

# 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

杨晴青<sup>1</sup>, 杨新军<sup>1\*</sup>, 高岩辉<sup>2</sup>

(1. 西北大学城市与环境学院, 西安 710127; 2. 西安外国语大学旅游学院·人文地理研究所, 西安 710128)

**摘要:**从人地系统脆弱性视角切入, 遵循“演变轨迹刻画—阶段情景描绘—演化路径与机理剖析”的逻辑轴线, 结合“ground-truthing”质性研究方法, 探索了1980年以来以陕西省佳县为代表的黄土高原半干旱区乡村人居环境系统演变历程与路径。主要结论如下: ① 定量测度了1980—2016年佳县乡村人居环境综合系统及子系统脆弱度值。其中, 自然系统脆弱性由干旱主导转向雨涝灾害主导; 21世纪以来, 居住系统脆弱性全面减轻, 支撑系统脆弱性反弹加剧; 近10 a, 社会系统脆弱性逐渐减轻, 人类系统已走向重度脆弱等级, 综合脆弱性停滞于中度脆弱等级。② 提出了乡村人居环境系统脆弱性情景转化阈值规则, 界定了顽固脆弱、不受控制的脆弱、可控的脆弱、稳定健康、易变的系统等5类脆弱性情景。案例区脆弱性演变经历4个阶段, 但徘徊于顽固脆弱的系统与不受控制的脆弱性系统情景之间。③ 建构了乡村人居环境系统脆弱性阶段性演化动力机制, 梳理了5大子系统脆弱性阶段性演化路径, 提炼了涉及气候变化、城市化扰动、市场变化、政策干预及农户行为适应等5大驱动因素的20件关键影响事件。

**关键词:**乡村人居环境系统; 脆弱性; “ground-truthing”质性分析; 演化路径; 黄土高原半干旱区

乡村人居环境, 泛指乡村居民在集聚中所涉及的与生活、居住和基本生产活动相关的生存环境, 是乡村区域内农户生产生活所需物质和非物质的有机结合体(李伯华等, 2008)。1993年, 吴良镛先生结合中国国情, 在道萨迪亚斯学说的基础上创立了“人居环境科学”, 提出该学科是一门以人类聚居(包括村庄、集镇、城市等)为研究对象, 着重探讨人与环境相互关系的科学(吴良镛, 2001)。之后, 建筑和城市规划学、经济学、社会学、地理学相继从理论和实践上探索人居环境建设的有效途径。其中, 地理学凭借其区域性、综合系统性以及空间信息技术的应用, 逐渐占据人居环境研究的重要地位。现阶段, 系统综合地探讨乡村人居环境集中于以下几个

方面: 一是基于“指标—评估”模式, 评估乡村人居环境发展状态、适宜性(杨兴柱等, 2013; 曾菊新等, 2016); 二是涌现了众多探讨乡村转型以及人居环境现状问题的高水平成果(刘彦随等, 2009; 龙花楼, 2013); 三是乡村人居环境系统演变特征与机理探讨的成果逐渐增多(周国华等, 2011; 李伯华等, 2018)。但是, 目前乡村人居环境研究视角狭窄且传统, 多基于单个或特定时间截面对乡村人居环境的质量、可持续发展能力进行衡量, 缺少基于长时序资料对乡村人居环境系统脆弱根源的关注。

脆弱性一词指暴露于风险、扰动或压力之下的系统可能遭受的损害程度(Turner et al, 2003), 目前国外的研究已由自然灾害扩展至气候变化与社会—

收稿日期: 2018-11-08; 修订日期: 2018-12-19。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771574)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41771574.]

第一作者简介: 杨晴青(1992—), 女, 湖南益阳人, 博士生, 研究方向为人居环境, 区域发展与城乡规划。

E-mail: yqq@mails.ccnu.edu.cn

\*通信作者简介: 杨新军(1972—), 男, 陕西扶风人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为旅游地理学与人地关系的社会生态系统整合。E-mail: yangxj@nwu.edu.cn

引用格式: 杨晴青, 杨新军, 高岩辉. 2019. 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[J]. 地理科学进展, 38(5): 756-771. [Yang Q Q, Yang X J, Gao Y H. 2019. Change in vulnerability of rural human settlement in the semi-arid area of the Loess Plateau since 1980: A case study of Jiaxian County, Shaanxi Province. Progress in Geography, 38(5): 756-771.]

DOI: 10.18306/dlkxjz.2019.05.012

生态系统(Skjeflo, 2013; Lyons et al, 2016; Sapkota et al, 2016)、社会转型与问题(Kajombo et al, 2014; Hagenlocher et al, 2016; Hill et al, 2017)、住区设施与环境(Rajappa et al, 2015; Rupi et al, 2015)等人地系统领域,且研究方法多样,定量与质性研究齐驱。国内关于人地关系脆弱性研究处于起步阶段,尚未形成系统化的知识体系,目前主要为延展国外理论基础,进行理论梳理、概念辨析及案例应用研究。研究方法以定量方法居多,研究内容同样从灾害、生态领域扩展至气候变化、旅游开发、社会问题等领域。主要研究成果可分为以下3个方面:一是理论梳理与进展综述。方修琦等(2007)综述了IHDP 3个核心概念,黄晓军等(2014)和谢盼等(2015)分别梳理了社会脆弱性和城市高温热浪灾害脆弱性的分析框架。二是在家庭生计、社会-生态系统等领域形成一系列基于不同尺度脆弱性定量测度的研究成果。赵雪雁等(2016)以石羊河中下游为研究区,评估了农户生计对生态退化的脆弱性,识别了脆弱群体及脆弱性成因;方创琳等(2015)运用系统分析和综合指数法测度了中国城市空间脆弱性;余中元等(2015)探寻了湖泊流域社会生态系统脆弱性时空演变规律和脆弱性驱动机制。此外,杨新军等(2015)以榆中县中连川乡为例,将社会与生态环境信息结合探讨了社会-生态系统内相关利益主体不同情景下的脆弱性成为鲜有的质性研究成果。三是聚焦于人文扰动因素或拓展至多重扰动,探讨典型人地系统的脆弱性。如旅游开发、城市转型、移民安置等扰动下,探讨旅游社会生态系统(陈佳等, 2015)、石油城市经济系统(王士君等, 2010)、人海经济系统(李博等, 2015)、边缘区城市生态系统(杨俊等, 2018)等的脆弱性状态与机理。

黄土高原是中国生态环境最脆弱、经济最贫困的地区之一。在社会经济发展及城镇化进程中,黄土高原传统农耕地区遭受了来自自然生态与人类活动的双重扰动,乡村区域生态恢复与乡村衰败并存,乡村居民赖以依存的人居环境系统亟待重构。在此背景之下,不同于乡村人居环境传统研究所关注的质量评估、因地制宜优化策略,该地区人居环境建设的关键点在于剖析系统脆弱根源与影响因素,探索“医治”途径,巩固生态修复成效,助力乡村振兴。本文以黄土高原半干旱地区的榆林市佳县为案例地,从人地系统脆弱性视角切入,构建乡村人居环境系统脆弱性测度框架与评估模型,结合

“ground-truthing”质性研究方法(Smith et al, 2011),探索自然与人文因素多重胁迫下,1980年以来乡村人居环境系统演变过程与关键影响事件。通过解析乡村人居环境子系统及关键因子的脆弱性变化轨迹,界定并验证脆弱情景阶段,提炼脆弱特征及演化路径,以期为黄土高原半干旱区乡村人居环境系统重构提供理论参考和决策依据。

## 1 研究区概况与数据来源

佳县属陕西省榆林市,地处黄土高原东部,黄河西岸,毛乌素沙漠南缘。土地总面积2029.3 km<sup>2</sup>。2016年,全县辖12镇1个街道办事处,330个行政村,8个社区,辖区人口26.94万人。属大陆性干旱半干旱气候,年平均气温10.2℃,年平均降水量386.6 mm,降水主要集中在7—9月。自然灾害与地质灾害频发,旱灾尤为突出。地势西北高、东南低,沟、涧、坡、梁、峁纵横交错,可分为3个地貌差异明显的区域:北部风沙区、西南丘陵沟壑区和东南黄河沿岸土石山区(图1)。人均耕地面积0.118 hm<sup>2</sup>,以种植粮食作物为主。经济林以枣树为主,红枣生产为全县商品经济的重要支柱产业,也是农户务农生计的主要来源。1980年以来,佳县乡村社会

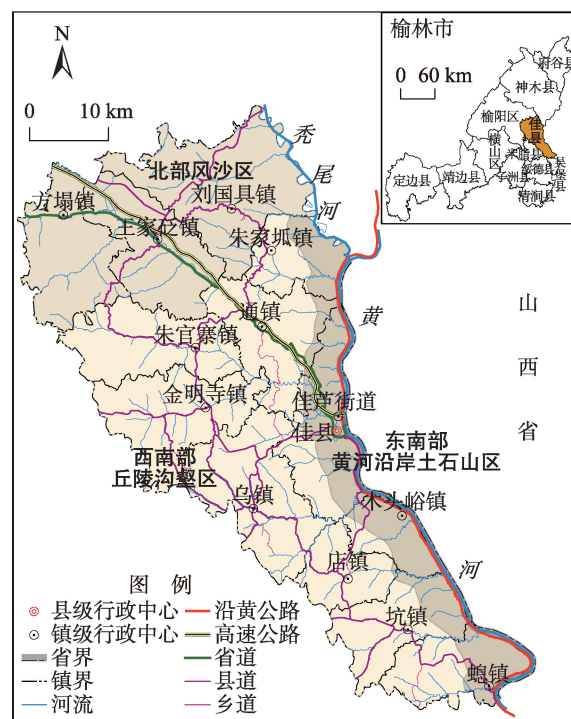


图1 研究区示意图

Fig.1 Study area

经济及基础设施建设明显改善,但乡村系统持续遭受来自自然灾害、地形生态制约、城市化冲击等扰动,村庄空心化、留守人口等共性问题以及农业型乡村农产品产量锐减与滞销并存、生计脆弱等个性问题均十分突出。此背景下,以佳县为案例区,对于探讨1980年以来黄土高原半干旱区乡村人居环境系统脆弱特征演变及机理具有一定的典型性和代表性。

