

# “双碳”目标下国土空间规划响应路径

石晓冬, 赵丹, 曹祺文

北京市城市规划设计研究院, 北京 100045

**摘要** 分析了城市低碳发展方向及“双碳”战略内涵, 审视国土空间规划在碳技术系统集成、碳效益量化评估、碳目标有效实施等方面所面临的挑战, 提出在规划目标、规划尺度、规划视野、规划技术、规划对策等5个方面适应性转变的要求; 结合新时代空间规划全域全要素全过程用途管制的特点, 指出应以空间结构优化和空间治理为抓手, 从资源足迹核算、全空间整体统筹、多层次有效传导和全周期系统监管4个维度探索碳达峰、碳中和目标下国土空间规划的响应路径。

**关键词** 国土空间规划; 低碳; 碳中和; 空间治理

气候变化问题已成为当今人类社会可持续发展面临的严峻挑战。碳达峰、碳中和目标的提出是建设人与自然和谐共生现代化的必然选择<sup>[1]</sup>。2021年3月15日, 习近平总书记在中央财经委员会第九次会议上强调, 实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革, 要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局。2021年10月24日, 中共中央、国务院印发的《完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中明确提出构建有利于碳达峰、碳中和的国土空间开发保护新格局, 在城乡规划建设管理各环节全面落实绿色低碳要求。

当前, 中国正处于“双碳”目标的战略谋划期和空间规划体系的转型变革期。实现“双碳”目标涉及社会-经济-自然复合生态系统的方方面面, 须以生态文明思想为指引, 协调好各子系统间的耦合关系, 促进经济系统绿色低碳、社会系统和谐共享,

以及自然系统健康稳定。国土作为生态文明建设的空间载体, 既承载了作为碳汇实体的山水林田湖草等各类自然资源, 也承载了作为碳源的相关社会经济活动<sup>[2]</sup>。因此, 国土空间重构是落实“双碳”目标的重要抓手, 也是破解高碳锁定的重要着力点。通过自然生态空间和人文社会空间的调控, 可优化资源配置、重构城市秩序、提升生态功能, 引导生产方式、生活方式和消费方式的低碳化, 促进人与自然和谐共生。与此同时, 随着新能源发展、碳汇市场建立健全、生态产品价值实现路径畅通等, 乡村地区将迎来全新的发展机遇和动力, 将重塑城乡关系及其互动机制, 重新定义空间价值。“双碳”目标带来的系统性变革, 也将重新定义国土空间格局关系和组织运行模式<sup>[3]</sup>。

国土空间规划作为谋划空间发展和空间治理的战略性和基础性、制度性工具, 通过在国土空间开发保护中发挥战略引领和刚性管控的双重作用, 合

收稿日期: 2021-12-15; 修回日期: 2022-02-22

作者简介: 石晓冬, 教授级高级工程师, 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, 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; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2022.06.003

理配置要素资源,推动或倒逼城市发展方式的转型<sup>[4-5]</sup>。国土空间规划改革本质上就是面向生态文明建设,守住发展和生态两条底线,从人与自然生命共同体的整体观和系统观出发,推动实现高水平保护、高质量发展和高品质生活<sup>[6]</sup>。因此,面对“双碳”目标下的新形势、新任务和新要求,应准确识变、主动求变、科学应变,将低碳生态的理念和要求深度融入国土空间规划当中,充分发挥规划综合调控、系统治理和战略引领作用,推动全面绿色低碳转型,助力“双碳”目标实现。

近年来,国内外学者围绕低碳城市规划与实践开展了积极而有益的探索。在理论研究层面,对低碳城市的内涵特征、发展模式、评价体系、规划方法、实现途径等进行了系统研究,取得了丰硕成果<sup>[7-17]</sup>;在实践应用层面,国家发展和改革委员会分3批在87个省市开展国家低碳省区和低碳城市试点工作,并以建设“低碳城市、低碳生态城市、绿色发展示范区、低碳产业园区”等为抓手,积极探索绿色低碳发展模式和制度创新<sup>[18]</sup>,但也存在重新区、轻旧城,重局部、轻整体,重技术、轻空间等问题<sup>[19]</sup>。“双碳”目标开启了城市低碳发展的新时代。在生态文明、减量发展、包容性增长、绿色适应性、以人为本等语境下,如何在多目标约束条件下寻求高质量发展的最优解,从量变到质变,推进跨越式发展是新时期国土空间规划需要重点关注的问题<sup>[20]</sup>。

## 1 国土空间规划落实“双碳”目标面临的新要求与新挑战

### 1.1 “双碳”目标对国土空间规划的新要求

“双碳”目标具有系统性、全局性、复杂性等特点,要求国土空间规划在规划目标、规划尺度、规划视野、规划技术、规划对策等方面做出适应性转变,系统谋划规划的应对路径和支撑方案。

1) 规划目标:多目标、多主体协同。实现经济发展、生态保护、民生改善等多目标的共赢是城市低碳发展的关键。统筹考虑减缓温室气体排放和适应气候变化,将绿色低碳发展模式和生态化发展理念互相融合,推进减污与降碳协同增效、生态保

