

乌海至玛沁公路(宁夏境)青铜峡至中卫段 工程施工关键技术

何艳青, 陈文强, 吕正东, 桂文涛
(海波重型工程科技股份有限公司, 湖北 武汉 430207)

摘要: 乌海至玛沁公路(宁夏境)青铜峡至中卫段(A7标段)镇罗黄河特大桥采用钢-混组合梁连续梁桥建设。以此项目为背景,探讨大跨度钢箱梁制造技术的关键重难点及解决思路、L型超高分段运输及现场安装技术的关键重难点及解决思路。

关键词: 制造技术;匹配制造;总体布置;L型分段运输;桥梁顶推;制造工艺

中图分类号: U445.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)05-0192-05

0 引言

乌海至玛沁公路(宁夏境)青铜峡至中卫段 A7 标段镇罗黄河特大桥工程位于中卫市黄河下游 15 km 处的镇罗镇,由北向南依次跨越滨河大道、黄河、滨河南路。分为北岸引桥、北岸跨堤桥、主线桥、南岸跨堤桥、南岸引桥 5 联。起点桩号 LK5+684,终点桩号 LK6+964,跨径布置为 $3 \times 40 \text{ m} + (2 \times 40 \text{ m} + 75 \text{ m} + 40 \text{ m}) + (55 \text{ m} + 6 \times 90 \text{ m} + 55 \text{ m}) + (2 \times 40 \text{ m} + 75 \text{ m} + 40 \text{ m}) + 3 \times 40 \text{ m} = 1\,280 \text{ m}$,如图 1 所示。

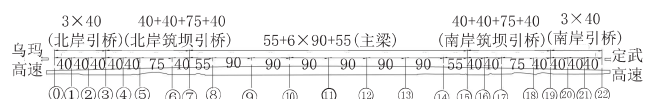


图 1 镇罗黄河特大桥全桥布置图(单位:m)

主、引桥上部结构均采用钢-混组合梁连续梁桥,下部结构为实心片墩加钻孔灌注桩基础,桥台为肋板式桥台。按照里程前进方向为基准分左右两幅桥,单幅顶板全宽 12.75 m,底板宽 6.7 m,中心梁高 2 m、3.8 m、4.5 m。

钢梁钢结构总重约 12 900 t,钢材主要材质为 Q345QD,单个分段最高 4.1 m,最宽 4.2 m,最重 39 t。

1 总体制造方案

1.1 工程重难点分析

该项目钢梁板厚种类较多且均比较厚,对接焊位置焊接量大、焊接变形大。因而对钢箱梁焊接收

缩、变形控制、各向尺寸精度控制难度较大。主线桥跨黄河部分钢梁采用顶推施工法,顶推部分钢梁长度较长,纵坡线型较大,顶推施工难度较大。

1.2 钢梁总体施工工艺

镇罗黄河特大桥主线桥横断面布置如图 2 所示。根据镇罗黄河特大桥的结构特点,以制造精度、钢箱梁线型为控制重点,焊接质量为核心。结合工厂已建和在建类似钢梁制造方面的成功经验,镇罗黄河特大桥钢结构制造总体思路如下:

钢梁厂内制造流程:材料复验→材料预处理→零件下料→零件加工→单元件制作→喷砂涂装→分段总装→涂装→分段存放、运输。

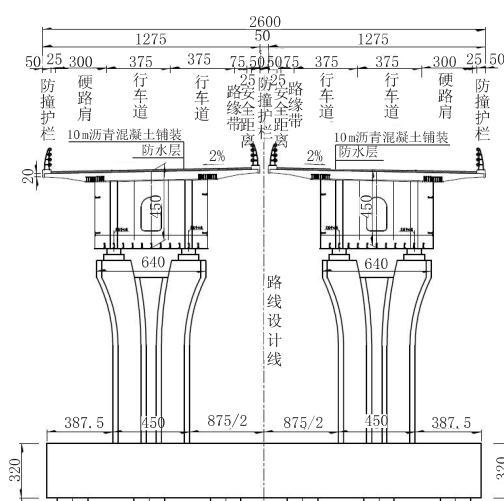


图 2 镇罗黄河特大桥主线桥横断面布置图(单位:cm)

