

重庆南纪门长江大桥桥区河段通航水流条件模型试验

何进朝^{1,2,3}, 李霞⁴

(1. 重庆交通大学西南水运工程科学研究所, 重庆 400016; 2. 内河航道整治技术交通行业重点实验室, 重庆 400016; 3. 重庆西科水运工程咨询中心, 重庆 400016; 4. 南京市科技成果转化服务中心, 江苏南京 210024)

摘要: 重庆南纪门长江大桥位于长江与嘉陵江汇合口上游约 4.6km 处, 桥区河段既受三峡水库回水影响, 也受嘉陵江洪水顶托影响, 同时兼具山区河流特性, 又位于珊瑚坝心洲尾部分汊河段, 且紧邻龙碛子滩险, 通航条件十分复杂。为研究大桥建设对桥区河段通航水流条件的影响, 通过定床物理模型对不同桥墩布置及桥梁跨度方案进行了试验研究, 揭示了不同特征流量条件下水位、流速、流态等水力要素的变化情况, 研究成果可为合理确定通航孔跨度及桥墩位提供技术支撑。

关键词: 物理模型; 通航水流条件; 通航孔跨度

中图分类号: U443.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 12—0124—03

拟建的南纪门长江大桥位于长江猪儿碛水道, 下距长江与嘉陵江汇合口约 4.6km, 既有石板坡大桥及其复线桥下游约 470m、菜园坝长江大桥下游约 1.6km。桥区河段处于三峡水库变动回水区, 既受三峡水库回水影响, 也受嘉陵江洪水顶托影响, 同时兼具山区河流特性, 航道条件十分复杂。桥位受规划预留、两岸建筑、站点设置等因素限制, 规划走廊仅有 35m 左右, 桥位唯一; 桥位处于珊瑚坝心洲尾部分汊河段, 且紧邻龙碛子滩险, 同时桥跨受轨道专用桥刚性要求和两岸滨江路限制, 无法一跨过江, 必须依托水中墩柱, 桥墩布置限制因素众多, 通航环境非常复杂。为此, 本研究通过物理模型试验来研究建桥对桥区河段通航水流条件的影响, 以为合理确定桥梁跨度和桥墩布置提供重要技术支撑。

流速、流态并结合船舶航路航法等因素, 先后提出了保持右主墩位置不变、主跨增至 480m 的修改方案一, 以及主跨维持 480m、左、右主墩在方案一基础上整体左移 30m 的修改方案二。

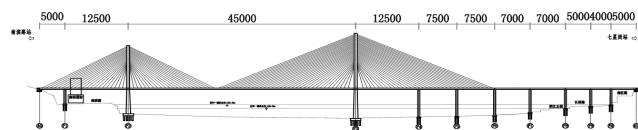


图2 南纪门长江大桥桥型图(设计方案)

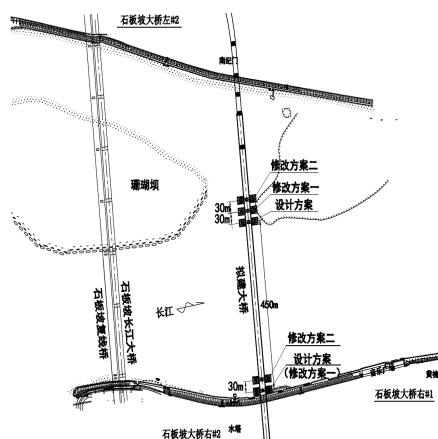


图3 各方案桥梁平面布置图

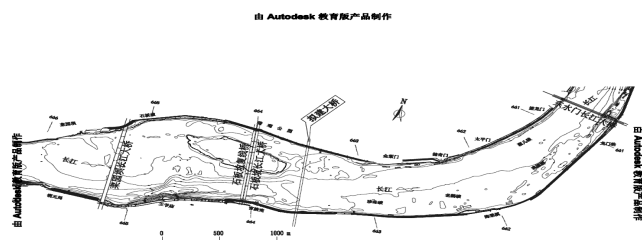


图1 重庆南纪门长江大桥桥区河段河势图

1 桥型方案

结合桥区河段航道条件与通航环境特点, 设计单位先期提出主跨 450m 的双塔斜拉桥初步设计方案, 河床中布置 2 个主墩和 4 个边墩; 依托模型试验结果, 分析

