

大跨度空间钢结构施工技术在建筑工程中的运用

连 红

赣州汉宸建设工程有限公司 江西赣州 341000

摘 要：通过对某城市会展中心项目的研究，分析了大跨度空间钢结构施工技术的施工要点，通过做足前期准备工作可以为后续施工奠定良好的基础。尤其是基础准备工作决定了上层结构的稳固性，理应引起人们的重视。此外，对于设置钢柱小爬梯、定位预埋钢支座、安装钢结构和厚板焊接等关键工艺的研究，还明确了各类施工细节的把控标准，降低施工操作因素带来的负面影响，可有效提升建筑工程的整体施工质量。

关键词：大跨度；钢结构施工技术；建筑工程

引言

大跨度空间钢结构施工技术在实践中已经形成了多种结构体系，如空间桁架、网架以及网壳等，一般需要根据建筑结构特点和荷载要求，确定最佳的施工体系。现行的大跨度空间钢结构施工中，引入了BIM技术，可通过三维建模的形式模拟钢结构拼装的过程，有效提升了钢结构施工方案的可行性。但在大规模和复杂化的项目工程中，大跨度空间钢结构施工仍旧需要面临较大的挑战。因此，势必要围绕大跨度空间钢结构施工技术的具体运用策略展开研究。

一、工程概况

某城市会展中心项目的建设规模较大，整体建筑面积约为1.7万 m^2 ，横跨长度在260m左右，纵向长度约为99m，建筑物最高点高达56.54m，且建筑结构相对复杂，在中心位置设置了一个长度是95m的超大跨度结构。在建筑施工中，超大跨度空间的施工难度偏大，且对结构稳定性的要求较高，综合考虑之下，决定选用钢结构这种自重较轻且承力性能较好的材料作为核心承力架构。对于整个建筑结构进行梳理后，可以明确的是钢结构材料的总量为2000t左右，且被布设在大厅空间和屋顶结构中。结合钢结构的承力需求，这里优先选用Q345B和ZG230-450两种钢材，基本可以满足不同部位的承力和强度需求。

本次的会展项目外部结构相对特殊，为了追求美观性，对屋顶和外墙均进行了精妙的设计（BIM建模），其中的屋顶结构主要由15榀主桁架和188榀次桁架共同组成，且精心布局为较为稳定的网状结构，同时利用水平

支撑和球形支座形成了较为稳固的基础结构。建筑支撑体系由4根造型独特的三角圆管构柱和28根常规混凝土柱组成，前者的高度为42m，安装角度设计为 9° 。需要特别注意的是，为能满足不同区域的荷载需求，在进行主次桁架设计时，结合所处位置的不同，共设计了30种截面规格，范围在D60 \times 3.5~D600 \times 35之间，可见方案设计的精密性和大跨度空间钢结构施工的复杂性。

二、前期准备工作

（一）钢构件入场检验

钢构件作为大跨度空间钢结构中的主要构成，其自身的性能和结构稳定性直接影响大跨度钢结构的施工质量，基于这一因素考虑，所有钢构件材料在进场前均需要经过精细的入场检验。主要检验程序涉及：1）逐一核对构件编号；2）详细检查构件外观质量，排查有无损伤和明显缺陷；3）仔细校核构件壁厚等关键尺寸，确保其尺寸规格符合标准要求；4）做好端口位置的尺寸测量工作，确保各个端口尺寸规格与设计需求相符，为后续的构件连接创造良好的条件；5）重点检查好铸钢件的内部质量，可以采取无损检测技术检验内部是否存在气孔和裂缝等缺陷，不合格的钢构件严谨进入施工场地。

（二）做好基础准备

基础布置中，应综合考虑施工场地的土地条件和水文条件等，结合现场施工条件制定针对性的基础施工方案。根据以往的施工经验，地基设计中经常出现因尺寸、深度设计不到位造成的施工隐患，致使产生地基不均匀沉降问题，严重影响上层结构质量。基于以上问题，在进行基础布置时，应对上层荷载要求进行准确评估，同

时全面勘察施工场地的水文、地质情况，结合现场施工条件优化设计基础施工方案，保障对地基结构的科学处理。在本次研究的项目中，应用了球形基础，并在上部架设大量钢结构，为能确保地基结构的稳定性，应结合上层荷载要求加大地基深度，同时预留好连接接头，使整个项目结构形成一个完整的整体，切实提升大跨度空间钢结构施工的稳固性。

