

山区河流轨道桥通航条件的影响分析

潘莉

重庆单轨交通工程有限责任公司,重庆 400084

摘要:为分析新建市郊铁路璧山至铜梁线小安溪桥航道的通航条件,建立工程河段平面二维水沙数学模型,与实测资料进行对比分析,论证最低通航水位和最高通航水位、通航尺度、桥梁通航影响分析等参数。论证结果表明:近年来桥区河段河床及河势基本稳定,河演分析表明桥位附近不会发生主槽易位、河床转型的状况,桥区河段河势、河床稳定;建桥后流场仅局限在桥位附近较小范围内变化,泥沙淤积和冲刷范围有限,不存在桥区河势条件改变的水动力和河床边界条件;建桥后桥区河段河床仍基本保持冲淤平衡状态,桥区河段的平面形态、深槽位置不会有较大变化,滩槽格局稳定,建桥未对桥址河段河势产生不利影响;设计航道最高通航水位为258.53 m,最低通航水位为255.01 m,通航净高为14.36 m,单孔单向通航净宽29.50 m,单孔双向通航净宽51.00 m,符合规范要求。

关键词:通航条件;山区河流轨道桥;通航净空尺度;通航水位

中图分类号:U239.5;U448.13

文献标志码:A

文章编号:1672-0032(2023)01-0076-09

引用格式:潘莉.山区河流轨道桥通航条件的影响分析[J].山东交通学院学报,2023,31(1):76-84.

PAN Li. Influence analysis of navigation condition of track bridge over mountain river[J]. Journal of Shandong Jiaotong University,2023,31(1):76-84.

0 引言

在具有通航功能的河道中修建桥梁,建桥后桥梁通常会影响到船舶的航行安全,因此需分析新建桥梁对航道通航条件的影响^[1-4]。目前,部分学者重点分析桥区水流变化对航道安全的影响;Li等^[5]运用模糊数学理论建立桥梁水域附近航行条件的安全评估模型;Li等^[6]针对斜桥桥墩的常见型式,采用基于粒子图像测速的水槽试验、物理模型试验和数值模拟等方法,研究斜桥区船桥相互作用过程中遇到的水动力问题;陈建等^[7]采用平面二维模型 MIKE21 模拟郑州至济南铁路山东段跨黄河特大桥的最低通航水位和最高通航水位对附近通航的影响;徐启航等^[8]通过模型试验获得影响大桥附近通航水流的条件,包括桥梁间距、桥跨布置及主墩型式等。还有学者研究认为,除水流条件外还需考虑设计最高、最低通航水位及通航净空尺度对船舶通航安全的影响^[9-14]。许辉^[15]通过实船试验、通航水力学及船模试验分析影响桥区河段通航的条件。余葵等^[16-17]、唐存本等^[18]主要通过物理模型试验并结合相关数值模拟分析万州长江公路大桥对桥区通航条件的相关影响。

跨越通航河道桥梁对桥区河段通航条件影响的研究较多,但对山区河流轨道桥通航条件的影响因素分析较少。本文建立工程河段平面二维水沙数学模型,将计算得到的数据与实测资料对比分析,研究拟建小安溪大桥对航道通航的影响。

1 河道及工程概况

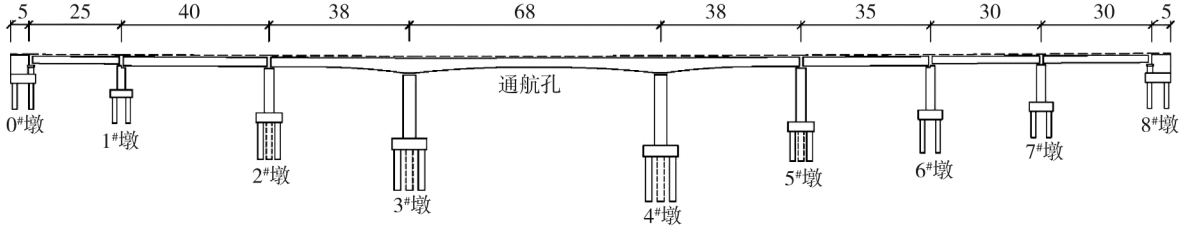
拟建小安溪大桥位于重庆市铜梁区庆隆镇庆新村,处于蒲吕枢纽库区,下距蒲吕枢纽约4.22 km。

收稿日期:2022-05-05

作者简介:潘莉(1984—),女,重庆人,高级工程师,主要研究方向为桥梁工程,E-mail:38875552@qq.com。

桥区河段水流呈西南-东北流向,工程河段横断面形状多呈不对称的U型或V型,河床以卵石为主,底部为坚固的泥岩,河床冲淤变化不大,相对稳定,河道单一,滩槽分明。桥区河段枯水期水库保持正常蓄水位256 m,运行时河宽约50~60 m,汛期河宽约100 m。河段水深充足,水流较为平缓,通航条件良好。

