

流溪河大桥主桥重建方案设计研究

刘 杰

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘 要: 流溪河大桥位于广州市温泉旅游度假区, 在桥梁建设过程中因规划条件发生变化, 桥梁由立交形式跨越堤岸路变更为与堤岸路平交, 建设中的主桥需要拆除重建或易地建设。为了最大限度地利用原有桥梁结构, 降低工程造价, 同时满足周边景区对桥梁景观的要求, 设计时结合已建条件, 对不同重建方案进行了比较研究。经比选, 最终确定主桥采用单跨 125 m 下承式钢筋混凝土系杆拱桥。主桥由系梁、拱肋、吊杆等组成, 采用先梁后拱法施工。其中, 拱肋采用钢筋混凝土结构, 拱轴线为 2 次抛物线, 矢跨比为 1/5; 系梁按整体箱形断面布置, 采用单箱 3 室预应力混凝土箱形截面。流溪河大桥重建方案的设计思路和方法, 可为今后同类型旧桥改造设计等提供参考。

关键词: 系杆拱桥; 自锚式悬索桥; 钢-混组合结构; 旧桥基础利用; 拆除重建

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)10-0079-04

1 工程概况

流溪河大桥位于广州市从化温泉镇境内, 路线呈东西走向, 起点与 G105 国道相接, 向西北方跨越流溪河, 在终点处设置半苜蓿叶立交与规划路相接, 路线全长 1.68 km。桥梁平面线位与从化区规划局规划方案相吻合。项目的建设可从根本上解决周边村民出行和温泉旅游区的交通问题, 使区域骨架路网更趋完善, 对于促进从化区的经济、旅游业发展, 改善投资环境都具有十分重要的意义。

新建流溪河大桥桥梁总长 740 m, 主桥结构型式为变截面现浇预应力混凝土连续梁桥; 两侧引桥采用等高预应力混凝土连续箱梁。桥梁跨径组成为: $6 \times 25 \text{ m} + 3 \times 48 \text{ m} + 73 \text{ m} + 125 \text{ m} + 73 \text{ m} + 30 \text{ m} + 28 \text{ m} + 2 \times 40 \text{ m} + 37 \text{ m} = 740 \text{ m}$ 。原线路采用立交方式跨越流溪河两端的堤岸路。项目建设过程中, 由于西北侧堤岸外的部分用地性质由道路用地变更为基本农田保护区, 导致堤岸外侧道路不能实施, 只能采用平交方式对堤岸内的桥梁进行改造以接顺河流两岸的堤岸路或另择新址建设道路。

2 工程建设条件

2.1 旧桥现状

原设计流溪河大桥主桥结构型式为 73 m+

125 m+73 m 预应力混凝土连续梁桥, 主桥桩基、墩柱、主梁零号块、部分引桥桩基和墩柱已施工完毕。已施工部分桥梁现状见图 1。



图 1 已施工桥梁现状图

2.2 桥梁改造制约因素

流溪河大桥改造方案以“安全、耐久、适用、环保、经济和美观”为总设计原则, 根据场地水文条件、工程地质条件、河道防洪水位、通航净空和景观等要求, 在合理选择桥型的基础上减少工程总投资^[1-2]。改造方案的选择主要考虑以下几个因素:

(1) 原桥位处部分桩基础和墩柱已施工完成, 主桥上部结构已施工零号块, 若采用原址利用方案, 桥梁跨径将受到制约, 可调性较小。

(2) 原路线采用立交方式跨越两侧的堤岸路, 由于堤岸外西北侧用地性质变更为基本农田保护范围, 只能采用平交方式接顺两侧堤岸路, 而此处设计洪水位与堤顶之间的最小高差仅为 1.5 m, 从而限制了桥梁的跨径和梁高, 桥梁需采用较大纵坡才能够接顺堤岸。

收稿日期: 2023-11-08

作者简介: 刘杰(1981—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事景观桥梁设计研究工作。

(3)若采用新址重建,则存在桥梁原有基础不能利用,线位与规划线位不符等问题。

(4)流溪河为水源保护地,环保要求高,应降低工程实施对环境的影响。桥梁位于温泉旅游度假区,桥梁景观应与区域整体建筑风格相协调,对景观要求高。

(5)桥位处于广从断裂带,地质条件复杂。

2.3 技术标准

桥梁主要技术标准如下:

