

能源结构与 CO₂ 排放的定量关联机制研究*

侯贵光¹ 吴舜泽¹ 徐毅^{1#} 贾杰林¹ 高庆先² 卢静¹
(1.环境保护部环境规划院,北京 100012;2.中国环境科学研究院,北京 100012)

摘要 识别能源结构调整对 CO₂ 排放的定量影响可以为评估国家相关温室气体控制政策提供数理工具。首先基于中国的实际能源结构,对不同能源的标准煤 CO₂ 排放系数进行了测算和适用范围界定,在此基础上,定量分析了中国“十一五”期间能源结构调整对 CO₂ 排放的影响,指出了中国节能措施和能源结构调整措施对 CO₂ 排放影响的贡献率。通过对能源结构调整与 CO₂ 排放的敏感性定量测算,可知非化石能源替代煤炭具有最佳的 CO₂ 排放降低效益。在定量分析基础上,提出了基于能源结构的降低 CO₂ 排放的针对性措施和政策建议。

关键词 能源结构 CO₂ 温室气体 政策
DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2015.03.005

Quantitative investigation on correlative mechanism between energy structure and CO₂ emission HOU Guiguang¹, WU Shunze¹, XU Yi¹, JIA Jielin¹, GAO Qingxian², LU Jing¹, (1.Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012; 2.Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012)

Abstract: Identification of the quantitative impact of energy restructuring on CO₂ emission could be used as mathematical tool for assessing relevant policies of greenhouse-gas control in China. Based on China's energy structure, emission coefficients of standard coal equivalent (SCE) about different energy sources had been firstly calculated and the corresponding application areas were defined. Then, quantitatively investigation was made to find out the impact of energy restructuring on CO₂ emission during the "11th Five-Year" period, as well as the contribution rate of energy-conservation measures and energy restructuring on CO₂ emission. Through calculating sensitivity of CO₂ emission change caused by energy restructuring, it was indicated that replacement of non-fossil energy sources with coals leads to the best reduction efficiency of CO₂ emission. Specific methods and policies on energy restructuring were finally proposed to reduce CO₂ emission according to the results previously obtained.

Keywords: energy structure; CO₂; GHG; policy

能源结构的变化对能源消耗与 CO₂ 排放量之间的关系具有重要影响。随着能源结构的不断变化,能源消耗与 CO₂ 排放量之间的关系发生变化,相应的政策措施也需要逐步调整。本研究对不同种类能源的标准煤 CO₂ 排放系数、能源结构调整与 CO₂ 排放的关联性、能源结构调整与 CO₂ 排放的敏感性等问题进行了定量分析,并在此基础上提出了相关的政策建议。

1 不同种类能源的标准煤 CO₂ 排放系数的测算

标准煤也称煤当量,是一种按煤的热当量值计算各种能源的计量单位。标准煤的热值目前尚无国际公认的统一标准,我国规定每千克标准煤的热值为 29 400 kJ^[1]。为了便于比较和统计,通常将各种能源折算成标准煤进行计量。不同能源的标准煤

CO₂ 排放系数是一个重要参数,在对因能源消耗产生的 CO₂ 排放测算过程中具有关键作用。

1.1 纯碳粉的标准煤 CO₂ 排放系数

由于能源的种类不同,含有相同热值的不同能源的含碳量和 CO₂ 排放量也不同。因此,标准煤 CO₂ 排放系数是一个同能源种类相关的变量。假设能源产生的热量全部由纯碳粉燃烧释放,测定燃烧产生 29 400 kJ 热量需要的碳粉量,可计算得出纯碳粉的标准煤 CO₂ 排放系数(碳氧化因子假设为 1)。国家发改委能源研究所的碳粉量推荐值为 0.67 kg,日本能源经济研究所的参考值为 0.68 kg,美国能源部能源信息署的参考值为 0.69 kg^[2]。如果按照 0.68 kg 计算,则纯碳粉的标准煤 CO₂ 排放系数为 2.493 kg/kg。目前社会上有许多研究^[3]采用该值对不同能源产生的 CO₂ 排放量进行近似测算。

