

市政道路桥梁工程施工技术研究

李宛妍

江西建工第二建筑有限责任公司 江西 南昌 330000

摘要: 市政道路桥梁工程作为城市基础设施的核心组成部分,其施工质量直接影响城市交通运行效率与安全。本文聚焦施工技术创新与质量控制体系,系统分析深基坑支护、大直径桩基施工、钢-混凝土组合结构等关键技术,结合BIM模拟、智能监测预警系统等信息化管理手段,提出标准化施工工艺与新材料应用方案,旨在构建全生命周期质量管控体系,为提升市政工程耐久性、降低后期维护成本提供理论支撑与实践参考。

关键词: 市政道路桥梁工程;施工技术;信息化管理技术

引言:市政道路桥梁工程作为城市发展的“血脉”与“骨架”,其施工质量直接关系到城市交通的畅通性、市民出行的安全性及基础设施的耐久性。然而,随着城市化进程加速,工程面临地质条件复杂、施工空间受限、环保要求提升等挑战,传统施工模式已难以满足高质量发展需求。在此背景下,本文围绕市政道路桥梁工程的核心施工技术展开研究,结合新型材料应用与信息化管理手段,探索标准化施工工艺及全流程质量控制体系,为提升工程建设水平、保障城市运行安全提供技术参考。

1 市政道路桥梁工程基础理论

1.1 道路桥梁结构类型与特点

(1) 常见结构形式中,梁式桥以受弯为主,如简支梁桥施工简便、造价较低,适用于中小跨径道路;拱桥利用拱圈承压,跨越能力强,像石拱桥兼具实用性与观赏性;悬索桥依靠主缆承重,可实现大跨径跨越,多用于江河、海峡等复杂地形,但其施工难度和成本较高。

(2) 市政道路与桥梁的协同设计要求需兼顾通行连续性,道路线形需与桥梁衔接顺畅,避免出现高差或折线;同时要考虑荷载传递一致性,道路路面荷载需与桥梁承载能力匹配,还要同步规划管线铺设空间,确保电力、通信等管线在道路与桥梁过渡段合理布置。

1.2 施工关键技术分类

(1) 基础施工技术里,桩基施工常用钻孔灌注桩、预制桩等工艺,钻孔灌注桩适用于软土地基,需严格控制孔深和混凝土浇筑质量;地基处理可采用换填法、强夯法,换填法用于浅层软弱地基,强夯法能提高深层地基承载力。(2) 主体结构施工技术中,混凝土浇筑需遵循分层浇筑、振捣密实原则,防止出现裂缝;钢结构安装需精准测量定位,采用焊接、螺栓连接等方式,确保结构稳定性,安装过程中还需做好防腐处理。(3) 附

属设施施工技术方面,排水系统施工要保证管道坡度合理,接口密封严实,避免漏水;路面铺装需控制材料配比和压实度,确保路面平整度和耐久性,减少后期维护成本^[1]。

1.3 施工质量控制标准与规范

(1) 国家及行业标准中,《公路桥涵施工技术规范》明确了桥涵施工各环节的技术要求,如混凝土强度等级、钢筋间距等;还有《城镇道路工程施工与质量验收规范》,对道路路基、路面施工质量作出详细规定,为施工提供统一技术依据。(2) 质量验收与安全评估体系需分阶段进行验收,施工前检查原材料质量,施工中对工序进行抽检,竣工后开展整体验收;安全评估要涵盖施工机械安全、人员操作安全等方面,定期开展安全隐患排查,保障施工全过程安全。

2 市政道路桥梁工程核心施工技术分析

2.1 基础工程施工技术

(1) 深基坑支护与降水技术需根据基坑深度、地质条件选择支护形式,如土钉墙适用于浅基坑、型钢水泥土搅拌墙(SMW工法)适用于软土地区深基坑,支护结构需进行强度和稳定性验算;降水技术多采用管井降水或井点降水,管井降水适用于渗透系数大的地层,井点降水适用于浅基坑及粉细砂地层,降水过程中需监测周边地面沉降,避免影响邻近建筑。(2) 大直径桩基施工工艺中,旋挖钻成孔效率高、噪音低,适用于黏性土、砂土层,钻头可快速更换以适应不同地层,但在坚硬岩层中钻进速度较慢;冲击钻依靠冲击破碎岩层,适用于坚硬岩地层,成孔垂直度易控制,但施工周期长、泥浆排放量较大,实际应用需结合地层特性、工期要求综合选择^[2]。(3) 软土地基处理技术里,CFG桩(水泥粉煤灰碎石桩)通过桩体与地基土共同受力提高承载力,施工采用长螺旋钻孔灌注成桩,适用于处理黏性土、粉土

