

大吨位斜拉桥钢主塔竖转施工技术研究与应用

胡海春

(安徽水安建设集团股份有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘要: 针对合肥市龙岗路跨南淝河特大桥2 450 t钢主塔竖转工程, 重点研究竖转专项方案中的力学计算体系, 通过转体系统受力分析、液压同步提升参数设计和动态监控方法, 解决了超大荷载转体稳定性难题。通过建立桥梁钢主塔竖转整体模型, 分析集中荷载效应最不利施工状态, 并据此建立主塔转铰分析模型, 分析其局部受力性能, 同时结合有限元仿真与现场实测数据, 验证了“格构压杆+液压控制”体系的可靠性, 为同类工程提供力学计算范式与施工控制参数参考。

关键词: 塔柱钢结构; 卧拼; 竖转; 仿真分析; BIM模拟; 稳定性控制

中图分类号: U442

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)03-0264-04

Research and Application of Vertical Rotation Construction Technology for Steel Main Pylons of Large-tonnage Cable-stayed Bridges

HU Haichun

(Anhui Shui'an Construction Group Co., Ltd., Hefei 230031, China)

Abstract: For the vertical rotation project of the 2 450-t steel main pylon of the Longgang Road Bridge over the Nanfei River in Hefei City, the mechanical calculation system in the special vertical rotation scheme is specially studied. Through the force analysis of the rotation system, the parameter design of hydraulic synchronous lifting, and the dynamic monitoring method, the problem of the stability of the super-large load rotation is solved. An overall model of the vertical rotation of the steel main pylon of the bridge is established to analyze the most unfavorable construction state of the concentrated load effect. Based on this, an analysis model of the main pylon rotation hinge is established to analyze its local mechanical performance. Combined with the finite element simulation and on-site measured data, the reliability of the “lattice compression bar + hydraulic control” system is verified, providing a mechanical calculation paradigm and construction control parameters for similar projects.

Keywords: pylon column steel structure; horizontal assembly; vertical rotation; simulation analysis; BIM simulation; stability control

0 引言

大跨度斜拉桥钢主塔作为桥梁的核心受力构件, 其施工工艺直接影响桥梁整体的安全与性能。然而, 钢主塔竖转过程涉及超大型构件的空间姿态控制、复杂受力体系转换和多设备协同作业, 其力学计算的准确性与施工控制的精细化程度成为工程成败的关键。徐琛^[1]针对竖向转体系统中的拉索受力性能展开研究, 并将有限元受力分析和斜拉索拉力监测结果进行对比, 以达到控制竖转风险的目的; 李晓鹏等^[2]深入研究了主塔竖向转体过程中的施工压杆、转铰等关键施工技术。

本文以合肥市龙岗路跨南淝河特大桥为研究对象, 结合BIM空间分析方法, 对主塔和大临结构在转体施工中的各工况受力状态进行理论计算与现场实际监测, 并对2种结果作出对比分析(见图1)。

