

# 中兴大桥 V 型主塔竖转施工技术

吴永敏

(宏润建设集团股份有限公司, 上海市 200235)

**摘要:** 中兴大桥为一跨过江矮塔斜拉桥, V 型钢结构主塔采用竖向转体施工。通过施工实例, 主要介绍了竖转结构体系设计、结构验算、竖转施工等关键技术, 为类似施工提供一些借鉴与参考。

**关键词:** V 型钢结构主塔; 竖向转体; 结构体系设计; 施工

**中图分类号:** U445

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)02-0123-03

## 1 工程概况

宁波中兴大桥主桥采用一跨过江矮塔斜拉桥, 跨径布置为  $(64+86)\text{m}+400\text{m}+(86+64)\text{m}=700\text{m}$ , 主桥全宽  $29\text{m}$ 。上部结构主梁采用混合梁, 中跨及部分边跨  $467\text{m}$  范围区段采用钢箱梁, 其他区段采用叠合梁; 标准段梁高  $4.5\text{m}$ , 主墩墩顶梁高  $10.5\text{m}$ <sup>[1]</sup>。主桥的效果图如图 1 所示。



图 1 宁波中兴大桥主桥效果图

斜拉桥主塔外形采用 V 型钢结构塔柱, 竖向倾角  $25^\circ$ , 塔顶设中间横梁平衡中边跨索力水平分力。主塔横桥向宽  $3.6\text{m}$ , 顺桥向宽  $4\text{m}\sim 5.7\text{m}$ , 桥面以上塔高约  $37\text{m}$ 。

主塔安装划分为 4 个区域, 分别为索塔锚固区(含塔头)、塔身标准段区、塔顶横梁段区, 以及塔梁结合段区; 主塔在工厂分节段进行制作, 通过船舶运输至现场。

主塔分段采用浮吊吊装至桥面, 在塔脚分缝处安装转动铰, 在两侧塔顶横梁端头各安装 6 台对拉油缸, 通过计算机控制 6 台对拉油缸同步提升依次拖起两侧塔柱, 完成主塔塔柱竖转。竖转施工完成

后, 在塔柱横梁上安装提升支架, 提升支架上安装 4 台提升油缸, 通过计算机控制 4 台提升油缸完成塔顶横梁合龙段提升。索塔区域划分如图 2 所示。

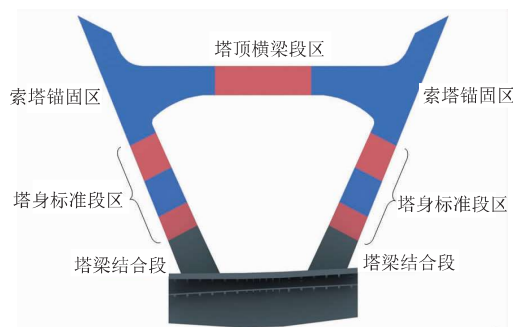


图 2 索塔区域划分示意图

## 2 主塔竖转结构体系设计

主塔竖转施工主要考虑在两侧塔顶横梁上设置 3 列 6 组对拉油缸, 通过对拉油缸张拉钢绞线拖起塔柱, 直到将主塔竖转到位。主塔竖转结构体系主要包括设置在塔顶横梁上的对拉系统、塔顶横梁与柱脚之间的临时支撑体系、塔梁结合部位的转动铰和背拉索结构, 如图 3 所示<sup>[2]</sup>。

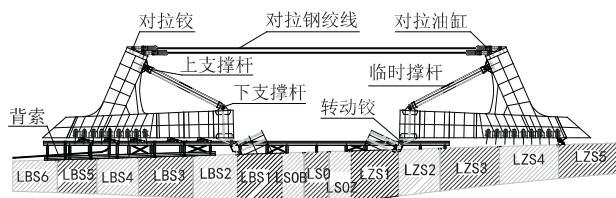


图 3 主塔竖转结构体系布置图

### 2.1 对拉系统

对拉系统由对拉油缸、对拉钢绞线和对拉铰三部分组成。对拉铰设计在两侧横梁端口, 在三块腹板上各安装一组对拉耳板。对拉耳板用  $40\text{mm}$  钢板进行制作, 每组对拉耳板有两个对拉耳板。为了确保对拉耳板有足够的抗剪能力, 对拉耳板上的销孔两侧

收稿日期: 2020-06-24

作者简介: 吴永敏(1974—), 男, 本科, 高级工程师, 从事路桥、地铁隧道等工程建设工作。

需装配 25 mm 厚加强圆环,另外对拉耳板根部箱体内还需装配补强劲板。一侧对拉铰由六组铰座组成,施工时一侧可以同时连接 6 个 200 t 对拉油缸,整个对拉系统总共设置 12 台 200 t 对拉油缸。

