

全球双碳图景中看上海机遇与路径

马海倩 张瀚舟 闫晶¹

(上海市发展改革研究院 200032)

【摘要】：“3060”双碳目标是我国顺应并引领国际发展潮流、提升国际地位与竞争力影响力的重大战略决策，是助推我国经济社会发展全面绿色转型、倒逼经济社会系统性变革与重塑的重大战略导向，将成为我国“十四五”以及面向未来发展的重大变量因素和重要边界条件。为跟踪分析碳达峰碳中和的全球进程与国家行动，预判低碳转型潜在风险，将率先碳达峰与引领碳中和放到上海超大城市经济社会发展整体框架中系统谋划，破困境、育先机、开新局，本文重点围绕碳中和顶层设计、能源转型、科技创新、绿色金融等领域开展研究，为上海“双碳”目标实现与绿色转型发展建言献策。

【关键词】：碳达峰 碳中和 经济增长 能源转型

一、几个初步判断

碳达峰碳中和是全球应对气候变化的战略议题和愿景目标，将对世界经济社会发展模式和全球竞争合作格局产生深远影响。我国推进2030年碳达峰、2060年碳中和，是顺应21世纪全球应对气候变化必然趋势，紧抓世界政治经济格局重塑、新一轮科技和产业革命爆发战略窗口，变压力为动力、把握历史主动的重大决策。通过对各国碳达峰“全景图”和碳中和“路线图”的综合梳理与初步分析，结合相关专家观点，形成几个初步判断：

第一，主要发达经济体是经济发展到一定水平之后的“自然达峰”，我国则是碳中和目标约束与稳增长预期要求下的“主动达峰”，需要结合我国产业和能源特征，设定合理的峰值水平和碳中和路径。

第二，从各国减排思路和路线来看，各国推进碳中和的路径举措逐渐从注重减碳向打造全产业链绿色增长体系乃至构建“零碳社会”延伸升级，能源低碳转型是各国碳中和的主战场，推进“双碳”目标实现的过程中，保持能源供给与电力系统安全是重要前提。

第三，“双碳”促使国际竞争格局和科创板图重塑，倒逼经济社会全面绿色转型，也为上海寻求动能转换新动力、绿色金融新方向、国际合作新空间和超大城市转型新路径提供了前所未有的发展机遇。上海率先推进全面绿色转型，需要树立碳中和战略观和全局观，加快探索安全可靠的阶段性重点与适应性路径举措，在全国“双碳”目标推进中发挥好示范引领和服务功能作用。

二、各国碳达峰“全景图”和碳中和“路线图”综观

目前，全球已有54个国家实现碳排放达峰，欧盟、日本、美国等主要发达经济体分别于1980、2004、2005年实现碳排放达峰。据不完全统计，全球已有127个国家以不同形式提出碳中和目标，大部分国家通过领导人承诺、政策宣示的形式提出碳中和

¹**作者简介**：马海倩，正高级经济师，上海市发展改革研究院党委委员、副院长。
张瀚舟，高级经济师，上海市发展改革研究院能源环境研究所所长。
闫晶，上海市发展改革研究院能源环境研究所研究人员。

和，只有少数国家通过立法形式正式确立碳中和的目标。英国于 2008 年正式颁布《气候变化法案》，是全球第一个通过立法形式明确温室气体排放目标的发达国家；德国、美国、日本等发达国家提出到 2050 年实现碳中和目标。呈现以下趋势性特征：

1. 碳排放量与经济增长呈高度正相关，产业结构调整升级决定碳排放“拐点”。从主要发达经济体“自然达峰”的发展趋势看，经济发展通常已达到较高水平，人均 GDP 均达到 2 万美元以上（见附表），产业结构通常呈现服务化发展特征，美国、日本碳达峰当年服务业占比分别达到了 68.5% 和 74.0%。同时，各国经济增速通常出现明显换挡并呈下降趋势，大多数国家碳达峰后 GDP 增速出现较大幅度下降，如欧盟达峰前 5 年年均 GDP 增速为 4.2%，达峰后 5 年则下降到 1.9%；美国从 6.2% 降为 3.6%。此外，相关国家碳达峰后还会经历一个较长的平台期才会出现碳排放量下降。美国、日本高位平台期持续 15 年左右；欧盟自 1980 年碳达峰之后碳排放总量经历了下降、回升多次反复，高位平台期持续近 30 年之久。

