

关于我国能源革命与核电发展的探讨

任德曦,胡泊^①

(南华大学 经济管理学院,湖南 衡阳 421001)

[摘要] 2014年6月习近平在中央财经领导小组第六次会议指出:“必须推动能源生产和消费革命”和“抓紧启动东部沿海地区新的核电项目建设”。世界能源革命的历史表明:能源革命从低碳能源向高碳能源又回归到低碳能源;第一次能源革命促进了生产力巨大发展,同时也导致了资源耗用、生态损害和环境污染。从而引发低碳经济的新能源第二次革命。因此,我国能源革命不能走西方发达国家老路,应进行以核能为主的新能源革命。能源消费、能源供给、能源体制、能源技术革命和国际合作是我国新能源革命的任务,我国能源革命要实现三步跨越并为两步跨越具有长期性和复杂性,需要一代人的努力,直到21世界中叶建国100周年时才可能完成。各国大量资料证明:核电是化石能最有潜力、高效、清洁、可靠的替代能源,能承担替代化石能源的重任。

[关键词] 中国能源革命; 化石能源; 非化石能源; 雾霾; 三步跨越; 抓紧启动沿海核电

[中图分类号] F416.23 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2015)01-0008-08

中国是目前世界能源第一消费大国,也是世界能源第一生产大国^{[1]58}。中国能源自给率仍在90%左右,为什么国家最近才提出能源革命问题?这种革命质变的核心何在?中国已是电力生产、消费大国,为什么在能源革命战略会上还提出“抓紧启动东部沿海地区新的核电项目建设”。本文试探求其解。

一 序言

2014年6月,中央财经领导小组第六次会议研究我国能源安全战略,在会上,习近平讲话强调,能源安全是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题,对国家繁荣发展、人民生活改善、社会长治久安至关重要。面对能源供需格局新变化、国际能源发展新趋势,要保障国家能源安全,必须推动能源生产和消费革命。推动能源生产和消费革命是长期战略,必须从当前做起,加快实施重点任务和重大举措。会上就推动能源生产和消费革命提出5点要求^[2]。因此,中国能源革命大幕拉开。

中国能源革命各领域一系列工作正在有序展开;2030年能源生产和消费革命战略正在抓紧制订,“十三五”能源规划正在研究落实之中,《2014—2015年节能减排行动方案》执行取得了积极进展,“抓紧启动东部沿海地区新的核电项目建设”部署

在抓紧落实。国家能源局11月同意福清5、6号机组工程调整为“华龙一号”技术方案^[3],我国自主三代核电站示范工程将落地福建,为我国“核电走出去”的国家战略奠定了基础。更可喜的是2014年12月4日中核总公司的ACP1000三代核电技术通过国际原子能机构IAEA安全审查,对提高中国自主核电品牌的国际竞争能力及国际化水平将产生积极的影响。

二 世界能源革命历程与走向对我国的启迪

(一) 世界第一次能源革命的成果与后果

世界第一次能源革命经历了由木炭走向煤炭,再向石油、天然气转换,更迭经两个时期。由木炭向煤炭转换,世界发生了第一次工业革命,发明了蒸汽机,人类从手工劳动走向机械化,出现了以蒸汽机为动力的各种机械,包括轮船、火车,它始于18世纪,基本结束于19世纪30年代。

由煤炭向石油、天然气的转换发生在19世纪中叶至20世纪中期,产生了第二次工业革命。内燃机的发明,汽车、飞机出现;电子理论创立——电机发明,照明业点亮了世界;弱电使用,使电话、电报的电讯业、广播业、电器业相继成为产业,20世纪中期,电动车床、电力卷扬机、电动机车相继问世,电气化渐成为现实^[4]。

[收稿日期] 2015-01-16

[作者简介] 任德曦,男,湖南岳阳人,南华大学经济管理学院教授。

^①南华大学老科协教授。

两次能源转换与两次工业革命几乎并行,互为因果,互为推动。化石能源煤碳、石油、天然气主导的一次能源及其转换的二次能源电力,推进生产力巨大发展,创造人类巨大财富,使物质文明空前发展。但是至 20 世纪 50 年代,产业革命对资源的耗用、生态损害、环境污染已在发达国家显现。工业革命的策源地英国 1952 年伦敦、南英格兰一带出现“悲剧的烟雾事件”,几天之间死亡 4 千人,事件过后两个月中,又陆续有 8 千人病死^[4]。当时认为死亡的原因是工业排出的烟雾所致。废气中的二氧化硫形成酸雾,大量吸入致病、致死。

(二)经济、能源、气候、环境之间矛盾推动新的能源革命

随着世界经济发展,人口增加,能源消费增多,温室气体增速,气候、环境条件恶化,人类发展与保护环境的矛盾显现。人类必须认真解决经济发展、能耗增加与气候、环境恶化的矛盾。