护修复与应对气候变化协同增效,是应对气候变化、推进生态文明建设的必然要求<sup>[11,15]</sup>。国土空间规划作为国家空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图,面临多重使命,需将“双碳”目标作为审视规划合理性的一个重要维度,不能“唯碳论”,例如不能不切实际地一味追求碳汇提升,盲目种树,不考虑自然规律将滩涂、草地等变为林地或随意更换“高固碳树种”。应深度融合生态、低碳、绿色、韧性等理念和价值取向,兼顾生态安全、粮食安全、经济发展、社会福祉等因素,关注政府、市场、社会组织、民众等多方利益,建立多目标协同、多主体参与的规划决策和协同治理体系。

2) 规划尺度:多尺度、多维度耦合。城市作为人类经济社会活动的主要载体,是人为碳排放的主要来源,也是开展碳减排行动和实现“双碳”目标的主战场<sup>[21]</sup>。同时,城市是一个开放的复杂巨系统,城市的能源供应和废弃物处理都有较强的外部依赖性,且本地减碳的边际成本高,需要基于跨区域之间碳排放的关联效应,在更大的区域范围内联合减碳<sup>[22]</sup>;山水林田湖草沙是一个生命共同体,自然生态系统的完整性和地理单元的连续性,也要求从更大的空间尺度系统分析物质流动、能量转换和信息传递关系;社区作为城市治理的基本单元,是各类城市生活场景的空间载体,也是持续推进城市低碳发展的重要抓手。因此,国土空间规划需从区域-城市-社区的多尺度、多层次视角出发,基于经济-社会-自然多维度的综合评估和系统耦合,制定减源增汇的目标、策略、方法和行动路径,强化整体联动和科学引导。

3) 规划视野:全局性、系统性谋划。实现碳达峰、碳中和是一项多维、立体、系统的工程,应充分发挥空间规划综合调控和引领作用,运用系统思维、战略眼光和全局视角寻求“双碳”目标下的规划治理之道。强化各部门、各行业、各地区之间的协同减排,避免局部碳排放的外溢和反弹。通过减碳和固碳双轮驱动,供给侧和需求侧两端发力,促进供需有效对接,稳步推进“双碳”目标实现<sup>[23-24]</sup>。一方面应深化供给侧结构性改革,着力推进能源低碳革命,统筹山水林田湖草沙一体化保护修复,提升

生态系统碳汇能力;另一方面应加强需求侧管理,提高产业、建筑、交通等重点领域的能源利用效率,引导绿色的生产生活方式,推进节能降耗。此外,应准确把握增与减、新与旧、人与自然、时间与空间、发展与安全、整体与局部、当前与长远、国际与国内的关系,处理好产业间、城乡间、地区间的关系,强化全空间整体统筹、全产业链节能减排、全生命周期系统管控,让碳中和进入绿色、可持续的发展轨道。

4) 规划技术: 量化、信息化支撑。通过新技术赋能与数字化转型,建立适应本地特色的碳源碳汇核算、规划情景碳效应评估、碳污协同减排效应评估等关键技术体系,推进碳的精细化监控、量化核算、空间化模拟、精准化管理及动态化评估与反馈,大幅提高规划编制的科学性和规划实施的有效性。例如,日本建立规划策略与“碳减排、碳增汇”之间的逻辑关系,明确核算方法,实现对不同规划情景下碳减排效益的量化预测<sup>[25]</sup>。另外,利用物联网、大数据、区块链、云计算、人工智能等先进技术手段,可为能源转型及产业、建筑、交通等重点领域碳减排提供更高效率的解决方案。例如,围绕分布式光伏潜力分析、建筑维度能耗等领域搭建城市空间模型,可为城市能源方式的选择、资源潜力的挖掘、空间治理效能的提升提供数据支撑和决策依据。

5) 规划对策: 差异性、适宜性应对。面对不同区域功能定位、资源禀赋、经济社会发展水平、人口规模、交通和消费偏好、现实问题及减排潜力等方面的差异,规划应将既定目标的刚性和实现路径的柔性相结合,摸清规律、因地制宜、精准施策,制定本地化、多元化的“双碳”技术路线图。此外,在气候变化等多种因素叠加带来的高度不确定性背景下,也要求规划把握内在机理和主线,弹性应对。不能简单照搬国外模型、路径或传统低碳规划策略,避免“运动式减碳”“一刀切,齐步走”或盲目跟风、千城一面。譬如一些城市通过“拉闸限电停产”等简单粗暴的方式降低能耗和碳排放,直接影响居民正常生活工作,也会引发经济社会秩序的混乱。应关注地区发展的阶段性差异和碳排放的波动性

特征,复杂系统中各要素的非线性、跳跃式发展,以及区域“一盘棋”之下各地区的关联性和互补性,明确不同区域或城市在推动“双碳”工作中的贡献点、着力点和关键点,制定具有差异性、针对性的碳减排和自然资源管理对策。

## 1.2 国土空间规划在落实“双碳”目标中面临的挑战

国土空间规划作为新时期中国空间治理改革的重要举措,强调全域全要素的统筹协调和整体管控,以及规划背后的实施机制和政策设计,具有体系完整性、功能系统性、治理有效性等特点,为落实“双碳”目标提供新的机会和有力支撑。但面对气候变化的不确定性、减碳目标的强约束性、城市系统的复杂性、科技发展的未知性、减排阶段的差异性等因素影响,国土空间规划在碳技术系统集成、碳效益量化评估、碳目标有效实施等方面仍面临一定的技术挑战。

