



实现碳达峰碳中和的根本途径

□ 刘振亚

2020年9月，习近平主席在第75届联合国大会提出我国2030年前碳达峰、2060年前碳中和目标，12月在气候雄心峰会进一步宣布提升国家自主贡献的一系列新举措，得到国际社会高度赞誉和广泛响应。2020年中央经济工作会议明确将做好碳达峰、碳中和工作列为今年八项重点任务之一。习近平总书记系列重要讲话和党中央决策部署为推动气候环境治理和可持续发展擘画宏伟蓝图、指明道路方向，彰显了我国坚持绿色低碳发展的战略定力和积极应对气候变化、推动构建人类命运共同体的大国担当。

当前，我国开启全面建设社会主义现代化国家新征程，实现碳达峰、碳中和对于加快生态文明建设、促进高质量发展至关重要。作为全球最大的发展中国家和碳排放国，我国需要在推进发展的同时实现快速减排，任务十分艰巨。立足国情，实现碳达峰、碳中和目标，需要贯彻新发展理念，抓住能源这个“牛鼻子”，以特高压电网引领中国能源互联网建设，加快推进能源生产清洁替代和能源消费电能替代（“两个替代”），打造清洁低碳、安全高效的现代能源体系，通过能源零碳革命引领全社会加速脱碳，实现能源电力发展与碳脱钩、经济社会发展与碳排放脱钩（“双脱钩”），开辟一条速度快、成本低、效益高的中国碳中和之路。

实现我国碳达峰碳中和任务重大而艰巨

我国宣布碳达峰、碳中和目标意义重大、影响深远。从国内看，这一重大宣示对我国应对气候变化、推进生态文明建设提出了更高要求；对于建立以绿色发展为价值引领和增长动力的现代经济体系，实现经济社会发展与生态环境保护协同，建设美丽中国具有重要意义。从国际看，这一重大宣示充分展现了我国积极应对全球气候变化、推动世界可持续发展的责任担当，增强了我国在全球气候治理中的主动权和影响力，为世界各国树立了标杆和典范。在我国宣布碳中和目标后，日本、韩国等国家相继作出碳中和承诺，美国宣布重回《巴黎协定》，国际应对气候变化行动全面加速。

近年来，我国积极实施应对气候变化国家战略，取得突出成绩，但要在未来40年先后实现碳达峰、碳中和目标，也面临艰巨挑战。一是排放总量大。我国经济体量大、发展速度快、用能需求高，能源结构以煤为主，使得我国碳排放总量和强度“双高”。2019年我国煤炭消费比重达到58%，碳排放总量占全球比重达到29%，人均碳排放量比世界平均水平高46%。二是减排时间紧。我国仍处于工业化和城镇化快速发展阶段，具有高碳的能源结构和产业结构，发展惯性大、路径依赖强，要用不到10年时间实现碳达峰，再用30年左右时间实现碳中和，意味着碳排放达峰后就要快速下降，几乎没有缓冲期，实现减排目标需要付出艰苦努力。三是制约因素多。碳减排既是气候环境问题也是发展问题，涉及能源、经济、社会、环境方方面面，需统筹考虑能源安全、经济增长、社会民生、成本投入等诸多因素，这对我国能源转型和经济高质量发展提出了更高要求。

总体看，实现碳达峰、碳中和对我国发展意义重大，但也面临许多困难和挑战。如何在社会主义现代化建设的宏伟蓝图中科学谋划碳减排路径与方案，需要立足国情和发展实际研究思考，关键要坚持新发展理念和系统观念，统筹发展与减排、统筹近期与长远、统筹全局与重点，以大格局、大思路开辟一条高效率减排促进高质量发展的中国碳达峰、碳中和之路。

碳达峰碳中和的实现方式

碳排放受经济发展、产业结构、能源使

用、技术水平等诸多因素影响，根源是化石能源的大量开发使用。目前我国化石能源占一次能源比重为85%，产生的碳排放约为每年98亿吨，占全社会碳排放总量的近90%。解决碳排放问题关键要减少能源碳排放，治本之策是转变能源发展方式，加快推进清洁替代和电能替代（“两个替代”），彻底摆脱化石能源依赖，从源头上消除碳排放。清洁替代即在能源生产环节以太阳能、风能、水能等清洁能源替代化石能源发电，加快形成清洁能源为主的能源供应体系，以清洁和绿色方式满足用能需求。电能替代即在能源消费环节以电代煤、以电代油、以电代气、以电代柴，用的是清洁发电，加快形成电为中心的能源消费体系，让能源使用更绿色、更高效。

