

# 山区大跨双层钢桁梁斜拉桥总体方案设计

汪剑<sup>1,2</sup>, 刘小红<sup>3</sup>

(1. 武汉生态环境设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430056; 2. 武汉市市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430056;  
3. 武汉市市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430015)

**摘要:** 某山区大桥位于宜昌市五峰县渔洋关附近, 是宜都至来凤高速公路(宜昌段)控制性工程, 亦是省道 242 渔洋关绕城段公路关键工程。大桥桥位跨越典型的深切“V”型沟谷, 拟采用主跨 480 m 双层钢桁梁斜拉桥。介绍了大桥的工程概况、主要技术标准及工程特点, 并对大桥的总体方案设计进行了论述。

**关键词:** 双层钢桁梁斜拉桥; 总体设计; 索塔

**中图分类号:** U448.27

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)05-0068-04

## 1 工程概况

某山区大桥位于宜昌市五峰县渔洋关附近, 跨越柴埠溪, 是宜都至来凤高速公路(宜昌段)控制性工程。考虑到桥位资源稀缺, 为更好地带动地方经济的发展, 本桥与省道 242 渔洋关绕城公路(宽 8.5 m 二级公路)跨越柴埠溪段桥梁合建。桥位处地形环境如图 1 所示。



图 1 桥位处地形环境

## 2 主要技术标准

(1) 公路等级: 高速公路层, 双向 4 车道, 设计速度 80 km/h; 省道公路层, 双向 2 车道, 设计速度 40 km/h。

(2) 荷载等级: 公路 I 级。

(3) 抗震设防标准: 本项目地震基本烈度为 VI 度, 地震动峰值加速度  $a=0.05g$ , 抗震设防措施提高 1 度。

(4) 桥梁结构设计基准期: 100 a。

(5) 耐久性设计环境类别: I 类。

(6) 设计基本风速:  $U_{s10} = 23.3$  m/s。

## 3 工程特点

根据大桥建设条件, 结合大桥功能和建设期安排, 大桥具有以下特点:

(1) 地形条件复杂。桥位跨越典型的深切“V”型沟谷, 两侧地势均较陡峭, 两侧边坡上均难以设置桥墩, 沟谷上宽约 440 m, 下宽约 50 m, 沟谷谷底至路线设计标高达 290 m 左右。

(2) 地质条件复杂。桥位所处区域内岩石主要为奥陶系中-下统灰岩, 基岩一般埋藏较浅, 下部岩石完整性较好, 但区域内不良地质现象发育, 存在岩溶、滑坡、危岩等不良地质现象。

(3) 环境保护及景观要求突出。桥位所在区域内生态资源丰富, 相关风景区和自然保护区较多。

(4) 桥梁涉及 2 种性质的公路工程。大桥涉及高速公路(宜来高速)和省道 242 渔洋关绕城段公路桥梁, 且 2 桥合建。

## 4 总体方案构思

根据大桥上述特点, 大桥总体方案应充分考虑山区地形、地质等不利因素, 通过优化桥梁总体方案以及完善细节部位设计等措施, 尽量减小桥梁对风景区及自然保护区的影响, 同时兼顾景观因素, 确保主桥在施工、运营期间的安全、可靠及美观。

### 4.1 桥型方案构思

鉴于大桥建设条件及相关制约因素, 大桥宜 1 跨跨越柴埠溪, 对于主跨 440 m 左右的桥梁, 可供选择的主桥形式主要有斜拉桥、悬索桥和拱桥等桥型方

案,考虑到悬索桥锚碇基坑以及拱座基坑施工对周围环境的负面影响较大等因素,经综合比选,斜拉桥作为大桥的桥型方案。

4.2 主桥跨径选择

主桥桥跨的选择关键是塔墩位置的选择。塔墩位置主要受地形、地质条件以及施工等因素控制,同时大桥基础施工不可避免地会对山体有所扰动,两岸岸坡在大桥基础增载作用下的稳定性亦成为方案是否成立的关键。故主塔墩位的设置应满足以下2个条件:(1)与山体前缘临空面保持一定安全距离;(2)主墩基础的持力层为完整基岩。

