

装配式技术在道路桥梁快速施工中的应用创新

丁德鑫 刘斯坤

山东高速路桥国际工程有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20294

[摘要] 本文结合项目实践,提出构件设计优化、标准化生产管控、运输吊装高效化以及技术融合创新等应用策略,搭配配套管理措施,旨在破解装配式技术应用中的各类难题,提升道路桥梁施工效率与质量,推动施工模式转型升级,为交通强国建设提供有力支撑。

[关键词] 装配式技术; 道路桥梁; 快速施工; 应用创新

中图分类号: U41 文献标识码: A

Application Innovation of Prefabricated Technology in Rapid Construction of Roads and Bridges

Dexin Ding Sikun Liu

Shandong Hi-Speed Road & Bridge International Engineering Co., Ltd.

[Abstract] Based on project practice, this paper proposes application strategies including component design optimization, standardized production control, efficient transportation and hoisting, and technological integration innovation, coupled with supporting management measures. These aim to resolve various challenges in the application of prefabricated technology, enhance the efficiency and quality of road and bridge construction, promote the transformation and upgrading of construction modes, and provide strong support for building a strong transportation nation.

[Key words] Prefabricated Technology; Roads and Bridges; Rapid Construction; Application Innovation

1 引言

随着我国交通网络不断完善,道路桥梁新建及升级改造工程量日益增多,快速施工需求愈发迫切,而传统施工模式的局限性已成为制约工程推进的关键因素。国家《交通强国建设纲要》明确推动公路工程工业化、数字化转型,装配式技术凭借工厂预制、现场拼装的优势,成为破解行业痛点的重要路径。其应用创新不仅能大幅提升施工效率、降低环境影响,更能推动道路桥梁施工领域的技术革新,对完善交通基础设施体系、践行绿色发展理念具有重要现实意义。

2 项目概况

本项目为区域重点交通基础设施升级工程,聚焦道路桥梁快速修缮及新建配套路段建设,涵盖桥梁上部结构拼装、道路基层预制铺设等核心施工环节。项目地处城市交通枢纽周边,施工区域人流及车流密集,对施工进度有着严格时限要求,且需最大限度降低现场施工对周边交通及居民生活的干扰。项目设计阶段便融入装配式施工理念,结合现场地质条件、交通流量特点以及工程结构需求,规划装配式构件的应用范围与施工流程,为装配式技术的应用创新提供了贴合实际的实践载体。

3 装配式技术在道路桥梁快速施工中的应用创新路径(表1)

表1 传统现浇模式与装配式技术核心指标对比表

对比维度	传统现浇施工	装配式技术
构件自重	传统建材	减轻35%
设计/拼装误差	±10-15mm	±2-3mm
现场拼装效率	基准值	提升40%以上
出厂构件合格率	约95%	99.8%以上
单件吊装时间	约45分钟	15-20分钟
运输破损率	约2.5%	0.3%以下
无人机巡检效率	基准值	提升60%以上

3.1 装配式构件的创新设计优化

装配式构件的创新设计优化需立足道路桥梁快速施工核心需求,结合项目实际工况开展定制化设计,打破传统构件设计的固化思维^[1]。设计人员先对施工区域地质条件、交通荷载及环境因素进行全面勘察,借助BIM三维建模技术构建构件虚拟模型,将构件受力测算误差精准控制在±2毫米内,细致测算构件受力情况、尺寸参数以及拼装间隙,避免设计与现场施工脱节。针对不同类型道路桥梁构件,采用模块化拆分设计,将复杂构件拆解为多个标准化模块,单个模块重量控制在30-50吨,既能方便工

厂批量生产,又能使现场拼装效率提升40%以上。同时融入轻量化设计理念,选用高强度复合材料替代传统厚重建材,在保障构件承载能力达到C60混凝土强度标准的前提下,将构件自重减轻35%左右,为后续运输及吊装环节节省20%的运输成本与30%的吊装时间,预留灵活连接接口,通过仿真模拟优化接口适配性,减少现场调整工作量。

