

DOI: 10.15918/j.jbitss1009-3370.2021.7522

碳中和目标下中国能源高质量发展路径研究

刘晓龙¹, 崔磊磊², 李彬¹, 杜祥琬²

(1. 清华大学 社会科学学院 国际关系学系, 北京 100084; 2. 中国工程物理研究院, 北京 100083)

摘要: 高质量发展是中国当前和今后一个时期内发展的主题, 能源高质量发展是国家高质量发展的必然要求。为应对全球气候变化、彰显大国担当和责任, 中国向世界庄严宣布了碳中和的雄心目标, 为实现这一目标, 对中国能源高质量发展提出了新的、更高的要求, 迫切需要探索碳中和背景下中国能源高质量发展的路径。从中国实际国情和碳减排目标出发, 通过与其他国家相比较, 得出中国在碳中和目标背景下能源高质量发展面临着能源需求总量和 CO₂ 排放量将继续增加、能源结构转型更加困难等挑战; 但面临挑战的同时, 也会倒逼能源高质量发展, 抢占技术制高点, 树立良好的国际形象。从碳中和的定义和目标出发, 发现实现碳中和目标意味着要降低能源消费总量、化石能源占比和单位化石能源碳排放量, 增加森林碳汇和发展 CCS (含 CCUS)。在此基础上, 提出碳中和背景下中国能源高质量发展三大显性途径, 即节能提效、优化能源结构和技术创新; 以及一大隐性途径, 即思想观念创新。对于全球来讲, 应对气候变化是全球共同面临的挑战, 需要各国共同努力去应对, 必须加强国际间的合作。同时, 针对性地提出, 应加强顶层设计, 出台面向 2030 年和 2060 年两大节点的《中国应对气候变化中长期国家行动方案》; 围绕技术链和产业链, 识别出关键核心技术纳入国家科技计划, 并加强示范工程建设与推广应用; 针对同种类别废物治理的弊端已经越来越明显, 未来碳减排与“三废”协同治理将是大势所趋, 建议深入探索协同治理机制。

关键词: 气候变化; 碳中和; 碳减排; 能源转型; 高质量发展

中图分类号: F206

文献标志码: A

文章编号: 1009-3307(2021)03-0001-08

中国经济社会发展已经进入一个新阶段, 正从高速增长走向高质量发展, 即从外延扩张型的平面发展走向更注重质量的立体深度发展^[1]。高质量发展成为中国当前和今后一个时期内发展的主题。能源是经济和社会发展的基础, 能源高质量发展是国家高质量发展的必然要求。从党和国家提出的一系列理念、规划和目标看, 构建“清洁、低碳、安全、高效”的能源体系就是能源高质量发展的本质要求, 这与国家高质量发展目标高度契合。

2015年, 在气候变化巴黎大会开幕式上, 习近平主席宣布了中国的“国家自主贡献”: 中国将于2030年左右使 CO₂ 排放达到峰值并争取尽早实现达峰, 2030年单位国内生产总值 CO₂ 排放量比2005年下降 60%~65%, 非化石能源占一次能源消费比例达到 20% 左右, 森林蓄积量比 2005 年增加 45 亿立方米左右^[2]。2020年9月, 习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话中郑重宣布: 中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, CO₂ 排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和^[3]。2020年12月, 习近平主席在气候雄心峰会上发表重要讲话, 进一步宣布中国国家自主贡献一系列新举措: 到 2030 年, 中国单位国内生产总值 CO₂ 排放将比 2005 年下降 65% 以上, 非化石能源占一次能源消费比重将达到 25% 左右, 森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米, 风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上^[4]。可以看出, 这对中国积极应对气候变化和能源高质量发展提出了新的、更高的、量化的要求。

近年来, 中国能源发展取得显著成就。能源供应保障能力不断增强, 能源节约和消费结构优化成效显著, 能源科技水平快速提升, 能源与生态环境友好性明显改善, 能源治理机制持续完善。截至 2019 年

收稿日期: 2021-01-31

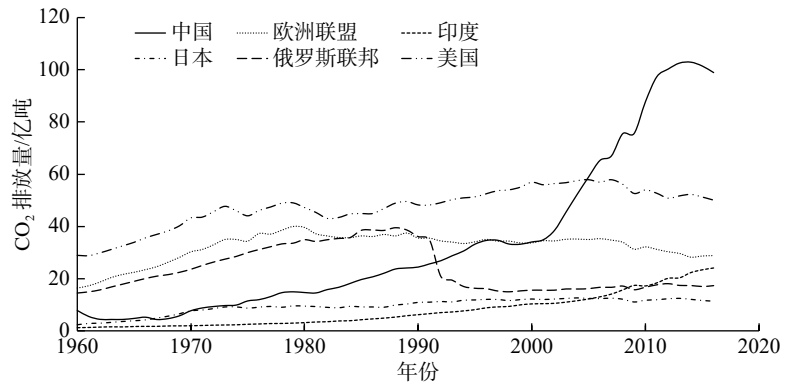
作者简介: 刘晓龙 (1981—), 男, 博士研究生, E-mail: lxl@cae.cn; 崔磊磊 (1989—), 男, 工程师, E-mail: hw_skylei@163.com; 李彬 (1963—), 男, 教授, E-mail: libin@mail.tsinghua.edu.cn; 杜祥琬 (1938—), 男, 中国工程院院士, 通信作者, E-mail: duxw@cae.cn

