

白沙河大桥总体设计

刘 兵, 王 巍

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510600)

摘 要: 白沙河大桥为广佛大桥系统工程(一期)项目的重要节点, 位于广佛交界、广佛同城化的中心规划地区, 考虑通航、防洪和河道疏浚等多方面因素, 白沙河特大桥采用120 m+158 m独塔非对称钢混组合梁斜拉桥。该桥采用纵向人字形主塔, 塔高100.5 m, 桥面以上塔高74.9 m, 为塔、梁固结的结构体系, 主塔下部为混凝土段, 上部为钢结构, 中间设置钢混结合段。主梁采用钢混组合梁, 标准桥宽40.2 m, 左、右幅分别为单箱单室钢箱梁, 上铺预制混凝土桥面板, 中间采用钢横梁连接。斜拉索采用中央双索面, 边跨索距8 m, 主跨索距12 m, 塔上锚索间距2 m。白沙河大桥整体造型优美, 对实现广佛同城化具有重要意义。

关键词: 独塔斜拉桥; 中央索面; 钢混组合梁; 非对称

中图分类号: TU997; U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)08-0111-04

Overall Design of Baisha Bridge

LIU Bing, WANG Wei

(Guangzhou Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510600, China)

Abstract: As an important node of Guangfo Bridge System Engineering (Phase I) Project, Baisha Bridge is located in the central planned area of the Guangzhou-Foshan border and the Guangzhou-Foshan urban integration. Considering the navigation, flood control, river dredging and other factors, Baisha Bridge is an asymmetric single-pylon steel-concrete composite girder cable-stayed bridge with the spans 120 m+150 m. The bridge features a longitudinal herringbone main pylon, and the pylon height is 100.5 m. The pylon above the bridge deck is 74.9 m high and is a structural system with the pylon and beam consolidated. The lower part of the pylon is concrete and the upper part of pylon is steel, with a steel-concrete composite section in the middle. The main girder is a steel-concrete composite girder. The standard bridge width is 40.2 m. The left and right widths are respectively single-box single-chamber steel box girders. The prefabricated concrete bridge deck is laid on top, and the middle part is connected by steel crossbeams. The stayed cable is the central double cable planes. The cable distance of side span is 8 m, the cable distance of the main span is 12 m, and the pylon anchor cable spacing is 2 m. The overall shape of Baisha Bridge is beautiful, which is of great significance to realize the urban integration of Guangzhou and Foshan.

Keywords: single-tower cable-stayed bridge; central cable plane; steel-concrete composite beam; asymmetric

0 引言

白沙河大桥位于广佛交界、广佛同城化的中心规划地区, 是广佛大桥系统工程(一期)项目的重要节点, 工程西起佛山建设大道, 往东上跨白沙河后设置上下匝道连接大坦沙岛, 主线继续往东连接二期工程。白沙河大桥作为跨越珠江连接广佛两地的重要节点, 既是两地携手共建的重要桥梁, 同时也是金沙洲联系广州的另一条重要通道。该桥建成后可以缓解金沙洲大桥的交通压力, 推动“广佛同城”这一

重大城市发展战略的进程。

白沙河大桥的区位图如图1所示。



图1 白沙河大桥区位图

1 建设条件

1.1 地形地貌和工程地质

白沙河大桥位于广州市荔湾区大坦沙岛西北角, 连接大坦沙岛和金沙洲。该地区为珠江三角洲

收稿日期: 2024-10-28

作者简介: 刘兵(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁工程设计工作。

通信作者: 王巍(1989—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁工程设计工作。电子信箱: 595188785@qq.com

冲积平原,地势低平,沿线密布商铺和住宅楼。该工程实施前佛山市与广州市的主要通道为金沙洲大桥,交通流量大,常出现拥堵现象。

桥址处覆土主要为杂填土、素填土,其下为细砂、砾砂,基岩主要为泥质粉砂岩。

1.2 航道

拟建工程所在的白沙河与珠江西航道相连接,河长 2.8 km,河宽约 250 m,水面面积 70 万 m^2 。西航道北起老鸦岗,南至白鹅潭,长 16.24 km。白沙河大桥所处航道等级为 IV 级,通航净宽为 120 m,净高为 8 m,最高通航水位为 7.57 m,最低通航水位为 3.996 m。

