

1978 年以来中国能源生产与消费时空差异特征

任志远¹, 李 强^{1,2}

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 陕西教育学院 人文环境系, 西安 710061)

摘要: 采用 1978 年以来近 30 年中国各地区的能源及经济数据, 对中国能源生产、消费重心及 GDP 重心变化进行了测定, 在此基础上分析了中国能源生产、消费与经济发展区域差异的动态变化及其相互关系。结果表明: ① 能源生产重心在逐步向西南方向移动, 整个移动轨迹近似呈直线变化。揭示了中国能源生产在东西和南北方向上的差距有所减小, 且东西方向差距减小的速度要比南北方向快。② 能源消费重心也在向西南方向移动但波动较大, 其中 1998~2002 年重心位置相对稳定, 年度位置变化很小, 说明各省区能源消费增长速度基本相同。③ GDP 重心在经度和纬度上均有一定的波动性。④ 中国能源生产与消费重心的演变轨迹既具有一些重要的共同特点, 也存在明显的不同。通过与 GDP 重心的对比分析, 各地区的经济发展水平与能源消费密切相关, 说明中国 GDP 增长中能源成本较大。

关键词: 能源生产; 能源消费; 时空差异; 重心变化; 测定与分析; 中国

1 引言

能源是国家发展的重要物质基础。能源生产与消费的发展变化及其对经济社会发展的影响一直是资源开发与利用领域的研究热点, 许多学者对此开展了研究, 如 2003 年周总瑛等系统分析了我国的油气资源状况^[1], 2006 年管卫华等研究了中国能源消费结构的变动规律^[2], 1994 年李俊分析了中国区域能源供求及其影响因素^[3], 1997 年和 2003 年樊杰等分别探讨了我国西北地区和东部沿海地区能源供需结构优化问题^[4, 5], 2000 年 Nagel 运用混合整数线性优化模型, 探讨了基于生物量能源的经济供应结构^[6], 2003 年 Li 对当前至 2030 年的中国经济、能源和环境发展进行了计量经济学研究^[7], 2001 年赵媛等以江苏省为例, 进行了能源与社会经济协调发展的多目标决策研究^[8], 2004 年 Toshihiko 构建了“能源—经济模型”, 并探讨了其与社会经济环境发展之间的相互作用^[9], 1999 年刘毅提出并论证了沿海地区能源供需保障与解决途径^[10], 2002 年 Helm Dieter 分析了能源政策在能源供应安全、可持续利用及能源竞争中的作用与意义^[11]。但已有成果主要集中在能源生产与消费增长的周期性波动、能源消费结构优化以及能源消费与 GDP 增长等方面^[12-15], 大多是基于时间序列的能源供需及与经济发展关系研究, 而对能源生产与消费的空间分布和区域差异进行定量分析较少^[16-18]。改革开放以来, 中国经济迅速发展, 使得能源供应和需求增加, 而区域经济发展的不平衡, 必然使得区域能源供应与需求具有差异性, 而这种差异的动态变化势必使得能源生产与消费重心也随之发生相应变化。本文利用 1978-2005 年中国各省(市、区)的能源及经济数据, 进行时空差异分析, 并采用重心模型, 从移动距离、移动方向等方面对能源生产总量、能源消费总量和 GDP 总量的空间分布变化进行了详尽的研究, 测定了近 30 年来中国能源生产与消费重心的演变轨迹。在此基础上利用 ESRI 的 ArcView GIS 软件对能源生产与消费的区域差异进行了对比分析, 揭示了 1978 年以来中国能源生产与消费区域差异程度及其变化趋势, 为中国合理进行能源

收稿日期: 2008-03-19; 修订日期: 2008-10-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40771019) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.40771019]

作者简介: 任志远 (1953-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为资源环境遥感与 GIS。E-mail: renzhy@snnu.edu.cn

资源开发利用和制定相应的发展策略提供科学的理论依据。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

能源供需的评价指标有能源生产和能源消费。本文选取能源生产总量和能源消费总量 2 个指标来反映中国能源供需的区域差异。数据来源于《新中国 50 年统计资料汇编》和《中国统计年鉴》(2000~2006 年)^[19, 20]。在数据处理中, 把重庆直辖市仍归入四川省, 即把 1997 年以来重庆市的能源生产总量、能源消费总量及 GDP 量并入相应年份四川省各相应变量。研究区域包括大陆 31 个省、市、自治区, 不包括港澳台。本研究选取 1978-2005 年间近 30 年为时序谱, 来分析中国能源生产与消费重心移动轨迹。由于数据来源较为统一, 故可消除统计口径不同带来的误差。

