

悬臂浇筑连续梁挂篮施工效率影响因素分析

沙 明

(中铁上海工程局集团第五工程有限公司, 广西 南宁 530100)

摘 要 大跨度连续梁采用挂篮施工方式较为普遍, 其施工措施对于项目建设的工期、成本效率存在直接影响。本文选择乐至车站特大桥(33+44+48+64+48) m 连续梁工程作为案例, 从实际管理角度出发, 深入分析悬臂浇筑连续梁挂篮施工的能效影响因素。从本工程实际情况进行分析, 悬臂浇筑连续梁挂篮施工技术应用阶段, 其受到“人、机、料、法、环”多个因素共同作用而导致能效无法达到要求。基于此, 在悬臂浇筑连续梁挂篮施工过程中, 需考虑到项目实际情况进行方案优化, 从工序衔接、资源配置、技术交底、外部协调、过程监控等多个角度出发, 确保各项施工措施有序进行, 进而满足悬臂浇筑连续梁挂篮施工要求, 促进现代桥梁工程事业发展。

关键词 挂篮施工; 施工能效; 生产管理; 连续梁; 工序衔接

中图分类号: U215

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.09.018

0 引言

铁路作为现代交通领域的重要组成部分, 近年来建设规模大、速度加快, 尤其是大跨度连续梁作为铁路工程中的重要组成部分, 其施工进度对于全线架桥及铺轨关键节点顺利完成有直接影响。挂篮悬臂浇筑施工方法提高桥梁施工效率, 其具备不占桥下空间、适应复杂地形、跨越障碍能力强等优势, 使该技术在跨越河流、高速公路等地带建设桥梁具备极高应用价值。然而, 悬臂浇筑连续梁挂篮施工具备循环周期长、工序复杂等特点, 其施工能效往往无法达到理论预期^[1]。因此, 深入分析悬臂浇筑连续梁挂篮能效影响因素, 并结合项目经验总结出可行性的措施, 确保各工序紧密衔接, 可为现代交通事业的高质量发展奠定基础。

1 工程概况

乐至车站特大桥(33+44+48+64+48) m 连续梁位于四川省资阳市乐至县, 上跨 G5013 渝蓉高速公路, 全长 238.8 m, 采用悬臂浇筑法施工。主桥由 48#~53# 墩组成, 其中 51#、52# 为主墩, T 构分别跨越高速公路的 4# 和 3# 节段, 施工净空最小为 14.69 m。梁体为单箱单室变截面预应力混凝土结构, 中支点梁高 6.015 m, 跨中及边跨直线段梁高 3.015 m, 箱梁顶宽 12.78 m, 底宽 8.2 m。全桥共划分为 44 个节段, 0# 块采用支架现浇, 1#~6# 标准节段采用菱形挂篮对称悬浇, 边跨现浇段采用钢管支架施工, 合龙顺序为先边跨后中跨。工程地质以弱风化泥岩夹砂岩为主, 施工环境复杂,

涉路协调与线形控制要求高, 是全线关键控制性节点工程。

2 挂篮施工能效的内涵与目标设定

挂篮施工能效能够体现出项目施工的效率, 其主要指的是单位时间内完成一个标准节段的综合效率。挂篮施工能效能够体现桥梁标准阶段施工周期, 这也能突出施工单位在项目施工中的协作性以及管理能力。乐至车站特大桥项目施工的过程中, 根据合同工期和项目施工组织设计, 将标准节段目标周期设定为 12 天, 具体分解如下: 钢筋与模板安装 2 天、混凝土浇筑 1 天、养护 5 天、张拉压浆及挂篮前移 2 天, 预留 2 天作为机动缓冲。为达到这一目标, 需保证本项目施工中各工序紧密衔接, 确保资源精准投放, 有效控制施工风险, 这对施工单位的管理能力方面要求极高。

3 影响挂篮施工能效的关键因素分析

3.1 工序衔接不畅, 形成“等待”浪费

悬臂浇筑连续梁挂篮施工对于工序衔接有极高要求, 任何工序存在中断现象都会引发连锁反应。而在该技术应用作业阶段, 其主要存在如下工序衔接不畅问题: 钢筋半成品未按节段需求准时配送, 造成钢筋绑扎工期延误; 混凝土供应时超出凝时间, 造成混凝土结构存在冷缝风险影响后续浇筑进度; 标准节段养护结束后, 张拉设备未准备完成造成两者衔接不畅; 挂篮前移前, 未完成两面清理、预埋件复核与验收^[2]。

作者简介: 沙明(1990-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 工程管理。

3.2 资源配置失衡, 关键资源成为瓶颈

悬臂浇筑连续梁挂篮施工中, 如果脱离工序动态需求, 将会造成施工工效无法达到最理想状态。本项目在施工过程中资源配置失衡存在如下两个方面: 第一, 劳动力未按要求进行配置, 导致现场施工存在人员冗余或缺失现象。第二, 塔吊、智能张拉设备等大型设备没有进行精准调配, 造成现场施工环节存在资源闲置或浪费现象。例如: 塔吊需同步承担钢筋吊运、模板滑移与挂篮转运, 如果在 30 min 内未及时调整吊装计划, 导致各专业相互交叉制约, 进而造成设备综合利用效率下降。

