公路工程中桥梁施工技术的创新与优化路径

吴令鹏　尚浩宇
山东省路桥集团有限公司　山东　济南　250000

摘　要：公路桥梁作为交通基础设施的核心组成部分，其施工技术水平直接决定工程质量、建设效率与运营安全性。当前我国公路桥梁施工虽已形成较为成熟的技术体系，但仍存在传统工艺局限性突出、核心技术创新力度不足、质量安全管控不到位等问题。本文结合行业发展趋势，从基础、主体结构、智能化、绿色施工四大维度阐述技术创新方向，同时从技术、管理、资源保障层面提出科学优化路径，为推动公路桥梁施工技术升级、实现行业高质量发展提供理论与实践参考。

关键词：公路工程；桥梁施工技术；创新；优化路径

引言：随着交通强国战略深入推进与“双碳”目标全面落地，公路桥梁建设正逐步向大跨径、智能化、绿色化、精细化方向转型，对施工技术的专业性、创新性提出了更高要求。当前部分工程仍沿用传统施工工艺，存在施工效率低下、质量隐患较多、环保性不足等问题，难以适配现代公路桥梁工程建设的实际需求。因此，深入探索桥梁施工技术的创新方向，构建科学可行的优化路径，破解技术瓶颈、完善管控体系，对提升公路桥梁工程品质、推动交通行业可持续发展具有重要现实意义。

1 公路工程桥梁施工技术现状及存在的问题

1.1 公路工程桥梁施工技术现状

（1）主流施工技术应用情况：当前公路桥梁施工中，基础施工以桩基施工为主，钻孔灌注桩因适配性强广泛应用于各类地质，部分复杂场地辅以沉井施工；主体结构施工中，预应力施工技术成熟，广泛用于大跨径桥梁，有效提升结构承载力，装配式施工凭借高效、优质的优势，在中小跨径桥梁中应用日益广泛，实现构件工厂预制、现场快速拼装；桥面施工普遍采用沥青铺装技术，部分大型桥梁结合使用环氧沥青等高性能材料，保障行车舒适度与耐久性。（2）施工技术发展趋势：结合“双碳”目标与交通强国政策导向，公路桥梁施工技术呈现鲜明发展趋势。智能化方面，BIM、数字孪生等技术逐步应用，实现施工全过程精准管控；绿色化聚焦低碳环保，推广再生材料与节能工艺，减少施工污染；工业化推动构件标准化生产，提升施工效率与质量稳定性；精细化则贯穿施工全流程，优化各工序参数，保障工程品质。

1.2 公路桥梁施工技术现存核心问题

（1）传统施工技术的局限性：部分工程仍沿用人工挖孔桩、现场现浇等传统工艺，施工效率低下，精度难以控制，在复杂地质和大跨径桥梁施工中，易出现桩身蜂窝、梁体裂缝等病害，难以满足现代工程需求。（2）技术创新力度不足：核心施工技术自主研发能力薄弱，部分先进铺装、智能监测技术依赖进口，创新成果转化滞后，缺乏系统性创新体系，难以形成技术突破，制约行业升级。（3）施工质量与安全管控不到位：施工中技术规范落实不严，质量检测技术滞后，对材料性能、结构强度的检测精度不足，安全防护技术不完善，高空作业、重型设备操作等环节易引发质量隐患和安全事故。

1.3 问题产生的原因分析

（1）技术层面：施工技术更新不及时，部分老旧技术仍在使用，技术标准与实际施工需求衔接不紧密，新型施工设备与现有技术适配性不足，难以充分发挥设备效能。（2）管理层面：施工管理体系不完善，技术管理机制不健全，对施工工序的管控流于形式，施工人员技术培训不到位，基层作业人员专业素养参差不齐，影响技术落地效果。（3）资源层面：施工材料质量管控不严，部分材料未达到规范标准，新型环保材料、高性能材料应用普及率低，企业技术研发投入不足，难以支撑技术创新与升级[1]。

2 公路工程桥梁施工技术的创新方向与实践

2.1 基础施工技术创新

（1）桩基施工技术创新：针对复杂地质条件下桩基施工质量差、效率低的问题，创新应用大直径桩基钻孔技术，优化钻孔设备与工艺，采用新型耐磨钻头与泥浆循环系统，减少孔壁坍塌、桩身缺陷等问题，适配深厚岩层、岩溶等复杂地质；研发新型桩基检测技术，结合超声波、低应变反射波等无损检测手段，实现桩基完整性的精准检测，提升检测效率与精度；抗拔桩基施工技术不断创新，通过优化桩身结构设计、采用高强度钢筋与灌浆工艺，增强桩基抗拔性能，满足高填方、软土地区桥梁

