

中国低碳能源的发展方向

陈柳钦

(中国能源经济研究院, 北京 100733)

摘要: 发展低碳能源是领先世界经济的新机遇。能源低碳化是全球趋势, 也是中国的目标, 中国发展低碳能源的意义重大。实现低碳化的、有序的能源结构是中国能源战略定位的根本。中国低碳能源发展的战略重点在于: 大力发展分布式能源系统; 重点加强建筑、交通两大消耗领域低碳能源利用; 尽最大可能促进生物质能源的有效利用; 全方位推进太阳能、风能、水能和核能的安全利用等等。

关键词: 低碳; 能源; 低碳能源; 清洁能源; 再生能源

中图分类号: F12; F205 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2011.07.006

一、发展低碳能源, 是领先世界经济的新机遇

能源是人类赖以生存和发展的基础, 人类经济发展和进步与能源类型的利用和开发的水平密切相关。能源既是“工业的粮食”甚或“现代工业的血液”, 但却持续释放着巨大的外部性影响。能源对环境造成的巨大影响, 远甚于其他产业。人类从19世纪开始工业化进程以来已经经历了两次能源构成的转型。图1给出了世界能源构成变化的历史轨迹^[1]。第一次大转型开始于19世纪, 由蒸汽机的发明和推广应用所促成的由薪柴为主的可再生能源向煤的转化。在图上, 曲线是从1850年, 再生能源占80%, 煤炭占20%, 油气为零的A点开始, 一直朝煤炭比率增加的右方延伸的。第二次是在20世纪初的20年间, 从煤转向石油, 推动力是汽车和飞机的普遍使用, 在图上可以看到曲线在1900年和1920年附近转折的B点, 然后一直向上。到1990年至今的近20年间, 在油气占60%多、煤炭约占30%、非化石能源占10%的区域徘徊。而从现在开始, 人类社会将开始第三次能源大转型, 即重点转向可再生能源, 并且化石能源内部结构重组。发展

的大方向就是图上的两个直朝向右下方的箭头。2030年的目标是化石能源占到40%、油气和煤炭各占30%左右; 到2100年, 非化石能源趋近60%、油气和煤炭各占20%左右。这次大转型的推动力主要是气候变化。自工业化开始一百多年来, 特别是自1990年开始的近20年来, 由于化石能源加速消耗、大气中温室气体浓度急剧增加而导致的气温上升、冰山融化、海平面上升和各种灾害性气象增加的频度和速度都大大增加了。气候变化是我们这一

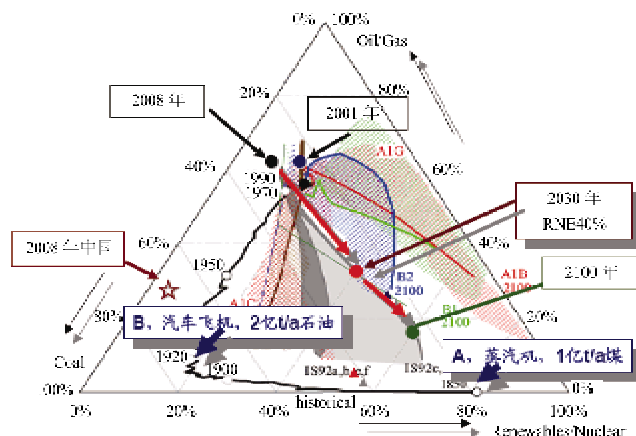


图1 世界一次能源构成的变化轨迹以及发展趋势^[1]

作者简介: 陈柳钦 (1969-), 男, 中国能源经济研究院战略研究中心主任 研究员; 研究方向: 能源经济。

收稿日期: 2011年5月14日

两代人面临的最严峻挑战之一。

全球气候变化问题是人类迄今为止面临的规模最大、范围最广、影响最为深远的挑战之一,也是影响未来世界经济和社会发展、重构全球政治和经济格局的最重要因素之一。以化石能源为主体的能源格局是推动世界进入工业化时代的基础。高强度化石能源开发和利用在大大增加人类财富、改善人们生活的同时,也严重损害了自然生态和环境,给人类的生存带来威胁。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第四次评估报告指出,气候变暖已经是一个可以证明的事实。从2000-2030年,根据一系列排放情景预测得出的结论是全球温室气体排放量将增长25%~90%,而每10年全球气温将增长0.2摄氏度。全球气候变化问题促使人类社会加速由高碳能源向低碳和无碳能源转变的发展步伐。在2009年年底召开的哥本哈根气候变化大会上,发达国家非常明确地要求地球长远目标温升不超过2度,大气中二氧化碳浓度不超过450ppm,这就意味着,2050年全球温室气体减排目标相对于在当前排放水平上减排50%。应对气候变化从根本上来讲是如何发展的问题,而从发展造成的气候变暖来说,实质上是能源选择问题。在能源短缺和气候变化的双重压力下,世界各国纷纷把开发低碳能源作为能源战略的重要组成部分。特别是2009年年底的哥本哈根会议,开启了世界走向低碳能源的新时代。低碳能源,从狭义上讲,就是一种含碳分子量少或无碳分子结构的能源,是一种全新的能源,该类能源的燃烧可以减少CO₂温室气体在空气中的排放量,从而缓解因温室效应而给人类生活带来的不便;从广义上讲,是顺应人类发展方向、适应未来经济发展模式的一种可持续利用、既节能又减排的能源。作为一种清洁能源,低碳能源显著减少CO₂对全球性的排放污染,同时也兼顾对社会性污染排放的减少。它的基本特征:一是可再生的、可持续应用的能源;二是能源的高效性,适应环境性能好;三是节能减排效果的显著性;四是尽可能实现规模化产业应用。

