

山地城镇化与资源环境承载力耦合协调发展的时空演变

丁 宇¹, 张 雷², 马昕琳^{1*}

1. 清华大学公共管理学院, 北京 100084

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要: 中国是山地大国, 在生态文明建设理念下, 如何实现山地城镇化与资源环境承载力的协调发展, 已经成为我国亟待解决的重大难题。基于我国西南地区三省一市(重庆市、四川省、云南省、贵州省)的 31 个地级市 2004—2018 年面板数据, 运用综合评价法和耦合协调度模型, 揭示了山地城镇化与资源环境承载力耦合协调的时空演变特征。结果表明: ①西南地区综合城镇化指数和资源环境承载力均呈稳步增长趋势, 二者差距逐渐缩小, 但由于发展水平较低, 仍处于低度耦合协调阶段。②在空间格局上, 都市圈内城市属于高承载、高发展、中度耦合协调度地区, 但重庆市、昆明市以及一些工业型城市由于人口和财富在城市高度集聚, 其资源环境承载力显著低于西南地区平均值; 以高山大川为界的省际交界地区, 由于自然地理上的“分割”, 城镇化发育不足, 属于高承载、低发展、低度耦合协调度地区。研究显示, 山地城镇化与资源环境承载力之间的耦合关系日趋紧密, 应推进以人为本的绿色城镇化道路, 使两大系统处于良好的耦合协调状态。

关键词: 山地城镇化; 资源环境承载力; 耦合协调度; 西南地区

中图分类号: X24

文章编号: 1001-6929(2022)02-0592-09

文献标志码: A

DOI: 10.13198/j.issn.1001-6929.2021.11.27

Temporal and Spatial Evolution of Coupling Coordination of Mountainous Urbanization and Its Resource and Environment Carrying Capacity

DING Yu¹, ZHANG Lei², MA Xinlin^{1*}

1. School of Public & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: Because China is a large and mountainous country, under the concept of ecological civilization construction, how to achieve the coordinated development of mountainous urbanization and its resource and environment carrying capacity has become a major issue that needs to be solved urgently. Based on the panel data of 31 prefecture level cities of three provinces and one municipality in southwest China (Chongqing City, Sichuan Province, Yunnan Province and Guizhou Province) from 2004 to 2018, this paper reveals the temporal and spatial evolution characteristics of the coupling coordination degree between mountain urbanization and resource and environment carrying capacity in this region, using the comprehensive evaluation method and the coupling coordination degree model. The results show that: (1) The comprehensive urbanization index and resource and environment carrying capacity in southwest China have a trend of steady growth, and that the gap between them is gradually narrowing. However, the region's low level of development means that its coupling coordination degree is still in an early stage, and it only increased from 0.47 to 0.49 during 2004-2018. (2) In spatial pattern terms, larger cities such as Chengdu City and Guiyang City belong to areas with high resource and environment carrying capacity, high comprehensive urbanization index, and a moderate coupling coordination stage. However, due to the high concentration of population and wealth in some industrial cities such as Chongqing City and Kunming City, their resource and environmental carrying capacity are significantly lower than the regional average. Because of natural geographic divisions, the inter-provincial border areas, bounded by mountains and rivers, have insufficient urbanization. These areas have high resource and environmental carrying capacity, but the comprehensive urbanization index and coupling coordination degree are low. The lowest coupling coordination values appear in Dazhou City, Baoshan City and Zhaotong City. In conclusion, the coupling relationship between mountainous urbanization and its resource and environment carrying capacity is increasing closely. We should promote the people-oriented green urbanization road to make two systems in a good state of coupling and

收稿日期: 2021-08-06 修订日期: 2021-11-19

作者简介: 丁宇(1984-), 女, 辽宁海城人, 助理研究员, 博士, 主要从事区域经济、城镇化与城市治理研究, ddy1985@mail.tsinghua.edu.cn.

* 责任作者, 马昕琳(1992-), 女, 江苏无锡人, 助理研究员, 博士, 主要从事城市地理学、城市与区域规划研究, maxinlin@mail.tsinghua.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No.41430636, 41371486)

Supported by National Natural Science Foundation of China (No.41430636, 41371486)

coordination.

Keywords: mountainous urbanization; resources and environment carrying capacity; coupling coordination; southwest China

中国是世界上最大的山地国家,山地面积约占陆地国土面积的75%,山区人口约占全国人口总数的45%,但是山区GDP仅为全国GDP的30%左右^[1].山地资源环境的开发是影响国土空间功能优化的重要因素,特别是在当前城镇化质量提高过程中,技术进步与社会服务的发展增强了山地资源供给能力;同时,随着人口和经济向城镇集聚,欠发达山区资源环境超载问题日趋严重,从而造成环境污染、生态破坏等问题,进一步限制了其高质量发展^[2].这使得山地资源环境保护与山区发展长期处在矛盾的对立和协调之中.党的十九大指出:“我们要建设的现代化是人与自然和谐共生的现代化,既要创造更多物质财富和精神财富以满足人民日益增长的美好生活需要,也要提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要”.高质量发展更加突出以人民为中心的发展,良好的生态环境是经济社会持续健康发展的支撑点.《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》进一步指出:“协同推进经济高质量发展和生态环境高水平保护”.因此,山地城镇化与资源环境承载力耦合协调具有重要意义.

