

桥梁预制拼装技术在公路施工中的应用难点及对策

王华宁

中交三公局工程技术有限公司 北京

【摘要】桥梁预制拼装技术在公路施工中的应用具有施工周期短、质量可控、对交通影响小等优势，但在推广过程中仍面临运输条件受限、现场安装精度控制难、构件连接耐久性不足以及施工组织协调复杂等难点。本文以提升公路桥梁建设质量与效率为目标，深入分析预制拼装技术在实际施工中遇到的主要问题，探讨其技术和管理瓶颈成因，并提出针对性的改进对策，包括优化运输与吊装设备配置、引入高精度测量控制技术、改进连接结构设计以及完善施工组织与质量管理机制。通过技术创新与管理优化相结合，可有效提升预制拼装桥梁的整体施工水平，为公路建设的可持续发展提供可靠支撑。

【关键词】桥梁预制拼装技术；公路施工；施工难点；技术优化；管理对策

【收稿日期】2025 年 6 月 11 日

【出刊日期】2025 年 7 月 10 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250306

Difficulties and countermeasures in the application of bridge prefabrication and assembly technology in highway construction

Huaning Wang

CCCC Third Highway Engineering Technology Co., Ltd., Beijing

【Abstract】 The application of bridge prefabrication and assembly technology in highway construction boasts advantages such as a short construction period, controllable quality, and minimal impact on traffic. However, during its promotion, it still faces difficulties including restricted transportation conditions, challenges in controlling on-site installation accuracy, insufficient durability of component connections, and complex construction organization and coordination. Aimed at improving the quality and efficiency of highway bridge construction, this paper conducts an in-depth analysis of the main problems encountered in the practical application of prefabrication and assembly technology, explores the causes of its technical and management bottlenecks, and proposes targeted improvement countermeasures. These include optimizing the configuration of transportation and hoisting equipment, introducing high-precision measurement and control technology, improving the design of connection structures, and perfecting the construction organization and quality management mechanisms. By combining technological innovation with management optimization, the overall construction level of prefabricated and assembled bridges can be effectively enhanced, providing reliable support for the sustainable development of highway construction.

【Keywords】 Bridge prefabrication and assembly technology; Highway construction; Construction difficulties; Technical optimization; Management countermeasures

引言

近年来，桥梁预制拼装技术因其显著的工期优势和较高的施工质量，在公路工程建设中得到了广泛关注。这种技术将桥梁构件在工厂内完成加工生产，再运输至施工现场进行拼装，能够有效减少现场作业时间，降低对交通和环境的影响。然而，在实际应用中，预制拼装技术仍受到运输条件、构件精度、连接结构可靠性以及现场组织管理等多方面因素的制约，导致其推广

和普及存在一定难度。针对这些问题，亟需在施工技术与管理模式方面进行系统研究与优化，以确保预制拼装桥梁在公路施工中的高效、安全与耐久。本文将从技术和管理两个层面展开分析，提出切实可行的对策，为行业提供参考。

1 公路桥梁预制拼装技术的应用现状与优势分析

在我国公路建设领域，桥梁预制拼装技术已逐步形成较为成熟的体系，并在多种类型的公路桥梁工程

中得到应用。这种技术通过在集中场站环境中进行构件制造与养护,使得构件质量能够得到充分保证,同时有效避免了现场施工中因天气、环境及施工场地限制而带来的质量波动。预制构件的标准化和模块化生产,使得施工现场的组装工作更加高效,减少了现场作业的比例,显著提高了施工的工厂化程度。由于构件在出场前经过严格检测,能够在很大程度上减少质量缺陷的发生,为桥梁结构的安全性和耐久性提供保障。

桥梁预制拼装技术在施工周期上的优势尤为突出。通过将大量工序前移至桥梁梁体构件的生产场地内部,现场施工时间得以大幅缩短,从而减少了对既有交通的干扰,降低了封路或半幅施工的时间成本。这一特性在交通繁忙的公路干线和城市快速路工程中表现尤为明显,不仅保障了施工期间的通行效率,还提升了工程整体进度的可控性。场站化集中生产可实现多工序并行,大规模生产条件下的经济效益也得到显现,工程成本得以优化。

