

【区域格局与产业发展】

产业承接视角下中部地区工业资源环境承载力研究*

毛小明 胡伟辉

摘要:中部地区作为承东启西、连南接北的重要增长极,以产业承接为视角,对中部地区工业资源环境承载力进行相关研究,有助于把握新时代推动中部地区高质量发展国家战略机遇的重要内涵。基于工业资源环境承载力的内涵及作用机理,构建工业资源环境承载力的评价指标体系,依据2010—2019年中部地区工业资源环境三系统数据进行实证研究发现:中部地区工业资源环境承载力呈阶段式上升,中部地区各省份呈现出“中原”平稳引领、“荆楚”发力中坚、“湘皖”发展迅猛、“赣地”冉冉升起、“三晋”发展趋缓的新发展格局。建议中部地区各省份以高质量发展为引领,充分发挥各省比较优势,形成区域协调、产业协作的新发展格局,积极承接沿海和国际产业转移,不断优化资源环境承载力,严防新增工业污染,实现中部地区高质量发展。

关键词:工业资源环境承载力;产业承接;熵权TOPSIS;障碍因子;中部地区

中图分类号:F061.5 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5766(2021)05-0073-11 **收稿日期:**2021-06-15

***基金项目:**国家社会科学基金项目“产业承接地企业——园区绿色协同发展的治理机制研究”(19BJY106)。

作者简介:毛小明,男,南昌大学中国中部经济社会发展研究中心研究员,南昌大学经济管理学院教授(南昌 330031)。

胡伟辉,男,南昌大学中国中部经济社会发展研究中心助理研究员(南昌 330031)。

一、引言

2021年7月,《中共中央 国务院关于新时代推动中部地区高质量发展的意见》正式发布,意见指出要构建以先进制造业为支撑的现代产业体系,坚持协调发展、绿色发展、开放发展等要求,努力开创中部地区高质量发展新局面。中国在工业经济得到快速发展的同时,也伴随生态资源环境方面的严峻考验。生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力总体处于高位,生态环境尚未根本好转,部分地区、部分领域生态环境问题依然突出,生态环保治理体系和治理能力急需提升。一方面,中国的经济社会发展进入新的历史时期,需要发达的工业解决经济发展问题;另一方面,如何协调工业经济发展与生态环境保护之间的关系,推动工业经济的可持

续发展又成为一大难题。要解决工业发展与资源浪费、环境污染的矛盾,需要对工业资源环境进行总体测度,找出各系统、各区域、各产业背后的原因,对症下药。此外,不能完全将工业经济、资源、环境三者割裂开,要树立三者协同发展的协同机制,重点突出综合治理、系统治理、源头治理。资源环境承载力作为反映人与自然生态关系协调程度的重要依据,对于评价区域内经济可持续发展具有重要意义,由此衍生的工业资源环境承载力不仅对于某一地区的工业良性发展具有重要的参考价值,而且对于产业承接可行性也提供了充分依据。

中部地区包括山西、河南、湖北、湖南、安徽、江西6个省份。2010—2019年,中部地区占国土面积10.71%的土地上承载人口常年保持在全国26.60%左右,GDP占比由2010年的20.85%提升至2019年的22.08%,10年来工业增加值增长87.31%。中部

崛起战略最早于2004年政府工作报告中提出,2006年明确为国家战略。这一战略的实施已经取得了令人瞩目的成就,从最早“中部徘徊”“中部塌陷”到“中部创新”“中部崛起”;从“三基地、一枢纽”到“一中心、四区”,中部地区把握住千载难逢的国家战略机遇,正在成为承东启西、连南接北的重要增长极。随着中国工业化和区域经济的不断深入,东部地区由于资源约束、环境约束、劳动力成本上升等压力,大量以传统技术驱动的制造业和劳动力密集型产业不断向内陆地区转移,中部地区作为重要的产业承接地,在承接过程中极有可能出现为追求经济发展目标而盲目承接高污染、高排放产业,即“两高”产业的现象;承接产业势必出现资源利用效率低下、生态环境遭受破坏等问题,因此对中部地区产业承接的工业资源环境承载力进行测度分析并且找出其中的障碍因素,对于中部地区科学、有效承接产业转移具有重要意义。

近年来,学术界对中部地区的产业承接转移做了相关测度研究。段小薇等(2016)对中部地区六大城市群产业转移综合承接能力做出评价。肖雁飞等(2014)对中部地区承接沿海产业转移进行规模预测。常静等(2015)对中部地区承接产业转移的环境效应进行实证研究,提出相关部门需要兼顾产业承接的环境问题。邱慧等(2020)从资源禀赋角度对中部地区承接产业转移能力进行分析。产业转移本质上是转出地和承接地市场需求或要素禀赋结构之间的差异,宏观上表现出产业转移和承接产业转移的现象。国际金融危机以来,中部地区在承接来自东部沿海地区或西部地区产业的过程中,往往承接污染大、高耗能、高排放的产业,出现无序竞争、同质同构、无效承接、全盘承接、生态威胁等问题,如何平衡经济增长与资源环境的关系成为重要挑战,因此中部地区承接产业转移“量力而行”必须考虑自身工业资源环境承载力的水平。

有关承载力的概念最初可见于19世纪80年代Science杂志上发表的关于“Acclimatization in New Zealand”的文章中,在接下来的将近半个世纪,有关承载力的研究依然是围绕着自然生态系统进行。直至20世纪50年代,William Allan(1949)在对非洲经济的研究中,首次提出了土地承载力的概念。自此,学者基于人口—资源—环境承载力进行了长达半个多世纪的研究,直至今日相关的争议话题与研

