

空间造型钢结构测量控制要点分析

马永军 刘力 李玉磊

中建八局钢结构工程公司, 广西 南宁 530001

[摘要] 南宁会展改扩建工程 2#3#地块钢结构双翼大展、灵动飘逸, 其独特的造型是由圆管相贯线焊接形成的折形、弧形相结合的空间结构, 安装难度大, 定位精度要求非常高, 完成该独特的设计理念需要精准可靠的测量控制作为前提保障, 文中分析对此类空间造型的钢结构施工进行测量定位的技术要点。

[关键词] 钢结构; 空间定位; 高精度; BIM; 三维测量

DOI: 10.33142/aem.v2i5.2145

中图分类号: TU758.11

文献标识码: A

Analysis of Key Points of Measurement and Control of Spatial Steel Structure

MA Yongjun, LIU Li, LI Yulei

China Construction Eighth Engineering Division Steel Structure Engineering Company, Nanning, Guangxi, 530001, China

Abstract: The two wings of steel structure of 2 # 3 # plot of Nanning Exhibition reconstruction and expansion project are flexible and elegant. The unique shape is a space structure formed by the welding of intersecting lines of circular pipes, which is difficult to install and requires high positioning accuracy. The completion of this unique design concept requires accurate and reliable measurement control as the premise. This paper analyzes the technical points of surveying and positioning for the construction of steel structures with space modeling.

Keywords: steel structure; spatialization; high precision; BIM; 3D measurement

1 工程概况

南宁国际会展中心改扩建工程 2#、3#地块位于会展中心主体建筑最南侧, 由 14 层和 13 层两栋塔楼及塔楼间相连的 2 层裙房组成, 并设有 2 层地下室 (如图 1)。其中裙房及两栋塔楼的屋盖由钢结构及膜结构组成。

屋盖钢结构为折型钢管桁架结构, 总用钢量约 3000t。屋盖钢结构划分为鸡腿柱、屋面、瀑布、裙楼四个部分 (如图 2)。各部分结构特点不一, 空间造型的实现需要对安装过程进行大量的跟踪测量校正工作。其中瀑布结构水平方向为折形褶皱造型, 竖向又兼有自下而上渐变的弧度, 三维节点众多, 形式复杂, 对钢构件的制作及安装精度要求非常高, 需要采用有效的测量手段来保证该部位钢结构的顺利安装, 确保后续膜结构安装精度要求。塔楼瀑布钢结构安装完成效果如图 3 所示。



图 1 工程建筑效果图

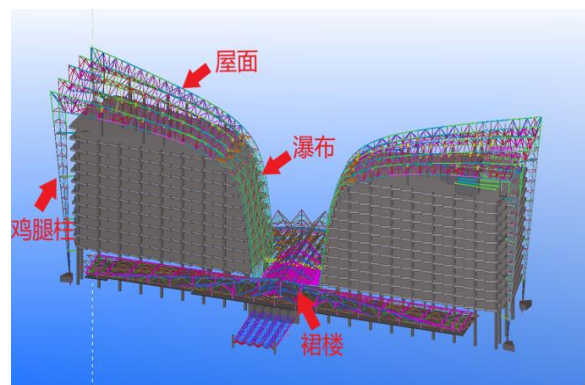


图 2 钢结构划分示意图



图3 瀑布钢结构安装完成效果

2 工程测量特点

(1) 瀑布钢结构整体弧面依附于土建结构与裙楼水平作业面大角度相交, 基本无水平测设空间, 普通建立平面控制网的测量方法不再适用于该部位, 需根据需要在竖向多次投递点位, 形成三维空间控制网。

(2) 折形、弧形相结合的圆管相贯线焊接组成的空间结构, 安装测量难度大, 后续膜结构安装对钢结构的测量精度要求非常高, 这要求每根圆管从下料开始即要考虑其长度尺寸、贯口角度及空间弧度, 并在每榀单元制作完成后, 进行预拼装, 以确保现场拼焊完成面弧面的顺畅性。

