

王丽,杨睿,徐丽娜,等. 秦岭西安段社区气候韧性评价研究[J]. 陕西气象,2023(6):70-76.

文章编号:1006-4354(2023)06-0070-07

# 秦岭西安段社区气候韧性评价研究

王丽<sup>1,2</sup>,杨睿<sup>3</sup>,徐丽娜<sup>4</sup>,王珊<sup>3</sup>,薛文华<sup>1</sup>,郭庆元<sup>2,5</sup>

(1. 西安市人工影响天气服务保障中心,西安 710016;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016;

3. 西安市气象台,西安 710016;4. 西安市气象局,西安 710016;

5. 西安市公共气象服务中心,西安 710016)

**摘要:**基于社区韧性理论分别构建静态与动态两类评价指标体系,采用客观赋权的熵值法定量评价秦岭西安段社区气候韧性。结果表明:静态与动态两类评价指标体系下的评价结果具有较好一致性,社区气候韧性得分从高到低依次为蓝田县、周至县、长安区、灞桥区、鄠邑区、临潼区;静态社区气候韧性中,工程韧性与生态韧性为良好等级,社会韧性与经济韧性为一般等级,制度韧性为较差等级;动态社区气候韧性中,灾中韧性为优质等级,灾前韧性为一般等级,灾后韧性为较差等级。加强社区层面气象灾害应急预案宣传和教,丰富气象灾害预警信息种类和手段,强化多部门协同防灾减灾救灾,提高当地发展经济发展水平是弥补社区气候韧性薄弱环节的主要途径。

**关键词:**秦岭;社区;气候韧性;熵权法;西安

**中图分类号:**X43

**文献标识码:**A

社区是基层组织的基本单元,也是防灾减灾救灾的薄弱环节。以防灾减灾为目标的“社区韧性”成为学界和政府关注的焦点。社区韧性是韧性(resilience)概念在社区的应用。现有研究对社区韧性的描述主要包括三个方面<sup>[1]</sup>:一是抵抗力,即社区吸收外界干扰的能力;二是恢复力,强调社区从压力干扰中恢复的速度;三是适应能力或发展能力,社区因逆境而适应或发展出新的运行模式,使其进入良性发展阶段。在考察社区韧性的理论模型方面,主要有压力抵抗与韧性模型<sup>[2]</sup>、实地灾害韧性模型<sup>[3]</sup>和生命系统模型<sup>[4]</sup>。在评价社区韧性的指标构建方面,自然、经济、社会、基础设施和制度是最常见的维度指标,例如社区气候韧性指数的整体框架<sup>[5]</sup>(climate resilience screening index, CRSI)和城市社区的气候灾害韧性指

数<sup>[6]</sup>(climate disaster resilience index, CDRI)指标体系。

秦岭既是重要的生态功能区,也是气候变化敏感区和脆弱区<sup>[7]</sup>。2018年以来,西安市稳步推进秦岭生态环境保护网格化管理,着力建立秦岭生态环境保护长效机制,但仍旧面临气候变化应对,地质灾害监测预报与预警技术水平有待提高,部分基层单位及公众防范意识薄弱等问题,不能积极主动投入到生态环境保护工作中。本文在借鉴前述研究成果的基础上,拟从静态与动态两个层面开展秦岭西安段社区气候韧性评价,查找社区防灾减灾救灾的薄弱环节。研究有益于提高城乡社区气象服务均等化水平与抗御风险能力,保障城乡协同可持续发展。

**收稿日期:**2022-12-15

**作者简介:**王丽(1986—),女,汉族,陕西汉中,人,硕士,工程师,从事气象防灾减灾工作。

**通信作者:**郭庆元(1985—),女,汉族,陕西榆林人,硕士,高级工程师,从事天气预报预警及专业气象服务工作。

**基金项目:**教育部人文社会科学研究项目(20XJC790002);西安市气象部门软科学研究重点项目(202203);陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2020Y-10)

