

引用格式: 罗秀丽, 金晓斌, 刘笑杰, 等. 基于人口收缩特征的国土空间类型识别及优化: 以四川省为例[J]. 资源科学, 2024, 46(6): 1060–1073. [Luo X L, Jin X B, Liu X J, et al. Identification and optimization of territorial spatial types based on population shrinking characteristics: A case study of Sichuan Province[J]. Resources Science, 2024, 46(6): 1060–1073.] DOI: 10.18402/resci.2024.06.02

基于人口收缩特征的国土空间类型识别及优化 ——以四川省为例

罗秀丽^{1,2}, 金晓斌^{1,2,3}, 刘笑杰^{1,2}, 洪步庭^{1,2}, 王世磊^{1,2}, 周寅康^{1,2,3}

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023; 2. 自然资源部海岸带开发与保护重点实验室, 南京 210023; 3. 江苏省国土整治与生态修复工程研究中心, 南京 210023)

摘要:【目的】识别不同人口收缩特征下的国土空间功能变化, 研究应对人口收缩挑战的国土空间优化策略, 可为促进国土空间高效利用和可持续发展提供科学参考。【方法】整合四川省县域2010—2020年多源数据, 测度人口数量和结构双重收缩及国土空间功能变化, 并利用人地弹性系数划分基于人口收缩特征的国土空间类型区。【结果】①人地供需关系是驱动国土空间功能形成与发展的主要动因, 人口收缩通过影响需求从而驱动农业空间经营模式、城镇空间组织模式和生态空间管理模式变化, 进而重塑国土空间功能格局。②四川省县域人口收缩具有显著的空间异质性和集聚特征, 69.4%的县域呈现人口收缩态势, 主要分布在成都中心区外围、川南、川东北及攀西的大部分县域, 人口数量和结构同时收缩的双收缩型是其主要类型。③四川省县域国土空间功能整体呈东南强、西北弱的分布格局, 2010—2020年, 74.9%的县域功能呈增强趋势。④基于人口收缩特征, 四川县域国土空间可划分为增长型、粗放型、滞后型、集约型、衰退型和衰落型, 不同类型区面临的人口挑战和国土空间功能不同, 优化方向各异。【结论】将人口老龄化纳入人口收缩测度指标体系有助于更加全面认识区域人口收缩特征。四川省县级尺度人口收缩趋势明显, 未来需结合国土空间功能变化特征, 从国土空间规划端、整治端和政策端优化农业、城镇和生态空间, 以适应不同人口收缩特征下的空间发展需求。

关键词: 人口收缩; 国土空间功能; 空间优化; 弹性系数; 县域; 四川省

DOI: 10.18402/resci.2024.06.02

1 引言

国土空间是以自然地理环境为基底多尺度嵌套的人地耦合系统, 是一个国家和民族赖以生存发展的宝贵资源^[1,2]。人口作为国土空间发展的核心驱动要素, 对区域产业发展、生态安全建设、公共服务供给、主体功能转型、城乡融合发展等具有至关重要的作用^[3,4]。长期以来, 中国城镇化进程主要依靠人口快速增长, 国土空间处于“扩张式”的增长模式, 导致人口与环境、经济与生态之间压力剧增。近年来, 随着全国人口增速减缓和人口老龄化的日

益严重, 以人口收缩为主要特征的城市萎缩问题日益突出^[5-7]。2022年国家出台《关于推进以县城为重要载体的城镇化建设的意见》首次提出“人口流失县城”, 引发了广泛关注。与此同时, 人口收缩地区面临着资源管理粗放、生态环境脆弱、主体功能失调、空间品质下降等诸多问题^[3,8-11]。因此, 如何引导人口收缩地区的国土空间优化转型成为当前构建国土空间开发保护新格局的重大挑战之一。在推进以人为核心的新型城镇化背景下, 国土空间规划思维由增量规划转向减量和存量规划^[12], 人口收缩

收稿日期: 2023-12-04; 修订日期: 2024-03-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(42271259); 自然资源部海岸带开发与保护重点实验室开放基金项目(2021CZEPK07)。

作者简介: 罗秀丽, 女, 福建三明人, 博士研究生, 研究方向为国土整治与乡村发展。E-mail: luoxiuli66@163.com

通讯作者: 金晓斌, 男, 甘肃兰州人, 教授, 主要从事土地利用与国土整治研究。E-mail: jinxb@nju.edu.cn

2024年6月

地区的国土空间格局重构亦成为关注焦点^[4]。2020年自然资源部发布了《市级国土空间总体规划编制指南(试行)》,将“研究资源枯竭、人口收缩城市振兴发展的空间策略”列为重大专题研究之一,凸显了对人口收缩地区国土空间发展的重视。因此,开展面向人口收缩地区的国土空间优化转型研究不仅是当前重要的学术课题,也是新时期社会经济发展的迫切需求。

国土空间功能是评估人地互动作用下特定地域空间为人类社会提供产品和服务的能力,也是衡量人地协调发展的重要刻度^[1,13]。人口收缩对国土空间功能的影响具有复杂性,既构成对社会生产、公共服务、国土安全的潜在风险,也可缓解需求增长带来的居住承载、粮食生产、生态环境保护等压力^[5,12,14]。人口收缩最早在西方国家引起广泛关注,当前已成为全球性问题^[8,15]。在国土空间规划领域,国外学者广泛探讨了人口收缩地区的空间组织、土地利用、人口结构、公共服务、基础设施等问题^[15-18],并致力于探讨空间规划应对战略,寻求收缩地区的精明发展模式^[19-21]。近年来,中国人口收缩所导致的国土空间利用问题逐渐凸显,相关研究日益增多。国内学者结合国际经验,深入研究了人口收缩的测度体系、空间模式、成因机制、影响机理、规划对策等^[9,10,22,23],为应对人口收缩这一挑战作出了积极贡献。然而,现有研究仍存在一些不足:①目前国内对人口收缩地区的关注主要在资源枯竭型的东北地区,忽略了一些人口大省所面临的人口收缩挑战。②以往对人口收缩的测度主要关注人口数量的单一维度,忽视了老龄化作为当前中国社会重要特征对人口收缩的重要性。③先前研究侧重人口收缩的空间特征和演变过程,但人口收缩对国土空间功能的作用机理及人口收缩地区的国土空间优化研究不足,需要进一步开展逻辑思辨和实证探讨。鉴于此,研究选取人口收缩、经济发展和资源约束潜在矛盾突出的四川省作为实证分析案例,探讨人口收缩和国土空间功能相互作用机理,构建人口收缩和国土空间功能评价体系,深入分析四川省人口收缩和国土空间功能变化特征,提出基于人口收缩特征的国土空间优化分区及对策,为人口收缩地区实现国土空间高质量转型发展提供理论和实践参考。

2 理论框架

国土空间功能是人类活动与地理环境相互作用的结果,反映了人类对空间资源的利用和管理方式^[1,2,24]。人类对国土空间的需求是多元化的,例如,需要开展农业生产以满足粮食需求,建设城镇以提供居住、商业和就业机会,保护生态系统以维护生态平衡和生物多样性。为满足这些需求,人类通过改造国土空间使得其能够提供多样化产品和服务,在区域主导功能的规划下,形成具有农业生产、城镇生活、生态维护等多功能的地域综合体^[13,25]。因此,人地供需关系是驱动国土空间功能形成与发展的主要动因。在人口收缩背景下,人口数量下降和老龄化趋势明显^[3,15],将导致人地供需关系变化,进而重塑国土空间功能格局^[4](图1)。