2.2 重心模型及其分析方法

重心概念源于物理学, 是指物体各部分所受重力产生合力的作用点。重心模型在经济学中应用较为广泛^[21-24], 在地理学中^[25-28]是指区域空间上存在某一点, 在该点前后左右各个方向的力量对比保持相对平衡。能源生产重心指在区域内各能源生产子矢量的合力点, 即维持区域能源生产平衡的点。能源消费重心指在区域内各能源消费子矢量的合力点, 即维持区域能源消费平衡的点。由于各地域能源生产与消费水平和速度迥异, 故能源生产与消费重心处于变化之中。能源生产与消费重心变动反映了地域能源开发利用差异变化轨迹, 可以用来研究国家或区域能源供需平衡等问题, 以及评估能源开发利用政策的效果。

在力学中, 重心是力矩最小的点。设总力矩为 $S = \sum_{i=1}^n M_i \cdot R_i$, 要使总力矩最小, 即 S_{\min} 则应满足: $\partial s/\partial x_i = 0, \partial x/\partial y_i = 0$, 由于此式无解析解, 需用以下迭代公式求解:

$$X_{(k+1)} = \frac{\sum_1^n \frac{m_i \cdot x_i}{\sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}}}, \quad Y_{(k+1)} = \frac{\sum_1^n \frac{m_i \cdot y_i}{\sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}}}$$

若令 $R_i = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}$, 则该式可以写成

$$X_{(k+1)} = \frac{\sum_1^n \frac{m_i \cdot x_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{R_i}}, \quad Y_{(k+1)} = \frac{\sum_1^n \frac{m_i \cdot y_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{R_i}} \tag{1}$$

式中: S 表示总力矩; M 表示质量; R 表示力臂; X 、 Y 表示横纵坐标; i 表示第 i 区域, k 和 $k+1$ 是为了求迭代解, $k=1, 2, 3 \cdots$; 当 $R_i \Rightarrow \infty$, 说明第 i 地区与全国能源生产(消费)重心的空间距离越远, 越处在与重心偏离的地区, 甚至为边缘地区。

当某种属性的重心随着时间变化出现移动时, 移动方向就指示了空间现象的“高密度”部位, 偏离的距离则指示了非均衡程度。对此可采用欧氏距离公式来计算。

设各次区域中心 $P(x_i, y_i)$ 到重心 $Q(\bar{x}, \bar{y})$ 的距离为 R_i , 根据欧氏距离公式可得:

$$R_i = \sqrt{(\bar{x} - x_i)^2 + (\bar{y} - y_i)^2} \quad (0 \leq R_i \leq \infty) \tag{2}$$

当 $R_i \Rightarrow 0$, 说明第 i 地区与全国能源生产(消费)重心的空间距离越近, 越处在与重

心接近的地区。

当 $R_i = 0$ ，则说明第 i 地区为全国的重心。

在研究过程中，对一个拥有若干个次一级行政区域的国家来说，计算某种属性的“重心”通常是借助各次级行政区的某种属性和地理坐标来表达。假设一个区域由 n 个次级区域 (或称为质点) P 构成，第 i 个次区域的中心的坐标为 (x_i, y_i) ， m_i 为 i 次区域的某种属性的量值 (或称为质量)，求其重心，设重心在 Q 处，则该区域某种属性重心 Q 的地理坐标为：

$$\bar{x} = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}, \quad \bar{y} = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i}.$$

(3)

3 中国能源生产与消费区域差异及重心变化分析

3.1 能源生产区域差异及重心变化分析

3.1.1 能源生产区域差异变化 能源生产布局变化反映的是中国能源开发的空间拓展进程。受地质勘探及开发技术的限制，中国工业化初期能源资源开发主要集中在北方沿海地区 (图 1a)^[29]。1978 年全国能源生产总量前六名的省份集中在北方，分别是黑龙江、山西、山东、河南、辽宁和河北，6 省的能源生产总量达 35880.37×10^4 t 标准煤，占全国能源生产总量的 65.86%。

在能源消费快速增长的巨大压力和强调提高资源供给自给水平政策的指导下，近 30 年来，中国能源资源的开发空间从沿海 (东北) 向内陆 (西南) 进行大范围的推进 (图 1b)。其中新疆、内蒙古、陕西和四川等省份能源生产总量大幅度增长，使能源生产的区域差异略有减小。

3.1.2 能源生产重心变化 全国能源生产总量从 1978 年的 $55\,485.17 \times 10^4$ t 标准煤到 2005 年的 $179\,722.85 \times 10^4$ t 标准煤，27 年来净增长 2.24 倍 (图 2)。自 1978 年以来，中国能源生产重心在逐步向西南方向移动，其中向西移动了 3.29° ，向南移动了 1.18° ，整个移动轨迹近似呈直线变化 (图 2)。这一现象揭示了中国能源生产总量在东西和南北方向上的差距有所减小，且东西方向差距减小的速度要比南北方向快。

在整个重心运动轨迹中有 3 个时段重心比较密集。第一个时段为 1981-1984 年，第二个时段为 1989-1991 年，第三个时段为 2003-2005 年。在这三个时段内，重心位置相对

