

# 满堂支架现浇箱梁施工技术要点

龙玉峰

(中铁二十三局集团第四工程有限公司, 四川 成都 610000)

**摘要** 满堂支架现浇箱梁因结构适应性强、施工成本可控, 成为公路桥梁建设的核心工艺之一, 但施工过程中受支架稳定性、混凝土质量、预应力控制等多因素影响, 易出现线型偏差、结构开裂等问题。本文以具体工程为案例, 系统梳理满堂支架现浇箱梁施工全流程技术要点, 从前期准备、支架搭设与预压、钢筋模板施工、混凝土浇筑及预应力控制等维度构建标准化技术体系, 旨在为同类工程提升施工质量、保障结构安全提供理论参考。

**关键词** 满堂支架; 现浇箱梁; 满堂支架搭设技术; 支架预压技术; 预应力施工技术

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.01.028

## 0 引言

现浇箱梁作为公路桥梁上部结构的主流形式, 其施工质量直接决定了桥梁承载能力与服役寿命。满堂支架凭借对复杂地形的适配性、对梁体线型的精准控制优势, 广泛应用于中小跨径桥梁施工。然而, 实际工程中常因基础处理不当导致支架沉降、混凝土浇筑工艺不规范引发裂缝、预应力张拉参数偏差影响结构受力, 制约工程质量<sup>[1]</sup>。重庆合川至四川安岳高速公路 HATJ03 标段含 5 座天桥现浇箱梁施工, 其中 2 座采用满堂支架工艺, 面临亚热带湿润气候、梁体尺寸差异等挑战。本文结合该工程实践, 提炼全流程技术要点, 为满堂支架现浇箱梁施工提供系统化解决方案。

## 1 工程概况

重庆合川至四川安岳高速公路 HATJ03 标段起讫里程 K41+900 ~ K54+740, 线路全长 12.693 km, 途经合川区隆兴镇、潼南区三岭村等区域, 含 5 座天桥现浇箱梁施工, 其中 2 座采用满堂支架工艺<sup>[2]</sup>。K49+585 人行天桥为 1~40 m 预应力现浇混凝土箱梁, 桥宽 3.5 m, 梁高 220 cm, 顶板厚度 20 cm, 底板厚度 20~35 cm, 腹板厚度 40~55 cm, 支架最大高度 6 m; K52+893 车行天桥为 2×28 m 现浇预应力混凝土连续箱梁, 桥宽 8.0 m, 梁高 100~180 cm, 顶板厚度 25~45 cm, 底板厚度 25~56 cm, 腹板厚度 45~120 cm, 支架最大高度 8.8 m。

项目区域属亚热带湿润季风气候, 年均气温 17.9℃, 年均降雨量 990 mm, 夏季高温高湿、冬季温和, 偶发大风、暴雨等灾害性天气, 对露天支架施工稳定性构成挑战。梁体混凝土设计标号为 C50, 预应力体系采用  $\phi$ s15.2 mm 高强低松弛钢绞线, 标准强度 1 860 MPa,

锚具选用 OVM 系列, 满堂支架采用承插型盘扣式钢管支架, 立杆规格  $\phi$ 60×3.2 mm, 横杆  $\phi$ 48×2.55 mm, 斜杆  $\phi$ 42×2.55 mm, 材质均为 Q235B, 支架基础采用 20 cm 厚 C20 混凝土垫层<sup>[3]</sup>。

## 2 满堂支架现浇箱梁施工前期准备技术要点

### 2.1 基础处理技术要求

满堂支架基础需满足承载力  $\geq 200$  kPa, 施工前需对地基进行压实处理, 压实度不低于 95%。对于挖方路段, 基底为中风化泥岩, 需先清除表层松散土体, 采用小型夯实机对基底进行平整压实; 填方路段需分层碾压至设计标高, 避免后期沉降。基础浇筑 20 cm 厚 C20 混凝土垫层, 垫层宽度超出支架搭设外缘不小于 30 cm, 长度覆盖箱梁纵向全范围。沿垫层迎水面开挖排水沟, 与线路边沟连通, 防止雨水、养护水浸泡基础引发地基失稳, 垫层顶面采用水准仪找平, 平整度偏差控制在 5 mm 以内。

