

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2026.03.031

CSTR:32311.14.rswc.2026.03.031

曾炳英, 冯兴华, 马丽亚. 鄱阳湖水陆交错带乡村“三生”韧性空间格局及其耦合协调特征:以江西省余干县为例[J]. 水土保持研究, 2026, 33(3): 310-321.

Zeng Bingying, Feng Xinghua, Ma Liya. Spatial pattern of rural “production-living-ecological” resilience and its coupling coordination characteristics in aquatic-terrestrial ecotone of Poyang Lake: a case study of Yugan County, Jiangxi Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2026, 33(3):310-321.

鄱阳湖水陆交错带乡村“三生”韧性 空间格局及其耦合协调特征

——以江西省余干县为例

曾炳英¹, 冯兴华¹, 马丽亚²

(1. 江西师范大学 地理与环境学院, 南昌 330022; 2. 辽宁师范大学 地理科学学院, 辽宁 大连 116029)

摘要: [目的] 全面把握乡村系统韧性特征, 为提升县域乡村可持续发展能力提供全新的分析框架, 弥补现有研究在微观尺度与系统耦合视角上的不足, 为余干县乡村韧性均衡发展及大湖流域乡村可持续发展提供实践启示。[方法] 以鄱阳湖水陆交错带涉及的余干县 382 个行政村为对象, 基于“三生”空间理论, 采用主客观赋权法与耦合协调度模型, 分析了 2022 年乡村“三生”韧性空间分布及耦合协调特征。[结果] (1) 余干县韧性水平处于中等及以下的乡村占比为 64.14%, 整体韧性水平较低, 生态韧性均值 > 生产韧性均值 > 生活韧性均值。(2) 乡村韧性空间分异明显, 玉亭镇为核心高值区, 西北部滨湖平原次之, 东南部丘陵最低。(3) “三生”韧性耦合度较高, 均处于协调耦合阶段; 协调度分布呈“中部最优、北部优于南部”特征, 两两耦合协调度多为轻度失调或濒临失调。(4) 生产韧性子系统是提升主要阻碍, 村域路网密度为关键障碍因子。[结论] 余干县乡村韧性水平较低但空间差异明显, 耦合度高但协调度低, 韧性水平受生产韧性子系统的制约显著, 乡村韧性均衡发展需结合乡镇发展现状与资源禀赋特征制定针对性策略。

关键词: 乡村韧性; 耦合协调; 余干县; 鄱阳湖水陆交错带

中图分类号: F327; TU982.29

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2026)03-0310-12

Spatial pattern of rural “production-living-ecological” resilience and its coupling coordination characteristics in aquatic-terrestrial ecotone of Poyang Lake

— a case study of Yugan County, Jiangxi Province

Zeng Bingying¹, Feng Xinghua¹, Ma Liya²

(1. School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;

2. School of Geographical Sciences, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China)

Abstract: [Objective] This study aims to comprehensively grasp the resilience characteristics of rural systems, provide a novel analytical framework for enhancing the sustainable development capacity of county-level rural areas, fill the gaps in existing research regarding micro-scale analysis and system coupling perspective, and offer practical insights for the balanced development of rural resilience in Yugan County as well as the sustainable development of rural areas in large lake basins. [Methods] This study focused on 382 administrative villages in Yugan County, Jiangxi Province, located within the aquatic-terrestrial ecotone of Poyang Lake. Based on the “production-living-ecological” (PLE) space theory, the subjective-objective weighting method and coupling

收稿日期: 2025-06-11

修回日期: 2025-07-30

接受日期: 2025-08-22

资助项目: 国家自然科学基金项目(42001189, 42561033); 教育部人文社会科学研究项目(24YJCZH208); 江西省自然科学基金项目(20242BAB20127)

第一作者: 曾炳英(2000—), 女, 江西赣州人, 硕士研究生, 研究方向为乡村可持续发展。E-mail: 2691505420@qq.com

通信作者: 冯兴华(1990—), 男, 江西九江人, 博士, 副教授, 主要从事韧性城乡规划与开发研究。E-mail: fengxinghua@jxnu.edu.cn

<https://stbeyj.publish.founderss.cn>

coordination degree model were employed to analyze the spatial distribution of rural PLE resilience and its coupling coordination characteristics in 2022. [Results] (1) In Yugan County, 64.14% of villages exhibited medium or lower resilience levels, indicating an overall low resilience. The mean resilience values followed the order: ecological resilience > production resilience > living resilience. (2) The spatial differentiation of rural resilience was pronounced, with Yuting Town as the core high-value area, the northwestern lakeside plain ranking second, and the southeastern hilly region displaying the lowest resilience. (3) The PLE subsystems demonstrated high coupling degrees, all within the coordinated coupling stage. The coordination degrees exhibited a “central-optimal, northern-superior-to-southern” spatial pattern, with pairwise coupling coordination degrees mostly indicating mild or marginal imbalance. (4) The production resilience subsystem emerged as the primary constraint on improvement, with village road network density identified as the key obstacle factor. [Conclusion] The rural resilience in Yugan County is characterized by a relatively low level yet significant spatial disparities, along with a high coupling degree but a low coordination degree. Notably, the resilience level is significantly constrained by the production resilience subsystem. Therefore, to promote the balanced development of rural resilience, it is essential to formulate targeted strategies based on the current development status of towns and townships and the characteristics of their resource endowments.

Keywords: rural resilience; coupling coordination; Yugan County; aquatic-terrestrial ecotone of Poyang Lake

水陆交错带是指介于水生生态系统和陆地生态系统之间的过渡区域,具有生态敏感性高、环境梯度显著以及功能多元复合等特征^[1]。该区域作为典型的生态界面,不仅承载着活跃的生物与非生物要素相互作用,而且在区域物质循环、能量流动和信息传递等生态过程中发挥着重要的调控功能,对于污染物拦截、水质净化及生物多样性维护等均具有不可替代的生态价值^[2]。鄱阳湖水陆交错带因鄱阳湖水位季节性涨落形成,位于鄱阳湖最高洪水位与最低水位之间,属于水-陆相生态过渡区。从乡镇尺度来看,以鄱阳湖最高水位线所达区域为界限,鄱阳湖水陆交错带涵盖了南昌、九江、上饶3个地级市共11个滨湖县(市、区)的78个乡镇单元^[3]。水陆交错带乡村地域系统地处生态过渡区间,这一系统不仅具有生态本底的脆弱性和敏感性特征,同时兼具人地关系的典型性与复杂性。随着我国城镇化进程的加快,集旱涝灾害频发、生态脆弱且敏感于一体的水陆交错带乡村人地关系变化更加深刻^[4],乡村人地系统的生产、生活、生态功能(Production-Living-Ecological Functions, PLE Functions)出现一定程度的“衰退”现象,“三生”功能冲突加剧,这部分已成为透视中国乡村人地系统深刻变化的代表区和解决方案突破区^[5]。水陆交错带乡村地域系统演化过程中的跨时空、多稳态、嵌套性特征显著,可使其成为乡村地域系统韧性研究的典型区和前沿区,全面推进乡村振兴战略的实施也为典型区域乡村韧性的深入研究提供抓手^[6]。

