

# 基于实例探讨桥梁工程中连续梁挂篮施工工艺

蒋团瑾

中铁二十四局集团南昌铁路工程有限公司

**摘要：**桥梁建设作为我国交通运输中最重要的基础设施，为国民经济的持续发展发挥着重要作用，然而随着现代桥梁工程建设规模的扩张，对桥梁施工工艺的要求也有了新的标准和要求。其中，连续梁挂篮施工是一项重要的施工工艺，其应用能有效的提升桥梁建设的整体质量。基于此，本文主要结合实例对卡桥梁施工中连续梁挂篮施工工艺的相关要点进行探讨。

**关键词：**桥梁施工；连续梁；挂篮；施工工艺

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.051

## 一、工程概况

庐山南站高架特大桥位于庐山市温泉镇境内，桥址DK22+411.54~DK22+436.80于K487+275处跨越都九高速公路，线路与其夹角为78°，跨越该道路立交垂直于高速公路方向承台实际净跨不小于82.98m，净高不小于5.5m，采用1-(60+100+60)m连续梁上跨都九高速公路。桥墩牌号为22#、25#为边墩，23#和24#墩为悬臂梁0#块主墩。墩身高度分别为27m，27.5m，16m，2m。连续梁采用挂篮悬臂浇筑法施工。

## 二、连续梁设计概况

(60+100+60)m连续梁梁体单箱单室、变高度、变截面箱梁，底板、腹板、顶板局部向内侧加厚，线性变化。全长221.5m，中支点截面梁高7.835m，跨中10m直线段及边跨15.75m直线段截面梁高4.835m，梁底下缘二次抛物线变化。

连续梁体分0#~13#节段、14#合龙段、15#边跨直线段，共计59个梁段。0#节段长14m，1#~2#节段长均为2.5m，3#节段长均为2.75m，4#~6#节段长均为3m，7#节段长均为3.25m，8#~11#节段长均为3.5m，12#~13#节段长均为4m，14#合龙段长2m，15#边跨直线段长9.75m。连续梁梁体采用C50混凝土浇筑，0#节段设计砼354.37m<sup>3</sup>，最重的悬臂浇筑节段为4#节段，设计砼61.297m<sup>3</sup>，梁段重量为159.373t。

## 三、连续梁挂篮施工工艺要点分析

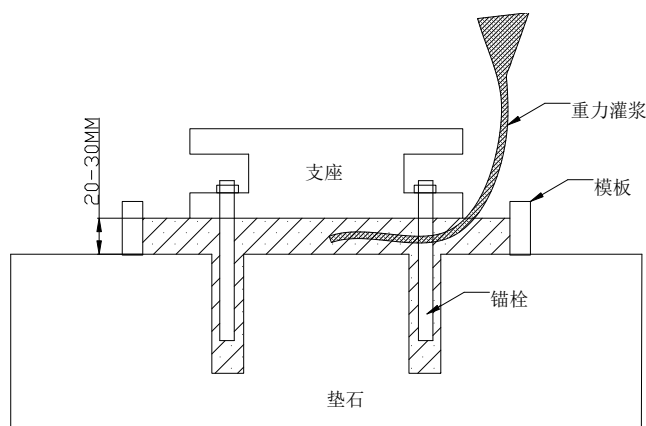
### (一) 悬灌连续梁总体施工工艺流程

悬灌连续梁施工主要工序包括：0#块托架安装及调整、支座安装及临时支座砼浇筑、0#块施工、挂篮安装调试及预压、1~13#块施工、边跨现浇段施工、边跨合拢、中跨合拢、挂篮及支架拆除等。

### (二) 支座安装施工工艺

首选在支座安装部位的支承垫石表面凿毛，清理预留孔中的杂物，不得留有碎石、浮浆、油污和脱模剂等杂物。其次，组织施工人员放出支座的纵横中心十字线，并测量出垫石的高程，同时确认锚栓孔的位置和孔

