

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2023.03.009

<https://xuebao.xaut.edu.cn>

引文格式:王小兰,朱建蓝.四川省资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力测度及其脱钩关系研究[J].西安理工大学学报,2023,39(3):379-392.

WANG Xiaolan, ZHU Jianlan. Study of the new-type urbanization development level and ecological environment stress measurement and the decoupling relationship between them in resource-based cities of Sichuan Province[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2023, 39(3): 379-392.

# 四川省资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力测度及其脱钩关系研究

王小兰,朱建蓝

(西南科技大学 土木工程与建筑学院,四川 绵阳,621010)

**摘要:**为研究四川省资源型城市新型城镇化与生态环境压力之间的脱钩关系,本文基于熵值法和线性加权法分别测度2005—2020年四川省8个资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力并分析其时空演变特征,进而利用脱钩弹性系数法剖析二者在不同时期的脱钩演变过程。结果表明2005—2020年四川省各资源型城市新型城镇化发展水平整体上呈现出波动上升的态势,新型城镇化指数均值由2005年的0.168上升到2020年的0.491,其中南充市保持领先地位,广元市则基本处于新型城镇化发展水平最低位。2005—2020年四川省各资源型城市生态环境压力波动起伏较大但总体呈现出逐渐减小的趋势,生态环境压力指数均值由2005年的0.336下降至2020年的0.121,其中攀枝花市与泸州市生态环境压力下降幅度较大,其余6个城市下降幅度较小。2005—2020年四川省资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩状态经历了“强脱钩为主体-脱钩类型多样化-强脱钩为主体”的变化过程。研究结果在一定程度上可为促进四川省资源型城市绿色低碳高质量发展提供决策理论依据。

**关键词:**新型城镇化;生态环境压力;资源型城市;脱钩弹性系数法;四川省

中图分类号:F291

文献标志码:A

文章编号:1006-4710(2023)03-0379-14

## Study of the new-type urbanization development level and ecological environment stress measurement and the decoupling relationship between them in resource-based cities of Sichuan Province

WANG Xiaolan, ZHU Jianlan

(School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

**Abstract:** In order to study the decoupling relationship between new-type urbanization and ecological environmental stress of resource-based cities in Sichuan Province, this paper measures the development level of new-type urbanization and ecological environmental stress of eight resource-based cities of Sichuan Province from 2005 to 2020 based on the entropy method and the linear weighting method, and analyzes their spatial-temporal evolution characteristics. This paper uses the decoupling elastic coefficient method to analyze the decoupling evolution of the two in different periods. The results show that from 2005 to 2020, the development level of new-type urbanization in all resource-based cities in Sichuan Province showed an overall trend of rising fluctuation. The mean value of new-type urbanization index increases from 0.168 in 2005 to 0.491 in

收稿日期:2022-09-21; 网络首发日期:2022-12-13

网络首发地址:<https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.n.20221213.1201.002.html>

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41601612);资源型城市发展研究中心2018年度资助项目(ZYZX-YB-1802)

通信作者:王小兰,女,博士,副教授,研究方向为区域可持续发展。E-mail:wxl562406330@126.com

2020. Nanchong City maintains the leading position, while Guangyuan City is basically at the lowest level of new-type urbanization development. From 2005 to 2020, the eco-environmental stress of resource-based cities in Sichuan Province fluctuates greatly, showing a decreasing trend in general. The mean value of ecological environment stress index decrease from 0.336 in 2005 to 0.121 in 2020. Among them, Panzhihua and Luzhou decrease greatly, while the other six cities experience a smaller decrease. From 2005 to 2020, the decoupling state of new-type urbanization development level and ecological environment stress of resource-based cities in Sichuan Province has gone through a process of "strong decoupling mainly-diversification types of decoupling-strong decoupling mainly". To a certain extent, the research results can provide a theoretical basis for decision-making to promote the green, low-carbon and high-quality development of resource-based cities in Sichuan Province.

**Key words:** new-type urbanization; ecological environment stress; resource cities; decoupling elasticity coefficient method; Sichuan Province

城镇化是地区空间形态扩张、人口结构变化的发展过程,也是一个国家实现现代化的必由之路<sup>[1]</sup>。改革开放以来,伴随着我国经济发展水平的不断提升,我国常住人口城镇化率从 1978 年的 17.92% 上升至 2021 年的 64.72%,城镇化水平飞速发展<sup>[2-3]</sup>。然而,传统城镇化快速发展的同时也带来了环境承载力减弱、环境污染加剧、生态环境恶化等诸多城市问题<sup>[4-5]</sup>。在此背景下,发展节约资源与保护环境的新型城镇化至关重要<sup>[6]</sup>。同时,城镇化与生态环境压力之间的相互关系也逐渐成为相关学者的研究热点,研究重点主要集中在以下两个方面。理论研究,国内外学者先后提出了“P-S-R”模型<sup>[7]</sup>、EKC 曲线<sup>[8]</sup>、“耦合圈”<sup>[9]</sup>和“耦合魔方”<sup>[10]</sup>等理论,为城镇化与生态环境压力之间的关系研究奠定了深厚基础。实证研究,学者们运用因子分析法<sup>[11]</sup>、空间自相关模型<sup>[12]</sup>、耦合协调度模型<sup>[13]</sup>、SD 模型<sup>[14]</sup>等方法从国家、城市群、经济圈、省、市<sup>[15-20]</sup>等层面选取研究视角,对其城镇化与生态环境压力之间的相互关系进行探究,并分析其影响因素、时空演变以及对二者未来发展进行趋势预测等。汪伦焰等<sup>[21]</sup>运用改进后的耦合协调度模型对河南省城市化与生态环境协调发展的空间聚集特征进行探索,万伦来等<sup>[22]</sup>对淮南市工业化与生态环境的脱钩关系进行了分析并探究影响环境压力变动的因素,邵佳等<sup>[23]</sup>对湖南武陵山片区新型城镇化与生态环境的耦合协调时空关系进行研究并发现环境因子对二者的协调发展影响最大。

脱钩概念源自物理学领域,后逐步引入环境与经济等领域,因其能够很好地表示社会经济发展与污染物排放以及资源环境消耗之间的关系,逐渐被相关学者广泛应用于经济发展与环境污染<sup>[24]</sup>、经济增长与资源环境<sup>[25]</sup>、城市扩张<sup>[26]</sup>、建筑业碳排放<sup>[27-28]</sup>等领域,而较少应用于新型城镇化发展水平

与生态环境压力的关系分析中。

综上,国内外学者对新型城镇化与生态环境之间的交互关系研究已取得部分进展,但仍存在一定的不足。多数学者对新型城镇化与生态环境之间的耦合关系进行了探究,但对于新型城镇化与生态环境压力之间的脱钩关系研究较少。同时在研究视角上,目前尚缺乏对经济发展水平较高、能源资源储备丰富的资源型城市的研究。这类资源型城市的发展模式以资源依赖型经济为主,由此引发的城镇化发展消耗资源环境问题以及生态环境压力制约城镇化发展的问题较之其他地区更为突出。鉴于此,本文以形势复杂的四川省资源型城市为研究区域,在测度该区域新型城镇化发展水平与生态环境压力的基础上,借助脱钩弹性系数法分析二者的相互关系,研究结果可为促进该区域绿色低碳高质量发展提供科学的决策依据。

## 1 研究区概况

《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020)》将四川省 13 个地区列入全国资源型城市名单,其中包括 1 个成长型资源型城市(南充市),9 个成熟型资源型城市(广元市、广安市、自贡市、攀枝花市、达州市、雅安市、凉山州、绵竹市、兴文县),2 个衰退型资源型城市(泸州市、华蓥市),1 个再生型资源型城市(阿坝州)<sup>[29]</sup>。四川省资源型城市资源类型丰富,主要包括煤炭、岩盐等能源化工矿产资源(自贡、泸州、兴文、华蓥),钒钛磁铁矿、有色金属矿等黑色有色矿产资源(攀枝花、雅安、凉山州),天然气、焦煤、陶瓷原料(南充、达州、广安、广元、绵竹)等能源建材矿产资源以及锂、钽等有色稀有贵金属(阿坝州)。20 世纪 60 年代初,四川省资源型城市在三线建设中得到了政府的大力支持并迅速发展,为西南地区工业化发展做出了巨大贡献。然而,资源型

