

2060年碳中和引致中国经济系统根本性变革

郭朝先

(中国社会科学院 工业经济研究所, 北京 100006)

摘要: 在面临诸多不利条件和巨大挑战下,中国毅然决然作出了“2030年前碳达峰、2060年前碳中和”承诺,彰显为推进全球气候变化治理和构建人类命运共同体所作出的巨大努力;2060年前实现碳中和,要求中国经济系统必须进行彻底的绿色低碳转型发展。针对实现碳中和目标引发能源体系的革命性变革进行了分析,并分领域阐述了碳中和目标如何“倒逼”经济发展方式的根本转型;同时,对处理好2030年前碳达峰与2060年前碳中和的辩证关系、发挥碳减排与污染治理的协同效应、实现碳中和与提升产业竞争力等问题进行了探讨。进而对促进中国经济系统根本性变革,为确保如期在2060年前实现碳中和,在政策设计、科技创新、体制机制改革、国际合作等方面提出了对策建议。

关键词: 全球气候变化治理; 碳中和; 经济系统; 能源体系; 绿色低碳转型

中图分类号: F120; F05

文献标志码: A

文章编号: 1671-0398(2021)05-0064-14

2015年,国际社会达成了气候变化《巴黎协定》^①,确立了全球温控长期目标,即在21世纪末将全球平均温升控制在工业革命前的2℃以内,并努力控制在1.5℃以内。众多研究表明,国际社会要实现这一目标,就必须在21世纪下半叶甚至21世纪中叶实现碳中和。2020年9月22日,习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣告,中国“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”^[1-2]。中国的宣告,引起国际社会的广泛好评,提振了各方应对气候变化的信心和行动意愿。中国宣布努力于2060年前实现碳中和,不仅与《巴黎协定》提出温控目标相一致,并且与我国在21世纪中叶建成社会主义现代化强国和美丽中国的目标相契合^[3]。

中国要实现2060年碳中和目标,意味着一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,从而加速“倒逼”经济发展方式的绿色低碳转型,而其中的能源体系“非碳化”和产业体系“去碳化”就成为最紧迫的任务。

收稿日期: 2021-04-10

基金项目: 中国社会科学院产业与区域发展智库基础研究项目(2020G04); 中国社会科学院登峰战略优势学科(产业经济学)项目

作者简介: 郭朝先(1971—),男,中国社会科学院产业组织研究室主任,工业经济研究所研究员。

① <https://www.un.org/zh/documents/treaty/files/FCCC-CP-2015-L.9-Rev.1.shtml>。

一、中国 2060 年前实现碳中和的挑战和担当

(一) 面临的困难和挑战

当前,中国无论是从工业化进程、能源结构、产业结构,还是在全球产业链中所处的地位、碳达峰与碳中和之间的时间段等诸多指标来看,都面临诸多不利条件和巨大挑战。笔者认为,具体体现在 5 个方面。

1. 对能源需求仍处在增长期

中国处于工业化深化阶段。基于工业化水平综合指数测算,2020 年中国基本实现工业化,但中国工业化发展不平衡、不充分,从基本实现工业化到全面实现工业化,至少需要 10 年时间。当前,中国还需要进一步深化工业化进程,才能进入真正意义上的“后工业化时代”^[4]。进一步深化工业化进程的事实,揭示中国现阶段对能源的消耗是巨大的、增长的。一般地,我国能源消耗所产生的碳排放占全国碳排放总量约 85%,其中约 70% 来自于工业生产活动。2020 年,我国能源消费总量全年 49.8 亿吨标准煤,比 2019 年增长 2.2%,其中,煤炭消费量增长 0.6%,原油消费量增长 3.3%,天然气消费量增长 7.2%^[5]。可见,我国化石能源消费仍以较大的幅度在增长。

2. 化石能源消耗占比过高

2019 年,我国煤炭、石油、天然气等石化能源在一次能源生产量中占比高达 81.2%,其中,煤炭占比 68.6%;化石能源在一次能源消费量中占比高达 84.7%,其中,煤炭占比 57.7%。最新统计,2020 年,我国煤炭在一次能源消费量中占比下降了 0.9 个百分点,为 56.8%^[5]。

3. 高耗能产业占比过高

2018 年,我国六大高耗能行业(化学原料及化学制品制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业、石油、煤炭及其他燃料加工业、电力热力的生产和供应业)能耗占全国能源消费总量的 48.8%,2010 年的为 51.4%,仅下降了 2.5 个百分点,下降速度缓慢。2019 年,这六大耗能行业在企业数量、资产总额、营业收入、利润总额、就业人数占规模以上工业企业的比重分别为 21.5%、36.3%、34.1%、28.1% 和 19.5%^①,淘汰或者促进其转型发展难度都非常大。

4. 处于全球产业链低端位置

中国企业在全球产业链价值链中处于中低端位置,承担了更多的“转移”排放。如果我们把完整的产业链简要分为研发、设计等前端环节,生产、制造、加工、组装等中间环节,营销、售后服务等后端环节,那么对于大多数产业而言,中国企业主要从事中间环节的生产、制造、加工、组装。而根据产业链价值链的“微笑曲线”理论,中间环节属于全球产业链价值链中处于中低端环节,不但价值增值能力弱,而且资源消耗大、环境污染大,中间环节承担了整个产业链大多数的资源消耗和污染排放。我国属于后发工业化国家,吸引外资、承接国外产业转移是我国对外开放的一个重要内容。近年来,尽管我国企业在全球产业链价值链地位有了很大提升,但总体而言,在全球产业链价值链中仍处于中低端位置。也就是说,我国仍然是“世界工厂”,毫无疑问地承担了更多的“转移”排放。

