

中国科技创新支撑碳达峰、碳中和的路径研究

刘仁厚, 王革, 黄宁, 丁明磊

(中国科学技术发展战略研究院, 北京 100038)

摘要: 中国提出2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的目标。要实现这一目标, 应充分发挥科技创新的支撑作用, 促使我国能源结构不断优化, 促进碳排放强度下降, 促进产业结构调整。但是, 目前我国在新能源技术利用效率、绿色低碳技术推广应用甚至相关技术创新的体系化能力建设等方面仍然存在一些不足。因此, 科学谋划实现碳达峰、碳中和的路径与方案, 需要立足可持续发展新阶段, 贯彻绿色低碳新发展理念, 统筹好发展与减排、整体与局部、短期与长期的关系, 以科技创新为推动力, 形成绿色低碳的能源结构、产业组合、生产方式、生活方式、空间布局。具体要做到: 加快推进制定出台《科技支撑碳达峰碳中和行动方案》; 强化清洁技术国家战略科技力量, 全面推进绿色低碳科技创新, 推动核心技术突破, 打造市场化应用的技术优势和成本优势; 抓住转型关键期, 全面统筹不同行业、区域的科技优势, 有序实现碳达峰; 加大碳排放重点行业技术创新, 结合新兴技术推动电力替代计划; 加快能源领域科技创新, 提高清洁能源使用比例和效率; 建立健全全国范围内的碳排放权交易市场, 扩大碳市场参与行业、企业规模、交易主体和交易品种, 完善碳税制度。

关键词: 科技创新; 碳达峰; 碳中和; 碳排放; 新能源技术; 绿色低碳; 人类命运共同体

中图分类号: F124.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-6917(2021)08-0001-07

2020年9月22日, 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上表示, 中国将提高国家自主贡献力度, 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]。在碳达峰、碳中和的目标下, 实施碳减排是中国实现绿色低碳发展的重要战略, 同时也面临着重大挑战。“十四五”时期是科技创新实现二氧化碳排放增速转变的重要窗口期, 中国须在科技创新的支撑下, 才能有望如期实现碳达峰、碳中和目标。

一、中国碳排放的现状

(一) 中国碳排放的基本概况

根据《京都议定书》, “温室气体”包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFC_s)、全氟化碳(PFC_s)等。人为活动产生的“温室气体”排放中, 二氧化碳比重最大, 约占能源排放量

收稿日期: 2021-06-23

基金项目: 科技创新战略研究专项项目“应对中美科技战和国际科技规则谈判重大问题研究”(ZLY202002); 北京市软科学计划项目“中美科技战对北京科技创新中心的影响与应对之策研究”(Z20111000050000)

作者简介: 刘仁厚(1987—), 男, 河北衡水人, 博士, 中国科学技术发展战略研究院博士后工作站科研人员, 研究方向为科技创新、能源转型、绿色低碳技术创新; 王革(1968—), 通讯作者, 男, 安徽芜湖人, 博士, 中国科学技术发展战略研究院研究员, 研究方向为科技战略与科技政策、技术预测与技术路线图、技术经济; 黄宁(1987—), 男, 山东临沂人, 博士, 中国科学技术发展战略研究院副研究员, 研究方向为科技创新战略、国际规则与创新政策; 丁明磊(1976—), 男, 河北石家庄人, 博士, 中国科学技术发展战略研究院研究员, 研究方向为科技创新战略与政策、区域与产业创新。

的90%，影响最为重要，因此本文研究的碳排放主要指二氧化碳。人类生产活动产生的二氧化碳约95%来源于化石能源（煤炭、石油、天然气等）的消耗。根据中电传媒能源情报研究中心2016—2020年发布的《中国能源大数据报告》，近年中国一次能源消费中煤炭和石油占比约80%，也是二氧化碳的主要排放源。

随着中国经济迅速发展和生产活动快速扩张，二氧化碳排放量也呈上升的趋势。根据IEA（国际能源署）的数据，中国二氧化碳总体排放量从2005年的54.07亿吨增长到2019年的98.09亿吨，增长将近一倍（见表1）。根据世界银行统计，2005年中国超过美国成为世界第一大碳排放国，到2016年，中国碳排放占世界总排放量的29%（见图1）。

