

超重超宽型钢构件运输与吊装技术应用研究

王军伟

中铁十二局集团建筑安装工程有限公司

摘要：随着建筑物立面构造越来越新颖，构造别具一格越来越多，这些复杂的结构大多通过钢结构安装的方式来实现，并且造型方面异形结构应用越来越广泛，其中钢结构节点、弧形、门字形、折线形等钢结构构件非常普遍，异形钢结构给施工带来较大难度。本工程通过优化钢构件节点深化、安装时计算钢构件重心、合理布置施工场地及钢构件旋转空间、合理选用机械设备及胎架布置等各阶段工序，解决了异形钢构件吊装时不产生侧翻、钢构件定位、钢构件焊接、钢构件承重固定等问题。通过工程实践总结形成相关技术成果。

关键词：型钢构件；运输；吊装

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.10.028

一、工程背景

本工程仙桃站房建筑面积11998m²，正立面为采用“大鹏展翅、腾飞仙桃”设计理念钢结构造型，布置图1如下：

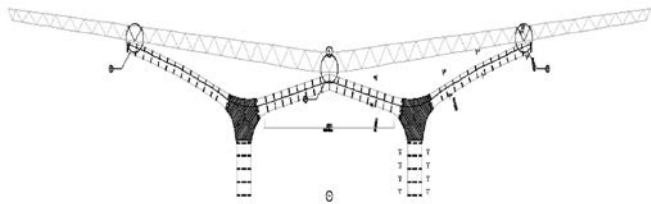


图1 站房正立面钢结构布置图

(1) 三通节点：本工程仙桃站三通吊装立面尺寸为15.4m×43.1m，共计2件，左右对称，规格为异形60mm本体，单件三通重量约为82吨，2件共计164吨。

(2) 异形梁、柱：异形柱工厂加工分为两节，第一节短柱7.06m，基础埋深-6m，重量为40.1t；第二节短柱7.353m，重量为41t。异形梁工厂加工总计分为五段。

二、超重超宽型钢构件运输与吊装技术在国内外应用

全球经济和科技的不断发展，为建筑行业的发展提供了经济和技术支持，尤其是近年来我国基础建设及高铁网络建设进程不断加快。钢结构综合施工技术，处于发展的重要阶段，特别是异形造型钢结构及超重大体量钢结构，具有工程量大、空中对接困难、焊接质量难保证、安全系数低、工期长等特点，可借鉴和参考的相关工程技术资料不多，没有可直接借鉴的成熟经验，其关键技术有待深入研究。

(一) 研究内容

① 超重超宽异形钢结构运输方法研究

提出水路-陆路+拆分-组装运输新方法，解决了超重超宽钢构件运输难题；本工程正立面造型总重约为550t，采用拆分-组装安装方法分步安装；根据高速

《超限运输车辆行驶公路管理规定》，货车最大总质量50t，故采用先由水路运输至码头，再由码头调运至货车拉至现场安装，运输路径：宜兴徐舍镇-京杭大运河-长江（芜湖）-汉江-仙桃市。此外，需考虑运输路径、时长、天气等因素，同时走陆路运输需考虑高速桥的承载力。

② 超重超宽异形钢结构吊装技术研究

本工程正立面造型包含钢柱162t、三通节点164t、“人”字形异形梁108t、“翅膀”梁112t，根据设计院下发图纸及模型，对图纸进行深化设计，主要是对钢结构的拆分与组装、节点焊接连接、吊点、定位块与承重块进行优化，解决各构件连接之间的交叉碰撞。此外，在地面作业面搭设拼装作业平台，通过经纬仪精密测量定位，在地面建立拼装胎架，将构件分段吊装至平台，精确定位。

③ 悬挑钢构件临时支撑技术研究

外侧翅膀梁采用单侧设置胎架，悬挑约为57吨，分段划分，临时支撑为1.8m宽×21.1m长平面格构支撑，格构支撑立杆规格φ609×10，腹杆规格φ102×6，直腹杆间距6m，下步固定斜支撑中心离地面3m。格构支撑底部为2m×2m平面钢板底板，格构支撑顶部为钢平台，钢平台由HW400×400×13×21型钢制成。钢平台以上为胎架，胎架由φ180×8立管和模板组成，模板规格PL20×200×1200。

