

Analysis of Design Key Points and Technical Difficulties in Construction and Installation of Unitized Curtain Walls in Super High-rise Buildings

Chao Song

Far East Lijin Curtain Wall (Shanghai) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the acceleration of urbanization and the rapid development of construction technology in China, super high-rise buildings have become an important part of the urban skyline. This type of building not only pursues breakthroughs in height and form, but also puts forward strict requirements for the performance, safety and aesthetics of the building's facade. Unitized curtain walls have been widely applied in super high-rise buildings due to their advantages such as high industrialization level, fast installation efficiency and good sealing performance. However, the high-altitude environment where super high-rise buildings are located is complex, facing multiple challenges such as strong winds, earthquakes, and temperature changes, which makes the design and construction installation of unitized curtain walls encounter many special problems. This paper, in combination with the engineering characteristics of super high-rise buildings, systematically analyzes the design key points of unitized curtain walls, deeply discusses the technical difficulties in construction and installation, and proposes targeted solutions, providing references for related engineering practices.

Keywords

Unitized curtain wall; super high-rise buildings; key design points; construction and installation techniques

单元式幕墙在超高层建筑中的设计要点与施工安装技术难点分析

宋超

远东力进幕墙（上海）有限公司，中国·广东深圳 518000

摘要

随着我国城市化进程的加速和建筑技术的飞速发展，超高层建筑已成为城市天际线的重要组成部分。这类建筑不仅追求高度与造型的突破，更对建筑外立面的性能、安全及美观提出了严苛要求。单元式幕墙凭借其工业化程度高、安装效率快、密封性能好等优势，在超高层建筑中得到了广泛应用。然而，超高层建筑所处的高空环境复杂，面临强风、地震、温度变化等多重挑战，使得单元式幕墙的设计与施工安装面临诸多特殊问题。本文结合超高层建筑的工程特性，系统分析单元式幕墙的设计要点，深入探讨施工安装中的技术难点，并提出针对性的解决对策，为相关工程实践提供参考。

关键词

单元式幕墙；超高层建筑；设计要点；施工安装技术

1 引言

作为超高层建筑“外衣”的幕墙系统，其性能直接关乎建筑的安全性能、使用体验与综合效益。单元式幕墙与传统构件式幕墙相比，将面板与框架在工厂完成组装，形成标准化单元板块后运至现场进行吊装拼接，这种工业化生产模式有效规避了现场湿作业多、质量受环境影响大等问题，尤其适配超高层建筑施工周期紧、高空作业难度大的特点。因此，系统研究单元式幕墙在超高层建筑中的设计要点，深入

剖析其施工安装技术难点并提出解决方案，对于推动超高层建筑幕墙技术的规范化发展、保障工程质量与安全具有重要的现实意义。

2 单元式幕墙在超高层建筑中的设计要点

2.1 结构设计

2.1.1 风荷载取值与抗风压设计

设计前需结合建筑所处地域的气象数据，通过风洞试验或数值模拟，精准确定不同高度的风荷载标准值，尤其需考虑高空湍流、绕流效应带来的局部风压突变。幕墙框架及面板的选型需满足抗风压性能要求，铝型材应选用高强度合金材料，通过截面优化设计提高抗弯、抗扭刚度；玻璃面板

【作者简介】宋超（1989—），男，中国河南信阳人，助理工程师，从事建筑幕墙设计研究。

优先采用夹胶中空玻璃，其抗冲击性能和承载能力优于单片玻璃，当建筑高度超过 200 米时，需考虑采用钢化夹胶中空 Low - E 玻璃，必要时增设金属背板或采用双层幕墙结构增强抗风性能。

2.1.2 抗震设计

超高层建筑所在区域若为地震设防烈度 6 度及以上地区，幕墙设计需满足相应的抗震等级要求。通过采用弹性连接节点，如在单元板块与主体结构的连接部位设置橡胶垫或滑移支座，允许板块在地震作用下产生一定的水平位移，避免应力集中导致的结构破坏。

2.1.3 温度应力补偿设计

超高层建筑幕墙暴露在外，昼夜温差及季节温差会导致型材与面板产生热胀冷缩变形，若设计中未考虑温度应力补偿，易出现面板开裂、密封胶老化失效等问题。设计时应合理设置伸缩缝，单元板块之间采用柔性密封胶条连接，允许板块沿水平和竖向进行微量变形；对于玻璃面板，需通过计算确定合理的面板尺寸，避免因温度变形产生的应力超过玻璃的许用应力。

2.1.4 层间位移变形设计

超高层建筑主体结构在侧向风荷载、地震作用下易产生层间相对位移（通常高度每增加 100 米，层间位移可达 10-25mm），若幕墙单元无法适配该变形，易导致框架开裂、面板破损或密封节点失效。设计需以主体结构的层间位移限值为依据，通过专项计算与构造优化实现变形适应，核心要点如下：（1）连接节点优化：采用具备水平滑移功能的挂接构造，如在单元板块与主体结构的连接部位设置长圆孔连接件或弹性滑移支座，允许板块沿水平方向产生不小于主体结构层间位移 1.2 倍的相对位移，避免刚性约束导致的应力集中；（2）板块间隙控制：结合最大层间位移量设定单元板块的水平及竖向间隙（通常水平间隙不小于 30mm），间隙内填充高弹性密封胶条，确保位移后仍能维持密封性能，同时避免板块碰撞干涉。

