

超大城市落实“双碳”目标的策略

——以北京为例

石晓冬, 杨悦, 张文雍, 徐彦峰

北京市城市规划设计研究院, 北京 100045

摘要 超大城市作为碳减排主要阵地, 在我国整体实现绿色转型进程中扮演关键角色。基于超大城市高质量发展与“双碳”目标的双重挑战, 立足“减碳”与“固碳”两大层面, 构建了能源转型和资源增效共同推进、固碳技术创新和生态碳汇提升相互依托的“双碳”目标响应路径。围绕能源结构低碳转型、城市更新韧性发展、生态系统提质增量、交通体系绿色重构等方面, 探讨了推动超大城市绿色低碳发展、稳步实现国家“双碳”战略目标的策略。

关键词 碳中和; 能源转型; 资源增效; 城市更新

实现“碳达峰、碳中和”(以下简称“双碳”), 是以习近平同志为核心的党中央统筹国内国际两个大局做出的重大科学决策, 也是当前人类社会有效应对全球气候变暖问题的关键战略举措。截至目前, 我国城镇化率已达 64.7%, 预计 2035 年将上升至 75%, 甚至将达到 80%, 直至完成中国城市化进程^[1]。城市作为现代化发展重要载体, 聚集各类社会要素资源, 同时承载了大规模碳排放。从全球角度来说, 城市碳排放占比高达 75%, 中国城市地区占比近 80%^[2]。城市作为降低碳强度的主战场, 在整体推动实现“双碳”目标方面将发挥愈加关键的作用。

在我国众多城市群中, 京津冀、长三角和粤港澳大湾区三大城市群碳排放总量占比近 31.43%,

是我国聚焦“双碳”进程的关键区域。超大城市群产业门类繁多且分散, 往往由于过度集聚导致交通堵塞、住房紧缺、环境恶化等一系列问题, 因此在这类城市低碳化发展过程中, 必须统筹兼顾社会生产与生活, 综合发挥工业、商业、物流、经济、文化、教育等多项城市功能。需以经济转型和结构改革为城市发展重点, 扎实推进超大城市群一体化、高质量发展, 有序推动实现“双碳”目标。城市可持续发展和低碳经济转型不仅涉及产业发展、经济运行、社会管理和市民生活等多个方面, 且需对城市发展模式开展全面革新, 包括但不限于转变能源结构、优化空间布局、推进交通绿色化、提高资源利用效率等。

近年来, 国内外学者在零碳城市规划与实践领

收稿日期: 2023-06-16; 修回日期: 2023-08-30

作者简介: 石晓冬, 教授级高级规划师, 研究方向为城市总体规划、规划治理等, 电子信箱: shixdd@sina.com

引用格式: 石晓冬, 杨悦, 张文雍, 等. 超大城市落实“双碳”目标的策略——以北京为例[J]. 科技导报, 2023, 41(22): 58-66; doi: 10.3981/j.

issn.1000-7857.2023.22.008

域已开展一系列积极探索。理论层面,部分学者在梳理“双碳”目标与空间治理的逻辑关系基础上,通过多情景分析、碳定量方法等技术手段构建评价指标,搭建“双碳”目标约束下的国土空间规划框架,制定规划策略和实现途径^[3-10]。一些学者强调加强零碳方案顶层设计,将绿色降碳纳入空间规划的全过程、各层级,尤其应在交通、建筑、土地利用等关键领域充分发挥减碳排、增碳汇的重要作用^[11-14]。实践层面,英国、日本、丹麦等国零碳城市建设起步较早且取得一定成效^[15-16]。伦敦已于2000年前实现碳达峰,并围绕建筑节能、能源利用转变、低碳交通3个领域提出4个阶段的实施路线,助力2050年零碳城市建设目标的实现^[17];东京都政府于2019年提出了东京零碳排放战略,在能源、建筑、交通、资源和产业、气候、合作6大领域提出了零碳排放的具体策略,并提出支撑政策和面向2030年目标的具体行动^[18];哥本哈根提出零排放城市建设计划,以能源改造、绿色交通和建筑、市民减排行动等实现低能耗和零碳排放^[19]。城市在绿色低碳领域引领发展的重要价值与研究基础已有大量探讨,但在超大城市节能降碳与高质量发展约束背景下,兼顾系统路径和精准策略的“双碳”框架体系亟待完善。

1 超大城市实现“双碳”目标面临的挑战

1.1 绿色低碳转型任务紧迫

“双碳”目标要求我国降碳进程远快于其他发达国家。2021年10月,国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》指出,京津冀、长三角、粤港澳大湾区等超大城市群要主动发挥高质量发展动力源和增长极作用,率先实现经济社会发展全面绿色转型。

