

资源型城市脆弱性评价

——以攀枝花市为例*¹

张梅 罗怀良* 陈林

(四川师范大学地理与资源科学学院, 四川成都 610101)

【摘要】:资源型城市作为一类特殊类型的城市,其脆弱性涉及资源、生态环境、经济和社会等多个方面。探讨资源型城市脆弱性测度及动态演变特征对其转型发展具有重要意义。以西南地区典型资源型城市攀枝花市为研究对象,通过构建脆弱性测度指标体系,利用层次分析法确定指标权重,采用多因子综合评价法研究其脆弱性及动态。结果表明:(1)攀枝花市2006~2015年城市综合脆弱性总体呈下降趋势。其综合脆弱性指数从2006年的0.74下降到2015年的0.37,经历较高脆弱度、中脆弱度和较低脆弱度的演变;(2)该市近10a来分系统中资源脆弱性年均值最大(0.57),其次为经济脆弱性(0.50),社会脆弱性(0.46)和生态环境脆弱性(0.43)相对较小。其中资源、生态环境和社会脆弱性均呈下降趋势,年均变化幅度分别为0.10、0.10、0.08,经济脆弱性呈振荡上升,年均变化幅度最大(0.13);(3)该市近10a来经济系统对城市综合脆弱性贡献度上升明显(由2006年的15.53%上升到2015年的70.03%),同时社会脆弱性也较突出(2015年达20.16%)。未来攀枝花市在转型与城市脆弱性调控上应坚持以经济转型为核心,推进资源综合利用;进一步加强矿产资源地质勘探;推进区域统筹发展,减少社会脆弱性;提高工业固体废物综合利用,加强生态环境建设。

【关键词】:资源型城市;脆弱性;攀枝花市

【中图分类号】:F299.2 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1004-8227(2018)05-1170-09

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201805024

脆弱性最早出现在工程领域,20世纪70年代初被引用到自然灾害领域^[1~3],随后又逐渐延伸到社会科学领域^[4]。在自然灾害、全球气候变化和生态环境等领域的大量研究,促进了有关脆弱性理论模型、动力机制与评价方法的发展^[5,6]。脆弱性评价多采用多指标构建定量模型的方法,逐渐由单一系统分析向关注多重扰动和耦合系统脆弱性分析转变^[7~10]。

城市作为一个耦合系统,其脆弱性研究包括内部和外部研究。城市外部脆弱性主要指全球气候变化下的脆弱性和自然灾害脆弱性,城市内部脆弱性包括资源脆弱性、生态脆弱性、经济脆弱性和社会脆弱性^[11]。20世纪80年代以来,我国资源型城市衰退引起了学术界的广泛关注。一些学者通过构建脆弱性指标体系^[12,13],探讨其脆弱性。矿业城市具有独特的生命周期,其经济发展具有典型的资源“路径依赖”及“锁定效应”^[14]。而成熟型资源城市作为现阶段我国能源资源安全保障的核心地区,其又处于转型的最佳和关键时期,其脆弱性更需密切关注。本文选取西南山地典型的成熟型资源城市攀枝花市作为研究对象,根

¹ 收稿日期:2017-07-14; 修回日期:2017-10-19

基金项目:教育部人文社科规划项目(15XJA790003)

作者简介:张梅(1993~),女,硕士研究生,主要从事资源开发与区域发展研究。E-mail:zhangm624@163.com

*通讯作者 E-mail:huaill@163.com

据该市实际情况选取相应指标体系，采用层次分析法和多因子综合评价法探讨攀枝花市近 10a 来的脆弱性及其动态，并提出相应的应对策略，以期为其转型发展提供理论依据。

1 研究区概况

攀枝花市位于我国西南川滇交界部，金沙江与雅砻江交汇处，是“四川南向门户”上重要的交通枢纽和商贸物资集散地。攀枝花市辖东区、西区、仁和区、米易县和盐边县，2015 年，其辖区面积为 7440.40km²，年末常住人口 123.25 万人。攀枝花市地处攀西裂谷中南段，位于干热河谷地区，地质灾害较为频繁^[15]。但山高谷深的地势条件也使得攀枝花市水能资源相当丰沛，人均水资源拥有量居全省前列。同时，攀枝花市钒钛资源丰富，被誉为“中国钒钛之都”，其得天独厚的矿产资源和水电资源为工业发展打下了坚实基础。2015 年，攀枝花市地区生产总值 925.18 亿元，人均地区生产总值为 75078 元，各区县工业化率均在 60%以上，“二三一”结构显著。该市各区县地域差异明显，城乡二元结构显著。其中，西区工业企业聚集；东区是全市政治、经济、文化、金融和商贸中心；仁和区和米易县农业相对其他区县较为发达；盐边是以山地地貌为主的山区县，经济发展较落后。

2 攀枝花市城市脆弱性评价方法

采用多因子综合评价法构建攀枝花市城市脆弱性评价指标体系，运用层次分析法计算指标权重，最终计算分系统脆弱性指数和城市综合脆弱性指数，并进行脆弱性等级划分。

2.1 攀枝花市城市脆弱性评价指标体系及指标选取

现有资源型城市脆弱性评价指标体系尚无统一标准。本文在国内学者研究^[16~19]基础上，结合攀枝花市实际情况，选取攀枝花市资源、生态环境、经济和社会 4 个方面共 32 个指标构成攀枝花市城市脆弱性评价指标体系(表 1)。

