

基于“双碳”目标的城乡规划策略

□ 李春慧，胡 林，王晓宁，杨笑波，陈秋萌

【摘 要】人类生产、生活的城乡空间是实现“双碳”目标的关键要素汇集区，也是碳排放的主要来源。文章在梳理“双碳”目标与城乡规划关系的基础上，从碳减排和碳增汇两方面探索全域、全空间、全要素、全领域实现碳中和目标的发展路径，从城乡布局、资源利用、城乡治理等角度提出“双碳”目标导向下的规划策略：构建低碳化空间格局，提升空间减碳效益；引导绿色消费模式，推动城镇化的生态转型；推动循环经济发展，引导产业可持续发展；聚焦重点领域，提升资源利用效率；实行低影响开发，建设低碳化基础设施；倡导绿色生态理念，营造高品质公共空间；聚焦城乡治理，创新低碳社会治理新路径，以为未来空间规划的编制、各领域“双碳”目标的落实和低碳城市的建设等提供参考。

【关键词】双碳；碳达峰；碳中和；城乡规划；规划策略

【文章编号】1006-0022(2022)01-0012-05 **【中图分类号】**TU981 **【文献标识码】**A

【引文格式】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.

Urban Rural Planning Strategies Based on the Carbon Emission Peak and Carbon Neutrality Visions/Li Huichun, Hu Lin, Wang Xiaoning, Yang Xiaobo, Chen Qiumeng

[Abstract] Urban and rural space for human production and life are the major carbon emission source and the important area for the realization of the carbon emission peak and neutrality dual visions. The paper analyzes the relationship between dual carbon visions and urban rural planning, explores the whole area, all elements, and comprehensive realization paths of carbon neutrality from reducing carbon emission and increasing carbon sink, puts forwards planning strategies in urban-rural layout, resource utilization, and urban-rural governance: building a low carbon spatial pattern to improve the carbon sink effects, calling for green consumption model towards ecological transition of urbanization, promoting cycling economic development and sustainable industrial development, improving resource utilization efficiency, making low impact development with low carbon infrastructure, creating high quality public space with green concepts, and innovation of social governance paths in low carbon society development. It provides experience for spatial planning compilation, realization of dual carbon visions, and low carbon urban development.

[Key words] Dual carbon visions, Carbon peak emission, Carbon neutral, Urban rural planning, Planning strategy

1 “双碳”的背景及内涵

“双碳”即碳达峰、碳中和，这是减少温室气体排放的两个重要概念和关键阶段，对人类的可持续发展具有非常重要的意义。碳达峰就是指在某一个时点 CO₂ 的排放不再增长，达到峰值之后逐步回落，全球、国家、城市和企业等主体的碳排放在由升转降的过程中的最高点即碳峰值。当前，大多数发达国家已经实现碳达峰，而我国的碳排放增速虽然较十年前有所放缓，但是仍未达峰。碳中和则是指企业、团体或个人测算在一定时间

内直接或间接产生的温室气体排放总量，并采用碳捕集与封存 (CCS) 等技术，通过植树造林、节能减排等形式，以抵消自身产生的 CO₂ 排放量，实现 CO₂ 零排放，达到碳平衡^[1]。

联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 在《全球升温 1.5℃特别报告》中指出，要实现《巴黎协定》的 2℃温控目标，要求全球在 2030 年比 2010 年减排 25%，在 2070 年左右实现碳中和；要实现《巴黎协定》的 1.5℃温控目标，则要求全球在 2030 年比 2010 年减排 45%，在 2050 年左右实现碳中和^[2]。无论如何，

【作者简介】 李春慧，硕士，注册城乡规划师，高级工程师，清华大学建筑设计研究院规划分院一所所长。

胡 林，博士，高级建筑师，清华大学建筑设计研究院规划分院副院长。

王晓宁，硕士，助理规划师，现任职于清华大学建筑设计研究院规划分院。

杨笑波，助理规划师，现任职于清华大学建筑设计研究院规划分院。

陈秋萌，硕士，助理规划师，现任职于清华大学建筑设计研究院规划分院。

全球碳排放需要在2020~2030年达峰。目前,全球多个国家都已做出碳中和的承诺,提出碳中和目标^[3],我国在2020年也提出了“2030年碳达峰,2060年碳中和”的目标,并在同年12月的气候雄心峰会上进一步宣布“到2030年,中国单位国内生产总值CO₂排放将比2005年下降65%以上,非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右,森林蓄积量将比2005年增加60亿立方米,风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上”^[4]。而要实现这一目标,我国需要对当前的经济社会结构和能源体系进行深度重构,在能源、土地、基础设施、城乡建设及产业系统方面进行快速而深远的变革;要做好顶层政策设计,各行业、各地区要结合发展现状制订差异化的碳达峰路线^[5-6]。