在安全性与环保性方面,该技术同样具有独特优势。由于现场作业环节的减少,施工现场的高空作业量明显下降,降低了作业人员的安全风险;现场作业减少意味着粉尘、泥浆等污染物排放减少,有助于改善施工现场及周边环境质量。尤其在跨河、跨高速等特殊地段施工中,预制拼装技术能够减少对河道、水体以及路面基础设施的破坏,提升工程的绿色施工水平。这些优势的综合体现,使得桥梁预制拼装技术成为推动公路工程现代化建设的重要路径。

2 公路施工中预制拼装技术面临的主要难点

在实际的公路桥梁施工过程中,桥梁预制拼装技术虽然具有诸多优点,但仍面临多方面的制约因素。运输限制是首要难题之一,大型桥梁预制构件通常尺寸大、重量高,对运输车辆的承载能力、公路桥涵的通行能力以及运输路线的平面与纵向条件都有严格要求。在山区、城市中心或交通条件受限的区域,构件运输的组织难度和成本显著增加,甚至会对构件的设计尺寸与形式造成制约。

现场安装精度控制是影响预制拼装桥梁整体质量与使用寿命的关键环节之一。预制构件之间的连接依赖毫米级的精准定位与严密对接,一旦在吊装或安装过程中出现偏差,将可能造成结构受力不均、节点连接应力集中等问题,直接削减了桥梁的结构性能与耐久性。在大跨径桥梁或地形条件复杂的施工环境中,温度变化引起的构件热胀冷缩、吊装路径受限导致的姿态调整困难,以及测量基准点因环境或施工干扰发生偏

移,都会显著增加安装精度控制的难度。现场焊接若存在气孔、裂纹等缺陷,螺栓连接若未达到设计扭力要求,湿接缝施工若存在密实度不足等问题,均会影响桥梁整体的受力性能、防护能力和耐久性,甚至在服役期内引发结构安全隐患。

构件连接耐久性不足也是预制拼装技术推广过程中的最大隐患。某些项目中,湿接缝材料性能衰减、连接节点易受腐蚀等问题导致桥梁服役期内的维护成本增加,甚至影响结构安全。施工组织与协调的复杂性也制约了技术效益的发挥。预制拼装桥梁施工涉及设计、制造、运输、吊装等多个环节,任何一环的延误或质量问题都可能影响整体施工进度与成本控制。在大型工程中,这种跨环节、跨专业的协作难度显著提升,对项目管理能力提出了更高要求。

3 针对桥梁预制拼装施工难点的技术优化措施

为了有效突破运输限制,可在项目设计阶段引入可拆分式构件设计,将超长、超宽或超重的预制构件分解为更易运输的小单元,现场再进行高精度拼装。这种方法结合高强度连接件与新型拼装节点设计,不仅能保证结构整体性,还能显著提升运输的灵活性。在具体实施中,可通过模块化设计软件对构件进行结构受力与运输适配分析,确保分段位置合理、连接结构安全可靠。对于运输路线受限的工程,还可采用临时改造道路、加固桥涵等方式创造运输条件,或利用水运、轨道运输等多种方式组合,提升物流效率。需配套优化运输组织方案,利用夜间或交通低峰期进行运输作业,借助特种运输车辆与临时交通管控措施,减少对现有道路交通的影响,并通过全程监控与实时位置反馈系统确保构件运输安全可控。

在现场安装精度控制方面,应全面应用高精度测量与控制技术。使用全站仪结合 GPS 定位系统进行多点实时监测,确保构件在吊装过程中位置与姿态的动态调整能够精确到毫米级别;引入激光扫描与三维建模技术,在安装前完成全桥的虚拟拼装模拟,从而提前发现并解决可能的对接误差问题。为应对复杂地形或受限作业空间,可采用多台起重设备协同作业并配合动态平衡系统,实现构件平稳对位。还可在关键节点设置临时支撑与导向装置,以降低吊装过程中因外力干扰导致的偏移风险,并通过在吊装全过程中实施实时力学监测,确保构件在安装过程中的受力状态符合设计要求,避免产生不可逆的结构偏差。

