

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.11.020

# 东湾大道沙涌桥设计构思

李学松

(东莞滨海湾新区工程建设中心, 广东 东莞 523120)

**摘要:** 以东莞滨海湾新区沙涌桥建设工程为背景, 介绍滨海地区一种双肢异型钢箱系杆蝴蝶拱桥的设计构思。简要介绍本桥建设的相关边界条件后, 阐述该桥的设计构思。从桥型布置、主拱、吊杆及主梁等方面进行方案研究, 并对全桥进行初步的静力分析, 同时展开刚性吊杆抗风的初步研究。

**关键词:** 刚性吊杆; 蝴蝶拱; 系杆拱; 钢结构; 方案研究

**中图分类号:** U442.5

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)11-0080-04

## 0 引言

随着社会经济的快速发展, 各地对桥梁结构的美学要求越来越高, 景观桥梁的建造越来越多, 特别是各地规划的新区建设, 都要求桥梁能够成为该区域内的景观亮点。

拱桥作为一种历史悠久的建筑形式, 具有造型优美、曲线圆润、富有动态感等特点, 且跨径布置灵活, 是城市景观桥梁中的首选。对于中承式及下承式拱桥需设置吊杆, 常规的公路拱桥中一般采用柔性吊杆, 但是在城市景观桥梁中, 为满足景观方面的需求, 采用刚性吊杆以体现桥梁的造型美<sup>[1-2]</sup>。

## 1 工程背景

### 1.1 建设条件

桥址位于珠江入海口附近的冲击平原上, 跨越的河道规划河顶宽度 92 m, 河底宽 50 m, 涌底标高 -2.0 m, 河涌断面如图 1 所示, 该河涌作为区域内的中央水系, 将打造沿河的景观绿化带。

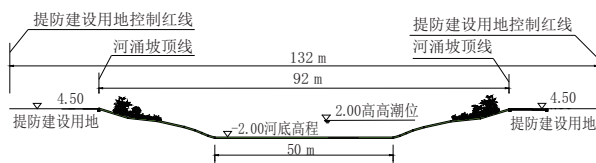


图 1 河道规划断面

道路红线宽度 60 m, 中分带 12 m, 中分带下布设有 5 舱室综合管廊, 管廊结构宽度 12 m。

地勘揭示: 地表覆盖层为第四系地层, 下伏基岩

收稿日期: 2023-07-09

作者简介: 李学松(1977—), 男, 学士, 高级工程师, 主要从事工程管理工作。

为奥陶纪早奥陶世花岗岩, 持力层为中风化岩带, 单轴饱和抗压强度为 11~25 MPa。

### 1.2 技术标准

- (1) 道路等级: 城市主干道。
- (2) 设计荷载: 城—A 级, 人群荷载按规范取值<sup>[3]</sup>。
- (3) 设计车速:  $V=60$  km/h。
- (4) 设计水位: 按  $P=1\%$  潮水位 3.46 m 控制。
- (5) 抗震设计标准: 地震基本烈度为 7 度, 地震动峰值加速度为  $0.1g$ 。
- (6) 设计风速: 设计基本风速  $V_{10}=32.2$  m/s。
- (7) 耐久性设计环境类别: III 类<sup>[4]</sup>。

## 2 设计构思

本项目桥梁周边在建的桥梁均进行了景观重点打造, 甚至有作为区域标志性建筑的桥梁。为了既能有效融合周边文化景观, 又能突出本桥梁特色, 本桥以草编为设计语言, 以张开的双翅为设计意象。两片拱横跨水面, 向两侧舒展, 表达了建设地区积极进取、飞向未来的城市精神。

规划河道总宽 92 m, 河道两侧规划有绿道, 堤顶路与本道路平交, 为保证沿河慢行系统的连贯, 结合总体景观方案, 桥梁采用 3 跨结构。主跨跨越主要水域, 两边跨作为慢行系统穿越通道, 主拱支撑于两个桥墩上, 装饰拱延伸跨过边跨, 支撑于桥台上。

### 2.1 横断面布置

道路中分带宽度 12 m, 下面布置有 5 舱室综合管廊, 此范围内不能布置桥梁基础, 因此桥梁采用分幅布置, 单幅只能在外侧设置单片拱, 全桥设两片拱, 两幅桥之间采用横梁连接。桥面横向布置为: 6 m(人

非混合道)+0~6 m(镂空区)+3 m(拱区)+0.5 m(防撞护栏)+16.25 m(机动车道)+0.5 m(防撞护栏)+9.5 m(中分带)+0.5 m(防撞护栏)+16.25 m(机动车道)+0.5 m(防撞护栏)+3 m(拱区)+0~6 m(镂空区)+6 m(人非混合道)=62~74 m。

