

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.10.036

对空间扭曲截面钢桁梁安装技术的探讨

徐杰¹, 胡元峰², 唐靖¹, 武德智², 刘小龙²

(1.中亿丰建设集团股份有限公司, 江苏 苏州 215131; 2.海波重型工程科技股份有限公司, 湖北 武汉 430207)

摘要:某钢结构桥梁工程由主桥和引桥两大部分组成,主桥一跨跨越繁忙内河河道,与之斜交;主桥结构设计为空间扭曲截面钢桁梁,引桥设计为简支钢箱梁。项目施工过程中充分考虑桥位可用空间,尽量减小对航道的影响,岸边位置采用汽车吊吊装,航道位置采用整体大节段浮吊吊装的方式,各施工区域互不干涉,可多点同时施工。主桥边跨部分采用卧拼桁架片体吊装,中跨部分采用立拼整体大节段吊装的施工工艺,并针对性设计了辅助工装,保证了主桁梁空间扭曲截面的安装精度和质量。项目施工经验可用于指导类似桥梁的施工。

关键词:主桁梁;钢结构;卧拼;立拼;施工工艺

中图分类号:U445.46

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2022)10-0136-06

0 引言

某桥梁项目跨越繁忙内河,连接南侧学校与北侧商业广场。通道全长为 405 m,其中主桥为 220 m 桁架桥,引桥为简支钢箱梁桥,南侧为 79 m,北侧为 106 m,桥梁与河道斜交 31.6°(右斜)。南北两端各设置一对坡道和一对踏步,详见图 1 所示。

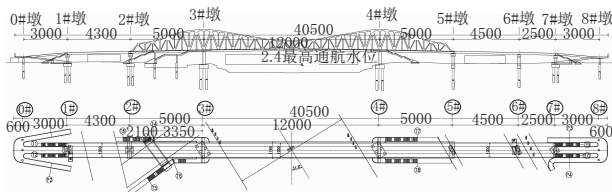


图 1 主桥桥型布置图(单位:cm)

主桥起止墩号 2#~5#,跨径组合为(50+120+50)m,桥梁净宽 10 m。主桥采用连续桁架结构,两榀桁架间采用横梁、风撑连接,主桁下弦杆采用 800 mm×1 000 mm 截面,主桁上弦杆采用 800 mm×600 mm 截面或 600 mm×600 mm 截面,斜腹杆采用 800 mm×800 mm、800 mm×600 mm、800 mm×400 mm 截面,斜腹杆及桁架节点板整体位于曲面上。直腹板采用 800 mm×600 mm、800 mm×400 mm 截面,板厚有 40 mm、30 mm、20 mm 三种,主桁架整体位于半径为 37 m 的圆曲线上^[1]。主墩采用花瓶墩,边墩采用柱式墩+盖梁形式,详见图 2 所示。现对主桥的施工进行详细说明。

该项目施工关键技术有:(1)陆地汽车吊吊装部

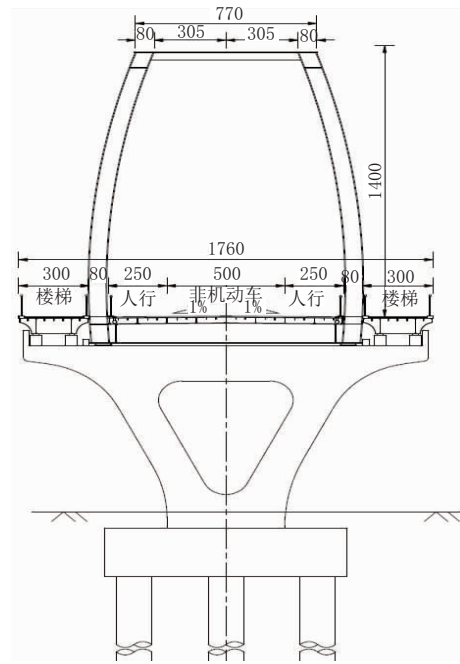


图 2 主桥横断面示意图(单位:cm)

分匹配卧拼成吊装分段吊装;(2)河道浮吊吊装部分整体立拼成大节段吊装,立拼以运输分段散拼;(3)陆地区域斜腹杆桥位散装,河道斜腹杆立拼全拼装;(4)风撑拼装成“K”型件后吊装。下文对此进行详细介绍。

