

跨航道钢箱系杆拱桥拱梁整体顶推施工工艺

武德智, 周 盛, 胡元峰, 陈文强, 何艳青

(海波重型工程科技股份有限公司, 湖北 武汉 430207)

摘 要: 工程主桥钢箱系杆拱安装为水上作业, 施工场地位于河道口位置, 为了保证该区域顺利施工, 同时又保证通行航道的交通安全, 采用跨航道异位拼装顶推施工工艺。主要对该工艺总体施工技术进行阐述, 根据施工条件, 在钢梁前端设置导梁, 给出顶推过程, 根据施工过程对拱桥进行受力分析, 计算结果表明, 在顶推施工中主体结构受力安全; 给出顶推过程中的纠偏措施。

关键词: 钢箱系杆拱桥; 钢结构; 拼装; 顶推施工; 施工工艺

中图分类号: U445.462

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)09-0154-00

0 引 言

该工程路线由北向南前行, 以桥梁形式跨越河道, 路线位于直线段上, 与航道交角约 114.41° 。主桥上部跨径布置为 $120\text{ m}+140\text{ m}$ 双跨简支下承式钢箱系杆拱, 横向双幅, 桥面宽度 23.5 m , 如图1所示; 单幅拱肋中心间距为 25.9 m , 桥面横坡为 2% , 梁底水平, 横坡通过系杆不等高设置。

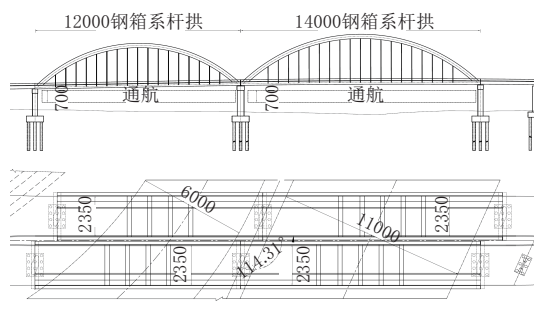


图1 主桥桥型布置图(单位:cm)

主桥上部结构由主拱肋、系杆、桥面系、吊杆、横撑等结构组成, 如图2所示。主桥计算跨径 $117/137\text{ m}$, 矢高 $23.4/27.4\text{ m}$, 矢跨比 $1/5$, 拱轴线线型为二次抛物线。其中拱肋采用全焊钢箱结构, 拱肋中心横向间距 25.9 m ; 系杆采用矩形截面结构, 沿系杆中心线每 3 m 设一道横隔板; 桥面系以横梁及正交异性顶板作为桥面承重结构, 主桥每隔 3 m 设一道中横梁; 吊杆在系杆侧采用吊耳销式连接, 在主拱肋采用锚压板式连接, 主拱肋处锚头为张拉端; 120 m 跨两拱肋间设置 4 道横撑, 140 m 跨两拱肋间设置 5 道横撑, 均采用箱形截面。

收稿日期: 2021-11-30

作者简介: 武德智(1985—), 男, 专科, 工程师, 从事钢桥制造、安装、维修工作。

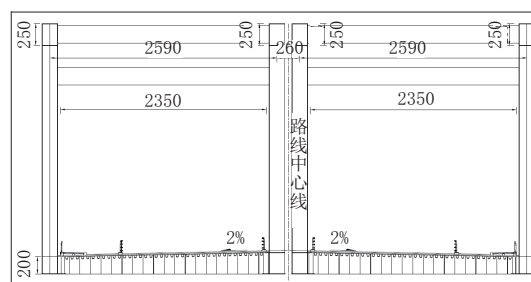


图2 主桥横断面示意图

该项目施工关键技术有二: 一是顶推施工导梁、主拱临时撑杆设计, 二是顶推过程中的纠偏措施。本文对此进行详细介绍。

1 总体施工工艺介绍

该桥上部跨径布置为 $120\text{ m}+140\text{ m}$ 双跨简支下承式钢箱系杆拱, 其中 140 m 跨采取“异位拼装, 带拱顶推”的工艺施工, 120 m 跨采用原位拼装工艺施工^[1]。

140 m 跨主桥采用 200 t 浮吊在 120 m 跨位置拼装系杆、横梁及桥面板分段, 完成后在系杆上搭设格构支架, 采用 200 t 浮吊吊装拱肋节段, 完成后安装导梁及其他临时结构, 进行 140 m 跨顶推施工。单跨拱肋由两端向跨中对称拼装, 最后在跨中附近合龙。施工工序依次为水中临时支墩施工→拱脚起吊、拼装→系杆拼装节段起吊、拼装、连接→拱肋拼装支架搭设→拱肋起吊、拼装、连接→梁拱临时连接斜撑吊装→拱肋拼装支架拆除→横撑吊装→顶推施工→落梁施工, 如图3所示。