2 “双碳”与城乡规划的关系

人类生产、生活的城乡空间是实现碳中和的关键要素汇集区,也是碳排放的主要来源,涉及空间布局、规模、生活方式、消费习惯、资源利用和交通等各方面,这些要素都与城乡规划息息相关^[7]。

城市既是经济增长的引擎,又是温室气体的主要排放源。全球超过50%的人口居住在城市,其生产、生活消耗了全球75%的能源,造成了全球75%的碳排放^[8],其中主要的碳排放源为交通运输能耗、建筑能耗、工业生产和电力消耗等。而我国的碳排放有70%以上来自城市,其中有近33%来自为大型建筑供热、制冷和供电的能耗^[9]。随着城镇化的推进,人口增加、城市扩张、土地利用变化和产业发展等都深刻影响着我国的碳排放。

乡村地区的碳排放源主要来自日常生活和乡村产业,如居民日常生活中做饭、取暖等活动及农业生产中化肥、农药的使用,以及电力灌溉、动物粪便处理和秸秆燃烧等都是乡村碳排放的主要

来源。此外,农田开垦造成的土地利用变化及过度砍伐等对生态环境系统的破坏也会对碳循环造成一定影响。

国内外针对城市的低碳化发展开展了诸多研究与实践,众多学者从规划编制、实施及各类指标构建等方面进行了探索。诸多研究表明,通过低碳城市规划打造和谐共生、可持续发展的城市发展模式是引导城市低碳发展的有效方式^[10-12]。而在新国土空间规划体系下,我国的低碳建设不应仅限于城市,还要拓展至乡村,拓展至山、水、林、田、湖、草等全域全要素国土空间。因此,面向“双碳”目标,在实施层面要控制城乡碳排放,对交通、建筑、工业和电力各个系统进行用能需求控制、能效提升及用能结构调整;同时,要通过生态修复、植树造林等方式增加城乡碳汇,从碳减排和碳增汇两方面助力碳中和的实现。在宏观决策层面,要发挥规划作为政策工具的作用,将低碳发展理念融入城镇开发边界划定、城市空间结构优化、居民点布局和城市设计等多个层面^[13],推动城乡建设在能源利用、产业发展、土地使用和基础设施建设等方面的绿色、低碳转型发展。

3 实现“双碳”目标的城乡规划策略

规划视角下“双碳”目标的实现,重点要聚焦城乡空间布局的低碳性、资源利用的高效性和城乡治理的包容性,从碳减排和碳增汇两个方面出发,探索全域、全空间、全要素、全领域实现碳中和的规划策略。

3.1 构建低碳化空间格局,提升空间减碳效益

土地是人类社会经济活动的重要物质载体,对土地资源进行开发利用进而引起土地类型的变化,是影响碳循环的

一个重要因素。有专家测算,土地利用变化引起的碳排放占人类活动影响碳排放总量的1/3^[14]。土地利用变化与碳循环的关系表现在两个方面:土地利用变化与碳排放、土地利用变化与碳汇^[15]。前者是由于人类活动将自然界原有的森林、湿地改变成农田、建设用地所引起的碳排放;后者是通过植树造林、退耕还林等人为活动形成新的碳汇。土地利用变化引起的碳排放又可进一步细分为直接碳排放和间接碳排放,其中直接碳排放是指由土地自身类型的转变引起的碳排放;间接碳排放则是指由土地所承载的人类活动所引起的碳排放^[16]。

