

浅谈型钢混凝土结构中钢骨架无缆风绳安装方法

陈莉萍

湖北力萍信息技术有限公司 湖北 武汉 430000

摘 要: 本文结合上海月星环球商业中心工程实例,立足高层建筑复杂施工环境与劲性型钢-混凝土结构构造特点,针对主体施工阶段钢骨架的对接安装关键工序展开系统性探讨。通过对钢骨架预制分段方案、现场吊装安装顺序、节点耳板受力验算以及节点精准微调工艺逐项分析,优化拼装施工方法,有效解决钢骨架就位偏差、拼接困难等现场安装中遇到的各类实际问题。

关键词: 高层;型钢-混凝土结构;钢骨架;安装;缆风绳

引言: 上海月星环球商业中心由南北两栋主楼构成,其建筑高度达 195.5 米,整体采用型钢混凝土外框架与核心筒相结合的结构体系。在该体系中,型钢混凝土柱的设计以劲性十字钢骨架作为柱芯,通过将钢骨柱与混凝土进行组合,使二者协同承担外部荷载,从而有效提升了柱体结构的整体刚度。此类结构形式兼具钢结构与钢筋混凝土结构两者的优势特征。本文结合上海月星环球商业中心工程实例对高层劲性型钢-混凝土结构施工中钢骨柱的对接安装进行探讨,通过对钢骨柱分段、安装顺序、节点耳板受力分析,节点处微调工艺的分析,解决安装中遇到的问题。超高层建筑中,劲性型钢-混凝土结构应用广泛,但钢骨架高空对接安装精度控制及安全问题是技术难点。

1 无缆风绳骨架安装的特点

无缆风绳安装可减少人力、物料投入;钢骨架的定位调整焊接均在节点处操作平台上完成,取消了缆风绳拉设,大大减少了高空行走频率,减少了不安全因素;在无缆风绳安装同时无碍其他工序作业面;在工厂加工钢骨架期间将安装耳板、千斤顶托板等异形件焊接完善,减少现场焊接;同时配合一种开合式操作平台施工,有利于缩短安装工期^[1]。

2 无缆风绳钢骨架安装的工艺流程

本工程中选定的安装顺序为:柱→下层主梁→中层主梁→上层主梁→下层次梁→中层次梁→上层次梁。此施工方法的缺点是施工时有交叉,有一定的安全隐患,但由于采用先安装主梁,再安装次梁的施工方法,兼顾了各层构件的空间关系,每层的误差及时校正,安装质量容易保证,工期也较短。

无缆风绳钢骨架安装流程:测设吊装层控制线→钢柱吊装就位→调整角柱垂直度→焊接→焊接时监测垂直与扭转→实时纠偏→检测合格→角柱柱头中线上拉

设细钢丝作为边柱控制线→调节边柱→焊接边柱→垂直度扭转度监测→实时纠偏→焊接完成→检验→梁安装→支模→浇灌混凝土。

核心筒每节钢柱及埋件安装完毕并校正合格后,土建马上进行核心筒柱内混凝土浇筑工作,同时,钢结构进行外框架的吊装工作。土建浇筑外框架钢柱混凝土时,钢结构队伍进行核心筒钢结构吊装工作。按此工序交叉作业,并保持核心筒始终领先外框架六层以上,直至施工至顶层。

3 存在的问题及对策

3.1 钢骨柱分段

理论上,为减少现场焊接并提升吊装效率,在起重能力允许时,柱节长度宜取最大值。但实践表明,按办公楼层高 4.2m 计,标准柱节以两层(约 8.4m)为宜,既便于质量控制,又可在各层牛腿处搭设操作平台,方便钢柱对接与调整。分段工作于深化设计阶段完成,位置设在高出梁顶面 1.2~1.5m 处。标高-20.4m~-15.5m 区段为单层一节,其余均为两层一节。

3.2 垂直运输因高度增加,运输时间逐渐增加。施工平面布置、设备选型、作业面交叉搭接均对吊装时间有很大的影响。本工程通过核心筒作业区和外框架作业区,将土建与钢结构进行交叉分区作业,从而将土建与钢结构使用塔吊的时间有效分离,进行垂直运输。再细部环节上,无缆风绳钢骨架安装可以将钢柱快速固定并进行松钩,钢柱每柱一吊,钢梁 2~4 件一吊,减少垂直运输时间。

本工程所有钢构件,每幢楼均由两台塔吊完成吊装作业,型号为 JCD260 塔式起重机(16t),臂长为 50m,安置在塔楼核心筒电梯间内。电梯间内壁预设支座梁埋件,随楼层高度增加,将塔吊顶升至相应支座平面。