人口、经济、空间、社会等多种因素构成了城市综合体,城镇化内涵包括人口城镇化(人口非农化过程)、经济城镇化(经济结构非农化过程)、空间城镇化(城市建设用地集约节约利用)和社会城镇化(生活方式转变)四方面^[3].资源环境承载力反映的是在一定时空范围和社会经济技术条件下,生态环境条件对区域社会经济活动的支撑与容纳能力,阈值、变化区间是评价区域可持续发展而不会造成生态严重退化和不可逆转的环境破坏的重要指标^[4-5].城镇化与资源环境承载力是相互依赖、共同促进的关系^[6].一方面,生态环境条件是城市集聚功能形成和发展的基础;另一方面,城镇化是多种要素集聚的过程,伴随着资源能源消耗和污染增加,二者交互动应.环境库兹涅茨曲线(EKC)假说^[7-9]、脱钩理论(Decoupling)^[10-11]的提出奠定了城镇化与生态环境耦合的基础理论.国外已有研究^[12-13]阐明了城镇化与资源环境承载力耦合协调的驱动机制及特征.我国学者^[14]基于人地关系、城市社会-生态系统、近远程耦合框架等理论揭示了城镇化与生态环境存在倒“U”型或“S”型关系.随着系统科学的不断发展,学者采

取实证分析与研究区域相结合,通过数学模型^[15-16]、系统动力学模型^[17-18]、地理探测技术^[19-20]等方法,研究范围涉及城市群^[21-22]、省级^[23-24]、市级^[25-26]等空间尺度,在多要素综合评价的基础上对城镇化与资源环境承载力的关系进行了研究.综合近年来的研究^[27-32]发现,资源环境承载力已经成为区域可持续发展的重要指标,但是研究成果相对忽略了山地地形复杂性前提下资源环境系统的空间异质性以及人地关系的敏感性.山地与平原的地理环境有显著差异,山区资源环境承载力更弱、预警期更短、超载后修复代价更大,因此探讨山地城镇化与资源环境承载力的关系显得尤为重要.

山地城镇化是全国城镇化的重要组成部分.我国西部内陆山区地形复杂,资源环境要素空间匹配状态欠佳,区域总体承载力较弱,城镇化发展水平低、发育进程缓慢,近年来城镇人口的增加以及旅游业的快速发展给山区生态环境带来巨大压力^[33].特别是对于地处长江经济带上游、地形复杂的西南地区,城镇化过程面临许多环境条件的制约与挑战,使我国城镇化进程与生态文明建设面临许多非常态问题^[34].如果忽视了资源环境承载力,盲目推进山地城镇化发展,将给区域及国家生态安全与可持续发展带来多重挑战.我国西南地区包括重庆市、四川省、云南省、贵州省、西藏自治区,面积占全国总面积的25%,是我国生物多样性的关键区域和重要的生态屏障,在我国生态安全和社会经济发展方面具有十分重要的地位.2019年,西南地区承载了全国14%的人口和12%的经济总量;位于全国经济增速最快的前五名,西南地区的贵州省、云南省位居前两位.尽管如此,西南地区仍属全国人文发展比较落后的地区.2020年西南地区常住人口城镇化水平和人均GDP分别为56%和 5.7×10^4 元,较全国平均值低8个百分点和 1.4×10^4 元.因此,选择我国西南地区为研究对象,以地级市为研究单元,探讨综合城镇化与资源环境承载力的耦合协调度的时空格局演变,以期对山地城镇化与可持续发展提供相应的理论依据和决策参考.

1 研究方法 with 数据来源

1.1 评价指标体系构建

参考当前对于城镇化评价的研究^[35-36],分别从人口城镇化、经济城镇化、空间城镇化和社会城镇化四个子系统共选取11个指标考察综合城镇化发展状况,

所有指标均为正向指标(见表1)。其中,人口城镇化选取常住人口城镇化水平和第二、三产业就业人员占总就业人数比重2个指标,反映了城镇化过程中城乡人口转移及非农就业结构转变;经济城镇化选取第二、三产业增加值占GDP比重、人均GDP和人均社会消费品零售总额,反映城市市辖区的产业结构转变、财富积累能力和消费市场经济活力;空间城镇化选取了人均城市道路面积、城市建设用地占市区面积比重、人均建成区面积,反映城市空间扩张、开发利用强度;社会城镇化测度民众享有城市经济发展成果的公平公正性,选取了市辖区的每千人医疗卫生机构床位数、小学师生比、万人拥有公共汽车数量3个指标。

表1 综合城镇化评价指标

Table 1 Comprehensive urbanization evaluation index

目标层	准则层	基础指标	单位	权重
综合城镇化	人口城镇化	常住人口城镇化水平	%	0.074
		第二、三产业就业人员占总就业人数比重	%	0.002
	经济城镇化	第二、三产业增加值占GDP比重	%	0.019
		人均GDP	10 ⁴ 元	0.129
		人均社会消费品零售总额	10 ⁴ 元	0.143
	空间城镇化	人均城市道路面积	m ²	0.055
		人均建成区面积	km ²	0.084
		城市建设用地占市区面积比重	%	0.204
	社会城镇化	每千人医疗卫生机构床位数	张	0.084
		小学师生比	%	0.046
		万人拥有公共汽车数量	辆	0.160

资源环境承载力指标体系依据“状态—压力—响应”的逻辑思路^[37-38],在代表性、系统性、可操作性等原则指导下,分别从资源状况、环境压力、环境治理三方面选取12个指标构建指标体系(见表2)。资源状况方面,考虑水资源、绿色基础设施等城市关键资源资源,选取了4个指标;环境压力方面,基于数据的可获取性,从资源消耗和污染排放方面选取4个指标,指标均为负向指标,其中单位GDP水资源消耗量和人均废水排放量统计范围为城市市辖区,而单位GDP能耗和可吸入颗粒物由于数据可获取性统计范围为全市;环境治理方面,选取一般工业固体废物综合利用率、城镇生活污水处理率、生活垃圾无害化处理率、人均市政公用设施投资额4个指标。

1.2 综合评价法

运用综合评价法计算综合城镇化与资源环境承载力指数。为了消除子系统指标之间不同量纲可能造成的影响,对各指标数据采用极值标准化法处理,再

表2 资源环境承载力评价指标

Table 2 Resources and environment carrying capacity evaluation index

目标层	准则层	基础指标	单位	权重
资源环境承载力	资源状况	人均水资源量	m ³	0.23
		人均公园绿地面积	m ²	0.08
		建成区绿化覆盖率	%	0.04
		人均耕地面积	m ²	0.10
	环境压力	单位GDP能耗	t/(10 ⁴ 元)	0.01
		单位GDP水资源消耗量	m ³ /(10 ⁴ 元)	0.01
		人均废水排放量	t	0.02
		可吸入颗粒物	μg/m ³	0.03
		一般工业固体废物综合利用率	%	0.05
		城镇生活污水处理率	%	0.05
	环境治理	生活垃圾无害化处理率	%	0.02
		人均市政公用设施投资额	10 ⁴ 元	0.38