第一作者:侯贵光,男,1976 年生,硕士,高级工程师,主要从事环境规划、环境管理技术与政策研究。# 通讯作者。

* 环境保护公益性行业科研专项(No.201309068)。

实际上,不同的能源由于碳元素和其他元素(氢、氧、硫、氮等)的含量比例不同,燃烧释放相同热量时会有不同的 CO₂ 排放值,一种极端的情况是水能、太阳能、风能等可再生能源,由于其能量产生不依赖碳元素的化学反应过程,其标准煤的 CO₂ 排放系数为零^[4]。因此,对由于能源消耗或能源节约而产生的 CO₂ 排放量变化的测算,采用特定区域内实际使用能源的标准煤 CO₂ 排放系数更合适。

1.2 煤炭的标准煤 CO₂ 排放系数

煤炭中除碳元素外,还含有氢、氧、硫、氮等多种元素及多种高分子化合物,不同的煤种因成分不同,燃烧释放相同的热量会有不同的 CO₂ 排放系数^[5],政府间气候变化专门委员会(IPCC)在《2006年 IPCC 国家温室气体清单指南》中给出了基于热量单位的不同类型煤炭的碳排放因子。

由于我国产煤的热值与世界平均值有一定差别^[6-7],本研究考虑我国煤炭的主要类别和各类煤炭含碳量、热值等因素,对各类煤炭的标准煤 CO₂ 排放系数进行了测算,并根据各煤种的储量比例对全国煤炭的综合标准煤 CO₂ 排放系数进行了加权计算,见表 1。由表 1 可知,全国煤炭的综合标准煤 CO₂ 排放系数为 2.814 kg/kg,即按照我国的煤炭结构,每燃烧释放 29 400 kJ 热量的煤炭排放的 CO₂ 量为 2.814 kg。该值比纯碳粉的标准煤 CO₂ 排放系数(2.493 kg/kg)高约 13%。

表 1 我国不同类型煤炭热值、单位质量 CO₂ 排放系数及标准煤 CO₂ 排放系数¹⁾

Table 1 Calorific value, CO₂ emission coefficients per kg and CO₂ emission coefficients of standard coal equivalent of different coal types in China

煤炭类别	热值 /(kJ · kg ⁻¹)	CO ₂ 排放系数 /(kg · kg ⁻¹)	标准煤 CO ₂ 排放系数 /(kg · kg ⁻¹)	所占比例 /%
褐煤	15 956	1.69	2.966	13.00
无烟煤	28 400	2.92	2.879	11.50
炼焦煤	27 200	2.69	2.769	25.40
其他沥青煤	25 600	2.53	2.767	32.30
次沥青煤	23 600	2.37	2.812	17.80

注: ¹⁾所占比例为我国各类煤炭的储量占总煤储量的比例;煤种依据 IPCC 定义分类,其中其他沥青煤和次沥青煤按照各类煤炭的干燥基挥发分比例进行归类。

1.3 化石能源(煤炭、石油、天然气)的标准煤 CO₂ 排放系数

能源结构中同时考虑煤炭、石油、天然气等化石能源的使用比例,可计算得到某一时期化石能源的标准煤 CO₂ 排放系数。计算过程需要先确定煤炭、石油、天然气等各类化石能源的标准煤 CO₂ 排放系数。

利用 IPCC 提供的各类化石能源的缺省碳含量和缺省碳氧化因子,采用式(1)计算其标准煤 CO₂ 排放系数。

$$C = A \times B \times 4.18 \times 7 \times 44 / (12 \times 1000) \quad (1)$$

式中: C 为某类化石能源的标准煤 CO₂ 排放系数, kg/kg; A 为缺省碳含量, kg/GJ; B 为缺省碳氧化因子, 通常取值为 1。

计算得到,石油的标准煤 CO₂ 排放系数为 2.146 kg/kg;天然气的标准煤 CO₂ 排放系数为 1.641 kg/kg。

通过对煤炭、石油、天然气等主要化石能源的使用比例进行加权计算,提出不同年度化石能源的标准煤 CO₂ 排放系数(2005、2009、2013 年分别为 2.628、2.635、2.602 kg/kg),如表 2 所示。