(二) 社会效益分析

通过本文的研究，在超重超宽型钢构件运输与吊装方面有了更明确和深入的研究理论，在钢结构施工方法中提出了更好的施工方案，在未来类似工程中具有很好的应用前景和社会效益。

三、超重超宽型钢构件运输与吊装技术应用

(一) 项目研究的必要性和重要性

建筑领域技术水平的提高使得钢结构逐渐成了目前建筑的主要结构。城市中钢结构的建筑十分常见。相对于传统建筑结构而言，钢结构在提高建筑稳定性方面效果更加显著，在今天该结构体现出了其极大的实用价值，对中国建筑钢结构技术的发展现状以及未来的发展趋势进行分析是提高该技术水平的主要途径。

(二) 详细技术方案和路线

在吊装作业前，应由技术人员进行吊装和卸货的技术交底。其中指挥人员、司索人员（起重工）和起重机械操作人员，必须经过专业学习并接受安全技术培训，持证上岗。而大型钢结构的吊装作业由于工件规模大，往往多台吊机联合作业，通过实地模拟制定安全的支撑措施，所以安全技术措施是保证钢结构工程吊装顺利进行的前提。

(1) 新建仙桃火车站项目针对超重超宽异形钢结构运输进行了技术攻关，通过前期运输线路的研究，提

出水路-陆路+拆分-组装运输新方法，解决了超重超宽钢构件运输难题。

(2) 新建仙桃火车站项目总结了大型钢构件吊装施工工艺，提炼了相关施工技术，总结施工经验。减少了施工成本的同时，有效的提高了施工质量，加快了施工进度，为异形钢结构吊装过程管理提供了借鉴经验，具有广阔的应用前景。

1. 施工方法

(1) “三通节点”吊装

现场施工条件较好，平面开阔，吊车行走和打腿区域满足，吊装的三通构件共计2件，便于堆放，拟采用350吨汽吊直接将三通节点吊入二节柱柱顶，焊接成型，左右两件吊装方法一致，图2。

①吊耳设置

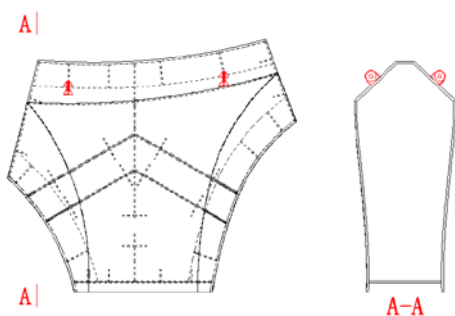


图2 三通节点吊耳布置

(2) 异形梁吊装

根据现场平面、安装工艺及时间节点要求，对原专家评审吊装方案进行优化，目的为简化施工工艺，确保焊缝质量及几何尺寸，将空中焊接四道焊缝简化为两道。

①吊装单元划分及临时支撑设置

正立面“人”字梁采用预制胎架对接，地面拼装焊接，整体吊装，拼装后重量约110吨。外侧翅膀梁采用单侧设置胎架形，悬挑约为57吨，分段划分及支撑布置立面图如下图3所示。