超大城市具有人口多、规模大、经济体量大等特点,其碳排放量也远大于其他城市,主要表现在以下2个方面。

一是碳排放存量。北京作为超大城市,其碳排放目前接近达峰,能源碳排放约占总量的90%;2021年,全市能源领域碳排放量初步估算约为1.14亿t(不含航油),森林碳汇量约为740万t,与碳中

和目标存在较大差距,碳减排规模较大。同时随着城市建筑规模不断扩大,产业日益发展,居民生活品质逐步提升,能源需求在未来一段时期内仍将呈现刚性增长,碳减排面临更大挑战,实现碳中和目标仍任重道远。

二是目标窗口期短。在碳中和时间节点下,我国各城市均面临时间紧、任务重,目标实现窗口期短等重重压力。

北京在绿色低碳发展方面始终处于全国前列,作为全国科技创新中心和绿色发展首善之区,需担当起率先探索碳中和、低碳高质量发展有效路径的首都责任,为如期实现“双碳”目标贡献北京力量。

1.2 城市资源对外依存度高

超大城市作为区域性经济、文化、政治和交通聚合中心,长期吸引大量人口和企业涌入,持续面临人类需求无限性与资源有限性的突出矛盾,本地资源供应无法满足城市发展需求,资源消费呈现高度依赖性特征。

1) 城市资源短缺,高度依赖外调。例如,北京作为能源资源输入型超大城市,近70%电力及全部煤炭、石油和天然气依赖外部供应,持续面临国际市场波动等供给侧风险。随着城市的进一步发展,能源外需外供比重还将持续增加,运行保障压力日益显著。

2) 能源结构调整导致安全保供面临较大挑战。在“双碳”目标下,外部地区化石能源供应压减引发的能源保供能力下降与清洁能源规模化开发带来的并网消纳难题将持续并存,区域协调机制不完善、新能源技术不成熟等都将严重威胁资源高度依赖型城市能源安全。例如,北京目前特高压配套电源点少,支撑作用发挥不足;外受电通道能力仍需提升;局部区域电网结构薄弱;季节性尖峰负荷矛盾突出,电力应急保障能力需要加强。

1.3 城市更新改造难度大

党的十九届五中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》,明确实施城市更新行动,并将其作为推进新型城镇化的一项重要内容。北京城市更新面临的挑战在于增量有限、存量

巨大,现阶段已进入由大规模增量建设转为存量提质改造和增量结构调整并重的发展阶段。

1) 城市建筑规模既有体量大、碳排放量高。从行业领域来看,建筑领域的用能带来的碳排放占比最高,约为50%;其次是交通领域和工业生产用能,碳排放占比分别约为28%和21%;农业用能碳排放最小,仅为1%(图1)。2020年,北京总建筑面积达到17.4亿 m^2 ,随着“十四五”末居住建筑基本完成节能改造,未来实施节能降碳的空间将进一步收窄。

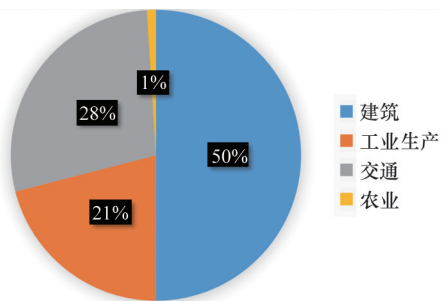


图1 北京不同领域碳排放量占比结构
(不含航空煤油)

2) 城市更新实施难度大。由于城市更新有着覆盖范围广、开发周期长、利益主体多元等特点,在实际实施过程中往往面对诸多不确定性,其有效推进将面临制约^[20]。城市更新进程中,一方面相关配套政策支撑不足,在任务、目标、政策、时序等方面“政出多门”、缺少统筹安排;另一方面更新项目基本不涉及原有建筑物及设施拆除,实施方式以功能改变和综合整治为主,难以引入充足社会资本参与。同时城市更新与“双碳”工作缺乏有效衔接,面临改造资金压力大等问题。

1.4 城市基础设施体系转型难

基础设施领域具有全过程碳排放量大、全社会占比高等特征。在“双碳”背景下,城市发展正在实现深刻转型,基础设施发展开启了向高质量迈进的新阶段。

1) 超大城市基础设施健全复杂、转型空间小、难度大。当前,北京城市基础设施骨架体系已形成,城市热网集中供热系统和燃气输配网络规模均

居全国首位,其中,中心城热力大网供热规模约为2.02亿 m^2 ,在新的减碳目标约束性背景下,加之用地资源紧张,系统转型成本代价高,供热安全韧性难以保障。此外,绿色基础设施建设的财税支持政策仍不健全,基础设施绿色化评价标准空缺,生态环保基础设施建设与5G(第5代移动通信)、人工智能、工业互联网等产业融合的市场机制尚未建立。

