



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110184948 A

(43)申请公布日 2019.08.30

(21)申请号 201910559827.9

(22)申请日 2019.06.24

(71)申请人 安徽省公路桥梁工程有限公司

地址 230031 安徽省合肥市蜀山区黄山路
445号

(72)发明人 钱申春 沈维成 崔健 彭申凯

刘晓晗 王生涛 蒋小敏

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务

所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51)Int.Cl.

E01D 21/10(2006.01)

权利要求书3页 说明书20页

(54)发明名称

一种大桥主梁施工方法

(57)摘要

本发明公开了一种大桥主梁施工方法,通过中跨主梁施工、合拢段施工和边跨主梁施工,三个施工步骤,完成整个主梁的施工。通过本发明施工方法,可以保证整个主桥主梁施工循序渐进,按时完工,且施工后的主梁符合各项标准。

1. 一种大桥主梁施工方法,其特征在于,为三段施工,分别是中跨主梁施工、合拢段施工和边跨主梁施工;施工方法如下:

一、中跨主梁施工

(一)挂索施工

牵索挂篮挂篮下放、行走、提升至固定位置,锚固后利用挂篮自带施工平台进行挂篮挂索并预紧,实现前支点挂篮第一次体系转换;

挂索之前需进行主梁锚导管精确定位,拉索导管安装完成后测量人员行复核,符合要求后再进行拉索安装;

(二)钢筋、模板以及预埋件安装

主梁钢筋的安装顺序为先横隔梁,再主纵梁,后顶板;纵向钢筋接头采用搭接,并且在同一截面上接头数量不得超过同一编号钢筋数量的1/2;

主梁模板包括底模、侧模、顶模和端模;箱室内顶模、腹板采用15mm厚竹胶板,其余模板采用定型钢模;模板体系满足主梁标准段施工要求;

挂篮预埋件、防撞栏杆预埋钢筋,主梁索导管、监控设备等其安装、定位采用轴线定位法;

(三)砼浇筑及斜拉索张拉

砼灌注:横向自两端向中线对称灌注,纵向自悬臂端向悬臂根部灌注,以避免发生不均匀沉降,梁体产生裂纹;灌注中采用插入式振动棒振捣,振捣棒应快插慢拔,插入前一层砼5~10cm;

索导管安装精度:上下孔中心坐标 $\leq \pm 5\text{mm}$;待混凝土浇筑至50%时,检查后锚,参照监控单位提供索力进行第二次斜拉索张拉;凝土浇筑完成且砼强度达到设计90%、体内索张拉完成后检查后锚,参照监控单位提供索力进行第三次斜拉索张拉调整索力;

(四)砼养生、体内索张拉及体系转换

待砼养生7天,且弹模及强度达到设计90%要求时,进行体内预应力张拉;

体系转换:待混凝土达到设计强度后,张拉横向预应力和纵向精轧螺纹钢;张拉完毕后进行体系转换,将锚固于挂篮前端的斜拉索转换至梁端,让挂篮直接由后锚点锚固装置支撑于已浇筑的主梁上,再由塔端千斤顶张拉至设计索力;

(五)挂篮下放、前移、施工下一标准节段

实现体系转换后,解除梁面上滑梁后锚约束,上滑梁利用轨道移动至下一节段,锚固上滑梁,解除主桁架后锚约束,下方挂篮50cm,挂篮前移到指定位置,挂篮提升锚固;

二、边跨主梁施工

采用现浇碗扣支架施工工艺施工;

(一)支架搭设

支架立杆位置放样:用全站仪放出箱梁轮廓线,然后用钢尺放出底座十字线,并标示清楚;

安放底托:按标示的底座位置先安放底托,然后将旋转螺丝顶面调整在同一水平面上;

安装立杆、横杆和顶托:从中间开始,按照横向60cm、90cm,纵向60cm布设立杆,横杆步距为60cm、120cm,调整立杆垂直度和位置后并将碗扣稍许扣紧,一层立杆、横杆安装完后再进行第二层立杆和横杆的安装,直至最顶层,最后安放顶托;

安放槽钢、方木、铺底模：在顶托调整好后再在箱梁底板下铺设纵桥向10#工字钢，接着铺设横向8cm×8cm方木，根据放出的中线铺设 $\delta=15\text{mm}$ 的竹胶板做为箱梁底模；

设置剪刀撑：剪刀撑采用D48普通钢管，且在钢管连接处用两个钢管扣件紧固，纵横向剪刀撑间距不大于4.5m，水平剪刀撑间距不大于4.8m，剪刀撑按规范连续设置，确保支架整体稳定；

防护栏杆设置：用48mm*2.7mm钢管在箱梁支架侧翼缘板外侧与箱梁两侧操作平台搭设1.2m高的防护栏杆，并在60cm-80cm处加设一层拦腰杆，栏杆立杆按3m一道设置；

爬梯设置：爬梯支架与箱梁满堂支架分开搭设，并确保爬梯的搭设稳固与安全；

(二) 支架预压

(三) 模板工程

箱梁底模采用15mm厚竹胶板，模板尺寸为1220*2440mm；

箱梁底模、翼板长

边顺桥向排布；内模采用木工板；

底模板安装：在横木安装好后，进行平整度验收，使横木顶面基本保持平整，平整度误差小于5mm，然后再进行竹胶板铺设；方木顶面应平整，所使用的方木应顺直，无变形，方木检查合格后，安装竹胶板；竹胶板采用厚度为15mm，用铁钉固定在定

位木条上；

内模安装：箱室内模采用木工板(小红板)，由内侧模板和内顶模板组成，箱室内顶模板待内侧模板拆除后方能开始安装，箱室内腹板侧模之间采用对拉螺栓加固、钢

管支架进行支撑；箱梁两侧腹板内模板接缝背面设置竖向方木顶撑，保证接缝平顺不漏浆；

(四) 钢筋安装：在底模和外侧模安设调整后，于底板和侧板上用石笔画上相应筋号的间距，对号布设钢筋，侧墙箍筋，配合底板横筋的进度向前布设，底板的上层纵筋在侧墙箍筋里面的，待全部箍筋就位后，才能穿插进去；

(五) 现浇砼施工：先浇筑悬臂端，再浇筑箱室腹板，然后浇筑箱室底板，最后浇筑箱室顶板；

(六) 预应力施工；

(七) 支架拆除：当砼强度达到要求，张拉及压浆工序结束且挂索张拉，可进行支架的拆除；碗扣式钢管支架拆除时，把顶托向下旋，取出竹胶板和方木，然后逐步拆除碗扣支架；

三、合龙段施工

施工流程如下：挂篮前移至就位→挂篮模板安装→钢筋、预应力、锚导管安装→混凝土浇筑→砼养护→预应力张拉→斜拉索施工→墩梁临时固结解除→安装水箱配重→安装合龙段劲性骨架→合龙段模板安装→合龙段钢筋、预应力安装→合龙段混凝土浇筑→砼养护→合龙段劲性骨架拆除→合龙段预应力张拉。

2. 根据权利要求1所述的一种大桥主梁施工方法，其特征在于，所述的模板体系包括模板与支撑支架，施工采用与挂篮底平台整体起落；

挂篮底平台提升到位后其底模、顶模、侧模随至到位，后利用模板撑脚、挂篮吊带进行微调；待底模、顶模完全就位后，顶升、平移横隔墙内侧模、梁肋侧模使其就位，进行钢筋绑扎、波纹管安装，合格后再进行横隔墙外侧模、端部顶板底模的拼装，最后进行端模的安装，

端模采用钢模,预留钢筋孔及预应力端口,安装位置准确,以底模垂直。

一种大桥主梁施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种大桥主梁施工方法,属于桥梁施工领域。

背景技术

[0002] 大桥主梁施工方法多种多样,对于不同的地理环境,不同的大桥结构施工方法也不一。

发明内容

[0003] 为本发明目的是提供一种针对大桥主梁的三段式施工方法。

[0004] 一种大桥主梁施工方法,为三段施工,分别是中跨主梁施工、合拢段施工和边跨主梁施工;施工方法如下:

[0005] 一、中跨主梁施工

[0006] (一)挂索施工

[0007] 牵索挂篮挂篮下放、行走、提升至固定位置,锚固后利用挂篮自带施工平台进行挂篮挂索并预紧,实现前支点挂篮第一次体系转换;

[0008] 挂索之前需进行主梁锚导管精确定位,拉索导管安装完成后测量人员行复核,符合要求后再进行拉索安装;

[0009] (二)钢筋、模板以及预埋件安装

[0010] 主梁钢筋的安装顺序为先横隔梁,再主纵梁,后顶板;纵向钢筋接头采用搭接,并且在同一截面上接头数量不得超过同一编号钢筋数量的1/2;

[0011] 主梁模板包括底模、侧模、顶模和端模;箱室内顶模、腹板采用15mm厚竹胶板,其余模板采用定型钢模;模板体系满足主梁标准段施工要求;

[0012] 挂篮预埋件、防撞栏杆预埋钢筋,主梁索导管、监控设备等其安装、定位采用轴线定位法;

[0013] (三)砼浇筑及斜拉索张拉

[0014] 砼灌注:横向自两端向中线对称灌注,纵向自悬臂端向悬臂根部灌注,以避免发生不均匀沉降,梁体产生裂纹;灌注中采用插入式振动棒振捣,振捣棒应快插慢拔,插入前一层砼5~10cm;

