

武汉鹦鹉洲长江大桥桥位选择与孔跨布设

陈 述 胡 勇

(中铁大桥勘测设计院集团有限公司 武汉 430056)

摘 要: 本文对桥址河段的水流条件、河床演变及桥址断面的冲淤变化进行了全面的分析,在此基础上进行了桥位方案的综合比选。针对推荐桥位方案,结合桥址河段水流条件、河床演变及通航环境等方面进行了多种通航方式的孔跨布设,并利用实测资料对推荐桥式方案作适应性分析。通过建立河工模型,进行桥梁对通航、防洪及航道整治工程影响的试验研究,结果表明建桥后工程对通航、防洪影响不大,在采取相关措施后对航道整治工程效果基本无不利影响,桥梁的孔跨与墩位布设方案合理可行。

关键词: 桥位选择 孔跨布设 河床演变 模型试验

前 言

武汉鹦鹉洲长江大桥是新一轮城市总体规划修编中提出的过江通道,桥址北岸为汉阳区,南岸为武昌区。在综合考虑路网、水文、通航、防洪、环境和景观等因素的基础上,对桥位方案进行比选。由于桥址河段水文条件相对复杂,周边涉水工程较多,通航和防洪要求较高,因此本桥的桥位选择与孔跨布设必须综合考虑各方面因素,而研究河床演变规律及航道变化特点,并利用河工模型试验研究建桥后对上述变化的影响显得尤为重要。

1 河道及周边工程概况

1.1 河道概况

武汉鹦鹉洲长江大桥选址区域属于长江武汉河段。该河段在龟、蛇山节点以上属顺直分汊河道,沿程有白沙洲和潜洲,在中枯水时河道分成南北两汊。左岸是汉阳区,右岸是武昌区,均为武汉市区防洪确保地段。该河段内有多处节点,对河道平面摆动的控制作用较强。汉江在龟、蛇山下游从北岸汇入长江,河道在龟、蛇山以下逐渐开阔,呈喇叭形。

桥址河段河宽在2km左右,桥址处大堤间距约1.9~2.1km。桥址处主槽偏向汉阳岸,低水时有滩地显露,滩地高程约为24m,下游武昌岸有鲶鱼套,该区域地势低洼,水深较大。

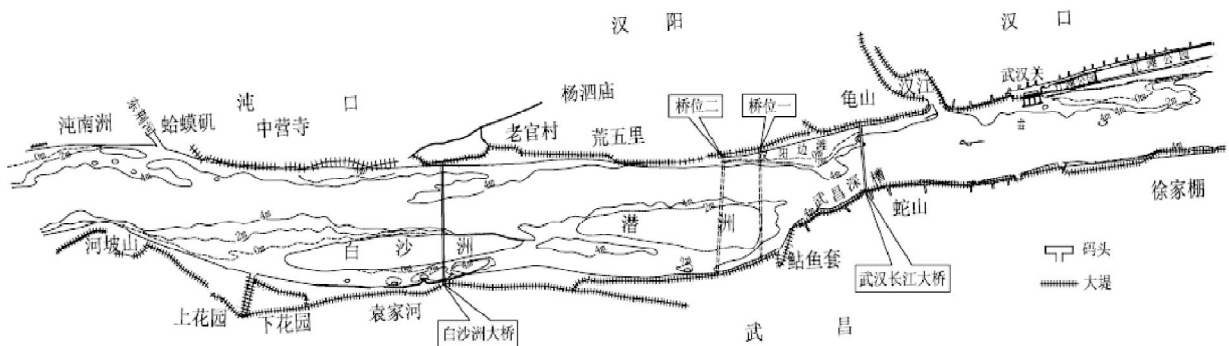


图1 桥址河段河势图

作者简介:陈 述 工程师

收稿日期:2012年2月

1.2 周边重大涉水工程

(1) 港口、码头

拟选桥址位于武汉新港范围内,所在的长江武桥水道左岸有鹦鹉港区、杨泗港区,右岸有涂家巷港区和鲇鱼套港区。拟选桥址桥区范围码头设施较多,对港口布局的影响较大。

(2) 武桥水道航道整治工程

长期以来,枯水期汉阳边滩的淤长造成武桥水道航槽过于弯曲,危及通航和桥墩安全。为解决上述碍航问题,经相关单位研究提出在潜洲上实施长顺坝结合鱼骨坝的整治方案,目的是通过维持较完整的潜洲,遏制汉阳边滩的淤长、淤宽,使航道稳定于武汉长江大桥通航孔区域,保持左主汉安全通航。

