

中国西北地区脆弱性综合评价

毛亚会¹, 余丹林², 郑江华¹, 常琳琳¹

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046;

2. 美国新泽西州蒙特克莱尔大学 地球与环境研究系, 美国 新泽西 07043)

摘要:脆弱性是在社会发展过程中应对外界环境、经济、社会和资源等发生变化自我恢复的能力。当自我恢复能力达到某一临界值时,该地区处于健康的社会发展状态。从经济、社会和生态环境3个层面构建中国西北地区脆弱性综合评价体系,并运用熵值法确定指标权重,建立脆弱性模型计算2004—2013年西北地区脆弱性指数。研究发现:近10年来西北地区脆弱性总体上逐渐减小,各省最大下降率分别为:陕西46.83%、甘肃47.40%、青海29.84%、宁夏45.95%和新疆24.62%。演化过程段可分为2004—2008年的高脆弱性指数和2009—2013年的低脆弱性指数,且省区域脆弱性指数差距逐渐缩小。子系统演变特征分析上,各省子系统脆弱性整体呈波动性下降趋势。经济系统脆弱性可分为快速下降时期(2004—2008年)和缓慢下降时期(2009—2013年),并表现出经济主导型脆弱性向资源主导型脆弱性转变。探究西北地区社会发展与变化规律,以综合视角和科学测度方法来建立决策支持系统,促进其可持续发展。

关键词:脆弱性;综合评价;熵值法;西北地区

中图分类号:X24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0392-05

Assessment on Vulnerability in Northwestern Territories of China

MAO Yahui¹, YU Danlin², ZHENG Jianghua¹, CHANG Linlin¹

(1. College of Resources and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang;

2. Earth and Environmental Studies, Montclair State University, Montclair 07043, USA)

Abstract: Vulnerability refers to the ability of resisting natural disasters and human activities including economy, social development and ecological environment etc. In the process of rapid urbanization, using entropy method to determine the index weight and to establish the vulnerability calculation model, we analyzed the evolution of vulnerability in northwestern territories from 2004 to 2013 by constructing comprehensive evaluation system of vulnerability in northwestern territories. The results showed as follows. The vulnerability of the northwestern territories generally declined in last 10 years, the maximum decrease rates were 46.83% in Shanxi, 47.40% in Gansu, 29.84% in Qinghai, 45.95% in Ningxia and 24.62% in Xinjiang. The changes of vulnerability can be divided into a high vulnerability dominant phase (2004—2008) and low vulnerability dominant phase (2009—2013). And the vulnerability index of the regional disparity gap shrank. With respect to the subsystem features, the vulnerability of economy, social development and ecological environment presented the fluctuating decline. The economic vulnerability of the subsystem can be divided into rapid decline stage(2004—2008)and slow decline stage (2009—2013), the impact of ecological environment vulnerability increased, and the impact of economic vulnerability reduced significantly. It is the key to achieve sustainable development in northwestern territories which needs the comprehensive consideration of vulnerability and implementation plan to re-establish the decision support system.

Keywords: vulnerability; comprehensive evaluation; entropy method; northwestern territories

脆弱性最初应用于自然灾害研究^[1],后来,逐渐涉及区域经济、生态环境、社会可持续发展等领域。脆弱性涵义也越来越丰富,最终形成概念集合即暴露性、敏

感性、适应能力和恢复能力等^[2-5],分析框架和评价方法也在不断完善^[5-7],为研究区域经济可持续发展的提供了科学知识体系^[8-9]。近年来,脆弱性研究已成为学术