2 导梁及主拱顶推临时撑杆设计

2.1 导梁设计

根据施工现场条件, 顶推用临时支墩纵桥向最大

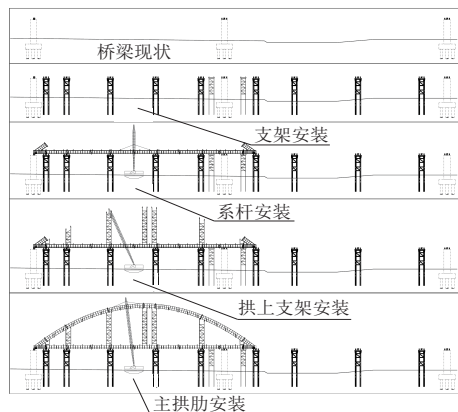


图3 140 m跨主桥拼装流程图

间距达 40 m,因此钢梁前端需设置导梁。为降低导梁自重,并满足钢梁顶推施工要求,设计采用变截面工字型导梁^[2],由根部(与钢梁连接处)向端部逐渐减小。由于桥梁与航道斜交导致导梁两侧工字梁纵向长度分别为 32 m、25 m,导梁与钢梁连接处设有两组纵梁,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 4 所示。

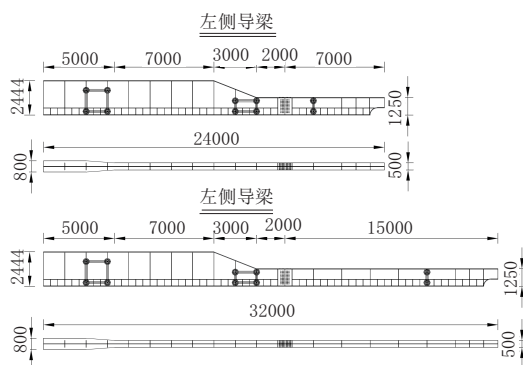


图4 顶推导梁示意图(单位:mm)

2.2 主拱顶推临时撑杆设计

顶推过程中,拱肋采用 $\phi 1\ 020 \times 20$ mm 钢管组成 A 字支撑^[3],支撑与拱肋及系杆设计专用接头进行插接,如图 5 所示。

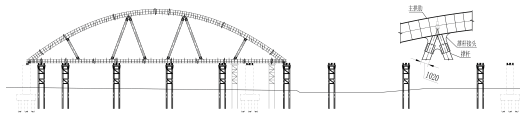


图5 主拱顶推临时撑杆示意图

3 顶推施工工艺介绍

3.1 顶推施工工况

该项目为一次顶推过跨施工,典型施工工况如下:

- (1)顶推距离 40 m 时,此时为最大前悬臂工况(前端下挠最大),如图 6 所示。
- (2)顶推距离 50 m 时,此时为最大后悬臂工况(后端下挠最大),如图 7 所示。

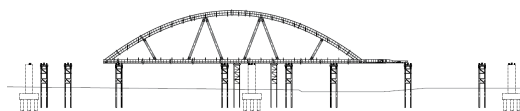


图6 主拱顶推最大前悬臂工况

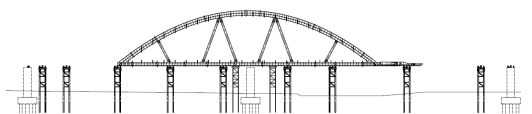


图7 主拱顶推最大后悬臂工况

- (3)当导梁过最大跨 1/2 长度时,导梁上拱变形最大工况,如图 8 所示。

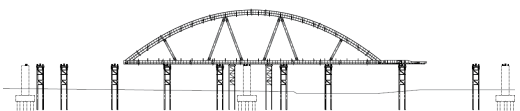


图8 主拱顶推导梁上拱变形最大工况

- (4)顶推距离 80 m 时,导梁上墩,此时为钢梁受力最不利工况,如图 9 所示。

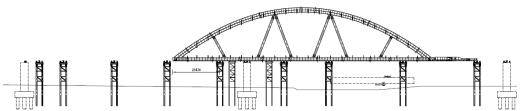


图9 主拱顶推导梁上拱变形最大工况

- (5)顶推距离 120 m 时,140 m 跨钢梁顶推到位,如图 10 所示。

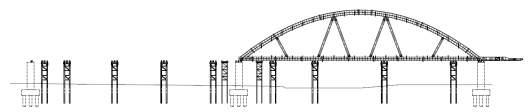


图10 主拱顶推到位

3.2 顶推过程受力分析

3.2.1 有限元模型建立

采用 Midas/Civil 建立本工程桥梁顶推分析模型,钢箱梁与导梁均采用梁单元模拟,用“仅受压”弹性支撑模拟顶推施工过程中顶推结构的支座竖向受力状态,根据支架模型计算其抗侧移刚度,用弹性支座模拟顶推施工过程中顶推结构的支座水平受力状态。整体计算模型如图 11 所示。

