间分异,县域尺度呈现“两带多聚点”的空间特征(图5)。“两带”主要指乡村收缩县域集中分布于以川渝黔地区、湖北、安徽和江苏为主的长江经济带,以及内蒙古、甘肃、宁夏、青海东部连片带状地区,“多聚点”指广西、浙江、福建以及广东东部存在的整体收缩县域聚集地区。这部分地区县域内部乡村收缩区域较广,收缩比例较高,大部分农村居民点呈现或高或低一定程度的收缩态势,可能与

表1 2000—2020年中国乡村收缩县域识别结果

Table 1 Identification results of shrinking counties in rural China from 2000 to 2020

收缩居民点斑块占比/% Percentage of shrinking settlement patches	收缩程度 Degree of shrinkage	收缩型县域数量 Number of shrinking counties	占比/% Proportion
0.00~18.99	非收缩 No shrinkage	646	23
19.00~40.74	局部收缩 Local shrinkage	935	33
40.75~64.56	相对收缩 Relative shrinkage	810	28
64.57~100.00	整体收缩 Integrated shrinkage	456	16

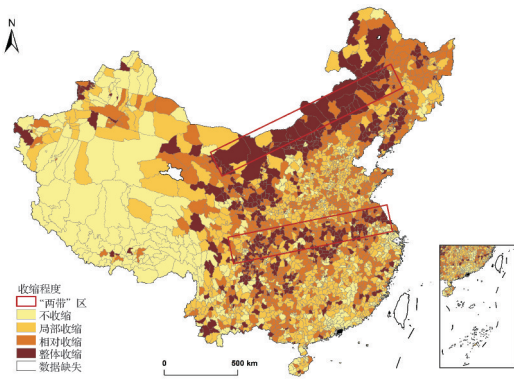


图5 全国县级乡村收缩区域分布图

Fig. 5 National map of county-level rural shrinkage areas

该地区发达水平较低、农村人口多且积极向东部地区流动以获取就业机会有关。西南地区收缩占比东高西低，青藏地区收缩面积占比呈现片状低值区，收缩占比普遍低于18%，只有拉萨市和日喀则市部分县域出现高值呈零星分布，区域内收缩居民点斑块面积占比较小，县域内部乡村收缩不明显，处于县域收缩低值区。另外，仅就县域收缩比而言，内蒙古自治区内以整体收缩县分布为主，但深挖其内部机制，其区域内收缩以轻度收缩斑块为主，总收缩面积总量大，尽管县域收缩比较高，但收缩强度不大。因此出现区域收缩比值高但收缩指数较小的特征，但其区域内部收缩范围广，基础单元普遍出现收缩趋势，同样是需要关注的收缩区。

借助Getis-Ord G_i^* 值进一步分析县域收缩的空间集聚状态水平，将 G_i^* 指数划分为冷点、次冷点、中间、次热点、热点5个类型区。由图6A可知，除云南、广西西南部和东南沿海有小范围聚集外，收缩乡村

热点区在空间分布上表现为黄河上游地区至东北地区连片和长江流域连片的空间结构。具体来看，乡村收缩热点集聚态势明显省份主要集中于内蒙古、甘肃、宁夏、贵州、重庆、湖北、安徽、江苏以及东三省和四川东部，这些地区具有农村人口众多、经济不发达的特点，乡村内部整体人口收缩强烈，出现地区普遍收缩。冷点区分布范围广阔，主要集中分布于新疆、西藏和青海西部，可能与这部分地区较高的自然增长率密切相关。另外东南沿海地区和京津冀地区及其周围也有零星低值区，集聚不明显。整体来看形成北高南低的分异格局，南方乡村内部人口基础较稳定。

上述分析说明在县域层面，乡村收缩在我国各地区普遍出现，各地区收缩指标差异显著、分布错落，地理相邻地区有区域共性，如东部沿海、长江中下游、黄河中上游区域收缩状况都具有一定相似性，该结果与已有研究一致^[27]。为全面解释县域乡村收缩的空间效应及空间关联，进一步借助空间统计方法对县域乡村收缩占比进行自相关分析。空间自相关分析结果显示，中国县域乡村收缩指数的全局Moran's I 值为0.1008，标准化 Z 统计量为63.7016，大于99%置信区间双侧检验临界值2.17，表明我国县域乡村收缩情况在空间上并非随机分布的，而是存在全局正的空间自相关性，主要表现在空间位置相近县级单元内乡村收缩比例相似程度较显著。