[0015] 索导管安装精度:上下孔中心坐标 $\leq \pm 5\text{mm}$;待混凝土浇筑至50%时,检查后锚,参照监控单位提供索力进行第二次斜拉索张拉;凝土浇筑完成且砼强度达到设计90%、体内索张拉完成后检查后锚,参照监控单位提供索力进行第三次斜拉索张拉调整索力;

[0016] (四)砼养生、体内索张拉及体系转换

[0017] 待砼养生7天,且弹模及强度达到设计90%要求时,进行体内预应力张拉;

[0018] 体系转换:待混凝土达到设计强度后,张拉横向预应力和纵向精轧螺纹钢;张拉完毕后进行体系转换,将锚固于挂篮前端的斜拉索转换至梁端,让挂篮直接由后锚点锚固装置支撑于已浇筑的主梁上,再由塔端千斤顶张拉至设计索力;

- [0019] (五)挂篮下放、前移、施工下一标准节段
- [0020] 实现体系转换后,解除梁面上滑梁后锚约束,上滑梁利用轨道移动至下一节段,锚固上滑梁,解除主桁架后锚约束,下方挂篮50cm,挂篮前移到指定位置,挂篮提升锚固;
- [0021] 二、边跨主梁施工
- [0022] 采用现浇碗扣支架施工工艺施工;
- [0023] (一)支架搭设
- [0024] 支架立杆位置放样:用全站仪放出箱梁轮廓线,然后用钢尺放出底座十字线,并标示清楚;
- [0025] 安放底托:按标示的底座位置先安放底托,然后将旋转螺丝顶面调整在同一水平面上;
- [0026] 安装立杆、横杆和顶托:从中间开始,按照横向60cm、90cm,纵向60cm布设立杆,横杆步距为60cm、120cm,调整立杆垂直度和位置后将碗扣稍许扣紧,一层立杆、横杆安装完后再进行第二层立杆和横杆的安装,直至最顶层,最后安放顶托;
- [0027] 安放槽钢、方木、铺底模:在顶托调整好后在箱梁底板下铺设纵桥向10#工字钢,接着铺设横向8cm×8cm方木,根据放出的中线铺设 $\delta=15\text{mm}$ 的竹胶板做为箱梁底模;
- [0028] 设置剪刀撑:剪刀撑采用D48普通钢管,且在钢管连接处用两个钢管扣件紧固,纵横向剪刀撑间距不大于4.5m,水平剪刀撑间距不大于4.8m,剪刀撑按规范连续设置,确保支架整体稳定;
- [0029] 防护栏杆设置:用48mm*2.7mm钢管在箱梁支架侧翼缘板外侧与箱梁两侧操作平台搭设1.2m高的防护栏杆,并在60cm-80cm处加设一层拦腰杆,栏杆立杆按3m一道设置;
- [0030] 爬梯设置:爬梯支架与箱梁满堂支架分开搭设,并确保爬梯的搭设稳固与安全;
- [0031] (二)支架预压
- [0032] (三)模板工程
- [0033] 箱梁底模采用15mm厚竹胶板,模板尺寸为1220*2440mm。箱梁底模、翼板长边顺桥向排布;内模采用木工板;
- [0034] 底模板安装:在横木安装好后,进行平整度验收,使横木顶面基本保持平整,平整度误差小于5mm,然后再进行竹胶板铺设;方木顶面应平整,所使用的方木应顺直,无变形,方木检查合格后,安装竹胶板;竹胶板采用厚度为15mm,用铁钉固定在定位木条上;
- [0035] 内模安装:箱室内模采用木工板(小红板),由内侧模板和内顶模板组成,箱室内顶模板待内侧模板拆除后方可开始安装,箱室内腹板侧模之间采用对拉螺栓加固、钢管支架进行支撑;箱梁两侧腹板内模板接缝背面设置竖向方木顶撑,保证接缝平顺不漏浆;
- [0036] (四)钢筋安装:在底模和外侧模安设调整后,于底板和侧板上用石笔画上相应筋号的间距,对号布设钢筋,侧墙箍筋,配合底板横筋的进度向前布设,底板的上层纵筋在侧墙箍筋里面的,待全部箍筋就位后,才能穿插进去;
- [0037] (五)现浇砼施工:先浇筑悬臂端,再浇筑箱室腹板,然后浇筑箱室底板,最后浇筑箱室顶板;
- [0038] (六)预应力施工;
- [0039] (七)支架拆除:当砼强度达到要求,张拉及压浆工序结束且挂索张拉,可进行支架的拆除;碗扣式钢管支架拆除时,把顶托向下旋,取出竹胶板和方木,然后逐步拆除碗扣支

架；

[0040] 三、合龙段施工

[0041] 施工流程如下：挂篮前移至就位→挂篮模板安装→钢筋、预应力、锚导管安装→混凝土浇筑→砼养护→预应力张拉→斜拉索施工→墩梁临时固结解除→安装水箱配重→安装合龙段劲性骨架→合龙段模板安装→合龙段钢筋、预应力安装→合龙段混凝土浇筑→砼养护→合龙段劲性骨架拆除→合龙段预应力张拉。

[0042] 2、根据权利要求1所述的一种大桥主梁施工方法，其特征在于，所述的模板体系包括模板与支撑支架，施工采用与挂篮底平台整体起落；

[0043] 挂篮底平台提升到位后其底模、顶模、侧模随至到位，后利用模板撑脚、挂篮吊带进行微调；待底模、顶模完全就位后，顶升、平移横隔墙内侧模、梁肋侧模使其就位，进行钢筋绑扎、波纹管安装，合格后再进行横隔墙外侧模、端部顶板底模的拼装，最后进行端模的安装，端模采用钢模，预留钢筋孔及预应力端口，安装位置准确，以底模垂直。

具体实施方式

[0044] 本发明以巢湖市亚父路(巢湖南路-港口大道)工程裕溪河特大桥主梁工程施工为例。

[0045] 主桥桥型为双塔双索面预应力混凝土特大斜拉桥，孔跨布置为45m+80m+285m+80m+45m。边跨设有辅助墩，主桥全长535m。主桥支撑体系采用纵向半漂浮体系，主塔处设置纵向阻尼器；在边墩、辅助墩墩顶处设置纵向活动支座，单侧横向约束。

[0046] 本桥主梁为双向预应力混凝土结构，混凝土强度等级C60；截面为等高度边主梁形式，主梁全长为535m，主梁顶面全宽44.5m，桥梁中心线处梁高3.0m，斜拉索吊点处梁高2.7m，吊点距梁中心线14m。主跨标准节段长6.5m，梁顶宽4450cm，梁高300cm，顶板厚28cm，边箱底板厚30cm，中腹板厚50cm，边斜腹板厚25cm。在距斜拉索顺桥向锚固位置50cm处设置横隔板，隔板间距6.5m，跨中隔板厚30cm，边箱隔板厚50cm。边跨压重主梁亦采用等高度混凝土边箱梁结构，箱梁外形与主跨保持一致，腹板位置与主跨箱梁对应，标准阶段长4.2m，箱梁顶板宽4450cm，梁高300cm，因压重需要，顶底板均有不同程度的加厚，其中顶板厚35cm，边箱底板厚40cm，中腹板厚50cm，边斜腹板厚30cm。在距斜拉索顺桥向锚固位置50cm处设置横隔板，隔板距离4.2cm，中隔板厚30cm，边箱隔板厚50cm。为了与结构受力相适应，在45m边跨箱室底板上设置80cm³15混凝土压重，两边箱均匀施加压重。

[0047] 主梁在辅助墩、边墩处分别设置中横梁、端横梁，横梁采用预应力结构，横梁宽度300cm，端横梁宽度为200cm。主梁标准节采用前支点牵索挂篮悬浇施工；塔墩处23m长0#块采用钢管支架现浇法现浇施工；边跨125m梁段采用分节段支架法施工。为与施工方法相对应，主梁分为0号节段、主跨标准节段、边跨标准节段、合龙段等九种类型，全桥共分为85个节段，大部分节段长为6.5m，与索距及横梁间距相同。全桥在中跨设置合龙段，合龙段为标准截面，长度为2.0m。主梁为纵、横、竖向预应力结构，纵向预应力为四种：JL32精轧螺纹钢和15-19、15-12、15-9高强度低松弛钢绞线，钢束设计需要在节段线部分张拉接长。横向预应力为15-15、15-12、15-9、15-3高强度钢绞线，布置在横隔板及横梁内，锚固在主梁外侧或隔板人孔处。在斜拉索锚固处主梁设置竖向预应力以抵消拉索竖向分力，竖向预应力采用JL32精轧螺纹钢，所有预应力孔道皆用金属波纹管制孔。钢束张拉顺序按照纵向-横

向-竖向的顺序进行张拉。各种类型钢束的具体张拉顺序详见各部分施工图,各钢束横桥向对称同步进行张拉。悬臂施工时,特别注意标准段横隔板预应力应先张拉N3、N1、N4钢束,N2钢束在下一节段纵向预应力张拉完毕后再张拉,以减小主梁因横向预应力张拉引起的侧向弯矩。

[0048] 中跨主梁施工

[0049] 牵索挂篮施工工艺流程:挂篮下放、行走、提升→精确定位固定锚导管→挂索(第一次张拉且调整悬臂端标高)→模板安装→钢筋、预应力、预埋件安装→混凝土浇筑50%→第二次张拉(调整悬臂端标高)→混凝土浇筑100%→混凝土养(强度及弹模达到设计90%)→标准节体内预应力张拉→拉索第三次张拉→挂篮下放、行走、提升(循环施工直至20节块施工完毕)。

