



支撑“双碳”目标实现的问题辨识与关键举措研究

郑国光

(国务院参事室, 北京 100006)

摘要: 中国作为世界上最大的发展中国家和主要的能源消费国与碳排放国, “双碳”目标对中国经济社会绿色低碳发展提出了更高要求。实现“双碳”目标是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革, 需要在科学认识的基础上, 辨识实现“双碳”目标的问题与挑战, 研究提出推进“双碳”工作的关键举措。在坚持问题导向基础上, 剖析了“双碳”问题的来源, 探究了“双碳”问题的本质与深层表现; 系统分析了中国实现“双碳”目标面临的挑战与条件基础, 统筹发展与减排等多对关系; 提出了推动能源绿色低碳转型、推进重点领域节能、推广应用节能低碳技术和产品、完善绿色低碳发展体制机制、促进资源节约集约利用、巩固和提升生态系统碳汇能力、加强国际交流与合作等实现“双碳”目标的关键举措。

关键词: 碳达峰; 碳中和; 气候变化; 能源转型; 低碳发展

DOI: 10.11930/j.issn.1004-9649.202310073

0 引言

习近平总书记在第 75 届联合国大会一般性辩论上作出了中国二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和的承诺^[1]。实现碳达峰碳中和是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求, 是党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策。自“双碳”目标提出以来, 社会各方围绕目标内涵、挑战与实施路径^[2-7]等展开了深入探讨。作为服务全社会碳减排、支撑经济社会低碳转型的关键领域, 能源电力行业的发展策略更是受到高度关注^[8-9]。经过实践探索, “双碳”工作取得了一定成效, 随着“双碳”工作指导意见等文件的发布及碳达峰碳中和“1+N”政策体系的建立^[10-11], “双碳”工作已经进入了实质性推进阶段。但部分地方、部分行业的减碳工作仍出现了一些乱象, 遇到了不同程度的困难, 对于“双碳”目标背后的科学基础、国际背景等基本问题的认识还较为有限, 实现“双碳”目标的挑战依旧严峻。针对于此, 本文立足更好推动认识碳达峰碳中和, 坚持问题导向, 从“双碳”问题的来源出发, 剖析了“双

碳”问题的本质, 结合当前推进“双碳”工作面临的形势与挑战, 提出了支撑“双碳”目标实现的若干关键举措, 以期科学认识“双碳”问题和推进“双碳”工作提供参考。

1 “双碳”问题的来源

“双碳”问题源自应对气候变化。气候是长时期内(月、季、年、数年)天气的平均或统计状态, 主要反映一个地区的冷、暖、干、湿等基本特征, 通常由某一时段(世界气象组织规定一般为 30 年)内的平均值和极端值表征。气候变化则是指气候平均值(如平均气温、平均降水量等)和极端值出现了统计意义上的显著变化。平均值的升降, 表明气候平均状态的变化; 气候极端值增大, 表明气候状态不稳定性增加, 气候异常更加明显。

1988 年, 根据联合国大会的决议, 由世界气象组织和联合国环境署联合成立了联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC), 负责组织科学家对气候变化的科学问题、适应问题和减缓问题等进行评估, 主要是为《联合国气候变化框架公约(UNFCCC)》谈判提供科学支持, 至今已先后发布了 6 次评估报告(见图 1)。