表 1 攀枝花市城市脆弱性综合测度指标体系

脆弱性子系统	指标名称	指标单位	指标类型
资源脆弱性	D1 单位 GDP 能耗	吨标准煤/万元	+
	D2 单位 GDP 电耗	kW·h/万元	+
	D3 单位 GDP 建设用地占用	m ² /万元	+
	D4 城市人均日生活用水量	升	+
	D5 有效灌溉面积	hm ²	-
	D6 人均耕地面积	hm ²	-
	D7 供水综合生产能力	10 ⁴ m ³ /d	-
	D8 建成区绿化覆盖率	%	-
	D9 森林覆盖率	%	-
	D10 人口密度	人/km ²	=
生态环境脆弱性	D11 空气质量优良天数比率	%	-
	D12 城市污水集中处理率	%	-

经济脆弱性	D13 工业固体废物综合利用率	%	-
	D14 生活垃圾无害化处理率	%	-
	D15 采矿业单位从业人员比重	%	+
	D16 制造业单位从业人员比重	%	-
	D17 第三产业增加值占 GDP 比重	%	-
	D18 规模以上工业企业成本费用利润率	%	-
	D19 规模以上工业企业资产负债率	%	+
	D20 规模以上工业企业产销率	%	-
	D21 R&D 投入占 GDP 的比重	%	-
	D22 科技支出占地方财政支出比重	%	-
社会脆弱性	D23 人口自然增长率	‰	=
	D24 人均 GDP	万元	-
	D25 万人普通高中在校学生数	人	-
	D26 城镇居民恩格尔系数	%	+
	D27 百人拥有国际互联网用户数	户	-
	D28 建成区排水管道密度	km/km ²	-
	D29 人均城市道路面积	m ²	-
	D30 社会救济对象人数	万人	+
	D31 城镇登记失业率	%	+
	D32 城镇居民社会养老保险参保率	%	-

注：指标类型“+”表示正向指标，“-”表示负向指标，“=”表示适度指标，即过大过小均不合理。

攀枝花市作为资源型城市，其资源脆弱性主要体现在资源实际可利用量与利用效率上。因此选取单位 GDP 能耗、单位 GDP 电耗、单位 GDP 建设用地占用面积等指标反映矿产资源及其他能源资源的利用效率。考虑到攀枝花发展农业具有得天独厚的气候条件，采用有效灌溉面积、人均耕地面积反映攀枝花市农业发展的资源支撑情况。同时，分别选取建成区绿化覆盖率、森林覆盖率作为生态脆弱性指标，将测度空气质量、城市污水处理、工业固体废物利用以及生活垃圾处理等指标作为人为环境脆弱性的影响因素。

城市经济良性发展不仅体现在经济结构上，还在于经济效益程度和经济创新程度^[11]。攀枝花市以矿产资源开采而兴起，采矿业单位从业人员比重代表其支柱产业发展态势；制造业作为攀枝花市现阶段转型的重要产业，其单位从业人员比重变化在一定程度上也表征其产业转型实践情况；第三产业蓬勃发展更是经济结构趋于合理化的重要体现。此外，作为典型工业城市，攀枝花市规模以上工业企业收益、负债、产销等情况体现了城市经济效益主要情况。

影响社会脆弱性的要素主要包括人口及人力资源、城市基础设施、社会保障等。而现阶段我国步入老龄化社会，社会保障制度对城市发展起着越来越重要的作用。由此，本文选取万人普通中学在校学生数、建成区排水管道密度、城市人均道路面积、城镇居民社会养老保险参保率等指标作为攀枝花市社会脆弱性测度指标。

2.2 攀枝花市城市脆弱性评价研究时段与数据来源

攀枝花市从 1965 年建市以来工业企业快速发展，资源开发逐渐从单一矿产资源开发向矿产资源、水能资源、农业资源和旅游资源的多元开发转变。随着资源开发和区域经济发展，攀枝花市作为资源型城市的问题逐渐显现。总体上讲，攀枝花市 2006 年进入循环经济发展时期，因此本文选取 2006~2015 年为研究时段，对该市近 10a 脆弱性及其动态进行测度研究。

本文数据主要来源于《四川统计年鉴》、《攀枝花统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《攀枝花市国民经济和社会发展统计公报》等。本文在同一指标选取上尽量采取统一数据来源，以保持数据一致性。其中，单位 GDP 能耗 2006~2013 年为等价值，2014、2015 年数据为 2010 年价格；单位 GDP 电耗以及单位 GDP 建设用地占用分别利用全社会用电量、城市现状建设用地面积除以 GDP 得到，GDP 换算为可比价；规模以上工业企业成本费用利润率 2006~2008 年数据由全部国有及规模以上非国有利润总额除以成本费用得到；规模以上工业企业资产负债率 2006~2008 年数据采用全部国有及规模以上非国有数据；规模以上工业企业产销率 2006~2008 年为规模以上工业销售值除以规模以上工业总产值计算得出；科技支出占地方财政支出比重由《四川统计年鉴》财政支出中科技支出除以财政支出求得；人均 GDP 按可比价进行换算。

