

桥梁施工中的施工工艺问题与优化对策

曹 凯

(新政建设集团有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘 要 为解决桥梁施工中存在的工艺质量问题, 从施工技术标准执行偏差、材料性能劣化、设备精度不足等典型问题入手, 对施工标准执行、材料管控、工艺创新等关键环节进行研究。本文提出构建全过程质量追溯体系、推行智能施工装备、完善协同管理机制等优化对策, 提供覆盖设计、施工、验收各阶段的技术解决方案, 以期为提升桥梁工程品质提供系统性的工艺改进思路, 对类似工程项目具有实践参考价值。

关键词 桥梁施工; 工艺优化; 质量控制; 智能建造; 安全管理

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.24.014

0 引言

当前我国桥梁建设正面临高质量发展的新要求, 施工工艺水平直接影响工程品质与使用寿命。随着基础设施投资规模持续扩大, 复杂地质条件、特殊结构形式的桥梁项目日益增多, 传统施工方法已难以满足现代工程建设的需要。近年来频发的桥梁质量事故暴露出施工环节存在的系统性缺陷, 亟待建立更加科学、规范的工艺管理体系。数字化、智能化技术的发展为施工工艺革新提供了新的可能性。在此背景下, 系统分析桥梁施工中的工艺问题, 探索切实可行的优化路径, 对提升工程建设质量、保障结构安全耐久具有重要意义。

1 桥梁施工工艺常见问题分析

1.1 施工技术标准执行偏差

在桥梁建设过程中, 设计规范与现场实施之间的断层现象普遍存在。设计单位基于理论计算提出的技术参数, 在施工环节常因操作便利性或成本考量被擅自调整。混凝土浇筑时的振捣时间不足会导致蜂窝麻面, 而预应力张拉顺序错误可能引发结构应力重分布。这些偏差往往不是单一因素造成, 而是技术交底不彻底、过程监管缺位与施工人员专业认知局限共同作用的结果。特别在采用新技术、新工艺时, 若未建立对应的质量控制节点, 标准执行就会流于形式。例如: 某斜拉桥索力调整案例显示, 施工方为追赶进度省略了设计要求的多次调索工序, 最终影响成桥线形。

1.2 材料质量管控薄弱

从源头采购到现场使用的全链条质量控制存在系统性漏洞。钢筋原材的力学性能检测报告造假现象时

有发生, 而商业混凝土搅拌站为降低生产成本可能减少胶凝材料用量。更隐蔽的风险在于材料进场后的性能劣化, 如支座用四氟板在露天存放后摩擦系数变化、锚具夹片油脂干涸导致预应力损失、缩缝橡胶带硬度指标。这些问题的本质是质量追溯体系失效, 材料验收仅停留在纸质文件核查, 缺乏从实验室到作业面的全过程见证取样制度^[1]。

1.3 施工设备与工艺局限性

装备能力与工程需求的错配会直接制约施工精度。移动模架造桥机在曲线段施工时, 若未配置自动纠偏系统, 梁体线形控制误差可能超出规范允许值三倍以上。工艺选择不当同样会引发连锁反应, 比如在岩溶地区采用旋挖钻成孔却未配备岩层扫描仪, 极易造成桩基嵌岩深度不足。这类问题折射出施工组织设计的形式化倾向, 设备选型论证时未充分考虑地质勘察报告的异常提示, 机械照搬同类项目的技术方案。

1.4 项目进度计划不合理

项目进度计划违背施工客观规律的现象屡见不鲜。连续梁悬浇节段的混凝土强度发展需要足够龄期, 但为满足节点考核, 部分项目在未达到设计强度时即提前张拉预应力。这种违背材料科学规律的做法, 不仅增加了结构开裂风险, 还会导致后期徐变变形超标。更深层矛盾在于进度计划缺乏动态调整机制, 如遭遇极端天气、特殊地质等不可预见因素时, 仍强行维持原定工期目标, 导致施工质量不达标, 为工程安全埋下隐患。

1.5 团队协作与沟通障碍

多专业接口管理失效会放大施工误差。如钢结构深化设计阶段未考虑运输限高条件, 到现场才发现梁

段无法通过既有桥梁；测量控制网复测周期与模板安装工序不同步，造成箱梁节段错台超限。当设计变更通过纸质文件逐级传递时，信息滞后可能使已施工部位与新要求产生冲突。这些问题暴露出传统“按图施工”思维的局限性，各参建方在技术衔接环节缺乏主动协同意识。

