

基础构造；复合砌块则在保留该核心优势的基础上，通过“多材料复合”优化结构，如在砌块空腔内填充气凝胶、真空隔热板等高效保温材料，或采用“承重层+保温层+装饰层”的复合结构，进一步提升热阻和力学性能，同时减少砌块体积，解决传统干砌砌块自重、占用空间多的问题，二者本质均遵循“干砌构造减少热桥”的设计逻辑，但复合砌块保温效率和适用场景更广泛。这类系统通过优化砌块结构、减少热桥和提高绝缘材料连续性，实现了更高的热工性能。

5 性能评价与实验研究进展

5.1 实验室测试与现场监测

幕墙节能技术的性能评价需要结合实验室测试和现场监测。实验室测试主要评估材料的基本热工参数和组件性能，如传热系数、气密性、水密性等。现场监测则关注幕墙系统在实际使用环境中的长期性能，包括热工性能、能耗数据和耐久性。

俄罗斯穆尔曼斯克北极大学的研究项目建立了完整的实验平台，包括四种不同外墙解决方案的模型房屋，这些模型具有相同的热阻，基础和屋顶均做了保温处理，以尽量减少热损失。模型配备了自动系统，以保持全年恒定的温湿度，记录日常用电量的系统，以及墙体内外表面的温度传感器。这种严格的实验设计为评估不同外墙系统在北极条件下的性能提供了可靠数据。

5.2 模拟分析与优化

计算机模拟已成为幕墙节能研究的重要工具。通过有限元分析和动态能耗模拟，可预测幕墙系统的热工性能和能效，并优化设计方案。研究表明，使用参数化平台对双层幕墙的关键设计参量进行协同优化，可显著提升其在大空间建筑中的节能效果^[4]。

有限元模拟在干砌砌块热性能评估中的应用表明，热桥导致的砌块墙有效热阻降低可达11%。这类模拟结果对于优化砌块设计、减少热桥影响具有指导意义。

6 应用案例与实践分析

6.1 哈尔滨大剧院幕墙节能技术应用

哈尔滨大剧院作为严寒地区大型公共建筑的典范，其幕墙设计采用了双层玻璃幕墙技术，具体为内循环式双层玻璃幕墙，外层为三玻两腔Low-E中空玻璃，内层为中空夹胶玻璃，中间空气间层宽度设计为300mm，间层内配置电动通风百叶和排风管道。在冬季关闭通风口时，间层空气在日照下升温形成“热缓冲层”，大幅降低室内外温差导致的热传导损失；夏季开启通风百叶，利用热压作用使间层热空

气通过排风管道排出，减少太阳辐射对室内的影响。项目采用双层幕墙系统、利用地形防风等手段，有效降低了建筑能耗。在幕墙材料选择上，哈尔滨大剧院选用了高性能三玻玻璃单元和高效保温材料，显著提高了幕墙的整体热工性能。

6.2 办公建筑幕墙节能改造

严寒地区既有办公建筑幕墙节能改造是另一重要应用领域。通过对幕墙系统进行节能改造，如将单层玻璃替换为三玻双银Low-E中空玻璃、增加保温层厚度、改善气密性等，可显著提升建筑能效。

一项针对严寒地区办公建筑的研究比较了不同窗户配置的节能效果，包括单层玻璃、双层玻璃、三层玻璃及智能玻璃等。结果表明，采用三层低辐射镀膜玻璃的窗户系统节能效果最佳，相比单层玻璃系统可降低能耗40%以上。

7 结语

本文系统分析了建筑幕墙节能技术在严寒地区的应用现状和发展趋势。研究表明，通过双层幕墙系统、高效保温材料、高性能玻璃配置及智能控制技术的集成应用，可显著提升幕墙在严寒地区的节能性能。哈尔滨大剧院等实际案例证明了这些技术的可行性和有效性。

未来严寒地区幕墙节能技术的发展将呈现以下趋势：

材料创新：气凝胶、真空隔热板等高性能保温材料将更广泛应用于幕墙系统，同时成本有望逐步降低。

性能验证与标准化：随着幕墙技术不断发展，相应的性能测试方法和标准也需要更新完善，以确新技术在实际应用中的可靠性和耐久性。

综上所述，严寒地区建筑幕墙节能技术的持续创新与系统集成，对降低建筑能耗、提高室内环境质量及实现建筑领域碳中和目标具有重要意义。未来研究应更加注重技术的地方适应性、经济性和全生命周期性能评价，推动幕墙节能技术在严寒地区的广泛应用。

参考文献

- [1] 李凯.石材幕墙施工技术 in 建筑装饰实践中的应用探索[J].中国建筑金属结构,2025,24(21):67-69.DOI:10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2025.21.023.
- [2] 李夔.夏热冬暖地区建筑通风外墙设计探析[J].城市开发,2025,(14):79-81.
- [3] 郭晓芳.建筑用双层绿色幕墙结构的研究.内蒙古自治区,内蒙古广厦建安工程有限责任公司,2024-10-15.
- [4] 陈晓强.幕墙的防火性能与安全防护措施[J].四川建筑,2025,45(05):233-234.