虽然中国二氧化碳排放的总量较高，但也在控制碳排放、实现绿色发展方面取得了积极进展。一方面，二氧化碳排放增速明显放缓。2005—2010年二氧化碳排放年均增速约达8%，2011—2015年下降至3%，2016—2019年进一步下降至约1.9%。另一方面，单位GDP的二氧化碳排放强度逐步下降。根据IEA数据的测算，中国单位GDP的二氧化碳排放从2005年的2.9吨/万元逐步下降到2019年的1吨/万元，降幅约60%。这些进展在很大程度上受益于能源结构的不断调整。

近年来，中国一次能源消费结构呈现出明显的低碳化、清洁化趋势（见表2）。2005—2019年煤炭消费量比重从72.4%下降至57.7%，共下降14.7个百分点，天然气消费量则从2.4%提高到8.1%，清洁能源（一次电力及其他能源）消费量从7.4%提高到15.3%，合计占比提高13.6个百分点。

（二）中国各产业、行业二氧化碳排放量及测算方法

本文根据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》提供的参考方法，使用能源数据来估算主要化石燃

表1 2005—2019年中国二氧化碳排放情况

年份	CO ₂ 排放量(百万吨)		单位国内生产总值CO ₂ 排放量(吨/万元)	
	WDI	IEA	WDI	IEA
2005年	5897.0	5407.5	3.1	2.9
2006年	6529.3	5961.8	3.0	2.7
2007年	6697.7	6473.2	2.5	2.4
2008年	7553.1	6669.1	2.4	2.1
2009年	7557.8	7131.5	2.2	2.0
2010年	8776.0	7831.0	2.1	1.9
2011年	9733.5	8569.7	2.0	1.8
2012年	10028.6	8818.4	1.9	1.6
2013年	10258.0	9188.4	1.7	1.5
2014年	10291.9	9116.3	1.6	1.4
2015年	10145.0	9093.3	1.5	1.3
2016年	9893.0	9054.5	1.3	1.2
2017年	—	9245.6	—	1.1
2018年	—	9528.2	—	1.0
2019年	—	9809.2	—	1.0

数据来源：世界银行世界发展指标WDI、国际能源署IEA、中国国家统计局。

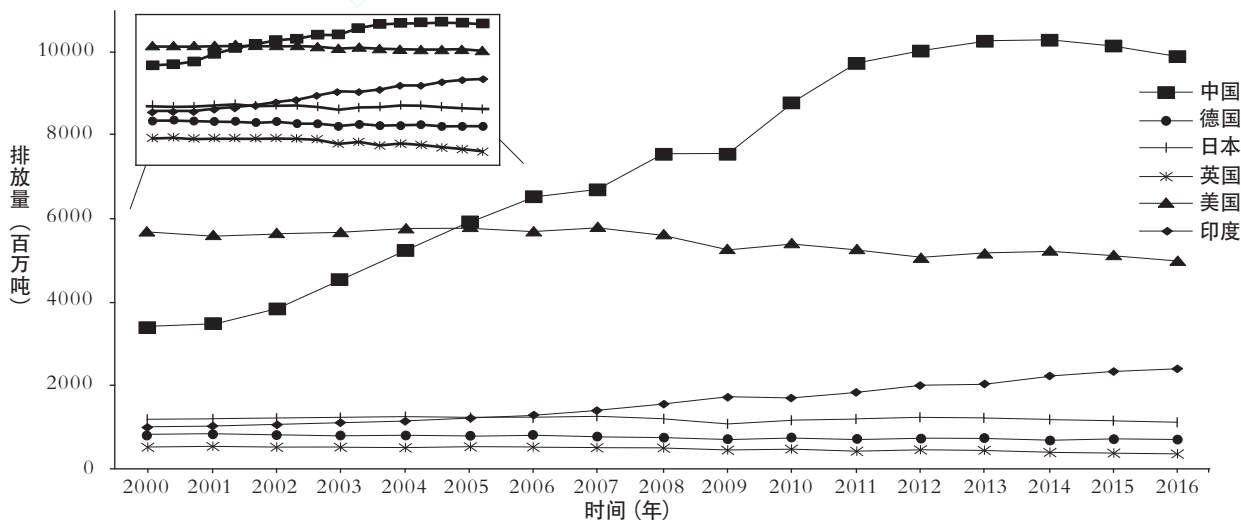


图1 2000—2016年中国、德国、日本、英国、美国、印度二氧化碳排放量及对数分析情况

料燃烧产生的二氧化碳排放量, 测算公式为:

