

引用格式: 杨拓, 李国银, 廖继, 等. 外倾玻璃幕墙施工技术与节点构造优化[J]. 工业建筑, 2025, 55(4): 204–208. YANG Tuo, LI Guoyin, LIAO Ji, et al. Construction Technology and Joint Structure Optimization of Outward-Inclined Glass Curtain Walls[J]. Industrial Construction, 2025, 55(4): 204–208 (in Chinese). DOI: 10. 3724/j. gyjzG22061007

外倾玻璃幕墙施工技术与节点构造优化

杨 拓 李国银 廖 继 王 军 甘晓琴

(中建三局第三建设工程有限责任公司, 武汉 430074)

摘 要 大型展览馆等公共建筑的结构形式特殊, 对玻璃幕墙施工技术有较高要求。而椭圆倒锥体展览馆玻璃幕墙具有倾斜角度大、安装高度高、单片玻璃尺寸大等特点, 施工过程中, 由于玻璃幕墙的特点及安装空间有限, 存在玻璃幕墙无法采用大型机械进行垂直吊装, 安装过程中外倾玻璃不易就位等难点。结合金凤城市中心一期展览馆外倾幕墙工程特点, 在吊装施工方面, 采用了在结构钢桁架上焊接工字钢作为滑动轨道, 配合滑轮组及电动葫芦进行玻璃幕墙安装的方法, 该方法可实现吊装时玻璃在垂直与水平方向的灵活移动, 很好地解决了外倾幕墙无法直接吊装的难题。在优化设计方面, 对玻璃底部安装节点进行优化, 将固定式钢槽变为可调节式钢槽, 便于玻璃吊装就位; 对外倾玻璃侧面安装节点进行优化, 增设铝合金临时固定件; 对铝合金压座与龙骨连接处转接件进行优化, 简化转接件形式, 以保障玻璃在铝合金压块未安装的情况下不发生变形及自爆情况, 且不影响铝合金压块的后续安装, 减少外倾玻璃损坏风险, 便于玻璃安装。

关键词 外倾玻璃; 幕墙安装; 可调节式钢槽; 临时固定件; 滑动轨道

Construction Technology and Joint Structure Optimization of Outward-Inclined Glass Curtain Walls

YANG Tuo LI Guoyin LIAO Ji WANG Jun GAN Xiaoqin

(The Third Construction Engineering Co., Ltd. of China Construction Third Engineering Bureau, Wuhan 430074, China)

Abstract: The structural form of public buildings such as large exhibition halls is unique, posing high requirements for glass curtain wall construction technology. The glass curtain wall of an elliptical inverted cone exhibition hall features large inclination angles, high installation heights, and large single-piece glass sizes. During the construction process, due to the characteristics of the glass curtain wall and limited installation space, there are difficulties such as the inability to use large machinery for vertical lifting of the glass curtain wall and the difficulty in positioning the outward-inclined glass during installation. Based on the characteristics of the outward-inclined curtain wall project of the first phase of Jinfeng City Center, in terms of lifting construction, a method was adopted where I-beams were welded onto structural steel trusses as sliding tracks, coupled with pulley blocks and electric hoists for glass curtain wall installation. This method allows for flexible movement of the glass in both vertical and horizontal directions during lifting, effectively solving the problem of the inability to directly lift the outward-inclined curtain wall. In terms of optimization design, the installation joints at the bottom of the glass were optimized by changing the fixed steel channels to adjustable steel channels, facilitating the lifting and positioning of glass. The installation joints on the side of the outward-inclined curtain wall were optimized by adding temporary aluminum alloy fixings, optimizing the connectors at the connection between the aluminum alloy pressure block and the joist, simplifying the form of the connectors, ensuring that the glass does not deform or self-explode without the aluminum alloy pressure block installed, without affecting the subsequent installation of the aluminum alloy pressure block, reducing the risk of damage to the outward-inclined glass, and facilitating glass installation.

