

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2016.04.002

陈立, 李东锋, 刘明俊, 等. 桥区河段洲滩变化对通航条件的影响[J]. 水利水运工程学报, 2016(4): 11-17. (CHEN Li, LI Dong-feng, LIU Ming-jun, et al. Influences of river channel process on navigation conditions in bridge reaches[J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(4): 11-17.)

桥区河段洲滩变化对通航条件的影响

陈 立¹, 李东锋¹, 刘明俊², 宋 涛¹

(1. 武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072; 2. 武汉理工大学 航运学院, 湖北 武汉 430063)

摘要:桥区河段的洲滩演变,可能会改变桥区的航道条件,影响船舶通航。武汉长江大桥所在的武桥水道河段汉阳边滩年内呈现汛冲枯淤的规律,如果枯水期汉阳边滩淤积展宽,武汉长江大桥上水通航孔水深不足,不能通航,或者即使水深足够,但因桥位上游的航槽过于弯曲,上水船舶通航困难,常需要调标改孔,严重时必须采取疏浚措施。将二维水流数学模型与船舶运动漂移量模型相结合,计算分析了汉阳边滩不同淤积形态条件下上行船舶通过大桥上游弯道的所需航宽,从船舶运动学角度分析了汉阳边滩淤积展宽影响桥区通航的机理。结果表明,即使4 m等深线没有直接淤积通航桥孔,当汉阳边滩突咀较大且靠近大桥时,桥位上游弯道宽度不满足上水船舶安全通航所需航宽的要求,必须采取相应措施。

关 键 词:桥区河段;洲滩变化;水流数值模拟;漂移量;通航条件

中图分类号: U611

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2016)04-0011-07

影响桥区通航的因素很多,如桥位附近河道河势,洲滩演变,桥轴法线与水流流向的夹角,桥梁通航净空尺度及桥跨布置方案,桥墩紊流宽度,桥群问题等等,国内外不少学者对此进行了相关研究。胡旭跃等^[1]指出桥轴法线与水流主流流线夹角过大且桥墩布置不合理是造成桥梁碍航的主要原因之一;刘明俊等^[2]建立了桥区船舶运动漂移量模型并通过实船试验进行了验证,该模型可为合理确定桥梁通航净宽、规划桥区航路提供依据;D. C. Wilson 等^[3]通过通航模型试验研究了密西西比河上 Greenville Bridge 河段的通航条件,并优化了新的拟建桥梁的桥墩布置;宣国祥等^[4-5]进行了船舶操纵运动数值模拟的研究,杨胜发等^[6]将其运用到桥区航行数值模拟中,分析建桥对航线选择及船舶操纵参数的影响;胡旭跃等^[7-8]通过概化水槽试验提出了桥墩紊流宽度的计算公式,以确定航道边线与桥墩之间的安全距离;陈明等^[9]指出由于桥群河段桥墩数量增多,对河势及洲滩演变的影响将更为明显,通过河工模型和数值模拟相结合的试验方法研究桥群对通航条件的影响十分必要。然而,以往的研究方法局限于单一的河工模型试验、概化水槽试验或某一类型的数学模型试验,针对大桥附近洲滩演变对通航条件影响的研究也多为经验性的分析与总结,结合水流数值模拟和船舶运动漂移量模型的方法进行的定量研究较少,本文就此问题开展相应的分析研究。

1 概 述

桥区河段的河势对桥区通航条件有重要的影响。桥梁建设论证阶段,桥位河段的河床演变是桥梁布置最重要的依据之一,直接关系到桥区通航安全。桥梁建成后的实际运行表明,桥区河段的河床演变特别是洲滩冲淤调整对桥区通航条件影响很大,例如长江中游沙市河段三八滩的剧烈演变不仅使荆州长江大桥南通

收稿日期: 2015-09-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11472199);交通运输部重大科技专项(201132822430)

作者简介: 陈 立(1966—),男,湖北武汉人,教授,博士,主要从事环境与工程泥沙和治河防洪方面的研究。

E-mail: chenliwuhee@whu.edu.cn 通信作者: 李东锋(E-mail: dflee2010@whu.edu.cn)