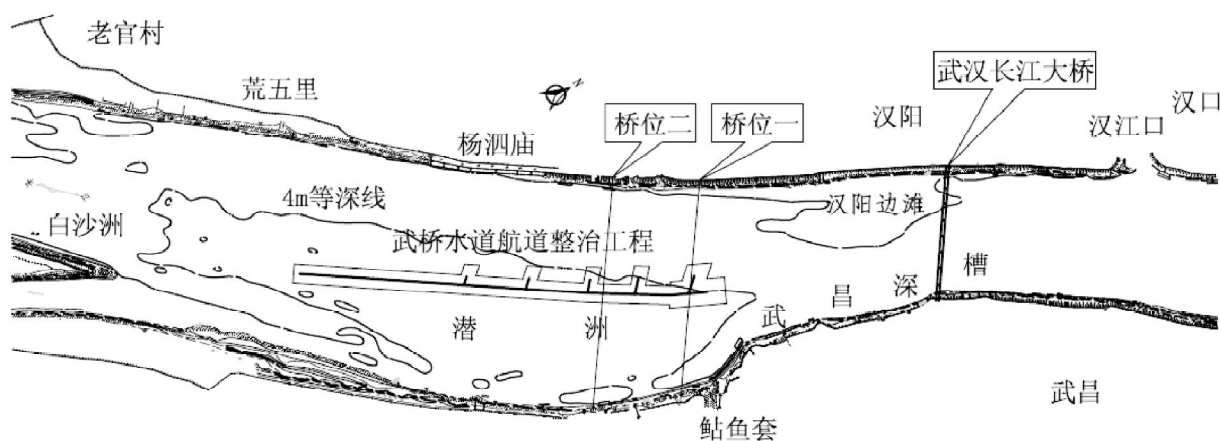


图2 武汉鹦鹉洲大桥与航道整治工程关系示意图

(3) 邻近已建桥梁

桥位一和桥位二距下游已建武汉长江大桥分别约2.0km和2.7km,距上游已建武汉白沙洲大桥分别约5.6km和6.3km。

武汉河段来水来沙主要来自干流长江和支流汉江。距拟选桥位下游约8km处有汉口水文站,在汉口水文站与桥址之间有汉江入汇。由于汉江入汇的年径流量约占汉口站年径流量的6%左右。因此,汉口站的水文特征可说明桥址河段相应情况。汉口站水文泥沙特征见表1。

2 水文泥沙特征及桥址水文设计值

2.1 水文泥沙特征

表1 汉口站水位、流量、泥沙特征值统计表

项目	最大值		最小值		多年平均值	统计年份
	数值	出现时间	数值	出现时间		
水位(m,冻结基面)	29.73	1954.8.18	11.70	1961.2.15	19.10	1952-2002
	26.82	2003.7.15	13.54	2004.2.26	18.76	2003-2008
流量(m ³ /s)	76100	1954.8.14	4830	1963.2.7	22600	1952-2002
	60400	2003.7.14	7280	2004.2.26	21200	2003-2008
含沙量(kg/m ³)	4.42	1975.8.14	0.036	1954.8.27	0.565	1954-2002
	1.37	2004.9.12	0.029	2006.11.10	0.182	2003-2008

2.2 桥址水文设计值

根据《公路工程水文勘测设计规范》规定,本桥设计洪水频率为 1/300。

采用 1954 年长江武汉关和汉江仙桃站相应洪水过程,按汉口站 300a 一遇洪峰流量倍比放大,利用汉口站设计洪水过程减去汉江相应洪水过程,得到桥址处 300a 一遇洪峰流量为 $78300\text{m}^3/\text{s}$,桥位一和桥位二相应频率的洪水水位利用汉口站水位~流量关系线查得,分别为 30.65m 和 30.63m(冻结基面,下同)。