界关注热点,学者们分别对煤矿资源区域^[10],旅游区域^[11],干旱区域^[12],沿海区域^[13]等特殊类型区域进行脆弱性研究,并取得丰富的研究成果。从现有的研究成果来看,脆弱性研究已经逐步从社会、经济、生态等单个领域向人—海、社会—生态、人—环境^[9,14-19]等耦合系统转变。人类经济社会活动区域与该地区的水资源、能源资源和生态环境等密切相关,共同组成一个耦合系统,具有典型的脆弱性特征。为促进西北地区经济又好又快发展,拉近和中东部地区经济发展水平,探讨其脆弱性发展演变规律特征显得尤为重要^[20-21]。本文从敏感性和应对能力角度出发,选取 52 个指标,以熵值法为研究手段构建脆弱性综合评价模型,对西北地区整体脆弱性,及其经济系统、社会系统和生态环境系统脆弱性进行评价,探讨其发展规律演变特征,应对“一带一路”所带来的经济、社会和生态环境等方面的机遇与挑战,实现西北地区可持续发展战略目标。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

西北地区位于大兴安岭以西,长城和昆仑山—阿尔金山—六盘山以北,经纬度在 73°15′—111°15′E, 31°32′—49°10′N,包括青海省、甘肃省、陕西省、宁夏回族自治区以及新疆维吾尔自治区。本文以西北地区为研究单元,该地区总面积达 310 万 km²,约占全国总面积的 32.3%。到 2013 年底总人口 9 842 万,占全国人口的

7.26%;GDP 约为 35 679 亿元,占全国 GDP 的 5.62%。并且是中国“一带一路”建设重点涉及省市,其中,新疆被定位为“丝绸之路经济带核心区”,陕西、甘肃、宁夏、青海四地的定位是:形成面向中亚、南亚、西亚国家的通道、商贸物流枢纽、重要产业和人文交流基地^[20]。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源和指标体系 为准确评价西北地区近 10 a 脆弱性演变情况,在评价指标选取上,要满足系统性、目的性、独立性、数据可得性等要求。根据指标选取标准及前人研究成果^[15-19],从敏感性和应对能力两个层面出发,构建中国西北地区脆弱性评价指标体系,涵盖经济系统、社会系统和生态环境系统,共 3 个一级指标层,52 个二级指标层,具体指标见表 1。其中部分指标不能直接获取需通过计算,经济增长率=末期国民生产总值/基期国民生产总值,存贷比=银行贷款总额/存款总额,外贸依存度=净出口/国内生产总值,地方财政自给率=地方财政一般预算内收入/地方财政一般预算内支出,工业固体废物处置利用率=(工业企业当年处置量+综合利用量(包括处置利用往年量))/当年各工业企业产生量总和。

本文研究数据主要来源于 2005—2014 年《中国统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《新疆统计年鉴》、《宁夏统计年鉴》、《青海统计年鉴》、《甘肃发展年鉴》、《陕西统计年鉴》,以及各省的统计公报,水资源公报等。

表 1 脆弱性评价指标体系

目标层	准则层	一级指标层	二级指标层
脆弱性 评价指 标体系	敏感性	经济系统	第一产业占 GDP 比重、第一产业从业人员比重、人均 GDP、地均 GDP、经济增长率、金融机构贷款余额占 GDP 比重、单位 GDP 耗水、单位 GDP 耗电、存贷比、工业总产值、外贸依存度
		社会系统	城镇失业率、人均社会消费品零售额、人均房地产开发投资额、住宅投资占固定资产投资比例
		生态环境系统	人口密度、工业 SO ₂ 排放量、工业废水排放量、工业烟尘排放量
	应对能力	经济系统	地区 GDP、第二产业占 GDP 比重、第二产业从业人员比重、第三产业占 GDP 比重、第三产业从业人员比重、实际利用外资、固定资产投资完成额、客运总量、货运总量、固定资产投资密度、地方财政自给率、科教支出占财政支出比重、人均固定资产投资完成额、万人在校大学生数、百万人公共图书馆
		社会系统	城乡居民储蓄年末余额、万人医院、卫生院床位数、邮电业务总量、万人国际互联网用户数、城镇职工平均工资、社会消费品零售总额、万人拥有医生数、人均日生活用水量、人均日生活用电量、城市人均道路面积、万人公共汽车数量、电话普及率
		生态环境系统	建成区绿化覆盖率、每万人建成区绿地面积、供水总量、工业固体废物处置利用率、行政区土地面积、城市生活垃圾处理率、工业污染治理项目本年完成投资