1.6 安全管理措施不到位

风险预控与现场执行脱节是事故根源。如满堂支架验收时未模拟实际荷载工况进行预压，混凝土浇筑过程中局部失稳引发坍塌事故。安全投入的边际效益被严重低估，比如索塔施工未配置防坠水平网，或爬模体系避雷装置缺失^[2]。这些隐患反映出现场安全管理仍停留在事后追责层面，未能建立基于危险源动态辨识的预防机制。

2 桥梁施工工艺优化的策略路径

2.1 强化技术标准落地执行

桥梁施工质量的核心保障在于技术标准的严格执行，这需要构建从设计到施工的全链条管控体系。设计阶段应当突破传统二维图纸的表达局限，采用 BIM 技术进行三维可视化交底，将抽象的规范条文转化为直观的施工指引。重点部位可制作工艺动画演示，明确钢筋绑扎顺序、混凝土浇筑流向等关键工艺要求。施工方案编制需建立专家评审机制，邀请设计单位、质量监督站共同参与论证，确保方案与设计意图的高度吻合。现场实施环节推行“首件验收”制度，每个分项工程正式施工前先做样板段，经多方验收合格后作为后续施工的质量基准。监理单位应当转变工作方式，配备智能检测设备实现过程数据的实时采集，改变传统的事后抽检模式。建立可追溯的质量责任体系，通过施工日志电子化、隐蔽工程影像存档等手段，实现质量问题的精准溯源。对于新技术、新工艺的应用，设置专门的工艺试验段，通过实体验证完善操作规程后再全面推广^[3]。施工单位应当建立常态化的标准培训机制，将技术人员的继续教育纳入绩效考核，持续提升团队的标准执行能力。质量监督部门可考虑引入第三方评估机构，定期对项目标准执行情况进行独立审计。

2.2 提升材料质量管理能力

材料质量管控水平的提升需要建立覆盖全生命周期的管理体系。采购环节实施供应商分级管理，建立包含历史供货质量、售后服务等维度的综合评价体系，实行优质优价的市场化选择机制。重点材料推行驻厂

监造制度，对原材料配比、生产工艺等关键环节进行全过程监督。运输过程采用物联网监控技术，实时追踪材料的温度、湿度、震动等参数变化，确保运输条件符合要求。施工现场建立智能验收系统，通过光谱分析、机器视觉等先进技术手段，实现材料关键性能指标的快速自动化检测。仓储管理应用环境智能调控技术，根据材料特性自动调节库房的温湿度条件，防止材料性能劣化。建立材料质量大数据平台，整合生产、运输、检测、使用等环节的全过程数据，通过智能分析预测材料性能变化趋势。针对新型材料的应用，制定专门的工艺试验和评估程序，包括相容性测试、耐久性评估等环节，确保其性能满足工程特定需求。完善材料质量追溯机制，采用区块链技术记录各环节的质量数据，实现问题的精准定位和责任认定。

2.3 推动设备与工艺升级

施工装备的智能化改造是提升工艺水平的重要突破口。传统设备应当进行数字化升级，加装传感器和控制系统，实现运行参数的实时监测与自动调节。重点推广具有自适应功能的智能施工设备，如自动调平的摊铺机、智能张拉的预应力系统等，减少人为操作误差。研发集成化施工平台，将定位导航、参数监测、质量控制等功能模块整合为一体化操作系统。在工艺创新方面，深化数字孪生技术的应用，通过虚拟模型与实体施工的实时交互，动态优化工艺参数。发展模块化施工技术，将现场作业转化为工厂化预制和精准组装的协同模式，提升施工精度和效率。建立工艺创新实验室，针对特殊地质条件、复杂结构形式等工程难点开展专项攻关，形成具有自主知识产权的成套施工技术^[4]。完善工艺评定标准体系，明确新工艺的适用范围、质量控制要点和验收标准，规范技术创新成果的推广应用。构建产学研用协同创新机制，搭建技术创新联盟，加速科研成果向现实生产力的转化。建立工艺创新激励机制，鼓励一线技术人员开展工艺改进和创新，将实用创新纳入企业工法库并给予相应奖励。

2.4 科学制定进度计划

现代工程项目管理要求进度计划具备足够的科学性和适应性。采用关键链项目管理方法，综合考虑资源约束、工序逻辑等因素，识别最优的进度实施路径。建立基于风险评估的缓冲机制，为地质条件变化、极端天气等不确定因素预留合理的时间余量。实施进度—资源—成本的多目标集成优化，运用运筹学方法寻找最佳平衡点，避免顾此失彼。推行 4D-BIM 进度管理技术，将时间维度融入三维模型，实现进度计划的立体