1 总体施工工艺介绍

主桥一跨跨越河道,受两岸道路和建筑的影响施工拼装场地有限,主桥主桁梁部分 1~3、7~9 节段采用 350 t 汽车吊吊装,先吊装桥面系(包括桥面和纵横梁),再吊装主桁梁片体分段(主桁梁先卧拼成单节间或多节间吊装片体,经倒转至桥位附近后再吊

收稿日期:2021-12-27

作者简介:徐杰(1986—),男,大专,工程师,从事市政工程建设工作。

装),然后吊装斜腹杆,最后吊装风撑,详见图3所示。中跨4~6节段采用500t浮吊吊装,沿河岸场地进行立拼,先拼纵、横梁,再拼桥面板,然后拼装下弦、直腹杆、上弦杆,然后拼装斜腹杆,最后拼装风撑成整体大节段后吊装,详见图4所示。

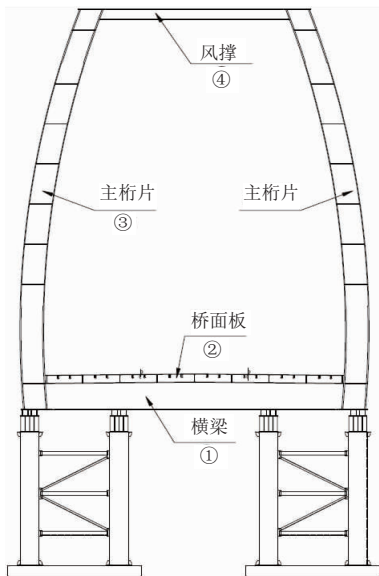


图3 边跨吊装顺序图

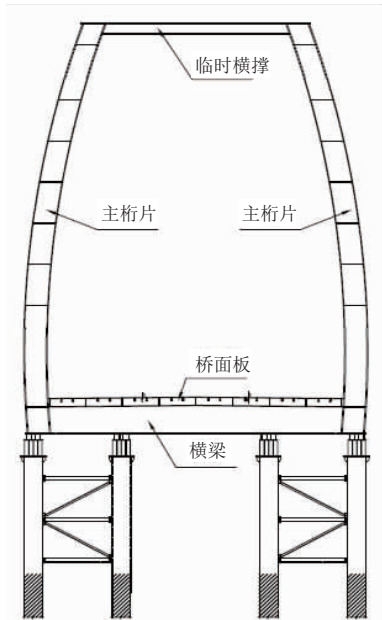


图4 中跨整体吊装截面示意图

主桥两岸同时对称施工,按先边跨再中跨[(L3→L2→L1)/(L7→L8→L9)→L4→L6→L5]的施工顺序进行安装、焊接,完成合格后再补涂油漆和最后一道面漆施工,完成主桥钢结构施工,详见图5所示。

2 临时支墩、吊点布置及辅助工装设计

2.1 临时支墩设计

主桥边跨汽车吊吊装的临时支墩结构形式为格构柱形式。单个分段拼装支架主要由φ630×10mm

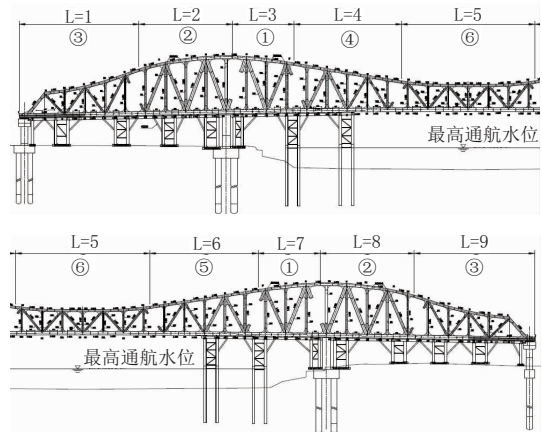


图5 主桥节段吊装顺序图

钢管通过角钢∠100×6mm,槽钢[20a连接而成的拼装支架,顶部采用双拼H600×300型钢,H型钢上部与调平钢管焊接。全桥支架在横梁顶部设置φ273mm×8mm的调平钢管,同时每套拼装支架上部设置25t液压千斤顶,可对钢桁梁高度进行调整,底部采用现浇混凝土扩大基础,详见图6所示。