1.2.2 指标权重确定 指标权重的确定一般划分为客观方面和主观方面^[5]。主观方面通过专家经验确定指标权重存在着随机性、臆断性等问题,而熵值法具有客观性优势,所以在指标权重的确定上更为准确,还可以有效解决多个指标间信息重叠问题。目前,熵值法在区域社会经济发展和可持续发展评价方面广泛应用^[22-24]。熵是热力学概念,反映系统的无序度,熵值的大小可以用来判别具体指标的离散程度,且值越大离散程度越

大。同样,指标熵值大小也影响综合评价结果。熵值法确定指标权重具体公式为:

(1) 将各指标数据 x_{ij} 进行标准化处理,得到无单位的相对数 x'_{ij} :

正向指标: $x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_j\}}{\max\{x_j\} - \min\{x_j\}}$

负向指标: $x'_{ij} = \frac{\max\{x_j\} - x_{ij}}{\max\{x_j\} - \min\{x_j\}}$

(2) 计算第 i 年份第 j 项指标值的比重 Y_{ij} ,公式为:

$$Y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}}$$

(3) 计算指标信息熵 e_j , 公式为: $e_j = -k \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \times \ln Y_{ij})$

式中: $k = 1 / \ln m$; m 为评价年数; n 为指标数; \ln 为自然对数。

(4) 计算信息熵冗余度 d_j : $d_j = 1 - e_j$

(5) 计算指标权重 w_j : $w_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j$

1.2.3 研究模型 由概念可知, 敏感性(S) 和应对能力(R) 是脆弱性的基本特征, 敏感性是指系统对灾害的反应程度或易感程度; 应对能力是指系统抵抗和防御灾害的能力, 以及对灾害进行应急反应处理的能力。据此建立脆弱性评价模型:

$$UV_i = f(S_i, R_i) = S_i / R_i$$

式中: UV_i 脆弱性指数得分; S_i 敏感性; R_i 应对能力; i 表示不同区域。 $S_i = \sum w_{sj} x'_{sj}$; $R_i = \sum w_{rj} x'_{rj}$; w_{sj} 与 w_{rj} 为敏感性指标与应对能力指标权重, x'_{sj} ; x'_{rj} 对应敏感性指标与应对能力指标无量纲值。

2 结果与分析

2.1 中国西北地区脆弱性整体演变特征分析

2.1.1 脆弱性总体上逐渐减小, 且表现出不平衡的特点 结合源数据, 运用脆弱性评价模型可以计算得出 2004—2013 年中国西北地区脆弱性指数得分。近 10 a 来, 中国西北地区脆弱性得分总体上呈现不同程度的减小趋势, 从各省脆弱性指数趋势变化(图 1) 可以明显的看到 2004—2008 年脆弱性指数降低幅度明显, 2009 年以后变化幅度不太明显。其中甘肃省在 2005 年的脆弱性指数发生异常, 呈现出较大幅度上升趋势, 从所获取的源数据中了解到这一年甘肃省对生态环境方面的投资力度有所减弱, 导致应对能力相应下降。不同年份, 其他省区虽也有上升趋势但幅度较小。各省的脆弱性最大下降率分别为: 陕西 46.83%、甘肃 47.40%、青海 29.84%、宁夏 45.95% 和新疆 24.62%, 脆弱性降低幅度明显不平衡, 新疆降低幅度最小。从总体脆弱性程度来看, 在国家级区域战略和各省积极发展经济, 促进社会公共建设、加大生态、资源和环境方面投资等努力下, 西北地区可持续发展取得了进步。

