

刍议部分斜拉桥后支点挂篮施工技术

李磊

中国铁建港航局集团有限公司

摘要：矮塔斜拉桥是斜拉桥的一种类型，其特点是主塔高度比较低，通常小于桥面宽度的一半。相对于传统的高塔斜拉桥，矮塔斜拉桥需要更少的材料和投资，建造成本低、施工方便。同时矮塔斜拉桥具备良好的视觉效果，不会对周围的环境产生过大影响。磨寨乌江特大桥为矮塔部分斜拉桥，斜拉索布置于主梁中央分隔带。主梁3#墩边跨及主跨为直线段，4#墩边跨为曲线段，类似的曲线中央双索面宽体箱梁矮塔斜拉桥在国内较为少见，主梁挂篮在设计、施工中存在诸多困难。本文介绍了磨寨乌江特大桥主梁后支点挂篮构造、主梁节段悬浇施工的关键工艺特点。

关键词：斜拉桥；挂篮悬浇

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.22.061

一、工程概况

磨寨乌江特大桥主桥结构为部分斜拉桥，主桥长602m，主梁为采用C60混凝土浇筑，主梁截面采用变高度单箱三室直腹板截面。箱梁顶板宽为27.5m，翼缘板长4.0m，底板宽度19.5m。直线段通过边、中腹板不等高来保证桥面的2%双向横坡，曲线段横坡根据线路设计确定。主梁0#块中心处梁高14.0m，中跨合龙段梁高5m，箱梁梁高和底板厚度均以1.8次抛物线变化，箱梁名义高度位置为结构中心线处。

二、挂篮构造

(一) 挂篮设计原则

(1) 本挂篮为斜拉桥施工菱形挂篮，设计承载力750t（4#节段276.4m³，后浇段重量除外）。挂篮设计充分考虑结构的安全性和实用性。

(2) 挂篮具有已于移动和调整高度等灵活性，以适应主梁梁段的不断变化尺寸。

(3) 挂篮应具备便捷性，并且方便适应和操作。

(4) 挂篮满足本工程主桥主梁的浇筑、浇筑后前移以及标高、预抬高调整等使用功能的要求。

(二) 主要技术参数

(1) 施工梁段长度：1#-3#梁段长度3m，4#-7#梁段长度3.5m，8#-31#梁段长度4.5m，32#-33#梁段长度4m，节段重量约301.1t-733.3t不等；

(2) 挂篮自重：约358.70t（其中新式操作平台2.68t）；

(3) 挂篮走行方式：挂篮主桁架前支点下方设置行走滑船，由液压油缸顶推挂篮前支点通过行走滑船在双槽钢滑轨上前移。挂篮后支点巧妙地设计行走小车，行走小车在行走滑轨上翼缘底面滚动前移。用于支撑内外侧模的钢滑梁通过行走滚轮，由挂篮主桁架牵引其同步前移；

