

煤炭资源流动效率与产业结构的耦合 及协调关系量化分析

张新林¹, 赵媛^{1,2}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

(2. 南京师范大学金陵女子学院, 江苏 南京 210097)

[摘要] 为从效率的角度探索煤炭资源空间配置的优化方式, 本文借助于数据包络分析测度不同区域煤炭资源流动效率, 并利用耦合协调模型对流动效率与产业结构的关系进行测度。研究表明: (1) 汇地方面, 各项效率最高的区域均分布在东部地区, 中西部地区各项效率相对偏低; (2) 源地方面, 内蒙古综合效率最高, 新疆最低; 山西、内蒙古、陕西的纯技术效率对综合效率的影响要大于规模效率的影响, 而贵州、新疆规模效率较高, 受规模效率驱动的影响比较大; (3) 整体上看, 东部地区产业结构的高级化水平高, 结构较为合理, 并且产业集中程度较高; (4) 汇地煤炭资源流动效率与产业结构各项系数在空间上呈现出对应性, 经济发展水平高的地区, 其耦合协调度也相对较高; 煤炭流动效率与产业结构集中度的耦合度与协调度的平均值最高; (5) 源地煤炭资源流动效率与产业结构各项系数均达到了高协调耦合阶段, 总体上看, 流动效率与高级度的耦合度平均值最高。最后依据不同区域与产业结构的耦合协调度, 分别提出了针对源地和汇地不同区域的对策建议, 以优化煤炭资源在空间的配置效率, 为相关部门提供决策依据。

[关键词] 煤炭资源流动, 效率, 产业结构, 耦合度, 协调度

[中图分类号] F062.1; P96 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2017)04-0137-11

Quantitative Analysis of the Coupling and Coordination Relations Between Coal Spatial Flow Efficiency and Industrial Structure

Zhang Xinlin¹, Zhao Yuan^{1,2}

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2. Ginling College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: Based on analysis of coal flow efficiency and industrial structure, this paper examined the coupling and coordination relations between them. The results indicated: (1) Every efficiency in sink regions was larger in eastern regions than western regions; (2) For source regions, the overall efficiency was the largest in Inner Mongolia, and Xinjiang's overall efficiency was the least; Pure technology efficiency's influence on overall efficiency was larger than scale efficiency in Shanxi, Inner Mongolia and Shaanxi, but scale efficiency's influence on overall efficiency was larger than pure technology efficiency; (3) Eastern region's industrial structural fundamentals level is higher, and industrial structure is relatively reasonable, and industrial concentration degree is higher; (4) Sink regions' coal flow efficiency and the three dimensions of industrial structure showed a correspondence in space; The coupling coordination degree is relatively high in high level of economic development areas; The average of coupling and coordination relations between the coal flow efficiency and the industrial concentration degree is the largest. (5) Source regions' coal resources flow efficiency and industrial structure coupling coefficients are all up to the high coordination stage. Overall, the average of coupling and coordination relations between the coal flow efficiency and the fundamentals level is the largest. Finally, on the basis of coupling and coordination relations between coal spatial flow efficiency and industrial structure, some policy recommendations were proposed for the sink regions and source regions. These recommendations can help optimize the coal's spatial allocation efficiency, and the relevant departments can also make some decisions on the basis of this research.

Key words: coal flow, efficiency, industrial structure, coupling degree, coordination degree

收稿日期: 2017-04-16.

基金项目: 国家自然科学基金(41371518)、江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(KYLX16_1272).

通讯联系人: 赵媛, 教授, 博士生导师, 研究方向: 能源与区域发展. E-mail: zhaoyuan@njnu.edu.cn

随着社会经济的发展,能源资源、环境等对社会经济发展的约束逐渐明显,引导能源资源在不同区域之间的合理配置,保障区域能源的可持续供应,是当前中国社会经济可持续发展的重要前提^[1].目前,我国能源利用结构中,煤炭占据主体地位,而且,煤炭作为我国重要的基础能源,短期内尚不能完全做到“去煤化”^[2],因此在未来一段时间,煤炭仍将是我国的主要能源^[3-4].我国煤炭资源总量丰富,但由于煤炭资源的生产和消费在空间上呈现错位性的分布,使煤炭资源流动成为一种大规模的、广域的空间现象^[5].随着中国经济结构及能源结构的不断调整,在未来一段时间内,煤炭所占比例虽然会下降,但煤炭消费总量仍会呈现增长的趋势,因此,煤炭资源在区域之间的流动也会逐渐增加.

目前,针对煤炭资源空间流动的研究中,主要集中在空间格局^[6-8]、运输通道^[9-11]、驱动机制^[12-14]、经济效应^[15]及未来流量预测^[16]等方面,而对煤炭资源流动效率尚缺少研究.此外,已有学者从全要素的角度对煤炭效率进行研究,例如车亮亮利用非期望产出的SBM模型评价了中国煤炭资源的利用效率,并分析了其与经济增长的脱钩效应^[17];武春友综合利用物质流分析和数据包络分析对中国煤炭资源效率的总体状况、演进趋势以及面临的瓶颈进行了评价^[18];李金三利用数据包络分析对我国工业行业与各地区煤炭利用效率进行了分析^[19].而这些针对煤炭效率的研究中,首先,缺少基于煤炭资源空间流动系统的研究;其次,这些研究在选择煤炭效率的投入及产出指标过程中,并没有剥离出与煤炭相关的指标,例如有些研究直接选取第二产业就业人数作为劳动力投入,或以GDP作为产出指标,则在一定程度上增大了投入或产出指标.因此,结合以往研究中的不足,本文基于煤炭资源空间流动系统,借助于剥离系数法选取相关投入及产出指标,使用数据包络分析分别测度汇地、源地的煤炭资源流动效率.

煤炭资源的空间流动,是煤炭资源在不同区域的空间配置的过程^[20].因此,本文尝试在煤炭资源流动系统的基础上,把煤炭资源流动与效率的研究相结合,进而从效率的角度探索煤炭资源空间配置的优化方式.一方面可以丰富资源空间流动的理论框架;另一方面,通过分析产业结构与煤炭资源效率的关系,以期从产业调整方面,为不同的区域提供不同的对策指导,为我国煤炭资源的空间配置优化提供决策依据.

