



安徽省望东长江大桥桥墩布置方案优化研究

赵维阳, 裴金林, 李靓亮

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 在分析安徽省望东长江公路大桥所在的东流水道河道及航道条件的基础上, 从通航的角度, 对拟建的安徽省望东长江公路大桥通航净空尺度进行计算, 对通航桥孔布置进行分析, 并结合桥区航道条件, 针对原桥型方案存在的问题, 对桥墩布置方案进行优化分析, 优化后的桥型方案(通航孔布置为78 m+228 m+638 m+228 m+78 m)能较充分地利用有效通航水域, 适应航道条件变化较强, 该桥型方案合理可行。

关键词: 大桥; 净空宽度; 桥墩布置; 优化

中图分类号: U 611

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)02-0047-07

Bridge arrangement optimization of Anhui Wangdong Yangtze River bridge

ZHAO Wei-yang, PEI Jin-lin, LI Liang-liang

(Changjiang Waterway Institute of Planning, Design & Research, Wuhan 430011, China)

Abstract: Based on the analysis of Anhui Wangdong Yangtze River bridge in the Dongliu and the basis of the conditions of the river channel, from the point of view of the navigation, this paper proposes the navigation clearance dimensions calculation of Anhui Wangdong Yangtze River bridge, analyzes the navigation layout. Combining with the channel condition, the arrangement for the bridge pier optimization is analyzed. According to the bridge area waterway's condition, and in view of the existing problems of bridge type scheme, this paper analyzes the pier layout's optimization. The optimized bridge type scheme (78 m+228 m+638 m+228 m+78 m) can make full use of the effective navigable water, and adapt well to the channel condition, thus the bridge type scheme recommended is reasonable and feasible.

Key words: bridge; clear width; pier arrangement; optimization

拟建的安徽省望东长江公路大桥位于长江下游东流水道, 大桥建成后, 将增强安徽省的过江通道能力, 完善安徽省“四纵八横”高速公路网, 缓解目前承担济南至广州和上海至重庆两条国家高速公路跨越长江的安庆长江公路大桥交通压力, 是国家高速公路网中济南至广州高速公路的控制性工程。

大桥所在的东流水道历史上主支汉易位频繁, 是长江下游重点碍航河段, 河床演变较为剧烈, 自2006年东流水道以西港为主汉的航道整治工程实施后, 洲体基本稳定, 航道条件相对较

好, 但受缩窄段河道边界条件及深槽走势约束, 汇流段水流可能会有所变化, 局部河床将有一定幅度的冲淤调整。在如此复杂的河段内建桥, 要尽可能减少建桥对通航的影响, 保障长江黄金水道的畅通。

按照《内河通航标准》和《通航海轮桥梁通航标准》中水上过河建筑物选址要求^[1], 结合本河段实际, 从建桥对上、下游河道和航道条件的要求及影响出发, 同时考虑到桥区水域水流条件、航槽稳定性、与上下游洲滩的距离, 推荐桥位位于东流水道进口微放宽段处, 航道里程约为

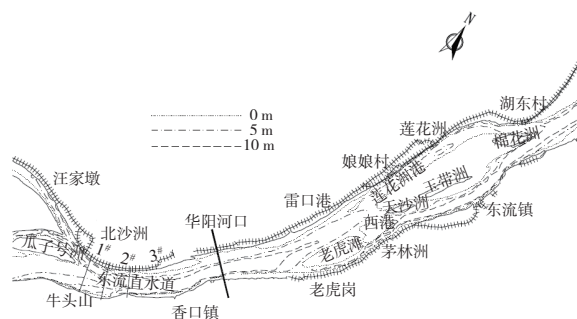
收稿日期: 2012-07-02

作者简介: 赵维阳(1980—), 男, 硕士, 工程师, 从事航道科研、设计工作。

697.5 km。本文主要对拟建的安徽省望东长江公路大桥推荐桥位的推荐桥型及桥墩布置方案进行优化研究。

1 河道概况

拟建安徽省望东长江大桥位于长江下游东流水道进口段,跨越处左岸为安徽省望江县,右岸为安徽省东至县。东流水道上起华阳河口,下迄吉阳矾,全长31 km,属顺直多分汊河型,从平面形态看,本水道可分为3段(图1)^[2]:



注: 1. 根据长江南京航道局安庆航道处2008年5月1:20 000测图绘制; 2. 测时水位为6.0~6.1 m。

图1 工程河段河势及桥位布置

进口段。从华阳河口至老虎岗,长约5 km,河道单一、顺直且略有放宽,上游主流傍右岸进入本水道老虎滩左汊,随后牌石矶挑流作用而脱离右岸,逐渐向左过渡。进口段河道窄深,河床相对稳定。

分汊段。从老虎岗至狭阳湖,长约18 km,河道顺直宽阔,江面最宽处位于东流镇附近,达4 500 m左右。该段河道中存在一由老虎滩、天沙洲、玉带洲、棉花洲及大片低滩组成的带状滩群,将东流水道分为多汊,从左到右分别为莲花洲港、西港、东港,莲花洲港为本水道汛期主汊,西港为枯季主汊,东港为支汊。

出口段。从狭阳湖至吉阳矾,长约8 km,河道单一,微弯窄深。右岸为弯道凹岸,受山矾的保护,河岸较为稳定,10 m等深线常年贯通。

东流水道进、出口段航道条件较好,分汊段由于主流摆动频繁、水流分散,致使航道不稳定、浅滩碍航,航道条件相对较差。

2 桥梁通航净空尺度标准

2.1 通航代表船型、船队论证

根据交通部、水利部、国家经济贸易委员会交水发[1998]659号文《关于内河航道技术等级的批复》意见,武汉至浏河口河段为Ⅰ级航道,按其航道条件,此段按Ⅰ- (1)级航道考虑。

《内河通航标准》中对于天然河流Ⅰ- (1)级航道,最大的通航船队平面尺度为406 m × 64.8 m × 3.5 m(船长×船宽×吃水,下同)。因桥梁为永久性工程,船队平面尺度对通航孔宽度起决定作用。因此,从长远考虑,选用《内河通航标准》^[1]规定的最大船队为代表船队,船队尺度为406 m × 64.8 m × 3.5 m。

根据交通部制定的《长江干线航道总体规划纲要》(2008年3月),2020年本河段航道建设标准为4.5 m × 200 m × 1 050 m,水深保证率98%,通航由2 000 t或5 000 t驳船组成的2万~4万吨级船队;利用自然水深通航5 000吨级海船,并延长通航期。故选用5 000吨级进江海轮为代表船型。

2.2 通航净空宽度计算

桥梁通航净空宽度指满足远期规划航道设计水深要求,并能供代表船舶或船队安全通过桥孔的最小净空宽度。以下根据《内河通航标准》^[1]有关公式对拟选桥位通航净空宽度进行计算。

2.2.1 单孔单向通航净空宽度

$$B_{\text{单}} = B_s + L \sin \beta + \Delta B_m + P + E \quad (1)$$

式中: $B_{\text{单}}$ 为单向通航净空宽度; B_s 为船舶(队)宽度,取64.8 m; L 为船舶(队)长度,取406 m; β 为船舶(队)航行漂角,按《内河通航标准》^[1]规定取6°; ΔB_m 为富裕宽度,在Ⅰ~Ⅲ级航道中,适用于长江干线航道的按 $0.6B_f$ 计算; P 为因水流作用而导致船舶产生的横向漂移量,称为偏航距; E 为桥墩紊流宽度。在上述的有关公式中只需定出偏航距和桥墩紊流宽度值便可以得出单孔单向通航净宽值。

根据桥区水流条件,偏航距值取125 m,桥墩紊流宽度 E 值取53 m。由此可以计算得单孔单向净宽为325 m。

2.2.2 单孔双向通航净空宽度

$$B_{\text{双}} = 2B_f + b + \Delta B_m + P_{\text{上}} + P_{\text{下}} + E \quad (2)$$

式中: $B_{\text{双}}$ 为双向通航净空宽度; b 为上、下水船队间的安全距离, 取 $b=B_s$; $P_{\text{上}}$, $P_{\text{下}}$ 分别为上、下水船队的偏航距, $P_{\text{上}}=0.85P_{\text{下}}$ 。式(2)中偏航距 P 值和桥墩紊流宽度 E 值的取值和计算同单孔单向通航净宽计算^[3]。

