

# 核能与天然气:后京都时代 中国能源的关键

薛力

**【内容提要】**当前,中国能源消费中的重大问题是:不可持续的能源消费结构不仅严重影响中国未来的发展,而且还将损害中国的“负责任大国”形象;现有的能源发展战略与规划以中国“富煤、少油、缺气”为理由,没有充分意识到大力调整能源消费结构的迫切性。为了中国经济的可持续发展,避免在未来付出更大的代价,中国必须在努力提高能效、减少污染的同时,大力调整能源消费结构:大幅度减少煤炭消费比重、适当提高石油与可再生能源消费比重,其重心是大幅度提高天然气与核能的消费比重。从长远看,中国能源消费的重心应该是核能和天然气,其他能源消费只能占据相对次要的地位。

**【关键词】**中国能源;消费结构调整;核能与天然气

**【作者简介】**薛力,中国社会科学院世界经济与政治研究所,博士。(北京 邮编:100732)

**【中图分类号】**D815 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1006-9550(2008)09-0063-11

世界能源消费的发展趋势是什么?中国目前的能源消费结构存在什么缺陷?现有的主要能源发展规划有什么严重不足?能否改变?如何改变?这些都是本文试图回答的问题,但文章的重点是讨论中国能源结构调整到何种程度比较合适这个核心问题。本文将分四个部分讨论这个问题,首先简要介绍相关背景,然后探讨提高核能与天然气消费比重的必要性,接着探究各种能源消费调整的比例,最后对本研究进行总结。

## 一 研究背景与意义

### (一)相关背景

2007年12月15日,联合国气候变化大会在印度尼西亚巴厘岛闭幕,会议在延期一天后,由于美国的让步,“巴厘路线图”得以通过。这意味着,人类在应对未来气候变化问题上首次达成了全球一致的

框架。2012年之后如何进一步降低温室气体排放这一“后京都”问题,有了解决的希望,因此,也可以

\* 本文是中国社会科学院世界经济与政治研究所级课题《核能与后京都议定书时代中国能源选择》的主要内容,在写作过程中,得到焦兵、徐龙第、李开盛、白云真、赵俊、邵峰、王逸舟等人的大力点和帮助,在此表示谢意。文中不当之处由作者负责。

“巴厘路线图”的要点是:第一,确认为阻止人类活动加剧气候变化必须“大幅度减少”温室气体排放。文件援引科学研究建议,2020年前将温室气体排放量相对于1990年排放量减少25%~40%。但文件本身没有制订量化减排目标。第二,为应对气候变化新安排举行谈判,谈判期为2年,应于2009年前达成新协议,以便为新协议在2012年底前生效预留足够的时间。2008年计划举行四次有关气候变化的大型会议。第三,谈判应考虑为发达国家制定温室气体减排目标,发展中国家应采取措施控制温室气体排放增长。比较发达的国家向比较落后的国家转让环境保护技术。第四,谈判方应考虑向比较穷的国家提供紧急支持,帮助这些国家应对气候变化带来的不可避免的后果,比如,帮助它们修建防波堤等。第五,谈判应考虑采取“正面激励”措施,鼓励发展中国家保护环境、减少森林砍伐等。引自“巴厘路线图”,参见<http://baike.baidu.com/view/1313120.htm>。关于《京都议定书》,参见[http://news.xinhuanet.com/ziliao/2002-09/03/content\\_548525.htm](http://news.xinhuanet.com/ziliao/2002-09/03/content_548525.htm)。

说全球开始采取措施迎接“后京都议定书时代”的到来。如果说《京都议定书》的作用由于美国的退出与发展中国家没有承诺减排而打了折扣的话,“巴厘路线图”有可能会弥补这一不足。毕竟,该“路线图”包括了所有的发达国家,并为2009年前应对气候变化谈判的关键议题确立了明确议程,具体议题包括:适应气候变化消极后果的行动、减少温室气体排放的方法、广泛使用气候友好型技术以及对适应和减缓气候变化措施进行资助。

值得注意的是,欧盟原本希望会议提出具体减排目标,即发达国家2020年前将温室气体排放量相对于1990年排放量减少25%~40%。这一点虽然由于美国、加拿大与日本的反对而没能列入文件,但欧盟自身很可能按照这一标准执行,德国就表示可以完成这一目标,英国提倡低碳经济,其政策目标是在2050年将二氧化碳排放量减少60%。而原先与美国一道反对《京都议定书》的澳大利亚,在新总理陆克文于2007年11月上台后马上签署了《京都议定书》,并亲自带团参加巴厘岛会议。这些事例都预示着节能减排将成全球大势。

由此可以推论,包括中国、印度在内的发展中国家,在节能减排上可能将面临着比《京都议定书》时代严峻得多的挑战,各国势必采取更为严格的应对措施。

## (二)中国的能源结构

中国现在的能源结构如何?与其他国家相比有什么差距呢?是否有可能在节能减排的基础上调整能源消费结构呢?

表1显示,中国不仅是全球煤炭消费的大户,而且在能源消耗上仍高度依赖煤炭,煤炭比例高达69.7%,超过世界平均水平42个百分点,甚至比印度还高13.5%,大约等于美国在1925年的比例。发达国家煤炭消费比例都低于世界平均水平,其中,法国仅为5%。中国只有水电的比例接近世界平均水平,石油、天然气、核能等所占比例都大大低于世界平均水平,与发达国家相比差距很大。

世界能源利用的一般趋势是从柴草、煤炭、石油、新能源。无论能源自然禀赋如何,无论是煤炭资源丰富的美国、苏联,还是煤炭资源缺乏的日本,它们的共同特征是:煤炭在能源消费中的比重大幅度下降,差异只是在于下降速度的快慢(见表5)。

表1 2006年世界主要国家能源消费结构统计

单位:百万吨油当量(%)

| 国家   | 石油     | 天然气    | 煤炭     | 核能    | 水力    | 合计      |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|
| 美国   | 938.8  | 566.9  | 567.3  | 187.5 | 65.9  | 2326.4  |
|      | 40.4%  | 24.4%  | 24.4%  | 8.1%  | 2.8%  | 100.0%  |
| 加拿大  | 98.8   | 87.0   | 35.0   | 22.3  | 79.3  | 322.3   |
|      | 30.7%  | 27.0%  | 10.7%  | 6.9%  | 24.6% | 100.0%  |
| 法国   | 92.8   | 40.6   | 13.1   | 102.1 | 13.9  | 262.6   |
|      | 35.3%  | 15.5%  | 5.0%   | 38.9% | 5.3%  | 100.0%  |
| 德国   | 123.5  | 78.5   | 82.4   | 37.9  | 6.3   | 328.6   |
|      | 37.6%  | 23.9%  | 25.1%  | 11.5% | 1.9%  | 100.0%  |
| 意大利  | 85.7   | 69.4   | 17.4   | -     | 9.7   | 182.2   |
|      | 47.0%  | 38.1%  | 9.5%   | -     | 5.3%  | 100.0%  |
| 英国   | 82.2   | 81.7   | 43.8   | 17.0  | 1.9   | 226.6   |
|      | 36.3%  | 36.1%  | 19.2%  | 7.5%  | 0.8%  | 100.0%  |
| 俄罗斯  | 128.5  | 388.9  | 111.5  | 35.4  | 39.6  | 704.9   |
|      | 18.2%  | 55.2%  | 16.0%  | 5.0%  | 5.6%  | 100.0%  |
| 日本   | 235.0  | 76.1   | 119.1  | 68.6  | 21.5  | 520.3   |
|      | 45.2%  | 14.6%  | 22.9%  | 13.2% | 4.1%  | 100.0%  |
| 韩国   | 105.3  | 30.8   | 54.8   | 33.7  | 1.2   | 225.8   |
|      | 46.6%  | 13.6%  | 24.3%  | 14.9% | 0.5%  | 100.0%  |
| 印度   | 120.3  | 35.8   | 237.7  | 4.0   | 25.4  | 423.2   |
|      | 28.4%  | 8.5%   | 56.2%  | 2.1%  | 6.0%  | 100.0%  |
| 中国   | 363.0  | 52.2   | 1198.8 | 12.3  | 94.3  | 1720.7  |
|      | 21.1%  | 3.0%   | 69.7%  | 0.7%  | 5.5%  | 100.0%  |
| 世界合计 | 3889.8 | 2574.9 | 3090.1 | 635.5 | 688.1 | 10878.5 |
|      | 35.8%  | 23.7%  | 28.4%  | 5.8%  | 6.3%  | 100.0%  |