与以往历次能源革命一样,当下的低碳能源革命将改变人类的生产和生活方式,将成为全球经济增长的新引擎,将开拓更多的新产业、新市场、新岗

位。低碳能源已经成为减少“碳泄露”、解决全球气候问题的战略性新兴产业。在低碳能源形成积极产业布局的同时,低碳能源也已成为构建“太阳经济”的重要支柱。纵观世界经济史,19世纪是由英国主导的依靠蒸汽机、纺织机的“煤炭经济”;20世纪是由美国主导的依靠发动机、石油化学的“石油经济”;21世纪世界将步入“太阳经济”时代。开发新能源、发展低碳能源是构建“太阳经济”的重要支柱。

目前,世界许多国家和地区都高度重视发展低碳能源,普遍意识到谁能抢先发展好低碳能源,谁就能在新一轮经济增长中占据主动权,成为世界经济发展的“领头羊”。对于中国这个人口众多而人均能源资源短缺的国度,高碳向低碳转型更为紧迫和意义重大。中国的低碳能源产业有全球最大的市场,这是低碳能源产业发展的最重要的条件。为此中国需要制定经济和环境双赢的能源战略,那就是低碳能源战略。低碳经济是未来全球发展的大趋势,也是当今世界政治、经济博弈的焦点。中国能否从经济大国跃升为经济强国,与能否很好地把握低碳经济的机遇息息相关^[2]。

二、中国发展低碳能源要有紧迫感

能源行业作为高碳行业,特别是中国以煤炭为主的能源体系,其二氧化碳的排放量已是“老大难”问题。在中国国民经济和社会发展“十一五”规划中,首次将中国的节能降耗、环境评价与经济增长等三重指标捆绑量化约束,明确指出:到2010年,应“实现人均国内生产总值比2000年翻一番”,“单位国内生产总值能源消耗降低20%左右”,以及“主要污染物排放总量减少10%”等目标。

虽然在哥本哈根气候大会上,世界各国未能就减排目标达成一致意见,但都殊途同归走上了调整经济结构、转变发展方式的低碳经济之路。能源的转型是国家经济转型的关键环节,也是社会进步的重要标志。而今,“后哥本哈根时代”的全球碳排放压力表明,在“十二五”时期以碳减排为核心的环境问题比任何时候都重要。目前,中国已向世界承诺,到2020年要将单位GDP碳排放强度在2005年的基础上降低40%~45%。因此,中国以煤为主能源体系的根本性变革只能是走“低碳化”道路。能源低碳化是全球趋势,也是中国目标。

改革开放三十年来,中国经济持续高速增长,成就举世瞩目。能源消费也随之增长,能源行业的一系列改革,使能源供应能力大幅提高。21世纪以来,能源供应紧跟需求拉动,出现超高速增长,中国会很快成为世界第一能源消费国。如果中国能源消费保持前几年平均8.9%的增速,则2020年中国能源消耗将达79亿吨标煤,占目前世界能源消耗总量的一半;即使能持续实现每五年GDP单耗下降20%,但继续保持9%的年经济增长,2020年中国能耗也将占目前世界能耗的三成。显然,这种经济增长方式将受到能源资源的严重制约,能源发展趋势必须进行重大调整。

目前,中国高能耗产业已进入饱和期,可以满足相当大规模的基本建设需求。现有产能可满足每年完成25亿~30亿平方米建筑竣工面积、10万公里公路、7000公里高速公路、6000公里铁路、1500公里高速铁路和改建新建20个机场,已经超出合理建设规模的需求。同时,建筑节能、交通节能等领域节能潜力明显,三大产业结构调整,节能潜力大。高能耗产业不应也不可能持续高速增长。如果中国在2020年单产能耗比2005年下降44%,2030年单产能耗比2005年下降68%,那时,仍比日、欧的能耗强度高一倍,而今后发达国家的能源强度将继续明显下降。中国能源需求不应长期持续保持高增长。发展低碳能源,有利于严格控制中国大气污染排放总量,推行温室气体排放强度和排放总量控制。与能源相关的二氧化硫和氮氧化物的排放量,将在目前的基础上逐步下降,并将在2030年前显著解决能源大气污染和生态破坏问题。以二氧化碳为主的温室气体排放强度将逐步降低,首先在“十二五”期间使碳排放强度再降20%,大力发展低碳能源将确保中国已做出的主动承诺(2020年碳排放强度比2005年下降40%~45%)的兑现,并力争使中国二氧化碳排放的总量在2030年前后达到峰值(估计峰值约90亿吨/年),然后逐步下降,在2050年显著回落到更低水平。这首先是中国可持续发展的内在需求,也会在国际舞台上为中国争得战略主动权。

