

# 中国西北地区城市的韧性测度及影响因素

高志刚, 丁煜莹

新疆财经大学经济学院, 乌鲁木齐 830012

**摘要** 利用熵值法对2008—2018年西北地区30个地级以上城市韧性水平进行了综合测度,并分析了各个城市间的韧性水平差异程度,通过30个城市的面板回归分析了影响城市韧性的主要因素。分析表明:(1)我国西北地区城市韧性水平差距逐渐扩大,总体为中等偏上水平,主要为中度和较强度水平,较强度韧性城市相对较少,主要为省会城市,强度韧性城市目前还没有形成;(2)部分城市排名变化较大主要归因于对生态环境的重视程度不同,加强生态保护使甘肃省城市排名向前移,而缺乏环境治理投入的陕西省城市排名则出现下滑;(3)由于高韧性水平城市缺乏且带动作用不足,西北地区城市韧性出现高高集聚稀少,高低分布居多的空间分布格局;(4)行政力和科学技术对城市韧性的影响最大,其次是经济和开放度,金融和社会方面虽然显著,但影响力较小;(5)行政力和科技对社会韧性和基础设施韧性影响显著,且方向为负,经济因素对4个子系统影响显著,方向为正,开放度对经济韧性和社会韧性影响为正,对生态韧性和基础设施韧性为负。

**关键词** 西北地区;城市韧性;韧性测度

由于工业化与城市化在发展过程中出现错位,现在世界各国城市化出现一些显著问题,其中包括西方国家的“逆城市化”、发展中国家出现的“过度城市化”等,一系列“城市病”也日益凸显,比如交通拥挤、环境污染、基础设施相对不足和落后、资源浪费等。城市发展问题突出,一方面影响我国城市化发展,另一方面也阻碍着中国经济以及社会可持续发展进程。城市问题已经引起了国内外学者的广

泛关注,早期关于城市的研究主要是与工业化进程相联系,研究在不同工业化阶段城市相应的发展方向 and 措施,近几年,对于城市的研究重心偏向于目前城市发展出现的问题以及如何发挥城市在促进社会发展和带动经济方面的作用。

2013年5月美国洛克菲勒基金会提出“全球100韧性城市”城市发展项目(简称100RC),旨在对入围城市制定和实施韧性计划并提供技术支持和

收稿日期:2020-11-01;修回日期:2021-03-26

基金项目:国家自然科学基金项目(72064035);新疆天山雪松计划(2019XS07);新疆财经大学科研创新项目(XJUF2021K040)

作者简介:高志刚,教授,研究方向为区域经济发展规划与政策,电子信箱:13999154636@163.com

引用格式:高志刚,丁煜莹.中国西北地区城市的韧性测度及影响因素[J].科技导报,2021,39(24):118-129;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2021.24.013

资源,以提升城市应对外来冲击和灾害的能力<sup>[1]</sup>。目前中国4个城市入选,分别为浙江义乌(2017.2.22启动)、四川德阳(2016.12.15启动)、浙江海盐(2017.2.20启动)和湖北黄石(2014.12.3成功申报)。100RC项目中的韧性城市主要指城市中的个人、社区、机构、企业等在各种慢性压力和急性冲击之下存续、适应、发展的能力。慢性压力包括失业率居高不下、公共交通系统效率低下等,急性冲击包括地震、洪涝、疫情等突发事件<sup>[2]</sup>。

西北地区是中国七大地理分区之一,深居中国西北部内陆,具有面积大、气候干旱、风沙较多、生态脆弱、人口稀少、矿产资源丰富但开发难度大等特点。在西部大开发战略实施以来,西部地区在经济发展、生态环境、社会发展等方面取得了巨大成就,相比西南地区,西北地区在近10年来发展速度放缓,与西南地区差距逐渐拉大。2020年西部地区迎来西部大开发新格局,西北地区如何把握机遇,缩小与西南差距,实现高质量发展成为重要研究方向<sup>[3]</sup>。本文将就如何建设西北地区韧性城市、提升城市应对冲击以及实现可持续发展能力开展研究,以中国西北地区30个地级以上城市作为研究对象,对其城市韧性进行测度并分析其影响因素,以求能够找到西北地区在进入西部大开发新阶段后的城市建设方向并提出政策建议。

## 1 研究背景

### 1.1 城市韧性研究

“韧性”本意是回复到原始状态,后来韧性概念被应用到不同学科,从系统生态学到自然生态学再到人类生态学,总体上经历了工程韧性、生态韧性、社会-生态系统3个阶段。Holling<sup>[4-7]</sup>提出“层次结构、混沌性、适应性循环”理论,使韧性概念得到深入发展,解释了可持续发展的内涵,为后来城市韧性理论的形成奠定了思想基础。2002年倡导地区可持续发展国际理事会首次提出“城市韧性”指城市能够凭自身能力抵御灾害、减轻灾害损失,并合理的调配资源以从灾害中快速恢复过来<sup>[8]</sup>。我国

对城市韧性的研究相比国外起步较晚,研究范围和角度比较有限,研究地域多集中在东部发达区域,比如长江流域<sup>[9-11]</sup>、城市群<sup>[9-13]</sup>等发展速度较快、城市化水平较高地区,发展遇到瓶颈、急需实现转型地区,比如东北地区<sup>[14]</sup>、山东省<sup>[15]</sup>和山西省<sup>[16]</sup>城市韧性也有学者已经进行了研究,对于西北地区的研究还尚未涉及。研究主题多集中在抗击雨洪<sup>[16]</sup>、地震、气候变化、疫情<sup>[17]</sup>等方面,抵御“急性冲击”,对于“慢性冲击”的研究还比较少。研究内容包含对城市韧性概念演进、内涵的研究<sup>[18-19]</sup>,中国城市韧性综合评价<sup>[20-21]</sup>等理论研究,以及对城市韧性与城市规模关系<sup>[9]</sup>、与城镇化水平耦合发展程度<sup>[10]</sup>、与经济发展水平协调性<sup>[11]</sup>、与环境压力脱钩<sup>[13]</sup>以及区域城市韧性时空差异<sup>[14-15]</sup>的实证研究,但对于城市韧性影响因素的研究还很少。研究学科主要集中在城市规划学、城市地理学、城市安全学、资源环境学、灾害学等。

