

# 现代高层建筑幕墙施工关键技术和技术探究

任全策

浙江中南建设集团有限公司 浙江 杭州 310052

**摘要：**现代高层建筑幕墙施工关键技术涵盖测量、吊装、密封、抗震及智能化装备应用。三维激光扫描与BIM+全站仪联动技术实现高精度定位；单元式轨道吊装与吸盘式机器人提升施工效率；结构胶双道密封与等压腔原理强化防水性能；弹性连接节点与阻尼器集成增强抗震能力；无人机巡检与AR辅助安装技术推动智能化转型。这些技术共同保障幕墙施工的安全性、精准性与环保性，推动行业向工业化、标准化方向发展。

**关键词：**现代高层建筑；幕墙施工；关键技术；技术创新与优化

引言：在现代城市化进程中，高层建筑如雨后春笋般涌现，幕墙作为建筑的外衣，不仅承载着美学功能，更关乎结构安全与节能环保。随着建筑高度与造型复杂度的提升，幕墙施工面临着高空作业风险大、精度控制难、材料性能要求高等诸多挑战。在此背景下，探索先进的幕墙施工关键技术，成为提升工程质量、保障施工安全、推动绿色建筑发展的核心课题。本文将从幕墙类型、施工关键技术及未来趋势等方面展开深入探究。

## 1 现代高层建筑幕墙类型与施工特点分析

### 1.1 幕墙分类及适用场景

(1) 按结构形式：框架式幕墙由构件现场组装而成，施工灵活，适用于中小高度、造型简单的建筑；单元式幕墙在工厂预制完成，现场吊装拼接，施工高效、密封性好，适配超高层及复杂造型建筑；点支承幕墙以点式连接件固定面板，通透美观，多用于大型公共建筑的中庭、大堂等区域。(2) 按材料类型：玻璃幕墙采光性优，广泛应用于商业综合体、写字楼等；石材幕墙质感厚重，适配高端酒店、政务建筑；金属幕墙耐久性强、造型多样，适用于各类现代高层建筑；复合幕墙结合多种材料优势，满足不同建筑的功能与美学需求。(3) 按功能特性：呼吸式幕墙具备通风换气功能，提升室内舒适度并节能；光伏幕墙可将太阳能转化为电能，符合绿色建筑理念，适用于节能环保型建筑；智能调光幕墙能根据环境光线自动调节透光率，提升使用体验，多用于高端写字楼、酒店。

### 1.2 高层施工的核心挑战

(1) 环境因素：高层建筑幕墙施工常面临高空强风荷载，易导致构件晃动，影响施工精度与安全；温度变化会使幕墙构件产生热胀冷缩，需采取有效补偿措施避免变形；地震作用对幕墙的抗震性能要求极高，需保障结构连接的稳固性。(2) 精度要求：高层幕墙施工对

板块拼接精度控制严苛，如单元体垂直度允许偏差需 $\leq 3\text{mm}$ ，若偏差过大易导致密封失效、受力不均，影响幕墙的安全性与使用寿命，需借助精密测量仪器全程把控施工精度。(3) 安全风险：高空作业防护难度大，需搭建可靠的防护设施避免坠落事故；幕墙板块及施工设备吊装重量大、高度高，吊装过程中易受风力等因素影响，存在碰撞、坠落风险，需制定科学的吊装方案并严格执行<sup>[1]</sup>。

## 2 现代高层建筑幕墙施工关键技术

### 2.1 测量放线与定位技术

(1) 三维激光扫描技术：针对复杂曲面幕墙施工，该技术可实现对建筑主体结构的全方位扫描，精准获取结构表面三维数据，通过点云数据处理完成逆向建模。建模过程中能直观呈现主体结构与设计模型的偏差，为曲面幕墙板块的定制加工提供精准依据，有效解决复杂造型幕墙定位难、拟合度差的问题，保障幕墙与建筑主体的完美契合。(2) BIM+全站仪联动：借助BIM技术构建幕墙施工三维模型，将设计参数导入全站仪系统，实现测量数据与模型数据的实时联动。施工过程中，全站仪可精准采集现场点位数据，同步传输至BIM模型进行比对分析，若发现施工误差立即反馈并指导现场修正，形成“测量-比对-修正”的闭环管控，大幅提升施工定位精度，减少累积误差<sup>[2]</sup>。(3) GPS定位系统：在超高层建筑幕墙施工中，GPS定位系统可突破传统测量受视野限制的弊端，实现高空幕墙构件的远距离精准定位。通过多基站协同定位，实时获取幕墙板块的空间坐标，重点把控垂直度偏差，确保超高层幕墙整体安装的垂直度符合规范要求，为后续施工奠定坚实基础。

