

泰州大桥钢中塔线形控制误差调整方法

张向群¹, 王琳^{2,3}, 游新鹏^{2,3}

(1. 江苏省长江公路大桥建设指挥部, 江苏泰州 225321; 2. 中交第二航务工程局有限公司, 武汉 430040;

3. 长大桥梁建设施工技术交通行业重点实验室, 武汉 430040)

[摘要] 泰州大桥钢中塔首次采用纵向“人”字形、横向门式框架结构, 采用节段预制-现场安装的方法安装钢塔。建立针对复杂钢塔的全过程施工控制体系, 在制造阶段对节段形态以及制造线形进行精确测控的基础上, 在安装阶段根据实际安装误差情况确定预先设置调节缝的调整量, 达到对钢塔线形误差调整的目的。现场实施结果表明, 泰州大桥中间钢塔的线形控制效果良好, 最终线形各项精度均优于设计要求。

[关键词] 泰州大桥; 中间钢塔; 线形控制; 误差调整

[中图分类号] U441 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)05-0029-04

1 前言

泰州大桥为世界首创的三塔两主跨悬索桥, 桥跨布置为(390+1 080+1 080+390)m, 南北桥塔为钢筋混凝土结构, 中塔为纵向“人”字形、横向门式框架型钢塔, 塔高 191.5 m。“人”字形交点以上塔柱高 122 m, 交点以下塔柱高 69.5 m。两条斜腿在塔底的叉开量为 34.75 m, 斜腿段纵向坡度为 4:1, 两塔柱间的横向中心距塔顶处为 34.8 m, 塔底处为 42.579 6 m, 塔柱横向呈 1 920:39 的坡度。采用节段预制-现场安装的方法安装, 中间钢塔结构布置及节段划分如图 1 所示, 节段间通过高强螺栓连接, 节段连接需满足设计对金属接触率的要求^[1]。

钢中塔具有结构复杂、节段重量大、架设难度高及定位难、测量难度大、环境因素影响大等特点^[2]。同时, 由于钢塔节段数量多易导致累积误差, 施工控制难度大, 特别是钢塔的线形控制, 如何保证线形调整的准确性, 保证钢塔安装精度, 是大桥钢中塔建设的主要难点之一^[3]。

2 泰州大桥线形控制总体方法

采用全过程的控制理念同时对节段制造阶段和

钢塔柱安装阶段进行控制。针对安装节段多, 安装

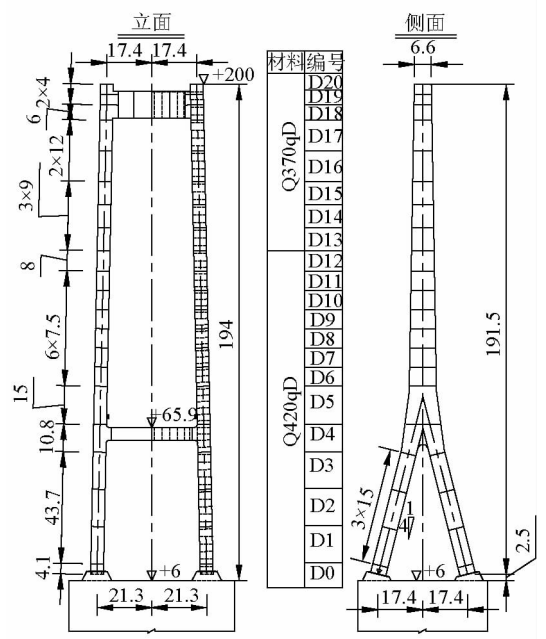


图 1 钢塔总体布置图及节段划分方案 (单位:m)

Fig. 1 General arrangement and segment division of steel pylon (unit:m)

[收稿日期] 2012-03-16

[基金项目] 国家科技支撑计划资助项目(2009BAG15B02); 交通行业联合科技攻关项目(2008-353-332-180)

[作者简介] 张向群(1977—), 男, 江苏盐城市人, 高级工程师, 研究方向为大跨径桥梁施工控制; E-mail: 12496485@qq.com

误差容易累积的特点,为避免安装过程中出现较大的误差,在塔柱的不同高度处设置了4条调节缝(如图2所示),用于在安装阶段进行误差修正。在调节缝位置,相邻钢塔节段不需满足金属接触率要求,只通过摩擦型高强螺栓连接传力,因此可以通过改变接缝状态进行塔柱线形调整。