[0050] 7.2.1、挂索施工

[0051] 待牵索挂篮提升到位并且锚固后,利用挂篮自带施工平台进行挂篮挂索并预紧(在塔柱上预紧),实现前支点挂篮第一次体系转换。挂索之前需进行主梁锚导管精确定位,拉索导管安装完成后测量人员再进行复核,符合要求后再进行拉索安装,第一次拉索张拉(索力和高程由监控提供修正值,并且每个节块监控单位提供监控指令)。

[0052] 7.2.2、钢筋、模板以及预埋件安装

[0053] (1)钢筋:

[0054] 1、材料要求:主梁钢筋力学性能应符合GB1499-91、GB13013-91的规定,

[0055] 具有出厂质量证明书,并按规范要求抽验。

[0056] 2、钢筋的安装顺序为先横隔梁,再主纵梁,后顶板。

[0057] 3、纵向钢筋接头采用搭接,并且在同一截面上接头数量不得超过同一编号钢筋数量的1/2(钢筋配料时必须注意)。

[0058] 焊缝要求:

[0059] 焊缝长度:双面焊5d,单面焊10d;

[0060] 焊缝宽度:0.7d但不小于10mm;

[0061] 焊缝深度:0.3d但不小于4mm;

[0062] 4、钢筋安装应顺直平整,安装精度要求。

[0063] 两排受力主筋排距 $\pm 5\text{mm}$;

[0064] 同排受力钢筋间距 $\pm 10\text{mm}$;

[0065] 钢筋弯起点位置 $\pm 20\text{mm}$;

[0066] 箍筋、横向钢筋间距 $\pm 20\text{mm}$;

[0067] 保护层厚度 $\pm 5\text{mm}$;

[0068] (2)模板

[0069] 主梁模板包括底模、侧模、顶模和端模。箱室内顶模、腹板采用15mm厚竹胶板,其余模板采用定型钢模,模板体系满足主梁标准段施工要求(包含倒角模板)。

[0070] 模板体系包括模板与支撑支架,施工采用与挂篮底平台整体起落(行走前挂篮需要整体下降50cm)。挂篮底平台提升到位后其底模、顶模、侧模(附于内、外撑架)随至到位,后利用模板撑脚、挂篮吊带进行微调。待底模、顶模完全就位后,顶升、平移横隔墙内侧模、梁肋侧模使其就位。进行钢筋绑扎、波纹管安装,合格后再进行横隔墙外侧模、端部顶板底

模(顶模)的拼装,最后进行端模的安装,端模采用钢模,预留钢筋孔及预应力端口,安装位置准确,以底模垂直。模板安装的精度要求

[0071] 加工成型的模板进行验收,模板安装应满足以下精度要求:

[0072] 模板标高 $\pm 10\text{mm}$

[0073] 模板内部尺寸 $+5,-0\text{mm}$

[0074] 轴线偏位 $\pm 10\text{mm}$

[0075] 相邻模板高低差 2mm

[0076] 模板宽度 $\pm 20\text{mm}$

[0077] 预留孔洞中心线位置 10mm

[0078] 预留孔洞截面内部尺寸 $+10\text{mm},-0\text{mm}$;

[0079] (3)预埋件

[0080] 挂篮预埋件(吊点、后锚点、止推块)、防撞栏杆预埋钢筋,主梁索导管、监控设备等其安装、定位采用轴线定位法。挂篮预埋件和预留孔的安装、施工时严格控制、保证精度。监控钢弦计,安装时加以防护,以防施工中受到损伤,影响精度。

[0081] 1、斜拉索索导管及锚箱见设计图纸,施工中索道管安装应考虑底模预抬,主梁线型预拱度、温度变化的影响等。索道管采用热轧无缝钢管,其性能应符合规范规定。

[0082] 2、索导管与锚垫板的加工及焊接需在车间用胎具精确定位加工制造,焊接要求按“公路桥涵施工技术规范”(JTG/TF50-2011)规定办理。钢管切割后两端需磨光,管材要顺直,与垫板焊接时应用夹具固定位置后对称焊接,其制作精度要求:钢垫板要平整,钢管中心线应垂直于锚垫板,其垂度偏差 $\leq 1/2000$,中心偏差 $\pm 1\text{mm}$ 。

[0083] 3、现场索道管安装前,应根据设计图纸及加工质量要求,检查索道管的直径、规格、垂直度,倾角 α 、中心偏差等。

[0084] 4、索导管安装应严格按索导管的平面位置,标高及角度精确测量定位。

[0085] 7.2.3、砼浇筑及斜拉索张拉

[0086] 浇筑前,应对支架、模板、钢筋和预埋件等进行检查,模板内的杂物、积水及钢筋上的污物应清理干净。对预埋混凝土中的锚具、管道等进行全面检查验收,符合要求后方可开始浇筑。砼灌注:横向自两端向中线对称灌注,纵向自悬臂端向悬臂根部灌注,以避免发生不均匀沉降,梁体产生裂纹。灌注中采用插入式振动棒振捣,振捣棒应快插慢拔,插入前一层砼 $5\sim 10\text{cm}$ 。索导管安装精度:上下孔中心坐标 $\leq \pm 5\text{mm}$ 。

[0087] 待混凝土浇筑至50%时,检查后锚,参照监控单位提供索力进行第二次斜拉索张拉;

[0088] 凝土浇筑完成且砼强度达到设计90%、体内索张拉完成后检查后锚,参照监控单位提供索力进行第三次斜拉索张拉调整索力。

[0089] 砼浇筑相关要求:

[0090] 1、材料要求:所有进场材料必须经检验并符合有关规定后用。方准使用。

[0091] 2、砼设计强度C60,要求和易性好,不泌水,坍落度控制为肋板和横隔梁为 $90\sim 22\text{cm}$,顶板砼控制为 $16\sim 18\text{cm}$,初凝时间 10h ,具有良好的可泵性。

[0092] 3、砂、石料计量要求准确,配料机需经计量部门标定,砂、石料误差 $\leq 2\%$,拌合用水、水泥、外下沉、冒汽泡,并开始泛浆为度。

[0093] 4、砼灌注完毕后,进行洒水养护。

[0094] 5、主梁砼施工质量要求

[0095] ①砼振捣密实,横隔梁处宜用B25振动棒插捣,保证表面无蜂窝露筋现象,接缝良好,其面积不得超过同侧面积1%。

[0096] ②节段重量误差控制在±2%以内。

[0097] ③竣工后几何外形尺寸的允许误差:

[0098] 轴线偏差10mm

[0099] 梁高+5mm,-10mm

[0100] 梁宽±30mm

[0101] 板厚+10mm,-0

[0102] 锚固点高程±20mm;

[0103] 7.2.4、砼养生、体内索张拉及体系转换

[0104] 体内索张拉:待砼养生7天,且弹模及强度达到设计90%要求时,进行体内预应力张拉。

[0105] 体系转换:待混凝土达到设计强度后,张拉横向预应力和纵向精轧螺纹钢。张拉完毕后进行体系转换,将锚固于挂篮前端的斜拉索转换至梁端,让挂篮直接由后锚点锚固装置支撑于已浇筑的主梁上,再由塔端千斤顶张拉至设计索力。

[0106] 7.2.5、挂篮下放、前移、施工下一标准节段

[0107] 实现体系转换后,解除梁面上滑梁后锚约束→上滑梁利用轨道移动至下一节段→锚固上滑梁→解除主桁架后锚约束→下方挂篮50cm(下方后C型挂钩为主要支撑点)→挂篮前移到指定位置→挂篮提升锚固。

[0108] 注意:挂篮下放时,首先把顶面竹胶板拆除放于挂篮支架上,然后把外侧模板和纵横梁模板采用旋杆脱离砼面,再进行下放。

[0109] 7.3、边跨主梁施工

[0110] 现浇碗扣支架施工工艺流程:支架搭设→模板安装→钢筋绑扎→混凝土浇筑→混凝土养护→体内预应力张拉(强度及弹模达到设计90%)→挂索(张拉到监控指令索力)→支架拆除(循环向前施工,直至边跨施工完毕)。

[0111] 特别注意:支架纵桥向不少于3个标准节长度,45米压重段支架一次施工完成。

[0112] 7.3.1、地基处理

[0113] 本项目桥梁所处位置为承载力差的粉质粘土和淤泥粉质粘土,且下雨雨水难以及时排除。拟采用大面积碎石换填,主梁标准节换填碎石厚度为30cm,碎石顶面浇筑20cmC20混凝土垫层。碎石换填压实后进行重型动力触探承载力检测,检测的承载力不低于100kpa。为避免处理好的地基受水浸泡,在基础顶面设置0.5%排水横坡,严禁在施工场地内形成积水,造成地基不均匀沉降,引起支架失稳,出现安全隐患和事故。

[0114] 垫层混凝土浇筑分块浇筑,每块面积6×8m,以利于控制沉降裂缝,混凝土一边布料一边振捣作业,平板式振动器振捣密实。振捣密实以拌合物中粗集料停止下沉,表面不再冒气泡,并泛出水泥浆为准,注意不能过振。对不平之处,应及时铺以人工补填找平。补填时就用较细的混合料原浆,严禁用纯砂浆填补。对于局部处理后检测仍不合格的部分,可以采用重新进行换填处理,换填厚度加厚一倍,提高垫层厚度或注浆等方法,重新检测承载力直