借助GeoDa软件绘制我国乡村收缩县域在0.05显著性水平下的聚集特征分布图，通过局部LISA指数表现空间单元属性的一致性与异质性，可直接看出区域内是否存在聚集特征及异常。图6B中，HH聚集区域为县域乡村人口收缩指数高值聚集区域，即为乡村人口集中强收缩的分布区域，LL聚集区域为县域乡村人口收缩指数低值聚集区域，即为乡村人口集中弱收缩的分布区域，HL异常区域为自身乡村人口强收缩而周边县域乡村人口相对弱收缩的县域，LH异常区域为自身乡村人口弱收缩而周边县域乡村人口相对强收缩的县域，空白区域为不显著区。作为聚集中心区，HH和LL聚集区域相邻县域收缩指数和聚集中心也较为相似。具体而言，全国有约26.1% (746个) 县级单元呈现出收缩比例高-高聚集现象，以中部地区和东北地区为主，以四川、重庆、贵州、湖南、湖北、河南、山西等省份最为显著。另外，约24% (695个) 的县呈现收缩比例低-低集聚，负相关类型分布范围较广，低-低集聚区呈大片状集聚，分布区域主要呈片状集中于东南地区和西部地区，

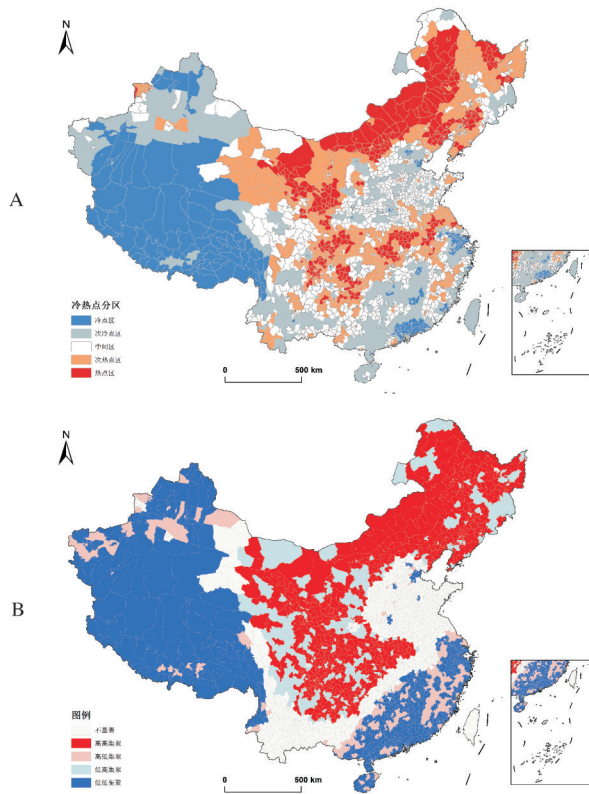


图6 中国县级乡村收缩冷热点空间分布(A)和空间局部聚类(B)

Fig.6 Spatial distribution (A) and spatial local clustering (B) of rural shrinkage Getis-Ord G_i^* in China's counties

东南地区主要为长三角和珠三角及其辐射范围,在广东、福建、浙江、上海、苏南、闽东南等地区,除此之外,在新疆、西藏大部分地区也有大面积低-低聚集。这与已有学者对同期人口变化空间分析的结果一致^[30]。结果表明,中国县域乡村收缩比例呈现显著的局部空间正相关性,以低-低聚集和高-高聚集主导,且聚集特征明显,这意味着需要加强县域联动方案,采取更加综合协调的方法应对乡村收缩。

2) 县级行政单元下乡村收缩特征分析。基于ArcGIS统计工具对不同类别县级行政区居民点斑块面积进行比较,得到分区统计结果(表2),从区域内收缩居民点斑块占总居民点斑块的面积来看,市辖区收缩斑块占比最小,为35.0%,自治县收缩斑块占比最大,为54.8%,居民点收缩在自治县发生最为广泛,在市辖区发生有限。具体程度而言,自治县收缩以重度收缩为主,占比达到44.7%;县级市以轻度收缩斑块为主,占比达到45.8%;市辖区以轻度收缩斑块为主,占比达到50.9%;县以轻度收缩斑块为主,占比达到42.8%。

将斑块收缩指数汇总到县级行政单元,共识别出2 847个县级行政单元中存在1 170个单元收缩指数 $K_{Mean} < 0$,呈现县级收缩态势。将各主要类型县级行政区平均收缩指数 K_{Mean} 进行比较(表3),可以看出,相对于县级市和市辖区,存在数量最多的县收缩平均值最小且为负数,标准差最小,平均收缩比最大,说明县的收缩程度最强,收缩强度较为平均,收缩发生较为广泛,仅次于自治县。县级市和市辖区收缩指数 K_{Mean} 的平均值都为正,说明相对而言,乡村收缩发生程度更轻。其中,市辖区级别县域收缩指数较大,说明其区域内乡村收缩较少,大多地区为人口扩张状态;且市辖区收缩指数标准差较大,最大值和最小值跨越幅度大,说明地区内人口变化趋势显著,高度收缩和高度扩张并存;这可能与其所在城市内部发展水平有关,经济繁荣的市辖区往往会吸引外来人群,人口流动密集,高昂的生活成本又推动其选择居住在农村地区。另外市辖区平均收缩比相比最小,整体县域收缩程度小。总体而言,不同行政区类型下,县域收缩特征差异明显。

表2 主要县级行政单元的收缩斑块面积分区统计

Table 2 Shrinkage patch area zoning statistics for major county administrative units

