

中心组学习

第 2 期
(总第 257 期)

中共安徽省委讲师团编印

2022 年 2 月 21 日

习近平在中共中央政治局第三十六次集体学习时强调
深入分析推进碳达峰碳中和工作面临的形势任务
扎实把党中央决策部署落到实处 (1)

习近平总书记关于碳达峰碳中和重要论述摘编 (7)

完整准确全面贯彻新发展理念 扎实做好碳达峰
碳中和工作 (21)
碳中和对中国的挑战和机遇 (31)
中国碳达峰碳中和目标下的绿色低碳转型:战略与路径
..... (47)

习近平在中共中央政治局第三十六次集体学习时强调 深入分析推进碳达峰碳中和工作面临的形势任务 扎实把党中央决策部署落到实处

新华社北京1月25日电 中共中央政治局1月24日下午就努力实现碳达峰碳中和目标进行第三十六次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，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。我们必须深入分析推进碳达峰碳中和工作面临的形势和任务，充分认识实现“双碳”目标的紧迫性和艰巨性，研究需要做好的重点工作，统一思想和认识，扎实把党中央决策部署落到实处。

这次中央政治局集体学习，由中央政治局同志自学并交流工作体会，刘鹤、李强、李鸿忠、胡春华同志结合分管领域和地方的工作作了发言，大家进行了交流。

习近平在主持学习时发表了重要讲话。他指出，党的十八大以来，党中央贯彻新发展理念，坚定不移走生态优先、绿色低碳发展道路，着力推动经济社会发展全面绿色

转型,取得了显著成效。我们建立健全绿色低碳循环发展经济体系,持续推动产业结构和能源结构调整,启动全国碳市场交易,宣布不再新建境外煤电项目,加快构建“双碳”政策体系,积极参与气候变化国际谈判,展现了负责任大国的担当。实现“双碳”目标,不是别人让我们做,而是我们自己必须要做。我国已进入新发展阶段,推进“双碳”工作是破解资源环境约束突出问题、实现可持续发展的迫切需要,是顺应技术进步趋势、推动经济结构转型升级的迫切需要,是满足人民群众日益增长的优美生态环境需求、促进人与自然和谐共生的迫切需要,是主动担当大国责任、推动构建人类命运共同体的迫切需要。我们必须充分认识实现“双碳”目标的重要性,增强推进“双碳”工作的信心。

习近平强调,实现“双碳”目标是一场广泛而深刻的变革,不是轻轻松松就能实现的。我们要提高战略思维能力,把系统观念贯穿“双碳”工作全过程,注重处理好 4 对关系:一是发展和减排的关系。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,在经济发展中促进绿色转型、在绿色转型中实现更大发展。要坚持统筹谋划,在降碳的同时确保能源安全、产业链供应链安全、粮食安全,确保群众正常生活。二是整体和局部的

关系。既要增强全国一盘棋意识，加强政策措施的衔接协调，确保形成合力；又要充分考虑区域资源分布和产业分工的客观现实，研究确定各地产业结构调整方向和“双碳”行动方案，不搞齐步走、“一刀切”。三是长远目标和短期目标的关系。既要立足当下，一步一个脚印解决具体问题，积小胜为大胜；又要放眼长远，克服急功近利、急于求成的思想，把握好降碳的节奏和力度，实事求是、循序渐进、持续发力。四是政府和市场的关系。要坚持两手发力，推动有为政府和有效市场更好结合，建立健全“双碳”工作激励约束机制。

习近平指出，推进“双碳”工作，必须坚持全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险的原则，更好发挥我国制度优势、资源条件、技术潜力、市场活力，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局。第一，加强统筹协调。要把“双碳”工作纳入生态文明建设整体布局和经济社会发展全局，坚持降碳、减污、扩绿、增长协同推进，加快制定出台相关规划、实施方案和保障措施，组织实施好“碳达峰十大行动”，加强政策衔接。各地区各部门要有全局观念，科学把握碳达峰节奏，明确责任主体、工作任务、完成时间，稳妥有序推进。第二，推动能源革命。要立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破、

通盘谋划,传统能源逐步退出必须建立在新能源安全可靠的替代基础上。要加大力度规划建设以大型风光电基地为基础、以其周边清洁高效先进节能的煤电为支撑、以稳定安全可靠的特高压输变电线路为载体的新能源供给消纳体系。要坚决控制化石能源消费,尤其是严格合理控制煤炭消费增长,有序减量替代,大力推动煤电节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”。要夯实国内能源生产基础,保障煤炭供应安全,保持原油、天然气产能稳定增长,加强煤油气油储备能力建设,推进先进储能技术规模化应用。要把促进新能源和清洁能源发展放在更加突出的位置,积极有序发展光能源、硅能源、氢能源、可再生能源。要推动能源技术与现代信息、新材料和先进制造技术深度融合,探索能源生产和消费新模式。要加快发展有规模有效益的风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能、氢能等新能源,统筹水电开发和生态保护,积极安全有序发展核电。第三,推进产业优化升级。要紧紧抓住新一轮科技革命和产业变革的机遇,推动互联网、大数据、人工智能、第五代移动通信(5G)等新兴技术与绿色低碳产业深度融合,建设绿色制造体系和服务体系,提高绿色低碳产业在经济总量中的比重。要严把新上项目的碳排放关,坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展。要下大力推

动钢铁、有色、石化、化工、建材等传统产业优化升级,加快工业领域低碳工艺革新和数字化转型。要加大垃圾资源化利用力度,大力发展战略性新兴产业,减少能源资源浪费。要统筹推进低碳交通体系建设,提升城乡建设绿色低碳发展质量。要推进山水林田湖草沙一体化保护和系统治理,巩固和提升生态系统碳汇能力。要倡导简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式,引导绿色低碳消费,鼓励绿色出行,开展绿色低碳社会行动示范创建,增强全民节约意识、生态环保意识。第四,加快绿色低碳科技革命。要狠抓绿色低碳技术攻关,加快先进适用技术研发和推广应用。要建立完善绿色低碳技术评估、交易体系,加快创新成果转化。要创新人才培养模式,鼓励高等学校加快相关学科建设。第五,完善绿色低碳政策体系。要进一步完善能耗“双控”制度,新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制。要健全“双碳”标准,构建统一规范的碳排放统计核算体系,推动能源“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变。要健全法律法规,完善财税、价格、投资、金融政策。要充分发挥市场机制作用,完善碳定价机制,加强碳排放权交易、用能权交易、电力交易衔接协调。第六,积极参与和引领全球气候治理。要秉持人类命运共同体理念,以更加积极姿态参与全球气候谈判议程和国际规则制定,推动

构建公平合理、合作共赢的全球气候治理体系。

习近平强调，要加强党对“双碳”工作的领导，加强统筹协调，严格监督考核，推动形成工作合力。要实行党政同责，压实各方责任，将“双碳”工作相关指标纳入各地区经济社会发展综合评价体系，增加考核权重，加强指标约束。各级领导干部要加强对“双碳”基础知识、实现路径和工作要求的学习，做到真学、真懂、真会、真用。要把“双碳”工作作为干部教育培训体系重要内容，增强各级领导干部推动绿色低碳发展的本领。

(《人民日报》2022年1月26日)

习近平总书记关于碳达峰碳中和重要论述摘编

这场疫情启示我们，人类需要一场自我革命，加快形成绿色发展方式和生活方式，建设生态文明和美丽地球。人类不能再忽视大自然一次又一次的警告，沿着只讲索取不讲投入、只讲发展不讲保护、只讲利用不讲修复的老路走下去。应对气候变化《巴黎协定》代表了全球绿色低碳转型的大方向，是保护地球家园需要采取的最低限度行动，各国必须迈出决定性步伐。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，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。各国要树立创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，抓住新一轮科技革命和产业变革的历史性机遇，推动疫情后世界经济“绿色复苏”，汇聚起可持续发展的强大合力。

——习近平2020年9月22日在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话

中国积极参与全球环境治理。中国切实履行气候变化、生物多样性等环境相关条约义务，已提前完成2020年

应对气候变化和设立自然保护区相关目标。作为世界上最大发展中国家，我们也愿承担与中国发展水平相称的国际责任，为全球环境治理贡献力量。中国将秉持人类命运共同体理念，继续作出艰苦卓绝努力，提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，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，为实现应对气候变化《巴黎协定》确定的目标作出更大努力和贡献。

——习近平2020年9月30日在联合国生物多样性峰会上的讲话

要在严格保护生态环境的前提下，全面提高资源利用效率，加快推动绿色低碳发展，努力建设人与自然和谐共生的绿色发展示范带。

——习近平2020年11月14日在全面推动长江经济带发展座谈会上的讲话

中国将加强生态文明建设，加快调整优化产业结构、能源结构，倡导绿色低碳的生产生活方式。我已经宣布，中国力争于2030年前二氧化碳排放达到峰值、2060年前实现碳中和。实现这个目标，中国需要付出极其艰巨的努

力。我们认为，只要是对全人类有益的事情，中国就应该义不容辞地做，并且做好。中国正在制定行动方案并已开始采取具体措施，确保实现既定目标。中国这么做，是在用实际行动践行多边主义，为保护我们的共同家园、实现人类可持续发展作出贡献。

——习近平 2021 年 1 月 25 日在世界经济论坛“达沃斯议程”对话会上的特别致辞

实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要把碳达峰、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。

——习近平 2021 年 3 月 15 日在主持召开中央财经委员会第九次会议时的讲话

要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设布局，科学制定时间表、路线图，建设人与自然和谐共生的现代化。

——习近平 2021 年 3 月 22 日至 25 日在福建考察时的讲话

生态文明建设是新时代中国特色社会主义的一个重

要特征。加强生态文明建设，是贯彻新发展理念、推动经济社会高质量发展的必然要求，也是人民群众追求高品质生活的共识和呼声。中华民族历来讲求人与自然和谐发展，中华文明积累了丰富的生态文明思想。新发展阶段对生态文明建设提出了更高要求，必须下大力气推动绿色发展，努力引领世界发展潮流。我们要牢固树立绿水青山就是金山银山理念，坚定不移走生态优先、绿色发展之路，增加森林面积、提高森林质量，提升生态系统碳汇增量，为实现我国碳达峰碳中和目标、维护全球生态安全作出更大贡献。

——习近平 2021 年 4 月 2 日在参加首都义务植树活动时的讲话

我一直主张构建人类命运共同体，愿就应对气候变化同法德加强合作。我宣布中国将力争于 2030 年前实现二氧化碳排放达到峰值、2060 年前实现碳中和，这意味着中国作为世界上最大的发展中国家，将完成全球最高碳排放强度降幅，用全球历史上最短的时间实现从碳达峰到碳中和。这无疑将是一场硬仗。中方言必行，行必果，我们将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，全面推行绿色低碳循环经济发展。中国已决定接受《蒙特利尔议定

书>基加利修正案》，加强氢氟碳化物等非二氧化碳温室气体管控。应对气候变化是全人类的共同事业，不应该成为地缘政治的筹码、攻击他国的靶子、贸易壁垒的借口。中方将坚持公平、共同但有区别的责任、各自能力原则，推动落实《联合国气候变化框架公约》及其《巴黎协定》，积极开展气候变化南南合作。希望发达经济体在减排行动力度上作出表率，并带头兑现气候资金出资承诺，为发展中国家应对气候变化提供充足的技术、能力建设等方面支持。

——习近平 2021 年 4 月 16 日同法国总统马克龙、德国总理默克尔举行中法德领导人视频峰会时的讲话

去年，我正式宣布中国将力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和。这是中国基于推动构建人类命运共同体的责任担当和实现可持续发展的内在要求作出的重大战略决策。中国承诺实现从碳达峰到碳中和的时间，远远短于发达国家所用时间，需要中方付出艰苦努力。中国将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，正在制定碳达峰行动计划，广泛深入开展碳达峰行动，支持有条件的地方和重点行业、重点企业率先达峰。中国将严控煤电项目，“十四五”时期严控煤炭消费增长、“十五五”时期逐步减少。此外，中国已决定接受《〈蒙特利尔议定书〉基