1 能源流动效率与能源效率概念解析

效率最初来源于物理学,是指在机械作用中能量的损耗程度;在管理学中,效率表示组织内投入要素和产出要素的比例关系;在宏观经济中,效率表示资源配置使社会所有成员得到总剩余最大化的性质^[21].能源效率的内涵是指能源消耗对经济、社会和环境系统可持续发展的贡献量^[22],简单来说,能源效率可以看成能源的投入与经济产出的比例关系,是对能源配置和利用的体现^[23].

能源流动包括能源输出和汇入,在大多数情况下,能源汇入和输出是同时存在的,因此根据输出和汇入倾向^[20,24-25],能源流动的区域可以划分为源地、汇地和中转交流地.能源流动是跨区域的,在空间上具有动态性.因此在本文中,能源流动效率可以看作是由于能源的汇入或输出与经济产出的比例关系.由于能源流动是资源进行空间配置的一种方式,因此,能源流动效率是一种能源资源空间配置和利用的体现.

能源流动效率与能源效率存在一定程度的不同.具体来说,能源资源流动效率可以分为汇地能源流动效率、源地能源流动效率和中转地能源流动效率.在汇地,能源效率可以看作是对当地所有消耗能源与经济产出的关系,而能源流动效率表现了汇入能源的消耗与其经济产出的关系,因此,能源效率与能源流动效率具有一致性.此外,由于能源流动效率的研究是在能源资源流动系统的基础上开展的,因此,对于汇地,仍然采用能源流动效率的概念进行研究.而在源地,却具有不一致性,能源效率仍然是当地消耗能源与经济产出的关系,而能源流动效率则是反映了输出的能源与其创造收益的关系,其中,输出的能源并不在源地进行消耗,而是通过向其他区域销售能源获得收益,因此向其他区域输出的能源看作为投入要素,其销售收益可以是输出能源的销售收入等,因此,源地的能源效率与能源流动效率并不完全相同.此外,由于中转交流地相对复杂,本文仅研究汇地和源地的能源流动效率.

能源效率的研究通常分为单要素能源效率和全要素能源效率两种类型^[26].而全要素能源效率能够更好地反映能源和经济产出之间的相互作用关系^[22-23,27],因此,本文对能源资源流动效率的研究也采用全要素层面的研究.

2 研究方法 with 数据来源

2.1 煤炭资源流动效率计算

数据包络分析 (Data Envelopment Analysis, DEA) 是由 Charnes 和 Cooper 等人创建^[28]. 本文借助于 DEA 方法对煤炭资源流动的效率进行评价. 为解决传统 DEA 模型中 DMU (Decision Making Unit) 有效数量较多的问题, 引入虚拟最优决策单元 DMU_{j+1} , 从而考察其他区域与最优决策单元距离而判别相对效率的高低. 设有 n 个单位或部门, 每个 DMU_j 均有 m 种输入和 s 种输出, 并分别使用输入 X_j 和输出 Y_j 表示, 其中 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$, $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$. $x_{ij} > 0$, 表示第 j 个决策单元 DMU_j 的第 i 种类型输入的输入量; $y_{rj} > 0$, 表示第 j 个决策单元 DMU_j 的第 r 种类型输出的输出量. 并引入虚拟的决策单元 $DMU_{j+1} = \{ \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}), \max(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj}) \}$, 即投入最小产出最大的决策单元, 其效率值 $\theta_j^* = 1$ 是唯一有效的 DMU. 其中, $j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s$. 利用改进后的 B²C 模型求解各个地区相对于最优决策单元的相对效率, 模型形式如下所示^[29]:

$$\max \theta_j^*, \quad \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^{n+1} \lambda_j x_{ij} \leq \lambda_j, \quad \sum_{j=1}^{n+1} \lambda_j y_{rj} \leq \theta_j y_{rj}, \quad \sum_{j=1}^{n+1} \lambda_j \leq 1, \lambda_j \geq 0.$$

2.2 产业结构分析模型

为了更加具体合理地描述区域的产业结构, 本文将分别使用产业高级度、产业合理度及产业集中度来描述产业结构.

(1) 产业结构高级度. 产业结构高级化是区域经济发展水平的高低和发展阶段及方向不断演进的过程, 具体是指产业结构的重心由第一产业逐次向第二、三产业转移的过程. 依此构建产业结构高级度^[30]. 其基本思想是三次产业比重向量与对应坐标轴的夹角会因产业比重的变化而发生变化.

$$IH = \theta_1 + \theta_2, \quad \theta_1 = \pi - \mu_2 - \mu_3, \quad \theta_2 = \frac{\pi}{2} - \sigma_2,$$

式中, IH 表示产业高级度, 其值越大则产业高级度越高; θ_1 表示第一产业向第二、三产业转移效应; θ_2 表示第二产业向第三产业转移效应; μ_2, μ_3 表示向量 (x_1, x_2, x_3) 分别与向量 $(0, 1, 0)$ 、 $(0, 0, 1)$ 的夹角, x_1, x_2, x_3 为三次产业增加值占 GDP 的比重, σ_2 表示向量 (x_2, x_3) 与向量 $(0, 1)$ 的夹角. 计算二维和三维夹角的公式为:

$$\theta = \arccos \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i x_{i,0})}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n x_{i,0}^2 \right)^{1/2}} \right], \quad n = 2, 3.$$

(2) 产业结构合理度. 产业结构合理化是指为了提高经济效益, 在一定经济发展阶段的前提下, 根据消费需求结构、科学技术水平、资源条件及人口基本素质, 对不合理的产业结构进行调整, 实现生产要素的合理配置, 促使各产业协调发展. 它既可以反映产业之间的协调程度, 又可以反映资源有效利用的程度. 本文借鉴于春晖利用泰尔指数对产业结构合理度的测度方法^[31].

$$TL = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \ln \left(\frac{Y_i/L_i}{Y/L} \right),$$

式中, Y, Y_i, L, L_i 分别表示总体增加值、各产业增加值、总体就业人数及各产业就业人数. 当 $TL = 0$ 时表示处于均衡状态, TL 越高表明产业结构偏离均衡状态越大, 则产业结构越不合理.

(3) 产业结构集中度. 集中化指数是用来描述地理数据分布集中化程度的指标^[30]. 产业结构集中度是用来衡量工业或经济部门专门化程度的指标, 是与洛伦茨曲线相对应的统计量.

$$I = (A - R) / (M - R),$$

式中, I 表示产业集中度; A 表示三次产业实际数据的累计百分比总和; R 为三次产业均匀分布时累计百分比总和; M 为三次产业集中分布时累计百分比总和. I 值越大, 则产业集中度越高.

