

# 市政工程中桥梁顶升与支座更换施工技术及质量保障体系研究

姜志辉

上海景铭建设发展有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i7.18243

**[摘要]** 市政工程中桥梁顶升与支座更换施工技术及质量保障体系研究背景为城市基础设施老化需维护。本文以2024年张江镇道路提档升级项目为例,针对桥梁顶升技术难点进行分析,如顶升稳定性与同步控制。项目使用PLC同步顶升系统,布置液压千斤顶与位移传感器,实现精密监控与毫米级精度顶升,支座更换严格按设计执行,落梁过程控制水平位移,质量管理遵循ISO9001标准,设立专门机构进行全过程检测与应急预案。结论表明:该体系有效保障工程一次验收合格率100%,缺陷责任期内无事故,延长桥梁使用寿命。

**[关键词]** 桥梁顶升; 支座更换; 施工技术; 质量保障; 市政工程

中图分类号: TU99 文献标识码: A

## Research on Construction Technology and Quality Assurance System for Bridge Lifting and Bearing Replacement in Municipal Engineering

Zhihui Jiang

Shanghai Jingming Construction Development Co., Ltd.

**[Abstract]** The research background of construction technology and quality assurance system for bridge jacking and support replacement in municipal engineering is the aging and maintenance of urban infrastructure. Taking the 2024 Zhangjiang Town Road Upgrading Project as an example, this project aims to address the technical difficulties of bridge jacking, such as jacking stability and synchronous control. The project uses a PLC synchronous lifting system, with hydraulic jacks and displacement sensors arranged to achieve precise monitoring and millimeter level precision lifting. Support replacement is strictly carried out according to the design, and horizontal displacement is controlled during the beam falling process. Quality management follows ISO9001 standards, and a specialized organization is established to conduct full process testing and emergency plans. The conclusion shows that the system effectively ensures a 100% pass rate for the first acceptance of the project, no accidents during the defect liability period, and extends the service life of the bridge.

**[Key words]** bridge jacking; Support replacement; Construction technology; Quality assurance; Municipal Engineering

### 引言

随着我国城市化进程不断加快,早期大量建设的市政桥梁因原有设计标准相对较低且长期承受繁重交通荷载及自然环境影响,逐渐进入养护维修关键阶段,普遍出现支座老化破损、梁体标高下降等病害,严重制约道路通行能力并埋下安全隐患。传统桥梁改造方式往往采用拆除重建,存在周期长、成本高、中断交通与社会影响大等问题。而作为一种高效经济且环保的维修改造方案,桥梁顶升与支座更换技术能在基本不中断交通前提下提升桥下净空、恢复设计标高、更换失效支座,有效延长结构服役寿命,不过该项技术涉及大型结构整体顶升,工艺复杂且风险较高,施工中面临顶升同步性控制、结构应力监测、交通组织

协调等一系列技术与管理挑战,任何操作失误都可能引发结构损伤甚至安全事故。所以,系统研究桥梁顶升与支座更换的关键施工工艺并构建一套科学严谨的质量安全控制体系,对保障工程顺利实施、提升市政基础设施维护水平具有重大现实意义,也是推动城市建设向绿色化、精细化方向发展的重要实践需求。

### 1 工程概况及难点

#### 1.1 项目基本信息

2024年张江镇青桐路、孙塘路、横沔沔江路、吉字盘路提档升级工程位于上海市浦东新区张江镇,工程范围涵盖四条道路的综合性能改造,其中青桐路规划为二级公路,设计速度40km/h,道路全长701.438m,孙塘路、横沔沔江路和吉字盘路均规划为四

级公路,设计速度20km/h,道路全长分别为493.447m、761.019m和1539.893m。工程主要内容包括道路铣刨加罩、翻挖新建车行道约6189m<sup>2</sup>、侧平石1541m、雨水管道修复763m、污水管修复129m,同步实施交通标志标线及桥梁加固工程。工程涉及多专业交叉作业,包括土建、排水、电气及桥梁工程,施工区域周边分布居民区、学校及商业设施,环境复杂,需统筹交通导行、管线保护及社区协调。项目采用总承包管理模式,合同价款基于工程量清单计价,安全文明施工费专项列支,缺陷责任期设定为一年,质量保留金比例3%,确保工程全生命周期质量可控。

## 1.2 工程难点和问题

### 1.2.1 桥梁顶升技术难点分析

桥梁顶升作业面临的核心难点在于顶升同步性的精密控制与结构稳定性保障,液压千斤顶的布置需严格遵循荷载分布原则,单墩顶升总吨位要求超过墩顶支反力的1.5倍,实际设计中按两倍荷载验算支撑基础,但动态荷载作用下千斤顶同步误差极易引发梁体应力集中,位移传感器布设于箱梁关键点位,监控数据实时反馈至PLC系统,升量高差阈值设定为0.5mm,然而传感器自身精度受温度漂移影响,长期作业中累计误差可能导致梁体偏转或扭转变形。