针对构件连接耐久性问题,可选择高性能湿接缝材料,如改性环氧树脂砂浆或高强度早强微膨胀混凝

土,并在施工中严格控制配合比与养护条件,以确保接缝区域的密实性与粘结性能。在生产阶段应进行材料性能的批次检测,确保其抗渗、抗裂及耐久指标均达到设计标准。对于螺栓连接部位,应选用耐腐蚀高强度合金材料,并采用双重防护涂层技术,在涂层施工过程中控制涂膜厚度与均匀性,提高其在长期服役中的耐久性。对于焊接节点,应进行全焊缝超声检测、磁粉与X射线探伤,确保焊缝内部无裂纹、气孔等缺陷,并根据环境条件在焊缝表面施加防护涂层,防止长期服役中腐蚀和疲劳损伤的发生。这些技术优化措施相结合,将从源头和过程两方面提升预制拼装桥梁在公路施工中的整体技术水平与服役可靠性。

4 提升预制拼装桥梁施工成效的管理对策

在项目管理层面,应建立从设计到施工的全过程信息化管理体系,实现各环节数据的互通共享与动态跟踪。BIM技术在预制拼装桥梁中的应用,可以将设计图纸、构件生产计划、运输路径及吊装方案等信息集成在统一平台上,确保设计单位、梁板预制、运输团队及施工现场能够及时获取最新信息并调整计划。这种数字化协同不仅能提高跨部门的沟通效率,还能通过三维可视化与数据分析提前发现潜在问题,从而减少设计与现场实际之间的偏差,降低施工冲突与返工率。通过信息化管理,还可实现成本、进度与质量的同步监控,使项目整体运作更加精细化与可控化。

施工组织方面,应在项目早期制定详尽的构件生产、运输与安装时间表,并结合天气预报、交通管制信息、地形条件等外部因素动态优化施工安排。对于跨区域、多批次的预制构件运输与安装任务,应建立专项协调小组,集中调配大型吊装设备、运输车辆与辅助机械,确保资源利用率最大化,减少设备闲置和人员等待时间。在桥梁梁体构件的生产场地与现场之间,可设立专职质量监督与信息反馈岗位,实时传递构件生产与运输状态,确保构件出厂质量与现场安装精度均达到技术标准要求,从而提升整体施工效率与质量保障水平。

在质量与安全管理方面,应建立多层次、全覆盖的质量控制体系,将构件制造、运输、吊装、连接等关键工序全部纳入质量责任链,明确各环节的质量验收标准与责任人。可引入第三方质量检测机构,对关键节点进行抽检、复核与结构性能测试,提高监督的客观性与权威性。在施工安全管理上,应针对大型构件吊装、临

时支撑拆除、高空焊接等高风险环节制定详尽的安全作业指导书,配备必要的安全防护装备,并定期开展应急演练与安全培训,提升施工人员的应变能力与安全意识。通过技术与管理的双向发力,预制拼装桥梁在公路施工中的质量稳定性和安全性将得到显著增强。

5 结语

本研究围绕桥梁预制拼装技术在公路施工中的应用,分析了其优势、面临的主要难点以及可行的技术与管理对策。通过引入模块化设计、精密测量控制、高性能连接材料以及全过程信息化管理,不仅能够有效提升施工效率与质量,还能降低安全风险与维护成本。预制拼装技术的发展,不仅契合公路建设工业化、绿色化的趋势,也为未来大型桥梁工程提供了可复制的经验和技术路径。持续的技术创新与管理优化,将推动其在公路工程中更广泛、更高效地应用。

参考文献

- [1] 陈子铭.预制节段拼装技术在桥梁施工质量控制中的应用分析[J].中国品牌与防伪,2025(08):128-130.
- [2] 蔺广民.公路桥梁工程中预制T形梁施工技术分析[J].汽车画刊,2025(06):137-139.
- [3] 李诚毅.预制T梁施工技术在公路桥梁工程中的应用[J].汽车周刊,2025(07):73-75.
- [4] 王鼎鑫.公路桥梁预制箱梁施工技术应用[J].中国水运,2025(09):121-124.
- [5] 陈志.公路桥梁预制T梁混凝土浇筑施工技术研究[J].交通世界,2025(13):143-145.
- [6] 侯玉茹.公路桥梁预制节段拼装施工关键技术[J].交通世界,2025(08):121-123.
- [7] 李鑫.预制T梁施工技术在公路桥梁工程中的应用[J].交通世界,2024(32):127-129.
- [8] 吕福霞.预应力智能张拉技术在高速公路桥梁预制梁施工中的应用[J].交通世界,2022(33):129-131.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

