

大跨度连续刚构桥梁施工要点分析

苏庆波

湖北长江路桥有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i7.8191

[摘要] 随着我国城市的快速发展,大跨度桥梁作为连接城市的交通枢纽工程,成为踔蹯区域经济发展的重要基础设施。面对大跨度桥梁工程的复杂性,明确各阶段的施工要点实现针对性地施工建设则非常关键。本文从基础施工、主梁施工、合拢段施工、验收控制四个层面分析大跨度连续刚构桥梁施工要点,以帮助提高桥梁工程的建设质量,带动经济发展。

[关键词] 大跨度连续刚构桥梁;挂篮;支架;合拢段

Analysis of key construction points for large-span continuous rigid frame bridges

Su Qingbo

Hubei Changjiang Road and Bridge Co., Ltd

[Abstract] With the rapid development of cities in China, large-span bridges, as transportation hub projects connecting cities, have become important infrastructure for regional economic development. Facing the complexity of large-span bridge engineering, it is crucial to clarify the construction points of each stage and achieve targeted construction. This article analyzes the key points of large-span continuous rigid frame bridge construction from four aspects: foundation construction, main beam construction, closure section construction, and acceptance control, in the hope of helping to improve the construction quality of bridge engineering and drive economic development.

[Key words] large-span continuous rigid frame bridge; Hanging basket; Bracket; Closure section

大跨度连续钢构桥梁施工涉及多种施工技术,包括挂篮、悬浇施工、箱梁预应力施工、合拢段施工、竣工验收控制等多项技术,为确保大跨度连续钢构桥梁施工质量,就需要把握各阶段的施工要点,做好各阶段的施工控制。因此,基于大跨度连续刚构桥梁施工的复杂性,明确各个阶段的施工要点,做好施工管理,将有助于提高桥梁工程建设质量。

一、基础施工要点

大跨度连续钢构桥梁施工基础工作在于桩基施工与承台施工。其中,桩基施工是奠定大跨度连续钢构桥梁稳定性的基础保障,根据工程地质条件,选择钻孔灌注、挖孔灌注等方式,控制好钻孔垂度与孔径,避免桩位偏差。这一过程中,需要确保钢筋笼的制作符合工程设计要求,对应的刚度与保护层厚度要达到设计标准。浇筑时,需要连续进行,控制好浇筑速度,从而确保桩基的稳定性。而承台施工作为大跨度连续刚构桥梁的支撑结构,其安全性与稳定性决定了整个桥梁的安全性。因此,承台施工阶段的要点在于做好边坡支护、基底处理、钢筋绑扎、混凝土浇筑等一系列工作,在确保承台施工质量与设计要求达标的基础上,为主梁施工奠定基础。

二、主梁施工要点

主梁施工是大跨度连续钢构桥梁施工的重点,根据施工工序看,其施工要点可分为桥梁挂篮、支架施工、预应力施工三部分。

(一) 桥梁挂篮

挂篮是进行大跨度连续钢构桥梁施工的核心设备,在悬臂挂篮技术的支持下,通过悬挂系统将施工荷载传递至已浇筑的梁段,从而实现节段式对称浇筑。悬臂挂篮施工的关键点在于:

(1) 设计与选型

根据工程要求,合理设计结构参数。一般来说,按照最大节段重量的施工荷数,按照 1.2-1.5 倍的安全系数涉及挂篮的承重能力,并确保主梁、吊带等关键构件的强度与刚度满足工程要求^[1]。对于挂篮主桁应控制其变形量在小于 20mm,以减少因为变形所导致的梁体线性偏差问题。布设行走系统时,则按照轨道+液压驱动的方式,确保轨道铺设误差控制在 5mm 以内^[2]。确定挂篮选型时,按照桥梁的跨径、梁段等,可选择菱形挂篮用于大跨度桥梁建设。

(2) 挂篮安装与调试

以 0 号块中心线为精准,测量放样确定轨道位置,并确保轨道轴线偏差与高程差分别小于 10mm、5mm,从而确定位置。

随后,按照主桁、前后吊带、模板系统、行走系统的安装顺序,确保焊接部位满足无损检测的要求,螺栓连接扭矩满足设计要求。针对锚固系统,为将后锚点与梁体预埋件衔接,使用锚固钢筋连接,并确保系统抗拔力达标。挂篮安装后为进一步验证挂篮的安全性,使用沙袋、水箱等进行荷载试验,观察各构件的变形情况,从而消除非弹性变形^[3]。

