

我国中部地区能源消费省域差异的多层次分析

吴小翠¹ 周兵兵¹ 朱继业^{1,2}

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210093; 2. 南京大学环境科学研究所, 江苏 南京 210093)

摘要 本文拟利用全国及中部六省能源消费信息,通过改进熵权 TOPSIS 法,综合评价各省能源消费的合理性及其省域差异。重点分析了中部各省能源消费的经济效率、抗风险性和可持续性,说明各省能源消费的保障水平与产出水平;研究方法上借鉴了信息熵思想、四象限交叉分析原理及熵权法 TOPSIS 模型,并加以改进后对各指标进行指标分析、指标交叉分析与指标综合分析,提出了我国中部地区能源消费战略对策。

关键词 中部地区;能源消费;省域差异;多层次分析

中图分类号 F206

文献标识码 A

文章编号 1002-2104(2011)12专-0357-05

2004年3月,国家总理温家宝在政府工作报告中首次提出“中部崛起”重大战略部署,以促进山西、河南、安徽、江西、湖北和湖南等中部省份快速崛起,实现东北、东部、中部和西部四大经济板块协调发展。在此背景下,研究者从资源配置、产业化与城市化、政策支持等角度研究了中部地区经济崛起的必要性和必然性,论述了保障中部地区崛起应采取的经济政策、区域协调等方面的措施^[1]。但是,有关中部崛起能源方面的研究则相对不足。中部地区要实现快速崛起,必然要解决好能源问题。能源短缺、能源结构不合理以及能源低效利用将直接制约中部省份经济社会的发展和安。另一方面,六省经济社会发展各异,决策者要制定能源相关政策,就需要厘清中部地区能源消费的省域差异,而此方面的研究尚属空白。

1 研究方法

1.1 信息熵思想与信息熵确权

物理学家克劳修斯 1854 年提出以熵度量分子运动不规则程度后,1948 年美国通信工程师仙农将熵的思想运用到信息论中,提出信息熵的概念,其本质为将信息定义为不确定性的减少,而不确定性可以通过熵来度量^[2]。信息熵思想可以广泛适用于非线性开放耗散结构系统的分析。依据信息熵理论,对概率分布 $X = \{P(X = x_1) = p_1, P(X = x_2) = p_2, \dots, P(X = x_n) = p_n\}$, 有该概率分布的不确定性程度(即其信息熵) H 的计算公式为:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \quad (1)$$

其中, $p_i > 0 (i = 1, 2, \dots, n)$, 且 $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ 。当 $p_1 = p_2 = \dots = p_n = 1/n$ 时,信息无序度最高, $H_{\max} = \ln n$; 当 $p_i = 1$ 且 $p_1 = \dots = p_{i-1} = p_{i+1} = \dots = p_n = 0 (1 \leq i \leq n, i \in Z)$ 时,信息无序度最低, $H_{\min} = 0$ 。根据信息熵又可以引入均衡度的概念^[2]。均衡度 G 表示实际熵值和最大熵值的比值,反映该分布的均匀程度:

$$G = \frac{H}{H_m} = \frac{- \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i}{\ln n} \quad (2)$$

根据熵的以上定义,可进行信息熵确权。评价指标提供的有用信息越多(即指标熵值越小),该指标越重要,对标准化后的决策矩阵 $X = (x'_{ij})_{m \times n}$, 各指标的权重 $W = (w_i)_{1 \times n}$ 为:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{\sum_{i=1}^n (1 - H_i)} = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^n H_i}, H_i = - \sum_{j=1}^m x'_{ij} \ln x'_{ij} \quad (3)$$

当 $\exists x'_{ij} = 0 (i = 0, 1, 2, \dots, m, j = 0, 1, 2, \dots, n)$ 时, H_i 无意义,一般引入平移向量 a 进行数据变换:

$$H_i = - \sum_{j=1}^m f'_{ij} \ln f'_{ij} \cdot f_{ij} = \frac{a + x'_{ij}}{\sum_{j=1}^m (a + x'_{ij})} \quad (4)$$

