

# 陕西省能源消费碳排放影响因素分析与政策启示

郝丽<sup>1</sup>, 姜创业<sup>1</sup>, 孙娴<sup>1</sup>, 何慧根<sup>2</sup>

(1. 陕西省气候中心, 西安 710015; 2. 重庆气候中心, 重庆 401147)

**摘要:**根据 IPCC 碳排放计算方法计算了陕西省 1980—2010 年的能源消费碳排放量, 系统分析了陕西能源消费碳排放总量、碳排放结构的变化, 并对陕西碳排放进行阶段划分, 同时运用对数平均迪氏指数法 LMDI, 定量分析了碳排放影响因素的作用程度。结果表明: 1980—2010 年, 陕西省碳排放总量和人均碳排放呈波动上升的“N”型曲线, 煤炭消费是碳排放的主要来源, 在其他因素不变的情况下, 能源消费量直接决定碳排放量和人均碳排放量; 陕西省碳排放经历了 3 个阶段, 分别是经济快速增长碳排放低速增长阶段(1980—1996 年), 经济低速增长碳排放缓慢降低阶段(1996—2000 年), 经济和碳排放快速增长阶段(2000—2010 年); 陕西碳排放的主要驱动因素是经济产出, 对碳排放的整体贡献为 216.17%; 其次为产业结构, 整体贡献为 9.72%; 最后是人口, 整体贡献为 8.81%; 主要抑制因素是能源强度, 整体贡献为 -131.96%; 能源结构的整体贡献为 -2.75%。

**关键词:**碳排放; 影响因素; 对数平均迪氏指数法; 陕西省

**中图分类号:** X24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2013)06-0326-07

## Impact Factors and Policy Implications of Carbon Emissions from Energy Consumption in Shaanxi Province

HAO Li<sup>1</sup>, JIANG Chuang-ye<sup>1</sup>, SUN Xian<sup>1</sup>, HE Hui-gen<sup>2</sup>

(1. Shanxi Province Climate Center, Xi'an 710015, China; 2. Chongqing Climate Center, Chongqing 401147, China)

**Abstract:** Based on the application of calculating method in carbon emission methods proposed by the IPCC, the overall and structures of carbon emission from energy consumption in Shaanxi Province during 1980—2010 have been systematically studied, and the stages of carbon emissions have been divided. Through the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI), the action level of impact factors of carbon emission has also been analyzed. The results show that: (1) the total and per capita carbon emission were increasing as N-shape curve during the 1980—2010, without considerations of other impact factors, the coal consumption was the major source of carbon emission, it could determine the total carbon emission and per capita carbon emission. During the 1980—2010, the carbon emission in Shaanxi Province experienced three stages: stage of low emission with rapid economic growth (1980—1996), stage of slowly decreasing emission with low economic growth (1996—2000), stage of rapid growth emission with increasing economic growth (2000—2010); (2) the major driver of carbon emissions was the economy output effect, whose contribution ratio reached up to 216.17%, followed by 9.72% of the industry structure, and 8.81% of the population scale effect; 3) the major constraint was the energy intensity effect, whose contribution ratio reached to -131.96%, and the energy structure effect showed a restraining effect, whose contribution ratio reached to -2.75%.

**Key words:** carbon emission; impact factors; LMDI; Shaanxi Province

随着世界经济的快速发展, 能源消耗的不断增加, 由此导致的 CO<sub>2</sub> 排放过多而引起的温室效应已经成为全世界关注的焦点问题<sup>[1]</sup>。IPCC 第四次评估报告研究指出, 2006 年全球能源消费所导致的 CO<sub>2</sub>

排放量占碳排放总量的 86%<sup>[2]</sup>, CO<sub>2</sub> 排放的主要来源是矿物能源的燃烧<sup>[3]</sup>。根据 IEA2009 年的统计数据, 2007 年中国消费化石燃料排放的 CO<sub>2</sub> 已经超过美国, 成为全球第一大碳排放国<sup>[4]</sup>。虽然目前我国尚

未承担减排任务,但发展低碳经济,减少碳排放已成为国际共识,我国也面临着巨大的挑战和压力。

我国政府高度重视碳排放问题。2009 年我国政府向国际社会郑重承诺:到 2020 年单位 GDP 碳排放强度将比 2005 年下降 40%至 45%,并采取切实措施减缓碳排放。2011 年 3 月出台的《国民经济与社会发展第十二个五年规划纲要》明确提出实现单位国内生产总值二氧化碳排放强度降低 17%的目标,同时国内生产总值保持年均 7%的增长速度。2010 年 8 月,国家发改委下发了《关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知》,启动了包括陕西在内的“五省八市”试点工作。这些都表明我国政府重视碳排放、减排温室气体、发展低碳经济的决心。因此,有必要对我国碳排放及其影响因素进行研究,从而有助于制定国家和地区控制温室气体排放的政策和行动,对于我国顺利完成 2020 年碳减排目标,促进经济又好又快发展具有重要意义。