建设中国能源互联网为推进“两个替代”，实现碳达峰、碳中和目标提供了高效可行的系统解决方案。我国清洁能源资源丰富但与主要用能地区逆向分布，实现“两个替代”，需要解决好能源开发、配置和消纳问题。中国能源互联网是清洁能源在全国范围大规模开发、输送和使用的平台，是清洁主导、电为中心、互联互通的现代能源体系，为能源转型升级、减排增效提供了重要载体，实质是“智能电网+特高压电网+清洁能源”，智能电网是基础，特高压电网是关键，清洁能源是根本。建设中国能源互联网是落实习近平总书记关于“四个革命、一个合作”能源安全新战略，推进国内能源互联网建设，抢占全球能源互联网构建制高点等重要指示精神的必然要求，将加快推动清洁能源大规模开发和电能广泛使用，全方位减少煤、油、气消费，促进能源生产清洁主导、能源消费电能主导（“双主导”），能源电力发展与碳脱钩、经济社会发展与碳排放脱钩（“双脱钩”），以能源体系零碳革命加快全社会碳减排，实现绿色、低碳、可持续发展。

加快发展特高压电网是构建中国能源互联网的关键。特高压技术作为我国原创、世界领先、具有自主知识产权的重大创新，破解了远距离、大容量、低损耗输电世界难题，是构建特大型互联网、实现清洁能源在全国范围高效优化配置的核心技术。经过十几年的不懈努力，我国在特高压技术、装备、标准、工程等方面实现全面引领，建成世界上电压等级最高、配置能力最强的特高压交直流混合电网，2019年输送电量达4500亿千瓦时，一半以上为清洁能源发电，为保障能源安全、推动清洁发展作出了重要贡献。

以特高压电网引领中国能源互联网建设，推动我国碳减排总体分3个阶段。第一阶段尽早达峰（2030年前）。重点是推进西部、北部清洁能源基地特高压直流外送通道和东部、西部特高压交流骨干网架建设，加快清洁能源大开发，压控化石能源消费总量，主要以清洁能源满足新增能源需求，电力、能源、全社会分别于2025、2028、2028年实现碳达峰，峰值为45亿、102亿、109亿吨。第二阶段加速脱碳（2030~2050年）。重点是全面建成中国能源互联网，形成东部、西部两个特高压同步电网，深入推进清洁替代和电能替代，带动产业结构调整和经济转型升级，2050年电力实现近零排放，能源、全社会碳排放分别降至18亿、14亿吨，相比峰值下降80%、90%。第三阶段全面中和（2050~2060年）。重点是进一步发挥中国能源互联网的带动作用，推进各行业各领域深度脱碳，结合自然碳汇、碳移除等措施，力争2055年全社会碳排放净零，实现2060年前碳中和目标。

构建中国能源互联网将打造能源转型和碳中和的中国模式，优势显著、效益巨大。一是见效快。相比现有发展模式，我国清洁能源开发速度和全社会电气化率增速都将提高1.5倍以上，到2060年，清洁能源占一次能源比重将达90%，电能占终端能源比重将达66%，高效实现能源清洁化和电气化的全面转型。二是成本低。预计2020~2060年我国能源电力系统累计投资约122万亿元，

占GDP比重不到1.2%，其中清洁能源、能源传输、能效提升投资分别占47%、32%、12%，全社会碳减排边际成本仅为260元/吨，远低于700元/吨左右的全球其他减排方案。三是综合价值大。中国能源互联网在促进气候治理、改善环境与健康、减少油气进口、带动产业升级、创造更多就业等方面将产生巨大协同效益，累计创造社会福利可达1100万亿元，相当于能源系统每投入1元能够产生9元的综合效益，对我国高质量发展作用显著。

实现碳达峰须以“两控两化”为重点

碳达峰是碳中和的前提，达峰越早、峰值越低，碳中和代价越小、效益越大。实现碳达峰的关键是压控化石能源消费总量。从能源品种看，煤炭和油气消费产生的碳排放分别占能源相关碳排放的79%和21%；从排放增量构成看，近10年油气的碳排放增量占能源碳排放增量的75%。压降煤炭消费总量，抑制油气过快增长，是实现碳达峰的重要前提。同时，需要大力发展清洁能源，满足全社会新增用能需求。加快建设中国能源互联网，推进“两控”，加速“两化”，即压控煤炭消费总量、油气消费增速，加速能源清洁化、高效化发展，将根本扭转化石能源增势，让化石能源消费总量和全社会碳排放放在2028年达峰，峰值分别为43亿吨标煤和109亿吨二氧化碳。

压控煤电和终端用煤。煤电碳排放占能源排放总量的40%，控煤电是碳达峰的最重要任务，重点要控总量、调布局、转定位。控总量，即确保煤电2025年左右达峰，峰值11亿千瓦，到2028年进一步降至10.8亿千瓦。调布局，即压减东中部低效煤电，新增煤电全部布局到西部和北部地区，让东部地区率先实现碳达峰。转定位，即实施煤电灵活性改造，提升调峰能力，推动煤电由主体电源逐步转变为调节电源，更好促进清洁能源发展。同时，大力压降散烧煤和工业用煤，将终端用煤控制在10亿吨标煤以内。预计到2028年，我国煤炭消费将降至27亿吨标煤左右，为碳达峰发挥重要作用。

