

# 中国能源困境与转型

石元春

(中国农业大学, 北京 100193)

[摘要] 中国石油和天然气资源贫乏,进口依存度超过50%,煤炭的储产比也降到了50以下。中国能源消费结构中煤炭占到七成,CO<sub>2</sub>排放超过美国。能源转型是当今世界,也是中国发展的大趋势。能源转型的方向是清洁能源,发展清洁能源的重点是可再生能源。中国清洁能源资源具有替代现能源消费总量七成以上的潜力;可再生能源中的小水电、风能和生物质能的可经济利用资源量分别是0.63亿吨,1.23亿吨和10.47亿吨(标煤)。中国生物质原料资源最丰富,而且可以立竿见影地增加农民收入,促进农村经济发展,是发展可再生能源和能源转型的战略重点。

[关键词] 中国能源;困境;转型

[中图分类号] TK01 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)11-0004-09

## 1 中国能源形势严峻

资源贫乏、结构失衡、需求剧增、缺口很大、能效不高、减排困难,这是当前中国能源的基本状况,形势相当严峻。中国2005年化石能源的剩余可采储量是882亿吨标煤,若按2005年的19亿吨标煤开采量计,只够开采46年。据预测,2000—2020年间化石能源消费的年均增长率是4.3%~4.6%,年需求量将上升到30~32亿吨标煤,如无重大资源发现和不考虑进出口,中国的化石能源大约只够用30年。作为一个崛起中的大国,这点能源家底实在太薄了。在能源资源结构上,882亿吨标煤的剩余可采储量中,煤炭、石油和天然气分别占92.6%,4%和3.4%,煤炭独大,结构严重失衡。资源结构失衡导致消费结构缺陷。2007年的25.35亿吨标煤能源消费中,一次能源中的化石能源占97%,水电和核能只占2.6%和0.3%,其中煤炭又占了72.8%<sup>[1]</sup>,图1为2007年中国能源消费结构。消费激增和以煤为主的消费现状是中国在CO<sub>2</sub>排放上能赶超美国而跃居世界首位的主要原因。预计2020年的CO<sub>2</sub>排放量将近80亿吨,占全球排放总量的1/4。

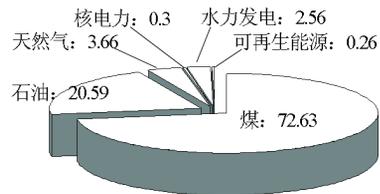


图1 2007年中国能源消费结构<sup>[1]</sup>(单位:%)

Fig.1 The consumption structure of energy of China in 2007 (Unit:%)

先天不足导致后天失调,一面是大量使用煤炭和排放温室气体,一面是大量进口油气,加以综合能效又比发达国家低了10个百分点,钢铁、有色、建材、化工等8大行业的主要产品单位能耗较国外高出4成。中国能源之困境,犹如一个底子薄,开销大,浪费多,捉襟见肘,坐吃山空的大家庭;一个先天不足,后天失调,体虚气弱而劳动强度又大的多病之身。中国能源形势之严峻不仅是“少”,更在于能源观和能源战略的严重滞后。

## 2 中国的富煤情结

中国煤炭的剩余可采储量是817亿吨标煤(2005年),是世界总量的10%,排名第三,从这个角度看,中国是富煤的。但人均占有量只有68吨标

[收稿日期] 2009-09-24

[作者简介] 石元春(1931-),男,湖北武汉市人,中国工程院院士,中国农业大学教授,主要研究方向为土壤学;E-mail: shiyu@cau.edu.cn

煤,是美国的 1/10,俄罗斯的 1/12,澳大利亚的 1/47,世界平均的 1/3,就谈不上富煤了<sup>[2]</sup>。如果看“储产比”(即某年的剩余可采储量与生产量之比),更是令人不安。以剩余可采储量 1 144 亿吨原煤(即 817 亿吨标煤)计,按 1950 年 3 000 万吨年产,可采 3 813 年,可说万世无忧;按 1980 年 6.15 亿吨年产,可采 186 年,也算来日方长;按 2000 年 13.0 亿吨年产,只够维持 88 年,日子不好过了;按 2007 年 25.3 亿吨年产,只够用 45 年,多么可怕的“与时俱进”。而美国、澳大利亚和印度的煤炭储产比都在 250 年上下,德国在 300 年 f 以上。20 世纪中叶,中国是当之无愧的“富煤”国家,现在已是家道中落,风光不再了。中国人必须面对这个现实,切莫沉溺于过去的富时家境,赶快丢掉“富煤情结”,学会过穷煤日子。

遗憾的是,至今在用煤上仍是有恃无恐,大手大脚。一遇缺电,就想挖煤,1980 年的原煤产量 6 亿吨,2005 年 22 亿吨,2007 年 25.3 亿吨,占世界煤炭产量的 40 % 以上,是名符其实的世界第一挖煤大国。一说缺油,就想不惜巨资,高成本、高耗水、低能效地搞“煤制油”;就想搞能效极低(以 6 换 1)、污染极高、毒性很大、腐蚀力强、储运困难、20 世纪八九十年代美欧等国就因试验失败而被终止了的煤基甲醇,这难道不是“富煤情结”在作祟吗?