说明:此表依据英国石油公司(BP)《BP世界能源统计2007》发布的数据整理,中国数据中包括了香港。

资料来源:《2006年各国能源消费结构排行》,引自环球网能源网:[http://ranking.worldenergy.com.cn/2007/0706/content\\_17617.htm](http://ranking.worldenergy.com.cn/2007/0706/content_17617.htm)。原出处为BP Statistical Review of World Energy June 2007, p. 41。

## (三)中国现有应对措施的成效与缺陷

中国政府高度重视节能减排问题,在发展经济的同时采取强有力措施推行节能降耗,取得了非常

联合国气候变化大会达成“巴厘路线图”,参见<http://news.sina.com.cn/w/2007-12-15/201714529764.shtml>

2007年8月28日,德国总理默克尔在中国社会科学院的演讲中回答潘家华教授的提问时明确表示,德国将有把握在2020年实现减排25%乃至40%的目标。

庄贵阳:《低碳经济:气候变化背景下中国的发展之路》,北京:气象出版社,2007年版,第4页。

[英]M. G. 韦布与M. J. 里基茨著,罗根基译:《能源经济学》,成都:西南财经大学出版社,1987年版,第18页。

显著的成果。1990~2005年期间,中国能源强度(energy intensity)年均下降了4.2%,并计划在“十一五”时期(2006~2010年),把万元GDP(按2005年价格计算)能耗由2005年的1.22吨煤当量(tce)降到2010年的0.98吨煤当量(tce)。中国于20世纪最后20年在国民经济翻两番的同时,能源消费仅仅翻了一番。2004年颁布了《节能中长期专项规划》,2007年6月公布了《节能减排综合性工作方案》,10月公布《核电中长期发展规划(2005~2020)》。此外,为因应后京都议定书时代的到来,中国于2007年6月颁布了《中国应对气候变化国家方案》,方案对节能减排提出了具体而全面的应对措施。

然而,现有与能源相关的主要规划存在重大缺陷,必须进行重大的调整,否则将导致如下后果:对外,“负责任大国”成了空话;对内,则是严重污染导致的人民健康受损、经济发展不可持续。

《中国应对气候变化国家方案》通过引用《联合国气候变化框架公约》,高度强调“经济和社会发展及消除贫困是发展中国家缔约方的首要和压倒一切的优先事项”,确定的应对原则是“在可持续框架下应对气候变化”,“减缓与适应并重”。其潜在含义是:应对气候变化的节能减排不能以牺牲经济发展为代价,毕竟,“中国温室气体历史排放量很低,且人均排放一直低于世界平均水平”,“在目前的技术水平下,达到工业化国家的发展水平意味着人均能源消费和二氧化碳排放必然达到较高的水平,世界上目前尚没有既有较高的人均GDP水平又能保持很低人均能源消费量的先例”。小布什政府2001年退出《京都议定书》的主要理由是:7%的减排承诺将使美国经济负担过重。中国以经济发展需要、平均排放水平低为理由不承诺减排,有其合理的一面,但如果长期坚持这一立场,将影响经济的可持续发展,也有违“负责任大国”的定位。众所周知,较高的生活水准意味着人均使用较多的能源。大幅度节能减排对发达国家来说也是一件很艰巨的任务,中国如果未雨绸缪,采用适当的能源战略,有可能避免发达国家曾经走过的“先污染后治理”的弯路。

“十一五”计划的节能减排任务开局不利。从1980年到2000年,主要由于工业能源利用效率的提高,中国的能源强度明显、稳步下降,但从2001年开始,由于产业结构重型化发展,能源强度又出现反

弹。其结果是,在“十一五”开局之年单位GDP能耗仅仅下降1.33%,远远未达到下降4%的原定目标,而2007年前几个月的单位能耗不降反升。经济发展速度快于预期、经济增长方式相对粗放、能源密集型产业高速发展、政策法律管理漏洞等多因素综合作用,将导致“十一五”20%节能目标难以实现。

水电、风电、核电计划的局限性。《中国应对气候变化国家方案》提出,“到2010年,力争使可再生能源开发利用总量(包括大水电)在一次能源供应结构中的比重提高到10%左右”。这是一个相对稳健的目标,但即使实现这一目标,对于改善中国的能源消费结构并没有多大的影响。根据国家统计局的数据,2006年中国水电、核电和风电占一次能源消费的7.2%,要实现2010年达到10%的目标,需要每年提高约1%。这是一个可望实现的目标,而且,主要由水电的增长来实现。

《核电中长期发展规划》的目标是,到2020年形成4496.8万千瓦的装机容量(见表2),这是21世纪全球最大的国家核能发展计划。这样的发展规模将仅次于美国20世纪70~80年代和法国20世纪80年代的核电发展规模。2006年,作为中国新世纪核能计划的先锋,岭澳二期和秦山二期核电扩

能源强度是指单位GDP所使用的能源量,一般以吨标准煤/万元来计算。

能源的计量单位有标准煤、标准油和标准气。世界能源消费以石油和天然气为主,通常采用吨油当量作为能源的统一计量单位。中国等一些以煤炭消费为主的国家,则通常采用标准煤作为能源的统一计量单位。1吨标准煤等于0.7吨标准油。标准煤是按一个规定的煤的热值计算各种能源量时所用的统一换算指标,又称煤当量(tce)。但标准煤的热值迄今没有国际公认的统一规定值。标准油是按标准油的热当量值计算各种能源量时所用的综合换算指标,又称油当量(toe),凡是低位发热量等于41.82兆焦或10000千卡的能源量称1千克标准油。

《中国可持续能源实施“十一五”20%节能目标的途径与措施研究》课题组:《中国可持续能源实施“十一五”20%节能目标的途径与措施研究》,北京:科学出版社,2007年版,第4页。

庄贵阳:《低碳经济:气候变化背景下中国的发展之路》,第16页与第5章;《中国可持续能源实施“十一五”20%节能目标的途径与措施研究》课题组:《中国可持续能源实施“十一五”20%节能目标的途径与措施研究》,第4页。