(4) 挂篮走行速度：2~4m/h；

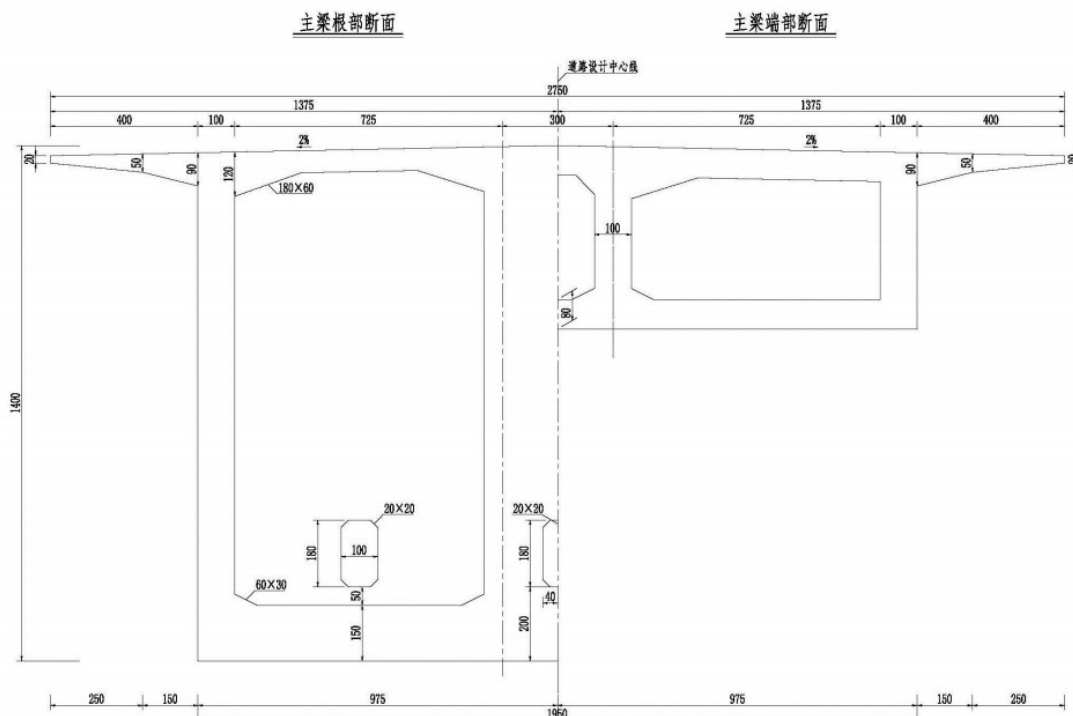


图1 主桥箱梁横断面图

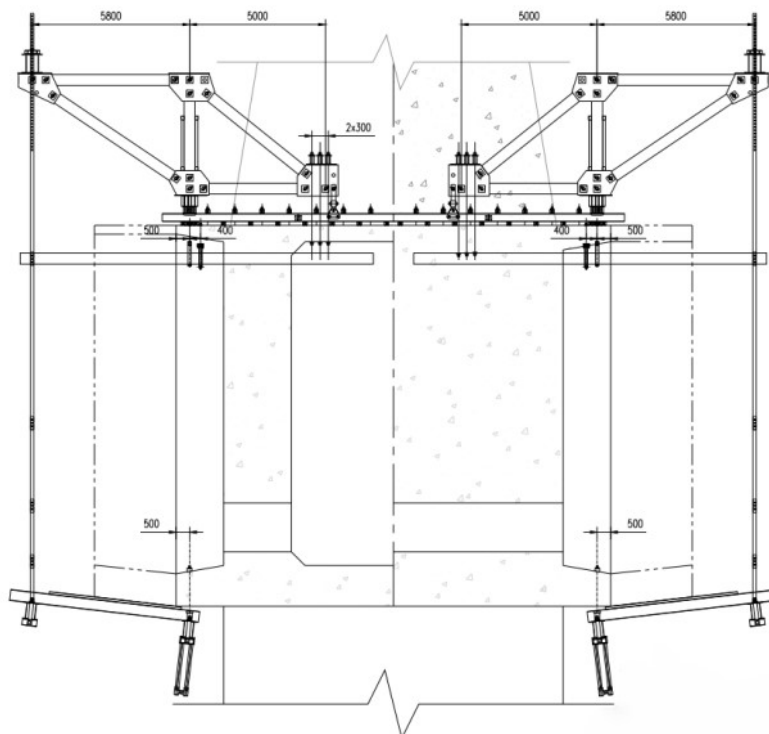


图2 挂篮侧面布置图

(三) 挂篮总体构造

本挂篮设计为后支点整体移动式菱形挂篮，主要由主桁系统、走行系统、锚固系统、底篮系统、悬吊系统、模板系统、平台及防护系统组成。

1. 主桁系统

主承重系统由4片菱形桁架组成，桁架前端设前横梁，为挂篮前悬吊上锚梁，4片菱形架分别位于箱室的四个腹板上方，4片菱形桁架通过4片平联桁架及连杆连成整体。

2. 底篮系统

底篮系统从下到上依次是双拼H600的型钢组成的下横梁、H400型钢组成的纵向分配梁和预制加工成型的底模组成，其中纵向分配梁与横梁要求点焊固定。

3. 悬吊系统

滑梁前后端吊杆采用精轧螺纹钢筋，底篮吊杆前端，底篮后端箱室外吊杆采用120mm*50mm钢板吊带，底篮后端中箱室内吊杆采用120mm*50mm钢板吊带，边箱室内吊杆采用120mm*40mm钢板吊带，模板调整采用千斤顶调整。

