

挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用与效益分析

刘忠佳

望江县交通运输管理局

摘要：本论文旨在探讨挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用与效益，该技术采用悬挂的方式进行混凝土浇筑，具有高效、省时、节约成本等优点。文中简要阐述了挂篮悬浇技术的原理和特点，详细描述了该技术在桥梁工程中的应用方案，包括挂篮制作、混凝土浇筑和预压试验等环节。在此基础上，结合实际工程案例分析了挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用情况，并对其应用效益进行了深入分析。主要从工期节省、成本节省和人力资源优化三个方面指出了挂篮悬浇技术在提高工程进度、降低施工成本以及优化人力资源利用方面的显著效益。通过本文的研究，旨在为桥梁工程领域的施工实践提供一定的参考。

关键词：挂篮悬浇技术；桥梁工程；应用效益；工期节省；成本节省

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.042

引言

桥梁工程的施工过程中，混凝土浇筑是关键环节，传统的混凝土浇筑方式存在施工周期长、人力资源浪费和成本高等问题。为了提高桥梁工程施工效率和降低成本，挂篮悬浇技术应运而生。本文旨在探讨挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用与效益，研究其对施工工期、成本和人力资源的影响。通过分析和比较传统混凝土浇筑技术与挂篮悬浇技术的优缺点，揭示挂篮悬浇技术的独特优势，并结合实际工程案例对其应用效益进行评估，以此为桥梁工程的可持续发展提供理论支持和实践参考。

一、桥梁工程施工中挂篮悬浇技术方案

（一）制作挂篮及吊装

在桥梁工程中应用挂篮悬浇技术时，需要制作符合工程要求的挂篮，并进行相应的吊装作业。根据桥梁设计要求和施工图纸制作挂篮，挂篮一般由钢材制成，具有足够的强度和刚性，能够承受混凝土的重量和施工过程中的振动。挂篮的形状和尺寸应根据桥梁的几何形态和浇筑部位的具体情况进行设计，以确保混凝土能够均匀流动并保证浇筑质量。

对于吊装而言，则通常使用起重机或吊车等设备进行挂篮的吊装作业。在进行吊装时需要根据挂篮的尺寸和重量选择合适的吊装设备，并按照安全规范和操作要求进行作业。吊装时应注意调整挂篮的水平度和垂直度，确保挂篮能够平稳悬挂在施工位置上，以便进行后

续的混凝土输送和浇筑作业。

（二）挂篮中的混凝土浇筑

挂篮悬浇技术在桥梁工程中应用广泛，其核心环节是混凝土的输送和浇筑。通常使用混凝土泵将混凝土输送到挂篮上，也可以使用自卸车等设备进行输送。在输送过程中，需要注意混凝土的流动速度和浆液性质，以保证混凝土能够均匀流动并避免出现堵塞和渗漏等问题。

通过调整挂篮的高低位置和倾斜角度，控制混凝土的流动速度和流向。在挂篮下部设置喷嘴或振动器，用于消除混凝土中的气泡和空隙，提高混凝土的密实性和强度。进行挂篮的移动和旋转等调整作业，在混凝土浇筑过程中，可能需要对挂篮的位置和角度进行调整，以适应不同部位的浇筑要求。在进行调整作业时，需要注意安全和稳定性，避免对混凝土质量产生影响。

（三）挂篮预压试验

进行挂篮的预压试验需要准备试验材料和设备，试验材料通常包括水泥、砂子、石子等混凝土原材料，以及用于制作试块的模具和振动器等设备，试验设备包括压力测试机、试验记录仪等。根据设计要求和试验计划，将混凝土材料按照一定的配比进行拌和，并将拌好的混凝土倒入试块模具中进行振捣，试块的尺寸和数量应符合相关标准和规范的要求。

后续则需进行挂篮试块的预压试验，将制作好的挂篮试块放入压力测试机中，逐渐施加压力，记录试块的变形和破裂压力。通过试验数据的分析和比对，评估挂篮的承载能力和抗压性能。