在农业空间,人口收缩引发的生产需求变化会导致农业经营模式的调整^[22]。一方面,随着农村人口的大量流失,农村劳动力供应大幅减少和农地撂荒加剧^[23],农地规模化经营可能会成为趋势,以提高粮食产量和降低生产成本。另一方面,随着农村人口老龄化的加剧和年轻农民的缺位,部分农业空间的生产以老年人为主的经营主体^[26],可能更倾向于分散化的经营模式。在城镇空间,人口收缩引发的生活需求变化会导致空间组织模式的转变^[12,16,27]。人口收缩可能导致城镇面临经济活力下降、资源匮乏、社会服务压力增大等挑战,面对不同地域基础和发展目标,城镇空间组织将会朝着集约化或粗放化的方向发展,以提高国土空间利用效率或减缓国土空间利用压力,适应人口收缩后的空间发展需求。在生态空间,人口收缩为自然资源保护和发展提供了新机遇。对于生态系统严重受损的地区,人口减少有助于减轻生态环境压力,促进生态系统保护和修复^[15]。此外,伴随人口减少带来的产业结构转型,生态环境质量较高的地区更易转向生态服务型经济,这种转型有利于平衡保护与可持续发展之间的关系。综合来看,人口收缩引发需求变化,驱动农业、城镇和生态空间的转型重构,从而改变国土空间利用强度、方式和效率,进一步推动国土空间功能演变。

在人口收缩背景下,人地关系可划分为增长型、粗放型、滞后型、集约型、衰退型和衰落型。增

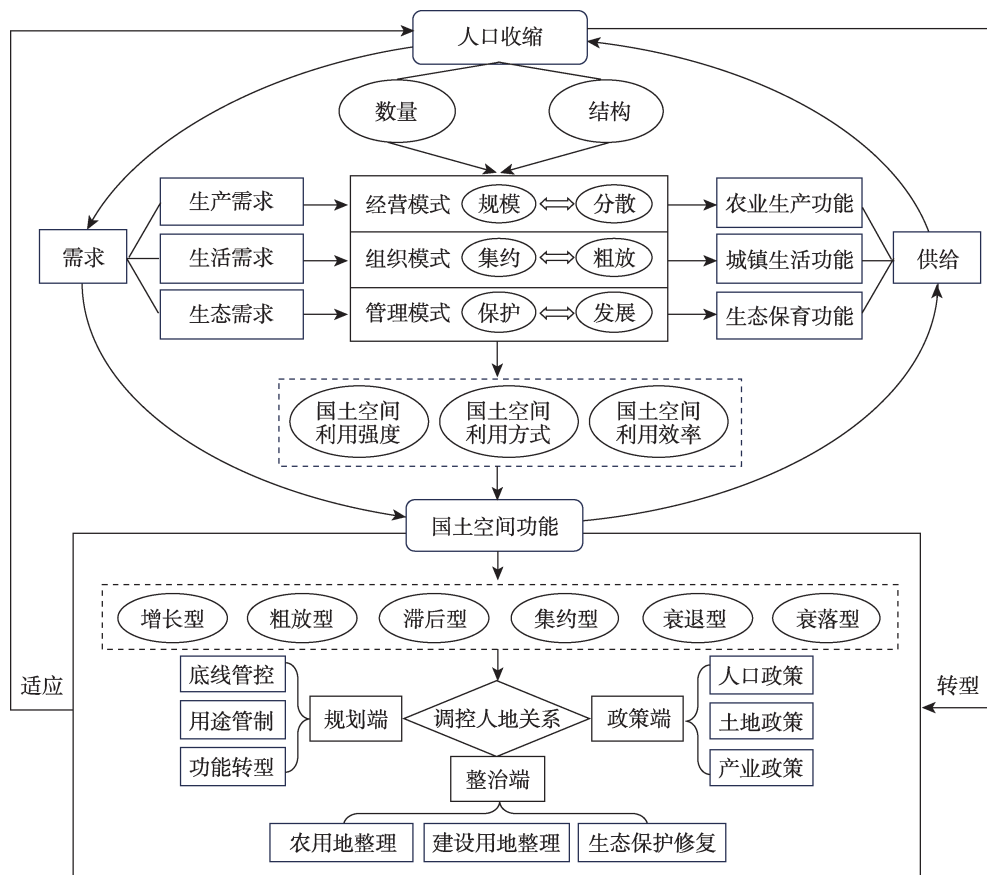


图1 人口收缩对国土空间功能的作用机理

Figure 1 Mechanism of impact of population shrinking on territorial space function

长型的主要特征是人口与国土空间功能皆呈持续增长态势,且国土空间供给能力大于人口需求,人地供需关系协调。粗放型的主要特征是人口与国土空间功能皆呈持续增长态势,但人口需求增长大于国土空间供给能力,未来可能面临人地关系不协调的风险。滞后型的主要特征是人口持续增长,但国土空间功能持续下降,人地供需关系失调。集约型的主要特征是人口收缩情况下,国土空间功能持续上升,人地供需关系协调。衰退型和衰落型皆表现为人口收缩的同时,国土空间功能持续减弱,人地供需关系失调;前者的国土空间功能减弱速度虽慢于人口收缩速度,但空间发展仍处于衰退趋势;后者的国土空间功能减弱速度快于人口收缩速度,导致空间发展缺乏活力且受到阻碍。在人口收缩背景下,不同类型的国土空间作出不同响应,从而引发相应的转型过程,这个过程通常涉及规划、整治、政策等多个方面的共同作用。在国土空间政策

上,人口、土地和产业政策至关重要,合理配套能够引导国土空间协调发展^[10];在国土综合整治上,农用地整理、建设用地整理和生态保护修复是其主要手段,有助于提高国土空间的利用效率^[28];在国土空间规划上,则需要强化资源环境底线约束,充分发挥用途管制的作用,促进国土空间主体功能转型^[2,25]。综合应用这些措施,能够引导国土空间优化转型,以适应人口收缩对国土空间发展所带来的新挑战。

3 研究方法数据来源

3.1 研究方法

3.1.1 国土空间功能识别与量化

国土空间主要包括农业空间、城镇空间和生态空间,不同空间类型是人类活动供给不同功能。农业空间的主要目标是确保粮食安全,主要功能体现在提供农副产品和服务的生产功能。四川省作为保障国家重要初级产品供给的重要基地,始终强调重要农产品保供,为此将农业生产功能细分为产品

供给和资源保障功能。城镇空间的主要目标是支持人居生活,主要功能体现在提供人类居住和社会保障的生活功能。四川作为中国西部的人口大省和经济大省,人口城镇化和土地城镇化较快发展,城乡居住、通勤、就业、公共服务、消费等水平显著提高。因此,将城镇生活功能细分为居住承载、交通通信和社会保障等功能。生态空间的主要目标是保障生态安全和改善人居环境,主要功能是提供生态产品和服务,为物种提供优质安全的栖息地。四川生态系统类型丰富,森林生态功能良好,草原植被盖度高,高原湿地分布集中。因此,将生态保育功能划分为土壤保持、水文调节、气候调节和生物保护等功能。

借鉴国土空间功能评价的已有成果^[1,29-31],结合四川省资源禀赋和社会经济发展状况,构建国土空间功能测度体系(表1)。各个功能表征指标的选取主要基于以下准则:①能够直接表征国土空间功能供给水平;②经多数学者验证和使用;③在县级尺度可定量测度。本文通过极值法对指标进行归一化处理,运用熵权法确定各指标权重,采用综合加权法计算各一级功能值。本文认为农业生产功能、

城镇生活功能和生态保障功能在支撑国土空间发展具有同等重要的地位,因此在计算国土空间总功能时,对这3个一级功能赋予相同权重。

3.1.2 人口收缩测度

学界通常以地区的常住或户籍人口作为人口收缩的测度依据^[5,8],考虑到常住人口更能反映城乡实际活动的参与者与基础设施的使用者^[6],本文使用县域常住人口年均变化率表征人口数量收缩状况,计算如下:

$$PQR_i = (\sqrt[n]{PQ_n/PQ_1} - 1) \times 100\% \quad (1)$$

式中: PQR_i 为研究时段县域*i*的人口数量收缩度; PQ_1 和 PQ_n 分别为县域*i*在基期和末期的常住人口; n 为研究时段总年数。当 $PQR_i < 0$ 时,表示县域人口数量处于收缩状态,且 PQR_i 的绝对值越大,说明该县域人口数量收缩程度越严重;反之,则县域人口数量未出现收缩。

