

陕西省能源消费碳排放及脱钩分析

郝丽, 孙娴, 张文静, 陈建文

(陕西省气候中心, 西安 710015)

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,系统分析了陕西省能源消费碳排放总量、碳排放结构以及不同产业和工业不同部门碳排放的变化,并应用脱钩理论探讨陕西省经济增长与能源碳排放的脱钩关系及程度。结果表明:1980—2011 年,陕西省碳排放总量及煤炭消费引起的碳排放量呈现波动上升的“N”型曲线特征,石油和天然气消费引起的碳排放呈逐年递增趋势,碳排放主要来自于煤炭消费;工业部门是碳排放的主要部门,工业部门中重工业和电力、燃气及水的生产和供应业排放量最大,比重分别为 48% 和 37%,采掘业次之,所占比重为 11%,轻工业所占比重最小,约为 4%,通过工业内不同行业的比较发现,电力、热力的生产和供应业、化学原料及化学制品制造业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、石油开采和天然气开采业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、煤炭开采和洗选业和有色金属冶炼及压延加工业是陕西省碳排放主要来源,2005 年和 2010 年 8 大行业碳排放量占工业碳排放总量的 92.56% 和 95.11%;1980—2011 年间除 1981 年和 1997—2000 年为强脱钩,1982 年和 2001—2003 年为扩张性负脱钩外,其余时期经济与能源碳排放均呈现弱脱钩状态,能源效率的提高是目前实现弱脱钩的主要原因,但其未能抵消经济发展对能源需求的增长幅度,未来一定时期内弱脱钩发展趋势仍将持续。

关键词:能源碳排放;脱钩分析;陕西省

中图分类号:F426.2;X322

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0298-08

Carbon Emissions and Decoupling Analysis on Energy Consumption in Shaanxi Province

HAO Li, SUN Xian, ZHANG Wen-jin, CHEN Jian-wen

(Shaanxi Province Climate Center, Xi'an 710015, China)

Abstract: In this paper, carbon emissions in Shaanxi Province during the period of 1980—2011 were calculated according to the approach of IPCC for carbon emission. Changes in total carbon emission, carbon emission structure as well as the carbon emission in different industries and different industrial sectors were systematically analyzed. The decoupling model was applied to discuss the decoupling relationship between economic growth and energy carbon emission in Shaanxi Province. The results show that the total carbon emission and carbon emissions caused by coal use were increasing as N-shape curve during the 1980—2011, carbon emission caused by oil and natural gas use were increasing in Shaanxi Province from 1980 to 2011. Carbon emissions came mainly from coal consumption; industrial sector is the main carbon emissions sector. Among all the industrial sectors, the heavy industry and electricity, gas and water production industry were the larger contributors of carbon emissions, which make up 48% and 37% of the industry carbon emissions, mining industry was the next closest sector at 11%, the lowest sector was light industry of 4%. By comparing carbon emissions from different industrial sectors, carbon emissions come mostly from electricity and heat production industry, chemical raw material and chemical products manufacturing industry, petroleum processing, coking plant and nuclear fuel industry, petroleum and natural gas exploitation industry, nonmetal mineral product industry, black metal smelting and rolling processing industry, coal mining and washing industry and nonferrous metal smelting and rolling processing industry. In 2005 and 2010, these 8 industrial sectors gen-

收稿日期:2013-07-11

修回日期:2013-08-11

资助项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)“编制省级 2005 年温室气体清单(试点省份)及其他省份能力建设”(2010CB955605);中国清洁发展机制基金赠款项目“陕西省应对气候变化基础能力建设——陕西省温室气体清单编制技术体系研究”(2012055)

作者简介:郝丽(1982—),女,内蒙古人,工程师,硕士,主要从事气候变化、大气环境与碳排放研究。E-mail:haoli82@163.com

erated 92.56% and 95.11% of industrial carbon emissions; Shaanxi Province pertains to weak decoupling at a national level during the period of 1980—2011, except for the period of 1981 and 1997—2000 which were strong decoupling and 1981 and 1997—2000 which were expansive negative decoupling. Increasing energy efficiency was the main reason for weak decoupling, but it failed to offset the economic development for growth of energy demand, and the development trend of weak decoupling will continue for some times in the future.

Key words:energy carbon emission; decoupling analysis; Shaanxi Province

目前由于二氧化碳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^[1],其中,经济活动特别是以化石燃料为主的传统能源消费带来的碳排放是造成全球温室效应的主要人为原因^[2]。根据 IEA 的统计数据,2007 年中国消费化石燃料排放的 CO₂ 已经超过美国,成为全球第一大碳排放国^[3]。在当前及未来较长的一段时间内,中国仍然将保持以煤炭为主的能源结构,削减能源消费碳排放已成为保持经济长期稳定发展的客观需求和必要条件。为此,中国政府将节能减排作为国家重要发展战略,并提出到 2020 年中国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45% 的目标,并采取切实措施减缓碳排放。我国已认识到能源消耗与碳排放和经济增长之间的关系,并在“十二五”规划中明确提出要将能源强度和碳排放强度分别降低 16% 和 17% 的目标。因此了解能源碳排放及各部门能源碳排放现状,进而研究能源碳排放与经济增长之间关系,对于寻找减排的技术路线和区域政策,实现整体的控制目标具有重要意义。