1.3 钢梁分段总拼制造工艺

根据钢结构的吊装设备的起重性能以及陆地汽车运输跨度及载重等因素,对钢梁横向划分为两个分

收稿日期: 2020-10-21

作者简介: 何艳青(1984—),女,本科,工程师,从事钢结构桥梁制造安装工作。

段,长度方向划分为若干个节段:南北岸引桥均沿横向划分为4个分段,纵向划分为13个节段;南北岸跨堤桥均沿横向划分为4个分段,纵向划分为25个节段;主线桥横向划分为4个分段,纵向划分为73个节段。总拼时根据场地的大小,按照轮次进行总拼。

(1)总拼胎架

总拼胎架应根据梁段的重量、结构形式、外形轮廓、梁段制作预变形、设计线型、成桥预拱值及梁转运等因素进行胎架设计和制作,胎架结构满足承载施工荷载的要求,确保不随梁段拼装重量的增加而变形。胎架横梁设计成高度可调形式,以便根据每轮胎架的设计高度调整模板高度,满足每轮梁段纵坡值、预拱值变化的要求。

(2)连续匹配制造工艺

钢箱梁在总拼场地进行连续匹配制作时,当发现梁段尺寸有误或预拱度不符时,即可在预拼装场地进行尺寸修正和调整匹配件尺寸,避免在高空调整,减少高空作业难度并加快吊装速度,确保钢箱梁顺利架设。

(3)焊接顺序

如图3所示,钢箱梁节段具体装焊顺序:底板单元件上胎架→焊接底板纵缝→交替安装横隔板与T腹板单元件→对称立向上焊接横隔板与腹板角接焊缝→从中间向两端焊接横隔板与底板之间平角焊缝→自中间向两端同时对称焊接腹板与底板平角接焊缝→从中间向两端对称焊接横隔板翼板与顶板横对接焊缝→两端对称焊接顶板与横隔板角接焊缝→装预留隔板翼板→同方向对称焊接预留翼板纵缝→焊接横隔板与预留翼板角焊缝。

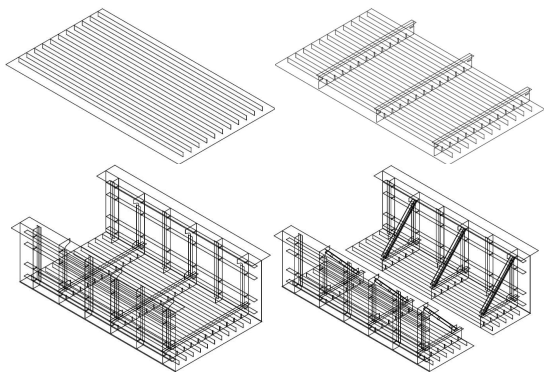


图3 镇罗黄河特大桥总拼工艺流程

2 超宽超高钢梁运输方案

该项目所有钢梁均采用陆地汽车运输。

2.1 引桥与跨堤桥装车方案

北岸引桥、南岸引桥分段高度约为2 m。宽度为

4.2 m和3.9 m,钢梁最重为32 t。北岸跨堤桥、南岸跨堤桥部分分段外形尺寸与南岸引桥、北岸引桥类似,采用相同的运输方式,部分分段高度约为3.7 m,宽度为4.2 m和3.6 m,钢梁最重34 t。陆地超宽运输,钢构件涂装完毕后,钢梁装载至运输车辆,装车时钢梁按刚体简化计算重心,保证钢梁重心与车辆重心保持一致,如图4和图5所示。

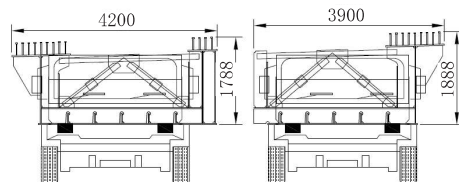


图4 镇罗黄河特大桥分段运输装载示意图一(单位:mm)

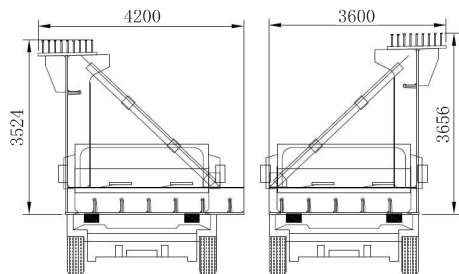


图5 镇罗黄河特大桥分段运输装载示意图二(单位:mm)

