

高空拉索幕墙施工技术研究探讨

周春阳

浙江中南建设集团有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 拉索幕墙采用了由双向钢索组成的一种柔性幕墙系统, 拉索式玻璃幕墙利用了玻璃通透、视觉通畅等特点, 结合项目情况充分设计, 将建筑物的层次感、空间感充分融合, 带给人们一种高级感。这种施工工艺具有技术结构新颖, 安全可靠性高, 在众多的大型建筑、高层建筑方面被广泛的运用^[1]。

关键词: 双向钢索; 柔性; 拉索; 幕墙系统

1 工程概况

中交集团上海总部基地项目, 位于上海市杨浦区。现场5#楼拉索幕墙面积1179m², 幕墙长度79.69m, 高度14.8m, 拉索幕墙底部标高130.8m, 顶部标高147.1m, 分布在29~32层。6#楼拉索幕墙面积963m², 幕墙长度81m, 高度11.9m, 拉索幕墙底部标高76.8m, 顶部标高88.8m, 分布在17~19层, 玻璃板块最大尺寸4.5*2m, 玻璃规格参数为TP10+2.28SGP+TP10(三银Low-E)+12Ar+TP10+2.28SGP+TP10全超白双夹胶中空暖边玻璃。

5号楼采用的是直径为52mm的竖向不锈钢锁, 6号楼采用的是直径为48mm的竖向不锈钢锁, 横索均为16mm直径的不锈钢锁。



图1 项目效果图

2 施工技术重点难点与解决措施

2.1 张拉精度的控制

技术难点: 高空风致响应下柔性拉索幕墙位形和索力施工控制技术。柔性拉索幕墙施工过程中存在张拉顺序的合理制定、分级张拉的预应力水平确定、安装误差对索网整体位形及受力性能的影响、各施工阶段索系关键控制点的位形目标的实现、张拉精度的高效控制等关键技术问题。

解决方案: 在超高空柔性拉索幕墙施工控制关键技术问题方面, 重点进行拉索幕墙结构分批分级的张拉施工和玻璃安装施工全过程数值模拟, 确定达到初始状态目标的张拉分批机制和分级顺序。对各类误差进行敏感性分析, 分析每种误差对索网结构位形和内力的敏感性, 评价其对最终拉索幕墙结构全生命周期承载能力和正常使用的影响程度, 设定施工误差控制的精度, 提出结构施工控制方案和施工验收关键指标^[2]。

3 施工关键技术

3.1 测量定位

通过已有的基准线放出底座的控制线, 借助经纬仪放出拉索底座的进出控制线及分格控制线, 所有控制线用墨斗线联通, 放好底座控制线以后, 根据控制线放出第一个底座的准确位置, 把钢梁部位的基层清理干净及钢筋割除后开始安装下底座, 根据拉索幕墙玻璃分格设置底座分格线。

底座安装好以后, 进行位置的准确复核, 误差控制在($\pm 3\text{mm}$)以内, 然后进行底座焊接, 焊接过程控制好底座变形量, 焊接完一个后在对底座进行准确位置复核。

拉索底座测量放线完成后, 借助激光垂准仪将进出控制线和分格控制线投射到钢梁底部, 控制点投射完成后用墨斗线把进出线和分割线弹到钢梁底部, 依据轴线放出吊耳的初步位置。在放拉索吊耳定位时, 首先把钢梁防火涂料靠近吊耳的区域两边清理出来, 吊耳初步先临时固定, 然后依据下底座的中心点用激光垂准仪投射到吊耳的中心位置, 看下底座的中心与吊耳的中心是否

重合满足规范要求 ($\pm 3\text{mm}$)。如果误差超过允许范围 ($\pm 3\text{mm}$) 则需要重新确定吊耳的准确位置直到满足规范要求, 才能进行下道工序施工。所有测量的数据采用绘制图纸反映测量结果的方法, 该图纸能形象地将测量结果反馈给设计人员, 同时也能有效地为我们的施工安排提供更为丰富的原始资料。

3.2 拉索底座安装

结构楼板浇筑前, 预留拉索底座安装位置, 拉索底座与钢梁焊接连接, 二级焊缝。拉索底座根据控制线安装, 安装完成后需借助垂准仪进行复测, 偏差范围同耳板误差范围。

3.3 耳板安装

1) 钢结构耳板安装时, 根据图纸的尺寸要求, 对钢板的三维方向尺寸进行复核, 在复核无误后点焊临时固定, 耳板与底座测量复核, 检查上下点位对应情况, 耳板定位偏差分别为: 分格方向 3mm , 进出方向 5mm 。

2) 底座和耳板满焊是应分面对称焊接, 先将构件四角点焊固定, 点焊长度不小于 20mm , 再沿结构四边对称焊接, 焊接过程中严密观测构件垂直度及位移度, 如出现偏差超出允许范围, 应立即停止焊接, 待找到原因并解决问题后方可继续施焊, 大批量焊接前应选择标准位置构件进行试焊, 耳板和底座均焊接在结构主钢梁上。