$$CO_2e = \sum_{i=1}^n (E_i * NCV_i * C_c) * 10^{-3} * COF * \frac{44}{12}$$

式中, CO_2e 为二氧化碳排放量, Gg ; E_i 表示第 i 种能源消费量, $kgce$; NCV_i 为第 i 种能源净发热值, TJ/Gg ; C_c 为单位热值碳含量, 吨 C/TJ ; COF 为碳氧化因子, 该值为 1, 表示碳完全氧化; $i=1, 2, 3 \dots$ 表示 i 种能源。

公式中各类能源的相应数值见表 3^[2]。根据公式测算中国各产业、行业二氧化碳排放量结果见表 4。

(三) 中国各产业及行业碳排放的发展特征

虽然中国三次产业及大部分行业的碳排放均呈增长之势, 但不同产业及行业的碳排放也显示出较为明显的差异。

首先, 第二产业在总体碳排放中始终占据较大比重。2011—2018 年第二产业平均占比约为 70%。2018 年工业领域二氧化碳排放量约为 762320 万吨, 占总排放量的 65.93%, 其中制造业和电力热力碳排放约为

表 2 2005—2019 年中国各类能源占能源消耗总量比重 (%)

年份	煤炭	石油	天然气	一次电力及其他能源
2005年	72.4	17.8	2.4	7.4
2006年	72.4	17.5	2.7	7.4
2007年	72.5	17.0	3.0	7.5
2008年	71.5	16.7	3.4	8.4
2009年	71.6	16.4	3.5	8.5
2010年	69.2	17.4	4.0	9.4
2011年	70.2	16.8	4.6	8.4
2012年	68.5	17.0	4.8	9.7
2013年	67.4	17.1	5.3	10.2
2014年	65.8	17.3	5.6	11.3
2015年	63.8	18.4	5.8	12.0
2016年	62.2	18.7	6.1	13.0
2017年	60.6	18.9	6.9	13.6
2018年	59.0	18.9	7.6	14.5
2019年	57.7	18.9	8.1	15.3

表 3 各类能源净发热值、单位热值含碳量、碳氧化率和标准煤折算系数

能源种类	净发热值 (TJ/Gg)	单位热值含碳量 (kg/GJ)	碳氧化率	标准煤折算系数
煤炭	26.7	25.8	0.94	0.7143
焦炭	28.2	29.2	0.93	0.9714
原油	42.3	20.0	0.98	1.4286
汽油	44.3	18.9	0.98	1.4714
煤油	43.8	19.6	0.98	1.4714
柴油	43.0	20.2	0.98	1.4571
燃料油	40.4	21.1	0.98	1.4286
天然气	48.0	15.3	0.99	1.33

数据来源:《中国统计年鉴》。

表 4 2011—2018 年中国各产业及行业二氧化碳排放量 (万吨/年)

