

“双碳”目标下的生态城市发展战略与实施路径

臧鑫宇¹, 王峤^{2*}, 李含嫣²

1. 天津大学建筑设计规划研究总院有限公司, 天津 300073
2. 天津大学建筑学院, 天津 300072

摘要 为应对世界范围内的气候变化、积极推进生态城市发展建设, 中国提出了碳达峰、碳中和目标。通过解析“双碳”目标产生的背景和内涵, 结合国内外相关理论和实践探索, 总结了低碳目标下的城市发展策略, 从空间环境、绿色交通、低碳产业、能源循环利用、支撑体系等方面提出了新时期生态城市的发展战略与实施路径。

关键词 碳达峰; 碳中和; 生态城市; 气候变化

随着世界范围内的城镇化进程不断加速, 全球范围内的人工建设活动不断蚕食自然环境, 气候变暖、环境污染、暴雨内涝等自然灾害和资源、能源枯竭等问题越发严重。根据联合国 2001 年 6 月 5 日开展的“千年生态系统评估”历时 4 年形成的报告, 结合最新的统计数据表明, 地球上的大量宝贵资源急剧消耗, 大量珍稀物种灭绝, 环境污染日益严重^[1]。应对气候变化带来的生态环境问题, 探索具有实效性、可持续性的生态城市发展模式, 成为落实生态文明目标的核心战略和实践途径。

气候变化是影响人类发展的全球性问题, 尤其是二氧化碳的排放造成全球范围内的温室气体浓

度急速上升, 气候持续变暖, 给地球生态系统带来巨大威胁, 而城市地区的碳排放已经占到全球碳排放总量的 75% 以上^[2]。2021 年 8 月 9 日, 联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 发布了《气候变化 2021: 自然科学基础》报告, 提出了对地球气候系统变化的最新评估和预测, 未来全球气候将持续变暖, 将直接导致极端高温热浪、暴雨、干旱等气候灾害的频率和强度继续增加^[3]。为提高气候风险的防范意识和应对能力, 2020 年 9 月 22 日, 中国政府在第 75 届联合国大会上提出了二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和的

收稿日期: 2021-12-20; 修回日期: 2022-02-23

基金项目: 国家社会科学基金项目 (18BJY055)

作者简介: 臧鑫宇, 高级工程师, 研究方向为生态城市理论与实践、城市设计、韧性设计等, 电子信箱: zangxinyutju@126.com; 王峤 (通信作者), 副教授, 研究方向为韧性城市、城市综合防灾减灾、生态城市与绿色设计等, 电子信箱: wangqiao@tju.edu.cn

引用格式: 臧鑫宇, 王峤, 李含嫣. “双碳”目标下的生态城市发展战略与实施路径[J]. 科技导报, 2022, 40(6): 30-37; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2022.06.004

目标^[4]。碳达峰是指二氧化碳的排放达到峰值之后逐步降低;碳中和是指在一定时间内直接或间接产生的二氧化碳,通过植树造林、节能减排等形式,抵消自身产生的排放量,实现二氧化碳“零排放”^[5]。2021年全国两会期间,碳达峰、碳中和被首次写入政府工作报告^[6]。自党的十八大提出生态文明建设战略决策以来^[7],低碳发展有了一个量化的具体目标,给转型期的生态城市建设指明了发展方向。

在生态城市研究进程中,诸多学者和学术组织针对时代发展的诉求陆续提出了生态、绿色、低碳、韧性、健康等概念,生态城市是学术界和全社会最为认同的基本概念,也是城市发展和建设的永恒主题。诸多概念的提出是对目前城市发展中急需解决的生态、环保、安全问题的具体回应,代表了全社会对城市建设的关注点和解决城市问题的积极心态。例如低碳概念侧重城市建设发展采用低碳经济、低碳模式和低碳技术,实现城市发展的节能减排目标。尽管上述概念的内涵范畴不同,但对于城市发展而言,其核心目标都是为了建设可持续发展的城市,促进人与自然的和谐共存。