表 2 我国基于化石能源结构的不同年度能源标准煤 CO₂ 排放系数

Table 2 CO₂ emission coefficients of standard coal equivalent based on fossil energy structure of different years in China

燃料类别	CO ₂ 排放系数 /(kg · kg ⁻¹)	2005 年所 占比例/%	2009 年所 占比例/%	2013 年所 占比例/%
煤炭	2.814	74.38	76.36	73.17
石油	2.146	22.61	19.41	20.40
天然气	1.641	3.01	4.23	6.43

1.4 全口径能源(化石能源和非化石能源)的标准煤 CO₂ 排放系数

实际的能源结构不仅包括化石能源,还包括风能、水能、太阳能、核能等不产生 CO₂ 排放的非化石能源。这些非化石能源的标准煤 CO₂ 排放系数可认为零^[8]。通过对各类能源的使用比例进行加权计算,可得不同年度包含化石能源和非化石能源的全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数(2005、2009、2013 年分别为 2.445、20.429、2.393 kg/kg),如表 3 所示。

表 3 我国全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数

Table 3 CO₂ emission coefficients of standard coal equivalent based on full-type energy structure in China

燃料类别	CO ₂ 排放系数 /(kg · kg ⁻¹)	2005 年所 占比例/%	2009 年所 占比例/%	2013 年所 占比例/%
煤炭	2.814	69.1	70.4	66.0
石油	2.146	21.0	17.9	18.4
天然气	1.641	2.8	3.9	5.8
非化石能源	0	7.1	7.8	9.8

1.5 基于电力能源结构的单位电量 CO₂ 排放系数

电力行业也存在能源结构问题。不同的电力来源产生的单位电量对应不同的 CO₂ 排放量。火电行业(主要是煤电)的 CO₂ 排放系数最高,并且同发电煤耗密切相关。水电、核电、风电和其他非化石能源的 CO₂ 排放量可以认为零。对我国历年的电力结构^[9]进行分析和测算,可得到不同年份对应的火电

表 4 我国电力行业单位电量 CO₂ 排放系数
Table 4 CO₂ emission coefficients per kW · h in China

项目	2000 年	2005 年	2009 年	2012 年
水电/(亿 kW · h)	2 224.1	3 970.2	5 716.8	8 721.1
火电/(亿 kW · h)	11 141.9	20 473.4	30 116.9	38 928.1
核电、风电等/(亿 kW · h)	167.4	530.9	978.2	1 933.7
火电行业单位电量 CO ₂ 排放系数/(kg · kW ⁻¹ · h ⁻¹)	1.021	0.965	0.900	0.858
全电力行业单位电量 CO ₂ 排放系数/(kg · kW ⁻¹ · h ⁻¹)	0.839	0.790	0.736	0.674

行业单位电量 CO₂ 排放系数和全电力行业单位电量 CO₂ 排放系数,如表 4 所示。

根据有关预测^[10],到 2020 年我国电力总装机容量将达到 17.8 亿 kW,其中火电约为 11.6 亿 kW,届时,全电力行业单位电量 CO₂ 排放系数将有望进一步降低到 0.6 kg/(kW · h)左右。

1.6 各类系数的适用范围建议

根据上述各类系数的计算过程,可以对其适用范围进行分析:

(1) 纯碳粉的标准煤 CO₂ 排放系数:该系数是通过假设能源产生的热量全部由纯碳粉燃烧释放而得,通常适用于理论研究。用该系数对实际能源的 CO₂ 排放进行测算时,会产生一定偏差。

(2) 煤炭的标准煤 CO₂ 排放系数:该系数对我国实际使用的不同煤种按照储量进行加权计算,适用于我国对单纯使用煤炭作为能源或单纯节约煤炭的情况下对 CO₂ 排放量进行测算。

(3) 石油的标准煤 CO₂ 排放系数和天然气的标准煤 CO₂ 排放系数:这 2 个系数同煤炭的标准煤 CO₂ 排放系数一样,适用于我国对单纯使用石油或天然气作为能源或单纯节约石油或天然气的情况下对 CO₂ 排放量的测算。