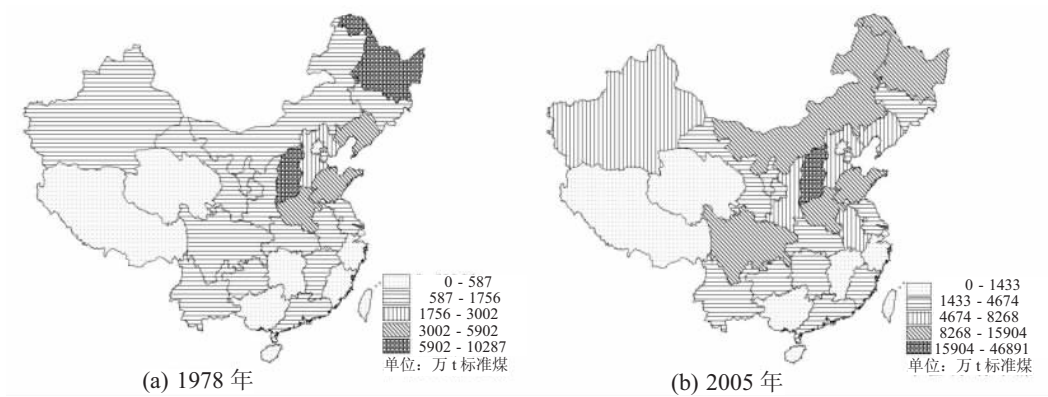


图 1 1978~2005 年中国能源生产总量区域差异

Fig. 1 Regional difference of the energy production in China from 1978 to 2005

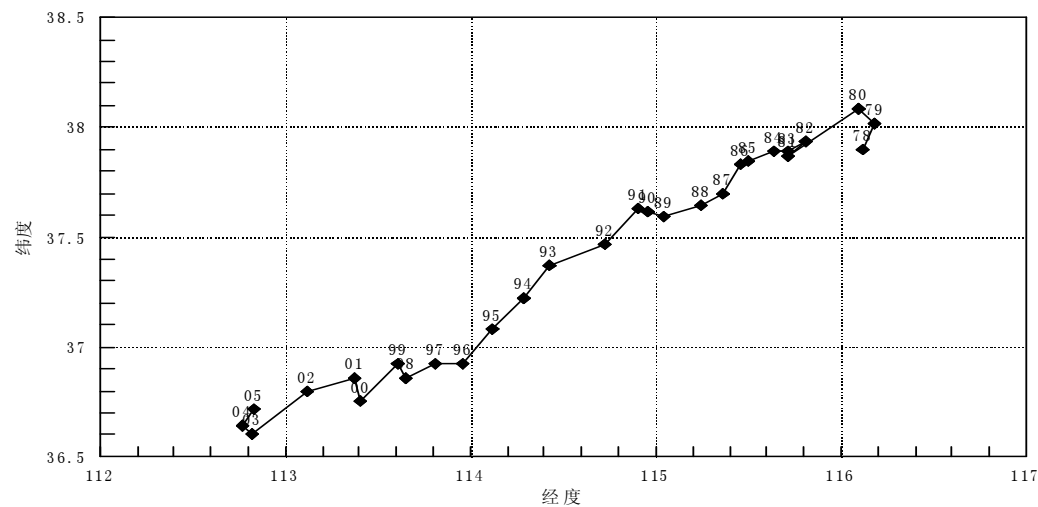


图 2 中国能源生产重心变化轨迹

Fig. 2 Variation track of the energy production gravity center of China

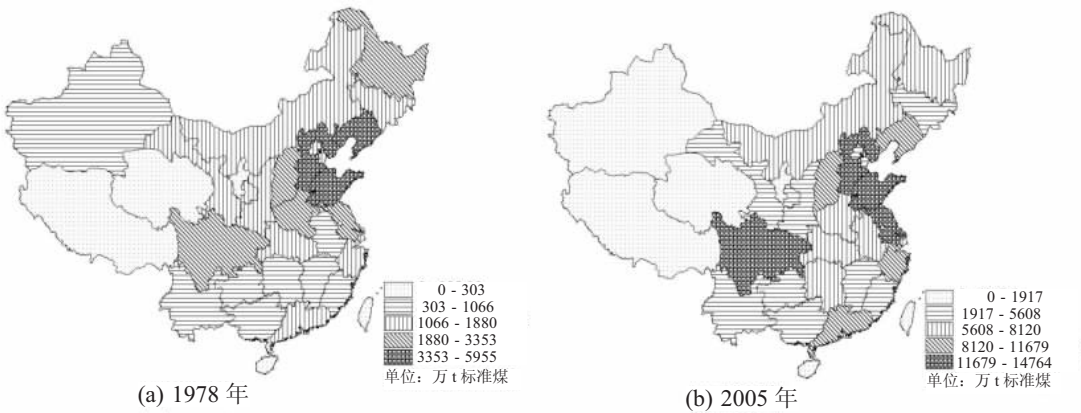


图 3 1978-2005 年中国能源消费总量区域差异

Fig. 3 Regional difference of the energy consumption in 1978-2005

稳定，年度位置变化很小，说明各省区能源生产总量增长速度基本相同。2003 年以来，重心移动速度明显减小，年度位置变化不大，说明各省区能源生产总量增长速度相差不大，不久的将来可能会出现一个新的密集区。