1) 科学统筹多领域规划技术与空间低碳需求的复杂性。“双碳”目标下,各行业各部门从空间布局优化、能源结构转型、产业集聚升级、建筑节能减排、交通低碳发展、废弃物资源化利用等方面均提出了各类减碳技术和策略。但对于各类技术之间的关联性和耦合性,以及自然生态与社会生态的协同效应关注较少。此外,如何将单向减碳技术集成促进系统的高效协同,如何将减碳技术体系与空间规划方案有效融合,尚缺乏科学的方法和路径<sup>[3,12]</sup>。

2) 定量评估不同规划技术和规划方案碳效益的科学性。目前,碳源碳汇与空间组织模式、人口特征、用地布局、交通出行方式等规划要素和主要终端活动的作用机制不够明晰,且缺乏统一规范的城市碳排放核算方法和标准体系,大多研究与实践仅停留在减碳策略环节,对于规划策略的减碳潜力、成本效益及其协同效应的定量化评估较少,难以做到规划结果可量化、可考核,削减了规划的科学性与权威性<sup>[7]</sup>。

3) 强化碳相关目标的约束性和规划传导实施的有效性。“双碳”目标的实现离不开自上而下的目标、指标、任务分解,以及系统的规划和实施体系的支撑。目前空间规划体系对碳相关约束指标和任

务纳入程度相对不足。自然资源部办公厅印发的《市级国土空间总体规划编制指南(试行)》，规划指标体系中仅有“新能源和可再生能源比例”作为建议性指标，未对国土空间碳减排和碳增汇形成较强的约束或引导，并缺乏系统的规划部署、有效的传导机制和实施手段。

## 2 实现“双碳”目标的国土空间规划路径

国土空间规划是空间用途管制和各类开发保护建设活动的基本依据，在社会经济发展中具有重要的引领作用。通过对城市碳源、碳汇主要类型和影响因子的细化分解，及其与城市空间规划要素的

相关性分析，可以看出空间规划通过干预城市密度和空间形态、产业结构和职住关系、路网密度和交通组织、建筑类型和节能标准、能源供应和能耗需求、绿地面积和种植类型等要素并进行综合性调控，可对城市碳排放量和碳汇效能产生较大影响，是统筹碳源和碳汇的系统性政策工具(图1)<sup>[26]</sup>。基于空间规划要素与碳源/碳汇的关联性，以空间结构优化和空间治理为核心，通过资源足迹核算、全空间整体统筹、多层次有效传导和全周期系统监管，将“双碳”的目标要求渗透融合到国土空间规划编制、审批、实施和监督的各方面和全过程中，建立从战略谋划、空间赋能到行动落实的规划实施体系，探索“双碳”目标下国土空间规划的应对逻辑和路径。

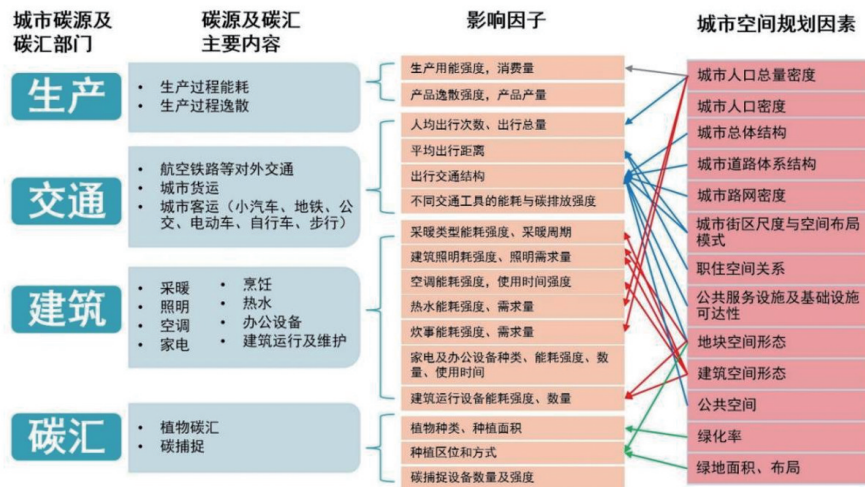


图1 城市空间规划因素与碳排放关系分析

### 2.1 推进资源足迹核算,支撑碳资产的有效管理

碳核算是实施“双碳”目标的工作基础和关键所在，无论政策调控、规划引导还是市场运营，前提都是把账算清楚。科学全面地开展碳资源、碳足迹和碳资产的定量化核算，也是支撑国土空间规划编制、审批、实施、监督全过程碳效应管理，推进国土空间数字化治理的重要基础和抓手。应将碳足迹的核算和碳排放的审计纳入空间规划治理之中，建立健全有效的碳资产管理模式和机制，以切实推进“双碳”目标落地实施。