5. 从碳达峰到碳中和时间间隔较短

目前,我国要实现碳达峰到碳中和,之间仅有短短的 30 年。虽然我国与部分承诺在 2050 年前

① 作者根据统计数据计算所得。

实现碳中和的国家和地区相比,承诺碳中和的时间晚了10年,但是那些国家和地区绝大多数早已在自然状态下实现了碳达峰。对其而言,实现从碳达峰到碳中和时间,往往是在40年、50年及以上^[6]。这些国家和地区不仅在两个节点上时间间隔长,有充分的时间来做准备工作,而且主要在于,在碳达峰之后,碳排放处于一个自然的下降通道中,实现碳中和就要容易得多。而我国即使碳达峰也是一个在“压制”状态下实现的,继续往下降,难度很大,需要保持乃至加强“压制”,才能实现碳中和。有研究表明,中国的2060年碳中和目标符合1.5℃温升控制目标的要求;事实上,作为发展中国家,中国实现2060年前碳中和目标需要比发达国家2050年碳中和目标付出更大努力^[7]。

(二)前行的信心和担当

面临如此严峻的现实,中国不畏艰险、勇敢前行,毅然决然作出了“力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和”的承诺,彰显了中国在国际社会中的负责任大国形象,体现了大国担当,以及为构建人类命运共同体作出的巨大贡献。2021年3月15日,中央财经委员会第九次会议明确指出,我国力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和,是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策,事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体^[8]。

1. 可信的承诺

中国政府作出的承诺是可信的。截至2019年底,我国碳强度比2015年下降18.2%,已提前完成“十三五”约束性目标任务;碳强度较2005年降低约48.1%,非化石能源占能源消费比重达15.3%,均已提前完成我国向国际社会承诺的2020年目标。中央财经委员会第九次会议召开表明了中国的决心,要求把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局,拿出抓铁有痕的劲头,如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标^[8]。

2. 部署和行动

中国对作出的承诺进行了积极部署,并付诸行动。中华人民共和国第十三届全国人民代表大会第四次会议通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》^①(以下简称《纲要》),明确了“十四五”时期目标,单位GDP能源消耗和二氧化碳排放分别降低13.5%与18%;展望2035年,碳排放达峰后稳中有降。《纲要》要求,“十四五”时期,我国将加快发展非化石能源,非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右,具体措施包括大力提升风电、光伏发电规模,加快发展东中部分布式能源,有序发展海上风电,加快西南水电基地建设,安全稳妥推动沿海核电建设等;同时完善能源消费总量和强度“双控”制度,重点控制化石能源消费;实施以碳强度控制为主、碳排放总量控制为辅的制度,支持有条件的地方和重点行业、重点企业率先达到碳排放峰值。

相比国家“十三五”规划目标(“十三五”规划目标是,单位GDP能源消耗和二氧化碳排放分别降低15%、18%),在单位GDP二氧化碳排放方面,“十四五”和“十三五”规划目标中下降幅度是一样的,但在单位GDP能源消耗方面,“十四五”比“十三五”规划目标反而下降幅度更小。这表明,中国在经济增长中始终将“脱碳”放在突出位置上,也反映出能源消耗增加与二氧化碳排放增长之间的关系呈现逐步弱化的趋势,关键是可再生能源将有一个突破性的发展。在“十四五”规划中,单位GDP二氧化碳排放降低的幅度要比单位GDP能耗降低的幅度多出4.5个百分点,显现出清洁能源替代的碳减排效应。

^① http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm。

二、碳中和目标引发中国能源体系的革命性变革

对中国而言,设定 2060 年碳中和目标,意味着改变以煤炭为主的高碳能源结构和电力系统,转向以清洁能源(非化石能源)为主的低碳能源结构和构建以新能源为主体的新型电力系统。

(一) 非化石能源将从配角转变为主角,化石能源最大限度被淘汰

2016 年 12 月 29 日,国家发改委和国家能源局联合印发的《能源生产和消费革命战略(2016—2030)》^①,到 2030 年和 2050 年,我国非化石能源占能源消费总量的比例分别要达到 20% 和 50%,新增能源需求主要依靠清洁能源满足。目前,依照中国 2060 年年实现碳中和目标已是底线要求。

2013 年,我国水电、核电、风电、太阳能发电装机容量合计 9 688 万千瓦,占全国发电装机容量的 30.8%;2019 年,这些清洁能源发电装机容量合计 20 503 万千瓦,占全国发电装机容量的 40.8%。2013—2019 年,我国清洁能源发电装机容量 6 年间占比正好上升 10 个百分点。由此可见,按照目前我国化石能源发电和非化石能源发电装机容量变化速率,即使维持每 6 年化石能源发电比例下降 10 个百分点的速度,到 2055 年,化石能源装机仍然占到 10% 左右。需要指出的是,2013—2019 年,这 6 年是我国清洁能源装机容量比重上升,而化石能源装机容量比重下降最快的年份;更早的前 6 年(2007—2013 年),化石能源装机容量下降了 8.2 个百分点;再往前回溯的 6 年,2001—2007 年,化石能源装机容量不降反升,上升了 2.7 个百分点。即使 2013—2019 年,这 6 年化石能源装机容量比重下降最快,但装机容量绝对数仍在增长,年均增长 5.4%,而此势头在未来是不可能再出现的。因此,足见我国未来削减化石能源发电难度之大,非革命性变革无以实现。

当前,我国煤电在电力总装机的比重仍然超过 1/2(2019 年为 52%),未来 40 年每年平均下降至少在 1 个百分点,才能使其在 2060 年把煤电装机比重控制在 10% 以下(而且这部分保留的煤电装机必须通过灵活性改造具备调节能力),并且将煤电退出后的空间逐步让位清洁能源发电,以此确保 2060 年可再生能源发电装机比重至少达到 80% 以上。只有这样,我国才可能真正实现电力的低碳化甚至零碳化,促进 2060 年前碳中和目标的实现。

(二) 可再生能源价格优势初现端倪,未来价格优势将更加明显

随着技术加快突破,我国可再生能源成本显著下降,步入平价上网时代。2010—2019 年,全球范围内光伏发电、光热发电、陆上风电和海上风电项目的加权平均成本已分别下降 82%、47%、39% 和 29%^[9]。2018 年,我国风电、光伏发电平均度电成本分别降至 0.35~0.46 元、0.42~0.62 元,已接近煤电脱硫标杆上网电价^[10]。我国可再生能源发电成本大幅度快速下降,这是可再生能源替代化石能源依据和底气所在。

