

# 大跨径连续刚构桥梁挂篮施工技术的应用与探讨

欧保华

陕西建工机械施工集团有限公司 陕西西安 710032

**摘要:**近年来,连续刚构桥梁由于其跨越能力强的特点逐渐成为高墩大跨径桥梁的首选桥型。大跨径连续刚构桥梁施工过程复杂,结构线形受不确定因素影响较大,施工控制存在诸多的难点,是一项技术性很强的工作。本文以某大跨径连续刚构桥挂篮悬浇为例,根据其施工特点,对施工重要步骤进行分析,旨在通过探讨此类桥型的施工重难点和控制方法来完善大跨径连续刚构桥梁施工技术,以期为提高大跨径连续桥刚构梁施工质量提供参考和借鉴。

**关键词:**大跨径桥;连续刚构桥;挂篮悬浇;施工技术

## 1. 概述

大跨径连续刚构桥最常用的施工方法是挂篮悬臂浇筑,其特点是无须建立落地支架,无须大型起重与运输机具,主要设备是一对能行走的挂篮。它是沿着轨道行走的活动脚手架及模板支架。对某一具体工程,应根据梁段分段情况,根据挂篮的重量、要求承受荷载及施工经验对挂篮进行详细的设计。挂篮除必须满足强度、刚度、稳定性要求外,还要使其行走、锚固方便可靠,重量不大于设计规定。挂篮通常由主桁系统、锚固系统、行走系统、平衡及悬吊系统、底篮系统、模板系统等部分组成,如图1所示,通常由工厂或现场根据挂篮设计图纸精心加工而成。

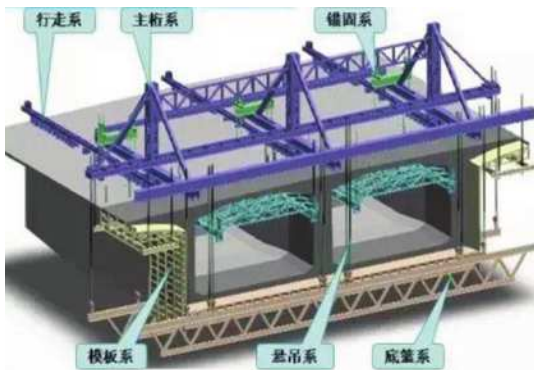


图1 挂篮系统示意图

下面就依托某大跨径刚构桥实例对其施工分段,托架现浇0#块、挂篮的设计、对称悬浇、预应力工程、合龙施工技术、线型控制与监测监控等重要步骤进行探讨,以期完善大跨径连续刚构桥梁施工技术和提高施工质量提供参考和借鉴<sup>[1]</sup>。

## 2. 大跨径连续刚构桥梁挂篮悬浇施工技术的探讨

### 2.1 工程概况

某大桥长356米,宽8米,采用 $3 \times 20\text{m}$ (预应力混

凝土后张空心板)+ $(65+120+65)\text{m}$ (预应力混凝土连续刚构)+ $2 \times 20$ (预应力混凝土后张空心板)跨径设计, $65+120+65\text{m}$ 连续梁采用菱形挂篮进行悬臂浇筑。其中,主桁系包括主桁架、横联、前横梁和横梁锚固系统等部分;杆件和横联采用型钢和钢板的组合结构,前横梁、后横梁采用型钢组拼。悬吊行走系统包括外模纵梁、吊带、前下横梁和 $\Phi 32$ 精轧螺纹钢。模板系统包括外模和底模(含底模平台)三个部分,外模、底模均采用组合钢板,外模桁架采用型钢组拼,底模平台纵横梁均采用型钢组拼。内模施工采用内模桁架支撑施工。

### 2.2 施工分段

主梁各部分的长度应充分考虑主梁的形式、跨径、墩宽、挂篮的形式以及施工周期来确定。0#段长度一般为 $5\sim 20\text{m}$ ,悬浇分段长度一般为 $3\sim 5\text{m}$ 。本大桥两个主墩0#块长度为 $10\text{m}$ , $120\text{m}$ 主跨两个0#块之间共分为31段,1-3#块分段长度为 $3.0\text{m}$ ,4-9#块分段长度为 $3.5\text{m}$ ,10-15#分段长度为 $4\text{m}$ ,16#块为合龙段,其分段充分考虑了截面形式、和结构自重和挂篮承载能力,分段长度合理,安全经济。

### 2.3 挂篮设计

主桁为菱形桁片,由立柱、轨道横梁、斜拉带组成,每个挂篮有二片组合梁,两片组合梁支架由桁架连接形成整体,立柱与主梁之间采用绞接。前后斜杆由2根 $[36\text{b}$ 槽钢上下加焊缀板加工而成,及立柱2根 $[36\text{b}$ 槽钢加工而成。下平杆为2根 $[36\text{b}$ 槽钢加工而成。立柱横联采用由桁片连接的形式双10的槽钢。