同理, 可以计算出单孔双向通航净空宽度为 575 m。

通过以上计算, 拟选桥位单孔单向通航净空宽度不得小于 325 m, 单孔双向通航净空宽度不得小于 575 m。按照《内河通航标准》^[1]5.2.1 中第1条规定“水上过河建筑物的布置不得影响和限制航道的通过能力。通航孔的布置应满足过河建筑物所在河段双向通航的要求”, 本河段船舶众多、通航繁忙, 因此, 本桥梁主通航孔按单孔双向通航设计, 主桥孔跨度应为各自的单孔双向通航净空宽度加主桥墩宽度。上述通航净空宽度为理论计算值, 为使主通航孔能适应航道的变化, 仍需在理论计算值的基础上加一变化量。

3 通航桥孔布置分析

3.1 通航桥孔布置原则

根据《内河通航标准》^[1]和《内河航道维护技术规范》的要求, 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, 对河宽不足两孔通航的过河桥梁应一孔跨过。拟选桥位位于东流水道进口顺直单一河型微放宽段, 多年来岸线及断面变化均相对稳定。近期东流水道进口主流位置及方向基本稳定, 中段由于河道顺直放宽, 缺少主导河岸, 在老虎岗—茅林洲一带主流开始出现摆动, 年际间主流位置及方向都有摆动的空间。若建桥存在航道稳定、通航安全等问题, 在布置通航孔时, 必须综合考虑现有桥位通航条件和河道的发展趋势、规划船型船队、桥梁建设要求和国家有关法规政策等因素^[4]。

3.2 通航桥孔布置分析

根据前文的计算结果, 拟选桥位单孔双向通航所需净空宽度为 575 m。以下根据洪中枯水期船舶航迹线及流速流向实测资料, 结合《长江下游分道通航规定》及航道发展规划, 对拟选桥位推荐桥型方案为主跨 608 m 的钢箱梁斜拉桥方案进行论证。

本方案跨径布置为 (78+212+608+212+78) m, 主墩平面尺寸为 40.0 m × 26.0 m, 过渡墩尺寸为 5.0 m × 4.5 m, 扣除桥墩尺寸, 通航孔净空宽度约为 196.75 m+582 m+196.75 m, 桥型方案见图2, 平面布置见图3^[5]。

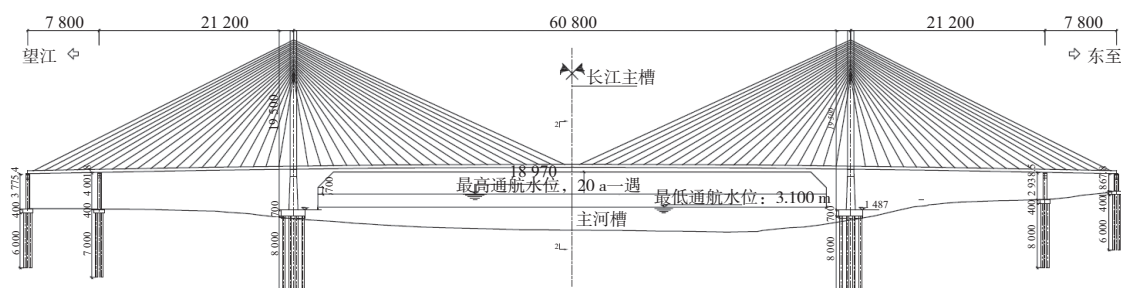


图2 主跨608 m钢箱梁斜拉桥

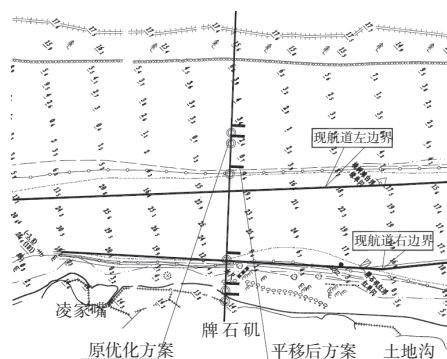


图3 拟建桥位桥型方案主桥墩平面布置

从通航孔布置来看, 主通航孔南主墩位于南岸深槽边缘, 紧靠南岸, 北墩位于 10 m 等深线附近, 桥墩布置方案能较充分利用有效通航水域, 其主通航孔基本满足单孔双向通航所需净空宽度 575 m 要求, 北侧副通航孔基本满足小型船舶单向通航要求, 但南侧副通航孔位于东至堤岸上, 失去通航作用。