1) 推进资源足迹的核算。建立碳核算、碳足迹和碳资产的管理体系，实现对碳源碳汇空间格局、行业分异及全生命周期特征的量化分析，摸清“碳家底”，精准识别重点管控地区、关键减排领域和高碳锁定环节，并通过多维度评价和多情景模拟，为空间调控、规划传导和监督管控等提供科学支撑(图2)。同时，建立碳账户和生态账户，将碳核算与自然资源资产管理充分衔接，实现自然资源配置对碳减排、碳中和的核心载体功能，增强空间治理效能。

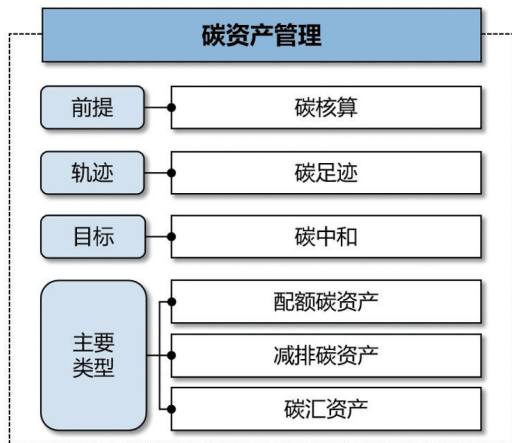


图2 碳核算、碳足迹与碳资产管理关系示意

2) 创新碳资产管理模式。碳资产是减排增汇活动的价值发现过程,在碳中和的强约束下,配额碳资产、减排碳资产、碳汇资产等碳资产的稀缺性更加凸显。需统筹能源、生态环境、供应链等体系,协同构建碳资产管理运营体系,利用金融工具创新碳资产管理模式,通过资源的配置和碳交易市场的对接形成碳资产的有效匹配<sup>[27]</sup>。一方面基于碳足迹的核算,将“点穴式”调控和系统性治理相结合,

优选减排技术、优化空间组织、优配政策机制,以空间规划支撑碳资产管理。另一方面,鼓励具有碳汇资源资产优势的区域,依托自然禀赋,拓展延伸碳资产相关的产业链、价值链和金融链,探索“碳票”、异地碳交易等模式,推动生态产品价值实现,畅通“绿水青山”与“金山银山”的双向转化路径。

## 2.2 强化全空间整体统筹,构建低碳国土空间格局

优化国土空间格局、提升空间治理能力,是国土空间规划贯彻落实多重目标要求的重要途径。从复合生态系统的整体观和复杂性思维出发,统筹把握保护与发展、人与自然的的关系,构建科学、合理、有序的低碳国土空间开发保护格局,为实现“双碳”目标提供空间保障<sup>[25]</sup>。

1) 加强生态空间保护修复,夯实固碳基础。重要生态空间和自然资源是生态系统碳汇的主体,也是保障生态安全的“压舱石”。以保存量、促增量、提质量为抓手,统筹推进山水林田湖草沙整体保护、系统修复和综合治理,不断提高生态系统碳汇能力(图3)。



图3 生态系统碳汇提升路径示意

一是锚固重要生态空间,保障现有生态碳汇空间面积不减少、质量不降低。强化底线思维,科学划定并严守生态保护红线、生态控制线等自然生态安全边界,严格保护具有重要碳汇功能的现状自然资源,维护自然生态系统的健康稳定;同时,强化国土空间用途管制,从严控制生态空间转为城镇空间

和农业空间,以减少不合理土地利用造成的碳排放。

二是拓展绿色开敞空间,提升生态系统碳汇增量。通过宜林荒山绿化、大尺度森林湿地公园建设、矿山生态修复、腾退用地造林绿化等方式,扩大生态空间面积,增加生态系统碳储量。例如北京一

方面在温榆河、冬奥会、南中轴等重点地区和重要节点实施大尺度城市森林建设;另一方面立足减量发展,通过拆违还绿、腾退增绿、留白增绿、见缝插绿等方式不断拓展绿色空间。

三是提升生态系统质量,恢复并增强生态系统的固碳能力。遵循自然生态系统演替规律和内在机理,统筹全域全要素国土空间系统修复,推进森林质量精准提升,加强中幼林抚育和退化林修复,优化林分结构,推行秸秆还田等保护性耕作方式,科学实施“蓝色海湾”整治、退化湿地和草地生态修复等。

此外,积极促进生态系统固碳服务与其他生态系统服务之间的协同增益,提高城市的整体生态效能。例如《北京市国土空间生态修复规划(2021—2035年)》绘制全域碳汇潜力地图,并对4种不同生态修复情景下的碳汇增量及其空间特征进行模拟预测,以量化修复效益、支撑规划决策。

