

# 乡村人居环境系统韧性的演变规律及其提升路径 ——以国家城乡融合发展试验区重庆西部片区为例

王 成, 代蕊莲, 陈 静, 沈 悦, 冀萌竹

(西南大学地理科学学院乡村人居环境研究实验室, 西南山地生态循环农业国家级培育基地, 重庆 400715)

**摘要:**以国家城乡融合发展试验区——重庆西部片区为研究区,以2009年、2014年、2019年为研究时点,以2009—2019年为研究时段,按照思想缘起、理论基础、实证演绎、提升路径的研究思路,建立乡村人居环境系统韧性测度的指标体系,分析其演变规律。研究表明:2009—2019年,重庆西部片区的乡村人居环境系统韧性水平不断上升,呈现出“南高北低”的空间格局。各子系统韧性在时间上呈现出不同程度的增长趋势,在空间上差异明显:自然系统韧性与人类系统韧性分别呈现出“由南向北递减”和“东西部向中部递减”的空间格局;居住系统韧性与支撑系统韧性则分别呈现出由“低值点缀分布”逐渐过渡到较为均衡和“普遍均衡、高低值点缀”的空间格局;社会系统韧性表现为“西部增强、东部减弱”的空间格局特征。借助障碍度模型对重庆西部片区乡村人居环境系统韧性提升的障碍因子及不同区县面临的主导障碍进行诊断,根据结果将重庆西部片区划分为单一主导障碍型、双重障碍型与三层障碍型三种类型,据此设计乡村人居环境系统韧性提升的差异化路径,以期打破重庆西部片区乡村人居环境系统韧性提升的多重制约。

**关键词:**乡村人居环境系统韧性;演变规律;障碍因素;韧性提升路径;重庆西部片区

乡村人居环境系统作为乡村地域系统的组成部分<sup>[1]</sup>,并非孤立存在,自形成以来便持续遭受着来自诸如城市化、工业化、自然灾害等各类事件的冲击和扰动。近30年持续推动的城市建设不断压缩乡村生态、生产、生活空间,吸纳乡村人力等资源,对乡村人地关系的冲击降低了乡村人居环境系统的稳定性与适应性。韧性作为系统固有属性,在维持系统的稳定运行、促进其可持续演化方面具有强大的支撑作用,乡村人居环境系统亦具有韧性<sup>[2]</sup>。目前,国内外关于韧性的研究成果颇为翔实。在研究领域上,从单一的自然生态系统<sup>[3]</sup>逐步扩展到相对复杂的社会生态系统<sup>[4]</sup>;在研究内容上,从韧性的概念内涵<sup>[5]</sup>、综合评估<sup>[6]</sup>、影响因素<sup>[7]</sup>等多方面丰富了韧性的研究内容,并拓宽韧性的应用范围<sup>[8]</sup>;在研究方法上,从定性研究<sup>[9]</sup>发展到综合指数法<sup>[10]</sup>、计量法<sup>[11]</sup>等定性与定量方法相结合。丰硕的韧性研究成果为解构乡村人居环境系统韧性提供了理论借鉴与方法参考<sup>[12]</sup>。农村人居环境整治作为实现乡村振兴的第一场硬仗,推动乡村人居环境系统可持续演化是全面推进乡村振兴与实现宜居乡村的基础与前提条件。当前,国内外学者聚焦于乡村人居环境的概念认知<sup>[13]</sup>,从可持续发展<sup>[14]</sup>、乡村旅游<sup>[15]</sup>等视角,以GIS空间计量分析<sup>[16]</sup>、村民参与式调查<sup>[17]</sup>等定性与定量相结合的方法,对乡村人居环境系统进行了探讨,理清了乡村人居环境系统的内涵、组分及其演化趋势。同时,部分学者开始关注乡村人居环境系统脆弱

收稿日期: 2021-06-14; 修订日期: 2021-09-09

基金项目: 国家社会科学基金项目(19BGL182); 中央高校基本科研业务费专项(SWU1909030)

作者简介: 王成(1975-),男,重庆荣昌人,博士,教授,博士生导师,研究方向为土地利用与乡村发展、乡村人居环境。E-mail: wchorange@126.com

性<sup>[18]</sup>,研究成果对于理解系统应对风险、提升降脆能力提供了理论支撑。改善和提升乡村人居环境作为全面推进乡村振兴的关键任务,如何深入探究乡村人居环境系统韧性能力,促进乡村人居环境系统可持续发展,已受到社会各界的广泛关注。

重庆市作为中国西部唯一的直辖市,自直辖以来始终关注着乡村“人—地—业”的融合发展,在地票制度、特色农业产业创建、农民工返乡创业、农村土地制度改革等诸多方面进行了大量试点,在促进城乡关系<sup>[19]</sup>的良性发展方面取得了显著成效,受到国家的高度重视。2009年国务院发布相关文件指导重庆市通过战略性调整农业结构、基础设施建设重点投入农村地区等举措统筹城乡改革与发展。大量的乡村建设打破了重庆农村的发展历程,加快了区域内人地关系与产业结构更新,多元主体之间的利益冲突变化等对乡村人居环境系统演化造成新的干扰。2014年重庆市开展农村人居环境整治工作,在进行农房改造、建设无害化场所推动畜禽养殖污染防治、硬化农村道路等的同时也改变了部分土地的利用方式,农村居民的心理需求逐渐发生变化,这对乡村人居环境系统应对未知变化的能力提出了新的要求。2019年,国家发展改革委等十八部门联合印发《国家城乡融合发展试验区改革方案》,公布重庆西部片区成为国家城乡融合发展试验区。试验区大量支农惠农政策的注入将改变重庆西部片区乡村主体的数量、类型及其行为决策。选择该区域进行乡村人居环境系统韧性研究,有助于将政策优势更好地转化为乡村人居环境提升效能,促进城乡融合<sup>[19]</sup>和乡村振兴,发挥试验区的示范效应。因此,本文以重庆西部片区为研究区,以2009年、2014年、2019年为研究时点,通过构建乡村人居环境系统韧性测度的指标体系,揭示2009—2019年重庆西部片区乡村人居环境系统韧性的时空演变规律,借助障碍度模型,甄别其乡村人居环境系统韧性提升的障碍因子,差异化设计乡村人居环境系统韧性提升路径,助力乡村人居环境系统向高层次演化。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究思路

在全球化、工业化、城市化等外部环境以及自然灾害、社会灾难等因素的共同驱动下,以“人”为主体的多元扰动源持续地推动乡村人居环境系统内各要素的相互作用与制约,我国大部分地区的乡村人居环境不同程度地面临着青壮年劳动力流失、产业配套设施不足、居民环境保护意识弱等难题。随着国家城乡融合发展试验区的设立,在试验区引导打通城乡之间的资源要素等传输通道的过程中,将不可避免地改变试验区乡村主体的竞合行为与人地关系,使乡村人居环境系统面临不确定的扰动。乡村人居环境系统作为人与地相互作用下形成的开放的复杂巨系统,在不同的发展阶段应对扰动冲击的能力大小不一。诠释乡村人居环境系统应对扰动的韧性,通过提升其韧性能力以营建稳定的乡村人居环境,有利于实现“宜居乡村”这一现实需求,研究成果亦可为重庆乃至西部地区提升乡村人居环境、促进城乡融合发展带来示范效应。

乡村人居环境系统包含自然子系统、人类子系统、居住子系统、支撑子系统与社会子系统五大子系统<sup>[20]</sup>,具有开放性、非线性、非稳定性与持续涨落性等特征。系统内任何一个要素发生变化都会引起其他要素的相应变化,形成连锁反应,导致系统状态发生改变。作为系统的属性之一,韧性是系统抵御与化解外来冲击并在危机来袭时仍能保持其主要功能正常运转的能力,其实质是系统主动学习、适应与吸收内外环境扰动的一种调整途径和方法,可用于理解人类与自然相互作用的过程与机理。当前,我国为解决

