

Research of Industry Development Strategy of Switching from High-Carbon to Low-Carbon Energy in China

Lifeng Zhang^{1, 2}

1. Northeastern university at Qinhuangdao, Hebei, Qinhuangdao 066004, China;

2. Research Institute for Urban Development and Environment, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100005, China

E-mail:zhanglifeng999@163.com

Abstract: Coal, oil and natural gas with high carbon emission coefficient are high-carbon energy, which led to CO₂ concentration in air. With China's industrialization, urbanization and modernization process of accelerating, energy demand grows rapidly. Because of China's energy consumption structure dominated by coal, and industrial structure dominated by heavy-industry, therefore economic development has a obvious "high-carbon characteristics". Moreover, China's new energy and renewable energy sources constrained by capital, technology and time are difficult to replace high-carbon energy in a short time. In order to develop low-carbon economy and achieve the 2020 emission reduction targets, switching from high-carbon to low carbon energy has important practical significance. Therefore, beginning with the industrial point of view, this paper analyses the carbon emissions of high-carbon energy, industrial high-carbon energy consumption and carbon emissions, and industrial energy saving rate, at last, it puts forward the industrial development strategy switching from high-carbon to low-carbon.

Key words: low-carbon economy; switching from high-carbon to low-carbon energy; industry development strategy

我国高碳能源低碳化利用的产业发展对策研究

张丽峰^{1, 2}

1. 东北大学秦皇岛分校经济系, 河北 秦皇岛, 中国, 066004

2. 中国社会科学院城市发展与环境研究所, 北京, 中国, 100005

E-mail:zhanglifeng999@163.com

摘要: 煤炭、石油和天然气的碳排放系数高, 属于高碳能源, 而这些化石能源的大量消耗导致空气中CO₂ 浓度增加。随着我国工业化、城市化和现代化进程的不断加快, 能源需求将快速增长, 加之我国能源消费结构以煤炭为主, 产业结构以重化工业为主, 因此, 经济发展具有明显的“高碳特征”。而我国的新能源和可再生能源由于受到资金、技术和时间的制约, 未来一段时间内很难替代高碳能源。为了发展低碳经济, 实现 2020 年减排目标, 对高碳能源进行低碳化利用具有重要的现实意义。因此, 本文从产业角度入手, 通过对我国高碳能源的碳排放、产业的高碳能源消费和碳排放、产业的节能率方面的分析, 提出了我国高碳能源低碳化利用的产业发展对策。

关键词: 低碳经济; 高碳能源低碳化; 产业发展对策

1 引言

化石能源主要指煤炭、石油和天然气, 它们的碳排放系数都很高, 其中煤炭约为2.66 吨二氧化碳/吨标准煤, 石油为2.02, 天然气为1.47, 可以说它们也是高碳能源。因此, 化石能源的大量消耗是导致空气中CO₂

基金项目: 中国博士后科学基金面上资助项目 (20100470492)。

浓度增加的主要原因, 亦是全球气候变暖的主要诱因。

目前我国正处于工业化发展阶段, 产业结构以工业尤其是高能耗、低效率、重污染的重化工业为主。随着工业化和城市化进程的不断加快, 未来能源需求将迅猛增长, 而我国的能源消费结构以煤炭为主, 2008 年煤炭所占比重高达68.7%, 煤炭消费比重大, CO₂ 排放强度较高, 致使在经济发展过程中“高碳”特征非

常明显。从碳排放趋势来看，在可预期的未来，中国的碳排放量可能不会大幅降低，甚至保持现状也很困难。虽然我国已提出大力发展可再生能源和核能，争取2020 年非化石能源占一次能源消费比例达到15%左右，这意味着到2020 年，我国煤炭、石油等高碳能源的消费比例仍然高达70%~80%，非化石能源大规模替代化石能源任重道远。

目前我国已成为世界第一大温室气体排放国。因此，在未来一段时期，我国在解决环境污染和应对气候变化方面的形势非常严峻，任务也十分艰巨。因此，我国已经提出了控制温室气体排放的行动目标，到2020 年，单位GDP 的CO₂ 排放量比2005 年下降40%-45%。