1.2 四象限交叉分析原理

鉴于通常的评价方法往往只能给出一个综合评价结

收稿日期:2011-08-20

作者简介:吴小翠,本科生,主要研究方向为 GIS 应用与区域发展。

通讯作者:朱继业,博士,副教授,主要研究方向为环境规划、环境影响评价和环境地理。

果,而不能反映评价属性间的关系,本文引入四象限交叉分析模型^[3],如图1所示。其中 (x,y) 为所交叉分析属性的指标对, (\bar{x},\bar{y}) 为所有 (x,y) 指标值的平均值或其他分类标准。根据指标 x 和 y 值的组合关系,所有 (x,y) 值将落入I、II、III和IV四个象限中的一个,并被分为四类。值得说明的是,实践中一般不会出现 (x,y) 值落入分类线上的情况。据此,可对评价对象分成四类按属性对的组合关系描述。

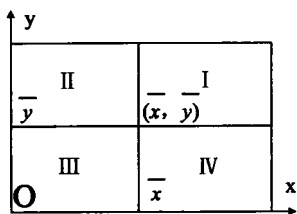


图1 四象限交叉分析模型

1.3 改进的熵权 TOPSIS 法

熵权 TOPSIS 法是一种比较成熟的基于信息熵赋权的客观综合评价方法,主要有标准化、信息熵赋权和综合评价三个步骤。为保证信息熵有意义,学者们常引入平移向量 $\alpha = 1$ 进行数据变换^[4,5]。实践中发现,这种主观规定的单位平移变换对指标权重的有较大影响,使各指标权重的差异性降低,进而影响评价精度。根据本文的研究对象,依据金融学投资组合分散风险的思想,各消费能源间比例越一致越好。即能源消费结构越均衡,能源消费系统抗风险性越强。基于此确定平移向量 $\alpha = 1/n$,即,改进后的变换公式为:

$$f_{ij} = \frac{1/n + x'_{ij}}{1 + \sum_{i=1}^n x'_{ij}} \quad (5)$$

2 能源消费的指标分析

数据主要取自2010年中国及山西、河南、安徽、江西、湖北和湖南等六省的统计年鉴,另有部分数据取自《2010

年中国能源统计年鉴》。不能直接获取的能源数据依据《综合能耗计算通则》(GB/T 2589—2008)进行标准煤折算,安徽省各类能源消费量根据该省2010年统计年鉴日均能源消费量推算,具体数据见表1。

关于能源消费领域的分析及能源消费系统的评价,已有研究主要集中于能源消费的影响因素^[6]、能源利用率及其影响因素^[7]、能源利用与区域发展^[8]、能源消费结构优化^[9]和能源消费与环境污染^[10]等方面,侧重于能源消费系统部分属性的评价、预测与决策。而能源的重要性体现在能源系统对国民经济社会可持续发展的支撑能力上,因此可从能源供给与能源需求两方面进行考察,本文选取能源消费自给率、能源消费均衡度和单位GDP能耗三个指标进行全面分析。

2.1 能源自给率

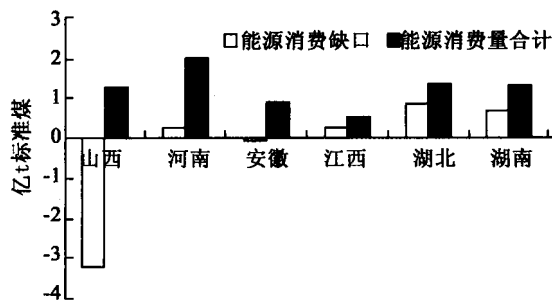


图2 中部各省能源生产与消费

能源消费自给率 = 区域能源生产量/区域能源消费量,表征能源消费系统的可持续性,即外部供给危机时内部能源供给面的支撑能力。

中部六省中,河南省能源消费总量最大,将近2亿万吨标准煤;安徽省和江西省相对较少,均不超过9000万吨标准煤,其中江西省仅消费5382.38万吨标准煤;而山西、湖北和湖南三省能源消费总量水平相当,均在1300万吨标准煤左右。另一方面,诸省当中,仅有山西省因富产煤炭而能源消费缺口为负、安徽省勉强自给,其他四省能