2) 渐进式改造提升方式导致更高的规划与建设要求。“双碳”目标对基础设施体系弹性和适应性提出了更高要求,存量时代市政基础设施大部分是在既存基础上开展改造提升的,各类管网布局交错、周边建成环境复杂、整体空间局促,因此需要综合考虑社会—生态—经济多方面发展需求。如何协调具有负面影响的基础设施建设与居民生活改善之间的矛盾,如何解决基础设施建设造成的生态空间占用及生物栖息地干扰问题,如何寻求项目开发强度同经济发展和安全韧性间的平衡等一系列问题,尚缺乏科学统筹的解决手段。

2 超大城市实现“双碳”目标的主要路径

超大城市在实现“双碳”目标过程中面临着减排幅度大、时间窗口紧、基础设施体系转型难等诸多挑战与困难。应牢牢把握“减碳”与“固碳”两大抓手,通过能源系统转型和资源增效共同推进、有序衔接,生态碳汇能力提升和固碳创新技术融合等路径,供给侧和需求侧双端发力,做好碳排放的“减法”和生态碳汇的“加法”,有力推动超大城市在发展过程中合理有序实现“双碳”目标(图2)。

2.1 资源增效,节能减碳

加强需求侧管理,合理构建资源循环利用体系,持续提高资源综合利用效率,最大限度促成需求侧节能,往往是实现超大城市减碳的重要路径。聚焦建筑、工业和交通3个重点领域,开展建筑节能减排、交通低碳发展、废弃物资源化利用等路径,进一步推动超大城市资源增效与节能减碳。

在建筑领域,从注重新建向新建与存量并重转变,有效构建完善建筑领域低碳发展模式。新建建

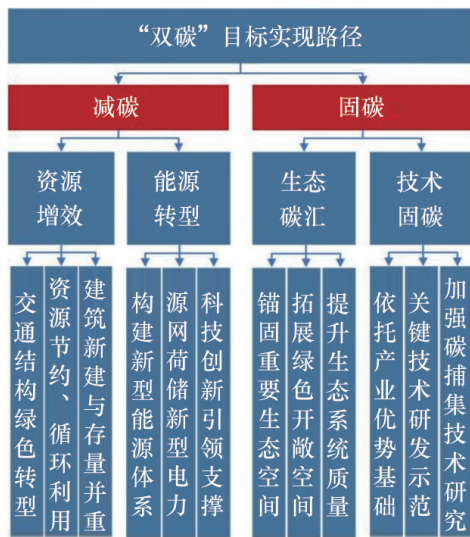


图2 “双碳”目标实现路径示意

筑方面,持续推动新建建筑绿色低碳发展,落实“绿色建筑+”理念,推动可再生能源建筑应用一体化,构建绿色建筑供需双侧统筹激励机制,完善全流程监管。存量建筑方面,融合绿色创新技术,持续实施存量建筑节能改造,统筹制定适应现行政策要求的建筑节能标准,完善既有建筑能耗限额管理制度,以合同能源管理、绿色金融等手段支持鼓励既有建筑节能改造。

在交通领域,构建绿色低碳城市交通体系,推动交通能源结构转型优化。交通方式方面,大力推动以公共交通为导向的城市开发(TOD)模式,精准供给公共交通设施及运输服务配套,有序推进城市轨道交通多网融合,整体提高公共交通使用频率与运行效率。交通设施方面,统筹新能源交通设施布局,完善政策机制,加快充换电、加氢基础设施建设及差异化建设策略制定。交通理念方面,突出优化城市慢行交通出行环境和倡导全社会慢行出行理念,构建慢行交通出行优势圈,提升慢行交通品质。

在资源利用领域,持续发力形成全生命周期评估的资源节约和循环利用发展模式。资源节约方面,构建资源节约型城市评价指标体系,完善资源节约统筹协调机制,实现全社会资源使用的源头减量、科学配置、效率提升、全面节约。循环利用方

面,因地制宜系统性构建废旧资源回收网络体系和高效循环利用体系,着重完善全过程、全物流固废处置体系建设和城市各类常规固废循环利用技术水平提升,整体实现全社会废弃资源进入再生产、再利用环节。

2.2 能源转型,科技减碳

从能源供给侧来看,天然气、油品、调入电为主要碳排放来源,2020年占比分别为35.4%、20.6%、41.5%(图3),即推动能源领域供给侧减碳是超大城市实现“双碳”目标的主战场。在该形势下,北京市紧紧围绕“净煤、少油、减气、增绿”总体思路,坚持统筹构建以可再生能源为主能源系统,持续推动能源结构根本性变革,力争实现能源供应方式系统性转变和能源系统碳排放大幅降减。