用熵值法测算指标权重,最后采用综合功效函数获得两大系统发展指数。

数据标准化处理消除不同指标的量纲和数量级对计算结果的影响,正向指标、负向指标的计算公式:

$$y_{ij} = (x_{ij} - x_{ij\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (1)$$

$$y_{ij}' = (x_{ij\max} - x_{ij}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (2)$$

式中, y_{ij} 为正向指标的标准值, y_{ij}' 为负向指标的标准值, $x_{ij\max}$ 、 $x_{ij\min}$ 分别为城市*i*指标*j*的最大值和最小值, x_{ij} 为城市*i*指标*j*的实际值。

利用熵权法根据各指标值的变异程度来确定客观权重,计算公式:

$$p_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^n y_{ij} \quad (3)$$

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

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

式中, p_{ij} 为指标的比重, e_j 为指标的信息熵, w_i 为指标权重。

运用线性加权平均法计算综合发展指数,计算公式:

$$U_t = \sum_{i=1}^n w_i y_{ij} \quad (6)$$

式中: U_t 代表各子系统目标层的综合得分,介于0~1之间; n 为地级市的个数。

1.3 耦合协调模型

耦合协调度能够判断系统之间的相互作用强度

以及系统之间的整体功效,被广泛用于揭示生态环境与城镇化之间复杂的交互耦合机理,因此构建综合城镇化与资源环境承载力两大系统的耦合协调度模型:

$$C = 2\sqrt{U_1 \times U_2} / (U_1 + U_2) \quad (7)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (9)$$

式中: C 为两个系统的耦合度,其中, $0 \leq C \leq 0.5$ 为拮抗状态, $0.5 < C \leq 0.8$ 为磨合状态, $0.8 < C \leq 1$ 为高水平耦合状态; U_1 和 U_2 分别代表资源环境承载力指数与综合城镇化指数; T 为两个系统的发展度,由于两系统同等重要,令 $\alpha = \beta = 0.5$; D 代表两个系统的耦合协调度,其中, $0 \leq D \leq 0.4$ 为低度耦合协调, $0.4 < D \leq 0.6$ 为中度耦合协调, $0.6 < D \leq 0.8$ 为高度耦合协调, $0.8 < D \leq 1$ 为极度耦合协调^[39-40].

1.4 数据来源

西南地区统计数据中由于西藏自治区、贵州省毕节市和铜仁市数据缺失严重,故未纳入统计分析范围.由图1可见,该文以重庆市、四川省、云南省、贵州省的31个地级市为研究对象.研究数据主要来源于2004—2018年《中国城市统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》,以及各省市的《统计年鉴》《水资源公报》《环境统计公报》.部分缺失数据基于相邻年份的数据采用插值法和灰色关联预测法进行补齐.

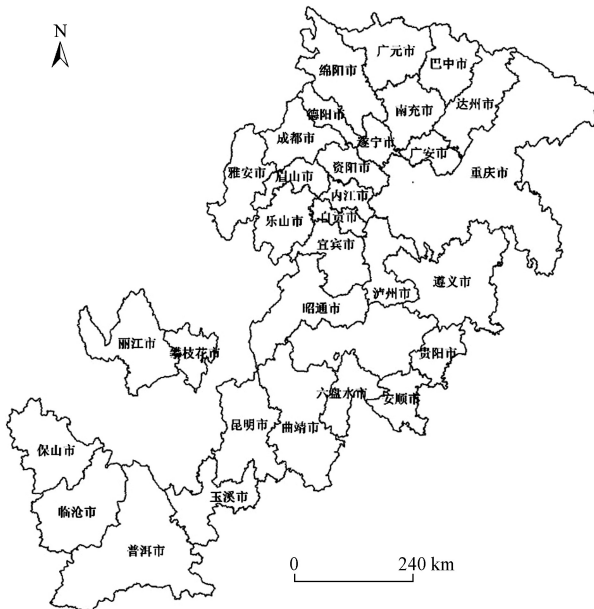


图1 西南地区研究范围

Fig.1 Study area of southwest China

2 结果与讨论

2.1 综合城镇化水平时空变化

西部大开发以来,西南地区逐步加快了城镇化进

程,这成为研究期内山地城镇化整体呈上升态势的重要原因.从综合城镇化的指标权重(见表1)来看,城镇空间扩展、城镇经济发展和公共服务水平的提高是促进西南地区综合城镇化快速发展的重要原因,而人口城镇化的影响较弱.由图2可见,从时序演变看,研究区域2004年之后综合城镇化发展水平稳步增长,2016年综合城镇化指数达到峰值,此后略有下降.2004—2018年综合城镇化指数增长了98.5%,各子系统指数的增幅呈经济城镇化指数(210%)>人口城镇化指数(180%)>社会城镇化指数(83%)>空间城镇化指数(35%)的特征.2004年综合城镇化指数各子系统贡献率大小呈空间城镇化(40%)>社会城镇化(34%)>经济城镇化(20%)>人口城镇化(11%)的特征,而2018年各子系统贡献率呈经济城镇化(30%)略高于社会城镇化(28%)和空间城镇化(27%),远高于人口城镇化(15%)的特征.虽然,西南地区综合城镇化指数有所提高,但整体发育水平较低,说明西南地区空间城镇化并没有产生人口城镇化,山地城镇化进程存在人口城镇化滞后、土地浪费、产业配套缺乏和公共设施不足等问题.