3.2 能源消费区域差异及重心变化分析

3.2.1 能源消费区域差异变化 1978-2005 年中国各地区能源消费均在增加，但由于经济发展速度、产业结构等因素的差异，全国各省区的能源消费表现出明显的差异 (图 3)。如 2005 年，全国能源消费总量最大的省份分别是山东、河北、江苏、四川、辽宁和广东，6 省的能源消费总量达 64661.56×10^4 t 标准煤，占全国能源消费总量的 40.15%。

3.2.2 能源消费重心变化 近年来，随着中国国民经济持续快速增长，经济规模的不断扩大，拉动能源消费需求迅速增加。全国能源消费总量从 1978 年的 $53\,053.56 \times 10^4$ t 标准煤到 2005 年的 $190\,075.53 \times 10^4$ t 标准煤，27 年来净增长 2.58 倍。从图 4 可以看出，与能源生产重心相同，能源消费重心也逐步向西南方向移动，其中，重心向西移动了 0.95°，向南移动了 1.78°。这一现象揭示了中国能源消费总量在东西和南北方向上的差距有所减小，且南北方向差距减小的速度要比东西方向快。

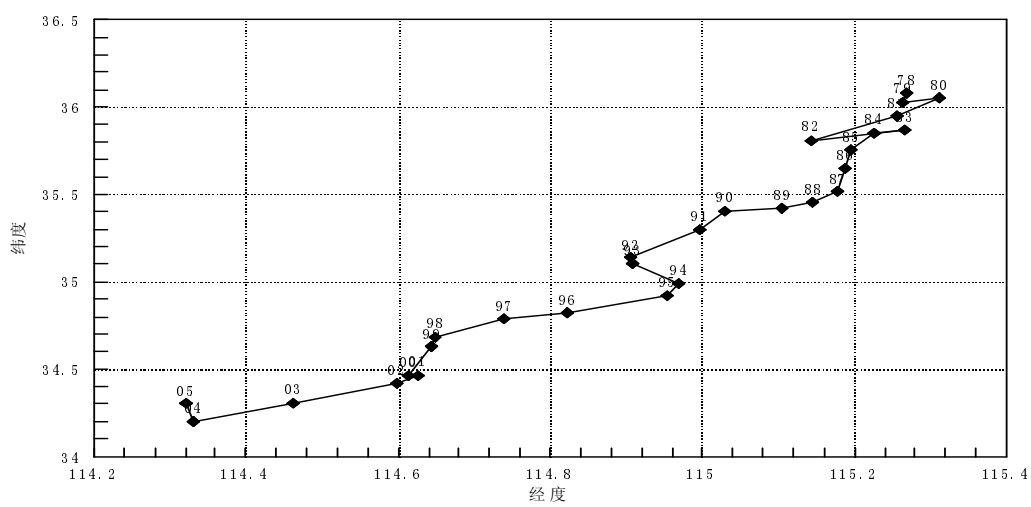


图 4 中国能源消费重心变化轨迹
Fig. 4 Variation track of the energy consumption gravity center of China

由图 4 可以看出, 能源消费重心在向西南方向移动但波动较大, 整个移动轨迹大致可以分为 3 个阶段。第一阶段为 1978-1987 年, 在这个阶段, 中国能源消费重心在逐步向西南方向移动, 其中纬度向南移动了 0.56° , 经度向西移动了 0.09° , 南北方向比东西方向移动距离大。这一现象揭示了能源消费总量差异在南北和东西方向上都有所减小, 且南北差异减小速度要比东西差异减小得快。在这一时期内, 西部大部分地区能源消费总量增长速度缓慢或停滞, 如宁夏、新疆等, 而东部和南方则有增加, 如广东增长近 2 倍, 上海增长了 1 倍多, 浙江增长了近 1 倍。第二阶段为 1988-1993 年, 重心迅速向西移动了 0.24° , 新疆、四川、陕西的能源消费总量增加是造成这一现象的主要原因。第三阶段为 1994-2005 年, 重心在经过小幅度东移后迅速向西南方向移动, 纬度向南移动了 0.69° , 经度向西移动了 0.65° 。其中 1998-2002 年, 重心位置相对稳定, 年度位置变化很小, 说明各省区能源消费总量增长速度基本相同。而 2002-2005 年重心轨迹呈现不断变化的趋势, 预示着在今后的一段时间内能源消费重心仍然会有较大的变化, 东西和南北差异将进一步减小。