二、挂篮悬浇技术在桥梁工程中的实际应用探讨

（一）工程项目概况

本项目为杨湾河特大桥，位于长江蓄滞洪区，属于安九二期望江至宿松段一级公路控制性工程。其地处望江县杨湾镇杨湾闸下游240m处，且距离入江口近1000m。该工程主桥全长为685m，且为预应力混凝土斜拉桥，主梁采用助板式断面，底宽及顶板宽度分别为27.5m、27m，两侧均设置有主纵梁。

该工程的主梁结构也非常复杂，共涉及64个标准节段，各部分的断面型式和尺寸都不相同，标准段与非标准段之间的截面渐变非常复杂。主梁采用C55的高标号混凝土施工，泵送距离达到200m，钢筋密集且存在预应力管道，这给混凝土的泵送、布料和振捣带来了很大的困难。由于梁体刚度较小且混凝土标号高，容易受到风

荷载和混凝土水化热等因素的影响产生裂缝，裂缝控制也成了主梁施工的难点和重点。

（二）总体施工方案

主桥的施工采用满堂支架现浇和牵索挂篮现浇的方式。0#、1#块和边跨现浇段采用满堂支架现浇。2#-10#和11#-22#梁段采用牵索挂篮现浇，其中斜拉索作为挂篮悬浇中临时前支点，能降低施工中主梁的临时内力峰值，加快了施工进度。具体步骤为：先安装支架及模板浇筑0#、1#梁段，然后循环对称浇筑主梁2#-10#和11#-22#梁段，每个梁段的流程包括前移挂篮、绑扎钢筋、同步浇筑混凝土、养生、张拉预应力束、转换挂篮体系、拆模、挂篮下放、前移和提升等步骤。通过这些措施，能够提高节段悬浇长度及挂篮承重能力，同时降低技术难度，加快施工进度。

（三）挂篮设计主要参数

挂篮设计的主要参数如下：主梁边跨2#至10#节段和主跨2#P至22#P悬浇段的长度均为8m，采用标准节段进行施工。每个标准节段的混凝土重量最多为480t，确保施工安全和结构稳定。为了实现施工的便利性和效率，本项目选择了牵索挂篮悬浇技术。

挂篮的总长为20.14m，总宽为31.783m。纵梁截面的尺寸为1.35m×2.2m，并逐渐变窄至1.35m×1.4m的钢箱梁。前横梁截面尺寸为0.96×2.2m，中横梁截面尺寸为0.96×2.2m，并逐渐变窄至0.96×1.4m。挂篮自身的重量为210t，而荷载比系数为0.43，确保在使用过程中能够稳定承载所需的工作荷载。

为了满足施工的需求，共制造了4台挂篮，并在主塔两侧进行对称悬浇施工。这种设计可以提高施工效率并确保施工质量的一致性。挂篮由承载平台、牵索系统、行走系统、定位系统、锚固系统、操作平台和预埋件系统等部分组成。每个部分都起着重要的作用，确保挂篮在施工过程中的稳定性和安全性。具体使用细节应根据挂篮图纸和使用说明进行操作，并遵循相关的规范和标准。

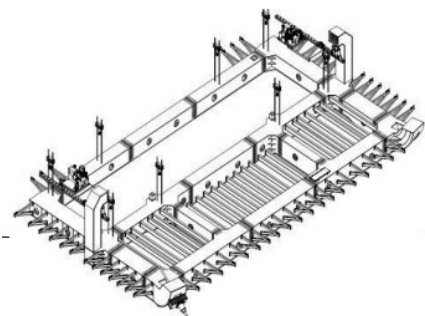


图1 挂篮设计总图图示

（四）挂篮的制造、运输及安装

挂篮的制造需要经过一系列工序，根据设计要求，

挂篮采用牵索悬浇技术，因此制造过程包括承载平台、牵索系统、行走系统、定位系统、锚固系统、操作平台及预埋件系统等组件的加工和组装。在制造过程中，需要严格按照设计图纸和相关规范进行加工和焊接，确保挂篮的质量和稳定性。挂篮的制造是由专业的前支点挂篮单位负责设计和加工，采用牵索悬浇技术，在2022年1月中旬全部完成制造。由于挂篮构件尺寸较大，必须进行分段制作，并在现场进行螺栓连接。此外，制造过程还充分考虑了现场场地和吊装条件。