2) 优化建设空间结构布局,推进低碳转型。建设空间是人类生产生活的重要载体,是经济社会活动的空间聚焦点,也是城市碳排放的主要场所。基于城市空间形态、能源供应、交通组织、建筑布局、设施可达性、绿色空间结构、资源利用等与碳排放的关系,优化城乡建设用地结构和布局,破解高碳锁定效应<sup>[28]</sup>。基于资源环境承载力和生态安全格局,倒逼建设空间减量提质,严格密度管控,推进空间复合利用,构建集约紧凑、功能混合的多组团式城镇空间布局。推动公共交通优先发展模式(transit-oriented-development, TOD)和轨道微中心规划建设,例如北京建设71个城市活力微中心,引导居民出行向轨道交通方式转移,创造职住接近的条件,提高公共服务设施可达性,降低平均出行距离,构建城市低碳生活圈。优化工业用地布局,整合工业碳源空间,促进资源设施共享。推动高关联产业临近布局,构建产业共生链,减少不必要的客货运输碳排放。统筹宜居和低碳等要求,推进通风廊道和绿色基础设施建设,例如成都市在高静风频率条件下按照顺应城市主导风向、利用局地环流、尊重城市格局的原则,构建了“9-29+N”三级通风廊道体系,一级通风廊道科学寻风,二级通风廊道

引风入城,三级通风廊道环流补风<sup>[29]</sup>,在改善城市微气候、减少建筑能耗需求的同时为居民提供了宜人的生活环境。此外,发展循环经济,推进资源节约集约与循环利用、废弃物减量化和资源化。

3) 统筹多领域的空间需求,优化空间格局。“双碳”目标覆盖能源、产业、建筑、交通、废弃物、农业、碳汇等多个领域,部门任务的分解有利于压实责任、分类施策,但也容易造成空间冲突与权衡。国土空间规划应综合考虑各领域减碳增汇的空间需求,在空间上作出系统考量和统筹安排,优化生产、生活、生态国土空间格局和资源要素配置,做好碳排放的“减法”和生态碳汇的“加法”。例如新能源替代是实现“双碳”目标的根本,能源结构大变革将引发一定空间资源需求,对传统城市基础设施网络带来巨大冲击。规划应为新能源和可再生能源的发展预留适当用地空间,统筹新型能源及大型储能设施布局,在资源和环境影响分析的基础上,协调解决可再生能源用地与生态用地的矛盾问题。

### 2.3 推进多层次有效传导,分解落实“双碳”目标任务

《中共中央 国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》从国家层面建立了包括总体规划、详细规划、相关专项规划在内的五级三类国土空间规划体系。将“双碳”的总体目标、控制指标和相关任务纳入国土空间规划体系当中,建立面向“双碳”目标的规划实施传导体系(图4)。分析不同空间层次规划与碳源/碳汇之间的耦合关系,厘清主要影响因素及内在机理,识别重点领域和关键技术,以探索不同层次、不同类型空间(生产、生活、生态)减排增汇的规划策略和传导路径。

1) 总体规划层面。总体规划是详细规划的依据、相关专项规划的基础,起到战略引领、刚性管控和统筹协调的作用。在总体规划层面,将低碳理念和价值取向融入规划当中,从“碳”视角重新审视城市建设和活动的各个环节,对“双碳”的整体目标、主要思路及战略举措提出约束性要求和引导性内容,并分解到重点领域,在时间和空间维度上强化跨部门、跨地区的统筹协调。

全国层面国土空间规划应在充分考虑气候变

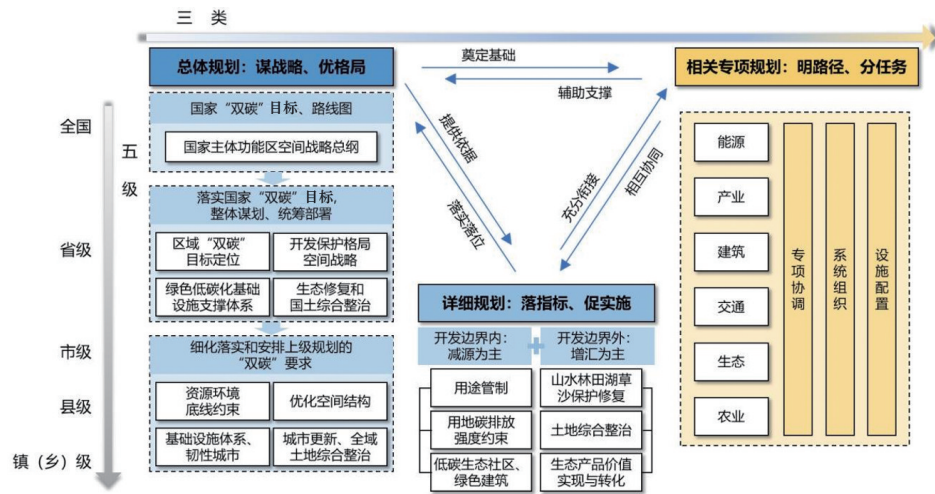


图4 “双碳”目标融入五级三类国土空间规划体系示意

化影响的基础上,将国家“双碳”目标和路线图融入到对全国国土空间保护、修复、开发、利用的整体安排当中,结合“双碳”目标优化全国主体功能区的功能定位、发展方向和区域政策,构建高效、协调、可持续发展的国土空间战略新格局。