深是否正确。然后吊放支座，一般先连接支座顶板与梁底面，确保牢固可靠，无漏浆、渗漏等质量问题，然后再连接支座底板与墩顶垫石，同样严谨操作，确保稳定性、承载力及施工安全。支座采用混凝土楔块支撑四角，借助机械千斤顶抬升四周，精确调整位置及高程<sup>[1]</sup>。之后根据施工要求将支垫位置及高程调整好，安装灌浆用模板。最后进行重力灌浆法，合理处理支座下部及锚栓孔间隙，在灌浆过程从支座中心向四周进行，直至填满为止。如下图一所示。



图一 重力灌浆示意图

### (三) 0#节段现浇施工

#### 1. 0#节段现浇托架设计与安装

为保证连续梁挂篮有足够安装空间，需提前对0#节段实施现浇施工，在其上拼装挂篮。现浇施工采用墩顶托架方式，托架由三角桁架、锚固系统、落架系统、承重横梁、排架分配梁及模板系统六部分组成。托架在工厂焊接完成后，运至现场利用汽车吊吊装，托架安装完毕后预压，以确定施工参数和验证托架安全性，确保安全。

#### 2. 0#节段模板预压

本项目预压方法：0#号块共有混凝土354.37m<sup>3</sup>，去除墩顶混凝土，单侧悬挑约125.31m<sup>3</sup>，重约3258.06KN。预压前需组合箱梁自重荷载、施工人员及各种机械等荷载，预压荷载还需组合箱梁内侧模重量、施工荷载及人员、施工机械等各种荷载，计6KN/m<sup>2</sup>，预压荷载系数取为1.1。托架单侧预压荷载为： $F=1.1 \times (3258.06\text{KN}+1058.4\text{KN})=4748.11\text{KN}$ 。为保证预压过程安全和质量，预压前需设置2个观测断面，每个断面3个观测点，共6个观测点。观测点分布在底板和翼板两侧及底板中部，红油漆标识。预压时水准仪置镜点设在主墩墩顶，每次加载完成后，需再次测量，直至预压完

成。卸载后记录支架回弹量即弹性变形。预压按规定重量完成,预期测量完成且得到监理工程师确认后,方可卸载。0#块支架搭设并预压好后,就可进行0#块施工。

### 3. 0#节段支座锁定与临时固结

0#节段支座锁定与临时固结通过受压及受拉结构实现,包括C50混凝土块和HRB400  $\phi$  32mm钢筋。每墩设置4处C50混凝土块,每处体积为1.305立方米,共用615.384米的HRB400  $\phi$  32mm钢筋。C50混凝土块与梁底、墩顶间使用塑料膜或牛皮纸隔开,以便于后期拆除。

## (四) 1# ~ 13# 节段挂篮悬灌施工

### 1. 挂篮结构设计及验算

根据本桥结构特点及施工现场实际情况,箱梁悬臂浇筑采用菱形挂篮。挂篮由专业厂家生产,加工完成后在现场进行验收,验收合格后进行组装。组装时,厂家指派专人到现场进行指导安装调试。待现场堆载预压、走形满足施工要求后,厂家出具“产品合格证书”。

### 2. 挂篮安装

首先,测量并清除梁段梁面两腹板部位的杂物,划线,抄平滑道底面,安装滑道,吊装型钢立柱并连接挂篮主桁架。然后,吊装后锚梁,并用精扎螺纹钢及扁担梁和千斤顶锚固在桥面板上。接着,吊装中横梁、后吊杆、前上横梁和底模系,安装外模、内模、张拉平台等。最后,调整挂篮标高,抄平挂篮,对中,进行1号梁段模板、钢筋和混凝土工程施工。最后一节悬臂梁段完成张拉工序后,拆卸挂篮。