1 国内外相关理论与实践探索

1.1 理论渊源与研究进展

为比较全面地反映国内外低碳目标下生态城市建设和研究现状,采用文献计量与可视化的分析方法,借助 CiteSpace 文献计量工具进行关键词共现分析,总结相关研究的主题分布。分别在 Web of Science 与 CNKI 核心数据库中以关键词“ecological city AND low carbon”“生态城市+低碳”进行检索,通过分析总结目前国内外低碳、生态城市相关研究主题共现词(图1、图2)及相关文献,得到已有研究的3个方面主要内容:低碳目标下生态城市建设理论基础、低碳目标下生态城市建设政策体系、低碳目标下生态城市建设实施路径。

1) 理论基础。20世纪60年代至80年代,诸多学者深刻反思了第二次世界大战后快速工业化发展导致的生态环境危机,提出了具有时代意义的绿色生态思想和积极的应对策略,成为生态城市建设

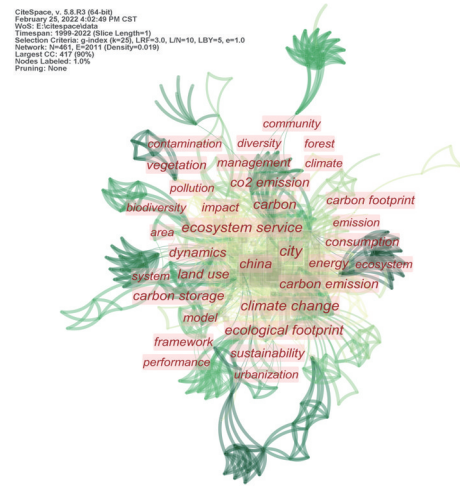


图1 国外低碳生态城市研究主题共现图谱



图2 国内低碳生态城市研究主题共现图谱

的重要理论基础^[8]。例如1962年,蕾切尔·卡逊的《寂静的春天》正式出版,标志着绿色、生态思想的萌芽,生态与绿色运动正式拉开帷幕;1969年,麦克哈格在《设计结合自然》一书中,提出城市土地利用和自然条件的有机结合,以减少城市建设中人为因素对自然水文地质的破坏,是当代的生态主义设计的宣言。1972年,罗马俱乐部在《增长的极限》中,提出“人口膨胀—自然资源耗竭—环境污染”的世界模型,深刻反思了西方的高增长理论,指出了地球资源与环境的有限性。1970年代,联合国教科文组织在《人与生物圈(MAB)计划》研究过程中首次提出生态城市的基本概念,理查德·雷吉斯特和杨尼斯基分别阐述了生态城市的概念和建设原

则,首次提出生态城市理论。2003年,英国政府在其发布的能源白皮书《我们能源的未来:创建低碳经济》中首次提出低碳经济概念,引发了以低碳减排为目标的城市建设热潮^[9]。众多学者开始以低碳为目标提出全球环境保护的可持续发展研究,全面控制二氧化碳等温室气体排放,以应对全球气候变暖给人类经济和社会带来的不利影响。

2) 政策体系。1992年5月9日,联合国环境与发展大会签署通过《联合国气候变化框架公约》(以下简称《公约》),其终极目标是将大气中的温室气体浓度维持在一个稳定的水平,以保证人类活动对气候系统的危害和干扰不会发生^[10]。此后世界各国逐渐加入此公约,如今已有190多个国家成为《公约》缔约方,世界各国和地区均通过颁布法规政策以保障低碳目标的实现,做出了许多旨在解决气候变化问题的承诺,对缓解全球气候变暖做出了积极贡献。自1995年起,联合国气候变化大会每年在世界不同国家和地区轮换举行,先后签订了《京