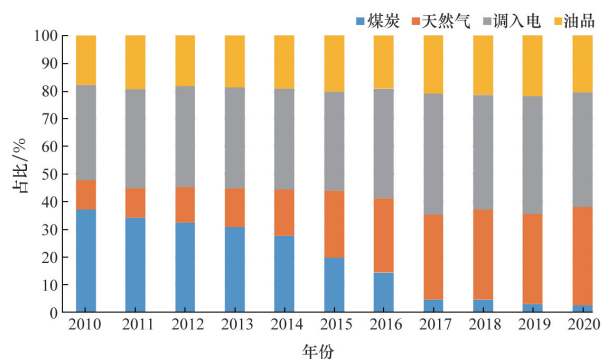


图3 北京市2010—2020年分能源品种碳排放占比情况(不含航空)

在能源转型方面,结合城市实际,因地制宜大力推动可再生能源发展。(1) 空间管控。强化可再生能源利用空间管控,推进城市能源基础设施再布局和升级改造,加强能源基础设施与国土空间各系统的统筹协调^[3]。(2) 技术路径。推动化石能源的清洁化替代,统筹构建多元清洁的综合能源体系,着力构建以新能源为主体、分布式为特征的“源—网—储—荷”新型电力系统,多领域扩大可再生电力应用,逐步实现电能替代。(3) 运行保障。重点增强能源系统安全韧性,构建多层次电力保障体系,增加应急调峰调节和可再生能源消纳能力,强化能源系统多元融合。(4) 科技创新。积极发挥科技创新引领作用,依靠变革性能源技术作为战略支

撑,以自动化、数字化、智能化新型技术推动能源结构性改革和低成本减碳。加大对前沿技术基础研究和关键技术攻关的支持力度,设定短中长期技术开发目标,重点聚焦新型电力系统等关键技术方向。在向技术创新主体给予政策鼓励和资金支持基础上,建立健全技术评估和交易体系,加快创新成果转化与应用。

2.3 多措并举,提升碳汇

生态碳汇能力提升和固碳创新技术融合是推动城市碳汇增量发展的重要支撑。近年来,北京市从城市生态碳汇基本面出发,以固碳技术为依托,保存量、促增量、提质量,多维度协同推进城市系统碳汇能力巩固和提升。

1) 生态固碳方面。坚持生态空间和自然资源的生态固碳主体地位,统筹推进以碳汇增量为导向的生态保护、修复和治理一体化模式,充分发挥城市现有碳库固碳作用。强化国土空间用途管控,建立健全生态空间分区分级分类管控体系,积极构建城市各场景区域生态碳汇供应、消费、运行的基础框架。加强顶层设计和政策配套,构建生态碳汇交易市场架构,试点先行,持续推广可复制的市场运行模式。

2) 技术固碳方面。紧密依托低碳固碳技术产业优势基础,大力发挥区域内相关产业科研院所、高精尖企业等平台科研实力,积极布局前沿科技攻关。统筹开展城市碳汇资源量评估、监测和效益测算,布局人工增汇关键技术研发示范,支撑发挥城市生态碳汇潜力。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,持续开展全流程技术应用研究,为化石能源大规模零碳利用提供经济可行性方案。

3 聚焦国土空间体系落实“双碳”目标的主要策略

推动超大城市碳达峰、碳中和目标如期实现,需以规划为引领,以空间为载体,聚焦能源、建筑、交通、生态、区域协同、技术创新等方面,统筹各领域“双碳”目标策略、任务措施,将其全面纳入国土

空间规划的管控体系中,形成从规划编制、审批、实施到监督的闭环管理,以推动各领域“双碳”目标的实现,助力城市低碳转型、高质量发展。

3.1 先立后破,有序推动能源低碳转型

1) 加强能源领域规划,构建坚强韧性能源供应格局。统筹把握不同时期下电力、供热、石油天然气、新能源、储能等能源的不同定位,确保安全前提下,精准推动新能源开发利用。强化新型电力系统顶层设计,加快构建网架坚韧、广泛连接、灵活柔性、智能可控、高比例绿电消纳的超大城市新型电力系统;统筹储能布局,以“源—网—储—荷”互动与多能互补为支撑,持续提升电力供应能力,积极推进地区新能源基地和分布式新能源建设;加快燃气机组灵活性改造,提升机组调节速率与深度调峰能力;积极推进供热系统低碳化转型,坚持可再生能源供热优先,大力推动现状供热模式向绿色低碳能源耦合发展,推动供热系统向低碳化、集约化、智能化转变。

