

桥梁工程复合式吊装挂篮施工技术分析

李卓鸿

广州诚信公路建设监理咨询有限公司

摘要：预应力混凝土连续桥梁整体性能良好、结构刚度较大，且具有较好的抗震性能，因此这种桥梁被广泛应用于（一级公路和高速公路）中。但当前国内桥梁工程中会在混凝土悬臂施工环节用到连续梁挂篮，挂篮的吊装主要依靠满堂支架，或在横向连接的架构下完成吊装。为提高施工效率，本文根据某项目概况进行复合式吊装挂篮施工技术，提前对挂篮系统进行预压试验，明确各部分系统操作技术要点，经过挂篮制作与吊装，完成混凝土浇筑，从而保障复合式吊装挂篮整体施工质量，提高桥梁工程施工效率。

关键词：桥梁工程；吊装挂篮；预压试验；混凝土浇筑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.20.070

引言

桥梁工程中的复合式吊装挂篮系统通常包含承台、三角桁支架、伺服操作系统三部分构成，伺服操作系统中涵盖了吊索、悬吊与行走等部分。挂篮系统的复合功能指的是在桥梁施工现场浇筑梁段重力，三角支架与吊索系统一同承担这部分重力，克服传统挂篮施工中的横向稳定性不足的难题，降低施工难度。

一、项目概况

广东某项目地貌属风化剥蚀丘陵地貌单元，地势起伏不大，相对高差一般小于40m，残丘、谷地和山前平原相间展布。山丘多呈馒头状，自然坡角一般 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，坡面植被覆盖良好，少见滑坡与崩塌等不良地质现象。区内普遍发育有岩浆岩侵入体及构造变质岩，大多构造形迹被吞。项目区断裂不发育，其东侧存在一条东北向的小型断层，离项目区有一定距离，对项目影响不大。本区地下水以第四系松散土层孔隙水为主，其次为基岩裂隙水。孔隙水主要赋存于冲洪积层的砂土中，富水性较好，局部赋存上层滞水；裂隙水见于花岗岩的裂隙中，富水性弱。大桥全桥长度1105m，由375m（370m）主桥加630m（625m）引桥构成，桥梁标准宽度全宽40m，主桥跨越六级航道。图1为主桥效果图。



图1 主桥效果图

二、复合式吊装挂篮施工原理

挂篮施工也被称作为施工挂篮，是预应力混凝土连续梁与悬臂梁在分段施工环节的重要设备，一般需要沿着轨道向前行进。挂篮施工工艺有很多种，比如桁架式或三角式挂篮等。可以说挂篮施工是桥梁工程中悬臂浇筑能否成功的关键，所以必须保证挂篮施工的安全，及时做好对锚固系统、支点与吊带等位置的检查，保障其受力与工程设计要求相符合。本项目中所采用的挂篮吊装施工方法通过对挂篮设备结构形式的优化设计，吊装机具与提升装置间采用三角吊架，发挥吊架的转换作用，使结构转化更加便捷，增强挂篮设备的整体稳定性，在降低结构受力的同时保障工程施工安全。本方法下挂篮桁架包含支撑梁、垫梁与竖向支撑几部分，其中支撑梁需在顶端进行水平布置。项目采取门式吊装方法，挂篮系统所用的吊装组件分别为吊装机具、提升装置与三角吊架。沿着滑道设置吊装机具，在吊装点设提升装置，三角吊架用于二者之间的相互转换。横梁的下侧部位顺着桥梁的方向铺设滑道，滑道上设各部分吊装组件。项目中通过对门式吊装挂篮悬臂梁的施工，顺着桥梁的方向布置主桁架，以此为支撑搭设横梁，维持挂篮结构的整体稳定性，图2为各设备在桥梁中的应用示意图^[1]。

