

· 研究报告 ·

关中平原城市群资源环境承载力研究

叶文显¹, 曾绍龙²

(1. 陕西国际商贸学院管理学院, 陕西 咸阳 712046;

(2. 杭州师范大学经济学院, 浙江 杭州 311121)

摘要:资源环境承载力评价是实现区域合理规划与可持续发展目标的必要前提。选取2015—2019年11个地级以上城市的面板数据,定量测度关中平原城市群的资源环境承载力,结果表明:关中平原城市群资源环境承载力较弱,仅西安为可载,其余10市均为超载或过载;资源环境承载力存在显著的绝对 β 收敛、 α 收敛和空间正相关性;万元GDP工业SO₂排放量对资源环境承载力有显著的负向影响,而人均GDP、人均水资源占有量和人均液化石油气储气能力均对承载力有显著的正向影响;经济增长对资源环境承载力存在显著的“U”型关系。

关键词:资源环境承载力;时空格局;影响因素;关中平原城市群

中图分类号:X171.1;F062.2

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2022)03-0015-06

Research on Carrying Capacity of Resources and Environment in Guanzhong Plain Urban Agglomeration

YE Wen-xian¹, ZENG Shao-long²

(1. School of Management, Shaanxi Institute of International Trade & Commerce, Xianyang, Shaanxi 712046, China; 2. School of Economics, Hangzhou Normal University, Hangzhou, Zhejiang 311121, China)

Abstract: The evaluation of resources and environment carrying capacity is a necessary prerequisite for realizing regional rational planning and sustainable development goals. The panel data of 11 prefecture-level and above cities from 2015 to 2019 were selected to quantitatively measure the resources and environmental carrying capacity of Guanzhong Plain urban agglomeration. The results showed that the resources and environment carrying capacity of Guanzhong Plain urban agglomeration was relatively weak, only Xi'an was capable, the other 10 cities were overloaded. The resources and environment carrying capacity had significant absolute β convergence, α convergence and spatial positive correlation. SO₂ emission per 10 000 yuan GDP from industry had a significant negative impact on resources and environment carrying capacity, while per capita GDP, per capita water resources and per capita liquefied petroleum gas storage capacity had significant positive impacts on the carrying capacity. There was a significant U-shaped relationship between economic growth and resources and environment carrying capacity.

Key words: Resource and environment carrying capacity; Spatial-temporal pattern; Influencing factor; Guanzhong Plain urban agglomeration

2018年初《关中平原城市群发展规划》通过国务院审批,西安也顺利晋级为第九个国家中心城市。关中平原城市群在军工电子、新材料、兵器、新一代信息技术、船舶和航空航天领域发展迅猛,同时,城市群内部生态环境恶化与资源短缺问题日渐突出。加快资源高耗型与环境污染型企业转型,提升区域资源环境承载力成为关中城市群实施空间

规划与实现可持续发展目标的必然战略选择。

收稿日期:2021-05-15;修订日期:2022-04-25

基金项目:国家社会科学重大基金资助项目(18ZDA070);陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究基金资助项目(2021ND0013);陕西国际商贸学院科技创新团队建设基金资助项目(SSY20TD01)

作者简介:叶文显(1982—),男,湖北武汉人,副教授,硕士,研究方向为区域经济学。

已有文献对区域资源环境承载力进行了大量探索,从研究内容看,主要有承载力大小评价^[1]、指标体系构建^[2]、影响因素分析^[3]、时空差异^[4]、健康评价^[5]、预测与预警分析^[6]等;从研究地域范围看,主要有国家^[7]、省域^[8]、珠三角^[9]、城市群^[10]与长江经济带^[11]等;从研究方法看,主要有DPSIR-TOPSIS模型^[12]、综合评价法^[13]、状态空间法^[14]、指数测度法^[15]等。尽管已有文献能较准确地评价区域资源环境承载力,但部分成果仍存在一些局限性,如指标权重的确定过于客观、仅分析承载力指数变动而未对是否可载作出客观评价、较少涉及承载力的收敛性分析与基于Tobit模型的影响因素分析等。鉴于此,今选取2015—2019年关中平原城市群11个地级以上城市的面板数据,运用状态空间法定量测度资源环境承载力,在此基础上实证分析承载力的收敛性、空间自相关性和影响因素,以期对关中平原城市群的资源环境承载力评价、城市群空间规划与可持续发展提供参考。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

