

上海依靠科技创新实现碳达峰的路径和举措

孙福全 许 晔 庄 珺 王 超 傅翠晓¹

(中国科学技术发展战略研究院 北京 100038)

【摘要】：以碳达峰、碳中和重大应用需求为牵引，聚焦能源、工业、交通、建筑、生态等社会经济各领域重大技术瓶颈和体制机制障碍，建立健全以科技创新引领绿色低碳循环发展经济体系，驱动形成经济新动能、新产业、新业态，支撑整体能源资源利用效率引领世界先进水平，推动社会经济发展全面脱碳。

【关键词】：科技创新 碳达峰 碳中和 碳排放

【中图分类号】：F424. 1. 51 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1005 — 1309(2023) 01 — 0075 — 008

城市是人口聚集和生产活动的主要空间，也是资源消耗和环境负荷比较集中的地区。在应对全球气候变化的背景下，城市发展的碳约束逐渐显现。城市能源消耗主要来自电力、工业、建筑、交通以及废弃物处理等领域，城市碳减排面临巨大挑战。与此同时，城市在全球经济低碳转型中肩负着重要责任，推进“零碳”城市建设为应对全球气候变化意义重大。

上海在 2021 年 6 月发布《上海市 2021 年节能减排和应对气候变化重点工作安排》，结合自身发展实际，提出了单位生产总值综合能耗、二氧化碳排放控制量、煤炭消费总量等量化目标，并将节能减排聚焦于工业、建筑、交通、贸易和公共机构 5 个重点领域。上海在完成年度目标和应对“双碳”目标的背景下，依靠科技创新推动“双碳”行动的必要性和紧迫性日益凸显。

作为我国三大国际科技创新中心之一，上海在应对全球气候变化的重要国际议题背景下，一方面需要借助自身科技创新优势推动清洁技术研发、技术成本下降和低碳技术部署，加速城市低碳化转型，打造中国低碳城市名片；另一方面需构建绿色低碳科技创新体系，聚焦我国“双碳”行动面临的关键问题，发挥国际科技创新中心作用，开展国际科技交流合作，携手开展绿色低碳关键核心技术攻关，共同应对全球气候变化挑战，助力我国“双碳”进程行稳致远。

一、上海能源发展和碳排放现状

(一) 能源发展现状^{①②}

1. 能源结构

本地一次能源生产量较低，主要依赖从外省市调入和从国外进口。2019 年，上海一次能源生产量为 385.44 万吨标准煤，从外省市调入能源量达 14746.40 万吨标准煤，进口量 5673.14 万吨标准煤，轮船、飞机在外国加油量 918.63 万吨标准煤；上海调往外省市能源共 9292.15 万吨标准煤，出口量 451.12 万吨标准煤，外轮、飞机在我国加油量 275.68 万吨标准煤。进出相抵，

¹ **作者简介**：孙福全，中国科学技术发展战略研究院副院长，研究员。许晔，中国科学技术发展战略研究院前沿科学与先进技术发展研究所副所长，研究员。庄珺，生物医学工程博士，上海市科学学研究所产业创新研究室主任、研究员。王超，中国科学技术发展战略研究院博士后研究人员。傅翠晓，管理科学与工程博士，上海市科学学研究所产业创新研究室副研究员。

² ① 数据来源：《2020 年上海统计年鉴》。

当年上海实际消费能源量共 11704.66 万吨标准煤。

一次能源主要以化石能源为主，非化石能源资源禀赋相对较差。2019 年上海非化石能源发电量为 591 亿千瓦时，占一次能源比重为 17.54%，其中本地风电、光伏发电 25 亿千瓦时，其他非化石能源发电 32 亿千瓦时。

2. 能源消费

能源消费总量巨大，能耗密度居全国前列。2019 年上海综合能源消费总量约 1.17 亿吨标准煤，位列全国城市首位，上海能耗密度 18454 吨标准煤/平方公里，是全国平均水平的 40 倍之多。

能源消费仍以化石能源为主，电气化水平相对较低。终端能源消费中，煤炭占比 11.50%，油品占比 53.00%，天然气占比 8.50%，电力占比 19.97%。终端电气化水平低于中国香港(48.20%)、东京(35.45%)、巴黎(33.33%)、新加坡(21.77%)、北京(24.83%)等全球发达城市。

