

# 大跨度钢结构玻璃幕墙施工技术研究与应用

但 艺 程发祥

中冶建工集团有限公司 重庆 400084

**摘 要:** 本文以某项目为例, 针对大跨度钢结构玻璃幕墙中, 钢梁龙骨安装、幕墙吊装对玻璃的定位、节点连接质量等技术要求高, 施工难度大等问题进行了技术研究, 通过攻关和自主创新, 采用一套大跨度钢结构玻璃幕墙的施工方法, 并针对弧形玻璃幕墙整个施工工艺和安全质量方面控制要点进行了论述, 形成了大跨度钢结构玻璃幕墙成套施工技术。

**关键词:** 大跨度; 钢结构; 玻璃幕墙; 弧形玻璃

引言: 玻璃幕墙是当代一种新型墙体, 它赋予建筑的最大特点是将建筑美学、功能、节能和结构等因素有机地统一起来, 建筑物从不同角度呈现出不同色调, 随阳光、月色、灯光变化给人以动态的美。<sup>[1]</sup>经过几十年沉淀, 玻璃幕墙建筑施工技术相对来说已较为成熟。然而到目前为止, 人们仍没有对超大型玻璃幕墙进行明确界定, 只是参考有关文件中相关描述来进行模糊判断<sup>[2]</sup>, 且大跨度钢结构玻璃幕墙施工技术、关键部位安装质量控制仍掌握在国内外少数顶尖施工团队手中, 大部分建筑工程从业人员对于大版面玻璃幕墙的工艺构造及流程不甚了解。无论从大跨度玻璃幕墙设计特性、施工技术、保障措施、后期维护等任一方面来看, 针对大跨度玻璃幕墙施工技术进行研究都是很有必要的。

## 1 项目背景

某项目由A栋会议中心和B栋核心办公楼组成, 主要幕墙形式为石材幕墙和玻璃幕墙。其中A栋会议中心幕墙高度23.6米, 地上三层, 标准层高8米, 幕墙面积约22000平方米, B栋核心办公楼幕墙高度40米, 幕墙面积约48000平方米, 地下一层, 地上8层, 标准层高4.8米。

## 2 大跨度玻璃幕墙技术现状研究

### 2.1 现状应用及特点分析

如今, 越来越多的建筑项目为了最大程度地提高建筑物的通透性, 在建筑物立面上采用全方位的玻璃幕墙。但是玻璃属于脆性材料, 因此在对玻璃幕墙的设计和安装上都必须谨慎小心, 否则不仅会对建筑物本身的安全性造成影响, 还有可能对周围群众造成安全威胁。此外, 大跨度全玻璃幕墙的稳定性也是一个潜在的威胁, 因此, 必须要对大跨度全玻璃幕墙的设计和施工引起高度重视, 保证建筑安全性。

30多年前, 玻璃幕墙传入中国, 随着玻璃幕墙材料的不断改进和创新, 钢结构玻璃幕墙出现在人们的视线

中。近年来, 高层住宅建筑、大跨度商业广场、异形结构体育场馆等建筑数量不断增加。钢结构玻璃幕墙作为一种渗透性好、现代感强的建筑墙体, 深受设计师的喜爱。

首先, 钢结构玻璃幕墙具有突出的环保性能, 可以有效减少城市建筑垃圾的产生。钢构件基本在工厂加工, 然后运到现场安装固定。这种干式施工方法不仅可以有效减少建筑垃圾, 还可以减少施工造成的环境污染和噪声污染, 减少施工现场的PM2.5值。

其次, 钢结构玻璃幕墙自重轻, 抗震性能好。采用钢结构作为玻璃幕墙的支撑结构, 可以进一步减轻建筑物的自重, 尤其是在高层建筑的应用中。另外, 钢结构的韧性使得幕墙建筑的抗震性能进一步加强。