尽管短期内煤炭、石油、天然气等传统能源仍是中国能源供应的主力军,但从长远来看,低碳的能源结构才是发展趋势。发展低碳能源,是中国缓

解能源与资源供需矛盾、遏制环境污染的重要途径,是全面落实科学发展观,加快推进新型工业化的必然选择,是建设资源节约型和环境友好型社会的重要举措,是促进经济又好又快发展,实现富民强国,构建和谐社会的迫切需要。尤其在当前国际经济尚未复苏的金融危机背景下,发展低碳能源更具有特殊的意义。开发太阳能、风能、潮汐能、水能、沼气等低碳能源,由此可形成许多新兴产业,并可带动相关产业链的发展,从而扩大就业面,提高就业率,这对克服经济衰退,保增长、保民生、保稳定,促进社会和谐意义重大。

三、中国低碳能源发展的战略重点

今天,中国已经步入一个新的历史发展阶段,高能耗、高污染的粗放型增长方式日益面临挑战,以提高能源等生产要素利用效率为核心的集约型增长方式和低能耗、低污染、低排放的低碳经济,已成为中国未来经济发展的方向。因此,实现低碳化的、有序的能源结构是中国能源战略定位的根本。

(一)大力发展分布式能源系统

中国的能源消费总量在不断扩大,环境污染问题日益严重,要研究提高能源利用效率,各国都在做积极的努力。我们要跳出能源看能源,要立足国内、面向世界。未来能源的发展要多元化,发展大机组、大电网是需要的,但小的分布式能源系统的发展也必不可少。所谓“分布式能源系统”(Distributed Energy System, DES)是一种新型的能源综合利用系统。它以清洁燃料作为能源(包括可再生能源),以分布在用户端的发展热电冷联产为主,其他中央能源供应系统为辅,实现以直接满足用户多种需求的能源梯级利用,并通过中央能源供应系统提供支持和补充。分布式能源技术是未来世界能源技术的重要发展方向,它具有提高能源综合利用率,降低中间输送环节损耗,减少碳硫等废弃物的排放,保障能源供应的可靠性等特点。分布式能源实际上是将一次能源发电以后余热来制热制冷,可以实现对能源进行一个温度对口的梯级利用。基本上不存在中间的输送环节的损耗,可以实现对资源利用的最大化,分布式能源综合利用效率在75%~90%之间,而且避免了远距离的送电、送热带来的损失,比普通的天然气发电能源利用效率还要高出20%左右。

发达国家早在 30 年前就开始涉足分布式能源领域,现在已经普遍应用在工业与生活当中,发达国家已可以将分布式能源综合利用效率提高 90% 以上。目前,丹麦和荷兰是分布式能源系统推广力度最大的两个国家,因此也成为各国效仿的榜样。在环保方面,与燃煤火电机组相比,分布式能源供能方式的二氧化硫和固体废弃物排放几乎为零,二氧化碳排放量减少 50% 以上,粉尘、二氧化硫、二氧化碳、废水废渣等排放也大大减少。根据美国能源部 2020 纲领的描述,在美国部分新建建筑采用分布式能源系统后,全国二氧化碳可以减排 19%。分布式能源在中国已经由理论探讨进入工程开发阶段。目前中国北京、上海、广州等地已有一批以油、气为燃料的分布式热电冷工程项目投入运行,取得了明显的经济、环保和社会效益。目前,中国分布式能源系统还处于起步阶段,尚未形成经济化的产业规模,但市场潜力大,发展非常快。从国家的支持力度上可以看出这一产业的前景。2010 年 4 月,国家能源局下发了《国家能源局关于对〈发展天然气分布式能源指导意见〉征求意见函》,明确提出:到 2011 年拟建设 1000 个天然气分布式能源项目;到 2020 年,在全国规模以上城市推广使用分布式能源系统,装机容量达到 5000 万千瓦,并拟建设 10 个具有各类典型特征的分布式能源示范区域。以热电冷联产为特色的分布式能源系统(DES)是实现低碳发展的重要途径之一,是中国继续和完成工业化、城市化的能源供应保障,也是促进天然气产业链上、中、下游均衡、快速、健康发展,推动中国加速一次能源结构转型的动力^[2]。

(二) 重点加强建筑、交通两大消耗领域低碳能源利用

1. 推广低碳建筑

目前低碳建筑已逐渐成为国际建筑界的主流趋势。一个经常被忽略的事实是:在二氧化碳排放总量中,建筑行业几乎占到了 50%,这一比例远远高于运输和工业领域。长期以来,人们评判建筑只关注空间的大小、功能的布局、造型的美学效果,以及内外装修材料的档次等外显因素,而忽略室内空间的内涵品质,如热环境、声环境和空气品质等,这导致建筑后期使用、维护耗能很大。低碳建筑是指在建筑材料与设备制造、施工建造和建筑物使用的