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,有着及其丰富的煤炭、石油、天然气、风能、太阳能等资源。长期以来,陕西省经济发展多为粗放型增长方式,能源问题已成为制约陕西经济发展的一个重要因素,自国家实施西部大开发以来,陕西省进入经济发展速度最快时期,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,由此进一步加剧能源消耗及其高碳特征^[4-5]。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,表明国家重视陕西碳排放,发展低碳经济的决心。同时陕西省“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,为了完成减排目标,就必须摸清陕西省碳排放现状,预测未来减缓潜力,研究陕西经济发展与碳排放的关系。当前有关陕西碳排放的研究主要包括低碳环保发展战略研究^[6]、碳排放及低碳化发展研究^[5]、土地利用变化的碳排放效益研究^[7-8]、能源碳排放及预测研究^[9]等,但对陕西碳排放没有进行长时间

序列分析,对经济发展和碳排放的脱钩研究也比较少见,因此,本文系统分析陕西省 1980—2011 年碳排放量、碳排放结构以及不同行业和工业不同部门碳排放变化,并利用脱钩方法分析碳排放与经济发展相互关系,从而对陕西碳排放变化及其与经济发展关系有一个总体规律的认识,以期对陕西能源高效利用和碳减排相关政策的制定提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

1980—2011 年的煤、石油、天然气、水电等能源消费量,地区生产总值,三次产业产值以及 2005 年和 2010 年工业各行业能源消费量及总产值等数据来源于《陕西统计年鉴》^[10]相应各期;1984—2011 年三次产业能源消费量数据来源于 1985—2012 年《陕西统计年鉴》中的能源平衡表;其中地区生产总值以及各产业的产值数据均以 1980 年为基期进行价格换算。

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》^[11]提供的碳排放计算公式,依靠能源表观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 = \sum (能源消费量 \times 碳排放系数) (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(见表 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 碳排放与经济增长的脱钩模型

脱钩理论中的脱钩状态由脱钩指数进行判别,目前脱钩分析的基本模型主要有两种,分别为基于期初值和期末值的 OECD 脱钩指数模型和基于增长弹性

变化的 Tapio 脱钩状态分析模型^[12-13]。基于 Tapio 脱钩状态分析模型,本文提出 3 个脱钩弹性指数,分别为碳排放与 GDP 的脱钩弹性指数,能源消费与 GDP 的脱钩弹性指数,碳排放与能源消费的脱钩弹性指数,其计算公式如下:

$$E(C,G)=\% \Delta C/\% \Delta G=(C_i/C_1-1)/(G_i/G_1-1)$$
$$E(E,G)=\% \Delta E/\% \Delta G=(E_i/E_1-1)/(G_i/G_1-1)$$
$$E(C,E)=\% \Delta C/\% \Delta E=(C_i/C_1-1)/(E_i/E_1-1)$$

式中:% ΔC ——碳排在末期相对于基期的变化率;% ΔG ——国内生产总值在末期相对于基期的变化率;% ΔE ——能源消费总量在末期相对于基期的变化率; E_i,E_1 ——末期和基期的能源消费量; G_i,G_1 ——末期和基期的国内生产总值; C_i,C_1 ——末期和基期的能源消费引起的碳排放量。

如图 1 所示,脱钩分析可划分为脱钩/未脱钩,并

可进一步细分为 6 种脱钩类型:强脱钩、强负脱钩、弱脱钩、扩张性负脱钩、弱负脱钩、衰退性脱钩,其中,强脱钩是最理想状态,强负脱钩为最不理想状态。表 2 列出了各种脱钩类型的含义。

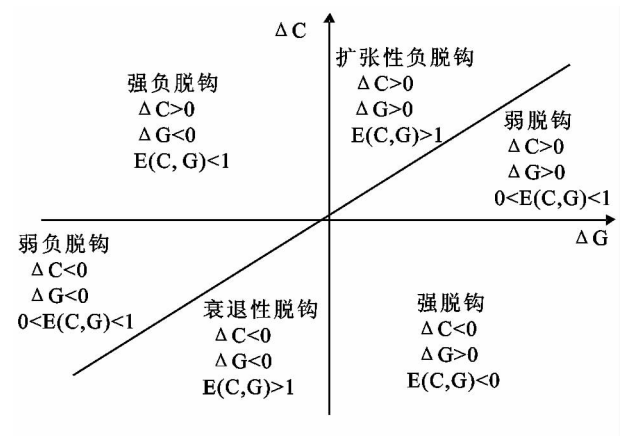


图 1 经济增长与能源碳排放脱钩分析模型

表 2 各类脱钩状态含义

脱钩状态	碳排放与经济增长的脱钩状态特征
强脱钩	经济增长,碳排放下降
强负脱钩	经济衰退,碳排放增加
弱脱钩	经济增长,碳排放增加,碳排放增加的幅度小于经济增长的幅度
扩张性负脱钩	经济增长,碳排放增加,碳排放增加的幅度大于经济增长的幅度
弱负脱钩	经济衰退,碳排放下降,碳排放下降的幅度小于经济衰退的幅度
衰退性脱钩	经济衰退,碳排放下降,碳排放下降的幅度大于经济衰退的幅度