受桥区河段的地形限制,桥址处河面较窄,仅有50~60 m,不宜在河中设置桥墩,形成新的碍航建筑物,推荐桥梁建设方案示意图如图1所示。桥梁全长314 m,全桥共分3联,主桥为(38+68+38)m连续梁,桥跨布置采用1×25 m(双线现浇简支箱梁)+1×40 m(双线现浇简支箱梁)+(38+68+38)m双线现浇连续梁+1×35 m(双线现浇简支箱梁)+2×30 m(双线现浇简支箱梁)。桥面设计高程约为277.22 m。



单位:m。

图1 大桥建设方案示意图

2 数学模型

2.1 水流运动方程

水流连续方程^[19]为

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial}{\partial \eta} (h v_\eta C_\xi) + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial}{\partial \xi} (h v_\xi C_\eta) = 0,$$

式中: H 为水位; t 为时间; C_ξ 、 C_η 为正交曲线坐标系中的拉梅系数, ξ 、 η 为2个正交曲线坐标; v_ξ 、 v_η 分别为沿 ξ 、 η 方向的流速; h 为水深。

ξ 方向动量方程^[19]为

$$\frac{\partial v_\xi}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta v_\xi^2) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi v_\xi v_\eta) + v_\xi v_\eta \frac{\partial C_\eta}{\partial \eta} - v_\eta^2 \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right] = -g \frac{1}{C_\xi} \frac{\partial H}{\partial \xi} - \frac{v_\xi n^2 g \sqrt{v_\xi^2 + v_\eta^2}}{h^{3/4}} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta \sigma_{\xi\xi}) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi \sigma_{\eta\xi}) + \sigma_{\eta\xi} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} - \sigma_{\eta\eta} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right],$$

式中: g 为重力加速度, n 为糙率。

η 方向动量方程^[19]为

$$\frac{\partial v_\eta}{\partial t} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta v_\xi v_\eta) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi v_\eta^2) + v_\xi v_\eta \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} - v_\xi^2 \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} \right] = -g \frac{1}{C_\eta} \frac{\partial H}{\partial \eta} - \frac{v_\eta n^2 g \sqrt{v_\xi^2 + v_\eta^2}}{h^{3/4}} + \frac{1}{C_\xi C_\eta} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} (C_\eta \sigma_{\xi\eta}) + \frac{\partial}{\partial \eta} (C_\xi \sigma_{\eta\eta}) + \sigma_{\eta\xi} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} - \sigma_{\xi\xi} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} \right],$$

式中: $C_\xi = \sqrt{x_\xi^2 + y_\xi^2}$, x_ξ 、 y_ξ 为 ξ 在 x 、 y 方向坐标; $C_\eta = \sqrt{x_\eta^2 + y_\eta^2}$, x_η 、 y_η 为 η 在 x 、 y 方向坐标; $\sigma_{\xi\xi}$ 、 $\sigma_{\eta\eta}$ 、 $\sigma_{\xi\eta}$ 、 $\sigma_{\eta\xi}$ 为紊动切应力, $\sigma_{\xi\xi} = 2 v_t \left[\frac{1}{C_\xi} \frac{\partial v_\xi}{\partial \xi} + \frac{v_\eta}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\xi}{\partial \eta} \right]$, $\sigma_{\eta\eta} = 2 v_t \left[\frac{1}{C_\eta} \frac{\partial v_\eta}{\partial \eta} + \frac{v_\xi}{C_\xi C_\eta} \frac{\partial C_\eta}{\partial \xi} \right]$, $\sigma_{\xi\eta} = \sigma_{\eta\xi} =$

$v_t \left[\frac{C_\eta}{C_\xi} \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{v_\eta}{C_\eta} \right) + \frac{C_\xi}{C_\eta} \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{v_\xi}{C_\xi} \right) \right]$, 其中 v_t 是紊动黏性系数, $v_t = \alpha u^* h$, $\alpha = 0.1 \sim 0.3$, u^* 为摩擦流速。

2.2 计算区域及网格布置

根据计算需要的进口长度,设置计算区域为桥轴线上游1.00 km至蒲吕枢纽,全长约5.22 km,其中

拟建大桥轴线以上 1.00 km, 拟建大桥轴线以下约 4.22 km。建桥前、后平面二维数学模型三角形网格图如图 2 所示, 对拟建工程附近河段进行网格加密处理。