2.3 流动效率与产业结构耦合评价模型

在相关文献基础上构建耦合评价模型, 其函数表达式为:

$$C = \{ [2EMX(x)I_i(y)] / [EME(x) + I_i(y)] \}^{1/i},$$
$$R = (CT)^{1/2},$$
$$T = aEMX(x) + bI_i(y).$$

式中, $EME(x)$ 为煤炭资源流动效率; $I_i(y)$ 表示产业结构高级度、集中度和合理度; i 为区分系数, 由于本文研究煤炭资源流动效率与产业结构 3 个维度变量两两对应关系, 因此取值为 2; C 为耦合度; T 表示煤炭资源流动效率与产业结构综合调和指数, 反应了煤炭资源流动效率与产业结构整体协调效应或贡献; a 、 b 为待定系数, 结合以往研究^[27], 取值为 0.4、0.6. 为避免数据量纲的影响, 计算耦合度之前, 先对各变量进行数据标准化处理. 本文采用中值分段法对得到的结果进行分段处理, 标准如表 1 所示.

表 1 耦合度与耦合协调度阶段参考标准^[22]

Table 1 The reference standard of coupling and coordinating stage

耦合度	耦合阶段	耦合协调度	耦合协调阶段	综合耦合阶段
0~0.3	分离阶段	0~0.3	低协调耦合阶段	低协调分离阶段
0.3~0.5	拮抗阶段	0.3~0.5	中协调耦合阶段	中协调拮抗阶段
0.5~0.8	磨合阶段	0.5~0.8	高协调耦合阶段	高协调磨合阶段
0.8~1	耦合阶段	0.8~1	极协调耦合阶段	极协调耦合阶段

2.4 指标选择与数据来源

经济学中要素投入分为三部分: 土地和自然资源、劳动力及资本^[32]. 依据柯布-道格拉斯生产函数, 地区经济发展是将劳动、资本根据既定技术转化为地区生产总值的过程. 由于各地区在煤炭资源流动中的职能不同, 存在汇地、源地的差异, 因此, 在研究汇地及源地煤炭资源流动效率时, 需要选取不同的指标.

然而, 目前无论是《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》, 还是各省级区域统计年鉴, 针对测度煤炭资源流动效率所需要的劳动力、投资等数据, 均没有进行统计, 必须同现有的统计数据中剥离出相关的数据, 这也是测度煤炭资源流动效率的关键. 剥离系数目前已经应用在旅游^[33]、人口^[34]、能源消费与碳排放^[35-36]、产业结构^[37]、城市^[38]等方面的研究. 因此, 本文借鉴剥离系数, 进行相关数据的剥离.

综上, 结合剥离系数, 对汇地选取的投入指标为: 煤炭资源输入、相关劳动力及固定资产投资; 产出指标为: 汇地输入煤炭所产生的 GDP. 在确定相关劳动力数量及固定资产投资时, 先要确定剥离系数, 使用输入煤炭总量除以能源消费总量, 即为汇地剥离系数, 然后再用剥离系数乘以总就业人数、固定资产投资总量、GDP 总量, 则可以得到汇地相关的劳动力数量、相关固定资产投资以及输入煤炭所产生的 GDP. 对于源地选取的投入指标为: 煤炭输出、相关劳动力及固定资产投资; 产出指标为: 输出煤炭的销售额. 源地剥离系数为: 煤炭输出量除以煤炭开采量. 用源地剥离系数乘以煤炭采选业就业总人数及固定资产投资, 即可得到源地相关劳动力数量及固定资产投资.

本文以中国 30 个省级行政区(西藏、香港、澳门、台湾不做计算)为研究单元, 数据来源于《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《BP Statistical Review of World Energy》以及各省、市统计年鉴, 其中河北省部分数据来源于《河北经济年鉴》、甘肃省部分数据来源于《甘肃发展年鉴》.

3 结果分析

3.1 煤炭资源流动效率解构

利用 DEA 模型对区域煤炭资源流动效率的测度结果可以分为综合效率、纯技术效率和规模效率. 通过放弃规模收益不变的假设, 综合效率可以分解为纯技术效率和规模效率^[39]. 纯技术效率与区域生产方式、工艺、技术与设备水平、组织管理水平、产业结构及用能强度等因素有关, 反映了区域在现有条件下、现行要素投入规模与组合结构下获得的产出程度^[40]. 规模效率与要素投入的规模以及区域社会配置及组合水平相关, 反映了区域在现行要素投入和生产规模下, 资源能够得到有效配置和利用的程度^[23,40]. 综合效率, 又称为规模技术效率, 是规模收益不变时, 要素投入的产出有效性^[23].

根据我国煤炭资源流动区域资源输出及汇入倾向的关系, 借助赵媛等对石油资源流动类型的划分方法^[24-25], 即使用流动比率, 在区域煤炭资源输入及汇出倾向关系的基础上, 对煤炭资源流动的区域进行汇

地和源地的划分,2014 年源地、汇地如表 2 所示.

表 2 2014 年不同区域源地、汇地类型划分
Table 2 The function types of different regions in 2014

类型	区域
源地	山西、内蒙古、贵州、陕西、新疆
汇地	北京、天津、河北、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、云南
中转交流地	宁夏、安徽、青海、甘肃

3.1.1 汇地煤炭资源流动效率

通过计算得到汇地煤炭资源流动的相对效率(表 3),可以看出:(1)综合效率方面,煤炭资源流动综合效率的平均值为 0.569,只达到了最优水平的 56.9%;2014 年,DEA 有效的区域为北京、上海,只占所有汇地的 9.52%,煤炭资源流动综合效率最低值出现在云南,整体看来,高于均值的区域主要分布在东部沿海。(2)纯技术效率方面,北京、天津、上海、江苏、湖南、广东、海南 7 个区域的纯技术效率值为 1,并且多于综合效率和规模效率最优的区域,占有所有汇地的 33.33%,表明这些区域对现有生产方式、工艺、技术等利用程度相对较高,内涵式的增长取得了一定的进步;云南纯技术效率仍然最低,表明云南对现有生产方式、工艺、技术等各方面的利用程度最低。(3)规模效率方面,北京、上海、湖南的规模效率最高,海南规模效率最低;2014 年,规模效率平均值 0.841,高于综合效率和纯技术效率,表明整体上,规模效率对综合效率的影响较大;除北京、上海规模报酬不变,江西、海南、四川、云南规模报酬递增外,其余区域规模报酬递减,表明综合效率受规模效率驱动的大部分汇地的煤炭资源流动的增长方式存在着不合理,是一种相对粗放型的增长方式,不利于对输入煤炭资源的利用. 单纯的追求煤炭资源流动数量的增加,不一定能提高煤炭资源流动的规模效率,甚至会导致规模效率的降低. 因此,煤炭资源流动效率的提高应该通过各方面的投入,走内涵式的发展道路.