加利修正案》，加强非二氧化碳温室气体管控，还将启动全国碳市场上线交易。

——习近平 2021 年 4 月 22 日在“领导人气候峰会”上的讲话

要继续打好污染防治攻坚战，把碳达峰、碳中和纳入经济社会发展和生态文明建设整体布局，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，推动经济社会发展全面绿色转型。

——习近平 2021 年 4 月 25 日至 27 日在广西考察时的讲话

实践表明，生态环境保护和经济发展是辩证统一、相辅相成的，建设生态文明、推动绿色低碳循环发展，不仅可以满足人民日益增长的优美生态环境需要，而且可以推动实现更高质量、更有效率、更加公平、更可持续、更为安全的发展，走出一条生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。

——习近平 2021 年 4 月 30 日在十九届中央政治局第二十九次集体学习时的讲话

“十四五”时期，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。

——习近平 2021 年 4 月 30 日在十九届中央政治局第二十九次集体学习时的讲话

坚持不懈推动绿色低碳发展。我多次强调，生态环境问题归根到底是发展方式和生活方式问题。建立健全绿色低碳循环发展经济体系、促进经济社会发展全面绿色转型是解决我国生态环境问题的基础之策。三月十五日，我主持召开中央财经委员会第九次会议，研究部署了实现碳达峰、碳中和的基本思路和重大举措。要把实现减污降碳协同增效作为促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手，加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构、用地结构调整。要强化国土空间规划和用途管控，落实生态保护、基本农田、城镇开发等空间管控边界，实施主体功能区战略，划定并严守生态保护红线。要抓住资源利用这个源头，推进资源总量管理、科学配置、全面节约、循环利用，全面提高资源利用效率。要抓住产业结构调整这个关键，推动战略性新兴产业、高技术产业、现代服务业加快发展，推动能

源清洁低碳安全高效利用,持续降低碳排放强度。要解决好推进绿色低碳发展的科技支撑不足问题,加强碳捕集利用和封存技术、零碳工业流程再造技术等科技攻关,支持绿色低碳技术创新成果转化。要发展绿色金融,支持绿色技术创新。

——习近平 2021 年 4 月 30 日在十九届中央政治局第二十九次集体学习时的讲话

我多次强调,降低二氧化碳排放、应对气候变化不是别人要我们做,而是我们自己要做。实现碳达峰、碳中和是我国向世界作出的庄严承诺,也是一场广泛而深刻经济社会变革,绝不是轻轻松松就能实现的。现在,一些部门和地方上马高耗能、高排放项目的冲动依然强烈。在今年一月举行的省部级主要领导干部学习贯彻党的十九届五中全会精神专题研讨班上,我专门强调要注意防范八个认识误区,其中一个认识误区就是借扩大内需、形成国内大市场之机,大搞高能耗、高排放的项目。有关部门和地方要严把关口,不符合要求的项目要坚决拿下来!各级党委和政府要拿出抓铁有痕、踏石留印的劲头,明确时间表、路线图、施工图,推动经济社会发展建立在资源高效利用和绿色低碳发展的基础之上。

——习近平 2021 年 4 月 30 日在十九届中央政治局第二十九次集体学习时的讲话

要大力宣传绿色文明,增强全民节约意识、环保意识、生态意识,倡导简约适度、绿色低碳的生活方式,把建设美丽中国转化为全体人民自觉行动。

——习近平 2021 年 4 月 30 日在十九届中央政治局第二十九次集体学习时的讲话

要围绕生态文明建设总体目标,加强同碳达峰、碳中和目标任务衔接,进一步推进生态保护补偿制度建设,发挥生态保护补偿的政策导向作用。

——习近平 2021 年 5 月 21 日在中央全面深化改革委员会第十九次会议上的讲话

煤炭作为我国主体能源,要按照绿色低碳的发展方向,对标实现碳达峰、碳中和目标任务,立足国情、控制总量、兜住底线,有序减量替代,推进煤炭消费转型升级。

——习近平 2021 年 9 月 13 日至 14 日在陕西榆林考察时的讲话

坚持人与自然和谐共生。完善全球环境治理，积极应对气候变化，构建人与自然生命共同体。加快绿色低碳转型，实现绿色复苏发展。中国将力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和，这需要付出艰苦努力，但我们会全力以赴。中国将大力支持发展中国家能源绿色低碳发展，不再新建境外煤电项目。

——习近平 2021 年 9 月 21 日在第七十六届联合国大会一般性辩论上的讲话

为推动实现碳达峰、碳中和目标，中国将陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和一系列支撑保障措施，构建起碳达峰、碳中和“1+N”政策体系。中国将持续推进产业结构和能源结构调整，大力发展战略性新兴产业，在沙漠、戈壁、荒漠地区加快规划建设大型风电光伏基地项目，第一期装机容量约 1 亿千瓦的项目已于近期有序开工。

——习近平 2021 年 10 月 12 日在《生物多样性公约》第十五次缔约方大会领导人峰会上的主旨讲话

建立绿色低碳发展的经济体系，促进经济社会发展全面绿色转型，才是实现可持续发展的长久之策。要加快形成绿色低碳交通运输方式，加强绿色基础设施建设，推广

新能源、智能化、数字化、轻量化交通装备，鼓励引导绿色出行，让交通更加环保、出行更加低碳。

——习近平 2021 年 10 月 14 日在第二届联合国全球可持续交通大会开幕式上的主旨讲话

过去 15 年，中国碳排放强度大幅超额完成 2020 年气候行动目标。中方将陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和支撑措施，构建起碳达峰、碳中和“1+N”政策体系。持续推进能源、产业结构转型升级，推动绿色低碳技术研发应用，支持有条件的地方、行业、企业率先达峰，为全球应对气候变化、推动能源转型的努力作出积极贡献。

——习近平 2021 年 10 月 31 日在二十国集团领导人第十六次峰会上的讲话

中国将坚定实施应对气候变化国家战略。去年我提出碳达峰目标及碳中和愿景以来，中国已经制定《2030 年前碳达峰行动方案》，加速构建“1+N”政策体系。“1”是中国实现碳达峰、碳中和的指导思想和顶层设计，“N”是重点领域和行业实施方案，包括能源绿色转型行动、工业领域碳达峰行动、交通运输绿色低碳行动、循环经济降碳行动等。中国将统筹低碳转型和民生需要，处理好发展同

减排关系，如期实现碳达峰、碳中和目标。

——习近平 2021 年 11 月 11 日在亚太经合组织工商领导人峰会上的主旨演讲

我提出绿水青山就是金山银山，要像保护眼睛一样保护生态环境，像对待生命一样对待生态环境。现在，生态文明的理念在中国已家喻户晓，成为社会共识。中国将用历史上最短的时间完成全球最高的碳排放强度降幅，需要付出十分艰苦的努力。中国讲究言必信、行必果，说了就要做到，做不到就不要说。中国仍然是世界上最大的发展中国家，发展不平衡不充分的问题十分突出。各国要坚持共同但有区别的责任原则，兼顾应对气候变化和保障民生。少一些推诿指责，多一些团结合作。比口号，更要比行动。发达国家应该认真履行历史责任和应尽义务，而且要保持政策的稳定性。

——习近平 2021 年 11 月 16 日同美国总统拜登举行视频会晤时的讲话

要支持发展中国家能源绿色低碳发展，推进绿色低碳发展信息共享和能力建设，深化生态环境和气候治理合作。

——习近平 2021 年 11 月 19 日在第三次“一带一路”建设座谈会上的讲话

要坚持绿色办奥、共享办奥、开放办奥、廉洁办奥的理念，突出科技、智慧、绿色、节俭特色。无论是新建场馆还是场馆改造，都要注重综合利用和低碳使用，集合体育赛事、群众健身、文化休闲、展览展示、社会公益等多种功能。

——习近平 2022 年 1 月 4 日在北京考察 2022 年冬奥会、冬残奥会筹办备赛工作时指出

国家速滑馆不仅硬件世界一流，制冰技术也世界领先，实现了低碳化、零排放。要发挥好这一项目的技术集成示范效应，加大技术转化和推广应用力度，为推动经济社会发展全面绿色转型、实现碳达峰碳中和作出贡献。

——习近平 2022 年 1 月 4 日在北京考察 2022 年冬奥会、冬残奥会筹办备赛工作时指出

实现碳达峰碳中和是中国高质量发展的内在要求，也是中国对国际社会的庄严承诺。中国将践信守诺、坚定推进，已发布《2030 年前碳达峰行动方案》，还将陆续发布能源、工业、建筑等领域具体实施方案。中国已建成全球规模

最大的碳市场和清洁发电体系,可再生能源装机容量超10亿千瓦,1亿千瓦大型风电光伏基地已有序开工建设。实现碳达峰碳中和,不可能毕其功于一役。中国将破立并举、稳扎稳打,在推进新能源可靠替代过程中逐步有序减少传统能源,确保经济社会平稳发展。中国将积极开展应对气候变化国际合作,共同推进经济社会发展全面绿色转型。

——习近平2022年1月17日在2022年世界经济论坛视频会议上的演讲

推进碳达峰碳中和,不是别人让我们做,而是我们自己必须要做,但这不是轻轻松松就能实现的,等不得,也急不得。必须尊重客观规律,把握步骤节奏,先立后破、稳中求进。富煤贫油少气是我国国情,要夯实国内能源生产基础,保障煤炭供应安全,统筹抓好煤炭清洁低碳发展、多元化利用、综合储运这篇大文章,加快绿色低碳技术攻关,持续推动产业结构优化升级。要积极稳妥推动实现碳达峰碳中和目标,为实现第二个百年奋斗目标、推动构建人类命运共同体作出应有贡献。

——习近平2022年1月26日至27日在山西看望慰问基层干部群众时强调

完整准确全面贯彻新发展理念 扎实做好碳达峰碳中和工作

何 立 峰

近日,中共中央、国务院正式公布《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》(以下简称《意见》),对碳达峰碳中和工作作出系统谋划,明确了总体要求、主要目标和重大举措,是指导做好碳达峰碳中和这项重大工作的纲领性文件。我们要坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面贯彻习近平生态文明思想,完整、准确、全面贯彻新发展理念,认真落实《意见》要求,扎实有力推进各项工作,确保如期实现碳达峰碳中和。

一、深刻认识做好碳达峰碳中和工作的重大意义

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,是以习近平同志为核心的党中央统筹国内国际两个大局,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。在新发展阶段,做好碳达峰碳中和工作,加快经济社会发展全

面绿色转型，对我国实现高质量发展、全面建设社会主义现代化强国具有重大意义。

(一)做好碳达峰碳中和工作是推动高质量发展的必然要求。我国经济社会发展取得了举世瞩目的伟大成就，人民群众的获得感幸福感安全感显著增强。与此同时，我国已进入高质量发展阶段，调结构转方式任务艰巨繁重，传统产业占比依然较高，战略性新兴产业、高技术产业尚未成为经济增长的主导力量，产业链供应链还处于向中高端迈进的重要关口。做好碳达峰碳中和工作，加强我国绿色低碳科技创新，持续壮大绿色低碳产业，将加快形成绿色经济新动能和可持续增长极，显著提升经济社会发展质量效益，为我国全面建设社会主义现代化强国提供强大动力。

(二)做好碳达峰碳中和工作是加强生态文明建设的战略举措。党的十八大以来，我国生态文明制度体系不断健全，生态环境质量不断提高，生态文明建设发生了历史性、转折性、全局性变化。但也要看到，我国生态文明建设仍然面临诸多矛盾和挑战，生态环境稳中向好的基础还不稳固。“十四五”时期，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的