项目 Item	自治县 Autonomous county	县级市 County-level city	市辖区 District	县 County
数量 Quantity	117	388	973	1 312
轻度收缩斑块/hm ² Mild shrinking patch	174.05	975.52	436.11	751.77
中度收缩斑块/hm ² Moderate shrinking patch	197.35	655.28	235.15	521.63
重度收缩斑块/hm ² Severe shrinking patch	300.69	496.20	185.26	481.96
收缩斑块/hm ² Shrinking patch	672.09	2 127.00	856.53	1 755.38
总斑块/hm ² Total patches	1 225.71	4 779.08	2 439.35	3 591.92
收缩斑块面积占比/% Percentage of shrinking patch area	54.8	44.5	35.1	48.9

表3 主要县级行政区的 K_{Mean} 值比较Table 3 Comparison of mean K_{Mean} values among major county-level administrative regions

县级行政区类型 Types of county-level administrative regions	数量 Quantity	平均值 Average	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均收缩比 Average shrinkage ratio
自治县 Autonomous county	117	1.008	41.519	-320.894	277.851	44.196
县级市 County-level city	388	0.917	19.536	-196.171	149.161	40.608
市辖区 District	973	10.530	42.485	-385.805	371.219	32.847
县 County	1312	-1.144	14.247	-150.460	72.563	41.114

2.3 县域收缩的驱动机制分析

乡村作为具有一定结构和功能的开放复杂系统,随着我国工业化、城镇化推进,自然资源、经济和社会的发展,作为乡村内核子系统如不断与外界进行能量交换,发生交互作用。乡村重构理论强调:乡村地域系统的发展变化任何时候都是在其子系统构成的内核系统和外援系统下进行作用的^[31],乡村社会经济的演化必然会改变土地的利用和配置格局^[32],而乡村人口收缩作为一种土地配置势必受到自然地理条件和经济社会发展等复合要素的影响。因此,本研究从乡村内核系统出发,构建基于自然区位、经济因素、社会因素的驱动分析框架。具体指标因子的选取上,自然地理条件是居民点发展的本底条件^[33],地形起伏度通常会决定人类建设活动空间和生存发展资源的多寡,远离省市等中心城市、区位条件较差的地区更容易发生人口收缩^[34],地区农业资源禀赋的差异化和生产条件分布不均会加剧人地矛盾,限制区域社会人口发展^[35];同时人口发展受县域产业经济条件制约^[36],其中农业机械化水平可能会导致农村失业和劳动力流失,但在如需增加种植面积和作物产量的特定情境下,则吸引劳动力人口^[37]。社会因素是乡村收缩的助推器,长期存在的二元体制决定着目前我国各项公共服务存在不同步、不均衡的困境,一些县域在没有产业基础的情况下,只能将教育作为最优吸引力的公共服务以吸引城镇人口流入以获得更快的城镇化^[38]。同时,县域为我国行政管理的基本单元,具有明确的政策和行政管理边界,参考已有研究成果^[39-41],考虑数据的科学性和可获得性,使用县域2000—2020年增量数据作为自变量,以现有县级收缩比为因变量,利用SPSS软件在方差膨胀因子(VIF) <7.5 的条件下,排除存在多重共线性的影响因子,最终从自然区位、经济因素、社会因素3个方面选取10项指标为影响因子(表4)。采用最优参数法对数据进行离散化处理,运用地理探测器方法在县级尺度对中国乡村人口收

缩的分布进行定量归因,探索各因子之间的交互作用机制。

根据最优参数单因子探测结果,本研究选取的各项因子 P 均小于0.01,通过显著性检验,对中国县级乡村收缩均有不同程度的影响。所选10个驱动因子作用力排序为:城镇化水平(UR) $>$ 教育服务水平(EDU) $>$ 农业机械化水平(ARG) $>$ 农村收入水平(INC) $>$ 人均GDP(RGDP) $>$ 地形起伏情况(TER) $>$ 产业结构水平(IND) $>$ 粮食生产水平(FOOD) $>$ 区位条件(DIS) $>$ 医疗服务水平(MED),县域城镇化水平是解释乡村人口收缩的主导因子,医疗服务水平对乡村收缩影响程度最弱。

总体来看,单因子影响力上社会因素层面的影响力高于经济因素和自然区位因素,对我国县域内部农村收缩水平具有显著驱动作用,其中县域城镇化水平和教育服务水平分别位于 q 值排名前2位。具体来看,我国县域内部乡村收缩水平空间分异的首要关键驱动因素包括城镇化水平(0.1389)、教育服务水平(0.1071)以及农业机械化水平(0.0993)。城镇化水平(UR)较高的地区往往经济社会基础好,注重教育资源的内部分配,适度的城镇化往往会促进地区农业机械化水平的提升,说明当前乡村人口市民化仍是大部分县域乡村人口流出的主要作用力,城镇化水平的提高是乡村人口收缩的结果,又进一步推动农村人口流入城市,直接导致了县域整体收缩的发生。教育服务水平(EDU)和乡村内部收缩较为密切,这主要是由于人口的迁出导致乡村教育资源的低效使用,一些乡村学校缺乏生源,教育资源被迫抽离,进一步导致剩余家庭因追求教育资源而流出。另外,随着农业机械化水平(ARG)的不断普及,农业生产对劳动力的需求呈现出逐渐减少的趋势,从而加剧了乡村劳动力的过剩问题,导致部分劳动力为了寻求更多的就业机会而向城市转移。第二类驱动因素是农村收入水平(0.0905)、人均GDP