根据桥位处地形、地貌及地质条件,宜都侧主墩布置在距离山体前缘临空面约50 m(承台外边缘距离临空面约25 m)的位置,来凤侧主塔墩布置在距离山体前缘临空面约70 m(承台外边缘距离临空面约45 m)的位置。两岸岸坡稳定性专题研究结果表明,在各种不利工况组合下,两岸岸坡稳定性均满足《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013)和《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)要求,故大桥主桥采用主跨480 m斜拉桥方案。

4.3 主梁形式的选择

综合地形、地质、景观以及国内外同等规模桥梁的建设经验<sup>[1-5]</sup>,鉴于大桥的主跨跨径已达到480 m,主跨主梁只宜考虑钢结构加劲梁。钢结构加劲梁主要包括钢箱梁、钢-混组合梁、钢桁梁,其对比研究

大件运输和安装,施工条件要求高,不适合本桥山区建设条件;钢-混组合梁桥面为混凝土面板,桥面铺装性能好,但2桥合建,平层断面超宽,自重大、施工繁琐、养护麻烦,景观效果欠佳;钢桁梁整体刚度较大,行车舒适性稍好,构件小能够适应山区建设条件,亦能较好地适应双层断面,但用钢量大、造价相对偏高。

经综合比选,主要考虑施工、景观及运营期管理等因素,大桥拟采用钢桁梁的主梁形式。

5 总体方案设计

大桥为“2桥合建”,高速公路断面为双向4车道断面,全宽26.0 m;省道公路断面为双向2车道断面,全宽10.0 m。针对主梁断面布置,结合总体路线,考虑两岸地形、地貌,主墩的合理位置,兼顾经济,并注重与周边地形的整体协调,经综合比选后,拟定以下方案:主桥跨径布置为(72 m+180 m+480 m+180 m+72 m)=984 m,双层桥面布置,结构形式为双

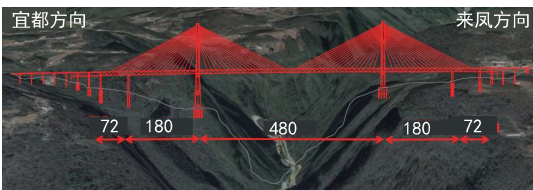


图2 大桥总体布置(单位:m)

塔双索面双层钢桁梁斜拉桥,总体布置见图2。

5.1 结构支承体系方案

在借鉴国内类似斜拉桥实践经验的基础上,通过对全漂浮体系、半漂浮+纵向约束体系和塔梁固结体系优缺点进行综合比较后确定,大桥采用常用的半漂浮+纵向约束体系:索塔下横梁处和各辅助墩、交界墩处设置竖向活动支座,横向设置抗风、抗震支座,用于抵抗风荷载及地震荷载作用下的主梁横向效应,每个索塔下横梁处设置带限位的纵向黏滞阻尼器。

5.2 钢桁梁断面方案

对于双层桥面方案,上层宜布置高速公路,下层布置省道公路。目前国内双层桥面斜拉桥已较为普遍,特别是公铁两用桥梁,其主梁均为钢桁梁,主跨超过400 m的双层桥面斜拉桥典型断面如图3所示<sup>[1-2]</sup>。

考虑到高速公路4车道断面宽26.0 m,与省道公路2车道断面宽10.0 m相差较大,三主桁断面不利于省道断面布置,且经济性较差;斜主桁方案上层桥面横向跨度大,需要在每道横梁处设置钢架加劲,

