

Discussion on the application of green energy saving technology in super high-rise buildings

Xianwei Wang Xingguo Bai

Beijing Urban Construction North Group Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

As urbanization accelerates, the energy consumption of super high-rise buildings, a key component of modern urban development, has become increasingly prominent. To achieve energy conservation and emission reduction goals in the construction sector, the application of green and energy-saving technologies in super high-rise buildings has become a focal point of research and practice. This paper focuses on the structural characteristics and operational needs of super high-rise buildings, systematically exploring the design philosophy of green and energy-saving technologies, optimization of the envelope system, integration of efficient energy systems, intelligent control strategies, and green construction approaches. By examining the specific applications of current mainstream energy-saving technologies in super high-rise buildings, this paper highlights their comprehensive value in enhancing energy efficiency, protecting the environment, and controlling operating costs, providing a reference for the widespread adoption of green building technologies in the super high-rise sector.

Keywords

super high-rise buildings; green and energy-saving; envelope system; energy system; intelligent control

超高层建筑绿色节能技术应用探讨

王现伟 白兴国

北京城建北方集团有限公司, 中国 · 北京 100000

摘要

随着城市化进程的不断加快,超高层建筑作为现代城市发展的重要载体,其能源消耗问题日益突出。为实现建筑领域的节能减排目标,绿色节能技术在超高层建筑中的应用逐渐成为研究与实践的重点。本文围绕超高层建筑的结构特性与运行需求,系统探讨绿色节能技术的设计理念、围护系统优化、高效能源系统集成、智能化控制策略及绿色施工路径。通过梳理当前主流节能技术在超高层建筑中的具体应用方式,明确其对能源效率、环境保护及运行成本控制的综合价值,为推动绿色建筑技术在超高层领域的广泛应用提供参考依据。

关键词

超高层建筑;绿色节能;围护系统;能源系统;智能控制

1 引言

当前我国超高层建筑发展进入快速阶段,其高密度空间利用与城市形象提升功能明显,但高能耗、高排放、高运维等问题日益凸显,迫切需要通过绿色节能技术予以系统解决。相较于一般建筑,超高层建筑在建筑形式、设备布置、结构体系及运行环境等方面具有显著特殊性,因此其节能策略不仅要关注单体构造性能,还需结合立体空间、垂直交通与能耗中心分布等因素开展多维度统筹优化。绿色节能技术的发展,不仅体现在材料选择与结构构造层面,更深层次地反映在能源系统集成效率与建筑智能化管控水平的提升。本文聚焦超高层建筑的节能需求,旨在系统分析各类绿色节能

技术的适配路径与协同机制,构建适合高层建筑实际运行特征的节能技术体系。

2 超高层建筑绿色节能设计的基本原则

超高层建筑的绿色节能设计应从项目初期规划阶段就进行系统布局,明确绿色目标、节能指标与控制节点,将绿色理念贯穿于场地选址、建筑布局、空间组织等全过程。通过合理配置功能区,协调建筑与周边自然环境之间的热、光、风关系,提升整体生态适应能力。在地块利用强度大、建筑密度高的条件下,需强化垂直空间利用效率,提升建筑群体微气候调节功能。结合海绵城市理念引入雨水回收与生态绿化系统,构建人与自然和谐共生的建筑生态体系,通过优化自然采光、自然通风与围护热性能实现对室内热环境的高效调节。采用通透性良好的立面构造提高日照利用率,并结合遮阳系统降低太阳辐射热增负荷。合理布局可开启外窗与中

【作者简介】王现伟 (1977-), 男, 中国山东菏泽人, 助理工程师, 从事建筑工程施工管理研究。

庭空间，增强垂直风道效果，提升自然通风效率。通过墙体蓄热构造、屋顶绿化与地下蓄能等措施延缓热传导，稳定室内温度波动，在保障居住与办公舒适性的前提下，显著降低空调系统能耗^[1]。

3 建筑围护结构的节能构造优化技术

外窗系统作为围护结构中热量交换最活跃的界面，其热工性能直接影响建筑能效水平。应选用高隔热性中空玻璃、低辐射镀膜玻璃及可调光智能玻璃材料，结合断热型窗框系统，有效控制传热系数在 $1.5\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 以下，提升热工完整性。通过框体密封技术提升气密性，减少冷热气体渗漏。在不同朝向与高度设置差异化窗型与开启方式，配合外遮阳百叶或智能电控系统，实现采光、视野与热阻的最优平衡，满足超高层多功能区域的节能需求。屋面与外墙作为建筑围护结构中的主要隔热界面，其保温性能直接关系到建筑整体热负荷。采用挤塑聚苯板、岩棉复合板或无机保温砂浆等高性能材料，形成结构、保温、饰面一体化体系，提升施工效率与热稳定性。外墙系统应加强热桥阻断构造，设置连续保温层与密封节点，保证传热系数低于 $0.6\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。屋面部分可结合光伏集成装置与种植系统，兼顾隔热、防水与能源利用功能，构建热阻连续性强、热惯性优良的高效围护结构系统^[2]。

