

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.04.034

五跨中承式双飘带外张拱桥设计

田芮竹

(辽宁工程技术大学土木工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 本桥设计位于某城市,将定位为城市入口处的标志性建筑物,同时又是城市道路或公路的重要组成部分,对加强城市与外部联系、促进城市发展具有重要作用。创新提出五跨中承式双飘带外张拱桥桥型,造型上采用了“双飘带”设计,并将仿生理念引入桥梁之中,使设计更加具有生命特征。本桥设计力求满足功能性、使用性的要求,并充分考虑建筑和景观的因素,使其成为城市入口处的标志性建筑物。

关键词: 拱桥;五跨中承式;飘带;结构设计;标志性建筑物

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)04-0127-04

0 引言

拱桥为桥梁的基本体系之一,建筑历史悠久,形式优美,为跨河桥梁选型中最具竞争力的桥型之一。古有跨越千年的赵州桥,今有长虹卧波卢浦大桥,无一不是桥型造型设计中的经典。

只有来自大自然的创作灵感创建的建筑才能融入大自然。桥梁设计也力图源于自然,做到建筑与环境和谐共存,对自然的启迪融入现代的工艺,使它能够更好地融入城市文化中。

基于景观协调性与生态理念,试图用结构语汇或者说用桥梁的姿态表现发展的方向——“展翼高飞”,构建相互呼应的桥梁体系,使其具有超越时间和文化的品质,特别是桥梁和环境与文化的共鸣。

设计的目标是为当地城市设计一座标志性的桥梁构筑物,将桥梁美学融入桥梁设计。

1 桥型构思

(1)与生态水境共生的桥梁。处理好与河道的关系是设计的重点和出发点。桥梁由东向西一跨跃过江河,到达其城市。

(2)一个方向性很强的标志性造型。桥梁位于某城市,在其城市入口处塑造一个标志性构筑物,对加强城市与外部联系、促进城市发展具有重要作用。既表达出清晰的方向性,处在桥面上时,又可以体会到桥梁中轴的向心力。两道拱肋相互呼应,是将城市化作“展翼高飞”的飞鸟。

(3)五跨中承式外张设计。采用五跨连续中承式拱桥结构,从江面远望,拱和梁与江面相互辉映。拱肋的中拱脚与边纵梁支承柱固结并支撑于高墩上,使桥梁中央部位视野开阔。同时,拱形的变化与远山起伏的轮廓线相映成趣,引导人们进入美妙的空间,感受融入自然环境的喜悦。

桥梁的外形宛若展翅飞过江河、飞向城市的燕鸟。构思趋向于将建筑结构融入自然生态之中,利用结构构件的尺度诠释自然暗含的力量,寓意着其城市的“蓄势”“腾飞”(见图1)。



图1 鸟瞰视角效果

外张对称设计的两条拱肋相互呼应,表现其城市发展的意愿、融合和决心(见图2、图3)。



图2 行车视角效果

收稿日期: 2022-06-25

作者简介: 田芮竹(2000—),男,本科在读,专业为道路与桥梁工程。

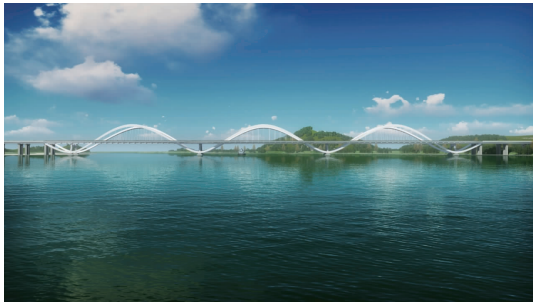


图3 行船视角效果

2 设计理念

2.1 赋予结构以生命

2.1.1 追求生态的曲线美感

桥梁采用仿生设计,表达了城市发展的趋势,更是具有地标性的建筑,要能够代表这座城市,非常容易被识别出来。对它周围的自然环境进行细致考究,跨式的造型结构运用到设计中,象征城市的飞速发展。以V字形结构为主题的两侧拉索有着相当的动感,能够让车外的景色看起来更加活跃。

2.1.2 形与意的结合

在设计中,形意结合的方法得到了很好的表现。仿佛鸟在空中飞翔的设计预示着桥梁业的飞速发展,是一种模仿形式的仿生设计。形体构造也表现出了丰富的内涵,能让观赏者浮想联翩。同时,还体现了设计中的适度原则。