表1 钢结构主梁对比研究结果一览表

| 项目    | 钢箱梁                      | 钢-混组合梁                           | 钢桁梁                             |
|-------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 力学性能  | 自重轻、受力明确、抗风性能好,桥面铺装性能一般  | 钢-混组合体系共同受力,自重较大,混凝土桥面铺装性能好      | 自重轻、受力明确、抗风性能好,整体刚度大、行车舒适、结构耐久  |
| 施工特点  | 工厂制作,现场整体吊装施工,施工周期短      | 钢结构工厂制作,现场吊装拼接完毕后,安装混凝土面板,施工周期适当 | 钢结构工厂制作,现场吊装拼接,施工周期适当           |
| 养护    | 养护方便,便于防腐,钢桥面铺装耐久性不好     | 钢结构养护不方便,钢混结合处易开裂                | 结构外露面积大,养护工作量大                  |
| 技术可行性 | 国内外已有成熟经验                | 最大跨径720 m                        | 最大跨径1092m,多用于铁路桥                |
| 造价    | 用钢量一般,480 m为其经济跨径,造价相对较低 | 主梁用钢量省、拉索用钢量大,基础用量增加,桥面铺装省       | 主梁用钢量最大,480 m不是其经济跨径,造价最高,经济性较差 |

结果见表1。

由表1可知,钢箱梁自重轻、整体性强,但需要

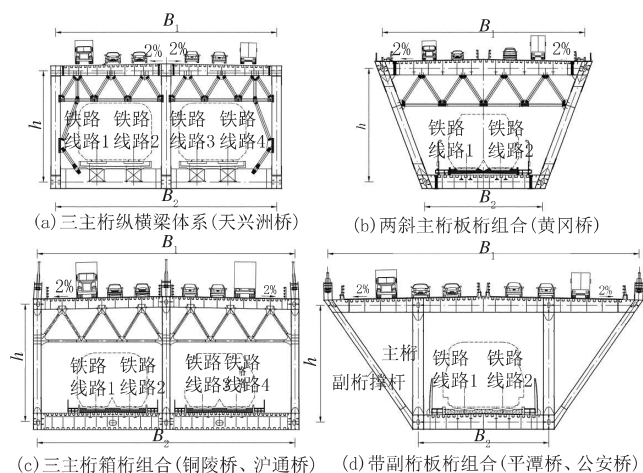


图3 双层桥面钢桁梁主梁断面形式

视觉杂乱;此外,斜拉索锚在主桁节点处,索力均通过主桁节点传递,会加剧主桁节点应力集中程度,同时斜桁制造安装难度较大。经综合比选,大桥采用直主桁加斜副桁方案。

直主桁加斜副桁方案如图4所示,上层桥面横向受力特性近似于跨度布置为6.75 m+14.0 m+6.75 m的弹性支承连续梁,桥面构造简洁,便于检查、维护;斜拉索锚固在副桁上弦杆,斜拉索的水平分力沿桥面边纵梁传递,竖向分力沿副桁传递,不会增加主桁节点应力集中程度。

### 5.3 钢桁梁主梁布置方案

基于山区建设条件下的钢桁梁结构体系选型、

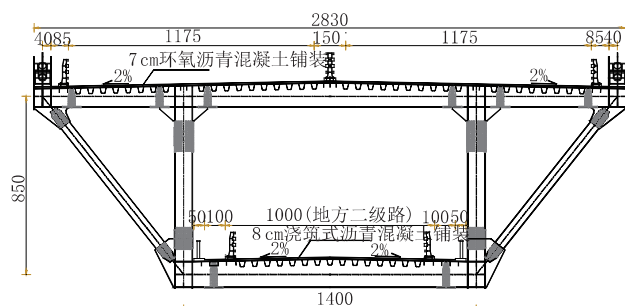


图4 主梁横断面布置图(单位:mm)

正交异性钢桥面板支撑体系和板-桁连接构造等钢桁梁设计关键技术研究尤为重要。目前国内主要大跨双层桥面斜拉桥主梁参数如表2所示<sup>[1-5]</sup>。

在借鉴国内类似斜拉桥实践经验的基础上,经综合比选,大桥钢桁梁采用N形桁架,节段长度12 m,桁高8.5 m;桥面板采用板桁结合形式,支撑体系采用密横梁体系,横梁间距2.4 m。

### 5.4 索塔及其基础方案

大桥索塔地处V型沟谷两侧,地势均较陡峭,宜都侧索塔处地面纵桥向坡度较缓,但横桥向坡度仍偏大,来凤侧索塔处地面纵、横桥向坡度均偏大,因此为尽量减小横桥向承台开挖量,索塔下塔柱及其基础不宜分离,下塔柱宜向内收以减小索塔塔底及承台尺寸。