### 1.2 西北地区城市研究

中国目前对于城市的研究多从全国层面出发,以整体为考察对象,分析我国整体城市发展情况,其次对东部发达地区的关注次之,对于西北地区的研究相对较少。研究角度多是仅从一个方面分析,比如经济方面集中研究旅游经济<sup>[22-23]</sup>、旅游“三生”竞争力<sup>[24]</sup>、产业结构<sup>[25]</sup>等;社会方面近年来主要研究互嵌式社区<sup>[26-27]</sup>,以及对穆斯林群体的重点关注<sup>[28]</sup>;基础设施方面的研究相对较少,仅包含铁路网络<sup>[23,29]</sup>、中小城市建设用地<sup>[30]</sup>等;生态方面研究最为广泛,由于西北地区地处干旱半干旱区,自然环境恶劣,环境承载力差,城市发展进程常常受到制约,比如西北地区水资源匮乏,气候干旱,生活用水现在已经基本得到解决,但是在工业发展过程中仍会受到影响,西北地区水问题依然是研究重点,近几年研究主要围绕海绵城市建设<sup>[31-33]</sup>和环境污染<sup>[34-36]</sup>2个主题展开。

当前国内外对城市问题的关注度日益提高,城市化进程中一系列城市问题和“城市病”影响着城市化的发展进度和效果,城市问题不容忽视,城市问题妥善解决才能实现城市可持续发展,进而带动

所在区域整体发展,韧性城市建设成为城市提升整体水平的优选路径,西北地区进入西部大开发新格局时期,建设韧性城市有助于推动西北地区在新时期新阶段实现高质量发展,缩小与中东部差距。谭俊涛<sup>[7]</sup>等在研究中国31个省市在亚洲金融危机和全球经济危机时的经济韧性特征时,得出西北地区在经历两次危机时,经济维持性较高,但恢复性较差的结论。本研究组聚焦西北地区,探讨西北地区城市的整体韧性,包括经济韧性、社会韧性、生态韧性和基础设施韧性。

表1 西北地区地级以上城市包含情况

省份、自治区	城市
陕西	西安市、铜川市、宝鸡市、咸阳市、延安市、汉中市、渭南市、榆林市、商洛市、安康市(10市)
甘肃	兰州市、嘉峪关市、金昌市、白银市、天水市、武威市、张掖市、平凉市、酒泉市、庆阳市、定西市、陇南市(12市)
青海	西宁市、海东市(2市)
宁夏	银川市、石嘴山市、吴忠市、固原市、中卫市(5市)
新疆	乌鲁木齐市、克拉玛依市、吐鲁番市、哈密市(4市)

## 2.2 研究方法

### 1) 熵值法

由于指标数量较多,难以准确把握指标权重关系,本文使用熵值法确定指标权重。熵值法通过指标信息差异程度判断指标信息重要性,从而确定各个指标权重,在一定程度上可以避免主观赋权法(如层次分析法)的不足。熵值法中信息熵越少,指标权重越大,重要性越强,在整个指标体系中所占比重越高。设有  $m$  个研究对象,  $n$  个指标,先对各年各指标汇总为截面数据再进行标准化处理,避免各年权重不同而造成计算不可比的情况,然后计算第  $j$  项指标的熵值和差异性系数  $g_j$ ,再计算各指标权重  $W_j$ :

$$W_j = \frac{g_j}{\sum_{i=1}^m g_j} \quad (1)$$

式中,  $i=1,2,3 \dots m; j=1,2,3 \dots n; g_j$  为差异性系数;  $W_j$  为第  $j$  个指标的权重

### 指数测度计量模型

$$U_j = \sum_{j=1}^n W_j X_j \quad (2)$$

式中,  $U_j$  为第  $j$  项指标的综合指数得分;  $W_j$  为第  $j$  项

## 2 研究对象、方法及数据来源

### 2.1 研究对象

对于研究城市的选择,选取西北地区地级以上城市作为研究对象,由于青海海东市以及新疆哈密市和吐鲁番市数据缺失严重而剔除,因此本文研究对象包括陕西10个地级市、甘肃12个地级市、青海1个地级市、宁夏5个地级市和新疆2个地级市共30个地级市(表1)。

指标的权重;  $X_j$  为第  $j$  项指标的标准化数值

### 2) 莫兰指数

莫兰指数分为全局莫兰指数和局部莫兰指数,全局莫兰指数主要用于检测空间是否出现集聚或者异常值,局部莫兰指数则可以判定集聚或异常值的具体位置。莫兰指数归一化后处于  $[-1,1]$  范围内,小于0表示呈现空间负相关,大于0表示呈现空间正相关,0表示呈随机性。

$$Moran's I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

式中,  $n$  为研究区域单元数,  $X_i$  和  $X_j$  分别为区域  $i$  和  $j$  的观测值,  $w_{ij}$  为空间权重矩阵中的元素,表示  $i$  与  $j$  之间的空间关联性。

### 2.3 数据来源

本研究数据为2008—2018年西北地区30个地级以上城市的面板数据,为使数据可获得性更高,本文数据采用的是各市的行政范围。数据主要来源于2009—2019年《中国城市统计年鉴》《陕西统计年鉴》《甘肃发展年鉴》《青海统计年鉴》《宁夏统计年鉴》《新疆统计年鉴》、2008—2018年《中国城

市建设统计年鉴》、各地级市统计年鉴及统计公报,其中经济指标已消除价格因素,缺失值通过均值法补齐。

### 3 西北地区城市韧性水平测度及其演变特征

#### 3.1 西北地区城市韧性测度

借鉴已有学者对城市韧性的研究及数据可获得性,在遵循科学性、客观性、可比性、可量化等原则的基础上,从经济韧性、社会韧性、生态韧性和基础设施韧性4个维度选择指标测度西北地区城市韧性<sup>[9-10,14,38-39]</sup>。经济韧性反映城市在面对外界经济干扰时保持原有经济能力的特性,从发展水平、产业结构、财政金融服务能力、资金回流和利用等6个指标进行衡量;社会韧性表示城市在遭遇突发事件时维持社会稳定能力,从居民失业情况、公共服

务等5个指标衡量;生态韧性表示城市在面对生态环境破坏与恶化时恢复生态环境的能力,从绿化率、“三废”排放和污染物处理和利用等6个指标衡量;基础设施韧性表示在城镇化进程中各项基础设施建设和服务能力,从通信、排水、气、道路交通等5个指标衡量。需要说明的是,市辖区城镇登记失业率借鉴李卫兵<sup>[40]</sup>等对劳动投入的计算方法,就业人数=城镇私营和个体从业人员+年末单位从业人员数,城镇登记失业率=失业人数/(失业人数+就业人数)×100%。熵值法确定的指标权重如表2所示。