航孔严重淤积,不能通航,近期杨林矶边滩的淤积发展下移也严重影响了北通航孔的通航条件。武汉长江大桥上游的汉阳边滩,枯水期淤积展宽,有的年份通航桥孔因水深不足,造成碍航。但实践中也发现,有时通航桥孔水深足够,但船舶仍无法通航,对此情形的相关机理和成因尚无研究成果。

武汉长江大桥所在的武桥水道是长江中游枯水期重点浅水道,一般情况下,上行船舶走 4#桥孔,下水船舶走 6#桥孔,如果 4#桥孔不能通行,则上行船舶改走 5#桥孔。研究^[10]表明,汉阳边滩年内具有汛冲枯淤的特点,汛期边滩为狭长型,汛后退水期逐渐向江中淤展,形成宽短型突咀,边滩突咀一般在大桥以上(见图 1)。枯水期,遇不利水沙条件,汉阳边滩 4#和 5#通航孔不满足 4 m 等深线要求,造成碍航,例如 2003—2004 年枯水期和 2013—2014 年枯水期^[11]。即使 5#桥孔水深足够,但若边滩突咀下移临近大桥,桥位上游航槽往往受到挤压而过于弯曲,造成水流流向与桥轴法线之间夹角增大,对上水船舶安全通航十分不利,甚至无法通航。本文将以枯水期碍航比较严重的武桥水道为例,采用水流数值模拟与船舶运动漂移模型相结合的方法,采用该河段发生的较枯流量作为计算流量,定量分析在汉阳边滩 4 m 等深线未淤通航孔时,显著影响桥区通航条件的内在机理。

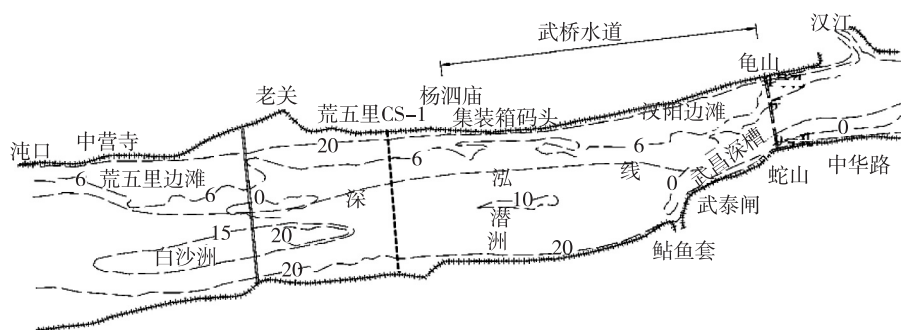


图 1 长江武汉河段中段河势

Fig. 1 Regime of Wuhan reach along Yangtze River

本文选取 2013 年 2—3 月汉阳边滩演变发展过程中 3 个时刻的形态,来研究因汉阳边滩的挤压迫使上水航道逐渐弯曲时通航条件的变化。3 个不同时刻的汉阳边滩形态见图 2,可以看出,2013 年 2 月 4 日、2 月 16 日、3 月 1 日,4#通航桥孔水深不足 4 m,5#通航孔水深足够,但汉阳边滩逐渐下移挤压航道,使大桥上游的实际通航水域(水深满足代表船型航行要求且可能进入的水域^[12])成为一个弯道,该弯道的左侧航道边界为过 6 号桥墩与桥轴线正交的直线(航标线),右侧边界为汉阳边滩 4 m 等深线,航道宽度为 $B = R_1 - R_2$ 。因此可以将水流数值模拟和船舶过弯道漂移量模型相结合,采用水流数学模型计算桥区水流流向和流速,根据漂移量模型计算上行船舶通过大桥上游航道所需宽度,当上行船舶通过大桥上游航道所需宽度小于 B 时,船舶可安全通过;当上行船舶通过该水域所需宽度超过 B 时,则船舶无法通行。