城市的发展是以资源消耗为代价,随之而产生的环境污染、资源枯竭等“资源诅咒”问题以及产业结构单一、产业层次低等“产业依赖”现象致使四川省资源型城市城镇化发展水平不均衡,城市发展受阻。因此,为实现绿色生产生活,促进城市低碳发展,推动经济高质量发展,本文以四川省资源型城市为研究区域,分析其新型城镇化与生态环境压力相互关系,以期解决上述区域可持续发展中所遇难题。

因数据获取难度及完整性,本文研究区域包括南充、广元、广安、自贡、攀枝花、达州、雅安、泸州 8 个地级市,详见图 1。

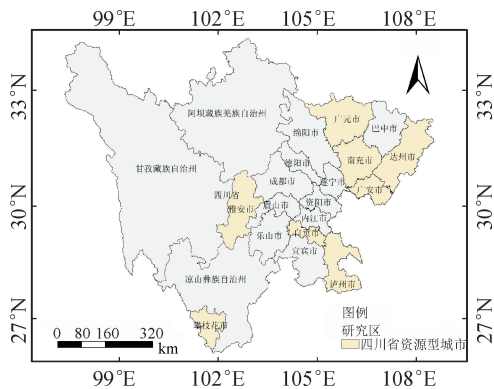


图 1 研究区范围示意图

Fig. 1 Schematic of the study area

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2019)1822 的标准地图制作,底图无修改。

## 2 评价指标体系与研究方法

### 2.1 评价指标体系的构建

为准确、科学地评价四川省各资源型城市的新型城镇化发展水平与生态环境压力,根据已有研究基础<sup>[30-34]</sup>,本文从人口城镇化、经济城镇化、社会城镇化、空间城镇化、城乡一体化、设施普及化 6 个维度共选取 23 个指标表征新型城镇化发展水平,基于“P-S-R”模型<sup>[35-38]</sup>从“压力-状态-响应”3 个维度选取 14 个指标表征生态环境压力,由此构成的评价指标体系详见表 1,其中生态环境压力系统中一级指标“压力”下 5 项二级指标为正向指标,表征其值愈高,生态环境压力愈大;其余二级指标为负向指标,表征其值愈大,生态环境压力愈小。

### 2.2 数据来源

本文所需的基础数据主要来源于 2006—2021 年的《中国城市统计年鉴》和《四川省统计年鉴》,以及 2006—2021 年各资源型城市统计年鉴、国民经济与社会发展统计公报,个别年份缺失数据通过调查或插值法获取。

## 2.3 研究方法

### 2.3.1 熵值法

确定评价指标权重值的方法主要分为两类,即主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法是相关行业专家通过个人经验对评价指标进行赋权,其结果主观性较强,人为因素干扰较大,包括层次分析法、专家调查法等。客观赋权法是通过数理方法对原始数据进行处理进而计算出权重值,其可信度与精确度较高,包括熵值法、变异系数法等。为准确反映各指标在评价体系中的重要程度,本文采用客观赋权法中的熵值法计算新型城镇化发展水平和生态环境压力各评价指标的权重值,计算过程详见式(1)~(6),计算结果见表 1。

正向指标:

$$X'_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_{j\min})}{(X_{j\max} - X_{j\min})} \quad (1)$$

负向指标:

$$X'_{ij} = \frac{(X_{j\max} - X_{ij})}{(X_{j\max} - X_{j\min})} \quad (2)$$

式中:  $X'_{ij}$  为指标标准化值;  $X_{ij}$  为第  $i$  个城市第  $j$  项指标的原始值;  $X_{j\max}$  和  $X_{j\min}$  分别为第  $j$  项指标在所有城市中的最大值和最小值;  $i = 1, 2, 3, \dots, 8$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots, 23$  或 14。

$$P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}} \quad (3)$$

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

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

$$\omega_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

式中:  $P_{ij}$  表示第  $j$  项指标在所有指标和中所占比重;  $e_j$  表示第  $j$  项指标的熵值;  $k = 1/\ln n$ ;  $d_j$  表示信息熵冗余度;  $\omega_j$  表示各项指标的权重值。

### 2.3.2 线性加权法

运用熵值法确定各指标的权重值之后,结合标准化处理后的数据,本文采用线性加权法分别测度 2005—2020 年四川省各资源型城市的新型城镇化指数与生态环境压力指数,详见式(7)和式(8)。

$$u = \sum_{j=1}^{23} X'_{ij} \omega_j \quad (7)$$

$$e = \sum_{j=1}^{14} X'_{ij} \omega_j \quad (8)$$

式中:  $u$  表示新型城镇化指数,其值越大表示新型城镇化发展水平越高;  $e$  表示生态环境压力指数,其值越大代表生态环境压力越大。

表 1 新型城镇化发展水平与生态环境压力评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of new-type urbanization development level and ecological environment stress

系统	一级指标	二级指标	指标性质	权重值
新型城镇化 发展水平	人口城镇化	常住人口规模/ $10^4$ 人	+	0.045
		城镇化率/%	+	0.021
		第三产业从业人员比重/%	+	0.022
		第二产业从业人员比重/%	+	0.024
	经济城镇化	人均 GDP/(元·人 $^{-1}$ )	+	0.056
		人均工业总产值/(元·人 $^{-1}$ )	+	0.092
		二、三产业产值比重/%	+	0.008
		全社会固定资产投资/ $10^4$ 元	+	0.061
	社会城镇化	城镇居民人均可支配收入/(元·人 $^{-1}$ )	+	0.045
		城镇居民人均消费性支出/(元·人 $^{-1}$ )	+	0.043
		普通中学在校学生总数/人	+	0.048
		卫生机构床位数/张	+	0.056
	空间城镇化	人均社会消费品零售总额/(元·人 $^{-1}$ )	+	0.036
		城镇人口密度/(人·km $^{-2}$ )	+	0.045
		人均道路面积/(m $^2$ ·人 $^{-1}$ )	+	0.058
		交通线网密度/(km·km $^{-2}$ )	+	0.147
	城乡一体化	建成区面积占市区面积比重/%	+	0.045
		农村-城镇居民人均可支配收入比/%	+	0.021
	设施普及化	农村-城镇居民人均消费水平比/%	+	0.041
		城市供水普及率/%	+	0.022
城市燃气普及率/%		+	0.020	
建成区供水管道密度/(km·km $^{-2}$ )		+	0.024	
建成区排水管道密度/(km·km $^{-2}$ )		+	0.020	
人均工业二氧化硫排放量/(t·人 $^{-1}$ )		+	0.182	
生态环境 压力	压力	人均工业废水排放量/(t·人 $^{-1}$ )	+	0.070
		人均工业用电量/(kW·h·人 $^{-1}$ )	+	0.124
		人均工业用水量/(m $^3$ ·人 $^{-1}$ )	+	0.086
		单位 GDP 能耗/(吨标准煤· $10^{-4}$ ·元 $^{-1}$ )	+	0.064
		建成区绿化覆盖率/%	-	0.030
	状态	森林覆盖率/%	-	0.028
		人均耕地面积/(hm $^2$ ·人 $^{-1}$ )	-	0.014
		城镇污水处理率/%	-	0.067
		工业固体废弃物综合利用率/%	-	0.152
		生活垃圾无害化处理率/%	-	0.156
响应	人均造林面积/(亩·人 $^{-1}$ )	-	0.006	
	单位 GDP 能耗下降率/%	-	0.016	
	节能环保占公共预算支出比例/%	-	0.005	

注:1 亩 $\approx$ 666.7 m $^2$ 

### 2.3.3 脱钩弹性系数法

本文采用 Tapio 提出的脱钩弹性系数法分析 2005—2020 年四川省各资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力的相互关系,为:

$$ES_t = \frac{\Delta e_t}{\Delta u_t} = \frac{[e_c - e_s]/e_s}{[u_c - u_s]/u_s} \quad (9)$$

式中:  $ES_t$  表示  $t$  时期生态环境压力对新型城镇化的脱钩程度;  $\Delta u_t$ 、 $\Delta e_t$  分别表示  $t$  时期新型城镇化指数和生态环境压力指数的变化率;  $u_s$ 、 $u_c$  分别表示  $t$  时期起始年与末年的新型城镇化指数;  $e_s$ 、 $e_c$  分别表示  $t$  时