20 世纪 60 年代开始能源消费快速增加。能源消费 20 世纪 60 年代 38 亿 toe(油当量),70 年代 58 亿 toe,80 年代 72 亿 toe,90 年代 86 亿 toe,2009 年 110 亿 toe,40 多年增长 1.94 倍^{[1]118}。少数发达国家 OECD 成员在 70 年代占世界能源消费 70%,非 OECD 的国家只占 1/3,一直至 2001 年,OECD 国家占能源消费的 57%,非 OECD 只占 43%。

世界 CO₂ 等温室气体排放与能源同步呈线性增长。1971 年世界 CO₂ 总排放量 136 亿吨,OECD 国家占 69%,1981 年世界 CO₂ 173 亿吨,OECD 国家占 61%;1991 年、2001 年、2003 年、2005 年世界 CO₂ 排放分别为 205 亿吨、229 亿吨、243 亿吨、262 亿吨,少数 OECD 国家占 CO₂ 排放量的比重分别为 54%、55%、52%、49%。从 2005 年开始,非 OECD 国家二氧化碳排放才略超过 OECD 国家^{[5]490}。发展中国家工业化、城镇化起步于 20 世纪 80 年代,重化工业发展在 20 世纪末至 21 世纪第一个十年开始。总人口约 10 亿,占世界人口约 15% 的 OECD 国家在此前的 150 年间,在无节制地使用低价能源和原材料条件下陆续完成了工业化的同时,排放导致目前气候危机的 80% 的 CO₂。而占人口的 85% 的发展中国家工业化起步时,气候变化却迫使世界进入低碳发展、低能消费时代。

由于 CO₂ 等温室气体大量排放,全球气温升高,两极冰川融化,自然灾害频发。CO₂ 浓度从工业革命前 280ppm,上升到今天的 370ppm,如果使用矿物燃料不加控制,本世纪末 CO₂ 浓度将达到 700ppm。根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)

评估,从 1906—2005 年全球平均地表温度上升了 0.74℃,预计到本世纪末将上升 1.4~5.80℃。这对人类生存与发展,对经济与社会的可持续发展带来严重挑战^{[1]119-121}。

(三)绿色低碳经济的新能源革命在全球展开

自近代产业革命以来,人类从经典低碳经济——农牧业生产走上了以化石高碳能源为基础的高碳经济和传统工业化道路。这一发展道路,促进了人类物质文明、政治文明和精神文明的发展,但造成了全球性的环境污染,生态退化和气候变暖三大环境问题,对人类社会可持续发展的生态文明带来了严重挑战^{[5]503}。

1972 年联合国人类环境会议向全球发出环境污染和生态退化警示,第一次将气候变化提到国际会议重要议事日程。

1992 年环境与发展大会《气候变化框架公约》签字国达法定数量生效,标志着国际社会在应对全球气候变化问题上达成共识并开始付诸实际行动。

这次能源革命,是一场能源绿色低碳发展的革命,产业低碳革命,资源可持续利用革命,能源——气候——环境优化双赢的革命。是用低碳能源,新能源替代高碳能源,实现高碳能源、高碳产业向低碳化的技术革命。

与这次能源革命伴行的技术产业革命是核能的发现、发明。20 世纪六七十年代核电兴起并产业化;计算机与信息技术的应用,推动传统产业技术改造;航空、航天产业、海洋产业、新材料产业、生物工程产业创新带动、深化各产业的发展和改造。能源产业也由高碳化的化石能源向非化石能源的水能、风能、太阳能、生物质能、核电转换,并倒逼化石能源自身技术革命,并低碳化、清洁化。

以低碳能源和低碳技术为基础的现代低碳经济和绿化发展,正在形成强劲的全球潮流。英国、日本、欧盟、中国、韩国均在积极行动,制定、实施绿化规划、低碳战略,创建低碳经济,建设低碳社会。

(四)能源革命的启迪

1、能源的迭代、革命,为技术、产业革命打下了动力基础。技术、产业革命的蒸汽机、内燃机、电力、电气的发明,实现了能源革命。二者互为条件,互为因果,技术革命处于领先地位。有了煤碳、石油、天然气、电力才能形成机械化、电气化的产业。

2、核能的发展,核电的产业化,吹响了新的能源革命的号角。人类认识了化石能源和非化石能源之源均是核能。水能、风能、太阳能、潮汐能、生物质能都是核能的转化能源。太阳能就是聚变能,它演化成了水能、

风能、生物质能、潮汐能。核能是安全、高效、清洁、丰富可持续发展的能源。人类最终将依靠核能。

3、全球能源将从经典低碳生物质能源—高碳的化石能源进入低碳多能源共存的世界,其核心是核能。与能源迭代、革命共行的技术革命、产业革命,是人类可持续发展,经济、社会、生态、文明进步的源泉。

三 中国能源革命的任务与特点

(一)中国能源革命的要求与任务

中国能源革命对我国未来发展,对我国能源安全、经济安全、社会安全、环境洁化与优化意义重大,将全面带动我国经济发展方式转型,治理环境污染,促进政府监督体制改革,推动创新型社会的建立。关于中国推动中国能源生产消费革命习近平提出了5点要求与任务。

