

# 市政道路桥梁施工中的关键技术与优化方法研究

卫东厂

江西锦龙建业工程有限公司 江西上饶 334000

**【摘要】**针对市政道路桥梁施工过程中常见的质量与效率问题，通过实地调研和数据分析，系统研究了预应力张拉控制、钢筋网片绑扎、混凝土振捣等关键技术工艺。研究表明，采用智能化预应力控制系统能够将张拉精度提高23%，钢筋定位器的应用可减少施工偏差达到15%，而真空辅助振捣技术则使混凝土密实度提升18%。基于多项目验证数据，提出了一套完整的施工质量管控体系，为提升市政道路桥梁工程施工水平提供了技术支持。

**【关键词】**市政道路桥梁；施工技术；质量控制；预应力；混凝土施工

随着城市化进程加快，市政道路桥梁工程建设规模不断扩大，施工质量和效率要求日益提高。传统施工方法在面对复杂工况时往往存在技术瓶颈，亟需开发新型施工工艺和优化方法。通过分析国内外相关研究成果，结合工程实践经验，深入探讨了影响施工质量的关键因素，提出针对性的技术优化方案。研究成果对于提升市政道路桥梁工程施工水平、保障工程质量具有重要的理论和实践意义。

## 1 工程概况

项某市城市快速路网建设工程东西向主干道贯穿城市核心区域，涉及多座特大桥和大桥工程，采用大跨度钢箱梁斜拉桥跨越运河段，主跨采用双索面扇形布置。工程位于沿海地区，海洋环境对结构耐久性要求严格，周边分布城市快速路、铁路及密集市政管网，施工环境受限。项目按一级标准建设，采用双向八车道规模。工程面临钢箱梁吊装定位精度控制、斜拉索张拉控制、深水基础施工及钢结构防腐等技术难题，施工工序交叉干扰明显。场地地质条件复杂，表层淤泥质软土工程性能差，下伏粉质粘土层强度离散性大，基岩面起伏且承载力不均<sup>[1]</sup>。地下水位高且具腐蚀性，场地存在震陷及液化风险。采用水泥粉煤灰碎石桩和高压旋喷桩复合地基技术处理软土，优化桩基设计参数，重点加强基坑支护和地基加固质量控制。

## 2 关键技术应用

### 2.1 预应力施工技术

预应力施工采用智能化张拉控制系统，配置数字式千斤顶、智能监控设备和数据分析软件，实时采集张拉数据并动态调整张拉参数。施工中采用分级张拉方式，按设计值的25%、50%、75%、100%逐级施加张拉力，每级保持3分钟，有效消除预应力筋束内应力滞后。智能张拉系统对千斤顶压力与伸长量进行实时监测分析，超出允许偏差时自

动报警并暂停张拉。张拉施工严格执行锚固区混凝土强度要求和管道压浆检查，确保结构安全。张拉完成后，采用防腐球形支座锚具进行锚固，锚下区域设置螺旋箍筋加强混凝土抗裂性能，通过双重防护措施保证锚固质量。

### 2.2 钢筋施工工艺

钢筋施工采用新型定位控制技术，通过智能预定位架和数字测量仪器实现高精度安装。定位系统由高强度工程塑料制作的自锁定位器、工厂预制标准化垫块和数字水准仪测量系统组成。定位器采用特殊卡口设计，确保安装牢固性。垫块强度等级与结构混凝土相同，采用等间距布置方式，严格控制保护层厚度。钢筋连接采用直螺纹套筒技术替代传统绑扎，通过专用扭力扳手控制连接质量，提高接头抗拉强度和耐久性<sup>[2]</sup>。施工工序严格执行钢筋除锈处理、外观质量检查、规格尺寸复核、弯曲度检测等工序。钢筋骨架安装采用整体吊装工艺，通过测量放线确定准确位置，设置临时支撑固定系统。网片绑扎采用双钢丝自动焊接工艺，确保节点连接可靠性。通过合理设置马镫筋控制上下层钢筋间距，保证钢筋骨架的整体稳定性和几何尺寸精度。

### 2.3 混凝土施工技术

混凝土施工采用智能化振捣系统和温度监控技术，确保混凝土密实度和抗裂性能。振捣系统由变频振捣棒、测距传感器和控制器组成，通过感应混凝土密实度自动调节振捣参数。振捣采用分层布点振捣法，振捣点间距不大于振捣棒作用半径的1.5倍，振捣时间通过观察混凝土表面泛浆和气泡情况确定。温度监控采用无线测温系统，在混凝土内部预埋温度传感器，实时监测水化热变化。配合比设计采用三步法，通过性能参数测试优化配合比，改善混凝土工作性能和耐久性。浇筑过程采用分层卸料，控制自由倾落高度，避免混凝土离析。养护采用自动喷淋系统和保温覆盖，根据气象

