



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117166364 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 05

(21) 申请号 202310424252.6

(22) 申请日 2023.04.19

(71) 申请人 中交一公局集团有限公司  
地址 100024 北京市朝阳区管庄周家井  
申请人 中交一公局第四工程有限公司

(72) 发明人 毛李 王志金 曾国胜 张义  
高攀 汤泽炫 梁鑫

(74) 专利代理机构 南宁智卓专利代理事务所  
(普通合伙) 45129  
专利代理师 吴世贵

(51) Int. Cl.  
E01D 21/00 (2006.01)  
E01D 4/00 (2006.01)

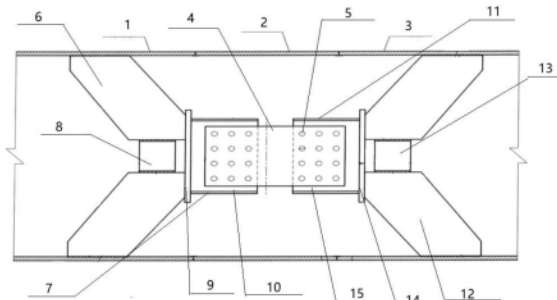
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

## (54) 发明名称

一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置

## (57) 摘要

本发明提供一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,属于拱桥合龙技术领域,包括第一主弦管、对接套管和第二主弦管,第一主弦管的连接接口处的内部设置有第一快速连接装置,第二主弦管的连接接口处的内部设置有第二快速连接装置,对接套管连接在第二主弦管与第一主弦管的连接接口处,第一快速连接装置与第二快速连接装置连接。本发明合龙速度快,内置式瞬时合龙连接构造能够快速完成拱肋的合龙,减少了合龙的时间和风险,操作简便,该装置操作简便,只需要少量的工人和设备就能够完成拱肋的全桥合龙,降低了成本和风险。



1. 一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,其特征在于:包括第一主弦管(1)、对接套管(2)和第二主弦管(3),第一主弦管(1)的连接口处的内部设置有第一快速连接装置,第二主弦管(3)的连接口处的内部设置有第二快速连接装置,对接套管(2)连接在第二主弦管(3)与第一主弦管(1)的连接口处,第一快速连接装置与第二快速连接装置连接。

2. 根据权利要求1所述的一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,其特征在于:第一快速连接装置与第二快速连接装置通过设置连接装置连接,连接装置两端分别连接在第一快速连接装置和第二快速连接装置的两端。

3. 根据权利要求2所述的一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,其特征在于:连接装置设置为连接板(4),连接板(4)的两端设置有若干个螺栓孔,第一快速连接装置与第二快速连接装置的两端设置有螺栓孔,设置螺栓穿过连接板(4)和第一快速连接装置与第二快速连接装置的两端固定设置。

4. 根据权利要求3所述的一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,其特征在于:第一快速连接装置包括若干块第一主弦管倾斜板(6)、第一主弦管侧边板(7)、第一主弦管倾斜板连接块(8)、第一主弦管倾斜板汇合连接板(9)和第一主弦管垫板(10),若干块第一主弦管倾斜板(6)倾斜设置在第一主弦管(1)内,第一主弦管倾斜板(6)与第一主弦管倾斜板(6)之间间隔设置,若干块第一主弦管倾斜板(6)构成锥形结构,第一主弦管倾斜板连接块(8)设置在若干块第一主弦管倾斜板(6)构成的锥形顶部内侧,第一主弦管倾斜板连接块(8)将若干块第一主弦管倾斜板(6)连接为一体,第一主弦管倾斜板汇合连接板(9)设置在若干块第一主弦管倾斜板(6)的端部,并与所有的第一主弦管倾斜板(6)连接,第一主弦管垫板(10)设置在第一主弦管倾斜板汇合连接板(9)的外端,第一主弦管侧边板(7)设置在第一主弦管垫板(10)的两侧,并分别与第一主弦管垫板(10)和第一主弦管倾斜板汇合连接板(9)。

5. 根据权利要求4所述的一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,其特征在于:第二快速连接装置包括若干块第二主弦管倾斜板(12)、第二主弦管侧边板(11)、第二主弦管倾斜板连接块(13)、第二主弦管倾斜板汇合连接板(14)和第二主弦管垫板(15),若干块第二主弦管倾斜板(12)倾斜设置在第二主弦管(3)内,第二主弦管倾斜板(12)与第二主弦管倾斜板(12)之间间隔设置,若干块第二主弦管倾斜板(12)构成锥形结构,第二主弦管倾斜板连接块(13)设置在若干块第二主弦管倾斜板(12)构成的锥形顶部内侧,第二主弦管倾斜板连接块(13)将若干块第二主弦管倾斜板(12)连接为一体,第二主弦管倾斜板汇合连接板(14)设置在若干块第二主弦管倾斜板(12)的端部,并与所有的第二主弦管倾斜板(12)连接,第二主弦管垫板(15)设置在第二主弦管倾斜板汇合连接板(14)的外端,第二主弦管侧边板(11)设置在第二主弦管垫板(15)的两侧,并分别与第二主弦管垫板(15)和第二主弦管倾斜板汇合连接板(14)。