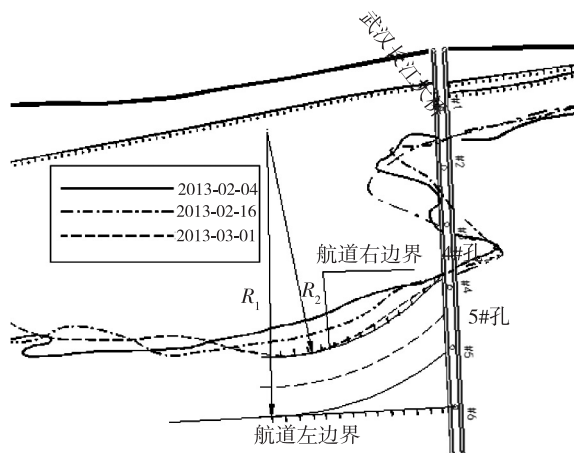


图 2 枯水期汉阳边滩与桥位上游上水弯曲航道边界

Fig. 2 Hanyang alternative bar and upper bend waterway of the bridge

2 计算方法与计算条件

2.1 平面二维水流模型

2.1.1 基本方程 采用河道平面二维水流数学模型,控制方程^[13]如下:

水流连续方程:

$$\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

水流运动方程:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 h} - \gamma \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 h} - \gamma \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (3)$$

式中: z 为水位; h 为水深; u, v 为 x, y 方向流速; C 为谢才系数, $C = R^{1/6}/n$, n 为糙率系数, R 为水力半径; γ 为紊动黏性系数。

2.1.2 桥区河段模型及其验证 建立了武汉长江大桥桥区河段水流数学模型。模型计算范围上边界为中营寺,下边界为武汉关水文站水文测验断面,计算区域内河道总长约 13.5 km。为拟合不规则河道边界,模型采用正交曲线网格对计算域进行网格划分,采用坐标变化的方法将水流基本方程转化为曲线坐标方程。方程的离散采用 ADI 方法,离散方程的求解采用 SIMPLE 算法。河道动边界的处理采用干湿判别法,边界条件采用上下游开边界和固壁闭边界条件。上边界由流量控制,下边界由水位控制,闭边界为无滑移壁面边界。

采用 2014 年 2 月武桥水道河段的实测水流流速资料对模型进行验证。模型进口流量为 9 086 m³/s (相应武汉关流量为 9 542 m³/s),出口断面水位为 11.619 m。图 3(a)为沿程水位计算值与实测值比较;图 3(b)为 CS1-1 断面流速分布实测值与计算值对比。可以看出模型计算结果与实测值吻合较好,可用于武桥水道枯水期的流场数值模拟。

2.2 船舶过弯漂移量模型

《内河通航标准》(GB 50139—2014)^[15]指

出,内河航道弯曲段宽度应在直线段航道宽度的基础上加宽,其加宽值可通过分析计算或试验研究确定。刘明俊等^[14]根据船舶操纵理论,首先确定船舶在无风作用下通过弯曲航道所需航宽(B_1)、受水流作用产生的流致漂移量(ΔB_L)、受风作用产生的风致漂移量(ΔB_F),然后根据叠加原理建立船舶过弯时,在有风、流作用情况下所需的航道宽度。

2.2.1 无风、流影响所需航宽 如图 4 所示,船舶在无风、流作用下,通过弯曲航道所占航宽(B_1)的大小可用下式计算:

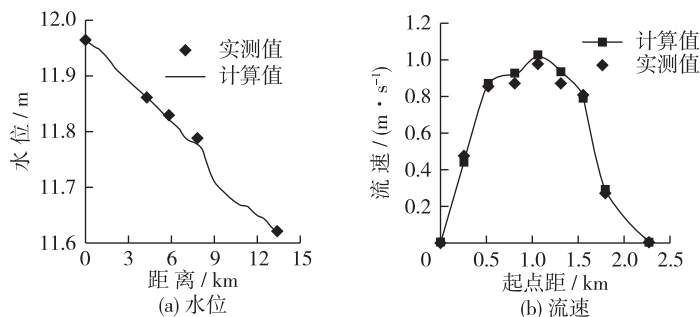


图 3 模型断面水位及流速验证

Fig. 3 Comparison of water levels and velocities

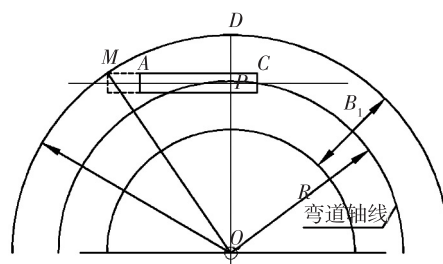


图 4 弯道航宽示意

Fig. 4 Analysis of navigable width of bend

$$B_1 = 2K \left[\sqrt{\left(R + \frac{1}{2}b\right)^2 + (V_w t + AC)^2} - R \right] \quad (4)$$

