

绿色建筑与低碳城市规划研究

马俊峰

(天津市城市规划设计研究院, 天津 300370)

摘要: 绿色建筑与低碳城市规划是现代人居环境建设与可持续发展体系中的重要组成部分, 在优化城市空间结构、降低能源资源消耗、改善生态环境质量等方面具备关键地位。推动绿色建筑规模化发展与低碳城市规划体系完善, 能够有效减少城市建设与运行阶段的碳排放, 提升城市整体生态效益与宜居水平, 助力人与自然和谐共生的发展格局构建。本文围绕绿色建筑技术应用、城市空间布局优化、能源系统低碳转型、生态碳汇能力提升等内容展开研究, 梳理绿色建筑与低碳城市规划的内在关联, 分析当前实践环节中存在的不足, 提出针对性的发展策略与实施路径, 为相关领域的实践推进与理论完善提供参考, 推动城市建设朝着低碳化、集约化、生态化方向持续迈进。

关键词: 绿色建筑; 低碳城市; 规划设计; 能源转型; 生态优化; 空间布局

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

文章编号: 3106-2547 (2025) 07-0011-10

DOI: 10.62022/FHR.issn3106-2547.2025.07.002

Research on Green Building and Low Carbon Urban Planning

Ma Junfeng

(Tianjin Urban Planning and Design Institute, Tianjin 300370)

Abstract: Green buildings and low-carbon urban planning are important components of modern living environment construction and sustainable development system, playing a crucial role in optimizing urban spatial structure, reducing energy and resource consumption, and improving ecological environment quality. Promoting the large-scale development of green buildings and improving the low-carbon urban planning system can effectively reduce carbon emissions during urban construction and operation, enhance the overall ecological benefits and livability of cities, and help build a development pattern of harmonious coexistence between humans and nature. This article focuses on the application of green building technology, optimization of urban spatial layout, low-carbon transformation of energy systems, and enhancement of ecological carbon sequestration capacity. It examines the inherent relationship between green buildings and low-carbon urban planning, analyzes the shortcomings in current practice, proposes targeted development strategies and implementation paths, and provides reference for the practical promotion and theoretical improvement of related fields, promoting urban construction towards low-carbon, intensive, and ecological directions.

Keywords: green building; low carbon cities; planning and design; energy transition; ecological optimization; spatial layout

1 绿色建筑的核心内涵与发展基础

1.1 绿色建筑的核心定义与核心特征

绿色建筑是遵循生态平衡与可持续发展理念, 在建筑全生命周期内, 最大限度减少能源消耗、资源损耗, 降低碳排放, 同时保障建筑使用功能、居住舒适度与环境安全性的建筑类型。其核心内涵贯穿建筑设计、施工建设、运营管理、拆除回收的每一个环节, 并非单一维度的环保装饰, 而是涵盖理念、技术、管理、运营等多方面的系统性、全方位低碳化、生态化建设模式^[1]。在设计环节, 绿色建筑需充分结合建筑所在地的自然地理条件, 兼顾采光、通风、节能等多重需求, 避免盲目设计带来的能源浪费; 在施工

建设环节, 需严格把控材料选用、施工工艺等关键环节, 减少施工过程中的环境污染与资源损耗; 在运营管理环节, 需通过科学管控实现能源高效利用、水资源循环回收, 降低建筑运行成本与碳排放; 在拆除回收环节, 需注重建筑材料的分类回收与再生利用, 实现建筑全流程的低碳环保。绿色建筑的核心导向是实现建筑与自然环境的和谐共生, 打破传统建筑“高消耗、高排放、低效率”的发展模式, 兼顾生态效益、经济效益与社会效益的统一, 既为使用者提供舒适安全的居住与使用环境, 也为低碳城市建设提供坚实的单元支撑, 推动建筑行业向低碳化、生态化转型。

绿色建筑的核心特征体现在多个维度, 各特征相互关

作者简介: 马俊峰, 本科, 高级工程师, 研究方向为城市生态规划。

联、协同作用,共同构成绿色建筑的整体体系,每一项特征都围绕低碳环保、生态宜居的核心目标展开,缺一不可。其一,节能性特征,绿色建筑通过优化建筑朝向、采用节能围护结构、应用高效节能设备等多种方式,全方位减少建筑运行过程中的能源消耗,降低能源使用带来的碳排放,实现能源的高效利用。相较于传统建筑,绿色建筑的节能效果有明显提升,具体而言,通过合理设计建筑朝向,可充分利用自然采光与自然通风,减少人工照明与空调设备的使用频率;采用优质节能围护结构,可有效阻隔室内外热量传递,降低空调、采暖设备的负荷,减少能源消耗;应用高效节能设备,可进一步提升能源利用效率,减少能源浪费,不过相关节能技术的集成应用与优化升级水平有待进一步提高。其二,节材性特征,绿色建筑在施工过程中坚持“减量化、再利用、资源化”的原则,优先选用可再生材料、环保型材料,减少不可再生资源的使用,从源头降低建筑材料生产过程中的资源损耗与环境污染。同时,绿色建筑注重建筑材料的回收利用,对施工过程中产生的废弃材料进行分类回收、加工处理,实现资源的循环利用,减少建筑垃圾的填埋量,不过材料的循环利用效率与规模化应用水平有待进一步提高。其三,生态性特征,绿色建筑注重与周边自然环境的深度融合,通过设置屋顶绿化、垂直绿化、雨水回收系统等生态设施,改善建筑周边微气候,降低建筑周边温度,增加空气湿度,提升建筑区域的生态质量。同时,这些生态设施还能吸收二氧化碳、释放氧气,净化空气,增强建筑的生态调节能力,不过生态融合的深度与广度、生态设施的养护水平有待进一步提高。其四,宜居性特征,绿色建筑在保障低碳环保的同时,始终将人体舒适度与居住安全性放在重要位置,充分考虑人体对采光、通风、温度、湿度等环境因素的需求,优化室内采光布局,确保室内光线充足且柔和;合理设计通风系统,实现室内外空气的顺畅流通,改善室内空气质量;严格控制室内污染物浓度,选用无毒、无害、环保的建筑材料,避免室内空气污染对人体健康造成影响,为用户提供健康、舒适、安全的居住与使用环境,不过宜居性的精细化设计与优化水平有待进一步提高。其五,全生命周期性特征,绿色建筑的低碳理念贯穿从设计构思到拆除回收的全流程,打破传统建筑只关注使用阶段的局限,不仅重视建筑使用阶段的低碳效果,还全面考虑建筑材料生产、施工建设、拆除处置等各个环节的环境影响。在建筑材料生产环节,优先选用低碳环保的生产工艺,减少材料生产过程中的碳排放;在施工建设环节,推广绿色施工技术,