由图3可见,从综合城镇化指数的空间差异来看,2004—2018年西南地区各地级市综合城镇化发展水平的空间差异显著且相对稳定.直辖市、省会城市、典型工业型城市(攀枝花市、自贡市、德阳市、绵阳市、六盘水市、遵义市等)和旅游型城市(丽江市)的综合城镇化指数明显高于其他地区.重庆市经济城镇化水平较高,城镇化其他维度发展水平较为均衡;成都市空间城镇化水平得分为0.23,比人口、经济和社会城镇化得分分别高0.17、0.07和0.05,可见人口城镇化水平仍然较低;昆明市、丽江市社会城镇化水平较高,接近西南地区平均水平的3倍,经济城镇化也略高于西南地区平均值,但是空间城镇化和人口城镇化水平均较低;贵阳市及其他典型工业型城市均呈经济城镇化、空间城镇化和社会城镇化相对均衡,但人口城镇化水平相对滞后的特征.西南地区综合城镇化水平较低的地区主要位于巴中市、达州市、保山市、昭通市等以高山大川为界的省际交界地区,其中,达州市综合城镇化水平增幅在西南地区最小,仅增长20%,城镇化各子系统发育水平均较低;巴中市空间城镇化是综合城镇化的短板;保山市、昭通市的人口城镇化为制约综合城镇化水平的关键因素.

2.2 资源环境承载力的时空变化

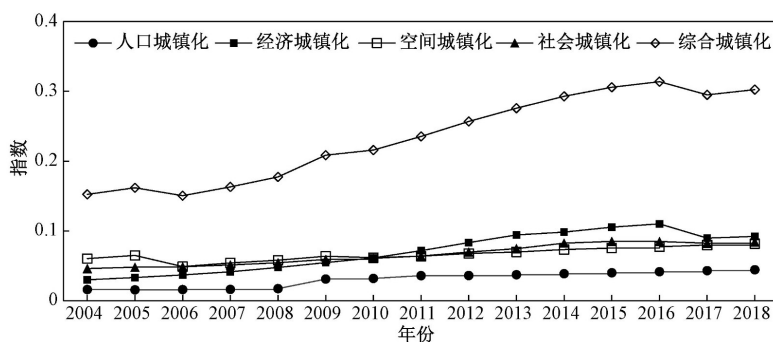


图2 2004—2018年西南地区综合城镇化指数及子系统城镇化指数的变化情况

Fig.2 Changes of comprehensive urbanization index and subsystems in southwest China from 2004 to 2018

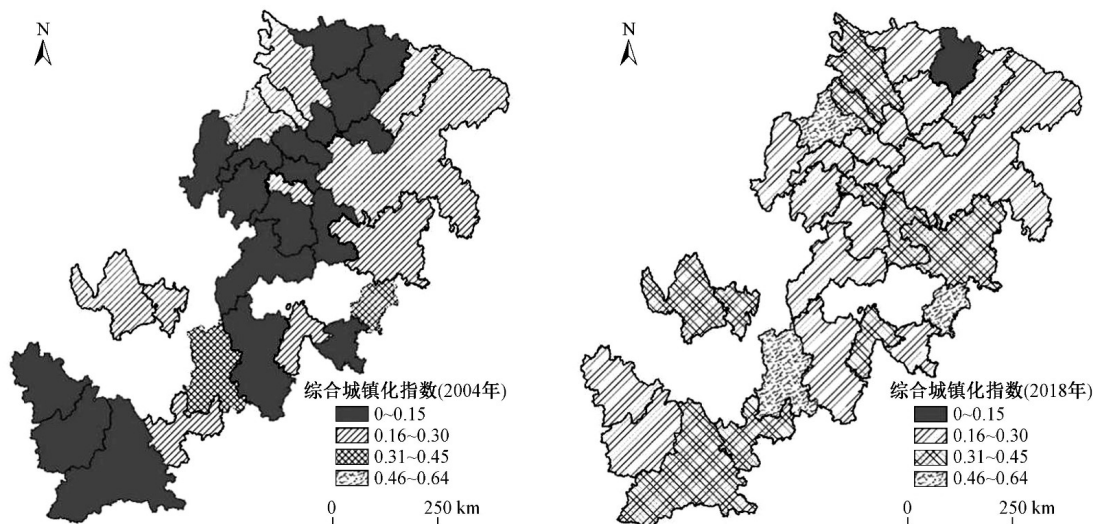


图3 2004年和2018年西南地区综合城镇化指数变化情况

Fig.3 Changes of comprehensive urbanization index in southwest China in 2004 and 2018

从资源环境承载力的权重来看,资源状况和环境治理对西南地区资源环境支撑力影响较大(见表2)。从时序演变看,2004—2018年研究区域资源环境承载力不断提高,特别是“十二五”以来增幅加快,2018年达到0.33,较2004年增长了46%,但仍是资源环境承载力较为脆弱的地区。2018年资源环境承载力各子系统指数较2004年的增幅呈环境治理(100%)>环境压力(25.4%)>资源状况(13.3%)的特征,山地地理条件复杂性和生态环境脆弱性是制约西南地区资源环境承载力的关键因素。2004年西南地区综合承载力各子系统贡献率为资源状况(48%)>环境治理(33%)>环境压力(18%),2018年各子系统贡献率为环境治理(47%)>资源状况(38%)>环境压力(15%)(见表3)。可见,正是因为西部大开发改变了西南地区发展条件,环境基础设施投入的增加,使资源

环境压力显著下降,从而保护了良好的生态环境。

从资源环境承载力的空间差异(见图4)来看,西南地区各地级市的差异较小,且空间格局保持相对稳定

表3 2004—2018年西南地区城市资源环境承载力及子系统指数变化情况

Table 3 Changes of resources and environment carrying capacity index and subsystems in southwest China from 2004 to 2018

年份	资源状况指数	环境压力指数	环境治理指数	资源环境承载力
2004	0.11	0.04	0.08	0.23
2006	0.10	0.04	0.08	0.22
2008	0.10	0.05	0.09	0.23
2010	0.11	0.04	0.11	0.26
2012	0.11	0.04	0.12	0.27
2014	0.11	0.05	0.13	0.29
2016	0.12	0.05	0.14	0.31
2018	0.12	0.05	0.15	0.33