根据项目需求，本案例中共制造了4台挂篮。为了方便运输，挂篮需要进行拆解和分段包装。在运输过程中需要考虑挂篮的重量和尺寸，选择合适的运输工具和运输路线。由于该项目中挂篮整体尺寸为2230.63.195m，总重量为220t，悬浇长度为8m，因此在运输过程中需要选择适当的运输工具和路线。为了保证运输安全，挂篮将在预埋的挂篮轨道上进行运输，并预留提升孔，在运输过程中还会进行综合考虑现场场地和吊装条件的措施。

到达施工现场后，挂篮需要进行安装，根据设计要求和现场条件确定挂篮的安装位置。然后，进行基础施工，包括搭设支撑架和安装锚固系统等。挂篮将安装在1#~2#和1#p~2#p块下方，除挂腿外的所有部分都将进行安装。根据制造厂家的安装方法，挂篮将进行整体组拼，并通过四点吊装进行安装。每个吊点将采用4根40mm精扎螺纹钢，提升力为220t。此外，挂篮的安装还将采用四台千斤顶进行同步顶升。

（五）挂篮预压具体方案

为了确保挂篮的性能和安全，消除结构非弹性变形，采用现场堆载法进行挂篮预压。预压的最大荷载选用标准节段荷载的1.2倍，即578吨，预压平面采用标准节段主梁模板作为顶板，并进行适当加固。主纵梁则采用主梁的底模作为试压的钢筋堆放平台。前横梁模板的安装主要考虑方便堆放钢筋。为了对挂篮的性能和安全进行检测，共设立了15个观测点。每个观测点均由型钢焊接而成，并伸出一定高度以便于观测。观测点的布设已经考虑到了牢固可靠的因素。在0#~1#块截面上对应边主梁的轴线和桥中轴线上各设立了3个观测点。这些观测点可以使用短钢筋头埋在混凝土中做标记。

试压方案的数据如下：挂篮预压选用的最大荷载为578吨。挂篮观测点共设15个点，每一个观测点均采用型钢焊接，并伸出一定的高度，以便于观测。在0#~1#块截面上对应边主梁的轴线和桥中轴线上各设立3个观测点。除了挂篮预压方案还需要考虑其他因素。例如在施工过程中，要确保相关操作人员具备相应的技术能力，掌握正确的施工方法和安全操作规程。还要注意施工现场的安全管理，采取必要的防护措施，确保施工过

程中人员的安全。材料的质量符合相关标准,并进行必要的检测和试验。在试压过程中,要严格按照预压方案进行操作,并及时记录和分析观测数据,以评估挂篮的性能和安全性。

(六) 挂篮悬浇施工工艺流程

挂篮悬浇是一种常用的混凝土结构施工方法,具有施工过程简单、周期短、质量好等优点,因此得到了广泛应用。

在进行挂篮前移之前,需要确保混凝土已经养生达到设计强度90%龄期不小于7天,并完成预应力束的张拉锚固工作。拆除横梁内外侧模板、斜腹板模板及边箱梁内腔模板、顶板部分模板,以及止推机构。将轨道前移固定,并在轨道下方铺设砂浆及钢板进行找平。拆除前中间锚杆组、前内侧锚杆组和后锚杆组,使挂篮下降1.0m,挂腿落至轨道上,并脱模横梁及边箱梁底模。最后安装行走反滚轮和标高调节机构螺杆下降,同时安装顶推机构。

对于挂篮前移而言,使用全站仪测放出该段的挂篮本次行走终止线和桥中轴线,确定挂篮在纵桥向的位置。在牵引前移的过程中,需要遵循对称、同步、均衡的原则,尽量保证挂篮整体平移,并随时纠正挂篮的偏位。

