

# 劲性结构区域—超大应力拉锁幕墙施工技术研究

张春国 田 锋 张鹏飞 谢金羽 王 浩

中国建筑第五工程局有限公司 北京 100070

**摘要:** 随着我国国民经济的飞速发展,我国建筑业发展迅猛,拉锁玻璃幕墙应是现如今建筑工程过程中应用比较普遍的施工技术手段之一,超大应力拉锁玻璃幕墙施工技术手段亦渐渐演变成玻璃幕墙施工过程中极为重要的组成部分。本文结合丰台创新中心项目劲性结构区域超大应力拉锁幕墙安装张拉实际施工情况,对超大应力拉锁幕墙张拉施工技术开展有关研究,为同类工程施工提供依据。  
**关键词:** 建筑工程;拉锁幕墙;施工技术

## Research on Construction Technology of Super - stress pull curtain wall in stiffened structure area

Chunguo Zhang Feng Tian Pengfei Zhang Jinyu Xie Hao Wang

China Construction Fifth Engineering Bureau Co., Ltd. Beijing 100070, China

**Abstract:** With the rapid development of China's national economy and the rapid development of China's construction industry, the pull lock glass curtain wall should be one of the more common construction technology methods in the construction process, and the construction technology of super large stress pull lock glass curtain wall has gradually evolved into a very important part in the construction process of glass curtain wall. In this paper, combined with the actual construction situation of installation and tension of super large stress tension lock curtain wall in the stiff structure area of Fengtai Innovation Center project, the relevant research on the construction technology of super large stress tension lock curtain wall is carried out, which provides the basis for the construction of similar projects.

**Key words:** architectural engineering; Pull lock curtain wall; construction technique

### 一、工程概况

北京市丰台科技园东区三期 1516-35# 地块(1,2,3,4,6 号楼),项目位于北京市丰台区花乡。

本工程 1,2,3,4,6 号楼玻璃幕墙立面采用单索幕墙,单索采用不锈钢系列钢索,包括  $\phi 32\text{mm}$ 、 $\phi 40\text{mm}$ 、 $\phi 48\text{mm}$  和  $\phi 65\text{mm}$  四种型号索,其中 1# 楼中庭高度 19.8m、跨度 41.75m, 2、3# 楼中庭高度 19.75m、跨度 41.75m, 4、6# 楼中庭高度 11.35m、跨度 43.1m。

表 1 拉锁材料参数表

索类型	直径 mm	最小破 断力 kN	截面积 $\text{mm}^2$	许用荷 载 kN	预张力 kN	弹性 模量 105MPa
不锈钢	32	763.01	604.85	381.5	150	1.30
不锈钢	40	1192.21	945.07	596.105	280	1.30
不锈钢	48	1539.19	1360.19	769.595	380	1.30
不锈钢	65	2786.52	2492.42	1396.26	700	1.30

### 二、施工难度分析

#### 1. 普通吊装难以实现

在本项目中幕墙的高度、跨度都较大,若果使用脚手架进行吊装,那么脚手架的宽度、进出位方向的宽度以及高度也都需要满足幕墙规格的要求,但如此一来架体的危

险性也必然增加,且其稳定性及安全性都不能满足施工所需。再加上,通过分析施工设计图纸中拉与钢骨架的节点图后发现,幕墙施工时拉索及钢骨架需同步安装,安装顺序均为自下而上,并且都需要使用起重设备进行同时吊装。但是若施工时采用脚手架,密集分布的脚手架则必然会影响到对拉索及钢骨架实现同时吊装。

#### 2. 安装难度大

通常情况下,不论是何种样式的建筑物幕墙,其安装位置均在室外,并且不存在主体结构。在本项目中幕墙与主体结构关联性比较大。再加上上述分析中已知该项目中幕墙的拉索张弦梁以及玻璃的重量都较大,并且幕墙的施工位置以及其自身的构造都较为特殊,这就使得幕墙的拉索张弦梁所组合而成的支撑结构必须满足高精度及高质量的双重要求。而且受施工进度度的约束,使得拉索张弦梁必须在平地上拼装,之后再同步进行吊装。而这就需要与施工设计向契合的其吊装备,但显然在本项目中幕墙所处的特殊位置决定了施工现场不具备大型起吊装置的布置条件。