在空间格局视角下,基于土地利用变化与碳排放之间的关系,可通过规划的宏观调控作用干预碳排放^[17]。在当前的国土空间规划全要素管控体系下,需要把“双碳”目标与城乡规划进行更深层次的融合,通过全域土地利用结构的优化调整,管控城镇建设用地规模,合理增加耕地、林地,减少碳源、增加碳汇;同时,在全域生态保护区、海洋特殊保护与渔业资源养护区、永久基本农田集中保护区、古迹遗址保护区及城镇发展区、农业农村发展区、海洋利用与保留区、矿产与能源发展区等全域分区功能管控的基础上,进一步划定集约发展型低碳建设区、生态保育型固碳区和高效碳汇型固碳区等,并实行差异化的低碳目标管控。此外,把减少碳源、增加碳汇与土地利用结构优化、“三线”划定等内容相衔接,逐层优化全域空间布局;严格保障森林、湿地等重要碳汇用地,积极开展生态修复,在增加森林覆盖率的同时注重森林质量的提升;积极引导城镇用地集约化发展、城镇建设低碳化发展;将“森林覆盖率”“单位GDP的CO₂排放量”等碳源、碳汇指标纳入国土空间规划指标体系,推进碳达峰、碳中和考核工作的落实。

在功能布局视角下,城市中人类生

产、生活所产生的碳排放是重要的碳排放来源，如日常生活、生产中的化石燃料燃烧及汽车尾气、工业生产等活动造成大量的碳排放。城市土地利用与交通出行高度耦合，合理的城市空间布局能够有效减少交通碳排放量，紧凑、高密度、混合利用、高可达性、组团化发展等则是低碳城市结构的典型特征^[18-19]。规划中应合理布局城镇功能结构，引导城市组团化发展，打造紧凑的城市中心，注重职住平衡，以减少长距离的交通出行，减少碳排放。综合来说，通过构建低碳化的全域空间格局，打造产城融合的低碳化城乡空间，可逐步提升全域、全要素、全空间的减碳效益，助力“双碳”目标的实现。

3.2 引导绿色消费模式，推动城镇化的生态转型

《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》提出城镇化应遵循“生态文明、绿色低碳”的原则，加快绿色城市建设，构建绿色生产方式、生活方式和消费模式，并将引导绿色消费作为绿色城市建设的重点^[20]。城镇化通过自身的“规模效应”和“同群效应”可以助力碳减排，如农村转移人口通过在城镇落户融入城镇生活，其生活观念、消费需求和消费行为会发生改变，在环保意识和行动方面也会逐渐与城市居民趋同，最终推动城市碳减排^[21]。随着经济的发展，居民生活碳排放的占比逐年增高，而绿色的消费需求和行为涉及衣、食、住、行、用各方面，影响着产品供给和背后的能耗数量。《中国公众绿色消费现状调查报告(2019版)》显示，超过83%的受访者表示支持绿色消费行为。可见，需求端的意愿在某种程度上可以倒逼供应端加强对绿色产品的生产和研发，进而反向推动新型城镇化进程中的产业结构调整 and 升级。

因此，从空间角度看，可通过构建

慢行交通体系、十五分钟生活圈、便捷的公共交通体系，引导居民绿色出行；从社会治理角度看，可通过不断强化居民的绿色消费意识，规范住房、交通、食品、材料、废弃物处理等行业的低碳标准，增加绿色产品供给，推动产业结构转型升级，实现低碳生活。同时，发挥城镇化的集聚效应，在“双碳”目标的引领下完善城市形态和空间布局，进一步加快经济要素在空间上的集聚，包括生产、商务、消费空间的集聚，缩短通勤距离；推动乡村零散工业产业集中入园，按上下游产业链引导产业集聚，在提高生产效率的同时降低交通时间成本和环境成本，全面推动企业低碳化转型升级，提升城市绿色效率，推动绿色低碳的新型城镇化目标的实现。

3.3 推动循环经济发展，引导产业可持续发展

循环经济是对物质闭环流动型经济的简称，本质上是一种生态经济，它要求运用生态学规律而不是机械论规律来指导人类社会的经济活动^[22]。循环经济实际上是针对过去大量生产所造成的大量浪费和产生的大量废弃物的生产模式的一种根本性变革。从生产层面来看，循环经济实质上就是要提高企业内部的资源利用效率，引导化工、有色金属、印染等高污染行业进行清洁化生产改造，推动煤炭、矿石、水等资源的综合利用和工业余热、废水、废气的循环利用，实现低碳循环生产。

因此，应在空间层面构建循环产业体系，基于物质流、能量流和信息流的协同作用，推进产业与产业之间、企业与企业之间的共生耦合，提高资源循环利用效率，以循环产业链为基础建立产业生态园区，降低资源循环利用的交通、时间成本；推广重点行业循环经济发展的典型模式，通过资源节约和替代技术、产业链延长和相关产业连接技术、“零