从过去 30 多年来的气候变化国际谈判进程来

收稿日期: 2023-10-25; 修回日期: 2023-11-06。

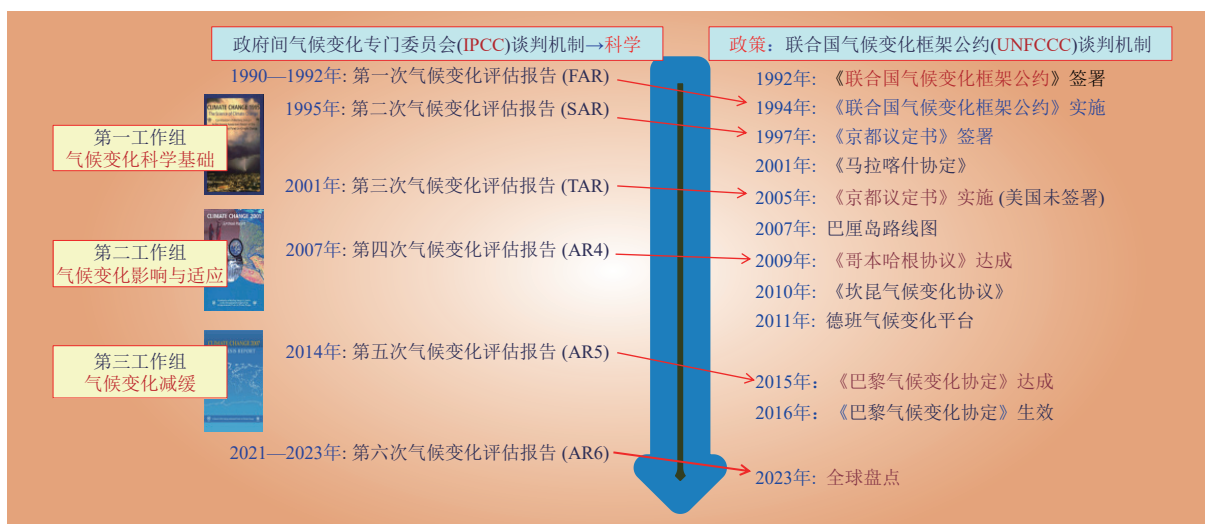


图 1 IPCC 评估报告与国际应对气候变化进程

Fig. 1 IPCC assessment report and international climate change response process

看，气候变化问题已由科学问题转化为经济、外交和政治等议题，成为人类发展和全球安全问题，是国际社会和各国政府高度关注的重要全球性问题。对于气候变化问题，没有哪个国家可以独善其身，其本质还是发展问题。

应对气候变化包括适应和减缓两方面。其中，适应气候变化的关键在于降低人类活动对气候变化的脆弱性（敏感度）和暴露度（人财物集中度）。而减缓气候变化的路径是减少大气中的 CO₂ 排放，实现碳达峰，进而实现碳中和。IPCC 第六次气候变化评估报告强调，要将人为引起的全球变暖限制在特定水平，需要限制累积 CO₂ 排放，至少达到 CO₂ 的净零排放。实现全球温升保持在 2℃ 限度内的目标，需要在 2070 年之后实现净零排放（即碳中和）；而实现全球温升保持在 1.5℃ 限度内的目标，则要在 2050 年左右实现净零排放，并在之后采取强有力的负排放措施^[12]。

气候变化是当今时代的“根本性问题”，世界各国已基本上对积极应对气候变化达成共识。截至 2022 年 9 月，世界上已有 143 个国家和地区（部分见表 1），84 个城市，419 个企业承诺碳中和相关目标，这些国家（集团）的温室气体（GHGs）排放量占全球排放的 75%，经济总量占全球超过 80%。

在各方共同努力下，近年来全球减少 CO₂ 排放行动取得一定成效。根据 IPCC 在 2022 年 4 月 4 日发布的第三工作组报告《气候变化 2022：减缓气候变化》，虽然 2010—2019 年全球温室气

表 1 世界部分国家或地区应对气候变化行动目标

Table 1 Action targets for some countries or regions around the world to address climate change

| 表述 | 国家或地区（达标目标年） |
|-----------------------|---|
| 碳中和 | 马尔代夫（2030）、巴巴多斯（2030）、冰岛（2040）、法国（2050）、挪威（2050）、智利（2050）、哥伦比亚（2050）、巴布亚新几内亚（2050）、巴拿马（2050）、摩纳哥（2050）、乌兹别克斯坦（2050，仅电力部门）、中国（2060）、哈萨克斯坦（2060）、毛里求斯（2070） 埃塞俄比亚（时间不明）、安道尔（时间不明）、日本（2050，包括所有温室气体）、韩国（2050，包括所有温室气体）、葡萄牙（2050，包括所有温室气体）、斐济（2050，包括所有温室气体）、多米尼克（已实现，将保持）、萨摩亚（已实现、将保持）、俄罗斯（2060）、印度（2070） |
| 气候中和 | 芬兰（2035）、欧盟（2050）、丹麦（2050）、奥地利（2050）、捷克（2050）、西班牙（2050）、比利时（2050）、爱尔兰（2050）、匈牙利（2050）、瑞士（2050）、巴西（2060） |
| 温室气体中和 | 德国（2045）、多米尼加共和国（2050） |
| 净零排放 | 瑞典（2045）、美国（2050）、加拿大（2050）、马绍尔群岛（2050）、哥斯达黎加（2050）、马拉维（2050）、瑙鲁（2050）、尼泊尔（2050）、老挝（2050）、阿根廷（2050）、新西兰（2050，不包括生物甲烷）、新加坡（21世纪后半叶）、澳大利亚（尽快） |
| 100% GHGs 净减排 | 英国（2050） |
| 净零碳排放 | 南非（2050，包括所有温室气体） |
| 净零 CO ₂ 排放 | 梵蒂冈（2007） |
| 净碳汇/负碳 | 不丹（已实现，将保持）、圭亚那（已实现）、苏里南（已实现）、纽埃（已实现）、塞舌尔（已实现，预计将保持到2030）、乌拉圭（预计2030年实现，到2050年碳中和） |



