

减排二氧化碳发展低碳经济 首先要重视节约使用化石能源

曹湘洪

(中国石化集团公司,北京 100728)

[摘要] 分析了能源消费和经济发展的规律,可再生能源的特点、大量开发利用存在的技术瓶颈和减排二氧化碳的效果,认为我国能源消费总量正处在持续增长期,未来40年内可再生能源不可能成为我国的主要能源,化石能源仍将是我国能源的主体,提出减排二氧化碳、发展低碳经济,要首先重视节约使用化石能源。归纳了我国化石能源开发利用取得的成就和存在的问题,提出了节约使用化石能源的对策,一是确定比较合理的GDP增长速度,建立化石能源消费总量控制指标体系;二是建立化石能源加工利用过程全寿命周期能效及二氧化碳排放的评价方法,通过不断优化提高化石能源利用效率;三是从我国化石能源资源状况出发,研究建立符合国情的低碳现代化生活消费模式;四是充分利用财政税收政策和行政手段鼓励和强制节能;五是加强节约使用化石能源的技术、材料、产品的研究开发和推广应用;六是加大资金投入,实现化石能源的优化利用和节约使用。

[关键词] 二氧化碳;低碳经济;化石能源

[中图分类号] TE0 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)08-0008-14

1 前言

为了防止全球气候变暖,发展低碳经济,减排二氧化碳越来越成为世界的共识。我国也提出了具体的奋斗目标,到2020年单位GDP的二氧化碳排放量要在2005年的水平上减少40%~45%,各级地方政府和企业也开始行动起来。加快发展核电、水电,尤其在开发利用风能太阳能等可再生能源上,政府加强政策扶植、鼓励发展,企业加大资金投入加快发展,风力发电装备制造能力、多晶硅生产能力、太阳能电池制造能力和“两电”装机能力出现了“井喷式”增长。发展可再生能源是发展低碳经济、减排二氧化碳的主要举措,给予重视是必要的,但是冷静分析,在可以预见的未来,可再生能源难成“主角”,化石能源仍将是我国的主体能源,发展低碳经济、减排二氧化碳首先要重视化石能源的节约使用和合理利用。

2 我国的能源消费总量正处在持续增长期

2.1 在经济发展的一定阶段,能源消费随GDP增长而增长是客观规律

能源是经济发展和社会进步最重要也是最基本的物质基础,人类获得和利用能源的能力决定了人类文明的程度。称之为工业革命象征的蒸汽机发明后的一百多年内,由于发生蒸汽所使用的燃料一直依赖木柴,蒸汽机引发的这一时期的工业革命并不具有任何重要的经济意义。1850年前后煤矿的发现和开发,可以用煤炭作燃料的蒸汽机大量推广和使用,整个世界的经济和社会的发展才产生了飞跃。当今时代经济和社会的运行高度依赖石油、煤炭、天然气,能源消费和经济发展之间存在密切的依赖关系。表1列出了1988—2007年间世界及部分有代表性的国家GDP增速和能源消费的增长速度。

[收稿日期] 2010-04-14

[作者简介] 曹湘洪(1945-),男,江苏江阴市人,中国工程院院士,长期从事石油化工生产技术与企业管理工作;E-mail:tiantian9256@hotmail.com

表1 世界及部分有代表性的国家1988—2007年GDP和能源消费的增长速度

Table 1 1988—2007 GDP and energy consumption growth rate for the world and some representative countries

	世界	美国	英国	日本	德国	法国	意大利	印度	韩国	巴西	沙特阿拉伯
年均GDP增长率/%	3.1	3.1	2.4	2.8	2.1	2.1	1.6	6.4	6	2.3	3.6
年均能源消费增长率/%	1.9	1.3	0.2	1.6	-0.7	1.07	1	5	6.6	3.1	4.3
能源消费弹性系数	0.61	0.42	0.083	0.57	-0.33	0.51	0.63	0.78	1.1	0.91	1.19

从表1可见在1988—2007年间,即使美国、日本等发达国家随着GDP增长,能源消费也在增长,仅是弹性系数(能源消费增长速度与GDP增速之比)比发展中国家低一点而已,只有德国GDP年均增长2.1%而能源消费年均下降了0.7%,弹性系数是负的。统计数据表明能源消费与经济发展之间存在如图1所示的能源消费强度(单位GDP的能源消费)人均能源消费、能源消费总量3种倒U型曲线的基本规律。从图1可见达到能源消费强度高峰相对容易,世界上已跨越能源消费强度高峰的国家经历高峰时,对应的人均GDP收入水平在3000~5000美元;16个已基本跨越人均能源消费高峰的国家经历高峰时,人均GDP在10942~23201美元(1990年)。两个高峰间的时间在24~91a,到达人均能源消费高峰后,跨越能源消费总量高峰仅与人口增速有关,时间相对短,到目前为止跨越能源消费总量高峰的仅有比利时、丹麦、德国等少数发达经济体。

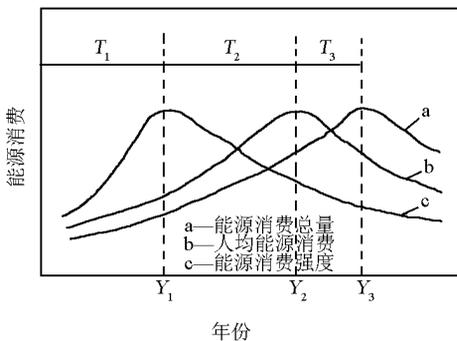


图1 能源消费三大高峰的演化态势示意图

Fig. 1 Illustration of the evolution trend for three energy consumption peaks

长。1998—2007年GDP的年均增速为9.69%,能源消费的年均增长速度达到了8.12%,能源消费的弹性系数为0.83,我国经济发展取得了举世瞩目的成就,但到2008年底人均GDP仅为3260美元,我国经济还处于重化工业阶段,根据发达国家的经验,全面实现工业化和城市化的目标还需要经历20年甚至更长的时间。

2008年我国能源经济消费总量为 28.6×10^8 t标准煤,位列世界第二,但人均能源消费还远低于发达国家水平(见表2)。

表2 2008年中、美、日、德、法和世界人均一次能源消费水平

Table 2 2008 per capita primary energy consumption level of China, USA, Japan, Germany, France, and Global

	中国	美国	日本	德国	法国	世界
人均消费吨油数量	1.51	7.55	3.97	3.79	4.14	1.7
人均能耗比	1.0	5.0	2.63	2.51	2.74	1.12

根据能源消费与经济发展关系的统计规律,尽管我国已跨越能源消费强度高峰,在今后相当长的一段时间内我国能源消费总量还将持续增长。中国科学院组织完成的一份研究报告预测,如果2005—2050年我国GDP年均增速为6.4%,其中2005—2020年为9%,2020—2035年为6%,2035—2050年为4.5%,2050年我国一次能源的需求量如表3所示可能达到 66.59×10^8 t标准煤。由表3推算2005—2050年能源消费年均增速为2.5%,能耗弹性系数仅为0.39,如表1所示1988—2007年的20年中世界GDP年均增长为3.1%,弹性系数为0.61,美国GDP年均增速为3.1%,能耗消费弹性系数为0.42,我国今后40多年中经济发展所处的阶段,GDP年均增速要保持6.4%,使能耗弹性系数降到0.39的水平是极为困难的。如果按1988—2007年的20年中美国实际的能耗弹性系数0.42计算,2050年我国的能耗总量将达 72.18×10^8 t标准煤,按世界平均能耗弹性系数0.61计算,2050年我国的能耗总量达到 122×10^8 t标准煤。因此可以认

2.2 今后相当长的时间内,我国能源消费还将持续增长

改革开放以来,我国经济一直呈现快速发展的态势,2008年的经济总量已达到314045亿人民币,成为仅次于美国、日本的世界第三大经济体。随着国民经济的快速发展,我国的能源消费量也快速增

为到 2050 年我国能耗消费 66.57×10^8 t 标准煤的 预测是一个乐观的预测。

表 3 一次能源需求量预测
Table 3 Primary energy demand forecast

(单位:百万吨标准煤)

