

爬模施工斜拉桥超高 A 型索塔模板配置设计优化分析

杨阳

中交一公局第六工程有限公司, 天津 300451

DOI:10.61369/ETQM.2025110001

摘 要 : 对斜拉桥 A 型塔柱爬模施工模板配备方式进行深度分析, 合理规划, 确定最佳模板配置数量、材料类型、调配方式和拼接形式; 同时通过优化拉杆设置形式, 减少拉杆数量, 提高塔柱混凝土外观视觉形象, 在保证满足施工需求的同时, 达到经济投入最小, 工程施工快速, 过程操作便利, 外观质量提升的良好目的。

关 键 词 : 斜拉桥; A 型塔柱; 爬模施工; 模板; 拉杆

Optimization Analysis of Formwork Configuration Design for Super High A-type Cable Tower of Cable-Stayed Bridge in Climbing Formwork Construction

Yang Yang

NO.6 ENGINEERING CO., LTD. OF FHEC OF CCCC, Tianjin 300451

Abstract : Conduct a deep analysis of the template configuration method for the climbing formwork construction of A-type tower columns of cable-stayed bridges, plan reasonably, and determine the optimal template configuration quantity, material type, allocation method, and splicing form; At the same time, by optimizing the form of tie rod settings, reducing the number of tie rods, and improving the visual image of the tower column concrete appearance, while ensuring the satisfaction of construction needs, the goal of minimizing economic investment, rapid engineering construction, convenient process operation, and improving appearance quality is achieved.

Keywords : cable-stayed bridge; A-type tower column; climbing formwork construction; formwork; tie rod

引言

随着高速公路的迅猛发展, 施工技术不断提高, 斜拉桥因其跨径大、造型美观等特点被广泛应用到跨江(海)、山区及景区工程实际中^[1]。索塔作为斜拉桥十分重要的组成部分, 多以钢筋混凝土和钢结构建造而成, 主要呈“A”“H”和倒“Y”型^[2]。本文依托工程郑洛高速 ZLGSTJ-3 标后寺河特大桥索塔即为钢筋混凝土“A”型索塔, 以爬模工艺进行施工。该桥索塔造价高昂, 施工周期长, 桥梁位于青龙山景区内, 对成品外观质量要求相对较高^[3]。在工期目标既定的前提下, 如何通过技术手段, 快速地组织爬模施工, 高效地完成施工任务, 同时有效降低施工成本, 保证成品外观质量具有十分重要的研究意义。

一、工程概况

郑洛高速 ZLGSTJ-3 标后寺河特大桥为独塔双索面预应力混凝土斜拉桥, 左幅全长 387m, 右幅全长 417m。桥梁为塔、梁、墩固结体系, 索塔采用钢筋混凝土“A”型索塔, 由下塔柱、中塔柱、上塔柱、塔冠、上横梁、下横梁等组成。塔高为 207.5m (左幅)、211m (右幅), 索塔塔冠高 3m, 上塔柱高 98.7 (含塔冠)m, 中塔柱高 20m, 下塔柱高 91.5m (左幅)、95m (右幅),

横桥向的斜率为 1: 50, 顺桥向斜率为 1:40。塔柱采用矩形空心截面, 在四角设置半径为 0.3m 的圆弧段。

根据结构特点、设计图纸说明, 结合以往施工经验, 索塔施工采用分节段施工方式进行, 标准节段高为 6m, 其余非标准段根据塔体结构及预埋件设置位置进行调整。左幅索塔共划分节段 37 节, 右幅索塔共划分阶段 38 节, 如图 1。