表1 中部各省能源消费特征

项目	山西	河南	安徽	江西	湖北	湖南	中国
煤炭消费占比(%)	47.91	88.20	80.06	79.70	65.00	65.82	70.40
石油消费占比(%)	9.41	7.40	10.70	14.69	20.31	11.23	17.90
电力消费占比(%)	30.08	1.60	9.24	5.08	10.64	16.42	7.80
天然气及其他能源消费占比(%)	12.60	2.80	0.00	0.54	4.05	6.53	3.90
能源消费量(万t标准煤)	12 885.85	19 751.24	8 895.90	5 382.38	13 662.34	13 330.46	306 647.00
能源生产量(万t标准煤)	44 924.23	17 002.30	9 288.36	2 528.80	5 018.72	6 351.05	216 218.54
GDP(亿元)	7 348.31	1 9480.46	10 062.82	7 655.18	12 961.10	13 059.69	340 506.90

源消费均“入不敷出”,而湖北省和湖南省“赤字”比例尤高,分别达 62.2% 和 52.36%,形势严峻。总体而言,中部地区能源消费总量水平偏高,排除山西省煤炭主产区之因素外,能源消费赤字比较突出。

2.2 能源消费均衡度

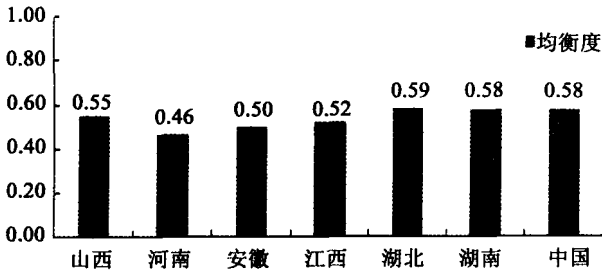


图3 中部各省能源消费结构均衡度

能源消费均衡度定义见 2.1,表征能源消费的抗风险性,即内部供给危机时外部能源供给面的支撑能力。

中部地区能源消费以煤炭为主,均衡性不足。除山西省外均达 60% 以上,其中河南省煤炭消费更达 88.20% 之高,而山西省则因产煤丰富火力发电发达,因此电力消费约占能源总消费量的 1/3,天然气及其他热力等能源消费占比 12%,煤炭消费反不足 50%。为表征其省域差异,根据公式(1)、(2)、(5)计算 2009 年全国及中部六省能源消费结构的均衡度,结果见图 3。可见,中部地区能源消费的均衡水平均较低,各省能源消费均衡度基本不及全国整体水平,只有湖北省和湖南省和全国平均水平相当,而河南省、安徽省和江西省能源消费结构尤为失衡。这说明中部的能源消费结构改进滞后于全国,煤炭消费的比重偏高。

2.3 能源消费经济效率

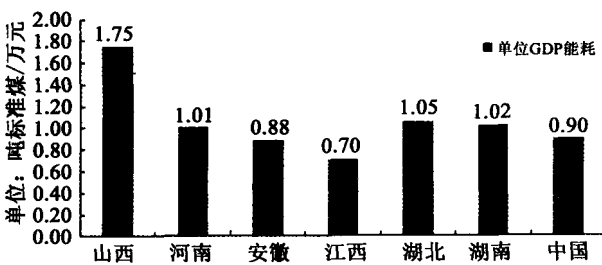


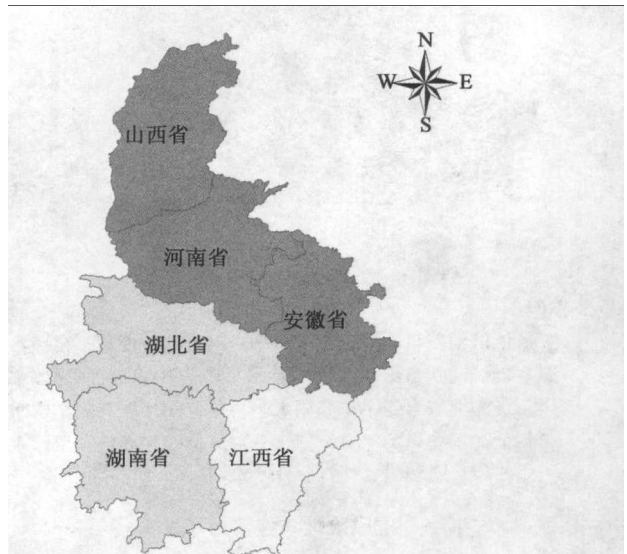
图4 中部各省能源消费经济效率

能源消费是为了获得对国民经济社会系统存在和发展的动力和支撑,鉴于其社会效益难以表征,本文仅考察能源消费的经济效率,并以单位 GDP 能耗 = 区域能源消费量/区域 GDP 作为指标表征,说明能源需求面的产出能力。如图 4,山西省、湖北省、湖南省和河南省能源消费经