式中: K 为修正系数,按四六分心挂高(即船舶在河心略偏航道左(右)侧四成),取 1.25; R 为航道轴线曲率半径; b 为代表船型宽度; AC 为船舶转心至船尾的距离,由转心位置确定。根据船舶操纵理论转心位置一般位于船舶重心前 $(1/5 \sim 1/3)L$,取 $AC = 3L/4$,其中 L 为代表船型长度; V_w 为船舶过弯时的船速; t 代表船型对舵的响应时间,根据实船操纵情况,分析计算时取 10 s。

2.2.2 流致漂移量 船舶过弯道时,在水流作用下产生的横向漂移量如图 5。由于流速 U 在 X 方向分量 U_x 的存在,使得船舶过弯时会产生在 X 方向的漂移量,此漂移量为:

$$\Delta B_L = U \sin \beta \frac{\theta R}{V_w - U \cos \beta} \quad (5)$$

式中: U 为水流流速; β 为流向角; θ 为船舶过弯时,航行一定距离在弯道中航迹所对应的弯曲角。

2.2.3 风致漂移量 风致漂移量采用下式计算:

$$\Delta B_F = K' \sqrt{\frac{B_a}{B_w}} \exp(-0.14V_s) V_a \frac{\theta R}{V_w - U \cos \beta} \sin \alpha_f \quad (6)$$

式中: K' 为修正系数,一般取 0.038~0.041; B_a 为船体水线上侧受风面积; B_w 为下侧面积,取 $B_w = Ld$; V_s 为风中船速; V_a 为相对风速; α_f 为风向与航道法线的夹角,按不利横风考虑。

综上,船舶过弯曲航道所需航宽为:

$$B_0 = B_1 + |\Delta B_L| + |\Delta B_F| + 2|C| \quad (7)$$

式中: C 为代表船型与航道边界安全距离,根据《内河通航标准》货船取 $C = (0.34 \sim 0.40)(L \sin \alpha + b)$ 。

2.3 计算工况

根据航道规划目标要求,长江干流船队发展以标准化、大型化、系列化为主,考虑到长江上的船队有变少的趋势,本文选取通过武桥水道最大尺度的单船为代表船型,船型尺度为 $110 \text{ m} \times 17.2 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}^{[16]}$ 。依据《武汉长江大桥安全管理办法》的规定,上水船舶航速最小为 4 km/h,且遇到 6 级风时不允许船舶过桥,所以船舶上行航速取 4 km/h,风力按无风和 3,4,5 级风力 4 种情况计算,流速、流向参照水流数模的结果。

将 2013 年 2 月 4 日、2 月 16 日及 3 月 1 日武桥水道实测地形分别作为工况 1,2 和 3 的边界条件(见图 2 和表 1)。

表 1 不同工况下桥位上游弯道特点

Tab. 1 Bend channel characteristics with different working conditions

计算工况	汉阳边滩最大宽度/m	突咀距桥位距离/m	航道弯曲半径/m	弯道宽度/m
1	480	550	2 052.5	135
2	520	620	1 210	120
3	530	350	560	128

注:汉阳边滩宽度以 4 m 等深线为基准。

由表 1 可知,枯水期汉阳边滩不同淤积形态下,桥位上游弯曲航道的走向、弯曲半径及宽度均不同,汉阳边滩的变化对航道弯曲半径的影响较大。从 2013 年 2 月初到 3 月初,随着汉阳边滩逐渐淤积展宽并靠近大桥,桥位上游航道弯曲半径逐渐减小,分别为 2 052.5, 1 210 和 560 m。

模型进口流量 $9\,086 \text{ m}^3/\text{s}$,相应武汉关流量 $9\,542 \text{ m}^3/\text{s}$,出口水位 11.619 m。该流量相对较小,最能够反映武桥水道枯水期不利的水流条件^[12]。