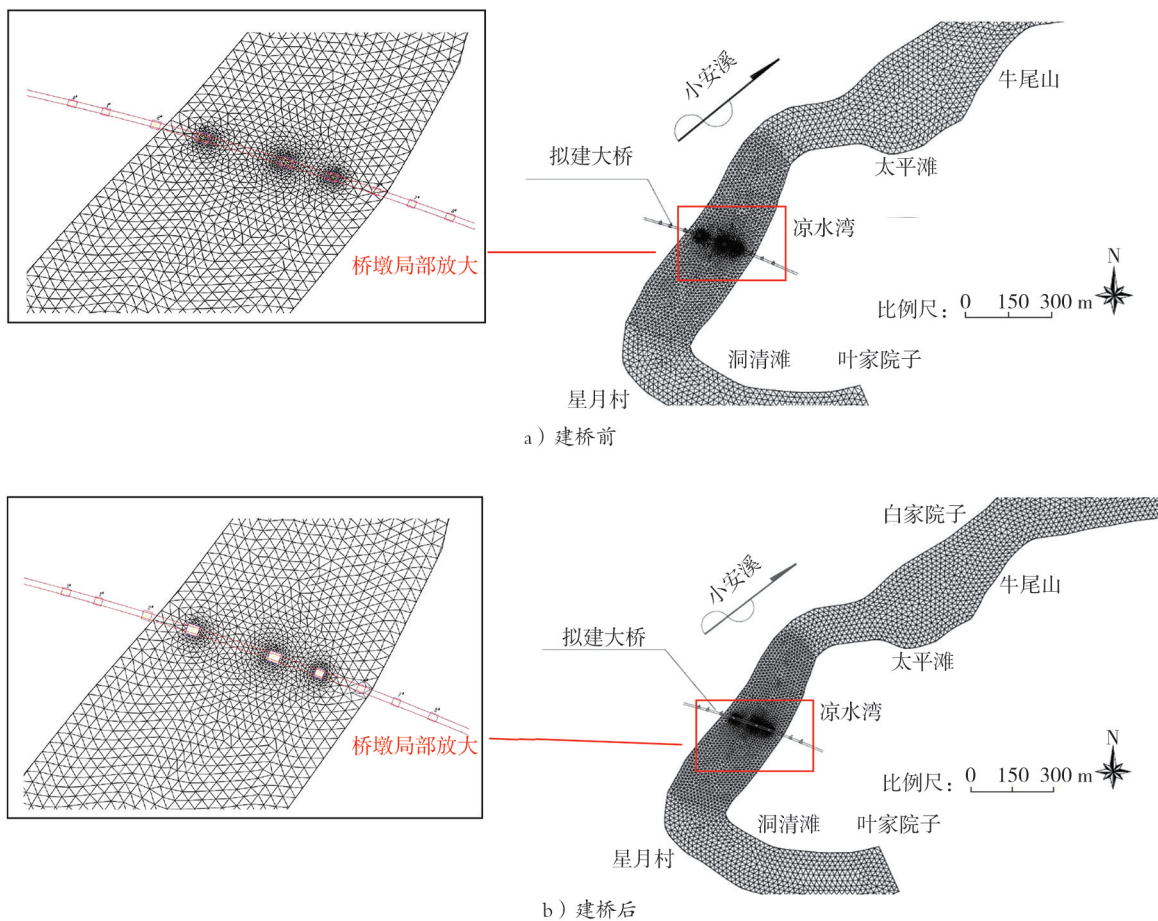


图 2 建桥前、后平面二维数学模型计算网格图

2.3 模型验证

2.3.1 水面线验证

在自然状态下, 中水以上桥区河段水流湍急, 水中桥墩挑流明显, 对水流影响相对较大。采用数学模型将汛期、洪水期 2 级流量计算水位与实测水位进行对比分析, 如表 1 所示。由表 1 可知: 水位最大偏差为 ± 0.07 m, 相应模型糙率约为 0.030~0.038, 数学模型与实测情况较吻合。

表 1 计算水位与实测水位对比

水尺号	计算水位/m	实测水位/m	偏差/m	水尺号	计算水位/m	实测水位/m	偏差/m
1	256.39	256.39	0	9	256.50	256.46	0.04
2	256.39	256.37	0.02	10	256.50	256.45	0.05
3	256.41	256.42	-0.01	11	256.52	256.49	0.03
4	256.42	256.4	0.02	12	256.53	256.47	0.06
5	256.42	256.43	-0.01	13	256.55	256.51	0.04
6	256.45	256.41	0.04	14	256.56	256.5	0.06
7	256.47	256.45	0.02	15	256.58	256.53	0.05
8	256.48	256.44	0.04	16	256.59	256.52	0.07

2.3.2 流速流向验证

对拟定验证流量进行数值模拟。实测资料为表面流速流向资料,数值计算结果为垂线平均流速,采用指数分布公式可将平均流速换算为表面流速,并与实测计算结果对比,选择4个流速断面,分别编号为CS1、CS2、CS3、CS4,如表2所示。由表2可知:所验证的上游来水流量较小,平均流速较小,各测点流速的计算结果与实测结果间误差范围约为 ± 0.06 m/s,偏差较小,水流数学模型模拟的流速分布与实际测量结果相似。

表2 实测流速与计算流速对比

m/s

测量 次数	CS1			CS2			CS3			CS4		
	实测 流速	计算 流速	误差	实测 流速	计算 流速	误差	实测 流速	计算 流速	误差	实测 流速	计算 流速	误差
1	0.39	0.38	0.01	0.30	0.31	-0.01	0.34	0.40	-0.06	0.37	0.33	0.04
2	0.39	0.40	-0.01	0.31	0.37	-0.06	0.35	0.40	-0.05	0.35	0.39	-0.04
3	0.40	0.44	-0.04	0.33	0.37	-0.05	0.39	0.42	-0.03	0.34	0.35	-0.01
4	0.32	0.37	-0.05	0.36	0.33	0.03	0.30	0.35	-0.05	0.27	0.30	-0.03