都议定书》《哥本哈根协议》《巴黎协定》等重要协议,缔约国数量不断增加、国际共识更加明确,尤其是2015年通过的《巴黎协定》成为指导世界范围内应对气候变化的系统性国际协议,其长期目标是将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在2℃以内,并努力将温度上升幅度限制在1.5℃以内^[11]。2021年,《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会在英国格拉斯哥举行,会议制定了针对《巴黎协定》确定的将全球气温升幅控制在1.5℃以内的实施细则和行动路线,其通过的《格拉斯哥气候公约》是有史以来第一份明确逐步减少煤炭的国际协议,开启了全球应对气候变化的新征程(表1)。低碳发展战略在中国生态文明建设中同样发挥至关重要的作用,2010—2017年间中央和地方政府分3批颁布“国家低碳试点城市政策”,推动全国低碳经济、低碳生活、低碳社会建设,对城市的生态、低碳发展产生了积极影响^[12]。

表1 部分国家或城市的气候应对政策

国家或城市	提出时间	法规或规划	核心内容
英国生态城镇	2008	《气候变化法案》 《碳中和指南》	生态城镇建设行动、成立气候变化委员会、提供财政激励、提倡可再生能源利用等
丹麦哥本哈根	2009	《哥本哈根气候规划》 《哥本哈根2025年气候规划》	从能源消耗、能源生产、绿色出行、城市管理、经济和投资5个方面提出主要低碳发展目标
法国生态城镇	2015	《国家低碳战略》	从管理、交通、资源环境、经济社会等方面促进城市可持续发展
瑞典斯德哥尔摩	2017	《瑞典气候法案》 《气候行动计划2020—2023》	从绿色交通、能源、建筑、电力等方面应对城市环境问题
德国弗莱堡	2019	《气候保护法》 《城市远景规划2030》	包含城市土地利用、开放空间、城市气候、能源发展、节能建筑建造标准
新加坡	2021	《新加坡绿色计划2030》	包括自然之城、能源重置、绿色经济、韧性未来、可持续发展5大支柱内容

3) 实施路径。在理论与政策体系研究的基础上,世界各国开始探索低碳发展目标下的生态城市建设路径与具体措施。国外生态城市发展以能源、交通、建筑、环境、废弃物为重点领域,在此框架下寻找适合自身的低碳发展道路,提出利用可再生能源、公共交通、绿色建筑、优化绿色空间环境、废物收集利用等具体措施^[13]。中国城市基于生态低碳

理念制定发展目标,从政策引导、技术支撑与体制创新3方面构建低碳发展路径,完善评价、监督、管理政策体系,推广清洁能源、绿色建筑、公共交通模式,推进行政管理体制改革创新,促进城市生态低碳化发展^[14]。

1.2 典型实践与行动总结

应对气候变化的低碳发展是生态城市研究的

核心内容,世界范围内的生态城市发展建设以欧洲和新加坡最为典型。各国均制定了应对气候变化的行动方略,以明确的低碳发展目标指引城市建设,涵盖了城市空间环境、绿色交通、低碳产业创新转型、能源循环利用、城市管理等内容,为城市制定可持续发展目标指明了方向。

1) 丹麦哥本哈根。2009年,《哥本哈根气候规划》第一版正式发布,明确提出哥本哈根将在2025年成为世界上第一个碳中和之都的宏伟目标;2012年,《哥本哈根2025年气候规划》进一步修订了第一版规划,从2013年开始至2025年制定了3个阶段的实施与评估计划,从能源消耗、能源生产、绿色出行、城市管理4个方面提出主要低碳发展目标和具体措施,并在其后的历年城市建设实践中制定清晰的规划实施路线图(图3)^[15],通过不断完善的政治、经济、社会环境和技术措施完成二氧化碳减排目标(图4)^[15],实现绿色发展。能源消耗方面,对现有建筑进行低能耗改造,新建建筑全部使用低能耗建造方式,并对所有市政设施安装太阳能电池,保证所有建筑、市政设施以新型能源技术投入使用;