究依然持续吸引着广大学者的关注。当前国内外学者关于资源环境承载力的相关研究主要集中在以下3个方面:一是从资源环境承载力的内涵层面分析。Herrmann(2019)等通过对北美印第安纳州的白河流域进行演化分析,探讨在一定条件下相关水环境对人类居住模型的影响,即水环境承载力的大小。卢青等(2019)基于土地资源承载力的视角,综合评估县域发展存在的相关问题,并指出如何将矿产、地质等要素量化到人口承载力上是未来需要进行深入研究的方向。二是从资源环境承载力的指标体系构建及评价模型层面分析。指标体系经过长时间的发展和改进,目前学者主要从3个方面进行构建:模型类(魏媛等,2020)、系统类(傅聪颖等,2020)和要素类(王秦等,2021)。模型类有PSR“压力—状态—响应”模型,D—PSR—C“驱动力—压力—状态—响应—调控力”模型等;系统类是依据生态自然环境系统与人文经济社会系统进行指标体系的构建;要素类是指承载力系统中的主要影响要素如土地、空气、水、能源等围绕这些影响要素进行指标的筛选和体系的构建;评价模型主要分为指标权重的测度和资源环境承载力综合水平的衡量。当前,国内大多数学者普遍采用模糊层次分析法(温亮等,2017)、熵值法(赵宏波等,2015)、主成分分析法(王四春等,2018)等方法对指标权重进行测量。资源环境承载力综合评估上,则主要采用TOPSIS模型(宋泽明等,2020)、基于共轭角力机制模型(黄贤金等,2019)、系统动力学模型(牛方曲等,2019)等进行测度。三是从资源环境承载力的创新发展层面分析。资源环境承载力的研究在维度上从最初的数量到质量再到如今的生态(徐卫华等,2017),指标上从单一到多元再到系统化(杨亮洁等,2017),目标上从研究物种协调到与国家决策相结合(黄天能等,2019)。此外,从研究区域层面来看,目前针对资源环境承载力的研究主要有三类,第一类最为常见,主要针对单一的省(区、市),如研究安徽(雷勋平等,2016)、武汉(刘启君等,2016)等;第二类也较为常见,主要对河西走廊(赵连春等,2021)、长江经济带(尚勇敏等,2019)等具体区域进行研究;第三类由于数据较多,处理和分析不易较为少见,主要针对多个省(区、市)或多个县,如湖北省各市(杨潇,2017)、环渤海地区城市(盖美等,2018)等。

总体而言,资源环境承载力的研究无论从方法模型到概念内涵,学者都进行了丰富的研究。但鲜有学者从区域层面对中部地区工业资源环境承载力进行相关研究,大量的研究主要侧重于沿海地区以及西部大开发。鉴于此,本研究基于熵权TOPSIS模型,构建工业经济、环境、资源指标体系,用以评估中部地区工业资源环境承载力水平,并结合障碍度模型,诊断阻碍其可持续发展的相关因素,进而为中部地区工业经济的可持续发展、为中部地区承接产业转移提供相关依据。

二、工业资源环境承载力的作用机理

工业资源环境承载力是一个复杂的系统,由工业经济承载力、资源承载力、环境承载力3个子系统组成,三者作用关系如图1所示。首先,定义研究范围为工业领域,指标的选取将具备工业代表性。其次,分析各子系统之间的关系(充分性):工业经济子系统与环境子系统的关系。工业经济子系统的发展既可能对环境子系统产生负向的承压效应,也有可能通过政府对工业发展的硬性规定及工业产业转型对环境子系统产生正向的抗压效应,同时环境子系统会对工业经济子系统产生约束作用;工业经济子系统与资源子系统的关系。资源系统是工业经济子系统发展的基础,对其发展具有一定的支撑作用,而工业经济子系统则对资源子系统具有消耗作用,高效率的开发和最大程度利用资源是高质量发展的应有之义;资源子系统与环境子系统的关系。资源子系统影响着环境子系统,资源的不合理不充分利用必然会导致环境的恶化,环境子系统制约着资源子系统,环境的污染使得政府必须制定相应政策使得工业企业对资源系统的利用产生限制。最后,需要说明的是,工业经济、资源、环境3个子系统从来都不是单独运作,而是相互作用,其中的作用媒介在工业领域的宏观表现就是政府和工业企业。政府制定发布的工业发展政策与工业企业的实际想法是否一致,影响企业能否顺利成功转型,能否实现工业高质量发展,政府与工业企业的内部博弈外化至三系统中则必然产生相对应的效果,这一效果通常又是由众多企业组成的产业集群加以表现,而一个理想中的工业发展环境需要形成工业经济对环境系统良好抗压、工业经济对资源系

统合理消耗、资源系统对环境系统相互平衡的关系。最终工业资源环境承载力在宏观层面可以通过测算值来体现(必要性),这一数值内在的逻辑为分析提供了理论依据。

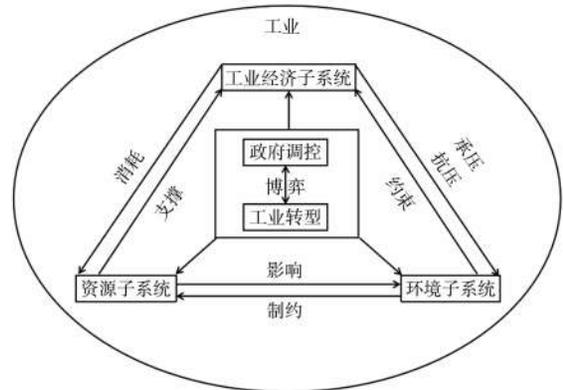


图1 工业资源环境承载力作用关系

资料来源:作者自行绘制。

三、工业资源环境承载力评价指标体系与方法

资源环境承载力是反映人类活动与生态系统之间相互协调程度的重要标准。而工业经济活动作为人类社会经济活动的重要组成部分,评估当前工业经济活动对生态环境影响力的状况意义重大。

1. 工业资源环境承载力评价指标体系

由工业经济活动与自然生态系统相互作用形成的动态经济资源环境系统中,工业经济、资源和环境子系统相互影响、共同作用,以此反映区域内资源环境承载力状况。因此,本着科学性、典型性和动态性的指标选取原则和区域可持续协调发展的指标体系设计原则,选取部分基本达成共识的指标(周笑等,2018),从中部地区工业领域资源环境承载力出发,构建由20个指标因子、3个子系统组成的工业资源环境系统指标体系(见表1)。

工业经济子系统指标选取上,工业增加值、工业主营业务收入可以表征工业生产效益,工业固定资产投资体现出一种再生产活动,工业企业R&D经费支出占主营业务收入比重可以反映工业创新投入,工业企业单位数可以体现某地区工业产业集聚水平,工业年平均从业人数可以反映工业劳动生产力;资源层面,主要选取工业用地、工业用水、工业用电、工业用能等具有典型性的资源消耗指标,其深层含义体现出一种有限资源利用效率的理念;环境层面,主要选取工业废气、工业