期起始年与末年的生态环境压力指数。

在此基础上,根据 Tapio 等的研究<sup>[22,28,39]</sup>,以弹性系数 0、0.8 与 1.2 作为划分脱钩类型的临界点,由此建立了新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩程度判断标准,共 3 大类 8 小类,见表 2。

表 2 中,  $\Delta u_t > 0$ ,  $\Delta u_t < 0$  分别表示  $t$  时期新型城镇化发展水平提高、降低;  $\Delta e_t > 0$ ,  $\Delta e_t < 0$  分别表示  $t$  时期生态环境压力增大、减小;  $ES_t < 0$  表示  $t$  时期新型城镇化与生态环境压力的变化方向相反,  $ES_t > 0$  表示两者变化方向一致,  $0 < ES_t < 0.8$

表示新型城镇化发展水平的变化速度快于生态环境压力的变化速度,  $0.8 < ES_t < 1.2$  表示两者变化速

度差别较小,  $ES_t > 1.2$  表示前者的变化速度慢于后者的变化速度。

表 2 新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩程度判断标准

Tab. 2 Criteria for determining the degree of decoupling between new-type urbanization development level and ecological environment stress

参数	脱钩			连接		负脱钩		
	强脱钩	弱脱钩	衰退性脱钩	衰退性连接	扩张性连接	扩张性负脱钩	弱负脱钩	强负脱钩
$\Delta u_t$	$\Delta u_t > 0$	$\Delta u_t > 0$	$\Delta u_t < 0$	$\Delta u_t < 0$	$\Delta u_t > 0$	$\Delta u_t > 0$	$\Delta u_t < 0$	$\Delta u_t < 0$
$\Delta e_t$	$\Delta e_t < 0$	$\Delta e_t > 0$	$\Delta e_t < 0$	$\Delta e_t < 0$	$\Delta e_t > 0$	$\Delta e_t > 0$	$\Delta e_t < 0$	$\Delta e_t > 0$
$ES_t$	$ES_t < 0$	$0 < ES_t < 0.8$	$ES_t > 1.2$	$0.8 < ES_t < 1.2$	$0.8 < ES_t < 1.2$	$ES_t > 1.2$	$0 < ES_t < 0.8$	$ES_t < 0$

### 3 结果与分析

#### 3.1 新型城镇化发展水平时空格局演变分析

利用熵值法和线性加权法测度 2005—2020 年四川省各资源型城市新型城镇化指数,结果见图 2。

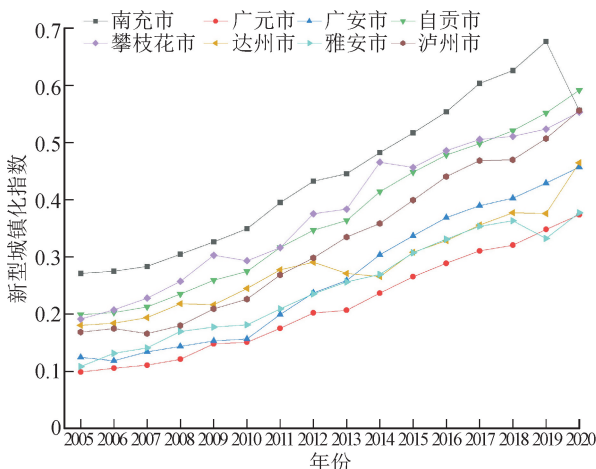


图 2 四川省资源型城市新型城镇化指数变化图

Fig. 2 Change chart of new-type urbanization index for resource-based cities in Sichuan Province

从图 2 可以看出,2005—2020 年四川省各资源型城市新型城镇化发展水平整体上呈现出波动上升的态势,新型城镇化指数均值由 0.168 上升到 0.491。其中南充市保持领先地位,其新型城镇化发展水平远高于其他城市,广元市则基本处于新型城镇化发展水平最低位。2005—2007 年,各城市新型城镇化发展速度相对缓慢,其中 2006 年平均增长速率为 0.007,2007 年为 0.009,均低于年均增长速率 0.022。

2008—2009 年,因西部大开发“十一五”规划的不断推进,四川省各资源型城市的发展得到大力支持,2008 年与 2009 年平均增长速率达 0.020,新型城镇化发展速度较上一阶段明显提升。2010 年,攀枝花市因经济城镇化与城乡一体化水平降低,其新型城镇化发

展水平降低了 0.010,除此之外,其余城市新型城镇化发展水平均保持上升趋势,但发展速度进入缓冲阶段,平均增长速率减缓至 0.011。

2011—2012 年各城市新型城镇化发展速度明显加快,其中 2011 年南充市增长速率达 0.046,2012 年攀枝花市增长速率达 0.059。

2013—2014 年新型城镇化发展进入明确规划阶段,各级规划指出要全面提高城镇化质量、转变城镇化发展方式,缩小城乡发展差距。在宏观经济下行的压力下,各资源型城市通过稳中求进着力改革开放、城镇发展与民生改善实现经济平稳较快增长,除达州市外其余城市新型城镇化发展水平均保持上升趋势。

2015—2017 年,各城市更加注重生态宜居,发展重心放在稳妥推进新型城镇化建设,提高新型城镇化质量上面,城镇化发展稳定且迅速,其中南充市新型城镇化发展水平最高,且其增长速率在 2017 年达到 0.050。2017 年以后自贡市、攀枝花市、泸州市、广安市与广元市保持增长趋势,达州市与雅安市经历了 2019 年短暂下落之后恢复增长趋势,仅南充市因人口城镇化与空间城镇化得分降低其新型城镇化发展水平降低至 0.556。

为准确分析研究区新型城镇化发展水平的空间分布特征,本文依据研究区新型城镇化发展水平实际情况以及参考相关文献<sup>[18-19,30,40-41]</sup>中城镇化发展水平等级分类情况,以 0.2 为间隔,将四川省资源型城市新型城镇化指数划分为较低水平、中等水平和较高水平三种类型(见表 3),并选取 2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年 4 个年份进行具体的分析,见图 3。

表 3 四川省资源型城市新型城镇化指数划分标准

Tab. 3 New-type urbanization index classification standard for resource-based cities in Sichuan Province

