

蒲丹快速路新建工程桥梁设计要点分析

钟 慧, 胡方健

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200125]

摘 要: 蒲丹快速路(S401线蒲江绕城段)新建工程属于比较典型的山区公路工程,其特点主要表现为地面高差大、山高沟深,变化频繁。主要介绍设计概况及桥梁设计要点。重点论述了装配式桥梁结构的应用、控制性节点工程的优化设计、京昆高速(成雅段)渡线工程设计、上跨蒲江河段桥梁结构设计、桥梁结构抗震措施的设计及桥台陡坡段边坡的防护设计。

关键词: 装配式桥梁;渡线工程设计;边坡防护;抗震;山区公路

中图分类号: U442

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0061-04

1 工程概况

如图1所示,蒲丹快速路新建工程路线起于鹤山街道红炉村笔架山,接蒲名快速路,向南延伸,先后上跨G5京昆高速(成雅段)、下穿成蒲铁路和规划成康路线起于鹤山街道铁路后,在五龙谷与县道蒲朝路平交,跨蒲江河后设隧道穿越望峨山,止于光明乡涧水桥,顺接既有S401线,路线全长7.146 km。



图1 工程区位图

该项目全线共包含大桥5座(总长2.082 km)、涵洞16道、短隧道1座、分离式立体交叉2处、通道涵1座、天桥2座,涉及专业包括道路、桥梁、排水、隧道、结构、交通工程、电气、景观绿化、造价、勘察、测量等。沿线所经主要河流为蒲江河及其支流。

本项目于2017年11月开始施工,2022年8月竣工,建安费约5.1亿。本项目主要技术标准:道路等级为一级公路,设计行车速度60 km/h,路基宽度24.5 m,分离式12.5 m^[1]。

收稿日期: 2022-10-12

作者简介: 钟慧(1987—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计及研究工作。

2 设计原则

本工程所在地区旅游资源丰富,项目建设除了满足安全、耐久、适用外,同时注重环境保护及景观设计。因此,在工程设计中遵循了以下原则:(1)最小破坏原则^[2]。根据山区桥梁特点,合理选择桥位、精心布孔,控制工程规模,尽量减小建设用地、选用环保方案;(2)最大保护原则^[2]。优化全线土石方调配,集中取土作为路基填土及绿化土。采用喷播+草灌混植,让工程融于自然。(3)适应性设计原则^[2]。结合山区特征,选用耐久、易养护材料。

3 设计要点分析

本工程中主线大桥三座(K4+371.0板栗坡大桥总长871 m、ZK8+193.8蒲江河大桥总长310.4 m、YK8+194.5蒲江河大桥总长311.8 m)、路线交叉处的车行天桥2座。

本项目属于比较典型的山区公路工程^[3],山区桥梁^[4]的设计要充分考虑山区地形、地势的复杂性,选择合适的结构形式及施工工艺。

3.1 装配式桥梁的应用

该工程主线桥梁均采用标准化建造方案,参照使用交通部标准系列的25~40 m预应力混凝土T梁,如图2所示,并采用先简支后结构连续的形式。此外板栗坡大桥上跨京昆高速(成雅段)节点采用38 m+56 m+38 m的分离式钢箱组合梁结构,如图3所示。

下部结构采用排架墩。桥墩分为圆柱墩及矩形墩两类。矩形墩基础采用一墩两桩,圆形墩基础采用一



图2 蒲江河大桥



图3 板栗坡大桥

墩一桩;桥台类型有轻型桥台、肋板式桥台及重力式桥台,根据不同的地形条件分类选用。

施工时先建设施工便道,再施工基础及墩台,采用架桥机逐孔安装T箱梁,并逐墩张拉负弯矩钢束。装配式桥梁的应用能有效克服山区多变的地形,保证施工的顺利进行。

3.2 上跨京昆高速(成雅段)桥梁结构设计

板栗坡大桥上跨京昆高速(成雅段)为该工程的关键节点。初步设计阶段上跨方案为38 m+50 m+38 m分离式钢箱组合梁结构,横桥向布置9片钢箱梁,如图4所示。桥下预留成雅高速段8车道的改造空间。