基础的受力需求，全面提升桩基施工质量与效率[2]。（2）软基处理技术创新：聚焦软土地基承载力不足、沉降量大的痛点，结合新型材料与工艺实现技术突破。创新应用高压喷射注浆改良技术，优化注浆参数与喷嘴设计，将水泥浆与软土充分混合，形成高强度复合地基，提升软基承载力；推广土工合成材料加固技术，采用新型高强度土工格栅、土工膜等材料，通过分层铺设、碾压固定，增强软土地基的整体性与稳定性，减少地基沉降，同时降低施工成本，缩短工期，有效解决软土地基施工难题。

2.2 主体结构施工技术创新

（1）装配式施工技术创新：重点优化预制构件生产、运输与安装全流程技术，推动构件模块化、标准化生产，建立标准化生产车间，采用高精度模具与自动化生产设备，保障构件尺寸精度与质量稳定性；创新构件运输技术，采用专用运输设备与固定装置，减少运输过程中的破损；优化安装技术，研发新型拼接节点与吊装设备，推行全装配桩板式结构、组合梁装配式施工，实现构件快速拼装，大幅减少现场作业量，缩短施工工期，同时降低现场施工污染。（2）预应力施工技术创新：积极推广新型预应力材料，如高强度低松弛钢绞线、碳纤维预应力筋等，提升材料抗拉强度与耐久性；优化预应力张拉工艺，创新应用体外索承梁施工技术，将预应力索布置在梁体外部，便于后期维护与更换，同时提升桥梁结构的承载能力；推广智能张拉技术，通过自动化控制系统精准控制张拉应力与位移，避免人工张拉的误差，确保预应力施工质量，进一步提升桥梁结构的稳定性与耐久性[3]。（3）轻型化结构施工技术创新：结合工程实际需求，研发宽翼薄腹T梁、少主梁钢板组合梁等轻型化结构，优化结构设计，减少构件自重与用材量；创新轻型化结构施工工艺，采用工厂预制、现场拼装的方式，降低施工难度，减少现场浇筑作业，同时降低工程造價；轻型化结构的应用，有效破解土地资源制约难题，适配山区、城市等用地紧张区域的桥梁建设需求，实现经济性与实用性的统一。

2.3 智能化与数字化施工技术创新

（1）BIM技术的深度应用：打破传统施工模式，利用BIM技术构建桥梁设计、施工、运维全流程数字化模型，实现施工全过程的可视化模拟与管控；通过BIM模型优化施工流程，提前排查设计与施工中的冲突问题，减少返工现象；将BIM技术与施工进度、质量、安全管理相结合，实现各工序的精准管控，提升施工精度与效率，为桥梁全生命周期管理提供技术支撑。（2）智能施工设备与监测技术：推广自动化机械臂、智能吊装设备等，替代人工完成高空、高危作业，提升施工安全性与效率；应用无人机巡检技术，实现桥梁施工全过程的全方位巡检，及时发现施工隐患；搭建智能监测系统，对桥梁结构应力、沉降、位移等参数进行实时监测，数据实时传输与分析，实现施工过程的精准控制，及时预警安全风险，保障施工安全与工程质量。

2.4 绿色施工技术创新

（1）环保材料的应用创新：大力推广可再生材料、低碳混凝土、轻质高强钢材等绿色环保材料，替代传统高能耗、高污染材料；采用建筑垃圾再生骨料配制混凝土，实现资源循环利用，降低资源消耗；推广低碳混凝土技术，减少水泥用量，降低碳排放；应用轻质高强钢材，减少钢材用量，同时提升结构性能，实现环保与工程质量的双重提升。（2）节能施工工艺创新：优化施工流程，减少施工工序与现场作业量，降低能源消耗；采用雨水回收系统，将施工过程中收集的雨水用于养护、降尘等，节约水资源；推行能源高效管理，优化施工设备运行参数，采用节能型施工设备，减少电力消耗；加强施工扬尘、噪声、污水治理，采用新型降尘、降噪工艺，减少污染物排放，真正实现绿色施工，契合“双碳”目标与环保政策要求[4]。

3 公路工程桥梁施工技术的优化路径

3.1 技术层面的优化路径

（1）完善技术标准体系：结合公路桥梁行业发展趋势与技术创新成果，对现有施工技术标准进行修订完善，摒弃滞后于工程实际的条款，补充装配式、智能化、绿色施工等新型技术的标准要求，明确技术应用的操作规范、质量标准与验收标准，确保技术应用的规范性与科学性。同时，建立技术标准动态更新机制，根据技术迭代与工程实践反馈，及时优化调整标准内容，使技术标准与工程实际需求精准衔接，为施工技术的规范应用提供坚实支撑。（2）加强核心技术研发与转化：加大技术研发资金投入，鼓励施工企业与科研院校合作，聚焦桩基施工、预应力施工等核心领域的技术瓶颈，培育自主创新能力，研发具有自主知识产权的核心技术。建立创新技术成果转化机制，搭建技术试点平台，将实验室中的创新成果应用于实际工程，通过试点实践优化技术细节，总结应用经验，提高成果转化效率，让创新技术真正落地见效，推动施工技术水平整体提升。（3）推广先进施工技术与设备：加大对装配式、智能化、绿色施工技术及新型施工设备的推广力度，结合不同地区、不同类型桥梁工程的特点，开展针对性的技术试点应用，重