Research on the Application of Green Construction Technology in High-Rise Building Construction

Hu Wang

Hebei Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

As the city's 'skyline' continues to evolve, high-rise buildings have gradually become a vertical solution to the conflict between limited urban land and population concentration. However, the traditional cast-in-place, high-energy-consuming, and high-emission operation model results in a significant carbon footprint over the building's entire life cycle. At the same time, high-density urban areas face dual pressures from dust, noise, solid waste, and light pollution. By following the logical chain of 'source reduction-process control-end-of-line recycling,' and organically integrating energy-saving machinery, renewable energy, digital twins, prefabricated components, and eco-friendly building materials, it is possible to embed low-energy, low-emission, and low-disturbance metabolic mechanisms into the concrete jungle, achieving a paradigm shift from 'gray' to 'green.'

Keywords

Green construction technology; High-rise building construction; Applied research

绿色施工技术在高层建筑施工中的应用研究

王虎

河北建工集团有限责任公司, 中国·河北 石家庄 050000

摘 要

当城市“天际线”不断更新,高层建筑逐渐成为解决城市用地紧张和人口聚集之间矛盾的一种垂直解决方案。然而,传统的现浇、高能耗、高排放运行模式,使得建筑全生命周期的碳足迹占很大比重,同时,高密度城区也面临着扬尘、噪声、固体废弃物和光污染的双重压力。以“源头减量-过程控制-末端回收”为逻辑链条,将节能机械、可再生能源、数字孪生、装配式构件和生态建筑材料等有机结合起来,将低能耗、低排放、低干扰的代谢机制植入到钢筋混凝土丛林中,实现“灰色”向“绿色”的范式转变。

关键词

绿色施工技术; 高层建筑施; 应用研究

1 引言

从知识脉络上看,绿色施工观念经历“末端治理-清洁生产-生命周期管理”三次认知提升,边界由工地围墙向城市生态系统延伸。目前针对高层建筑的技术清单和评估指标研究较多,而忽略了高层建筑竖向交通瓶颈、高空作业微气候、风沙二次扩散等特定约束条件,导致策略移植“水土不服”。因此,需要将“高层性”和“绿色性”放在同一个分析框架内,探索不同维度技术组合的匹配规律和协同效果,从而避免“技术拼盘”的简单叠加,为建设主体提供可操作的决策图。

【作者简介】王虎(1983-),中国河北石家庄人,本科,从事建筑工程研究。

2 高层建筑绿色施工的核心内涵与技术诉求

2.1 绿色施工的核心内涵

绿色施工是以全生命周期理论为基础,以“减量化、再利用、资源化”为核心理念,以节约资源、保护环境和建造效率为目标,在高层建筑建设全过程综合考虑的新型建造模式。其核心内涵不仅体现在建筑施工过程中的节能减排,还体现在资源高效利用、建筑污染最小化和生态环境友好化等方面,实现经济、社会和环境的协调统一^[1]。相较于传统建造方式,绿色建造打破了“重施工进度,轻环保节能”的限制,在施工策划、材料采购、现场施工、竣工验收等各方面都融入了绿色理念,以技术创新和管理优化为手段,将施工对周围环境的影响降到最低,创造“资源节约、环境友好型”的建设情景。

2.2 高层建筑绿色施工的绿色技术诉求

高层建筑结构复杂,建设周期长,资源消耗大,对环境影响大,因此,必须采用绿色建造技术。从能耗控制

角度看,高层建筑建设涉及到大型机械作业、临时设施建设、混凝土养护等多个高能耗环节,传统建筑能耗占比超过30%,亟需采用节能技术降低建筑能耗强度。从资源利用角度看,建筑材料如钢、水泥、砂石等消耗巨大,水资源浪费严重,迫切需要采用绿色建造技术来实现建筑材料的高效利用和水资源的回收。从污染防治的角度看,建筑施工时产生的粉尘、噪音、建筑垃圾和污水等容易引起环境问题,需要有针对性的环保技术来精确控制。从施工效率上看,高层建筑受到场地空间的制约,传统的施工方法效率低下,需要利用绿色建造技术对施工过程进行优化,提高效率,达到节能降耗和施工进度协同推进的目的。同时,随着绿色建筑标准的不断完善,高层建筑也需要满足低碳排放和智能管控的新需求,促进绿色建造技术向多样化、智能化和集成化方向发展。