关中平原城市群是亚欧大陆桥的重要支点和华夏文明的重要发祥地,其地处中国内陆中心,规划范围涉及陕西、山西和甘肃3省的11个地级以上城市,具体包括陕西省的渭南、咸阳、西安、铜川、

宝鸡和商洛,甘肃省的庆阳、天水、平凉,以及山西省的临汾和运城,所辖国土面积10.71万km²,2019年地区生产总值为2.075万亿,年末常住人口约4200万人。

1.2 指标体系构建与数据来源

依据资源环境承载力的内涵,结合指标体系的科学性、综合性与可获取性原则,从生态环境、社会经济和自然资源等方面构建评价指标体系,并运用熵权法和层次分析法(AHP)得出各指标的综合权重(见表1)。文中的数据资料主要来源于2016—2020年《陕西统计年鉴》《甘肃发展年鉴》和《山西统计年鉴》,2016—2019年《中国城市统计年鉴》,2015—2019年《中国城市建设统计年鉴》,相关省市的生态环境状况公报、政府工作报告、水资源公报及统计公报。为了消除指标间的量级与量纲差别影响,采用极值法对原始值做标准化处理。

1.3 研究方法

(1)状态空间法。其是一种运用欧式几何空间测度系统状态的常用方法,计算原理为利用系统状态点与空间原点之间的矢量模数衡量区域城市承载力的大小状况。根据每个指标的理想值与相应权重可以计算每个子系统及系统整体的理想承载力。结果显示,理想生态环境承载力为0.123,理想自然资源承载力为0.146,理想社会经济承载力为0.049,理想资源环境承载力为0.197。假设理

表1 承载力评价指标体系
Table 1 Evaluation index system of carrying capacity

准则层	指标层	符号	单位	熵权值	AHP值	综合权重	性质	理想值	理想值选择依据
生态环境	万元GDP工业废水排放量	WAST	t/万元	0.077	0.071	0.074	逆向	1.61	关中平原城市群平均值
	万元GDP工业SO ₂ 排放量	USO ₂	t/万元	0.182	0.071	0.126	逆向	14.24	文献[11]
	工业固体废弃物综合利用率	SOLI	%	0.025	0.040	0.033	正向	73	文献[11]
	建成区绿化覆盖率	COVE	%	0.002	0.061	0.031	正向	39.32	《陕西统计年鉴》
	人均公园绿地面积	PARK	m ² /人	0.005	0.051	0.028	正向	11.62	《陕西统计年鉴》
	污水处理率	SEWA	%	0.001	0.040	0.021	正向	93.20	《中国社会统计年鉴》
自然资源	人均耕地面积	PLOW	m ² /人	0.025	0.073	0.049	正向	77	关中平原城市群平均值
	人均水资源占有量	WATE	m ³ /人	0.109	0.052	0.081	正向	2 039	文献[11]
	人均道路面积	ROAD	m ² /人	0.014	0.042	0.028	正向	16.84	《陕西统计年鉴》
	人均天然气储气能力	GAS	m ³ /人	0.091	0.062	0.077	正向	1 554	关中平原城市群平均值
	人均液化石油储气能力	OIL	t/人	0.265	0.062	0.164	正向	0.66	关中平原城市群平均值
	单位GDP用电量	ELEC	kW·h/元	0.081	0.042	0.062	逆向	0.07	《陕西统计年鉴》
社会经济	城镇居民可支配收入	CITI	元	0.004	0.062	0.033	正向	36 098	《陕西统计年鉴》
	农民纯收入	FARM	元	0.007	0.062	0.035	正向	12 326	《陕西统计年鉴》
	人均GDP	GDPP	元/人	0.033	0.073	0.053	正向	65 280	文献[11]
	第三产业产值比例	OUTP ₃	%	0.005	0.042	0.023	正向	45.80	《中国统计年鉴》
	城镇化率	TOWN	%	0.007	0.052	0.029	正向	59.43	陕西省统计公报
	人口密度	POPU	人/km ²	0.065	0.042	0.053	逆向	307	关中平原城市群平均值