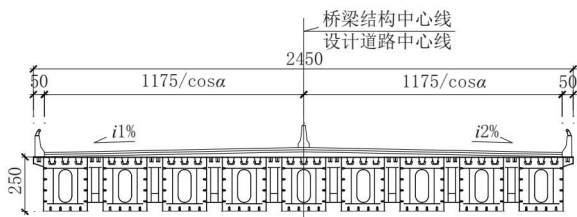


图4 初设阶段支点横断面布置图(单位:cm)

在初步设计批复时,由成雅段高速公路权属单位提出,新修建的桥墩距离应依据成雅高速公路已有的扩容改造来设计,故经协调确认,板栗坡大桥上跨成雅高速段跨径布置调整为38 m+56 m+38 m。

作为该工程的关键节点,设计方案的合理性直接影响着整个工程的造价及施工进度。故在初设方案的基础上,经过反复的结构计算及优化,横断面由9片钢箱梁调整为8片,并优化了顶底板、腹板纵横向的加劲形式,横断面布置图如图5所示。

结构的合理优化直接节省了造价,其次横向由9片钢箱梁调整为8片,也大大缩短了施工时间,如图6所示。

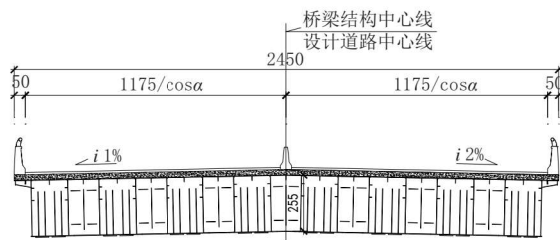


图5 施工图阶段支点横断面布置图(单位:cm)



图6 吊装完毕的钢箱梁

3.3 京昆高速(成雅段)渡线工程设计

如图7所示,板栗坡大桥上跨京昆高速(成雅段),采用三跨38 m+56 m+38 m分离式钢箱组合梁,墩高约30 m,桥梁线路中心线法线方向与成雅段高速公路中心线斜交15°。

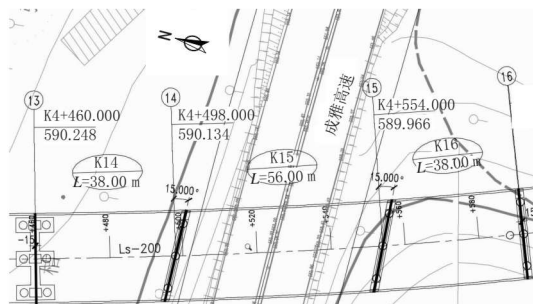


图7 板栗坡大桥上跨成雅高速平面布置图(单位:m)

大桥上跨京昆高速(成雅段)墩高约30 m,在现状成雅段高速通行期间,直接吊装钢梁对梁下通行车辆有安全隐患。经与业主单位、成雅高速段分管单位及施工单位商议论证后,最终采用渡线方案来保证施工期间车辆通行。

渡线工程西起成雅高速K1888+585.84,东至成雅高速K1888+157.27,道路总宽24.5 m,全长443.1 m。

渡线共设置3处平曲线,最小圆曲线半径为150 m,最大圆曲线半径为260 m。渡线纵断面与成雅高速现状尽量保持一致,避免临时工程对永久工程的影响。沿线设置两处变坡点,最大纵坡2.3%,最小纵坡0.7%,最大坡长210.8 m。

渡线及架梁施工步骤:渡线施工→在渡线位置架设边跨13#~14#钢箱梁→通过渡线疏散成雅高速段交通车辆→架设边跨15#~16#钢箱梁→架设中跨

14#~15# 钢箱梁→重新开放成雅段高速→拆除渡线,恢复场地,重新复耕。图 8 和图 9 所示分别为渡线施工完毕后吊装边跨钢梁和车辆于渡线处通行时吊装跨中钢梁照片。



图 8 渡线施工完毕后吊装边跨钢梁



图 9 车辆于渡线处通行并吊装跨中钢梁

3.4 上跨蒲江河段桥梁结构设计

本工程分两幅桥上跨蒲江河,其中左幅 ZK 线桥梁全长 310.4 m,右幅 YK 线桥梁全长 311.8 m。单幅桥桥宽 12.5 m。

蒲江县降雨主要分布在 5—9 月,占年降雨量的 79%,特别是 6—9 月降雨更为频繁,经常产生较大和特大暴雨。且蒲江河洪水主要来源于上游山区,与各支流洪水遭遇的机会不多,致使洪水峰型多呈双峰和复峰。图 10 所示为汛期时蒲江河的照片。



