

山区跨河特大桥桥位选择研究 ——以重庆市云阳双江二桥为例

刘斌¹, 瞿蓓², 张钰¹, 秦钜泽¹

[1. 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430031; 2. 长江水利水电开发集团(湖北)有限公司, 湖北 武汉 430031]

摘要:为解决山区跨河特大桥建设过程中面临的复杂地形地貌、水库水位变幅、复杂施工条件等问题,综合考虑桥位选择所面临的自然环境、工程技术、社会经济等多方面因素,通过多准则决策分析、地理信息系统(GIS)和建筑信息模型(BIM)技术应用、数值模拟与试验验证等方法,以重庆市云阳双江二桥为工程实例,进行了山区跨河特大桥桥位选择的研究。研究表明,科学合理的桥位选择是确保山区跨河特大桥安全、经济、高效建设与运营的关键,云阳双江二桥的桥位选择经验对同类工程具有重要的借鉴意义。

关键词: 山区跨河特大桥; 桥位选择; 云阳双江二桥; 工程技术

中图分类号: U442.2; TU997

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)03-0163-05

Research on Site Selection of Cross-River Super Major Bridges in Mountainous Areas : A Case Study of Yunyang Shuangjiang Second Bridge in Chongqing

LIU Bin¹, QU Bei², ZHANG Yu¹, QIN Juzhe¹

(1. Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan 430031, China; 2. Changjiang Water Resources and Hydropower Development Group Co., Ltd., Wuhan 430031, China)

Abstract: To solve the problems such as complex terrain, reservoir water level fluctuations and complex construction conditions faced in the construction of super major bridges across rivers in mountainous areas, a comprehensive consideration is given to the natural environment, engineering technology, socio-economy and other factors involved in the selection of bridge site. Through the multi-criteria decision analysis, geographic information system (GIS) and building information modeling (BIM) technology application, numerical simulation and experimental verification methods, and taking the Yunyang Shuangjiang Second Bridge in Chongqing as an engineering example, a study is conducted on the selection of bridge site for super major bridges across rivers in mountainous areas. Research shows that scientific and reasonable selection of bridge site is the key to ensure the safe, economical and efficient construction and operation of cross-river super major bridges in mountainous areas. The experience in the selection of bridge site for Yunyang Shuangjiang Second Bridge has important reference significance for similar projects.

Keywords: cross-river super major bridge in mountain area; selection of bridge site; Yunyang Shuangjiang Second Bridge; engineering technology

0 引言

山区跨河特大桥作为交通基础设施建设中的重要组成部分,其建设对于改善山区交通条件、促进区域经济发展具有关键作用。然而,山区复杂的自然环境与地理条件,给跨河特大桥的桥位选择带来了诸多挑战。国内外针对特大桥桥位选择大多基于地

质选线、环保选线以及节约投资等思路,同时运用系统工程的理论和方法^[7],对桥位进行定量与定性相结合的综合评价后,再提出适宜桥位方案^[1]。李玉龙^[2]结合铁路线路,运用地质选线、减灾选线和环保选线的理念,通过选择合适的铁路桥梁位置来确保工程安全可靠;徐元等^[3]结合重庆某高速公路特大桥施工方案对桥型方案进行比选,从节约投资角度提出了适用的方案;石天文等^[4]结合洛北河特大桥桥位处地质情况提出合理桥位;张喜刚^[5]针对大跨径桥梁提出了多种桥型方案。

收稿日期: 2025-07-07

作者简介: 刘斌(1989—),男,硕士,高级工程师,从事道路设计工作。

本文在国内外研究成果的基础上,结合重庆市云阳双江二桥的桥位选择过程,通过对地形、地质、安全、经济、运营等各种影响因素的分析,论述了科学合理选择桥位的技术方法和决策过程。该成功案例能够为后续同类工程建设提供有益的参考和借鉴,推动山区跨河桥梁建设技术的发展与进步。

1 工程概况

1.1 项目背景

双江二桥位于重庆市渝东北长江沿岸的云阳县,是云阳至万州国道 G348 的重要控制性工程(见图 1)。项目所在区域交通条件落后,原有国道 G348 不仅通行效率低,而且横穿城区,存在较大的安全隐患。为改善区域交通状况,促进云阳县经济发展,对于国道 G348 的改建势在必行。双江二桥建成后,G348 能避开云阳城区,缩短通行时间,对完善区域交通网络、推动城市发展等具有重要意义。