4. 锚固系统

挂篮的锚固系统主要为主桁架的锚固。在浇注箱梁砼时，每个挂篮桁架尾部采用 $\Phi 40$ mm精轧螺纹钢通过箱梁预留孔位进行锚固。精轧螺纹钢上方设置千斤顶反压可进行锚固力的转换并可调整挂篮悬臂端的挠度。

5. 行走系统

挂篮走行系统是由多个部件组成的，包括轨道垫梁、轨道压梁、行走轨道、前支座、反扣轮、内外行走滑梁、承重吊架、滚动吊架和牵引设备。在挂篮走行时，前支座在轨道顶面滑行，反扣轮组联结于主构架后节点，沿着轨道翼缘下行。主桁前端支座采用滑船形式，与主桁立柱栓接。

6. 防护系统

平台防护包括前横梁平台及栏杆、前横梁爬梯系统、底篮前平台及栏杆、底篮侧平台及栏杆以及底篮后平台栏杆、张拉平台及栏杆等部分组成，以上走道系统保证了挂篮底篮、前横梁形成了封闭的施工空间，保证了施工安全。

7. 模板系统

本桥的挂篮模板系统包括由主梁0#块模板倒用的定制的型钢外侧模、1~7#节段的内模采用挂篮滑梁内模系统，7~33#节段设计内箱尺寸渐变，采用定型小钢模、底模板及端头模板等。

三、挂篮预压

挂篮预压一般采用沙袋或水箱法进行堆载预压，这两种办法施工周期长，耗费材料多，施工成本高。因此本挂篮采用在0#块箱梁的腹板上预埋钢板，然后焊接反力架，通过在挂篮底模与反力架之间安装的液压千斤顶进行逐级加载预压。这种预压方法施工简单，工期较

短,操作便捷。

四、节段悬浇施工

(一)节段悬浇施工工艺流程

砼浇筑完成→养护等强→张拉主梁预应力→挂篮前移至下一节段→安装并张拉上一节段斜拉索→挂篮提升、锚固→钢筋绑扎→模板施工→砼浇筑完成,进入下一节段循环施工。

(二)节段悬浇施工循环步骤

节段挂篮悬浇施工主要包括砼养生等强、挂篮前移及定位、上节段斜拉索安装及张拉、钢筋绑扎及立模、砼浇筑等5个阶段。

1.挂篮前移及定位

主梁浇筑完成达到设计强度并张拉压浆完成后(其中8~28#节段斜拉索挂设并初张完成后),拆除外滑梁与底篮后托梁连接,下落外滑梁后锚与侧模前悬钢吊带将侧模一次脱模下放置至主梁翼缘板加劲梁下方,然后拆除底篮箱室内后锚吊带,并将底篮后托梁行走钢吊带与下落后的外滑梁重新通过销轴连接,拆除底篮后托梁翼缘板锚固钢吊带,下落底篮后托梁与外滑梁刚吊带及底篮前托梁所有刚吊带,挂篮脱模完成。

卸载前支点机械锁液顶使划船落到轨道上。拆除主桁架后锚固,使行走小车反钩与轨道翼缘上。再次检查锚固是否都拆除到位,模板下放后是否与梁体存在干涉,利用液压油缸顶推挂篮前支点带动挂篮前移,前移过程中利用增配的倒换滑梁行走滚轮过渡一次,以降低外滑梁的扰度。顺次拆除锚固轨道锚梁,直至挂篮行走至下一工位。