2 碳排放量测算及分析

2.1 碳排放总量及排放结构分析

由图 2 可以看出,1980—2011 年陕西省碳排放总量呈波动上升的“N”型曲线特征,碳排放量从 2

973 万 t 增长到 23 033 万 t,30 a 间增长了 7 倍,年均增长 6.71%。其中 1980—1996 年,碳排放增长较平缓,年均增幅 7.03%;1996—2000 年,碳排放缓慢下降,年均降幅 8.16%;2000 年之后碳排放快速增长,年均增幅达 12.76%。

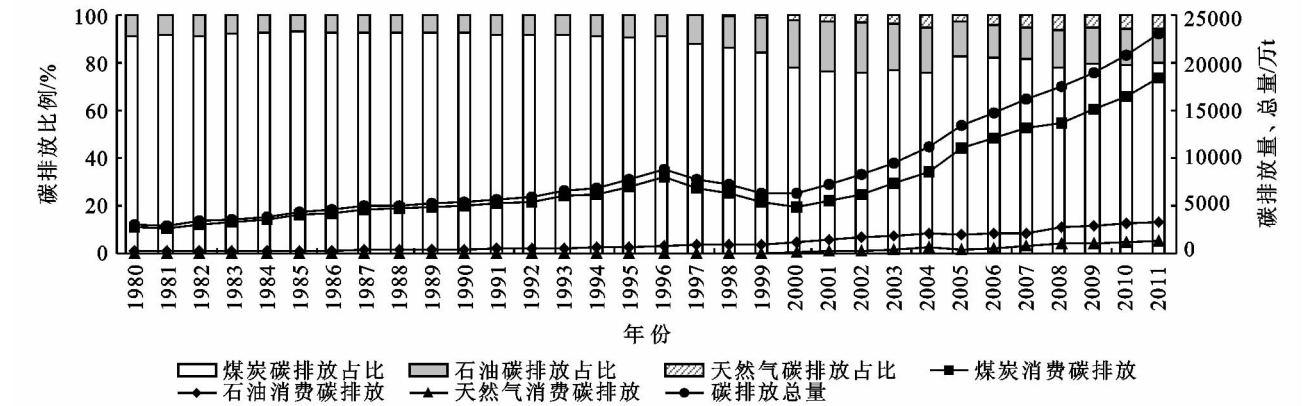


图 2 1980—2011 年陕西省能源消费碳排放量及排放比例

1980—2011 年,煤炭消费引起碳排放呈波动上升的“N”型曲线特征,石油和天然气引起的碳排放呈逐年递增趋势。从图 2 可以发现,陕西碳排放总量与煤炭消费引起碳排放的变动趋势非常接近,可以认为,在其他因素不变的情况下,陕西煤炭消费直接决定陕西碳排放量,原煤消费是陕西省碳排放的主要来源。1980—2011 年陕西能源消耗碳排放煤炭类占比

整体呈减少趋势,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降为 79.03%,然而 2005—2011 年,煤炭类碳排放占比逐年增加;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,2011 年其所占比重为 14.41%;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年其所占比重才达到0.1%,进入21世纪以后,天然气作为陕西省的优势能源得到广泛地开发和使用,2008年其碳排放比重迅速增长到6.1%。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,以有利于扭转目前碳排放量较高的局面。在三类能源引起的碳排放量中,每年均是煤炭消费引起的碳排放量最多,天然气引起的碳排放量最少。

2.2 各产业部门能源消耗及碳排放分析

不同产业的碳排放量在能源结构没有发生较大变化的情况下,取决于该产业的能源消费量^[14]。各产业能源消费量变化大致有如下规律:工业的能耗比重较大,是主要能耗部门;但随着经济技术的发展和人民生活水平的提高,第三产业产值比重不断增加,同时由于工业节能技术不断升级,工业能耗的比重将逐步下降,商业和交通运输业及生活消费能耗的比重会逐步上升^[15]。

由于无法获取历年来三次产业中原煤、原油、天然气等能源消耗量的详细数据,所以在计算三次产业和生活消费碳排放量时,本文将不同产业和生活消费的能源消费量(以标准煤计)乘以陕西省当年的能源消费碳排放系数(当年的碳排放总量除以能源消费量),从而得到历年三次产业和生活消费的碳排放量^[15]。同时由于我们只能获取到1984年以来的分产业能源消费量数据,因此,本文只分析1984年以来的三次产业碳排放量变化情况。

