

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.04.022

复杂城市场地下大跨度桥梁总体设计关键技术研究

莫朝庆,钟海,黄尚
(湖南大学设计研究院有限公司,湖南长沙410002)

摘要:以常德沅江六桥总体设计为例,分析了基于复杂城市场地下大跨度桥梁设计特点及需考虑的各方面因素,阐述沅江六桥方案的设计思路。综合考虑规划路网、沿线高压电走廊、沅江水文条件、地震断裂带等因素,对大桥的规划桥位进行优化调整,提出推荐桥位方案。根据通航要求和规划码头等条件,确定推荐方案的桥梁跨径和桥型。简要介绍桥梁结构设计,并验证主要结构的科学性合理性。

关键词:沅江六桥;复杂城市场地;大跨度桥梁;总体设计

中图分类号: U442.5+4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)04-0078-04

0 引言

随着中国城市化进程的加速,近年来城市桥梁在城市建设中的应用越来越广泛,不仅为人们的出行带来了极大的便利,也丰富了城市景观风貌。然而,在城市桥梁设计中,桥梁的建设场地越来越复杂,受到规划和建设条件和地下管线等各种场地因素影响。如果设计过程中考虑不足,城市桥梁建设和使用过程中容易出现各种问题,从而给居民的生命安全和财产损失带来威胁。因此,在城市桥梁设计时对相关的问题进行有效地分析和解决显得非常有必要。本文以沅江六桥为例,对复杂场景下的城市桥梁的特点以及设计时需要注意的问题进行探讨。

1 工程概况

常德市沅江六规划桥位于现状德山大桥与二广高速沅水特大桥之间,桥位距离上游沅水二桥大约1.8 km,距离下游二广高速沅水特大桥约3.9 km,大桥北岸为武陵区芦荻山乡,南岸为德山经济开发区东片区。

根据最新《常德市总体城市设计》,至2030年常德将形成“一环、八射”的快速路系统,沅江六桥正是城市内环线的一段,也是规划的过江通道,其建设对完善城区路网结构、疏解日益增加的过江交通压力具有重要意义。同时项目连接太阳山、白鹤山、常德东、德山东四个出城口,提高了人们进出城的效率,是形成常德市与周边城市“2小时通勤圈”的交通基

础。该城市桥梁的建设,对提升常德经济的发展竞争力和促进城乡一体化,具有重要意义^[1]。

2 建设条件

桥梁的规划桥位场地条件复杂,其中控制性因素主要有上游浮桥-德山Ⅱ线220 kV高压电塔、下游德山码头、地震断裂带、通航条件等。

(1)上游浮桥-德山Ⅱ线220 kV高压走廊

由图1可知,桥位上游有浮桥-德山Ⅱ线220 kV高压电塔,高压走廊呈南北走向。根据《城市桥梁设计规范》(CJJ 11—2011)中“当桥位旁有架空高压线时,桥边缘与架空电线之间的水平距离应符合国家现行相关标准的规定”^[2]、《城市电力规划规范》(GB/T 50293—2014)中“城市架空电力路线边导线与建筑物之间,在最大计算风偏情况下的安全距离不应小于附表B.0.2的规定值”^[3],再结合现场实际情况和常德当地的电力规范规定,确定桥梁距离电塔距离不小于1倍塔高。高压线塔高86.8 m,即桥位距离高压走廊最小间距86.8 m。

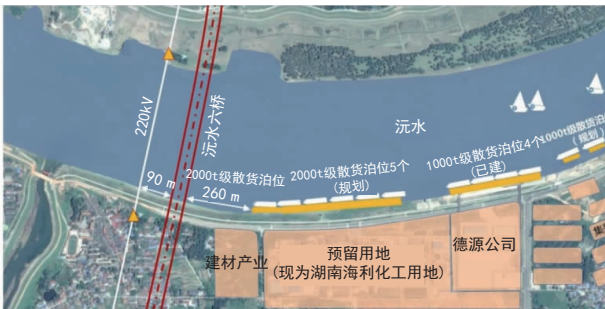


图1 桥位上游的高压走廊

(2)下游德山码头

由图2可知,桥位下游有规划中的德山港码头,德山码头距离桥位较近,是桥位选址关键控制性因

收稿日期:2022-04-29
作者简介:莫朝庆(1982—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁工程设计与研究工作。