## (五) 边跨现浇段的施工

### 1. 边跨现浇段支架设计及搭设

#### (1) 边跨现浇段支架设计

##### ①梁柱式支架

22#墩边跨直线段使用梁柱式支架。立柱采用 $\phi$  609 $\times$ 12mm钢管,两排顺桥向立柱间距从22号墩中心依次为3.59m、5m;每排立柱横桥向3根,箱梁中心和距离箱梁中心各3.35m处布置一根。钢管顶部布置2I45a工字钢作为横向分配梁,其上再布置I40a工字钢作为纵向分配梁,纵向分配梁间距28.75cm、60cm;模板为15mm厚竹胶板,下设10 $\times$ 10cm横向方木背楞,间距20cm。支架从上至下依次为竹胶板模板 $\rightarrow$ 横向方木 $\rightarrow$ 纵向I40a工字钢分配梁 $\rightarrow$ 横向2I45a工字钢分配梁 $\rightarrow$  $\phi$  609mm $\times$ 12mm钢管立柱 $\rightarrow$ 钢管基础。22号墩梁底距离原状地面27m,需沿支架高度设4道拉杆,与22号墩连接以保证稳定性。

##### ②承插盘扣式满堂支架

25#墩边跨直线段采用承插盘扣式满堂支架,支架立杆采用 $\phi$  60mm壁厚3.2mm的钢管,满堂支架立杆布置方式为:顺桥向纵距0.9m;横桥向翼缘板下外侧2排、实腹板及倒角处投影区域间距为0.6m,除以上部位及箱梁正中间2排外空箱室和翼缘下内侧横桥向间距为0.9m,箱梁正中间2排横桥向间距为1.2m。立杆顶托上布置I12工字钢作为纵向分配梁,I12工字钢纵梁上布置10 $\times$ 10cm横向方木作为模板背楞,横向方木沿纵向排列间距为:实腹板和横隔板下间距15cm,底板空箱室下

间距20cm,模板采用15mm厚竹胶板。从上至下依次为竹胶板模板 $\rightarrow$ 间距10 $\times$ 10cm的横向方木 $\rightarrow$ 纵向I12工字钢分配梁 $\rightarrow$  $\phi$  60壁厚3.2mm的钢管立杆 $\rightarrow$ 立杆基础。横杆和斜杆采用 $\phi$  48mm壁厚2.5mm。

### (2) 地基处理

22#墩边跨支架钢管立柱放置于桥墩承台上,满足要求,无需验算。远离桥墩侧支架立柱位于8.9m $\times$ 1.5m $\times$ 0.8m的条形基础上,地基承载力需达130Kpa以上。25#墩边跨原状地面线很高,需要开挖至承台顶面并浇筑20cm厚C20混凝土硬化层。

### (3) 支架搭设

①梁柱式支架搭设:基础施工完成后进行钢管柱安装,间距为横桥向4.5m和顺桥向5m。顶部设置2I45a工字钢承重梁,上方设I40a工字钢分配梁,间距不等。底模为方木和竹胶板,翼缘板模板采用整体外侧模浇筑。钢管柱间设置[20a槽钢平联斜撑,桥墩一侧设有双拼[20a槽钢连接,非桥墩一侧采用条形基础。用汽车吊机起吊三根 $\phi$  609 $\times$ 12mm厚钢管柱及中间的横向连接系,通过[20a槽钢与钢板焊接而成。钢管柱精准对位下落,拧紧其与基础的预埋螺栓,倾斜度需小于0.1%。底部连接后,对靠墩柱排架需用双拼[20a槽钢与墩柱预埋件连接以确保稳定。两排排架安装完成后,立即施工上部纵向连接系,采用[20a槽钢通过钢板与钢管柱焊接而成,形成稳定的支撑系统<sup>[2]</sup>。

