

装配式道路施工技术在公路工程中的质量控制与效率提升路径

叶斌

310228*****2812

摘要: 装配式道路施工技术凭借其标准化设计、工厂化生产、装配化施工等特点,正在公路工程领域引发一场深刻的建造方式变革。该技术不仅能够显著提升施工效率、缩短工期、减少现场作业对环境的影响,其内在的工业化特质也为实现更精细、更可控的工程质量创造了条件。然而,其优势的充分发挥,高度依赖于从构件预制、运输存储到现场装配全链条的系统性质量管控,以及贯穿于设计、生产、组织、管理各环节的效率优化。本文旨在系统探讨装配式道路施工技术在公路工程应用中的核心质量控制要点,涵盖构件预制阶段的原材料、工艺与检测,以及运输安装阶段的保护、定位与连接质量控制;同时,从优化施工组织设计、采用先进设备与技术、加强人员培训等维度,提出切实可行的效率提升路径,以期为推动该技术在公路工程中的规范化、高效化应用提供理论参考与实践指导。

关键词: 装配式道路; 公路工程; 质量控制; 施工效率; 工业化建造

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.038

引言

传统现浇道路施工模式长期面临着施工周期长、现场作业环境复杂、质量波动性大、对交通与社会环境影响显著等挑战。在交通强国战略与基础设施高质量发展要求驱动下,推动公路建设向工业化、绿色化、智能化转型升级已成为行业共识。装配式道路施工技术作为一种先进的工业化建造方式,其核心是将道路结构分解为标准化的预制构件,在工厂的稳定环境中进行精细化生产,再运输至现场进行快速拼装。这一模式将大量湿作业、高空作业及不确定环境下的作业转移至可控的工厂车间,从根本上改变了道路的“建造逻辑”。然而,作为一种系统性工程,装配式道路的质量并非仅在现场显现,而是前置并凝结于设计、生产、物流、装配的每一个环节。任何一个环节的疏漏,都可能因构件的“产品”属性而被放大,影响整体结构的性能与耐久性。同时,若组织管理不当,其潜在的效率优势也可能因构件供应脱节、安装工序混乱、协同不畅而无法兑现。因此,系统研究其全生命周期的质量控制要点,并探索与之匹配的效率提升路径,对于确保装配式道路工程的成功实施、发挥其综合效益具有至关重要的意义。本文即围绕“质量控制”与“效率提升”两大核心议题展开论述。

1 装配式道路施工技术在公路工程中的质量控制要点

装配式道路的质量控制是一个贯穿“设计-生产-运输-安装-运维”全过程的体系,其核心在于实现“过程精品”,确保每一个预制构件成为合格“产品”,并通过精准装配形成可靠的整体结构。质量控制必须从事后检验向全过程预防转变,重点聚焦于构件预制与现场安装两个关键阶段。

1.1 构件预制阶段质量控制

1.1.1 原材料质量把控

在原材料质量把控方面,必须建立比传统施工更为严格的准入与检验制度。混凝土的胶凝材料、骨料、外加剂、拌合用水,钢筋的牌号、规格、力学性能,以及各类预埋件、连接套筒、防水密封材料的质量,均需符合设计要求及国家相关标准。所有进场材料应实行台账管理,做到来源可溯、质量可查。特别是对于高性能混凝土的应用,需重点控制其工作性、早期收缩及长期耐久性指标,通过配合比优化与生产过程监控,确保混凝土构件的强度、抗渗、抗冻及耐腐蚀性能满足在复杂公路环境下的长期服役要求^[1]。钢筋加工的质量,包括下料尺寸、弯折角度、焊接或机械连接质量,以及钢筋骨架的绑扎牢固度与保护层厚度控制,都需通过模具化、机械化作业来保证精度,避免因尺寸偏差导致现场无法安装或保护层不足影响耐久性。

1.1.2 预制工艺控制

在预制工艺控制环节,标准化与精细化是关键。首先,模具的精度与刚度是保证构件几何尺寸准确、表面平整光洁的先决条件。模具设计需充分考虑构件脱模、吊装预埋件等因素,确保其具有足够的重复使用精度和稳定性。在混凝土浇筑前,需对模具进行彻底清理、涂刷脱模剂,并严格检查钢筋骨架、预埋件的位置与固定情况。混凝土拌合应采用自动化计量设备,确保配合比准确;浇筑过程应遵循工艺要求,采用合理的振捣方式(如附着式振捣器与插入式振捣棒结合),确保混凝土密实,尤其要关注边角部位及预埋件周边;振捣后需及时进行表面收光抹平。养护工艺直接影响混凝土的早期强度发展与后期性能,应采用蒸汽养护、自动喷淋养护或覆盖保温保湿养护等科学方式,严格控制升温、恒温、降温速率及养护温湿度,防止出现温度裂缝与收缩裂缝。脱模起吊时,构件强度必须达到规定值,并采用专用吊具平衡起吊,避免对构件造成损伤。