减少施工过程中的能源消耗与环境污染;在拆除处置环节,注重建筑材料的再生利用,减少建筑垃圾的产生,实现全流程的低碳环保,不过全生命周期的管控力度与精细化水平有待进一步提高。

绿色建筑的核心特征决定了其与低碳城市规划的内在契合性,二者有着天然的协同发展基础,共同服务于城市低碳化、生态化发展的目标。绿色建筑作为低碳城市的基本建筑单元,是低碳城市规划落地实施的重要载体,每一栋绿色建筑的建设都能为城市低碳发展贡献力量,其规模化发展能够形成集群效应,进一步降低城市整体的碳排放,为低碳城市规划的推进奠定坚实基础。具体而言,绿色建筑通过全生命周期的低碳管控,减少建筑自身的能源消耗与碳排放,同时通过生态设施的建设提升区域生态质量,这些单个建筑的低碳成效汇总起来,能够有效推动城市整体低碳水平的提升。而低碳城市规划则为绿色建筑的发展提供了整体的空间载体与发展指引,通过优化城市空间布局,明确不同区域的建筑建设标准与发展要求,为绿色建筑的规模化、规范化发展提供了空间保障与方向指引。低碳城市规划能够统筹城市各类资源,整合绿色建筑、生态绿化、基础设施等各类要素,推动绿色建筑与城市发展的深度融合,避免绿色建筑孤立发展。二者相互支撑、协同发展,绿色建筑的发展能够丰富低碳城市规划的内涵与实践路径,低碳城市规划能够为绿色建筑的发展创造良好的外部环境,共同推动城市建设从传统高碳模式向低碳化、生态化转型,助力城市实现可持续发展。

1.2 绿色建筑的核心技术体系

绿色建筑的实现离不开完善的技术体系支撑,核心技术体系围绕节能、节材、节水、环保、生态等关键领域展开,涵盖建筑设计、施工、运营等多个环节,各技术之间相互配合,形成全方位的低碳技术支撑体系,相关技术的集成应用水平有待进一步提高^[2]。

在建筑节能技术方面,主要包括围护结构节能技术、可再生能源利用技术、高效节能设备应用技术等。围护结构节能技术是建筑节能的核心,通过优化外墙、屋面、门窗等围护结构的构造,提升围护结构的保温隔热性能,减少室内外热量传递,降低空调、采暖设备的能源消耗。例如,外墙采用保温隔热材料复合构造,屋面采用保温隔热层与反射层结合的设计,门窗采用断桥铝型材与Low-E中空玻璃,有效减少热量损失,提升建筑的节能效果,围护结构节能技术的优化升级有待进一步推进。可再生能源利用技术是绿色建筑低碳化的重要支撑,主要包括太阳能、地

热能、风能等可再生能源的集成应用，通过在建筑屋顶设置太阳能集热器、光伏发电组件，利用地源热泵系统提取地热能用于建筑采暖与制冷，合理利用风能实现建筑通风，减少传统化石能源的使用，降低碳排放，可再生能源的利用效率与集成度有待进一步提高。高效节能设备应用技术主要针对建筑内的空调、照明、给排水等设备，选用节能型空调机组、LED照明灯具、节水型水龙头等设备，优化设备运行模式，提升设备运行效率，减少能源与水资源消耗，节能设备的智能化水平有待进一步提高。

在建筑节能材料与环保技术方面，主要包括环保材料应用技术、建筑废弃物回收利用技术、绿色施工技术等。环保材料应用技术强调选用无毒、无害、可降解、可再生的建筑材料，减少传统建筑材料中有害物质的排放，降低材料生产过程中的环境污染，例如，采用新型环保混凝土、再生骨料、竹木纤维板等材料，替代传统高污染、高能耗的建筑材料，环保材料的种类与应用范围有待进一步拓展。建筑废弃物回收利用技术主要针对建筑施工与拆除过程中产生的建筑垃圾，通过分类回收、破碎加工、再生利用等方式，将建筑垃圾转化为再生建筑材料，用于道路基层、建筑回填等环节，减少建筑垃圾的填埋量，提高资源利用效率，建筑废弃物的回收利用率有待进一步提高。绿色施工技术注重施工过程的环保管控，通过优化施工工艺、采用环保施工设备、加强施工扬尘与噪音控制等方式，减少施工过程中的环境污染与能源消耗，例如，采用湿法施工减少扬尘，选用低噪音施工设备降低噪声污染，合理安排施工进度减少能源浪费。

在建筑节水与生态技术方面，主要包括雨水回收利用技术、中水处理技术、立体绿化技术等。雨水回收利用技术通过设置雨水收集系统，收集建筑屋顶、路面的雨水，经过过滤、净化处理后，用于建筑绿化灌溉、道路清扫、卫生间冲厕等环节，减少自来水的使用量，实现水资源的循环利用，雨水回收系统的处理效率与利用范围有待进一步提高。中水处理技术将建筑内的生活污水进行处理，达到回用标准后，用于绿化灌溉、景观用水等，进一步提高水资源的利用效率，减少污水排放，中水处理技术的处理效果有待进一步提升。立体绿化技术包括屋顶绿化、垂直绿化、阳台绿化等，通过在建筑屋顶、墙面、阳台种植绿色植物，不仅能够美化建筑环境，还能够吸收二氧化碳、释放氧气，改善建筑周边微气候，降低建筑室内温度，减少空调使用，提升建筑的生态效益。

绿色建筑技术体系的完善与应用，是推动绿色建筑发

展的关键，也是实现低碳城市规划的重要技术支撑。随着技术的不断进步，绿色建筑技术的集成应用水平将不断提升，为绿色建筑与低碳城市规划的协同发展提供更加强有力的技术保障。