3 高层建筑绿色施工关键技术体系

3.1 节能型施工技术应用

节能型建造技术以解决高层建筑能耗痛点为目标,通过设备升级、工艺优化、节能替代等手段,大幅降低建筑能耗。在机械设备的节能方面,推广电动塔吊、电动施工升降机、太阳能搅拌车等新型能源施工机械,以取代传统的燃油设备,减少碳排放和能源消耗,通过安装变频节能变频器和能量回收设备,提高设备的工作效率,降低无效能源消耗。如电动塔式起重机采用锂电池作为动力,其能源消耗仅为传统燃油塔式起重机的40%,同时实现零排放,施工升降机配有能量回收系统,能将下落时产生的势能转换成电能,回收效率超过30%。

在临时性设施节能方面,利用集装箱活动板房、装配式围挡物等模块化、可回收的临时建筑,代替传统的砖砌围栅和现浇临时建筑,降低建筑材料的消耗和能源消耗。临时建筑外墙采用聚氨酯夹芯板、岩棉板等具有优异保温性能的材料,与太阳能光伏发电系统、空气源热泵等新型能源装置相结合,实现临时性建筑的自主供能和低能耗运行。如某高层建筑工地利用太阳能光伏发电系统对临时办公区域进行供电,年发电量可达5万度,可满足办公区用电量的60%,空气源热泵取代传统的电热水器,热效率提高2-3倍,每年节省30%的电费^[2]。

从施工过程节能角度出发,优化混凝土浇筑和养护技术,采用新型材料如免振捣、自密实等,降低振捣能耗,推广蒸汽养护、蓄水养护等节能养护技术,取代传统的喷洒养护方式,提高养护效率,减少水资源和能源消耗。如自密实混凝土不需振捣就能灌入模板,节约振捣机械的能耗,提高混凝土的密实度和施工效率,采用蒸养技术,可使混凝土强度生长周期缩短50%以上,降低养护期的能源消耗和水的消耗量。

3.2 节水与水资源循环利用技术

高层建筑用水规模巨大,节水与水资源回收利用技术可实现“源头控制+工艺循环”双路径高效利用水资源。从节水源头控制的角度出发,选择节水水龙头、感应式冲洗设备、高压小流量水枪等节水型建筑设备和设备,取代传统的高耗水设备,降低水资源的浪费。通过优化施工工艺,减少用水环节,如干法施工、无水切割等,减少用水量。如高压小流量水炮耗水只有传统水炮的三分之一,而且冲洗效果更好,干切削工艺不需水冷,完全避免切削过程中水的浪费。

对于水资源的回收利用,建设工地的水资源回收利用系统,对雨水、施工废水、养护废水等进行收集,并将其应用于施工现场的洒水降尘、混凝土养护、设备清洗等。该循环处理系统由集水组件、处理组件和回用组件组成,处理模块通过沉淀池、滤池、消毒等多层次处理,除去水中的泥沙、悬浮物和有害物质,使出水达到回用标准。中水回用模块利用管网系统,将中水输送到施工现场各用水点,达到了循环利用的目的^[3]。如某高层建筑施工现场建设的中水回收系统,日处理污水200m³,水质达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》标准,每年可节约水源50000m³,节水率可达40%。

同时,大力推广非传统水资源,如地下水和再利用,有条件的地区可将地下水作为建设用水补充水源,将再生水与市政供水管网对接,利用再生水直接拌和施工现场降尘,进一步减少淡水资源消耗。建立施工现场用水计量监测系统,实时监控各个环节的用水情况,及时发现和整改水资源浪费问题,保证节水措施的落实。

3.3 节材与建筑废弃物资源化利用技术

建筑废弃物资源化技术通过对建筑材料进行优化选择,减少材料浪费,促进废物循环再利用,从而达到对建筑资源的有效回收。在材料技术上,推广高强度、高性能、绿色环保的新型建筑材料,取代传统建筑材料,降低材料消耗和能源消耗。如高强度钢筋比普通钢筋强度高30%以上,同等受力情况下可节约用钢15%~20%,高性能混凝土强度高,耐久性能好,可以减少混凝土的消耗量,延长建筑物的使用寿命。

优化施工方案和下料方案,运用BIM技术模拟施工过程,精确计算材料用量,降低材料浪费,推广新型建造方式,如模块化建造、装配式建造等,实现构件的工厂化生产和现场组装,降低工地上的材料切割、加工等环节,减少材料浪费和能源消耗。如BIM技术可以精确地计算出钢筋和模板等材料的消耗量,误差不超过3%,降低了材料浪费,预制梁、板、柱等构件均在现场预制,现场只需要组装,降低建筑材料的消耗和废弃物的产生,施工效率提高50%以上。

在建筑废弃物资源化利用方面,建立施工现场建筑废弃物的分类回收和资源化利用系统,对施工过程中产生的混