

关于城市更新工程屋面采光顶钢结构滑移的施工关键技术研究

张志凯 钱海滨 于海泽 蔡志涛 张俊海 曹朔
中国建筑第五工程局有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i12.5478

[摘要] 随着钢结构施工技术的不断提升, 钢结构设计对钢结构施工的难度也不断加大, 如何科学合理、安全经济的选用施工方案尤为重要。钢结构滑移施工, 在大跨度钢结构施工方面有着许多优势, 使得如今越来越多的钢结构施工项目采用此方法进行施工。

[关键词] 钢结构滑移施工; 钢结构; 大跨度钢结构

Research on the key technology of sliding on the roof of urban renewal project

Zhang Zhikai, Qian Haibin, Yu Haize, Cai Zhitao, Zhang Junhai, Cao Shuo

China Construction Fifth Engineering Bureau Co., LTD., Changsha, Hunan 410000

[Abstract] With the continuous improvement of steel structure construction technology, the difficulty of steel structure design for steel structure construction is also increasing, how to choose a scientific and reasonable, safe and economic construction scheme is particularly important. Steel structure sliding construction, which has many advantages in large-span steel structure construction, is made possible, so that now more and more steel structure construction projects use this method for construction.

[Key words] steel structure sliding construction; steel structure; long-span steel structure

前言

钢结构跨度增加和造型的设计复杂化, 对空间钢结构的施工技术提出更高要求。空间钢结构的施工和质量问题, 一直是钢结构现场施工的技术核心, 需要不断的总结施工经验和创新施工技术。本文以北京朝阳区建国门外大街乙 12 号负 1 层至 5 层局部内装修工程为载体, 阐述了钢结构滑移施工在该工程实例中的应用。采取牵引式滑移能过很好的应对项目现场场地狭小, 不具备一次拼装整体滑移的条件; 首层北侧计划支吊车的位置为负一层地库的顶板, 无法承载载重过大的吊车; 项目地处建外街道, 白天不允许支吊车, 若只是夜晚施工将会使施工时间延长一倍等问题。

1、项目介绍

原结构中 K 轴 L 轴之间的玻璃顶拆除, 同时拆除左右相邻两跨的屋面结构, 形成一个东西 24 米, 南北 25 的穹顶。主梁为东西方向跨度, 截面为主梁 620~975*200*20mm, 变截面焊接钢管, Q345B (薄型防火涂料+氟碳喷涂); 次梁 855*200*20mm 焊接钢管, Q345B; 主檩条 300*100*12mm 焊接钢管, Q345B, (薄型防火涂料+氟碳喷涂); 次檩条 160*100*6mm 焊接钢管, Q345B,

(薄型防火涂料+氟碳喷涂)

2、钢结构安装临时支撑结构和措施设计

2.1 钢结构滑移施工选择

牵引式滑移适用范围: 吊装场地有限, 屋盖跨数为 1~3 跨, 整体重量较小的屋盖结构。双子座大厦四周场地有限, 大吨位吊车无法进场吊装, 小吨位吊车则覆盖面积较小无法满足吊装; 钢结构屋盖为单跨 24 米, 且整体重量较小。牵引式滑移的优点: (1) 减少了高空作业的危险; (2) 节约架设工具, 降低成本; (3) 焊接条件好, 能确保屋架拼装和焊接质量; (4) 可以与土建平行流水和立体交叉作业, 缩短工期; (5) 滑移设备简单, 措施费用低; (6) 占用场地小。

2.2 滑移轨道

操作平台是钢屋架吊装过滑移轨道在滑移过程中起到承重、导向和横向限制支座水平位移的作用。轨道采用 H 型钢, 轨道支撑在支架上。H 型号和其下部的支撑的布置均由计算确定。滑移轨道的铺设误差必须符合下面规定: ①同一条轨道顶面高差 1mm; ②轨道接头处中心线偏差 3mm。轨道侧面还可以标注长度, 作为滑移时移动同步控制的辅助手段。轨道摩擦表

