

关于花侯路浏阳河桥 0#块施工技术控制

何华平

和天（湖南）国际工程管理有限公司，湖南 长沙 410006

[摘要]针对花侯路浏阳河桥 0#块大体积混凝土施工过程中所面对的高达 468m³ 混凝土浇筑作业、7m 高支架体系搭设以及复杂的三向预应力体系等技术挑战，此文系统阐述施工全流程的关键技术措施，在支架设计方面，采用了梁柱式钢管支架优化方案，选用了直径 630mm、壁厚 8mm 的钢管作为立柱，配合双拼的 I40b 工字钢作为横向和纵向的主梁，这种组合设计地确保了支架体系的承载力和整体刚度，非常地有效；通过构建墩梁协同工作的临时固结体系，成功实现了 0#块施工期间墩梁结构的共同受力，显著提高了结构整体稳定性。对于混凝土施工，特别采用了分阶段浇筑工艺，首次浇筑高度被严格控制在 6.15m 以内，此举主要目的为降低大体积混凝土内部水化热峰值，从而减小温度裂缝产生的风险，效果是明显的。预应力施工则严格遵循了纵向、横向再到竖向的张拉顺序，必须精准控制张拉顺序与张拉力，这样才能确保预应力体系内部应力获得合理分布，马虎不得。同时，采用 60%、80%、100% 的分级预压方法，有效消除了施工过程中的初始变形，大大提升了支架最终的受力状态，压浆作业中引入的真空辅助压浆工艺，则进一步提高了浆液饱和度和与管壁的黏结效果。借助 MIDAS 有限元建模分析进行的计算结果表明，支架在最不利荷载组合下的最大应力达到了 146.02MPa，该值远小于 Q235 钢材 215MPa 的设计强度；支架竖向变形实测为 6.94mm，被控制在 9.5mm 的允许变形范围内；钢管墩的稳定性系数计算得 0.30，满足现行规范要求。工程实践结果最终验证了各项技术措施的有效性，为同类型桥梁 0#块施工提供了一套可借鉴的完整技术模式，值得推广。

[关键词]浏阳河桥；施工技术；混凝土

DOI: 10.33142/ect.v3i8.17523

中图分类号: TU74

文献标识码: A

Regarding the Construction Technology Control of Block # 0 of Huahou Road Liuyang River Bridge

HE Huaping

Hetian (Hunan) International Engineering Management Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410006, China

Abstract: In response to the technical challenges faced during the construction of the block # 0 of the Liuyang River Bridge on Huahou Road, including the pouring of concrete up to 468m³; the installation of a 7m high support system, and the complex three-dimensional prestressing system, this article systematically elaborates on the key technical measures for the entire construction process. In terms of support design, an optimized scheme for beam column steel pipe supports was adopted, using steel pipes with a diameter of 630mm and a wall thickness of 8mm as the columns, and double spliced I40B I-beams as the horizontal and vertical main beams. This combination design ensures the bearing capacity and overall stiffness of the support system, which is very effective; By constructing a temporary consolidation system for the collaborative work of piers and beams, the joint stress of pier and beam structures during the construction of block # 0 was successfully achieved, significantly improving the overall stability of the structure. For concrete construction, a staged pouring process is particularly adopted, with the initial pouring height strictly controlled within 6.15m. The main purpose of this is to reduce the peak hydration heat inside the large volume concrete, thereby reducing the risk of temperature cracks. The effect is significant. Prestressing construction strictly follows the tensioning sequence of longitudinal, transverse, and then vertical, and requires precise control of the tensioning sequence and tension force to ensure a reasonable distribution of internal stress in the prestressing system. Carelessness is not allowed. At the same time, the use of 60%, 80%, and 100% graded preloading methods effectively eliminates initial deformation during the construction process, greatly improving the final stress state of the support. The vacuum assisted grouting process introduced in the grouting operation further improves the saturation of the slurry and the bonding effect with the pipe wall. The calculation results using MIDAS finite element modeling analysis show that the maximum stress of the bracket under the most unfavorable load combination reaches 146.02 MPa, which is much lower than the design strength of Q235 steel at 215 MPa; The measured vertical deformation of the bracket is 6.94mm, which is controlled within the allowable deformation range of 9.5mm; The stability coefficient of the steel pipe pier is calculated to be 0.30, which meets the current regulatory requirements. The engineering practice results ultimately verified the effectiveness of various technical measures, providing a complete technical model for the construction of the block 0 # of the same type of bridge, which is worth promoting.