最近媒体上有篇“煤老大的新风采”,文中说:“人类 25 年后就要和石油说再见了,煤炭资源至少可满足 150 年的需求(多说了 100 年)。煤炭储量丰富、价格低廉、分布广泛,与风能、太阳能等‘年纪轻’、成本高的可再生能源相比,煤炭经济竞争能力明显占优”。“要给石油找个看得见摸得着的‘继任’,煤炭是最佳选择”。这很像是在给煤炭做广告,且不说资料失实和“以大欺小”的不端,就说这不顾大量浪费国家财力和增排温室气体的心态也够缺乏社会责任心的。

在化石能源里,我国煤炭资源相对较多,在较长时间的能源消费结构中仍会以煤为主,这是事实,但不等于就可以无节制地竭泽而渔。2000 年产原煤 13 亿吨,2007 年 25 亿吨,7 年翻一番,储产比由 88 下降到 45(见图 2)。如此“穷追猛打”,恐怕等不到 2050 年,中国可开采的煤炭就所剩无几了,除非“天上掉下个大煤田”。布什说美国使用石油像“吸毒”一样“上瘾”,中国的“煤瘾”比美国的“油瘾”大得多。一些专家、企业和老百姓有“富煤情结”尚不足

惧,怕的是政府决策部门也染上这种“煤瘾”,是会误国误民的。

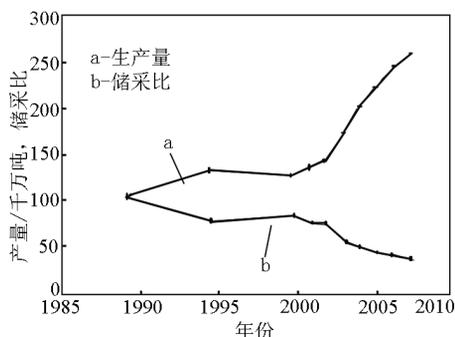


图 2 中国煤炭生产量与储产比状况  
Fig. 2 The coal production and the reservation - production ratio in China

### 3 中国煤炭的三种战略定位

煤炭在中国能源中的地位如此特殊,其战略定位就显得十分重要。大体有 3 种不同的定位见解。

“煤现在是,将来(直到 2050 年或更晚)仍然是我国能源的主力,虽然煤在总能源中所占的比例会逐渐下降(从 75 % 下降到 60 %),但总量仍会不断增加”;“煤用于发电的比例会越来越大,从目前的 50 % 增加到 70 % 以上”,“若每年将煤炭产量的 1/8 用于车用液体燃料的生产,从总的供应角度不会带来很大的不平衡”<sup>[3]</sup>。文中的这种观点给人以资源上有恃无恐和使用上“穷追猛打”的印象。此见解可概括为“以煤为主,敞开使用,比例下降,总量增加”的煤战略定位。国际能源组织 1995 年公布中国 CO<sub>2</sub> 排放量世界排名上升到第二位时,何祚庥院士就提出了:“中国以燃煤为主的能源政策还能维持多久?”“如果我们坚持以燃煤为主的政策,其可接受的时间跨度将不超过 20 年”<sup>[4]</sup>。毛宗强教授也提出:“我国目前煤炭独大的能源结构,是否要变?是主动变,还是等到将来被迫变?”<sup>[5]</sup>”

第二种定位是中国科学院关于“我国能源可持续发展体系战略研究”中提出的,“沿着减小煤炭份额,大幅增加可再生能源和核能份额的方向,进行能源结构调整已经刻不容缓”。“虽然由于各种因素的复杂性,对 2050 年我国能源需求尚难明确预测,但已十分明显,2050 年我国能源结构将发生重大变化,突出表现在煤炭份额的大幅度下降。虽然我国煤炭需求不断增长,当前国内增大产量的积极性很高,但从环境污染、温室气体排放和资源的合理可持

续利用角度,都是不允许的”<sup>[6]</sup>。报告提出2050年中国煤炭在一次能源消费总量中的份额应控制在40%左右的目标。该报告态度鲜明,言铮意切,充满危机感与紧迫感。此见解可概括为“减少份额,控制使用,积极替代”的煤战略定位。

第三种定位是笔者在第二种定位的基础上,认为“份额控制”弹性大,“2050年”时段长,约束力有限,宜以“产量控制,强制替代”的煤战略定位意见。产量控制是达到一定产量后即不再增加,是刚性的。如美国在《能源自主与安全法案》中提出2022年1.08亿吨液体生物燃料的目标及逐年产量指标,其中受控性的玉米乙醇产量增长到2015年的4500万吨后即不再增加,而倡导性的非食物基生物燃料则从无到有和后来居上地由2009年的180万吨增加到2022年的6300万吨,都是刚性的。一面严格限产,一面加速替代,没有弹性和余地,这更适合中国国情。中国原煤年产已处高位,如达到30亿吨后即不再增加,缺口由清洁能源强制替代,并以法律形式确定下来,这是一种“置之死地而后生”的办法。

#### 4 中国油气立足国外

2005年中国的石油剩余可采储量是35亿吨标煤,储产比14,即在不考虑进出口条件下可供开采14年;江泽民2008年能源文中的石油储采比已下降到11.3<sup>[7]</sup>,中国石油资源真是极贫。由于需求剧增,1994年到2007年的14年间,石油年消费量由1.50亿吨增加到3.66亿吨,年均增长10.3%,为世界第三大石油消费国。2006年报道北方发现储量10亿吨的大油田,如此还可以多用两三年,又闻可能是25亿吨,即可再多用三四年,在总体上仍是杯水车薪。图3为1990—2007年中国石油消费量和进口量。