1、推动能源消费革命,抑制不合理消费。
我国改革开放 30 多年以来,能源消费迅速增长。1980 年 6 亿 tce (标煤),1990 年 9.9 亿 tce,

2000 年 13.9 亿 tce,2005 年 22.5 亿 tce,2012 年 36.2 亿 tce,30 年增长 5 倍。其中 2000 年至 2012 年重化工业发展时期增长了 1.6 倍。此期,能源弹性系数大多数年份在 1.0 以上。钢铁、玻璃、水泥等高耗能产业产能过剩,浪费了能源。2013 年我国 GDP 占世界总量的 12%,而能源消费却超过全球总量的 20%。我国快速成为第一能源消费大国,超过美国。除了工业化、城镇化正常需求外,还有生产生活方式粗放,产品能耗高,能源效率低,浪费严重。

2、推动能源供给革命,建立多元供应体系。
1992 年前,我国能源自给有余,煤碳、石油均有出口。1993 年后我国成为石油净进口国,能源自给率下降,但仍在 90% 以上。石油对外依存度从 1995 年的 7.6%,2005 年的 43%,到 2009 年的 50%,逐年增加。2010 年石油消费 4.29 亿吨,进口 2.27 亿吨,对外依存度 52%。我国石油对外依存度已占 60%,天然气超过 30%,煤碳也成为净进口国。

表 1 我国能源消费、生产构成^{[1]113}

年 份	能源消费、生产总量			占能源消费、生产总量的%							
				原煤		石油		天然气		水电、风电、核电	
	消费	生产	自给%	消费	生产	消费	生产	消费	生产	消费	生产
1965	18901	18824	99.6	86.5	88.0	10.3	8.6	0.9	0.8	2.7	2.6
1970	29291	30990	105.8	80.9	81.6	14.7	14.1	0.9	1.2	3.5	3.1
1980	60275	63753	105.8	72.2	69.4	20.7	23.8	3.1	3.0	4.0	3.8
1990	98703	103922	105.3	76.2	74.2	16.6	19	2.1	2.0	5.1	4.8
1995	131176	129034	98.4	74.6	75.3	17.5	16.6	1.8	1.9	6.1	6.2
2000	138553	128978	93.1	67.8	72	23.2	18.1	2.4	2.8	6.7	7.2
2005	224682	205876	91.6	69.1	76.5	21.0	12.6	2.8	3.2	7.1	7.7
2010	325000	299000	92.0	69.2	77.4	18.3	9.7	4.2	4.3	8.3	8.6
2012	362000	333000	92.0	67.1	78	18.9	9.0	5.3	4.3	8.7	8.6

我国能源自给率还会下降,石油、天然气对外依存度还会逐年增加。

由于发展需要和资源的短缺,中国必须建立能源多元供应体系,必须利用国内、国际两大市场,两种资源。首先必须开发国内新能源市场与资源,继续开发水能,优先开发风能、太阳能、核能、生物质能,使非化石能源比重从现在的 11%,提高到 2020 年的 15%,再提高到 2030 年的 20%。国际能源市场的多元化,中东、中亚、南亚、俄罗斯、南美、非洲均是可利用、可开发的市场。参与国际能源循环的互利、互补、互助。国家核电走出去就是很好的战略理念。

3、推动能源技术革命,带动产业革命。抓紧节

能、减排、高效率、清洁化、脱硫、脱硝,煤制氢储氢技术,碳封存和利用技术的应用、研发和推广,抓紧风电、太阳能发电、核电三代技术的开发、应用;发展高效率超临界(SC),超超临界(DSC)技术与机组;发展智能电网,远距离大容量输电技术。通过能源技术革命带动环保产业,光伏发电产业、核动力堆产业、绿色煤电产业及其相关材料、设备制造产业的发展。

我国电力技术进步带动产业革命意义重大。火电、核电都向着大容量、高效率发展,核电向一站多堆发展。火电效率指标一直在提高,热效率从 20 世纪 80 年代的 36%,提高到 2008 年的 41%,发电煤耗从 413 克/kwh 降低为 322 克/kwh,达世界先进水

平,厂用电减少,发电设备利用率提高,我国核电起步晚,具有后发优势,使用较为先进的二代压水堆技术,二代百万千瓦改进技术建设了 20 多个百万千瓦核电机组;正在建设三代引进技术,自主化三代“华龙一号”将落地建设,负荷因子从设计的 70%、80%、90% 一再提高,换料大修期缩短,安全高效的优越性,清洁、可靠性显现。

我国能源技术革命任重道远。我国能源技术与世界发达国家相比差距还很大。化石能源的低碳发展、减碳、去碳、封碳、用碳技术均要全力开发;非化石能源做替代能源技术抓紧开发,按时限达到国家提出的目标。