6. 根据权利要求5所述的一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,其特征在于:第二主弦管垫板(15)和第一主弦管垫板(10)均预先设置有若干个螺栓孔,连接板(4)上设置有若干个连接孔,连接板(4)上两端的螺栓孔与第二主弦管垫板(15)和第一主弦管垫板(10)上的螺栓孔一一对应,设置螺栓穿过固定设置。

7. 根据权利要求6所述的一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,其特征在于:合龙的具体过程为:

合龙接头连接板下料:按设计要求,合龙接头的连接板需要根据实测长度下料,需要在

两岸均安装完后方可对连接板进行加工下料,并单独吊装至各弦管合龙端口安装,进而挤占了合龙时间,对实现瞬时合龙不利,根据已安装节段实测线形结合有限元软件施工模拟分析预判连接板下料长度,在最后节段吊装时随之吊装,节省合龙施工时间,内侧上弦管合龙接头的连接板的具体过程为,下料计算过程为通过Midas Civil有限元软件基于一次张拉施工优化计算方法进行拱肋吊装的施工阶段分析,考虑切向位移的情况下,计算两岸的左右幅内侧上弦管端口里程差值,一边岸上端口实测里程叠加模拟计算里程差值,得到预估的另一边岸上端口估算里程,两岸的端口实测里程相减,得到合龙段嵌补段长度,根据合龙构造设计图,嵌补段比连接板长度,故减去连接板长度即为拟下料的长度,由于仅剩另一岸未安装,且连接板两侧各有80mm预留空间,使施工模拟计算的另一岸计算变形与实际变形有固定误差,仍能满足施工下料需要,在考虑更可靠的情况下,在估算基础上多下料30-40mm;

**合龙时机确定:**在一天内温度最低且稳定的时段进行主拱合龙施工,需要对合龙前期的温度和线形变化进行持续观测,通过分析温度和线形的变化规律来确定合龙最佳时机,通过在主拱弦管安装温度传感器,并将数据接入监测云平台,实时监测主拱的温度变化,利用测量机器人自动搜索测量控制点、自动保存测量数据的特点,全天候监测主拱线形变化,通过以上观测手段为合龙时机的选择提供实测数据支撑;

**线形精调:**为提高合龙线形精度,减小两岸对应节段相对线形偏差,分别在两岸最后安装的两个节段进行线形精调,对于先安装一边,在凌晨1点-6点,观察其拱肋温度、线形变化规律,绘制温度、线形曲线,根据合龙温度时的理论线形,精调绝对线形,后安装另一边,以两岸相对偏差为主,精调线形,相对偏差控制在5mm以内,然后在进行风撑安装,两岸安装过程相同,但后安装侧相对偏差需控制在2mm以内,且后安装的风撑安装就位后,仅打冲钉及安装临时固定的普通螺栓,高强螺栓待合龙后再行安装,后续合龙端若调整难度大,解开风撑后再行调整,为后续出现的不利情况预留调整手段;

**短接头定位及连接板配孔:**短接头工字钢按照设计下料及开孔,南岸短接头预先焊接在倾斜板汇合连接板上,北岸短接头暂不安装,可随拱肋先行吊装,待北岸安装就位并调整好线形后,提前在合龙口两端弦管上焊接反力座,十字交叉挂上手拉葫芦,在合龙温度时逐步收紧,将拱肋临时锁定,再定位焊接在倾斜板汇合连接板上,须与南岸短接头的标高、轴线保持顺接,填充焊可放在白天进行,白天需要完全解除手拉葫芦,避免在白天温度上升过程中绷断;

定位后,再次复核计算合龙接头连接板长度是否满足实际需求,若不相符,则及时在拱上配切,同时标记连接板配孔位置;

**合龙口锁定及包板下料:**次日夜间连续观测温度、线形变化规律,在与配孔时同等温度下,且线形接近理论线形时,逐步收紧手拉葫芦,将拱肋临时锁定,快速施拧高栓,在恒定温度下,完成所有高栓施拧,白天完成风撑高栓施拧;

在合龙温度时量取合龙口的实际尺寸,与连接板下料同步进行,确定上、下弦管对接套管尺寸,下料、安装、焊接,完成拱肋包板焊接。

## 一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及拱桥合龙技术领域,尤其涉及一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置。

### 背景技术

[0002] 传统的合龙方式采用钢板或型钢焊接定位弦管,存在焊接量大、时间长的问题,且拱肋悬臂长,线型受温度影响变化大,焊接未完成或焊接量不够将会导致锁定失败。合龙方式还存在接头强度不足、安装精度不高的问题,严重影响了拱桥整体的稳定性和安全性。合龙方式需要在现场进行大量的焊接操作,工期长、风险高,同时还需要大量的人力物力资源,增加了工程成本和难度。