至合格为止。

[0115] 7.3.2、支架搭设

[0116] 1、支架立杆位置放样

[0117] 用全站仪放出箱梁轮廓线,然后用钢尺放出底座十字线,并标示清楚。

[0118] 2、安放底托

[0119] 按标示的底座位置先安放底托,然后将旋转螺丝顶面调整在同一水平面上。注意底座与地基的密贴,严禁出现底座悬空现象。

[0120] 3、安装立杆、横杆和顶托

[0121] 从中间开始,按照横向60cm、90cm,纵向60cm布设立杆,横杆步距为60cm、120cm(横梁及腹板下为60cm,其余部位为120cm),调整立杆垂直度和位置后并将碗扣稍许扣紧,一层立杆、横杆安装完后再进行第二层立杆和横杆的安装,直至最顶层,最后安放顶托。为了保持顶托横向稳定性,顶托伸出长度一般控制在30cm以下,顶托插入钢管时的长度不得小于150mm。为便于在支架上高空作业,安全省时,可在地面上大致调好顶托伸出量,再运至支架顶部安装。根据梁底高程变化决定横桥向控制高程的断面间距,顺桥向每跨设左、中、右三个控制点,精确调出顶托标高。然后用明显的标记标明顶托伸出量,以便校验,最后再用拉线内插方法,依次调出每个顶托的标高。

[0122] 4、安放槽钢、方木、铺底模

[0123] 在顶托调整好后在箱梁底板下铺设纵桥向10#工字钢,接着铺设横向8cm×8cm方木,根据放出的中线铺设 $\delta=15\text{mm}$ 的竹胶板做为箱梁底模。

[0124] 5、设置剪刀撑

[0125] 剪刀撑采用D48普通钢管,且在钢管连接处用两个钢管扣件紧固。纵横向剪刀撑间距不大于4.5m,水平剪刀撑间距不大于4.8m,剪刀撑按规范连续设置,确保支架整体稳定。

[0126] 6、防护栏杆设置

[0127] 用48mm*2.7mm钢管在箱梁支架侧翼缘板外侧与箱梁两侧操作平台搭设1.2m高的防护栏杆,并在60cm-80cm处加设一层拦腰杆,栏杆立杆按3m一道设置。防护栏杆采用密目安全网全包裹覆盖,平台处设置踢脚板。

[0128] 7、爬梯设置

[0129] 爬梯支架与箱梁满堂支架分开搭设,并确保爬梯的搭设稳固与安全。爬梯搭设自下而上成Z字型搭设,每层爬梯为一个“Z”字,高为600cm,每层爬梯设两个休息平台,两个休息平台间高度为300cm,爬梯两侧用48mm*2.5mm的钢管搭设安全防护栏杆,安全防护栏杆高度为150cm;爬梯两侧、每层爬梯顶部铺设安全网。

[0130] 7.3.3、支架预压

[0131] 1、箱梁满堂支架满载预压试验目的

[0132] 为了保证箱梁在浇筑落架后,满足设计要求,符合施工规范。同时检验支架搭设的整体稳定性和验证支架及支架基础的实际承载能力,克服砼浇筑过程中支架的不均匀沉降,避免箱梁混凝土因支架不均匀沉降而出现裂缝,确保施工期间的结构安全。

[0133] 对于预压加载的方式,国内桥梁建设中已有相当成熟的经验,主要有流体加载和固体加载两大类,结合以往经验本项目箱梁满堂支架按主梁自重1.2倍预压试验,采用预压块。

[0134] 本项目现浇梁采用主桥标准节JS1进行预压,以测验支架是否满足要求。

[0135] 2、预压前支架顶标高设置

[0136] 为防止预压后,由于支架的变形等原因,需对支架进行较大的调整,给施工带来较大的麻烦,因此在预压前,需对支架顶标高进行设置,预加理论预拱度,以减少不必要的麻烦。预压前支架顶标高=设计标高+理论预拱度+支架非弹性变形+弹性变形。

[0137] 3、支架验收

[0138] 支架搭设好后,根据相关规范的要求进行支架验收,确保支架与支架之间、支架与10#工字钢之间、10#工字钢与方木之间、方木与模板之间等各相邻面接触紧密,无明显缝隙。

[0139] 4、布置测量标高点

[0140] 为了解支架沉降情况,在底模上布置测量标高点,测量控制点按顺桥向每5米布置一排,横向于腹板下布设,保证标准断面有2排观测点,每排3个观测点。

[0141] 5、满载预压

[0142] ①预压荷载材料

[0143] 预压荷载采用预压块,设专人记录,沉降记录观测表,加载时用25吨汽车吊提升到箱梁上部。

[0144] ②分级加载

[0145] 本次支架预压加载采用三级加载,加载依次为单元内预压荷载值的60%、100%、120%,前两级每级持荷时间不小于1小时,最后一级为24小时,在全部加载完成后的支架预压检测过程中,当满足下列条件之一时,判定为支架预压合格:

[0146] 1)、各监测点最初24小时的沉降量平均值小于1mm;

[0147] 2)、各监测点最初72小时的沉降量平均值小于5mm;

[0148] 3)、连续三次各监测点沉降量平均值累计小于5mm。

[0149] 否则还须持荷进行预压,直到地基及支架沉降到位方可卸压。每级加载后,分别测定各级荷载下支架和支架梁的变形值,全部加载完成后,(即卸载前)再观测一次。将各阶段各测点高程记入表格中,并算出相应变形量。

[0150] ③卸载

[0151] 卸载顺序与加载顺序相反,每次卸载后都要观测一次,将各阶段各测点高程记入表格中,并算出相应变形值。

[0152] 6、测量方法

[0153] 测量仪器主要高精度水准仪观测,测量步骤如下:

[0154] ①分级加(卸)载时,统一指挥,配备专门的荷载记录统计员,对各阶段各测点都要测量一次并有专人复测,测出各点的标高值,计算各测点的变形值,将各数值记入表格中。

[0155] ②整理上述各标高值,计算各测点的变形值,编制变形量成果表。

[0156] ③观测注意事项

[0157] a) 采用相同的观测路线和观测方法;

[0158] b) 使用同一仪器和设备;

[0159] c) 固定观测人员:周文杰、李奇;

[0160] d) 观测的各项记录,必须注明观测时气象情况及荷载变形;

[0161] e) 当对变形成果发生怀疑时,应随时进行检核;

[0162] f) 观测前对所使用的仪器和设备应进行检查校正,并作出详细记录。

[0163] 7、观测数据的处理

[0164] 通过观测各测量标高点在加(卸)载不同阶段时的标高值,算出支架在各阶段相应的变形数据,将各标高值及变形数据整理并记入变形量成果表中。根据各阶段变形数据及荷载情况,绘制荷载、变形量曲线图,按此图推算各部位的支架变形值。

[0165] 8、设置施工预拱度

[0166] 根据支架变形值及设计预拱度设置施工预拱度,按两次抛物线变化计算各点的预拱度,即:距拱顶 X 的预拱度值 $\delta X = \delta_{支} \times (L - X) / L$,施工预拱度为支架2变形值。

[0167] 9、预压沉降不合格处理

[0168] 若预压过程中,地基沉降变形不合格,应对不合格地基进行注浆加固处理,避免箱梁混凝土因支架不均匀沉降而出现裂缝,确保施工期间的箱梁结构安全。地基二次处理采用小型钻孔机钻孔,钻孔深度不低于2米,孔径为5cm,孔径平面布置为30cm×30cm。压浆材料采用M10的水泥砂浆灌浆,灌浆压力不少于0.5Mpa,要保证地基不出现明显的隆起现象。二次处理的地基承载力不低于100Kpa。

[0169] 7.3.4、模板工程

[0170] 箱梁底模采用15mm厚竹胶板,模板尺寸为1220*2440mm。箱梁底模、翼板长边顺桥向排布。内模采用木工板(小红板)。

[0171] 1、底模板安装

[0172] 在横木安装好后,进行平整度验收,使横木顶面基本保持平整,平整度误差小于5mm,然后再进行竹胶板铺设。方木顶面应平整,所使用的方木应顺直,无变形,方木检查合格后,安装竹胶板。竹胶板采用厚度为15mm,用铁钉固定在定位木条上。底模板在安装时,必须进行精确的放样,定出底模板的外缘位置。底模板需设置施工预拱度,预拱度按抛物线进行设置。箱梁底模的排版原则是:以每跨两端的墩柱中心线为基准,整块模板从基准线开始向两侧排布,异型模板只准出现在箱梁底板的两侧及两端支座处。主线桥渐变段处的底模板基准线以主线桥桥墩中心线为准,向两侧排布。考虑到箱梁浇筑前便于箱梁模板的清理及冲洗,在箱梁箱室模板上两侧开设各一个20×30cm清理洞口,每一跨设置三处,等到混凝土浇筑时将木板从外面封严,不影响箱梁混凝土浇筑。在底模板安装好后,进行验收,对模板的标高、平面位置进行复测,平整度和模板接缝都达到施工规范要求,才能进行下道工序。