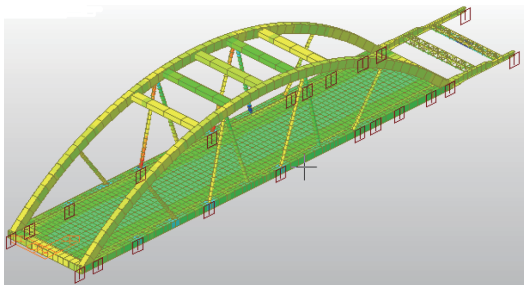


图11 有限元顶推计算模型

3.2.2 计算工况

整个顶推施工的关键过程可以分为以下几个工况:

工况 1:拼装工况;

工况 2:顶推距离 50 m,最大后悬臂工况(一);

工况 3:顶推距离 80 m,最大后悬臂工况(二);

工况 4:顶推开始,导梁脱离顶推支架,最大前悬臂工况(一);

工况 5:顶推距离 40 m,最大前悬臂工况(二);

工况 6:导梁过墩二分之一,导梁上拱最大工况(一);

工况 7:导梁过墩三分之二,钢梁受力最不利工况;

工况 8:顶推距离 120 m 时,落梁工况。

3.2.3 计算结果分析

由表 1 顶推施工分析结果汇总可知,最大组合拉应力 114 MPa,最大组合压应力 -183 MPa。拱和桥面梁的材质为 Q355,斜撑和导梁的材质为 Q235,最大组合应力值均小于容许应力值;同时导梁前端在整个顶推施工过程中挠度幅值最大为 134 mm,小于 1/200L 规范要求,发生在工况 9 阶段,即落梁工况。因此,在顶推施工中主体结构受力安全。

表 1 顶推施工分析结果汇总表

项目	最大组合拉应力 /MPa	最大组合压应力 /MPa	最大下挠 /mm	最大支反力 /t
工况 1	59	-79	-42	386
工况 2	52	-133	-68	520
工况 3	72	-183	-91	691
工况 4	80	-94	-125	470
工况 5	72	-153	-89	610
工况 6	61	-117	-44	534
工况 7	114	-156	-65	536
工况 8	68	-114	-45	576
工况 9	76	-124	-134	597

4 顶推过程中的纠偏措施

对钢箱拱桥,主梁的线形控制是本项目的重难点。结合该项目的施工特点,在施工过程及成桥时,其线形控制主要包括:

(1)主桥整体拼装成桥线形;

(2)顶推施工过程中主桥线形;

(3)顶推施工顶推过程中主拱的轴向偏位。

4.1 顶推过程中线型控制

(1)试顶推:正式顶推前,应对主桥整体进行试顶推,以便确认顶推设备、支架系统、及导梁均在正常运转。

(2)支架状态观测:在顶推施工过程中,随时观

察支架状态(如支架预留下沉量、支架应力、支架位移等数据),根据观测结果及时调整。

(3)实时监控:在顶推施工过程中,应实时监控线形和应力并根据结果及时调整。观察液压系统中各油缸的顶升压力、高度等数据,分析目前状态下主桥的受力状态并及时调整,线型发生较大偏差(偏差 ≥ 30 mm)时,需立即进行纠偏,避免因线型导致结构受力不均衡或失稳等问题。

4.2 顶推过程中的纠偏措施

为了防止钢梁在顶推过程中发生横向偏移,须在每次顶推行程完成后检查钢梁是否发生偏移,若偏移距离在许可范围之内,则可继续顶推,若偏移距离即将超出许可位移,则需进行纠偏^[4]。纠偏主要控制措施如下:

(1)在钢梁前端和尾端的中部(中线位置)设置控制标志,标志地方粘贴全站仪测量反光设备。通过既有的桥梁测量控制点,用全站仪测量出其各控制点的坐标,从而反算出钢梁所处位置的对应桩号和所在位置的横向偏移量(偏距),将测量结果反馈给步履机操控人员适时进行纠偏。

(2)在梁底作用点位置做上标记,顶推过程中步履机看守人员必须连续观测,确保顶升的作用点平面位置偏差小于 3 cm。条件允许时,可在梁前端和尾部设置平面位置观察点予以监控。当步履机作用点位置偏移值大于 3 cm 时,必须进行纠偏。

