

一座新型钢管砼斜拉桥的总体设计^{*}周磊¹, 武电坤²

(1. 贵州省质安交通工程监控检测中心有限责任公司, 贵州 贵阳 550000;

2. 中交第二公路勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430056)

摘要: 介绍了某市政公路桥梁的总体设计。为了满足使用性能和美观的需要, 该桥上部结构创新性地采用(97+62.5) m 钢管砼独塔斜拉桥, 主、边跨上部结构均为钢管砼组合梁; 主跨拉索采用单索面, 边跨拉索采用双索面; 索塔上部采用钢管砼结构, 下部采用花瓶式砼实心墩、桩基础; 两侧桥台为重力式桥台, 采用扩大基础。采用 MIDAS/Civil 程序对该桥进行结构分析, 结果显示桥梁结构强度、整体刚度满足规范要求。

关键词: 桥梁; 独塔斜拉桥; 钢管砼组合梁; 钢管砼塔柱; 总体设计

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)02-0136-05

1 总体布置

某市政公路桥梁设计采用(97+62.5) m 独塔钢管砼斜拉桥, 钢管砼组合主梁为国内首创。全桥长 176 m。其总体布置见图 1。

2 设计技术标准

(1) 荷载等级: 汽车荷载为城市-A 级, 人群荷

载为 3.5 kN/m²。

(2) 设计速度: 30 km/h。

(3) 设计车道数: 双向四车道。

(4) 桥面宽度: 2.5 m 人行道+10 m 车行道+0.5 m 护栏+3.5 m 拉索区+0.5 m 护栏+10 m 车行道+2.5 m 人行道, 总宽 29.5 m。

(5) 地震动峰值加速度: 地震动水平向峰值加速度为 0.05g, 对应地震基本烈度 6 度, 按 7 度设防。

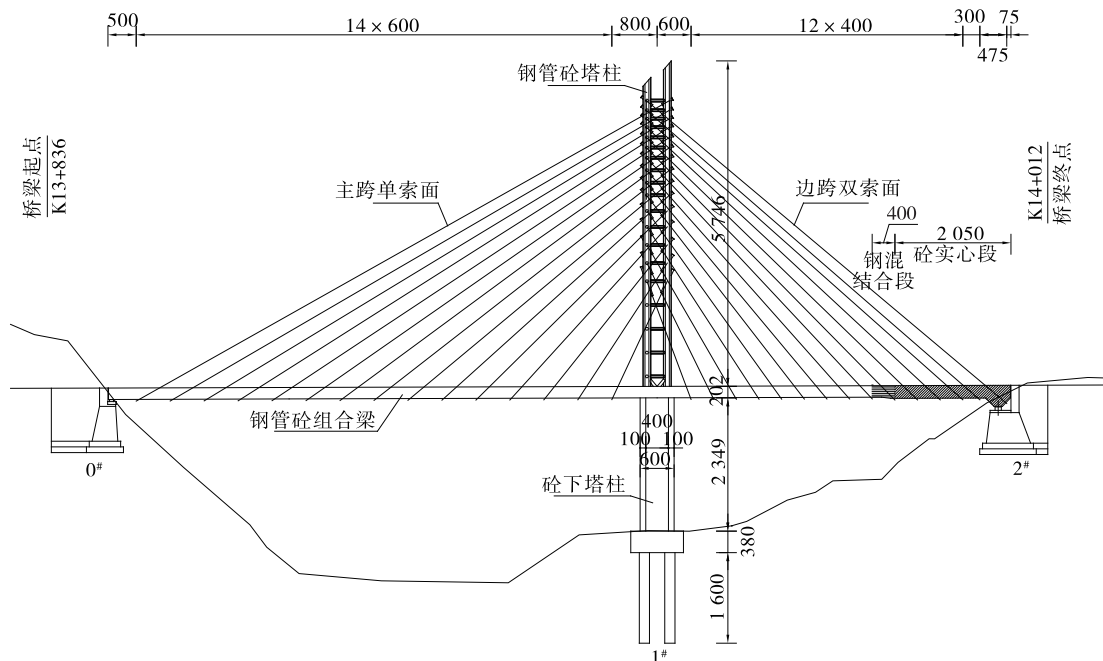


图 1 独塔钢管砼斜拉桥的总体布置(单位: cm)

