

# 西宁市火烧沟碧山大桥总体设计

范佐银, 陈金义, 廖伟华, 郑 钊

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:** 西宁市火烧沟碧山大桥是连接海鲁路与海鲁路东侧支线的重要节点工程, 位于碧山公园东侧, 跨径布置为(40+60+40)m, 上部结构采用了空腹式拱形连续钢箱梁结构, 造型由多个拱形构件组成, 形成多层次结构, 造型优美、曲线圆润、富有动感, 与周边景观及场地适应性较好。施工方法上采用了工厂智能加工和装配式快速建造方法, 提高了施工进度, 有效减少了施工过程对场地薄弱生态环境的破坏, 设计方案在现代城市景观桥梁中具有较大的参考应用空间。

**关键词:** 空腹式拱形连续梁; 桥梁设计; 景观桥梁; 钢结构

**中图分类号:** U448.15

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)10-0076-03

## 1 工程概况

西宁市火烧沟碧山大桥的桥位地貌为黄土高原丘陵沟壑区第四副区的黄土沟谷地貌和高山地貌。流域内除部分地区有第三纪红土侵蚀地貌外, 均为黄土丘陵沟壑区发育后期地貌, 主要由山梁、坡地与沟谷单元组成。

具体的场地建设条件特点如下:

(1)地质条件差, 桥址区地质以杂填土、黄土状土与泥岩为主, 杂填土层较厚, 地基承载力差;

(2)地震烈度高, 桥址区设防烈度为Ⅶ度, 基本地震动峰值加速度为 0.125g;

(3)环保要求高, 昔日受到恶劣自然条件和过度人工干预的影响, 火烧沟区域存在水土流失、植被衰退现象, 在此类生态环境薄弱的区域建设工程项目, 对生态植被的保护尤为重要;

(4)沟谷较深, 桥位处火烧沟沟口顶距沟底垂直最大深度约 30 m。

## 2 总体设计

设计时首先考虑桥梁的跨径布置, 控制本项目桥梁跨径布置的条件有以下几点:

(1)桥位处火烧沟的规划治理断面形式及沟底深度;

- (2)桥梁两端接线道路与两侧规划道路节点标高;
- (3)河道洪水位与两岸桥位处的地面标高;
- (4)满足碧山生态公园交通路网和应急通道的布置及景观上的需求;
- (5)沟道两侧岸坡均为较厚的杂填土。

### 2.1 桥型方案比选

经过对控制桥梁跨径的各种因素进行分析, 碧山大桥桥梁全长应在 140 ~ 150 m 之间, 考虑采用预应力钢筋混凝土连续梁桥或空腹式拱形连续梁桥方案, 以下进行方案的比选研究。

#### (1)预应力钢筋混凝土连续梁桥方案

预应力混凝土连续梁桥或连续刚构桥的施工工艺成熟、施工相对简便, 桥型外观简洁, 工程造价相对经济, 后期维护少, 但其施工工期长, 支架施工对生态环境破坏较大, 且高空施工风险较大。而现状桥位处于火烧沟生态恢复区, 存在着敏感的生态环境, 地基承载能力差, 混凝土梁桥方案的上部结构相对较重, 故下部结构需要更深的钻孔, 增加了施工难度和风险; 桩基长度增加也会增加工程的建设成本和施工周期, 并对周围环境造成一定的影响。

#### (2)空腹式拱形连续梁桥

该方案中的上部结构采用钢结构, 相比于混凝土连续梁, 减少了桥梁上部结构的自重, 降低了对下部桩基的要求, 能够更好地适应地质条件差的地区。钢结构桥梁采用预制构件, 可以在工厂进行智能加工和制造, 然后运输到现场进行节段拼装, 施工速度较快,

收稿日期: 2024-02-01

作者简介: 范佐银(1977—), 男, 工学学士, 高级工程师, 从事大跨度桥梁结构的设计和理论研究工作。

施工过程中产生的噪声、粉尘等对环境的影响相对较小,可减少施工现场对地质的依赖,降低施工风险。

因此,在综合考虑上述因素后,选择按照空腹式拱形连续梁桥方案<sup>[1]</sup>进行本项目桥梁的设计。

### 2.2 桥跨布置

采用跨径布置为(40+60+40)m的空腹式拱形连续梁桥<sup>[2-3]</sup>,工程效果图如图1所示。梁-拱协作体系为梁和拱两种结构形式的组合,桥型布置如图2所示。梁用于承载桥面荷载,而拱则用于支撑梁和分散荷载,造型优美、曲线圆润、富有动感,与周边景观及场地的适应较好。不仅能满足结构受力和景观需求,且具有良好的经济效益。