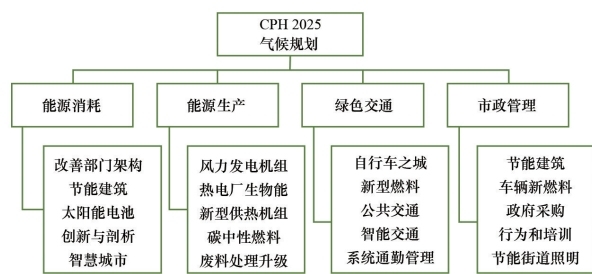


图3 《哥本哈根2025气候规划》主要措施路线

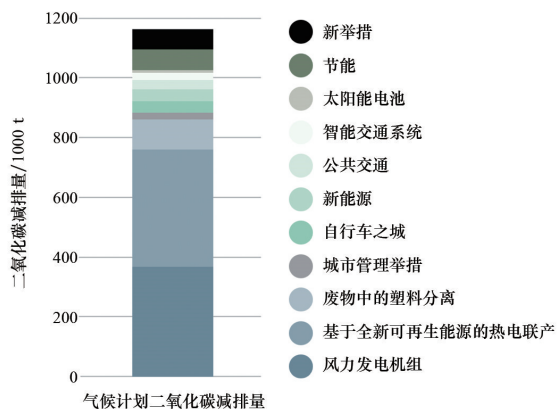


图4 《哥本哈根2025气候规划》中的二氧化碳减排分析

能源生产方面,拟于2025年实现供热碳中和,所有发电与供热主要基于风能、生物能、地热能等生产形式;绿色出行方面,推出一系列措施减少二氧化碳排放,包括进一步普及自行车出行方式、发展公共交通、交通部门采用新燃料等;城市管理方面,采用节能型街道照明装置,并逐步为市政车辆替换新型燃料,此外积极施行绿色政府采购政策,城市管理者亲自参与城市设施的使用与维护^[15]。

2) 德国弗莱堡。2019年12月,德国正式公布第一版《气候保护法》,以法律形式规定到2050年实现碳中和的国家减排目标。2021年6月,德国对第一版《气候保护法》进行修订,将原有目标提高为到2045年实现碳中和,2050年以后实现温室气体负排放^[16]。德国弗莱堡市在国家减排目标的基础上,制定了《弗莱堡远景规划2030》,该规划不仅包含城市土地利用、开放空间规划等常规内容,同时增加了城市气候规划、能源发展规划以及节能建筑建造标准。规划将弗莱堡市域内的河流、道路、绿地进行联结,形成一体化的城市生态网络,进一步优化了城市空间环境(图5)^[17-18]。在具体实施层面,弗莱堡市丽瑟菲尔德新区和沃邦社区作为低碳、生态城市建设典范,在社区内部构建了便利的公共交通系统、完善的步行体系以及绿色舒适的开放空间,保证居民的绿色出行;社区采用低能耗建筑、太阳能供电以及雨水收集利用系统等形式,从源头降低能源消耗。此外,社区内部具有完善的公众参与机制,形成以交通小组、能耗小组为代表的居民自治协会,社区居民共同构建绿色发展蓝图。

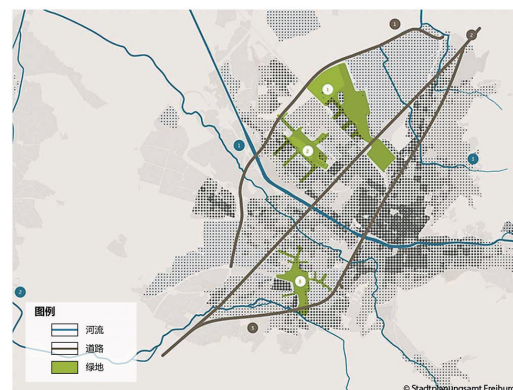


图5 弗莱堡市2030年远景规划中的城市生态网络

3) 新加坡。2021年2月10日,《新加坡绿色计划2030》正式公布,该计划制定了未来10年的绿色发展蓝图,从自然之城、可持续生活、能源重置、绿色经济、韧性未来5大支柱内容提出绿色发展目标(图6)^[19]。通过自然环境拓展建立碳汇,使用清洁能源,提高能源效率,降低碳足迹,产业转型创新发展,强化气候韧性和粮食安全,将节能减排 and 环境保护作为一种可持续的生活方式,最终建立一个绿色、宜居、可持续发展的城市环境。在绿色计划行动框架的指导下,新加坡政府从个人和组织2个层