排放”技术、回收处理技术等节能减排技术，努力突破园区内循环经济发展的瓶颈。在城市管理层面，推行建立循环型城市试点，将清洁生产、循环利用和绿色消费融于一体，将废物处置、循环再生产等相关指标纳入循环型城市评定指标体系；针对产业园区制定绿色园区发展指南和考核指标体系，明确产业准入和退出机制，推动产业园区构建资源循环利用体系，推动可再生资源的清洁化、规范化利用，提升资源的加工利用水平；加大可再生原材料的推广使用力度，建立规范化的使用制度，引导产业可持续、低碳发展^[23]。

3.4 聚焦重点领域，提升资源利用效率

交通运输和建筑能耗也是碳排放的重点领域，从规划角度聚焦交通布局和建筑设计能够更有针对性地解决碳排放问题。

从交通运输领域来看，我国是交通基建大国，随着交通运输业的发展，资源能耗和碳排放随之增长，交通运输业可能超过工业成为我国的第二大能耗和碳排放源^[24]。因此，通过节能和减排两种重要途径实现交通运输业的低碳化，是“双碳”经济发展的客观需要和必然选择之一^[25]。具体可通过推广节能技术和高效清洁能源的应用，在交通基础设施的全寿命过程中实现节能，包括使用新能源汽车、节能环保型出租汽车和公交汽车等，逐步替代传统化石能源的直接使用；对交通项目的规划至运营的各个环节实施节能减排评估，开展各类交通运输工具尾气污染防治专项活动，确保交通运输源头的节能。而减排的重点在于鼓励并优先发展公共交通，通过构建地上地下相协调的公共交通网络，提高线路密度和站点覆盖率；提供方便残障人士、老年人使用的无障碍公共交通设施，加强公共交通信息化建设，提高

公共交通的便利度；同时，通过构建完善的慢行系统，增加自行车、共享单车等配套设施，打通“最后一公里”，引导居民选择“公交+慢行”的绿色出行方式，实现有效减排。

从建筑领域来看，建筑业是与工业、交通运输业齐名的高耗能产业，实现建筑领域的低碳发展对降低碳排放、推进碳达峰具有非常积极的意义。绿色低碳理念应贯穿建筑设计、建筑材料生产与选择、建筑施工建造等全周期环节，推动建筑全产业链的低碳化发展。在建筑设计阶段，通过减少建筑面宽、注重自然采光和自然通风等设计手法减少建筑自身能耗，鼓励低碳建筑、零碳建筑的建设；在建筑材料方面，选择新型环保的绿色建材和当地材料，提高材料的利用效率，实现材料的良性循环应用；在施工建造方面，优化施工工艺和施工方案，采用装配式施工，节约建材，减少碳排放。

此外，应对老旧小区实施低碳化改造，注重建筑在运营维护阶段的功能提升，包括通过增加建筑保温层以降低冬季采暖、夏季制冷的能源投入，通过更换节能灯、采用新能源供暖等方式实现室内节能，通过小微公共空间的改造等方式减少老旧小区的碳排放。同时，注重对垃圾进行资源化处理，尤其需注重对生活垃圾、建筑垃圾的分类回收、分级分拣、深度加工再利用，打造绿色低碳社区。

3.5 实行低影响开发，建设低碳化基础设施

低影响开发是指遵循源头控制和延缓冲击负荷的理念，减少城镇开发对自然环境造成的影响，通过采用低影响开发技术可以实现节约能耗、消除污染、减少排水等低碳化经济效益。因此，在构建城市绿地系统时，通过采用屋顶绿化、下凹绿地、透水铺装和雨水花园等

方式，可以有效改善城市景观环境、提高城市绿化率，增加城市碳汇，进而调节局部温度与湿度，改善城市小气候^[26]。这种生态型的城市景观绿地可以增加土壤含水量，从而减少市政用水，节约水资源；还可将部分污染物转化为植物所需的营养物质，消除土壤污染。同时，透水混凝土、透水砖等透水铺装可以使雨水快速渗透，在补充地下水的同时还能通过其多孔构造吸收热量，降低地表温度，有效缓解城市热岛效应。