在探讨乡村可持续发展时,韧性已成为备受关

注的新视角。“韧性(Resilience)”概念最早由加拿大生态学家Holling^[7]提出,起初应用于生态学研究,用于描述生态系统的稳定状态。随着理论的发展,这一理念逐渐被引入社会学、物理学、地理学等多个学科领域。21世纪后,国内外研究者开始聚焦韧性理论在乡村发展中的实际应用。从内涵来看,乡村韧性并非静态概念,而是强调乡村系统具备自我修复能力^[8],能够抵御外部变化、吸收干扰冲击,并做出适应性调整,始终维持动态平衡的发展态势^[9]。在国际研究中,早期学者Wilson^[10]提出,乡村韧性体现为通过平衡社会、经济与环境需求,帮助乡村系统应对并适应内外变化的过程,这一观点揭示了“三生”空间对提升乡村抗风险能力的关键作用。近年来,国外研究更多关注特定压力下乡村韧性的提升,如在气候变化和灾害频发背景下,聚焦于如何通过社会与生态系统的协调和可持续发展,增强乡村恢复力和生计恢复力^[11]。相关研究在处理影响乡村韧性的障碍因素时,突出了经济^[12]、社区参与^[13]等方面的作用。国内学界对乡村韧性的解读则呈现多元视角。部分专家从社会治理层面分析,认为乡村韧性表现为乡村应对和解决日常社会问题的能力,以及各治理主体协同合作的成效^[14-15];也有研究者指出,当自然或人为因素对乡村的自然、社会、经济系统造成影响后,乡村能恢复甚至超越原有发展水平^[16]。还有学者将乡村韧性细分为环境、经济、社会3个维度^[17],另有观点着重强调乡村在应对冲击后维持可持续发展的能力^[18]。近年来,国内研究在乡村韧性时空格局演变^[19]、障碍因素识别^[20]及优化路径与策略^[21]等方面成果颇丰。如在生

态功能区乡村发展研究中,有学者融合“三生”系统理论与韧性理念,构建了适用于生态功能区的乡村脆弱性评价框架,以西藏昌都地区为实证研究对象,揭示了当地生产、生活、生态三大系统在协调性、适应性和组织性方面存在的不足^[22]。

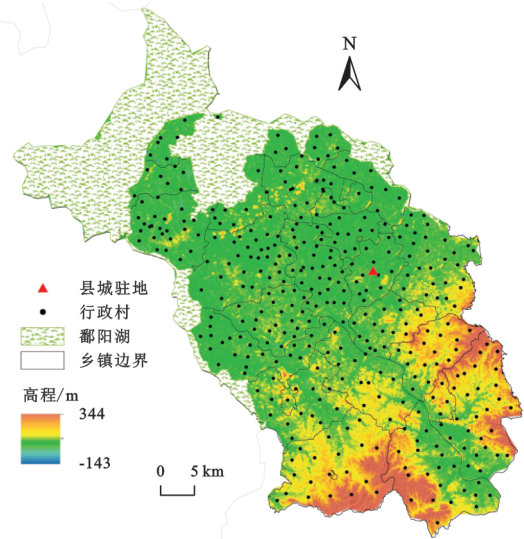
韧性理念融入经济学研究后,为探究城乡可持续发展进程中的风险防范与应对,开辟了全新思路。区域韧性作为一个较新颖的概念,现有乡村韧性研究在空间尺度与内容维度上存在双重局限:在空间层面,多集中于宏观区域或中观市域层面,对作为乡村治理基本单元的县域尺度关注不足,而县域作为连接城乡的关键枢纽,其乡村系统的韧性特征与动态演化规律具有独特的微观研究价值;在内容维度,现有研究多聚焦生产、生活、生态单一领域的韧性提升,缺乏对三者间相互作用、相互支撑的耦合协调机制的系统性探究。总体而言,尽管乡村韧性研究取得一定进展,但在“三生”韧性耦合协调的微观机制、大河流域等特定区域深入研究,以及克服现有研究方法局限性等方面,仍存在广阔研究空间,本研究将致力于在这些方面做出补充和拓展。

鄱阳湖水陆交错带不仅是鄱阳湖平原粮食生产的核心地带,也是防止鄱阳湖洪涝风险扩散的首要屏障区。20世纪以来,鄱阳湖水陆交错带乡村地域系统深受洪涝灾害影响,加速了传统乡村“三生”功能的演替进程,同时,十年禁渔政策的逐步实施也使得鄱阳湖水陆交错带乡村地域出现大量人口外流、耕地撂荒、农业景观破碎化、村落空心化等问题^[23],深刻影响着乡村社会生态系统的可持续发展与适应性提升。因此,强化鄱阳湖水陆交错带乡村韧性研究对人地关系的认知深化、促进区域人地协调发展具有关键作用。本研究以鄱阳湖最高水位线涉及的余干县为例,立足村域这一微观尺度,以生产、生活、生态韧性的耦合协调为核心研究内容,通过构建多维度评价体系与耦合协调模型,综合评估大河流域乡村地域系统的韧性水平,深入剖析县域乡村“三生”系统的韧性互动机制。分析余干县382个行政村2022年“三生”韧性的空间分布及耦合协调特征,在理论上,为当前乡村韧性研究中村域尺度的探索提供了补充,突破单一领域韧性研究的局限,为全面把握乡村系统韧性特征、提升县域乡村可持续发展能力提供全新的分析框架,有望弥补现有研究在微观尺度与系统耦合视角上的不足;同时为余干县的乡村规划提供更为精准的建议,以期为我国其他大河流域乡村实现可持续发展目标提供理论支持和实践遵循。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

余干县(28°21′36″—29°03′24″N,116°13′48″—116°54′24″E)地处江西省东北部(图1),位于信江下游、鄱阳湖水陆交错带东南岸。县域地势由东南部丘陵向西北滨湖平原呈缓坡过渡,地理空间格局独特。县域总面积2 330.77 km²,其中耕地面积达871.2 km²,平原、低丘、湖区面积比例为46:34:20。凭借优越的自然条件,余干县已发展成为全国重要的商品粮生产基地与水禽养殖基地。作为江西省18个古县之一,余干县在人口规模、耕地面积及水域面积等方面均突破百万量级,始终将建成产业兴旺、生活富裕、生态宜居的现代化新农村作为乡村发展的战略目标。



注:基于标准地图服务系统下载的标准图号GS(2024)0650号的标准地图制作,底图未做修改,下同。

图1 研究区高程

Fig. 1 Elevation of study area

余干县作为赣东北与赣北区域的重要水上交通枢纽,受特殊地理区位和气候条件影响,洪涝灾害频发,暴雨、大风、寒潮等气象灾害呈常态化威胁态势,对县域经济发展造成显著负面影响。在新型城镇化快速推进的背景下,余干县农村社区面临复合性风险挑战,这些风险兼具不确定性、联动性特征,在应对外部环境变化与内部社会经济结构调整时,相较于城市地区,农村社区的风险抵御能力与适应性存在明显短板,暴露出其在风险防控体系建设中的脆弱性。近年来,随着新型城镇化进程加速、产业结构转型升级以及乡村振兴战略的深入推进,土地资源的开发与利用矛盾日益凸显。自2020年鄱阳湖十年禁渔政策全面实施后,大量渔民转产转业,部分渔民利用滨湖滩涂与低洼农田发展渔业养殖,这一转型举措虽为渔民生计提供了保障,但同时也加剧了耕

地“非粮化”趋势。在自然与人文因素的双重作用下,余干县农村经济的可持续发展面临较大阻碍,亟需系统性的解决方案。

1.2 数据来源与指标体系的构建

1.2.1 数据来源及模型 本研究聚焦余干县382个行政村,综合考量我国乡村振兴战略的推进进程,最终选定2022年(表征乡村振兴战略实施中期)的相关数据展开分析。研究数据涵盖社会经济与自然环境领域,其中,社会经济数据获取自江西省余干县统计局编制的《2023年余干统计年鉴》;行政区划数据获取自江西省地理信息公共服务平台(<https://jiangxi.tianditu.gov.cn>);数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)数据源自中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>)的ASTER GDEM 30 M分辨率产品。此外,坡度数据是基于DEM数据,借助ArcGIS 10.8软件的坡度分析工具生成;植被覆盖度数据来源于地理遥感生态网科学数据注册与出版系统(www.gisrs.cn);生境退化度数据则运用InVEST模型的Habitat Quality模块计算得出。面板数据中个别缺失数据统一采用均值插补法进行补齐。