3.1.2 源地煤炭资源流动效率

由于传统 DEA 模型的权重变化过于灵活,容易造成决策单元有效数量过多,而源地数量相对过少,因此,本文引入最优决策单元进行弥补有效数量过多的问题. 由于本文源地、汇地能源效率的研究是相互独立,因此,并不对结果产生影响.

通过对源地煤炭资源流动的相对效率计算,得到结果如表 4 所示:(1)综合效率的平均水平低于纯技术效率与规模效率,没有源地达到综合效率最优,其中内蒙古的综合效率最高,新疆的综合效率最低。(2)纯技术效率的平均值最高,其中,内蒙古纯技术效率为 1,达到了纯技术效率有效,表明内蒙古对现有生产方式、工艺、技术等利用程度相对较高,新疆的纯技术效率仍然最低。(3)从规模效率来看,新疆的规模效率达到了最优,规模效率为 1,而山西的规模效率最低. 对源地的

表 3 汇地各项效率的计算结果
Table 3 The calculation results of every item efficiency of sink regions

省份	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京	1	1	1	—
天津	0.973	1	0.973	drs
河北	0.376	0.55	0.683	drs
辽宁	0.607	0.691	0.878	drs
吉林	0.518	0.575	0.9	drs
黑龙江	0.412	0.457	0.901	drs
上海	1	1	1	—
江苏	0.742	1	0.742	drs
浙江	0.614	0.808	0.76	drs
福建	0.53	0.572	0.927	drs
江西	0.451	0.46	0.981	irs
山东	0.498	0.945	0.527	drs
河南	0.372	0.533	0.697	drs
湖北	0.437	0.561	0.779	drs
湖南	0.596	0.697	0.855	drs
广东	0.777	1	0.777	drs
广西	0.381	0.421	0.905	drs
海南	0.45	1	0.45	irs
重庆	0.477	0.49	0.974	drs
四川	0.387	0.4	0.967	irs
云南	0.35	0.354	0.988	irs
平均值	0.569	0.692	0.841	

注:—表示规模报酬不变,drs 表示规模报酬递减,irs 表示规模报酬递增.

表 4 源地各项效率的计算结果
Table 4 The calculation results of every item efficiency of source regions

省份	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
山西	0.046	0.987	0.047	drs
内蒙古	0.068	1	0.068	drs
贵州	0.058	0.076	0.756	drs
陕西	0.061	0.543	0.112	drs
新疆	0.031	0.031	1	—
平均值	0.053	0.527	0.400	

纯技术效率与规模效率进行比较,山西、内蒙古、陕西的纯技术效率对综合效率的影响要大于规模效率的影响,而贵州、新疆规模效率较高,受煤炭效率驱动的影响比较大。

各区域规模效率与最优决策单元的规模效率相比较,新疆规模报酬维持不变,而内蒙古、山西、陕西及贵州规模报酬均处于递减状态,2014 年,内蒙古、山西、陕西及贵州煤炭输出要多于新疆,也同样表明了综合效率受规模效率驱动的煤炭资源流动所引起的增长方式存在着不合理性。

3.2 产业结构解构

根据 2014 年相关各区域产业情况,分别计算产业结构高级度、合理度和集中度,结果如表 5 所示,并利用 ArcGIS10 软件得到空间分布。

表 5 相关各区域产业结构状况
Table 5 The conditions of industrial structure

区域	高级度	合理度	集中度	区域	高级度	合理度	集中度
北京	2.87	0.03	0.77	河南	2.16	0.20	0.39
天津	2.36	0.02	0.48	湖北	2.26	0.28	0.35
河北	2.17	0.13	0.39	湖南	2.28	0.23	0.35
山西	2.30	0.28	0.43	广东	2.38	0.13	0.44
内蒙古	2.21	0.40	0.42	广西	2.19	0.34	0.31
辽宁	2.25	0.17	0.42	海南	2.53	0.12	0.29
吉林	2.14	0.28	0.42	重庆	2.35	0.23	0.38
黑龙江	2.38	0.26	0.28	四川	2.20	0.23	0.37
上海	2.65	0.03	0.64	贵州	2.34	0.56	0.31
江苏	2.35	0.08	0.42	云南	2.32	0.41	0.26
浙江	2.35	0.05	0.43	陕西	2.15	0.45	0.45
安徽	2.15	0.20	0.37	甘肃	2.33	0.47	0.30
福建	2.20	0.08	0.44	青海	2.15	0.33	0.44
江西	2.15	0.15	0.42	宁夏	2.28	0.35	0.41
山东	2.29	0.16	0.40	新疆	2.26	0.29	0.26

(1)产业结构高级度方面. 东部地区,整体上产业结构高级度要高于中部及西部地区. 北京、上海的产业结构高级度最高,高级度指数在 2.4 以上,属于产业结构高级化发达地区,2013 年,北京第三产业所占比重超过 70%,上海第三产业所占比重也超过了 60%,远高于全国 41.65%的平均水平;河北、吉林等 8 个区域产业结构高级度低于 2.14,远低于平均水平(2.25),河北等 8 个区域第三产业所占比重为 34.26%,远低于全国平均水平,属于产业结构高级化落后的地区;其余区域产业结构高级度指数在 2.25 左右,属于产业结构高级化发展中的地区。

(2)产业结构合理度方面. 合理度指数越小,则产业结构越合理,因此东部沿海地区省份产业结构比较合理. 贵州、甘肃、陕西、云南及内蒙古产业结构合理度最高,平均值为 0.46,远高于全国平均水平(0.23),产业结构最不合理;北京、上海等 11 个地区,主要分布在东部沿海,产业结构合理度指数平均为 0.09,远低于全国平均水平. 其余区域产业结构合理度指数平均值为 0.26,略高于全国平均水平,属于产业结构合理度中等地区。