定态势,仅有40%的地级市资源环境承载力高于西南地区平均值.2004年这些城市主要分布在重庆市、成都市、绵阳市、雅安市、遵义市、安顺市、曲靖市、保山市、丽江市、普洱市和临沧市,这些城市中既有成渝、贵安、遵义等都市圈城市,也有发展水平相对落后的滇西南地区.2018年大部分城市仍高于西南地区资源承载力平均值,贵阳市、六盘水市、广元市3个城市由2004年的低于平均值调整为2018年的高于西南地区平均值,但是重庆市资源环境承载力却略低于西南地区平均值,其资源状况指数低于西南地

区平均值,环境压力和环境治理指数与西南地区平均值相当.成都市、贵阳市、六盘水市的环境治理指数均高于西南地区平均值,而资源状况和环境压力指数与西南地区平均值相近;其他城市的资源状况指数远高于西南地区平均值,而环境压力、环境治理指数与西南地区平均值相近.2018年西南地区资源环境承载力处于0.3以下的城市中,攀枝花市、内江市、宜宾市、玉溪市等工业型城市资源环境承载力指数较低,比西南地区平均值低近20%,主要由于资源状况和环境治理指数较低所致.

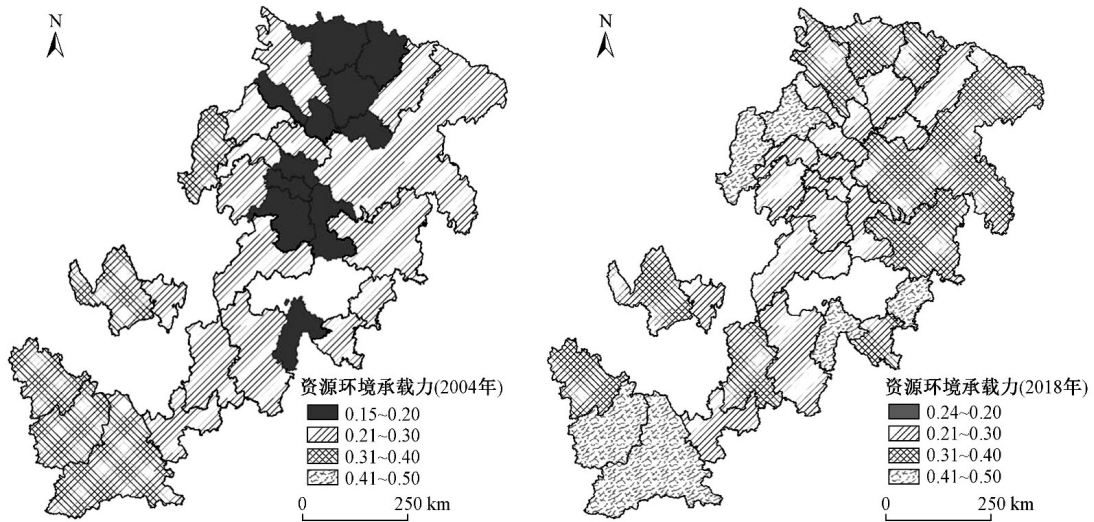


图4 2004年和2018年西南地区城市资源环境承载力变化情况

Fig.4 Changes of resources and environment carrying capacity index in southwest China in 2004 and 2018

2.3 耦合协调度的时空变化

由图5可见,西南地区综合城镇化与资源环境承载力的耦合度由西部大开发初期的0.47升至“十三五”时期的0.49,表明该阶段整体处于磨合状态.耦合度和发展度决定了耦合协调度的时间序列呈缓慢增长

态势,综合城镇化指数与资源环境承载力指数的差距逐渐缩小,基本扭转了城镇化滞后发展的状况,促进了两个系统的协调性,但仍未摆脱综合城镇化与资源环境承载力双低发展度的困境,导致西南地区耦合协调度一直处于低度耦合协调阶段,显示两大系统没有

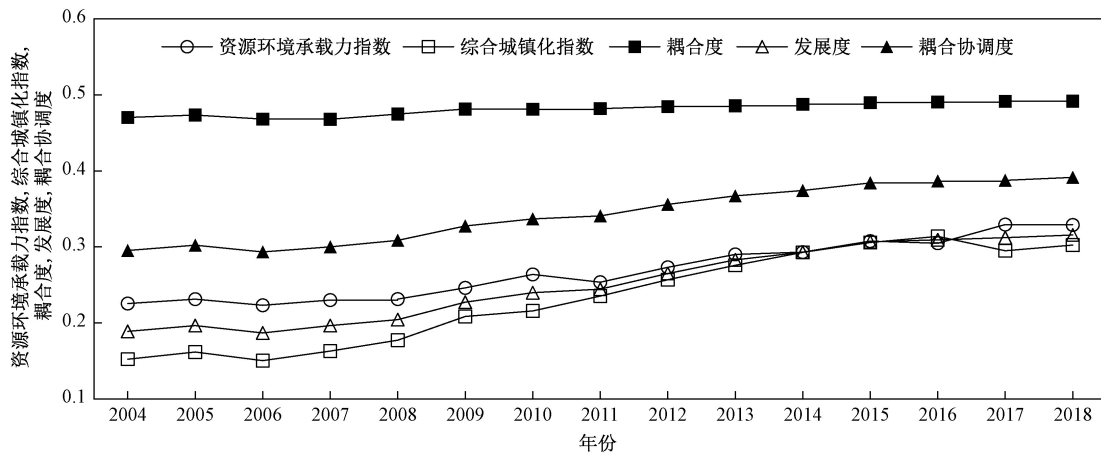


图5 2004—2018年西南地区耦合协调度变化情况

Fig.5 Change of the coupling coordination degree in southwest China during 2004 to 2018

形成良性耦合协调甚至出现相互掣肘的局面。

由图6可见:从耦合协调度的空间差异来看,2004年西南地区仅成都市和昆明市的耦合协调度达到0.4,处于由低度向中度耦合协调阶段迈进的阶段;其他城市均处于低度耦合协调阶段.2018年西南地区仅成都市、贵阳市的耦合协调度达到0.50,进入中度耦合协调阶段;大部分城市处于低度向中度耦合协调迈进阶段;达州市、巴中市、昭通市的耦合协调度较低,均为0.33.整体来看,西南地区耦合协调度发展

水平在空间上差距较小,呈现都市圈高、省际交界地区低的地域特征.许多城市的耦合协调度提高得益于城镇化综合发展指数与资源环境承载力指数差距的缩小.一方面,由于国家“十一五”以来推动西部大开发,山地城市基础设施条件改善和城市经济发展,城镇化进程加快;另一方面,很多山地城市依托资源环境优势走绿色发展道路,既加大了生态环境保护又发展了特色经济,使得近年来西南地区社会经济发展成绩显著,耦合协调度逐渐提高.