图 10 汛期的蒲江河

初步设计阶段,蒲江河大桥采用基础轴线与河道主流方向正交的布置形式,阻水面积增大。考虑到蒲江河常年因暴雨引发洪水,施工图阶段优化了基础布置,将基础轴线顺沿河道主流方向,故基础与线路法线方向斜交 15°,如图 11 所示。上述措施虽然增加了设计的难度,但大大降低了桥梁结构对水流影响,也保护了桥梁在洪水冲刷及冲击下的自身安全。

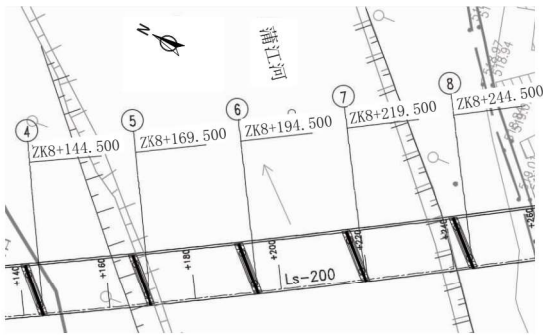


图 11 ZK 线蒲江河大桥平面布置图

3.5 桥梁结构抗震措施设计

该项目区地震动峰值加速度为 0.10g,相应的地震基本烈度为 VII 度,地震动反应谱特征周期为 0.45 s。抗震基本烈度为 7 度,抗震设防类别为 B 类,抗震设防措施等级为 8 度。

在本次抗震设计中,根据对已有地震震害资料的对比分析,充分考虑了桥梁震害的成因。在结构计算的基础上,采取了以下措施进行抗震设防。

(1)主梁伸入桥墩盖梁及桥台盖梁的长度不小于 $[50 + 0.1L(\text{联长}) + 0.8H + 0.5L_k(\text{最大单孔跨径})]\text{cm}$ 。25 m 梁的交接墩盖梁总宽 180 cm,30 m 梁的交接墩盖梁总宽 200 cm,38~40 m 梁的交接墩盖梁总宽 220 cm。

(2)桥墩盖梁及桥台盖梁的外侧边缘,均设置横向抗震挡块,并适当加强挡块配筋。

(3)主梁端部(主梁对主梁、主梁对桥台胸墙)处,均设置弹性缓冲衬垫。

(4)所有的桩柱式桥墩(净墩高 5~29.5 m),均设置桩顶横向系梁。对于净高超过 10 m 的桥墩,还设置墩柱间横向系梁。

(5)加强支座处构造,其允许位移值适当加大,避免由于梁的较大位移而使支座损坏,甚至发生落梁事故。

3.6 施工配合中桥台陡坡段边坡的防护设计

该工程中板栗坡大桥为跨越沟谷而设,桥墩高度在 25~45 m,桥位处地质复杂,地形变化大。两侧桥台均设置于山坡处。其中,0# 桥台为肋板式桥台,原设计采用台前放坡 + 坡脚设置挡墙形式进行坡面的防护,其立面布置图如图 12 所示。

施工中,由于山体纵、横向坡度变化大、测量的误差及施工顺序及平台开挖不合理等原因,造成了山体滑坡、崩塌等现象计。

对于上述问题因施工方均未及时反馈,而汛期过后,现场回填土遭雨水冲刷较为严重,部分区域出

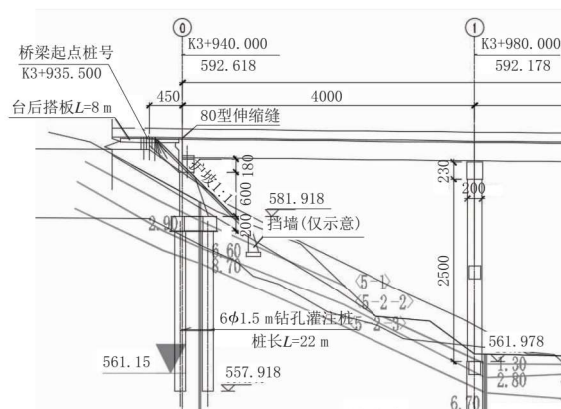


图 12 0# 桥台立面布置图(单位:cm)