1.3 绿色建筑与低碳城市规划的内在关联

绿色建筑与低碳城市规划是相辅相成、辩证统一的关系，二者有着紧密的内在关联，共同服务于城市低碳化、生态化发展的目标，其协同发展的水平有待进一步提高。绿色建筑作为低碳城市的基本建筑单元，是低碳城市规划落地实施的重要载体，而低碳城市规划则为绿色建筑的发展提供了整体的空间布局、发展方向与政策指引，二者相互促进、协同推进，形成“单元低碳”与“整体低碳”的有机统一^[3]。

从空间布局来看，低碳城市规划的关键就是把城市空间结构理顺，打造低碳、高效的发展模式，而绿色建筑作为城市里随处可见的组成部分，它怎么布局、建多大规模、按什么标准来建，直接关系到低碳城市规划能不能落地见效。低碳城市规划会合理划分城市的功能区域，明确每个区域该建多密的建筑、容积率多少、绿化要达到多少，这样就给绿色建筑的批量发展留足了空间；反过来，绿色建筑集中建设形成的低碳建筑集群，还能带动周边区域走低碳发展路线，改善城市空间的生态环境，让整个城市的低碳水平再上一个台阶。比如说，在城市的居住片区，规划建设一批绿色住宅，再配套建一些绿色的公共建筑和基础设施，既能减少这个区域的碳排放，又能改善大家的居住环境，让低碳规划在居住区真正落地；在商业片区，建绿色商业楼，优化楼里的节能设施和运营方式，就能降低商业活动带来的能源消耗和碳排放，帮着商业片区实现低碳建设。

再看发展目标，绿色建筑和低碳城市规划的核心方向是完全一致的，都是以减少碳排放、节约能源资源、改善生态环境、提升人们居住质量为主要目标，最终追求生态、经济、社会三大效益的统一。绿色建筑从设计、建设到使用的全流程，都在进行低碳管控，减少自身的能源消耗和碳排放，这给低碳城市规划整体目标的实现，提供了很重要的支撑；而低碳城市规划会统筹城市的各种资源，优化城市的能源、交通、生态系统，给绿色建筑的发展创造良好的外部条件，推动绿色建筑从单个发展，变成批量、集群化发展。举个例子，低碳城市规划中会优化城市能源系统，大力推广可再生能源的广泛应用，这就能保障绿色建筑也能充分利用可再生能源，进一步提升绿色建筑的低碳

程度；而绿色建筑批量发展起来，又能进一步减少整个城市的能源消耗和碳排放，助力低碳城市规划目标的实现。

从实际实施的角度来说，绿色建筑和低碳城市规划是相互支持、相互补充的。绿色建筑在技术应用、运营管理方面积累的经验，能给低碳城市规划提供实际的参考，让低碳城市规划做得更细致、更科学；而低碳城市规划的整体统筹，能把城市的各种资源整合起来，推动绿色建筑和城市交通、生态绿化、基础设施等方面协同发展、相互配合。比如，低碳城市规划中会对城市交通进行低碳改造，推广步行、骑行、新能源公交等绿色出行方式，这样就能减少建筑使用者出行产生的碳排放，和绿色建筑的低碳理念形成呼应；绿色建筑采用的雨水回收、立体绿化等技术，能和城市生态系统建设结合起来，提升城市吸收碳的能力，帮助低碳城市规划实现生态方面的目标。

总的来说，绿色建筑和低碳城市规划之间有着密不可分的联系，二者一起协同发展，是推动城市走向低碳化、生态化的必经之路。只有把两者有机结合起来，才能充分发挥各自的优势，提高整个城市的低碳水平和生态质量，让城市实现可持续发展。

2 低碳城市规划的核心内容与发展方向

2.1 低碳城市规划的核心内涵与基本原则

低碳城市规划，简单来说，就是按照低碳发展的思路，结合城市自身的发展情况，对城市的空间分布、能源使用、交通布局、生态环境以及各类基础设施，进行全面的统筹和优化设计。它的核心目的很明确，就是减少城市建设和日常运行过程中产生的碳排放，改善城市的生态环境，让城市能够实现长期可持续发展。这不只是简单地采取几项减碳措施，更要兼顾城市空间的合理利用、资源的高效使用、生态环境的保护，以及居民生活质量的提升，是一种全方位、系统性的城市规划模式。

开展低碳城市规划，需要遵循一系列基本原则，这些原则贯穿于规划设计、落地实施到日常运营管理的全过程，为规划工作提供明确指导。具体来说，有以下五点：第一，系统性原则。低碳城市规划不能“头痛医头、脚痛医脚”，要统筹城市空间、能源、交通、生态、基础设施等各个方面，注重各个系统之间的配合衔接，不能孤立地规划某一个环节、单独推进某一项工作，要实现城市各系统协同低碳发展。目前来看，各系统之间的协同深度和广度，还需要进一步提升。第二，集约化原则。核心就是优化城市空间结构，提高土地的利用效率，避免城市无序扩张、乱占

土地。要推动城市走集约化发展道路，减少土地资源浪费，同时降低城市建设过程中产生的碳排放。当前，城市土地利用的集约化程度，还有很大的提升空间。第三，生态优先原则。规划过程中，要把生态环境保护和修复放在优先位置，优先保障城市的生态空间，提高城市生态系统的碳吸收能力，让城市建设和生态保护能够协调推进、互不冲突。目前，生态保护的力度还需要进一步加大。第四，因地制宜原则。每个城市的自然条件、资源情况、发展阶段都不一样，不能照搬其他城市的低碳规划经验，要结合自身实际，制定符合城市特点、切实可行的低碳规划方案。现在，部分城市规划方案的针对性和可操作性，还需要进一步完善。第五，全生命周期原则。低碳城市规划不能只关注规划设计阶段的低碳要求，还要重视建设实施阶段的低碳管控，以及后期运营、更新阶段的低碳管理，覆盖城市发展的全流程，实现全生命周期的低碳发展。

遵循这些基本原则，才能保证低碳城市规划的科学性和合理性，让规划工作有序推进，为绿色建筑的发展营造良好的整体环境，最终实现城市低碳化、生态化的发展目标。

2.2 低碳城市规划的核心内容

低碳城市规划的核心内容涉及城市发展的多个方面，主要包括城市空间布局、能源系统、交通系统、生态系统、基础设施这五大块，这几部分相互关联、相互配合，共同构成了低碳城市规划的完整体系。