1994年中国开始成为石油净进口国时的石油进口量是290万吨,2008年是1.9亿吨,增长了69倍,进口依存度50%,预计到2020年将超过60%。中国外汇储备雄厚,这些年已经在中东、俄罗斯、中亚、非洲、拉美等投入了万亿计资金及外交/政治资源以保障这种高进口依存度。今日中国之外交,油气外交为大,油气立足国外的轮廓越来越清晰了,和20世纪70年代之后的美国一样。

据国际权威机构(IEO2005, IEO2005和USGS2000)的资料预测,全球石油剩余可采储量加上储量增长潜量为2297亿吨,可用39年,加上待

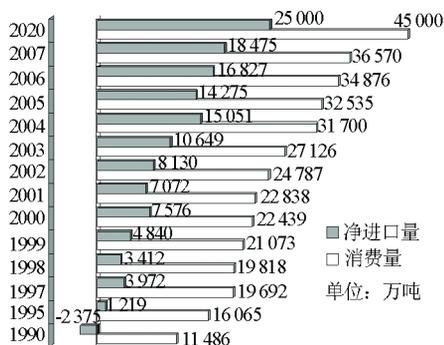


图3 1990—2007年中国石油消费量和进口量  
Fig. 3 The consumption and importation of petroleum of China in 1990—2007

发现资源量共3574亿吨,可用53年;全球天然气剩余可采储量加上储量增长潜量为2225亿吨,可用47年,加上待发现资源量共33696亿吨,可用63年<sup>[8,9]</sup>,可见国外油气也不是用之不竭的。随着资源的渐趋枯竭,油气的生产成本与价格必然水涨船高,中国的这艘油气巨轮正在驶向一条越走越窄,成本越来越高,不用太久即可看到尽头的航道。

在油气“最后一杯羹”的时代里,立足国外政策面对的是风云多变的国际舞台和不稳定的石油资源国而不是伊甸乐园。国际能源组织发表的2007年年度报告提醒说,如果中国和印度的能源需求不受控制地增长,2030年将增长一倍,石油进口将超过美日的现进口量。过分依赖中东石油的“海湾石油瘾”将带来经济与政治风险。短期风险是增加通胀率,长期风险是这个地区如发生冲突和战争,中国和印度会首当其冲地受到油价和供应中断的影响。中国70%的进口石油来自中东地区,每天上百艘中国运油船要通过美舰游弋,海盗猖獗,危机四伏的马六甲海峡。《美国国防部2007年中国军力报告》附有一幅“中国至关重要的海上通道”的附图,注有“中国严重依赖关键性的海上通道来保证其能源进口,约80%的中国原油进口都要经过马六甲海峡”。难怪美国军方曾扬言中国的石油咽喉掌握在他们手上。

西方媒体也许言过其实和有阻吓之意,但也是个提醒。中国也该算算需要多大的财力,外交和军事投入才能保障能源的海上通道和陆地线路,这笔隐性成本比表现成本要大得很多。当今世界,油气已是一种战略物资,外交谈判的筹码,政治与军事制衡的武器。国际交往上,没有钱是不行的,但有也不是万能的。这里不是说油气“进口”和“走出去”不重要,因为目前油气需求太多,缺口太大;也不是

说动用外汇储备趁油价低落增加油气战略储备不重要,因为这个机会千载难逢,而是说对其代价、风险和可能出现的突发事件要估计得充分些,“心无旁骛,不可以应卒”;而是说除了进口油气外,是否让清洁能源替代这条腿迅速加粗起来,好两条腿走路。可再生能源替代是一条越走越开阔,越走越自主安全,越走越清洁和可以永续的阳关大道。美国正在这样走,欧洲正在这样走,巴西正在这样走,中国上路了吗?中国是个崛起中的大国,凡事都对国际有或大或小的影响。我国粮食95%自给,国际市场稍作调剂,非常主动。而国民经济的“粮食”一半以上依靠国外,能够自主和安全吗?能够主动得起来吗?

## 5 能源转型乃时代发展大势

看看美欧等先行工业化国家的能源道路是怎么走过来的。由于地球油气资源分布过于集中和国家间工业化进程差距太大,形成资源国与消费国两极和矛盾日益加深的格局。先行工业化国家以其强大的经济、技术和军事优势而强力占有和掠夺资源国的石油资源,起始标志是1908年英国在伊朗获得石油开采权和成立英国—波斯石油公司;资源国与消费国之间矛盾深化的标志是1960年成立石油输出国组织 OPEC 和与继而成立的“国际能源机构”(IEA)之间的对阵,直到两次美伊战争和最近美英军队撤出伊拉克,整整经历了一个世纪。

“无可奈何花落去”。油气依赖国外,使进口国的经济与政治成本越来越高,压力越来越大,伊拉克和伊朗之于美国,俄乌“斗气”之于欧洲,使他们深感能源依赖国外的切肤之痛,置种种质疑与世界指责(指玉米乙醇)于不闻,义无反顾地持续加大对化石能源替代的力度。他们敢于幡然自悟地自我批判“石油瘾”;敢于提出2030年30%,2050年50%地以生物燃料替代化石运输燃料;敢于宣布“结束依靠中东石油的历史”,因为他们在实践中悟出了只有能源“自主”才有能源“安全”的真谛,打起了“自主”与“安全”大旗<sup>[10]</sup>。面临油气资源渐趋枯竭和应对全球气候变暖的大形势,美欧等不得不在国家战略高度上力求摆脱油气依赖国外的困境,探寻替代途径。

20世纪70年代石油危机后,美国陆续启动了可再生能源的试验示范工程。在旧金山附近安装了世界最大的风电装置;1991年在南加州建了9个10~80 MW 的太阳热能发电厂;2010年将建成一个由