#### 3.2 城市韧性时间演变特征

通过熵值法对西北地区30个地级以上城市2008—2018年数据进行综合测算,本文截取3个时间点和城市排名显示,30个城市韧性水平的综合得分见表3。

表2 城市韧性水平评价指标体系及权重

目标层	维度层	权重	指标层	权重
城市韧性	经济韧性	0.2786	市辖区人均GDP(元)	0.0753
			市辖区第三产业占GDP比重(%)	0.0587
			市辖区金融机构存贷款余额/GDP(%)	0.0518
			市辖区财政支出/财政收入(%)	0.0217
			市辖区人均固定资产投资额(元)	0.0071
			市辖区居民人均年末储蓄余额(元)	0.0641
	社会韧性	0.2267	市辖区城镇登记失业率(%)	0.0187
			市辖区每万人医院病床张数(张/万人)	0.0382
			市辖区每万人普通高校在校生人数(人)	0.0671
			全市人均邮电业务量(元)	0.0345
	生态韧性	0.2225	全市社会保险覆盖率(%)	0.0682
			市辖区建成区绿化覆盖率(%)	0.0384
			全市单位GDP工业废水排放量(万吨/万元)	0.0039
			全市单位GDP工业二氧化硫排放量(吨/万元)	0.0309
			全市单位GDP工业烟(粉)尘排放量(吨/万元)	0.0312
			全市生活垃圾无害化处理率(%)	0.0443
	基础设施韧性	0.2722	全市工业固体废物综合利用率(%)	0.0738
			全市互联网普及率(%)	0.0385
市辖区每万人拥有公共汽车辆(辆/万人)			0.0606	
市辖区城市人均道路面积(平方米/人)			0.0572	
市辖区燃气普及率(%)			0.0606	
			建成区排水管道密度(公里/平方公里)	0.0554

表3 西北地区城市韧性水平综合得分

城市	2008	排名	2013	排名	2018	排名	城市	2008	排名	2013	排名	2018	排名
西安市	0.4950	1	0.5766	1	0.5480	7	武威市	0.2916	21	0.3237	29	0.4025	25
铜川市	0.2702	25	0.3494	24	0.4534	14	张掖市	0.3404	14	0.3675	18	0.4476	15
宝鸡市	0.3349	15	0.3926	13	0.4439	17	平凉市	0.2898	22	0.3603	19	0.5079	9
咸阳市	0.3888	8	0.4456	9	0.5518	6	酒泉市	0.3644	9	0.3976	12	0.4601	13
渭南市	0.2672	26	0.3844	14	0.4322	19	庆阳市	0.3346	16	0.3826	16	0.4451	16
延安市	0.3527	11	0.4464	7	0.4616	12	定西市	0.2464	28	0.3523	21	0.4058	22
汉中市	0.3481	12	0.3983	11	0.4055	23	陇南市	0.2273	29	0.3035	30	0.3312	30
榆林市	0.3473	13	0.4143	10	0.4132	21	西宁市	0.4152	5	0.5283	4	0.6662	1
安康市	0.3182	17	0.3512	22	0.3856	27	银川市	0.4212	4	0.5485	2	0.5727	5
商洛市	0.2553	27	0.3251	28	0.3547	29	石嘴山市	0.3100	19	0.3839	15	0.4708	11
兰州市	0.4107	6	0.5129	6	0.6605	2	吴忠市	0.2874	23	0.3714	17	0.4006	26
嘉峪关市	0.4100	7	0.4456	8	0.5451	8	固原市	0.3549	10	0.3602	20	0.4273	20
金昌市	0.3034	20	0.3382	26	0.4816	10	中卫市	0.2866	24	0.3502	23	0.3644	28
白银市	0.2207	30	0.3463	25	0.4374	18	乌鲁木齐市	0.4364	3	0.5136	5	0.6411	4
天水市	0.3122	18	0.3310	27	0.4032	24	克拉玛依市	0.4539	2	0.5305	3	0.6481	3

### 1) 西北地区城市韧性水平及变动趋势

随着西部大开发战略的实施,西北地区发展速度加快,城市韧性水平总体提高,但城市间差距也逐渐扩大。2008年除了5个省会城市外,只有嘉峪关和克拉玛依高于西北地区平均水平,整体韧性水平偏低,城市间韧性差异大;在2018年,除汉中、安康、商洛、天水、武威、定西、陇南、吴忠、中卫这9个城市外都已超过平均水平,城市韧性度已经有了提升,但城市间差距持续扩大,从2008年的0.2743扩大到2018年的0.3350。从城市排名来看,乌鲁木齐、克拉玛依、银川和西宁4个城市稳居前5,排名上升幅度较大的城市有铜川、金昌、白银和平凉,主要位于甘肃省,排名明显下降的城市有西安、汉中、榆林、安康、天水和固原,主要位于陕西省,经对比发现排名幅度变动大的城市差异主要源于生态韧性的变动,排名上升的城市生态韧性提升明显,相反,排名下降的城市生态韧性增幅极小甚至多为负增长,这与甘肃省近几年对生态城市建设的大力投入和陕西省追求经济忽视生态环境保护有关。具体来看有两个城市排名变动值得关注,分别为克拉玛依和西安,克拉玛依作为非省会城市稳居前列,这是因为克拉玛依作为石油城市,城市经济实力强,引水工程的实施使得该市生态环境有了明显的变化,而西安作为省会城市以及西部中心城市排名

下降可能与西安生态韧性负增长有关,生态环境破坏致使西安整体城市韧性水平受到影响。

### 2) 西北地区城市韧性增幅情况

由表3城市韧性水平的综合得分可以看出,在2008—2018年期间,西北地区30个地级以上城市韧性水平均呈波动增长态势,增长幅度最大的城市是西宁和兰州,分别从2008年的0.4152、0.4107增长到2018年的0.6662、0.6605,这是因为西宁、兰州作为西部地区重要中心城市,与周边城市联系紧密,融合互动能力强,且2018年兰西城市群建设为其发展提供了重大机遇,经济、社会、生态韧性等方面都有提升;增长幅度最小的城市为西安,城市韧性2008年为0.4950,截止到2018年仅增长0.053,西安总体韧性水平增长缓慢在于虽然经济韧性、社会韧性和基础设施韧性增长但增幅较小,以及生态韧性近几年呈负增长趋势。

