

现代化路桥施工技术的发展与应用

王宁 王彪

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430058

[摘要]现代化路桥施工技术正加速向智能化、数字化、装配化方向转型升级。文中系统阐述了现代化路桥施工技术在智能化建造、工业化生产及数字化管理等方面的主要特点, 深入分析了当前技术应用中存在的技术管理体系不完善、施工人员技术水平不足、智能化设备应用程度不高等突出问题, 并从完善施工技术管理体系、加强专业人才培养、推进智能化信息化建设、强化质量安全管理及加大技术创新与成果转化力度五个方面提出了优化对策, 旨在为路桥工程现代化建设提供参考。

[关键词]路桥工程; 现代化施工技术; 智能建造; 数字化管理; 装配式施工

DOI: 10.33142/sca.v9i6.19798

中图分类号: U415

文献标识码: A

Development and Application of Modern Road and Bridge Construction Technology

WANG Ning, WANG Biao

Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430058, China

Abstract: Modern road and bridge construction technology is accelerating its transformation and upgrading towards intelligence, digitization, and assembly. The article systematically elaborates on the main characteristics of modern road and bridge construction technology in intelligent construction, industrial production, and digital management. It deeply analyzes the prominent problems existing in the current technology application, such as incomplete technical management system, insufficient technical level of construction personnel, and low degree of application of intelligent equipment. Optimization measures are proposed from five aspects: improving the construction technology management system, strengthening professional talent training, promoting intelligent information construction, strengthening quality and safety management, and increasing technological innovation and achievement transformation efforts, so as to provide reference for the modernization construction of road and bridge engineering.

Keywords: road and bridge engineering; modern construction technology; intelligent construction; digital management; prefabricated construction

引言

随着交通强国战略的不断推进, 中国公路桥梁建设规模越来越大, 建设标准越来越高。现代化路桥施工技术由原来的以人工为主的人海战术, 转变为智能化、数字化、绿色化的新型发展道路。但是目前现代化技术在工程实践中推广应用还存在着很多障碍, 技术管理体系不健全、专业人才缺乏、智能化装备应用不够等都会影响到技术效能的充分发挥。怎样系统地找出这些限制因素, 并且找到可以实际操作的改进途径, 就成了促使路桥施工技术高质量发展的关键问题。因此, 本文就现代化路桥施工技术的发展特点、应用现状和问题对策进行研究, 希望对行业技术升级和管理优化起到一定的参考作用。

1 现代化路桥施工技术的主要特点

现代化路桥施工技术具有明显的智能化、工业化、信

息化三者相融合的特点。江苏现代路桥有限责任公司以“机械化换人、智能化减人”为导向, 自主研发出一种集双自动锁紧抱箍、延墩柱升降、智能操控于一体的新型施工平台, 实现了三个方面的突破, 即变高空拼装为低位组装、变人工操控为智能升顶、变单一防护为双重保险。这就深刻地体现出现代化施工技术的主要方向, 即用智能装备代替高危的人工作业, 用数据来代替经验的判断。工业化生产中预制装配式技术是主要的发展方向。工厂化生产使得墩台构件像汽车零部件一样标准化、精细化生产, 开创了跨海桥梁基础建造的新范式。从信息化管理角度而言, BIM 技术把设计、施工、运维全过程都囊括在内, 用三维可视化模型达成各个专业的高效协作, 进而有效地削减了由于设计变更或者返工所引发的成本开支。与此同时无人化施工技术也开始出现, 无人压路机依靠北斗高精度定

位和智能管控平台可以自主规划碾压路线，轨迹覆盖率100%，均匀度提高50%，使施工模式由“人控机械”向“智控全程”发生根本性改变。

2 现代化路桥施工技术应用中存在的问题

2.1 技术管理体系不完善

现代化路桥施工技术的推广应用，首先会遇到的是管理体系适应滞后导致的结构性障碍。传统的技术管理体系依靠人工操作和经验判断来运行，而现代化的技术体系包含多专业融合、多数据协同的特点，对于管理体系的要求也完全不同。目前大部分项目的工程技术标准执行情况都存在不足，施工内业管理仍属薄弱环节，质量检验报告单中砼强度未填写或者涂改、现浇箱梁施工部分砼强度报告不及时等情况时常出现。内业管理不规范是由于缺少质量追溯体系，施工过程中的现场管理也存在着许多漏洞，外业质量上桥面铺装砼养护不到位、伸缩缝预留宽度局部不足等问题比较普遍。技术交底流于形式，施工方案审核走过场，标准更新之后没有及时纳入现场管理流程，造成先进的设备在实际运用中不能发挥出应有的作用。