3.3 技术交底与执行力不足, 返工频发

悬臂浇筑连续梁挂篮施工对各部分精度要求极高, 需确保后锚精轧螺纹钢、劲性骨架连接件、波纹管坐标等精度达到要求, 各部件安装过程中经定位偏差不得超过 ± 5 mm。若本项目技术交底未按标准要求进行, 使施工人员没有充分了解设计方案和技术标准, 也没有结合 BIM 模型展开全面技术交底, 作业人员无法了解施工程序和标准, 会在施工中引发操作偏差。本项目中这一问题较为普遍, 如挂篮后锚精轧螺纹钢预埋精度不足, 后续需要凿除混凝土进行钢筋移位; 合拢段预埋钢板标高偏差较大, 由工作人员进行切割补焊调整, 单次耗时超 8 h。上述问题的存在导致施工工期延长, 并且各结构部件存在质量缺陷容易导致桥梁施工过程中引发质量事故^[3]。

3.4 外部协调不力, 施工环境受干扰

乐至车站特大桥上跨 G5013 渝蓉高速公路, 需在施工过程中严格按照要求进行审批。这时施工窗口期相对较短, 并且需由高速交警、路政、产权单位的联合审批通过才能进行施工。如果项目施工前未按要求提交作业计划, 或者施工单位上报的安全方案未获审核通过, 则会因当日施工内容取消而导致作业时间延长。本项目施工阶段并未和搅拌站构建协同机制, 信息沟通交流不畅无法及时共享节段混凝土方量与浇筑时间, 造成现场施工过程中混凝土供应不足, 或者现场混凝土供应滞后引发初凝导致连接效果受到影响。在项目施工阶段遇到雨季无法进行施工作业时, 如果现场没有提前准备足量防雨布、抽水泵等应急物资, 即使小雨天气也会全面停工。

3.5 过程监控缺位, 问题响应滞后

悬臂浇筑连续梁挂篮施工并未制定系统化、量化的监控机制, 导致管理决策滞后于现场变化影响项目顺利开展。在本项目施工阶段, 由于施工单位未构建

形成完善管理台账, 导致管理人员并不能掌握现场施工情况, 对于钢筋绑扎进度、浇筑混凝土速率等关键指标, 未动态跟踪, 造成现场情况掌握不够完善影响施工功效。同时, 在挂篮施工作业阶段关键受力部件极为重要, 吊带、销轴、锚固系统等未落实分级检查制度, 也没有做好日常巡查记录工作, 导致存在的隐患出现逐步累积现象。如某次挂篮前移时由于吊带出现裂纹没有及时发现, 在吊装过程中发生突然断裂。这一事故造成现场非计划停机超 48 h, 打乱原本的施工节奏, 也会引发人员伤害事故^[4]。

4 基于生产管理的挂篮施工功效提升路径

4.1 推行标准化作业流程 (SOP), 固化高效模式

根据桥址双幅挂篮同步推进结构特点, 将 12 天标准节段施工周期细化为小时级作业指导书, 细化到各班组和工种在左右幅挂篮上进行协同工作、各自节点完成目标、按时间节点划分完成情况, 做到双幅作业一线上下错时、互不影响。例如: 早班 (7:00-11:00) 安排左幅腹板钢筋绑扎、右幅预应力管道支架绑扎; 下午班次 (11:00-12:00) 同步开展双幅挂篮自检及报验工作, 保证同一环节能够同时办理并行开展。中午 (13:00 前) 完成右幅顶板底层钢筋, 左幅进行混凝土泵管布置, 下午 (14:00 前) 完成双幅波纹管定位与固定, 利用挂篮对称性, 可减少部分对位测量工作。工程施工中每一工序均需按照工程管理看板分幅分区标识左右幅目前的工作状态及下步工作安排, 使施工现场人员了解清楚左右幅现阶段正在开展的工作以及具体的上下交界面, 不至于发生工作重叠或者出现空挡等待的现象^[5]。

4.2 实施动态化资源调度, 精准匹配工序需求

该桥梁施工项目部在双幅挂篮同步推进下, 建立了匹配的动态资源调度体制。生产副经理每天会组织相关负责人早班对当天工作安排部署、协调当天双幅节段的工作顺序和重要工作的分工, 对接当天的工作量, 统筹各种人力、设备、物资的安排。在安排计划时, 充分考虑了当天工作的配合度, 左右幅的人力、设备、材料等资源配置均衡、进度同步、互不影响。例如: 当左右幅同步进入钢筋绑扎阶段时, 调集 80 名钢筋工同时分幅作业; 当预应力张拉时因为错时张拉避免挂篮偏载, 从 6 人改为分批、每人上一个班次、一个工人开展张拉工作, 用两台智能张拉装置进行轮班, 按照工艺间隔时间的要求两个节段交替施工的同时又提高了设备利用率; 进行混凝土浇筑时左右幅的泵车双泵轮流为左右幅供料、同步布料、同步振捣, 在现场