## 1 研究区概况

2021年《西安市秦岭生态环境保护规划》明确了西安市秦岭生态环境保护范围<sup>[8]</sup>,具体指秦岭山体东、西、南以市界为界,北以周至县、鄠邑区、长安区行政区域内省道 S107 以北 1 km 线—蓝田县行政区域内省道 S107 线—秦岭山体坡底线连线—临潼区、灞桥区行政区域内陕西洪庆山国家森林公园北边界—秦岭山体坡底线连线为界的区域,包括周至县、鄠邑区、长安区、蓝田县、灞桥区、临潼区部分行政区域,总面积 5 904.26 km<sup>2</sup>,约占西安市行政区划面积的 54.91%,涉及 55 个乡镇/街道,1 个景区管理局,502 个行政村。保护范围则进一步划分为核心保护区、重点保护区和一般保护区。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

基于社区气候韧性理论设计调查问卷,问卷内容涵盖了被访者个人基本情况、家庭特征、调查所在地的经纬度和海拔高度、秦岭生态环境保护政策、森林与气候资源利用、气象灾害发生频率、气象灾害预报预警、气象防灾减灾救灾以及基础设施建设等信息。分别从静态和动态两个角度设计社区气候韧性评价指标体系。静态社区气候韧性评价指标体系中的综合评价层涵盖生态、经济、社会、工程和制度五个维度。动态社区气候韧性评价指标体系中的综合评价层涵盖灾前、灾中和灾后三个维度。2022年8月,对秦岭西安段周至县、鄠邑区、长安区、蓝田县、灞桥区、临潼区开展实地调研和深入访谈,获得项目评价层的详细调查数据。在尽可能走访更多乡镇/街道的基础上,基于随机抽样原则确定调研行政村,累计走访 41 个乡镇/街道和 73 个行政村,分别占比 74.55% 和 14.54%。剔除数据缺失问卷后,累计回收有效问卷 500 份。样本量具体分布为周至县 100 份,鄠邑区 60 份,长安区 90 份,蓝田县 150 份,灞桥区 10 份,临潼区 90 份。

### 2.2 研究方法

参考罗慧等<sup>[1]</sup>关于静态社区气候韧性的定义和缪惠全等<sup>[9]</sup>对城市韧性的动态考察指标,分别构建静态与动态两类社区气候韧性评价指标体

系。静态指标体系分为生态韧性、经济韧性、社会韧性、工程韧性和制度韧性;动态韧性指标体系分为灾前韧性、灾中韧性和灾后韧性。与主观性较强的层次分析法不同<sup>[10]</sup>,本文采用客观的熵权法确定指标权重。指标熵值越小,所包含的有用信息量越多,指标越重要;指标熵值越大,所包含的有用信息越少,指标越不重要。假设一个社区拥有  $m$  个调查对象和  $n$  个指标的数据矩阵为

$$\begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

首先,使用极差化方法对不同量纲和单位的数据进行标准化处理。正向指标和逆向指标的计算方式分别为

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\}} \quad (2)$$

$$\text{和 } d_{ij} = \frac{\max\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\} - x_{ij}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\}} \quad (3)$$

其次,依据标准化的样本矩阵,第  $j$  个指标的熵可以表示为

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

式中,  $p_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^m d_{ij}}$  表示第  $j$  个指标下第  $i$  个

调查对象的比重或贡献度,则第  $j$  个指标的权重计算方式为

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (5)$$

最后,第  $i$  个调查对象的气候韧性计算表达式为

$$I_{Ci} = \sum_{j=1}^n w_j d_{ij} \quad (6)$$

根据该方法计算的社区气候韧性( $I_C$ )取值介于 0 和 1 之间,取值越接近 1,则表示韧性水平越高。静态指标体系下各层级的权重计算结果如表 1 所示。在项目评价层 B 中:植被覆盖率和气象灾害发生频率是社区生态韧性的主要影响因素;家庭教育文化支出、人均年收入和 2020 年前是否贫困村是社区经济韧性的主要影响因素;气象灾害社区应急预案和科普教育、提供给公众的预警