[0003] 目前,拱桥合龙锁定技术的发展主要采用预应力技术和焊接技术,其中预应力技术可以实现更快速的合龙,但是合龙后的拱桥的位移和变形难以控制,影响桥梁工程的质量和安全性。而传统的焊接技术则存在上述问题,不够高效、安全和稳定。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,解决现有传统的合龙方式存在焊接量大、时间长的技术问题。

[0005] 拱桥主拱圈合龙是实现主拱圈结构受力体系转换的关键工序,安全风险大,时效要求高,精度要求严,如何实现瞬时高精度合龙是拱桥施工中值得研究的问题。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,包括第一主弦管、对接套管和第二主弦管,第一主弦管的接口处的内部设置有第一快速连接装置,第二主弦管的接口处的内部设置有第二快速连接装置,对接套管连接在第二主弦管与第一主弦管的接口处,第一快速连接装置与第二快速连接装置连接。

[0008] 进一步地,第一快速连接装置与第二快速连接装置通过设置连接装置连接,连接装置两端分别连接在第一快速连接装置和第二快速连接装置的两端。

[0009] 进一步地,连接装置设置为连接板,连接板的两端设置有若干个螺栓孔,第一快速连接装置与第二快速连接装置的两端设置有螺栓孔,设置螺栓穿过连接板和第一快速连接装置与第二快速连接装置的两端固定设置。

[0010] 进一步地,第一快速连接装置包括若干块第一主弦管倾斜板、第一主弦管侧边板、第一主弦管倾斜板连接块、第一主弦管倾斜板汇合连接板和第一主弦管垫板,若干块第一主弦管倾斜板倾斜设置在第一主弦管内,第一主弦管倾斜板与第一主弦管倾斜板之间间隔设置,若干块第一主弦管倾斜板构成锥形结构,第一主弦管倾斜板连接块设置在若干块第一主弦管倾斜板构成的锥形顶部内侧,第一主弦管倾斜板连接块将若干块第一主弦管倾斜板连接为一体,第一主弦管倾斜板汇合连接板设置在若干块第一主弦管倾斜板的端部,并与所有的第一主弦管倾斜板连接,第一主弦管垫板设置在第一主弦管倾斜板汇合连接板的外端,第一主弦管侧边板设置在第一主弦管垫板的两侧,并分别与第一主弦管垫板和第一

主弦管倾斜板汇合连接板。

[0011] 进一步地,第二快速连接装置包括若干块第二主弦管倾斜板、第二主弦管侧边板、第二主弦管倾斜板连接块、第二主弦管倾斜板汇合连接板和第二主弦管垫板,若干块第二主弦管倾斜板倾斜设置在第二主弦管内,第二主弦管倾斜板与第二主弦管倾斜板之间间隔设置,若干块第二主弦管倾斜板构成锥形结构,第二主弦管倾斜板连接块设置在若干块第二主弦管倾斜板构成的锥形顶部内侧,第二主弦管倾斜板连接块将若干块第二主弦管倾斜板连接为一体,第二主弦管倾斜板汇合连接板设置在若干块第二主弦管倾斜板的端部,并与所有的第二主弦管倾斜板连接,第二主弦管垫板设置在第二主弦管倾斜板汇合连接板的外端,第二主弦管侧边板设置在第二主弦管垫板的两侧,并分别与第二主弦管垫板和第二主弦管倾斜板汇合连接板。

[0012] 进一步地,第二主弦管垫板和第一主弦管垫板均预先设置有若干个螺栓孔,连接板上设置有若干个连接孔,连接板上两端的螺栓孔与第二主弦管垫板和第一主弦管垫板上的螺栓孔一一对应,设置螺栓穿过固定设置。

[0013] 进一步地,合龙的具体过程为:

[0014] 合龙接头连接板下料:按设计要求,合龙接头的连接板需要根据实测长度下料,需要在两岸均安装完后方可对连接板进行加工下料,并单独吊装至各弦管合龙端口安装,进而挤占了合龙时间,对实现瞬时合龙不利,根据已安装节段实测线形结合有限元软件施工模拟分析预判连接板下料长度,在最后节段吊装时随之吊装,节省合龙施工时间,内侧上弦管合龙接头的连接板的具体过程为,下料计算过程为通过Midas Civil有限元软件基于一次张拉施工优化计算方法进行拱肋吊装的施工阶段分析,考虑切向位移的情况下,计算两岸的左右幅内侧上弦管端口里程差值,一边岸上端口实测里程叠加模拟计算里程差值,得到预估的另一边岸上端口估算里程,两岸的端口实测里程相减,得到合龙段嵌补段长度,根据合龙构造设计图,嵌补段比连接板长度,故减去连接板长度即为拟下料的长度,由于仅剩另一岸未安装,且连接板两侧各有80mm预留空间,使施工模拟计算的另一岸计算变形与实际变形有固定误差,仍能满足施工下料需要,在考虑更可靠的情况下,在估算基础上多下料30-40mm;