3 工程通航尺度

3.1 桥址处流量

最高通航水位涉及水上跨河建筑物的通航净空问题,也是内河航道工程通航期的重要设计参数。拟建工程位于蒲吕枢纽库区、虎峰枢纽下游河段,蒲吕枢纽回水与虎峰枢纽下游水位衔接。虎峰枢纽下游和蒲吕枢纽上游设计的最高通航水位均为256.6 m,根据文献[19]设计航道最高通航水位。

小安溪流域内双石桥站和虎峰站有实测水文资料,但虎峰站的水文资料年限较短,不能直接采用虎峰站的水文资料推算小安溪的设计洪水,小安溪流域附近无合适的水文站可供参证,根据实测暴雨资料采用推理公式法和综合瞬时单位线法推算小安溪设计洪水成果,并根据双石桥站洪水成果采用水文比拟法进行比较,得到推求设计洪水成果如表3、4所示。

表3 不同方法推求设计洪水成果

设计洪水 频率/%	洪水成果/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
	推理公式法	综合瞬时单位线法
0.33	3510	3650
1	2850	3040
2	2440	2580
5	1920	2090
10	1540	1790
20	1170	1280
50	700	689

表4 水文比拟法推求设计洪水成果

设计洪水 频率/%	洪水成果/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
	双石桥站	蒲吕枢纽大坝
1	873	2210
2	739	1870
5	567	1440
10	440	1120
20	316	801

由表3、4可知:水文比拟法洪水成果明显比综合瞬时单位线法和推理公式法洪水成果小得多,主要是2个控制流域面积相差较大,产汇流情况存在差异,水文比拟法洪水成果仅作参考。

工程区范围内雨量站网点较密,分布均匀,实测暴雨资料较完善,能够较好地代表工程区实际洪水情况,故综合考虑工程区暴雨洪水特性及工程设计安全。根据实测暴雨资料采用综合瞬时单位线法计算设计洪水成果,利用数学模型计算得到桥址处水位-流量关系,如表5所示。

表5 桥址处水位-流量关系

设计洪水频率/%	水位/m	流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	设计洪水频率/%	水位/m	流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
0.33	264.58	3650	10	261.32	1790
1	263.64	3040	20	260.12	1280
2	262.86	2580	50	258.53	689
5	261.93	2090			

3.2 最高、最低通航水位

根据文献[19]规定,小安溪为典型的山区河流,洪水期水位暴涨暴落,洪峰历时较短,因此,拟建小安溪大桥桥位河段最高通航水位的洪水重现期应当按两年一遇洪水考虑。根据表5数据,拟建大桥处采用258.53 m作为最高通航水位符合要求。

一般通过水文分析计算可确定天然河流的最低通航水位,也可采用综合历时曲线法或保证率频率法确定最低通航水位^[20-22]。本工程河段存在枢纽通航建筑物,根据文献[19]规定,应采用水库死水位或水库运行最低水位。拟建桥址距下游蒲吕枢纽仅约4.22 km,蒲吕电站死水位为255.01 m,可将最低通航水位设置为255.01 m。

3.3 通航尺度论证

为保障大桥和船舶的通航安全,在修建跨河大桥时须考虑净空尺度,包括通航净宽和通航净高^[23-26]。根据桥区河段的航道规划及未来发展需求,确定本航道为Ⅶ级航道。拟建大桥设计最高通航水位为258.53 m,通航孔梁底最低高程为272.89 m,通航净高为14.36 m,满足Ⅶ级航道水上过河建筑物的通航净高应大于4.5 m的要求。

单孔单向通航净宽

$$B_{m1} = B_F + \Delta B_m + P_d, \quad (1)$$

式中: B_F 为设计船队宽度或船舶航迹带宽, $B_F = B_s + L \sin \beta$,其中 B_s 为船队宽度, L 为顶推船队长度, β 为船舶或船队航行漂角,Ⅶ级航道 $\beta = 3^\circ$; ΔB_m 为船舶或船队与两侧桥墩间的富裕宽度,Ⅶ级航道 $\Delta B_m = 0.5 B_F$; P_d 为下行船舶或船队偏航距, $P_d = 5.5$ m。

单孔双向通航净宽

$$B_{m2} = 2B_F + b + \Delta B_m + P_d + P_u, \quad (2)$$

式中: b 为上、下行船舶或船队会船时的安全距离,取船队宽度; P_u 为上行船舶或船队偏航距, $P_u = 0.8 P_d$ 。

将设计船型代入式(1)(2)可计算得到 $B_{m1} = 16.3$ m,取17 m; $B_{m2} = 33.4$ m,取34 m。

由桥区河段水流条件分析可知,各级通航流量最不利情况下,桥轴线上游97.5 m(为 $3B_F$)通航水域范围内水流流向与桥轴线法向的最大夹角约为 25° ,最大横向流速为0.43 m/s。根据文献[19]查得单向通航净宽增加值为9.5 m,双向通航净宽增加19 m,是单向通航净宽增加值的2倍。可计算拟建小安溪大桥满足Ⅶ-(2)级航道的 $B_{m1} = 29.5$ m, $B_{m2} = 53.0$ m。拟建大桥主跨68.0 m,主桥墩宽3.4 m(迎水面宽度),通航净宽为64.6 m $>$ 53 m,符合Ⅶ-(2)级航道 B_{m2} 的要求。