表4 探测指标选取
Table 4 Selection of detection indicators

准则 Criterion	测度维度 Measure dimension	指标因子 Index factor	指标符号 Indicator symbol
自然区位 Natural location	地形起伏情况 Topographic fluctuation	分县平均地形起伏度 Average topographic relief by county	TER
	粮食生产水平 Grain production level	每公顷耕地所生产的粮食量/(kg/hm ²) Grain production per hectare of cultivated land	FOOD
	区位条件 Location condition	县城距最近地级行政中心距离/km Distance from the county seat to the nearest prefecture-level administrative center	DIS
经济因素 Economic factor	人均GDP GDP per capita	地区生产总值与常住人口数之比/(元/人) Ratio of regional GDP to resident population	RGDP
	产业结构水平 Industrial structure level	二三产业增加值占GDP的比重 Proportion of value-added from the secondary and tertiary industries in GDP	IND
	农业机械化水平 Agricultural mechanization level	农用机械总动力/($\times 10^7$ W) Total power of agricultural machinery	ARG
	农村收入水平 Rural income level	农村居民人均可支配收入/元 Per capita disposable income of rural residents	INC
社会因素 Social factor	城镇化水平 Urbanization level	城镇常住人口/总人口 Urban resident population/total population	UR
	教育服务水平 Educational service level	中小学在校生数 Number of students in primary and secondary schools	EDU
	医疗服务水平 Medical service level	医院、卫生院床位数 Number of beds in hospitals and health centers	MED

(0.077)、地形起伏情况(0.070 4)和产业结构水平(0.069 5),这类要素主要集中于经济层面,人均GDP水平(RGDP)是衡量一个地区经济发展水平的重要指标,通常而言,高人均GDP地区展现出较高的富裕程度和居民购买力,这些地区不仅能为居民提供更多的就业机会和更优越的生活条件,还有助于增强人口稳定性和吸引力。产业结构水平(IND)影响 q 值为产业结构的多样化和高级化则进一步表明该地区具备创造更多就业机会的潜力,从而有助于减少人口对单一农业经济的依赖性。通过发展高附加值产业,如特色农业、农产品加工业、乡村旅游等,可显著提升农村地区的吸引力,进而促使人口选择留在当地或实现回流。相对而言,粮食生产水平(0.055 8)和区位条件(0.049 9)以及医疗服务水平(0.042 9)对我国县域内部乡村人口收缩影响较弱,可能的原因是自然区位会随着社会发展受人类社会经济活动的影响,自然区位条对乡村收缩的动态变化驱动有限。值得注意的是,医疗服务水平(MED)较弱,这主要是因为尽管医疗水平的提升对居民健康有积极作用,但它并不构成乡村人口流动与收缩的直接驱动力,医疗条件的优化需要长期且高的投入,相对于经济和社会等因素,效果往往具有滞后性。

县域内部乡村收缩需要考虑多因子间复杂共同作用,交互探测器可以评估2个自变量因子交互作用对县域乡村收缩的综合解释力度,根据我国县乡村收缩因子交互作用探测结果(图7,图7中横纵坐标探测因子含义见表4),任何因素之间交互作用均大于单因子的 q 值影响,说明各因子交互作用更能解释对县域乡村收缩的影响。指标间交互作用多数呈现非线性增强和双因子增强2种关系,其中双因子增强关系主要集中于城镇化水平和其他变量指标交互作用下。从 q 值来看,教育服务水平(EDU)和农村收入水平(INC)的交互作用对研究区乡村收缩影响最大,达到0.230 7,这可能是因为在乡村地区教育水平的提升构成了居民能力拓展的关键路径,提升多样化的非农职业技能直接促进居民收入来源的多元化和收入水平的提升,从而使乡村居民获得更为坚实的经济基础,避免迫于经济压力而人口外流。其次是农业机械化水平(ARG)和地形起伏情况(TER)的作用强度, q 值为0.228 7,说明二者组合作用对县域乡村人口收缩同样产生显著作用,在农业机械化水平较高且地形相对平坦的地区,生产效率的显著提升减少对农业劳动力的依赖,促进劳动力向城市地区或非农行业的转移;相对的在农业机械化水平较低且地形复杂的区域,农业生产面临诸多