### 1.2.2 施工安全与质量控制问题

施工安全风险主要源于多工种交叉作业与复杂环境交互作用,交通导行需按《公路养护安全作业规程》划分警告区、上游过渡区、缓冲区、工作区、下游过渡区、终止区六个区域,锥形交通路标间距15m,但实际车流冲击导致标牌位移频发,夜间警示灯能见度受雾霾天气制约,临时围挡抗风等级不足易倾覆,毗邻居民区段施工机械噪声控制值低于70dB,然而铣刨机与破碎锤作业时低频振动传播难以隔绝。

质量控制难点体现在材料性能离散性与工艺参数波动,钢筋力学性能试验中屈服强度标准差达20MPa,沥青混合料摊铺温度场梯度超过10℃时会导致压实度差异,平整度检测中3m直尺与激光扫描数据偏差常大于0.5mm,混凝土养护期湿度监测点布设密度不足难以反映整体水化反应进程,无人机航拍技术用于大范围进度监控时图像分辨率与光照条件制约裂缝识别精度,这些因素叠加使质量追溯体系存在断点风险。

## 2 桥梁顶升关键技术工艺

### 2.1 顶升系统设计与调试

顶升系统设计遵循分级加载与均匀受力原则,液压千斤顶选型依据墩台反力计算确定,单个千斤顶额定起重量通常为100-500吨,系统总顶升能力需达到桥梁恒载的1.5倍以上。支撑结构采用组合式钢垫块与自锁式螺旋千斤顶形成多级保护,钢垫块材质为Q345B低合金钢,单块承压面尺寸400mm×400mm,高度梯度为10mm/20mm/50mm三种规格以适应不同调平需求。液压系统工作压力设定为31.5MPa,采用电液比例阀实现流量精确控制,泵站电机功率22kW,油箱容积600L,油管耐压等级不低于40MPa<sup>[1]</sup>。位移传感器选用磁致伸缩式直线位移传感器,量程0-200mm,线性精度±0.05%FS,温度漂移小于±0.01%FS/℃。

系统调试包含空载试验与负载标定两个阶段,空载试验时逐台启动千斤顶检查油路密封性,保压10min压力降不超过0.5MPa。空载试验中六台千斤顶的密封性测试结果,初始压力统一设定为1.0MPa,保压10分钟后记录压力值,压力降均控制在0.5MPa以内,符合系统设计要<sup>[2]</sup>。控制系统集成PLC与工控机双模组,采样频率100Hz,通过PID算法实时调整各项升点速度,同步误差控制目标为相邻墩台高差≤0.5mm。调试阶段需模拟断电工况验证应急系统可靠性,备用电源切换时间小于0.1s,手动泵在系统故障时能维持基本压力。

### 2.2 桥梁同步顶升过程

同步顶升实施前进行结构初始状态记录,在梁体关键截面粘贴振弦式应变计,支座处安装百分表监测初始位移。顶升过程采用分阶段微调方案,每个顶升循环高度控制在2mm以内,顶升速率不超过1mm/min。初始顶升阶段进行试顶升,加载至理论值的10%后持荷5min,检查支撑系统稳定性与结构响应。正式顶升时以0.5mm为最小控制单元,PLC系统比较各监测点实时位移数据,当相邻墩台高差超过0.3mm时自动调节相应千斤顶的油阀开度。顶升过程中全程监测梁体应力应变变化,应变采集频率10Hz,发现异常应力突变立即启动急停程序。环境温度每变化5℃需进行系统补偿校准,液压油温控制在35-55℃区间。为精确反映顶升过程关键参数,实施过程中记录如下数据<sup>[3]</sup>:

表1 桥梁同步顶升过程关键参数记录表

| 顶升阶段 | 顶升高度(mm) | 系统压力(MPa) | 相邻墩台最大高差(mm) | 梁体最大应力增量(MPa) |
|------|----------|-----------|--------------|---------------|
| 试顶升  | 2        | 4.2       | 0.15         | 0.8           |
| 第一阶段 | 10.5     | 8.6       | 0.28         | 2.1           |
| 第二阶段 | 25.3     | 12.4      | 0.35         | 3.9           |
| 第三阶段 | 40.2     | 15.8      | 0.41         | 5.7           |
| 最终位置 | 50       | 18.2      | 0.38         | 6.5           |

顶升高度达到设计值后进入稳压阶段,系统自动补偿压力损失,持荷时间不少于30min。期间采用全站仪监测梁体空间位置,平面位移允许偏差±3mm,高程偏差±2mm。临时支撑系统在负荷稳定后立即安装,钢支撑与梁体间隙采用薄钢板楔塞实,确保每个支撑点均有效受力。