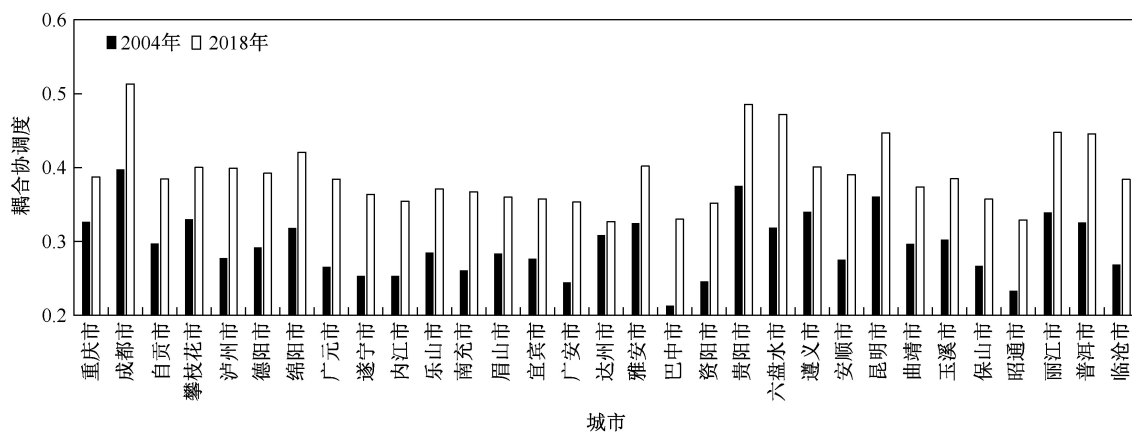


图6 2004年和2018年西南地区耦合协调度

Fig.6 The type of coupling coordination degree in southwest China in 2004 and 2018

3 结论与展望

a) 研究期间,西南地区综合城镇化指数和资源环境承载力均呈增长趋势,二者差距逐渐缩小,表明山地城镇化与城市生态环境保护总体向好.综合城镇化空间差异显著且相对稳定,高值区集中在区域性中心城市及特色经济城市,而以高山大川为界的省际交界地区则是城镇化发展的“塌陷地带”.资源环境承载力空间差异较小,既有平地较多、资源环境承载力和综合城镇化水平都较高的城市(如成都市、贵阳市),也有地形复杂、生态环境优越但欠发达的滇西南地区.但是西南地区综合城镇化指数和资源环境承载力整体偏低,人口城镇化长期滞后,城镇化发展面临可持续发展的严峻挑战.另外,重庆市、昆明市和一些工业型城市发展迅速,但财富和人口集聚引起资源承载力低于西南地区平均值的状况不容忽视.

b) 西南地区综合城镇化指数和资源环境承载力的耦合协调度表现为稳定增长的态势,二者之间的关系日趋紧密,但是自然地理区位优势导致区域尤其是省际交界地区发展内源动力不足,西南地区长期深陷低度耦合协调阶段,两大系统尚未形成良性互动耦合

机制.西南地区耦合协调度空间差异较小,大部分城市处于由低度向中度耦合协调过渡阶段,耦合协调度的提高主要由于综合城镇化指数显著提高,缩小了与资源环境承载力之间的差距;成都市、贵阳市的耦合协调度较高,进入中度耦合协调阶段;西南地区耦合协调度较低值出现在达州市、昭通市、保山市.因此,应充分认识到山地城市地理开发条件的复杂性和脆弱性,把握综合城镇化与资源环境承载力的互动关系和区域差异性,探索以人为本的绿色城镇化道路,使两大系统处于良好的耦合协调状态,从根本上改变资源环境的整体开发效益低下和资源环境承载压力攀升的局面^[41].

c) 山地城镇化与资源环境承载力之间的协调关系十分复杂,二者之间的耦合状态和转化趋势受到内外多重因素的共同作用.在耦合协调度评价研究的基础上,进一步挖掘二者之间的关联效应并建立监控模型将是后续研究的重点.此外,要进一步加强山地城市人口流动规律和省际交界地区发展特征认识,探索山地城镇化的动力机制和实现路径.

参考文献 (References):

- [1] 邓伟,戴尔阜,贾仰文,等.山地水土要素时空耦合特征、效应及其调控[J].山地学报,2015(5):513-520.