整个生命周期内,减少化石能源的使用,提高能效,降低二氧化碳排放量。具体来说,低碳建筑首先在它的建造过程中有低碳的概念,包括从建筑材料的低碳、施工的低碳,到建筑物的使用过程中注重低碳,尽量地减少消耗能源的概念。目前中国的低碳建筑还处在起步阶段,但是未来五年将是它飞速发展的黄金阶段,低碳建筑将会越来越频繁地出现在我们的视野中,被社会所关注、倡导和鼓励。从未来看,低碳建筑的发展重点主要有三个:一是新建建筑节能;二是现有建筑节能改造;三是北方地区城镇供热计量改革。发展低碳建筑需要树立全过程、全生命周期理念。一是建筑材料低碳。低碳建筑首先应在建筑材料上实现突破,包括屋顶技术、屋面技术、涂料技术等,这种突破应该通过技术革新来实现,为此需要加大相关低碳建筑材料和技术的研发力度。二是建筑施工低碳。据测算,与传统施工方式相比,绿色施工方式每平方米能耗可以减少约 20%,水耗可以减少 63%,木模板消耗量减少 87%,产生的施工垃圾量减少 91%。如果要在施工阶段大幅度减少能源消耗,最好的办法就是推动住宅产业化、工业化,采取装配式施工,推广全装修。三是建筑使用低碳,更加注重可再生能源在建筑中的应用。

2. 打造低碳交通

交通运输,作为经济社会发展的重要载体和工具,是温室气体重要排放源。机动车碳排放已占到全社会碳排放的相当比重。在当前机动车快速增长的前提下,低碳交通运输是实现节能减排、发展低碳经济的重要组成部分。低碳交通运输是一种以高能效、低能耗、低污染、低排放为特征的交通运输发展方式,其核心在于提高交通运输的能源效率,改善交通运输的用能结构,优化交通运输的发展方式。目的在于使交通基础设施和公共运输系统最终减少以传统化石能源为代表的高碳能源的高强度消耗。作为转变经济发展方式的重要举措,低碳交通运输是达到交通领域人与自然的一种和谐,在中国,它必将得到更大的发展。实现低碳交通运输的途径:一是,力求“减碳”。交通运输工具必须依赖能耗,除非使用洁净能源(如太阳能等),否则交通运输难以实现无碳化,只能是不断低碳化的发展过程。二是,节能减排。高度重视运输工具的尾气排

放,“节能”和“减排”都是交通运输低碳化的重要途径,既要重视“节能”,更要把“减排”上升到应有的高度。三是,理念体系化。低碳交通运输是一个体系化的概念,无论是交通运输系统的规划、建设、维护、运营、运输,还是交通工具的生产、使用、维护,乃至相关制度和技术保障措施,人们的出行方式或运输消费模式等,都需要用“低碳化”的理念予以改造和优化。四是,综合性减碳。一方面,低碳化的手段是多样的,既包含技术性减碳(如节能环保技术应用),也包括结构性减碳(如通过优化网络结构、运力结构等提高能效),还包括制度性减碳(如市场准入与退出机制)。另一方面,低碳化的途径是双向的,既包括“供给”或“生产”方面的减碳(如提供一个更低碳的交通运输服务系统),也包括“需求”或“消费”层面的减碳(如引导公众理性选择出行方式,鼓励乘用公交或骑自行车等)。五是,低碳系统化。完整的低碳交通运输体系应包括三个基本的系统:节能减排基础支撑系统,这是低碳体系建设的第一步,还需加大推进力度,把传统工作系统化提升;清洁能源优化利用系统,积极发展新能源汽车是交通运输低碳化的重要途径;公众出行社会引导系统,要运用一切法律、经济、技术乃至社会公德力量,正确引导公众的交通消费^[3]。

(三) 尽最大可能促进生物质能源的有效利用

物质是指通过光合作用而形成的各种有机体,包括所有的动植物和微生物。而所谓生物质能就是太阳能以化学能形式储存在生物质中的能量形式,即以生物质为载体的能量。它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用,可转化为常规的固态、液态和气态燃料,取之不尽、用之不竭,是一种可再生能源,同时也是唯一一种可再生的碳源。生物质能按生物质资源可分为如下6个类别:①木材及林业废弃物(如白杨、桉树等速生林种及其他林种、苜蓿、芦苇等草木类、木材废料、树皮、锯木等)。②农作物及其废弃物(如可产生淀粉或糖类的玉米、薯类、甘蔗、甜菜等以及秸秆、谷壳等)。③水生藻类(如马尾藻、海带等海藻和浮萍等淡水藻)。④油料植物(如黄豆、向日葵和油菜等)。⑤城市及工业有机废弃物(如城市垃圾、造纸工业的黑液、食品工业废弃物等)。⑥动物粪便。从整个生命周期来说,生物质能对全球碳贡献基本上为“零”,生物质能利用对碳贡