Keywords: Liuyang River Bridge; construction technology; concrete

花侯路浏阳河桥作为长沙高铁会展新城关键工程，主桥采用（70+120+70）m 预应力混凝土连续箱梁结构。其

3 0#块施工关键技术

3.1 支架搭设与分级预压

支架搭设执行标准化五步流程：第一步采用精度 0.5 秒的全站仪精准定位承台预埋钢板，确保平面位置偏差不得超过 2mm，预埋件与承台主筋通过满焊形成刚性整体；第二步分段吊装直径 630mm 壁厚 8mm 钢管柱，采用二氧化碳气体保护焊分层施焊环缝，每安装一节即用经纬仪双向校正垂直度至不超过 0.3%；第三步安装倾角 45 度的 16 号槽钢剪刀撑，节点板通过 M20 螺栓临时固定后实施围焊；第四步吊装双拼 I40b 承重梁，就位后与法兰盘采用 V 型坡口焊连接，焊缝长度不小于 200mm；第五步铺设顺桥向双拼 I40b 分配梁，端部焊接 200mm 乘 100mm 乘 10mm 加劲肋防止滑移。支架预压采用 1.2 倍有效荷载即 7803.31kN 分级实施：第一级加载至总重 60%即 4682kN，第二级至 80%即 6242.6kN，第三级至 100%即 7803.31kN。监测系统在四分之一跨位置、跨中位置、四分之三跨位置设置三个关键断面，每断面布置 5 个测点，包含支架顶部 3 点加底部 2 点，采用 DSZ2 精密水准仪，精度 0.1mm，与振弦式应变计同步采集数据。变形控制执行严格标准：60%荷载持荷 12h 后沉降均值不超过 1.8mm 方允许加载下一级；100%荷载持荷 24h 沉降量不超过 1.0mm 判定合格^[1]。实测数据显示：非弹性变形均值 2.3mm，弹性变形 4.2mm，依据此结果在底模设置最大值为 8.94mm 的二次抛物线型预拱度。

3.2 临时固结施工与拆除

临时固结的解除施工需要严格按照对称分级同步卸载的原则进行操作，确保施工过程的安全性和结构稳定性。首先需要解除墩外钢管桩支撑体系，采用对称分级的方式逐步松开连接钢管桩顶部尺寸为 800mm×800mm×20mm 的传力钢板与承重梁之间的 10.9 级 M24 高强螺栓，每次操作不得超过 2 个相邻支点。在此过程中必须采用高精度监测设备实时监控卸载高差变化，确保相邻支点卸载高差严格控制在 2mm 以内，保持整体结构平衡。荷载的转移必须缓慢渐进进行，直至所有螺栓完全松开，使钢管桩顶部传力钢板与承重梁完全脱离接触。

随后进行墩顶混凝土固结块的破除作业，优先选用水磨钻机在固结块两侧对称打孔，逐步向中心区域破除尺寸为 3.5m 顺桥向乘 8.0m 横桥向乘 1.2m 高的 C55 混凝土块主体部分。当破除至距墩身顶面约 300mm 厚度时必须停止机械作业，剩余表层混凝土应采用人工凿除方式精细操作，特别注意保护墩身混凝土结构和预埋的直径 25mm 钢筋不受损伤。在钢筋处理阶段，需在距离墩身顶面 300mm 处精确切断所有外露的预埋钢筋，其原锚入墩身 500mm，外露 1000mm，切断后立即对钢筋断口及邻近区域实施三级防腐处理：先均匀涂刷三层环氧树脂防腐漆确保完全覆盖，待表干后再紧密缠绕聚氯乙烯防腐胶带进行密封包裹。