底篮由前下横梁、后下横梁、纵梁等组成。前下横梁采用2根28b槽钢构成,长 $9\text{m}$ ;后下横梁采用2根36a工字钢构成,长 $9\text{m}$ ;底篮箱梁底部纵梁由36b工字钢,长 $6\text{m}$ 。

悬吊系统包括上前横梁、外模板滑梁和吊杆,上前横梁为型钢结构,通过吊杆及铰座与底栏连接。外模板滑梁也为型钢结构,通过前后吊杆与上前横梁及箱梁翼板连接承载外模浇筑砼。前上横梁为双拼45b工字钢,长9m。外滑梁采用两组双36b槽钢,长12m;内滑梁采用双36b槽钢,长12m。所有吊带均采用PSB830 $\Phi$ 32精轧螺纹钢。

挂篮后锚由锚固梁、锚杆组成,上端通过锚固梁锚于主梁尾部,下端通过连接器锚于预先预埋的或者预留孔内的精轧螺纹钢上。拟定单片挂篮主桁的后锚共设4根 $\Phi$ 32预留精轧螺纹钢锚固于已浇梁端。

行走系统由由反扣轮支座、滚动中支座及千斤顶倒链等组成等构成。整个挂篮移动时主桁、侧模和底模共同行走。主桁架行走采用2组滑轮安放在前后支点上,后锚扁担梁随主桁的移动交替锚固到预埋的精轧螺纹钢上,主桁的前进依靠液压同心千斤顶前进。每片主桁架安装4根后锚扁担梁。挂篮行走时反扣轮导轨,导轨梁锚固于梁体。

模板采用吊挂式,由内、外模板组成。内模由GB组合模板和专用角模以及可调变径桁架脱侧模机构横竖连接加固带组成。外模由型钢和大块平面钢模板组成桁架式模板,翼缘悬臂模板和腹板焊接为一体,并采用斜撑加强。

采用midas进行结构受力计算,所使用挂篮桁架,前后横梁、内外滑梁、底篮系统等构件强度、刚度、整体稳定和局部稳定都能满足规范设计要求,是安全可靠的,精轧螺纹钢吊杆均能满足规范设计要求。

#### 2.4 托架现浇0#块

由于该桥主墩4#墩高81m,5#墩高72m,为了0#块施工安全方便,故采用托架法施工,如图2、图3所示。

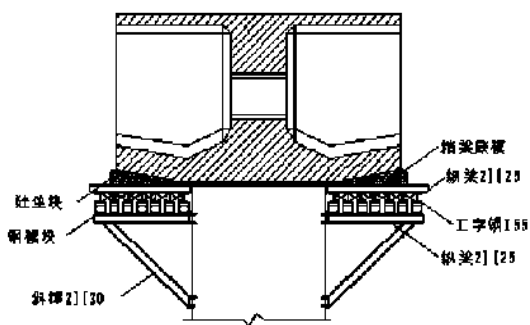


图2 托架现浇0#块立面图(横向)

墩顶梁段采用托架或膺架施工,下部结构施工完毕后,搭设托架或膺架,托架和膺架可采用万能杆件、军用梁、贝雷梁或其它满足要求的杆件拼装,拼装完毕后

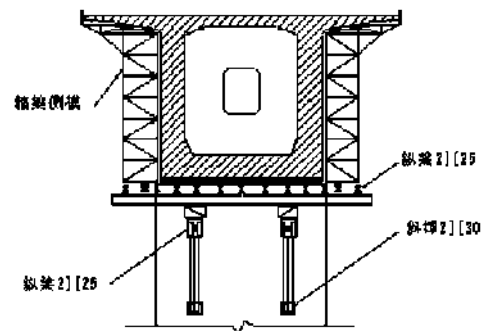


图3 托架现浇0#块立面图(纵向)

进行预压,预压最大荷载为0#块自重与施工荷载总和的120%为宜,预压是质量控制的关键工序,其目的是为了消除支架系统的非弹性变形。墩顶梁段宜全断面一次浇筑完成,当梁段过高一次浇筑<sup>[2]</sup>完成难以保证质量时,可沿高度方向分两次浇筑,但首次浇筑的高度宜超过底板承托顶面以上至少500mm,且宜将两次浇筑混凝土的龄期差控制在7d以内。主桥进入挂篮施工阶段方可拆除托架,然后凿除表面5厘米混凝土,切割外露的贝雷架及工字钢,预埋部位再用与桥墩相同标号的水泥配置泥胶补填空洞,力求与墩身表面光洁一致。