Keywords: outward-inclined glass; curtain wall installation; adjustable steel channel; temporary fixings; sliding rail

第一作者: 杨拓, 助理工程师, 主要从事建筑幕墙工程设计与施工技术研究。

电子信箱: 1965783084@qq.com

收稿日期: 2022-06-10

0 引言

当前,随着社会经济的高速发展和科技的进步,异形建筑结构备受建筑师青睐。外倾玻璃幕墙因具有大空间、良好的通风与采光效果、占地面积少的优点而得到广泛应用。常规外倾玻璃幕墙施工具有较为成熟的体系,对于玻璃倾斜角度小,安装场地良好的情况,一般采用大型机械进行吊装,对于存在挑檐结构,不适用大型机械吊装的情况,一般采用电动葫芦进行吊装。由于建筑物结构形式不一,施工条件及幕墙形状会有较大不同,外倾玻璃施工也存在一定差异。

本文以金凤城市中心一期展览馆外倾幕墙施工为例,介绍了外倾玻璃幕墙在外倾角度大、安装空间受限等不利条件下,采用在结构钢桁架上焊接工字钢作为滑动轨道,配合滑轮组及电动葫芦进行玻璃幕墙安装的施工方法。通过对玻璃幕墙施工中常规的安装节点进行优化,提升幕墙的安装效率及安装质量,对今后类似的玻璃幕墙施工提供一定的参考价值。

1 工程概况

金凤城市中心一期一标段 EPC 项目位于重庆市高新区科学城核心腹地——金凤中心,本工程为 4 层公共建筑,总建筑面积 14134.13 m² (图 1)。立面形式为上大下小的倒锥椭圆形结构,总建筑高度为 28 m。首层至三层为展览中心,四层为报告厅。首层玻璃幕墙为常规明框玻璃幕墙,外倾玻璃幕墙主要位于二层及三层立面,最大外倾角约 45°,幕墙面积约 21000 m²。



图 1 重庆金凤城市中心一期设计效果

Fig. 1 Design rendering of Chongqing Jinfeng City Center phase I

2 外倾玻璃安装方式选择

外倾玻璃幕墙由于其特殊性,平面位置随着高度的变化而发生改变,外倾角度越大,变化越大,故其安装方式较垂直玻璃幕墙的难度大大增加^[1]。外倾玻璃的吊装存在水平和竖向方向上的外力,玻璃

就位施工过程中吊装复杂,安全风险大。对于目前的外倾玻璃安装,主要有以下几种:

1) 采用塔吊或吊车等大型机械直接吊装。此方法适用于玻璃倾斜角度小,安装场地大,无挑檐等障碍影响的吊装,其优点为吊装灵活方便,安全有保障,是目前外倾玻璃较为主流的施工方式^[2]。但也存在较为明显的缺点,外倾玻璃幕墙结构一般有较大悬挑,塔式起重机无法进行吊装,或由于场地狭小,吊车无法进入场地进行吊装等,可开展的工作面有限。

2) 采用电动葫芦垂直吊装。采用电动葫芦等设备挂在玻璃安装位置上方,将玻璃垂直吊至安装位置,利用绑扎在玻璃上的绳索,人工拉至安装位置就位,此方法适用于外倾玻璃倾角不大,质量轻的情况,同时,由于人工高空作业面较多,也存在较大安全隐患^[3]。

就本工程而言,三层外倾玻璃幕墙位于结构内部(图 2),上下均存在悬挑结构,无法采用塔式起重机或吊车进行吊装。由于玻璃安装位置下方存在挑板,无法采用电动葫芦直接进行吊装,需先将外倾玻璃垂直吊装至三层平台水平位置,再将外倾玻璃水平运至安装位置进行安装。通过对各种方式进行研究论证,提出一种新安装思路:在三层结构上部悬挑钢结构上焊接工字钢,设置滑动轨道,将电动葫芦附着于工字钢上,可将玻璃从地面垂直吊装至三层平台高度,通过滑动轨道,将玻璃水平吊装至安装位置,再通过电动葫芦进行安装。此方法经专家论证及计算后得出可行性结论。