(3)产业结构集中度方面. 北京、上海产业集中度最高,分别为 0.76、0.62,远高于第 3 名的天津(0.49),北京、上海的高产业集中度,整体上形成显著的北京-上海两极格局. 湖南、贵州等 8 个地区产业结构集中度指数平均为 0.29,低于全国平均水平(0.41),属于低产业结构集中度地区;其余地区产业结构集中度指数平均为 0.43,略高于全国平均水平,属于中产业结构集中度地区。

3.3 煤炭资源流动效率与产业结构的耦合与协调关系

根据已有研究成果,产业结构是影响区域能源消费的重要因素,并且不同区域三次产业对生产集中度的依赖也有所不同,从而产业结构在较大程度上能影响区域能源效率的分异特征^[22-23,27]. 因此本文利用耦合及协调系数来分析煤炭资源流动效率与产业结构的耦合与协调关系. 由于在规模收益不变的情况下,综合效率可以表示为技术效率与规模效率的乘积,加之受篇幅所限,因此,此处煤炭资源流动效率使用综合效率来表示。

3.3.1 汇地煤炭资源流动效率与产业的耦合分布

对 2014 年汇地煤炭资源流动效率与产业结构的高级度、合理度与集中度进行计算,得到耦合与协调

分布情况如图 1 所示。

(1)煤炭资源流动效率与高级度方面. 综合来看,北京、上海处于极协调耦合阶段,天津等 10 个地区处于高协调耦合阶段,湖南、辽宁处于高协调磨合阶段,四川等 5 个地区处于中协调磨合阶段,江西处于中协调拮抗阶段,吉林处于低协调分离阶段. 北京、上海社会经济相对比较发达,第二、三产业特别是第三产业所占的比例较高,产业结构高级度高,同时对输入煤炭资源的利用效率也相对较高,煤炭资源流动效率与产业结构高级度同步、协调地发展. 对于高协调耦合阶段的区域中,天津、广东、江苏、山东等地区社会经济发展水平比较高,第二、三产业的比重相对较高,煤炭资源流动效率与产业结构的高级度也相对较高,基本上实现了流动效率与高级度之间的同步的发展状态;而云南、湖北等地区的耦合度高于 0.8,但协调度略高于 0.5,其耦合度与协调度不太相称,表明这几个地区的煤炭资源流动效率与产业结构高级度虽然具有较高的耦合程度,但是流动效率与高级度的水平相对较低,都有待进一步向高等级发展. 极协调耦合阶段与高协调耦合阶段的地区,协调度均相对较高,这也从侧面表明了,提高产业结构高级度,有利于煤炭资源流动效率的提高. 湖南、辽宁两地煤炭资源流动效率相对较高,而产业结构高级度相对滞后,但目前处于高协调阶段,表明流动效率与高级度的发展相协调,能够充分借助于产业结构高级度不断地发展,不断地磨合和适应,最终达到耦合的阶段. 四川、福建、广西、河北、河南处于中协调磨合阶段,这几个地区煤炭资源流动效率与产业结构高级度正处于不断的磨合和适应阶段,而具有一定的协调程度. 江西处于中协调拮抗阶段,江西煤炭资源流动效率与产业结构高级度之间存在着拮抗作用,江西第三产业所占比例相对较低,第一产业增加值相对较高,因此产业结构高级度相对滞后于煤炭资源流动效率,对流动效率的提高具有制约的作用,但同时具有一定的协调关系,有必要加快产业结构中第二、三产业比重的增加. 吉林处于低协调分离阶段,在汇地中,吉林煤炭产业结构高级度均处于最低水平,远滞后于其煤炭资源流动效

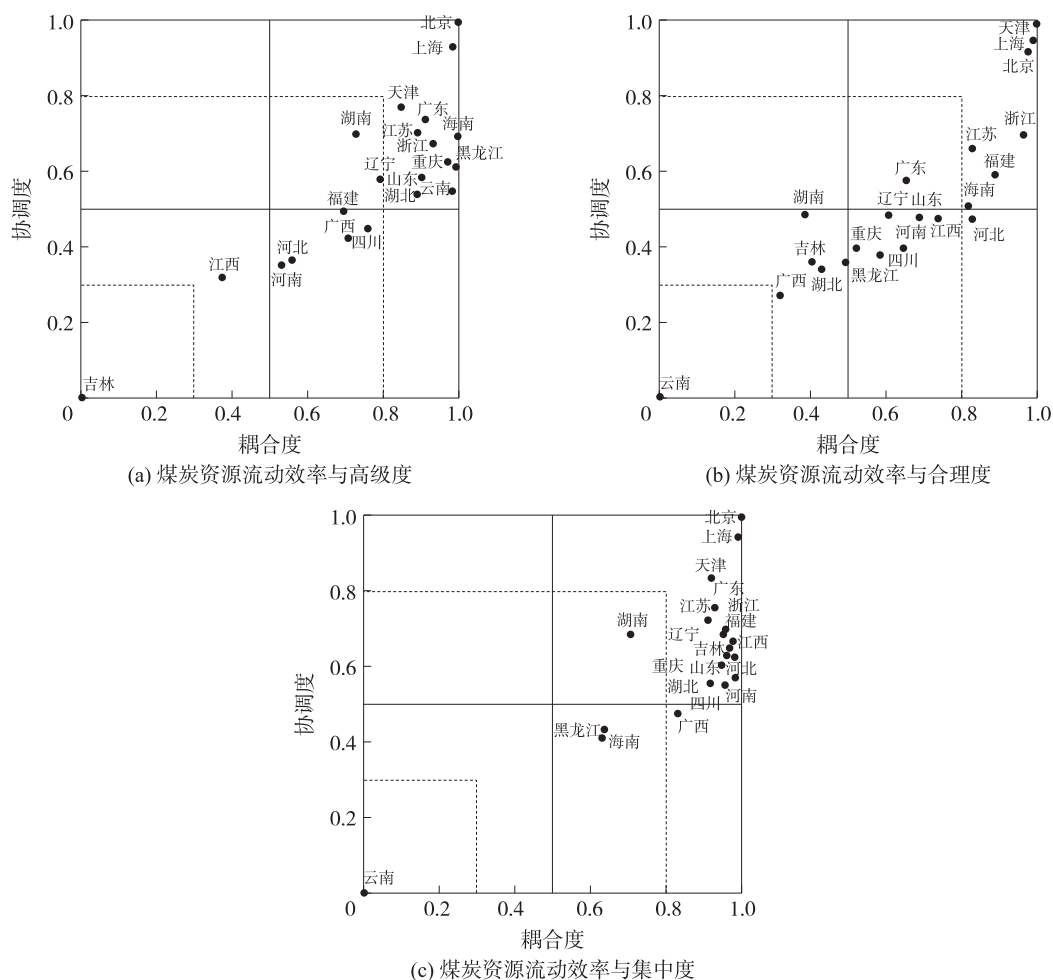


图 1 汇地煤炭资源流动效率与产业结构的耦合分布

Fig. 1 Coupling distribution of sink regions' coal flow efficiency and industrial structure