等地基；塑料排水板则通过加速软土排水固结实现地基加固，采用插板机插入软土层，施工速度快、成本低，常用于路基处理及基坑周边软土改良。

2.2 主体结构施工技术

(1) 预制装配式桥梁施工技术中，节段拼装采用工厂预制桥梁节段，现场通过湿接缝或干接缝连接，减少现场作业量、缩短工期；全预制化则实现桥梁下部结构（墩柱、盖梁）与上部结构同步预制，装配效率更高，且构件在工厂标准化生产，质量更易控制，尤其适用于城市密集区桥梁施工，可降低对交通的影响。(2) 大跨径桥梁悬臂浇筑法依赖挂篮施工，挂篮需具备足够刚度和稳定性，拼装后需进行加载试验；施工时从墩顶向两侧对称浇筑梁段，每段浇筑完成后及时张拉预应力筋，控制梁体挠度，同时需监测温度变化对梁体的影响，避免出现裂缝，该技术适用于连续梁、连续刚构桥等大跨径结构。(3) 钢-混凝土组合结构施工关键技术在于保证钢构件与混凝土的协同工作，施工中需先安装钢主梁并进行临时固定，再浇筑混凝土桥面板，通过剪力钉传递剪力；浇筑过程中需控制混凝土浇筑顺序，避免钢构件变形，同时做好钢构件防腐处理，延长结构使用寿命。

2.3 新型材料与工艺应用

(1) 高性能混凝土（HPC）配比需优化胶凝材料用量、骨料级配，掺入矿物掺合料（如粉煤灰、矿粉）改善工作性，添加高效减水剂降低水胶比；养护采用覆膜保湿或蒸汽养护，确保混凝土强度发展，HPC具有高强度、高耐久性特点，适用于桥梁墩柱、主梁等关键部位。(2) 纤维增强复合材料（FRP）在加固中应用广泛，如碳纤维布（CFRP）可粘贴于混凝土构件受拉区，提高承载力，玻璃纤维布（GFRP）成本较低，适用于中小型构件加固；施工时需对构件表面进行打磨、清理，确保FRP与构件紧密结合，该材料具有轻质、耐腐蚀优势，尤其适用于既有桥梁加固改造^[3]。(3) 3D打印技术在异形构件施工中逐步探索，如采用混凝土3D打印技术制作桥梁墩柱装饰构件、小型盖板，通过计算机控制打印路径，实现构件精准成型；目前需解决打印材料流动性与强度平衡问题，以及大型构件打印过程中的稳定性控制，未来有望在个性化、复杂形状构件施工中发挥更大作用。

2.4 绿色施工技术

(1) 节能减排措施方面，优先选用低噪音、低能耗施工机械（如电动挖掘机、静音压路机），减少施工噪音与碳排放；废弃物循环利用可将基坑开挖的土方用于路基回填，混凝土废料破碎后作为骨料再生利用，钢筋

边角料回收熔炼，降低资源浪费，同时减少建筑垃圾处置量。(2) 生态护坡与海绵城市理念融合，护坡可采用植草混凝土、生态袋等材料，植草混凝土预留孔隙供植物生长，生态袋内填充种植土，实现护坡与绿化结合；同时在护坡设计中设置排水盲沟、渗透池，收集雨水并下渗，补充地下水，契合海绵城市“渗、滞、蓄、用、排”的要求，提升道路桥梁工程生态效益。

3 市政道路桥梁工程施工过程中的信息化管理技术

3.1 BIM技术在施工模拟与协同管理中的应用

(1) 三维模型构建与碰撞检测需基于设计图纸搭建全专业BIM模型，涵盖道路路基、桥梁墩柱、管线管网等构件，通过参数化建模实现构件尺寸、材质等信息可视化；碰撞检测环节利用BIM软件（如Revit、Navisworks）对管线与桥梁结构、道路与地下设施等交叉部位进行模拟分析，提前发现管线冲突、结构干涉等问题，例如在桥梁支座与预埋管线的碰撞检测中，可精准定位冲突点并优化设计方案，减少施工阶段的返工成本。(2) 进度、成本与资源动态管控通过将BIM模型与施工进度计划（如Project计划）关联，生成4D进度模拟模型，直观展示各工序施工时序与进度偏差，当某一梁段浇筑延误时，系统可自动预警并分析对后续工序的影响；成本管控方面，依托BIM模型的构件工程量清单，实时统计材料用量与费用消耗，对比预算与实际成本差异，避免超支；资源管控则通过模型匹配施工机械、人员需求，合理分配旋挖钻、混凝土泵车等设备，提高资源利用率。

3.2 智能监测与预警系统

(1) 传感器网络实时监测结构应力与变形需在桥梁关键部位（如主梁跨中、墩柱底部）布设应变传感器、位移传感器，在路基区域安装沉降观测仪，传感器通过无线传输将数据实时上传至管理平台，当桥梁悬臂浇筑过程中主梁应力超过限值或路基沉降速率异常时，系统自动触发声光预警，便于施工人员及时调整施工参数，例如在大跨径桥梁挂篮施工中，可通过位移传感器监测梁体挠度，确保施工精度。(2) 大数据分析在施工安全评估中的作用体现在整合传感器监测数据、施工日志、天气信息等多维度数据，利用大数据算法分析施工风险关联因素，例如通过分析历史数据得出“暴雨天气+深基坑开挖”组合下的边坡失稳概率，提前制定加固措施；同时可对施工机械运行数据（如挖掘机作业时长、设备故障频率）进行分析，预测设备维护周期，减少因机械故障导致的安全事故^[4]。

