

燃气电厂主厂房屋面大跨度钢网架施工技术应用研究

吴继松

山东诚信工程建设监理有限公司

摘要：本文以海南某燃气电厂主厂房屋面网架工程为例，对采用高空作业集料堆积吊装、立体定位等施工技术进行了阐述，并对其技术原理、施工过程进行了分析，对施工过程中的质量控制措施进行了归纳，取得了较好的效果。

关键词：大跨度；网架结构；屋面施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.076

一、工程概况

燃气电厂的主机设备多为一拖一、单轴配置联合循环机组，使得主厂房的横向跨度超过50m，同时考虑主厂房能够拥有更大的内部空间，屋面工程多采用大跨度网架结构。以海南某燃气电厂为例，该工程屋面钢网架（A-H轴/3-10轴）平面尺寸为55.8×55m，支撑在四周钢筋混凝土框架结构的牛腿上。网架为螺栓球连接方式，总重约320吨，下弦标高为+20.1m，安装过程采用“超大型构件提升安装工艺”。

二、工程特点及难点

由于该项目所使用的钢材数量较多，且结构形式复杂，因此，采用单一的吊装方法势必无法适应实际施工的需要。多模式的现场安装是该工程建设中的一个难题。

钢部件要根据现场的安装要求来提供，其供给的重点是及时性、精确性和适配性，也就是，工厂的生产能力要与现场的需求相匹配；现场装配精度高，实现匹配；同时，零件形状的多样性也加大了零件制造的难度。钢结构工程拥有自己的实施流程，每一个环节都需要自己的时间，它们是环环相扣，不能同时进行，也就是：深化设计、原材料采购、加工制作、构件运输、现场安装。多专业、多工种交叉作业，给施工的协同与管理带来了很大的困难。

在工艺方面，应注意预埋件的安装和钢筋混凝土柱的施工；在经营方面，施工现场的规划，例如临时建筑的安装，钢结构的堆场及组装，均应按照总合同（土建）的经营；除此之外，还有关于对塔式起重机的管理问题。只有合理的布置塔吊以及合理的安排网架地面组合顺序，才能有效提升了塔式起重机的工作效率。从工艺衔接方面看，地面上的钢架工程和下部的土建工程相互交叉。该项目的成功实施，充分说明了钢结构与土木建筑协调的综合性与重要性。施工时间紧迫，施工精度难以掌握，而且构造的方位和指向性都很强。

三、施工技术

（一）项目实施的总体思路

1、本工程用钢量大，单个构件质量大，为保证现场的材料供应，必须加大深化设计、原材料采购、工厂劳动力投入的力度；深化设计须执行三级审查制度减少

错误率；本工程所使用的板材市场较为常规，增加采购量，保障原料供给；人力是最基本的投入，所以要尽快安排有技术的团队来完成生产。生产安装一体化管理，现场项目部一定要根据施工组织设计，提出一份合理、切实可行的要货计划，将图纸和计划的协调好，对钢构件的生产进度进行控制，对钢材原材料进行见证送检，对制作焊缝进行无损探伤等工作。

2、对现场安装的思路进行分析，钢构件从电厂西侧的入口进入到施工现场，在主厂房A轴外和H轴外分别设置一台6t塔式起重机，构件就近卸车并在相应的塔式起重机的吊装范围之内。

3、坐标点复核，在项目正式开始之前，与业主方展开对坐标点的复核交接工作，在监理工程师旁站见证下使用全站仪对其进行复核，并形成正式的交接程序。

（二）原材料采购方案

1、本工程用钢量大，工期紧，合理地利用资金按计划、该项目钢结构施工中的一个重要环节就是要保证质量、保证供货，该项目的主体钢结构，以Q345B钢为主。该产品的品质指标应达到《低合金高强度结构钢》GB/T1591-2008的规定，其抗拉强度，延伸率，屈服点，冷弯试验，冲击韧度等指标均符合规定，S，P，C等指标也应符合规定。

2、确保施工物资的及时到位，是此次采办工作的关键。以此为基础，以该项目的材料采购特征为依据，制订出与之相适应的材料采购计划，并建立起该项目的专项资金，将项目所用的资金进行专款专用，从资金上保障了工程材料的采购和供应。将项目的物料采购与施工生产实行一体化管理，使所有工作高效、统一地进行。