主线桥分段外形尺寸与分段高度约分别为4.4 m和4.3 m,宽度为4.2 m和3.6 m,钢梁最重39 t。对运输路线实地考察,陆地超宽超高超重运输,钢梁高度超过可运输高度,钢构件采用起吊设备将L型钢梁首先旋转90°后,装载至运输车辆,装车时钢梁按刚体简化计算重心,保证钢梁重心与车辆重心保持一致,如图6所示。

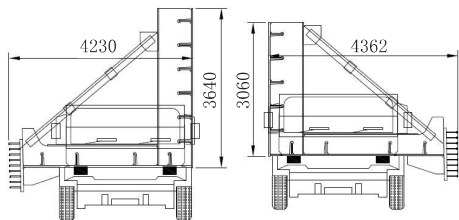


图6 镇罗黄河特大桥分段运输装载示意图三(单位:mm)

3 现场总体安装工艺

3.1 总体安装方案

根据该项目结构特点以及现场施工条件,该项目总体安装方案如下:

(1)南岸引桥、北岸引桥分段:采用支架法吊装,一台150 t汽车吊从右往左进行依次吊装至临时支架定位,焊接纵横向焊缝后,待桥面预制板安装完成后拆除临时支架。

(2)南岸跨堤桥、北岸跨堤桥分段:采用支架法吊装,一台150 t汽车吊进行依次吊装至临时支架定

位,焊接纵横向焊缝后,待桥面预制板安装完成后拆除临时支架。

(3)主线桥分段:主线桥钢梁采用顶推法安装,首先在现场总拼胎架上进行横向合箱,同时将长度方向相邻节段两两接长为大节段,采用两台龙门吊整体吊装至顶推平台上焊接钢梁环缝,然后采用多点步履式千斤顶顶推安装,最后调整线型后落梁,待桥面预制板安装完成后拆除临时支架。

3.2 南北岸引桥安装工艺

(1)临时支架

临时支架采用混凝土扩大基础 $3\text{ m} \times 6\text{ m}$,临时支架主要由 $\phi 273\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 钢管通过角钢 $\angle 75\text{ mm} \times 5\text{ mm}$,槽钢[10]连接而成的立体格构柱。如图7和图8所示,顶部横梁采用双25b的工字钢与钢管焊接,在支架横梁顶部设置 $\phi 219\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 的调节钢管。同时每套临时支架顶部下方设置25 t液压千斤顶,可对钢箱梁高度进行调整。扩大基础底部换填30 cm厚度碎石并压实,确保地基承载力大于10 MPa。

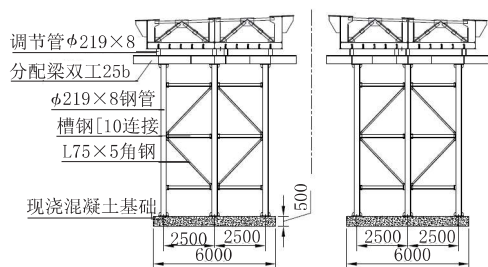


图7 南北岸引桥临时支架构造示意图(单位:mm)

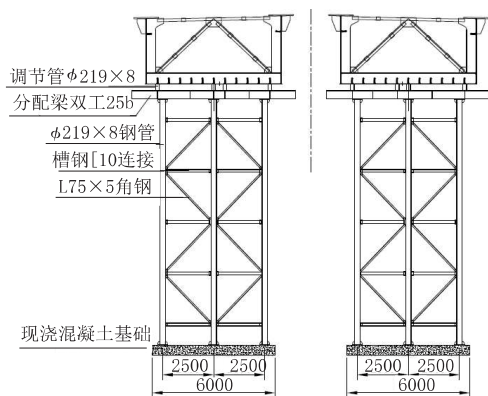


图8 南北岸跨堤桥临时支架构造示意图(单位:mm)

(2)安装步骤

钢箱梁安装步骤:复查永久支墩的标高、轴线→临时支架布置→吊车就位→梁段运输至指定位置→按顺序吊装钢箱梁→测量、精调钢箱梁的轴线与标高→码板码焊→焊接→无损检测合格后装焊嵌补→油漆修补及最后一道面漆施工,如图9所示。