乡村人居环境系统指标数据来源于《佳县历年统计年鉴汇编(1949—2012)》、2013—2016年《佳县统计年鉴》、1996—2017年《榆林统计年鉴》、佳县气象局1980—2016年逐月降水量数据。此外,2017年10月22—29日,研究团队前往案例区佳县进行第一次田野访谈,采用分层随机抽样方法,针对3类地貌区,每类抽取3个镇,每镇抽取3个村庄,每个村庄选择2位家庭户主进行访谈,每份访谈时间控制在30 min左右,本次调研共收到关键人物(农户、村委成员等)有效访谈录音52份。2018年7月16日—8月2日,研究团队再次前往案例地进行实地调研,并同样采用分层抽样开展访谈工作,针对研究区13个镇,每镇选择5个行政村,每村选择1~2名关键人员,共获取访谈录音61份。两次提纲式访谈均围绕自然生态、生计来源、住房条件、消费娱乐、邻里关系、婚姻家庭、基础设施与公共服务(出行、上学、就医、政府管理等)等7大感知领域进行。具体问题如下:① 1980年以来村庄或居住地各领域有何变化?② 上述变化发生的原因?农户或地方政府对上述变化的作用?③ 农户是否适应村庄上述变化?如何应对不良变化?④ 村庄或居住地环境最不满意及最满意的地方?⑤ 村庄未来会有什么变化?限制村庄未来发展的瓶颈问题?⑥ 对村庄发展的建议或您希望国家或地方政府提供何种帮助?提纲式访谈结束后,针对访谈过程中普遍提及的气候与市场变化下枣林生计不可持续问题,对林业局专业技术人员进行开放式访谈,获得访谈材料2份。关键内容为退耕还林工程设计、生态林与经济林(枣林)对水土保持的功效、枣林生计无法持续的原因及气候变化扰动下的适应策略。

## 2 研究思路与方法

### 2.1 乡村人居环境系统脆弱性测度框架

乡村人居环境是乡村居民聚居中所构成的社

会-经济-自然复合系统(李伯华等,2008)。本文从人地系统脆弱性的视角切入,基于吴良镛先生(2001)提出的人居环境5大子系统框架,即人居环境系统由自然系统、人类系统、居住系统、支撑系统与社会系统构成,针对黄土高原半干旱区这一典型区域,构建基础-主导双维度乡村人居环境系统脆弱性测度指标体系(表1)。在表征指标选择中,不同于传统研究由研究者独立设定指标,本文采用农户参与与专家核定相结合的方法确定表征指标:首先,将第一次田野访谈录音中问题④“村庄或居住地环境最不满意及最满意的地方?”的回答进行文本编码,并归类至自然、人类、居住、支撑及社会子系统;其次,提炼各子系统回答频次排名前4的要素,对于排序相同的领域则通过专家咨询选取,最终核定并命名关键因子;最后,针对关键因子,选择适用于长时序测度(1980—2016年)具有动态性、可比性的量化指标。

#### 2.1.1 基础维度

自然系统、人类系统、居住系统是乡村人居环境系统稳定健康的基本前提,是居民生产、生活,经济建设与社会发展的基底,多具有敏感-暴露属性,本文将其认定为乡村人居环境系统的基础维度。根据农户关注点与专家核定,自然系统脆弱性4大关键因子为森林覆盖、干旱灾害、雨涝灾害、化肥施用;人类系统关键因子为性别平衡、人口增长、家庭规模、人口负担;居住系统关键因子为饮水安全、通讯条件、家电设备、住房面积。其中,家庭规模对人类系统脆弱性为负向影响,户均人口越多,人类系统敏感性越低,风险胁迫应对能力越强(Hung et al, 2016)。

#### 2.1.2 主导维度

主导维度能够直接或间接地影响基础维度,对基础维度的脆弱性进行响应。支撑与社会系统服务于居民社会交往、福利与公平等高层次需求,为降低乡村人居环境系统脆弱性、培育稳健性提供可持续发展动力,是人居环境系统中的主导维度。如产业结构调整有助于自然生态的恢复、适应气候变化,经济发展能有效地改善家庭居住条件,提高就业者的负担能力;基础设施与公共服务支撑系统的改进为居住设施现代化、人类健康与文明提供保障。农户参与与专家核定的因子如下:支撑系统关键因子为小学教育、医疗服务、零售网点、路网建设;社会系统关键因子为农业机械化、社会保障、城乡差距、非农产业。其中,零售网点为支撑系统脆



表1 乡村人居环境系统脆弱性测度指标体系

Tab.1 Vulnerability index system of rural human settlement

功能层	子系统层	关键因子	具体指标(单位)	方向
基础维度 $V_B$	自然系统脆弱性 $B_1$	森林覆盖 $X_1$	森林覆盖率(%)	-
		干旱灾害 $X_2$	干旱强度等级(分)	+
		雨涝灾害 $X_3$	夏季雨涝强度等级(分)	+
		化肥施用 $X_4$	单位面积农用化肥施用量(kg/hm <sup>2</sup> )	+
	人类系统脆弱性 $B_2$	性别平衡 $X_5$	性别比(%)	+
		人口增长 $X_6$	人口自然增长率(‰)	-
		家庭规模 $X_7$	户均人口(人/户)	-
		人口负担 $X_8$	就业人口负担系数(%)	+
	居住系统脆弱性 $B_3$	饮水安全 $X_9$	农村安全饮水普及率(%)	-
		通讯条件 $X_{10}$	农村家庭拥有电话数(部/100 户)	-
		家电设备 $X_{11}$	农村家庭拥有电视机数(台/100 户)	-
		住房面积 $X_{12}$	农村年末人均住房面积(m <sup>2</sup> /人)	-
主导维度 $V_L$	支撑系统脆弱性 $L_1$	小学教育 $X_{13}$	千人拥有小学学校数(座)	-
		医疗服务 $X_{14}$	万人拥有卫生技术人员数(人)	-
		零售网点 $X_{15}$	零售业网点密度(个/km <sup>2</sup> )	-
		路网建设 $X_{16}$	万人拥有道路长度(km)	-
	社会系统脆弱性 $L_2$	农业机械化 $X_{17}$	单位面积农用机械动力(kW/hm <sup>2</sup> )	-
		社会保障 $X_{18}$	社会保障支出占 GDP 比重(%)	-
		城乡差距 $X_{19}$	城乡收入差距比(%)	+
		非农产业 $X_{20}$	非农产业产值比重(%)	-

注:①干旱强度等级( $X_2$ )、夏季雨涝强度等级( $X_3$ )均为类型变量,基于标准化降水指数 SPI 旱涝等级将正常赋值 0 分,中旱(涝)、重旱(涝)、极旱(涝)依次赋值 2—4 分。SPI 采用云南省水文水资源局水情处标准化降水指数 SPI 公式包计算得到,其中干旱强度等级基于 3 月尺度的 SPI 值,夏季雨涝强度等级基于夏季(6—8 月)1 个月尺度的 SPI 值,并依据公式包内置的 SPI 与旱涝等级表进行分级,将极旱(含极旱)以上发生的年份均计为极旱,重旱(含重旱)以上计为重旱,中旱(含中旱)以上记为干旱,雨涝等级划分以此类推。②单位面积农用化肥施用量( $X_4$ )指标中,化肥施用量为折纯量,鉴于农用化肥施用对象主要为粮田与经济林,总面积统计口径为常用耕地面积与枣林面积之和。③农村安全饮水普及率( $X_9$ )指标的统计口径因不同时期实施的饮水工程项目而异,1980—1995 年,实施“人畜饮水、防氟改水工程”,该期间内农村安全饮水普及率数据采用饮水解困人口比重;1996 年后相继实施“甘露工程、人饮安全工程”,1996 至今,该项指标数据采用农村自来水普及率表征。④单位面积农用机械动力指农用机械总动力与常用耕地面积之比。⑤社会保障支出占 GDP 比重( $X_{18}$ )作为衡量社会保障支出水平的主要指标,根据财政部社会保障司课题组(2007)的研究,1980—2006 年社会保障财政支出指“抚恤社会救济保障支出”项目,2007 年政府财政收支项目变化,社会保障支出统计为“社会保障与就业支出”项目。⑥1980—2016 年,佳县城镇化率虽由 3.92% 上升至 11.99%,但县内城镇人口样本仍较小。因此,基于对区域差异及代表性的考量,城乡收入差距比( $X_{19}$ )指标中城镇收入方的区域尺度上推至榆林市域,采用榆林市城镇居民人均可支配收入与县农民人均纯收入之比进行衡量,以反映乡村居民与城镇居民收入水平的相对差距。

弱性的负向因子。零售业网点密度体现乡村居民物资购买的便捷度,在因市场不景气、交通中断等因素导致邻近杂货店关闭的潜在风险扰动下,零售业网点越密集,越有助于提高食品安全稳健性;反之,乡村居民食品脆弱性越高(Yeager et al, 2014)。

2.2 数据标准化

为消除因指标量纲不同对计算结果的影响,考虑指标正负向对脆弱值计算的差异,并确保处理后的无量纲值较真实地反映原指标值之间的关系,本文选用极值标准化方法。将正向型指标采用式(1)处理,对负向型指标采用式(2)处理,最终使得标准

化后的数值分布于[-0.5, 0.5]区间,公式如下:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} - 0.5 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