关键时期。做好碳达峰碳中和工作，大力实施节能减排，全面推进清洁生产，加快发展循环经济，将加快形成绿色生产生活方式，不断促进生态文明建设取得新成就。

(三)做好碳达峰碳中和工作是维护能源安全的重要保障。能源是经济社会发展须臾不可缺少的资源。2020年，我国能源消费总量中非化石能源消费比重不足16%。随着工业化、新型城镇化进一步推进，能源消耗量还将刚性增长。目前我国不少领域能源利用效率与国际先进水平相比还存在较大差距，一些能源品类的外采率不断攀升，2020年石油、天然气外采比重分别达到73%和43%，安全保障面临较大压力。做好碳达峰碳中和工作，坚持先立后破，以保障安全为前提构建现代能源体系，以绿色、可持续的方式满足经济社会发展所必需的能源需求，可以提高能源自给率，增强能源供应的稳定性、安全性、可持续性。

(四)做好碳达峰碳中和工作是推动构建人类命运共同体的大国担当。中国积极参与全球气候治理，为《巴黎协定》的达成和生效实施发挥了重要作用，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者。中国历来重信守诺，狠抓国内碳减排工作，2020年单位GDP碳排放较2005年累计下降48.4%，超额完成应对气候变化行动目

标。中国作为世界上最大的发展中国家，提出力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和的自主贡献目标，将完成碳排放强度全球最大降幅，用历史上最短的时间从碳排放峰值实现碳中和，体现了最大的雄心力度，需要付出艰苦卓绝的努力。中国实现碳达峰碳中和，必将为全球实现《巴黎协定》目标注入强大动力，为进一步构建人类命运共同体、共建清洁美丽世界作出巨大贡献。

可见，努力做好碳达峰碳中和工作是我们自己要做的重大事项，必须坚定不移地主动作为积极作为。

二、准确把握做好碳达峰碳中和工作的基本要求

实现碳达峰碳中和，决不是就碳论碳的事，而是多重目标、多重约束的经济社会系统性变革，需要统筹处理好发展和减排、降碳和安全、整体和局部、短期和中长期、立和破、政府和市场、国内和国际等多方面多维度关系，采取强有力措施，重塑我国经济结构、能源结构，转变生产方式、生活方式。

《意见》明确了我国实现碳达峰碳中和的时间表、路线图，围绕“十四五”时期以及 2030 年前、2060 年前两个重要时间节点，提出了构建绿色低碳循环经济体系、提升能源利用效率、提高非化石能源消费比重、降低二氧化碳排放水平、提升生态系统碳汇能力等五个方面主要目标。

为确保碳达峰碳中和目标如期实现,要把握好以下原则:

一是要坚持全国统筹。碳达峰碳中和是一个整体概念,不可能由一个地区、一个单位“单打独斗”,必须坚持“全国一盘棋”,需要地方、行业、企业和社会公众的共同参与和努力,必须加强党的领导,做到统筹协调、分类施策、重点突破、有序推进。要压实地方责任,组织地方从实际出发制定落实举措。要鼓励有条件的行业、企业积极探索,形成一批可复制、可推广的经验模式。

二是要坚持节约优先。我国是人口大国,与发达国家相比,能源资源约束问题还比较突出。做好碳达峰碳中和工作,必须把节约放在首要位置,不断降低单位产出能源资源消耗和碳排放。要大力倡导勤俭节约,坚决反对奢侈浪费,推行简约适度、绿色低碳、文明健康的生活方式,从源头和入口形成有效的碳排放控制阀门。

三是要坚持双轮驱动。坚持政府和市场两手发力,是实现碳达峰碳中和的重要保障。一方面,要充分发挥市场配置资源的决定性作用,引导各类资源、要素向绿色低碳发展集聚,用好碳交易、绿色金融等市场机制,激发各类市场主体绿色低碳转型的内生动力和创新活力。另一方面,要切实发挥政府作用,深化能源和相关领域改革,敢于打

破利益藩篱，大力破除制约绿色低碳发展的体制机制障碍；要构建新型举国体制，强化科技和制度创新，加快绿色低碳科技革命。

四是要坚持内外畅通。做好碳达峰碳中和工作，要坚持以我为主，扎实办好自己的事，同时也要用好国内国际两方面资源，大力推广先进绿色低碳技术和经验。要积极参与应对气候变化多边进程，承担与我国发展水平相称的国际责任。要讲好中国故事，发出中国声音，贡献中国方案，携手国际社会共同保护好地球家园。

五是要坚持防范风险。当前，我国仍处在工业化、新型城镇化快速发展的历史阶段，产业结构偏重，能源结构偏煤，时间窗口偏紧，技术储备不足，实现碳达峰碳中和的任务相当艰巨。做好碳达峰碳中和工作，必须坚持实事求是、一切从实际出发，尊重规律、把握节奏。要强化底线思维，坚持先立后破，处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全和群众正常生活的关系，有效应对绿色低碳转型过程中可能伴生的经济、金融、社会风险，防止过度反应，确保安全降碳。

三、扎实推进碳达峰碳中和重点工作

实现碳达峰碳中和是一场硬仗，也是对我们党治国理政能力的一场大考。要增强“四个意识”、坚定“四个自

信”、做到“两个维护”，充分发挥我国的制度优势，抓住“十四五”开局起步关键期，围绕能源、工业、城乡建设、交通运输等重点领域，扎实推进各项工作，确保碳达峰碳中和工作取得积极成效。

一是大力推进产业结构转型升级。把坚决遏制“两高”项目盲目发展作为碳达峰碳中和工作的当务之急和重中之重，严控增量项目，实施用能预警，加强督促检查，建立长效机制。大力推进传统产业节能改造，持续提升项目能效水平。切实开展钢铁、煤炭去产能“回头看”，坚决防止落后产能和过剩产能死灰复燃。加快推进农业绿色发展，促进农业固碳增效。加快商贸流通、信息服务绿色转型，推动服务业低碳发展。加快发展战略性新兴产业，建设绿色制造体系，推动新兴技术与绿色低碳产业深度融合，切实推动产业结构由高碳向低碳、由低端向高端转型升级。

二是有力有序调整能源结构。深化能源体制机制改革，稳妥有序推进能源生产和消费低碳转型，逐步提升非化石能源消费比重，加快构建清洁低碳安全高效能源体系。坚持节能优先，落实好能源消费强度和总量双控措施，统筹建立二氧化碳排放总量控制制度。推进煤炭消费转型升级，有序减量替代。严控煤电项目，“十四五”时期

严控煤炭消费增长，“十五五”时期逐步减少。大力实施煤电节能降碳改造和灵活性改造，推动煤电加快从基础性电源向基础性和系统调节性电源并重转型。加快推进大型风电、光伏基地建设，鼓励就地就近开发利用。因地制宜开发水能。在确保安全的前提下有序发展核电。

三是加快城乡建设和交通运输绿色低碳转型。在城乡建设领域，将绿色低碳要求贯穿城乡规划建设管理各环节，大力实施绿色建造。结合城市更新、新型城镇化建设和乡村振兴，提高新建建筑节能水平，推进既有建筑绿色低碳改造，加快推广超低能耗、近零能耗建筑。在交通运输领域，加大对新能源车船的支持推广力度，构建便利高效、适度超前的充换电网络体系，加快交通运输电动化转型。优化公共交通基础设施建设，鼓励绿色低碳出行。

四是加强绿色低碳科技创新和推广应用。发挥新型举国体制优势，提前布局低碳零碳负碳重大关键技术，把核心技术牢牢掌握在自己手中。用好“揭榜挂帅”“赛马”机制，有序推动以“军令状”方式开展低碳零碳负碳新材料、新技术、新装备攻关，加快智能电网、储能、可再生能源制氢、碳捕集利用与封存等技术研发示范和推广。深入研究气候变化成因、碳汇等基础理论和方法。完善人才体系和学科体系，加快培养一批碳达峰碳中和基础研究、技术

研发、成果转化、应用推广专业化人才队伍。

五是巩固提升生态系统碳汇能力。坚持山水林田湖草沙生命共同体理念，持续推进生态系统保护修复重大工程，着力提升生态系统质量和稳定性，为巩固和提升我国碳汇能力筑牢基础。以森林、草原、湿地、耕地等为重点，科学推进国土绿化、实施森林质量精准提升工程、加强草原生态保护修复、强化湿地和耕地保护等，不断提升碳汇能力。加强与国际标准协调衔接，完善碳汇调查监测核算体系，鼓励海洋等新型碳汇试点探索。

六是健全法规标准和政策体系。全面清理现行法律法规中与碳达峰碳中和工作不相适应的内容，研究制定碳中和专项法等法律法规。建立健全碳达峰碳中和标准计量体系，加强标准国际衔接。加快建立统一规范的碳排放统计核算体系，完善碳排放数据管理发布等制度。完善投资政策，构建与碳达峰碳中和相适应的投融资体系。积极发展绿色金融，设立碳减排货币政策工具，有序推进绿色低碳金融产品和服务开发。加大财政对绿色低碳产业发展、技术研发等的支持力度。统筹推进绿色电力交易、用能权交易、碳排放权交易等市场化机制建设。

七是加强绿色低碳发展国际合作。持续优化贸易结构，大力发展战略性新兴产业，大力发展高质量、高技术、高附加值的绿色产品贸易。

加快共建“一带一路”投资合作绿色转型，支持“一带一路”沿线国家开展清洁能源开发利用，深化与各国在绿色技术、绿色装备、绿色服务、绿色基础设施建设等方面的交流与合作。坚持我发展中国家定位，坚持共同但有区别的责任原则、公平原则和各自能力原则，积极参与应对气候变化国际谈判，主动参与气候治理国际规则和标准制定，推动建立公平合理、合作共赢的全球气候治理体系。

实现碳达峰碳中和意义重大、任务艰巨、使命光荣，我们要拿出抓铁有痕、踏石留印的劲头，加强党的领导、强化统筹协调、严格监督考核，以钉钉子的精神狠抓贯彻落实，全力推进碳达峰碳中和各项工作，为推动高质量发展、建设人与自然和谐共生的现代化作出更大贡献。

（作者：十三届全国政协副主席，国家发展和改革委员会党组书记、主任。来源：《人民日报》2021年10月25日）

碳中和对中国的挑战和机遇

丁仲礼

中国国家主席习近平于2020年9月22日在第七十五届联合国大会一般性辩论上向世界庄严宣布：“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，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。”其后，习近平主席又在多个国际场合对此作出承诺，表明中国政府和中国人民言必信、行必果的决心，为国际社会合作应对全球气候变暖提供了十分强大的助力。

众所周知，化石燃料是工业革命以来人类得以发展进步的重要物质基础。在未来的发展进程中，如何逐步摆脱对化石燃料的依赖，真正向低碳社会转型，将是一项十分严峻的挑战。对中国来讲，更是如此。因为中国是工业化过程的后来者，并没有像一些发达国家那样，进入能源消耗已呈下降趋势的后工业化时期。为此，中国科学院学部组织百余位院士专家，从技术和产业层面对我国如何实现碳中和作了较为系统的研究，获得了对碳中和路线图的框架性认识。本文拟对此作一简介。

一、中国的二氧化碳排放历史和现状

人类大量利用化石燃料，向大气排放二氧化碳，是工业革命以后的事，但大气中二氧化碳浓度有实质性增加，则主要是近 100 年来出现的现象。中国从 19 世纪后半叶开始发展工业，但由于社会动荡不安，工业化进程十分缓慢，一直到新中国成立以后，才开始系统性工业化。二氧化碳排放开始进入快速增长时期，则要到 1978 年改革开放尤其是 2001 年加入世界贸易组织(WTO)以后。

我们来看国际权威数据库提供的基本信息：从 1850 年到 2019 年，全球共排放了 16100 亿吨二氧化碳，其中中国为 2200 亿吨，占 13.7%，远低于我国人口在全球的占比；而美国同期则排放了 4100 亿吨，占比高达 25% 以上；七国集团(G7)国家整体上的排放量为 7340 亿吨，占比高达 45.6%，而其人口在全球占比则不到 10%。通过计算，我们可获得 1850—2019 年人均累计二氧化碳排放量(每年的人均排放之加和)：美国 2174 吨、G7 国家 1397 吨、全球 386 吨，而中国是 182 吨——只是美国的 8.4%、G7 国家的 13.0%、全球平均的 47.2%。由此可见，中国对全球大气二氧化碳浓度增加的贡献并不高。何况中国自加入 WTO 以来，一直承担着“世界工厂”的角色，相当一部分的排放是用于生产出口产品。因此，中国绝不像一些西方

