

某风景区人行悬索桥设计

吴念, 胡海燕

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430060)

摘要: 悬索桥以其气势磅礴的外型受到人们的喜爱, 特别是对于景观要求较高的风景旅游区, 悬索桥往往成为最受欢迎的桥型之一。文中从地形、地质、施工条件、桥梁总体布置等方面论述了某风景区人行悬索桥的设计过程, 并对人行悬索桥的施工进行了说明。

关键词: 桥梁; 人行悬索桥; 桥型选择; 施工方案; 风景区

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)01-0147-02

对于风景旅游区的桥梁设计, 除考虑桥梁的交通功能外, 还需考虑桥梁的景观功能。要求桥梁造型美观, 突出旅游区的人文特色; 气势磅礴, 成为旅游区的一道亮丽风景; 外型与周围环境协调, 与风景区的山、水融为一体。人行悬索桥具有良好的视觉效果及外部曲线, 与外部环境也能和谐融合, 常被用于建造城市景观桥或公园景观桥。此外, 在山区交通不便的地方修建跨越山谷河流的人行桥时, 悬索桥也是强有力的比选桥型。该文介绍某风景区人行悬索桥的设计过程。

1 桥梁结构形式拟定

该项目位于云南省丽江市金沙江中游宝山石头城附近, 根据规划, 整个项目片区将打造成旅游观光的休闲胜地, 宝山石头城是整个项目的核心、旅游观光的终极目的地。目前, 宝山石头城与外界没有连接道路, 山民只能通过崎岖的山路翻山越岭走到山外, 急需修建一座人行桥跨越金沙江某支流, 以连接宝山石头城与外界道路, 为宝山石头城的开发创造条件, 同时将该连接桥梁作为旅游区的另一道风景。

桥位处河面宽约 70 m, 最大水深约 26 m, 河岸两侧为陡峭的山体, 基岩出露, 地质情况较好。两侧均无通往外界的现状道路, 金沙江里也无运输大型设备和材料的船只。

由于施工水位较深, 且河岸边坡较陡, 在水中立墩施工难度较大, 考虑采用一孔 80 m 左右跨径桥梁直接跨过河道, 可供选择的桥型主要有悬索桥和拱桥。考虑到山区材料运输不便, 大型施工设备很难运送到施工现场, 桥梁上部结构宜采用钢结构, 而应避免使用砼结构。因此, 桥梁结构形式锁定为钢桁架拱桥和钢桁架悬索桥。这两种桥型外型都较美

观, 能满足旅游区桥梁的景观要求。

钢桁架构件可在工厂预制, 现场拼装后采用吊装施工, 但钢桁架拱桥单个节段吊装重量为 10 t 左右, 施工单位没有相应吨位的吊装设备, 施工存在很大安全风险。而钢桁架悬索桥主桁的吊装重量较轻, 国内相关施工工艺技术成熟, 故采用钢桁架悬索桥作为该项目的桥型方案。

2 桥梁总体布置

人行桥采用单孔 80 m 钢桁架悬索桥结构, 矢高为 10 m, 矢跨比为 1/8; 桥梁平、纵面均位于直线段上, 桥梁全长 110 m; 桥面系采用横梁上铺桥面钢波纹板的结构形式; 桥塔采用矩形截面, 下接承台桩基础; 主缆锚固体系采用重力式地锚形式。桥梁总体布置见图 1、图 2。

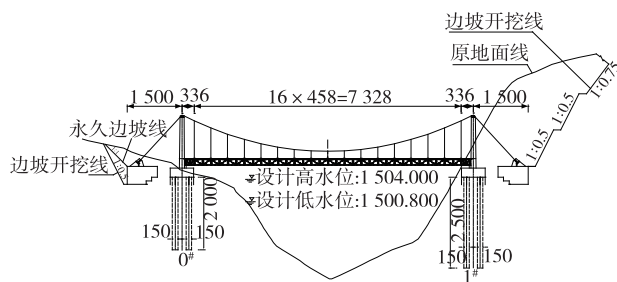


图 1 人行悬索桥立面布置(单位: 标高为 m, 其他为 cm)

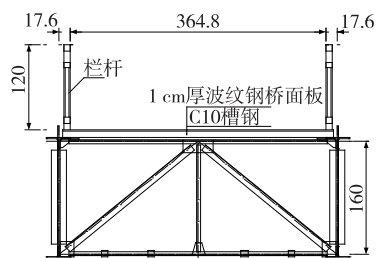


图 2 人行悬索桥横断面(单位: cm)

