

狭窄空间大跨度钢结构吊装施工技术研究

文 / 裘宝发 上海建工五建集团有限公司

摘要: 在西安艾美艺术广场项目的钢结构施工具有作业环境狭窄、单件尺寸大、质量大等特点, 在施工过程中通过SWOT分析选择最优的施工方

关键词: 大跨度钢结构; 狭窄环境施工; SWOT分析

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2025. 06. 040

引言

我国国民经济的发展和社会的进步加速了城市的扩张和更新, 钢结构工程因材料自身具有在强度、质量上的优点, 结合施工周期短, 外观美观的优点, 得到了行业的广泛应用, 但是在建设的过程中, 城市建设和城市更新越来越受到既有建筑的影响, 施工场地变得局促, 在狭窄的作业环境下的施工作业成为新难题^[1]。西安艾美艺术广场项目, 是集剧院、办公、酒店为一体的大型综合商业体, 其中钢结构剧院在施工中面临着施工作业环境狭窄, 跨度大, 自重高等施工难点, 本文就钢结构施工展开研究。

一、工程概况

(一) 项目概况

本工程(西安艾美艺术广场建设项目)项目位于西安市二环内, 测绘东路与雁塔北路中段十字西北角, 本工程为一类高层建筑, 地下4层, 地上22层, 裙房地下4层, 地上5层, 总建筑面积约53117m² 地下四层建筑面积约18070m², 地上22层建筑面积35047m²。南侧为东新科贸电脑城, 相隔马路宽度仅为10m, 东侧紧邻西安地铁四号线, 其中排桩距离地铁最近处仅为11.3m距离, 项目外部空间环境狭窄; 北侧、西侧为石化小区, 与施工现场仅一墙之隔, 基坑边距离隔墙仅1.5m, 施工内部场地局促。

(二) 结构概况

塔楼地上结构为钢混凝土框架+混凝土核心筒, 抗震设防烈度为8度, 裙楼地上结构为框架结构, 钢结构主要涉及负一层非机动车夹层、五层部分、设备转换层及六层结构板。其中钢梁最大跨度为24.7m, 最大单个重量为14.3t。

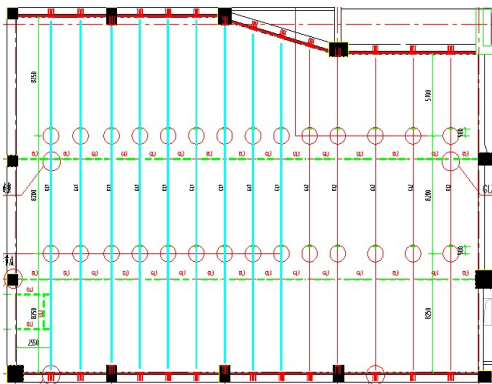


图1 钢梁分布图

二、施工难特点

1. 钢梁尺寸大

裙房剧院屋面钢梁最大, 跨度约24.7m, 单支最大重量14.3t, 单件尺寸大、质量大, 为钢构件制作运输及吊装的重点和难点。

2. 钢梁吊装高度

裙房剧院屋面钢梁标高22.000m, 底部结构板标高4.950m, 高度差有17.000m, 高差较大, 钢梁安装精度控制、空中对接、焊接质量、高处作业安全防护等为本工程的重点和难点。

3. 场地受限

剧院屋面钢梁在裙房西南角, 西侧距居民区约4m, 南邻测绘路高压线区域, 场地受限, 施工环境狭窄。



图2 钢结构施工周边环境图

三、方案比选

(一) 方案选择

本工程根据多年的施工经验, 和对施工工艺、技术方法、机械使用的深刻理解^[2], 对行业中常用、新颖、经济的方法进行列举备选, 提出了四种工艺方法, 分别是: 汽车吊装法、塔吊安装法、滑移安装法、整体提升法。