济效率均低于全国水平,其中山西省单位 GDP 能耗几近全国水平的两倍;安徽省略优于全国水平,仅江西省能源消费效率远胜全国水平。

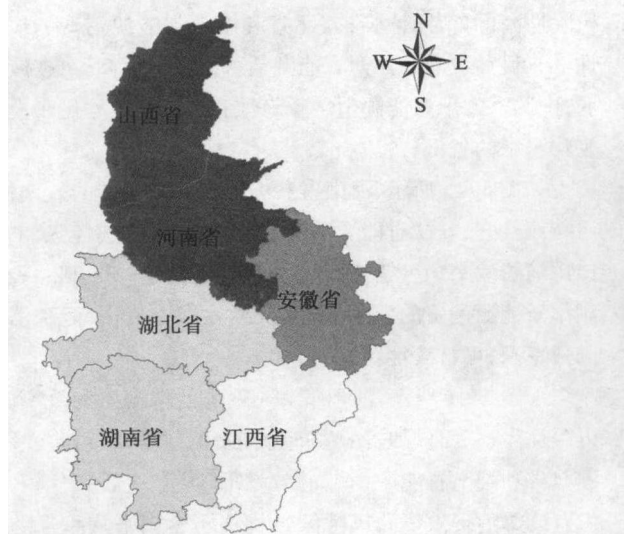
3 结果分析

3.1 基于四象限模型对能源消费差异的指标交叉分析



图例

图5-a 可持续性与抗风险交叉分析



图例

图5-b 可持续性与经济效率交叉分析



图5 抗风险性与经济效率交叉分析

利用四象限分析模型,分别令 $(x, y) = (\text{能源消费均衡度}, \text{能源消费自给率})$ 、 $(\text{单位GDP能耗}, \text{能源消费自给率})$ 和 $(\text{单位GDP能耗}, \text{能源消费均衡度})$, 令 (\bar{x}, \bar{y}) 等于各指标全国均值,进而对各指标进行交叉分析。

如图5-a所示,河南省、山西省和安徽省能源消费的风险性高,可持续性强;湖北省和湖南省能源消费的风险性低,可持续性弱;江西省能源消费的风险性高,可持续性弱;中部六省未有能源消费风险性和可持续性均优于全国平均水平的省份。

如图5-b所示,河南省和山西省能源消费的效率低,可持续性强;安徽省能源消费的效率低,可持续性强,整体能源消费效率和可持续性均优于全国平均水平;湖北省和湖南省能源消费的效率低,可持续性弱;江西省能源消费的效率低,可持续性弱。

如图5-c所示,河南省和山西省能源消费的效率低,风险性高;江西省和安徽省能源消费的效率低,风险性高;湖北省和湖南省能源消费的效率低,风险性低;中部六省未有能源消费效率和可持续性均优于全国平均水平的省份。

3.2 基于改进熵权TOPSIS法对能源消费差异的指标综合分析

根据各指标值,运用改进信息熵法进行指标赋权,再利用TOPSIS模型对各指标进行综合分析。由表2各指标

权重可知,现阶段下能源消费系统各属性的重要程度:经济效率 > 抗风险性 > 可持续性,体现了提高能源需求面产出能力、改善能源消费结构的紧迫性。而由于经济全球化和全球一体化,要素流动越来越频繁,表征系统可持续性的能源自给能力反倒没那么重要。此外,由反向型指标单位GDP能耗的各省数据及全国比较知,山西省、湖北省、湖南省和河南省在能源利用率的提高上还有很大潜力,而江西省和安徽省则高于全国水平。

表2 能源消费差异的综合分析

指标	自给率(%)	均衡度	单位GDP能耗 (t SEC/万元)	综合评价
山西	348.63	0.55	1.75	0.55
河南	86.08	0.46	1.01	0.40
安徽	104.41	0.50	0.88	0.47
江西	46.98	0.52	0.70	0.46
湖北	36.73	0.59	1.05	0.34
湖南	47.64	0.58	1.02	0.36
中国	70.51	0.58	0.90	0.43
指标权重	0.09	0.40	0.51	1.00