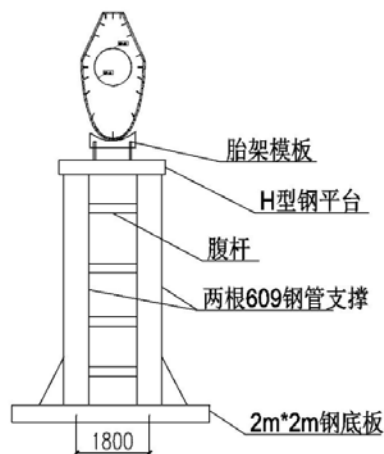


图4 格构支撑示意图

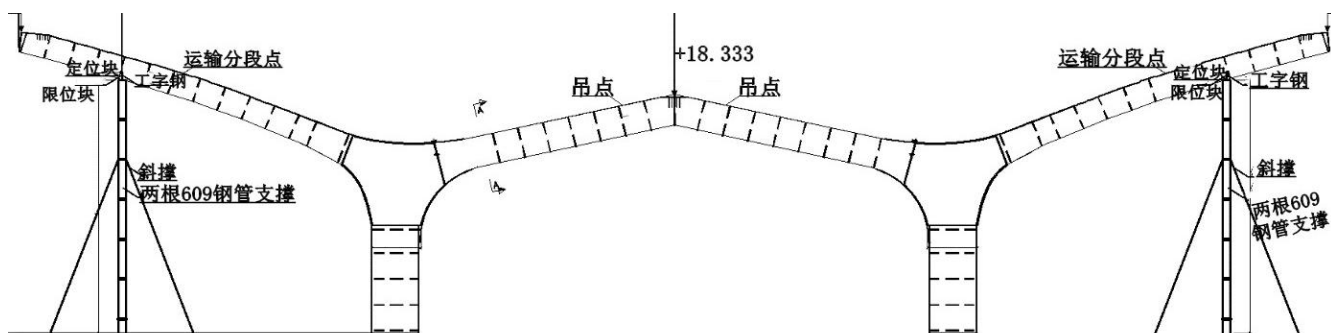


图3 临时支撑布置图

(三) 试验过程

1. “三通节点”吊装

(1) 吊装模拟

三通节点重82吨，350吨汽车吊30.9m主臂10m半径可吊105吨，分段重量/吊装能力=82/105=78%<80%，满足要求。

2. 异形梁吊装

(1) 施工步骤

①在地面建立拼装胎架，胎架上放中心线及上下构件几何尺寸轮廓线（中心线、两条边线），确保与施工图纸对应。

②将构件分段吊装至平台，精确定位，并在接口处设一定数量定位板。

③为控制焊接收缩引起的构件变形，编制焊接工艺，严格按此施工（严格对称焊接）。

④焊接过程中，建立外围测量网，焊接过程实时监控变形。

⑤焊接完成后，静置一定时间后进行超声波探伤检测。

⑥探伤合格后，表面打磨除锈，达到St3，进行底漆、中间漆补涂。（包括运输过程中刮伤的涂装补修）

⑦请监理对构件全面检查，包括焊缝、漆膜厚度、几何尺寸等，为吊装做好准备。

(2) 吊耳设置

吊钩中心位于“人”字梁正中心，吊钩起吊高度为24.0m，总计四个吊点，钢丝绳长度8m，正立面吊点展开角度为57°，正立面吊点与吊点间距8m；吊装采用地面整体拼装焊接，整体起吊，预计采用500t汽车吊吊装。根据计算（ $50 \times D^2 / 6 = 30000\text{kg}$ （单根钢丝绳承重）），钢丝绳采用 $\geq 62/0.8\text{mm} = 77.5$ 直径。吊耳焊接

完成后进行无损检测后方可吊装。

(3) 承重块及定位块的设计

“人”字梁与三通节点连接处采用两件长×宽×高：400×50×200mm承重块连接，承重块与钢板采用全熔透焊接，承重块中间部分增加单件长×宽×高：280×200×30mm连接板固定焊接；距“人”字梁顶端1m处各采用单件长×宽×高：300×30×150mm定位块连接，定位块与钢板采用普通焊接，两侧分别增加两件长×宽×高：150×30×30mm牛腿固定焊接；详见节点图7、8。翅膀梁与三通节点连接固定同“人”字梁做法。