2. 作为世界上最大的发展中国家和碳排放国家，我国面临“三高两低一短”，“主动达峰”难度巨大。“三高”：碳排放总量高，2019 年我国二氧化碳排放量为 102.9 亿吨，居全球首位，占全球碳排放总量的 28%；工业占比相对高，2019 年工业增加值比重为 39.0%，工业能耗占我国能源消费总量的比重达 65.9%；煤炭消费比重高，煤炭消费量占我国能源消费总量比重达 57.7%。“两低”：人均 GDP 相对低，我国人均 GDP 超过 1 万美元，但达到临界门槛 2 万美元还有待时日；未来我国中长期 GDP 增速仍将维持 5.0%-6.0% 中高速水平，经济增长还有长足发展空间。人均 CO₂ 排放量相对低，尽管我国碳排放强度已出现拐点并大幅下滑（2010-2019 年下降了 40%），但人均二氧化碳排放量还远远没有达峰，人均碳排放量拐点出现的时间将左右我国碳达峰的早晚。“一短”：我国从碳达峰到碳中和时间短，仅有 30 年，比发达经济体进程缩短了将近一半，单位时间内实现碳中和的规模更高。

3. 各国推进碳中和逐渐从以减碳为单一目标向构建全产业链绿色增长体系和构建“零碳社会”多目标转变。从各国推进碳中和的进程来看，碳中和实现路径仍存在不确定性，尤其是颠覆性技术突破可能成为最大变数。初步梳理，各国碳中和路径举措主要有以下四个方面：

一是以能源低碳转型为重点的全领域脱碳。能源领域碳排放比重最高¹，各国减排力度最大。德国提出至 2030 年减少 30% 一次能源消耗，2050 年较 2008 年减少一半的一次能源消耗；美国提出到 2035 年通过向可再生能源过渡实现无碳发电，战略路径逐渐由传统能源独立向清洁能源独立转变。交通领域重点是制定燃油车辆退出和新能源汽车推广计划（日本提出最迟 2030 年中期禁止销售燃油车辆），普及轨道交通，开发零排放航空、航运燃料和动力技术，建设碳中和港口。工业领域重点是加强能源循环梯级利用，开发氨与煤炭混合燃料、氢还原剂、氢基化工、低功耗半导体等低碳和零碳技术，推进工业生产全过程去碳化和工艺变革。建筑领域重点是普及零排放建筑和住宅（美国提议新的建筑能源法规，确保 2025 年之后新全球双碳图景中看上海机遇与路径建房屋使用低碳技术和材料），建设分布式区域供热网，部署先进能源管理系统。

二是以全产业链低碳化为核心构建绿色增长体系。各国将低碳转型视为疫情后“绿色复苏”的新增长点。部分国家依托传统优势行业基底，促进全产业链低碳转型。英国支持中西部、东北部和北威尔士的世界领先汽车制造基地加快向电动汽车转变。日本制定“经济与环境良性循环”的产业政策，全面构建绿色增长产业体系。日本经济产业省发布的《绿色增长战略》提出，制定能源（海上风电、氢燃料、氢能、核能）、交通运输和制造业（汽车和蓄电池、船舶、航空、交通物流和基建、半导体和通信）、建筑（下一代住宅、资源循环、生活方式）三大领域 14 个产业的计划路线图，预计在 2030 年和 2050 年分别创造年均 90 万亿和 190 万亿日元的经济效益。

三是以零碳和负碳技术为引领的前沿技术创新。各国争相抢抓零碳和负碳科技制高点，重点开发新一代浮动式海上风电（浮动式风力涡轮机、零部件）、第三代太阳能电池（钙钛矿太阳能电池）、氢能（氢发电、氢燃料电池汽车、氢燃料动力船舶和飞机、氢还原炼铁、氢基化工）、下一代蓄电池等技术，研发 CO₂ 矿化利用、生物利用、化学合成、仿生利用等新型 CO₂ 利用技术，开发碳应用产品²²，发展农田、森林、海洋、地质长期大规模碳封存技术。颠覆性技术或将改变全球碳中和路径。可控核聚变技术

