

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.05.033

中承式钢箱提篮拱桥拱肋安装施工技术

周建军¹,张杰²,王锦超²

(1.中交路桥建设有限公司,北京市 100027; 2.中交路桥华东工程有限公司,上海市 201203)

摘要:车田江大桥主桥为280 m中承式钢箱提篮拱,拱肋采用全焊钢箱结构,拱肋安装采用缆索吊装和斜拉扣挂工艺。通过介绍该桥拱肋节段悬臂拼装施工技术,如拱肋首节段采用定位支架精确定位,拱肋标准节段采用缆索吊机配合斜拉扣挂系统进行精确安装,合龙段通过持续观测、吊装姿态模拟及精确配切等技术实现了拱肋的顺利合龙,可为类似工程提供参考。

关键词:钢箱提篮拱桥;拱肋安装;缆索吊装;斜拉扣挂

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)05-0130-03

1 工程概况

车田江大桥位于湖南省娄底市新化县境内,是一座跨越车田江水库的大型桥梁。桥跨组合为:2×30 m 预制T梁+292.5 m(主桥交界墩间距)钢主梁+30 m 预应力混凝土现浇梁,大桥全长391.0 m。主桥采用280 m中承式钢箱拱桥,拱肋采用箱形结构,主梁构造为纵横梁组合桥面,桥面板为预制钢筋混凝土结构,后浇混凝土湿接缝。拱肋向内倾10°,拱肋中心横向间距在拱顶处距离为13.830 m,拱脚处拱轴线横向距离为36.4 m。拱轴线为二次抛物线,铅直面内投影矢高64 m(斜平面内64.987 m),拱轴线铅直面内矢跨比为1/4.375。

考虑到制造和运输便捷性,拱肋分节段在工厂制造,运输至桥位现场组拼吊装焊接。拱肋按顺桥向划分为GLA~GLT节段,共计78个节段。考虑到缆索吊机吊重和工作范围的限制,除拱座预埋件采用汽车吊安装外,其余节段均采用缆索吊机安装完成。根据车田江大桥桥跨布置及拱肋节段划分情况,缆索吊索跨布置为100 m+400 m+100 m,设两组主索,左右幅各一组,每组采用10φ56 mm 钢丝绳(6×36WS+IWR),每组主索控制荷载为95 t。缆索吊塔架由钢管拼装而成,采用缆塔、扣塔一体化设计,塔基采用钢管混凝土桩基础。缆索吊布置图如图1所示。

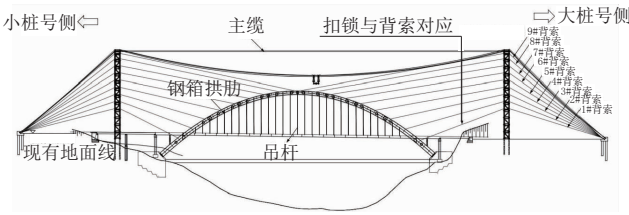


图1 缆索吊布置图

2 施工特点及难点

(1)拱肋采用全焊钢箱结构,现场安装精度和焊接质量要求高。

(2)本桥为提篮式拱桥,大部分拱肋安装节段与缆索吊跑车行走路线不在一个断面内,且每个节段横向位置偏差大,而且缆索吊机索鞍固定布设。因此,为保证拱肋安装到位,需要重点解决拱肋横向就位的问题。

(3)拱顶段拱肋吊装过程中易与前序扣索位置冲突,如何顺利实施拱顶段拱肋安装成为一大难题。

3 拱肋施工技术

拱肋在厂内分段加工制作,合格后运往工地现场,在胎架上组拼成吊装节段,采用缆索吊装+斜拉扣挂系统进行安装。拱脚处起始3个拱肋节段采用单节吊装,其余拱肋节段均为2个设计拱肋节段合并为1个吊装段,最大吊装重88.7 t(GLP+GLQ)。拱肋GLL~GLS节段采用单侧起吊,左右两幅及两岸对称安装,拱肋GLA~GLK节段采用双幅拱肋同步安装施工。全桥共设置4×9对扣背索。另外,为增强拱肋安装阶段的横向稳定性,两片拱肋间共设置了8道临时横撑,大小里程对称布置。

收稿日期:2022-08-03

基金项目:中交路建2020年科技研发项目(ZJLJ-2020-13)

作者简介:周建军(1982—),男,本科,高级工程师,从事高速公路建设工作。

3.1 预应力钢混结合段(GLT)施工

3.1.1 拱座预埋件安装

在拱座分层浇筑时进行拱座预埋件定位支架施工,定位架顶部支撑面由测量反复校核高程和角度,拱座预埋段安装就位后对其进行精确定位并固定,拱座混凝土施工时应避免扰动拱座预埋件,并在浇筑过程中密切观测其位置是否有变化。拱座预埋件定位支架如图 2 所示。