1.2.2 指标体系的构建 为全方位、深层次剖析余干县乡村发展的韧性水平,本研究在选取指标时着

重考量水陆交错带的区域特性,严格遵循全面性、科学性与可操作性原则,并结合乡村振兴战略的五大核心内容以及“三生”空间理论,将乡村韧性的核心要义拆解为生产、生活、生态3个层面进行研究。其中,生产韧性(Production Resilience, PR)涉及农业生产的稳定性、产业结构的多元化以及对市场变化的适应能力,定义为乡村地区在经济生产活动中的多样性和抗风险能力,重点考察水陆交错带特有的农业生产模式,如“农业灌溉用水源(X_4)”反映水域依赖型农业特征,“村集体企业数量(X_5)”体现渔业等水域产业的规模化水平;生活韧性(Living Resilience, LR)是一个多维度的概念,涉及乡村社区在面对各种挑战和压力时的应对能力、适应能力和恢复能力,特别纳入“村域路网密度(X_7)”以评估水陆交通通达度,“互联网宽带覆盖率(X_{10})”衡量洪涝灾害预警能力;生态韧性(Ecological Resilience, ER)指乡村自然生态系统的稳定性和多样性,包含生态系统抵御干扰的能力和自我恢复能力,通过“香农多样性指数(X_{17})”衡量湿地生物多样性,“植被覆盖度(X_{16})”评估堤岸生态防护功能。基于上述分析,共选取18项相关指标构建余干县乡村“三生”韧性指标评价体系,并采用主客观赋权法确定指标权重(表1),凸显水陆交错带“人-水-地”互动的特殊性,为类似区域乡村韧性研究提供范式参考。

表1 乡村“三生”韧性指标评价体系

Table 1 Evaluation system of rural PLE resilience indicators

准则层	指标层	指标解释	指标属性	综合权重值 W_j
生产韧性 (0.3381)	“三留守”人员占比(X_1)	劳动力数量及生产效率	反向(-)	0.0648
	产业多样性(X_2)	生计方式多样化程度	正向(+)	0.0647
	人均耕地面积(X_3)	农业发展基础	正向(+)	0.0559
	农业灌溉用水源(X_4)	农业生产发展保障	正向(+)	0.0491
	村集体企业数量(X_5)	乡村规模化生产能力	正向(+)	0.0487
	全年村集体收入(X_6)	经济基础与农业生产投入	正向(+)	0.0549
生活韧性 (0.3241)	村域路网密度(X_7)	道路通达度	正向(+)	0.0614
	道路装灯率(X_8)	夜间出行和运输安全性	正向(+)	0.0545
	供水普及率(X_9)	基础设施建设	正向(+)	0.0445
	互联网宽带覆盖率(X_{10})	预警与信息传达能力	正向(+)	0.0541
	村卫生室数量(X_{11})	医疗保障及服务状况	正向(+)	0.0575
	超市便利店数量(X_{12})	生活品供应保障	正向(+)	0.0521
生态韧性 (0.3379)	平均坡度(X_{13})	地形地貌特征	反向(-)	0.0469
	人口压力(X_{14})	环境承载力	反向(-)	0.0559
	生境退化度(X_{15})	生态系统的健康状况	反向(-)	0.0597
	植被覆盖度(X_{16})	生态系统服务	正向(+)	0.0576
	香农多样性指数(X_{17})	物种丰富度和均匀度	正向(+)	0.0593
	村域河网密度指数(X_{18})	自然调蓄功能	正向(+)	0.0585

2 研究方法和工具

2.1 组合赋权法

熵权法(Entropy Weight Method, EWM)是一种基于信息熵理论的客观赋权方法,能够根据数据的离散程度来确定权重,但可能会忽略指标本身的重要性,本研究结合层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)对指标进行综合赋分。层次分析法是一种多准则决策分析方法,可用于辅助决策者在多个指标或因素中进行排序或比较,该方法通过对多个因素进行两两比较获得权重,从而建立一个层次结构,进而进行综合评价和排名。主客观结合的赋权方法不仅考虑了决策者的知识和经验等主观偏好信息,同时也利用了客观数据信息,避免单一方法可能带来的权重分配不合理的问题,使得权重更加全面和客观。

2.1.1 AHP权重确定及一致性检验 本研究在建立层次化评价体系的基础上,采用访谈调查方法,利用AHP层次分析法对余干县乡村韧性指标进行分析,获得各指标权重并通过一致性检验。首先采用1-9标度法对指标重要性进行两两比较,构建判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$,其中 $n=18$,矩阵的主对角线元素 $a_{ii}=1$,非主对角线元素 a_{ij} 的赋值由相关领域的专家学者打分得到,且满足 $a_{ij}=\frac{1}{a_{ji}}=1$ 。计算步骤如下:

(1) 通过Python的NumPy库求解判断矩阵的特征值,得出最大特征值 $\lambda_{\max}=18.7236$,基本符合一致矩阵特征;

(2) 接着,可以计算出该矩阵的一致性指标 $CI=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1}=0.0426$;

(3) 查找18阶矩阵的平均随机一致性指标 $RI=1.62$,则 $CR=\frac{CI}{RI}=0.0263<0.1$ 。

因此,该18阶判断矩阵符合层次分析法的一致性检验标准,数据合理。

2.1.2 组合权重法得到最终权重 本研究采用组合权重法确定最终指标权重,通过熵权法(60%)和层次分析法(40%)的有机结合,实现了客观数据与专家判断的优势互补。熵权法基于指标数据的离散程度进行客观赋权,有效避免了人为偏差;层次分析法则通过专家经验对指标重要性进行两两比较,确保了决策逻辑的合理性。两者按6:4的比例加权融合,既充分挖掘了数据的统计规律,又兼顾了实际应用需求,最终使权重分配更具科学性与可靠性。该方法不仅平衡了主客观因素的影响,还通过层次分析法的一致性检验($CR<0.1$)确保了判断逻辑的自治

性,为乡村韧性评价提供了兼具数据驱动性和决策导向性的权重体系,得到的综合权重值见表1。

2.2 综合评分法

通过把382个行政村的各指标数据标准化处理得到的结果值与权重相乘,进而采用综合评分法得到生产韧性值(PR)、生活韧性值(LR)和生态韧性值(ER)。乡村韧性综合测度指数(R_i)为前三者之和,该值越大表明乡村韧性越强,具体计算公式如下:

$$PR = \sum_{j=1}^6 x_{ij} W_j \quad (1)$$

$$LR = \sum_{j=7}^{12} x_{ij} W_j \quad (2)$$

$$ER = \sum_{j=13}^{18} x_{ij} W_j \quad (3)$$

$$R_i = PR + LR + ER \quad (4)$$

式中: j 表示指标个数; W_j 表示指标的权重; x_{ij} 表示指标的量化标准值。

2.3 耦合协调度模型

在鄱阳湖水陆交错带复杂系统中,韧性并非单一维度的特质。耦合本是物理学中的概念,指的是两个或多个系统(或者系统的不同属性)之间相互作用、彼此影响的关系,耦合度便是对系统耦合现象的一种度量方式。耦合模型在自然科学和社会科学领域已经得到广泛应用^[24-26]。为探究乡村“三生”韧性的耦合协调程度,需把韧性结果纳入耦合协调度模型,以此计算耦合度(C)和耦合协调度(D),具体计算公式如下^[27]:

$$C = \left[\frac{PR \times LR \times ER}{\left(\frac{PR + LR + ER}{3} \right)^3} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

式中: C 为乡村“三生”韧性的耦合度,值域为 $[0, 1]$, C 值越大则乡村“三生”韧性耦合程度越高。

为进一步分析乡村“生产-生活”韧性、“生产-生态”韧性及“生活-生态”韧性两两之间的相互作用程度,耦合度模型可以演化为式(6):

$$\begin{aligned} C_1 &= 2 \times \sqrt{\frac{PR \times LR}{(PR + LR)^2}} \\ C_2 &= 2 \times \sqrt{\frac{PR \times ER}{(PR + ER)^2}} \\ C_3 &= 2 \times \sqrt{\frac{LR \times ER}{(LR + ER)^2}} \end{aligned} \quad (6)$$