### 2.2 吊装与安装技术

(1) 单元式幕墙轨道吊装系统：采用模块化设计理念，将幕墙单元在工厂预制完成，现场搭建专用轨道吊

装系统。通过轨道将幕墙单元精准吊运至安装位置,实现快速就位与拼接,大幅提升施工效率。同时,轨道系统可有效控制吊装过程中的晃动,保障吊装安全,适用于大规模单元式幕墙施工。(2)吸盘式玻璃安装机器人:针对玻璃幕墙安装,该机器人借助真空吸盘牢固吸附玻璃板块,替代人工进行高空玻璃安装作业。机器人可按照预设程序精准完成玻璃的吊运、定位与安装,不仅降低了人工高空作业的安全风险,还提升了安装精度与稳定性,尤其适用于大尺寸、重重量玻璃幕墙的安装。(3)悬挑平台与轨道组合技术:针对异形幕墙(如弧形、折线形)的安装,搭建可调节的悬挑平台,配合专用轨道系统,实现幕墙板块的灵活安装。悬挑平台可根据异形幕墙的造型调整角度与位置,轨道系统保障板块移动的精准性,确保异形幕墙各板块之间的拼接严密、造型流畅,满足复杂建筑造型的安装需求<sup>[3]</sup>。

### 2.3 密封与防水技术

(1)结构胶与耐候胶双道密封工艺:在幕墙板块拼接处采用双道密封设计,内侧结构胶承担结构粘结作用,保障幕墙的结构稳定性;外侧耐候胶负责密封防水,抵御风雨侵蚀。施工中严格控制胶缝宽度、注胶质量与固化时间,双重保障幕墙的气密性与水密性,有效防止雨水渗漏与空气渗透。(2)等压腔原理应用:通过在幕墙构造中设置等压腔,使腔体内压力与室外大气压保持平衡,形成压力差屏障。当雨水接触幕墙表面时,由于等压腔的作用,雨水难以在压力差驱动下渗入幕墙内部,从根源上提升幕墙的防水性能,尤其适用于高空、强降雨区域的幕墙工程。(3)新型密封材料研发:硅酮改性聚氨酯密封材料兼具硅酮胶的耐候性与聚氨酯胶的高粘结强度,适配不同材质幕墙的密封需求。其具有优异的抗老化、抗拉伸与抗压缩性能,能适应温度变化与结构变形带来的胶缝伸缩,延长密封使用寿命,提升幕墙密封防水的可靠性。

### 2.4 结构安全与抗震技术

(1)弹性连接节点设计:在幕墙与主体结构的连接部位采用弹性节点设计,选用弹性连接件吸收主体结构的变形(如沉降、振动)。该设计可避免主体结构变形直接传递至幕墙,减少幕墙构件的应力集中,保障幕墙在主体结构变形时仍能保持结构稳定,提升幕墙的适应性。(2)阻尼器集成技术:在幕墙结构中集成阻尼器(如粘滞阻尼器、摩擦阻尼器),通过阻尼器的耗能作用,降低风荷载与地震作用下幕墙的振动响应。阻尼器可有效吸收振动能量,减小幕墙构件的振动幅度,避免构件因过度振动受损,提升幕墙的抗风振与抗震性能<sup>[4]</sup>。(3)有限

元模拟分析:在施工前采用有限元模拟技术,建立幕墙-主体结构协同受力模型,模拟风荷载、地震作用等极端工况下的结构受力状态。通过分析明确幕墙各构件、连接节点的受力分布,验证幕墙与主体结构的协同工作性能,提前发现潜在安全隐患,优化施工方案,保障幕墙结构的整体安全性。

## 3 现代高层建筑幕墙施工技术创新与优化

### 3.1 装配式幕墙施工技术

(1)工厂预制化生产:打破传统幕墙构件现场加工的模式,将幕墙单元、连接件等核心构件转移至工厂标准化生产。工厂配备专业生产设备与精准检测系统,可严格控制构件的尺寸精度、材质性能及加工工艺,有效规避现场加工受环境、人为因素影响导致的质量偏差。同时,通过标准化生产流程实现构件的批量制造,提升生产效率的同时保障质量统一性,为现场精准安装奠定坚实基础,推动幕墙施工向工业化、标准化转型。(2)现场快速拼装技术:基于工厂预制的标准化构件,现场采用模块化拼装理念,搭配专用拼接节点与定位工具,实现幕墙单元的快速对接与固定。该技术大幅减少现场湿作业与焊接工序,不仅显著缩短施工工期,相较于传统施工模式工期可缩短30%以上,还降低了施工过程中粉尘、噪音及废弃物的产生,减少对周边环境的污染。同时,快速拼装流程简化了现场施工工序,降低了对施工人员技能的过度依赖,进一步提升施工质量稳定性。

### 3.2 智能化施工装备应用

(1)无人机巡检与监测:在幕墙施工全过程引入无人机巡检系统,搭载高清摄像头、激光测距仪等设备,可对高空幕墙施工区域进行全方位、无死角巡检。无人机能够实时捕捉施工细节,同步将图像、数据传输至地面控制中心,实现施工质量的实时反馈。针对构件安装偏差、胶缝不平整、防护设施缺失等问题,可快速发现并预警,便于施工人员及时整改,有效降低高空巡检的安全风险,提升巡检效率与质量管控精度。(2)AR辅助安装技术:借助增强现实(AR)技术,将幕墙安装的三维设计模型、施工规范及操作指引叠加至现场实际施工场景中。工人通过AR眼镜可直观查看构件安装的精准位置、连接方式及关键尺寸要求,实现可视化操作指导。同时,该技术具备实时误差检测功能,当构件安装位置偏离设计标准时,立即发出预警提示,帮助工人及时调整,大幅降低安装误差,提升施工效率与质量,尤其适用于复杂造型幕墙的安装施工<sup>[5]</sup>。