增配振捣和泵送工,在浇筑过程中保证随到随浇筑,并且专人负责泵车的工作;为了保证吊装机械的连续作业,将塔吊、汽车吊进行了整条班次 24 小时预留,并且由调度员根据当天的需要制作出双幅吊装作业表,明确每台设备在左幅或右幅的作业时段、起吊构件、站位及指挥责任人,确保双幅吊装任务有序穿插、高效衔接,杜绝设备空转或冲突,实现资源投入与双幅工序需求的精准耦合。

4.3 强化技术交底与过程验证,杜绝返工

该项目将技术交底进一步细化到双幅挂篮施工过程中,做到左右幅的作业标准一致,操作过程一样。在进行 0# 块、标准节段和合龙段等施工前由技术主管组织左右幅的钢筋、模板、预应力等班组一同进行技术交底工作,并利用 BIM 模型的动态显示功能,在显示屏上分别显示两幅结构之间的对称关系、两幅结构中各个预埋件的空间位置关系以及每道工序的操作逻辑,让工人明确知晓类似构件其各自所在不同的幅面之间所存在的差异;现场设置 1:1 的实体样板,并将挂篮后锚部位、波纹管交叉部位以及劲性骨架连接部位等一些重要节点制作成实体样板,工人可以十分容易地看出双幅的样子与挂装顺序,从而避免由于理解错误而引起的左右幅之间的不对称施工问题或者返工的问题。

4.4 前置化外部协调与风险预控

项目部设置专职协调员,负责与高速公路产权、营运管理单位的日常联系和对接工作。提前 7 天将全部需要跨路作业的施工内容报至相关部门,说明具体作业时间、空间、交通组织方案和安全防护措施等,保证有足够的施工窗口时间供其审批通过。设置“外部风险预警清单”,由生产副经理牵头,组织技术、安环、物资等相关人员对天气、交通管制、材料等问题进行实时监测并制定不同等级的应急抢险方案,若气象预报预测未来 24 h 将有 6 级以上大风来临,则应在挂篮前移或者混凝土浇筑之前做好锚固系统的紧固、作业面清理以及防风覆膜。进入雨季之前,准备足够的防水布、彩条布及大功率的抽水设备,在下小雨的时候可以正常对筋进行绑扎、模板进行安装等工作,在大雨来临时可以做到及时排水、避免窝工,保障正常的生产。除此之外,项目部还需建设与地方交警以及路政、应急相关部门的管理模式,同时在定期之内与各单位协调商议,一起分享施工计划,使得工程项目在开展时能够对施工动态进行全方面的管理。而在一些重大节假日或者是特殊保证期间,项目主要负责人必须要对施工的节奏进行调整,减少在车流高峰

时期之内出现占道的情况。另外,为了能够有效地减少舆情风险的情况,还需安排专门的人员对外发布相应的信息,并且统一口径,把一些不良的风险舆论进行优化,防止这种不对称的信息引发误解。

4.5 构建精细化过程监控体系,实现快速纠偏

项目部应用数字化管理手段实现挂篮施工全过程量化管理,每日收工前由工组班长真实填写当日已完成的节段工程量及人工、机械等资源消耗情况及当日存在的问题并将相关数据录入到项目管理平台,由生产经理每日在平台上查看当天计划完成量与实际进度对比情况,查看功效偏差是否控制在可接受范围内,如果某项工作连续两个节段未达预计效能,则通知项目总工程师组织召开技术、安质、施工班组人员等参加的专题会议查找原因并拟出解决办法:采用优化钢筋绑扎顺序、调整混凝土浇筑速度、增加作业人员的办法改进。项目部针对挂篮设备建立专项设备健康管理档案,确定主桁架、吊杆、锚固系统的重点受力点并提出需要检查的内容以及频率,由项目部指定专人负责做好“日检、周检、月检”的工作,详细记录挂篮设备的各项异常情况,并做好相应的维修、更换等隐患点检修工作,杜绝因设备出现故障而导致停工及安全生产事故发生。

5 结束语

在悬臂浇筑连续梁挂篮施工过程中,其功效影响因素较多,对施工效率和工期造成直接影响。根据悬臂浇筑连续梁挂篮施工要求制定科学合理的施工计划,明确各环节施工要点,并且全面落实各项施工控制措施,可提高桥梁工程施工水平。同时,悬臂浇筑连续梁挂篮施工阶段要重视人、机、料、法、环资源优化配置,使各节点进行全面控制,保证各项施工任务有序完成,为今后同类型工程施工奠定基础。

参考文献:

- [1] 李强,严军.变截面连续梁挂篮悬臂浇筑与大节段支架现浇施工技术分析[J].四川水力发电,2021,40(05):22-27.
- [2] 孙红月.高速铁路大跨度连续梁悬臂浇筑技术及线形控制方案[J].交通世界,2022(27):17-19.
- [3] 李洋.斜拉桥连续梁挂篮施工安全风险分析与防控[J].水上安全,2024(07):148-150.
- [4] 王磊.铁路特大桥连续梁挂篮悬臂浇筑法施工工艺[J].四川建材,2024,50(06):152-154.
- [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.