

重庆市经济-城镇化-碳排放耦合协调时空演变分析*

廖青松, 林孝松

(重庆交通大学 建筑与城市规划学院, 重庆 400074)

摘要:【目的】研究经济-城镇化-碳排放间耦合协调规律,为促进重庆市新型城镇化发展和经济结构调整提供参考。【方法】以重庆市38个区县为单元,建立经济-城镇化-碳排放子系统评价指标体系,构建两两间耦合协调模型,分析2015、2017和2019年子系统耦合协调空间分异及演变特征。【结果】1)耦合协调空间分布受区县综合发展水平影响大,高水平耦合协调区县中,大都市区区县占比约为60%,渝东南区县占比仅16%左右;2)耦合协调变化具有趋同对应特征,大都市区为双高水平耦合协调,双高区县占比约为93%,渝东北、渝东南为双低水平耦合协调,渝东北区县占比约52%、渝东南区县占比约33%;3)耦合协调度变化差异明显。空间上,耦合协调度呈“点十线”结构,以中心城区、渝东北万州、渝东南黔江为中心辐射点,形成东高西低梯度线;时间上,耦合度为反“L”型上升曲线,协调度为“M”型波浪曲线。【结论】因重庆市区县经济、城镇化发展水平差异,碳减排政策须因地制宜,在产业协同、城乡统筹、开源节流方面实施差异化策略。

关键词:耦合协调;碳排放;城镇化;经济发展;时空演变

中图分类号:X24;F127;F426

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2023)02-0076-08

近些年来,中国的城镇化进程伴随着经济的快速增长而稳步推进。随着全球气候变暖加剧,碳排放问题更是引起广泛关注。经济发展与城镇化相互促进,并成为影响碳排放的重要因素^[1],因此经济发展、城镇化与碳排放间的矛盾亟待解决。

经济发展一定程度上促进了城镇化发展,而碳排放量加剧又受到两者直接作用^[2]。现有研究主要集中于某两方面单向耦合分析,明确结合经济-城镇化-碳排放三者并探讨它们双向耦合关系^[3]的研究则相对较少。现有经济-城镇化耦合协调研究中,有学者认为经济对城镇化发展有直接推动作用^[4],并在空间上呈明显的正向溢出效应^[5];城镇化与碳排放耦合协调关系中,有学者认为城镇化对碳排放存在长期驱动关系^[6],另有学者认为碳排放除受到当时影响外还受到前期累积影响^[7];在区域经济发展与碳排放耦合协调关系方面^[8-11],人们普遍认为碳排放明显的空间集聚性,导致地区差异不确定性。

综合看来,目前针对经济-城镇化-碳排放三者双向耦合关系的研究较少,且视角多为大区域,单独省、市及区县研究较少。本研究顺应经济结构调整背景,基于重庆市成为首批国家低碳试点城市,以该市38个区县为研究单元,利用2015、2017和2019年有关数据,建立经济-城镇化-碳排放两两耦合协调模型,分析三者多元耦合协调演变过程,揭示相互作用规律,以期重庆市碳减排工作推进、能源消费结构调整和实现可持续发展的新型城镇化模式提供科学参考。

1 研究区域与研究数据

1.1 研究区概况

重庆市位于中国西南部,面积约为 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$,下辖38个区县。截至2020年末,全市常住人口约为3 205.4万人,其中城镇人口约为2 226.41万人,城镇化率约为69.46%。2020年重庆市GDP约为25 000亿元,与2019年相比增长了3.9%。目前,重庆市大部分区县已被列为成渝地区双城经济圈规划范围。根据重庆市生态环境局发布的《重庆市应对气候变化白皮书(2020年)》显示,自“十三五”时期以来,重庆市在控制温室气体

* 收稿日期:2022-01-11 修回日期:2022-03-16 网络出版时间:2023-04-21T12:48

资助项目:国家自然科学基金面上项目(No. 41601564);重庆市基础研究与前沿探索项目(No. cstc2018jcyjAX0156)

第一作者简介:廖青松,男,研究方向为区域发展与城乡规划, E-mail: 1140912800@qq.com;通信作者:林孝松,男,教授,博士, E-mail: linxiaosong@cqjtu.edu.cn.

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20230420.1510.026.html

体排放、低碳试点示范、低碳技术创新及应用、体制机制建设等方面取得积极成效,2020 年重庆市碳排放强度为 $0.70 \text{ t} \cdot \text{万元}^{-1}$,较 2015 年下降了 22%。

1.2 数据来源

研究数据主要包括基础数据和统计数据。其中重庆市 1:500 000 区县行政区划数据来源于国家基础地理数据中心(<http://ngcc.sbsm.gov.cn/>);统计数据来源于 2016—2020 年《重庆市统计年鉴》《中国县域统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及重庆市各区县国民经济与社会发展公报;碳排放量数据来源于 CEADs(<https://www.ceads.net.cn/>)。

2 研究方法

2.1 综合指标法

经济-城镇化-碳排放系统是基于人类活动的综合性系统,耦合协调模型指标体系是基于多因素组成的复杂系统。借鉴相关研究成果^[12-14],集合两两耦合特性,遵循系统性、代表性和数据可得性原则,结合重庆市近些年来整体发展态势,建立经济、城镇化和碳排放 3 个子系统共计 19 项具体指标的耦合协调评价指标体系。为客观全面反映实际情况,利用熵值法计算 3 个子系统各项指标熵值权重,再根据层次分析法求得指标 AHP 权值,最后取两者均值得到各子系统指标综合权重(表 1)。