图1 碧山大桥工程效果图

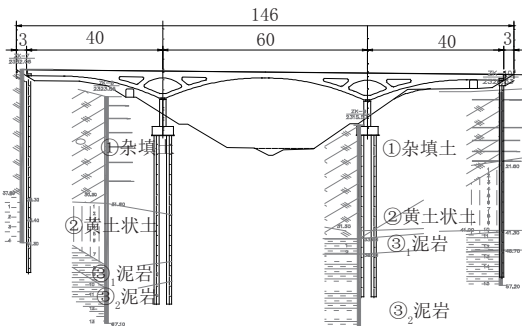


图2 碧山大桥立面布置图(单位:m)

## 3 技术标准

(1)道路等级:城市支路。

(2)设计荷载:城-B级。

(3)设计安全等级:一级。

(4)抗震设防标准:抗震设防烈度Ⅶ度区,设计基本加速度值为0.125g。

(5)设计洪水频率:  $P=1/100$ ,设计百年一遇洪峰流量为77.6 m<sup>3</sup>/s。

## 4 结构设计

### 4.1 上部结构设计

桥梁横断面布置形式为:2.75 m(人行道)+7 m(机动车道)+2.75 m(人行道)=12.5 m,如图3所示。

主梁采用单箱双室钢箱梁,箱室宽度为7.0 m,挑臂宽度为2.75 m,标准段梁高1.8 m,横向整幅布置,采用全焊钢结构,横坡设置双向1.5%,通过铺装

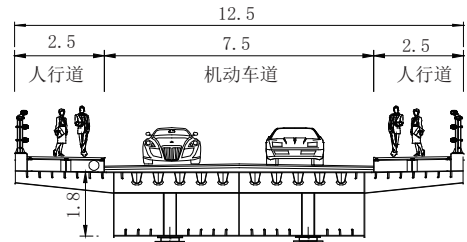


图3 横断面布置图(单位:m)

变厚调整,箱梁顶、底板横向水平布置。标准段纵梁顶板厚度为14 mm,底板厚度为14 mm,车行道部分桥面板采用U型加劲肋,间距600 mm,高300 mm、钢板厚度为8 mm,底板采用I型加劲肋,钢板厚度为14 mm,横隔板标准间距为1.8 m,厚12 mm。

梁底拱轴线的常见线形有悬链线、二次抛物线、高次抛物线。经计算分析,采用悬链线和二次抛物线内力均满足要求,故在设计时选用二次抛物线作为轴线,次拱选择圆弧线作为拱轴线。桥墩处建筑高度为8.0 m,拱圈结构采用7.0 m×1.2 m矩形断面,标准段顶底板厚为14 mm,腹板厚为12 mm,支点位置顶底板厚度为20 mm,腹板厚度为20 mm。

挑臂为悬臂结构,主要承担人群荷载,采用工字形断面,工字形根部高度为600 mm,端部高度为350 mm,挑臂与纵梁焊接成整体。

### 4.2 下部结构设计

为了与上部结构匹配,桥墩采用墙式墩、普通钢筋混凝土结构,墩顶截面尺寸为7.0 m(横桥向)×2.0 m(顺桥向),承台厚2.5 m,平面尺寸为10 m(横桥向)×6.3 m(顺桥向),基础采用6根Φ1.5 m的钻孔灌注桩。

### 4.3 附属结构设计

人行道板采用预制拼装铝合金组合道板,具有轻质高强、耐腐蚀、耐磨损等特点,铝合金人行道板相对于传统的混凝土或钢板来说更轻,且具有较高的强度和刚度,能够承受较大的荷载。