信息种类是社会韧性的主要影响因素;医院服务质量是工程韧性的最主要影响因素,其他因子权重差异不大;参与防灾减灾部门数量、提供气象预警信息手段是制度韧性的主要影响因素。在综合

评价层 A 中,社区气候韧性的影响因素排序依次为社会韧性、制度韧性、经济韧性、生态韧性和工程韧性,按照权重值计算的贡献比例分别为 46.19%、30.74%、10.05%、8.14%和 4.88%。

表 1 西安市静态社区气候韧性评价因子权重值

综合评价层(A)		权重	项目评价层(B)		权重
A1	生态韧性	0.081 4	B1	海拔高度	0.130 8
			B2	资源破坏	0.121 1
			B3	水土保持	0.104 3
			B4	植被覆盖率	0.391 6
			B5	气象灾害发生频率	0.252 2
A2	经济韧性	0.100 5	B6	是否贫困村	0.221 7
			B7	人均年收入	0.270 0
			B8	非农收入占比	0.096 3
			B9	家庭抚养比	0.003 6
			B10	教育文化支出占比	0.408 4
A3	社会韧性	0.461 9	B11	地区人口密度	0.009 9
			B12	社会保险购买	0.092 5
			B13	居委会服务满意度	0.032 6
			B14	预警信息种类	0.212 1
			B15	应急预案和科普教育	0.652 9
A4	工程韧性	0.048 8	B16	住房建筑质量	0.155 0
			B17	道路工程质量	0.161 6
			B18	水利设施质量	0.174 6
			B19	医院服务质量	0.376 4
			B20	供电供气质量	0.132 5
A5	制度韧性	0.307 4	B21	生态保护意识	0.076 4
			B22	生态保护政策	0.040 2
			B23	生态保护满意度	0.029 3
			B24	气象预警信息手段	0.322 4
			B25	防灾减灾部门数量	0.531 7

与静态社区韧性不同,动态社区韧性从防灾减灾救灾的动态过程出发,强调不同阶段社区气候韧性水平。动态指标体系下各层级的权重计算结果如表 2 所示。灾前韧性的主要影响因素是气象灾害社区应急预案和科普教育、预警信息手段和预警信息种类,灾中韧性的主要影响因素是非农收入占比、是否有应急撤离路线、水利设施质量

和住房建筑质量,灾后韧性的主要影响因素是参与防灾减灾部门数量、家庭教育文化支出占比。在综合评价层 C 中,社区气候韧性的影响因素排序依次为灾前韧性、灾后韧性和灾中韧性,按照权重值计算的贡献比例分别为 57.56%、29.01%和 13.43%。

表 2 西安市动态社区气候韧性评价因子权重值

综合评价层(C)		权重	项目评价层(D)		权重
C1	灾前韧性	0.575 6	D1	气象灾害	0.053 8
			D2	水土保持	0.022 2
			D3	资源破坏	0.025 8
			D4	预警信息种类	0.159 2
			D5	应急预案和科普教育	0.489 9
			D6	预警信息手段	0.245 0
			D7	气象信息员	0.004 1
C2	灾中韧性	0.134 3	D8	地区人口密度	0.047 9
			D9	家庭抚养比	0.013 7
			D10	非农收入占比	0.363 7
			D11	住房建筑质量	0.140 3
			D12	水利设施质量	0.158 0
			D13	应急避难场所	0.079 6
			D14	应急撤离路线	0.196 8
C3	灾后韧性	0.290 1	D15	教育文化支出	0.297 6
			D16	防灾减灾部门	0.502 4
			D17	医院服务质量	0.065 7
			D18	供电供气质量	0.023 1
			D19	垃圾污水处理	0.047 7
			D20	网络通讯质量	0.035 4
			D21	道路工程质量	0.028 2