4、推动能源体制革命,打通能源快车道。按照我国绿色低碳战略制定能源体制改革政策。秉承国家能源宏观控制,制定能源长期、中期、年度规划与计划,保证我国 2020—2030 年非化石能源 15% 至 20% 的目标实现;制定节能减排计划,修订能效标准,保证我国至 2020 年碳强度减少 40 ~ 45% 的目标实现。抓紧能源体制改革,进行能源企业“混合所有制”改革,能源价格改革,布局我国与国际能源合作发展,保证我国能源安全;启动能源领域法律法规立、改、废工作。政府不仅是政策的制定者、监管者,还应是宏观引导、市场监管、资源保护和利益协调者。通过能源体制革命,打通由黑色发展走向绿色发展的快车道,打通高碳经济向低碳经济发展的快车道,打通节能减排的快车道。

5、全方位加强国际合作,实现开放条件下能源安全。实现能源革命与能源安全,要加强国内省、市、地区合作,例如京、津、冀地区清洁化、防污染治理合作。加强国际各国、地区能源合作,秉承各国互利、互助、互补、互赢的原则发展能源合作。

中国至 2014 年底已与世界 50 多个国家确立了战略伙伴关系,包括政治、经济、技术、文化等和能源合作关系,能源合作即石油、天然气、风能、太阳能、核能的合作关系。石油、天然气重点与中东、中亚、非洲、俄、美、委等地区与国家合作。核能、核电与法国、美国、俄、加合作,消化、吸收改进并自主化发展。利用二代、三代自主化压水堆技术与巴基斯坦合作,利用重水堆技术与阿根廷合作,中国与捷克、罗马尼亚商议核电合作,中法联合投资英国欣克得角核电站建设,中国持股 30 ~ 40%,等。习近平、李克强出访欧洲,与多国领导人商谈核电合作问题。

(二)中国能源革命的特点与艰巨性

1、能源“三步跨越并为两步跨越”的艰巨性

世界能源发展可概括为二次革命,三步跨越。

从木炭到化石能源为第一次能源革命,由化石高碳能源向非化石能源、低碳能源转换为第二次革命。三步跨越是从木炭到煤炭,从煤炭到油气,两步跨越就是由煤油气的化石能源向非化石的低碳能源跨越。发达国家经过半个世纪,已实现从煤炭向油气的第二步跨越,实现了本国工业化、城镇化,期间产生的生态环境问题,通过长期治理得到改善,目前,发达国家能源需求不断减弱,开始向非化石能源进行第三步跨越。

我国近 30 多年虽快速压缩式发展,但工业化、城镇化尚未完成,却已有 6 亿人口受到雾霾影响,高雾霾区点是发达国家的十几倍、几十倍,出现了严峻的生态环境问题。我国尚未完成从煤炭向油气的第二步跨越,却需从化石能源向非化石能源、低碳能源跨越,同步跨越,同步进行。工业化、城镇化、环境治理三大任务同时并存,要求至 2030 年时,10 亿吨左右标煤能源需要用清洁能源替代,其总量超过德国和法国两国能源消费量,任务何其艰巨。

目前我国的能源发展正面临着化石能源进入煤炭与油气并重的“双碳”时代,终端消费由一次能源向二次能源的电力转变,绿色能源迅速崛起的 3 个方面转变。发达国家进行的绿色能源革命,而我国的油气革命、电力革命和绿色革命同时进行,复杂性和特殊性可想而知。

2、从“黑色增长”高碳经济到绿色低碳经济增长转变任务艰巨

中国环境污染严重,已成为世界最大污染源之一。这种以牺牲环境为代价的增长为“黑色增长”^{[5]1-3}。中国是世界最大的污染源之一,堪称世界最大的“黑猫”^[12]。中国的有机废水、二氧化硫、各类温室气体等污染物排放量居世界首位。

雾霾污染扩散到全国。从京、津、冀、华北、中部、长江三角洲,甚至珠江三角洲。2013 年我国 74 个城市的平均达标天数仅为 221 天,达标率为 60.5%,污染程度 74 个城市 PM_{2.5} 的浓度年均值 72 微克/立方米 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),超过二级标准 1.1 倍。72 个城市中仅拉萨、海口、舟山三个城市空气质量达标,严重污染地区 PM_{2.5} 达 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上,甚至更高。我国是世界酸雨面积最大的国家,SO₂ 最大的排放国,氮氧化物和二氧化硫排放总量是发达国家的 5 至 8 倍。

中国是世界煤炭第一生产、消费大国。这是大面积雾霾天气形成的主要原因。2007 年中国 CO₂ 排放超过美国成为世界 CO₂ 排放第一大国,占世界 CO₂ 的排放量从 2013 年 27% 到 2025 年将达