面涂抹黄油以减少摩擦阻力。

2.3 轨道支座回顶措施

屋架滑移轨道支座点设置在 J-3, J-4, J-5, J-6, J-7 左侧 800mm 处, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7 右侧 800mm 处。经原设计单位复核, 需要在屋面层与五层之间设置回顶措施。五层净高为 5637mm, 采用 HW300X300 型钢支撑在屋面支座点底部。立柱底部底板通过膨胀螺栓与楼板固定, 顶部与原结构钢梁焊接固定。立柱设置位置: M-3, M-4, M-5, M-6, M-7 右侧 800mm 处, 间距从 3 轴到 7 轴间距均为 9m, 如下图 1-2 所示。

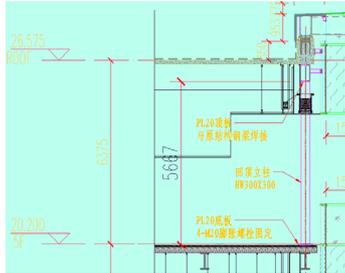


图1 回顶支撑立柱剖面图

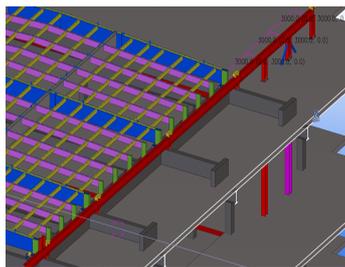


图2 回顶支撑立柱平面图

2.4 滑移牵引装置及措施

考虑到此工程单跨跨度为 24 米(属于中等跨度, $24\text{m} < 36\text{m}$), 所以采用卷扬机为牵引动力足以满足施工要求。在滑移轨道端头布设卷扬机, 对滑移单元进行水平牵拉。固定牵引形式必须在牵引末端适当位置安放反力架, 以平衡牵引反力, 如反力架设置在结构物上, 应对结构物进行验算。使用 2 台以上的卷扬机同事牵引时, 卷扬机型号、所使用的钢丝绳应相同且马达必须同电流, 以确保牵引的同步。

3、施工工艺技术要点

3.1 现场安装总体概述

根据现场条件及钢结构的特点, 采光顶采用 25 吨汽车吊吊运至屋顶北侧拼装区预拼装, 然后通过整体滑移方案安装, 采光顶大堂搭设满堂盘扣式脚手架至屋面层作为工人工作面。

3.2 吊装机械选型与吊装工况分析

采用 25 吨的汽车吊在大厦中部首层西北侧进行吊装作业, 每个支腿使用标准支垫, 垫木使用硬质木方(最好是枕木), 规格: 25T 垫木规格: $800\text{mm} \times 150\text{mm} \times 220\text{mm}$, 2 根, 枕木下方再需铺设 20 厚钢板垫板(2m 宽 x 6m 长), 同时配备有专业证书的信号工配合指挥吊装作业。单根钢梁最大重量为 3t, 考虑钢丝绳等吊具重量取 0.3t, 总计吊重 3.3t。考虑 1.15 加权系数, 提升荷载为 $3.3 \times 1.15 = 3.75\text{t}$ 。汽车吊在主楼北

侧广场站位, 吊车主臂 41m, 70° 仰角在地面起吊, 就位半径为 12.5m-15m, 汽车吊的额定吊重为 $4.4\text{t} > 3.8\text{t}$, 满足要求。

3.2.1 滑移轨道铺设和卷扬设备安装

滑移轨道位于 J 轴左侧 800mm, M 轴右侧 800mm, 立柱位于 3, 4, 5, 6, 7 交 J 轴, 交 K 轴。牵引卷扬机 J 轴, M 轴尽端上翻混凝土梁上, 如下图 3-4 所示:

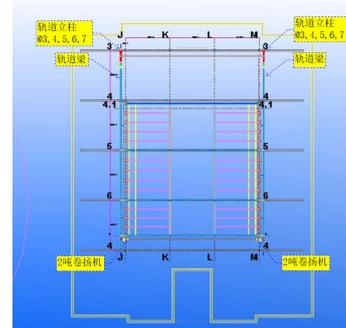


图3 滑移轨道平面布置图

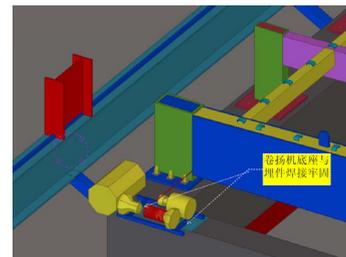


图4 卷扬机固定布置图

3.2.2 屋面拼装区预拼装

本工程主梁截面为 $620 \times 975 \times 200 \times 20$ 变截面箱型梁, 跨度 24m, 共有 4 榀。为方便运输, 每根分为三段(长度分别为左段 7.7m、中间段 9m 及右段 7.7m)。在工厂制作成 12 段。进场后在拼装区将每根梁左中右三段焊接为一个整体, 如下图 5 所示:

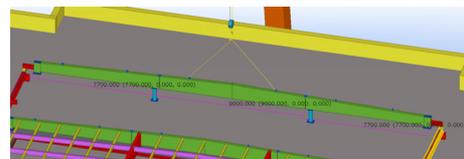


图5 屋面拼装区对主梁进行焊接示意图

3.2.3 屋面安装

第一榀主梁安装完成后将第一根滑移 6.390 米(主梁间距为 6.390 米)。汽车吊将第二根主梁吊至指定位置, 然后安装第一二榀钢梁之间的次梁, 主龙骨和副龙骨, 如下图 6 所示。

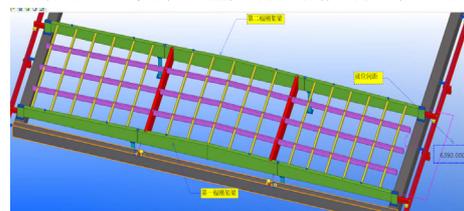


图6 第一榀与第二榀安装示意图

依次吊装第三榀, 第四榀钢梁(主梁间距依次为 6.390m, 9.000m, 8.390m)。主梁对接焊缝和次梁与主梁之间的焊缝均为一级焊缝, 需 100% 超声波探伤检测, 满足《钢结构结构施工质

量验收规范》(GB50205-2020) 规范要求, 如下图7所示。

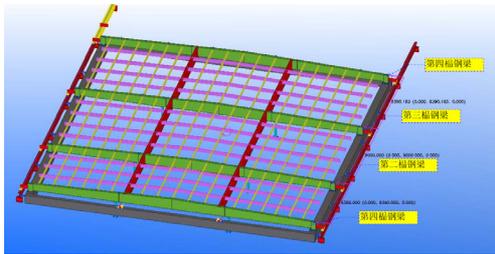
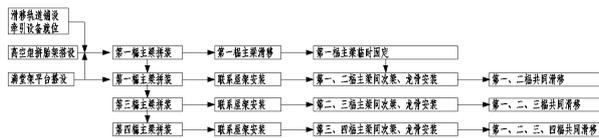


图7 屋架安装完成示意图

3.3 钢结构滑移

3.3.1 钢结构安装滑移流程



3.3.2 防卡轨措施

水平滑移过程中, 为防止出现“卡轨”和“啃轨”现象。将滑移支座前端(滑移前进方向)设计为“雪橇”式, 并将其两侧制作成带一定弧度的形式。滑块的规格需根据现场情况而定。滑道安装的顺直度、滑道中心距的控制都是防止“卡轨”和“啃轨”现象发生的关键。现场施工过程中应严格进行工序检查。

3.3.3 滑移纠偏

钢结构滑移时, 由于滑移速度、拉力大小不均, 使钢结构滑移时产生偏移, 纠正偏移方法如下:

(1) 当钢结构滑移轴线偏移小于 5 cm 时, 采用边滑移边纠偏的方法。偏移大的一端先滑移一定距离后停滑, 偏移小的一端再滑移, 依此重复数次, 直到恢复正常滑移;