底,中国可再生能源发电总装机容量7.9亿千瓦,约占全球可再生能源发电总装机容量的30%。其中风电和光伏发电分别为2.1亿千瓦和2.04亿千瓦。2019年碳排放强度比2005年下降48.1%,超过了2020年碳排放强度比2005年下降40%~45%的目标。2018年,中国森林蓄积量为151亿立方米,比2005年的137亿立方米增加14亿立方米^[5]。可以看出,这些指标距离中国提出的2030年的目标还相距甚远。而2030年的目标实现与否直接关系到2060年是否能实现碳中和的目标。为此,为实现中国的承诺,迫切需要探索碳中和背景下中国能源高质量发展的路径。

一、碳中和背景下中国能源高质量发展面临的挑战

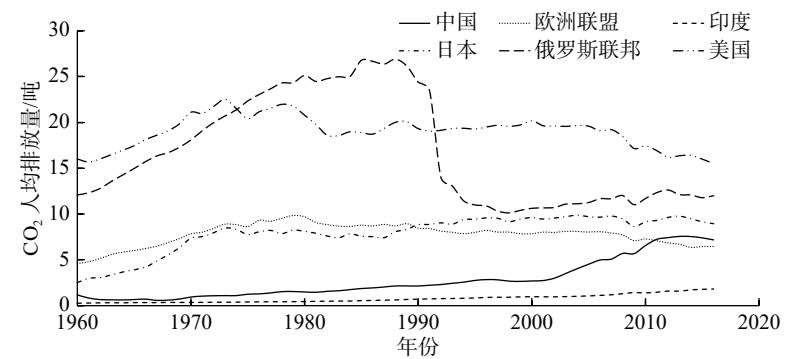
2006年后,中国成为世界CO₂第一排放大国。2019年,世界CO₂排放量排在前六位的国家和地区分别是:中国98.26亿吨、美国49.65亿吨、欧盟41.11亿吨、印度24.80亿吨、俄罗斯15.33亿吨、日本11.23亿吨^[6]。由此计算显示,中国的碳排放总量已经超过美国和欧盟的总和,即将达到美国、欧盟和日本的总和,并且还未达峰。这些国家和地区历年的CO₂排放量和趋势如图1所示。但按人均CO₂排放量计算,中国约为美国的一半,与欧盟和日本的水平相当(如图2所示)。2019年,世界能源消费结构中,煤炭、石油、天然气、可再生能源(包括水电)和核电的比例分别为27.0%:33.1%:24.2%:11.4%:4.3%;而中国的能源消费结构中的比例分别为57.6%:19.7%:7.8%:12.7%:2.2%。如果去除中国的影响,世界能源消费结构变为17.19%:37.39%:29.46%:10.99%:4.97%,煤炭的占比下降近10个百分点^[6](如图3所示)。在CO₂排放总量大、人均排放量小和能源结构中煤炭占比大等情况下,既要实现碳中和的目标,又要实现能源高质量发展,中国面临着巨大挑战。

挑战一:中国能源需求总量和CO₂排放量还会继续增加。从发达国家人均能源消费和人均CO₂排放量时的人均GDP(2000年不变价)来看,美国大约是在20000美元时达到峰值,以英国、法国和德国为代表的欧洲发达国家以及日本大约在15000美元时达到峰值^[7]。中国是世界上最大的发展中国家,改革开放四十多年来,经济持续高速增长,2019年,中国GDP现价总量为98.65万亿元,是世界第二大经济体,但人均GDP刚突破10000美元,世界排名仅为66。预期到2035年,中国基本实现社会主义现代