### 3 结果与分析

#### 3.1 乡镇级社区气候韧性比较

首先,基于熵权法计算得到家庭层面的韧性得分;其次,计算乡镇一级韧性平均得分,并参考韧性等级的划分标准<sup>[11]</sup>,统计得到四种韧性等级(优质、良好、一般和较差)下的乡镇数量分布(表 3)。从静态与动态社区韧性评价结果看,乡镇数量分布具有较好一致性。以静态社区气候韧性评价结果为例,蓝田县有 1 个韧性优质乡镇、5 个韧性良好乡镇、4 个韧性一般乡镇,临潼区有 2 个韧性一般乡镇、7 个韧性较差乡镇,周至县有 9 个韧性一般乡镇、2 个韧性较差乡镇,鄠邑区有 2 个韧性一般乡镇、2 个韧性较差乡镇,长安区有 2 个韧性一般乡镇、4 个韧性较差乡镇,灞桥区有 1 个韧性较差乡镇。由此可见,蓝田县乡镇级社区气候

韧性水平明显高于其他区县,通过深入分析一手调查数据发现,蓝田县 72.67% 的被调查者认为当地社区开展了应急预案和科普教育,而其他区县这一数值均不高于 30.69%。表 1 和表 2 表明,应急预案和科普教育对社会韧性、灾前韧性的贡献度分别高达 65.29% 和 48.99%,使得蓝田县静态社区韧性中的社会韧性水平、动态社区韧性中的灾前韧性水平显著高于其他区县。

#### 3.2 综合评价层区县级社区气候韧性比较

区县级静态社区气候韧性下 5 个维度的韧性平均得分如图 1a 所示。周至、灞桥、蓝田、鄠邑和长安的生态韧性得分介于 0.5~0.7 之间,为韧性良好等级;临潼生态韧性得分为 0.475 5,为韧性一般等级。在经济韧性维度中,灞桥、蓝田、鄠邑和长安经济韧性得分介于 0.3~0.5 之间,为经济

表 3 西安市各区县不同韧性等级下乡镇数量分布

区县	I (优质)		II (良好)		III (一般)		IV (较差)	
	静态	动态	静态	动态	静态	动态	静态	动态
临潼	—	—	—	—	2	3	7	6
灞桥	—	—	—	—	—	1	1	—
周至	—	—	—	—	9	10	2	1
蓝田	1	—	5	6	4	4	—	—
鄠邑	—	—	—	—	2	2	2	2
长安	—	—	—	1	2	2	4	3

注：—表示未出现。

韧性一般等级,临潼和周至的经济韧性得分均小于 0.3,为经济韧性较差等级。在社会韧性维度中,蓝田县得分最高为 0.639 5,为韧性良好等级;周至县得分为 0.344 6,为韧性一般等级;临潼、灞桥、鄠邑和长安得分均小于 0.3,为社会韧性较差等级。6 个区县的工程韧性得分均介于 0.5~0.7 之间,为工程韧性良好等级。在制度韧性维度中,周至和蓝田的制度韧性得分介于 0.3~0.5 之间,为制度韧性一般等级,临潼、灞桥、鄠邑和长安均为韧性较差等级。整体来看,区县级的社区气候韧性从高到低排序依次为工程韧性、生态韧性、社会韧性、经济韧性和制度韧性。

区县级动态社区气候韧性下 3 个维度的韧性

平均得分如图 1b 所示。蓝田灾前韧性得分为 0.545 1,为韧性良好等级;周至灾前韧性得分为 0.359 9,为韧性一般等级;临潼、灞桥、鄠邑和长安均为灾前韧性较差等级。在灾中韧性维度中,临潼、灞桥、蓝田、鄠邑和长安的灾中韧性得分均高于 0.7,为韧性优质等级;周至灾中韧性得分为 0.671 8,为韧性良好等级。在灾后韧性维度中,周至和蓝田的韧性得分介于 0.3~0.5 间,为韧性一般等级;临潼、灞桥、鄠邑和长安均为灾后韧性较差等级。整体来看,区县级动态社区气候韧性中,灾中韧性得分最高,其次是灾前韧性,灾后韧性得分最低。