### 3) 西北地区城市韧性水平划分

为便于直观了解西北地区韧性水平以及演变转化,将城市韧性水平进行划分(图1),由于自然断裂法对数据的分类是将相似值分为一组,使各个类之间差异最大化,由于不同年份韧性水平差异较大,运用自然断裂法无法对数据组做纵向对比分析,本文借鉴张婷婷<sup>[41]</sup>对城市韧性水平的类型划分,将城市韧性水平在(0,1)范围内按等间隔分类

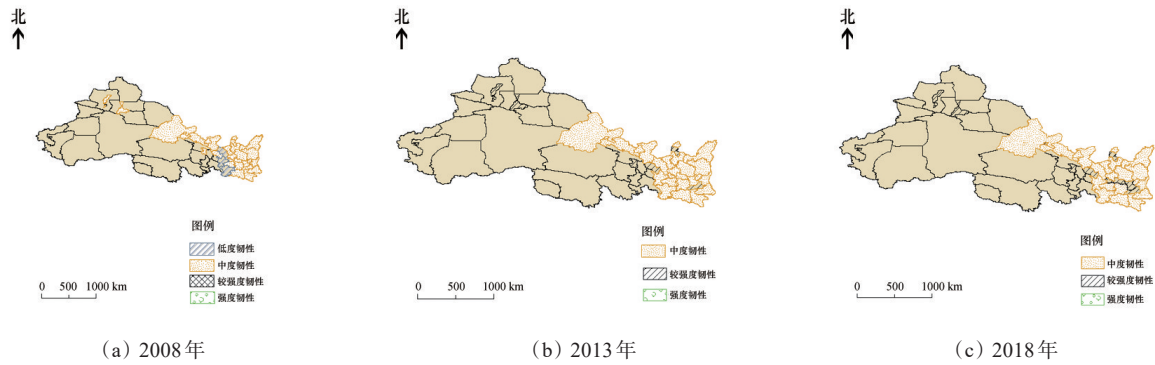


图1 西北五省(区)韧性水平划分(图片由作者根据文章数据绘制得出)

法划分为4个等级,小于0.25为低度韧性,介于0.25~0.50之间(含0.25)为中度韧性,介于0.50~0.75之间(含0.50)为较强度韧性,大于0.75(含0.75)为强度韧性。

由图1所示,(a)2008年低度韧性城市有3个,中度韧性城市有27个,较强度城市和强度城市还没有,(b)2013年3个低度韧性城市提升为中度韧性城市,中度韧性城市中的西安、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐和克拉玛依转变为较强度城市,省会城市开始凸显,(c)2018年中度韧性城市中咸阳、嘉峪关和平凉加入较强度行列,但尚没有强度韧性城市。城市韧性度最高的城市主要为兰州、西安、西宁、银川和乌鲁木齐,这5个城市均为省会城市,这与省会城市要素聚集能力强、设施齐全、生态文明建设更加完善、社会服务水平高等优势条件相关。其他城市韧性水平虽然与省会城市有差距,但是由表3和图1发现,各个城市的韧性水平都在逐步提升。较强度韧性城市数量由2008年的0个到2013

年的6个再到2018年的9个;中度韧性城市数量由27个减少到24个再到21个,低度韧性城市数量由最初的3个减少到0个,低度韧性城市消失,韧性强的城市数量逐渐增加,这与西北地区近些年来加快经济发展、基础设施建设、社会建设以及对生态环境的保护分不开。

### 3.3 城市韧性空间演变特征

#### 1) 空间全局相关特征

使用 Arcgis 软件计算西北地区全局莫兰指数,见表4。除2009、2013和2014年莫兰指数不显著外,其他年份莫兰指数均大于0,表示存在空间正相关,但莫兰指数值较小,较高年份仅为0.1698和0.1123,其余年份均小于0.1,说明虽然空间正相关显著,但空间相关性并不太明显,这可能与文章选取的研究对象分布相对分散有关,本文研究城市中新疆地区只选取2个城市,青海只选取一个城市,在地理分布上与其他城市距离较远,这对于空间权重的构建和相关性的测算结果都会产生影响。

表4 西北地区城市韧性莫兰指数

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Moran's I	0.1698 <sup>*</sup>	0.0215	0.0326 <sup>*</sup>	0.0502 <sup>**</sup>	0.0310 <sup>*</sup>	0.0828	0.1123	0.0480 <sup>**</sup>	0.0567 <sup>**</sup>	0.0858 <sup>***</sup>	0.0855 <sup>***</sup>

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%水平下显著。

#### 2) 空间局部相关特征

局部莫兰指数与全局莫兰指数虽然相似,但存在差异,全局莫兰指数可以显示整体空间相关性以及相关程度,对于局部地区的相关性无法推算,比

如全局莫兰指数不显著,但局部地区莫兰指数可能显著,另外局部莫兰指数可以判断邻近区间集聚和异常值情况。运用 Arcgis 进一步对局部地区集聚和异常值进行分析。

纵观西北地区聚类变化(图2),聚类主要为高高集聚,低低集聚情况较少,异常值主要为高低异常分布,不存在低高分布。整体来看,高高集聚较少,高低分布偏多,表明韧性水平较高城市对周围邻近城市的带动作用较强,但周围韧性水平较低城市仍占多数则说明一方面韧性水平高的城市数量仍不够多,少数城市带动压力较大,另一方面说明

西北地区韧性水平高的城市辐射带动作用较弱,带动作用仅覆盖邻近地区,稍远地区难以受益。存在低低集聚,而没有低高分布表明韧性水平低的城市,周围主要分布较低韧性水平城市,低值韧性城市周围需要集中力量优先建设一批高韧性水平城市,由优先发展地区带动整个区域韧性水平提升。