(1)

$$y_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} - 0.5 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

(2)

式中: $x_{ij}$ 为第  $i$  年份第  $j$  个指标的值; $y_{ij}$ 为相应的标准化值; $m$  表示待评价年份; $n$  为评价指标。

2.3 指标聚合

脆弱性复合指数集成过程常采用加权或无加



权(平均)数学运算2种途径,同无加权变量相比,在复合指标表达或利用方面,加权变量并没有显示出具有更高的有效性;反之,相比于加权变量,无加权变量不会改变复合指数传达的信息,且更容易被理解(Angeon et al, 2015)。因此,采用无加权(平均)指标进行集成函数运算成为脆弱性评估领域应用较为广泛的方法。本文将乡村人居环境系统脆弱性分为双功能维度5个子系统,通过无加权求和法对5个子系统的指标进行聚合,见式(3)。考虑到基础维度与主导维度属性与功能的差异,基础维度因其暴露-敏感性特征,依据“短板效应”进行子系统聚合,即以子系统最高脆弱性值为该时期基础维度脆弱性值,见式(4)。支撑系统与社会系统两者间的脆弱性能够相互应对,并具有应对基础维度脆弱性的能力,因此主导维度脆弱性值、综合脆弱性值仍然采用无加权求和法进行聚合,见式(5)、(6)。

$$V_{is} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{ij,s} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n; s=1,2,\dots,l) \quad (3)$$

$$V_{ib} = \max(V_{is}) \quad (i=1,2,\dots,m; s=1,2,\dots,l) \quad (4)$$

$$V_{il} = \frac{1}{l} \sum_{s=1}^l V_{is} \quad (i=1,2,\dots,m; s=1,2,\dots,l) \quad (5)$$

$$RHSV_i = \frac{1}{2} (V_{ib} + V_{il}) \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (6)$$

式中:  $y_{ij,s}$  表示  $s$  子系统的第  $i$  年份第  $j$  个指标的标准化值;  $V_{is}$  表示  $i$  年份  $s$  子系统脆弱性值;  $V_{ib}$  为  $i$  年份基础维度的脆弱性值;  $V_{il}$  为  $i$  年份主导维度的脆弱性值;  $RHSV_i$  为  $i$  年份乡村人居环境系统综合脆弱性值。

## 2.4 情景界定

根据标准化与指标聚合算法,基础维度与主导维度脆弱度( $V_{is}$ )值域为 $[-0.5, 0.5]$ 。 $V_{is}$ 值自0趋向0.5,指系统脆弱性显著且持续加强,暴露-敏感性增大,适应能力不足;  $V_{is}$ 值自0趋向-0.5,表示系统脆弱性逐渐降低,抗干扰能力增强,系统趋于稳健。借鉴 Angeon 等(2015)在可持续发展领域开展的脆弱性-恢复力框架的图形解释方法,以脆弱度值0为原点,主导维度脆弱性为  $x$  轴,基础维度脆弱性为  $y$  轴,构成一个平面坐标系,据此可得到5种人居环境系统脆弱性情景,见图2。

情景 I 表示该地区该阶段人居环境系统脆弱性十分顽固,难以改变,主导维度及基础维度均处于显著脆弱的状态。情景 II、情景 III 中,主导维度均处于健壮的状态,基础维度均处于脆弱的状态。

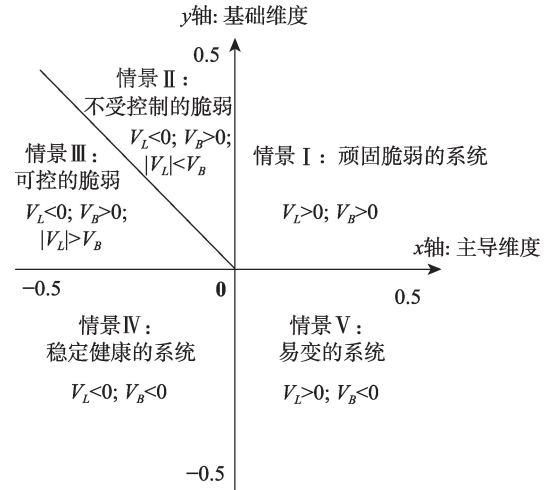


图2 人居环境系统脆弱性情景界定

Fig.2 Definition of human settlement vulnerability types

在情景 II 中,基础维度的脆弱度显著,同时,支撑设施与服务系统、社会经济发展培育的适应能力不足以应对自然、居住、人类系统产生的系统扰动,因此该情景中系统处于不受控制的脆弱状态。情景 III 中,基础维度虽处于脆弱状态,但主导维度的健壮度胜于基础维度的脆弱度,支撑系统、社会系统培育的适应能力能够抵抗基础维度带来的风险扰动,因此该人居环境系统处于相对稳健、脆弱性可控的状态。情景 IV 多出现于乡村人居环境系统建设十分成熟的阶段,主导维度、基础维度均处于稳健状态,系统脆弱性最低,状态最佳,属于稳定健康的完美系统。情景 V 中,基础维度脆弱性较低,占主导地位的社会与支撑系统具有显著的脆弱度,人居环境系统状态复杂且易变。

本文将各类情景的边界认定为系统阈值,人居环境系统从一种情景状态进入另一种情景状态的过程即为突破阈值;并认为相邻情景状态中的阈值跨越(如情景 I 与情景 V 之间)是系统正常演化的过程,非相邻情景状态中的跳跃式阈值跨越(如情景 I 与情景 IV 之间)则是系统激进演化或动荡的非正常发展过程。此外,系统脆弱性值突破阈值,未在新情景中持续存在,均只属于系统的正常波动或剧烈动荡,而非系统状态的完全转变;仅当系统突破阈值,且在新情景中稳定存在,稳定时长因系统及研究尺度而异,才可认定为系统已发生状态转变。

## 2.5 实地访谈验证

为了提防基于数值分析的阶段划分结果与现实情况大相径庭,并弥补传统数据分析未考虑“人

的体验”的局限,本文将采用Smith等(2011)成功使用的“ground-truthing”质性方法,探索乡村人居环境系统演化过程,提炼情景阶段性脆弱特征及影响因素。首先,设计提纲式问题,关注农户对自然生态、生计来源、住房条件、消费娱乐、邻里关系、婚姻家庭、基础设施与公共服务等7大领域变化及原因的感知;其次,将2次访谈获得的113份录音内容文本化处理,提炼语句并归类至对应的情景阶段与5大子系统;最后,提取阶段性脆弱特质,识别乡村人居环境系统脆弱性变化根源。

### 3 结果分析

#### 3.1 乡村人居环境系统脆弱性水平演变轨迹

基于指标聚合的结果,绘制人居环境综合系统、5大子系统脆弱性程度演变轨迹,以及与子系统对应的4大关键因子脆弱值的变化轨迹(图3)。各系统脆弱性值均处于 $[-0.5, 0.5]$ 区间,将脆弱值由低至高采用四等分法依次分为极低 $[-0.5, -0.25]$ 、低度 $[-0.25, 0)$ 、中度 $[0, 0.25]$ 、高度 $[0.25, 0.5]$ 区间,以表明不同年份综合系统、子系统、关键因子所处脆弱