相对于混凝土索塔,钢塔线形对温度、风等环境荷载影响更为敏感。此外,钢塔节段采用MD3600塔吊吊装,塔吊对钢塔线形也会产生一定影响。因此,需针对钢塔架施工期的环境因素,如温度、风速、施工临时荷载等进行全程监测控制。

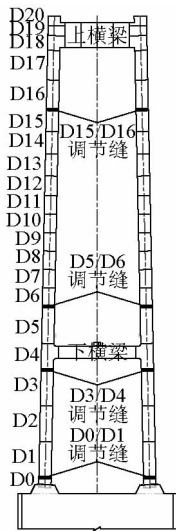


图2 调节缝布置图

Fig. 2 Arrangement of the adjusting gap

3 控制精度管理系统

为了对钢塔从制造阶段到安装阶段的实测数据进行有效管理,建立了专门用于钢塔制造安装的施工控制系统。施工控制系统组织结构如图3所示。其中,实测数据包括预拼装数据和安装阶段测

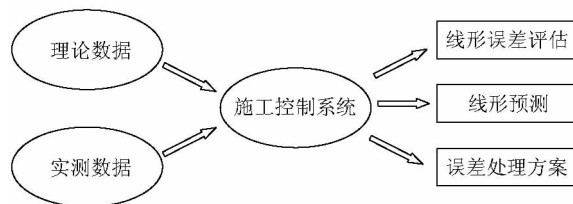


图3 施工控制系统组织结构图

Fig. 3 Structure diagram of construction control system

量数据,理论数据为采用施工阶段分析模型计算数据,在考虑对应阶段施工荷载以及环境因素之后分析得到。理论线形与实测线形之差即线形误差。将已发生的线形误差计入理论分析模型,可以计算得到安装完成后的线形,由此对当前阶段的索塔线形误差进行评估,进一步确定误差处理方案。

4 调节段调整量计算方法

依据已安装钢塔节段温度及风环境测试数据以及临时荷载的信息,通过施工阶段有限元模型计算得到理论线形,结合已安装钢塔节段的实测数据,可以得到已安装节段的实际安装误差。对比考虑预拼装线形数据,确定垫片修正方案,尽量将钢塔无应力线形在下一调节缝位置修正至理论位置。

预拼装线形可通过相邻节段横桥向和纵桥向两个方向偏位、夹角和节段长度表达,预拼装测量采用全站仪和精密水准仪对处于水平预拼装状态的钢塔相邻节段外壁控制点进行测量,得到横桥向和顺桥向的夹角。节段长度采用钢尺测得。

两条调节缝之间的钢塔上下相邻节段滚动进行预拼装,即第*i*-1节段与第*i*节段进行预拼装,第*i*节段再与第*i*+1节段进行预拼装,如此反复进行。

以调节缝为界,可以将钢塔分成数个区间,每个区间的钢塔制造节段均可通过预拼装得到一条折线,即区间的制造线形,如图4所示。

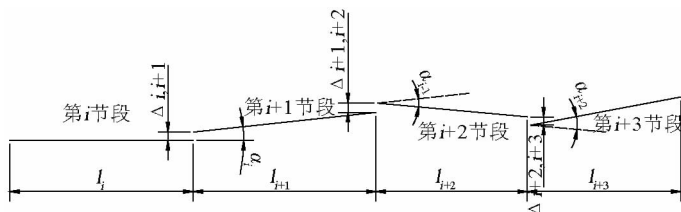


图4 预拼装线形示意图

Fig. 4 Pre-assembly alignment diagrammatic sketch

在不考虑施工误差的情况下,以下一调节节段处平面偏位为0作为修正目标,则调节缝处垫片厚度 Δx 、 Δy (纵桥向高差修正量,横桥向高差修正量)可以由式(1)求得。

$$\Delta x + \sum_{i=1}^n (\alpha_{xi} l_{i+1} + \Delta x_{i+1}) + \frac{t_x}{w_x} \sum_{i=1}^n l_i = 0 \quad (1)$$

$$\Delta y + \sum_{i=1}^n (\alpha_{yi} l_{i+1} + \Delta y_{i+1}) + \frac{t_y}{w_y} \sum_{i=1}^n l_i = 0$$

式(1)中, w_x 为调节缝处钢塔节段纵桥向宽度; w_y 为调节缝处钢塔节段横桥向宽度; l_i 为第*i*节段长度; α_{xi} 为第*i*+1节段相对于第*i*节段纵桥向偏角; α_{yi} 为第*i*+1节段相对于第*i*节段横桥向偏角; n 为两个调节缝之间节段数量。