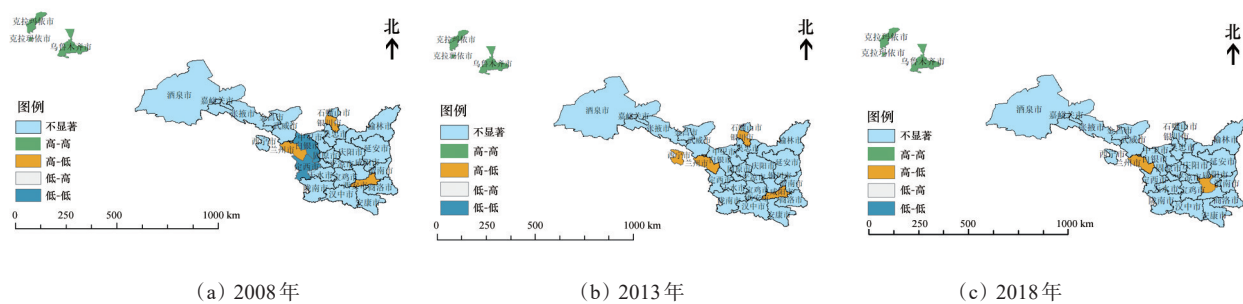


图2 西北地区聚类图(图片由作者根据文章数据绘制得出)

具体来看集聚和异常值分布,2008年高高(HH)为乌鲁木齐和克拉玛依,低低(LL)为白银和定西,高低(HL)为西安、兰州和银川;2013年HH为乌鲁木齐和克拉玛依,HL为西宁、西安、兰州和银川;2018年HH为乌鲁木齐和克拉玛依,HL为咸阳和兰州。高高集聚一直集中在新疆2个城市,新疆2个城市韧性水平均较高,且互相促进,与其他城市距离较远使这2个城市辐射带动作用难以发挥出来。低低集聚在2008年出现在白银和定西,主要因为甘肃省在2008年城市韧性整体偏低,在近近年来随着城市韧性水平整体提高,低低集聚现象不再出现。高低分布在前期主要集中在西安、兰州和银川几个省会城市,韧性水平较高,但能力不足以带动周围地区,在近期转移到咸阳和兰州,西咸新区的建设带动了咸阳的发展水平,使咸阳韧性水平综合提高,未来应把带动周边城市发展作为发展任务之一,而兰州仍是高低分布区域,兰州发展速度近期始终低于曾经的对标城市西安,兰州崛起是兰西城市群发展的关键,兰州的发展不仅对于兰西城市群有着重要意义,对带动周边城市发展更有着深远影响。

## 4 西北地区城市韧性影响因素分析

前文根据城市韧性概念内涵建立指标体系对西北地区城市韧性进行测度,分析西北地区城市韧性变化趋势,找到城市韧性水平的优势和劣势。这种优势和劣势及其变化是如何形成的,就需要进一步分析影响西北地区城市韧性变化的因素或原因,为提升城市韧性水平提供前期基础。由于在对西北城市间空间相关性测算过程中发现个别年份结果不显著,且整体相关程度较弱,不适宜做空间计量分析,故采用面板回归分析各解释变量对城市韧性影响程度。

### 4.1 变量选取和数据来源

#### 1) 被解释变量

以中国西北地区城市韧性水平(CR)作为因变量。

#### 2) 解释变量

在考虑了城市韧性的概念内涵后,结合学者已有研究选取以下解释变量。

开放度(OPE)可以反映城市对外贸易与GDP之间的联系,提高外贸水平有利于资源要素积累,

加速产业结构转变,从而具备抵御外界风险的能力<sup>[11]</sup>,对外开放度用进出口总额与GDP比重来反映。

金融方面(FIN),金融规模扩大有利于吸收社会闲散资金,提高社会资金利用效率,为社会、经济建设提供资金支持,对城市工程建设意义重大<sup>[11]</sup>。借鉴朱金鹤等<sup>[11]</sup>使用金融机构存贷款总额与GDP比重来测度金融方面对城市韧性的影响程度。

经济基础对城市韧性水平也起着重要作用,人均社会消费品零售额(ECO1)可以反映城市的消费水平以及面对冲击时经济体受影响程度,以此次疫情为例,人均社会消费品零售额由于电商的快速发展,并未受到像非典时期的严重程度;第三产业占GDP比重(ECO2)可以反映产业结构对GDP的贡献程度,产业结构越优化,GDP的增长幅度和质量越高,城市应对经济冲击的能力会更强。

行政方面(GOV),国家、政府对城市的指导程度直接关系到城市的发展效果,有力、高效的行政干预对城市发展起着重要的推动作用,不仅可以给予当地全面合理的规划意见,对经济、政治的支持也不容忽视。对于行政方面的测度,本文采用公共财政支出占GDP比重来度量,通过考察财政支出对经济的作用程度来分析在城市应对冲击时行政干预力度对城市韧性的影响程度。

社会方面(SOC),社会整体发展水平和所处阶段以及对资源的利用程度对地区抵御冲击的能力也会有所影响,其中对城镇化率和人口密度的研究居多,城镇化水平与城镇规模相关,从而会影响城市韧性水平;人口密度直接影响到对社会资源的分配和使用,人口密度高,人力资源比较丰富,对地区发展可以起着推动作用,在城市遭遇突发情况时可以提供大量的人力,促进城市快速恢复,但另一方面,人口密度过高,会占用资源,也会影响周边城市的发展。由于城镇化率数据缺失严重,本文只考虑人口密度对城市韧性的影响。

科学技术(TEC)水平以及一个地区在科技方面的投入一定程度决定着该地区在新发展阶段能够适应的程度,科学技术投入高的地区,科技水平

也相对更高,对于社会变化的把握也更准确,适应能力也更强,因此本文借鉴张鹏等<sup>[14]</sup>对科学技术指标的选取,采用公共财政支出中科教支出占比来度量科学技术对城市韧性的影响。在“数字经济”时代,科学技术在地区发展过程中所占比重更加突出,在疫情期间,经济受影响较小的地区,科技水平也都较高。

### 3) 数据来源

本部分所需数据取自2009—2019年《中国城市统计年鉴》及各省级、地级统计年鉴和发展公报。

## 4.2 模型设定与数据处理

### 1) 模型设定

$$LNCR_{it} = \alpha + \beta_1 LNOPE_{it} + \beta_2 LNFIN_{it} + \beta_3 LNECO1_{it} + \beta_4 LNECO2_{it} + \beta_5 LNGOV_{it} + \beta_6 LNSOC_{it} + \beta_7 LNTEC_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (4)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 30 \quad t = 1, 2, 3, \dots, 11)$$

式中, $\varepsilon_{it}$ 表示误差项, $i$ 、 $t$ 表示城市和年份,被解释变量设为 $CR_{it}$ ,即城市 $i$ 在第 $t$ 年的城市韧性水平,其他均为选取的影响因素指标。