1. 汽车吊安装法

将钢梁运至裙房西侧, 按照南北向放置后焊接^[3]。

再利用场地南侧200T汽车吊将单根24.56T钢梁起吊平稳放置在结构预埋牛腿连接板上, 并进行螺栓连接及后续吊装, 待吊装整体加固完毕, 校准后进行满焊连接。

2. 塔吊安装法

跨内搭设满堂脚手架, 并在钢梁连接位置设计具有

标高调节的拼装胎架^[4]。

调节胎架标高至设计要求的起拱高度，使用塔吊进行分段吊装。

由南北方向分段连接牛腿及中部连接板，由东西方向分步进行，主梁连接后校准进行满焊。

3. 滑移安装法

在二层结构板预埋平台移动轨道及滑移装置。跨内搭设型钢脚手架滑移平台，将两根钢梁与次梁调运至平台校准后焊接形成体系。

运用滑移平台将钢梁体系运送至对应位置将其与结构预埋牛腿进行连接，校准后满焊连接。依次滑移安装

进行施工。

4. 整体提升法

将钢梁与次梁组合分成独立单元，每单元由三至四根主梁及次梁构成整体^[5]。

将钢梁单元运至二层结构板相应位置调整焊接固定，再使用已搭设的提升平台，将该单元钢梁组使用提升设备缓慢提升至结构预埋牛腿连接板位置，校准并进行螺栓连接及满焊。

(二) 方案确定

通过对四个方案进行优势、劣势、机会、威胁对比，进行SWOT分析，具体情况见下表1。

表 1

方案 \ SWOT	优势	劣势	机会	威胁
汽车吊安装法	1. 施工进度快 2. 平地焊接质量好	1. 南侧道路有高压线 2. 汽车吊不具备停放条件至少需 14m 工作半径	缩短工程进度，能有效保证工程质量	1. 吊车租赁费：1 万 / 天 2. 人工费：500 元 / 天 * 8 人 共计 14 万
塔吊安装法	1. 施工进度快 2. 满堂架与结构同时搭设不占工期，方便后期临空墙砌筑及马道施工 3. 胎架保证梁拼装精度	1. 塔吊吊装视野不充分 2. 需合理安排其他工种的吊运时间	在不影响工期的前提下，可以最大限度地保证施工质量，同时兼顾工程场地狭小的难点	1. 满堂架费用：40 元 / m ³ * 6000 m ³ 2. 人工费：500 元 / 天 * 8 人 共计 28 万
滑移安装法	1. 各工序影响相对较小 2. 施工方案技术含量高	1. 定制设备占用工期 2. 横向高空滑移空间狭窄，施工难度大	可以推进工程技术及施工工艺的进步	1. 滑移设备费用：20 万 2. 型钢架费用：10 万 3. 结构板回顶：40 元 / m ³ * 1000 m ³ 4. 人工费：500 元 / 天 * 10 人 共计 39 万
整体提升法	1. 平地焊接质量好 2. 充分保证梁拼装精度 3. 实际吊装时间短	1. 定制设备占用工期 2. 五层钢梁区域下方二层为台阶，无组装条件	保证施工质量最优的措施，对工程创优有明显的帮助	1. 提升设备费用：25 万 2. 结构梁板加固：40 元 / m ³ * 2000 m ³ 3. 人工费：500 元 / 天 * 10 人 共计 40.5 万

综上，方案最终确定为满堂架支撑结合拼装胎架塔吊吊装法，该方法既能保证工程进度和工程质量的要求，同时能满足本工程的场地特点，也是经济性最优的解决方案。

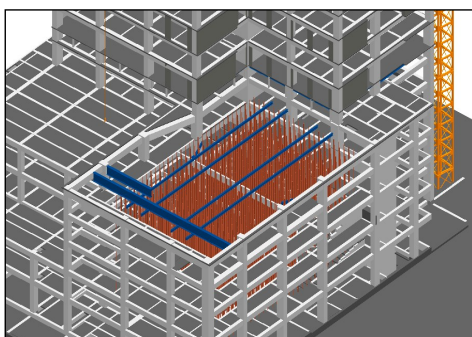


图 3 塔吊安装施工示意图

四、总体施工部署和施工流程

(一) 施工流程

场地准备→钢梁分段深化设计→胎架方案设计→胎架体系搭设及验收→吊装前安全技术交底→塔吊安全检查及时间协调→分段吊装→拼装连接→焊接

(二) 关键施工技术

1. 钢梁分段深化设计

根据现场施工需求情况对钢梁连接部位进行二次深化设计，将24m跨度钢梁分为三段吊装，单支最大重量由14.3t分解为4.1t，腹板处连接板采用S10.9级M24高强螺栓等强连接，翼缘采用气体保护焊。