陕西省作为我国西部大开发的“桥头堡”和西部生态环境建设的重点区域,是我国重要的能源生产和消费大省,近年来依托丰富的自然资源形成了以重化工业为主导的经济格局,以煤为主的能源消费结构和以火电为主的电源结构必然带来较高的二氧化碳排放强度<sup>[5]</sup>。目前陕西省正处于工业化和城市化快速推进阶段,一大批基础设施和重大产业项目特别是能源化工项目的陆续建成,必将进一步加剧能源需求及其高碳特征<sup>[6-7]</sup>。陕西省“十二五”规划中明确提出单位生产总值二氧化碳排放下降 15%的目标,作为低碳试点省份,要完成减排目标,就必须摸清陕西省碳排放现状,预测未来减缓潜力。当前有关陕西碳排放的研究较少,主要包括对经济的低碳环保发展战略研究<sup>[8]</sup>、碳排放及低碳化发展研究<sup>[7]</sup>、土地利用变化的碳排放效益研究<sup>[9-10]</sup>、能源碳排放及预测研究<sup>[11]</sup>等,缺乏对陕西碳排放长时间序列的分析研究,对其影响因素的深入研究也较少,当前研究成果远不能满足区域发展的需要。鉴于此,本文运用陕西 1980—2010 年的能源消费数据,系统分析陕西省 1980—2010 年碳排放总量、碳排放结构及其与经济发展的关系,并对碳排放进行阶段划分,定量分析碳排放影响因素,最后针对区域特点给出降低碳排放的政策建议。

# 1 数据来源与研究方法

## 1.1 数据来源

1980—2010 年煤、石油、天然气、水电等能源消费量,GDP,各产业产值,人均收入,人口总数量等数据来源于《陕西统计年鉴》<sup>[12]</sup>;1984—2010 年三次产

业及各部门能源消费数据来源于 1985—2011 年《陕西统计年鉴》<sup>[12]</sup>中的能源平衡表。

## 1.2 碳排放量计算

本文依据 2006 年制定的《IPCC 国家温室气体排放清单指南》<sup>[13]</sup>提供的碳排放计算公式,依靠能源消费量计算陕西省能源消费碳排放量,计算公式为:能源消费碳排放=∑(能源消费量×能源排放系数)  
(1)

对于各类能源的碳排放系数,不同使用者采用的数值不同,本文以各研究部门碳排放系数的平均值作为各种能源碳排放系数(表 1)。

| 表 1 各种能源的碳排放系数 |      |      |    |               | tC/tce |
|----------------|------|------|----|---------------|--------|
| 煤炭             | 石油   | 天然气  | 水电 | 数据来源          |        |
| 0.70           | 0.48 | 0.39 | 0  | DOE/EIA       |        |
| 0.76           | 0.59 | 0.45 | 0  | 日本能源经济研究所     |        |
| 0.75           | 0.58 | 0.44 | 0  | 国家发改委能源所      |        |
| 0.65           | 0.54 | 0.40 | 0  | 国家计委能源所       |        |
| 0.73           | 0.58 | 0.41 | 0  | 国家科委气候变化项目    |        |
| 0.75           | 0.58 | 0.44 | 0  | 国家环保局温室气体控制项目 |        |
| 0.68           | 0.54 | 0.41 | 0  | 中国工程院         |        |
| 0.72           | 0.56 | 0.42 | 0  | 平均值           |        |

## 1.3 碳排放影响因素分解

因素分解法是碳排放影响因素分析中比较常用的一种方法,它能够清晰、明确地给出研究样本区间内影响碳排放的决定因素。本文利用 LMDI 方法将陕西省能源消费碳排放分解为人口、经济产出、产业结构、能源强度、能源结构 5 个因素,采用如下公式对碳排放量进行分解:

$$C=\sum_i P\times \frac{G}{P}\times \frac{G_i}{G}\times \frac{E_i}{G_i}\times \frac{C_i}{E_i}=\sum_i P\times PG\times s_i\times e_i\times r_i$$

(2)

式中:C——碳排放量;P,G——人口和国内生产总值;G<sub>i</sub>、E<sub>i</sub>、C<sub>i</sub>——第 i 产业的产值、能源消费量和能源消费的碳排放量;PG——人均 GDP;s<sub>i</sub>——第 i 产业增加值占国内生产总值的比重;e<sub>i</sub>——第 i 产业能源强度;r<sub>i</sub>——第 i 产业的碳排放系数。

定义能源消费碳排放增量为综合效应 ΔC。ΔC 由五部分构成,即人口效应 ΔC<sub>P</sub>、经济产出效应 ΔC<sub>PG</sub>、产业结构效应 ΔC<sub>s</sub>、能源强度效应 ΔC<sub>e</sub> 和能源消费结构调整引起的结构效应 ΔC<sub>r</sub>。应用 LMDI 加法分解法对碳排放的影响因素进行分解,其公式如下:

$$\Delta C=\Delta C_P+\Delta C_{PG}+\Delta C_s+\Delta C_e+\Delta C_r(\Delta C=C'-C^0)$$