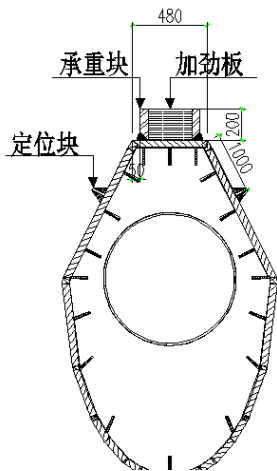


图5 承重块、定位块布置节点图

承重块计算：

根据资料查询，Q345B钢材允许应力为【σ】=230MPa，剪应力折减系数为0.6，得出允许剪应力【σ】=230×0.6=126MPa。

承重块截面积 $A_0=200 \times 50 \times 2=20000\text{mm}^2$

承重块可承受剪应力 $F=55\text{t} \div 20000\text{mm}^2=2.75\text{kg/mm}^2$

$2.75\text{kg/mm}^2=27.5\text{MPa}<126\text{MPa}$ 。

满足要求。

(4) 吊装模拟

最大异形梁重110吨，500吨汽车吊31.4m主臂10m半径可吊158吨，分段重量/吊装能力=110/158=70%<72%，满足要求。

(5) 吊装工艺

①吊机就位后，首先检查四个支腿地面受力情况，无误后将构件吊离地面10~20cm静置30分钟，观察支腿、吊索、吊具及吊耳的受力情况，为安全起吊做好准备。

②吊机进场后，由项目部技术人员对吊机及司机、司索等相关人员证件及吊机相关手续进行检查、核验，并报监理审核。

③工艺

a、将构件徐徐吊至安装位置后，将承重块的中心线与三通节点中心线重合后缓缓落下，并释放吊装应力80%（吊索保持一定张力）。

b、观察接口各部位，接口吻合且无错台。首先对承重块两侧进行焊接，然后焊接定位块，确认按图完

成焊接后，吊机释放剩余张力（不脱钩），静置一小时后，经观察各连接点与设计吻合，再松钩，撤走吊机。

c、按照既定焊接顺序对接口进行焊接。

d、待接口完成焊接95%以上，用气刨刨去承重块及定位块，然后补焊完成。

e、对焊接进行探伤检测，合格后，除锈补涂。

四、结论与展望

(一) 参数结论

根据模拟吊装参数及现场实施，调整了吊装及支撑方式，确定吊装位置及工艺参数。

根据模型建立及现场实施，重点研究了超重超宽异形钢结构构件的运输、吊装及支撑等，得出结论：①通过水路+陆路运输，在节约经济的同时避免了工期加上的风险。提出拆分+组装运输，避免超重超宽陆路运输障碍。②根据设计院下发图纸及模型，专业分包单位及安装专业负责人、项目部钢结构专家、安全负责人对图纸进行深化设计，主要是对钢结构的拆分与组装、节点焊接连接、吊点、定位块与承重块进行优化，解决各构件连接之间的交叉碰撞，减少现场返工。工期合理缩短了20天。③外侧翅膀梁采用单侧设置胎架，分段划分，临时支撑为平面格构支撑，下步固定斜支撑。格构支撑底部为平面钢板底板，格构支撑顶部为钢平台，钢平台由型钢制成，解决构件支撑问题，为构件焊接固定提供平台。减少4道支撑布置安装，同时合理缩短了20天。

(二) 展望

1. 存在问题

(1) 超重超宽钢构件陆路运输耗时耗材，费用较高；

(2) 异形钢结构分段吊装安装耗时耗材，且施工周期长，费用高，现场占地较大，安全风险较大。

2. 下一步计划

大型钢构件吊装，因为运输及吊装方式原因，可以通过改变运输方式及吊装方式控制避免的，因此优化运输及吊装工艺可以提高整体稳定性，控制施工周期且降低安全风险系数。

通过模型建立，整体吊装，优化最佳参数，最大程度降低施工周期和安全风险，同时产生良好经济效益。

参考文献

[1] 肖木铎. 超长超重建筑叠合梁运输与吊装技术要点研究[J]. 福建建材, 2021 (1): 96-98.
 [2] 于向阳, 柴瑞. 叠合梁钢箱梁吊装定位技术[J]. 山西建筑, 2018 (35): 157-159.
 [3] 刘艳武. 浅谈箱梁运输及安装施工技术[J]. 工程建设 (维泽科技), 2023, 6 (1): 177-179.
 [4] 张正磊. 钢箱梁运输吊装施工注意事项浅谈[J]. 科技创新导报, 2017 (16) 87-88.
 [5] 张育红, 李显峰. 钢模块建筑现场快速吊装就位技术[J]. 天津建设科技, 2021, 31 (1): 69-71
 [6] 庄新胜. 大跨度桥梁钢箱梁吊装施工技术[J]. 市政技术, 2023 (3): 158-163, 170.
 [7] 金明阳, 李宁宁. 预制箱梁吊装施工技术研究[J]. 门窗, 2022 (9): 82-84.