未来,在技术进步和规模经济、范围经济等因素作用下,一方面,我国可再生能源生产价格将进一步下降;另一方面,随着全球和国内环保法律法规不断完善、碳排放权交易市场建设完善,通过立法、政策将“排碳有成本、减碳有收益”理念付诸实施;同时,通过市场化机制形成碳的价格,使得化石能源外部环境成本内部化,利用化石能源将额外增加一块碳排放成本,可再生能源价格优势将进一步显现。

据国际能源咨询公司伍德麦肯兹近期发布的报告,未来 10 年,火电的成本还将上升,光伏、风电则有 40%~50% 的成本下降空间。至 2035 年将是一个分水岭,中国所有可再生能源发电的成本届时都将比煤电低。因为若再加上为碳排放支付的费用,煤电成本将高出 10%~15%^[11]。

① https://www.ndrc.gov.cn/fggz/zcssfz/zcgh/201704/t20170425_1145761.html

然而,我国新能源电力的消纳成本需要引起足够重视。学界研究有估算结果显示,若中国2030年达到20%~30%的风光渗透率,可能带来全社会用电成本增加0.031~0.059元/度。2020年,芝加哥大学能源与环境政策研究所(EPIC)的一份研究显示,美国在实施可再生能源配额制(RPS)政策的29个州和哥伦比亚特区,7年后,可再生能源电量比例提高了2.2%,零售电价提高了11%;12年后,可再生能源电量比例提高5%,零售电价提高了17%。这主要是源于新能源电网接入成本所致^[11]。因此,我国未来新能源发电成本的下降速度能否快过系统成本上升的速度,将决定新能源利用成本能否继续下降。

(三) 电气化进程加快,终端部门电气化是关键所在

电能成为能源供应和消费主体,是能源结构向低碳化、绿色化转型的必然趋势。2020年5月1日,中国电力企业联合会发布《中国电气化发展报告2019》(简称“中电联报告”)^①,从电力供应、电力消费、可持续发展三个方面15项指标评价电气化进程。近年来,我国电气化进程加快,但仍处于电气化中期中级阶段,与美国、德国、日本等国家相比较,在电气化水平方面依然存在明显的差距^[12]。在这些指标中,发电能源占一次能源消费比重、清洁能源发电装机占比、电能占终端能源消费比重等指标表现不如人意,也成为制约我国电气化程度提高的主要原因。中电联报告显示:2018年,全国发电能源占一次能源消费比重达到约46.4%,电能占终端能源消费比重达到25.5%;预计到2035年,我国发电能源占一次能源消费比重提高到55%~57%,电能占终端能源消费比重提高到36%~38%。届时,中国电气化进程总体将处于电气化中期高级阶段,特别是电能占终端能源消费比重将处于国际先进水平。

因而,我国要加快电气化进程,提升终端能源电气化水平是关键,应大力推进以电代煤、以电代油。未来,我国工业、交通、建筑等终端用能部门,不仅要用电力取代煤炭、石油等化石能源的直接燃烧和利用,而且要主要依靠发展可再生能源电力,并以此大幅度减少终端能源消费的碳排放。当前,我国工业部门的能源消费占总的终端能源消费的2/3,未来,电力势必成为工业领域主导能源品种。2018年,国家可再生能源中心发布《中国可再生能源展望2018》^②,指出要将全球升温幅度控制在较工业化前水平的2℃以内,终端部门电气化率需要从2017年的24%提升至2050年的53%^[13]。

我国要加速推动电气化与信息化深度融合,全面提升终端能源消费智能化、高效化水平,同时,保障各类新型合理用电,要支持新产业、新业态、新模式发展,提高新消费用电水平。

(四) 构建以新能源为主体的新型电力系统,“源-网-荷-储”协调发展提升电力系统的安全性灵活性

我国实现碳中和目标,要求构建清洁低碳安全高效的能源体系,就电力系统而言,就是构建以新能源为主体的新型电力系统。随着我国的风电、光伏发电在电力系统中所占比重增大并日益成为主体部分,则电力系统的稳定性、安全性摆在更加重要的位置。由于风电、光伏发电等可再生能源一个显著的特点是间歇性和波动性,新能源发电往往呈现“极热无风、极寒无光、晚峰无光”的特点,而极寒、极热和晚高峰时段恰恰是需要电源加大出力的时候;如处理不当,很可能造成如2021年初美国得州电力危机式的灾难。解决此问题的关键是,我国应促进“源-网-荷-储”协调发展,大幅度提高电力系统的安全性、灵活性,提升清洁能源消纳和存储能力。

但是,我国灵活调节电源比重低,其中抽水蓄能、燃气发电等灵活调节电源装机占比不到6%,

① <https://www.cec.org.cn/upload/zl/2019report/>。

② https://www.sohu.com/a/270871707_99945497。

特别是“三北”地区新能源富集区,风电、太阳能发电装机分别占全国的 72%、61%,但灵活调节电源不足 3%。在此方面,我国与欧美等国形成较大差距,西班牙、德国、美国灵活电源占比分别达到 34%、18%、49%^[10]。

为保障电力系统的安全稳定,一方面,我国需要对现有电源进行灵活性改造。研究显示,煤电灵活性改造单位千瓦调峰容量成本约在 500~1 500 元之间,低于抽水蓄能、气电、储能电站等其他系统调节手段。从技术经济性角度考虑,应优先考虑 30 万千瓦及以下、部分 60 万千瓦亚临界机组进行灵活性改造^[10]。另一方面,我国需要建立其他新的灵活性资源,如投资储能设施、建设电动汽车蓄能、化学储能和抽水蓄能等。

我国要提高电力系统的安全性、灵活性,必须促进“源-网-荷-储”协调发展。为此,我们需要注意两点:一是充分利用电力系统安全技术如大规模储能技术、智能电网技术、分布式能源网络技术等,尤其是数字化技术建设智能网络,打通源、网、荷、储各个环节,解决可再生能源变频变幅的不确定性问题,进而助力可再生能源的高比例接入和使用。二是充分利用市场机制,解决好日间电网调峰与季节间可再生电力资源的匹配和储能,解决好源、网、荷、储的优化调度和能源互联网建设,形成清洁低碳安全高效的电力系统。尤其是要完善辅助服务收费制度,因为可再生能源比例增大的情况下,调峰、调频等辅助服务将不再是“辅助服务”,而是“主体服务”。电力系统的辅助服务,实际上是电力系统的公共服务,既然是公共服务应该是全系统买单,未来还应该建立把辅助服务成本,通过输配电价向终端用户传导的机制。