(3)

$$\Delta C_P=\sum_{i=1}^3 \frac{C_i^t-C_i^0}{\ln C_i^t-\ln C_i^0}\ln(P^t/P^0)$$

(4)

$$\Delta C_{PG}=\sum_{i=1}^3 \frac{C_i^t-C_i^0}{\ln C_i^t-\ln C_i^0}\ln(PG^t/PG^0)$$

(5)

$$\Delta C_s = \sum_{i=1}^3 \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln(s_i^t / s_i^0) \quad (6)$$

$$\Delta C_e = \sum_{i=1}^3 \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln(e_i^t / e_i^0) \quad (7)$$

$$\Delta C_r = \sum_{i=1}^3 \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \ln(r_i^t / r_i^0) \quad (8)$$

式中： $C^t$ —— $t$  时期碳排放总量； $C^0$ ——基期碳排放总量； $C_i^t$ —— $t$  时期第  $i$  产业碳排放量； $C_i^0$ ——基期第  $i$  产业碳排放量，对于公式 (3—7) 中的  $(C_i^t - C_i^0) / (\ln C_i^t - \ln C_i^0)$  做如下定义：

$$L(C_i^t, C_i^0) = \begin{cases} (C_i^t - C_i^0) / \ln(C_i^t - C_i^0), & C_i^t \neq C_i^0 \\ C_i^t, & C_i^t = C_i^0 \end{cases} \quad (9)$$

为了更加清晰地反映各因素效应的贡献，定义各因素效应贡献度如下：

$$\eta_P = \frac{\Delta C_P}{\Delta C}, \eta_{PG} = \frac{\Delta C_{PG}}{\Delta C}, \eta_s = \frac{\Delta C_s}{\Delta C}, \eta_e = \frac{\Delta C_e}{\Delta C}, \eta_r = \frac{\Delta C_r}{\Delta C} \quad (10)$$

式中： $\eta_P, \eta_{PG}, \eta_s, \eta_e, \eta_r$ ——人口效应贡献度、经济产出效应贡献度、产业结构效应贡献度、能源强度效应贡献度和能源消费结构效应贡献度。

2 碳排放整体分析

2.1 总量分析

1980—2010 年陕西省碳排放总量呈波动上升的“N”型曲线，从 811.07 万 t 增长到 5 683.67 万 t，30 a 间增长了 7 倍，年均增长 6.71%。陕西省碳排放总量可划分为 3 个阶段：1980—1996 年，经济快速增长，碳排放增长较平缓，年均增幅 7.03%；1996—2000 年，经济低速增长，碳排放缓慢下降，年均降幅

8.16%；之后经济和碳排放均快速增长，碳排放年均增幅达 12.76% (图 1, 表 2)。究其原因，主要是 1996 年陕西省积极响应国家号召，采取措施淘汰、关闭了一批技术落后、污染严重、效率低下的小企业即“十五小”，加之 1997 年亚洲金融危机及其滞后效应，从而使 1996—2000 年碳排放呈下降趋势，年均降幅达 8.16%。而 1996 年以前，陕西经济发展速度相对较慢，1980—1996 年经济平均增速为 17.28%，且第一产业所占比重较大，能源消费量较少，2000 年以来，陕西在西部大开发一系列优惠政策的推动下，经济得以快速发展，同时能源消费和碳排放也快速增长，GDP、能源消费、碳排放平均增速分别为 18.83%、12.90% 和 12.76%，目前陕西正处于工业化和城市化快速推进的阶段，在未来很长一段时期内工业仍将是全省经济增长的主导产业，特别是国家实施西部大开发以来，逐渐形成了以新型能源化工、先进装备制造、有色冶金、食品、医药和航空航天器制造为主体的新工业结构，带动了能源消费的不断攀升，致使能源消费碳排放量不断增大<sup>[7]</sup>。

