

高铁桥梁挂篮施工工艺优化与质量控制策略探讨

杨 帆

中铁大桥局集团第二工程有限公司 江苏 南京 210015

摘 要：挂篮施工是高铁大跨度悬臂桥梁建设的核心工艺，现场作业受高空露天环境、设备精度及工序衔接等多重因素影响，施工过程极易产生工艺缺陷与质量偏差。本文结合挂篮施工基础体系与作业特性，系统梳理拼装拆卸、行走对位、梁体浇筑及工序衔接等环节的常见工艺问题，针对性提出标准化工艺改良与精准化施工升级路径。从设备调试、现场操作、人员管理及隐患防控多个维度搭建全过程质量管控体系，全方位改善挂篮施工作业品质，为高铁桥梁悬臂施工质量提升提供可靠的技术参考。

关键词：高铁桥梁；挂篮施工；工艺优化；质量管控；悬臂施工

引言：大跨度高铁桥梁多采用悬臂挂篮施工模式，这类施工方式适配复杂地形与跨域施工场景，具备作业灵活、适用性强的突出优势，广泛应用于现代高铁桥梁工程建设。挂篮施工作业流程繁杂且动态性强，高空作业环境复杂多变，设备安装精度、工艺执行水准与工序衔接效果，都会直接决定桥梁线形成型效果和整体结构稳固程度。现阶段部分现场施工仍存在工艺不规范、管控体系不完善等问题，持续优化施工工艺、健全全过程质控体系，能够有效提升高铁桥梁施工规整度，保障桥梁结构使用性能与建设品质。

1 高铁桥梁挂篮施工基础体系

1.1 挂篮施工适用场景与作业特征

挂篮施工是高铁悬臂桥梁建设的主流施工方式，能够适配大跨度连续梁与刚构桥梁的建设需求，多应用于跨水域跨道路及复杂地形区段的桥梁建设工作。该类施工模式无需搭设落地支架，对桥下空间及周边地形的干预程度较低，能够适配各类高空悬臂施工场景^[1]。施工作业依托桥梁已成型梁段逐步向前推进，整体作业具备较强的连续性。施工开展多处于高空露天环境，外界气候条件会对施工推进产生直接影响。悬臂作业的结构受力状态处于动态变化过程，施工开展需要维持结构受力的稳定性。现场作业工序较为密集，多类型施工内容交叉开展，对施工操作的规整性与规范性具备较高标准。

1.2 挂篮施工整体作业流程架构

高铁桥梁挂篮施工遵循循序渐进的作业逻辑形成完整作业链路。施工前期完成场地规整与设备核验工作，为现场作业开展筑牢基础条件。落实挂篮拼装作业后，开展荷载核验与状态调试，保障设备运行状态满足施工

标准。依托成型梁段完成挂篮前移与位置校准，固定设备结构后开展钢筋布设与模板安装作业。依次完成混凝土浇筑、结构养护及预应力施工内容，待梁段结构达到稳定状态后，开展挂篮前移循环作业。全部梁段施工完成后，逐步开展挂篮拆解与现场规整工作，形成闭环式的施工流程架构。

1.3 挂篮主要结构组成与运行原理

挂篮设备由承重系统、行走系统、锚固系统及作业辅助系统共同构成。承重系统承担施工荷载与设备自重，是保障悬臂施工稳定的核心结构。行走系统依托轨道滑移结构实现设备前移调整，满足逐段施工的空间位置需求。锚固系统通过固定构件将挂篮主体与成型梁段紧密连接，抵消悬臂作业产生的倾覆力矩，维持整体结构的平衡状态。作业辅助系统包含模板与操作平台等结构，为各类现场施工操作提供作业载体。设备整体依托结构锚固与滑移调整的配合模式，完成桥梁悬臂梁段的循环施工作业。

1.4 挂篮施工质量管控关键要素

高铁桥梁挂篮施工质量管控围绕结构稳定、施工精度与工艺落实展开。设备拼装的规整度与锚固状态直接影响整体施工安全与结构成型质量。梁段线型控制是管控核心内容，直接决定桥梁整体成型线型的平顺程度。混凝土浇筑的密实状态与养护质量，影响桥梁结构的强度与耐久性能。预应力施工的工艺落实水平，关乎桥梁结构受力体系的完整状态。现场设备运行状态与作业操作规范度，能够有效规避施工偏差与结构隐患，保障高铁桥梁挂篮施工的整体建设品质。

2 高铁桥梁挂篮施工工艺现存问题梳理

2.1 挂篮拼装与拆卸工艺存在短板

高铁桥梁挂篮结构构件数量繁多且规格相似度较高,现场拼装作业中容易出现构件安装错位的情况。构件对接精度把控不到位,会造成整体结构拼装缝隙不均匀,削弱挂篮整体承载性能^[2]。拼装作业多依托高空露天场景开展,作业空间存在局限,构件微调作业难以精细化推进。部分安装工序作业标准执行不到位,结构连接紧固程度达不到施工建设标准,降低整体结构稳定性。拆卸作业缺乏精细化作业规划,构件拆解顺序存在混乱现象,容易造成结构构件磕碰损伤。无序拆解作业还会打乱现场作业秩序,增加高空作业的不安全隐患,影响施工推进的整体效率。