1.3 主要技术标准

道路等级:城市主干路兼公路—II 级。

桥梁设计基准期:100 a。

设计荷载:汽车荷载为城—A 级和公路—I 级,人群和非机动车荷载按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)、《城市桥梁设计规范》(CJJ11—2011)取值。

航道标准:IV 级,通航净宽 120 m,净高 8 m,最高通航水位 7.57 m,300 a 一遇洪水位 7.94 m。

2 120 m+158 m 非对称独塔斜拉桥设计

2.1 总体布置

综合考虑通航、防洪、河道疏浚等多方面因素,白沙河大桥桥跨布置为 120 m+158 m,如图 2 所示。该桥为中央双索面独塔非对称钢混组合梁斜拉桥^[1-3],塔梁固结^[4],边中跨比为 0.76,主塔高 100.6 m,主跨处为通航孔,通航净宽 120 m、净高 8 m。

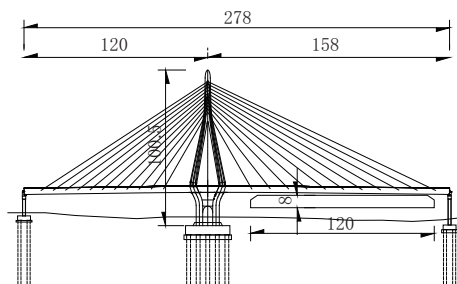


图2 白沙河大桥总体布置图(单位:m)

2.2 主塔

主塔为纵向人字形,塔肢与主梁固结,承台顶面高程为-4.039 m,主塔高 100.5 m,桥面以上塔高 74.9 m。从塔底至塔顶依次为 2 m 高塔座、14.651 m 混凝土塔柱、3.338 m 钢混结合段和 80.511 m 钢塔柱。斜拉索采用中央双索面,拉索横向中心距为 1.2 m,主塔总体布置如图 3 所示。

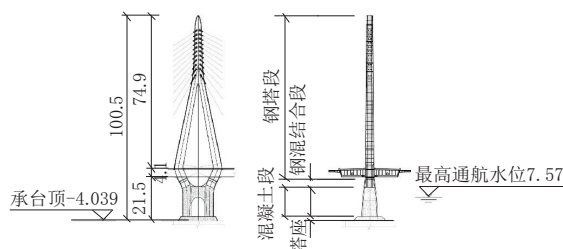


图3 主塔布置图(单位:m)

如图 4 所示,钢主塔断面为单侧切角的四边形,采用变截面设计,单肢塔柱截面横桥向尺寸为 3 ~ 4.813 m,顺桥向尺寸为 3.2 ~ 4.3 m,根据受力情况不同采用变厚设计,钢板厚度为 30 ~ 80 mm。塔梁固结段主梁的腹板与横隔板分别对齐主塔两个方向的外壁板,将主梁的纵横向内力匀顺地传递到主塔处,同时为了减小主梁横向弯曲对主塔产生的附加弯矩,在塔肢处将混凝土桥面板与塔柱断开。此外,该范围内的主梁增设钢顶板形成闭口钢主梁,有效地提高了主梁的扭转刚度。

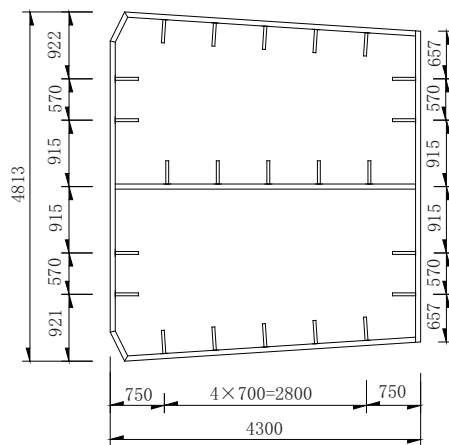


图4 钢主塔断面图(单位:mm)