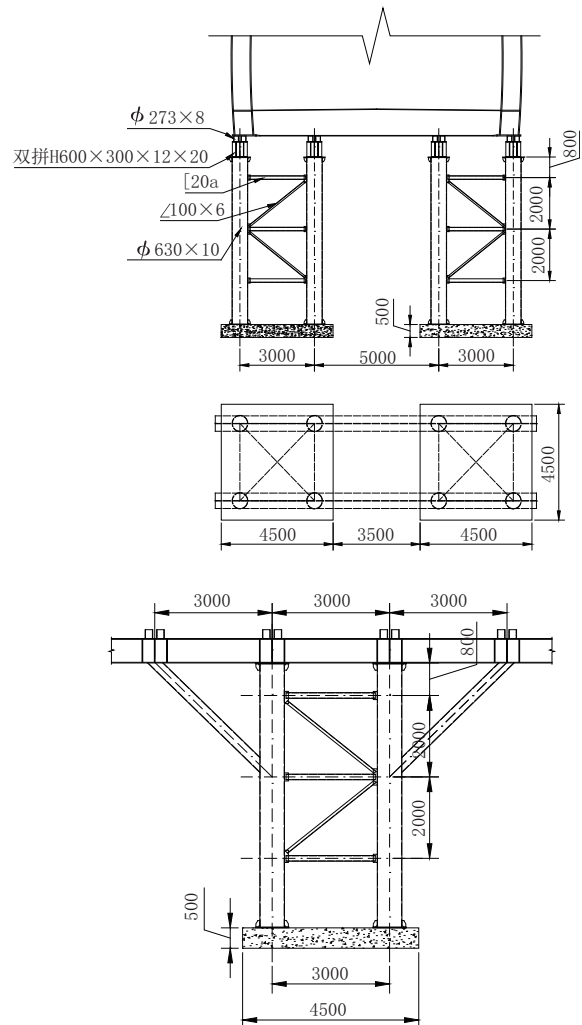


图6 主桥边跨陆地临时支墩横断面图(单位:mm)

主桥中跨水中采用φ630×10mm钢管桩基础,上部临时支墩采用与边跨相同的结构形式,详见图7

所示。所有钢材材质为 Q235。经受力计算,临时支墩刚度、横梁立柱强度、抗剪强度、稳定性均能满足规范要求,确保施工安全。

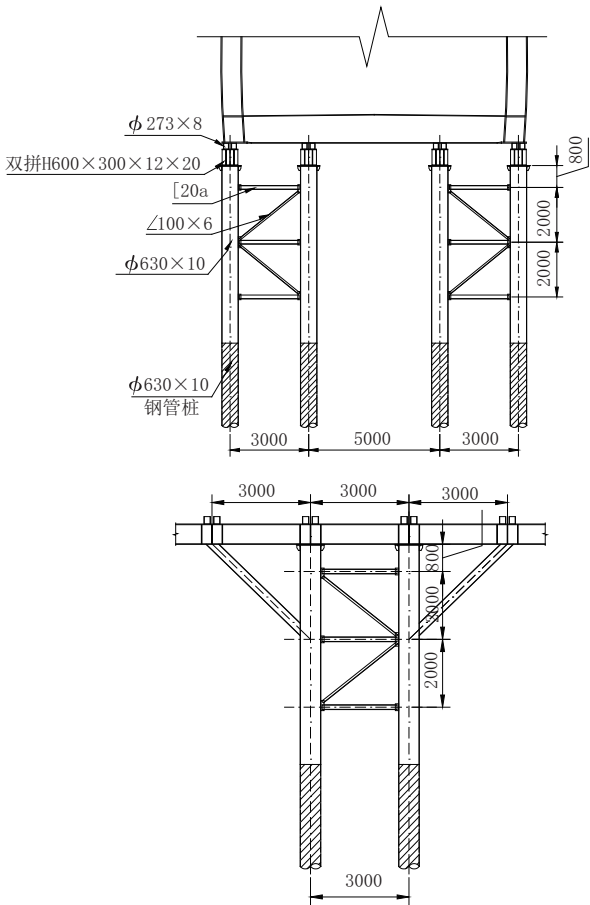


图7 主桥中跨水中临时支墩横断面图(单位:mm)

2.2 吊点布置设计

主桁梁分段为异形结构,吊装重心采用三维建模精准查找^[3],但由于主桁梁为内倾结构,吊点重心线不在上弦顶面,为保证主桁梁片体起吊平衡,上弦顶面布置2个主吊耳,下弦外弧腹板上布置2个调平吊耳,采用长短钢丝绳和30t手拉葫芦配合调整起吊平衡姿态,详见图8所示。

