

高耸异型钢塔柱施工设计研究

刘维

中交武汉港湾工程设计研究院有限公司 海工结构新材料及维护加固技术湖北省重点实验室
DOI:10.12238/etd.v6i2.12948

[摘 要] 高耸异型钢塔柱的吊装过程属于重大危险工程,目前对此类钢塔柱的吊装及施工设计的研究并不多。本文通过对某异型钢塔柱的分段吊装安装工程进行施工组织设计并结合数值模拟的方法进行力学分析验证,总结出了一种安全可靠的吊装施工方法,减少了此类吊装工程的风险,为同类吊装工程提供了参考。

[关键词] 异型钢塔柱; 吊装工程; 数值模拟

中图分类号: U294.27+5 文献标识码: A

Research on construction design of towering shaped steel tower columns
Wei Liu

Cccc WuHan Harbour Engineering Design And Research Co.,Ltd. Hubei Provincial Key Laboratory of New Materials and Maintenance Reinforcement Technology for Offshore Structures

[Abstract] The lifting process of tall and irregular steel tower columns belongs to a major hazardous engineering, and there is currently not much research on the lifting and construction design of such steel tower columns. This article presents a construction organization design for the segmented hoisting and installation project of a certain special-shaped steel tower column, and conducts mechanical analysis and verification using numerical simulation methods. A safe and reliable hoisting construction method is summarized, which reduces the risks of such hoisting projects and provides reference for similar hoisting projects.

[Key words] Special shaped steel tower column; Lifting project; Numerical simulation

引言

在当今桥梁工程中,高耸异型钢塔柱在桥梁工程中起着非常重要的承重作用,相比混凝土结构有着重量小,拼装便捷,施工周期快,易于优化等优点。然而因其结构高耸,且为充分发挥其优势,常将其设计为带肋变截面钢结构,因此结构较为复杂,相似施工参考案例也较少,导致施工设计具有一定的风险。基于此,本文针对上海崇明岛鹤龙港闸外桥部分工程段中的高耸异型钢塔柱施工进行设计及研究。为今后的类似工程提供设计参考。

1 工程概况

上海崇明岛鹤龙港闸外桥跨径布置为 $2\times 30+(75+150+75)+4\times 30=480\text{m}$,拟建桥梁面积约为 6180m^2 。主塔采用“人”型桥塔,塔身分为两段,塔底至塔身段横桥向与水平线夹角为 62° ,塔身至塔顶段横桥向与水平线夹角为 72.3° ,塔高 78.125m 。主塔横断面采用箱形断面,塔底 4.63m 范围内为钢混结合段。塔底至塔身折点横桥向截面宽度由 4m 变化至 3m ,顺桥向截面宽度由 2.5m 变化至 2m ;塔身折点至塔顶段横桥向截面宽度由 3m 变化至 4m ,顺桥向截面宽度由 2m 变化至 2.5m 。主墩由斜墩与横梁组成,

横断面采用箱形断面,斜墩高度为 9.5m ,与水平线夹角为 62° ,横桥向截面宽度由 3m 变化至 2m ,顺桥向截面宽度由 2.5m 变化至 2m 。因主塔柱高度高,总重量大,又为变截面,架设难度大,因此主塔柱分7节段拼装,并在下方设计临时支架提供支撑。工程概况如图1所示。

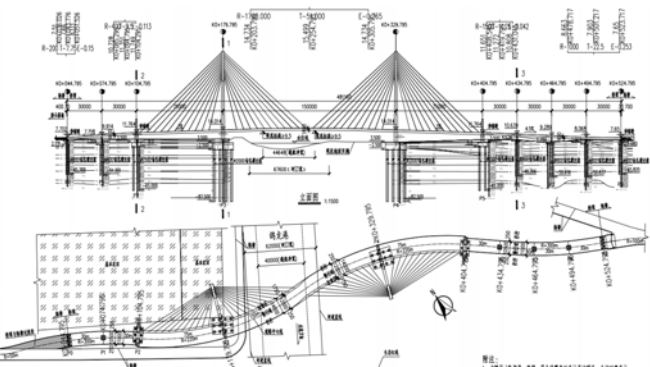


图1 跨径布置图

2 临时支撑系统施工设计

2.1 设计标准

本工程主要设计结构为钢结构临时支架系统, 及极端风荷载下防倾覆缆绳锚固系统, 其主要使用材料为Q235钢及IWR1870型缆绳, 根据《钢结构设计标准》引入表1作为主要材料强度和挠度标准容许设计值。

