

上海实现碳达峰的前景、难点和实现路径

魏文栋 梅玥如 钟 晨¹

(上海交通大学 200240)

【摘要】：为实现“双碳”目标，上海应统筹发展与碳减排的关系，根据本地产业和区位特征，稳中求进，确保能源结构和产业结构平稳实现清洁化、绿色化、低碳化转型。一方面，政府、企业和公众等各方要同向努力，在关键领域持续推动低碳转型，发挥上海技术、人才和资金优势，探索信息技术与产业的深度融合，倡导绿色低碳的生活方式。另一方面，要在碳市场建设、碳排放管理机制、电力市场改革、低碳技术转化等方面推动跨区域合作交流，构建区域绿色发展新格局。

【关键词】：碳达峰 碳中和 碳排放 低碳转型

【中图分类号】：X321. 51 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1005 — 1309(2023) 05 — 0078 — 009

2020年9月，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出：“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。”此后，习近平总书记多次在国际场合上郑重阐述和强调我国将言出必行，对碳达峰、碳中和目标将坚定不移地加以落实。党的二十大报告指出，要积极稳妥地推进碳达峰碳中和，立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤地实施碳达峰行动。同时，提出推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。^[1]

作为改革开放排头兵和创新发展先行者，上海积极响应国家“双碳”重大战略目标，发布《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实施意见》^[2]《上海市碳达峰实施方案》，^[3]以及一系列在重点行业、重点领域推进实现“双碳”目标的政策文件，取得了积极的成效。

碳达峰、碳中和对于上海既是机遇，也是挑战。“双碳”目标能够倒逼能源结构和产业结构转型，驱动节能降碳关键技术创新与应用，促进国际碳金融中心建设，给上海带来发展新机遇。然而，“双碳”目标对能耗“双控”工作提出了更为严格的要求。上海以化石能源为主的能源消费格局尚未改变，且“十四五”期间经济发展目标高、项目建设任务重，能源需求将持续增长，如何平衡好减排要求和能源安全保障与经济高质量发展间的关系，将是构建城市绿色、低碳、安全、可持续发展模式的难点、痛点。在“双碳”目标下，上海实现经济高质量发展做好统筹部署，必须充分考虑发展和减排的协调统一。由于不同领域、不同行业的碳排放特征和减排潜能存在差异，立足于上海产业和区位特征，识别关键领域和重点行业，细化重点领域和重点行业的碳减排路径，是上海应对碳达峰挑战的关键策略。

一、上海碳排放主要特征分析

2017—2019年，上海节能减排工作取得扎实成效，特别是碳排放强度显著降低。本文根据上海终端能源消费数据和电力运行数据，对上海2017—2019年的碳排放总量进行了测算。

¹ **【作者简介】**：魏文栋，区域经济学博士，上海交通大学国际与公共事务学院副教授、博士生导师。梅玥如，上海交通大学国际与公共事务学院博士研究生。钟晨，上海交通大学中英国际低碳学院硕士研究生。

(一)碳排放总量稳中有降，碳排放强度显著降低

2017—2019 年，上海碳排放总量由 1.97 亿吨下降至 1.85 亿吨。其中 2018 年较 2017 年下降约 5.8%，2019 年较 2018 年变化较小，3 年累计降幅约 5.9%；同时，碳排放强度显著降低，2019 年碳排放强度为 0.49 吨/万元 GDP，累计降低约 18.8%。其中 2018 年较 2017 年降幅达 13.9%，2019 年下降速度变缓(表 1)。总体来看，未来上海碳排放总量随经济增长和能源消费增长仍存在上升趋势，但碳排放强度将进一步降低。

