

公路工程施工技术创新与施工管理方法探究

李国红

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘要: 随着公路工程建设向复杂环境、绿色高质量方向发展,施工技术创新与管理优化的协同需求日益凸显。本文聚焦公路工程施工技术创新需求,系统梳理路基路面、桥梁隧道、绿色低碳及智能化等关键技术创新路径;剖析施工管理核心内涵,提出适配技术创新的全生命周期流程重构、质量精细化管理、进度成本协同及安全智能化升级等管理优化方法;构建“决策-实施-保障”三维协同发展机制。研究旨在为推动公路工程施工技术创新与管理融合,提升工程建设质量与效益。

关键词: 公路工程; 施工技术; 创新路径; 管理优化; 协同

引言: 新时期我国公路建设规模持续扩大,西部山区、沿海软土等复杂区域工程占比提升,叠加绿色低碳、高质量发展政策导向,传统施工技术与管理模式已难以适配发展需求。技术创新是突破施工瓶颈的核心动力,而科学的施工管理是技术创新价值落地的关键保障,两者的协同发展成为行业转型关键。基于此,本文立足公路工程施工实践,深入探究技术创新路径与管理优化方法,构建协同发展机制,以期破解技术与管理脱节难题,助力公路工程建设行业高质量发展。

1 公路工程施工技术创新需求

新形势下公路工程施工技术创新需求日益迫切,主要源于三方面压力与诉求。(1) 复杂地质与恶劣环境的施工挑战,西部山区、沿海软土地区等特殊区域公路建设增多,对抗灾、抗沉降、耐腐蚀等专项技术提出更高要求。(2) 绿色低碳发展的政策导向,传统施工模式能耗高、污染大,亟需研发推广低碳施工材料、节能施工工艺以及建筑垃圾资源化利用技术。(3) 高质量发展与效率提升的内在需求,当前部分施工技术存在精度不足、工期较长等问题,需通过智能化、自动化技术创新,实现施工质量与效率的双重提升,同时适配大规模交通基础设施联网建设的协同需求,推动技术体系向集成化、智能化转型^[1]。

2 公路工程关键施工技术创新路径

2.1 路基路面施工技术创新

路基路面作为公路核心承载结构,其技术创新路径包括:(1) 路基填筑材料改良与配比优化。结合地质适配需求,研发新型复合改良材料,通过掺合料组分调整、级配优化提升填料抗剪强度、水稳定性及抗冻胀性能,探索工业固废资源化利用路径,实现材料性能与环保效益协同。(2) 路基处理工艺精细化创新。推进深层搅拌、高

压喷射注浆等传统工艺的智能化参数调控,构建基于地质勘察数据的工艺参数动态匹配体系;研发浅表层软弱路基快速加固技术,优化碾压分层控制标准与压实度检测技术,提升施工质量均匀性与稳定性。(3) 路面材料性能提升与结构优化。研发高性能沥青混合料、新型水泥混凝土材料,通过改性剂选型与掺量优化提升抗老化、抗车辙及抗水损害能力。(4) 施工质量动态管控技术创新。建立基于实时监测数据的闭环管控体系,整合压实度、含水量等关键指标实时监测技术,实现施工过程动态调控与质量预警,提升质量可控性。

2.2 桥梁隧道施工核心技术创新

桥梁隧道施工技术创新聚焦复杂地质适配、效率提升及结构安全保障,核心路径包括:(1) 桥梁基础施工技术突破。针对深水、软土等复杂地质,研发新型钻孔灌注桩技术,优化成孔工艺与泥浆处理技术,提升施工稳定性与效率;探索大直径沉井、地下连续墙等基础形式优化,完善防沉降、防渗漏控制措施。(2) 桥梁上部结构施工技术突破。推进预制装配式施工规模化应用,优化构件预制与拼装连接技术,提升效率与结构整体性;研发大跨度桥梁架桥新技术,优化悬臂浇筑、顶推施工等工艺参数控制,完善线形监控与受力调控技术。(3) 隧道开挖与支护技术创新。基于地质条件构建差异化开挖技术体系,优化台阶法、CD法等工艺参数设计,提升开挖效率与围岩稳定性;研发新型支护材料与结构,优化锚杆、喷射混凝土等支护形式,完善支护施工及时性与有效性控制。(4) 施工安全防控技术创新。构建多源监测数据安全预警体系,整合围岩变形、结构应力等指标实时监测技术,实现安全风险动态识别与预警;研发复杂环境应急处置技术,完善突发事件快速响应方案。