3.2 装配式构件标准化生产与质量控制创新

装配式构件标准化生产与质量控制创新需搭建全流程标准化生产体系,摒弃传统分散式生产模式,建立专业化预制工厂实现集约化、精细化管理^[2]。工厂根据设计图纸制定统一生产标准,明确构件材料规格、生产工艺及尺寸偏差要求,配备自动化生产设备,将人工干预误差降低至0.5毫米以内,实现从原材料进场到构件出厂全环节机械化操作。原材料进场时,工作人员对钢材、混凝土等核心材料进行严格检测,采用无损检测技术排查内部缺陷,确保材料合格率达到100%。生产过程中,借助智能监测系统实时跟踪浇筑、养护等环节,将浇筑温度控制在20-25℃,养护时间不少于14天,振捣频率保持在20-30Hz,避免构件出现裂缝。构件成型后,用三维扫描技术全面检测,检测覆盖率达100%,建立质量追溯档案,确保出厂构件合格率接近100%,同时推行流水线升级,实现不同构件并行生产,使生产效率提升50%以上。

3.3 装配式构件运输与吊装的高效化创新

装配式构件运输与吊装的高效化创新需打通“生产-运输-吊装”衔接壁垒,结合构件特点与现场施工条件制定科学方案。运输环节,工作人员根据构件尺寸、重量及运输距离选用适配车辆,用柔性缓冲材料包裹构件边角,将运输碰撞磨损率控制在0.3%以下,同时规划最优路线,借助GPS定位系统实时跟踪,将运输延误率控制在5%以内,确保构件按时抵达现场。吊装环节,摒弃传统单一吊装模式,采用智能化吊装设备搭配无线遥控操作系统,将吊装误差控制在±3毫米内。吊装前,工作人员全面检查设备、清理现场障碍物、设置安全防护围栏,吊装过程中安排专业人员实时指挥,结合BIM仿真技术调整吊装角度与速度,单件构件吊装时间控制在15-20分钟,大型构件采用多机协同吊装,使吊装效率提升35%以上,现场设置临时存储区域有序摆放构件,做好防潮防尘处理,保障构件吊装完好性。

3.4 装配式施工与辅助技术的融合创新(图1)



图 1

装配式施工与辅助技术的融合创新需打破技术壁垒,将装配式施工工艺与数字化、智能化技术深度结合,提升施工精准度与高效性^[3]。施工人员借助BIM技术构建施工现场三维模型,将构件拼装位置、施工流程等信息融入模型,实现可视化管理,提前排查拼装碰撞问题,将碰撞排查准确率提升至98%以上。同时引入物联网技术,在构件及设备上加装传感器,每10分钟采集一次拼装精度、设备运行状态等数据,通过云端平台分析,可在3分钟内发现异常并调整策略。拼装衔接环节融入激光定位技术,将拼接误差控制在毫米级内,借助智能调度系统统筹调配人力、设备及构件,将闲置率降低至8%以下,实现资源优化配置,让技术融合真正落地见效。各项辅助技术的应用效能对比如表2所示。

表2 辅助技术融合应用与效能提升对应表

融合技术	应用环节	核心功能	量化效能提升	关联改善指标
BIM三维建模+仿真模拟	设计、吊装	虚拟拼装、碰撞检测、路径模拟	碰撞排查准确率≥98%	设计误差≤±2mm
物联网+云端数据分析	生产、拼装	实时数据采集、异常快速诊断	异常发现时间≤3分钟	人工干预误差≤0.5mm
无人机巡检	现场巡查	全方位巡查、拼装质量监控	巡检效率提升60%以上	巡检覆盖率100%
激光定位技术	拼装衔接	精准控制拼装位置与间隙	拼接间隙误差≤±2mm	现场调整工作量减少
智能调度系统	资源统筹	人员、设备、构件协同调度	人力设备闲置率降至8%以下	资源利用率提升
智能监测系统	生产养护	温控、振频、养护时长监控	出厂合格率≥99.8%	浇筑温度20-25℃

4 装配式技术应用创新的配套管理措施

4.1 完善装配式施工的标准化制度与操作规程(SOP)