图 2 重庆金凤城市中心一期三层玻璃效果

Fig. 2 Rendering of the glass on the third floor of Chongqing Jinfeng City Center phase I

3 外倾玻璃幕墙施工工艺

3.1 玻璃吊装准备

1) 外倾玻璃的安装是一项十分细致、精确的整体组织施工。施工前要做好全员技术、安全交底,

吊装前需全员模拟一次吊装全过程,发现存在问题并及时解决。正式吊装前检查每个工位的人员到位情况,各种机具工具是否齐全正常,安全措施是否可靠。吊运安装过程中应统一管理、统一指挥,避免令出多门造成施工无序,影响吊装安全。同时严格要求施工人员依照相应规范和标准进行操作。

2)玻璃安装前,提前完成幕墙玻璃的清洁养护工作,保证玻璃面板的完整度、清洁度和支撑结构完好无损,对结构胶、玻璃铝框及其他构件进行逐一检查,确认是否存在损伤及尺寸偏差,若有异常进行更换。

3)对玻璃材料进行检查,确保其质量、规格等均符合实际施工要求,同时做好相应运输保护措施,并将玻璃板块运输至施工现场。其次,在玻璃被运输至施工位置后,施工人员应当再次检查玻璃情况,确保运输过程没有对玻璃造成损坏,确保设备不存在故障。

4)安装玻璃板片之前,应在下口钢槽上先放上长度不小于100 mm的氯丁橡胶垫块,垫块放置位置为距玻璃底部两侧边缘1/4处。垫块长度不小于100 mm,厚度不小于5 mm。每块玻璃的垫块不得少于2块。

5)为保护玻璃与龙骨及结构的碰撞,除常用的设置稳定绳措施外,需在玻璃四角加垫防撞包作为防撞击保险装置。防撞包内充填高弹性纤维,在玻璃到达安装点时与绑带一起拆除^[4]。

6)吊装前,四周应划为警示区域,并用警示绳围起来。同时检查施工机具是否齐全且可正常工作。

3.2 安装工艺流程

1)采用22号的工字钢与主体钢梁进行焊接,形成滑动轨道,于滑动轨道上设置电动葫芦,如图3所示^[5]。工字钢超出二楼铝板幕墙完成面800 mm即可;工字钢前端及尾端设置6 mm限位钢板防止电动葫芦移动过程中脱轨。本工程吊装轨道最不利位置受力情况及焊接强度均验算合格。

2)玻璃使用叉车水平运输至吊点下方,后采用2t电动葫芦进行垂直运输,如图4所示

3)在玻璃板块上设置好玻璃吸盘,为确保玻璃吸盘不脱落,沿着玻璃宽度方向再用布带将玻璃及玻璃吸盘缠绕一圈绑扎牢固;玻璃左右两侧吸盘位置需要分别捆牢两根平衡控制绳索。在具体的施工过程中,需要在地面安排两个施工人员,每个工