支座采用减隔振型球钢支座,能够在桥梁受到外力冲击时,通过球面的滚动和旋转来吸收和分散冲击力,从而减少桥梁的震动和振动。

防撞护栏采用铝合金护栏,安装和维护方便,可快速更换和修复,施工速度快。

## 5 主要计算结论

采用MIDAS Civil 2020建立三维有限元杆系模型,空间模型如图4所示,静力计算结果如图5~图8所示。

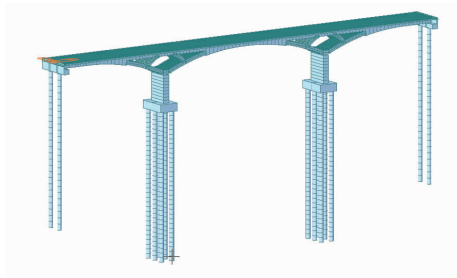


图4 空间有限元模型

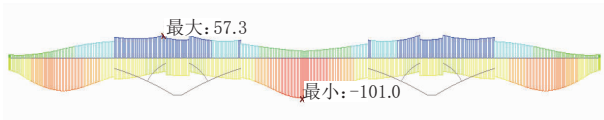


图5 基本组合工况纵梁上缘应力(单位:MPa)

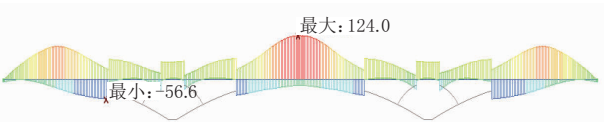


图6 基本组合工况纵梁下缘应力(单位:MPa)

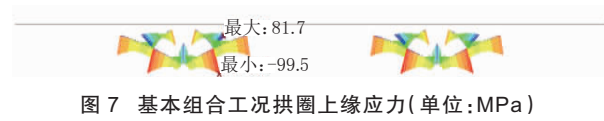


图7 基本组合工况拱圈上缘应力(单位:MPa)

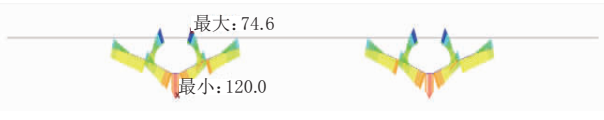


图8 基本组合工况拱圈下缘应力(单位:MPa)

由图5~图8静力计算结果表明:主梁上缘最大正应力为101 MPa,主梁下缘最大正应力为124 MPa,拱圈上缘最大正应力为99.5 MPa,拱圈下缘最大正应力为120 MPa,均小于钢材抗拉强度设计值270 MPa,纵向应力验算满足要求<sup>[4-5]</sup>。

## 6 施工方案

本项目桥梁采用部分支架吊装施工方法,施工过程中的控制因素主要为桥址地基承载力差、建设区域存在敏感的生态环境。火烧沟沟道的两侧边坡均已治理完毕,在设计承台施工方案时,尽量控制了开挖范围,采用了拉森钢板桩支护,避免过度开挖,以减少对边坡的影响。

汽车吊作业平台距离的设计标高约30 m,存在高空吊装风险,故设计采用双汽车吊方案,通过对吊装节段的双向支撑,经由协同作业来提高吊装施工

的稳定性和效率,另一方面也减轻了单台汽车吊的负荷,以降低事故风险。

本项目于2023年12月完成主体结构建设,如图9所示,外观经过精心的设计处理,具有良好的美观效果。桥面采用铝合金人行道板,表面光滑平整,颜色搭配合理,与周围环境相协调,提升了整体的美观度。通过设计与施工团队的共同努力和专业技术,桥梁的结构和外观都达到了预期的要求,为该区域的交通运输提供了良好的通行条件。



图9 成桥合拢现场照片

## 7 结论

本文对西宁市火烧沟碧山大桥总体结构设计的研究过程、理论计算分析与施工方案做了简要介绍。设计中充分考虑了建桥条件,针对生态环境薄弱及桥位地基承载力差等特点,选择了合理的结构体系,采用钢结构空腹式拱形连续梁桥方案能够大大减轻上部结构的重力,减少对地基的要求;且钢结构桥梁可以在工厂预制,然后现场拼装,大大缩短了施工周期。方案还结合周边公园的要求,进行了贴合场地的景观设计,在现代城市景观桥梁中具有较大的参考应用空间。

### 参考文献:

- [1] 徐君兰,孙淑红.钢桥[M].2版.北京:人民交通出版社,2011.
- [2] 范佐银.拱形连续刚构桥设计与施工[J].城市道桥与防洪,2019(12):128-130.
- [3] 孙海涛.上海龙腾大道淀浦河桥主桥设计[J].城市道桥与防洪,2020(3):53-56.
- [4] JTG D64—2015.公路钢结构桥梁设计规范[S].
- [5] 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.