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51278512; 51208538); 贵州省交通运输厅科技项目(2016-121-038; 2016-123-039; 2016-123-040)

3 各结构设计

3.1 主梁设计

桥面全宽 29.5 m, 布置为 2.5 m 人行道 + 10 m 车行道 + 0.5 m 护栏 + 3.5 m 拉索区 + 0.5 m 护栏 + 10 m 车行道 + 2.5 m 人行道, 并设置 1.5% 的双向纵坡。

主梁为钢管砼组合梁, 97 m 主跨段采用 1 根 $\phi 1\ 120 \times 18$ mm 钢管作为主纵梁、2 根 $\phi 800 \times 12$ mm 钢管作为边纵梁, 钢管内均灌注 C55 自密实微膨胀砼; 62.5 m 边跨段采用 2 根 $\phi 1\ 120 \times 18$ mm 钢管作为主纵梁、2 根 $\phi 800 \times 12$ mm 钢管作为边纵梁, 钢管内均灌注 C55 自密实微膨胀砼。

97 m 主跨段梁高 1.96 m, 每 3 m 设置一道钢横梁, 采用钢—混组合桥面板。桥面板底板采用 8 mm 厚钢板, 通过 PBL 剪力键结合高抗裂钢纤维砼, 砼厚度为 15 cm, 并在横梁顶面处设置 10 cm 加厚承托。镰刀湾侧桥台至索塔方向, K13+846—

936 段桥面板砼厚度为 15 cm, 经 1 m 渐变段, 桥面板砼厚度渐变为 50 cm。在塔墩梁固结处 (K13+939.5—946.5 段), 主梁为实心砼 (见图 2~4)。

62.5 m 边跨段, K13+946.5—981 段主梁仍然采用钢—混组合桥面板, 厚度为 50 cm, 每 4 m 设置一道钢横梁, 并在横梁顶面处设置 10 cm 加厚承托; K13+981—985 段为钢混结合段, 主梁形式由钢管砼组合梁渐变为砼实心段; K13+985—K14+005.5 段为砼实心压重段, 梁高 2 m, 在近桥台处 (K14+001—002.5 段) 梁高由 2 m 渐变为 3.5 m (见 5~7)。

梁体钢管砼浇筑按照分段、对称、平衡加载的工序进行施工, 每节段钢管砼浇筑后间隔一个龄期 (至少 5 d), 使砼强度达到设计标号 80% 以上时再开始下一节段钢管砼浇筑。砼灌注中采取可靠措施, 确保灌注质量和密实度。管内灌注的砼允许一定范围脱空, 但脱空砼断面脱空面积不得大于管内面积的 0.6%, 且脱空高度不得大于 5 mm。

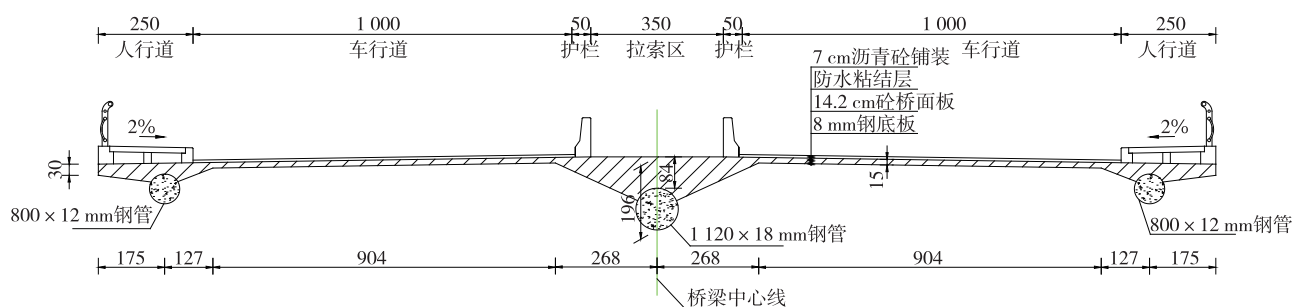


图 2 独塔钢管砼斜拉桥主跨一般断面图 (单位: cm)

