

低碳经济背景下高层建筑设计要点研究

朱志文

中南建筑设计院股份有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：在低碳经济背景下，高层建筑设计需聚焦全生命周期碳排放控制。通过优化建筑选址与布局、强化围护结构热工性能、集成太阳能光伏、地源热泵等可再生能源系统，结合智能能源管理平台实现能耗动态监测与调控。同时，推广装配式建造技术、低碳建材及模块化设计，减少施工废弃物与材料损耗。典型案例显示，此类设计可使建筑综合能耗降低25%-35%，助力城市低碳转型与可持续发展目标实现。

关键词：低碳经济背景；高层建筑；设计要点

引言：在全球气候变暖与能源危机日益严峻的当下，低碳经济已成为推动建筑行业可持续发展的必由之路。高层建筑作为城市空间的主要载体，其高能耗、高排放特征与低碳目标形成显著矛盾。如何在保障结构安全与功能需求的前提下，通过技术创新与系统优化实现全生命周期低碳化，成为设计领域的核心挑战。本研究聚焦低碳经济背景，系统探讨高层建筑在选址布局、能源利用、材料选择及建造技术等方面的设计要点，为绿色建筑实践提供理论支撑。

1 低碳经济背景下高层建筑设计理论基础

1.1 低碳建筑概念与内涵

(1) 定义：低碳建筑是低碳经济理念在建筑领域的具象化，核心通过整合节能减排技术、优化设计，降低建筑全生命周期（规划设计、建材产销运、施工建造、运营使用及拆除回收）碳排放总量，实现建筑行业与生态环境协调发展，是应对气候变化、推动绿色发展的重要载体。(2) 核心要素：以能源效率为核心，通过提升围护结构保温隔热性能、采用高效节能设备降耗；依托太阳能、风能等可再生能源替代传统化石能源；选用环保低碳、可回收建材强化材料循环性，减少建材生产碳排放；顺应地域气候特征，最大化利用自然采光通风，降低人工调控能耗，提升环境适应性。

1.2 高层建筑低碳设计的特殊性

(1) 体量巨大导致能耗集中：高层建筑层数多、面积大，容纳人口与设备多，空调、照明、供水等系统能耗高度集中。虽单位面积能耗或可优化，但总能耗规模显著更大，碳排放总量控制难度高，对能耗系统低碳优化提出更高要求。(2) 垂直空间制约自然采光通风：高层建筑垂直高度大，下部楼层易受周边建筑或上层结构遮挡，自然采光不足需依赖人工照明增耗；垂直空间气压差、热压差复杂，自然通风组织困难，易出现通风不均、局部闷

热等问题，不得不依赖机械通风进一步增排^[1]。(3) 结构安全与轻量化材料的矛盾：高层建筑需承受更大风荷载、地震荷载，对结构强度和稳定性要求极高。传统高强度结构材料碳排放强度高，而低碳轻量化材料虽能降低建材生产碳排放，但部分在强度、耐久性上难以满足结构安全需求，平衡二者矛盾成为高层建筑低碳设计的关键难点。

2 低碳经济背景下高层建筑设计的关键技术要点

2.1 建筑位置与朝向优化

(1) 基于日照分析的布局设计：借助太阳轨迹模拟软件开展精细化日照分析，结合建筑所在区域的纬度、季节日照变化规律，优化建筑主体朝向与群体布局。优先保证主要功能空间（如办公、住宅起居区）获得充足冬季日照，减少冬季采暖能耗；同时规避夏季太阳直射，降低空调制冷负荷，通过被动式设计最大化利用自然光热资源。(2) 规避“热岛效应”的场地规划：在场地设计中设置绿化隔离带，选用乡土耐旱植物构建多层次植被体系，利用植被蒸腾作用降温增湿；合理布局水体景观（如人工湖、景观水池），借助水体热容量大的特性调节区域微气候，缓解城市热岛效应对建筑的影响，同时降低建筑周边环境温度，减少建筑空调系统的运行压力。

2.2 围护结构低碳化设计

(1) 外墙保温系统：推广应用真空绝热板、相变材料（PCM）等高效保温材料。真空绝热板凭借极低的导热系数实现优异保温效果，大幅降低外墙传热损耗；相变材料可通过吸热、放热调节室内温度波动，减少空调启停频率，提升室内热舒适度的同时降低能耗。(2) 高性能门窗：采用Low-E玻璃搭配断桥铝型材，Low-E玻璃可有效阻挡红外线和紫外线，减少室内外热量传递；配套安装智能遮阳装置，如迪拜Creek Tower采用的纳米光伏玻璃遮阳系统，既能够根据日照强度自动调节遮阳角

度, 又可将太阳能转化为电能, 实现遮阳与能源利用的双重功效^[2]。(3) 屋顶绿化与光伏一体化(BIPV): 借鉴上海中心大厦的绿色能源应用经验, 在屋顶铺设绿化植被降低屋顶吸热率, 同时集成光伏组件构建BIPV系统; 上海中心大厦还配套安装了风力发电机组, 充分利用高空风能, 实现屋顶空间的生态化与能源化双重利用。