2.3 主梁

主梁采用分离式钢混组合梁,左右幅各为一个单箱单室断面,下层为开口钢箱梁,上层为预制混凝土桥面板。主梁标准段宽 40.2 m,横向布置为:5 m 宽人行道和非机动车道+0.5 m 宽防撞护栏+12 m 宽车行道+0.5 m 宽防撞护栏+4.2 m 宽拉索锚固区+0.5 m 宽防撞护栏+12 m 宽车行道+0.5 m 宽防撞护栏+5 m 宽人行道和非机动车道,为与两侧引桥和匝道接顺,主梁在两端分别变宽至 43.3 m 和 50.426 m,主梁梁高为 4 m,包含 3.4 m 高钢箱梁和 0.6 m 高预制混凝土桥面板,主梁的标准断面如图 5 所示。

钢主梁横向为变高,顶板设置 2% 横坡,底板水平设置,设计高程点处钢箱梁高 3.4 m,采用开口断面,仅在横隔板处设置顶板局部形成闭口断面。钢箱梁内横隔板纵向间距为 4 m,主跨和边跨等宽段范

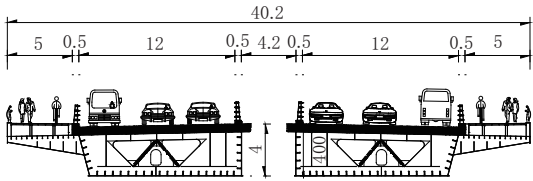


图5 主梁标准断面图(单位:m)

围内采用桁架式横隔板,边跨变宽段采用实腹式横隔板,两道横隔板之间设置一道竖肋对钢箱进行加劲。左右幅钢主梁在拉索锚固点处设置箱型钢横梁连成整体,斜拉索锚固在钢横梁上,横梁处主梁断面如图6所示。根据拉索锚点布置,横梁的纵向间距分别为8 m和12 m。由于边、中跨不对称布置,在边跨钢主梁箱内设置30 cm厚C30压重混凝土,以减小恒载作用下桥塔的纵向弯矩。

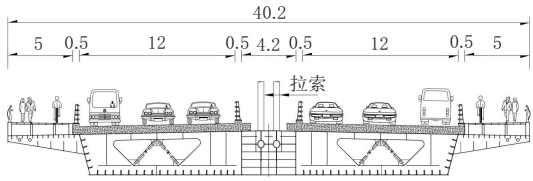


图6 横梁处主梁标准断面图(单位:m)

钢主梁上部车行道范围内设置预制混凝土桥面板,桥面板纵向在横隔板处分块,即在横隔板处设置横向湿接缝,单块预制桥面板纵向长度3.56 m。混凝土桥面板横向湿接缝处钢主梁顶板设置剪力钉,同时预制混凝土板横向两端设置了群钉槽,混凝土板通过横向湿接缝和群钉槽内的剪力钉与钢主梁结合形成组合断面。为减轻主梁重量预制桥面板采用变厚设计,即横向、纵向均为跨中最薄,与钢主梁顶板连接处局部加厚,主跨预制混凝土桥面板厚度为260~600 mm,边跨为400~600 mm,桥面板构造图如图7所示。

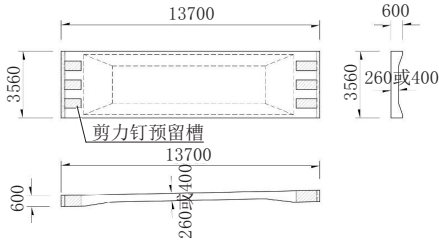


图7 预制桥面板构造图(单位:mm)

2.4 边墩和基础

如图8和图9所示,边墩采用门架墩,桥墩采用实心圆端形断面以减小流水压力的作用,其断面尺寸为4.5 m×1 m。边墩基础采用4根直径为2 m的钻孔灌注桩,按行列式布置,纵横向桩中心距均为5 m。如图10所示,承台平面为矩形,纵横向长度均为8.2 m,承台厚3 m,为防止施工期间围堰内漏水,承台底面