报刊所描绘的那样，是“全球最大的排放国”。即使以国家作为比较单位，美国对大气二氧化碳浓度增高的历史贡献也远大于中国。如果以人均累计排放量作为评价指标，中国则远低于全球平均，而这其实是最为合理的评价指标，因为不同国家的工业化起步时间有早晚，一个国家的工业化程度、城市化程度、人民生活水平、基础设施水平等，都需要消耗化石能源来提升，都需要时间来建设，都同人口数量相关。脱离了人口、历史这两个因子，比较国与国之间的排放是毫无意义的。

但是，我们不得不承认，目前全世界每年总共排放约 400 亿吨二氧化碳，中国大约占四分之一，即 100 亿吨左右，年度人均排放已经超过全球人均水平。中国从加入 WTO 以来，二氧化碳排放量的快速增长，是同我国的压缩式发展分不开的。要发展就得增加能源消耗，在非碳能源技术尚未成熟的背景下，这就意味着排放增加。

中国目前的人均国内生产总值(GDP)刚超过 1 万美元大关。从发达国家走过的历程看，在人均 GDP 达到 1 万美元之前，人均能耗的增长非常强劲；从 1 万美元到 4 万美元，人均能耗还会缓慢增长；达到 4 万美元之后，人均能耗将处于逐渐下降阶段，当然这也可能同发达国家将高能耗、高污染产业转移到发展中国家去有关。中国力争在

2060 年达到碳中和，而从现在到 2060 年我国正处于人均 GDP 从 1 万美元到 4 万美元的奋斗过程中，人均能源消耗的继续增长是不可避免的。一些发达国家在 20 世纪 80 年代即达到人均能耗高峰，并且从碳达峰到碳中和至少要用 70 年时间。和他们不同，中国要从 2030 年碳达峰后，用 30 年时间完成碳中和，挑战无疑是巨大的。

那么，中国目前每年约 100 亿吨二氧化碳的排放主要来自何处？了解这一点对如何实现碳中和至关重要，这也是碳中和路线图的逻辑起点。根据国家相关统计，中国目前的一次能源（指自然界中以原有形式存在的、未经加工转换的能量资源，又称天然能源）消费总量约为每年 50 亿吨标准煤，其中煤炭、石油、天然气的占比分别为 57.7%、18.9%、8.1%，非碳能源的占比仅为 15.3%。100 亿吨二氧化碳的排放，发电（供热）占比 45%，建筑占比 5%，交通占比 10%，工业占比 39%，农业占比 1%。发电（供热）的主要终端消费者为工业（64.6%）和建筑（28%）。从以上数据可以看出，二氧化碳的终端排放源主要为工业（约占 68.1%）、建筑（约占 17.6%）和交通（约占 10.2%）。因此，实现碳中和工作的着力点也应该集中在这些领域。

二、碳中和的基本逻辑和技术支撑

碳中和的概念等同于“净零排放”，而不是二氧化碳

“零排放”。净零排放的概念就是人类可以排放一定数量的二氧化碳,但这个排放量中的一部分被自然过程吸收而固定,余下部分则通过人为努力而固定(比如通过生态体系建设吸收二氧化碳,或把二氧化碳收集后转为工业品或封存于地下),排放量与固碳量相等,则为碳中和。评价一个国家、一个地区甚至一家企业碳中和与否或碳中和程度,看的就是其排放量和固碳量之比。

根据国际上过去几十年来的观测统计,人类排放的所有二氧化碳中有 54% 被自然过程吸收(其中陆地吸收 31%,海洋吸收 23%),另外的 46% 留在大气中,成为大气二氧化碳浓度升高的主要贡献者。海洋吸收主要通过无机过程形成碳酸钙沉积和微体生物合成碳酸钙,陆地吸收则主要通过生态系统固存有机碳和土壤、地下水吸收形成无机碳酸盐,以及在河道、河口中沉积埋藏有机碳。尽管陆地吸收总量是已知的,但到目前为止,各种陆地吸收过程的相对比例并不清楚。根据中国科学院“碳收支”专项研究成果,我国通过自然保护和生态工程建设等,2010—2020 年间的陆地生态系统净固碳能力为每年 10 亿—13 亿吨二氧化碳。

根据前面介绍的排放来源和吸收过程的数据,我们可以得出结论:碳中和是一个“三端共同发力”的体系,即“发

电端”用风、光、水、核等非碳能源替代煤、油、气，“能源消费端”通过工艺流程再造，用绿电、绿氢、地热等替代煤、油、气，“固碳端”用生态建设、碳捕捉—利用一封存(CCUS)等碳固存技术，将碳人为地固定在地表、产品或地层中。这就是碳中和的基本逻辑。

一国无论是技术原因，还是市场原因，其“不得不排放”的二氧化碳总量等同于自然吸收量与人为固碳量之和，即可视为“净零排放”，实现了该国的碳中和。由此可见，有先进并廉价的技术可供这“三端”所用，是实现碳中和的前提条件。也就是说，“技术为王”将在碳中和过程中得以充分体现。下面，我们来对这“三端”体系分别作简单介绍。

(一)“发电端”之要在构建新型电力系统

我国目前的发电装机容量约为 22 亿千瓦，未来假定：(1)能源消费端要实现电力替代、氢能替代(氢气也主要产自电力)；(2)为实现人均 GDP 从 1 万美元增到 3 万—4 万美元，所需的能源明显增长；(3)风、光发电利用小时数难以明显提高，那么估计我国实现碳中和之时，总的电力装机容量会在 60 亿—80 亿千瓦之间。因此，未来新型电力系统的第一个特点是电力装机容量巨大。

第二个特点是我国十分丰富的风、光资源将逐步转变

为主力发电和供能资源,这既包括西部的风、光资源,也包括沿海大陆架风力资源,更包括各地分散式(尤其是农村)的光热等资源(如屋顶和零星空地)。

第三个特点是“稳定电源”应从目前火电为主逐步转化为以核电、水电和综合互补的清洁能源为主。

第四个特点是必须利用能量的存储、转化及调节等技术,克服风、光资源波动性大的天然缺陷。

第五个特点是火电(为减少二氧化碳排放,应逐步用天然气取代煤炭发电)只作为应急电源或一部分调节电源。

第六个特点是在现有基础上,成倍扩大输电基础设施,平衡区域资源差异;并加强配电基础建设,增强对分布式资源的消纳能力。

为实现碳中和,我国拟以装机总量 60 亿—80 亿千瓦,风力发电、光伏发电共占比 70%,“稳定电源”占比 30%为目标,规划新型电力系统。在 40 年内,大致以每十年为一期,顺次走控碳电力、降碳电力、低碳电力最后到近无碳电力之路,并完成超大规模的输变电基础设施建设。

要建立这样的新型电力系统,无论是发电,还是储能、转化、消纳、输出等,技术上都有大量需要攻克的关键环节,这将成为实现碳中和目标工作的重中之重。

(二)“能源消费端”之要在电力替代、氢能替代以及工艺重构

用非碳能源发电、制氢，再用电力、氢能替代煤、油、气用于工业、交通、建筑等领域，从而实现消费端的低碳化甚至非碳化，这是实现碳中和的核心内容。在电力供应充足和廉价的前提下，消费端的低碳化主要通过各种生产工艺流程的再造来完成。

消费端的排放大户是工业、交通、建筑三个领域，工业领域的排放大户是钢铁、建材、化工、有色四个产业。

从现有技术分析，交通的低碳化甚至非碳化较易实现，即轨道交通和私家车可用电力替代，船舶、卡车、航空可部分用氢能替代。这里关键处是建设私家车的充电体系，建设从制氢到输运再到加氢站的完整体系，当然还有如何保证经济、安全运行等问题。

建筑领域的低碳化技术已基本具备，大致可考虑以下途径：城市以全面电气化为主，加上条件具备的小区以电动热泵（地源热泵、空气源或者长程余热）为补充，少部分情况特殊者可部分利用天然气；农村则以屋顶光伏+电动热泵+天然气+生物沼气+输入电力的适当组合为主。

以上两大领域去碳化的关键是政府与市场做好协调，并以合适节奏推广之。

目前,工业领域的钢铁、建材、化工、有色产业还没有用电力、氢能替代化石能源的成熟技术,虽然从理论上讲是可以实现的,但仍需技术层面变革性的突破和行业间的协调。事实上,国内外一些企业与研发单位在氢能+电力+煤炭的“混合型”炼铁(如氢冶金)上已有较为成功的先例。从工艺流程再造看,不同工业过程既可考虑先走低碳化的“混合型”再到无碳化的“清洁型”,也可考虑一步取代到位。

由此可见,能源消费端的“替代路线”需研发大量新技术并布局大量新产业。

需要说明的是,水泥一般用石灰石做原料,煅烧过程中不可能不产生二氧化碳,这部分如得不到捕集利用,当在“不得不排放”的二氧化碳之列。此外,煤、油、气作为资源来生产基础化学品、高端材料、航油等,其开采—加工—产品使用的全生命周期中也存在“不得不排放”的二氧化碳。

从以上两部分的分析看,无论是发电端还是能源消费端,到2060年都会有相当数量的碳排放存在,需要其他技术予以中和。

(三)“固碳端”之要在生态建设

学术界对固碳方式已有过很多研究,主要分六大类。

第一类是通过对退化生态系统的修复、保育等措施，增强光合作用并将更多碳以有机物的形式固定在植物(尤其是森林)和土壤之中。这是最重要的固碳过程。2010—2020年间，我国陆地生态系统的净固碳能力约为每年10亿—13亿吨二氧化碳。第二类是从烟道中收集二氧化碳，制成各类化学品和燃料，或者用于藻类养殖，形成生物制品。第三类是收集二氧化碳气体，用于油田驱油、驱气过程。第四类是收集二氧化碳，制成碳化水泥。第五类是收集二氧化碳后，封存于地层之中。第六类是生物质燃料利用、采伐树木及秸秆等闷烧还田等。

由于生态建设是“国之大者”，而后面五类“碳固存技术”的应用均需额外耗能，且未必经济合算，因此，固碳端的工作当首先聚焦于生态建设。在2060年之前，对非生态碳固存技术先做深入研究和技术储备，力争掌握知识产权和工程技术，大幅度降低成本；临近2060年时，根据我国“不得不排放”的二氧化碳量和生态固碳贡献状况，再相机推动这些技术的应用。

三、中国碳中和需制定分阶段实施方案

在已有的经济社会发展逻辑之下，不管是由于技术上不具备还是经济上不合算，到21世纪中叶，一定会产生一部分“不得不人为排放”的二氧化碳。因此，我们在对标碳

中和时,首先要搞清楚一个问题:我们减排到什么程度,即可达到碳中和?