两万个25 kW 太阳盘组成的装机容量500 MW 的太阳热能发电装置。生物质发电和燃料乙醇更是勃勃生机,特别是在克林顿1999年签署《开发和推进生物基产品和生物能源》总统令后,成为美国替代化石能源的主力品种。美国能源部和农业部2005年的报告中写道:“生物质已经开始对美国的能源做出贡献,2003年提供了2.9 quads(约1亿吨标煤)能量,占美国能源消费总量的3%以上,超过水电而成为可再生能源的最大来源。<sup>[11]</sup>”2007年通过的以生物燃料为主要内容的《能源自主与安全法案》,制订了生物乙醇和生物柴油将由2008年的2700万吨增加到2022年的1.08亿吨,2030年将替代30%的化石运输燃料。

奥巴马政府进而将生物燃料扩展到整个清洁能源,并提升到“向清洁能源经济转型”的国家战略高度。奥巴马在总统就职演说中讲:“我们将致力于利用太阳、风和土壤为汽车和工厂提供燃料和动力”;能源部长朱棣文提出:“要大力发展生物燃料和低碳生物能源,特别是解决20亿贫困人口的用能问题。”美国能源部在2009年的能源效率与再生能源研发拨款中,燃料电池技术、生物质能、太阳能和风能4项分别为2.12亿,10.04亿,1.75亿元和1.73亿元,生物质能的拨款是太阳能和风能的5.8倍。2009年7月朱棣文在清华大学演讲中介绍清洁能源新技术时,专门介绍了能源作物芒草(Miscanthus)在旱作条件下单位面积乙醇产出是玉米的15倍,5000万英亩能源作物可产出相当于目前1/2美国汽油消费量的生物燃料<sup>[12]</sup>。最近国内有些文章将美国的生物质能源误译为“地热”以讹传讹扩散开来。怎么可能呢?美国可再生能源中生物质能源占到50%份额。这几年风能发展很快,2007年装机容量 $1.69 \times 10^4$  MW,产能只是生物质能的1/30。

欧洲的生物质发电及热电联产、液体燃料、产业沼气等已经商业化运行十多年了,2006年生物燃料产量达到538万吨标油。2007年欧盟通过立法制订了2020年能源消费总额中的可再生能源必须占到20%,其中生物燃料要占交通部门汽油和柴油消费量的10%的目标<sup>[13]</sup>。日本提出在2050年世界原油生产达到顶峰前,开发出不依赖石油的技术,并按产业分别制定了“摆脱石油”的时间表,提出从“石化日本”向“生物质日本”的转变战略<sup>[14]</sup>。

20世纪70年代发生第一次石油危机时,沙特

阿拉伯的石油部长 Sheikh Yamani 有过一句名言：“要记住，石器时代的消失并不是因为用光了石头”。石器时代的结束不是用光了石头而是因为有了铜器和铁器；农业社会的结束不是因为农作物没有了收成而是因为有了工业革命；化石能源时代的结束也不必将它用完，而是尽早寻求更好的替代。R. 布朗认为：“保持 21 世纪初的全球文明，取决于向以可再生能源为动力、实现交通运输多样化的可循环经济的转变”<sup>[15]</sup>。

能源的自主与安全，可再生能源和清洁能源对化石能源的替代已是当今时代发展之大势。能源转型是历史的必然，转也得转，不转也得转，惟“闻道有先后”，动作有迟早而已。哪个国家觉悟得早，动作得快，哪个国家就得到主动，赢得未来。作为一个崛起中的大国，我国一定要把握好这个历史机遇，切勿失之交臂。

## 6 巴西和瑞典案例

要说清洁能源和低碳经济，巴西走在了世界前列。20 世纪 70 年代的石油危机与糖价下跌沉重地打击了巴西经济，巴西政府启动了“全国实施发展燃料乙醇生产计划”，号召并以法律形式在全国强制推行使用添加乙醇的“爱国汽油”。现全国已有 480 家乙醇生产厂，2008 年乙醇产量达到 1 900 万吨，联产的生物质发电 14 400 MW。2008 年“国际生物燃料大会”上，巴西全国公民协会主席 Dilma Rossef 女士在致辞中说：“巴西的经济是建立在可再生能源基础上的，目前全国以生物乙醇替代了 50 % 的汽油，生物柴油替代了 3 % 的化石柴油，这一比例正在快速提高。2003 年启动的灵活燃料汽车 (FFVs) 市场已有 700 多万辆，汽车销售中 90 % 以上是 FFVs 汽车。”

巴西已建成 10 大甘蔗乙醇生产基地和全国的公路、铁路、水路和出海港口的物流网和储存配送设施，以及 FFVs 汽车销售服务的从蔗田到车轮的完整生产销售系统。正在修建全长 1 150 km 输往大西洋海岸的乙醇管道，主要用于乙醇出口。2005 年，巴西出口乙醇 200 万吨，占全球乙醇交易量的 53 %，现每年出口瑞士 10 万吨无水酒精，出口印度 10 ~ 15 套酒精生产成套设备，为委内瑞拉等 10 个拉美和非洲国家承建了 16 个酒精蒸馏厂并提供全套生产设备。2004 年世界首架使用乙醇燃料的飞机在巴西试飞成功，现有 1.2 万架小型及农用飞机使用乙醇燃料，每千米成本