[0015] 合龙时机确定:在一天内温度最低且稳定的时段进行主拱合龙施工,需要对合龙前期的温度和线形变化进行持续观测,通过分析温度和线形的变化规律来确定合龙最佳时机,通过在主拱弦管安装温度传感器,并将数据接入监测云平台,实时监测主拱的温度变化,利用测量机器人自动搜索测量控制点、自动保存测量数据的特点,全天候监测主拱线形变化,通过以上观测手段为合龙时机的选择提供实测数据支撑;

[0016] 线形精调:为提高合龙线形精度,减小两岸对应节段相对线形偏差,分别在两岸最后安装的两个节段进行线形精调,对于先安装一边,在凌晨1点-6点,观察其拱肋温度、线形变化规律,绘制温度、线形曲线,根据合龙温度时的理论线形,精调绝对线形,后安装另一边,以两岸相对偏差为主,精调线形,相对偏差控制在5mm以内,然后在进行风撑安装,两岸安装过程相同,但后安装侧相对偏差需控制在2mm以内,且后安装的风撑安装就位后,仅打冲钉及安装临时固定的普通螺栓,高强螺栓待合龙后再行安装,后续合龙端若调整难度大,解开风撑后再行调整,为后续出现的不利情况预留调整手段;

[0017] 短接头定位及连接板配孔:短接头工字钢按照设计下料及开孔,南岸短接头预先

焊接在倾斜板汇合连接板上,北岸短接头暂不安装,可随拱肋先行吊装,待北岸安装就位并调整好线形后,提前在合龙口两端弦管上焊接反力座,十字交叉挂上手拉葫芦,在合龙温度时逐步收紧,将拱肋临时锁定,再定位焊接在倾斜板汇合连接板上,须与南岸短接头的标高、轴线保持顺接,填充焊可放在白天进行,白天需要完全解除手拉葫芦,避免在白天温度上升过程中绷断;

[0018] 定位后,再次复核计算合龙接头连接板长度是否满足实际需求,若不相符,则及时在拱上配切,同时标记连接板配孔位置;

[0019] 合龙口锁定及包板下料:次日夜间连续观测温度、线形变化规律,在与配孔时同等温度下,且线形接近理论线形时,逐步收紧手拉葫芦,将拱肋临时锁定,快速施拧高栓,在恒定温度下,完成所有高栓施拧,白天完成风撑高栓施拧;

[0020] 在合龙温度时量取合龙口的实际尺寸,与连接板下料同步进行,确定上、下弦管对接套管尺寸,下料、安装、焊接,完成拱肋包板焊接。

[0021] 本发明由于采用了上述技术方案,具有以下有益效果:

[0022] 本发明合龙速度快,内置式瞬时合龙连接构造能够快速完成拱肋的合龙,减少了合龙的时间和风险,操作简便,该装置操作简便,只需要少量的工人和设备就能够完成拱肋的全桥合龙,降低了成本和风险,稳定可靠,内置式瞬时合龙连接构造具有很高的稳定性和可靠性,能够保证拱桥的质量和安全性,环保节能,相比传统的焊接方式,内置式瞬时合龙连接构造对环境和人员的安全更为友好,同时能够节约能源和减少污染,特大桥通过以上的手段和措施在2天内顺利实现主拱合龙姿态锁定,合龙工效快,锁定精度高。

## 附图说明

[0023] 图1是本发明大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置。

[0024] 图2是本发明去掉对接套管的立体结构示意图。

[0025] 图3是本发明合龙前期拱肋线形观测数据图。

[0026] 附图中,1-第一主弦管,2-对接套管,3-第二主弦管,4-连接板,5-螺栓,6-第一主弦管倾斜板,7-第一主弦管侧边板,8-第一主弦管倾斜板连接块,9-第一主弦管倾斜板汇合连接板,10-第一主弦管垫板,11-第二主弦管侧边板,12-第二主弦管倾斜板,13-第二主弦管倾斜板连接块,14-第二主弦管倾斜板汇合连接板,15-第二主弦管垫板。

## 具体实施方式

[0027] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下参照附图并举出优选实施例,对本发明进一步详细说明。然而,需要说明的是,说明书中列出的许多细节仅仅是为了使读者对本发明的一个或多个方面有一个透彻的理解,即便没有这些特定的细节也可以实现本发明的这些方面。

[0028] 如图1所示,一种大跨径拱桥内置式瞬时合龙装置,包括第一主弦管1、对接套管2和第二主弦管3,第一主弦管1的连接口处的内部设置有第一快速连接装置,第二主弦管3的连接口处的内部设置有第二快速连接装置,对接套管2连接在第二主弦管3与第一主弦管1的连接口处,第一快速连接装置与第二快速连接装置连接。

[0029] 第一快速连接装置与第二快速连接装置均设置为内衬板是主要受力部件,是用于

连接拱肋的主要构件。该内衬板采用高强度钢材制造,且材料的机械性能和化学性能符合国家标准和桥梁设计要求。内衬板的直径和壁厚可以根据实际需要进行调整和设计,以满足不同的工程要求。