发展低碳经济，实现CO₂ 减排目标最关键的问题就是对煤炭、石油和天然气等高碳能源实施低碳化利用。而在高碳能源低碳化利用的过程中，各产业部门是实施的载体，只有落实到具体的产业部门，制定相应的产业发展政策，才能保证我国节能减排目标的实现，顺利向低碳经济转型。因此，本文从产业角度入手，着重分析了我国各产业部门高碳能源消费与碳排放情况，分析了各产业的节能率情况，据此提出了高碳能源低碳化利用的产业发展对策。

2 高碳能源碳排放分析

能源活动是最主要的二氧化碳碳排放源，而能源活动的二氧化碳排放全部来源于化石燃料燃烧，化石燃料消耗所排放的CO₂占95%以上^[1、2]。

目前国内对于碳排放测算的研究取得很多有意义的成果，如张德英^[3]、马忠海^[4]和徐国泉等^[5]。由于徐国泉等人提出并改进的碳排放量分解模型中的算法已经得到认可，因此本文采用该公式计算碳排放量，碳排放估算公式为：

$$E=\alpha E_c+\beta E_o+\gamma E_t$$

其中，E 为碳排放量；E_c为煤炭消耗量，α 为煤炭消耗的碳排放转换系数；E_o为石油消耗量，β 为石油消耗的碳排放转换系数；E_t为天然气消耗量，γ 为天然气消耗的碳排放转换系数。

Table1.The carbon emission coefficient of all kinds of energy

表 1. 各类能源的碳排放系数

项目	煤炭	石油	天然气	水核电
碳排放系数 (吨碳/吨标准煤)	0.7476	0.5825	0.4435	0

资料来源：国家发展和改革委员会能源研究所.中国可持续发展能源暨碳排放情景分析[R].2003.

根据表1中各类能源的碳排放系数和《中国能源统计年鉴》中的我国煤炭、石油和天然气消费量可以测算出我国历年高碳能源煤炭、石油和天然气的碳排放量。我国1978年的碳排放量为38570.64万吨碳，2008 年为182223.8万吨碳，是1978年的4.7倍，年均增长5.3%。煤炭、石油、天然气的消费量随着经济的快速发展在逐年增加，各自的碳排放量也在逐年增加，只是各自增长的速度有所不同。其中煤炭的碳排放量从1978年的30203.64万吨碳增加到2008年的146376.3万吨碳，年均增长5.4%；石油的碳排放量从1978年的7556.008万吨碳增加到2008年的31044.34万吨碳，年均增长4.8%，天然气的碳排放量从1978年的810.9876万吨碳增加到2008年的4803.105万吨碳，年均增长6.1%。

从煤炭、石油、天然气各自在碳排放量总量所占的比重来看，煤炭 1978 年所占比重为 78.3%，2008 年为 80.3%，呈现出先上升、后下降再上升的变化趋势；石油所占比重 1978 年 19.6%，2008 年为 17.1%，呈现出先降后升再下降的趋势；天然气所占比重 1978 年 2.1%，2008 年为 2.6%，呈现先降后升的趋势。可见，煤炭的碳排量在整个碳排量中仍占据主导地位，是导致我国碳排放量增加的主要化石原料。

3 产业高碳能源消费与碳排放分析

从各行业的高碳能源煤炭、原油、天然气的消费情况看，工业一直是能源消费大户，始终保持着较高的比重。其中工业煤炭消费量占整个煤炭消费量的比重近年来呈现逐渐上升的趋势，2002 年为 91.3%，2007 年上升为 94.8%，其中高耗能行业煤炭消费量占整个煤炭消费量的比重 2002 年为 80%，2007 年为 84%。工业原油的消费量占整个原油消费量的比重 2002 年为 99%，2007 年为 99.5%，高耗能行业原油消费量占整个原油消费量的比重 2002 年为 81%，2007 年上升为 96%。工业天然气消费量占整个天然气消费量的比重 2002 年为 78%，2007 年为 73.3%，高耗能行业的比重 2002 年为 45%，2007 年上升为 54%。