## 2.2 支撑体系

支撑体系由临时撑杆、上支撑铰和下支撑铰三部分组成。临时撑杆用  $\phi 1\,000 \times$  钢管进行制作,两头焊接连接耳板。上支撑铰和下支撑铰都为双铰结构,上支撑铰焊接在横梁下侧,下支撑铰焊接在柱脚上侧。支撑铰主要用 36 mm 钢板进行制作,焊接部位梁体内侧需要结构补强。

## 2.3 转动铰

转动铰是竖转设计的关键,由上转动铰和下转动铰两部分组成。上转动铰和下转动铰都为双铰结构,上转动铰焊接在主塔标准段区下端,下转动铰焊接在主梁的塔梁结合段上。转动铰主要用 36 mm 钢板进行制作,焊接部位梁体内侧需要结构补强。转动铰结构如图 4 所示。

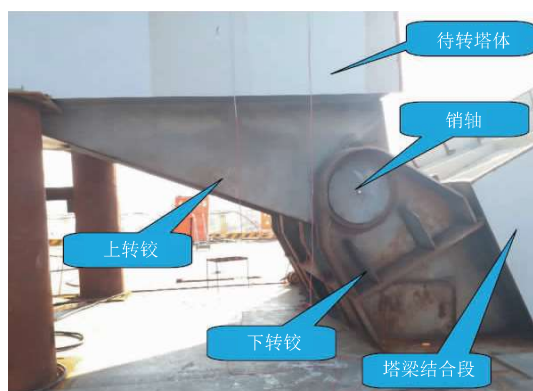


图 4 转动铰结构示意图

## 2.4 背拉索结构

该工程背拉索主要为中跨侧塔柱二次竖转提供反力,减少对已完成边跨侧塔柱结构的影响。背拉索结构由两个 200 t 油缸、钢绞线和锚盘组成。背拉索通过钢绞线连接上部结构桥面钢梁节段,用锚盘固定钢绞线,用油缸张紧。

## 2.5 竖转控制系统

根据提升点具体提升油缸的布置和提升力情况布置液压泵站;采用间歇作业的方式,转体拉索牵引速度可达 5~6 m/h。

通过传感器、通讯模块、计算机控制柜的连接,完成现场实时网络控制系统。计算机同步控制系统如图 5 所示。

## 3 主塔竖转整体验算

(1)塔柱竖向转体时,需分析转体过程中不同角

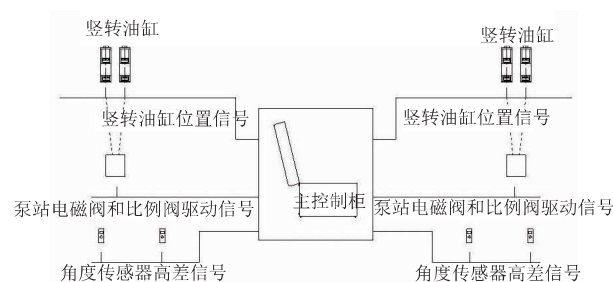


图 5 计算机同步控制系统示意图

度的受力状态,宜每  $10^\circ$  进行一次工况计算。计算内容主要包括:塔柱结构及临时撑杆的应力、变形,铰点反力,对拉钢绞线、背索张力与变形。

(2)根据各个工况的计算数据进行计算结果汇总分析。计算结果用于校核竖转体系的应力、变形,也作为施工过程中的数据指导。

(3)对竖转体系各个构件连接节点进行局部计算。局部计算包括:对拉铰应力、变形,上、下转动铰应力、变形,转体销轴及孔壁计算,以及各构件连接焊缝计算。对拉铰局部变形分析如图 6 所示。

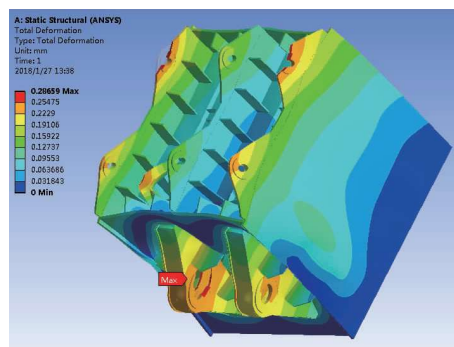


图 6 对拉铰局部变形分析示意图

## 4 主塔竖转施工

### 4.1 施工准备

竖转前应进行整体检查,主要包括以下内容:

(1)主塔结构质量、外形均应符合设计要求,塔柱平躺状态中心线位置偏移值不大于  $\pm 2$  mm。

(2)对拉铰、转动铰等铰支座结构及销轴的连接质量应符合竖转设计要求。

(3)临时撑杆连接、背拉索连接等应符合竖转设计要求。

(4)对拉钢绞线、油缸锚片应完好无损,安装正确;泵站与油缸之间的油管连接正确、可靠。

(5)控制系统电路电源接线、安装正确无误;信号传输、数据通讯正确无误。

### 4.2 加载试验及检查

加载过程采用逐级加载方式,依次加载 20%、40%、60%、70%、80%、90%、100%。从 60% 开始,每级加载完成后静置 20 min,对竖转结构体系进行检

查,重点关注转铰结构。

4.3 主塔竖转施工

(1)逐级加载完成并检查确认后,将塔体转体脱架,塔体完全离开胎架后即静置观察,静置时间约3 h。期间密切检查各传感器工作是否正常,油缸、液压泵站和计算机控制柜工作是否正常,各种备件、通讯工具是否完备;检查塔柱结构、转铰结构、锚点及临时撑杆结构体系等焊缝是否正常,结构的变形是否在允许的范围内。

(2)先竖转边跨侧塔柱,以靠中跨侧主塔立柱做为配重,计算机控制连接在中跨侧塔柱横梁上的6个对拉油缸开始同步提升,张拉拖起靠边跨侧塔柱,此时边跨侧主塔背索处于松掉状态。

(3)靠边跨侧主塔立柱竖转到位后,连接在中跨侧主塔横梁上的6个对拉油缸开始停止作业,处于静止状态;完成边跨侧主塔立柱与塔梁结合段的焊接,然后边跨侧塔柱背索开始张紧。

(4)边跨侧塔柱竖转完成后,开始竖转中跨侧塔柱。中跨侧塔柱竖转以已安装到位的边跨侧主塔立柱为张拉塔架,背索为后锚点,计算机控制连接在边跨侧塔柱横梁上的6个对拉油缸开始同步提升,张拉拖起中跨侧塔柱。

(5)靠中跨侧塔柱竖转到位后,连接在边跨侧塔柱横梁上的6个对拉油缸停止工作;完成中跨侧塔

柱与塔梁结合段的焊接,中跨侧塔柱竖转完成。

(6)在主塔竖转过程中,环口是缓慢就位的,通过在塔根部两侧面布置6道就位挡块来限制主塔环口就位的路径。就位挡块用30 mm厚钢板进行制作,在上部切成一个喇叭口,通过设置就位挡块可以有效地防止主塔竖转就位时产生左右偏位。

(7)在主塔竖转就位前,对拉钢绞线受力逐步减小,不利于对拉油缸施工控制。宜采用同步张拉背索的方法主动提供拉力。

5 结 语

在塔柱采用钢结构时,宜优先采用低位平面拼装,再竖向转体就位施工,可有效减少高空作业量,降低塔柱高处拼装作业的安全风险,也有利于现场钢结构施工质量的控制。竖向转体施工无需搭设大量承重支架、脚手架,从而减少大型吊装设备使用量,具有经济性好、施工进度快等优点。

中兴大桥V型主塔于2018年8月顺利完成竖转施工,安全无事故,质量符合设计与规范要求。其成功经验可为其它类似桥梁的施工提供借鉴。

参考文献:

[1] 上海市市政工程设计研究总院. 中兴大桥及接线(江南路—青云路)工程主桥施工图设计文件[R]. 2016.  
[2] 宏润建设集团股份有限公司. 中兴大桥及接线(江南路—青云路)工程主塔竖转安装专项施工方案[R]. 2018.

(上接第122页)

为整体考虑的方法是可行的。

(2)以郑州西四环节段预制胶接拼装连续梁桥为工程背景,对桥梁施工过程中的受力进行计算分析,其全桥截面应力在施工过程中均为压应力,通过运营阶段受力分析,该节段拼装梁桥在不同荷载组合工况作用下受力合理,满足规范要求。

参考文献:

[1] 魏亚雄.节段拼装活性粉末混凝土箱梁桥力学性能与施工控制研

究[D].长沙:湖南大学,2015.

[2] DG/TJ 08-2255—2018,节段预制拼装预应力混凝土桥梁设计标准[S].  
[3] 李甲丁.南京长江四桥节段预制拼装刚构体系与抗剪性能研究[D].南京:东南大学,2010.  
[4] AASHTO.Guid Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges[S].  
[5] 文畅霆.弯剪复合作用下节段预制胶拼体内预应力混凝土梁受力性能研究[D].北京:北京交通大学,2018.