表 1 重庆市经济-城镇化-碳排放子系统耦合协调评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of coupling coordination of economic, urbanization-carbon emission subsystem in Chongqing

子系统	因素	具体指标及含义	熵值权重	AHP 权值	综合权重
经济	经济规模 (x_1)	人均 GDP(x_{11} ,单位:元):人均经济水平	0.132 9	0.245 9	0.189 4
		社会消费品零售总额(x_{12} ,单位:万元):消费经济水平	0.172 3	0.132 0	0.152 2
	经济结构 (x_2)	规模以上工业总产值(x_{21} ,单位:万元):主体工业经济总量大小	0.251 1	0.093 1	0.172 1
		第三产业占 GDP 比重(x_{22} ,单位:%):第三产业占比	0.203 6	0.146 5	0.175 1
	经济效益 (x_3)	城镇居民人均可支配收入(x_{31} ,单位:元):城镇居民人均自由支配收入状况	0.103 3	0.299 4	0.201 4
		城乡居民储蓄存款年末余额(x_{32} ,单位:万元):居民储蓄水平	0.136 8	0.083 1	0.110 0
城镇化	人口城镇化 (y_1)	非农业人口比重(y_{11} ,单位:%):城镇人口规模占比	0.105 5	0.191 4	0.148 5
		人口密度(y_{12} ,单位:人· km^{-2}):单位面积人口数量	0.439 7	0.288 3	0.364 0
	经济城镇化 (y_2)	人均社会固定资产投资(y_{21} ,单位:元):人均角度国民经济活动强度	0.069 5	0.112 5	0.091 0
		人均工业总产值(y_{22} ,单位:元):人均角度工业生产经济总量大小	0.107 2	0.110 4	0.108 8
		居民人均生活性消费支出(y_{23} ,单位:万元):人均生活消费支付水平	0.069 0	0.118 0	0.093 5
	土地城镇化 (y_3)	建成区面积(y_{31} ,单位: hm^2):土地开发建设总量水平	0.187 6	0.149 1	0.168 4
建成区绿化覆盖率(y_{32} ,单位:%):绿化建设覆盖面积大小		0.021 5	0.030 3	0.025 9	
碳排放	工业消耗碳排放(z_1)	规模以上工业企业单位数(z_{11} ,单位:个):主要碳排放工业企业数量	0.145 4	0.125 8	0.135 6
		规模以上工业能源消耗总量(z_{12} ,单位:万 t):主体工业能耗碳排放量	0.325 3	0.396 4	0.360 9
	生活消费碳排放(z_2)	平均每万元 GDP 能源消费量(z_{21} , $\text{t} \cdot \text{万元}^{-1}$):经济发展能耗碳排放量水平	0.131 0	0.122 7	0.126 9
		一次电力及其他能源消费量(z_{22} , $\text{t} \cdot \text{万元}^{-1}$):电力生产及其他能耗碳排放量	0.255 1	0.181 3	0.218 2
	交通运输碳排放(z_3)	公路里程(z_{31} ,单位:km):公路建设及道路运输碳排放量	0.066 7	0.075 2	0.071 0
		拥有小汽车数量(z_{32} ,单位:辆):汽车制造及燃料尾气碳排放量	0.076 5	0.098 6	0.087 6

注:碳排放指标单位中“万 t”“t”为标准煤的质量。

2.2 耦合协调模型

耦合度和协调度是对两两子系统相互关系及其密切程度衡量的一种指标。描述系统中两个或以上子系统基于某种特性联系而相互作用、相互影响、相互促进以至于协同演化的现象^[15-16]。耦合度是衡量系统要素彼此相互依赖、相互制约的强弱程度,协调度是两子系统间关联作用的协调关系,如二者耦合关系较高,但协调关系较差,导致的结果则是二者越发展但协调程度越差;同样,如二者耦合关系较高,协调关系也较好,则说明二者越发展则协调程度越好。

在参考相关研究成果^[17-19]并结合重庆市实际情况,构建经济-城镇化-碳排放三者耦合度测量模型,计算公式^[20]如下:

$$C = 3 \times [(X_i \times Y_i \times Z_i) / (X_i + Y_i + Z_i)^3]^{1/3} \quad (1)$$

其中: X_i 、 Y_i 、 Z_i 分别为经济、城镇化、碳排放子系统综合评价值; C 为耦合度, C 值越大说明子系统间相互作用越大。为进一步分析经济-城镇化、城镇化-碳排放、经济-碳排放等 3 个子系统两两相互制约程度,耦合度模型可变为:

$$C_1 = \sqrt{(X_i \times Y_i) / (X_i + Y_i)^2}, C_2 = \sqrt{(Y_i \times Z_i) / (Y_i + Z_i)^2}, C_3 = \sqrt{(X_i \times Z_i) / (X_i + Z_i)^2},$$

$$T_1 = \alpha X + \beta Y, T_2 = \beta Y + \lambda Z, T_3 = \alpha X + \lambda Z, D = \sqrt{C \times T}.$$

式中: D 为协调度; C_1 、 C_2 和 C_3 分别为经济-城镇化、城镇化-碳排放和经济-碳排放耦合度; T 为综合评价指数; α 、 β 和 λ 为待定系数,取值均为 0.5; X 、 Y 和 Z 分别为经济、城镇化和碳排放子系统综合评价标准化值。