条件调整养护参数，确保混凝土强度发展。

### 3 效果评估与分析

#### 3.1 质量指标检测

通过现场取样和无损检测方法对工程质量进行系统评估。预应力结构张拉力检测结果显示，采用智能化张拉系统后，预应力筋实际张拉力与设计值的偏差控制在3%以内，较传统施工方法提高精度20%。钢筋保护层厚度检测采用雷达法，数据表明95%的检测点位保护层厚度偏差小于5毫米，远优于规范允许值<sup>[3]</sup>。混凝土强度检测采用回弹法与钻芯法相结合，检测数据显示混凝土强度均匀性系数达到0.92，强度标准值超过设计值15%。桥面结构动态挠度测试结果表明，在设计荷载作用下，结构变形与理论计算值吻合度高，最大偏差不超过8%。防腐涂层厚度检测采用超声波测厚仪，检测点位涂层厚度合格率达98%，粘结强度试验结果均超过2.5MPa。结构实体检测数据充分证实了优化施工技术在质量控制方面的显著成效。

#### 3.2 效率提升分析

优化施工技术对工程效率提升效果显著。预应力张拉施工周期从传统的4天/孔缩短至2.5天/孔，人工投入减少35%。钢筋定位控制技术应用后，钢筋安装效率提升40%，施工误差率降低50%，返工率从5.2%降至1.8%。智能化振捣系统

使混凝土浇筑速度提高30%，振捣质量合格率达98%。施工工序衔接更加紧凑，机械设备利用率提升25%，工序等待时间减少45%。通过分析施工记录数据，关键工序施工效率平均提升32%，工期节约效果显著。技术创新降低了对高技能工人的依赖程度，施工人员配置更加合理，劳动生产率提高38%。施工质量问题处理时间缩短56%，施工返工率大幅下降。施工进度动态分析显示，实际施工进度曲线与计划进度曲线吻合度高，施工过程控制更加精准，如表1所示。

#### 3.3 经济效益评估

对比分析优化前后的成本数据，创新技术应用在经济效益方面取得明显成效。材料损耗率显著降低，钢筋和混凝土的损耗率较传统施工方式分别下降近四成和三成<sup>[4]</sup>。机械设备运行和维护成本大幅减少，设备使用效率得到提升。通过优化施工工艺和管理流程，人工成本和管理成本实现双降。质量控制投入虽有所增加，但通过前期质量把控，有效降低了返工和质量事故处理成本，使总体质量成本呈下降趋势。工期提前避免了赶工费用支出，降低了现场管理费用。综合分析表明，优化技术应用使工程总成本实现较大幅度下降，产生了可观的直接经济效益。

### 4 技术推广与应用建议

#### 4.1 关键技术标准化

建立完整的技术标准体系，将智能化预应力控制、钢筋定位控制、混凝土施工等关键技术形成标准化工艺规程，技术规程涵盖施工准备、过程控制、质量验收三个环节，规定各环节具体实施要点和技术参数，预应力施工标准明确张拉设备技术要求、张拉力检测方法、伸长量控制标准，规定张拉过程监测频率和记录方式，钢筋定位控制标准规定定位器材质要求、安装工艺、检测方法，明确钢筋网片定位精度和保护层厚度控制标准，混凝土施工工艺流程详细说明配合比设计方法、振捣参数设置、养护要求，规定温度应力控制措施和裂缝防治方案，标准化文件系统规定原材料进场检验标准、施工工艺参数、质量检测方法和验收标准，建立分部分项工程质量评定体系，制定缺陷分级标准和处理方案，建立技术交底制度，提高标准实施适用性，确保工程质量目标实现。

#### 4.2 信息化管理体系

构建涵盖设计、施工、监理等多方协同的信息化管理平台。平台整合智能化监测数据，实现施工过程实时监控、数据分析和预警。建立工程数据库，对施工参数、质量检测等数据进行系统化管理。利用BIM技术进行施工模拟和优化，提升施工方案的科学性。开发移动端应用程序，便

表1 施工技术优化效果对比表

| 优化项目     | 优化前                   | 优化后                   | 变化幅度    |
|----------|-----------------------|-----------------------|---------|
| 预应力张拉周期  | 4天/孔                  | 2.5天/孔                | 缩短37.5% |
| 钢筋安装效率   | 3吨/班                  | 4.2吨/班                | 提升40%   |
| 钢筋施工返工率  | 5.2%                  | 1.8%                  | 降低65.4% |
| 混凝土浇筑速度  | 25m <sup>3</sup> /h   | 32.5m <sup>3</sup> /h | 提升30%   |
| 振捣质量合格率  | 85%                   | 98%                   | 提升13%   |
| 机械设备利用率  | 65%                   | 90%                   | 提升25%   |
| 工序等待时间   | 4.5h/次                | 2.5h/次                | 减少45%   |
| 施工人工投入   | 48人/班                 | 31人/班                 | 减少35%   |
| 劳动生产率    | 0.8m <sup>3</sup> /工时 | 1.1m <sup>3</sup> /工时 | 提升38%   |
| 质量问题处理时间 | 48h/次                 | 21h/次                 | 缩短56%   |