《中国可持续能源实施“十一五”20%节能目标的途径与措施研究》课题组:《中国可持续能源实施“十一五”20%节能目标的途径与措施研究》,第4~6页。

江泽民:《对中国能源问题的思考》,载《上海交通大学学报》,2008年第3期,第350页。与表1的数据相差1%,或许与统计口径有关,此处选用更具权威性的国家统计局数据。

建共有 4 台新机组开工建设。据 2007 年最新预测,中国电力装机容量到 2020 年将突破 12 亿千瓦。这样,按照目前中国核电规划,到 2020 年 4 000 万千瓦核电装机将只占当时全国电力装机的 3.3%。截止到 2006 年底,中国投运的核电机组共 11 台,870 万千瓦,约占全国发电总装机容量的 1.4%,核能发电占全国发电的约 1.93%,特别是 2000 年至今中国投入运行机组 8 台,占全球同期投运机组数的 1/4。从绝对数量与开工数量看,2005~2020 年的增长幅度较高。但这是在较低的基数的情况下取得的,从总体上看,与世界水平相比仍处于相对低的比率。到 2006 年末,全球在运行的核电机组为 435 台,发电量约占世界总发电量的 16%,这一比率已经维持了整整 20 年,似乎可以成为中国发展核电的阶段性参考标准。发达国家的比重通常要高许多。

表 2 中国核电建设项目进度设想

单位:万千瓦

|           | 五年内新开工规模 | 五年内投产规模 | 结转下五年规模 | 五年末核电运行总规模 |
|-----------|----------|---------|---------|------------|
| 2000 年前规模 |          |         |         | 226.8      |
| “十五”期间    | 346      | 468     | 558     | 694.8      |
| “十一五”期间   | 1 244    | 558     | 1 244   | 1 252.8    |
| “十二五”期间   | 2 000    | 1 244   | 2 000   | 2 496.8    |
| “十三五”期间   | 1 800    | 2 000   | 1 800   | 4 496.8    |

说明:因单机容量有变化,实际开工和完工核电容量数有变化。

更为不妙的是,中国环境规划院的下述观点几乎成了众口一词的“铁论”:中国“富煤、少油、缺气”的国情决定了“以煤为主的能源格局在今后相当长一段时间内不会改变”。也就是说,煤炭在能源消费中的比重将长期维持在 60% 以上,并没有进行相应的规划,以便像发达国家那样,经历一个煤炭比重明显的下降期。如国家发展和改革委员会能源研究所 2003 年发表的《2020 年中国可持续能源情景》,其基准情景预测,煤炭比重将从 1998 年的 75.4% 下降到 2020 年的 64.8%。国务院发展研究中心在稍后发表的报告中预计,煤炭比重将从 2000 年的 69.9% 下降到 2020 年的 63.2%。于

是,中国未来能源政策的重点是围绕现有能源消费结构进行的节能降耗,而很少考虑大力调整能源消费结构的可能性与必要性。考虑到中国现有的能源利用效率,节能降耗显然是有潜力的,但以煤为主的能源消费结构决定了节能降耗的限度,也就是说,中国只能做到“相对的低碳发展”。一句话,节能降耗只是治标之举,调整能源结构才是治本之道。

## 二 为什么中国必须大力发展核能与天然气

在能源利用中强调环保是个总体趋势,因此,中国未来的能源战略只能是:尽量提高清洁能源的比重;在使用非清洁能源时,使用污染相对较轻的能源;在不得已使用污染较重的能源时,强制采用节能环保技术。

非清洁能源主要是煤炭、石油、天然气,也就是一般所说的传统能源。关于这一类能源的前景,我们可以从欧盟的经验中获得重要的启迪。根据 2006 年 3 月 8 日欧盟委员会发布的《欧洲能源政策绿皮书》,2004 年,欧盟 25 国的能源消费总量估计为 17.45 亿桶油当量,是中国 2002 年一次能源消耗的 1.7 倍。

2006 年 11 月 30 日,中国国家电力监管委员会(电监会)副主席王野平在出席“2006 特高压输电技术国际会议”时表示,预计到 2020 年,中国电力装机容量将突破 12 亿千瓦。

王金南等:《能源与环境:中国 2020》,北京:中国环境科学出版社,2004 年版,第 180 页。

周大地主编:《2020 中国可持续能源情景》,北京:中国环境科学出版社,2003 年版,第 133 页。

庄贵阳:《低碳经济:气候变化背景下中国的发展之路》,第 27 页。

《节能中长期专项规划》、《节能减排综合性工作方案》都是针对现有能源消费结构制定的长期政策,而《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》则是个短期目标,规定 2010 年单位 GDP 能耗比 2005 年下降 20%。

庄贵阳:《低碳经济:气候变化背景下中国的发展之路》,第 16 页。

煤层气的成分与天然气非常接近,一般的统计可能都归入到天然气中,故本文没有单列相关数据。

正式名称为“获得可持续、有竞争力和安全能源的欧洲战略”,还包括两个附件:委员会工作文件以及有关能源安全的对外关系对话和法律文件。附件给出了比较详尽的能源分类数据。

中国 2002 年一次能源消耗为 15.14 亿吨标准煤,相当于 10.60 亿吨油当量。

表3 欧盟2030年之前能源消费构成(%)

| 类型       | 1990年 | 2000年 | 2004年 | 2010年 | 2020年 | 2030年 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 固体燃料     | 27.8  | 18.5  | 18.0  | 15.8  | 13.8  | 15.5  |
| 石油       | 38.3  | 38.4  | 37.0  | 36.9  | 35.5  | 33.8  |
| 天然气      | 16.7  | 22.8  | 24.0  | 25.5  | 28.1  | 27.3  |
| 核能       | 12.7  | 14.4  | 15.0  | 13.7  | 12.1  | 11.1  |
| 可再生能源    | 4.4   | 5.8   | 6.0   | 7.9   | 10.4  | 12.2  |
| 传统能源所占比重 | 82.8  | 79.7  | 79.0  | 78.2  | 77.4  | 76.6  |

说明:(1)固体燃料包括煤、褐煤和泥煤,但不包括木材;(2)传统能源指固体燃料、石油和天然气;(3)以上数据中,只有2004年的总和为100%,2010年为99.9%,其他年份均为99.8%,原因未明,可能与四舍五入有关,也可能与未计入木材等能源有关。

资料来源:中国石油化工集团公司经济技术研究院与中国石化咨询公司翻译:《欧盟能源政策绿皮书》,2006年版,第27、31页。

由表3可知,即使是大力提倡控制温室气体排放的欧盟,到2030年仍有76.6%的能源来自传统能源。这说明传统能源仍将长期唱主角,中国也很难摆脱这个特性。但值得注意的是如下特征(从2004年至2030年):可再生能源用量翻番;天然气比重提升3.3%,石油比重下降3.2%,核能下降3.9%,固体燃料下降2.5%。可再生能源与天然气用量大幅增长,固体燃料的比重将降到与核能、可再生能源接近的水平。根据《欧盟能源政策绿皮书》,核能占发电的比重将从现在的30%下降到2030年的19%,减少的部分将用固体燃料来替代,可见若非欧盟试图用固体燃料取代核能,固体燃料在能源消费中的比重本来可以有更大的下降。显然,欧盟的政策将导致二氧化碳排放量的增加,从而影响到欧盟的减排计划。核电占一些成员国电力消费的一半以上,在德国、西班牙和英国的比重更高。事实上减少核电比例的举措进展缓慢,即使已经决定分阶段关闭核电站的比利时、德国和瑞典三国,也仅仅关闭了少量的核电站。