整个解除过程必须配备电子水准仪对永久支座进行

连续实时位移监测，确保累计位移变化量严格控制在 5mm 以内。当监测数据接近或超过预警值时，必须立即暂停施工，组织技术团队分析原因并制定有效的调整措施，经确认安全后方可继续作业。每个施工环节都需做好详细记录，包括螺栓松开顺序、混凝土破除进度、钢筋处理情况及监测数据等，为后续施工提供完整的技术资料。施工过程中要特别注意各工序的衔接配合，确保临时固结解除过程中结构的受力体系转换平稳可靠。

3.3 混凝土分次浇筑工艺

第一次浇筑底板及腹板下部 6.15m 高度：底板分两层浇筑，每层厚度 300mm；腹板分三层浇筑，每层 400mm。采用直径 50mm 与 30mm 插入式振捣棒分区分层操作。下料口设置在距梁端 1.0~1.5m 处，避免端部钢筋密集区骨料堆积。施工缝处理要求凿除浮浆至露出 75%骨料面积，浇筑前铺设 20mm 厚同标号水泥砂浆。第二次浇筑顶板及剩余腹板：内模支撑采用 $\Phi 48 \times 3.5$ mm 盘扣式支架，立杆纵距 1.2m、横距 0.9m，顶托调平误差 ≤ 3 mm。顶板标高控制通过在外腹板焊接纵向间距 3m 的 $\Phi 12$ 钢筋标高点，挂设尼龙线调整平整度至 ≤ 3 mm 每 m。预应力锚区采用直径 30mm 振捣棒在波纹管两侧 150mm 处对称振捣，严禁触碰金属波纹管。顶板混凝土初凝前实施二次抹面：首次木抹粗平，二次铁抹压光，间隔时间 2h。养护采用透水土工布覆盖，自动喷淋系统保持表面湿润，养护周期 14d。

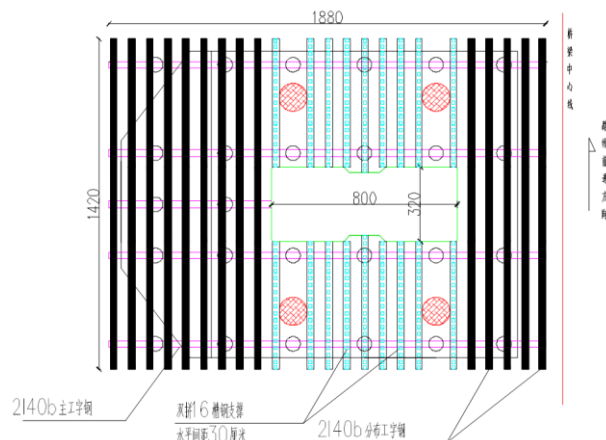


图 3 混凝土浇筑分区示意图

3.4 三向预应力精细化施工

三向预应力体系包含纵向、横向及竖向三个维度的张拉控制：纵向预应力采用 $\Phi 15.2$ mm 高强度低松弛钢绞线，通过 YCW400 型千斤顶实施两端同步分级张拉，控制应力为 0.75 倍抗拉强度标准值即 1395MPa，张拉顺序遵循先长束后短束原则，两端油压表读数偏差严格控制在 5% 以内^[2]；横向预应力采用扁锚体系单端交错张拉，由 YDC240Q 前卡式千斤顶执行，张拉顺序从桥梁中心线向两侧对称推进，P 型锚具端预先采用 200t 挤压机固定钢绞线；竖向预应力采用抗拉强度 785MPa 的 JL785 级 $\Phi 32$