废水、工业固废等由于工业发展而对环境产生破坏的负向指标,也包含污染治理投资占比、用水重复率,固废利用率等正向指标,其深层含义体现出

一种环境承压抗压的理念。此外,对于资源和环境系统中其他指标的选取是基于工业领域各行业的特性而考虑的。

表1 中部六省工业资源环境承载力评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位及属性	序号	权重
	工业经济子系统 0.3354	工业增加值	亿元(+)	x ₁	0.0437
		工业主营业务收入	亿元(+)	x ₂	0.0397
		工业固定资产投资	亿元(+)	x ₃	0.0666
		工业企业R&D经费支出占主营业务收入比重	%(+)	x ₄	0.0705
		工业企业单位数	个(+)	x ₅	0.0417
		工业年平均从业人数	人(+)	x ₆	0.0732
中部六省 工业资源环境 承载力	资源子系统 0.2153	单位工业增加值水耗	立方米/万元(-)	x ₇	0.0364
		单位工业增加值能耗	吨标准煤/万元(-)	x ₈	0.0390
		单位工业增加值电耗	千瓦时/万元(-)	x ₉	0.0313
		单位工业增加值用地面积	亩/亿元(-)	x ₁₀	0.0264
		单位工业增加值原煤消耗	吨/万元(-)	x ₁₁	0.0411
		单位工业增加值焦炭消耗	吨/万元(-)	x ₁₂	0.0411
	环境子系统 0.4493	单位工业增加值二氧化硫排放量	吨/万元(-)	x ₁₃	0.0676
		单位工业增加值工业氮氧化物排放量	吨/万元(-)	x ₁₄	0.0433
		单位工业增加值工业烟(粉)尘排放量	吨/万元(-)	x ₁₅	0.0825
		单位工业增加值废水排放量	吨/万元(-)	x ₁₆	0.0410
		单位工业增加值固废产生量	吨/万元(-)	x ₁₇	0.0374
		污染治理投资占工业增加值比重	%(+)	x ₁₈	0.0561
		工业用水重复率	%(+)	x ₁₉	0.0754
		一般工业固体废物综合利用率	%(+)	x ₂₀	0.0460

资料来源:数据选取自历年《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国工业统计年鉴》及中部六省历年统计年鉴。部分缺失数据采用插值法进行补齐。“+”代表正向指标,“-”代表负向指标。

2.工业资源环境承载力评价方法

第一,熵权TOPSIS法。本文运用熵权TOPSIS法对中部地区工业资源环境承载力进行评价,既能避免熵权法使用范围有限的缺点,又能克服TOPSIS评价具有主观性的缺点,能够比较客观科学地反映资源环境承载力水平。熵权TOPSIS模型的主要计算原理步骤如下:第一,评价指标原始矩阵为 $X = \{x_{ij}\}_{m \times n}$,构建标准化矩阵。为了消除指标量纲对评价结果的影响,采用极值法对各评价指标数据进行标准化处理,构建标准化矩阵,并对正负向指标分别处理;第二,确定指标权重。计算各指标在样本中出现的比重,计算第*i*项指标的信息熵,最后计算各指标权重 w_i ;第三,计算加权规范化矩阵*C*;第四,确定正负理想解,计算与正(负)理想解的欧式距离。分别计算不同年份各指标向量到正理想解的距离 D_j^+ 和负理想解的距离 D_j^- 。第五,计算贴近度。设 T_j 为历年工业资源环境承载力与最优承载力的贴近度。

$$T_j = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-} \in [0,1]$$

T_j 越大则表明该年工业资源环境承载力越接近最优承载力水平,当 $T_j=1$ 时,工业资源环境承载力最高;当 $T_j=0$ 时,工业资源环境承载力最低。

第二,障碍度模型。为进行更深层次的系统分析,识别制约工业资源环境承载力提升的障碍因子,可以引入障碍度模型进行障碍因子的分析诊断。计算公式如下:

$$O_{ij} = \frac{F_{ij} \times I_{ij}}{\sum_{i=1}^{20} (F_{ij} \times I_{ij})} \times 100\%$$

$$F_{ij} = R_j \times w_i, I_{ij} = 1 - r_i$$

上式中, O_{ij} 为第*i*个指标对第*j*年工业资源环境承载力的障碍度, F_{ij} 为因子贡献度, I_{ij} 为指标偏离度, R_j 为第*j*个指标所属分类指标的权重, w_i 为第*i*个指标权重, r_i 为单项指标标准化后的值。

四、中部地区工业资源环境承载力及障碍因子分析

对工业资源环境承载力的分析将从以下几个方面展开,一是综合承载力的时序演变,二是工业经济子系统、资源子系统、环境子系统的关系进行评价,三是工业资源环境承载力的障碍因子。

1. 中部地区工业资源环境承载力的综合承载力分析

第一,中部地区工业资源环境承载力水平的时序演变分析。采用熵权TOPSIS法分别计算出中部六省的工业资源环境承载力水平,如图2和表2所示。总体上看,2010—2019年,中部地区工业资源环境承载力水平呈现出阶段式上升的态势,总体变动范围在0.2930—0.7146之间,2010年是“十一五”规划的收官之年,可以看出此时中部地区工业资源环境承载力水平仍处于较低水平;2011—2015年是“十二五”时期,此时中部地区工业资源环境承载力水平出现第一次阶段性逐年提升,年均增速为14.99%;2016—2019年,“十三五”时期中部地区工业资源环境承载力出现第二次跃升,期间综合承载力水平增长幅度为15.64%。主要原因有:“十二五”期间,中部地区在工业经济方面,推动工业产业

集群发展,大力改造提升传统工业企业,由重化工阶段转向高加工阶段,逐步形成现代化产业体系;资源利用方面,构建低碳工业产业体系,大力发展产业园区循环经济,大力实施节能减排工程,积极淘汰落后产能;环境保护方面,大力推进污染减排和“蓝天碧水工程”,完善环保基础设施建设,环境保护监管力度不断加大,出台多项工业污染防治和减排条例。“十三五”期间,在工业经济方面,国务院对中部地区批复“一中心、四区”战略定位,抓住“一带一路”和长江经济带战略机遇,基础设施网络体系完善,战略性新兴产业发展;资源利用方面,构建绿色循环低碳发展,实行绿色生产行动计划;环境保护方面,重点强化生态保护与修复,实施以环境质量为核心的综合治理。

