

公路工程中桥梁施工技术的创新与优化路径

于荣全

国道627线额济纳旗至呼鲁赤古特段公路工程建设管理办公室 内蒙古 阿拉善盟 750306

摘要: 在公路工程桥梁施工中,技术创新与优化是推动行业发展的关键。本文围绕新型材料与工艺应用、智能化与自动化技术融合、环保与可持续发展技术创新、人才培养与团队协作机制四个方面展开探讨。分析高性能材料、先进工艺的创新应用,阐述智能化设备、物联网及人工智能在施工中的融合,介绍绿色材料、节能工艺及生态保护举措,强调人才培养与跨学科协作的重要性,为桥梁施工技术发展提供全面参考。

关键词: 公路工程;桥梁施工技术;创新优化;智能化;环保可持续

引言:公路工程中桥梁建设意义重大,其施工技术水平直接影响工程质量、效率与可持续性。随着时代发展,传统桥梁施工技术面临诸多挑战,难以满足日益增长的交通需求与环保要求。在此背景下,桥梁施工技术创新与优化成为必然趋势。从材料与工艺革新,到智能化、自动化技术融入,再到环保理念贯彻与人才培养机制完善,多维度创新举措共同推动桥梁施工技术迈向新高度,为公路工程发展注入强劲动力。

1 新型材料与工艺在桥梁施工中的应用创新

1.1 高性能材料的研发与引入

高强度、高耐久性混凝土材料凭借优异力学性能与抗劣化能力,成为桥梁基础及墩台施工的重要发展方向。这类材料通过配合比优化与组分改良,可有效提升结构承载能力与服役年限,适配桥梁基础、墩台长期处于复杂受力状态及恶劣环境的使用需求,具备广阔应用前景。新型钢材研发聚焦抗腐蚀、抗疲劳性能提升,通过合金成分优化与制备工艺改进,破解传统钢材在复杂服役环境下易锈蚀、易疲劳失效的难题,强化桥梁结构整体安全性能,为桥梁长期稳定运行提供材料支撑^[1]。纤维增强复合材料凭借轻质、高强、耐腐蚀的优势,打破传统材料应用局限,在桥梁加固与新建工程中探索出多元创新应用方式,可实现结构性能提升与施工便捷性的双重提升,推动桥梁材料应用体系升级。

为更清晰呈现各类高性能材料的核心特性、创新改进方向及适用场景,便于工程实践中的选型与应用,现将常用高性能材料的关键信息整理,如表1所示。

表1

材料类型	核心特性	创新改进方向	主要适用场景
高强度、高耐久性混凝土	力学性能优异、抗劣化能力强、服役年限长	优化配合比、改良组分,提升抗渗、抗冻及抗腐蚀性	桥梁基础、墩台等长期处于复杂受力及恶劣环境的结构部位

续表:

材料类型	核心特性	创新改进方向	主要适用场景
新型抗腐蚀钢材	抗腐蚀、抗疲劳性能突出,结构强度稳定	优化合金成分、改进制备工艺,降低锈蚀及疲劳失效风险	桥梁主梁、钢桁架、连接件等核心受力结构
纤维增强复合材料	轻质、高强、耐腐蚀,施工便捷	优化材料配比、拓展应用形式,提升与传统结构的适配性	桥梁加固工程、新型轻量化桥体结构及异形构件制作

上述高性能材料的创新应用,不仅弥补了传统材料的性能短板,更推动桥梁施工向高质量、长寿命方向发展,为后续工艺优化及结构创新奠定了坚实的材料基础。

1.2 先进施工工艺的探索与实践

预制拼装工艺优化围绕构件预制精度与现场拼装效率双向发力,通过模板革新、加工流程规范及质量管控技术升级,提升构件预制精度,减少现场拼装误差,同时优化拼装衔接流程,缩短施工周期,契合现代桥梁施工高效、优质的核心需求。悬臂浇筑与顶推施工工艺持续改进,结合不同桥型结构特点与地质条件差异,优化施工参数与操作流程,突破传统工艺适用局限,增强工艺适配性,保障复杂工况下桥梁施工的顺利推进。3D打印技术在桥梁复杂构件制造领域开展初步尝试并实现工艺突破,依托数字化设计与精准控制技术,解决传统制造工艺难以完成的复杂构件加工难题,同时探索低碳材料应用与高效成型技术,推动桥梁构件制造向智能化、绿色化转型。

1.3 材料与工艺结合的创新路径

立足桥梁设计核心要求,定制化开发材料与工艺组合方案,实现材料性能与设计标准的精准契合,充分发挥材料优势与工艺特长,提升桥梁施工质量与结构适配性。强化材料性能与施工工艺的匹配性研究,通过试验分析明确不同材料在各类工艺下的性能表现,优化工艺