2.3 数据标准化处理与指标权重确定

2.3.1 攀枝花市城市脆弱性指标标准化处理

采用研究时段内极大值、极小值、均值进行标准化处理，以消除量纲影响。当指标值越大，脆弱性越大时，则为正向指标。如单位 GDP 能耗、单位 GDP 电耗、单位 GDP 建设用地占用以及城市人均日生活用水等指标值越大，表示脆弱性程度越大，则为正向指标。当指标值越大，脆弱性越小时，则为负向指标。一些指标按理来说本不是指标值越大，脆弱性越小，而是达到某一水平则为较好状态。但其在研究时段内取值并未达到阈值，本文则将其视为负向指标，如制造业单位从业人员比重。当指标值在研究时段内过大或过小都不合理时，则为适度指标，如人口自然增长率。正向、负向及适度指标标准化处理公式依次为：

正向评价指标，值越大，脆弱性越大：

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - \min\{X_{ij}\}}{\max\{X_{ij}\} - \min\{X_{ij}\}} \quad (1)$$

负向评价指标，值越大，脆弱性越小：

$$x_{ij} = \frac{\max\{X_{ij}\} - X_{ij}}{\max\{X_{ij}\} - \min\{X_{ij}\}} \quad (2)$$

适度指标，即过大过小都不好：

$$x_{ij} = \frac{2 |X_{ij} - \bar{X}_i|}{\bar{X}_i} \quad (3)$$

式中： x_{ij} 为标准化后各指标值； X_{ij} 为原始数据； \bar{X}_i 为第 i 个指标的平均数。

2.3.2 攀枝花市城市脆弱性指标权重确定

本文采用层次分析法(AHP)计算子系统与指标权重值,最终均通过一致性检验。其中各子系统分别赋予权重 0.12、0.19、0.42、0.27,一致性检验 RI 值为 0.03。各子系统内指标权重值见表 2, RI 值依次为 0.02, 0.01, 0.02, 0.03, 均通过一致性检验。

表 2 攀枝花市城市脆弱性指标权重

子系统	W_k	指标名称	W_i	$W_k * W_i$		
资源脆弱性	0.12	D1	0.30	0.04		
		D2	0.06	0.01		
		D3	0.14	0.02		
		D4	0.08	0.01		
		D5	0.09	0.01		
		D6	0.21	0.02		
		D7	0.13	0.02		
		D8	0.06	0.01		
		D9	0.04	0.01		
		D10	0.07	0.01		
生态环境脆弱性	0.19	D11	0.28	0.05		
		D12	0.15	0.03		
		D13	0.25	0.05		
		D14	0.14	0.03		
		D15	0.03	0.01		
		D16	0.05	0.02		
		D17	0.12	0.05		
		D18	0.07	0.03		
		经济脆弱性	0.42	D19	0.26	0.11
				D20	0.20	0.08
D21	0.09			0.04		
D22	0.18			0.08		
D23	0.03			0.01		
D24	0.05			0.01		
D25	0.09			0.02		
D26	0.12			0.03		
D27	0.05			0.01		
社会脆弱性	0.27			D28	0.08	0.02
		D29	0.14	0.04		
		D30	0.07	0.02		
		D31	0.20	0.05		
		D32	0.16	0.04		

注：“ W_k ”表示攀枝花市城市脆弱性各系统的权重，“ W_i ”表示为第 i 个指标对于所属系统的权重。

2.4 攀枝花市城市脆弱性测度方法

采用多因子综合评价法测度攀枝花市城市脆弱性。先通过加权求和计算分系统脆弱性，最后求得攀枝花市城市综合脆弱性指数。攀枝花市城市分要素或分系统脆弱性是分要素或分系统下各指标根据加权求和计算得来，其计算公式如下：

$$UVI_k = \sum_{i=1}^m x_i \cdot W_i \quad (4)$$

式中：当 k 表示要素时， UVI_k 为攀枝花城市分要素脆弱性指数，k 取值为 1、2、3……10；当 k 表示系统时， UVI_k 攀枝花市城市分系统脆弱性指数，k 取值为 1、2、3、4，分别表示资源脆弱性、生态环境脆弱性、经济脆弱性和社会脆弱性；m 为要素或系统包含的指标个数； x_i 为第 i 个指标的标准化取值； W_i 为第 i 个指标对于分系统的权重。分系统中各要素脆弱性指数根据要素包含的指标通过加权求和取得。

攀枝花市城市综合脆弱性是由目标层下各分系统脆弱性根据加权求和取得，计算公式如下：

$$UVI = \sqrt{\sum_{k=1}^n (UVI_k)^2 \cdot W_k} \quad (5)$$

式中：UVI 为城市综合脆弱性指数； UVI_k 表示攀枝花市分系统脆弱性指数；k 表示攀枝花市各脆弱性系统；n 为城市综合脆弱性包含的分系统个数； W_k 为城市综合脆弱性中各系统的权重。