- (1)道路等级:城市次干路。
- (2)汽车荷载:城市-A级。
- (3)通航等级:IX级通航。
- (4)设计洪水频率:1/100。

3 桥型方案比选

根据桥梁改造的制约因素,桥梁方案设计原则如下:

- (1)尽量利用原有基础,以减少工程造价。
- (2)降低梁高,减小桥梁纵坡,同时体现桥梁美观性并与周边环境相协调。
- (3)新线位的选择应考虑新建桥梁与既有道路的衔接,方便日后改造拓宽。
- (4)项目附近为旅游区,工程方案应侧重景观,兼顾经济。

根据以上原则,桥梁由立交改为平交后,若原址利用旧桥,仍采用原连续梁桥方案,则要与河流两侧堤岸路接顺,连续梁的最大纵坡需调整到6%,对行车舒适性和安全性均不利。同时,由于旧桥施工已有一段时间,且现场主梁支架已被拆除,导致主梁零号块产生下挠变形,钢筋外露锈蚀严重。因此对旧桥进行局部拆除处理。对2个零号块梁体和所有墩柱进行拆除,仅保留原Z9~Z12轴桩基与承台。新建桥梁利用现有下部结构,以减少工程造价;采用主梁高度较小的结构形式,以减小桥梁纵坡。桥梁拆除部分示意图见图2。

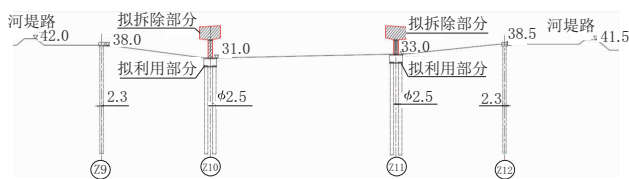


图2 桥梁拆除部分示意图(单位:m)

改造桥梁的桥型选择应与周边环境相协调。桥梁跨越流溪河处的河道较窄,堤岸两侧为低层住宅区、农田和温泉度假区,无高耸的建构筑物,因此桥

型方案不考虑桥塔较高的斜拉桥结构。根据桥梁制约因素和设计原则,主桥设计共提出了拱桥、悬索桥、梁桥3种桥型进行方案比选。桥型方案分别是方案一:单跨125m下承式钢筋混凝土系杆拱桥;方案二:主跨125m双塔自锚式悬索桥;方案三:主跨60m钢-混组合梁结构。方案一、方案二均为原址重建,并利用原有下部结构;方案三为重新选址修建。

3.1 下承式系杆拱桥方案

下承式系杆拱桥外形动感,跨径适应性强,根据地形特点可设置成上承式、中承式和下承式,形式多样。根据本工程特点,下承式拱桥桥型因其本身具有的曲线美、适中的跨径和较小的梁高而成为桥型方案的首选^[3-4]。为了尽可能地利用现有桩基、承台,本方案采用与原施工图相同的跨径上跨流溪河,跨径组合为: $2 \times 36.5 \text{ m} + 125 \text{ m} + 2 \times 36.5 \text{ m} = 271 \text{ m}$ 。上部结构主桥采用125m跨筒支下承式钢筋混凝土系杆拱桥;下部采用花瓶墩,造型美观;基础利用既有桩基、承台;引桥采用等截面现浇预应力混凝土箱梁。由于下部桩基础限制,上部采用单片拱肋,若采用双拱肋则需加桩和承台接长,从而增加施工难度和造价。方案一(下承式系杆拱桥)桥梁效果图见图3。



图3 方案一:下承式系杆拱桥效果图

3.2 双塔自锚式悬索桥方案

悬索桥分为地锚式和自锚式。考虑到桥梁跨径较小,且桥梁位于广从断裂带,地质条件较差,优先选择自锚式悬索桥。为了尽可能地利用现有桩基、承台,本方案采用与原施工图相同的跨径上跨流溪河。自锚式悬索桥桥跨布置为 $30 \text{ m} + 43 \text{ m} + 125 \text{ m} + 43 \text{ m} + 30 \text{ m} = 271 \text{ m}$;下部采用花瓶墩造型;基础利用原有桩基和承台。由于下部桩基础限制,本方案拟采用单索面,若采用双索面则需加桩和承台接长,从而增加施工难度和造价。方案二(双塔自锚式悬索桥)桥梁立面布置图见图4。