### 2.2 支架材料选型与检验

支架主材选用承插型盘扣式钢管, 立杆按高度需求选用 200 cm、250 cm、350 cm 等规格, 横杆长度匹配支架间距, 斜杆采用两种规格。进场材料需提供生产许可证、产品合格证, 立杆壁厚偏差不得超过 -0.3 mm, 横杆、斜杆壁厚偏差不得超过 -0.2 mm, 表面无严重锈蚀、弯曲、裂缝。方木选用 10×10 cm 实木, 含水率  $\leq 15\%$ , 无腐朽、虫蛀, 截面尺寸偏差控制在  $\pm 2$  mm; 模板采用 15 mm 厚优质竹胶板, 表面平整度  $\leq 2$  mm/m, 静曲强度  $\geq 15$  MPa, 弹性模量  $\geq 6 000$  MPa。所有材料进场后需抽样送检, 钢管力学性能、方木抗弯强度、竹胶板耐水性能需符合《建筑施工承插型盘扣式钢管支

作者简介: 龙玉峰 (1993-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 交通工程。

架安全技术规程》《混凝土结构工程施工质量验收规范》要求<sup>[4]</sup>。

### 3 满堂支架现浇箱梁施工关键技术

#### 3.1 满堂支架搭设技术

满堂支架搭设需以“基础可靠、节点牢固、整体稳定”为核心原则，搭设前需完成两项关键准备工作：一是对支架基础进行验收，采用回弹仪检测垫层强度，需 $\geq 18$  MPa，用2 m靠尺复核平整度，偏差 $\leq 5$  mm，同时沿立杆点位开挖50 cm深探坑，确认地基无软弱夹层；二是进行放线定位，用全站仪按设计间距放出立杆中心点，用墨斗弹线标记，确保点位偏差 $\leq 3$  mm，为后续搭设提供精准基准。支架搭设遵循“自下而上、逐层搭设”流程：

第一步为可调底座安装。底座选用Q235钢制件，底板厚度 $\geq 5$  mm、面积 $\geq 150 \times 150$  mm<sup>2</sup>，安装时需与垫层顶面完全密贴，用水平尺找平，水平偏差 $\leq 2$  mm，丝杆外露长度严格控制在 $\leq 30$  cm，调节到位后用双螺母锁定丝杆，防止后期受载松动；立杆底部需正对底座中心，避免偏心受力导致底座变形，立杆选用 $\phi 60 \times 3.2$  mm Q235B钢管，每根立杆重量 $\leq 15$  kg，便于人工搬运安装。

第二步为立杆搭设，需严格执行“错缝布置”要求：首层立杆采用1.5 m与2.0 m两种长度交替布设，相邻立杆接头竖向错开距离 $\geq 50$  cm，避免同截面接头率超过50%；搭设过程中每完成3层立杆，需用线锤校验垂直度，偏差 $\leq$ 立杆高度的1%，发现倾斜立即调整，确保立杆轴心受力。立杆顶部盘扣需清理干净，无锈蚀、杂物，确保与横杆插销紧密贴合<sup>[5]</sup>。

第三步为横杆与斜杆安装。横杆选用 $\phi 48 \times 2.55$  mm钢管，与立杆盘扣节点连接时，插销需完全插入圆盘孔内，用铁锤锤击至发出清脆“咔嚓”声，确保插销自锁可靠，抗拔力 $\geq 3$  kN；横杆安装后用2 m靠尺检查水平度，偏差 $\leq 5$  mm/m，避免局部凹陷影响受力。斜杆按“竖向每2个立杆间距、水平每3个步距”布设，与立杆夹角控制在 $45^\circ \sim 60^\circ$ ，两端插销同样需锤击自锁，形成三角形稳定单元；对于支架高度超过8 m的区域，每6 m增设一道水平加强层，提升整体抗侧移刚度。

第四步为顶托调试。顶托选用丝杆直径 $\geq 48$  mm的可调式，托板铺设 $10 \times 10$  cm方木，顶托丝杆外露长度 $\leq 40$  cm，调节完成后用扳手紧固丝杆螺母；顶托与方木接触处需垫5 mm厚橡胶垫，避免方木受压变形，确保荷载均匀传递至立杆。搭设完成后需组织专项验收，重点检查节点锁定率、立杆垂直度、整体平整度，验收合格后方可进入下道工序。

#### 3.2 支架预压技术

预压目的为消除支架非弹性变形、验证支架承载能力，预压荷载取梁体自重的110%，采用砂袋均布加载。预压前需布设监测点，沿箱梁纵向每1/4跨径设1个监测断面，每个断面设5个监测点，监测点采用红油漆标识，初始标高需经2次测量确认。加载分4级进行，每级加载完成后停止加载，间隔12 h监测沉降量，当连续12 h沉降量平均值 $\leq 2$  mm时，方可进行下一级加载。满载后持续监测72 h，当连续24 h沉降量平均值 $\leq 1$  mm、连续72 h沉降量平均值 $\leq 5$  mm时，判定预压合格。卸载按加载反序进行，每级卸载后监测回弹量，计算支架弹性变形与非弹性变形，根据弹性变形参数及预拱度（预拱度经计算确定）调整支架顶托高程，确保梁体线型符合设计要求。