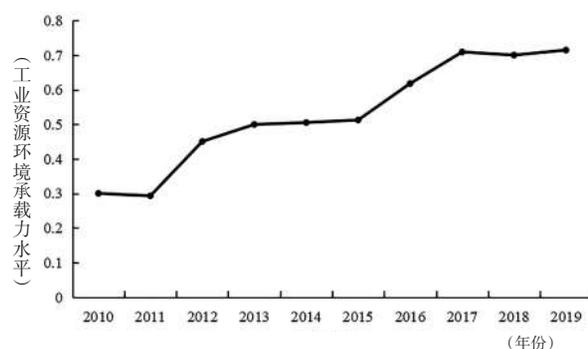


图2 2010—2019年中部六省工业资源环境承载力水平变化
资料来源:作者自行绘制。

表2 2010—2019年中部六省工业资源环境承载力水平

年份 省份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
山西	0.471	0.490	0.552	0.630	0.522	0.390	0.447	0.640	0.625	0.656
安徽	0.119	0.296	0.444	0.600	0.559	0.624	0.776	0.787	0.725	0.700
江西	0.266	0.282	0.421	0.465	0.516	0.562	0.619	0.659	0.700	0.728
河南	0.206	0.323	0.388	0.494	0.539	0.602	0.749	0.746	0.696	0.698
湖北	0.334	0.248	0.371	0.488	0.499	0.592	0.743	0.735	0.784	0.782
湖南	0.249	0.264	0.384	0.528	0.558	0.627	0.655	0.715	0.723	0.774

数据来源:作者计算得来。

从各省来看,2010—2019年,中部地区各省工业资源环境承载力水平整体呈波动上升趋势,但变化幅度差异较大。提升幅度最显著的省份是安徽,幅度为489.19%,其余省份增幅分别为:河南239.34%、湖南210.35%、江西174.08%、湖北134.15%、山西39.35%。可以看出安徽和河南近年来工业发展势头猛烈,山西发展较为缓慢。各省发展轨迹上,2014年以前,山西基本保持着第一的地位,主要由于其在工

业经济子系统和资源子系统两方面的优势。2014年以后,湖北、安徽齐头并进,湖北逐渐成为中部地区第一。安徽属于提升幅度大的类型,主要得益于资源子系统承载力的迅速提升。波动次数较多省份主要是山西,主要由于资源子系统和环境子系统承载力波动次数多。排名较为稳定的主要有江西、湖南两省,其子系统承载力排名常年较稳定。

第二,中部地区工业资源环境承载力水平的

空间格局分析。本文运用ArcGIS软件,采用Jenks最佳自然断裂法将各省工业资源环境承载力分为4个级别,得出中部地区工业资源环境承载力水平空间格局演变图,如图3所示(限于篇幅,仅展示2010年、2015年和2019年)。可以得出中部地区工业资源环境承载力水平的空间格局演变的相关结论。

一是“中原”平稳引领。河南工业资源环境承载力水平由2010年的第三级变为2015年的第二级,再到2019年的第三级,总体上发展较为平稳。河南在中原经济区、郑州航空港经济综合实验区等发展战略指导下,努力推进劳动力密集型与技术密集型产业结合、高端制造业与生产服务业并重取得一定成果。但是,河南正处于由传统优势向新优势发展的转型期,矿产资源枯竭、工业污染仍存在“上山下乡”、燃煤消费比重过大等不合理现象仍然存在。

二是“荆楚”发力中坚。湖北工业资源环境承载力由2010年、2015年的第二级变为2019年的第一级,常年来持续发力,是中部地区的重要支点。“两圈两带”(武汉城市圈和鄂西生态文化旅游圈,长江经济带和汉江经济带),“绿满荆楚”目标全面实现,推动创新强省建设,深入推进产学研合作,推动创新示范区、创新型试点城市、创新型特色园区建设,围绕电子信息、装备制造等优势产业,增强工

业基础能力。守住“环境质量只能更好,不能变坏”的底线,严守生态保护红线,落实“长江大保护”构建沿江生态走廊,筑牢生态安全屏障。

三是“湘皖”发展迅猛。湖南工业资源环境承载力从2010年的第三级上升到2015年、2019年的第一级,发展速度迅猛。湖南在“一带一部”(过渡带、结合部)、“五化同步”(协同推进新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化和绿色化)新战略的引领下,推进两型社会建设,长株潭地区核心增长极作用进一步加强,构建湖南特色现代工业体系,深入实施湘江保护和治理“一号重点工程”,工业资源环境承载力不断上升。安徽工业资源环境承载力从2010年的第四级到2015年的第一级再到2019年的第三级,承载力年均增长21.78%。安徽建立以战略性新兴产业为先锋、先进制造业为主力、现代服务业为支撑的现代产业新体系,努力提升传统产业的发展质量和效率,支持衰退型、再生型资源城市和独立工矿区创新发展,将皖江城市带承接产业转移示范区打造成引领全省的新支撑带,把合肥经济圈打造成全省核心增长极,深化长三角一体化发展。

四是“赣地”冉冉升起。江西工业资源环境承载力从2010年、2015年的第三级变为2019年的第二级,总体上呈现冉冉升起态势。江西在新一轮的科技和产业变革当中,聚焦航空、电子信息、装备制