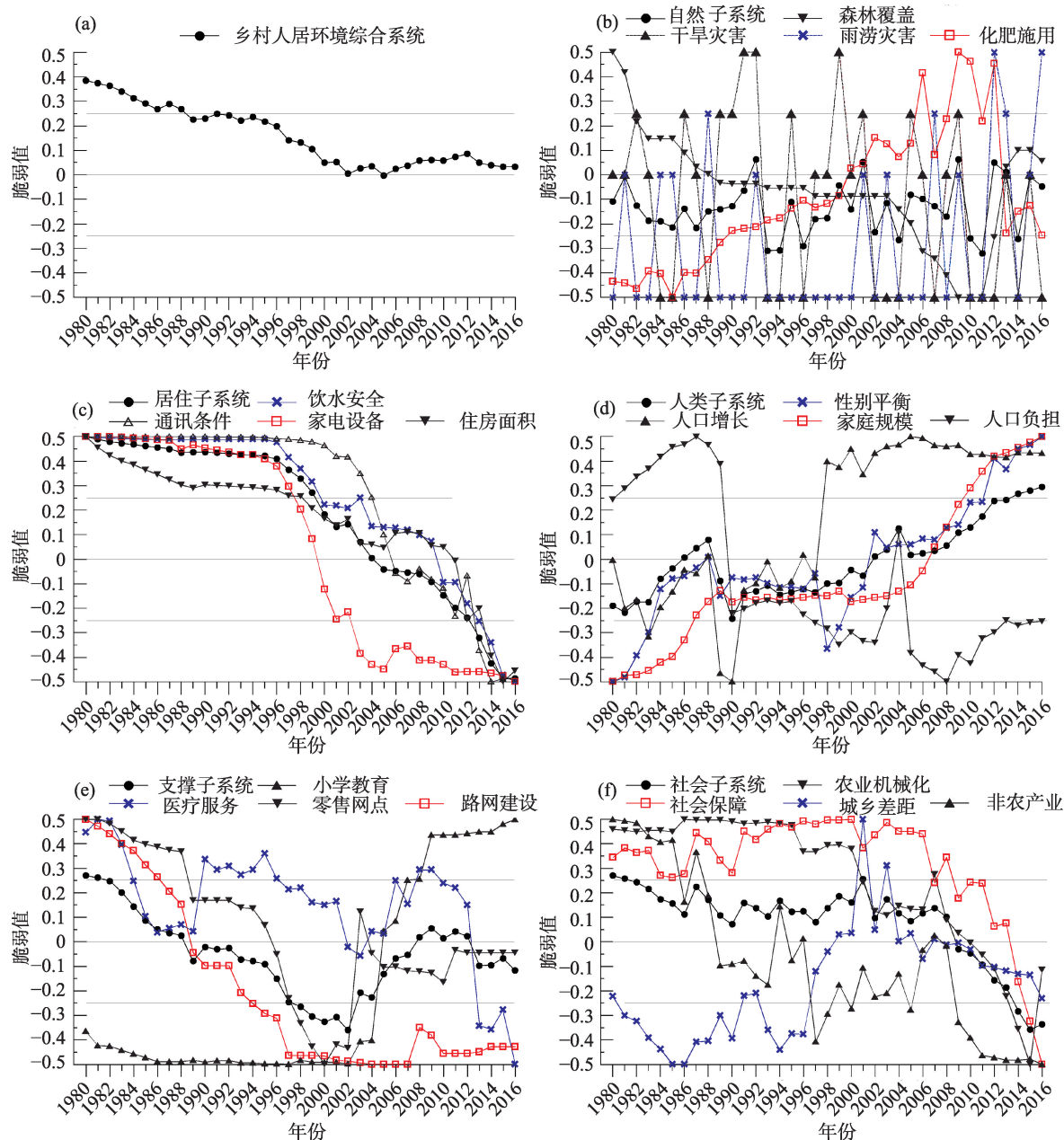


图3 1980—2016年研究区乡村人居环境系统脆弱性值时序变化

Fig.3 Time series of vulnerability value of rural human settlement, 1980–2016

等级。

### 3.1.1 综合脆弱性显著减轻,停陷于中度脆弱等级

由图3a可知,自1980年始,乡村人居环境系统综合脆弱性显示出持续降低的轨迹;1980—1988年间,综合系统脆弱性处于高度等级;1989—1996年,乡村人居环境系统停陷于中等偏高的脆弱等级;1997年始,人居环境系统建设进程加快,至2002年达到最低水平。之后,乡村人居环境系统的脆弱度徘徊于[0, 0.1]之间,系统始终处于中等偏低的脆弱等级。

### 3.1.2 雨涝灾害增多,自然系统脆弱性波动增大

由图3b可知,近30a来,佳县自然系统脆弱值年际波动较大,子系统脆弱值陡降的年份均无旱涝灾害事件发生,如1993年等8个年份。1980—2009年间,中旱及以上干旱共发生19次,干旱成为造成自然系统脆弱性的最大扰动,农用化肥的施用量逐年增大,脆弱值于2009年达至顶峰。此外,1980年三北防护林工程、1998年退耕还林工程以及2000年天然林资源保护等重大国家项目相继实施,以及农户因枣林收益高而大规模自发地退耕还枣林,森林覆盖因子脆弱值降至最低,2009年当地森林覆盖率达到29.3%。

自2010年始,研究区仅出现一次中旱灾害,雨涝灾害加重,频繁干旱至雨涝主导这一转变,正是内嵌于全球气候环境变化之中,但这一转变加重了枣林收入为主的生计脆弱性。与此同时,森林覆盖脆弱值增大,化肥施用因子脆弱值减小。气候环境变化下秋季持续淫雨致使枣林大规模减产,市场趋冷下枣果严重滞销,农户因枣林经济效益过低而自发“退林还耕”,森林覆盖率开始急剧降低。另一方面,研究区经济作物占比极低,枣林地成为化肥施用首要对象。因枣果带来的收益远低于化肥、农药投入成本,枣林地逐渐停耕停肥,2013年始化肥施用量因子脆弱值已平齐于1990年。

### 3.1.3 居住系统脆弱性全面减轻,家电设备改善尤为显著

图3c显示,至1996年止,居住系统脆弱值始终高居于0.4以上。在这较长的时期内,除住房面积逐渐宽裕外,家电设施、饮水条件等均鲜有改善。1996—2005年间,居住系统脆弱值陡降至低度脆弱等级,4大因子均显著改善。其中,以家庭电视普及最为迅速,移民搬迁工程与窑洞自主重修之下住房面积进一步宽裕;为解决山区群众饮用水困难,

1996年始,研究区相继实施甘露工程、防氟改水、人饮解困、人饮安全工程,截至2005年,1/3的行政村普及自来水;1999年,设立陕西移动通信有限责任公司佳县分公司,2001年底成立中国联通有限公司榆林分公司佳县分部,自此移动手机迅速普及,通讯条件因子脆弱值跳崖式降低。2006—2009年,居住子系统脆弱性减轻速度放缓,受金融危机影响,国际国内经济形势低迷,饮水、通讯工程推进缓慢,失业及家庭收入锐减致使农村住房建设、家用设施购置支出大幅削减。2010年始,电器设施市场价格普降,窑洞改造、异地扶贫搬迁、自来水普及工程等在“十二五”规划期间有序推进,居住子系统脆弱度持续降至极低水平(-0.4以下)。

### 3.1.4 人类系统脆弱性持续加深,仅人口负担因子减轻

1980—1988年,人类系统4大因子脆弱值均递增,人类子系统从低度脆弱上升至中度脆弱等级,其中,人口负担因子为脆弱值最大的因子(图3d);1988—1990年,得益于人口增长、人口负担、性别平衡等关键因子显著改善,人类系统脆弱性急剧减轻;1991—1997年间,人类子系统及关键因子仍保持低度脆弱的平稳状态;1998年始,人类子系统脆弱性持续加剧,自2014年步入高度脆弱等级区间。归因于地方政府鼓励下农村富余劳动力持续转移,人口负担因子脆弱值降低,近10a来稳定于极低脆弱等级。除此之外,在计划生育严控下人口出生率骤降,占比最大的核心家庭类型(由夫妻为核心和未婚子女组成的家庭)逐渐以独生子女家庭为主;另一方面,长期的生育性别偏好下,性别比例至极度失衡,同时,农村适婚男性结婚难又进一步致单人户比重增大,家庭规模随家庭结构变化而缩小。共同促使人口增长、性别平衡及家庭规模因子脆弱值近乎触顶(0.4以上)。

### 3.1.5 支撑系统脆弱性反弹,小学教育脆弱值持续上升

由图3e可知,1980年以来,支撑子系统脆弱性历经持续减轻—剧烈上升—缓慢下降的演变轨迹。第一个10a:4大因子脆弱值不同幅度持续减轻。医疗服务、路网建设因子脆弱性减轻尤为突出;国有供销体系下,个体经济发展缓中有进;生源充足,小学学校密布,乡村基础教育脆弱值极低。第二个10a:路网建设进入发展快车道,因子脆弱值持续降至极低水平,“交通方便”是受访者对该阶



段回忆性描述中的高频答案;社会各界的支持下,乡村小学学校布局合理;供销社解体,20世纪90年代末成为零售网点开办最繁荣时期;医疗服务因子脆弱值于1990年剧烈反弹,而后缓慢减小。这一变化完全契合了农村医疗改革的过程,自1989年基层医院改全额拨款为差额拨款后,因基本建设投资少,设备及技术力量薄弱,部分乡卫生院停业;1992年始,国家实行“多渠道、多层次、多形式”的办医方针,审批、整顿个体医疗网点,缓解“看病难”问题。1996年始,随着世界银行贷款“疾病预防项目——计划免疫子项目”的实施,重新整建村卫生室,医疗服务因子脆弱值得以持续下降。

2002—2009年间,支撑子系统脆弱性值呈现陡升趋势,优质的医资、师资等资本陆续逃离农村,基础教育、医疗服务、零售网点因子脆弱值显著升高,成为当前城市化进程对乡村支撑子系统冲击的主要表现。计划生育人口政策、劳动力转移促使乡村基础教育生源规模大幅缩减,在此背景下《佳县中小学布局调整方案》制定并实施,2005年当年共撤并农村小学271所、九年一贯制学校13所,直至2009年,研究区仅存64所小学。撤校并点—生源流失两者形成恶性循环,城市化冲击与政策干预双重影响下,基础教育因子恶化至极端脆弱等级,依附于学校的零售网点也在撤校并点时期形成倒闭潮。

2010年始,支撑系统脆弱性曲折下降。村庄道路硬化、农村医疗服务体系建设在“十二五”规划实施期间取得显著成效。至2016年,标准化村卫生室已达到326个,基本解决了农村看病难的问题。但也有受访者表示“村里医生水平不行”“村卫生室只有廉价药”等仍需改进的地方。另一方面,小学学校持续撤并至25所,多分布于乡镇中心,远郊乡村适龄儿童就读脆弱性极端突出。学校撤并、乡村人口持续流失背景下,零售需求市场低迷,农村小卖部品种单一化、问题食品频现,且大量因效益太差或学校撤销而被迫关门。

### 3.1.6 社会系统脆弱性开始减轻,关键因子有效改善

由图3f可知,2008年以前,社会系统长期处于中度脆弱等级。地方财政仅能满足受灾补贴及特困补贴支出需求,社会保障因子脆弱值长期处于高度脆弱区间。农业机械化起步较晚,脆弱值经历阶段性的减轻而后停陷于中度脆弱区间。20世纪90年代末,城乡收入差距逐渐拉大,因子脆弱值于2001年达到峰值。2002年开始实行农村税费改革,

而后相继取消农业特产税、农业税,城乡差距因子脆弱值回降。进入21世纪,研究区佳县确立了“旅游强县”的战略,相继编制了《白云山风景名胜区总体规划》《佳县旅游发展总体规划》,截至2008年,非农产业因子脆弱值保持于低度脆弱等级。

近10a,社会子系统脆弱性逐年递减,4大因子脆弱值不同幅度减轻。农民生计渠道增多,农业机械化进入发展快车道;因枣果经济效益显著,广种枣树致农业比重于2007年出现反弹,后又因旅游市场繁荣促使非农经济稳步发展;随着扶贫攻坚、民生项目的落地,国家财政转移支付额度逐年大幅增加,农村社会保障脆弱值陡降,已逐步构建成稳健的农村社会保障体系。年龄在60岁以上的受访对象均表示近10a国家农村社会保障政策变化最为突出,对国家实施的新型农村合作医疗、新型农村养老保险以及高龄补贴政策十分满意。