三、碳中和目标倒逼中国经济发展方式的根本转型

中国要实现碳中和目标,必须对经济系统进行“脱胎换骨”的转变。这就要求我国经济系统从现在开始,必须进行彻底的绿色低碳转型发展。本文从四个方面阐述为实现碳中和目标,应如何更好更快实现各领域发展方式的根本转型。

(一) 加快构建低碳新工业体系,工业结构呈现绿色化发展趋势

2060 年前实现碳中和目标,要求我国要深化供给侧结构性改革,推进工业结构绿色化发展,加快构建低碳新工业体系,具体做法包括做“减法”和做“加法”来调整工业结构,并依靠技术进步解决工业生产过程的碳排放。

1. “减法”与“加法”

“减法”就是我国要加大力度淘汰煤炭、化工、石化、钢铁、有色、建材等高碳重化工业落后产能。未来,我国重化工业仍将存在,但是“高碳”重化工业将彻底退出历史舞台。因此,我们要着力推进重化工业节能减排和绿色转型发展,重点推进以“六大高耗能行业”为代表的重化工业绿色化改造。

“加法”就是我国要大力实施智能制造工程,发展战略性新兴产业,加快新一代信息技术、节能与新能源汽车、新材料、先进轨道交通装备、电力装备、航空航天、生物医药、电子及信息产业等先进制造业发展,培育能耗和碳排放低、质量效益好的新增长点。

2. 构建低碳新工业体系

随着我国工业结构绿色化发展和工业用能清洁低碳化发展(逐步实现以电能为主导),工业生产过程碳减排重要性凸显。我国要构建低碳新工业体系,需要将工业生产过程作为未来减排的重点领域,而这主要是通过技术进步来实现;对于钢铁、建材、化工、石化等工业生产过程的碳排放,要发展先进突破性技术,比如,用氢取代焦炭实现零碳炼钢,用氢作原料生产化工产品;平板玻璃行业

可以通过利用氧化镁和氧化钙替代白云石和石灰石,减少配料生产过程中的碳排放;煤化工等行业通过发展加压水煤浆气化技术、加压粉煤气化技术等新型煤气化工艺,减少生产过程的碳排放^[7]。

3. 利用好“氢”还原剂

由于氢是很好的还原剂,并且可以作为大部分化工和石化产品的组分,因而未来氢能够在推动工业领域生产过程深度减排中扮演重要角色。我们应尽快从当前具有成本优势的“灰氢”(采用化石能源制氢)转到“绿氢”或“蓝氢”(采用无碳或碳中性技术电解水制氢),因为只有“绿氢”或“蓝氢”,才能真正达到全产业链的减排。当前,我们可以考虑弃风弃光比重高的西北地区用风电、太阳能发电来电解水制氢;未来,随着碳达峰、碳中和工作的深入进行,制氢领域面临的挑战将是如何实现“绿氢”或“蓝氢”技术大规模推广应用,进而降低生产成本,产生经济效益。

(二) 加快普及绿色智能交通,交通运输模式创新展示巨大发展潜力

当前,我国交通部门能源消费占全国总终端能耗约10%,随着城市化进程发展,交通用能呈现较快增长趋势^[7]。

我们要优化交通运输结构和运输方式,提高绿色智能交通比重,实现碳减排。未来,铁路运输、城市轨道交通和水运等低碳运输方式将更加受到青睐,交通运输结构低碳化趋势明显。同时,我们应改进交通运输燃料构成,推广电气化、氢能和生物燃料的利用,这是实现交通运输“脱碳”的基本要求;要加快发展和推广电动汽车技术以及氢燃料电池汽车技术,并不断降低新技术应用成本,推进新能源交通;未来电动汽车、燃料电池汽车、智能交通等技术变革、装备升级与共享交通、自动驾驶等模式创新相结合,在碳中和愿景下展现出巨大的发展潜力。

我们还要加快新型基础设施建设,尤其是建设汽车充电设施,完善电动汽车及充电设施技术标准,为大幅提高电动汽车在全社会使用占比和普及应用,提供条件和基础设施支持。

(三) 推行绿色低碳建筑,建筑业节能减排摆在更加优先的地位

1. 建筑行业的碳排放对实现碳中和至关重要

目前,我国建筑行业规模位居世界第一。近年来,我国房屋建筑施工面积超过130亿立方米、竣工面积超过40亿平方米。其中2019年,我国房屋建筑施工面积为144.15亿立方米、竣工面积为40.23亿平方米。据测算,我国现有城镇总建筑存量约650亿平方米。建筑行业碳排放包括两个方面,一是“内含碳排放”,即工程建设每年产生的碳排放,主要来源于钢铁、水泥、玻璃等建筑材料的生产和运输,以及现场施工过程;二是“运营碳排放”,即建筑在使用过程产生的碳排放。有研究认为,现阶段,我国建筑“内含碳排放”约占全球总排放量的11%，“运营碳排放”约占全球建筑总排放量的20%，并且约占全国碳排放总量的20%^[14]。

由于我国建筑行业的排放水平对实现碳中和目标构成了挑战,因而能否在2060年前实现碳中和,将在一定程度上取决于建筑业的表现。学界有研究表明,如果按照基准情景,建筑碳达峰时间为2040年,比全国碳达峰整整晚10年,将会严重制约全国碳达峰和碳中和目标的实现。建筑若要实现2030年与全国同步碳达峰,则“十四五”期末,建筑碳排放总量应控制在25亿吨二氧化碳,年均增速需要控制在1.50%;“十四五”期末,建筑能耗总量应控制在12亿吨标煤,年均增速需要控制在2.20%^[15]。

2. 积极推行绿色低碳建筑

不可否认,我国城乡建筑中很大部分建筑并不属于节能型建筑,考虑到建筑物寿命,到2050年,现有建筑面积的近2/3仍在使用的。因此,我们要建设低碳或“碳中和”的建筑环境,就必须同时解决新建建筑和既有建筑的节能问题,推行绿色低碳建筑,减少内含碳排放和运营碳排放;减少建筑“内含碳排放”,除了推广使用节能材料、推进装配式建筑外等,主要是要合理规划,防止建