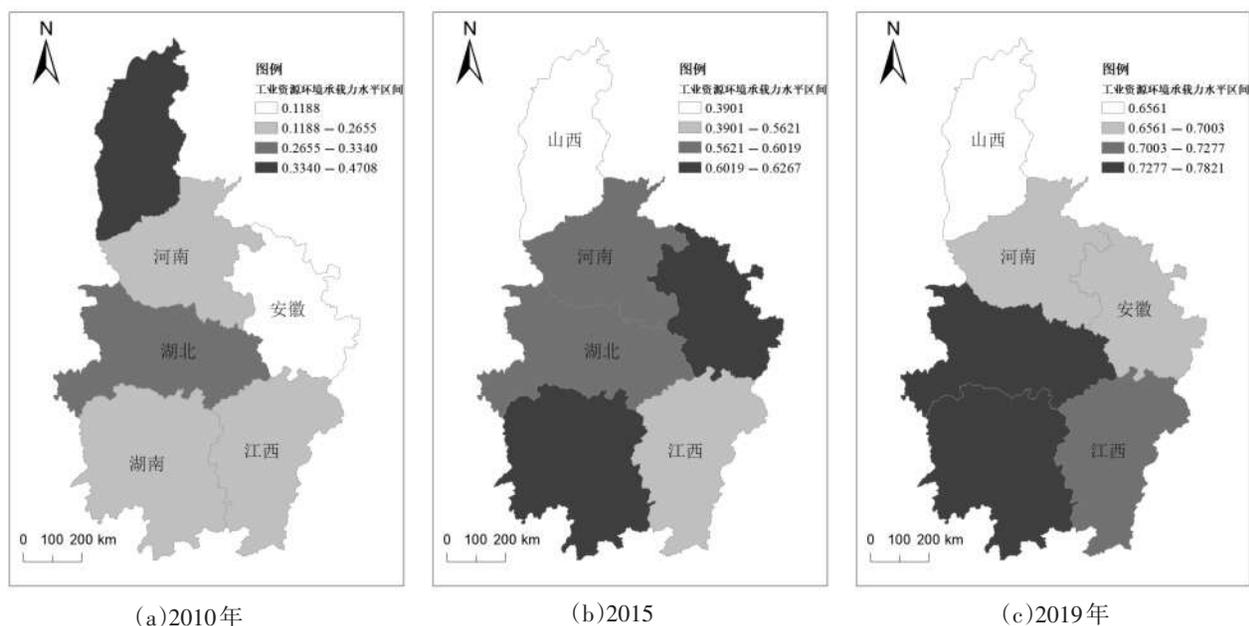


图3 中部六省工业资源环境承载力空间格局

资料来源:作者自行绘制。

造、中医药、新能源、新材料等优势产业,大力实施“2+6+N”产业高质量跨越式发展行动,十年间规模以上工业增加值增长102.76%,规模以上工业营收增长142.73%,实现了“变道超车、换车超车”。抓住“一带一路”和长江经济带战略机遇,构建绿色产业体系,实行绿色生产行动计划,全境纳入国家首批生态文明先行示范区。

五是“三晋”发展趋缓。山西工业资源环境承载力水平由2010年的第一级变为2015年、2019年的第四级,与中部地区其他省份拉开较大差距。山西资源型经济发展模式仍具有一定“锁定效应”,因煤而兴进行资源开采造成的生态环境问题依然突出,历史遗留生态问题解决的边际效用下降,社会对于环境风险容忍度不断降低。

2. 中部地区工业资源环境承载力的分层评价分析

在进行完整体综合评价以后,从工业经济子系统、资源子系统、环境子系统进行分层评价,进而判断中部地区6个省份工业资源环境承载力的优势和劣势情况。

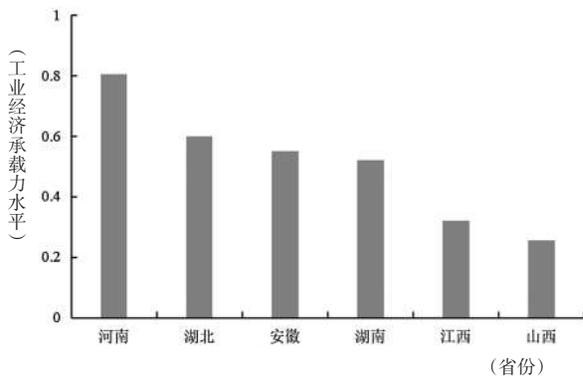


图4 2019年中部六省工业经济承载力评价情况

资料来源:作者自行绘制。

第一,工业经济承载力评价。从图4可以发现,中部地区6个省份工业经济承载力水平两极分化,

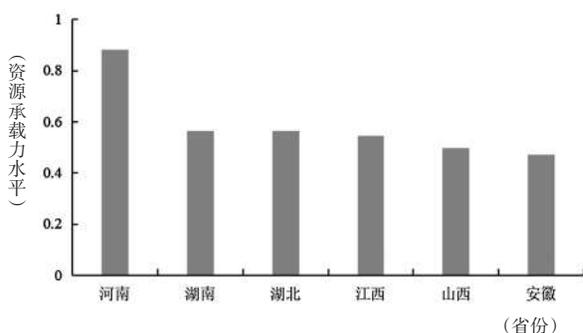


图5 2019年中部六省资源承载力评价情况

资料来源:作者自行绘制。

河南工业经济承载力最高,山西工业经济承载力最低。河南2019年工业增加值是山西的2.7倍,规模以上工业企业数和主营业务收入分别是山西的4倍和3倍左右,工业年平均就业人数是山西的2.6倍。在工业经济子系统的6项指标当中,河南有5项位居中部六省之首。反观山西,仅有一项指标(工业固定资产投资)位居前列,在资源依赖的工业企业大量关停后,山西省内工业企业数已经不及其他省份数量的40%,工业R&D经费占比仅有2.09%,不及安徽、湖南的一半。湖北、安徽、湖南基本呈阶梯式排序,原因是三者各项指标较为均衡,在中部地区排名趋稳。

第二,资源承载力评价。从图5可以发现,河南资源承载力显著高于其他地区,主要原因是单位工业水耗、单位工业能耗和单位工业焦炭较低,如河南单位水耗为25.198吨1万元,而资源承载力最低的安徽为76.196吨1万元,二者相差3倍多;河南单位能耗仅为0.777吨标准煤1万元,而资源承载力较低的山西单位能耗为2.476吨标准煤1万元,两者相差3倍多;河南单位工业焦炭消耗为0.078吨1万元,而山西为0.334吨1万元,两者相差4倍多。湖北和湖南虽然在资源子系统中的多项指标能耗都较低,但由于其单位水耗和单位用地面积较高,因此总体而言比不上河南,这也说明了中部地区离不开河南的支撑作用。

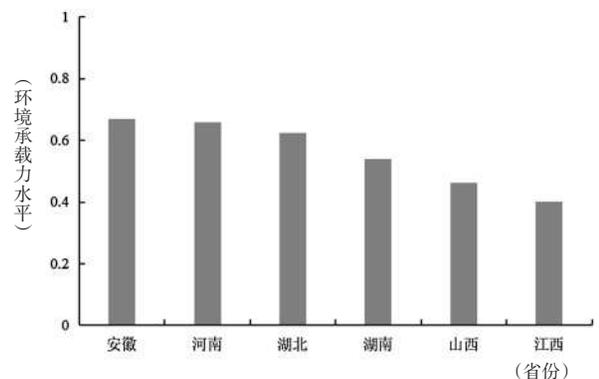


图6 2019年中部六省环境承载力评价情况

资料来源:作者自行绘制。

第三,环境承载力评价。从图6可以发现,总体上安徽、河南、湖北属于环境承载力较高的省份,湖南、山西、江西属于较低的省份。这其中,安徽、河南、湖北的平均工业用水重复率比后3个省份高出24.07%,一般工业固体废物重复利用率高出24.67%。此外,前3个省份单位工业二氧化碳、单