2) 充分挖掘利用各类潜在资源,坚持能用尽用、应用尽用。挖掘产业结构、能源结构调整过程中潜在资源,把握经济结构优化升级、城市品质提升新机遇,推动资源潜力利用与城市发展双向融合;落实可再生能源优先理念,利用再生水、固体废弃物等资源,拓展城市可再生能源应用,积极建设相关利用设施;聚焦城镇建筑、基础设施、产业园区等重点领域,推广分布式光伏,大力推动浅层地源热泵、再生水源热泵等供热制冷技术与常规供热系统耦合应用;有序推进生物质发电与供热利用,探索风力发电应用新模式^[21],开展电厂烟气与循环水余热回收、跨季节蓄热,以及市域垃圾焚烧厂热电联产。

3) 强化可再生能源开发利用引导分区,实现城市资源与需求精准匹配、充分利用。统筹多领域空间需求,优化空间格局,加强能源基础设施与国土空间各系统的统筹协调;按照资源禀赋、土地用途、生态保护、城乡建设等情况,准确识别各规划单元资源潜力,研究建立风电、地热和光伏发电可开发资源数据库(潜力地图),合理划定资源开发管控分区,将其相关空间信息纳入同级国土空间基础信

息平台和国土空间规划一张图。

3.2 聚焦存量,低碳建筑助力城市更新

1) 建立支持城市更新的建筑规模定向投放机制。聚焦各类存量资源,形成问题、需求、愿景、资源等清单。充分发挥建筑规模杠杆效应,引导各区明确必要建筑规模指标,定向用于楼宇厂房等存量资源盘活。建立自下而上定向投放管理规程,深刻分析各区综合发展定位、经济发展现状及未来建设规模,合理分配新建建筑的超低能耗、近零能耗指标^[22]。支持城市功能混合织补,研究允许老旧厂房闲置空间转变为公共服务设施和必要的商业设施。在建筑规模总量管控前提下,使用好容积率转移、补短板不计容、指标池统筹、微增量精准投放等政策措施。

2) 加强低效楼宇利用,优化既有建筑能源利用效率,抑制新增量发展速度。持续推进建筑节能改造,提高可再生能源在既有建筑中的应用,推动建筑光伏一体化改造设计,加强先进高性能节能技术与产品应用;针对居住建筑中未达到民用建筑节能标准 50% 的建筑实施节能改造,推动老旧供热管网改造及供热系统智慧化改造,结合城市更新提升锅炉效率和热网供回水温差^[23]。

3) 强化新建建筑低碳管控,建立健全超低能耗建筑政策标准体系。严控建筑全生命周期碳排放,在建筑技术、建造方式、选材、循环利用等方面推进建筑绿色低碳化,要求新建公共建筑及民用建筑分别达到三星级和二星级绿色建筑标准;推广装配式集成建筑^[24]及一体化集成系统,逐步扩大超低能耗建筑实施范围,适时开展近零能耗建筑和零碳建筑相关标准制定与示范工程建设,依托高标准供地等机制促进高星级绿色建筑建设实施;加强全流程管控监管,落实工程建设中的各方主体责任,编制相应工程施工验收、检验标准。

3.3 目标协同,促进生态系统增量提质

1) 保存量,强化生态碳汇空间保护与管控。锚固重要生态空间,保障现有生态碳汇空间面积不减少、质量不降低。建立健全生态空间分区分级分类管控体系,细化存量自然碳库的顶层框架设计和制度体系;动态评估生态系统碳汇能力,科学识别

和划定集中建设区外以固碳释氧为主导功能的生态功能片区;对重点保护区域天然林,以自然恢复为主、人工促进为辅,提高天然林质量和生态承载力;系统开展湿地保护,持续优化和加强水生态空间管控,深化落实湿地保护发展规划;统筹优化耕地保护空间和实现三位一体保护,衔接三线划定工作,规避高碳汇空间布局矛盾。

2) 促增量,科学拓展和恢复绿色生态碳汇空间。科学开展宜林荒地和平原造林,结合分区规划中林草保护区等规划用途,优先在宜林荒山荒地以及可复绿待腾退用地科学开展造林绿化工作;持续开展“见缝插绿”工作,拓展城市绿色生态空间;通过宜林荒山绿化、修复矿山生态、腾退用地造林绿化等方式,增加碳汇容量^[25],促进土地多功能利用,提高碳汇效益,实现城市化和生态保护的良性循环。

3) 提质量,强化生态碳汇空间系统保护修复和生态系统固碳质量精准提升。统筹全域全要素生态碳汇空间系统保护修复,推进生态系统固碳质量精准提升,协调城市-生物-水-碳多维系统,促进多目标协同增效;分地域因地制宜推进森林质量提升,加强中幼林抚育和退化林修复,优化林分结构和推进“林下补栎”;适当扩展河湖滨缓冲空间,开展河湖生态化改造;探索城市绿地生境近自然化营建,加快绿地建设^[26],注重建设各类生态功能公园^[27];加快建设高标准基本农田,全环节兼顾作物品种及种植模式、土壤水肥管理、农机耕作等^[28]。