设置了1~3 m的封底混凝土。

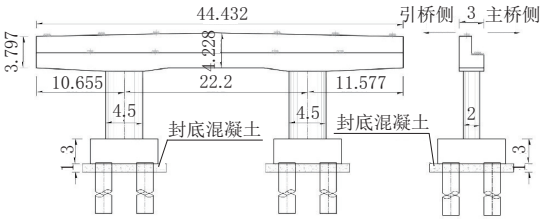


图8 P7轴桥墩盖梁构造图(单位:m)

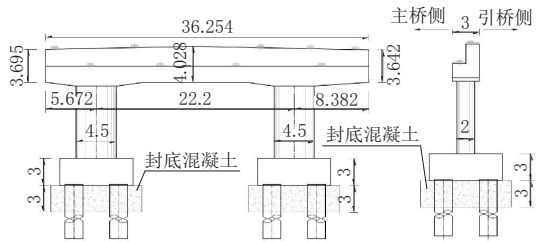


图9 P9轴桥墩盖梁构造图(单位:m)

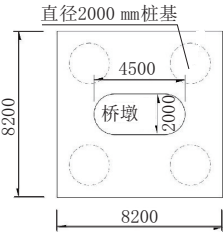


图10 边墩基础构造图(单位:mm)

边墩盖梁为现浇预应力结构,跨径为22 m,根据引桥小箱梁布置两端设置5.672~9.127 m的悬臂。盖梁采用实心变高截面,顶面设置2%横坡,底面根据不同部位受力情况设置变高,由于两侧梁高不同在引桥侧设置加高块,梁高为3.642~4.228 m。

2.5 技术难点及解决方案

白沙河大桥为独塔非对称钢混组合梁斜拉桥,采用纵向人字形桥塔且为塔梁固结体系。该桥型方案中主塔的两支塔肢与主梁的固结点纵向间距约为19 m,这使得两塔肢之间的主梁形成一个较小跨径的中跨,在恒载作用下该范围的主梁承受负弯矩作用。此外塔肢轴力的水平分力使得该处主梁还承受了拉力的作用,从而使得塔梁固结点之间的主梁为拉-弯受力。因主梁采用钢混组合梁,为解决塔梁固结段的主梁在轴拉力和负弯矩的作用下混凝土桥面板出现开裂的问题,在两个塔梁固结点之间的主梁混凝土桥面板内设置了纵向局部短预应力钢束,同时为了提高预应力的效率,该范围内钢主梁和混凝土板的连接采用抗拔不抗剪栓钉^[5-7],即钢主梁和混凝土桥面板之间只传递轴力而不传递剪力,可有效提高混凝土桥面板内预应力的导入度^[8-9]。采用以上措施处理后,经验算塔梁固结点之间的混凝土桥面板抗裂性能满足要求。为保证上塔柱的轴力能有

效传递到基础上,塔梁固结段设计为塔柱壁板连续并作为主梁的内腹板,主梁的顶板、底板和横隔板分别焊接在塔柱外壁板上,如图11和图12所示。

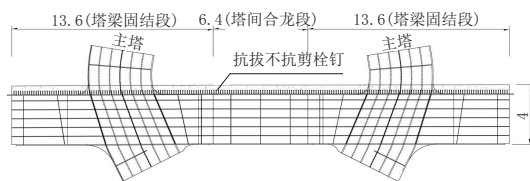


图11 塔梁固结段立面图(单位:m)

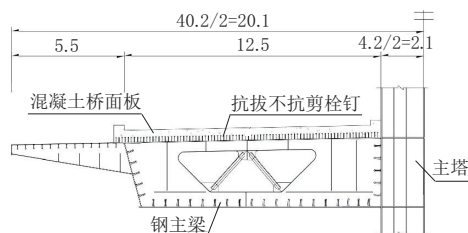


图12 塔梁固结段横断面图(单位:m)

如图6所示,白沙河大桥斜拉索采用中央双索面布置,即斜拉索锚固在连接两侧主梁的钢横梁上。采用中央索面的布置形式使得主梁在横向上呈现为固结在拉索锚点处的双侧悬臂梁,恒载作用下主梁承受负弯矩作用,即混凝土桥面板横向为受拉构件,将可能导致混凝土板出现开裂问题。为解决上述问题,在混凝土桥面板内设置横向预应力钢束。混凝土桥面板内横向预应力钢束布置间距为50 cm,分别锚固在桥面板横向两侧,张拉端交替布置于单块桥面板的左右侧。桥面板内的横向预应力钢束分为两批张拉,未通过剪力钉预留槽的钢束在桥面板存放期间达到要求后进行张拉,通过剪力钉预留槽的钢束在桥面板与钢主梁结合后张拉。