最高、最低通航水位分别按照发生 20a 一遇洪水和综合保证率的方法推算,同时考虑上下游已建桥梁的设计通航水位,从偏安全的原则出发,最终确定桥位一和桥位二最高通航水位分别为 28.31m 和 28.33m,

最低通航水位分别为 12.21m 和 12.23m。

3 桥址河段河床演变特征

3.1 河床演变

根据历史文献资料记载,公元六世纪前,鹦鹉洲洲体在蛇山以南,左汉为主汉。唐宋时期,鹦鹉洲已移至江心,此时,江中还有刘公洲。明末崇祯年间鹦鹉洲、刘公洲荡灭。清乾隆年间江中又形成新的沙洲,初名补稞洲,嘉庆年间更名为鹦鹉洲,已存古迹。清中叶以后,新的鹦鹉洲并岸,江中又出现潜洲。原鹦鹉洲荡灭后,在武昌鲇鱼套附近,淤长出白沙洲,清乾隆年间白沙洲冲失。1912 年后南岸不断崩岸展宽,遂形成了当今的白沙洲和潜洲。

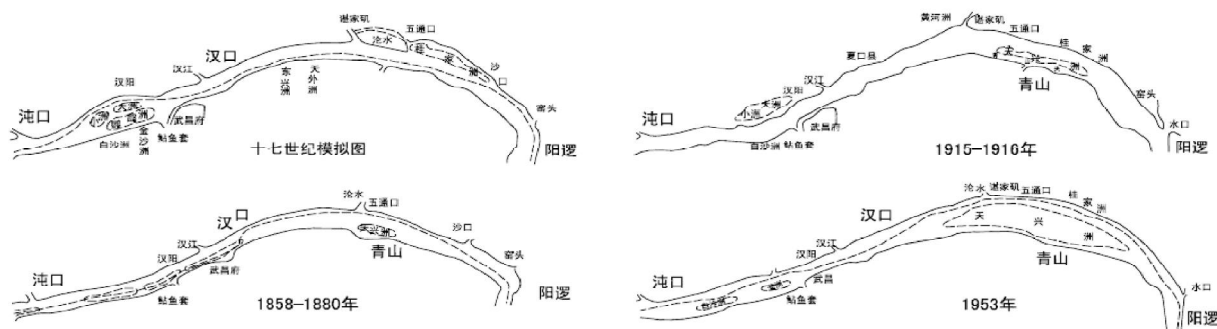


图3 武汉河段历史演变图

近几十年来沌口至大桥段河势基本稳定,主流、岸线平面摆动较小,白沙洲汉道分流分沙比相对稳定,没有单向变化的趋势,河势相对稳定,但洲、滩仍将随不同水文年的来水来沙条件变化而有所冲淤变化。河段进出口有节点控制,两岸的崩岸险工段均已实施护岸工程,因此岸线基本稳定。20 世纪 90 年代中期白沙洲大桥兴建后,大桥上下游局部位位置主流发生调整和变化,但主流平面走向总体变化不大,此河段仍将维持目前河势格局不变。

荒五里边滩位于左岸沌口至杨泗庙,滩长约 9.2km。汉阳边滩紧接荒五里边滩,位于杨泗庙至汉江河口,滩长约 5.4km。两边滩主要受来水来沙及年内消长变化影响,年际变幅较大。荒五里边滩年内变化规律为:每年枯季上游中营寺至罗家湾一带淤积,汛前随水位上涨,泥沙逐渐下移,汛初移至荒五里附近,滩宽

淤长最大,常与潜洲洲头相连,汛期边滩冲刷,泥沙下移,年底至次年初边滩宽度最小。汉阳边滩年内变化与荒五里边滩相反,每年 2 月份前后最枯水时期,在长江大桥附近边滩淤长最宽,汛前 3~5 月份边滩被急剧冲刷,汛期滩宽最小,汛后又现回淤,至次年最枯水时又淤长为最大。

白沙洲位于白沙洲大桥处,潜洲则位于白沙洲下游约 2km。白沙洲、潜洲多年平面位置较为稳定,其形态和滩顶高程变化较小。随着水文年的不同,洲头有所冲淤,洲尾则相对稳定。白沙洲、潜洲年内变化一般为汛前淤长,汛后冲刷还原。其中,潜洲的年内变化较大,洲头最大变幅约为 1.5km,洲右缘常常与右岸边滩连成一片,潜洲下半部以及洲尾变化相对较小。潜洲年内变化规律一般为,汛前汛初洲头淤长上延并向右展宽,汛期汛后冲刷,多年略呈累积性淤积。