类型	较低水平	中等水平	较高水平
新型城镇化指数	$u \leq 0.2$	$0.2 < u < 0.4$	$u \geq 0.4$

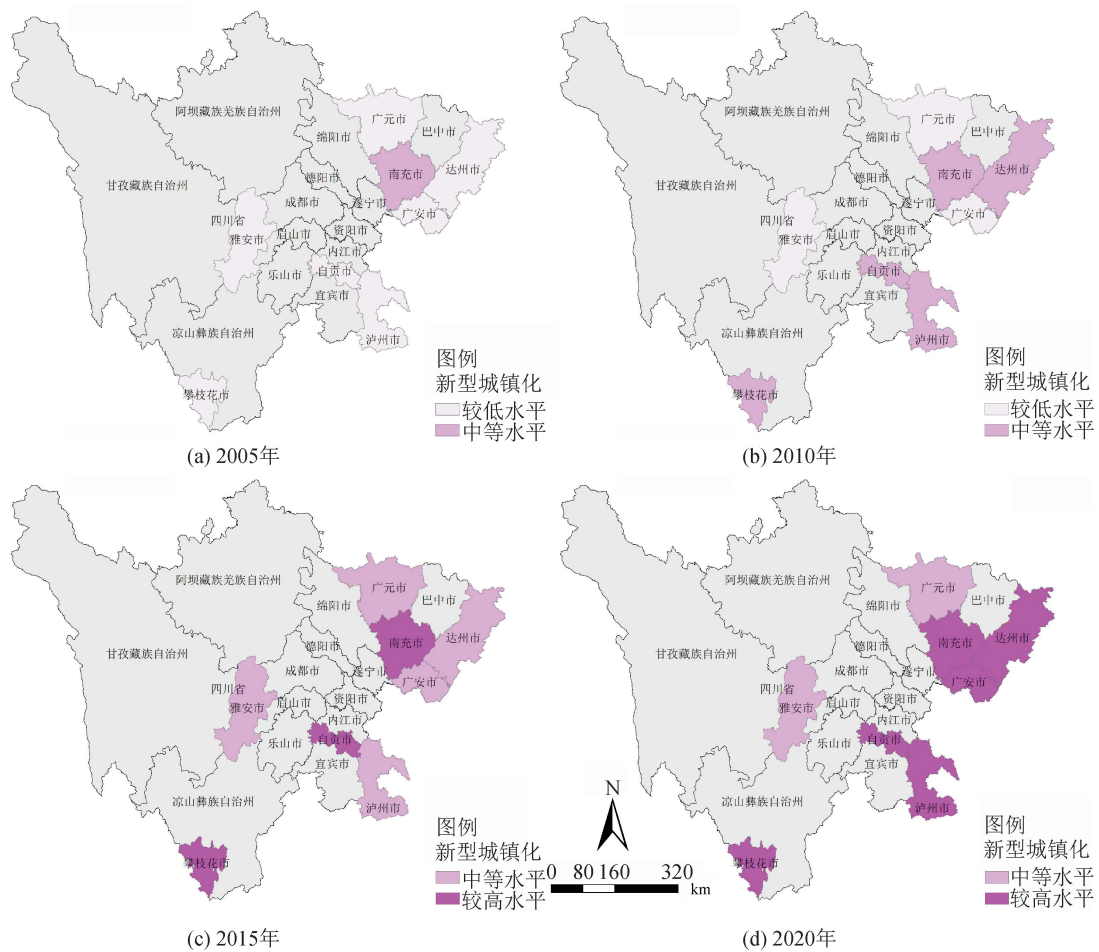


图 3 四川省资源型城市新型城镇化发展水平空间分布格局图

Fig. 3 Spatial distribution pattern of new-type urbanization development level of resource-based cities in Sichuan Province  
注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2019)1822 的标准地图制作,底图无修改。

从图 3(a)可以看出,2005 年研究区内各资源型城市新型城镇化发展水平类型有中等水平和较低水平两类,其中中等水平区仅包括南充市,其新型城镇化指数为 0.271;其余 7 个城市均为较低水平区,其中自贡市新型城镇化指数最高,为 0.199。

从图 3(b)可以看出,相比于 2005 年,2010 年研究区内各资源型城市新型城镇化发展水平类型没有发生变化,但中等水平区明显增多,新增了攀枝花、自贡等 4 市,其中新型城镇化发展水平最高的城市依然是南充市,其指数为 0.349。雅安市、广安市与广元市仍保持 2005 年状态(较低水平区),其中雅安市新型城镇化指数最高,为 0.181。

从图 3(c)可以看出,2015 年研究区内新型城镇化发展水平类型与 2010 年相比新增了较高水平区,较低水平区不再出现。2010 年处于中等水平区的南充市、攀枝花市与自贡市转变为较高水平区,其中南充市仍占据新型城镇化发展水平最高位,其新型城镇化指数为 0.517。其余 5 个城市均处于中等水

平区,泸州市与达州市保持 2010 年类型不变,雅安市与广元市则是由低水平区转变为中等水平区,其中泸州市新型城镇化指数最高,为 0.399。

从图 3(d)可以看出,与 2015 年相比,2020 年研究区内新型城镇化发展水平处于较高水平区的城市增加至 6 个,新增了由中等水平区转变而来的泸州市、达州市与广安市,其中自贡市新型城镇化指数最高,为 0.592。其余两个城市则保持中等水平不变,其中雅安市新型城镇化指数最高,为 0.377。

综合来看,在各时期四川省资源型城市新型城镇化发展水平空间格局以南充市为较高水平区,中等水平区主要集中在自贡市、攀枝花市与泸州市,较低水平区主要集中在广元市、广安市、达州市与雅安市。

### 3.2 生态环境压力时空格局演变分析

利用熵值法和线性加权法测度 2005—2020 年四川省各资源型城市生态环境压力指数,结果见图 4。

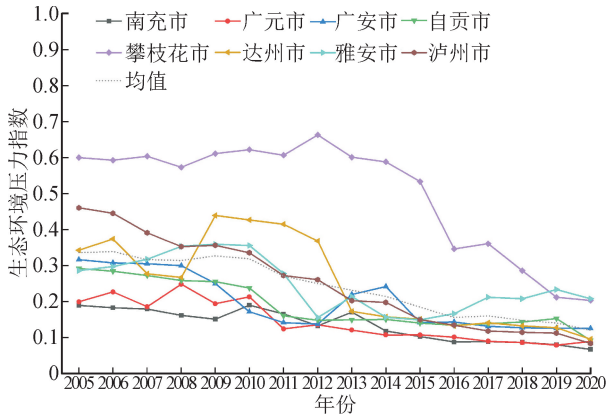


图4 四川省资源型城市生态环境压力指数变化图  
Fig. 4 Change chart of ecological environment stress index for resource-based cities in Sichuan Province

从图4可以看出,2005—2020年四川省各资源型城市生态环境压力波动起伏较大但总体呈逐渐减小的趋势,生态环境压力指数均值从2005年的0.336下降至2020年的0.121。其中攀枝花市与泸州市生态环境压力指数下降幅度较大,其余6个城市变化幅度较小。

研究期内,攀枝花市生态环境压力水平基本处于全时段最高位,2012年是“十二五规划”承上启下的关键之年,该市抢抓机遇、加快发展,其中第二产业产值增长较快,这也导致2012年人均工业废水排放量急剧增多,其生态环境压力指数达到最高值0.663。整体来看,攀枝花市2005—2015年生态环境压力指数较高,均值为0.599;2016—2020年攀枝花市通过加强工业固废源头控制及强化固废综合利用,其工业固体废弃物利用率较往年增长约70%,其生态环境压力逐渐减小。

泸州市与自贡市生态环境压力下降趋势较为稳定,其中泸州市通过加强环境基础设施建设等措施,生态环境压力指数由0.460变为0.084,下降了0.376,生态环境状况持续向好。

达州市、雅安市与广安市生态环境压力变化情况较复杂。达州市生态环境压力呈现出“几字形”变化,其生态环境压力在2009—2012年远高于其余时段,主要是因为这四年间生活垃圾无害化处理率较低,且人均工业用电量与用水量也相对增多;2013年后达州市通过提高城乡生活垃圾处理减量化、资源化和无害化水平,生活垃圾无害化处理率显著提升,生态环境状况持续改善。雅安市生态环境压力整体呈现出“W形”变化,2005—2012年大致保持下降趋势,2012年生态环境压力指数为0.156;2013年因工业固体废弃物利用率下降、人均工业废水排放量以及人均工业用电量与用水量增加,其生态环

境压力指数增加,达到“W”中点位置,此时生态环境压力指数为0.214;2014年雅安市城镇生活污水处理率下降约20%,但工业固体废物综合利用率恢复至90%以上,其生态环境压力指数较2013年有所下降,但幅度较小;2015—2020年,雅安市生态环境压力呈现上升趋势,其生态环境压力指数由0.149上升至0.208,主要原因在于生态环境保护方面的能力减弱。广安市生态环境压力则呈现出“波浪式”变化,2005—2008年变化不明显,徘徊在0.300左右;2009—2012年生态环境状况改善良好,其中人均造林面积与单位GDP能耗下降改善情况显著;2013—2014年因人均工业废水排放量增多以及城镇污水处理能力下降,生态环境压力增大至0.242;2015年后生态环境压力呈持续减小趋势。

广元市与南充市生态环境压力变化情况相似,大致保持稳定减小的趋势。其中广元市在2005—2010年呈现出“增-减-增-减”循环变化情形,2011年后保持稳定减小趋势。而南充市生态环境压力变化波动较小,2005—2020年生态环境压力指数由0.189变为0.067,下降了0.122,其中2010年与2013年因生活垃圾无害化处理能力和工业固体废弃物综合利用能力降低以及人均工业用电量与用水量增多,其生态环境压力暂时性增大但较其余城市相比整体压力较小情况较好。

在分析四川省各资源型城市生态环境压力空间分布特征时,本文同样以0.2为间隔值,将四川省资源型城市生态环境压力指数划分为较低水平、中等水平和较高水平三种类型(见表4),并选取2005年、2010年、2015年和2020年4个年份进行具体的分析。

表4 四川省资源型城市生态环境压力指数划分标准  
Tab. 4 Ecological environment stress index classification standard for resource-based cities in Sichuan Province

类型	较低水平	中等水平	较高水平
生态环境压力指数	$e \leq 0.2$	$0.2 < e < 0.4$	$e \geq 0.6$

从图5(a)可以看出,2005年四川省各资源型城市生态环境压力水平分为较低、中等、较高水平三类。较高水平区包括攀枝花市与泸州市,其中攀枝花市生态环境压力指数最高,为0.600。中等水平区包括达州市、广安市、自贡市与雅安市,其中雅安市生态环境指数最低,为0.286。较低水平区包括广元市与南充市,其中南充市生态环境压力指数最低,为0.189。