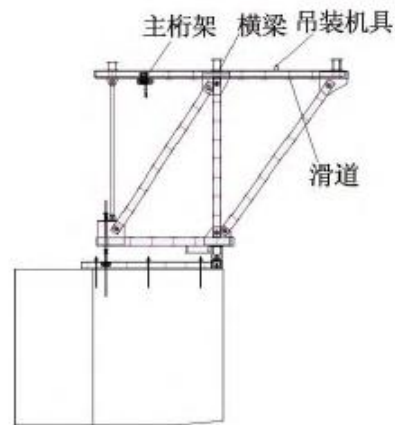


图2 各设备在桥梁中的应用示意图

三、复合式吊装挂篮施工技术操作要点

（一）挂篮系统预压试验

在桥梁主梁悬臂浇筑之前使用挂篮，需在施工现场进行组装、吊装与预压，以此方便混凝土浇筑施工期间对挂篮形变的预防，保障主梁施工质量，维护现场施工安全。试验加载过程须模拟挂篮施工过程的受力情况，采用重力法加载，加载材料为预压块，最大加载重量为1.1倍的最重梁段自重及其他施工荷载，分级加载时按最大加载重量的60%、80%、100%、110%分四级进行加

载。根据各项参数内容进行挂篮系统预压试验,可有效提高试验结果的真实性与准确性^[2]。根据设计图纸,本连续梁悬浇节段最重为6#段,节段长4m、宽11m,该梁段混凝土方量 81m^3 ,重量为 2100kN ;其他施工荷载(人员、机具、混凝土倾倒冲击、振捣、兜底等)按 $6\text{kN}/\text{m}^2$ 考虑,作用在挂篮上荷载为 265kN 。梁段自重与其他施工荷载之和乘以系数1.1,则加载重量为 2601.5kN 。

为加强对荷载状态下挂篮弹塑性变形情况的有效控制,有必要在空载斜拉索的首次张拉之前进行1次监测,张拉后再进行1次监测,随后在50%荷载状态下监测。第二次张拉后监测,100%和110%荷载状态下分别进行1次监测。加荷期间,每级需要保持至少30分钟,满载之后间隔6小时和12小时进行1次监测。等到卸载后,按照监测记录的数据分别计算弹性与塑性沉降结果,确定挂篮的上预拱度数值,以此作为后续挂篮吊装施工的重要参考依据。

加荷完成后,在保证当前挂篮系统稳定性的同时开始卸荷,其顺序正好和加荷时相反,从110%开始分级卸荷,同时做好分级监测工作,保证卸荷操作时的均匀性,先从两侧开始卸荷,最后对中间卸荷,先对横梁部位卸荷,再对跨中位置卸荷,保障挂篮能够在卸荷的时候其倾覆力矩达到最小值。卸荷的时候应安排专人在一旁观察挂篮的情况,一旦出现异常问题必须立即采取加固措施,保障挂篮系统稳定,卸荷到50%的时候进行第2次张拉索力卸载,随后装配箱梁配筋。

(二) 连续梁首节施工

施工前需要做好一系列准备工作,加深对图纸内容的研究,根据当地交通管制要求,保护桥梁周围的所有场地,避免外人进入现场引发危险。提前制作施工所用的材料和构件,做好挂篮系统的预压试验,提前安排施工机械,检验合格的材料与设备入场后可以准备施工。在连续梁首节施工环节,先搭设4根临时支柱,在横桥方向上,支柱间隔大约4.5m;在顺桥方向上,临时支柱和桥墩之间间隔大约2m。利用30型钢拼装与焊接支柱和墩身,临时支柱间选用槽钢型钢托架,使其与支墩之间在连接后产生联合受力,利用定型组合式钢模板,在桥梁施工现场完成拼装,通过脚手架紧固内模板,再完成对拉螺栓加固即可^[3]。