设“鬼城”“无人村”;同时,禁止为搞形象工程而“大拆大建”,减少建设不必要的建筑,既减少碳排放、更避免无谓的浪费。减少建筑“运营碳排放”,推广“被动式建筑”。所谓被动式建筑,是指通过自然采光、太阳能辐射等被动式节能措施,与建筑外围结构保温隔热节能技术相结合,不使用主动的空调系统和采暖等就可维持舒适的室内热环境的建筑。我们除了推广“被动式建筑”,还应该在有条件的地方,大力推进可再生能源建筑,将每个建筑变成一部“发电机”。比如,发展光伏屋顶,利用地热能、空气热能等可再生能源,不仅实现建筑物自身零排放,而且通过新能源、储能、柔性网络和微网等分布式能源技术,依托能源市场交易体系建设,实现建筑物能源与外界能源的网络开放共享。

我国要改造现有建筑,并在新项目建设中推行绿色低碳的城市、社区、乡村和建筑,这或许会提高建设成本,但政府完全可以在供地环节、规划环节、定价环节、税收环节,通过优先获得、容积率调节、价格税收、成本分摊等机制方面,积极进行激励和推广^[16]。

(四) 提速农业精细化管理,智慧农业将广泛应用

农业是非二氧化碳(CO₂)温室气体最大的排放源,农业排放的甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)分别占全球排放的40%和60%,农业温室气体排放占全球温室气体排放的10%~12%,包括二氧化碳约为20%~35%^[17]。从农业温室气体排放的来源看,动物肠道发酵、动物粪便管理、水稻种植和农用地温室气体排放分别占24%、16%、19%和40%^[18]。

人们通常认为,对于种植业温室气体减排技术,包括稻田甲烷减排技术分为:品种选育、水分管理、肥料管理、耕作管理和新型技术五大类;旱地氧化亚氮减排技术分为:品种选育、肥料管理、耕作技术和新型制剂四大类;对于畜禽养殖业温室气体减排技术,包括:口粮管理、改良育种、粪便收集和储存和粪便处理四大类;对于农田土壤和草地固碳技术,包括:免于或减少耕作、土壤管理、肥料管理、牧场植物管理、牧场动物管理等。这些所谓的减排技术,与其说是技术,不如说是管理,都属于农业精细化管理的范畴^[18]。可见,我国强化农业精细化管理,不仅能够提高农业生产效益,而且能够减少农业温室气体的排放。

随着我国大数据、云计算、5G通信等新一代信息技术与遥感技术、地理信息系统等先进技术的发展 and 耦合,智慧农业或者说农业数字化,将为农业减排发挥着决定性的作用。

四、中国实现 2060 年前碳中和目标需要注意的问题

(一) 处理好 2030 年前碳达峰与 2060 年前碳中和的辩证关系

2030 年前碳达峰与 2060 年前碳中和,是我国履行碳减排国际承诺同一个事情的两个阶段,而不是两个不同的事情。因此,两者具有很强的关联性,需要我们辩证认识,统筹规划实施。2030 年前如期实现碳达峰,可为 2060 年前碳中和创造良好的条件;而 2060 年前实现碳中和又为 2030 年前碳达峰设定好了大致范围。当前,社会上存在两个极端主张:一个是,主张越早达峰越好,最好现在就达峰;另一个是,主张现阶段仍要大力发展化石能源和高碳重化工业,在 2030 年之前把碳峰值大幅度提高,为中国争取碳排放空间。显然,这两种主张都有失偏颇,前者低估了碳达峰、碳减排的难度,不利于中国经济发展,毕竟我国现阶段的能源系统主要还是依赖化石能源;后者是把问题简单化了,没有考虑到如果不从现在开始就低碳转型、而是延续高碳增长路径,将会产生严重的“路径依赖”和巨大的“沉没成本”,并将会对未来几十年的碳减排带来巨大的压力。比如,通常火电厂的设计使用寿命为 30 年、甚至 40 年,如果现阶段仍然大幅度建设煤电机组,势必挤占新能源发电的空间,不利于新能源产业的发展,煤电机组自身也无法按照

设计小时数负荷来运转,产能利用率不高,经济效益差,届时又面临在2030年之后被迫提前关闭,将会造成投资的极大浪费。

(二)发挥碳捕获(CCUS)技术等负排放技术托底保障作用

“碳中和”不等于零碳排放,并不是零碳排放,而是指因社会活动引起的碳排放和商业碳汇等活动产生与从空气中吸收的二氧化碳的量相等。在实际生产生活中,人类不可能不排放二氧化碳,即使电力行业实现了全额可再生能源,其他行业也很难做到零排放,包括部分工业生产过程的碳排放,航空和航海过程中的碳排放等。“碳中和”的概念就是可以通过拥有等量碳汇或者国外的碳减排信用抵消自身的碳排放,使净碳排放接近零^[19]。因此,我国通过碳汇和负排放来抵消碳排放就非常重要,包含基于自然的碳汇(植树造林、退耕还林等)以及碳捕集、利用与封存应用(CCUS)等。

学界研究表明,碳捕获(CCUS)与新能源耦合的负排放技术可作为实现碳中和目标的托底技术保障。因此,我们应提前储备和部署生物质耦合CCUS技术(BECCS)和直接空气捕集(DAC)等负排放技术^[20]。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次评估报告指出,如果不采用CCUS技术,人类社会要在21世纪末实现全球温升不超过2℃的减排目标,估计整体减排成本增幅将高达138%^[20],而通过采取CCUS与能效提升、终端节能、储能、氢能等多领域多技术的减排方案相结合,有助于获得最大成本效益,并且CCUS技术的大规模部署可以避免既有大量基础设施建设的搁浅成本。比如,火电加装CCUS不仅可以避免已经投产的机组提前退役,还能减少因建设其他低碳电力基础设施造成的额外投资,降低实现碳中和目标的经济成本。