2.2.1 各产业部门能源消费强度和能源利用效率

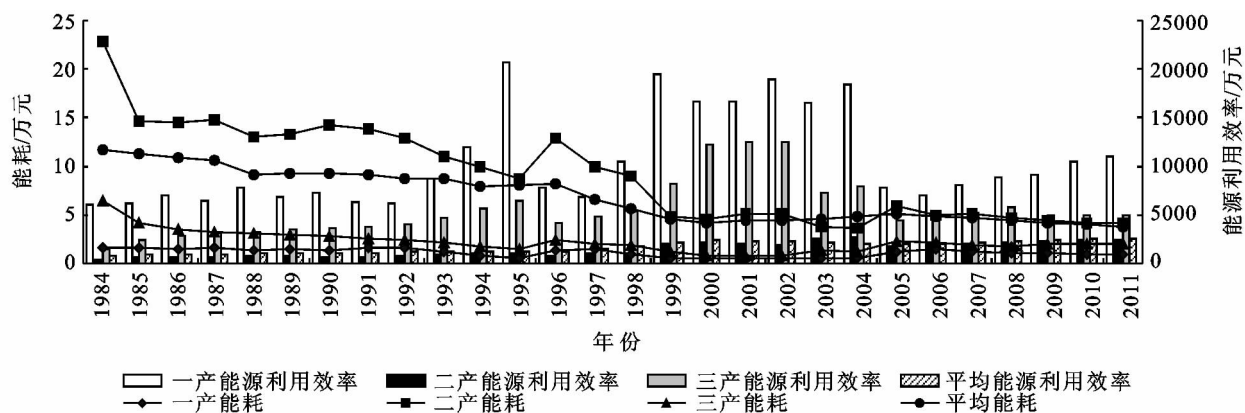


图3 1984—2011年陕西省各产业能源消费强度和能源利用效率

2.2.2 各产业部门碳排放分析 图4是1984—2011年陕西省各产业碳排放量和排放强度,研究表明,陕西碳排放量最多的是第二产业,占碳排放总量的65%左右,其次是生活消费、第三产业和第一产业。

1984—2011年陕西省能源消费强度和能源利用效率整体呈波动下降和波动上升趋势,其中1995—1996年和2001—2005年能源消费强度随经济发展不但没有降低,反而出现上升趋势(能源利用效率出现下降趋势),究其原因主要是1997年东南亚金融危机及其滞后效应,陕西省为恢复经济,采取一系列扩大内需的宏观政策,导致大批耗能高的基础设施建设项目和工业项目盲目上马,致使能源消耗高速增长,甚至超过了经济发展的速度。从图3可以看出,陕西各产业单位GDP能耗差别很大,第二产业是第三产业的2.07~6.42倍,第一产业的3.46~13.71倍。1984—2011年陕西各产业能源消费强度整体均呈波动下降趋势,平均能源消费强度与第二产业能源消费强度最接近且变化趋势一致,说明陕西能源消费强度主要由第二产业能源消费强度决定。1984—2011年陕西能源利用效率最高的是第一产业,年平均10 556.54元/tce,其次是第三产业5 521.38元/tce,第二产业的能源利用效率最小,仅为1 447.02元/tce,只有第一产业的13.71%,第三产业的26.21%,陕西省平均能源利用效率为1 666.54元/tce,稍高于第二产业,比第一和第三产业低很多。陕西第一产业和第三产业能源利用效率变化趋势一致,均在1994—1995年和1999—2004年能源利用效率较高,而第二产业和平均能源利用效率很接近,几乎重合,且在上述两个时段能源利用效率偏低,这进一步佐证了陕西能源利用效率的高低主要由第二产业的能源利用效率来体现。从陕西产业结构也可以看出第二产业是陕西省的主要经济产业,其权重比第一和第三产业大很多,要提高陕西能源利用效率首先要提高第二产业能源利用效率。

而第二产业碳排放的98%来自于工业,说明陕西碳排放主要来自三大部门(占总排放量的95%左右):工业、生活消费和第三产业,工业是陕西能源碳排放的关键排放源;第二产业是陕西省碳排放的主要产

业,其排放量从 3 391.97 万 t 增至 14 229.99 万 t,年均增长率为 5.25%,其比重则呈波动上升趋势,从 63.58% 升至 65.21%,其中 2002 年所占比重最大,为 72.75%;建筑业是所有部门中排放量最少的,所占比例从 0.89% 升至 1.79%。陕西省在碳排放控制中,第二产业无疑是重点,而工业则是重点中的重点。从累积排放量来看,生活消费是第二大排放源,生活消费的排放总量已达第一和第三产业的 5.55 倍和 1.50 倍,其碳排放量以年均 2.97% 的速度增长,但其排放贡献率由 1984 年的 22.59% 降至 2011 年的 12.55%;第三产业能源碳排放呈现增长趋势,其碳排放量以年均 7.71% 的速度增长,贡献率由 1984 年的 10.08% 升至 2011 年的 19.73%;第一产业碳排放量较小,增速也较慢,其以年均 3.68% 的速度增长,贡献率由 3.75% 降至 2.52%。

单位 GDP 碳排放量反映了一个地区经济发展对

碳排放的贡献程度,从理论上来说,单位 GDP 碳排放量越小越好,因为它说明随着经济的发展,相同数量 GDP 的增加带来的碳排放增量减少,从侧面反映了经济结构的合理性和经济发展中的科学技术水平。陕西省单位 GDP 碳排放呈现下降的趋势,表明经济增长速度快于碳排放的增长速度,也可以说是经济结构调整与能源利用效率提高的结果。从三次产业的碳排放强度(图 4)来看,1984—2011 年,陕西省三次产业及平均碳排放强度均呈下降趋势;陕西第二产业碳排放强度始终高于第一产业和第三产业,其是第三产业的 4.05 倍,第一产业的 8.10 倍(近 30 年年平均);第三产业的碳排放强度总体上高于第一产业。从碳排放强度的下降率看,第二产业和第三产业的碳排放强度下降较快,分别以年均 6.11% 和 4.32% 的速度下降,第一产业下降比较缓慢,仅以年均 2.34% 的速度下降。