2.3 绿色低碳施工技术创新应用

绿色低碳施工技术创新聚焦能耗降低、污染减排及资源循环利用,核心路径包括:(1)低碳施工材料研发与应用。推广低碳水泥、再生骨料等环保材料规模化应用,研发新型低碳胶凝材料替代传统水泥以降低碳排放;探索植物基沥青改性剂等可再生材料应用技术,提升环保性与可持续性。(2)施工能耗优化控制。推进施工设备节能化升级,推广电动机械、节能型拌合设备,优化设备调度方案与作业参数;构建能耗实时监测管控体系,通过数据分析实现施工过程能耗优化调控。(3)施工污染防治技术创新。研发扬尘、噪声、废水高效防控技术,优化喷淋系统、噪声隔离设施布置与运行方式;完善废水处理与循环利用技术,推进建筑垃圾分类回收与资源化利用,实现污染物减量化、无害化与资源化。(4)生态保护与修复技术创新。结合建设区域生态特性,研发施工过程生态保护技术,优化路基边坡、取弃土场生态保护方案。

2.4 智能化施工技术(BIM、物联网)融合创新

智能化施工技术融合创新聚焦数据集成、流程优化及决策智能化,核心路径包括:(1)BIM技术全流程集成应用。构建覆盖设计、施工、运维全生命周期的BIM模型体系,实现施工图纸数字化转换与三维可视化;推进BIM与施工方案模拟深度融合,通过可视化模拟优化流程、规避冲突风险;建立基于BIM的施工数据集成管理平台,实现进度、质量、成本等数据一体化管理。(2)物联网技术与施工过程融合。部署物联网施工环境与设备监测网络,整合机械运行参数、现场环境指标等实时数据,实现施工全面感知;推进物联网与施工设备智能化联动,实现远程控制与自动化作业,提升效率与精度。(3)大数据与人工智能技术应用。建立施工大数据分析平台,整合各类数据资源,通过数据挖掘实现质量预测、进度偏差预警等功能;推进人工智能在施工决策中的应用,基于历史数据与实时工况构建智能决策模型,为方案优化、资源调度提供支撑;探索人工智能与安全管理融合,实现风险智能识别与分级管控。(4)智能化施工管理平台构建与优化。整合BIM、物联网、大数据等技术,构建一体化智能化管理平台,实现施工全流程数字化、可视化管控;优化平台功能模块与交互界面,提升易用性与适配性^[2]。

3 公路工程施工管理的核心内涵

公路工程施工管理的核心内涵包括:(1)目标导向的统筹管控内涵。以工程合同约定为核心依据,明确质量合格、进度达标、成本可控、安全无事故的核心目标,通过制定科学的施工组织设计,统筹调配人力、材料、设备等资源,实现各目标间的动态适配与优化平衡,避免单

一目标最优而导致整体效益受损。(2)全流程的动态管控内涵。覆盖施工准备、现场施工、竣工验收全阶段,针对各阶段关键节点实施精准管控,包括施工方案论证、技术交底、工序质量把控、进度动态调整、成本实时核算等,形成“计划-执行-检查-改进”的闭环管理机制,保障施工过程有序推进。(3)多方协同的组织协调内涵。协调建设、施工、监理、设计等多方主体的权责关系,搭建高效沟通机制,解决施工过程中的技术分歧、资源冲突等问题^[3]。

4 适配技术创新的公路工程施工管理方法优化

4.1 基于全生命周期的施工管理流程重构

适配技术创新的全生命周期施工管理流程重构,核心优化方法包括:(1)前期策划阶段的技术创新适配管理。建立技术创新方案与施工策划的同步对接机制,在施工组织设计编制中嵌入技术创新可行性评估模块,明确创新技术的应用范围、资源需求及风险防控要点,提前完成创新技术与施工流程的适配规划,避免后期技术应用与管理流程冲突。(2)施工实施阶段的流程动态优化管理。构建基于技术创新进度的流程动态调整体系,针对创新技术的施工工序特点,优化工序衔接逻辑与时间节点安排;建立跨部门协同工作小组,明确技术、质量、进度等管理模块的权责边界,保障创新技术应用过程中的流程顺畅性。(3)竣工交付阶段的全周期追溯管理。完善施工全过程数据归档与追溯流程,整合创新技术应用过程中的各类数据,建立全生命周期数据档案;优化竣工验收标准与流程,将技术创新应用效果纳入验收核心指标,形成“策划-实施-验收-追溯”的闭环管理流程。