(3) 悬臂浇筑施工

根据大跨度连续钢构桥梁施工要求,应当先调整模板,观察底模、侧模的高程,确保模板严丝合缝,不会出现漏浆现象。浇筑时,从梁段前段开始,逐渐向已浇筑的分层浇筑,确保每层浇筑厚度低于 30mm,控制浇筑偏差在 500kg 以内。建议以 20~30m²/h 的浇筑速度浇筑,从而减少挂篮因为荷载突变产生变形。同时,做好浇筑阶段的监控控制,在每节段浇筑前后分别测量挂篮前端、梁顶面高程的数值,为调整下一阶段的立模标高提供参考依据,并控制误差在 15mm 以内。

(4) 挂篮行走

挂篮的行走应当根据各梁段混凝土强度确定,行走时要确保从梁段的两侧同步行走,确保轨道无缝连接,行进速度控制在 0.1m/min。铺设轨道时,需要注意轨道高差不得大于 2mm,从而确保梁段轨道衔接稳定,行走平顺。

(二) 支架施工

在大跨度连续钢构桥梁施工过程中,支架施工主要是用于桥梁下部结构施工、0 号块施工等部位,通常在搭设临时支撑体系的基础上,以承受混凝土浇筑负荷。支架施工的要点在于:

(1) 地基加固

地基加固前,根据大跨度连续钢构桥梁工程施工需要,可选择满堂式支架、梁柱式支架、托架式支架进行,其中满堂式支架适用于地势平坦且桥梁跨度不超过 30m 的施工部位;梁柱式支架则适用于大跨度,即桥梁跨度大于 30m,小于 80m 的施工区域;托架式支架则适用于 0 号块的施工建设。在地基加固阶段,应监测施工区域的地形地貌,通过探测地基的承载力,做好硬化处理,做好地基混凝土浇筑,挖好排水沟。对于一些特殊的地形,如针对软土地基,则可以使用碎石桩或者是粉喷桩等复合地基做好加固处理,提高软土地基的承载力。

(2) 结构设计

针对跨度连续钢构桥梁施工,选择梁柱式支架安装时,使用钢管柱+贝雷梁进行,可满足大跨度建设的需要,且钢管柱施工阶段应当以振动锤下沉控制好钢管柱的垂直度误差小于 1%^[4]。安装贝雷梁时,应当确保螺栓扭矩大于 450N·m,贝雷梁的间距与层数也应当满足设计要求,并使用超声波探伤确保贝雷梁的安装满足要求。当支架安装完成后,为消除非弹性变形,可使用千斤顶或者是配重块按照 1.2 倍的设计荷载进行变形监测,从而确保各个支架的变形量^[5]。

(3) 预压监测

根据浇筑工艺要求,从 0 号块开始浇筑,按照两侧对称浇筑的原则,确保两侧浇筑重量偏差小于 10%,以减少支架偏压风险的出现。监测时,若发现支架顶部高程的偏差大于规定的设计范围,此时应当停止施工,纠正偏差。

(三) 预应力施工

预应力施工作为大跨度连续刚构桥梁施工的关键工艺,通

过张拉钢束控制混凝土结构的稳定性,从而抵消荷载产生的拉应力,增强桥梁结构的强烈性。大跨度连续刚构桥梁施工使用的预应力材料包括钢绞线、锚具、波纹管等,进场前做好预应力材料检测,确保所有进场设备质量满足施工要求。使用的张拉设备包括千斤顶、压力表等。

(1) 预应力管道安装

根据大跨度连续刚构桥梁工程实际情况,明确预应力管道安装位置,完成波纹管的安装。安装时要接头处要选择大一号的波纹管连接,使用胶带进行密封处理,避免后续出现漏浆堵塞等问题。针对曲线点位置,为提高管道结构的稳定性,将钢筋间距加密,并将管道轴线位置控制在最小偏差范围内。为确保混凝土振捣顺利,这一过程中要确保混凝土与模板之前存在 30mm 的间隙,避免出现振捣损伤的情况。同时,在孔道最高点的位置设置排气孔,在最低点位置设置泌水管^[6]。