2.5 攀枝花市城市脆弱性分级

依据已有研究结果，将攀枝花市城市脆弱性划分为 5 级^[12]，依次为低脆弱度、较低脆弱度、中脆弱度、较高脆弱度、高脆弱度(表 3)。当脆弱性指数在 0.4 以下为低脆弱度，属于良好状态；当脆弱性指数在 0.4 至 0.6 之间，为中脆弱度，属于一般状态；脆弱性指数大于 0.6 时，为高脆弱度，属于警戒或危机状态，应采取相应措施。

表 3 攀枝花市城市脆弱性综合评价分级标准

	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
脆弱程度	低脆弱度	较低脆弱度	中脆弱度	较高脆弱度	高脆弱度
脆弱性指数	$UVI < 0.2$	$0.2 \leq UVI < 0.4$	$0.4 \leq UVI < 0.6$	$0.6 \leq UVI < 0.8$	$0.8 \leq UVI$
表征状态	极好状态	良好状态	一般状态	警戒状态	危机状态

3 攀枝花市城市脆弱性动态及测度结果分析

将攀枝花市近 10a32 个指标数据值分别经过公式(1)~(3)的标准化处理,再经过公式(4)、(5)的计算,可以得到攀枝花市城市综合脆弱性指数、分系统脆弱性指数、分要素脆弱性指数(图 1)。并利用贡献度、变异系数分析攀枝花市近 10a 脆弱性动态特征及影响因素。

3.1 攀枝花市城市综合脆弱性演变特征

据图 1 可知,攀枝花市城市综合脆弱性指数从 2006 年 0.74 下降到 2015 年的 0.37,总体表明攀枝花市已由较高脆弱度向较低脆弱度过渡。同时,攀枝花市城市综合脆弱性演变大致可以分为 3 个阶段:下降阶段(2006~2009 年)、稳定阶段(2010~2012 年)、波动阶段(2013~2015 年)。下降阶段,攀枝花市城市综合脆弱性指数年均下降 0.07,降幅较大,从较高脆弱度的警戒状态进入到中脆弱度的一般状态。2010~2012 年攀枝花市城市综合脆弱性指数处于 0.53~0.55 之间,为中脆弱度,城市综合脆弱性指数变化幅度较小。2013~2015 年攀枝花市城市综合脆弱性指数年均波动 0.13,特别是 2013 年较 2012 年其综合脆弱性指数下降 0.21,在研究时段内变化幅度达到最大。这一阶段,攀枝花市城市综合脆弱性指数已从中脆弱度进入较低脆弱度,但波动较大。从总体上看,攀枝花市城市综合脆弱性呈下降趋势。

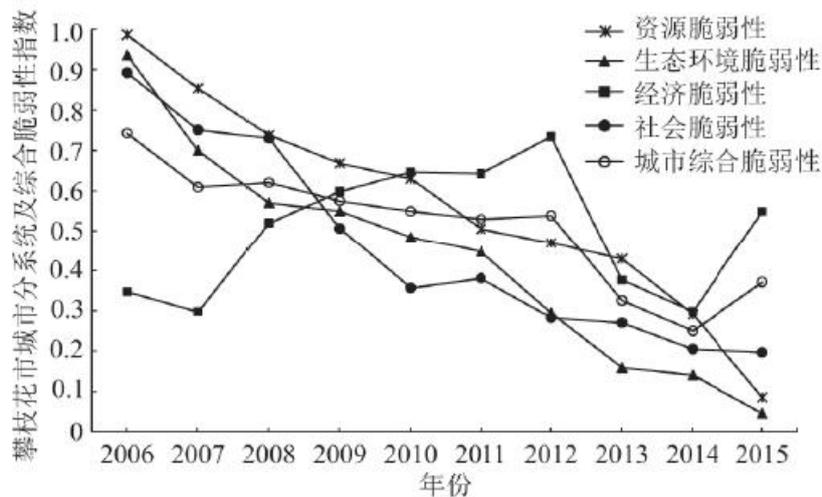


图 1 攀枝花市城市分系统及综合脆弱性变化趋势图(2006~2015 年)

Fig. 1 Change of urban and its systems' vulnerability in Panzhihua (2006-2015)

3.2 攀枝花市城市脆弱性分系统演变特征

由图 1 可知,攀枝花市资源脆弱性、生态环境脆弱性、经济脆弱性和社会脆弱性在数值大小、变化趋势、变化幅度上呈现以下特点:

(1) 攀枝花市 2006~2015 年资源脆弱性年均值最大(0.57),其次为经济脆弱性(0.50),社会脆弱性(0.46)和生态环境脆弱性(0.43)相对较小。2006~2009 年,攀枝花市资源脆弱性最大,2010~2015 年经济脆弱性逐渐凸显。总体而言,其资源、经济