素。德山作业一区规划岸线长度 2 940 m,自上游向下依次布置 17 个 2 000 t 级多用途泊位,5 个 2 000 t 级通用泊位以及 5 个 2 000 t 级液体散货泊位;岸线长度分别为 1 810 m、540 m 以及 590 m。



图 2 德山码头规划图

根据规范《内河通航标准》(GB 50139—2014)中“水上过河建筑与码头的间距,水上过河建筑物在下游时不得小于码头设计船型长度的 4 倍,水上过河建筑物在上游时不得小于码头设计船型长度的 2 倍”,沅江六桥位于规划德山码头上游,桥梁与码头间距不得小于德山码头设计船型长度的 2 倍^[4]。

德山码头通航段通航标准为 II(3)标准,代表船型尺寸为 90 m(长)×14.8 m(宽)×2.6 m(高),桥梁与码头最少间距两倍设计船型长度 2 倍即 180 m。

根据德山码头规划编制单位要求,临近码头的桥墩不得超出码头前沿线。

(3)地震断裂带

常德市位于长江中下游地震区麻城—常德地震带、钟祥—常德地震亚带的南端,是湖南省地震最活跃的地区。如图 3 所示,根据活动性断裂是发震的直接构造背景,如果再次发震,发震断裂带可能仍是太阳上地震断裂带或桃源—陬市(河洑)—临澧断裂。



图 3 桥位处地震断裂带分布图

由于断裂带发生的逆冲断层对位于地震带附近的桥梁等建筑物破坏非常严重,桥位选址能不能避开活动断层,也决定着桥梁能不能有效地避开地震灾害。

(4)通航条件

目前工程河段航道等级为 III(2)级 -1 000 t 级,规划提升至 II(3)级 -2 000 t 级。航道距离桥位河段南侧河岸约 200 m,北侧河岸约 260 m。故通航标准按 II(3)控制。根据《内河通航标准》(GB 50139—2014),主要控制技术指标如下:(1)代表船型(货船)尺寸:90 m(长)×14.8 m(宽)×2.6 m(高);(2)代表船队尺寸:182 m(长)×16.2 m(宽)×2.6 m(高);(3)航道宽度:75 m(双向)、40 m(单向);(4)通航净空尺度要求:150 m(宽)×10 m(高);(5)相邻两座桥梁之间距离应大于代表船队与代表船队下行 5 min 航程之和;(6)桥墩夹角与水流夹角不大于 5°。

3 设计思路

根据沅江六桥所处的交通位置、工程规模以及复杂城市场地下的建设条件,设计立足于“技术先进、安全可靠、耐久适用、经济合理、环境保护”的基本原则^[5]。

设计针对该工程的特点,逐条分析复杂场地下各种不利因素。综合考虑规划路网、沿线高压电走廊、沅江水文条件、地震断裂带等因素,对大桥的规划桥位进行优化调整,提出推荐桥位方案。根据通航要求和规划码头等条件,确定推荐方案的桥梁跨径和桥型^[6]。

城市桥梁设计不仅要满足交通功能,还要力求造型美观,立面线形流畅,总体上与周围环境相协调,和沅江上的其他桥型不雷同,达到“一桥一景”的效果。

4 总体设计

4.1 桥位选址

由于规划路线未考虑高压走廊、规划德山码头的安全距离,需要对规划线形进行复核和调整。综合考虑上述桥位选址中的高压走廊、规划码头、地震断裂带等关键因素中,再遵循城市道路选线中尽量少调整规划线形的原则,优化后的线形如图 4 所示。

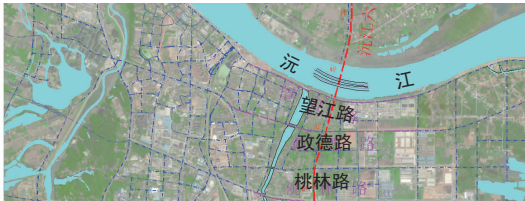


图 4 规划线形与优化线形

优化后线形较规划线形往东偏移了 80 m,再按照城市特大桥的“以桥定线”的原则调整主桥两端的引桥线形,调整后的线形符合上述各项关键性指标,

具体情况如下:

(1)桥梁距离浮桥-德山Ⅱ线 220 kV 高压走廊 90 m,大于距离不小于 1 倍塔高 86.8 m,满足规范要求。

(2)桥梁距离规划德山码头 260 m,大于两倍设计船型长度 180 m。

(3)桥位距离太阳山主断裂带约 40 km,距离太阳山断裂带东支约 2.5 km。根据《城市桥梁抗震设计规范》(CJJ 166—2011)第 4.18 条,按基本烈度 8 度地区考虑,桥墩至主断裂带外边缘距离大于 300 m,可不考虑发震断裂对桥梁的错动影响。

