

折线型结构外形建筑单元式幕墙安装关键施工技术研究

孔祥鑫

中电建建筑集团有限公司 北京 100000

摘要:折线型结构外形建筑单元式幕墙安装是在单元式幕墙板块基础上设计出折线造型的一种幕墙样式,外观简洁大方,线条优美,安装方便,安全系数高。其采用模块化设计,工厂预制成型,现场拼装快捷,整体性能好,标准化程度高,相较传统幕墙作业,减少了人工和材料投入,是一种具有较高推广价值的新型幕墙样式。本文以我单位承建的中国电建西部科创中心建设项目为例,着重阐述折线型结构外形建筑单元式幕墙安装的关键施工技术,以期为同类型工程施工提供借鉴与参考。

关键词:折线型;单元式幕墙;施工技术

1 引言

折线型单元式幕墙施工前需根据建筑外型条件以及幕墙构造将其分成若干独立单元板块,每个板块均在工厂加工拼装完成,之后单元板块整体运至施工现场,经吊装至作业面拼接安装完成。折线型单元式幕墙造型美观、结构稳固、工厂加工精度高、现场施工安装快,具有经济效益优良、社会效益显著等特点,在现代超高层办公大楼中越来越多的被应用,具有良好的推广价值。

2 工程概况

中国电建西部科创中心建设项目项目位于成都市天府新区正兴街道秦皇寺村,总建筑面积约10.6万平方米,建筑高度130米。项目以办公为主,兼顾企业文化展览馆、多功能会议中心及商务酒店、商业服务。

本工程结构外形为折线型,呈现波浪状线条,外立面采用折线型单元式幕墙样式,幕墙最大高度144.8米,幕墙面积约4.2万平方米。整体系统采用铝合金单元式幕墙系统,幕墙平面为折线造型,立面内包含玻璃、石材及格栅,凸角处为不锈钢装饰条。经过图纸深化,本工程单元板块数量为2819块,板块最大高度7.2米,重1.8吨。



图1 折线型结构外形建筑单元式幕墙视觉样板图

3 工艺原理

折线型单元式幕墙由铝合金框架、石材、玻璃、内填充保温岩棉板(A级防火)构造而成,其整体外观呈现折线型,使建筑物更具立体感和现代美感,施工关键在于合理划分单元板块,工厂化加工制作、现场安装精确调节校准,确保安装过程中板块形变可控,拼装严丝合缝,满足功能兼具美观需求。

实施时,根据结构样式合理排版,划分单元板块,确定单元板块的宽度及高度。按照划分好的单元尺寸,在将幕墙的龙骨、面板及各种材料在加工厂组装成一个完整的幕墙结构基本单元。将制作好的单元板块运至施工现场,采用单轨道吊装系统吊运至作业面,与主体施工期间提前预埋好的预埋件连接,调节校准后完成安装。

4 关键施工技术

4.1 工艺流程

施工准备→地台码安装→折线型单元板块吊装→标高跟踪检查→闭水试验

4.2 施工工艺

4.2.1 施工准备

1 技术准备：技术管理人员熟悉并审查施工图纸有关设计，编制专项施工方案，由项目技术负责人分别对管理人员进行方案交底、作业人员进行安全及技术交底；

2 材料准备：折线型单元式幕墙板块已在工厂加工完成并运输至施工现场，集中在堆放场地；

3 机械设备准备：塔吊、叉车、卷扬机等配置齐全；

4 施工作业人员已按方案要求配备到位并交底到位。

5 高处临边作业，已采取临边防护，作业人员已配备安全带等安全措施。

4.2.2 地台码安装

1 首先对建筑主体进行整体测量放线，根据设计轴线定位关系在预埋件表面弹出十字中心线，作为后续支座安装的定位基准。

2 幕墙安装属于高空临边作业，需在楼层内部先将地台码与预埋件连接，安装时加设隔离垫层，并利用铅垂线校核地台码的垂直度及水平位置偏差。

3 为保证地台码安装精度，除需控制平面坐标外，还需用水准仪实时监测每个地台码的安装标高，确保每个地台码的安装高度精准无误。

4 待所有尺寸复核确认无误后，按设计图纸和规范要求进行初步紧固螺栓，确保连接牢固可靠。地台码安装精度要求见表 4-1

表 4-1 地台码安装精度要求

标高	$\pm 1.0\text{mm}$ (有上下调节时 ± 2.0)
地台码两端点平行度偏差	$\leq 1.0\text{mm}$
距安装轴线水平距离	$\leq 1.0\text{mm}$
垂直偏差 (上下两端点与垂线偏差)	$\pm 1.0\text{mm}$
两地台码连接点中心水平距离	$\pm 1.0\text{mm}$
相邻三地台码 (上下、左右) 偏差	$\pm 1.0\text{mm}$