2 模型设计及验证

定床模型范围上起鹅公岩长江大桥, 下至朝天门河口略上的玄坛庙, 模拟河段长度约 9km, 平面比尺 1:150 的正态模型。经计算, 模型试验最小流量 $Q = 8720\text{m}^3/\text{s}$ 时, 浅段最小水深 8.0m, 模型相应水深 $H_m = 5.3\text{cm} > 3\text{cm}$, 满足不受表面张力影响的限制条件。

定床模型采用 2015 年 4 月实测地形图制模, 并采

用同步观测的水面线、断面流速分布及流态等进行验证。验证结果表明,模型沿水面线、流速分布规律及大小以及流态与原型实测基本吻合,满足相关规程的要求。

3 通航水流条件模型试验

3.1 试验条件

从实测的水文资料来看,长江重庆段来流具有典型的山区河流特点,枯水期时间长,中水期不明显,洪水期陡涨陡落。受三峡水库回水影响期间,桥区河段流速一般较缓,建桥对通航水流条件的影响有限,因此本次重点研究脱离三峡水库回水影响期间大桥河段的水流条件,同时考虑主城区河段通航主要受铜锣峡管制影响、遇 $P=20\%$ 洪水以上时已基本封航等实际情况,确定本次模型试验工况如表 1 所示。

表 1 南纪门大桥模型试验工况表

序号	流量/(m^3/s)	尾门水位/m	备注
1	8720	162.80	年平均流量
2	25000	172.32	常年洪水
3	35600	178.42	$P=50\%$ 洪水
4	44100	183.86	$P=20\%$ 洪水
5	49700	186.40	$P=10\%$ 洪水

3.2 水位变化试验成果分析

大桥建成后,因桥墩的阻水作用会在上游河段的一定范围内产生壅水。表 2 统计了不同桥跨方案不同流量下水位壅高情况。

表 2 不同桥型方案各流量工况水位壅高值(单位: m)

方案	断面	流量(m^3/s)			
		25000	35600	44100	49700
设计方案一	上游 1580m	0	0	0	0
	上游 1000m	0	0	0.01	0.02
	上游 480m	0.02	0.01	0.03	0.04
	上游 180m	0.03	0.03	0.05	0.06
	桥轴线	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03
方案二	上游 1580m	0	0	0	0
	上游 1000m	0	0	0	0.01
	上游 480m	0.01	0.01	0.01	0.05
	上游 180m	0.02	0.03	0.04	0.05
	桥轴线	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03
方案三	上游 1580m	0	0	0	0
	上游 1000m	0	0	0	0.01
	上游 480m	0.01	0.01	0.01	0.04
	上游 180m	0.02	0.02	0.03	0.05
	桥轴线	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03

由表 2 可知,流量为 $8720\text{m}^3/\text{s}$ 时,大桥右主墩不涉水,左主墩位于珊瑚坝尾的缓流区,对流速、水位等通航水流条件基本无影响,分析其他 4 级流量的水位壅高值情况可知:工程后桥轴线上游 1580m 范围内水

位壅高 0.03m ;桥轴线断面各试验工况下水位均降低了 $0.02\sim 0.03\text{m}$;随着流量的增大,桥位上游水位壅高值逐渐加大,壅水范围向上游延伸,当流量达到 $49700\text{m}^3/\text{s}$ 时,水位壅高达到最大值 0.06m ;在相同流量、水位条件下,桥跨增大、水位壅高程度逐渐减小,但差值不大。

3.3 流速变化试验成果分析

建桥后,由于桥墩对水流有阻水、绕流和导向作用,使桥位上游的流速较建桥前有所减小,桥位处及下游流速有所增加,主流流速较天然情况变幅 $-0.15\sim -0.30\text{m/s}$,其中桥轴线上、下游长约 380m 河段流速变幅最大。同一方案不同流量下,流量越大,流速增大越明显,其中设计方案在流量为 $49700\text{m}^3/\text{s}$ 时,流速增大 0.34m/s ;不同方案同一流量下,桥跨越大,流速增值减小,因此修改方案二各级流量下的流速增值均比其他两个方案的小。