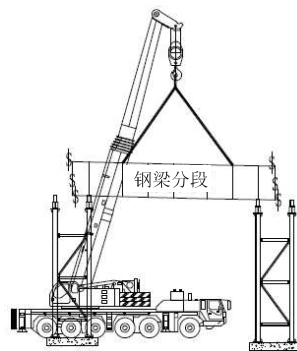


图9 分段吊装示意图

3.3 主线桥安装工艺

3.3.1 总体安装工艺

主线桥主要采用顶推吊装法,钢箱梁在加工基地制作成分段运输至桥址,首先在大节段拼装平台上拼装成大节段,再用龙门吊吊装至顶推拼装平台处拼装,最后通过智能千斤顶顶推到位。

3.3.2 钢梁顶推工作系统

根据钢梁结构形式,结合顶推施工特点,钢梁顶推系统主要分为顶推辅助结构措施和顶推设备两大类,其中顶推辅助结构措施细分为:顶推工作平台体系、临时支墩体系、导梁三个部分。

3.3.3 钢梁顶推工作平台

顶推工作平台分为大节段拼装平台和顶推平台,在工作平台处配置轨距为30 m,起升高度为23 m,双小车45 t+45 t的2台龙门吊,配合分段拼装及顶推拼装。

分段拼装平台位于15#至17#墩之间,采用600 cm×400 cm×7 500 cm的条形基础,条形基础按照4 m等间距布置,条形基础内部放置预埋件,预埋件上方设置模板,控制钢箱梁的纵向线型。

钢梁顶推拼装处采用立柱支架横断面钢管中心距为2.5 m×5.8 m,由4根 $\phi 377\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 钢管通过槽钢[20]连接。顶部采用双排H700×300型钢与钢管焊接,横向H型钢上部在纵向设置双H400 mm×300 mm分配梁,分配梁上部设置 $\phi 273 \times 8\text{ mm}$ 的调平钢管,同时每套临时支墩上部设置50 t液压千斤顶,可对钢箱梁高度进行调整,在需放置顶推设备处,采用立柱支架横断面钢管中心距为2.5 m×3 m,由4根 $\phi 630\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 通过槽钢[20]连接。顶部采用双排H700 mm×300 mm型钢与钢管焊接,横向H型钢上部在纵向设置三排H700 mm×300 mm型钢,用于放置顶推设备,如图10所示。

3.3.4 钢梁顶推导梁

根据施工现场条件,顶推用临时支墩纵桥向最

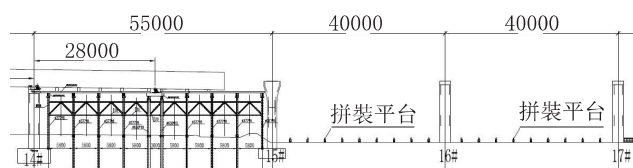


图 10 钢梁顶推工作平台示意图(单位:mm)

大间距达 45 m,因此钢梁前端需设置导梁。设计采用变截面工字型导梁,由根部向端部逐渐减小。导梁纵向长度 32 m,其结构外形尺寸与箱梁保持一致,导梁与箱梁采用焊接连接,纵梁间通过横梁连接形成整体。为便于导梁通过临时支墩,导梁的两组纵梁端部设计成台阶状,以利于过墩时起顶,如图 11 所示。

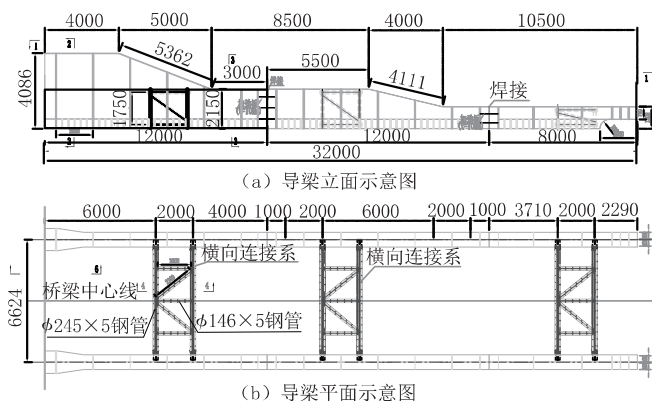


图 11 钢梁顶推导梁示意图(单位:mm)