年份	煤	石油	天然气	水电	核电	风电	生物质能发电	醇类汽油	生物柴油	合计
2005	1 536.5	435.2	60.4	131.5	19.9	0.8	1.9	1.8	0.6	2 188.6
2010	2 423.6	627.7	109.3	216.9	27.6	6.6	15.8	9.7	0.6	3 437.9
2020	2 990.5	1 096.4	270.5	294.4	90.2	20.2	30.2	21.5	3.1	4 817.2
2030	2 932.3	1 586.9	460.3	358	181.2	53.7	43.8	33.4	7.9	5 657.6
2040	3 001.1	1 710.2	532.4	379.5	379.5	84	70.8	36.1	8.5	6 202.1
2050	2 924.6	1 835.5	668	396.9	595.4	102.5	86.3	38.9	9.2	6 657.4

3 未来 40 年可再生能源不可能成为我国的主要能源

3.1 可再生能源是数量巨大的低质量能源

大力开发可再生能源是发展低碳经济的重要措施。可再生能源资源十分丰富,到达地球陆地表面的太阳能约为 1.7×10^{13} kW,我国各地太阳年辐射总量为 3 340 ~ 8 400 MJ/m²,中值为 5 852 MJ/m²。如果把地球表面 0.1 % 的太阳能转变为电能,转变率为 5 %,每年的发电量相当于目前世界能耗的 40 倍左右^[1]。生物学家估算地球上每年生长的生物能总量达 $1 400 \times 10^8 \sim 1 800 \times 10^8$ t(干重),相当目前世界总能耗的 10 倍^[2],目前被人类利用的生物质量 60×10^8 t,仅占总量的 3.5 %,其中 37×10^8 t 作为人类的食物, 20×10^8 t 的木材用作材料和能源,3 亿 t 被用于满足人类其他需求。目前我国农作物秸秆、林木生物质和畜禽粪便三类中可做能源的生物质资源总量折合标准煤 6.5×10^8 t,2020 — 2050 年预期可达到 $9 \times 10^8 \sim 12 \times 10^8$ t 标准煤^[3]。全世界江河的水能资源量总计 50.5 亿 kW,技术可开发的水能资源装机容量 22.6 亿 kW;我国江河水能资源理论蕴藏量为 6.76 亿 kW,其中技术可开发年发电 5.92×10^4 亿 kW·h,装机容量 3.78 亿 kW,年发电量 1.92×10^4 亿 kW·h^[4];水能资源中还有海洋中蕴藏的潮汐、波浪、潮流、温差、盐差能,据估算世界海洋潮汐能约 10 亿 kW,我国海洋潮汐能、波浪能、潮流能、盐差能、温差能蕴藏量约分别为 2 179 万 kW,1 285 万 kW,1 394 万 kW,1.25 亿 kW,13.21 亿 kW^[4]。全球技术上可开发利用的风能资源总量估计约 53×10^6 亿 kW^[5],我国国家气象局提供的资料显示,我国陆地和海上可开发的风能资源储量

分别为 2.5 亿 kW 和 7.5 亿 kW。

从数量上看可再生能源完全可以满足人类及我国的各种能源需求,但是可再生能源质量上存在着明显的缺陷。一是能量密度低。以我国目前正在大力开发利用的太阳能、风能、生物质能为例,晴朗白昼的正午,垂直于太阳光的 1 m^2 地表面积所能接受的太阳能仅 1 kW^[1];我国公认风能资源丰富的内蒙和西北地区,年平均风速达 6 m/s 左右,全年有效风时高达 5 000 ~ 6 000 h,风能密度也只有 $150 \sim 200 \text{ W/m}^2$, 1 km^2 范围内可利用的风能量 1 500 kW^[5];生物质能,硬木、软木、玉米芯等木质燃料的堆积密度为 $200 \sim 350 \text{ kg/m}^3$,已切碎的农作物秸秆堆积密度为 $50 \sim 120 \text{ kg/m}^3$,生物质的热值一般在 $18 \sim 21 \text{ MJ/kg}$,按统计数据计算每公顷(1 公顷 = $10 000 \text{ m}^2$)的农作物秸秆产量约 $4.9 \text{ t}^{[6]}$ 。二是时间空间分布不均匀,随机性很大。仍分别以太阳能、风能和生物能为例,太阳能光伏或太阳能热发电效率最高的是太阳光垂直入射时,即使阳光明媚的白天,阳光入射角总是在不断改变,其发电量在 24 h 内在零到最大值之间变动,归零的时间近 50 %,空间上我国各地日照时数存在很大差异,高的地区有 3 200 ~ 3 300 h,低的地区仅有 1 000 ~ 1 400 h;风能资源不仅呈现明显的季节性和地域性,而且每天每时都处在动态变化之中;生物质能的积聚即生物质的生产速度与其光合作用密切相关。随着地球上昼夜交替、四季变化、五带(热带、南北温带、南北寒带)区分和阴晴雨雪引起的光照时间、光照强度、温度和水分等环境因素呈现周期性变化,既有生长大周期也有季节周期性和昼夜周期性,可用于能源生产的能源作物和农林废弃物,绝大部分为一年只收获一次,有的多年才收获一次,一年收获

两次及以上的是极少数。

3.2 可再生能源大量开发利用存在明显的技术经济瓶颈

可再生能源质量上的明显缺陷为其得到高效开发利用设置了一系列困难。太阳能及风力发电产生的电能由于时间空间分布上的不均匀性,使其很难并入现有电网系统,因为并网后对电网的安全稳定运行会带来巨大的冲击,智能电网技术即使开发成功,也只能在太阳能发电和风力发电的发电能力波动时可以使用其他的发电能力进行自动调节或补偿,而为了能自动调节或补偿这类电力负荷波动,必须有可以随机启动且具有灵活调节功能的其他发电能力备用,有关研究机构计算,需要按照与火电 1:2 的比例进行配置调峰^[7]。硅基太阳能电池通过长期的研究开发,虽然技术成熟度已达到较高水平,但其发电成本无法和化石能源的发电成本竞争,在提高发电效率上具有巨大潜力的薄膜太阳能电池发电效率要达到目前硅基太阳能电池的水平还有很长的路要走。与太阳能光伏发电相比,风力发电技术更趋成熟,国内外都有大型风力电站运行的经验,但同样存在装机容量利用效率低,发电成本高、经济性差等问题。2008 年我国 1 200 万 kW 装机容量风电设施利用率只有 10%,通常风电场按额定功率计算的年发电小时数应在 2 200 ~ 2 500 h 以上,才是经济合理的。

生物质能是唯一可以直接生产运输燃料的可再生能源,加拿大 Iogen 公司利用小麦秸秆生产燃料乙醇的纤维素乙醇技术 2004 年就经过年产千吨级装置的验证^[8]。第二代生物燃料技术即生物质气化和 F-T 合成工艺生产高质量生物柴油的 BTL 技术也已进行了千吨级装置的验证及产品应用试验^[9],尽管都有利用这些技术建设大型工业装置的计划,但并没有具体实施,分析其原因,主要是在经济性上缺乏竞争力。

美国工程院曾对利用生物质生产运输燃料的经济性进行了具体的评估^[10]。每天耗用 3 950 t 生物质,采用 BTL 技术生产 4 410 桶液体燃料的工厂,秸秆价格为 42 美元/t,考虑 CCS 时的产品价格和原油为 139 美元/桶的石油产品价格平衡(见表 4);美国工程院还对利用生物化学转化平台用杨树木生产乙醇的成本进行了评估^[11],结果如表 5 所示。评估结果说明利用生物质生产运输燃料的经济性明显差于煤制油(CTL),发展生物燃料必须克服经济性的障

碍。

为了创建低碳经济社会,未来可再生能源开发利用会以较快的速度增长,但是鉴于可再生能源开发利用存在的明显的技术经济瓶颈,在未来 40 年能源消费中仍不可能占主导地位。

