

# 建桥对河道防洪及通航影响的数值模拟研究

於孟元<sup>1</sup>, 赵忠伟<sup>2</sup>

(1. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210024; 2. 河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210024)

**摘要:** 利用二维水力模型分析了新安江特大桥建设后过水断面的变化, 以及对通航条件和防洪安全的影响。结果表明, 新安江特大桥建设后 100 年、20 年和 10 年一遇洪峰经过时, 桥墩阻水面积分别减少 5.43%、5.29% 和 5.28%。10 年一遇洪峰经过时, 桥位处流速约为 0.6~0.8m/s, 主航道附近横向流速不大于 0.15m/s, 满足内河通航标准要求。桥位处于新安江河道弯曲河段, 洪峰经过时, 左岸(凹岸)迎水侧壅水范围相对较大, 而右岸(凸岸)水深流急, 墩前冲高相对较大。桥位附近流速变化主要受墩前壅水、绕流和尾流影响, 但受富春江库区回水作用, 桥位附近壅水和流速变化不大。

**关键词:** 新安江特大桥; 水动力; 数值模拟; 防洪; 通航

**中图分类号:** TV651.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0115—03

在河流上建桥, 桥墩减小了河流的过水断面, 会使得桥址上游产生壅水, 下游水位会有所降低, 从而导致桥墩附近的流场发生变化, 桥墩附近河床发生局部冲刷, 对河流的通航和河道防洪产生不利影响<sup>[1~4]</sup>。如何确定建桥前后桥址附近河流的水动力变化的影响, 是河道管理部门和桥梁建设部门关心的问题<sup>[5]</sup>。对桥址河段进行数值模拟, 是解决此类问题的主要方法之一<sup>[6,7]</sup>。

## 1 工程概况

新建金华至建德铁路工程跨新安江特大桥位于新安江下游河段、三江口(新安江、兰江和富春江)上游 3.5km 处。大桥采用混凝土斜拉桥方案, 主跨 216m, 桥址处江面宽约

530m, 其下游 560m 为已建的严州大桥(图 1)。

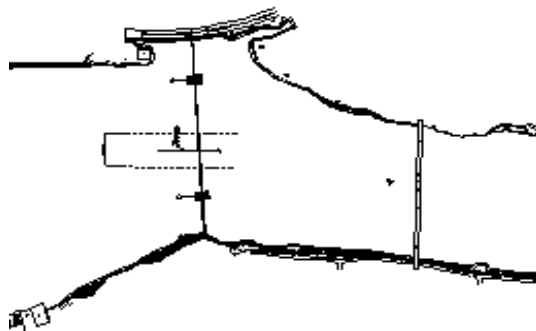


图 1 新安江特大桥位置

桥址河段处于富春江库区, 受到富春江水库和新安江水库

根据《广州市缆线管廊工程技术指引》4.3.1 条, 缆线管廊电力舱底部宜每隔 10 米设置一个  $\phi 200\text{mm}$  的 PVC 管渗排水孔。缆线管廊管线维护时会将舱内的积水排出, 在该工况下可能会造成结构上浮, 因此管廊结构仍需要满足抗浮设计。

## 2.4 L 型盖板

为简化检查井和放线井的结构设计, 在本工程缆线管廊设计中尝试了采用 L 型盖板, 不设地沟梁。因此本工程缆线管廊在没有三通井和四通井的管段可以全程打开盖板, 方便 110kV、220kV 电缆快速吊出、更换。

## 3 结论与建议

缆线管廊是当前较为新颖的管廊形式, 尚未有专门的图集或规范, 在规划和建设时, 存在规格定位不清晰, 技术问题多等情况。本文介绍了某大型多舱缆线管廊的工程案例, 详细分析了其建设合理性、横断面设计、三通井、四通井等设计理念, 探讨了管线冲突等技术问题的处理方案, 可供参考。

参考文献:

[1] GB50838-2015, 《城市综合管廊工程技术规范》[S]. 中国计划出版社, 北京, 2015.

[2] 广州市住房和城乡建设委员会. 《广州市缆线管廊工程技术指引》[M]. 广州, 2018.5.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 《城市地下综合管廊建设规划技术导则》[M]. 北京, 2019.06.

[4] 朱麟敏. 缆线管廊工艺在地铁施工管线迁改中的应用[J]. 建材与装饰. 2016(01): 286-288.

[5] 王建, 刘澄波, 张浩, 等. 缆线管廊技术选型研究[J]. 工程建设标准化. 2018(05): 21-27.

[6] 李建华, 余洁. 缆线管廊在城市综合管廊建设中的应用[J]. 山东交通科技. 2019(01): 116-117.