率,并且耦合性和协调性比较差,因此,吉林不仅需要继续提升产业结构高级度,还需要加大技术、资本等方面的投入力度,提升输入煤炭的利用效率。

(2)煤炭资源流动效率与合理度方面. 由于合理度指数越小,产业结构越合理,则在测度耦合及协调关系时,使用合理度指数的倒数进行测度. 综合来看,天津等3个地区处于极协调耦合阶段,浙江等4个地区处于高协调耦合阶段,河北处于中协调耦合阶段,广东处于高协调磨合阶段,山东等6个地区处于中协调磨合阶段,吉林等5个地区处于中协调拮抗阶段,广西处于低协调拮抗阶段,云南处于低协调分离阶段. 天津、北京、上海产业合理度相对较高,与煤炭资源流动效率实现了极协调的同步发展. 对于高协调耦合阶段与中协调耦合阶段的区域中,浙江、江苏、福建产业结构相对合理,并且煤炭资源流动效率也较高,而河北与海南虽然达到了耦合阶段,但是协调度接近于0.5,相对于浙江、江苏、福建三地,河北与海南虽然处于耦合阶段,但是流动效率与产业结构合理度处于较低水平,仍需要进一步提高流动效率与合理度的程度. 广东煤炭资源流动效率相对较高,而产业结构合理相对滞后于流动效率,但目前处于高协调阶段,表明流动效率与合理度的发展相协调,能够充分借助于产业结构合理度不断地发展,不断地磨合和适应,最终达到耦合的阶段. 山东、江西、河南、重庆、四川处于中协调磨合阶段,煤炭资源流动效率与产业结构合理度正处于不断的磨合和适应阶段,而具有一定的协调程度,提高产业结构合理度,对促进流动效率的提高具有一定程度的影响. 湖南、黑龙江、吉林、湖北处于中协调拮抗阶段,这几个地区煤炭资源流动效率与产业结构合理度之间存在着拮抗作用,第一产业就业人数相对较多,并且产业结构的合理度滞后于煤炭资源的流动效率,对流动效率的提高具有制约的作用,也同时具有一定的协调性,应该继续提升产业结构的合理程度. 广西及云南的煤炭资源流动效率与产业结构合理度之间的耦合度及协调度均相对较低.

(3)煤炭资源流动效率与集中度方面. 极协调耦合阶段的区域包括北京、上海、天津,三地区第二、三产业经济产出比例比较大,与第一产业之间的经济产出差距非常大,特别是北京、上海第一产业增加值所占比例不到1%,而第三产业均超过60%,具有较高的产业结构集中度,与煤炭资源流动效率同步协调发展. 处于高协调耦合阶段的区域最多,达到13个区域,河南、湖北、四川等地区耦合度虽然较高,但是协调度相对较低,因为产业结构集中度相对较低,仍需要进一步提高流动效率与集中度的程度;其余地区流动效率与集中度均相对较高,具有较高的耦合度. 湖南处于高协调磨合阶段,湖南产业结构集中度相对滞后于其煤炭资源流动效率,但是具有较高的协调性,表明可以充分促进产业结构集中度,使煤炭资源流动效率不断的磨合和适应. 黑龙江、海南处于中协调磨合阶段,由于具有一定的协调度,因此可以提高产业结构集中度,进一步促进流动效率与集中度的磨合和适应. 云南处于低协调分离阶段,在汇地中,云南煤炭资源流动效率最低,并且集中度也最低,两者之间的协调性和耦合性比较差. 对于云南来说,应借助技术、管理等手段,提高流动效率及产业结构集中度.

汇地煤炭资源流动效率与产业结构各项系数在空间上呈现出对应性,经济发展水平高的地区,其耦合协调度也相对较高. 综合比较煤炭资源流动效率与产业结构高级度、合理度、集中度的耦合与协调关系,流动效率与产业结构集中度的耦合度及协调度的平均值最高,与产业结构高级度的耦合度及协调度的平均值次之,与合理度的耦合度及协调度的平均值最低. 这也说明,对于汇地来说,产业结构集中度的提升与煤炭资源流动效率提高的关系最为密切,对于经济要素专门化的生产是影响煤炭资源流动效率提高的关键环节. 同时也应该加强产业结构高级化,产业结构的升级也能带动煤炭资源流动效率的提高.

3.3.2 源地煤炭资源流动效率与产业的耦合分布

对2014年源地煤炭资源流动效率与源地产业结构的高级度、合理度与集中度进行测算,得到耦合及协调的分布情况,如图2所示.

煤炭资源流动效率与产业结构高级度、合理度与集中度的耦合度均超过了0.9,达到了耦合阶段,而协调度也均在0.6左右,达到高协调阶段,因此,2014年,源地煤炭资源流动效率与产业结构高级度、合理度与集中度均达到了高协调耦合阶段,源地煤炭资源流动效率与产业结构的变化已经形成了同步、协调的发展. 山西、内蒙古、贵州、陕西及新疆是我国重要的煤炭输出地,第二产业特别是煤炭开采和洗选业的发展情况,对于煤炭资源的对外输出具有重要的影响,并且煤炭开采和洗选业在国民经济中占有重要地位. 例如山西省2014年煤炭开采和洗选业增加值约占国民生产总值的27%,就业人数约占全社会劳动力资源配置的10%,因此源地产业结构对于煤炭资源流动效率的提升具有重要的作用. 通过图2可以发现,各地区耦合度要高于协调

度,表明源地各地区应当继续加大技术、资本等投入力度,使流动效率与协调度向着更高等级发展.

