

浅析低净空跨河现浇梁支架搭设方案

文 / 蓝永杭 深圳市特区建工能源建设集团有限公司

摘要: 桥梁工程建设过程中,随着建设范围逐渐向着复杂地质环境方向发展,这对桥梁工程建设提出了更高的要求。本文以某跨河桥梁工程为例,针对桥梁低净空限制、水中桥墩施工及复杂地质条件,采用“钢管桩基础+贝雷架主梁+工字钢分配梁”组合支架体系方案开展施工,跨河现浇梁支架体系搭设时,执行钢栈桥、贝雷架承重体系搭设及桥墩围堰与支架协同施工关键技术。工程实践表明,该方案解决了低净空条件下支架承载、河道通航保护等难题,为同类工程提供有益参考。

关键词: 低净空; 跨河桥梁; 现浇梁; 支架搭设; 贝雷架体系

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.063

引言

现浇桥梁施工过程中,支架是临时承重结构。当桥梁施工净空条件有限时,需要精准承受混凝土浇筑、施工荷载的多重压力,并且避免给河道通航、行洪等功能造成不利影响。本文所选桥梁工程项目存在水中桥墩施工、低净空限制与复杂地质条件多重影响,需确定适宜的现浇梁支架搭设方案才能解决施工问题。因此,深入分析低净空跨河现浇梁支架搭设方案,落实各项施工技术措施,进而保证桥梁工程施工顺利完成,以满足桥梁建设和运营需求。

一、工程概况

(一) 桥梁总体布置

某桥梁工程起点桩号 K0+020, 终点桩号 K0+080, 全长 60m, 采用双向 2 车道设计, 设计时速 30km/h。桥梁西侧衔接龙坪路, 跨越现状河道后东侧与新建龙新路相接。桥梁上部结构为 2×30m 预应力混凝土连续框架梁, 中纵梁高 2.1m, 边纵梁高 2.0m, 梁宽 0.9m, 共设 3 根纵梁; 端横梁高 0.95m、宽 1m, 中横梁高 1.05m、宽 1m, 跨间中横梁高 0.95~1.05m、宽 0.7m, 全桥共设 3 根横梁及 16 根跨间中横梁, 桥面板厚 0.35m。

(二) 下部结构构造

桥台采用桩柱式桥台, 0 号、2 号桥台均配置 $\phi 1.2\text{m}$ 钻孔灌注桩摩擦桩, 桩长 30m, 持力层为含卵石粉质粘土, 台后设置 6m 长搭板以缓解路堤沉降。1 号柱式墩采用 3 根桩基础, 其中 2 根为摩擦桩(有效桩长 22.3m)、1 根为端承桩(有效桩长 45m), 桩径 1.8m, 端承桩嵌岩深度不小于 3 倍桩径; 墩柱直径 1.4m, 间距 7.92m, 墩顶设 1.0m×1.2m 系梁横向连接^[1]。

二、支架体系设计原理

(一) 选型依据与结构组成

1. 选型原则

通过对本文桥梁低净空展开分析, 支架搭设需符合下述要求。①跨河区域支架高度 $\leq 6\text{m}$, 避免影响行洪; ②单跨承载能力 $\geq 500\text{kN}$, 能够满足不同桥梁自重以及施工荷载的要求; ③通过模块化拼装, 使其水上作业顺

利开展。通过多方面对比分析, 本文采用“钢管桩基础+贝雷架主梁+工字钢分配梁”体系。

2. 荷载参数计算

①永久荷载。箱梁混凝土自重(26kN/m^3)、模板支架自重(1.5kN/m^2); ②可变荷载。施工荷载(2.5kN/m^2)、振捣荷载(2.0kN/m^2)、风荷载(基本风压 0.45kN/m^2); ③荷载组合。基本组合(1.2 恒载+1.4 活载), 验算贝雷架跨中弯矩、钢管桩入土深度及分配梁挠度。

(二) 关键力学性能验算

1. 贝雷架内力分析

采用 MidasCivil 建立梁格模型, 单榀贝雷架截面特性。惯性矩 $I=25000\text{cm}^4$, 截面抵抗矩 $W=1850\text{cm}^3$ 。计算得跨中最大弯矩 $M=450\text{kN}\cdot\text{m}$, 应力 $\sigma=M/W=243\text{MPa}$ (许用应力 273MPa), 满足要求; 跨中挠度 $f=L/800=37.5\text{mm}$ ($L=3000\text{cm}$), 符合规范限值。