2.2 施工人员技术水平不足

人是技术落地的最终执行者，但是目前施工人员的技术水平同现代化装备的要求还存在着较大的差距。路桥工程施工环境恶劣，劳动强度大，行业对高素质技术人才的吸引力小，一线作业人员普遍存在着年龄大、学历低、新技术掌握不好等状况。当智能化设备进入施工现场以后，由原来的机械操作变为智能终端控制所造成的技术跨度，远超一般一线人员的能力范围^[1]。就操作故障诊断能力而言，工艺参数调整经验缺乏，操作失误造成设备故障或者质量不合格的现象时有发生。深层次问题就是知识结构的系统性缺陷，现代化技术包含机械、电气、信息、材料等诸多学科的交叉融合，但是现有的施工人员大多只重视单一技能领域，缺少跨专业知识的储备。

2.3 智能化设备应用程度不高

虽然智能装备在一些标杆项目中已经表现出明显的效果，但是从全行业的角度来看，智能化设备的使用还处

在“盆景多、风景少”的状态。与路桥工程自身的特点有关，工程地域分布广、作业环境变化大、设备种类繁多，智能化装备在某一项目使用后很难在其他项目中重复使用，造成设备投入的边际效益递减。路基压实智能监控、桥梁预制构件数字化孪生、无人驾驶摊铺、大数据驱动质量溯源平台等很多前沿技术已经在大型重点工程项目上得到了应用，但是中小规模路桥工程中智能化设备的覆盖率较低。设备购置成本高、运维技术要求高、缺少操作培训体系等共同影响智能化装备的推广。更重要的是各个施工环节的智能化设备之间没有数据接口，不能相互交流，造成“智能孤岛”。

2.4 质量与安全控制难度增加

现代化路桥施工技术的引进，在提高效率的同时，也客观上加大了质量、安全控制的难度。传统的质量控制以事后检验为主，技术路线比较清楚，但是智能化、装配化施工要求质量控制前移，原材料性能指标是否符合预制要求、构件拼装精度是否在公差范围之内、智能监测数据是否真实可靠等每一个环节的微小偏差都会被技术链条逐级放大，最终表现为交付阶段的质量缺陷。检查过程中发现桥梁防撞墙钢筋锈蚀、边沟基础厚度不达标、浇筑不规范振捣、高边坡剥落崩塌隐患等问题仍然存在。从安全管理角度来讲，交叉作业协调难度增大，脚手架没有严格按照方案搭设、临时用电管理不到位、施工便道状况差等安全隐患仍然较多。智能化设备的使用又产生出一些传统施工中从未出现过的新的安全风险，例如自动控制系统误动作、传感设备信号干扰等，这些风险大多隐蔽且突发，给安全管理体系带来新的考验^[2]。另外一些项目对于新技术安全操作规程认识不够，只重技术的先进性而轻视风险防范体系的建立，从而加大了管控的难度。以下为目前现代化路桥施工技术在质量、安全控制上存在的主要问题。

3 现代化路桥施工技术应用优化对策

3.1 完善施工技术管理体系

破解体系落后困境要从制度更新和执行强化两个方面一起着手。从制度上来说，施工企业要创建分层分类的

表1 现代化路桥施工质量与安全控制主要问题汇总

问题类别	具体表现	主要影响
质量控制前端薄弱	预制构件原材料性能指标把关不严，生产过程监测不到位	构件出厂即存在缺陷隐患
拼装精度管控不足	构件拼装对接误差超标，接缝处理不规范	影响桥梁整体受力性能与耐久性
智能化质量监测数据可信度低	传感设备未校准、数据传输中断、异常报警处理滞后	质量隐患漏报、误判
作业交叉安全风险高	多工序立体交叉作业协调不到位，安全责任划分不清	物体打击、机械伤害风险上升
智能设备新型安全隐患	自动控制系统误触发、传感设备信号干扰、远程操控失控	突发性安全事故风险增大
安全操作规程滞后	新技术安全规范缺失或执行不到位，人员培训不足	安全管控体系失效

技术标准动态更新机制,保证国家以及行业最新的技术规范及时变成内部管理文件。对装配式施工、智能建造等新出现的技术方向要制定专门的管理规定,确定各个工序的质量控制节点、验收标准以及责任划分。从技术管理水平低、材料质量控制不到位、施工监管不到位等角度出发,从基础环节着手加强管理,做好施工技术管控,建立管理预警机制,加强常态化质量检测。实行全过程可追溯管理,用信息化手段记载设备运行参数、工序验收记录和检测数据,保证每一个工序都有责任可追查、问题可以复盘。同时要加强管理人员和技术人员的业务培训,提高他们的规范执行能力以及风险识别能力,使制度要求真正落实到施工现场,形成标准统一、执行有力、持续改进的管理体系。

3.2 加强专业人才培养与技术培训

人才是现代路桥施工技术落地的保证。智能化、数字化装备给操作人员能力提出了新的要求,施工企业要从内部培训体系的重构和外部人才的引进两个方面入手,双管齐下。对现场作业人员要加大质量意识、责任意识的教育力度,采用考核的方式,促使全体人员树立质量第一、精益求精的理念,自觉规范施工行为。具体来说可以创建分层分类的培训体系,即一线操作人员主要进行智能设备操作、传感器数据判读等实用技能培训,技术人员主要加强 BIM 建模、有限元分析等专业能力的提升,管理人员主要培养技术管理、风险预判能力。同时积极推行校企联合培养,开展应届毕业生定向培养以及在职人员学历提升的计划^[3]。从企业文化角度来讲,应该创建起尊重技术、崇尚创新的氛围,设立技术能手和技能大师评选制度来调动全员钻研技术的积极性。