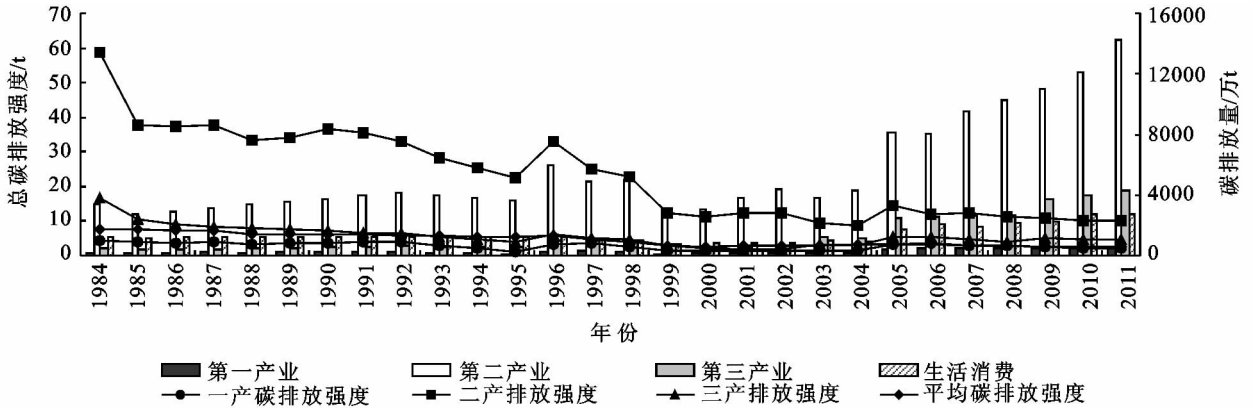


图 4 1984—2011 年陕西省各产业碳排放量和碳排放强度

2.2.3 工业部门碳排放分析 参照《陕西统计年鉴》中工业部门分类,其将工业部门分为采掘业、制造业和电力、燃气及水的生产和供应业 3 个门类,本文将制造业划分为重工业和轻工业两个门类,即将工业部门总体划分为采掘业、重工业、轻工业、电力、燃气及水的生产和供应业 4 大类。

根据陕西省 2005 年和 2010 年工业各行业能源消费量及总产值,以 2005 年为不变价,计算得到陕西省工业各行业碳排放量及排放强度,由表 3 可以看出,重工业和轻工业碳排放比例呈下降趋势,燃气、电力及水的生产和制造业以及采掘业碳排放比例呈增长趋势。其中,重工业碳排放量最大,平均约占工业部门碳排放总量的 48%;其次是燃气、电力及水的生产和供应业,碳排放约占 37%;采掘业所占比重为 11%;轻工业碳排放量最小,所占比重约为 4%。电力、燃气及水的生产和供应业占碳排放比重较大,但其产值只占工业产值比重的 8%,其生产节能技术严重落后,其是工业部门中高排放、高污染、低产值和低

技术水平最典型行业。虽然电力比起煤炭、石油和天然气有更高的供能效率,然而陕西省乃至我国电力生产主要依靠火力发电,火力发电的碳排放系数高于其他化石能源,致使电力行业碳排放量居高不下,因此在当前我省大力发展现代化工业的过程中,改造火电技术,降低电力行业能源消费,提高能源使用效率特别是燃煤效率是迫在眉睫的关键问题,也是推动节能减排政策实施和行动响应的关键环节。

图 5 中列出了陕西省 2005 年和 2010 年碳排放量排名前 10 位的子行业,由图 5 可知陕西省 2005 年和 2010 年碳排放量前 8 位的行业分别为:电力、热力的生产和供应业、化学原料及化学制品制造业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、石油开采和天然气开采业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、煤炭开采和洗选业与有色金属冶炼及压延加工业,2005 年和 2010 年八大碳排放行业碳排放总量占陕西省碳排放总量的 59.56% 和 68.87%,占工业部门的 92.56% 和 95.11%。陕西省当前还处于工业化加

速推进阶段,可以预见这种趋势还需维持一段时期,陕西省碳排放主要集中在工业部门的这八大行业,经济发展仍然属于“高能耗、高排放、高污染”的粗放型经济发展模式。

表 3 2005 年和 2010 年陕西省工业各部门碳排放分析

行业	2005 年					2010 年				
	能源消费量 (万吨标煤)	能源消费强度/ 吨标煤/万元	占工业总 产值比重/%	碳排放 量/万 t	碳排放强度 (万 t/万元)	能源消费量 (万吨标煤)	能源消费强度/ 吨标煤/万元	占工业总 产值比重/%	碳排放 量/万 t	碳排放强度 (万 t/万元)
采掘业	250.62	0.27	26.89%	615.95	0.67	785.17	0.36	25.01%	1902.05	0.88
轻工业	157.93	0.40	11.59%	388.15	0.99	255.19	0.27	11.10%	618.20	0.64
重工业	1715.48	0.96	52.57%	4216.15	2.36	2547.79	0.52	56.51%	6171.97	1.26
电力、燃气及水的生产和供应业	1206.23	3.96	8.96%	2964.56	9.74	2185.53	3.42	7.38%	5294.40	8.28