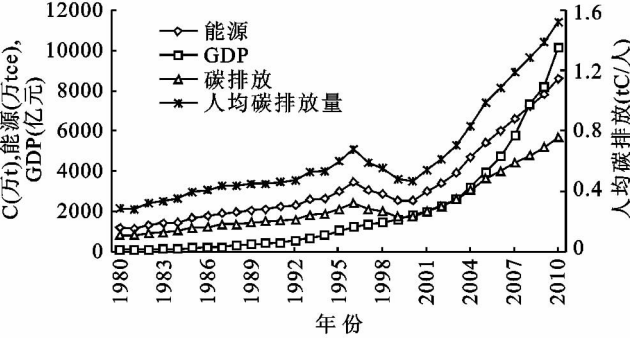


图 1 1980—2010 年陕西省经济增长、能源消费、碳排放关系

表 2 碳排放阶段划分及各阶段指标值

| 指标               | 第一阶段<br>(1980—1996 年) | 第二阶段<br>(1996—2000 年) | 第三阶段<br>(2000—2010 年) | 总序列<br>(1984—2010 年) |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 历史背景             | 改革开放                  | 十五小, 亚洲金融危机           | 西部大开发                 |                      |
| GDP 年均增速/%       | 17.28                 | 10.37                 | 18.83                 | 16.84                |
| 能源消费年均增速/%       | 7.03                  | −7.17                 | 12.90                 | 6.90                 |
| 碳排放量年均增速/%       | 7.03                  | −8.16                 | 12.76                 | 6.71                 |
| 万元 GDP 能耗年均增速/%  | −8.74                 | −15.89                | −4.99                 | −8.51                |
| 万元 GDP 碳排放年均增速/% | −8.74                 | −16.79                | −5.10                 | −8.68                |
| 人均碳排放年均增速/%      | 5.54                  | −8.80                 | 12.49                 | 5.72                 |

2.2 碳排放结构分析

30 a 来煤炭消费造成的碳排放量比重整体上呈现减小趋势，但其比重一直保持在 75% 以上，占据绝对优势，尤其在 1996 年之前，其值均在 90% 以上，实施“十五小”后，煤炭类碳排放所占比重缓慢降至 79.03%；石油和天然气碳排放所占比例较小，石油类碳排放比重呈现增加的发展态势，2010 年所占比重

为 15.31%；陕西省天然气碳排放所占比例很小，1990 年之前其碳排放量为空白，直到 1995 年所占比重才达到 0.1%，进入 21 世纪以后，天然气作为陕西省的优势能源广泛地得到开发和使用，2008 年其碳排放比重迅速增长到 6.1% (图 2)。这主要是由于陕西省能源消费结构以煤炭为主，煤炭消费比重较大，其他类型能源占比偏低，今后，陕西省还需大力调整

能源结构,降低煤炭所占比重,增加石油、天然气、水电、风电等能源比重,以扭转目前碳排放量较高的局面。

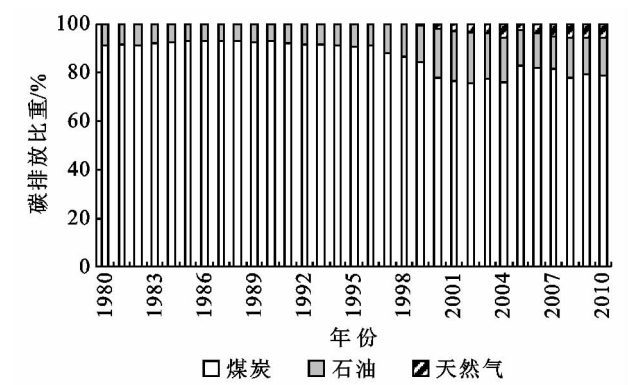


图 2 1980—2010 年陕西省碳排放构成

2.3 能源消费、碳排放量与经济增长关系分析

经济发展与能源消费、碳排放水平的关系见图 1,1980—2010 年期间随着经济的发展,能源消费与碳排放水平相应地增加,但碳排放、人均碳排放与能源消费的变化趋势非常接近,可以认为,在其他因素不变的情况下,能源消费量直接决定碳排放量和人均碳排放量。从表 2 也可以发现,3 个阶段的能源消费年均增幅直接决定了碳排放年均增幅变化,这进一步说明能源消费对碳排放具有决定作用。3 个阶段陕西省 GDP 始终保持增长趋势,而碳排放经历了平缓增长、缓慢下降和迅速增长 3 个阶段(图 1),表明陕西省经济发展和碳排放呈现“N”型曲线关系。同时,3 个阶段 GDP 增速明显大于碳排放增速,这说明陕西经济增长的同时,能源碳排放也在增加,但碳排放增加的幅度要小于经济增长的幅度,即陕西省经济增长与能源碳排放整体处于弱脱钩状态,一方面由于陕西省经济增长仍以资源大量投入的粗放式增长为主,另一方面归咎于近年来经济的快速发展对能源需求的急剧增加,陕西作为能源输出大省,形成了以能源开发为主的一系列工业结构,在推动经济发展的同时,不可避免地增加了对环境的压力。

1980—2010 年,单位 GDP 能耗和单位 GDP 碳

排放量均呈持续下降趋势,陕西省能源强度和碳排放强度分别由 1980 年的 12.24 tce/万元和 8.55 t/万元降至 2010 年的 0.85 tce/万元和 0.56 t/万元,即 30 a 年间万元 GDP 能耗和万元 GDP 碳排放强度分别降低了 93.06%和 93.45%,平均降幅分别达 8.51%和 8.68%。这表明陕西省能源利用效率在提高,但能耗和碳排放强度下降率远远小于 GDP 增长率,陕西省能源利用效率提升力度还不够,有待进一步提高。