2.2 挂篮行走与对位施工工艺缺陷

挂篮前移作业过程中,轨道铺设平整程度把控不足,轨道顶面存在轻微高差会造成设备滑移出现偏移现象。滑移作业速度把控缺乏合理性,过快的移动节奏会造成设备晃动,破坏设备整体平衡状态。挂篮就位后的微调作业精度不足,梁段施工轴线容易出现细微偏差,累积偏差会影响桥梁整体线型标准。限位固定作业落实不够细致,滑移到位后的锁定强度无法匹配悬臂施工荷载标准,作业过程中容易出现微量位移。对位作业缺乏动态调校手段,难以适配高空作业环境带来的施工干扰,无法持续维持设备位置的精准状态。

2.3 梁段浇筑与预应力施工工艺不足

悬臂梁段混凝土浇筑作业中,布料厚度把控不够均匀,振捣作业覆盖范围存在盲区,造成混凝土结构密实程度存在差异。野外环境温度湿度的动态变化,会干扰混凝土固化成型状态,表层容易产生细微开裂问题。养护作业时长与养护环境管控不够规范,弱化混凝土结构成型后的强度与耐久性能。预应力施工环节中,管道铺设平顺度把控不足,容易出现管道偏移与弯折问题,阻碍钢绞线穿设作业开展。张拉作业力度与进程把控不够精准,应力传递分布不均,无法充分发挥预应力结构对桥梁梁体的防护与加固作用。

2.4 施工工序衔接工艺存在薄弱环节

挂篮施工涵盖多道关联紧密的作业工序,工序交接流程缺乏规范化管理标准。前序施工内容未完成精细化核验便开展后续作业,遗留的细微施工问题会持续传导至下一施工环节。不同作业班组的作业节奏存在差异,工序穿插排布缺乏科学统筹,容易出现作业空档或工序重叠问题。工艺交接质量核查力度不足,工序衔接位置的施工细节难以得到全面管控。工序流转的不规范状态

会持续影响整体施工品质,打乱悬臂梁段循环施工的推进节奏,不利于桥梁施工质量的整体统一管控。

3 高铁桥梁挂篮施工工艺优化路径

3.1 挂篮拼装拆卸标准化工艺优化

针对挂篮拼装拆卸作业存在的各类施工短板,可通过建立标准化作业流程规范现场施工行为。结合挂篮构件结构特性与安装逻辑,梳理科学合理的构件组装次序,规避构件错位安装问题。细化各拼接部位的施工标准,统一构件对接缝隙与紧固力度的控制尺度,提升整体结构拼装精度^[3]。针对高空作业空间受限的施工现状,细化构件微调作业细则,指导作业人员完成精细化对位安装。落实拼装完成后的全面核验流程,重点检查结构连接稳固性与整体平整度,及时整改细微施工偏差。拆卸作业需要依托结构受力特性制定专项作业方案,规范构件拆解顺序,减少硬性磕碰带来的构件损伤。标准化作业模式能够规整现场施工行为,提升挂篮拆装作业的规整度与稳定性,维持设备结构完整状态。

3.2 挂篮行走对位精准化工艺升级

围绕挂篮行走与对位作业的工艺缺陷,可通过精细化工艺升级提升设备定位精度与运行稳定性。强化轨道铺设施工管控,严格把控轨道铺设平整度与水平度,消除轨道高差带来的设备滑移偏移问题。规范挂篮前移作业节奏,平稳控制滑移速率,弱化设备晃动幅度,维持设备运行过程中的结构平衡。优化现场对位作业模式,细化梁段轴线校准标准,逐步消减施工累积偏差,保障桥梁整体线型规整度。完善滑移锁定施工工艺,升级限位固定作业方式,提升设备锁定后的稳固程度,杜绝施工过程中出现微量位移。引入精细化调校作业模式,适配高空复杂施工环境,持续保障挂篮就位后的位置精准度,满足悬臂施工的高精度建设要求。

3.3 梁段浇筑与预应力工艺改良方式

结合悬臂梁段施工现存工艺不足,针对性改良混凝土浇筑与预应力施工流程。优化混凝土布料与振捣作业模式,均匀控制布料厚度,扩大振捣作业覆盖范围,消除结构密实度不均的施工问题。结合野外温湿度变化规律调整施工与养护方案,弱化自然环境对混凝土固化成型的干扰,减少结构表层细微裂纹产生。规范混凝土养护作业流程,合理规划养护时长与养护环境,稳步提升梁体结构强度与耐久性能。优化预应力管道铺设工艺,严格管控管道铺设走向与平顺度,规避管道弯折偏移问题,保障钢绞线穿设作业顺畅推进。细化张拉施工操作标准,平稳控制张拉进程与施力强度,优化结构应力传