综合而言,中部地区能源消费现状的平均合理程度稍高于全国整体水平,但各省情况差异明显,其中,山西省、安徽省和江西省能源消费现状最佳,而湖北省、湖南省和河南省的能源消费现状则有待提高。

4 结论和讨论

4.1 结论

(1) 整体上,中部六省的能源消费现状较为合理,接近全国平均水平,但因各省能源禀赋、开放程度和科技水平各异,各省能源消费差异明显,其中山西省、安徽省和江西省总体优于全国平均水平,而湖北省、湖南省和河南省的能源消费现状则有待提高。

(2) 具体而言,山西省能源消费的可持续性很强但效率低且风险性高;安徽省能源消费的效率较高且可持续性较强,但风险性也高;江西省能源消费的效率低,但风险性也高且可持续性弱;湖北省和湖南省能源消费的风险性低,但效率也低且可持续性弱;而河南省能源消费的可持续性较强,但效率低且风险性高。决策者可根据各省的不同情况,提出差异化的能源消费对策和相关产业政策。

(3) 随着全球一体化的发展和能源要素空间流动的便捷化,现阶段,能源消费系统的可持续性可以得到保障,而提高能源消费系统的经济效率、改善能源消费结构则是当前重点。其中山西省、湖北省、湖南省和河南省尤其需

要提高当前的能源消费的经济效率,河南省、安徽省、江西省和山西省尤其需要改善当前的能源消费结构。

4.2 不足和展望

进一步的研究方向可能有:研究内容上可对影响中部六省能源消费现状合理程度的因素做深入分析;研究时点上可对各省能源消费现状合理性的动态变化进行时间序列探究和预测;研究范围上,若具有全国所有省级行政区的相关数据,可将各省能源消费现状差异进行对比分析。

(编辑:温武军)

参考文献

- [1] 费罗成,程久苗,沈非,等. 区域土地集约利用水平时空比较研究——以中部地区为例[J]. 地域研究与开发,2008,27(5):90-94.
- [2] 何大义. 熵在数据分析中的应用研究[J]. 统计与决策,2005,(4):27-29.
- [3] 中国投入产出学会课题组. 我国目前产业关联度分析[J]. 统计研究,2006(11):3-8.
- [4] 张洪,顾朝林,张燕. 基于IEW&TOPSIS法的城市旅游业竞争力评价——以长江三角洲为例[J]. 经济地理,2009,29(12):2044-2049.
- [5] 潘妮,周术华. 基于熵权的改进的TOPSIS模型及其应用[J]. 云南水力发电,2007,23(5):8-12.
- [6] 揣小伟,黄贤金,王倩倩,等. 基于信息熵的中国能源消费动态及其影响因素分析[J]. 资源科学,2009,31(8):1280-1285.
- [7] 傅春,巫锡金. 中部地区能源效率影响因素的分析模型与案例研究[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(10):1107-1110.
- [8] 胡军峰,赵晓丽. 北京市能源消费与经济增长关系研究[J]. 统计研究,2011,28(3):79-85.
- [9] 张涛. 基于环境约束的江苏能源消费结构优化研究[D]. 中国矿业大学博士学位论文,2010.
- [10] 王姗姗,徐吉辉,邱长溶. 能源消费与环境污染的边界协整分析[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(4):69-73.

The Multi-level Analysis on the Provincial Differences about Energy Consumption of Central China

WU Xiao-cui¹ ZHOU Bing-bing¹ ZHU Ji-ye^{1,2}

- (1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing Jiangsu 210093, China;
2. Institute of Environmental Science, Nanjing University, Nanjing Jiangsu 210093, China)

Abstract By using the energy consumption data of China and the six central provinces, this paper employs the improved IEW&TOPSIS method to comprehensively evaluate the rationality of each province's energy consumption, and compare the provincial differences. Focusing on the economic efficiency, the anti-risk ability and the sustainability of these provinces, this paper explores the security and output level of their energy consumption systems. In research methods, we apply the information entropy theory, the four-quadrant analysis model and the IEW&TOPSIS method. And improve the method to get the index-analysis, cross-analysis and comprehensive analysis of the indexes. On the basis of all these, we come up with some corresponding strategic countermeasures for the six provinces.

Key words central area; energy consumption; provincial differences; Multi-level Analysis