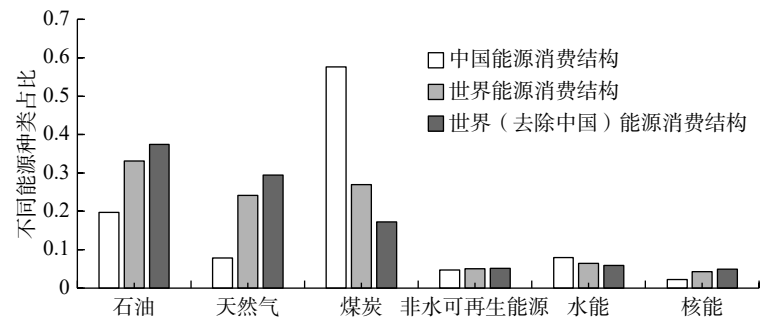
数据来源:世界银行。

图1 有关国家和地区 CO₂ 历年排放量



数据来源:世界银行。

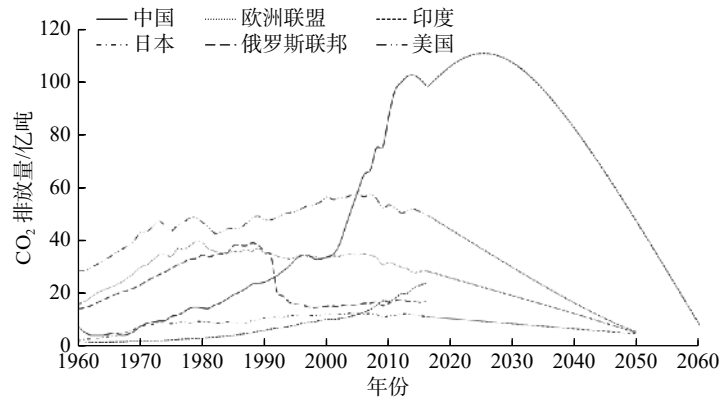
图2 有关国家和地区历年 CO₂ 人均排放量



数据来源:BP。

图3 2019年中国和世界能源结构比较

化,人均国内生产总值达到中等发达国家水平^[4]。2019年,中国能源消费总量为48.35亿吨标煤,CO₂排放量为98.26亿吨。为了支撑中国经济的发展,未来一段时期内,能源消费总量和CO₂排放量还将不断增加。也就是说,欧盟、美国和日本等发达国家和地区在多年前已经实现能源消费总量和CO₂排放量达峰,目前都进入下降阶段,而中国的能源需求总量和CO₂排放量还没达到峰值,更不用说下降(如图4所示)。



数据来源:世界银行。

图4 有关国家和地区CO₂排放量预测示意图

挑战二:中国提出的碳中和目标相比其他国家更具挑战性。美国作为世界第二大碳排放国,仅提出2025年在2005年基础上碳减排26%~28%,2030年电力行业CO₂排放量比2005年减少32%;并且美国是世界上第一个退出《巴黎协定》的国家,在拜登入主白宫后才有可能重新加入《巴黎协定》,重提2050年实现碳中和。欧盟在气候雄心峰会上提出比之前国家自主贡献中更为积极的减排目标,即2030年在1990年的基础上CO₂至少减少55%,英国提出2030年在1990年的基础上CO₂减少至少68%;到2050年实现碳中和,其中英国、德国、法国、爱尔兰和匈牙利等主要国家的目标与欧盟的整体目标一致,部分国家的目标比欧盟整体的目标更积极一些。日本在《巴黎协定》的国家自主贡献中提出,2030年在2005年的基础上碳减排减少25.4%。近期,日本政府宣布2050年实现碳中和,加快可再生能源部署,并支持碳捕获和储存以及绿氢的发展。俄罗斯在《巴黎协定》的国家自主贡献中提出,2030年在1990年的基础上减排25%~30%,2050年相对1990年减排50%。印度是世界第二大发展中国家,在《巴黎协定》的国家自主贡献中提出,2020年CO₂排放量比2005年下降20%~25%,可再生能源装机容量到2022年达到175吉瓦。近期,印度政府计划2030年实现450吉瓦的可再生能源目标。可见,尽管欧盟、美国和日本的CO₂排放总量现在已经处于下降阶段,但他们却提出到2050年才实现碳中和;俄罗斯和印度没有给出碳中和的时间。中国是世界上第一大发展中国家,CO₂排放总量居世界第一,并且还没有达到峰值,但中国却非常有诚意地提出2060年前实现碳中和的目标,比发达国家仅晚10年(如图4所示)。