### 三、工艺流程

索施工过程概述如下: 1) 索幕墙钢结构、耳板安装焊接,尺寸、位置复测; 2) 搭设拉索安装和张拉所需要的施工平台;

3) 安装拉索; 4) 拉索预紧, 定位张拉端起始位置; 5) 第一级张拉至 20% 计算张拉力; 6) 第二级张拉至 70% 计算张拉力; 7) 第三级张拉至 100% 计算张拉力; 8) 预应力张拉验收; 9) 索夹定位、安装; 10) 安装玻璃; 11) 调整玻璃缝隙大小后打密封胶; 12) 拆除施工脚手架。

#### 四、施工要点

##### 1. 拉锁编号及张拉点布置

拉索采用单端张拉, 张拉端全部设置在索下端。每个张拉点都需搭设张拉平台, 平台为矩形平面形式, 尺寸不小于  $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ , 平台距张拉点的高度范围为:  $1.0\text{m} \sim 1.5\text{m}$ , 单个平台的承载力不小于  $400\text{kg}$ 。平台须满铺脚手板并搭设爬梯, 底面铺满密目网与安全网, 脚手架的立杆与横杆均要避开拉索位置。

##### 2. 拉锁安装

经计算拉索安装之后反力对于框架结构的影响很小, 拉索安装顺序可以依照现场施工要求展开。

(1) 对索盘内径、外径、高度、重量等参数提前加工放索盘并运到现场;

(2) 为了方便现场施工, 在制作索体时, 加工场内预先将索体缠绕成盘, 每根索体都单独成盘, 运输至现场后吊装至提前加工好的放索盘上。

(3) 本工程预应力拉索较长, 拉索按照先装上锚点再装下锚点的顺序, 依次安装。

(4) 竖向拉索上锚点采用 1 台 80t 吊车进行安装, 下锚

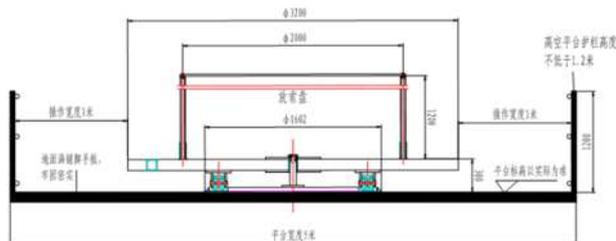


图3 放索盘示意图

##### 3. 张拉顺序和张拉分级

索网的张拉分三级进行 (20%, 70%, 100%), 第一级张拉至设计张拉力的 20%, 第二级张拉至设计张力的 70%, 第三级张拉至设计张拉力的 100%, 然后根据索力实测结果, 对不满足要求索力进行微调整。

按照先上后下的顺序先张拉横向拉索, 每级张拉应再细分小级, 第二级张拉细分为 5 个小级, 分别为张拉力的 30%、40%、50%、60%、70%, 第三级张拉细分为 3 个小级, 分别为张拉力的 80%、90%、100%, 每级中间做一下短暂的停顿 (30 秒), 分小级也是保证同步张拉的措施。

##### 4. 张拉表及目标索力表

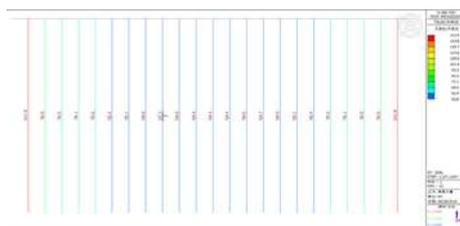
由于钢索张拉力之间的互相影响, 张拉后部分索力可能达不到要求, 需要进一步调整。调整的方法是采用测力仪对索力进行测量, 对不满足要求的钢索张拉力进行调整, 直到所有钢索的张拉力均满足要求为止。张拉完成时刻的设计索力, 即目标索力, 同时也是张拉验收的验收索力。

表2 目标索力表 (19.75m 跨)