(5)钢梁顶推设备

钢梁顶推采用智能三维千斤顶调整系统,根据顶推用数量,全桥共计投入 60 个高压液压三维千斤顶。顶推设备负责钢梁的竖向起顶、纵向推移,同时自带顶推施工时的横向限位功能。

根据该项目顶推时,顶推设备所承受的力可以计算出所需的智能三维千斤顶不小于 250 t,其结构形式及技术参数如图 12 所示。

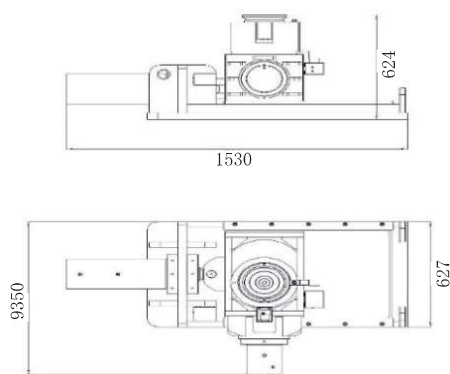


图 12 钢梁顶推设备示意图(单位:mm)

3.3.5 钢梁顶推设备系统

顶推设备系统包括智能三维千斤顶调整系统、

智能三维千斤顶液压系统、智能三维千斤顶电控系统智能三维千斤顶调整系统:主要包括顶升支撑油缸、顶推纵移油缸、横向调整油缸、纵移滑块、横移滑块、横移底座等结构,通过计算机控制和液压驱动来实现组合和顺序动作。

智能三维千斤顶液压系统工作流程为:液压泵站为油缸提供动力,根据主控计算机的指令,执行规定动作。

智能三维千斤顶电控系统包括主控单元由西门子 S7-300PLC、开关量扩展模块 EM222 和模拟量扩展模块 EM231、西门子触摸屏组成。

3.3.6 钢梁顶推装置工作原理

顶推工作原理是竖向千斤顶顶起钢箱梁,水平千斤顶完成向前推移,落梁后搁置于调节工装上,千斤顶回油完成一个行程的顶推工作(每个行程 10 min),顶推过程中是一个自平衡的顶推动作过程,如图 13 所示。

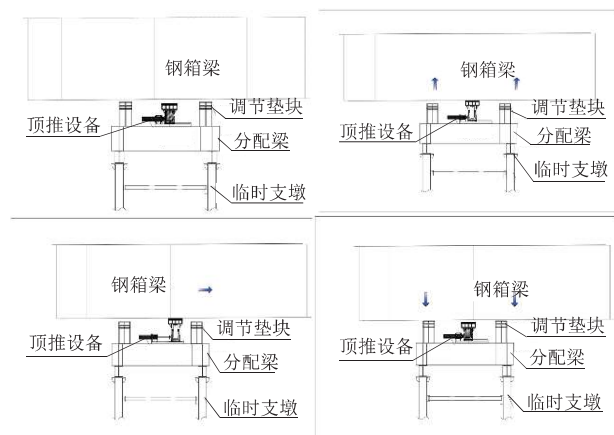


图 13 钢梁顶推设备工作流程

3.3.7 主线桥钢梁顶推安装流程

如图 14 所示,主线桥钢梁顶推流程如下:

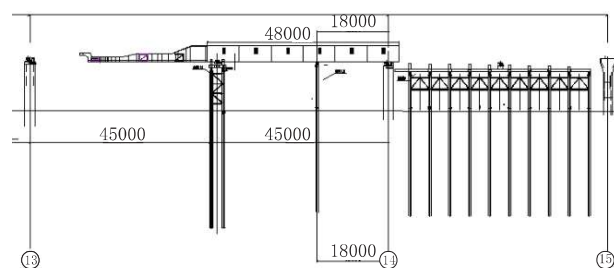


图 14 主线桥钢梁顶推(单位:mm)

(1)复查固定支墩标高、轴线,施工机具及钢箱梁分段就位,布置临时支墩及顶推设备;

(2)左幅吊装、拼接 48 m 钢箱梁与 32 m 导梁,落至步履式千斤顶上,做好顶推准备工作;