表 1 2017—2019 年上海碳排放总量与碳排放强度

年份	碳排放总量/亿吨	单位 GDP 碳排放/ (吨/万元)
2017	1.97	0.60
2018	1.85	0.51
2019	1.85	0.49

资料来源：根据 2017—2019 年上海终端能源消费数据和电力运营数据整理。

(二)电力、工业、交通、建筑领域是上海碳排放的主要来源

1. 电力行业碳排放总量下降，外来电力占比逐年上升

2017—2019 年，上海电力行业的碳排放量整体变化不大，但呈现逐年下降的趋势。其中，外来电力碳排放量呈现逐年增长的趋势，本地火电碳排放量呈现逐年下降的趋势。2017 年，上海电力行业产生 0.76 亿吨的碳排放量，占总量的 38.7%。经历两年的平稳下降后，2019 年上海电力行业碳排放量降至 0.73 亿吨。其中，上海本地火电发电量有所下降，产生的碳排放量也逐年减少，降幅约为 3.8%；上海外调电力的碳排放量则逐年增长，且在电力行业产生碳排放量的占比由 28.0%上升至 32.2%。

2. 钢铁行业碳排放量平稳上升，排放总量已接近平台期

随着上海城镇化的发展及新基建的持续投入和建设，上海钢铁企业产能迅速上升。钢铁行业现有产能规模大，是上海工业碳排放的主要来源，也是上海整体减排的重点领域。2017 年，上海钢铁行业产生 0.24 亿吨的碳排放量；2017—2019 年，上海钢铁行业碳排放量平稳上升，表明钢铁行业的碳排放总量已进入平台期。从上海钢铁行业的能源消费结构看，钢铁行业主要的能源供应为高排放因子的焦炭，占能源消费结构的 67%。

3. 石化行业碳排放量显著下降，产值与排放逐步脱钩

2017—2019 年，上海石化行业总产值呈稳步增长趋势，但石化行业碳排放量却显著下降，在上海碳排放总量中的占比由 11.9%下降至 10.0%。上海石化行业碳排放量已从 2017 年 0.23 亿吨下降到 2019 年的 0.19 亿吨，下降幅度高达 20.5%。2019 年上海石化行业能耗组成的占比较为平衡，主要有石油制品(包括石油焦、其他石油制品)、本地电力、热力、炼厂干气，上述占比均超过 10%，其中最主要的石油制品占比接近 40%。

4. 交通领域碳排放量有所反弹，油品消耗同步上升

2017—2019 年，上海交通领域的碳排放量在略微下降后有所反弹，在全市整体碳排放的占比接近 1/3。目前，新能源汽车的推广仍未能抑制油品的大量消耗。2017 年，上海交通领域碳排放量约为 0.54 亿吨，占上海碳排放总量的 27.6%。2018 年，交通领域油品消费碳排放量的减少带动全行业碳排放量降低。但在 2019 年，由于电力和煤油消耗量显著攀升，交通领域的碳排放量反弹至 0.55 亿吨，占上海碳排放总量的比重上升至 29.7%。2017—2019 年，上海交通领域的油品消费碳排放量占比始终居高不下，维持在 95%左右。

5. 建筑领域碳排放量居高不下，建筑运行用电排放贡献最大

建筑领域碳排放涉及建筑施工和运行两个方面，其中建筑运行是建筑领域碳排放的主要贡献者。2017—2019 年，上海建筑运行产生的碳排放整体呈波动态势，且均高于 0.37 亿吨/年。公共建筑运行为主要消费终端，占建筑领域总碳排放量的近 60%。由于 2019 年上海夏季温度较常年偏低、高温日到来晚，当年建筑运行产生的碳排放量为 0.37 亿吨，较前两年有所下降。

二、上海实现碳达峰的难点和瓶颈

基于 2017—2019 年上海碳排放的一系列特征，结合工业、能源、交通、建筑等重点领域的碳排放特征，本文对上海实现碳达峰的总体和分行业分领域的难点和瓶颈进行分析。

（一）上海实现碳达峰的难点和瓶颈

1. 经济发展需求与碳达峰目标的统筹兼顾

从经济结构看，虽然上海早已摆脱传统的高投入、高消耗、高污染的粗放型经济增长模式，但是产业结构调整进展缓慢，钢铁、石化化工等传统高耗能行业在全市 GDP 中仍占一定比重。上海经济发展尚未与能源消耗、碳排放完全脱钩，而作为超大城市，上海经济增长动力强劲，仍有一大批国家重点建设任务有待落地。为统筹推进碳达峰及经济发展、城市建设目标，上海将面临产业结构调整、产业改造升级等多方面的转型压力。

