

超长尺寸单元式幕墙安装技术研究

包立波

(上海建筑装饰(集团)有限公司, 上海 200062)

摘要 随着超高层建筑的不断发展, 单元式幕墙因其安装效率高、施工质量好等优点, 已成为超高层建筑幕墙的主流形式。然而, 超长单元板块的吊装与安装技术始终是该领域的技术瓶颈, 特别是在超高层建筑应用中, 面临着高空作业风险、板块尺寸与重量过大、运输难度高以及层高限制等多重挑战。本研究以国内某标志性超高层建筑项目为案例, 重点阐述了该工程中超长单元板块的吊装与安装工艺, 其研究成果以期为同类超高层建筑的超长单元式幕墙施工提供实践参考。

关键词 单元式幕墙; 超长单元板块; 吊装技术; 超高层建筑

中图分类号: TU765

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.01.035

0 引言

超高层建筑不仅是城市经济发展的象征, 也是城市风貌的重要组成部分。超高层建筑最直观的特点就是它的外立面, 而单元式幕墙便是外立面的主要组成部分。因此, 其设计往往具有独特的美学价值, 能够显著提升城市的视觉形象。单元式幕墙的高效施工技术使得超高层建筑能够在有限的城市空间内实现更高的建筑高度和更大的建筑面积, 优化了城市空间的利用效率。而超长尺寸单元式幕墙的施工技术则在常规单元式幕墙的基础上进一步推动了建筑行业的技术创新, 如单轨吊系统、起吊平台等技术的应用, 完善了幕墙施工技术的盲点。本文案例工程建筑塔楼高度约 597 m, 共计 130 层(除设备层外共 117 层)。该幕墙系统由半隐框(横隐竖明)单元式玻璃幕墙与百叶幕墙组成(最外侧为玻璃百叶/中层为铝合金百叶), 单元板块最大长度约 11 m, 主要位于塔楼 32 层、63 层及 94 层。

1 超高层建筑中超长尺寸幕墙的安装技术难点

单元板块的尺寸和重量: 超长尺寸幕墙板块通常具有较大的尺寸和重量, 这给施工工程中的运输与吊装带来了极大的挑战。该工程幕墙的超长单元板块高度可达 11 m, 重量超过 1 吨。这些板块的运输和吊装需要特殊的设备和技术支持^[1]。

垂直运输的选择与布置: 超长尺寸幕墙板块的垂直运输需要选择合适的方式, 并进行合理的堆场布置。由于板块尺寸和重量较大, 传统的货架与货梯无法满足需求, 需要采用塔吊和单轨吊等专业起重设备进行垂直运输。这些设备的布置需要考虑施工效率、安全

性和操作便利性, 确保吊装过程的顺利进行。

板块的起吊与翻转: 超长尺寸幕墙板块的吊运和翻转是安装中的关键环节。由于板块尺寸和重量较大, 导致建筑层高的限制, 幕墙单元板无法以传统方式直接从楼内出板、起吊与翻转, 需依靠单轨吊与特殊起吊平台的配合才能确保板块顺利到达安装位置。

2 单轨吊的布置与安装

2.1 单轨吊的构造与优势

在超高层幕墙安装工程中, 单轨吊系统凭借其机动性强、适应面广及施工效率高的特点, 展现出显著的技术优势。其作业流程为: 在设计楼层的楼板边缘预先安装单轨吊轨道, 悬挂自行电动葫芦, 将已完成清洁处理的单元板由楼层内部吊运至建筑外侧, 最终由楼层内作业人员进行定位安装^[2-3]。

(1) 机动灵活、适应复杂立面: 单轨吊系统可根据幕墙板块尺寸及建筑外形灵活布置轨道走向, 有效适应超高层建筑立面变化, 实现不同角度和位置的精准吊装。

(2) 作业高效、减少设备依赖: 相比传统塔吊, 单轨吊系统专为幕墙安装设计, 吊装流程更加直接高效, 且不占用核心筒内施工电梯资源, 大幅提升垂直运输效率。

(3) 同步施工、优化工序衔接: 通过合理分段设置单轨吊系统, 可实现多楼层同步进行幕墙安装, 显著缩短整体施工周期。(4) 安全可控、降低作业风险: 系统采用定点吊装模式, 避免了板块在空中的长距离摆动, 且作业区域相对独立, 有效保障了下方区域的安全^[4-5]。

为确保吊装作业顺利进行, 在安装前必须彻底清除楼层周边可能影响板块吊装路径的各类临时构件,

作者简介: 包立波(1987-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑幕墙。

包括外挑工件、操作平台、防护挡板及安全网等，为幕墙安装创造无障碍作业空间^[6]。

2.2 单轨吊的安装

单轨吊系统通过其专业化、模块化的设计，为超高层幕墙安装提供了一种安全、高效、经济的解决方案，特别适用于建筑形态复杂、工期要求严格的现代化超高层项目。

单轨吊系统是一种组合型吊装设备，由悬挑于楼板外四周的电动葫芦及 I 型钢轨道组合而成。作为单元式幕墙吊装的专用设备，它在施工过程中操作方便、灵活性高，且便于安装^[7]。