### 3.2 乡村人居环境系统脆弱性情景阶段特征

本文以年为时间单位,对中长时期时间序列县域尺度的人居环境系统进行了研究。依据情景界定规则,文章将系统突破阈值,且在新情景中稳定存在连续2a以上认定属于新情景。现基于1980—2016年佳县乡村人居环境系统基础维度与主导维度的脆弱性值,最终得到研究区乡村人居环境系统脆弱性情景类型(图4)。结果显示,1980年至今,研究区乡村人居环境系统脆弱性演变经历4大阶段,自顽固脆弱性情景演变至不受控制的脆弱性情景,但始终没有进一步突破阈值,迈向可控的脆弱或稳

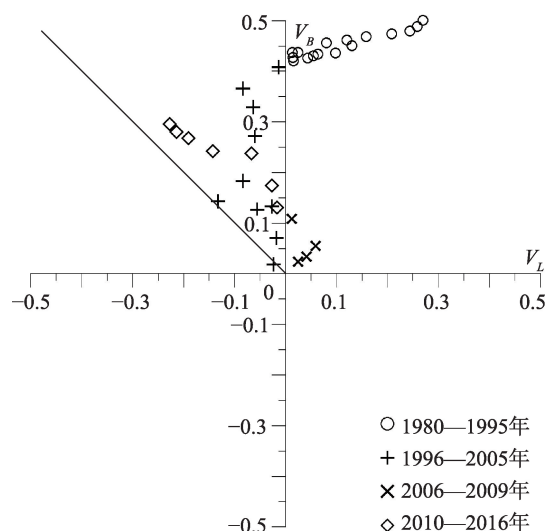


图4 研究区乡村人居环境系统脆弱性情景类型  
Fig.4 Vulnerability situation of rural human settlement in the study area

定健康的最佳情景。根据关键因子演变轨迹及实地访谈录音,分阶段刻画乡村人居环境系统脆弱情景。

### 3.2.1 阶段1:顽固高脆弱的情景

1980—1995年间,乡村人居环境系统长期处于顽固脆弱的状态,其基础维度及主导维度均处于中度以上脆弱等级,综合脆弱度偏高。

(1) 常年干旱、沙尘暴频现、植被覆盖率低为受访者对于自然系统的主要印象。“那时候,几乎年年都经历大小干旱,(粮食)经常被打的没了”,“经常起横风,那个山丘丘上,都是沙地,风一来,这么高的水沟都吹跑了(被沙子掩盖了)”,“那时候山上都是地(耕地),没有树”。

(2) 居住系统主要表现是住房条件差,多为土木结构的窑洞,无水电设施,饮水困难。“90年代的时候是土窑,吃水用电都不行”,“吃水都困难,地方以前全靠人担着吃,1990年以前都是每天晚上不睡觉,等水,洼里的水,几担担水,轮着舀水”。

(3) 乡村人口多、年轻劳动力充足、家庭规模大等特征可用于刻画该阶段情景的人类系统状态。“村里人多热闹,谁家有事或者农忙时都会过来搭把手”,“老汉打些零工,要养四五口人”。

(4) 支撑子系统出行难、看病难、物资采购成为首要问题。“农村几乎都是土路,出门走路或者靠牛车”,“去县里不方便,村里只有赤脚医生”,“买东西不方便,所以粮食全部都自己种”。

(5) 社会系统高度脆弱,整体贫困、收入来源少、缺乏社会保障是突出特征。“五谷杂粮全种,刚刚够吃,没有收入,偶尔村头打下零工”,“豆子都是人工收,牛车拉”,“那个时候枣林税、地方税大了,枣子收入2000多元,上税要700块”。“特别困难的发粮食救济,,其他的(社会保障)就没有”,“到乡上办事,没关系的,根本什么问题都解决不了,去个三五回,上去理都不理”。

### 3.2.2 阶段2:不受控制的脆弱情景

1996—2005年,乡村人居环境系统脆弱性持续降低,各领域变化剧烈,主导维度应对能力提升,脆弱性降至低度脆弱等级,基础维度脆弱性逐渐下降至中度等级。乡村人居环境系统已从顽固脆弱的情景演化至不受控制的脆弱情景,综合系统脆弱度偏低。

(1) 自然系统干旱灾害持续,植被逐渐恢复,森林覆盖率较1980年翻了一番。枣树由于种植历史

悠久、适应干旱气候、经济效益佳、农户积极性高等因素成为退耕经济林,广泛分布于全县。“有退耕还林的,大部分是自己栽的,庄里人都说种枣好养活,收益好,剩下的地都栽了枣苗……退耕林下还的苜蓿,自己栽的枣树苗苗下都还种庄稼”。林业局技术人员强调,“根据退耕还林的设计,这个(枣树)是退的经济林,也有退的生态林,(县北)佳榆公路旁边的生态林,那个(水土保持)效果好”。

(2) 生产居住空间混杂,简易厕所成为非移民搬迁乡村居住子系统的主要脆弱特征。1999年实施移民搬迁工程,至2005年搬迁71村,移民搬迁区域居住系统得到彻底改善。“主要是移民搬迁的多,从沟底搬上来的,村里配套的都有”,“平房或者石窑,有单独的厨房和卫生厕所、杂货间”。此外,居住子系统脆弱性持续减轻,土窑改石窑、砖窑,住房向道路沿线集中、人饮解困是主要表现。

(3) 人类系统的脆弱特征表现为人口出生率已由1971年的36.35‰降至10‰以下,男女比例自1949年以来首次突破110%,富余劳动力转移。“超生罚款,农村人不敢超”,“年轻人陆陆续续出去打工,打零工的多,基本去榆林、神木、山西”。

(4) 支撑系统脆弱性持续减轻,基本实现村村通电力、公路、电话。“交通就比较可以了,路没有硬化,土路,一下雨就不能走”,“有了乡卫生中心,看病容易了一些”。

(5) 农村社会保障滞后、城乡二元化、政府廉洁问题为社会系统典型脆弱特征。“2000年左右,贪污严重呢……(政策)有些落实了有些没落实”。另一方面,农村收入渠道增多,枣林收入、外出务工成为乡村家庭主要收入渠道。“老枣树少,价好,枣子能收入几千到一万……种庄稼不卖,余的都喂牲口,一头羊才卖500边边”。

### 3.2.3 阶段3:顽固低脆弱的情景

2006—2009年间,基础维度、主导维度同时处于高度脆弱状态,系统重新进入顽固脆弱的情景,且在关键领域形成了不可逆的脆弱性。另一方面,不同于阶段1综合系统高度脆弱、持续时期长的特征,阶段3综合脆弱度偏低,持续时期较短。

(1) 自然系统干旱与夏季洪涝相继发生、化肥及农药泛滥、土壤植被破坏为典型脆弱特征。“枣子收入最好,全都上肥打药,一年至少得40袋化肥”,与此同时,枣林生态效益降低,林业局专技人员表示,“(水土保持)效果不太好,枣树对土壤水分要求



高,不耕种的话,枣子长不好,还是得不断的除草,耕种”。另一方面,风沙治理初具成效,期间大风次数降至年均13次,1980—1989年平均每年19次,1990—1999年则为24次。“以后(防风带、退耕还林等项目),国家治理好了,空气也好了,能够感觉到”。

(2) 居住、人类子系统均类似于阶段2。居住系统脆弱性持续减轻,以移民搬迁、住房更新、饮水安全、电器化为主要表现,脆弱性仍然集中于非移民搬迁传统村落。人类系统脆弱程度加剧,仍以人口流失、老人儿童留守、性别失衡为典型脆弱特征。“出门打工,不稳定,收入刚好维持生活……老人在农村种地务枣、带孩子念书”。

(3) 学校撤并、生源流失、杂货铺倒闭、个体卫生诊所关闭形成连锁反应,成为该阶段乡村支撑子系统的脆弱图景。“合并就没有学校了。我们乡大概还有三四个教学点,开到四年级。学校倒塌了,学校旁边的小卖部也跟着关门了”,“个人诊所改成了村卫生室,医生都不住乡里,就是弄起来应付了一下,没有实际的作用,也不实际经营”。通村道路逐渐硬化,抗灾能力弱,“打了水泥路,一下雨就塌方,还是走不成,上冻也走不成”。

(4) 社会系统脆弱特征突出,受访农户均多次强调该阶段为枣林收入最佳时期,农户生计及县域经济形成了对枣果产业的顽固依赖性。“市场价过得去,1块左右,主要是枣子量大,我们这带卖个18万、20来万都有,卖两三万都是普遍”,“看着价好,又陆续地把地全栽了枣”。旅游市场、批发与零售业萧条,乡村非农产业发展羸弱,“在外打工活少,一年几千块”,“市场全不好,村里又人少,小卖部收入根本不行了”。政府管理能力低、执行力差、廉洁问题仍为农户对基层管理的印象,“跟政府反映过(抽不上水),就是不给行动”,“政策农民不知道”。

#### 3.2.4 阶段4: 不受控制的脆弱情景

2010年始,系统重新演进至不受控制的脆弱状态,主导维度应对能力稳步提升,难以应对基础维度脆弱性的剧烈增长。此外,由于地理空间、应对能力、策略等的差异,以及农户对于当前阶段的描述更为详细,不同农户类型的人居系统脆弱性感知分异十分突出。