困难和挑战,农民可能面临更大的经济压力和生活困境,从而增加流出乡村的意愿。个别 q 值影响较低时,农业机械化水平、城镇化水平、教育服务水平的加入显著增强共同对县域乡村收缩的交互影响,再次说明城镇化水平(UR)、教育服务水平(EDU)、农业机械化水平(ARG)是县域乡村收缩的主导作用因素。值得注意的是,其他因子在和地形起伏情况交互作用下,对乡村收缩的影响程度都增加1倍,说明地形起伏条件同样是影响县域乡村收缩的关键要素,因此,在乡村建设的过程中要充分考虑各区域地形起伏情况并进行针对性治理。

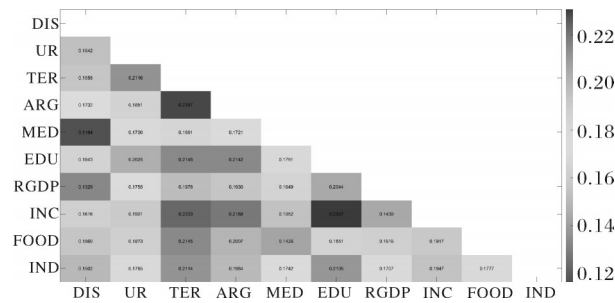


图7 乡村收缩驱动因子交互作用热力图

Fig.7 Heatmap of the interaction of rural shrinkage drivers

3 讨论

本研究基于2000—2020年人口密度数据,分析了中国县域乡村收缩现象。结果显示,乡村收缩广泛分布且空间分异明显,形成“两带多聚点”特征,热点集中于内蒙古、东北及长江流域。行政区划下自治县收缩最严重,以重度收缩为主;县级市、市辖区及县则以轻度收缩为主,但重度收缩面积占比大。县的平均收缩程度最重,易现空心化;市辖区收缩最轻,空心化概率小。多驱动因子协同作用影响乡村收缩水平,社会维度影响最大,自然区位影响有限。城镇化水平、教育服务水平和农业机械化水平为显著影响因素,其中教育服务水平和农村收入水平的组合作用解释力最强。

城乡二元结构日益瓦解背景下,我国乡村收缩必将成为持续关注的议题,本研究结果显示,目前我国收缩区可分3类:(1)传统农业收缩区。这部分地区人口面临县级普遍收缩,内部收缩居民点范围大,更有可能进行跨县的人口流动,以东北地区为代表的传统农业在机械化水平进一步提高后,人口劳动力得到释放,逐渐转移出乡村,此类收缩居民点即便在良好的经济水平下,也不可避免面临收缩。(2)资

源匮乏收缩区。以中西部贫困山区为代表的欠发达地区,欠缺发展要素的先天禀赋,经济资源水平条件差,产业基础和发展优势弱,在内部推力作用下人口不断向外转移,过渡型乡村空心化往往出现于这类地区。(3)结构交融收缩区。以东部地区的收缩居民点为代表,此类农村居民点体量大,县级层面一般为局部收缩,离大城市近,发展潜力大,对城乡融合把握程度更高,也是推进县域城镇化的重要推力。但在城市的拉力和建成区扩张的资源竞争等因素推动下,这些地区乡村发展也面临着外力吸引和内力不足的问题。前两者在属性上更趋向于发展成为长期存在的收缩区,而结构交融收缩区乡村收缩更容易作为乡村发展的过渡形态,在未来发展更容易成为精明收缩指引下乡村振兴的落地场域。

收缩是乡村发展的潮流,收缩不代表不增长,明晰乡村的发展基础和潜力才能识别收缩前景。乡村作为文明基因承载着多种功能,未来乡村发展走向衰败还是精明收缩,都需要加强针对区域协调发展的政策设计。微观乡村斑块单元上,乡村人口收缩是乡村公共服务合理配置的重要基础,根据乡村人口收缩程度不同进行差异化资源配置,化被动收缩为主动收缩,实现乡村人地协调,各地因地制宜利用乡村发展内生动力。对重度收缩居民点实行逐步减量建设,推动对区域内土地资源进行积极合并与盘活,推动资源集约利用,对中轻度收缩存在加强空间效率化规划,推动农村产业转型,挖掘新型人力资本、重塑乡村文化价值、吸引人力资本的重新流入。中观县级层面要加强县域治理,提升治理效能,推动乡村振兴基本实施单元实现由居民点向县域的转型,积极统筹内部资源分配,实现内部城镇和乡村横向联结,实现城乡要素合理流动的同时保障乡村基本公共服务,降低城镇和乡村的距离阻碍,实现城乡高效互动。宏观上,面对我国幅员辽阔且区域经济发展不均衡,需精准识别东西部等地区差异,通过政策支持手段和经济激励措施推动乡村振兴,如积极的人口政策,吸引人口回流;深化农村土地制度改革完善农村土地流转制度,畅通土地流转渠道,确保农民在土地增值中的合理收益,促进土地资源的集约利用与高效配置;并在此基础上,坚持农业农村优先发展方针,优化顶层设计与实践路径,为实现乡村全面振兴奠定坚实基础。综合来看,如何在差异化的居民点发展策略下实现高质量乡村建设,以及如何在新发展态势下实现乡村振兴都将作为持续议题。