3. 能源效率

整体处于高水平，但部门间发展不平衡。从国内各地能效指数看，东部沿海地区能效指数整体处于国内较高水平，2018 年上海的能效指数居于东部沿海地区的第 2 位，高于浙江，低于江苏。但上海的部门发展极不平衡，农业、建筑和交通部门的能效指数较低，部门权重较低。部门权重最大的工业部门能效指数处于较高水平，从而拉动提升了上海的能效指数。

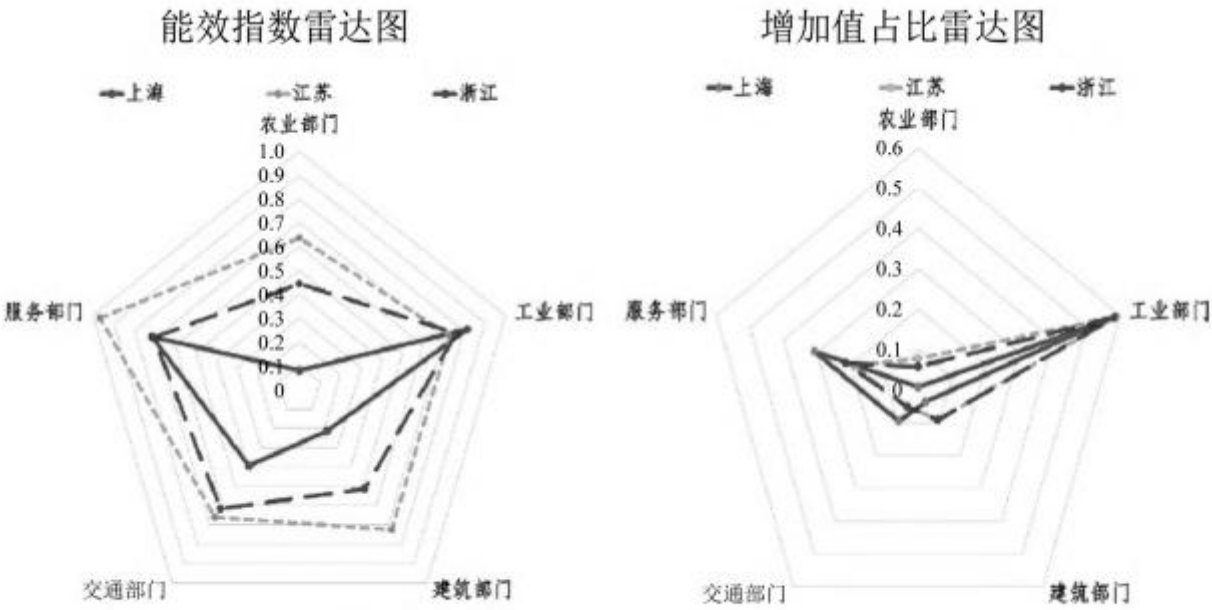


图 1 东部沿海各地区分部门能效指数图

4. 能源发展趋势

本地一次能源生产量逐步上升，外省市调入量趋于缓慢下降。近年来，上海能源供应数据发展趋势显示，本地一次能源生产量从 2016 年的 143.36 万吨标准煤逐步上升至 2019 年的 385.44 万吨标准煤，上升幅度达 168.86%；外省市调入量从 2016 年的 21212.66 万吨标准煤下降到 2019 年的 14746.40 万吨标准煤，下降幅度为 30.48%。

能源终端消费量稳中有升，第三产业能源消费上升幅度相对较大。近年来，上海能源供应数据发展趋势显示，上海终端能源消费量近年保持平稳，但略有上升，从2016年的11325.41万吨标准煤上升到2019年的11866.87万吨标准煤，上升幅度为4.78%。其中，第一、第二产业能源终端消费量和生活消费能源终端消费量每年有小幅波动，但总体相对平稳；第三产业则呈现缓慢上升态势，从2016年的4033.27万吨标准煤上升到2019年的4606.53万吨标准煤，上升幅度为14.21%。

（二）碳排放现状

全口径碳排放总量持续增长。上海碳排放总量由2015年的2.05亿吨增加到2019年的2.12亿吨，万元GDP碳排放量由2015年的0.76亿吨下降到2019年的0.61亿吨。单位GDP碳排放虽在全国省级行政区中处于较低水平，但距世界先进水平仍有差距，约为纽约、伦敦、东京的5~7倍。^③