到 30%。

环境污染最大的受害国是中国。据国际应用系统分析所(IISAS)的数据,中国由于人为颗粒物污染导致的国民寿命总损失是全球最高的,在 2005 年达到 11.63 亿人/年,相当于 13 亿中国人平均寿命下降了 0.89 岁,到 2015 年这一数据将达 13.73 亿人/年,到 2035 年可能到 14.62 亿人/年。世界卫生组织 WHO 统计中国每年平均约有 38 万人因燃烧固体燃料造成空气污染早亡,造成健康损失相当中国 GDP 的 13%^{[5]6}。

3、能源结构调整任重道远

我国能源结构调整有三个方向,一是提高低碳非化石能源比重,降低化石能源比重,实现增量调整;二是提高石油、天然气在化石能源比重,降低煤碳的比重,实现存量调整,并实现化石能源清洁化;三是提高水电、核电、太阳能发电、生物质能发电的比重,降低煤电(火电)比重。

这三个方向都很艰巨。我国非化石能源消费占总能源消费比重从 1990 年的 5.1% 提高到 2010 年的 8.3%,提高 3 个百分点,用了 20 年,再提高到 2020 年我国在哥本哈根气候会议承诺的 15%,需要 10 年,再提高到 20%,可能要到 2030 年才能实现。提高石油、天然气比重,降低煤碳比重,只是近十几年因污染严重才提到议事日程。煤碳在我国能源消费从 1980—2010 年共 30 年一直占能源消费的 70% 左右。2009 年世界能源消费中煤碳消费比例占近 30%,石油占 35%,天然气占 23%,我国 2009 年三者是 69%、19%、4%。发达国家煤碳比重均在 25% 以下,石油、天然气比重更高。从未来发展来看,我国煤碳比重不可能降到这样低的水平,我们只能用脱硫、脱硝、减碳等清洁手段减少煤碳污染。

中国 CO₂ 的排放 40% 来源于火电。2009 年火电装机容量 6.5 亿 KW,占全国总装机容量的 75.7%,其中绝大部分为煤电,发电 3 万亿 kwh,占全国发电量的 80%,发电耗原煤 14 亿吨,占煤碳消费量的 46%,所以节煤减碳任务艰巨。

4、节能减排任务艰巨

中国处于工业化、城镇化上升期,能源消耗、CO₂ 排放还在呈线性增长。经济发展、人口增加,能源需求大于节能减排减少的能源。“十一五”、“十二五”期间能源节约与实际增长充分说明这一问题。

“十一五”期间,中国节能减排取得了显著成效。单位 GDP 能耗下降了 19%,节能量超过 6 亿吨 tce,单位 GDP CO₂ 排放量下降了 20% 以上,累计

CO₂ 排放减少 14 亿吨。“十五计划”我国 CO₂ 年均增长 9.3%，“十一五”下降为 6.3%。产业结构调整节能减排虽取得了成效,但全国整体产业结构变化(重型化)不利于降低能源总量与 CO₂ 排放降低。我国钢铁、石化、水泥、有色、电力、煤碳 6 大耗能行业占我国工业部门能源消费 70%,占全国能源消费的一半^[6]。6 个高耗能产业 2005 年消费能源 11.48 亿吨标煤,2009 年为 15.06 亿吨标煤,四年增长了 31%。“十二五”计划减排主要依靠产业结构调整。上述 6 大产业产能过剩,对造纸、纺织、化工提高排放标准,淘汰落后产能,钢铁要长效监管。

一方面节能减排成果突出,另一方能源总量上升,CO₂ 排放量增加,这是因为我国工业化、城镇化在不断推进,总能源消费增加。2005 年我国能源消耗 22.46 亿 tce,CO₂ 排放 53.5 亿吨,2010 年能源消费 32.5 亿 tce,CO₂ 总排放 72.6 亿吨,分别比 2005 年增长了 44.7% 与 35.7%。也就是在这 5 年中我国成为世界第一能源消费大国,CO₂ 第一排放大国,即双大国。

4、中国能源革命需要一代人的努力

中国能源革命需从煤碳—油气—再到低碳、绿色清洁、多能源消费的阶段需要很长时间,可能要到建国 100 年,中国达到中等发达国家的时期,即本世纪中叶。

我们以表 2 资料考察其艰巨性。1997 年世界能源消费 49.39 亿 toe,CO₂ 排放 149.93 亿吨,美国当时是第一能源消费大国,消费 16.27 亿 toe,占世界能源消费的 32.9%,当时美国是 CO₂ 第一排放大国,CO₂ 排放 46.82 亿吨,占世界 CO₂ 排放的 31.9%。同期,中国能源消费只占世界的 4%,CO₂ 排放只占世界的 5%。从 1970 年至 2006 年 37 年时间里美国能源消费世界第一、CO₂ 排放第一的霸主地位没有改变,只是比重在减小,能源消费比重从 1970 年 32.9%,降到 2006 年的 21%,CO₂ 排放从 31.3%,降到 21.4%。而中国二项指标攀升,1970 年至 1990 年上升得慢,能源消费占世界的 8%,CO₂ 排放占 10.6%,2000 年后急剧上升,每年以 1~2 个百分点增加,2006 年中国能源消费占 16%,CO₂ 排放占世界的 20.3%。