4 桥梁通航影响分析

4.1 桥区水流条件

通过建立的二维数学模型分析桥区河段通航水流条件,并根据模拟得到的数据结果计算该河段在建桥前、后的水流条件,流场图如图3所示。由图3可知:建桥前、后,桥区河段附近流速有变化,河段整体流速无较大变化。建桥后对河道流场的影响主要集中在桥墩附近,分析桥墩周围流场的分布如图4所示。

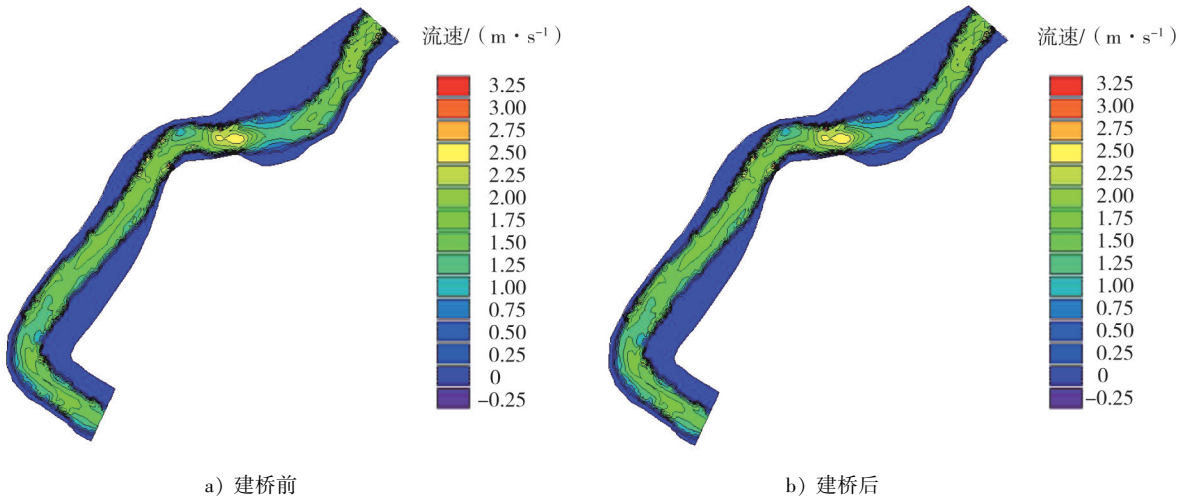


图3 建桥前、后流场图

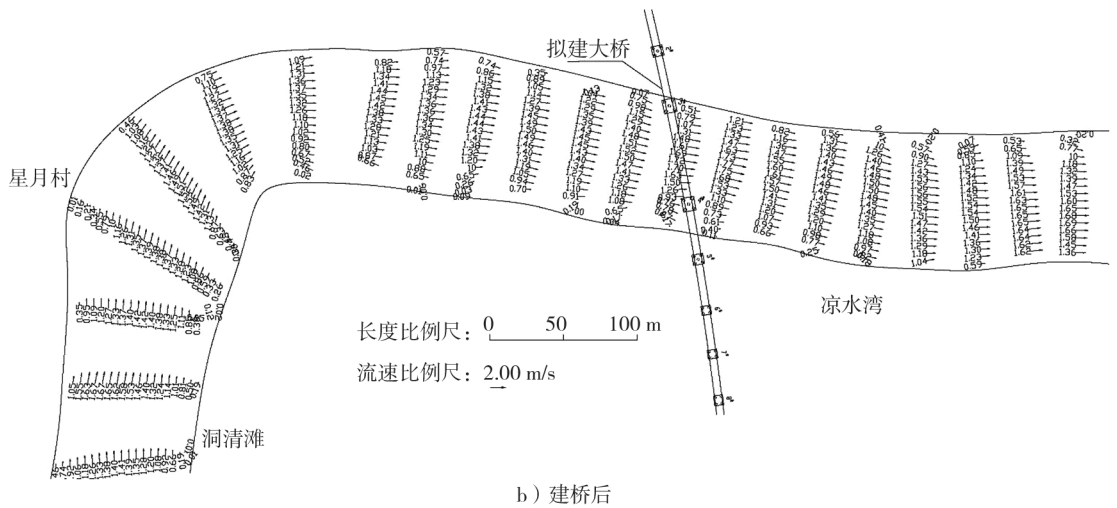
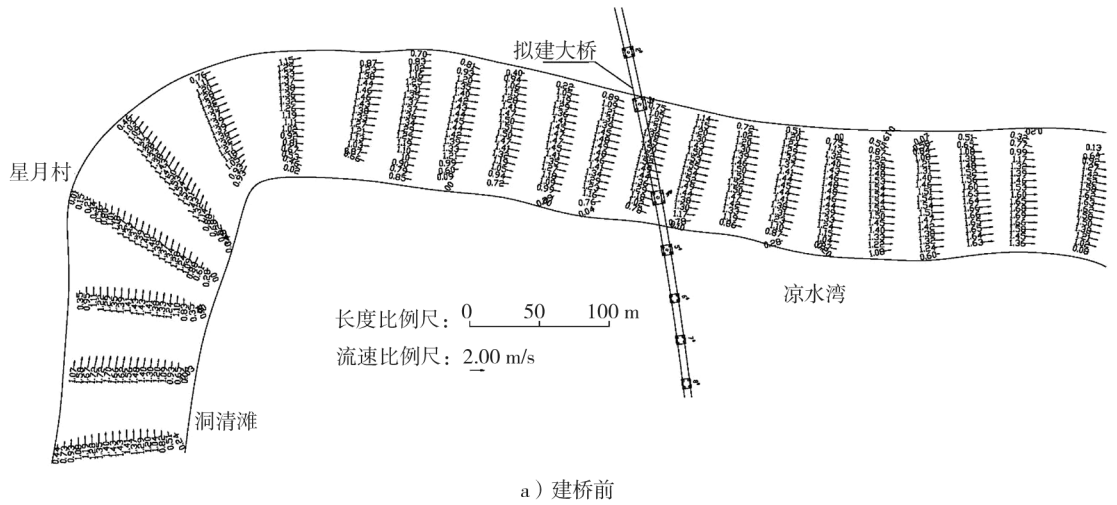