行业名称	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
第一产业	18804	19120	19735	19649	20264	21034	21916	21514
第二产业	696045	713070	730460	749273	743570	743482	760850	783598
第三产业	233407	253051	271242	280494	299741	317143	334014	351108
农、林、牧、渔业	18804	19120	19735	19649	20264	21033	21915	21513
采矿业	57372	60103	58614	52148	47748	43544	44343	46504
煤炭开采和洗选业	35518	36953	34741	27871	25478	23118	23633	24458
石油和天然气开采业	9611	9548	10016	10444	10459	9594	9692	9354
制造业	561273	574621	585680	609991	608247	606762	618532	633580
纺织业	18079	17861	18047	17057	17540	17892	18419	18061
石油、煤炭及其他燃料加工	44548	46136	47175	49341	59251	59204	64822	70288
化学原料及化学制品制造业	99820	104250	107999	116167	121356	121819	120922	125631
橡胶和塑料制品业	9533	10278	10658	10922	10858	11118	11689	11743
非金属矿物制品业	93766	92608	89574	91133	87188	85191	81690	80355
黑色金属冶炼及压延加工业	158579	165071	168656	169775	157790	154054	153965	152584
有色金属冶炼及压延加工业	36336	38271	40712	52249	50894	51519	57124	60339
金属制品业	9153	10202	11525	11780	11380	12186	15597	15393
电力、热力、燃气及水生产和供应业	62573	62818	68975	69061	69090	73951	77781	82237
电力、热力的生产和供应业	58459	58401	64423	64290	64168	68796	71682	75538
工业合计	681218	697544	713269	731200	725085	724257	740655	762320
建筑业	14827	15526	17192	18074	18485	19225	20195	21278
批发和零售业、住宿和餐饮业	22410	24529	25965	26617	28045	29503	30517	31835
交通运输、仓储和邮政业	72750	79774	85307	89040	94350	97713	103243	106862
居民生活	96981	103650	111551	115667	123629	133123	140775	148068

94%。二氧化碳排放量最多的前三个行业依次是：黑色金属冶炼及压延加工（占比约为13.2%）、化学原料及化学制品制造（占比约为10.87%）、非金属矿物制品（占比约为6.95%）。

其次，第三产业逐渐成为碳排放增量的主要贡献者。从碳排放增长率来看，第三产业增速明显。2011—2018年第一产业碳排放增幅为14.41%，第二产业增幅为12.58%，第三产业增幅为50.43%。其中居民生活增加约52.68%，交通运输、仓储和邮政业增加约46.89%。2011—2018年第三产业碳排放增量占总增量约57%，是碳排放增量的主要贡献者。

二、中国科技创新支撑碳达峰、碳中和的作用

（一）科技创新支撑能源结构不断优化

科技创新可以促进新能源开发和利用成本不断下降，为能源结构的优化提供巨大支撑。根据国家能源局数据，截至2020年底，中国清洁能源发电装机总规模达到9.3亿千瓦，其中水电3.7亿千瓦、风电2.8亿千瓦、光伏发电2.5亿千瓦，清洁能源占总装机的比重达到42.4%，相比2012年增长14.6%^[3]。以风电、光伏、水电、核能为代表的清洁能源比例大幅提高，主要得益于新能源技术和材料技术的进步促进了成本的大幅降低。近十年来通过科技创新，风电、光伏逐步进入平价时代，陆上风电发电单位千瓦平均造价下降30%左右，光伏组件、光伏系统成本分别从30元/W和50元/W下降到目前的1.8元/W和4.5元/W，均下降90%以上^[4]。

（二）低碳技术开发与应用促进碳排放强度下降

近年来，中国不断发展低碳技术，推动传统能源工业的科技革新。以煤炭工业为例，大力推广超临界、超超临界机组及热电联供技术，国家能源集团98%常规煤电机组实现超低排放，新建机组发电煤耗降至256g/千瓦时，为世界最低^[5]。推动煤气化为核心的IGCC和燃料电池联合循环技术、煤炭高效清洁利用技术的开发和应用，推进煤气化重要技术装备国产化；研发新型煤基路线化工工艺，成功开发煤制烯烃工艺技术，有效推进了煤炭的绿色低碳转型，提高了煤炭的使用效率和经济价值。在低碳技术开发与应用的支撑下，中国碳排放强度逐年下降，2019年较2005年单位GDP二氧化碳排放量下降约60%。

（三）负排技术快速发展为达成碳排放目标提供有力支撑

CCUS（二氧化碳捕获、利用及封存技术）作为一种负排技术，对于降低全球二氧化碳排放量至关重要，也是中国践行低碳发展战略的重要技术选择。过去十年来，CCUS技术在全球迅速推广应用，到2020年，全球二氧化碳捕获能力已经达到4000万吨^[6]。中国CCUS技术的开发与应用同样在相关政策的推动下迅速发展。根据中国节能咨询数据，截至2018年底，全国已建成或运营的万吨级以上CCUS示范项目约13个，正在部署中大规模全流程的集成项目有14个，包括9个捕集项目、12个利用与封存项目，累计二氧化碳封存量约200万吨，相关的各项研究和技术优化也在快速开展。