表1 主要材料强度标准设计值

序号	材料类型	拉、压、弯强度设计值	弹性模量	剪切强度设计值	剪切模量
1	Q235B	$f = 215\text{GPa}$	206GPa	$f_v = 215\text{GPa}$	79GPa
2	IWR1870	$f = 1870\text{GPa}$	206GPa	/	/

2.2主塔柱施工流程

主塔柱主要施工流程如下:

(1) 支架设计及安装。根据当地地质情况, 及主塔柱的总重, 初步设计临时支架管型大小及结构, 并进行桩基承载力计算及数值模拟计算, 根据计算结果对结构进行调整, 设计确定后现场安装支架。(2) 风缆锚固设计。先初设几根钢丝绳, 根据数值模拟的结果确定钢丝绳拉力, 再根据拉力大小及钢丝绳选型规范, 考虑安全系数进行钢丝绳选型, 然后确定钢丝绳锚固位置, 最后安装钢丝绳。(3) 钢塔柱由下至上分节段依次吊装。由于钢塔柱总重较大, 不方便吊装, 从截面变化位置及节段重量大小两个方面考虑, 将主塔柱分为7个节段, 由下至上依次进行吊装。主塔柱第一节至第七节分别重31.2t、66.5t、70.9t、64.4t、46t、63.7t和68.8t。

2.3支架系统设计

主塔柱临时支撑采用落地式钢管支架系统, 地面及承台上按横桥向布置8根Φ630×16的钢管立柱作为竖向支撑。钢管间距分别为428.8、331.8、598.7、597.8、468.9、387.9、366.2和366.2cm, 按纵桥向分两层布置, 间距为300cm。在靠近每节段顶部位置的两排平联采用钢管Φ426×6加强横向联系, 其它位置平联则采用工20a型钢, 斜撑采用工20a型钢, 立柱上布置2HN600×200型钢作承重梁。为使结构更为合理且经济, 在主框架之间并未布满斜撑, 而是间断的设置斜撑。所有钢结构均采用Q235B钢材, 具体布置情况见图2。

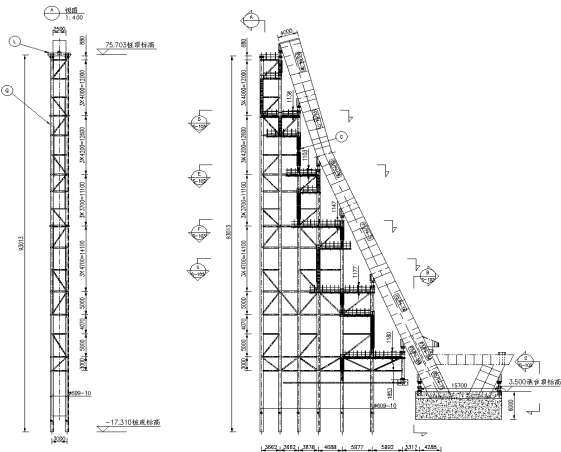


图2 支架布置结构图

2.4防倾覆风缆系统设计

根据计算模型中最不利工况下风缆的拉力 $F=110.5\text{kN}$, 选取8根直径Φ20结构形式为6×36WS+IWR1870的缆索, 在主塔柱支架约1/2和2/3的高度位置, 在立柱两边各对称布置两道风缆抵抗风荷载和主塔柱自重的水平荷载, 风缆与水平面夹角约为30°。风缆分上下两层及主塔柱两侧对拉布置, 具体结构布置图见图3。缆索安全系数按下式计算:

$$n = \frac{F_T}{F} = \frac{266}{110.5} = 2.4 > n_{st} = 2$$

F_T —— 钢丝绳最小破断力, kN;
 F —— 缆索最大拉力, kN;
 n_{st} —— 缆索设计安全系数。

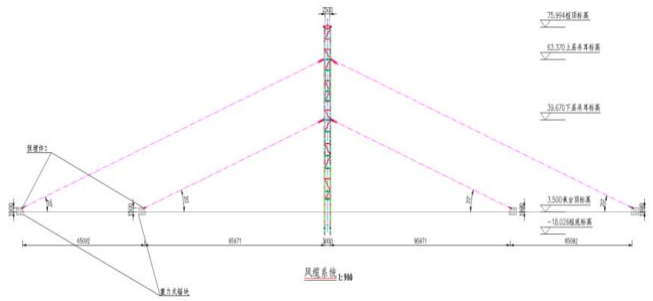


图3 风缆布置图

3 数值分析及计算

3.1工况分析

因主塔柱每节段都是独立吊装, 主塔柱自重荷载、水平调位荷载都与塔柱节段重量荷载大小相关、支架系统工作状态风荷载和空载下极端风荷载也有不同, 从第三节段起吊装重量均较大, 需要对此节段之后的每个节段吊装的工况进行分析; 空载情况下, 不进行吊装但受10级风荷载影响较大, 也需要考虑, 具体工况如下:

工况1: 主塔柱第一节段重31.2t施工时, 考虑结构自重荷载、3%的主塔柱对应吊装节段的调位荷载、施工荷载及施工状态6级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况2: 主塔柱第二节段施工重66.5t施工时, 考虑结构自重荷载、3%的主塔柱对应吊装节段的调位荷载、施工荷载及施工状态6级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况3: 主塔柱第三节段重70.9t施工时, 考虑结构自重荷载、3%的主塔柱对应吊装节段的调位荷载、施工荷载及施工状态6级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况4: 主塔柱第四节段重64.4t施工时, 考虑结构自重荷载、3%的主塔柱对应吊装节段的调位荷载、施工荷载及施工状态6级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况5: 主塔柱第五节段重46t施工时, 考虑结构自重荷载、3%的主塔柱对应吊装节段的调位荷载、施工荷载及施工状态6级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况6: 主塔柱第六节段重63.7t施工时, 考虑结构自重荷载、3%的主塔柱对应吊装节段的调位荷载、施工荷载及施工状态6级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况7: 主塔柱第七节段重68.8t施工时, 考虑结构自重荷载、3%的主塔柱对应吊装节段的调位荷载、施工荷载及施工状态6级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况8: 主塔柱未施工, 且第二层风缆及此位置以上支架未搭设, 其余支架搭设完成时, 只考虑支架结构自重荷载及未施工状态10级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

工况9: 主塔柱未施工, 且整体支架及两层风缆搭设完成时, 只考虑支架结构自重荷载及未施工状态10级风荷载的影响, 对下部支架进行计算分析。

3.2 模型建立

构建主塔柱支架整体计算模型, 根据主塔柱分节段施工情况, 分9种工况分别计算钢管支架的最大组合应力、剪应力以及竖向位移。边界条件为: 钢管立柱底面、塔柱底端以及风缆与地面固接, 钢管立柱与分配梁进行铰接, 分配梁与上方塔柱在接触点进行铰接。计算荷载有支架系统自重 G_0 、主塔柱节段自重荷载 G_1 、主塔柱水平调位荷载 G_2 、施工荷载 Q_1 和风荷载 Q_2 。静荷载取1.3倍安全系数, 动荷载取1.35倍安全系数。

3.3 计算结果

根据上述工况所对应的节段重量依次对有限元模型进行加载, 从结构的计算应力、剪力和最大位移三个方面对设计结构的安全性进行评估, 各工况下的计算结果如图4, 图5所示。