[0030] 垫板是用于填补连接板和肋板之间的空隙的构件,以确保连接的紧密和稳定。该垫板的材质可以根据实际需要进行选择,通常采用耐高温、高强度的钢材,以保证其耐久性和稳定性。

[0031] 连接板是用于连接两侧拱肋垫板的构件,该连接板的材质采用与内衬板相同的高强度钢材,以确保连接的强度和稳定性。连接板的长度可以根据实际需要进行测量和切割,以保证连接的精度和准确性。

[0032] 高强螺栓是用于锁定两侧连接板主要固定件,采用高强度、高精度的螺栓材质制造,以确保连接的强度和稳定性。该高强螺栓需要在合适的合龙条件下迅速紧固,以确保其合龙精度和稳定性。

[0033] 本发明实施例中,第一快速连接装置与第二快速连接装置通过设置连接装置连接,连接装置两端分别连接在第一快速连接装置和第二快速连接装置的两端。

[0034] 本发明实施例中,连接装置设置为连接板4,连接板4的两端设置有若干个螺栓孔,第一快速连接装置与第二快速连接装置的两端设置有螺栓孔,设置螺栓穿过连接板4和第一快速连接装置与第二快速连接装置的两端固定设置。

[0035] 本发明实施例中,第一快速连接装置包括若干块第一主弦管倾斜板6、第一主弦管侧边板7、第一主弦管倾斜板连接块8、第一主弦管倾斜板汇合连接板9和第一主弦管垫板10,若干块第一主弦管倾斜板6倾斜设置在第一主弦管1内,第一主弦管倾斜板6与第一主弦管倾斜板6之间间隔设置,若干块第一主弦管倾斜板6构成锥形结构,第一主弦管倾斜板连接块8设置在若干块第一主弦管倾斜板6构成的锥形顶部内侧,第一主弦管倾斜板连接块8将若干块第一主弦管倾斜板6连接为一体,第一主弦管倾斜板汇合连接板9设置在若干块第一主弦管倾斜板6的端部,并与所有的第一主弦管倾斜板6连接,第一主弦管垫板10设置在第一主弦管倾斜板汇合连接板9的外端,第一主弦管侧边板7设置在第一主弦管垫板10的两侧,并分别与第一主弦管垫板10和第一主弦管倾斜板汇合连接板9。

[0036] 本发明实施例中,第二快速连接装置包括若干块第二主弦管倾斜板12、第二主弦管侧边板11、第二主弦管倾斜板连接块13、第二主弦管倾斜板汇合连接板14和第二主弦管垫板15,若干块第二主弦管倾斜板12倾斜设置在第二主弦管3内,第二主弦管倾斜板12与第二主弦管倾斜板12之间间隔设置,若干块第二主弦管倾斜板12构成锥形结构,第二主弦管倾斜板连接块13设置在若干块第二主弦管倾斜板12构成的锥形顶部内侧,第二主弦管倾斜板连接块13将若干块第二主弦管倾斜板12连接为一体,第二主弦管倾斜板汇合连接板14设置在若干块第二主弦管倾斜板12的端部,并与所有的第二主弦管倾斜板12连接,第二主弦管垫板15设置在第二主弦管倾斜板汇合连接板14的外端,第二主弦管侧边板11设置在第二主弦管垫板15的两侧,并分别与第二主弦管垫板15和第二主弦管倾斜板汇合连接板14。

[0037] 本发明实施例中,第二主弦管垫板15和第一主弦管垫板10均预先设置有若干个螺栓孔,连接板4上设置有若干个连接孔,连接板4上两端的螺栓孔与第二主弦管垫板15和第一主弦管垫板10上的螺栓孔一一对应,设置螺栓穿过固定设置。

[0038] 具体例施工过程为:

[0039] 德余高速乌江特大桥是贵州德余高速全线的控制性工程,全长1834m,其中主桥跨径504m,为上承式钢管混凝土桁架拱,从柱脚到拱顶共划分为15个节段,拱肋节段编号为GL1~GL15,全桥共计60个节段,节段最大吊重为157吨。拱肋弦管直径1.4m,管内灌注C70自密实微膨胀混凝土,拱肋间设置K撑、X撑连接。拱顶合龙接头采用内置式瞬时合龙连接构造,主要由两侧的工字钢短接头和中间的连接板组成,待全部节段安装就位,调整后拱肋线形后用高强度螺栓快速连接接头两端,实现全桥主拱合龙。

[0040] 合龙接头连接板下料:按设计要求,合龙接头的连接板需要根据实测长度下料,由此需要在两岸GL15均安装完后方可对连接板进行加工下料,并单独吊装至各弦管合龙端口安装,进而挤占了合龙时间,对实现瞬时合龙不利。根据已安装节段实测线形结合有限元软件施工模拟分析预判连接板下料长度,在最后节段吊装时随之吊装,可节省合龙施工时间。下面以内侧上弦管合龙接头的连接板为例,介绍其下料计算过程。