“三农”问题,破解城乡二元结构,积极促进城乡融合发展,设立国家城乡融合发展试验区进行改革试点。在这一过程中,大量支农惠农政策注入乡村,将促进乡村人居环境系统内部各要素、子系统间及其与外部环境间人流、资金流、文化流等频繁进行交换与互动,从而对乡村人居环境及其各个子系统产生不同程度的影响。因此,乡村人居环境系统韧性可理解为乡村人居环境系统通过调整内部要素、结构等方式,应对内外环境各种因素的扰动,从而促进乡村人居环境系统由原有的均衡状态向新的均衡状态转变,最终实现系统由低层次向高层次演化的一种抗冲击、可持续的能力。

据此,本文遵循地理学“理论—实证—应用”的研究范式,按照思想缘起、理论基础、实证演绎、提升路径的逻辑进路展开乡村人居环境系统韧性研究(图1)。具体地,首先从现实需求出发,理清乡村人居环境系统韧性提升的价值导向,其次以韧性理论、乡村地域系统理论以及人居环境理论为基础,通过多学科融合,多维度解析乡村人居环境系统韧性,最后从乡村人居环境系统韧性水平的测度着眼,通过识别系统状态,分析并化解其障碍因素,提升系统应对扰动的能力。

## 1.2 研究区概况

重庆西部片区地处重庆市( $28^{\circ}28' \sim 30^{\circ}44'N$ ,  $105^{\circ}29' \sim 107^{\circ}00'E$ )西部,地势较为平坦,土地开发利用难度低,地貌类型以丘陵为主,涵盖潼南、合川、铜梁、荣昌、大足、璧山、永川、江津、巴南9个区(图2)。重庆西部片区位于长江上游,区域内水资源较为丰富,总面积约15323 km<sup>2</sup>,以占全市18.5%的土地聚集了全市近30%的经济总量和人口,资源要素集聚能力较强。2019年,重庆西部片区乡村常住人口878.05万人,约占全市乡村总人口的27.97%;农村常住居民人均可支配收入1.9万元,高出全市平均水平27%;城乡居民收入比低于全市平均水平,综合经济实力全市领先。重庆西部片区历来是重庆市农业农村改革发展重地,已经积累了相对充足的改革经验,加之其位于成渝地区双城经济圈主轴与“一带一路”和长江经济带的联结点,以重庆西部片区为研究区的研究成果在重庆乃至西部地区具有较强的示范性。2019年重庆西部片区被列为国

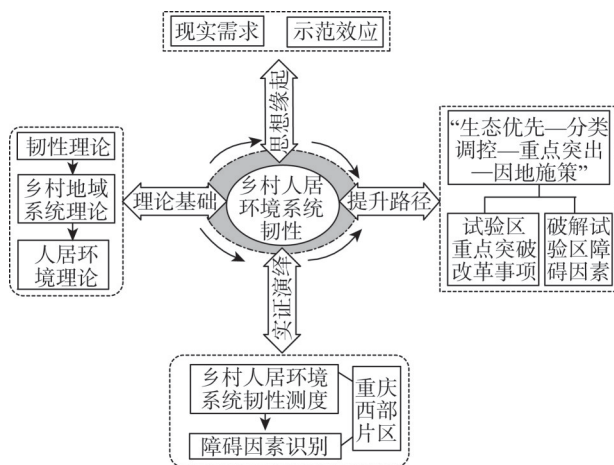


图1 乡村人居环境系统韧性研究思路

Fig. 1 Research thinking on rural human settlements system resilience

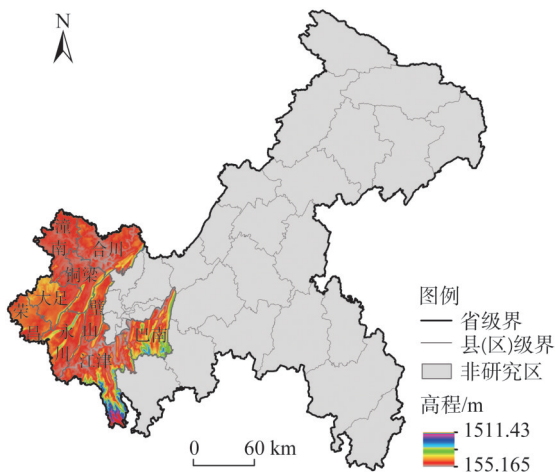


图2 研究区区位

Fig. 2 Location of the study area



家城乡融合发展试验区,9个区聚焦五大试验任务先行先试。在这一特定背景下,乡村地域内人地关系将趋于复杂,多元主体之间的利益竞合使其成为乡村人居环境系统应对内外复杂、难预测扰动的关键地区。由此,对该区域2009—2019年乡村人居环境系统韧性的研究既具典型性也有示范性。

### 1.3 数据来源

数据主要包括矢量数据与属性数据。矢量数据主要利用Bigemap以及走访重庆市规划和自然资源局获得的重庆市土地变更调查数据、DEM数据等。属性数据主要分为社会经济数据和生态环境数据,通过实地走访重庆市统计局以及各区县的统计局、林业局、生态环境局、网站查询等方式获取。其中,社会经济数据直接或间接来源于《重庆统计年鉴》《重庆调查年鉴》以及重庆西部片区9个区的统计年鉴;人均水资源量、水土流失率、森林覆盖率等生态环境数据来源于《重庆市水资源公报》《重庆市水土保持公报》《重庆市森林资源公报》等。

### 1.4 研究方法

#### 1.4.1 乡村人居环境系统韧性水平的综合测度

##### (1) 评价指标体系构建

基于图1的研究思路,结合重庆西部片区先行先试的重点突破任务,遵循科学性、代表性、数据可获得性的原则,从乡村人居环境五大子系统出发,构建乡村人居环境系统韧性测度指标体系(表1)。

自然系统是乡村人居环境产生并能够正常发挥其功能的基础,是系统存在且得以稳定发展的前提。根据文献整理,结合调研过程中农户反馈的意见,本文通过提取同类研究的共性指标结合所需个性指标的方式,从生态供给与生态污染、自然灾害与系统调节能力方面,选取森林覆盖率、生物丰富度指数、农用化肥施用强度、水土流失面积率表征自然系统韧性水平。人类系统是促进乡村人居环境系统演变发展的内在动力。吴良镛<sup>[20]</sup>与道萨迪亚斯<sup>[21]</sup>均提出生理需求、情感需求是理解人类系统的关键要素,选取乡村劳动力水平、家庭规模、性别平衡率以及农村居民人均教育文化娱乐支出表征人类系统韧性水平。居住系统是人类系统、社会系统等需要利用的居住物质环境,对乡村社会发展具有推动作用,是一种强有力的工具,主要包括住宅条件(包括家电设备)、社会公共设施(包括医院、学校)等。因此选取农村居民人均住房面积、电视覆盖率、乡村教育水平离均率、设村卫生室的村数占行政村数表征居住系统韧性水平。支撑系统是指为人类活动、社会交往提供支持与服务保障的系统,其通过基础设施网络将乡村聚落联结成一个整体,从而对其他系统产生巨大的影响。道萨迪亚斯<sup>[21]</sup>提出供电、供水、交通、通讯是支撑系统必不可少的四大关键因子,基于此分别选取公路网密度、广播覆盖率、人均水资源量、乡村电力设施水平表征支撑系统的韧性水平。社会系统服务于经济发展、居民福利与公平等更高层次的需求,为乡村人居环境系统降低风险、培育系统稳健性提供动力。综合选取农业商品化率、农业与非农产业结构失衡度、城乡居民人均收入比、社会保障支出占GDP比例表征社会系统韧性水平。经检验,本文所建立的乡村人居环境系统韧性指标体系的内部一致性信度Cronbach's  $\alpha$ 系数值为0.767,大于经验阈值0.7,符合指标表征性和一致性要求。