（三）焊缝质量检验与检测

1、焊缝外观检查

所有的焊缝都要经过三级质检，确保焊缝形状尺寸符合规范要求，对有延迟裂纹倾向材料的焊缝应在焊接24小时后进行检查。外观检查通常是肉眼观察，对微裂纹的检查在适当的光线下可以使用5倍的放大镜，需要的时候可以使用磁粉或者渗透检测，尺寸的检验可以使用量具和卡规。

2、焊缝无损检测

对焊接质量要求高的焊缝应按规范、合同要求进行无损检测。在无损检测之前，应检查飞溅、锈蚀、氧化物及油污的清理情况，根据检测方法不同对焊缝及两侧母材进行打磨，打磨宽度和光洁度符合各检测方法的要求。如果无损检测发现超标缺陷，应对焊工当日同一批焊接接头按不合格数量加倍检验，加倍检验合格时，该批焊接接头被判定为合格，可以对超标部位进行返修，并用相同的检测方法复查，加倍检验仍有不合格时，该批焊接接头判定不合格。

四、施工工艺技术

(一) 工艺流程

钢网架构件已在厂内完成生产制作，经验收合格，具备吊装条件后方可进行安装。现场主要工艺流程为：提升主体地面组合→网架提升→网架高空补装→就位。

1、提升主体地面组合

安装思路：由于主厂房零米层两台燃气轮机基础已施工完成，顶标高为6.9m，所以钢网架结构在主厂房进行低空组合，首先搭设满堂脚手架施工平台，表面满铺一层50mm厚脚手板，平台底相对标高为6.9m（平台的部分区域支撑在燃气轮机基础顶面上）。脚手架施工平台施工前编制专项施工方案，通过监理工程师审批，并在完成现场安全技术交底后实施。

安装顺序：由H轴到A轴依次安装；

施工顺序：脚手架交安→网架组装→钢结构涂装。

2、网架提升

施工思路：提升前在主厂房钢筋混凝土框架顶部四周安装12组提升支架配TJJ-600型液压提升器，选配直径为15.24mm的钢绞线，运用液压同步提升技术和计算机同步控制技术，将网架整体提升。

吊装顺序：整体提升；

施工顺序：定位放线→埋件清理找平→网架预提升→网架提升→过程检查→提升完成。

3、网架补装

安装思路：由于提升架与网架的部分杆件冲突，所以网架地面组合时，部分受冲突的杆件、螺栓球未安装，待网架提升到位后，再将连接件逐一补装。

安装顺序：先完成吊装主体支撑轴线即3轴和10轴线处网架结构的安装，然后完成H轴线网架的安装，最后进行A轴线的网架安装。

施工顺序：锥体拼装→锥体吊装。

4、网架就位

安装思路：网架支撑补装完毕后，缓慢释放液压提升器，将网架的全部荷载转移到钢筋混凝土框架上，测量网架挠度和变形情况，待确认无误后完全解除液压提升器对网架的作用。

就位顺序：整体就位；

施工顺序：下降→调整→就位→卸载→支座固定

(二) 施工方法、操作要求及检查要求

该项目的建设计划是根据项目的地理位置，现场的气候条件，以及项目本身的特性来确定的。从工期、质量和安全等方面考虑，制订了一套科学严谨，安全可靠，经济可行的施工计划。本项目采用“特大件吊装安装技术”。具体施工程序如下：