挑战三:中国能源结构转型相比其他国家更困难。进入20世纪以来,世界能源结构转型主要经历了三个阶段,从以煤炭为主阶段到以油气为主阶段,目前正从以油气为主向非化石能源为主转型;即经历了从高碳到低碳,目前正在由低碳到零碳转型。2019年,美国一次能源结构中,煤炭、石油、天然气和非化石能源(可再生能源+核电)的比例为:12.0%:39.1%:32.2%:16.7%,是典型的以油气为主的能源结构^[6]。以德国为例,德国提出到2050年,可再生能源在终端能源的占比为60%,占全部发电量的80%,是典型地向非化石能源(主要是可再生能源)转型。即使一些富油国家,也在寻求向可再生能源转型。例如,沙特提出2030年可再生能源装机占比要达到30%,阿联酋提出2050年可再生能源占比达50%。也有不少国家明确了煤炭和煤电退出以及淘汰燃油车的时间表。而中国,自2012年以来,原煤年产量保持在34.1亿~39.7亿吨;原油年产量保持在1.9亿~2.1亿吨;天然气产量从1106亿立方米增长到1762亿立方米;水电、风电、光伏等可再生能源发电累计装机容量均居世界首位;在运在建核电装机容量6593万千瓦,居世界第二,在建核电装机容量世界第一^[5]。能源生产的国情造就了能源消费结构,使得中国的能源转型路径不会走从以煤炭为主,到以油气为主,再到以可再生能源为主的发展路径,而是将从以煤为主过渡到煤炭、石油、天然气(含非常规天然气)、可再生能源和核能并存的多元能源结构,最终实现以可再生能源为主体的能源结构。这也预示着中国将面临着用40年的时间,将57.6%的煤炭、85.1%的化石能源碳排放降低到能与碳汇(包括碳移除)相中和。

二、碳中和背景下中国能源高质量发展面临的机遇

尽管面临着严峻挑战,但中国的能源高质量发展也面临着很好的机遇:

一是可以倒逼能源高质量发展。改革开放四十多年以来,中国经济飞速发展世界瞩目,人民生活水平不断提高,但化石能源粗放的生产和消费模式,也带来了生态破坏、环境污染、温室气体减排压力加剧等一系列问题^[9]。碳中和目标既是温室气体减排的目标,也是消除生态破坏和环境污染的目标,因为虽然污染排放和温室气体排放是两个不同的概念,但在中国能源结构以化石能源为主的情况下,它们基本同根、同源、同步,走向绿色和走向低碳采取的实际行动却是高度一致的^[9]。根据中国对外承诺,到2030年,非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右,风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。如果要实现2060年碳中和的目标,则到2050年,非化石能源占比将要达到70%,甚至85%以上。而截至2019年底,中国风电和光伏发电仅分别为2.1亿千瓦和2.04亿千瓦。可再生能源巨大的缺口,将会形成巨大的产业链条,在助推能源高质量发展的同时,也是推动中国经济发展的新动能。为此,碳中和目标的本质是推动能源低碳转型和高质量发展,促进新型经济增长点,最终实现经济、能源、环境和气候几个方面得到发展和改善的多赢局面。

二是可以抢占技术制高点。能源技术进步是能源转型和高质量发展的关键驱动力。一直以来,中国煤炭开采技术世界领先。近年来,随着智能技术的发展,中国煤炭绿色高效智能开采技术处于世界前列。未来,随着煤炭在一次能源消费中占比的下降,以及环境污染和CO₂排放的约束,为煤炭清洁高效利用等技术带来了机遇。在油气领域,中国常规油气资源贫乏,但煤层气、页岩气、页岩油和天然气水合物等非常规油气储量丰富^[10],而非常规油气的开发利用技术国际竞争激烈,目前中国页岩油气勘探开发技术和装备水平大幅提升,天然气水合物试采成功,为未来在碳中和目标下抢占技术制高点带来了机遇。在可再生能源领域,中国成功研制出世界上最大单机容量的水电机组,最大单机容量的各种系列风电机组,太阳能光伏电池的转换效率也不断得到提高,生物质能源利用和固体废物资源化利用技术处于世界前列。未来,随着全球特别是中国可再生能源的迅猛发展和可再生能源成本的大幅下降,可再生能源高技术领域的竞争会越来越激烈。而中国可以借助自身优势,抢占可再生能源技术制高点。此外,作为一种低碳甚至零碳能源,核电技术的竞争也非常激烈。而中国已建成世界上最先进的三代核电站,在高温气冷堆等第四代核电方面也走在世界前列。这些优势和需求为中国在能源领域抢占技术制高点带来了巨大机遇。

三是可以树立良好的国际形象。应对气候变化是全球治理的重要内容,关乎人类未来的命运。为解决人类共同面对的难题,构建“人类命运共同体”,中国提出碳达峰和碳中和的目标赢得全世界的赞赏。对于发达国家来说,他们经过了CO₂排放高速增长时期,碳达峰时期,目前这些国家已经处于碳排放下降期,但他们提出到2050年才能实现碳中和的目标。美国是世界CO₂排放第二大国,但在履行《京都议定书》和《巴黎协定》时却几经反复,2020年11月退出《巴黎协定》,为全球应对气候变化带来了负面影响,2021年2月美国重返《巴黎协定》,后续如何,还有待进一步观察。对于发展中国家来说,他们正处于快速发展时期,能源消耗和经济发展还未脱钩,何时碳达峰也没有定论,更不用说碳中和目标。以世界第二大发展中国家印度为例,印度仅提出了近期碳强度下降目标和中期的可再生能源利用目标,没有提出具体的碳达峰和碳中和目标。而中国却在没有实现能源消费和CO₂排放脱钩的情况下,从大局出发,提出了碳达峰和碳中和目标的雄心壮志。这不仅彰显了中国的大国气度和负责任大国形象,更为全球应对气候变化和提振各国信心奠定了坚实基础。