如果说,表5展示了过去半个多世纪人类能源消费结构的调整趋势,表1展示了全球能源消费的现状,表3则展示了未来一代人的时间内,欧洲能源消费的变动方向,大致上代表了全球的能源消费趋势。对于正在经历着快速的经济发展和大力融入世界的中国而言,很难脱离这个大趋势而走一条独特的能源消费道路。当然,外来的压力仅仅是一个方

面,更主要的是,中国现有的能源消费结构意味着以不断提高污染速度和程度来换取经济发展。而《节能中长期专项规划》、《节能减排综合性工作方案》、《核电中长期发展规划(2005~2020)》、《中国应对气候变化国家方案》、《十一五规划》等主要的国家发展规划都意识到了现有发展模式是不可持续的,必须改变经济增长方式。它们的主要不足是:重治标轻治本,没有提到大力调整能源消费结构。也就是说,把努力的重点放在传统能源的节能减排上,而对发展清洁与比较清洁的能源重视不够,尤其是核能与天然气规划过于保守。

### 三 如何调整能源消费结构

根据国家统计局《2007年国民经济和社会发展统计公报》,全年能源消费总量为26.5亿吨标准煤,比上年增长7.8%。煤炭消费量为25.8亿吨,增长7.9%;原油消费量为3.4亿吨,增长6.3%;天然气消费量为673亿立方米,增长19.9%;电力消费量为32632亿千瓦时,增长14.1%。这是中国调整能源结构的基础。

能源结构的调整是个巨大的系统工程,对大国来说更为困难。但可以肯定的是,能源结构的调整是不可避免的、也是切实可行的。以“富煤、缺油、少气”的国情为借口不进行能源消费结构的调整,不仅是短视的,也将在未来让中国付出不可承受的代价。发达国家的经验表明,无论其能源资源禀赋如何,在能源消费上都经历了从主要依靠煤炭到主要依赖石油与天然气,进而再到天然气、核能与可再生能源的转变。以具有代表性的发电领域为例,2020年欧盟天然气、固体燃料、核能与可再生能源在发电能源结构中的比例都将超过20%。

能源消费结构调整的总体思路应该是:一方面,

中国石油化工集团公司经济技术研究院与中国石化咨询公司翻译:《欧盟能源政策绿皮书》,第35页。

中国石油化工集团公司经济技术研究院与中国石化咨询公司翻译:《欧盟能源政策绿皮书》,第52页。

中国石油化工集团公司经济技术研究院与中国石化咨询公司翻译:《欧盟能源政策绿皮书》,第28页。

中国石油化工集团公司经济技术研究院与中国石化咨询公司翻译:《欧盟能源政策绿皮书》,第53页。

通过引进先进技术、提高管理水平等措施来提高能效、减少温室气体排放;另一方面,大力发展清洁能源与干净能源,大幅度提高这些能源消费占总能源消费中的比重。目前,国家的能源规划与学者的观点普遍认为,中国应对环境污染、温室气体排放的措施主要靠节能减排。严陆光院士也主张,到2050年,化石能源在中国能源消费结构中的比重,将由现今的超过90%降低到70%,而非化石能源比例达到30%;把煤炭在消费结构中的份额由目前的约70%减至约40%,天然气、水电、核电的份额将有所增长,还有约15%的缺口要靠大规模发展非水能的可再生能源来补足。

上述调整仍不足以支撑中国的可持续发展,污染仍将加剧。比较合适的能源消费结构调整目标应该是:首先确定到2030年的目标位,届时再确定下一步的发展目标。笔者建议2030年的能源消费结构是:石油占23.8%,略高于2005年的21.5%,略低于印度2006年的28.4%;天然气占22%,略低于2006年的全球平均水平23.7%和欧盟2000年的水平22.8%;煤炭占28%,与2006年的世界平均水平持平;核能占14%;水电占9.2%,略高于2006年的全球平均水平,世界主要大国水电占能源的比重很少超过6%,中国的水力资源丰富,开发程度较低,因此可以有一定的发展,但很难大幅度提高;其他可再生能源占3%,水电加上其他可再生能源在能源消费中的比重等于欧盟2030年的水平。

表4 中国能源消费结构与调整目标(%)

| 年份   | 煤炭   | 石油   | 天然气 | 核能  | 水力  | 可再生能源 |
|------|------|------|-----|-----|-----|-------|
| 2005 | 69.1 | 21   | 2.8 | 0.8 | 6.2 | 0.1   |
| 2010 | 66.1 | 20.5 | 5.3 | 0.9 | 6.8 | 0.4   |
| 2030 | 28   | 23.8 | 22  | 14  | 9.2 | 3.0   |

说明:(1)水电属于可再生能源,但在中国的能源统计中,有时单列,本文亦循此例;(2)表中2005年与2010年的数据来自《能源发展“十一五”规划》第7页;(3)中国政府不同部门乃至同一部门发布的文件中,统计数据有互相矛盾的现象,故需互相验证、比较才能采用。国家发改委颁布的另一文件《可再生能源中长期发展规划》中提到,“2005年可再生能源开发利用总量(不包括传统方式利用生物质能)约1.66亿吨标准煤,约为2005年全国一次能源消费总量的7.5%”,也就是说,除去水力的可再生能源所占消费能源的1.3%,笔者认为这个数据被大大高估了,可信度不如“十一五”规划,因此未予采用。

在重点分析天然气与核能的调整依据之前,本文简要分析煤炭、石油、可再生能源与氢能源的调整。

大力降低煤炭消费比重是中国实现可持续发展的必不可少的条件,降低的比重与速率是可以讨论的,我们的建议是:到2030年煤炭消费比重降到2006年的世界平均水平。这是一个容易被接受的比例。以损害人的健康、破坏自然环境为代价的经济发展是不可持续的,同时,现在的煤炭消费比重,使得中国在全球“鹤立鸡群”,严重破坏中国“负责任大国”的形象。

表5 石油与煤炭占能源消费的比重(%)

| 项目 | 年份   | 美国   | 苏联   | 日本   | 德国   | 英国   | 法国   | 意大利  | 平均   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 石油 | 1950 | 39   | 17   | 4    | 3    | 9    | 17   | 33   | 17.4 |
|    | 1978 | 47   | 38   | 72   | 58   | 45   | 63   | 68   | 55.9 |
|    | 1987 | 41.4 | 33.3 | 54.3 | 42.7 | 36.3 | 42.4 | 60.9 | 44.5 |
|    | 2006 | 40.4 | 18.2 | 45.2 | 37.6 | 36.3 | 35.3 | 47.0 | 37.1 |
| 煤炭 | 1950 | 40   | 79   | 85   | 95   | 90   | 80   | 49   | 74.0 |
|    | 1978 | 19   | 32   | 15   | 20   | 33   | 15   | 7    | 20.1 |
|    | 1987 | 23.3 | 23.0 | 17.7 | 27.6 | 33.0 | 8.8  | 10.0 | 20.5 |
|    | 2006 | 24.4 | 16.0 | 22.9 | 25.1 | 19.2 | 5.0  | 9.5  | 17.4 |