借鉴已有研究成果^[21-22]并结合本研究实际情况,将经济、城镇化、碳排放相互作用耦合程度划分为低水平耦合时期 $[0, 0.3]$ 、拮抗时期 $(0.3, 0.5]$ 、磨合时期 $(0.5, 0.8]$ 、高水平耦合时期 $(0.8, 1.0]$ 等 4 种类型,将协调关系划分为极度失调 $[0, 0.1]$ 、严重失调 $(0.1, 0.2]$ 、中度失调 $(0.2, 0.3]$ 、轻度失调 $(0.3, 0.4]$ 、濒临失调 $(0.4, 0.5]$ 、勉强协调 $(0.5, 0.6]$ 、初级协调 $(0.6, 0.7]$ 、中级协调 $(0.7, 0.8]$ 、良好协调 $(0.8, 0.9]$ 、优质协调 $(0.9, 1.0]$ 等 10 种类型。

3 结果及分析

3.1 子系统耦合度时空演变特征

3.1.1 经济-城镇化耦合度时空演变

2015—2019 年,研究区经济-城镇化耦合度整体水平高,平均值大于 0.8,高水平耦合区县空间分布集中,占比 70%,拮抗时期与磨合时期区县零星分布。空间分布呈现“中西部高,东部低”特征,主要受地形影响,渝东北、渝东南经济增长缓慢,区域协调发展又使相邻区县相互作用开始衰弱,紧密关系松动。

2015 年,高水平耦合区县主要分布在中西部地区,耦合度均值为 0.95,占比 92%;磨合时期区县集中在渝东北巫溪、巫山、奉节,占比 8%。中西部大都市区平均 GDP 高于 3 000 亿元,平均城镇化率超过 70%,一度成为经济城镇化发展的主战场。渝东北经济、城镇化水平相对滞后,巫溪、巫山和奉节平均 GDP 不足 120 亿元,城镇化率低于 40%。

2017 年,全市处于高水平耦合时期区县占比 97%,渝东北耦合水平出现空间不连续分布。2017 年是供给侧结构性改革深化之年,更是“十三五”规划关键之年,全市 GDP 达到约 1.95 万亿元,城乡居民人均收入分别增长了 8.7% 和 9.4%,城镇化率提高到 64.1%。

2019 年,全市仍以处于高水平耦合时期区县为主,占比 92%,分散趋势由渝东北扩大到渝东南。经济下行压力导致高水平耦合时期区县占比降低,其他时期分散加速。

3.1.2 城镇化-碳排放耦合度时空分异

2015—2019 年,研究区城镇化-碳排放耦合度年际变化大,地区差异明显,相同类型耦合度区县分布集中。空间上“西高东低”分布,新型城镇化速度加快,研究区耦合逆向变化区县数量逐年增加。

2015 年,处于高水平耦合时期区县集中在中西部地区,占比 84%,处于磨合时期区县为渝东北的城口、云阳、巫山及渝东南的彭水,占比 13%。全市一体化效能明显提升,2015 年全市常住人口突破 3 000 万,城镇化率达 60.9%,城镇空间迅速延展,刺激碳排放激增。渝东北、渝东南属生态区域,碳中和作用明显。

2017年,奉节、酉阳为拮抗时期占比5%,磨合耦合时期占比增至13%,开州、城口等地出现高耦合向较低耦合逆向变化。全面深化改革整体框架基本建立,城镇建设取得明显成效,全市建成区面积较2015年提升了100 km²,中心城区建成区拓展到732 km²,渝东南、渝东北得到进一步优化发展。

2019年,研究区区县仍以处于高水平耦合时期为主,占比71%,但高耦合向较低耦合逆向变化更明显,永川、丰都、彭水、云阳等均从高水平耦合时期转为磨合时期,占比26%,变化趋势由渝东北、渝东南向渝中西部蔓延。渝东北、渝东南城镇规模进一步提升,城镇化率均高于40%,生态优先绿色发展行动计划,使全市碳排放降低,渝东北、渝东南生态效益凸显。

3.1.3 经济-碳排放耦合度时空分异

2015—2019年,研究区经济-碳排放耦合度空间格局为“整体高,东北低”,全市高水平耦合时期占97%,年际变化幅度小,耦合度水平相对稳定。

2015年,处于高水平耦合时期区县主要分布在中西部地区,占比95%,处于磨合时期区县主要集中在渝东北城口、巫溪,占比5%。全市进行经济产业结构转型发展,GDP约为15 720亿元,年均增长11.8%。

2017年和2019年,处于磨合时期的区县仅剩巫溪,其余区县均为高水平耦合,占比高达97%。2016年,重庆市推进全市综合经济提升,统筹城乡发展。同时,该时期为全市经济由高速增长转向高质量发展阶段关键时期,全市经济运行向好,2019年全年GDP增长6.3%、达到约23 600亿元。

3.2 协调度时空演变特征

根据式(1)计算得到研究区经济-城镇化-碳排放协调度,通过GIS软件将测算值与空间单元进行链接,形成各时期子系统协调度空间分布图(封二彩图1~彩图3),同时利用频数分析法^[15],依据划分标准,分组统计每种耦合协调类型在同时段内所占比例,拟合统计结果分别得到耦合度和协调度演进曲线(图4和图5)。

3.2.1 经济-城镇化协调度时空分异

2015—2019年,研究区经济-城镇化协调度空间呈现“西高东低”阶梯式分布,即大都市区最高,周边区县次之,东部地区最低,全市协调度平均水平由0.502增加到0.523。

2015年,勉强协调以上区县占比52%,抱团分布在中西部,对周边区县辐射作用明显(封二彩图1a),渝东北万州、渝东南黔江为初级协调状态,周边区县均为失调状态,说明单一区县辐射效果小于区县群。

2017年,全市协调度增幅明显,勉强协调以上区县占比55%,76%区县协调水平均有不同程度增长。空间表现为东部地区严重失调、轻度失调减少,中部地区中级协调增加,整体呈上升趋势(封二彩图1b)。