根据纵桥向高差修正量与横桥向高差修正量即可确定调整节段各个位置的垫片厚度。

5 工程实施

现以泰州大桥 J1 缝为例说明线形控制误差调整方法,根据 D0 节段定位误差和 D1 ~ D3 节段预拼装测量数据,在 J1 接缝不调整的情况下,预测至 D3 节段合龙口偏位如表 1 所示。其中平面偏位以偏北和偏下游为正。

表 1 D3 节段合龙口平动误差预测

Table 1 Translation error prediction of D3 segment closure gap

塔肢	mm	
	纵桥向	横桥向
南侧下游	2.8	-15.4
北侧下游	3.8	-7.5
南侧上游	1.3	18.4
北侧上游	3.7	-1.2

综合考虑预测误差情况和测量数据自身的误差,确定垫片位置和层数(见表 2),垫片采用标准厚度钢片,厚度为 0.4 mm。

表 2 接缝调整布置方案

Table 2 Layout scheme of the adjusting gap

塔肢	mm	
	垫片布置位置及层数	
南侧下游	上游侧边:0.4×2	
	南侧上游角:0.4	
北侧下游	北侧下游角:0.4	
	北侧上游角:0.4×2	
南侧上游	下游侧边:0.4×3	
北侧上游	北侧边:0.4	

其余接缝均采用相同计算方法,进行调节缝的调整量计算。现场实施表明,调节缝设置可以有效地实现误差调整,分阶段修正误差的方法可以有效地保证钢塔安装线形。

6 结语

泰州大桥钢塔的施工控制说明设置调节缝可以有效地修正钢塔柱安装累积误差,最终将泰州大桥钢塔的安装垂直度控制在 1/19 000 以内,确保了钢塔安装满足设计精度要求。

参考文献

- [1] 刘建波,张永涛,游新鹏,等.泰州大桥中塔安装施工关键技术[J].中国港湾建设,2011,4:56-59.
- [2] 李宗平,唐启,张六一.南京长江第三大桥钢塔柱安装施工[J].施工技术,2008,37(5):105-110.
- [3] 章登精.南京长江第三大桥钢塔工程控制技术[J].中国铁道科学,2007,28(4):133-140.

The error adjusting method of line-shape control for the middle steel tower of Taizhou Bridge

Zhang Xiangqun¹, Wang Lin^{2,3}, You Xinpeng^{2,3}

(1. Jiangsu Provincial Yangtze River Highway Bridge Construction Commanding Department, Taizhou, Jiangsu 225321, China; 2. CCCC Second Harbour Engineering Company Ltd., Wuhan 430040, China; 3. Key Lab of Large-span Bridge Construction Technology, Ministry of Communication, Wuhan 430040, China)

[**Abstract**] The middle tower of Taizhou Bridge is a steel frame with longitudinal herringbone shape and lateral gate shape, which is used for the first time. The technology with segments fabricated in the factory and erection at site is used in the construction of the middle steel tower. A full-procedure construction control system to the complicated tower is set up. Based on precise monitoring and control to the shape of the segments and the line-shape of the tower at the fabrication stage, the adjustment of the adjusting gap of the tower is calculated according to the actual error of the tower at the erection stage, and the line-shape error of the tower is adjusted. The result of the implementation of the middle steel tower of Taizhou Bridge indicated that the line-shape control method adapted could be effective, and the precision of final line-shape of the middle steel tower is better than that of the design requirements.

[**Key words**] Taizhou Bridge; middle steel tower; line-shape control; error adjusting

(上接 22 页)

Bottom sealing construction technology for extra-large on-land caisson

Du Hongchi¹, Yang Ning²

(1. CCC-SHB Second Engineering Co. Ltd., Xi'an 710119, China; 2. Jiangsu Provincial Yangtze River Highway Bridge Construction Commanding Department, Taizhou, Jiangsu 225321, China)

[**Abstract**] The total quantity of concrete exceeds 30 000 m³ for the north anchor caisson of Taizhou Bridge, which is the largest quantity underwater concrete for bottom sealing construction till now in China, and its construction is quite difficult with high requirements for site organization. This article presents the bottom sealing construction technology for the caisson of north anchor of Taizhou Bridge mainly in the aspects of base cleaning, bottom sealing equipment arrangement and sealing concrete construction technique.

[**Key words**] extra-large on-land caisson; bottom sealing construction technology for caisson; Taizhou Bridge