构件运至厂内后,利用汽车吊将构件吊至两塔楼下方的裙楼屋面堆放,进行吊装准备工作。其后利用塔吊吊装^[2]。

3.3 安装精度控制

3.3.1 测量总思路

根据本工程钢结构测量难度大、精度高的特点,结合该工程的现场实际情况,采用“内控法”的总体测量思路,遵循“由整体到局部”的测量原则。具体测量思路如下:

第一步:对土建移交-17米(地下室地坪)基准点进行复测,验证其准确性。

第二步:依据复测后的基准点,利用“内控法”在-17米标高设置8个主控制点(核心筒内4个,外框架与核心筒区间4个,矩形布置)每4个一组。

第三步:基于4个主控制点,利用导线往返观测的方法,确定首层平面控制网。

第四步:控制点的垂直引测。

第五步:高程控制网的测设。

第六步:根据引测上来的控制点,利用前面相同的测量方法测设各楼层的平面控制网。

第七步:柱的定位:柱轴线的测量→柱垂直度的测量校核→柱顶标高的测量校核。

3.3.2 主控制点建立

控制点位应布设于受风力、温度及振动影响较小且拘束度较高的区域。本工程选取标高-17m的地下室地坪作为布设位置,控制网呈闭合矩形,与建筑物平行且分布均匀,各点间相互通视,所处位置稳定性好,利于长期保存。鉴于塔楼方正、四边垂直的特点,控制点采用矩形布置。地面主控制点固定100×100×10mm钢板,以电子全站仪精确测定后,用钢针刻划0.2mm宽十字线标识点位,交点处打样冲眼,并于钢板外地面放出十字延长线。复测时以误差最小值为准,要求测距相对中误差小于1/25000,测角中误差小于2″^[3]

为避免点位扰动引发测量偏差,采取混凝土加固并以砖砌或钢管围护等保护措施。施工期间定期复核控制网,若发现点位位移须重新校核坐标

3.3.3 平面轴线控制点的竖向传递

结构逐层升高时,轴线竖向投测的准确性直接决定竖向偏差。本工程以内控点为基准,在各层楼板预留200×200mm孔洞,将激光铅垂仪架设于底层内控点,经对中整平后向天顶发射激光,透过预留孔洞投射至楼面接收靶(半透明有机玻璃材质并固定于楼板)。

旋转仪器分别从0°、90°、180°、270°四个方向投

点,以0.2mm精度标定,若四点重合则传递无误,不重合时取对角线交点作为控制点。环形靶采用中心镂空的透明薄片,便于标示接收位置。

以底层内控点为固定投测基准,可有效规避逐层传递产生的累计误差;且仪器置于底层室内,受震动、大风及强光等外界因素干扰小,稳定性好、操作便捷,铅直精度可达1/20000以上。

获取投测点后,将全站仪架设于该点,先检测相应边长及水平角,精度合格后按极坐标法完成楼层定位放样。其余各层同法施测,测设完毕以盖板封闭预留孔洞确保安全。

浇筑楼层时,在对应位置预留200×200mm方孔,与首层控制点相对应。

3.3.4 钢骨架安装精度控制

平面控制网通过上述方法可以直接传递到任意楼层,在校核传递上来的控制网无误后,以此为依据,利用钢尺量出各钢柱安装控制线。

利用千斤顶,调整钢柱垂直度,扭转角度。调整合格后利用螺栓将柱子完全固定并进行焊接。为防止焊接时受热变形,焊接全程应监测变形量,节点焊接应双人同时对称焊接,柱头控制点出现微小位移时,通过焊接纠偏。