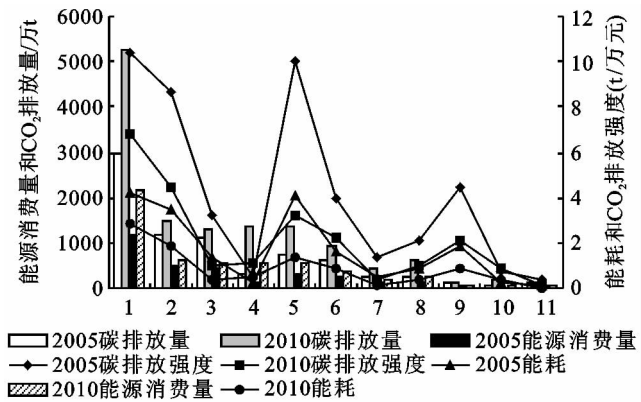


图 5 2005 年和 2010 年陕西省高碳排放行业碳排放量及碳排放强度

注:1. 电力、热力的生产和供应业;2. 化学原料及化学制品制造业;3. 石油加工、炼焦及核燃料加工业;4. 石油和天然气开采业;5. 非金属矿物制品业;6. 黑色金属冶炼及压延加工业;7. 煤炭开采和洗选业;8. 有色金属冶炼及压延加工业;9. 造纸及纸制品业;10. 食品制造业;11 交通运输设备制造业。

工业产值以 2005 年价格为基期进行价格换算,结果显示,与 2005 年相比,2010 年碳强度与能源消费强度下降趋势显著,但采掘业中的石油和天然气开采业以及轻工业中的食品加工业碳强度和能源消费强度上升。其中电力、燃气及水的生产和供应业碳强度和能源消费强度最高,其次是重工业,轻工业碳排放强度和能源消费强度最小,2010 年电力、燃气及水的生产和供应业碳强度和能源消费强度是重工业的 7 倍,是轻工业的 13 倍。电力行业碳强度远高于其他行业的重要原因是电力行业的碳排放系数高于其他化石能源,并且其基期能源价格偏低造成产值过低。由图 5 可以看出,能源消费量大的行业,碳排放量、能源强度和碳排放强度也明显高于其他行业。电力行业电力、热力的生产和供应业的碳强度是最高的,另外重工业部门的非金属矿物制品业和化学原料及化学制品制造业以及轻工业部门的造纸及纸制品业碳排放强度也较高。总之,陕西省工业部门以重化工业为主,其能源消费强度较高导致了碳排放量总体居高不下。

2.3 陕西省脱钩关系分析

由表 4 和表 5 结果可知:1980—2011 年间,陕西省经济增长与能源碳排放的脱钩状态波动变化处于不稳定状态,具体为 1981 年为强脱钩状态,1982 年为扩张性负脱钩状态,1983—1996 年处于弱脱钩状态;1997—2000 年处于强脱钩状态;而 2001—2003 年又处于扩张性负脱钩状态;2004—2011 年再次变为弱脱钩状态。其中 1999 年和 1988 年分别为所有强脱钩状态和弱脱钩状态的最理想状态。强脱钩状态的偶尔显现,说明陕西省有可能实现经济增长的同时,碳排放总量降低。1997—2000 年脱钩最为显著,能源碳排放的 GDP 弹性达到-0.6;这一时期经济增速相对放缓,但能源消费及其碳排放量速率降低,降低率分别为-26%和-29%,而 GDP 的增长率为 48%;分析原因发现,一方面,该时期能源效率提高,另一方面该时期能源碳排放的减排弹性为负值,这主要是由于石油、天然气资源的大量发现和开采,一定程度上弱化了煤炭作为主要能源的位置,优质能源的出现有利于单位能源碳强度出现下降的趋势,从能源消费结构也可以看出这点。随后的 2001—2003 年陕西整体能源碳排放弹性大于 1,主要是因为该时期陕西省为恢复经济,采取一系列扩大内需的宏观政策,使得大批高耗能、重复性的基础设施项目和工业项目集中上位,导致能源效率及其碳排放高速增长(增长率分别为 53%和 51%),从而造成经济与能源碳排放的扩张性负脱钩状态(能源碳排放的 GDP 弹性为 1.18)。2004—2011 年陕西省能源碳排放弹性小于 1 处于弱脱钩状态,说明该时期陕西省经济增长的同时,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。分析原因发现,能源效率的提高是目前实现弱脱钩的主要原因,但其未能抵消经济发展对能源需求的增长幅度,未来陕西省经济与能源碳排放弱脱钩发展趋势在一定时期内仍将持续。