位工业氮氧化物、单位工业烟(粉)尘、单位工业固废分别平均比后三位少45.96%、32.12%、52.52%、69.32%。山西在环境承载力子系统上问题依然严重,主要是相比于中部其他省份,其单位工业废气和单位工业固废的排放量过高,是其他省份的1.4~5.4倍。江西虽然在人们的主观印象中山清水秀,但是在工业效率和环境方面仍存在不足,其单位工业废水排放量居中部地区第一,是安徽的1.95倍、河南的1.37倍、湖北的1.43倍、湖南的2.89倍、山西的2.43倍。

3.中部地区工业资源环境承载力的障碍因子分析

第一,准则层障碍度分析。根据障碍度模型计算出各指标层指标的障碍度,之后对属于同一准则层的指标障碍度进行加总,得出中部地区各年份3个准则层指标的障碍度,如图7所示(图中O-eco、O-res、O-env分别代指工业经济子系统、资源子系统、环境子系统的障碍度)。通过准则层障碍度分析可以对中部地区工业资源环境承载力的制约因素进行整体把握,还可以反映出3个子系统承载力的相互作用关系。首先,制约中部地区工业资源环境承载力水平的最主要因素来自环境子系统,其障碍度十年来一直是最大的,在47.71%~75.96%之间;2016年以前,资源子系统的障碍度基本稳定,之后呈下降趋势,在3.00%~14.74%之间;工业经济子系统的障碍度在11.97%~40.00%之间。其次,工业经济子系统与环境子系统的障碍度呈现出较明显的轴对称关系,进一步分析可以得出:2010—2012年,工业经济子系统的障碍度上升,环境子系统的障碍度下降;2012—2016年,工业经济子系统的障碍度下降,环境子系统的障碍度上升;2016—2019年,工业经济子系统的障碍度上升,环境子系统的障碍度下降。这表明当中部地区想要发展工业经济时,其对应的工业经济障碍度会有所下降,反映工业经济承载力上升,

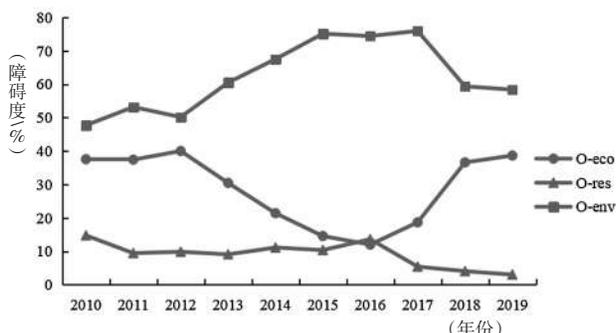


图7 2010—2019年中部地区各准则层障碍度变化

此时各种环境问题出现,环境障碍度随即上升,环境承载力下降。相反,当中部地区工业发展到一定阶段后,原来不适合的工业经济发展模式使得其障碍度上升,工业经济发展趋缓后,环境系统自然有所改善,因此环境子系统的障碍度就会下降,对应的环境承载力上升。最后,中部地区各子系统的障碍度呈现周期性变化。中部地区经济子系统障碍度和环境子系统障碍度几乎每4年变换一次方向,未来资源子系统障碍度仍保持低位常态,经济子系统障碍度可能在2020—2021年下降,随即环境子系统障碍度将持续上升。

第二,主要障碍因子分析。根据障碍因子模型,可以得出2010—2019年中部地区各省指标层20个指标的障碍度,部分地参照已有文献的做法,对各省各年份中障碍度排名前5的指标进行标记,之后找出其中连续出现3年或以上的指标(或出现年数大于4的),分别得出每个省的主要障碍因子及障碍度均值(以河南为例,如表3所示,其他省份同理,篇幅所限不予展示),并按照不同子系统类别将其整理成表4。本文在进行障碍度因子分析时,既考虑了历年主要障碍因子,又考虑到工业发展的连续性,最终得出中部地区各省的主要障碍因子,具有一定的可靠性。

各省份普遍出现的障碍因子主要有 X_4 (工业企业R&D经费支出占主营业务收入比重)、 X_6 (工业年平均从业人数)、 X_{15} (单位工业增加值工业烟粉尘排放量)、 X_{18} (污染治理投资占工业增加值的比重)、 X_{20} (一般工业固体废物综合利用率)。这反映出中部地区工业发展的创新能力还有待提升,工业从业人数还未饱和,在工业废气废水的处理能力上还有待提高。 X_4 (工业企业R&D经费支出占主营业务收入的比重)中障碍度最高的是山西,山西工业企业R&D经费占比常年保持在2.00%左右,而其他省份(除江西外)均已超过了3.00%。 X_6 (工业年平均从业人数)中障碍度最大的是安徽,主要是由于近三年来工业年平均从业人数相比以前减少了11.89%。 X_{18} (污染治理投资占工业增加值的比重)中障碍度最大的是湖南,近三年比重仅为以前的1/3。 X_{20} (一般工业固体废物综合利用率)中障碍度最大的省份是山西,主要是最近几年出现的问题。

同时,各个省又有自己独特的障碍因素。山西主要障碍因子有 X_3 、 X_5 、 X_{12} 、 X_{13} 、 X_{17} 、 X_{19} 。山西传统

表3 2010—2019年河南工业资源环境承载力主要障碍因子

准则层	年份 指标	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
		eco	X ₁	4.96	4.71	4.66	5.16	4.73	5.07	6.88	3.33
X ₂	4.51		4.02	3.88	3.59	2.32	1.61	0.11	0.00	13.23	12.16
X ₃	7.56		8.30	8.58	6.03	3.47	2.28	0.29	0.00	8.47	7.97
X ₄	8.01		8.01	8.05	8.26	7.88	8.70	13.05	9.50	5.30	0.00
X ₅	3.66		5.72	5.36	4.68	3.23	1.67	0.00	6.04	5.45	17.45
X ₆	8.31		7.22	6.43	5.19	2.76	1.49	0.00	6.35	25.53	37.75
res	X ₇	4.14	3.95	4.51	4.91	3.38	3.73	4.62	3.29	2.28	0.00
	X ₈	4.43	3.58	3.48	4.21	4.36	3.95	5.29	2.67	1.58	0.00
	X ₉	3.56	4.01	2.67	2.46	3.09	4.01	3.01	4.79	1.92	0.00
	X ₁₀	0.02	0.01	0.01	0.01	5.68	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00
	X ₁₁	4.67	4.98	4.41	7.11	6.61	6.40	9.35	6.68	2.32	0.00
	X ₁₂	3.40	4.18	5.15	3.95	8.29	9.81	19.84	8.71	0.25	0.00
env	X ₁₃	7.68	8.48	8.20	9.50	9.21	9.72	3.36	0.86	0.25	0.00
	X ₁₄	3.85	5.94	6.01	6.70	5.96	5.86	3.67	5.13	2.26	0.00
	X ₁₅	9.37	8.04	7.38	9.49	14.59	16.72	10.92	1.82	0.00	0.54
	X ₁₆	4.65	3.92	3.92	4.08	3.83	4.58	6.59	2.77	0.00	0.87
	X ₁₇	2.23	5.00	5.45	7.24	6.26	4.88	5.32	5.97	2.74	0.00
	X ₁₈	6.24	6.21	8.68	4.08	1.34	9.33	0.00	10.08	11.87	14.50
	X ₁₉	8.57	2.79	2.35	2.57	2.53	0.18	2.95	0.41	0.09	0.00
	X ₂₀	0.18	0.96	0.83	0.76	0.50	0.00	4.71	21.56	14.86	8.76