为判别各韧性间究竟是处于高水平协同促进的状态,还是低水平相互掣肘的状态,本文引入耦合协调指数^[28]以构建乡村“三生”韧性耦合协调模型。

$$T = \alpha \times PR + \beta \times LR + \gamma \times ER \quad (7)$$

式中: T 为综合评价指数; α, β, γ 分别为生产韧性、生

活韧性和生态韧性的权重系数,本研究取 $\alpha=0.338$
1, $\beta=0.324$ 1, $\gamma=0.337$ 9。

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

式中: D 为耦合协调度, D 值越大则乡村“三生”韧性耦合协调程度越高。

参考有关研究成果^[29],依据耦合协调度对乡村“三生”韧性耦合协调状况进行等级划分,划分标准见表2。

表2 乡村“三生”韧性耦合协调类型划分

Table 2 Classification of coupling coordination types of rural PLE resilience

类型	耦合协调度 D	类型	耦合协调度 D
极度失调	[0,0.1)	勉强协调	[0.5,0.6)
严重失调	[0.1,0.2)	初级协调	[0.6,0.7)
中度失调	[0.2,0.3)	中等协调	[0.7,0.8)
轻度失调	[0.3,0.4)	良好协调	[0.8,0.9)
濒临失调	[0.4,0.5)	优质协调	[0.9,1)

2.4 障碍度模型

在乡村“三生”韧性的评价过程中,不仅要对其耦合协调度进行评价,还需运用障碍度模型探究韧性提升过程中的障碍因素,以判断阻碍余干县乡村“三生”韧性提升的关键障碍层及障碍因子。具体计算公式如下:

$$Q_{ij} = \frac{(1 - x_{ij}) \times W_j}{\sum_{j=1}^n (1 - x_{ij}) \times W_j} \times 100\% \quad (9)$$

$$V_{ij} = \sum_{j=1}^n Q_{ij} \quad (10)$$

式中: $(1-x_{ij})$ 指理想值(100%)与单项指标标准化值之差; Q_{ij} 和 V_{ij} 分别为指标层各项指标及各准则层的障碍度,值越大表示阻碍程度越大。

3 结果与分析

3.1 乡村韧性空间分布特征分析

通过对余干县乡村韧性3个维度的测算,可知乡村综合韧性值为0.322 9~0.550 9,均值为0.454 7。借助ArcGIS 10.8软件的自然间断点分级法(Jenks)将其分为低度韧性、较低韧性、中度韧性、较高韧性和高度韧性5个等级(图2),结果显示:(1)综合韧性空间分布呈现明显的西北高、东南低的梯度特征;(2)集聚形态表现为团块状与散点状并存;(3)整体韧性水平偏低且区域差异显著。其中,以玉亭镇为中心的乡镇周边村域韧性最高,西北部滨湖平原区域形成两个次级高值中心。这种空间格局与余干县的自然地理条件及社会经济发展水平具有显著相关

性:西北部滨湖平原地势平坦,丰富的水系资源为水产养殖和稻渔综合种养等多元产业(X_2)提供了得天独厚的条件,加之完善的灌溉系统(X_4)和密集的河网(X_{18}),共同塑造了瑞洪镇、康山乡等高韧性区域。中部玉亭镇凭借县城区位优势、发达的交通网络(X_7)和完备的基础设施(X_9, X_{10})使其成为韧性高值区。此外,高韧性区域通常具有更完善的村民自治组织,能有效协调灾害应对和资源分配,在面对内外冲击时更具优势。相比之下,南部山区受地形限制,坡度(X_{13})较大导致耕地资源匮乏,传统农业生产模式单一(X_2),易受自然灾害影响,加之交通不便(X_7)、青壮年劳动力外流(X_1),使得黄金埠镇、梅港乡等地韧性水平明显偏低。分析表明,生态条件差异进一步强化了这一格局,西北部良好的植被覆盖(X_{16})和生物多样性(X_{17})增强了区域生态韧性,而南部山区生境退化(X_{15})问题则加剧了脆弱性。

具体来看(图2A),高度韧性乡村(49个)占比12.83%,主要集中在中部的玉亭镇和西北部的瑞洪镇和康山乡;较高韧性乡村(88个)占比23.04%,主要集中在白马桥乡、瑞洪镇和杨埠镇;中度韧性乡村(126个)及较低韧性乡村(84个)呈散点状分布,占比分别为32.98%和21.99%;低度韧性乡村(35个)占比9.16%,主要集中在余干县南部的黄金埠镇、梅港乡和西部的古埠镇。总体来看,余干县乡村韧性呈现出以玉亭镇为核心、沿交通干线和水系分布的团块状高值区,以及分散在偏远山区的低值区,全县48.95%的行政村乡村韧性值处于均值以下水平,反映出自然禀赋与人类活动共同作用下的差异化发展态势。

从维度层面来看,在余干县2022年乡村韧性评价的3个维度当中:

(1)生产韧性指数结果显示为0.072 3~0.250 6,均值为0.153 5,有198个村的生产韧性指数在均值以下,占比51.83%。从空间分布来看(图2B),存在明显的集聚趋势以及南北分布格局。韧性高值乡村主要分布在余干县的西北部和中部地区,这些乡村的劳动力数量(X_1)和规模化生产能力(X_5)明显优于其他乡村,且村民生计方式多样化发展(X_2),使得产业在遭受不可预测、不可控制因素的冲击时,具备继续完成生产目标的能力。韧性低值乡村分布于东部和西南地区,这些村域人地矛盾较为突出(X_3),且由于远离鄱阳湖和信江流域,农业灌溉水源的供给量(X_4)未能达到农业生产所需的水平,农业生产的能力和潜力受到了限制,农业生产系统在面对环境变化和干扰时的适应和恢复能力减弱;中度韧性乡村零星分布在高值区和低值区之间。

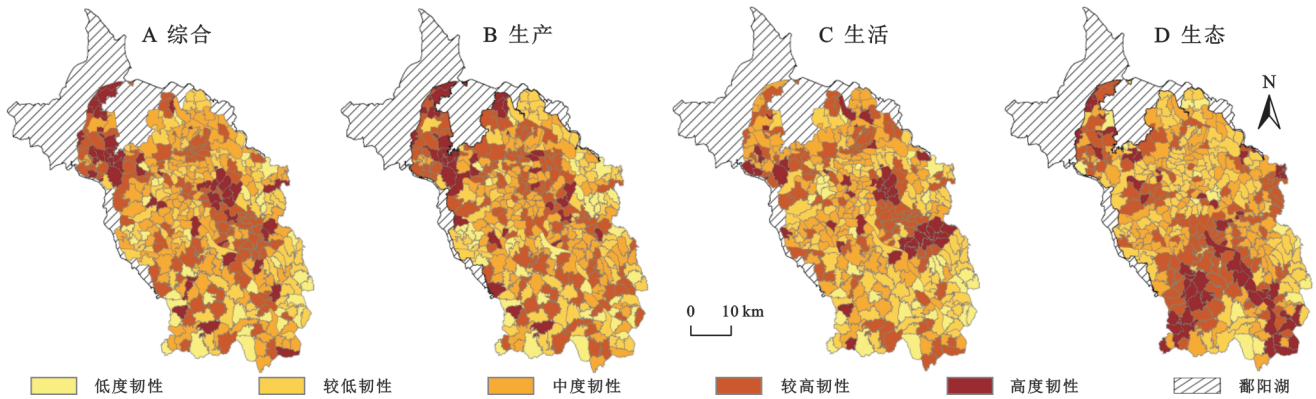


图 2 乡村“三生”韧性空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of rural PLE resilience