表 4 脱钩结果分析

年份	% ΔE	% ΔC	% ΔG	E(E,G)	E(C,G)	E(C,E)	碳排放与经济增长脱钩状态	能源消费与经济增长脱钩状态
1981	-0.01	-0.01	0.08	-0.13	-0.13	0.95	强脱钩	强脱钩
1982	0.15	0.15	0.10	1.59	1.58	0.99	扩张性负脱钩	扩张性负脱钩
1983	0.05	0.05	0.10	0.48	0.51	1.07	弱脱钩	弱脱钩
1984	0.06	0.06	0.21	0.28	0.29	1.02	弱脱钩	弱脱钩
1985	0.14	0.15	0.21	0.69	0.69	1.01	弱脱钩	弱脱钩
1986	0.05	0.05	0.15	0.32	0.31	0.99	弱脱钩	弱脱钩
1987	0.09	0.09	0.18	0.50	0.50	1.00	弱脱钩	弱脱钩
1988	0.02	0.02	0.28	0.07	0.07	1.02	弱脱钩	弱脱钩
1989	0.05	0.05	0.14	0.34	0.33	0.97	弱脱钩	弱脱钩
1990	0.03	0.03	0.13	0.20	0.20	1.02	弱脱钩	弱脱钩
1991	0.06	0.05	0.16	0.35	0.33	0.95	弱脱钩	弱脱钩
1992	0.03	0.03	0.14	0.25	0.25	0.98	弱脱钩	弱脱钩
1993	0.12	0.12	0.28	0.45	0.45	1.00	弱脱钩	弱脱钩
1994	0.03	0.03	0.24	0.12	0.11	0.93	弱脱钩	弱脱钩
1995	0.13	0.13	0.24	0.57	0.56	0.99	弱脱钩	弱脱钩
1996	0.14	0.14	0.17	0.83	0.84	1.01	弱脱钩	弱脱钩
1997	-0.11	-0.12	0.12	-0.94	-1.01	1.07	强脱钩	强脱钩
1998	-0.06	-0.06	0.07	-0.80	-0.87	1.09	强脱钩	强脱钩
1999	-0.12	-0.12	0.09	-1.27	-1.35	1.06	强脱钩	强脱钩
2000	0.01	-0.01	0.13	0.04	-0.11	-2.85	强脱钩	弱脱钩
2001	0.17	0.16	0.11	1.45	1.38	0.95	扩张性负脱钩	扩张性负脱钩
2002	0.14	0.14	0.12	1.16	1.12	0.97	扩张性负脱钩	扩张性负脱钩
2003	0.15	0.15	0.15	1.00	1.01	1.02	扩张性负脱钩	扩张性负脱钩
2004	0.20	0.18	0.23	0.87	0.81	0.94	弱脱钩	弱脱钩
2005	0.16	0.19	0.24	0.66	0.80	1.22	弱脱钩	弱脱钩
2006	0.11	0.10	0.21	0.54	0.50	0.93	弱脱钩	弱脱钩
2007	0.10	0.09	0.21	0.47	0.44	0.94	弱脱钩	弱脱钩
2008	0.10	0.08	0.27	0.36	0.31	0.86	弱脱钩	弱脱钩
2009	0.08	0.09	0.12	0.68	0.74	1.09	弱脱钩	弱脱钩
2010	0.10	0.10	0.24	0.42	0.41	0.98	弱脱钩	弱脱钩
2011	0.10	0.11	0.24	0.43	0.45	1.03	弱脱钩	弱脱钩

表 5 1980 年—2011 年各时期陕西能源碳排放脱钩相关指标结果

时期	% ΔE	% ΔC	% ΔG	E(E,G)	E(C,G)	E(C,E)	碳排放与经济增长脱钩状态	能源消费与经济增长脱钩状态
1980—1985	0.45	0.46	0.91	0.50	0.51	1.02	弱脱钩	弱脱钩
1985—1990	0.25	0.25	1.24	0.20	0.20	1.00	弱脱钩	弱脱钩
1990—1996	0.63	0.63	2.01	0.31	0.31	0.99	弱脱钩	弱脱钩
1996—2000	-0.26	-0.29	0.48	-0.53	-0.60	1.12	强脱钩	强脱钩
2000—2003	0.53	0.51	0.43	1.21	1.18	0.97	扩张性负脱钩	扩张性负脱钩
2003—2011	1.43	1.43	3.84	0.37	0.37	1.00	弱脱钩	弱脱钩

由图 6 可以看出,碳排放的 GDP 弹性与能源消费的 GDP 弹性图形上两者基本重合,变化趋势相似,说明陕西经济增长与碳排放脱钩主要是由于经济增长与能源消费脱钩造成的,碳排放的能源消费弹性值除 2000 年外均在 1.0 左右,其弹性值整体上高于碳排放的 GDP 弹性,说明陕西省碳减排技术水平一般且对碳排放与经济脱钩的贡献作用不明显,节能减排技术发展相对滞后。