三、大跨度空间钢结构施工技术的实践运用

(一) 设置钢柱小爬梯

考虑到在钢结构吊装作业中的实际要求，在安装钢柱前，应首先设置好一个小爬梯作为辅助结构，此举的目的是为现场作业人员提供一定的便利，即在进行吊索解脱作业中，作业人员可以直接通过小爬梯到达吊索位置，很大程度上提升了现场作业的效率。根据现场施工需求，选用L40×3的角钢以及φ14mm的圆钢焊接而成，每段长度为4m。为能确保小爬梯结构的稳固性，每2m设置一处连接固定点^[1]。安装小爬梯结构时，可灵活选择安装方式，如焊接和绑扎等手段，但需要特别注意的是，将小爬梯拆除后，还需清除钢柱上的焊接痕迹，使钢柱表面保持平整状态。此外，应重点关注小爬梯结构的稳固性和安全性，尤其是结构中段和扶手部位必须为牢固状态。考虑到钢柱结构施工的特殊性，在施工前，还需提前在地面完成对作业平台的组装工作，这里将其分为两个部分，便于拼装与运输，拼装之后的结构较为稳定，可以满足钢柱施工中大部分施工活动的需求。

(二) 定位预埋钢支座

钢支座的稳固设置是保障大跨度空间钢结构稳定性的必要前提，因此，在实际施工中应做好如下几方面工作：第一，详细审核施工设计图纸，参照图纸内容做好钢支座的设计工作，同时预估好钢支座承载力。做好临时支承预埋钢筋的检查工作，查看是否存在与混凝土构件产生冲突的状况，如有必要可与相关设计单位建立密切的联系，以便在遇到新情况时可以及时更新和优化施工设计方案；第二，对于大型球铰接块进行制备前，需先制作好样板，且在样板检验合格后方能进行大批量生产，确保所有铰接块的标准程度均符合施工要求；第三，在针对大型预埋件进行吊装时，为能保障预埋件的精准定位，可使用限制装置和配套组合的手段对其进行二次定位，以保障预埋件结构的稳固性；第四，预埋件的下轴安装到位后，还需做好钢筋绑扎与混凝土浇筑施

工，此阶段也是影响支座质量的关键时期，应安排专人负责完成钢筋绑扎质量与混凝土浇筑质量的控制工作，确保及时发现施工偏差，提升预埋件施工的精度。

(三) 安装钢结构

本次研究的项目工程具备结构规模大和复杂性的特点，钢构件的规格多样，拼装施工的难度偏大，对于相关施工人员的专业能力提出了较高的要求，其必须具备丰富的施工经验和掌握专业起吊、安装技术才能确保钢构件安装施工的可靠性，在钢结构施工中的作业要点总结如下：

1. 钢桁架吊装

钢桁架运输至现场后，采取集中拼装方式，将上弦杆、斜腹杆以及水平横杆等组装成稳固的钢桁架。此后，检查好各个焊接连接位置的焊缝质量，且在其上部均匀涂抹防火涂料层。为能避免出现形变问题，可在拼装阶段便考虑到各个散件的变形因素，遵循逆向拼装原则，先校正主桁架的散件。此外，吊装施工中，还应坚持先主后次的施工顺序，当主桁架安装到位后，将次桁架依次连接主体。在次桁架施工中要采取分段吊装方式，一般每榀被分为两个作业段，而主桁架安装中则需由两侧向中间逐步安装，以保障主体结构的稳固性^[2]。

2. 钢柱定位与焊接

鉴于本次研究的大跨度钢结构存在尺寸规模大的特征，为了便于现场安装，采取分段吊装措施，结合现场空间特点对每段钢柱的长度和标高进行科学控制，且考虑起重设备的最大荷载能力。安装施工前，应将钢柱表面杂物和锈蚀等全部清除干净，且对损伤部位进行合理处理，再涂抹好防护涂层。吊装过程中，为能保障钢柱结构的稳定性，在钢柱两端对称设置吊点，将钢柱起吊一定距离后，检查起吊质量，如起吊过程较为稳定可继续起吊，并且平稳的将钢柱吊运至指定位置。钢柱安装时，作业人员可借助小爬梯接近钢柱安装位置，采取人工干预的方式对准安装点位。复核无误后，可将钢柱安装到位。反复重复上述作业，直至钢柱整体安装完成，为能稳固钢柱，需采取焊接技术连接固定好各个钢柱，且保障焊缝质量符合标准要求，尽可能增强钢柱结构强度和稳固性。