以上方案两岸均采用平交方式与河堤路相接。由于南岸用地不受限制,南岸也可采用立交方式跨越堤岸路后与G105国道相接。若南岸采用立交跨越

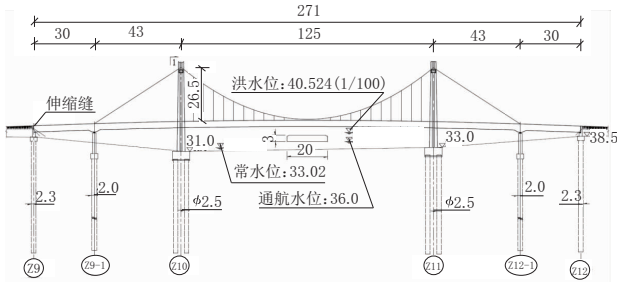


图4 方案二:双塔自锚式悬索桥立面布置图(单位:m)

方案,则需增加桥梁长度约200m,与平交方案相比较,造价增加约2500万。

3.3 钢-混组合梁桥方案

鉴于原址重建方案线路纵断受限,影响行车舒适性,方案三采用新址重建。新建线路用地性质无制约因素,在线位选择上,对曲线线路和直线线路进行了比较。虽然曲线线位桥梁较长,造价稍高,考虑到日后与两岸道路衔接,以及改造拓宽、景观影响等因素,推荐采用曲线线位。跨径组合为:2×30m+60m+4×30m+3×30m=330m。主桥采用60m跨钢箱叠合梁,梁高2.5m;引桥采用30m跨小箱梁;下部采用双柱墩配盖梁造型。方案三(钢-混组合梁桥)桥梁效果图见图5。



图5 方案三:钢-混组合梁桥效果图

3种桥型方案综合比选项目见表1。

表1 桥型方案比较表

比较项目	方案一:下承式系杆拱桥	方案二:自锚式悬索桥	方案三:钢-混组合梁结构+小箱梁
跨径组合	2×36.5m+125m+2×36.5m=271m	30m+43m+125m+43m+30m=271m	2×30m+60m+4×30m+3×30m=330m
施工难易	系梁和拱肋支架现浇,工艺成熟,施工难度小	加劲梁支架现浇,工艺成熟,缆索施工稍复杂	箱梁工厂预制,现场吊装,工艺成熟,施工难度小
综合比选	本方案造型美观大方兼具轻盈秀美,能最大程度上利用原有基础并降低桥梁高度,后期维护简单,造价适中	本方案造型新颖、富于变化,稳重、美观、轻盈。能最大限度利用原有基础并降低桥梁高度。造价较高,后期维护成本高,经济性较差	本方案桥梁上下部结构简洁统一。采用绿色装配式结构,预制拼吊装方案施工快速、方便。桥梁线位对行车有利,但后期主桥钢结构养护费用高,景观效果一般
方案推荐	推荐	比选	比选

系梁纵向设17-φ15.2高强度低松弛钢绞线,横向在顶底板上设5-φ15.2预应力筋。系梁预应力分2批次张拉,第一批次钢绞线在系梁合拢、混凝土浇筑完成并养护7d后张拉;第二批次张拉剩余钢绞线,在二期恒载上桥前张拉完成。为进一步减小预应力对混凝土收缩、徐变的影响,第一批次张拉的时间应

根据比选结果,推荐采用方案一,即单跨125m下承式钢筋混凝土系杆拱桥。

4 结构方案设计

4.1 总体设计

桥梁采用整体式断面,桥宽25.0m。主桥为下承式钢筋混凝土系杆拱桥,跨径为单跨125m。桥梁跨径组合为:2×36.5m+125m+2×36.5m=271m。下承式系杆拱桥立面图见图6。