[0173] 2、内模安装

[0174] 箱室内模采用木工板(小红板),由内侧模板和内顶模板组成,箱室内顶模板待内侧模板拆除后方能开始安装,箱室内腹板侧模之间采用对拉螺栓加固、钢管支架进行支撑。模板组装必须牢固,拼缝必须严密,在浇筑混凝土时保证不位移、不变形、不漏浆。模板拼缝间隙不得大于2mm,且缝隙处必须粘贴海绵胶条,防止漏浆影响外观;相邻模板拼缝错台不得超过2mm。箱梁两侧腹板内模板接缝背面设置竖向方木顶撑,保证接缝平顺不漏浆。箱梁腹板模板采用木工板,模板次楞采用80*80mm方木,竖向设置,水平间距300mm;主楞采用两根 $\Phi 48 \times 2.7$ 钢管,纵向水平设置,竖向间距600mm。腹板两侧主楞采用 $\Phi 10$ 对拉螺栓拉结、固定,水平间距600mm,以增强腹板模板及楞木的抗弯能力。浇筑时箱梁顶板支架采用90*90cm

钢管支架配合8*8cm@30cm横向方木以及布置间距60cm的纵向双拼钢管钢进行搭设,铺设顶板模板。

[0175] 7.3.6、现浇砼施工

[0176] 混凝土由自供砼站集中拌制,通过运输罐车运至施工现场,采用汽车泵泵送入模。浇筑混凝土前,应对支架、模板、钢筋、波纹管 and 预埋件进行检查,确保其无破损且位置和尺寸正确。混凝土浇筑程序、次序:先浇筑悬臂端 再浇筑箱室腹板然后浇筑箱室底板 最后浇筑箱室顶板。混凝土浇筑时序:安排浇筑时间,早上四点开始浇筑,一台汽车泵、一台拖泵,标准节混凝土方量210m,预计浇筑时间5个小时。标准节箱梁砼一次浇注完成,浇筑时按分层(30cm)进行,先浇筑底腹板再浇筑顶板。

[0177] 底腹板混凝土按“悬臂端 悬臂根部”顺序浇筑。待腹板内角处混凝土浇筑到位后,再浇筑底板混凝土(顶板预留洞口),之后再浇筑腹板剩余混凝土以及顶板混凝土。

[0178] 1、箱梁底板混凝土施工

[0179] 箱梁底板混凝土浇筑时先从腹板下料,底板混凝土不足部分利用输送泵直接浇筑。具体浇注步骤如下:首先自箱梁腹板下料,并通过腹板和底板对混凝土进行振捣,混凝土通过腹板流入底板,待腹板混凝土高度超过底板厚度不小于30cm并确认振捣密实后,停止腹板振捣,再利用输送泵直接对箱梁底板泵送混凝土,至底板混凝土浇注完成。每台泵车的出料口配置5台振捣棒,腹板混凝土浇注时,因为泵送混凝土的坍落度比较大,预计在底板处可斜向流淌1米远左右,此时底板安排2台振捣棒,主要负责倒角流淌处的砼振捣,另外3台振捣器主要负责腹板混凝土振捣。

[0180] 2、箱梁腹板混凝土施工

[0181] 混凝土下料时按每层30cm左右分层,混凝土浇筑应连续进行,间歇时间不得超过2.5h。当底板混凝土浇注完成继续浇注腹板混凝土时,振动棒不宜插入太深,避免扰动底板混凝土造成腹板混凝土自底板翻入,如出现此类情况,应对腹板混凝土进行复振;对冒出的混凝土,应待混凝土灌注完后再处理,避免因过早铲除,造成腹板混凝土继续流失,出现沟、洞等缺陷。在浇筑腹板混凝土时,派有经验的人在箱内用小锤敲击内模,检查其填充密实情况,对混凝土填充不密实的地方,随时采取措施,确保混凝土填充密实。

[0182] 3、砼振捣

[0183] 梁体混凝土采用插入式的振动器振捣,派有经验的混凝土工负责,操作插入式振动器时宜“快插慢拔”,插入式的振动器移动间距不超过其作用半径的1.5倍,与侧模应保持5~10cm的间距,插入下层混凝土5~10cm左右,将所有部位均振捣密实,密实的标志是混凝土停止下沉,不再冒气泡、表面呈现平坦、泛浆。每处振捣完毕后,慢慢提出振动棒,避免碰撞模板、钢筋、预应力管道和其他预埋件。梁面板混凝土浇筑完毕初凝后,应对其表面进行拉毛处理,减少梁面砼开裂的可能性。

[0184] 4、砼浇筑时对支架观测

[0185] 在砼浇筑的过程中,测量组负责对支架的变形、位移、节点和卸架设备的压缩和支架基础的沉陷等进行观测,如发现超过允许值的变形、位移,应停止浇筑砼并及时采取措施予以调整。

[0186] 5、混凝土养护

[0187] 混凝土表面硬化到能够上人时,开始对梁面进行抹面收光作业。由于混凝土灌注

结束至表面硬化到能够上人约4个小时,如遇大风、高温、干燥气候,极易造成混凝土表面开裂,及时用土工布覆盖可防止水分蒸发发生收缩裂纹。混凝土抹面收光工序结束后,在梁体表面采用土工布覆盖洒水,梁体洒水次数应以保持混凝土表面充分潮湿为度。梁体养护期间及撤除保温设施时,应保证混凝土内部温度不超过65℃,混凝土内部温度与表面温度之差、表面温度与环境温度之差、箱梁腹板内外侧混凝土之差不大于25℃。

[0188] 6、混凝土浇筑注意事项

[0189] 1) 混凝土浇筑时,下料连续、均匀,不可对一部位集中猛投料,控制混凝土入模速度,尽量减小其冲击力。

[0190] 2) 混凝土分区专人振捣,混凝土施工前,对振捣工进行详细交底,严防发生振动棒直接接触波纹管以及漏振、欠振和过振的情况,不得用振捣棒对混凝土进行水平拉运。

[0191] 3) 施工中要随时检查钢筋模板及预埋件和预留孔的位置和稳固情况,发现问题及时处理。

[0192] 4) 浇筑混凝土时,需经常观察模板、支架、脚手架有无异样,当发现有松动、变形时应立即停止浇筑,马上加固,修整后方可继续浇筑混凝土。

[0193] 5) 浇筑混凝土时发现钢筋垫块移动,不能保证受力钢筋保护层厚度,或预留孔洞位移的情况,应立即整改后,才能浇筑混凝土。

[0194] 7.3.7、预应力施工

[0195] 7.3.7.1 波纹管的安装

[0196] 波纹管进场后进行验收,其质量、规格应符合设计要求。波纹管的定位先根据箱梁顶、底板纵向预应力钢束平、竖弯类型示意图及箱梁板纵向预应力钢束布置要素把每根钢绞线的线性及长度用CAD软件画出来,在梁端的立、平面图中将钢束在梁端中的起点找出,画出钢束图放入梁体内,量出钢绞线到底板或箱梁边缘的距离并于设计断面进行比较,若有出入找出原因。将钢束中曲线的起点、中点、终点及坐标全部标出来,以便定位筋顺利定位。

[0197] 安装时注意事项:

[0198] A、波纹管在安装前检查有无渗漏现象,确无变形、渗漏现象时方可使用。

[0199] B、波纹管如有反复弯曲,在操作时应注意防止管壁破裂,同时应防止临近电焊火花烧灼管壁。如有微小破损应及时修补并得到监理工程师的认可。

[0200] C、预应力筋预留孔道的尺寸与位置应准确坚固,孔道应平顺,端部的预埋钢垫板应垂直于孔道中心线,螺旋钢筋应紧挨锚垫板。

[0201] D、波纹管应按给定的坐标用定位钢筋固定安装,定位钢筋设置满足设计要求。定位筋应与箱梁钢筋骨架焊接牢固,确保在混凝土浇筑期间管道不产生位移。

[0202] E、预应力管道采用塑料波纹管。波纹管的连接应采用大一号同型波纹管作接头管,接头长度不少于300mm。接头装置宜避开孔道弯曲处。波纹管连接后用密封胶带封口,避免浇筑混凝土时水泥浆渗入管内造成管道堵塞。

[0203] F、管道在模板安装完毕后,应预先穿入预应力筋,并将其端部塞好,防止其他杂物进入。

[0204] G、长束管道最高点应设置排气孔。

[0205] H、管道位置的允许偏差。

[0206] 7.3.7.2钢绞线的下料、穿束

[0207] 桥梁预应力材料采用 $\Phi_s15.2$ 高强度低松弛钢绞线,弹性模量 $E_p=1.95\times 5\text{MPa}$,标准抗拉强度 $f_{pk}=1860\text{MPa}$,各项性能指标应符合国家标准《预应力混10凝土用钢绞线》(GB/T5224-2014)的要求。预应力钢束所采用的锚具、锚垫板、锚下螺旋筋均按照相应规格预应力钢绞线配套产品选用,锚具生产厂家需采用经省级及以上部门鉴定的专业厂家,所用预应力产品锚固性能必须满足现行《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》(JGJ85-2010)所要求的各项指标。钢绞线采用成品预应力束,穿束时,采用机械配合人工穿束,穿束顺序为:由上向下,由内向外进行,穿钢绞线时,用力均匀徐徐穿入。在任何情况下,在安装预应力筋的构件附近进行电焊时,应对全部预应力筋金属件进行保护,防止溅上焊渣或造成其他损伤。

[0208] 7.3.7.3锚具、千斤顶安装以及机具选择

[0209] 1、安装顺序:

[0210] 完成张拉机具的检验工作 安装工作锚板 安装工作锚夹具 安装限位板 安装千斤顶 安装工具锚 安装工具锚夹片。

[0211] 2、安装技术要求:

[0212] (1) 钢束外伸部分要保持干净,不得有油污、泥沙等杂物,施工人员不得随意踩踏。

[0213] (2) 锚环及夹片使用前要用煤油或柴油清洗干净,不得有油污、铁屑、泥沙等杂物。

[0214] (3) 工作锚必须准确放在锚垫板定位槽内,并与孔道对中。

[0215] (4) 工作锚各孔中装入夹片,用胶圈套好,可用长约30厘米的铁管穿入钢绞线向前轻顶,将夹片顶齐,注意不可用力过猛,夹片间隙要均匀,可用改锥认真调整。每个孔中必须有规定的夹片数量,不得有缺少现象。

[0216] (5) 夹片安装完后,其外露长度一般为4-5mm,并均匀一致,若外露太多,要对所用夹具及锚环孔尺寸及锥度进行检查,若发现有不合格者则要进行更换。

[0217] (6) 安装千斤顶时不要推拉油管及接头,油管要顺直,不得扭结成团。

[0218] (7) 工具锚安装前,应将千斤顶活塞伸出3-5cm,钢束穿入工具锚时,位置要与工作锚钢束位置一一对应,不得交叉扭结。

[0219] (8) 为了能使工具锚顺利退下,应在工具锚的夹片光滑面或工具锚的锚孔中涂润滑剂。润滑剂采用石蜡。采用石蜡时,将其熔化,涂在夹片上。

[0220] (9) 工具锚的夹片要与工作锚的夹片分开放置,工具锚夹片的重复使用次数不得超过10次,若发现夹片破损,应及时更换以防张拉中滑丝、飞片。

[0221] 3、张拉机具选择:

[0222] 主梁有12、19束,设计张拉力 $12\times 139\times 0.75\times 1860=232.686$ 吨,选用量程 $1.2\times 232.686=279.23$ 吨,实际配用两套400吨的千斤顶;设计张拉力 $19\times 139\times 0.75\times 1860=368.4$ 吨,选用量程 $1.2\times 368.4=442.1$ 吨,实际配用两套500吨的千斤顶;设计张拉力 $1\times 804.2\times 0.9\times 785=56.82$ 吨,选用量程 $1.2\times 56.82=68.24$ 吨,实际配用两套100吨的千斤顶。

[0223] 7.3.7.4预应力筋张拉

[0224] 在张拉前,应进行孔道摩阻检测,计算所用摩阻系数为0.15,若实测值与计算值有误差则需通知设计人员。

[0225] 钢绞线锚下张拉控制应力为 $\sigma_{con}=0.75f_{pk}=1395\text{MPa}$,张拉顺序:0→初应力=20% σ_{con} (划线做标记)→100% σ_{con} (持荷5分钟锚固)→测伸长量→油缸回0,测回缩量。

[0226] 精轧螺纹钢张拉控制应力为 $\sigma_{con}=0.9f_{pk}=706.5\text{MPa}$,张拉顺序:0→初应力=10% σ_{con} (划线做标记)→100% σ_{con} (持荷5分钟)→0→100% σ_{con} (锚固)→测伸长量→油缸回0,测回缩量。

[0227] 预应力张拉顺序按设计从两边往中间对称张拉顺序进行,以免造成偏心受压。张拉时缓慢进行,逐级加荷,稳步上升,给油不可忽快忽慢,防止发生事故。张拉时梁的两端要随时进行联系,保持两端张拉同步,发现异常现象,及时停机检查,最后的油表读数应按千斤顶检定值为准。张拉时安排专人记录,专人测量伸长值,现场实测值与理论值进行比较,做到实际伸长值与理论伸长值相差控制在6%以内。两端张拉时钢绞线总伸长量应为两端所测出的伸长量之和,并应加上初始张拉力时推算伸长值,伸长值还应扣除混凝土的弹性收缩值。一端张拉时钢绞线的总伸长量应即为张拉端所测的伸长量,加上初始张拉力时推算伸长值,伸长值还应扣除混凝土的弹性收缩值。张拉至设计油压值后,按张拉程序持荷5min测量伸长值,即可将张拉油压缓慢降至零,活塞回程夹片自动跟进锚固。张拉完毕,卸下千斤顶及工具锚后,要检查工具锚处每根钢绞线的刻痕是否平齐,若不平齐说明有滑束现象,如遇有这种情况要对滑束进行补拉,使其达到控制应力,每束钢束中断丝滑丝数不得超过1根钢丝。

[0228] 对预应力钢束张拉中发现异常情况,必须卸锚时,可使用卸锚器对已锚固的钢束进行卸锚,卸锚时千斤顶应预先伸出3-5cm,留有余量以便卸锚。

[0229] 7.3.7.5孔道压浆

[0230] 1、孔道的准备

[0231] (1)张拉完毕应尽快灌浆(应在48小时内完成)。

[0232] (2)孔道在压浆前用压力水冲洗,以排除孔内粉渣等杂物,保证孔道畅通,冲洗后用空压机吹去孔内的积水,保持孔道湿润而使水泥浆与孔壁结合良好,在冲洗过程中,如发现冒水、漏水现象,及时堵塞漏洞进行处理。

[0233] 2、灌浆

[0234] (1)水泥浆按试验室提供的配合比拌合,拌和时先下水再下水泥,拌和时间大于1min,水泥浆经过1.2毫米筛子后存放于储浆桶内,以防止大颗粒进入压浆泵造成堵管。此时桶内灰浆仍要低速搅拌,并经常保持足够的数量以保证每根管道的压浆能一次连续完成。水泥浆自调制到压入管道的间隔时间不得超过45min。对于因延迟使用所致的流动度降低的水泥浆,不得通过加水来增加其流动度。

[0235] (2)灌浆时每一工作班应留取不少于3组的 $40\times 40\times 160\text{mm}$ 的棱体试块,标准养护28天,其抗压强度不低于50MPa。

[0236] (3)灌浆使用活塞式压浆泵,灌浆最大压力为0.5~0.7Mpa,灌浆至另一端冒出浓浆为止,并且达到排气孔排出与规定稠度相同的水泥浆。为保证管道中充满灰浆,关闭出浆口时,应保持不小于0.5MP的一个稳定期,稳压期不少于2min。

[0237] (4)压浆时缓慢均匀进行。压浆时,将所有最高点的排气孔依次一一放开和关闭,保证孔道内通畅。

[0238] (5)压浆时,对曲线孔道和竖向孔道从最低点的压浆孔压入,由最高点的排气孔排

气和泌水。压浆顺序先压注下层孔道。

[0239] 7.3.7.6预应力张拉顺序、工序、工艺

[0240] 1、张拉顺序

[0241] 预应力钢束张拉顺序为：顺桥向（两边向中间）横桥向（对称张拉）竖向。先长束后短束，左右腹板束及顶、底板束均沿箱梁中心线对称张拉，钢束张拉采用双控。

[0242] 2、张拉工序

[0243] -50-

[0244] 先穿预应力钢束，安装工作锚及工作夹片，安装配套千斤顶，安装工具锚及安装工具夹片，张拉预应力，封锚

[0245] 2、张拉工艺

[0246] 纵向束的张拉采用两端张拉的方式进行，采用穿心式大吨位千斤顶整体张拉。选用两套400吨的千斤顶，两套500吨的千斤顶。箱梁钢束张拉时砼养护天数不应小于七天，且砼强度及弹模不低于设计强度的90%。

[0247] 7.3.7.7封锚

[0248] 压浆检测合格后对预应力束张拉端槽口进行封锚。根据设计要求，张拉槽口封锚混凝土为C60。封锚时首先应对槽口外混凝土进行凿毛处理，待凿毛合格后绑扎封锚钢筋网片，安装模板，模板应安装牢固可靠并留有灌灰口，大部分封锚端口混凝土工程量比较少，故采用人工与机械相配合的方式进行作业。混凝土捣固应密实，特别是在箱梁下部的预应力锚口，在浇注箱梁混凝土时应在箱梁内部留有灌灰口，封锚混凝土从上往下灌入，在下部和上部一起配合捣固。

[0249] 7.3.8、支架拆除

[0250] 当砼强度达到要求，张拉及压浆工序结束且挂索张拉，在监理工程师、监控单位允许的情况下方可进行支架的拆除，支架拆除时间节点严格按照要求进行且不得任意拆除。碗扣式钢管支架拆除时，把顶托向下旋，取出竹胶板和方木，然后逐步拆除碗扣支架。

[0251] 支架拆除原则：先中跨再边跨，有悬臂处先拆悬臂处；同一跨时先跨中再两边；要求对称，少量、分次、逐渐完成，以便使箱梁本身逐步承受荷载，避免结构物在卸架过程中发生质量事故。

[0252] 拆除时从跨中开始，逐渐向两侧立柱进行，每次进行时箱梁横断面两边同时进行，防止单边操作对箱梁的影响，使横断面受力不均，落架过程中分批进行。在落架过程中及时对箱梁标高进行观测，进行数据汇总，掌握支架落架情况。

[0253] 7.4.、斜拉索施工

[0254] 7.4.1、斜拉索施工准备

[0255] (1)、施工前准备工作施工前准备工作包括：施工平台、施工机具的准备；施工人员的工作分配；斜拉索锚具的组装和安装；HDPE外套管的焊接等。

[0256] ①、施工平台准备

[0257] 斜拉索挂索施工前，在主塔和箱梁处设置施工平台，以方便施工人员操作。

[0258] 主塔施工处在塔内、外均设置施工平台，箱梁处施工平台设置在挂篮上。施工平台的搭设满足施工要求，并采取适当的安全措施，确保人员和设备的安全可靠。

[0259] ②、施工机具准备

[0260] 正式施工前,所有施工机具就位。张拉用千斤顶、油泵和传感器经过有资质的第三方进行配套标定。因本工程斜拉索规格较大,采用机械穿索方式进行挂索施工,双塔双索面同时施工时。