城市空间布局规划是整个低碳城市规划的核心环节，核心目标就是优化城市空间结构，让城市空间实现集约化、低碳化发展。具体来说，就是要合理划分城市的功能区域，明确居住、商业、工业、生态等不同区域的布局范围和发展要求，避免因功能区域混杂，导致能源浪费和碳排放增加。比如，把工业区域集中安排在城市边缘，远离居民居住区域，这样既能减少工业生产对居民生活的影响，也方便工业废弃物的集中处理和可再生能源的集中利用；把居住区域和商业、公共服务设施集中布局，打造紧凑型城市空间，缩短居民的出行距离，从而降低交通领域的碳排放。另外，还要合理优化城市密度，科学控制建筑密度和容积率，既避免城市过度拥挤，也要预留足够的生态空间，提高城市的生态承载能力。

城市能源系统规划是低碳城市规划的关键内容，核心是打造低碳化、多元化的城市能源体系，减少煤炭、石油等化石能源的使用，提高太阳能、地热能、风能、生物质能等可再生能源的利用比例，降低能源消耗带来的碳排放。具体要做的，一是优化能源结构，逐步降低化石能源的占

比,大力推广可再生能源的规模化应用,构建“可再生能源为主、化石能源为辅”的低碳能源体系;二是加强城市能源输送和调配系统建设,提高能源利用效率,减少能源输送过程中的损耗;三是优化建筑、工业、交通等各个领域的能源消费结构,推广节能技术和设备,降低各领域的能源消耗。目前,城市能源系统的优化升级,还需要进一步推进。比如,在城市范围内建设集中式太阳能光伏电站、地源热泵供暖系统,为城市建筑和公共设施提供清洁电力和热能;在工业领域推广节能生产工艺,降低工业能源消耗;在建筑领域推广绿色建筑节能技术,减少建筑使用过程中的能源浪费。

城市交通系统规划是低碳城市规划的重要组成部分,核心目标是构建低碳化、智能化、高效化的城市交通体系,减少交通领域的碳排放。具体来说,要优化交通路网结构,完善公共交通网络,推广公共交通、慢行交通等绿色出行方式,减少私家车的使用量。比如,完善地铁、公交、轻轨等公共交通线路,提高公共交通的覆盖率和运行效率,引导居民多选择公共交通出行;规划建设专门的步行道、自行车道,打造安全、舒适的慢行出行环境,鼓励大家选择自行车、步行等绿色出行方式。同时,推广电动汽车、混合动力汽车等新能源交通工具,减少燃油车辆的使用,降低交通碳排放;加强交通智能化建设,优化交通信号管控,缓解交通拥堵,减少车辆怠速行驶带来的能源消耗和碳排放。

城市生态系统规划是低碳城市规划的基础内容,核心是保护城市生态环境,提高城市生态系统的碳吸收能力,实现城市生态系统的良性循环。具体要做的,一是预留足够的生态空间,包括城市公园、绿地、湿地、森林等,提高城市绿化覆盖率,增强植被的碳吸收能力;二是加强城市生态环境的修复和治理,改善城市空气质量和水环境质量,提高城市的生态承载能力;三是推广立体绿化、屋顶绿化等生态绿化方式,拓展城市绿化空间,进一步提升城市生态碳汇能力。另外,还要注重水资源的循环利用,加强雨水回收、中水处理等设施建设,提高水资源利用效率,减少水资源浪费。

城市基础设施规划是低碳城市规划的保障内容,核心是构建低碳化、智能化、高效化的城市基础设施体系,为低碳城市的正常运行提供支撑。城市基础设施规划主要包括给排水设施、垃圾处理设施、能源供应设施、通信设施等方面。在给排水设施方面,建设完善的雨水回收系统和

方面,推广垃圾分类回收、无害化处理和资源化利用,减少垃圾填埋、焚烧带来的环境污染和碳排放;在能源供应设施方面,完善可再生能源供应设施和能源输送设施,提高能源供应的稳定性和高效性;在通信设施方面,推进通信基础设施智能化建设,提高城市管理的智能化水平,减少能源消耗。

2.3 低碳城市规划的发展方向

随着低碳发展理念越来越深入人心,低碳城市规划的发展方向也越来越清晰,呈现出精细化、智能化、协同化、生态化的发展趋势,未来其发展的深度和广度还会进一步拓展。

精细化发展是低碳城市规划的重要方向。过去,很多低碳城市规划主要集中在宏观层面的布局,对微观层面的精细化管控不够,导致规划实施效果和预期有差距。未来,低碳城市规划会更加注重精细化设计和管控,结合城市不同区域的特点、不同建筑类型的需求,制定针对性的规划措施,做到“因地制宜、精准施策”。比如,针对城市居住区域,重点推进绿色建筑规模化发展,优化居住环境,减少居民生活中的碳排放;针对城市商业区域,重点优化商业建筑的节能运营模式,推广绿色商业理念,减少商业活动带来的碳排放;针对城市工业区域,重点推广节能生产工艺,推动工业废弃物资源化利用,降低工业碳排放。同时,会加强对规划实施过程的精细化管控,建立完善的监测评估体系,及时发现并解决规划实施过程中出现的问题,提高规划实施效果。目前,精细化规划的水平还需要进一步提升。

智能化发展是低碳城市规划的重要支撑。随着信息技术、人工智能技术的快速发展,智能化技术在城市规划、建设、运营中的应用越来越广泛,为低碳城市规划的推进提供了新的手段。未来,低碳城市规划会加强智能化技术的集成应用,构建智能化的城市管理体系、能源管理体系、交通管理体系等,提高城市运行效率,减少能源消耗和碳排放。比如,通过物联网技术,对城市建筑、能源设施、交通设施等进行实时监测,及时掌握能源消耗、碳排放等数据,为规划的调整和优化提供数据支撑;通过人工智能技术,优化城市交通信号管控、能源调配等工作,提高城市运行的智能化水平,减少能源浪费;通过大数据技术,分析城市居民的出行习惯、能源消费习惯等,为低碳规划的制定提供科学依据。目前,智能化技术的集成应用水平还需要进一步提高。