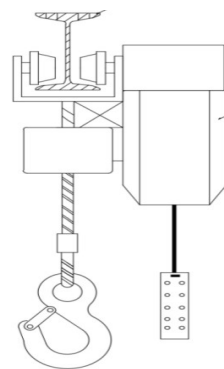


图3 电动葫芦与工字钢连接示意

Fig. 3 The connection between the electric hoist and I-beam

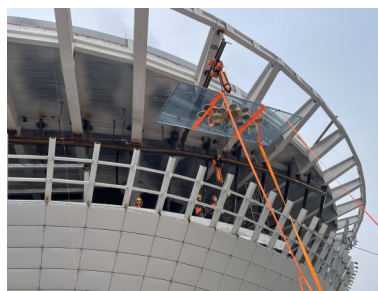


图4 玻璃垂直吊装

Fig. 4 Vertical lifting of glass

人控制一根控制绳,根据玻璃在空中的位置实时调整绳索的方向和拉力大小,工人操作控制绳时应位于玻璃两侧,以免玻璃倾覆造成安全事故^[6]。

4)玻璃吊装至平台位置,采用滑动轨道配合电动葫芦将玻璃水平运输至安装位置,如图5所示。

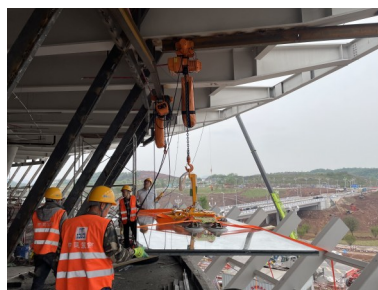


图5 玻璃水平运输

Fig. 5 Glass horizontal transportation

5)玻璃到达安装位置后室内人员采用吸盘进行角度调整,外端使用高空车进行配合就位,玻璃与龙骨位置契合后,缓缓降落使玻璃入槽,取下绑扎带进行扣盖安装,扣盖固定完成后撤掉玻璃吸盘^[7]。

4 安装节点优化

外倾玻璃幕墙基于外倾特性,安装过程中受力

情况与垂直玻璃幕墙有所不同,在吊装至底部钢槽时,不易就位。本项目将U形固定式钢槽优化为类似L形可调节式钢槽,便于玻璃安装就位。外倾玻璃侧面铝合金固定件常规做法为先临时固定一侧玻璃,待相邻玻璃安装时,取下固定件;待两侧玻璃安装就位后再安装固定件。此方法在取下固定件过程中,外倾玻璃两侧只有单边受力,容易导致大玻璃应力集中而自爆,为此本项目通过优化增设临时固定件,可解决此问题。

4.1 外倾玻璃底部节点优化

外倾玻璃底部常规做法:通过吊装将玻璃底部塞入通长(60+128+110) mm×10 mm 镀锌钢槽,通过在钢槽内三面塞热塑性弹塑体(TPE)垫块将玻璃固定,槽钢通过 100 mm×100 mm×6 mm 方钢与 8 号槽钢转接件焊接连接,如图 6、7 所示。

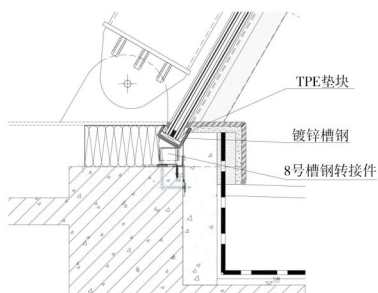


图 6 外倾玻璃底部安装节点

Fig. 6 The installation joint at the bottom of outward-inclined glass

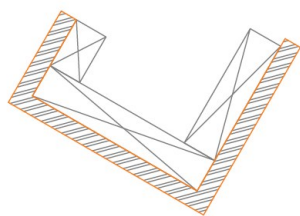


图 7 U形钢槽

Fig. 7 U-shaped steel channel

因为玻璃幕墙主要为外倾曲面构造,且单片玻璃尺寸和质量均较大,上述常规的玻璃安装方式不易施工,玻璃塞入钢槽难度非常大,因此本项目对现有安装节点进行优化:

通过将通长单向镀锌钢槽优化为通长单曲镀锌角钢+镀锌角钢(间距 500 mm)组合,通长单曲镀锌角钢与镀锌角钢通过不锈钢螺栓组连接固定,底部通过不锈钢螺栓与镀锌钢板(间距 500 mm,与上部镀锌角钢保持一致)调节固定到位,使原固定式钢槽(图 7)变为可调节式钢槽(图 8),便于玻璃吊装