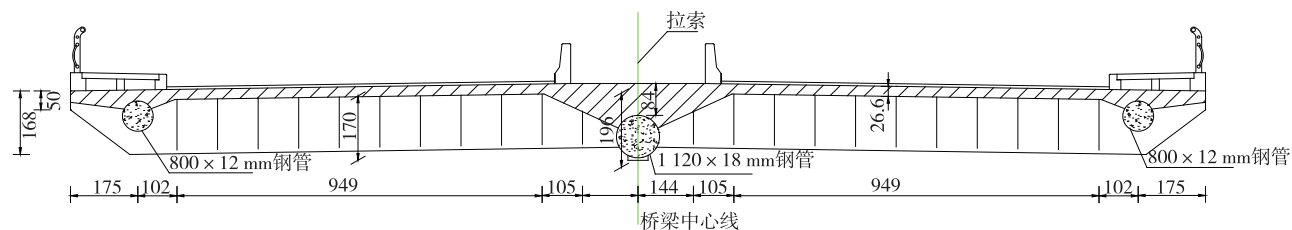


图 3 独塔钢管砼斜拉桥主跨横隔板处断面图 (单位: cm)

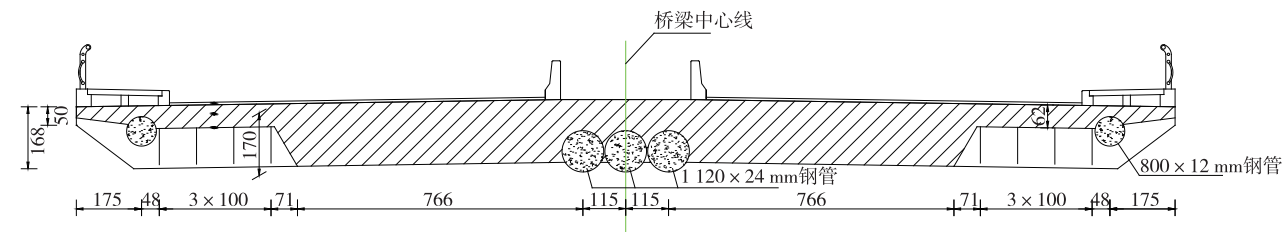


图 4 独塔钢管砼斜拉桥塔梁结合处断面图 (单位: cm)

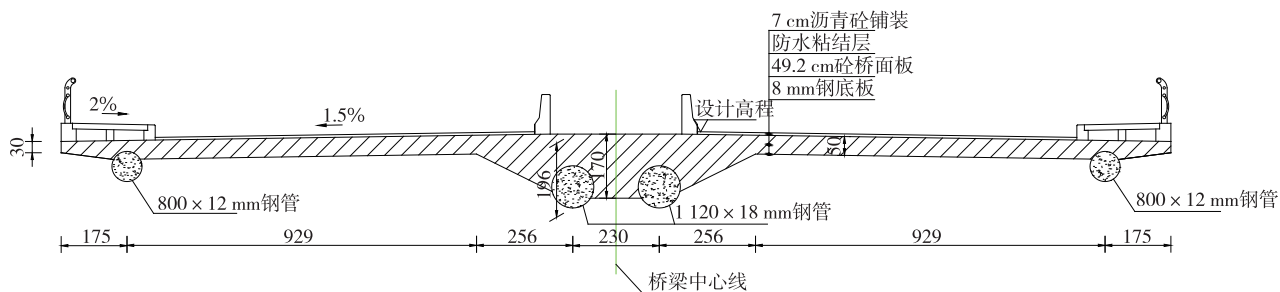


图5 独塔钢管砼斜拉桥边跨一般断面图(单位:cm)

