

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqf.240132

西安市灞河元朔大桥总体设计

刘耀荣¹, 吴峰¹, 龙刚²

(1. 西安市政设计研究院有限公司, 陕西 西安 710000; 2. 西安城市建设规划设计院有限公司, 陕西 西安 710000)

摘要: 西安市灞河元朔大桥为主跨300 m的空间自锚式悬索桥, 桥梁全长632 m, 跨径布置为50 m+116 m+300 m+116 m+50 m。加劲梁采用整体断面钢箱梁, 梁宽56 m, 中心梁高4.0 m, 由中心向两侧按1.5%设置横坡。索塔采用空间异形钢索塔, 总高123 m。2根空间主缆均由91股91根预制镀锌平行钢丝组成, 吊索间距10 m。有关灞河元朔大桥的总体设计情况介绍, 可以为同类工程提供参考。

关键词: 自锚式悬索桥; 钢箱梁; 空间异形钢索塔; 空间主缆; 结构设计

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)03-0086-04

Overall Design of Bahe Yuanshuo Bridge in Xi'an

LIU Yaorong¹, WU Feng¹, LONG Gang²

(1. Xi'an Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710068, China; 2. Xi'an Urban Construction Planning and Design Institute Co., Ltd. Xi'an 710000, China)

Abstract: The Bahe Yuanshuo Bridge in Xi'an is a spatial self-anchored suspension bridge with the main span of 300 m. The total length of the bridge is 632 m, and the span layout is 50 m +116 m +300 m +116 m +50 m. The stiffening girder is an integrated-section steel box girder. The girder width is 56 m and the height at the center girder is 4.0 m. The transverse slope is set up from the center to both sides according to the ratio of 1.5%. The cable pylon is a spatial special-shaped steel pylon. Its total height is 123 m. The two main spatial cables are composed of 91 strands of 91 prefabricated galvanized parallel steel wires. The cable spacing is 10 m. The overall design of Bahe Yuanshuo Bridge is introduced in order to provide the reference for similar projects.

Keywords: self-anchored suspension bridge; steel box girder; spatial special-shaped steel pylon; main spatial cable; structure design

0 引言

随着社会的发展,城市桥梁的建造在满足基本功能的基础上,对环保、景观效果等也提出了更高的要求。对于城市内河景观带上的桥梁而言,小跨径桥梁的建造不仅会破坏河道,造成水体污染,而且在造型上也很难达到大跨缆索结构桥梁的气势。所以在城市特殊地带修建大跨径桥梁,使其与周边环境相协调,成为城市的地标性建筑及对外名片,对推动城市建设、促进城市发展有着一定的积极作用。

自锚式悬索桥与常规悬索桥的区别在于其主缆直接锚固在加劲梁两端^[1],不需要再单独设计庞大的锚碇系统,从而降低了地质条件差、不便修建锚碇的地区修建悬索桥的难度^[2]。空间缆索自锚式悬索

桥不仅造型独特、景观效果突出,而且相比平行索面悬索桥有着更好的横向刚度和抗扭刚度,可以很好地提高结构的整体稳定性^[3]。

1 工程概况

西安市灞河元朔大桥为主跨300 m的双塔双索面空间自锚式悬索桥,是西安市奥体中心片区对外交通和西安市北部片区东西向交通联系的重要通道。桥位处灞河河面宽约410 m,综合考虑现场地形条件及环保、行洪等控制因素,最终采用的跨径布置为:50 m+116 m+300 m+116 m+50 m,其中116 m为边悬吊跨,50 m为锚固跨。加劲梁采用全断面钢箱梁,宽56 m;索塔采用双肢空间异形钢索塔,全高123 m,塔顶装饰以西安市市花石榴花为原型;主缆竖向、横向均采用悬链线形布置,主跨竖向垂跨比1:4.02,横向垂跨比1:14.8;全桥共设49对吊索,吊索纵向间距10 m,横桥向锚固点间距45.5 m,主缆上吊点横向

收稿日期: 2024-02-01

作者简介: 刘耀荣(1987—),男,硕士,高级工程师,从事城市桥梁设计与研究工作。

间距由5.9~41.1 m变化。主桥立面布置、加劲梁标准横断面见图1、图2。

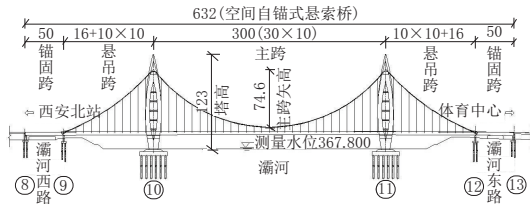


图1 主桥立面布置(单位:m)

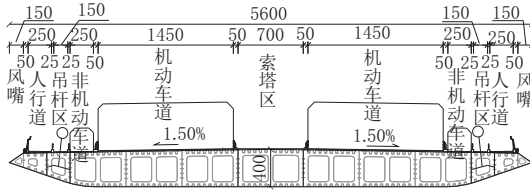


图2 加劲梁标准横断面(单位:cm)