3 碳排放影响因素分解

由于缺乏 1980—1983 年三次产业及各部门能源消费数据,本文运用 LMDI 模型对陕西省 1984—2010 年能源消费碳排放进行因素分解,得到各阶段人口、经济产出、产业结构、能源强度、能源消费结构的累积效应及贡献度分别(表 3、图 3)。1984—2010 年陕西一次能源使用产生的碳排放量增加了 4 650 万 t,经济发展是碳排放增长的主要推动力,表现为很强的正效应,其中 10 051.79 万 t 碳可以由经济发展解释,贡献了 216.17%;因人口变化引起的碳排放增加了 409.79 万 t,贡献度为 8.81%;而因产业结构变化增加的碳排放为 452.09 万 t,贡献了 9.72%;能源强度的降低是碳排放减少的主要因素,近 30 a 年来因能源强度下降碳排放减少了 6 135.98 万 t,贡献度为-131.96%;能源结构表现为负效应,但贡献度很小,仅减少碳排放 127.69 万 t,占-2.75%,说明能源消费结构的微优化没有改变以煤为主的格局,对碳排放量减少的影响很小。不同时期 5 种效应对碳排放的变化量和贡献度不同,1984—1995 年碳排放增加了 1 369.81 万 t,1996—2000 年的“九五”时期,碳排放减少了 693.69 万 t,2001—2010 年碳排放量迅速增加了 3 973.88 万 t;“九五”时期,陕西省强力推进节能减排,关闭了一批高耗能、高污染企业,导致能源强度大幅下降,引起碳排放量的降低超过了由于经济发展引起的碳排放量的增加,同时能源消费结构中煤炭比重的大幅下降导致能源结构效应由前一时期的微弱正效应变化到较明显的负效应,贡献度达-11.77%。

表 3 1984—2010 年陕西碳排放变化 LMDI 分解结果

| LMDI 分解 | 1984—2010 年 |         | 1984—1995 年 |         | 1996—2000 年 |         | 2001—2010 年 |        |
|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|
|         | 变化量/        | 贡献度/    | 变化量/        | 贡献度/    | 变化量/        | 贡献度/    | 变化量/        | 贡献度/   |
|         | 万 t 碳       | %       | 万 t 碳       | %       | 万 t 碳       | %       | 万 t 碳       | %      |
| 人口效应    | 409.79      | 8.81    | 267.56      | 19.53   | 55.55       | 8.01    | 86.68       | 2.18   |
| 经济产出效应  | 10051.79    | 216.17  | 3031.38     | 221.30  | 717.73      | 103.47  | 6302.67     | 158.60 |
| 产业结构效应  | 452.09      | 9.72    | 18.53       | 1.35    | 45.33       | 6.53    | 388.23      | 9.77   |
| 能源强度效应  | -6135.98    | -131.96 | -1940.86    | -141.69 | -1430.68    | -206.24 | -2764.44    | -69.57 |
| 能源结构效应  | -127.69     | -2.75   | -6.81       | 0.50    | -81.62      | -11.77  | -39.26      | -0.99  |
| 实际变化    | 4650.00     | —       | 1369.81     | —       | -693.69     | —       | 3973.88     | —      |
| 分解值     | 4650.00     | —       | 1369.81     | —       | -693.69     | —       | 3973.88     | —      |

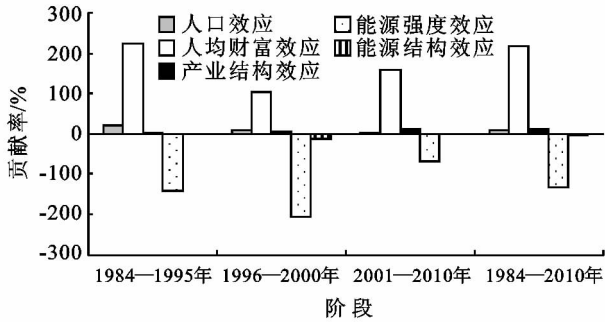


图 3 1984—2010 年碳排放各因素分解贡献率

(1) 人口效应。人口增长对碳排放量的增加始终是正效应,但数值很小,人口效应贡献度也很小,表明人口增加对碳排放具有微弱的拉动作用。第一阶段人口增长对碳排放的影响最强烈,之后由于计划生育政策的贯彻落实,使人口增长率逐步下降,人口增长对碳排放增长的推动力呈减弱趋势。

(2) 经济产出效应。经济产出效应一直为正值,且贡献度也是最大,表明经济增长是碳排放量增加的最主要拉动因素,陕西省碳排放量的增长是经济发展所带来的结果。3 个阶段经济发展对碳排放的影响始终是正效应,其贡献度呈现波动变化,“九五”时期经济发展对碳排放拉动作用最小。