### 2) 数据处理

选取中国西北地区30个地级以上城市2008—2018年11年的面板数据,从经济、社会、行政、科技等方面选取7个指标对城市韧性影响因素进行分析,为保证模型结果的稳定性,对变量做对数化处理,各变量的描述统计见表5。

表5 变量描述统计

变量	样本容量	均值	标准差	最小值	最大值
CR	330	0.340	0.0640	0.1990	0.511
ENR	330	0.0813	0.0290	0.0380	0.182
SR	330	0.0520	0.0233	0.0210	0.127
ELR	330	0.154	0.0226	0.0745	0.192
IR	330	0.0968	0.0307	0.00682	0.192
OPE	330	0.0905	0.1370	0.00003	1.033
FIN	330	1.304	0.3920	0.4450	3.028
ECO1	330	3.755	0.3610	2.2600	4.280
ECO2	330	9.361	0.8390	5.676	11.16
GOV	330	0.169	0.0937	0.0250	0.724
SOC	330	5.519	1.041	3.683	8.287
TEC	330	0.184	0.0515	0.0638	0.317

### 4.3 实证分析

#### 1) 整体回归

在进行回归分析之前选择适用的计量模型,首先判定固定效应、随机效应和混合 OLS 估计的适用性,检验个体效应(混合效应还是固定效应),F 检验结果通过说明固定效应优于混合 OLS 模型,检验时间效应(混合效应还是随机效应),LM 检验结果也通过说明随机效应优于混合 OLS 模型;其次在固定效应和随机效应模型间进行判断,通过 Hausman 检验发现  $Prob>chi2 = 0.0000$ ,其在 1% 水平上拒绝原假设,可选择固定效应模型。最后对固定效应模型进行异方差检验,发现其存在组间异方差,故采用广义最小二乘法(FGLS)消除异方差影响,并以此作为基准模型。如表 6 所示,回归(1)-(4)分别代表固定效应、随机效应、OLS 和 FGLS 模型的估计结果。

表 6 全样本检验回归结果

CR	FE(1)	RE(2)	OLS(3)	FGLS(4)
OPE	-0.0727*** (-3.733)	-0.00354 (-0.162)	-0.00354 (-0.162)	-0.0362** (-2.226)
FIN	0.0335*** (4.380)	0.0113** (2.125)	0.0113** (2.125)	0.0105** (2.213)
ECO1	0.0108 (1.266)	0.0392*** (4.652)	0.0392*** (4.652)	0.0369*** (5.446)
ECO2	0.0512*** (14.12)	0.0452*** (14.68)	0.0452*** (14.68)	0.0522*** (19.57)
GOV	-0.103*** (-2.905)	-0.0245 (-0.847)	-0.0245 (-0.847)	-0.100*** (-4.250)
SOC	-0.000692 (-0.300)	0.00725 (1.456)	0.00725 (1.456)	0.00394** (2.483)
TEC	-0.0187 (-0.330)	-0.0470 (-0.977)	-0.0470 (-0.977)	-0.0988*** (-2.612)
Constant	-0.192*** (-4.323)	-0.272*** (-6.351)	-0.272*** (-6.351)	-0.288*** (-9.041)
Observations	330	330	330	330
R-squared	0.655	—	—	—
Number of id	—	30	30	30

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$

可以发现,本文选取的 7 个影响因素对城市韧性影响均显著,其中,开放度、行政力和科学技术对城市韧性有负向作用,其余因素对城市韧性作用为正;从影响程度看,行政力对城市韧性影响最大,财

政支出占 GDP 比重每增加 1%,城市韧性平均减少 10%,说明政府干预对城市韧性作用为负,政府的过度干预会使城市抵御冲击的能力降低,这与政府指导缺乏灵活性和市场性的弊端有关。其次是科学技术,科技投入每增加 1%,城市韧性平均降低 9.8%,这与预测方向相反,这与科学技术的更新换代快、成效有延时性以及科技投入可能存在门槛有关,科学技术方面投入的成本较高,得到的成果较慢甚至有时不能取得预计的效果,沉没成本较高,加之这一行业更新快的特性,需要不断加大投入研发成本,这就使城市在面对冲击时的抗压性降低,对于科学技术对城市韧性的影响程度还需要进一步研究。然后是经济方面和开放度。经济方面对城市韧性的影响均表现为正,人均社会消费品零售额每增加 1%,城市韧性提升 5%,第三产业占比每增长 1%,城市韧性增加 3%,经济水平越高,城市韧性的水平也越高;开放度对城市韧性作用呈负向,对外开放虽然可以加强与外部联系,增强交流,促进贸易往来,但是较高的对外开放水平会使当地对外开放度和依存度提升,受到外界影响的可能性更大。金融和社会因素对城市韧性的影响虽然显著,但是影响程度较小。

#### 2) 城市韧性各分项回归

为进一步探究各因素对每个子系统的影响,本文对子系统进行了检验回归(以 FGLS 作为基准模型),结果见表 7。

开放度对 4 个子系统的影响均显著,对经济韧性和社会韧性作用为正,对生态韧性和基础设施韧性作用为负,相比经济和社会韧性,对生态韧性与基础设施韧性的影响程度更高,这可能是导致开放度对整体城市韧性为负向作用的原因。行政力对社会韧性和基础设施韧性影响显著,方向均为负,对经济韧性和生态韧性影响不显著,说明政府的过度干预不利于城市韧性的提升。科学技术对子系统的影响比较复杂,对经济韧性的影响不显著,对社会韧性和基础设施韧性作用为负,对生态韧性作用为正,导致科技对总体韧性呈负向影响。经济方面的 2 个因素对 4 个子系统均显著,大体都为正向影响,但主要对经济韧性影响力更大,对其他 3 个