[0261] ③、施工人员分配

[0262] 为有效安排斜拉索施工的各环节,统一协调指挥,斜拉索施工前,需进行人员的工作分配。按本工程双塔双索面斜拉索同时施工的要求,每个索面需进行如下主要人员及岗位配置。

[0263] 斜拉索各部件单独包装运输,现场组装。斜拉索挂索前,对锚具进行组装和安装。对于张拉端锚具,将固定端锚板与密封装置组装好,旋上螺母后安装于箱梁上混凝土锚块处,并临时将其与锚垫板固定。对于张拉端锚具,将锚板与密封装置组装好后安装与塔内钢锚箱的锚固端处,并临时将其与锚垫板固定。安装张拉端和固定端锚具时,在锚具上做好标记,确保上下锚具孔位严格对应一致。

[0264] ⑤、HDPE管焊接

[0265] HDPE外套管为定尺生产,其标准长度一般为6m/根或9m/根。斜拉索挂索施工前,将标准长度的HDPE管焊接成设计长度,采用热熔焊接机进行HDPE管的焊接。

[0266] 7.4.2、钢绞线穿索张拉

[0267] (1)、HDPE管吊装

[0268] ①、准备工作

[0269] 依次将防水罩、延伸管套到HDPE管上,安装临时抱箍,并穿入首根钢绞线。将带法兰的延伸管套到塔柱端的HDPE外套管上,直至大约1.5m的外套管伸出延伸管;将卡箍固定到外套管上,螺栓眼向上;用尼龙绳把延伸管和卡箍连接好;用钢绞线夹钳夹紧钢绞线,留出包括连接螺栓在内约300mm的长度;通过中心孔及卸扣把塔吊钢丝绳和卡箍连接好。

[0270] ②、HDPE吊装与固定

[0271] a、塔吊平稳起吊HDPE管,并向主塔方向移动,在其自由段由人工扶稳,防止其左右偏摆;

[0272] b、当HDPE管前端到达主塔预埋管出口处时,用钢丝绳配合手拉葫芦将卡箍与此处操作平台连接;HDPE管后端用麻绳与主梁临时连接。HDPE管与主塔和箱梁预埋管间均应留1m左右间隙,以利穿索施工。

[0273] c、用人工或机械方式穿过主塔和梁内锚具,安装夹片并张拉,张拉力以HDPE管垂度消除为宜。

[0274] (2)、钢绞线穿索张拉

[0275] ①、穿索顺序

[0276] 为确保组成斜拉索的各钢绞线平行,以及方便顺利穿索,根据斜拉索的特点,采用的合理穿索顺序为:从上至下、逐排穿索。

[0277] ②、钢绞线准备

[0278] 正式穿索前,对钢绞线进行剥套、镦头的工作。剥套长度应根据锚具和张拉设备尺寸决定;钢绞线镦头的目的是为机械穿索进行准备,加快施工进度。剥套和镦头工作在穿索过程中进行,施工中对钢绞线进行有效保护,防止损伤其外表环氧涂层。

[0279] ③、钢绞线穿索张拉

[0280] a、挂篮就位并固定

[0281] 挂篮前行到位后,启动C型挂钩顶部的千斤顶,挂篮上升使挂篮底模顶面与混凝土梁底密贴,安装并拧紧吊杆及锚固螺母,并施加一定的预紧力,然后安装止推装置,并用千斤顶顶紧。安装前支点装置(包括待浇段上的拉索预埋管和锚具)。

[0282] b、钢绞线穿索

[0283] 钢绞线穿索采用人工或机械穿索方式进行。采用机械方式穿索过程如下:合理布置牵索卷扬机和转向滑轮的位置,确保穿索过程顺利;将卷扬机刚绕过转向滑轮,与穿索板两端用卸扣连接,穿入HDPE管内,使其成为闭合回路,通过控制卷扬机正反转使穿索板上下行;将导向细钢丝绳穿入HDPE管内,并穿过穿索板上的导向,两端分别与主塔和箱梁临时固定;将准备好的钢绞线的中心镦头丝与特制连接器连接后,将连接器嵌入穿索板上的槽口内;启动卷扬机,使穿索板上行,直至其露出塔上HDPE管出口;在塔上工作平台处,人工将引棒向预埋管内依次穿过锚具密封板、锚具锥孔,并将引棒头部的连接头与塔内卷扬机牵引绳连接;人工将引棒向预埋管外牵引,使塔内卷扬机牵引绳连接器露出预埋管外;在塔上工作平台处,将塔内卷扬机牵引绳连接器与钢绞线连接;启动塔内卷扬机,使牵引绳带动钢绞线上行,直至钢绞线穿过塔内锚具;卸除钢绞线与塔内卷扬机连接器的连接,安装夹片并打紧;挂篮上施工人员将钢丝引棒向上传出直至其露出预埋管出口;将钢丝引棒与连接头连接,将钢绞线穿入梁下锚具直至钢绞线穿过梁内锚具,安装夹片并打紧;在张拉端,安装单孔反力架,用单孔千斤顶对钢绞线按设计或监控给定的张拉力进行张拉并顶压锚固;按上述步逐根穿索张拉,直至所有钢绞线穿索完毕。

[0284] c、塔端张拉钢绞线索力平均

[0285] 为将斜拉索中各根钢绞线之间的索力差控制在设计许可的范围内,每束斜拉索中所有钢绞线挂索张拉完毕后,需检查各钢绞线索力是否相等。若索力不等,则必须进行索力平均。索力平均采用等值张拉法,与第二次张拉同时进行在锚板上安装整体反力架;用单孔千斤顶张拉安装有传感器的第2根钢绞线并顶压锚固,张拉力按第2次张拉索力进行控制(需考虑夹片内缩等因素);用单孔千斤顶张拉下一根钢绞线,张拉力按传感器显示值进行控制。当传感器显示值与油泵油压表显示值相等时停止张拉并锚固;按对称交错的顺序重复上一步,直至最后一根钢绞线,并记录下最后一根钢绞线张拉的传感器显示读数;比较此时传感器读数是否与设计值相等,若不相等,则进行补张拉。重复以上步骤,直至张拉到最后一根钢绞线时传感器显示读数与设计值相等;卸除第2根钢绞线上的索力,拆除单孔锚板及传感器,安装工作夹片,用单孔千斤顶张拉第2根钢绞线,其张拉力与最后一根钢绞线显示读数一致并顶压锚固。

[0286] ④、斜拉索整体张拉,调整立模标高,浇注节段混凝土

[0287] a、将索力转换装置与斜拉索锚具连接;

[0288] b、在弧形板上安装穿心式千斤顶、拉杆及张拉螺母;

[0289] c、将拉杆与索力转换架连接;

[0290] d、启动穿心式千斤顶,整体张拉斜拉索,使节段前端的立模标高调整到规定的要求;

[0291] e、绑扎钢筋、立模,必要时对标高再调整一次;

[0292] f、开始浇注混凝土,施工中进行监测,确保混凝土浇注后的梁段标高符合规范要

求。

[0293] g、悬浇块件后半块混凝土浇注前,对斜拉索进行第二次张拉。

[0294] 7.4.3、斜拉索索力转换

[0295] a、混凝土养生到强度后,先完成体内索预应力施工,再张拉斜拉索,旋紧梁底锚具上的螺母,使其与锚垫板密贴;

[0296] b、索力转换装置中的千斤顶活塞前行5cm左右后,旋紧千斤顶前端拉杆上的张拉螺母,千斤顶再次进油张拉。

[0297] c、千斤顶回油,则索力由弧形板上的锁定螺母转加到混凝土梁体上,完成索力转换工作。

[0298] d、拆除挂篮后横梁位置的反顶装置、后锚杆、中吊杆和索力转换机构,然后放松挂钩千斤顶,挂篮下降完成脱模工作,同时使挂钩滑块重新落到轨道上;

[0299] e、完成各部分模板的外移和下降;

[0300] f、挂篮再次前移,等待浇注下一节段混凝土。

[0301] g、塔端张拉时,每根索需三次张拉。张拉过程中索塔顺桥向两侧的拉索和横桥向对称的拉索需对称同步张拉,同步张拉的不同步索力差值不超过设计规定值。两侧不对称或设计索力不同的拉索,按照设计规定的不同索力同步张拉,各个千斤顶同步之差不大于油表的最小分格,索力中值误差小于 $\pm 3\%$ 。

[0302] 7.4.4、斜拉索索力检测及调索

[0303] 所有拉索张拉完毕后,由监控对拉索索力进行检测,若实际索力与设计或监控要求不符,则进行调索。索力调整有两种情况:索力增加调索和索力降低调索。索力增加调索利用千斤顶进行,其方式与钢绞线分级张拉相同。为避免钢绞线受夹片夹持部位进入拉索受力段,索力降低调索不能采用对钢绞线卸载重新锚固的方式进行,而利用穿心式千斤顶将拉索卸载至规定索力后调节螺母位置的方式进行。利用穿心式千斤顶进行索力降低调索的方式如下:

[0304] (1)、在锚板上安装防松装置;