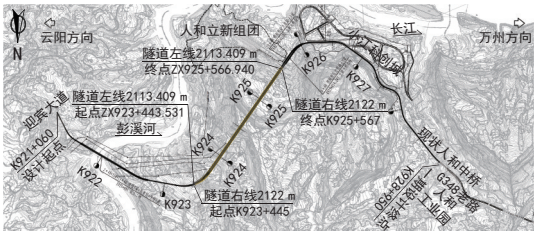


图 1 G348 线路示意图

1.2 项目影响区域现状

项目区域仅有沪蓉高速 G42、国道 G348、省道 S305 等对外沟通联系,缺乏完善的区域路网。沪蓉高速 G42 设计速度 120 km/h,1 级服务水平,服务水平较高。国道 G348 设计速度 40 km/h,但服务水平达到 1 级,运行压力较大。省道 S305 设计速度 80 km/h,在城区处交通量较大,服务水平仅 4 级,服务水平相对较低。

1.3 交通运输发展趋势

根据《云阳县综合交通运输“十四五”发展规划(2021—2025 年)》,云阳县对 G348 进行全面提档升级,重点改建 G348 水口—陈家溪—人和段,通过在彭溪河建设双江二桥直连人和,实现 G348 提前绕城。双江二桥作为 G348 改建段的重点工程,桥位的选择至关重要,是决定 G348 线路走向的控制性工程。

2 双江二桥桥位选择的影响因素

结合项目实际情况,双江二桥在选择桥位时主要考虑自然环境因素、工程技术因素和社会经济

因素。
双江二桥桥位选择影响因素及权重见表 1。

表 1 双江二桥桥位选择影响因素及权重

序号	桥位选择的影响因素		权重
1	自然环境因素	地形地貌	10
2		地质条件	10
3		水文条件	10
4	工程技术因素	桥梁选型与桥位适配性	20
5		施工条件	20
6	社会经济因素	路线规划与区域交通衔接	20
7		经济成本	10
8	合计		100

2.1 自然环境因素

2.1.1 地形地貌

项目区地形标高总体北高南低,为浅切丘陵方山地貌区,最低标高为彭溪河。彭溪河是长江的一级支流,于云阳县的双江镇汇入长江。三峡水库蓄水后,工程区域河段水面宽可达 500 m 以上,工程河段比降变小,流速变缓,河床总体呈累积性淤积态势。

考虑山区条件及三峡水位影响等特殊地形条件,在选择双江二桥桥位时,需要充分考虑两岸地形及施工条件,寻找相对平缓、地质条件较好的区域作为桥塔基础的位置,以确保桥梁能够稳固地跨越彭溪河。

2.1.2 地质条件

桥址区地质构造简单,主要由砂岩、泥岩等岩层组成,无岩溶、断层等不良地质现象。河道两侧岸坡主要由冲洪积粉质黏土夹卵石及卵石土覆盖,根据现场调查,岸坡处于稳定状态,岸坡分布冲洪积层对桥梁的影响较小。

2.1.3 水文条件

工程区地处长江左岸与彭溪河所夹持的山脊地带,冲沟较发育。区内地表水系以长江及彭溪河为主体,与岸坡大小冲沟构成地表水网。受长江水位变幅影响(175 m—145 m—175 m),桥梁基础将面临较大冲刷;同时,河流中的泥沙含量也会影响桥梁的正常使用和寿命,因此,桥位选择需要考虑河流的水文特性以及水位变化情况,选择水流相对平稳、冲刷作用较小的位置,以减少洪水对桥梁基础的不利影响。

2.2 工程技术因素

2.2.1 桥梁选型与桥位适配性

结合通航论证情况,双江二桥需 1 孔跨过彭溪河,跨径较大,因此,考虑采用悬索桥、斜拉桥和拱桥进行对比;同时考虑桥位区域存在高压铁塔,为避免对高压铁塔及线路产生影响,在桥位选择过程中,需