(1) 雨水增多,干旱减轻,空气质量显著改善。“而今几乎不起大横风,满山都是树。而今气候变了,雨水多了,冬天暖和了,空气是变好了,没有风

沙了”。地表及地下水位显著下降,“井水不流了,河彻底干了,里头上百年的柳树都干死了,肯定跟家家户户打井有关”。雨涝灾害成为自然系统脆弱性变化的主要扰动。一方面,雨涝灾害对农业生产、河谷村落环境造成严重困扰,“人的感受好了,枣树又不好了,雨水多,对枣树全都是坏事,枣子都烂了”,“这几年受洪灾比较厉害,以前没有。一下雨,就发洪水、滑坡,沟里的水泥路都走不成”,另一方面,森林植被经历毁坏又逐渐恢复过程,“收益不行,刨了(枣树)两三亩,改种黑豆”,“枣树大了,不能套种庄稼了,枣子收益也不行,而今枣树地都不务了(放弃耕种)”。

(2) 居住子系统脆弱性的季节性、区域性特征逐渐突出。其中,住房类型仍以石砖窑占主导,集镇、移民搬迁区域多改建为厨卫分离的混凝土或石窑住宅,设施条件相对完善。“移民搬迁后用上了自来水,有排水管道,专门人搞卫生,太阳能都有,现代化了”,传统的村落仍然是厨卫客厅共用,简易厕所居多,存在季节性饮水困难,“暴雨厉害,做了窑顶硬化、窑洞装修,政府还给贫困户改卫生厕所(旱厕)”、“沟底到山崖上的水管不好管理,石头就把水管打坏了,冬天冻上一回,就吃不上水”。

(3) 人类系统脆弱性成为基础维度的决定性短板,年轻人口流失、老弱病残留守、娶妻难既是乡村萧条在人类系统上的显示,又为乡村持续衰败的根本原因。“年轻人都跑了,娃娃都带走了,人都进城了,农村没啥了”,“村子80%的人都在外面打工,只剩七老八十的,老的都走不动了”,“娃娃成家最费钱,要房要车难解决……村里女娃们都出去了,外面的来了又跑了”。

(4) 支撑系统脆弱性聚焦于偏远乡村及弱势家庭,其儿童就读、出行、物资采购呈极端脆弱态势。随着低等级家用摩托普及,交通客运、商品零售市场需求进一步缩小,客运班线删减,网点撤离,“只能去县城上小学,租房陪读,一年两三万不止”,“孙子说不好去哪儿上学,村里学校不开了,没有娃娃念书,基本算倒塌了”,“坐车不方便,要走到镇子上等车”,“没有小卖部了,只能去镇上买,也有开车到农村卖货的,卖了就走了,被骗了也没办法”。

(5) 社会保障、政府管理、非农经济、机械化发展渐近稳健,社会系统脆弱性聚焦于特定的家庭结构、农户类型、地理空间。林业型村庄务农型农户的生计来源陷入极端脆弱,“一年枣树来了,一晃卖



不成钱,雨多了,枣子也烂了,不烂的也卖2毛钱(每斤),卖个200元不到。面上都是枣树,收入都不行……不让刨(退耕项目),辛辛苦苦这么大了,而今又想刨,还没能力刨,刨了也不知道种什么”。林业局人员同样表示,“林业的周期太长,灵活性差……气候变化,雨季来的时候,枣子烂,导致减产。另外就是(收购商)都到新疆那边去了,对我们也产生了比较大的影响”。对于劳动力充足的家庭,相对稳定的非农收入一定程度抵抗了枣果收入的断崖,“常年在外,现在活多一点,一年两三万,总之一年下来也就花完了”。

精准扶贫、农村社会保障政策下,老年群体、建档立卡的贫困户的政策满意度极高,“对老年人特好了,养老保险、高龄费等国家政策变好了,看病也给报销一点,好处可多了”,“乡村干部也比以前好,贫困户也常常照顾”。但对于生活在贫困边缘却未享受政策关怀的人群,则表示对贫困户、政策的激烈质疑与不满,影响乡村社会和谐。“你看那些游手好闲的人,都是贫困户,不公平”。

移民搬迁、新农村建设乡村,其社会关系网络更为开放,农业机械化程度更高。“现在隔得更近,见面更方便,邻居比自家亲戚还亲近一些”,“把坡摊平之后能机械化了”;对于山区传统村落:“村子基本就这样了,住得太分散,我们大队,一个人一条

线”,“前后都是山,地也不平,不适合机器耕种”。

### 3.3 乡村人居环境系统脆弱性阶段演化机制

气候与市场变化、城市化冲击除了直接导致乡村人居子系统脆弱性变化外,还将通过影响政府政策、农户行为,间接的推动乡村人居环境演化。此外,乡村自然、社会经济环境的变化又将反馈于扰动体系。国家政府与农户行为继而迅速响应,独立或互动作用于乡村人居环境系统。基于演化轨迹、情景阶段的解读,提炼推动乡村人居环境子系统脆弱性演变的关键事件与演化路径,并建构乡村人居环境系统脆弱性阶段演化过程图(图5)。

#### 3.3.1 阶段1至阶段2演化的驱动因素

由图5可知,乡村人居环境系统脆弱性自顽固高脆弱的情景(阶段1)向不受控制的脆弱情景(阶段2)演进的过程中受到城市化过程、国家政策与农户行为因素的驱动作用。其中,城市化过程作用以就业机会增多吸引农村富余劳动力向城市转移,一方面农村家庭生计趋于多样化,社会系统脆弱性减轻,另一方面乡村区域年轻人口开始流失,人类系统脆弱性增强。国家政策干预作用以造林绿化、水土保持等生态保护与修复工程,移民搬迁、村村通等民心工程,农业税改革等农村政策分别驱动5大子系统脆弱性减轻。农户行为适应主要是通过住房重建、外出务工、生产方式变化促使居住系统及

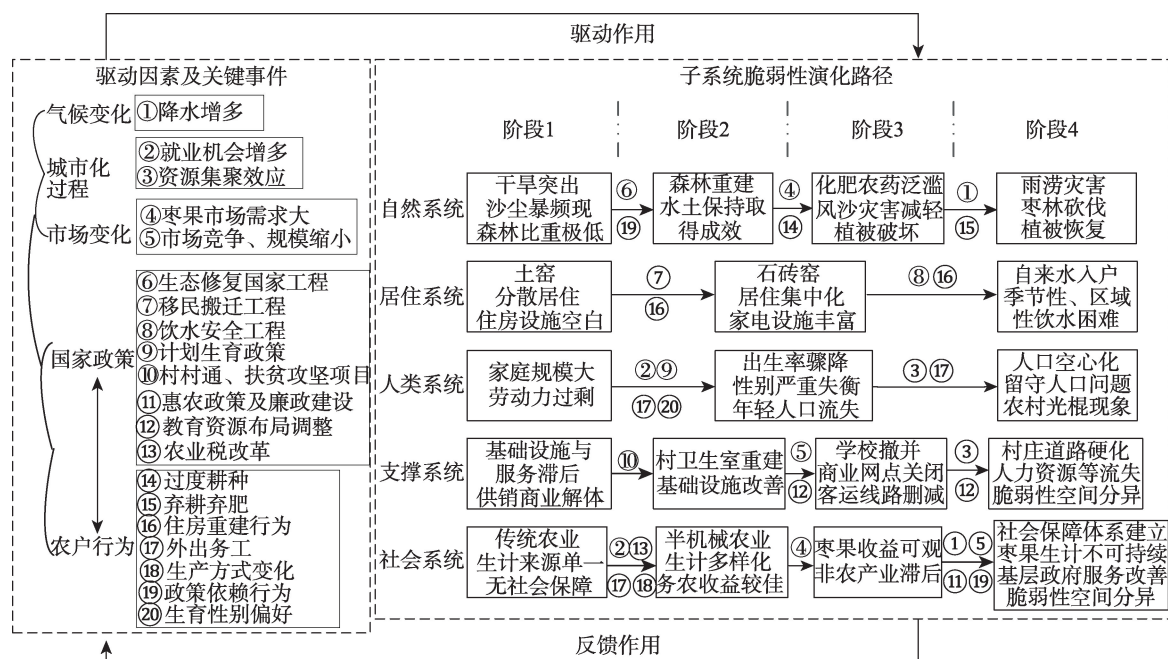


图5 乡村人居环境系统脆弱性阶段演化过程

Fig.5 Process of change of the vulnerability of rural human settlement

社会系统脆弱性减轻,或是积极响应退耕还林政策、主动改植经济枣林助力重建森林,但形成了对枣林经济的依赖。计划生育政策与农户生育性别偏好因素共同加重了人类系统脆弱性,主要表现为出生率骤降、性别严重失衡。

### 3.3.2 阶段2至阶段3演化的驱动因素

阶段2至阶段3的演变即是乡村人居环境系统由不受控制的脆弱情景走向顽固低脆弱的情景状态。该过程中,市场变化以枣果市场需求大为主要影响,一方面促进枣农收益增加、农业产业规模扩大;另一方面通过促使农户过度耕种,以乡村农药化肥泛滥、林下植被破坏、枣林生计依赖为主要表现,自然系统脆弱性反弹。国家政策干预下教育资源布局调整,案例区农村中小学大规模撤并,学校撤并与生源流失形成恶性循环。由于生源及人口流失,佳县客运市场、零售市场规模缩小,进而导致农村商业网点陆续关闭、客运线路删减。此外,居住系统、人类系统脆弱特征保持稳定,在前阶段驱动因素的作用下脆弱程度分别呈减轻和增强方向发展。