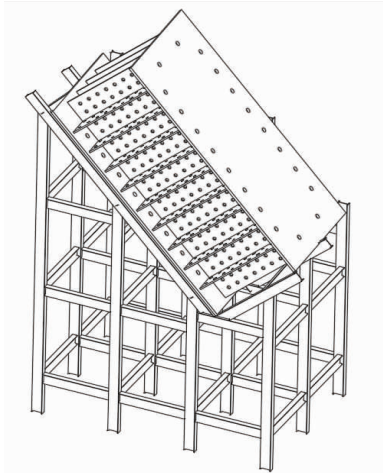


图 2 拱座预埋件定位支架

3.1.2 首节段安装

由于本桥缆索吊机索鞍固定布设,无法实施横向移动,为解决拱肋位于缆索吊机双吊索线路之外的问题,在岸边设置横向牵引卷扬机,将拱肋横向荡移至安装位置,缓慢调整拱肋姿态并就位于定位支架上(见图 3),通过定位支架上的调节千斤顶实现首节段的精调。



图 3 首节段定位支架

3.1.3 预应力张拉

在首节段标高和线形满足设计要求后,围焊首节段与预埋件承压板环焊缝;缆索吊松钩,浇筑拱肋钢混结合段微膨胀混凝土。待混凝土达到设计强度及要求龄期后进行预应力钢束张拉、压浆作业。最后解除定位支架与拱肋之间的约束,完成首节段安装施工^[1]。

3.2 拱肋标准节段施工

3.2.1 拱肋安装姿态初定

拱肋安装采用四点垂直起吊,四个吊点设置长短不一的钢丝绳,使拱肋在自重作用下基本形成安装姿态。

3.2.2 纵向运输

拱肋姿态调整完成后,利用缆索吊机将拱肋节段纵移至安装位置。为了避免拱顶段拱肋(GLA ~ GLK)吊装过程中与前序扣索位置冲突现象,在安装拱肋节段前后端设置两道连接绳并配置调节手拉葫芦,通过连接绳牵拉使左右幅拱肋间距基本达到其安装就位时的距离。然后利用缆索吊将双幅拱肋同时起吊,从已安装拱肋间纵向运输至待安装位置。

3.2.3 拱肋就位

(1)拱肋节段(GLL ~ GLS)单幅吊装

待安装拱肋节段运输至已安装拱肋节段前端后,先利用手拉葫芦及牵引卷扬机横向牵引待安装拱肋至已安装拱肋前端,然后利用千斤顶配合缆索吊进行吊装拱肋空间姿态粗调(见图 4)。调整完成后利用临时匹配件(见图 5)进行临时连接,按照监控指令进行调整,完成待拼节段的精确定位。



图 4 拱肋单幅吊装施工



图 5 临时匹配件

(2)双幅拱肋(GLA ~ GLK)同步吊装

待安装拱肋节段运输至已安装拱肋节段前端后,缓慢释放左右幅拱肋间的横连接绳,使待安装拱

肋间距离达到设计位置,然后通过手拉葫芦使待安装拱肋节段尾部牵引至已安装拱肋前端,接着通过千斤顶逐步对待安装拱肋空间位置进行调整,使拱肋完成对接。最后利用临时匹配件进行临时连接,按照监控指令进行调整,完成待拼节段的精确定位^[2](见图6)。



图6 双幅拱肋同步安装施工

3.2.4 扣背索安装及张拉

在拱肋纵向运输之前,预先利用塔吊挂设并安装好扣背索,扣索随拱肋吊装同步就位。待拱肋节段精确定位后,焊接码板及环向焊缝。然后进行扣背索张拉,通过控制其索力调整拱肋线形达到设计要求,最后缆索吊机松钩即完成1个拱肋标准节段的施工。

3.2.5 横撑安装

为增加拱肋安装阶段的安全稳定性,在无永久横撑的节段根据监控计算需要增设临时横撑结构,临时横撑与拱肋连接采用焊接形式。临时横撑布置如图7所示。

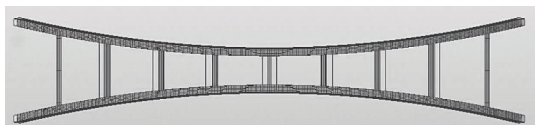


图7 临时横撑布置图

3.3 拱肋合龙段施工

拱肋采用“温度配切法”合龙,临时连接,在无应力状态下焊接合龙段节间环焊缝的方式。主要施工步骤如下:

(1)合龙口线形初调。在合龙前,对已成拱肋的线形、索力、扣塔偏位及应力监测,根据实测结果,对扣索索力进行调整,确保合龙段与两侧悬臂端头的平顺连接。

(2)合龙前的连续观测。拱肋合龙前须进行72 h连续观测,通过观测掌握温度及合龙口变化规律。同时,为确保测量数据精确,将合龙段起吊到合龙口下方进行合龙状态模拟(见图8)。连续24 h观测合龙