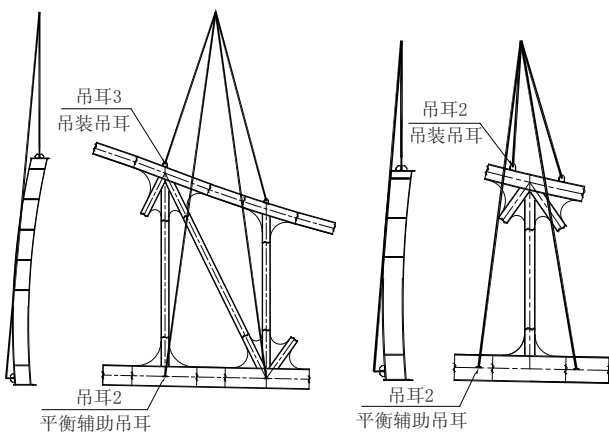


图8 单双节间和单节间吊耳布置图

浮吊吊装的整体大节段(4、5、6节段)采用8吊耳进行吊装,通过三维查找重心,吊耳分布于左、右上弦拱顶位置,上弦内侧横向布有风撑和临时横撑结构,确保吊装时大节段变形在可控范围内,详见图9所示。

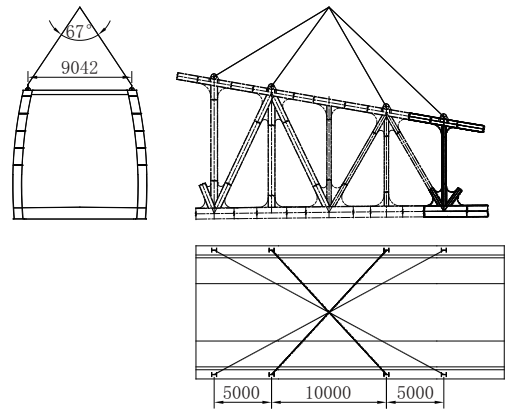


图9 整体大节段吊耳布置图(单位:mm)

散吊斜腹杆采用相同方法找准重心,在斜腹杆顶板面布置2个吊耳,通过长短钢丝绳和10t手拉葫芦配合调整安装角度,详见图10所示。

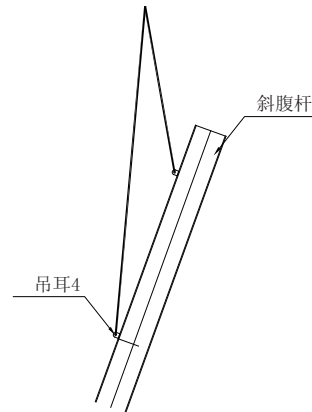


图10 斜腹杆吊耳布置图

上述所采用的吊耳均按规范要求计算满足受力要求,吊耳与主结构间的焊缝按熔透进行焊接,双面附加8mm焊角,采用超声波B I探伤合格后方可使用。

2.3 辅助工装设计

2.3.1 临时匹配件设计

为保证4、5、6节段立拼散装钢桁梁定位精准,在直腹杆环口位置设置临时匹配件固定连接,匹配件结构形式详见图11所示。采用厚度为20mm钢板制作而成,匹配件与腹杆焊接连接,焊角为8mm,拼装定位时采用M24冲钉固定。

2.3.2 定位施工平台设计

边跨桥位吊装主桁梁片体分段时,定位连接只有下弦与横梁位置,上弦横向无任何连接。为保证

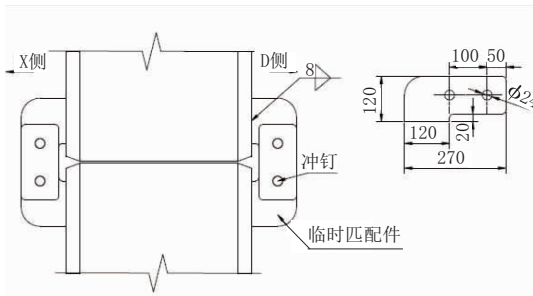


图 11 临时匹配件示意图

左、右主桁梁片体吊装能形成稳定连接体系,专门设计了临时横向门字架。门字架结构采用 H294 × 200 型钢制作,全桥直腹杆位置均需设置,与主桁梁片体间采用连接板焊接固定。在门字架上部纵桥向采用 [20 型钢连接成整体,并铺设钢跳板(主桁梁左、右两侧均铺设);采用 $\phi 16$ 钢筋作爬梯笼用于施工人员上下,详见图 12 所示。该临时门架支撑即起支撑稳固作用,又可用作临时平台。该门字架也适用于中跨 4/5/6 节段立拼。