想承载力为 CS , 实际承载力为 CC , 令 $TR^* = CC/CS$, 并作出如下分类标准: $TR^* > 1.1$ 时, 承载力可载; $1 < TR^* \leq 1.1$ 时, 承载力临界; $0.9 < TR^* \leq 1$ 时, 承载力超载; $TR^* \leq 0.9$ 时, 承载力过载。

(2) Moran's I 指数。其是一种衡量空间相关性的常用统计指标, 包括 Local Moran's I 指数和 Global Moran's I 指数两种类型。Moran's I 介于 $-1 \sim 1$ 之间, >0 时为正相关, 表明存在相似属性的要素聚集; <0 时为负相关, 表明存在相异属性的要素聚集; $=0$ 时不存在自相关性。通过 Local Moran's I 指数可以绘制 Moran 散点图和聚集图, 进一步区分低-低或高-高集聚类型。

(3) Tobit 模型。其以资源环境承载力为因变量, 运用回归模型分析城市承载力的主要影响因素。考虑到因变量取值范围为 $(0, 1)$, 传统的 OLS 模型分析可能会有估计偏差, 故采用面板 Tobit 模型进行分析。关于自变量指标体系的构建, 在借鉴文献^[1,9,11,14]的基础上, 运用逐步回归方法, 并考虑变量间的共线性问题, 最终选择的自变量为表 1 中的 USO_2 、 $COVE$ 、 $WATE$ 、 OIL 、 GDP 和 $TOWN$ 。为了考察“U”型曲线的存在性, 还引入人均 GDP 的平方项 (GDP^2)。

2 结果与讨论

2.1 收敛性检验

为了考察关中平原城市群各维度承载力的变动趋势, 采用 α 收敛和绝对 β 收敛进行检验。

2.1.1 α 收敛检验

α 收敛检验主要考察各维度承载力之间的差距是否会随着时间的推移而减少。今采用标准差系数进行测度, 结果见表 2。由表 2 可知, 资源环境承载力 (T)、生态环境承载力 (E) 的标准差系数均呈明显的下降趋势, 其数值分别从 2015 年的 0.274、0.410 下降到 2019 年的 0.166、0.126, 降幅

表 2 2015—2019 年各维度承载力的标准差系数

Table 2 Standard deviation coefficient of carrying capacity of each dimension from 2015 to 2019

指标	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
T	0.274	0.204	0.209	0.187	0.166
E	0.410	0.208	0.159	0.148	0.126
R	0.294	0.387	0.474	0.495	0.441
S	0.162	0.168	0.151	0.148	0.154

分别为 39.4%、69.3%。说明上述两类承载力的空间差异呈现明显缩小趋势, 符合 α 收敛要求。自然资源承载力 (R) 的标准差系数出现明显增长趋势, 2019 年稍有回落, 说明自然资源承载力的区域差异进一步扩大, 其变动特征不符合 α 收敛要求。社会经济承载力 (S) 呈现升-降-升的“N”型波动趋势, 说明其承载力区域差异变化具有复杂性, 其变动特征也不符合 α 收敛要求。

2.1.2 绝对 β 收敛检验

绝对 β 收敛检验可用来考察低承载力城市的发展速度是否快于高承载力城市, 即随着时间的推移, 高-低承载力城市之间的差异慢慢趋缓。借鉴卢曦等^[16]的思路, 构建下列绝对 β 收敛回归模型:

$$(\ln T_{it} - \ln T_{i0}) / \varphi = b + \beta \times \ln T_{i0} + \varepsilon \quad (1)$$