对城市基础设施的低碳化设计、建设和运营也是城市低碳化发展的重要一环。首先，需要构建水资源循环利用体系，将城市污水系统规划拓展至城乡范围，对有条件的乡镇增加雨水收集、中水循环利用、污水分类输送与处理等设施；结合国土空间规划编制的推进，统筹安排雨水、再生水、污水等市政管网与设施布局，并预留发展空间，减轻未来全域发展中水生态环境方面的负面效应。其次，城市的能源供应体系作为城市运行的支撑，除了在源头进行“零碳化”设计，对设施线路和管网的布局优化也是重要抓手。以供热设施为例，随着城市规模的增大，集中供热热源的满负荷运行和热力管线过长冗杂都造成了碳排放的增加^[27]。单一集中的能源供给体系已经不能满足城市低碳发展的要求，需要合理划分供给分区，探索更为经济合理的市政设施布局和管网建设方式；同时，需推动能源供给智能化系统的建设，依据用户需求精细化供给，提高能源利用率，打造绿色低碳的城市基础设施体系。

3.6 倡导绿色生态理念，营造高品质公共空间

城市绿地系统（包括郊野公园、城市公园、河流湿地、防护绿地和公共绿地等多种生态空间）承担了城市的主要碳汇功能，也承担了城市居民日常游憩休闲的功能。一方面，要优化城市绿地碳

汇布局，构建多层级的城市绿色网络，通过郊野公园打造城市外围的生态屏障，结合城市通风、气候、生物迁徙等因素打通城市廊道，构建一张城市与自然相互作用的城市开放空间网络，增加碳汇，改善城市热岛效应。另一方面，构建网络化、层级化的城市绿地系统，通过道路附属绿地将这些绿色板块与生态廊道相串联，打造城市绿网，共同建设城市碳汇生态体系；同时，要注重城市绿地的游憩功能，并将其与城市慢行系统相结合，为居民提供便捷可达的休憩空间，减少机动车出行的碳排放，营造高质量的城市环境。

目前我国的城市发展已进入存量阶段，未来城市更新也是城市减碳、固碳的重要手段，包括增加公共绿地面积、对老旧建筑进行保温改造和建设智慧小区等，以此营造面向公众、功能性强、环境良好的高质量公共空间。

3.7 聚焦城乡治理，创新低碳社会治理新路径

在顶层设计层面，建立完善具有中国特色的 ESG (Environmental、Social、Governance) 体系。在 ESG 体系引导下，使企业从追求自身利益最大化逐步转向追求社会价值最大化。通过各类政策引导企业和市场主体充分认识碳资产的重要性，在统筹低碳发展形势和综合价值管理的利弊下自主开发、应用和推广低碳技术。同时，营造规范的市场环境，引导企业关注发展质量、注重创新，在生产经营过程中将环境保护放在重要位置，努力探寻低碳发展道路，创造竞争优势，实现长期的生态价值。

在规划层面，需要将低碳理念和目标纳入各层级规划，通过国土空间总体规划、详细规划和专项规划明确碳减排的责任与指标。在规划编制和管理过程中，通过设定主要减碳目标，加强对生产、生活过程中碳排放的管控，提高各

类资源、能源的利用效率,避免过度利用。同时,需要明确低碳和绿色的生产、生活标准,针对重点行业明确环境标志的定义并制定技术标准,通过线上线下相结合的方式向全社会公布推广;引导各行业实施绿色生产、绿色经营和绿色消费,通过绿色生产推动产品创新、提效降耗、回收利用,进而实现生产端的节能减排。此外,需由政府带头实行绿色采购,根据绿色标识指定绿色采购产品的目录和指南,面向不同的行业和产品指定绿色采购标准和清单;鼓励居民绿色生活、绿色消费,推行绿色饮食、绿色家居、绿色出行等低碳生活方式,通过政策引导提升绿色消费在碳减排方面的规模效益。

4 结语

当前,党中央和国务院持续推进全面深化改革。从全面深化改革到生态文明体制改革,再到国家机构改革及规划体系改革,可以看到改革已经成为现阶段推进国家治理体系和治理能力现代化、推动生态文明建设和高质量发展的重要动力。2018年自然资源部组建后,国土空间规划体系逐步建立并致力于解决自然资源保护与利用、“多规”不合一等方面的问题,规划在全域国土空间治理和可持续发展中发挥着越来越重要的基础性、战略性作用。因此,在城乡规划视角下,要持续从碳减排和碳增汇两方面探索全域、全空间、全要素、全领域实现碳中和的发展路径,走具有中国特色的“以人为本、生态文明、绿色低碳”的新型发展道路。■

[参考文献]

- [1] 陈迎,巢清尘,等. 碳达峰和碳中和 100 问 [M]. 北京: 人民日报出版社, 2021.
- [2] IPCC. SR15 Summary Volume Chinese [EB/OL]. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_

Summary_Volume_chinese.pdf.