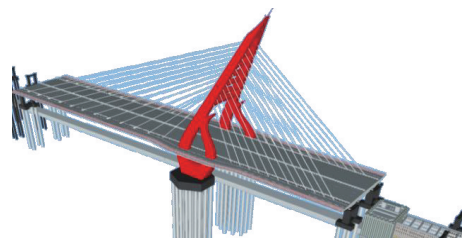


图1 主塔BIM模型

1 转体系统设计

1.1 转体方案设计

该桥为(170 m+90 m)独塔不对称斜拉桥, 塔、

收稿日期: 2025-06-30

作者简介: 胡海春(1987—), 男, 本科, 高级工程师, 从事桥梁设计及BIM工作。

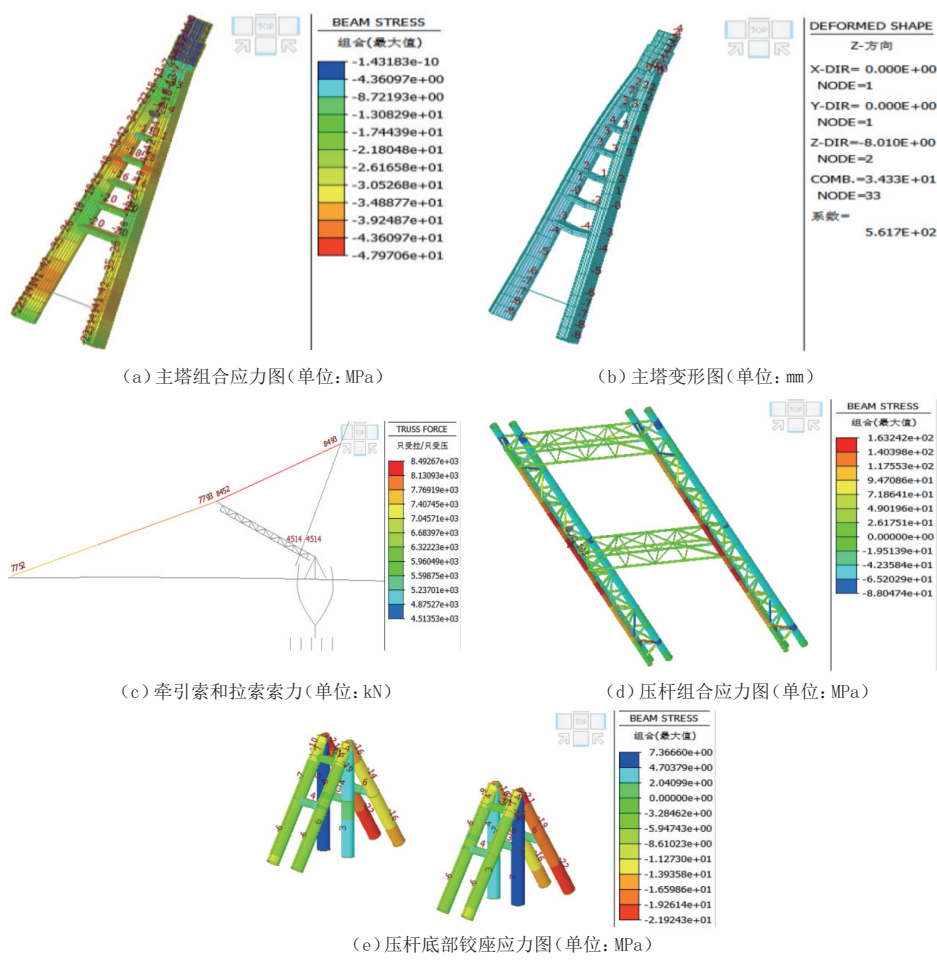


图5 钢主塔转体60°时的工况分析

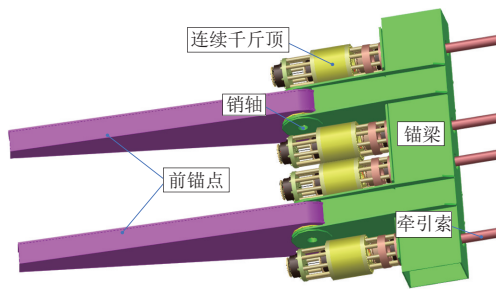


图6 前锚点BIM模型

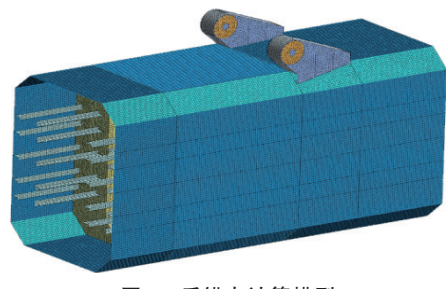


图7 后锚点计算模型

钢管,截面特性:面积 $A=61\,575\text{ mm}^2$,抗弯模量 $W=14\,790\,366\text{ mm}^3$,计算长度 $L=4\,000\text{ mm}$,回转半径 $i=346.5\text{ mm}$,长细比 $\lambda=11.54$;最大轴力和弯矩: $N=10\,939\text{ kN}$, $M_y=615\text{ kN}\cdot\text{m}$ 。

依据《钢结构设计标准》(GB 50017—2017),钢管稳定性计算^[4]如下:

$$\sigma = \frac{10\,939 \times 10^3}{0.99 \times 61\,575} + \frac{0.926 \times 615 \times 10^6}{1.15 \times 14\,790\,366 \times (1 - 0.8 \frac{10\,939}{854\,014})} \quad (2)$$
$$= 231.3\text{ MPa} \leq 295\text{ MPa}$$