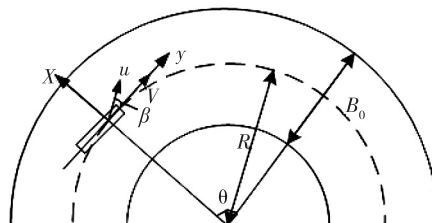


图 5 流致漂移量计算示意

Fig. 5 Flow-induced drift

3 计算结果分析

3.1 二维流场计算结果

图6给出了武汉关流量为 $9\,542\text{ m}^3/\text{s}$ 时3种不同工况下桥区河段的二维流场。从图6可见,不同工况下桥区河段流速变化不大,受汉阳边滩的影响,桥位上游形成了局部弯曲水流,水流流向首先右偏,绕过汉阳边滩突咀后转而左偏,水流流向与桥轴法线夹角相对较大。桥位下游主流偏右,水流流向与桥轴法线夹角逐渐变小。5#桥孔上游上水航道内工况1~3的水流流速依次为 $0.81, 0.79$ 和 0.86 m/s ;主流流向(水流流向与桥轴法线之间的夹角)依次为 $8.0^\circ, 8.5^\circ$ 和 9.5° 。可见,从2013年2月初到3月初,随着汉阳边滩逐渐淤积展宽并靠近大桥,航道水流流向与桥轴法线的夹角逐渐增大。

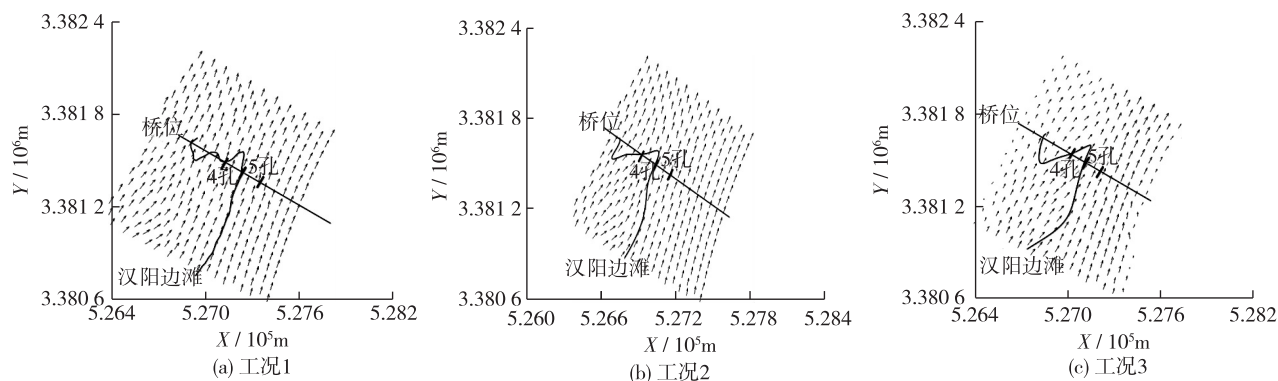


图6 桥区河段局部流场

Fig. 6 Velocity distribution in local flow field near bridge

3.2 弯道所需航宽计算结果及分析

根据3.1节水流数模的计算结果,采用式(4)~(7),分别计算出3种工况时上行代表船型经5#桥孔通过该弯道时所需要的航宽,结果如表2。

表2 代表船型上行通过弯道所需航宽计算

Tab. 2 Required navigable width for typical ship

工况	航宽/m				实际弯道宽度/m
	无风有流	3级风有流	4级风有流	5级风有流	
1	81.5	88.7	92.9	99.1	135
2	93.0	100.4	104.6	110.3	120
3	129.0	136.5	140.4	146.6	128

由表2可见:当汉阳边滩淤积处于工况1,2的情形时,上行代表船型经5#桥孔通过该弯道时所需要的航宽小于实际弯道宽度,即只要合理控制航速,适时调整航向,代表船型可以安全通过大桥上游弯道;当边滩淤积处于工况3的情形时,桥位上游实际弯道宽度仅128 m,而此时无风条件下代表船型过弯所需航宽为129 m,3,4,5级风时所需航宽分别为136.5,140.4和146.6 m,上行代表船型经5#桥孔通过该弯道时所需要航宽超过实际弯道宽度,即虽然5#桥孔水深足够,但上水代表船型仍无法通航。

结合表1和表2可知,当汉阳边滩最大宽度约500 m,边滩突咀距桥位约350 m时,武汉长江大桥5#孔虽水深足够,但却由于船舶过弯所需航宽超过桥位上游实际弯道宽度 B 而不能通航。