2019年,大都市区近半数区县协调度反弹下降,但整体保持在初级协调以上(封二彩图1c)。此后,荣昌、秀山、巫山等区县协调度上升,整体协调度增速缓慢。

3.2.2 城镇化-碳排放协调度时空分异

2015—2019年,研究区城镇化-碳排放协调度整体稳定,变化较小。

2015年,协调度介于0.142~0.953间,最低值为城口、最高值为大足,耦合类型除极度失调外均有涉及,耦合度失调区县占比约47%,协调区县占比约53%,全市耦合度协调大于耦合度失调。从区域分布看,协调度水平较高区域集中在中西部主城地区及以南区县。2014年,渝西大足、渝东北万州、渝东南黔江协调度水平均较凸出(封二彩图2a)。

2017年(封二彩图2b),协调度整体平均水平由0.522增至0.547,奉节县增幅最大,增长了15%,渝东北其余区县协调度均呈上升趋势,2017年整体协调状态区县数相较2015年上涨了3%。

2019年(封二彩图2c),重庆东部生态发展区梁平、城口、酉阳均出现反弹,协调度呈现逆向走向,协调度整体平均水平相较2017年下降了3%。

3.2.3 经济-碳排放协调度时空分异

2015—2019年,研究区经济-碳排放协调度呈倒“U”型增长,2015—2017年为上升趋势,2017—2019年为下降趋势,整体呈现稳步上升趋势,但增速放缓。

2015年,重庆市经济-碳排放协调度整体平均水平为0.539,协调度介于0.151到0.957之间,其中耦合度失调区县数约占53%,协调区县数约占47%,全市耦合度失调区县数大于耦合度协调区县数。经济-碳排放协调度水平区县空间特征与经济-城镇化、城镇化-碳排放相似,均为“西高东低”阶梯式分布(封二彩图3a)。

2017 年,重庆市经济结构调整取得新进展,经济-碳排放协调度整体平均水平上涨为 0.555,该时期耦合度失调区县数约占 47%,协调区县数约占 53%,全市耦合度协调区县数大于耦合度失调区县数(封二彩图 3b)。

2019 年,重庆市经济-碳排放协调度整体平均水平相较 2015 年上涨 5%,其中增长最快的区县为彭水县。重庆中部地区北碚、大渡口、江北等主城区则呈现逆走向(封二彩图 3c)。

综合来看,在 2015—2019 年,重庆市经济-城镇化、城镇化-碳排放、经济-碳排放协调度均处于严重失调到优质协调之间,未有极度失调;同年份协调度从高到低依次为:经济-碳排放、城镇化-碳排放、经济-城镇化。空间上,协调度与耦合度分布具有一定趋同性,协调度高值区与耦合度高值区均集中在研究区中西部区县;协调度主要以“点带面”式增长为主,表现为中心城区、渝东北万州、渝东南黔江三极式增长,并向周边区县辐射;各区县协调度分化趋势大,以渝中西部地区协调为主,渝东部地区失调为主,由中西部向东部递减,其中渝东北、渝东南地区占比之和高达全市 47%。

3.3 耦合协调时空演化趋势分析

重庆市经济-城镇化-碳排三者相互影响。经济既能反映城镇化水平又可以反映碳排放量变化,城镇化水平又直接影响碳排放量,城镇化水平提升加剧能源消耗、环境污染及气体排放,能直接导致碳排放量增加,因此降低碳排放量则必须转变传统城镇化方式,优化经济结构,促进新型城镇化发展。

从研究区耦合度演变图来看(图 4),2015—2019 年间高水平耦合时期区县数量不断增多,同时速度也在缓慢增加。全市高水平耦合时期在经济-城镇化演变中占 92%、城镇化-碳排放演变中占 95%、经济-碳排放演变中占 92%,进一步说明当前环境下重庆市经济-城镇化-碳排放三者关联度不断增强。

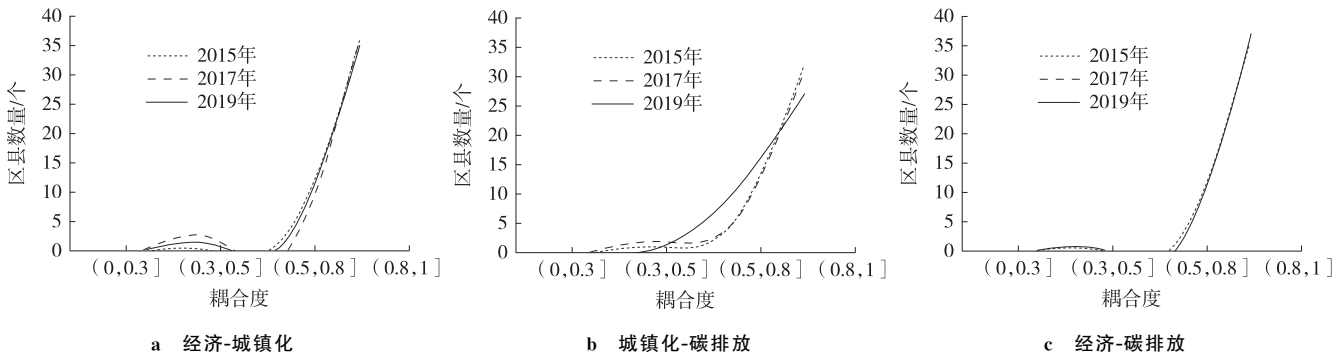


图 4 研究区耦合度演变

Fig. 4 Evolution of coupling degree in study area

从研究区协调度演变图(图 5)可发现,2015—2019 年协调度中,失调状态区县数不断减少,协调状态区县数不断增加,与耦合度反“L”型曲线相反,协调度呈“M”型波浪式曲线且峰值主要集中在协调状态区域。由此可推测随着时间发展,重庆市经济-城镇化-碳排放三者协调度逐渐会由失调演变为协调,由低水平协调向高水平前进,发展过程与耦合度有所差异,但未来发展结果与耦合度相契合,这进一步说明了经济-城镇化-碳排放三者间的相互作用关系。