4 中国 GDP 重心与能源生产消费变化分析

能源产业是国民经济的基础, 对国民经济的发展起着支撑和保障作用。近年来, 中国国民经济持续增长, 带动能源供应和需求增加。由于国民经济区域发展的差异性, 能源的供应和需求在不同区域会出现“供不应求”或“供大于求”的不平衡现象。这种“不平衡”反过来又制约国民经济的发展。下面分析近 30 年来中国 GDP 重心空间动态演变轨迹, 进而与能源生产消费重心进行对比。

4.1 近 30 年来中国 GDP 重心空间动态演变轨迹

计算结果表明 (图 5), 近 30 年来中国 GDP 重心, 一直在 $114.89^{\circ}\text{E}\sim 115.43^{\circ}\text{E}$ 、 $32.74^{\circ}\text{N}\sim 33.87^{\circ}\text{N}$ 之间变动。相对于几何中心, GDP 重心一直偏向于东部和南部。而且东西方向的偏离距离要大于南北方向。这说明中国区域经济发展一直处于不平衡状态, 东部和南部是中国的经济高密度区, 而且东西方向的区域差异要大于南北方向。从近 30 年来中国经济重心的空间动态演变轨迹, 可以发现 GDP 重心表现出了明显地向西南移动的特点。与能源生产重心、能源消费重心的移动趋势略有不同, GDP 重心在经度和纬度上

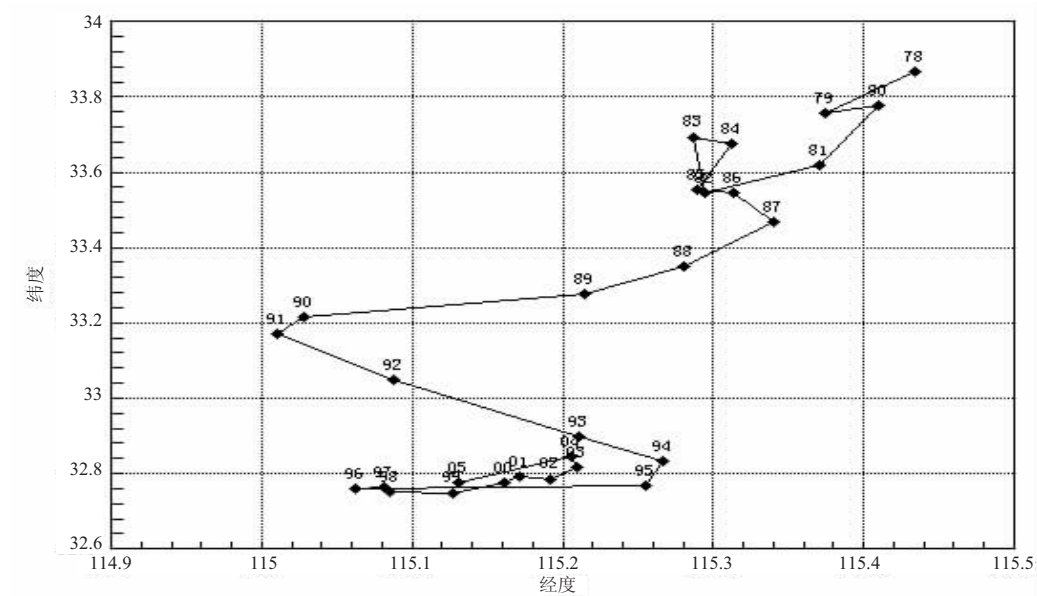


图 5 中国 GDP 重心变化轨迹
Fig. 5 Variation track of GDP gravity center of China

均有一定的波动性，向东北、西北、西南、东南各个方向移动的情况都存在，但最主要的是向西南移动的趋势。

4.2 能源生产、消费与 GDP 重心变化的对比分析

4.2.1 东西方向变化 从东西方向上看，能源生产、消费和 GDP 重心都在向西移动 (图 6)，说明中国能源生产、消费及经济发展的东西差异都在减小。其中能源生产重心的移动幅度最大，东西差异减小速度最快，能源消费重心次之，GDP 重心移动幅度最小。从总体趋势看，能源消费重心走势趋向于 GDP 重心。1987-1991 年期间 3 个指标的重心在东西方向上变化最为接近。在此期间，GDP 重心东西差距有所收敛，其原因在于“大三线”西部特别是西南 (重点是四川) 巨额的基建投资还在发挥作用，而且在 80 年代，四川仍然作为国家投资重点地区，工业依然在 GDP 中占有较大的份额^[21-24]。而与 GDP 重心相对应，此阶段能源消费重心也迅速向西移动了 0.24°，四川、新疆、陕西 (特别是四川) 的能源消费总量增加是造成消费重心西移的主要原因。能源消费与 GDP 增长的耦合说明中国 GDP 增长中能源成本较大，能源消费与经济发展之间是相互促进、相互制约的。能源消费保障了中国经济的持续稳定增长，同时中国宏观经济的快速增长是拉动能源消费增长的主要动力。