当前中国面临日趋严峻的老龄化,人口收缩不仅在数量上显现,也体现在结构方面^[15]。人口老龄化是最直观反映人口结构收缩的指标,本文使用县域人口老龄化年均变化率表征人口结构收缩状况。

表1 国土空间功能分类体系及表征指标说明

Table 1 Classification system and characterization index of territorial space function

一级功能	二级功能	表征指标	指标解释与计算方法	权重
农业生产功能	产品供给功能	粮食单产/(kg/hm ²)	粮食总产量/粮食作物播种面积	0.08
		人均粮食产量/(kg/人)	粮食总产量/县域总人口	0.22
		人均农林牧渔业产值/(元/人)	农林牧渔总产值/县域总人口	0.11
	资源保障功能	人均耕地面积/(亩/人)	耕地面积/县域总人口	0.18
		土地垦殖率/%	耕地面积/县域面积×100%	0.41
城镇生活功能	居住承载功能	人口密度/(人/km ²)	县域常住人口/县域面积	0.42
		城镇化水平/%	城镇居民人口/县域总人口	0.06
		人均供水量/(m ³ /人)	供水总量/县域总人口	0.11
	交通通信功能	交通设施密度/(km/km ²)	交通网总长度/县域国土面积	0.10
		人均邮电业务量/(元/人)	邮政及电信业务总量/县域总人口	0.08
	社会保障功能	人均GDP/(元/人)	地区生产总值/县域总人口	0.08
		人均社会消费品零售总额/(万元/人)	社会消费品零售总额/县域总人口	0.09
		产业结构/%	第二和第三产业产值/GDP	0.02
		城乡居民收入平衡指数	农村居民人均可支配收入/城镇居民人均可支配收入	0.05
生态维护功能	水文调节功能	水源涵养量/(m ³ /km ²)	根据InVEST模型计算	0.13
	土壤保持功能	土壤保持量/(kg/km ²)	根据RUSLE模型计算	0.31
	气候调节功能	植被固碳量/(kg/km ²)	净初级生产总量与生物量的乘积,再乘以碳含量	0.42
	生物保护功能	生境质量	根据InVEST模型计算	0.14

计算如下:

$$PAR_i = (\sqrt[n]{PA_{i2}/PA_{i1}} - 1) \times 100\% \quad (2)$$

式中: PAR_i 为研究时段内县域*i*的人口结构收缩度; PA_{i1} 和 PA_{i2} 分别为县域*i*在基期和末期的人口老龄化率,这里的人口老龄化率选取60岁及以上人口占总人口的比重表征。当 $PAR_i > 0$ 时,表示县域人口结构处于收缩状态,且 PAR_i 越大,说明该县域人口结构收缩程度越严重;反之,则县域人口结构未出现收缩。

本文以人口老龄化指标修正学界以人口数量为单一维度的收缩测度,因此,人口收缩度计算如下:

$$PCR_i = mPQR_i + kPAR_i \quad (3)$$

式中: PCR_i 为研究时段内县域*i*的人口收缩度, m 和 k 分别为人口数量收缩和人口结构收缩的权重。由于人口数量变化对社会经济和资源分配发展产生最直接、最快速的影响,因此在赋权重时将 m 赋为0.6, k 赋为0.4。为使结果更具可视化,将 PQR_i 和 PAR_i 归一化至 $[-1, 1]$,当 $PCR_i < 0$ 时,表示该县域处于人口收缩,且 PCR_i 的绝对值越大,表明该县域人口数量收缩程度越严重;反之,该县域人口处于增长状态。

3.1.3 国土空间类型划分

人口收缩与国土空间功能之间相互作用和影响,国土空间优化过程中,人口是重要因素,因此研究基于经济学中的弹性系数划分国土空间类型区。弹性系数是衡量两个相互联系的变量在一定时期内变化速度的比率,表示两个变量变动情况的依存关系,可揭示一个变量变动对另一个变量变动的敏感程度^[32]。参考刘彦随等^[33]构建的劳耕弹性系数,本文构建了人地弹性系数,衡量国土空间功能变化相对于人口收缩的敏感程度。人地弹性系数的绝对值越大,表明二者之间的敏感程度越高;反之,则二者之间的敏感程度越低。人地弹性系数计算公式如下:

$$PLEC_i = \frac{PCR_i}{LCR_i} = \frac{PCR_i}{\sqrt[n]{L_{i2}/L_{i1}} - 1} \quad (4)$$

式中: $PLEC_i$ 为研究时段内县域*i*的人地弹性系数; LCR_i 为*i*县域国土空间功能变化率,为了具备可比

性,这里的国土空间功能变化率参照人口收缩的计算方式,采用国土空间功能年均变化率。 L_{i1} 和 L_{i2} 分别为县域*i*在基期和末期的国土空间功能值。结合人口收缩对国土空间功能的作用机理,根据人地弹性系数,国土空间类型划分如表2所示。

表2 耦合人口收缩特征的国土空间类型划分

Table 2 Territorial space classification of Sichuan Province coupled with population shrinking

类型	PCR	LCR	PLEC	县域人地关系特征
增长型	>0	>0	<1	国土空间功能增强大于人口增长
粗放型	>0	>0	>1	国土空间功能增强小于人口增长
滞后型	>0	<0	—	国土空间功能减弱,人口增长
集约型	<0	>0	—	国土空间功能增强,人口收缩
衰退型	<0	<0	>1	国土空间功能减弱小于人口收缩
衰落型	<0	<0	<1	国土空间功能减弱大于人口收缩

3.2 研究区域与数据来源

3.2.1 研究区域

四川位于中国西南腹地,介于97°21'E—108°12'E,26°03'N—34°19'N,地处青藏高原与长江中下游平原的过渡带,是长江经济带重要战略支点,亦是国家生态安全战略格局的重要构成,幅员面积48.6万km²(占全国的5.1%),下辖21个市(州)、183个县(市、区)。2020年,总人口约9097万,常住人口约8367万。地势西高东低,地貌复杂多样,西部为高原和山地,东部为丘陵和平原。生态资源和自然景观丰富,拥有众多国家级自然保护区;河流纵横交错,水资源丰沛;土壤类型丰富,土地利用方式多样。优越的资源禀赋为四川经济社会快速发展创造了有利条件,但国土资源也面临挑战。国土开发强度接近10%,超过全国水平的6.8%;人均耕地面积仅为0.67亩,不到全国的1/2,耕地后备资源紧缺,人地关系及粮食安全面临严峻考验;城乡发展不平衡、不协调等问题突出,乡村空间无序化、空心化现象普遍;区域生态环境具有多样性、脆弱性等特点^[34]。2020年,省内约3/4的市(州)人口呈负增长,外流人口超过1000万,是流出人口最多的省份之

—^[4]。基于此,识别人口收缩和国土空间功能变化特征,厘清人地关系存在的现实问题和区域差异,有利于优化四川省国土空间开发与保护格局,以更好地适应人口收缩所带来的挑战。

3.2.2 数据来源

本文以2020年四川省行政区划为基准,对涉及行政区划调整的县域进行归并处理得到183个县级行政单元,研究期为2010—2020年。为便于计算,将所有空间数据进行地图投影(高斯—克吕格投影),统一转换为地理坐标系统(1980年西安坐标系)。利用MODIS Reprojection Tools与ArcGIS对栅格数据进行拼接、提取、裁剪等操作,得到所需数

据集(表3)。

4 结果与分析

4.1 四川县域人口空间分布及收缩特征

2010和2020年四川县域人口空间分布均呈明显的东西分异格局,人口集中分布在成都平原、川南、川东北和攀西地区,川西北地区人口分布相对较少(图2)。人口小于20万的县域数量占比由2010年的29.5%提升至2020年的30.6%,主要集中在阿坝藏族羌族自治州(下文简称阿坝州)和甘孜藏族自治州(下文简称甘孜州);人口大于100万的县域数量占比由2010年的6.6%下降至2020年的5.5%,主要分布在成都市、绵阳市和眉山市。若将