就位并固定。

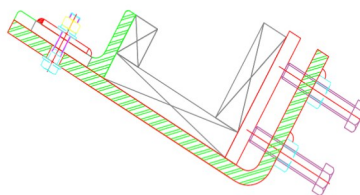


图 8 可调节式钢槽

Fig. 8 Adjustable steel channel

4.2 外倾玻璃侧面节点优化

外倾玻璃侧面固定常规做法:先将通长镀锌钢转接件[图 9(a)]与矩形钢龙骨通过焊接连接,再将铝合金压座[图 9(b)]通过机丝螺钉及不锈钢螺栓组与转接件连接,待两侧玻璃就位后,将铝合金扣板[图 9(c)]通过不锈钢螺栓与铝合金压块[图 9(d)]连接,从而将两侧玻璃固定。安装节点如图 9(e)所示。

因为玻璃幕墙主要为外倾构造,且单片玻璃尺寸和质量大,采用上述常规的玻璃安装方式,在安装后续幕墙玻璃时,需要将单侧的铝合金扣板固定件取下,待后续幕墙玻璃安装就位后,再将铝合金压块固定件安装到位,在此过程中,超大外倾玻璃由于两侧只有单边受力,极大概率会导致玻璃变形,应力集中,从而使玻璃自爆。为避免上述情况发生,本项目对现有安装节点进行优化,增设铝合金临时固定件,如图 10 所示^[8-9]。

通过在铝合金压块里面(铝合金压座两侧),增加铝合金临时固定件(图 11),同时对铝合金压座与龙骨连接处转接件进行优化,简化转接件形式。在玻璃内侧也设置铝合金压座及扣盖,铝合金临时固定件保障了玻璃在铝合金压块未安装的情况下不发生变形及自爆情况,且不影响铝合金压块的后续安装。玻璃内侧设置铝合金压座,让玻璃前后可移动距离增加,极大方便了超大玻璃的安装。安装节点优化前后对比如图 12 所示,新增单侧铝合金临时固定件,优化转接件设置形式,可以大幅降低倾斜玻璃安装难度,减少外倾玻璃损坏风险。

5 结 论

外倾玻璃幕墙玻璃吊装施工技术,采用在结构钢桁架上焊接工字钢作为滑动轨道,配合滑轮组及电动葫芦进行玻璃幕墙吊装的施工方法,有效解决

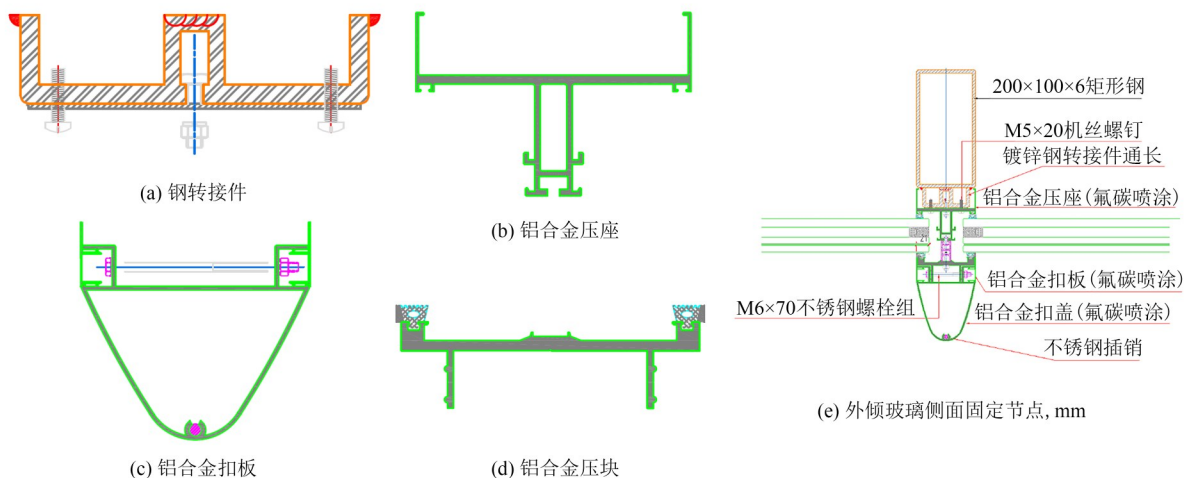


图9 细部构件剖面及外倾玻璃侧面固定节点

Fig. 9 Details of components section and the fixed joint on the side of outward-inclined glass