4.2.2 南北方向变化 从南北方向看，3 个指标的重心都在向南移

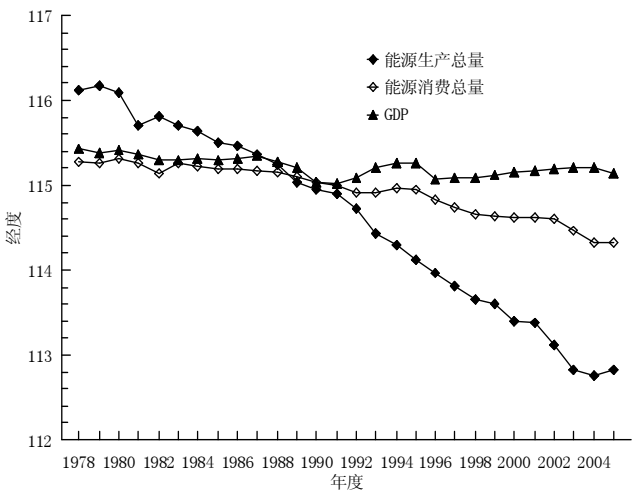


图 6 能源生产、消费总量与 GDP 重心在经度上的变化
Fig. 6 Movement of GDP, the energy production and consumption gravity center in the direction of longitude

动(图 7),说明中国能源生产、消费及经济发展的南北差异都在逐步减小。其中能源生产重心位置最为偏北,能源消费重心次之,GDP 重心位置最为偏南,说明与能源消费相比较,能源生产相对于经济发展南北差异更大,区域不均衡性较为明显。这是因为资源的空间分布相对集中。目前占国家陆域疆土面积 60%的北方地区拥有 87%以上的资源储量。由此可见,能源问题在具有资源环境、社会经济属性的同时,也具有显著的空间特征,突出地表现为能源资源分布与能源生产力及消费市场之间的巨大错位。从能源结构来看煤炭始终是中国能源

矿产保持高自给水平的稳定器,其贡献程度超过 75%。与之相比,石油生产具有明显的空间扩散作用,导致这种扩散的原因是能源产品初加工的空间快速扩散,但这种作用却被煤炭生产空间活动表现出的稳定性所完全抵消^[29]。GDP 重心 1995 年以前在缓慢向南移动,1995 年后至今基本位于 32.8°N 附近。从总体趋势看,能源生产与消费重心走势均趋向于 GDP 重心,说明在南北方向上相对于 GDP 重心,能源生产与消费正趋于均衡发展。

5 结论与讨论

通过对比 1978 年以来近 30 年中国能源生产重心、能源消费重心、GDP 重心的演变轨迹,我们发现:中国能源生产与消费重心的演变轨迹既具有一些重要的共同特点,也存在明显的不同。

两者最主要的共同点是演变趋势较为接近,都呈现出了向西向南移动的特征。① 能源生产重心向西移动了 3.29°,向南移动了 1.18°,整个移动轨迹近似呈直线变化。这一现象揭示了中国能源生产总量在东西和南北方向上的差距有所减小,且东西方向差距减小的速度要比南北方向快。② 能源消费重心也在向西向南方向移动但波动较大,整个移动轨迹大致可以分为 3 个阶段。第一阶段为 1978-1987 年,在这个阶段,中国能源消费重心在逐步向西南方向移动,其中纬度向南移动了 0.56°,经度向西移动了 0.09°,南北方向比东西方向移动距离大。第二阶段为 1988-1993 年,重心迅速向西移动了 0.24°。第三阶段为 1994-2005 年,重心在经过小幅度东移后迅速向西南方向移动,纬度向南移动了 0.69°,经度向西移动了 0.65°,其中 1998-2002 年和 2005 年重心位置相对稳定,年度位置变化很小,说明各省区能源消费总量增长速度基本相同。

两者的不同点主要表现在与能源生产重心相比,中国的能源消费重心明显偏南,且移动的幅度较小。① 能源消费重心明显偏南的情况表明,中国能源地区供需严重不平衡。由于中国能源资源的分布主要集中在华北、西南和西北地区,因此中国能源消费区与分布区呈现空间错位,加重了跨区域资源运输和调配的压力。② 通过与 GDP 重心的对比分析,各地区的经济发展水平与能源消费密切相关,经济水平高的地区能源消费量大,经济水平低的地区能源消费量小,说明中国 GDP 增长中能源成本较大。本文利用重心模型分析中国能源生产消费及 GDP 空间变化特征,为中国合理进行能源开发利用和制定相应