##### (2) 指标权重计算

确定指标权重是进行乡村人居环境系统韧性水平测度的重要基础。当前关于测算指标权重的方法主要包括层次分析法、德尔斐法、均方差权值法、熵值法等。为了提高指

表1 乡村人居环境系统韧性测度指标体系

Table 1 The evaluation index system of rural human settlements system resilience

目标层	子系统层	指标层	计算方式/指标解释	指标性质	熵值法权重	层次分析法权重	最终权重
乡村人居环境系统韧性	自然系统韧性 0.1965	森林覆盖率X1	林地面积/区域总面积	+	0.0645	0.0768	0.0707
		水土流失面积率X2	水土流失面积/区域总面积	-	0.0453	0.0369	0.0411
		农用地化肥施用强度X3	农用地化肥施用量/耕地面积	-	0.0186	0.0292	0.0239
		生物丰富度指数X4	反映单位面积内生物物种的种类数量	+	0.0646	0.0569	0.0608
	人类系统韧性 0.2172	乡村劳动力水平X5	乡村劳动力数量/乡村总人口	+	0.0346	0.0296	0.0322
		性别平衡率X6	(男性总人口-女性总人口)/乡村总人口	-	0.0503	0.0430	0.0466
		农村居民人均教育文化娱乐支出X7	反映农村居民对教育、文化产品或服务等的精神需求	+	0.08	0.0683	0.0742
		家庭规模X8	乡村总人口/乡村总户数	+	0.0692	0.0591	0.0642
	居住系统韧性 0.1617	住房面积X9	反映农村居民住房基本条件	+	0.0469	0.0759	0.0614
		乡村教育水平离均率X10	研究单元每百位乡镇学生教师拥有量/研究区每百位乡镇学生教师拥有量	-	0.0328	0.0531	0.0429
		电视覆盖率X11	反映家电设备水平	+	0.0166	0.0269	0.0217
		设村卫生室的村数占行政村数X12	设村卫生室的村庄数/村×100%	+	0.0273	0.0442	0.0357
	支撑系统韧性 0.258	路网密度X13	路网长度/区域总面积	+	0.0564	0.0357	0.0460
		广播覆盖率X14	反映农村的通讯设施水平	+	0.0339	0.0215	0.0277
		人均水资源量X15	水资源总量/乡村总人口	+	0.0486	0.0308	0.0397
		乡村电力设施水平X16	乡村用电量/乡村总人口	+	0.1771	0.1121	0.1446
	社会系统韧性 0.1666	农业商品化率X17	反映农业发展水平	+	0.0273	0.0410	0.0341
		农业与非农产业结构失衡度X18	$P_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_i^*)^2}$	-	0.0276	0.0414	0.0345
		城乡居民人均收入比X19	城镇居民可支配收入/农村居民可支配收入	-	0.0272	0.0408	0.0340
		社会保障支出占GDP比例X20	社会保障支出/生产总值	+	0.0512	0.0768	0.064

注：参考《生态环境状况评价技术规范》(HJ/T192-2015)确定生物丰富度指数影响因子权重，生物丰富度指数=0.35×林地面积占比+0.21×草地面积占比+0.28×水域湿地面积占比+0.11×耕地面积占比+0.04×建设用地面积占比+0.01×未利用地面积占比。农业与非农产业结构失衡度根据表1中的公式计算，其中： $x_i$ 代表农业与非农产业占GDP比值； $x_i^*$ 是重庆市标准产业结构。依据2019年世界银行《世界发展报告》中人均GDP和产业结构变化的标准以及参考文献<sup>[22]</sup>中的方法，测算出 $x_i^*=(6.22, 93.78)$ 。

标权重的精确度和可信度，本文采取层次分析法和熵值法相结合<sup>[23]</sup>的方法对乡村人居环境系统韧性测度的指标体系进行赋权，在一定程度上能避免单一主观赋权法的武断与随机性，又可有效克服熵值法关于数据信息损失的缺点。

① 层次分析法。首先将影响乡村人居环境系统韧性的各因素条理化，建立层次分明的乡村人居环境系统韧性评价指标体系。其次，以上层指标为准则，对同一层次的各项指标进行两两比较，构造判断矩阵，进行一致性检验，确定各项指标权重 $Q_j$ 。最后，按照

加权方法计算出本层次所有指标对上一层次的权重值,逐层综合,得到乡村人居环境系统韧性的综合权重,详细步骤见参考文献 [24]。

② 熵值法。熵值法主要是根据指标变异性的大小来确定客观权重,目前已在多个领域得到了广泛应用。一般来说,信息熵越小,意味着指标值变异程度越大,所能提供的信息量越多,在综合评价中能起到的作用越大,即权重也越大。反之,当指标的信息熵越大,其权重也就越小。所以可以根据熵值大小计算出乡村人居环境系统韧性各个指标的权重  $L_j$ ,详细步骤见参考文献 [14]。

③ 确定最终权重。由于本文根据层次分析法与熵值法两种方法确定权重,且无偏好性,故采用偏好系数  $\mu=0.5$  计算各项指标最终权重  $W_j$ 。

$$W_j = \mu L_j + (1 - \mu) Q_j \quad (1)$$

式中:  $j$  为第  $j$  项评价指标;  $Q_j$  为第  $j$  项指标根据层次分析法算出的权重;  $L_j$  为第  $j$  项指标根据熵值法算出的权重;  $W_j$  为第  $j$  项指标的最终权重。

### (3) 乡村人居环境系统韧性评价模型

① 乡村人居环境子系统韧性评价模型。根据综合权重和运用极差标准化法后得出的标准化值,采用加权求和方法分维度计算乡村人居环境五大子系统韧性指数,具体计算公式如下:

$$F_i = \sum_{j=1}^m F_{ij} W_j \quad (2)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} W_j \quad (3)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m T_{ij} W_j \quad (4)$$

$$U_i = \sum_{j=1}^m U_{ij} W_j \quad (5)$$

$$O_i = \sum_{j=1}^m O_{ij} W_j \quad (6)$$

式中:  $F_i$ 、 $R_i$ 、 $T_i$ 、 $U_i$ 、 $O_i$  分别为第  $i$  研究单元乡村人居环境系统中的自然系统韧性指数、人类系统韧性指数、居住系统韧性指数、支撑系统韧性指数、社会系统韧性指数。

② 乡村人居环境系统韧性综合评价模型。根据前文对乡村人居环境系统韧性的内涵解构,乡村人居环境系统韧性由其五大子系统韧性构成,且与其成正相关。因此,根据乡村人居环境子系统韧性指数求得乡村人居环境系统韧性水平  $S_i$ :

$$S_i = F_i + R_i + T_i + U_i + O_i \quad (7)$$

### 1.4.2 乡村人居环境系统韧性提升的障碍度模型

障碍度模型是有效判断阻碍事物发展的关键因子的一种数学统计方法,当前已被广泛运用于各类学科领域的影响因子研究。参照已有研究<sup>[25]</sup>,基于重庆西部片区乡村人居环境系统韧性测度的评价指标体系,构建乡村人居环境系统韧性障碍度模型以探求影响乡村人居环境系统韧性提升的障碍因素,具体公式如下:

$$P_j = \left[ (1 - Z_j) \times W_j / \sum_{j=1}^m (1 - Z_j) \times W_j \right] \times 100\% \quad (8)$$

$$V_j = \sum P_j \quad (9)$$

式中： $P_j$ 为单项指标对乡村人居环境系统韧性的障碍度； $Z_j$ 为根据极差标准化法<sup>[14]</sup>求出的单项指标的标准化值； $m=20$ ； $V_j$ 为各子系统层对乡村人居环境系统韧性的障碍度。