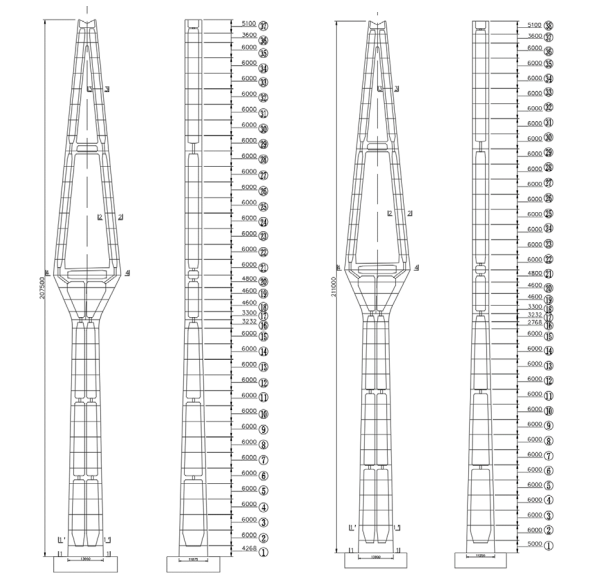


图1 左、右幅索塔施工节段划分

二、爬模模板配置分析

(一) 索塔外侧爬模模板配置

索塔外侧模板板面为欧洲原产进口 RigaWood 里加板, 板面尺寸为 $2440 \times 1220 \times 21\text{mm}$, 背面采用木工字梁加固, 最外侧安装双拼槽钢加劲背肋, 标准节段配置高度 6.15m 。索塔四角倒角采用定型钢模施工, 设计 $R=0.3\text{m}$ 圆弧倒角, 横、纵断面木工字梁模板与定型圆弧倒角钢模对顶螺栓固定。

(二) 索塔内部模板配置及分析

根据以往施工经验, 索塔内部模板配置形式主要分为两种: 第一种是内部平面位置采用外模同种形式的木工字梁模板, 阳角使用定型钢模板^[4]。其中木模在索塔不同节段施工时, 根据内部尺寸进行裁剪拼接, 如图2。

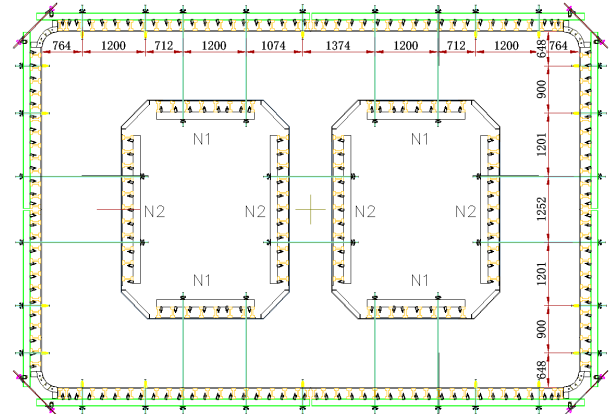


图2 第一种内模配置示意图

第二种是内部模板全部采用定型钢模板。模板制作时需结合索塔不同节段内部尺寸设置调节板块, 以便于模板拼接严密^[5], 如图3, 图4。

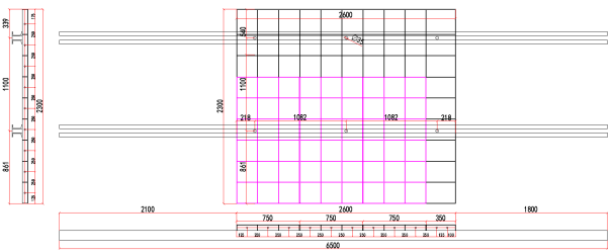


图3 第二种内模配置示意图

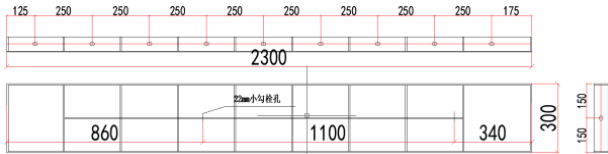


图4 第二种内模调节板块配置示意图

以上两种内模配置形式各有特点。第一种形式以木模板为主, 统一购置成品, 剪裁方便, 尺寸变化适应性强, 利于拼接; 且模板自身质量相对较轻, 施工过程中安装、搬运较便利; 在中塔柱施工时, 因结构尺寸逐渐加大, 可调用内模作为外模拼装使用, 减少外模剪裁和散拼数量^[6]。但木模板强度相对较低, 多次周转后会出现变形, 目前市场上木模专用脱模剂较少, 很大程度影响混凝土外观质量^[7]。同时进口 RigaWood 里加板爬模模板造价约 $650\text{元}/\text{m}^2$, 经济投入较大。