3.3 推进智能化与信息化建设

智能化和信息化建设成为实现现代化路桥施工技术效能释放的主要动力。施工企业要从系统角度推进技术升级,防止零散化的局部智能化产生“信息烟囱”。项目部在前期工作过程中可以利用 BIM 技术搭建包含各个系统在内的综合管线 BIM 模型,并利用碰撞检测功能发现管线交叉干扰隐患,为之后的施工绘制出一个清晰直观的数字蓝图。施工阶段要创建统一的数据采集标准和信息共享平台,打通各个设备、系统之间存在的壁垒,从而达到从测量放样到施工执行再到质量检测的全流程数据贯通。利用无人机群协同控制、多源传感冗余变量融合、摊铺施工深度结合的方式,对路面摊铺全过程实行动态监测,并且做到闭环控制。对大型重点项目而言,借助数字孪生

技术创建与实体工程同步映射的虚拟模型,可以对施工情况展开实时监测,并且预先预知潜在的风险,从而优化工序的安排。企业层面要制定分阶段的智能化发展规划,从关键工序自动化到全流程数字化管理逐步推进,使施工模式由经验驱动转向数据驱动。

3.4 强化施工质量与安全管理

在现代施工技术日趋复杂的时候,质量与安全必须要有与之相适应的管理机制。在质量控制上应该把事后检验的传统思想前移到全过程的主动控制上。对压力钢管焊接、现浇结构等重点工序要加大检查频率,严格实行“三检制”,即班组自检、技术负责人复检、监理验收,使用数字化检测设备对工程质量进行精确检验。对于预制装配式工程,要建立构件进场逐件检测制度,对关键连接节点施工质量进行影像留存、双人复核。在安全管理上要创建起安全网格化体系,对高处作业、起重吊装这些高危环节,必须执行作业票审批、旁站监护,配备防护设施,实施错峰作业、物理隔离等硬性措施,把安全责任落实到每一个“神经末梢”^[4]。采用智能化的安全监控技术,依靠视频 AI 对违规行为进行识别,依靠传感器对危险源的状态进行监测,从而达到主动预警和闭环处置的目的。另外还要建立质量安全事故的快速反应及复盘整改机制,把每一次事故或者隐患变成管理改进的案例。

3.5 加大技术创新与成果转化力度

技术创新是现代路桥施工技术不断前进的不竭动力。施工企业应该把技术创新当作企业中长期发展战略的一部分,加大研发投入,形成常态化的技术攻关机制。对节能减排、生态修复等领域内的技术成果进行全面梳理,努力冲破传统技术的界限,推动超高性能混凝土的应用,推进全装配式桥梁建造技术的研究。从创新组织上来说,要创建起“政企学研”协同创新平台,同高校、科研院所保持长期合作关系,就工程中普遍存在的技术难题展开联合攻关。创建桥梁工程安全和韧性方面的政企学研全链条协同创新机制,加强技术研发布局及推广应用。成果转化上要创建技术成果由研发验证到规模化推广的孵化渠道,创建新技术应用效果的后评估体系,及时归纳经验并塑造出可以被复制的企业工法和技术标准,把技术创新成果变成企业核心竞争力。

4 结语

现代化路桥施工技术正在改变传统的工程建设方式,它所具有的智能化、装配化、数字化的特点是行业转型升级的必然要求。本文从技术特点、问题分析、对策优化三

个角度对现代化路桥施工技术的应用情况进行了系统的分析。经研究得知,由于技术管理体系不健全、专业人才结构失衡、智能化装备覆盖率低以及质量安全管控难度增大,所以技术效能的发挥受到诸多限制。对于以上问题要从管理再造、人才培育、智能升级、质保安防、创新驱动等方面共同推进。路桥施工技术的现代化不是单一维度的技术取代,而是包含管理理念、人员素质、工艺装备、质量安全等各方面的系统性变革。未来工程实践要以系统思维、问题为导向,使现代化技术由“能用”变为“好用”,由“局部试点”变成“全面推广”,给交通强国建设赋予有力的技术支撑和工程保障。

[参考文献]

- [1]王宝忠.现代化路桥施工技术的发展与应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024(6):183-185.
 - [2]朱林.路桥施工技术和质量控制策略探讨[J].科技风,2018(4):94.
 - [3]胡滨,袁和勇,钱容琨.浅谈路桥施工技术与质量控制措施[J].人民交通,2018(9):66-67.
 - [4]郭卫峰.路桥施工技术及其质量控制措施的探讨[J].黑龙江科学,2017,8(2):118-119.
- 作者简介:王宁(1986—),女,汉族,河北省定州市人,任职于湖北省路桥集团有限公司,研究方向为交通路桥施工。