从 2008 年退水期测图 (图3) 看出, 4.5 m 深槽宽度在 700 m 左右, 水深条件良好, 主槽虽有所

摆动,但摆动幅度很小,主通航孔布置能满足现行航道布设要求。由于牌石矶挑流作用,洪水期流速较大,枯水期右边孔水域水流流向与桥轴线夹角略有增大,存在局部水流较紊乱现象,小型船舶下行时需特别留意。

从建桥前船舶洪、中、枯水期实测航迹线走向来看(图4^[6]),桥区水域上、下行航线分明,洪、中、枯水期船舶下行实测航迹线均从主孔右边水域通过,且靠近主孔中心线;上行实测航迹线除少数小型船队通过北侧副通航孔外基本从主孔通过,且贴近北主墩,其通航孔布置对现行船舶航行安全有一定的影响。

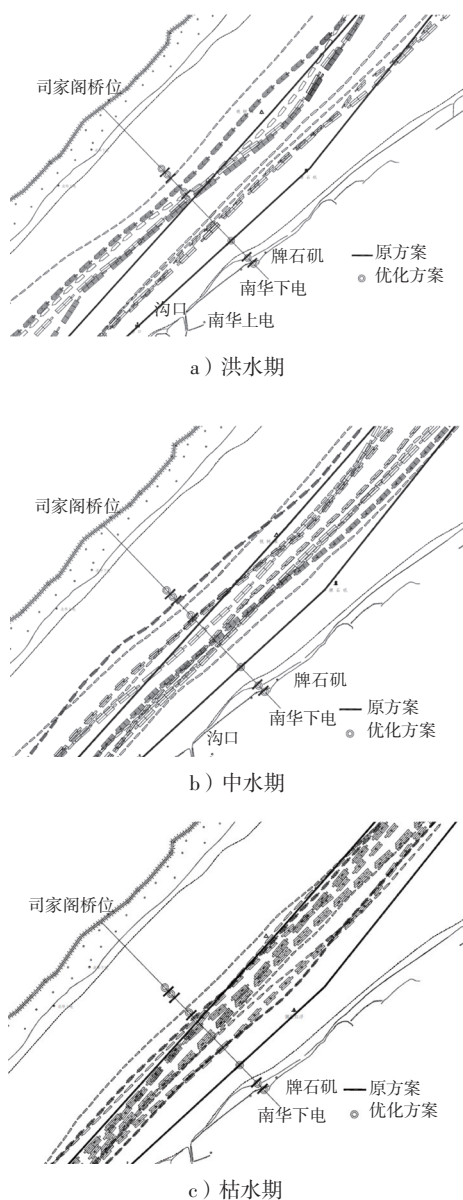


图4 桥区枯水期实测航迹线

结合实测表面流速流向成果及河工模型试验成果来看,建桥前后,洪水期($Q=82\ 600\text{ m}^3/\text{s}$)桥轴线断面流速(图5)除桥墩处变化较大外,其余变化较小,主通航孔右边水域流速略有增大,左边水域流速略有减小。垂线最大流速位于南主墩附近,约 3.0 m/s ,主通航孔左侧水域流速在 2.7 m/s 以内,北侧副通航孔内水流流速在 2.5 m/s 以下,基本满足船舶上行的水流条件要求。