第二种形式全部采用钢模板, 前期设计、制作时间较长, 约月余时间完成, 模板自身质量较大, 搬运不变; 但钢模板强度大, 施工工艺成熟, 可通过调节板块完成尺寸变化拼接, 成品外观质量相对较好, 钢模造价约 $580\text{元}/\text{m}^2$, 最终使用完成之后仍有较大残余经济价值。

结合以上特点, 本项目综合考虑使用第二种内模形式, 如表1。

表1 内模形式比较分析表

序号	配置形式	强度	重量	造价	外观质量
1	木模	木模强度较低, 易变性	约 $102\text{kg}/\text{m}^2$	$650\text{元}/\text{m}^2$	成品外观质量相对较差
2	钢模	模板强度较高	约 $120\text{kg}/\text{m}^2$	$580\text{元}/\text{m}^2$	成品外观质量好

(三) 中塔柱外模拼装方式选用及分析

后寺河特大桥索塔中塔柱高 20m , 横桥向截面底部宽 10m , 顶宽 26m , 成倒梯形。施工中随着节段爬升, 横向需根据模板系统设计补充散拼木模, 初步设计2种拼装方式进行施工。

方式一:

在第三节下塔柱施工完成后, 横桥向外模不再进行裁剪, 以固定尺寸 $13.08 \times 6\text{m}$ 逐节段爬升, 以保证保留最大板面用于中塔柱施工, 从而减少倒梯形两侧区域散拼木模数量, 从而减少模板拼缝, 有利于提升外观质量。但索塔节段升高, 侧面宽度收敛, 模板悬挑部分将影响纵向爬模作业通道, 不利于人员作业通行, 增加了安全风险, 如图5。

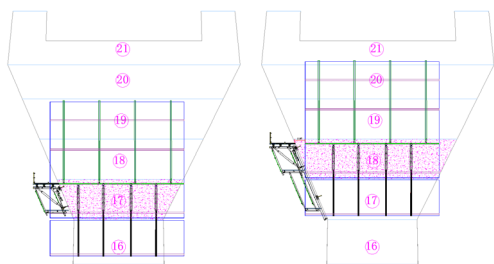


图5 方式一模板拼接示意图

方式二：

横桥向外模根据索塔节段尺寸裁剪，中塔柱施工时，最后一节下塔柱模板爬升，倒梯形两侧对称补充散拼菱形木模。该方式散拼模板数量较多，对接缝处理要求较高，但有效避免了模板与作业通道冲突问题，安全性高，可操作性强^[8]，如图6。

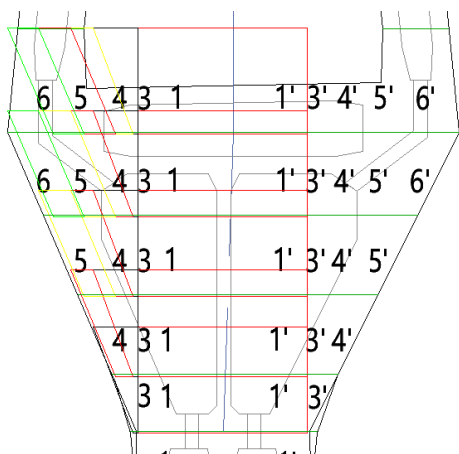


图6 方式二模板拼接示意图

根据该桥中塔柱形式和位置，综合考虑外观质量要求、安全性和可操作性等，本项目选用方式二进行中塔柱施工。

三、少拉杆模板工艺应用分析

（一）工艺原理

少拉杆模板工艺是在传统拉杆工艺基础上，适当加大拉杆杆径，增加单根拉杆受力强度，扩大拉杆间距，模板外侧增加竖向加强背肋与拉杆固定，增强模板整体稳定性，从而减少拉杆使用量^[9]，如图7。



图7 少拉杆模板成品图

（二）工艺特点

少拉杆模板工艺大大减少了拉杆使用量，可减少钢材耗材投入数量，便于工人操作，节省拉杆穿插安拆时间，提高施工效率。结构浇筑完成拆模后，混凝土表面拉杆孔少，有利于外观质量提升。