#### 3.3 钢筋与模板施工技术

钢筋施工需以“工厂标准化加工、现场精准安装”为原则，施工前需复核设计图纸，明确各部位钢筋规格、数量及节点构造。钢筋加工在工厂集中进行，采用数控切断机、弯曲机加工，确保尺寸偏差 $\leq \pm 10$  mm，半成品按施工部位编号标识，用平板车运输至现场，避免运输过程中变形。现场安装时，底板钢筋遵循“先底后上、分层绑扎”顺序，底层筋按设计间距铺设后，用粉笔在底模上标记上层筋位置，确保间距偏差 $\leq \pm 5$  mm；腹板钢筋与底板钢筋采用双面焊缝或机械连接，双面焊缝长度 $\geq 5$  d，焊缝饱满无夹渣、气孔，机械连接选用I级直螺纹套筒，接头需错开布置，同一截面接头率 $\leq 50\%$ ，接头中心间距 $\geq 35$  d。钢筋保护层采用C50混凝土垫块，垫块内置铁丝便于绑扎固定，底板垫块按梅花形布置，间距 $\leq 1$  m，腹板垫块间距 $\leq 0.8$  m，确保保护层厚度偏差 $\pm 3$  mm。

预应力管道采用 $\phi 90$ 金属波纹管，进场前需做灌水试验及径向刚度试验。安装时按设计坐标在腹板箍筋上标记点位，直线段每0.8 m设一道“井”字形定位筋，曲线段加密至每0.4 m一道，定位筋与腹板钢筋焊接固定，避免焊接烧伤波纹管。波纹管接头采用内径大一级的同型波纹管，接头处用密封胶带缠绕不少于2圈，防止混凝土浇筑时漏浆堵塞管道。

模板施工需严格把控“线型、平整度、密封性”三大核心。安装顺序为底模 $\rightarrow$ 侧模 $\rightarrow$ 内模：底模铺设前需对 $10 \times 10$  cm方木进行筛选，方木按30 cm中心距铺设，接头错开布置，搭接长度 $\geq 30$  cm，铺设后用2 m靠尺校验平整度，偏差 $\leq 2$  mm；底模采用15 mm厚竹胶板，板缝沿纵向拼接，拼缝处粘贴20 mm宽双面止浆条，确保严密无漏浆。侧模与底模采用M12螺

栓连接, 外侧设横向方木背楞与竖向  $\phi 48 \times 3.5$  mm 钢管支撑, 支撑一端通过扣件与支架立杆固定, 另一端顶紧侧模, 用 2 m 靠尺检查侧模垂直度, 偏差  $\leq 3$  mm/m。内模采用竹胶板拼装, 内侧设“#”字形  $\phi 48$  钢管支撑, 支撑与模板间垫 5 cm 厚方木避免局部受压变形; 内模顶部每跨预留  $150 \times 100$  cm 人孔, 便于后期拆除与杂物清理, 人孔周边增设  $\phi 12$  mm 附加筋, 封闭时采用微膨胀混凝土, 确保与原混凝土结合紧密。模板安装完成后, 用全站仪校验轴线偏位  $\leq 10$  mm, 用水准仪复核高程偏差  $\pm 10$  mm, 线型需符合设计预拱度要求, 验收合格后方可进入下道工序。

### 3.4 混凝土浇筑与养护技术

混凝土采用拌合站集中拌制, 罐车运输至现场, 汽车泵泵送浇筑, 浇筑前需检查模板拼缝、钢筋保护层、预应力管道位置, 清除模板内杂物。浇筑分两次进行: 第一次浇筑至腹板与顶板交界处, 第二次浇筑顶板与翼缘板, 两次浇筑间隔  $\geq 24$  h, 且第一次浇筑混凝土强度  $\geq 5$  MPa。浇筑顺序从跨中向两端对称推进, 分层浇筑厚度  $\leq 30$  cm, 腹板浇筑需两侧同步, 避免内模偏移; 振捣采用插入式振捣器, 振捣间距  $\leq 30$  cm, 振捣时间  $15 \sim 20$  s, 至混凝土表面无气泡、泛浆为止, 严禁振捣器触碰预应力管道与钢筋。

混凝土养护需在浇筑完成后 12 h 内覆盖土工布, 洒水养护保持湿润, 养护期  $\geq 7$  d, 高温天气需增加洒水频次, 低温天气需覆盖保温棉被, 防止温度裂缝。