面提出具体措施。在个人层面,倡导城市居民培养绿色生活习惯,从通勤方式、家庭用水、垃圾生产、电器使用等方面引导居民的低碳生活模式。在组织层面,新加坡政府提出一系列生态基金与合作计划,例如在国家能源效率伙伴关系计划(energy efficiency national partnership, EENP)计划引导下,相关企业采用内部能源管理系统持续监测能源消耗,从而减少企业碳足迹并提高其长期业务竞争力,计划通过基金激励、学习平台等方式保证实施^[18]。

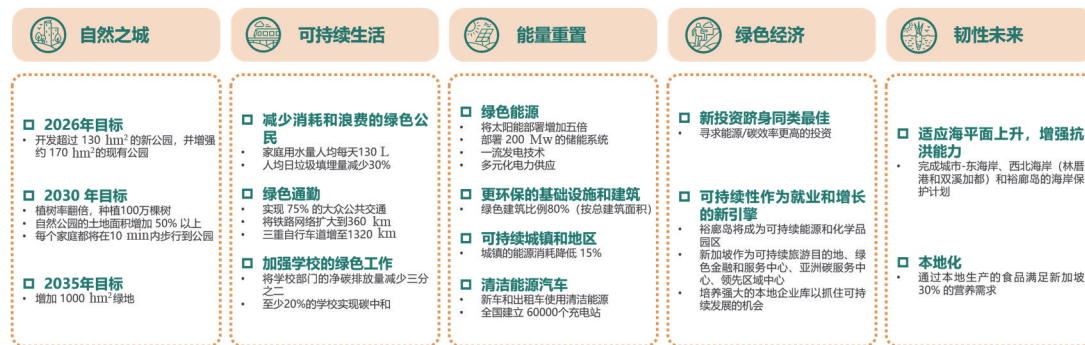


图6 新加坡绿色计划2030行动框架

2 新时期生态城市的发展战略与实施路径

气候变化是世界各国生态城市发展建设普遍关注的核心问题。发达国家应对气候变化的经验和举措涵盖了经济、环境、能源、交通等诸多内容,已经深入影响到每一个人的生存和生活空间。中国自2007年中新天津生态城启动建设以来,带动了全国范围内的生态城市建设。在绿色、生态发展的框架下,各地方城市积极制定生态城市指标系统,探索可持续的生态城市发展道路。针对气候变化引发的环境危机,在以低碳为目标的生态城市理论和研究过程中,出现了低碳城市、低碳生态城市、低碳生态城等概念^[19-20],引发了国内学者对其理论、框架和指标系统等内容的研究^[21]。生态城市的本质是建立人与自然和谐共生的关系,实现人和自然的可持续发展。碳达峰和碳中和的战略目标提出以来,为新时期中国生态城市的发展指明了方

向,即“双碳”发展成为践行绿色生态目标的基本战略,为生态城市建设提出了具体的节能减排目标。基于“双碳”目标的生态城市发展战略应贯彻可持续发展原则,建立具有针对性和实效性的实施途径,重点关注城市空间环境、绿色交通、低碳产业、能源循环利用、支撑技术体系等核心内容,建立从宏观到中微观的系统性实施框架,积极推进应对气候变化的低碳发展实践。

2.1 优化城市空间环境

城市是为人而建设,其空间环境规划和设计自然应该围绕人的生活需求展开。但人与自然环境之间是密不可分的共生关系。城市发展建设必然要以守护自然生境为第一原则,即生态优先原则。例如新加坡作为生态城市精细化设计的典范,在城市建设中着眼于全域范围统筹,不断增加高质量的绿色开放空间,在极为紧张的土地上仍能结合轨道交通枢纽和重要的公共中心预留城市弹性用地,并采取垂直森林式高层建筑、市政和公用设施入地、