¹ 欧盟、美国、日本能源活动碳排放量占碳排放峰值的比例分别为 76.9%、84.7%、89.6%。

（“人造太阳”）可以一劳永逸地解决人类能源问题和全球气候危机，受各方高度瞩目。疫情之后，多个国家迅速恢复核能计划，俄罗斯建造了世界首座浮动式核电站，美国重点开发下一代核反应堆，日本提出最大限度利用核能。我国可控核聚变技术取得了突破性进展，成功实现可重复的 1.2 亿摄氏度运转 101 秒，将 1 亿摄氏度 20 秒的原纪录延长到 5 倍。

四是以“零碳城市”为载体构建“零碳社会”。城市可以在应对气候变化中发挥主导作用。哥本哈根决心于 2025 年成为全球第一座“零碳城市”；新加坡《2030 年绿色发展蓝图》从大自然中的城市、可持续生活、能源重置、绿色金融和更具韧性的未来 5 个部分描绘未来低碳场景，培养公众低碳生活方式。建立绿色供应、生活和消费体系，鼓励企业推行绿色供应链，提倡公众绿色消费；利用数字化方式发展共享交通，鼓励民众绿色出行；节约用电、用气、用水，减少使用一次性餐具，在衣、食、住、行各方面培养公众低碳意识和行为习惯。

三、在应对挑战中把握上海全面绿色转型的机遇

碳达峰碳中和是广泛而深刻的经济社会系统性、根本性变革，我国产业、能源、资本和技术需要摆脱对高碳发展路径的惯性依赖，低碳转型期间面临着来自微观、中观、宏观多层面和产业、技术、社会多方位的潜在风险，经济稳增长也面临艰难挑战。同时，“双碳”催使国际竞争格局和科创版图重塑，上海应善于把握和塑造机遇，妥善处理好减碳和发展、局部和整体、近期和远期等关系。

（一）倒逼经济社会全面绿色转型

1. 应关注低碳转型过程中城市能源供给和电力系统安全风险。传统化石能源无疑对确保能源安全供应和保障经济社会高速发展做出了历史性贡献，而目前非化石能源价格相对较高，技术突破和大规模应用需要长期政策加持和财税支持。对于非化石能源禀赋较差的城市，推进低碳转型绝非轻松任务。非化石能源具有间歇性、波动性的特征，大规模接入会使以往基于用户侧建立的电力供给函数和调配体系发生改变，电网将面临来自发电侧和用户侧不同波动规律的双重考验，对能源安全供应和电网平稳运行构成现实挑战。

2. 应关注现阶段离不开火电与远期摆脱火电的稳妥转换。实现碳中和意味着煤炭等高碳化能源将逐渐退出，资本市场兴奋点会转向非化石能源，新建火电项目面临筹融资受阻的难题，部分高碳资产将被迫搁浅。但受制于现阶段非化石能源资源禀赋、技术和成本制约，从近中期看，我国仍需要配置火电来确保能源供应安全。由于火电厂建设和投资回收周期较长，到 2040 年这些“偏年轻”的火电设施又将面临转型关停。因此，在确保 2060 年前碳中和目标如期实现的前提下，合理化解近中期对火电等高碳设施与低碳转型方向之间的矛盾，在系统迭代中完成平滑顺畅转换。

（二）“双碳”对超大城市上海而言，不仅是艰巨挑战更是难得机遇，关键看能否认清大势，早下决心，谋定后动

1. “双碳”倒逼上海经济社会全面绿色转型，为新旧动能转换注入新动力。各国碳中和决策和行动加速全球产业链和创新链重构。低碳、零碳和负碳技术催使各领域技术、工艺、装备、业态、应用场景产生全方位系统性变革。上海具有低碳技术优势，核电装备制造产业链完备，具有全球规模最大、集中度最高的核电主设备和重型装备制造基地，技术路线涵盖三代压水堆、四代高温气冷堆、钠冷快堆，处于国际先进水平。在氢能方面，上海工业副产氢资源丰富，燃料电池汽车整车制造产业有基础，氢燃料电池石墨双极板、催化剂等技术国内领先。同时，上海产业结构已呈现高度服务化，未来制造业与服务业将进一步融合发展、相互渗透，绿色化、数字化耦合迸发新势能，上海经济创新转型发展“下半场”蓄势待发。