过去的全球碳循环数据表明,人为排放二氧化碳中的 54% 被陆地和海洋的自然过程所吸收,假定未来几十年碳循环方式基本不变,尤其是海洋吸收 23% 的比例不变,则各国排放的留在大气中的 46% 那部分应该是“中和对象”。但事实上,陆地吸收的 31%,一部分是通过生态过程,一部分是通过其他过程,二者之间的比例目前尚未研究清楚。根据相关研究,2010—2020 年间我国陆地生态系统每年的固碳量为 10 亿—13 亿吨二氧化碳。一些专家根据这套数据采用多种模型综合分析后,预测 2060 年我国陆地生态系统固碳能力为 10.72 亿吨二氧化碳/年,如果增强生态系统管理,还可新增固碳量 2.46 亿吨二氧化碳/年,即 2060 年我国陆地生态系统固碳潜力总量为 13.18 亿吨二氧化碳/年。根据以上分析,如果我国 2060 年排放 25 亿—30 亿吨二氧化碳,则海洋可吸收 5.75 亿—6.9 亿吨,生态建设吸收 13 亿吨,陆地总吸收的 31% 中,生态吸收以外的其他过程如果占比 17%,则为 4.25 亿—5.1 亿吨,那么吸收总数将在 23 亿—25 亿吨之间;在此基础上,如果发展 5 亿吨规模的 CCUS(碳捕获、利用与封存)技术固碳,则大致能达到碳中和。

如果我们将 2060 年“不得不排放”的二氧化碳设定为 25 亿—30 亿吨，则需要在目前 100 亿吨的基础上减排 70%—75%，挑战性非常之大。这就需要制定分阶段减排规划。理论上讲，我国可考虑“四步走”的减排路径，从现在起用 40 年左右的时间达到碳中和目标。

第一步为“控碳阶段”，争取到 2030 年把二氧化碳排放总量控制在 100 亿吨之内，即“十四五”期间可比目前增一点，“十五五”期间再减回来。在这第一个十年中，交通领域争取大幅度增加电动汽车和氢能运输占比，建筑领域的低碳化改造争取完成半数左右，工业领域利用煤+氢+电取代煤炭的工艺过程完成大部分研发和示范。这十年间增长的电力需求应尽量少用火电满足，而应以风、光为主，内陆核电完成应用示范，制氢和用氢的体系完成示范并有所推广。

第二步为“减碳阶段”，争取到 2040 年把二氧化碳排放总量控制在 85 亿吨之内。在这个阶段，争取基本完成交通领域和建筑领域的低碳化改造，工业领域全面推广用煤/石油/天然气+氢+电取代煤炭的工艺过程，并在技术成熟领域推广无碳新工艺。这十年，火电装机总量争取淘汰 15% 的落后产能，用风、光资源制氢和用氢的体系完备并大幅度扩大产能。

第三步为“低碳阶段”，争取到 2050 年把二氧化碳排放总量控制在 60 亿吨之内。在此阶段，建筑领域和交通领域达到近无碳化，工业领域的低碳化改造基本完成。这十年，火电装机总量再削减 25%，风、光发电及制氢作为能源主力，经济适用的储能技术基本成熟。据估计，我国对核废料的再生资源化利用技术在这个阶段将基本成熟，核电上网电价将有所下降，故用核电代替火电作为“稳定电源”的条件将基本具备。

第四步为“中和阶段”，力争到 2060 年把二氧化碳排放总量控制在 25 亿—30 亿吨。在此阶段，智能化、低碳化的电力供应系统得以建立，火电装机只占目前总量的 30% 左右，并且一部分火电用天然气替代煤炭，火电排放二氧化碳力争控制在每年 10 亿吨，火电只作为应急电力和承担一部分地区的“基础负荷”，电力供应主力为光、风、核、水。除交通和建筑领域外，工业领域也全面实现低碳化。尚有 15 亿吨的二氧化碳排放空间主要分配给水泥生产、化工、某些原材料生产和工业过程、边远地区的生活用能等“不得不排放”领域。其余 5 亿吨的二氧化碳排放空间机动分配。

“四步走”路线图只是一个粗略表述，由于技术的进步具有非线性，所谓十年一时期也只是为表述方便而划分。

四、实现碳中和需发挥我国的制度优势

2060 年实现碳中和,对我国固然是一个非常严峻的挑战,但我们也应看到,这中间蕴含着巨大的机遇。首先,我国尽管煤炭资源相当丰富,但油气资源不足,大量进口油气资源又面临地缘政治上的风险,而煤炭作为一种十分宝贵的资源,当作燃料用于发电、供热,确实是“大材小用”,况且煤炭燃烧时所排放的硫化物、硝化物和粉尘对大气环境有明显破坏作用。我国如能够大规模利用可再生能源而逐渐摆脱对煤炭的依赖,将在资源和环境两大方面收获实实在在的好处。其次,我国的风、光资源相当丰富,有专家曾做过测算,如果能把鄂尔多斯高原、阿拉善高原、柴达木盆地这 60 多万平方千米的干旱区的一半区域覆盖上太阳能电池板,就能够满足全国的能源需求。实践证明,太阳能电池板安装以后,对干旱区的生态恢复大有帮助。也就是说,在干旱区建太阳能发电站,将在清洁能源和生态恢复两方面获得效益。再次,我国在非碳能源领域的技术相对先进,包括太阳能发电技术、核能技术、储能技术、特高压输电技术等。举个例子,一些国家对我国的太阳能电池板设置 100% 的关税,一方面说明他们实施贸易保护主义,违反 WTO 规则;另一方面则说明了我们在这个领域中的绝对领先地位。在全世界的绿色转型大潮中,

我们的绿色技术将支撑新兴产业的发展，成为经济增长的新动能，并为我国的民族复兴大业提供强大助力。

因此，实现碳中和，并不全是国际社会强加于我们的事情，也是我国经济社会发展到一定程度之后的内在要求。当然，在这样广泛而深远的绿色转型中，我们一定要自己掌握自己的节奏，不能引起能源短缺危机；同时，也要使能源的价格保持在相对低廉的水平，既给老百姓的生活带来真真切切的便利，又能使我们的制造业继续在世界上保持足够竞争力。

碳中和要求经济社会大转型，涉及广阔的领域，需要在党和政府的坚强领导下，发挥出全国一盘棋的体制性优势。其中，有三个方面需要做好协调。一是统筹全国的研发力量，形成一个完整的、有足够竞争力的研发体系。从前面的介绍即可看出，碳中和说到底是技术为王，只有靠先进的技术才能获得产业的竞争力。我国有一支庞大的围绕绿色产业的科技研发队伍，各个领域都有专门人才和研究团队。未来我们需要进一步协调和优化的工作是在国家规划目标的引领下，把这些团队和人才组织起来，把不足的研发短板补齐，形成一个以目标为导向的研发网络或责任体系，从而支撑与碳中和相关的产业健康有序发展。二是在向碳中和目标挺进的过程中，政府和市场要做

好协调,扮演好各自的角色,从而做到“两只手”均发挥出最大效能。据估计,我国实现碳中和,需要百万亿人民币数量级的投资,绝非政府一家能够单独提供,投资主体还是应该来自市场。但在引导投资过程中,政府可在法律、行政法规、税收、补贴、产业政策、碳配额投放、绿色金融政策等方面发挥十分有力的作用。回想十几年前,我国政府以《可再生能源促进法》为依据,推动光伏发电、风力发电、储能技术、电动汽车等产业的迭代进步,现在已收到十分明显的成效。以光伏发电为例,十年前尚需对上网电价提供高额补贴,现在已经可以竞争平价上网。这是政府和市场形成合力的典型案例,也是我们未来必须坚持发挥的体制优势。三是在构建人类命运共同体的旗帜下,做好国际合作。技术、产业都需要开放的环境,都需要在交流的过程中发展进步,因此在政府的推动下,做好科技界和产业界的国际合作工作,是我国实现碳中和的重要保证。

(作者:十三届全国人大常委会副委员长,民盟中央主席,中国科学院院士。来源:《中国新闻发布》2022年第1期)

中国碳达峰碳中和目标下的绿色低碳 转型：战略与路径

王一鸣

气候变化是人类面临的重大而紧迫的全球性挑战。实现碳达峰、碳中和，是中国向世界作出的庄严承诺，也是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。实现碳达峰、碳中和目标，既为中国加快绿色低碳转型提供了重大战略机遇，也将面临十分严峻的挑战。力争 2030 年前碳达峰，2060 年前实现碳中和，与中国社会主义现代化建设“两步走”战略不仅具有时间上的同步性，而且具有战略方向和目标的一致性。碳达峰、碳中和目标下推进绿色低碳转型，要求加快产业结构优化升级，构建清洁低碳安全高效的能源体系，推动绿色低碳技术实现重大突破，完善促进绿色低碳发展的政策体系，发挥市场机制对碳减排的积极作用，倡导绿色低碳生活方式，健全绿色低碳发展的统计、监测和监管体系，加强应对气候变化的国际合作。

一、气候变化是人类面临的重大而紧迫的全球性挑战

(一) 人类活动已造成气候系统发生前所未有的变化

过去几十年间，随着温室气体浓度的不断增加，气候变化和日益频发的极端气候事件越来越威胁到人类的生存和发展。2015年气候变化巴黎大会通过的《巴黎协定》，为2020年以后全球合作应对气候变化构建了制度框架。《巴黎协定》确立了全球应对气候变化的长期目标：到21世纪末将全球气温升幅控制在工业化前水平基础上不超过 2°C ，努力控制在 1.5°C 以内，尽快实现全球温室气体(GHG)排放达峰，在21世纪下半叶实现温室气体净零排放，并确立了通过各国自主决定贡献(NDC)“自下而上”地提出各自减排目标和行动计划的新机制。《巴黎协定》要求各缔约方于2020年通报并强化各自2030年的NDC目标和行动，并提交各自到21世纪中叶的温室气体排放发展战略。全球已有135个国家和地区承诺到21世纪中叶实现“碳中和”，这些国家和地区碳排放量占世界碳排放总量的75%左右，人口占世界总人口的60%左右，经济总量占75%左右。

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)2021年8月最新发布的第六次评估报告第一工作组报告《2021年气候变化：自然科学基础》，向世界发出新的警告：人类活动已造成气候系统发生前所未有的变化。1970年以来的50年是过去2000年以来最暖的50年；2019年全球二氧

化碳浓度达到 410ppm(ppm 为浓度单位,即每百万个干空气气体分子中所含该种气体分子数),高于 200 万年以来的任何时候。2011 年至 2020 年全球地表温度比工业革命时期上升了 1.09°C ,其中约 1.07°C 的增温是人类活动造成的。未来在低排放情景中,实现将温升控制在 2°C 以内目标,需在 2050 年之后实现净零排放;而实现将温升控制在 1.5°C 以内目标,则需要在 2050 年左右实现净零排放,并在之后采取更强有力的负排放措施。

(二)中国积极参与应对全球气候变化的国际行动

中国为《巴黎协定》的达成、签署、生效和实施作出了历史性贡献。中国倡议二十国集团(G20)发表首份气候变化问题主席声明,率先签署《巴黎协定》,并在《巴黎协定》下提出 NDC 目标和行动计划。2020 年 9 月 22 日,习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上正式宣布,中国将提高国家自主贡献力量,采取更加有力的政策和措施,力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值,努力争取 2060 年前实现碳中和。2020 年 12 月,在联合国和有关国家共同举办的“气候雄心峰会”上,习近平总书记进一步提出,到 2030 年,中国单位国内生产总值(GDP)二氧化碳排放将比 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。中国在全球应对气候变化最紧要的关头提出碳达峰、碳中和目标，特别是 2060 年实现碳中和的目标，极大提振了全球应对气候变化的信心。

习近平总书记指出，降低二氧化碳排放、应对气候变化不是别人要我们做，而是我们自己要做，是中国可持续发展的内在要求。实现碳达峰、碳中和，是中国向世界作出的庄严承诺，也是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。中国提出碳达峰、碳中和目标，与中国开启全面建设社会主义现代化国家新征程的时间节点高度重合，这不仅表明中国要实现的现代化是人与自然和谐共生的现代化，也要求把实现碳达峰、碳中和目标纳入到中国经济社会发展战略之中。实现碳达峰、碳中和，涉及经济、产业、科技进步和体制机制等各方面，需要付出长期艰苦不懈的努力，必须以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展为关键，加快形成绿色低碳的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展之路。

二、实现碳达峰碳中和目标对中国绿色低碳转型提出紧迫要求

（一）实现碳达峰碳中和目标对绿色低碳转型的刚性

要求

碳达峰与碳中和既有区别又有联系。碳达峰可以在无减碳压力下自然达到，而碳中和则是刚性约束下的实质性减碳直至实现碳中和。实现碳中和目标的难度与碳达峰峰值有直接联系。2030 年前碳达峰峰值越低，意味着 2060 年碳中和的难度就越小；2030 年前碳达峰峰值越高，则后期碳中和压力就越大。因此，从现在起就要加快推进经济社会发展全面绿色转型，尽可能提前实现碳达峰并降低峰值，确保 2060 年前实现碳中和目标。