### 3.3.3 阶段3至阶段4演化的驱动因素

乡村人居环境系统由顽固低脆弱的情景(阶段3)演进至不受控制的脆弱情景(阶段4)受到了气候与市场变化、城市化过程、国家政策、农户行为共同驱动作用。其中,气候变化扰动主要表现为降水量增多致使夏季洪涝灾害频发、成熟期枣果因秋季淫雨大规模开裂腐烂。此外,前期大规模退耕还枣林行为下全县枣林挂果规模的突增,加之新疆优质枣果产区形成的市场竞争导致案例区枣果严重滞销。在气候与市场变化驱动影响下,务农型农户严重依赖的枣果生计已无法持续。城市化仍以“虹吸效应”成为城乡二元结构、乡村萧条的推手。案例区在乡村人口、教育、医疗等资源要素持续流失之下,农村留守老人与儿童、婚嫁彩礼、乡村“空心化”、公共服务网点撤并等成为重大关注的社会问题。国家政策以安全饮水工程、惠农政策、廉政建设促使居住系统与社会系统脆弱性显著减轻,但另一方面教育资源布局调整、精准扶贫等针对特定空间、特定人群的政策促使案例区支撑系统与社会系统脆弱性空间分异加剧。农户行为对气候及市场变化、城市化过程、政策干预作出适应响应,主要表现为:农户因枣果经济效益过低而出现砍伐枣林与放弃施肥耕作行为,前者导致森林破坏,后者则利

于森林自然恢复;劳动力大规模外出务工拓宽了生计渠道,弃耕行为也使得生态系统得以自然恢复。

## 4 结论、讨论及政策启示

### 4.1 结论

本文以榆林市佳县作为典型案例地,从人地系统脆弱性视角切入,遵循“演变轨迹刻画—阶段情景描绘—演化路径与机理剖析”的逻辑轴线,对乡村人居环境系统脆弱性的演化过程及机理进行了探索。主要结论如下:

(1) 以自然、人类、居住子系统为基础维度,以支撑、社会子系统为主导维度构建了乡村人居环境系统脆弱性测度框架,定量测度了佳县1980—2016年乡村人居环境子系统及关键因子脆弱度。其中,自然系统脆弱性波动幅度增大,雨涝灾害扰动显著;进入21世纪以来,居住系统脆弱性全面减轻,支撑系统脆弱性反弹加剧;近10 a间,社会系统脆弱性逐渐减轻,人类系统已走向重度脆弱等级,综合脆弱性停滞于中度脆弱等级。

(2) 提出了乡村人居环境系统脆弱性情景转化阈值规则,界定了顽固脆弱、不受控制的脆弱、可控的脆弱、稳定健康、易变的系统等5类脆弱性情景。研究区脆弱性演化经历4个阶段,徘徊于顽固脆弱的系统与不受控制的脆弱性系统情景之间,并通过“ground-truthing”质性方法加以验证。阶段脆弱特征提炼如下:阶段1(1980—1995年),人居系统长期处于生态恶劣、住房简陋、基础设施与公共服务空白等顽固高脆弱情景;阶段2(1996—2005年)系统突破阈值进入不受控制的脆弱情景,以干旱灾害持续、人口出生率骤降、性别严重失衡、社会保障滞后、城乡二元化为典型脆弱特征;之后,系统反弹至顽固脆弱情景,经历短暂但危机四伏的阶段3(2006—2009年),以化肥及农药泛滥、人口流失、公共及商业网点撤闭、严重依赖枣果经济为脆弱特征;阶段4(2010—2016年),进入以雨涝灾害频现、枣果经济崩溃、人类系统极端脆弱为特征的不受控制的脆弱情景。

(3) 建构了乡村人居环境系统脆弱性阶段演化驱动过程,梳理了5大子系统脆弱性演化路径,涵盖致使脆弱性演化的20件关键影响事件。其中,阶段1至阶段2演进过程以国家政策干预与农户行为适应为主导驱动因素,阶段2至阶段3演进以国家政



策、市场变化为主导驱动因素,阶段3至阶段4演进过程以气候变化、城市化集聚效应、市场变化为初始驱动因素,国家政策干预与农户行为对初始动因进行响应,共同驱动乡村人居环境系统脆弱性继续演变。

#### 4.2 讨论

从人地系统脆弱性视角切入,探索了1980年以来以佳县为代表的黄土高原半干旱区乡村人居环境系统的演化过程。一方面映射了中国乡村从传统落后封闭型逐渐走向开放便捷、生活充裕,而在城市化冲击下,人口持续流失,乡村地域逐渐丧失了发展机会,逐渐走向萧条衰败亟待振兴与重构的共性过程;另一方面,又反映了黄土高原自然系统由以水土流失严重、沙尘暴肆虐为典型的恶劣状态逐渐改善至植被丰富、空气适宜的适宜状态,继而走向自然恢复的个性过程。正值乡村转型的关键时期,如何振兴乡村,确保生态恢复与民生改善?如何针对脆弱根源重构乡村人居环境,培育乡村恢复力?这已然成为了乡村地理学研究学者及国家政府关注的重要问题之一。不同于单一量测度系统脆弱值的变化,本文更关注基于农户体验的脆弱特征、根源事件的提炼。并通过梳理关键领域脆弱性典型演化路径,建构由扰动因素、响应政策、适应行为形成的演化机理,以为乡村人居环境“对症下药”、乡村振兴提供借鉴。此外,文章界定了脆弱情景转化的阈值边界,但未对阈值边界进行更深入的探讨。文章关注农户感知与行为,验证了因地理空间、社会属性、家庭结构与资本而导致人居系统脆弱性的演化过程与结果差异,但尚未从中微观尺度系统探讨地理空间、农户类型等差异而形成的不同演化路径与机理。因此,多尺度、分类型探索乡村人居环境系统脆弱性空间演化,关注政策依赖、单一生计等特定类型形成的短期与长期脆弱性的差异等,将成为深入研究的重心。

#### 4.3 政策启示

案例区乡村人居环境系统脆弱性演变过程显示以佳县为代表的黄土高原半干旱区乡村已有明显转型,如自然生态改善、生计方式转型、支撑服务布局明晰。而气候与市场变化、城市化集聚效应之下,依赖单一农林产品生计的崩溃、乡村人口流失、村庄零售点与教学点衰败等均无法逆转并成为该类地区乡村振兴的首要障碍。因此,文章针对现阶段乡村人居环境系统脆弱根源以及关键驱动事件,

提出重构乡村人居环境系统的3点普适性政策建议,以助力黄土高原半干旱区乡村恢复与振兴:

(1) 针对气候变化背景之下,特色林果产销双减,枣林(或其他单一品种)生计不可持续,经济林砍伐行为涌现成为现阶段自然、社会系统脆弱的突出表现,建议一方面引进农林产品深加工企业,扩增销售渠道,改良品种以促使农户增收,劳动力向第二、三产业转移;另一方面对放弃耕作经济林、林下还草的农户实行区域性生态补偿,支持经济林地类灌草植被的自然恢复。

(2) 针对村庄空心化,沟壑区沟谷深处的居民点频受洪涝侵袭,传统窑洞抗灾能力弱、居住空间混杂等现阶段人类、居住系统主要脆弱特征,一是建议契合行政村撤并,推进移民搬迁工程与空心村整治工程,促使居民点围绕村级公共服务中心布局;二是因地制宜统筹规划特色民居,达到既保留传统民居文化基因,又引导厨卫分离及采光、通风、抗灾功能改善的目标。

(3) 针对乡村人口及资本流失,基础设施与服务空间分异加剧等支撑系统脆弱性主要特征,建议一方面依托村级公共服务中心设置医疗点、互联网采销点、便民零售点、文化广场与行政中心等以便利乡村居民生活交往活动;另一方面,基于现有的教育资源布局及公共运输供给能力,构建基于乡村地区需求响应的交通运输系统,在低需求环境下提供节约资源且全面的公共交通服务,并对具有教育专项交通需求的家庭给予补贴,提高乡村地区公共服务的时空可达性。

#### 参考文献(References)

- 财政部社会保障司课题组. 2007. 社会保障支出水平的国际比较 [J]. 财政研究, (10): 36-42. [Department of Social Security, Ministry of Finance. 2007. International comparison of social security expenditure levels. Public Finance Research, (10): 36-42.]
- 陈佳, 杨新军, 王子侨, 等. 2015. 乡村旅游社会-生态系统脆弱性及影响机理: 基于秦岭景区农户调查数据的分析 [J]. 旅游学刊, 30(3): 64-75. [Chen J, Yang X J, Wang Z Q, et al. 2015. Vulnerability and influence mechanisms of rural tourism socio-ecological systems: A household survey in China's Qinling Mountain area. Tourism Tribune, 30(3): 64-75.]
- 方创琳, 王岩. 2015. 中国城市脆弱性的综合测度与空间分异特征 [J]. 地理学报, 70(2): 234-247. [Fang C L, Wang