(2) 钢绞线施工

钢绞线是完成大跨度刚构桥梁施工的材料之一。钢绞线的使用需要根据工程项目的设计情况完成。在确定下料长度时,根据桥梁构件的长度以及实际所需的张拉工作长度,使用砂轮切割机完成钢绞线的切割,切割口则使用胶带绑扎,避免钢绞线出现散丝的情况。且做好钢绞线编束,保管好。若使用人工穿束则需在钢绞线的束端缠绕胶布避免划伤波纹管,若使用穿束机穿束,则需要使用石蜡油减少钢绞线之间的摩擦。

(3) 张拉控制

根据大跨度刚构桥梁施工的张拉条件,应当满足混凝土强度大于设计强度 85% 的施工要求。张拉时,按照对称张拉的原则,按照左右腹板束同步进行,上下层束分批进行的张拉顺序,先完成短束的张拉,后进行长束的张拉;先进行腹板束张拉,最后进行顶板束张拉^[7]。根据张拉强度看,在明确张拉强度测伸长值的基础上,若发现实际测量的伸长值与理论值的误差在 ±6% 时,一旦发现有超差的情况此时应当停止张拉,并检查超差的原因及时改进。伸长值理论值计算为: $\Delta L = (P_p \times L) / (A_p \times E_p)$ 其中 $P_p = P \times [1 - e^{-(kx + \mu \theta)}] / (kx + \mu \theta)$, P 为张拉力, k 为孔道每米偏差系数, μ 为摩阻系数(钢绞线与金属管。按照实际的测量计算,确定预应力损失的原因并加以控制。如控制过程中发现钢绞线应力松弛,应当使用低松弛的钢绞线进行超张拉测试。

三、合拢段施工要点

合拢段施工是将各个桥梁连接在一起的关键步骤,通过连接悬臂端形成超静定结构,消除温度变形、混凝土收缩徐变等因素对结构的影响。一般而言,合拢段施工遵循“先边跨、后中跨”的施工原则进行^[8]。

(一) 施工前

施工前,要做好桥梁结构从悬臂施工阶段转换为连续刚构体系的准备工作,完成体系转换。具体而言,通过分析现场监控数据,明确结构内力、位移、温度等因素,从而根据工程需要制定合拢方案。一般而言,合拢温度应当在 15℃~25℃ 恒温环境下进行。随后,使用工字钢完成合拢段两侧梁体的刚性支撑,并按照 1/2 设计张拉要求,穿设临时钢束完成张拉,提高临时预应力强度。为避免浇筑阶段结构变形,在合拢段对称侧梁体位置增加水箱/沙袋配重,确保配重重量与混凝土浇筑质

量一致，一边浇筑一边卸载配重重量。

(二) 施工工艺

根据合拢段工艺看，其关键工艺包括模板与支架施工-混凝土施工控制-预应力控制。如图 1 所示，根据先边跨后中跨的施工原则，按照边跨侧底蓝前移就位-骨架安装与锁定-边跨悬臂配重-钢筋、模板-预应力孔道施工-浇筑混凝土-预应力张拉的顺序完成^[9]。在 2 个边跨合拢段施工完成后，在中跨侧底蓝铺设工字钢-骨架安装与锁定-中跨悬臂配重-钢筋、模板-预应力孔道施工-浇筑混凝土-预应力张拉等施工顺序完成合拢段施工。这一过程中通过配重合拢施工与顶推合拢施工、边跨合拢施工、中跨合拢施工技术的综合应用，提高合拢段结构质量。