电力、交通和钢铁冶炼等行业碳排放量较大。2010年以来，上海通过加快优化调整产业结构、推动能源低碳转型、促进重点领域节能提效，全市碳排放逐步呈现与经济发展和能源消费增长脱钩的趋势。然而，受发展阶段及产业特征等因素制约，上海当前仍面临化石能源占比偏高（煤、油和外来煤电等高碳能源占比高达75%左右），可再生能源在本地发电量占比不足3%。工业，特别是钢铁、石化等高碳行业占比偏高。2019年，钢铁、石化、航空、水运四大行业碳排放量合计占全市碳排放量的55.5%。^②

4

提出碳达峰时间表。2022年7月，上海发布《上海市碳达峰实施方案》，提出确保2030年前实现碳峰值。这将极大推动上海环保产业发展。据清华大学研究机构估算，2020—2050年相关能源基础设施领域的投资需求高达100万亿~138万亿元，^⑤带动其他节能环保产业发展更是不可估量。

碳排放企业连续8年100%履约。目前，上海纳入碳排放配额管理的企业已全部完成2020年度碳排放配额清缴，继续保持100%履约纪录。上海自2013年启动碳交易试点以来，市场运行平稳有序，交易规范透明，是全国唯一实现100%履约的试点地区，市场机制在促进碳减排中有效地发挥了作用。截至2021年9月底，上海碳市场现货产品累计成交1.73亿吨，累计交易额约20亿元，国家核证自愿减排成交量稳居全国第一位。^{④⑥}

二、上海依靠科技创新实现碳达峰目标的基础和挑战

（一）基础和优势

1. 科研院所和支撑平台众多，科研基础实力雄厚

在高校方面，上海拥有复旦大学、上海交通大学、同济大学、华东理工大学、上海理工大学、上海电力大学等知名高校，在能源科技和低碳环保领域具有较强的科研基础实力。

在科研院所方面，拥有中科院上海高等研究院、中国科学院上海应用物理研究所、国网上海能源互联网研究院等科研院所；在能源互联网，化石能源清洁高效利用，风能、太阳能和生物质能等可再生能源利用，以及储能和氢能领域，都具有良好的科研基础和人才优势。

³ ①潘爱强、杜凤青：《“双碳”背景下上海城市能源互联网构建技术需求分析》，原载《电力与能源》，2021年第6期。

⁴ ②《上海碳达峰时间表比全国提前5年，2亿吨碳排放难题待解》，华夏时报，2021-07-1。

⁵ ③《上海打造国际碳金融中心，将于2025年率先实现碳达峰》，21世纪经济报道，2021-01-17。

⁶ ④《上海碳排放企业连续八年100%完成履约》，上观新闻，2021-10-07。

在重点企业方面，上海电气、申能集团、上海电力、华东电力设计院、远景能源等多家企业，负责或参与国家和上海相关的能源科技项目，推动了能源科技成果转化与应用。此外，上海拥有众多企业分布于氢燃料电池汽车产业链各个环节，在氢能科技发展方面具有较好基础。

在支撑平台方面，上海有由上海技术创新功能型平台、上海能源互联网功能型平台和上海市科委组建的相关工程技术研究中心。该中心是产业技术研发和技术孵化的创新型平台。

2. 能源和环保领域科技成果产出丰富，科技创新成效显著

在化石能源开发利用领域，上海具备重型燃机国家研发基地、小型及微型燃机创新民企、先进燃气轮机国际合作的多元发展优势。近年来，微型燃机自主研发取得重大进展，完成了 100 千瓦微型燃机示范运行，300 千瓦微型燃机样机研制，正加速推进产业化。此外，上海电气是国内唯一一个可独立研发设计先进燃机的企业。上海交通大学、中国科学院上海研究机构均建有重型燃气轮机部件试验台。

在海上风电领域，上海是我国最早开发建设海上风电场的地区，已形成了从风场设计、风机整机制造、风机运输吊装到风场运行维护的海上风电产业链。其中，中交三航在国内海上风机运输安装市场占有率为 60%，上海电气在海上风电整机制造市场占有率居国内第 1 位、全球第 3 位。

在核能领域，上海在国内率先形成了核电研发设计、核电装备制造、核电工程建设与运行的完整核电产业链，以及国内配套最全的核电设备制造产业链。经过多年研发和攻关，上海相关单位正全面突破和掌握相关核心技术，并已基本形成产业链雏形。我国熔盐堆研发处于国际领先地位。