献来自于所有收集、运输和预处理过程中化石燃料利用造成的CO₂排放,生物质能总体利用过程中相对于化石燃料CO₂的减排是显著的,采用高效合理的利用方式(如纤维素乙醇),CO₂减排率能够达到90%左右。生物质能替代化石能还能够减少SO₂等污染物排放。此外,生物质能的利用对生物多样性、水土流失、土壤肥力变化和水污染等生态环境问题都有重要影响,将对环境的改善做出巨大贡献。生物质能属于环境友好的清洁能源,是物质与能量的循环利用,是清洁的低碳能源。作为一种可再生资源,生物质能源的可储藏性及连续转化能源的特性,决定了生物质能源将会成为非常有前景的替代能源^[4]。

生物质能是世界第四大能源,仅次于煤炭、石油和天然气,在整个能源系统中占有重要地位,是替代化石能源的主力军之一。根据生物学家估算,地球陆地每年生产1000亿~1250亿吨生物质;海洋年生产500亿吨生物质。生物质能源的年生产量远远超过全世界总能源需求量,相当于目前世界总能耗的10倍,而现在全世界能源的利用量还不到其总量的1%,因此,生物质能将成为21世纪主要的低碳能源之一。据预计,到2050年,采用新技术生产的各种生物质替代燃料将占全球总能耗的40%以上。生物质能源的开发利用受到许多国家的高度重视,联合国开发计划署、世界能源委员会都将其列为可再生能源的首选。联合国粮农组织认为,生物质能有可能成为未来可持续能源系统的主要能源,扩大其利用是减排CO₂的最重要途径,应大规模植树造林和种植能源作物,使生物质能源通过利用技术变成高品位的现代能源。

中国生物质能储量也很丰富,单就农林废弃物、能源林业和其他能源作物的储量就相当于每年9亿吨标准煤。可替代石油的生物质原料,如薯类、甜高粱、甘蔗、木本油料、秸秆和各种植物纤维素原料的储量可相当于年产2.7亿吨石油。目前,中国有机废弃物可转换为能源的潜力约5亿吨标准煤,预计将来潜力可达7亿~10亿吨标准煤,约为当时能耗的15%~20%。可见,中国生物质资源发展潜力巨大。无论出于经济因素,还是从能源安全、摆脱石油依赖、寻求石油替代品等角度来讲,发展生物质能已经成为中国不可避免的选择,生产和推广使用生

物质能源是一项长期能源战略。

当然,在推动中国生物质能源产业化过程中要坚持“不与农争地,不与民争粮”的原则,分阶段稳步推进生物质能源产业发展。近期,优先利用有机废弃物等生物质资源,推进生物质燃气、生物质发电技术的发展;中期,合理开发边际土地资源,积极稳妥发展能源农业和能源林业,扩大生物质能资源基础;推进纤维素液体燃料产业发展,显著增加生物质能在清洁能源和交通燃料供应中的比例;长期,利用近海、沙漠等海陆资源,开发藻类生物质资源,提高生物质液体燃料的贡献度,实现生物质能对化石燃料的规模化替代,保障国家能源安全。与此同时,我们应把大力发展生物质能与中国产业结构优化升级结合起来,形成以创新性生物经济为支撑的新的经济增长点,最大限度地发挥生物质能产业的经济效益,提高整体的经济价值和环境价值,最终达到有序开发生物质资源、增强经济发展能力、提高抵御化石能源供应风险和应对气候变化能力的综合效果,加速中国从生物质资源大国向生物质资源强国的转变^[5,9]。

(四)全方位推进太阳能、风能、核能和水能的安全利用

1. 优先发展太阳能

太阳能是人类拥有的最丰富的可再生能源,是未来最清洁、安全和可靠的能源。发达国家正在把太阳能的开发利用作为能源革命主要内容长期规划。对太阳能的利用主要包括两个方面:一是太阳能发电,通过转换装置把太阳辐射能转换成电能加以利用,由于通常是利用硅材料的光伏效应原理进行光电转换,所以又称为太阳能光伏发电;二是太阳能热利用,通过转换装置把太阳辐射能转换为热能加以利用,再利用热能进行发电的称为太阳能热发电。在太阳能的有效利用当中,太阳能光电利用是近些年来发展最快,最具活力的研究领域,是其中最受瞩目的项目之一。以硅材料的应用开发形成的产业链条称之为光伏产业,包括高纯多晶硅原材料生产、太阳能电池生产、太阳能电池组件生产、相关生产设备的制造等。国际上普遍认为,在长期的能源战略中,太阳能光伏发电在太阳能热发电、风力发电、海洋发电、生物质能发电等许多可再生能源中具有更重要的地位。当前,光伏发电正从补充

能源向替代能源过渡。伴随着技术的不断进步,光伏发电的成本大幅度下降。德国预测 2017 年光伏发电成本与常规发电成本相交,之后会比常规发电成本还低,美国则预测 2015 年前后光伏发电成本与常规发电成本相交。根据世界能源组织对未来光伏发电发展趋势的统计与预测,2000 年,光伏发电大概占总发电量的万分之几;2010 年,光伏发电大概占总发电量的千分之几;到 2020 年,光伏发电大概占总发电量的 1%;到 2030 年,光伏发电大概占总发电量的 9%左右;到了 2040 年,光伏发电大概会占总发电量的 20%以上。近年来,频频出现的常规能源危机成为制约国际社会经济发展的瓶颈,光伏产业作为绿色、环保的新能源产业,在全球范围风起云涌,越来越成为当今世界蓬勃发展的朝阳产业。阳光是光伏产业的依靠,也预示着光伏产业的未来^[1]。