②承插盘扣式满堂支架搭设:在C20混凝土基础施工后,搭设满堂支架,立杆顺桥向纵距0.9m,横桥向实腹板和横隔板间距也为0.9m,空箱室和翼缘下间距为0.9m。立杆顶托上布置I12工字钢作为横向分配梁,I12工字钢横梁上布置10 $\times$ 10cm纵向方木作为模板背楞。先在砼基础上按排距弹出定位线,可调底座放置在定位线上,杆件安装按照先立杆后水平杆再斜杆的顺序搭设。

### (4) 模板安装

外膜采用定制钢模,模长为10.7米,面板厚度为6mm,边框采用12 $\times$ 120mm钢带,竖肋采用[12#槽钢,桁架采用[12#槽钢组焊。底模、内模、端模采用18mm厚竹胶板,支撑架采用扣件式钢管支撑架,规格为 $\phi$  48 $\times$ 3.25mm,方木采用横向50 $\times$ 90mm和纵向90 $\times$ 90mm,间距20cm和90mm。内外模采用对拉形式加固,防止涨模、跑模。

### (5) 支架预压

模板安装完成后需对整个支架进行预压,以消除非弹性变形,同时测定其下挠度,以确定现浇段节块底模的预抛高数值。预压方法:现浇段节块共有混凝土138.478m<sup>3</sup>,去除墩顶混凝土,悬挑约100.27m<sup>3</sup>,重约100.27m<sup>3</sup> $\times$ 26KN/m<sup>3</sup>=2607.02KN。预压前先计算箱梁自重荷载、施工人员及各种机械等荷载,进行组合。由于预压是在支架搭设好、箱梁底模安装完成后开始预压的,因此预压荷载还需组合箱梁内侧模重量、施工荷载及人员、施工机械等各种荷载,计6KN/m<sup>2</sup>,9.7m $\times$ 12.6m $\times$ 6KN/m<sup>2</sup>=733.32KN,预压荷载系

数取为1.1, 合计现浇段支架预压结荷载为:  $F=1.1 \times (2607.02\text{KN}+733.32\text{KN})=3674.374\text{KN}$ 。

预压前检查支架结构稳定性和刚度, 确保垫块紧密, 木楔松动。采用水平分层方式加载, 专人检查支架、型钢支撑、模板等部位。加载后计算分析基础沉降量和支架弹性变形量、非弹性变形量及平面位移量, 评价支架安全性, 确定立模板标高, 形成报告后进行现浇段施工。

#### (6) 混凝土灌注

采用泵送混凝土浇注, 按照由支架中间向支点和悬浇端扩散的灌注顺序, 在保障灌注施工质量基础上减少支架沉降的影响。

#### (六) 合龙段施工及结构体系的转换

连续箱梁合拢施工时先合拢边跨, 再合拢中跨。合拢温度应符合设计要求, 合龙段两端悬臂标高及轴线允许偏差应符合设计或规范要求。

##### 1. 边跨合拢施工

##### (1) 边跨合龙段支架及模板

本桥边跨合龙段为2.0m, 采用挂篮底模架施工, 吊架设置在悬臂端与支架之间, 保证施工安全。将悬臂端挂篮移至现浇段的端部, 挂篮吊带尽量靠近现浇梁段端部。将挂篮的滑移纵梁拖入现浇梁段翼缘板下方, 通过翼缘板用锚固装置将其吊装于翼缘板下方。合龙段的外模及底模架拖入现浇梁段的吊点处并予以收紧固定。悬臂端合龙段模板两端各设6根吊带, 其中2根锚固于箱梁底板, 4根锚固于箱梁两侧的翼缘板上。

##### (2) 设平衡重

采用在悬臂端的水箱中加水的方法设平衡重, 近端及远端所加平衡重吨位由施工平衡设计确定。

##### (3) 普通钢筋及预应力管道安装

底板束管道安装前试穿, 发现问题及时处理。定位筋直线段布置间距不大于0.5m, 曲线段和合龙段不大于0.3m。合龙段管道通过加长接头套管、减小定位网片间距离来定位。其余预应力束及管道安装同箱梁悬灌梁段。