## 2 结果分析

### 2.1 乡村人居环境系统韧性时空演变特征分析

#### 2.1.1 乡村人居环境系统韧性总体演变特征

根据乡村人居环境系统韧性评价模型计算出2009年、2014年、2019年重庆西部片区9个区乡村人居环境系统韧性的评价结果，利用ArcGIS 10.2绘制其时空分异图（图3）。在时间维度上，重庆西部片区的乡村人居环境系统韧性总体水平从2009年的3.1增长至2014年的4.072，再到2019年的5.031，韧性水平呈现出不断上升的趋势。究其原因，自2007年重庆市成为国家级综合配套改革试验区以来，重庆西部片区的各地方政府对农业农村发展进行政策倾斜，加强对乡村教育、基础设施等的财政支持力度以及对乡村生产的投资力度。随着党委和政府对于乡村人居环境的重视，农村人居环境整治取得显著的效果，乡村人居环境系统韧性水平不断提高。在空间维度上，2009—2019年重庆西部片区乡村人居环境系统韧性水平总体上呈现出“南高北低”的空间格局，璧山区始终属于相对高值区，江津区、巴南区等后来居上。究其原因，璧山区、江津区、巴南区的乡村人居环境系统韧性高水平主要得益于其自然系统的供给能力强，抵抗自然灾害干扰的能力显著。此外，璧山区、江津区、巴南区位于重庆中心城区及其周围，接收其城市辐射带动作用明显，更早拥有相对完善的服务设施网络，要素流动通道顺畅，城乡收入差距相比其他区县更小。自然系统、支撑系统与社会系统的刚性与弹性“双重发力”使其乡村人居环境系统的韧性水平显著高于其他区县。潼南区、合川区、大足区的乡村人居环境系统韧性水低于重庆西部片区乡村人居环境系统韧性的平均水平，其中大足区的居住系统与支撑系统韧性偏低，合川区、潼南区的自然系统韧性偏低。

#### 2.1.2 乡村人居环境系统子系统韧性演变特征

自然系统韧性。在时间维度上，重庆西部片区自然系统韧性总体水平从2009年的0.8降低至2014年0.763，2019年升高至1.004，呈现出先降低后升高的趋势。究其原因，2009—2014年间，重庆市提速落实“314”总体部署，大力推进城镇发展，乡村生态空间

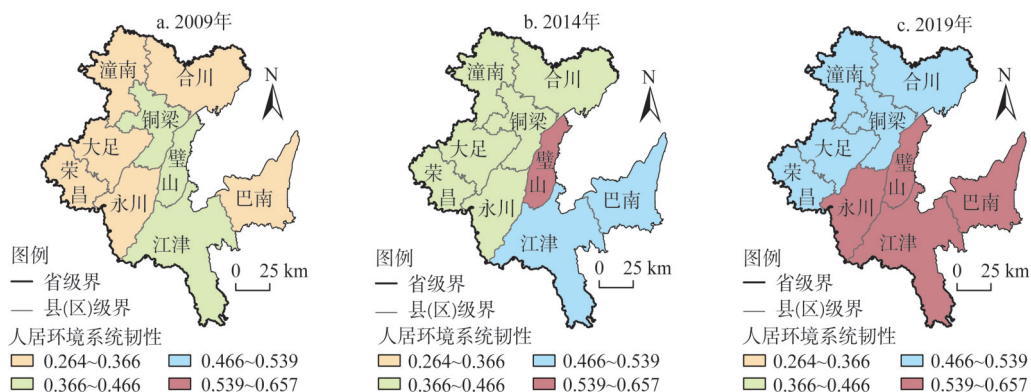


图3 重庆西部片区乡村人居环境系统韧性指数的时空演化

Fig. 3 Spatial distribution of rural human settlements system resilience in 2009, 2014 and 2019 in Western Chongqing district



持续遭到压缩,森林覆盖率与生物丰富度指数分别下降了1.11%与13.87%,同时重庆西部片区各区县紧抓粮食生产,大力推广经济作物种植,农用化肥施用量增加,致使乡村人居环境自然系统韧性显著减弱。面对这一严峻形势,重庆市做出了迅速、准确的响应,将生态环境保护作为重庆市“十二五”“十三五”期间的重点内容,出台了系列政策防治农业面源污染、治理水土流失、保护森林资源。在“五个决不能”要求下,重庆西部片区各区县通过推进农村森林、通道森林等建设行动,实施“四山”生态保护修复,启动退耕还林等措施,乡村人居环境系统基于自身本底条件应对外界扰动的抵御能力显著增强。在空间维度上,重庆西部片区的自然系统韧性水平呈现出“由南向北递减”的空间格局(图4)。高值区集中于巴南区 and 江津区,低值区则位于潼南区、合川区。2019年,巴南区和江津区的森林覆盖率比重庆西部片区的平均值分别高119.17%和77.96%;生物丰富度比重庆西部片区的平均值分别高98.82%和70.27%,良好的生态本底赋予巴南区和江津区抵御自然灾害的能力,自然系统韧性高。相反,潼南区的森林覆盖率与生物丰富度指数最低,合川区农用化肥使用强度高,农业面源污染严重,自然系统韧性水平有待提升。

**人类系统韧性。**在时间维度上,2009年、2014年、2019年重庆西部片区人类系统韧性总体水平分别为0.658、0.857、1.182,呈现逐年上升的趋势。其中,乡村居民在教育文化娱乐方面的支出以及乡村劳动力数量占乡村人口的比例均呈上升趋势,但家庭规模却呈下降趋势,2014年较2009年下降41.85%,2019年较2014年下降11.53%。究其原因,重庆西部片区作为重庆市工业化与城镇化的主要区域,乡村人才吸引力明显不足以消除快速城镇化的影响,导致乡村人口流失严重,家庭规模渐趋缩小。在空间维度上,由图5可知,2009—2019年重庆西部片区人类系统韧性水平逐渐呈现出“东西部向中部递减”的空间格局。总体而言,东部和西部区县的人类系统韧性水平普遍高于中部区县。高值区主要位于荣昌区、巴南区等。巴南区由最初的人类系统韧性低水平地区逐步发展到人类系统韧性高水平地区,究其原因,巴南区男女性别比例逐渐趋于平衡,远超其他区县以及重庆西部片区的平均水平。在人类系统中性别平衡有利于家庭与社会的相对稳定,加之巴南区的乡村劳动力数量占乡村人口也不断提升,两者共同推动了巴南区人类系统韧性水平的提升。江津区的人类系统韧性增长水平显著慢于其他区县,主要是受江津区乡村人口流失影响,家庭规模趋于减小造成。

**居住系统韧性。**在时间维度上,2009年、2014年、2019年重庆西部片区居住系统韧

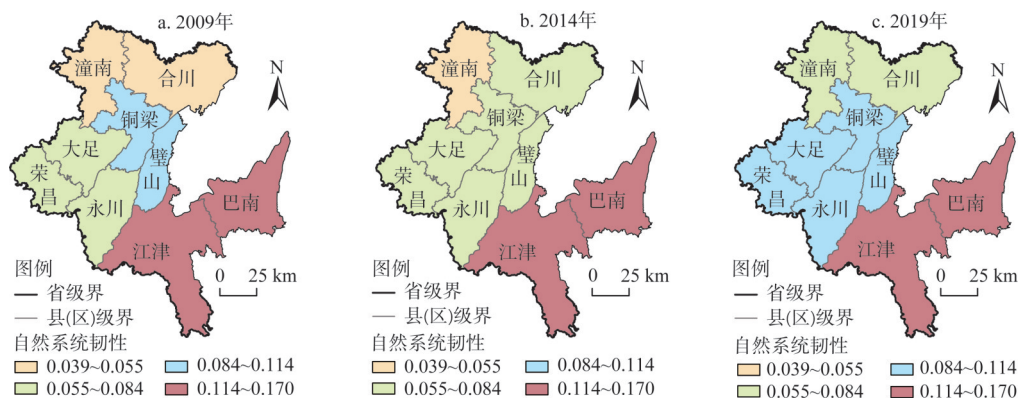


图4 重庆西部片区自然系统韧性指数的时空演化

Fig. 4 Spatial distribution of natural system resilience in 2009, 2014 and 2019 in Western Chongqing district