3.2 桥址断面冲淤变化

桥位一断面位于潜洲洲尾,系复式断面,见图4。1959~1998年,潜洲洲尾略有冲刷,潜洲左、右汉淤积幅度较大。其中,左汉河底高程抬升近10m,右汉抬高

约15m,断面面积减小16.3%,平均河底高程抬高约0.52m;1998~2009年,潜洲洲尾略有淤积,潜洲左右两汉又呈冲刷状态,冲刷幅度与1959~1998年的淤积幅度基本一致,断面面积增加15.8%,平均河底高程降低约0.41m。

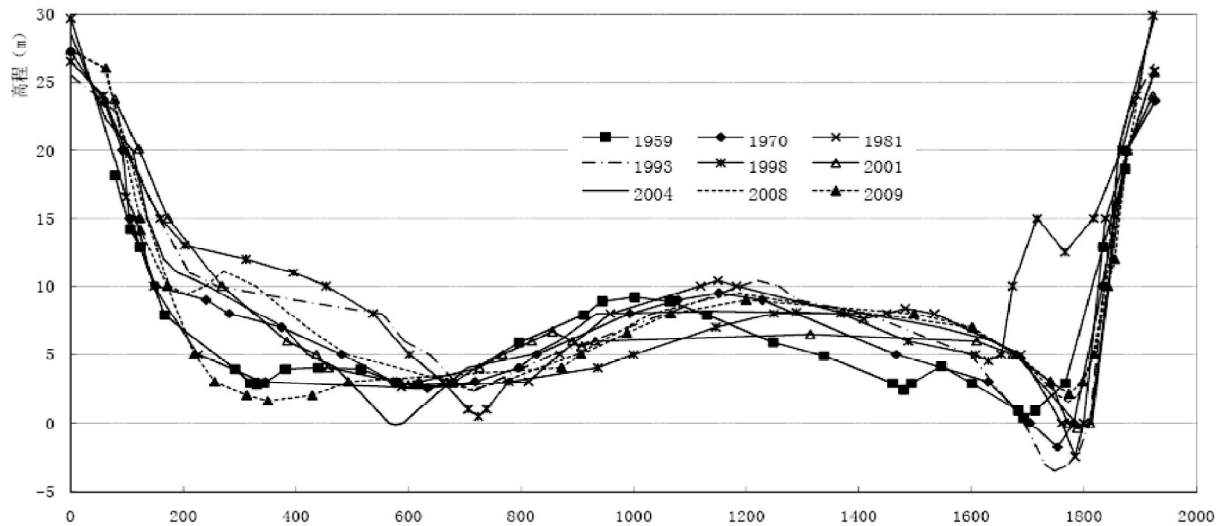


图4 桥位一历年河床断面套绘图

桥位二断面位于潜洲中部附近,系复式断面,见图5。1959~2004年,断面逐渐呈淤积状态,断面面积减小约20%,平均河底高程抬高2.5m,左汉靠近边滩一侧河床高程纵向淤积最大幅度达10m,潜洲及其右汉淤积幅度相对较小约5m;2004~2009年,断面由淤变

冲,断面面积增加近20%,平均河底高程下降1.8m,左汉靠近边滩一侧最大纵向冲刷幅度约10m,潜洲洲体以及右汉较为稳定。可见,随着上游来水来沙条件的不同,桥位二断面呈周期性冲淤变化,历年左汉变幅较大,右汉变化相对较小。