（四）科技创新促进产业结构调整，低碳排放行业占比升高

从前文所列中国各行业二氧化碳排放数据可以发现，产业结构的调整对控制碳排放起到了一定的正向作用。2011—2018年，第一产业（增加值）平均二氧化碳排放强度为0.35吨/万元，第二产业（增加值）为2.66吨/万元，第三产业（增加值）为0.91吨/万元。与第二产业相比，第三产业的各行业是明显的低碳排放行业，其比重的增加对于降低整体碳排放增速具有积极作用。近年来，新一代信息技术和服务行业、金融业等第三产业快速融合发展，以“互联网+”赋能的多种科技创新组合深刻改变了人们的生活方式，网上购物、平台经济、移动支付等行业高速发展。科技创新推动第三产业等低碳排放行业规模增加，从而间接降低了二氧化碳排放强度。2011年中国第三产业增加值占GDP的比重为43.1%，2018年提升至52.2%。与此同时，第三产业二氧化碳排放强度也在不断降低，从2011年的1.14吨/万元降至2018年的0.71吨/万元。

三、中国科技创新支撑碳达峰、碳中和存在的问题

科技创新支撑碳达峰、碳中和具有巨大的发展潜力和广阔的发展前景，但目前中国在新能源技术利用效率、绿色低碳技术推广应用甚至相关技术创新的体系化能力建设等方面仍然存在一些不足。

（一）新能源技术利用效率偏低

近年来中国新能源快速发展，但总体而言，新能源技术的使用效率仍然偏低。根据BP世界能源统

计年鉴,世界一次能源消费(化石能源)继续增加,2018年全球一次能源消费增长为2.9%,中国贡献约为34%,2019年全球一次能源消费增速放缓至1.3%,中国占全球增长的75%以上。虽然2019年中国非化石能源比重提高到15.3%,风电、光伏等发展迅速,提前一年完成“十三五”规划目标,但新能源使用比例仍较低、发电利用率偏低。平均弃风、弃光率较高,根据国家能源局数据,2018年新疆弃风率达23%、弃光率16%,甘肃弃风率19%、弃光率10%,内蒙古弃风率10%;2019年新疆弃风率14.0%,甘肃弃风率7.6%,内蒙古弃风率7.1%。主要原因是发电侧新能源储能技术发展不足、火电机组低负荷运行技术仍无法提供有效支撑;电网侧高效平稳并网接入技术仍未能突破,新能源电力消纳困难。

(二)绿色低碳技术工业化应用不足

过去十年,中国在绿色低碳科技领域开展了大量研究, Elsevier发布的可持续发展目标科研数据分析报告显示,2015—2019年中国发表的与可持续发展目标相关的文章超过69万篇。然而绿色技术工业化应用较低,科研院所、高校、企业科研相结合方式没有打通,企业注重自身碳排放的损益,科研院所和高校关注碳减排前沿科学和技术,无法形成有效的清洁技术创新链,缺少科技战略统筹性布局。实现“双碳”目标需要系统的科技创新支撑,需要多主体协同参与,涉及多行业和多种绿色技术创新,但目前科技创新和低碳转型结合还不够,缺少实现支撑碳达峰、碳中和的科技行动方案。对绿色低碳技术体系发展中的关键科技问题比如CCUS技术标准制定、温室气体排放计量标准统一、二氧化碳吸附量核算、新能源与传统能源的互补融合等研究不足。

(三)高碳排放行业绿色技术替代缺乏动力

中国工业领域碳排放占比从2011年的71.84%降到2018年的65.93%,但年平均占比达到68.69%,仍为最主要的高碳排放源。高碳行业在绿色低碳技术转型上并没有明显改善,主要原因在于缺乏绿色技术替代的动力。