### 3.5 预应力施工技术

预应力张拉需在混凝土强度达到设计强度 90% 且龄期  $\geq 7$  d 后进行, 采用智能张拉系统, 张拉顺序按“先中间后两侧、先腹板后底板”原则。张拉控制采用“张拉力与伸长量双控”, 张拉力控制应力  $\sigma_{con} = 0.75 f_{pk} = 1395$  MPa, 实际伸长量与理论伸长量偏差需在  $\pm 6\%$  以内, 理论伸长量按公式  $\Delta L$  计算。张拉过程分 3 级加载:  $25\% \sigma_{con} \rightarrow 35\% \sigma_{con} \rightarrow 100\% \sigma_{con}$ , 持荷 5 min, 测量最终伸长量, 持荷期间需观察锚具、钢绞线状态, 发现滑丝、断丝需立即停止张拉, 分析原因并处理。

孔道压浆需在张拉完成后 48h 内进行, 采用 C50 水泥浆, 水胶比  $0.26 \sim 0.28$ , 流动度  $180 \sim 220$  mm。压浆采用智能循环压浆工艺, 压浆压力  $0.5 \sim 0.7$  MPa, 持压时间  $\geq 5$  min, 确保孔道内水泥浆饱满, 压浆完成后需检查压浆口、排气口水泥浆密实度, 不合格需重新压浆。封锚采用 C50 微膨胀混凝土, 封锚前需清理锚具表面杂物, 钢筋焊接牢固, 混凝土浇筑后需养护 7 d, 确保与梁体结合紧密。

## 4 满堂支架现浇箱梁施工质量与安全控制要点

### 4.1 质量控制关键措施

支架质量控制需加强搭设过程检查: 立杆垂直度偏差  $\leq 1\% H$ , 横杆水平度偏差  $\leq 5$  mm/m, 斜杆安装率 100%; 预压监测数据需及时整理, 形成预压报告, 作为支架高程调整依据。混凝土质量控制需严格把控原材料: 水泥选用 P.042.5R, 砂细度模数  $2.6 \sim 3.0$ , 碎石粒径  $5 \sim 20$  mm, 外加剂选用缓凝型高效减水剂; 浇筑过程需制作混凝土试块, 每  $100$  m<sup>3</sup> 制作 1 组标准养护试块, 每组 3 块, 试块强度需满足设计要求。预应力质量控制需定期校验张拉设备, 钢绞线进场需抽检力学性能, 波纹管安装需逐段检查密封性, 压浆过程需记录压力、流动度数据, 确保可追溯。

### 4.2 安全控制核心要求

临时用电需采用“三级配电、二级保护”, 总配电柜设漏电保护器, 电缆采用架空布设, 严禁拖地或埋地。高处作业人员需佩戴安全带, 作业平台满铺脚手板, 周边设 1.2 m 高防护栏杆与 18 cm 高挡脚板, 外侧挂密目安全网。支架拆除需遵循“自上而下、先搭后拆”原则。应急管理需制定支架坍塌、触电等应急预案, 配备应急物资, 每季度开展 1 次应急演练, 提升应急处置能力。

## 5 结束语

满堂支架现浇箱梁施工是集材料控制、工艺管控、质量监测于一体的系统工程, 其技术要点贯穿施工全流程。本文结合重庆合川至四川安岳高速公路工程实践, 从前期准备、核心施工、质量安全控制维度, 梳理基础处理、支架搭设与预压、混凝土浇筑、预应力控制等关键技术, 形成标准化技术体系。实践表明, 严格落实这些技术要点, 可有效控制支架沉降、混凝土裂缝、预应力张拉偏差, 保障箱梁施工质量与结构安全。本文研究成果可为同类公路桥梁满堂支架现浇箱梁施工提供参考, 助力推动桥梁建设技术水平提升。

### 参考文献:

- [1] 张素春. 跨线桥盘扣式满堂支架现浇转体箱梁关键施工技术研究 [J]. 交通工程, 2025, 25(05): 60-65.
- [2] 孙博. 桥梁工程现浇箱梁满堂支架施工技术研究 [J]. 中国住宅设施, 2025(04): 130-132.
- [3] 闫闪闪. 现浇箱梁满堂支架施工技术研究 [J]. 科学技术创新, 2025(07): 128-131.
- [4] 李晓迪. 高速公路满堂支架现浇箱梁桥施工技术 [J]. 交通世界, 2025(Z1): 269-271.
- [5] 高英桂, 尹莎莎. 立交上跨主线桥满堂支架法现浇箱梁施工技术 [J]. 云南水力发电, 2024, 40(10): 1-4.