表3 数据来源及说明
Table 3 Data sources and description

类型	数据产品	来源	年份	空间分辨率
人口数据	第六、七次全国人口普查	国家统计局	2010,2020	县级
社会经济数据	四川统计年鉴	四川省统计局	2011,2021	县级
道路数据	四川省道路矢量数据	国家基础地理信息中心;资源环境科学与数据中心	2010,2020	1:25万
遥感影像数据	Landsat 8 OLI_TRIS	地理空间数据云	2010,2020	30 m
土地利用数据	CLCD	Zenodo(https://zenodo.org/records/5816591)	2010,2020	30 m
DEM	ASTER GDEM V2	USGS(https://www.usgs.gov/)	2015	30 m
土壤数据	中国高分辨率国家土壤信息格网基本属性数据集	国家地球系统科学数据中心	2010—2018	1 km
年降水量	中国地面气候资料日值数据集(V3.0)	国家气象科学数据共享服务平台	2010,2020	1 km
NPP	MOD17A3HGF V6.0	NOAA(https://www.noaa.gov/)	2010,2020	500 m
NDVI	MOD13A1	NASA(https://search.earthdata.nasa.gov/)	2010,2020	500 m
陆地蒸散量	MOD16A3	NASA/EOS(https://www.umd.edu/)	2010,2020	500 m
叶面积指数	MOD15A2	NASA(http://www.noaa.gov/)	2010,2020	1 km
植被根系深度	生物物理参数表	Li等 ^[35]	2010,2020	—

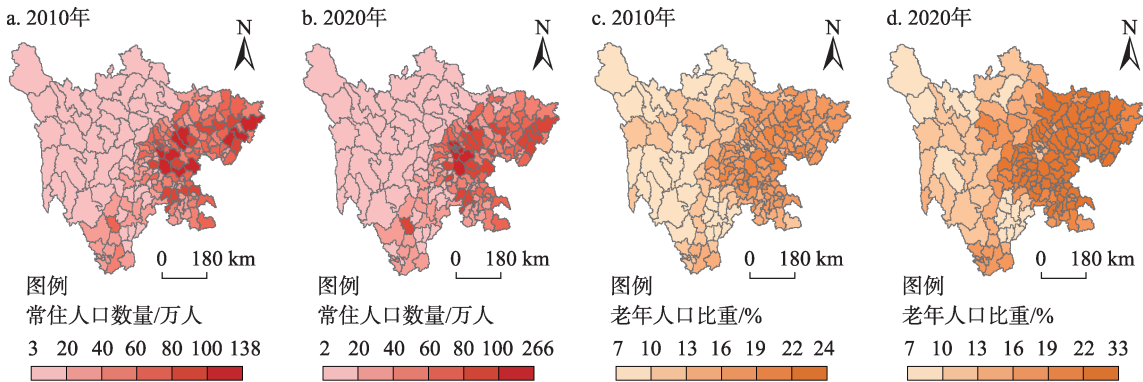


图2 2010—2020年四川省县域人口空间分布格局

Figure 2 Spatial distribution of county population in Sichuan Province, 2010–2020

60岁及以上人口占总人口比重达到10%作为一个地区进入老龄化社会的标准,2010—2020年,四川省大部分县域已进入老龄化社会;2010年,进入老龄化社会的县域主要分布在成都平原、川东北、川南的大部分县域,少部分分布在川西北和攀西地区;2020年,进入老龄化社会的县域进一步向川西北和攀西扩散,进入老龄化社会的县域比例由2010年的85.2%提升至2020年的91.8%。

2010—2020年四川县域人口收缩具有显著的空间异质性和集聚特征(图3)。从人口数量收缩来看(图3a),收缩县域较多($PQR < 0$),共计106个,占比57.9%,主要分布在广元市、巴中市、南充市、泸州市及成都市周边;人口数量增长的县域共计77个,占比42.1%,主要分布在成都市、阿坝州北部、甘孜州西北部和凉山彝族自治州(下文简称凉山州)东南部。从人口结构收缩来看(图3b),四川省大部分县域呈现人口结构收缩,即 $PAR > 0$ 的县域,其数量共计174个,占比95.1%;其中人口结构收缩较为严重的区域($PAR > 4\%$)的比例为20.2%,主要分布在广元市、绵阳市、资阳市、泸州市和阿坝州南部。少部分县域人口老龄化趋势有所减缓,即 $PAR < 0$ 的县域,共计9个,占比4.9%,主要分布在川西北和攀西的少部分县域。从人口收缩度来看(图3c), $PCR < 0$ 的县域共计127,占比69.4%,分布在川南、川东北及攀西的大部分区县,这些县域人口呈现收缩态势; $PCR > 0$ 的县域共计56个,占比30.6%,主要分布在成都市、乐山市、阿坝州北部、甘孜州西北部和凉山州东北部,这些县域人口呈现增长态势。

为进一步探索四川县域人口收缩的综合特征,

结合人口数量收缩和人口结构收缩,将县域人口变化特征划分为4种类型(图3d):结构收缩型(I)、双收缩型(II)、数量收缩型(III)和增长型(IV)。其中,结构收缩型表示县域人口收缩以老龄化程度加剧为主要特征;双收缩型表示县域人口收缩以人口数量减少且老龄化同时加剧为主要特征;数量收缩型表示县域人口收缩以人口数量减少为主要特征;增长型表示县域人口数量增加且老龄化趋势下降。四川省人口收缩较为严重,双收缩型是四川省县域人口收缩的主要类型,共计105个,比例高达57.4%;其次是结构收缩型,共计69个,占比37.7%;增长型则相对较少,共计8个,占比4.4%;数量收缩型仅有1个。

4.2 四川县域国土空间功能时空变化格局

四川县域国土空间功能及其子功能的分布格局具有明显的时空异质性,中东部地区以农业生产和城镇生活功能集聚发展为主,西北地区以生态维护功能为主(图4)。具体来看:

农业生产功能呈由东南向西北衰减的分布特征。其中,高值区集中在成都平原、川东北和川南经济区,并向南北延伸。该地区耕地资源集中分布,具有发展农业的先天优势,农业机械化程度高,规模化和产业化起步较早,产品供给和资源保障能力较高;低值区分布在巴中市、广元市、凉山州、阿坝州和甘孜州,这些多处在盆周山地和高原,土地利用以林木业为主,农业生产条件相对落后,配套设施不完善和技术落后抑制了农业规模生产,农产品供给和资源保障能力相对较弱。从功能变化来看,农业生产功能均值由2010年的0.34增至2020

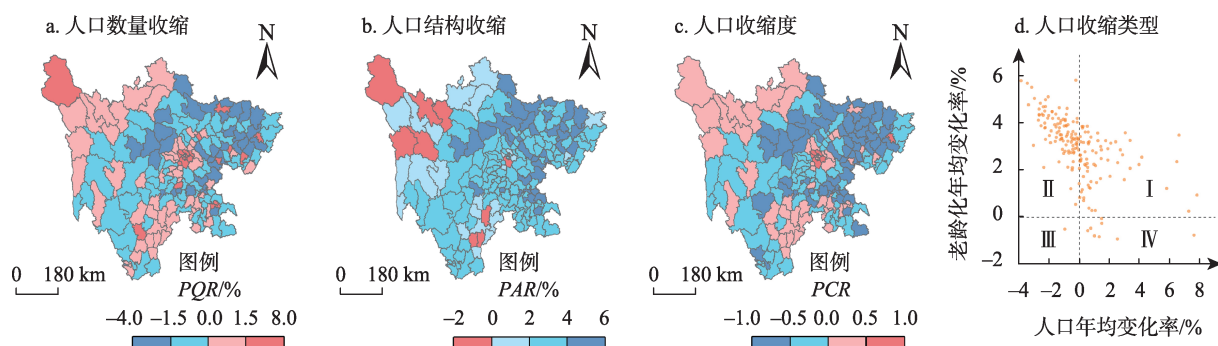


图3 2010—2020年四川省县域人口收缩空间特征

Figure 3 Spatial characteristics of county population shrinking in Sichuan Province, 2010–2020