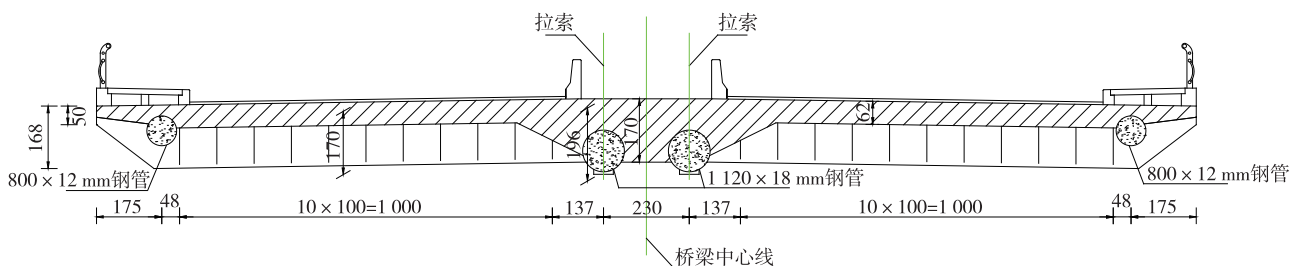


图6 独塔钢管砼斜拉桥边跨横隔板处断面图(单位:cm)

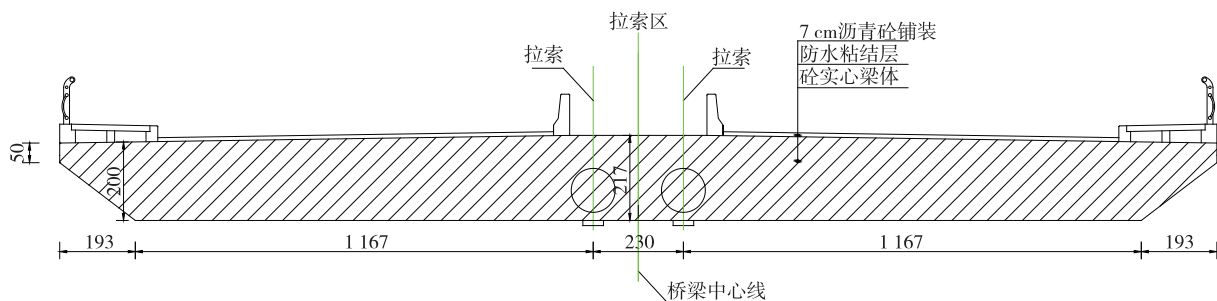


图7 独塔钢管砼斜拉桥边跨跨实心墩断面图(单位:cm)

3.2 索塔设计

上索塔为钢管砼结构,下索塔采用花瓶式砼实心墩(见图8、图9)。

上索塔高57.5 m,采用3根内灌C55微膨胀砼的 $\phi 1400 \times 20$ mm钢管,通过 $\phi 500 \times 10$ mm钢管(内灌C30微膨胀砼)连接组合为格构式桥塔。为满足索塔结构受力、结构物布置构造需要及造型美观的要求,3根钢管在平面上呈三角形布置,在立面上靠近边跨侧的1根钢管高出另2根钢管,使索塔错落有致,更为挺拔。

为满足结构纵横向受力需要,下索塔采用实心截面,横桥向宽14~16 m,纵桥向宽6 m,并在立面上呈现出花瓶样式,增强整个索塔的美感。

索塔和主梁节段预拼装工艺:1)采用至少3+1立面预拼装钢管节段;2)调整拼装节段精度,包括接头钢管错边量、接头几何尺寸、拼装节段直线度等

指标;3)各项指标满足要求后,采用码板和接头连接螺栓等临时构造固定连接接头,确保在焊接接头导向装置和定位装置过程中几何精度不发生变化;4)焊接接头所有构件和钢管节段内的所有焊缝;5)待焊缝冷却至常温后,解除连接螺栓、临时固定码板等构造,移至涂装车间涂装。