2.2 绿色桥梁设计

(1)为了响应绿色发展的主题,坚持环境保护和资源利用并举。

(2)以技术为主导,推进技术创新。

(3)满足功能性前提下,合理确定桥梁建设规模。

(4)努力推进桥梁全生命周期设计。

2.3 跨江桥梁方案的景观设计创新

2.3.1 设计难点

在常规拱桥的基础上进行大胆创新,除满足功能性需求以外,还要具备突出的景观性,能体现当代拱桥的新技术,兼顾了新材料、新工艺的应用。空间结构的拱是设计、施工的重点、难点,设计中抗震、抗风设计尤为关键。通过建立空间模型、结构分析、信息模型,实现贯通设计、施工和运维全过程的通用理念。

2.3.2 创新性构思

摒弃传统意义的中承式拱桥结构造型,将桥梁拱肋采用空间扭转设计、流线线型,弱化拱肋厚度,桥梁造型力求轻盈通透。拱肋形似随风起舞的飘带,

以流线动感体现出当地城市追求现代、时尚的整体气息,展现出鲜明的标志性和独特艺术性。

2.3.3 技术实现

拱肋施工为本工程的重点和难点。为保证拱肋安装工作的顺利进行,须在拱肋正下方搭建支架,采用八三墩作为钢拱肋安装的支架体系。

3 拟采用技术指标

(1)道路等级:城市主干路。

(2)设计车速:60 km/h。

(3)桥涵结构设计基准期:100 a。

(4)桥涵结构设计安全等级:一级,桥梁结构重要性系数1.1。

(5)荷载标准。桥梁车辆设计荷载:城-A级。人群、非机动车荷载:整体计算为 3.5 kN/m^2 。

(6)河道标准:四级航道,按照三级航道控制设计,通航净宽不小于110.0 m,通航净高不小于10 m。

(7)抗震设防标准。桥梁工程区域的场地抗震设防烈度为6度,设计基本地震加速度值为 $0.05g$ 。

4 桥梁设计

4.1 桥梁结构设计

4.1.1 桥位设计

根据规划线位的要求,跨江大桥道路设计中心线与河道中心线夹角约为 90° ,桥位处河道上口水面面宽约600 m。从结构、水利过水断面及通航安全的角度考虑,主桥采用多跨过江的设计,以利于解决船舶航行及桥梁自身安全的问题,同时为桥下河滨亲水平台提供了足够空间。

4.1.2 孔跨布置

现状为四级航道,按照三级航道(通航内河1000 t级船舶)控制设计,即河道通航净空大于10 m,净宽大于110 m。

由于主桥桥型采用新颖、独特创新的飘带拱钢拱桥,考虑到通航孔净宽要求,主桥主跨拟定160 m,主跨两侧根据结构及景观的需要增设一定长度的配跨。为保证主引桥视觉的连续性,主桥两侧引桥均采用30 m跨径,以统一梁高,达到较佳的视觉效果。跨江大桥主桥孔跨布置为 $(30+160+160+160+30) \text{ m}$ 五跨连续中承式拱桥。

4.1.3 桥梁横断面设计

主桥标准横断面(见图4)布置为:2.25 m(人行道)+3.5 m(非机动车道)+0.5 m(防撞护栏)+12.5 m

(车行道)+0.5 m(防撞护栏)+12.5 m(车行道)+0.5 m(防撞护栏)+3.5 m(非机动车道)+2.25 m(人行道),在外侧防撞护栏和非机动车道之间设置渐变段镂空带,全宽为 38~58 m。

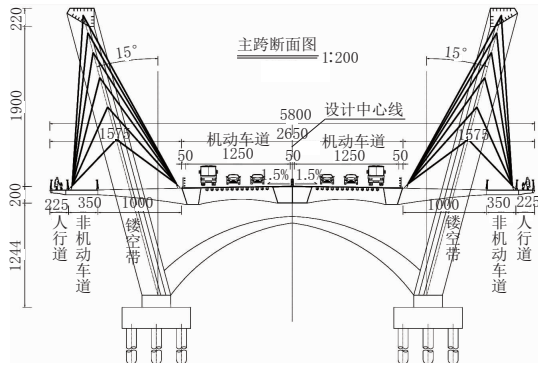


图4 主桥断面(单位:cm)

4.1.4 主桥总体布置

主桥桥型为新颖、独特创新的异型钢拱桥,结构形式为五跨中承式拱桥体系,跨径布置为 30 m+160 m+160 m+160 m+30 m,矢跨比 1:5,主桥全长为 540 m。主桥立面图和平面图见图 5、图 6。

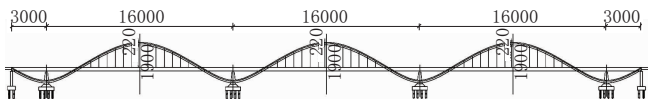


图5 主桥立面图(单位:cm)