2024年6月

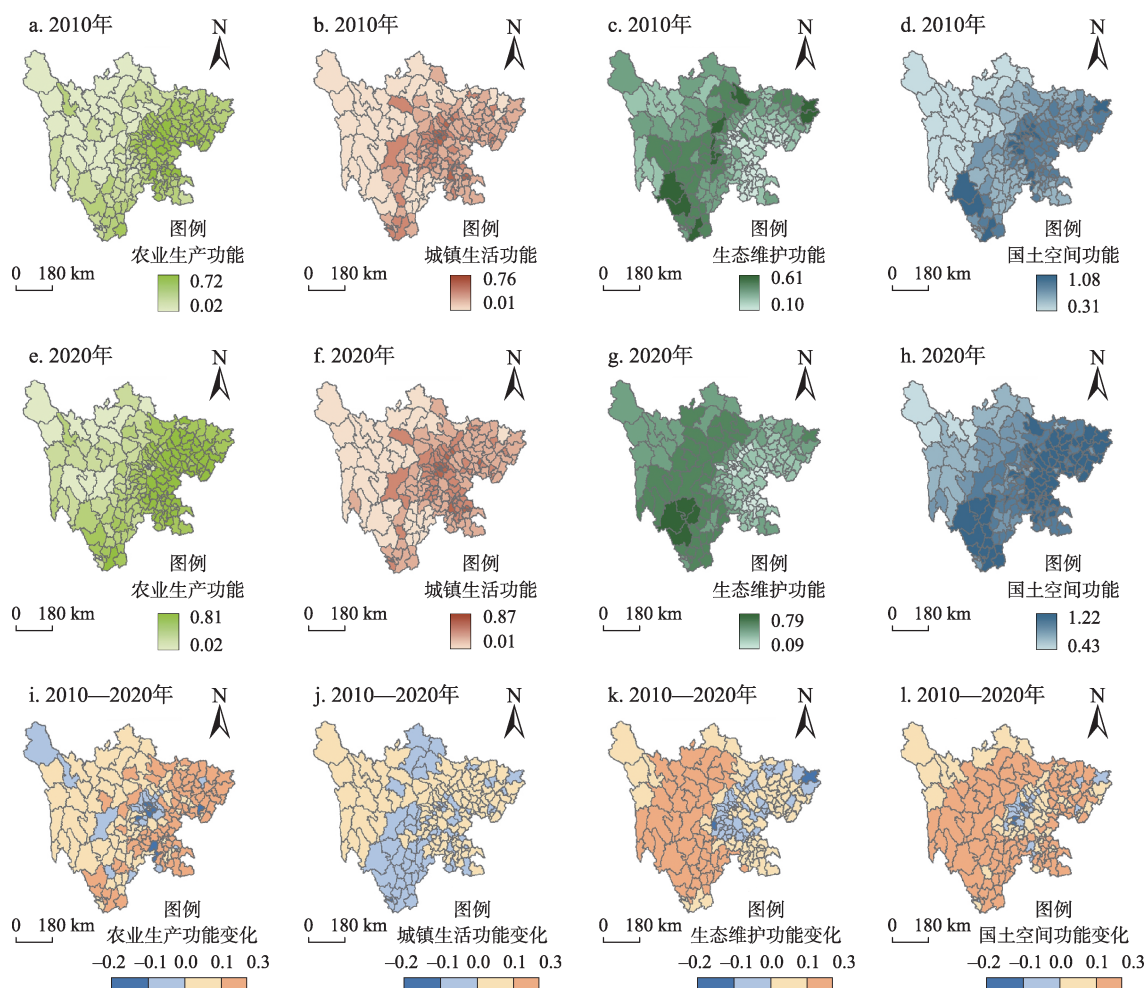


图4 2010—2020年四川省县域国土空间功能时空格局

Figure 4 Spatiotemporal patterns of county territorial space function in Sichuan Province, 2010–2020

年的0.42,增幅为23.5%,其中功能提升的单元数量为149个,占比81.4%,分布在川东北的广元市、南充市和巴中市,川南的泸州市、宜宾市和自贡市及攀西地区;功能下降的单元数量为34个,占比18.6%,主要分布在成都平原经济区的成都市、德阳市和眉山市及甘孜州部分区县。

城镇生活功能以成都平原为中心放射状分布,并向东部和南部扩展的空间演变态势。其中,高值区集中在成都—德阳—绵阳、成都—眉山—乐山、成都—资阳—内江、成都—遂宁—南充4条经济带,该地区基础设施互联互通水平大幅提升,省内人口、产业、资本、技术与信息在此高度集中且极化效应明显。尤其成都城镇化水平高,要素集聚功能和经济辐射带动作用强。从功能变化来看,城镇生活功能均值由2010年的0.14增至2020年的0.16,增幅

为14.3%。其中,功能提升的单元为113个,占比61.7%,提升较大的单元分布在成都市、内江市、巴中市、自贡市和宜宾市等;下降的单元为70个,占比38.3%,分布在眉山市、雅安市、凉山州的会理市及阿坝州的金川县、九寨沟县等。

生态维护功能总体呈西高东低的分布格局。其中,高值区分布在盆周山地和川西北高原、攀西及川东北,这些区域以生态维护功能为主。成都平原区内岛链状分布着生态维护功能较高的区县,在生态文明理念下,其生态保护与环境治理取得了明显成效。从功能变化来看,生态维护功能均值由2010年的0.25增至2020年的0.29,增幅为16.0%;其中,功能提升的单元数量为135个,占比73.8%;功能下降的单元数量为48个,占比26.2%。功能提升较大的县级单元分布在甘孜州、凉山州和阿坝州

等少数民族集聚区,下降的县级单元分布在达州市、成都市、雅安市、眉山市等地。

国土空间功能整体呈东南强、西北弱的分布格局。其中,高值区分布在成都平原、川东北和川南地区,低值区集中在川西北地区。川西北生态示范区在统筹协调生态保护和农牧业生产的同时严控城镇工业化开发,县域小城镇的承载能力提升有限。从变化趋势来看,国土空间功能均值由2010年的0.74增至2020年的0.87,增幅为17.6%。其中,功能下降的单元为26个,占比为14.2%;功能提升的单元为157个,占比为85.8%,显著提升的县域主要分布在成都市的成华区、锦江区、翠屏区及甘孜州的丹巴县、九龙县和乡城县等。

4.3 面向人口收缩特征的国土空间分区及优化

根据人地弹性系数,将四川县域国土空间划分为6种类型区(图5),并结合各类型区特征、国土空间规划战略和主体功能定位,提出面向人口收缩特征的国土空间优化方向。重点针对不同类型区面临的人口挑战和国土空间功能变化特征,从国土空间规划端、整治端和政策端等宏观视角,提出不同类型区在农业空间、城镇空间和生态空间的优化策略。

增长型县域的国土空间功能与人口均呈增长态势,且国土空间功能的增长速度大于人口增长速度。该类型单元共35个,占比19.1%,主要分布在

成都市、乐山市、宜宾市、阿坝州、甘孜州和凉山州等地。从子功能来看,农业生产、城镇生活和生态维护功能皆处于增长趋势。成都市、乐山市、宜宾市等地位于成都平原经济区和川南经济区,尽管人口持续增长,但老龄化问题日益严重。未来应重点加强国土空间底线管控和用途管制,提升人口承载力。引导城镇空间内的产业转型升级,增设养老基础设施服务;开展农村综合整治,保护耕地资源,提高土地利用效率;在生态空间内重点协调资源利用与环境保护。对于阿坝州、甘孜州和凉山州等经济发展相对滞后但生态功能突出的地区,未来应控制人口过快增长,重点发挥其生态优势,加强对生态产业的扶持,培育生态特色农业和农产品,推动旅游、农业、文化等多产业深度融合发展。