较汽油降低 4 成。甘蔗乙醇已成为带动农业、糖、乙醇、电力、机械制造、化工、汽车、交通、市政建设等 13 种行业的一项国家支柱产业。据巴西最新资料，每 100 万吨甘蔗可生产 6.34 万吨乙醇，带动相关产业创造产值 1.73 亿美元、经济增加值 8 550 万美元和提供 5 681 个就业岗位。乙醇汽油及相关产业总产值已达到巴西国民生产总值的 8 %，超过信息技术产业。甘蔗乙醇是个投资少和提供就业岗位多的产业，石油工业每提供 1 个工作岗位，乙醇产业可提供 152 个；每提供 1 个工作岗位，乙醇产业的投资额 1.1 万美元，而消费品、汽车、冶金和石油化工分别是 4.4 万，9.1 万，14.5 万美元和 22.0 万美元。铁树终于在巴西开花了。

大西洋彼岸的瑞典是又一优秀案例。1970 年的能源消费结构中石油占 77 %，2003 年下降到 32 %，生物质供热发电 1 030 亿度，占全国能源消费总量的 16.5 %，占供热能源消费总量的 68.5 %。生物质的工业用途 512 亿度，是石油 (224 亿度) 和煤炭 (166 亿度) 的 1 ~ 3 倍。20 世纪 80 年代对 9 种燃料车进行十多年试验后，选择了沼气和乙醇两种燃料。2007 年有沼气驱动车 1.5 万辆，加气站网布满全国，预计 2040 年前后，全国天然气将全部由沼气替代。在 2006 年“世界生物质能源大会”上，瑞典总理佩尔松宣布：“生物能源已能满足目前瑞典 25 % 的能源需求，替代石油的生物能源生产已成为瑞典农业生产的重要组成部分，为农村创造越来越多的就业和商业机会。2020 年瑞典将成为世界上第一个不依赖石油的国家”。

## 7 中国的清洁能源

中国能源转型的基础是清洁能源的资源，清洁能源的主体是可再生能源。风能、太阳能、水能和生物质能都是太阳辐射赋存于不同载体所表现出的不同能态。风能和太阳能需具备风电场和有一定太阳辐射量才能转化为热与电的能源产品，稳定性和储能性很差。生物质能是太阳辐射经植物转化后形成的化学态能量与物质，有良好的稳定性和储能性，有固液气三态的多种能源产品及非能物质产品。

据中国工程院 2008 年《中国可再生能源发展战略研究》报告，中国水电的经济可开发量 4.02 亿千瓦，年发电量 1.75 万亿度，其中小水电 1.28 亿千瓦，占全国水电装机容量的 33 % 和发电能力的 31 %<sup>[16]</sup>。中国陆地风能 (离地面 10 m 高度) 的技术可开发量为

2.97 亿千瓦,面积  $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,图 4 为中国 10 m 高度年平均风功率密度分布图。离岸 20 km 海域范围内技术可开发量 1.8 亿千瓦,面积  $3.7 \times 10^4 \text{ km}^2$  [16]。可利用的生物质原料资源中农林有机废弃物的年产能为 5.65 亿吨标煤,利用边际性土地种植能源植物的年产能 4.82 亿吨标煤 [16]。中国太阳能资源丰富,但尚无资源量的具体数据。经统一折算为标煤,中国小水电、风能和生物质能的可经济利用资源量分别为 0.63 亿吨,1.23 亿吨和 10.47 亿吨。

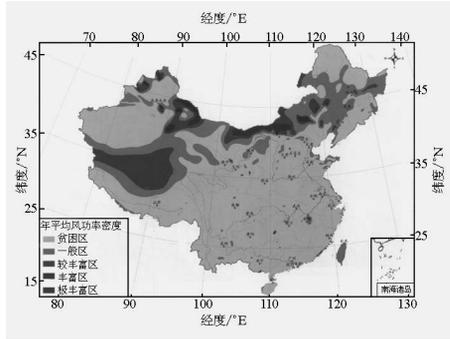


图 4 中国 10 m 高度年平均风功率密度分布图 [16]  
Fig. 4 The distribution map of annual mean wind power density at 10 m height in China

区域分布上,水能资源集中于西部,西南地区占到 70%;陆地风能资源集中于三北地区和青藏高原,内蒙古自治区占到 50%;太阳能资源丰富区也在青藏高原和西北地区 [16],与风能资源区基本叠置(见图 5);生物质能源分布广泛,主要在经济发达的东部地区和南方。水能、风能、太阳能和生物质能各占一方,互补而不相斥。图 6 为中国生物质原料资源。传统能源中的水电和核电亦属清洁能源。我国水电资源丰富,虽开发程度较高(32%),仍有较大

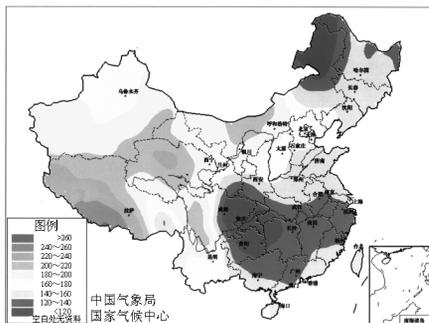


图 5 中国年平均日太阳辐照度分布图 [16] (单位:  $\text{W}/\text{m}^2$ )

Fig 5 The distribution map of annual mean daily solar irradiance in China (Unit:  $\text{W}/\text{m}^2$ )

潜力。中国核电装机容量 900 万千瓦,只占世界核电装机容量的 5%,开发余地较大,但国内资源不足。何祚庥院士在文献 [17] 中说,“中国天然铀资源供应不足,已探明量只能支持 25 座功率 100 万千瓦的标准核电站。” [17]