中国太阳能资源非常丰富,理论储量达每年 1.7 万亿吨标准煤。过去 10 年来,中国在太阳能产业发展上取得令世人瞩目的成就。在太阳能热利用方面,中国已成为全球最大的热水器生产和消费国。近几年来,中国光伏产业经历了爆发式增长,已基本形成了涵盖多晶硅材料、铸锭、拉单晶、电池片、封装、平衡部件、系统集成、光伏应用产品和专用设备制造的较完整产业链。由于中国光伏产业发展历史短、基础研究工作薄弱,目前中国光伏技术总体水平仍然不高,太阳能电池及组件的效率和水平仍然普遍低于世界先进水平,在新型高效的太阳能电池和高纯硅生产技术的研发方面也落后于欧美日发达国家,许多装备主要依赖国外引进。因此,目前中国太阳能光伏产业仍主要依靠市场驱动而非技术驱动,缺乏强大的内在竞争力。特别是目前国内大多数高纯多晶硅企业仍面临物料闭路循环和废液废气污染物回收处理等方面的技术瓶颈,存在四氯化硅副产品的环境污染风险,成为中国高纯硅行业发展的重大制约因素。“十二五”期间将是中国新能源产业从起步阶段步入大规模发展的关键转折时期。在全球发展低碳经济、提倡节能减排的背景下,光电等可再生能源产业将成为“十二五”期间转变发展方式的重要力量。光伏产业,对中国无疑具有重要的意义。“十二五”规划建议中也着重提出,培育发展战略性新兴产业,积极

有序发展包括节能环保、新能源等在内的一批新兴产业。国务院《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》也明确提出,开拓多元化的太阳能光伏光热发电市场。“十二五”时期,中国转变经济发展方式、调整能源结构的趋势,为光伏产业的发展带来了利好消息。《“十二五”能源规划》提出,国家将在“十二五”期间建设 100 座新能源示范城市,在大多数新能源示范城市里,光伏发电都是一个重要的新能源利用方式。并进一步建设并网光伏电站,在中西部等太阳能资源丰富的地区发展微电网示范区,通过多种手段推动光伏发电在国内的应用。光伏产业的利润空间较大,发展前景也相当广阔。未来 10 年,亚洲将成为世界最大的光伏市场,而中国作为亚洲最大市场,很可能是世界光伏产品最大的消费国^[4]。

2. 大力发展风能

风能是指地球表面大量空气流动所产生的动能。由于地面各处受太阳辐照后气温变化不同和空气中水蒸气的含量不同,因而引起各地气压的差异,在水平方向高压空气向低压地区流动,即形成风。风能资源决定于风能密度和可利用的风能年累积小时数。风能密度是单位迎风面积可获得的风的功率,与风速的三次方和空气密度成正比关系。在自然界中,风是一种可再生、无污染而储存巨大的能源。风能的利用主要是以风能作动力和风力发电两种形式。以风能作动力,就是利用风来直接带动各种机械装置,如带动水泵提水等。风力发电,就是把风的动能转变为机械能,再把机械能转化为电能。通过风力的清洁和安全发电方式,不消耗化石燃料以及用于冷却的珍贵淡水资源,并且不排放温室气体或有害的空气污染物,可以贡献清洁和安全的电力。随着国际上风电技术和装备水平的快速发展,风力发电已经成为目前技术最为成熟、最具规模化开发条件和商业化发展前景的新能源技术。据估算,全世界的风能总量约 1300 亿千瓦。德意志银行最新发布的研究报告预计,全球风电发展正在进入一个迅速扩张的阶段,风能产业将保持每年 20% 的增速,到 2015 年时,该行业总产值将增至目前水平的 5 倍。从目前的技术成熟度和经济可行性来看,风能最具竞争力。从中期来看,全球风能产业的前景相当乐观,各国政府不断出台的可再生能源鼓励政

策,将为该产业未来几年的迅速发展提供巨大动力。全球风能理事会(GWEC)和绿色和平(Greenpeace)环境组织 2010 年 10 月 12 日在北京公布了《全球风能展望 2010》报告,报告指出,风能到 2020 年可满足全球 12% 的电力需求,在 2030 年更可达至 22%。风能能够在减少主要温室气体排放的同时,满足全球日渐增长的能源需求。风能,作为一种无污染、可再生且运行成本低廉的新能源,有着巨大的发展潜力和广阔的市场前景。