脆弱性较大。

(2) 攀枝花市资源脆弱性、生态环境脆弱性、社会脆弱性总体呈下降趋势，而经济脆弱性呈振荡上升趋势。相比 2006 年，攀枝花市 2015 年资源脆弱性总体下降 0.90，生态环境脆弱性下降 0.89，社会脆弱性下降 0.70，经济脆弱性总体上升 0.20。其原因在于以单位 GDP 能耗为代表的资源利用脆弱性不断降低，以及由于人均耕地面积后期统计口径变化导致的资源保障脆弱性减少，加之注重和解决资源开发中的“三废”问题使得攀枝花市资源及生态环境脆弱性呈明显下降趋势。同时，随着产业结构不断调整，第三产业发展促进了就业率提高和社会救助人口逐年减少，人均 GDP 逐渐提高以及城市基本建设的完善也使得攀枝花市社会脆弱性总体呈现持续降低趋势。但是，随着资源管理、环境治理的不断深入，资源、环境问题得到有效控制，而经济脆弱性逐渐凸显，经济转型压力较大。

(3) 攀枝花市经济脆弱性年均变化幅度最大(0.13)，资源脆弱性(0.10)与生态环境脆弱性(0.10)持平，社会脆弱性年均变化幅度最小(0.08)。选取变化较大的经济脆弱性进行分析，按公式(4)计算得到经济脆弱性分要素。据图 2 可知，攀枝花市经济效益脆弱性年均值(0.26)、年均变化幅度(0.12)在分要素中达到最大；经济创新脆弱性均值(0.13)次之，年均变化幅度(0.05)与经济效益脆弱性(0.04)差异较小；经济效益脆弱性均值(0.10)最小。经济结构脆弱性指数呈现先升后降的趋势，总体上升 0.02，变化相对较小；经济效益脆弱性与经济脆弱性变化一致，呈波动上升趋势，总体上升 0.38；经济创新脆弱性总体下降 0.20。据图可知，攀枝花市在该研究时段内其经济脆弱性由以创新脆弱性为主向以经济效益脆弱性为主转变。

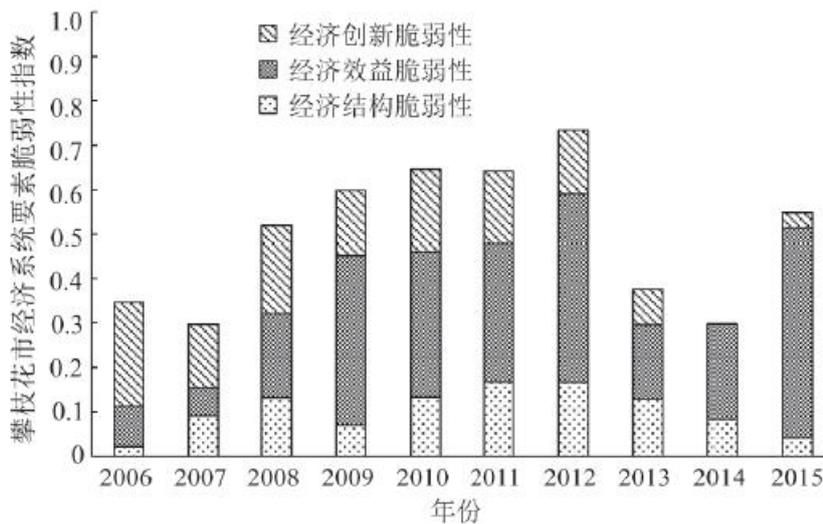


图 2 攀枝花市经济系统分要素脆弱性堆积图(2006~2015 年)

Fig. 2 Change of economic vulnerability in Panzhihua (2006-2015)

3.3 攀枝花市城市脆弱性子系统贡献度及影响因素分析

根据各系统脆弱性对攀枝花市城市综合脆弱性贡献度可知(图 3)，攀枝花市社会、资源脆弱性贡献度呈波动下降，生态环境脆弱性贡献度逐年降低，而经济脆弱性贡献度由 2006 年的 15.53% 上升到 2015 年的 70.03%，呈波动上升态势。2006~2008 年，攀枝花市城市脆弱性以社会脆弱性为主。2009~2012 年转变为以经济脆弱性为主，第二位由资源与社会脆弱性交替出现，各子

系统贡献度差异较小。2013~2015年，攀枝花市经济、社会脆弱性主导作用明显，资源、生态环境脆弱性贡献度较小。这是由于研究时段前期其粗放型资源开采方式带来综合利用率低，资源与环境问题较突出。但由于传统产业比重过高，攀枝花市经济脆弱性逐渐显现，这也给产业转型提出更严峻考验。