2. 能源安全保障与碳达峰目标的协调统一

上海能源消费结构仍以煤炭、石油为主，整体表现出碳排放总量大、强度高，低碳转型困难的特点。高碳能源结构和庞大能源需求将严重阻碍上海碳达峰进程的顺利推进。随着能源消费总量持续走高，考虑到碳基能源的供应较为稳定，为保障城市能源安全，上海需要保证一定的煤电供应量，进一步压减煤炭消耗总量的难度较大，因此推进能源结构的低碳清洁转型是实现碳达峰的关键策略之一。

（二）工业领域实现碳达峰的难点和瓶颈

1. 钢铁产能较大且不易削减，低碳技术落地周期较长

在碳达峰目标约束下，钢铁产业作为能源消耗密集型行业将面临十分严峻的挑战。一是钢铁工业前端工序量大，产能削减阻力大，产业结构调整困难。钢铁生产以高炉—转炉长流程为主，高碳值的原料能源占比高，导致减排难度较大。以废钢为原料的电炉短流程工艺还不完善，炼焦、烧结等前端工序污染及排放水平高。上海在快速发展阶段积累了大量产能，产品产量不断提升，如何在不影响经济增长的情况下进行产能调整是钢铁行业实现碳达峰的难点。二是突破性低碳技术落地周期长。突破性低碳创新技术是钢铁行业真正实现大规模脱碳的重要途径。现阶段虽已尝试开展了氢能冶炼等技术的研发示范，但总体来看，突破性低碳技术支撑能力仍显不足，绝大多数仍停留在设计研发阶段，尚未形成可工业化、规模化应用的创新低碳技术，需进一步加大研发力度，抢占钢铁行业低碳关键技术研发及应用制高点。

2. 新增石化项目数量多排放大，碳减排技术仍处瓶颈期

在碳达峰目标约束下，石化产业作为能源消耗高密集型行业面临的形势也比较严峻。一是上海石化行业新项目增压。据估算，未来上海石化炼化一体化项目、轻烃裂解项目和整体煤气化联合循环发电系统项目的建设，将给上海带来较大的碳排放增量，虽然高桥石化的关停可以带来碳排放减量，但这并不足以抵消新增项目对于上海碳排放的压力。杭州湾石化产业转型升级压力大，产业结构中目前主要为高能耗、高污染、高风险项目。二是低碳技术落地难。目前，我国多数自主开发的低碳技术仍处于示范甚至概念阶段，落地周期较长。石化领域高效碳捕集技术的运用仍处在试点阶段；科学制氢、生物质化学、废弃化学品循环利用及先进节能等技术的发展受限，研究落地投产难度大。

3. 先导产业产能提升迅猛，配套低碳管理技术不成熟

除钢铁、石化产业外，上海各类先导产业的发展也将加重工业领域碳达峰压力。上海“十四五”规划计划打造以三大产业为核心的“9+X”战略性新兴产业和先导产业，主要包含集成电路、人工智能、生物医药等产业链；规划还重点提及发展集成电路、生物医药等战新产业的重要性。这些产业实现碳达峰的主要难点在于：一是先导产业增速迅猛，产能提高迅速。集成电路、生物医药等先导制造业产能迅速扩大，预计在“十四五”期间将实现倍增，在碳达峰过程中如何控制能耗是其难点所在。二是新增项目需要进行低碳管理。在注重产业发展、新材料技术研发的同时，如何管控其能耗以及在发展先进制造业的同时兼顾制造工艺的绿色低碳化至关重要。

(三) 能源领域实现碳达峰的难点和瓶颈

1. 多重因素驱动用电规模增大，本地火电碳排放贡献率最大

上海经济高质量发展和居民生活水平提升持续推进，未来用电需求将显著增加。其一，2019年上海本地火电碳排放量在电力行业碳排放量中的占比为67.8%，发电量占比52.6%，本地高比例煤电机组的压减替代迫在眉睫。其二，对于发电煤耗已处于领先水平的火电厂来说，进一步提升效率存在难度。上海外高桥第三发电有限公司是全世界最环保、最节能的大型火电机组，并且一直保持着世界煤电节能减排的领先水平。在此基础上，进一步提升能效面临较大的挑战。其三，“碳捕集、利用与封存(CCUS)+火电”模式是上海统筹实现电力稳定供应和低碳转型的有效措施，然而目前大规模部署存在困难。从成本效益看，上海源汇匹配不佳，CCUS项目较高的投资和运行成本与减排效益难以平衡。