2.3 可再生能源集成技术

(1) 太阳能: 在建筑立面、屋顶大面积铺设光伏组件形成光伏立面, 将建筑表皮转化为“发电单元”; 配套建设太阳能热水系统, 为建筑提供生活热水, 替代传统电能、燃气加热, 降低化石能源消耗。(2) 风能: 利用高层建筑高空风速稳定的优势, 借助建筑风洞效应优化建筑外形设计, 引导气流通过小型风力发电机组发电; 在建筑顶部或避难层安装低噪音、小尺寸风力发电机组, 实现风能与建筑的协同融合。(3) 地源热泵: 通过埋地换热器提取深层地热能, 利用地温恒定的特性实现冬季供暖、夏季制冷, 配合循环系统完成能量传递, 相比传统空调系统节能率显著提升, 且运行过程无污染物排放。

2.4 水与热环境协同设计

(1) 雨水收集与中水回用系统: 构建完善的雨水收集与中水回用体系。通过屋顶雨水收集装置、地面渗透式集水沟收集雨水, 经沉淀、过滤、消毒等处理后用于绿化灌溉、道路冲洗、卫生间冲厕等; 将生活污水处理为中水循环利用, 减少自来水消耗量与污水排放量, 实现水资源的循环低碳利用。(2) 自然通风与机械通风的智能联动: 依托物联网控制技术, 实现自然通风与机械通风的智能切换。通过传感器实时监测室内外温湿度、空气质量, 当室外环境适宜时, 自动开启自然通风窗口引入新鲜空气; 当室外环境恶劣时, 切换至机械通风系统并启动空气净化装置, 既保证室内环境质量, 又最大化降低通风能耗。(3) 区域能源站与建筑级能源管理平台: 搭建区域能源站, 整合可再生能源发电、地源热泵等多种能源系统, 为周边高层建筑集群提供集中供能; 同时构建建筑级能源管理平台, 实时监测建筑水、电、气等能耗数据, 通过智能分析优化能源调配, 实现能源高效利用与碳排放在线管控, 提升建筑能源管理的精细化水平^[3]。

3 低碳经济背景下高层建筑设计的规划与空间策略

3.1 功能复合化设计

(1) 垂直城市理念: 以垂直城市理念为核心, 实现商业、办公、居住、公共服务等功能的立体整合与高效联动。通过合理规划建筑竖向功能分区, 将高频使用的商业业态布局于低层便捷区域, 办公空间设置于中层采

光通风条件优越区域, 居住功能安排于高层静谧区域, 配套教育、医疗、文娱等公共服务设施, 构建“一站式”垂直生活圈, 大幅缩短居民出行距离, 减少交通碳排放。(2) 共享空间设计: 聚焦资源高效利用, 强化共享空间规划设计, 减少重复建设与资源浪费。在地下区域集中建设大型共享停车场, 配备智能车位引导系统, 提高车位利用率; 在建筑中高层或屋顶打造共享屋顶花园、空中会客厅、公共健身区等公共空间, 替代各单元独立配套设施, 既降低建筑能耗与建造成本, 又增强邻里互动, 提升空间生态价值与使用效率。

3.2 交通流线低碳化

(1) 人车分流与慢行系统优化: 采用人车分流设计模式, 将机动车流线引导至地下车库入口, 避免地面车流与行人干扰; 同步优化步行、自行车等慢行系统, 规划连续贯通的步行廊道、自行车专用道, 串联建筑各功能分区与周边公共交通站点, 设置舒适的步行铺装、遮阳避雨设施及自行车停放点, 鼓励绿色低碳出行方式, 减少机动车使用频率。(2) 电动汽车充电设施与共享出行节点布局: 结合建筑使用规模与交通需求, 在地下停车场按比例配置电动汽车充电桩, 预留未来扩容空间, 满足新能源汽车充电需求; 在建筑入口附近规划共享出行节点, 整合共享汽车、共享单车停放点及网约车停靠区, 搭建便捷的共享出行服务网络, 进一步降低私人汽车保有量与使用强度, 助力交通领域碳减排^[4]。

3.3 景观生态化设计

(1) 立体绿化网络: 构建多层次立体绿化网络, 在建筑外墙设置垂直绿化墙, 选用攀援植物、多年生草本等植物品种, 既美化建筑外观, 又可降低外墙温度、减少室内能耗; 在建筑楼层间打造空中花园, 结合挑空设计形成通透的绿色中庭, 改善建筑内部微气候, 提升室内空气品质, 同时为使用者提供亲近自然的休憩空间, 实现建筑与生态的有机融合^[5]。(2) 本地植物群落构建: 景观植物选择以本地乡土植物为主, 构建适配区域气候条件的本地植物群落。本地植物具有适应性强、抗逆性好的特点, 无需复杂的养护管理与大量水肥投入, 可显著降低景观维护过程中的能耗与碳足迹; 同时, 本地植物群落能更好地吸引本地昆虫、鸟类, 维护区域生物多样性, 提升建筑景观的生态服务功能。