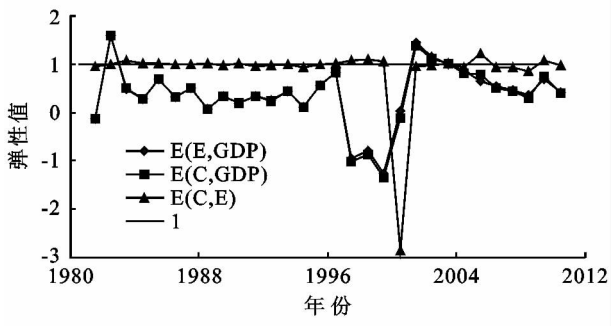


图 6 1980—2011 年陕西 GDP 与能源碳排放脱钩弹性及中间变量弹性

3 结论

本文应用陕西 1980—2011 年的能源消费数据,根据《IPCC 国家温室气体排放清单指南》计算了陕西省 1980—2011 年能源消费碳排放量。在此基础上系统分析了陕西省碳排放量、碳排放结构以及不同行业和工业各部门碳排放变化,运用脱钩方法分析碳排放与经济发展相互关系,得到以下结论:

(1) 1980—2011 年陕西省碳排放总量及煤炭消费引起的碳排放量呈波动上升的“N”型曲线特征,石油和天然气消费引起的碳排放呈逐年递增趋势。煤炭消费是陕西省碳排放的主要来源,碳排放经历了平缓增长、缓慢下降和迅速增长三个阶段。

(2) 陕西碳排放量最多的是第二产业,占碳排放总量的 65% 左右,其次是生活消费,再次是第三产业,第一产业排放量最小。而第二产业碳排放的 98% 来自于工业,工业是陕西能源碳排放的关键排放源;1984—2011 年,陕西省三次产业及平均碳排放强度均呈下降趋势;陕西省第二产业碳排放强度始终高于第一产业和第三产业,其是第三产业 4.05 倍,第一产业 8.10 倍(近 30 年年平均);第三产业的碳排放强度总体上高于第一产业。

(3) 1984—2011 年陕西省能源消费强度和能源利用效率整体呈波动下降和波动上升趋势,其中 1995—1996 年和 2001—2005 年能源消费强度随经济发展不但没有降低,反而出现上升趋势。陕西各产业单位 GDP 能耗差别很大,第二产业单位 GDP 能耗是第三产业的 2.07~6.42 倍,第一产业的 3.46~13.71 倍。

(4) 工业碳排放主要集中于重工业和燃气、电力及水的生产和供应业,比重分别为 48% 和 37%,采掘业次之,所占比重为 11%,轻工业所占比重最小,约为 4%。电力、燃气及水的生产和供应业占碳排放量比重较大,且这个行业产值只占工业产值比重的 8%,生产节能技术严重落后,整个行业排放量高、产值低、技术水平严重落后。

(5) 陕西省碳排放量前 8 位的行业分别为:电力、热力的生产和供应业、化学原料及化学制品制造业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、石油开采和天然气开采业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、煤炭开采和洗选业以及有色金属冶炼、压延加工业,2005 年和 2010 年 8 大行业碳排放量占工业碳排放总量的 92.56% 和 95.11%。8 大行业能耗和碳排放强度也较高,其中电力、热力的生产和供应业能耗及碳强度最高,另外重工业部门的非金属矿物制

品业和化学原料及化学制品制造业以及轻工业部门的造纸及纸制品业碳排放强度也较高。总之,陕西省工业部门以重化工业为主,其能耗较高导致了碳排放量总体居高不下。

(6) 1980—2011 年间,陕西省经济增长与能源碳排放的脱钩状态处于不稳定状态,具体为 1981 年为强脱钩状态,1982 年为扩张性负脱钩状态,1983—1996 年处于弱脱钩状态;1997—2000 年处于强脱钩状态;而 2001—2003 年又处于扩张性负脱钩状态;2004—2011 年再次变为弱脱钩状态。能源效率的提高是目前实现弱脱钩的主要原因,但其未能抵消经济发展对能源需求的增长幅度,未来陕西省经济与能源碳排放弱脱钩发展趋势在一定时期内仍将持续。

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] 赵荣钦,黄贤金,钟太洋. 中国不同产业空间的碳排放强度与碳足迹分析[J]. 地理学报,2010,65(9):1048-1057.
- [3] 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.
- [4] Xue D, Ma B, Zhang X. The harmonious relationship between land use and environment in Xi'an[J]. Journal of Geographical Sciences,2006,16(2):183-191.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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,2011,25(1):152-156.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 陕西省统计局,国家统计局陕西调查总队. 陕西统计年鉴:1981—2012[Z]. 北京:中国统计出版社,1981—2012.
- [11] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories[M]. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.
- [12] 李忠民,庆东瑞. 经济增长与二氧化碳脱钩实证研究[J]. 福建论坛:人文社会科学版,2010(2):67-72.
- [13] 陈百明,杜红亮. 试论耕地占用与 GDP 增长的脱钩研究[J]. 资源科学,2006,28(5):36-42.
- [14] 史安娜,李森. 基于 LMDI 的南京市工业经济能源消费碳排放实证分析[J]. 资源科学,2011,33(10):1890-1896.
- [15] 袁顺全. 能源消费变化及其与经济和气候的关系研究[D]. 河南开封:河南大学,2002.