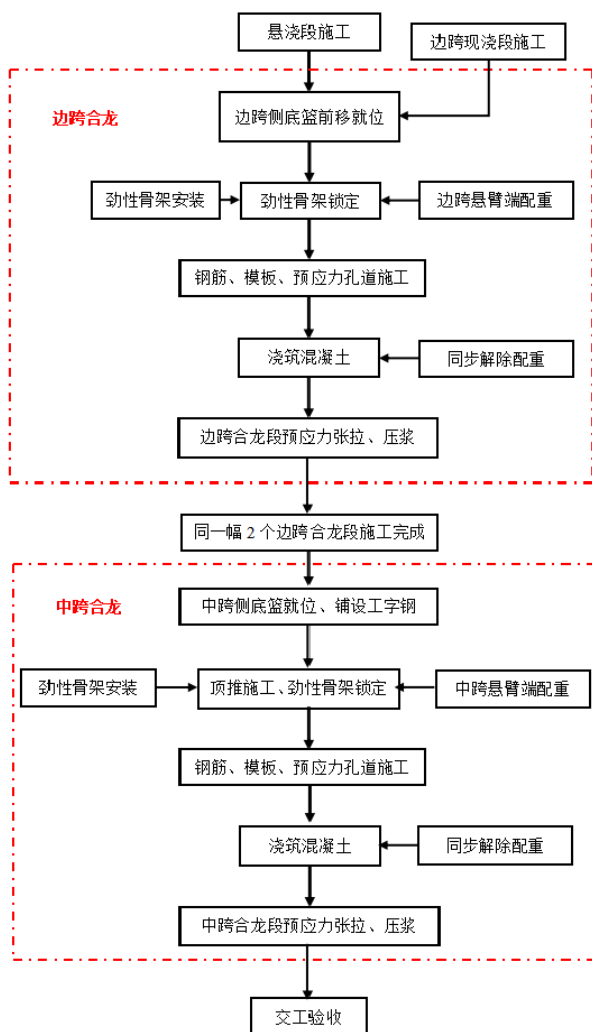


图 1 合拢段施工工艺流程图

四、验收控制

在施工过程中每完成一道施工工序，都需要做好检测，确保上一道工序符合设计要求后再进行下一道工序施工。当工程完成后，需要做好验收工作，这也是大跨度连续钢构桥梁施工质量控制的一道屏障。一方面，应当组建一支专业的验收队伍，由桥梁工程师、质量检测人员等针对跨度连续钢构桥梁施工的各道工序及关键构件做全面检查，在综合评定桥梁的整

体结构稳定性、桥面平整度、预应力状态、裂缝情况的基础上，精准评估桥梁工程的质量与安全系数^[10]。这一过程中，应当使用先进的技术与设备，如使用裂缝检测仪、回弹仪等设备做好桥梁质量的检测，确保桥梁混凝土结构的强度、刚度满足设计要求，且不存在明显的裂缝。另一方面，在验收阶段，还需要检查桥梁的附属设施，包括桥梁支座、伸缩缝、排水系统等，确保所有设施的安装与设计一致，且功能正常。对于发现的问题，需要及时记录并反馈，督促施工单位整改，确保桥梁工程在交付使用后能够安全、稳定地运行。验收阶段还需要做好工程资料的整理与归档，包括施工记录、检测报告、验收报告等，为后续桥梁的维护与管理提供重要的参考依据。此外，对于大跨度连续钢构桥梁的验收，还需特别关注桥梁的耐久性和抗灾能力。通过对桥梁的抗震、抗风等性能进行评估，确保桥梁在极端天气和自然灾害条件下仍能保持稳定和安全。在必要时，还需对桥梁进行加固处理，以提高其整体抗灾能力。

五、总结

综上，大跨度连续刚构桥梁施工复杂，受地形地貌条件的限制，要确保大跨度连续刚构桥梁施工顺利进行，就需要确保各个阶段的施工顺利进行。因此，把握好基础施工、主梁施工、合拢段施工的施工要点，把握好施工工艺，确保各环节施工质量达标，各项参数符合设计要求，将有助于保障大跨度连续刚构桥梁施工质量，提高桥梁的整体稳定性和安全性。

参考文献

- [1]梁晓棚,刘镇伟.大跨度连续刚构桥梁施工控制关键问题分析与研究[J].数码精品世界,2023:11-12.
- [2]张翼磊.大跨径连续刚构桥梁上部结构施工质量控制措施[J].四川建材,2024,50(6):174-176.
- [3]海骥.公路桥梁工程中的连续刚构挂篮悬浇段施工工艺[J].交通世界,2023.
- [4]陈俊良.大跨度预应力混凝土连续刚构桥梁施工关键技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(012):000.
- [5]郭佳飞.桥梁工程连续刚构箱梁施工技术分析[J].交通建设与管理,2024(2):101-103.
- [6]范磊.连续刚构支架现浇桥梁施工技术要点[J].汽车周刊,2024(4):0243-0245.
- [7]李家平,李西.连续刚构桥梁 0#块现浇支架设计与关键施工技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023.
- [8]廖高征,何磊祖,唐双美.连续刚构桥梁中跨合拢段施工智能配重技术研究[J].西部交通科技,2023(4):55-59.
- [9]范鹏慧.连续刚构桥梁合拢段施工技术分析[J].交通世界,2023(32):151-153.
- [10]祁仲谦.大跨度连续刚构桥施工控制关键问题研究分析[J].工程与建设,2023.

作者简介：苏庆波，1989.08.06，男，河南省，汉族，本科，工程师，湖北长江路桥有限公司，研究方向：路桥。