根据现场施工区分段，分别在塔楼 35 层、66 层与 97 层设置针对该幕墙系统的单轨吊装置，以供超长尺寸单元板的吊运与安装。

整体施工顺序为从下至上，逐层向上安装，在每个施工段的相应楼层设置操作平台。

安装轨道的人员在楼板上按规定设置安全防坠钢丝绳，并将安全带牢牢扣在防坠钢丝绳上。防坠钢丝绳用卸扣固定在结构立柱上。使用订做好的单轨道（18# 工字钢）运输到需要安装的楼层，分别放置在需要安装轨道的相应区域，并将钢支架锁固于幕墙预埋件或后置埋件上^[8]。

3 起吊平台的布置与安装

幕墙超长尺寸单元板与标准单元板最大的施工难度区别在于其尺寸。该幕墙系统单元板的尺寸为 11 m，是标准单元板的 3 倍至 4 倍长，由于建筑层高的限制，标准尺寸单元板通常可以直接从楼内进行起吊安装；而超长尺寸单元板的长度却限制了其楼内出板的条件，大幅度增加了起吊过程的难度。因此需要为该幕墙系统特别设置一个起吊平台。

3.1 超高层立面布置

根据该幕墙系统于外立面的分布，在塔楼 33 层、64 层、95 层（分别位于该幕墙系统的上一楼层）设置外挑起吊钢平台，以配合高空大堂超长单元板的吊装及安装。

3.2 起吊平台的构造

使用 20b# 工字钢作为起吊平台的主梁，外挑结构边缘 2 m，主梁与主体结构固定的方式采用 $\varnothing 12$ mm 圆钢折弯的对穿螺栓与 L50×5 mm 角钢进行固定，下面垫上木方；次梁采用 10# 槽钢组成，上铺 3 mm 厚的钢板；起吊平台边缘用 $\varnothing 48 \times 3.6$ mm 钢管架设 1.8 m 高防护架，工字钢边缘焊接定位销，定位销外插钢管套与工字钢焊接，并将钢丝网牢牢固定在钢管上。

3.3 起吊平台搭设要求

起吊平台搭设时应确保其结构具有足够的刚度、稳定性与承载能力。在荷载作用下，整体结构需保持

稳固，不产生显著变形或晃动，从而为高空作业提供一个安全、可靠的操作平台。

3.4 平台的安装及管理

1. 准备就位。首先，设置安全警戒区，施工机具与钢材半成品进场后堆放在安全区域内；其次，吊装工字钢就位，并完成槽钢的焊接安装；最后，对钢结构整体涂刷防锈漆。

2. 安装过程。主钢梁需安装于结构楼板外侧，操作前，应在楼板设置安全防坠钢丝绳，该钢丝绳通过卸扣固定于结构立柱，所有安装人员的安全带必须全程挂扣于此绳。

使用订做好的主钢梁（20b# 工字钢）运输到 33 层，分别放置在需要安装的位置旁边，并将钢支架锁固于幕墙预埋件或后置埋件上。

悬臂杆安装时，首先将绳索一端固定于上层楼板，另一端系于悬臂杆外端以辅助其就位。安装人员将其推出后，把内侧端部与预埋件进行螺栓连接，最终通过调节绳索松紧度来精确控制悬臂杆的水平度。（幕墙预埋件在土建施工时已完成。）

安装主钢梁周围的钢管，并固定安全钢丝网。所有悬臂杆件以相同方法安装在对应部位。安装次梁并铺设钢板。其中，位于楼板结构边缘的起吊平台处相应范围内的钢板为可拆卸平台板，根据超长单元板的尺寸，起吊平台每两根主梁之间将安置三块长 1 000 mm×宽 990 mm 的可拆卸钢板，以便安装起吊平台下方的幕墙单元板。

4 超长尺寸单元板安装方案

4.1 超长尺寸单元板安装措施

1. 单元板的垂直运输：由于该幕墙系统超长单元板的最大长度为 11 m，标准施工电梯轿厢的尺寸无法满足其要求，须结合单轨吊与塔吊的运力进行板块的垂直运输。

2. 单元板楼层内的贮存：按照标准层的做法，每一安装楼层的单元板原则上都存放于待安装的楼层内。由于该幕墙系统的特殊构造，其楼层内圈已安装完成钢结构的密集钢柱，导致完全阻断了楼内出板的路径，必须对于该超长尺寸单元板的存放采取特殊处理。因此，将高空大堂的超长尺寸单元板配合现场部署的施工段划分及安装顺序分批次吊运至安装楼层的上一层，由该楼层进行出板，从而解决楼内储存及出板问题。

