

研究高速公路桥梁预应力连续梁悬臂挂篮施工技术

朱兴明

新平彝族傣族自治县地方公路管理段 云南新平 653400

DOI:10.32629/ems.v8i3.18695

[摘要] 本文主要围绕高速公路桥梁预应力连续梁悬臂挂篮施工技术展开讨论,从根本上提高桥梁工程的建设水平。基于项目案例、理论分析、工程实践系统性分析技术措施,研究提示,悬臂挂篮施工技术有助于提高施工效率,以挂篮设计制作、安装调试、施工流程等方式缩短建设周期,同时通过严格施工监控、安全保障措施提高桥梁结构的稳定性与安全性,优化施工关键环节,为桥梁工程建设提供实践指导,推动我国高速公路工程建设事业的健康发展。

[关键词] 高速公路;桥梁预应力;连续梁;悬臂挂篮;施工技术

在社会经济高速发展背景下,我国高速公路桥梁建设规模不断扩大,出现各类大跨度桥梁。预应力连续梁悬臂挂篮施工技术的应用优势显著,现已被广泛应用到桥梁建设领域。在桥梁工程施工中,预应力连续梁具有承载能力强、变形等特点,在大跨度公路桥梁建设中的普及率高度。同时,悬臂挂篮施工技术不需要使用大型起吊设备和支架,尤其是大跨径悬臂桥梁建设,有助于提高施工效率,保证施工整体安全性。桥梁施工机械化水平不断提升,施工企业也开始应用高强度混凝土,促使预应力混凝土连续梁朝着轻结构、大跨径方向发展,展示出悬臂挂篮施工技术的重要性。

1、桥梁预应力连续梁悬臂挂篮施工技术概述

1.1 结构特点

预应力连续梁桥的结构形式、受力性能佳,因此被广泛应用到高速公路桥梁建设领域。基于结构形式分析,连续梁桥断面形式包括箱形、肋形、板式,其中,箱形界面顶板、腹板、底板可以设置三相预应力筋,有效抵抗主梁内力,提高桥梁承载性能。而在受力特性方面,预应力连续梁将预压应力施加给梁体,抵消部分荷载效应,减少梁体下挠变形、裂缝开展等情况,以提高桥梁安全性与耐久性。因此在大跨度、荷载要求高的桥梁工程建设中,预应力连续梁的使用频率高。

1.2 施工原理

悬臂挂篮施工是基于挂篮设备的桥梁建设方法,通过已浇筑梁段作为支撑点,逐渐向两侧对称延伸进行浇筑。挂篮受力机制对行走系统、锚固系统、主桁系统的依赖高。在施工实践中,挂篮利用锚固系统固定在梁段上,之后将模板安装在挂篮底部并绑扎钢筋,浇筑并养护混凝土。当混凝土强

度达到设计标准后,张拉、锚固预应力筋,加固梁段。当一个梁段施工技术后,挂篮利用行走系统移动到下一个位置,直到浇筑完所有梁段。这样既可以延伸桥梁,还能采用悬臂浇筑方式减少支架使用率,提高整体施工效率,保障桥梁施工效益。

2、桥梁预应力连续梁悬臂挂篮施工技术

2.1 设计与制作挂篮

2.1.1 设计原则

在悬臂梁施工过程中,挂篮设计原则对施工效率、工程安全性的影响明显。研究提示,挂篮设计应当满足降低自重、提高使用效率、维护施工安全。第一,降低自重是挂篮设计重点,自重超标会加大悬浇梁段的荷载,进而对结构稳定性与安全性产生影响。因此在设计实践中,设计人员要使用高强度轻质材料,尽可能减少构件数量^[1]。第二,提高使用效率多体现在缩短施工周期、提高作业灵活性方面。比如在设计挂篮行走系统时,要以操作性、便捷性作为设计重点,保证挂篮可快速定位与移动。第三,施工安全也是挂篮设计关键点,应保证锚固可靠性,具有较强的抗倾覆能力。挂篮、梁段混凝土质量比应为0.3-0.7,最大变形量小于20mm,抗倾覆安全系数超过2,自锚安全系数达到标准要求。

2.1.2 结构设计

挂篮结构设计涉及到后锚固系统、行走系统、主桁系统。其中,后锚固系统能够将挂篮固定在浇筑梁段上,避免施工过程中发生倾覆风险。系统组成包括锚固梁、锚杆,自锚安全系数大于2,保证施工安全。行走系统由滑道、前后支腿组成,方便挂篮定位和移动。在前移挂篮时,前支点采用组合滑船方式,后支点利用锚固小车轮反扣在轨道上,利用手拉