2.2 节能设计

2.2.1 保温隔热设计

保温隔热设计方面，需优化幕墙的热工性能。采用断热铝型材作为框架材料，通过在型材空腔内填充聚氨酯泡沫或聚酰胺隔热条，阻断热量传递路径；玻璃面板选用中空玻璃，中空层厚度建议采用 12 - 16mm，内部填充惰性气体（如氩气），可有效降低导热系数。

2.2.2 水密性设计

水密性是单元式幕墙抵御高空雨水渗透的核心性能，超高层建筑面临强风裹挟雨水的“雨幕效应”，设计需遵循“等压腔 + 多道密封 + 有序排水”的核心原则，具体要点如下：（1）等压腔构造：通过合理划分单元板块的密封腔体（如图 1 所示的等压腔），使腔体内外气压平衡，消除雨水渗透的压力差，从根源减少雨水通过密封间隙渗入的风

险；（2）多道密封协同：设置“尘密封 - 水密封 - 气密封”三道防护：尘密封胶条阻挡灰尘进入等压腔，避免密封面污染；水密封胶条直接阻挡雨水渗透；气密封胶条维持等压腔气压稳定，三道密封形成立体防护；（3）排水系统优化：在单元板块水平节点设置排水槽（坡度不小于 3%），竖向节点预留泄水孔，确保少量渗入等压腔的雨水能快速排出，避免积存导致渗漏；（4）性能指标量化：依据建筑所处地域的降雨强度、风压等级，确定幕墙水密性等级不低于 GB/T 21086-2007《建筑幕墙》规定的 4 级（固定部分），并通过工厂水密性试验验证设计合理性。

2.3 安全设计

2.3.1 防坠落设计

单元板块的吊装连接节点必须具备足够的承载能力和安全冗余，采用双螺栓连接或销轴连接方式，确保单个连接点失效时，备用连接点仍能承受板块自重及附加荷载。同时，需在幕墙底部设置防护栏杆或防坠网，对于突出建筑主体的幕墙构件，如挑檐、装饰线条等，需增设抗倾覆装置，防止高空坠落事故发生。

2.3.2 玻璃面板防破碎设计

玻璃面板防破碎设计需从材料选型和防护措施两方面入手。优先选用钢化玻璃或钢化夹胶玻璃，其破碎后呈无锐角的小颗粒，可降低伤人风险；对于高度超过 300 米的超高层建筑，玻璃面板需进行防冲击性能测试，必要时在玻璃表面粘贴防爆膜，增强玻璃的抗破碎能力^[1]。

2.3.3 防火设计

幕墙与主体结构的缝隙、层间楼板与幕墙的交接部位，需采用防火岩棉、防火板等防火材料进行封堵，封堵高度不低于 1.2 米，确保火灾发生时能有效阻止火焰和烟气蔓延。

3 单元式幕墙在超高层建筑中的施工安装技术难点

3.1 测量放线精度控制难

超高层建筑高度大，主体结构施工过程中易产生竖向偏差和水平位移，若测量放线精度控制不当，会导致单元板块拼接错位，影响幕墙的安装质量和密封性能。测量放线的难点主要体现在以下方面：一是高空测量受风力、温度影响大，仪器稳定性下降，易产生测量误差；二是主体结构的累计偏差随高度增加而增大，需通过精准测量进行偏差修正；三是幕墙单元的安装精度要求高（通常偏差控制在 2mm 以内），测量数据的微小误差都可能导致板块无法正常拼接。

为解决这一难点，施工前需建立高精度的测量控制网，采用全站仪、GPS 定位系统等先进测量仪器，结合激光铅垂仪进行竖向投点，确保测量数据的准确性。测量过程中需定期对控制网点进行复核，消除温度、风力等环境因素的影响；针对主体结构的偏差，需绘制详细的偏差分布图，根据实际偏差调整幕墙单元的安装位置，必要时对单元板块进行

工厂二次加工，确保板块与主体结构的适配性。

3.2 高空板块吊装风险高、难度大

单元式幕墙板块重量大（单块重量通常为300-800kg），超高层建筑高空吊装面临诸多挑战：一是吊装设备选型难度大，需结合建筑高度、板块重量及现场施工空间，选择合适的塔吊、施工电梯或专用吊装平台；二是高空风力大，易导致板块摆动，增加吊装定位难度，甚至引发安全事故；三是交叉作业频繁，幕墙吊装需与主体结构施工、机电安装等工序协调配合，避免施工冲突；四是板块运输及吊装过程中易发生碰撞变形，影响板块质量。

