

文章编号: 0451-0712(2006)03-0184-04

中图分类号: U445.469

文献标识码: B

四渡河特大桥先导索施工方案选定

王宗仁¹, 王崇旭¹, 彭立志¹, 顾文彬²

(1. 路桥华南工程有限公司 中山市 528403; 2. 解放军理工大学 南京市)

摘 要: 四渡河特大桥是一座跨径达 900 m 的山区悬索桥, 横跨一个深达 500 多 m 的深切峡谷, 谷底宽为 20~30 m, 并且两岸植被茂密, 地形陡峻, 悬崖矗立。以往大跨径悬索桥都修建在大江大河上, 主要采用船只、飞机等进行先导索的施工, 因此, 需要探索一种新型的山区大跨径悬索桥的施工方法。

关键词: 四渡河特大桥; 先导索; 施工方案; 探索

1 工程概况

1.1 工程简介

四渡河特大桥, 其跨径布置为: 900 m+5×40 m, 主跨为 900 m 的钢桁架悬索桥。其中主桥宜昌岸为隧道式锚碇, 恩施岸为重力式锚碇, 两岸索塔为门架式。引桥采用 5 孔跨径为 40 m 的 T 梁, 先简支后连续。0 号台与 1 号主塔直接连接, 根据宜昌岸地形条件, 0 号台设台前钢筋混凝土肋板式挡土墙, 直接支撑在主塔承台系梁之上。7 号台与恩施岸锚碇合并设计, 台帽设于锚碇之上。本桥总体布置见图 1

所示。

1.2 气象情况

桥址处气候属亚热带大陆性夏热潮湿气候区, 光照充足, 降水充沛, 严寒期短, 雾多湿重, 最大相对湿度超过 85%, 多年平均降水 1 084.1 mm, 多集中于 4 月至 8 月份。年平均气温 17.4℃, 极端最高气温 41.6℃, 极端最低气温 -15.2℃。海拔超过 1 000 m 地段, 冬季有积水冰冻。主要灾害气候有冰冻、大暴雨、连阴雨、冰雹及大风等。与桥梁抗风设计相关的典型山地小气候特征有:

收稿日期: 2006-01-12

(3)跨中方向加劲梁不受主缆线型的影响。两种施工方法比较见表 2。

表 2 桁架式悬索桥加劲梁加载程序对比

比较项目	加劲梁形式	梁重占恒载的比例	桥道板重占恒载的比例	加载前梁的状态	加载方式	对工期影响	设备投入	安全程度	成本
忠县长江大桥	钢管桁架加劲梁	约 1/5	约 1/2	上弦固结(永久性连接), 下弦自由	由跨中对称向两塔方向加载	较大	缆索吊, 汽车吊 4 部, 平板运输车 4 台	高空作业危险	较高
万州长江二桥	H 形钢板桁架加劲梁	约 1/3	约 1/3	上弦临时铰结, 下弦自由	由两塔向跨中对称先铺一通道, 然后由跨中向两塔对称架设	较小	汽车 4 台, 平板运输车 4 台	利用已铺板为平台, 作业安全	较低

忠县长江二桥在加劲梁上进行桥面板加载所用的时间大约为 120 d, 万州长江二桥在加劲梁上进行桥面板加载所用的时间大约为 50 d。从施工进度和质量方面, 万州长江二桥采用“边临连、边焊接、边涂装、边铺板”施工方法是具有较大的优势的, 相对于忠县长江大桥而言: 按每天所用的人工机械施工费用按: 4.5 万/d 计, 万州长江二桥相对忠县长江大桥

共节约: $4.5 \times (120 - 50) = 315$ 万元。

3 结语

针对不同结构形式的钢桁架梁, 在桁架梁吊装完成后所选择的下一步桥道板的加载方式, 应与监测单位认真分析, 选择最有利、最合理的加载方式, 既节约工期, 又可产生良好的经济效益。