(2) 当钢结构偏移轴线大于 5 cm 时, 在滑移轨道对角位置再增加几个手拉葫芦, 与牵引力配合, 边滑移, 边纠偏。

2. 滑移纠偏

3.4 钢结构卸载

屋架整体滑移到安装位置处后, 在每个支撑点设置千斤顶进行顶升后, 撤出滑道, 将支座落到设计位置, 回落千斤顶使支座板穿入地脚锚栓, 完成钢屋架的就位。卸载过程中选用的千斤顶的型号和数量都应经过计算选定, 如果滑移过程中选用的轨道高度超出千斤顶的高度控制范围, 可以采用分段卸载。另外, 如果情况需要, 可以加设卸载措施板。

注意: 此工程卸载顺序是先同步卸载左侧的 J 轴轨道, 再同步卸载 M 轴轨道。考虑到卸载过程的安全性, 先后分多次依次进行卸载。

每个卸载点竖向荷载最大为 15 吨, 采用 8 台 50 吨大行程液压千斤顶(行程 600cm)。卸载总高度为 568mm, 分多次卸载, 每次卸载行程小于等于 5cm。

4 监测方案

4.1 钢梁变形监测

4.1.1. 监测步骤

测量点选在钢梁跨中, 架设三脚架, 打开机器, 对全站仪进行水准调平。将测量模式置于无棱镜模式, 进入测量作业操作界面, 确定测站点的位置坐标、镜高, 选定后视点进行后视定位, 开始测量作业。对钢梁的测量, 分别选取钢梁两端和跨中一点进行数据采集。

4.1.2. 结果评定

屋架(托)架、桁架、梁及受压杆件的垂直度和侧向弯曲矢高的允许偏差(mm)

项目	允许偏差	
跨中垂直度	H/250, 且不应大于 15.0	
侧向弯曲矢高	1 ≤ 30m	1/1000, 且不应大于 10.0
	30m < 1 ≤ 60m	1/1000, 且不应大于 30.0
	1 > 60m	1/1000, 且不应大于 50.0

4.2 滑移偏移监测

采用 2 台卷扬机同时牵拉滑移单元, 因牵拉单元支座处摩擦阻力及牵拉力不同影响滑移

同步, 施工就应采取相应的措施来保证滑移的同步。

(1) 在滑移轨道上设置刻度尺。每格 5cm, 1m 为一个大的区格, 各柱间为 1 个控制单元, 2 条轨道上同时向卷扬机控制总台报数, 如不同步值超出限值, 即可作相应的停滞处理。

(2) 滑移时, 2 个牵引点都有人监控轨道的刻度, 及观察滑移速度, 并向总控制台报数, 总控制台根据三个点的情况进行调控。

总结

钢结构滑移施工适用于有刚性纵梁的重型对称钢结构的安装, 特别是受场地限制, 钢结构无法整体安装且构件重量大, 无法通过吊装作业施工的情况。本文以北京朝阳区建国门外大街乙 12 号负 1 层至 5 层局部内装修工程的采光顶钢结构施工为实例, 从人机料法等方面阐述了现场钢结构滑移施工的方案与所涉及计算, 降低了吊装工程的难度, 加快了施工进度, 操作相对于吊装安装更加安全, 吊装用吊车吨位减小, 同时节约大量临时支撑所用钢材, 为同类型钢结构安装工程提供了一定的参考。

在进行牵引式滑移施工过程中也存在一些比较难以控制的重点需要注意。牵引式滑移时, 钢结构为边滑移边焊接, 这就导致在滑移和焊接结束之后, 钢结构产生的挠度等形变量难以控制, 需要钢结构在设计时考虑预留足够的预起拱高度, 增加了设计难度。在滑移施工时, 需要每天检测钢结构形变量, 做好记录并与设计随时沟通。

[参考文献]

- [1]张勇. 屋面大跨度钢桁架累积滑移法施工工艺.[J]. 河南建材. 2010年
- [2]卢光威. 大跨度空间管桁架施工关键技术的研究.[J]. 经营管理者. 2012年
- [3]唐葆华. 大跨度单榀桁架整体提升研究及应用.[J]. 建筑施工. 2011年