省级层面国土空间规划对上深化落实国家“双碳”目标和综合部署,对下作为市县国土空间规划编制的基本依据,发挥承上启下、统筹协调作用。需明晰省级区域在全国“双碳”目标中的定位,立足省域资源禀赋、发展阶段、地方特色和发展需求,形成省域国土开发保护格局的空间战略安排。将碳指标融入资源环境承载力和国土空间适宜性评价当中,强化碳约束,优化三生空间布局,明确国土空间用途管制的低碳责任。按照区域一体化、高效集约的要求,统筹优化基础设施布局,避免因不合理、不经济的布局方式而造成的高碳排放。针对省域生态功能退化、用地效率低下、空间品质不高等问题区域,落实《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035年)》,确定生态修复和国土综合整治的目标、重点区域和重大工程。

市县和乡镇层面国土空间规划细化落实和具体安排上级规划的“双碳”要求,强化资源环境底线约束,优化空间结构,通过鼓励土地混合高效利用、引导职住平衡等方式,从源头减少碳排放。以安全韧性为导向,统筹地上地下、存量增量空间,优化形

成各类基础设施一体化、绿色化、智能化布局,为新型基础设施建设预留弹性空间。以城市更新和国土整治修复为抓手,推进既有建筑节能低碳改造,提升固碳等生态系统服务。

2) 详细规划层面。详细规划是对具体地块用途和开发建设强度等作出的实施性安排,是开展国土空间开发保护活动、实施国土空间用途管制、进行各项建设等的法定依据,也是宏观与微观、整体与局部有机衔接的关键层次。在详细规划层面,落实总体规划提出的碳约束指标和空间布局,探索“双碳”目标与控规相结合的技术手段,促进规划实施落地。城镇开发边界内以减源为主,通过用途管制、用地碳排放强度约束、低碳生态社区建设和推行绿色建筑等方式强化碳源管控,城镇开发边界外依托“多规合一”的实用性村庄规划,统筹山水林田湖草沙一体化保护修复,强化生态空间保护、格局优化和质量提升,为乡镇地区生态产品价值实现提供坚实的空间保障。同时,与“三线一单”生态环境分区管控方案充分衔接,合理确定建设用地准入要求,严控高耗能、高排放项目。

在控制指标方面,细化落实“碳”相关指标,将节能减排、资源有效利用等要求转化为可量度、可审批的地块规定性或引导性指标;在空间布局方面,统筹整合各级各类规划“碳”空间需求,确定刚性管控要求和边界,并合理预留一定弹性空间;在

规划实施方面,探索低碳或零碳社区/街区规划技术并推行试点示范;在地块开发建设引导方面,将重点低碳控制指标作为土地出让的前提条件,严控高碳建设用地的增量。

例如,北京中心城区和新城地区街区控规的编制强调自上而下的减量约束和刚性传导,通过鼓励设施空间共享和功能混合,完善城市慢行交通系统,引导建设指标向轨道微中心周边集中,推进站城融合发展,优化职住关系等措施,促进节能减排。同时,以市域生态安全格局为引领,将各项非建设空间底线管控要求和生态保护修复措施纳入到生态复合街区控规编制技术导则中,充分挖掘增汇潜力。

3) 专项规划层面。专项规划强化对各级规划的横向支撑与上下衔接,依托专业化、体系化的系统研究实现对不同层次的规划支撑<sup>[30]</sup>。在专项规划层面,通过对重点领域、重点区域、重要类别碳源碳汇的现状评估、趋势分析、情景预测,分解细化碳效应的控制指标,明确不同阶段、不同领域规划技术的侧重点,制定碳达峰、碳中和的技术路线图、实施政策、重点任务和行动计划等,修订完善相关技术标准,不断深化落实和修补完善各层级规划。

为量化研究低碳城市规划的作为与贡献,2010—2013年北京市开展低碳城市规划的系列研究,建立了从供应端、消费端到规划端的碳排放核算体系和“土地利用-碳排放”关联框架,将碳排放核算与规划策略、城市终端活动相联系。并通过规划情景模拟,对各项规划策略的减碳贡献率和敏感性进行比较,确定规划策略的选择优先序,制定清晰的减排路线图,为规划决策提供了量化支撑,也为当前“双碳”目标下专项规划的编制提供了重要借鉴<sup>[26]</sup>。在“双碳”新形势下,《北京市市政基础设施专项规划(2020—2035年)》提出推动能源低碳革命,构建以电力和天然气为主,地热能、太阳能和风能等为辅的多元供应体系,发展低碳供热、建设无废城市、促进资源循环利用等低碳策略,并制定阶段发展目标和近期建设计划,助力首都碳中和目标实现。

## 2.4 实施全周期系统监管,加强智慧化精细化管理

全周期管理是提升国土空间规划治理效能的重要举措,将“双碳”目标贯穿于规划编制、实施、监督、评估全过程,通过智慧化支撑、制度性安排,在各个阶段性节点环节,统筹把握规划整体性和实施分散性之间的关系,推进精细化“碳”治理。