递效果,充分发挥预应力体系对梁体结构的加固作用。

3.4 施工工序统筹衔接工艺完善策略

针对工序衔接存在的薄弱问题,通过完善统筹管理工艺提升整体施工流畅度。搭建系统化的工序交接作业标准,明确各施工环节的交接要求与核验内容,规范现场工序流转形式。落实工序完工精细化核验机制,完成施工质量排查后再进入后续作业,阻断施工问题的层层传递。统筹各作业班组的施工节奏,科学排布工序穿插形式,消解作业空档与工序重叠带来的施工乱象。强化工序衔接位置的细节管控,细化交接区域的施工工艺标准,补齐细节施工短板。规整悬臂循环施工的整体流程,依托标准化衔接模式稳定施工推进节奏,持续优化桥梁整体施工品质,实现施工质量的统一化管控。

4 高铁桥梁挂篮施工质量控制策略

4.1 施工设备安装调试质量管控方式

挂篮设备的安装调试状态直接决定后续施工作业业的稳定程度,需要落实全流程精细化管控举措。严格规范各类承重结构行走结构锚固结构的安装流程,依照施工技术标准把控构件安装精度^[4]。对轨道铺设平整度结构对接紧实度以及设备整体垂直度开展细致核查,规避安装偏差积累问题。落实设备调试专项工作内容,对挂篮滑移性能锚固性能承载性能开展系统性检测调校。及时整改安装调试阶段出现的细微偏差,保障设备运行状态适配悬臂施工的受力与精度要求。细化设备安装调试的验收标准,细化各类结构的允许偏差范围,从设备源头筑牢施工质量基础。

4.2 现场施工操作过程管控手段

现场施工操作的规范性是把控梁体成型品质的核心环节,需搭建动态化过程管控模式。针对混凝土浇筑振捣养护预应力施工挂篮对位等关键作业环节,细化专项操作管控标准。强化现场作业的动态巡查力度,及时纠正不规范施工行为,杜绝粗放式作业模式带来的质量隐患。严格把控各道工序的施工精度,持续监测梁体线型结构尺寸施工位移等关键指标。根据现场施工环境的动态变化,灵活调整作业管控重点,维持施工工艺落实的稳定性。依托常态化过程管控,压缩施工偏差空间,保障各段梁体施工品质保持统一标准。

4.3 施工人员作业规范化管控模式

施工人员的专业操作水平与作业规范程度,对整体施工质量产生直接影响。搭建适配高铁挂篮施工的专项作业管控体系,明确各岗位人员的作业职责与操作

规范。定期开展专项技术培训工作,强化作业人员对精细化施工工艺的掌握程度,提升高空悬臂施工的专业操作能力。完善现场作业约束机制,规范各类施工操作流程,弱化人为操作带来的质量波动。引导作业人员树立精细化施工理念,重视施工细节把控,减少人为操作失误引发的施工缺陷。通过规范化人员管控模式,稳步提升现场施工操作的规整性与专业性。

4.4 施工隐患常态化防控管控机制

挂篮施工处于高空露天复杂作业环境,各类质量与安全隐患具备较强的隐蔽性与随机性。建立全覆盖的隐患排查体系,覆盖设备运行工艺落实现场操作环境变化等多个维度。细化日常排查工作内容,重点筛查结构松动线型偏移工艺不规范等常见问题。搭建隐患分类处置与跟踪机制,对各类施工隐患落实整改举措,及时消解施工风险^[5]。持续更新隐患防控工作内容,结合不同施工阶段的作业特点,调整排查与管控重点。长期稳定的防控机制能够有效规避各类质量问题,保障挂篮施工全过程的稳定有序推进。

结束语

高铁桥梁挂篮施工工艺的优化与质量控制是一项涉及设备、工艺、人员与管理多要素的系统性工作。拼装拆卸的标准化、行走对位的精准化、浇筑与预应力工艺的改良以及工序衔接的完善,能够从工艺层面纾解施工推进中的各类阻碍。设备安装调试的全流程管控、现场操作的动态监督、人员作业的规范约束与隐患的常态化防控,共同构筑起挂篮施工质量的多层保障网络。各环节管控策略相互支撑、协同发力,能够有效提升悬臂梁段的施工品质,为高铁桥梁整体建设质量提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 杨晓亮,刘凤鸽,杨坤. 高铁桥梁连续梁挂篮施工质量控制技术 [J]. 建筑机械,2024(5):54-57.
- [2] 朱红兴,赵守全,祝克栋,等. 高铁桥梁挂篮悬臂施工阶段群桩基础承载特性研究 [J]. 铁道勘察,2025,51(3):114-120.
- [3] 田超. 挂篮施工技术在高铁路连续梁桥建设中的应用 [J]. 工程机械与维修,2022(3):63-65.
- [4] 王树江. 高铁桥梁工程施工中悬臂挂篮施工技术应用研究 [J]. 门窗,2026(3):88-90.
- [5] 贺飞,王磊,徐世超. 基于挂篮悬臂浇筑的高铁大跨度连续梁桥施工监控研究 [J]. 工程建设与设计,2024(18):98-100.