2. “双碳”激发持续旺盛的绿色发展需求，为绿色金融发展提供新方向。“双碳”目标下，碳排放权成为重要的生产要素之一，上海绿色金融迎来发展机遇期。目前，上海正加快推进全球资产管理中心和国际绿色金融枢纽建设，“双碳”进一步催生气

2 碳应用产品指利用 CO₂ 替代化石能源，制造骨料、混凝土、聚合物等建筑材料和化工产品。

候投融资、碳金融等广阔发展空间。全国碳排放权交易市场已于7月16日上线启动，上海环境能源交易所承担全国碳排放权交易系统账户开立和运行维护工作。基于我国是全球碳排放量最高的国家，上海环境能源交易所预计将成为全球最大的碳排放权交易现货市场，有望建设成为国际有影响力的碳交易、碳金融、碳定价中心，进一步巩固和拓展上海国际金融中心地位。

3. “双碳”凝聚各国共识，为国际合作打开新空间。“零碳革命”被视为人类继“农业革命、工业革命、信息革命”之后的第四场革命，甚至改写“石油时代”的世界政治和经济秩序。应对气候变化需要全球各国共同协作，全球能源、经济等竞争格局或将重塑。中美“气候变化联合声明”显示未来两国有望在能源转型、零碳和负碳技术等方面加强合作。上海在国际合作交流方面始终走在前列，目前上海正谋划为法国达飞集团国际航行船舶提供LNG加注服务，为国际航运碳减排和我国践行气候外交贡献上海力量。

4. “双碳”引领低碳发展，为超大城市探索绿色转型开辟新路径。碳中和目标的提出使城市低碳转型全面加速。上海作为超大城市，中心城区、临港新片区、五大新城、长三角生态绿色一体化发展示范区等重点区域特征鲜明、各有侧重，可分别在重点区域和重点领域率先开展低碳发展、能源转型、碳中和技术、碳中和金融、国际国内合作等方面的创新突破和试点示范，碳中和有关标准、计量、技术、机制、政策也应力争在上海先行先试，探索和构建绿色低碳循环经济体系，为率先碳达峰和引领碳中和提供“上海方案”。

四、对策建议

碳中和的根本目标是实现全面绿色转型，这是一项长期、系统的工程，需要树立碳中和的战略观和全局观，坚定不移贯彻新发展理念，将低碳、零碳思维向经济社会的全方位全链条全生命周期贯穿渗透，形成与碳中和相适应的思想观念、产业结构、技术支持体系、资源配套功能、城市治理方式、绿色生活方式，加快构建绿色低碳经济体系，率先探索形成超大城市绿色转型发展有效路径，为全国“双碳”目标的实现发挥示范引领作用。远期应着眼于构建绿色经济体系和建设“零碳社会”，近期建议在重点领域协同脱碳、碳中和技术培育、绿色金融布局、重点区域碳中和试点示范等四个方面抓紧研究部署：

1. 加快重点领域系统革新，各领域协同减碳。研究探索能一碳协同管理手段，构建面向碳中和“多能协同、区域自治、源荷互动、供需平衡”的新型能源和电力供给体系，稳妥推进供应侧低碳、零碳能源迭代和分布式调整，电网侧寻求适应源、荷两端波动规律的供电架构和调配体系，消费侧加大电气化和去碳化力度，确保能源领域深度脱碳又本质安全。此外，工业领域开发氢还原炼铁、氢基化工技术，逐步推进全生命周期非化石能源替代和工艺变革；交通领域加快制定燃油车辆退出和新能源汽车普及计划，逐步实施外来货运车辆电动车通行证等政策；建筑领域推广地热能系统应用，研发普及低碳材料，推进碳中和楼宇建设；生活领域培育公众低碳生活风尚，促进以低碳和零碳能源形式与工业、交通、建筑、生活融合发展。