2. 受困于地理条件及资源禀赋，上海可再生能源竞争力不足

上海可再生能源的规模化应用受到本地能源资源禀赋和土地资源的较大限制。对于风电，上海处于第4类风能资源区，风电标杆上网电价不具备竞争力。上海发展海上风电面临沿海空间有限、深海领域成本偏高等挑战，难以形成规模化发展。受困于稀缺的土地资源、建筑密度大楼宇高、分布式光伏经济性不足、屋顶环境条件不够等因素，上海发展光伏产业也面临较大挑战。

3. 外调电力碳排放量逐年增高，争取清洁电力迫在眉睫

依托于国家特高压的建设，外调电力极大地缓解了上海的用电短缺问题，同时也逐渐暴露出其清洁化程度低、供应不稳定、调度能力不足等问题。上海严重依赖外调电力，而全国多地存在电力短缺问题和清洁能源替代需求，上海争取新增外来绿电难度较高。当前，输电通道容量有限、特高压通道建设周期长，导致外调电力存在供应不稳定的问题；在很多西电东输路线中上海都处在末端，中间很多地方可能出现电力截留问题；此外，大规模、长距离、集中输送的外调电力带来较大的调峰压力。考虑到新能源电力具有间歇性、波形性的特征，随着未来外调电力清洁化水平的提升，城市电网调节难度将显著加大。以火电为

主体的传统电力系统，难以有效消纳大规模的新能源电力，会导致电力系统调节能力下降、运行安全风险隐患增加等问题。

(四) 交通领域实现碳达峰的难点和瓶颈

1. 乘用车领域新能源替代难度大，消费者信心不足

上海新能源汽车仍存在“新增多、替代少”的问题，电动车对燃油车的置换率较低。一是部分新能源车增加量由限行政策所驱动，往往成为燃油车限行时的备选方案，完全替代燃油车缺乏足够动力。上海新能源汽车“新增多、替代少”，汽车总量增加进一步加剧交通拥堵问题，并造成电力和油品消耗量双攀升，目前新能源汽车推广未能显著抑制交通领域碳排放增长。二是由于配套产业不成熟且存在一定技术壁垒，纯电动汽车、燃料电动汽车大规模普及难度大。目前，电动汽车电池续航能力差、慢充时间长，并存在一定安全隐患；相关配套设施不完善，充电站、换电站数量不足，充电耗时较长的慢充桩占比高，充电站、换电站布局缺乏与城市建设和电网建设规划的有效衔接。

2. 城市公共交通系统有待升级，绿色出行模式缺少环境支持

上海交通需求刚性增长，全市交通碳排放贡献占比持续走高。一是尽管上海公共交通系统已较为发达，但仍无法满足市民的出行需求，导致私家车需求依然旺盛。在新能源车无法对燃油车形成有效替换的情况下，交通工具总量的攀升将加剧城市拥堵，严重影响城市交通减排。二是上海市民日常出行距离较远，整体上推动市民出行由私家车向绿色出行转换的条件仍不完善，尤其从郊区新城到市区进行绿色出行的难度较大。主要原因在于，上海公共交通规划与城市规划融合不够、以减少小汽车依赖为导向的经济型需求管理政策体系尚未真正建立，且存在慢行系统的网络建设和路权管理不到位等问题。三是上海碳排放测算口径不完善，对内交通方式碳排放测算缺乏统一口径。目前，除了客运公交，城市交通没有纳入统计口径，数据采集没有制度化，测算标准缺乏统一性。特别是上海商业营运性的燃油车较多，由于较难实行政府补贴以实现电动化，是市内交通减排的主要难点之一。商用车、网约车、私家车等碳排放数据不清晰，不利于上海整体把握市内交通碳排放情况，影响城市绿色出行方案的设计和实施。