(3) 产业结构效应。陕西省产业结构效应有正有负(图 4),3 个阶段累积效应表现为正效应,且其贡献度呈增加趋势,但与经济产出效应相比,产业结构的影响比较轻微(表 3)。1984 年以来,陕西省工业碳排放量一直处于主导地位,其比重在 65%上下浮动,这主要是因为陕西省工业产值比重一直很高,并且在 40%上下浮动(图 4)。图 5 中产业结构效应与工业产值占比年度变化率变化趋势一致,表明陕西工业产值的变化直接影响其碳排放的变化,第二产业仍然是能源消费和 CO<sub>2</sub> 排放的主导产业。要降低陕西省碳排放量,应优化产业结构,降低工业产值比重,大力发展低碳服务业等第三产业,尽快实现服务业在经济总量中的份额提升,促进经济向低碳方向转型。

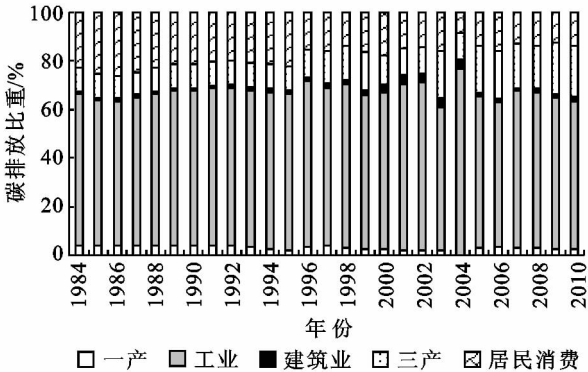


图 4 1984—2010 年陕西三次产业及生活消费碳排放比例变化

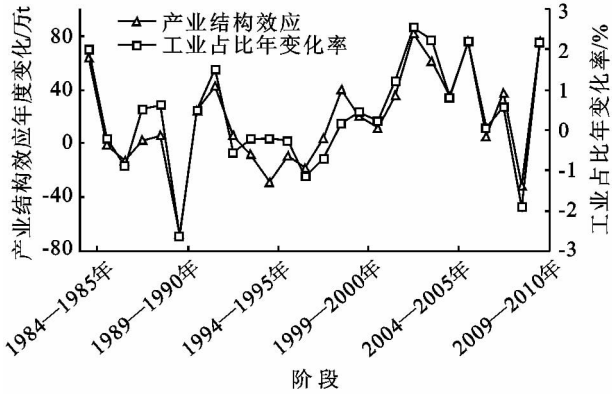


图 5 1984—2010 年陕西碳排放产业结构效应和工业产值占比变化率

(4) 能源强度效应。从表 3 和图 3 可知,能源强度效应表现为很强的负效应,是促使碳排放降低的关键影响因子,2000 年之前,其表现的负效应很强,特别是在 1996—2000 年期间,由能源强度引起的负效应超过了经济产出引起的正效应,导致这一阶段碳排放量减少;但 2001—2010 年能源强度所表现的负效应开始减弱,贡献度仅为 -69.57%。1980—2010 年,陕西省各部门能源强度变化最明显的是工业,除交通运输、仓储和邮政业能源强度出现有增有减的情形外,其余 5 种产业的能源强度都呈下降趋势(图 6)。陕西省 1984—2010 年能源强度效应与工业能源强度年度变化率如图 7 所示,工业能源强度与陕西能源强度效应变化一致,可见,陕西省能源强度效应受工业能源强度影响更大,工业能源强度降低将抑制碳排放的增加。从贡献度来说,能源强度效应仅次于经济产出效应,其绝对值在 5 种因素中相对较高,对碳排放量的变动有较强的影响。为控制我省碳排放,应提高工业的能源利用效率,降低工业能源强度,抑制碳排放的增长趋势。

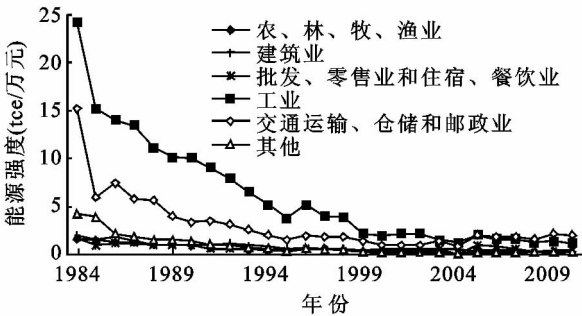


图 6 1984—2010 年陕西各部门万元 GDP 能耗

(5) 能源结构效应。能源结构整体表现为微弱的负效应(贡献度为 -2.75%),但不同阶段作用不同,1984—1995 年,表现为微弱的正效应(贡献度为 0.5%),1996—2000 年,表现为较强的负效应(贡献度为 -11.77%),2001—2010 年,能源结构表现的负

效应开始减弱,贡献度为 $-0.99\%$ 。我省能源结构效应与煤炭消耗年度变化趋势基本一致(图8),不难看出,能源结构效应受煤炭消耗比重的影响最大,在其他因素不变的情况下,煤炭消耗比重直接决定能源结构效应。这是由于煤炭碳排放系数最大,石油次之,天然气最小,虽然自1996年以来,陕西省煤炭消耗比重下降,石油和天然气比重上升,但能源结构效应仍然表现为负效应。