要充分考虑桥梁后期施工的便利性。几种桥型中,悬索桥需要在两岸合适的位置设置桥塔和锚碇^[6],以承受主缆的拉力,主梁则采用缆索吊系统进行悬臂吊装,避开高压线较容易,施工便利。在分析和比较了不同桥型和桥位方案后,最终选择悬索桥,且确定的桥位能够充分发挥悬索桥的优势,实现桥梁的安全跨越。

2.2.2 施工条件

山区交通不便,施工场地狭小,材料运输困难,这些因素都对桥位选择产生了重要影响。在选择桥位时,需要考虑施工便道的布置、材料运输的便利性以及施工场地的可利用性等问题。在双江二桥的建设过程中,为了确保施工材料能够顺利运输到施工现场,选择了靠近现有道路的桥位。同时,合理规划施工场地,充分利用河谷两岸的地形条件,布置施工设备和材料堆放场地,提高了施工效率,降低了施工成本。

2.3 社会经济因素

2.3.1 路线规划与区域交通衔接

双江二桥是 G348 云阳段的重要组成部分,其桥位选择需要与整个 G348 公路的路线规划相协调,同时确保与区域交通网络的有效衔接。在桥位选择过程中,综合考虑了周边区域规划、道路布局、交通量以及未来的发展需求,选择了能够实现交通顺畅转换、提高通行效率的桥位。同时,桥位的选择还充分考虑了对周边地区经济发展的带动作用,促进了区域间的经济交流与合作。

2.3.2 经济成本

桥位选择直接关系到桥梁工程的建设成本。在选择双江二桥桥位时,对不同方案的建设成本进行详细对比,包括基础工程、主体结构、施工设备、材料、拆迁以及后期的运营维护成本。通过综合分析,在满足工程技术要求和安全性能的前提下,选择了建设成本和运营成本相对较低的桥位方案,实现了经济效益的最大化。

3 双江二桥桥位选择的技术方法与决策过程

3.1 多准则决策分析

在双江二桥桥位选择过程中,采用了多准则决策分析方法,将复杂的桥位选择问题分解为多个评价准则,通过对不同桥位在各准则下的评价,综合确定最优桥位。运用层次分析法,构建桥位选择的层次结构模型,包括目标层(选择最优桥位)、准则层(自然环境、工程技术、社会经济等因素)和方案层

(不同的桥位方案)。通过专家咨询和实地调研,确定各准则的权重,并对不同方案在各准则下进行打分,最终计算出各方案的综合得分,从而确定最优桥位。

桥位选择层次结构模型见表 2。

表 2 桥位选择层次结构模型

目标层(A)	准则层(B)	子准则层(C)	方案层(P)
选择最优桥位(A)	自然环境(B1)	地质条件(C11): 避开滑坡、岩溶等不良地质,基岩埋深、承载力等	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		地形地貌(C12): 河道顺直度、岸坡稳定性、两岸地形是否利于桥台布置	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		水文特征(C13): 水流速度、流量、冲刷深度、通航要求(净空、净宽)、防洪影响	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		生态环境(C14): 对饮用水源保护区、自然保护区等的影响	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
	工程技术(B2)	结构可行性(C21): 与拟选桥型的适配性,技术成熟度	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		施工难度(C22): 基础施工条件、预制场布置、大型构件运输与安装条件	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		运营与维护(C23): 后期养护的便利性、结构健康监测系统的布设难度、抗灾能力	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		工程规模与工期(C24): 主桥长度、墩台数量、预估工程总量和建设周期	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
	社会经济(B3)	经济效益(C31): 总投资成本、运营维护成本、全生命周期成本	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		路网协调性(C32): 与两岸连接道路的衔接顺畅度,对现有交通的干扰程度	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		拆迁与征地(C33): 占用土地类型、房屋拆迁数量、移民安置难度	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线
		社会与发展(C34): 对区域经济发展的带动作用(旅游、物流)、公众接受度、与城乡规划的符合性	方案一(P1): K 线 方案二(P2): B 线

3.2 地理信息系统(GIS)和建筑信息模型(BIM)技术应用

利用地理信息系统(GIS)技术,对桥址区域的地形地貌、地质条件、水文气象等信息进行分析。通过 GIS 生成不同区域的地形坡度图、地质条件评价图、

洪水淹没风险图等,为桥位选择提供直观的空间信息支持。同时,运用建筑信息模型(BIM)技术,对不同桥位方案的桥梁结构进行三维模型分析,以直观展示桥梁在不同桥位下的结构形态、施工过程和运营效果,帮助决策者更好地理解 and 比较不同方案的优缺点,提高决策的科学性和准确性。