1) 建立碳中和智慧管理平台。搭建碳源碳汇动态监测数据库和智慧化管理平台,探索集成碳监测、碳核算、碳模拟、碳评估、碳监管的技术方法体系,形成监测一张网、空间一张图、管理一平台(图5),支撑“双碳”目标在规划全生命周期管理过程中的落实。其中,碳监测是碳资产管理的基础,旨在形成动态更新的碳排放全景图和碳汇地图,掌握碳行为时空动态;碳核算将空间规划要素纳入其中,将能耗和碳排放分解到产业、建筑、交通、农业等领域,测算不同类型生态系统的碳储量、碳汇量和价值量;碳模拟通过多目标-多情景的规划场景仿真,对不同规划策略减碳固碳的贡献率,不同规划情景的成本效益以及建设项目、重大生态修复工程的碳效应进行模拟预测,有效支撑规划决策和项目优选;碳评估面向规划治理目标,评估规划实施结果与碳中和目标的偏离程度,以便及时反馈和纠偏;碳监管则是多元主体参与到“双碳”实现过程的应用平台,支撑以“双碳”为导向的政府规划决策、资源管理、工程安排、执法督察,服务企业主体的项目投资、运营管理,并为社会公众提供信息查询、投诉建议等渠道。国际上,波士顿通过绘制能量地图,追踪全市8.5万栋建筑每小时的能耗,并将假设的工程解决方案纳入考虑,评估地方清洁能源发电的可行性以及潜在项目对社区韧性、能源成本以及削减温室气体所做出的贡献,为“双碳”智慧管理平台的建构提供了一定的参考和借鉴。

2) 将“双碳”目标纳入体检评估。规划体检评估机制是支撑规划管理体系动态调整、保障规划有效实施的重要环节。2021年6月,自然资源部发布实施《国土空间规划城市体检评估规程》(TD/T 1063—2021)要求重点围绕生态保护、绿色低碳生

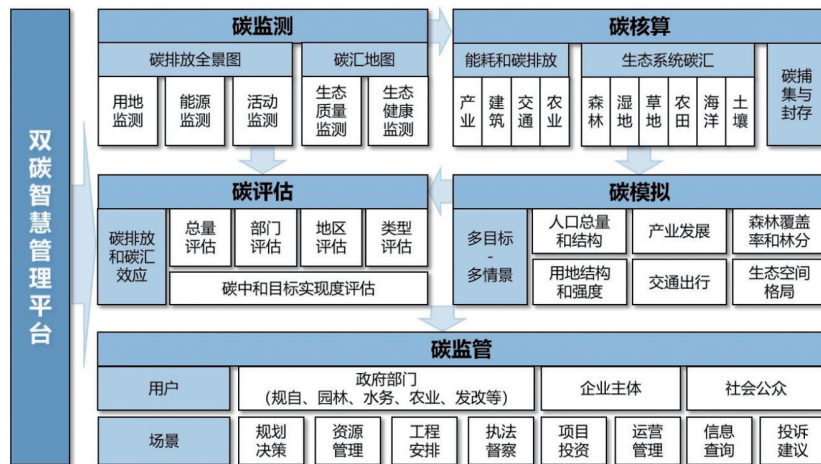


图5 “双碳”智慧管理平台框架示意

产、绿色低碳生活等方面评估国土空间规划在“绿色发展”理念指导下的实施进展情况。为强化过程管理、提高治理效能,应将“双碳”目标任务等纳入城市体检评估体系当中,对相关规划指标的落实情况及其规划实施的空间绩效进行定期评估,精准把脉、靶向诊疗,扎实推进“双碳”目标落地生效。例如2021年北京市总体规划实施评估从针对传统市政设施的专项评估转变为面向“双碳”目标的系统评估,将“双碳”要求融入首都规划建设管理当中,将率先实现碳中和作为高质量发展和国际一流和谐宜居之都建设的重要目标,积极推动“双碳”目标融入下一阶段规划实施。

3) 加强规划实施监督与考核。严格规划许可管理,加强规划实施情况的监督检查和考核评估,对各类管控边界、约束性指标等管控要求的落实情况进行监督检查,确保各项指标和重点任务落实到位。加强动态监测评估预警,及时发现国土空间资源过度开发、重要生态空间占用或突破规划控制要求的行为,提升国土空间规划治理水平。例如巴黎自2018年起在规划许可证审批要求中纳入低碳相关要求,2030年实现巴黎所有新城市开发项目全生命周期碳中和<sup>[25]</sup>。伦敦采用全生命周期的方法来跟踪和评估开发项目的非规定排放、间接排放和维护处置等相关的排放,任何市域范围内的新建、改扩建和城市更新项目需满足建筑节能要求,若无法实现目标需通过缴纳碳补偿金或通过异地补偿方式实现减排目标<sup>[31]</sup>。

### 3 结论

实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的社会经济系统性变革。国土空间规划作为国家的重要政策调控和空间治理工具,应将绿色低碳理念和要求融入规划、建设、管理全过程各环节,积极探索“双碳”目标下的规划响应路径,在多目标约束条件下寻求高质量发展的最优解。为强化国土空间规划的战略引领作用,支撑和保障“双碳”目标落实,建议进一步深化多领域规划技术与空间需求统筹的机制、方法和政策,探索不同类型、不同发展阶段城市实现“双碳”目标的差异化规划治理路径;深入研究技术革新、制度创新等可能带来的潜在影响及其与空间规划治理的协同效应;推动形成“双碳”目标下能够适应地方特色、解决实际问题的国土空间规划实践样本与经验。

### 参考文献 (References)

- [1] IPCC. Global warming of 1.5°C[R/OL]. [2021-12-20]. <https://www.ipcc.ch/sr15>.
- [2] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[M]. 南京: 南京大学, 2010.
- [3] 刘志林, 秦波. 城市形态与低碳城市: 研究进展与规划策略[J]. 国际城市规划, 2013, 28(2): 4-11.
- [4] 庄少勤. 新时代的空间规划逻辑[J]. 中国土地, 2019(1): 4-8.
- [5] 孙施文. 从城乡规划到国土空间规划[J]. 城市规划学刊, 2020(4): 11-17.