(3) 两塔楼瀑布之间场地狭窄, 拼装、吊装作业空间小, 且测量仪器视距过近, 仰俯角过大也会影响观测精度, 三维空间控制网的布设在保证点位通视的同时, 也应尽量避免视距过短、大仰俯角的出现。

(4) 瀑布结构与土建结构相连节点众多, 需充分考虑土建施工偏差, 提前完成相应节点的测量复核工作, 并及时反馈给构件的深化设计部门, 对构件予以及时调整, 避免已加工构件的大量返工和现场修改。

(5) 拼焊单元安装均由起重器械配合高空定位, 定位精度对空中作业的稳定性的要求很高, 应避开大风天气, 并停止附近重型机械作业, 避免施工扰动, 必要时对相应构件辅以揽风绳或者角钢加强固定, 定位完成后及时予以焊接, 固定措施待形成整体稳定结构后予以拆除。

3 主要施工技术

3.1 施工工艺流程

加工与安装详图深化→预埋件放置→三维控制网建立→土建结构复核→构件进场复核→现场拼装→安装测量

3.2 施工技术要点

3.2.1 加工与安装详图深化

工程施工中传统的平法标注和三视图标示法已无法满足复杂空间造型的钢结构加工制作以及现场安装的深度、精度及便捷性的要求, 利用 AUTOCAD、Xsteel 等 BIM 软件对钢结构设计图建立精确的三维实体模型 (如图 2), 结合工厂制作条件、运输条件, 综合考虑现场拼装、安装方案及土建条件, 将原设计的施工图纸转化为可满足工厂标准的加工图纸及方便现场安装的任意方向的三维投影图 (如图 4、图 5), 通过钢构件特征点选取及其三维坐标的计算, 配合使