表 4 煤、生物质、煤与生物质联合热化学转化重要设定、产生和成本

Table 4 Main process, production, cost of coal, biomass, mixed coal & biomass thermal chemical conversion

	CTL F-T 合成 有 CCS	CBTL F-T 合成 有 CCS	BTL F-T 合成 有 CCS
煤/(t/天)	26 700	3 030	0
生物质/(t/天)	0	3 950	3 950
液体燃料总 产量/(桶/天)	50 000	10 000	4 410
工厂总投资/ (美元/桶·天)	98 900	134 000	147 000
液体燃料成本/ (美元/gal/汽油当量)	1.64	2.52	3.32
盈亏平衡的油价/ (美元/桶)	68	103	139

注:1gal(美)=3.785 411 784 L

表 5 杨树生物转化乙醇的重要设定和成本

Table 5 Main parameters and cost of poplar to ethanol through bio-conversion process

	当前	2020 年	2020 年以后
转化工厂规模(×10 ⁷ gal)	4	4	4
总投资(×10 ⁶ 美元)	223	194	174
总投资/(美元/年·gal)	5.65	4.85	4.34
总投资/(美元/桶·天)	87 000	75 000	67 000
生物质用量/kW	593 000	514 000	461 000
乙醇收率/(gal/吨物质)	67	78	87
乙醇操作成本/(美元/gal)	1.95	1.40	0.90
乙醇生产成本/(美元/gal)	2.70	2.00	1.50
公用工程成本/总成本/(%)	34	39	48
原料成本/总成本/(%)	57	51	40

注:用谷物乙醇已验证过的 Super Pro 设计模型估算;1gal(美)=3.785 411 784 L

严陆光等开展的《我国大规模可再生能源基础与技术的发展研究》的结论虽然认为“未来世界将依赖可再生能源”,但是他们预测 2050 年我国的能源消费中煤炭、石油、天然气三大化石能源仍占 75%^[12]。

以王毅为首席科学家的《2009 中国可持续发展战略报告—探索中国特色的低碳道路》研究组的研

究结果认为在采取各种降低碳排放措施后,2050年我国一次能源的需求量可控制在52.50亿t标准煤,煤炭、石油、天然气三大化石能源占一次能源的需求量的比例为71.5%,水能、风能、太阳能、生物能占一次能源总需求14.3%,他们的研究也说明尽管可再生能源的总量会以较快的速度增长,但是到2050年可再生能源只是能源的重要补充,化石能源还是我国主要能源^[13]。

4 减排 CO₂ 要首先重视节约使用化石能源

4.1 科学评估可再生能源减排 CO₂ 的作用

风力发电和太阳能发电是利用不含碳的风能、太阳能做动力,生物质生产运输燃料利用的生物质在生产过程吸收二氧化碳释放氧气,初看起来利用可再生能源可以大幅度减少二氧化碳排放,但是能否减少二氧化碳排放应该从开发利用再生能源全过程进行分析,即进行寿命周期分析,才能做出科学合理的评估,任何可再生能源的开发利用都必须有能量的投入。太阳能电池使用的多晶硅材料的生产过程就是一个高能耗的过程,目前的水平生产每吨多晶硅要耗电16万kW。江西赛维公司引进了目前国际上流行的改良西门子法多晶硅生产工艺,建设的年产 1.5×10^4 t/a装置是由5条生产线组成的,年耗柴油20.9万t,用电32亿kW·h,生产每千克多晶硅的综合能耗为213kW·h。生物质生产过程需要使用化肥、农药,转化成生物燃料要将他们运输到工厂,生物燃料生产过程也要消耗能源。美国工程院对利用玉米生产燃料乙醇和纤维素乙醇的二氧化碳减排效果进行全寿命周期分析结果如图2所示^[14],玉米乙醇不仅不能减排反而增加二氧化碳排放。每桶当量汽油玉米乙醇产品的净二氧化碳排放为0.37t,纤维素乙醇每桶当量汽油生物燃料产品可以减排CO₂量为0.25t,而达到这一减排水平时,纤维素转化成燃料乙醇的收率要高于76gal/t干基生物质(0.287m³/t干基生物质),如果收率达不到这一水平,减排CO₂的效果就会大打折扣,甚至出现有些研究者寿命周期分析后得出的增排CO₂的结果。

对于太阳能发电、风力发电,如果效率(发电能力的利用率)达不到一定水平,全寿命周期内同样会出现不是减排而是增排的情况。清华大学江亿评述“按照世界平均制造发电光伏电池板的技术水平来看,在制造过程中要消耗大量电能,在拉萨的电回

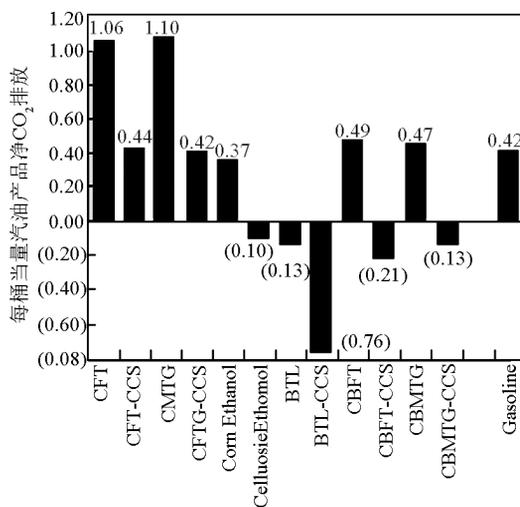


图2 替代燃料产品寿命周期二氧化碳碳排放估算结果

Fig. 2 CO₂ emission evaluation in the life cycle of renewable fuels

注:寿命周期指从采矿、资源收获到转化和燃料消耗的全过程,生物燃料生命周期二氧化碳排放包括植物光合作用储存吸收的二氧化碳,是间接的温室气体减排。CFT:F-T合成法煤制油;CCS:CO₂捕集储存;CMTG:煤经甲醇路线生产汽油;Corn Ethanol:玉米乙醇;Cellulosic Ethanol:纤维素乙醇;BTL:生物质气化F-T合成制油;CBTL:煤生物质共气化制油;CBMTG:煤、生物质经甲醇制汽油;Gasoline:汽油

收期是4年,在北京6到7年,重庆10年,如果光伏电池的寿命是十来年,也就是说快不能用的时候刚把制造光伏电池耗用的电找出来”^[15],如果在光伏电池全寿命周期内的发电量和制造光伏电池消耗的电持平,就意味着太阳能发电就没有对减排CO₂发挥作用。

4.2 减少化石能源的使用是最直接最有效的减排CO₂方法

自然界多种过程都会向大气中排放CO₂,但是大气中CO₂浓度升高,造成全球气候变暖的根本原因是化石能源的大量使用,减少化石能源的使用是最直接最高效的减排CO₂的措施。我国减少化石能源使用上有巨大的潜力,王毅等组成的课题组预测了我国国民经济保持同样发展速度,采取降低碳排放措施后的一次能源需求量(见表6)^[13]。对比表3,表6的数据2050年低碳、基准情景的煤炭需求量分别为19.84亿,29.24亿t标准煤;石油需求量分别为10.25亿,18.35亿t标准煤;天然气需求量分别为7.45,6.68亿t标准煤;3种化石能源合计分别为37.54,54.27亿t标准煤;而同期水电、核

电、风电、太阳能发电、生物质发电、醇类汽油、生物柴油分别为 14.95, 2.28 亿 t 标准煤。综合上述数据考虑核电与可再生能源可以提供的能源后, 低碳情景可减少化石能源需求 14.06 亿 t, 减少 CO₂ 排放的主要贡献应该是化石能源使用量的大幅度减

少, 在发展低碳经济为实现 2020 年我国单位 GDP CO₂ 排放减少 40% ~ 45% 而努力的过程中, 我们应该重视风能、太阳能、生物质能等可再生能源的开发和利用, 但首先要重视节约使用化石能源。

表 6 一次能源需求量预测

Table 6 Primary energy demand forecast

(单位: 百万吨标准煤, 低碳情景)