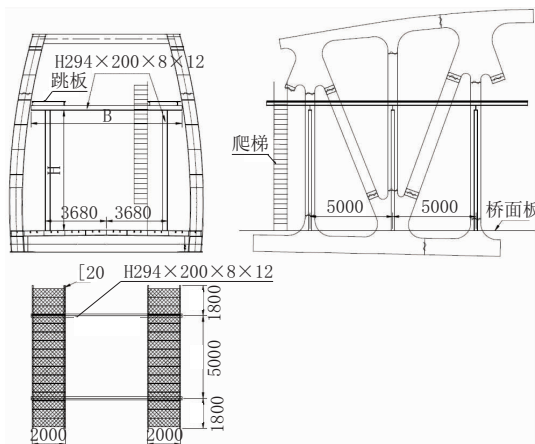


图 12 门字架示意图(单位:mm)

2.3.3 临时横支撑设计

采用浮吊吊装节段,4/6 节段顶部有风撑,5 节段顶部无风撑,需设置临时横撑,经计算采用双拼 H400 × 300 × 10 × 16 的型钢连接成整体即可满足要求,详见图 13 所示。

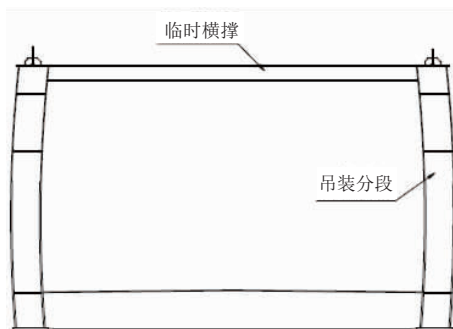


图 13 临时横撑示意图

2.3.4 焊接作业平台设计

主桁梁上弦焊接位置施工平台,采用规格为

$\angle 50 \times 5$ 和 [14a 挂笼及钢跳板组成施工平台。挂笼布置在杆件两端头,吊装前点焊固定在杆件顶板上,随杆件一起安装在桥位,栓接完毕后拆除。另在上弦杆顶板外侧搭设钢筋爬梯及护栏作施工通道,详见图 14 所示。

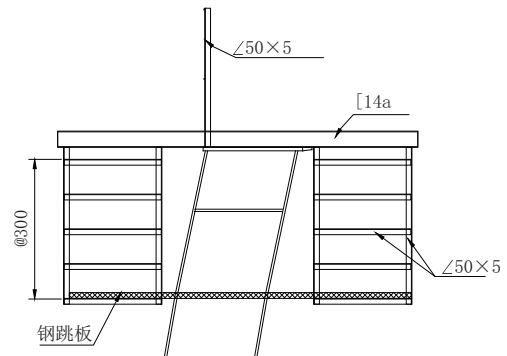


图 14 焊接作业平台及安全护栏示意图

3 主桁梁卧拼施工工艺介绍

主桥左、右侧主桁梁工厂制作时均已按轮次匹配试拼装,报验合格后汽运发往工地,工地桥位吊装前再将 1 ~ 3、7 ~ 9 节段按节段匹配卧拼成吊装分段(中跨 4/5/6 节段除外)。单节段采用 H400 × 300 拼装横梁、连接撑、调节模板等组成卧拼胎架,横梁与地面采用膨胀螺栓连接。拼装横梁需布置在钢结构横隔板处。卧拼时先组装下弦,再组装上弦,最后组装腹杆,详见图 15 所示。工地卧拼采用将厂内试线型还原的方法进行施工,主控桁高、桁宽及节段与节段间的开口尺寸。