##### (4) 合拢锁定

合拢前将悬臂端与边跨等高度现浇段临时连接, 固定防止体积改变, 锁定时间按设计执行。临时“锁定”包括预埋钢板与工字钢临时焊接锁定和张拉临时预应力束。每根钢束临时张拉力160KN, 合拢后再进行终张拉。

##### (5) 浇注合龙段混凝土

合拢段混凝土浇注过程中要按重量分级放水, 保证平衡施工, 浇注时间选择气温较低时进行, 以防开裂。浇注速度为每小时 $10\text{m}^3$ 左右, 3-4小时浇完。

##### (6) 预应力施工

合龙段在永久束张拉前需进行降温处理, 防止日照温差过大, 待梁段混凝土强度和弹性模量达到设计值且龄期不小于5天后, 张拉并锚固纵向预应力束T17、B13~B16, 其中T17、B15按设计值终张拉, 预应力管道压浆。

(7) 解除三跨连续梁两边T构墩梁临时固结, 同时将一侧墩顶永久支座水平方向临时锁定。

#### 2. 中跨合拢施工

(1) 吊架及模板安装: 首先, 移动挂篮到另一端, 拉外模滑移纵梁到对面固定, 再拉底模和侧模过去收紧固定。然后, 预制梁支撑一端与预埋铁件焊接, 另一端布置钢筋和预应力管道。选好合拢时间后, 焊接另一端, 张拉临时预应力束, 连接钢筋, 收拢内模, 浇筑合龙段。等混凝土强度和弹性模量达到100%, 龄期不小于5天后, 张拉预应力束, 完成体系转换。

(2) 设平衡重: 主要利用在悬臂端的水箱中加水的方式完成, 平衡重的吨位在施工平衡设计中确定, 近端和远端均需添加。

(3) 普通钢筋及预应力管道安装与边跨合龙段相同。

(4) 合拢锁定: 合拢前需临时连接合龙段两悬臂端, 保持相对固定, 防止体积改变; 合拢前在“T构”悬臂端设置平衡重, 若有要求还需对合龙段进行调整。临时张拉预应力采用纵向钢束T18、B8进行预张拉, 张拉力540KN, 施工同边跨合龙段。

(5) 解除墩顶永久支座水平方向临时锁定, 拆除直线段支架。最后, 按照边跨合龙段浇注法建筑中跨合龙段混凝土。

##### (6) 预应力施工

张拉并锚固T17'、B11~B12纵向预应力束后, 中跨合拢完成后, 当合拢段混凝土强度和弹性模量达到设计值100%且龄期不少于5天时, 张拉并锚固T18、B1~B10纵向预应力束, 其中对T18、B8按设计值终张拉并预应力管道压浆。

#### (七) 连续梁施工线形控制

为确保施工中结构的可靠性和安全性以及保证桥梁线形及受力状态符合设计要求, 在施工前请第三方“华东交通大学”对桥梁悬臂施工进行线型控制, 监测主要工作内容包括: 结构的变形监测, 如主梁的线形、标高等; 内力监测, 如主梁在施工过程中及成桥后的应力。将施工过程中所测的实际数据发给第三方, 由其与实际数据与计算数据进行对比分析计算出偏差, 现场针对偏差在后续施工中进行有效调整。

#### 四、结束语

综上所述, 通过总结本项目高架特大桥现浇连续梁合龙段挂篮施工工艺的要点, 积极探索新的有效的解决施工难点的方法, 为今后的桥梁施工建设提供成熟的技术和经验, 进而在满足社会发展的基础上推动我国交通建设事业的健康持续发展。

#### 参考文献

- [1] 王会菊. 跨京津塘高速特大桥悬灌箱梁合龙段施工技术[J]. 建筑机械, 2018(05): 109-112.
- [2] 吴平琴, 潘荣斌. 多跨连续箱梁悬臂浇筑合龙段施工关键技术分析[J]. 交通世界, 2017(21): 76-77.