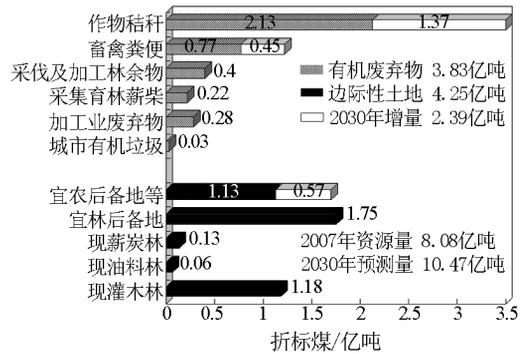


图 6 中国生物质原料资源

Fig. 6 The resources of feedstock of biomass in China

我国清洁能源及其资源状况见表 1 [16,17]。可利用的年总资源量为 14.05 亿吨标煤,其中不含太阳能的可再生能源的可经济开发资源量为 12.33 亿吨标煤,传统水电与核电为 1.71 亿吨标煤。我国太阳能供热和发电将有一个大的发展,光伏发电前景看好,核电原料进口渠道开始疏通,也会发展很快。将这两项计算进去,清洁能源的资源潜力可相当于现能源消费量的七成以上。

## 8 发展可再生能源的战略重点是生物质能源

生物质能源具有能源替代、减排环保和促进农村经济三重功能。生物质原料主要来自农林业,原料生产主要在农林业,原料加工过程“三农”皆可参与和获得工作岗位。在美国近 200 家生物燃料加工厂的绝大多数分散于农村和由农民自办,美国发展生物燃料的最大受益者是农民。巴西总统卢拉说:“巴西十分注重通过发展生物燃料带动农业增长,使农民富裕起来,更好地解决粮食与贫困问题。”欧盟委员会(2007)提出:“生物燃料是唯一可以大规模替代交通部门汽油和柴油的清洁能源。”德国前农业部长 Renate Kuenast 说:“提供可替代化石燃料的最快最廉价的办法就是生物燃料,并能提高农民和乡村的收入。”联合国亚太经济社会观察 2008 报告提出:“生物燃料产业的发展势不可挡,它非常有利于增加农民收入、提供就业机会和抑制油价。”

表1 中国清洁能源及资源状况

Table 1 The condition of the clean energy and its resources in China

清洁能源	能态	主产品	资源主分布区	年可经济开发资源量/			清洁 能源/%
				万千瓦	亿千瓦时	万吨标煤	
风能	动能	电	三北、青藏高原	47 700	10 017	12 311	8.8
太阳能	热能	热与电	青藏高原、西北	—	—	—	—
生物质能	化学能	多种能及 非能产品	东部地区及南方	—	—	104 700	74.5
小水电	势能	电	西南	12 800	5 586	6 292	4.5
传统水能	势能	电	西部	27 380	11 948	14 684	10.4
核能	原子能	电	合理布局	2 500	2 000	2 458	1.8
累计	—	—	—	—	—	140 445	100.0

注:水能和风能分别乘4 000 h和2 100 h换算为千瓦时,核电按8 000 h换算;1 kW·h=0.122 9 kg 标煤

生物质能源促进农村经济的功能对中国尤为重要。按不同原料适宜转化不同能源产品,中国2007年产生的作物秸秆、能源植物和木本油料等具有年替代3.7亿吨标煤石油,能源林及成型燃料替代2.7亿吨标煤煤炭,以及畜禽粪便和有机废弃物替代1.5亿吨标煤天然气的潜力。这是农民多么宝贵的一笔财富,可以年新增农民收入1 200~1 500亿元和提供约4 000万个岗位,还可年减排20亿吨CO<sub>2</sub>。

生物质能源产业在中国已有较好基础。2001年批建了4个以陈化粮为原料的乙醇厂,2006年燃料乙醇产量152万吨,推广乙醇汽油1 544万吨,居世界第3位。截至2007年底,中国核准的生物质直燃发电项目约100个,装机容量2 500 MW,建成投产并网发电的项目总装机容量400 MW以上。内蒙毛乌素生物能源发电公司在沙地种植沙柳,将治沙与生物质发电结合,25 MW机组已稳定并网发电9个月,上网电量0.8亿度。吉林宏日生物质燃料公司以林业剩余物为原料制成颗粒燃料替代燃煤,为长春市四星级吉隆坡酒店4.5×10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>用房面积供热,热效率83%,节省费用50%。北京德青源鸡场日处理鸡粪212 t,产沼气1.9×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,发电3.84万度,一半自用,一半稳定上网。这些星星之火正在中国大地燎原。

农民增收是解决“三农”问题的焦点,发展生物质能源可以立竿见影地增加农民收入。据中国国能生物发电集团资料,一个25 MW装机容量的生物质发电厂年消耗20万吨秸秆,可替代8.7万吨标煤的燃煤,减排18万吨CO<sub>2</sub>,农民新增收入5 000万元和获得1 000多个工作岗位<sup>[18]</sup>。众所周知,我国每年有7亿多万吨作物秸秆,其中有1亿多吨被白白烧掉,污染环境。按以上参数,它可建500个25 MW的小型电站,年替代4 350万吨标煤和减排9 000万吨CO<sub>2</sub>,农民年新增收入250亿元和得到50多万个