网架平面尺寸为55.8×55m。网架为螺栓球连接，总重约320吨。网架下弦标高为+20.1m。采用“超大型构件提升安装工艺”进行安装，提升高度为13.2m。

1、吊装主体组装

(1) 网架单元的地面组装

初级网架各单元，采用吊装小拼体的方式，将小拼体安装到离设计位置较近的地方，通过垂线及钢尺的控制，使小拼体各个结点的位置基本上与设计位置一致。

地面拼装安装方法见如下示意图图。

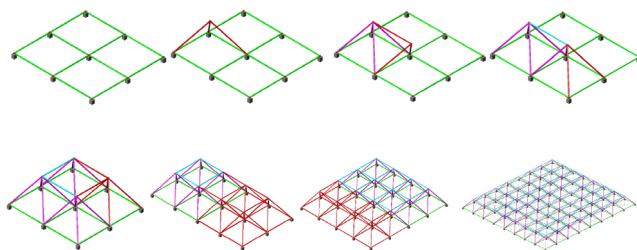


图1 地面拼装安装顺序示意图

(2) 提升支架和液压提升器的安装

网架地面组合过程中，在四周钢筋混凝土框架结构顶部牛腿处安装提升支架、液压提升器及相关设备，在液压提升器垂直对应的网架上弦节点处安装提升下吊点（局部加固），上下吊点通过钢绞线连接，通过液压同步提升技术提升网架。

(3) 网架安装施工要求

①网架结构在其投影地面拼装，拼装时严格按照设计要求控制各个节点的坐标，避免提升时对网架结构产生附加应力；

②时刻对网架杆件的高强螺栓是否拧紧、到位进行检查，避免出现欠拧、过拧以及顶死等拧不到位或假到位的问题。

2、网架提升

(1) 吊装条件分析

为使提升过程中钢网架结构不与提升支架相碰，钢网架结构在地面组装时，除了吊点提升支架与杆件有冲突处暂不安装支座和螺栓球，其余杆件和螺栓球全部安装完成，待钢网架结构整体提升至设计位置后再将剩余杆件进行补装。由于未设置的杆件（或节点球等）的缺失，使得原有的支承边界条件发生改变，因此提升点附近部分杆件和球节点需要用能够满足受力要求的杆件替换。网架提升区域和液压提升器布置见图2所示。

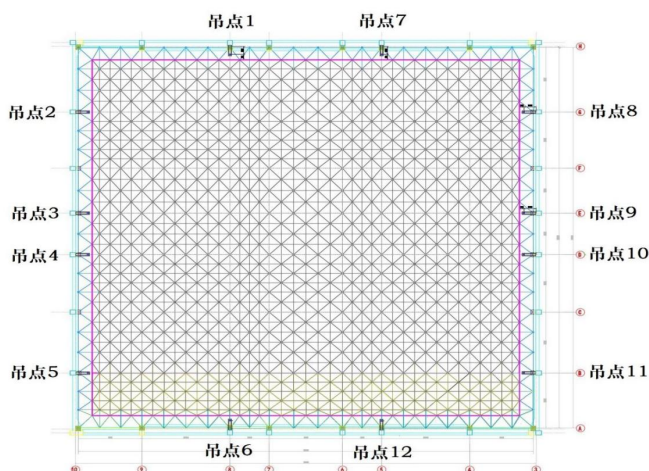


图2 提升区域和吊点布置示意图

(2) 网架提升步骤

①在施工平台上拼装网架、下吊具、加固杆件，钢

钢筋混凝土柱上安装提升支架（上吊点）、吊装提升设备、液压提升器、钢绞线等设施，并连接设备管线并完成调试。

②将网架提升离地100mm，对网架进行调平并静止12小时，然后对网架结构和提升设施进行全面检查。

③检查确认无误，继续整体提升。提升至10m时再次对网架进行调平，全面检查提升设施，再继续提升。

④提升至距离设计高度100mm处，暂停提升。各提升吊点通过计算机同步控制系统的“微调、点动”，将网架精确就位。

⑤补杆件和网架球支座安装完成后，液压提升系统开始分级卸载，将网架全部荷载转移到钢筋混凝土框架结构支座上。然后再逐个拆除液压提升设备和提升支架措施，每拆除一个提升设备与提升措施，及时安装支座及对应杆件，依次重复，直至所有下弦球支座与后补杆件全部装完。