2.1.2 时间序列上脆弱性差异变化大, 且阶段性特征明显 根据所计算的西北地区的脆弱性指数结合相关公式, 计算得出 2004—2013 年其脆弱性平均值、标准差、方差和变异系数(表 3)。近 10 a 来各省脆弱性指数变化差异最为明显的是陕西和宁夏, 甘肃和青海则次之, 新疆则处于最后。表明西北地区的经

济发展状况最为优良的是陕西省, 各省之间发展差异明显。计算脆弱性指数所占百分比(图 2), 可以看出各省脆弱性呈现明显的阶段性特征, 并具有相似的阶段性演化特征。高脆弱性指数得分的主要阶段分布在 2004—2008 年, 该阶段得分占近 10 a 脆弱性指数总得分的 60% 以上, 其中陕西为 84.6%、宁夏为 74.86%、甘肃为 68.75%、青海为 68.46%、新疆 60.00%。低脆弱性指数得分的主要阶段分布在 2009—2013 年, 该阶段高脆弱性指数得分所占比例急剧下降, 其中仅有新疆占有最高 40% 的比例。另外, 各省的降低幅度在时间序列上也表现出阶段性特点。2004—2008 年各省脆弱性指数所占比例浮动较大, 2009 年以后各省的脆弱性所占比例基本上达成一致。

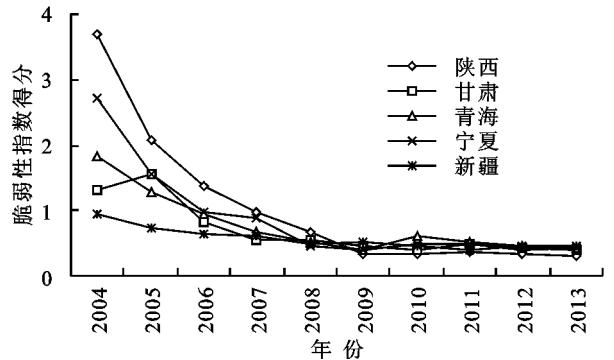


图 1 2004—2013 年西北地区脆弱性指数变化趋势

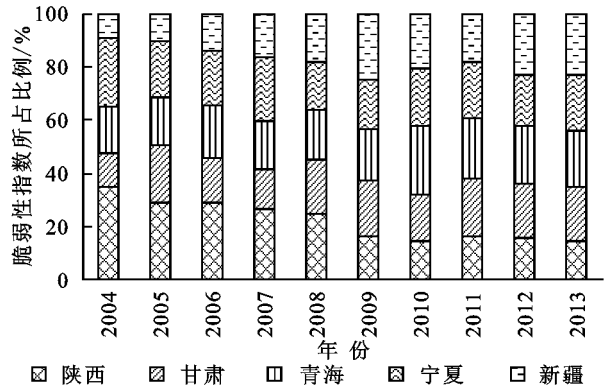


图 2 2004—2013 年西北地区脆弱性指数所占比例

表 3 脆弱性均值、标准差、方差和变异系数

项目	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
均值	1.0463	0.6912	0.7642	0.8777	0.5740
标准差	1.1012	0.4090	0.4652	0.7409	0.1667
方差	1.2130	0.1670	0.2160	0.5490	0.0280
变异系数	1.0524	0.5917	0.6087	0.8442	0.2904

2.2 中国西北脆弱性子系统演变特征分析

脆弱性指标体系由经济系统、社会系统和生态环境系统三部分组成。分别计算出 2004—2013 年陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区和新疆维吾尔自治区的各个子系统的脆弱性指数(表 4)。