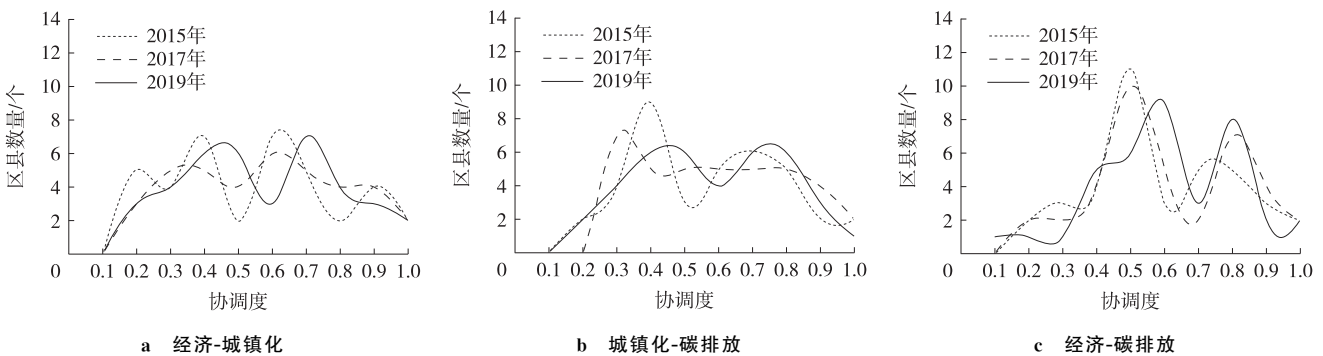


图 5 研究区协调度演变

Fig. 5 Evolution of coordination degree in study area

4 结论与建议

本研究所得结论如下:

1) 子系统耦合协调空间分布受区县综合发展水平影响。耦合度时空演变中,中高水平耦合区县占比在85%以上,其中渝东南区县占比不足10%,渝东北区县占比不足6%;协调度时空演变中,协调状态区县数占全市区县数的54%,而中心城区占协调状态区县数近50%。耦合度、协调度与区县本身综合发展水平相关,经济发展迅速、城镇水平高的区县,碳排放及耦合协调关系明显高于经济发展慢、城镇水平低的区县。

2) 子系统耦合协调变化具有趋同对应特征。处于高水平耦合时期的区县,它的协调度也呈现为协调状态,处于拮抗时期、磨合时期的区县协调度则呈现为失调状态。空间上重庆东部区县耦合度水平较低,城口、云阳、巫山、巫溪、奉节、彭水、酉阳、秀山、武隆等区县历年协调度状态为失调,重庆中西部区县耦合度以高水平耦合时期为主,协调度也表现为协调状态。总体表现为大都市区高水平耦合叠加高水平协调,渝中西部周边区县高水平耦合叠加低水平协调,渝东北与渝东南磨合耦合叠加低水平协调。

3) 子系统耦合协调度时空变化空间差异明显。耦合度、协调度空间演变呈现“点+线”结构,其中“点”以中心城区、万州、黔江为中心点向周边区县辐射,“线”为渝中西部、渝东北、渝东南组成南北向纵轴线,形成明显“西高东低”梯度。耦合度时间演变,呈现低水平耦合向高水平耦合的反“L”型上升曲线,协调度则为“M”型波浪式演进变化,耦合度与协调度增长速率均缓慢。随着新型城镇化改革的推进,未来经济-城镇化、城镇化-碳排放、经济-碳排放都将逐步向高水平耦合-高水平协调良序演进。

综上所述,因各区县经济、城镇化综合水平各有差异,碳减排工作须因地制宜,实施差异化政策。对产业结构驱动型区县,如中心城区沙坪坝、九龙坡、渝北,渝东北云阳、垫江,渝东南涪陵等区县,应适当转变经济发展模式,加强科技和人才引入,优化产业结构,调整能源结构,加强新能源和煤炭清洁技术利用。对城镇化驱动型区县,应结合当地资源优势、产业特点积极探索,寻求碳中和的最佳路径。大都市区可从提高人口素质入手,加强政府引导,贯彻绿色消费、绿色生活理念;持续推进渝东北、渝东南建设,保障2030年实现碳达峰目标。

研究区三者间耦合协调时空演化与相应时期政策实施具有正向对应关系,但不同区域存在差异性。经济方面,持续协调发展,保障中西部大都市区经济与城镇化、碳排放耦合协调发展,加强区县对口协同发展机制,推进渝东南、渝东北耦合失调区县经济协同增长。城镇化方面,渝东北、渝东南城镇化率相较中西部大都市区落后,自2019年乡村振兴战略开局实施,渝东北、渝东南城镇化率相继突破40%,城镇化失调区县应顺应乡村振兴发展趋势,统筹城乡协调发展,实现新型城镇化发展。碳排放方面开源节流,一方面深化“生态优先绿色发展行动”,保障渝东北、渝东南在生态发展方面的重要地位,另一方面优化中西部区县工业企业能源结构,转变能源依赖性经济增长模式,推进全市经济高质量发展,实现碳排放与经济、城镇化协调发展。