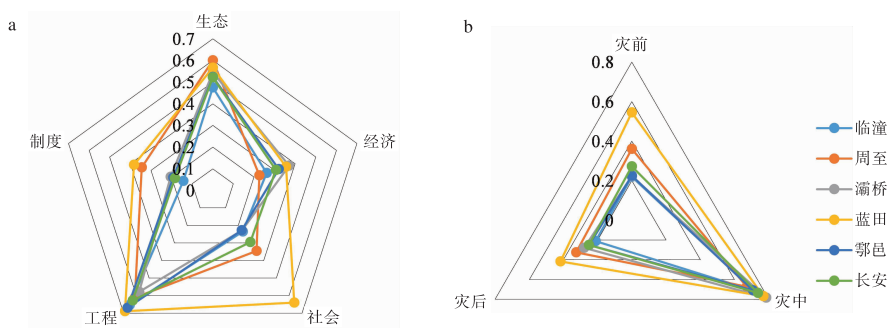


图 1 西安市综合评价层区县级社区气候韧性比较

### 3.3 区县级社区气候韧性比较

基于 5 个维度加权平均计算区县级静态社区气候韧性总得分,从高到低排序依次为蓝田 0.551 9、周至 0.374 2、长安 0.301 7、灞桥 0.286 9、鄠邑 0.275 8 和临潼 0.247 2(表 4)。蓝田为气候韧性良好等级,周至和长安为气候韧性一般等级,

灞桥、鄠邑和临潼为气候韧性较差等级。基于 3 个维度加权平均的区县级动态社区气候韧性总得分,从高到低依次为蓝田 0.541 0、周至 0.379 6、长安 0.314 2、灞桥 0.303 2、鄠邑 0.280 2 和临潼 0.265 1(表 4)。蓝田为气候韧性良好等级,周至、长安和灞桥为气候韧性一般等级,鄠邑和临潼为

表4 西安市区县级社区气候韧性等级划分

韧性标准	韧性等级	韧性评价	静态韧性总得分	动态韧性总得分
$I_c \geq 0.7$	I	优质	—	—
$0.5 \leq I_c < 0.7$	II	良好	0.551 9(蓝田)	0.541 0(蓝田)
$0.3 \leq I_c < 0.5$	III	一般	0.374 2(周至) 0.301 7(长安)	0.379 6(周至) 0.314 2(长安) 0.303 2(灞桥)
$0 \leq I_c < 0.3$	IV	较差	0.286 9(灞桥) 0.275 8(鄠邑) 0.247 2(临潼)	0.280 2(鄠邑) 0.265 1(临潼)

注:—表示未出现。

气候韧性较差等级。

与区县级静态社区气候韧性总得分的结果相比较,6个区县动态社区气候韧性得分变化不大,说明基于静态和动态两类不同指标体系下测度的社区气候韧性结果具有较好的一致性。

#### 4 结论与讨论

(1)静态社区气候韧性的影响因子由高到低依次为社会韧性、制度韧性、经济韧性、生态韧性和工程韧性。社区应急预案和科普教育、预警信息种类是社会韧性主要影响因素,参与防灾减灾部门数量、气象预警信息手段是制度韧性主要影响因素,教育文化支出占比、人均年收入、2020年前是否贫困村是经济韧性的主要影响因素,植被覆盖率、气象灾害发生频率是生态韧性的主要影响因素,医院服务质量是工程韧性首要影响因素。