2. 钢管桩稳定性验算

单桩承受荷载 $F=120\text{kN}$, 入土深度 10m, 土层摩阻力标准值 $q=50\text{kPa}$, 单桩竖向承载力特征值 $R_a=\pi\times 0.53\times 10\times 50\times 10+0.22\times \sigma_0=860\text{kN}>F$, 稳定性安全系数 $K=7.17>2.0$, 满足要求。

三、钢栈桥施工工艺

(一) 分段加工工艺

①材料预处理。根据钢管桩施工需求, 先选择 8m 定尺的 $\phi 530\times 10\text{mm}$ 成品钢管, 运输到作业现场后, 需对两侧进行打磨处理。钢管打磨过程中, 需通过专业性设备将管口毛刺、锈迹、氧化层清理干净。②焊接连接操作。钢管桩在连接过程中, 采用内衬套对接施工方式, 使用长度 30cm、壁厚 8mm 的内衬箍安装在钢管内部。而在钢管桩对接焊接过程中, 采用分 4 层焊接方式, 首层焊接电流 180~200A 进行打底焊, 后续各层电流调整到 220~250A。

(二) 测量定位技术

1. 控制网建立

①基准设定与仪器配置。选用徕卡 TS09 全站仪, 测角精度达 2", 测距精度为 $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm})$, 使得测量数

据精度达到要求。而在测量作业阶段，需合理设置测量控制点，其间隔 50m 布置以形成完善测量网络。②放样实施与复核。本工程测量放样过程中，选用极坐标法进行桩位放样，利用全站仪精准确定各桩位点，保证桩位放样点误差在 5mm 以内。

2. 动态垂直度控制

①监测设备布置。钢钢管桩插打操作的过程中，现场在两个方向安装经纬仪，实时监测钢管道垂直度变化情况。经纬仪安装时，其基础具备稳定性。②偏差调整与控制。当经纬仪监测钢管中垂直度偏差在 1% 以上时，需立即停止插打作业，并且通过吊车摆杆进行微调，使得调整幅度在 0.5m 以内。

(三) 振动沉桩施工流程

1. 设备配置

吊装施工中，选用 QUY50B 履带吊车，其主臂 25m，工作半径 12m，额定吊重 8.66T，再配合使用 DZ60 振动锤，锤体自重 3.2T，激振力 600kN，频率 20 ~ 25Hz。

2. 沉桩步骤

①试插定位。沉桩施工阶段需选择适宜的设备，通过吊机副钩将钢管桩平稳提升到桩位正上方，再由工作人员辅助扶桩，确保沉桩定位精度合格。钢管桩缓慢下放到内部，当入土深度达到 50cm 时需暂停，使其偏差在 10cm 以内，再进行钢管桩安装。

②初始沉桩。钢管桩安装定位精度合格后，立即开启振动锤，将其以 15Hz 频率进行振动。钢管桩插入时，通过钢管桩自身重力和振动锤低频振动，使得钢管桩能够自然贯入到土层内。钢管桩插入时，当入土深度达到 2m 以上，并且经纬检测垂直度满足技术标准，则将振动锤频率提升到 25Hz。

③动态纠偏。钢管桩沉桩施工过程中，每次沉桩 1m 深度后，通过相互垂直的两个经纬仪进行检测。当检测发现钢管桩桩身偏斜度超过 10cm，则及时通过吊机主钩将钢管桩向上提升 10 ~ 20cm。再通过吊车摆杆对桩身角度进行微调，其微调幅度在 0.5m 以内。钢管桩调整结束之后，再继续进行沉桩作业。

④终锤控制。钢管桩沉入逐步进行，当其接近规定设计标高时，剩余 10cm 沉桩监测沉桩时间和贯入度。当最后 10cm 沉桩时间在 2min 以上，或者贯入度小于 5mm/min，则作为终止锤桩的条件，停止插打作业。而后，通过水准仪检测桩顶标高，偏差在 ±5cm 以内，

四、贝雷架承重体系搭设

(一) 地面拼装工艺

1. 单元组合

贝雷架安装作业阶段，需先将贝雷片安装到规定位置，再使用长度 90cm 的支撑架连接。支撑架间距为 60cm，从而提高支撑架结构稳定性。贝雷架安装阶段，选用 M20 螺栓紧固，每个连接位置设置 4 颗螺栓，并保

证螺栓拧紧力矩达到 80 ~ 100N·m。螺栓拧紧过程中，通过专用的工具进行，通过对称拧紧以确保各位置受力均衡。

2. 整体起吊

贝雷架单元组合完成后，需在顶部距离两端 1/4 跨处设置 4 个专用吊点。吊点位置通过精准计算确定，使得吊装作业阶段具备平衡性，示意图如图 1 所示。贝雷架吊装过程中，需使用专用吊具进行，保证吊装速度控制在 0.5m/min 以内，防止速度过快造成贝雷架晃动变形。