目前，中国是全球碳排放量最大的国家。根据英国石油公司(BP)发布的《世界能源统计年鉴 2021》的数据，2010—2020 年，中国碳排放量由 81.5 亿吨上升到 99.0 亿吨，2020 年占全球的比重为 30.7%。2020 年中国碳排放量同比增加 0.6%，是全球少数几个增加的国家之一。美国和欧盟 2020 年碳排放总量分别为 44.6 亿吨和 21.5 亿吨，占全球的比重分别为 13.8% 和 7.9%。2010—2020 年，美国和欧盟碳排放总量有所下降，中国碳排放增幅虽有所放缓但总量仍有上升(图 1)。碳排放强度方面，2019 年中国为 2.9 吨/万美元，高于美国的 2.3 吨/万美元和英国的 2.5 吨/万美元。从碳排放来源看，根据国际碳行动伙伴组织统计数据，2020 年中国来自能源领域的碳排放占全国

碳排放总量的 77%，工业过程碳排放量占 14%，农业领域占 7%，废弃物碳排放量占 2%。由此可见，化石能源的净零排放是实现碳达峰、碳中和目标的关键。

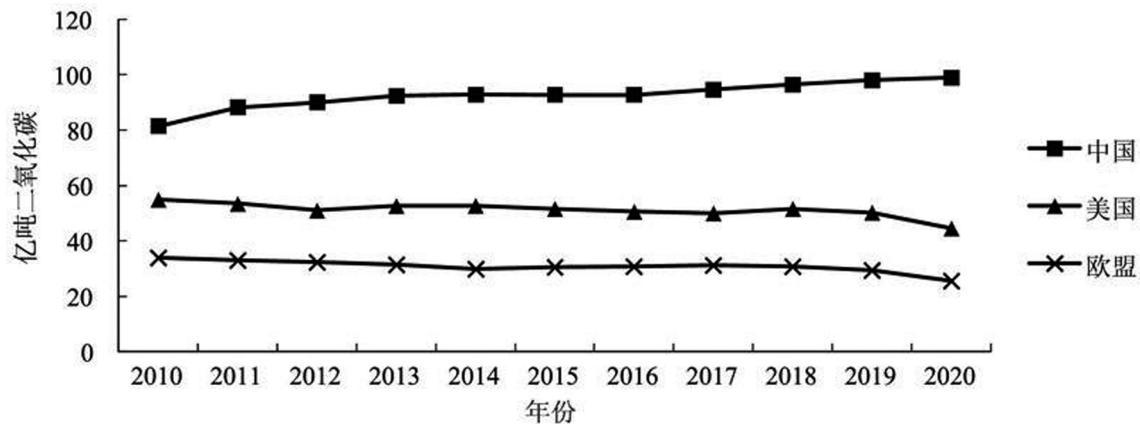


图 1 2010—2020 年中国、美国、欧盟碳排放总量变化趋势

2020 年，中国能源消费总量为 49.8 亿吨标煤。随着工业化、城市化继续推进，能源消费总量还将增加，到 2030 年有可能达到 60 亿吨标煤。2030 年后，随着中国工业化、城市化进程基本完成，能源效率不断提高，中国最终能源消费将进入下降通道，预计 2060 年能源消费总量大约降至 55 亿吨标煤。化石能源将按煤炭、石油、天然气顺序分别在 2025 年、2030 年、2040 年达峰（同样热值的能源服务，煤炭的碳排放因子最高，每吨标煤热值的煤炭大约排放 2.6 吨二氧化碳；石油的碳排放因子相对煤炭较低，大约为每吨标煤热值的原油排放 2.1 吨二氧化碳；天然气在化石能源中碳排放因子最低，排放系数为 1.6 吨二氧化

碳)。预计煤炭消费将从 2020 年的 28.2 亿吨标煤降为 2030 年 26.3 亿吨标煤,占比从 56.8% 降为 44% 左右。电力将替代化石能源直接使用,到 2060 年电力占能源消费比重将达到 70% 以上。构建以新能源为主体的新型电力系统,提高电网对高比例可再生能源的消纳和调控能力,光伏、风电将成为电力增量的主要来源,绿色电力或零碳电力占比将大幅提高。发展“新能源+储能”、源网荷储一体化和多能互补,新型储能将实现规模化应用。氢能将开启商业化应用,形成“制储输用”全链条发展。石油产品多用于机动车动力,部分为化工原料。国际上多数国家宣布在 2035 年禁止燃油汽车上市,中国若在 2040 年停止燃油汽车上市,考虑到燃油汽车的使用寿命大约为 15 年,则 2055 年汽车将全部为零碳电能所替代。航空用油可被氢能或电能等所替代,从而逐步实现航空燃油的大致清零。石油加工制成的各种化纤、塑料制品,也将逐步被金属、木材和植物纤维所替代。这样,石油排放的二氧化碳在 2060 年前可基本清零。在煤炭、石油全面退出后,天然气大体在 2060 年前退出。

(二) 实现碳达峰碳中和目标要求加快绿色低碳转型

实现碳达峰、碳中和目标,不仅对绿色低碳转型提出更加紧迫要求,同时也要以绿色低碳转型为重要前提。不

加快绿色低碳转型，碳达峰、碳中和目标就难以实现。

改革开放 40 多年来，中国经济高速增长，1979—2020 年年均增长 9.2%。但受粗放式发展方式影响，经济增长在相当程度上是以大量消耗能源资源和牺牲环境为代价的。中国单位 GDP 能耗高，既有国际分工的因素，在参与经济全球化进程中，高耗能、资源型产品大量向中国转移，使中国产业结构中高耗能产业比重过大；也有经济发展阶段和总体技术水平等方面的因素，中国主要耗能工业产品的能源单耗比世界先进水平高 15%—30%；还有中国的能源结构因素，能源结构中煤炭占比过大，高达 56.8%，是世界平均水平的 2 倍以上。

实现碳达峰、碳中和目标，对绿色低碳转型将形成强大的倒逼机制，要求加快产业结构优化升级，发展战略性新兴产业和现代服务业，抑制高耗能高排放项目发展，推动传统产业绿色低碳转型；加快构建清洁低碳安全高效的能源体系，严格控制化石能源消费特别是煤炭消费增长，加快发展风能、太阳能、生物质能、海洋能、地热能等非化石能源；大幅提升能源效率，加强重点领域节能，构建以绿色低碳为特征的工业、建筑、交通体系和消费模式，大幅度降低能源消耗和二氧化碳排放强度，合理控制能源消费总量和二氧化碳排放总量，将碳达峰、碳中和的压力转化为

产业升级、技术进步和绿色低碳转型的动力。

(三) 碳达峰碳中和目标下绿色低碳转型的主要路径

实现碳达峰、碳中和目标与绿色低碳转型目标是一致的，也是相辅相成的。控制二氧化碳排放，最重要的途径是结构调整、技术进步和发展可再生能源。根据有关研究测算，今后一个时期，这三个方面占总减排潜力的 85% 左右，特别是结构减排对实现目标的贡献度超过 50%。

结构减排，包括三次产业结构调整、行业结构调整和产品结构调整。在三次产业中，第一产业二氧化碳排放强度较低，但从未来发展方向看，在经济总量中所占比重将趋于下降；第二产业排放强度最高，二氧化碳排放总量也明显大于第一、第三产业，是未来结构调整的重点；第三产业二氧化碳排放强度高于第一产业，但低于第二产业，是未来鼓励发展的方向。从对控制二氧化碳排放的要求看，三次产业结构调整的关键是要提高第三产业的比重，降低第二产业的比重。这就要求加快发展现代服务业，促进制造服务化和服务知识化；加快发展战略性新兴产业，培育新的经济增长点；加快传统产业绿色低碳改造，淘汰高耗能高排放低附加值的生产能力，推动传统产业技术进步、管理创新、产业重组和优化布局。行业结构调整的关键是在进一步严格控制高耗能高排放行业增速的同时，提升低

耗能低排放行业的比重。产品结构调整的关键是要提升产品的附加值,从而降低单位增加值的碳排放强度。

技术减排,主要是通过技术手段降低高耗能高排放行业特别是电力、钢铁、有色金属、石油化工、建材、交通、建筑等行业的化石燃料消费和二氧化碳排放。这就要求加大在提高能效、可再生能源、碳捕集利用与封存等方面低碳、零碳、负碳技术的研发和产业化投入,加快建设绿色低碳的工业、建筑和交通体系,推动形成绿色低碳生产方式和生活方式。

发展可再生能源,要求对未来煤、电、油、气、新能源和可再生能源进行科学合理的战略部署,加快发展非化石能源,不断提高风能、太阳能、生物质能、海洋能、地热能等非化石能源消费比重,提高风电、光伏、生物质发电等发电装机和发电量的比重,构建以新能源为主体的新型电力系统,同时保持水电利用规模的合理增长,积极安全有序发展核电。

三、中国实现碳达峰碳中和目标的机遇和挑战

(一) 实现碳达峰碳中和目标的重大机遇

1. 中国特色社会主义制度优势和全社会广泛共识,为实现碳达峰碳中和目标提供保障

碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性

变革,仅仅依靠市场机制的自发作用难以实现目标,必须更好发挥政府作用。党的十八大以来,中国把生态文明建设纳入“五位一体”总体布局之中,确立绿色发展的新发展理念,推进建设资源节约、环境友好的绿色发展体系,并将应对气候变化全面融入国家经济社会发展战略,制定了明确目标,采取有力度的政策举措和行动,政府较强的执行力和全社会对绿色发展的高度共识,在推动绿色低碳转型上形成强大合力。2020年,中国在GDP比2005年(国家自主贡献目标基准年)增长超过4倍的同时,单位GDP二氧化碳排放比2005年下降48.4%,超额完成了2009年承诺的45%的高线目标,相当于减少二氧化碳排放约58亿吨,初步实现了经济发展与碳排放脱钩,走上一条符合国情的绿色低碳转型之路。

2. 新科技革命和绿色低碳技术变革,为实现碳达峰碳中和目标提供技术支撑

当前,以大数据、物联网、云计算、人工智能为核心的新科技革命迅猛发展,正在重塑全球产业生态。信息网络技术与能源技术融合,推动化石能源清洁化、清洁能源规模化和能源服务智能化,推动能源技术向绿色低碳和智能化方向转型。太阳能、风能、生物质能、地热能、水能、海洋能等可再生能源开发、存储和传输技术的进步,氢能、天然

水合物和聚变能等新一代能源技术的发展,促进能源结构从高碳向低碳转变。有研究表明,数字技术可以将全球温室气体排放量减少 20% 以上。得益于改革开放 40 多年的快速发展,中国科技创新能力大幅提升,特别是在数字智能技术和绿色低碳技术领域走在世界前列。近年来,中国促进数字智能技术与能源清洁高效开发利用技术的融合创新,大力发展战略性新兴产业,成为构建清洁低碳安全高效的现代能源体系,推动绿色低碳转型的重要力量。

3. 中国具有绿色低碳转型的“后发优势”,为实现碳达峰碳中和目标提供更大空间

中国传统产业规模庞大,通过技术改造加快传统产业绿色低碳转型,淘汰高耗能高排放的落后产能,发展高技术含量的战略性新兴产业,实现产业体系的数字化智能化绿色化转型,具有巨大的减排潜力。中国能源结构中化石能源比重偏高,煤炭消费占比仍高达 56.8%,推动化石能源有序退出,加快去煤化进程,促进光伏、太阳能等新能源成为主体能源,积极开发绿色氢能产业,提高终端用能的电气化水平,将形成巨大的节能降碳空间。2020 年,中国非化石能源发电装机总规模达到 9.8 亿千瓦,占总装机的比重达到 44.7%,其中,风电、光伏发电分别达到 2.8 亿千瓦、2.5 亿千瓦,装机规模均已超过美国和欧洲,位列全