本研究可进一步拓展的方向:乡村收缩是一个综合概念,基于地理大数据可能忽视一些居民点边界细节,同时单纯基于人口流失的识别方法可能难以揭示其他要素引致的收缩情况。因此,未来可以从更加丰富的维度对乡村收缩进行识别并辨识其机制。

参考文献 References

- [1] 马雯秋,朱道林,姜广辉.面向乡村振兴的农村居民点用地结构转型研究[J].地理研究,2022,41(10):2615-2630.MA W Q,ZHU D L,JIANG G H.Research on land use structure transition of rural settlements facing the rural vitalization[J].Geographical research,2022,41(10):2615-2630(in Chinese with English abstract).
- [2] 姚尚建.超大城市空间重构中的“村政城治”[J].甘肃社会科学,2024(3):107-115.YAO S J.Village affairs by urban governance in the space reconstruction of megacities[J].Gansu social sciences,2024(3):107-115(in Chinese with English abstract).
- [3] 郑伯红,田方舟.欧洲收缩乡村地区的时空测度、政策响应与经验启示[J/OL].国际城市规划,1-14[2024-06-16].<https://doi.org/10.19830/j.upi.2022.749>.ZHENG B H,TIAN F Z.Spatial-temporal measurement, policy response and experience enlightenment of shrinking rural areas in Europe[J].Urban planning international;1-14[2024-06-16].<https://doi.org/10.19830/j.upi.2022.749>(in Chinese with English abstract).
- [4] 刘振,戚伟,王雪芹,等.国内外人口收缩研究进展综述[J].世界地理研究,2019,28(1):13-23.LIU Z,QI W,WANG X Q,et al.A literature research on population shrinking[J].World regional studies,2019,28(1):13-23(in Chinese with English abstract).
- [5] 郑殿元,文琦,王银,等.中国村域人口空心化分异机制及重构策略[J].经济地理,2019,39(2):161-168.ZHENG D Y,WEN Q,WANG Y,et al.Differentiation mechanism and reconstruction strategy of rural population hollowing in China[J].Economic geography,2019,39(2):161-168(in Chinese with English abstract).
- [6] 王良健,陈坤秋,李宁慧.中国县域农村人口空心化程度的测度及时空分异特征[J].人口学刊,2017,39(5):14-24.WANG L J,CHEN K Q,LI N H.The degree measure and spatial-temporal variation characteristics of rural population hollowing on county-level in China[J].Population journal,2017,39(5):14-24(in Chinese with English abstract).
- [7] 王兴周.人口空心化:乡村振兴的家底与逆城市化的起点[J].江海学刊,2024(3):123-133.WANG X Z.Population hollowing out: the foundation of rural revitalization and the starting point of counter-urbanization[J].Jianghai academic journal,2024(3):123-133(in Chinese with English abstract).
- [8] 吕东辉,张郁,刘岳琪.乡村收缩背景下松嫩平原乡村地区人口—经济空间耦合关系[J].经济地理,2022,42(1):160-167.LÜ D H,ZHANG Y,LIU Y Q.Spatial coupling relationship between rural population and economy under the background of rural shrinkage in Songnen Plain[J].Economic geography,2022,42(1):160-167(in Chinese with English abstract).
- [9] 崔继昌,郭贯成,张辉.宅基地集约利用的空心化格局:华北平原典型村庄的微观尺度分析[J].干旱区资源与环境,2023,37(5):94-103.CUI J C,GUO G C,ZHANG H.Hollowing-out characteristics of rural residential intensive land use: microscale analysis of a typical village in the North China Plain[J].Journal of arid land resources and environment,2023,37(5):94-103(in Chinese with English abstract).
- [10] 赵民,游猎,陈晨.论农村人居空间的“精明收缩”导向和规划策略[J].城市规划,2015,39(7):9-18.ZHAO M,YOU L,CHEN C.Smart shrinkage of rural human settlements and its planning strategies[J].City planning review,2015,39(7):9-18(in Chinese with English abstract).
- [11] 刘克晓,于伟.山东省县域人口收缩时空格局及驱动因素[J].山东师范大学学报(自然科学版),2022,37(4):397-404.LIU K X,YU W.Spatiotemporal pattern of population shrinkage and its driving factors at county scale in Shandong Province[J].Journal of Shandong Normal University(natural science),2022,37(4):397-404(in Chinese with English abstract).
- [12] 黄馨,谭雪兰,黄晓军.陕西省乡村人居空间演化类型与精明收缩路径[J].西部人居环境学刊,2023,38(5):40-47.HUANG X,TAN X L,HUANG X J.Evolution types and smart shrinking path of rural human settlement in Shaanxi Province[J].Journal of human settlements in West China,2023,38(5):40-47(in Chinese with English abstract).
- [13] 戈大专.新时代中国乡村空间特征及其多尺度治理[J].地理学报,2023,78(8):1849-1868.GE D Z.The characteristics and multi-scale governance of rural space in the New Era in China[J].Acta geographica sinica,2023,78(8):1849-1868(in Chinese with English abstract).
- [14] 李玉红,王皓.中国人口空心村与实心村空间分布:来自第三次农业普查行政村抽样的证据[J].中国农村经济,2020(4):124-144.LI Y H,WANG H.Spatial distribution of rural population flow at the village level in China: evidence from village samples in the third national agricultural census[J].Chinese rural economy,2020(4):124-144(in Chinese with English abstract).
- [15] 付占辉,杨雅涵,乔家君,等.黄河流域县域乡村空心化地域类型及乡村振兴路径[J].地理科学进展,2024,43(6):1049-1059.FU Z H,YANG Y H,QIAO J J,et al.Rural hollowing out in the Yellow River Basin and the development path of rural revitalization[J].Progress in geography,2024,43(6):1049-1059(in Chinese with English abstract).
- [16] 陈棋,薛东前,马蓓蓓,等.黄土高原地区人口收缩格局与驱动力分析[J].干旱区地理,2021,44(1):258-267.CHEN Q,