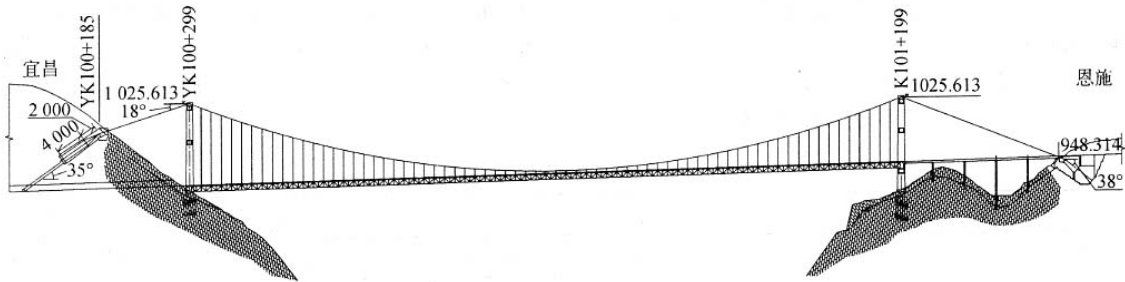


图 1 四渡河特大桥总体布置示意

(1) 风向以垂直于桥轴向为主,即所谓的河谷风;

(2) 垂直风速较大,也就是说相对于主梁的风攻角较大;

(3) 风速分布不均匀,山区桥位附近的风速剖面是三维的,平均风速不仅随高度增加而增大,而且随着与山坡距离的增加而增大;

(4) 紊流特性复杂,山区桥位的紊流特性不仅由大气边界层运动决定,而且受到山峰绕流特征紊流的作用。

1.3 地质、水文

岩体裂隙不发育,岩性坚硬,整体稳定性及持力

层条件较好。从两岸钻孔揭露来看,东岸溶蚀现象不甚发育,西岸地表有溶隙,地下有 2.5 m 的溶洞揭露,溶蚀现象较东岸强。桥址区四渡河为清江北岸二级支流,暴涨暴落,流量变化大,为常年性河流,洪水对桥位无影响。

1.4 地形地貌

桥址区位于构造溶蚀峰丛峡谷地貌单元,四渡河峡谷深切,两岸地形陡峭,悬崖矗立,高差约 500 m。河谷宽 20~30 m。两岸植被茂密,交通闭塞。桥址处的纵断面见图 2 所示。从图 2 可知,宜昌岸的坡度一般在 40°~70°,恩施岸坡度在 75°~90°之间。