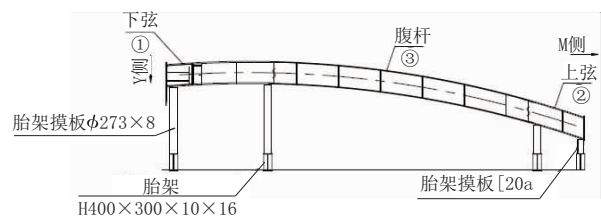


图 15 主桁梁卧拼示意图

4 主桁梁立拼施工工艺介绍

主桥主桁梁 4、5、6 节段沿河岸布置胎架进行立拼,纵向布置 H400 × 300 拼装横梁、连接撑([14a 和 $\angle 75 \times 5$ 型钢)、调节模板($\phi 273 \times 8$ 和 [14a) 等组成立拼胎架,横梁与地面采用膨胀螺栓连接,详见图 16 所示。拼装横梁需布置在钢结构横隔板处。立拼时,先组装横梁,再组装桥面板,然后组装下弦、直腹杆、上弦,然后组装斜腹杆,最后组装风撑。直腹杆与下、上弦采用匹配件定位,并通过控制半宽尺寸确保主桁梁纵向线型,复测与之相接节段的桁高、桁宽,立拼节段端口尺寸控制在精度要求范围内,确保吊装

环口均能合上。立拼节段需在岸上完成油漆补涂和外表面油漆涂装后再进行吊装。

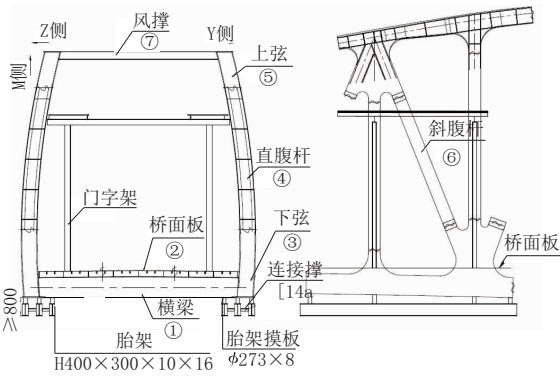


图 16 主桁梁立拼示意图

5 桥位吊装施工工艺介绍

该项目主桥采用两侧对称同时施工工艺,互不干扰。同一节段左、右侧拱吊装定位完成后方可进入下一节段的吊装。南岸施工顺序为 L3→L2→L1,北岸施工顺序为 L7→L8→L9。中跨大节段 L4、L5、L6 吊装前必须将 L2、L3、L7、L8 节段吊装焊接完成后方可施工,L1、L9 节段与中跨吊装施工不冲突,可同时施工。全桥整体施工步骤如下:

(1)复查永久支墩标高、轴线,并进行南北两侧拼装场地硬化处理及河道施工区域清淤处理,清淤后水深不得小于 4 m。

(2)利用 130t 汽车吊桥位依次吊装 L-3→L-2→L-1 或 L-7→L-8→L-9 节段桥面系横梁及桥面板,先吊装桥面系横梁再吊装桥面板,根据最不利工况、节段最重和吊车作业半径进行计算分析,负载率均能满足规范施工要求,详见图 17 所示。

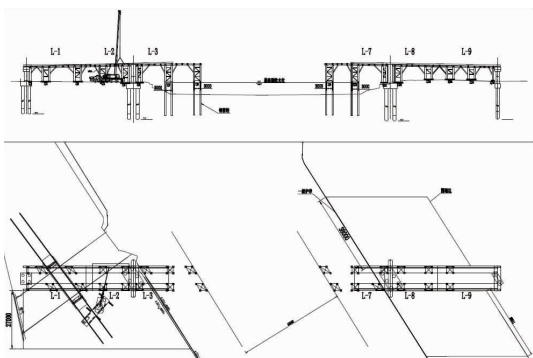


图 17 边跨桥面系吊装示意图

(3)利用 350 t 汽车吊将卧拼吊装分段转至吊装吊车作业半径范围内,再利用 350 t 汽车吊将片体分段吊装至桥位,并与桥面系和临时门字架固定;利用 130 t 汽车吊吊装斜腹杆和拱顶风撑。左、右侧桁架拱的吊装顺序应根据卧拼场地位置来确定,汽车吊负载率均能满足规范施工要求。总体顺序为 L-7→