体排放量持续增加，但平均增速已低于 2000—2009 年。从历史累积排放量来看，1850—2019 年人类活动累积排放 CO₂ 的 58% 是在 1990 年前排放的。受新冠疫情影响，2020 年全球 CO₂ 排放量比 2019 年降低了 5.8%。

2 科学认识“双碳”问题

“双碳”问题愈发成为国际社会共同应对气候变化的焦点问题，对中国来说更是一场国内与国外、当前与长远、发展与稳定等交织的整体战。科学认识“双碳”问题，全面把握“双碳”工作的实践要求，对于在当前和今后一个时期扎实做好“双碳”工作具有重要的理论和现实意义。

2.1 碳中和是碳排放与碳吸收实现平衡

碳排放或碳源是指某一主体在某一时间段内所产生的温室气体直接排放与间接排放的集合，其中温室气体排放用碳作为代表。碳吸收或碳汇狭义是指地球上植物光合作用吸收的大量 CO₂，而广义的碳吸收还包括碳捕集和封存。当人为碳排放量小于人为作用叠加自然过程产生的碳吸收时，即认为实现了碳中和。

因此，碳中和并不意味着人为碳排放量为零。为实现碳中和目标，一是要降低碳源，即减少人为碳排放量，包括开发利用可再生能源、节约能源等；二是要增加碳汇，即增加木材蓄积量和土壤有机碳，采用碳捕获封存工程等。以 2019 年为例，全球碳排放量为 401 亿 t，被陆地和海洋碳汇吸收 217 亿 t，滞留在大气中 184 亿 t，实现全球碳中和，就是要通过减少人为碳排放量、增加木材蓄积量、采用碳捕获封存技术等，抵消滞留在大气中的 184 亿 t CO₂，降低温室效应。

2.2 “双碳”问题深层次是能源问题

为实现“双碳”目标，必须控制碳排放增长。目前，能源燃烧产生的 CO₂ 排放量占中国 CO₂ 排放总量的 88% 左右。长期以来，中国能源资源禀赋还是“一煤独大”和“富煤贫油少气”，中国煤炭占已探明化石能源资源总量的 94% 左右，制约减排进程。针对以煤为主的能源结构，中国一直将煤炭清洁高效利用作为煤炭产业发展方向。近年来，随着新能源开发规模不断扩大，中国燃

煤发电占比虽然持续下降，但仍是最重要的电力供应来源。2022 年，中国煤电发电量占全国发电总量的 58.4%。因此，碳达峰、碳中和的深层次问题是能源问题，解决能源问题的核心还是煤炭煤电转型。

碳达峰、碳中和不能简单看成是“去煤化”。一方面，中国石油和天然气对外依存度较高，新能源等尚未形成可靠替代，煤炭仍是中国保障能源供应的基础能源，以煤为主的能源结构短期内难以改变；另一方面，煤电作为传统劳动密集型产业，其退出将影响到数百万人就业，若延伸至上游煤炭行业，则波及的范围会更大，员工安置、社会保障等问题事关社会稳定的民生大局。

2.3 实现“双碳”目标的关键是可再生能源的开发利用

可再生能源替代化石能源是实现“双碳”目标的主导方向，构建清洁低碳、高效安全的能源生产和消费体系是必然趋势。2022 年，中国非化石能源占一次能源的 17.4%，但可再生能源规模化、产业化发展仍面临系统调峰、远距离输送、配置储能等技术问题，抬高了可再生能源电力成本，制约了可再生能源长远健康发展。