### 3.3 绿色施工技术

(1)光伏幕墙一体化设计:将光伏组件与幕墙面板

有机融合,在保障幕墙遮阳、采光、装饰功能的同时,实现太阳能的高效转化与利用。光伏幕墙可将吸收的太阳能转化为电能,供给建筑内部照明、设备运行等使用,有效降低建筑对传统电网电能的依赖,减少不可再生能源消耗。同时,光伏组件可阻挡部分太阳辐射热,降低建筑空调能耗,实现节能与环保双重效益,契合绿色建筑发展理念。(2) 废弃材料回收工艺:针对幕墙施工过程中产生的玻璃边角料、金属废料、废弃密封胶等建筑垃圾,建立专业化回收处理流程。通过分类收集、集中运输至专用回收处理场地,对可回收材料进行破碎、提纯、再加工,实现资源循环利用,如玻璃边角料可加工为再生骨料用于建筑垫层,金属废料可熔融再生用于构件生产。该工艺大幅减少施工废弃物的填埋量,降低碳排放与资源浪费,推动幕墙施工向低碳、环保方向发展。

#### 4 现代高层建筑幕墙施工技术挑战与未来发展趋势

##### 4.1 当前技术瓶颈

(1) 超高层幕墙抗风设计理论不完善:随着建筑高度不断突破,超高层区域面临的强风荷载呈现出非线性、脉动性等复杂特征。现有抗风设计理论多基于传统风洞试验数据,难以精准模拟实际高空复杂风场环境,对风振响应、气流分离等极端工况的预判存在偏差。这导致部分超高层幕墙在强风天气下易出现振动过大、密封失效等问题,无法充分保障结构安全与使用稳定性,成为制约超高层幕墙发展的核心技术瓶颈。(2) 智能化设备成本高且普及率低:尽管智能化施工装备能显著提升施工效率与质量,但当前无人机巡检系统、AR辅助安装设备等核心智能化装备的研发与制造成本较高,加之相关操作与维护需要专业技术人员,进一步增加了施工成本。这使得多数中小施工企业难以承担,导致智能化设备在行业内的普及率较低,无法充分发挥智能化技术对幕墙施工的赋能作用,阻碍了行业整体技术升级。

##### 4.2 未来发展方向

(1) 数字化建造技术:数字孪生与AI技术将深度融合于幕墙施工全流程。通过构建幕墙-主体结构数字孪生模型,实时映射施工过程中的各类数据,结合AI算法对

施工流程进行动态优化,精准预判并规避施工误差与安全风险。同时,AI可实现施工设备的智能调度与协同作业,大幅提升施工智能化水平与整体效率。(2) 新型材料研发:聚焦自清洁、自适应调节等功能新型幕墙材料将成为研发重点。自清洁材料可通过光催化、超疏水等技术自动去除表面污渍,降低维护成本;自适应调节材料能根据环境温度、光线强度自动调整透光率与隔热性能,提升建筑节能效益,推动幕墙向多功能、高性能方向发展。(3) 标准化与模块化体系:构建全行业统一的幕墙施工标准化与模块化体系,规范构件生产、安装、验收等各环节技术要求。通过标准化设计、模块化生产实现构件通用互换,降低生产与施工成本,同时提升施工质量稳定性。这一体系的完善将推动行业技术规范化发展,加速全行业技术升级与转型。

#### 结束语

现代高层建筑幕墙施工关键技术的不断突破,为行业的高质量发展注入了强劲动力。从精准测量定位到高效吊装安装,从可靠密封防水到抗震安全保障,再到智能化装备与绿色施工技术的创新应用,每一项技术的进步都凝聚着对安全、效率与环保的不懈追求。未来,随着数字化建造、新型材料研发及标准化体系的完善,幕墙施工将迈向更智能、更绿色、更高效的新阶段,持续引领建筑行业的技术革新与可持续发展。

#### 参考文献

- [1]陈灵.现代高层建筑玻璃幕墙施工技术[J].四川建筑,2020,40(05):307-308.
- [2]李增民.浅谈现代高层建筑幕墙施工技术关键[J].工程建设(维泽科技),2023,6(10):169-171.
- [3]张晓东王耀东.关于现代高层建筑幕墙施工技术关键的分析与思考[J].陶瓷,2022(11):24-26.
- [4]康广.现代高层建筑幕墙施工技术分析[J].住宅与房地产,2023,(17):107-109.
- [5]张伟.现代高层建筑幕墙关键施工技术的分析与思考[J].门窗,2023,(21):76-79.