[0041] 通过Midas Civil有限元软件基于一次张拉施工优化计算方法进行拱肋吊装的施工阶段分析,考虑切向位移[1]的情况下,北岸GL14与北岸GL15的左右幅内侧上弦管端口里程差值为12.646m、12.645m。

[0042] 北岸GL14上端口实测里程叠加模拟计算里程差值,得到预估的北岸GL15上端口估算里程,与南岸GL15端口实测里程相减,得到合龙段嵌补段长度,根据合龙构造设计图,嵌补段比连接板长20mm,故减去20mm即为拟下料的长度。由于仅剩北岸GL15未安装,且连接板两侧各有80mm预留空间,即使施工模拟计算的北岸GL15计算变形与实际变形有一定误差,仍能满足施工下料需要,在考虑更可靠的情况下,可在以上估算基础上多下料30~40mm。

[0043] 表1拟下料连接板计算表

项目	北岸 GL14 端口实测里 程(m)	$\Delta X$ (m)	北 GL15 端 口估算里程 (m)	南岸 GL15 端口实测里 程(m)	合龙段嵌补 段长 L (m)	拟下料连接 板长 L (m)
[0044] 左幅内侧上弦管	K52+832.181	12.646	K52+844.827	K52+845.876	1.049	1.029
右幅内侧上弦管	K52+832.169	12.645	K52+844.814	K52+845.837	1.023	1.003

[0045] 合龙时机确定:通常在一天内温度最低且相对稳定的时段进行主拱合龙施工,因此需要对合龙前期的温度和线形变化进行持续观测,通过分析温度和线形的变化规律来确定合龙最佳时机。通过在主拱弦管安装温度传感器,并将数据接入监测云平台,实时监测主拱的温度变化;利用莱卡TS60测量机器人自动搜索测量控制点、自动保存测量数据的特点,全天候监测主拱线形变化。通过以上观测手段为合龙时机的选择提供实测数据支撑。

[0046] 以乌江特大桥为例,根据合龙前期温度观测数据,拱肋温度从早上8点至下午2点逐渐升高,至下午2点至6点达到峰值,平均在 $40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间,下午6点至夜晚12点左右温度逐渐降低,至次日凌晨1点至6点温度最低,平均在 $24^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间,且基本维持稳定,同时该时段拱肋温度与环境温度一致;根据莱卡TS60测量机器人拱肋线形观测数据,拱肋线形在白天从早上6点至晚上12点变化幅度较大,晚上12点至次日凌晨6点线形趋于稳定。查询天气预报得知,8月5日(拟定合龙锁定时间)夜间最低温度 $25^{\circ}\text{C}$ ,并结合近期的温度观测数据与拱肋线形观测数据,故拟选择凌晨1点至6点为线形精调及合龙锁定的时间段,合龙温度为 $25^{\circ}\text{C}$ 。

[0047] 线形精调:为提高合龙线形精度,尽可能减小两岸对应节段相对线形偏差,分别在

两岸最后安装的两个节段进行线形精调。

[0048] 对于先安装侧GL14,在凌晨1点-6点,观察其拱肋温度、线形变化规律,绘制温度、线形曲线,根据合龙温度时的理论线形,精调绝对线形,后安装侧GL14以两岸相对偏差为主,精调线形,相对偏差控制在5mm以内,然后在进行风撑安装。

[0049] 两岸GL15安装过程类似,但后安装侧GL15相对偏差需控制在2mm以内,且GL15风撑安装就位后,仅打冲钉及安装临时固定的普通螺栓,高强螺栓待合龙后再行安装,这里考虑到后续合龙端若调整难度大,可以解开GL15风撑后再行调整,为后续出现的不利情况预留调整手段。

[0050] 短接头定位及连接板配孔:短接头工字钢按照设计下料及开孔,南岸短接头预先焊接在N5板上,北岸短接头暂不安装,可随拱肋先行吊装,待北岸GL15安装就位并调整好线形后,提前在合龙口两端弦管上焊接反力座,十字交叉挂上手拉葫芦,在合龙温度时逐步收紧,将拱肋临时锁定,再定位焊接在N5板上,须与南岸短接头的标高、轴线保持顺接,填充焊可放在白天进行。注意,白天需要完全解除手拉葫芦,避免在白天温度上升过程中绷断。

[0051] 定位后,再次复核计算合龙接头连接板长度是否满足实际需求,若不相符,则及时在拱上配切,同时标记连接板配孔位置。

[0052] 合龙口锁定及包板下料:次日夜间连续观测温度、线形变化规律,在与配孔时同等温度下,且线形接近理论线形时,逐步收紧手拉葫芦,将拱肋临时锁定,快速施拧高栓,在恒定温度下,完成所有高栓施拧,白天完成GL15风撑高栓施拧。