从可再生能源的自身技术特性来看，风电、光伏发电等由于自然条件的影响导致其发电出力不确定性大；生物质发电的供应源头分散，原料收集难度较大；而核电则存在核燃料资源限制和核安全问题。从近中期发展来看，基于中国国情，为了保证电力的经济、可靠供应，依然要巩固发挥煤电的兜底保障作用。考虑到可再生能源发电具有波动性、随机性和间歇性的特点，以及可再生能源大范围优化配置的客观要求，实现从化石能源为主向可再生能源的转变，需要在技术装备、系统结构、体制机制、投融资等方面进行全面变革。

2.4 “双碳”问题本质是发展问题

碳达峰是碳排放达峰，不是能源消费达峰，也不能因减碳而消减“生产力”。习近平总书记强调，推进“双碳”工作是顺应技术进步趋势、推动经济结构转型升级的迫切需要，要注重处理好发展和减排的关系，减排不是减生产力，也不是不排放，而是要走生态优先、绿色低碳发展道路^[13]。产能替代将带来产业结构的重大调整，在

提供重大技术创新和投资机遇的同时，也将伴随配套的制度变革和创新，推动经济社会实现系统性变革。

实现“双碳”目标的关键是用绿色低碳技术替代传统技术，在保证必要能源供应的前提下通过调整能源结构减少碳排放，而不是通过限制用能、减少生产能力等人为影响正常供求关系的方式实现碳减排。节能可以实现碳减排，但节能不等同于碳减排，尤其中国人均收入水平与中等发达国家的人均收入水平还有一定差距，人均能耗还有较大的增长空间，不能因能源消费控制而制约了应有的经济增长速度。另一方面，基于环境污染物和碳排放高度同根同源的特征，碳减排与常规污染物治理可以协同推进，而发展并推广低排放、低成本的绿色技术，既能促进经济增长，也有利于减污降碳协同，从而推动经济社会发展全面绿色转型。

2.5 深度脱碳技术面临可行性挑战

实现碳中和面临 3 个方面的挑战：从科技新角度来看，需要研发和利用低碳、零碳、负碳技术，但各类技术系统集成难、成本昂贵，目前的成熟度不够，亟需系统性的技术创新；从能源系统角度来看，通过以化石能源为主向以可再生能源为主的能源体系转变，才能实现能源体系的净零排放；从脱碳成本角度来看，可再生能源电力可为约 50% 人类活动温室气体排放低成本脱碳，年度减排成本约为 2 200 亿美元。如果要达到 75% 脱碳，则年成本可能超过 1 万亿美元。

碳捕集、利用与封存（carbon capture, utilization and storage, CCUS）技术和电化学储能等新型储能技术分别作为实现化石能源规模化低碳利用和非化石能源大规模开发利用的关键支撑技术，其成本变化将直接影响脱碳成本。对于 CCUS 技术，除装置本身投入和运行维护成本较高外，目前 CO₂ 较高的运输成本和环境影响的不确定性及其二次排放的风险也制约着 CCUS 技术的进一步推广应用，尚无法形成规模经济。对于新型储能技术，目前中国主要以锂电池储能为主，受上游原材料涨价及新能源汽车动力电池需求持续高速增长等因素的影响，锂电池储能成本下降压力增大，经济性不足问题亟待解决。

3 “双碳”目标面临的挑战与实现基础

3.1 面临的挑战

3.1.1 中国碳排放仍处于增长阶段

当前，中国仍处于工业化、城镇化进程中，一次能源及电力需求将持续增长，碳排放也将处于增长阶段。从碳排放总量看，近年来欧盟排放明显下降，美国、日本等发达国家排放基本保持稳定，中国、印度等发展中国家排放持续快速增加。从人均碳排放量来看，发达国家稳中有降，中国持续增加，已高于世界水平，但仍远低于美国水平。若考虑历史人均累计碳排放量，1850—2021 年期间中国历史人均累计碳排放量约为 197 t/人，远低于加拿大（1751 t/人）、美国（1547 t/人）、澳大利亚（1388 t/人）、英国（1100 t/人）等发达国家的水平（见图 2）。

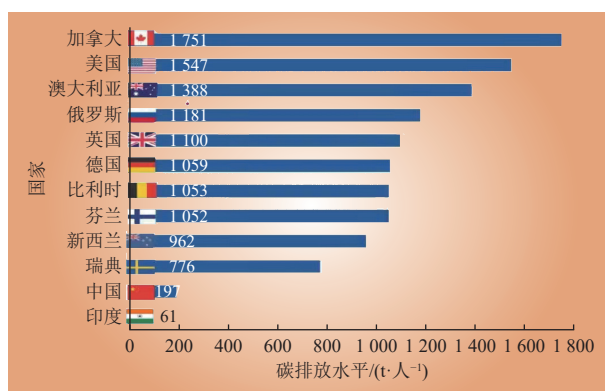


图 2 世界主要国家 1850—2021 年人均累计碳排放
Fig. 2 Accumulated per capita carbon emissions of major countries in the world from 1850 to 2021