式中: T_{it} 和 T_{i0} 分别为城市 i 在期末和基期的承载力; ε 为随机误差; φ 为时间跨度; b 和 β 为估计参数。当 β 显著为负时, 表明存在绝对 β 收敛, 即所有城市的资源环境承载力将趋于同一稳态水平。

鉴于时间跨度对收敛检验结果的敏感性, 以及保证测度结果的稳健性, 今采用 2015—2017 年、2018—2019 年和 2015—2019 年 3 个时间段进行测试, 检验结果见表 3。由表 3 可知, T 与 E 在 3 个时间段的 β 估计值均显著为负, 且通过 5% 显著性检验, 表明存在明显的绝对 β 收敛。这意味着关中平原城市群的资源环境承载力与生态环境承载力会随着时间的推移最终趋于相同的稳态水平。相

表 3 绝对 β 收敛检验结果

Table 3 Results of absolute β convergence test

指标	2015—2017 年			2018—2019 年			2015—2019 年		
	t 统计值	β 估计值	拟合优度 R^2	t 统计值	β 估计值	拟合优度 R^2	t 统计值	β 估计值	拟合优度 R^2
T	-3.30	-0.197 ^①	0.548	-2.59	-0.110 ^②	0.427	-4.39	-0.154 ^①	0.682
E	-8.95	-0.366 ^①	0.899	-9.11	-0.930 ^①	0.902	-10.33	-0.211 ^①	0.922
R	0.35	0.060	0.014	-1.18	-0.086	0.133	-0.41	-0.048	0.018
S	-1.71	-0.071	0.246	-0.01	-0.001	0.001	-1.72	-0.067	0.247

①通过 0.01 显著性水平; ②通过 0.05 显著性水平。

对于高承载力城市而言,低承载力城市拥有更快的增长速度,“追赶效应”明显,城市间承载力差距逐渐缩小。R和S在3个时间段的 β 估计值并不是显著为负,表明不存在绝对 β 收敛。说明不同城市的自然资源承载力和社会经济承载力未出现向相同稳态水平趋近的演变趋势,各城市承载力增长速度与初始承载力大小之间不存在负相关关系。

2.2 时间序列演变

从关中平原城市群各维度承载力的测度结果(见表4)来看,2015—2019年关中11市的E从0.095提升到0.136,提升了43.2%,承载力状况发生了过载—超载—临界—可载的演变,承载力呈现逐年改善趋势;S从0.049提升到0.058,提升了18.4%,承载力状况发生了超载—临界—可载的演变,也呈现明显的改善之势;R从0.084降低到0.078,呈现一定的恶化趋势,其承载力状况始终为过载;尽管T从0.138提升到0.169,提升了22.5%,但由于资源系统的不利影响,其承载力始终处于过载状态,说明关中平原城市群资源环境承载力仍有较大的提升空间。从3省11市的测度结果来看,各区域平均承载力呈现明显的陕西6市最高,其次是甘肃3市,山西2市最低的格局特征。

从各地市的承载力测度结果(见表5)来看,

2019年T较高的城市为西安、商洛和宝鸡,其中西安为可载,商洛和宝鸡为超载,其余城市均为过载,资源环境承载力较差,尤其是渭南、运城和临汾。R较高的城市为西安、商洛和平凉,E较高的城市为西安、庆阳和宝鸡,S较高的城市为西安、宝鸡和铜川。2015—2019年期间,T较高的城市为西安和咸阳,而T较低的城市为渭南和运城,11个城市中只有西安为可载,咸阳为超载,其余9个城市均为过载。由此可见,整体上关中平原城市群资源环境承载力较差,大部分城市处于过载状态,需要加快资源高耗型企业转型与适度降低经济活动强度,以缓解资源环境承载压力。

计算各承载力系统之间的相关系数,结果表明,T与各个承载力子系统均呈显著的正相关性,即提升各子系统承载力均有利于提高整体资源环境承载力。S与E、R也呈现显著的正相关性,说明社会经济承载力高的地方,往往拥有较高的生态环境承载力和自然资源承载力。