（三）技术要点

少拉杆模板系统由面板、主龙骨、次龙骨、加强龙骨和拉杆五部分组成。具体参数如表2：

表2 少拉杆模板系统参数表

序号	构件名称	材料及规格	布设间距
1	面板	21mm进口 RigaWood 里加板	/
2	主龙骨	双14号槽钢	1200mm
3	次龙骨	H20木工字梁	270mm
4	加强龙骨	双25号槽钢	2400mm
5	拉杆	Φ30mm 精轧螺纹钢	2400×2400mm

其中模板面板、主龙骨、次龙骨与常规工艺模板无较大差异。加强龙骨与主龙骨垂直竖向布设，通过拉杆与内模对拉固定，拉杆作用在加强龙骨，形成完整模板体系^[10]。

（四）效益分析

以后寺河特大桥右幅第8节模板为例进行计算分析：该节段高6m，横桥向均宽11.56m，纵桥向均宽8.45m。传统工艺拉杆作用于主龙骨上，间距为1200×1200mm，需布设 Φ20精轧螺纹钢拉杆216根，采用少拉杆模板工艺仅布设 Φ30精轧螺纹钢拉杆88根，拉杆数量减少约60%，每节段模板拼装节省约0.5天工期，具体分析见表3：

表3 单节段效益分析表

序号	项目	传统拉杆工艺	少拉杆工艺
1	材料	Φ20精轧螺纹钢拉杆216根	Φ30精轧螺纹钢拉杆88根，6.35m长双25号槽钢22根
2	工效	模板、拉杆安装约2天	模板、拉杆安装约1.5天
3	人员	20人进行拉杆安装	16人进行拉杆安装
4	经济	材料费 拉杆：2m×216根 ×2.466kg/m×4元/ kg=4261元	材料费 拉杆：2m×88根 ×5.549kg/m×4元/ kg=3906元 加强龙骨： 2×5×6.35m×27.4kg/m×4 元/kg=6960元（一次性 费用）
		人工费 20人×260元/天×2天 =10400元	人工费 16人×260元/天×1.5天 =6240元
			成品拆模后拉杆孔洞较少， 肉眼观察无密集感，外观质 量好，监理、业主认可度较 高。
5	社会	材成品拆模后拉杆孔洞较多	

由上综合得出：全桥索塔下塔柱共35节，可节省材料费约（4261-3906）×35=6960元；节省人工费（10400-6240）×35=145600元，节省合计费用15.1万元。节省工期约0.5×35=18天。

四、结论

通过对斜拉桥 A 型塔柱爬模施工模板配备方式进行对比分析,可有效根据实际问题优化模板设计和配置形式。采用少拉杆

模板工艺,可大量降低约 60% 拉杆数量,节省人工、材料成本投入,加快施工进度,缩短工期。同时可改善拉杆孔对成品外观质量的影响,促进工程质量整体提升。可为类似工程提供参考。

参考文献

- [1] 方大. 异形钢索塔斜拉桥风险评估与控制研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5(13): 79-81.
- [2] 郭金英, 张育智. 无背索斜拉桥关键参数分析 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2013, 9(03): 175-178.
- [3] 郑一峰, 黄侨, 张连振. 部分斜拉桥结构参数分析 [J]. 公路交通科技, 2006(06): 60-65+84.
- [4] 卢继明, 刘瑜. 景观斜拉桥钢混组合索塔研究及设计 [J]. 中国市政工程, 2020(02): 108-111+136-137.
- [5] 韩海峰. 无背索斜拉桥结构体系与受力特点 [J]. 科技创新与应用, 2014(13): 179.
- [6] 刘健. 三塔斜拉桥不同位置设置 A 形索塔的刚度分析 [J]. 山西建筑, 2012, 38(09): 182-183.
- [7] 支燕武. 丹河大桥组合梁斜拉桥的设计与创新 [J]. 城市道桥与防洪, 2023(09): 138-140+18.
- [8] 陈应高. 山区超高三塔斜拉桥结构设计探讨 [J]. 交通科技, 2017(03): 33-36.
- [9] 刘义才. 斜拉桥主塔液压爬模施工技术研究 [J]. 四川建材, 2018, 44(07): 117-118.
- [10] 李朝阳, 冯鹏程, 吴游宇. 马岭河大桥的主塔设计 [J]. 中外公路, 2007(01): 96-98.