- XUE D Q, MA B B, et al. Population shrinking pattern and driving forces in the Loess Plateau region[J]. *Arid land geography*, 2021, 44(1): 258-267(in Chinese with English abstract).
- [17] 王绍博, 罗小龙. 欠发达地区人口流动及其城镇化效应:以甘肃省为例[J]. *城市问题*, 2022(7): 4-11. WANG S B, LUO X L. Population migration and its urbanization effect in underdeveloped areas: Gansu Province as an example[J]. *Urban problems*, 2022(7): 4-11(in Chinese with English abstract).
- [18] MUROISHI M, YAKITA A. Urbanization and population contraction[J]. *Letters in spatial and resource sciences*, 2022, 15(3): 543-553.
- [19] 魏后凯, 李玢, 杨沫. 东北县域人口流失的特征、原因及应对措施[J]. *社会科学战线*, 2022(8): 89-95. WEI H K, LI L, YANG M. The characteristics, causes and countermeasures of population loss in Northeast China[J]. *Social science front*, 2022(8): 89-95(in Chinese with English abstract).
- [20] SZYMANOWSKI M, LATOCHA A. Does the environment matter? depopulation in the Sudetes (case study of the Kłodzko region, SW Poland) [J/OL]. *Applied geography*, 2021, 135: 102535 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102535>.
- [21] VAISHAR A, ŠTASTNÁ M, ZAPLETALOVÁ J, et al. Is the European countryside depopulating? case study Moravia [J]. *Journal of rural studies*, 2020, 80: 567-577.
- [22] 焦林申, 张敏. 收缩乡村的空废成因与精明收缩规划策略:基于豫东典型乡村的田野调查[J]. *经济地理*, 2021, 41(4): 221-232. JIAO L S, ZHANG M. Vacant mechanism and smart shrinkage strategies for shrinking village: based on field studies in rural areas of eastern Henan[J]. *Economic geography*, 2021, 41(4): 221-232(in Chinese with English abstract).
- [23] LIU Y, SHU L Q, PENG L. The hollowing process of rural communities in China: considering the regional characteristic [J/OL]. *Land*, 2021, 10(9): 911 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.3390/land10090911>.
- [24] HE X, ZHOU Y Q, YUAN X D, et al. The coordination relationship between urban development and urban life satisfaction in Chinese cities: an empirical analysis based on multi-source data[J/OL]. *Cities*, 2024, 150: 105016 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105016>.
- [25] ZENG P, ZONG C. Research on the relationship between population distribution pattern and urban industrial facility agglomeration in China[J/OL]. *Scientific reports*, 2023, 13(1): 16225 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43376-4>.
- [26] YIN X, LI P, FENG Z M, et al. Which gridded population data product is better? evidences from mainland Southeast Asia (MSEA)[J/OL]. *ISPRS international journal of geo-information*, 2021, 10(10): 681 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.3390/ijgi10100681>.
- [27] 刘宁, 刘青, 李贵才. 中国的县域村镇人口迁移研究进展与展望[J]. *世界地理研究*, 2023, 32(2): 166-178. LIU N, LIU Q, LI G C. Research progress and prospect of population migration in counties, towns and villages in China[J]. *World regional studies*, 2023, 32(2): 166-178 (in Chinese with English abstract).
- [28] ANSELIN L. Local indicators of spatial association: LISA[J]. *Geographical analysis*, 1995, 27(2): 93-115.
- [29] SONG Y Z, WANG J F, 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.
- [30] HU Z C, LI Y R, LONG H L, et al. The evolution of China's rural depopulation pattern and its influencing factors from 2000 to 2020[J/OL]. *Applied geography*, 2023, 159: 103089 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103089>.
- [31] 龙花楼, 屠爽爽. 论乡村重构[J]. *地理学报*, 2017, 72(4): 563-576. LONG H L, TU S S. Rural restructuring: theory, approach and research prospect [J]. *Acta geographica sinica*, 2017, 72(4): 563-576(in Chinese with English abstract).
- [32] 龙花楼. 论土地整治与乡村空间重构[J]. *地理学报*, 2013, 68(8): 1019-1028. LONG H L. Land consolidation and rural spatial restructuring [J]. *Acta geographica sinica*, 2013, 68(8): 1019-1028(in Chinese with English abstract).
- [33] 彭秋志, 黄培依, 陈笛, 等. 2000—2020年中国人口数量在地形梯度上的分布与变化特征[J]. *地理科学进展*, 2023, 42(10): 2019-2032. PENG Q Z, HUANG P Y, CHEN D, et al. Distribution and change of China's population on the terrain gradients from 2000 to 2020[J]. *Progress in geography*, 2023, 42(10): 2019-2032(in Chinese with English abstract).
- [34] 侯晓静, 喻忠磊, 李雨婷, 等. 中国山区县域人口收缩的空间格局及其形成机制[J]. *地理研究*, 2024, 43(5): 1205-1224. HOU X J, YU Z L, LI Y T, et al. Spatial pattern and mechanism of depopulation in the mountainous counties in China[J]. *Geographical research*, 2024, 43(5): 1205-1224 (in Chinese with English abstract).
- [35] 王宇菲, 王隽雄, 李阳. 陕西省土地资源承载力时空演变格局研究[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2023, 53(4): 541-553. WANG Y F, WANG J X, LI Y. Study on temporal and spatial evolution pattern of land resources carrying capacity in Shaanxi Province [J]. *Journal of Northwest University (natural science edition)*, 2023, 53(4): 541-553(in Chinese with English abstract).
- [36] 张玉, 王介勇, 刘彦随. 基于文献荟萃分析方法的 中国空心村整治潜力与模式[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(1): 110-120. ZHANG Y, WANG J Y, LIU Y S. The potentiality and model of China's hollowing village reclamation based on Meta-analysis[J]. *Journal of natural resources*, 2022, 37(1): 110-120 (in Chinese with English abstract).
- [37] ZOU B L, CHEN Y D, MISHRA A K, et al. Agricultural mechanization and the performance of the local Chinese econo-