协同化发展是低碳城市规划的核心方向。低碳城市规

划的推进,离不开多个领域、多个主体的协同配合,不能孤立推进。未来,低碳城市规划会更加注重各系统之间、各主体之间的协同,实现绿色建筑与城市交通、生态绿化、基础设施等方面的协同发展,实现规划、建设、运营等环节的协同推进。比如,加强绿色建筑与城市交通的协同,优化建筑布局 and 交通路网布局,缩短居民出行距离;加强绿色建筑与城市生态绿化的协同,推广立体绿化、屋顶绿化等方式,提高城市生态碳汇能力;加强规划、建设、运营等环节的协同,建立完善的协同机制,确保规划方案能够顺利落地实施。目前,协同发展的机制建设还需要进一步完善。

生态化发展是低碳城市规划的根本方向。低碳城市规划的核心目标,是实现城市与自然的和谐共生,提高城市生态环境质量。未来,低碳城市规划会更加注重生态保护和生态修复,将生态理念贯穿于规划的全过程,进一步扩大城市生态空间,提高城市生态碳汇能力,改善城市人居环境。比如,加强城市湿地、森林、绿地等生态空间的保护和修复,提高植被的碳吸收能力;推广生态友好型建筑材料和技术,减少建筑对生态环境的影响;实现水资源、土地资源、能源资源的高效利用,推动城市生态系统的良性循环。目前,生态化规划的深度还需要进一步提高。

总的来说,低碳城市规划向精细化、智能化、协同化、生态化发展,会为绿色建筑的发展营造更好的环境,推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展,最终实现城市的可持续发展。

3 绿色建筑与低碳城市规划的实践现状与不足

3.1 实践现状概述

近年来,随着低碳发展理念的广泛传播和深入推进,绿色建筑与低碳城市规划的实践力度不断加大,在多个领域取得了一定成效,为城市低碳化、生态化发展奠定了良好基础,不过实践的广度和深度还需要进一步拓展。

在绿色建筑实践方面,绿色建筑规模化发展的趋势越来越明显,越来越多的建筑项目,在设计、施工和运营过程中,都会采用绿色建筑技术和标准,绿色建筑的数量不断增加,覆盖范围也越来越广。比如,在居住建筑领域,越来越多的住宅项目采用节能围护结构、可再生能源利用、雨水回收等绿色建筑技术,既提高了住宅的低碳水平,也提升了居住的舒适度;在公共建筑领域,图书馆、医院、写字楼等公共建筑,也纷纷按照绿色建筑标准建设,优化能源消耗和运营模式,减少碳排放。同时,绿色建筑技术

的应用水平也在不断提高,新型环保材料、节能设备、智能化技术等,在绿色建筑中的应用越来越广泛,推动绿色建筑的品质不断提升。不过,绿色建筑的实践效果,还需要进一步改善。

在低碳城市规划实践方面,越来越多的城市开始探索和推进低碳城市规划,结合自身特点制定低碳城市规划方案,优化城市空间布局、能源系统、交通系统、生态系统等,推动城市向低碳化发展。比如,部分城市通过优化城市空间结构,打造紧凑型城市,避免城市无序扩张;推广可再生能源规模化应用,建设太阳能光伏电站、地源热泵系统等;完善公共交通网络,推广绿色出行方式,减少私家车使用;扩大城市绿化面积,提高城市生态碳汇能力。同时,低碳城市规划的理念也逐渐深入人心,越来越多的规划设计单位、建设单位,开始重视低碳规划和建设,推动低碳城市规划落地实施。不过,低碳城市规划的实践成效,还需要进一步显现。

此外,绿色建筑与低碳城市规划的协同发展水平也在不断提高,越来越多的城市在低碳城市规划中,明确提出要推动绿色建筑规模化发展,将绿色建筑作为低碳城市建设的重要载体,实现二者的有机融合。比如,在城市新区规划中,同步规划建设绿色建筑集群和低碳基础设施,推动绿色建筑与城市交通、生态绿化等方面的协同发展;在城市更新过程中,对既有建筑进行绿色化改造,结合低碳城市规划要求,优化建筑周边环境和基础设施,提高城市整体的低碳水平。不过,二者协同发展的效果,还需要进一步提升。

3.2 当前实践环节中存在的不足

虽然绿色建筑与低碳城市规划的实践取得了一定成效,但在实践过程中,仍然存在一些不足,这些问题影响了二者协同发展的效果,还需要进一步解决。

第一,绿色建筑技术的集成应用水平还不够高。目前,很多绿色建筑在技术应用上,大多是单一技术单独使用,缺乏多种技术的集成应用,导致绿色建筑的低碳效果没有充分发挥出来。比如,部分绿色建筑只采用了节能围护结构技术,没有结合可再生能源利用、雨水回收等技术,建筑的能源消耗和碳排放仍然偏高;还有一些绿色建筑的技术应用,缺乏系统性设计,各技术之间没有很好的协同配合,影响了绿色建筑的整体低碳效果。

第二,低碳城市规划的精细化水平有待提升。当前,部分城市的低碳城市规划,仍然停留在宏观层面,对微观层面的精细化管控不够,规划方案的针对性和可操作性不

强。比如，部分城市的低碳城市规划，只明确了整体的低碳目标和大致的规划方向，没有结合城市不同区域、不同建筑类型的特点，制定具体的规划措施；还有一些规划方案，缺乏对实施过程的细节管控，导致规划实施过程中出现偏差，影响了规划实施效果。

第三，绿色建筑与低碳城市规划的协同性不够。目前，绿色建筑与低碳城市规划的发展，往往是相互独立的，缺乏有效的协同机制，导致二者难以形成发展合力。比如，部分城市在制定低碳城市规划时，没有充分考虑绿色建筑的发展需求，绿色建筑的布局与城市空间布局、基础设施布局等不够协同，限制了绿色建筑的发展；还有一些绿色建筑项目的建设，没有充分结合低碳城市规划的要求，导致绿色建筑与城市交通、生态绿化等方面的协同性不足，无法充分发挥绿色建筑的低碳效益。