年份	煤	石油	天然气	水电	核电	风电	太阳能发电	生物质能发电	醇类汽油	生物柴油	合计
2005	1 536.5	435.2	60.4	131.5	19.9	0.8	0.0	1.9	1.8	0.6	2 188.6
2010	2 173.1	528.2	108.7	206.5	45.6	12.1	0.1	9.4	2	1	3 086.7
2020	2 194.8	842.8	349.1	374.7	136.2	51.1	0.7	32.4	8.3	5.8	3 995.8
2030	2 091.5	963.7	529.2	400.7	300.6	92.2	4	52.1	27.9	12	4 473.9
2040	2 062.8	1 010.5	627.8	423.8	470.9	117.7	9.4	61.2	36.3	13	4 833.3
2050	1 984.4	1 025.0	745.5	422.0	759.5	168.8	19.7	67.5	43.5	14	5 250.0

5 我国化石能源开发利用取得的成就

5.1 国内产量逐年增长, 除石油外基本保证了市场供应

随着国民经济快速发展, 我国化石能源消费量一直呈现快速增长的势头, 在 market 需求的拉动下化石能源产量逐年增长, 除石油外基本保证了供应 (见表 7)。石油产量稳中有升, 但消费增长迅速, 进口依存度越来越大 (见表 8)。

5.2 节能工作成效明显, 能源消费强度保持下降趋势

按照建设资源节约环境友好型社会的要求, “十一五” 国家提出了明确的节能目标, 单位 GDP 能源消耗下降 20%。通过调整经济结构, 淘汰高能耗的落后生产能力, 加强节能技术推广应用, 能源消费强度继续呈现出下降趋势。据国家统计局公布的资料, 2006—2009 年我国关停小火电机组 $6\,038 \times 10^4$ kW, 淘汰落后炼铁产能 $8\,172 \times 10^4$ t, 炼钢产能 $6\,065 \times 10^4$ t, 水泥产能 $21\,416 \times 10^4$ t, 主要用能产品单位能耗逐步降低, 余热利用能力不断提高, 能源消费结构更加合理, 能源利用效率不断提高, 单位 GDP 能耗 2006 年降低 1.79%, 2007 年降低 4.04%, 2008 年降低 4.59%。2008 年与 2005 年相比原油加工、烧碱、纯碱、乙烯、合成氨、水泥、平板玻璃、吨钢单位综合能耗分别降低 22.9%, 19.1%, 4.9%, 5.4%, 9.0%, 13%, 20.8% 和 6.9%; 铜、铝、锌冶炼综合能耗分别降低了 27.4%, 9.7%, 16.3%; 火力发电煤耗降低 6.6%。我国万元 GDP 能耗 1998 年为 3.39 t 标准煤, 2008 年已降至 1.10 t 标准煤。

表 7 2004—2008 我国三大化石能源的产量及消费量

Table 7 The output and consumption volume of the three main fossil energy in China in 2004—2008

年份	产量			消费量		
	石油	天然气	煤炭	石油	天然气	煤炭
2004	174.1	41.5	1 012.1	318.9	39.7	983.0
2005	180.8	49.3	120.0	327.8	46.8	1 100.5
2006	183.7	58.6	1 205.1	346.1	56.1	1 215.0
2007	186.7	69.2	1 282.4	362.8	69.5	1 313.6
2008	189.7	76.1	1 414.5	375.7	80.7	1 406.3

注: 石油的单位为百万吨, 天然气的单位为 10 亿 m³, 煤炭的单位为百万吨油当量

表 8 2004—2008 年我国原油和成品油净进口量及进口依存度

Table 8 The net import volume of crude oil and refined oil products and import dependency in 2004—2008

年份	2004	2005	2006	2007	2008
净进口量 (原油 + 成品油) / $\times 10^4$ t	15 038	14 361	16 935	18 348	20 053
进口依存度 / %	46.7	44.4	48.1	49.5	52.8

6 我国化石能源开发利用存在的问题

6.1 “被动适应”的能源生产模式正在构建不可持续的能源系统

如表 9 所示, 1998—2003 年一次能源消费年均增长速度为 6.03%, 2003—2008 年一次能源消费年均增速达到了 10.24%。

表9 1998—2008年我国一次能源消费增长速度

Table 9 China primary energy consumption growth rate in 1998—2008

	1998—2003	2003—2008	1998—2008
一次能源总量	6.03	10.24	8.12
石油	6.64	6.7	6.68
天然气	10.88	18.99	14.84
煤炭	5.53	10.51	7.99
核电	25.09	9.60	17.09
水电	6.39	15.6	10.89

为了支持国民经济的发展,我国的能源生产一直采取“被动适应”的能源生产模式,市场需要多少,就努力生产多少。在国内能源产量难以满足需求的情况下,则努力从国际市场购买。从我国化石能源的资源状况看,2008年底的石油、天然气的储采比分别为11.1和32.3,许多人认为资源丰富的煤炭的储采比也只有41,而世界平均储采比为122。我国人均占有的石油资源为世界人均的11%,天然气则不足5%,煤炭、石油、天然气合计只有世界人均的58%,在经济全球化的大趋势下,我们固然可以努力从国际市场获取国内紧缺的能源,但全世界拥有的煤炭、石油、天然气资源也是有限的。比如石油,研究认为国内产量到2020年能维持在 $1.8 \times 10^8 \sim 2.0 \times 10^8$ t的水平,此后会进入下降通道。预测到2020年我国石油的进口依存度将达到70%左右;而按比较乐观的预测,世界石油产量2025—2030年将会达到高峰,比较悲观的预测现在就达到了高峰。由于石油资源集中在少数国家,石油资源越来越宝贵,这些国家的资源民族主义情绪会越来越高。我们从国际上获得可靠稳定的石油的难度越来越大。

从我国能源需求的不断增长趋势和煤炭、石油、天然气资源的长期可获得性分析,有理由认为我国能源生产的被动适应“模式”正在构建着一个不可持续的能源系统。

6.2 大量存在的非理性的行为正在催生一个不可持续的能源系统

我国的化石能源资源明显不足,为了国家的持续发展和子孙后代,全社会本该十分珍惜宝贵的能源资源,理性有节制地使用和消费,然而现实生活中大量存在的种种非理性行为正在加速不可再生的化石能源的消耗。

发展模式上把科学发展简单化为加快发展的现象普遍存在。不少工矿企业盲目追求生产能力的扩

张;有市场的产能在扩,短期内根本没有市场的产能也在扩;有资源和技术优势的产能在扩,没有资源技术优势的产能也在扩。对可以节约化石能源使用的资源优化利用项目,因为不能带来产能增长往往被忽视。不少地方政府不考虑经济增长的质量,盲目追求GDP的增速,基础设施不管是否必要争着大干快上,企业扩张不问能否提升竞争能力忙着搭桥支持;无论是钢铁、水泥、氯碱、电石、聚氯乙烯等传统产业,还是碳纤维、风能、太阳能等新材料新能源产业,尽管产能已经过剩,可是现在还有项目在规划或建设中;各地的工业园区、开发区项目雷同的甚多;一批生产能力闲置已成现实,报废和淘汰指日可待,必然造成凝固在其中的能源的浪费。

项目管理上盲目追求速度、追求政绩和业绩之风导致有些地方、有些工程违反程序和规定建设,结果粗制滥造,或是设施的寿命大大缩短,或是无需多少时日就发现重大质量问题要拆除重建。这些非理性的管理行为也在为增加化石能源消费做贡献。