行走就位后首先锚固主桁架后锚系统,然后锚固外滑梁后锚系统,以及底篮后锚系统。锚固完毕后利用主顶顶起挂篮,再利用手动千斤顶和手拉葫芦配合提升模板至浇筑标高。调整滑梁行走滚轮至下一工位,为下次挂篮行走准备。利用主顶和主桁架后锚,将挂篮的划船推离轨道面,同时小车也脱离轨道翼缘板,此时轨道与挂篮分离,处于不受力状态。利用自身液压系统将轨道前移至下一工位。准备挂篮的下一前移。

2.斜拉索施工

本桥斜拉索规格为73孔,根数较多,1#-9#施工矮塔穿索机进行穿索,后续10#-21#索用卷扬机循环系统进行挂索,在钢筋混凝土梁的一端,将钢绞线装入HDPE护套管中,并将其推送到另一端,直至钢绞线到达塔端索导管口。接着在桥面上通过牵引钢绞线下端将其穿出梁端锚具锚板,并用夹片来加固。上端通过塔内分丝管用牵引绳将钢绞线上端牵引穿出塔外另一端,然后穿索机继续推送拉索,经过另一跨HDPE护套管到达另一端的桥面,再在桥面通过将钢绞线下端牵引穿出梁端锚具锚板直到满足张拉需要的工作长度。

每束斜拉索中的钢绞线逐根穿挂后,用YDCS160-150型千斤顶进行单根张拉。利用单根等张值法原理实

现拉索单根钢绞线应力的均匀性能,达到 JTG/T3650-2020《公路桥涵施工技术规范》中对拉索索力均匀性的规定。斜拉索要求滞后一个梁段进行,必须在挂篮行走到位后梁段混凝土浇筑前完成张拉。

3.钢筋、模板施工

钢筋施工分为四大块:底板、箱室腹板。翼缘板及顶板,先安装底板钢筋,再施工箱室腹板钢筋,最后翼缘板和顶板钢筋同步进行施工。

本桥主梁1~7#节段采用挂篮滑梁内模系统,7~33#节段设计内箱尺寸渐变,考虑安装拆除便捷,内模系统选用盘扣式支架+定制小钢模结构。主梁内模的顶板向外侧悬挑出去2m并安装临边防护栏杆,作为纵向预应力张拉的操作平台。

4.砼浇筑

主梁混凝土设计标号为C60,并在0#梁段-8#梁段混凝土中加入聚丙烯纤维抗裂。混凝土采用地泵辅以布料机进行现场的对称浇筑。根据现场实际情况,两个主墩各配置2台布料机,布料机作业半径为15m,满足主梁混凝土浇筑需求。

悬臂梁段浇筑时,保证同一主墩同号侧梁段对称、平衡施工,混凝土浇筑应同时进行,最大浇筑混凝土重量差不得大于本梁段自重的30%,避免梁段尺寸、自重不对称,造成结构安全隐患。

各悬臂施工梁段要求一次浇筑完成。在挂篮上浇筑混凝土顺序是从四周向施工梁段中心浇筑。腹板可采取水平分层浇筑,每层灌注厚度不宜超过30cm。浇筑混凝土时注意天气情况,不得在强风、暴雨的天气下进行浇筑。

砼浇筑前,在顶层钢筋上每5m布设砼顶面控制点并拉线,以控制砼顶面的平整度和双向横坡。

五、结语

磨寨乌江特大桥主梁为大悬臂变高度单箱三室直腹板截面,根据主梁结构特点和施工工艺需求,设计安全可靠的后支点挂篮,并采用反力架预压法进行挂篮预压,节约了材料,缩短了工期。通过主梁节段施工的深入研究,细化施工节段,严格把控关键工序质量,合理组织施工,保证了主梁的施工质量和工期要求,降低了施工风险。

参考文献

- [1]方银明,周登燕,陈红霞.斜拉桥38.6m宽砼主梁挂篮设计及悬浇技术[J].世界桥梁,2011(6):17-21.
- [2]雷均卿.桥梁悬臂施工与设计[M].北京:人民交通出版社,2000:4.
- [3]刘毅.桥梁施工中悬臂挂篮技术的应用[J].黑龙江交通科技,2017(6):36-39.
- [4]杨志文、史杰.浅谈桥梁施工挂篮[J].黑龙江交通科技,2010(6):23-26.