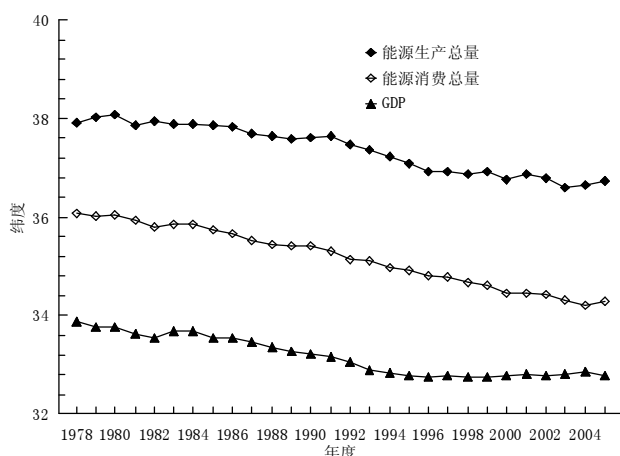


图 7 能源生产、消费总量与 GDP 重心在纬度上的变化
Fig. 7 Movement of GDP, the energy production and consumption gravity center in the direction of latitude

的发展策略及调控对策提供科学的理论依据。

参考文献 (References)

- [1] Zhou Zongying, Tang Yuegang. Discussion on future energy development strategy in China judged by oil & gas resources status. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 210-214. [周总瑛, 唐跃刚. 从油气资源状况论我国未来能源发展战略. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 210-214.]
- [2] Guan Weihua, Gu Chaolin, Lin Zhenshan. Study on the change of energy consumption structure in China. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(3): 401-407. [管卫华, 顾朝林, 林振山. 中国能源消费结构的变动规律研究. *自然资源学报*, 2006, 21(3): 401-407.]
- [3] Li Jun. The spatial pattern of energy demand and supply and its factor analysis. *Resources Science*, 1994, (2): 34-40. [李俊. 中国区域能源供求及其因素分析. *资源科学*, 1994, (2): 34-40.]
- [4] Fan Jie. A research on the coordination of the exploitation of energy resources and the development of regional economy: Taking Northwest China as an example. *Journal of Natural Resources*, 1997, 12(4): 349-356. [樊杰. 能源资源开发与区域经济发展协调研究: 以我国西北地区为例. *自然资源学报*, 1997, 12(4): 349-356.]
- [5] Fan Jie, Sun Wei, Ren Dongming. Discussion on optimizing the energy structure of eastern coastal areas of China basing on renewable portfolio standard. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(4): 402-411. [樊杰. 基于可再生能源配额制的东部沿海地区能源结构优化问题探讨. *自然资源学报*, 2003, 18(4): 402-411.]
- [6] Nagel Janet. Determination of an economic energy supply structure based on biomass using a mixed-integer linear optimization model. *Ecological Engineering*, 2000, 16 (1): 91-102.
- [7] Li Z. An econometric study on China's economy, energy and environment to the year 2030. *Energy Policy*, 2003, 31 (11): 1137-1150.
- [8] Zhao Yuan, Liang Zhong, Yuan Linwang et al. Multi-objective decision in coordinative development among energy social-economy and environment: A case study of Jiangsu Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(2): 164-169. [赵媛, 梁中, 袁林旺等. 能源与社会经济环境协调发展的多目标决策: 以江苏省为例. *地理科学*, 2001, 21(2): 164-169.]
- [9] Toshihiko Nakata. Energy-economic models and the environment. *Energy and Combustion Science*, 2004(30): 417-475.
- [10] Liu Yi. Measures for problems of energy issues and supply in China's coastal region. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(6): 509-517. [刘毅. 沿海地区能源供需保障与解决途径研究. *地理学报*, 1999, 54(6): 509-517.]
- [11] Helm Dieter. Energy policy: Security of supply, sustainability and competition. *Energy Policy*, 2002, 30(31): 173-184.
- [12] Shen Lei, Ray Hudson. Towards sustainable mining cities: What policies should be sought and experiences could be learnt for China. *The Journal of Chinese Geography*, 1999, 9(3): 207-227.
- [13] Cai Guotian, Zhang Lei. Progress in China's energy security research. *Progress in Geography*, 2005, 24(6): 79-87. [蔡国田, 张雷. 中国能源安全研究进展. *地理科学进展*, 2005, 24(6): 79-87.]
- [14] Liu Yansui, Zhang Wenzhong. A study on the strategy of sustainable development of mineral type city in western China: Taking Tongchuan city as an example. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2001, 31(1): 83-88. [刘彦随, 张文忠. 论西部地区矿业型城市可持续发展的战略选择: 以铜川市为例. *西北大学学报(自然科学版)*, 2001, 31(1): 83-88.]
- [15] Peng Zhilong, Wu You, Wu Yang et al. Research on the relationship between energy consumption and GDP growth. *Statistical Research*, 2007, 24(7): 6-10. [彭志龙, 吴优, 武央等. 能源消费与 GDP 增长关系研究. *统计研究*, 2007, 24 (7): 6-10.]
- [16] Liu Haibin, Wang Lijie. Study on integrated development layout and mode of coal resources in China. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(5): 401-407. [刘海滨, 王立杰. 我国煤炭资源综合开发布局与模式研究. *自然资源学报*, 2004, 19(5): 401-407.]
- [17] Zhao Yuan, Hao Lisha. The spatial structure of crude oil flow and the characteristic of its flow field in China. *Geographical Research*, 2006, 25(5): 753-764. [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. *地理研究*, 2006, 25(5): 753-764.]
- [18] Gu Shuzhong, Geng Haiqing, Yao Yulong. The compartmentalization of functional areas for national resource security and the orientation of the west China. *Progress in Geography*, 2002, 21(5): 410-419. [谷树忠, 耿海青, 姚予龙. 国家能源、矿产资源安全的功能区划与西部地区定位. *地理科学进展*, 2002, 21(5): 410-419.]
- [19] Department of Comprehensive Statistics of National Bureau of Statistics. *China Compendium of Statistics 1949-2004*. Beijing: China Statistics Press, 1999. [中国国家统计局编. 新中国 50 年统计资料汇编. 北京: 中国统计出版社, 1999.]
- [20] Department of Comprehensive Statistics of National Bureau of Statistics (ed.). *Chinese Statistics Yearbook (2000-2006)*. Beijing: China Statistics Press, 2006. [中国国家统计局编. 中国统计年鉴(2000-2006 年). 北京: 中国统计出版社, 2006.]
- [21] Qiao Jiajun, Li Xiaojian. The shift route of Chinese economic gravity center in recent 50 years. *Areal Research and Development*, 2005, 24(1): 12-16. [乔家君, 李小建. 近 50 年来中国经济重心移动路径分析. *地域研究与开发*, 2005, 24(1): 12-16.]