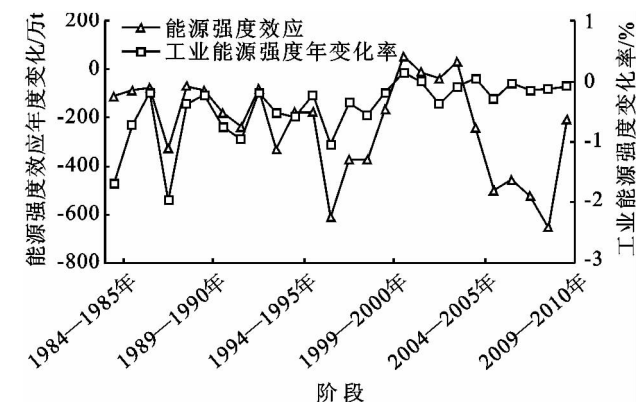


图7 1984—2010年陕西碳排放能源强度效应和工业能源强度变化率

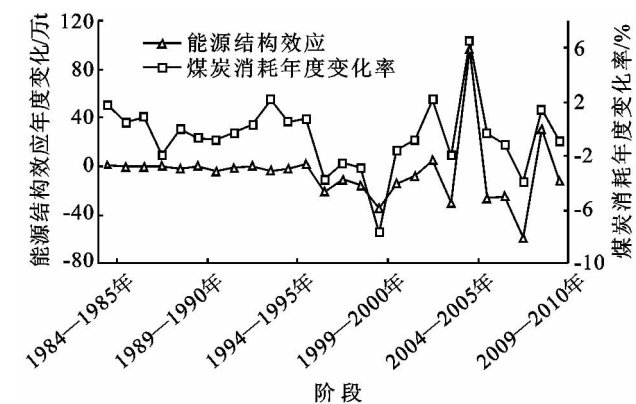


图8 1984—2010年陕西碳排放能源结构效应和煤炭消耗年度变化率

## 4 结论与政策启示

### 4.1 结论

本文应用陕西1980—2010年的能源消费数据,根据《IPCC国家温室气体排放清单指南》计算了陕西1980—2010年能源消费碳排放量。在此基础上系统分析了陕西碳排放总量、碳排放结构及其与经济发展的关系,运用LMDI因素分解方法,定量分析了碳排放影响因素的作用程度,得到以下结论:

(1) 1980年以来,陕西省碳排放总量和人均碳排放呈波动上升的“N”型曲线,煤炭消费是陕西省碳排放的主要来源,在其他因素不变的情况下,能源消费量直接决定碳排放量和人均碳排放量,陕西省GDP

始终保持增长趋势,而碳排放经历了平缓增长、缓慢下降和迅速增长3个阶段,表明陕西省经济发展和碳排放呈“N”型曲线关系。

(2) 陕西省碳排放经历了3个阶段,分别是经济快速增长碳排放低速增长阶段(1980—1996年)、经济低速增长碳排放降低阶段(1996—2000年)、经济和碳排放快速增长阶段(2000—2010年)。

(2) 1980—2010年,陕西省能源强度表现为较强的负效应,能源消费结构为微弱负效应,人口、经济产出和产业结构表现为正效应。陕西碳排放的主要驱动因素是经济产出,对碳排放的整体贡献高达216.17%;其次为产业结构,整体贡献为9.72%;最后是人口,整体贡献为8.81%;主要抑制因素是能源强度,整体贡献为 $-131.96\%$ ;能源结构的整体贡献为 $-2.75\%$ 。

### 4.2 政策启示

(1) 调整能源消费结构,大力发展煤炭和石油的清洁利用技术。受能源赋存条件以及资金和技术的限制,陕西省以煤炭为主的局面在短期内不会有太大改变。这种低质型的能源消费结构客观上造成了陕西能源总体利用效率偏低、环境污染较为严重的现状。一方面可以通过对风能、太阳能、地热能、生物质能等众多低碳或无碳能源的综合开发利用,提高非化石能源比重,从而改善能源结构。陕南地区以建设国家新能源基地为目标,大力发展水电,进一步扩大陕南水电基地规模,增强发展实力。陕北地区风能、光伏能等绿色资源丰富,应加快发展陕北地区风力发电产业、太阳能光伏和半导体照明产业,建设全国重要的风电基地。关中地区积极发展农林生物质发电、生物液体燃料和生物质固体成型燃料等替代能源,科学开发生物质能,加快发展生物柴油,拓展沼气使用范围。另一方面,陕西省以煤炭为主的能源结构,在未来相当一段时间内,是不会改变的。因此,面对现有新能源生产技术和成本的限制,及能源结构调整速度的限制,提高煤炭利用率,推进洁净煤技术,是降低碳排放量的有效途径之一。