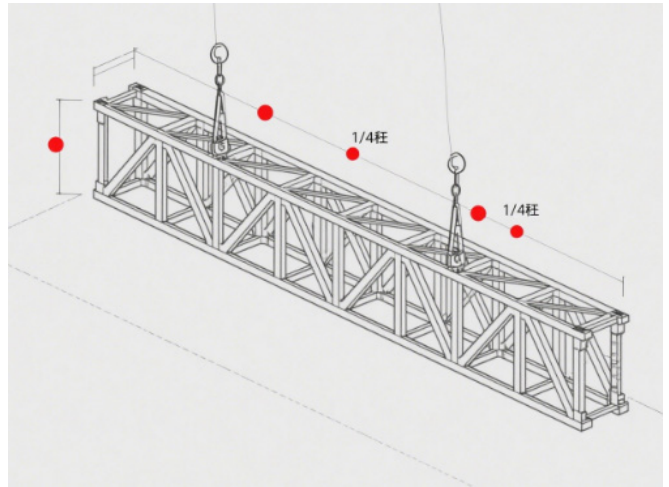


图 1 吊装示意图

(二) 跨间连接技术

1. 纵向连接

贝雷架安装施工阶段，除伸缩缝部位之外，相邻贝雷架纵梁接头选择使用销子连接方式，确保贝雷架纵向连接的稳定性和强度达到要求。贝雷架连接过程中，需将销子插入到孔内，并保证插入深度在 15cm 以上，进而提高贝雷架连接的强度和稳定性^[2]。

2. 横向联系

为确保贝雷架承重的稳定性和可靠性，需间隔 2m 布置一道 [1 槽钢横撑。横向连接选择槽钢连接方式极为重要，需先在贝雷架竖杆上标记槽钢安装位置，再将槽钢切割到适宜长度进行现场安装作业。贝雷架和槽钢在连接时，以焊接方式为主，保证焊脚高度在 8cm 以上，并且选择分段跳焊方式，以免焊接位置长度过大造成焊接热变形。焊接开始前，需对贝雷架和槽钢表面除锈处理，保证焊接后质量达到要求，没有气孔、夹渣、未融合等缺陷。

(三) 分配梁与桥面系施工

1. 工字钢安装

分配梁在现场安装过程中，通常间隔 1m 设置贝雷架上弦杆，工字钢安装作业阶段，通过墨斗在贝雷架上精准标注定位线，使得分配梁安装位置精度偏差在 2cm 以内。工字钢在吊装到作业现场后，通过骑马螺栓和贝

雷架上弦杆稳定连接，确保螺栓连接的间隔距离不超过50cm。而在螺栓连接过程中，按照从中间到两端顺序逐步进行，分多次进行螺栓拧紧。

2. 桥面板铺设

本工程桥面板选择的是厚度6mm的花纹钢板，其规格为2mX6m，满足桥面板铺设施工需求。桥面板铺设作业阶段，需保证桥面板接缝间隙在5mm以内，从而提高桥梁表面的防滑性。桥面板在安装过程中，通过U型卡和分配梁连接固定，U型卡间距为30cm内，从而使得桥面板和分配梁连接具备可靠性。

五、桥墩围堰与支架协同施工

(一) 钢板桩围堰工艺

1. 导框安装

采用型钢导框（尺寸19.2mX5.7m），定位桩采用 $\phi 600 \times 12\text{mm}$ 钢管（入土8m），导框标高高于施工水位0.5m。水中导框定位采用前方交会法，测点距离误差 $\leq 3\text{cm}$ ，导框垂直度偏差 $\leq 1\%$ 。

2. 钢板桩插打

①材料检验。II型拉森钢板桩（长6m），锁口变形量 $\leq 5\text{mm}$ ，锈蚀深度 $\leq 2\text{mm}$ ，采用黄油-沥青混合料（配比1:1）涂抹锁口；②吊运方法。高架索道运输至桩位，双钩起吊（主钩提桩顶、副钩提桩中1/3处），空中翻转至垂直状态，插入已施工钢板桩锁口；③合拢工艺。从上游开始逐块插打，下游合拢时选择楔形桩调整，最后3根桩采用屏风法插打，确保围堰闭合误差 $\leq 20\text{mm}$ 。