粗放型县域的国土空间功能与人口均呈增长态势,但国土空间功能的增长速度低于人口增长速度。该类型单元共10个,占比5.5%,主要分布在成都市区外围县域以及龙马潭区、利州区和通川区。从子功能来看,城镇生活和生态维护功能增长较为明显,农业生产功能增长较小。未来国土空间优化重点在于加强底线约束和用途管制,构建集约紧凑型发展模式。在城镇空间,加强土地用途管制,优化存量空间利用,引导产业绿色转型;在生态空间,重点对城镇边缘和生态脆弱区进行生态修复和保

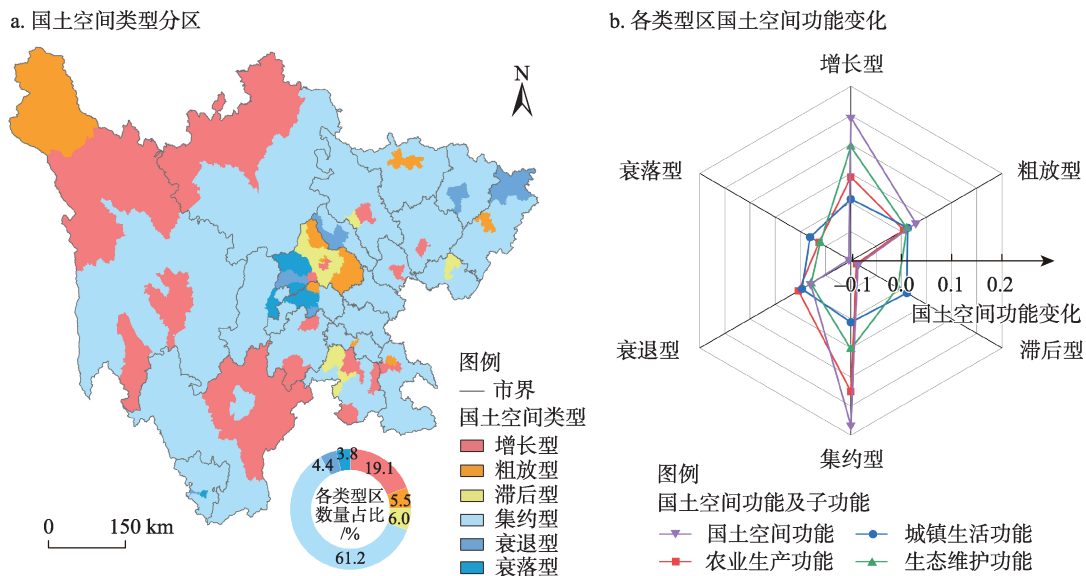


图5 耦合人口收缩特征的四川国土空间类型区

Figure 5 Territorial space zoning of Sichuan Province coupled with population shrinking

2024年6月

护,提高区域生态功能供给能力;在农业空间,开展全域土地综合整治,提升农业综合生产能力,鼓励农村建设用地减量化,引导人口和产业适度集聚。

滞后型县域的人口呈增长趋势但国土空间功能处于下降。该类型单元共11个,占比6.0%,主要分布在成都都市圈核心区域的大部分区县以及涪城区、叙州区和广安区。从子功能来看,农业生产功能和生态维护功能均呈下降趋势,尤其是农业生产功能下降较为明显。这些地区大多属于经济较发达的人口集聚区,面临劳动力供给增加而国土空间功能滞后的人地矛盾。未来应重点协调各项子功能,提升国土空间整体功能,以适应人口增长带来的城镇化和资源环境压力。对于农业空间,积极开展全域土地综合整治,稳定现有耕地规模,加强耕地非粮化和非农化管理,发展现代化都市农业和生态农业;对于城镇空间,开展低效用地再开发和城市更新,强化土地集约节约利用,增加绿色基础设施,增强养老服务水平;对于生态空间,实施生态保护修复工程,建设城乡一体、全域贯通、功能复合的生态网络。

集约型县域的国土空间功能呈现增强但人口处于收缩趋势。该类型单元共112个,占比61.2%,主要分布在环成都都市圈的绵阳市、德阳市、阿坝州、雅安市、遂宁市、乐山市、资阳市等的地区,以及川东北的大部分区县和川南、川西北地区的部分区县。从子功能来看,农业生产功能提升幅度最大,其次是生态维护功能,城镇生活功能提升不明显。未来应充分发挥国土空间功能优势,推进以县域为基本单元的城乡融合发展,构建中小县城组团式、多层次、网络化的空间结构,引导人口流动和布局优化,推动城乡精明收缩。在城镇空间,促进产业升级和转型,开展低效用地和污染企业整治,引导城镇减量提质,针对老龄化严重地区,应优化养老服务体系;在农业空间,通过高标准农田建设、空心村整治、人居环境整治等工程,适度促进农业规模化和农村闲置建设用地减量化;在生态空间,通过开展国土整治与生态修复提升生态功能供给能力,大力发展生态经济和特色文化旅游,促进“两山”资源转换。

衰退型县域的国土空间功能与人口均呈下降

趋势,且人口收缩速度大于国土空间功能衰弱速度。该类型单元共8个,占比4.4%,主要分布在邛崃市、旌阳区、广汉市、什邡市、青神县、万源市、巴州区和攀枝花西区。从子功能来看,生态维护和城镇生活功能均呈下降趋势,农业生产功能虽处于上升趋势但不明显。未来国土空间发展应转向内涵提升式,提升国土空间服务能力,提高空间吸引力进而增强区域活力。适度收缩城镇空间规模,引导城镇功能集聚与布局优化,促进传统产业结构升级,创造更多就业岗位,以吸引人才和资金流入;在农业空间促进土地规模经营,改善农业生产条件,促进农业与康养、文化、旅游等产业融合发展,激发乡村经济活力;在生态空间实施生态保护修复工程、建设生态示范区等措施,保护和恢复生态系统,提升生态环境品质,增强区域吸引力和竞争力。

衰落型县域的国土空间功能与人口均呈下降趋势,但国土空间功能衰弱速度大于人口收缩速度。该类型单元共7个,占比3.8%,主要分布在成都中心区外围的大邑县、蒲江县、崇州市、丹棱县、雨城区、东坡区和攀枝花东区。从子功能来看,城镇、生态、农业功能均呈下降趋势,尤其是生态和农业功能下降最为明显。未来应重点提升国土空间功能,缓解成都市中心区压力,促进都市圈中小城市协同发展格局。在城镇空间推动存量和减量规划,提升城镇生活服务水平,承接劳动密集型产业转移,吸引中心城区人口转移;在农业空间推进乡村振兴战略,开展农用地整理、空心村整治、乡村历史文化保护等,促进农业生态化和乡村宜居化;针对生态功能严重衰退的地区,优先实施生态保护修复,增强生态系统的稳定性和弹性,通过发展生态经济为中心城区提供老年游、生态旅游、农业观光等多样化的生态产品和服务。

5 结论和讨论

5.1 结论

本文在解析人口收缩对国土空间功能作用机理的基础上,整合了多源数据测度人口收缩和国土空间功能,揭示了2010—2020年四川县域人口与国土空间功能的时空变化,提出了基于人口收缩特征的县域国土空间分区及其优化策略。研究结论如下:

(1)人地供需关系是驱动国土空间功能形成与

发展的主要动因,人口收缩背景下,人口数量收缩和结构收缩引发的需求变化,驱动农业空间经营模式、城镇空间组织模式和生态空间管理模式变化,进而重塑农业生产功能、城镇生活功能和生态维护功能。

(2)2010—2020年,四川省人口收缩特征在县级尺度明显,具有显著的空间异质性和集聚特征;人口数量收缩的县域占比57.9%,主要分布在广元市、巴中市、南充市、泸州市及成都市周边,人口结构收缩的县域占比95.1%,仅川西北和攀西的少部分县域人口结构未显现收缩;双收缩型是四川省县域人口收缩的主要类型,占比57.4%;综合来看,69.4%的县域人口呈现收缩态势,主要分布在成都中心区外围、川南、川东北及攀西的大部分区县。