(4) 化石能源的标准煤 CO₂ 排放系数:该系数为对我国实际使用的化石能源按照特定时段内的使用比例进行加权计算,适用于我国对特定时段内综合使用化石能源或综合节约化石能源的情况下对 CO₂ 排放量的测算。

(5) 非化石能源的标准煤 CO₂ 排放系数:非化石能源(水能、风能、核能、生物质能等)的标准煤 CO₂ 排放系数为零。该系数适合对单纯使用或节约非化石能源时对 CO₂ 排放量的测算。

(6) 全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数:该系数为对我国实际使用的全部能源类型按照使用比例进行加权计算,适用于我国对特定时段内全社会的能源使用或能源节约的情况下对 CO₂ 排放量的测算。

(7) 单位电量 CO₂ 排放系数:该系数为根据特定年份的电力能源结构进行加权计算。适用于对全

社会总体耗电或终端电力节约的 CO₂ 排放测算。如果在某较小的电网范围内,已知前端发电类型(火电、水电、核电等),可以根据不同发电类型的排放系数来测算。如果在较大的区域范围内,难以与前端发电类型对应,应采用综合的单位电量 CO₂ 排放系数来进行测算。

2 能源结构调整对 CO₂ 排放影响的定量分析

通过比较不同年份的全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数(Q_c, kg/kg)的变化率,可以得出能源结构调整对 CO₂ 排放降低的相对贡献率(C_r, %),C_r表明了由于能源结构变化导致的目标年 CO₂ 排放量的变化与基准年的比较值。通过比较某一年度全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数与煤炭的标准煤 CO₂ 排放系数的变化率(Q_c),可以得出能源结构调整对 CO₂ 排放降低的绝对贡献率(C_a, %),C_a表明了按照当年能源结构产生的实际 CO₂ 排放量相较于在理论上假设全部采用煤炭作为能源的情景下,由于能源结构优化导致的 CO₂ 排放量变化。C_r 和 C_a 计算公式如下:

$$C_r = (Q_{e_0} - Q_{e_1}) / Q_{e_0} \times 100\% \quad (2)$$

$$C_a = (Q_{c_1} - Q_{e_1}) / Q_{c_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中:Q_{e₁}、Q_{e₀} 分别为目标年和基准年的全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数,kg/kg;Q_{c₁} 为当年煤炭的标准煤 CO₂ 排放系数,kg/kg。

考察我国全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数,分析各年度能源结构调整对 CO₂ 排放降低的相对贡献率和绝对贡献率,可以得到如下数据和结论:

(1) 相较于 2005 年,2013 年能源结构调整对 CO₂ 排放降低的绝对贡献率略有增加,相对贡献率变化较低,能源结构调整的任务依然艰巨。

2005、2009 和 2013 年能源结构调整对 CO₂ 排放降低的绝对贡献率分别为 13.11%、13.68% 和 16.60%。这表明,我国由于能源结构的优化,非化石能源和化石能源(石油、天然气)的发展对降低 CO₂ 排放起到了巨大作用。

但 2009 年相对于 2005 年的相对贡献率仅为

0.65%, 2013 年为 4.01%。这表明, 虽然我国“十一·五”期间非煤能源得到了较大发展, 但相较于煤炭的发展速度, 非煤能源的发展速度和规模并不占优势, 其在降低 CO₂ 排放方面还具有相当大的潜力。

(2) 电力行业结构调整力度大于平均水平, 终端节电措施产生的 CO₂ 排放降低效应递减。

由于火电采取上大压小等措施降低了单位电量煤耗, 以及水能、核能、风能等非化石能源多数集中在电力行业, 因此电力行业单位电量的 CO₂ 排放水平下降较快。由于电力结构的调整, 2009 年全国单位电量的 CO₂ 排放系数相较于 2005 年降低了 6.84% (其中单位电量煤耗降低因素贡献 6.67%, 非化石能源比例增加因素贡献 0.17%)。2012 年相较于 2005 年降低了 14.68%, 同期 (2009、2012 年) 全口径能源 (化石能源和非化石能源) 的标准煤 CO₂ 排放系数仅分别降低了 0.65% 和 4.01%。这一方面说明目前的能源结构调整对电力行业的影响要大于其他行业, 另一方面也说明电力行业的单位电量 CO₂ 排放系数降低较快, 从而导致由终端节电措施产生的 CO₂ 排放降低效应递减。