4 高效能源系统在超高层建筑中的集成应用

4.1 冷热源系统优化配置与分布式能源利用

超高层建筑内部冷热负荷密集且时变性强，常规集中供冷已难以满足分区差异化需求。在冷热源配置中引入冷热电三联供系统可实现能源梯级利用，通过天然气内燃机带动吸收式冷水机组运行，使得综合能源利用效率超过 75%。以 120000 平方米建筑体量为例，分布式能源系统每日供冷能力可达 900RT，系统能效比超过 4.8，年运行电耗降低约 20%。冷热源系统以多联式热泵、离心式冷水机组及地源热泵复合构成，布设于裙楼设备夹层与地下能源中心，通过智能控制系统协调调度。在运行模式上结合冷蓄能调峰策略，低谷负荷时段蓄冷，白天高负荷时间释放冷量，有效缓解主机负载。系统采用分布回路设计，供冷温差 6℃，传输效率提高 15%。分布式布设结构减少管道系统压降与热损失，进一步降低能源浪费，在夏季高温时段表现出良好稳定性与经济性。

4.2 变风量与新风系统的智能调节技术

超高层建筑多采用 VAV 变风量系统进行末端送风控制，具备良好的负荷响应能力与能耗调节潜力。系统通过压力独立型末端装置调节每个房间风量，使得不同区域维持最优舒适度。办公区日均风量控制在 $0.8\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ ，相比定风量系统能效提升约 22%。新风系统中嵌入 CO_2 浓度传感器与温湿度检测模块，可根据人流密度动态调节新风量，当浓度高于 900ppm 系统加大换气频率，低于 600ppm 则切换

至节能模式。送风路径上引入双通道回风与地面送风策略，有效降低垂直风阻与压差，在 45 层以上高区送风效率提升 18%。系统配置热回收模块，回收效率最高达 70%，年可节省空调负荷 10% 以上。整体系统与楼宇智能管理平台 BAS 联动，基于负荷预测模型与能耗数据回溯，实现 24 小时精准调控与预防性维护，显著延长系统使用寿命并降低运行成本^[3]。

5 智能化控制系统对建筑能效的支撑作用

5.1 建筑能耗监测平台的构建与运行逻辑

超高层建筑的能耗数据呈现分区复杂、设备分布密集、使用时段差异显著的特征，需通过构建多层级建筑能耗监测平台实现精准感知与动态管理。系统以能耗分项采集为基础，采用多回路电表、水表及热量计，在每个功能区设置数据采集终端，上传至中央数据库进行实时汇总与分析。平台通过分层结构划分为末端感知层、控制执行层与决策分析层，涵盖能耗趋势分析、能效指标对比、异常预警与负荷预测等功能模块。数据刷新频率可达 1 分钟内一次，接口采用 BACnet、Modbus 等协议与楼宇自动化系统兼容。管理端通过图形化界面呈现区域能耗分布与趋势图，结合机器学习算法生成优化调控建议。系统支持历史数据回溯与分时段能耗溯源分析，在节假日或夜间低使用率阶段自动降低设备运行功率，实现全年总能耗下降约 13%，显著提升建筑运行的经济性与绿色绩效。

5.2 照明、空调与遮阳联动的智能化策略

在超高层建筑中实现照明、空调与遮阳系统的协同控制，可有效提升环境舒适度与能源使用效率。照明系统引入 DALI 协议的可调光灯具，根据自然光强度与人员活动状态自动调节亮度水平，室内照度保持在 500lx 以内。空调系统采用可变制冷量 VRV 方案与温控探头联动，实现室温恒定控制在 22℃ 至 26℃ 范围内。遮阳系统则布设可调角度的电动百叶或智能玻璃，依据太阳高度角与室内热负荷变化动态调整遮蔽状态。在日照强度高于 $700\text{W}/\text{m}^2$ 时自动闭合遮阳装置，室内冷负荷下降 12%。三者通过集成控制模块实现联动响应，平台统一调度控制参数，结合建筑外墙朝向、楼层高度与时间节点动态匹配运行策略。系统与建筑管理平台 BAS 无缝连接，在不同模式下设定节能优先级，实现照明、温度与采光三要素的协同最优化，使得综合能效提升约 20%，为多用途复杂空间节能运行提供可靠保障。

5.3 人流感应与空间适配型节能控制技术

超高层建筑内部功能分区复杂，人流变化频繁且不均，节能控制策略必须具备空间适应性与动态响应能力。系统在出入口、走廊、楼梯间、卫生间及办公区域部署红外与微波双模人流感应器，结合热释电阵列对人员在场状态进行识别与追踪。区域内人员密度超过设定阈值时，空调系统提升风量，照明设备自动开启；人员离开 5 分钟内，系统进入待机