行资源消耗、投资依赖的粗放型发展模式,避免地方政府成为低碳转型发展的阻力^[22]。而使其成为低碳发展的引领者,有效促进全社会形成高效、集约、低碳的发展趋势。

2.4 促进能源循环利用

能源的节约、高效使用、循环利用是推进城市低碳发展的重要举措,也是生态城市建设的内涵所在。随着中国城市发展进入存量更新阶段,城市既有的建筑、环境、市政设施、能源系统等都需要更新提质,持续走资源节约、环境友好的发展道路。例如德国弗莱堡被称为欧洲的“太阳能城市”,在太阳能和可再生能源利用方面成为世界生态城市的代表。弗莱堡充分利用平均每年约为1800 h的日照,于2000年制定了《可再生能源法》,开展了系统性的太阳能使用计划,包括光伏发电、太阳能技术开发等核心内容,并以市场为导向设立地区电力基金会为可再生能源提供资金支持,在建筑、旅游、教育和职业培训等方面积极推进太阳能利用。同时弗莱堡在风力、水力和生物天然气等清洁能源利用方面也取得了突出成绩^[23]。(1) 以绿色建筑思想和被动式节能技术为基础,积极推行既有建筑的节能改造和新建建筑的低能耗建造,从根本上确立实现节能减排目标的基本原则。(2) 构建一个可再生能源体系是实现碳中和目标的基本保障,应积极提高太阳能、风能、生物质能、地热等清洁能源和可再生能源的利用率,构建低碳、安全、高效、节约的国家和地方能源体系。(3) 不断研究和开发创新型能源高效利用技术,包括热电联产、煤炭高效清洁利用技术、生物质能高效利用技术,通过持续的能源技术创新实现能源在生产、消费、回收再利用各个阶段的高效利用。对影响国计民生的粮食、水等资源应制定节约利用原则,例如基于低影响技术进行城市雨洪管理提高雨水资源利用率,并逐步结合废水处理建立水资源循环利用系统。通过对固体废弃物的污染控制和废弃资源回收利用,提高垃圾回收利用率,如把固体废物转化新型建筑材料,实现零废城市目标。

2.5 建立支撑保障体系

生态城市的发展和建设需要构建一个科学可

持续的支撑体系,这个体系应由政府、企业、市民、社会各界人士共同组成,并依据社会发展制定科学合理的技术服务平台,贯彻和宣传绿色、低碳生活的基本准则。(1) 发挥政府的主导作用,贯穿城市发展建设的战略决策、规划编制、管理和运行全过程。通过制定双碳目标下的规划标准体系和完善的法律规范,对城市各个系统的绿色、低碳策略提供强制性和引导性指标,同时协调城市自然资源、规划、建设、市政等各个部门的职能,加强应对气候变化和极端公共事件的水平和能力,为生态城市发展建设提供实效性的公共服务。(2) 在城市管理中依托智慧技术建立低碳规划运营管控平台,积极倡导使用绿色、低碳技术,推进全民贯彻执行节约资源和节能减碳行动。(3) 开展广泛的公众监督和公众参与,鼓励企业、市民和社会各界人士积极参与到低碳行动中,通过改变城市生活方式培养公众的环保意识,从而推进城市绿色、生态的常态化发展。

3 结论

气候变化尤其是二氧化碳排放引发的全球气候变暖和能源危机,促使减碳增汇、维护地球生态安全成为世界各国的共同目标。日益严重的生态环境危机再次证明绿色、生态发展的重要性,生态城市规划理论和实践成为解决城市问题、促进城市可持续发展的重要途径。中国城市进入新型城镇化阶段以来,城市发展建设不断创新和转型。“双碳”目标下的生态城市具有其独特的属性和发展趋势:(1) 生态城市规划和建设需要综合考虑环境、社会、经济等要素的内在机制和限制条件,各地方政府应根据城市自身条件制定具有实效性的低碳发展框架,将落实“双碳”目标作为城市发展的近期工作目标,积极推进绿色、低碳发展战略。(2) 生态城市的发展是一个可持续的动态过程,城市的不同发展阶段其面临的的城市问题也不同,落实“双碳”目标需要结合当前城市的发展诉求和未来的城市规划制定具有弹性的发展策略。(3) 城市的可持续发展需要积极从传统城市建设理论中汲取营养,结合新时代的生态设计方法和不断创新的科学技术有