呈现和动态跟踪。建立智能预警系统,当实际进展偏离计划阈值时自动触发调整机制,确保进度受控。完善进度考核评价体系,将质量安全指标与工期要求进行捆绑考核,杜绝为抢工期而牺牲质量的行为。对于控制性工程节点,采用蒙特卡洛模拟技术预测可能的时间波动范围,制定针对性的保障措施。构建多方参与的进度协调机制,定期召开界面管理会议,及时解决专业间的进度冲突问题。开发基于历史数据的智能预测系统,通过机器学习算法优化后续工序的工期估算,提高计划的准确性。建立进度管理的知识库系统,积累各类工程的进度数据,为后续项目提供参考依据。

2.5 促进团队高效协作

参建各方的协同效率直接影响工艺优化的实施效果。构建基于云平台的协同工作环境,实现设计模型、施工方案、质量记录等工程数据的实时共享与共同编辑。推行集成项目交付模式,建立风险共担、利益共享的合作机制,打破传统的责任分割壁垒。实施矩阵式项目管理,组建跨职能的项目执行团队,促进专业间的深度融合。建立标准化的接口管理程序,明确各专业间的数据交换格式、时限要求和责任边界,确保信息传递的准确性和及时性。采用敏捷项目管理方法,通过短周期迭代不断优化协作流程,快速响应工程变化需求。完善变更管理机制,建立设计变更的快速确认和发布流程,确保变更信息能够同步传递至所有相关方。推行联合办公制度,将主要参建单位的关键岗位人员集中工作,减少沟通层级,提高决策效率。建立基于BIM的碰撞检测系统,定期开展专业间的模型协调,提前发现并解决设计冲突问题。培养具备多专业背景的复合型管理人才,在交叉领域发挥协调纽带作用,提升团队的整体协作能力。实施协作绩效评价制度,将团队配合度、问题解决效率等指标纳入合同考核条款,形成有效的激励约束机制。

2.6 健全安全管理体系

本质安全理念要求构建主动预防型的安全管理体系。推行安全设计评审制度,在方案阶段系统识别并消除潜在的安全隐患,从源头控制风险。建立分级管控机制,根据作业风险等级实施差异化管理,重点监控高风险作业环节。完善安全技术交底体系,采用虚拟现实技术模拟各类危险场景,提升交底的直观性和有效性。构建智能安全监控网络,整合人员定位、环境监测、视频分析等技术手段,实现施工全过程的实时安全监控。推行安全标准化管理,统一现场安全防

护设施的制式标准和设置要求,确保防护效果可靠可验证^[5]。建立隐患排查治理的闭环管理机制,规范隐患的发现、整改、验证、反馈全流程,确保每个隐患都得到有效治理^[6]。完善应急管理体系,制定针对不同事故场景的应急处置预案,定期开展实战化演练,提升应急响应能力。构建安全文化培育机制,通过行为观察、安全积分、亲情教育等方法,促进全员安全意识的提升。实施安全绩效与经济效益挂钩的激励机制,将安全表现与工程款支付、评优评先等直接关联,形成良性的安全投入回报循环^[7]。建立安全大数据分析平台,深度挖掘事故隐患的分布规律和演变特征,为安全决策提供数据支持。定期开展安全管理体系审核,从制度建设、资源配置、执行效果等维度进行全面评估,实现安全管理水平的持续改进。

3 结束语

桥梁施工工艺优化需要统筹技术标准、材料管理、设备升级等多维度要素。针对当前工程实践中暴露的质量通病,建立基于数字化技术的全流程管控体系尤为关键。研究提出的工艺改进路径既关注具体技术创新应用,更强调管理机制的协同优化。实施效果取决于参建各方对质量标准的严格执行和对新技术的合理运用。未来,应持续完善工艺标准体系,强化技术创新与工程实践的深度融合,推动桥梁建造质量向更高水平发展。

参考文献:

- [1] 王涓.道路桥梁施工管理中的问题及优化对策[J].造纸装备及材料,2021,50(01):127-128.
- [2] 张森.道桥施工中的技术问题与解决对策[J].四川水泥,2021(05):264-265.
- [3] 张泊,王金楼.道路与桥梁施工中的裂缝问题的解决对策[J].四川水泥,2021(05):299-300.
- [4] 张志.公路桥梁施工安全管理问题研究[J].科技风,2020(19):114.
- [5] 闭仕结.公路桥梁施工中预应力技术施工工艺与质量控制探析[J].企业科技与发展,2020(01):130-132.
- [6] 刘晓萍.铁路桥梁施工常见问题及解决工艺研究[C]//中国智慧工程研究会.2024工程技术应用与施工管理交流会论文集(下).中国铁路济南局集团有限公司青岛工务段,2024.
- [7] 匡大然.挂篮悬臂浇筑工艺在桥梁施工中的应用[J].住宅与房地产,2021(05):232-233.