压控油气消费增速。在终端用能领域，加快实施电能替代，将有效抑制油气消费过快增长，是实现碳达峰的重要举措。在工业、交通、建筑等领域，大力推广电锅炉、电动汽车、港口岸电、电采暖和电炊具等新技术、新设备，积极发展电制氢、电制合成燃料，加快以清洁电能取代油和气，有效控制终端油气消费增长速度。预计2021—2028年，石油、天然气消费年均增速为1%、4%，分别较目前下降4个百分点和8个百分点；石油、天然气将分别在2030、2035年实现达峰，峰值7.4亿吨、5000亿立方米。

大力推动能源清洁化发展。重点是加快建设西部北部太阳能发电、风电基地和西南水电基地，因地制宜发展分布式清洁能源和海上风电，补上煤电退出缺口，满足新增用电需求。预计到2028年，我国清洁能源装机将达21亿千瓦，年均新增太阳能发电7000万千瓦、风电5200万千瓦、水电1600万千瓦。同时，加快特高压电网建设，2028年初初步建成东部、西部特高压同步电网，电力跨省跨区跨国配置能力达5亿千瓦左右，满足清洁能源大规模开发和消纳需要，根本解决弃水、弃风、弃光等问题。

大力推动能源高效化发展。推进各领域节能，提高能源使用效率，是降低能源强度、促进碳减排的重要手段。目前，我国单位GDP能耗约为经合组织国家平均水平的3倍，节能空间很大。应积极发挥中国能源互联网的关键作用，在能源生产环节，提高清洁能源发电效率，降低火电机组煤耗；在能源消费环节，积极推广先进用能技术和智能控制技术，提升钢铁、建筑、化工等重点行业用能效率。预计2028年前，我国单位GDP能耗较目前下降1/4，其中钢铁、建

材、化工等行业能耗将分别下降20%、8%、30%，为有效降低化石能源消费总量，实现全社会碳达峰奠定坚实基础。

加快各领域深度脱碳，确保实现碳中和

在碳达峰基础上推进碳中和，加快清洁能源对化石能源消费存量的全面替代是关键。发挥中国能源互联网的平台作用，进一步加快清洁能源大规模开发和电能广泛使用，在能源生产消费各环节、碳排放各领域对化石能源进行深度替代，将推动能源系统全面脱碳，促进产业体系和生产生活方式绿色转型，加速我国碳减排进程，在2055年前后实现碳中和目标。

全面推进能源生产脱碳。加快建成以特高压电网为骨干网架、各级电网协调发展中国能源互联网和统一高效的全国电力市场，发挥大电网大市场在资源配置中的决定性作用，全面加快太阳能、风能、水能等清洁能源和储能跨越式发展，以风光水储联合方式实现能源大范围经济高效配置，满足经济社会发展需求。这种多能互补、广域平衡、清洁高效的能源发展方式，将打破能源供给的资源约束和时空约束，充分利用资源差、负荷差、电价差，推动能源结构布局优化和效率效益提升，实现全面脱碳转型。预计到2055年，我国清洁能源装机、发电量将分别达到73.5亿千瓦、16万亿千瓦时，占总装机和总发电量比重均接近94%，电力跨省跨区跨国配置能力超过10亿千瓦，推动能源生产碳排放从2028年的52亿吨降至2.3亿吨。

全面推进能源消费脱碳。大力深化各领域电能替代，构建以清洁电力为基础的产业体系和生产生活方式，摆脱煤、油、气依赖。工业领域加快钢铁、建材、化工等高耗能行业电气化升级，大幅提高能源利用效率，建立绿色低碳发展的工业体系。预计到2055年，我国工业领域电气化率将达到60%，碳排放从2028年的31.2亿吨降至3.3亿吨。交通领域大力发展电动和氢能汽车，提升电气化铁路比重，以电能和电制清洁燃料替代航空航海化石能源需求，实现从油驱动向电（氢）驱动转变。预计到2055年，我国交通领域电气化率将达到70%，碳排放从2028年的12.2亿吨降至2亿吨。建筑领域普及建筑节能改造和智能家电应用，推动炊事、供热、制冷等全面电气化，倡导低碳生活方式。预计到2055年，我国建筑领域电气化率将达到75%，碳排放从2028年的6.5亿吨降至1.1亿吨。通过协同推动上述重点领域电气化转型，预计到2055年，我国全社会电气化率将超过60%，能源消费碳排放从2028年的50亿吨降至6.4亿吨。