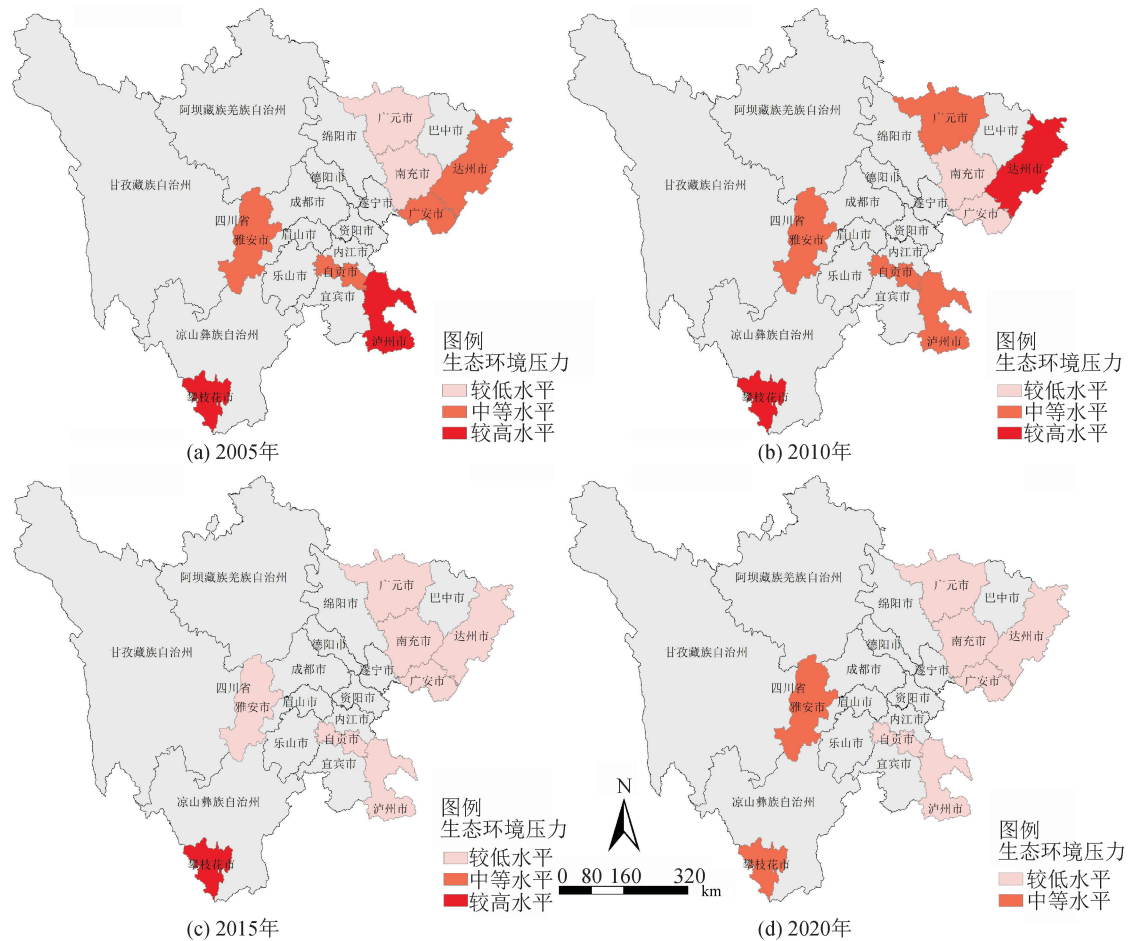


图 5 四川省资源型城市生态环境压力指数空间分布格局图

Fig. 5 Spatial distribution pattern of ecological environment stress index of resource-based cities in Sichuan Province  
注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2019)1822 的标准地图制作,底图无修改。

从图 5(b)可以看出,相比于 2005 年,2010 年研究区各资源型城市生态环境压力水平类型未改变,仍为三类。其中生态环境压力最大的城市仍然是攀枝花市(较高水平区),其生态环境压力指数由 2005 年的 0.600 上升至 0.622。较高水平区还包括达州市,其生态环境压力指数由 2005 年的 0.342 上升至 0.427,是由中等水平区转变而来。中等水平区包括雅安市、泸州市、自贡市与广元市,其中雅安市与自贡市保持 2005 年状态不变,泸州市是由 2005 年较高水平区转变而来,广元市则是由 2005 年较低水平转变而来。较低水平区包括南充市与广安市,其中南充市保持 2005 年状态不变,广安市是由 2005 年中等水平区转变而来,且生态环境压力指数最低,为 0.171。

从图 5(c)可以看出,2015 年研究区内生态环境压力情况明显改善,仅存在 1 个较高水平区。生态环境压力最大的城市仍然是攀枝花市(唯一较高水平区),此时生态环境压力指数为 0.533;其余 2015 年处于较高水平区、中等水平区的城市均转变为较低水平区,其中南充市生态环境压力指数最低,为 0.103。

从图 5(d)可以看出,与 2015 年相比,2020 年研究区生态环境压力情况较好,已不存在较高水平区。其中攀枝花市由 2015 年的较高水平区转变为中等水平区,此时生态环境压力指数为 0.203;雅安市生态环境压力指数由 2015 年的 0.149 上升至 0.208,由较低水平区转变为中等水平区;其余 6 个城市仍保持 2015 年较低水平区不变,其中广元市生态环境压力指数最低,为 0.090。

综合来看,在各时期四川省资源型城市生态环境压力空间格局以攀枝花市为较高水平区,中等水平区主要集中在自贡市、雅安市、广安市与泸州市,较低水平区主要集中在达州市、南充市与广元市。

### 3.3 新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩关系分析

本文利用脱钩弹性系数法分析 2005—2020 年四川省各资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力的脱钩关系,在分析过程中将研究期 2005—2020 年划分为 s1(2005—2007)、s2(2008—2010)、s3(2011—2013)、s4(2014—2016)、s5(2017—2020) 5 个时期,分析结果见图 6。