- DENG W, DAI E Z, JIA Y W, et al. Spatiotemporal coupling characteristics, effects and their regulation of water and soil elements in mountainous area[J]. *Mountain Research*, 2015(5): 513-520.
- [2] 周侃, 樊杰. 中国欠发达地区资源环境承载力特征与影响因素: 以宁夏西海固地区和云南怒江州为例[J]. *地理研究*, 2015, 34(1): 39-52.
- ZHOU K, FAN J. Characteristics and influence factors of resources and environment carrying capacity in underdeveloped areas of China[J]. *Geographical Research*, 2015, 34(1): 39-52.
- [3] 刘兆德, 刘强, 刘振明, 等. 中国省域城镇化综合水平的空间特征与影响因素[J]. *城市发展研究*, 2017, 24(3): 95-101.
- LIU Z D, LIU Q, LIU Z M, et al. Spatial characteristics and factors affecting of comprehensive level of urbanization in the provinces of China[J]. *Urban Studies*, 2017, 24(3): 95-101.
- [4] REN C, GUO P, LI M, et al. An innovative method for water resources carrying capacity research: metabolic theory of regional water resources[J]. *Journal of Environmental Management*, 2016, 167(2): 139-146.
- [5] 王秦, 邱红. 区域资源环境承载力的内涵、特征与演进机制研究[J]. *当代经济管理*, 2020, 42(5): 51-58.
- WANG Q, QIU H. Study on the connotation, characteristics and evolution mechanism of regional resources and environment carrying capacity[J]. *Contemporary Economic Management*, 2020, 42(5): 51-58.
- [6] 罗妮, 刘艳芳, 孔雪松. 中国城市化与生态环境系统耦合研究进展[J]. *热带地理*, 2014, 34(2): 266-274.
- LUO T, LIU Y F, KONG X S. System coupling between urbanization and eco-environment: research progress in China[J]. *Tropical Geography*, 2014, 34(2): 266-274.
- [7] ULUCAK R, BILGILI F. A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 188: 144-157.
- [8] LEAL P H, MARQUES A, ECONOMICS I, et al. Rediscovering the EKC hypothesis for the 20 highest CO₂ emitters among OECD countries by level of globalization[J]. *International Economics*, 2020, 164: 36-47.
- [9] TATOLU F Y, POLAT B. Occurrence of turnig points on environmental kuznets curve: sharp breaks or smooth shifts?[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 317(1): 1-10.
- [10] 刘艳艳, 王少剑. 珠三角地区城市化与生态环境的交互胁迫关系及耦合协调度[J]. *人文地理*, 2015, 3(143): 64-71.
- LIU Y Y, WANG S J. Coupling coordinative degree and interactive coercing relationship between urbanization and eco-environment in Pearl River Delta[J]. *Human Geography*, 2015, 3(143): 64-71.
- [11] 马艳. 长江经济带城镇化与生态环境耦合协调效应测度与交互胁迫关系验证[J]. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(2): 275-286.
- MA Y. Examining the coupling degree and interactive stress between urbanization and eco-environment in Yangtze River Economic Belt[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(2): 275-286.
- [12] POUMANYVONG P, KANEKO S. Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? a cross-country analysis[J]. *Ecological Economics*, 2010, 70(2): 434-444.
- [13] QD A, YL B, JH C, et al. Has urbanization accelerated PM_{2.5} emissions? an empirical analysis with cross-country data[J]. *China Economic Review*, 2020, 59(2): 101-108.
- [14] 崔学刚, 方创琳, 刘海猛, 等. 城镇化与生态环境耦合动态模拟理论及方法的研究进展[J]. *地理学报*, 2019, 74(6): 1079-1096.
- CUI X G, FANG C L, LIU H M, et al. Dynamic simulation of urbanization and eco-environment coupling: a review on theory, methods and applications[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(6): 1079-1096.
- [15] 陈妍, 梅林. 东北地区资源型城市经济转型发展波动特征与影响因素: 基于面板数据模型的分析[J]. *地理科学*, 2017, 37(7): 1080-1086.
- CHEN Y, MEI L. Cyclical characteristics and influential factors of resource-based cities' economy in northeast China: based on panel data model[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(7): 1080-1086.
- [16] 张晓霞, 陶平, 程嘉熠, 等. 海岛近岸海域资源环境承载能力评价及其应用[J]. *环境科学研究*, 2016, 29(11): 1725-1734.
- ZHANG X X, TAO P, CHENG J Y, et al. Method and application of resource and environment carrying capacity assessment for island offshore sea areas[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2016, 29(11): 1725-1734.
- [17] 曹祺文, 鲍超, 顾朝林, 等. 基于水资源约束的中国城镇化SD模型与模拟[J]. *地理研究*, 2019, 38(1): 167-180.
- CAO Q W, BAO C, GU C L, et al. China's urbanization SD modelling and simulation based on water resource constraints[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(1): 167-180.
- [18] 热孜娅·阿曼, 方创琳. 基于系统动力学模型的量水发展模式研究: 以新疆为例[J]. *生态经济*, 2021, 37(3): 177-186.
- AMAN R, FANG C L. Research on development models that are suitable for water resources based on system dynamics model: take Xinjiang as an example[J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(3): 177-186.
- [19] 程慧, 徐琼. 基于地理探测器的中国城镇化-旅游-生态时空耦合关系研究[J]. *中州大学学报*, 2019, 36(4): 7.
- CHENG H, XU Q. Study on the coupling relationship of urbanization-tourism-ecology in China based on geographical detector[J]. *Journal of Zhongzhou University*, 2019, 36(4): 7.
- [20] 谭雪兰, 欧阳巧玲, 江喆, 等. 基于RS/GIS的长沙市城市空间扩展及影响因素[J]. *经济地理*, 2017, 37(3): 81-85.
- TAN X L, OUYANG Q L, JIANG Z, et al. Urban spatial expansion and its influence factors based on RS/GIS: a case study in Changsha[J]. *Economic Geography*, 2017, 37(3): 81-85.
- [21] 杨浩, 吴才武, 周思言, 等. 京津冀地区城镇化与资源环境协调发展研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2020, 34(9): 17-24.
- YANG H, WU C W, ZHOU S Y, et al. Coordinated development of urbanization, resources and environment in Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2020, 34(9): 17-24.
- [22] 吴大放, 胡悦, 刘艳艳, 等. 城市开发强度与资源环境承载力协调分析: 以珠三角为例[J]. *自然资源学报*, 2020, 35(1): 82-94.
- WU D F, HU Y, LIU Y Y, et al. Empirical study on the coupling coordination between development intensity and resources-and-environment carrying capacity of core cities in Pearl River Delta[J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(1): 82-94.
- [23] 沈春竹, 谭琦川, 王丹阳, 等. 基于资源环境承载力与开发建设适宜性的国土开发强度研究: 以江苏省为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(6): 26-36.