1.1.3 质量检测与验收

质量检测与验收是构件出厂前的最后一道关口,必须执行“不检验、不流转,不合格、不出厂”的原则。检测内容应包括:构件的几何尺寸、外观质量(有无蜂窝、孔洞、裂缝、缺棱掉角等缺陷)、混凝土强度(同条件养护试块强度、必要时进行回弹或取芯检测)、钢筋保护层厚度、预埋件位置及牢固度等。对于涉及结构安全的性能,如预应力构件的张拉控制应力与锚固效果,需进行专项检测。应积极引入数字化检测手段,如三维激光扫描检查构件外形尺寸偏差,超声波检测内部缺陷等。所有检测数据应形成电子档案,并可为每个构件生成唯一的“身份标识”(如二维码),记录其生产信息、质量数据,实现质量责任可追溯。只有通过全面检验合格的构件,才能被批准放行,进入运输环节^[2]。

1.2 运输与安装阶段质量控制

构件从工厂“产品”转变为工程“结构”的过程,充满了动态风险。运输与安装阶段的质量控制,目标在于安全、精准、可靠地完成这一转变,确保构件性能不损伤、安装位置无偏差、连接节点牢固可靠。

1.2.1 构件运输保护

构件运输保护是连接预制与安装的脆弱环节。应根据构件的尺寸、重量、形状特点设计专用的运输架或支撑方式,确保构件在运输过程中处于稳定、合理的受力状态,防止因颠簸、晃动而产生开裂或变形。对于边角、

外露钢筋、预埋螺栓等易损部位,应采取加设护角、柔性包裹等保护措施。运输路线应提前勘察,选择路况良好、限高限宽满足要求的道路,并规划合理的行驶速度。装卸车过程应使用专用吊具,轻吊轻放,严禁碰撞。现场存放场地应平整坚实,排水良好,垫木位置应符合设计要求,避免构件因堆放不当产生附加应力或长期积水侵蚀。

1.2.2 安装定位精度控制

安装定位精度控制直接关系到道路的线形、平整度及整体受力性能。现场测量控制网的精度必须高于传统施工要求。在基础或下层结构施工时,就要为上部预制构件的安装预留准确的支承面或预埋件。安装前,需在支承面上精确测放出构件的安装控制线。吊装过程中,应运用全站仪、激光投线仪、BIM放样机器人等先进测量设备进行全程实时跟踪定位。对于大型或异型构件,可采用临时导向、限位装置辅助就位。就位后,需立即进行初步校正,并使用可调支撑系统进行微调,直至平面位置、高程、垂直度等各项指标均满足设计及规范允许偏差要求。精度验收合格后,方能进行临时固定,为后续节点连接创造条件。

1.2.3 连接节点质量控制

连接节点质量控制是装配式道路结构安全与整体性能的生命线。连接节点(如预应力筋张拉连接、灌浆套筒连接、焊接连接、螺栓连接、后浇混凝土连接等)的设计与施工必须确保其承载力、刚度、耐久性与现浇结构等效。施工前,需对操作人员进行详细的技术交底。施工过程中,必须严格控制关键工序:如预应力孔道灌浆的饱满度与密实度;钢筋套筒灌浆连接的灌浆料流动性、灌浆压力与保压时间;焊接工艺参数与焊缝质量;螺栓的拧紧力矩与防松措施等。对于隐蔽的连接节点,应加强过程监控与影像记录,并按规定进行平行检验或第三方检测,如对灌浆饱满度可采用超声波检测或预埋传感器监测。所有连接作业完成后,需形成完整的连接施工记录和质量检查报告,确保连接质量可追溯、可验证。