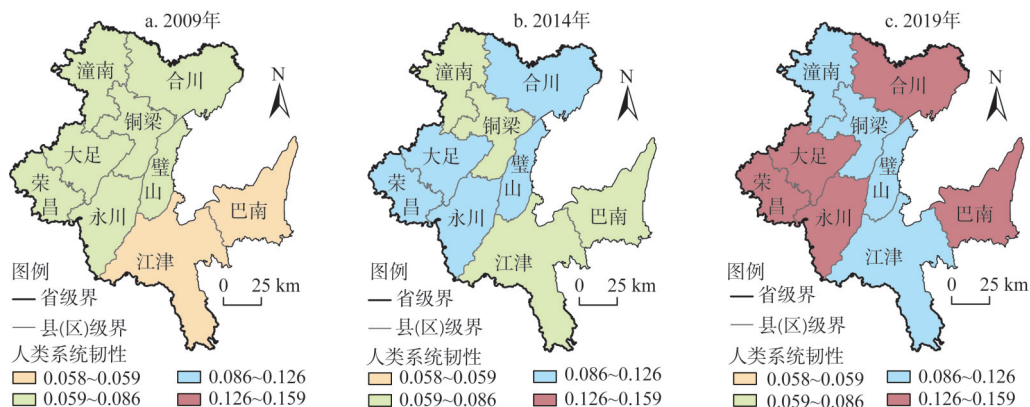


图5 重庆西部片区人类系统韧性指数的时空演化

Fig. 5 Spatial distribution of human system resilience in 2009, 2014 and 2019 in Western Chongqing district

性总体水平分别为0.52、0.865、0.97，呈现稳步上升的趋势。一方面，农业农村发展政策利好，重庆西部片区依托各区县本地的资源禀赋与特色产业，促进乡村一二三产业深度融合发展，拓宽村民的收入来源。随着村民收入的增加，由于个人需要或是在从众、攀比等心理的驱使下，往往会加大对改善住房条件的投入。另一方面，自重庆市被批国家级综合配套改革试验区以来，地方政府加大对农村教育、医疗设施的重视，乡村居住条件得以明显改善，居住系统韧性水平得以显著提高。在空间维度上，由图6可知，2009—2019年重庆西部片区居住系统韧性水平呈现出由“低值点缀分布”逐渐过渡到较为均衡的空间格局特征，且高值区呈现逐年增加的趋势。高值区主要位于潼南区、永川区、合川区，三个区在住房条件与教育水平方面均高于重庆西部片区的平均水平。低值区主要位于大足区，究其原因，大足区的村卫生室数量不足，居住环境的医疗条件较为落后。对农村居民来说，应对疾病这一不确定性扰动的风险升高，相应的抵抗疾病，维持身体健康与生命安全的能力则低于其他区县。

支撑系统韧性。在时间维度上，2009年、2014年、2019年重庆西部片区支撑系统韧性总体水平分别为0.371、0.712、0.986，呈现快速上升的趋势。2019年重庆西部片区的

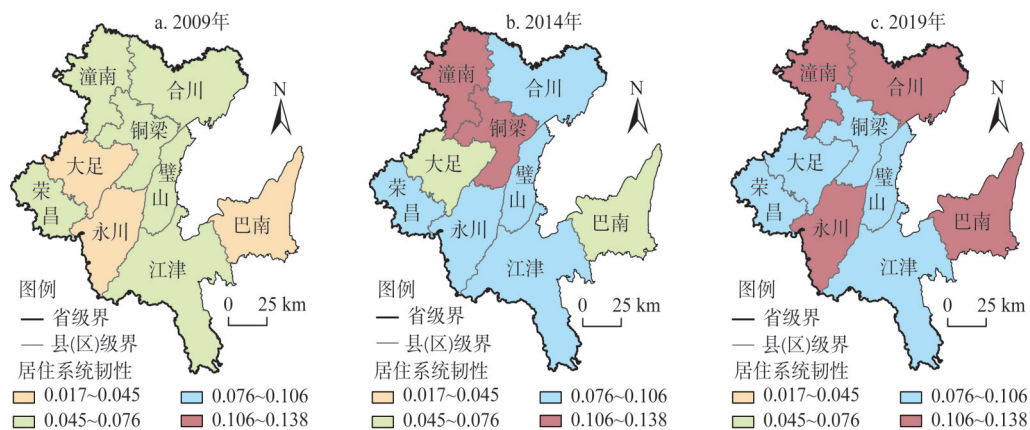


图6 重庆西部片区居住系统韧性指数的时空演化

Fig. 6 Spatial distribution of inhabitation system resilience in 2009, 2014 and 2019 in Western Chongqing district



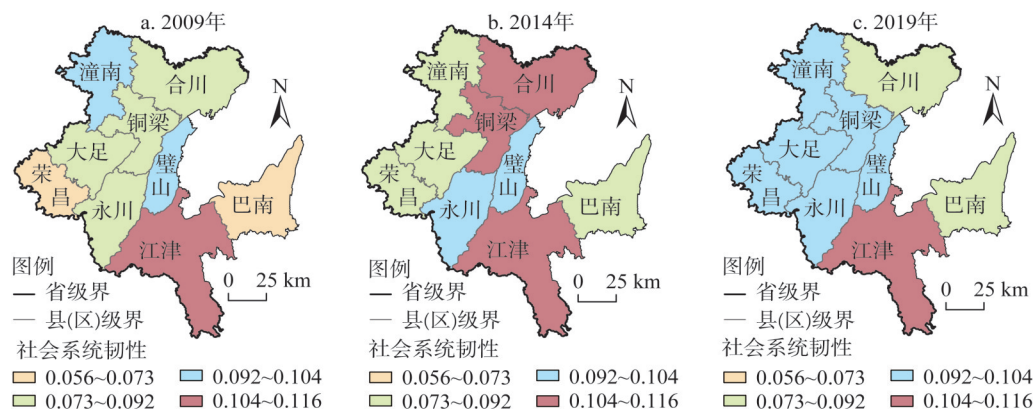


图8 重庆西部片区社会系统指数的时空演化

Fig. 8 Spatial distribution of social system resilience in 2009, 2014 and 2019 in Western Chongqing district

调节能力的主要障碍,提升自然系统韧性的关键在于加大对乡村生态本底的保护。从人类系统韧性来看,农村居民人均教育文化娱乐支出 $X_7$ 、家庭规模 $X_8$ 为主要障碍因子,表明如何满足农村居民的情感需求,解决乡村人口流失、家庭规模缩小问题成为人类系统韧性提升需关注的重点。从居住系统韧性来看,乡村教育水平偏离度 $X_{10}$ 、设村卫生室的村数占行政村数 $X_{12}$ 为主要障碍因子。伴随城镇化过程而来的大量青壮年劳动力与高质量人才流失,乡村教育条件落后,导致乡村高质量人才匮乏,以及居住地医疗设施的短缺仍是当前乡村居民面临的重大问题。从支撑系统韧性来看,公路网密度 $X_{13}$ 、乡村电力设施水平 $X_{16}$ 为主要障碍因子。表明重庆西部片区道路通达情况以及区域的电力供给等基础保障仍存在短板,村镇内部及其与城市之间的循环与互动仍存在断点,支撑系统的完善仍是乡村人居环境提升的重中之重。从社会系统韧性来看,城乡收入比 $X_{19}$ 、社会保障支出占GDP比例 $X_{20}$ 为主要障碍。减小城乡二元结构带来的城乡居民收入差距以及增强社会保障成为提升社会系统韧性的关键。

### 2.2.2 乡村人居环境系统韧性提升子系统层障碍度分析

根据式(9)所计算出的五个子系统对于乡村人居环境系统韧性的障碍度,绘制2009—2019年重庆西部片区9个区县的乡村人居环境系统韧性提升的障碍度图(图9)。当前,璧山区由单一的居住系统为主导障碍演变成自然系统为主导障碍,随着璧山区的经济快速发展,政府对乡村支持力度不断提升,村民居住条件有所改善,但是城镇发展压缩乡村生态空间,璧山区的森林覆盖率有所降低,生物生存空间受到挤压,自然系统成为璧山区乡村人居环境系统韧性提升面临的主要障碍。合川区乡村地区交通基础设施与通讯设施的相对落后导致支撑系统成为乡村人居环境系统韧性提升的主导障碍。巴南区当前呈现出支撑系统—社会系统双重障碍,广播覆盖率低于西部片区的平均水平意味着其通讯设施相对落后,而作为主城区之一,城乡收入差距大对其社会系统韧性提升产生较大的阻力。大足区、铜梁区当前均呈现出人类系统—居住系统双重障碍,乡村居民是乡村社会构成的最基本单位,正是居民之间的相互交往构成了整个乡村社会。大足区与铜梁区的农村家庭规模相对较小,对乡村经济、社会风气、居民价值观等产生诸多影响。此外,居住环境应有的配套设施如村卫生室等医疗设施的不足将使乡村居民应对疾病的能力大打折扣。荣昌区呈现出社会系统—自然系统双重障碍,城镇的快速发展导致生物的生存空间受到压缩,而森林覆盖率下降意味着其调节气候、保护土壤,减轻环境