2.3 空间自相关分析

以地理位置是否相邻为依据,构建“0-1”型权重矩阵,使用空间自相关方法分析2015—2019年关中平原城市群各维度承载力的空间演变特征。

2.3.1 全局空间自相关分析

表4 关中平原城市群2015—2019年资源环境承载力

Table 4 Resources and environment carrying capacity of Guanzhong Plain urban agglomeration from 2015 to 2019

区域	年份	T		E		R		S	
		实际值	分类	实际值	分类	实际值	分类	实际值	分类
陕西6市	2015年	0.152	过载	0.104	过载	0.097	过载	0.050	临界
	2016年	0.171	过载	0.123	超载	0.101	过载	0.053	临界
	2017年	0.167	过载	0.129	临界	0.088	过载	0.055	可载
	2018年	0.170	过载	0.131	临界	0.087	过载	0.058	可载
	2019年	0.174	过载	0.134	临界	0.090	过载	0.062	可载
山西2市	2015年	0.092	过载	0.051	过载	0.061	过载	0.045	超载
	2016年	0.127	过载	0.098	过载	0.066	过载	0.046	超载
	2017年	0.133	过载	0.117	超载	0.039	过载	0.048	超载
	2018年	0.149	过载	0.134	临界	0.038	过载	0.051	临界
	2019年	0.155	过载	0.139	可载	0.040	过载	0.054	可载
甘肃3市	2015年	0.142	过载	0.107	过载	0.072	过载	0.050	临界
	2016年	0.158	过载	0.130	临界	0.074	过载	0.050	临界
	2017年	0.155	过载	0.131	临界	0.065	过载	0.051	临界
	2018年	0.164	过载	0.131	临界	0.080	过载	0.052	临界
	2019年	0.167	过载	0.136	可载	0.078	过载	0.054	可载
关中11市	2015年	0.138	过载	0.095	过载	0.084	过载	0.049	超载
	2016年	0.159	过载	0.120	超载	0.087	过载	0.051	临界
	2017年	0.158	过载	0.127	临界	0.073	过载	0.053	临界
	2018年	0.164	过载	0.132	临界	0.076	过载	0.055	可载
	2019年	0.169	过载	0.136	可载	0.078	过载	0.058	可载

表 5 各地市资源环境承载力

Table 5 Resources and environment carrying capacity of each city

年份	城市	T		E		R		S	
		实际值	分类	实际值	分类	实际值	分类	实际值	分类
2015—2019 年	西安	0.218	可载	0.149	可载	0.141	超载	0.071	可载
	宝鸡	0.169	过载	0.136	可载	0.081	过载	0.059	可载
	咸阳	0.183	超载	0.136	可载	0.103	过载	0.046	超载
	铜川	0.151	过载	0.118	超载	0.072	过载	0.058	可载
	渭南	0.111	过载	0.078	过载	0.063	过载	0.043	过载
	商洛	0.168	过载	0.127	临界	0.095	过载	0.055	可载
	运城	0.123	过载	0.100	过载	0.048	过载	0.044	过载
	临汾	0.139	过载	0.116	超载	0.050	过载	0.054	可载
	天水	0.162	过载	0.141	可载	0.063	过载	0.048	超载
	平凉	0.138	过载	0.097	过载	0.082	过载	0.050	临界
2019 年	庆阳	0.172	过载	0.143	可载	0.077	过载	0.056	可载
	均值	0.158	过载	0.122	超载	0.080	过载	0.053	临界
	西安	0.233	可载	0.152	可载	0.159	临界	0.080	可载
	宝鸡	0.185	超载	0.147	可载	0.092	过载	0.066	可载
	咸阳	0.165	过载	0.142	可载	0.063	过载	0.053	临界
	铜川	0.164	过载	0.129	临界	0.079	过载	0.063	可载
	渭南	0.118	过载	0.095	过载	0.051	过载	0.051	临界
	商洛	0.186	超载	0.141	可载	0.106	过载	0.057	可载
	运城	0.152	过载	0.138	可载	0.039	过载	0.050	临界
	临汾	0.158	过载	0.140	可载	0.041	过载	0.059	可载
	天水	0.166	过载	0.145	可载	0.062	过载	0.050	临界
	平凉	0.159	过载	0.114	超载	0.097	过载	0.053	临界
	庆阳	0.177	过载	0.148	可载	0.076	过载	0.059	可载
	均值	0.169	过载	0.136	可载	0.078	过载	0.058	可载