4.2.3 折线型单元板块吊装

4.2.3.1 吊装前准备

1) 检查准备吊装板块的完好性、核对板块编号。

2) 按照单元板安装顺序编号图布置起吊的位置，提前落实场地占用情况，并拉好警戒线。

3) 确认吊装设备的性能及运转正常。

4) 单元板块安装采用专用吊装吊具，并对其安全性能进行检验确认。

5) 测试对讲系统，保证施工过程中通信稳定。

6) 核实全体吊装作业人员均已就位，到达各自指定工作岗位。

7) 检查吊装设备，确保吊装设备安全可用。

4.2.3.2 单元板块与吊具连接

1) 根据不同单元板块的特征，定制不同形式的平衡梁，平衡梁上栓接吊绳，将吊装绳索牵引至幕墙单元板块的吊装孔附近，使平衡梁与吊装孔精准对位并可靠连接，经检查确认连接牢固后，方可进行后续吊装作业。

2) 平衡梁通过上部吊绳与吊钩挂接，并调整使挂钩在单元板块的重心线上，同时对单元板块加设两条牵引绳，确保单元板块提升过程的平稳，不与发生晃动和扭转，避免与楼体结构碰撞。

4.2.3.3 单元板块起吊

1) 在吊装作业前，必须仔细检查吊具与单元板块吊装孔的连接可靠性，确认无误后方可进行起吊操作。起吊过程中应采用匀速缓慢的提升方式，通过同步控制两个吊点的提升速度，确保受力均匀分布。特别要注意在板块刚刚离地的初始阶段，必须严格控制提升速度，避免因板块自重突然作用于吊绳而产生冲击振动，造成吊装系统的不稳定；

2) 在板块提升过程中，必须安排专人负责牵引控制。牵引人员要随时观察板块的运动状态，通过调节牵引绳的力度和方向，确保板块保持平稳上升姿态，防止出现摆动或旋转现象。同时要注意板块与周边建筑结构的间距，避免发生碰撞或刮擦，造成板块表面损伤。整个吊装过程要确保平稳，所有操作人员要保持良好沟通，确保吊装作业安全顺利进行。

4.2.3.4 单元板块空中调整

1) 当单元板块平稳提升至空中后，操作人员需通过牵引绳精确控制其运动轨迹，有效限制板块的摆动幅度，确保其始终保持垂直稳定的悬挂状态。在悬停过程中，时时监控板块姿态，通过微调牵引绳保持平衡状态。

2) 单元板块悬停稳定之后，操作人员通过牵引绳，逐步调整板块的位置。在此过程中，需要将板块精准调整至设计指定方向，同时严格保证板块的垂直度不受影响。整个转向操作应当分段缓慢进行，确保空中平稳。调整过程必须由单元板块安装层的上一层的安装人员指挥完成。



图2 折线型结构外形建筑单元式幕墙板块吊装图

4.2.3.5 单元板块水平移动

1) 松导向钢丝绳, 取掉导向钢丝绳绳套。启动轨道环链葫芦沿轨道水平方向移动, 移动到安装位置后就位。严格控制提升和移动速度, 全程保持电动葫芦匀速运动, 防止运输过程中单元板块晃动, 避免与结构发生碰撞, 造成表面的损坏。

2) 单元板块水平移动过程中, 楼层施工人员全程跟随, 做好牵引, 防止单元板块在水平运输过程中发生扭转, 避免与楼体结构碰撞。楼层牵引和跟随人员临边作业时, 做好相应的安全保障措施。

4.2.3.6 单元板块下行就位

1) 在板块下行过程中, 各楼层必须配置专职安装人员进行全程监控和导向控制。各层作业人员需协同配合, 通过牵引绳实时调控板块运动轨迹, 有效抵消风荷载影响, 避免板块与建筑结构发生接触碰撞。板块的最终定位安装需由目标安装层及其上层两个作业面的施工人员协同完成, 确保对接精度。

2) 当板块下降至其连接挂点距离承托板 200mm 高度时, 应立即暂停下降作业。首先进行水平方向的插接定位, 经测量确认横向接缝符合设计要求后, 方可继续微调下降。待板块连接件与钢结构转接件的悬挂螺栓完全吻合后, 由上层作业人员负责悬挂系统的精准对接, 同时下层作业人员同步完成上下相邻板块的插接配合。

4.2.3.7 单元板块脱钩

1) 当单元板块完成挂接并准确就位后, 需开展测量定位与调整工作。待单元板块的测量达到要求时, 即实施固定单元板块的挂接部位。同时使用螺钉把限位片固定在托板上, 确保其位置牢固。

2) 在确认单元板块与主体结构的挂接点安装牢固、左

右及上下插接部位准确就位, 并完成所有固定工作后, 经质量验收合格方可拆除吊具, 随后将吊装设备返回存放层进行下一块单元板块的吊装准备工作。单元板块固定后, 应完成以下作业: 安装层间和柱边封修、清理型材槽口、密封十字接头, 确保幕墙系统的完整性和防水性能。