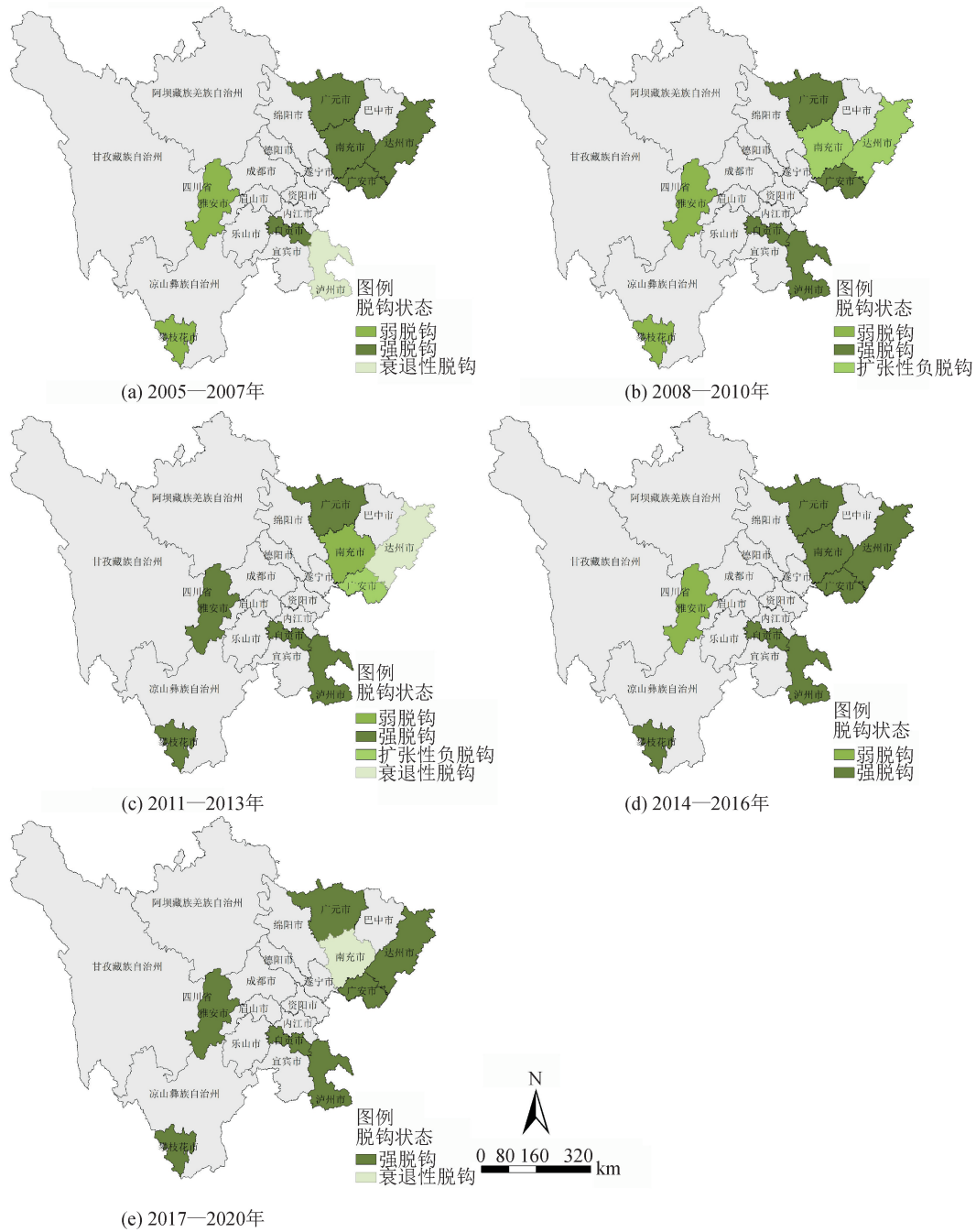


图6 四川省资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩状态空间分布格局  
 Fig. 6 Spatial distribution pattern of the decoupling of new-type urbanization development level and ecological environment stress of resource-based cities in Sichuan Province

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)1822的标准地图制作,底图无修改。

从图6(a)可以看出,s1时期(2005—2007年)雅安市与攀枝花市新型城镇化发展水平与生态环境压力表现为弱脱钩状态,这是城市发展较为理想的状态,表示此阶段城市的新型城镇化发展水平提高,生态环境压力增大,但新型城镇化发展水平的提升速度较生态环境压力的增加速度更快;泸州市表现为衰退性脱钩状态,表示此阶段城市新型城镇化发展水平与生态环境压力均降低/减小,但后者速度较快;其余5个城市则表现为强脱钩状态,即城市发展

最为理想的状态,表示此阶段城市的新型城镇化发展对生态环境产生正向影响。

从图6(b)可以看出,s2时期(2008—2010年)四川省部分资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力的脱钩状态发生改变。其中南充市与达州市由强脱钩转变为较差的扩张性负脱钩,即新型城镇化发展水平与生态环境压力都处于上升阶段,但后者增加的速度更快,主要原因是“十一五”期间南充市与达州市在实施工业强市战略过程中,工业生

产中产生的污染物略有增多从而导致生态环境压力上升。泸州市由衰退性脱钩转变为强脱钩,其新型城镇化指数增加了0.046,生态环境压力指数减小了0.017。其余5个城市则保持上一阶段状态不变。

从图6(c)可以看出,s3时期(2011—2013年)南充市由扩张性负脱钩转变为弱脱钩状态,表明此阶段城市的新型城镇化发展水平提高,生态环境压力也增大,但新型城镇化发展水平的提升速度更快;广安市由强脱钩转变为扩张性负脱钩,即新型城镇化发展水平与生态环境压力都处于上升阶段,但后者的速度较快,说明广安市在新型城镇化发展过程中对生态环境造成了相对较大的压力;攀枝花市新型城镇化发展水平与生态环境压力由上一阶段的弱脱钩转变为强脱钩状态,表明此阶段攀枝花市的新型城镇化发展水平提高,生态环境压力减小,城市向着更理想的方向发展,究其原因在于该时段内人均工业用电量减少、工业固体废弃物综合利用率提高以及人均造林面积的增加;达州市由扩张性负脱钩转变为衰退性脱钩,其新型城镇化指数减少了0.006,生态环境压力降低了0.242,生态环境压力对新型城镇化造成的负面影响较小;其余3个城市则保持上一阶段的脱钩状态不变。s3时期大部分城市新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩状态良好,主要得益于西部大开发“十二五”规划中严格要求要建设资源节约型和环境友好型社会,加强节约资源和保护环境、强化节能减排以实现可持续发展。

从图6(d)可以看出,s4时期(2014—2016年)四川省各资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力主要表现为强脱钩状态(仅雅安市由上一阶段的强脱钩转变为弱脱钩状态),表明该阶段绝大多数城市朝着理想的状态发展。与以往三个时期相比,s4时期资源型城市的新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩状态达到了前所未有的最佳状态,这主要是因为2014年发布的《国家新型城镇化规划(2014—2020)》中明确提出要推进城镇化健康发展,在推进城镇化水平和质量稳步提升中加强公共服务设施建设、加快绿色城市建设。

从图6(e)可以看出,与s4时期相比,s5时期(2017—2020年)四川省各资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩状态变动较小,仍保持较为理想的发展状态。南充市由强脱钩状态转变为衰退性脱钩,与上一阶段相比新型城镇化水平降低,生态环境压力保持减小趋势。雅安市由弱脱钩

转变为强脱钩,主要是生态环境水平与生态环境保护两方面发展较好。其余6个城市则保持强脱钩状态不变。s5时期各资源型城市脱钩状态持续保持良好的原因在于《四川省国民经济与社会发展第十三个五年规划纲要》中明确提出要加快建设四川经济强省、加快产业结构向现代服务业、先进制造业转型升级,要加快生产、生活方式向低碳、绿色转变,要提高资源利用效率、降低能源消耗,减少污染物排放,持续改善生态环境质量。

#### 4 结论和建议

本文利用熵值法和线性加权法,测度2005—2020年四川省各资源型城市新型城镇化发展水平和生态环境压力,进而应用脱钩弹性系数法剖析二者之间的脱钩演变过程。

根据分析结果可知,2005—2020年四川省各资源型城市新型城镇化发展水平整体上呈现出波动上升的态势,主要是因为四川省积极贯彻落实“新型城镇化发展”政策,由此构建的“一轴三带、四群一区”城镇化发展格局为各资源型城市的发展提供了有力的支撑作用。泸州市在结合自身优势的基础上,以及位于川渝滇黔结合部区域的有利位置,取得了新型城镇化发展的有效成果。南充、达州、广安和广元市作为川东北城市群主要组成部分(其中南充、达州为核心城市),功能定位明确,也得到了较好的发展。

2005—2020年四川省各资源型城市生态环境压力波动起伏较大但整体呈现出逐渐减小的趋势,一方面因城市经济、产业的不断发展,生态环境压力随之增加并出现波动。另一方面,在寻求城市发展的同时,各市也在采取相应措施保护生态环境,致力于改善生态,减小压力,促使新型城镇化与生态环境协调发展。自《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020)》公布以来,各市积极响应,生态环境压力出现明显减小的趋势。

根据评价结果可知,2005年、2010年、2015年及2020年南充、自贡、攀枝花、泸州四市新型城镇化发展水平均高于其他城市,在此后新型城镇化发展过程中南充市应起到核心带动作用,辐射带动达州市、广元市与广安市的发展,努力打造四川省发展的新兴增长极。自贡市与泸州市应加强联系,为建设川南一体化发展地区努力。攀枝花市则应不断加强城市建设质量和水平,为四川南向开放发展起到桥头堡作用。雅安市处在川西高原和成都平原的交接地带,作为四川省中部唯一资源型城市,应加强其交通转运功能,提升区域关联度。同时,各时期内攀枝

花、泸州两市生态环境压力较大,针对此类城市,对其污染较大的工业进行工艺改良,减少三废产出,提高能源转化效率,完善建成区绿化种植,积极推进造林活动。针对生态环境压力较小的城市,建立生态补偿机制,维护现状,逐渐提高生态效益,力达稳中求进。