[0053] 在合龙温度时量取合龙口的实际尺寸,与连接板下料同步进行,确定上、下弦管对接套管尺寸,下料、安装、焊接,完成拱肋包板焊接。

[0054] 合龙施工资源配置及实施效果

[0055] 瞬时合龙关键之一就是要根据实现进度足量配置材料、机具、劳动力等各项资源,确保合龙顺利进行。材料方面,可根据设计图准备充足的钢板、钢管、高强螺栓和焊条等,其中合龙接头嵌补段多下料0.5m左右,合龙锁定后根据实测长度配切,连接板根据前述估算下料;设备方面,需要满足短接头焊接、连接板及嵌补段配切、锁定螺栓施拧、合龙端口微调等工序所需设备,具体见表2;劳动力方面,按照8个合龙工点同时施工配置,考虑预备人员可以适当超配,具体见表3。

[0056] 表2主要大型机具设备统计表

序号	设备名称	设备型号	单位	数量	备注
1	磁力钻	/	台	8	配孔
2	电焊机	/	台	4	焊接作业
3	气割设备	/	台	2	型材切割
[0057] 4	手拉葫芦	10吨	台	8	位置调整,抵
5	全站仪	莱卡	台	1	位置测量
6	全站仪	莱卡	台	1	位置测量
7	电动扭力扳手	SGDD-2000	台	8	螺栓施拧

[0058] 表3劳动力配置表

	人员类别	人员数量	备注
[0059]	张拉工	16 名	扣背索张拉
	焊工	14 名	短接头及包板焊接
	铆工	18 名	短接头、连接板、包板下料及安装
[0060]	螺栓安装工	16 名	施拧螺栓, 合龙段及风撑
	吊装工	22 名	拱肋定位、作业平台安装、打冲钉

[0061] 通过以上合理的资源的配置保证了合龙施工可多工作面连续进行,在两岸节段已安装完成的情况下,仅花费2天即实现乌江特大桥主拱合龙接头瞬时锁定,合龙温度在25℃,全拱高程偏位小于2.5cm,横向偏位小于1.5cm,8根弦杆合龙对准偏差小于3mm,合龙精度达到行业领先水平。