参数, 规避材料与工艺不匹配引发的质量隐患, 保障桥梁结构施工质量与长期耐久性。创新材料与工艺的融合应用可有效优化桥梁全生命周期成本, 通过提升材料耐久性、简化施工流程、减少后期维护工作量, 降低桥梁建设、运营及维护各阶段成本投入, 实现技术创新与经济效益的协同提升, 为桥梁工程可持续发展提供有力支撑。

2 智能化与自动化技术在桥梁施工中的融合

2.1 智能化施工设备的研发与应用

具备自主导航与避障功能的施工机械, 依托激光雷达、机器视觉等核心技术, 可实现施工区域内自主路径规划, 精准规避施工障碍物与人员, 显著提升施工过程安全性, 同时减少人工干预带来的效率损耗, 推动施工效率稳步提升。智能吊装设备集成高精度定位模块与姿态控制技术, 能够完成桥梁构件的精准定位与高效吊装作业, 规避传统吊装作业中定位偏差大、作业效率低的问题, 保障吊装施工的规范性与稳定性^[2]。自动化混凝土搅拌与输送设备通过程序化控制实现配料、搅拌、输送全流程自动化运行, 严格控制搅拌参数与输送速度, 既能保障混凝土搅拌质量均匀性, 又能维持施工连续性, 避免人为操作误差对施工质量与进度造成的影响, 契合现代桥梁施工标准化要求。

2.2 物联网技术在桥梁施工管理中的渗透

施工设备与材料搭载物联网标识模块, 可实现设备运行状态、材料库存数量的实时采集与远程监控, 便于管理人员精准掌握资源动态, 开展科学调度与合理配置, 减少资源闲置与浪费。施工现场部署物联网传感设备, 可实现温度、湿度、沉降等环境参数的实时采集与数据传输, 为施工方案调整、工序优化提供精准数据支撑, 提升施工决策的科学性与针对性。基于物联网技术构建的施工安全预警系统, 能够实时捕捉施工过程中的安全隐患信号, 通过数据异常分析及时发出预警提示, 便于管理人员快速响应、及时处理, 防范安全事故发生, 筑牢桥梁施工安全防线。

2.3 人工智能在桥梁施工优化中的探索

机器学习算法应用于桥梁施工方案优化, 通过挖掘历史施工数据、分析施工影响因素, 可实现施工工序、资源配置的动态优化, 有效提升施工效率, 降低人力、物力资源消耗, 实现资源利用率最大化。人工智能技术辅助施工质量控制, 依托图像识别、深度学习等技术对施工构件、工序质量进行实时检测, 精准识别表面裂缝、尺寸偏差等质量缺陷, 及时反馈并指导整改, 保障施工质量符合设计标准。智能施工模拟依托人工智能技术构建虚拟施工场景, 还原施工全流程, 提前预判施工

过程中可能出现的工序冲突、设备故障等问题, 提前制定针对性应对措施, 规避施工风险, 保障桥梁施工顺利推进。

3 桥梁施工中的环保与可持续发展技术创新

3.1 绿色施工材料的研发与应用

环保型混凝土添加剂通过成分优化与技术改良, 可有效降低混凝土生产过程中有害物质排放, 减少对大气、土壤及水资源的环境污染, 同时提升混凝土工作性能与耐久性, 实现环保效益与工程质量的协同提升^[3]。可再生材料在桥梁施工领域的应用逐步拓展, 竹材、再生塑料等材料经过改性处理后, 可具备满足工程要求的力学性能, 能够替代部分传统建筑材料, 减少不可再生资源消耗, 推动桥梁建设向循环利用方向转型。低碳钢材通过冶炼工艺革新与合金成分调整, 大幅降低生产过程中的碳排放量, 契合“双碳”目标下桥梁建设的绿色发展需求, 应用于桥梁结构施工中, 既能保障结构安全性能, 又能减少建设阶段的环境负荷。

3.2 节能减排施工工艺的创新优化

施工流程的优化聚焦能源消耗与废弃物产生量的双重控制, 通过梳理施工各环节逻辑, 整合冗余工序, 优化作业时序, 减少施工过程中的无效能源消耗, 同时规范废弃物分类与回收流程, 降低施工废弃物对环境的影响。节能型施工设备逐步替代传统高耗能设备, 电动施工机械摆脱对化石能源的依赖, 大幅减少尾气排放与能源消耗, 太阳能照明系统充分利用清洁能源, 为施工现场提供稳定照明, 降低电网电力消耗, 实现施工过程的节能降耗。施工废水循环利用与处理技术通过专用设备对施工产生的废水进行过滤、净化处理, 去除水中有害物质, 处理后的废水可重新用于施工养护、设备清洗等环节, 有效减少水资源浪费, 实现水资源的高效利用。