根据脱钩状态分析可知,2005—2020年四川省各资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力脱钩状态经历了“强脱钩为主体-脱钩类型多样化-强脱钩为主体”的变化过程。在最近的研究阶段中(2017—2020年)广元、广安、自贡、攀枝花、达州、雅安、泸州属于强脱钩状态,应继续保持,在稳步发展新型城镇化的同时注意生态环境的保护,特别是在城镇污水处理、污染物排放以及工业固体废弃物综合利用方面还应加强,同时也需加强城区绿化,营造更加绿色的城市生活空间,在今后的发展中需要着重关注民生发展,加强教育及医疗等公共服务设施的建设,还应更加注重节能减排,可积极引进绿色产业,创建绿色环保产业链,使经济发展与自然环境和谐共生。南充市属于衰退性脱钩,生态环境改善情况较好,但因人口城镇化与空间城镇化得分降低导致其新型城镇化发展水平降低,需要注意做好人才引进工作,加强基础设施建设。

四川省资源型城市作为四川省重要的资源产业发展地区,其新型城镇化与生态环境之间的关系密切又复杂,协调两者之间的关系存在一定的困难。本文基于四川省资源型城市新型城镇化与生态环境的脱钩分析,就如何协调两者之间的关系,促进其可持续发展提出以下建议。

1) 针对不同类型城市实行差异化新型城镇化发展策略。成长型资源型城市新型城镇化发展水平较高,发展速度较快,有充足的资源能源支撑其发展,需要明确产业的发展方向,合理规划产业空间布局,遵循资源适度开发原则。成熟型资源型城市新型城镇化发展水平稳定,在今后的发展中可通过构建现代化产业体系进行产业转型,借助传统产业优势发展创新产业。衰退型资源型城市资源产业发展后备力量不足,资源开发逐渐衰竭,依靠传统资源产业继续发展较为困难,可借助长江上游地理位置优势,发展临港经济,培育特色产业。

2) 生态环境保护工作任重道远。针对资源开发过度、历史遗留问题复杂的特殊资源型城市更应持续关注其生态健康,建设生态文明城市。针对生态环境压力较小的城市开展预防工作,做好环境评估,提前部署生态保护措施。针对生态环境压力

较大的城市,对其高污染、高能耗的产业进行点对点整治,进行清洁生产,必要时淘汰“三高”产业,减少污染物排放。

3) 将科学创新技术运用在新型城镇化发展、生态环境保护 and 改善方面。结合不同类型资源型城市特点及其资源禀赋,制定可持续发展的路线、方针、政策,制定符合发展要求的规划。发展节能减排技术,降低城市能耗,推行绿色生产,完善各工业产业的污染物处理配套设施,推动资源型城市绿色低碳发展。

本研究运用脱钩弹性系数法分析了四川省8个资源型城市新型城镇化发展水平与生态环境压力之间的脱钩关系,研究结果可为促进各城市社会经济与资源环境协调发展提供一定的参考依据。但因部分市县相关数据获取难度较大,所构建的指标体系还不够完善,并未能完全反映资源型城市新型城镇化与生态环境发展特点,研究区域也并未覆盖四川省所有资源型城市,因此,在后续的研究中需要加强指标体系中对于反映资源型城市特点的指标选取,并且还可以在现有研究的基础上对未来研究区二者的脱钩状态进行预测,以期对四川省资源型城市的高质量发展和绿色低碳发展提供更具有针对性的政策建议。

#### 参考文献:

- [1] 姚士谋,张平宇,余成,等. 中国新型城镇化理论与实践问题[J]. 地理科学,2014,34(6):641-647.  
YAO Shimou, ZHANG Pingyu, YU Cheng, et al. The theory and practice of new urbanization in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(6): 641-647.
- [2] 王怡睿,黄煌,石培基. 中国城镇化质量时空演变研究[J]. 经济地理,2017,37(1):90-97.  
WANG Yirui, HUANG Huang, SHI Peiji. Spatial and temporal evolution of urbanization quality in China[J]. Economic Geography, 2017, 37(1): 90-97.
- [3] 黄茂兴,张建威. 中国推动城镇化发展:历程、成就与启示[J]. 数量经济技术经济研究,2021,38(6):3-27.  
HUANG Maoxing, ZHANG Jianwei. China has promoted the development of urbanization: history, achievements and enlightenment [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2021, 38(6): 3-27.
- [4] SUN Dongqi, ZHANG Jingxiang, HU Yi, et al. Spatial analysis of China's eco-environmental quality: 1990-2010[J]. Journal of Geographical Sciences, 2013, 23(4): 695-709.
- [5] 王丹,路日亮. 中国城镇化进程中的生态问题探析[J]. 求实,2014(5):58-62.

- [6] 臧鑫宇,王娇,李含嫣. “双碳”目标下的生态城市发展战略与实施路径[J]. 科技导报,2022,40(6):30-37.  
ZANG Xinyu, WANG Qiao, LI Hanyan. Eco-city development strategy and implementation path under the target of carbon peaking and carbon neutrality[J]. Science & Technology Review, 2022, 40(6): 30-37.
- [7] BERGER A, HODGE R. Natural change in the environment: a challenge to the pressure-state-response concept[J]. Social Indicators Research: An International and Interdisciplinary Journal for Quality-of-Life Measurement, 1998, 44(2): 255-265.
- [8] CAVIGLIA-HARRIS J L, CHAMBERS D, KAHN J R. Taking the "U" out of Kuznets: a comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation[J]. Ecological Economics, 2009, 68(4): 1149-1159.
- [9] 方创琳,崔学刚,梁龙武. 城镇化与生态环境耦合圈理论及耦合器调控[J]. 地理学报,2019,74(12): 2529-2546.  
FANG Chuanglin, CUI Xuegang, LIANG Longwu. Theoretical analysis of urbanization and eco-environment coupling coil and coupler control [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(12): 2529-2546.
- [10] 刘海猛,方创琳,李咏红. 城镇化与生态环境“耦合魔方”的基本概念及框架[J]. 地理学报,2019,74(8): 1489-1507.  
LIU Haimeng, FANG Chuanglin, LI Yonghong. The Coupled Human and Natural Cube: a conceptual framework for analyzing urbanization and eco-environment interactions[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(8): 1489-1507.
- [11] 白俊燕,卫海燕,路春燕,等. 渭南市城市化水平和生态环境压力关系研究[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(12):28-32.  
BAI Junyan, WEI Haiyan, LU Chunyan, et al. The relationship between urbanization level and urban ecological environmental pressure of Weinan[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012, 26(12): 28-32.
- [12] 高杨,马耀峰,刘军胜. 旅游业-城市化-生态环境耦合协调及发展类型研究——以京津冀地区为例[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2016,44(5):109-118.  
GAO Yang, MA Yaofeng, LIU Junsheng. Study on the coupling coordinative development and types among-tourism, urbanization and ecological system: a case study of Beijing-Tianjin-Hebei area [J]. Journal of Shaanxi Normal University(Natural Science Edition), 2016, 44(5): 109-118.
- [13] 朱艳娜,何刚,张贵生,等. 皖江示范区新型城镇化与生态环境耦合协调及空间分异研究[J]. 安全与环境学报,2021,21(6):2865-2874.  
ZHU Yanna, HE Gang, ZHANG Guisheng, et al. Coupling coordination and spatial differentiation of new-type urbanization and ecological environment in Wanjiang City belt[J]. Journal of Safety and Environment, 2021, 21(6): 2865-2874.
- [14] 宋学锋,刘耀彬. 基于SD的江苏省城市化与生态环境耦合发展情景分析[J]. 系统工程理论与实践,2006,26(3):124-130.  
SONG Xuefeng, LIU Yaobin. Scenarios simulation of urbanization and ecological environment coupling in Jiangsu Province by system dynamic model[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2006, 26(3): 124-130.
- [15] 吕有金,孔令池,李言. 中国城镇化与生态环境耦合协调度测度[J]. 城市问题,2019(12):13-22.  
LÜ Youjin, KONG Linchi, LI Yan. Measurement on the coordination degree of China's urbanization and ecological environment[J]. Urban Problems, 2019(12): 13-22.
- [16] 杨婧媛,王小兰. 资源型城市经济发展质量与生态环境压力脱钩关系研究——以攀枝花市为例[J]. 西安理工大学学报,2022,28(3): 366-374.  
YANG Jingyuan, WANG Xiaolan. Research on the decoupling relationship between economic development quality and eco-environmental pressure in resource-based cities: a case study of Panzhihua City[J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2022, 38(3): 366-374.
- [17] 王丽丽,刘笑杰,戚禹林,等. 中原城市群城镇化生态环境响应的时空演变及影响因素[J]. 资源开发与市场,2021,37(5):550-556,597.  
WANG Lili, LIU Xiaojie, QI Yulin, et al. Spatio-temporal evolution and drivers of the ecological response of urbanization in central plains urban agglomeration[J]. Resource Development & Market, 2021, 37(5): 550-556, 597.
- [18] 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.  
WANG Fuxi, MAO Aihua, LI Helong, et al. Quality measurement and regional difference of urbanization in Shandong Province based on the entropy method[J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(11): 1323-1329.
- [19] 王小兰,王海明,王旭熙. 新型城镇化水平与生态环境压力脱钩关系时空差异分析——以四川省绵阳市为例[J]. 中国农业资源与区划,2019,40(3):121-129.  
WANG Xiaolan, WANG Haiming, WANG Xuxi. De-