三、碳中和背景下中国能源高质量发展的主要途径

碳中和是指将全球温升稳定在一个给定的水平,意味着全球“净”温室气体排放需要大致下降到零,即在进入大气的温室气体排放和吸收的汇之间达到平衡^[11]。大气中的温室气体包括CO₂、甲烷和氮氧化物等多种,但主要是来自化石能源燃烧释放的CO₂。为此,本文中的碳中和主要针对CO₂。

碳中和的定义意味着三个等式

$$\text{碳排放量} \approx \text{碳汇量} \quad (1)$$

$$\text{碳排放量} \approx \text{能源消费量} \times \text{化石能源占比} \times \text{单位化石能源碳排放量} \quad (2)$$

$$\text{碳汇量} \approx \text{森林碳汇量} + \text{CCS(含CCUS)处理的CO}_2\text{量} \quad (3)$$

式(1)表示,要实现碳中和,则碳排放量约等于碳汇量。根据式(3)分析,当实现碳中和目标时,碳汇量不大。综合可知,当实现碳中和目标时,碳排放空间有限。

式(2)表示影响碳排放量的具体因素。可以看出,碳排放量与能源消费量、化石能源占比、单位化石能源碳排放量成正比,即碳排放量值小,意味着要努力降低能源消费总量、降低化石能源占比、降低单位化石能源碳排放量。

式(3)意味着碳汇量主要来自于森林吸纳的CO₂量(即碳汇)和利用CCS(含CCUS)捕捉、存储或利用的CO₂量。森林碳汇是碳汇的主要手段,但根据中国对外承诺的森林蓄积量来看,未来森林碳汇总量很大,平均年碳汇量却不大^[12]。同时,由于成本高、政策不明朗、新能源发电成本降低迅速等挑战导致CCS(CCUS)技术^①和产业发展缓慢^[13],尽管未来可期,但不确定性很大。所以,未来的碳汇能力还很有限,量值不大。

综合以上分析可知,要实现碳中和目标,意味着要努力降低能源消费总量、化石能源占比和单位化石能源碳排放量,同时增加森林碳汇和发展CCS(含CCUS),最后实现碳排放量和碳汇量平衡。中国是发展中国家,经济发展和能源消费还未脱钩,尽管能源弹性系数不断下降,但能源消费总量还会不断上升^[14]。尽管不能使能源消费总量下降,但是可以通过节能提效等方式努力抑制能源消费总量过快上升;降低化石能源占比意味着要调整能源结构,推动能源替代,即高比例发展非化石能源(特别是可再生能源);降低单位化石能源碳排放量意味着要优先降低单位碳排放大的化石能源占比,即优先降低煤炭和石油的占比;由于中国已经对外承诺了森林蓄积量,意味着森林碳汇的能力确定;发展CCU(含CCUS)意味着要进一步突破有关技术、降低成本。

为此,对于中国来讲,要实现碳中和目标,显性的途径是节能提效、优化能源结构、技术创新;而隐性的途径是思想观念创新,因为传统的思维惯性使得某些认识不准确甚至错误,需要解放思想、实事求是地加以对待并改革创新。

碳中和目标的实现依赖于四大途径:

途径一:思想观念创新。一是重新认识能源安全观。供需安全是能源安全观的基本内容。在供给侧,要从粗放供给转变为高质量的科学供给;在需求侧,要从不合理过快增长需求转变为抑制不合理需求,即以科学供给满足合理需求。此外,环境安全是能源安全观的客观要求,气候安全是能源安全观的重要约束。二是高碳不是通向现代化的必由之路。发达国家经过多年的发展,经济社会取得了巨大成就,但经济社会发展的支柱——能源以及能源使用过程中产生的CO₂排放量却因国家不同而存在很大差异。在同等发展水平下,以美国和加拿大为代表的发达国家人均能耗和人均CO₂排放量是欧洲和中国的两倍^[7]。鉴于实际国情和后天优势,中国理应走出一条更为低碳的现代化道路。三是重新认识资源禀赋。长期以来,传统上认为中国能源禀赋的基本情况是“富煤、缺油、少气”,而忽略了丰富的可再生能源资源。目前,中国风能和太阳能的已开发量远低于技术可开发资源量的十分之一,再加上可观的海洋能、生物质能、地热、水能、太阳能热利用等资源,中国的可再生能源资源基础十分丰厚^[15],未来将成为主导能源。