3. 国际航运中心建设掣肘交通低碳化，对外交通减排压力巨大

根据《上海国际航运中心建设“十四五”规划》提出的目标，到2025年，上海将基本建成世界一流的国际航运中心，在推进上海成为全球交通重要枢纽的同时，这一目标也将对上海交通领域碳排放形成巨大压力。一是碳达峰目标将推动上海城市货运由公路向水路积极转换，对于沿江港航资源整合及打造绿色航运提出更高要求。民航和水路是上海主要的对外交通方式，以远洋航线为主的碳排放很难控制，重要减排措施集中在机场、港口等枢纽。加之现有技术仍难以实现民航电气化，远洋航运受国际公约约束，因此对外交通的电气化和零碳化存在较大困难。二是按当前核算口径，所有在上海注册的航空公司和航运公司的碳排放都计入上海本地的碳排放。作为大型移动源，航空运输能耗及碳排放难以合理划分至某一行政区，如仅按注册地原则将航企能耗总量考核指标归口至集团下属子公司所在的具体省市进行管理，将在统计口径上大幅提高上海交通碳排放量，加大上海对外交通减排压力。

(五) 建筑领域实现碳达峰的难点和瓶颈

1. 上海建筑面积及单位能耗双增长，亟须进行技术创新及应用

城镇化进程的深入推进及“五个新城”建设将带来建筑面积的大规模扩张。同时，居民生活水平提升使得单位建筑面积能耗上升。建筑面积扩张和单位能耗上升的双重压力将使建筑领域碳减排压力显著增加。虽然上海新建建筑大力推行绿色建筑、低碳节能概念，但是距离建筑全覆盖和全落实仍需要较长时间。一是新建建筑节能的实际运行情况与设计理论值普遍存在较大

差异。二是零碳建筑项目落地困难，绿色施工、节能围护结构、设备效能提高、智慧运维、材料可循环利用等方面可应用、可推广的绿色建造技术亟待创新。三是提升可再生能源在建筑用能中的比例是降低建筑领域碳排放的重要路径，分布式光伏、工业余热等多元化能源在新建公共建筑、居住建筑和工业厂房上的应用模式亟待开发和推广应用。

2. 节能工作重建设轻运行，上海存量建筑带来高碳排放

上海的建筑规模体量巨大，建筑领域节能工作重建设轻运行，改造存量高能耗建筑存在较大困难。一是在建筑生命周期的总能耗中，运行能耗及碳排放量占比通常超过 60%，但由于主体多元、责任不清、意识薄弱、监管执行不到位等原因，使得建筑运行阶段的节能减排效益大打折扣。二是上海提出至 2030 年完成 8000 万平方米以上既有建筑节能改造的目标，但考虑到建筑物产权复杂、改造主体不清晰、资金落实困难等原因，高能耗高排放存量建筑的节能改造工作推进难度较大。

三、上海实现碳达峰的路径选择

上海实现碳达峰不仅需要地方政府、企业和公众多方同向努力，而且在碳排放权交易、航空运输碳排放等跨区域问题上，需要长三角甚至国家层面的统筹协调，并通过区域间深度合作落实相关政策措施。

（一）上海层面

1. 提高钢铁产业资源综合利用率，打造新型绿色产业链

钢铁产业的节能减排潜力较大，应着力做好结构调整和节能减排两方面工作。一是坚持以能耗“双控”为抓手，调整生产结构。严格控制钢铁产能，减少煤炭消费总量。加快结构调整步伐，淘汰落后产能，加快发展以废钢为原料的电炉短流程工艺，建立完整废钢回收体系，减少自主炼焦，推进炼焦、烧结等前端高污染工序减量调整。二是加快核心绿色低碳技术研发与产业化应用，加强与高校和科研院所的合作，推动重点科技攻关，实现全工序、全流程、全生命周期超低排放改造。大力推广循环经济和节能减排新技术新工艺，提高“三废”的综合治理和利用水平，深度挖掘节能减排潜力，持续提升产业链绿色发展水平。