2.2.1 经济系统脆弱性演变特征 从表 4 中可以看出,西北地区经济脆弱性整体呈下降趋势,并且变化趋势可分为两个阶段。分别为快速下降时期(2004—2008 年)和缓慢下降时期(2009—2013 年)。在快速下降时期陕西、宁夏、青海、甘肃和新疆的经济脆弱性下降幅度分别为:3.375 3,2.582 0,1.748 6,1.645 5,1.204 4。以下降波动最大的陕西省为例,该省的经济脆弱性指数由 2004 年的 4.178 9 下降到 2013 年的 0.362 8,表明在近 10 a 的发展过程中陕西省经济发展能力快速上升,对待外界的抵抗能力也日益增强。在快速下降时期中,2004 年陕西省第一产业占全省 GDP 总量的比重为 11.72%,到 2009 年所占比

重降低了 2.05%。在缓慢下降时期中,该省经济脆弱性受到经济结构,经济效率、经济创新能力等影响,因此在该阶段中经济脆弱性指数处于较为稳定状态。除陕西省的经济脆弱性快速下降以外,宁夏,青海和甘肃也有类似的情况,三省产业结构明显调整,第三产业和高新技术产业规模显著增加,比重不断提高,科学技术对经济增长带动作用明显,促进了经济系统脆弱性降低。新疆经济系统脆弱性呈波动性下降,与其地理位置和经济发展方向密切相关。观察甘肃省经济系统发现 2004—2005 年的脆弱性指数呈明显的上升趋势,表明该阶段甘肃省的经济发展相对缓慢。

表 4 2004—2013 西北地区子系统脆弱性指数得分

地区	系统	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
陕西省	经济系统	4.1789	2.4257	1.6030	1.1556	0.8036	0.4282	0.4755	0.3891	0.4055	0.3628
	社会系统	1.7439	0.7980	0.7827	0.5891	0.4371	0.2242	0.2029	0.2304	0.2035	0.1972
	生态环境系统	3.0613	3.7415	1.5214	1.1112	0.6694	0.4401	0.3142	0.6197	0.4106	0.3469
甘肃省	经济系统	1.7727	2.2486	1.4480	0.8615	0.6032	0.6181	0.5562	0.4240	0.3948	0.3303
	社会系统	0.5874	0.4542	0.2681	0.2803	0.6412	0.3010	0.2716	0.2476	0.2526	0.2592
	生态环境系统	0.7617	2.0282	0.6120	0.2862	0.2403	0.3254	0.3296	1.3577	1.0011	1.1073
青海省	经济系统	2.2410	1.2114	1.1159	0.7037	0.4924	0.3734	0.3172	0.3370	0.2569	0.2553
	社会系统	0.8910	0.5871	0.5075	0.3957	0.3537	0.2813	0.3293	0.3495	0.3163	0.2471
	生态环境系统	0.1299	0.5529	0.3375	0.3295	0.2964	0.3631	1.7225	0.9832	1.1667	1.1130
宁夏回族 自治区	经济系统	3.2574	1.8909	1.4643	1.2758	0.6754	0.3808	0.5172	0.4697	0.3770	0.4903
	社会系统	1.4746	0.4224	0.2869	0.4210	0.2746	0.4576	0.4177	0.2731	0.2587	0.2596
	生态环境系统	2.3048	4.8847	0.6131	0.5009	0.2721	0.3364	0.6391	1.0782	0.8915	0.7029
新疆维吾尔 自治区	经济系统	1.7163	1.1841	1.0899	0.6750	0.5120	0.7787	0.7291	0.5329	0.5437	0.5658
	社会系统	0.6144	0.4473	0.3057	0.4537	0.4305	0.3435	0.2325	0.2812	0.2465	0.2466
	生态环境系统	0.0000	0.1352	0.6356	0.8843	0.5343	0.3909	0.4828	0.4173	0.9105	0.6342