现雨水冲沟,如图 13(a)、(b)所示。山体的不稳定给后续桥台及台后填土的施工带来了极大的风险,故需进行山体边坡防护。



(a) 雨水冲沟

(b) 雨水冲刷

图 13 0# 桥台施工照片

通过重新勘测桥台周边地形,综合考虑后续桥台及台后填土的施工,提出了以下边坡防护的设计方案:

(1)将原设计的道路挡墙端部延伸至桥台肋板和帽梁端面,封闭填土区域。

(2)在桥台帽梁下方设置挡土板,令桥台锥坡外侧填土标高与原设计的路基挡墙外侧护坡顶缘线齐平,并在主梁下方区域的桥台锥坡设置宽 2 m 的平台以便于小型压土机械施工时通行,如图 14 所示。

(3)配合原设计的道路挡墙外侧护坡的坡度(1:1.5),将桥台锥坡的坡度也设置为 1:1.5,令两个空间土体能够在外形上匹配。桥台锥坡每 8 m 高程处均设置 2 m 宽水平台阶以便于施工及稳定土体。

(4)桥台锥坡底部设置衡重式挡墙,如图 15 各图所示。0# 桥台施工完后见图 16,2 a 内经历了两个汛期,目前桥台边坡稳定,挡墙未出现开裂、滑移等现象,整体结构稳定。

4 结 语

该项目于 2017 年底开工建设,并于 2022 年 8 月竣工通车。5 a 时间里工程经历了基础材料价格暴涨、多次小规模地震、一次特大暴雨及新冠病毒疫

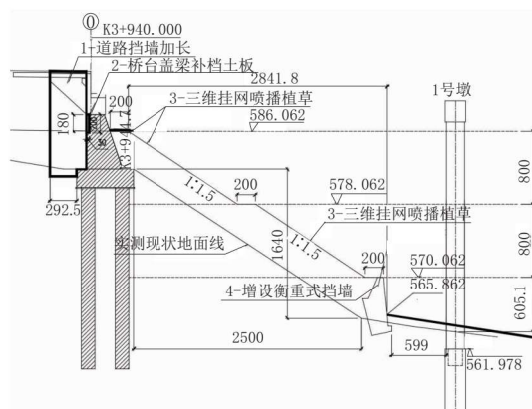
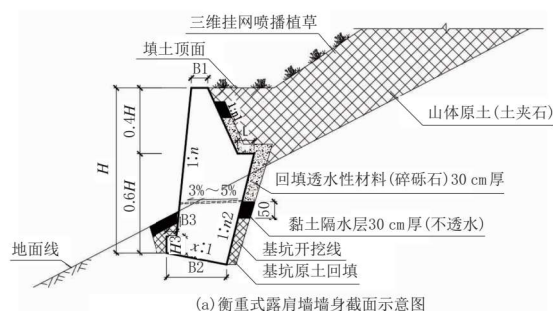
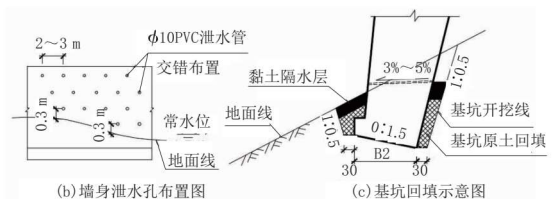


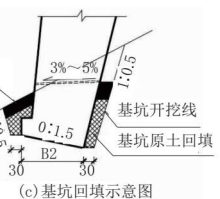
图 14 0# 桥台护坡立面设计图(单位:cm)



(a) 衡重式路肩墙墙身截面示意图



(b) 墙身泄水孔布置图



(c) 基坑回填示意图

图 15 衡重式挡墙设计图



图 16 施工完的 0# 桥台

情,每次不确定事件的发生都严重制约着工程进度,也考验着工程设计的可靠性。蒲丹快速路的开通运营推动了区域交通发展,促进了县域产业升级及城乡一体化发展。

本项目属于比较典型的山区公路工程,地面高差大、山高沟深,变化频繁。针对工程的特点,进行了桥梁设计过程中各要点的分析,希望对相关工程的设计有所借鉴。

山区公路复杂的地形往往给设计及施工带来许

(下转第 83 页)