第四，绿色建筑的运营管理水平还不够高。绿色建筑的低碳效果，不仅取决于设计和施工阶段，更取决于运营管理阶段。当前，部分绿色建筑的运营管理水平偏低，导致建筑的能源消耗和碳排放超出预期。

4 绿色建筑与低碳城市规划的协同发展策略

4.1 强化绿色建筑技术集成应用，提升低碳技术支撑能力

强化绿色建筑技术的集成应用，是提高绿色建筑低碳水平、推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展的关键。这就需要构建完善的绿色建筑技术集成体系，推动多种技术协同应用，提升技术支撑能力。

首先，要构建绿色建筑技术集成体系，明确技术集成的目标和方向，推动节能、节材、节水、环保、生态等各类绿色建筑技术的协同应用。比如，将围护结构节能技术与可再生能源利用技术结合起来，优化建筑的能源消耗结构，减少化石能源的使用；将雨水回收技术与中水处理技术结合起来，实现水资源的循环利用，减少水资源浪费；将立体绿化技术与建筑节能技术结合起来，改善建筑周边微气候，降低建筑室内温度，减少空调使用。同时，要结合不同建筑类型的需求，制定针对性的技术集成方案。比如，居住建筑重点集成节能围护结构、可再生能源利用、雨水回收等技术，提升居住舒适度和低碳水平；公共建筑重点集成节能运营、智能化管理、绿色照明等技术，降低运营阶段的能源消耗和碳排放。

其次，要加强绿色建筑技术的创新研发，提升核心技术水平。要加大对新型低碳建筑技术、环保材料、节能设备的研发投入，鼓励相关单位开展技术创新，突破传统技

术瓶颈，研发出高效、节能、环保的新型绿色建筑技术。比如，研发新型高效保温隔热材料，提高建筑围护结构的节能效果；研发高效可再生能源利用技术，提升太阳能、地热能等可再生能源的利用效率；研发智能化建筑管理技术，实现建筑能源消耗的实时监测和优化调控。同时，要加强技术成果的转化应用，把研发的新型技术及时运用到绿色建筑实践中，提升绿色建筑的技术水平和低碳效果。

最后，要加强绿色建筑技术的标准化建设，规范技术应用流程。要制定完善的绿色建筑技术应用标准，明确各类技术的应用要求、验收标准等，确保技术应用的规范性和科学性。比如，制定绿色建筑节能技术应用标准，明确围护结构节能、可再生能源利用等技术的应用参数和验收标准；制定绿色建筑环保材料应用标准，规范环保材料的选用和使用流程。同时，要加强对技术应用过程的监督管理，确保技术应用符合标准要求，充分发挥技术的低碳效益。通过强化绿色建筑技术集成应用，能够有效提升绿色建筑的低碳水平，为低碳城市规划的推进提供强有力的技术支撑，推动二者协同发展。

4.2 提升低碳城市规划精细化水平，优化城市空间布局

提升低碳城市规划的精细化水平，优化城市空间布局，是推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展的重要举措，能够为绿色建筑的规模化发展提供良好的空间载体，提高城市整体的低碳水平。

首先，要加强低碳城市规划的精细化设计，结合城市不同区域的自然条件、资源禀赋、发展需求等，制定针对性的规划方案。比如，在城市居住区域，合理控制建筑密度和容积率，预留足够的绿化空间，规划建设绿色建筑集群，配套完善的公共服务设施和绿色基础设施，缩短居民出行距离，降低交通碳排放；在城市商业区域，优化商业建筑布局，推广绿色商业建筑，配套完善的公共交通设施，倡导绿色消费理念，减少商业活动带来的碳排放；在城市工业区域，集中布局工业企业，推广节能生产工艺和清洁生产，加强工业废弃物的资源化利用，降低工业碳排放。同时，要加强对规划细节的管控，明确各类建筑的绿色建筑标准和技术应用要求，确保规划方案具有可操作性。

其次，要优化城市空间结构，构建紧凑型、集约化的城市发展格局。要避免城市无序扩张，合理利用土地资源，提高土地利用效率，推动城市走集约化发展道路。比如，加强城市中心区域的改造和升级，提高中心区域的功能密度，减少城市边缘区域的盲目开发；推动城市功能区域的融合发展，实现居住、商业、公共服务等功能的协同布局，

缩短功能区域之间的通勤距离,降低交通碳排放。同时,要预留足够的生态空间,加强城市公园、绿地、湿地、森林等生态空间的保护和建设,提高城市的生态碳汇能力。

最后,要完善低碳城市规划的监测评估体系,加强对规划实施过程的精细化管控。要建立良好的监测指标体系,涵盖能源消耗、碳排放、生态环境、土地利用等多个方面,通过物联网、大数据等智能化技术,对规划实施过程中的各项指标进行实时监测,及时掌握规划实施情况。同时,要建立定期评估机制,对规划实施效果进行评估,根据评估结果及时调整优化规划方案,解决规划实施过程中出现的问题,确保规划方案能够顺利实施。提升低碳城市规划精细化水平,优化城市空间布局,能够为绿色建筑的发展提供良好的空间环境,推动二者协同发展,提升城市整体的低碳水平和生态质量。

4.3 构建协同发展机制,推动绿色建筑与低碳城市规划融合

构建完善的协同发展机制,是推动绿色建筑与低碳城市规划深度融合、形成发展合力的关键,需要加强各主体、各系统之间的协同配合,实现二者的有机融合。

首先,要建立规划协同机制,将绿色建筑发展纳入低碳城市规划的整体布局中,实现二者同步规划、同步实施、同步推进。在制定低碳城市规划时,要充分考虑绿色建筑的发展需求,明确绿色建筑的布局、规模、技术标准等要求,将绿色建筑作为低碳城市建设的重要载体;在绿色建筑项目的规划设计过程中,要严格遵循低碳城市规划的要求,确保绿色建筑与城市空间布局、基础设施布局、生态绿化布局等相协同。比如,在城市新区规划中,同步规划建设绿色建筑集群和低碳基础设施,推动绿色建筑与城市交通、生态绿化等方面的协同发展;在城市更新过程中,对既有建筑进行绿色化改造,结合低碳城市规划要求,优化建筑周边环境和基础设施。