制造业是实体经济的基础，是国家经济命脉所系。虽然中国制造业对 GDP 的贡献率高于全球平均水平，但是与资源国的原料开采和发达国家的高端制造业相比，中国主要承担的加工制造环节能源资源消耗强度更大、单位 GDP 碳排放量更高。整体来说，中国制造业处于全球价值链中低端，通过调整产业结构降低碳排放强度的难度要远大于发达国家^[14]。

3.1.2 中国的资源禀赋和能源结构难以满足低碳发展要求

“富煤、贫油、少气”是中国能源资源禀赋基本特征，石油、天然气对外依存度较高，虽然进口来源较为多元，但是主要集中在部分政治不



稳定区域，且比较依赖海上运输通道。虽然中国风电、光伏发电装机目前稳居世界第一，但是新能源等非化石能源消费占比仍然偏低，短期内中国以煤为主的能源结构不会改变。

能源发展同样离不开矿产资源的保障。因为新能源需要一定的载体转换成二次能源，如太阳能电池板、风力涡轮机等，这些载体本身需要大量的矿产资源（见图 3），所以与传统能源相比，新能源对矿产资源的依赖更强、需求更大。确保关键矿产资源的稳定供应成为推动清洁低碳发展和保障能源安全新的关键所在。目前中国部分关键矿产资源供需形式较为严峻，锂、镍、钴、铜等国内资源储量占全球比重均低于 20%，主要依赖进口。

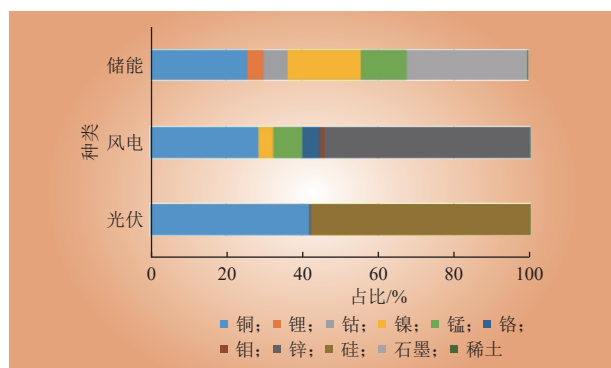


图 3 新能源产业上游重要矿产资源需求量占比情况
Fig. 3 The proportion of important mineral resource demand in the upstream of the new energy industry

3.1.3 中国碳达峰和碳中和实现年份间距明显小于发达国家

不同国家推进碳达峰碳中和的进度有所不同，从目标年来看，欧盟、美国、日本等大部分国家和经济体提出在 2050 年实现碳中和目标；从时间跨度来看，世界各国从碳达峰到实现碳中和平均需要 50 年以上。欧美主要发达国家碳排放随经济结构调整和产业转移实现自然达峰，在经历了漫长的平台期后开始缓慢下降，且得益于其能源强度和碳排放强度的降低，已经实现 GDP 增长和 CO₂ 排放脱钩。当前，中国仍处于工业化和城镇化阶段，碳排放与经济发展之间存在较强的耦合关系，一次能源消费与碳排放将继续保持一定增长。中国宣布从碳达峰到碳中和的间隔时间为 30 年，不足欧盟从碳达峰到承诺碳中和时间间隔

的一半，中国需要用最短的时间完成全球最高碳排放强度降幅。

3.1.4 技术储备和低碳技术能力不足

在政策支持和科技进步的共同作用下，中国水能、风能、太阳能等可再生能源行业发展迅猛，电动汽车、储能、氢能等产业快速发展，但面向“双碳”目标仍存在诸多挑战。

水能方面，生态环境保护约束下水电工程开发建设难度不断增大。新能源方面，产业技术体系存在不足，在集成电路设计、封装检测以及软件开发等环节落后于世界顶尖水平，碳化硅等器件与国外存在技术代际差距，功率半导体供应链被国外厂商垄断。氢能方面，典型应用场景成本偏高，绿氢制取技术效率较低，高压储氢设备、氢燃料电池等技术与国外相比存在较大差距。新型储能除成本偏高外，如何满足长时储能需求、进一步提升安全性也是亟待解决的问题。