用先进的全站仪，将大大提高施工测量的精度与进度。

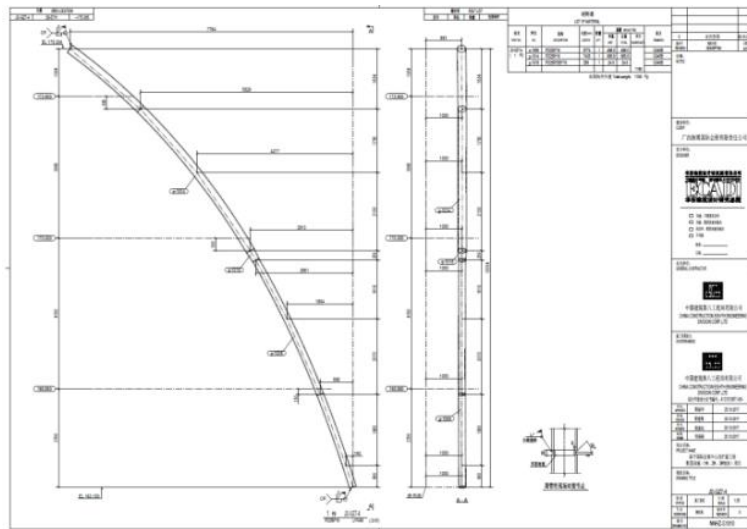


图 4 BIM 模型导出的构件加工图

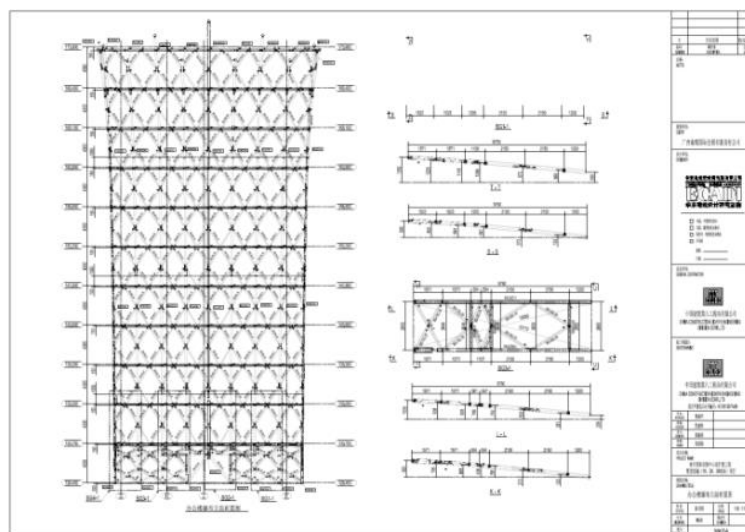


图 5 BIM 模型导出的构件安装图

3.2.2 预埋件放置

本工程所有钢结构均通过预埋件与土建结构相连，预埋件的测量定位将直接影响钢结构安装精度，其控制要点如下：

(1) 采用“十”字放样法放置，确定出“十”字的四个点，并由该四点确定制作预埋件的中心线。按照图纸提供的数据，计算出支座中心线的“十”字四点坐标；(2) 以土建施工布设的平面控制网作为测量依据，放样出这些支座埋件的中心线控制点。根据高程控制点和中心线控制点，进行预埋件的安装；(3) 将预埋件加固，焊接牢固，避免在浇筑砼时振捣脱落移位，应注意焊接工程必须采用点焊，不得采用满焊的方式进行以防烧伤土建结构钢筋；(4) 由于预埋件均位于结构临边，混凝土振捣时容易造成偏位，在浇筑时必须全程跟踪复核，以防出现埋件偏位并及时修改；(5) 混凝土浇筑模板拆除后，测量人员在埋件上测放出钢构件安装轴线及标高控制线。

3.2.3 三维控制网建立

瀑布结构空间造型复杂，且高空无水平测设空间，楼面平面控制网仰角过大，无法满足测量精度要求，因此采用三维坐标法结合 BIM 技术的应用对其进行测量控制。通过测角精度 2"，测距精度 $\pm(2 \pm 2 \times 10^{-3})$ 的高精度全站仪对

业主提供的主控制点进行符合导线引测，在两塔楼瀑布之间竖向每4层布设2个共8个测量控制点（如图6），测量时仪器架设在点位上，直接测设对面瀑布上下4层的钢构件特征点的三维坐标，以降低狭窄空间造成的视距过近、仰角大带来的不良影响，可满足各空间段钢构件测量精度要求。点位引测以及复核测量精度控制要求如下：（1）测角：采用不少于3测次，测角过程中误差控制在2"以内，总误差在5mm以内；（2）测弧：采用偏角法，测弧度误差控制在2"以内；（3）测距：采用往返测法，取平均值；（4）量距：用鉴定过的钢尺进行量测并进行温度修正。层高垂直偏差控制在1mm以内。

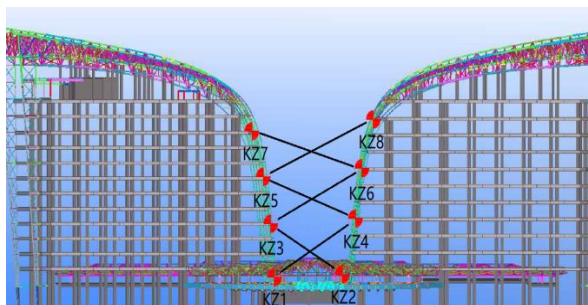


图6 瀑布三维空间控制网布设

3.2.4 土建结构复核

瀑布钢结构与土建结构相连节点众多，砼施工难免有偏差，如不予以充分考虑，盲目按结构图深化、制作钢构件，则很可能造成构件到场安装不到位或无法满足造型精度要求的情况。为避免已加工构件的大量返工和现场修改，保证施工进度与质量，需在三维空间控制网建立完成后，即对所有相关节点再做复核，并及时反馈给构件的深化设计部门，对构件尺寸及时予以相应微调，消除土建结构施工偏差带来的影响。

3.2.5 构件进场复核

构件进场后，需对圆管构件的编号、尺寸、贯口、弧度等进行逐一复核，确保构件各项参数均与图纸一致，如发现问题，制造厂应迅速采取措施，更换或补充构件，以保证现场安装需要。构件拼装前应根据原有的冲眼标出轴线或中心线，并用红色三角作出标记，以便校测用。