其次,要加强主体协同配合,推动规划设计单位、建设单位、运营单位、科研单位等相关主体的协同合作。规划设计单位要加强绿色建筑与低碳城市规划的协同设计,注重各系统之间的协同配合,提高规划设计的科学性和合理性;建设单位要严格按照规划设计方案和绿色建筑标准进行施工建设,注重施工过程的低碳管控,推广绿色施工技术,减少施工过程中的碳排放和环境污染;运营单位要加强绿色建筑的运营管理,优化运营模式,提高运营效率,减少运营阶段的能源消耗和碳排放;科研单位要加强绿色建筑与低碳城市规划相关技术的研发和创新,为二者的协同发展提供技术支撑。同时,要建立健全沟通协作机制,

加强各主体之间的沟通交流,及时解决协同发展过程中出现的问题。

最后,要推动系统协同发展,实现绿色建筑与城市能源、交通、生态、基础设施等系统的协同融合。加强绿色建筑与城市能源系统的协同,推广可再生能源规模化应用,实现建筑能源与城市能源的协同调配;加强绿色建筑与城市交通系统的协同,优化建筑布局和交通路网布局,缩短居民出行距离,推广绿色出行方式;加强绿色建筑与城市生态系统的协同,推广立体绿化、屋顶绿化等生态绿化方式,提高城市生态碳汇能力;加强绿色建筑与城市基础设施的协同,完善雨水回收、垃圾处理等基础设施,实现资源的循环利用。通过构建协同发展机制,推动绿色建筑与低碳城市规划深度融合,能够充分发挥二者的优势,形成发展合力,提升城市整体的低碳水平和生态质量。

4.4 提升绿色建筑运营管理水平,保障全生命周期低碳效果

提升绿色建筑的运营管理水平,是保障绿色建筑全生命周期低碳效果、推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展的重要保障,需要加强运营管理体系建设,优化运营管理模式。

首先,要建立完善的绿色建筑运营管理体系,明确运营管理的要求,规范运营管理流程。要制定绿色建筑运营管理标准,明确运营管理的各项指标和要求,比如能源消耗指标、碳排放指标、水资源利用指标等,确保运营管理的规范性和科学性。同时,要明确运营单位的责任,加强对运营管理过程的监督管理,确保运营单位严格按照标准开展运营管理工作。比如,运营单位要建立能源消耗、碳排放等数据的监测和统计制度,及时掌握建筑运营过程中的能源消耗和碳排放情况,针对存在的问题及时采取优化措施。

其次,要优化绿色建筑运营管理模式,推广智能化运营管理技术,提高运营管理效率。要加强智能化技术在绿色建筑运营管理中的应用,构建智能化的运营管理平台,通过物联网、大数据、人工智能等技术,对建筑内的节能设备、照明设备、空调系统等进行实时监测和智能调控,优化设备运行模式,提高设备运行效率,减少能源消耗。比如,通过智能化平台对空调系统的运行参数进行实时调整,根据室内外温度、湿度等环境参数,优化空调运行状态,减少空调能源消耗;通过智能化平台对照明设备进行智能控制,实现人走灯灭,减少照明能源浪费。同时,要加强对建筑使用者的引导,普及低碳生活理念,鼓励使用者养成节约能源、减少浪费的良好习惯,比如引导使用者

合理设置空调温度、减少不必要的用电设备使用等。

最后,要完善绿色建筑废弃物回收利用机制,提高废弃物回收利用效率,实现全生命周期的低碳环保。要建立建筑废弃物分类回收制度,对建筑施工和运营过程中产生的废弃物进行分类回收、破碎加工、再生利用,将建筑垃圾转化为再生建筑材料,用于道路基层、建筑回填等环节,减少建筑垃圾的填埋量,提高资源利用效率。同时,要推广建筑材料的循环利用,在建筑维修、改造过程中,优先回收利用可回收的建筑材料,减少新建筑材料的使用,降低材料生产过程中的能源消耗和碳排放。提升绿色建筑运营管理水平,能够有效保障绿色建筑全生命周期的低碳效果,推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展,实现城市的可持续发展。

4.5 加大生态碳汇能力提升力度,完善城市生态系统建设

加大生态碳汇能力提升力度,完善城市生态系统建设,是推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展、实现城市低碳化发展的重要基础,能够有效吸收城市碳排放,改善城市生态环境质量。

首先,要扩大城市生态空间,加强城市生态绿化建设,提高城市绿化覆盖率。在低碳城市规划中,要预留足够的生态空间,重点建设城市公园、绿地、湿地、森林等生态设施,扩大绿化面积,提高植被的碳吸收能力。比如,在城市道路两侧、河流沿岸、公园广场等区域种植绿色植物,构建城市绿色廊道;在城市闲置土地上建设口袋公园、社区绿地等,拓展城市绿化空间。同时,要加强对现有生态空间的保护和修复,改善生态环境质量,提高生态系统的稳定性和碳汇能力。

其次,要推广立体绿化、屋顶绿化等生态绿化方式,拓展城市绿化空间,提高城市生态碳汇能力。在绿色建筑建设过程中,要大力推广屋顶绿化、垂直绿化、阳台绿化等立体绿化方式,这不仅能美化建筑环境,还能吸收二氧化碳、释放氧气,改善建筑周边微气候,降低建筑室内温度,减少空调使用,同时提高城市的生态碳汇能力。比如,在建筑屋顶种植耐旱、易养护的绿色植物,打造屋顶花园;在建筑墙面设置垂直绿化系统,种植攀缘植物,提高建筑的绿化覆盖率。同时,要制定相关的引导措施,鼓励建设单位推广立体绿化方式,提高立体绿化的覆盖率和养护水平。

最后,要加强城市生态环境的修复和治理,提高生态系统碳汇能力。针对城市生态环境存在的问题,采取针对性的修复和治理措施,比如加强城市水环境治理,改善河流、湖泊等水体的水质,提高水体的生态功能;加强城市

土壤污染治理,修复污染土壤,提高土壤的碳储存能力;加强城市空气质量治理,减少大气污染物排放,改善空气质量,为植被生长提供良好的环境。同时,要建立城市生态系统监测评估体系,对城市生态碳汇能力进行实时监测和评估,根据评估结果及时调整生态建设方案,提高城市生态碳汇能力。加大生态碳汇能力提升力度,完善城市生态系统建设,能够有效吸收城市碳排放,改善城市生态环境质量,为绿色建筑与低碳城市规划的协同发展提供良好的生态基础。