精轧螺纹钢,通过YC60A千斤顶实施墩顶单端张拉,控制应力为0.9倍抗拉强度即706.5MPa,首次张拉完成后24h复拉以消除螺母空隙导致的预紧力损失。张拉过程中,实际伸长量 ΔL 按公式校核。

$$\Delta L = \frac{P_p \cdot L}{A_y \cdot E_g} \quad (1)$$

P_p 为预应力筋的平均张拉力, L 为预应力筋的长度, A_y 为预应力筋的截面积, E_g 为预应力筋的弹性模量,偏差值控制在 $\pm 6\%$ 范围内,同时执行严格的断丝控制标准——单束断丝 ≤ 1 丝,总断丝数不超过钢丝总量的0.5%。压浆工艺采用真空辅助技术:浆体按重量比P.O42.5水泥:水:减水剂=1:0.4:0.01配制,流动度30~45s,泌水率 $\leq 2\%$ ^[3];压浆前抽真空至-0.08MPa维持10min验证密封性,随后以0.5~0.7MPa恒压注浆,待出浆口流出均匀浓浆后稳压2min封闭管道,24h内采用C55补偿收缩混凝土封锚,锚具周边涂刷聚氨酯防水涂料。

4 质量技术创新

本工程创新采用支架-固结协同传力体系,通过墩外承台顶21根+翼板下5根共计26根 $\phi 630 \times 8\text{mm}$ 钢管桩分担35%悬臂荷载,单桩最大荷载315kN,使墩顶固结混凝土尺寸由原设计5m $\times$ 10m优化至3.5m $\times$ 8m $\times$ 1.2m缩减40%,降低混凝土用量53m³。结合变截面精准调平技术,利用双拼16槽钢按:

$$y(x) = \frac{4f}{L^2} x(L-x) \quad (2)$$

抛物线方程定位底板线形,通过全站仪坐标放样实现梁底高程偏差 $\leq 3\text{mm}$ 。创新竖向预应力复拉工艺:首次张拉至706.5MPa后24小时复拉,预紧力损失率从12%降至5%^[4]。钢管柱全站仪正倒镜测量垂直度 $\leq 0.3\%H$,支座中心横/纵向偏位全站仪坐标校核 $\pm 2\text{mm}/\pm 5\text{mm}$;混凝土保护层通过电磁仪初测,允许偏差+5mm/-3mm;预应力控制伸长率按校核。

$$\Delta L = \int_0^L \frac{P(x)}{A_y \cdot E_g} dx \quad (3)$$

其中, $P(x)$ 为张拉过程中沿孔道长度变化的张拉力, A_y 为预应力筋的截面积, E_g 为预应力筋的弹性模量,伸长量偏差控制在 $\pm 6\%$ 范围内;冲击回波仪检测真空压浆密实度 $\geq 95\%$,3h泌水试验得泌水率 $\leq 2\%$;温度监控通过埋入式热电偶监测芯部温度 $\leq 65^\circ\text{C}$,芯表温差 $\leq 15^\circ\text{C}$,固结拆除工期由7d缩短至5d,施工效率提升30%。配套制定六项核心验收标准见表1:

表1 质量验收关键指标

项目	允许偏差	检测工具	频率
钢管柱垂直度	$\leq 0.3\%H$	全站仪+钢尺	每柱3个截面
支座中心偏位	横 $\pm 2\text{mm}$ /纵 $\pm 5\text{mm}$	全站仪	每支座
保护层厚度	+5mm/-3mm	钢筋保护层厚度测定仪	每构件8处
压浆密实度	$\geq 95\%$	冲击回波仪	每管道