- [3] 邓旭,谢俊,滕飞. 何谓“碳中和”? [J]. 气候变化研究进展, 2021(1): 107-113.
- [4] 杨光宇. 习近平在气候雄心峰会上发表重要讲话 [N]. 人民日报, 2020-12-13(1).
- [5] 王灿,张雅欣. 碳中和愿景的实现路径与政策体系 [J]. 中国环境管理, 2020(6): 58-64.
- [6] 田慧芳. 国际碳中和的进展、趋势及启示 [J]. 中国发展观察, 2020(23): 72-74.
- [7] 袁贺,杨桦. 中国低碳城市规划研究进展与实践解析 [J]. 规划师, 2011(5): 11-15.
- [8] C40 Cities. Why Cities? [EB/OL]. <https://www.c40.org/ending-climate-change-begins-in-the-city>.
- [9] 中国投资协会创新投融资专业委员会, 新华社《环球》杂志, 中国人民大学生态金融研究中心, 等. 走向绿色生态大国——2020 中国绿色城市指数 TOP50 报告 [R]. 2021.
- [10] 宋彦,彭科. 城市总体规划促进低碳城市实现途径探讨——以美国纽约市为例 [J]. 规划师, 2011(4): 94-99.
- [11] 刘婕,李晓晖,吴丽娟. 碳中和语境下的控规低碳指标体系构建——以广州为例 [C]// 面向高质量发展的空间治理——2021 中国城市规划年会论文集, 2021.
- [12] 陈晓晶,孙婷,赵迎雪. 深圳市低碳生态城市指标体系构建及实施路径 [J]. 规划师, 2013(1): 15-19.
- [13] 张赫,于丁一,王睿,等. 面向低碳生活的县域城镇空间结构优化研究 [J]. 规划师, 2020(24): 12-20.
- [14] 张宇. 低碳导向的土地利用结构优化研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [15] 杨庆媛. 土地利用变化与碳循环 [J]. 中国土地科学, 2010(10): 7-12.
- [16] 卢娜. 土地利用变化碳排放效应研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [17] 国土资源部. 低碳排放: 土地利用调控新课题 [EB/OL]. http://www.mlr.gov.cn/tdsc/lltt/200912/t20091228_701048.htm, 2009-12-25.
- [18] 罗巧灵,胡忆东,丘永东. 国际低碳城市规划的理论、实践和研究展望 [J]. 规划师, 2011(5): 5-10, 27.
- [19] 唐倩倩. 低碳视角下城市紧凑度研究 [D]. 西安: 西安外国语大学, 2016.
- [20] 中共中央, 国务院. 国家新型城镇化规

划 (2014—2020 年) [Z]. 2014.

- [21] 王玉娟,江成涛,蒋长流. 新型城镇化与低碳发展能够协调推进吗?——基于 284 个地级及以上城市的实证研究 [J]. 财贸研究, 2021(9): 32-46.
- [22] 吴智华. 循环经济发展策略探讨——以河南省鹤壁市为例 [J]. 现代商贸工业, 2008(10): 92-94.
- [23] 国家发展改革委. 关于印发“十四五”循环经济发展规划的通知 [EB/OL]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/gghwb/202107/t20210707_1285527.html?code=&state=123.
- [24] 徐雪艺. 基于多维度控制的区域交通低碳化系统动力学模型研究——以京津冀交通一体化为例 [D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [25] 刘大鹏. 交通运输如何实现低碳化 [J]. 今日海南, 2014(4): 34.
- [26] 黄勤,王志进. 合肥中美低碳试点示范区低影响雨水利用模式研究 [J]. 安徽建筑, 2017(3): 80-82.
- [27] 赵辰朝,肖敏. 基于绿色低碳城市理念下的城市热网与可再生能源耦合项目浅析 [C]// 面向高质量发展的空间治理——2020 中国城市规划年会论文集, 2020.

[收稿日期] 2021-11-15