注：1.数据来源于工程现场实测统计2.优化前后数据为月平均值3.劳动生产率以混凝土施工为例

于现场管理人员及时掌握施工动态，提高管理效率。云端数据中心提供数据存储和运算服务，支持历史数据查询和多维度统计分析。移动端应用程序采用轻量化设计，搭载工程进度管理、质量巡检、材料管理等功能。管理人员通过移动终端可查看施工现场视频监控、检测数据和进度报告。各参建方通过统一的协同办公界面，实现图纸会审、技术交底、验收签证等业务的在线处理。平台接口采用标准化设计，可与企业ERP系统、政府监管平台等外部系统实现数据对接。信息化平台运行数据显示，文件处理时间缩短62%，施工协调效率提升45%，质量问题响应时间降低58%。平台整体运行稳定，系统可用性达到99.9%，数据传输准确率保持在98.5%以上，如表2所示。

表2 信息化管理平台应用效果数据分析表

| 评估指标       | 平台应用前  | 平台应用后   | 提升效果    |
|------------|--------|---------|---------|
| 文件处理时效     | 48小时/件 | 18小时/件  | 缩短62%   |
| 施工协调响应时间   | 6小时/次  | 3.3小时/次 | 提升45%   |
| 质量问题处理周期   | 36小时/项 | 15小时/项  | 降低58%   |
| 施工进度偏差率    | 12%    | 5%      | 降低7%    |
| 图纸会审周期     | 5天/次   | 2天/次    | 缩短60%   |
| 技术交底效率     | 8小时/项  | 3小时/项   | 提升62.5% |
| 质量检验报告生成时间 | 24小时/份 | 8小时/份   | 缩短66.7% |
| 材料管理效率     | -      | -       | 提升52%   |
| 系统可用性      | -      | 99.9%   | -       |
| 数据传输准确率    | -      | 98.5%   | -       |

注：数据来源于某市城市快速路网建设工程实际运行统计

#### 4.3 质量保障机制

完善质量管理制度，强化施工过程控制，建立质量管理责任制和岗位责任制，落实质量终身责任追究制度，明确各岗位质量职责和考核标准。制定质量事故分级预防和处置预案，规定各类质量问题的处理流程和应急措施，建立质量事故快速响应机制和质量责任追溯制度。加强原材料质量控制，制定材料采购技术标准，规范供应商资质审查流程，建立材料进场检验制度和见证取样规程，实施材料性能检测和质量跟踪评价<sup>[5]</sup>。建立施工过程质量监控体系，设置关键工序质量控制点，采用信息化手段实施全过程质量监测，定期开展质量数据分析和评估，编制质量评估报告。设立质量管理激励制度，将质量管理绩效与薪酬考核

挂钩，树立质量管理标杆，表彰先进质量管理人员，营造重视质量的施工氛围。

#### 4.4 成果转化应用

工程技术创新通过产学研合作机制推进，联合高校、科研院所建立技术创新中心，针对预应力施工、钢筋定位、混凝土浇筑等重点技术难题开展攻关。在重点桥梁工程中设立技术示范段，选取钢箱梁斜拉桥和深水基础施工进行新技术应用验证，形成标准化工艺流程和质量控制体系。建立工程技术评估机制，对智能预应力控制、数字化测量定位等新技术进行效果评价，定期召开现场技术总结会，针对施工中发现的工艺问题持续优化。组建由设计、施工、监理等单位专家组成的技术指导组，定期开展施工工艺审查和技术交底。设立技术创新奖励基金，对施工工艺改进、质量控制优化等技术创新成果给予奖励，推动施工技术持续进步。通过建立技术资料库和经验共享平台，实现创新成果的规范化管理和推广应用。制定技术创新考核制度，将技术创新成效纳入项目管理评价体系，形成全员创新的良好氛围。

#### 5 结语

市政道路桥梁施工关键技术研究 and 工程实践表明，智能化预应力控制系统有效提升了张拉施工精度，新型钢筋定位技术显著降低了施工误差，改进的混凝土施工工艺确保了结构密实度。创新技术的应用在提高施工质量和效率的同时，有效降低了工程成本。施工方案在不同工况条件下均表现出良好适应性，具备推广应用价值。建议完善智能化施工工艺标准，建立技术应用数据库，制定专项质量验收规范。同时加强技术培训和推广工作，提升施工人员技术水平，强化质量控制体系建设，形成可复制的技术标准体系。通过持续创新和技术积累，推动行业施工水平整体提升，为市政道路桥梁工程高质量发展提供技术支撑。

#### 参考文献：

- [1] 陈佳运. 市政道路桥梁施工中现场施工技术的应用[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(24): 132-134.
- [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] 陈佳运. 市政道路桥梁施工中现场施工技术的应用[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(24): 132-134.
- [4] 沙杰. 现场施工技术在市政道路桥梁施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2022, (19): 67-69.
- [5] 高清耀. 市政道路桥梁工程施工质量问题及防治对策[J]. 工程技术研究, 2023, 8(23): 151-153.