口的位置,由此得到合龙时段内的合龙口姿态,并根据观测数据进行合龙段加工余量切割校正。



图8 拱肋吊装姿态模拟

(3)无应力合龙施工。在规定的温度下缆索吊吊装合龙段就位,合龙段初始摆放位置应确保环口对环口。测量合龙段端口控制点坐标,进行微调。达到监控数据要求后,焊接码板及环向焊缝^[3]。

3.4 扣背索拆除施工

(1)扣背索拆除按照对称原则以及自上而下的原则进行。

(2)扣背索拆除前预先采用整体式千斤顶卸掉索力,再进行拆除施工。索力卸载前采用钢丝绳捆绑扣背索尾部,以免出现滑索现象。

4 拱肋施工控制

4.1 施工控制措施

本桥拱肋施工步骤繁多,施工过程中会受到各种因素干扰,如拱肋自身温度不均匀分布、施工顺序临时变更、施工荷载与仿真模型计算荷载取值的差异等,都会影响施工控制目标的成功实现。若不对施工过程加以控制,拱肋最终成拱线形及内力都很难达到设计要求。在拱肋施工期间,施工控制的主要工作就是在施工过程中对拱肋应力、线形、扣背索索力、扣塔顶部位移等各项监测内容进行持续观测。一旦监测数据出现异常,及时对其进行调整,确保拱肋施工安全可控,并利用仿真模型计算结果适当对后续施工作出调整。

4.2 施工控制结果

待拱肋合龙后,拆除所有的扣背索,采用全站仪对拱肋裸拱线形进行测量。拱肋拱轴线偏位最大误差为40 mm,小于 $L/6\ 000=46$ mm,左右幅裸拱拱轴线均向外侧稍偏;合龙控制标高最大误差为56 mm,小于 $L/3\ 000=93$ mm,左右幅拱肋标高较设计拱轴线略大,标高误差最大值出现在跨中位置,其线性满足设计和规范要求。

表 3 梁板双机抬吊验算表

抬吊线路	抬吊工况	单机吊装重	最小起重量 W	安全系数 n	理论值 F
主线	220 t 汽车吊, 300 t 汽车吊	58.3 t	81 t	0.75	60.75 t
高压线(U 型梁)	300 t 履带吊, 500 t 汽车吊	110.5 t	148.4 t	0.75	111.3 t
高压线(小箱梁 160-161 跨)	300 t 履带吊, 500 t 汽车吊	54 t	95 t	0.75	71.25 t
高压线(小箱梁, 162-164 跨)	300 t 履带吊, 500 t 汽车吊	71 t	95 t	0.75	71.25 t
高压线(小箱梁, 211-212 跨)	300 t 履带吊, 400 t 汽车吊	57 t	78 t	0.75	58.5 t

[2] 任才, 吴东升. 节段预制桥梁架桥机协作受力及吊杆拆除方法研究[J]. 桥梁建设, 2021, 51(4):66-72.

[3] 白建宝. 公路工程中架桥机架梁施工技术的应用研究[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(8):112-114.

[4] 路健. 浅谈桥梁预制箱梁架设施工技术[J]. 技术与市场, 2021, 28(9):119-120.

[5] 李晓明. 采用大型汽车吊更换营业线梁片的施工组织与工序控制[J]. 设备管理与维修, 2020(2):112-114.

[6] 王伟. 受限空间内预制桥梁构件吊装施工技术[J]. 建筑施工, 2020, 42(10):1960-1961.

[7] 郭自成. 浅谈 500 吨汽车吊既有线更换桥梁[J]. 科学技术创新, 2019(11):96-97.

[8] 周芸, 陈东. 关于城市立交桥空间受限时施工组织方案的探讨[J]. 现代物业(中旬刊), 2020(1):196-197.

[9] 季强. 公安长江公铁两用特大桥非通航孔钢桁梁架设技术[J]. 桥梁建设, 2017, 47(2):112-116.

(上接第 132 页)

5 结 语

车田江大桥主桥上构安装施工采用斜拉扣挂式无支架缆索吊装方案予以实施, 为了确保成桥线形符合设计要求, 拱肋首节段采用定位支架精确定位, 拱肋标准节段采用缆索吊机配合斜拉扣挂系统进行精确安装, 合龙段通过持续观测、吊装姿态模拟及精

确配切等技术实现了拱肋的顺利合龙。

参考文献:

[1] 马欣. 钢管混凝土拱桥钢拱肋及桥面钢梁吊装施工技术[J]. 建筑技术开发, 2020(2):39-41.

[2] 王亚维. 成贵铁路贵州鸭池河特大桥主桥拱肋架设施工技术[J]. 桥梁建设, 2017(1):104-108.

[3] 曹晓博. 下承式钢拱桥拱肋合龙施工技术[J]. 建筑施工, 2015(11):1325-1326.