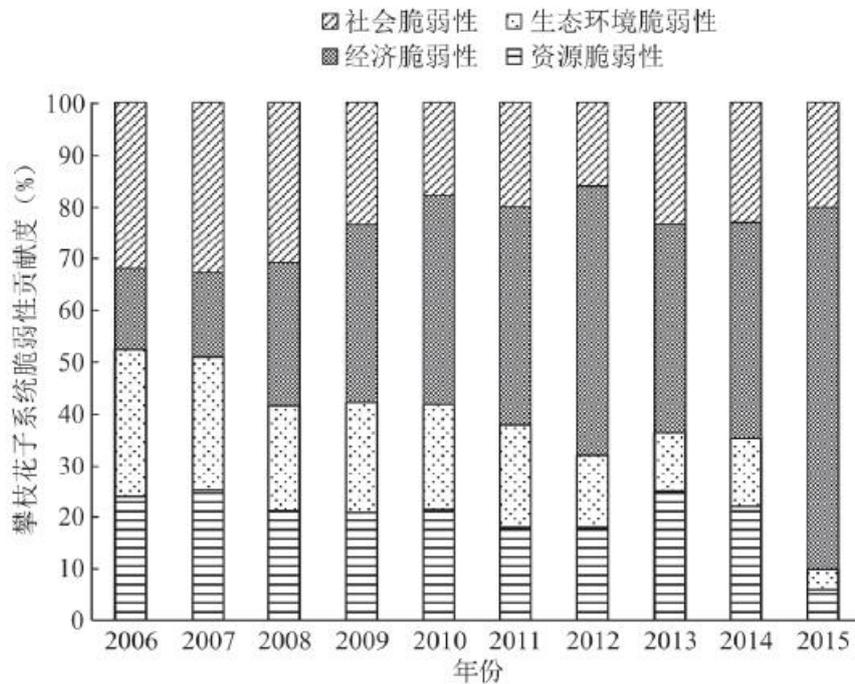


图3 攀枝花市子系统脆弱性贡献度变化图 (2006~2015年)

Fig. 3 Change of urban systems' vulnerability of contribution in Panzhihua (2006-2015)

为进一步分析各指标变动，根据标准值与均值之比求得变异系数(表4)。在资源脆弱性指标中，权重最高指标单位GDP能耗其变异系数达19.32%，单位GDP建设用地占用达到24.91%，这表明攀枝花市资源利用效率显著提高。由于2015年统计口径发生变化，人均耕地面积变异系数也达到29.58%，这使得攀枝花市资源保障脆弱性在2015年降幅增大。

表4 攀枝花市城市脆弱性指标均值、变动范围及变异系数(2006~2015)

指标名称	平均值	变动范围	变异系数
D1	2.32	[1.58, 2.99]	19.32
D2	11 552.53	[7389.93, 13990.37]	18.37
D3	73.56	[54.27, 107.86]	24.91
D4	205.99	[191.18, 226.89]	5.10
D5	29.40	[25.36, 36.78]	12.43

D6	0.04	[0.03, 0.07]	29.58
D7	56.11	[49.26, 64.09]	9.41
D8	40.13	[37.88, 43.81]	5.16
D9	59.29	[58.9, 60.03]	0.86
D10	164.21	[153.10, 176.00]	5.36
D11	90.09	[80.70, 98.90]	5.70
D12	47.17	[17.77, 93.25]	62.70
D13	83.89	[50.41, 99.58]	20.05
D14	95.03	[86.30, 99.72]	3.93
D15	7.85	[6.30, 9.84]	13.64
D16	17.29	[14.77, 22.35]	13.37
D17	-22.89	[20.65, 25.17]	7.26
D18	4.13	[1.23, 8.04]	48.23
D19	73.77	[69.65, 79.36]	5.03
D20	97.56	[95.65, 99.94]	1.29
D21	1.05	[0.81, 1.32]	18.69
D22	1.13	[0.50, 1.69]	29.73
D23	4.55	[2.74, 6.90]	33.11
D24	12 779.47	[7 270.00, 19 216.00]	32.22
D25	607.21	[561.00, 635.00]	4.18
D26	45.51	[35.60, 45.90]	7.16
D27	15.40	[6.21, 26.76]	46.23
D28	9.36	[8.51, 9.98]	5.16
D29	9.85	[8.21, 12.33]	15.52
D30	6.13	[3.83, 7.16]	19.87
D31	3.81	[3.50, 4.40]	8.39
D32	35.30	[20.30, 41.59]	17.97

生态脆弱性中建成区绿化覆盖率以及森林覆盖率变异系数为 5.16%、0.86%，因此其总体变化较和缓。但空气质量优良率(0.28)、工业固体废弃物综合利用率(0.25)、城市污水集中处理率(0.15)、生活垃圾无害化处理率(0.14)所占权重较大，变异系数依次为 5.70%、20.05%、62.70%、3.93%。2006 年，攀枝花市工业固体废弃物综合利用率仅 50.4%，这也是攀枝花市 2006 年生态环境脆弱性指数过高的主要原因。由于前期粗放开采带来的环境问题不断引起重视，污染治理程度加大使人为造成的环境破坏得到有效遏制，环境脆弱性降幅也在分要素中达到最大，生态环境脆弱性贡献度也逐年减小。

据表 4 显示，人口自然增长率、人均 GDP 变异系数为 33.11%、32.22%。结合表 2 可知，两者所占比重较小，这使得攀枝花

市人类发展指数变化较小。百人拥有国际互联网用户数变异系数达到 46.23%，但其指标权重仅为 0.047，对基础设施脆弱性下降和缓的总体趋势影响不大。而社会救济对象、城镇登记失业率、城镇居民社会养老保险参保率变异系数依次为 19.87%、8.39%、17.97%，所占比重较大，依次为 0.07、0.20、0.16，由此社会保障脆弱性下降趋势明显。因此，社会脆弱性总体呈现出变化幅度较小的趋势。