提升过程详见图3。

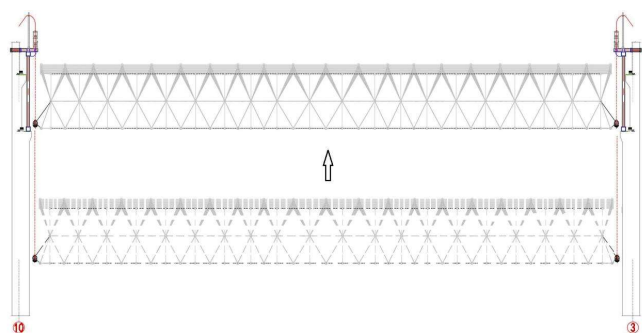


图3 网架提升过程示意图

五、质量和安全控制

（一）提升同步控制

为保证吊装过程中结构的安全性，本项目针对吊装吊点位置，制定了“吊点平衡油压、结构姿态调节、位移同步控制、逐级卸荷到位”的吊装与卸荷到位同步控制方法。该控制系统按照所提出的控制策略及相应的算法，完成了对网架结构的升降位及载荷的控制。在起重作业时，为确保吊重的安全性，必须符合下列条件：

在液压泵站内，确保同一台电动机的每一个悬挂点都能承受相同的载荷；为了确保起重机在半空中的稳定性，在吊装时，每个起重机的吊点都要有一个高度的一致性。

（二）提升前准备及检查

吊装前，对吊装系统和设备进行彻底的检验和试运行：

提升器：在下锚紧固的条件下，将上锚松开，然后启动泵站，调整一定的压力（大约3Mpa），将提升器主液压缸进行伸缩，检查油管的连接是否正常，并检查切断阀是否能够切断相应的液压缸；调整变频器，当电流发生改变时，是否可以加速或减速相应的起升装置的伸缩油缸转速。

导向架：导轨和吊车的连接要牢固，引出的钢索要平滑。

钢绞线：由于是承载体系，起吊之前必须对钢绞线进行仔细的检查，钢丝绳不能松散，不能弯曲，不能错位，不能有焊接痕迹，其规格型号符合施工方案要求。

地锚：吊具正确安装，并可将其钢丝绳固定住。

管线及阀块：在输送过程中，阀门或管道的连接部位会出现松脱现象，必须逐一检查，并将其紧固，检查安全阀调节弹簧的松脱情况；检查油泵、同步控制系统和油缸间的控制线路和控制线路的接合情况；检查油泵与油缸、油缸、油缸的油管联接情况；系统送电后，检查液压泵主轴的旋转方向，当泵站不启动时，对同步控制系统主控制器中的相应按键进行人工操作，并对各个电磁阀和截至阀的动作进行检测，以确保各个截至阀与每一提升器的编号之间的一致性。

传感器：包含行程变送器、定位变送器、位移变送器。按下每个气缸行程传感器2 L, 2L-, L+, L以及锚具气缸SM, XM的行程开关，发出一个信号。

（三）试提升

提升过程中对网架、提升设施、提升设备系统进行监测，确认符合模拟工况计算和设计条件，保证提升过程的安全。以主体结构理论载荷为依据，各提升吊点处的提升设备进行分级加载，依次为20%，40%，60%，80%。确认各部分无异常的情况下，可继续载入到90%，100%，直至网架全部离地。质量管理人员跟踪监测网架的高差及下挠度，以便离地后进行调平，加载过程中各项监测数据均应做好完整记录。成立起吊指挥部，各项操作由总指挥下达提升命令。

（四）正式提升

试提升经检查正常后，开始正式提升。整个提升过程中重点检查以下方面：

- （1）每一吊点提升器承受的荷载均匀情况。
- （2）上吊点平台的整体稳定情况。
- （3）网架提升过程的整体稳定性。
- （4）计算机控制各吊点的同步性。
- （5）检查提升称重系统的锚具、钢绞线、油缸、液压锁及管件、行程传感器和锚具传感器等状态。
- （6）监视液压系统的系统压力变化情况、油路泄漏情况、油温变化情况、油泵及电机等温度变化情况、系统噪音情况。

结语

本项目屋面网架工程，通过以上的方式进行施工，确保了本工程的网架拼装精度较高，累积误差较小，施工进度较快，在施工结束之后，钢结构网架屋面的观感良好，质量可靠，安全有保证，得到了业主方、质监部门和社会各界的一致好评，为今后同类型工程的施工管控积累了丰富的经验。

参考文献

- [1]王勇, 田启, 殷士权, 等. 大跨度倾斜空间钢网架屋盖施工技术[J]. 城市住宅, 2020, 27(10): 225-226, 230.
- [2]王明辉. 大跨度空间钢结构工程虹吸雨水系统施工技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(29): 1410.