3. 市场、金融和国际合作环境良好，助力低碳科技创新研发

在市场方面，2008 年 8 月 5 日，上海环境能源交易所成立，成为全国首家环境能源交易机构，在国内率先设立了环境能源领域各类权益交易平台，积极创新环境能源市场领域的新机制，推动国内环境能源市场的新发展。

在金融方面，上海作为国际金融中心，金融环境具有天然优势。针对碳金融，上海环交所研究多种专业金融工具运用方法，制定一系列金融解决方案，推动建立总体规模达 2 亿元的碳基金，设计开发碳配额远期交易产品，不断增强交易多元化服务功能。

在国际合作方面，上海环交所成立以来，积极开拓国际市场，参与国际碳市场建设，创新国际碳市场合作与发展新方法。同时，与联合国开发计划署合作，创建了南南环境领域合作的新途径。此外，上海环交所积极开展国际间自愿碳减排交易，组织和承办了 2010 上海世博会联合国馆以及 2011 年南非德班联合国气候变化大会的碳中和等多项自愿碳减排交易。

(二) 问题和挑战

1. 碳排放需求持续加大为城市降碳带来巨大挑战

一是我国正面临经济增长所依赖的能源需求增长与碳中和目标下温室气体减排之间的矛盾。统计数据显示，美国人均 GDP 为 20000 美元时实现碳达峰，英国、法国、德国和日本等发达国家人均 GDP 约 15000 美元时实现碳达峰。目前，我国人均 GDP 刚突破 10000 美元，未来中国仍将保持较高的经济增速，伴随的能源需求总量也将呈持续增长趋势。在实现经济增长和“双碳”目标的背景下，依靠科技创新加速能源结构低碳化转型尤为迫切和重要。

二是城市功能提升和产业发展将进一步带动碳排放需求。高端装备、电子信息、化工新材料等战略性新兴产业发展，城市数字化转型带动的 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设，以及上海自贸试验区临港新片区、“五个新城”等新战略的推进实施，都会带来能源消费的刚性增长，这对上海提前实现碳达峰并尽可能压低峰值带来巨大挑战。

2. 科技创新支撑力不足制约能源结构转型

国际能源署基于能源领域关键技术的研究报告指出，现有科技水平可支撑全球 2030 年能源部门的碳减排目标，但未来 10 年投入商业应用的清洁技术仅能实现 2050 年 50% 的碳减排目标。此外，在工业、重载运输业等难脱碳行业，现有碳减排技术大多还处于理论研究阶段，亟须加强关键领域技术攻关，如先进电池、氢电解槽和直接二氧化碳捕获等。全球科技创新对能源转型支撑力的不足，同全球碳中和进程的紧迫性形成了强烈反差。上海可再生能源发展空间有限、生态系统碳汇潜力不足，仅靠现有技术储备和发展模式难以支撑“双碳”目标的实现。上海能源主要依靠外运，能耗总量持续增长，外来电比重越来越大，同时本地可再生能源比例不高，能源结构优化和能源安全都面临较大压力。

3. 国际科技创新中心作用须进一步凸显

美国等西方国家将应对气候变化作为大国博弈和地缘竞争的政治工具，通过绿色技术、产品出口抢占国际市场份额，以期实现本国经济复苏和产业升级。碳中和领域国际科技竞争日益加剧。近年来，我国虽在锂电池、电动汽车、太阳能光伏等领域取得跨越式发展，但在其他低碳技术领域仍面临关键技术、关键材料、关键工艺的研发瓶颈，应充分借用国际科技创新资源。在国际科技合作日趋紧张的背景下，上海应进一步发挥国际科技创新中心作用，积极探索国际科技合作新模式，构建长效国际科技合作机制。

三、上海依靠科技创新实现碳达峰的目标和路径

(一) 具体目标

根据《上海面向碳达峰与碳中和战略的科技支撑方案》，到 2025 年，全社会“双碳”的科技研发投入翻两番，初步完成碳中和前沿/颠覆性技术研发布局，能源、工业、建筑、交通等领域突破 100 项关键技术，建成 10 个重大示范项目与工程，建设 10 个碳中和相关领域的重点实验室和 5 个绿色技术创新中心。科技进步推动主要行业能效水平达到国内国际先进水平，为上海碳达峰目标的实现提供支撑和保障。