(2) 生活韧性指数结果为 0.050 1~0.223 7, 均值为 0.126 9, 有 195 个村的生产韧性指数在均值以下, 占比 51.05%。从空间分布来看(图 2C), 韧性高值乡村以单个极核的方式分布于以玉亭镇为核心的城区, 这些地区多为城镇化和经济发展的核心区域, 基础设施包括道路(X_7 , X_8)、医疗(X_{11})和通信(X_{10})等农村公共服务系统的完善, 对经济社会发展及基层治理具有重要支撑作用, 有助于提升乡村生活质量, 增强乡村抵抗外界扰动冲击的适应能力和恢复能力。韧性低值乡村主要分布于南部山区, 山区因地质条件复杂, 滑坡、崩塌等地质灾害频发, 且海拔较高、坡度较大(X_{13}), 导致交通(X_7)、通信(X_{10})等基础设施建设面临施工难度较大、建设成本高的现实困境。这直接影响了基础设施的覆盖率和建设质量, 进而对余干县乡村生活韧性的提升形成制约。

(3) 生态韧性指数结果为 0.119 2~0.212 6, 均值为 0.174 2, 有 197 个村的生产韧性指数在均值以下, 占比 51.57%。从空间分布来看(图 2D), 韧性高值乡村主要集中在信江流域和余干县西南部, 这些乡村的共同特征是城市化和工业化程度较低, 地理条件相对稳定, 区域内高植被覆盖率(X_{16})、高物种丰富度(X_{17})和高水系连通性(X_{18})有助于维持生态平衡, 提升余干县乡村的生态系统服务能力, 构建健康、稳定的乡村生态系统。韧性低值乡村主要分布在北部和东南部, 尤其是黄金埠镇等工业型城镇, 这些乡村的共同特征是废弃工矿用地密集, 城市化进程迅速, 经济快速发展带来的城市扩展和工业发展加速了对自然环境的破坏(X_{15} , X_{16}); 其次是鹭鸶港乡和洪家嘴乡等城郊型乡镇, 城市建设用地与生态空间的不合理配置削弱了生态要素在建成环境中的渗透性, 导致生态韧性水平低。

3.2 乡村韧性耦合协调度分析

3.2.1 “三生”韧性耦合协调度空间分异特征 余干县各行政村的“三生”韧性耦合度与耦合协调度分析结

果显示(见表 3, 考虑到文章篇幅限制, 表中仅列出了耦合度与耦合协调度大小排序前 10 位和后 10 位的乡村及数据), 耦合度均值为 0.985 0, 整体处于协调耦合阶段, 其中杨埠镇江坪村最高($C=0.999 9$), 三塘乡源头村最低($C=0.892 1$); 耦合协调度均值为 0.386 5, 整体处于轻度失调阶段, 其中社赓乡涂家村最高($D=0.425 4$), 三塘乡源头村最低($D=0.311 0$)。

从空间上看(图 3A), 总体呈现为组团式和散点状的分布特征, 具体表现为“北部优于南部, 中部发展最优”的格局。其中, 处于濒临失调状态的乡村有 93 个(占比 24.35%), 主要集中在玉亭镇、康山乡和瑞洪镇, 这与高度韧性乡村的空间分布特征高度重合; 其余乡镇的乡村大多处于轻度失调状态, 占比达到了 75.65%。较高耦合协调度区域(如玉亭镇、康山乡和瑞洪镇)的发展优势源于多重因素的协同作用: 玉亭镇作为县域中心, 其生产系统与生活系统的高度匹配, 加之完善的基础设施对生态保护的支撑, 形成了良性互动机制; 康山乡和瑞洪镇则依托鄱阳湖资源禀赋, 农业生产与生态保护的协同发展成效显著, 使得“三生”系统达到较高协调水平。相比之下, 低协调度区域(如三塘乡、古埠镇)的发展困境具有典型性: 三塘乡受限于地形条件, 农业生产与生态保护矛盾突出, 同时基础设施滞后进一步制约了“三生”协同发展; 古埠镇则因劳动力外流导致生产系统萎缩, 与相对完好的生态系统形成明显错位。

余干县乡村“三生”韧性耦合协调度普遍偏低, 均处于濒临失调或更低水平。实证分析表明, 余干县: (1) 耕地资源约束显著, 且面源污染问题突出; (2) 产业结构单一, 农业附加值低, 抗风险能力弱; (3) 乡村建设资金投入不足, 基础设施和生态保护存在短板。系统脆弱性表现为当外部扰动发生时, 由于生产-生活-生态子系统间协同机制缺失, 系统自适应能力不足, 导致耦合协调度持续走低。这一现象揭示了传统农区“三生”系统协调发展的典型困境。

表3 “三生”韧性耦合度和协调度计算结果(部分乡镇)

Table 3 Calculation results of coupling degree and coordination degree of PLE resilience (selected townships)

排序	乡村名称	耦合度 C	乡村名称	耦合 协调度 D
1	杨埠镇江坪村	0.9999	社康乡涂家村	0.4254
2	玉亭镇农科所	0.9997	杨埠镇高家村	0.4226
3	玉亭镇劳动村	0.9995	九龙镇九街村	0.4221
4	枫港乡白家圩村	0.9994	玉亭镇镬岭村	0.4220
5	瑞洪镇镇郊村	0.9993	瑞洪镇大源垄村	0.4213
6	古埠镇邱家村	0.9992	杨埠镇江坪村	0.4204
7	瑞洪镇驾湖村	0.9992	瑞洪镇江三村	0.4199
8	瑞洪镇新塘村	0.9991	大塘乡幸福村	0.4190
9	玉亭镇太阳村	0.9990	玉亭镇南关村	0.4189
10	洪家嘴乡云头村	0.9990	康山乡府前村	0.4181
:	:	:	:	:
373	古埠镇黄岗村	0.9324	黄金埠镇团湖村	0.3375
374	梅港乡黄芽村	0.9321	社康乡邓墩村	0.3353
375	黄金埠镇东梅村	0.9259	梅港乡老虎口村	0.3342
376	社康乡邓墩村	0.9199	古埠镇黄岗村	0.3327
377	黄金埠镇团湖村	0.9196	社康乡同良坂村	0.3298
378	社康乡同良坂村	0.9181	社康乡丰塘村	0.3269
379	三塘乡三房村	0.9152	梅港乡王化村	0.3268
380	三塘乡畈程村	0.9130	黄金埠镇东梅村	0.3230
381	社康乡丰塘村	0.9090	石口镇南源村	0.3193
382	三塘乡源头村	0.8921	三塘乡源头村	0.3110

3.2.2 “三生”韧性两两耦合协调度空间分异特征
通过测度“三生”韧性两两耦合协调度的空间分异特征,可以精准地了解不同地区在“生产-生活”、“生产-生态”及“生活-生态”等方面耦合协调程度的空间分布情况,有助于识别不同区域的优势和劣势,为跨区域合作战略规划提供方向,同时也为实现资源的合理配置提供科学依据。根据耦合协调度公式,测算出乡村“三生”韧性两两之间的耦合协调度,并运用 ArcGIS 10.8 软件对数据进行可视化表达(图 3B, C, D)。

(1) 乡村“生产-生活”韧性的耦合协调度结果显示为 0.269 8~0.440 2,均值为 0.371 9,处于中度失调、轻度失调和濒临失调状态。从空间上看(图 3B),其分布格局与“三生”韧性耦合协调度的分布高度吻合:以玉亭镇为中心的乡村协调度较高,但仍处于濒临失调阶段,整体上乡村“生产-生活”韧性协调度较低。这是由于乡村“三留守”人口(X_1)占比过高对系统韧性产生双重制约效应:一方面,劳动力结构老龄化导致人力资本积累不足,难以支撑产业创新与转型升级;另一方面,生活基础设施滞后显著降低了生