#### 2.5 挂篮对称悬浇

1#梁段挂篮安装时将调坡钢板、滑道,放在已定位置上,并将其固定,以防倾覆,用塔吊安装主梁、立柱及立柱平联,安装前上横梁于主梁端头,并安装平联与主梁连接,拆除0#段托架、底板,用塔吊先后吊装前下横梁、后下横梁、底板腹板下纵梁,并安装吊杆,安装滑梁,侧模及支架。悬吊系统两端应与承压面密贴配合,混凝土承压面不规则、不平整时应事前处理,应使吊杆能轴向受拉而不承受额外的弯矩和剪力。

挂篮安装完成后应进行预压检验挂篮主桁的实际承载力和安全可靠,并获得弹性和非弹性变形参数,为悬臂梁施工提供数据,同时检验挂篮加工质量<sup>[3]</sup>。采用千斤顶在1#段梁底板跨中对挂篮进行加载预压。常规的预压方法是在0#块腹板端面设置反力架(如图4、图5),利用其反向作用力通过千斤顶、I32工字钢支垫座、I32工字钢分配梁、间距60cm I14工字钢传到挂篮底板施加所需的预压荷载。

通过对挂篮预压数据进行整理分析,得出挂篮弹性变形及非弹性变形,调整挂篮底板标高,控制好中线后方可绑扎钢筋,立模浇筑。待1#梁段浇筑完毕后,等砼强度达到设计强度的90%以上且龄期不小于7天,按设计对纵向预应力筋进行张拉<sup>[2]</sup>压浆后,移动挂篮,重复以上步骤浇筑下一段。挂篮的移动操作应特别精心,以

防急剧的塌落和倾覆,挂篮桁架在已完成的梁段上行走时,应于后端压重稳定。

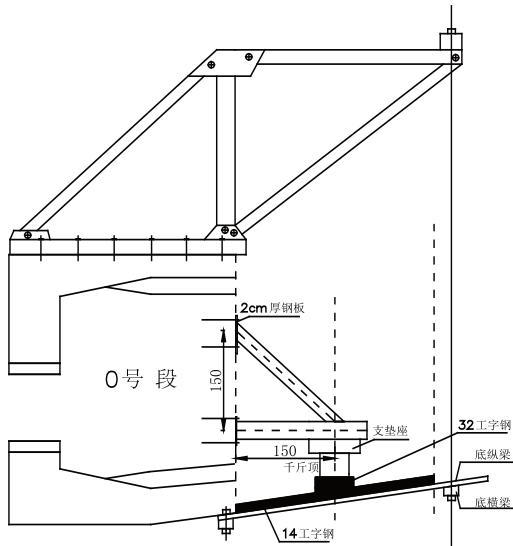


图4 1#段预压反力架设置

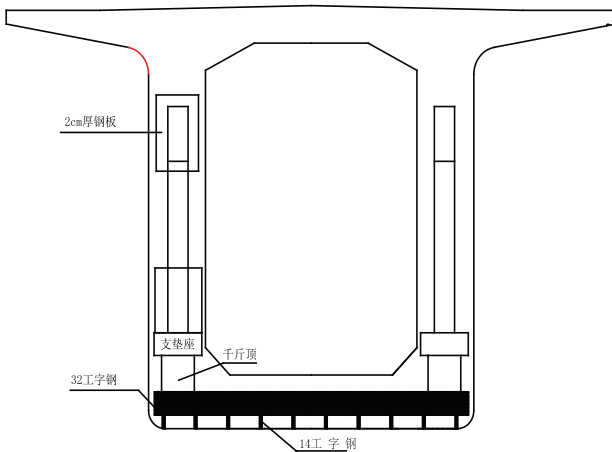


图5 1#段预压纵向示意图

## 2.6 合龙施工技术

合拢是悬臂浇筑施工体系转换的重要环节,合拢施工必须满足受力状态的设计要求和保持梁体线形,控制合拢段的施工误差。合拢段混凝土浇筑时间选择在一天温度变化较小的时刻进行。首先用I32型钢的一端与梁体上的预埋钢板进行焊接,另一端用楔块打紧并施焊固定,以锁定T构悬臂(如图6、图7所示)。将挂篮前移在两悬臂端上,将挂篮改装成吊架。然后在两悬臂端加水箱配重,箱容水重量相当于合拢段所浇筑混凝土重量,然后焊接劲性骨架,并进行钢筋的绑扎、模板和波纹管的安装。在设计要求的温度范围内进行合拢段混凝土的浇注,同时从水箱放出与混凝土等质量的水。待合拢段达到设计强度后按顺序张拉中跨底板预应力筋,最后拆除挂篮。