2.2.2 社会系统脆弱性演变特征 从表 4 中可以看出,西北地区社会脆弱性指数整体呈下降趋势,且具有一定的波动性。陕西、宁夏、青海、新疆和甘肃的社会脆弱性指数平均值分别为:0.540 9,0.454 6,0.425 8,0.360 2,0.356 3,可以看出西北地区社会脆弱性差距逐渐减小。就陕西省社会脆弱性指数而言,2003 年为 1.743 9,属于较高脆弱性,社会发展应处于警戒状态,2008 年为 0.437 1,属于较低脆弱性,社会发展处于极好状态,2008 年以后该省均处于较低脆弱性范围,但 2011 年和 2012 年出现了较小的上升波动。青海与陕西指数变化情况相似,甘肃、宁夏和新疆则表现出较大幅度的波动且年份不同。甘肃省 2008 年社会脆弱性突增追寻源数据发现该省敏感性增加 4 倍,主要影响因素是人均 GDP 减少和住宅投资比例加大。青海省 2008 年社会脆弱性指数突降迫其源头是该省应对能力增强,新疆社会脆弱性指数在 2007 年突然上升是其敏感性引起的。从社会系统脆弱性指数得分来看,陕西省的整体表现优于西北地区其他省市。

2.2.3 生态环境系统脆弱性演变特征 从表 4 中可

以看出,西北地区生态环境脆弱性指数的变化情况较为复杂,具体表现为:除陕西省以外其他均表现出上升趋势,且波动性较大。陕西、宁夏和甘肃指数均在 2005 年达到最大值,分别为 3.741 5,4.884 7,2.028 2,青海和新疆指数分别在 2010 年 1.722 5 年、2012 年 0.910 5 达到最大。结合社会系统脆弱性指数,发现 2011 年宁夏的社会脆弱性指数为 0.273 1,处于较低的指数范围,而生态环境脆弱性指数较高为 1.078 2,经过比较可以看出其他省份也存在着类似的情况,说明在经济快速发展时,社会发展与生态环境保护是呈负相关的。近 10 a 中生态环境脆弱性还呈现波动式上升,从源数据中可以看到在 2005 年期间各省的工业排放的废气、废水、烟尘等物质均成倍增长,而治理投资却未能加大,导致自然资源消耗过度,生态环境系统为社会发展提供物质基础的能力下降。

3 结论与讨论

通过对 2004—2013 年西北地区脆弱性指数进行探讨分析,发现其脆弱性整体水平呈不断下降趋势,

由高脆弱性指数向低脆弱性指数过渡,并趋向于平稳。各省脆弱性差异变化程度不同,但区域差距不断减小,可以看出西北地区社会经济发展水平越来越平衡。近10 a来,各省子系统脆弱性也在不断减小,经济系统脆弱性可划分为快速下降时期(2004—2008年)和缓慢下降时期(2009—2013年),生态环境系统脆弱性则波动性较大,并表现出与社会系统脆弱性呈负相关。从脆弱性的相对变化来看,生态环境脆弱性对脆弱性的贡献度增加,经济脆弱性对脆弱性的贡献度降低明显,表明各省已经从经济主导型脆弱性向资源主导型脆弱性转变。尽管10 a来中国西北地区整体脆弱性,及子系统脆弱性在不断下降,但是不能忽视各省生态环境脆弱性指数与经济系统脆弱性和社会系统脆弱性指数相比还是较大,成为总体脆弱性的主要影响因素。国家在促进经济发展和加强社会基础设施建设的同时,应提高对自然资源和生态环境的重视,重点降低生态环境脆弱性。除此之外,城市可持续发展潜力水平的提升还在于社会发展水平与创新水平提高,其中后者的影响更大。国家创新水平可以从研发投入、专利申请数、科研人员数、以及创新型企事业单位,高新技术产业等方面看出来。

本文针对特殊类型区域中国西北地区脆弱性进行探讨,丰富了脆弱性研究区域范围。并且利用熵值法进行综合评价,结果表现较为合理,克服了评价指标的量纲不同,减少了人为主观性评价,增加了评价结果的准确性。在实际的指标选取中,由于所选地区不同会出现统计指标不同现象,为尽量保证数据的丰富性,本文选取了其他指标数据进行替代。当然,文中虽然对西北地区经济、社会、生态环境层面上做了详细分析,但是未能涉及地市、县级等层面,想要了解更详细的演变特征,今后还需继续深入。

