

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.09.032

丹河大桥组合梁斜拉桥的设计与创新

支燕武

(中国铁路设计集团有限公司, 天津市 300251)

摘 要: 丹河大桥是国内某一级公路工程上跨丹河的一座特大桥,道路等级为一级公路,桥梁全长 1 738 m,其中主桥结构形式为(130+130)m 独塔组合梁斜拉桥,结构体系为半漂浮体系,采用支架拼装施工。现阐述该桥梁的结构设计、技术难点和创新点,为其他桥梁设计者提供该类型桥梁的设计建议。

关键词: 斜拉桥;水滴造型索塔;组合梁;结构设计

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0138-03

1 工程概括

丹河大桥为国内某一级公路工程上跨丹河的一座特大桥,道路等级为一级公路,桥梁全长 1 738 m,其中主桥结构形式为(130+130)m 独塔组合梁斜拉桥,支撑体系为塔墩固结、塔梁分离的半漂浮体系,采用支架拼装施工。桥长 260 m,宽 28.4 m。桥梁横断面为一块板设计,横断面布置形式为:1.45 m 拉索锚固区 +0.5 m 护栏 +11.5 m 机动车道 +1.5 m 中央分隔带 +11.5 m 机动车道 +0.5 m 护栏 +1.45 m 拉索锚固区。主桥立面及横断面布置分别见图 1~图 3 所示。

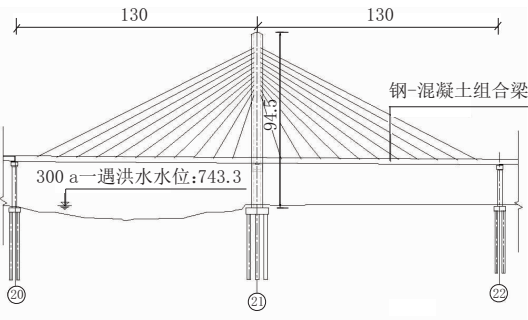


图 1 主桥立面布置图

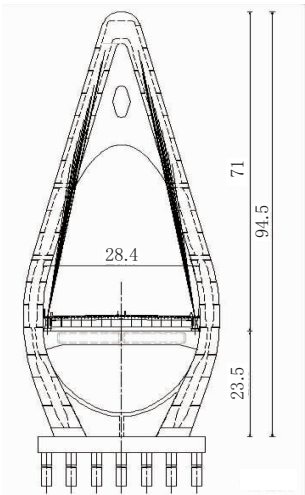


图 2 主桥横断面布置图(索塔位置)

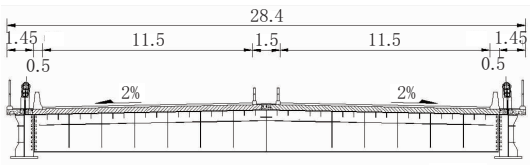


图 3 主桥横断面图(主跨跨中)

境;

(5)地震基本烈度:6 度区,地震动峰值加速度 $0.05g^{[1]}$ 。

2 设计技术标准

- (1)道路等级:双向四车道一级公路;设计车速: $V=80\text{ km/h}$;
- (2)荷载标准:车辆荷载:公路—I 级;
- (3)桥梁结构设计基准期:100 a;桥梁安全等级:一级;
- (4)环境类别:IV-C 类,除冰盐等其他氯化物环

3 方案设计

城市桥梁在设计中要体现城市建设高起点、工程建设高质量的特点,实现整体协调的优美景观。该项目作为公路工程穿越景观湿地公园桥梁,除满足使用功能以外,还应体现该工程的独特风格,重视景观效果。在选用结构型式时,考虑桥型要与周围地区环境、地形,和谐统一。该项目桥梁上跨丹河国家湿地公园,桥梁方案要与周围环境相协调,桥梁造型元素的美学设计与研究要纳入桥梁设计之中。主桥结构形式采用了独塔双索面组合梁斜拉桥,索塔造型设计时

收稿日期:2022-12-02

作者简介:支燕武(1981—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

刻意规避了常规斜拉桥桥塔一字型、H 型或 A 字型索塔的呆板、生硬感受,创新地采用“水滴”形造型,如图 4 所示。



图 4 桥梁效果图

4 桥梁结构设计

4.1 上部结构

桥梁横断面采用钢边主梁上搭设混凝土桥面板的整体断面,中心线处梁高 2.6 m(含桥面板)。断面上共两片边主梁,两主梁横向中距 26.5 m,桥面板全宽 28.4 m,横向分两块,纵向按横梁间距划分。斜拉索梁上锚点采用锚拉板锚固在钢边主梁上,梁上锚点纵向间距 10.5 m。钢边主梁在预制厂内完成拼装,单侧钢边主梁共 25 段,标准节段长 10.5 m。横梁标准间距为 3.5 m,单个横梁横向分 7.88 m、9.7 m、7.88 m 三个节段拼接,采用工字形钢梁加预制预应力混凝土桥面板的断面形式。

