

斜拉桥施工技术及质量控制研究

王 胜

六安市重点工程建设管理处 安徽 六安 237000

摘 要：斜拉桥作为一种大跨度桥梁结构形式，以其优美的造型和卓越的力学性能在现代桥梁建设中占据重要地位。本文以佛子岭路跨凤凰河桥为例，详细探讨了斜拉桥的施工技术及质量控制要点。通过对该桥梁工程的设计背景、技术标准、施工方案及质量控制措施的分析，总结了斜拉桥施工中的关键技术和质量控制方法，为类似工程提供参考。

关键词：斜拉桥；施工技术；质量控制；佛子岭路跨凤凰河桥

1 引言

斜拉桥作为现代桥梁工程中的一种重要结构形式，以其独特的受力特性和优美的造型，广泛应用于大跨度桥梁建设中。斜拉桥通过斜拉索将主梁的荷载传递至主塔，再由主塔传递至基础，形成高效的受力体系。然而，斜拉桥的施工技术复杂，质量控制难度大，对施工技术和质量管理提出了更高的要求。本文以佛子岭路跨凤凰河桥为例，深入探讨斜拉桥的施工技术及质量控制要点。

2 工程概况

2.1 工程背景

佛子岭路跨凤凰河桥位于六安市中心路网“天堂寨路—长安北路—佛子岭路”内环线交通主干道佛子岭路的重要节点工程。该桥设计为双向八车道，设计车速60km/h，线路全长800m。跨凤凰河桥采用矮塔斜拉桥结构，北幅桥梁设计起点桩号K0+315.5，桥跨布置为47+86+57m；南幅桥梁设计起点桩号K0+305.5，桥跨布置为57+86+47m。

3 斜拉桥施工技术

3.1 下部结构施工

在下部结构施工中，施工单位需遵循一系列规范要求：施工放样前，必须对各桥梁墩台控制里程桩号、桩位坐标、设计标高、拉索坐标等数据进行复核计算，若结果与设计图不符，应及时通知设计单位复查；要通过人工局部开挖核实工程影响区管网情况，需改造的先行改造，以保障文明施工，减少对当地居民生活的影响。

桩基础采用机械成孔，施工时要严防塌孔，保证质量，若地质情况与勘察资料不符，需及时通知地质勘察单位和设计单位；成孔后应及时清孔，确保桩底沉渣厚度不超过5cm，不得用加深钻孔深度代替清孔；浇筑桩基础混凝土时，要严防钢筋笼上浮，且每根桩混凝土浇筑

必须一次完成，不得分段浇筑^[1]。桩基质量检测应按施工规范规定进行，全部采用超声波检测法，对检测结果有疑问时需作“钻孔取芯”检测。

桥台施工时，为减小开挖及支护工程量，基础底层采用原槽开挖原槽浇筑方法，基坑明挖开槽施工时不得爆破作业，开挖过程中要加强坑壁支护，基底清底后应及时浇筑基础，避免基坑暴露过久或受地表水浸泡影响地基承载力，若地质情况与勘察资料不符，需及时通知地质勘察单位和设计单位。

承台属大体积混凝土，施工时要采取有效措施降低水化热危害，分次浇筑时，浇筑新混凝土前要将旧混凝土接缝面凿毛洁净，承台浇筑完成后应及时浇筑墩身、台身，使墩台身混凝土龄期与基础混凝土龄期相差不大。承台周围回填土应采用混合砂卵石并分层夯实，每层厚度不大于20厘米，密实度 $\geq 95\%$ 。

墩台混凝土颜色要保持一致，模板要采取有效措施确保浇出的混凝土尺寸准确、表面光洁美观、无锈斑和异色痕迹。要确保墩台混凝土质量及强度，注意混凝土工作缝处理并保证其整体性，桥台混凝土强度达到要求后按设计要求进行台后填料回填。满足施工需要的预埋件、预留孔，工程竣工时应拆除施工临时构件、堵塞施工预留孔并抹平表面。此外，桥墩处需设置抛石防冲刷措施。

3.2 主塔施工

3.2.1 主塔构造

跨凤凰河桥采用塔梁固接、墩梁分离连续梁支承体系。桥塔高36m、宽21.5m，中间构造满足15.5m行车道通行净空。为契合景观设计，桥塔整体呈半椭圆形，立面外轮廓由多段半椭圆曲线组合，最外侧轮廓椭圆长、短轴半径分别为36m和10.75m，内侧为31m和8.25m，还设长、短轴半径32m和8.4m的曲线形成景观槽口。主塔截面

纵桥向宽3m不变,横向宽度随椭圆长轴半径由2.5m渐变至5m。考虑景观,桥塔采用非常规截面,为强化受力与便于施工,用钢筋混凝土结构,以定型钢模浇筑,内部设劲性骨架,顶部设桥名牌。