(3)当中央控制系统检测到钢梁梁体发生偏移或工作人员发现梁体偏移后,会根据偏移情况决定要纠偏的步履机号,由于每台步履机都配置有横向纠偏顶,可以对各种情况下的偏移进行调整。若钢梁只有前端发生偏移,则只需对前端步履机进行局部纠偏,若钢梁整体发生偏移或者小幅旋转,则可通过前后纠偏顶调整偏移距离及偏移角度。在纠偏时,步履机竖向千斤顶处于顶升状态,两侧纠偏顶带动步履机上部千斤顶进而带动钢梁向左或者向右偏移,偏移距离可根据纠偏顶行程进行调整,纠偏完成后,纠偏顶回收,竖向千斤顶回落。然后再进行下一次顶推循环。

5 结 语

该项目主桥钢结构采用工厂化大构件加工,在现场进行组装与焊接的模式,提高了施工质量和解决了施工场地限制等因素。同时采用步履式顶整体推施工,有效的解决了跨航道保通施工的问题。在顶

(下转第 165 页)

稳固。通过计算和实践证明,在常规螺杆支撑体系的基础上补充工字钢-角钢支撑体系,稳定性良好,安装精度高。经现场检查,壁板支撑稳固,满足要求。

5.4 效果检查

经过改进施工工艺,对 UHPC 装配式水池壁板安装精度进行了逐项质量检查,共计 352 次。具体结果见表 6。

表 6 实心板水池合格率检查结果

序号	施工质量问题	频数 / 个	频率 / %	累计频率 / %
1	支座中心位置	13	23.2	23.2
2	构件轴线	12	21.4	44.6
3	墙板接缝宽度	10	17.9	62.5
4	标高	10	17.9	80.4
5	相邻构件平整度	6	10.7	91.1
6	垂直度	5	8.9	100.0
7	合计	56	/	/

针对对策实施前后检查问题做饼分图对比(见图 7),从中可以看出造成安装精度质量问题的主要原因已由垂直度偏差大变为支座中心位置,垂直度偏差大占比已由 52%下降至 8.9%。

6 结 论

本研究依托上海市泰和水厂深度处理改造工程项目,完成了 UHPC 预制装配式水池的安装,精度满足规范和控制目标要求,并得出以下结论:

(1)配筋方案是影响预制构件就位位置精度的最主要原因,合理的配筋方案可大大减少构件就位时

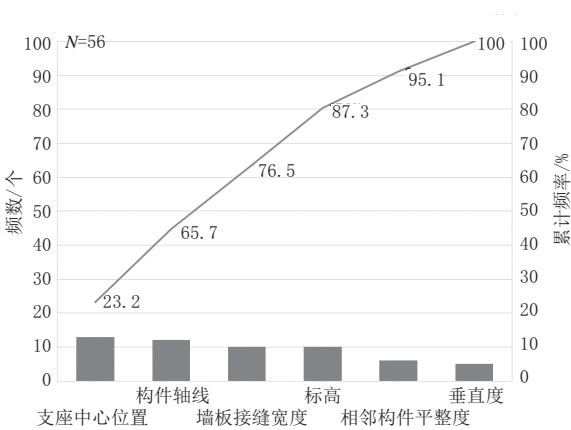


图 7 实施后不合格项目检查结果

的钢筋调整时间。

(2)传统钢管脚手架支撑不适合用于预制构件就位后的临时固定,预制构件安装后宜采用专用支撑作临时固定。

(3)在预制构件底部预留支撑螺栓孔,构件就位后利用螺栓支撑具有局限性,难以保证支撑螺栓同时受力。底部支撑宜少,同时抗压能力强。

参考文献:

[1] 陈继宇.浅谈如何提高装配式 PC 构件吊装定位精度[J].中国住宅设施,2021(3):34-35.
[2] 沈立贡,韦鸿梅,梁仪,等.装配式建筑 PC 柱吊装的精准定位技术[J].建筑施工,2020(9):1671-1673.
[3] 向明,田志刚,葛昕权.装配式建筑 PC 构件深化设计中存在的问题及应对措施探讨[J].绿色环保建材,2020(8):92-93.
[4] 任亮,方覃,王凯,等.超高性能混凝土与水泥基材料界面粘结性研究进展[J].硅酸盐通报,2019,38(7):2087-2094.

(上接第 156 页)

推过程中应重视线形控制,采取多种措施及时进行纠偏,从而确保顶推线形和结构受力等满足设计要求。

参考文献:

[1] 王栋,陈少华.钢箱系杆拱桥异位拼装顶推施工技术[J].施工技术,

2017,46(15):75-79.
[2] 郝晋新.大跨度连续钢系杆拱桥顶推施工临时结构优化设计[J].水利与建筑工程学报,2020,18(1):163-168,204.
[3] 周培培.钢箱梁纠偏顶推施工技术[J].建筑工程技术与设计,2021(15):267-268.