挂篮前移就位后,需要顶升标高调节机构,使反滚轮倒在侧面,使挂篮通过标高调节机构受力。并安装前外侧锚杆组,缓慢同步提升前外侧锚杆组,同时标高调节机构螺杆下降,使挂篮上升。随后安装止推机构,操作止推千斤顶,使挂篮平面定位。定位后,挂篮的纵向中心线与桥轴线之间偏差不大于10mm,挂篮中心线前后端偏差也不大于10mm。安装前中间锚杆组、前内侧锚杆组和后锚杆组,并调整标高调节机构千斤顶,使挂篮精确定位满足预变形设置要求。连接张拉机构与斜拉索,形成前支点进行第一次斜拉索张拉。

三、挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用效益分析

(一) 工期节省效益分析

挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用可以带来多方面的效益,其中之一是显著的工期节省。传统的桥梁施工方法通常采用模板支架悬挂和分段浇筑的方式,需要分多个施工段进行施工,工期较长。而采用挂篮悬浇技术后,可以实现整体连续浇筑,从而大大缩短了工期。

假设传统施工方法需要每段施工耗时30天,共需施工10段,总工期为300天。而采用挂篮悬浇技术后,整体连续浇筑的工期可以缩短到200天。通过对比可以看出,采用挂篮悬浇技术后,工期节省了100天,相当于原来工期的1/3,这对于项目进度的控制和工程周期的缩短都具有重要意义。

工期的缩短主要得益于以下几个方面:采用挂篮悬浇技术可以实现整体连续浇筑,避免了分段施工中的拆

模、移模、搭设模板等时间消耗,从而提高了施工效率。挂篮悬浇技术可以同时多个施工工序,如钢筋绑扎、混凝土搅拌与运输、浇筑等,不同工序之间可以并行进行,加快了施工进度。相比传统施工方法,挂篮悬浇技术需要的人力资源更少,减少了人力调配和协调的工作量,提高了施工效率。

(二) 成本节省效益分析

挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用不仅可以节省工期,还可以带来一定的成本节省效益。以杨湾河特大桥为例,进行成本节省效益分析。

传统的桥梁施工方法通常需要使用大量的木模板和钢模板来支撑混凝土浇筑,这些模板的制造、运输、组装、拆卸等都需要耗费大量的人力和物力资源,造成了较高的成本。而采用挂篮悬浇技术后,可以减少对模板的依赖,降低模板使用的数量,从而降低了相关成本。

据项目数据分析,传统的桥梁施工方法需要使用大量的木模板和钢模板,每段施工需要使用约2000平方米的模板,全桥施工共需使用约20000平方米的模板。而采用挂篮悬浇技术后,每段施工只需要使用约300平方米的模板,全桥施工共需使用约3000平方米的模板,相比传统施工方法,减少了2/3的模板使用量。假设每平方米模板的成本为300元,则传统施工方法的模板成本为20000平方米×300元/平方米=600万元。而采用挂篮悬浇技术后,模板成本为3000平方米×300元/平方米=90万元,相比传统施工方法,减少了510万元的成本支出。

四、结束语

挂篮悬浇技术在桥梁工程中的应用可以显著提高施工效率,减少模板使用量和人力资源需求,降低成本。通过采用挂篮悬浇技术,可以减少模板成本、机械使用费用和人工成本,同时缩短施工周期,提高工程经济效益。此外,该技术还能够提高施工质量和安全性,对于大跨度、特殊断面的桥梁工程尤为适用。挂篮悬浇技术是一种高效、经济、可靠的施工方法,在桥梁工程中具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 陈远平. 桥梁工程挂篮悬浇连续刚构施工技术研究[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(03): 117-119.
- [2] 李洪国. 公路桥梁施工中挂篮悬浇施工技术应用分析[J]. 运输经理世界, 2022, (27): 86-88.
- [3] 李攀峰. 挂篮悬浇施工技术在连续刚构桥工程中的应用[J]. 工程技术研究, 2022, 7(14): 74-76.
- [4] 李长杨. 公路桥梁施工中挂篮悬浇施工应用技术[J]. 居业, 2022, (03): 33-35.
- [5] 刘丹. 桥梁工程挂篮悬浇施工应用技术分析[J]. 运输经理世界, 2022, (08): 79-81.