[0062] 德余高速乌江特大桥通过以上的手段和措施在2天内顺利实现主拱合龙姿态锁定,合龙工效快,锁定精度高,可为类似合龙构造施工提供参考。

[0063] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

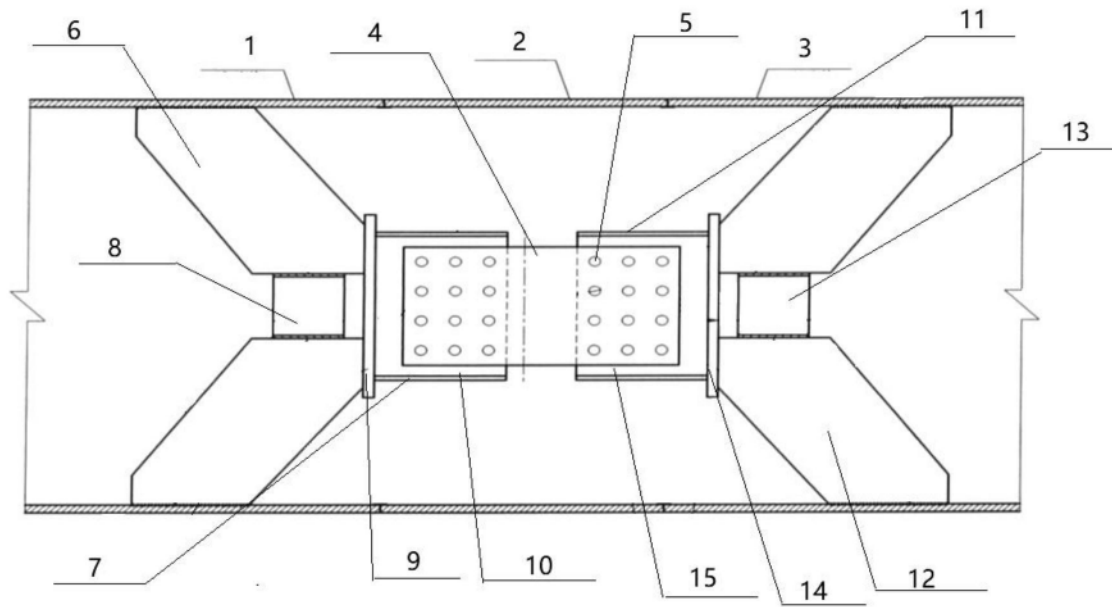


图1

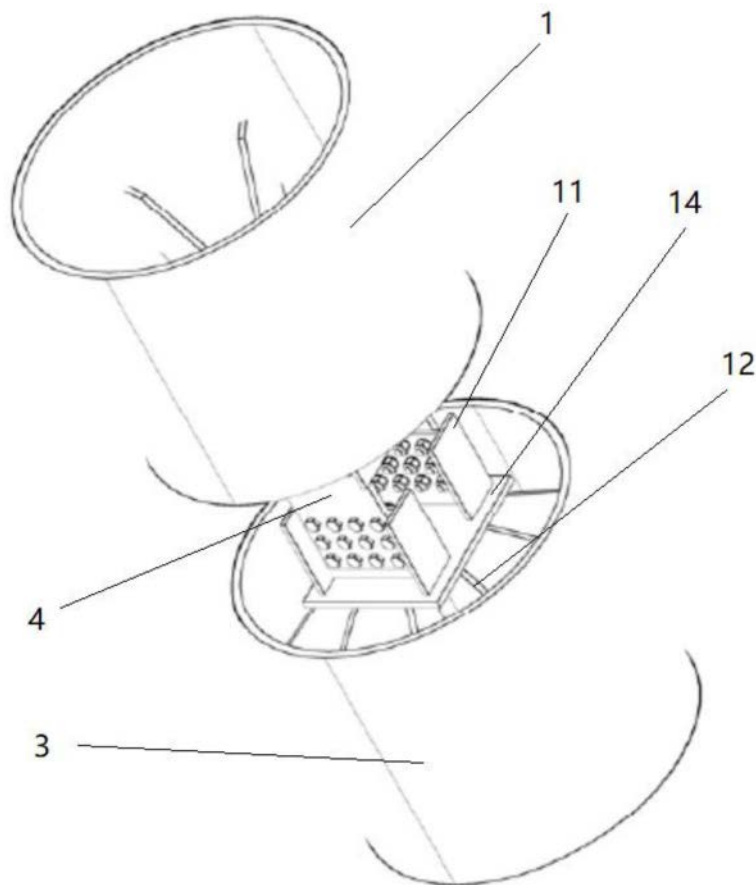
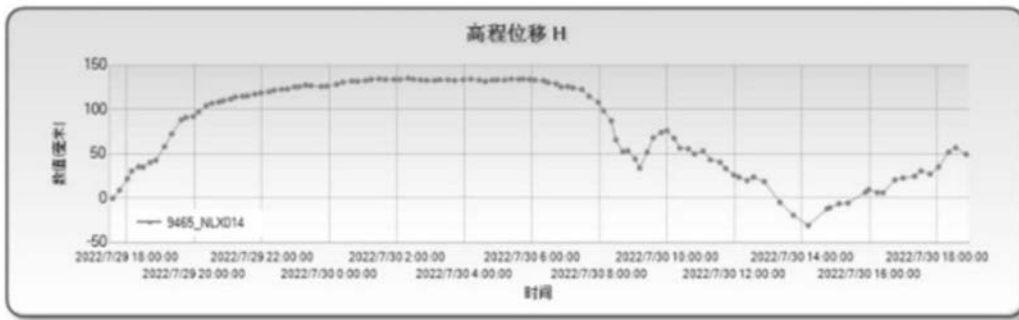
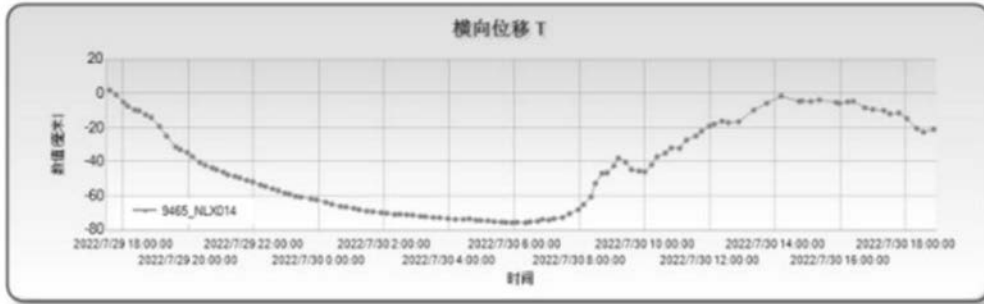


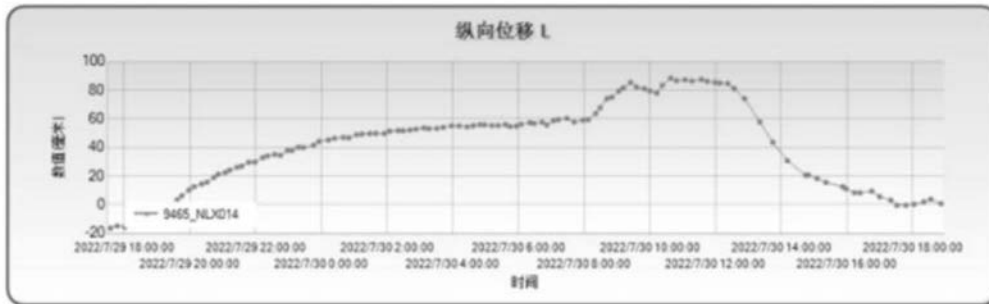
图2



a



b



c

图3