6.3 节约使用化石能源缺少强大的经济推动力和完善的法规制度

国家对节能工作有明确和具体的要求,“十一五”期间的节能指标还通过层层分解,落实到各级地方政府和企业。利用行政手段推动节能是必要的,也有一定效果。然而节约能源不可能只靠言语的规劝和道德的力量来实现,必须靠价格税收手段和政策法规约束才能真正使其成为全社会的行为。可是我们利用市场手段,形成强大的经济推动力,约束各种非理性行为,促进节约使用能源的措施缺失。由于担心石油、煤炭、天然气价格及其衍生的二次能源产品电力、汽柴油等价格的上升会造成物价指数较大幅度上升,引发社会的震动,多年来采取了政府严格调控的低价格政策,更不用说采用较高的税赋反映能源的资源成本。低价格、低税赋的能源财税政策根本无法向社会传递资源紧缺、能源长期稳定供应能力明显不足的信号,各种非理性消费行为使所有人应该平等享用自然资源变成了事实上的不平等,一部分人毫无节制地消费能源,不仅占用了他人应有的能源份额,还享受着国家的补贴,又让所有人承担着能源开发利用造成的环境生态后果,低价位和低税赋的能源财税政策,实际上是一种社会分配偏向富裕阶层的政策。

对于使用节能产品和设备,许多国家有明确的税收减免和补贴政策,而我国的财税政策也很不完

善和规范。如在汽车消费领域,只是在小排量家用轿车面临快速退出市场的情况下,从2008年才开始对购买小排量经济型轿车的消费者进行了有时限的减税,已明确这一政策延续至今年底,还没有明确是否长期有效。对和日常生活密切相关的住宅、汽车、家电及工业装置的耗能设备许多国家都陆续制订了严格的能耗标准,并用政府法规颁布,强制执行,而我国许多耗能商品没有耗能标准,有标准的也是指标宽松,用政府法规强制执行差距更为明显。

6.4 代表能源利用效率的经济指标仍明显落后于世界先进水平

我国节能工作的成绩和进步是显著的,需要肯定,但是更要看到代表能源利用效率的经济指标,我国和世界先进水平的差距。表10列出了2008年我国和世界主要国家的能源消费强度指标。德国、日本、美国单位耗能创造的GDP分别是我国的5.46倍、4.48倍、2.91倍,墨西哥、印度尼西亚、韩国、印度分别是我国的2.95倍、1.9倍、1.79倍、1.29倍,世界平均水平是我国的2.5倍。数据表明我国能源消费强度指标不仅明显落后于发达国家,甚至还落后于墨西哥、印度尼西亚、印度等发展中国家。

表10 2008年国际能源强度比较

Table 10 International energy intensity comparison in 2008

国家	GDP/(百万美元)	一次能源消费量/百万吨油当量	单位GDP能耗/(吨油当量/万美元)	单位GDP能耗比(中国/外国)
中国	4 327 448	2 002.5	4.63	1.00
印度	1 206 684	433.3	3.59	1.29
韩国	929 124	240.1	2.58	1.79
日本	4 910 692	507.5	1.03	4.48
印度尼西亚	511 765	124.4	2.43	1.90
俄罗斯	1 676 586	684.6	4.08	1.13
美国	14 441 425	2 299	1.59	2.91
墨西哥	1 088 128	170.4	1.57	2.95
英国	2 680 000	211.6	0.79	5.86
德国	3 673 105	311.1	0.85	5.46
法国	2 866 951	257.9	0.90	5.14
意大利	2 313 893	176.6	0.76	6.06
世界	60 917 477	11 294.9	1.85	2.50

数据来源:IMF(国际货币基金组织);BP能源统计2009年版

我国能源开采、加工与转换以及终端利用的能

源系统总效率约为欧洲地区的一半,经济利用效率比世界先进水平低约10%。如发电煤耗日本2003年已达312 g/kw·h,我国2008年的水平为349 g/kw·h。制造业耗能占我国总能源消费的58%,近几年制造业主要产品能耗已有明显下降,但和国外先进水平比一般仍要高10%~20%。

建筑是我国又一用能大户,目前建筑耗能约占总耗能的27%。据统计,2005年我国城乡已有房屋建筑面积约420亿m²,其中公共建筑面积约为45亿m²,已有建筑中95%以上属于高能耗建筑,近几年每年新增建筑面积16~20亿m²,其中90%以上仍是高能耗建筑。

交通运输是我国三大用能大户之一,2008年我国交通运输耗能约为总能耗的7.4%,而且交通运输消耗的能源主要是国内十分紧缺,越来越需要从国际市场获得的石油,2009年交通运输的石油消费占全国石油消费的比例已达到57.5%。2009年我国已是世界上最大的汽车生产商和消费地,但是根据国家《节能中长期专项规划》的数据,我国机动车燃油经济性比欧洲低25%,比日本低20%,比美国整体水平低10%。与汽车出行强度和燃料经济性有关的单车年耗油,2000年日本是1.1,德国是1.11,美国是1.73,2009年我国的水平是1.88。

7 节约使用化石能源的对策思考

7.1 确定比较合理的GDP增长速度,建立化石能源消费总量控制指标体系

建立化石能源消费总量控制指标体系,首先要正确处理经济发展和能源消费之间的关系,确定比较适宜的GDP增长目标,GDP增长无论是靠出口拉动还是国内的消费和投资拉动,最终都要增加固定资产投资,投资拉动是直接导致固定资产投资增加,消费拉动是间接导致固定资产投资增加。能形成固定资产的原材料工业的生产能力势必增加。2003—2008年我国GDP增长除2008年下半年受国际金融危机影响为9.6%,年年保持10%以上的增速,钢产是从22 234 × 10⁴ t/a增长到了50 048 × 10⁴ t/a,水泥产量从8.63 × 10⁸ t/a增长到13.88 × 10⁸ t/a。但是除日常消费品外,耐用消费品的市场不是无限增长的,每个家庭不能年年买电视机、电冰箱、洗衣机,国家也不应该鼓励消费者在耐用消费品还没有达到其经济使用寿命时就去更新换代;基础设施建设总有基本完成的时候,我们不能总在建

设高速铁路、高速公路、机场;民居工程总有相对饱和的时候,商品房、安居房不可能按现在的速度始终建下去。一旦耐用消费品市场相对饱和,一旦基础设施建设基本完成,一旦房地产开发进入衰退期,我们与之配套的生产原材料的相关产业能力就会过剩,GDP 增速越快,固定资产投资越集中,他们出现过剩的时间越快,发挥最佳效率的时间就越短,这些过剩闲置的产能会在没有达到他们的经济使用寿命时就被淘汰,凝结在这些能力中的能源就浪费了。

统计分析快速工业化国家或地区(日本、韩国、中国、台湾地区等)和缓慢工业国家(美国、英国、德国等国家)的 GDP 增速和能源消费增速之间的关系,有如图 3 的结果^[15]。图 3 说明快速工业化国家在工业化阶段能源消耗的增速明显快于慢速工业化国家,尽管后工业化阶段能耗增速减缓,但达到同样经济发展水平,快速工业化国家会比慢速工业化国家消耗更多的能源,这也说明为了控制总的能源消耗

必须有一个较为适宜的 GDP 增长速度。

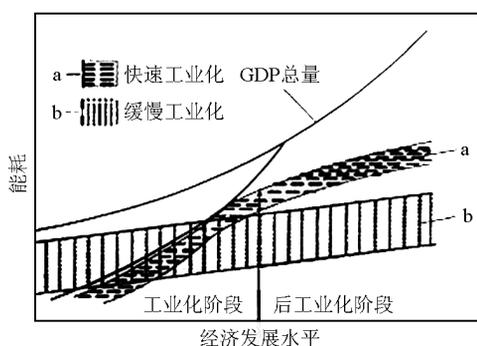


图 3 总能耗与经济发展的关系

Fig. 3 Relationship between total energy consumption and economic development

表 11 列出了 1998 年到 2008 年我国 GDP 增长率与能源消费增长的数据,综合考虑各种因素笔者认为 GDP 的年均增速控制在 7%~8% 是比较合适的。

表 11 1998—2008 年我国 GDP 和能源消费增长率

Table 11 1998—2008 China GDP and energy consumption growth rates

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
GDP 增长率/%	7.8	7.6	8.4	8.3	9.1	10	10.1	10.4	11.6	13.0	9.6
能源消费增长率/%	-4.5	1.85	3.48	3.44	5.7	16.2	16.2	10.0	9.57	8.14	7.2
能源消费弹性系数	-0.58	0.24	0.41	0.41	0.63	1.62	1.6	0.96	0.83	0.60	0.75