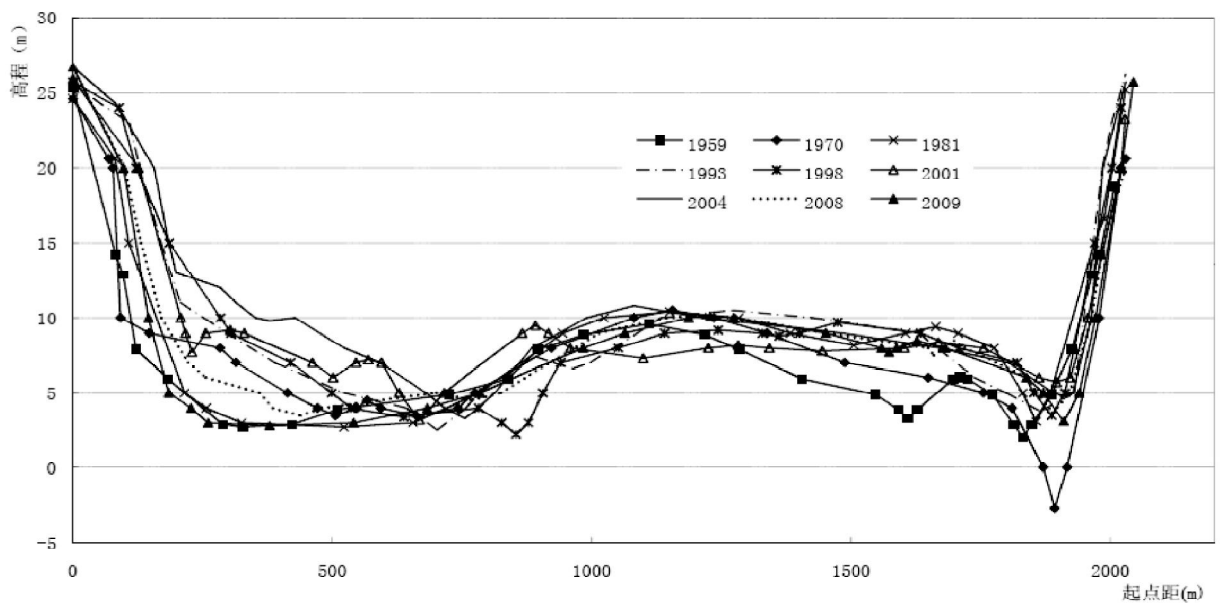


图5 桥位二历年河床断面套绘图

4 桥位选择

4.1 桥位选择原则

《内河通航标准》规定水上过河建筑物选址应满足下列要求:(1)水上过河建筑物应建在河床稳定、航道水深充裕和水流条件良好的平顺河段,远离易变的洲滩;(2)水上过河建筑物选址应避开滩险、通行控制河段、弯道、分流口、汇流口、港口作业区和锚地;(3)对于 I 级航道,两座相邻水上过河建筑物的轴线间距应

大于代表船队长度与代表船队下行 5min 航程之和;(4)对于特殊情况不能满足上述要求时,应采取工程措施,或加大过河建筑物跨度或采取一孔跨越通航水域。

4.2 桥位方案比选

通过河床演变分析可知,拟选两桥位所处河段河势基本稳定,具备建桥的河势条件。考虑到桥址河段通航环境非常复杂,桥位选择必须结合上述原则进行仔细比较,结果见表 1。

表 1 拟选两桥位对通航影响对比分析表

对比项目	桥位一	桥位二	对比结果
河势条件	具备建桥的河势条件	具备建桥的河势条件	相差不大
桥址断面冲淤变化	左汉河槽变幅较大,右汉及洲滩变化相对较小。	左汉河槽变幅较大,右汉及洲滩变化相对较小。	相差不大
与港区关系	满足安全距离要求	不满足安全距离要求	桥位一优
两桥间距要求	不满足最小间距要求	满足最小间距要求	桥位二优
与武船的关系	不满足安全距离要求	满足安全距离要求	桥位二优
对航道整治工程的影响	有一定影响	有一定影响	相差不大
对比结果	从通航角度考虑,桥位二优于桥位一		

根据上述比较,在总体河势、桥址断面冲淤变化及通航环境方面两桥位相差不大,但桥位一在投资、路网、疏解、拆迁量等方面相对桥位二较优,因此桥位一最终作为推荐桥位。考虑到推荐桥位不能满足规范对桥梁选址的要求,因此在孔跨和墩位布置时应充分考虑并妥善解决建桥对通航和周边涉水工程的影响问题。