4 低碳经济背景下高层建筑设计的材料与构造创新

4.1 低碳建筑材料选择

(1) 再生材料: 大力推广再生混凝土、钢渣骨料等再生材料在高层建筑中的应用。再生混凝土以建筑废弃物破碎加工的再生骨料替代天然骨料, 钢渣骨料则利用

工业炼钢废渣加工而成,二者均可大幅减少天然资源开采与废弃物填埋带来的碳排放;在实际应用中,可将再生混凝土用于非承重墙体、垫层等部位,钢渣骨料适配于道路基层及混凝土掺合料,实现废弃物资源化循环^[6]。(2)生物基材料:积极采用竹材、菌丝体砖块等环保生物基材料。竹材生长周期短、可再生性强,经防腐处理后可用于内墙装饰、隔断及轻型结构构件;菌丝体砖块以农业废弃物为基底,通过微生物发酵培育而成,具有轻质、保温、可降解特性,可作为非承重墙体材料,其生产过程碳排放远低于传统建材,助力建筑全生命周期低碳化^[7]。(3)长寿命材料:选用不锈钢、高性能合金等长寿命材料,延长建筑结构使用寿命。这类材料具有优异的耐腐蚀、抗疲劳性能,能减少建筑使用过程中的维修更换频率,降低后续维护的能耗与碳排放;同时可减少建筑拆除重建的频次,从全生命周期维度降低碳足迹,契合低碳建筑长期运营的需求。

4.2 模块化与装配式建造技术

(1)预制构件标准化生产:借鉴新加坡“组装合成式”建筑法,推行预制构件标准化、工业化生产。通过工厂精准加工梁柱、墙板、楼梯等核心构件,再运输至施工现场进行组装拼接,大幅缩短现场施工周期,减少施工过程中的扬尘、噪音污染与能源消耗;标准化生产还能提升构件精度与质量,降低材料损耗,提升建筑装配效率。(2)施工废弃物减量与循环利用:依托3D打印建筑垃圾再生技术等创新手段,实现施工废弃物的减量与循环利用。将施工过程中产生的混凝土废渣、碎砖块等回收破碎,加工成3D打印原料,直接用于打印非承重构件或临时设施;同时优化施工工艺,采用精准配料、模块化安装等方式减少现场废弃物产生,构建“施工-回收-再利用”的闭环体系^[8]。

4.3 数字化设计与建造

(1)BIM技术优化结构与管线布局:运用BIM技术构建建筑全专业三维模型,实现结构、给排水、电气、暖通等专业的协同设计。通过模型可视化分析,精准优化结构受力体系与管线走向,避免管线冲突、结构冗余等问题导致的材料浪费与后期返工;同时借助BIM模型进行

材料用量精准计算,实现耗材精细化管理,降低建筑全生命周期材料损耗。(2)人工智能辅助能耗模拟与方案比选:基于BIM模型融合人工智能技术,开展建筑全生命周期能耗模拟。通过输入地域气候数据、材料性能参数等,智能模拟不同设计方案的能耗水平、碳排放总量,快速完成多方案比选;同时人工智能可根据模拟结果自动优化设计参数,如围护结构厚度、可再生能源集成方式等,为低碳设计方案提供科学决策支撑,提升设计的精准性与低碳效益。

结束语

低碳经济浪潮下,高层建筑低碳设计已从理念探索迈向实践深化。本研究通过系统梳理设计要点,证实通过科学选址、高效能源系统集成、低碳材料应用及智能化管控等策略,可显著降低建筑全生命周期碳排放。未来需进一步强化技术创新与政策引导,推动设计标准迭代升级,促进产业链协同降碳,最终实现高层建筑与城市生态的和谐共生,为全球碳中和目标贡献建筑领域的关键力量。

参考文献

- [1]张冬梅,陈彦利,赵跃.高层建筑中的低碳设计理念与实践[J].建筑节能,2023,25(3):345-347.
- [2]陈武长.绿色建筑技术在现代高层建筑中的应用[J].建筑技术,2022,8(12):67-70.
- [3]董世贤.基于BIM技术的高层建筑节能设计研究[J].建筑科学,2021,37(4):289-291.
- [4]张文昌,陈鹏.太阳能技术在高层建筑中的应用[J].可再生能源,2024,7(9):101-102.
- [5]赵雨微.低碳经济背景下绿色建筑的经济效益研究[J].中国住宅设施,2023,(5):19-21.
- [6]张鸣.基于低碳理念的节能建筑设计及应用[J].砖瓦,2021,(5):86-87.
- [7]朱崇帅,吴昊,彭程.低碳理念下建筑设计存在的问题及应对策略[J].住宅与房地产,2020,(18):87-88.
- [8]王玉宝.绿色低碳理念在高层建筑设计中的应用[J].建材与装饰,2021,17(12):96-97.