途径二:节能提效优先。节能提效是中国能源战略之首^[9]。近年来,中国将能源强度和碳排放强度等目标列入考核指标,能源弹性系数不断下降,节能提效取得明显成效。2012年以来,单位国内生产总值能耗累计降低24.4%,相当于减少能源消费12.7亿吨标准煤。2012—2019年,以能源消费年均2.8%的增

① CCS(Carbon Capture and Storage, 碳捕获与封存)技术是从空气中捕集CO₂并以防止其重新进入大气的方式进行封存的过程。CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage, 碳捕获、利用与封存)技术是CCS技术新的发展趋势,是指将对CO₂大型排放源所排放的CO₂进行捕集、压缩后输送并封存,或进行工业应用(如食品加工、离岸驱油及生产化学产品等)的一种技术。这种技术可有效缓解温室效应,被认为是未来大规模减少温室气体排放、减缓全球变暖可行的方法。

长支撑了国民经济年均7%的增长^[5]。但要注意到,2019年中国能源强度是世界平均水平的1.3倍,更是远高于美国、欧洲和日本等发达国家。反观之,这也表明中国节能提效的潜力巨大。以碳基能源转化利用为例,目前世界上已并网发电的最先进的供电煤耗为266.5克标煤/千瓦时(发电煤耗为256.8克/千瓦时),即将预期实现251克标煤/千瓦时。中国煤电装机容量为10.1亿千瓦,即使全国发电煤耗达到289克标准煤/千瓦时,可节煤4.17亿吨;钢铁、建材、化工单位产品煤耗若都达到国际先进水平,可节煤4.2亿吨;燃煤工业锅炉若采用高效、低排放的煤粉炉,热效率由65%提至90%,可节煤1.4亿吨;居民和服务业燃煤炉灶采用热效率70%的新型炉灶,可节煤2.1亿吨^[16]。总之,节能提效是减少碳排放的重要举措,能源的结构、管理、技术和文化等各方面都有潜力可挖。现代化的美丽中国必须是一个节能的、高能效的国家。

途径三:加快能源结构转型升级。一是优化能源结构。调整能源结构既是碳达峰和碳中和的主要内容,更是能否实现目标的关键。要将当前以煤炭等化石能源为主的能源结构调整调整为以非化石能源为主的能源结构需要分阶段逐步实现。2025年前,能源增量主要由非化石能源提供,化石能源要尽可能适应能源转型。要实现煤炭清洁高效利用并“达峰”甚至“过峰”;稳油增气,提高天然气消费比例;大力发展非化石能源,推进低碳转型。2030年前,非化石能源增长与再电气化的发展,开始部分替代煤和油的存量。进一步提高煤炭清洁高效利用,并推动煤电与新能源协调互补;石油消费“达峰”甚至“过峰”;天然气消费比例适当提高,化石能源消费总量“达峰”;非化石能源比例进一步提高,智能化和柔性化水平明显提高并逐步推广,逐步建立起新能源电力体系和能源体系。二是优化能源地域空间,提高中东部能源自给比例。长期以来,西北部地区是中国的能源生产基地,而中东部地区是能源的负荷中心,形成了西电东送和北煤南运格局。经研究,利用“远方来”与“身边来”相结合的战略新思路,即充分发展本地可再生能源,辅以西电东送和北煤南运可以很好地解决中东部能源问题^[15]。中东部地区能源高比例自给,既可以减轻西电东送和北煤南运的压力,还有利于西部就地提高能源负荷和消纳,推动西部大开发战略。中东部地区要率先于2030年前实现碳达峰。

途径四:加快技术创新融合。除了加快发展化石能源清洁开发利用技术外,还要特别推动以下几类技术的发展。一是将能源技术与信息技术深度融合。以互联网、大数据、人工智能和区块链等为代表的新一代信息技术飞速发展,与传统能源和新能源技术深度融合,催生出能源互联网、智能电网、新能源智能汽车和能源综合服务系统等新业态,推动能源系统向更加清洁、低碳、安全、高效发展。二是集中式与分布式结合推进城乡一体化革命。分布式低碳能源网络能培育一批能源的“产消者”和“VPP(虚拟电厂)”,其可自发自用、寓电于民,也可与集中式电网互动,共同推进城乡能源一体化。三是大力发展CCS和CCUS。CCS(含CCUS)是一种具有较大碳减排潜力的技术,尽管存在成本高、能耗大、技术成熟度不高等挑战,但仍然被认为是控制温室气体排放的重要技术之一^[17]。作为碳移除的重要手段,CCS(含CCUS)的前景还是很光明。四是加快突破储能瓶颈技术。储能是未来电力系统必要的组成部分,可实现能量的时移应用,平抑风、光等可再生能源的间歇性。目前,物理储能、化学储能、制氢储能等技术发展很快,部分储能成本已经突破经济性拐点,未来成本预期急剧下降,成为全球抢占技术的制高点,中国也应加紧进行技术布局。