4.1.1 桥面板结构尺寸

桥面板总宽 28.4 m,厚度为 28 cm,包括预制桥面板部分和湿接缝部分。预制桥面板部分采用 C50 钢筋混凝土,湿接缝采用 C50 微膨胀混凝土。预制桥面板全桥共四种类型:预制板 Y1 长宽数据为 1 267 cm × 190 cm,预制板 Y1a 长宽数据为 1 267 cm × 212 cm,预制板 Y2(Y2a)长宽数据为 1 267 cm × 240 cm,预制板 Y3(Y3a、Y3'、Y3a')长宽数据为 1 267 cm × 290 cm。

4.1.2 桥面板预应力布置

桥面板根据受力需要布置纵向预应力钢束,钢束规格为 15-4,采用扁锚和扁锚配套的扁波纹管,预应力布置在 260 m 纵向全长范围内,横向桥宽 28.4 m 范围内共布置 32 根预应力钢束。沿顺桥向预制桥面板完成吊装铺设后,根据分节段浇筑湿接缝的顺序,按照对称原则对桥面板预应力钢绞线进行张拉,并采用扁形连接器张拉接长,最终完成全桥的预应力张拉。

4.1.3 桥面板钢筋布置

桥面板顺桥向主筋采用 $\phi 22$ 钢筋,钢筋间距为

11 cm;横桥向主筋采用 $\phi 16$ 钢筋,钢筋间距为 15 cm。

4.1.4 钢边主梁构造

单侧钢边主梁截面形式为工字形,底板水平,顶板横坡为 2% 的单向横坡,腹板为竖腹板。钢边主梁截面顶板顶至底板底中线高 2 400 mm。根据底板厚度不同,纵桥向分两个截面,其中主塔两侧各 18.25 m 范围内截面底板厚 80 mm,其余范围内截面底板厚度 60 mm。两个截面顶板宽均为 1 000 mm、厚 40 mm,腹板高 2 300 mm,厚 32 mm,其中底板加厚截面腹板高 2 280 mm。

4.1.5 钢横梁、小纵梁构造

钢横梁截面形式为“工”字形,考虑横向预拱度工厂制造时顶板采用双向 2.15% 的横坡,底板水平,横梁跨中梁高 2 320 mm。在横梁中部设置一道小纵梁,作为现浇缝的底模,可便于顺桥向湿接缝的浇筑。小纵梁高 500 mm,其截面形式为“工”字形。

4.1.6 上部结构简要施工方案

上部结构纵、横梁、预制混凝土桥面板均在预制厂内完成拼装、预制,运输至桥梁现场,再采用吊车吊装至支架,最终完成整体拼装。

4.2 索塔

斜拉桥索塔是桥梁的主要承重构件,借助斜拉索组成整体受力体系。主梁桥面系承受的部分恒载及汽车荷载通过斜拉索传递到索塔。桥塔高度为 94.5 m,塔身材质为普通钢筋混凝土,索塔采用“水滴”型造型,美观大方,与周围环境融为一体^[2]。

索塔形式为独塔,塔身混凝土强度等级采用 C50。索塔外形由多段曲线拟合而成。塔柱为空心箱型断面,横桥向尺寸为 3.5 m,顺桥向尺寸为 6 m,壁厚 80 ~ 200 cm,塔柱在索塔顶端联成一体。主梁下方索塔设有预应力混凝土横梁,横梁高 3 m,宽 5.5 m。

4.3 斜拉索及锚固体系

采用高强平行钢丝成品索,钢丝抗拉强度 $\geq 1\ 670$ MPa,设计寿命大于 30 a。索体采用多层防腐系统,以保证斜拉索的设计寿命。全桥设置 44 根斜拉索,索距布置: 12+10×10.5+2×13+10×10.5+12(m)。斜拉索分别由 127 根、151 根、187 根、211 根、223 根直径为 7 mm 的环氧钢丝组成,斜拉索两端配冷铸墩头锚。拉索外表面防腐部分为 HDPE 护套,护套采用高耐久性的 HDPE 材料制作加工。风雨激振是桥梁拉索振动的一种,对桥梁产生的危害也较严重。为有效降低或阻止因风雨激振对拉索造成的不良振动,拉索外侧设置双螺旋线。