平力计算而来,高强螺栓的位置满足规范规定的构造要求。

3.4 其他构件

为使散索鞍能够转动,散索鞍设置上、下承板和销来实现该功能。其中上承板位于鞍身承托的底部,尺寸为 4 000 mm×250 mm×80 mm;下承板位于上承板的下方,尺寸为 3 996 mm×244 mm×100 mm;下承板的上缘与上承板的接触面为圆弧面,半径为 4 000 mm,上下承板通过 $\phi 50\times 175$ mm 的销连接在一起。

散索鞍的底座、底板采用铸钢件,按《大型低合金钢铸件》(GB/T 6402—2006)要求,材料牌号采用 ZG20Mn,纵向尺寸为 1 700 mm,横向尺寸为 5 200 mm。下承板嵌入在底座中。底座通过设置在两侧的地脚螺栓 AM64×1 500 mm 与基础相连。

4 效益分析

分体摆轴式散索鞍的鞍头与鞍身均为单独制造,将传统的摆轴式散索鞍铸焊结合为一体或者全焊接成整体结构的形式改为分体结构的形式,具有以下优点:

- (1)降低了索鞍厂内焊接制造技术难度,显著提高了生产效率。
- (2)减小了重量和尺寸,降低了索鞍厂内起吊设备、机械加工设备要求,减少了对大型设备的投入,具有明显经济效益。
- (3)解决了传统铸焊结构散索鞍只能整体运输至施工现场的难题,降低了运输难度及成本,降低了现场安装措施费用及建设运输便道等配套设施的费用,具有明显经济效益。

传统整体式散索鞍和分体式散索鞍的制造难度比较见表 1。通过对两者的经济效益进行分析可知,1 套分体式散索鞍平均可以节省 15 余万元,而本项目有 4 套主索鞍,合计可节约 60 余万元,具有明显的经济效益。

表 1 制造难度比较

项目	散索鞍整体式制造	散索鞍分体式制造
机械加工设备	需要大型加工设备,局限性大	只需常用加工设备,适应性强
吊装设备	需要大型吊装设备,吊装及翻身难度大,危险性大	中型吊装设备即可满足,吊装及翻身更安全
施工情况	焊接操作繁杂,施工难度大	焊接操作简单,劳动效率高,施工难度小

5 结 语

针对开州湖特大桥位处地形陡峭、交通运输条件较差的实际情况,散索鞍设计采用了鞍头和鞍身分离的设计思路,一方面便于制造加工,另一方面降低了施工安装的难度和施工措施费。开州湖特大桥已于 2022 年 1 月 1 日正式通车,目前运营状况良好。本项目为同类项目提供了参考。

参考文献:

[1] 吴扬.隧道锚散索鞍支墩承台施工技术要点[J].交通世界,2022(22):93-95.

[2] 向文英.隧道锚散索鞍支墩承台施工技术及质量控制措施分析[J].交通世界,2020(36):35-36.

[3] 曹春明.贵州镇胜公路北盘江特大桥索鞍设计[J].山西建筑,2009,35(14):325-326,368.

[4] 刘昌华,苏兰,陈龙,等.分体式散索鞍加工技术研究[J].大型铸锻件,2021(6):38-40.

[5] 董小亮,叶觉明,李汉梅.悬索桥索鞍设计制作主要问题及对策[J].钢结构,2015,30(1):59-64.

(上接第 64 页)

多不确定性,在现场施工配合时,设计代表应加强与施工单位、监理单位及业主单位的沟通与联系,保证设计能及时解决施工中的问题,确保设计方案符合实际。

参考文献:

[1] 成都市交通规划勘察设计院.蒲丹快速路(S401 线蒲江绕城段)新

建工程初步设计文本[R].成都:成都市交通规划勘察设计院,2016.

[2] 胡方健,缪璋妮.张家界市西部旅游通道杨家界大道桥梁设计[J].城市道桥与防洪,2022(4):75-78.

[3] 杨健.山区公路设计的特点和方法分析[J].运输经理世界,2021(6):29-30

[4] 石璞,王志群.山区桥梁设计要点研究[J].交通世界,2020,558(36):48-49.