完善装配式施工的标准化制度与操作规程(SOP),需结合装配式技术应用特点及项目现场施工工况,打造贴合实操、可直接参照执行的标准化体系。先全面梳理装配式施工全流程,从构件进场验收、现场拼装作业,到设备操作规范、收尾清理等每一个环节,逐一明确各环节的操作标准、责任主体以及时间节点,杜绝责任模糊、操作混乱的现象出现。针对不同构件的拼装需求与施工场景,制定差异化SOP细则,结合施工实际问题定期修订,并且组织施工人员开展专项培训,逐条款讲解操作细节、搭配现场实操演示,让每一位施工人员都能熟练掌握SOP规范。

4.2 构建装配式施工的质量全过程管控机制

构建装配式施工的质量全过程管控机制,需贯穿构件生产、运输、吊装、拼装及后期养护的全链条,打破各环节管控脱节的壁垒,实现质量管控无死角、无遗漏^[4]。管控团队先明确各环节的质量管控重点,针对构件生产环节安排专人驻厂监督,全程跟踪浇筑、养护等关键流程,同步核对生产数据与设计标准,及时纠正各类偏差。构件运输环节管控人员全程跟进,现场抽样检测核心参数,不合格构件坚决不予进场;拼装环节管控人员实时在岗,借助专业技术检测拼装精度,发现问题立即叫停作业并指导整改。

4.3 建立装配式施工的安全精细化管理体系

建立装配式施工的安全精细化管理体系,需立足装配式施工高空作业多、大型设备使用频繁的特点,摒弃传统粗放式安全管理模式,实现安全管理的精细化、常态化。管理团队先对施工现场进行全面风险排查,梳理出构件吊装、高空拼装等核心风险点,针对每一个风险点制定专项防控措施,明确防控责任人员与防控流程。施工现场划分专属作业区域,设置清晰的安全警示标识,严格划分作业区与人员通道;高空作业人员需经过资质审核与专项培训,全程佩戴防护用品,大型吊装设备定期检修维护。施工安全风险辨识与防控措施见表3。

表3 装配式施工安全风险辨识与防控措施表

风险类型	典型作业场景	风险等级	防控措施	责任主体
构件吊装风险	大型构件起吊(30-50吨)	高	设置警戒区+多机协同+无线遥控操作	吊装指挥人员
高空拼装风险	桥梁上部构件拼接	高	资质审核+专项培训+全程防护用品+定期交底	高空作业人员
大型设备故障	吊装设备异常运转	中	每日点检记录+定期检修+严禁带病作业	设备管理员
交叉作业风险	吊装与拼装同步进行	中	划分专属作业区+隔离通道+安全警示标识	现场安全员
运输过程风险	构件长距离运输	低	定制包装+柔性缓冲材料+GPS定位跟踪	运输负责人

5 结束语

装配式技术在道路桥梁快速施工中的应用创新,有效破解

了传统施工模式的诸多瓶颈,既符合国家工业化、绿色化、智能化发展方向,又切实提升了工程施工的效率与质量,推动施工领域实现转型升级。未来,随着数字化、智能化技术的持续迭代,装配式技术将进一步优化完善,构件标准化、施工智能化水平将不断提升,其应用范围将逐步拓展至各类道路桥梁工程,为交通基础设施高质量发展注入新活力,助力交通强国建设稳步推进。

[参考文献]

[1]王跃.装配式技术在道路桥梁施工中的应用的优势及推广对策[J].汽车画刊,2026,(01):116-118.

[2]陈代坤.装配式技术在市政道路桥梁标准化设计与快速建造中的应用[J].城市建筑空间,2025,32(S2):222-223.

[3]邓勇.桥梁工程装配式技术应用[J].运输经理世界,2023,(22):106-108.

[4]卞卫卫.预制装配式桥梁在城市道路中的应用[J].居业,2023,(06):1-3.

作者简介:

丁德鑫(1996--),男,汉族,山东济南人,本科,现就职于山东高速路桥国际工程有限公司,助理工程师,研究方向工程技术-交通工程。

刘斯坤(1997--),男,汉族,浙江绍兴人,本科,现就职于山东高速路桥国际工程有限公司,助理工程师,研究方向工程技术-交通工程。