图4 建桥前、后流场图

由图4a)可知:当上游来流量 $Q=689 m^3/s$ 时,水流流向与桥轴线法向夹角为 $24^\circ \sim 27^\circ$,桥轴线附近水流表面流速为 $1.32 \sim 1.52 m/s$,在桥轴线上游 $3L$ 范围内水流流向与桥轴线法向的最大夹角为 27° ,水流表面流速为 $1.29 \sim 1.52 m/s$,最大横向流速为 $0.64 m/s$ 。

由图4b)可知:当 $Q=689\text{ m}^3/\text{s}$ 时,桥轴线附近的水流表面流速为 $1.25\sim 1.71\text{ m/s}$,水流流向与桥轴线法向夹角为 $8^\circ\sim 21^\circ$,桥轴线上游 $3L$ 范围内水流表面流速为 $1.25\sim 1.71\text{ m/s}$,最大横向流速为 0.66 m/s ,水流流向与桥轴线法向的最大夹角为 28° 。建桥后,除桥墩附近水域的流场有一定变化外,建桥导致的流速增加最大不超过 0.30 m/s ,变化较小,对桥区河段通航水流条件影响较小。

桥墩附近流场的变化具体表现为:桥孔附近及下游流速局部略增,将对该区域河床进行较小幅度的冲刷,桥墩的掩流带流速减小,其他水域的主流在建桥前、后基本无变化,建桥后主流流速分布形态几乎一致,且在建桥后不会产生改变河势的水流动力条件,如引起主槽变换和摆动等。建桥后桥轴线附近的流速有一定增加,但增加的流速横向分布并不连续,说明建桥后增加的纵向流速和横向流速均具有较明显的局部性。

因此,建桥后流场的改变仅局限在桥墩附近较小范围内,产生的泥沙淤积和冲刷有限,拟建大桥所在位置的河型河势稳定,河床基本由砂卵石组成,工程建成后流速流态变化较小,不存在促使桥区河势条件发生明显改变的水动力和河床边界条件。大桥建成后桥区河段仍基本保持冲淤平衡状态。

4.2 与船舶航迹线的适应性

根据2020-03-04实测的桥区河段的船舶航迹线资料,测量船舶为蒲吕镇船闸船,船长 24.8 m ,型宽 4.0 m ,设计吃水 0.8 m ,如图5所示。由图5可知,左主墩(3#)距最近的航迹线 13 m ,右主墩(4#)距最近的航迹线 16 m ,拟建大桥通航孔包络了上、下水航迹线,与船舶航迹线适应性较好。

拟建大桥主桥采用连续刚构桥方案,左主墩(3#)在最高通航水位时涉水,右主墩(4#)基本常年涉水,故存在一定的失控船舶撞击风险,需考虑柔性防撞设计。根据工程河段船舶现状调查及规划,建议拟建桥梁2个主墩按照桥区河段规划最大 50 t 级船舶设防, 100 t 级船舶校核,并与大桥主体同步施工和投入使用。

桥梁通航安全是桥梁建设的重要问题。在进行桥梁建设时,建设单位应将施工组织设计报送相应的主管部门,做好施工期水上安全管理工作。桥梁建成后,建设单位或管理单位应对桥区施工水域进行扫测,按通航要求及时清除水下碍航物,并将扫测报告上报相关航道主管机关审核及备案。