3.2.2 施工工艺

在主塔施工中,主塔采用搭设支架、分段浇筑的方式,施工前需制定详细的施工工艺及质量保证措施,同时要着重注意以下要点:主塔作为矮塔斜拉桥的重要部分,施工时要严格控制外观质量,要求主塔混凝土表面平整洁净、颜色一致,在混凝土浇筑过程中加强振捣工作以保证混凝土密实度,杜绝蜂窝、麻面现象,钢筋密集处使用小尺寸振捣棒,且水平方向不得留有接口分隔缝,混凝土施工接缝处理需满足相关施工规范要求;要严格控制主塔的轴线偏差不大于10mm、主塔断面尺寸偏差不大于10mm,施工模板应具备足够的强度与刚度,确保结构尺寸偏差在设计要求范围内;索鞍分丝管定位误差不得超过5mm,若普通钢筋与其位置冲突,可适当调整普通钢筋位置;主塔施工时,要采取定位措施确保相关预埋件位置准确,重视主塔施工监测等有关预埋元件的埋设与保护,避免遗漏预埋件,预埋件外露部分需进行防腐处理,防止锈蚀影响主塔外观,电气预埋件方面,预埋管弯曲半径和扁度要符合施工规范要求,就位后要管口临时封堵以防堵塞,预埋板板面要平整且与接地引上线可靠连接,塔顶还应设置避雷设施。

3.3 上部结构施工

3.3.1 箱梁施工

在10.4箱梁施工过程中,无论采用何种支架(含墩旁托架),都必须对地基进行处理,保证地基承载力与变形处于允许范围;应选用刚度较大的材料搭建支架,支架架设好后需按浇筑重量的120%进行预压,以此消除支架基础的不均匀沉降和支架的非弹性变形,且在支架施工前,要依据桥跨结构对支架进行设计及必要验算,确保箱梁浇筑质量;施工时要严格控制箱梁轮廓尺寸,将施工误差限制在施工规范容许范围内,为防止箱梁混凝土开裂和棱边碰损,要待混凝土强度达到规范要求时才可拆模,当混凝土自流高度大于2m时,必须采用溜槽或导管输送混凝土;箱梁可分次浇筑,浇筑新混凝土前要将旧混凝土接缝面凿毛洗净,以保障新旧混凝土的整体性;全桥混凝土颜色要保持一致,尽可能采用同一厂家、同一品牌的水泥,模板要采取有效措施,确保浇筑的混凝土尺寸精准、表面光洁美观且无锈斑和异色痕迹;箱梁施工中因施工需要开设的孔洞以及所有施工预埋件,在施工完成后要恢复原状,并做好防锈和美观

处理;混凝土浇筑前,要根据相关图纸埋入所有预埋构件,不得遗漏;待箱梁施工支架拆除后,再开展桥面系施工^[2]。

3.3.2 预应力施工

预应力钢材及锚具进场后分批检验验收、妥善保管,按规抽检钢绞线各项指标,不合格者禁用并修正计算引伸量;锚具与张拉设备配套使用,按说明书选千斤顶,设备定期标定检修,不合格即换;预应力钢材禁焊接,有接头部位切除,用圆盘机械切割钢绞线,使用前除锈,张拉设备按规定标定;波纹管分批检验,不合格不用;钢束管道按图准确定位,确保连接密封,用定位钢筋固定,避免管道上浮变位,防止振捣棒碰穿和钢筋施工损伤;锚具安装时,垫板平面与管道垂直,锚孔中心对准管道中心,妥善处理管道与锚具端头连接,长钢束穿束方法需研究,保持锚具夹片和锚头锥孔清洁;混凝土强度达设计强度90%以上且龄期不少于7天方可张拉,除设计明确单端张拉外,其余对称同步张拉;张拉采用张拉力和伸长量双控,误差在±6%以内;初始张拉力状态下标注引伸量,不足则查明原因补张拉;张拉程序为0——初应力—— σ_{con} ——持荷5min——锚固;张拉完毕严禁撞击锚头和钢束,多余钢绞线用切割机按规范处理;张拉后24小时内真空辅助压浆,压浆前清管道,确保密实(备电源),压浆料强度达100%方可落架。

3.4 斜拉索施工

3.4.1 斜拉索构造

本桥采用双索面斜拉索布置,纵向桥设5对斜拉索,主跨侧索距12m、边跨侧6.5m,塔上竖向间距2.0m。因是索辅梁桥,斜拉索仅承受部分荷载,为便于施工与养护,采用矮塔斜拉桥钢绞线拉索体系,拉索在塔上贯通式布置,设分丝管抗滑锚式索鞍。拉索外层为彩色,选用定型产品,规格为每根22股 $\phi S15.2$ 环氧树脂全涂装无粘结预应力钢绞线,锚具采用M15-22群锚^[3]。其材料及制造安装需符合《斜拉索设计、测试与安装条例》,设计安全系数取2.5。