从我国分行业碳排放量来看（见表 2），工业碳排放量最多，其次是交通运输仓储和邮政业、列第三位的是农林牧渔业，呈现出“二三一”的类型，与产业结构的类型是相适应的。可见工业是主要的碳排放产业，在全部碳排量中工业碳排放 2002-2007 所占的比重分别为 80.6%、81.8%、84%、84%、84.8%和 85.3%，

有不断上升的趋势，这说明快速工业化过程推动了碳排放量的增长。从高耗能行业的碳排放数量看（见表3），高耗能行业碳排放占总排放量的比重 2002-2007

分别为 60%、62%、64.4%、66.4%、68.1%、68.9%，同样呈现逐渐上升的趋势，表明重化工业的迅速发展导致了碳排放量的增长。

Table2. The carbon emissions amount by sector

Unit: Ten thousand ton s

表2. 我国产业碳排放量

单位：万吨

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
农林牧渔业	2345.19	2383.91	2969.68	3067.12	3188.40	3129.87
工业	78693.25	117946.81	135927.57	122965.39	136103.34	147265.27
建筑业	662.07	1399.19	1585.59	1657.83	1776.53	1924.38
交通运输仓储和邮政业	6038.43	6874.90	8123.89	9106.85	10176.73	11326.01
批发零售餐饮业	991.77	1102.48	1242.76	1339.23	1429.98	1551.03

资料来源：根据历年《中国能源统计年鉴》计算得到。

Table 3. The carbon emissions amount of high energy consume industry

Unit: Ten thousand tons

表3. 我国高耗能行业碳排放量

单位：万吨

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
纺织业	681.34	870.423	1195.48	1147.13	1232.74	1282.34
造纸业	935.07	1047.66	1507.28	1620.49	1783.87	1809.33
石油加工	5438.40	22603.5	30350.7	10346.65	12396.26	14011.13
化学原料	4677.30	8295.88	8684.90	7048.32	7537.49	8054.42
非金属矿物	4797.91	6845.37	9565.21	9117.52	9152.28	9331.56
黑色金属冶炼	6350.23	14437.9	16753.1	10308.80	11385.65	12101.59
有色金属冶炼	702.69	1101.31	1402.60	1220.36	1319.52	1440.84
电力蒸汽	34844.65	45264.7	52056.3	56416.63	64386.43	70865.38

4 产业节能率分析

由表4可知，1981-1990年间，我国第一产业的万元产值能耗（1978年不变价）从1980年的3.26吨标煤降到1990年的2.5吨标煤，降低了23.3%，年均节能率为2.62%；第二产业的万元产值能耗（1978年不变价）从1980年的19.57吨标煤降到1990年的12.96吨标煤，降低了33.8%，年均节能率为4.04%；第三产业万元产值能耗（1978年不变价）从1980年的5.35吨标煤降到1990年的2.96吨标煤，降低了44.7%，年均节能率为5.74%。在这期间，第三产业的节能率最高，第二产业次之，第一产业节能率最低。这说明我国产业的节能效果在逐步提高，向好的方向发展。

1991-2000期间，我国第一产业的万元产值能耗（1978年不变价）从1990年的2.5吨标煤降到2000年的2.05吨标煤，降低了18%，年均节能率为1.96%；第二产业的万元产值能耗（1978年不变价）从1990年的12.96吨标煤降到2000年的4.82吨标煤，降低了62%，年均节能率为9.42%；第三产业万元产值能耗（1978年不变价）从1990年的2.96吨标煤降到2000年的2.49吨标煤，降低了15.8%，年均节能率为1.71%。在这期间，从1988年开始，第二产业的节能率要大于第一产业和第三产业的节能率，节能效果较大。第二产业的节能率最高，第一产业次之，第三产业节能率最低。第三产业节能率的降低，再加上第三产业占GDP比重的逐渐上升，势必会影响到我国能源消费总量的降低。