双江二桥三维模型图见图2。



图2 双江二桥三维模型图

3.3 数值模拟与试验验证

针对双江二桥复杂的风场特性和结构受力情况,采用数值模拟方法对桥梁在不同工况下的受力性能进行了分析。通过数值模拟,优化了桥梁的结构设计和抗风措施。同时,进行风洞试验模拟实际风场条件,对桥梁的抗风性能进行试验验证。通过数值模拟与试验验证相结合,确保了桥梁在复杂气象条件下的安全性和稳定性。

双江二桥风力模型示意图见图3。

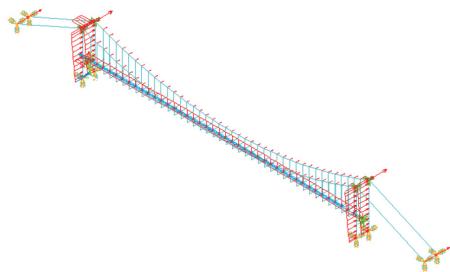


图3 双江二桥风力模型示意图

3.4 决策过程

在桥位选择过程中,首先由设计单位结合收集的大量基础资料对潜在桥位进行分析,初步确定几个地形相对平坦、地质条件相对较好、与区域规划联系较紧密的桥位备选区域。之后由设计单位、地方政府及相关专家等进行现场踏勘,对各备选方案进行调整和完善,进而拟定了K线和B线2个桥位备选方案(见图4)。K线位于彭溪河上游河道弯道处,地质条件较好,左岸地形较陡,但右岸与云阳县规划金银洞组团结合较为紧密;B线位于彭溪河下游分汉口附近,地形相对开阔,但地质条件一般。对2个方案采用多准则决策分析,从自然环境、工程技术和社会经济等方面进行分析后,确定采用K线方案。

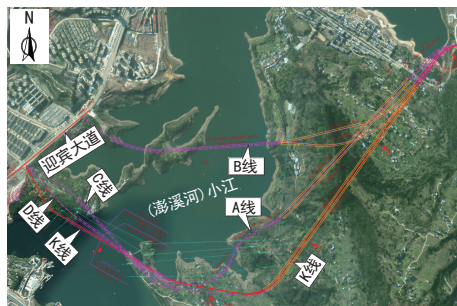


图4 桥位备选方案

由于K线桥位紧邻云阳曙光220 V变电站,且位于密布4条110 kV高压线和高压铁塔比较密集的走廊带,迁改难度较大。因此,针对拟定的K线桥位,根据高压铁塔、高压线拆除与否和地形地质条件,又布置了C线、D线、K线3个桥位方案(见图5)。其中C线桥位桥梁主跨较小,工程费用较低,需拆迁8座高压铁塔及相应的高压线;D线桥位桥梁主跨较大,工程费用与C线桥位基本一致,但需拆迁7座高压铁塔及相应的高压线;K线桥位桥梁主跨跨径与D线桥梁一致,工程费用较高,但不拆迁高压铁塔和高压线。针对上述3个桥位方案,从桥型、工程规模、征地、拆迁等多方面进行同等深度综合比选后,最终确定K线桥位为推荐方案。为进一步验证K线桥位的安全性,一方面对K线桥位建立实景三维模型,分析K线桥位与高压电塔和高压线的关系,确保施工运营不会对其产生影响;另一方面对K线桥位进行数值模拟和抗风性能试验,通过试验验证,K线桥位是可行的。经过专家论证和审批,以及同步召开的公众听证会,在积极征求地方意见后,该方案获得通过并实施。

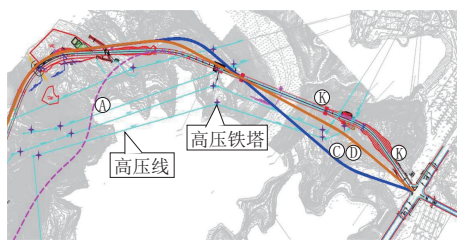


图5 桥位方案对比

4 双江二桥桥位选择的经验总结

(1)多方面因素综合考虑。双江二桥桥位的选择,表明在山区跨河特大桥桥位选择过程中,必须综合考虑自然环境、工程技术、社会经济等多方面因素。只有全面、系统地分析各因素的影响,才能做出科学合理的决策。