产要素(包括物资运输、信息传递等)的配置效率,从而抑制了生产子系统的韧性发展。

(2) 乡村“生产-生态”韧性的耦合协调度结果显示为 0.339 5~0.456 7,均值为 0.403 3,整体上处于轻度失调和濒临失调状态。从空间上看(图 3C),余干县乡村普遍处于濒临失调阶段,表明其生态系统能够维持基本的生产支持功能。余干县河网密布的水文特征(X_{18})为农业灌溉和工业用水提供了充足保障,构成了生产韧性的重要基础。同时,依托优质湖滨景观资源发展的生态旅游和农业观光等绿色产业,形成了环境友好型的发展模式。这种资源禀赋与产业特征的协同作用,使得“生产-生态”韧性的耦合协调度保持相对较高水平。

(3) 乡村“生活-生态”韧性的耦合协调度结果显示为 0.302 5~0.425 3,均值为 0.384 1,整体上处于轻度失调和濒临失调状态。从空间上看(图 3D),高达 81% 的乡村处于轻度失调状态,处于濒临失调状态的乡村主要集中在玉亭镇和杨埠镇,除此之外,主要呈散点状分布在各个乡镇。导致乡村“生活-生态”韧性的耦合协调度较低的主要原因在于:首先,区域生态环境脆弱性显著制约居民生活质量提升。数据显示,余干县县域水土流失面积达 285.45 km²,滑坡和崩塌等地质灾害涉及范围约 4.35 hm²,这些生态约束严重限制了乡村基础设施建设;其次,生活与生态系统间缺乏有效的协同机制,导致生态系统服务功能恢复滞后,难以为居民生活提供持续保障。这种系统间的失调状态使得乡村在面临生态压力时表现出较低的适应能力。

3.3 “三生”韧性障碍因子诊断

根据障碍度模型计算 2022 年余干县乡村韧性评价指标体系中的 3 个准则层及对应具体指标的障碍度(表 4)。从准则层(即乡村韧性子系统)的障碍度分析来看,生产韧性子系统构成了余干县乡村“三生”韧性提升过程中的主要障碍因素,其障碍度均值高达 39.52%,相较于生活韧性子系统均值(32.99%)和生态韧性子系统均值(27.49%),均表现出显著的数值优势。具体而言,各子系统障碍度均值的排序依次为:生产韧性子系统最高,生活韧性子系统次之,生态韧性子系统最低。生产韧性子系统作为乡村韧性体系中的关键组成部分,这一排序清晰地揭示了各子系统在阻碍余干县乡村“三生”韧性提升方面的相对重要性,进一步表明生产韧性子系统对余干县乡村“三生”韧性提升的制约效应明显,其效能低下或结构不合理直接制约了余干县乡村生产、生活与生态(“三生”)韧性的综合提升。这一现象与余

干县的区域发展特征密切相关;余干县作为传统农业县,生产系统的转型升级面临诸多挑战,尤其是西

北部滨湖地区虽然水资源丰富,但产业升级滞后;南部山区则受限于耕地资源匮乏,农业生产效率低下。

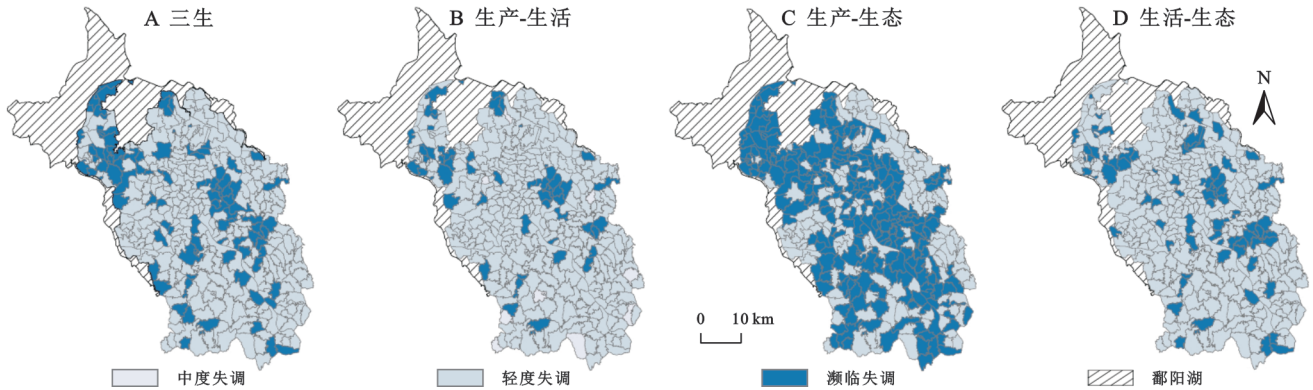


图 3 “三生”韧性耦合协调度空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of coupling coordination degree of PLE resilience

从指标层障碍度来看,村域路网密度(X_7)被诊断为制约余干县乡村韧性增长的首要障碍因子,南部山区(如梅港乡)因受地形限制,导致道路建设成本倍增,反映现有水平尚不足以全面适应经济与社会发展的迅猛态势。人均耕地面积(X_3)因城市化占用和土地污染,人地矛盾在东部乡镇尤为突出,城镇化扩张和土地污染导致耕地资源锐减,使其成为制约乡村韧性发展的第二大障碍因子。超市便利店数量(X_{12})作为第三大障碍因子,数量不足的问题在山区偏远村落普遍存在,调研显示大部分乡村地区商业服务半径超过 5 km,远高于国家 3 km 的标准,揭示了乡村生活韧性提升中消费便利性与服务供给能力的短板。尽管河网(X_{18})为农业生产提供了便利,但缺乏有效管理与维护的河网系统反而可能会成为自然灾害的潜在风险点,这一问题在西北部水域密集区(如瑞洪镇)表现明显,由于缺乏系统的防洪排涝设施,对乡村生态韧性构成威胁,成为第四大障碍因子;全年村集体收入(X_6)作为第五大障碍因子,直接关联到乡村自我积累与可持续发展的能力,主要影响中部传统农业区(如大溪乡),单一的水稻种植模式使得集体经济收入来源有限,较低的村集体收入水平限制了乡村在基础设施建设、公共服务供给及生态环境保护等方面的投入,进而阻碍了乡村整体韧性的有效提升。

这种区域差异的形成源于自然禀赋、发展政策和历史基础等多重因素的复杂交互作用。具体而言,玉亭镇凭借其县城的区位优势,在基础设施建设和公共服务配套方面获得了更多政策倾斜和资金投入;而黄金埠镇尽管具备较好的工业基础,但早期粗放式发展模式导致的环境历史遗留问题,至今仍在制约其生态韧性的提升。本研究通过对障碍因子的系统诊断,不仅深入揭示了余干县乡村韧性发展的

现实困境和深层制约机制,更为制定差异化、精准化的区域发展策略提供了科学依据,对推动乡村全面振兴具有重要的理论指导价值和实践参考意义。

表 4 指标层障碍因子排序

Table 4 Ranking of obstacle factors at indicator level

排序(前五)	指标	障碍度/%
1	村域路网密度	9.97
2	人均耕地面积	8.94
3	超市便利店数量	8.61
4	村域河网密度指数	8.38
5	全年村集体收入	7.75

4 讨论与结论

4.1 讨论

乡村地域系统作为人地关系地域系统中极具代表性与典型性的关键形式,韧性是其基本属性。这种韧性不仅体现在乡村能够抵御各类外部冲击(如自然灾害、市场波动、政策调整等)和内部扰动的能力上,更体现在其遭受干扰后迅速恢复、调整并实现持续发展的动态过程之中,它涵盖了乡村社会、经济、文化、生态等多个维度。“三生”韧性正是从经济、社会、生态三大维度对乡村韧性进行的系统划分,与我国乡村振兴战略的产业兴旺、生活富裕、生态宜居等目标要求高度契合。在余干县的实证研究中,这种多维韧性特征得到充分验证:西北部滨湖乡村通过稻渔综合种养模式在 2020 年洪灾后快速恢复生产,展现出了强劲的生产韧性;中部玉亭镇凭借完善的基础设施在新冠疫情中维持正常生活秩序,充分彰显了生活韧性的实践价值;而西南部山区则依靠良好的生态本底在极端气候中保持稳定,凸显出了生态韧性优势。这些实践案例不仅验证了“三生”韧性理论框架的科学性,更为增强乡村风险应对能力、