3.3 无人机巡检与数字化交付技术

(1) 施工进度可视化追踪通过无人机定期对施工现

场进行航拍,获取道路路基填筑、桥梁节段拼装等施工场景影像,利用图像处理技术生成施工进度热力图,对比计划进度与实际进度差异,例如在预制装配式桥梁施工中,可通过无人机航拍清晰展示已拼装节段数量与位置,直观反映进度滞后区域,辅助管理人员调整施工计划。(2)竣工资料数字化归档需将无人机巡检影像、BIM模型、监测数据等资料整合,形成数字化竣工档案,档案包含桥梁结构尺寸标注、管线走向三维坐标、设备参数等详细信息,相较于传统纸质档案,数字化档案便于后期运维查阅,例如桥梁出现病害时,运维人员可通过调取数字化档案快速定位构件位置与历史施工数据,提高维修效率,同时满足工程全生命周期管理需求。

4 市政道路桥梁工程施工问题与对策

4.1 常见施工问题剖析

(1) 裂缝、沉降等质量通病成因多样。裂缝问题多源于混凝土施工不当,如配比中水泥用量过高导致水化热集中,或养护不及时使混凝土表面水分快速蒸发,引发收缩裂缝;桥梁墩柱、主梁等构件若预应力张拉控制不当,也会产生结构性裂缝。沉降问题则与地基处理不彻底相关,软土地基未采用有效的加固技术(如CFG桩、塑料排水板),或基坑降水后未及时回填压实,易导致路基、桥台后期沉降;此外,路基填筑时分层厚度过大、压实度不足,也会引发道路路面沉降开裂。(2) 交叉作业协调困难与安全隐患突出。市政工程常涉及道路施工、桥梁建设、管线铺设等多工种同步作业,若缺乏统一协调机制,易出现工序冲突,例如桥梁下部结构施工与地下管线铺设在空间上交叉时,可能因施工顺序混乱导致管线破损。同时,交叉作业环境下安全风险叠加,如高空作业人员与地面作业人员未做好隔离防护,或大型机械(如起重机、旋挖钻)与作业人员动线交叉,易引发物体打击、机械伤害等安全事故,尤其在城市密集区施工中,周边行人、车辆较多,安全管控难度更大。

4.2 改进对策与建议

(1) 技术层面需强化标准化工艺与新材料推广。制定混凝土浇筑、路基压实等关键工序的标准化作业

流程,明确混凝土分层浇筑厚度、振捣时间、养护周期等参数,例如规定大体积混凝土采用分层浇筑+覆膜保湿养护工艺,控制水化热裂缝;推广高性能混凝土(HPC)、纤维增强复合材料(FRP)等新材料,HPC可提升构件抗裂性能,FRP用于既有结构加固可减少裂缝扩展,从技术源头降低质量通病发生率^[5]。(2) 管理层面需完善人员培训与监管机制。定期开展施工人员专项培训,涵盖质量标准、安全操作规程、应急处置技能等内容,尤其针对新进场人员和特种作业人员(如焊工、起重工),需经考核合格后方可上岗,提升人员专业素养;建立“施工单位自检+监理单位巡检+建设单位抽检”的三级监管机制,利用信息化手段(如BIM模型、智能监测系统)实时跟踪施工质量与安全,对发现的问题下达整改通知书并限期复查,同时将交叉作业纳入专项管控,提前制定作业计划并明确各工种责任边界,确保施工有序推进。

结束语

市政道路桥梁工程施工技术的持续创新,是推动城市基础设施高质量发展的核心动力。本文通过系统研究基础施工、主体结构、新型材料应用及信息化管理等技术体系,验证了标准化工艺与智能监测手段在提升工程质量、控制安全风险中的关键作用。未来需进一步深化产学研协同,推动BIM、3D打印等技术与绿色施工理念的深度融合,构建全生命周期智慧化管控模式,为打造安全、耐久、生态的市政工程提供坚实技术保障。

参考文献

- [1]安志刚.市政道路桥梁施工要点及现场管理方法探究[J].工程建设与设计,2023,(19):224-225.
- [2]纵志成.现场施工技术在道路桥梁施工中的应用分析[J].运输经理世界,2023,(17):97-99.
- [3]谭吉林,刘赛男.交通工程城市轨道交通中的深基坑支护技术研究[J].门窗,2025,(09):90-92.
- [4]王守斌,刘鹏,任松松.市政道路桥梁预应力施工技术应用研究[J].新潮电子,2025,(07):97-99.
- [5]刘鹏,任松松,王守斌.市政道路工程路基施工技术应用要点研究[J].新潮电子,2025,(07):202-204.