最后, 钢结构可以应用于复杂的结构建筑, 降低安装难度, 缩短工期。缩短工期可以节省工人的成本。如果钢结构用于商业用途和住宅, 业主的投资资金可以加快恢复。

虽然玻璃幕墙在使用之初就给人们带来了“光污染”, 给道路上的行人和车辆带来了极大的不便, 但作为一种节能环保的建筑结构, 钢结构和玻璃幕墙的有机结合减少了“光污染”。随着科学技术的不断进步, 建筑材料和技术的不断进步, 相信钢结构的玻璃幕墙会越来越完善, 设计会越来越合理, 不仅会让建筑中的人们享受到一种明亮开放的视野, 还会让城市的“光污染”逐渐消失。

### 2.2 分析结果

通过对实际工程经验的全面分析, 对大跨度全玻璃幕墙的应用和具体设计有了全面的认识。在实际的设计过程中发现, 玻璃本身属于一种脆性材料, 一旦在设计或者施工过程中出现问题, 就容易引发较为严重的稳定性问题, 严重的情况下还会导致玻璃被破坏, 因

此,在施工中必须要对大跨度玻璃肋的设计引起重视,强化大跨度全玻璃幕墙的设计,从根本上解决大跨度玻璃的稳定性问题。

### 3 大跨度钢结构玻璃幕墙技术研究

#### 3.1 主要研究技术路线

针对大跨度钢结构玻璃幕墙施工过程中横向焊接钢板组合钢梁龙骨运输、吊装过程中变形过大;大跨度玻璃幕墙竖向不锈钢拉杆的屈服强度、抗拉强度的受力计算不准确以及加工精度控制不良;大跨度玻璃幕墙面层玻璃安装过程中的各种技术保障措施不齐全,安装速度慢,安全隐患大等问题,分别围绕相同材料不同生产厂家技术实力的影响、深化设计思路方向的影响、转运和吊装影响和幕墙玻璃安装固定影响四个方面进行研究<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 研究内容

##### 3.2.1 材料的选择分析

深入市场调查各个钢结构和幕墙玻璃生产厂家,汇总数据,对比分析,综合考量生产厂家的技术实力、产品质量,并结合成本分析,形成量化,进而择优选择综合指标最高产品投入到项目中。

##### 3.2.2 深化设计分析

###### (1) 结构分析

该工程大跨度横肋拉杆玻璃幕墙吊装空间受限,上方有复杂的屋面结构限制起吊高度,吊车有吊装盲区。又因幕墙支撑梁上部空间有限,高度不足300mm,造成玻璃幕墙支撑梁上无法横向增加刚性支撑结构,即便连接横向刚性支撑结构,也无法自由转移,而满布吊装刚性支撑结构荷载大,影响主体钢结构施工及调校。