设计对A形、钻石形及H形索塔进行了综合比

表2 国内大跨双层桥面斜拉桥主梁布置方案

| 桥名         | 主跨/m  | 桁式  | 桁高/m | 节长/m         | 桥面结构体系       | 桥面板支撑体系                            |
|------------|-------|-----|------|--------------|--------------|------------------------------------|
| 沪通长江大桥     | 1 092 | N形  | 16.0 | 14.0         | 板桁结合<br>箱桁结合 | 公路-正交异性板,密横梁体系;铁路-整体钢箱桥面           |
| 闵浦大桥       | 708   | N形  | 9.0  | 15.1         | 板桁结合         | 正交异性板,纵横梁体系                        |
| 白居寺长江大桥    | 660   | 三角形 | 12.6 | 15.0         | 板桁结合         | 公路-正交异性板,密横梁体系;铁路-正交异性板,纵横梁体系      |
| 铜陵公铁两用长江大桥 | 630   | N形  | 15.5 | 15.0         | 板桁结合<br>箱桁结合 | 公路-正交异性板,密横梁体系;铁路-整体钢箱桥面           |
| 芜湖长江公铁大桥   | 588   | 三角形 | 15.0 | 14.0         | 板桁结合<br>箱桁结合 | 公路-正交异性板,密横梁体系;铁路-整体钢箱桥面           |
| 黄冈公铁两用长江大桥 | 567   | N形  | 15.5 | 13.5         | 板桁结合         | 公路-正交异性板,纵横梁体系;铁路-正交异性板,密横梁体系      |
| 平潭海峡公铁两用大桥 | 532   | N形  | 13.5 | 14.0         | 板桁结合         | 公路-正交异性板,密横梁体系;铁路-正交异性板,纵横梁体系      |
| 公安长江公铁两用大桥 | 518   | N形  | 13.0 | 14.0         | 板桁结合         | 公路-正交异性板,密横梁体系;铁路-正交异性板,纵横梁体系      |
| 武汉天兴洲长江大桥  | 504   | N形  | 15.2 | 14.0         | 板桁结合         | 公路-正交异性板,纵横梁体系;铁路-纵横梁体系,道碴桥面       |
| 重庆粉房湾长江大桥  | 464   | 三角形 | 12.2 | 16.0<br>12.0 | 板桁结合         | 正交异性板,密横梁体系,设中纵梁                   |
| 重庆东水门长江大桥  | 445   | 三角形 | 11.7 | 16.0         | 板桁结合         | 公路-正交异性板,密横梁体系,设中纵梁;铁路-正交异性板,纵横梁体系 |
| 新白沙沱长江大桥   | 432   | N形  | 15.2 | 13.5         | 板桁结合         | 上层-正交异性板,纵横梁体系;下层-纵横梁体系,道碴桥面       |

选,结果表明H形塔方案具有一定的地形适应能力和力学性能优势,故大桥采用H形塔方案。经综合考虑结构受力、景观及经济性,桥面以上塔高拟定为

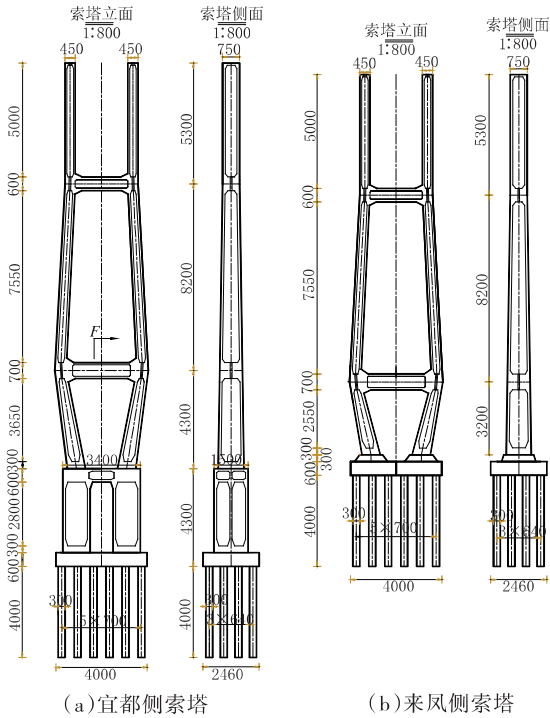


图5 索塔总体布置图(单位:mm)