桥位东侧临近一条前第四纪断裂,北侧临近常德—益阳—长沙晚更新世活动断裂、南侧临近常德—益阳—长沙早中更新世断裂。以上断裂均为非全新世活动断裂,根据《城市桥梁抗震设计规范》(CJJ 166—2011)第 4.18 条,可不考虑发震断裂对桥梁的错动影响^[7]。

4.2 桥型及跨径布置

分析上述复杂场地条件下的桥型和跨径布置,控制性因素主要有规划码头、通航条件和防洪要求。如图 5 所示,桥位处航迹线位于沅江中间偏南的位置,通航净宽需 150 m。同时,桥位位于规划码头上游,是规划码头进出口的必经之地,码头处船队有停船卸货和掉头等需求。为了不影响通航,航运管理部门要求桥梁尽量采用大跨径,减少桥墩数量,降低新建桥梁对码头的通航影响。

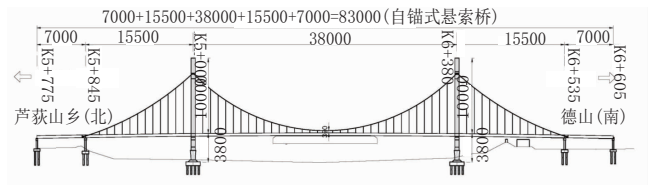


图 5 主桥桥型立面图(单位:cm)

根据前述规划码头编制单位要求,临近码头的桥墩不得超出码头前沿线。因此桥梁的主跨桥墩需与码头齐平,以此为条件倒推桥梁主桥跨径。码头前沿线和航道航迹线北侧边线距离约 300 m,再考虑为以后沅江航道等级提升预留条件,沅江六桥的主跨跨径应该在 380 m 左右。

通过结构计算,同时借鉴国内外类似桥梁,拟定主要构件尺寸,再结合桥梁的地质地貌、水文条件、施工方案等各方面的因素,对主跨为 380 m 的自锚式悬索桥和斜拉桥进行方案比较,见表 1。

从表 1 中可以看出,虽然悬索桥方案比斜拉桥方案工程造价稍高,但是悬索桥方案的景观效果和

表 1 桥梁方案比较

比较内容	方案 1	方案 2
主桥	主跨 380 m 双塔自锚式悬索桥	主跨 380 m 双塔混合梁斜拉桥
抗风抗震	柔性支撑体系,抗震性能好	抗风性能基本一致,抗震相对较差
技术难度	技术成熟	技术成熟,但主梁钢-混结合段构造复杂
施工难度	顶推施工,难度较大	对称悬臂法施工,难度大
养护维修	吊索容易更换	斜拉索更换难度大
景观环境	和自然环境协调一致	和周围自然的协调性相对较差
施工工期/月	48	45
造价/万元	主桥 65 736	主桥 62 997

文化效应更好。悬索桥方案以常德厚重而深远的水文化为内涵,滴水成“塔”,以“柳城”柔韧轻盈的柳枝为依托,垂柳成“索”,和周围环境和谐统一,该方案施工技术成熟,后期养护维修更容易。综上所述,将悬索桥方案作为建设方案。

4.3 桥梁结构设计

主桥全长 830 m,跨径布置为 70 m+155 m+380 m+155 m+70 m,桥宽 33.0 m;主缆垂跨比 1/5 桥塔全高 138 m,桥面以上 100 m。

如图 6 所示,桥塔顺桥向宽 6.0 m,横桥向宽 4.5 m。塔柱采用矩形截面,壁厚 0.8~1.0 m。主塔设置两道横梁,主梁下方设置一道横梁,索鞍下方设置一道横梁。桥塔内部为空心结构,设置检修楼梯。

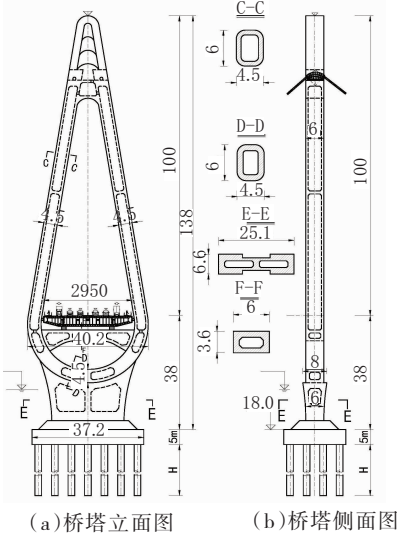


图 6 桥塔一般构造图(单位:m)