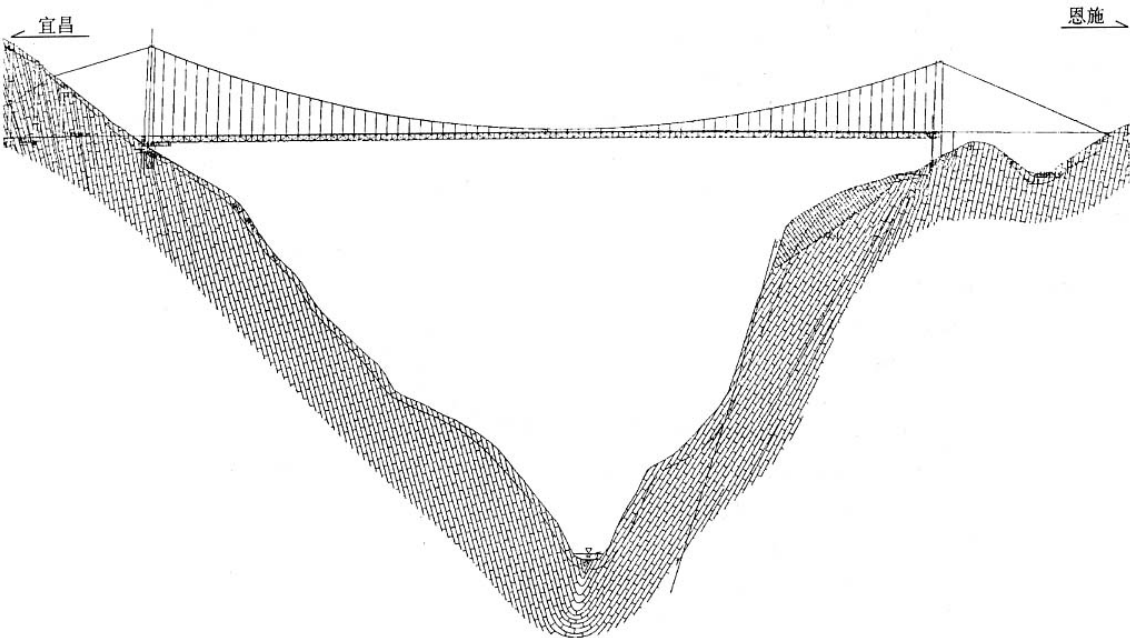


图 2 四渡河特大桥纵断面示意

2 常规先导索施工方法应用难度

我国已经在山区修建了几座跨径在 250~400 m 之间的悬索桥,如贵州落脚河大桥、贵州北盘江大桥、

贵州西溪大桥及西藏角笼坝大桥等。大跨径悬索桥一般都修建在大江大河或海峡附近,在山区修建跨径为 900 m 的悬索桥,在世界上也是很少见的。

目前,国内所修建大跨径悬索桥的加劲梁一般都采用钢箱梁。

2.1 各种常规先导索施工方法

在大江、海湾等地修建悬索桥的先导索主要采

用海底拽拉法、浮子法、空中渡海法及直升飞机牵引法等,另在国内施工的小跨径悬索桥均采用人工拽拉的方式进行的。各种先导索施工方法的使用环境、设备等见表1。

表1 先导索施工方法情况

施工方法	人工拽拉法	海底拽拉法	浮子法	空中渡海法	直升飞机牵引法
使用环境	适用山区,或河流跨度小	潮流较缓,无突出岩礁	潮流缓慢	水流较急、有岩礁	空中无障碍物,视野开阔
所用设备	卷扬机	轮船	轮船	轮船	飞机
封航时间	不封航	要封航	要封航	要封航	不封航
施工周期	地理环境决定	1~2d	1~2d	1~2d	1d
应用桥梁	西藏角笼坝大桥 西溪大桥	江苏润扬长江大桥 武汉阳逻大桥		忠县长江大桥 万州长江二桥	日本明石海峡大桥

2.2 常规先导索施工的难度

四渡河特大桥是一座大型的山区悬索桥。综合常规先导索施工方法,能应用在山区悬索桥上有人工拽拉法,直升飞机牵引法两种。

人工拽拉法施工存在的难度:(1)在地形地貌方面,四渡河峡谷的谷底距离桥面有500 m左右的高程,两岸均为悬崖峭壁,坡度在75°~90°之间,另外,两岸植被茂密;(2)沿着两岸电线架设后的水平投影线用人工砍出一条宽为1.0 m的通道,施工危险性比较大,满足不了业主的环保要求;(3)施工周期比较长。

另外,在离桥轴线150 m处的高压电力架设也成功应用了人工拽拉的方法,与悬索桥先导索施工方法相似;整个高压电力线路的架设历时3个月,在施工过程中,造成一死三重伤的安全事故。

飞机拽拉法施工存在的难度:(1)风向以垂直于桥轴向为主,即所谓的河谷风,垂直风速较大,风速分布不均匀,山区桥位附近的风速剖面是三维的,平均风速不仅随高度的增加而增大,而且随着与山坡距离的增加而增大,紊流特性复杂,对直升飞机的飞行很不利;(2)山区桥位的紊流特性不仅由大气边界层运动决定,而且受到山峰绕流特征紊流的影响,对直升飞机的飞行很不利;(3)春季及夏季雾多,能见度差,同时四周都是高山,空中视野要受到一定的限制;(4)在宜昌岸没有一个面积大于500 m²可供直升飞机降落的场地,对先导索的连接有很大的困难。

3 先导索施工方法选定

3.1 思路启发

用人工拽拉法、直升飞机牵引法施工四渡河特大桥的先导索都有很大的困难,能否有一种高效的方法来施工本桥的先导索。捕鲸的鱼叉后面拽有绳子,红箭8反坦克导弹发射后拽有控制导线,通过这些类比启发,能不能通过火箭弹后面拽引一根绳子到对岸。后通过各种渠道,找到了相关科研单位,论证该方案的可行性。我们将火箭反射器拽拉绳子的整个设备称为火箭抛绳系统。