3.2 中国实现“双碳”目标的基础

作为一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，“双碳”工作具有鲜明的系统性和深刻的变革性，需要各领域统筹推进、各方面协同发力。习近平总书记关于“双碳”问题的一系列重要论述，为正确认识和把握碳达峰碳中和指明了前进方向、提供了正确的思想理论保障。

在中国共产党的有力领导下，中国创造了世所罕见的经济快速发展和社会长期稳定两大奇迹。能源发展方面，多年来中国以改革创新为动力，有序推进各项体制机制改革，成为世界能源生产、消费第一大国。这充分证明了在社会主义制度和党中央的坚强领导下，中国具备强大的组织动员能力、统筹协调能力和贯彻执行能力，能够有效发挥社会主义集中力量办大事的制度优势，既具备从国情出发掌握政策主动的宏观调控优势，应对市场失灵等各类风险挑战，也可以通过放管结合，释放市场竞争发展模式下不同主体的创新发展活力。

党的十八大以来，中国以年均 3% 的能源消费增速支撑了年均 6.2% 的经济增长，2022 年全国单位 GDP 能耗比 2012 年累计降低 26.4%，年均下降 3.3%，相当于节约和少用标准煤 14 亿 t，减少 CO₂ 排放 38 亿 t，对经济转型发展起到了积极推动作用，也有力支撑了碳排放强度下降，成为全



球能耗强度降低最快的国家。中国从“十二五”开始实施碳排放强度控制，促进了能源结构优化和对外承诺的应对气候变化目标的实现。2022年全国碳排放强度比2011年降低34.4%，减少CO₂排放62亿t，相当于节约和少用标准煤23亿t。2022年全国碳排放强度比2005年降低48.4%，超过了向国际社会承诺的降低40%~45%的目标，基本扭转了CO₂排放快速增长的局面，经济发展的“含金量”和“含绿量”显著提升。

4 推进“双碳”目标实现的关键举措

实现“双碳”目标，需要推动经济社会结构发生深层次变革，包括产业结构、能源结构等多方面，切实解决好发展与减排的关系、整体与局部的关系、短期与长期的关系、减排与能源安全的关系、减缓与适应气候变化的关系，推动经济和产业的绿色低碳转型和可持续发展。

4.1 推动能源绿色低碳转型，加快能源结构调整优化

以建设清洁低碳、安全高效的能源体系和新型电力系统为着力点，深入推进能源革命。严格控制化石能源消费，积极推进既有煤电机组改造升级，在实现煤炭消费增长控制的基础上，逐步减少煤炭使用量，保持石油消费处于合理区间，有序引导天然气消费。坚定推进能源清洁低碳发展，因地制宜开发水能，安全有序发展核电，积极发展多种类型清洁能源，不断提高非化石能源消费比重。加快推进抽水蓄能和新型储能的规模化应用，统筹推进氢能全环节发展等方式，进一步提高可再生能源的消纳能力。

4.2 优化产业结构，推进重点领域节能

针对工业部门的碳排放，要分类施策、持续推进碳排放量控制，通过落后产能的淘汰、过剩产能的化解、存量产能的优化、高耗能行业新增产能的严格控制等多种手段，深入推进传统高耗能行业的转型升级，加快发展现代产业体系，推动战略性新兴产业、现代服务业、高新技术产业和先进制造业等发展。针对建筑部门的碳排放，城乡建设要落实绿色低碳发展要求。一方面，加快推进既有建筑节能降碳更新改造，持续提升新建建筑能效水平；另一方面，合理控制新增建设

规模增长，并利用智能化手段提升建筑和基础设施运行管理水平。针对交通部门的碳排放，随着城镇化和居民生活水平的持续提升，未来仍将呈增长趋势。要加快形成绿色低碳、多元立体的运输方式，优先发展公共交通等绿色出行方式，打造节能低碳交通运输体系，建设换电站、充电站等绿色交通基础设施。

4.3 加快技术研发应用，推广节能降碳产品设备

更好地发挥新型举国体制优势，建立以企业为主体、以市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系，加快节能降碳技术研发和示范应用，同时积极布局一批前沿技术研究。推进分布式可再生能源、氢能、规模化储能、CCUS等低碳零碳技术和深度脱碳技术发展，实现信息化、智能化、先进制造等技术与节能降碳技术的创新融合应用。以提升能效为导向建立激励约束机制，推广先进高效节能产品设备，淘汰落后低效设备。