参考文献:

- [1] 李建豹,黄贤金,揣小伟,等.江苏省人口城镇化与能源消费CO₂排放耦合协调度时空格局及影响因素[J].经济地理,2021,41(5):57-64.
LI J B, HUANG X J, CHUAI X W, et al. Spatio-temporal pattern and influencing factors of coupling coordination degree between population urbanization and energy consumption CO₂ emission in Jiangsu Province[J]. Economic Geography, 2021, 41(5):57-64.
- [2] 杜祥琬,杨波,刘晓龙,等.中国经济发展与能源消费及碳排放解耦分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(12):1-7.
DU X W, YANG B, LIU X L, et al. Decoupling analysis of economic development, energy consumption and carbon emissions in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(12):1-7.
- [3] HE X B, NICHOLAS C S S. Does economic growth affect urbanization? New evidence from China and the Chinese national congress[J]. Journal of Asian Economics, 2015, 36:62-71.
- [4] 傅强,张小漫,张亚军,等.环境污染与经济增长,能源消费,FDI和城镇化的双向耦合关系[J].华东经济管理,2017,31(1):83-91.
FU Q, ZHANG X M, ZHANG Y J, et al. Environmental pollution and economic growth, energy consumption, FDI and urbanization: a two-way coupling relationship[J]. East China Economic Management, 2017, 31(1):83-91.
- [5] 周亮,车磊,孙东琪.中国城镇化与经济增长的耦合协调发展及影响因素[J].经济地理,2019,39(6):97-107.

- ZHOU L, CHE L, SUN D Q. Coupling coordinated development and influencing factors of urbanization and economic growth in China[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(6): 97-107.
- [6] OUYANG X, LIN B. Carbon dioxide (CO₂) emissions during urbanization: a comparative study between China and Japan[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 143(1): 356-368.
- [7] 周葵, 戴小文. 中国城市化进程与碳排放量关系的实证研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(4): 41-48.
ZHOU K, DAI X W. Empirical study on the relationship between urbanization and carbon emissions in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(4): 41-48.
- [8] 李晓梅, 崔靛. 数字物流、区域经济与碳环境治理耦合及影响因素: 基于我国 30 个省级面板数据的实证检验[J]. *中国流通经济*, 2022, 36(2): 11-22.
LI X M, CUI L. Coupling and influencing factors of digital logistics, regional economy and carbon environmental governance: an empirical test based on panel data of 30 provinces in China[J]. *China Circulation Economy*, 2022, 36(2): 11-22.
- [9] 王宪恩, 王寒凝, 夏菁, 等. 典型国家工业化进程中经济社会与能源环境协调发展分析[J]. *资源科学*, 2016, 38(10): 2001-2011.
WANG X E, WANG H N, XIA J, et al. Analysis on the coordinated development of economy, society and energy environment in typical countries in the process of industrialization[J]. *Resources Science*, 2016, 38(10): 2001-2011.
- [10] 黄俊鑫, 焦方太. 高质量发展下能源消耗与碳排放耦合性研究[J]. *生态经济*, 2021, 37(7): 22-27.
HUANG J X, JIAO F T. Research on coupling of energy consumption and carbon emission under high quality development[J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(7): 22-27.
- [11] 田云, 林子娟. 长江经济带农业碳排放与经济增长的时空耦合关系[J]. *中国农业大学学报*, 2021, 26(1): 208-218.
TIAN Y, LIN Z J. Spatio-temporal coupling between agricultural carbon emissions and economic growth in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(1): 208-218.
- [12] 王蕃, 丁延武, 郭晓鸣. 我国县域经济高质量发展的指标体系构建[J]. *软科学*, 2021, 35(1): 115-119.
WANG Q, DING Y W, GUO X M. Construction of index system of high quality development of county economy in China[J]. *Soft Science*, 2021, 35(1): 115-119.
- [13] 李燕娜. 湖南省新型城镇化质量指标体系构建及评价研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(2): 172-177.
LI Y N. Construction and evaluation of quality index system of new urbanization in hunan province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41(2): 172-177.
- [14] 杜莉丽, 蒋平, 余琦, 等. 城市国民经济与社会发展规划碳排放评估综合指标体系构建与应用: 以上海市为例[J]. *生态经济*, 2018, 34(2): 30-36.
DU L L, JIANG P, YU Q, et al. Construction and application of comprehensive index system for carbon emission assessment of urban national economic and social development planning: a case study of Shanghai[J]. *Ecological Economy*, 2018, 34(2): 30-36.
- [15] 戈大专, 龙花楼, 张英男, 等. 中国县域粮食产量与农业劳动力变化的格局及其耦合关系[J]. *地理学报*, 2017, 72(6): 1063-1077.
GE D Z, LONG H L, ZHANG Y N, et al. Pattern and coupling relationship between grain yield and agricultural labor force change at county level in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(6): 1063-1077.
- [16] 韩增林, 赵启行, 赵东霞, 等. 2000—2015 年东北地区县域人口与经济耦合协调演变及空间差异: 以辽宁省为例[J]. *地理研究*, 2019, 38(12): 3025-3037.
HAN Z L, ZHAO Q X, ZHAO D X, et al. Coordinated changes and spatial differences of population and economy coupling at county level in northeast China from 2000 to 2015: a case study of Liaoning Province[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(12): 3025-3037.
- [17] 王林钰, 陈浩, 陈思源, 等. 城市层面能源-经济-环境-社会耦合协调发展的动态演化与实证分析: 以江苏省为例[J]. *北京理工大学学报(社会科学版)*, 2022, 24(1): 51-64.
WANG L Y, CHEN H, CHEN S Y, et al. Dynamic evolution and empirical analysis of coordinated development of energy-economy-environment-society coupling at city level: a case study of Jiangsu Province[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Science Edition)*, 2022, 24(1): 51-64.
- [18] 王成, 唐宁. 重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化[J]. *地理研究*, 2018, 37(6): 1100-1114.
WANG C, TANG N. Spatial-temporal characteristics and pattern evolution of rural production-living-ecological spatial coupling coordination in Chongqing[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(6): 1100-1114.
- [19] 尚海龙, 李建锋, 明庆忠, 等. 西南地区乡村生产-生活-生态耦合协调动态演化分析[J]. *西北师范大学学报(自然科学版)*,

2020,56(4):90-97.