(3)四川县域国土空间功能具有显著的时空异质性,农业生产功能由东南向西北衰减,城镇生活功能以成都平原为中心放射状分布,生态维护功能呈现西高东低;2010—2020年,农业、城镇、生态子功能提升的县域分别占比81.4%、61.7%和73.8%;国土空间功能呈东南高、西北低的空间布局,高值区分布在成都平原经济区、川东北和川南地区,低值区分布在川西北生态示范区;2010—2020年,85.8%的县域国土空间功能呈现增强趋势。

(4)耦合人口收缩特征的四川县域国土空间可划分为增长型、粗放型、滞后型、集约型、衰退型、衰落型6种类型区,其中国土功能增强但人口收缩的集约型是其主要类型,占比61.2%;针对不同类型区面临的人口挑战和国土空间功能变化特征,从国土空间规划端、整治端和政策端等宏观视角,提出面向人口收缩特征的国土空间优化方向。

5.2 讨论

本文在理论框架层面深入解析了人口收缩对国土空间功能的影响机理,并修正了以往仅仅依赖单一数量维度的人口收缩测度方法;在实证层面以中国西南人口大省四川省为案例,拓展了以往集中于东北地区的研究案例,以期为其他相似省份提供参考借鉴。然而,受限于基础数据,本文对人口收缩测度体系和国土空间功能测度体系仍有待进一步完善。例如,人口收缩除了数量和结构维度外,还需考虑质量维度,包括教育程度、高科技人才等

关键指标,这些是衡量劳动力质量和区域高质量发展的重要因素。未来研究可拓展人口收缩数据来源,创新测度方法,以便更全面揭示人口收缩的多维特征。对于地貌类型多样的四川省,灾害风险等指标也是影响国土空间功能供给的重要因素,未来研究可进一步加强数据挖掘,基于更精细、更丰富的数据基础,实现国土空间功能变化的量化表达。

随着中国生育水平持续下降和人口老龄化趋势的加剧,人口收缩成为普遍现象^[5,6]。县域是人口减少与老龄化的“堡垒”,也是国土空间规划落实的基本单元。人口收缩对县域国土空间发展既构成挑战也蕴含机遇。因此,未来需要进一步探索县域人口收缩情境下国土空间的应对策略,并加强对不同类型区的人地关系认识。对于增长型和粗放型县域,尽管国土空间发展具有活力,但仍需强化耕地保护和生态安全底线,引导人口数量与土地资源配置、人口结构与公共服务设施相匹配。针对滞后型县域,应重点控制人口过快增长,提高劳动生产率,促进产业集聚、转型和升级,同时提升农业生产和生态功能,增强国土空间韧性,以适应不断增长的人口需求。对于集约型县域,可借鉴国际收缩城市优化经验,实施城乡精明收缩战略。针对衰退型和衰落型的县域,重点解决人口过度流失带来的空心村和老龄化问题,有序引导衰退型和衰落型村庄的人、地、资源有效重组,实现乡村空间结构的优化调整。同时,需增强县域的就业吸纳能力,引导人口回流并重振空间发展活力。

参考文献(References):

- [1] 邹利林,章丽君,梁一凡,等.新时代国土空间功能的科学认知与研究框架[J].自然资源学报,2022,37(12):3060-3072. [Zou L L, Zhang L J, Liang Y F, et al. Scientific cognition and research framework of territorial space function in the New Era[J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37(12): 3060-3072.]
- [2] 郝庆,彭建,魏冶,等.“国土空间”内涵辨析与国土空间规划编制建议[J].自然资源学报,2021,36(9):2219-2247. [Hao Q, Peng J, Wei Y, et al. The connotation of territory and the suggestions of drawing up spatial planning in the New Era[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(9): 2219-2247.]
- [3] Qu Y B, Zhan L Y, Jiang G H, et al. How to address “population decline and land expansion (PDLE)” of rural residential areas in

2024年6月

- the process of urbanization? A comparative regional analysis of human-land interaction in Shandong Province[J]. *Habitat International*, 2021, DOI: 10.1016/j.habitatint.2021.102441.
- [4] 毛蒋兴, 蒋玉欣. “七普”视角下中国人口结构转变与国土空间规划应对[J]. *规划师*, 2022, 38(5): 5-13. [Mao J X, Jiang Y X. China's population structure change and territorial space planning response based on the 7th national population census[J]. *Planners*, 2022, 38(5): 5-13.]
- [5] 吴康, 戚伟. 收缩型城市: 认知误区、统计甄别与测算反思[J]. *地理研究*, 2021, 40(1): 213-229. [Wu K, Qi W. Shrinking cities: Misunderstandings, identifications and reflections[J]. *Geographical Research*, 2021, 40(1): 213-229.]
- [6] 刘振, 戚伟, 齐宏纲, 等. 多时期演变视角下中国人口收缩区的识别、空间特征与成因类型分析[J]. *地理科学进展*, 2021, 40(3): 357-369. [Liu Z, Qi W, Qi H G, et al. Spatial distribution of population decline areas in China and underlying causes from a multi-periodical perspective[J]. *Progress in Geography*, 2021, 40(3): 357-369.]
- [7] 孙平军. 城市收缩: 内涵·中国化·研究框架[J]. *地理科学进展*, 2022, 41(8): 1478-1491. [Sun P J. Urban shrinkage: Connotation-sinicization-framework of analysis[J]. *Progress in Geography*, 2022, 41(8): 1478-1491.]
- [8] 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.]
- [9] 李宛聪, 李红, 王士君, 等. 东北地区收缩城市识别及其建设用地扩张时空演变[J]. *资源科学*, 2024, 46(2): 368-385. [Li W C, Li H, Wang S J, et al. Identification of shrinking cities in Northeast China and spatiotemporal evolution of construction land expansion[J]. *Resources Science*, 2024, 46(2): 368-385.]
- [10] 张浩哲, 杨庆媛. 中国资源型收缩城市“人口-土地-产业”耦合协调分析[J]. *世界地理研究*, 2024, 33(1): 163-177. [Zhang H Z, Yang Q Y. Characteristics of “population-land-industry” coordinated development of resource-based shrinking cities in China[J]. *World Regional Studies*, 2024, 33(1): 163-177.]
- [11] Jin Y, Zhou G L, Sun H R, et al. Regrowth or smart decline? A policy response to shrinking cities based on a resilience perspective[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2024, DOI: 10.1016/j.scs.2024.105431.
- [12] 赵小凤, 涂刘欣, 孟浩, 等. 中国城乡建设用地减量化研究进展及展望[J]. *资源科学*, 2024, 46(2): 235-248. [Zhao X F, Tu L X, Meng H, et al. Progress and prospects of urban and rural construction land reduction research in China[J]. *Resources Science*, 2024, 46(2): 235-248.]
- [13] 樊杰. 中国主体功能区划方案[J]. *地理学报*, 2015, 70(2): 186-201. [Fan J. Draft of major function oriented zoning of China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(2): 186-201.]
- [14] 栾志理. 收缩城市的紧凑型国土空间优化策略: 日本选址优化规划的经验与借鉴[J]. *国际城市规划*, 2023, 38(5): 105-111. [Luan Z L. Optimization methods of compact city spatial planning of shrinking cities: Experience and lessons of location optimization plan in Japan[J]. *Urban Planning International*, 2023, 38(5): 105-111.]
- [15] Jarzebski M P, Elmqvist T, Gasparatos A, et al. Ageing and population shrinking: Implications for sustainability in the urban century[J]. *Npj Urban Sustainability*, 2021, DOI: 10.1038/s42949-021-00023-z.
- [16] Mullenbach L E, Stanis S A W, Piontek E, et al. Centering environmental justice: Gentrification beliefs, attitudes, and support of park development in a shrinking city[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2021, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104253.
- [17] Beunen R, Meijer M, de Vries J R. Planning strategies for dealing with population decline: Experiences from the Netherlands[J]. *Land Use Policy*, 2020, DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104107.
- [18] Kyung S. The role of coworking spaces in small and medium sized shrinking cities: The case of South Korea[J]. *Cities*, 2024, DOI: 10.1016/j.cities.2024.104913.
- [19] Eraydin A, Özatağan G. Pathways to a resilient future: A review of policy agendas and governance practices in shrinking cities[J]. *Cities*, 2021, DOI: 10.1016/j.cities.2021.103226.
- [20] Aoki T. Which generation should migration promotion measures target to shortly achieve a compact structure for shrinking cities?[J]. *Cities*, 2024, DOI: 10.1016/j.cities.2024.105020.
- [21] Hollander J B, Németh J. The bounds of smart decline: A foundational theory for planning shrinking cities[J]. *Housing Policy Debate*, 2011, 21(3): 349-367.
- [22] Liu Z. Rural population decline, cultivated land expansion, and the role of land transfers in the farming-pastoral ecotone: A case study of Taibus, China[J]. *Land*, 2022, DOI: 10.3390/land11020256.
- [23] 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.]
- [24] Hu Q Y, Shen W C, Zhang Z F. How does urbanisation affect the evolution of territorial space composite function?[J]. *Applied Geography*, 2023, DOI: 10.1016/j.apgeog.2023.102976.
- [25] 董祚继. 新时代国土空间规划的十大关系[J]. *资源科学*, 2019, 41(9): 1589-1599. [Dong Z J. Ten relations of territorial planning in the new era[J]. *Resources Science*, 2019, 41(9): 1589-1599.]
- [26] 韩家彬, 刘淑云, 张书凤, 等. 农业劳动力老龄化对土地规模经营的影响[J]. *资源科学*, 2019, 41(12): 2284-2295. [Han J B, Liu