计算 2015—2019 年关中平原城市群各类承载力的全局 Moran's I 指数,结果显示,T 的 Moran's I 由 2015 年的 0.317 持续下降到 2019 年的 0.179,相应 Z 值均 > 1.96 ,而相应 P 值由 0.007 增加到 0.036,且始终 < 0.05 ,即在 5% 的水平上显著。由此可知,2015—2019 年关中平原城市群资源环境承载力呈现显著的空间正相关性,随着时间的推移,资源环境承载力的高-高或低-低集聚现象趋于缓解。进一步分析发现,E 的 Moran's I 呈现明显的下降趋势,其空间集聚现象逐渐消失;S 的 Moran's I 呈现明显的上升趋势,其空间集聚趋势逐渐增强;除 2016 年外,R 的 Moran's I 对应的 P 值均 < 0.01 ,说明自然资源承载力存在显著的正向集聚特征。

2.3.2 局部空间自相关分析

计算关中平原城市群资源环境承载力的局部 Moran's I 指数,并绘制其散点图,可以得到资源环境承载力的空间格局分布,见表 6。由表 6 可知,研究期间关中平原城市群资源环境承载力以高-高类型集聚为主,即同为高承载力城市趋于临近聚集;其次是低-高类型和低-低类型,高-低类型城市较少,只有天水 and 庆阳。总的来说,高-高类型城市主要集中在关中平原城市群中部,且多为生态环境承载力和自然资源承载力较强的城市。低-高类型城市主要集中在平凉、渭南及其周边城市。低-低类型城市相对较为集中,且多为生态环境承载力与自然资源承载力较弱的城市,2015—2016 年包括运城和临汾,形成典型的低值集聚区,

表 6 资源环境承载力的空间格局分布

Table 6 Spatial pattern distribution of resources and environment carrying capacity

年份	高-高类型	低-高类型	低-低类型	高-低类型
2015 年	西安、宝鸡、庆阳、咸阳	渭南、商洛、平凉、铜川	运城、临汾	天水
2016 年	西安、商洛、咸阳、庆阳	宝鸡、铜川、渭南、平凉	运城、临汾	天水
2017 年	西安、宝鸡、商洛、咸阳、庆阳	渭南、平凉	铜川、运城、临汾	天水
2018 年	西安、宝鸡、商洛、天水	咸阳、平凉、渭南	铜川、运城、临汾	庆阳
2019 年	西安、宝鸡、商洛	咸阳、渭南、天水、平凉	铜川、运城、临汾	庆阳

2017—2019年调整为铜川、运城和临汾。高—低类型城市的空间分布格局变动不大,研究期间主要集中在甘肃省的天水和庆阳。

2.4 影响因素分析

SO₂排放量是影响区域资源环境承载力的重要因素,今构建以T为因变量、USO₂为自变量的Tobit基准模型1,之后逐步加入COVE、WATE、OIL、GDPP、TOWN和GDPP²,以测试不同因素对T的影响,由此得到模型2—模型7。7个模型的对数似然值均>140,对应显著性均为0,所有变量在不同模型中的估计系数符号均保持不变,且显著性基本保持一致性,说明回归结果具有较高的拟合度和较好的稳健性,可以进行结果分析。