SHANG H L, LI J F, MING Q Z, et al. Dynamic evolution analysis of rural production-life-ecology coupling in Southwest China [J]. Journal of Northwest Normal University (Natural Science), 2020, 56(4): 90-97.

[20] 赵胡兰, 杨兆萍, 韩芳, 等. 新疆旅游产业-经济发展-生态环境耦合态势分析及预测[J]. 干旱区地理, 2020, 43(4): 1146-1154.

ZHAO H L, YANG Z P, HAN F, et al. Analysis and prediction of tourism industry-economic development-eco-environment coupling situation in Xinjiang[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(4): 1146-1154.

[21] 孙青, 张晓青, 尹向来, 等. 土地利用效益与新型城镇化水平的协调关系研究: 以山东半岛城市群为例[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2018, 41(4): 16-25.

SUN Q, ZHANG X Q, YIN X X, et al. Research on the coordination between land use efficiency and new urbanization level: a case study of Shandong Peninsula urban agglomeration[J]. Journal of Natural Science of Hunan Normal University, 2018, 41(4): 16-25.

[22] 杜霞, 方创琳, 马海涛, 等. 沿海省域旅游经济与城镇化耦合协调及时空演化: 以山东省为例[J]. 经济经纬, 2021, 38(1): 15-26.

DU X, FANG C L, MA H T, et al. Coupling coordination and spatio-temporal evolution of tourism economy and urbanization in coastal provinces: a case study of Shandong Province[J]. Economic Longitude and Latitude, 2021, 38(1): 15-26.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Spatial-Temporal Evolution of Coupling Coordination of Economy-Urbanization-Carbon Emission in Chongqing

LIAO Qingsong, LIN Xiaosong

(School of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: [Purposes] In order to promote the development of new urbanization and the adjustment of economic structure in Chongqing, to reveal the coupling coordination law between economy, urbanization and carbon emissions. [Methods] Taking 38 districts and counties in Chongqing as a unit, the evaluation index system of economy-urbanization-carbon emission subsystem was established, and the coupling coordination model was constructed to analyze the spatial variation and evolution characteristics of subsystem coupling coordination in 2015, 2017 and 2019. [Findings] The results showed that: 1) The spatial distribution of coupling coordination was greatly affected by the comprehensive development level of districts and counties. Among the counties with high level coupling coordination, 60% were in metropolitan areas, and only 16% were in southeast Chongqing. 2) The coupling coordination changes have convergent correspondence characteristics. In the metropolitan area, double high level coupling coordination is 93%, while in northeast and southeast Chongqing, double low level coupling coordination is 52% and 33%, respectively. 3) There are significant differences in coupling coordination degree. Spatially, the coupling coordination degree presents a “point + line” structure, with the urban functional core area, Wanzhou in northeast Chongqing and Qianjiang in southeast Chongqing as the central radiating points, forming a gradient line with high east and low west. In time, the coupling degree is an “inverse L-shaped” rising curve, and the coordination degree is an “M-shaped” wave curve. [Conclusions] Due to the differences in economic and urbanization development levels between regions and counties, carbon emission reduction policies should be tailored to local conditions, and different policies should be implemented in the aspects of industrial coordination, urban and rural overall planning, and increasing income and reducing expenditure.

Keywords: coupling coordination; carbon emissions; urbanization; economic development; space-time evolution

(责任编辑 许 甲)

(接正文 79 页)