实现乡村振兴战略目标提供了多维度支撑,有力推动了乡村可持续发展进程。

为促进余干县乡村“三生”韧性协调发展,为我国其他大湖流域乡村提供可借鉴的协同发展路径,本文依托实证分析结果并结合余干县乡镇实际情况,提出以下建议:

(1) 推动产业融合发展,稳固生产韧性。余干县各乡镇资源禀赋差异显著,产业融合需因地制宜,例如,瑞洪镇作为县域副中心和特色农业基地,可依托其耕地资源和滨湖旅游资源,构建“农业+加工+旅游”产业链,发展农产品精深加工和近郊旅游,强化其综合型城镇职能。黄金埠镇作为工业型县域副中心,应发挥电力能源基地优势,推动工业与配套服务业融合,同时注重耕地保护,避免过度开发对农业产生消极影响。石口镇、康山乡等旅游型乡镇可联合打造滨湖旅游集群,整合生态保护红线区域与农业资源,发展生态观光农业。通过引入社会资本、发展集体经济,建立农民参与的利益分配机制,确保产业融合惠及乡村居民,增强生产系统的抗风险能力。

(2) 优化公共服务供给,夯实生活韧性。根据乡镇等级和规模差异,分类施策:县域副中心(如瑞洪镇、黄金埠镇)需高标准配置医疗、教育等公共服务设施,辐射周边乡镇,缓解县域资源分配压力。重点镇(如乌泥镇、九龙镇)应加强商贸物流和交通枢纽功能,乌泥镇可依托工业型职能配套工人生活区,提升职住平衡能力。一般乡镇(如东塘乡、江埠乡)以生活圈为单位,增加便利店、村级卫生室等基础服务,尤其关注低人口规模乡镇(如大塘乡)的道路通达性,确保资源覆盖均衡。通过精准匹配公共服务与人口规模,可提升居民应对突发冲击的能力,筑牢生活韧性基础。

(3) 开展生态修复工程,增强生态韧性。生态保护需与乡镇主体功能协同:古埠镇、梅港乡等生态敏感区应以鄱阳湖湿地保护为核心,限制开发强度,优先修复河湖退化区域。洪家嘴乡、鹭鸶港乡作为城市化地区,需平衡耕地保护与城镇开发边界,避免生态空间挤压。社康镇、杨埠镇等旅游型乡镇可结合林业经济开发生态旅游项目,推动“修复+产业”双赢模式。对水土流失、污染土地等退化区域实施分级治理,并建立生态补偿机制,确保生态系统功能持续稳定。

4.2 结论

本研究基于乡村振兴背景和“三生”空间理论,以余干县382个行政村为研究对象,综合考虑经济、社会、自然因素并构建乡村“三生”韧性评估框架,第一,从微观尺度揭示了典型水陆交错带乡村的“三生”韧

性的空间格局;第二,在前面研究的基础上,运用耦合协调度模型分别测度了“三生”韧性及两两韧性耦合之间的耦合度和协调度,得出的主要结论如下:

(1) 余干县乡村韧性水平整体偏低,呈现出“西北高、东南低”的空间格局特征,在空间集聚上呈现团块状和散点状的空间形态特征,差异性显著。以玉亭镇为中心形成乡村韧性高水平区,主要原因在于城镇周边的乡村通常拥有较好的交通和通信基础设施,使得乡村生产者能够及时获取农业技术、市场信息等,提高生产效率和应对市场变化的能力;城镇多元化的产业结构使得生产系统能够抵御单一产业面临的风险,同时也吸引了技术和人才资源集聚,有助于提高农业生产的质量和产量,进而提升了生产韧性。

(2) “三生”韧性空间分布差异明显:生产韧性存在明显的集聚趋势以及南北分布格局,韧性高值乡村主要分布在余干县的西北部和中部地区;生活韧性高值乡村以单个极核的方式分布于以玉亭镇为核心的城区;生态韧性高值乡村主要集中在信江流域和余干县西南部。依托健康、稳定的生态基底,余干县生态韧性均值>生产韧性均值>生活韧性均值。

(3) 余干县各行政村的“三生”韧性耦合度较高,均值高达0.9850,整体处于协调耦合阶段;而“三生”韧性耦合协调度较低,均值仅为0.3865,所有乡村均处于濒临失调及以下等级,在空间上呈现出组团式和散点状的分布特征,具体表现为“北部优于南部,中部发展最优”的格局。在乡村韧性两两耦合中,“生产-生态”和“生活-生态”韧性的耦合处于轻度失调和濒临失调状态;由于余干县劳动力外流严重,加上县域内基础设施建设存在短板,二者相互作用使得“生产-生活”韧性的耦合协调度处于较低水平。

(4) 余干县乡村“三生”韧性提升的主要障碍为生产韧性子系统,其障碍度均值高达39.52%,显著高于生活韧性子系统均值(32.99%)与生态韧性子系统均值(27.49%)。从指标层具体来看,村域路网密度成为制约韧性提升的首要障碍,其次是人均耕地面积、超市便利店数量、村域河网密度和全年村集体收入,五者构成了制约余干县乡村韧性提升的主要障碍因子。

参考文献(References):

- [1] 尹澄清. 内陆水—陆地交错带的生态功能及其保护与开发前景[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 331-335.
Yin C Q. The ecological function, protection and utilization of land/inland water ecotones [J]. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(3): 331-335.
- [2] 汪朝辉, 王克林, 李仁东, 等. 水陆交错生态脆弱带景观格局时空变化分析: 以洞庭湖区为例[J]. 自然资源学