说明:1978年项目中,苏联为1977年数据;2006年数据中,苏联数据为俄罗斯数据;德国数据中除了2006年的数据是两德统一后的德国,此前的数据均为联邦德国。

资料来源:华泽澎主编:《能源经济学》,东营:石油大学出版社,1991年版,第15页;“2006年各国能源消费结构排行”,参见[http://ranking.worldenergy.com.cn/2007/0706/content\\_17617.htm](http://ranking.worldenergy.com.cn/2007/0706/content_17617.htm);最后一列的平均值为笔者所加。

中国的石油消费占能源消费的比重应该是多少比较合适呢?我们确定的比重是从2006年的21%微升至2030年的23.8%。中国在工业化与城市化过程中必然伴随着人均能源消费的增加,但大幅度提高石油消费比重比较困难,而且,与其增加石油消费比重不如增加天然气消费比重。依据中国政府的《能源发展“十一五”规划》,到2010年石油消费比重将从2005年的21%微降至20.5%,专家也支

《2050年非化石能源在中国能源消费结构中将达到30%》,引自[http://www.china.com.cn/environment/2007-05/28/content\\_8358240.htm](http://www.china.com.cn/environment/2007-05/28/content_8358240.htm)。

2006年底,中国、加拿大、美国的人口分别为13.14亿、0.31亿、3.0亿,依据表1,测得三国人均能耗分别为1.31、10.40、7.85toe,加拿大与美国分别是中国的7.94倍和6.99倍。

持中国的石油比重应该在 25%左右。中国的主要油田产量已经过了高峰期,新油田的产量可以弥补老油田产量的减少额,但在没有特大油田发现的情况下只能使石油产量维持近几年这种缓慢增长的势头。能源价格低廉,实际上等于鼓励消费,从而加剧了能耗。加上中国被称做“世界工厂”,在对能源的补贴中,用于生产出口商品的部分实际上变成了对世界的补贴。因此,中国应该采取欧盟模式,通过高税收来适当抑制石油消费,并使石油消费比重维持在目前的水平。

可再生能源是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。它是理想能源,在遥远的未来,有可能在人类能源消费结构中唱主角。但在本世纪内,只有水能可以在能源结构中占据一定的比例,其他可再生能源由于技术、成本等原因,都只能起到很小的作用,就中国而言,甚至不能希望它们在能源消费中达到 5%的比重,根据现在的情况,2030年达到 3%或许是一个比较合适的比例。

与发达国家相比,中国的水电开发程度较低,只有 24%,远远低于发达国家的水平,美国与日本的发展程度分别达到了 82%和 84%。而按照电量计算的开发率中国仅为 10%,甚至低于 18.4%的世界平均水平。中国的水能主要集中在大江大河,从世界来看,水电开发的总体原则是:大力发展中小水电,择优发展大型水电,慎重发展特大型水电。而开发中小水电对于提高水电在能源消费中的比例作用不大。《能源发展“十一五”规划》要求把水电比重从 2005年的 6.2%提高到 2010年的 6.8%,年均提高 0.12%,笔者主张在 2010~2030年期间,不要超过这个幅度,这样,在 2030年水电比重为 9.2%。

此外,可燃冰只是未来能源,而不是一种现实可用的能源,目前尚无法在现有的能源结构调整中发挥实际作用。作为二次能源的氢能源有许多优点:来源丰富、热值高、无污染、用途广、适用性强,但要到 2050年后才能成为具有广泛商业应用的能源。

#### (一)关于天然气消费比重的调整

大力发展天然气,是发达国家的普遍选择,尤其在环保意识高涨的 20世纪 90年代以后,如欧盟就计划把天然气占能源消费的比重从 1990年的 16.7%提高到 2020年的 28.1%。据国际能源机构预测,到 2030年,天然气将成为仅次于煤炭的第二

大主导能源,天然气占全球能耗总量的比例将由目前的 21%上升到 25%。

发达国家走过的道路对于后来者有借鉴意义,就中国而言,国家《能源发展“十一五”规划》提出把天然气消费比重从 2005年的 2.8%提高到 2010年的 5.3%。我们建议通过努力到 2030年把这一比重大幅度提高到 22%。主要依据是:

第一,这一比重略低于 2006年的全球平均水平 23.7%和欧盟 2000年的水平 22.8%,显然是经过努力可以达到的数值。中国已经认识到了增加使用天然气的必要性。国际能源机构认为 2004~2030年期间,中国对天然气需求的年增长率将达到 5.1%,为全球最高。<sup>⑩</sup>如果中国政府下决心,还可以进一步提高年增长率。

第二,在中国未来的能源结构中,天然气将发挥核能无法发挥的作用。如果说核能主要是替代煤炭在发电中的作用,天然气则主要是在生活燃料中替代煤炭,在化工与交通运输领域替代石油产品。

第三,与石油不同,全球统一的天然气市场尚未形成,中国可以参与各个地区天然气开发、运输博弈,尤其是西边、北边都是富于天然气资源的国家,

《石油是中国的刚性需求》,引自 [http://www.xj.xinhuanet.com/2005-12/26/content\\_5903875.htm](http://www.xj.xinhuanet.com/2005-12/26/content_5903875.htm)。

曹东海:《国家能源局能解决啥问题》,载《南方周末》,2008年3月27日,第17版。

中国目前的低油价政策是不可持续的,2008年6月19日,中国上调成品油价格 18%是朝着正确的方向迈出的一步,但这个过程还没有完成。调价前中国汽油价格大约为每升 50欧分,而印度为 80欧分,美国为 71欧分,欧洲六国均值为 1.40欧元(其中法国为 1.42欧元,德国为 1.41欧元,意大利为 1.47欧元,荷兰为 1.63欧元,奥地利为 1.29欧元,西班牙为 1.16欧元)。参见陈继辉、纪双城:《全球汽油价格上涨惊人》,载《环球时报》,2008年5月29日,第15版。这里,换算比率为 1美元=6.9元人民币=40卢比,1欧元=10元人民币。1加仑(美)=3.785升。

曹东海:《新局长的施政纲领》,载《南方周末》,2008年3月27日,第14版。

中国能源发展战略与政策研究课题组:《中国能源发展战略与政策研究》,北京:经济科学出版社,2004年版,第16页。

徐寿波:《核能经济》,北京:人民出版社,1994年版,82页。

《可再生能源中长期发展规划》,国家发改委 2007年9月颁布,第7页。

《26位专家联名上书质疑汽车氢能源技术前景》,引自 <http://auto.sina.com.cn/news/2008-02-20/1202348296.shtml>。

[http://news.hexun.com/2007-09-11/100669808\\_1.html](http://news.hexun.com/2007-09-11/100669808_1.html)

<sup>⑩</sup> International Energy Agency, *World Energy Outlook 2006*, IEA, Paris, France, p. 112.