(三) 各挂篮系统操作要点

首先,张拉系统操作要点。张拉系统用于与斜拉索的连接,二者相互衔接后构成前支撑点。张拉系统的操作要点大致如下:(1)张拉,将张拉系统和拉索锚具

相连,按照锚具的具体尺寸选择连接装置,随后在索导管中定位锚具。放松支撑脚内固定端的螺母,同时放松张拉千斤顶的端头,张拉杆对准锚具,拧紧连接器。利用倒链,通过拖动调节装置,使其滑移于轨道上,保障张拉系统能够与拉索之间处于一条直线上。接着,调节螺纹钢钢筋螺母,对拉上系统所在的位置进行固定,确保拉索力能够通过张拉系统均匀的传递到挂篮上。(2)索力转换,完成桥梁节段浇筑施工后,拉索力将会从挂篮转移到浇筑梁,此时挂篮与斜拉索分开。张拉千斤顶,并对其施加张力,将螺母拧紧,让锚具开始承受这部分拉索力,连接器卸下的同时挂篮和拉索就能有效分开。

其次,牵引系统操作要点。利用3组60t千斤顶同步牵引,合理控制挂篮的移动速度,使其达到 $10\text{cm}/\text{min}$,保持平稳移动,后梢10t葫芦(移动前必须在主桁后端挂好防倾千斤顶绳)随挂篮前进速度释放,不发生意外时,备用保护受拉葫芦是不受力的。千斤顶在作业过程中会牵引着挂篮前进,突出牵引系统在挂篮系统吊装施工中的作用。

再次,顶升系统操作要点。可以说顶升系统是用于调节空载状态下挂篮前端标高的装置,挂篮纵方向定位之后,在挂篮的尾端位置装配千斤顶,伸长油缸,调整螺杆使其上升的时候,挂篮的前端被升起,可调整大约 300mm ,等到标高达到预期要求时即可将螺母锁紧。

最后,止推系统,这是用来抵御斜拉索张力的系统,斜拉索在张拉的过程中会产生较大的水平分离,止推系统可用于对挂篮纵向方向的调节,从而形成水平抗力支撑点。操作期间,锚具、螺纹钢筋会被装配于止推系统内,完成千斤顶的操作。当螺母被锁紧后,止推反力座被顶紧,此时该处的锚固筋会被施加大约 50kN 的预紧力^[4]。

(四) 挂篮制作与吊装

严格依据桥梁工程的相应施工规范与图纸要求制作挂篮,确保其结构稳固和施工安全。挂篮制作之后需展开吊装施工,吊装前清理施工现场,同时加强安全管理,禁止有外人或危险物品进入现场,保障挂篮吊装的全过程安全可靠。整个过程中需要做好吊装设备的质量检测,及时掌握设备性能,提高挂篮吊装施工水平。综合桥梁悬臂灌注分段长度与现场施工需要,计算挂篮长度。在确定挂篮形式之后,分析桥梁的宽度与箱梁截面形式,综合不同模板的重量与受力情况进行挂篮结构的荷载设计,根据人员荷载、挂篮自重与混凝土自重情况

确定挂篮的荷载。施工期间挂篮受力结构刚度大,采用振动器向挂篮的底模部分施加振动力,要求振动力达到振动器自重的4倍左右,再按照2kPa计算人工荷载。

在安装挂篮构件的时候,建议将单片主横梁与顶部横梁构成门式结构,以主桁架为支撑搭设横梁,采用U型轨道的连方式接,在横梁的下侧位置设滑道,滑道上设用于挂篮吊装的吊具,并安装可以起到稳定性作用的三角吊架。吊架的其中一个顶点会设置吊物吊点,其他两顶点中,一个用来连接吊装机具上的初始吊点,另一个是用于转接和提升装置的转换吊点。挂篮移动施工时应保证其安装位置准确无误,且挂篮轨道可以使用,先对主桁后锚进行安装,在移动挂篮的同时时刻掌握当前天气状况,如果风力比较大,或者出现雨雪天气,应通知现场人员停止施工,保障挂篮吊装施工安全。

钢腹板与钢筋被运输到桥梁工程施工现场,吊装机具将这部分构件吊起,随后利用滑道运到等待安装的位置。凭借主桁架前段的提升装置,将三角吊架的一个吊点吊住,缓慢提升的同时,钢腹板与钢筋等构件在吊架的旋转作用下实现中心的转移,重心移动到提升位置的下方区域时,吊钩此时不再受力,可将其拆卸,吊装机具退回,等待吊运下一批构件。构件就位之后,利用吊装机具将其下方到指定区域,随后进行构件两端的匹配连接重复上述操作步骤,直到整个阶段的施工全部完成^[5]。