从2001年至2007年，总体来看，三次产业的节能率都有所降低，尤其是第二产业比较明显，2003年和2004年节能率为负值，2005年有所好转。第三产业的节能率在2004年和2005年也出现负值，说明第二和第三产业的能耗没降反升。

因此，从我国三次产业节能率情况看，目前节能

减排形势比较严峻，任务艰巨，特别是第二、三产业的节能问题，应放在突出的位置。因此，应加大技术进步的力度，提高第二、三产业能源利用效率，通过技术节能使第二、三产业的能源消费量逐步降低，减少二氧化碳排放。可见，进一步加强节能工作对于我国能耗的降低和减排目标的实现是非常重要的。

Table4. The industrial energy saving ratio Unit: %

表 4. 三次产业节能率 单位: %

年份	一产节能率	二产节能率	三产节能率	年份	一产节能率	二产节能率	三产节能率
1981	6.8	5.0	8.1	1995	-2.7	4.0	13.
1982	9.2	0.4	6.9	1996	1.2	6.9	-1.3
1983	4.9	3.3	7.2	1997	0.2	9.9	3.8
1984	5.7	6.2	10.	1998	5.3	13.	-0.9
1985	-3.3	9.7	8.3	1999	2.0	11.	-0.3
1986	-1.4	3.6	5.4	2000	-1.2	3.3	3.8
1987	-0.7	5.1	7.5	2001	-0.3	11.	4.8
1988	-2.8	6.6	2.9	2002	-1.6	-0.7	2.8
1989	2.3	-1.4	-0.4	2003	-0.6	-6.6	-4.1
1990	4.7	1.3	-0.0	2004	-7.5	-5.8	-5.9
1991	-2.7	7.2	0.8	2005	1.3	0.4	1.1
1992	6.0	12.	3.6	2006	-0.2	2.8	1.1
1993	9.0	11.	-6.4	2007	5.3	4.2	4.0
1994	-2.7	8.7	9.5				

资料来源：根据历年《中国能源统计年鉴》和《中国统计年鉴》计算而得。

5 高碳能源低碳化利用的产业发展对策

5.1 加快煤炭资源低碳化利用，促进煤炭产业结构调整

我国是一个富煤、贫油、少气的国家，煤炭资源丰富，能源生产和消费结构都是以煤炭为主，而且这种结构在短期内很难改变，也就是说无碳能源资源的选择有限。因为发展无碳能源，需要资金、技术，也需要时间。要实现2020 年非化石能源占一次能源消费比重达到15%左右的目标，我国非化石能源消费总量应达到6.8 亿吨标煤。即使到2020 年我国风电、太阳能和生物质发电规模分别达到1.5 亿千瓦、2000 万千瓦和3000 万千瓦，折标煤也只有1.3 亿吨。2020 年核电规模达到7000 万千瓦，折标煤为1.6 亿吨，水电

开发规模约3 亿千瓦，折标煤为3.1 亿吨。11 年时间6000 万千瓦核能装机、1.2 亿千瓦风电、光电和生物质能发电装机、1.1 亿千瓦水电装机，所需的资金和技术，并非是轻而易举信手可得的，没有资金和技术，也就谈不上低碳或者无碳。

因此，在目前这种以煤炭为主的能源消费结构下，我国发展低碳经济和碳排放目标实现，高碳能源尤其是煤炭的低碳化利用，对于实现煤炭产业由劳动密集向知识密集、由粗放经营向集约经营、由浪费资源向节约资源、由污染环境向保护环境、由事故频发向以人为本的结构调整显得尤为重要，可以说是碳减排的重点领域。

在煤炭供给侧，减少产品杂质，提高产品质量，优化产品结构，深化产品加工，延长产业链条，提供低

碳产品；在煤炭需求侧，提高消费成本，减缓消费增速，转变消费方式，注重节能减排。

实现煤炭低碳化利用，洁净煤技术的研发正在成为世界各国传统能源竞争的制高点。我国已将发展洁净煤技术列入《中国21 世纪议程》，主要涉及四个领域：煤炭加工（选煤、型煤、配煤、水煤浆等）、煤炭高效洁净燃烧与发电（硫化床燃烧、整体煤气化联合循环发电等）、煤炭转化（气化、液化、燃料电池等）、排放控制与废弃物处理（烟气净化、煤层气的开发利用、工业锅炉等）。