3.2 试验论证

火箭抛绳系统从2005年5月开始研制,并在2005年10月中旬,试验地点在南京汤山靶场,具体试验参数见表2所示。

表2 火箭试验参数

试验参数		试验数据
发射前参数	发动机质量/kg	36.5
	钢丝绳长度/m	φ7.7 mm×6.0 m
	工作索规格	φ14 mm
	射角/(°)	45
发射后的测量参数	发动机射程/m	1 148
	发动机飞行时间/s	3.7
	工作索飞行距离/m	1 148
	发动机横向往偏差/m	19.8

注:(1)发射时阵风达到3.0~4 m/s,风向为侧顺风;

(2)发动机质量含有旋转机构。

通过该试验数据表明,该火箭抛绳系统完全能够满足四渡河特大桥的施工。

3.3 方案选定

从试验论证及以往悬索桥的施工经验,可以满足山区大跨径悬索桥先导索的施工方案有3种:人

工拽拉法,直升飞机牵引法及远程火箭抛绳系统。这几种施工方法的经济性及优缺点对比见表3。

表3 四渡河特大桥先导索施工方案对比

项 目	人工拽拉方法	直升飞机牵引法	火箭抛绳系统
作业所需的设备及相关内容	需要普工16人,历时3个月以上	需要直升飞机1架,历时1d,飞行员2名,从宜昌机场起飞	火箭弹6枚,历时8h,发射人员3人
经济性比较	人工费用:1 500元/月×3月×16人=72 000元 征地费用:1 400 m ² ×0.75元/m ² =1 050元 树木补偿费用:1 400 m ² ×2 颗/m ² ×12元/颗=33 600元 植被恢复费用:1 400 m ² ×6.0元/m ² =8 400元 不可预见费用:100 000元 总的费用:72 000+1 050+33 600+8 400+100 000元。=215 050元	人工费用:10 000元/次×2人次=20 000 飞机租赁费用:20 000元/h×10 h=200 000元 总的费用:20 000+200 000=220 000元 注:飞机租用计时从宜昌机场起飞、降落、加油及整个作业过程	试验火箭弹费用:60 000元 发射架:3 800元/个×1个=3 800元 施工火箭弹费用:60 000元 篱笆桩费用:30 000元 其他管理费用:100 000元 总的费用:60 000+60 000+3 800+100 000+30 000=253 800元
方案优缺点	①施工历时时间较长;②受到冬春季雨雪天气及雾天影响比较大;③对环境保护造成一定的影响;④施工危险性比较大	①山区桥位的紊流特性不仅由大气边界层运动决定,而且受到山峰绕流特征紊流的作用,对飞行安全很不利;②桥址处所处山区,四周均为大山,对飞行视野有一定的影响;③宜昌岸没有一个面积大于500 m ² 可供直升飞机降落的场地	①具有较大的推广价值;②施工速度快;③国内外第一次使用,没有相关经验借鉴;④受天气、地形地貌影响程度比较小

以往的施工方案都不注重于环境保护方面,沪蓉西高速公路树立“原始的就是最美的,不破坏就是最好的保护,力求施工中最小程度的破坏、施工后最大限度的恢复”的环保理念,彻底改变“先破坏后恢复”的观念。因此方案的选定主要从以下三个方面来考虑。

(1)经济性:3个方案经济效益相差不多;

(2)危险性:人工拽拉法和直升飞机牵引法比较危险;

(3)破坏环境:人工拽拉法对环境破坏大。

因此,经3个方案在经济性、危险性及对环境的保护三方面考虑,经比较后确定选用火箭抛绳系统,作为四渡河特大桥先导索的施工方法。

4 结语

四渡河特大桥先导索施工采用火箭抛绳系统,是一项施工方法的革新。火箭抛绳系统具有很强的推广性。主要体现在该系统具有下列特点:准备工作量少、施工速度快、经济性良好。

该系统适用于大跨径悬索桥的先导索施工和跨江跨河的电力线路架设。在全面建设小康社会的方针指导下,全国的交通建设有了很好的发展势头。由于悬索桥具有良好的跨越能力,在国家规划的许多大跨径桥梁都采用了悬索桥的结构形式。电力基础设施建设也在蓬勃发展,跨江电线及跨峡谷电线也在全面施工,因此,具有较强的推广应用前景。