子系统作用较小。

表7 子系统检验回归结果

	ENR(5)	SR(6)	ELR(7)	IR(8)
OPE	0.0346*** (5.250)	0.0412*** (5.010)	-0.0559*** (-6.191)	-0.0399*** (-4.105)
FIN	0.00934*** (4.427)	0.00273 (1.394)	-0.00278 (-0.953)	0.0112*** (3.826)
ECO1	0.0366*** (12.90)	0.00886*** (2.635)	0.00620* (1.695)	-0.00440 (-1.236)
ECO2	0.0243*** (20.49)	0.00905*** (7.069)	0.00788*** (5.033)	0.0186*** (12.22)
GOV	3.36e-05 (0.00310)	-0.0608*** (-5.914)	0.0185 (1.395)	-0.0888*** (-6.720)
SOC	-0.00443*** (-6.169)	0.00223*** (2.610)	0.00328*** (3.799)	-0.00176** (-2.153)
TEC	0.0251 (1.494)	-0.0395** (-2.143)	0.0437* (1.941)	-0.110*** (-4.768)
Constant	-0.282*** (-20.78)	-0.0702*** (-4.370)	0.0376** (1.999)	-0.0268 (-1.485)
Observations	330	330	330	330
Number of id	30	30	30	30

注:\*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$

## 5 结论

通过对中国西北地区城市韧性进行测度并对其进行影响因素进行分析,得出如下结论:1)中国西北地区城市韧性水平差距逐渐扩大,总体为中等偏上水平,主要为中度和较强度水平,较强度韧性城市相对较少,主要为省会城市,强度韧性城市目前还没有形成;2)部分城市排名变化较大主要归因于对生态环境的重视程度不同,加强生态保护使甘肃省城市排名向前移,而缺乏环境治理投入的陕西省城市排名则出现下滑;3)由于高韧性水平城市缺乏且带动作用不足,西北地区城市韧性出现高高集聚稀少,高低分布居多的空间分布格局;4)行政力和科学技术对城市韧性的影响最大,其次是经济和开放度,金融和社会方面虽然显著,但影响力较小;5)行政力和科技对社会韧性和基础设施韧性影响显著,且方向为负,经济因素对4个子系统影响显著,方向为正,开放度对经济韧性和社会韧性影响为正,对生态韧性和基础设施韧性为负。

针对上述研究结果,本文提出以下对策建议:

1)优先发展省会城市,发挥省会城市示范带动作用。加强省会城市建设,优先发展一批高韧性城市,以省会城市为主力,省内次级城市为衔接,加强不同层级城市间的交流和联系,同时依托兰西城市群和乌昌石城市群,加强省内、省外联动,带动水平较低的城市向较强度水平转变。

2)积极参与黄河流域生态保护,助力西北地区生态建设。生态环境治理始终是西北地区城市发展不可逾越的问题,西北地区除新疆外,均处于黄河流域上中游,既有黄土高原等生态廊道,也有祁连山等生态功能区,西北地区要实现高质量发展,建设综合韧性城市,必须担负起保护生态、涵养水源的重要任务。

3)优化政府职能,建设“有为”政府。在经济发展过程中要发挥市场决定性作用,政府要转换服务角色,规范财政预算和支出体系,提高财政支出在基础设施和社会公共服务领域的利用效率;提高政府服务能力,科学规划和制定地区发展任务,特别是五个重要中心城市。

4)加大科技教育投入,为韧性城市建设注入持久活力。科技教育虽然目前对城市韧性作用为负,但仍需持续关注,应完善科技创新体系,加大教育投入,特别是基础教育和职业教育;加强与先进地区的科技交流,引进先进科学技术,加强优秀人才引进,壮大研究队伍,促进科学技术成果转化。

5)发展高水平开放型经济,提高西北地区开放水平。推动西北地区对外开放由商品和要素流动型逐步向规则制度型转变,落实外商投资管理制度,有序开放制造业,逐步放宽服务业准入,推动西北地区优势产业企业积极参与国际产能合作。

## 参考文献(References)

- [1] 高大上!海盐启动“全球100韧性城市”项目[EB/OL]. (2017-02-20) [2020-08-23]. <https://zj.zjol.com.cn/news/562249.html>.
- [2] 中国四城市入选全球100韧性城市项目[EB/OL]. (2017-02-27) [2020-08-23]. [http://zqb.cyol.com/html/2017-02/27/nw.D110000zgqnb\\_20170227\\_4-12.htm](http://zqb.cyol.com/html/2017-02/27/nw.D110000zgqnb_20170227_4-12.htm).
- [3] 高云虹,张彦淑,杨明婕,等.西部大开发20年:西北地区