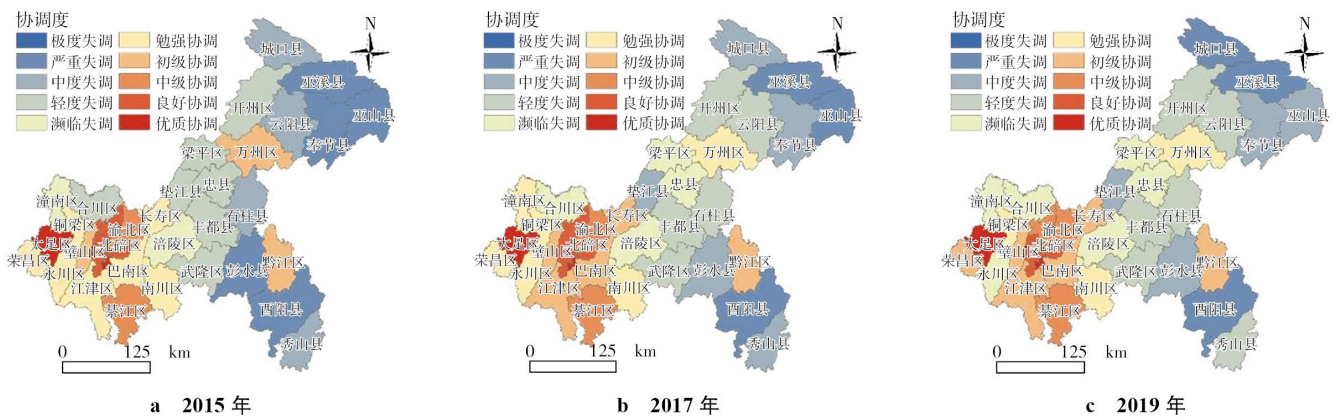


图 1 研究区经济 - 城镇化协调度

Fig.1 The coordination degree between and urbanization in the study area

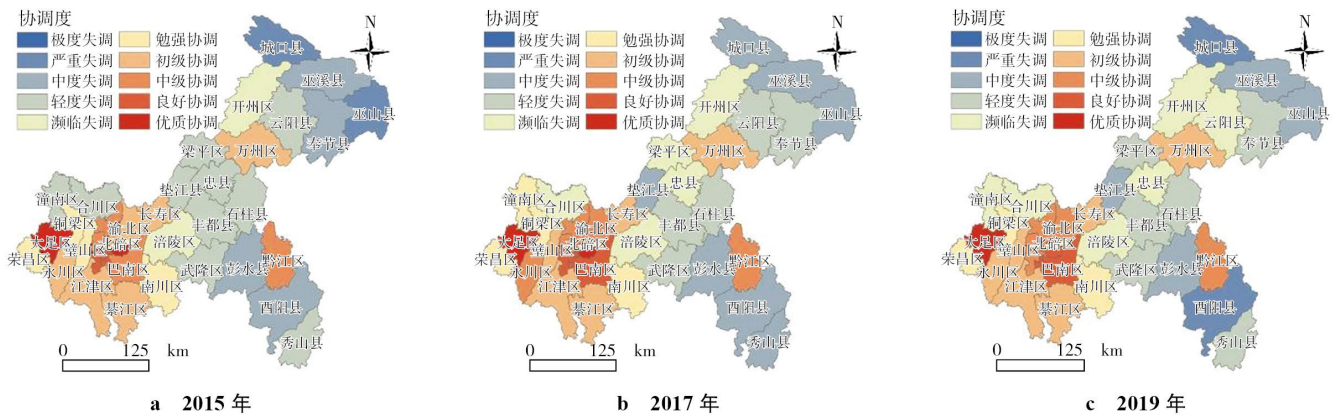


图 2 研究区城镇化 - 碳排放协调度

Fig.2 The coordination degree between urbanization and carbon emission in the study area

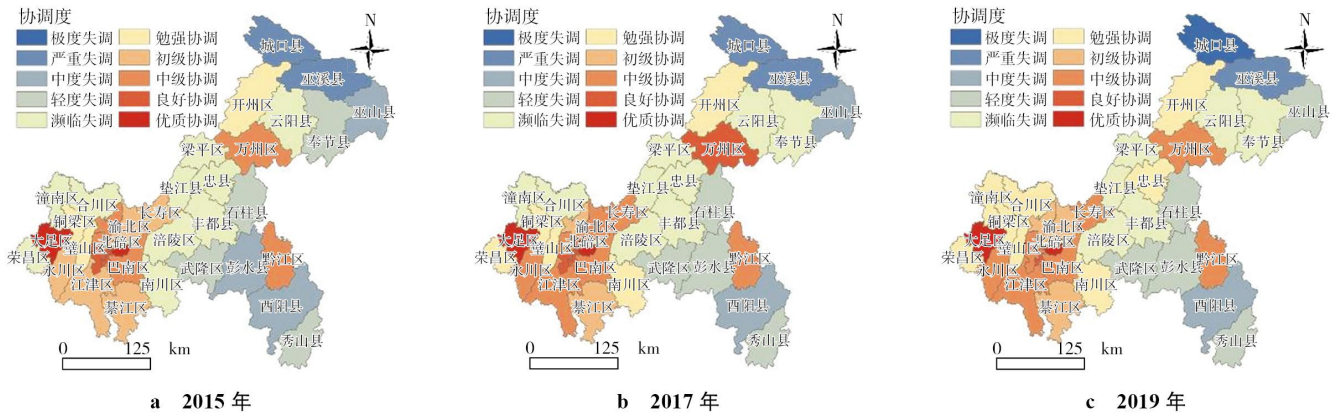
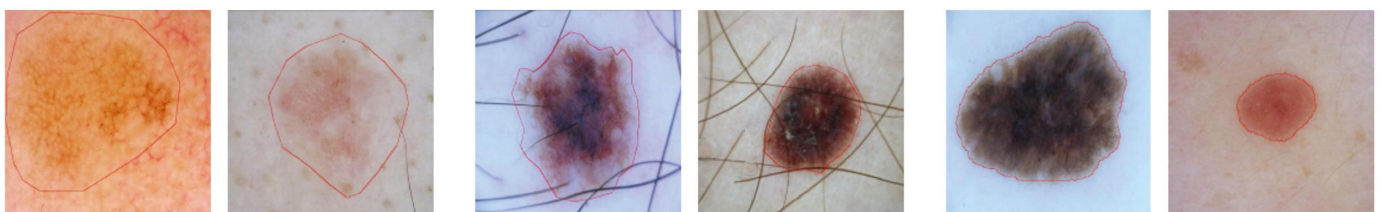


图 3 研究区经济 - 碳排放协调度

Fig.3 The coordination degree between economy and carbon emissions in the study area

(接正文 127 页)



a 病变皮肤与周围对比度较低

b 图像中存在纹理和毛发等噪声

c 病变区域不规则且边界模糊

图 1 病变区域存在的问题

Fig.1 Problems in the lesion area