在确定比较适宜的 GDP 增长目标后,要合理确定支撑国民经济发展的主要耗能产业发展的目标规模,采用国外同类企业先进的能耗指标,确定这些产业近期及中远期的化石能源需求,在此基础上核定全国及重要耗用化石能源的产业近期、中远期各种化石能源的消费限值,这样形成的化石能源消费总量控制指标体系要作为政府宏观调控的主要目标之一,通过采用财政税收政策和强制性的国家标准、行政法规等手段得到落实。

7.2 建立化石能源加工利用过程全寿命周期能效及 CO₂ 排放的评价方法,不断提高化石能源利用效率

石油、煤炭、天然气既可以用作燃料、发电供热,也可以用于车用燃料,还可以作为各种有机化学品和合成材料的初始原料,但用于同一目的的加工利用过程的能源利用效率有很大不同。按热值计算间接法煤制油的能源利用效率约为 41%,用天然气制油的能源利用效率约为 58%,用煤作燃料的传统火力发电厂,能源利用效率为 35% 左右,发电并供热

的热电厂能源利用效率为 45% 左右,使用天然气的分布式发电并供热和供冷的能源系统综合利用效率在 75%~90%。目前已经商业化以煤为原料的 IGCC 电站效率为 42%~46%,用石油生产车用运输燃料,采用脱碳型工艺的炼油厂运输燃料的产率和采用加氢型工艺的炼油厂相比,要低约 7%,加氢型工艺加工 1×10^8 t 原油时,比采用脱碳型工艺可多产 700×10^4 t 左右汽柴油,相当找到了一个年产约 900 万 t 的大油田。

化石能源加工利用的工艺、技术和方式对提高能效减排二氧化碳有重大影响。为了节约使用和优化利用化石能源,应该建立化石能源各种加工利用过程的全寿命周期能效和减排 CO₂ 的评价方法,在满足社会经济发展对各种以化石能源为基本原料的能源产品、基本有机原料和合成材料的要求的同时,不断优化化石能源加工利用工艺技术和利用方式。

7.3 从我国化石能源资源状况出发,研究建立符合国情、低碳的现代化生活消费模式

资源是消费最基本的物质基础,化石能源是消

费资源基础的基础。增加消费改善生活必须考虑我们可持续地获取资源尤其是能源的能力、数量和潜力。“缺油、少气、煤炭资源相对丰富”是我国化石能源资源的基本特点,我国是世界上人口最多的国家,人均占有的化石能源资源明显低于世界平均水平。在全球经济一体化的大背景下,我们可以努力争取从国外获得部分化石能源弥补国内的不足,2009年我国从国际市场进口的原油已达 1.99×10^8 t,进口的煤炭超过了 1.0×10^8 t,从国际市场进口的天然气数量也呈快速增长趋势。但是从国际市场进口化石能源会受到世界可供应量的制约,始终存在着很大的经济风险和政治风险,而且可以预料,这两大风险会越来越大。大量消费化石能源造成二氧化碳排放增加还受到全球变暖的制约。即使世界上一些国家不指责我们温室气体排放增长过快,不要求我们承担更多的减排责任,我国实现生活现代化的能源条件也要求我们必须尽快研究并建立符合国情的真正低碳生活方式。但是包括各级政府官员、专家学者和普通群众在内的许多人并没有认识到这一课题的重要性和紧迫性。生活现代化过程中轿车越来越多,交通拥堵的城市越来越多,还在以欧美发达国家人均轿车拥有量为目标积极扩大汽车产能推动汽车消费;商品房单套住宅面积越来越大,越来越豪华,别墅也越来越多,有的地方政府甚至提出了要建设达到欧美标准的宜居城市。有人做过研究和计算,如果世界上所有的人都效仿美国人的生活方式,地球只能容纳14亿人;如果按欧洲的消费标准,地球也只能容纳21亿人。我国的化石能源的资源条件决不允许我们效仿欧美的生活方式,为了我们的子孙后代。按照建立低碳生活消费模式减少化石能源消耗的要求,我国百姓生活现代化应该是以“食品丰富吃得营养、住宅面积适当住得舒适、公共交通为主出行方便、医疗保健可靠身体健康、环境清新洁净生活多彩”为基本目标。并以此为基础,制定相应的生活消费能源标准。互相攀比心理决定人们很难自我控制追求高消费的行为,对超出基本生活消费能源标准的,要利用政府的强制力和经济手段加以限制;如自驾车上下班、住大宅豪宅别墅、高档娱乐饮食消费要用税收政策进行控制。

在研究建立符合国情的低碳生活消费模式的同时,还应认真思考与生活消费模式关联的城市现代化、交通现代化、农村现代化的低碳模式。比如城市现代化,是以高楼大厦、大型商务中心、集中式商业

饮食文化娱乐中心为主,还是以分散式商业、饮食、文化娱乐为主;又如交通现代化,公路、铁路、水运、航空如何合理布局,如何利用信息和网络技术实现客流、物流优化;再如农村现代化、城镇化和新农村建设如何科学规划、合理布局,既促进农业生产、提高生活质量,又控制用能水平。

7.4 充分利用财政税收政策和行政手段鼓励和强制节能

提高能源效率、节约能源使用需要企业、社会和个人增加投入,由于能源价格低,增加投入的经济回报周期会比较长,经济性原因导致人们缺少开发节能技术和产品、采用节能措施、使用节能设备的积极性。国家发挥财政政策的激励作用,对于克服提高能源效率的经济障碍就显得十分重要和必要。要增加促进节能的财政支出,设立专项资金,支持节能科研和技术开发,通过专项补贴鼓励采用节能新产品,支持建设提高能源效率的化石能源加工利用项目。节能技术改造项目要采取政府贴息贷款或贷款担保等方式鼓励企业或社会实施。

针对我国存在的一边是化石能源供应越来越紧张,一边是缺少节制的过度消费化石能源的现象,加强节能宣传,普及节能知识是必要的,但是通过财税政府传递资源紧张的压力显得更为紧迫和必须。收税是节制消费和加强节能意识最能取得效果的措施,比任何宣传教育都快捷、直接。汽油消费税率西欧国家一般都在200%~300%,如德国是260%,除汽油消费税外汽油价格构成中还有其他费用。欧洲汽车零售价中各类税费共占了75%,因此欧洲是世界上经济型小型车,柴油轿车最多的地区。

我国为了防止物价指数上涨过快,保证市场稳定,对能源类商品的价格政府一直宏观调控,税收比例很低,导致很多消费者节能意识十分淡薄,性能优异的节能产品,先进的节能技术包括可再生能源因经济上不合算,很难推广。而消费者对价格上升和税赋增加的承受能力也很低,一杯咖啡,十几块钱可以接受,每升汽柴油涨上几毛钱也在媒体上不断炒作,国家必须从可持续发展的要求出发,继续积极推进包括化石能源的资源类产品的价格政策的改革,真正发挥市场对资源配置的基础性的作用以及价格对消费行为的导向作用,不改革没有出路,早改革早主动,晚改革更被动。改革开放以后,我国顺利完成了与所有百姓息息相关的粮食价格改革,彻底市场化,应该有智慧和能力完成能源类商品价格的改革,

促进可持续能源系统的建设。

强制节约使用化石能源还应该特别重视发挥产品标准和行政法规的作用。例如,要参照国际先进水平,对耗能产品如空调、电冰箱、电视机、洗衣机等家用电器产品以及汽车、摩托车等交通运输工具,修订、制定严格的能源效率标准;对建筑物隔热保温性能制定更严格的设计标准,推动节能建筑材料的开发、生产与应用;对化石能源重要用户的制造业要规定用能设备必须达到的能源效率设计标准和最终产品的能耗标准,推动节能技术与节能产品的开发和应用。各种与耗用化石能源相关联的标准要通过政府法规逐步实现强制执行。超出标准的,或是不允许进入市场,或是征收能耗超标使用费。