桥面板及横梁和索塔钢管间的各道横撑等构件均采用上述相同方法进行节段预拼装,确保现场安装精度。未按设计要求进行预拼装的节段严禁进入下道工序。

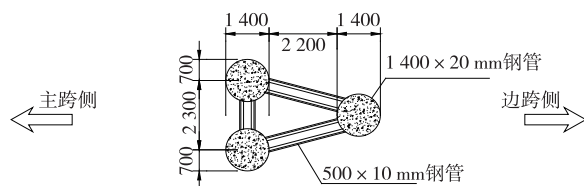


图8 索塔平面图(单位:cm)

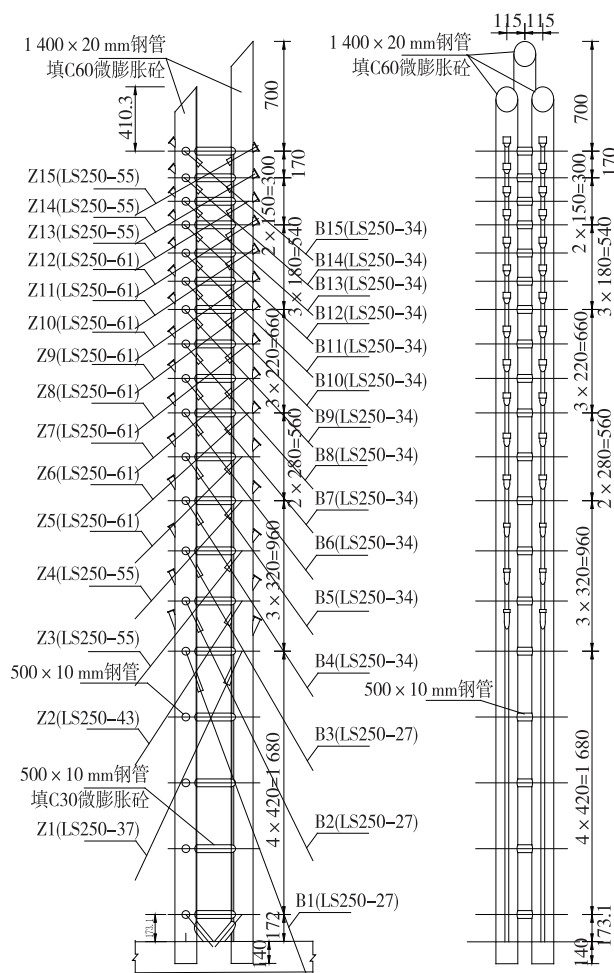


图9 索塔立面构造图(单位:cm)

3.3 斜拉索设计

采用 $\phi_{s15.24}$ 环氧喷涂钢绞线拉索。根据结构受力需要,主跨为单索面,共15根拉索,使用61、55、43、37型拉索;边跨为双索面,共15对拉索,使用34、27型拉索。斜拉索张拉端设在索塔上,锚固端设在梁体上。结合该斜拉桥独塔的特点,在斜拉桥施工张拉和换索时在索塔位置搭设支架。

斜拉索采用4层防护:第1层为环氧粉末全涂装;第2层为防腐油脂;第3层为单根钢绞线热挤PE防护;第4层为斜拉索整体外包哈弗管防护。其中第3、4层分离,哈弗管不受力,以延长其使用寿命。在索体与预埋件之间设置可调式减振装置,起到阻尼作用。安装减振装置时,要求内六边形与索体外形吻合,阻尼橡胶与预埋管完全贴合以达到减振效果。斜拉索采用外套高密度聚乙烯哈弗管防护(见图10)。

3.4 基础设计

索塔基础采用承台接群桩基础。承台尺寸为

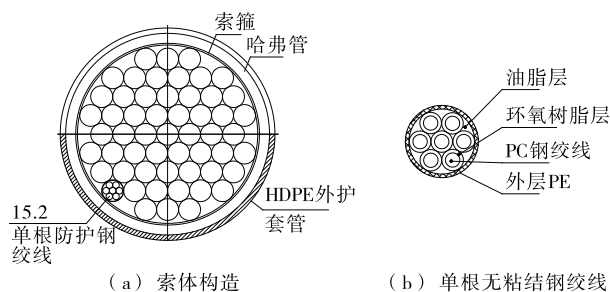


图10 斜拉索断面图(单位:cm)