第一,高碳行业产业规模大,技术和装备更新成本高。2011—2018年石油、煤炭及其他燃料加工行业二氧化碳排放占比由4.7%上升到6.08%。根据中国石油经济技术研究院的数据,一方面,2020年石油的进口依存度已经上升到73%;另一方面国内的成品油市场供大于求,2019年成品油出口破5000万吨^[7]。与供大于求、进口依存度高矛盾的是炼油规模还在不断增加,预计2021年产能达到10.4亿吨,2023年达到10.5亿吨。钢铁行业2018年二氧化碳排放占比达13.2%,是所有行业中碳排放最高的,2020年中国的铁矿石对外依存度超80%,全年粗钢产量达10.53亿吨,占全球产量的60%。中国钢铁和炼油行业产能分别为世界第一和第二,仍将继续增加,这也使得大规模技术和装备更新成本加大。

第二,高碳行业科技创新程度低,结构调整慢。二氧化碳排放量最高的四个典型行业分别为钢铁、无机酸碱盐和化肥生产、水泥制造、石油炼化,行业资源垄断性特征明显,工艺和技术路线均采用传统成熟的方案。虽然大型企业设有相应研究院所进行技术创新,但新工艺研发缓慢,新技术工业化应用比例低,产业升级主要依靠扩大产能。中国钢铁仍以高炉—转炉长流程生产工艺为主,具有低排放优势的电炉短流程炼钢技术推进缓慢。

第三,高碳行业固定资产投资规模大,不同地区产业结构调整和技术升级动力不足。高碳企业同时作为制造业的重要基础,固定资产投资规模大,一般为地区城市最重要的经济支柱。但从行业整体来看又有规模、技术工艺先进程度、产业链完整度等区别,因此本应在行业内淘汰的落后产能在地方政府眼中可能为支柱企业。以山东省为例,原油一次加工能力占全国三分之一,但产能62%的地炼企业处于价值链中低端。2014年发布的《山东地方炼化产业转型升级实施方案》提出,到2017年全省地炼企业平均规模提高到450万吨/年,到2020年提高到500万吨/年。2018年10月山东省政府发布的《关于加快七大高耗能行业高质量发展的实施方案》要求,2022年对城市人口密集区和300万吨及以下的地炼企业炼油产能进行整合转移,2025年对500万吨及以下地炼企业炼油产能分批分步进行整合转移,但至今未出台可操作细则。根据规划,到2025年山东省地炼企业的准入门槛为500万吨/年。截至2020年底,山东省存量地炼企业的规模刚超过200万吨/年,500万吨以上企业仅六七家^[8],地方在产业结构调整和技术升级中的推动力明显不足。

(四)第三产业清洁技术创新支撑不够

2011—2018年,二氧化碳排放增量主要来源于第三产业的增长,居民生活,交通运输、仓储和邮政,以

及批发和零售、住宿和餐饮三个行业平均二氧化碳排放增长约为47.21%。2018年居民生活, 交通运输、仓储和邮政两个行业的二氧化碳排放占第三产业总排放量的72.6%。与工业领域二氧化碳排放主要源于固定源消耗不同, 第三产业二氧化碳排放主要为移动源消耗。以交通运输为例, 近几年中国汽车保有量每年新增2500万辆以上, 而相应碳排放增速与机动车总量增加关联稳定; 同时整体货运结构不合理, 2019年公路运输占全社会货运总量比重为74.3%, 成为主要碳排放移动源。但替代汽油的动力电池技术、替代柴油的燃料电池技术, 以及AI、大数据等赋能的数字交通技术等, 在实现绿色低碳转型上仍无法提供有效支撑。

(五) 全链条绿色技术创新的体系化能力欠缺

第一, 先进低碳技术研发体系尚未形成。高校、科研院所关注前沿科学发展和新技术的试验, 短期内很难形成规模化或者商业化的应用。由于目前尚未出台《2030年前碳达峰行动方案》, 全国范围内的碳交易市场和碳税等相关制度尚未完全建立, 行业和企业对实现绿色转型的认识也有不足, 企业自身组织力量进行绿色清洁技术的研发缺乏内生动力。目前围绕绿色低碳技术, 多方参与的系统性科技创新体系尚未形成。

