

低碳经济背景下高层建筑设计要点研究

孟婷婷

九易庄宸科技(集团)股份有限公司 河北 石家庄 050000

摘要:在低碳经济背景下,高层建筑设计需深度融合节能减排理念以应对全球气候变化与资源约束。本文从建筑选址、体型优化、材料选用、能源利用、水资源管理及智能系统应用六大维度,系统阐述低碳设计要点:通过合理利用自然资源、控制体型系数、优先选用可再生低能耗材料、集成太阳能与地源热泵系统、构建雨水-中水循环体系及部署智能监控平台,实现建筑全生命周期碳排放控制与综合效益提升。研究旨在为高层建筑低碳化转型提供理论支撑与实践路径,助力城市可持续发展目标达成。

关键词:低碳经济背景下; 高层建筑; 设计要点

引言:随着全球气候危机加剧与低碳经济转型加速,建筑行业作为能源消耗与碳排放的主要领域,其低碳化发展已成为应对环境挑战的关键路径。高层建筑因体量庞大、功能复杂,其碳排放强度显著高于普通建筑,亟需通过系统性设计策略实现节能减排。当前,我国“双碳”战略明确要求建筑领域全链条减碳,而高层建筑低碳设计需兼顾技术可行性与经济合理性,在满足功能需求的同时,最大限度降低资源消耗与环境影响。本文聚焦低碳经济背景下高层建筑设计的核心要点,分析其技术逻辑与实践价值,为推动建筑行业绿色转型提供参考。

1 低碳设计理念在高层建筑中的重要性

1.1 响应全球低碳发展趋势

在全球气候危机加剧的背景下,低碳发展已成为国际社会的共识。联合国《巴黎协定》明确要求将全球温升控制在 1.5°C 以内,各国纷纷制定碳中和目标,推动能源、建筑、交通等重点领域减排。高层建筑作为城市能源消耗与碳排放的主要载体,其低碳化转型是应对气候变化的关键环节。据统计,全球建筑运行阶段碳排放占比约28%,其中高层建筑因体量庞大、设备密集,单位面积能耗是普通建筑的3-5倍。通过低碳设计理念的应用,如优化建筑体型、采用可再生能源、提升围护结构性能等,可显著降低高层建筑全生命周期碳排放,助力城市实现碳达峰、碳中和目标。

1.2 符合国家可持续发展战略

我国“十四五”规划明确提出“推动绿色低碳发展,促进人与自然和谐共生”的战略目标,并将建筑领域作为节能减排的重点领域。高层建筑低碳设计直接响应国家可持续发展战略,通过资源高效利用、环境友好型技术集成,实现经济效益、社会效益与生态效益的统

一。例如,通过合理选址与周边环境协调,可减少对生态系统的破坏;采用可再生能源与智能节能系统,能降低对化石能源的依赖;推广绿色建材与循环利用技术,可减少建筑垃圾排放。

1.3 提升建筑的综合效益

低碳设计理念通过技术集成与系统优化,可显著提升高层建筑的综合效益。从经济层面看,低碳设计虽可能增加初期投资,但通过节能系统运行、可再生能源利用及水资源循环,可降低长期运营成本。例如,太阳能光伏系统与地源热泵的集成应用,可使建筑能源自给率提升30%以上;智能能源管理系统通过实时监测与动态调控,可减少15%-20%的能源浪费。从社会层面看,低碳建筑能提供更健康的室内环境,如优化自然通风与采光设计可减少空调使用,降低室内污染物浓度;绿色建材的应用可避免有害物质释放,保障居住者健康^[1]。

2 低碳经济背景下高层建筑设计要点

2.1 建筑选址与周边环境协调

2.1.1 充分考虑自然资源利用

高层建筑选址应优先选择自然资源丰富的区域,以最大化利用太阳能、风能及地热等可再生能源。例如,朝南布置建筑主体可增加日照时长,为太阳能光伏系统或集热器提供充足能量;结合场地地形设计通风廊道,可利用自然风压降低夏季空调负荷;地下空间开发时,可评估地源热泵系统的适用性,通过地下浅层地热能实现冬季供暖与夏季制冷。

2.1.2 与周边基础设施相融合

高层建筑选址需紧密衔接城市交通、能源及公共服务网络,降低基础设施重复建设带来的碳排放。例如,靠近地铁、公交枢纽的选址可鼓励绿色出行,减少私人交通能耗;接入区域集中供热/冷系统,可避免分散式锅

炉或空调的高能耗运行；周边配备垃圾分类回收站、雨水调蓄池等设施，可支持建筑废弃物资源化与雨水循环利用。

2.1.3 保护和改善周边生态环境

高层建筑开发需以生态保护为前提，避免对场地原有生态系统造成不可逆破坏。选址应避开湿地、森林等生态敏感区，保留场地内的原生植被与水系，并通过垂直绿化、屋顶花园等设计手段增加建筑绿量，补偿生态损失。施工过程中需采取水土保持措施，减少扬尘与污水排放；运营阶段可通过雨水花园、透水铺装等海绵城市技术，增强场地雨水渗透与净化能力，缓解城市内涝。