L-8→L-9 或 L-3→L-2→L-1,详见图 18 所示。

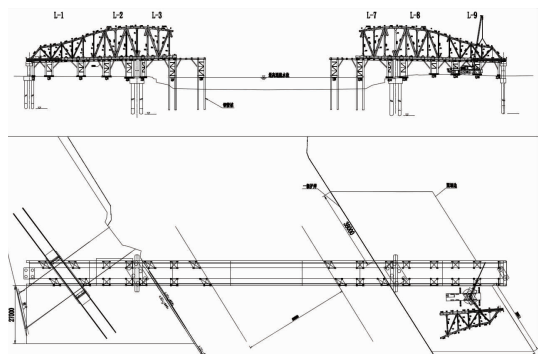


图 18 边跨主桁梁吊装示意图

(4)利用一台 500 t 浮吊,依次对 L-6→L-4→L-5 节段进行吊装,根据最大作业半径、起重能力和浮吊吃水深度进行计算,均能满足规范施工需求。由于该桥跨越河道为通行航道,通行船只非常多,浮吊吊装施工时需封航,封航时间不得大于 4 h。吊装施工前应将临时施工平台、焊接设备、切割设备、打磨设备、供电设备、救生设备等提前准备到位,每个环口安排 2 名焊工对称施焊,先焊立焊,再焊平焊和仰焊,上、下弦环缝焊接完成后浮吊方可松钩,详见图 19 所示。

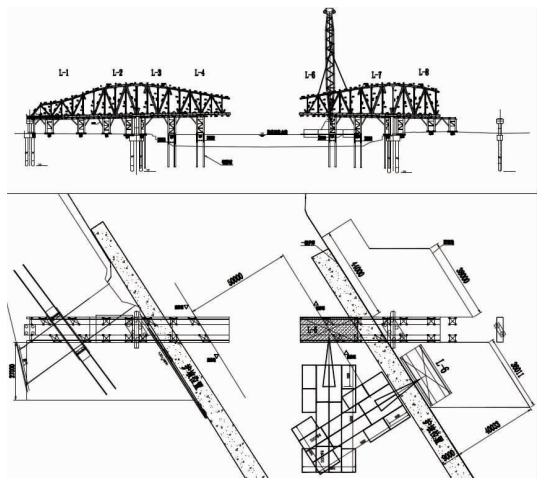


图 19 主桁梁立拼示意图

6 钢桁梁安装质量控制

(1)厂内加工制造时,主桁杆件、桥面系分别进行整体匹配总拼装,4~6 节段直腹杆环口安装匹配件,严格控制制造线型。

(2)对杆件平、纵设计参数表、支座设计参数等基本数据进行全面校核,弄清平面及立面曲线要素,立面制造线形还应在总体立面线形的基础上叠加预拱度。安装桁架之前,把每一段梁轴线尺寸(制作单位提交的试装记录定位线)和图纸设计的线形投影在支撑体系上。

(3)在桥两岸上、下游各设置一个基准测量点,施工过程中实时对钢桁梁的安装进行监测,一旦发现偏差及时纠正,以保证桥型质量。

(4)在每一组支撑体系的每个格构柱固定位置刻好标记,作为沉降观测的测量点。钢桁架安装前对支撑体系的沉降进行复测,每吊固定完毕后再对支撑体系沉降进行复测,与前一次数据进行对比,看沉降是否均匀。若不均匀,应立即停止安装,一个节间安装完毕后进行整体复测合格后方可进行下一步施工。

(5)严格测量控制桁架安装过程的上弦内宽坐标、标高、节段端口下挠值等。

7 节段拼装控制措施

(1)严格控制拼装胎架标高及线型,通过工字钢做成片体胎架,并通过模板标高控制线型偏差。

(2)保证拼装地样线的绘制精度,通过地样线控制大节段拼装整体线型。

(3)严格控制焊接变形,采用合理电流电压、焊接方式尽量减小大节段变形量。

(4)严格遵循三检制度^[2],保证地样线绘制、胎架制作、装配、焊接、每道工序合格。

8 结 语

该项目主桥钢桁梁施工充分利用了现场现有条件,以模块化流程施工大大提高了施工效率,河道内整体大节段吊装减少了航道占用时间,合理的工艺方案确保了安装线型和施工质量。

参考文献:

[1] 贾志强,郭红敏.空间曲面钢桁架桥在城市景观设计中的应用[J].城市道桥与防洪,2020(5):5.

[2] 戴仲文.多曲面空间桁架钢结构安装质量技术管理研究[D].西安建筑科技大学.

[3] 许俊,杜新喜,闫琰.复杂空间钢管桁架 CAD 建模中模板的应用[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2015,39(1):125-128,134.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com