数据来源:作者计算得来。单位:%。eco、res、env分别代指经济子系统、资源子系统、环境子系统。阴影区域为每年排名前5的指标。

表4 中部六省主要障碍因子及障碍度

省份	主要障碍因子													
	工业经济子系统				资源子系统				环境子系统					
山西	X ₃ (11.90)	X ₄ (11.35)	X ₅ (8.46)	X ₆ (19.21)				X ₁₂ (7.3)	X ₁₃ (14.53)	X ₁₅ (10.63)	X ₁₇ (10.06)	X ₁₈ (11.38)	X ₁₉ (11.28)	X ₂₀ (18.28)
安徽	X ₃ (8.38)	X ₄ (9.02)		X ₆ (21.01)					X ₁₃ (7.95)	X ₁₅ (10.69)		X ₁₈ (14.47)		X ₂₀ (9.26)
江西	X ₃ (8.15)	X ₄ (10.25)		X ₆ (12.17)	X ₉ (11.07)	X ₁₀ (3.22)				X ₁₅ (9.21)		X ₁₈ (10.30)	X ₁₉ (21.27)	X ₂₀ (16.35)
河南		X ₄ (8.93)		X ₆ (19.70)			X ₁₁ (7.23)	X ₁₂ (11.67)	X ₁₃ (8.80)	X ₁₅ (10.93)		X ₁₈ (12.15)		X ₂₀ (15.06)
湖北	X ₃ (7.87)	X ₄ (8.06)		X ₆ (9.60)					X ₁₃ (8.14)	X ₁₅ (11.10)		X ₁₈ (28.86)		X ₂₀ (13.10)
湖南	X ₃ (8.25)	X ₄ (9.65)	X ₅ (8.02)	X ₆ (17.10)					X ₁₃ (7.28)	X ₁₅ (10.60)		X ₁₈ (29.75)	X ₁₉ (15.60)	X ₂₀ (9.77)

数据来源:作者计算得来。单位:%。括号内数值表示对应指标的障碍度大小。

竞争优势产业主要是装备制造业、食品制造业、煤化工、石油加工、炼焦等产业,在战略性新兴产业培育方面主要集中在大数据、物联网等信息产业和半导体、石墨烯等技术产业。由于近年来传统产业改造步伐的加快,加之后备煤炭资源存量不足,产业结构单一,去产能及严格环保政策的发布,取缔“十

小”企业,大量工业污染企业关闭,工业企业数量也相应减少;煤矸石、粉煤灰、冶炼渣等固体废物历史堆存总量仍然较大,导致单位工业增加值固废久居不下;钢铁、焦化、水泥、有色等企业大气污染排放依旧严重,单位工业增加值二氧化硫仍居高位;电力、钢铁、焦化、洗煤等行业、煤矿矿井水等废水排

放问题依旧突出。

安徽主要障碍因子有 X_3 、 X_{13} 。安徽大力实施“4105”行动计划和“中国制造2025安徽篇”,战略性新兴产业主要有电子信息、智能装备、新材料等产业。安徽正努力把皖江城市带承接产业转移示范区打造成引领全省转型发展的新支撑带,成为长江经济带重要支撑点。工业固定资产投资障碍主要发生在2013年以前,2012年工业固定资产投资额仅为2013年的57.46%。单位工业二氧化硫障碍主要发生在2016年以前。

江西主要障碍因子有 X_3 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{19} 。江西大力实施“2+6+N”产业高质量跨越式发展行动,基本形成“一圈引领、两轴驱动、三区协同”的区域发展格局。主要优势产业包括航空、电子信息、装备制造、中医药、新能源、新材料等。江西工业固定资产投资障碍发生在2015年以前,工业电耗和用地面积障碍发生在近几年。值得一提的是,江西工业用水重复率一直是其障碍因子,工业用水重复率常年处在57%左右,这说明江西实施的绿色转型计划仍有待提高质量。

河南主要障碍因子有 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{13} 、 X_{17} 。河南主导产业主要有装备、食品、新型材料、电子信息、汽车等产业,郑洛新国家自主创新示范区引领作用不断增强,“米+井”综合运输通道和多层次枢纽体系基本形成。单位工业原煤和焦炭消耗障碍主要发生在2013—2017年间,单位工业二氧化硫排放障碍主要发生在2016年以前。总体而言,河南障碍因子多发生在工业化和城镇化快速推进阶段,目前正处于全面优化产业链布局的情境,适宜以集群化或链式承接沿海高端产业转移。

湖北省主要障碍因子有 X_3 、 X_{13} 。湖北工业进入转型提质阶段以来,“一芯两带三区”(四大国家级产业基地和十大重点产业,长江、汉江为纽带,鄂西绿色发展示范区、江汉平原振兴发展示范区、鄂东转型发展示范区)布局实施,十大重点产业有集成电路产业、地理空间信息产业、新一代信息技术产业、智能制造产业、汽车产业、数字产业、生物产业、康养产业、新能源与新材料产业、航空航天产业。拥有国家级承接产业转移示范区——荆州市承接产业转移示范区,主要包含劳动密集型、农产品加工、化工产业、装备制造、战略性新兴产业和现代服务业。湖北工业固定资产投资障碍主要发生在

2010—2012年,2012年固定资产投资不到2013年的60%。单位工业二氧化硫排放障碍主要发生在2016年以前,2015年单位工业二氧化硫排放是2016年的2.7倍。