3 能源结构对 CO₂ 排放的敏感性变化分析

把能源结构和能源的标准煤 CO₂ 排放系数的变化以函数关系表达出来, 可以得到如下的关系式:

$$Y = f(\text{能源结构}) = f(\text{煤炭、石油、天然气、非化石能源}) = 2.814X_1 + 2.146X_2 + 1.641X_3 \quad (4)$$

式中: Y 为能源的标准煤 CO₂ 排放系数, kg/kg; X_1 、 X_2 、 X_3 分别为煤炭、石油、天然气 (非化石能源排放量为零) 占能源消费总量的比例, %。

3.1 煤炭比例降低的敏感性分析

假设煤炭比例不断降低, 并且在其他各类能源等量替代煤炭的情景下, 分析煤炭比例增加对能源的标准煤 CO₂ 排放系数的敏感性变化, 可得方程如下:

$$Y = 0.0157X_1 + 1.3602 \quad (5)$$

即煤炭比例每降低 1 个百分点, 全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数将降低 0.0157 kg/kg, 见图 1。

3.2 石油替代煤炭的敏感性分析

假设石油比例不断增加, 并且全部替代煤炭, 在其他能源比例不变的情景下, 分析石油比例增加对能源的标准煤 CO₂ 排放系数的敏感性变化, 可得方程如下:

$$Y = -0.0067X_2 + 2.5868 \quad (6)$$

即石油比例每增加 1 个百分点, 全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数将降低 0.0067 kg/kg, 见图 2。

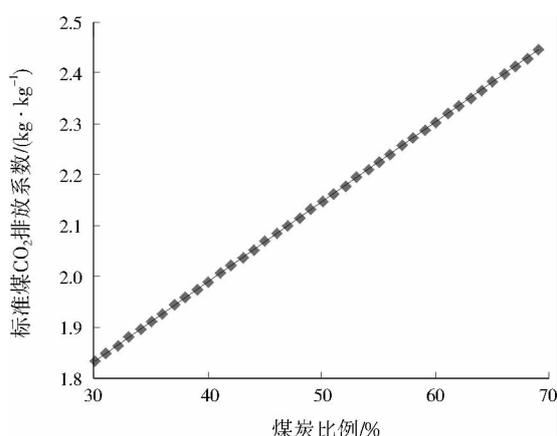


图 1 煤炭比例降低与标准煤 CO₂ 排放系数变化的敏感性分析

Fig.1 The sensitivity analysis about decrease in the proportion of coal and variation of CO₂ emission coefficients of standard coal equivalent

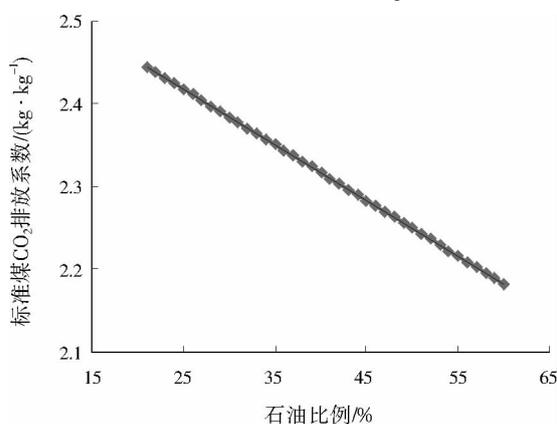


图 2 石油替代煤炭与标准煤 CO₂ 排放系数变化的敏感性分析

Fig.2 The sensitivity analysis about oil to replace coal and variation of CO₂ emission coefficients of standard coal equivalent