经济系统中，攀枝花市过分依赖第二产业（2012 年攀枝花市受国际市场矿产资源结构波动的影响，第二产业比重高达 75.86%），第一、第三产业比重较小，经济结构脆弱性大。2012 年之后，采矿业、制造业单位从业人员比重以及第三产业增加值比重为代表的经济结构脆弱性逐年下降。以规模以上工业企业成本费用利润率、资产负债率、产销率为评价指标的经济效益脆弱性由于产能过剩影响，国家采取一系列去产能措施，企业经济效益下滑，整体呈波动上升趋势。特别是规模以上工业企业成本费用利润率变异系数达 48.23%，资产负债率与产销率变异系数较小，分别为 5.03%、1.29%，但所占比重较大，因此攀枝花市经济效益脆弱性呈波动上升，而经济创新脆弱性下降和缓。其一方面积极采取产业转型措施，经济结构脆弱性小，一方面承受产能过剩经济下行压力和去产能政策压力，经济效益脆弱性增大。但总体经济下行压力大于经济转型弹性，且经济结构变化幅度在分要素中较小。由此攀枝花市经济脆弱性总体波动较大，这也表明攀枝花市产业转型实践既取得一定成果，但仍需进一步探索。

4 攀枝花市转型及脆弱性调控措施

据上述分析，攀枝花市环境问题在研究时段内得到有效控制，环境空气质量逐渐转好。随着资源、环境问题得到解决，攀枝花市经济、社会问题日益突出，特别是经济脆弱性在 4 个子系统中愈发凸显。社会脆弱性逐渐成为攀枝花市第二大脆弱性系统，因此不可忽视人类发展、基础设施以及社会保障措施的完善。综上所述，本文提出以下建议：

(1) 坚持经济转型为核心，推进资源综合利用。攀枝花市由于第二产业比例过高，工业依靠少数大规模企业，城市经济与大企业结成“一荣俱荣，一损俱损”的纽带联系^[20]。钢铁等资源产品受外部因素影响大，而煤铁等工业产能过剩导致攀枝花市经济效益脆弱性呈波动上升趋势。本文研究表明该市脆弱性贡献度逐渐转变为以经济、社会脆弱性为主，这进一步要求攀枝花市加快产业转型。尽管现阶段攀枝花市第三产业对经济贡献较小，但发展潜力巨大，未来攀枝花市应以特色旅游为主，加快以旅游为主的第三产业^[21]和制造业等接续替代产业的发展，推进资源综合利用。

(2) 进一步加强矿产资源地质勘探。攀枝花市作为成熟型资源城市，矿产资源是其发展的重要基础。攀西作为国家重要的矿产资源富集与开发基地，现阶段应加强矿产资源地质勘探科技投入，增加矿产资源探明储量，为矿产资源持续开发提供先行保障。并促进矿产资源、水能资源、农业资源、光能资源及旅游资源的多元开发利用，提高资源保障与利用程度。

(3) 区域统筹发展，减少社会脆弱性。转型升级必须要扎根于城市所在区域更深层次的社会图景之中，才有可能实现其成功转型和持续发展^[22]。攀枝花市区域发展差异较大，二元结构显著。同时，工业去产能政策使得失业人口增加，社会脆弱性逐渐成为攀枝花市城市综合脆弱性的第二大贡献系统。未来攀枝花市降低社会脆弱性应进一步加大产业结构调整，扩大产业对劳动力的吸纳能力，加强农村扶贫力度以及进一步推进基础设施完善，促进区域协同发展。

(4) 提高工业固体废弃物综合利用，加强生态环境建设。攀枝花市近十年来污染物治理取得一定成效，生态环境脆弱性呈阶段性下降。但是，该市固体废弃物数量巨大，由此引起的土壤与水体污染风险较大。同时，该市地处干热河谷，环境极具易损性，生态环境建设压力依然较大。因此，未来攀枝花市应加强工业固体废弃物综合利用及生活垃圾无害化处理，加强生态环境建设，促进干热河谷生态向良性方向发展。

参考文献：

[1] KATES R W, AMARAL D J, HAAS J E, et al. Human impact of the managua earthquake: transitional societies

are peculiarly vulnerable to natural disasters [J]. *Science*, 1973, 182(4116) : 981—990.

[2] TURNER II 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.

[3] 樊运晓, 高朋会, 王红娟. 模糊综合评判区域承灾体脆弱性的理论模型 [J]. *灾害学*, 2003, 18(3) : 20—23.

FAN Y X, GAO P H, WANG H J. Theoretical model for fuzzy evaluation of vulnerability of regional hazard bearing body [J]. *Journal of Catastrophology*, 2003, 18(3) : 20—23.

[4] 李鹤, 张平宇. 全球变化背景下脆弱性研究进展与应用展望 [J]. *地理科学进展*, 2011, 30(7) : 920—929.

LI H, ZHANG P Y. Research progress and prospective applications of vulnerability approach under global change [J]. *Progress in Geography*, 2011, 30(7) : 920—929.

[5] 王士君, 王永超, 冯章献. 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*, 2010, 30(3) : 397—402.

WANG S J, WANG Y C, FENG Z X. Generation procedure, mechanism and degree research of economic system vulnerability of petroleum cities: a case study of Daqing [J]. *Economic Geography*, 2010, 30(3) : 397—402.