### 2.2 矢跨比选择

矢跨比  $f/L$  是描述拱桥特性的一个重要参数,它不但影响主拱内力,也关系到拱桥的建筑造型。根据经验,拱桥矢跨比一般为  $f/L=1/4 \sim 1/6$ 。

本桥主拱拱轴线间跨度 85 m,含装饰拱总跨径 110 m,主拱拱轴线采用二次抛物线。下面分别取矢跨比  $f/L$  为 1/4、1/5、1/6 进行比选,不同矢跨比对应的矢高见表 1。

表 1 不同矢跨比对应拱肋矢高

| 拱肋类型 | 跨径 /m | 矢高 /m     |           |           |
|------|-------|-----------|-----------|-----------|
|      |       | $f/L=1/4$ | $f/L=1/5$ | $f/L=1/6$ |
| 主拱   | 85    | 21.25     | 17        | 14.2      |
| 装饰拱  | 108   | 27        | 21.6      | 18.0      |

主拱为受力结构,其矢跨比大小将影响拱肋的稳定性、拱脚轴力以及拱肋水平推力等。对于本桥,根据计算对比,由于跨径相对较小,矢跨比变化带来的影响不是太大,因此主要结合景观要求来进行对比。从表 1 可见,当主拱采用 1/5 矢高时,对装饰拱矢跨比为 1/6.35,已小于 1/6,且本桥拱肋整体外倾  $20^\circ$ ,立面投影矢高 15.97 m,此时视觉感受拱肋更平坦舒展,因此本桥推荐矢跨比  $f/L=1/5$ 。

### 2.3 吊杆间距比选

吊杆疏密程度对拱桥的景观效果有很大影响。主梁的结构形式、线集度以及施工方法等是影响吊杆间距的主要因素。结合主梁结构形式以及制作运

输的需求,本项目对吊杆间距分别为 4 m、6 m、8 m 的立面效果进行对比。

本桥采用整幅布置,桥面宽,吊杆间距不宜过大。吊杆间距的选择应考虑到横梁的布置。本桥采用刚性吊杆,吊杆尺寸相对较大,若吊杆间距太小,吊杆根数较多,视觉通透性不好,且不经济。综合上述分析,本桥吊杆布置间距采用 6 m,相邻吊杆之间设一道空腹式横隔板,间距 3 m。

## 3 方案研究

### 3.1 桥型布置

全桥跨径组合为(9+88+9)m,主跨 88 m 采用双肢异型钢箱系杆蝴蝶拱桥方案。两片主拱采用六边形钢箱结构,拱肋横向外倾,倾角  $20^\circ$ ,矢跨比为 1/5。主梁为钢箱梁,梁高 2.5~3.0 m,中横梁为工字钢梁,主梁与横梁之间采用焊接。车行道采用钢桥面板,10 cm C50 混凝土+10 cm 沥青铺装。混凝土铺装和钢梁之间通过焊钉连接。人行道采用钢桥面板,吊杆采用 H 型钢吊杆。主桥为单跨简支结构,拱梁固结,墩顶设球形抗震支座。边跨采用预制空心板结构,梁高 65 cm。桥型立面及横断面如图 2、图 3 所示。

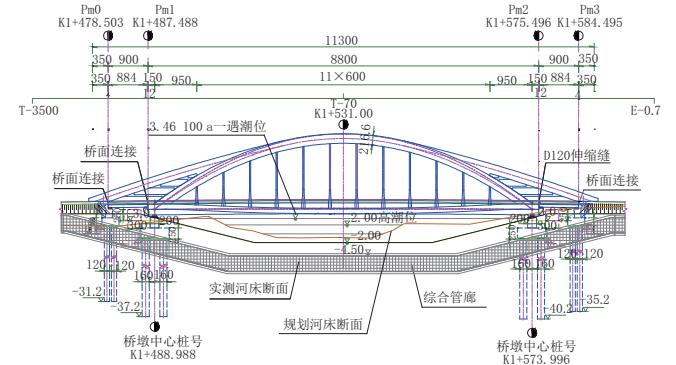


图 2 桥型立面图(单位:cm)