表2 2009年、2014年、2019年乡村人居环境系统韧性主要障碍因子

Table 2 The main obstacle factors of of rural human settlements system resilience in 2009, 2014, and 2019

准则层	年份	障碍因子	巴南区	璧山区	大足区	合川区	江津区	荣昌区	铜梁区	潼南区	永川区
自然系统	2009	障碍1	X2	X4	X2	X2	X3	X4	X3	X1	X3
		障碍2	X3	X2	X4	X1	X2	X1	X4	X4	X4
	2014	障碍1	X2	X2	X2	X2	X3	X4	X3	X1	X3
		障碍2	X3	X4	X1	X1	X2	X1	X1	X4	X4
	2019	障碍1	X2	X4	X2	X2	X3	X4	X3	X1	X3
		障碍2	X3	X1	X1	X1	X1	X1	X1	X4	X4
人类系统	2009年	障碍1	X8	X8	X6	X6	X8	X8	X5	X6	X5
		障碍2	X7	X7	X5	X8	X6	X7	X6	X5	X8
	2014	障碍1	X8	X8	X5	X8	X8	X8	X8	X6	X5
		障碍2	X7	X7	X6	X6	X7	X7	X6	X5	X7
	2019	障碍1	X8	X7	X5	X6	X8	X7	X7	X6	X5
		障碍2	X5	X8	X6	X8	X7	X8	X8	X7	X8
居住系统	2009	障碍1	X10	X11	X11	X11	X12	X9	X10	X12	X11
		障碍2	X12	X9	X12	X9	X10	X10	X12	X9	X10
	2014	障碍1	X9	X11	X12	X11	X12	X9	X12	X12	X12
		障碍2	X10	X10	X10	X9	X9	X10	X10	X11	X11
	2019	障碍1	X10	X9	X12	X11	X9	X12	X11	X10	X9
		障碍2	X12	X10	X9	X10	X12	X9	X9	X11	X10
支撑系统	2009	障碍1	X14	X15	X15	X14	X16	X15	X13	X14	X15
		障碍2	X13	X13	X14	X16	X13	X16	X16	X13	X14
	2014	障碍1	X13	X15	X16	X16	X13	X15	X15	X14	X14
		障碍2	X14	X13	X14	X15	X16	X16	X16	X13	X16
	2019	障碍1	X13	X15	X13	X14	X13	X15	X15	X14	X14
		障碍2	X16	X13	X15	X13	X16	X13	X16	X15	X16
社会系统	2009	障碍1	X17	X19	X18	X17	X18	X17	X19	X18	X20
		障碍2	X20	X20	X20	X18	X19	X20	X20	X19	X17
	2014	障碍1	X19	X20	X17	X18	X20	X18	X20	X18	X20
		障碍2	X17	X19	X19	X17	X18	X17	X18	X19	X17
	2019	障碍1	X17	X19	X17	X17	X18	X17	X20	X18	X20
		障碍2	X19	X20	X19	X18	X20	X19	X19	X19	X17

污染的能力降低，从而制约乡村人居环境系统韧性的提升。乡村振兴离不开市场建设，农业商品化率低也是荣昌区乡村人居环境建设未来应当着力解决的关键问题。潼南区则处于社会系统—人类系统双重障碍，乡村人口的男女性别比率失衡影响乡村社会的稳定；农业作为乡村发展的基础经济，其发展结构影响乡村的稳定性与发展前景，潼南区农业与非农产业结构偏差度过低也在一定程度上反映了其城乡发展关系以及乡村经济的健康状况。江津区为支撑系统—人类系统—居住系统三层障碍，伴随城镇化发展而来的大量乡村青壮年劳动力流失、乡村居民对教育文化等道德培育的不重视阻碍了江津区人类系统韧性水平的提高，医疗卫生与交通设施存在短板影响其居住系统与支撑系统韧性的提升。永川区当前处于自然系统—支撑系统—社会系统三层障碍，农用化肥施用高强



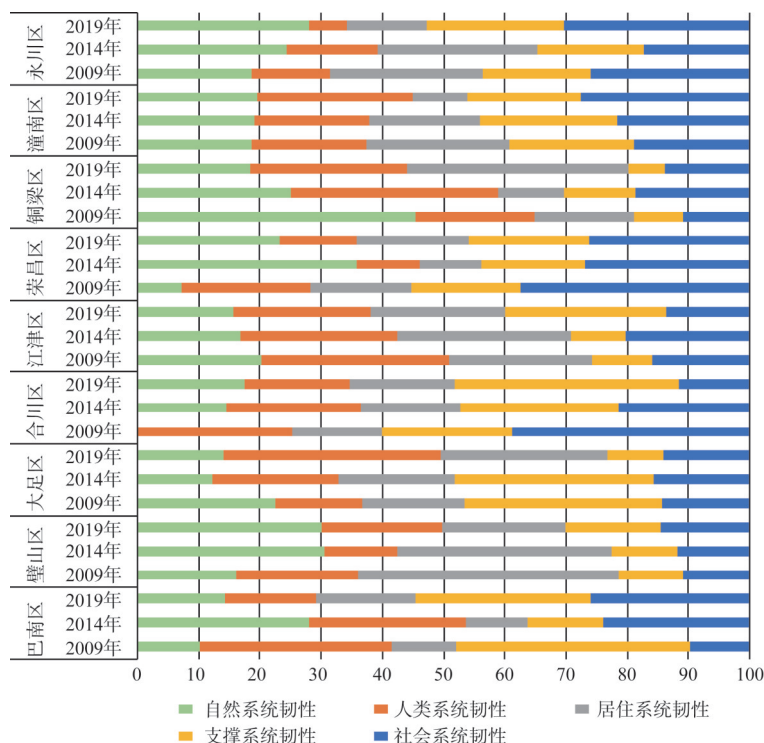


图9 重庆西部片区各区县乡村人居环境系统韧性准则层障碍度

Fig. 9 The proportion of obstacles in the subsystem layer of rural human settlements system resilience in Western Chongqing district

度造成农业面源污染严重,通讯设施不足、社会保障支出占GDP比例低直接影响到永川区乡村人居环境系统韧性水平的提升。江津区与永川区乡村人居环境系统韧性提升面临的障碍较多,亟待逐个击破。

### 2.3 重庆西部片区乡村人居环境系统韧性提升路径

根据重庆西部片区乡村人居环境系统韧性障碍因子及主导障碍的诊断结果,按照以下标准将重庆西部片区9个区的乡村人居环境系统韧性提升的障碍类型划分为单一主导障碍型、双重障碍型与三层障碍型:当仅有一个子系统层的障碍度大于20%,该区的乡村人居环境系统韧性提升为单一主导障碍类型;当两个子系统层的障碍度均大于20%,为双重障碍类型;三个子系统层的障碍度均大于20%则为三层障碍类型。遵循“生态优先—分类调控—重点突出—因地施策”的原则(图10),结合其在城乡融合发展试验区中各自承担的任务,通过消除或化解当前面临的障碍,设计重庆西部片区乡村人居环境系统韧性提升路径,以实现乡村人居环境系统的可持续发展。

#### (1) 单一主导障碍型

单一主导障碍型的有璧山区、合川区。其中璧山区以自然系统韧性为主导障碍,合川区则以支撑系统韧性为主导障碍。璧山区在探索推进农村集体经营性建设用地入市的同时,一方面要加强资源环境保护与环境污染治理,在抓紧经济社会建设的同时也要严守永久基本农田、城镇开发边界和生态保护红线三条底线。另一方面,要优化化肥施用结构、推广生物防治、研发新技术以促进农药化肥减量不减效,减少农业面源污染,采用生态调控的方式提升乡村自然系统韧性。针对合川区的主导障碍,要加紧实施“以规