现在中国由于快速的发展出现了非常多的污染,作为全世界发展速度最快的国家,中国是需要发展风能的。中国风能储量很大、分布面广,甚至比水能还要丰富。据《中国风能资源评价报告》测算,中国可开发的陆地风能资源大约为 2.5 亿千瓦,可利用的海洋风能资源大约为 7.5 亿千瓦,共计约 10 亿千瓦,远远超过可利用水能资源的 3.78 亿千瓦。在中国,全国约 20% 的国土面积具有比较丰富的风能资源,主要分布在东南沿海及其岛屿,西北、华北和东北“三北”地区,特别是新疆和内蒙古,风能资源极为丰富。在 2009 年,中国在能源市场上稳固了其作为一个高增长市场的地位,风能发电能力增加了一倍达到 13.7 吉瓦。相比 2008 年,这一数目增长了 113%,使得全国的发电能力达到 26 吉瓦,中国由此成为世界上最大的风力发电市场。根据国家发改委《可再生能源中长期发展规划》中提出的目标,中国的风电装机到 2010 年为 400 万千瓦,2015 年 1000 万千瓦,2020 年达 2000 万千瓦,届时风电装机占全国电力装机的 2%。为了实现这一目标,至少需要兆瓦级风力发电机 4000~20 000 台,可见市场需求巨大。《全球风能展望 2010》报告也称中国风能市场潜力巨大,并预测,中国国内的风电装机容量在 2020 年将达到现在的十倍。

3. 积极发展水能

随着现代社会经济的发展和水利科学技术的进步,人类对于水能资源开发利用的程度越来越高。中国的水能资源是全世界第一。根据 2003 年水能资源复查成果,中国水能资源储藏量 6.76 亿千瓦,技术可开发装机容量为 5.42 亿千瓦,经济可开发装机容量约为 4 亿千瓦。按经济可开发年发电量重复使用 100 年计算,水能资源约占中国能源剩余可采总储量的 40%,在中国常规能源资源中仅次于

煤炭位居第二。一个国家的水能利用水平是由该国能源资源的总体结构决定的,中国在常规的石化能源相对贫乏的情况下,充分利用水能资源是毋庸置疑的。截至目前,中国水电总装机容量已突破2亿千瓦,稳居世界第一。中国水电事业的快速发展为国民经济和社会发展做出了重要的贡献。但相比而言,发达国家已基本完成了水电开发,美国已开发82%,日本开发约84%,瑞士开发约87%,而我国的水能开发利用率只占技术可开发量的35%,与西方发达国家比仍有较大的差距,还有很大的发展空间。

水能是世界能源的重要组成部分,水电更是提供着1/5的电力需求。在可再生能源中,水能的利用完全是物理过程,它既是清洁能源,又是可再生能源,虽然出力有限,但是能量无限。水能资源的利用过程是,它通过水库储蓄一定水量,需要时可以发电,不需要时就把水存在水库里。水能的年利用小时量,大的水电站是4000~5000小时,小的水电站也就是2000~3000小时。水电是目前中国新型能源中最为成熟、最具规模化开发条件的可再生能源。随着国民经济发展对电力需求的日益加大和对供电质量要求的日益提高,水电站在电力系统中的作用将逐步加强,在世界能源日益紧缺的大背景下,可以说,如何充分利用水能,同时更好地保护环境,实现可持续发展,已成为中国水电建设乃至能源战略调整的必然选择。水能作为一种能量本身,是清洁的可再生能源,它已经作为可再生能源被写入了国家的《可再生能源法》。在十一届全国人大四次会议上通过的“十二五”规划纲要显示,在未来5~10年国家电力行业发展格局中,水电仍是优先开发项目。为实现2020年一次能源消费非化石能源的比重提高到15%这一庄严承诺,近两年核电、风电和太阳能等清洁能源和可再生能源发展迅速,取得了令人瞩目的成绩,但是受到资源和现阶段科技发展水平的制约,它们不可能成为非化石能源的主力军。水电是目前可再生和非化石能源中资源最明确、技术最成熟、最清洁和最经济的,也是全球公认的清洁能源。随着中国在降低二氧化碳排放方面的压力和责任越来越大,水电对中国实现低碳经济的作用和效果将愈加显现。所以,从这样的一个角度出发,水电的发展应该是中国电力发展和非化石能

源发展的一个刚性要求,是中国实现低碳经济的重要保障。加快水电开发,也是国家优化能源结构、实现可持续发展的重大战略,是提高中国水能资源利用效率的迫切需要,更是中国社会经济发展的大势所趋。发展水电势在必行^[3]。

4. 稳步发展核能

核能是指使原子核内部结构发生变化的核反应或核跃迁时释放的能量。核能的利用经历了50余年的发展,但核能进入发展的快车道是由石油危机引发的传统能源危机之后。除降低对传统能源的依赖、为一国能源安全提供保障外,大力发展核能对于降低全球二氧化碳的排放量也有着非常重要的意义。当前核能主要用于核能发电、核能海水淡化、核能产氢、核供热、舰船用动力源以及用于太空探索的反应堆等。核能在经济中最重要的用途就是核能发电。核能发电日益成为低碳能源供应的支柱,世界核电快速发展。2006年世界核电发电量约2.7万亿千瓦时,预计2030年将上升到3.8万亿千瓦时。如果以核电代替煤电,可减少18亿吨/年的碳排放量。