斜拉索的下锚点构造形式为锚拉板式。锚拉板焊接于边主梁上翼缘板中心位置顶侧,并与边主梁腹板位置相对应。锚管两侧通过融透焊缝与锚拉板连接,锚拉板下部亦通过焊缝与桥面板连接。锚拉板的两侧焊接加劲板形成“丰”字形与桥面板焊连,并通过设置加劲肋板补偿为设置锚管开孔部分对锚拉板截面的削弱。同时在加劲板对应位置,边主梁腹板设置竖向加劲肋。

索与主塔的锚固采用混凝土牛腿结构形式,采用塔上张拉方式。

5 创新点

(1)随着国民经济的发展,桥梁的建造除了满足使用功能以外,尤其是在上跨景观河道、湿地公园等对环境有独特要求的项目中,桥梁的景观设计要与周边建筑和环境相映成趣、浑然一体。优秀的设计方案势必成为一道靓丽的风景线,把自然、历史、人文、艺术融为一体,交相辉映。该项目主桥结构形式采用独塔双索面组合梁斜拉桥,索塔方案摒弃常规柱式索塔,大胆采用“水滴”形造型,美观大方,不但能与湿地环境融为一体,还能唤起人们的环境保护意识、水资源保护意识。

(2)上部结构主梁断面采用钢边主梁结合预应力混凝土桥面板的组合结构形式,施工时采用预制、拼装理念,能有效缩短现场施工工期、控制工程质量,加强周围环境保护,提升桥梁工程的技术水平,响应了我国节能、环保、低碳的经济发展主题。

(3)索塔锚固形式采用混凝土牛腿结构形式,并将井字形低回缩预应力钢绞线应用于索塔斜拉索锚固区。该设计方法与传统索塔拉索上锚点锚固区采用U形预应力钢绞线法相比,完美地解决了由于U形预应力钢绞线平曲线半径较小及夹片锚固端回缩产生的预应力损失较大的问题。通过对桥梁施工建造过程及后期运营过程中对该区域进行数值建模分析,该分析区域有限元计算模型如图5所示。

通过有限元计算模型分析结果可以得出结论:

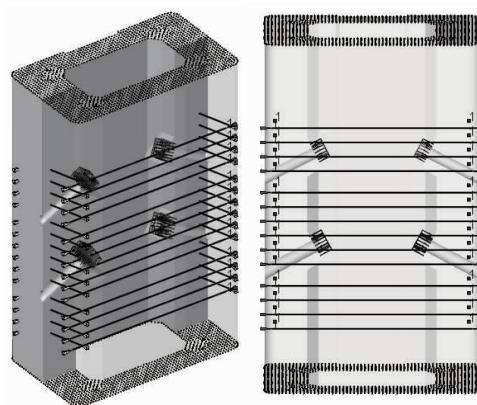


图5 索塔锚固区有限元模型渲染图

索塔拉索锚固区范围内混凝土塔壁及锚块各向应力分布较为均匀,应力值均在设计范围之内,满足结构安全及规范要求,为该结构形式理论提供了支撑。

(4)桥梁上跨丹河湿地,汽车车轮反复作用下沥青类桥面物质悬浮物会污染桥梁上跨河道,装载有毒有害化学物品的车辆在桥上发生事故时有毒物品泄露会对桥下水体造成严重污染。因此,在湿地指定位置设置蒸发池,桥梁外侧桥面下设置顺桥向排水管,桥面雨污水经泄水口流入顺桥向排水管,并在指定位置将雨污水排入蒸发池。

6 结语

伴随国内公路、交通建设的蓬勃发展,上跨景观河道、湿地公园的桥梁数量将会持续增多。以景观、环保为主线贯穿设计全过程将会成为新的设计要求,以人为本、人与自然的协调发展将会成为设计思路。

参考文献:

- [1] 支燕武.某转体施工独塔混合梁斜拉桥设计与创新[J].城市道桥与防洪,2018(7).
- [2] 林元培.斜拉桥[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [3] JTG/T 3365-01—2020,公路斜拉桥设计规范[S].
- [4] 张玉杰,徐巧玲.混凝土斜拉桥塔锚固区受力分析[J].山西建筑,2014(17).
- [5] 李奇,肖海珠.黑瞎子岛乌苏大桥总体设计[J].桥梁建设,2014,44(3).
- [6] 杨春,杜春林,邓宇.重庆嘉悦大桥总体设计[J].世界桥梁,2008(4).