索编号	张拉完成索力 (kN)	索编号	张拉完成索力 (kN)
DS1	701.3	DS13	269.2
DS2	379.5	DS14	269.7
DS3	377.8	DS15	270.5
DS4	375.8	DS16	271.5
DS5	373.7	DS17	272.7
DS6	274.1	DS18	274.1
DS7	272.7	DS19	373.7
DS8	271.5	DS20	375.8
DS9	270.5	DS21	377.8
DS10	269.7	DS22	379.5
DS11	269.2	DS23	701.3
DS12	269.1		

##### 5. 张拉过程仿真计算

(1) 第一级张拉至设计张拉力的 20%( 预紧张拉 )



(2) 第二级张拉至设计张拉力的 70%(12 步张拉)



#### 五、拉索预埋件

根据埋件布置图, 先对已预埋的埋件进行清理, 去除表面残留砼, 使之露出金属面, 清理干净。

##### 1. 结构与预埋件位置检查

###### (1) 结构的检查

首先检查埋件下方混凝土是否填充充实, 如有空洞现象应上报总包及监理公司, 对埋件进行拉力、剪力、弯矩的测试, 对不符合测试标准的预埋件必须按有关规定采用其它可靠的连接措施。

其次对预埋件所在结构偏差进行检查, 如果结构偏差较大, 已超出施工图范围或垂直度达不到国家和地方标准的, 应采取处理措施进行处理。

###### (2) 预埋件位置的检查

在弹线放样过程中, 预埋件位置的检查与结构检查的工作相继展开, 依据某一轴线为检查起始点, 进行预埋件位置的检查, 并记录检测结果。

对照预埋件的编号图, 依次逐个进行检查, 将每一编号处的结构偏差, 与埋件的偏差值记录下来, 提交反馈给设计进行分析, 对偏位  $> 45\text{mm}$  以上埋件进行补救措施, 同时记录 结构偏差大于设计标准的位置, 请总承包单位配合进行处理。若偏差在范围内, 则依据施工图进行施工。

##### 2. 预埋件的偏差处理

(1) 埋件的安装位置是否符合设计要求, 埋件的表面

平整度是否影响支座的安装检验标准:

- A. 埋件平面位置偏差允许  $\pm 20\text{mm}$ 。
- B. 标高偏差  $\pm 10\text{mm}$ 。
- C. 表面平整度  $\leq 5\text{mm}$ 。

(2) 当预埋件位置偏差过大或未预设埋件时, 制订补救措施或可靠连接方案。预埋件偏差在  $45 \sim 150\text{mm}$  时, 应采用与设计认可的补埋钢板, 进行一端用两个机械锚栓 ( $\Phi 12$ ) 与埋件连接, 另一端采用设计所规定化学螺栓 ( $\Phi 12$ ) 进行固定。

(3) 化学螺栓施工之前首先请监理取样, 化学螺栓呈送有关部门做物理性能测试以及化学螺栓的拉拔试验, 待各项数据合格后进行现场施工。

(4) 因结构向内偏移引起支座长度不够, 无法正常施工时, 则采用加长支座的办法解决。

### 3. 后补埋件处理

(1) 预埋件偏差超出允许范围时, 应采用与预埋件等厚度, 同材料的钢板, 一端与预埋件焊接, 依据设计要求进行周边焊, 焊接质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》, 另一端采用设计所规定化学螺栓进行。

#### (2) 预埋件尺寸偏差处理原则

预埋件偏差在  $45\text{mm} \sim 150\text{mm}$  时, 允许加接与预埋件等厚度、同材料的钢板, 一端与预埋件焊接, 焊缝高度  $\geq 7\text{mm}$ , 焊缝为连续周边焊, 焊接质量符合现行国家标准《钢结构工程施工及验收规范》; 另一端采用 2 支 M12X110 的建筑锚栓或其他可靠的方式固定, 建筑锚栓施工后需作抽样力学测试, 测试结果应符合设计要求。

预埋件偏差超过  $300\text{mm}$  或由于其他原因无法现场处理时, 应经设计部门等有关方面共同协商提出可行性处理方案并签审后, 施工部门按方案施工。