2.1 主缆

桥梁横向共设置2个索面,主缆横向间距4.0 m,每个索面采用单主缆形式。主缆成桥线形为二次抛物线,以跨中主缆最低点为坐标原点,方程为 $y = x^2/160$ 。主缆在墩顶通过索鞍固定和转向,边跨主缆与水平向夹角为 47.38° 。

2.2 吊索

吊索上端通过锚具与索夹吊耳连接,下端通过上下连接板和螺杆与主桁架上弦杆节点板吊耳连接。吊索顺桥向间距4.58 m,边吊索与桥塔中心线距离3.36 m。

2.3 索鞍

索鞍采用纵、横肋间接传力方式,由索盖、索座、底座、连接螺栓等部件组成。主缆架设完成后,索盖和索座通过高强螺栓连接,对主缆形成挤压力,从而固定主缆。

2.4 索夹

索夹分左右两半,通过高强螺栓将其紧固,索夹下端耳板与吊杆通过吊杆锚具连接。

2.5 主梁

上部结构加劲梁采用桁架结构,桁架计算高度1.6 m,宽度4 m。桥面系采用横梁上铺桥面钢波纹板的结构形式,上部结构建筑高度1.798 m(含加劲梁和桥面系)。

主桁架由上下弦杆、腹杆、横梁、风撑等组成。上下弦杆由2根 $\angle 160 \times 12$ 角钢组成,2根角钢净距12 mm,通过纵向间距20 cm钢节点板焊接形成整体,弦杆横桥向中心间距4.0 m。

上下弦杆通过直腹杆和斜腹杆连接,梁端部直腹杆间距1.21 m,其他部位直腹杆间距2.29 m。斜腹杆采用2根 $\angle 100 \times 10$ 角钢,梁端部直腹杆采用2根 $\angle 100 \times 10$ 角钢,其他部位直腹杆采用2根 $\angle 56 \times 5$ 角钢。所有腹杆通过节点板与上下弦杆焊接。

上弦杆横梁采用 $\angle 70 \times 7$ 角钢,下弦杆横梁采用2根 $\angle 56 \times 5$ 角钢,梁端部横梁间距2.518 m,其他部位横梁间距4.58 m。上下横梁间设置直腹杆和斜腹杆,直腹杆采用 $\angle 56 \times 5$ 角钢,梁端部斜腹杆采用 $\angle 100 \times 10$ 角钢,其他部位斜腹杆采用 $\angle 70 \times 7$ 角钢。横梁、腹杆通过节点板与弦杆焊接形成整体。

上下弦杆分别在横梁间设置棱形风撑,风撑采用 $\angle 100 \times 10$ 角钢。风撑与弦杆和横梁间通过节点板焊接。

2.6 桥塔

采用变截面双柱式桥塔,上塔柱两立柱中心距4.0 m,在距塔顶0.8 m处设置一根塔柱横梁,横断面尺寸为 $0.6 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$ 。塔柱两立柱横桥向宽度0.8 m,纵桥向宽度由塔顶1.1 m渐变到塔柱底部的1.4 m。塔柱底部2.625 m范围采用实体截面。塔柱下接承台桩基础,承台平面尺寸为 $6.7 \text{ m} \times 6.45 \text{ m}$,厚2.5 m。在承台上设置主梁抗震挡块,挡块高2.55 m,平面尺寸为 $0.8 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 。桩基采用4根 $\phi 1.5 \text{ m}$ 群桩基础,桩基横桥向间距4.0 m,纵桥向间距3.75 m。

2.7 锚碇

两岸主缆锚碇均采用重力式锚,明挖施工。锚碇平面投影为顺桥向长8.2 m、横桥向宽11 m的矩形截面,高4.95 m,锚碇底标高为+1 502.009 m。锚碇上2个锚块横桥向宽2 m,锚块中心间距4 m。主缆通过锚具锚固在锚块上。

2.8 桥面系

桥面系采用横梁上铺钢波纹桥面板的结构形式。横梁采用 $[10$ 槽钢,与上弦杆通过焊接连接。横梁在梁端部间距0.419 m,其他部位间距0.458或0.434 m。在横梁上设置10 mm厚钢波纹板作为桥面板。

在梁端部桥面板上焊接6 mm厚Q345C钢板,并使钢板伸入桥塔下横梁预埋钢板上,两钢板之间不焊接,使主钢架能自由伸缩。

2.9 栏杆

桥梁两侧设置栏杆,栏杆立柱、扶手、栏栅均采用方钢管。栏杆各部位焊接接头和焊缝均为满焊,焊缝无漏缝、杂渣现象,表面作打磨抛光处理。栏杆表面刷2层防锈漆。

3 桥梁施工方案

该项目处于丽江市山区,施工是其一大难点。为减小施工难度,降低桥梁施工措施费,应确定合理的施工方案。

根据悬索桥的特点,结合所在地区的水文地质条件,确定如下施工方案:边坡及锚碇基坑开挖,浇筑锚碇砼,张拉锚碇预应力→施工桥塔桩基、承台、塔身及塔柱上横梁,预埋索鞍底座预埋钢板及锚固螺栓→架设导索,利用导索架设牵引索,利用牵引索架设猫道承重索,安装猫道→架设主缆并锚固→安