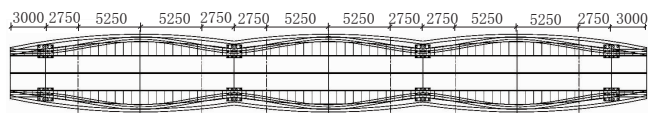


图6 主桥平面图(单位:cm)

4.1.5 主桥拱肋及上部结构

a. 拱结构

拱肋采用箱型截面(见图 7),截面形状为五边形,顶部宽 2.9 m,底部宽 0.7 m,高 2.2 m。

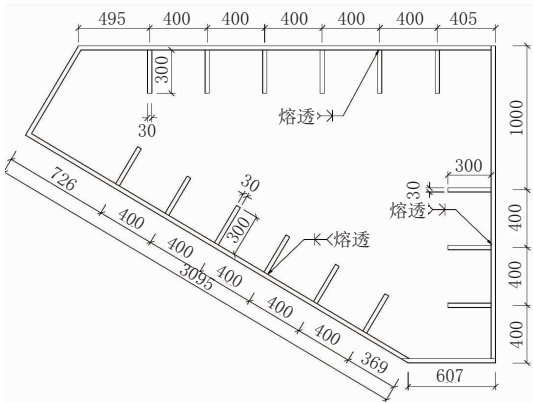


图7 中拱截面(单位:mm)

b. 桥面系

桥面系采用纵横梁体系,全桥设 3 根主纵梁(见图 8),位于中桥中心线位置及两侧。截面形式为箱型,中间纵梁宽 4.8 m,高 2 m;边纵梁(见图 9)宽

2.4 m,高 2 m。

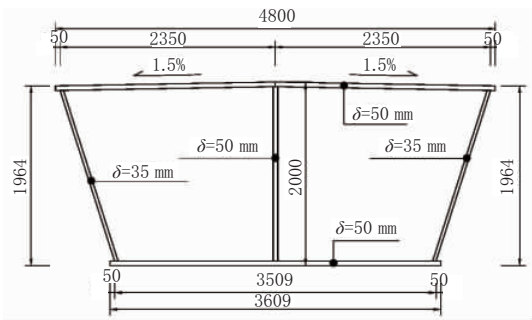


图8 主纵梁(单位:mm)

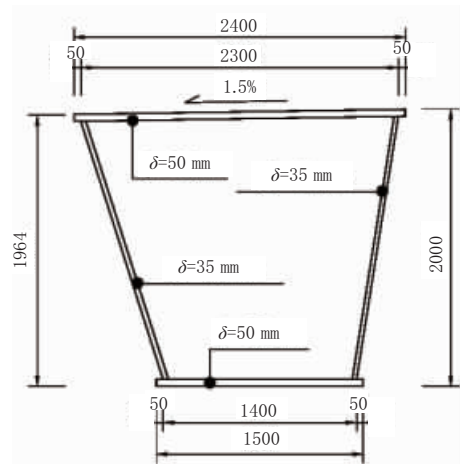


图9 边纵梁(单位:mm)

横梁顺桥向间距为 3.5 m,车行道下横梁采用箱型截面,截面高度从桥中间向两侧变化,桥中间位置高 2 m,桥边位置高 1.2 m,人行道下横梁为工字型截面,高度为 1.2 m。

c. 吊杆

吊杆采用平行钢丝束,共 13 组,每组 4 根。

4.1.6 主桥下部结构

主桥拱肋钢箱截面均要伸入主墩承台进行固接,并对纵拱底部采用实体钢筋混凝土柱脚进行外包,其构造处理较为复杂,承台下设 1.5 m 钻孔灌注桩基础。

4.1.7 桥梁附属工程设计

主桥桥面采用 3.5 cm 高弹高黏聚合物改性沥青混凝土+3.5 cm ECO 改性聚氨酯混凝土桥面铺装结构。

4.2 照明设计

选用截光型高压钠灯具。路面平均照度大于 20 lx,照度均匀度大于 0.5。

4.3 主要材料及性能

4.3.1 钢材

桥梁结构钢板材均采用 Q355qD。其中,板厚超过 30 mm(包括 30 mm),应需满足厚度方向钢板性

能级别 Z25 指标。型钢均采用 Q235。

4.3.2 混凝土

混凝土箱梁采用 C50 混凝土,桥墩采用 C30 混凝土。承台及钻孔灌注桩均采用 C30 混凝土。

4.3.3 平行钢丝束吊杆

采用镀锌钢丝,公称直径 5 cm,钢绞线公称面积 19.63 cm²,标准抗拉强度 1 670 MPa。

5 主桥结构分析

5.1 计算模型

主要计算应用三维有限元模型建立静、动力计算模型。模型中拱肋、桥面系、斜撑均离散为空间梁单元,吊杆离散为桁架单元。其中,拱肋采用单梁式力学模型,桥面系采用梁格模型。