4.6 推动绿色建筑规模化发展,构建低碳建筑集群

推动绿色建筑规模化发展,构建低碳建筑集群,是推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展的重要路径,能够形成规模效应,提高城市整体的低碳水平。

首先,要制定绿色建筑规模化发展规划,明确绿色建筑的发展目标、规模和布局,推动绿色建筑在城市各区域的均衡发展。在低碳城市规划的框架下,结合城市不同区域的发展需求,制定绿色建筑规模化发展方案。比如,在城市新区,全面推行绿色建筑标准,建设绿色建筑集群;在城市旧区,加快既有建筑的绿色化改造,提高旧区建筑的低碳水平;在城市重点区域,如商业中心、行政中心等,建设高品质的绿色公共建筑,发挥示范引领作用。同时,要明确绿色建筑的发展时序,分阶段推进绿色建筑规模化发展,确保发展目标的实现。

其次,要加强绿色建筑项目的统筹推进,鼓励建设单位开发绿色建筑项目,提高绿色建筑的数量和品质。要制定相关的引导措施,鼓励建设单位采用绿色建筑标准进行项目开发,比如对绿色建筑项目给予优先审批、简化审批流程等优惠政策;鼓励建设单位加大绿色建筑技术与环保材料的投入,提高绿色建筑的品质。同时,要加强对绿色建筑项目的质量监管,严格按照绿色建筑标准进行验收,确保绿色建筑项目的质量和低碳效果。比如,加强对绿色建筑施工过程的监督管理,确保施工过程符合绿色施工标准;加强对绿色建筑竣工后的验收,确保建筑的节能、环保等指标符合要求。

最后,要构建低碳建筑集群,实现绿色建筑的集中布局 and 协同发展。在城市规划中,规划建设绿色建筑集群,将居住、商业、公共服务等各类绿色建筑集中布局,配套完善的低碳基础设施、生态绿化设施、公共交通设施等,形成功能完善、低碳高效的建筑集群。比如,建设绿色住宅集群,配套建设绿色商业中心、绿色学校、绿色医院等公共建筑,完善公共交通网络和慢行交通设施,缩短居民

出行距离,降低交通碳排放;建设绿色产业园区,集中布局绿色工业建筑、绿色办公建筑,推广节能生产工艺和可再生能源利用技术,降低产业园区的碳排放。构建低碳建筑集群,能够形成规模效应,提高绿色建筑的低碳效果,推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展,提升城市整体的低碳水平。

4.7 加强宣传引导,提升全社会低碳意识

加强宣传引导,提升全社会低碳意识,是推动绿色建筑与低碳城市规划协同发展的重要保障,能够营造良好的社会氛围,引导全社会积极参与低碳城市建设。

首先,开展多渠道、多形式的宣传活动,普及绿色建筑与低碳城市规划的相关知识理念。通过电视、广播、报纸、网络等多种媒体渠道,宣传绿色建筑的优势、低碳城市规划的重要意义,普及低碳生活、低碳消费的相关知识,提升全社会对绿色建筑与低碳城市规划的认知度与认可度。例如,制作绿色建筑与低碳城市规划的宣传短片、海报、手册等,通过媒体平台进行广泛传播;举办绿色建筑与低碳城市规划的专题讲座、展览等活动,向社会公众普及相关知识与理念。

其次,加强对相关从业人员的培训,提升从业人员的专业水平与低碳意识。针对规划设计人员、施工人员、运营管理人员等相关从业人员,开展绿色建筑与低碳城市规划相关知识的培训,提升从业人员的专业技能与低碳意识,确保从业人员能够严格按照绿色建筑标准与低碳城市规划要求开展工作。例如,举办绿色建筑技术培训、低碳城市规划培训等,提升从业人员的技术水平与规划能力;开展低碳理念培训,引导从业人员树立低碳发展理念,将低碳理念贯穿工作的全过程。

最后,引导社会公众积极参与绿色建筑与低碳城市建设,养成低碳生活习惯。通过开展低碳生活倡议活动、绿色建筑体验活动等,引导社会公众积极参与低碳城市建设,例如,鼓励公众选择绿色建筑居住、选择公共交通出行、

节约水电资源、减少废弃物排放等。同时,建立公众参与机制,鼓励公众对绿色建筑与低碳城市规划的实施过程进行监督,提出合理化建议,形成全社会共同参与、共同推进的良好氛围。加强宣传引导,提升全社会低碳意识,能够为绿色建筑与低碳城市规划的协同发展营造良好的社会环境,推动二者持续健康发展。

5 结论

绿色建筑与低碳城市规划是现代城市可持续发展的重要支撑,在优化人居环境、减少碳排放、节约能源资源、提升生态质量等方面占据关键地位,对推动城市建设朝着低碳化、集约化、生态化方向发展具有重要意义。相关规划设计、建设、运营等主体今后应严格落实本文提出的各项策略,强化绿色建筑技术集成应用,提升低碳城市规划精细化水平,构建二者协同发展机制,提升绿色建筑运营管理水平,加大城市生态碳汇能力提升力度,推动绿色建筑规模化发展,构建低碳建筑集群,同时加强宣传引导提升全社会低碳意识,推动各项策略落地见效。进一步实行这些发展策略,能够有效解决当前绿色建筑与低碳城市规划实践中存在的不足,推动二者深度融合、协同发展,充分发挥绿色建筑的低碳优势与低碳城市规划的整体引领作用,减少城市建设与运行阶段的碳排放,提升城市生态环境质量与宜居水平,实现能源资源的高效利用与生态系统的良性循环。

参考文献:

- [1] 范志强.面向“双碳”目标的低碳城市片区规划研究[D].北京:北京建筑大学,2023.
- [2] 赵华,李昭君.低碳城市规划中绿色建筑星级指标的确定方法研究——以北京市丽泽金融商务区为例[J].建筑技艺,2018(02):120-121.
- [3] 余雪.基于低碳城市的控制性详细规划指标体系研究[D].南京:南京大学,2012.