孔应至少覆盖左侧深泓和深槽摆动范围。考虑到本桥与武汉长江大桥距离较近,两桥通航孔还应平顺衔接。

5 孔跨及墩位布置

5.2 孔跨布置方案

5.1 布置原则

在运输繁忙的较宽河流上,过河桥梁应满足多孔通航的原则,同时尽量使墩位、跨径与大型船舶(队)的习惯性航线及航道整治工程相适应,并适当留有余地。

设计中前后考虑了三种通航孔布置方案,分别为(5×256)m的单孔单向通航方案、(186+512+186)m的单孔双向通航方案和(2×850)m的大跨径跨越通航水域方案。

(1)单孔单向通航方案

根据实测航迹线资料显示,桥址附近上、下行航迹带宽度均小于 200m,结合下游武汉长江大桥实际通航能力,考虑本桥通航孔采用武汉长江大桥两孔并一孔的思路,布置(5×256)m的单向通航方案进行比选。

(2)单孔双向通航方案

考虑到潜洲左汉为主航道,为尽可能优化桥下船

从桥址处的具体情况看,桥址断面形态为偏“W”形,深槽偏左岸。因此,在进行通航孔布置时,主通航

船通过能力,减少建桥对防洪影响,根据《内河通航标准》相关公式计算得出的通航净宽值,布置了主桥(186+512+186)m的单孔双向通航方案进行比选。

(3)大跨径跨越通航水域方案

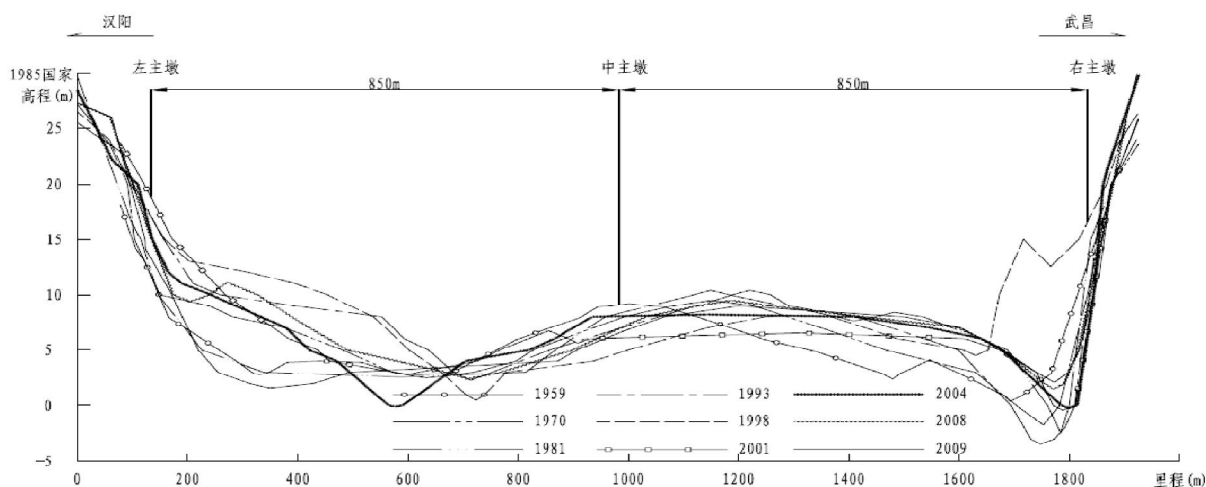
根据2009年9月完成的《武汉鹦鹉洲长江大桥桥梁通航净空尺度和技术要求论证研究报告》结论,考虑到桥址断面的冲淤变化及武桥水道的通航环境,主通航孔应采用单孔双向通航方案,且应覆盖深槽摆动范围,桥位一处通航净宽应不低于790m。综合武船重工及相关单位的意见,建议潜洲右汊采取一孔跨越可通航水域的布置方案。综合考虑工程投资、河道宽度、河床地形以及结构合理性等要求,布置(2×850)m的大跨径跨越通航水域方案。

随着不断地深入研究,考虑到桥区通航环境的复杂性,主跨为(5×256)m和(186+512+186)m通航孔布置方案难以满足桥区通航安全要求,最终推荐主跨为(2×850)m的悬索桥方案。