葫芦、液压油缸促使其前进。采用这种设计方式,既可以提高挂篮移动效率,还可以加强行走稳定性。主桁系统是挂篮的承重结构,一般由两组箱梁腹板主桁架组成,设计人员要选用高强度钢材,保证材料整体刚度与强度。同时要优化主桁架连接方式,多采用焊接连接法、螺栓连接法,提高整体稳定性。

2.1.3 挂篮制作

挂篮制作工艺对其性能及质量的影响极大,因此要严格控制材料加工、焊接施工、质量检测等环节。在材料加工施工中,遵照设计方案要求细化结构件的尺寸精度,防止尺寸偏差所致安装难度加大。比如在制作主桁系统时,采用高精度数控设备切割构件,保证尺寸误差控制在合理范围内。质检人员还要全面检查材料的力学性能,保证性能指标符合要求。当材料不符合标准时,就不能制作挂篮。在挂篮制作过程中,焊接质量对挂篮强度、耐久性的影响明显,应当选择合适的焊接方法、工艺参数,做好焊缝无损检测,消除不良缺陷^[2]。挂篮制作结束后还要开展质量检测工作,包括力学性能测试、结构尺寸测量、整体性能试验等。当各项参数达到预期标准后,即可将挂篮投入到实际工程中。总之,通过严格的工艺控制措施,有助于提高挂篮性能与质量,保障悬臂浇筑施工的顺利性。

2.2 挂篮安装与调试

2.2.1 准备工作

安装前期准备工作是保障施工顺利的重要环节,涉及到场地布置、设备检查、人员培训等。在布置场地时,按照施工方案规划施工现场,保证挂篮安装操作空间充足,设置明显标志。同时要检查起重设备,保证承载性能符合施工要求。同时要检查所有安装设备,包括千斤顶、电焊机、起重机,保证性能符合安全标准。同时要复核挂篮部件尺寸精度,防止制造误差所致安装效果受影响。企业还要定期组织施工人员参与培训活动,切实提高施工人员的操作技能、应急处理能力,以专项培训方式明确挂篮安装技术要点、安全规程,为后续施工奠定良好基础。

2.2.2 安装流程

第一,在梁段上放出轨道中心线,遵照设计要求安装轨道、轨枕。安装结束后复测轨道直线度、水平度,保证误差控制在允许范围内。同时要主桁架吊装在轨道上,利用高强螺栓连接成整体。但要注意主桁架的横向偏位、垂直度,

切实满足设计要求。

第二,安装行走系统、后锚固系统、外模、底模平台等部件。在安装后锚固系统时,应当做好张紧与调整工作,保证锚固力分布均匀。在安装行走系统室,要注意滑道润滑、同步性控制,防止挂篮倾覆。

2.2.3 调试与检测

完成挂篮安装任务后,就要立即开展调试与检测工作,确保其满足施工标准。通过预压测试对挂篮主体结构受力性能、锚固系统工作性能、刚度变形性能进行检测。预压测试一般采用分级加载方式,模拟不良施工工况。在加载操作中,施工人员要设置多个变形观测点,对挂篮弹性变形、非弹性变形进行监测。利用数据分析方式,还能获得挂篮底模预抬值,为模型高程调整提供参考依据。同时,施工人员还要测试起落装置、行走系统的功能性。

2.3 悬臂浇筑施工

2.3.1 施工流程

悬臂浇筑施工流程包括挂篮移动、模板安装、绑扎钢筋、浇筑养护混凝土等。在挂篮移动过程中,施工人员要保证挂篮行走的缓慢性与对称性,防止误操作所致结构稳定性不足。在模板安装操作中,模板要与梁体设计线形一致,特别是挂篮外侧模板,在悬臂浇筑施工中的应用广泛^[3]。在绑扎钢筋时,遵照设计要求控制预应力筋官大,重视单段浇筑的连续性,防止浇筑中断所致结构整体性受影响。在混凝土养护施工中,还要按照环境条件控制温湿度,保证混凝土强度达到设计要求。

2.3.2 施工质量控制

混凝土施工质量对悬臂浇筑桥梁的耐久性、安全性影响极大,因此要从多方面开展控制工作。第一,合理选择原材料:施工人员要优选质量稳定、性能良好的原材料,做好性能测试与检验工作。第二,优化配合比设计:施工人员要保证混凝土力学性能、工作性能良好,通过分层浇筑方式控制浇筑厚度,降低混凝土温度应力。第三,混凝土养护管理:养护条件容易影响混凝土强度发展,因此要采用喷洒养护剂、覆盖保湿膜等方式保持混凝土湿润,避免产生早期裂缝。