根据收集到的 2012—2013 年枯水期武汉长江大桥桥区的改孔、调标情况(表 3)可见,2013 年 2 月 20 日,航道部门对大桥通航孔进行了调整。调整后大轮上行通航桥孔由 5#孔改走 6#孔,大轮下行通航桥孔由 6#孔改走 7#孔。与本文计算结果一致,这也说明了将二维水流数学模型与船舶运动漂移量模型相结合可用于分析桥位河段洲滩冲淤变化对桥区船舶通航的影响。

4 结 语

以武汉长江大桥所在的武桥水道为例,将水流数值模拟与船舶运动漂移模型相结合,分析了桥区河段洲滩变化对通航条件的影响,研究结果表明:

(1)桥区洲滩演变可以显著改变桥区通航水流条件。枯水期汉阳边滩不同形态下 5#桥孔上游弯曲航道内的流速大小变化不大,但随着汉阳边滩淤积展宽并靠近大桥,水流流向与桥轴法线夹角会增大,最大可达到 9.5° ,不满足规范不宜超过 5° 的规定^[15],这对桥区通航安全十分不利。

(2)桥梁通航桥孔水深足够时,也会因为洲滩过分迫近导致该通航桥孔无法通航。当汉阳边滩突咀展宽且靠近大桥时,虽然 5#桥孔处的水深满足要求,但由于航槽过于弯曲,桥位上游弯道实际宽度无法满足上水代表船型安全通航所需航宽的要求而导致不能通航。

参 考 文 献:

- [1] 胡旭跃, 欧阳飞, 沈小雄, 等. 桥区通航问题及对策研究综述[J]. 水道港口, 2005, 26(3): 167-171. (HU Xu-yue, OU Yang-fei, SHEN Xiao-xiong, et al. A review of studies on navigation problem of the area near a bridge and its countermeasures [J]. Journal of Waterway & Harbor, 2005, 26(3): 167-171. (in Chinese))
- [2] 刘明俊, 周崇喜, 杨晓妍, 等. 苏通大桥船舶通航标准论证方法[J]. 船海工程, 2005, 34(3): 24-27. (LIU Ming-jun, ZHOU Chong-xi, YANG Xiao-yan, et al. The method of justification of Sutong bridge's navigation standard[J]. Ship & Ocean Engineering, 2005, 34(3): 24-27. (in Chinese))
- [3] WILSON D C. Navigation span location study for Greenville bridge reach, Mississippi River[R]. Vicksburg: U. S. Army Engineer Research and Development Center, 2000.
- [4] 宣国祥, 杨朝东, 黄岳, 等. 船舶航行条件的实时模拟[J]. 水利学报, 1999, 30(8): 77-80. (XUAN Guo-xiang, YANG Chao-dong, HUANG Yue, et al. Real time simulation of navigation condition of ship[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1999, 30(8): 77-80. (in Chinese))
- [5] YASUKAWA H, YOSHIMURA Y. Introduction of MMG standard method for ship maneuvering predictions[J]. Journal of Marine Science & Technology, 2015, 20(1): 37-52.
- [6] 杨胜发, 文岑, 陈明栋, 等. 长江南京三桥建桥后船舶航行过程数值模拟[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2002, 34(2): 39-43. (YANG Sheng-fa, WEN Cen, CHEN Ming-dong, et al. Study on the navigation process in Yangtze River near the city of Nanjing due to the construction of the Nanjing Third Bridge[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2002, 34(2): 39-43. (in Chinese))
- [7] 胡旭跃, 祖小勇, 程永舟, 等. 圆端形桥墩侧向紊流宽度的试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2009(3): 8-13. (HU Xu-yue, ZU Xiao-yong, CHENG Yong-zhou, et al. Experimental study of lateral turbulent flow width at round-ended pier[J]. Hydro-Science and Engineering, 2009(3): 8-13. (in Chinese))
- [8] 何小花, 陈立, 王鑫, 等. 桥墩紊流宽度的试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2006(3): 49-53. (HE Xiao-hua, CHEN Li, WANG Xin, et al. Experimental study of lateral turbulent flow width at round-ended pier[J]. Hydro-Science and Engineering, 2006(3): 49-53. (in Chinese))
- [9] 陈明, 陈明栋, 杨斌, 等. 桥群河段通航条件及通航安全研究综述[J]. 水利水运工程学报, 2012(4): 29-33. (CHEN