5.3 墩位布置

墩位布置应尽量不改变现有条件下过武汉长江大桥船舶的航路与航法,满足船舶连续过桥的航线平顺要求,尽可能不在水中设墩,以减少建桥对桥区水流的影响。

根据上述原则,将(2×850)m方案的中主墩布置在潜洲上,即航道整治工程的坝体附近。汉阳侧850m主通航孔桥跨与武汉长江大桥2~8号孔水域对应,不改变现有条件下过武汉长江大桥船舶的航路与航法,满足船舶连续过桥的航线平顺要求。从船舶航迹线实测成果看,各船型、船队上下行航迹线均可顺利通过主通航孔。汉阳侧主墩距杨泗港区码头的船舶回旋水域较远,不影响船舶的回旋作业;武昌侧850m通航孔一孔跨越潜洲右汊,主墩位于武船码头后方,不影响船舶的回旋作业,能满足武船产品下水后的舾装、有关试验及试航等要求。



5.4 建桥对防洪和航道整治工程的影响

上文主要分析了孔跨布置对桥区通航环境的适应性,除此之外,为研究建桥对桥区河段防洪和航道整治工程的影响,项目工可阶段开展了相关专题研究工作。

(1)对防洪的影响

为了研究建桥后在设计洪水条件下的桥前壅水高度及影响范围、建桥前后桥址河段流速、流向变化及河床冲淤变化,武汉大学对上述代表性方案进行了定、动

床河工模型试验,试验表明:①建桥后,300a一遇洪水条件下,桥址上游300m处最大壅水值约为6.3cm,影响范围基本上在上游1500m以内,说明建桥对防洪无实质性影响;②建桥后,桥位上游200m右岸近岸流速增大0.03m/s,下游400m右岸近岸流速增大0.04m/s,下游150m左岸近岸流速增大0.06m/s;③建桥后主槽水流流向总体变化不大,变化幅度一般在2°以内;④建桥后,工程河段总体河势无明显影响,深泓、洲滩平面位置相对稳定,河床冲淤变化部位、特点均未发生大的

改变,但桥墩附近局部洲滩冲淤特点发生了一定变化,除需加强桥墩附近的防冲措施外,还需对两侧主墩附近的岸坡进行加固处理,以免影响工程附近河床、河势的稳定。

(2)对航道整治工程的影响

通过整体模型与局部模型试验相结合的手段,对建桥前后桥区河段局部河床冲淤变化情况、局部防护范围及防护措施效果进行了研究。试验结果表明:①桥墩局部冲刷会对航道整治工程的稳定性产生影响,因此必须研究并采取防护措施;②综合考虑,确定桥墩防护范围为 $193\text{m}\times 147\text{m}$,防护工程包括核心区、永久防护区和护坦区三个部分;③桥墩在实施局部防护后,防护区域内基本没有发生变化,说明防护方案是有效的,工程稳定性是可靠的,建桥后对航道整治工程效果基本无不利影响。

结 语

武汉鹦鹉洲长江大桥的桥位选择和孔跨布置已充分考虑了桥址河段河床演变和通航条件,尽量减少水

中桥墩,主桥采取 $2\times 850\text{m}$ 的大跨度跨越通航水域方案,最大限度地满足了通航和防洪的要求。通过建立定动床河工模型,对鹦鹉洲大桥与航道整治工程的相互影响及解决措施进行了试验研究,结果表明采取防护措施后,建桥后对航道整治工程效果基本无不利影响。

参 考 文 献

- [1] 夏薇,毛北平,王驰.武汉鹦鹉洲长江大桥工程河道演变分析[R].武汉:长江水利委员会水文局,2009.
- [2] 王志军,李文全,肖庆华.武汉鹦鹉洲长江大桥通航净空尺度和技术要求论证研究报告[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2009.
- [3] 李文全,王志军,邓晓丽,柳海滨.武汉鹦鹉洲长江大桥通航净宽研究[J].水运工程,2010,(5):116-120.
- [4] 陈立,孙亮,吴娱,何娟.武桥水道水动力特性与潜洲演变研究[J].水运工程,2008,(6):102-107.
- [5] 中华人民共和国国家标准,内河通航标准(GBJ139-90)[M].2004.
- [6] 中华人民共和国行业标准,公路工程水文勘测设计规范(JTG C30-2002)[M].2002.