[6] 李鹤, 张平宇, 程叶青. 脆弱性的概念及其评价方法 [J]. *地理科学进展*, 2008, 27(3) : 18—23.

LI H, ZHANG P Y, CHENG Y Q. Concepts and assessment methods of vulnerability [J]. *Progress in Geography*, 2008, 27(3) : 18—23.

[7] 孙武. 波动性生态脆弱带的特征 [J]. *中国沙漠*, 1997, 17(2) : 199—203.

SUN W. Fluctuation, characteristic of vulnerable ecotone [J]. *Journal of Desert Research*, 1997, 17(2) : 199—203.

[8] 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.

SU F, ZHANG P Y, LI H. Vulnerability assessment of coalmining cities' economic systems in China [J]. *Geographical Research*, 2008, 27(4) : 907—916.

[9] 徐君, 李贵芳, 王育红. 资源型城市脆弱性特征及反脆弱性发展研究 [J]. *资源开发与市场*, 2015, 31(9) : 1116—1122.

XU J, LI G F, WANG Y H. Features and development of antivulnerability of resource-based on town vulnerability [J]. *Resource Development & Market*, 2015, 31(9) : 1116—1122.

[10] 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 [J]. 经济地理, 2014, 34(12) : 69—77.

ZHAO L, WANG W, ZHANG Y S, et al. The spatio-temporal evolution about urban vulnerability on the northeast region since northeast revitalization [J]. Economic Geography, 2014, 34(12) : 69—77.

[11] 王岩, 方创琳, 张蓄. 城市脆弱性研究评述与展望 [J]. 地理科学进展, 2013, 32(5) : 755—768.

WANG Y, FANG C L, ZHANG Q. Progress and prospect of urban vulnerability [J]. Progress in Geography, 2013, 32 (5) :755—768.

[12] 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.

WANG Y, FANG C L. Comprehensive evaluation and dynamic evolution analysis of Daqing' s urban vulnerability [J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(5) : 547—555.

[13] 高宇. 基于PSE-C模型的资源型城市脆弱性评价 [J]. 资源与产业, 2014, 16(1) : 1—7.

GAO Y. Vulnerability assessment of resources-based cities based on PSE-C model [J]. Resources & Industries, 2014, 16(1) :1—7.

[14] 孙平军, 修春亮. 基于PSE模型的矿业城市经济发展脆弱性研究 [J]. 地理研究, 2011, 30(2) : 301—310.

SUN P J, XIU C L. Study on the vulnerability of economic development in mining cities based on the PSE model [J]. Geographical Research, 2011, 30(2) : 301—310.

[15] 李玉昌. 攀枝花市矿产资源开发与环境保护 [J]. 地质灾害与环境保护, 1999, 10(4) : 6—11.

LI Y C. Exploitation of mineral resources and environmental protection in Panzhihua City [J]. 1999, 10(4) : 6—11.

[16] 方创琳, 王岩. 中国城市脆弱性的综合测度与空间分异特征 [J]. 地理学报, 2015, 70(2) : 234—247.

FANG C L, WANG Y. A comprehensive assessment of urban vulnerability and its spatial differentiation in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(2) : 234—247.

[17] 顾朝林, 甄峰, 黄朝永. 江苏省地级市可持续发展能力综合评价研究 [J]. 南京大学学报(自然科学版), 2001, 37(3) : 281—287.

GU C L, ZHEN F, HUANG C Y. Synthesized evaluation of capacity of sustainable development of cities in Jiangsu Province [J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 2001, 37(3) : 281—287.

[18] 潘润秋, 马骏. 山西省煤炭资源型城市脆弱性分析及其格局变化 [J]. 资源与产业, 2016, 18(3) : 1—6.

PAN R Q, MA J. Vulnerability and its pattern changes of Shanxi' s coal-based cities[J]. Resources & Industries, 2016, 18(3) : 1-6.

[19] 田亚平, 向清成, 王鹏. 区域人地耦合系统脆弱性及其评价指标体系 [J]. 地理研究, 2013, 32(1) : 55-63.

TIAN Y P, XIANG Q C, WANG P. Regional coupled humannatural systems vulnerability and its evaluation indexes [J]. Geographical Research, 2013, 32(1) : 55-63.

[20] 罗怀良. 攀枝花市资源开发与经济持续发展研究 [J]. 资源开发与市场, 2003, 19(6) : 381-383.

LUO H L. Study on rational exploitation of natural resources and economic sustainable development in Panzhihua City [J]. Resource Development & Market, 2003, 19(6) : 381-383.

[21] 王睿, 罗怀良, 谢传敏, 等. 基于偏离——份额分析法的攀枝花市产业结构分析 [J]. 资源与产业, 2015, 17(6) :132-137.

WANG R, LUO H L, XIE C M, et al. Panzhihua' s industrial structures based on shift-share method [J]. Resources & Industries, 2015, 17(6) : 132-137.

[22] 罗怀良. 改革开放以来中国资源(枯竭)型城市转型实践[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2015, 38(5) :774-781.

LUO H L. Transition of resource-based cities and resource-exhausted cities since reform and opening-up in China [J]. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science, 2015, 38(5) :774-781.