(二) 支架与围堰交叉作业

1. 施工顺序

钢栈桥完成→围堰插打→抽水清淤→支架基础处理→贝雷架跨河架设→围堰内支撑安装（与支架临时拉结）→梁体施工。

2. 防碰撞措施

在围堰周边设置红色警示灯（间距10m），夜间施工时开启防撞预警系统，吊车旋转半径内安排专人指挥，确保支架构件吊装与围堰施工安全距离 $\geq 2\text{m}$ 。

六、支架预压与标高调整

(一) 分级加载预压

1. 加载方案

采用沙袋堆载，分三级加载（60%、100%、120%设计荷载），每级持荷24h，监测点布置于贝雷架跨中及支点处，使用精密水准仪（精度 $\pm 0.5\text{mm/km}$ ）测量沉降。

2. 数据处理

根据测量后掌握的数据，绘制“荷载-沉降”曲线，计算弹性变形（ $\Delta_{\text{弹}} = \text{最终沉降} - \text{初始沉降}$ ）和非弹性变形（ $\Delta_{\text{非弹}} = \text{总沉降} - \Delta_{\text{弹}}$ ），当24h沉降差 $\leq 1\text{mm}$ 时视为稳定，据此调整模板标高（预拱度 $= \Delta_{\text{弹}} + \text{设计起拱值}$ ）。

(二) 标高控制系统

1. 基准点设置

在桥台顶埋设3个水准基点（闭合差 $\leq \pm \sqrt{n}\text{mm}$ ，n为测站数），点位部署图见图2，支架各支点标高采用全站仪三角高程测量，精度控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。

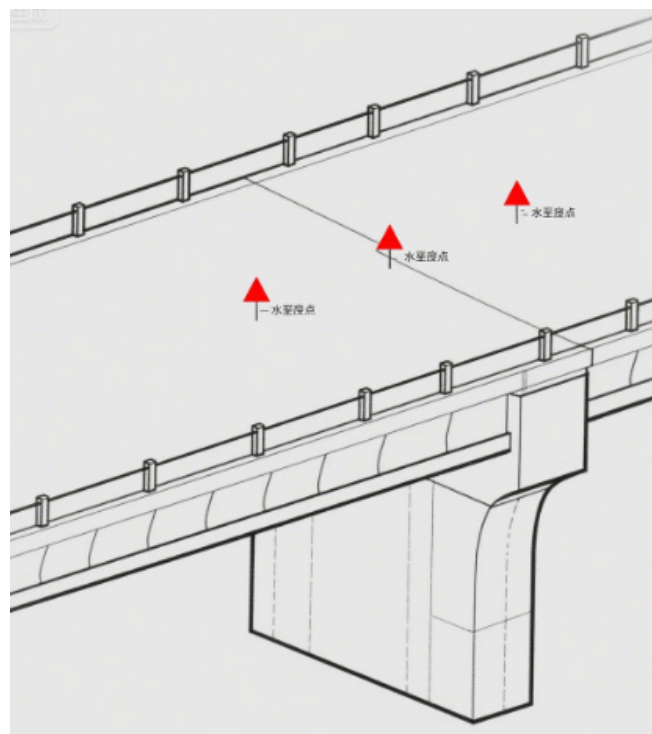


图2 基准点设置示意图

2. 动态调整

混凝土浇筑过程中，每小时监测支架沉降，当累计变形 $> 5\text{mm}$ 时，暂停施工并检查支撑体系，确保梁体线型符合设计要求（标高偏差 $\pm 10\text{mm}$ ，轴线偏差 $\pm 15\text{mm}$ ）。

结语

低净空跨河现浇梁支架搭设施工极为重要，需保证现场安全性合格，也能适应现场环境。本文使用“钢管桩+贝雷架”组合方式，通过精细化施工工艺方案，能够解决水中基础施工、大跨度承重以及净空限制等问题，其关键技术包含如下几个方面。①钢管桩垂直度双控技术；②贝雷架模块化拼装工艺；③围堰与支架交叉作业协调。经过对本工程实践经验进行分析，该施工工艺能够提高施工效率，保证桥梁施工性能达到要求，确保桥梁工程运营达到安全性、可靠性。

参考文献

- [1] 张军. 跨线桥现浇箱梁满堂支架施工工艺[J]. 四川建材, 2021, 47(08): 116+118.
- [2] 何伟. 现浇梁组合支架技术[J]. 价值工程, 2024, 43(13): 96-99.

作者简介：蓝永杭，1990年11月，男，畲族，福建上杭，本科，工程师，研究方向：道路与桥梁施工。