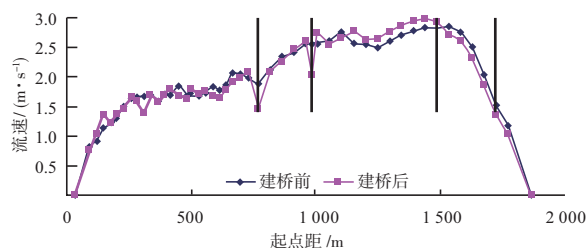


图5 $Q=82\ 600\text{ m}^3/\text{s}$ 桥位桥轴线断面建桥前后流速变化

综合以上分析得知,本桥型方案基本满足主通航孔双向通航及北侧副通航孔中、洪水期上行船舶通航的要求,但存在可供通航的桥孔较少、与航道发生变化的适应性不强、北侧副通航孔难以满足洪水期中型船队上行航宽及北主墩位于习惯上行航线间等问题,因此,建议适当加大北侧副通航孔跨度,并优化桥墩布置,以尽可能多地覆盖左侧可通航水域,满足左岸侧中、洪水期上行船舶的通航要求。

4 桥型方案及桥墩布置方案优化研究

针对原桥型方案存在的问题,设计单位对原桥型设计方案进行了优化,并提出了主跨为 638 m 钢箱梁斜拉桥的桥型方案,跨径布置为 $(78+228+638+228+78)\text{ m}$,扣除桥墩尺寸,通航孔净空宽度约为 $212.75\text{ m}+612\text{ m}+212.75\text{ m}$,桥型方案见图6,平面布置见图3。该桥型方案是在原方案的基础上进行了优化,保持南主墩位置不变,将主通航孔跨度增大 30 m ,即原北主墩向北移 30 m ,北侧副通航孔跨度增大到 228 m ^[5]。

同时,桥梁建设单位组织有关单位再次对推荐桥位的桥跨和桥墩布置方案进行了多方商讨,综合多种因素考虑,课题组结合专家意见“结合航道条件、船舶通航要求等,对推荐桥位的桥跨

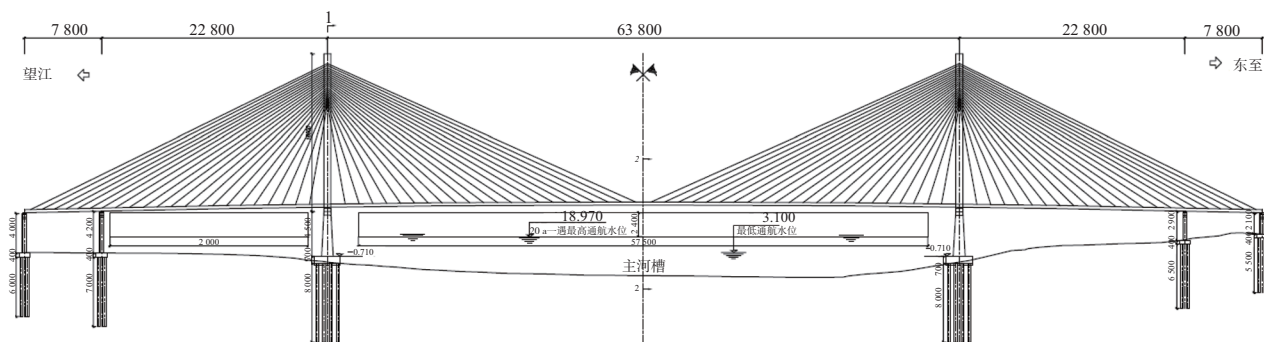


图6 主跨638 m钢箱梁斜拉桥

和桥墩布置作进一步优化”进行进一步深入研究分析,给出推荐桥型方案及桥墩布置方案优化意见如下:

1) 在北侧228 m副通航孔左侧增设一个辅助通航孔,以满足中洪水期小型船舶上行需要。

考虑到中洪水期小型船舶沿左岸侧航行以及进出左岸港口和华阳河口的实际需求,在北侧增设一个小型船舶上行辅助通航孔。

根据通过本河段船舶的统计资料及安庆港望江港区现状与规划,进出望江港区及华阳河口的船舶,其现状船舶大多为1 000吨级;根据其港口规划来看,远期停靠5 000吨级船舶。对于5 000吨级船舶,可通过主通航孔或中洪水期通过北侧副通航孔上行;对于1 000 t小型船舶,由于洪水期动力不足,习惯于偏靠左岸侧走缓流上行,而此区域水深常年较浅,一般在0 m左右(特别是1990—2005年间水深只0~-5 m),因此在北侧增设一个辅助通航孔,主要用于满足1 000吨级及以下小型船舶季节性上行通航需要。取1 000吨级代表船型尺度为67.5 m×10.8 m×2.0 m,此辅助通航孔水流流向与桥轴线夹角稍大,取8°,而流速较主通航孔区域要小得多,一般在1.5 m/s以内,按照本文2.2节内容取相关参数计算得此辅助通航孔单孔单向通航净空宽度应不小于63 m。在本桥型方案中,左侧再增设一个78 m辅助通航孔,扣去其桥墩尺寸5 m,其净空宽度约73 m,基本能满足1 000 t及以下小型船舶上行通航宽度要求。

2) 经综合比选,认为(78+228+638+228) m的桥型方案的桥墩布设位置合理。

①主桥跨布置为(78+228+638+228) m的桥

型方案主通航孔满足海轮和4.8万吨级大型船队单孔双向通航净宽与水深要求,北侧副通航孔基本满足2万吨级以下船队和浅吃水海轮上行通航净宽与水深要求。

参照上述分析成果,该桥跨布置方案,扣除桥墩尺寸后,通航孔净空宽度约为73 m+212.75 m+612 m+212.75 m,其主通航孔基本满足4.8万吨级大型船队575 m双向通航净宽要求;通过北侧副通航孔的船舶按1.8万吨级船队及5 000吨级江海轮为代表船型,按照本文2.2节内容取相关参数计算,其北侧副通航孔单孔单向通航净空宽度应分别不小于170 m和123 m,从通航孔布置情况来看,北侧副通航孔基本满足1.8万吨级船舶170 m单向通航净宽要求及5 000吨级江海轮123 m单向通航净宽要求,北侧辅助通航孔基本满足1 000吨级及以下小型船舶63 m单向通航净宽要求。且南、北主桥墩均位于10 m等深线附近,北侧副通航孔桥墩和辅助通航孔桥墩均位于0 m等深线附近,主通航孔正好覆盖640 m左右的10 m主深槽及可通航水域,基本涵盖主流线多年平面摆动范围,有效利用可通航桥孔,适应航道条件的变化较强,该桥型方案及桥墩布置基本合理可行。

②若整体移动后,主通航孔没能充分覆盖深槽水域。

其一,不宜整体向右移动。拟选桥位上游约1 270 m存在牌石矶,桥位下游约360 m处有一边滩凸嘴伸入江中,两者连线位于现南主桥墩北侧约79 m,即在此区域内深槽水深条件虽很好(水深约10~18 m),但因牌石矶挑流作用,局部水流条件较差,不易通航;另外,从桥区河段洪、

中、枯水期三季实测船舶航迹线走向来看,船舶下行航迹线右边界距离现大桥南主墩最小距离约为175 m,即现状下主通航孔右侧已有较宽水域不便得到较好利用,加上南主墩南侧40 m左右范围内存在礁石,如整体右移,南主墩将位于礁石区域,通航条件更差,相应地北主墩将移至10 m深槽以内,致使主通航孔有效通航宽度缩窄,将影响主通航孔通过能力和船舶通航安全,因此,桥墩布置方案不宜整体向南平移。

其二,若整体向左移动,南主墩将位于深槽区内,并处于主流顶冲附近,对下行船舶不利,且南侧区域仍不便利用,而北侧区域通航条件未明显改善。根据实测表面流速流向成果及河工模型试验成果来看,拟选桥位洪水期($Q=82\ 600\text{ m}^3/\text{s}$)桥位断面垂线最大流速位于南主墩北侧,约3.0 m/s,若整体左移后,南主墩靠近深槽最深点,接近最大主流区,桥墩引起的紊流现象会加剧,局部冲刷坑