针对这些难点，首先需制定科学的吊装方案，根据建筑高度和板块重量选用大吨位塔吊，塔吊的布置需确保吊装覆盖整个幕墙施工区域，同时设置备用吊装设备以应对突发情况。吊装前需对吊装设备进行全面检查，包括钢丝绳、吊钩、制动系统等，确保设备性能完好；在板块吊装过程中，需安排专人指挥，采用风速仪实时监测高空风速，当风速超过6级时停止吊装作业。为控制板块摆动，可在板块顶部设置牵引绳，由地面人员配合调整板块位置，实现精准定位。板块运输过程中需采用专用运输架，运输架内设置缓冲垫，避免板块碰撞；吊装时采用专用吊具，吊具与板块的连接需牢固可靠，确保吊装平衡^[2]。

3.3 密封防水施工质量把控难

密封防水是单元式幕墙的核心性能之一，超高层建筑高空密封防水施工受环境因素影响大，质量把控难度高。主要难点包括：一是高空作业环境恶劣，密封胶施工易受风力、灰尘、温度影响，导致密封胶与面板、型材的粘结不牢固；二是节点缝隙清理不彻底，存在油污、灰尘等杂质，影响密封胶的密封性能；三是密封胶施工厚度和宽度控制不当，过薄易导致密封失效，过厚则易产生开裂；四是密封胶固化时间长，高空环境下易受雨水冲刷，影响固化质量。

3.4 施工过程质量与安全管理难

超高层建筑幕墙施工周期长、参与人员多、作业面分散，质量与安全管理难度大。质量方面，易出现板块安装偏差、密封胶粘结不良、五金件安装不牢固等问题；安全方面，高空坠落、物体打击、吊装事故等风险突出。

质量管控方面，需建立全过程质量控制体系。工厂加工阶段，对单元板块的尺寸、面板平整度、五金件安装等进行严格检验，不合格产品严禁出厂；现场安装阶段，实行“三检制”（自检、互检、专检），对板块的安装位置、垂直度、水平度进行逐一检查，确保符合设计要求；对于关键工序如密封胶施工、节点连接等，需安排专业技术人员进行现场指导和质量监督。同时，采用BIM技术建立幕墙施工模型，通过三维建模模拟板块安装过程，提前发现安装冲突和质量

隐患，实现可视化质量管控。

4 工程案例分析

以某超高层建筑工程为例，该建筑高度350米，共88层，外立面采用单元式钢化夹胶中空Low-E玻璃幕墙，总面积约5.2万平方米，单元板块数量共3200块，单块最大重量750kg。该工程在幕墙设计与施工中面临高空强风（最大风速达18m/s）、主体结构偏差大、交叉作业频繁等问题，通过针对性的技术措施，有效解决了各项难点^[3]。

设计阶段，通过风洞试验确定各高度风荷载标准值，采用高强度6063-T6铝型材作为框架材料，玻璃面板选用12mm钢化玻璃+16mm中空层+10mm钢化Low-E玻璃，增强抗风性能；节点采用干式对接方式，设置三道密封胶条，水平节点增设排水槽和泄水孔，提升密封防水性能；采用BIM技术进行三维建模，优化节点设计，提前规避安装冲突。

施工阶段，建立高精度测量控制网，采用全站仪结合激光铅垂仪进行竖向投点，对主体结构偏差进行修正，确保测量精度；选用QTZ800型塔吊进行板块吊装，配备专用吊具和牵引绳，风速超过6级时停止吊装，实现板块精准定位；密封胶施工前对节点缝隙进行彻底清理，选择无风天气施工，采用专用工具控制密封胶厚度和宽度，并进行抽样水密性试验；建立全过程质量与安全管控体系，采用“三检制”控制安装质量，强化高空作业安全防护，最终该工程幕墙施工质量验收合格，未出现渗漏、板块变形等问题，运营至今性能稳定^[4]。

5 结语

单元式幕墙以其独特的优势在超高层建筑中占据重要地位，但其设计与施工面临超高层复杂受力环境、高空作业风险等诸多挑战。设计过程中需重点关注结构安全、节能性能、节点密封等核心要点，通过精准的风荷载取值、合理的材料选型、优化的节点设计，确保幕墙系统的安全性和适用性；施工阶段需攻克测量放线精度、高空吊装、密封防水等技术难点，通过科学的施工方案、先进的测量设备、严格的质量管控，保障施工质量与安全。

参考文献

- [1] 王路乾,李小争.建筑幕墙单元式板块高空安装精度控制方法[J].四川水泥,2025,(12):167-169.
- [2] 戴栗涵,平晓雷,刘铁龙,等.超高层建筑单元式玻璃幕墙多段同步施工技术[J].工程建设与设计,2025,(21):157-159.
- [3] 周彧.构件式与单元式相结合的幕墙体系研究[J].福建建筑,2025,44(11):27-31.
- [4] 张成,沈程,吕文睿,等.超高层单元式玻璃幕墙环形轨道吊装施工技术应用[J].中国建筑装饰装修,2025,(19):126-128.