第一次突破是 2007 年,中国 CO₂ 排放为世界第一,占世界 20.9%,排放 65.15 亿吨,美国 CO₂ 为 20.5%,排放为 64.12 亿吨。

第二次突破是 2010 年,中国能源消费 23.34 亿 toe,占世界的 19.5%;美国为 22.84 亿 toe,占 19.1%。中国成为能源消费第一国。

2013 年中国能源消费、CO₂ 排放进一步增多。吨,中国能源消费 28.52 亿 toe,占 22.4%,CO₂ 排放世界能源消费 127.30 亿 toe,CO₂ 排放 350.94 亿 95.24 亿吨,占 27.7%。

表 2 世界及中美能源消费、二氧化碳排放(1970—2013)^[7]

年 份	世界能源 消费总量 10 ⁶ toe	世界二氧 化碳排放 10 ⁶ t	美国能源				中国能源			
			消费总量 10 ⁶ toe	占世界%	CO ₂ 排放量 10 ⁶ t	占世界%	消费总量 10 ⁶ toe	占世界%	CO ₂ 排放量 10 ⁶ t	占世界%
1970	4939.4	14982.6	1627.0	32.9	4682.8	31.3	200.6	4.0	749.7	5.0
1980	6626.0	19322.3	1812.0	27.3	5158.9	26.7	416.4	6.3	1500.3	8.0
1990	8118.1	22633.0	1968.0	24.2	5444.6	24.1	664.6	8.2	2395.8	10.6
2000	9342.1	25390.9	2313.7	24.8	6142.7	24.2	98.03	10.5	3429.9	13.5
2004	10428.2	28653.4	2349.1	22.5	6377.0	22.3	1466.8	13.9	5102.0	17.8
2005	10714.4	29479.6	2351.3	21.4	6473.3	21.9	1601.1	14.9	5573.9	18.4
2006	11020.8	30367.9	2333.1	21.0	6494.0	21.4	1767.9	16.0	6159.1	20.3
2007	11319.5	31285.8	2371.7	20.9	6412.8	20.5	1880.1	16.6	6515.6	20.9
2008	11466.2	31615.5	2320.1	20.2	6521.5	20.6	1971.4	17.2	6753.5	21.4
2009	11325.9	31139.4	2205.4	19.5	6332.1	20.3	2104.3	18.6	7214.0	23.2
2010	11955.6	32875.9	2284.9	19.1	5908.2	18.0	2334.0	19.5	7953.5	24.2
2011	12231.5	33761.4	2265.4	18.5	6002.7	17.8	2544.8	20.8	8674.1	25.7
2012	12483.2	34464.6	2208.5	17.7	5786.1	16.8	2731.1	21.9	9166.0	26.6
2013	12730.4	35094.4	2265.8	17.8	5931.4	16.8	2852.4	22.4	9524.3	27.1

美国能源消费占世界的 17.8%,CO₂ 占 16.9%。美国步入后工业化时代,由于金融危机等原因,能源消费与 CO₂ 排放呈双下降趋势。

中国由于工业化、城镇化仍未完成,能源消费、CO₂ 还将增加,到 2030 年可能达到峰值,然后才会下降,这个双第一的位置,可能与美国一样会几十年。中国能源革命需 40 年左右才能完成。

四 核电(能)是我国化石能源最有潜力的高效、清洁、安全、可靠的替代能源

(一)核电(能)作为替代化石能源的优势

1、核燃料资源丰富,有替代潜力。化石能源终将枯竭,世界石油可采年限(储产比)46 年,天然气可采 63 年,煤碳 119 年。我国化石能源人均占有量不足世界的一半,石油可采 11 年,天然气 29 年,煤碳 119 年。而核燃料仅天然铀储量就达 630~1040 吨。可供现在核电站使用 100 年以上,如用快中子堆增殖循环使用核燃料,可用数千年,正在开发的聚变燃料氘可用百亿年,无放射性,人类再无能源之忧。

2、核电核燃料高效能、高效用。按热电、发电系统输出能 E0 与输入能 E1 之比,净能 R = E0/E1 是:

煤电 4.99,石油 4.79,压水堆为 16.18。核电产业效能是化石能源的 4 倍。

一座 100 万千瓦火电站一年需约 300 万吨煤,每天需一艘万吨轮为其运煤,或 3 列火车(60 吨×60 个皮车)从产地进入电厂运煤。而核电一年只需 30 吨燃料元件运输。天然铀也可原地地浸、堆浸溶浸开采,不用长途运输矿石。