### 2.3 支座更换与落梁技术

支座更换作业在顶升完成后立即实施,旧支座拆除采用专用液压顶具缓慢卸载,避免对垫石造成冲击损伤。垫石表面平整度检测使用2m直尺测量,间隙不大于1mm,不平整处采用环氧砂浆找平,砂浆抗压强度不低于50MPa。新支座安装前核对规格型号,聚四氟乙烯滑动支座摩擦系数不大于0.03,橡胶支座竖向刚度偏差控制在±10%以内。支座就位后采用水平尺检查平整度,纵横向水平偏差均不大于2%。落梁过程采用分级同步下降工艺,下降速度控制在0.5mm/min以内<sup>[4]</sup>。初始下降阶段先解除临时支

撑约束,以1mm为下降单元逐步卸载,每个下降步骤结束后停顿2min观察结构回弹。

### 3 质量安全综合保障体系

#### 3.1 质量管理组织机构

项目建立以项目经理为第一责任人的质量管理委员会,下设质量部专门负责标准贯彻与流程监督。质量部配备持有专业资格的质量工程师与检测员,形成决策、执行、验证三级管理架构。委员会每周召开质量分析会,依据PDCA循环原理评估施工偏差,质量工程师驻场督导每道工序,对分包商实行准入审核与过程考评。质量信息流采用数字化管理平台,现场数据实时上传至云端,质量隐患触发分级预警,质量问题处理实行闭环管理,从发现到整改完成不超过24小时。该体系运行使一次验收合格率提升至98.5%,质量责任追溯准确率达到100%。

#### 3.2 过程控制与检测措施

过程控制依托数字化监控网络,在顶升关键点位布设振弦式应变计与倾角传感器,采集频率设定为10Hz。顶升同步性采用激光扫描仪与全站仪复合校验,每顶升2mm进行一次三维坐标校核,平面位置容差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。液压系统压力波动范围限制在额定值的 $\pm 5\%$ ,油温监测采用PT100温度传感器,工作温度维持在 $35\text{--}55\text{^\circ C}$ 区间<sup>[5]</sup>。

检测措施包含嵌入式监测与无损检测技术,在支座垫石内预埋光纤光栅传感器,监测使用阶段的应力分布状态。混凝土结构采用超声回弹综合法检测强度,碳化深度测量精确到0.1mm。落梁后采用数字扭矩扳手检查锚栓紧固力,扭矩值控制在设计值的 $\pm 5\%$ 偏差范围内。无人机航拍技术进行宏观变形监测,每周生成正射影像图,通过点云比对识别0.5mm以上的位移变化<sup>[6]</sup>。这些措施使顶升过程同步误差稳定在0.3mm以下,支座安装合格率达到100%。

#### 3.3 安全与环保预案

安全预案构建风险分级管控与隐患排查双重预防机制。对顶升作业实行重大风险源专项审批制度,划定三级警戒区域:核心作业区限制非授权人员进入,缓冲区设置物理隔离装置,监控区布设声光报警系统。有限空间作业执行强制通风与气体检测

流程,氧气浓度低于19.5%或硫化氢浓度超过10ppm立即启动撤离程序。临时支撑结构实行每班检查制度,采用磁粉探伤技术检测钢构件疲劳裂纹,发现缺陷立即更换。交通导流方案通过动态仿真优化,作业区前方800m处开始设置渐变引导标志标牌,夜间照明强度不低于50lux。资源保护方面设置三级沉淀池,排水pH值严格控制在6-9之间。应急物资库储备吸附棉、围油栏等泄漏处置装备,每年组织两次综合应急演练。该预案实施使工伤事故率下降至0.12%,周边居民投诉量减少85%。

### 4 结语

本文系统研究市政工程桥梁顶升与支座更换施工技术及质量保障体系,并结合具体工程实例详细阐述顶升系统设计、同步控制工艺、支座更换技术及全过程质量安全控制方法,其中基于PLC控制的液压同步顶升技术可实现毫米级精度控制以有效保障结构安全,所构建的质量安全综合保障体系经组织优化、过程监控和预案联动显著提升施工可控性,为既有桥梁维修改造提供可靠的技术路径和管理范式。

#### [参考文献]

- [1]马学源.市政工程中沉降段路基路面施工技术研究[J].山西建筑,2025,51(21):151-154.
- [2]程志辉.钻孔灌注桩施工技术 in 市政道桥工程中的实践研究[J].砖瓦,2025,(10):91-93+97.
- [3]杜宁.市政工程施工中地下管线施工技术探讨[J].居业,2025,(09):37-39.
- [4]陈英才.市政工程沥青混凝土路面施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(17):52-54.
- [5]常森森,刘宾.市政管道工程顶管施工关键技术质控研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(16):142-144.
- [6]王庆.浅析顶升市政桥梁施工的关键工序[J].建筑施工,2020,42(07):1248-1249+1262.

#### 作者简介:

姜志辉(1986--),男,汉族,安徽合肥人,本科,工程师,研究方向:市政工程管理。