120.9 m。索塔总体布置图见图5。

5.5 斜拉索及拉索锚固方案

经综合比选,大桥斜拉索采用扇形双索面布置方案,斜拉索梁上间距宜与主梁节段长度保持一致,按12 m布置,塔上斜拉索交点竖向间距考虑张拉及锚固空间,按2.3 m布置;斜拉索类型采用施工经验相对成熟稳定的平行钢丝斜拉索方案;索梁锚固形式采用复合式双锚拉板锚箱连接;索塔锚固采用钢锚梁的方式。

5.6 压重方案

大跨双层钢桁梁斜拉桥由于活载较大,在运营状态下边墩及辅助墩通常会出现较大的负反力,目前国内已建或在建的大跨钢桁梁斜拉桥通常采用增加主体结构自重的方法来控制斜拉桥边墩及辅助墩

的负反力,解决方案主要有:(1)混凝土压重,在边墩及辅助墩范围内采取集中布置压重混凝土;(2)组合桥面板结构,将边跨部分正交异性钢桥面板换成较厚的混凝土桥面板或采用混凝土结合板;(3)同时采用组合桥面板以及混凝土压重;(4)混合梁结构,边跨采用混凝土结构。

借鉴国内双层钢桁梁斜拉桥的实践经验,并综合考虑各方案的经济性、耐久性,以及后期检查和维修养护的方便性,大桥采用混凝土压重方案。

5.7 基础方案

根据目前工程实践经验,对照各种基础形式,结合本桥主塔墩位处的地质情况,主塔基础宜采用大直径群桩基础形式。索塔基础最为关键的参数为桩基直径,其对基础的受力性能、造价、工期和施工难度等方面有着举足轻重的影响。设计分别对两岸基础选取2.5 m、2.8 m、3.0 m群桩基础进行研究比选。经综合考虑施工速度、施工风险、受力特性等因素,大桥采用3.0 m桩基方案。

6 结 语

作为宜来高速的控制线工程以及柴埠溪景区重要的景观桥梁,采用双层钢桁梁斜拉桥,结构轻盈简洁、通透柔美,与当地景观相协调。该桥设计思路可为同类型桥梁的建设提供参考。

参考文献:

[1] 万田保,张强.铜陵公铁两用长江大桥主桥设计关键技术[J].桥梁建设,2014,44(1):1-5.  
[2] 文坡,杨光武,徐伟.黄冈公铁两用长江大桥主桥钢梁设计[J].桥梁建设,2014,44(3):1-6.  
[3] 侯满,王茂强.毕都北盘江大桥钢桁梁设计关键技术[J].世界桥梁,2018,46(3):1-5.  
[4] 肖海珠,徐伟,高宗余.安庆铁路长江大桥设计[J].桥梁建设,2009,39(5):6-8.  
[5] 邓永锋,周明星.黄冈公铁两用长江大桥钢桁梁架设计[J].桥梁建设,2013,43(2):16-22.

(上接第61页)

因素的影响,降低了工程实施难度,实现了良好的经济效益、环境效益,为分离式路基在城市道路中的应用提供了较为成功的案例。

结合沙丙路的应用情况,对城市道路采用分离式路基设计阶段需要综合考虑的问题进行了总结。两侧用地性质和道路功能是采用分离式路基的主要条件,工程规模和整体经济效益是决定性因素。同时

应结合地形条件确定合理的平纵指标、分幅高差,并选用合理的断面布置形式,完善排水设施、交通安全设施和过街设施。

参考文献:

[1] 交通部公路司.降低造价公路设计指南[M].北京:人民交通出版社,2005.  
[2] 李铁洪.分台式路基适用条件细化分析[J].中外公路,2009,29(5):44-46.