通过在塔梁固结点之间的混凝土桥面板内设置纵向局部短预应力钢束并在钢主梁顶面设置抗拔不抗剪栓钉,解决了该处混凝土桥面板抗裂性能不满足要求的问题;通过在桥面板内设置横向预应力钢束,解决了混凝土桥面板在中央索面的布置形式下横向出现开裂的问题,采用以上措施处理后,白沙河大桥在成桥运营阶段混凝土桥面板的抗裂性能满足要求。

3 施工方案

主塔基础采用钢管桩围堰进行施工,先搭设施工栈桥和水上施工平台,然后施工主塔基础围堰。主塔承台为超大体积混凝土,为降低大体积混凝土水化热给结构带来的不利影响,承台分两次浇筑并在承台内设置冷却水管。边墩基础采用钢板桩围堰

进行施工^[10],围堰施工完成后水下清淤至封底底板高程,然后浇筑封底混凝土。

钢主塔采用塔吊进行吊装施工,根据主塔构造特点并结合塔吊的吊装能力将钢主塔分为10个节段,单个节段重量约为100~210 t,施工时通过栈桥将主塔节段运至水上施工平台处,并采用塔吊起吊安装。

为减小施工期间对航道的影响,钢主梁和预制混凝土桥面板均采用桥面吊机进行安装^[11],主塔及塔梁结合段的主梁施工完成后,分别在主梁的边、中跨和左、右幅各安装一台桥面吊机,利用桥面吊机进行悬臂拼装。

4 结 语

综合考虑通航、防洪、河道疏浚等多方面因素,白沙河大桥采用120 m+158 m非对称独塔斜拉桥,主塔为纵向人字形桥塔,主梁为分幅式单箱单室钢混组合梁,斜拉索采用扇形布置的中央双索面。白沙河大桥以“两手相执,风化同秀”为主题,寓意广佛携手谱写新的篇章,大桥造型优美,作为金沙洲联系广州的另一条重要通道,该桥建成后可以缓解金沙洲大桥的交通压力,对实现广佛同城化具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 陈亮,邵长宇.大跨径组合梁斜拉桥概念设计[J].城市道桥与防洪,2018(9):111-115.
- [2] 闫旭.组合梁斜拉桥的技术发展[J].城市道桥与防洪,2013(5):53-56.
- [3] 杨德刚.单索面组合箱梁斜拉桥设计方法探析[J].交通世界,2024(1):217-219.
- [4] 程磊科.大跨径组合梁斜拉桥塔梁结合段构造优化分析[J].交通世界,2023(35):122-124.
- [5] 聂建国,陶慕轩,聂鑫,等.抗拔不抗剪连接新技术及其应用[J].土木工程学报,2015(4):7-14;58.
- [6] 聂建国,马原.抗拔不抗剪栓钉连接件抗拔性能试验研究[J].特种结构,2015(3):6-12.
- [7] 李聪,聂建国,周心怡,等.钢-混凝土连续组合梁桥负弯矩区抗裂设计[J].建筑结构学报,2022(3):172-178.
- [8] 杨相展,易壮鹏,陈洪伟.大跨连续钢-混组合箱梁桥支座顶部区域抗裂方法研究[J].公路与汽运,2022(5):108-110;125.
- [9] 聂鑫,薛志超,庄亮东,等.大跨钢-混组合连续梁桥负弯矩区桥面板抗裂技术研究[J].桥梁建设,2022(4):24-31.
- [10] 刘校峰,杜先顺,魏函雨,等.白沙河大桥深水承台钢板桩围堰施工技术[J].云南水力发电,2022,38(9):99-103.
- [11] 熊先勇,傅亚军,黄蓂.钢-混组合梁斜拉桥钢主梁安装方法分析与误差控制[J].中外公路,2023,43(3):126-133.