4.4 坚持改革创新，完善绿色低碳发展体制机制

实现“双碳”目标是多能源品种融合和多发展要素聚合的过程，涉及全社会重大利益格局的深刻调整，要充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好地发挥政府作用。推进全国碳排放权交易市场建设，以市场化机制形成碳排放成本与减碳收益，协同推进全国统一电力市场建设，借助碳价和电价的有效传导合理分摊减碳成本，推动碳交易与绿电交易、绿证交易和绿色电力交易与中国核证自愿减排量（China certified emission reduction, CCER）交易的有效衔接，规避环境价值的重复计量。建立完善的绿色金融体系，立足推动能源绿色低碳发展、安全保障、科技创新等重点任务实施，完善和落实财税、金融等各类支持政策，同时充分发挥政府投资的激励引导作用，有效带动激发社会资本参与绿色投资。

4.5 坚持节约优先，促进各类资源节约集约利用

提升投入产出效率，降低单位产出的能源资源消耗和碳排放。推动能源清洁高效利用，加大成熟节能技术的推广应用，引导高耗能行业工艺改进与转型升级。完善能源消耗总量和强度管控制度，不断优化完善调控方式，在碳排放双控基础能力提升和各项配套制度建立健全基础上，从能耗双控逐步转向碳排放双控。强化源头、过程和末端的全过程管控，推行用能预算管理制度，



对高耗能行业新建或改建扩建项目实施产能、用能减量置换，加快淘汰落后产能和过剩产能。加强节能监察，建立跨部门、跨地区联动机制，强化事中事后监管，提升对违法用能行为的惩治力度。通过开展形式多样、内容丰富的宣传教育活动，增强全民节约意识和生态环保意识，促进全社会共同参与节能降碳。

4.6 加强生态资源保护，巩固和提升生态系统碳汇能力

科学划定并严守森林、草原、湿地等生态保护红线，稳定现有生态资源的固碳作用，同时推广应用节地技术和节地模式，提升土地利用效率，减少生态空间占用。持续科学推进国土绿化，加强生态资源保护和修复，开展退化土地综合治理，提升生态系统碳汇增量。通过建立健全生态保护补偿机制体现碳汇价值，探索碳汇项目参与全国碳排放权交易。坚持适应与减缓并重，在减少碳排放的同时，持续提升社会经济系统适应气候变化、防范气候风险与应对极端灾害等方面的能力。

4.7 加强国际合作，推动构建公平合理、合作共赢的全球气候治理体系

积极参与应对气候变化国际谈判并广泛开展合作，坚持“共同但有区别的责任”原则，坚持以发展中国家定位主动参与全球气候和环境治理，努力维护中国发展权益，推动构建绿色低碳发展人类命运共同体。要充分发挥中国在清洁能源领域的发展优势，主动开展科技、人才交流合作，积极推动中国清洁能源领域标准的国际传播与互认，形成以清洁能源发展为主的地区能源合作机制，并提供争议解决机制等公共产品。

5 结语

实现碳达峰、碳中和是中国向世界作出的庄严承诺，也是一项复杂的系统性工程，时间紧、任务重。推进“双碳”工作和能源转型发展需要以节能降碳为重要抓手，在资源高效利用和绿色低碳发展的基础上，加快转变发展方式、优化经济结构和能源结构、转换增长动力，推动经济社会发展，兼顾安全保障、资源环境、经济发展和民生保障等多重目标。