(3)将拼装好的左幅钢箱梁向前顶推 49 m 的同

时在右幅拼装平台上拼装导梁和 48 m 钢梁;

(4)左幅钢箱梁拼接后续 46 m 钢梁,同时右幅钢梁开始向前顶推 49 m,实现两幅交替顶推;

(5)重复第三和第四步步骤每次拼接长度在 44~50 m 直至顶推到临时墩 L7 后拆除导梁;

(6)顶推至合龙处,到位后采用步履式千斤顶进行落梁,直至步履式千斤顶无法继续降低为止;

(7)将墩顶步履式千斤顶更换为小型竖向千斤顶,并移除步履式千斤顶,然后安装永久支座;

(8)钢梁整体落梁至成桥标高,墩顶落到永久支座上;

(9)利用跨中临时墩上的千斤顶调整钢梁竖向线型,设置好竖向钢管支撑后移除千斤顶;

(10)吊装主线桥 7# 墩处最后一个钢梁,以及 14# 至 15# 墩 55 m 跨钢梁,7# 墩钢梁采用 150 t 汽车吊或者 100 t 履带吊吊装,55 m 跨钢梁支架采用 80 t 龙门吊吊装;

(11)待桥面板安装完成后,卸载跨中临时支墩上的钢管支架,拆除支架。

4 结 语

乌海至玛沁公路(宁夏境)青铜峡至中卫段 A7 标镇罗黄河特大桥为乌玛高速青铜峡至中卫段的控制性工程,大桥建成后,将与中卫南站大桥线路形成一个连接中卫市区、沙坡头机场、中卫南站的环线,也将基本实现乌海至玛沁高速公路宁夏境内路段全线贯通,形成宁夏沿黄经济区、贺兰山东麓第二条南北向快速运输大通道。

镇罗黄河特大桥为大跨度连续钢混组合梁,主线桥采用了顶推施工。施工该桥技术含量高、精度控制要求严,主线桥顶推工艺是整个项目的关键点。安装过程中,顶推长度达 600 m,如何控制顶推过程中桥梁的线型,如果对钢梁进行纠偏。施工期间水上交通组织难度大等,对施工过程控制都提出了极高要求。

乌海至玛沁公路(宁夏境)青铜峡至中卫段 A7 标镇罗黄河特大桥已在紧锣密鼓的施工过程中,全部桥梁的建设工程计划在 2021 年 6 月份完成。

(上接第 188 页)

4 结 语

超大超深基坑桩基施工过程中,桩基施工质量将直接影响工程建筑物实体质量,控制桩基工程质量是非常必要的。针对 MC 劲性复合桩的应用,施工过程中的水泥土搅拌桩施工质量和预应力混凝土管桩沉桩质量控制一样重要。常规的平整度、轴线、垂直度控制,搅拌桩的试桩、下沉和提升速度、喷浆量控制,异型桩的桩端清理、插杆连接、密封接桩、沉桩时间控制等,均是保障劲性复合桩质量的控制要点。

实践证明,在超大超深基坑中,机械连接的劲性复合桩质量会受到土体侧压力的影响,常规的小应变测试桩身完整性虽能够说明桩端的表现,但对桩等级的判定需要慎重比对。机械连接的 MC 劲性复

合桩桩端虽有脱离缝隙,但其机械连接仍然能够保障桩身的完整性,保障其承载力指标的实现。综合比较相关参数,能够更清晰、有效判定劲性复合桩的质量。

参考文献:

- [1] 吴存富,徐锦锋,颜传国,等.增强型预应力混凝土离心桩施工技术[J].浙江建筑,2010(10):39-42.
- [2] 郭延义.劲性复合桩施工工艺的应用[J].建筑施工,2018,40(7):1089-1091.
- [3] 钱于军,许智伟,邓亚光,等.劲性复合桩的工程应用与试验分析[J].岩土工程学报,2013(z2):998-1001.
- [4] 虞佰先.水泥土劲性植桩的工作原理与承载力检测[J].中外建筑,2016(3):98-99.
- [5] 马盛.机械连接的预应力混凝土竹节桩施工技术及其抗拔力研究与分析[J].建筑施工,2016(8):1008-1009.