第二, 工业清洁技术替代体系尚未形成。目前对钢铁、化工、有色金属冶炼等碳排放高的行业, 需重点研发氧气高炉、氢能冶炼和新型低碳工艺等技术。与传统技术相比, 由于涉及新装备研发、工艺安全和技术成熟等多方面原因, 上述技术短期内难以实现替代。

第三, CCUS技术体系尚不成熟。目前CCUS技术多处于实验阶段, 成本较高, 大规模工业化应用尚不成熟, 在工业上二氧化碳排放端如果进行CCUS技术升级, 企业整体运行成本和能耗都会增加。数据表明以现有的技术水平在部署CCUS时将使一次能耗增加10%~20%, 如果仍使用化石能源, 则会增加二氧化碳的排放^[9]。

四、中国科技创新支撑实现碳达峰、碳中和的路径和建议

科学谋划实现碳达峰、碳中和的路径与方案, 需要立足可持续发展新阶段, 贯彻绿色低碳新发展理念, 统筹好发展与减排、整体与局部、短期与长期的关系, 以科技创新为推动力, 形成绿色低碳的能源结构、产业组合、生产方式、生活方式、空间布局。

第一, 加快推进制定出台《科技支撑碳达峰碳中和行动方案》。以2030年前碳达峰、2060前碳中和为依据, 从新能源开发、储能、输送、终端应用等维度出发, 分阶段制定近期、中期、远期科技创新支撑方案。加强绿色低碳技术研发布局, 实施清洁低碳技术、全新零碳技术、先进负碳技术的研究计划。着力解决制约绿色低碳技术发展的因素, 破除新技术融合壁垒, 支持绿色技术规模化和工业化示范工程。坚持基础科学研究与科技创新并重, 以能源革命为契机, 布局重大基础科学研究内容, 重点解决绿色低碳技术创新的卡脖子问题。坚持市场应用为导向, 推动产业绿色升级改造, 支持新型绿色低碳产业发展。

第二, 强化清洁技术国家战略科技力量, 全面推进绿色低碳科技创新, 推动核心技术突破, 打造市场化应用的技术优势和成本优势。围绕构建新能源技术体系, 建立清洁能源国家实验室, 实现光伏、风电、核电关键核心技术自主可控, 保障产业链、供应链安全。加大新型储能技术研发, 结合人工智能、大数据构建新型安全的清洁电力替代系统。针对高碳排放重点行业, 推动绿色技术研发, 实现生产工艺的绿色低碳升级。加大CCUS技术研发, 通过多场景和规模化应用降低成本, 减少能耗。面向资源节约, 布局研发碳循环利用技术, 开发不同种类废弃物再利用技术和节能环保技术。建立绿色低碳科技创新服务平台, 推动绿色低碳技术重大突破, 部署低碳前沿技术研究, 推广减污降碳技术。

第三, 抓住转型关键期, 全面统筹不同行业、区域的科技优势, 有序实现碳达峰。推动政府、企业、高校、科研院所等多主体参与, 协同实现绿色低碳转型发展。坚持顶层设计, 统筹安排, 从两个维度进行有序推动碳达峰。时间维度上, 推动新能源占比较高的能源生产企业、电力为主要能源的高技术企业、清洁技术占比较高的制造业、终端服务业等有条件的企业率先实现碳达峰, 按照行业类型、规模、技术种类合理规划碳达峰时间表。空间维度上, 根据不同区域的能源特点, 制定碳达峰技术路线。在能源富集的西北地区, 开展煤炭高效清洁利用技术, 开发风光资源率先实现能源清洁化; 在水、风、光、天然气资源丰富的西南地区, 形成多能互补, 综合开发利用; 在煤炭消费超过70%的京津冀地区, 重点推进减污降碳技术开发应用, 实施清洁能源替代; 在能源高度依赖外部输送的长三角地区, 利用科技创新优势, 推动海上风电开发, 提