发展核电可改善中国的能源供应结构,有利于保障国家能源安全 and 经济安全,也是电力工业减排污染物的有效途径,是减缓地球温室效应的重要措施。随着国家振兴装备制造业产业规划的出台以及国家由过去的“适度发展核电”时期转而进入“加快推进核电发展”时期,中国核电发展势头强劲,发展力度和速度远远超出原先的预期。尽管如此,到2011年1月,全球在运行的核反应堆有441座,而中国现运行核电装置只有13台,装机容量约1082万千瓦,只提供了全国电力中的2%——在所有拥有核电国家中这个比例是最低的。

日本2011年3月发生大地震和海啸,导致该国的福岛核电站发生严重泄漏事故。在此背景下,核能发展的前景成为牵动全世界神经的重要问题。日本核危机唤起全球范围内对核安全的关注。德国和法国已经出现针对核能利用的抗议活动。德国已经关闭了其全部17座核电厂中的7个。这些核电厂恢复运营的时间目前尚不确定。欧盟内部已经就对成员国内的核电厂进行压力测试达成了统一意见(法国目前80%的电力供应来自其运营的58座核电厂,是全球第二大核能利用国)。在中国,2011

年3月16日,国务院总理温家宝主持召开常务会议,要求全面审查在建核电站,不符合安全标准的立即停止建设。同时,要求调整完善2007年10月出台的《核电发展中长期规划》;在核安全规划批准前,暂停审批核电项目,包括开展前期工作。中国在国际核工业发展中举足轻重的位置使得这个决定更加具有国际意义,并且多花些时间仔细检查本国的核能管道,找出隐患,这都是非常值得的。

是不是核能出问题了就放弃核能不用呢?似乎整个人类历史都在做危险的事。不管是使用火,还是研究各种细菌,或者核能。但似乎只要给出足够长的时间,人类总会去掌握它。现在我们绝不会因为会发生火灾就认为不要用火了。也许有一天真如科幻小说所言,“核能”成为可以放入一颗7号电池的能量时,那时的人们一定诧异于今天我们对核能的恐惧。核能是一把双刃剑,只要人类的发展离不开它,就必须去有效控制它,才能降低风险。人类应汲取核灾教训,用好核能双刃剑。期望这次日本福岛核事故能够成为核能科技发展的转折点,促使国际社会重新审视核电发展策略,同时重新评估核电的安全性,提升核电技术水平,和平使用核能。

和平利用核能,提高低碳能源比重,是中国能源发展战略的重要内容。从中国能源政策和战略上看,核能是今后长期的发展重点。根据“十二五”规划,到2015年,中国计划新建40个机组,每年新上马的机组多达8个。根据《国家核电中长期发展规划(2005-2020)》,到2020年中国核电运行装机容量将达到4000万千瓦,占全部发电装机容量的4%,核电年发电量达到2600~2800亿千瓦时。《规划》指出“积极推进核电建设,是国家重要的能源战

略,对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求,实现能源、经济和生态环境协调发展,提升中国综合经济实力和工业技术水平,具有重要意义。”尽管中国政府肯定会根据日本发生核危机的具体情况和经验教训,重新评估国家未来能源政策,在核能发展方面会加强项目评估、论证和审批等程序,加快制度化建设和立法进程,强化对核能企业和项目运行的监管,但笔者认为,国家不会因此对能源政策的大方向进行根本性调整。也就是说,今后中国仍然会将优先发展核能作为国家能源政策的重点目标之一。铀资源不构成对中国核能发展的根本制约因素,核电的安全性和洁净性可以保证,积极试验和掌握三代(核电)技术,将推动中国快堆技术加快发展。中国核能按照压水堆-快堆-聚变堆“三部曲”的基本路线图,可实现长期可持续发展。安全高效地发展核电,是实现未来低碳能源发展目标的重要途径之一^[2,3]。■

参考文献

- [1] 华贲. 中国低碳能源战略刍议[EB/OL]. 中国能源网, <http://www.china5e.com>. 2009-9-18
- [2] 杜祥琬,周大地. 实施科学、绿色、低碳能源战略[N]. 学习时报, 2011-5-3
- [3] 杜祥琬. 中国能源可持续发展的一些战略思考 [N]. 科学时报, 2010-11-22
- [4] 曹小红. 开发利用生物质能对低碳发展意义重大 [N]. 中国能源报, 2010-8-23
- [5] 杨邦杰. 生物质能发展方向—技术开发、产业化模式与政策[J]. 中国发展, 2010, (4): 1-4
- [6] 林宗虎. 生物质能的利用现状及展望[J]. 自然杂志, 2010, (4): 196-201

Trend of China's Low-Carbon Energy Development

CHEN Liuqin

(China Institute of Energy Economics Research, Beijing 100733)

Abstract: It is important for China to develop low-carbon energy. China's low-carbon energy strategy will focus on developing distributed energy systems, strengthening the use of low-carbon in construction and transportation sectors, promoting the use of biomass energy and solar, wind, hydro and nuclear energy, ect.

Key words: low-carbon; energy; low-carbon energy; clean energy; renewable energy