如图 7 所示,标准段采用钢箱梁,钢箱梁中心截面处梁高 3.6 m,梁宽 33 m(含风嘴 1.75 m),设置双向 2%横坡。钢箱梁沿横桥向设置 4 道腹板,吊杆锚箱锚固于钢箱梁边腹板。横隔板间距 3.67 m,横隔板共设置四个过人孔和一个管线孔。

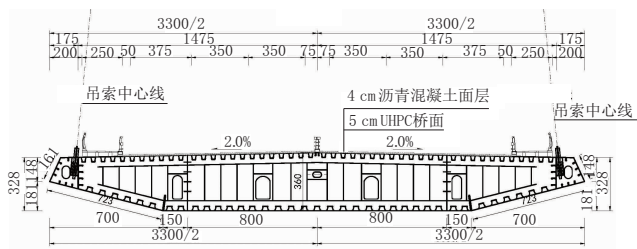


图 7 主梁一般构造图(单位:m)

主缆共 2 根,采用预制平行钢丝索股(PPWS),主缆为空间线形,布置在钢箱梁两端外侧,中跨的矢跨比为 1/5。单根主缆由 37 股索股组成,每根索股采用 127 根直径为 5.3 mm 的高强度镀锌钢丝。主缆在架设时接近似正六边形,紧缆后主缆为圆形。索夹内空缆空隙率 18%,主缆直径 401 mm;索夹外主缆空隙率 20%,主缆直径为 406 mm。

吊索采用预制平行钢丝索体,吊索标准间距为 11 m,桥塔两侧的吊索距桥塔中心线 14 m。边跨为 12 对吊索,中跨为 32 对吊索。在每个索夹吊点处,顺桥向设置两根吊索作为一组。吊索上端为销接式连接,下端为承压式连接。上端销铰带关节轴承,以减少吊索的弯折,适应全桥的空间索。

5 结 语

城市桥梁设计时,桥梁的建设场地越来越复杂,受到规划和建设条件和地下管线等各种场地因素影响。本文分析总结了桥梁桥位选址的关键性因素:水文、地形地貌、地震断裂带、高压电塔等;分析总结了桥型桥跨的关键性因素:码头规划、通航条件等。并以沅江六桥为例,对上述关键性因素进行逐条阐述

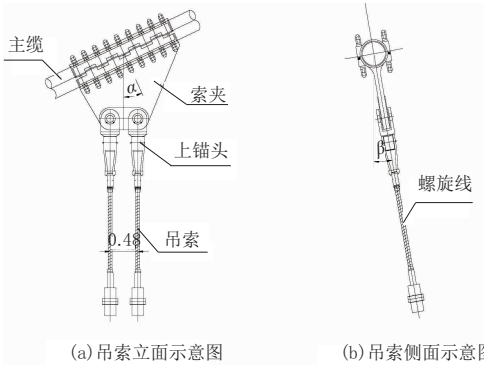


图 8 吊索一般构造图

和分析,提出满足关键因素指标的建设方案。

常德沅江六桥作为沅江流域上的特大双塔自锚式钢箱梁悬索桥,在前期方案设计阶段,通过对各种可能影响桥位选址的关键因素进行反复踏勘,详细比选,最终选定了推荐桥位;通过对可能影响桥型和桥跨的关键性因素进行分析对比,综合考虑经济造价、景观效果、文化属性、施工方案等条件,推出和周围环境和谐统一的建设方案,值得类似桥梁的总体设计工作借鉴。

参考文献:

[1] 湖南大学设计研究院有限公司.常德市沅江六桥及接线工程[Z],长沙:湖南大学设计研究院有限公司,2021.
[2] CJJ 11—2011,城市桥梁设计规范[S].
[3] GB/T 50293—2014,城市电力规划规范[S].
[4] GB 50139—2014,内河通航标准[S].
[5] 谭海玲.公路桥梁选址分析[J],中国水运(理论版):2008(1):62-63.
[6] 张磊,黎洪萍.公路桥梁选址优化综合评价指标体系的探讨[J],基建优化:2007(3):94-95.
[7] CJJ 166—2011,城市桥梁抗震设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com