($9.3 \times 22.1 \times 3.8$) m,下接8根 $\phi 1.8$ m桩基,承台底标高为587.475 m,采用C30砼浇筑。桩基为直径1.8 m嵌岩桩,顺桥向2排,每排4根,嵌入中风化白云岩内不小于3倍桩径且不小于设计桩长。桩基采用钻孔灌注桩、C35水下砼。

桥台为重力式桥台,台帽厚60 cm。桥台基础为扩大基础,基础嵌入中风化白云岩。台帽采用C30砼,台身及基础采用C20片石砼。

3.5 钢结构防腐设计

钢结构防腐设计的使用年限大于30年,免维修周期为15年。金属表面处理等级为Sa3,粗糙度为40~70 μm 。

索塔及梁体钢管、桥面底板、横梁外表面采用醇溶性无机富锌涂装的4层长效防腐方案,即醇溶性无机富锌漆(一道70 μm) + 环氧磷酸锌封闭漆(一道70 μm) + 环氧云铁(二道100 μm) + 丙烯酸聚氨酯面漆(二道100 μm ,工厂与工地各一道),干膜总厚度为340 μm 。面漆要求通过5 000 h加速老化试验,所有钢构件面漆颜色均为银白色。钢材进厂后对表面进行预处理,待加工、组拼、焊接成吊装段后再进行工厂涂装。

4 结构分析

采用MIDAS/Civil软件对桥梁结构进行内力、应力、变形分析。全桥计算模型见图11,其中桥墩、桥塔、主梁采用梁单元模拟,拉索采用只受拉桁架单

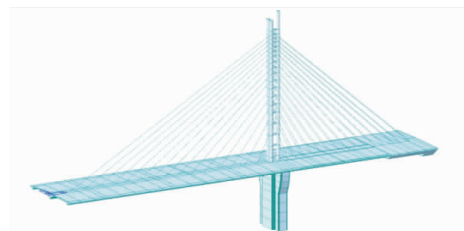


图11 全桥计算模型

元模拟。全桥共划分为 218 个单元、165 个节点。设计荷载按照公路—I 级,横向六车道折减。计算结果见图 12、图 13。同时进行成桥动力性能试验,结果见图 14。

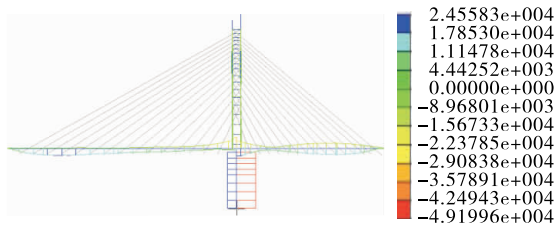
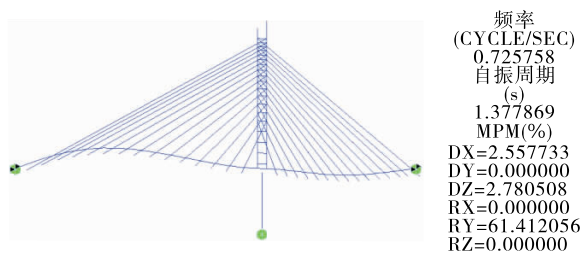
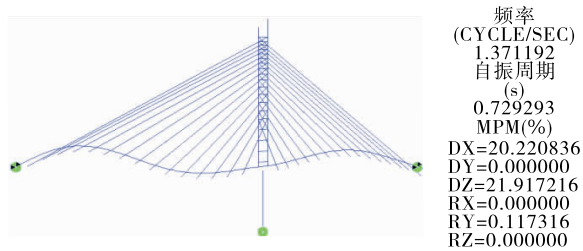