当前,世界范围内的CCUS技术仍处于小规模示范应用阶段,且成本高昂、技术可靠性程度不足,亟待突破,从当前的一般几万吨到几十万吨级,提高到至少百万吨甚至千万吨级的规模,并显著降低应用成本。有研究认为,将风光政策激励的经验用于CCUS,或许是一条成功之道^[21]。如果技术进步使得CCUS技术单位减排成本可以仿照新能源单位发电成本下降曲线,那么未来CCUS技术就非常值得期待。

(三)提高碳减排与污染治理的协同效应与碳减排的综合效益

碳减排能带来的直接和间接协同效应,表现为实施碳减排措施同时,不仅能实现显著减少大气污染物和减少水耗等环境效应,还可以带来可观的健康效益和经济效益。我国以化石能源为主的能源结构导致二氧化碳与主要大气污染物的排放具有很强的“同根、同源、同过程”特征。如果我们把缓解气候变化所要求的碳减排与大气污染等相关政策协同考虑和实施,将会大大降低成本,并带来污染减少、环境优化、公共健康提升等额外效益。

随着我国工业化和城市化的进程,不断增长的化石能源消费是人为造成气候变化的“罪魁祸首”,是二氧化硫、氮氧化物、烟尘等常规污染物的主要排放源,也是造成严重雾霾天气的PM_{2.5}、PM₁₀的主要来源。目前,鉴于我国空气污染相对于欧美等发达国家处于较高水平,协同推进大气污染治理和碳减排,将会有更加显著的协同效益。就基本策略而言,我国在2035年之前,应该考虑以大气污染治理为主、兼顾碳减排;在2035年之后,则主要考虑以碳减排为主、兼顾大气污染治理。这将是我国发挥协同效益比较好的一种选择。

(四)抢占全球绿色产业发展制高点,与低碳发展和产业竞争力“双赢”

我们要实现碳中和目标,必须转变经济发展方式,推动能源生产和消费的绿色革命,实现工业化转型即从褐色工业转向绿色工业。学界传统应对气候变化的研究往往认为,碳中和等长期气候行动成本较高,不可避免地造成经济损失,影响社会经济发展;但是,随着可再生能源成本大幅下降,新气候经济学则认为,碳中和等长期气候行动将可能提高居民福利,进而促进社会经

济增长。

目前,国际社会对实现“绿色经济复苏”越来越形成共识,应对气候变化、实现低碳经济转型将成为多数国家经济恢复和发展的政策导向,也将成为大国竞争博弈与合作的重要领域。比如,在这场应对气候变化竞争中,涉及清洁能源的储能、电动汽车、新材料、芯片制造、能源互联网等领域,业已在国际社会中成为各国竞争的焦点。谁能占据这些领域的技术,谁就拥有更强的全球领导力和更多的话语权、市场份额,也就站在了全球产业绿色发展的制高点上。

我们要实现碳中和目标,绝不能削弱我国产业国际竞争力,而是要实现低碳发展与产业竞争力提升“双赢”,即将所谓的“波特假说”变成现实^①。随着我国努力争取 2060 年前实现碳中和目标的设定,化石能源和高碳产业将面临淘汰的命运,但新能源和一些新兴产业必将快速崛起。这不仅弥补前者衰退给经济带来的不利影响,而且会产生新的经济增长点,比如,光伏产业链、风电产业链、节能技术、节能设备、储能行业、新能源车产业链等将会迎来发展的春天;同时,还将大大增加清洁能源和绿色发展相关新技术的研发投资,缩小与发达国家基础技术方面的差距,抢占新一轮技术革命的先机,从而有助于我国取得在未来环境气候友好型新经济中的主导权。

五、对策建议

我国实现 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和目标,将对中国的经济系统、能源系统等进行革命性重塑。为此,从现在开始,我们就要锚定目标,努力争取 2060 年前实现碳中和,并在政策设计、科技创新、体制机制改革、国际合作等方面采取更加有力的举措,坚定不移地朝着既定目标推进。

(一) 深入推进供给侧结构性改革,制定化石能源和高碳产业的退出援助政策

1. 严控新建化石能源和“两高”项目

未来 40 年,是我国化石能源和高碳产业不断退出和转型的时期,而且 2030 年前碳达峰之前,是最为重要的关键期。从现在开始,我国就要严控新建化石能源和高耗能、高排放“两高”项目;对此前已批复拟上马的“两高”项目进行系统梳理、分类处置;对尚未开工的项目,分行业逐一论证其必要性,不符合产业政策、产业布局规划等要求,坚决停批、停建;对已开工或确定建设的项目,加强事中事后监管,严格落实环评、能耗、产能置换、煤炭消费总量控制等要求。

2. 制定产业退出援助政策

我们既要抓紧制定化石能源和高碳产能提前退役产生的“搁浅成本”分摊办法,制定产业退出援助政策,包括企业转产、企业兼并、员工安置、债务处置等方面涉及到的土地、财政、税收、信贷等方面制定优惠政策,促进企业从化石能源领域和高碳产业及时退出;还要构建市场化、法治化的金融机构债务处置机制,明确处置机构、资金来源、偿付顺序、相关各方责任义务等重要事项,防止恶意“逃废”债务,切实防范系统性金融风险;同时,更要注意保护职工合法权益,把安置职工就业、结清个人工资和社会保险等费用、“买断”职工身份等放在第一优先处置的位置上,维护社会稳定,促进包容性发展。

^① 20 世纪 90 年代,“波特假说”由哈佛大学教授迈克尔·波特(Porter)等人提出,认为不能简单地将环境保护与经济的关系对立起来,虽然加强环境保护可能在短期内增加企业成本,但在长期内环境规制可以促使企业进行更多的创新活动,提升企业生产效率和增加企业竞争力,促进经济增长,实现环境质量提升与产业竞争力提升“双赢”发展局面。

(二) 充分发挥市场机制作用,推进经济体系的绿色转型发展

1. 鼓励多元绿色金融服务机构发展

我国要鼓励多元化的绿色金融服务机构发展,大力推进绿色贷款、绿色基金、绿色证券等绿色金融发展,引导金融机构完善差异化融资支持政策,完善市场化的绿色投资激励约束机制,助力推进经济体系绿色转型发展;同时,积极进行金融创新,创造新型碳金融产品,在碳交易项目实施中试行碳信用、碳风险管理等金融服务。