会加大,不利于船舶航行,并且将造成施工难度与成本增加。北边墩位于左岸边滩附近,该边滩多年来处于冲淤交替状,近年来,北侧副通航孔及辅助通航孔所在区域枯水期当地航行基面下水深基本在0 m左右,且从近几年的断面变化(图7)来看,北侧副通航孔覆盖区域基本处于微淤积状,而辅助通航孔所在区域则处于冲刷状态。如整体北移,南主墩靠近深槽最深点附近,而北主墩相应移至北侧边滩附近,主通航孔未能充分覆盖10 m深槽范围;而北侧副通航孔区域水深条件略有变差,从而导致228 m上行通航孔的通航利用率降低。分析表明,将桥墩布置整体左移后,南主墩右侧水域仍不能有效利用,反而主通航孔覆盖10 m深槽范围减小,左侧副通航孔区域水深条件变化差,未有效保护和利用“黄金水道”这一不可再生的深水航道资源,不利于将来本河段规划航道维护尺度的进一步提高。

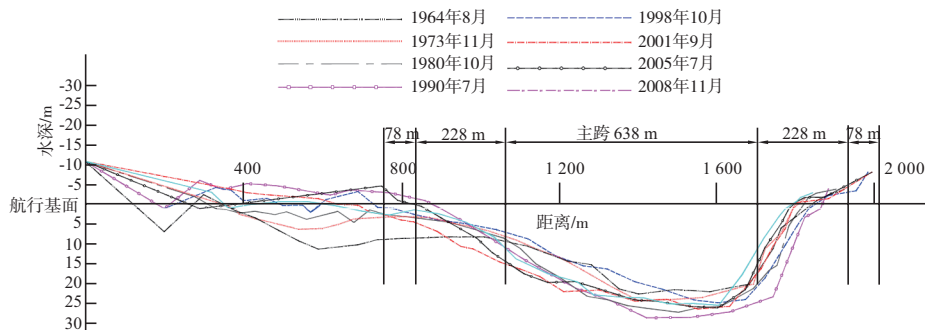


图7 拟建桥位桥型方案主桥墩平面布置

③各通航桥孔内水流条件均满足船舶正常航行的要求。

船舶逆水上行,必须克服水流阻力和坡降阻力,并且还需有一定对岸航速。为使船舶安全操控,一般规定在桥区河段,船舶航行最小对岸航速应不小于4 km/h,即1.11 m/s。根据统计资料,长江中、下游船舶满载静水航速一般在14 km/h左右,即3.89 m/s,考虑水流流态与偏角影响,可适应一般河段流速为1.0~2.0 m/s,比降为0.01‰~0.1‰的水流条件。

根据河工模型试验成果来看,20 a一遇的洪水流量级下($Q=82\ 600\text{ m}^3/\text{s}$),主通航孔左侧水

域水流流速在2.7 m/s以内,北侧副通航孔内水流流速在2.5 m/s以内,且水流基本平顺,与桥轴线法向交角在6°以内,基本满足船舶上行的水流条件要求。随着2003年6月1日三峡水库蓄水运用,其下泄流量明显减小,当长江上遭遇大洪水时,三峡工程将起调峰作用,因此,三峡工程正常蓄水运用后,工程河段最大洪峰值将会明显下降,从2004—2009年大通水文站洪水期最大流量统计值可见,年最大流量值均在59 100 m^3/s 以内,明显低于三峡工程蓄水前。因此,1998年大洪水流量再出现的概率较小,以上对于大桥通航孔的净空尺度与通航条件研究是偏于安全的。

根据《防洪法》,当江河、湖泊的水情接近保证水位或者安全流量等时,防汛指挥机构将宣布进入紧急防汛期。而在紧急防汛期,必要时,交通部门按照防汛指挥机构的决定,依法实施水面交通管制:在船舶航行可能危及堤岸安全的河段,需限定航速;并根据实情,采取封航措施。例如:1998年大洪水时,武汉至小池口段于7月27日始开始封航,直至9月2日沿程水位明显回落,鄂州至小池口才恢复通航,共封航37 d。当桥区河段再次出现大洪水时,仍将可能采取封航,因此,采用多年平均洪峰流量($Q=59\,400\text{ m}^3/\text{s}$,较接近三峡蓄水后已出现的最大洪水流量)来研究本桥区各通航桥孔水流条件具有一定代表性和现实意义。