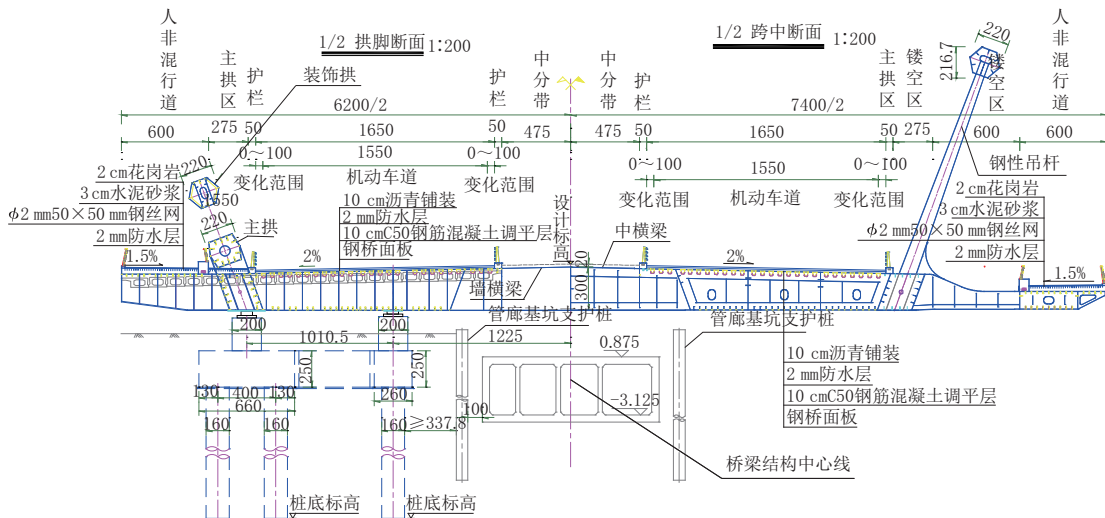


图 3 桥梁横断面布置(单位:cm)

### 3.2 主梁

主梁采用全钢结构,通过在两幅钢箱梁之间设置工字型横梁,组合成纵横梁体系。主梁单幅采用整体式单箱多室结构,共分为四个箱室,其中系梁为一个独立小箱室,箱室宽度约2.3 m,其余箱室宽度约5.0 m,主梁结构中心线处梁高3.0 m,梁面设2%的双向横坡,梁底水平。

主梁两侧人行道以挑臂形式与主梁连接,挑臂长度6~12 m,人行道位于挑臂外侧,宽度6 m,剩余部分非横梁位置镂空。

### 3.3 主拱

主拱肋线型为二次抛物线,拱平面相对道路外倾20°。如图4所示,主拱肋采用正六边形钢箱截面,对角线截面宽度2.2 m,拱脚处渐变为矩形截面,宽度2.2 m,高度与正六边形同高。拱肋顶、底板及腹板均设置纵向加劲肋。主拱拱段间隔1.5~2.0 m设置一道隔板。

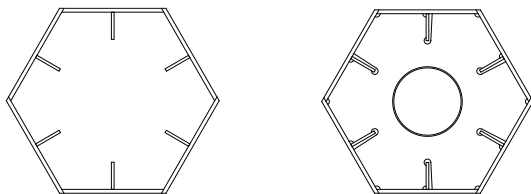


图4 拱肋标准横断面

### 3.4 装饰拱

装饰拱拱肋采用正六边形钢箱梁截面,对角线截面宽度2.2 m。拱肋顶、底板及腹板均设置纵向加劲肋。装饰拱拱段间隔1.5~2.0 m设置一道隔板。

主拱拱肋局部外包装饰,与装饰拱相连,外包装饰采用薄钢板焊接而成,拱肋装饰与拱肋工厂一起节段制作,现场拼装焊接连接。

### 3.5 吊杆

吊杆为工字型骨架,在骨架外包覆装饰板,形成六边形截面以达到景观效果,吊杆截面高度60~120 cm,线性变化。靠近拱肋及梁体的一部分吊杆分别与拱肋、梁体节段在工厂制作,其余段落采用现场安装,吊杆对接安装采用焊接连接方式。

### 3.6 主墩基础

主桥的桥墩采用柱式墩,尺寸为2.0×2.0 m。墩柱采用C45混凝土。

外侧拱脚下部4个桥墩承台为矩形钢筋混凝土结构,边长6.6×6.6 m,厚度2.5 m;内侧钢梁下部4个桥墩承台为矩形钢筋混凝土结构,边长6.6×2.6 m,厚度2.5 m,承台采用C35混凝土。承台混凝土属大

体积混凝土,施工时需采取可靠的散热措施来保证浇筑混凝土的质量。

外侧拱脚下部4个桥墩采用4根直径1.6 m的钻孔灌注桩基础,内侧钢梁下部的4个桥墩采用2根直径1.6 m的钻孔灌注桩基础,桩基均为钢筋混凝土结构,采用C35水下混凝土。根据地质资料显示,本工程桩基均按照嵌岩桩设计,桩基持力层设在中风化花岗岩。