(下转第206页)

综上所述,投标联合体风险最优分担比例是以风险有效控制为前提的,同时兼顾风险承担意愿、联合体运作机制及责权利的分配等因素对风险分担的影响。

4 结语

该文在总结国内外相关研究成果的基础上,建立了PPP项目投标联合体风险分担影响因素体系。以风险的有效控制为目标,结合风险分担原则,运用Fuzzy-ANP对某大型高速公路PPP项目工程投标联合体关于运营成本超支这一特定风险的分担比例进行了分析,结果表明风险分担Fuzzy-ANP模型所得风险分担比例可实现风险的有效控制,同时充分考虑了参与方的风险承担意愿、联合体运作机制及责权利的分配等因素对风险分担的影响。

通过对高速公路投标联合体风险分担的定量分析,明确联合体参与方承担的风险比例,有助于明确各参与方的责任、权利和义务,实现项目风险的合理分担和防控。

参考文献:

- [1] 张晨.PPP项目风险分担:发达国家与发展中国家的比较分析[D].天津:天津大学,2014.
- [2] 柯永建.中国PPP项目风险公平分担[D].北京:清华大学,2010.
- [3] Bing Li, Zhaoming Ren. Bayesian technique framework for allocating demand risk between the public and private sector in PPP projects[A]. 6th International Conference on Service Systems and Service Management

[C].2009.

- [4] 俞素平.公路工程设计施工总承包项目投标风险评价[J].中外公路,2010,30(1).
- [5] 姜昀彤.利益攸关方个体视角下公私合作基础设施项目风险分担研究[D].青岛:青岛理工大学,2014.
- [6] 田莹.PPP模式下准经营性基础设施项目的风险分担研究[D].重庆:重庆大学,2014.
- [7] 何涛.基于PPP模式的交通基础设施项目风险分担合理化研究[D].天津:天津大学,2011.
- [8] 周和平,陈炳泉,许叶林.公私合营(PPP)基础设施项目风险再分担研究[J].工程管理学报,2014,28(3).
- [9] 孙永河,李春好,谢晖,等.模糊WINGS视角下的ANP加权矩阵新构造方法[J].计算机工程与应用,2014(12).
- [10] 吕超.基于模糊网络分析法的铁路设计项目风险评估研究[D].成都:西南交通大学,2010.
- [11] 王晓强,张坤生,赵冬梅,等.国内EPC工程项目联营体总承包商风险因素研究[J].工程管理学报,2012,26(1).
- [12] 张玮,张卫东.基于网络层次分析法(ANP)的PPP项目风险评价研究[J].项目管理技术,2012(10).
- [13] Wei-Wen Wu. Segmenting critical factors for successful knowledge management implementation using the fuzzy DEMATEL method[J]. Applied Soft Computing, 2012, 12(1).
- [14] Xia Qi, Chao Yi, Jie Li. The improvement measures of the Chinese PPP project decision-making system compared with Australia[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 501~504.

收稿日期:2016-07-22

(上接第148页)

装索夹、吊杆→由跨中向两侧对称安装主桁架节段,并采用钢板焊接的方式将主桁架临时连接(临时连接只起抗剪作用,不传递轴力和弯矩)→安装桥面系、栏杆等附属设施→恒载加载完毕后,将主桁架节段焊接形成整体,最后拧紧索鞍盖上的高强螺栓。

4 结语

人行悬索桥具有造型优美、施工方便等特点,在交通运输不便的山区,人行悬索桥能较好地适应山谷、河谷的跨越能力。该文论述了某风景区人行悬索桥结构形式的拟定过程,介绍了桥梁总体布置及施工方案,对同类桥梁设计具有一定参考价值。

参考文献:

- [1] 江名宝,赵军军.某风景区人行悬索桥设计构思[J].科技创新与应用,2014(9).
- [2] 冯江.会东县参鱼河景观人行悬索桥设计[J].城市道桥与防洪,2014(9).
- [3] 张志国,张庆芳,靳明君.某人行悬索桥的设计与构思[J].国防交通工程与技术,2003,1(4).
- [4] 施大震.一座景观索桥的设计与施工[J].桥梁建设,2003(5).
- [5] 陈何峰.某景观人行桥的结构设计及计算分析[J].城市道桥与防洪,2013(7).

收稿日期:2016-07-20