参考文献:

- [1] Turner B L, Kasperson R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [2] McCarthy J J, Canziani O F, Leary N A, et al. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability* [R]. Stockholm: Stockholm Environment Institute (SEI), 2001.
- [3] Adger W N. Vulnerability[J]. *Global Environment Change*, 2006, 16(3): 268-281.
- [4] 刘燕华,李秀彬.脆弱性生态环境与可持续发展[M].北京:商务印书馆,2007.
- [5] 王岩,方创琳,张蔷.城市脆弱性研究评述与展望[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(5): 755-768.
- [6] Yu D L, Fang C L, Xue D, et al. Assessing urban public safety via Indicator-Based evaluating method a systemic view of Shanghai[J]. *Social Indicators Research*, 2014, 117(7): 89-104.
- [7] 谢盼,王仰麟,彭建,等.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*, 2015, 34(2): 165-174.
- [8] 史培军,王静爱,陈婧,等.当代地理学之人地相互作用研究的趋向—全球变化人类行为计划(IHDP)第六届开放会议透视[J]. *地理学报*, 2006, 61(2): 115-126.
- [9] Cutter S L, Boruff B J, Shirley W L. Social vulnerability to environmental hazards[J]. *Social Science Quarterly*, 2003, 84(2): 242-261.
- [10] 苏飞,张平宇,李鹤.中国煤矿城市经济系统脆弱性评价[J]. *地理研究*, 2008, 27(4): 907-916.
- [11] 苏飞,储毓婷,张平宇.我国典型旅游城市经济脆弱性及障碍因素分析[J]. *经济地理*, 2013, 33(12): 89-194.
- [12] 高超,金凤君,雷军,等.干旱区绿洲城市经济系统脆弱性评价研究[J]. *经济地理*, 2012, 32(8): 43-49.
- [13] 李博.辽宁沿海地区人海经济系统脆弱性评价[J]. *地理科学*, 2014, 34(6): 711-716.
- [14] 王群,陆林,杨兴柱.旅游地社会—生态子系统恢复力比较分析:以浙江省淳安县为例[J]. *旅游学刊*, 2016, 31(2): 116-126.
- [15] 苏飞,张平宇.基于集对分析的大庆市经济系统脆弱性评价[J]. *地理学报*, 2010, 65(4): 454-464.
- [16] Fineberg H V, Wilson M E. Social vulnerability and death by infection [J]. *The New England Journal of Medicine*, 1996, 334(13): 859-860.
- [17] 陈萍,陈晓玲.全球环境变化下人—环境耦合系统的脆弱性研究综述[J]. *地理科学进展*, 2010, 29(4): 454-462.
- [18] 赵林,王维,张宇硕,等.东北振兴以来东北地区城市脆弱性时空格局演变[J]. *经济地理*, 2014, 34(12): 69-77.
- [19] 王岩,方创琳.大庆市城市脆弱性综合评价与动态演变研究[J]. *地理科学*, 2014, 34(5): 547-555.
- [20] 习近平.推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动[N]. *人民日报*, 2015-03-29.
- [21] 习近平.弘扬人民友谊共创美好未来[N]. *人民日报*, 2013-09-07.
- [22] 袁久和,祁春节.基于熵值法的湖南省农业可持续发展能力动态评价[J]. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(2): 152-157.
- [23] 吴玉鸣,刘鲁艳.城市工业空间布局与区域协调发展水平综合评价及差异:环渤海地区与西部能源“金三角”比较[J]. *经济地理*, 2016, 36(7): 91-98.
- [24] 王富喜,毛爱华,李赫龙,等.基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J]. *地理科学*, 2013, 33(11): 1323-1329.