- coupling spatio-temporal difference analysis of new urbanization level and eco-environmental pressure——a case study of Mianyang City[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(3): 121-129.
- [20] 陈肖飞,郭建峰,姚士谋. 长三角城市群新型城镇化与生态环境承载力耦合协调研究:基于利奥波德的大地伦理观思想[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(4): 715-724.  
CHEN Xiaofei, GUO Jianfeng, YAO Shimou. Study on the coupling between ecological capacity and new urbanization in Yangtze River Delta Agglomeration: based on the Leopold's Earth ethics[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, 27(4): 715-724.
- [21] 汪伦焰,蒋赞美,李慧敏,等. 河南省城市化与生态环境耦合协调状态的时空格局[J]. *水土保持通报*, 2021, 41(5): 311-318.  
WANG Lunyan, JIANG Zanmei, LI Huimin, et al. Spatial and temporal pattern of urbanization and ecological environment coupling coordination in He'nan Province[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2021, 41(5): 311-318.
- [22] 万伦来,曹甜甜. 煤炭资源型城市工业化与生态环境的脱钩性研究[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2021, 44(1): 123-129.  
WAN Lunlai, CAO Tiantian. Research on decoupling between industrialization and ecological environment of coal resource-based cities[J]. *Journal of Hefei University of Technology(Natural Science)*, 2021, 44(1): 123-129.
- [23] 邵佳,冷婧. 湖南武陵山片区新型城镇化与生态环境耦合协调发展[J]. *经济地理*, 2022, 42(9): 87-95.  
SHAO Jia, LENG Jing. Types and spatial pattern of coupling coordination between the new-type urbanization and eco-environment in Wuling Mountainous Area of Hunan[J]. *Economic Geography*, 2022, 42(9): 87-95.
- [24] 夏勇,钟茂初. 经济发展与环境污染脱钩理论及EKC假说的关系——兼论中国地级城市的脱钩划分[J]. *中国人口·资源与环境*, 2016, 26(10): 8-16.  
XIA Yong, ZHONG Maochu. Relationship between EKC hypothesis and the decoupling of environmental pollution from economic development: based on China prefecture-level cities' decoupling partition [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(10): 8-16.
- [25] 苑清敏,邱静,秦聪聪. 天津市经济增长与资源和环境的脱钩关系及反弹效应研究[J]. *资源科学*, 2014, 36(5): 954-962.  
YUAN Qingmin, QIU Jing, QIN Congcong. Decoupling relationship and rebound effect between economic growth and the resource environment for Tianjin[J]. *Resources Science*, 2014, 36(5): 954-962.
- [26] 黄木易,岳文泽,何翔. 长江经济带城市扩张与经济增长脱钩关系及其空间异质性[J]. *自然资源学报*, 2018, 33(2): 219-232.  
HUANG Muyi, YUE Wenze, HE Xiang. Decoupling relationship between urban expansion and economic growth and its spatial heterogeneity in the Yangtze Economic Belt [J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(2): 219-232.
- [27] ONAT N C, KUCUKVAR M, TATARI O. Scope-based carbon footprint analysis of U. S. residential and commercial buildings: an input-output hybrid life cycle assessment approach[J]. *Building and Environment*, 2014, 72: 53-62.
- [28] 冯博,王雪青. 中国各省建筑业碳排放脱钩及影响因素研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(4): 28-34.  
FENG Bo, WANG Xueqing. Research on carbon decoupling effect and influence factors of provincial construction industry in China [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(4): 28-34.
- [29] 国务院. 全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)[S/OL]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2013/content\\_2547140.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2013/content_2547140.htm).
- [30] 黄磊,朱洪兴,杨叶. 中原经济区新型城镇化质量综合水平研究[J]. *资源开发与市场*, 2014, 30(1): 80-84.  
HUANG Lei, ZHU Hongxing, YANG Ye. Study on comprehensive level of new-type urbanization quality in central plains economic zone[J]. *Resource Development & Market*, 2014, 30(1): 80-84.
- [31] 史宝娟,张立华. 天津地区城市化与生态环境压力脱钩关系研究[J]. *生态经济*, 2018, 34(3): 166-170.  
SHI Baojuan, ZHANG Lihua. Decoupling relationship between urbanization and eco-environmental stress in Tianjin [J]. *Ecological Economy*, 2018, 34(3): 166-170.
- [32] LEVREL H, KERBIRIOU C, COUVET D, et al. OECD pressure-state-response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2009, 18(7): 1719-1732.
- [33] 冯俊华,王倩,郑广文. 黄河流域科技创新与新型城镇化耦合协调发展测度[J]. *地球科学与环境学报*, 2022, 44(5): 826-838.  
FENG Junhua, WANG Qian, ZHENG Guangwen.

- Calculation on coupling and coordinated development of scientific-technological innovation and new urbanization in Yellow River Basin, China[J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2022, 44(5): 826-838.
- [34] 姜亚俊,慈福义,史佳璐,等. 山东省新型城镇化与生态环境耦合协调发展研究[J]. *生态经济*, 2021, 37(5):106-112.
- JIANG Yajun, CI Fuyi, SHI Jialu, et al. Study on the coupling development of new urbanization and ecological environment in Shandong Province[J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(5): 106-112.
- [35] 邹亚锋,张倩,饶钰飞,等. 中国西部省会城市新型城镇化发展水平演化研究[J]. *干旱区地理*, 2023, 46(4): 636-648.
- ZOU Yafeng, ZHANG Qian, RAO Yufei, et al. Evolution of new urbanization of provincial capitals in western China[J]. *Arid Land Geography*, 2023, 46(4): 636-648.
- [36] 胡祥福,余陈毅,蒋正云,等. 江西省新型城镇化与生态环境耦合协调度及空间分异研究[J]. *生态经济*, 2020,36(4):75-81.
- HU Xiangfu, YU Chenyi, JIANG Zhengyun, et al. Research on the coordination degree and spatial differentiation of new urbanization and ecological environment in Jiangxi Province [J]. *Ecological Economy*, 2020, 36(4): 75-81.
- [37] 郑华伟,刘友兆,丑建立. 中国城市土地集约利用与生态环境协调发展评价研究[J]. *水土保持通报*, 2012, 32(1):227-232.
- ZHENG Huawei, LIU Youzhao, CHOU Jianli. Evaluation of coordinated development between urban intensive landuse and ecological environment in China [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2012, 32(1): 227-232.
- [38] 祝志川,刘博,和军. 中国乡村振兴、新型城镇化与生态环境协同发展测度分析[J]. *经济问题探索*, 2022(7):13-28.
- ZHU Zhichuan, LIU Bo, HE Jun. Measurement and analysis of coordinated development of rural revitalization, new urbanization and ecological environment in China[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2022(7): 13-28.
- [39] TAPIO P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001[J]. *Transport Policy*, 2005, 12(2): 137-151.
- [40] 曾建丽,赵玉帛,李淑琪. 京津冀城市群新型城镇化水平时空格局演变及驱动因素研究[J]. *生态经济*, 2021, 37(10):100-107.
- ZENG Jianli, ZHAO Yubo, LI Shuqi. Research on the evolution and driving factors of the new urbanization level of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration [J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(10): 100-107.
- [41] 杨亮洁,张小鸿,潘竟虎,等. 成渝城市群城镇化与生态环境耦合协调及交互影响[J]. *应用生态学报*, 2021, 32(3):993-1004.
- YANG Liangjie, ZHANG Xiaohong, PAN Jinghu, et al. Coupling coordination and interaction between urbanization and eco-environment in Cheng-Yu urban agglomeration, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2021, 32(3): 993-1004.

(责任编辑 王绪迪)