3.3 非化石能源替代煤炭的敏感性分析

假设非化石能源比例不断增加, 并且全部替代煤炭, 在其他能源比例不变的情景下, 分析非化石能源比例增加对能源的标准煤 CO₂ 排放系数的敏感性变化, 可得方程如下:

$$Y = -0.0281X_4 + 2.6409 \quad (7)$$

式中: X_4 为非化石能源占能源消费总量的比例, %。

即非化石能源比例每增加 1 个百分点, 全口径能源的标准煤 CO₂ 排放系数将降低 0.0281 kg/kg, 见图 3。

类似的, 还可以进行多种能源替代方案的敏感性分析。通过分析可以看出, 非化石能源替代煤炭具有最佳的 CO₂ 排放降低效益。

3.4 单位 GDP 能耗、单位能耗 CO₂ 排放量与社会 CO₂ 排放总量的关系

全社会总的 CO₂ 排放量同 GDP 总量、单位

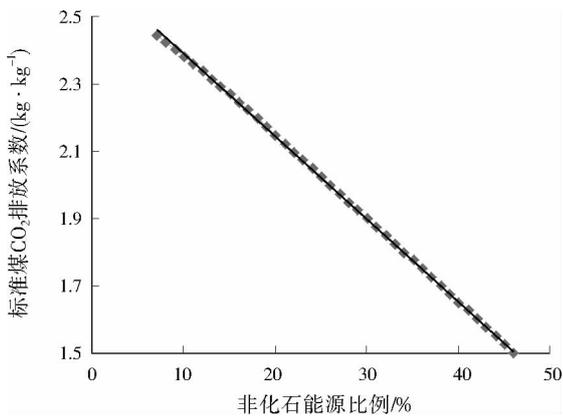


图 3 非化石能源替代煤炭与标准煤 CO₂ 排放系数变化的敏感性分析

Fig.3 The sensitivity analysis about non-fossil energy sources to replace coal and variation of CO₂ emission coefficients of standard coal equivalent

GDP 能耗和单位能耗 CO₂ 排放量相关,可用公式表示如下:

$$\text{第 } n \text{ 年 CO}_2 \text{ 排放量} = \text{基准年 GDP} \times \prod_{i=1}^n \text{GDP 同比增长率} \times \text{第 } n \text{ 年单位 GDP 能耗} \times \text{第 } n \text{ 年单位能耗 CO}_2 \text{ 排放量} \quad (8)$$

“基准年 GDP”为基准项,对于选定的基准年年份,该项是常数;“GDP 同比增长率”为需求项,取决于国家的发展目标;“第 n 年单位 GDP 能耗”为第一控制目标项;“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”为第二控制目标项。在“基准年 GDP”和“GDP 同比增长率”都确定的情况下,目标年的 CO₂ 排放量取决于这 2 个指标的控制情况。可以分情况讨论如下:

(1) “第 n 年单位 GDP 能耗”和“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”的乘积保持不变,目标年的 CO₂ 排放量仅同“GDP 同比增长率”有关,并且 CO₂ 排放量的增长速率同 GDP 的增长速率一致,见图 4(图中“GDP 同比增长率”为 10%,“第 n 年单位 GDP 能

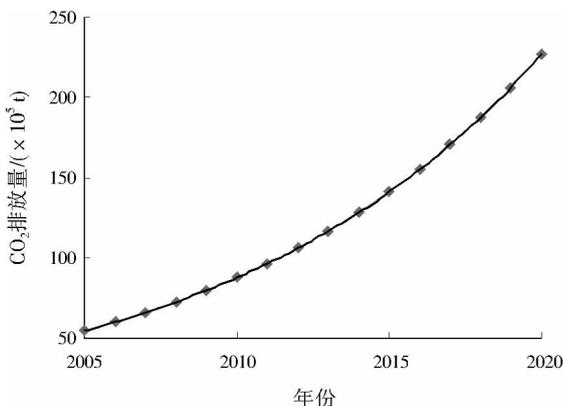


图 4 CO₂ 年度排放量变化趋势 I
Fig.4 Annual CO₂ emission trend I

耗”和“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”的乘积年增长率为 0)。

(2) “第 n 年单位 GDP 能耗”和“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”的乘积下降,且下降比率小于“GDP 同比增长率/(1+GDP 同比增长率)”时,CO₂ 排放量将随 GDP 的增长而增长,增长率大于 0、小于“GDP 同比增长率”,见图 5(图中“GDP 同比增长率”为 10%，“第 n 年单位 GDP 能耗”和“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”的乘积年增长率为 -5%)。