鉴于现场实际情况,屋面梁间连接直径不小于16mm起重钢丝绳,作为半柔性支撑,单机提吊的方式实施。有条件的部位,搭设脚手架支撑结构,按吊装工艺实施。

(2)运用BIM技术,对幕墙钢结构、玻璃等进行可视化建模,并完善碰撞检测,最终模型用于指导生产和加工。

##### 3.2.3 转运和吊装分析

###### (1)材料转运分析:

施工过程协调道路及地面施工单位,密切配合协作。特别是玻璃入场后,对场地要求严格。场地的平整,安全性,至今影响成品质量及工期。

玻璃转运原则为远离动火及大件吊装区域,设置专用无障碍通道,并标线标志,专人负责通道维护,保证通道安全整洁。

###### (2)吊装分析

针对幕墙单体玻璃跨度大,钢梁龙骨尺寸大、装配

多的特点,安装吊具机械化程度以及吊装工具的投入,对整个安装工期和质量控制有直接影响,故在设备投入上,制作和使用现场所需的吊装工具为第一选择。

##### 3.2.4 在实施环节,考虑以下问题:

(1)吊装前完成与屋面施工单位、基层作业单位、总包、监理、业主等的协调工作。

(2)吊装前已核实好钢梁安装制作几何尺寸,没有遗漏及偏差,已完成钢结构的补焊及防腐,并备好吊装机具。

(3)吊装前做好临时支架及其他辅助设施的搭设工作。

(4)吊装前对现场杂物进行清理,选定支设吊车的准确位置,整平及加固,吊车进场所需垫板准备就绪。

(5)吊车经过现场安全检查,锁具卡具没有损伤。

(6)吊装指挥人员、铆工、焊工、起重工、司机等参与吊装的工作人员全部准备妥当,且有相应的上岗证书。

(7)施工技术人员对所有吊装作业人员已进行安全技术交底等工作,确保参与吊装作业的人员了解吊装程序,并有交底记录。

##### 3.2.5 玻璃幕墙的安装固定分析

玻璃幕墙的固定方式是较为难以入手的,它从类别结构上大致分为:全隐框玻璃幕墙、半隐框玻璃幕墙明框玻璃幕墙、挂架式玻璃幕墙、无骨架玻璃幕墙五种类型。由于每种玻璃幕墙的构造不同,幕墙玻璃的安装方式也不一样。

###### (1)全隐框幕墙玻璃安装固定方式

全隐框幕墙玻璃的安装方式就是将幕墙玻璃固定安装在铝合金框格上,上下框分别对应铝合金框格的上下方横梁,玻璃的两边分别对应铝合金框格左右两个竖杆。

###### (2)半隐框幕墙玻璃安装固定方式

由于竖明横隐玻璃幕墙和竖隐横明玻璃幕墙都称为半隐框玻璃幕墙,所以这种半隐框的幕墙玻璃有两种安装方式。竖明横隐是将玻璃安装嵌在槽内固定,左右横向再用玻璃胶粘贴加固;竖隐横明幕墙玻璃要把玻璃放在横杆的铝合金镶嵌槽内,再在玻璃外面加盖压板,并将铝合金竖杆隐藏在玻璃的后面。

###### (3)明框幕墙玻璃安装固定方式

明框幕墙玻璃类型结构不管是采用特殊铝合金型材制作的骨架和玻璃框还是以型钢为骨架,整个幕墙中的铝合金框架都会显露在外面<sup>[2]</sup>。

## 4 施工工艺流程及操作步骤

### 4.1 工艺流程如图1所示

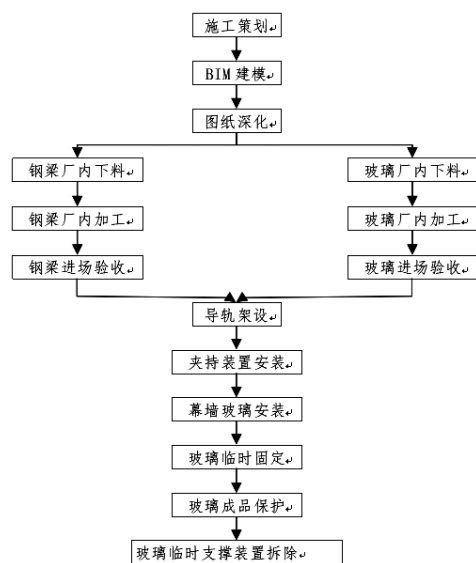


图1 工艺流程图

## 4.2 操作要点

### 4.2.1 施工策划

根据设计要求，结合工程结构特点、施工工艺、机具要求等制定施工策划。

### 4.2.2 BIM建模

BIM工程师采用犀牛软件建立弧形玻璃模型，再在Revit里并根据玻璃与钢梁、牛腿、拉杆间的关系，绘制出玻璃、钢梁、牛腿、拉杆节点细部大样，确定钢梁与玻璃连接关系；模拟现场实际连接节点及玻璃固定位置。