稳定性满足要求。

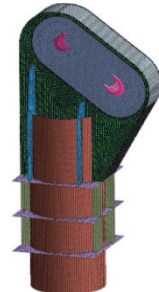


图8 压杆顶部节点计算模型

2.3.2 钢主塔转铰稳定

当钢主塔竖转到位时转铰最为不利,上转铰最大有效应力为 $274\text{ MPa} < 290\text{ MPa}$,最大剪应力为 $147\text{ MPa} < 165\text{ MPa}$,上转铰强度满足要求。钢主塔节段最大有效应力为 $259\text{ MPa} < 290\text{ MPa}$,最大剪应

力为 131 MPa<165 MPa,钢主塔节段满足要求。

3 现场监测与计算验证

3.1 监测体系布置

本工程在钢主塔关键截面(T1~T7节段)布置16个应力应变测点,在压杆顶端设置倾角仪(精度为±0.01°),在转铰支座安装激光测距仪(精度为±0.1 mm),实时采集相关数据并发送至监控平台。

3.2 实测数据对比

通过与实际监测数据对比分析,实测数据与计算值的吻合度较高,误差主要源于施工装配误差和环境温度影响(监测时段温差为±13℃)。通过动态修正液压提升参数,最终偏差均被控制在允许范围内^[5](见表2)。

表2 钢主塔转体60°时的施工监测对比			
监测项目	计算值	实测值	误差/%
钢主塔应力/MPa	127.5	121.3	-4.9
压杆顶端位移/mm	328	345	+5.2
转铰同轴度/mm	0.4	0.3	-25.0

4 结论与技术创新

4.1 核心结论

本文基于“分步加载+协同受力”的力学计算体系,准确揭示了大吨位钢主塔在竖转过程中的应力分布规律,为施工方案制定提供了理论支撑。

液压同步提升系统通过“参数精准计算+动态闭环控制”,实现了2 992.7 t级构件的平稳转体,到位精度优于设计要求。

格构压杆与铸钢转铰的优化设计,解决了超大荷载传递与稳定性控制难题,相关参数可指导同类工程的应用(见图9)。

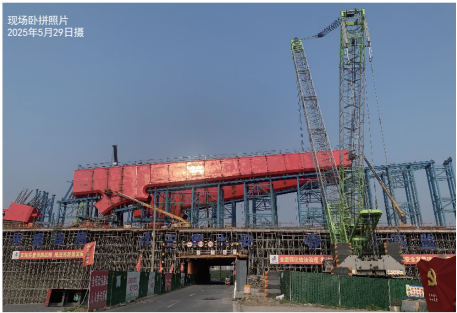


图9 钢主塔卧拼状态

本次结论与董涛等^[6]对独塔斜拉桥竖向转体施工过程的力学计算结果基本一致。采用有限元计算原理,对转体系统中的各部件进行受力分析,发现转体系统中的各部件在转体初始承受的应力和变形程度最大。

4.2 技术创新

在转体系统集成设计方面,本工程首次采用“大直径销轴+格构压杆”组合体系,相较于传统实腹式压杆,可减重18%,刚度提升35%。

在钢主塔转体方面,建立了“模型简化—工况分解—参数迭代”力学计算方法和流程,将复杂的空间结构分析转化为可操作的工程参数。在实施过程中,通过“传感器矩阵+实时解算”模式,实现从力学计算到现场控制的全流程数字化闭环。

参考文献:

[1] 徐琛.斜拉桥桥塔竖转工艺拉索受力性能研究[J].城市道桥与防洪,2021(7):88-90.
[2] 李晓鹏,李林挺,周俊龙,等.全髻大桥桥塔竖向转体施工关键技术[J].世界桥梁,2024(1):58-64.
[3] JT/T 1037—2022 公路钢结构桥梁制造和安装施工规范[S].
[4] GB 50017—2017 钢结构设计标准[S].
[5] JTG/T 3651—2022 公路桥梁结构监测技术规范[S].
[6] 董涛,钱盈,曾向往.独塔斜拉桥钢塔竖转施工计算分析[J].城市道桥与防洪,2020(1):72-74.