球第一(图2、图3)。同时,由于中国工业化、城市化尚未完成,在继续推进工业化、城市化进程中,新增的工业产能和城市基础设施需求可以通过发展绿色低碳产能及绿色基础设施来实现,避免传统工业化、城市化模式带来的“锁定效应”(“锁定效应”是指基础设施、机器设备以及耐用消费品等的使用年限通常在10—50年以上,不大可能轻易废弃,既有的投资和技术将“锁定”)。

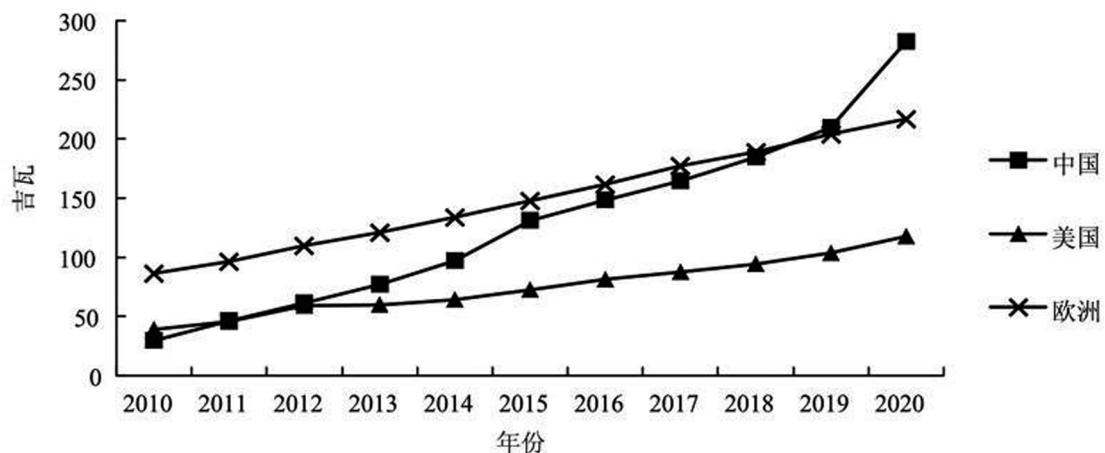


图2 2010—2020年中国、美国、欧洲风电装机容量变化趋势

资料来源：《BP世界能源统计年鉴（2021）》。

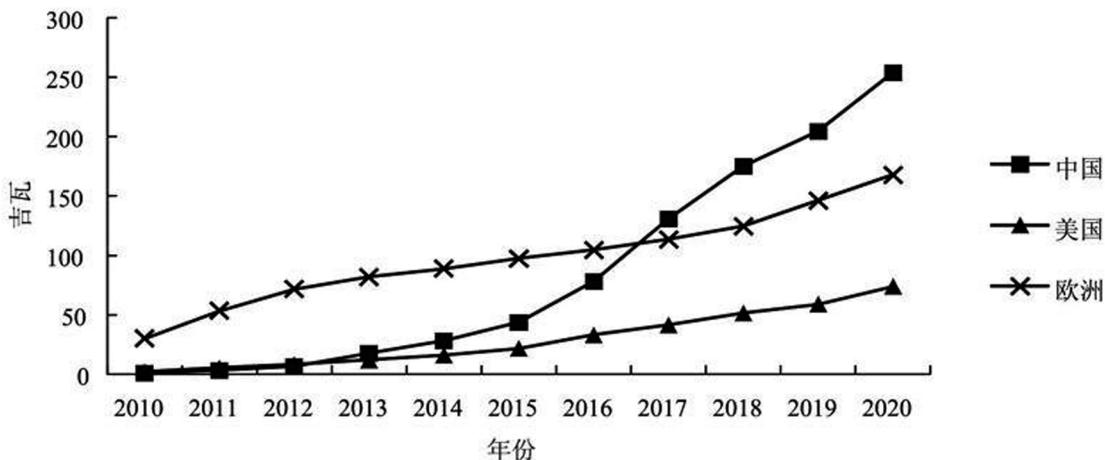


图3 2010—2020年中国、美国、欧洲光伏装机容量变化趋势

4. 超大规模经济体优势,为实现碳达峰碳中和目标创造有利条件

中国GDP已连续两年超过100万亿元,稳居全球第二。经济体量大,可以分摊绿色低碳技术研发的初始成本,而且初创企业可以依托国内市场进行孵化;加之拥有规模庞大的产业制造体系,既有处在接近全球前沿的产业和技术,也有处在追赶阶段的产业和技术,为形成较为完整的绿色产业链、发挥不同领域的产业和技术优势创造了条件。比如,近年来中国发挥了超大规模经济体优势,以光伏、风电的规模化开发利用促进光伏、风电制造产业发展。2005年以来,中国风力驱动涡轮机容量每年均成倍增长,已具备最大单机容量达10兆瓦的全系列风电机组制造能力,同时中国还是全球最大的太阳能光伏电池板制造国,不断刷新光伏电池转换效率世界纪录,光伏产业创新能力和国际竞争力不断提升,产业服务体系逐步完善。

(二) 实现碳达峰碳中和目标面临的严峻挑战

1. 碳中和时限偏紧,发展方式绿色低碳转型的任务十分艰巨

发达国家碳达峰是在基本无减排压力下,通过结构升级和技术进步自然实现的。英法等欧洲国家大致在20世纪七八十年代实现碳达峰,然后在经历漫长平台期后,碳

排放总量缓慢下降。在此基础上,欧美承诺的碳中和与碳达峰之间的时间有 50—70 年。中国目前人均 GDP 刚刚迈过 1 万美元,2035 年人均 GDP 要达到中等发达国家水平,经济仍需保持较快增长,在现有技术水平下,碳排放仍将继续上升。中国提出 2030 年前实现碳达峰,之后碳排放与经济增长逐步脱钩,并在 2060 年前实现碳中和,中间仅有 30 年时间。这意味着从碳达峰到碳中和的过渡期大幅缩短,转换过程将极为陡峭。作为全球最大的能源消费大国和碳排放大国,要在推进现代化进程中实现碳中和目标,必须以前所未有的力度加快发展方式向绿色低碳转型。

2. 产业结构偏重,产业转型升级的任务十分艰巨

中国第二产业占 GDP 比重长期稳定在 40% 以上,近年来虽有所下降,但 2020 年仍高达 37.8%。第二产业的万元产值能耗是第一、第三产业的 4 倍以上。从第二产业内部结构看,钢铁、有色金属、建材、石化、化工等高耗能产业比重偏高,占制造业总能耗的 85%,增大了节能降碳的压力。2020 年,中国生产了全球超过 50% 的粗钢(10.65 亿吨)、煤炭(39.02 亿吨)和水泥(23.9 亿吨),以及近 1/3 的汽车(2532.5 万辆)。近年来,中国制造业价值链提升步伐加快,正在由低端产品出口为主向以中高端产品出口

为主转变。但相对于发达国家控制价值链两端的研发设计和品牌、供应链管理等环节而言，中国在国际分工中主要承担能源资源消耗强度较大的加工制造环节，单位生产总值的碳排放量明显高于发达国家。每年由中国出口到发达国家的大量制成品在生产组装过程中需要排放大量二氧化碳，中国的净碳转移排放量约占本土排放量的10%。由于国际分工格局短期内难以改变，这种由国际贸易引起的隐性碳排放转移，也使中国控制碳排放面临更严峻的挑战。

3. 能源结构偏煤，能源结构优化的任务十分艰巨

中国是世界上少数几个以煤为主的国家，2020年中国一次能源消费量为49.8亿吨标煤。在一次能源消费中，煤炭所占比重高达56.8%，石油、天然气分别占18.9%和8.4%，水电、核电、风能、太阳能等非化石能源仅占15.9%。从国际比较看，中国的煤炭占比是美国和欧盟的5倍以上(图4)。通常情况下，煤炭单位碳排放比石油和天然气分别要高36%和61%，由此导致单位能源二氧化碳排放强度比世界平均水平高约30%。2020年中国能源领域的碳排放占全国碳排放总量约为77%，化石能源燃烧碳排放占全球的比重约为28.8%，这与中国以煤炭为主的能源消费结构是分不开的。中国能源资源禀

赋特征使得煤炭为主体的能源结构短期内难以改变,这也意味着中国能源结构低碳化转型任务十分艰巨。

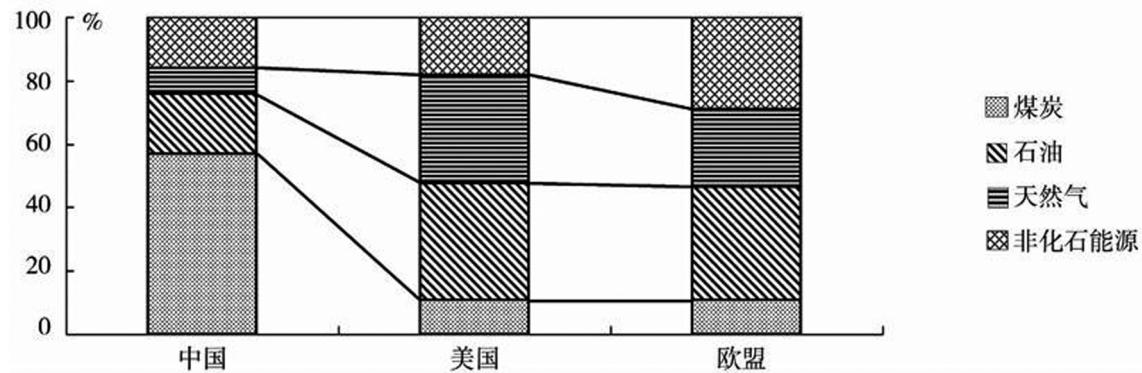


图 4 2020 年中国、美国、欧盟一次能源结构

4. 能源效率偏低,提高能源效率的任务十分艰巨

中国能源利用效率不高,能耗强度和碳排放强度明显高于工业化国家平均水平。虽然过去一个时期,中国是世界上能源利用效率提升最快的国家,1965—2019 年中国能源消费强度年均下降 2.22%,远高于世界 0.78% 的年均下降水平,降速是后者的 2.8 倍,但能源利用效率与世界先进水平差距仍然较大。2019 年,中国能耗强度约为世界平均水平的近 1.8 倍、发达国家的 2—3 倍。同样,中国的碳排放强度也呈现较快下降态势。1970—2019 年,中国的碳排放强度年均下降 3.17%,为世界年均降幅 1.23% 的 2 倍以上,但由于能源结构偏煤和能源效率偏低,碳排放强度仍明显高于世界平均水平,2019 年是世界平均水平的 2.2 倍,是欧盟平均水平的 5.0 倍。必须加快

优化能源结构、建设清洁低碳安全高效的能源体系。

四、碳达峰碳中和目标下绿色低碳转型的战略和愿景

(一) 把碳达峰碳中和纳入经济社会发展总体战略

力争 2030 年前碳达峰，2060 年前实现碳中和，与中国社会主义现代化建设“两步走”战略不仅具有时间上的同步性，而且具有战略方向和目标的一致性。因此，要把 2030 年前碳达峰纳入社会主义现代化建设第一阶段的发展目标中，为到 2035 年“广泛形成绿色生产生活方式，碳达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国目标基本实现”创造条件；把 2060 年前实现碳中和作为社会主义现代化建设第二阶段的重要任务，争取 2050 年实现近零排放，为实现美丽中国目标提供保障。

碳达峰、碳中和目标下实现绿色低碳转型，要坚定不移贯彻新发展理念，坚持系统观念，处理好发展和减排、整体和局部、中央与地方、政府与市场、短期和中长期、中国与世界的关系。强化顶层设计，明确碳达峰、碳中和的宏观战略目标、阶段任务、实现途径、政策体系、保障措施。发挥制度优势，坚持政府和市场两手发力，发挥政府引导作用，完善有利于应对气候变化的财税、投融资、价格等经济政策，发挥市场机制作用，形成有效激励机制。坚持全国统筹，强化各级政府碳达峰、碳中和目标考核责任制，根