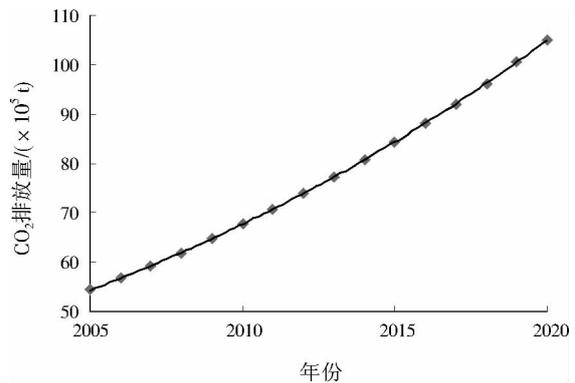


图 5 CO₂ 年度排放量变化趋势 II
Fig.5 Annual CO₂ emission trend II

(3) “第 n 年单位 GDP 能耗”和“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”的乘积下降,且下降比率大于“GDP 同比增长率/(1+GDP 同比增长率)”时,CO₂ 排放量将同 GDP 的增长脱钩,CO₂ 排放量出现拐点,见图 6(图中“GDP 同比增长率”为 10%，“第 n 年单位 GDP 能耗”和“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”的乘积年增长率为 -5%逐年变化为 -20%)。

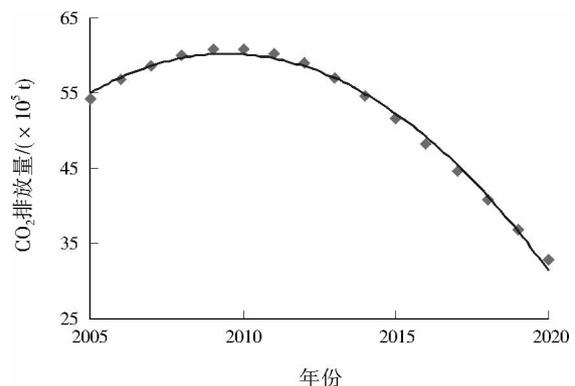


图 6 CO₂ 年度排放量变化趋势 III
Fig.6 Annual CO₂ emission trend III

综上所述,当“第 n 年单位 GDP 能耗”和“第 n 年单位能耗 CO₂ 排放量”的乘积年增长率为 -9.1%时,全社会的 CO₂ 排放量出现拐点。

4 基于能源结构的降低 CO₂ 排放措施建议

根据上述对能源结构和 CO₂ 排放之间关系的

分析,提出如下政策和措施建议:

(1) 两条腿走路,加强对化石能源的环境保护要求,倒逼能源结构调整,实现单位 GDP 能耗和单位能耗 CO₂ 排放量的双下降。

我国在“十一五”期间实施了大规模的节能减排措施,主要着力点在降低能耗上。随着节能工程的普遍进行,进一步节能的边际成本逐渐增加。同时我国的产业结构调整将是一个持续较长时间的过程,进一步通过节能降低单位 GDP 能耗的空间将逐步缩小。因此,逐步改善能源结构,降低单位能耗 CO₂ 排放量,实现两条腿走路,将是实现 CO₂ 排放控制目标的另一个重要途径。建议相关部门应进一步加强加强对传统能源的环境保护要求,通过加强污染控制、实施资源税和碳税^[11]等措施,约束传统能源消费的过快增长,倒逼能源结构调整,将环境保护的要求从源头纳入能源等社会经济发展规划。

(2) 双管齐下,完善政策支持和市场交易平台,优先实施非化石能源替代煤炭战略。

根据能源结构对 CO₂ 排放的敏感性分析,通过非化石能源替代化石能源、优质化石能源替代煤炭等措施,都可以产生不同程度地降低 CO₂ 排放降低效应。优先推动燃煤地区的非化石能源替代可产生最大的 CO₂ 排放降低效益,并产生良好的环境效益。以电力行业为例,如果采用非化石能源替代燃煤,每度电可减少燃煤 0.33 kg,减少 SO₂ 排放 6.2 g,减少 CO₂ 排放 0.9 kg。采用目前国内部分案例的 SO₂ 排污交易价格和国际清洁发展机制(CDM)碳交易价格对 SO₂ 和 CO₂ 排放变化量进行经济量化,可得 SO₂ 减排的效益在 0.06~0.12 元,CO₂ 减排的效益在 0.09~0.18 元,综合效益在 0.15~0.30 元。因此,可考虑在此范围内增加对非化石能源替代煤炭发展的政策或资金支持力度,或建立相关的交易平台,使燃煤降低产生的环境效益转化为经济效益,促进非化石能源的替代。