2. 加快石化产业结构优化，推动绿色低碳技术试点应用

考虑到上海重点产业集群发展需求和石化产业发展规划，石化产业仍将保持增长态势，但应调整产业和产品结构，加快绿色低碳技术试点应用并实现减排降碳。一是严格控制石化产业规模，调整产业结构和产品结构，加大落后产能淘汰力度。重点优化石化产业链空间布局，打造完整的产业链和产业集群，实现产业链上下游一体化，发挥产业集聚的低碳规模效应。二是加快关键绿色低碳技术试点落地，减少行业碳排放水平。提高炼油企业加氢精制和加氢裂化等关键工艺技术水平，大力延伸产业链链条，积极开发优质、可循环的绿色石化产品，并开展生态产品设计，减少产品全生命周期碳足迹。开发利用可再生能源在生产工艺中对火电和氢原料的替代，减少化石能源消耗。通过引导创建绿色示范工厂和绿色示范园区，推进尖端减排技术应用，并在全市范围内普及推广。

3. 严格控制高耗能高排放项目，稳步推进电力行业低碳化转型

一是严控煤炭消费总量，深化实施重点企业煤炭消费总量控制制度，推动钢铁、石化化工和煤电行业转型升级，并预留相应的碳捕集接口和场地，推进条件具备的地区实施 CCUS 项目。二是电力行业应以能源脱碳为主线，提高新能源电力的利用效率，加快构建清洁低碳、安全高效的电力供应体系。[4] 加快本地可再生能源开发利用，加强本地光伏项目的推广力度，制定工业、交通、建筑、农业等领域的光伏部署方案和实施路径。三是制定钢铁、石化化工行业转型的时间表、路线图，严格控制新增项目。应从全生命周期的角度出发，在项目规划阶段超前部署绿色低碳高质量发展路径。同时，严格控制新增项目，统筹做好煤炭产能压减与保供工作，有效控制现代煤化工行业的能耗和物耗。四是挖掘海洋能开发利用潜力，推进生物质能产业高质量发

展。探索在站址优良海域建设潮汐能、波浪能示范电站；提高生物质能产业聚集度，确立大型生物质企业在供应链中的中心地位，建成原料供应基地。

4. 深化交通运输结构调整，打造绿色交通体系

面对交通需求刚性增长的趋势，要做好以下两点工作：一是打造惠及全社会的绿色出行环境。继续深入实施公交优先发展战略，打造公交优先、慢行友好的城市客运体系，不断完善公共交通运输体系建设。大力发展绿色货运，推动一部分公路货运向铁路、水运转换。加大新能源汽车推广力度，提高新能源汽车在新增注册汽车中的占比，加快新能源汽车对存量燃油车的替代。实现公交汽车、巡游出租车、党政机关公务车辆全面使用新能源汽车，提高国有企事业单位公务车辆、环卫车辆和网约出租车等新能源汽车的占比。二是强化清洁化、智能化交通基础设施部署。积极开展氢燃料电池汽车示范车应用，加大内河新能源船舶推广力度。同步完善充电桩、换电站、加氢站等基础设施建设。加强核心技术突破，开发推广废旧电池回收、梯级利用的技术。

5. 紧扣建筑领域节能标准，降低单位建筑面积能耗

“十四五”时期，伴随“五个新城”规划的逐步落地，建筑面积仍将呈现大规模增长的趋势。为应对新建建筑数量大幅增加带来的碳达峰挑战，要着力于实现单位建筑面积能耗的降低。一是严控建筑节能标准，优化建筑用能结构。推动存量建筑节能改造，降低建筑运行能耗，进一步强化建筑能耗限额管理体系等管理体制建设；提高建筑终端用能电气化水平，并加快推进太阳能、生物质能等清洁和可再生能源供热利用。二是制定节能低碳建筑的建造和运行方案，推广低碳建筑材料。基于绿色建筑标准，采用节能墙体、节能门窗、节能空调系统、中水回用与雨水蓄积系统、太阳能屋顶等节能设计；完善绿色建材认证制度、住宅节能标识制度等一系列评估体系，推动实现绿色建筑规模化发展。三是优化城市空间布局，完善城市绿色治理体系。合理规划城市功能，改善“职住分离”现象，建设集约、紧凑型城市，合理规划城市功能区，充分发挥城市规划布局的固碳效应。