从河工模型试验多年平均洪峰流量($Q=59\,400\text{ m}^3/\text{s}$)桥轴线断面流速分布来看,主通航孔左侧水域水流流速在 2.0 m/s 以下,北侧副通航孔水流流速 1.8 m/s ,比降在 0.013‰ 左右,水流流速不大,能满足船舶上行条件要求(图8)。

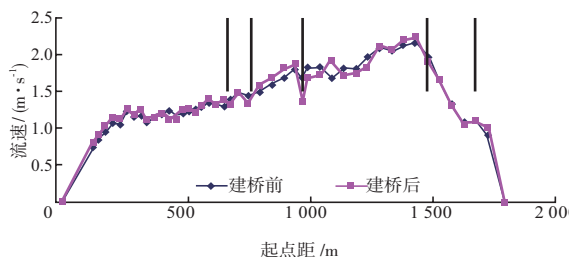


图8 $Q=59\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 桥位轴线断面建桥前后流速变化

对于北侧辅助通航孔:当流量为 $59\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 时,辅助通航孔水域流速水流流速在 $1.3\sim 1.5\text{ m/s}$,按船舶最小对岸航速要求即 4 km/h (1.11 m/s)计算,则通过此孔的船舶静水最小航速要求为 9.4 km/h (2.61 m/s),亦即 5 kn 航速,而 $1\,000$ 吨级及以下小型船舶满载静水航速一般在 14 km/h 左右(3.89 m/s 左右),即其实际航速大于 5 kn ,因此, $1\,000$ 吨级及以下小型船舶在三峡蓄水运用的中洪期,基本可以从辅助通航孔安全上行。

综合以上分析,考虑到航道、港口、航运的可持续发展需要,为尽可能利用本水道及以上河段的航道资源,并为今后长江“黄金水道”的合理利用及沿江岸线资源开发留有充足余地,经论

证分析,主通航孔跨为($78+228+638+228$)m的桥型方案能较好地覆盖可通航水域,有效利用可通航桥孔,较好地适应航道条件变化,在北侧增设一个 78 m 辅助通航孔,以满足中洪水期小型船舶沿左岸侧航行以及进出左岸港口和华阳河口的实际需求,并对所有通航孔进行相应防撞标准设计及非通航孔采取有效防护措施。因此,认为优化后的主跨为 638 m 的桥墩布置方案基本合理。

5 结语

1) 拟选桥位位于东流水道进口段,河道单一顺直,深槽、主流摆动较小,岸线相对稳定、少变,航道条件较好,基本满足《内河通航标准》^[1]中有关选址要求,具备在此建桥的河势与航道条件。

2) 经论证分析,桥区河段通航代表船队尺度为 $406\text{ m}\times 64.8\text{ m}\times 3.5\text{ m}$,海轮代表船型为 $5\,000$ 吨级海轮。拟选桥位单孔单向通航净空宽度不小于 325 m ,单孔双向通航净空宽度不小于 575 m 。

3) 拟选桥位桥型原方案(通航孔布置为 $78\text{ m}+212\text{ m}+608\text{ m}+212\text{ m}+78\text{ m}$),本桥型方案基本满足主通航孔双向通航及北侧副通航孔中、洪水期上行船舶通航的要求,但存在可供通航的桥孔较小、与航道发生变化的适应性不强、北侧副通航孔难以满足洪水期中型船队上行航宽及北主墩位于习惯上行航线间等问题。

4) 针对原桥型方案存在的问题,设计单位提出的优化方案(通航孔布置为 $78\text{ m}+228\text{ m}+638\text{ m}+228\text{ m}+78\text{ m}$),桥墩布置方案能较充分利用有效通航水域,其主通航孔基本满足单孔双向通航所需净空宽度 575 m 要求。北侧副通航孔基本满足中、洪水期中小型船舶单向通航要求,该桥型方案能较好地覆盖可通航水域,有效利用可通航桥孔,适应航道条件变化较强,该桥型方案合理可行。

5) 由于桥梁有多个主墩位于河槽中,应做好通航桥孔两侧桥墩的防撞设施建设,其他位于水中非通航孔桥墩应采取有效防护措施,防止船舶进入非通航孔附近水域,避免发生船舶撞击非通航孔桥墩事故。