湖南主要障碍因子有 X_3 、 X_5 、 X_{13} 、 X_{19} 。湖南制造业最为发达,领先优势产业有装备制造、工程机械、轨道交通、新材料。但是湖南制造业龙头企业较少,八成以上是小微企业,导致产业带动能力不强。湖南工业固定资产投资和单位工业二氧化硫排放障碍主要发生在2013年以前,规模以上工业企业数的障碍发生在2014年以后。湖南工业用水重复率常年是障碍因子,多年工业用水重复率低于45%。

五、研究结论与对策建议

依据中部地区工业资源环境承载力评价及障碍因子分析结果,结合中部地区资源环境特点和产业承接现状,给出以下政策建议。

第一,高质量作示范引领中部崛起。中部地区要积极主动融入国家战略,立足新发展阶段,贯彻新发展理念,构建新发展格局,抢抓发展机遇,发挥特色优势,努力在新时代推动中部地区高质量发展中加快崛起。中部地区各省要突出重创新、强产业,大力实施促进战略性新兴产业快速发展、传统产业持续转型升级以及新经济新动能不断培育的产业扶持政策。中部地区各省要始终围绕中部地区崛起的国家战略,精准实施一系列经济发展新举措,着力培育打造各省具有重要国际影响力的先进制造业,让中部地区成为国内外重要科技成果转化的集中区、特色产业承接的集聚区、高质量发展的示范区。要按照工业制造业高质量发展的科学内涵,分别从工业制造业的规模结构、创新水平、质量效益、企业实力、数字赋能、绿色发展等纬度构建工业制造业高质量发展指标体系,以高质量作示范带动工业资源环境承载力不断升级。

第二,区域协调产业协作引导错位发展。中部地区要充分发挥各省比较优势,形成区域协调、产业协作发展新格局。既要充分考虑相互发展程度差异和产业发展特色差异制定区域差异化战略,如河南食品轻纺、山西煤炭、江西有色金属、湖南冶金、湖北化工建材、安徽钢铁有色等特色传统产业要积极谋划优化升级。同时也要注意中部六省

内部发展战略的竞争性,战略的损耗性,尽量避免同质化竞争、产业重复建设、行政政策过分刚性等问题。当前中部地区湖南、江西呈向南发展态势,山西向北发展,河南、湖北多向发展,安徽往东发展。建议中部各省基于地理空间的相邻,一方面,要以各省重点城市和特殊功能区为引领,如支持武汉、长株潭、郑州、合肥、南昌等都市圈及山西中部城市群建设,加快武汉、郑州国家中心城市建设,充分发挥各省国家级经济开发区、承接产业转移示范区的辐射作用。另一方面,还是要以中部崛起国家战略为根本宗旨,加强省际协作和交界地区协同发展,建立健全中部地区省际合作机制,避免因发展战略不同而导致中部“离心”现象发生,最终导致“中部塌陷”。

第三,积极承接沿海和海外制造业转移协同优化资源环境承载力。中部地区在承接产业转移过程中要注意工业经济、资源、环境三系统协同发展,不断优化资源环境承载力。各省工业园区是工业发展的主战场、主阵地,产业承接地政府要将工业园区作为承接产业转移的重要载体和平台,创新园区建设运营方式,支持中部省份与沿海省份共建产业转移和承接的合作园区。一要继续加大环保问题整改,不断加大环保技术投入和资金投入,加快推进园区污水处理、供水供电、供气供热、固废危废处理、应急救援、物资储备等基础配套设施建设,全面提升园区

服务功能和综合承载能力。二要充分发挥项目专家、环保专家、安全应急专家的作用,严格项目入园关,加强企业全过程监管,持续完善园区智慧化管理系统,不断提升园区规范化发展和精细化管理水平。三要紧紧围绕污染防治攻坚战目标任务,在不扩大园区现有土地面积的前提下,通过引进成长性强、环保性好的优质企业参与“僵尸企业”的兼并重组,对被兼并重组企业给予一定的经济补偿,实现土地利用效率最大化,实现园区企业的优胜劣汰。

参考文献

- [1]段小微,李璐璐,苗长虹,等.中部六大城市群产业转移综合承接能力评价研究[J].地理科学,2016(5).
- [2]肖雁飞,廖双红,张琼.中部地区承接沿海产业转移经济承载规模预测[J].系统工程,2014(5).
- [3]常静,赵凌云.中部地区承接产业转移的环境效应的实证检验[J].统计与决策,2015(18).
- [4]邱慧,潘红玉,刘大能,等.产业集聚指数、产业吸引力指数与产业转移和承接[J].科学决策,2020(6).
- [5]ALLAN W. Studies in African Land Usage in Northern Rhodesia [M]. Cape Town:Oxford University Press,1949.
- [6]EDWAED W. Herrmann, G. William Monaghan. Post-glacial drainage basin evolution in the midcontinent, North America: Implications for prehistoric human settlement patterns[J]. Quaternary International,2019(511).
- [7]卢青,胡守庚,叶菁,等.县域资源环境承载力评价研究——以湖北省团风县为例[J].中国农业资源与区划,2019(1).

Research on the Carrying Capacity of Industrial Resources and Environment in Central China from the Perspective of Industrial Undertaking

Mao Xiaoming Hu Weihui

Abstract: As an important growth pole connecting the east with the west and connecting the south with the north, the research on the carrying capacity of industrial resources and environment in the central region from the perspective of industrial undertaking is helpful to grasp the important connotation of the national strategic opportunity to promote the high-quality development of the central region in the new era. Based on the connotation of industrial resources and environment carrying capacity and its mechanism, the evaluation index system is constructed. According to the data of the industrial resources and environmental in central China from 2010 to 2019, the empirical analysis is conducted. It is found that the carrying capacity of industrial resources and environment in the central region is rising periodically, and the development patterns in the central provinces are characterized as “Henan” leading steadily, “Hubei” exerting strength as the backbone, “Hunan and Anhui” developing rapidly, “Jiangxi” rising steadily, and “Shanxi” developing slowly. This paper proposes that the central region should be guided by high-quality development, actively integrate into the national strategy, give full play to the comparative advantages of various provinces, and form a new pattern of regional coordination and industrial cooperation; It is necessary to actively undertake the transfer of coastal industries and continuously optimize the carrying capacity of resources and environment; It is ensured to prevent new industrial pollution, and finally implement the high-quality development requirements given by the state in the central region.

Key Words: Carrying Capacity of Industrial Resources and Environment; Industry Undertaking; Entropy Weight TOPSIS; Obstacle Factor; Central Region

(责任编辑:平 萍)