工作岗位。最近热议“风电三峡”,而生物质能源稍一出手,仅以被白白烧掉的秸秆的年发电量计,就可相当于一个“三峡”,综合效益更胜三峡。

原料资源量上,中国生物质能是水电的5倍,风能的8.5倍;资源分布上,主要在经济发达的东部地区和南方;产品上,不仅有热与电,还有固、气、液三态的多种能源产品及生物材料和生物化工等非能产品;中国最缺油和气,它是当之无愧的替代主力;技术与产业化成熟度上远高于风能和太阳能,设备可以全部国产;环保上,可以使有机废弃物等污染源无害化、资源化和循环利用;碳效应上,不仅低碳,还可吸碳和负碳排放;生产方式和投资上,可以分散、小型、灵活,投资少和见效快;社会效益上,可以立竿见影地增加农民收入和提供工作岗位。所有这些特质和功能对中国十分重要而又其他清洁能源所不具备的。中国石化石油勘探开发研究院原院长关德范最近著文指出,“中国能源发展战略思路要有一个根本转变,由化石能源转到以可再生能源为主的轨道上来”,“这是唯一的选择,没有其他出路。道理很简单,即我国进入经济转型期的首要任务是改变农村的经济结构和提高农民的生活水平”。“能源战略思路的转变中,首先要针对9亿多农民这样一个大目标,思考可再生能源的发展方向。<sup>[19]</sup>”

## 9 近来出现的奇怪现象

近来中国出现一种奇怪现象,自酝酿《新能源产业振兴规划》以来,风能与太阳能很热闹,生物质能很冷清,这是为什么?是怕影响粮食安全吗?为避免失控,国务院已叫停玉米乙醇和提出“非粮”方针。再说生物质能源的产品很多,原料主要是作物秸秆、畜禽粪便等农林有机废弃物及利用低质土地种植的能源植物,根本不涉及粮食和主要农田。连玉米乙醇的始作俑者美国也已经向非粮的二代生物

燃料转移了。“影响粮食安全”的事情已经过去,何必让这个“阴影”继续妨碍国家的正确决策。

是因为生物燃料成本高吗?一个新兴产业初期成本较高和需要政策性扶持是正常和十分必要的。现在美欧和巴西等国的生物燃料成本一般已降到相当于每桶 50~70 美元石油价格的水平;生物质发电、颗粒燃料、工业沼气等在美欧等商业化运行已十多年。中国目前对燃料乙醇补助较高,但其中大部分转移支付了农民,如每生产 1 t 木薯乙醇,农民可净增收 1 000~1 500 元;每发 1 度生物质电国家补贴 0.35 元,农民净得 0.2~0.3 元。目前国家对太阳能和风能的补贴远高于生物质能(太阳能发电每千瓦时补贴 1 元),且不能惠及农民。

不想才半年时间,错误导向制造的风能和太阳能“泡沫”就开始破裂了,风电和多晶硅已被国务院列入了产能过剩和重复建设名单。由于现今电网不能适应不稳定的风电和太阳能发电,能上网的不到一半,为保持电网的正常运行,甚至要一比一地配上火电。全国 20 多个省上的多晶硅生产线规模已达到全球需求量的两倍,《经济参考报》发表了题名“中国光伏泡沫已破灭,千亿元投资半数打‘水漂’”的文章。2009 年 1 月英国《自然》杂志就中国风电发表专文指出:“2007 年 5 月全球风能委员会与中国风能协会曾联合发布过一份备忘录,提出一些对风电业的改进意见。不到两年,备忘录中提出的那些担忧都被证实了”。“中国只有对电网进行了重大改造,才能适应可再生能源的发展。”<sup>[20]</sup>

生物质能对中国如此重要,为何反受冷遇?因为它不像风能和太阳能那样有很强的工业背景,有制造业大企业集团的利益驱动和影响力,它只有“三农”背景、势单力薄的企业和低吟的农民声音。在当前工业化狂热中,一些人太偏向工业与城市,太注重显赫的工业政绩了,顾不上去想那些长期被边缘化了的“三农”,对 1 t 秸秆可以让农民增收二三百元钱不感兴趣,尽管党中央三令五申地强调“三农”问题是全党工作的重中之重。

中国一年进口石油近 2 亿吨,耗资近 1 万亿元,境外投资也以万亿计,如果拿出一部分建设中国“绿色油田”和购买农民的“绿色石油”,几年下来,“三农”面貌何愁不变。希望在审订《新能源产业振兴规划》中认真考虑发展生物质能源。不仅是为了替代化石能源和减排温室气体,还是为了这个“重中之重”,给“三农”伸出一把援手。

## 10 中国能源的战略转型

化石能源资源贫乏而需求激增,以煤为主且大量排放温室气体,油气资源极缺和立足国外,中国的能源病情已经很重了,像悬在头上的一柄“达摩克利斯剑”。中国的“能源转型”势在必行,早转型早主动。但是,中国仍处在以煤为主和油气进口的兴头上,在可再生能源替代上的关注和着力是很不够的。《中国可再生能源发展规划》提出了“力争到 2010 年使可再生能源消费量达到能源消费总量的 10%,2020 年达到 15%”的目标<sup>[21]</sup>。其实,2006 年的水电就已占到一次能源消费总量的 7%,2020 年 15% 的可再生能源中水电也占到 44%。如按大水电属常规能源的联合国定义,2020 年的非水可再生能源只占能源消费总量的 4% 左右,可见《中国可再生能源发展规划》的“含水量”相当高。美欧 2020 年的非水可再生能源占能源消费总量的 20% 以上,巴西和瑞典接近或超过 50%。中国如果要实施能源转型战略,可再生能源在能源消费总量中的份额需要大幅调高。