对于中国获得天然气供应是个便利。在天然气市场,中国并不仅仅是被动的购买者,对谋求产品出口多元化的卖方同样有巨大的吸引力。

第四,中国天然气储量相对丰富,石油储采比为12年(全球为40.6年),而天然气采储比达到47年(全球为65.1年),加上丰富的煤层气与可燃冰,为中国提高天然气消费比重提供了坚实的基础。

煤层气开发值得关注。全球埋藏深度浅于2000米的煤层气资源约为240万亿立方米,是常规天然气探明储量的两倍多。2002年,由中联煤层气有限责任公司承担的国家计委一类项目“报告预测,中国陆上烟煤和无烟煤煤田中,埋深300~2000米范围内的煤层气资源量为31.46万亿立方米,与中国陆上天然气相当,位居世界第3位。中国对煤层气的利用较早但进展缓慢,最近十年发展加快,煤矿瓦斯抽采利用迈入了一个新的发展阶段,井下瓦斯抽采技术已经形成体系,并在高瓦斯矿井全面应用。2005年,全国煤矿抽采瓦斯23亿立方米,利用超过10亿立方米。2005年全国施工煤层气井328口,超过历史累计施工井数的总和。

能源是经济发展不可缺少的动力,煤层气这种新的洁净能源渐渐被人们认识,并且它将会成为石油、天然气强大的补充力量,尤其是考虑到中国缺乏天然气资源,煤层气产业的形成与发展显然会给中国的新能源战略带来深远的意义。中国应该进一步加大天然气规划、勘探、开采、应用的力度。

### (二)关于核能比重的调整

核能分为聚变能与裂变能,核裂变能的技术已经非常成熟,它主要用于发电,20世纪80年代以来,取暖成为核能的一大新用途。核反应所放出的热量较燃烧化石燃料所放出的能量要高很多(相差约百万倍),1966年,核能发电的成本已低于火力发电的成本。1991年,全世界近30个国家和地区建成的核电机组为423套,总容量为3.275亿千瓦,其发电量占全世界总发电量的约16%。核电是一种清洁能源,与火电相比,核电不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物和二氧化碳。以核电替代部分煤电,不但可以减少煤炭的开采、运输和燃烧总量,而且是电力工业减排污染物的有效途径,也是减缓地球温室效应的重要措施。

就中国而言,《能源发展“十一五”规划》中提出

核能比重将从2005年的0.8%提高到2010年的0.9%。2007年10月发布的《核电中长期发展规划》提出,到2020年,实现运行4000万千瓦、在建1800万千瓦的目标,年发电量达到2600亿~2800亿千瓦时。这些都是保守的计划,与现在每年增加1亿千瓦装机容量相比,累计5800万千瓦的核电装机容量显得无足轻重。2600~2800万千瓦的发电量也仅占2007年电力消费量32632亿千瓦时的8%~8.6%。可见,虽然政府官员已经意识到发展核电“是有效优化能源结构的优先选择”,“是中国能源永续、健康发展的当务之急和战略选择”,但是,对于如何落实,显然要谨慎得多。归根结底,还是因为对大力发展核电还存在认识上的不足。这种状况应该予以改变,尤其是调整《核电中长期发展规划》,以实现到2030年核电占能源消费比重14%的目标,即:接近2006年日本(13.2%,占发电量的34%)与韩国(14.9%)的比重,继而进一步接近法

俄罗斯《每日商报》2008年5月13日报道,转引自《民众需求极大 对俄进口增加 俄罗斯瞄上中国液化天然气》,载《环球时报》,2008年5月14日,第14版。

中国产业地图编委会与中国经济景气监测中心编:《中国能源产业地图2006~2007》,北京:中国社会科学出版社,2006年版,第2~3页。

本部分内容主要参考了下述文章:《煤层气:蛋糕好看吃着难》,中国电力网, <http://www.chinapower.com.cn/article/1049/art1049253.asp>;《2008年中国煤层气行业分析及投资咨询报告(上下卷)》,中国投资咨询网, <http://www.ocn.com.cn/reports/200613lmeiceng.htm>。

核聚变产生的能量效应是核裂变的600倍,是煤的1000万倍,而且不会产生核污染,因此是最为理想的能源解决方案。只有较轻的原子核才能发生核聚变,比如,氢的同位素氘、氚等,太阳发出光和热就是因为氘和氚聚变成氦。但由于技术尚未成熟,在2050年之前核聚变难以投入商业开发。通常所说的核能是指核裂变能。

国家发改委:《核电中长期发展规划》,2007年10月发布,第8页。

国家统计局:《2007年国民经济和社会发展统计公报》,2008年2月28日发布。

曹海东:《新局长的施政纲领》,载《南方周末》,2008年3月27日,第14版。

有消息表示,鉴于煤电矛盾愈演愈烈,国家能源局成立后正酝酿调整《核电中长期发展规划》,争取到2020年核电占装机容量比提高到5%以上。这是一个好的苗头,但远远不够。而且,从中可见中国规划的随意性,出台之前缺乏足够的调查研究,决策水平也不足。由此延伸而来的是,一旦有关部门认为有必要进一步提高核电比重,仍然可以做到。这为本文主张的实施提供了可能。参见《中国核电中长期发展目标正酝酿升级》,引自中国电力网, <http://np.chinapower.com.cn/newsarticle/1011/new1011093.asp>。



国的比重(38.9%)。主要理由如下:

第一,大力发展核能符合世界能源发展大势。欧盟试图用传统能源与可再生能源代替核能,但真正操作起来压力很大。国际原子能机构预测,2030年全球核电在电力中所占份额将从现在的16%左右上升至27%。业内人士认为,发展核电大有前途,核电将迎来复兴。截止到2003年,已经有19个国家核电占发电的20%以上。英国已经决定要在全国家范围内建造新一代核电站;欧盟电力中有35%来自核电,其中法国为77%,比利时为50%;日本为34%,美国也达20%,而中国仅有2%,甚至低于印度的2.6%。2008年7月,北海道洞爷湖八国峰会对核能的态度是:核能发电是“防止地球变暖”议题中的一大重要内容,在石油价格高涨的今天,使用核电是快捷的解决方法。在绿色和平运动实力强大的芬兰,经过全民讨论后决定快速发展核能,原因就是:这是芬兰达到《京都议定书》中减少二氧化碳排放目标的唯一途径。而中国在发展核电问题上已经多方位地落伍了。核能作为清洁能源,是中国调整能源消费结构、实现可持续发展所必须倚重的能源种类。

第二,核电占能源消费比重的14%是一个可以达到的目标。法国也是在1973年能源危机后才大力发展核电的,到1990年,在发电量增加一倍的情况下,核电成为第一大电源,份额为75%。

表6 法国发电结构

| 能源           | 1973年 | 1990年 | 2000年 |
|--------------|-------|-------|-------|
| 总发电量 /10亿千瓦时 | 182.5 | 416.8 | 535.8 |
| 比例 (%)       |       |       |       |
| 煤电           | 19.2  | 8.5   | 5.8   |
| 油电           | 40.2  | 2.1   | 1.4   |
| 气电           | 5.5   | 0.7   | 2.1   |
| 核电           | 8.1   | 75.4  | 77.5  |
| 水电           | 26.1  | 12.8  | 12.5  |
| 其他           | 0.7   | 0.5   | 0.7   |