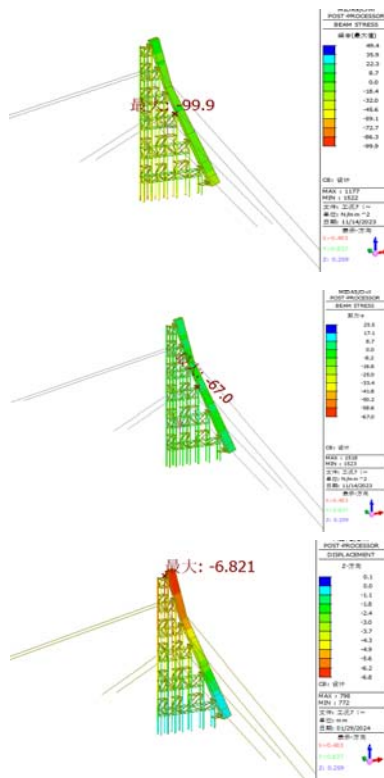


图4 工况7状态下的计算结果

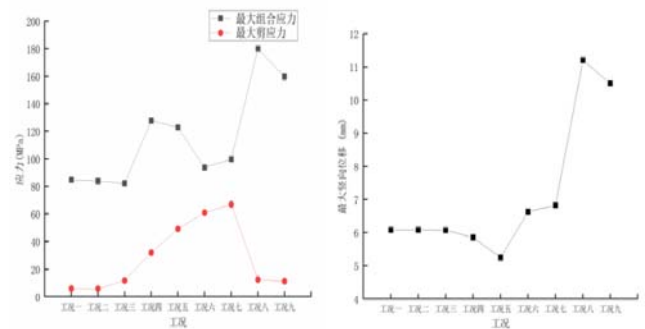


图5 各工况的计算结果汇总

综上所述, 构件最大组合应力为 $\sigma_{\max} = 180 \text{ MPa} < 215 \text{ MPa}$, 出现在工况八最左边列钢管立柱的底部。最大剪应力 $\tau_{\max} = 22.5 \text{ MPa} < 125 \text{ MPa}$, 出现在工况七的分配

梁上, 最大竖向位移为 $l = 11.2 \text{ mm} < \frac{4000}{250} = 16 \text{ mm}$, 出

现在工况8最顶端分配梁上。因此钢管支架的强度满足要求, 本文钢塔柱吊装辅助工程结构设计合理有效。

4 结语

通过对鹤龙港高耸异型钢塔柱的研究, 从支架的选型设计到施工优化, 总结出了一套安全可靠的大型钢塔柱安装施工工艺, 对此类高耸钢塔柱安装工程提供参考。

【参考文献】

- [1]许颖强.太原摄乐大桥异型钢-混混合塔柱施工技术[J].桥梁建设,2018,48(2):99-104.
- [2]张春新.西江特大桥钢箱提篮拱架设施施工技术[J].桥梁建设,2015,45(5):7-12.
- [3]唐勇,张瑞霞.马鞍山钢-混叠合塔施工技术[J].铁道工程学报,2011(11):77-81.
- [4]万杰龙,曾明根,吴冲,等.摄乐大桥桥塔钢混结合段受力分析[J].城市道桥与防洪,2017(3):97-101,141.
- [5]高华峰.赤石特大桥桥塔内倾多塔肢间主动对撑施工技术[J].桥梁建设,2015(3):110-114.
- [6]聂井华.摄乐大桥塔吊扶墙与塔肢临时对撑整体桁架设计[J].桥梁建设,2017,47(3):94-98.
- [7]余纯.大型动臂式塔机超长附墙杆件的设计和安装技术[J].建筑施工,2019,41(5):876-878.
- [8]姚莉,孙莉,刘祚波.大型斜拉桥下横梁支架设计与施工[J].水运工程,2008(4):117-121.

作者简介:

刘维(1994—),男,汉族,湖北黄冈人,硕士,助理工程师,研究方向:桥梁结构设计。