- [22] Fan Jie, Taubmann W. An analysis of the economic features and regional difference of china's rural industrialization. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(5): 398-407. [樊杰, W. 陶普曼. 中国农村工业化的经济分析及省际发展水平差异. *地理学报*, 1996, 51(5): 398-407.]
- [23] Zhou Minliang. The economic center, regional disparities and coordinated development. *Social Sciences in China*, 2000, (2): 42-53. [周民良. 经济重心、区域差距与协调发展. *中国社会科学*, 2000, (2): 42-53.]
- [24] Xu Jianhua, Yue Wenzhe. Evolvement and comparative analysis of the population center gravity and the economy gravity center in recent twenty years in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(5): 385-389. [徐建华, 岳文泽. 近 20 年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析. *地理科学*, 2001, 21(5): 385-389.]
- [25] Li Xiubin. Visualizing spatial equality of development. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(3): 254-257. [李秀彬. 地区发展均衡性的可视化测度. *地理科学*, 1999, 19(3): 254-257.]
- [26] Liu Xuhua, Wang Jinfeng, Meng Bin. On China's spatio-temporal dynamics and imbalance of regional economy. *Geographical Research*, 2004, 23(4): 530-540. [刘旭华, 王劲峰, 孟斌. 中国区域经济时空动态不平衡发展分析. *地理研究*, 2004, 23(4): 530-540.]
- [27] Wang Jinfeng, Li Lianfa, Ge Yong et al. A theoretic framework for spatial analysis. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(1): 92-103. [王劲峰, 李连发, 葛咏 等. 地理信息空间分析的理论体系探讨. *地理学报*, 2000, 55(1): 92-103.]
- [28] Wang Jinfeng. Calculating formula of time-dependent temperature regime of frozen soil. *Chinese Science Bulletin*, 1990, 35(2): 128-133.
- [29] Jiang Wei, Zhang Lei. Spatial-temporal effect analysis of china energy consumption. *Metal Mine*, 2005, (1): 55-70. [姜魏, 张雷. 中国能源消费时空效应分析. *金属矿山*, 2005, (1): 65-70.]

Quantitative Analysis on the Temporal and Spatial Differences of the Energy Production and Consumption in China in the Last 30 Years

REN Zhiyuan¹, LI Qiang^{1,2}

(1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Shaanxi Institute of Education, Xi'an 710061, China)

Abstract: Based on the energy and economy data from 1978 to 2005, this paper measures the variation track of energy production and the consumption gravity center in China, and analyses the relations between the energy production and consumption and the economic development. The results are as follows: 1) The variation track of the energy production gravity center is moving to southwest by step, the gravity center moved to west by 3.29° and by 1.18° to south, this shows that the disparities of energy production between south and north is decreasing, the disparities of energy production between west and east is decreasing too, the decreasing rate of the latter is larger than the former one. 2) The variation track of energy consumption gravity center is moving to southwest by step, and the fluctuation of the track is more distinct, during 1998 to 2002, the movement of gravity center is not obvious, this shows that the increasing rate of energy consumption of each province is similar. 3) The variation track of GDP gravity center is moving to both longitude and latitude direction. 4) Although there are some similar characteristics between energy production and consumption gravity center, the difference between them is significant too. Based on comparative analysis of the energy and GDP gravity center, we can find that there are intimate relations between economic development and energy consumption.

Key words: energy production and consumption; temporal and spatial differences; variation track of gravity center; measurement and comparative analysis; China