划为引导,分类推动乡村公路网络建设”为核心的基础设施完善策略,通过编制村镇道路设施规划,加强乡村道路网建设力度,借力城乡产业协同发展平台,提升支撑系统韧性,建设生态宜居乡村。

## (2) 双重障碍型

双重障碍型主要包括巴南区、大足区、铜梁区、荣昌区、潼南区。具体地,巴南区属于支撑系统—社会系统双重障碍,因此巴南区在重视基础设施规划的基础上还需正确认识产业融合发展在现代都市发展中的作用,构建社会、经济、生态为一体的城乡融合的产业模式,建立城乡融合的产业链条,突破其城乡发展差距大这一社会系统障碍。大足区、铜梁区均面临着人类系统—居住系统的双重障碍,建议政府加大对乡村人才返乡创业的财政支持力度,吸引“乡村能人”等返乡创业,同时加大农村医疗投入,让农村医疗改革落到实处。荣昌区面临着社会系统—自然系统的双重障碍,因此荣昌区在以市场需求为导向、发展旅游业的同时更需注重对生态环境、物种多样性的保护;因地制宜开发具有荣昌特色的生态、旅游产品;加速打通农户与市场的信息传递通道,扩展生态产品消费市场。潼南区面临着社会系统—人类系统的双重障碍,需加快落实“建立城乡有序流动的人口迁徙制度”这一重点任务,编制适宜的城乡发展规划。通过加强城乡要素有序流动,“以城带乡”减小城乡收入差距,同时加快建立具备更多功能的图书馆、文化广场,多渠道满足农村居民的精神需求,提升乡村居民的综合素质。

## (3) 三层障碍型

三层障碍型主要包括永川区与江津区。永川区面临着自然系统—支撑系统—社会系统的三层障碍,江津区为支撑系统—人类系统—居住系统的三层障碍。永川区和江津区在城乡融合发展试验中都面临着“推进宅基地制度改革”与“建立农村集体经营性建设用地入市制度”等重点任务的挑战,要以此为契机,以“两山”理念为价值导向,开展村庄规划,合理配套乡村人居环境的基础网络,灵活发挥宅基地的功能,针对拥有良好自然(或文化)禀赋的宅基地,灵活地向集体经营性建设用地转变,使其参与到乡村地区的旅游产业、生态产业的发展中,在缓解城市建设用地压力的同时,通过提升当地的基础设施与公共服务水平,吸引资本入驻与人才回归,增加乡村居民的收入渠道,缩小城乡收入差距,综合破解其面临的多方障碍。

# 3 结论与讨论

## 3.1 结论

(1) 遵循地理学“理论—实证—应用”的研究范式,按照思想缘起、理论基础、实证演绎和提升路径的研究思路展开乡村人居环境系统韧性研究,并从乡村人居环境五大子系统出发,构建了乡村人居环境系统韧性测度指标体系。

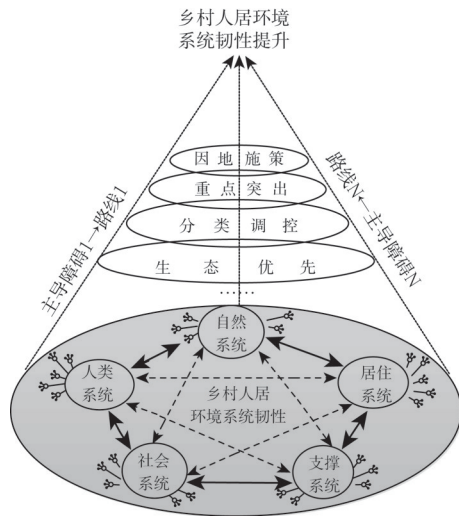


图10 乡村人居环境系统韧性提升路径

Fig. 10 Path to improve rural human settlements system resilience

(2) 2009—2019年,重庆西部片区乡村人居环境系统韧性水平在时序上呈不断上升的趋势,在空间上呈现出“南高北低”的特征。就各子系统而言,自然系统韧性先降低后升高,人类系统韧性、居住系统韧性、支撑系统韧性以及社会系统韧性都呈现出不同程度的增长趋势,在空间格局上,各子系统存在显著差异。其中自然系统韧性呈现出“由南向北递减”的空间格局,人类系统韧性逐渐呈现出“东西部向中部递减”的空间格局,居住系统韧性则由“低值点缀分布”逐渐过渡到较为均衡的空间格局,支撑系统韧性总体上呈现出“普遍均衡、高低值点缀”的空间格局,社会系统韧性则呈现出“西部增强、东部减弱”的空间格局。

(3) 2009—2019年,重庆西部片区各区在不同子系统层的主要障碍因素存在差异,根据乡村人居环境系统韧性提升障碍因子及主导障碍诊断结果,将重庆西部片区9个区县乡村人居环境系统韧性障碍类型划分为单一主导障碍型、双重障碍型与三层障碍型。同时,遵循“生态优先—分类调控—重点突出—因地施策”的原则,结合其在城乡融合发展试验区中各自承担的任务,差异化设计了乡村人居环境系统韧性提升路径。

### 3.2 讨论

在重庆市“十四五”规划的引导下,重庆西部片区仍将继续采取措施推进乡村人居环境的可持续发展。本文充分考虑了城乡融合发展这一现实情景,构建出乡村人居环境系统韧性测度的指标体系,识别出乡村人居环境系统韧性提升的障碍因素,设计乡村人居环境系统韧性提升的路径,以期打破重庆西部片区乡村人居环境的多重制约。本文结果一是有利于将国家城乡融合发展试验区的政策优势更好地转化为乡村人居环境提升效能。二是有利于为各级党委和政府促进城乡融合,实施农村人居环境整治提升五年行动提供理论指导与实践参考。但是乡村人居环境系统作为开放的复杂巨系统,分别对乡村人居环境的五大子系统韧性进行认知还不够,下一步研究还需从乡村人居环境的各个子系统之间的相互作用出发,加强对乡村人居环境系统整体韧性的认知。此外,受到数据获取的限制,本文在指标方面选取了相对重要且具有代表性的指标,在后续研究中对于数据的获取方式以及处理方式精进之后,需要对乡村人居环境系统韧性测度的指标体系做进一步完善。最后,乡村人居环境系统处于不断发展与演化中,必须对其演化趋势进行长时序追踪,根据宏观观察,对研究方法做新的调整,不断地跟进乡村人居环境系统韧性的研究。

### 参考文献(References):

- [1] 李裕瑞,张轩畅,陈秧分,等.人居环境质量对乡村发展的影响:基于江苏省村庄抽样调查截面数据的分析.中国人口·资源与环境,2020,30(8): 158-167. [LI Y R, ZHANG X C, CHEN Y F, et al. The impact of human settlement quality on rural development: A quantitative analysis based on the cross-sectional data of sampled villages in Jiangsu province. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(8): 158-167.]
- [2] 李玉恒,阎佳玉,刘彦随.基于乡村弹性的乡村振兴理论认知与路径研究.地理学报,2019,74(10): 2001-2010. [LI Y H, YAN J Y, LIU Y S. The cognition and path analysis of rural revitalization theory based on rural resilience. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(10): 2001-2010.]
- [3] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4: 1-23.
- [4] 王成,任梅菁,胡秋云,等.乡村生产空间系统韧性的科学认知及其研究域.地理科学进展,2021,40(1): 85-94. [WANG C, REN M J, HU Q Y, et al. Rural production space system resilience and its research domains. Progress in Geography, 2021, 40(1): 85-94.]