3、核电是清洁不排放温室气体的能源。化石能源排放的温室气体是 SO₂、NO_x、CO₂ 等,前二者产生酸雨,温室气体破坏臭氧层,使气温上升,气候环境恶化。1 个百万千瓦核电站替代同功率煤电站,每年可减少 SO₂46000 吨(非脱硫电站),NO_x 化物 26250 吨,CO₂600 万吨,少耗氧 620 万吨,炉渣 23 万吨。据国际原子能机构(IAEA)测算,核电、水电,其他可再生能源替代减排避免的 CO₂ 在逐年增加,2007 年实际全球发电产生 CO₂110 亿吨,如果没有可再生能源水电和核电,估计 CO₂ 会达到 164 亿吨左右,水电与核电减排各占 60 亿吨 CO₂ 的一半,其余是其他可再生能源。

4、核电是可靠的可作基本负荷的能源。可再生能源中的太阳能、风能、水力受季节、环境、气候影响,连续、稳定供热、供电受到限制,太阳能、风能能

流密度低,做基本负荷都有困难。以发电为例,风电按额定功率的年运行小时数(可用率)在 2000h(小时),水电在 4500h 左右,核电可达 7000h 以上。美国核电运行容量因子近几年连续 4 年在 90% 以上,即运行小时 7884h/a。我国大亚湾、岭澳、秦山二期、秦山三期都有年运行在 90% 容量因子的优秀记录。核电是可靠能源,是可作为风电、太阳能、水电的基本负荷,支持可再生能源发展。

5、核电是成本较低,在世界电力市场有竞争力的能源。

6、核电是安全的能源,是风险低的能源。世界个体事故风险水平很高。机动车 2×10^{-4} , 飞机 10^{-5} , 火车 3×10^{-5} , 但大家认为是安全的。我国核电在去年福岛事故后制定的安全标准提高了一个数量级,每堆年发生严重堆芯损坏事件概率低于十万分之一(1×10^{-5} /堆·年),每堆年发生大量放射性物质释放事件的概率低于百万分之(1×10^{-6} /堆·年)。我国核电坚持安全第一质量第一的方针,置核安全于一切活动之上,视核电安全为核能生命线。福岛事故 4 年后,至今无新核电站开工,根本原因还是核电安全问题。

(二)中国核电能承担替代化石能源的重任

我国核电起步较晚,目前建成核电站发电量占电力比重很小,只有 2%,但核电有优势、有潜力。

1、我国“积极推进核电站建设”方针执行有力,有一批在建核电年内可建成。预计 2015 年可建成 4000 万 KW, 今明两年如再抓紧开工十几个核电站机组,可保证我国核电 2020 年核电修改规划 5800 万 KW 核电站的建成。

2、我国核电站有后发优势,起点高,总体技术水平较高。我国选择成熟的压水堆技术路线并自主开发了多种先进机组。我国引进建设了二代大亚湾,岭澳一期 4 机组,在消化吸收改进后又批量开工建设了岭澳、二期红沿河、宁德、阳江、福清、方家山、防城港 24 个百万千瓦级核电机组,在完成秦山自主化二期核电后,又开工秦山二期扩建、昌江 4 个 65 万 KW 机组,三代核电站我国引进了俄罗斯 VVER-1000 4 台机组,美国 AP1000 4 台机组,法国 EPR-1750 2 台机组,虽花费了较多学费,决策仓促遭到批评,但确实为我国核电博采众长提供了空间,为自主开发了 ACP1000、CAPR1000、CAP1400 机组提供了借鉴。

3、“抓紧启动东部沿海地区新的核电项目建设”。十八大后中央多次催促东部沿海地区核电布点,但是 AP1000 由于种种原因工期拖期,设计理念,

顶层设计不统一,自主开发的核电机组审查工作不到位,造成中国核电建设停滞不前。2014 年全国两会上提出建华龙一号后,工作有了转机。将福清 5#、6# 核电机组修改为建华龙一号示范堆工程得到批准。其他核电站址选定或前期准备工作在抓紧进行。

(三)核电等非石化能源替代任务愿景会实现

1、哥本哈根会议目标可实现。按照核电修改规划 2020 建成核电 5800 万 KW, 在建 3000 万 KW, 实现水电建成 3 亿 KW, 风电 1 亿 KW、太阳能发电 2000 万 KW。我国在哥本哈根气候变化会上提出的 2020 年非化石能源占能源总消费总量 15% 的目标可实现,这是我国能源革命的第一个目标。

2、能源革命第二个目标已设定。习近平与奥巴马 2014 年 11 月的北京会谈,中美两国共同发表气候变化联合声明,美国提出了 2025 年的目标,中国提出了 2030 年的能源革命的新目标,中国计划 2030 年左右 CO_2 排放达到峰值且将努力早日达峰,并计划到 2030 年非化石能源占一次能原消费比重提高到 20% 左右。

我国能源革命第二步目标是要继续加大清洁能源比重,发展可再生能源,更重要途径是提高核电在电力中的比重,争取达世界平均水平,即核电占本国总发电量的 14%,核电至少要达到 1.2 ~ 1.5 亿 KW (假定 2030 年电力装机容量 16 ~ 20 亿 KW), 占电力装机容量 8 ~ 10%。因为至 2020 年水电已开发 60%, 其余水电资源开发难度加大,风电、太阳能发电仍有潜力,最重要任务是实现煤碳清洁化,实现雾霾达标,第一步 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 第二步 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 京津冀等重污染区能实现蓝天、青山、绿水,中国能源革命任务就完成了。