点推广BIM技术、智能张拉设备、自动化吊装设备等先进技术与设备。及时总结试点工程的成功经验与不足，形成可复制、可推广的应用模式，逐步扩大推广范围，替代传统落后的施工技术与设备，提升施工效率、质量与安全性。

3.2 管理层面的优化路径

（1）完善施工管理体系：建立健全覆盖施工全流程的管理体系，重点完善技术管理、质量管控、安全管理机制，明确各岗位职责与工作流程，实现施工全流程规范化、标准化管理。加强施工工序管控，细化各环节的管理要求，建立工序交接验收制度，确保上一道工序合格后方可进入下一道工序；完善质量与安全管控细则，将管理责任落实到个人，杜绝管理流于形式，保障施工质量与施工安全。（2）加强施工人员培训：针对新型施工技术与设备的应用需求，开展针对性的技术培训与技能考核，培训内容涵盖先进施工技术、设备操作规范、质量安全要求等，提升施工人员的专业素养与操作水平。建立分层培训机制，对管理人员、技术人员、基层作业人员开展差异化培训，确保管理人员掌握技术管理要点，技术人员精通创新技术应用，作业人员规范操作设备与工艺，适应新型施工技术的应用需求。（3）建立技术创新激励机制：制定完善的技术创新激励政策，鼓励施工企业、技术人员开展技术研发、工艺优化与设备改进，对取得显著创新成果、有效解决施工难题的单位与个人给予精神奖励与物质奖励。建立创新成果评价体系，客观评估创新成果的应用价值与经济效益，激发行业内技术创新的积极性与主动性，形成人人参与创新、重视创新的良好氛围[5]。

3.3 资源与保障层面的优化路径

（1）强化施工材料质量管控：建立完善的施工材料全流程管控体系，严格执行材料进场检测制度，对进场的钢筋、混凝土、环保材料等进行严格检测，不合格材料严禁进场使用；规范材料存储管理，根据材料特性制定合理的存储方案，防止材料变质、损坏；加强材料使用过程中的管控，严格按照规范要求配比、使用材料，同时加大绿色、高性能材料的推广应用力度，逐步替代传统高能耗、低性能材料，保障工程质量与环保要求。（2）加大政策与资金支持：积极争取政府相关部门的政策扶持，出台有利于公路桥梁施工技术创新的优惠政策，为技术研发、设备更新、成果转化提供政策保障；加大资金投入力度，建立多元化资金投入机制，鼓励社会资本参与技术创新，重点支持核心技术研发、先进设备引进与技术推广工作，为技术优化升级提供充足的资金支撑。（3）加强行业协同合作：推动施工企业、科研院校、设计单位的协同合作，形成产学研一体化创新模式，整合各方资源，发挥科研院校的研发优势、设计单位的设计优势与施工企业的实践优势，共同攻克施工技术难题。建立行业交流平台，分享技术创新经验、施工实践成果，促进技术资源共享，推动整个行业施工技术水平的协同提升。

结束语

公路桥梁施工技术的创新与优化，是推动交通行业高质量发展的核心动力，也是适配交通强国建设与“双碳”目标实现的必然选择。本文提出的四大技术创新方向与三大维度优化路径，贴合工程实际需求，可有效破解当前施工中的各类突出难题。未来需持续强化产学研协同合作，加大核心技术研发投入，推动创新成果转化落地，不断完善技术标准与管理体系，助力公路桥梁施工行业实现高效、安全、绿色、智能的可持续发展。

参考文献

[1]李振华.探讨公路工程施工中道路桥梁的施工技术及其加固措施[J].建筑工程技术与设计,2023,35(2):370-374.

[2]李想.公路工程中道路桥梁的施工技术与加固措施[J].城市建设理论研究,2024,14(5):162-166.

[3]熊亮.公路工程中道路桥梁的施工技术与加固措施[J].建筑工程技术与设计,2022,8(11):224-227.

[4]尚伦纳.浅谈公路工程桥梁桩基的施工技术应用[J].佳木斯职业学院学报,2023,10(4):188-189.

[5]马德彦.浅谈公路工程桥梁桩基的施工技术应用[J].东西南北,2022,5(16):48-53.