(2) 降低能源强度,提高能源利用效率。能源强度表现为很强的负效应,是促使碳排放降低的关键影响因子,陕西省能源强度在全国范围内仍处于较高水平,其能源效率仍有很大的提升空间和潜力,因此可以通过降低能源强度降低碳排放量。提高能源利用效率主要来自技术进步,所以应引进先进技术,开展技术创新,加大科研投入,加大对先进生产设备和科技人才的引进。

(3) 调整产业结构,促进低碳产业发展。一方面

政府采取政策引导,资金扶持,技术支持等方式促进太阳能与建筑一体化、晶体硅和薄膜电池成套工业技术等新兴低碳产业和技术的发展;同时,应加强传统产业的低碳化改造,继续实行高耗能、高污染行业“上大压小”工程,从严控制焦化、铁合金、电石、水泥、有色冶炼等行业新增产能,在重化工业领域进行资源整合,限制高碳产业发展,加快产品升级换代步伐;另一方面,大力发展研发、文化创意、旅游、会展、金融、保险、物流、销售和互联网等低碳服务业领域,尽快实现服务业在经济总量中的份额提升,促进经济向低碳方向转型;再者,适应低碳发展的新要求,在能源装备领域,做大做强支柱装备产业,为低碳发展提供装备支撑。

(4) 发展循环经济,推行清洁生产。按照循环经济理念,重点在陕北能源重工业化工基地、渭北工业集中区、关中国家级高新技术示范区和陕南商丹地区,围绕煤炭、钢铁、石油3个重点行业开展循环经济示范园区建设,实行新开工建设部门联动机制和审批问责制,严控高耗能、高污染项目建设,尽可能减少园区企业污染排放,争取做到“零排放”。加强清洁生产的示范推广和强制性审核工作。鼓励企业开展二氧化碳捕获与封存技术研发,加快推进与美国、荷兰等国家进行的二氧化碳捕集、地质封存和综合利用科技合作项目。有效利用中国清洁发展机制基金,加强 CDM 项目开发。

#### 参考文献:

- [1] 庄贵阳. 低碳经济: 中国别无选择[J]. 世界知识, 2007(9): 12.
- [2] World Resources Institute (WRI) Navigating the numbers: green house gas data and international climate policy[EB/OL]. <http://www.wri.org/publication/navigating-the-numbers/>, 2010-11-05.
- [3] IPCC. Climate change 2007: The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 103-146.
- [4] 王锋, 吴丽华, 杨超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究, 2010, 45(2): 123-136.
- [5] 陕西省发展和改革委员会. 陕西建设国家低碳试点省实施方案[R]. 陕西: 陕西省发展和改革委员会, 2011.
- [6] Xue Dongqian, Ma Beibei, Zhang Xiaojun. The harmonious relationship between land use and environment in Xi'an[J]. Geographical Sciences, 2006, 16(2): 184-189.
- [7] 马蓓蓓, 鲁春霞, 张雷, 等. 新形势下西北地区碳排放及低碳化发展研究: 以陕西省为例[J]. 资源科学, 2010, 32(2): 223-229.
- [8] 李淑惠. 陕西经济低碳环保发展战略研究[J]. 西安邮电学院学报, 2011, 16(4): 82-86.
- [9] 苏雅莉, 张艳芳. 陕西省土地利用变化的碳排放效益研究[J]. 水土保持学报, 2011, 26(1): 152-156.
- [10] 邵锋祥, 屈小娥, 席瑶. 陕西省碳排放环境库兹涅茨曲线及影响因素[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(8): 37-43.
- [11] 杜笑典, 戴尔阜, 付华. 陕西省能源消费碳排放分析及预测[J]. 首都师范大学学报, 2011, 32(5): 46-51.
- [12] 陕西省统计局, 国家统计局陕西调查总队. 陕西统计年鉴: 1981—2011[Z]. 中国统计出版社, 1981—2011.
- [13] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.
- [14] 赵欣胜, 崔保山, 杨志峰. 红树林湿地生态效益能值分析: 以南沙地区十九涌红树林湿地为案例[J]. 生态学杂志, 2005, 24(7): 841-844.
- [15] 王亮. 基于生态足迹的盐城市生态安全评价[J]. 国土与自然资源研究, 2011(1): 59-61.
- [16] 陈阜. 农业生态学教程[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [17] 农业技术经济手册编委会. 农业技术经济手册[M]. 北京: 农业出版社, 1983.
- [18] 张芳, 周忠学. 基于能值分析的延安市农业生态系统动态评估[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(4): 251-258.
- [19] 宋豫秦, 王群超. 基于能值生态足迹的浙江省可持续发展分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 22(11): 285-290.
- [20] 高红梅, 曹志宏, 郝晋珉. 天津市农业生态经济系统能值分析[J]. 生态经济, 2010(10): 65-69.
- [21] 刘继展, 李萍萍. 江苏农业生态系统能值分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(1): 29-36.
- [22] 苏国麟, 李谋召, 蓝盛芳, 等. 广东三水县种植业系统的能值分析及其可持续发展[J]. 农业现代化研究, 1999, 20(6): 359-362.

(上接第 315 页)