### 4.2.3 图纸深化

根据已建立的模型，检查设计碰撞，找出影响施工的问题并将处理意见提交给设计单位，得到设计单位同意后进行调整；其中有：

（1）设计初始图纸里，玻璃为双曲玻璃，初始设计尺寸过大，玻璃弯曲边长度（达到4800mm）超过了钢化炉的最宽入炉尺寸，玻璃面板不能达到原始玻璃设计尺寸，实际进度推进缓慢，征得设计单位同意后，在保证外观效果的情况下，重新划分了玻璃的分隔尺寸，但是部分玻璃由弯钢玻璃变成了冷弯玻璃。

（2）拉杆接地会形成反力，可能会造成结构失稳，经过专家论证优化了原设计结构形式，整体幕墙全部采用吊挂式施工，明显提高施工安全系数，降低工作成本。

### 4.2.4 龙骨及弧形玻璃厂内下料

#### （1）钢构厂内材料下料

根据深化调整后的图纸及结构模型，在软件内生成下料表，并提供细部加工图纸及各构件工程量，供构件厂和施工现场下料使用。

采用原始的切割方法会导致钢板切割后会因温度过

高导致切割出来的板材变形过大而无法焊接，通过激光切割优化切割板材温度使得切割出来的9000mm长，250mm宽板材能够满足坡口焊的焊接要求，通过激光切割板材基本能够满足下一步工序的要求。钢梁焊接好之后，焊接铝合金龙骨固定板，并冲孔。完成后检查龙骨尺寸是否满足现场需求。满足要求后在加工场打包；为了避免单根龙骨在运输过程发生碰撞导致变形，特意将加工好的龙骨以四根为一个单位进行包装，龙骨之间垫尺寸相同的木条进行保护。

#### （2）弧形玻璃场内材料下料

根据现场实际测量的玻璃模型，确定每块玻璃的规格、数量，把所有弧形玻璃展开形成精细化的下料表，减少加工损耗率。并根据玻璃的安装施工顺序将加工好的钢板进行编号和归类，便于现场使用。

将玻璃切割为弧形玻璃展开图的尺寸，并且计算四层8mm玻璃弯曲后产生的碟差。

每片玻璃生产之后调整钢化机器角度，并且清理机器中的杂质，保证生产过程一次成型，随后将玻璃送入钢化炉内钢化。钢化完成后将玻璃打包密封防止双银LOW-E玻璃氧化变色。

截取一段玻璃长度，高度用铝合金模具固定，保证模具贴合玻璃后取下铝合金模具。使用3D扫描仪检查成品玻璃尺寸是否达到模型要求精度，将未能达到要求的玻璃报废后，将合格品送入高温釜进行热夹胶。夹胶过程中注意控制釜内温度，必须将玻璃表面杂质清理干净，避免夹胶过程中自爆。热夹胶完成后清理干净表面塑料膜，再进行最后一步中空工序，真空流程控制在半个小时内以防止双银玻璃氧化变色<sup>[3]</sup>。

结语：通过大跨度钢结构玻璃幕墙施工技术研究与应用，解决了大跨度钢结构玻璃幕墙施工过程中横向焊接钢板组合钢梁龙骨运输、吊装过程中变形过大；大跨度玻璃幕墙竖向不锈钢拉杆的屈服强度、抗拉强度的受力计算不准确以及加工精度控制不良；大跨度玻璃幕墙面层玻璃安装过程中的各种技术保障措施不齐全，安装速度慢，安全隐患大等问题，为今后施工类似工程提供了施工经验，具有较好的推广和应用价值。

## 参考文献

- [1]德才装饰股份有限公司.玻璃幕墙转角立柱[P].2021-02-05.
- [2]吴海龙,颜繁启.浅谈超大玻璃幕墙的设计与施工特点[J].城市建设理论研究(电子版),2015-12-05.
- [3]蔡宗金.型钢混凝土组合结构转换桁架外包钢筋混凝土的施工方法[J].福建建材,2015-01-01.