5 合拢段施工控制

5.1 边跨合拢施工

边跨合拢施工采用支架现浇法,重点控制配重调节、刚性锁定及混凝土浇筑等关键环节。在配重调节方面,悬臂端采用水袋配重,按合拢段混凝土重量的120%实施分级加载,具体分为60%、80%和100%三个阶段,并通过计算精确控制配重误差不超过2%,配重位置对称布置于梁端1.5m处,确保荷载分布均匀。刚性锁定通过在合拢口两侧预埋20号槽钢锁定骨架,并焊接40mm厚Q345钢板形成临时劲性连接,锁定作业选择 $15 \pm 3^\circ\text{C}$ 的夜间恒温时段进行,以减小温度应力影响,锁定完成后48h内完成混凝土浇筑,确保结构初始受力状态稳定。混凝土浇筑采用C55微膨胀混凝土,控制坍落度为 $180 \pm 20\text{mm}$,掺入12%UEA膨胀剂以补偿收缩,浇筑速度严格控制在 $15\text{m}^3/\text{h}$ 以内,同时按照浇筑进度同步等量卸载配重,避免悬臂端产生额外弯矩。

5.2 合拢监测

合拢段施工建立应力与变形双控监测体系,确保施工全过程安全可控。应力监测通过在合拢段两侧各5m范围内布置振弦式应变计和倾角仪,纵向间距1m,横向间距3m,实时采集混凝土应变变化数据,控制应变值不超过30微应变,转角偏差不超过 0.01° ,及时发现并调整异常受力状态。变形监测采用高精度连通管测量系统,控制相邻梁段高差不超过跨径的1/4000,中跨合拢后连续72小时监测线形变化,确保结构稳定性。预应力张拉遵循纵向到横向再到竖向的顺序,张拉过程中同步监测相邻3个块段标高变化,偏差控制在2mm以内,避免局部应力集中导致结构变形。监测数据实时反馈至技术部门,为动态调整施工参数提供科学依据。

6 结论

通过增设合拢段专项控制,实现边跨合拢精度 $\pm 3\text{mm}$ 、中跨合拢高差 $\leq L/5000$ 的技术突破。结合原0号块施工技术,形成从悬臂浇筑到体系转换的完整工艺链条成功解决大体积混凝土、高支架及复杂预应力带来的挑战:墩顶固结块,尺寸3.5m乘8m乘1.2m,与墩外26根直径630mm壁厚8mm钢管桩协同受力,分担35%悬臂荷载,混凝土用量减少53m³。基于 y 等于 $0.0015x$ 平方方程调平底板线形,梁底高程偏差不超过3mm,仅为规范允许值10mm的30%。工艺优化增效60%到80%再到100%的分级预压结合变形监测设置8.94mm预拱度;竖向预应力24h复拉使预紧力损失率从12%降至5%。制定六项核心指标,如钢管柱垂直度不超过0.3% H 、压浆密实度不低于95%等。MIDAS验算证实支架组合应力146.02MPa小于215MPa,竖向变形6.94mm小于9.5mm限值,稳定性系数0.30满足钢结构设计标准GB50017—2017规范。工效提升30%,为跨河桥梁大

体积 0 号块施工提供了兼具安全性与经济性的解决方案,特别适用于水文条件复杂、结构荷载重大的连续梁桥工程。未来研究可进一步探索智能监测系统在支架实时预警中的应用,特别是在汛期水位暴涨等极端工况下,建立应力变形双控预警机制,将结构安全系数提升至新的水平,同时可考虑将 BIM 技术融入施工全过程管理,实现可视化进度控制与质量追溯,为类似工程提供数字化样板。

[参考文献]

- [1]许渊泉.钢箱系杆拱梁和预应力混凝土连续箱梁组合结构体系吊索张拉施工技术探讨[J].福建建设科技,2024(5):87-91.
- [2]刘世明,张威,陈平祥,等.超高性能钢壳混凝土连续刚构桥优化设计[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2025(7):1-8.
- [3]王辉辉,张大海.预制混凝土箱梁简支变连续负弯矩区的设计研究[J].公路,2025,70(1):246-250.
- [4]周玲艳.预应力混凝土变截面连续箱梁桥静载试验研究[J].城市道桥与防洪,2025(2):176-180.

作者简介:何华平(1978.5—),男,从事工程行业,中级,籍贯:湖北石首。