3.4 流态变化试验成果分析

右主墩位于凹岸浅滩,河床较高,枯水期不涉水,中洪水期又位于石板坡大桥桥墩回水区域尾端,建桥前后流态无明显变化;左主墩位于珊瑚坝尾,不同流量下流态变化较明显,对拟建大桥附近河段通航条件影响更大。模型试验表明:当流量为 $8720\text{m}^3/\text{s}$ 时,左主墩位于珊瑚坝尾的掩蔽区,对主流基本无影响;当 $Q=25000\text{m}^3/\text{s}$ 时,设计方案左主墩位于主流和珊瑚坝尾回流的交替水域,流态较乱、斜流较强,修改方案一左主墩位于回流边缘、偶有挑流,修改方案二左主墩已位于坝尾的掩蔽区内,基本不受汇流的影响;当 $Q=35600\text{m}^3/\text{s}\sim 49700\text{m}^3/\text{s}$ 时,珊瑚坝淹没,主流逐渐趋直,修改方案一左主墩在石门大桥桥墩绕流带外,但部分水流会从支墩中间斜插入主流影响航道内的流态,修改方案二左主墩绕流基本都位于石门大桥桥墩掩蔽水域内,桥墩中无斜流产生,对主流几乎不产生新的影响。

综上,从水位、流速以及流态等因素的分析可知,修改方案二较其他两个方案对通航水流条件、通航环境及今后的航运发展的影响最小。



图 4 大桥左、右主墩附近流态 ($Q=25000\text{m}^3/\text{s}$)

宿迁中心港三期码头工程水动力特性研究

任强

(江苏省交通运输厅港航事业发展中心, 江苏 南京 210000)

摘要: 利用水动力数值模型, 研究宿迁中心港挖入式码头工程港池内的水动力特征及其对航运的影响, 分析工程建设对航道航深、航宽及流速分布规律的影响, 以及工程建设前后流场的变化规律。结果表明: 码头建成后, 码头前沿水流流速较低, 对河槽不会产生较大影响, 但由于流速远小于主流流速, 将引起水域局部淤积, 需进行定期清淤。

关键词: 数值模拟; 水动力特性; 宿迁港码头; 港池

中图分类号: U656.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 12—0126—04

码头工程在建设前后会对所在航道附近的流速、流态以及流场产生较大影响, 由此产生的复杂水流状态会进而影响过往船只的航行, 尤其是码头建设大型化规模化的今天, 连片港池的建设是否会影响到原有港池及航道的正常运行是非常值得注意的问题。所以在新建或扩建码头前, 对码头建设前后的水动力情况进行深入分析是十分有必要的。随着科学技术的发展, 在国内的水运工程建设中, 水动力数值分析模型越来越广泛地被使用, 计算出的结果能够比较科学地分析工程建设前后的水动

力条件影响, 进而为工程建设提供指导。成积禧、章雪涛^[1]等人针对日益扩大的日照港建立了日照港区二维潮流数学模型并进行数学模型分析, 研究各期工程日照港水域水流条件的变化并进行比较; 魏龙^[2]等人就冀东南堡人工岛附近海域的潮流及泥沙场进行模拟, 分析人工岛工程前、后的潮流变化条件; 汪守东^[3]利用整体潮流、波浪和泥沙数学模型, 对烟台港海阳港区建设前后水流情况进行了分析; 闻云呈^[4]等人针对射阳港水动力运动较为复杂的情况, 对射阳港及其航道工程进行了数值模

4 结论

(1) 跨江大桥对通航水流条件的影响程度, 取决于桥墩所处位置以及附近河段的流速分布、大小及流态等多个因素。拟建大桥对上游河道沿程水位有一定的壅高作用, 在相同流量、水位条件下, 桥跨越大、水位壅高程度反而减小, 但总体差值不大。

(2) 由于大桥的壅水作用, 使桥位上游断面流速有所减小, 下游流速则有所增大, 且同一方案不同流量下, 流量越大, 流速增大越明显。

(3) 拟建大桥最大限度地利用了中枯水期珊瑚坝尾的回流水域以及洪水期上游石板坡大桥桥墩的掩蔽水域, 优化了主墩布置, 减小了新建桥墩对工程河段通航水流条件的影响。

参考文献:

[1] 辜莉娅, 闫军, 黄蓓蓓, 等. 武汉黄家湖长江大桥定床

物理模型试验研究 [J]. 泥沙研究, 2015(6):14-20.

[2] 韩家沱长江大桥方案选择与通航问题的研究 [J]. 水利工程, 2010(12):119-123.

[3] 何进朝, 李霞, 左宁, 等. 重庆轨道交通十号线南纪门长江大桥工程桥区河段物理模型试验研究报告 [R]. 重庆: 重庆西南水运工程科学研究所, 2015.