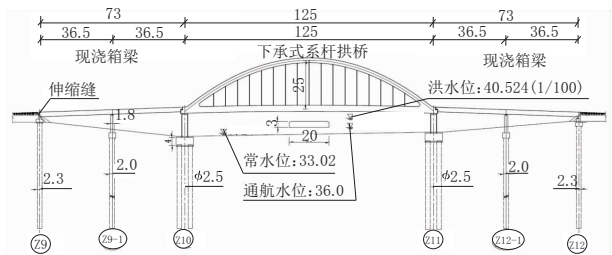


图6 下承式系杆拱桥立面图(单位:m)

桥梁标准横断面布置:3.0m(人行道)+7.5m(机动车道)+4.0m(拉索区)+7.5m(机动车道)+3.0m(人行道)=25.0m。桥梁横断面布置图见图7。

4.2 系梁设计

系梁按整体箱形断面布置,采用单箱3室预应力混凝土箱形截面。桥面箱宽25.0m,梁高3.0m。底板厚度25cm,顶板厚度28cm,边腹板厚度25cm,中腹板厚度50cm。吊点处设横梁,横梁厚度0.6m。系梁高3.0m,而原桥主梁根部梁高7.3m,因此系梁与原桥最大高差4.3m;原设计最大纵坡3.9%,新桥最大纵坡3.5%。

尽量延后。

4.3 拱肋设计

主桥跨径125m,拱轴线为2次抛物线,矢跨比为1/5。拱肋采用等高度钢筋混凝土箱形断面,为增加拱肋横向刚度,拱肋断面尺寸宽度2.8m,高度2.6m,横向采用1片拱肋,设置于中央分隔带上。

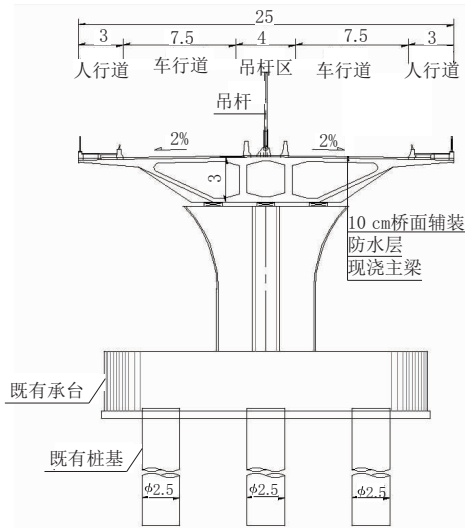


图7 桥梁横断面布置图(单位:m)

4.4 吊杆设计

吊杆顺桥向间距9 m,全桥共设17根吊杆。吊杆采用PES(FD)7-127型低应力拉索,吊杆配套采用LZM7-127型冷铸锚。吊杆张拉端位于拱肋处,锚固于拱肋箱内下缘。吊杆锚固端设主梁顶板处,锚固处设置吊点横梁。

5 施工方案

主桥采用先梁后拱的施工方法,系梁采用钢管支架施工,拱肋在系梁上搭设支架浇筑。主桥施工步

骤如下:拆除旧桥主桥零号块和墩柱→新建河堤内的引桥桩基、墩柱→搭设水中钢管支架,浇筑系梁→搭设梁上支架施工拱肋、张拉吊杆→拆除支架,施工桥面铺装后竣工通车。

6 结语

流溪河大桥位于从化温泉旅游度假区,由于规划条件变更,桥梁由立交形式跨越流溪河两侧堤岸路改为平交接顺,且新建桥梁要利用旧桥已建桩基,因此新建桥梁在桥型、跨径、纵坡等方面有着诸多限制。结合方案制约因素,经过方案比选,主桥采用下承式钢筋混凝土系杆拱桥。该桥型结构形式简洁美观、受力合理;主梁高度小,减小了道路纵坡,增加了行车舒适性;最大限度地利用了原有桥梁结构,大大降低了工程造价,同时可满足周边景区对景观的要求。本文提出的设计思路和方法,可为今后同类型旧桥改造设计等提供参考。

参考文献:

- [1] 盛洪飞.桥梁建筑美学[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [2] 徐利平.城市桥梁美学创作[M].上海:同济大学出版社,2017.
- [3] 陈艾荣,盛勇,钱峰.桥梁造型[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [4] 占辉,肖宁,梁睿中,等.集智筑虹:广州市南沙横沥岛尖桥梁景观设计师制度的践行[M].北京:中国建筑工业出版社,2021.

《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