全面推进非能利用领域碳减排。钢铁、建材、化工等传统工业除能源消费碳排放外，还会在原料生产和加工的过程中造成碳排放。目前，我国每年工业过程产生的碳排放大约10亿吨左右。依托中国能源互联网，积极利用清洁电力制造氢气、氨气、甲醇、甲烷等原材料，推动以氢能炼钢替代焦炭炼钢，优化建材、化工行业工艺流程，将促进传统产业向低耗能、低排放、高附加值方向加快转型，大幅减少工业过程中产生的碳排放。预计到2055年，我国工业生产的高新化、智能化、绿色化水平将显著提升，工业生产过程中非能利用产生的碳排放将从2028年的13亿吨降至5.4亿吨。

大力推进自然碳汇和碳捕集。受资源、技术、经济性等因素影响，到2055年左右，我国能源生产、消费以及工业非能利用领域还有约14亿吨碳排放需要通过自然碳汇、碳捕集等措施予以解决。应积极开展生态治理，加大力度实施植树造林、荒漠改善、水土保持等行动，发挥森林、农田、湿地等重要作用增加自然碳汇。同时，积极研发和推广化石燃料碳捕集利用与封存、生物质碳捕集与封存、直接空气捕集等技术，提

高碳捕集能力。预计到2055年，自然碳汇和碳捕集能够分别提供约10亿、4.5亿吨负排放，解决碳中和“最后一公里”问题，助力实现全社会碳中和目标。

多措并举推进碳减排

实现碳达峰、碳中和是一项极具挑战的系统工程，涵盖能源、经济、社会、气候、环境等众多领域，涉及政府、企业、公众等多个层面，需要秉持新发展理念，凝聚全社会智慧和力量，团结协作、共同行动。

坚持清洁发展，筑牢思想根基。牢固树立“绿水青山就是金山银山”理念，正确处理好经济发展与生态保护的关系，转变依赖化石能源的发展观念，打破碳惯性，解除碳锁定，加快形成绿色发展方式和绿色生活方式，坚定不移走绿色、低碳、循环、可持续发展的创新发展之路。

坚持创新驱动，提高减排成效。强化技术创新，加快清洁能源发电、储能、绿电制氢、负排放等关键技术突破，提高经济性和可靠性，为碳中和目标实现提供有力支撑。强化模式创新，积极推行电动汽车错峰充电、低谷电制氢等服务，探索光伏治沙、新型光伏农业等清洁发展与生态保护相结合的新模式，大幅提高碳减排质量和效益。

坚持统筹协调，落实减排行动。立足经济社会发展全局，以系统思维统一谋划，统筹推进各行业和各地碳减排工作。聚焦能源、工业、交通、建筑等重点行业，制定碳达峰、碳中和阶段性目标和实施方案。加强能源转型与产业升级协同，发挥中国能源互联网引领带动作用，促进新能源、新材料、智能制造、电动汽车等新兴产业快速发展，推动以化石能源主导的传统工业经济向清洁能源主导的现代经济转型升级，实现经济增长与碳减排双赢。加强区域发展协同，加快在西部北部地区建设一批大型清洁能源基地，通过特高压电网外送至东部地区，将资源优势转化为经济优势，缩小东西部发展差距，促进全国加快碳减排。

坚持市场导向，完善保障机制。加快推进全国碳排放权交易市场建设，进一步扩大碳市场参与行业、交易主体和交易品种，运用市场机制降低减排成本。推动构建全国电—碳市场，整合气候与能源领域治理机制，发挥电力市场与碳市场协同联动作用，实现更低成本、更高效率、更大效益减排。加快完善有利于低碳发展的价格、税收、金融等政策机制，大力发展绿色金融市场，引导社会资本加速流向绿色产业，为实现碳中和目标提供充足资金保障。

全球能源互联网发展合作组织是首个由我国发起成立的能源领域国际组织，2016年3月成立以来，认真学习贯彻习近平总书记关于能源“四个革命、一个合作”、构建全球能源互联网、碳达峰碳中和等重要指示精神，以推动可持续发展为使命，大力推进中国和全球能源互联网建设，走出了一条中国特色的国际组织发展之路。目前会员总数达1115家、国别130个，与联合国及所属机构、许多国家政府、国际组织、企业和机构建立合作关系，开展200余项课题研究，发布50余项重要成果，在经济、社会、能源、气候、环境等领域唱响“中国声音”，推动中国倡议成为全球行动。围绕碳达峰、碳中和，合作组织研究完成了《中国2030年前碳达峰研究报告》《中国2060年前碳中和研究报告》《中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望》，为我国加快能源变革转型和绿色低碳发展，全面建设社会主义现代化国家作出新的更大贡献。

（作者系全球能源互联网发展合作组织主席、中国电力企业联合会理事长）