4.2 质量管控体系的精细化升级与优化

适配技术创新的质量管控体系升级,核心优化方法包括:(1)质量管控指标体系重构。结合创新技术的应用特性,补充完善针对性的质量管控指标,细化创新技术施工环节的关键质量控制点;建立指标动态调整机制,根据技术创新迭代情况与施工实际工况,实时优化指标阈值与管控标准,确保指标体系的适配性。(2)过程质量精准管控方法优化。推广“三检制”与智能化监测的融合应用,在创新技术施工工序中部署实时质量监测设备,实现质量数据的自动采集与分析;建立质量偏差预警与快速处置机制,针对监测发现的质量问题,自动推送处置方案并跟踪整改落实情况,提升质量管控的及时性与精准性。(3)质量责任追溯机制完善。构建全流程质量责任网格化管理体系,明确各岗位在创新技术质量管控中的具体职责;利用数字化手段建立质量责任追溯链条,实现质量问题的源头追溯与责任界定,强化各主

体的质量责任意识。

4.3 进度与成本协同管控的创新方法

适配技术创新的进度与成本协同管控，优化方法包括：（1）动态进度管控方法升级。基于创新技术的施工效率特性，采用动态进度计划编制方法，利用网络计划技术优化关键线路与工序安排；建立进度偏差动态预警机制，通过实时采集创新技术施工进度数据，与计划进度对比分析，及时识别偏差并制定调整方案，保障整体进度目标实现。（2）全周期成本精细化管控。构建技术创新全周期成本管控体系，细化创新技术研发、应用、维护等各环节的成本核算科目；建立成本动态监测与分析机制，实时跟踪创新技术应用过程中的成本支出情况，对比预算偏差并分析原因，优化资源配置方案，降低不必要的成本消耗。（3）进度与成本协同优化机制构建。建立进度与成本协同分析模型，量化分析两者的关联关系，在进度调整或成本优化时统筹考虑相互影响。

4.4 安全管理的智能化升级路径

适配技术创新的安全管理升级，优化方法包括：（1）安全风险智能化辨识与评估。利用大数据、人工智能技术构建安全风险辨识模型，整合创新技术施工的历史安全数据与实时工况数据，实现安全风险的自动辨识与分级评估；建立风险动态更新机制，根据施工进度推进与技术应用情况，实时更新风险清单与评估等级。（2）现场安全智能管控手段应用。在创新技术施工区域部署智能监控设备、人员定位系统、危险区域预警装置等，实现对现场作业人员、设备运行、环境风险的实时监控；建立安全隐患自动报警与处置机制，发现安全隐患后立即发出预警并推送整改指令，跟踪整改闭环情况。（3）安全应急管理体系优化。结合创新技术施工的潜在安全风险，制定针对性的应急处置预案，明确应急响应流程、责任分工与资源保障；利用数字化手段建立应急演练虚

拟仿真系统，定期开展应急演练，提升应急处置能力；建立应急资源智能化调配机制，确保应急资源的快速高效调配^[4]。

5 施工技术创新与施工管理协同发展机制

施工技术创新与施工管理协同发展机制核心在于构建双向驱动体系，保障两者深度融合、高效适配，具体包括三方面：（1）协同决策机制，在技术创新选型阶段同步开展管理适配性评估，结合管理流程、资源储备明确创新技术应用边界与风险防控要点，确保决策科学性。（2）协同实施机制，组建跨领域协同团队，厘清技术研发、施工执行与管理监督的权责分工，建立实时沟通协调机制，及时化解技术应用与管理管控的衔接冲突。（3）协同保障机制，搭建资源共享平台整合技术数据与管理经验，完善激励约束制度，将协同成效纳入绩效评估，为协同发展提供制度支撑，最大化释放技术创新价值与管理效能。

结束语：本文围绕公路工程施工技术创新与施工管理方法展开系统探究，明确了技术创新的核心需求与关键路径，提出了适配技术创新的管理优化策略，构建了兼具科学性与实操性的协同发展机制。研究表明，技术创新与施工管理的深度融合是提升公路工程建设质量、效率与效益的核心路径。

参考文献：

- [1]苑斌.公路工程施工技术创新与施工管理策略研讨[J].工程建设与设计,2023(1):151-153.
- [2]刘琨.公路工程施工技术创新与施工管理策略研讨[J].汽车周刊,2024(7):0115-0117.
- [3]苏晓磊.公路工程施工技术创新与施工管理策略研讨[J].大众标准化,2024(4):64-66.
- [4]宋庆凯.公路工程施工技术创新与施工管理策略研讨[J].前卫,2023(8):222-224.