3.4.2 安装工艺

斜拉索安装须由有资质专业队伍完成,安装时采取稳妥措施,加强保护检查,防HDPE护套划痕、破裂及颜色污染。浇筑塔顶混凝土先预埋分丝管,张拉后装抗滑锚板和减震装置,再封闭预留孔。主桥施工要建严格监控系统,采集参数跟踪分析,控制张拉力并确定立模标高。拉索体系需定期检查维护,常规检查每2月一次,定期检查每三年一次,全面鉴定评估无特殊要求每10年一次。日常性检查维护涵盖索体外包HDPE管等多项内容,

发现问题及时处理；定期检查除常规内容外，还要测全桥斜拉索索力（偏差超10%联系相关单位）、测全桥标高、抽检拉索检查锚头内部；全面鉴定评估由有资质单位和队伍完成，检查夹片夹持等多项情况，配合测量评估桥梁性能。此外，1#-5#拉索每次仅可同时换同一编号两根；索体及外包HDPE管防撞击、防火防人为破坏；梁端、塔内锚头及保护罩防撞击；锚头及索体防高温退火、雷击、强电流、强酸强碱侵蚀。

4 斜拉桥施工质量控制

4.1 材料质量控制

斜拉桥施工所用材料包括混凝土、钢筋、预应力钢材、拉索等，材料质量直接影响桥梁的施工质量和使用寿命。因此，必须严格控制材料质量，确保材料满足设计要求和相关规范标准。混凝土采用高强度混凝土，进行高强混凝土最佳配合比设计与试验，制定质量控制标准和检测方法。对大体积混凝土的浇筑和养护采取有效措施，降低水化热的危害，确保混凝土质量。普通钢筋、预应力钢材和锚具按设计技术指标进行采购，按照有关质量检验标准严格进行验收。遵照施工规范及有关要求进行施工。拉索采用矮塔斜拉桥钢绞线拉索体系，材料及制造安装均应满足相关规范要求。拉索进场后进行验收，确保拉索质量满足设计要求。

4.2 施工过程质量控制

施工过程质量控制是斜拉桥施工质量控制的核心环节，主要包括以下几个方面：一是测量控制：采用全站仪、GPS等测量仪器，对索塔、主梁和拉索进行精确测量，确保结构尺寸和位置满足设计要求。二是模板控制：采用定型钢模施工，确保模板具有足够的强度和刚度，防止模板变形和漏浆。模板安装前进行预拼装和检查，确保模板安装质量。三是混凝土浇筑控制：严格控制混凝土浇筑质量，采用分层浇筑、分层振捣的方法，确保混凝土密实度。浇筑过程中加强振捣工作，防止混凝土蜂窝、麻面现象。四是预应力施工控制：预应力钢束张拉时采用张拉力和伸长量同时控制，确保预应力张拉力满足设计要求。张拉过程中保持对称张拉，同时两端保持同步^[4]。五是拉索施工控制：拉索安装过程中采

取稳妥措施，加强拉索的保护和检查。张拉过程中采用张拉力和伸长量同时控制，确保拉索张拉力满足设计要求。张拉完成后进行索力检测，确保拉索索力满足设计要求。

4.3 成品保护

成品保护是斜拉桥施工质量控制的重要环节之一，主要包括以下几个方面：（1）索塔保护：索塔施工完成后，采取有效措施防止索塔受到碰撞和污染。对索塔表面进行清洁和保养，确保索塔外观质量。（2）主梁保护：主梁施工完成后，采取有效措施防止主梁受到碰撞和污染。对主梁表面进行清洁和保养，确保主梁外观质量。（3）拉索保护：拉索安装完成后，采取有效措施防止拉索受到碰撞和污染。对拉索表面进行清洁和保养，确保拉索外观质量和使用寿命。

结语

斜拉桥施工技术复杂，质量控制难度大。本文以佛子岭路跨凤凰河桥为例，详细探讨了斜拉桥的施工技术及质量控制要点。通过科学合理的施工方案和严格的质量控制措施，确保了桥梁工程的安全、质量和进度。本文的研究成果为类似工程提供了有益的参考和借鉴。斜拉桥作为现代桥梁工程中的重要结构形式，其施工技术与质量控制对于保障桥梁的安全性和耐久性至关重要。通过本文的研究，可以更加深入地理解斜拉桥的施工技术和质量控制要点，为斜拉桥的建设提供有力的技术支持和质量保障。未来，随着斜拉桥技术的不断发展和完善，其在桥梁建设中的应用将更加广泛和深入。

参考文献

- [1]秦文彬.浅析斜拉桥主塔施工技术要点及质量控制[J].工程建设与设计,2025,(05):205-208.
- [2]王东刚.斜拉桥施工过程中的质量管理创新与实践[J].交通建设与管理,2024,(05):80-82.
- [3]彭加阳.斜拉桥索塔施工中的质量控制要点研究与实施[J].散装水泥,2024,(03):46-48.
- [4]王雍筌.H斜拉桥项目施工质量管理问题研究[D].山东大学,2024.