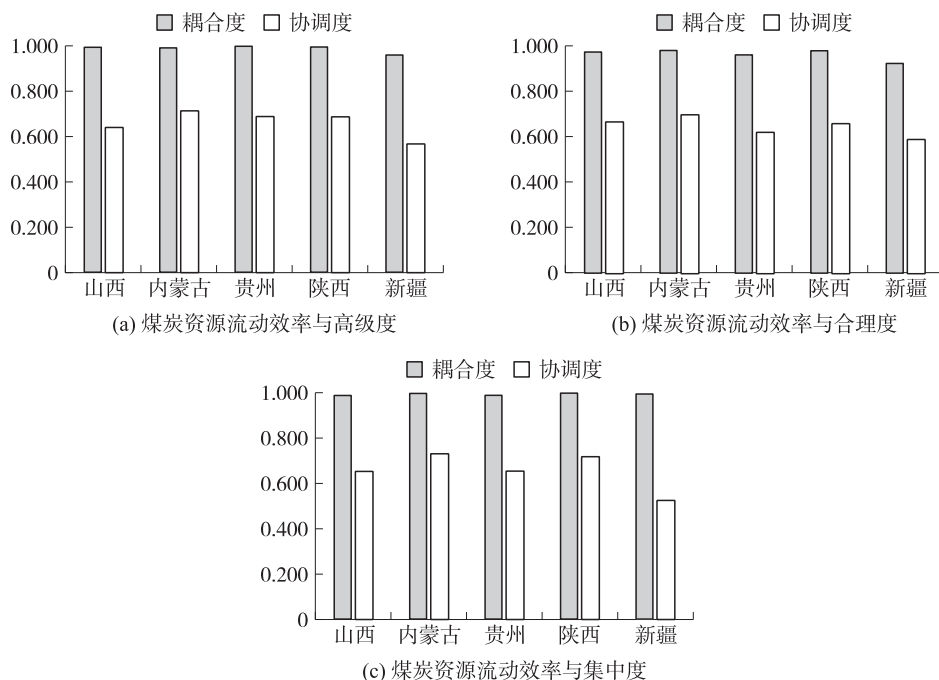


图2 源地煤炭资源流动效率与产业结构的耦合分布

Fig. 2 Coupling distribution of source regions' coal flow efficiency and industrial structure

综合比较源地煤炭资源流动效率与产业结构高级度、合理度与集中度的耦合关系,流动效率与高级度的耦合平均值最高,这也说明源地产业结构高级化与煤炭资源流动效率的提高具有最密切的关系,产业结构升级是影响源地煤炭资源流动效率提高以及节能减排的关键环节,即实施以产业结构高级化为目的的产业结构政策更能有效地提高流动效率.源地地区一方面要加大对煤炭开采和洗选业的投资,另一方面要积极推进产业融合与技术的对接,提升技术水平,进而带来产业结构的升级,真正实现区域之间流动效率与产业结构的协调发展.

4 结论

本文对汇地及源地煤炭流动效率进行了测度,并对煤炭资源流动效率与产业结构的关系进行了分析,得到以下结论:

(1)在汇地方面,从煤炭流动效率的区域差异来看,综合效率、纯技术效率和规模效率的差异比较明显,但分布也具有一定的相似性,总体上来看,各项效率最高的区域均分布在东部地区.中西部地区的河南、广西、云南等地区应侧重于综合效率的提高;云南等地区应继续加强对生产工艺、技术等方面的利用程度,提高纯技术效率;而海南等地区规模效率较低,应该继续优化煤炭输入规模与其它要素投入的关系,使海南等地区在现行要素投入和生产规模下,输入的煤炭资源能够得到更加充分的配置和使用.综合来看,煤炭资源流动效率的提高应该通过各方面的投入,走内涵式的发展道路.

在源地方面,内蒙古综合效率最高,而新疆最低;山西、内蒙古、陕西的纯技术效率对综合效率的影响要大于规模效率的影响,而贵州、新疆规模效率较高,受规模效率驱动的影响比较大.对于山西、内蒙古及陕西来说,应该继续优化其它要素投入与煤炭输出规模的关系,使山西等地区煤炭输出能够得到更有效的收益;贵州、新疆纯技术效率较低,应该继续加强对现有生产方式、工艺、技术等利用程度.此外,在源地综合效率受规模效率驱动的煤炭资源流动所引起的增长方式也存在着不合理性.

(2)产业结构高级度方面,东部地区较高,其中,北京、上海最高;合理度方面,东部地区产业结构较为合理,北京等11个沿海地区,产业结构合理度较高;集中度方面,北京、上海产业结构集中度最高.

(3)汇地方面.北京、上海煤炭流动效率与高级度处于极协调耦合阶段,吉林处于低协调分离阶段;天津、上海、北京的煤炭资源流动效率与合理度处于极协调耦合阶段,云南处于低协调分离阶段;北京、上海、

天津煤炭资源流动效率与集中度处于极协调耦合阶段,云南处于低协调分离阶段.总体上来看,汇地煤炭资源流动效率与产业结构各项系数在空间上呈现出对应性,经济发展水平高的地区,其耦合协调度也相对较高.流动效率与产业结构集中度的耦合度及协调度的平均值最高,与产业结构高级度的耦合度及协调度的平均值次之,与合理度的耦合度及协调度的平均值最低.

源地方面.源地煤炭资源流动效率与产业结构高级度、合理度与集中度均达到了高协调耦合阶段.总体上看,流动效率与高级度的耦合度平均值最高.

针对本文的分析,从产业结构优化的角度提出以下建议,以提高不同区域煤炭资源流动效率,优化区域煤炭资源的空间配置:

(1)对于汇地来说,产业结构集中度的提升与煤炭资源流动效率提高的关系最为密切,对于经济要素专门化的生产是影响煤炭资源流动效率提高的关键环节.同时应该加强产业结构高级化,产业结构的升级也能带动煤炭资源流动效率的提高.特别对于吉林等地区,应该继续提升产业结构高级度,还需要加大技术、资本等方面的投入力度,提升输入煤炭的利用效率.而对于云南等地区,应该借助政策、技术、管理等手段提高流动效率与产业结构合理度、集中度,促使效率与合理度、集中度的相互促进.

(2)源地产业结构高级化与煤炭资源流动效率的提高具有最密切的关系,产业结构升级是影响源地煤炭资源流动效率提高以及节能减排的关键环节,即实施以产业结构高级化为目标的产业结构政策更能有效地提高流动效率.源地地区一方面要加大对煤炭开采和洗选业的投资,另一方面要积极推进产业融合与技术的对接,提升技术水平,进而带来产业结构的升级,真正实现区域之间流动效率与产业结构的协调发展.