据各地实际分类施策，鼓励主动作为，率先碳达峰、碳中和。加强国际合作，统筹国内国际能源资源，处理好节能降碳和能源安全、产业链供应链安全的关系，推动建设国际气候治理体系，为建设人类命运共同体作出更大贡献。

（二）2030 年前碳达峰目标下的绿色低碳转型

2030 年前碳达峰，将覆盖两个五年规划期。“十四五”时期，产业结构和能源结构调整优化取得明显进展，重点行业能源利用效率大幅提升。“十五五”时期，清洁低碳安全高效的能源体系初步建立，重点领域低碳发展模式基本形成。

在产业结构方面，随着城市化和居民收入水平提高，推动消费结构升级，服务需求增长将明显加快，对外贸易中服务贸易比重继续提高。在这些因素作用下，第三产业比重持续上升，第二和第一产业比重继续下降。预计第三产业比重将由 2020 年的 54.5% 提升至 2025 年的 60% 左右和 2030 年的 65% 左右，第二产业比重将由 2020 年的 37.8% 下降至 2025 年的 35% 左右和 2030 年的 31% 左右，第一产业比重将由 2020 年 7.7% 下降至 2025 年的 5% 左右和 2030 年的 4% 左右。与此同时，重化工业大规模扩张接近尾声，传统产业陆续达峰并将进入平台期；互联网支撑的水平分工和跨产业链融合继续深化，要素精细

化配置和产业智能化改造将明显加快,高端制造业和现代服务业对经济的贡献将进一步提升。

从能源低碳转型看,“十四五”时期,煤炭消费增长将得到控制,到 2025 年占一次能源消费比重降至 50% 左右,非化石能源消费占比达到或超过 20%。由于火电调峰更为灵活,火电装机绝对量在 2025 年前仍将增长,但边际增量逐步减小,并将在 2025 年达峰。火电的缺口将由零碳的可再生能源和储能补足。到 2025 年单位 GDP 能耗比 2020 年下降 13.5%,单位 GDP 二氧化碳排放比 2020 年下降 18%。碳排放增长将进入平台期,部分东部发达省市、西南可再生能源禀赋较好的省市,以及电力、钢铁、水泥等高耗能高排放行业率先实现达峰。“十五五”时期,煤炭消费逐步减少,火电装机逐步退役,太阳能、风能等非化石能源成为满足能源增量需求的主体,光伏、风电将进入快速扩张期。光伏、风电发电不稳定形成巨大的储能调峰需求,推动新能源发电侧配储容量规模迅速扩大。到 2030 年非化石能源消费占比达到 25% 以上,风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上,单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 65% 以上。

(三)2060 年前碳中和目标下的绿色低碳转型

2060 年前实现碳中和,绿色低碳循环发展的经济体

系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建立,能源利用效率达到国际先进水平,非化石能源消费比重达到80%以上。

2060年前实现碳中和,关键在于化石能源向清洁能源转型。考虑到中国超超临界百万千瓦级别的煤电投产时间可能晚至2025年,投资回收期为30年,退出时间最晚需要在2055年。随着光伏、风电等可再生能源的装机增长,到2060年电力系统将实现脱碳,形成以新能源为主体的新型电力系统。钢铁、建材、交通等能源消费部门,将进行大规模的电动化和氢能化改造。随着钢材存量大幅提升,废钢短流程电炉将占据主导地位,而依靠铁矿石的炼钢长流程所需的焦炭将被氢能取代,所需煤炭随着电炉的大量使用而退出。氢能将随着技术日趋成熟,在工业、交通运输、建筑等领域规模化应用。

五、碳达峰碳中和目标下推进绿色低碳转型的主要路径

(一)加快产业结构优化升级

产业结构优化升级是碳达峰、碳中和的重要途径。要加快传统产业节能降碳和绿色低碳转型,制定能源、钢铁、有色金属、石油化工、建材、交通、建筑等行业的碳达峰实施方案,建设绿色制造体系。利用新一代信息技术

和绿色制造技术对各产业进行全链条改造,促进互联网、人工智能、绿色制造技术向各产业领域渗透,加快推进产业低碳化和数字化转型。坚决遏制高耗能高排放项目发展,对于新建或扩建钢铁、水泥、平板玻璃、电解铝等高耗能高排放项目,严格落实产能等量或减量置换。加快发展新一代信息技术、生物技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等战略性新兴产业,提高产业链供应链现代化水平。加大太阳能、风能、氢能、生物质能等新能源技术研发和应用,提高能源产业中的新能源生产比重。加快汽车电动化、智能化、网联化进程,推动氢燃料电池汽车产业化,大力发展战略性新兴产业。加大煤炭清洁高效利用,发展节能和环境治理新技术,扩大资源循环利用,壮大节能环保低碳产业。

(二)构建清洁低碳安全高效的能源体系

能源是减碳去碳的重点领域。要合理控制化石能源消费,加快煤炭减量步伐,“十四五”时期严控煤炭消费增长,“十五五”时期逐步减少煤炭消费。做好产业结构调整与能耗双控的衔接,既要坚决遏制高耗能高排放项目盲目发展,也要避免因能源消费总量和能耗强度“双控”指标缺口,对即将投产或在建的产业项目采取“一刀切”停工停产。着力提高能源利用效率,建设绿色低碳的工业、建筑

和交通体系。实施工业能效提升行动,推进电力、钢铁、建材、有色、化工等行业节能。强化建筑节能降耗,实施新建建筑节能标准,加大既有建筑节能改造力度。鼓励发展公共交通,加快发展轨道交通等低碳交通方式,提高交通运输能效。实施可再生能源替代行动,扩大并网风电规模,加快“三北地区”和沿海地区的风电基地建设,发展内陆中小型风电和海上风电;推进太阳能多元化利用,建设大型光伏电站,鼓励发展分布式太阳能光伏发电,支持开展微网系统项目示范。因地制宜发展生物质能源,鼓励发展沼气发电及城市垃圾焚烧和填埋气发电。加快地热、海洋能等其他可再生能源资源勘查,提高开发利用水平。构建以新能源为主体的新型电力系统,提高电网对高比例可再生能源的消纳和调控能力。

(三)推动绿色低碳技术实现重大突破

科技创新是实现碳达峰、碳中和目标的关键举措。制定碳达峰、碳中和的科技发展战略与规划,抓紧部署绿色低碳前沿技术研究,组织重大科技研发与示范项目,加快推进应用节能降碳技术,建立完善绿色低碳技术评估、交易体系和科技创新服务体系。加强对节能与提高能效、氢燃料电池、大规模储能、智能电网、碳捕集与封存等技术研发和产业化投入,实施低碳和零碳技术示范项目,加强低

碳和零碳技术的推广应用。推动互联网、大数据、人工智能、第五代移动通信(5G)等新一代信息技术与绿色低碳产业深度融合,释放数字化、智能化、绿色化叠加倍增效应。强化市场机制作用,引导企业以市场需求为导向,推动绿色制造技术突破和迭代升级,大力培育绿色制造新产品、新模式、新业态,为制造业绿色低碳转型注入新动力。

(四)完善促进绿色低碳发展的政策体系

一是完善财税政策,推动各级政府加大对绿色低碳产业发展、技术研发的支持力度,研究制定低碳产品减免企业所得税和低碳设备抵扣企业所得税等政策,促进低碳产业发展。加快研究适合中国国情的碳税制度。建立健全政府绿色采购标准,加大绿色低碳产品采购力度。二是积极发展绿色金融,完善绿色金融标准体系,增加绿色金融产品和服务供给。设立碳减排货币政策工具,支持清洁能源、节能环保、碳减排技术等领域发展。扩大绿色债券发行规模,支持符合要求的企业上市融资,用于绿色低碳项目建设运营。鼓励社会资本设立绿色低碳产业投资基金,形成政府和企业推动绿色低碳转型的合力。三是完善投资政策,严控煤电、钢铁、电解铝、水泥、石化等高碳项目投资,加大对绿色环保、新能源、新能源汽车、碳捕集与封存等项目的支持。完善支持社会资本参与政策,激发市场主体

体投资绿色低碳项目的活力和内生动力。四是健全有利于节能降碳的价格形成机制,完善差别化电价、分时电价和居民阶梯电价政策,严禁对高耗能高排放行业电价优惠,利用价格手段促进可再生能源规模化发展。

(五)发挥市场机制对碳减排的积极作用

完善碳排放权交易市场,增加碳排放配额分配的透明度,完善碳交易市场信息披露制度。加快形成具有约束力的碳价机制,促进碳交易市场发展。探索逐步与国际碳排放交易市场的接轨。开展交易产品和交易方式多样化的试点,研究制定相应的监管规则。探索建立与碳资产和碳交易相关的会计准则。选择碳排放量大的典型产品,建立低碳产品标准、标识和认证制度,以及低碳认证、技术规范、认证模式、认证程序和认证监管方式。

(六)倡导绿色低碳生活方式

倡导简约适度、绿色低碳的生活方式,鼓励使用节能减排的绿色产品。加快建立绿色产品专门的流通渠道,建立绿色批发市场、绿色商场、节能超市、节水超市等绿色流通主体,推动市场、商场、超市、旅游商品专卖店等流通企业在显著位置开设绿色产品销售专区。推广利用“互联网+”促进绿色消费,推动电子商务企业直销或与实体企业合作经营绿色产品和服务,鼓励利用网络销售绿色产品,

推动开展二手产品在线交易,满足不同主体多样化的绿色消费需求。加快城市轨道交通、公交专用道、快速公交系统建设,加强自行车专用道和行人步道等城市慢行系统建设,推广网约车、共享单车、汽车租赁等共享交通模式,增强绿色出行激励的有效性。

(七)健全绿色低碳发展的统计、监测和监管体系

建立二氧化碳和温室气体排放基础统计指标,并纳入政府统计指标体系。建立健全二氧化碳和温室气体排放数据库及信息系统。制定二氧化碳和温室气体排放清单指南,规范清单编制方法和数据来源。制定重点行业及重点企业二氧化碳和温室气体排放核算指南,加强重点行业及重点企业核算工作。建立健全温室气体排放监测体系,加强对各类责任主体的考核。深化绿色低碳发展监管体制改革,完善监管法律法规,优化监管组织结构,增强专业性和监管能力,提高监管有效性。完善绿色低碳转型治理体制,推动形成政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与的绿色低碳治理体系。

(八)加强应对气候变化的国际合作

坚持在多边框架下开展气候变化国际合作,积极参与国际规则和标准制定,有效应对可能出现的不合理单边行为,推动建立公平合理、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,推动落实《巴黎协定》,坚持共同但有区别的责任原则,维护我国发展权益。加强中欧、中美在绿色复苏、气候变化、生物多样性保护等领域的对话与合作。推进绿色“一带一路”建设,限制高碳项目投资,支持共建“一带一路”国家开展清洁能源开发利用。帮助发展中国家提高应对气候变化能力,支持发展中国家能源绿色低碳发展,不再新建境外煤电项目。加强绿色低碳技术、绿色金融等领域的国际合作,推动绿色低碳技术的合作研发和技术转移,推进全球绿色金融市场发展。

(作者:中国国际经济交流中心副理事长,十三届全国政协经济委员会委员。来源:《全球化》2021年第6期)



欢迎扫描下载
“学习强国”APP



欢迎扫描下载
“学习安徽”APP

报：中央办公厅、中央组织部、中央宣传部
送：省委理论学习中心组成员，省人大常委会、省政协领导，
省纪委监委，省委办公厅、省委组织部、省委宣传部
发：各市委宣传部、讲师团，省直工委宣传部、讲师团，省直厅局
机关党委，大型企业党委宣传部、讲师团