5.2 计算荷载

5.2.1 恒载

结构自重:钢材容重取 78.5 kN/m³。

桥面铺装:沥青混凝土容重取 24 kN/m³。

防撞护栏:10 kN/m。

5.2.2 活载

汽车荷载:城-A级,结构冲击系数、制动等按《公路桥涵设计通用规范》^[1]进行计算。

人群荷载:3.5 kN/m²。

5.2.3 温度荷载

体系温差:体系升温 26℃,体系降温 29℃。

主梁、拱肋及拉索温度梯度加载模式见图 10。

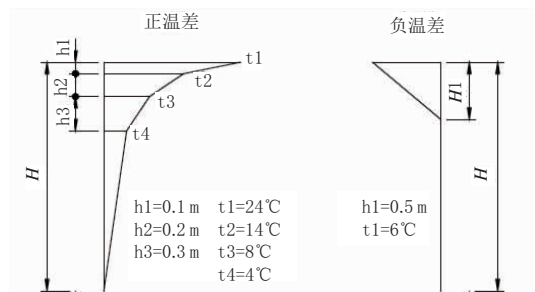


图 10 温度梯度

5.2.4 支座不均匀沉降

中墩 2 cm,边墩 1 cm。

5.2.5 风荷载

按照《公路桥梁抗风设计规范》(JTG/T 3360-01-2018)^[2]规定计算。

5.3 静力分析

(1)支座反力见图 11。

(2)应力见图 12、图 13。

最大应力:152 MPa,满足规范^[3]要求。

(3)汽车荷载作用下挠度见图 14。

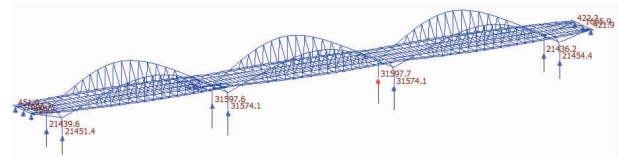


图 11 成桥状态下支座反力(单位:kN)

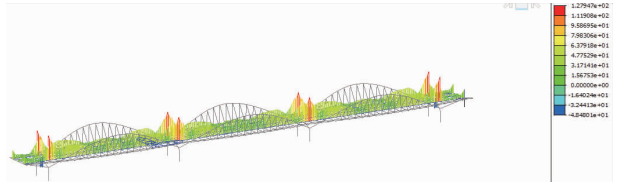


图 12 成桥状态下主梁最大应力(单位:MPa)

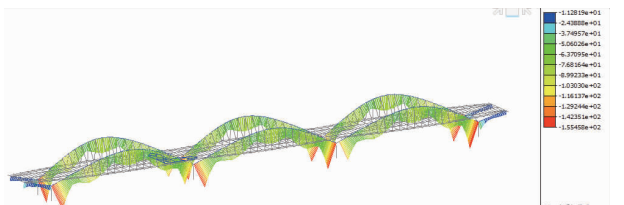


图 13 成桥状态下拱肋最大应力(单位:MPa)

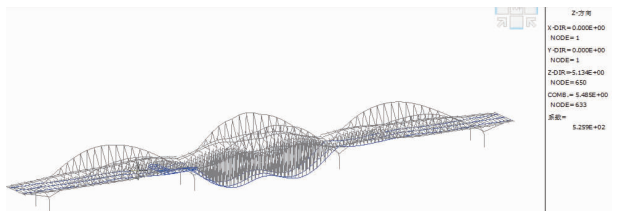


图 14 汽车荷载作用下主梁挠度(单位:cm)

汽车荷载作用下主梁最大挠度为 5.1 cm,满足规范^[4]要求。

5.4 动力特性分析

图 15 至图 17 分别显示了前 3 阶典型振型。



图 15 第 1 阶振型

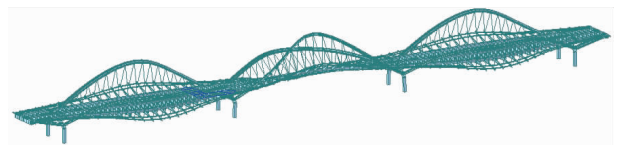


图 16 第 2 阶振型



图 17 第 3 阶振型

6 结语

桥梁作为城市中的重要组成部分,必将承载着一定的城市理念与文化,桥梁的形象很大一部分传达了城市的形象。跨江大桥必将引领起城市设计导

(下转第 134 页)