3.4 拉索安装

通过机房层的主体钢结构上设置定滑轮, 楼板上设置卷扬机垂直提升拉索, 钢索上端锁头通过 $\Phi 74\text{mm}$ 不锈钢销轴与耳板连接, 下端采用 $\Phi 68\text{mm}$ 不锈钢螺杆与底座连接。横向拉索利用现手2t拉葫芦进行配合吊装, 张拉完成后直接安装两端锚具。

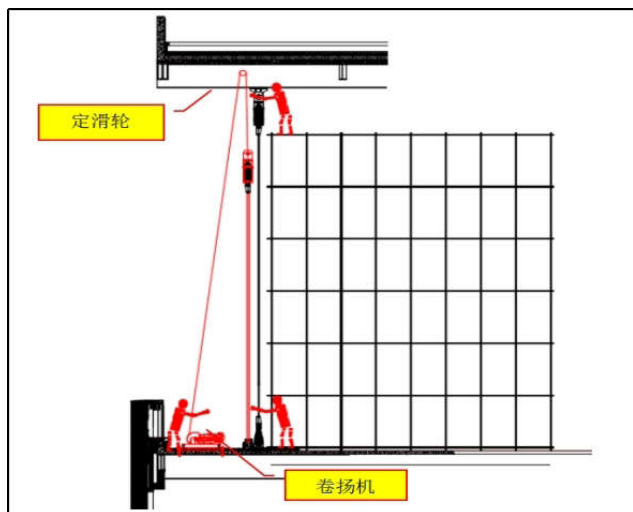


图2 钢索安装示意图

3.5 分级张拉

因平面和立面均为不规则结构, 为最大限度降低幕墙索预应力施加对结构的影响, 且与整体计算模型相吻合, 本方案拟定采用先张拉竖索和横索, 然后再进行玻璃夹具的安装。

为降低索预应力施加对周边结构或构件造成较大突变, 且张拉过程尽量均匀, 张拉施工确定原则如下:

竖索: (1) 由两边到中间; (2) 由中间到两边; (3) 再由两边到中间的张拉顺序进行。

横索: (1) 从上下往中间张拉; (2) 由中间到两边; (3) 再由上下到中间的张拉顺序进行。

张拉分级: 横向和竖向拉索均分成三级张拉, 分别为 30% 、 70% 和 100% ;

3.6 夹具安装

竖锁张拉完毕需进行夹具配重检测, 根据每个夹具所承载的重量来确定夹具对钢索的握紧力, 在握紧力施加到位的情况下测量夹具下移距离和夹具前端下垂距离, 然后综合玻璃横竖分格线确定夹具安装高度, 并通过全站仪将夹具安装位置返到每根索上。

3.7 玻璃转运

1) 拉索幕墙玻璃垂直转运

首先使用汽车吊将单片拉索玻璃吊运至起吊点, 将单臂吊起重钩换下汽车吊起重钩。

随后使用单臂吊将拉索玻璃提升至指定楼层, 将拉索玻璃转换至轨道单臂吊吊钩上, 使用轨道单臂吊将拉索玻璃平移至指定楼层边沿, 再用电动叉车将玻璃转运至楼层堆放点。

2) 拉索幕墙玻璃楼层内转运

使用电动叉车将玻璃转运至工字钢滑轨处, 启动电动吸盘将玻璃吸住, 借助轨道将玻璃平移至反坎外侧, 再用擦窗机挂钩将玻璃转运至安装位置。

3.8 玻璃安装

1) 吊装前检查玻璃的质量。

2) 通过悬挂式擦窗机提升设备安装电动吸盘机起吊玻璃。

3) 玻璃吊装之前应先试吊, 将玻璃吊起距离地面 $2\sim 3\text{cm}$, 然后再检查所有吸盘是否将玻璃吸附牢固。

4) 将手动吸盘吸附安装在玻璃智商然后安装好拉缆绳索和侧边保护胶套并进行检查, 确认安全无误后用电动葫芦缓慢控制玻璃就位, 在玻璃升降时应采取措施防止玻璃发生碰撞。

5) 当玻璃面板到达指定安装位置时, 拧紧驳接头, 将玻璃面板通过驳接件固定在钢索上。在井底焊接一根长度 20cm 的 $\Phi 20$ 的钢筋, 其作用为防止在井管下放过程