(2)先进技术手段综合运用。双江二桥桥位的

选择运用了多准则决策分析方法、地理信息系统、建筑信息模型、数值模拟和试验验证等多种先进的技术手段,为桥位选择提供了科学的决策依据。应用这些技术,能够准确地分析和评估不同桥位方案的优缺点,提高决策的科学性和准确性。

(3)加强专家论证与公众参与。桥位选择是一项专业性强、涉及面广的工作,需要充分发挥专家的作用,进行深入的论证和分析;同时,也应积极征求公众意见。在双江二桥桥位选择过程中,通过组织专家评审会和公众听证会等形式,广泛听取各方意见,确保了桥位选择方案的科学性和合理性。

5 结 语

通过对多因素综合研究、多准则决策等先进方法的综合运用,以及专家、公众的广泛参与,可确保桥位选择科学合理。双江二桥作为山区跨河特大桥

的典型代表,其桥位选择的成功经验为同类工程提供了宝贵借鉴。未来,随着山区交通建设的不断发展,对桥位选择的要求将越来越高,需要不断总结经验,创新技术方法,推动山区跨河特大桥桥位选择技术的进一步发展。

参考文献:

- [1] 崔武成.论山区公路桥梁桥位的选择[J].交通标准化,2012,40(7):123-124.
- [2] 李玉龙.浅谈复杂艰险山区的选线理论在贵兴铁路的实践[J].工程科技,2023(5):52-54.
- [3] 徐元,唐准准.山区某特大桥初步设计方案比选探讨[J].工程科技,2012(10):197-198.
- [4] 石天文,刘朝跃.贵阳至黄平高速公路洛北河特大桥桥位选择研究[J].交通建设与管理,2020(11):174-175.
- [5] 张喜刚.大跨径桥梁设计[M].北京:人民交通出版社,2001:120-130.
- [6] CJJ 11—2011 城市桥梁设计规范(2019年版)[S].
- [7] 吴晨霞.山区高速公路桥位选择的原则和方法[J].交通世界,2009(2):179-180.

(上接第140)

- 深圳市城市交通规划设计研究中心有限公司(广东省交通信息工程技术研究中心),2017.
- [7] 杨旭,吴文静.快速路HOV车道收费策略优化[J].现代交通与冶金材料,2022,2(2):27-31.
 - [8] 张春华,段宝山.管控车道在国内城市的设计应用[J].公路,2017,62(6):204-210.
 - [9] 韦怡林,唐秋生,陈锐.HOV车道设计应用效果研究——以重庆市学府大道为例[J].交通科技与经济,2017,19(6):12-16.
 - [10] 王天昊,王晓春.国内HOV车道应用综述[J].上海公路,2022(3):120-123;168.
 - [11] 曾炎盛.HOV车道实施效果评价体系研究——以深圳市为例[J].交通科技与经济,2019,21(5):39-43.
 - [12] 王瑜.成都HOV车道的实施效果分析[J].内燃机与配件,2018(21):170-171.
 - [13] 李春燕,陈峻,邓社军.HOV车道设置特性及可行性分析[J].城市交通,2012,10(6):58-65.
 - [14] 张举,张甜.城市HOV车道设置方法[J].公路与汽运,2013(3):46-48.
 - [15] 詹嘉,潘晓东,高昂.HOV车道的设计应用研究[J].交通与运输(学术版),2007(1):17-20.
 - [16] 孙烨垚,于丰泉.深圳复合功能潮汐车道应用思考[J].山西建筑,2017,43(30):8-10.
 - [17] 杨旭,吴文静.快速路HOV车道收费策略优化[J].现代交通与冶金材料,2022,2(2):27-31.
 - [18] 孙玲,张静,周瀛,等.车路协同环境下自动驾驶专用车道入口区域设计[J].公路交通科技,2020,37(增刊1):122-129.
 - [19] 张梦凡,韩宝睿,杨震,等.平面交叉口定向匝道设置条件与技术经济评价[J].森林工程,2021,37(2):104-109;122.