- Y. 2015. A comprehensive assessment of urban vulnerability and its spatial differentiation in China. *Acta Geographica Sinica*, 70(2): 234-247. ]
- 方修琦, 殷培红. 2007. 弹性、脆弱性和适应: IHDP三个核心概念综述 [J]. 地理科学进展, 26(5): 11-22. [Fang X Q, Yin P H. 2007. Review on the three key concepts of resilience, vulnerability and adaptation in the research of global environmental change. *Progress in Geography*, 26(5): 11-22. ]
- 黄晓军, 黄馨, 崔彩兰, 等. 2014. 社会脆弱性概念、分析框架与评价方法 [J]. 地理科学进展, 33(11): 1512-1525. [Huang X J, Huang X, Cui C L, et al. 2014. The concept, analytical framework and assessment method of social vulnerability. *Progress in Geography*, 33(11): 1512-1525. ]
- 李博, 杨智, 苏飞. 2015. 基于集对分析的大连市人海经济系统脆弱性测度 [J]. 地理研究, 34(5): 967-976. [Li B, Yang Z, Su F. 2015. Measurement of vulnerability in human-sea economic system based on set pair analysis: A case study of Dalian City. *Geographical Research*, 34(5): 967-976. ]
- 李伯华, 曾灿, 窦银娣, 等. 2018. 基于“三生”空间的传统村落人居环境演变及驱动机制: 以湖南江永县兰溪村为例 [J]. 地理科学进展, 37(5): 677-687. [Li B H, Zeng C, Dou Y D, et al. 2018. Change of human settlement environment and driving mechanism in traditional villages based on living-production-ecological space: A case study of Lanxi Village, Jiangyong County, Hunan Province. *Progress in Geography*, 37(5): 677-687. ]
- 李伯华, 曾菊新, 胡娟. 2008. 乡村人居环境研究进展与展望 [J]. 地理与地理信息科学, 24(5): 70-74. [Li B H, Zeng J X, Hu J. 2008. Progress and prospects on the research of rural human settlement environment. *Geography and Geo-Information Science*, 24(5): 70-74. ]
- 刘彦岭, 刘玉, 翟荣新. 2009. 中国农村空心化的地理学研究 与整治实践 [J]. 地理学报, 64(10): 1193-1202. [Liu Y S, Liu Y, Zhai R X. 2009. Geographical research and optimizing practice of rural hollowing in China. *Acta Geographica Sinica*, 64(10): 1193-1202. ]
- 龙花楼. 2013. 论土地整治与乡村空间重构 [J]. 地理学报, 68(8): 1019-1028. [Long H L. 2013. Land consolidation and rural spatial restructuring. *Acta Geographica Sinica*, 68(8): 1019-1028. ]
- 王士君, 王永超, 冯章献. 2010. 石油城市经济系统脆弱性发生过程、机理及程度研究: 以大庆市为例 [J]. 经济地理, 30(3): 397-402. [Wang S J, Wang Y C, Feng Z X. 2010. Generation procedure, mechanism and degree research of economic system vulnerability of petroleum cities: A case study of Daqing. *Economic Geography*, 30(3): 397-402. ]
- 吴良镛. 2001. 人居环境科学导论 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社. [Wu L Y. 2001. Introduction to science of human settlements. Beijing, China: China Architectural Building Press. ]
- 谢盼, 王仰麟, 彭建, 等. 2015. 基于居民健康的城市高温热浪灾害脆弱性评价: 研究进展与框架 [J]. 地理科学进展, 34(2): 165-174. [Xie P, Wang Y L, Peng J, et al. 2015. Health related urban heat wave vulnerability assessment: Research progress and framework. *Progress in Geography*, 34(2): 165-174. ]
- 杨俊, 关莹莹, 李雪铭, 等. 2018. 城市边缘区生态脆弱性时空演变: 以大连市甘井子区为例 [J]. 生态学报, 38(3): 778-787. [Yang J, Guan Y Y, Li X M, et al. 2018. Urban fringe area ecological vulnerability space-time evolution research: The case of Ganjingzi District, Dalian. *Acta Ecologica Sinica*, 38(3): 778-787. ]
- 杨新军, 张慧, 王子侨. 2015. 基于情景分析的西北农村社会-生态系统脆弱性研究: 以榆中县中连川乡为例 [J]. 地理科学, 35(8): 952-959. [Yang X J, Zhang H, Wang Z Q. 2015. Vulnerability assessment of rural social-ecological system based on scenario analysis: A case study of Zhonglianchuan Town in Yuzhong County. *Scientia Geographica Sinica*, 35(8): 952-959. ]
- 杨兴柱, 王群. 2013. 皖南旅游区乡村人居环境质量评价及影响分析 [J]. 地理学报, 68(6): 851-867. [Yang X Z, Wang Q. 2013. Evaluation of rural human settlement quality difference and its driving factors in tourism area of southern Anhui Province. *Acta Geographica Sinica*, 68(6): 851-867. ]
- 余中元, 李波, 张新时. 2015. 湖泊流域社会生态系统脆弱性时空演变及调控研究: 以滇池为例 [J]. 人文地理, 30(2): 110-116. [Yu Z Y, Li B, Zhang X S. 2015. Study of time-space evolution and control of vulnerability of lake basin social ecological system: A case of the Dianchi Lake. *Human Geography*, 30(2): 110-116. ]
- 曾菊新, 杨晴青, 刘亚晶, 等. 2016. 国家重点生态功能区乡村人居环境演变及影响机制: 以湖北省利川市为例 [J]. 人文地理, 31(1): 81-88. [Zeng J X, Yang Q Q, Liu Y J, et al. 2016. Research on evolution and influential mechanism for rural human settlement in national key ecological function areas: A case of Lichuan. *Human Geography*, 31(1): 81-88. ]

- 赵雪雁, 刘春芳, 王学良, 等. 2016. 干旱区内陆河流域农户生计对生态退化的脆弱性评价: 以石羊河中下游为例 [J]. 生态学报, 36(13): 1441-1451. [Zhao X Y, Liu C F, Wang X L, et al. 2016. Assessment of the vulnerability of farmers' livelihoods to ecological degradation in arid regions of a continental river basin: A case study of the middle-lower reaches of the Shiyang River in China. *Acta Ecologica Sinica*, 36(13): 1441-1451. ]
- 周国华, 贺艳华, 唐承丽, 等. 2011. 中国农村聚居演变的驱动机制及态势分析 [J]. 地理学报, 66(4): 515-524. [Zhou G H, He Y H, Tang C L, et al. 2011. Dynamic mechanism and present situation of rural settlements evolution in China. *Acta Geographica Sinica*, 66(4): 515-524. ]
- Angeon V, Bates S. 2015. Reviewing composite vulnerability and resilience indexes: A sustainable approach and application [J]. *World Development*, 72: 140-162.
- Hagenlocher M, Hölbling D, Kienberger S, et al. 2016. Spatial assessment of social vulnerability in the context of landmines and explosive remnants of war in Battambang Province, Cambodia [J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15: 148-161.
- Hill R V, Porter C. 2017. Vulnerability to drought and food price shocks: Evidence from Ethiopia [J]. *World Development*, 96: 65-77.
- Hung L S, Wang C, Yarnal B. 2016. Vulnerability of families and households to natural hazards: A case study of storm surge flooding in Sarasota County, Florida [J]. *Applied Geography*, 76: 184-197.
- Kajombo R, Bogale A, Thamaga-Chitja J. 2014. Evidence for supporting vulnerable households to achieve food security in SADC Countries [J]. *Journal of Human Ecology*, 47(1): 73-85.
- Lyons C, Carothers C, Reedy K. 2016. Means, meanings, and contexts: A framework for integrating detailed ethnographic data into assessments of fishing community vulnerability [J]. *Marine Policy*, 74: 341-350.
- Rajappa S, Ryll M, Bulthoff H H, et al. 2015. Drinking water vulnerability in rural coastal areas of Bangladesh during and after natural extreme events [J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14: 411-423.
- Rupi F, Bernardi S, Rossi G, et al. 2015. The evaluation of road network vulnerability in mountainous areas: A case study [J]. *Networks & Spatial Economics*, 15(2): 397-411.
- Sapkota P, Keenan R J, Paschen J A, et al. 2016. Social production of vulnerability to climate change in the rural middle hills of Nepal [J]. *Journal of Rural Studies*, 48: 53-64.
- Skjeflo S W. 2013. Measuring household vulnerability to climate change: Why markets matter [J]. *Global Environmental Change*, 23(6): 1694-1701.
- Smith S L, Pollnac R B, Colburn L L, et al. 2011. Classification of coastal communities reporting commercial fish landings in the U.S. Northeast region: Developing and testing a methodology [J]. *Marine Fisheries Review*, 73(2): 41-61.
- Turner II B L, Kasperson R E, Matson P A, et al. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science [J]. *PNAS*, 100(14): 8074-8079.
- Yeager C D, Gatrell J D. 2014. Rural food accessibility: An analysis of travel impedance and the risk of potential grocery closures [J]. *Applied Geography*, 53: 1-10.

## Change in vulnerability of rural human settlement in the semi-arid area of the Loess Plateau since 1980: A case study of Jiaxian County, Shaanxi Province

YANG Qingqing<sup>1</sup>, YANG Xinjun<sup>1\*</sup>, GAO Yanhui<sup>2</sup>

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. School of Tourism & Research Institute of Human Geography, Xi'an International Studies University, Xi'an 710128, China)

**Abstract:** From the perspective of human-environmental system vulnerability and following the steps of depicting evolution trajectory—describing the situations—analyzing evolution paths and mechanisms, combined with the ground-truthing method, this study explored the change of rural human settlement in the semi-arid area of the Loess Plateau represented by Jiaxian County of Shaanxi Province. The main results are as follows: 1) The quantitative assessment of the vulnerability of rural human settlement synthetic system and subsystems in Jiaxian County from 1980 to 2016 shows that, the natural system has changed from vulnerable to droughts to vulnerable to floods. Since the 21st century, vulnerability of the housing system has been reduced, while the vulnerability of the supporting system has been aggravated. In the past decade, the vulnerability of the social system has been gradually reduced, and the human system has moved to a severe level of vulnerability. Composite vulnerability remained at moderate levels. 2) The study defined five types of vulnerability situations, including persistent vulnerability, uncontrolled vulnerability, controllable vulnerability, stable healthy state, and volatile systems, and proposed the thresholds for crossing vulnerability types. Vulnerability in the case area has gone through four stages between persistent vulnerability systems and uncontrolled vulnerability systems. 3) The research not only reconstructed the dynamic mechanism of the gradual change of vulnerability of the rural human settlement and identified the evolutionary path of vulnerability of five subsystems, but also extracted 20 key influencing events involving five driving factors—climate change, urbanization disturbance, market change, policy intervention, and farmers' behavioral adaptation. In the end, the article puts forward some suggestions on how to improve rural human settlement and facilitate the rural rehabilitation and revitalization.

**Keywords:** rural human settlement; ground-truthing; evolution path; semi-arid area of the Loess Plateau