2. 推进能源管理市场化机制建设

我们应完善合同能源管理,充分利用市场化、社会化、专业化机构推进节能减排,完善用能权交易市场建设;落实《能源生产和消费革命战略(2016—2030)》,培育用能权交易市场,开展用能权有偿使用和交易试点,研究制定用能权管理的相关制度,加强能力建设和监督管理。

3. 积极推进碳排放权交易市场建设

2020年12月31日,生态环境部公布《碳排放权交易管理办法(试行)》^①,规定自2021年2月1日起施行。按照该办法,2021年将成为全国碳市场的第一个履约周期,未来主要的交易产品将包括碳排放配额和中国核证自愿减排量(CCER)。目前,碳交易体系建立在自愿义务减排的基础上,很难扩大交易规模并产生全局性影响,以后可以考虑通过试点突破、逐步推开的方式在全国广泛实行强制性减排和配额交易制度。

4. 建立完善生态价值市场化实现机制

我们在探索建立生态价值市场化实现机制的同时,应调动更多的社会资本加入植树造林和森林碳汇的建设,并使社会投资者的生态投入能够获得相应的市场回报。

(三) 加快推进电力体制改革,提高电力系统的安全性灵活性

1. 推进电力体制市场化改革

我国要大力推进电力体制市场化改革,在考虑到促进可再生能源发电的前提下,设计合理的中长期电力市场、电力现货市场、辅助服务市场和可能的容量市场等,使各种电力资源都能在市场交易中实现其经济价值,充分发挥市场在资源配置中的决定性作用。随着高比例可再生能源进入市场,电力体制改革需要考虑的变量增多,如是否对电力价格波动设置上下限,是否需要增加快速爬坡、转动惯量等辅助服务交易品种、如何扩大电力市场交易范围等,都需要研究拿出一个非常精细的市场机制设计来。

2. 协调优化“源-网-荷-储”

未来,我国电力体制改革要增强系统性,协调优化“源-网-荷-储”各类资源,促进电力系统逐步转换为以新能源为主体的新型电力系统。在以新能源为主体的新型电力系统中,要要储能摆在更加突出的位置上,加快建设,增强电力系统的安全性、灵活性。要以更宏观的视角审视储能定位,评估储能在电力系统中的综合作用,做好储能在各环节的布局与配置。建议综合评估储能发电侧、电网侧、用户侧发挥不同作用的市场潜力及效益,制定储能技术发展路线图,将各类储能列入能源电力规划,从空间、规模、技术等方面给予政策引导,科学做好储能在电力系统各环节的布局与容量配置,同时由市场来合理调节^[22]。

(四) 加强基础研究和协同创新,早日实现关键核心技术的重大突破

1. 加强基础研究,推进“政产学研用”协同创新

在完成碳中和目标的征程中,我们要发挥社会主义市场经济条件下新型举国体制优势,大力加

^① http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-01/06/content_5577360.htm。

强基础研究,集中全国优势科研和产业技术力量,推进“政产学研用”相结合的协同创新,打好产业和能源领域关键核心技术攻坚战。

2. 加快绿能替代领域应用研究

未来,我国应加快绿能替代领域的技术研发和推广应用投入,重点在光伏发电、风力发电、核电、生物质能、燃料电池、储能、智能电网,以及新能源相关材料领域的先进技术突破和广泛应用。加快解决长途货运、航运、空运等长途运输领域的低碳能源开发和使用的技术经济性问题。加快解决钢铁、化工和石化、水泥和石灰以及电解铝等工业领域生产过程脱碳和能源使用中的脱碳技术难题。

(五) 推进数字技术应用,发挥数字节能减排效应

1. 发挥数字技术作用

第四次工业革命和数字化浪潮的来临,给节能减排带来了极大机遇,我们要充分发挥数字技术在节能减排中的重要作用。据了解,在工业领域,仅对生产线实施数字化、智能化改进,就可以提高 30% 左右的能效水平;在交通运输领域,通过建设完善城市智慧交通体系,就可以通过减少通行里程和道路拥堵,节约 20% 以上的能源,这还不包括交通工具本身的能源利用技术的改进^[13]。我们要积极推进数字技术与实体经济的深度融合,通过合理布局、程序优化、产能适度等,减少数字化转型过程中的能源消耗。

2. 发展“新能源”+“智能源”体系

我们应充分利用新一代信息技术和数字化技术,发展“新能源”+“智能源”体系。在新能源技术领域,重点推动可再生能源发电、电动汽车、氢能等储能技术进步;在智能源技术领域,重点推动互联网与分布式能源技术、先进电网技术、储能技术深度融合;同时,加强智能源与新能源的融合发展,形成以新能源为能源形态和能源结构主体、以智能源为能源管理和能源技术核心的“新能源”+“智能源”的能源体系。

3. 强化推进数字化建设

我们要强化数字化新型基础设施建设,为低碳产业发展提供支撑;通过设立产业引导基金、完善担保基金等方式不断吸引社会资本参与到数字化“新基建”的项目建设中来;发展与数字化“新基建”需求相匹配的融资方式,创新发展 PPP 模式,形成政府与社会资本的伙伴关系来共同建设推动新能源使用的数字化“新基建”。

(六) 加强国际合作,共同应对气候变化和全球经济和能源系统变革

1. 不断加强国际合作

我国要加强国际合作,不仅是改善全球气候治理的需要,是减缓和适应气候变化的需要,也是应对全球经济和能源系统变革的需要。为了实现全球平均气温较工业化前水平升高幅度控制在 2℃ 之内、力争控制在 1.5℃ 之内的气候目标,世界各国都在努力。目前,已有大量国家做出碳中和承诺。截至 2020 年 10 月,国际社会碳中和承诺国已达到 127 个^[23]。这说明,留给人类推动全球经济和能源系统的彻底变革的时间不多了,世界各国加强合作共同应对挑战势在必行。

2. 推进绿色低碳领域国际贸易和跨境投资自由化

目前,鉴于部分发达国家贸易保护主义抬头趋势,甚至将国家安全泛化、实行国际贸易和投资“实体清单”限制,因而我国在绿色低碳领域与欧美等发达国家讨论时,需要引领必要的国际合作话题、制定合理的国际合作规则,制止他们出于政治目的,限制绿色低碳技术、产品、服务贸易和跨境投资,维护全人类的利益^[16]。