## 11 结语

1) 近 10 年来,世界和中国的能源形势发生了太大变化,中国原先制订的以煤为基础等“48 字方针”已经赶不上形势了。中国在经济转型中要把“能源转型”的大旗打起来,以“自主安全”和“清洁能源替代”作为国家能源战略。痛下决心,切实大幅加速清洁能源对化石能源的替代,在能源战场上打一个化被动为主动的翻身仗。近一二十年里,中国能源不得不面对以煤为主和油气依靠进口的现实,但只是权宜之计和过渡之举。

2) 对化石能源和清洁能源都要采取限量制。如原煤年产增长到一定数量(如 30 亿吨)后不再增加,油气进口依存度达到一定比例(如 55%)后不再增加,强制性地以清洁能源弥补缺口,“置于死地而后生”。2020 年能源消费总量中的非水可再生能源份额十年翻一番,达到 15% 左右,加上大水电和核电可超过 20%。只有这样,中国以煤为主的化石能源消费结构才能得到实质性的改善,温室气体排放的增速才能缓下来,真正有个“跨越式”发展,在能源外交上也有个“高姿态”。

3) 清洁能源替代的主体是可再生能源,发展可再生能源的战略重点是生物质能源。风能、太阳能、生物质能等是一个整体,要依其不同特质、资源量及

区域分布,做到扬长避短和优势互补。

4)继续加大节能减排力度,强制性推进清洁煤技术和CCS技术。驾好以清洁能源替代为龙头,提高能效和减排温室气体为两翼的“三驾马车”,中国能源一定能冲出困境,开创一个新的局面。

5)清洁能源的产业链和对经济带动面远大于IT产业。这是一次化石能源经济向清洁能源经济、高碳经济向低碳经济、旧经济体系向新经济体系的历史转型。当前存在的“化石能源坐大”和“就能源论能源”的传统观是中国能源转型的最大绊脚石。

6)清洁能源替代,提高能效和减排温室气体都是新兴领域,技术和装备还不成熟,又在日新月异地进步。崛起的中国要及早做好部署,更多地学习引进国外先进技术,更多地占据技术前沿和制高点。

#### 参考文献

- [1] 国家统计局、国家发改委. 中国能源统计年鉴2008[M]. 北京:中国统计出版社,2009
- [2] 姚强. 洁净煤技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005
- [3] 倪维斗. 我国的能源现状与战略对策[N]. 科技日报,2007-01-25
- [4] 何祚庥. 中国以燃煤为主的能源政策还能维持多久?[J]. 中国科学院院士建议,1998,14
- [5] 毛宗强. 没有气体能源的战略是不完整的能源战略[N]. 科技日报,2007-3-5
- [6] 中国科学院. 我国能源可持续发展体系战略研究报告[R]. 2007
- [7] 江泽民. 对中国能源问题的思考[J]. 上海交通大学报(自然科学版),2008,42(3):345-359

- [8] 张抗. 中国石油天然气发展战略[M]. 北京:地质出版社,2002
- [9] 美国能源信息署. 国际能源展望IEO2005(中译本)[M]. 北京:科学出版社,2006
- [10] UNITED STATES AMERICA. The Energy Independence and Security Act[R]. 2007
- [11] USDE & USDA. Biomass as feedstock for a bioenergy and bio-products Industry: The technical feasibility of a billion-ton annual supply[R]. 2005
- [12] Zhu Liwen. Meeting the energy and climate challenge: A tale of two countries[R]. Beijing:Tsinghua University, 2009, July, 15
- [13] Commission of the European Communities. Renewable Energy Road Map[R]. Renewable energies in the 21<sup>st</sup> century: Building a more sustainable future, Brussels, 2007
- [14] 小宫山宏,等. 日本生物质综合战略[M]. 李大寅译. 北京:中国环境科学出版社,2005
- [15] 莱斯特.R.布朗.B模式[M]. 林自新等译. 北京:东方出版社,2003
- [16] 中国工程院. 中国可再生能源发展战略研究丛书[M]. 北京:中国电力出版社,2008
- [17] 何祚庥. 解决中国未来的能源问题是以核能为主,还是以可再生能源为主?[J]. 中国科学院院士建议,2006,15
- [18] 庄会永. 中国农林生物质发电产业化实践[R]. 南宁,2008
- [19] 关德范. 用科学发展观思考中国能源发展战略[J]. 中外能源,2009,14(7)
- [20] Editorial. China's wind-power potential [J]. Nature, 2009, 457(7228):357
- [21] 国家发展和改革委员会. 中国可再生能源发展规划[R]. 2007,8

## The energy rattrap and transition of China

Shi Yuanchun

(China Agricultural University, Beijing 100193, China)

[Abstract] China is endowed with inadequate resources of oil and natural gas, and depends its 50% of energy demand upon import. Also the quantitative ratio of reservation vs. production has already declined below 50. Among the total energy consumption, coal accounts 70% in China, and the amount of CO<sub>2</sub> emission has been more than the US. Nowadays, energy transition is a worldwide trend, including China. Its major direction is developing clean energy, and taking renewable energy as a focus point. China has a potential of substituting 70% of present energy consumption, including small hydropower, wind energy and biomass energy. These resources that are economically available are 63 million tce, 123 million tce and 1.047 billion tce separately. Biomass resource is the richest in China, and it can be served to increase farmers' income immediately, promote rural economy, thus it should be regarded as the foremost area of tapping renewable energy and energy transition.

[Key words] China energy; rattrap; transition