到 2035 年，形成关键领域降碳工艺、设备、技术支撑能力，推动科技创新与经济社会发展深度融合。提出一批基础前沿理论，解决一批关键科学问题，突破一批核心关键技术，推进一批产业化示范应用，建设一批低碳/零碳示范区，培养一批碳中和人才队伍，加快培育绿色发展新动能，通过科技创新实现上海单位 GDP 碳排放强度达到国际领先水平，全面提升城市核心竞争力。

到 2060 年前，科技支撑整体能源资源利用效率达到世界先进水平，社会经济发展全面脱碳，上海碳中和目标顺利实现。

(二) 推进路径

以“双碳”重大应用需求为牵引，聚焦能源、工业、交通、建筑、生态等社会经济各领域重大技术瓶颈和体制机制障碍，建立健全以科技创新引领的绿色低碳循环发展经济体系，驱动形成经济新动能、新产业、新业态，支撑整体能源资源利用效率达到世界先进水平，推动社会经济发展全面脱碳。

1. 布局前沿科技攻关

依托上海在新能源科技和低碳技术领域的优势基础，针对“双碳”目标对前沿/颠覆性技术的显著需求，围绕超高效光伏电池、超大型浮式风机技术、绿色甲醇技术、负碳技术、人工光合作用技术、变革性二氧化碳转化利用技术、新一代核能技术等方向，开展深入持续的基础性研究。

2. 构建新型能源体系

(1) 可再生能源开发和利用关键技术及核心装备。

针对上海可再生能源禀赋现状，积极开展风能和太阳能储量详细评估与潜力预测研究。围绕风能、太阳能和生物质能，开展深远海漂浮式风电场、新型高效太阳能电池、有机废弃物清洁化多元化能源利用等关键技术和核心装备研发，为上海超大城市能源体系转型提供有力的科技支撑。

(2) 氢能利用技术。

针对上海氢能发展的技术需求，围绕氢制取、储运、加注与氢能利用，系统布局绿氢全产业链关键技术和核心装备研发，推动氢能多场景应用示范和氢能产业快速发展。制氢技术方面，重点研究低成本高温固体氧化物电解制氢系统、高效质子交换膜电解水制氢系统、高效太阳能光解水制氢的新型催化剂和工艺系统、海上风力发电与绿氢制备系统融合技术等。氢能储运方面，重点研发化合物储运氢技术及装备，如基于锂、硼、氮、碳、镁、铝等轻质元素的高氢量和低吸/放氢温度的新材料，固态储氢和灵便型储氢关键技术及设备。氢能利用方面，重点研究氢能规模化应用的安全防护技术、可再生合成燃料和发动机应用关键技术，研发低成本、高性能、长寿命质子交换膜和固体氧化物燃料电池及热电联供系统、船用发动机富氢燃料高效利用关键技术、天然气掺氢技术及终端应用技术等。

(3) 传统能源高效清洁低碳利用。

针对上海化石能源消费量占比高的问题，围绕传统能源清洁低碳利用，在清洁智慧火电等煤炭清洁高效利用关键技术和装备、高效分布式供能、工业装备和工艺过程的共性能效提升技术、数据中心净零排放等方面部署一批关键技术，实现能效水平持续提升，促进传统能源高效清洁低碳化利用。

(4) 低碳综合能源系统。

针对当前能源系统供需匹配度不足，多种能源互补联动以及智慧化程度不高等问题，深入开展智能电网、能源交换与路由、先进储能、能源信息通信、综合能源系统关键技术研究，建设可复制推广的模块化综合集成示范，强化多能互补及智慧协同，提升能源系统供应安全和效率。

3. 推进低碳技术应用

(1) 低碳工业。

目前，工业领域主要通过优化生产工艺流程实现节能减排，深度脱碳还需要进一步实现燃料替代、生产方式变革以及新材料替代。围绕低碳/零碳钢铁和低碳/零碳化工，前者重点研究高炉富氧和炉顶煤气循环技术验证和示范、富氢气体冶炼关键技术和示范、钢渣高值化循环利用关键技术等；后者重点研究工业废料/生物质精炼合成化学品关键技术、轻烃/天然气直接转化关键材料路径及验证、可再生能源化学关键核心技术、基于合成生物学绿色产业化制造关键技术和应用等。