5 结论

建立工程河段平面二维水沙数学模型,与实测资料进行对比分析,从最低通航水位、最高通航水位、通航尺度、桥梁通航影响分析等方面验证新建市郊铁路璧山至铜梁线小安溪大桥航道通航条件。

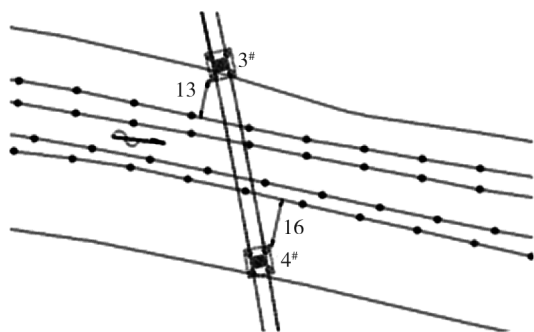
1)建桥后流场改变,但只集中在桥位附近较小的范围,对泥沙淤积及冲刷作用较有限,水动力和河床边界条件不足以改变桥区河势条件,大桥建成后桥区河段河床仍基本保持冲淤平衡状态。

2)拟建大桥建成后,桥区河段流速变化仅局限在桥墩附近,建桥后流速增大不超过 0.30 m/s ,变化较小,对桥区河段通航水流条件影响较小。建桥后桥区河段的平面形态和深槽位置不会有较大变化,滩槽格局稳定,未对桥址河段河势产生明显不利影响。

3)小安溪航道等级低,无航道整治工程及航道整治规划,建桥前暂无航道建设和维护工程,拟建大桥未对小安溪航道整治工程产生影响。

参考文献:

- [1] AI Wanzheng, HU Bohua. Research on fairway condition for safety navigation in bridge waters[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 2807: 275-277.



单位:m。

图5 实测船舶航迹线与桥墩布置关系示意图

- [2] AI Wanzheng, ZHANG Honggang, ZHU Pengfei, et al. A study on safe ship navigation in curved bridge channel[J]. Journal of Coastal Research, 2020, 109(Suppl. 1): 121-125.
- [3] 何进朝, 李霞. 重庆南纪门长江大桥桥区河段通航水流条件模型试验[J]. 中国水运(上半月), 2021(12): 124-126.
- [4] 胡宝瑶, 江涛, 邓涯, 等. 弯曲分汉河段桥区通航水流条件及通航孔调整净宽分析[J]. 水运工程, 2022(7): 192-198.
HU Baoyao, JIANG Tao, DENG Ya, et al. Analysis of navigation flow conditions around bridge and clear width of navigable openings adjustment in curved branching river reach[J]. Port & Waterway Engineering, 2022(7): 192-198.
- [5] LI Hongxing, ZHANG Yan. Research on the safety assessment of navigation conditions near bridge waters based on fuzzy theory[C]//Proceedings of 11th International Conference of Chinese Transportation Professionals 2011. [S. l.]: ASCE, ICCTP 2011, 5: 3868-3876.
- [6] LI Anbin, ZHANG Genguang, LIU Xiaoping, et al. Hydrodynamic characteristics at intersection areas of ship and bridge pier with skew bridge[J]. Water, 2022, 14(6): 904-932.
- [7] 陈建, 李昕, 陈晨, 等. 郑济铁路山东段跨黄河特大桥对通航条件的影响[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2021, 42(5): 66-73.
CHEN Jian, LI Xin, CHEN Chen, et al. Influence of Super Large Bridge across the Yellow River in Shandong Section of Zhengzhou-Jinan Railway on navigation conditions[J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition), 2021, 42(5): 66-73.
- [8] 徐启航, 田进. 嘉陵江大桥桥区河段通航水流条件试验研究[J]. 水科学与工程学报, 2017(3): 87-90.
XU Qihang, TIAN Jin. Testal study on navigable flow condition in river section of Caijia Jialing River Bridge[J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2017(3): 87-90.
- [9] 马殿光. 跨河桥梁通航的论证方法[J]. 水运工程, 2006(11): 63-65.
MA Dianguang. Studying method for river-crossing bridges' navigation[J]. Port & Waterway Engineering, 2006(11): 63-65.
- [10] 陈爱文. 复杂水域桥梁通航净空尺度研究[J]. 中国水运(下半月), 2017, 17(6): 59-60.
- [11] 董敏, 查雅平, 姚海元, 等. 单孔跨越多线通航航道桥梁通航净空宽度探讨[J]. 公路, 2020(9): 170-171.
DONG Min, ZHA Yaping, YAO Haiyuan, et al. Discussion on navigable clearance width of single-hole bridge crossing multi-lane navigable channel [J]. Highway, 2020(9): 170-171.
- [12] 耿艳芬, 郭华强, 柯兴, 等. 桥墩绕流特性对船舶运动受力的影响[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2020, 50(1): 153-159.
GENG Yanfen, GUO Huaqiang, KE Xing, et al. Impact of flow characteristics around bridge piers on ship status[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2020, 50(1): 153-159.
- [13] 阮伟, 李永峰. 武汉江汉九桥工程对江汉航道通航的影响评价[J]. 工程与建设, 2022, 36(2): 490-491.
- [14] 李一兵, 何文辉. 桥梁通航安全影响论证中的常见问题及其处理方法[J]. 水道港口, 2014, 35(4): 363-370.
LI Yibing, HE Wenhui. Common problems in argument about bridge navigation safety influence and processing methods[J]. Journal of Waterway and Harbor, 2014, 35(4): 363-370.
- [15] 许辉. 宜万铁路宜昌长江大桥工程通航影响研究[J]. 长江科学院院报, 2011, 28(6): 35-38.
XU Hui. Influences on navigation conditions of Yichang Yangtze River Bridge on Yichang-Wanzhou Railway[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011, 28(6): 35-38.
- [16] 余葵, 刘洋, 林江, 等. 万州长江公路大桥防撞设施工程通航论证[J]. 水运工程, 2012(7): 151-155.
YU Kui, LIU Yang, LIN Jiang, et al. Navigation argument on anti-collision device of Wanzhou Yangtze River Road Bridge [J]. Port & Waterway Engineering, 2012(7): 151-155.
- [17] 余葵, 吴威力, 刘宪庆, 等. 山区涉河桥墩布设防撞装置对通航的影响[J]. 水运工程, 2022(6): 119-126.
YU Kui, WU Weili, LIU Xianqing, et al. Influence of anti-collision devices for skew bridge piers on navigation[J]. Port & Waterway Engineering, 2022(6): 119-126.
- [18] 唐存本, 贡炳生, 张贤明. 山区天然河流设计最高通航水位确定方法的探讨[J]. 水运工程, 2007(4): 66-69.
TANG Cunben, GONG Bingsheng, ZHANG Xianming. On methods for determining the design highest navigable stage of natural rivers in mountain areas[J]. Port & Waterway Engineering, 2007(4): 66-69.
- [19] 中华人民共和国交通运输部. 内河通航标准: GB 50139—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [20] 丁平, 刘圣保. 天然河流设计最低通航水位两种计算方法的对照分析及选用[J]. 中国水运(下半月), 2010, 10(1):