4.2.4 标高跟踪检查

在单元板块安装过程中, 必须全程进行标高跟踪检查, 确保安装精度符合要求。安装前需复核基层标高及预埋件位置, 安装时采用激光水准仪实时监测, 确保每个板块定位准确。单元板块安装后, 利用水准仪及钢尺对板块标高及缝宽进行检查, 要求相邻板块标高差小于 1mm, 接缝宽度偏差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内, 并做好详细验收记录。所有测量工作应在温度稳定的条件下进行, 对超差部位须及时调整, 确保整体安装质量符合规范要求。

4.2.5 闭水试验

单元体标高满足要求后, 先仔细清理槽内垃圾, 随后安装防水压盖。安装好后, 用清洁剂擦净待打胶处, 确保打胶连续饱满, 接着刮胶使表面平整。待密封胶干燥, 进行渗水试验, 合格后方可推进下一道工序。

在单元板块安装工作时, 须进行排水槽闭水试验。试验前要将所有排水孔严密封堵, 并等待硅酮密封胶完全固化。测试时向顶横料排水槽注满水, 保持 10-15 分钟, 期间幕墙内侧不应出现任何渗漏情况。

5 质量控制要点

严格按照优化后的排版图纸进行施工, 提前复核结构实际尺寸, 及时反馈、调整、纠偏与图纸不符部分。测量放线注意根据轴线和标高基准, 复核结构外轮廓尺寸, 及时消化主体结构误差, 确保每层、每个转角部位、每个区域横向、纵向分格完全与轴线、标高基准一致。幕墙外框从转接件位置、龙骨定位到面板控制标高, 复核每一个环节的控制尺寸, 避免误差积累。单元板块从单元板块挂座到每块单元板块, 安装一处复核一处, 及时纠偏、调整到位。铝型材表面应清洁、色泽应均匀, 表面不应有皱纹、裂纹、起皮、腐蚀斑点、气泡、电灼伤、流痕、发粘以及膜、涂层脱落等缺陷存在, 玻璃外观上不允许存在气泡、裂痕、缺角、夹钳印、以及爆边、磨伤、脱胶等缺陷。玻璃边缘应切割整齐, 没有明显缺陷, 包括羽纹、壳状缺口等。

6 安全控制要点

单元板顺着吊索在上升的过程中,吊装指挥人员必须全程专注监控,与起吊人员保持实时沟通,发现异常立即叫停,确保吊装过程平稳安全,避免单元体摆动碰撞。同时,须在楼层临边柱设置 11 号钢丝绳作为安全生命线,作业人员必须将安全带系挂在上面,吊装区域下方应设置警戒线及警示标识,并安排专人全程监护,严禁下方行人通过,确保施工安全。吊装过程中,地面和楼层内安装人员用对讲机随时保持联系,确保吊装过程中通讯通畅。

7 效益分析

折线型单元式幕墙施工与传统的框架式幕墙施工相比,可以提前在工厂加工制作单元板块,整体吊装,提高了安装效率,节约了在现场安装焊接龙骨、安装玻璃等工序的作业时间,总体来说节约了工期,节约了人工费和设备租赁费用,创造了良好的经济效益。

折线型结构外形建筑单元式幕墙安装施工技术应用有效地解决了幕墙施工过程中存在的各类难题,方法操作简单,安全、质量易于控制,符合节能和环保要求,有效的保证了施工进度、质量、安全,得到了当地政府的认可,具有良好的社会效益。

8 结束语

折线型结构外形建筑单元式幕墙实现了建筑美学与工程技术的协调统一,解决了复杂形态建筑幕墙的施工难题,更推动了幕墙行业向高效、安全、绿色的方向升级。随着国家建筑行业向工业化、智能化方向发展,其势必会凭借自身模块化设计、精准控制以及可持续绿色施工在现代建筑施工中占据一席之地。综上所述,本文以我单位承建的中国电建西部科创中心建设项目为例,系统阐述了折线型结构外形建筑单元式幕墙安装的关键施工技术和控制要点等内容,为我单位在这一领域施工积累了经验,并为同类型结构工程施工提供了借鉴与参考。

参考文献:

- [1] 赵胡,王作成.建筑施工中单元式幕墙安装技术与密封性能研究.中国建筑装饰装修,2025
- [2] 詹昌洲.复杂异形塔楼幕墙单元板块环形轨道吊装技术.福建建材,2025
- [3] 高章宝.高层建筑单元式玻璃幕墙优化设计研究.现代工程科技,2025
- [4] 化学工业出版社.《建筑幕墙设计与施工》,2017.

作者简介:孔祥鑫,男,汉族,1985年6月,本科学历,河北省邯郸市,工程师,建筑工程施工技术。