(3) 两端发力,提高节能工作针对性,加强前端能源制造领域节能与调整,加强末端节能与前端能源类型的联动。

随着电力结构的不断优化,单位电量产生的 CO₂ 排放不断降低。这意味着节约单位电量减少的 CO₂ 排放效益也逐渐降低。从长远来看,降低全社会 CO₂ 排放并不一定要降低能源的消费,降低 CO₂ 排放的工作重点应逐渐转变。主要包括以下两方面:一是从能源消费末端的广泛节能逐渐转变为对

前端能源制造领域进行针对性的节能和调整,如对仍旧使用煤炭的电厂采取替代和节约等措施;二是根据区域内能源的主要类型,对末端的产业结构进行匹配和调整,如在煤电为主的地区,继续加强对末端节能的要求,主要发展能耗相对较低的产业,在水电、风电、核电等非化石能源集中的地区,可适当集聚和发展能耗较高的产业。

(4) 二污统管,依托现有常规污染物排放统计基础,建立基于排放源的 CO₂ 统计和监管体系。

要实现从末端的广泛节能措施转变为对前端能源制造领域的针对性调整,就需要建立以 CO₂ 排放源为基础的 CO₂ 统计和监管体系。将 CO₂ 的排放信息落实到具体产生单位,采取针对性更强的节能减排措施。这样可以促使工作重点始终落实在对降低 CO₂ 排放效益最大的政策措施和企业单位上,避免一刀切,避免因过分强调能源使用总量的控制和末端节能措施的控制而产生对社会生活和经济发展的不利影响。鉴于 CO₂ 排放的重点源多数也是 SO₂ 排放的重点源,因此可考虑充分发挥环保部门的优势,研究在常规污染物的排污申报和管理制度中纳入对 CO₂ 排放统计和监管的可行性,为进一步 CO₂ 排放管理提供技术基础。

参考文献:

- [1] 李诚.我国部门间能源消耗与污染气体排放的估算[J].统计教育,2010(9):12-22.
- [2] 管理员.节能减排的计算方法[EB/OL].(2011-07-29).http://www.syhgjn.cn/audit_info.asp?nid=4748.
- [3] 徐国泉,刘则渊,姜照华.中国碳排放的因素分解模型及实证分析(1995—2004)[J].中国人口·资源与环境,2006(6):158-161.
- [4] 侯萍,王洪涛,张浩.用于组织和产品碳足迹的中国电力温室气体排放因子[J].中国环境科学,2012,32(6):961-967.
- [5] 政府间气候变化专门委员会(IPCC).2006年IPCC国家温室气体清单指南[R].神奈川:日本全球环境战略研究所,2006.
- [6] 吴宽鸿,陈亚飞,于海兵.我国炼焦煤与无烟煤的资源和生产能力[J].中国冶金,2005,15(7):18-21.
- [7] 陈武,唐辛,张希诚.我国煤炭资源及其开发利用研究[J].煤炭经济研究,2003(7):6-11.
- [8] 张树伟.非化石能源份额与排放强度变化的互动研究[J].能源技术经济,2011,22(11):13-18.
- [9] 中国电力企业联合会.电力工业“十二五”规划滚动研究综述报告[R].北京:中国电力企业联合会,2012.
- [10] 中国电力企业联合会.中国电力行业年度发展报告 2011[R].北京:中国电力企业联合会,2011.
- [11] 王金南,严刚,姜克隽.应对气候变化的中国碳税政策研究[J].中国环境科学,2009,29(1):101-105.

编辑:贺锋萍 (修改稿收到日期:2015-01-05)