3.3 桥梁施工与生态保护的协调发展

施工过程中注重生态保护措施的落实, 通过设置生态缓冲区划分施工区域与生态敏感区域, 减少施工活动对周边生态环境的扰动, 针对施工区域内的野生动物栖息地, 采取避让、保护等措施, 维护区域生物多样性。桥梁设计阶段主动融入生态理念, 生态桥墩采用环保材料与优化结构设计, 减少对水体流通与水生生物栖息环境的影响, 绿色桥面通过种植耐旱、易养护植物, 提升桥面生态功能, 实现桥梁与自然环境的有机融合。施工结束后开展系统的生态恢复与景观营造工作, 对施工扰动区域进行植被补种、土壤改良, 梳理周边景观布局, 提升桥梁与周边自然、人文环境的和谐度, 实现桥梁建设与生态保护的协同发展。

4 桥梁施工技术创新的人才培养与团队协作机制

4.1 专业技术人才的培养与引进

高校与企业构建深度协同育人模式,打破产学研壁垒搭建专业化人才培养平台,结合桥梁施工技术创新前沿需求与行业发展趋势,优化人才培养方案,重构课程体系,将桥梁施工核心理论、创新方法与工程实践紧密衔接,强化实践教学环节,培养兼具扎实专业功底、创新思维与实践能力的桥梁施工专业技术人才。主动拓宽人才引进渠道,积极引进国内外桥梁施工领域的顶尖专家与优秀创新团队,借助外部先进技术经验、创新理念与研发能力,弥补自身技术短板与人才缺口,推动企业技术创新水平稳步提升^[4]。建立科学完善的人才激励体系,摒弃单一激励模式,通过物质奖励、职业发展通道搭建、创新成果署名、荣誉表彰等多元化方式,充分调动技术人员参与技术创新活动的主动性与创造性,引导技术人员主动投身创新实践,挖掘自身创新潜力,助力高质量技术创新成果持续产出。

4.2 跨学科团队协作模式的构建

立足桥梁施工技术创新的综合性需求,打破传统学科划分的局限,组建涵盖材料科学、机械工程、计算机科学、土木工程等多学科背景的跨学科协作团队,整合不同学科的技术优势、理论资源与创新思路,形成推动桥梁施工技术创新的强大合力。结合团队整体创新目标与各成员专业特长,清晰划分团队成员的职责与分工,明确各岗位创新任务与工作标准,避免职责交叉、工作脱节与资源浪费,同时建立高效便捷的沟通与协作机制,依托数字化沟通平台,保障团队内部信息传递顺畅、反馈及时,提升团队协作效率与创新攻坚能力。强化团队内部知识共享与经验交流,通过定期开展技术研讨、创新沙龙、经验分享会等形式,促进不同学科知识的深度融合,推动创新思路碰撞交锋,加速技术创新成果的转化与落地应用,提升创新成果的实际工程价值与行业适用性。

4.3 技术创新文化的培育与传播

着力培育具有行业特色的技术创新文化,摒弃保守僵化的发展理念,营造鼓励探索、勇于突破、宽容失败

的企业内部氛围,消除技术人员参与创新的思想顾虑与心理负担,充分激发技术创新热情、探索精神与主动性,让创新理念融入企业发展各环节,成为企业核心发展动力。搭建专业化的技术创新成果展示与交流平台,为技术人员提供展示创新成果、分享创新经验、探讨创新难题的空间,促进企业内部创新成果的互学互鉴、优势互补,同时推动与行业内其他企业、科研机构、高校的技术交流与合作,拓宽创新视野,吸纳先进创新理念与技术方法^[5]。加强技术创新成果的宣传与推广,依托行业展会、技术论坛、专业期刊、新媒体平台等多元化渠道,全面展示企业在桥梁施工领域的技术创新成果与发展成就,提升企业在行业内的知名度与影响力,吸引更多优质人才、技术资源与合作机会参与企业技术创新实践,推动桥梁施工技术创新持续发展。

结束语

公路工程桥梁施工技术的创新与优化是一个系统且持续的过程,涉及材料、工艺、技术、管理、人才等多个层面。通过新型材料与工艺的应用、智能化与自动化技术的融合、环保与可持续发展技术的创新以及人才培养与团队协作机制的完善,桥梁施工在质量、效率、环保等方面取得显著进步。这些创新举措不仅提升了桥梁工程的建设水平,也为行业发展积累了宝贵经验。持续推动桥梁施工技术创新,有助于更好地适应交通发展需求,实现公路工程的高质量发展。

参考文献

- [1]刘攀.公路桥梁桩基施工技术创新与应用[J].时代汽车,2026(6):130-132.
- [2]周广振,王云鹏.公路桥梁悬浇节段施工技术创新分析[J].居业,2026(1):40-42.
- [3]何东明.高速公路桥梁施工项目的工程技术创新与应用[J].工程技术研究,2024,6(5):22-24.
- [4]李智.公路工程中桥梁隧道施工技术与创新[J].建筑与施工,2024,3(5):59-60.
- [5]高国福.危旧桥梁改造工程智能化施工技术与施工管理创新应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2025(1):180-182.