高能源使用效率;在60%电力由外部输送的珠三角地区,积极开发海上风电,研发海洋油气资源利用技术。

第四,加大碳排放重点行业技术创新,结合新兴技术推动电力替代计划。“十四五”时期需对已开工建设或投产的相关产业,如钢铁、煤炭、石油加工、水泥等加大技术改进,支持在原料脱碳、工艺技术清洁改造、CCUS加装、全流程节能等环节的科技创新。严格控制增量,淘汰技术落后产能,率先实现高碳排放重点行业的碳达峰目标。利用大数据、人工智能等新技术对固定源碳排放进行监测和有效治理,通过科技创新实现二氧化碳排放量的下降。倡导节约能源资源的生活方式,推动交通运输领域的电力改造,推动新能源汽车领域的技术创新,完善以绿氢为核心的生产、存储、运输、应用全产业链科技创新,推进绿氢燃料电池研发,加快商业应用。降低移动源碳排放数量和强度,合理提高第三产业比重,提升能源使用效率。

第五,加快能源领域科技创新,提高清洁能源使用比例和效率。“十四五”期间应进一步加大煤电装机技术改进,新建机组发电效率应达40%以上,同时淘汰技术落后、能耗高、排放高的燃煤机组,合理控制煤电总装机量。提升煤炭和石油的使用效率,适当提高天然气在生产生活中的比例,降低二氧化碳排放增速。实施清洁能源替代计划,加大新能源领域科技创新,提高光电转化效率、降低成本,增加光伏和风电的装机容量,提高以光伏、风电为主的新能源占比。按照“源网荷储”“多能互补”的发展思路,大力提高储能在新能源中的应用,加大新型储能技术研发,有效解决“弃风、弃光”等问题,通过分布式能源、虚拟电厂、智能电网等技术方案,提高新能源电力使用效率和安全性,构建以新能源为主体的新型电力系统。

第六,建立健全全国范围内的碳排放权交易市场,扩大碳市场参与行业、企业规模、交易主体和交易品种,完善碳税制度。积极发展绿色金融,完善绿色低碳发展的财税、价格、金融等政策机制。充分利用金融、市场等优势推动企业进行清洁技术升级投入,同时降低企业二氧化碳减排成本,提高企业减排效果。给予率先实现碳达峰的企业一定的市场竞争优势,形成绿色低碳转型的激励机制。

当今世界正经历新一轮科技革命和产业变革,发达国家和地区都在积极推动以绿色能源、低碳产业、清洁技术为主体的新一轮工业革命。中国2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和是重大的战略决策,这不仅是一场经济社会的系统性变革,更是中国建设成为世界科技强国的必然选择。党的十九届五中全会提出坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。为此,应充分发挥科技创新在实现绿色低碳转型中的关键作用,通过科技创新支撑国家如期实现碳达峰、碳中和目标,完成绿色低碳转型的战略任务。

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(03).
- [2]The Intergovernmental Panel on Climate Change.2006 Ipcc Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories[R].
- [3]中华人民共和国国务院新闻办公室.国新办举行中国可再生能源发展有关情况发布会[EB/OL].(2021-03-30)[2021-05-06].http://www.nea.gov.cn/2021-03/30/c_139846095.htm.
- [4]中国光伏行业协会.中国光伏产业发展路线图(2020年版)[EB/OL].(2021-02-03)[2021-05-06].http://www.chinapv.org.cn/road_map/927.html.
- [5]姜琳.国家能源集团:常规煤电机组98%实现超低排放[EB/OL].(2019-05-21)[2021-05-06].http://www.nea.gov.cn/2019-05/21/c_138076983.htm.
- [6]International Energy Agency. Carbon capture, utilisation and storage: the opportunity in Southeast Asia[R].2021.
- [7]钱兴坤,刘朝全,姜雪峰,等.全球石油市场艰难平衡发展风险加大——2019年国内外油气行业发展概述及2020年展望[J].国际石油经济,2020(1):2-9.
- [8]山东省13家炼油企业正式退出市场[EB/OL].(2020-12-25)[2021-05-06].<https://kuaibao.qq.com/s/20201225A0B9QC00>.
- [9]米剑锋,马晓芳.中国CCUS技术发展趋势分析[J].中国电机工程学报,2019(9):2537-2544.

责任编辑:黎伟盛