- 报, 2004, 19(2):240-247.
- Wang Z H, Wang K L, Li R D, et al. Analysis on the change of landscape spatial pattern in lake-land ecotone: a case study on Dongting Lake area[J]. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(2):240-247.
- [3] 马宏智, 钟业喜, 欧明辉, 等. 基于人地关系视角的鄱阳湖水陆交错带范围划分[J]. *生态学报*, 2022, 42(12): 4959-4967.
- Ma H Z, Zhong Y X, Ou M H, et al. Scope division of the aquatic-terrestrial ecotone of Poyang Lake from the perspective of human-land relationship [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(12):4959-4967.
- [4] 王文慧, 钟业喜, 马宏智, 等. 鄱阳湖水陆交错带生态韧性时空变化及影响因素[J]. *生态学报*, 2023, 43(22): 9514-9526.
- Wang W H, Zhong Y X, Ma H Z, et al. Spatio-temporal variations and influencing factors of ecological resilience in the Aquatic-Terrestrial Ecotone of Poyang Lake [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(22):9514-9526.
- [5] 李文龙, 匡文慧, 吕君, 等. 北方农牧交错区人地系统演化特征与影响机理: 以内蒙古达茂旗为例[J]. *地理学报*, 2021, 76(2):487-502.
- Li W L, Kuang W H, Lyu J, et al. Adaptive evolution mechanism of rural human-land system in farming-and-pastoral areas of northern China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(2):487-502.
- [6] 刘彦随. 中国新时代城乡融合与乡村振兴[J]. *地理学报*, 2018, 73(4):637-650.
- Liu Y S. Research on the urban-rural integration and rural revitalization in the New Era in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4):637-650.
- [7] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4(1):1-23.
- [8] Scott M. Resilience: a conceptual lens for rural studies [J]. *Geography Compass*, 2013, 7(9):597-610.
- [9] Davidson J L, Jacobson C, Lyth A, et al. Interrogating resilience: toward a typology to improve its operationalization [J]. *Ecology and Society*, 2016, 21(2): art27.
- [10] Wilson G. Multifunctional 'quality' and rural community resilience [J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2010, 35(3):364-381.
- [11] Wu J L, Guo D R, Zuo J Y, et al. Evolution characteristics and obstacle factors of rural resilience in Chinese minority areas in the background of rural tourism and COVID-19 [J]. *Scientific Reports*, 2025, 15:9493.
- [12] Zhou Y Y, Gu H. Enhancing rural resilience through the rural revitalisation strategy in rural China: Evidence from Wushi Village, Hunan Province [J]. *Journal of Rural Studies*, 2025, 113:103493.
- [13] Levesque V R, Bell K P, Johnson E S. The role of municipal digital services in advancing rural resilience [J]. *Government Information Quarterly*, 2024, 41(1): 101883.
- [14] 王薇然, 杜海峰. 基于多元治理主体的乡村韧性比较研究 [J]. *公共行政评论*, 2021, 14(4):4-24, 196.
- Wang W R, Du H F. A comparative study of rural resilience based on multiple governance subjects [J]. *Journal of Public Administration*, 2021, 14(4):4-24, 196.
- [15] 王杰, 曹兹纲. 韧性乡村建设: 概念内涵与逻辑进路 [J]. *学术交流*, 2021(1):140-151.
- Wang J, Cao Z G. Resilient rural construction: Concept connotation and logical approach [J]. *Academic Exchange*, 2021(1):140-151.
- [16] 张洪昌, 王启超, 龙星宇, 等. 山地民族传统村落乡土-生态系统恢复力时空演变及影响因素 [J]. *西南大学学报: 自然科学版*, 2024, 46(8):112-125.
- Zhang H C, Wang Q C, Long X Y, et al. The spatio-temporal evolution and influencing factors of the ruralism-ecology system resilience in traditional villages of mountain minorities [J]. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*, 2024, 46(8):112-125.
- [17] 雷晓康, 汪静. 乡村振兴背景下农村贫困地区韧性治理的实现路径与推进策略 [J]. *济南大学学报: 社会科学版*, 2020, 30(1):92-99, 159.
- Lei X K, Wang J. Implementing path and promoting strategy of resilience governance in poverty-stricken areas under the background of rural revitalization [J]. *Journal of University of Jinan: Social Science Edition*, 2020, 30(1):92-99, 159.
- [18] 王向彬, 朱铨. 乡村韧性研究进展与展望 [J]. *资源开发与市场*, 2022, 38(3):321-327.
- Wang X B, Zhu Q. Research progress and prospect of rural resilience [J]. *Resource Development & Market*, 2022, 38(3):321-327.
- [19] 李红波, 牛聪, 胡霄, 等. 江苏省县域乡村韧性的时空格局演变分析 [J]. *池州学院学报*, 2020, 34(5):7-12.
- Li H B, Niu C, Hu X, et al. An analysis of evolution of spatial and temporal pattern of rural resilience in county region in Jiangsu [J]. *Journal of Chizhou University*, 2020, 34(5):7-12.
- [20] 曹开军, 龙顺发. 新疆乡村经济韧性时空演变及影响因素研究 [J]. *人文地理*, 2025, 40(1):89-100.
- Cao K J, Long S F. Spatial-temporal pattern and influencing factors of rural economic resilience in Xinjiang uygur autonomous region [J]. *Human Geography*, 2025, 40(1):89-100.
- [21] 朱涵, 马翼斐. 乡村社区韧性提升的多重困境与优化路径: 以北京市S村为例 [J]. *农村经济与科技*, 2024, 35(23):169-172.
- Zhu H, Ma Y F. Multiple dilemmas and optimization paths for the improvement of rural community resilience: a case study of village S in Beijing [J]. *Rural Economy and Science-Technology*, 2024, 35(23): 169-172.

- 169-172.
- [22] 田健,曾穗平.基于韧性理念的生态功能区乡村“三生”脆弱性治理与空间规划响应[J].规划师,2023,39(7):64-71,84.
Tian J, Zeng S P. Assessment management and spatial planning response of rural production-living-ecological vulnerability in ecological function areas from the perspective of resilience[J]. Planners, 2023, 39(7): 64-71, 84.
- [23] Ou M H, Zhong Y X, Ma H Z, et al. Impacts of policy-driven transformation in the livelihoods of fishermen on agricultural landscape patterns: a case study of a fishing village, island of Poyang Lake[J]. Land, 2022, 11(8): 1236.
- [24] 方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J].地理学报,2016,71(4):531-550.
Fang C L, Zhou C H, Gu C L, et al. Theoretical analysis of interactive coupled effects between urbanization and eco-environment in mega-urban agglomerations[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(4): 531-550.
- [25] 逯进,郭志仪.中国省域人口迁移与经济增长耦合关系的演进[J].人口研究,2014,38(6):40-56.
Lu J, Guo Z Y. The evolution of coupling relationship between population migration and economic growth in China[J]. Population Research, 2014, 38(6): 40-56.
- [26] 熊建新,陈端吕,彭保发,等.洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度时空分异[J].地理科学,2014,34(9):1108-1116.
Xiong J X, Chen D L, Peng B F, et al. Spatio-temporal difference of coupling coordinative degree of ecological carrying capacity in the Dongting Lake Region[J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(9): 1108-1116.
- [27] 丛晓男.耦合度模型的形式、性质及在地理学中的若干误用[J].经济地理,2019,39(4):18-25.
Cong X N. Expression and mathematical property of coupling model, and its misuse in geographical science[J]. Economic Geography, 2019, 39(4): 18-25.
- [28] 张玉萍,瓦哈甫·哈力克,党建华,等.吐鲁番旅游-经济-生态环境耦合协调发展分析[J].人文地理,2014,29(4):140-145.
Zhang Y P, Wahap H, Dang J H, et al. Coupled coordination degree of tourism-economy-ecological system in Turpan area[J]. Human Geography, 2014, 29(4): 140-145.
- [29] 樊华,赵翠薇.西南地区城镇化与生态韧性耦合协调关系研究[J].水土保持研究,2025,32(2):340-352.
Fan H, Zhao C W. Research on the coupling coordination relationship between urbanization and ecological resilience in southwest China[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025, 32(2): 340-352.

(上接第298页)

- [28] Xiang S, Wang Y, Deng H, et al. Ecological network analysis of the carbon metabolism system in mountainous cities based on the land-carbon nexus: a case study of the main urban area of Chongqing, China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 30(14):41142-41158.
- [29] 魏俊超,梅志雄,马君杰,等.广州市土地利用碳排放时空演变及影响因素[J].水土保持研究,2024,31(4):298-307.
Wei J C, Mei Z X, Ma J J, et al. Spatiotemporal evolution and influencing factors of land-use carbon Emissions in Guangzhou[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(4): 298-307.

(上接第309页)

- [28] 谢梦,吴伟成.赣东北土地利用及景观格局变化对生态系统服务价值的影响[J].水土保持研究,2024,31(3):331-341.
Xie M, Wu W C. Impacts of change in land use and landscape pattern on ecosystem service value in north-east of Jiangxi Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(3): 331-341.
- [29] 文疆回,李瑞.贵州省生态系统服务价值时空演变及其对景观格局变化的响应[J].应用生态学报,2022,33(11):3075-3086.
Wen J H, Li R. Temporal and spatial variation of ecosystem service value and its response to landscape pattern change in Guizhou Province, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2022, 33(11): 3075-3086.
- [30] 胡玉雪,周旭,袁稳玲,等.贵阳市景观格局对生态系统服务价值的影响[J].贵州师范大学学报:自然科学版,2023,41(5):34-43.
Hu Y X, Zhou X, Yuan W L, et al. The impact of landscape pattern on ecosystem services value in Guiyang City[J]. Journal of Guizhou Normal University: Natural Sciences, 2023, 41(5): 34-43.