### 3.7 施工方法

主桥施工方法步骤如图5所示。

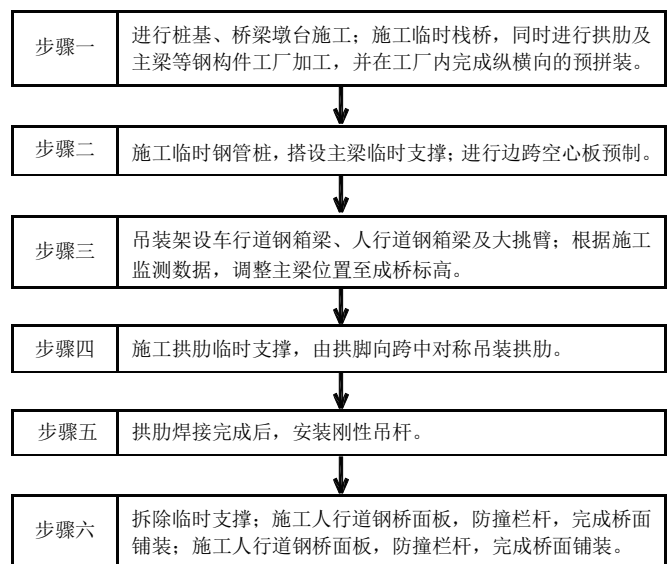


图5 主桥施工步骤

## 4 静力分析

采用Midas/Civil 2020软件建立本桥的三维模型,拱肋、主梁及吊杆均采用梁单元,模型如图6所示。



图6 MIDAS模型图

### 4.1 拱肋

荷载基本组合效应作用下,拱肋没有出现拉应力,全部处于受压状态,最大压应力159.7 MPa,最小压应力46.0 MPa。

### 4.2 主梁

荷载基本组合效应作用下,主梁最大压应力164.6 MPa,最大拉压应力200.4 MPa。最大应力处为端横梁人行道挑臂根部,该位置无车轮作用,行道面板有车轮作用的位置最大压应力为72.9 MPa。

### 4.3 刚性吊杆

荷载基本组合效应作用下,刚性吊杆最大压应力 80.6 MPa,最大拉压应力 181.5 MPa。

### 4.4 竖向位移

人群及车辆荷载共同作用下拱肋最大竖向位移为 13 mm,主梁最大竖向位移为 20 mm,人行道挑臂的最大竖向位移为 29.3 mm。

### 4.5 结构屈曲模态

在恒载和活载作用下,模态一屈曲形式为钢拱的对称失稳,临界荷载系数为 11.33,满足要求,如图 7 所示。

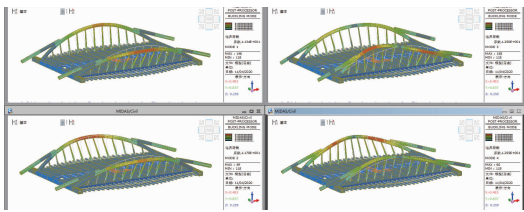


图 7 恒载 + 活载作用下拱的屈曲

## 5 动力特性分析

桥梁结构的动力特性主要包括自振频率和主振型,反映了结构的刚度指标,对于正确进行桥梁抗震设计具有重要意义。计算模型边界条件采用模拟支座刚度的弹性支承,采用子空间迭代法计算前 20 阶振型,表 2 仅列出前 5 阶主要振型。

## 6 刚性吊杆抗风性能

刚性吊杆由于结构简单、刚度大,有助于拱承受面外屈曲,但细长构件,空气动力性能不佳,容易产

表 2 动力特性计算表

| 振型序号 | 频率/(cycle·s <sup>-1</sup> ) | 周期/s  | 振型描述     |
|------|-----------------------------|-------|----------|
| 1    | 2.049 253                   | 0.488 | 主梁竖弯     |
| 2    | 2.392 914                   | 0.418 | 人行道竖弯    |
| 3    | 2.505 425                   | 0.400 | 人行道反对称竖弯 |
| 4    | 2.540 344                   | 0.394 | 人行道扭转    |

生风致振动,因此本项目重点关注刚性吊杆的抗风性能,并开展了吊杆抗风性能的专题研究。

风洞实验取跨中最长吊杆进行模拟实验,吊杆实际长度 17 m,模型缩尺比为 1:12,实验过程中未发现弛振、颤振等不利风致振动;在 150°风偏角下跨中位移达到最大值,为 0.01 m,满足规范中吊杆风致振动最大振幅限值的要求。

## 7 结论

在体现拱桥跨径布置灵活的前提下,结合主拱及装饰拱设计,构思了一座三跨刚性吊杆系杆拱桥,满足了规划关于河道两侧慢行系统连续的要求。同时,对刚性吊杆的抗风性能展开研究。目前该桥已交付运营,状态良好,其设计构思对今后类似工程具有参考意义。

### 参考文献:

[1] 周绪红,刘永健.钢桥[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.  
 [2] 赵廷衡.桥梁钢结构细节设计[M].成都:西南交通大学出版社,2011.  
 [3] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].  
 [4] JTG/T 3310—2019,公路工程混凝土结构耐久性设计规范[S].

# 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: [cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)