机融合,为中国城市的低碳发展提供基础技术支持,不断提高城市应对气候风险能力,促进中国加快实现碳达峰、碳中和的战略构想。

参考文献(References)

- [1] Millennium ecosystem assessment: Ecosystems and human wellbeing-synthesis[M]. Washington DC: Island Press, 2005.
- [2] Andreas M. Comments about urban bioclimate aspects for consideration in urban climate and planning issues in the era of climate change[J]. Atmosphere, 2021, 12(5): 546.
- [3] The Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2021: The physical science basis[R]. IPCC, 2021.
- [4] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[N]. 人民日报, 2020-09-23(001).
- [5] 胡鞍钢. 中国实现2030年前碳达峰目标及主要途径[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2021, 21(3): 1-15.
- [6] 国务院. 国务院政府工作报告[R]. 北京: 人民出版社, 2021.
- [7] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进 为全面建成小康社会而奋斗[M]. 北京: 人民出版社, 2012.
- [8] Jong M D, Joss S, Schraven D, et al. Sustainable-smart-resilient-low carbon-eco-knowledge cities; Making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 109(16): 25-38.
- [9] 臧鑫宇, 王娇. 可持续城市设计的内涵、原则与维度[J]. 科技导报, 2019, 37(8): 6-12.
- [10] United Nations framework convention on climate change (UNFCCC)[J/OL]. [2021-12-10]. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/united-nations-framework-convention-on-climate-change>.
- [11] Qian X, Li J. The Process and impact of global climate governance: A case study of the paris climate agreement [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 546(3): 32-35.
- [12] Song Q, Liu T, Qi Y. Policy innovation in low carbon pilot cities: Lessons learned from China[J]. Urban Climate, 2021, 39(2): 100936.
- [13] Mi Z F, Guan D B, Liu Z, et al. Cities: The core of climate change mitigation[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 207: 582-589.
- [14] 李迅, 曹广忠, 徐文珍, 等. 中国低碳生态城市发展战略[J]. 城市发展研究, 2010, 17(1): 32-39.
- [15] CPH 2025 Climate Plan[Z]. 2012
- [16] Bundes Klimaschutzgesetzes[Z]. 2021.
- [17] Perspektivplan Freiburg 2030[Z]. 2020
- [18] The Singapore Green Plan 2030[Z]. 2021.
- [19] 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, 182(4): 7-13.
- [20] 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(8): 1-6.
- [21] 周枕戈, 庄贵阳, 陈迎. 低碳城市建设评价: 理论基础、分析框架与政策启示[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(6): 160-169.
- [22] 蒋长流, 韩春虹. 低碳城镇化转型的内生性约束: 机制分析与治理框架[J]. 城市发展研究, 2015, 22(9): 9-14.
- [23] 贝恩特·达勒曼, 陈炼. 绿色之都 德国弗莱堡: 一项城市可持续发展的范例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

Eco-city development strategy and implementation under the target of carbon peaking and carbon neutrality

ZANG Xinyu¹, WANG Qiao^{2*}, LI Hanyan²

1. Urban Planning and Design Institute Co. Ltd., Tianjin University, Tianjin 300073, China

2. School of Architecture, Tianjin University, Tianjin 300073, China

Abstract In order to cope with the global climate change and to actively promote the development and the construction of eco-cities, China has proposed the dual carbon goal of the carbon peaking and the carbon neutrality. By analyzing the background and the connotation of the dual carbon goal as well as the relevant theory and practice at home and abroad, this paper reviews the urban development strategies of the low carbon goal, then puts forward suggestions of the development strategy and the implementation path of the ecological city in the new period from the aspects of the space environment, the transportation, the low carbon industry, the energy resource recycling, the supporting system, among others.

Keywords carbon peaking; carbon neutrality; ecological city; climate change ●



(责任编辑 卫夏雯)