本文主要研究了2014年煤炭资源流动效率与产业结构的关系,在未来的研究中,应该增加研究年限,进行时空演变的研究;还应该扩展研究因素,例如经济发展、交通等等因素的影响.

[参考文献]

- [1] 沈镭,刘立涛,高天明,等.中国能源资源的数量、流动与功能分区[J].资源科学,2012,34(9):1 611-1 621.
- [2] 谢克昌.中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究(综合卷):中国煤炭清洁高效可持续开发利用战略研究[M].北京:科学出版社,2014.
- [3] WANG J,FENG L,DAVIDSSON S,et al. Chinese coal supply and future production outlooks[J]. Energy,2013(60):204-214.
- [4] ZHANG X L,ZHAO Y,XU X,et al. Decomposition and attribution analysis of industrial carbon intensity changes in Xinjiang, China[J]. Sustainability,2017,9(3):459-475.
- [5] 赵媛,于鹏.我国煤炭资源空间流动的基本格局与流通道[J].经济地理,2007,27(2):196-200.
- [6] 成升魁,徐增让,沈镭.中国省际煤炭资源流动的时空演变及驱动力[J].地理学报,2008,63(6):603-612.
- [7] 王成金,莫辉辉,王姣娥.中国煤炭资源的流动格局及流场规律研究[J].自然资源学报,2009,24(8):1 402-1 411.
- [8] 王宜强,赵媛.中国煤炭资源流源-汇地空间格局演变与内部空间差异研究[J].地理科学,2014,34(10):1 153-1 160.
- [9] 嵇昊威,赵媛.江苏省煤炭铁路运输通道运能估测与发展研究[J].南京师大学报(自然科学版),2010,33(1):120-124.
- [10] 嵇昊威,赵媛.中国煤炭铁路运输网络可达性空间格局研究[J].地域研究与开发,2014,33(1):6-11.
- [11] 高天明,沈镭,刘立涛,等.中国煤炭资源不均衡性及流动轨迹[J].自然资源学报,2013,28(1):92-103.
- [12] 王宜强,赵媛.中国省域煤炭资源空间流动形成机制的主导要素解析[J].资源科学,2015,37(4):723-732.
- [13] 陈雅琳,高吉喜,李咏红,等.江苏省煤炭资源流转及影响因素分析[J].资源科学,2010,32(7):1 259-1 265.
- [14] 徐增让,成升魁,谷树忠,等.资源区域流动的驱动因子分析与流动潜力测度:以晋煤输出为例[J].自然资源学报,2008,23(5):773-780.
- [15] 王宜强,赵媛.区域煤炭资源流动及其宏观经济效应初探:以内蒙古为例[J].干旱区地理,2015,38(1):163-172.
- [16] 王宜强,赵媛.重庆市煤炭资源流动及其未来流量估测[J].长江流域资源与环境,2014,23(9):1 229-1 235.
- [17] 车亮亮,韩雪,赵良仕,等.中国煤炭利用效率评价及与经济增长脱钩分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(3):104-110.
- [18] 武春友,岳良文,张米尔.基于MFA和DEA的煤炭资源效率测算方法的研究[J].中国人口·资源与环境,2012,22(12):135-142.

- [19] 李金三. 我国煤炭利用效率评价及其政策研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2014.
- [20] 张新林,赵媛. 基于空间视角的资源流动内涵与构成要素的再思考[J]. 自然资源学报,2016,31(10):1 611-1 623.
- [21] 方叶林. 中国省域旅游业效率及演化机理研究[D]. 南京:南京师范大学,2014.
- [22] 关伟,许淑婷. 辽宁省能源效率与产业结构的空间特征及耦合关系[J]. 地理学报,2014,69(4):520-530.
- [23] 赵媛,郝丽莎,杨足膺. 江苏省能源效率空间分异特征与成因分析[J]. 地理学报,2010,65(8):919-928.
- [24] ZHAO Y,HAO L,WAN L. Research on the spatial structure of crude oil flow and the characteristics of its flow field in China[J]. Energy policy,2007,35(10):5 035-5 050.
- [25] 赵媛,郝丽莎. 20 世纪末期中国石油资源空间流动格局与流场特征[J]. 地理研究,2006,25(5):753-764.
- [26] LI L B,HU J L. Ecological total-factor energy efficiency of regions in China[J]. Energy policy,2012(46):216-224.
- [27] 江洪,赵宝福. 碳排放约束下能源效率与产业结构解构、空间分布及耦合分析[J]. 资源科学,2015,37(1):152-162.
- [28] 魏权龄. 数据包络分析(DEA)[J]. 科学通报,2000,45(17):1 793-1 808.
- [29] 陶长琪,齐亚伟. 中国区域技术相对效率的时空演变分析[J]. 经济地理,2011,31(5):730-735.
- [30] 郑少智,陈志辉. 产业结构高级化与经济增长关系实证研究:基于全国、广东省及广州市数据的对比分析[J]. 产经评论,2011(3):55-60.
- [31] 干春晖,郑若谷,余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究导刊,2011(5):4-6.
- [32] 保罗·萨缪尔森,威廉·诺德豪斯. 经济学[M]. 17 版. 萧琛,译. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [33] 李江帆,李美云. 旅游产业与旅游增加值的测算[J]. 旅游学刊,1999(5):16-19.
- [34] 李晓梅,郭正模,刘金华. 老龄产业的跨行业特征与统计规范探讨[J]. 人口与经济,2016(1):29-38.
- [35] 谢园方,赵媛. 长三角地区旅游业能源消耗的 CO₂ 排放测度研究[J]. 地理研究,2012,31(3):429-438.
- [36] 韩元军,吴普,林坦. 基于碳排放的代表性省份旅游产业效率测算与比较分析[J]. 地理研究,2015,34(10):1 957-1 970.
- [37] 李江帆,张少华. 基于投入产出表的结构变迁与知识服务业发展研究[J]. 管理学报,2013,10(1):56-61.
- [38] 谢慧明,沈满洪,李中海. 中国城市居民旅游需求函数的实证研究[J]. 旅游学刊,2014,29(9):24-34.
- [39] 陶卓民,薛献伟,管晶晶. 基于数据包络分析的中国旅游业发展效率特征[J]. 地理学报,2010,65(8):1 004-1 012.
- [40] 安景文,张兴平,徐向阳. 煤炭企业的技术有效性和规模有效性评价[J]. 煤炭学报,1999,24(4):435-439.

[责任编辑:丁 蓉]