安装精度的控制应注重钢柱安装顺序,先安装调整角柱,角柱安装无误后,在角柱端头上部拉细钢丝绳作为边柱安装控制线,调整和焊接边柱时,实时监测。

焊接前复核控制线,焊接中监测,焊后复核安装精度。

3.4 柱节点的处理

3.4.1 钢柱吊装示意

利用安装耳板吊装可以节省吊耳焊接工序与材料,耳板的样式与材料强度厚度,焊缝长度都是影响因素,需要分析计算。如图1所示

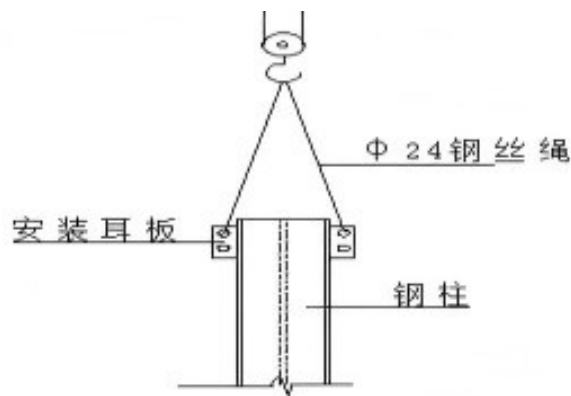


图1:钢柱吊点

3.4.2 调整节点示意

根据选定的对接节点施工方案，耳板可重复利用，在满足施工强度的情况下，可增加部分切割损耗，实现重复利用。如图 2 所示

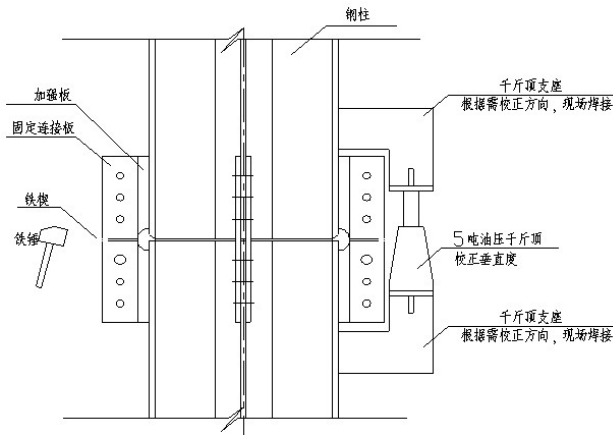


图 2：无缆风绳安装对接节点示意

3.4.3 节点处耳板、螺栓受力计算

本工程中最大钢骨柱吊装重量 4.9 吨，吊车起重能力满足。采用两根吊索吊装，两吊索的夹角不大于 60°。

吊装所受的拉力计算方式为：

$$F_1 = W/2/\sin 60^\circ \quad (\text{公式一})$$

计算可以的 $F = 4.9/2/0.866 = 2.83 \text{ 吨} = 27.73\text{KN}$

钢板的选择计算

耳板选择 25MM 的 Q345 钢板 270mm*150mm（长宽），竖向受力截面积 $A_n = (150-26)*25 = 3100\text{mm}^2$

Q345 钢板 16mm-40mm 板厚屈服强度 335MPa

钢板承受的拉力计算式为： $F = f_l * A_n = 335 * 3100 = 1038500\text{N} = 1038.5\text{KN}$ （公式二）

安全系数值 $K = 6$ 钢板承受的安全拉力 $F_1 = F/6 = 1038.5/6 = 173 \text{ KN} > 48\text{KN}$ （单节钢骨柱最大吊装自重）满足施工安全要求

耳板当作吊耳使用时，吊点孔径 26mm，距耳边 50mm。钢板承受拉力计算净面积为 $A_n = (50-26/2) * 25 = 925\text{mm}^2$

据公式二可求得 $F_{\text{吊耳}} = 309.9\text{KN}$ ，按安全系数值 $K = 6$ ， $F_1 = 309.9/6 = 51.6 > 27.73\text{KN}$ 吊耳受力可靠，满足

安全要求。

焊缝计算

因耳板承担了多种功能，考虑承担吊耳功能及对接固定功能，受力较大，计算是可按对接焊缝中的 K 型焊缝。焊缝实现全熔透焊接，在工厂时完成。

计算式为： $\sigma = F/L\delta l \leq [\sigma']$ （公式三）选用 E501T-1 焊接抗拉强度 480 MPa

$$\text{得 } F \leq L\delta l\sigma' = 480 * 0.27(\text{KN})$$

$$F \leq L\delta l\sigma' = 3240(\text{KN}) \text{ 满足施工安全要求}$$

已知 $L = 270\text{mm}$ 、 $\delta l = 25\text{mm}$ 、 $\delta t = 480\text{MPa}$

3.4.4 柱身扭转度的调整

柱身扭转调整采用上下耳板异侧夹入垫板（厚度 0.5~1.0mm）并拧紧上连接板大六角头螺栓的方式实现。单次调整量控制在 3mm 以内，偏差较大时可分为 2~3 次完成；若偏差显著，可在柱身侧面临时安设千斤顶对接头扭转进行校正。

4 结束语

无缆风绳钢骨架安装方法，在经过多次分析论证，并通过一段时间的实施，确证了其在高层结构安装中的适用性。

无缆风绳安装取消了缆风绳拉设，大大减少了高空行走频率，减少了不安全因素。因施工层面无缆风绳，因而又无碍其他工序作业面。安装节点处将吊装、调整、钢柱固定三者相结合，节点用料可重复使用，大大节约了此部分安装材料的投入，是切实可行的安装方法。

参考文献

- [1] 邹梓琪. 水利水电工程中智能调度系统优化与能效提升策略研究 [J]. 中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术, 2025(2):063-066.
- [2] 李皓巍, 郭汝腾. 水利工程中泵站节能技术的优化路径研究 [J]. 科技创新与应用, 2025, 15(32):149-152.
- [3] 于建昌, 韩春丰. 水利工程中多级泵站能效提升技术研究 [J]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术, 2025(5):080-083.
- [4] 连辉珍. 基于人工智能优化算法的水电运行能效控制机制研究 [J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术, 2025(11):081-084.