2 主要技术标准

- (1)道路等级:城市主干路。
- (2)设计速度:50 km/h。
- (3)设计使用年限:100 a。
- (4)汽车荷载等级:城-A级。
- (5)人群荷载:2.4 kPa,局部计算时取5 kPa和1.5 kN不利值。
- (6)抗震设防标准:地震动峰值加速度0.2g,抗震设防基本烈度8度。
- (7)设计基准期:100 a。
- (8)桥梁设计安全等级:一级。
- (9)环境类别:I类。

3 主桥结构设计

3.1 结构体系

桥梁采用半漂浮体系,索塔处主梁局部采用分离式断面,塔、梁分离,索塔与主梁净距50 cm,主梁与索塔对应位置安装橡胶防撞垫块,防止主梁在不利工况下直接与索塔发生撞击。索塔挑臂位置设置竖向支座,边跨辅助墩和主引桥过渡墩处同样设置竖向支座。主梁、索塔、挑臂和支座的相对关系示意图见图3。

支座均采用HDR(I)型高阻尼隔震橡胶支座,其中索塔挑臂(10号、11号墩)采用的支座型号为1 220 mm×454 mm,允许位移量±660 mm;辅助墩(9号、12号墩)采用的支座型号为1 620 mm×600 mm,允许位移量±660 mm;过渡墩(8号、13号墩)采用的支座型号为1 270 mm×465 mm,允许位移量±687 mm。

静力荷载工况下主桥梁端纵向最大位移275 mm;横向风荷载作用下梁端横向最大位移54 mm。

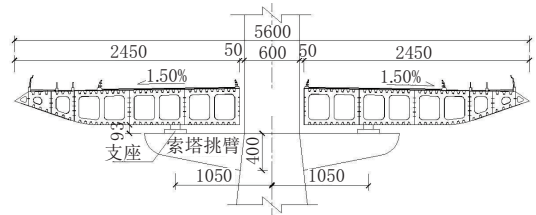


图3 主梁、索塔、挑臂和支座的相对关系示意图(单位:cm)

3.2 索塔

索塔布置于桥梁中央分隔带内,横向独柱,纵向双柱,采用双臂空间异形钢索塔,截面为箱型截面,全高123 m,其中桥面以上100 m(包括塔顶26.5 m装饰结构),桥面以下23 m。塔柱横桥向标准宽度6 m,索塔挑臂顶面以下直线增大至10 m,圆弧转换位置(即中间横撑处)至索鞍底曲线渐变至10.6 m;顺桥向对称布置2根弧形塔柱,塔柱之间设5道横撑,塔顶、根部合并,根部宽11 m,顶部宽9.5 m,中间净距10 m,整体组成纺锤形,中间外轮廓宽20 m。

索塔基座厚3 m,承台厚5 m,下设30根直径2.5 m、长65 m钻孔灌注桩。

索塔及基础结构见图4。

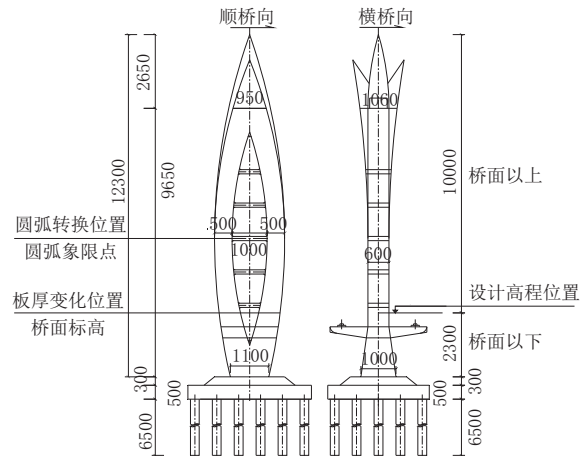


图4 索塔及基础结构(单位:cm)

目前钢索塔与混凝土承台的连接一般较多采用预应力锚杆^[4]。本桥为了加强钢索塔与承台的连接强度,采用插入式钢混组合连接,索塔插入基座和承台深度6.5 m,预埋段沿四周外部整圈加设PBL开孔板连接件:开孔板连接件宽50 cm,开孔直径20 cm,开孔中心间距40 cm,孔内布设直径32 mm钢筋。此外,开孔板连接件之间设置直径32 mm锚固钢筋,以加强钢索塔与混凝土承台之间的连接强度。

钢索塔与承台连接构造见图5。

3.3 加劲梁

加劲梁沿纵向对称分为A、B、C、D、E、D、C、B、A

3.7 索夹

索夹分吊索索夹和锥形索夹。吊索索夹采用销接式连接,按主缆倾角不同、所需夹紧力不同共分为7种类型。所有索夹均采用上下对合型结构形式,用高强螺杆连接紧固。为保证在预紧高强螺杆作用下索夹能紧抱主缆,在两半索夹间留有3 cm 缝隙,接缝处嵌填氯丁橡胶防水条防水。索塔两侧长吊索索夹的设计壁厚为50 mm,其他索夹的设计壁厚均为45 mm。