2.2 建筑体型设计优化

2.2.1 控制建筑体型系数

建筑体型系数是指建筑物外表面积与其包围体积的比值，是衡量建筑热工性能的关键指标。体型系数越小，建筑与外界环境的热交换面积越少，冬季保温与夏季隔热效果越显著，从而降低空调与采暖能耗。高层建筑设计中，应通过简化立面造型、减少凹凸变化、控制建筑高度与进深比例等方式控制体型系数。例如，采用矩形或方形平面布局、避免复杂曲面或悬挑结构，可有效降低外表面积；结合功能需求合理划分建筑体块，避免分散式布局导致的热损失增加。研究表明，体型系数每降低0.1，建筑能耗可减少约5%-8%，对实现低碳目标具有重要意义。

2.2.2 优化建筑平面布局

建筑平面布局直接影响自然采光、通风效率及空间利用率，是低碳设计的重要环节。优化平面布局需遵循“紧凑合理、功能分区明确”原则：将主要使用空间布置在南向或景观朝向，减少人工照明与机械通风需求；辅助空间（如楼梯间、卫生间）置于北向或核心筒位置，形成天然热缓冲层；通过中庭、采光井等设计引入自然光，降低白天照明能耗。此外，平面布局应避免长走廊或大进深空间，减少照明与空调覆盖范围。

2.2.3 考虑建筑风环境影响

高层建筑风环境设计需兼顾室内通风效率与室外行人安全。通过计算流体力学（CFD）模拟，优化建筑朝向、开口位置及体型设计，引导自然风进入室内，减少机械通风依赖。例如，将建筑长轴垂直于夏季主导风向，利用穿堂风效应降低室内温度；在建筑迎风面设置导风板或开口，增强风压通风效果。同时，需避免建筑群布局形成“狭管效应”或“涡流区”，防止强风对行人造成安全隐患。对于超高层建筑，可通过塔楼旋转、体型收分等设计手法削弱风荷载，降低结构能耗；结合

屋顶绿化或遮阳构件，进一步改善建筑表面风压分布，实现风环境与低碳目标的协同优化。

2.3 低碳环保材料的选用

2.3.1 优先选择可再生、低能耗材料

在高层建筑设计中，优先选用可再生或低能耗材料是降低碳排放的核心策略。可再生材料如竹材、速生木材、秸秆板等，通过自然循环再生减少对有限资源的依赖；低能耗材料则通过优化生产工艺（如利用工业废渣制成的加气混凝土、再生骨料混凝土）或本地化供应（缩短运输距离）降低隐含碳排放。例如，竹材的强度与钢材相近，但生长周期仅3-5年，且加工能耗仅为混凝土的1/5；再生钢材通过回收废旧金属熔炼，可减少90%以上的能源消耗。

2.3.2 评估材料的全生命周期碳排放

低碳材料选择需基于全生命周期评估（LCA）方法，综合考量材料从原料开采、生产加工、运输安装到使用维护、拆除回收各阶段的碳排放。例如，传统铝材因电解工艺能耗高，全生命周期碳排放是钢材的3倍，但通过回收再生可降低80%以上排放；保温材料中，聚苯板（EPS）生产能耗低，但难以降解，而岩棉虽能耗较高，却可100%回收再利用。设计时应建立材料碳排放数据库，对比不同方案的LCA结果，优先选择单位功能碳排放最低的材料组合^[2]。

2.3.3 注重材料的环保性能和耐久性

低碳材料需兼顾环保性与耐久性，避免因频繁更换或污染环境导致隐性碳排放增加。环保性能方面，应选用无甲醛、低VOC（挥发性有机物）的装饰材料，减少室内空气污染；采用水性涂料、无机保温材料等替代传统溶剂型产品，降低生产与使用过程中的有害物质排放。耐久性设计则需通过材料改性（如添加防腐剂、抗老化剂）、结构保护（如设置防水层、遮阳构件）及定期维护，延长材料使用寿命。高性能混凝土通过掺入纤维增强抗裂性，减少维修频次。耐久性提升可降低材料更换频率，从全生命周期角度减少资源消耗与碳排放。

2.4 能源利用与节能系统设计

2.4.1 充分利用太阳能

高层建筑应通过主动与被动式设计结合，最大化利用太阳能资源。被动式方面，优化建筑朝向与窗墙比，使主要功能空间获得充足日照，减少冬季采暖能耗；设置遮阳构件（如可调节百叶、导光板）控制夏季太阳辐射，降低空调负荷。主动式方面，在屋顶、立面或附属结构上安装太阳能光伏板，将光能转化为电能供建筑使用；太阳能热水系统可满足生活热水需求，替代燃气或