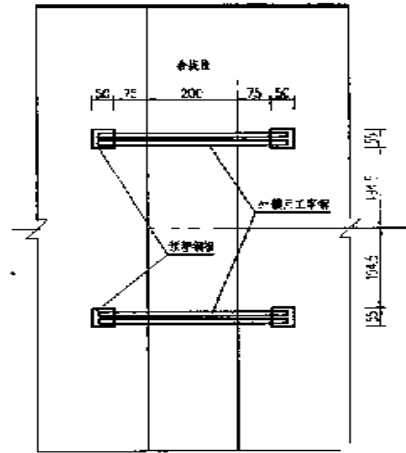


图6 型钢锁定悬臂端平面图

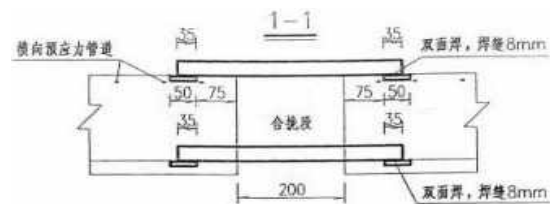


图7 型钢锁定悬臂端立面图

## 2.7 连续刚构桥悬臂浇筑线形控制与监测技术

梁段悬臂浇筑过程中,影响梁段线型变化的主要有梁段自重,挂篮重量和变形、施工荷载、预应力施加和松弛、混凝土的收缩、徐变,以及温度的变化等都会对梁段线形产生影响,因此,施工中每一阶段都必须控制好线形变化挠度值,正确确定立模标高和中线位置,最终才能保证成桥的线形和质量。

在悬臂浇筑梁段施工过程中,由于现场各施工阶段实际发生的荷载值不同,同时每一阶段的气温变化和混凝土的收缩徐变影响也不一样,梁段施工时产生的挠度值与设计单位给出的施工阶段挠度值有明显差异。因此,在施工中还必须利用midas软件计算所产生的挠度累积值,并与施工阶段挠度值进行对比分析,如有较大变化,应分析产生原因,给予调整。

施工过程中主要对箱梁挠度、平面线形、墩台沉降等实施监测<sup>[4]</sup>。在各主墩0#块上分别设置三个平面控制点,同时兼作高程测量的水准点。基准测点布在桥轴线、腹板中心线与0#块横向中心线交点上。校核无误后的控制点作为悬浇箱梁的高程和平面控制点。在承台顶面按照设计位置设置8个沉降和水平位移观测点,在各悬浇梁段布置三个测点,测点布在离梁端前沿15cm的腹板与箱梁截面中心线上。以上测点均采用 $\phi 16\text{mm}$ 钢筋埋设,长度约60cm,与结构钢筋焊接固定,并露出混凝土面2cm,外露钢筋的顶面用砂轮磨成圆形,同时用红油漆

做好明显标志并编号, 做好后由专人负责保护, 一直到全桥合龙。

根据类似工程经验, 挠度观测共分如下5大工况测量, 分别为挂篮就位后、混凝土浇筑前、混凝土浇筑后、张拉完成后、挂篮前移后。正常情况下特别是10#块以前一般按挂篮就位后、混凝土浇筑后、张拉完成后三大工况监测, 其他特殊情况如箱梁节段长度与截面尺寸变化的首件、施工至1/2悬臂长度时、以及合龙前的3-4个块件, 根据需要进行4个或5个工况测量。

### 3. 结束语

通过以上对大跨径连续刚构桥梁挂篮施工中的施工分段, 托架现浇0#块、挂篮的设计、挂篮对称悬浇及预应力工程、合拢施工技术、线型控制与监测技术的探讨可知, 只有掌握好这些挂篮悬浇关键技术才能保证大跨径连续刚构桥质量一次成优, 对这些重要步骤进行充

分探讨和研究有利于促进大跨径连续刚构桥施工技术在桥梁施工中得到更加合理的运用, 为同类型构梁施工提供参考和借鉴, 对促进桥梁施工的技术水平和质量提升具有十分积极的作用和意义。

### 参考文献:

- [1]刘慧民.分析预应力混凝土连续桥梁施工技术——以野猪湖大桥为例[J].中华建设, 2019(20): 186-187.
- [2]马昌龙, 宋粲.基于灰色理论的大跨径连续梁桥施工控制技术研究[J].城市道桥与防洪, 2020(2): 118-121.
- [3]梁峰.高速铁路大跨径连续梁桥悬臂施工控制关键技术研究[J].建筑技术开发, 2019(13): 49-50.
- [4]商洲彬.大跨径连续钢构桥梁健康监测的关键指标及测点优化研究[J].工程建设与设计, 2017(2): 79-80.