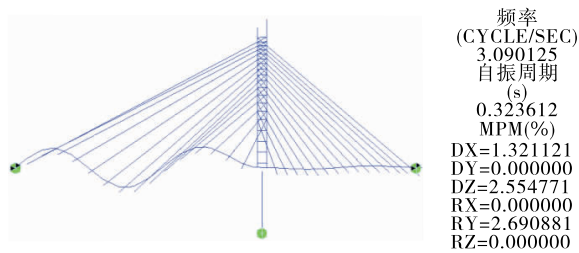
图 12 汽车荷载弯矩包络图(单位: $\text{kN} \cdot \text{m}$)



(a) 一阶($f_1=0.726 \text{ Hz}$)



(b) 二阶($f_2=1.371 \text{ Hz}$)



(c) 三阶($f_3=3.090 \text{ Hz}$)

图 13 竖向弯曲计算振型

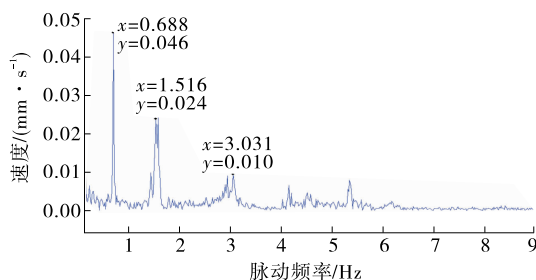


图 14 主跨活载最大正弯矩截面实测脉动频谱

5 结语

经过计算,该桥结构承载力满足设计要求;成桥动力性能试验结果表明其实测振型与计算值基本吻合。在满足交通功能的前提下,兼顾结构美观要求,该桥采用钢管砼塔柱+钢管砼组合主梁结构,以其合理的受力体系、经济的结构布局和方便的施工工艺呈现了桥梁力与美的结合。该桥已于 2016 年 3 月建成通车,是当地一座地标性建筑。

参考文献:

- [1] 李少波.利用钢管和混凝土构思几种桥梁结构[J].铁道勘测与设计,2000(3).
- [2] 陈平,李亮,陈念斯.大跨度钢管加劲梁斜拉桥的设计[J].世界桥梁,2003,31(1).
- [3] 陈晓冬,彭大文.钢管桁架的单塔斜拉桥结构分析研究[J].工程力学,2001(增刊).
- [4] 宋晓辉,徐飞萍,陈仁山,等.多跨斜拉桥双钢管—混凝土组合结构桥塔静力与抗震研究[J].世界桥梁,2013,41(1).
- [5] 王志贤.使用钢管主梁的斜拉桥的静力和空气动力研究[J].世界桥梁,2009,37(3).
- [6] 谢斌.138 m 公路、轻轨两用斜拉桥钢管组合针形塔设计研究[J].城市道桥与防洪,2010(9).
- [7] 刘文乐.斜拉桥钢管砼塔柱施工技术[J].铁道建设,2004(4).
- [8] 吴替,施大震,刘钊,等.淮北长山路斜拉桥设计与施工[A].中国铁道学会 2003 年中国交通土建工程学术暨建设成果交流会[C].2003.
- [9] 施大震.钢管混凝土独塔斜拉桥的设计与施工[D].成都:西南交通大学,2003.
- [10] 刘钊,施大震,吴替,等.一座钢管混凝土塔柱斜拉桥的结构设计特色[J].桥梁建设,2002(5).
- [11] 代向群,毛健.南海紫洞大桥钢管混凝土斜拉桥的设计[J].公路交通科技,2002,19(2).
- [12] 刘钊,吴京,吕志涛.钢管混凝土塔柱斜拉桥的动力特性和地震响应[J].桥梁建设,2001(5).
- [13] 陈猛.后湖斜拉桥钢管混凝土塔柱受力性能分析[D].武汉:武汉理工大学,2008.
- [14] 谢建雄.大尺寸双肢圆端型钢管混凝土斜拉桥设计与施工关键技术研究[D].武汉:武汉理工大学,2011.
- [15] 徐义军,杨胜,邓娟.大跨径中承式钢管砼拱桥设计[J].公路与汽运,2014(3).
- [16] 李国普,李斐然.大跨度连续下承式钢箱拱桥设计[J].世界桥梁,2016,44(2).

收稿日期:2016-11-07