预埋件表面沿垂直方向倾斜误差较大时, 应采用厚度合适的钢板垫平后焊牢, 严禁用钢筋头等不规则金属件作垫焊或搭接焊。

预埋件表面沿水平方向倾斜误差较大, 影响正常安装时, 可采用上述办法修正, 钢板的尺寸及建筑锚栓的数量、位置可根据现场实际情况由设计确定。

## 六、吊装技术

### 1. 吊装方式

在对此项目拉索幕墙吊装时, 其吊装工序主要如下, 即牛腿→拉索张弦梁支撑→自平衡桁架→幕墙等。以及根据本项目幕墙设计情况, 针对性进行幕墙深化设计, 由于不能采用常见的脚手架以及汽车等吊装设备, 因此只能援用卷扬机吊装, 并辅助使用施工吊篮以供工作人员作业。

### 2. 施工现场平面布置

将施工现场划分出单独区域设置为临时加工区域, 并分区布置。区域内规划材料堆放区、支撑结构拼装加工区以及卷扬机吊装区。

### 3. 吊点布置

由于幕墙主要处于项目楼栋 7 层 -9 层以上, 因此各构件的安装需要按照从上到下的顺序来逐层进行安装。

首先布置卷扬机吊点。在布置过程中, 依据楼栋层高应先在最高层处的结构梁上选定定滑轮吊点, 并分别进行牛腿、张弦梁及自平衡桁架的吊装, 之后下一层安装, 安装过程中利用上层张弦梁作为下层定滑轮吊点的附着结构。

### 4. 吊装施工

首先是牛腿的吊装, 当将牛腿吊装至指定区域后, 施工人员在吊篮中完成对牛腿的焊接; 其次是张弦梁及自平衡桁架的同步吊装, 依照自上而下的顺序, 利用卷扬机以及在最高层处设置的两个定滑轮来对此组合支撑结构进行同步吊装, 吊点位置分别布置在张弦梁上各距两端  $1/4$  处, 当该层组合支撑结构吊装施工结束后, 继续在张弦梁上进行定滑轮的布置, 应将此作为下层支撑结构吊装时的定滑轮构件。最后在幕墙吊装施工时, 同样利用卷扬机, 结合张弦梁上布置完成的定滑轮, 在安装完吊篮后, 工作人员即可在吊篮内完成对玻璃的吊装。

### 5. 吊装受力分析

为确保工程项目的施工安全, 在对定滑轮的固定位置进行选取之前应当做好精准计算, 而由于滑轮需固定在悬挑梁结构上, 为避免悬挑梁的支撑结构发生变形, 可在每层支撑结构上都加设部分连接件, 使悬挑梁与上层主梁实现连接。吊点侧承重力可选用  $30\text{KN}$ , 以满足设计要求。其次是张弦梁及自平衡桁架吊点受力分析。在吊装此组合支撑结构时需使用双吊点, 吊点设置在张弦梁两端各距端点  $1/4$  位置处, 而由于张弦梁及自平衡桁架在其自重的作用下比科比会发生变形, 而经计算可知其上下挠度的变形分别为  $9\text{mm}$  及  $1.6\text{mm}$ 。此变化范围符合工程设计要求。最后是吊篮受力分析。本项目中吊篮均为电动吊篮, 型号为 ZLP-630。结合现场施工实际, 施工时载荷限制为  $500\text{kg}$ 。

## 七、结束语

本文结合丰台科技园东区三期 1516-35# 地块项目拉锁幕墙张拉实际施工情况, 对该施工技术展开研究, 通过数值模拟仿真计算分析, 与工程实际施工情况相结合, 对施工工艺可行性与安全性进行分析, 保证施工过程安全可靠。超大应力拉锁玻璃幕墙施工工艺安全、可靠, 此项施工技术值得推广研究与使用。

### 参考文献:

- [1] 胡洋, 王丰, 周黎光, 等. 单向双层索网幕墙结构施工全过程数值模拟分析研究 [C]// 后张预应力学术交流会. 2011.
- [2] 黄一鸣. 玻璃幕墙单层索网结构张拉施工模拟研究 [J]. 居舍, 2018(19).
- [3] 李一松. 基于某实际工程的点支式玻璃幕墙单层

索网结构力学性能研究 [D]. 2019.

[4] 王元清, 孙芬, 石永久, 等. 点支式玻璃幕墙单层

索网体系承载性能试验研究 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2005, 35(5):769-774.