- 区与西南地区的对比[J]. 区域经济评论, 2020(5): 36-51.
- [4] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems [J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4 (4): 1-23.
- [5] Berkes F, Folke C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998: 13-20.
- [6] Carpenter S, Walker B, Anderies J M, et al. From metaphor to measurement: resilience of what to what[J]. Ecosystems, 2001, 4(8): 765-781.
- [7] Folke C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses[J]. Global Environmental Change, 2006, 16(3): 253-267.
- [8] Safa M, Jorge R, Eugenia K, et al. Modeling sustainability: Population, inequality, consumption, and bidirectional coupling of the earth and human systems[J]. National Science Review, 2016, 3(12): 470-494.
- [9] 陈韶清, 夏安桃. 长江中游城市群城市韧性与规模关系的时空分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2020, 43 (3): 10-17.
- [10] 周倩, 刘德林. 长三角城市群城市韧性与城镇化水平耦合协调发展研究[J]. 水土保持研究, 2020, 27(4): 286-292.
- [11] 张明斗, 冯晓青. 长三角城市群内各城市的城市韧性与经济发展水平的协调性对比研究[J]. 城市发展研究, 2019, 26(1): 82-91.
- [12] 朱金鹤, 孙红雪. 中国三大城市群城市韧性时空演进与影响因素研究[J]. 软科学, 2020, 34(2): 72-79.
- [13] 程皓, 阳国亮, 纪晓君, 等. 中国十大城市群城市韧性与环境压力脱钩关系研究[J]. 统计与决策, 2019, 35 (7): 79-83.
- [14] 张明斗, 李维露. 东北地区城市韧性水平的空间差异与收敛性研究[J]. 工业技术经济, 2020, 39(5): 3-12.
- [15] 张鹏, 于伟, 张延伟, 等. 山东省城市韧性的时空分异及其影响因素[J]. 城市问题, 2018(9): 27-34.
- [16] 张慧, 刘耀龙, 冯洁瑶, 等. 城市化质量、城市韧性对洪涝灾害风险的影响——基于山西 11 个地级市面板数据[J]. 经济问题, 2020(4): 114-120.
- [17] 于洋, 吴茸茸, 谭新, 等. 平疫结合的城市韧性社区建设与规划应对[J]. 规划师, 2020, 36(6): 94-97.
- [18] 臧鑫宇, 王峤. 城市韧性的概念演进、研究内容与发展趋势[J]. 科技导报, 2019, 37(22): 94-104.
- [19] 刘严萍, 王慧飞, 钱洪伟, 等. 城市韧性: 内涵与评价体系研究[J]. 灾害学, 2019, 34(01): 8-12.
- [20] 白立敏, 修春亮, 冯兴华, 等. 中国城市韧性综合评估及其时空分异特征[J]. 世界地理研究, 2019, 28(6): 77-87.
- [21] 张明斗, 冯晓青. 中国城市韧性度综合评价[J]. 城市问题, 2018(10): 27-36.
- [22] 刘强, 杨东. 高铁网络对西北城市旅游经济联系的空间影响[J]. 地域研究与开发, 2019, 38(1): 95-99.
- [23] 屈小爽. “丝绸之路经济带”西北旅游城市旅游效率评价[J]. 统计与决策, 2017(10): 70-74.
- [24] 杨发鹏, 张雪唱, 李宗阳, 等. 城市旅游“三生”竞争力空间分异——以西北地区为例[J]. 干旱区地理, 2019, 42(3): 664-672.
- [25] 张雯, 纪俊, 何剑, 等. 丝绸之路经济带西北沿线城市产业结构趋同性分析[J]. 商业经济研究, 2016(22): 205-207.
- [26] 单菲菲, 罗晶. 新时代城市民族互嵌式社区的建设与治理——基于西北地区四个社区的调查[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2019, 39(3): 13-17.
- [27] 沙彦奋. 从“围寺而居”到“互嵌型社区”——西北民族地区城市回族社区及其结构的历史变迁[J]. 黑龙江民族丛刊, 2017(6): 46-52.
- [28] 祁虹. 近代以来西北城市穆斯林公共领域的转型及内在机制[J]. 西北师大学报(社会科学版), 2018, 55(1): 129-135.
- [29] 郭倩倩, 张志斌, 师晶, 等. 中国西北地区城市网络结构的时空演变——基于铁路客运流视角的分析[J]. 城市问题, 2019(9): 19-27.
- [30] 冯斌, 陈晓健. 西北中小城市建设用地增长的特征、动因及其分类引导[J]. 干旱区地理, 2019, 42(2): 376-384.
- [31] 赵梦圆, 王建龙, 苏选军, 等. 西北干旱地区海绵城市建设途径探讨[J]. 环境工程, 2019, 37(7): 18-24.
- [32] 朱江, 王国玉, 马竣才, 等. 西北地区海绵城市建设“治山”模式初探——以西宁市海绵城市建设试点 13 排水分区总体规划为例[J]. 中国园林, 2018, 34(增刊 1): 33-38.
- [33] 赵逸超, 王正中, 刘铨鸿, 等. 西北旱区海绵城市建设中雨洪资源量分析[J]. 中国农村水利水电, 2017(10): 18-22.
- [34] 杨燕萍, 陈强, 王莉娜, 等. 西北工业城市冬季 PM<sub>2.5</sub> 污染特征及理化性质[J]. 环境科学, 2020, 41(12): 5267-5275.
- [35] 毛潇莹, 李子璇, 宋世杰, 等. 我国西北工业区城市大气多氯联苯来源及健康风险[J]. 环境科学, 2020, 41 (12): 5352-5361.
- [36] 李扬, 谭全银, 董庆银, 等. 中国西北典型城市西宁生活垃圾产生及回收[J]. 环境污染与防治, 2020, 42(3): 385-388, 394.

- [37] 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[J]. 地理科学, 2020, 40(2): 173-181.
- [38] 李建龙, 孙钰. 京津冀城市韧性的时空演变及提升策略研究[J]. 城市, 2020(9): 16-25.
- [39] 冯洁瑶, 刘耀龙, 王军, 等. 经济发展水平、环境压力对城市韧性的影响——基于山西省 11 个地级市面板数据[J]. 生态经济, 2020, 36(9): 101-106+163.
- [40] 李卫兵, 涂蕾. 中国城市绿色全要素生产率的空间差异与收敛性分析[J]. 城市问题, 2017(9): 55-63.
- [41] 张婷婷. 江苏省城市经济韧性的时空演变特征研究[J]. 无锡商业职业技术学院学报, 2018, 18(3): 1-8.

## Measurement of urban resilience and its influencing factors in Northwest China

GAO Zhigang, DING Yuying

School of Economics, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi 830012, China

**Abstract** Since the implementation of the western development strategy, great achievements have been made in the economic development, the ecological environment and the social development of the western region. Compared with the southwest region, the development speed of the northwest region slowed down in recent ten years, and the gap between the northwest region and the southwest region has gradually widened. In 2020, the western region will usher in a new pattern of development. How to seize the opportunity, narrow the gap with the southwest region and achieve a high-quality development in the northwest region becomes an important research topic. Firstly, the toughness levels of the 30 cities above the prefecture level in Northwest China from 2008 to 2018 are comprehensively measured by the entropy method, and the difference of the toughness levels among the cities is analyzed. Finally, the main factors affecting the urban toughness are analyzed by the panel regression of the 30 cities, and the conclusions are as follows: (1) The gap of the urban resilience level in Northwest China is gradually widening, generally in the upper-middle level, mainly in the medium and relatively strong level, with few cities with a relatively strong resilience, mainly the provincial capitals, without a city with a strong resilience; (2) The great change in the ranking of some cities is mainly due to the different emphasis on the ecological environment. Strengthening the ecological protection makes the ranking of the cities in Gansu Province move upward, while the ranking of the cities in Shaanxi Province, due to the lack of the investment in the environmental governance, goes downward; (3) Due to the lack of cities with a high toughness level and the insufficient driving effect, the urban toughness in Northwest China shows a spatial distribution pattern of few very high level, some relatively high and low levels; (4) The administrative power and science and technology have the greatest influence on the urban resilience, followed by the economy and the openness. Although the financial and social aspects are very important, they do not have a great influence; (5) Administrative power and science and technology have a significant impact on the social resilience and the infrastructure resilience, a negative impact; the economic factors have a significant impact on the four subsystems, a positive impact; the openness has a positive impact on the economic resilience and the social resilience, while it has a negative impact on the ecological resilience and the infrastructure resilience.

**Keywords** northwest region; urban resilience; measure ●



(责任编辑 祝叶华)