7.5 加强节约使用化石能源的技术、材料、产品的研究开发和推广应用

节约使用化石能源,一要采用节能措施,直接减少能源使用;二要优化能源利用途径和方式,使其得到合理利用。节约使用和合理利用化石能源必须依靠新技术和新产品。如建筑物和建筑建材领域,2001年2月德国通过新的节能法学规定新的建筑物必须达到“7升房”的标准(即年采暖油耗不超过 7 L/m^2 或 10.5 kg 标准煤/m^2),有报导称巴斯夫公司利用其开发的节能材料和技术对已有70年历史的建筑改造后,其年采暖耗油已达到“3升房”标准。

顾直安等研究后认为在水泥行业实施节约能源、资源和保护环境的绿色制造技术后^[16],2010年可节约 $2\,400 \times 10^4\text{ t}$ 标准煤,2020年可节约 $6\,000 \times 10^4\text{ t}$ 标准煤;节能的绿色墙体材料可使建筑平均节能约30%,发展绿色墙体材料代替实心黏土砖的节煤量2010年为 $800 \times 10^4\text{ t}$,2020年为 $1\,400 \times 10^4\text{ t}$ 。电力是最重要的二次能源,我国发电耗用的化石能源主要是煤炭,电力是煤炭消费的第一大用户。通过技术创新提高发电效率对节煤和减排二氧化碳意义重大,图4表示了各种技术措施对大容量煤粉锅炉机组效率的影响^[15]。从图4可见超超临界机组和传统发电机组效率相比,效率大幅度提高。上海外高桥第三发电有限责任公司2台100万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 的超超临界机组2008年的发电煤耗为 287 g/W ,而全年全国火电机组平均煤耗为 349 g/kW ,超超临界机组发电煤耗比全国平均水平低了17.7%。但目前我国生产超超临界发电机组的材料和加工制造技术还存在瓶颈。采用1GCC技术,煤炭通过非催化氧化生成合成气,合成气脱硫脱碳净化后再用燃气

透平发电,副产的蒸汽用蒸汽透平发电,可以获得更高的效率,比传统火电发热的热效率可提高10%,世界上成功运行的1GCC电站的热效率已达到43.6%,并认为1GCC电站的净效率具有超过50%甚至更高的潜力。如果考虑CCS(CO_2 的搜集与储存),以煤为原料的1GCC发电不仅实现了煤的洁净利用,还有利于降低CCS的投资和运行费用。我国目前还没掌握大型CO和 H_2 做燃料的燃气轮机的制造技术。

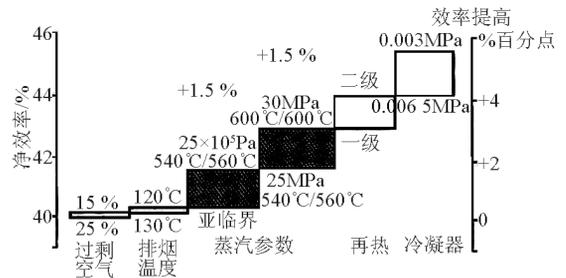


图4 各种措施对大容量煤粉锅炉机组效率的影响
Fig. 4 Impact of different measures on the efficiency of large capacity pulverized coal boilers

工业领域电机能耗约占工业用电的80%。据报导我国自主研发的稀土永磁无铁芯电机,具有如下特点:一是功率因素高,无铁损,无磁阻尼;二是体积小,重量轻,可以节约80%的钢材、100%硅钢片、50%的铜材;三是电机调速性能好,调速范围宽,精度高,低速大功率电机可取消齿轮箱等传统系统直接驱动;四是可靠性高,电机运行温升小,环境适应性好。该电机具有明显的节能效果,初步测算,如果新增电机中有1/3用稀土永磁无铁芯电机替代,每年可节电近500亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,节约硅钢片 $50 \times 10^4\text{ t}$,铜 $2 \times 10^4\text{ t}$ 。

在交通运输行业,大量消耗石油的汽车,采用了世界上先进的混合动力技术,可以使车辆吨公里油耗减少30%以上;电动汽车的能源利用效率可以比目前市场上通用的汽车提高一倍,只是还需要通过深入的技术研究,提高车辆安全性,缩短充电时间,提高每次充电后行驶里程和降低电池的生产成本。汽车除动力机技术改进外,采用新材料,在不影响安全性的情况下,减少车辆自重;采用耐磨性及抗湿滑性能好、滚动阻力低的橡胶制造轮胎;优化转动系统设计、车身设计、改进车辆控制技术等都有明显的节油效果。如研究认为汽车减轻质量10%,则可降低油耗8%~9%;荷兰约翰·克塞尔开发出一种汽

车发动机电脑控制软件,只需给发动机电脑控制系统安装这一软件,增加一根普通电线,就能将汽车油耗降低 2.6%。柴油发动机和汽油发动机相比,前者的热效率明显高于后者,每升燃料的行驶里程平均可增加 35%,只是前者的颗粒污染物排放高于后者,通过柴油发动机技术的进步及采用颗粒污染物搜集技术和柴油质量的提高,颗粒污染物排放可以得到解决。在欧洲轿车柴油化的比例已高达 40%,而且还在不断上升之中。

飞机是现代化的重要交通工具,2009 年我国航煤消费量已超过 1 000 万 t。新的 787 系列飞机通过大量采用复合材料和新技术,燃料的经济性提高了 20%。航运行业通过采用流体力学和机械制造方面的新技术,新船可以节能 5%~30%,旧船改造可以节能 4%~20%,据估算主要通过采用新技术船运行业平均能源强度到 2010 年可以降低 18%,到 2020 年可以降低 28%。

工业领域,工厂采用更节能的电动机和泵输系统,一般能够将能耗降低 15%~20%,据估计欧盟采用高效的节能动力系统,结合对现有系统的改进,可将动力系统的耗电量降低 30%,而对压缩空气系统的优化可以节能 20%~50%,对美国的钢铁水泥和造纸行业所做的评估表明具有高成本效益的节能潜力为 16%~18%。对钢铁行业提高能效的技术潜力单独进行的一项评估发现,通过采用先进的,但已经出现的技术,如“熔融还原”技术和“近净形铸造”技术,到 2010 年有可能实现 24% 的能源节约。最近有报导称德国卡尔斯鲁尔技术研究所的科研人员研发出一种新的水泥生产方法,它能使水泥生产中的能耗减少一半。化肥生产是一个高耗能过程,如我国每吨合成氨的综合能耗 2010 年才有望降到 1 550 kg 标准煤,我国是世界上粮食生产大国,同时也是化肥施用量最多的国家,但我国严重存在化肥过度使用的问题,我国氮肥当前利用率仅 30%~35%,磷肥利用率仅 15%~20%,钾肥利用率也不超过 50%。我国每年通过淋溶,挥发等途径损失的化学氮多达 $1\ 200 \times 10^4 \sim 1\ 400 \times 10^4$ t,造成农业成本增加,资源浪费而且污染了江河湖泊,研制开发的长效缓释复合肥可以提高肥效 30%,迅速推广应用可望使这一问题基本解决。

分析国内外化石能源使用和相关技术的现状及发展趋势,我国加强节能技术及产品的研究开发、推广应用,减少化石能源用量的潜力巨大,其减排二氧

化碳的效果会远大于开发利用可再生能源。

7.6 加大资金投入,实现化石能源的节约使用

不断出现的化石能源优化利用和节约使用的新技术、节能新材料、新产品使减少化石能源的消耗成为可能,但要成为现实,必须加大资金投入,实现新技术、新材料、新产品的产业化并得到大规模推广应用。近两年,社会上尤其重视风能、太阳能等可再生能源的投入,把此视为发展低碳经济,培养新的经济增长的重大举措,各地互相效仿的,以风能、太阳能为主的低碳产业园区的重复建设造成多晶硅、光伏电池、风力发电机组生产能力“爆炸式”增长,已有产能过剩之嫌。据 Pew charitable Trusts 统计 2009 年我国风能、太阳能及其他可再生能源的投入为 346 亿美元。加大太阳能和风能的投入是必要的,但必须适度,更令人遗憾的是优化利用和节约使用化石能源的投入远没有像太阳能和风能一样受到重视。分析其原因,很可能是因为加大优化利用节约使用化石能源的投入,不能像加大太阳能风能投入一样叫得响,是发展战略性新兴产业。全社会必须认识到,优化利用和节约使用化石能源,是实实在在的转变经济增长方式实现科学发展之举,是最有效的减排二氧化碳之举,企业要重视,政府要鼓励,既然可以为发展太阳能风能给与政策的扶持,就更应该为优化利用,节约使用化石能源给与支持和扶持。