- S Y, Zhang S F, et al. Influence of aging of agricultural labor force on large-scale management of land[J]. *Resources Science*, 2019, 41(12): 2284–2295.]
- [27] 宋洋, 朱道林, Yeung G, 等. 收缩情境下城市用地结构时空格局演变及动力机制: 以中国东北地区为例[J]. *地理研究*, 2021, 40(5): 1387–1403. [Song Y, Zhu D L, Yeung G, et al. Spatio-temporal evolution and driving mechanism of urban land use structure with the context of urban shrinkage: Evidence from Northeast China[J]. *Geographical Research*, 2021, 40(5): 1387–1403.]
- [28] 金晓斌, 罗秀丽, 周寅康. 试论全域土地综合整治的基本逻辑、关键问题和主要关系[J]. *中国土地科学*, 2022, 36(11): 1–12. [Jin X B, Luo X L, Zhou Y K. Basic logic, key issues and main relations of comprehensive land consolidation[J]. *China Land Science*, 2022, 36(11): 1–12.]
- [29] 范业婷, 金晓斌, 甘乐, 等. 长三角地区土地利用功能权衡的空间特征及其影响机制[J]. *资源科学*, 2022, 44(8): 1589–1603. [Fan Y T, Jin X B, Gan L, et al. Spatial characteristics and influencing mechanism of trade-offs between multiple land use functions in the Yangtze River Delta region[J]. *Resources Science*, 2022, 44(8): 1589–1603.]
- [30] 周恺, 张旭阳, 夏依宁, 等. 人口-土地协调视角下的湖南省主体功能区优化探索[J]. *资源科学*, 2024, 46(2): 421–433. [Zhou K, Zhang X Y, Xia Y N, et al. Optimizing major function-oriented zone of Hunan Province from the perspective of population-land coordination[J]. *Resources Science*, 2024, 46(2): 421–433.]
- [31] 黄安, 许月卿, 卢龙辉, 等. “生产-生活-生态”空间识别与优化研究进展[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(3): 503–518. [Huang A, Xu Y Q, Lu L H, et al. Research progress of the identification and optimization of production-living-ecological spaces[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(3): 503–518.]
- [32] 马历, 龙花楼, 张英男, 等. 中国县域农业劳动力变化与农业经济发展的时空耦合及其对乡村振兴的启示[J]. *地理学报*, 2018, 73(12): 2364–2377. [Ma L, Long H L, Zhang Y N, et al. Spatio-temporal coupling relationship between agricultural labor changes and agricultural economic development at county level in China and its implications for rural revitalization[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2364–2377.]
- [33] 刘彦随, 李裕瑞. 中国县域耕地与农业劳动力变化的时空耦合关系[J]. *地理学报*, 2010, 65(12): 1602–1612. [Liu Y S, Li Y R. Spatio-temporal coupling relationship between farmland and agricultural labor changes at county level in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(12): 1602–1612.]
- [34] 尹延兴, 金晓斌, 韩博, 等. “空间冲突-功能障碍”视角下国土综合整治内涵、机制与实证[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(7): 272–281. [Yin Y X, Jin X B, Han B, et al. Connotation, mechanism and demonstration of integrated territory consolidation from the perspective of “spatial conflicts-functional obstacles” [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering* (Transactions of the CSAE), 2022, 38(7): 272–281.]
- [35] Li Y, Piao S L, Li L Z X, et al. Divergent hydrological response to large-scale afforestation and vegetation greening in China[J]. *Science Advances*, 2018, DOI: 10.1126/sciadv.aar4182.

Identification and optimization of territorial spatial types based on population shrinking characteristics: A case study of Sichuan Province

LUO Xiuli^{1,2}, JIN Xiaobin^{1,2,3}, LIU Xiaojie^{1,2}, HONG Buting^{1,2}, WANG Shilei^{1,2}, ZHOU Yinkang^{1,2,3}

(1. School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. Key Laboratory of Coastal Zone Exploitation and Protection, Ministry of Natural Resources, Nanjing 210023, China; 3. Jiangsu Provincial Land Consolidation and Ecological Restoration Engineering Research Center, Nanjing 210023, China)

Abstract: [Objective] To promote efficient utilization and sustainable development of territorial space, this study identified changes in territorial space functions considering different population shrinking characteristics, aiming to explore territorial space optimization strategies in response to population shrinking challenges. **[Methods]** By integrating multi-source data from county units in Sichuan Province from 2010 to 2020, this study measured population shrinking and territorial space

function changes, and delineated territorial space zones based on population shrinking characteristics using elasticity coefficient. **[Results]** (1) The relationship between population demand and territorial space supply is the main driver of territorial space function formation and development. Population shrinking affects demand, driving changes in agricultural space management, urban space organization, and ecological space management patterns, thereby reshaping the pattern of territorial space functions. (2) Population shrinking in counties of Sichuan Province exhibited significant spatial differences and agglomeration characteristics, with 69.4% of the counties experiencing population shrinkage. This phenomenon was mainly concentrated in peripheral counties outside the central Chengdu area, as well as in most counties in the southern, northeastern, and southwestern parts of Sichuan. The simultaneous change of population quantity and structure, termed “dual shrinking”, was the main type observed. (3) The overall distribution of territorial space functions in counties of Sichuan showed a high in southeast and low in northwest spatial pattern. From 2010 to 2020, 74.9% of the counties experienced an enhancement in territorial space function. (4) Based on population shrinking characteristics, Sichuan’s county territorial space was divided into growth-oriented, extensive, lagging, intensive, declining, and deteriorating types. Territorial space optimization directions were proposed according to the population challenges and territorial space function changes faced by different types of areas. **[Conclusion]** Incorporating population aging into the measurement system for population shrinking provides a more comprehensive understanding of regional population shrinking characteristics. Future territorial space optimization at the county level in Sichuan Province should integrate population shrinking characteristics and changes in territorial space functions. This optimization should involve territorial space planning, comprehensive land consolidation, and policy support, optimizing agricultural, urban, and ecological spaces to meet the spatial development needs under varying population shrinking characteristics.

Key words: population shrinking; territorial space functions; space optimization; elasticity coefficient; county; Sichuan Province