表 3 武汉长江大桥部分调标情况

Tab. 3 Navigation spans' variations of Wuhan Yangtze Bridge

时间	上行孔数		下行孔数	
	原通航孔	改行通航孔	原通航孔	改行通航孔
2012-12-28	4	5	6	6
2013-02-20	5	6	6	7
2013-05-15	6	4	7	6

- Ming, CHEN Ming-dong, YANG Bin, et al. A review of navigation conditions and navigation safety along bridge group reach[J]. Hydro-Science and Engineering, 2012(4): 29-33. (in Chinese))
- [10] 陈立, 冯源, 吴娱, 等. 武桥水道水动力特性与汉阳边滩演变[J]. 武汉大学学报(工学版), 2008, 41(5): 1-4, 39. (CHEN Li, FENG Yuan, Wu Yu, et al. Flow characteristics of Wuqiao reach and evolution rules of Hanyang side bar[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2008, 41(5): 1-4, 39. (in Chinese))
- [11] 陈立, 黄杰, 何小花, 等. 武桥水道航道整治工程效果分析[J]. 浙江水利科技, 2014(5): 34-37. (CHEN Li, HUANG Jie, HE Xiao-hua, et al. Study on the effect of Regulation engineering of Wuqiao waterway[J]. Zhejiang Hydrotechnics, 2014(5): 34-37. (in Chinese))
- [12] 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 Yi-bing, HE Wen-hui. Common problems in argument about bridge navigation safety influence and processing methods[J]. Journal of Waterway and Harbor, 2014, 35(4): 363-370. (in Chinese))
- [13] 吴望一. 流体力学: 上册[M]. 北京: 北京大学出版社, 2004. (WU Wang-yi. Fluid mechanics (volume 1) [M]. Beijing: Peking University Press, 2004. (in Chinese))
- [14] 徐新中, 张玉峰, 刘明俊, 等. 超大型海船弯曲航段所需航宽研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2011, 35(2): 345-348. (XU Xin-zhong, ZHANG Yu-feng, LIU Ming-jun, et al. Study on necessary width for navigation in bend waterway for ultra-large-scale ship with partial load[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2011, 35(2): 345-348. (in Chinese))
- [15] GB 50139—2014 内河通航标准[S]. (GB 50139—2014 Navigation standard of inland navigation[S]. (in Chinese))
- [16] 黄立文, 陈立家, 岳俊飞, 等. 长江中游武桥水道航道整治工程通航方案设计与论证报告[R]. 武汉: 武汉理工大学航运学院, 2008. (HUANG Li-wen, CHEN Li-jia, YUE Jun-fei, et al. Navigation design and feasibility report of Wuqiao waterway regulation engineering in the middle of the Yangtze River[R]. Wuhan: School of Navigation Wuhan University of Technology, 2008. (in Chinese))

Influences of river channel process on navigation conditions in bridge reaches

CHEN Li¹, LI Dong-feng¹, LIU Ming-jun², SONG Tao¹

(1. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. School of Navigation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: Due to the river channel process in the bridge reaches, there are great changes in the navigation channel conditions and impacts upon ship navigation. The Hanyang alternative bar in the Wuqiao waterway sustains the law of “erosion in flood, and siltation during dry season”. If the upward navigation span of the Wuhan Yangtze River Bridge is clogged by the 4 m isobath curve of the Hanyang alternative bar during a dry period, navigation obstruction takes place. Even if the water depth in the navigation openings meets the navigation requirements, the navigation channel in the upstream of the bridge bends seriously as a result of the siltation of the Hanyang alternative bar, which makes a difficult situation for upward vessels, thus an adjustment of the navigation openings or even dredge maintenance is needed. In this paper, a two-dimensional flow mathematical model and a ship motion drift model are firstly integrated to calculate the necessary widths for the upward vessels passing through the bend channel with different siltation morphologies of the alternative bar. Then the authors analyze the navigation obstruction mechanisms of the Hanyang alternative bar from the point of view of ship kinematics. The analysis results show that the actual bend fairway’s width in the upstream of the bridge does not meet the requirements for the safe pass of the typical ship when there is a heavy deposition along the Hanyang alternative bar, which is close to the bridge, and that it is necessary to take proper measures for the safe navigation of the upward vessels.

Key words: bridge reach; river channel process; flow numerical simulation; ship drift value; navigation conditions