塔吊型号为STC7528，位于主楼东南角，最远吊装距离56.8m起重量为4.5T，满足现场吊装要求。

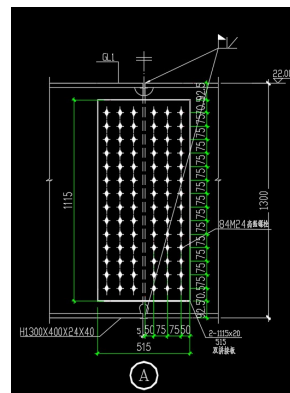


图 4 钢梁分段深化设计图

2. 分段吊装

利用塔吊由南北方向分段依次安装，连接牛腿及中部拼接连接板，由东西方向分步进行。

(1) 按⑥至⑤轴吊装五层钢梁并继续吊装⑤至②轴屋面钢梁，待五层钢梁施工完成后再同步搭设至20.300m施工屋面钢梁。

起吊前料场安全员及时指挥对起吊器具进行检查，确保吊带在单段钢梁设计平衡位置，起吊前先试吊。

(2) 落吊时，由现场指挥控制落吊节奏缓慢进行，两名人员控制牵引绳使单段钢梁落在胎架定位线与牛腿连接板指定位置。由专人对连接部位螺栓孔使用钢筋引导对孔再进行螺栓穿孔。

由测量员对胎架进行落梁前后沉降观测，确保沉降在方案可控范围。

(3) 再对中段梁吊装，落梁至胎架定位线位置，将两段钢梁腹板使用连接板螺栓连接。

再进行下一段钢梁吊装，使三段钢梁合拢一起。对

胎架进行落梁前后沉降观测，确保沉降在方案可控范围。钢梁通过分段合拢，能够安全有效地调运至待施工的位置，保证施工质量。

3. 拼装连接

前期胎架搭设起拱标高，三段钢梁合拢后，再次校准钢梁起拱高度满足设计要求跨度的1/400。校准结束后对连接部位高强螺栓进行初拧连接，间隔一小时后进行终拧连接并验收。达到了拼装有效连接保证钢梁体系整体稳定的目标。

4. 焊接

再次校准钢梁起拱高度满足设计要求跨度的1/400。校准结束，对连接板及翼缘部位进行CO₂气体保护满焊连接。焊接有效连接保证钢梁体系整体稳定及结构安全。

(三) 效果检查

通过方案设计、分析比选、方案执行等全流程的管理控制，最后对本工程的钢结构施工效果进行检查，发

表 2 钢结构梁拼装精度检查表

钢结构梁拼装精度检查表																			合格 率 (%)	总合格 率	
项目	允许偏差 (mm)	检查点																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
跨度最外两端安装孔或者两端支撑面最外侧距离	(+5.0—10.0)	-2	-5	-1	-3	-6	0	-1	-4	0	-4	-2	-6	0	0	-5	-6	2	-1	100	90.74
接口截面错位	2	0	1	0	2	2	0	3	3	0	2	3	0	4	1	0	0	2	0	83.33	
拱度	±L/5000=4.8	2	4	5	2	4	0	0	3	5	4	1	4	3	0	4	3	0	0	88.89	
节点处杆件轴线错位	4.0	2	4	3	2	2	1	0	1	3	3	0	6	3	2	5	2	1	3	88.89	
同一根梁两端顶面高差	L/1000 且不大于 10.0	6	5	3	2	1	8	5	2	4	1	6	2	7	3	2	3	4	5	100	
主梁与次梁上表面高差	±2	1	1	2	4	2	3	2	0	1	1	2	1	2	3	1	2	1	0	83.33	

备注：钢结构工程施工质量验收标准（GB50250-2020）

现有明显的提升和改善，对钢梁进行检查，拼装精度符合设计要求，合格率达90.74%。不仅缩短了工期，同时保证了施工质量。

结语

剧院钢结构工程在狭窄环境下施工技术创新的应用，切实地解决项目场地受限、剧院结构较难的实际钢梁吊装问题，保证了工程质量，确保了工期进度。同时对大跨度钢结构施工工艺方法进行了补充和完善，取得了宝贵的经验，为今后类似工程做出了参考依据。

参考文献

[1] 谢巍. 大跨度钢桁架结构分段吊装技术与应用

[D]. 重庆大学, 2008.

[2] 冯剑. 钢结构工程施工质量管理方法及体系的建立 [D]. 南昌大学, 2007.

[3] 尹春. 某会议中心钢结构安装技术研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2012.

[4] 陈思, 葛银萍, 吕航光. 大跨度钢结构吊装及安装关键技术 [J]. 施工技术 (中英文), 2022, 51 (08): 26-30.

[5] 杨铁宁. 模块化钢结构建造过程中狭窄空间的设备吊装 [J]. 石油和化工设备, 2020, 23 (07): 59-61+69.