2 装配式道路施工技术在公路工程中的效率提升路径

2.1 优化施工组织设计

优化施工组织设计是提升效率的顶层规划。与传统现浇施工的线性组织不同,装配式施工更强调“工厂生

产”与“现场装配”两条主线的高度协同与平行作业。施工组织设计必须基于详细的构件拆分设计,制定精准的构件生产计划、运输计划与现场吊装计划。运用网络计划技术、BIM 技术进行四维施工模拟,提前发现并解决不同专业、不同工序在时空上的冲突点,优化吊装顺序和施工流线^[3]。现场平面布置需充分考虑构件临时堆放区、吊装机械行走路线、汽车吊站位等,确保运输车辆能快速进场卸货,吊装机械能高效覆盖作业面,减少二次搬运与机械闲置。建立高效的现场指挥协调机制,确保设计、生产、运输、吊装、测量、连接等各环节信息畅通、指令清晰、响应迅速。

2.2 采用先进施工设备与技术

采用先进施工设备与技术是提升效率的核心驱动力。在工厂预制环节,大力推广自动化预制设备应用,如自动化钢筋加工生产线、智能布料机、自动振捣平台、智能养护窑等,可以大幅提高生产效率、稳定产品质量、降低人工依赖与劳动强度。在施工现场,智能吊装与拼接技术至关重要。采用大吨位、高精度、带传感器的智能吊装设备(如塔吊、汽车吊配合智能吊钩),可以实现构件的平稳吊运和初步定位。进一步结合 BIM 模型与增强现实(AR)技术,可以将设计模型与实际安装位置进行虚实叠加,辅助工人进行精准对位。对于大型道路面板的拼接,可采用带自动调平功能的铺装机或架桥机,实现快速、高精度的安装。此外,搭建一体化的信息化管理平台是串联所有环节、实现智慧建造的神经中枢。该平台应集成设计信息、生产进度、库存状态、物流信息、现场进度、质量检验数据等,通过云计算、物联网和移动互联网技术,实现全过程信息的实时采集、动态共享与智能分析^[4]。管理人员可通过平台远程监控工厂生产状况、车辆运输位置、现场安装进度,并基于数据做出快速决策,实现资源调度的最优化和问题处理的即时化。

2.3 加强施工人员培训

加强施工人员培训是提升效率的根本保障。装配式道路施工对人员的技术素养、协同意识和安全观念提出了新的要求。技术培训应覆盖所有关键岗位,包括预制工厂的操作工人、现场吊装司机、安装工、测量员、节点连接作业人员等。培训内容不仅包括设备操作、工艺流程、质量标准等技能知识,更应深入理解装配式建筑的技术原理、工序逻辑和协同要求,培养工业化建造的

思维模式。通过实操演练、样板引路、技能竞赛等方式,提升一线工人的熟练度和精准度。安全培训尤为重要。装配式施工涉及大量大型构件吊装、高空作业、临时支撑等高风险工序,必须针对这些特点进行专项安全培训,使作业人员充分识别吊装作业、临边防护、临时支撑体系等方面的风险,掌握正确的安全操作规程和应急处理措施。通过持续培训,打造一支技术过硬、安全意识强、协作高效的产业化工人队伍,为效率与安全的双重提升提供人力资源支撑。

3 结语

装配式道路施工技术代表着公路工程建设向工业化、智能化迈进的重要方向。其成功应用,是一套严谨的质量控制体系与一套高效的组织运行体系共同作用的结果。质量控制是生命线,要求我们将管理重心前置,在构件的“制造”与现场的“装配”两个主战场,实现对原材料、工艺、精度、节点的全方位、全过程精细化管控,确保每一个构件、每一处连接都经得起考验。效率提升是竞争力,要求我们打破传统思维,通过施工组织的深度优化、先进技术与智能装备的集成应用、以及专业化产业工人的系统培养,重构建造流程,实现工厂与现场的高效协同,真正释放出工业化建造在缩短工期、节约资源、提升品质方面的巨大潜力。未来,随着数字化、智能化技术的不断渗透,装配式道路的质量控制将更加精准、透明,效率提升路径将更加智能、优化。只有坚持质量与效率并重,技术与管理协同创新,才能推动装配式道路施工技术在公路工程领域实现更广泛、更深入的应用,为我国交通基础设施的高质量、可持续发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]王婧,李薇,刘大鹏.装配式临时道路大尺寸钢筋混凝土预制板受力试验研究[J].粘接,2026,53(01):196-200.
- [2]陈亚峰,徐冰,左明宇.装配式预制路基板的设计与应用研究[J].港口航道与近海工程,2025,62(06):136-140.
- [3]刘洋,张林.装配式道路板耐久性提升技术研究与应用实践[J].散装水泥,2025,(05):124-126.
- [4]黄昕.预制装配式箱涵施工质量安全监管技术要点探讨——以新浦路道路改造提升工程为例[J].福建建材,2022,(09):101-104.