3. 单元板的安装：借助单轨吊系统与起吊平台将其从贮存楼层移出，并水平移动至安装位置正上方。在确认该楼层作业人员准备就绪，且防风等安全措施已到位（严禁在风雨等恶劣天气下施工）^[9]之后，操

作设备使单元板保持平稳、匀速的状态,缓慢下降至目标楼层,完成最终安装。

4.2 超长尺寸单元板安装步骤

超长尺寸单元板层内出板→利用起吊平台起吊超长单元板→安装操作平台两侧位置的超长单元板→通过起吊平台翻板安装平台下方的单元板。

单元板块的现场安装需遵循精细化、标准化的作业流程,具体步骤如下。

1. 出板前准备。首先拆除单元板在货架上的固定装置,包括去除塑料保护膜,剪断木压块铅丝,卸下钢压板等固定件。随后进行安装前预处理:在楼板预埋件的铝牛腿弧形接触面粘贴保护薄膜,安装装饰条,并检查已安装铝挂件紧固件的锁紧状态。对板块表面进行初步清洁,去除灰尘与污垢。

2. 水平转运与吊具挂接。使用专用起板车将板块从货架吊起,平稳转移至平板车上,并运送至安装部位楼板边缘。将电动葫芦吊钩定位至板块上方,挂接专用手拉葫芦。在葫芦吊钩上悬挂两根1 m长、直径10 mm的专用吊装钢丝绳,钢丝绳另一端通过卸扣可靠连接至板块顶部的专用吊具,同时挂接备用葫芦吊钩。

3. 起吊与翻转。经施工人员全面检查确认连接可靠、吊装人员就位后,由指挥人员下令缓慢起吊。在起吊过程中,板块两侧需安排人员扶持,避免与货架发生刮蹭。当板块起吊至约45度倾角时,在底框料位置插入特制小推板车并撤走原平板车,随后继续提升板块至完全直立状态,确保双吊点钢丝绳均匀受力。板块在提升过程中需进行必要翻转,并由中间楼层人员全程协助看护。

4. 就位前处理。板块抵达安装楼层前,对安装位置的所有已固定构件(牛腿、螺栓等)进行彻底清洁。同时将单元板块竖框内侧保护膜自底部起剥离约30 cm,并完全去除底框内侧保护膜。根据需要,可在已安装板块的插接口处均匀涂刷润滑剂或肥皂水,以降低安装摩擦阻力。

5. 精准就位与调整。当板块吊运至安装位置附近时,楼层安装人员应及时扶稳板块,防止与楼板或已安装板块发生碰撞。在板块下降至距安装面约200 mm时,将板块向右侧推移,使其右边框母料竖框与相邻已安装板块的左公料竖框插口精确吻合。随后缓慢下降板块,全程监控水平度,确保板块水平下落并与两端钢牛腿均匀接触。出现尺寸偏差时,通过手拉葫芦进行微调,直至水平缝、垂直缝、高低差等各项指标均满足规范要求。

6. 固定与收尾。确认安装精度符合要求后,拆卸吊装卸扣。在单元板中间竖框的楼板连接铝牛腿上安

装制动铝块并按图纸要求可靠固定。最后进行接缝清洁,安装过桥构件并施打密封胶。完成上述工序后,即可转入下一单元板块的安装循环^[10]。

5 结束语

该工程超长尺寸单元式幕墙的成功实施,实现了超高层建筑复杂外围护结构施工技术的重要突破。该项目所面临的技术挑战已超越常规尺寸放大的范畴,其关键难点在于突破建筑层高与核心筒结构共同形成的空间限制,确保长达11 m的单元板块实现安全精准安装。为解决这一难题,本研究创新性地提出了“空间接力”系统解决方案:采用单轨吊系统作为三维运输通道,实现板块的精确定位与水平输送;同时设计外挑式起吊平台作为空间转换节点,通过突破建筑边界创造临时作业空间,并借助可拆卸平台板的动态设计,有效解决了“楼内无法出板”这一根本性技术难题。该技术体系不仅显著缩短了项目总工期,提升了经济效益,其“以动态施工系统突破静态结构限制”的核心技术思路,更为未来应对形态更复杂、施工条件更严苛的建筑项目提供了极具参考价值的技术路径参考。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑幕墙(GB/T 21086-2007)[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑结构荷载规范(GB 50009-2012)[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢结构设计标准(GB 50017-2017)[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢结构焊接规范(GB 50661-2011)[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑施工高处作业安全技术规范(JGJ 80-2016)[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑结构可靠性设计统一标准(GB 50068-2018)[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢结构高强度螺栓连接技术规程(JGJ 82-2011)[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢结构工程施工质量验收标准(GB 50205-2020)[S].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [9] 中国国家标准化管理委员会.风力等级(GB/T 28591-2012)[S].北京:中国标准出版社,2012.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部.工程测量规范(GB 50026-2020)[S].北京:中国计划出版社,2020.