要加大生产节能新材料、新产品的投入,支持这些材料、产品的推广应用。如迅速扩大节能型建筑墙围材料、玻璃材料、高效节能照明灯具等的生产规模,采用政府财政补贴、税收优惠等鼓励性政策使其得到广泛的推广应用。美国麦肯锡咨询公司和瑞典国有大瀑布电力公司 2007 年联合发布的研究结果认为,建筑领域的能源消耗和温室气体排放占全球总量的 40% 左右,而建筑保温是减少能源消耗减排温室气体的最好方法,他们估算各国政府在建筑标准上严格要求使用节能绿色建材,市场总值预计将从 2008 年的 4 550 亿美元增长到 2013 年的 5 710 亿美元。我国每年的建筑面积在 16~20 亿 m^2 左右,比美、日、德、英、法、意 6 国年增建筑面积的总和还多,还有 90% 以上的约 500 亿 m^2 的现有建筑需要节能改造。仅建筑材料的生产与应用在我国就可构成一个规模庞大的产业链。

要加大优化利用化石能源项目的投入,比如我国天然气的产量在增长,液化天然气的进口量在增加,煤制合成天然气也在发展,天然气供应量的增加

为发展高效率的分布式发电、采暖、供冷的能源系统创造了条件,应加大投入加快发展,又如我国电力需求增长很快,而发电主要用煤作燃料,应加大投入发展投资虽然高但能效也高的以煤为原料的IGCC项目,实现煤的洁净利用和提高能效的有机结合,并逐步淘汰能效低的燃煤锅炉蒸汽发电。再如石油加工应加大投入大力发展加氢炼油厂,使宝贵的石油资源生产出更多的运输燃料。要加大工业节能技术改造项目的投入。

工业用能除水电外很难大规模利用可再生能源替代,降低工业耗能对减少化石能源的消耗极为重要,而从我国工业产品单位耗能看,节能潜力巨大。降低工业能耗除淘汰落后工业生产能力外,还要保证资金投入,加大工业节能技术改造,这样才能使工业企业的节能潜力得到充分挖掘。近几年来我国经济发展快速,对各类工业品的市场需求旺盛,各类工业企业在各级政府追求工业增加值的政策引导下,追求规模的扩张、产能增加、销售收入增长的积极性很高,节能技术改造的效果只能在成本效益指标上有显示,往往不予重视,这种状况必须彻底改变。要把加大资金投入,实施节能技术改造,使单位工业产品的能耗在限定时间内赶超国内外先进水平作为工业企业的奋斗目标。现在可以应用于工业节能改造的技术、材料及产品很多,要重视节能技术、产品、材料的筛选和集成应用,使节能改造的资金投入能迅速回收。

8 结语

1) 我国的能源消费总量正处在持续增长期,有专家预测到2050年我国GDP年均增长6.4%,能源消费弹性系数达到0.39,消费总量可控制在 66.57×10^8 t标准煤,这是一个乐观的预测。

2) 未来40年,可再生能源不可能成为我国的主要能源,化石能源占能源消费的比例仍将在70%以上。

3) 要采用生命周期方法评价,冷静分析发展可再生能源减排二氧化碳的效果,实现到2020年我国单位GDP的二氧化碳排放减少40%~45%的目标,要首先重视节约使用化石能源。

4) 我国化石能源的开发利用取得了显著的成绩,一是国内产量逐年增长,除石油外,基本保证了市场供应,二是节能工作成效明显,能源消费强度继续保持下降趋势。化石能源开发利用上不能忽视的问题有“被动适应”的能源生产模式正在构建一个

不可持续的能源系统;大量存在的非理性行为正在催生一个不可持续的能源系统;节能使用化石能源缺少强大的经济推动力和完善的法规制度;代表能源利用效率的经济指标仍明显落后于世界先进水平。

5) 节约使用化石能源对策:一是确定比较合理的GDP增长速度,建立化石能源消费总量控制指标体系;二是建立化石能源加工利用过程全生命周期能效及二氧化碳排放的评价方法,通过不断优化提高化石能源利用效率;三是从我国化石能源资源的状况出发,研究建立符合国情的现代化低碳生活消费模式;四是充分利用财政税收政策和行政手段鼓励和强制节能;五是加强节约使用化石能源的技术、材料、产品的研究开发和推广应用;六是加大资金投入实现化石能源的优化利用和节约使用。

参考文献

- [1] 罗运俊,何梓年,王长贵. 太阳能利用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [2] 袁振宏,吴创之,马隆龙,等. 生物质能利用原理与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [3] 严陆光,陈俊武. 中国能源可持续发展若干重大问题研究[M]. 北京:科学出版社,2007
- [4] 张超. 水电能源开发利用[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [5] 张希良. 风能开发利用[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [6] 姚向君,田宣水. 生物质能源节约转化利用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [7] 朱成章. 风电:应当严格要求[J]. 能源政策研究,2010,1: 6-11
- [8] [Http://:www.logen.ca](http://www.logen.ca)
- [9] Chris Peters. Beyond ethanol: second generation biofuels [J]. Choren Industries, San Antonio, TX USA. 2009, 3:22-24
- [10] National research council academies. Americas Energy Future [M]. Washington D. C. :The national academies press, 2009
- [11] 严陆光. 中国能源可持续发展若干重大问题研究[M]. 北京:科学出版社,2007
- [12] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2009中国可持续发展成果报告—探索中国特色的低碳道路[R]. 北京:科学出版社,2009
- [13] National research council academies. Liquid Transportation Fuels from Coal and Biomass[M]. Washington D. C. :The national academies press, 2009
- [14] 王华华,田雅林,袁婧婷. 能源与可持续发展[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [15] 姚强,陈超. 洁净煤技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [16] 顾真安. 中国特色建材发展战略研究[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008

Reduce CO₂ emission and develop low carbon economy—firstly pay attention to efficiently use fossil energy

Cao Xianghong

(China Petrochemical Corporation, Beijing 100728, China)

[**Abstract**] This article presents the analysis on the law of energy consumption and economic development, the features of renewable energies, the current technical availability and the effectiveness of CO₂ emission reduction. The author believes that the total energy consumption is experiencing a stage of continuous growth in China, and the renewable energies will not play a major part in the energy mix in the coming forty years. The fossil energy will continue to play a major role in China. To use the fossil energy efficiently shall become a top priority in the course of CO₂ emission reduction and low-carbon economy development. The article reviews the achievements and existing problems of the fossil energy use and development in China, and provides the countermeasures to efficiently use the fossil energy as follows: firstly, to have a reasonable GDP growth rate and establish the supervision index system of the total consumption of fossil energy; secondly, to establish the assessment and evaluation method on the energy efficiency of the fossil energy use on a life-cycle basis and the CO₂ emission, to improve the fossil energy use efficiency through continuously optimizing the methods; thirdly, to explore and create a modern low-carbon life and consumption mode in line with Chinese context in view of the status quo of the fossil energy resources in China; fourthly, to encourage and coerce energy saving by fully leveraging the fiscal and tax policy and the administrative measures; fifthly, to enhance the research & development, and the roll-out application of the technology, material and products with which the fossil energy can be used efficiently; sixthly, to enhance the capital input in order to realize the optimized and efficient use of the fossil energy.

[**Key words**] CO₂; low carbon economy; fossil energy