3.2.6 现场拼装

瀑布结构单元采用地面拼装、整体吊装的方法安装，可以有效减少高空测量、焊接工作量，利于精度控制，减少焊接变形。用HM300×200×8×12热轧型钢作为拼装胎架，10#100×48×5.3槽钢作拼装支座。拼装顺序如下：拼装胎架支点位置、标高确定→主管就位→支管就位→拼装尺寸复核→拼装单元焊接→尺寸检查。



图7 现场钢构件胎架拼装

3.2.7 安装测量

（1）地面拼装完成后，将吊装单元在三维模型中选取的特征点标志出来，贴上反光贴片，以便于全站仪捕捉观测。

特征点的三维坐标在建模软件中提取、汇总,以便校正、使用;(2)测出每个竖向首节吊装单元柱脚基础的纵横轴线,并将所测轴线弹墨线,量距复核相邻柱间尺寸;(3)轴线复核无误后,作三角标记,作为首节吊装单元就位时的对中依据。同时将柱的中心线和标高基准线标记在柱的两端以便于粗校;(4)单元初步就位后,将柱脚特征点与墨线的位置关系进行对比从而进行微调。柱脚就位后焊接卡板将之临时固定;(5)柱脚大致到位后,进行柱顶的调整,同样通过特征点实测坐标与理论坐标对比,得出柱顶的偏差值,利用手拉葫芦调整柱顶的位置,使之调整到位;(6)柱顶调整到位以后,通过全站仪对单元各特征点进行三维坐标复核,再次进行单元的微调,直至偏差控制在规范允许范围以内,通过角钢、圆管支撑将其焊接固定,焊接时应持续跟踪测量,防止因焊接收缩造成的结构偏移及偏移累积^[1];(7)按照以上顺序,自下而上依次安装其余吊装单元。

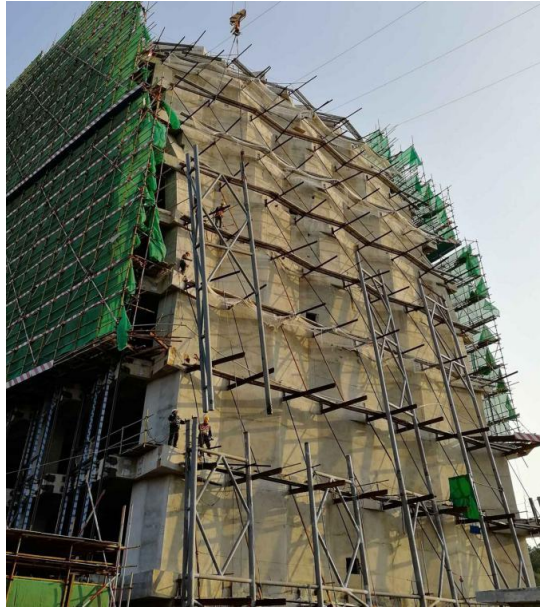


图8 拼装单元吊装

4 结束语

本次工程测量策划贯穿深化设计、控制网布设、加工制作及现场安装的全过程,并广泛应用了先进的 BIM 建模技术,三维测量技术,避免与克服了诸多施工测量难题,实施后高效完成了瀑布空间造型钢结构这一重要节点的施工,并保证了安装精度,为后续钢结构的安装及膜结构工作的顺利开展奠定了很好的基础,对类似钢结构施工也具有一定的参考价值。

[参考文献]

- [1]孙飞,周锦涛,苑奇瑞.基于BIM的双曲面钢结构测量施工技术[J].中国建筑学会,2017(1):61-62.
- [2]吴国来.清流县体育中心体育馆屋面管桁架吊装施工技术[J].施工技术,2018,47(8):11-15.
- [3]尹越,刘卓,王帅,等.平面钢管桁架整体稳定实用设计方法[J].天津大学学报,2018,51(1):35-41.

作者简介:马永军(1986-),男,华北水利水电学院,工程力学,中建八局钢结构工程公司,项目经理,中级工程师。刘力(1984-),男,武汉工业学院,土木工程,中级工程师。李玉磊(1989-),男,安徽建筑大学毕业,测绘工程专业,当前工作单位:中建八局钢结构工程公司,项目经理,中级工程师。