表6显示,法国在短短的17年时间里,就把核电占总发电量的比例从8.1%提高到75.4%,增加了9.3倍,油电则下降20倍,煤电也降了1倍。在发达国家中,法国的政府力量相对强大,这是法国实现能源结构调整的首要原因。但它仍不能与中国政府力量相比,中国现在的经济实力、技术水平也远远强于当

时的法国,因此,只要中国政府拿出制造“两弹一星”的决心,在23年内调整能源结构、大力提高核能使用比重的目标肯定可以实现。而能源消费结构的调整对于中国的意义,可能要大过“两弹一星”。

第三,技术上,核电开发当然应该采取引进与自主开发两条腿并行,重点是100万千瓦核电机组的研究与制造,尽早掌握这一技术,然后像法国那样形成一套固定的核电站建设模式,以大力降低建设成本、缩短建设周期、提高安全性,以期辅助电站运行后的管理,包括运行期满之后的处置。改变目前这种多种技术流派、多代核电机组(二、三、四代)并行的局面。中国已初步具备了自主设计和建设百万千瓦级压水堆核电站的能力。应该加紧攻关,尽早全面掌握,并向研究160万千瓦核电机组进发。

考虑到增殖堆的如下优点:消耗的铀只是常规核电站的1/50;可以把不裂变的铀-238转换成钚,钚再产生热能;还可以用铀-233运行,因此,中国还应该加快开发快中子增殖反应堆技术,以在未来实现新一代核电站的技术自主性。

赖向军、戴林编著:《石油与天然气——机遇与挑战》,北京:化工出版社,2005年版,第226页。

中国能源发展战略与政策研究课题组:《中国能源发展战略与政策研究》,第856页。

纪双城、柳玉鹏:《65座核电站,2/3建在亚洲》,载《环球时报》,2008年1月16日,第14版。

《日媒体:八国峰会拟发表“核发电安全使用”国际章程》,引自 [http://www.zaobao.com/gj/gj080701\\_506.shtml](http://www.zaobao.com/gj/gj080701_506.shtml)

曹海东:《核能利用的芬兰经验——从恐惧到接纳》,载《南方周末》,转引自中国经济网, [http://intl.ce.cn/zgysj/200704/06/t20070406\\_10949098\\_2.shtml](http://intl.ce.cn/zgysj/200704/06/t20070406_10949098_2.shtml)

赖向军、戴林编著:《石油与天然气——机遇与挑战》,第228页。

在自然界得到的铀材料中,可裂变的铀-235只占1%,其余99%都是不可裂变的铀-238。核反应堆通常用铀-235含量为2%~3%的浓缩铀,而武器级核材料的铀-235含量达90%以上。

[法]贝尔兰·阿莫兰著,严文魁等译:《新能源和关于核电站的争论》,北京:原子能出版社,1986年版,第104~107页。

中国制造原子弹才花费28亿元人民币,而现在制造一个百万千瓦的核电站就要110亿元人民币,中国要改变目前这种“核电站万国博览会”的局面,唯有发展自己的核电站技术,这也是俄、法、美等核大国的普遍做法,法国研究核电站技术起步时间与中国相近,而现在已经成了核电站技术出口大国,中国则成为进口大国,关键在于中国核电站技术开发机制有重大缺陷,没能比照“两弹一星”建立相应的机制。关于这方面的详细论述,参见孟戈非:《未被解开的谜底——中国核反应堆事业的曲折道路》,北京:社会科学文献出版社,2002年版。

第四,资金上,建造一座 100万千瓦核电站的投资大约为 110亿人民币,无论是外汇储备、居民储蓄存款还是外商投资,都显示中国现在缺的不是资金,而是公平、公开、公正的投资渠道。一个可行的办法是:发行特别国债,并向法人参股方向发展。

第五,核电的经济性方面,欧盟的经验是,核电站造价虽然比火电站贵 20%~50%,但核燃料便宜,核电综合成本远低于火电。从法、德、美、日、韩等国的统计调查资料看,核电成本比煤电便宜得多,最少为 12%,最多为 50%,多数为 40%左右。核电是资本密集型行业,初期投入高,投入回报期长,利率是核电价格竞争力的关键因素。据经济合作与发展组织和国际能源机构的研究报告,核电投入在 5%贴现率的情况下,在被调查的 15 个经合组织成员国中,有 13 个国家核电是最经济的;在 10% 贴现率的情况下,5 个国家核电仍然有优势,5 个国家核电与天然气有同样竞争力。

从中国的情况看,研究表明,广东核电站比起几十公里外的沙角 B 煤电站,净发电成本高 10%~20%;秦山核电站比相距不远的北仑港煤电站高 10%左右。如果要求这两个电站使用洁净煤技术,核电的成本优势将凸显。加上中国东部沿海地区水能资源总量仅占全国总量的 4.2%,在东南沿海大力发展核电已经成为一种当然选择,即使在西南水力丰富的地区,枯水期仍然是核电站发挥作用的空间。也就是说,中国只有在产煤区建火电厂具有比较优势,而在西南、东南两大区域发展核电更为合理,但关键问题是现在的步伐太慢。

第六,在原材料供应上,法国的经验是:除了开发本土铀矿外,还与铀资源丰富的澳大利亚、加拿大建立战略关系,并在本土建立工业铀浓缩中心。产品除了自用外,还供出口。中国在铀钍材料供应上的现状是:近期有富裕,中期有保证,远期有潜力,但如果要实现核电超常规发展,本土资源仍然不足。因此,应该海内外两手抓:继续在江西勘探、冶炼铀矿石,建立自己的工业用铀浓缩中心;同时,在海外富铀地区(加拿大、澳大利亚、哈萨克斯坦和俄罗斯)建立或参股建立铀浓缩中心,此外,还可以参股现有的铀浓缩工厂(如伊朗就参股法国浓缩铀工厂),以尽可能提高铀原料供应的安全性。总之,“原材料供应不足”的问题可以解决,不大力发展核

电站就是短视的。

第七,发展核电的风险:包括核泄漏与战争。应该说,随着标准的不断提高,再次发生切尔诺贝利核电站那样的核泄漏事故的可能性极小。而且,研究表明,切尔诺贝利事件主要是个责任事故,而不是技术事故,日本在 1999 年、2004 年发生的两次核泄漏事件也属于责任事件。

至于战争,首先,在可以预见的未来,发生大规模战争的可能性很小。其次,即使发生战争,也很可能是局部、短期的有限战争,在这样的战争中,随着战争伦理的发展,一般不大可能以核电站为攻击目标。

第八,关于放射性废物处理,《核电中长期发展规划》已经明确在 2020 年前建成高放射性废物最终处理地下实验室,完成高放射性废物最终处理场规划。这是大规模核电站中必须面对的问题,但在技术上已经过关,通常用的方法是:建立地下深处的填埋场所。实践已经证明,地下深处的填埋是安全的,关键是一般人缺乏相关的知识,因而在观念上没有接受,普及相关知识是核电发展的一大关键。1986 年建设大亚湾核电站时,香港居民也表示抗

《南充核电站助推全省经济》,引自 <http://morning.scol.com.cn/2006/09/20/200609206380946502114.htm>,

20 世纪 80 年代的研究表明,每磅开采成本低于 15 美元的开采铀矿达 96.9 万吨,广泛分布于美国、澳大利亚、南非、加拿大、尼日尔、法国等,天然铀的价格(按照金属铀计算)每公斤约为 200 法郎。参见贝尔兰·阿莫兰:《新能源和关于核电站的争论》,第 107 页。