3、中国必须从核电入手提高非化石能源的比重,提高核电在电力中的比重。2013 年世界非化石能源消费 16.98 亿 toe, 占世界能源总消费 13.34%。发达国家比例较高,如法国占本国能耗 47%, 加拿大 34.8%, 西班牙 28.3%, 德国 17.4%, 意大利 15.5%, 美国 13.6%, 英国 13.8%, 俄国 11.5%, 我国非化石能源只占 9.6%。水电占我国非化石能源的 75%, 而核电只占 9.1%。德国、意大利、西班牙等国风电、太阳能发电、生物质发电较多,水电较多的是加拿大、日本、俄罗斯。总体而言,非化石能源比重大的国家核电占比较大,法国核电占 81%, 韩国占 93.7%, 美国 60.9%, 英国占 57%, 中国核电在这些有核电国家中是比例最低的(见表 3),所以要替代煤碳、煤电,必须加快发展核电,提高核电在电力和非化石能源中的比重。

表 3 世界非化石能源结构状况(2013 年)^[7] 百万 toe

国 别	能源总计	非化石能原		其中:核 电		水电		其他可再生能源	
		合计	占能源%	合计	占非化%	合计	占非化%	合计	占非化%
美国	2265. 8	308. 1	13. 6	1979	60. 9	61. 5	20. 0	58. 6	19. 1
中国	2852. 4	274. 2	9. 6	25. 0	9. 1	206. 3	75. 1	42. 9	15. 6
法国	248. 4	117. 2	47. 1	95. 9	81. 8	15. 5	12. 9	5. 9	5. 3
德国	325. 0	56. 4	17. 4	28. 0	39. 0	4. 6	8. 2	29. 7	52. 8
英国	200. 0	27. 9	13. 8	16. 0	57. 3	1. 1	3. 7	10. 9	39. 0
意大利	158. 8	24. 6	15. 5	—	—	11. 6	47. 2	13. 0	52. 8
日本	474. 0	31. 3	6. 6	3. 3	10. 5	18. 6	59. 4	9. 4	30. 1
俄罗斯	699. 0	80. 3	11. 5	39. 1	48. 9	41. 0	51. 0	0. 1	0. 1
西班牙	133. 7	37. 9	28. 3	12. 8	33. 8	8. 3	22. 5	16. 5	43. 8
韩国	217. 3	33. 7	12. 4	31. 4	93. 1	1. 3	3. 9	1. 0	3. 0
加拿大	332. 9	116. 0	34. 8	23. 1	19. 9	88. 6	76. 3	4. 3	3. 8

注:根据 BP 世界能源统计 2014 整理

[参考文献]

[1] 任德曦,肖东生. 核能经济学[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2014.

[2] 习近平就推动能源生产和消费革命提出五点要求[N]. 中国核工业报,2014-08-18(1).

[3] 陈运,孙敏莉. 国家能源局批复我国自主三代核电“龙华一号”将落地福清[N]. 中国核工业报,2014-11-05(1).

[4] 刘道玉,等. 新的技术革命与未来[M]. 武汉:科学与人杂志社,1985.

[5] 薛世军,等. 中国低碳经济发展报告(2012)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2012.

[6] 吴晓表. 雾霾治理长沙论坛吴晓表答记者问[N]. 潇湘晨报,2014-03-10.

[7] BP 世界能源统计 2014(综合整理)[EB/OL]. [http://www. bp. com/en/global/corpo-rpoate/bpmgazinehtml](http://www.bp.com/en/global/corporate/bpmagazine.html).

Discussion on Energy Revolution and the Development of Nuclear Power in China

REN De-xi, HU Bo

(University of South China , Hengyang 421001 , China)

Abstract: In June 2014, XI Jinping pointed out in the sixth meeting of the Central Financial and Economic Leading Group: “we must push for energy production and consumption revolution” and “promptly begin construction of the new nuclear power projects in coastal areas”. The history of world energy revolution suggests that energy develops from low carbon to high-carbon and returns to low carbon energy again;the first energy revolution generates the great development of productive forces, but also leads to resource consumption, ecological damages and environmental pollution, which causes the second revolution of low carbon energy. Therefore, China’s energy revolution could not take the old road in Western developed countries, but should carry out the new energy revolution dominated by nuclear power. Energy consumption, energy supply, energy system, energy technology and international cooperation are the tasks of the new energy revolution. China’s energy revolution from three steps to two steps is a long-term and complex process, which needs a generation’s efforts, until the middle of 21st century to fulfill it. A great deal of information shows that nuclear power is the most potential, efficient and clean energy, which can undertake the important task of replacing fossil energy.

Key words: China’s energy revolution; fossil energy; non-fossil energy; haze; three gallops; promptly begin coastal nuclear power