(2) 低碳建筑。

建筑领域碳排放的最大来源是建筑使用电力、热力导致的间接碳排放，目前约占我国碳排放总量的 17%，建筑节能减排是建筑领域实现“双碳”目标最主要的手段。针对超大城市建筑体量大、密集度高、碳排放量高等特点，应部署超大城市低碳/零碳建筑建造、运行和智能化集成技术创新，开展建筑全生命周期关键技术研发与示范，以进一步提升上海建筑领域绿色低碳发展水平。

(3) 低碳交通。

公路交通所产生的碳排放占我国交通领域碳排放总量的 82%，是交通领域实现“双碳”目标需要关注的重点。上海道路交通规模庞大，排放量居高不下且呈持续增长态势。应围绕超大城市智能高效净零碳排放交通系统构建，开展低碳交通基础设施、超大城市运输结构、零碳新型载运工具、智能交通系统等领域关键技术研发及示范，为交通绿色低碳发展提供科技支撑。

(4) 碳汇技术。

开展生态碳汇资源量评估、监测和效益测算，布局人工增汇关键技术研发和示范，充分发挥上海生态碳汇潜力，推动绿色发展，促进人与自然和谐共生。同时针对 CCUS（碳捕获、利用与封存）技术高成本、低成熟度、二氧化碳处置能力不足等关键问题，加快开展低成本二氧化碳捕集技术、高值化二氧化碳利用技术研发，开展全流程 CCUS 技术应用研究，为上海化石能源大规模零碳利用提供经济可行性方案。

4. 促进相关主体协同合作

“双碳”目标的实现涉及多个部门、多方主体，需要政府、企业、投资机构等不同主体间的协同合作和良性互动，各主体在“双碳”行动中都发挥着不可或缺的作用。

政府是“双碳”行动的主导者，应做好顶层设计和推动落实。一是根据 2060 碳中和目标，科学制定阶段性目标，在设定好碳排放总量的基础上，使配额逐年递减，并督促各部门各行业加快制定明确的节能减排计划。二是完善相关政策机制，如优化碳定价机制，包括碳交易、碳税和可再生能源激励政策等。三是推动电力市场改革，构建多层次的绿色低碳电力市场，理顺电价关系，形成市场化定价机制；优化跨区域协调运营方式，打破电力市场区域约束；建立和完善绿色电力交易体系。四是规划和引导战略性新兴产业有序发展，包括制定产业规划，引导投资等。

企业是落实“双碳”行动的主体，应着力推动核心业务减碳。企业要管理和降低自身碳排放，在了解自身排放情况的基础上，尽快制定节能减排战略和计划，尤其是核心业务的减排计划，设定短期与中长期相结合的目标，同时配套制定相关行动计划，制定节能减排的具体举措和投入方案，引入新技术和新工艺，开展低碳、零碳活动。

金融机构是“双碳”行动的重要支撑者，需大力推动绿色金融体系发展。实现“双碳”目标将带来巨大的绿色低碳投资需求，各金融机构应围绕落实“双碳”目标，完善绿色金融体系建设，推动产品创新。同时，要建立以股权投资（尤其是 PE、VC 基金）为主体，股票市场和投贷联动为支撑的金融服务体系，以支持大量“双碳”行动所需求的绿色低碳科技项目及成果转化。

四、上海依靠科技创新实现碳达峰的举措建议

(一) 加强平台建设，提升科技创新支撑能力

推进研发服务平台建设。推进碳中和领域的上海重点实验室、工程技术中心、专业技术服务平台、研发与转化功能型平台、

科技创新服务平台建设。

建设碳中和科技成果转移转化服务平台。在碳中和目标导向下，开展上海及长三角区域优势技术和产业发展竞争力、技术供给能力研判；结合绿色技术银行试点基础，建设碳中和科技成果转移转化服务平台，解决好“双碳”目标实现过程中的低碳技术创新能力不足、低碳产品与服务成本过高等问题。

加强数据支撑平台建设。建设基于大数据等信息技术的碳源、碳汇云智慧管理技术平台；建设“双碳”约束下多能融合与深度脱碳时空数据系统与仿真预测平台；建设上海气候投融资综合信息平台；建设碳中和综合数据、信息、研究成果共享平台。