3. 安装超大倾斜格构柱

安装超大倾斜格构柱时，可采用临时支撑胎架帮助其进行精准定位，同时借助反向拉绳结构来动态控制倾斜的角度。因超大倾斜格构柱的安装精度要求较高，且

整体结构的尺寸规格较大，为能确保安装精度与质量，应采取步进式安装手段，同时在现场搭设好临时支撑架和设置好多向缆风绳，用于对超大倾斜格构柱倾斜角度和安装位置的有效调节。这里是利用三点起吊的方式将格构柱吊起，再临时连接柱脚与预埋件，形成一个初具形态的框架。此后，依次安装格构柱节段以及塔架，对于其角度进行精细调整后，在支撑柱位置设置好调节块，最后使用固定装置进行准确固定。

(四) 厚板焊接

经研究决定，选用二氧化碳气体保护焊技术完成厚板焊接作业，究其原因，此类技术的熔化效率偏高，适用于一些高强度结构材料的焊接工况。此外，在焊接作业中还能实现对焊接温度的精准控制，焊接质量更为突出。焊丝选用ER50-6 (1.2) 型号，能够满足本次工程的特殊部位处理要求。焊接作业中需要注意的是，焊丝表面严禁附着任何水汽、油污和锈蚀等污染物，以免对焊接接头质量产生负面影响，带来焊接缺陷。必要时，可以采取提前将焊丝置于烘箱预热和除水汽的措施。正式焊接前，还需使用机械/化学手段将焊丝表面的杂质清除，使其表面保持光滑状态，为厚板焊接施工创造良好的条件^[3]。

对于气候条件较为特殊的施工环境，还需做好焊前准备，本次研究的工程中，焊接施工处于低温环境下，为避免母线突然加热造成的收缩应力，以及焊缝裂缝，应在焊接前做好预热处理，以便消除一些影响因素，提升结构焊接质量。综合考虑下，决定引入氧气-乙炔火焰加热技术，对于焊接范围内进行预热处理，这里应将焊区温度控制在120℃~150℃范围内，实践证明这一温度区间可以降低外部低温环境对焊接质量的负面影响，增强焊缝韧性，减少裂缝现象^[4]。

四、工程荷载结果

由于本次研究的项目结构较为特殊，在屋顶和外墙分布大量规格不同的钢架构，然而在大跨度钢结构中，虽然两头都设有支撑但其受力方向为弯曲状态，因采取网格布设方式其整体协同性较强，这意味着弦管和腹杆的荷载压力较大。为能验证本次施工中大跨度空间钢结构的荷载性能，对钢结构中关键构件，上弦、下弦和腹杆的荷载情况进行计算，具体数据见表1所示：

表1 关键构件荷载情况

荷载情况	关键构件最大内力值/kN					
	上弦		下弦		腹杆	
	跨中	支座	跨中	支座	跨中	支座
永久荷载	-2330	80.4	2239	530	-49	587
可边荷载	-237	14	221	50	-9	-96
风荷载	78/57	-4/9	-67/-49	-15/-3	8/-1	35/8
地震作用	27	5	20	2	3	2
升温30℃	-22/20	-5/7	-37/0	-30/5	-3/3	-12/6
降温30℃	20/-23	7/-5	0/-38	5/-30	3/-3	6/-11

注：其中“-”代表杆件为受压状态；“/”前后的数字表示最值。

对于大跨度空间钢结构的受力情况进行分析后可知，永久荷载、风载以及可变荷载对结构的影响较小，这主要是由于当面临垂直应力时，因结构设计较为科学，可对应力进行均匀分散，很大程度上提升了结构的荷载性能，结构荷载能力符合建筑施工要求。

结语

大跨度空间钢结构属于一种结构规模较大，且施工精度较高的综合施工体系，在一些大型活动空间中的应用频率较大。本次研究的会展中心项目最大跨度为95m，且考虑到美观性要求，还对结构进行了特殊设计，致使钢结构施工的难度增大。施工中通过合理控制钢构件的安装质量和焊接质量，有效保障了钢结构的稳固性，对于结构荷载压力进行分析后发现，能够保障对上部应力的均匀分配，因此荷载性能得到稳步提升，满足建筑项目的安全施工和使用需求。可见，大跨度空间钢结构施工技术在一些大型建筑项目中具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 贾小辉. 现代建筑中大跨度空间钢结构施工技术应用[J]. 建筑技术开发, 2024, 51(9): 12-14.
- [2] 解修起. 铁路站房大跨度空间钢结构施工过程模拟与风险评估[D]. 华东交通大学, 2024.
- [3] 王森. 浅析公共建筑大跨度空间钢结构安装施工技术[J]. 中国建筑装饰装修, 2024(16): 175-177.
- [4] 李腾, 秦红昌, 代丽红, 等. 航站楼大跨钢结构温度效应分析[J]. 低温建筑技术, 2023, 45(6): 11-15.