模式,关闭部分设备,维持最低运行功率。感应系统识别精度达95%以上,响应时间控制在1秒以内,可与门禁系统、考勤系统联动实现区域级别的个性化能源配置。会议室与多功能厅采用预约触发机制,仅在预定时段开启照明与空调设备,空置时段自动关闭,年节电量可达15%。系统支持用户行为分析与空间使用率评估,形成分区能耗模型,并实时优化运行策略,实现以人为核心的绿色智能运维模式,降低冗余能耗,提升运行效能^[4]。

6 绿色建材与施工过程节能路径探讨

6.1 高强轻质材料的使用与运输能耗控制

超高层建筑对结构荷载、垂直运输与施工节拍提出严格要求,推广高强轻质材料可有效降低构造能耗与运输负荷。混凝土中引入高性能矿物掺合料如硅灰、粉煤灰,使强度等级提升至C80以上,同时降低单位用量与水泥熟料消耗。钢结构构件采用高强度Q460、Q690钢材,构件自重降低15%,运输批次减少20%,吊装用能同步下降。墙体与楼板区域使用加气混凝土板材、泡沫玻璃等轻质模块,单位体积质量控制在600kg/m³以内,缩短安装周期约30%。幕墙系统中采用铝蜂窝板、复合玻璃材料,单元板块重量控制在35kg/m²以内,便于模块化运输与吊装。材料在采购阶段通过绿色认证筛选,优先选择源头地半径不超过500公里的供货渠道,有效压缩运输过程中的燃油消耗与碳排放。全过程中形成设计—采购—施工的绿色闭环路径,在保障结构性能前提下,实现施工能耗与环境负荷双重降低。

6.2 绿色施工工法在高空作业中的节能优势

超高层建筑在高空作业阶段能耗集中、设备运行频繁,通过绿色施工工法可显著降低能源消耗与资源浪费。塔吊、施工升降机等大型设备采用变频控制系统,单位功耗降低12%,运行过程中启动与制动能量回馈装置将剩余电量回传至电网,实现能源二次利用。模板体系采用铝合金可周转模板,重量仅为传统钢模板的三分之一,吊装能耗下降40%,使用次数超过300次,降低施工材料消耗与废弃物排放。钢结构模块化拼装工艺在工厂预制完成率达到85%,现场焊接作业量减少30%,焊材消耗降低约25%。临时设施与办公区引入装配式集成房屋与光伏供电系统,满足日常照明与办公所需,减少市电依赖。施工现场配置雾化喷淋与节水循环系统,综合节水率达到65%。系统化绿色工法与

智能调度平台协同管理,使得高空作业阶段单位建筑面积施工电耗控制在28kWh/m²以内,实现绿色、高效、安全作业的目标。

6.3 建筑全生命周期内绿色性能评估与运维优化

绿色节能技术的实施不仅局限于设计与施工阶段,更需贯穿于建筑全生命周期,实现能效持续优化。在竣工前期通过绿色建筑运行模拟平台进行热环境、风环境与能耗预测评估,提前识别低效区域与能源浪费节点。建筑运行阶段采用物联网系统对照明、空调、水泵、电梯等重点用能设备进行实时监控,24小时能效数据采集频次达到1440次,形成多维度运行分析模型。运维管理体系引入能源绩效合同机制与智能告警系统,当设备功率偏离设定阈值时自动触发维护指令,有效降低设备故障率与非计划停机时间。定期开展能效审计与绿色性能评价,年节能率持续保持在18%以上。运维过程中对使用行为进行统计分析,结合建筑使用频率调整通风、照明与空调运行时长。设备更新采用绿色标识产品替换老旧系统,确保运行效率与环保水平同步提升,构建涵盖设计、施工、使用、更新与报废阶段的全链条绿色节能闭环管理体系。

7 结语

超高层建筑作为现代城市发展的重要载体,其绿色节能技术的系统应用不仅是降低能耗、优化环境的现实要求,更是推动建筑行业转型升级的重要路径。通过在规划设计、围护结构、能源系统、智能控制与施工全过程中嵌入绿色理念,实现技术与管理的协同融合,能够显著提升建筑的能源利用效率与运行品质。在城市资源压力持续加剧的背景下,构建以绿色节能为核心的超高层建筑体系,将为推动可持续城市建设、实现“双碳”战略目标提供坚实支撑,具备广阔的实践前景与推广价值。

参考文献

- [1] 沈寒玉.超高层建筑绿色节能技术应用与案例分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(11):68-70.
- [2] 常野.超高层建筑中的绿色节能技术与设计研究[J].居业,2023,(05):138-140.
- [3] 王刚,缪雪英.绿色节能建筑施工技术在超高层建筑施工中的应用[J].住宅与房地产,2021,(09):195-196.
- [4] 王宏宇,李笑,秦志远.超高层建筑中的绿色节能技术与设计[J].智能建筑与智慧城市,2020,(11):48-49+52.