6. 加大低碳零碳技术研发，发挥科技创新的支撑和引领作用

碳达峰工作要抓住科技创新这个“牛鼻子”，深化区域创新体制机制改革。一是依托上海国际科技创新中心建设，出台支持高等院校、科研机构参与碳达峰重大技术攻关的政策措施，充分发挥高校和科研院所的知识创新作用。加大技术研发力度，大力支持石油、天然气、基础原材料、关键器件等方面关键核心技术研发，重点突破智慧电网、储能、氢能、CCUS等技术瓶颈。二是针对高耗能产业加大绿色低碳技术成果转化，推进上海钢铁、石化等能源密集型产业的低碳技术应用，发挥科技创新的支撑和引领作用，为绿色发展注入强劲科技动能。

7. 推动信息技术与产业深度融合，助推全社会减排降碳

上海作为全国的技术、人才、资金高地，应率先聚焦5G、工业互联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，加快信息技术与传统产业深度融合，充分挖掘信息技术对碳达峰工作的支撑潜力。集聚全数据要素，着力破解既有能耗和碳排放计量准确性低、数据分析能力弱、应用效果评估差等诸多制约经济社会绿色低碳发展的技术瓶颈，为综合研判碳排放情况、制定碳减排的相关决策提供参考。充分运用信息技术，通过建设节能应用示范项目、定制开发配套产品、丰富场景应用等多种手段，为赋能百业、降低成本、提高效率创造有利条件，促进减排降碳，为实现碳达峰提供有力支撑。

8. 积极引导全民参与，倡导绿色低碳生活方式

要牢固树立碳达峰工作“一盘棋”思想，加快构建和完善政府主导，企业主体、社会组织和公众共同参与的多元环境治理

体系。一是开展形式多样的教育引导活动，将低碳环保理念渗透到学校教育、家庭教育以及社会教育整个过程。二是通过绿色低碳社区、校园、商场等创建活动，示范推广绿色低碳生活模式。深入推进垃圾分类工作，不断完善全程分类体系。创新完善“碳积分”“低碳用电账单”等活动形式，调动公众参与环保工作的积极性。三是建立健全环境保护公众参与机制，培育发展环保社会组织和志愿团队，畅通公众意见反馈渠道，构建全民践行绿色低碳的社会行动体系。

(二) 国家和区域层面

1. 加强长三角合作交流，构建区域绿色低碳发展新局面

紧扣一体化和高质量发展两个关键词，加强与长三角城市群以及都市圈的协同合作，统筹有序地推进“双碳”目标下的长三角一体化，同时在一体化发展战略进程中促进实现“双碳”目标。一是补齐硬件短板，强化基础设施支撑能力。持续推进轨道交通网络、公路、航道互联互通，优化物流站点布局，提升交通运输效率。加强电力网络建设，增强区域电力保供能力。打造碳排放监测数据信息共享平台，为相关政府决策提供有力支撑。二是完善软件建设，加强顶层制度保障。积极构建区域联动的体制机制，强化资本、人才、土地、技术等要素支撑，充分释放要素红利。建立健全区域电力调配、产业转移利益分配等机制，大力推进碳排放、能耗指标、排污权等全要素市场化交易。通过强化上海的引领带动作用，发挥苏浙皖的比较优势，加快形成分工有序、功能互补、高效协同的碳达峰治理体系。

2. 完善航运能耗和碳排放管理机制，构建绿色民航治理体系

建设上海国际航运中心对我国航运的能耗和碳排放管理提出了更高要求。一是在打造规模化、集约化和快捷高效的现代化航运集疏运体系的基础上，积极改变将上海航运中心的航运能耗及排放全部划分至上海的不合理核算方式。对照国际航空和航海领域碳排放核算标准，研究建立符合我国实际，与国际接轨的航空、航海碳排放核算体系。二是以上海国际航运中心建设为契机，在全国范围内逐步采用符合国际规范的航运、航空碳排放概念，补充关于航运碳核算的相关条例，以上海为起点，逐步建立全国统一、与国际接轨的航运数据口径及核查标准。