157-159.

[21] 罗春, 秦柯. 赣江东河设计最低通航水位研究[J]. 水运工程, 2007(8):130-134.

LUO Chun, QIN Ke. On designed lowest navigable stage in Eastern Gan River[J]. Port & Waterway Engineering, 2007(8): 130-134.

[22] 李家世, 刘晓帆, 周玉洁, 等. 山区河流航道设计最低通航水位推求方法研究[J]. 中国水运(下半月), 2021, 21(6):88-90.

[23] 胡飞, 李文杰. 内河一级航道跨河桥梁净空尺度论证分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(3):641-643.

[24] 卢健杨. 桥梁通航净空尺度复核方法的探讨[J]. 珠江水运, 2021(3):62-63.

[25] 贺亮鑫. 跨河桥梁通航净空尺度的确定和验算方法[J]. 中国水运(上半月), 2017, 17(10):53-54.

[26] 李文艳, 黄力, 李歌清, 等. 山区航道跨河桥梁通航净空尺度研究[J]. 水运工程, 2021(7):142-148.

LI Wenyan, HUANG Li, LI Geqing, et al. Research on navigable clearance dimensions of river-crossing bridge on mountainous waterway[J]. Port & Waterway Engineering, 2021(7):142-148.

Influence analysis of navigation condition of track bridge over mountain river

PAN Li

Chongqing Monorail Transportation Engineering Co., Ltd., Chongqing 400084, China

Abstract: In order to analyze the navigation condition of the Xiaoanxi Bridge waterway of the new suburban railway from Bishan to Tongliang line, a two-dimensional mathematical model of water and sediment in the engineering reach was established to analyze contrastively with measured data, and the parameters such as the lowest navigable water level and the highest navigable water level, the navigable dimensions, and the influence analysis of bridge navigability are demonstrated. The demonstration results show that, the river bed and river regime of the bridge reach are basically stable in recent years, and the river evolution analysis shows that there will be no main channel translocation or river bed transformation near the bridge location, and the river regime and riverbed of bridge are stable. After the construction of the bridge, the flow field limited to a small range around the bridge site is changed, and the range of sediment deposition and erosion is limited. There are no hydrodynamic and riverbed boundary conditions that change the river regime conditions in the bridge area. After the construction of the bridge, the riverbed of the bridge reach is still basically in a balanced state of scouring and silting, the plane shape and deep groove position of the bridge reach change slightly, and the shoal channel pattern is stable. The bridge construction has no adversely affected on the river regime of the bridge site. The highest navigable water level of the designed channel is 258.53 m, and the lowest navigable water level is 255.01 m, and the navigable clearance height is 14.36 m, and the single hole one-way navigable clear width is 29.50 m, and the single hole two-way navigable clear width is 51.00 m, which meet the specification requirements.

Keywords: navigation condition; mountain river track bridge; navigable clearance dimension; navigable water level

(责任编辑:王惠)