洁净煤技术，特别是其中的煤炭转化技术，正处于工业化示范的初期，资金投入大、技术风险高、人才要求多、经济效益差，非公有制经济无力也不愿进入其中。一是制定洁净煤技术开发利用的“十二五”规划。二是成立全国洁净煤技术的政产学研联盟。三是加强洁净煤技术的国际交流与合作。四是鼓励民间投资洁净煤技术。

5.2 提高产业能源利用效率，调整产业结构

21世纪以来，中国工业，尤其是高耗能工业的快速发展是中国能源消费快速增长的重要原因之一，因此加大产业结构调整力度，控制高耗能工业的发展，鼓励和促进高科技产业和第三产业的发展是抑制中国能源消费快速增长的主要手段之一。在高碳能源低碳化利用中，要特别注重节能和提高能效，这是最现实的高碳能源低碳化利用方式。在目前的碳减排统计中，二氧化碳填埋对碳减排的贡献为14.7%，新能源是21%，而通过节能所带来的碳减排则超过了40%。考虑实施的产业政策包括：

1、淘汰铝工业、钢铁、水泥、焦化、铁合金、电石、汽车、煤炭、电力等高耗能产业的落后生产能力。

2、建立大规模企业集团，提高企业运营效率。在产业结构政策的调整中，对钢铁、水泥、汽车、煤炭、

电石等行业通过建立大型的企业集团，促进生产效率和能源利用效率的提高。

3、科技进步和高耗能产业向高科技产业的转化，对能源效率的提高具有重要意义。在控制能源消耗大、污染高的高耗能工业的发展的同时，如果能够进一步鼓励高科技产业的发展，将更加有利于产业结构转变和能源效率提高。通过实行差别电价、能源税、污染税等手段提高高耗能产业的经营成本，严格控制高耗能产业的市场准入。给予高科技产业、服务业投资、信贷、税收等优惠政策，鼓励高科技产业的发展。

References (参考文献)

- [1] Hu Chuzhi, Huang JinXian, Zhong Taiyang. The Analysis of China's Carbon Emissions Characteristics and Dynamics Evolution [J], *China's population Resources and Environment*, 18 (3), 2008, P38-42(Ch).
胡初枝，黄贤金，钟太洋等. 中国碳排放特征及其动态演进分析[J]. 中国人口·资源与环境，2008，18（3），P38-42.
- [2] Song Deyong, Lu Zhongbao. The Research of Carbon Emission Factors Decomposition and the Cyclical Fluctuations of China [J], *Chinese population Resources and Environment*, 19 (3), 2009, P18-24(Ch).
宋德勇，卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究[J]. 中国人口·资源与环境 2009，19(03)，P18-24.
- [3] Zhang Deyong. The Research of Industrial Sector Estimating Method of Carbon Emission in China [D], *Beijing Forestry University*, Beijing, 2005, P182-301(Ch).
张德英. 我国工业部门碳源排碳量估算方法研究[D]. 北京：北京林业大学，2005，P182-301.
- [4] Ma Zhonghai. The Research of Comparative Evaluation of Carbon Emissions Coefficient of Several Major Greenhouse Gas in China [D], *China Institute of Atomic Energy*, Beijing, 2003, P152-361(Ch).
马忠海. 中国几种主要能源温室气体排放系数的比较评价研究[D]. 北京：中国原子能科学研究院，2003，P152-361.
- [5] Xu Guoquan, Liu Zeyuan, Jiang Zhaohua. The Carbon Emissions Factor Decomposition Model and Empirical Analysis in China: 1995-2004 [J], *China's population Resources and Environment*, 16 (6), 2006, P158-161(Ch).
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，2006，16（6），P158-161.