- [6] 徐勤政, 杨浚, 石晓冬. 面向首都综合治理的北京市国土空间规划实践与思考[J]. 城市与区域规划研究, 2020, 12(1): 107-119.
- [7] 王雅捷, 何永. 基于碳排放清单编制的低碳城市规划技术方法研究[J]. 中国人口资源与环境. 2015, 25(6): 72-80.
- [8] Stern N. The economics of climate change: The stern review[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [9] 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.
- [10] 刘文玲, 王灿. 低碳城市发展实践与发展模式[J]. 中国人口资源与环境, 2010, 2(4): 17-22.
- [11] 郑艳, 王文军, 潘家华. 低碳韧性城市: 理念、途径与政策选择[J]. 城市发展研究, 2013, 20(3): 10-14.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 沈清基, 安超, 刘昌寿. 低碳生态城市的内涵、特征及规划建设的基本原理探讨[J]. 城市规划学刊, 2010(5): 48-57.
- [15] 周岚, 于春. 低碳时代生态导向的城市规划变革[J]. 国际城市规划, 2011, 26(1): 5-11.
- [16] 顾朝林. 低碳城市规划发展模式[J]. 城乡建设, 2009(11): 81-82.
- [17] 顾朝林, 谭纵波, 刘宛, 等. 气候变化、碳排放与低碳城市规划研究进展[J]. 城市规划学刊, 2009(3): 42-49.
- [18] 仇保兴. 我国城市发展模式转型趋势—低碳生态城市[J]. 城市发展研究, 2009, 16(8): 1-6.
- [19] 方创琳, 王少剑, 王洋. 中国低碳生态新城新区: 现状、问题及对策[J]. 地理研究, 2016, 35(9): 1601-1614.
- [20] 朱震锋. 新形势下推动碳达峰、碳中和的根本遵循与行动路径[J]. 奋斗, 2021(1): 39-42.
- [21] 叶祖达. 城市规划管理体制如何应对全球气候变化[J]. 城市规划, 2009(6): 31-37.
- [22] 方煜. 粤港澳大湾区碳中和年度研究报告[R]. 北京: 中国城市规划设计研究院, 2021.
- [23] 李俊峰, 李广. 碳中和——中国发展转型的机遇与挑战[J]. 环境与可持续发展. 2021, 46(1): 50-57.
- [24] Natural Capital Partners. The carbon neutral protocol[R]. Europe: Natural Capital Partners, 2020.
- [25] 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.
- [26] 何永, 黄斌, 王雅捷, 等. 北京低碳城市规划纲要研究[R]. 北京: 北京市城市规划设计研究院, 2013.
- [27] 陶春华. 碳资产: 生态环保的新理念——概念、意义与实施路径研究[J]. 学术论坛, 2016, 39(6): 64-67.
- [28] 吕斌, 孙婷. 低碳视角下城市空间形态紧凑度研究[J]. 地理研究, 2013, 32(6): 1057-1067.
- [29] 汪小琦, 高菲, 谭钦文, 等. 高静风频率城市通风廊道规划探索——成都市通风廊道的规划实践[J]. 城市规划, 2020, 44(8): 129-136.
- [30] 石晓冬, 李翔. 国土空间规划背景下的城市安全体系构建[J]. 科技导报, 2021, 39(5): 9-16.
- [31] The City of New York. Inventory of New York city greenhouse gas emissions in 2017[EB/OL]. [2021-12-10]. [https://www1.nyc.gov/assets/sustainability/downloads/pdf/GHG\\_Inventory\\_2017.pdf](https://www1.nyc.gov/assets/sustainability/downloads/pdf/GHG_Inventory_2017.pdf).

## The response path of territorial spatial planning under the 'dual carbon' goals

SHI Xiaodong, ZHAO Dan, CAO Qiwen

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

**Abstract** In the context of the goal of the carbon peak and the carbon neutrality, this paper analyzes the challenges of the territorial spatial planning in the carbon technology system integration, the quantitative evaluation of the carbon benefits, the effective implementation of the carbon targets, and proposes the requirements of the adaptation transformation in five aspects: the planning target, the planning scale, the planning vision, the planning technology and the planning countermeasures, based on the analysis of the urban low-carbon development direction and the connotation of the 'dual carbon' goals. Combined with the characteristics of the territorial spatial planning in the new era, the response path of the territorial spatial planning under the goal of the carbon peak and the carbon neutrality is explored from four dimensions: the resource footprint accounting, the overall planning of the whole space, the multi-level effective transmission, and the full-cycle systematic supervision, focusing on the spatial structure optimization and the spatial governance.

**Keywords** territorial spatial planning; low carbon; carbon neutral; space governance ●



(责任编辑 卫夏雯)