（二）扩展国际合作，融入国际创新网络

在国际科技竞争日益凸显的背景下，通过发起或参与国际大科学计划(工程), 共建能源领域国际科技联盟，深度参与和支持全球绿色低碳创新合作，主动积极融入全球绿色低碳创新网络。推进上海有关单位与国际组织、国外优势大学、科研机构、企业在碳中和领域深入开展低碳创新合作，支持在不同层面组建联合创新团队，探索建立联合研究和知识共享机制。围绕绿色能源技术链和产业链，积极推进全球绿色技术潜力评价图编制，针对我国技术短板和上海能源转型瓶颈，加强国际合作，抢占能源领域科技制高点，提高我国在全球碳中和行动中的影响力和话语权。与“一带一路”沿线国家和地区合作开展碳计量/碳核查机制、碳交易机制研究，扩大绿色技术银行的影响力，实现协同减排与绿色发展共赢；打造具有影响力的碳中和国际论坛。

（三）强化人才开发，夯实创新人才基础

围绕实现“双碳”战略目标，实施科技创新人才引进与培养行动，扩大碳中和人才队伍，重点支持青年人才、科技领军人才、创新创业人才以及创新团队发展壮大，引导上海科技计划项目向青年科技工作者倾斜，加强碳中和和技术交易经理人和科技管理人才队伍建设，营造公平竞争、科学考评、动态管理的人才工作运行机制。

（四）深化金融支撑，发挥碳市场功能

强化碳市场运行机制研究。基于上海碳市场发展实际及全国统一碳市场建设规划，开展提升碳市场运行绩效、强化碳市场定价机制研究及相关技术支撑体系构建；开展碳远期、碳掉期、碳期权、碳基金等碳金融产品和衍生工具研究；开展碳普惠机制创新和相关技术支撑体系研究；鼓励数字技术与碳金融深度融合，利用大数据、区块链等先进技术提升国家碳交易平台服务功能等。

开展气候投融资试点研究。结合上海实际，开展适用性气候投融资标准体系、信息披露及绩效评价机制和体系研究；开展绿色债券、绿色保险、低碳信贷等金融创新产品研发及相关技术支撑体系构建，提升绿色金融科技发展水平等。

（五）细化政策研究，构建“双碳”综合决策支持系统

开展政策研究。开展典型领域和行业推进绿色规划、绿色设计、绿色投资、绿色建筑、绿色生产、绿色流通、绿色生活、绿色消费等经济体系构建的制度设计和政策研究，并开展标准制定、评估认证等支撑体系研究，制定国际贸易中绿色产品的认证标准和清单，推动提升资源能源产出率和产出效益等。

完善支撑体系。依托上海优势资源，开展能源活动二氧化碳排放预测标准、方法、模型、数据库和平台研究，系统建立符合上海特征的碳排放分析预测工具包。构建“双碳”信息知识图谱平台，开发基于新兴信息技术的新一代综合决策支撑模型，评估低碳/零碳技术大规模应用的社会经济影响与潜在风险，研究部署风险管控决策支持系统等。

促进创新协同。加强资源整合，促进官、产、学、研、用五位一体的技术创新研发，进一步开展工业生产过程、农业活动、废弃物处理等非能源活动领域温室气体减排路径研究、开展不同减排路径的社会经济综合影响分析，研究提出成本效益最佳的“双碳”实施方案等。

参考文献

- [1] 王江, 唐艺芸. 碳中和愿景下地方率先达峰的多维困境及其纾解[J]. 环境保护, 2021, 49(15):31-36.
- [2] 上海市科学技术委员会. 上海率先启动科技支撑碳达峰碳中和科研布局[J]. 河南科技, 2021, 40(19):7.
- [3] 吴丹. 以率先实现碳达峰、碳中和为目标全面推进绿色金融改革创新试验区建设[J]. 债券, 2021(6):52-57.
- [4] 周小全. 建立长三角统一的环境权益交易市场在全国率先实现“碳达峰”与“碳中和”[J]. 产权导刊, 2021(3):27-29.
- [5] 焦德武. 碳达峰碳中和关键领域、面临挑战与实现路径研究综述[J]. 安徽理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(6):12-17.
- [6] 徐政, 左晟吉, 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.
- [7] 张宜民. 港口行业实现碳达峰与碳中和目标的挑战及对策[J]. 中国港口, 2021(10):16-19.
- [8] 仇保兴. 城市如何实现碳达峰碳中和[J]. 城乡建设, 2021(19):8-15.
- [9] 郁聪. 建筑运行能耗实现碳达峰碳中和的挑战与对策[J]. 中国能源, 2021, 43(9):25-31.
- [10] 魏文栋. 能源革命: 实现碳达峰和碳中和的必由之路[J]. 探索与争鸣, 2021(9):23-25.