3. 加强国际技术合作和技术转让

在绿色低碳的前沿技术,如地球工程、CCUS等方面,各国应携手合作,在基础科学、重大工程、信息交流、伦理规范、政策协调等方面开展合作与交流;同时,敦促发达国家履行承诺,向发展中国家转移绿色低碳、节能环保和可再生能源技术,在资金转移和能建设上帮助发展中国家,共同应对气候变化,共同应对全球经济和能源系统变革。

4. 应对全球气候变化及经济和能源变革

我国应将应对全球气候变化及经济能源系统变革列入“一带一路”、南南合作的主要议程,主动提出沿线国家、发展中国家应对气候变化国际合作的“中国方案”,深入开展国际低碳产能和资本合作,努力打造全球气候治理的新平台,增添共同可持续发展的新动力;推进“一带一路”建设绿色发展,为“一带一路”国家的低碳产业和新能源产业发展提供技术先进、高性价比的产品,加强绿色基础设施建设。

参考文献:

- [1] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[N]. 人民日报, 2020-09-23(02).
- [2] 习近平. 继往开来,开启全球应对气候变化新征程——在气候雄心峰会上的讲话[N]. 人民日报, 2020-12-13(01).
- [3] 胡文娟. 何建坤:中国能够,而且必须实现2060年碳中和目标[J]. 可持续发展经济导刊, 2020(12): 18-21.
- [4] 黄群慧. “十四五”时期深化中国工业化进程的重大挑战与战略选择[J]. 中共中央党校(国家行政学院)学报, 2020, 24(2): 5-16.
- [5] 国家统计局. 中华人民共和国2020年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2021-02-28) [2021-03-18]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202102/t20210227_1814154.html.
- [6] 张雅欣, 罗荟霖, 王灿. 碳中和行动的国际趋势分析[J]. 气候变化研究进展, 2021, 17(1): 88-97.
- [7] 项目综合报告编写组. 《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(11): 1-25.
- [8] 新华社. 习近平主持召开中央财经委员会第九次会议[EB/OL]. (2021-03-15) [2021-03-22]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/15/content_5593154.htm.
- [9] IRNEA. Renewable Power Generation Costs in 2019[R]. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2020.
- [10] 中电联理事会办公厅. 煤电机组灵活性运行政策研究(摘要版)[EB/OL]. (2019-12-31) [2021-02-11]. <https://cec.org.cn/detail/index.html? 3-282218>.
- [11] 韩舒淋, 徐沛宇. 碳中和中国的雄心与软肋[EB/OL]. (2021-02-02) [2021-02-11]. <https://new.qq.com/rain/a/20210202A0C0P900>.
- [12] 中国电力企业联合会. 《中国电气化发展报告2019》发布[EB/OL]. (2020-05-11) [2021-03-22]. http://www.xinhuanet.com/power/2020-05/11/c_1210613085.htm.
- [13] 郭锦辉. 我国工业领域碳减排呈现五大趋势[N]. 中国经济时报, 2019-03-14.
- [14] 策略研究. 解码“碳中和”——“三大方向”+“七大领域”把握碳中和机遇[EB/OL]. (2021-03-29) [2021-04-01]. <http://huanbao.bjx.com.cn/news/20210329/1144385-4.shtml>.
- [15] 中国建筑节能协会秘书处. 中国建筑能耗研究报告(2020)成果发布[EB/OL]. (2020-12-31) [2021-04-01]. <https://cabee.org/site/content/24021.html>.
- [16] 徐林. 碳达峰碳中和的实现举措与政策机制[EB/OL]. (2021-03-22) [2021-04-02]. <https://opinion.caixin.com/2021-03-22/101678509.html>.

- [17] FRANK S, HAVLIK P, STEHFEST E, et al. Agricultural non-CO₂ emission reduction potential in the context of the 1.5 °C target[J]. *Nature Climate Change*, 2019, 9: 66-72.
- [18] 清华大学. 第四次气候变化国家评估报告: 减缓气候变化[R]. 北京: 清华大学, 2020.
- [19] 林伯强. 2060 年中国“碳中和”目标的路径、机遇与挑战[N]. 第一财经日报, 2020-11-19(A11).
- [20] 张贤. 碳中和目标下中国碳捕集利用与封存技术应用前景[J]. *可持续发展经济导刊*, 2020(12): 22-24.
- [21] 于泽伟. 碳中和目标下的 CCUS[J]. *能源*, 2020(12): 89-90.
- [22] 中电联理事会办公厅. 新能源及储能发展调研(摘要版)[EB/OL]. (2019-12-31)[2021-03-22]. <https://cec.org.cn/detail/index.html?3-282215>.
- [23] 王灿, 张雅欣. 碳中和愿景的实现路径与政策体系[J]. *中国环境管理*, 2020, 12(6): 58-64.

Carbon Neutrality by 2060 Leads to Fundamental Changes in China's Economic System

GUO Chaoxian

(Institute of Industrial Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100006, China)

Abstract: China has resolutely made the commitment of "reaching the peak of carbon emission by 2030 and carbon neutrality by 2060" in spite of facing many adverse conditions and great challenges, which highlights the great efforts made by China to promote the governance of global climate change and build a community of shared future for mankind. The realization of carbon neutrality by 2060 requires that China's economic system must undergo a thorough green and low-carbon transformation and development. This paper analyzes the revolutionary changes in China's energy system caused by the realization of the carbon neutrality goal, and expounds how the carbon neutrality goal "forces" the fundamental transformation of China's economic development mode from different fields. This paper also discusses the dialectical relationship between carbon peak in 2030 and carbon neutralization in 2060, the synergy of carbon emission reduction and pollution control, the realization of carbon neutrality and the promotion of industrial competitiveness. Finally, this paper puts forward countermeasures and suggestions to promote the fundamental transformation of China's economic system and ensure the realization of carbon neutrality by 2060.

Key words: global climate change governance; carbon neutrality; economic system; energy system; green & low carbon transformation

(责任编辑:冯蓉)