对于全球来讲,只有中国实现碳中和目标不可能解决全球气候变化问题,所以必须加强国际合作。习近平主席在气候雄心峰会上发表的重要讲话,宣布了中国国家自主贡献系列新举措,展现了中国积极应对气候变化的雄心和责任担当,这将提振各国疫情后坚持绿色复苏、低碳转型的信心和行动。中国应借此契机,努力推动各尽所能的全球气候治理新体系建设,打造人类命运共同体,开创合作共赢的气候治理和国际合作新局面。此外,“一带一路”作为中国为推动经济全球化深入发展而提出的国际区域经济合作新模式,自提出以来已取得重要进展和明显成效,给国际社会带来了实实在在的发展红利。同时,“一带一路”建设为加快清洁能源产业“走出去”注入内部动力,不仅有利于沿线国家绿色能源发展的需求,也创造了资源互补、产能优化和绿色融资平台^[18]。未来可以此为契机推进“一带一路”绿色低碳走廊建设和绿色低碳命运共同体建设,为应对全球气候变化做出新的更大贡献。

四、结论与政策建议

碳达峰和碳中和目标既是中国积极应对气候变化的国策,也是基于科学论证的自主承诺;既是从中国国家实际出发的行动目标,也是高瞻远瞩的长期发展战略目标。碳达峰和碳中和目标更加清晰了中国能源革命和能源高质量发展的目标,也对能源低碳转型提出了新的更高要求。但是要清楚认识到,碳减排目标不是发展的障碍,而是推动经济增长的新动能。绿色、低碳、循环发展将共同成就美丽中国。为此建议:

一是加强顶层设计,出台《中国应对气候变化中长期国家行动方案》。2007年,中国发布《中国应对气候变化国家方案》,提出了中国应对气候变化的指导思想、原则、目标、措施、中国的基本立场和国际合作需求,以及随后进行的四次国家气候变化评估,均为保护全球气候做出了巨大贡献。建议在评估结果的基础上,面向2030年和2060年两大节点出台《中国应对气候变化中长期国家行动方案》,详细规划制定实现碳达峰和碳中和目标的路径;从电力、工业、建筑和交通等重点领域制定碳减排路线图;根据不同区域的定位制定区域碳减排战略;针对“一带一路”和“南南合作”等制定国际合作碳减排行动计划。

二是提前布局攻关关键核心技术,加强示范工程建设与推广应用。随着能源结构的转型,能源发展逐步从资源驱动转变为技术驱动,能源安全逐步从以地缘政治为重点转变为抢占技术制高点。为此,建议以碳达峰和能源高质量转型发展目标为导向,围绕技术链和产业链识别“技术短板”和“技术长板”。在继续加强“技术长板”的同时,针对“技术短板”识别关键核心技术,将其纳入《国家中长期科技发展规划(2021—2035)》和科技重大专项等国家科技计划,充分发挥社会主义制度优势,集中力量加以技术突破。同时要加强对示范工程建设,成熟一个推广一个,尽快推动以形成规模效益。

三是探索碳减排与“三废”协同治理机制。近年来,碳排放、废水、废气和固废作为环境治理的组成部分,国家针对性地出台了一系列的政策和制度,开展了若干试点示范,取得不错的效果。但碳排放、废气、废水和固废问题很多情况下是由于产业结构和能源结构不合理、技术落后等共同原因造成的。随着社会的发展和技术的进步,只针对同种类别的废物进行治理的弊端已经越来越明显,未来碳减排与“三废”协同治理将是大势所趋。例如,国家针对碳减排,在开展低碳城市试点,完善碳交易;针对固废,在开展无废城市试点;针对水资源(包括污水),在开展海绵城市试点建设。而城市是一个有机整体,理应从城市总体环境的治理进行综合考虑,这样既有利于系统节能减排,还有利于社会治理和公民素质的提高。

参考文献:

- [1] 新华网. 中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议公报 [EB/OL]. (2020-10-29)[2021-01-10]. http://www.xinhuanet.com/politics/2020-10/29/c_1126674147.htm.
- [2] 新华网. 习近平在气候变化巴黎大会开幕式上的讲话(全文)[EB/OL]. (2015-12-01)[2021-01-10]. http://www.xinhuanet.com/world/2015-12/01/c_1117309642.htm.
- [3] 新华网. 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话 [EB/OL]. (2020-09-22)[2021-01-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2020-09/22/content_5546168.htm.
- [4] 新华网. 习近平在气候雄心峰会上的讲话(全文)[EB/OL]. (2020-12-12)[2021-01-10]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-12/12/c_1126853600.htm.
- [5] 中华人民共和国中央人民政府. 《新时代的中国能源发展》白皮书 [EB/OL]. (2020-12-21)[2021-01-10]. http://www.gov.cn/zhengce/2020-12/21/content_5571916.htm.
- [6] BP. Statistical Review of World Energy 2020[EB/OL]. (2020-06)[2021-01-09]. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- [7] 杜祥琬, 刘晓龙, 杨波, 等. 中国能源发展空间的国际比较研究 [J]. 中国工程科学, 2013, 15(6): 4-10.
- [8] 刘晓龙, 葛琴, 姜玲玲, 等. 中国煤炭消费总量控制路径的思考 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(10): 160-166.
- [9] 中国工程院中国能源中长期发展战略研究项目组. 中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究: 综合卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.

- [10] 谢克昌, 邱中建, 金庆焕, 等. 中国非常规天然气开发利用战略研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2014: 8-24.
- [11] 邓旭, 谢俊, 滕飞. 何谓“碳中和”? [J/OL]. 气候变化研究进展, (2020-12-25)[2021-01-10]. <http://www.climatechange.cn/CN/abstract/abstract1337.shtml>.
- [12] 姜霞, 黄祖辉. 经济新常态下中国林业碳汇潜力分析 [J]. 中国农村经济, 2016 (11): 57-67.
- [13] 高华. 全球碳捕捉与封存 (CCS) 技术现状及应用前景 [J]. 煤炭经济研究, 2020, 40 (5): 33-38.
- [14] 杜祥琬, 杨波, 刘晓龙, 等. 中国经济发展与能源消费及碳排放解耦分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25 (12): 1-7.
- [15] 刘晓龙, 崔磊磊, 葛琴, 等. 中国中东部能源发展战略的新思路 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29 (6): 1-9.
- [16] 北极星储能网. 落实碳达峰要规避多重风险 [EB/OL]. (2021-01-06)[2021-01-10]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1688120677281177928&wfr=spider&for=pc>.
- [17] 金涌, 朱兵, 胡山鹰, 等. CCS, CCUS, CCRS, CMC 系统集成 [J]. 中国工程科学, 2010, 12 (8): 49-55.
- [18] 李昕蕾. “一带一路”框架下中国的清洁能源外交: 契机、挑战与战略性能力建设 [J]. 国际展望, 2017, 9 (3): 36-57.

Research on the High-quality Development Path of China's Energy Industry under the Target of Carbon Neutralization

LIU Xiaolong¹, CUI Leilei², LI Bin¹, DU Xiangwan²

(1. Department of International Relations, School of Social Sciences, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Chinese Academy of Engineering Physics, Beijing 100083, China)

Abstract: To achieve high-quality development has become a committed goal of China's socioeconomic development in the medium- and long-term future. Meanwhile, the high-quality development of energy is one of the fundamental requirements of holstering the country's high-quality development. In order to address the issues of global climate change and demonstrate China's responsibility as a great power, China has pledged the ambitious goal of carbon neutralization, which puts forward new and higher requirements for promoting the high-quality development of China's energy industry. Therefore, there raises an urgent task to explore the high-quality development path of China's energy industry in order to achieve the plausible policy goal of carbon neutralization. Taking full considerations of China's socioeconomic and environmental conditions and carbon emission reduction targets, this study conducts a comparative study between China and different countries and find that China's total energy demand and carbon dioxide emissions are projected to maintain a remarkable increase trajectory. The estimation results show that to fulfill carbon neutralization goal is a challenging policy goal, and the transformation of energy structure become a demanding task. Therefore, against the backdrop of achieving carbon neutralization, Chinese government has to promote the high-quality development of energy, accelerate technology progress, and establish a good international image. This paper identified five contributing factors to achieve the goal of carbon neutralization, namely, reducing total energy consumption, the proportion of fossil-based energy and carbon emissions per unit of fossil energy, increasing forest carbon sequestration and developing CCS (including CCUS). Based on the research outcomes, this paper provides three concrete policy recommendations, namely, energy saving and efficiency improvement, energy structure optimization and technological innovation, and ideological innovation of the public. Along with rapid globalization, to address climate change become a common challenge for the global society. Finally, this paper proposes to strengthen the top-level design and issue China's national action plan to ensure the two climate policy goals of 2030 and 2060; it is imperatively important to identify the core technologies in the technology and industry chains and strengthen the deployment, commercialization and application of demonstration projects; collaborative treatment of different pollutants is another important task which needs well-considered policy design and governance mechanisms innovation.

Keywords: climate change; carbon neutralization; carbon emission reduction; energy transformation; high-quality development

[责任编辑:孟青]