3.8 散索套

散索套采用上下对合、摩阻套箍与散索套箍一体铸造的结构形式,壁厚45 mm,上下半索套间的连接形式和防水方式与索夹相同,仅由于其受力需求而采用较粗的M56 螺杆进行张拉夹紧。

4 施工方案

根据自锚式悬索桥本身受力特征和体系转换受力特点,西安市灞河元朔大桥采用先梁后缆的施工方法^[7-8]。

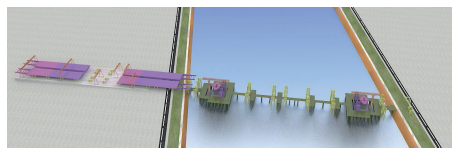
施工顺序为:步序1,施工全桥下部结构、索塔下塔柱;步序2,施工临时钢便桥;步序3,将钢箱梁在河道外引桥及引道范围内分幅、分段拼装,分次顶推到位;步序4,施工桥面以上索塔,并在索塔上安装塔吊,吊装主索鞍;步序5,架设专用支架进行猫道、主缆、吊杆的安装及张拉施工;步序6,拆除专用支架及临时便桥,恢复河道;步序7,施工桥面系,通车运营。

其中步序3、步序4 在施工过程中创新采用了“塔梁同步施工”技术^[9],将整体式钢箱梁分幅顶推到位,然后嵌补安装索塔区箱梁,使箱梁与索塔安装互不干扰,从而有效缩短了施工工期,对节约造价起到了有益作用。

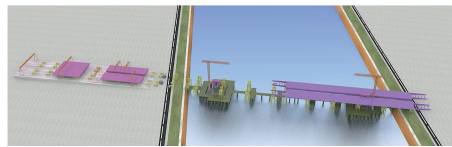
塔梁同步施工流程和工艺示意图11。

5 结语

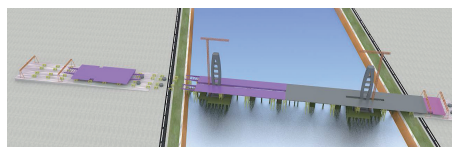
西安市灞河元朔大桥作为城市内河景观桥梁,是目前国内最大跨径空间索面自锚式悬索桥。桥梁设计中所采用的空间异形钢索塔,其结构构造空间



(a) 钢箱梁分体拼装,钢塔下塔柱安装



(b) 钢箱梁分体顶推过塔,塔节接高



(c) 钢箱梁合龙、嵌补成桥,主塔安装到位

图11 塔梁同步施工流程及工艺示意

异形度高,受力复杂,一方面满足了市政桥梁对景观造型的需求,另一方面有效提高了自锚式悬索桥的纵向刚度;全断面箱形加劲梁不仅有效提高了结构纵、横向的抗弯、抗扭和轴向刚度,而且增加了结构的抗风稳定性;钢索塔与混凝土承台的插入式连接构造充分利用PBL 连接件优势,加强了索塔与承台的连接强度。该桥的设计与建造,将为空间索面自锚式悬索桥的设计建造积累宝贵经验,也可为城市大跨径景观桥梁的设计提供借鉴。

参考文献:

- [1] 楼庄鸿. 自锚式悬索桥[J]. 中外公路, 2002, 22(3): 49-51.
- [2] 朱仲毅. 独塔自锚式悬索桥恒载状态下结构线形及内力分析[J]. 铁道科学与工程学报, 2005(2): 46-50.
- [3] 陈涛. 独塔空间索面自锚式悬索桥设计参数研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2016.
- [4] 吴斌, 王亚飞. 自锚式悬索桥桥塔钢-混结合段局部受力分析[J]. 桥梁建设, 2013, 43(3): 54-59.
- [5] 高宗余, 史方华. 温州瓯江北口大桥主桥设计关键技术[J]. 桥梁建设, 2017, 47(1): 1-5.
- [6] 孙秀贵, 王甜, 曾满良, 等. 不同桥面形式的钢箱加劲梁受力性能比较研究[J]. 钢结构, 2018, 33(8): 71-74, 89.
- [7] 胡建华, 刘榕. 自锚式悬索桥结构体系的关键技术[J]. 桥梁建设, 2006(5): 32-35, 43.
- [8] 段向虎. 自锚式悬索桥发展现状与施工技术创新[J]. 铁道建筑, 2018, 58(11): 32-37.
- [9] 黎建宁, 甄玉杰, 代子洲, 等. 钢塔钢箱梁自锚式悬索桥塔梁同步施工关键技术[J]. 建筑施工, 2022, 44(3): 558-560.