《欧盟国家核电前景》,引自 <http://www.china5e.com/dissertation/newenergy/0005.htm>,

罗安仁:《俄国核电建设经济管理基本问题》,北京:原子能出版社,1989 年版,第 8 页。

《中国能源发展报告》编辑委员会编著:《中国能源发展报告(2003)》,北京:中国计量出版社,2003 年,第 19~20 页。

中国能源发展战略与政策研究课题组:《中国能源发展战略与政策研究》,第 16 页。

中国已经发现了 200 多个铀矿床(田),广泛分布于江西、湖南、广西、新疆等十多个省份,参见《中国铀矿分布在哪里?》<http://zhidao.baidu.com/question/11320307.html>,

《切尔诺贝利事件》,引自 <http://baike.baidu.com/view/48444.htm>,

《日本核泄漏意外源于安检松懈》,引自 [http://www.skykiwi.com/chch/view\\_article.php?c1/1369](http://www.skykiwi.com/chch/view_article.php?c1/1369);《日本轻判核泄漏事故肇事者》,引自 <http://www.chinacourt.org/html/article/200303/04/40627.shtml>

议,经过将近20年时间的考验,现在香港居民已经接受了“核电是安全的”这一观点。而核电已成为香港的一大电力来源。而芬兰也是把所有的核废料集中埋藏于地下100多米的岩石坑中。

此外,盐矿储存与在黏土层内储存放射性废物也是一种可行的方式。

#### 四 结论与建议

能源是现代经济的基础与驱动力量,根据经济发展的阶段主动调整能源结构是发达国家的普遍做法。就中国而言,可以分两方面进行调整:一方面是在现有的能源结构框架内进行节能减耗,这是一项长期的工作,即使是发达国家,在这方面依然有可以改进的空间;另一方面则是能源结构的调整。

工业化国家给中国提供了两种经验:(1)国家的发展模式存在着路径依赖,在能源问题上也是如此;(2)国家有可能通过节能增效、调整能源结构把经济发展锁定在能源效率较高的发展途径上。一个严酷的事实是:中国已经“错过”了以高污染、低价能源来实现经济现代化的时代。一个负责任的大国,一个关注人民健康、经济可持续发展的国家,只能选择清洁或比较清洁的发展机制。中国政府对此有着清醒的认识,提出了建设节约型环境友好型社会的目标,并为此做出了巨大的努力。但是,上文的分析清楚地表明,中国目前的能源结构存在重大的缺陷,已经到了必须下决心进行重大调整的时刻。诚然,在节能增效上有许多事情可做:推广清洁煤技术(如碳捕捉技术、煤变油技术、煤变气技术等);减少煤炭在其他领域中的使用,提高煤炭使用中用于发电的比率(这样容易集中整治,如安装脱硫装置)。使用煤层气、天然气、石油等能效高于煤炭的能源。但是,发展清洁能源(包括核能与可再生能源)却是更好的选择。德国的例子显示,可再生能源可以在国家的能源结构中担当重要角色,而法国、韩国、日本、比利时、瑞典和英国等国家的经验显示,核能可以在国家的能源结构中担当要角,而在发电中,更可以成为主角。美国、俄罗斯等煤炭资源丰富的国家依然大力发展核能发电,这两点对于中国特别具有意义。对于中国来说,能源结构调整重心有两个:大力发展核能与天然气消费,这在技术、资源

供应、环保和资金上都是可行的。

2008年3月上任的国家能源局长张国宝以局内人的身份阐述了他对优化能源结构的看法:一次能源中70%靠煤,煤炭一般用于发电,78%的电力装机为煤电,发电量的84%来自煤电,这种情况已经难以为继,必须加大调整能源结构的力度,而加快发展核电是当务之急和优先的战略选择。但他对核电的强调,并没有超出相关的能源规划,这恰恰是我们认为应该予以突破之处。

如果短期内让核能与天然气在能源消费中唱主角有困难的话,没有理由不能在较短的时间内使得天然气在能源消费中的比重达到世界平均水平,也没有理由不能在较短的时间内让核能发电达到世界平均水平——即:在2030年前后核电占发电量的14%,然后进一步提高比率。笔者认为,资金、技术都不是问题,后处理技术已经过关,铀钍原料供应的安全性要高于化石能源。清楚地认识大力、超前发展核能的必要性、重要性对于国家的长远利益尤其重要。依据中国的国情,只要像重视“两弹一星”那样重视核能的利用与开发,中国能源结构的调整不难做到。一旦实现了核能与天然气在中国能源中的要角地位(比如,占能源消耗的36%,电力来源的60%),中国将可望顺利实现能源上的清洁发展,进而实现经济上的可持续发展,从而实现建设资源节约型环境友好型社会的目标。

[收稿日期:2008-06-29]

[修回日期:2008-07-31]

[责任编辑:谭秀英]

曹海东:《核能利用的芬兰经验——从恐惧到接纳》,载《南方周末》,转引自《中国经济网》,http://intl.ce.cn/zgysj/200704/06/t20070406\_10949098\_2.shtml

贝尔兰·阿莫兰:《新能源和关于核电站的争论》,第100、165、166页。

曹海东:《新局长的施政纲领》,载《南方周末》,2008年3月27日,第14版。

天然气发电对于中国来说不是一个好的选择,但建设坑口电厂或许适用于煤层气的使用。

**Entering the Dragon?****—Chinese Oil Companies and Oil Politics of Niger Delta****Cyril I Obi (59)**

Since 2006, Chinese oil companies operating in the Niger Delta region have suffered a number of attacks; a rebel group called Movement for the Emancipation of the Niger Delta (MEND) is also increasingly active in the region. The author argues that MEND and its attacks are not specifically aimed at Chinese oil companies; it is rather a continuation of local rebellion against foreign oil companies. The entrance of Chinese oil companies has generated complicated influence on local politics. The Chinese government and the involved companies should take cautious steps to deal with the relationship with local power groups which have their own interests in oil.

**Nuclear Power and Natural Gas: Critical Energies for China in the Post-Kyoto Era****Xue Li (63)**

At present, there are two serious problems confronting China in its energy consumption: the unsustainable energy consumption structure not only is a huge obstacle to further development but also does harm to its image of being a responsible power; Given China's natural resources rich in coal and poor in oil and gas, the current energy development strategy and schemes fail to show the urgency of the energy consumption structure for adjustment. To achieve sustainable economic growth, China should improve energy efficiency and reduce pollution on the one hand, and change the energy consumption structure on the other. In the long run, nuclear power and natural gas will play a critical role in China's energy consumption.

**Chinese NGOs: Challenges and Responses****Lee Won Jun (74)**

Chinese NGOs have their own characteristics. When the New China was founded, the NGO was positioned to serve the government for foreign affairs. After 1990s, with growing strength and increasing social influences, Chinese NGOs came into a new stage of development. The establishment of Socialist market economy provides an economic foundation for the existence of civil society, and the social reforms largely promote the development of various NGOs and make the non-official public sector more vigorous. Chinese NGOs should strengthen its relations with world community, and their healthy development will undoubtedly contribute to the growth of China.