- my [J/OL]. Food policy, 2024, 125: 102648 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2024.102648>.
- [38] 杜志章, 李想. 农业转移人口县城市民化的逻辑嬗变、主要类型及推进路径[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2024, 38(4): 114-121. DU Z Z, LI X. The logical transmutation, main types and promotion paths of county-level urbanization of agricultural transfer population[J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (social science edition), 2024, 38(4): 114-121 (in Chinese with English abstract).
- [39] 余丽敏, 邱永胜. 山东省县域乡村收缩时空格局及其影响因素[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(7): 207-220. SHE L M, QIU Y S. The spatiotemporal pattern and influencing factors of shandong province county rural shrinkage [J]. Chinese journal of agricultural resources and regional planning, 2024, 45(7): 207-220.
- [40] LIU Z, LIU S H, JIN H R, et al. Rural population change in China: spatial differences, driving forces and policy implications [J]. Journal of rural studies, 2017, 51: 189-197.
- [41] ZHANG H, ZHANG S M, LIU Z D. Evolution and influencing factors of China's rural population distribution patterns since 1990[J/OL]. PLoS One, 2020, 15(5): e0233637 [2024-06-16]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233637>.

Patch-scale measurement based spatial identification and driving mechanism of population shrinkage in rural areas within counties in China

HE Qingsong, ZHA Yingying

College of Public Administration, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

Abstract The differences in spatial patterns of population shrinkage in rural areas within counties and their influencing factors were analyzed to provide empirical evidence and scientific guidance for analyzing the relationship between population and land in rural areas within counties and promoting efficient and intensive use of resources. The precise geographic data including residential patches of rural settlements and Land-Scan - a high-resolution population distribution dataset- were used to innovatively construct a population shrinkage index. This index was used systematically to detect the dynamic changes in population density of rural areas in China at the patch scale from 2000 to 2020. The spatial patterns of population shrinkage in rural areas across 2 847 counties in China was comprehensively analyzed. The results showed that patches of population shrinkage were prominently concentrated in the Huaihe River Basin, with mild shrinkage mainly observed in rural areas in the western region and severe shrinkage in rural areas along the eastern coast. The population shrinkage in rural areas within counties had significant regional differences, forming a spatial pattern of “two belts and multiple agglomerations”. Counties (cities) with different administrative divisions exhibited differentiated characteristics of population shrinkage. Urbanization (UR), education service (EDU), and agricultural mechanization (ARG) were the three pivotal factors affecting the internal population shrinkage in rural areas within counties in China. The interplay between educational service and rural income had the strongest explanatory power. It will provide a robust empirical foundation and scientific direction for dissecting the population -land nexus within counties, refining the plans for rural settlement, and advocating for the efficient, intensive utilization of resources.

Keywords rural shrinkage; patch scale; spatial pattern; geodetectors

(责任编辑:陆文昌)