中遇到阶梯孔段，旋转井管可以顺利下放。

6) 玻璃对准位置安装后，再对玻璃的缝隙大小进行调整使缝隙的偏差不大于 $\pm 2\text{mm}$ ，调整之后拧紧平锥扣件

将玻璃固定牢固。

7) 玻璃安装人员借助悬挂式擦窗机吊船进行施工作业。

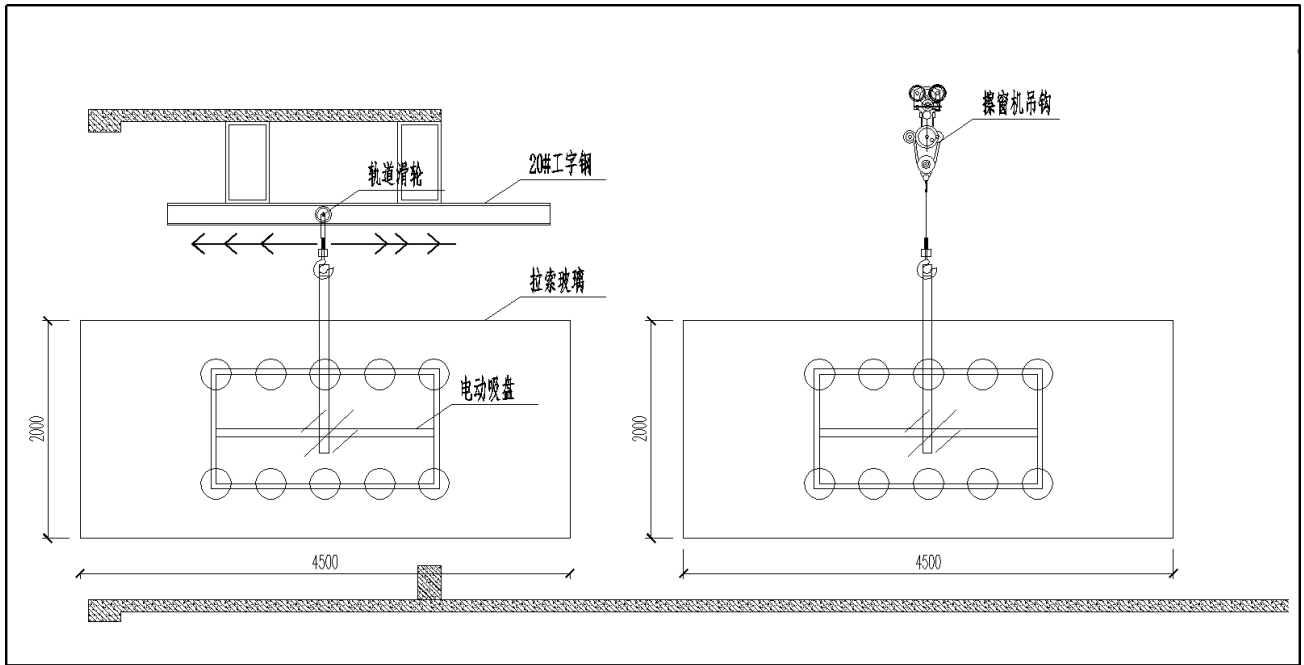


图3 玻璃转运示意图

3.9 注胶

首先将需要注胶部位的玻璃和金属接触面用专用清洁剂擦拭干净冰保持干燥，然后沿着胶缝的位置粘贴好纸胶带，注胶时需匀速进行，避免产生气泡。

4 施工监测

4.1 监测的目的和意义

通过计算可得，预应力拉索的张拉结构位移控制可变因素多，故张拉施工过程中对结构“力”的控制极为重要。本工程除进行常规的定期监测外，委托了第三方进行施工全过程监测，监测的内容包括杆件的应力、变形等，确保施工安全。

4.2 位移监测

本工程预应力拉索的施工精度直接影响到玻璃幕墙的安装，而拉索的安装位置取决于幕墙钢结构的安装精度，幕墙钢构、拉索和玻璃幕墙三者紧密的结合，前后互相影响较大，故对本工程的测量监控技术要求较高。

本工程变形监测包括三点：（1）拉索的竖直度；（2）拉索节点的空间位置；（3）顶部钢梁及悬索的变形情况。通过监控索夹处的三维坐标，把现场放映回来的实测数据与图纸上的CAD坐标进行比较。可以知道这个节点的位移变化值，进而确定拉索的安装与张拉精度。

5 结论

拉索幕墙的不锈钢钢索张拉在130m以上高空进行，风荷载大，每一根钢索的张拉都会形成应力重分布，若张拉不均或未按照顺序张拉，会造成较大的结构变形，且后张拉的拉索会对先张拉拉索索力产生较大受力影响，最终导致幕墙面板无法安装。通过开展拉索幕墙结构和整体结构的协同作用分析，优化了横竖索系的预应力设置满足周边结构力学和建筑形状要求，减小周边结构的挠度，同时达到索系预应力承载能力最优的水平。拉索幕墙施工过程中同时开展施工监测，通过拉索幕墙结构关键部位的应力、变形监测，将实测数据与设计分析结果进行对比分析，实时优化调整施工方法。在满足幕墙施工质量和外观效果的前提下，遵循易操作性、符合性、先进性和经济性、安全性的原则组织拉索幕墙的施工安装。^[3]

参考文献

- [1]李欣荣,张涛,王瑞堂,梁中文.上海世博会太空家园馆柔性纤维织物幕墙施工技术[J].施工技术.2013,42(2):103-105
- [2]吴三林,蒋凤昌.柔性支承体系点支式玻璃幕墙的施工技术[J].中外建筑.003,(4):104-105.
- [3]李晨光,王志刚,曲波,李启亮.超大型会展工程斜面拉索幕墙施工技术[J].城市住宅.2021,28(4):249-250