[0305] (2)、依次安装撑脚、千斤顶和工具锚,千斤顶空行程一端距离(此距离应根据拉索索力差进行计算后确定)后,安装张拉螺母;

[0306] (3)、启动油泵,千斤顶油缸前行,张拉拉索;

[0307] (4)、待螺母与锚垫板脱离后,停止张拉,将螺母旋出一定距离后千斤顶卸载,使螺母重新与锚垫板密贴;

[0308] (5)、千斤顶卸载至零,拆除千斤顶。

[0309] 7.4.5、顶压夹片

[0310] 索力调整完毕后,对夹片进行顶压操作,确保锚固可靠性。

[0311] (1)、按规范要求安装夹片顶压装置;

[0312] (2)、启动顶压千斤顶油泵,使油缸前行,逐个顶压夹片。

[0313] (3)、张拉端和固定端锚具上所有夹片顶压完毕后,撤除顶压装置。

[0314] 7.4.6、附件安装

[0315] 所有拉索索力调整完毕、夹片顶压后,进行拉索附件安装工作,包括:索夹安装、锚具防松装置安装、减振器安装和锚具保护罩安装等。

[0316] (1)、索夹安装

[0317] ①、根据拉索规格,选择安装紧索器垫板;

[0318] ②、在拉索的确定位置,用紧索器将拉索钢绞线束紧索成形;

[0319] ③、用永久索夹将钢绞线束紧索,撤除紧索器。

[0320] (2)、减振器安装

[0321] ①、将不同规格的减振器在梁上组装完毕;

[0322] ②、将减振器安装在预埋管管口部位,调节减振器与拉索轴线的位置;

[0323] ③、用焊机将减振器楔块与预埋管点焊固定。

[0324] (3)、安装延伸管

[0325] ①、将HDPE外套管上的索箍解开,将延伸管向主塔预埋管处移动,使其端部进入预埋管内;

[0326] ②、将延伸管挡板向上顶紧延伸管端部的喇叭口,调整其位置使其中心与预埋管中心重合;

[0327] ③、用焊机将挡板与预埋管焊接牢固,必要时做塞焊处理。

[0328] (4)、安装防水罩

[0329] ①、将固定HDPE外套管的临时拉绳解开;

[0330] ②、人工将与HDPE外套管连接的防水罩沿拉索轴线方向下拉,直至其抵住预埋管;

[0331] ③、用铁块将防水罩与预埋管之间的缝隙封堵,用焊机将防水罩根部与预埋管焊接牢固。

[0332] (5)、安装锚具防松装置

[0333] ①、根据锚板上的标识,将限位螺钉拆除;

[0334] ②、用工具拧紧锁紧螺钉,锁紧挤压板,使锚板后部各孔密封;

[0335] ③、用砂轮切割机将锚具端部多余钢绞线切除;

[0336] ④、将弹簧垫圈、压缩弹簧和防松压板依次套在钢绞线上,用螺钉将防松压板与锚板连接,并控制弹簧压缩量约10mm左右,

[0337] 7.4.7、防腐处理

[0338] (1)、锚具内灌注环氧砂浆

[0339] ①、按正确配方配置环氧砂浆;

[0340] ②、将灌浆泵接管与锚具连接;

[0341] ③、将配置好的环氧砂浆倒入灌浆泵内;

[0342] ④、启动油泵,将环氧砂浆压入锚具内并持荷2~3min;

[0343] ⑤、油泵回油,灌浆泵油缸复位,拆除接管并清洗泵体。

[0344] (2)、安装锚具保护罩

[0345] ①、依次将密封垫、保护罩套在螺母上,注意使保护罩灌浆口向上;

[0346] ②、用螺钉将保护罩与螺母连接紧固。

[0347] (3)、灌注防腐油脂

[0348] ①、将蜡油混合物用容器加热,使其熔化;

[0349] ②、将熔化后的蜡油混合物沿灌浆口倒入保护罩内直至其灌满。

[0350] 7.5、中跨主梁合龙段施工

[0351] 考虑到牵索挂篮设计是,前端必须悬出长度达到3.8米与设计合龙段长度2米相冲突,也即是说合龙段之前一节标准节不能采用前支点挂篮施工,必须6.5+2米段吊架(挂篮主梁及其模板)施工。中跨合龙段施工流程:19#节块拉索体系转换完成→挂篮前移至就位→挂篮模板安装→钢筋、预应力、锚导管安装→混凝土浇筑→砼养护→20#节块体内预应力张拉→斜拉索施工→墩梁临时固结解除→安装水箱配重→安装合龙段劲性骨架→合龙段模板安装→合龙段钢筋、预应力安装→合龙段混凝土浇筑→砼养护→合龙段劲性骨架拆除→合龙段预应力张拉。

[0352] 合龙段采用吊架(挂篮改装)施工,为了保证两个悬臂端重量一致,通过调整挂篮位置或增加配重的方法平衡两侧,配重量由监控单位根据现场计算。采用临时锁定低温浇筑,合龙前焊接劲性骨架使两悬臂端临时连接,保持相对固定以防止合龙段混凝土因早期热胀冷缩而开裂、同时选择在一天中气温较低、气温较稳定时浇筑混凝土,避免混凝土处于升温,微压状态下达到终凝,避免受拉开裂。挂篮最后6.5米一节施工前,保留挂篮和模板,拆除上下走行道板、内滑梁,然后将挂篮前移至对面主梁并支撑在其上。标准段6.5米段可以利用挂篮原有的钢模板施工,合龙段2米可以采用竹胶板加方木进行施工。挂篮进行调整后固定合龙段底板和外侧模板(劲性骨架焊接完成后进行),清理现浇段和梁面上的杂物,并清走多余的机具或材料;接着将及现浇段上所有的观测点高程精确测量一遍。配合监控单位做好合龙段高差控制和轴线偏差,尤其注意底板的高差,确保合龙段顺接,不得出现错台和折线,影响合龙质量。压载配重为保证悬臂合龙施工始终保持荷载平衡和高程稳定,合龙段施工前须按设计要求进行配重。配重采用水箱配置,每侧悬臂配重为合龙段重量的一半即69.42t。实施配重时必须做到两悬臂端同时对称等量加载,按作用线中心和块体中线分中放置。为保证劲性骨架连接杆与预埋件紧密接触,可适当调整两边重量和高程使之同时满足焊接要求和合龙精度要求。需要调整配重完成后,待标高满足要求,焊接劲性骨架。焊接中跨合龙段骨架前先将配重压载至控制标高值,并将底模和侧模调整紧固到位,安装好底腹板钢筋和波纹管,然后再进行临时索定。锁定材料采用4.0m长双拼32b工字钢焊接刚接杆,底腹板、顶腹板共8根,按设计图与主梁上的预埋钢板进行焊接。焊接时要选择较稳定的天气并在一天气温较低时迅速完成,保证焊接质量,焊缝厚度不小于设计,焊缝焊角高度不小于10mm,且保证工字钢与预埋件紧密搭接。

[0353] 合龙段的混凝土浇筑时间选择在一天气温较低、温差变化比较小的时段进行。混凝土浇筑过程中,要安排专人不断地打开水箱阀门,卸载水箱中的水。施工结束时,应卸走悬臂端的全部水箱中的水。卸除平衡中与浇筑混凝土同步等量的进行。合龙段混凝土要加强振捣,确保新老混凝土间的连接。混凝土浇筑完毕后及时采取覆盖养生措施,在顶面覆盖薄膜、土工布;待合龙段混凝土龄期达到7天且强度达到100%以上的设计强度后按设计要求张拉腹板及顶板纵向合龙束和横、竖向预应力筋并压浆。张拉过程前及时解除体外临时刚性支撑和劲性骨架约束,以消除体外水平支撑对预应力张拉效果的影响。

[0354] 合龙段施工注意事项和安全注意事项:1、在浇筑合龙段砼前,进行3天全天候温度测量,每4小时测量一次大气温度,绘出时间温度变化曲线,从中选择一天中温度最低时段为混凝土浇筑完成时段。同时要采取措施,尽量减少箱梁的收缩变形,防止合龙段混凝土收缩或压坏,应在一天内气温最低,且在两悬臂端高差最小时进行合龙施工。2、减少混凝土浇筑时间,要控制在4小时之内,为保证混凝土合龙质量,混凝土掺加微膨胀剂符合设计和规

范要求。3、中跨合龙时,在各悬臂端加配水箱注水,两端水箱重量应保持各端受力均衡。混凝土浇筑时,水箱同步卸载(放水),以保持悬臂端的稳定。

[0355] 7.6、挂篮后退及拆除

[0356] 合龙段在裕溪河河中间,考虑到是通航河流,挂篮拆除需要倒退到河提路上下降拆除并用货车运走。拆除前挂篮需要加装2个C型挂腿,悬挂在梁面轨道上后退。

[0357] 7.7、临时固结解除以及体系转换

[0358] 临时固结解除:合龙段劲性骨架安装前,即可以进行临时固结,先松开竖向精轧螺纹钢,再凿除临时固结混凝土。

[0359] 主梁体系转换:待合龙段混凝土浇筑完成,其强度达到设计强度后,进行合龙段体内预应力张拉压浆施工实现主梁体系完全转换。

[0360] 尽管上文对本发明的具体实施方式给予了详细描述和说明,但是应该指明的是,我们可以依据本发明的构想对上述实施方式进行各种等效改变和修改,其所产生的功能作用仍未超出说明书所涵盖的精神时,均应在本发明的保护范围之内。