回归结果显示,USO₂对T有显著的负向影响,且影响程度最大,说明工业SO₂排放会加重大气污染和降低人们生活品质,导致社会环境整治成本加大和增加区域资源环境承载压力。COVE和TOWN对承载力的影响虽然分别为正向促进和负向抑制作用,但均不显著。GDPP、WATE和OIL均对承载力有显著的正向影响,说明随着经济的快速发展与居民收入水平的提高,更多的资金、设备和人员可投向环境整治,从而提升区域承载能力;水资源与液化石油等社会资源的大幅提高,能更好地满足人们的生产与生活需要,促进经济增长与提升人们的生活品质,进而提高区域整体承载能力。加入自变量GDPP和GDPP²后,回归结果显示GDPP的二次项显著为正、一次项显著为负,说明经济增长对承载力存在显著的“U”型关系,即资源环境承载力会随着经济的快速增长而呈现先降后升的变化趋势。

3 结论

(1)关中平原城市群资源环境承载力较弱,整体提升空间较大,仅有西安的承载力为可载,其余10市均为超载或过载,各区域平均承载力呈现明显的陕西6市最高,其次是甘肃3市,山西2市最低的格局特征。自然资源承载力较弱是导致关中平原城市群资源环境承载力不高的主要原因。

(2)资源环境承载力存在显著的绝对 β 收敛、 α 收敛和空间正相关性,低承载力城市拥有更快的增长速度,“追赶效应”明显,城市间承载力差距逐渐缩小。

(3)万元GDP工业SO₂排放量对资源环境承载力有显著的负向影响,而人均GDP、人均水资源占有量和人均液化石油储气能力均对承载力有显著的正向影响。经济增长对资源环境承载力存在显著的“U”型关系。

[参考文献]

- [1] 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.
- [2] ZHANG M, LIU Y M, WU J, et al. Index system of urban resource and environment carrying capacity based on ecological civilization [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2018, 68: 90–97.
- [3] 王娟, 胡洋. 空间关联与溢出效应: 工业生态创新对资源环境承载力的影响研究[J]. 财经理论与实践, 2020, 41(1): 117–124.
- [4] 卢亚丽, 徐帅帅, 沈镭. 河南省资源环境承载力的时空差异研究[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(2): 16–21.
- [5] 郭荣中, 申海建, 杨敏华. 基于改进PSR模型的长株潭地区土地生态系统健康评价研究[J]. 环境监测管理与技术, 2021, 33(3): 29–34.
- [6] 徐美, 刘春腊. 湖南省资源环境承载力预警评价与警情趋势分析[J]. 经济地理, 2020, 40(1): 187–196.
- [7] 牛方曲, 孙东琪. 资源环境承载力与中国经济发展可持续性模拟[J]. 地理学报, 2019, 74(12): 2604–2613.
- [8] 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): 1276–1286.
- [9] 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.
- [10] 张伟萍, 石培基, 赵武生, 等. 西北区域城镇化与资源环境承载力协调发展的时空特征——以兰西城市群为例[J]. 生态学报, 2020, 39(7): 2337–2347.
- [11] 尚勇敏, 王振. 长江经济带城市资源环境承载力评价及影响因素[J]. 上海经济研究, 2019(7): 14–25, 44.
- [12] 宋泽明, 宁凌. 基于DPSIR-TOPSIS模型的我国沿海省份海洋资源环境承载力评价及障碍因素研究[J]. 生态经济, 2020, 36(8): 154–160, 212.
- [13] 贾伟, 高小红, 谷晓天, 等. 湟水流域土地资源环境承载力分析[J]. 环境监测管理与技术, 2020, 32(6): 13–17.
- [14] 沈威, 鲁丰先, 秦耀辰, 等. 长江中游城市群城市生态承载力时空格局及其影响因素[J]. 生态学报, 2019, 39(11): 3937–3951.
- [15] ZHANG F, WANG Y, MA X J, et al. Evaluation of resources and environmental carrying capacity of 36 large cities in China based on a support-pressure coupling mechanism[J]. Science of the Total Environment, 2019, 688: 838–854.
- [16] 卢曦, 许长新. 长江经济带水资源利用的动态效率及绝对 β 收敛研究——基于三阶段DEA-Malmquist指数法[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(9): 1351–1358.