电加热。

2.4.2 合理运用地源热泵系统

地源热泵系统利用地下浅层地热能（恒温10-25°C）实现高效供暖与制冷，其能耗仅为传统空调系统的30%-50%。高层建筑设计中，需通过地质勘查评估地下热交换条件，选择垂直地埋管、水平埋管或地表水热泵等适宜形式。例如，垂直地埋管系统通过钻孔埋设U型管，与土壤进行热量交换，适合用地紧张的城市高层；结合余热回收技术，可将热泵排热用于生活热水或泳池加热，进一步提升系统能效。

2.4.3 优化建筑围护结构保温隔热性能

围护结构性能直接影响建筑能耗，需通过材料与构造优化提升保温隔热能力。外墙可采用真空绝热板、岩棉板等高效保温材料，结合断桥铝合金窗、Low-E中空玻璃，降低热传导与热辐射损失；屋顶设置绿化或反射涂层，减少太阳辐射吸收；地下室外墙与底板采用防水保温一体化设计，阻断冷桥。例如，超低能耗建筑通过增加外墙保温层厚度（如200mm以上岩棉），使传热系数降至 $0.15W/(m^2 \cdot K)$ 以下，冬季采暖能耗可降低60%-70%。

2.4.4 智能能源管理系统的应用

智能能源管理系统通过物联网、大数据与AI技术，实现建筑能源的实时监测、分析与优化调控。系统集成照明、空调、电梯等设备数据，结合室内外环境参数（如温度、湿度、光照）与用户行为模式，自动调整设备运行状态。例如，根据人员密度调节空调风量与照明亮度，避免“人走灯亮”的能源浪费；通过预测算法优化光伏发电与储能系统的充放电策略，提升可再生能源利用率；故障诊断模块可实时定位设备异常，减少非计划停机与能耗损失。

2.5 水资源循环利用设计

2.5.1 雨水收集与利用系统

高层建筑雨水收集系统通过屋面、立面及地面汇流，将雨水引入地下或屋顶蓄水池，经沉淀、过滤、消毒等处理后，用于绿化灌溉、道路冲洗、景观补水及冷却塔补水等非饮用水场景。设计时需结合建筑体型与场地条件，优化汇水面积与管网布局，例如采用导流板增加屋面雨水收集量，设置初期弃流装置去除污染物。以超高层建筑为例，其屋顶面积大、雨水径流集中，通过模块化蓄水池（如PP塑料组装水箱）可灵活利用地下空间，实现雨水调蓄与回用一体化。系统运行可减少30%-50%的市政供水依赖，同时降低城市内涝风险，兼具生态

与经济效益。

2.5.2 中水回用系统

中水回用系统将建筑内洗浴、盥洗等优质杂排水收集后，经生物处理（如MBR膜生物反应器）、过滤消毒等工艺，达到中水水质标准，用于冲厕、绿化及消防补水。高层建筑设计中，需合理规划中水管网与建筑给水系统的分区，避免交叉污染；结合设备层或地下室设置中水处理站，通过模块化设备减少占地面积。系统回用率可达50%以上，显著减少新鲜水取用量与污水排放量，尤其适用于水资源匮乏地区的高密度建筑群。

2.5.3 节水器具的选用

节水器具通过优化流道设计、感应控制或气压辅助等技术，降低单次用水量，是建筑节水的基础措施。高层建筑应优先选用节水型器具，如双档节水马桶（单次冲水量≤4L）、带起泡器的节水龙头（流量≤6L/min）、感应式小便斗等；公共区域可采用无接触式感应水嘴，避免长流水现象。此外，绿化灌溉可选用微喷灌或滴灌系统，较传统漫灌节水40%-60%；冷却塔补水通过安装水雾回收装置，可减少飘水损失20%以上^[3]。

结束语

低碳经济背景下，高层建筑低碳化设计是应对气候变化、实现城市可持续发展的关键路径。本文从选址规划、体型优化、材料革新、能源系统集成及水资源循环利用等维度提出的策略，揭示了通过技术创新与全生命周期管理降低碳排放的可行性。未来，随着数字化技术（如BIM、AI）与低碳技术的深度融合，高层建筑将向“零碳”“负碳”目标迈进。设计者需持续强化跨学科协作，平衡技术先进性与经济合理性，推动低碳理念从“设计导向”转向“行为引导”，最终构建人与自然和谐共生的城市空间，为全球低碳转型贡献中国智慧与实践方案。

参考文献

- [1]李艺.高层建筑设计中的低碳设计理念探析[J].居业.2021(12)132-134
- [2]章伟.浅析低碳设计理念在高层建筑设计中的应用[J].城市建筑.2020(14)156-157
- [3]邹珊珊.高层建筑设计中的低碳设计理念探析[J].居舍.2022(31)189-190