3.4 设施重构,助力绿色交通体系建设

1) 精准供给交通设施及运输服务,提升公共交通使用率。依据功能定位和客流预测审慎考虑重大交通基础设施的类型、等级、规模和时序,实现分区差异化供给;提供多层次公共服务,打造乘客联程便捷顺畅的出行体系,提升中、短途通勤和城际集约化出行比例;优化运输结构,提升低碳货运比例,打造高效货物多式联运运输体系,构建“新能源汽车+电气化铁路”绿色货运模式;发展智慧物流和地下物流,通过智慧物流实现货运各环节精细化、动态化、可视化,提升货运整体效率。

2) 践行公共交通为导向的城市开发(TOD)模

式,严格落实轨道微中心与轨道交通一体化管控要求。持续推广以TOD为导向的发展策略^[29],继续推进轨道交通建设,促进周边资源聚集,构建紧凑型城市形态,从源头上减少机动化出行;通过规划建立轨道交通与城市发展的协调机制,确定沿线各个区域的功能定位和发展方向,为微中心和轨道交通一体化管控提供基础支撑;确保轨道交通站点与周边区域联系畅通,实行限制用地政策,严格保证站点周边土地合理利用,限制污染性、占用性产业进驻,优先保留公共服务、商业服务、社区服务等有利功能。

3) 完善车辆新能源设施布局,结合创新技术提升绿色运输水平。推动交通基础设施数字化、网联化、智能化发展,推进自动驾驶、新能源、北斗导航等新技术、新装备规模化应用,并加快充电桩、加氢站等设施建设,支撑交通全产业向低碳发展深度转型^[30];结合数字孪生技术和智慧城市建设,开展城市交通碳排放测算管理,推动建设更高效、更绿色的智慧交通体系;深化交通数据信息融合共享,完善智慧交通感知网络,丰富智慧交通应用场景,推动交通资源精准调度和合理配置;宣传绿色出行理念,合理引导公众预期,提升全民的绿色出行意识。

3.5 创新机制,推动跨区域协同降碳

1) 强化协作促进区域产业结构优化调整。加快制定京津冀“双碳”时间表与路线图,尤其要突出产业结构调整升级,按照三次产业结构、行业门类结构、工业结构和制造业结构,分阶段推进产业结构低碳化调整^[31];大力吸引外部产业资源进入,将非首都功能转移至周边城市,促进产业优化布局和发展;重点优化天津市、河北省产业结构,严格控制高耗能、重化工行业新增产能,推动钢铁、电力等传统高耗能行业节能改造,大力推进发展先进制造业和战略性新兴产业。

2) 聚焦货运优化交通运输结构。加强多边交流合作,形成跨区域协同发展局面,促进绿色物流发展;优化物流配送路线,通过技术手段优化货车运输距离和时间;促进智能交通系统发展,加强智能交通系统建设,提高道路利用率^[32];推动京津冀

建立以立体化轻轨为骨干、普通铁路为主体、新能源货车为辅助、燃油货车为补充的城域货运交通体系,共同推进绿色低碳新型城市发展^[33]。

3) 强化跨区域新能源合作与智能电网建设。发挥区域可再生能源资源丰富优势,统筹清洁能源开发基地和绿电通道布局,大力提升可再生能源开发规模和绿电消纳水平。积极推进张家口、乌兰察布、锡林郭勒等周边地区布局大型风电光伏基地建设,深化与山西、内蒙古等资源丰富地区的能源合作,持续扩大外调绿色电力供应保障能力。优化完善环京特高压骨干网架结构,进一步加强西电东送、北电南送通道建设,积极研究布局吉林等地绿电入京送电通道。促进跨区域新能源交易,扩大市场规模,降低交易成本,提高新能源利用效率。

4) 推进区域生态产品交易平台建设。发挥京津冀自然生态优势,加强山水林田湖草沙协同保护和生态固碳作用;加强海洋碳汇建设,积极推进海洋及海岸带生态保护修复,组织实施海洋碳汇及岸带碳通量监测评估,有效增加区域蓝色碳汇量;完善京津冀环境权益交易市场体系,推动区域碳中和机制、碳汇交易、排污权交易系统建立,激发社会主体活力,逐步形成有利于生态产品价值实现的机制和模式。