2.3.3 预应力施工技术

在悬臂浇筑桥梁施工中,预应力施工技术包括张拉、锚固、压浆等工艺。在张拉操作中,遵照设计要求、张拉力度进行操作,防止局部应力集中所致结构损伤。锚固工艺要保

证预应力筋、锚具的连接效果,避免锚固失效、滑丝等问题。压浆工艺可以有效填充预应力管道,避免预应力筋锈蚀,提高其与混凝土的粘结力。值得一提的是,施工过程中要密切关注预应力筋的应力状态,保证桥梁受力性能满足设计标准^[4]。

3、施工监控与安全保障

3.1 施工监控内容

在桥梁预应力连续梁悬臂挂篮施工中,施工监控内容涉及到桥梁温度监测、应力监测、变形监测。混凝土材料具有热胀冷缩作用,温度变化容易影响桥梁受力与变形,尤其是大跨度连续梁桥,温度效应会影响结构内部应力分布,进而降低施工精度。应急监测是将应变传感器布置在桥梁上,对主梁关键部位应力分布进行监测,比如跨中截面、墩梁固结位置,防止局部应力集中所致结构安全性降低。变形监测可以明确悬臂施工结构的位移变化,尤其是悬臂端自重荷载、张拉预应力作用下的位移,保证桥梁线形设计满足要求^[5]。总之,通过采集和分析桥梁监控数据,即可发现施工异常情况,提供施工参考依据,并为施工决策起到指导性作用,切实保障工程建设质量与安全。

3.2 监控方法与数据处理

在施工监控过程中,精密测量仪、传感器技术是获取重要数据的有效措施。比如应用振弦式应变计、光纤光栅传感器监测主梁应力,这些传感器具有抗干扰能力强、高精度等优势,准确捕捉施工过程应力变化。在桥梁变形监测中,水准仪、全站仪的应用比较多,能够对控制点三维坐标变化进行观测,准确绘制桥梁弯曲曲线,并对施工环节稳定性进行评估。在监测温度时,需要使用埋入式温度传感器,联合环境温度计对环境温度、箱梁内部温度进行记录。在处理数据时,首先要对原始数据实行滤波、去噪处理,消除环境干扰、误差影响^[6]。其次使用有限元分析软件建立数值模型,将监控数据导入至模型内分析,对理论计算值、实测值的一致性进行检验。如果存在较大偏差,则要对施工参数进行调整,或者优化方案设计,尽可能降低误差,将施工过程控制在有效范围内。

3.3 安全保障措施

第一,高空作业是施工常见风险,悬臂浇筑距离地面较远,施工人员要遵照高处作业规范,设置防坠落网、按规佩戴安全带^[7]。恶劣天气应停止高空作业,减少意外风险。

第二,挂篮倾覆对施工人员安全的危害大,前期设计要

考虑多种荷载组合,准确计算抗倾覆稳定性,保证构件满足强度、刚度要求。完成挂篮安装操作后,施工人员要立即开展预压测试,检验变形性能、承载性能^[8]。

4、结束语

综上所述,在高速公路施工过程中,连续梁挂篮技术的应用优势十分显著,既可以加快施工进度,降低施工成本,同时要严格管控施工质量与安全,切实保障高速公路工程的建设效益。未来,随着信息技术的高速发展,连续梁悬臂挂篮施工技术可获得更多技术支持,助力高速公路桥梁工程的高质量建设。

[参考文献]

[1]丛炳刚,孙洪斌,高北,王兆刚,陈钰,李军,杨青原,左连芹,南蒙,黄志阳,李俊.高速铁路节段预制全胶拼曲线连续梁逐跨外伸拼装施工技术[A]2025年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册)[C].《施工技术(中英文)》杂志社、亚太建设科技信息研究院有限公司,施工技术编辑部,2025:5.

[2]杨蕾.基于MIDAS/Civil有限元分析的预应力连续梁桥结构健康监测——以唐津高速陡河大桥为例[J].交通世界,2025,(13):176-179.

[3]王威,贾永胜,刘昌邦,袁方,伍岳,聂森林.复杂环境下预应力连续刚构跨河桥梁爆破拆除[J].爆破,2025,42(03):116-125.

[4]唐炜,巫山,吴桢灏,孙秀贵,王巍.曲线变宽钢-混凝土叠合板组合连续梁桥设计关键技术[J].桥梁建设,2025,55(01):132-138.

[5]于江永.沪苏湖高速铁路跨266.5m长V型连续梁刚构施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(04):73-75.

[6]李硕飞.预应力连续梁悬臂挂篮施工技术研究[J].交通世界,2023(15):132-134.

[7]张学平.高速公路桥梁连续梁挂篮受力性能分析与施工技术研究[J].交通世界(工程技术),2021,000(008):145-146.

[8]向智星.预应力混凝土桥梁工程中的连续梁挂篮施工工艺[J].四川建材,2020,46(10):2.

作者简介:朱兴明(1976-),男,汉族,云南新平人,大专,中级工程师,研究方向:公路与桥梁。