- [5] 朱媛媛, 汪紫薇, 顾江, 等. 基于“乡土—生态”系统韧性的红色旅游资源利用空间格局优化研究: 以大别山革命老区为例. 自然资源学报, 2021, 36(7): 1700-1717. [ZHU Y Y, WANG Z W, GU J, et al. The spatial optimization of red tourism resources utilization based on the resilience of "ruralism-ecology" system: A case study of Dabie Mountains Old Revolutionary Base Area. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(7): 1700-1717.]
- [6] PEI J J, LIU W, HAN L. Research on evaluation index system of Chinese city safety resilience based on Delphi method and Cloud model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(20): 3802.
- [7] 谭俊涛, 赵宏波, 刘文新, 等. 中国区域经济韧性特征与影响因素分析. 地理科学, 2020, 40(2): 173-181. [TAN J T, ZHAO H B, LIU W X, et al. Regional economic resilience and influential mechanism during economic crises in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(2): 173-181.]
- [8] 李杨帆, 向枝远, 杨奕, 等. 基于韧性理念的海岸带生态修复规划方法及应用. 自然资源学报, 2020, 35(1): 130-140. [LI Y F, XIANG Z Y, YANG Y, et al. Application of ecological restoration and planning based on resilience thinking in coastal areas. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(1): 130-140.]
- [9] 陈梦远. 国际区域经济韧性研究进展: 基于演化论的理论分析框架介绍. 地理科学进展, 2017, 36(11): 1435-1444. [CHEN M Y. An international literature review of regional economic resilience: Theories and practices based on the evolutionary perspective. *Progress in Geography*, 2017, 36(11): 1435-1444.]
- [10] 赵瑞东, 方创琳, 刘海猛. 城市韧性研究进展与展望. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1717-1731. [ZHAO R D, FANG C L, LIU H M. Progress and prospect of urban resilience research. *Progress in Geography*, 2020, 39(10): 1717-1731.]
- [11] 修春亮, 魏治, 王绮. 基于“规模—密度—形态”的大连市城市韧性评估. 地理学报, 2018, 73(12): 2315-2328. [XIU C L, WEI Y, WANG Q. Evaluation of urban resilience of Dalian city based on the perspective of "Size-Density-Morphology". *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2315-2328.]
- [12] 李红波. 韧性理论视角下乡村聚落研究启示. 地理科学, 2020, 40(4): 556-562. [LI H B. Rural settlements research from the perspective of resilience theory. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(4): 556-562.]
- [13] 李伯华, 刘沛林, 窦银娣. 乡村人居环境系统的自组织演化机理研究. 经济地理, 2014, 34(9): 130-136. [LI B H, LIU P L, DOU Y D. Analysis of self-organizing evolution mechanism of rural human settlement system. *Economic Geography*, 2014, 34(9): 130-136.]
- [14] 王成, 李颖颖, 何焱洲, 等. 重庆直辖以来乡村人居环境可持续发展力及其时空分异研究. 地理科学进展, 2019, 38(4): 556-566. [WANG C, LI H Y, HE Y Z, et al. Sustainable development ability and its spatiotemporal differentiations of rural human settlements in Chongqing Municipality from 1997 to 2015. *Progress in Geography*, 2019, 38(4): 556-566.]
- [15] 鄢方卫, 杨效忠, 舒伯阳, 等. 乡村旅游地人居环境演变过程与机制研究: 以徽杭古道为例. 旅游学刊, 2019, 34(10): 93-105. [YAN F W, YANG X Z, SHU B Y, et al. A study on the evolution process and mechanism of human settlement environment in rural tourist destinations: Taking Huihang road as an example. *Tourism Tribune*, 2019, 34(10): 93-105.]
- [16] 杨兴柱, 王群. 皖南旅游区乡村人居环境质量评价及影响分析. 地理学报, 2013, 68(6): 851-867. [YANG X Z, WANG Q. Evaluation of rural human settlement quality difference and its driving factors in tourism area of Southern Anhui province. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(6): 851-867.]
- [17] 李伯华, 刘传明, 曾菊新. 乡村人居环境的居民满意度评价及其优化策略研究: 以石首市久合垸乡为例. 人文地理, 2009, 24(1): 28-32. [LI B H, LIU C M, ZENG J X. An evaluation on the satisfaction degree and optimization strategy of rural human settlements: A case study of Jiuhelyuan town in Shishou city. *Human Geography*, 2009, 24(1): 28-32.]
- [18] 杨晴青, 杨新军, 高岩辉. 1980年以来黄土高原半干旱区乡村人居环境系统脆弱性时序演变: 以陕西省佳县为例. 地理科学进展, 2019, 38(5): 756-771. [YANG Q Q, YANG X J, GAO Y H. Change in vulnerability of rural human settlement in the semi-arid area of the Loess Plateau since 1980: A case study of Jiashan county, Shaanxi province. *Progress in Geography*, 2019, 38(5): 756-771.]
- [19] 龙花楼, 陈坤秋. 基于土地系统科学的土地利用转型与城乡融合发展. 地理学报, 2021, 76(2): 295-309. [LONG H L, CHEN K Q. Urban-rural integrated development and land use transitions: A perspective of land system science. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(2): 295-309.]
- [20] 吴良镛. 人居环境科学导论. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 38-48. [WU L Y. Introduction to Sciences of Human Settlements. Beijing: China Architecture & Building Press, 2001: 38-48.]
- [21] DOXIADIS, C A. *Ekistics: An introduction to the science of human settlements*. New York: Oxford University Press, 1968: 6-52.
- [22] 关伟, 许淑婷. 辽宁省能源效率与产业结构的空间特征及耦合关系. 地理学报, 2014, 69(4): 520-530. [GUAN W, XU S T. Spatial patterns and coupling relations between energy efficiency and industrial structure in Liaoning province. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(4): 520-530.]



- [23] 祁于娜, 王磊. 层次分析—熵值定权法应用于山区城镇地质灾害易发性评价. 测绘通报, 2021, (6): 112-116. [QI Y N, WANG L. Application of AHP-entropy weight method in hazards susceptibility assessment in mountain town. Bulletin of Surveying and Mapping, 2021, (6): 112-116.]
- [24] 裴征, 朱晓伟, 龚超. 基于层次分析法和熵值法组合的 DRG 指标评价体系权重赋值研究. 中国医院管理, 2020, 40 (11): 69-72, 83. [PEI Z, ZHU X W, GONG C. Study on weight assignment of DRG index evaluation system based on the combination of AHP and entropy method. Chinese Hospital Management, 2020, 40(11): 69-72, 83.]
- [25] 王成, 龙卓奇, 樊荣荣. 重庆市江津区乡村生产空间系统适应性评价及障碍因素分析. 地理研究, 2020, 39(7): 1609-1624. [WANG C, LONG Z Q, FAN R R. The adaptability assessment of rural production space system and obstacles analysis in Jiangjin district of Chongqing. Geographical Research, 2020, 39(7): 1609-1624.]

## Research on the evolution law and promotion pathway of rural human settlements system resilience: A case study of Western Chongqing, a national pilot area for urban-rural integration

WANG Cheng, DAI Rui-lian, CHEN Jing, SHEN Yue, JI Meng-zhu

(The Laboratory of Research on Rural Human Settlements, School of Geographical Sciences, Southwest University,  
State Cultivation Base of Eco-agriculture for Southwest Mountainous Land, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** This study takes Western Chongqing, a national urban-rural integration development pilot area, as the research area, and 2009-2019 as the research period. Based on the systematic analysis, according to the research ideas of ideological origin, theoretical foundation, empirical research and promotion path, this study constructs an index system to measure the rural human settlements system resilience, analyzes its evolution law, and then uses the obstacle degree model to identify the obstacle factors of rural human settlements system resilience. In order to break the multiple constraints of the resilience of rural human settlements in the western part of Chongqing, the paper designs a path to enhance the resilience. Results show that: From 2009 to 2019, the resilience level of rural human settlements in Western Chongqing shows a rising trend, which is characterized by the spatio-temporal differentiation of decreasing from south to north. The resilience of each subsystem shows different degrees of growth in time and significant differences in space. According to the results of obstacle factor analysis and leading obstacle diagnosis in the study area, the resilience improvement can be divided into three types: single dominant barrier type, double barrier type and triple barrier type. Based on this, the differentiation path of rural human settlements system resilience improvement is designed to promote the construction of livable countryside and boost the overall rural revitalization. It has important demonstration effect.

**Keywords:** rural human settlements system resilience; evolution law; obstacle factors; the way to improve resilience; Western Chongqing