(2)动态社区气候韧性的影响因子由高到低依次为灾前韧性、灾后韧性、灾中韧性。应急预案和科普教育、预警信息手段、预警信息种类是灾前韧性的主要影响因素,参与防灾减灾部门数量、教育文化支出是灾后韧性主要影响因素,非农收入占比、应急撤离路线、住房建筑质量、水利设施质量是灾中韧性的主要影响因素。

(3)乡镇级静态、动态社区气候韧性的等级分布相似,表明两种不同方法测度的社区气候韧性具有较好的一致性。蓝田县优质或良好等级乡镇数量占比60%,一般等级乡镇数量占比40%;其他区县的乡镇多为一般等级或较差等级。

(4)区县级静态、动态社区气候韧性的等级分

布相似,蓝田为韧性优质等级,周至、长安为韧性一般等级,鄠邑、临潼为韧性较差等级。静态社区气候韧性中,不同维度韧性水平从高到底排序依次为工程韧性、生态韧性、社会韧性、经济韧性和制度韧性;动态社区气候韧性中,不同维度韧性水平从高到底排序依次为灾中韧性、灾前韧性、灾后韧性。

(5)基于上述结论,提出秦岭西安段社区气候韧性提升重点及优化策略。社会韧性、经济韧性和制度韧性是制约静态社区气候韧性的薄弱环节,灾前韧性、灾后韧性是制约动态社区气候韧性的薄弱环节。因此,推广社区层面的气象灾害应急预案宣传和科普教育,丰富面向社区层面的气象灾害预警信息种类和手段,开展多部门协同防灾减灾救灾,提高当地经济发展水平是进一步提高社区气候韧性的重点途径。

#### 参考文献:

- [1] 罗慧,刘杰,徐军昶,等.基于熵权法的秦岭区域农村社区气候韧性评价研究[J].自然灾害学报,2022,31(2):111-118.
- [2] NORRIS F H, STEVENS S P, PFEFFERBAUM B, et al. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness [J]. American Journal of Community Psychology, 2008, 41(12): 127-150.
- [3] CUTTER S L, BARNES L, BERRY M, et al. A place-based model for understanding community re-

- silience to natural disasters [J]. *Global Environmental Change*, 2008, 18(4): 598-606.
- [4] OKADA N. A scientific challenge for society under sustainability risks by addressing coping capacity, collective knowledge and action to change: A vitae system perspective [J]. *Journal of Natural Disaster Science*, 2010, 32(2): 53-62.
- [5] SUMMERS J K, SMITH L M, HARWELL L C, et al. Conceptualizing holistic community resilience to climate events: Foundation for a climate resilience screening index [J]. *GeoHealth*, 2017, 1(4): 151-164.
- [6] JOERIN J, SHAW R, TAKEUCHI Y, et al. The adoption of a climate disaster resilience index in Chennai, India [J]. *Disasters*, 2014, 38(3), 540-561.
- [7] 卓静, 何慧娟, 王娟. 秦岭地区水源涵养能力评估 [J]. *陕西气象*, 2015(3): 12-16.
- [8] 西安市人民政府办公厅. 西安市秦岭生态环境保护规划[EB/OL]. (2021-09-20) [2022-11-12]. <https://www.xa.gov.cn/gk/zcfg/szfbgtwj/614c3825f8fd1c0bdc548578.html>.
- [9] 缪惠全, 王乃玉, 汪英俊, 等. 基于灾后恢复过程解析的城市韧性评价体系[J]. *自然灾害学报*, 2021, 30(1): 10-27.
- [10] 罗俊颀, 贺文彬, 刘映宁, 等. 人工影响天气作业站安全分级评价指标体系研究[J]. *陕西气象*, 2018(4): 23-28.
- [11] 杨保清, 李贵才, 刘青. 基于 DPSRC 模型的国际社区社会韧性评价分析:以广州小北 16 个国际社区为例[J]. *地域研究与开发*, 2020, 39(5): 70-75.