- SHEN C Z, TAN Q C, WANG D Y, et al. Research on land development intensity based on carrying capacity of resources and environment and suitability of development and construction: a case study of Jiangsu[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(6): 26-36.
- [24] 李琳, 卢佳佳. 中国省域城镇化的资源环境承载力响应及影响因素[J]. *经济经纬*, 2018, 35(3): 8-15.
- LI L, LU J J. Response relationship and its influencing factors of carrying capacity of resource and environment in China's provincial urbanization[J]. *Economic Survey*, 2018, 35(3): 8-15.
- [25] 张引, 杨庆媛, 闵婕. 重庆市新型城镇化质量与生态环境承载力耦合分析[J]. *地理学报*, 2016, 71(5): 817-828.
- ZHANG Y, YANG Q Y, MIN J. An analysis of coupling between the bearing capacity of the ecological environment and the quality of new urbanization in Chongqing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(5): 817-828.
- [26] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. *地理学报*, 2016, 71(4): 531-550.
- FANG C L, ZHOU C H, GU C L, et al. Theoretical analysis of interactive coupled effects between urbanization and eco-environment in mega-urban agglomerations[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 531-550.
- [27] 徐志青, 刘雪瑜, 袁鹏, 等. 南京市水环境承载力动态变化研究[J]. *环境科学研究*, 2019, 32(4): 557-564.
- XU Z Q, LIU X Y, YUAN P, et al. Dynamic change of water environment carrying capacity in Nanjing City[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2019, 32(4): 557-564.
- [28] 张茂鑫, 吴次芳, 李光宇, 等. 资源环境承载力评价的再认识: 资源节约集约利用的视角[J]. *中国土地科学*, 2020, 34(8): 98-106.
- ZHANG M X, WU C F, LI G Y, et al. Re-recognition of resource and environmental carrying capacity evaluation: from the perspective of resource conservation and intensive utilization[J]. *China Land Science*, 2020, 34(8): 98-106.
- [29] 李娟花, 张惠远, 郝海广, 等. 环境承载力评价方法及其业务化应用: 进展与展望[J]. *环境工程技术学报*, 2020, 10(1): 142-149.
- LI J H, ZHANG H Y, HAO H G, et al. Evaluation methods of environmental carrying capacity and their operational applications: progress and prospect[J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2020, 10(1): 142-149.
- [30] 赵连春, 赵成章, 文军. 河西走廊城镇化与资源环境承载力的动态耦合及空间格局[J]. *生态学杂志*, 2021, 40(1): 199-208.
- ZHAO L C, ZHAO C Z, WEN J. Dynamic coupling and spatial pattern of urbanization and resource-environment carrying capacity in Hexi Corridor[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2021, 40(1): 199-208.
- [31] 孙永胜, 佟连军. 吉林省限制开发区域资源环境承载力综合评价[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(3): 634-645.
- SUN Y S, TONG L J. Comprehensive evaluation of resources and environment carrying capacity in restricted development zone of Jilin Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(3): 634-645.
- [32] 杜芳, 彭剑峰, 王亚俊, 等. 北运河北京段水生态承载力研究及关键控制要素识别[J]. *环境科学研究*, 2021, 34(10): 2369-2379.
- DU F, PENG J F, WANG Y J, et al. Water ecological carrying capacity and identification of key control factors: a case study of Beijing section of North Canal[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2021, 34(10): 2369-2379.
- [33] 邓伟, 方一平, 唐伟. 我国山区城镇化的战略影响及其发展导向[J]. *中国科学院院刊*, 2013, 28(1): 66-73.
- DENG W, FANG Y P, TANG W. The strategic effect and general directions of urbanization in mountain areas of China[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2013, 28(1): 66-73.
- [34] 邓伟, 唐伟. 试论中国山区城镇化方向选择及对策[J]. *山地学报*, 2013(2): 42-47.
- DENG W, TANG W. General directions and countermeasures for urbanization development in mountain areas of China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2013(2): 42-47.
- [35] 郭莎莎, 陈明星, 刘慧. 城镇化与资源环境的耦合过程与解耦分析: 以北京为例[J]. *地理研究*, 2018, 37(8): 1599-1608.
- GUO S S, CHEN M X, LIU H. Coupling procedure and decoupling analysis of urbanization and resource environment: the study of Beijing[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(8): 1599-1608.
- [36] 周正柱, 王俊龙. 长江经济带城镇化与生态环境耦合协调关联性研究[J]. *城市问题*, 2020(4): 21-32.
- ZHOU Z Z, WANG J L. Research on the coordinated development and correlation of urbanization and ecological environment in cities along the Yangtze River Economic Belt[J]. *Urban Problems*, 2020(4): 21-32.
- [37] 刘琳轲, 梁流涛, 高攀, 等. 黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(1): 176-195.
- LIU L K, LIANG L T, GAO P, et al. Coupling relationship and interactive response between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(1): 176-195.
- [38] 王亮, 刘慧. 基于PS-DR-DP理论模型的区域资源环境承载力综合评价[J]. *地理学报*, 2019, 29(3): 45-58.
- WANG L, LIU H. The comprehensive evaluation of regional resources and environmental carrying capacity based on PS-DR-DP theoretical model[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2019, 29(3): 45-58.
- [39] 徐玉莲, 王玉冬, 林艳. 区域科技创新与科技金融耦合协调度评价研究[J]. *科学与科学技术管理*, 2011, 32(12): 116-122.
- XU Y L, WANG Y D, LIN Y. Research on coupling coordinated degree evaluation of regional sci-tec innovation and sci-tec finance[J]. *Science of Science and Management of Science & Technology*, 2011, 32(12): 116-122.
- [40] 卫思夷, 居祥, 荀文会. 区域国土开发强度与资源环境承载力时空耦合关系研究: 以沈阳经济区为例[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(7): 58-65.
- WEI S Y, JU X, XUN W H. Spatial-temporal coupling relationship between land development intensity and carrying capacity of regional resources and environment: a case study in Shenyang economic region[J]. *China Land Science*, 2018, 32(7): 58-65.
- [41] 张雷, 杨波. 中国资源环境基础的空间结构特征分析[J]. *地理研究*, 2018, 37(8): 13-22.
- ZHANG L, YANG B. The spatial pattern of resources-environmental base in China[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(8): 13-22.