3.6 技术创新,支撑绿色低碳发展

1) 发挥超大城市科技创新优势,推进能源系统深度脱碳技术变革。超大城市在人才集聚、创新生态、技术平台、产业汇聚和管理经验等方面具有得天独厚优势。从产业链上看,需在能源系统各环节实现深度脱碳,围绕先立后破原则,在供给端改进能效技术、发展新能源与化石能源耦合技术和新能源替代技术,在过程排放端针对能源、化工和建筑领域重点开展节能改造,在末端积极探索碳捕捉利用技术,促进低碳或负碳产业发展^[34]。

2) 利用互联网思维与技术改造传统能源行业,推动产业链数字化与智能化。建立智能电网、能源互联网等现代化信息化系统,实现能源体系全流程监控管理,提高能源利用效率;通过互联网技术整合分散能源资源,建立能源互联网平台,实现多能互补;应用大数据、云计算、物联网、人工智能

和区块链等先进数智转型技术,加速推进能量流、物质流与信息流融合,推动能源领域创新发展,建设以新能源为主体的数字化、智能化能源系统。

3) 打造先进能源产业高地,加快重大示范应用建设。聚焦先进能源技术,打造创新创业平台和科技创新中心,促进新能源技术和产业的快速发展;加强政策引导和财政支持,推动新能源汽车、智能电网、可再生能源等领域示范应用,扩大先进能源技术应用规模;聚焦推动氢能及氢燃料电池全产业链技术进步与产业规模化、商业化发展,加快关键技术创新研发,统筹氢能基础设施建设,推广氢燃料电池汽车,并促进氢能示范项目建设,为氢能产业规模化应用夯实基础。

4 结论

实现“碳达峰、碳中和”是我国迈入高质量发展阶段、推进生态文明建设和实现共同富裕的重大战略决策。超大城市应紧密结合自身特点,以国土空间规划为战略引领,统筹减碳和固碳两大抓手,通过供需两侧双重发力,协同推进资源增效与能源转型,深度融合生态碳汇与技术固碳,系统构建“双碳”最优路径。在此基础上,聚焦国土空间体系,统筹多领域空间需求,优化空间布局,深度挖掘各种资源潜力,积极构建以可再生能源为主体的综合能源体系;充分发挥超大城市科技创新优势,强化政策支撑,共同推进建筑领域全生命周期节能与交通领域绿色重构;深化多领域、跨区域绿色协同降碳,积极打造创新示范平台。全方位、宽领域的策略研究,将为超大城市实现“双碳”目标提供有力保障。

参考文献(References)

- [1] 王国平. 关于建设低碳城市的思考[N]. 中国社会科学报, 2023-02-08(6).
- [2] 张涛. “双碳”目标下智慧城市挺进“绿色”时代[J]. 中国建设信息化, 2022, 18: 52-53.
- [3] 熊健, 卢柯, 姜紫莹, 等. 碳达峰、碳中和目标下国土空间规划编制研究与思考[J]. 城市规划学刊, 2021(4): 74-80.
- [4] Marangoni G, Tavoni M, Bosetti V, et al. Sensitivity of projected long-term CO₂ emissions across the Shared Socioeconomic Pathways[J]. Nature Climate Change, 2017, 7(1): 113-117.
- [5] Bosetti V, Marangoni G, Borgonovo E, et al. Sensitivity to energy technology costs: A multi-model comparison analysis[J]. Energy Policy, 2015, 80: 244-263.
- [6] Sluisveld M A E van, Martínez S H, Daioglou V, et al. Exploring the implications of lifestyle change in 2°C mitigation scenarios using the IMAGE integrated assessment model[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2016, 102: 309-319.
- [7] 陈飞, 诸大建. 低碳城市研究的内涵、模型与目标策略确定[J]. 城市规划学刊, 2009(4): 7-13.
- [8] 李迅. “双碳”战略下的城市发展路径思考[J]. 城市发展研究, 2022, 29(8): 1-11.
- [9] 崔金丽, 朱德宝. “双碳”目标下的国土空间规划施策: 逻辑关系与实现路径[J]. 规划师, 2022(1): 5-11.
- [10] 丁明磊, 杨晓娜, 赵荣钦, 等. 碳中和目标下的国土空间格局优化: 理论框架与实践策略[J]. 自然资源学报, 2022, 37(5): 1137-1147.
- [11] 孟帆, 黄江松. 零碳北京的战略意义和实施路径[J]. 首都发展与首都治理, 2021(8): 63-66.
- [12] 李春慧, 胡林, 王晓宁, 等. 基于“双碳”目标的城乡规划策略[J]. 规划师, 2022(1): 12-16.
- [13] 郭万达, 刘艺娉. 政府在低碳城市发展中的作用——国际经验及对中国的启示[J]. 开放导报, 2009(6): 23-27.
- [14] 李世峰, 朱国云. “双碳”愿景下的能源转型路径探析[J]. 南京社会科学, 2021(12): 48-56.
- [15] 王丹丹. 低碳城市建设模式与实现路径研究[J]. 生态经济, 2016, 32(9): 47-51.
- [16] 宋德勇, 张纪录. 中国城市低碳发展的模式选择[J]. 中国人口资源与环境, 2012, 22(1): 15-20.
- [17] Greater London Authority. London Environment Strategy 2018[R]. Greater London Authority, 2018: 201-273.
- [18] 卢婧. 中国低碳城市建设的经济学探索[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [19] 郑泽爽, 丁俊. 生态文明背景下近零碳城镇规划设计优化技术研究[C]//中国城市规划学会, 杭州市人民政府. 共享与品质——2018中国城市规划年会论文集(08城市生态规划). 北京: 中国建筑工业出版社, 2018: 922-931.
- [20] 贺志浩, 王月辰, 雷嘉欣. 实施城市更新的难点分析及解决建议[J]. 建筑经济, 2022, 43(2): 11-15.
- [21] 韩东梅, 魏本平, 杜林芳. “双碳”目标下北京市可再生