2. 促进碳中和前沿技术创新，探索推进产业绿色转型。依托上海国际科技创新中心建设，发挥核电装备制造、氢燃料电池、整车制造技术和产业优势，聚焦第四代核电“国和一号”装备制造、钎基熔盐堆技术、膜电极材料、储氢等卡脖子技术攻关，前瞻布局并积极储备。依托本市优势主导产业，研究形成产业绿色工艺技术标准，推进集成电路、人工智能等重点产业生产工艺绿色化。关注信息产业、数字经济能耗和碳排放强度，探索构建数字智能零碳网络。布局推进氢燃料电池等新能源汽车、核装备制造、ccus技术和产品等绿色技术产业化，促进低碳、零碳技术、工艺、装备、系统建设、服务业态成为未来绿色经济新增长点。

3. 加快推动绿色金融创新发展，打造国际碳金融中心。加快发展绿色信贷、绿色债券、绿色基金、绿色指数等绿色金融，完善全国碳交易市场建设，丰富和拓展碳基金、国家核证自愿减排量（CCER）质押、借碳、碳回购、碳信托和上海碳配额远期等碳金融衍生产品，开展气候基金、气候债券、气候保险等气候投融资项目。完善绿色金融标准体系、组织机构、产品和服务、市场平台体系，释放绿色低碳发展潜能，以碳中和为抓手助力全球资产管理中心和国际绿色金融枢纽建设。

4. 支持重点区域“零碳”建设试点，探索超大城市碳中和示范。结合各区重点产业、资源禀赋开展碳中和试点，在各领域、各环节形成超大城市推进碳中和举措的集成示范。具体建议：在临港新片区谋划建设碳中和示范区，开展“零碳工厂”“零碳工业（产业）园区”建设，率先形成绿色发展新范式；五大新城和产业园区重点探索能源、交通、建筑等多领域协同脱碳系统设计，开辟城市和区域碳中和新路径、新模式；长三角生态绿色一体化发展示范区开展“碳中和”背景下的一体化规划、建设和产业发展，率先打造区域“碳中和”示范样板；崇明生态岛聚焦自然碳汇、“零碳岛”和“微电网”建设，争取在负碳技术创新应用方面作出示范；中心城区重点开展碳中和社区、商圈、学校、酒店试点，以点带面践行符合超大城市特征、可复制推广的碳中和发展模式。

附表主要经济体碳达峰、碳中和总体情况概览

	英国	欧盟	日本	美国	新加坡	中国
达峰年份	1971	1980	2004	2005	1994	2030 前
碳排放峰值（亿吨）	6.6	40.0	12.6	57.9	0.62	102.9 (2019)
人均碳排放量（吨）	11.8	9.9	9.9	19.6	18.0	7.5 (2019)
达峰年人均 GDP（美元）	2649.8	19709.1	37688.7	44114.8	21553.0	10952.8 (2019)
达峰年单位 GDP 碳排放 量（千克/美元）	0.64	0.49	0.23	0.40	0.64	0.69
达峰前 5 年 GDP 增速（%）	8.1	4.2	1.4	6.2	24.7	6.1 (2019)
达峰后 5 年 GDP 增速（%）	11.9	1.9	2.1	3.6	4.0	/
达峰年工业占比（%）	41.5	/	30.3	21.2	31.3	39.0 (2019)
达峰年服务业占比 （%）	55.7	/	68.5	74.0	61.8	53.9 (2019)

碳中和目标年份	2050	2050	2050	2050	本世纪后半叶	2060 前
年均碳中和规模（万吨）	836.7	5711.4	2743.5	12866.7	/	40000.0 左右*

*中国年均碳中和规模按照碳达峰峰值为 120.0 亿吨左右估算。

数据来源：世界银行和课题组测算。

参考文献：

[1] 闫晶, 张瀚舟. 碳达峰碳中和先行城市的经验、挑战和启示[J]. 上海节能, 2021 (8) :778-782.

[2] 罗楠. 国际社会氢能发展战略分析[J]. 上海节能, 2021 (10) :1058-1061.