(五) 混凝土浇筑

桥梁工程中挂篮混凝土的施工步骤比较复杂,且对每到施工工序有着十分严格的质量要求,最终施工质量会对桥梁施工与悬臂挂篮施工安全产生影响。所以,在挂篮中的混凝土浇筑时应保证挂篮移动灵活,材料运输期间提高挂篮结构的安全性,为混凝土浇筑提供便利条件。先从挂篮的前端位置开始进行浇筑,此时可有效预防裂缝产生,按要求进行材料配合比设计,提高混凝土材料的和易性,保障材料密实度。在浇筑混凝土之前,查看悬臂处钢筋、对接件质量是否符合要求,根据环境温度与天气条件对混凝土的浇筑速度进行调整。对预应力束管道进行浇筑之前,需要在波纹管中安装硬塑管,使短钢筋被制作为#字形,完成钢筋的定位操作,使钢筋和箱梁钢筋网之间保持大约0.8m的距离,维持梁体均匀受力效果。混凝土浇筑完成后,查看管道中的顺畅情况,如果遇到堵塞现象应立即对管道疏通处理。根据挂篮系统确定混凝土灌注操作要点,判断吊杆是否发挥作用,保障模板和箱梁尺寸相互匹配,在上一道混凝土灌

注质量合格后,才能进行下一道工序的施工。混凝土的浇筑应做到缓慢、均匀且连续的进行浇筑,同时做好振捣工作,兼顾混凝土材料的和易性与流动性。

在混凝土振捣环节,需应用插入式振捣器,振捣后完成浇筑。可以选择湿润的棉被与麻袋等覆盖在混凝土表面,确保混凝土结构表面时刻保持着湿润的状态,养护工作中定时进行喷水,防止水分的过度蒸发。发挥洒水养护方式的积极作用,等到梁部的混凝土的强度达到设计强度的90%后,可以揭开土工布,要求混凝土的整体养护时间必须达到14天以上。

(六) 挂篮拆卸

完成桥梁中跨合拢段的施工后及时拆卸挂篮,将挂篮垂直下放。利用千斤顶将挂篮下放到河面,再由船运走挂篮。根据挂篮的拆卸顺序进行相应操作,拆卸两侧挂篮,再用卷扬机拆去承重结构,最后拆去主副纵梁位置的承台。挂篮的拆卸步骤大致包含以下几部分:首先,将弧形首割除,跨中梁端施工完成后,利用汽车吊割除主纵梁的弧形首,装配合龙吊架。其次,将承重桁架拆除,依靠挂篮锚固系统降低承重桁架大约1m,利用卷扬机拆去挂篮两侧承重桁架,随后使其被下放在河面并运走。再次,拆卸挂篮承台和锚固系统,最后拆除主桁架。

总结

总而言之,桥梁工程中复合式吊装挂篮施工技术的应用旨在保障每项施工步骤的安全可靠,提高挂篮结构的整体稳定性,尽可能的降低挂篮结构受力,方便后续挂篮吊装施工的质量控制。根据施工要求进行挂篮安装与拆卸,完成混凝土浇筑与养护,在保障桥梁工程施工质量的同时提高项目经济效益。

参考文献

- [1] 吴月红, 陈搏. 混合梁桥大节段中跨钢梁吊装与合龙技术——以龙翔大桥为例[J]. 科技和产业, 2023, 23(07): 241-247.
- [2] 李志刚. 利用菱形挂篮进行波形钢腹板吊装安装的施工技术[J]. 西部交通科技, 2021(04): 131-132+136.
- [3] 孙操. 分析斜拉桥大型挂篮整体吊装施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(04): 103-104.
- [4] 王军. 挂篮在大跨度悬臂浇筑钢混结合桥梁中的综合应用[J]. 建筑科技, 2019, 3(03): 92-94.
- [5] 吴洪. 悬臂挂篮工艺在桥梁施工中的应用[J]. 交通世界, 2019(15): 114-115.