3. 提高可再生能源消纳能力，争取提高外来低碳电消纳

考虑到上海对外来电力保持较强依赖，提高外来清洁电力占比是实现碳达峰的重要途径。一是加快构建以新能源为主体的新型电力系统。以机制改革和技术变革为抓手，改变传统电力供给“源随荷动”的模式，加强电源侧、电网侧、用户侧的调峰能力建设，提升新能源消纳水平和电力系统灵活性。[5]二是加强外来电入市的顶层设计。完善跨区域现货交易市场的合作机制，建立健全可再生能源电力消纳保障机制、绿证交易等相关配套体系。三是积极争取低碳清洁外来电力，加快外来清洁电力大通道建设。依托长三角一体化发展需要，推进三省一市区域配电网实现互联互通，提升供电可靠性、清洁性。发挥技术和资金优势，与可再生能源资源丰富的地区加强合作，布局市外可再生能源基地。四是超前谋划新的特高压通道，推动市外来电通道与城市输电网、配电网协调发展。建设满足国际大都市高可靠要求、适应可再生能源大比例接入需要，结构坚强、智能互动、运行灵活的特高压电网，加强配套储能基础设施建设，提升跨区域电力输送和消纳能力，做大外来低碳清洁电消纳增量。

4. 持续优化全国碳交易市场，加快建立碳金融中心

健全碳排放交易市场机制，完善法律指引和政策支撑。一是扩大市场覆盖范围，丰富交易品种和交易方式，加强一系列碳排放数据核算、报告、核查体系的建设工作。依托碳市场试点运行的基础和经验，持续优化完善交易规则和交易系统，为各类参与者提供优质服务，促进碳市场配套产业落地发展。二是通过加快绿色金融创新发展，推进碳金融业务创新，构建绿色投融资机制，探索面向国内外的碳金融服务功能，引导更多资金、技术、人才向绿色金融领域集聚，更好地服务绿色产业投融资，为上海经济社会实现高质量、可持续发展提供新契机、注入新动力。三是推动相关立法工作，对碳排放权交易进行规范管理，

形成对碳市场交易机制、企业碳数据披露等方面的完整规章制度。[6]

5. 积极争取国家政策支持，加速低碳技术成果落地转化

上海应积极争取国家科技创新政策和资金支持，发挥科创中心建设主力军作用，为全国范围低碳、零碳、负碳技术的战略布局提供经验借鉴和技术支撑。一是开展对国家政策、资金、项目的争取工作，全面增强科创中心策源能力，加速布局科技基础设施，对氢能、储能、二氧化碳资源化利用等重点领域进行关键技术攻关，着力推进技术落地转化和产业化发展。二是设立长三角联合创新专项资金，整合技术、资本、人才等创新要素，开展重大科研项目合作，促进成果跨区域转移转化。三是加强与科技部的主动对接、沟通协商，助力实现突破性低碳技术在全国范围内的推广应用，为全国碳达峰工作贡献上海智慧和力量。

参考文献

- [1] 积极稳妥推进碳达峰碳中和[EB/OL].http://www.gov.cn/yaowen/2023-04/06/content_5750183.htm.
- [2] 中共上海市委、上海市人民政府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实施意见[EB/OL].<https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20220728/ad24ee5ccdff45f49830e762bb437abe.html>.
- [3] 上海市碳达峰实施方案[EB/OL].<https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/2202-07-28>.
- [4] 张鸿宇，黄晓丹，张达，等. 加速能源转型的经济社会效益评估[J]. 中国科学院院刊，2021, 36(9):1039-1048.
- [5] 黄震，谢晓敏. 碳中和愿景下的能源变革[J]. 中国科学院院刊，2021, 36(9):1010-1018.
- [6] 范英，莫建雷. 中国特色应对气候变化政策体系的评估与展望——中国《第四次气候变化国家评估报告·第四部分》解读[J]. 中国人口·资源与环境，2023, 33(1):93-99.