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发表重要讲话 [EB/OL]. (2020-09-22) [2023-09-15]. https://www.gov.cn/xinwen/2020-09/22/content_5546168.htm?gov.
- [2] 巢清尘. “碳达峰和碳中和”的科学内涵及中国的政策措施 [J]. 环境与可持续发展, 2021, 46(2): 14-19.
CHAO Qingchen. Scientific connotation of "carbon peak and carbon neutrality" and the policy measures of our country [J]. Environment and Sustainable Development, 2021, 46(2): 14-19.
- [3] 庄贵阳. 我国实现“双碳”目标面临的挑战及对策 [J]. 人民论坛, 2021(18): 50-53.
- [4] 徐政, 左晨吉, 丁守海. 碳达峰、碳中和赋能高质量发展: 内在逻辑与实现路径 [J]. 经济学家, 2021(11): 62-71.
XU Zheng, ZUO Chengji, DING Shouhai. Carbon peak, carbon neutrality empowers high-quality development: internal logic and realization path [J]. Economist, 2021(11): 62-71.
- [5] 张浩楠, 申融融, 张兴平, 等. 中国碳中和目标内涵与实现路径综述 [J]. 气候变化研究进展, 2022, 18(2): 240-252.
ZHANG Haonan, SHEN Rongrong, ZHANG Xingping, *et al.* Implications and pathways of China's carbon neutrality: a review [J]. Climate Change Research, 2022, 18(2): 240-252.
- [6] 刘长松. 碳中和的科学内涵、建设路径与政策措施 [J]. 阅江学刊, 2021, 13(2): 48-60.
LIU Changsong. Scientific connotation, construction path and policy measures of carbon neutrality [J]. Yuejiang Academic Journal, 2021, 13(2): 48-60.
- [7] 李晓阳, 谭晓雨, 吴睿, 等. 交通运输领域碳达峰、碳中和路径研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(6): 15-21.
LI Xiaoyi, TAN Xiaoyu, WU Rui, *et al.* Paths for carbon peak and carbon neutrality in transport sector in China [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(6): 15-21.
- [8] 舒印彪, 张丽英, 张运洲, 等. 中国电力碳达峰、碳中和路径研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(6): 1-14.
SHU Yinbiao, ZHANG Liying, ZHANG Yunzhou, *et al.* Carbon peak and carbon neutrality path for China's power industry [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(6): 1-14.
- [9] 张智刚, 康重庆. 碳中和目标下构建新型电力系统的挑战与展望 [J]. 中国电机工程学报, 2022, 42(8): 2806-2819.
ZHANG Zhigang, KANG Chongqing. Challenges and prospects for



constructing the new-type power system towards a carbon neutrality future[J]. Proceedings of the CSEE, 2022, 42(8): 2806–2819.

[10] 中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见 [N]. 人民日报, 2021-10-25(1).

[11] 2030 年前碳达峰行动方案 [N]. 人民日报, 2021-10-27(7).

[12] IPCC. Climate change 2022: mitigation of climate change [M/OL]. [2023-09-20]. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>.

[13] 习近平主持中共中央政治局第三十六次集体学习 [EB/OL]. (2022-01-25) [2023-09-26]. http://www.news.cn/2022-01/25/c_1128299494.htm.

[14] 戴厚良, 苏义脑, 刘吉臻, 等. 碳中和目标下中国能源发展战略思

考 [J]. 石油科技论坛, 2022, 41(1): 1–8.

DAI Houliang, SU Yinao, LIU Jizhen, *et al.* Thinking of China's energy development strategy under carbon neutrality goal[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2022, 41(1): 1–8.

作者简介:

郑国光（1959—），男，国务院参事室特约研究员，从事云物理学与人工影响天气、气象事业发展战略、气候变化科学、防震减灾事业发展战略、防灾减灾救灾与灾害风险普查评估、应急管理等领域研究，E-mail: zgg@cma.gov.cn。

（责任编辑 李博）

Problem Identification and Key Measures to Support the Achievement of Carbon Peak and Carbon Neutrality

ZHENG Guoguang

(Counsellors' Office of the State Council of P.R.C., Beijing 100006, China)

Abstract: As the world's largest developing country and major energy consuming and carbon emitting country, the goal of carbon peak and carbon neutrality (dual carbon) sets higher requirements for China to achieve green and low-carbon economic and social development. Achieving the "dual carbon" goal is a broad and profound economic and social systemic transformation. It is therefore necessary to identify the problems and challenges in achieving the "dual carbon" goal based on a scientific understanding, and the key measures to promote the "dual carbon" work should be proposed. Adhering to the problem-oriented approach, this paper analyzes the sources of "dual carbon" problem, and explores its essence and deep manifestations. Then the paper systematically analyzes the challenges and conditions faced by China to achieve the "dual carbon" goal. On the basis of coordinating development and emission reduction, key measures are proposed to achieve the "dual carbon" goal, including promoting green and low-carbon transformation of energy, advancing energy conservation in key areas, popularizing the application of energy-saving and low-carbon technologies and products, perfecting the system and mechanism for green and low-carbon development, promoting conservation and intensive utilization of resources; enhancing the carbon sink capacity of the ecosystem, and strengthening international exchanges and cooperation.

Keywords: carbon peak; carbon neutrality; climate change; energy transformation; low-carbon development