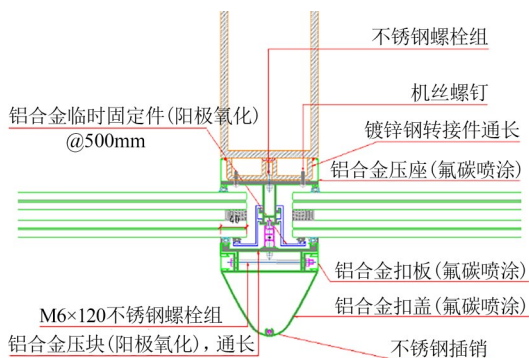


图10 优化外倾玻璃侧面固定节点

Fig. 10 The optimized fixed joint on the side of outward-inclined glass

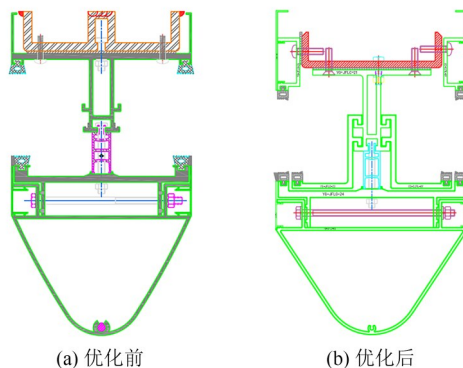


图12 外倾玻璃侧面固定节点优化前后对比

Fig. 12 Comparisons of fixed joints on the side of outward-inclined glass before and after optimization

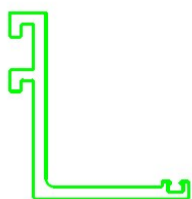


图11 铝合金临时固定件

Fig. 11 Aluminum alloy temporary fixings

了无法采用大型机械设备进行吊装、作业面复杂等不利情况,可以多个工作面穿插施工,缩短工期,且成本费用低,具有一定的经济效益,具有广阔的应用前景。

将外倾玻璃幕墙底部U形固定式钢槽优化为类似L形可调节式钢槽,可很好提升外倾玻璃安装效率。在外倾玻璃幕墙侧面增设铝合金临时固定件,同时将铝合金压座与龙骨连接处优化,可减少外倾玻璃损坏风险,便于玻璃安装,具有较好的推广价值。

参 考 文 献

- [1] 易伟. 外倾斜玻璃幕墙玻璃吊装施工技术[J]. 工程技术与应用, 2019(4): 49-51.
- [2] 庞小军, 张小龙, 熊云凡. 高大倾斜玻璃幕墙综合施工技术[J]. 结构施工, 2021, 43(7): 1261-1271.
- [3] 唐际宇, 黄业信, 王维, 等. 南宁吴圩国际机场新航站楼曲面外倾斜拉索幕墙玻璃安装施工技术[J]. 施工技术, 2015, 44(9): 1-16.
- [4] 李国. 大角度玻璃幕墙安装的特点[J]. 现代物业(上旬刊), 2013(7): 89-91.
- [5] 吴昊, 吴瑞卿. 单轨吊车用于超高层单元式建筑幕墙安装施工技术[J]. 广东土木与建筑, 2013(12): 20-22.
- [6] 汪琴, 姜小强. 超大分格倾斜玻璃幕墙施工技术[J]. 建设监理, 2013(12): 77-79.
- [7] 卢彬. 工人文化宫玻璃幕墙施工安装过程中的质量控制及安装[J]. 建材与装饰, 2020(4): 15-16.
- [8] 刘丙宇, 倪吉华, 孙瑞莲, 等. 内蒙古科技馆新馆异形幕墙综合施工技术[J]. 施工技术, 2016, 45(16): 96-101.
- [9] 刘俐. 南京北站站房北立面玻璃幕墙施工控制技术[J]. 建筑技术开发, 2016, 43(10): 80-81.