- 能源现状及发展方向研究[J]. 节能与环保, 2022, 338(9): 74-75.
- [22] 曾宇, 陈曦, 朱旭明. 国内外低碳建筑发展及北京推行低碳建筑的建议[J]. 北京规划建设, 2022, 206(5): 20-23.
- [23] 龙惟定, 梁浩. 我国城市建筑碳达峰与碳中和路径探讨[J]. 暖通空调, 2021, 51(4): 1-17.
- [24] 孙厚超, 卜迎春. “双碳”目标下盐城市装配式建筑发展现状与应对策略分析[J]. 住宅与房地产, 2022(35): 59-62.
- [25] 李小康, 焦健, 李浩, 等. 城市更新背景下基础教育设施配置优化策略研究——以桂林市老城区为例[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(10): 13-16.
- [26] 徐昉, 李明慧, 施以, 等. 基于双碳目标的园林植物景观营建策略研究——以北京市海淀区公园为例[J]. 园林, 2023, 40(1): 34-41.
- [27] 宋平, 赵荣, 胡利娟, 等. 推动“双碳”目标实现的林业碳汇科学传播策略[J]. 世界林业研究, 2023, 36(2): 1-6.
- [28] 高旺盛, 陈源泉, 王小龙, 等. 中国种植业碳中和技术路径探讨与对策建议[J]. 农业现代化研究, 2022, 43(6): 941-947.
- [29] 石晓冬, 赵丹, 曹祺文. “双碳”目标下国土空间规划响应路径[J]. 科技导报, 2022, 40(6): 20-29.
- [30] 李丽, 王晓颖. 双碳目标下北京城市交通结构优化研究[J]. 交通节能与环保, 2022, 18(2): 52-56.
- [31] 李国平, 吕爽. “双碳”目标视角下的京津冀产业结构优化研究[J]. 河北经贸大学学报, 2022, 43(2): 81-89.
- [32] 冯子洋, 宋冬林, 谢文帅. 数字经济助力实现“双碳”目标: 基本途径、内在机理与行动策略[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2023(1): 52-61.
- [33] 李艳丽, 王金盐, 孙毅. 双碳目标下京津冀城域货运交通结构优化研究[J]. 铁道运输与经济, 2023, 45(3): 158-164.
- [34] 胡熠, 靳曙畅. 数字技术助力“双碳”目标实现: 理论机制与实践路径[J]. 财会月刊, 2022(6): 111-118.

Challenges and response strategies for ultra-large cities to achieve "dual-carbon" goals: A case study of Beijing

SHI Xiaodong, YANG Yue, ZHANG Wenyong, XU Yanfeng

Beijing Municipal Institute of City Planning & Design, Beijing 100045, China

Abstract As the main field for carbon emission reduction, megacities play a key role in the green transformation process. Based on the dual challenges of high-quality development and "Dual-Carbon" goals of megacities, this paper focuses on the two levels of carbon reduction and carbon fixation, systematically builds the method for the target of "Carbon Peak and Neutrality" with the joint promotion of energy transformation and resources efficiency as well as the mutual support of carbon sequestration technology innovation and ecological carbon sink, carries out the strategy research based on the low-carbon transformation of energy structure, resilient development of urban upgrade, quality improvement of ecological system and green reconstruction of transportation system, and aims to provide valuable reference in regard of the promoting low-carbon development of megacities and realizing the national strategic goal of "Dual-Carbon".

Keywords carbon neutrality; energy transition; resource efficiency improvement; urban renewal ●



(责任编辑 卫夏雯)