[7] 宋晓明, 杨开明, 宁海燕, 等. 柳林路片区缆线管廊设计探讨[J]. 城市道桥与防洪. 2017(12): 201-203.

[8] DL/T5221-2016, 《城市电力电缆线路设计技术规定》[S]. 中国计划出版社, 北京, 2016.

[9] 国家电网公司. 《国家电网公司关于印发电力电缆通道选型与建设指导意见》(国家电网运检[2014](354)号). 北京, 2014.3.

防洪调度影响，基本丧失天然河道的洪水特征。对该段河道进行防洪影响评价和通航安全论证，不仅需要考虑壅水的影响，同时也需要考虑新安江电站和富春江电站防洪调度影响。

## 2 河道二维水动力模型

桥址区河道模型上游边界截取至上游 2 公里处，下游截取至梅城水位站，总长度约为 2800m。河道地形采用 1:1000 水下地形。模型采用非结构化网格，在桥墩处的网格尺寸加密至 2~3m，桥墩外围采用尺寸渐变网格，为减小模型网格尺寸对模拟结果的影响，保证不同方案可比性，建桥前后网格基本一致，有桥墩方案将无桥墩方案桥墩尺寸范围内的网格挖除处理。

模型上、下游边界定义为开边界，上游边界给定洪水流量过程，下游边界给定洪水水位过程，桥墩和两岸定义为无流量边界。

模型采用 2016 年 11 月现场实测水位和流量数据验证，验证结果显示模型计算的水位、流速与流向均跟实测值吻合较好，认为该模型能够反映工程所在水域的流速动力特征，可以用来预测工程建设后河道的流场。

新安江特大桥处河段属于山区 IV 级航道，设计最高通航水位采用 10 年一遇洪水重现期水位。准高速铁路桥梁采用 100 年一遇防洪标准设计，工程区堤防按 20 年一遇设防。因此对百年一遇、20 年一遇和 10 年一遇洪水进行模拟计算，前二者考虑为防洪安全工况，后者为通航安全工况。

## 3 工程实施对河段水流条件影响分析

受桥墩阻水和绕流作用的影响，新安江特大桥建成后桥位附近河段断面过水面积减少，造成桥位上游河道水位壅高，对上游河道防洪造成一定压力；同时改变桥位附近流场，对通航安全造成一定影响。

### 3.1 阻水面积比计算

拟建新安江特大桥将在新安江内布置 5 个涉水桥墩，由于桥墩及承台均要占用河道过水面积，将降低河道行洪能力，并使桥址上、下游高水位发生变化，进而可能会影响堤防的安全。经分析，建桥后产生的过水面积变化（阻水比）情况见表 1。

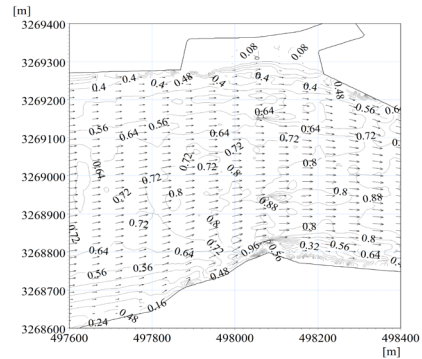
表 1 新安江特大桥各工况下水阻水比

频率	面积变化			
	建桥前 (m <sup>2</sup> )	建桥后 (m <sup>2</sup> )	减少面积 (m <sup>2</sup> )	减少百分比
1%	9274.5	8771.2	503.3	5.43%
5%	7943	7522.5	420.5	5.29%
10%	7608	7206.4	401.6	5.28%

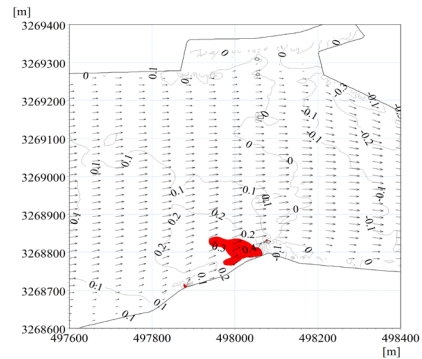
### 3.2 建桥对通航安全的影响

拟建新安江特大桥位于富春江库区，桥位附近流速不大，10 年一遇洪峰经过时桥位附近主航道流速大约在 0.6~0.8m/s（图 2）。受桥墩周边绕流影响，主墩和右岸桥墩附近流速略大。主航道附近横向流速不大于 0.15m/s，右岸桥墩附件横向

流速稍大（深色区域）。



(a) 桥位附近流速分布



(b) 桥位附近横向流速分布

图 2 10 年一遇洪峰经过时桥位附近流速分布

根据内河通航标准，假定船队长度为 183m，驳船长度为 53m，分别取桥位轴线、上下游一倍驳船、上下游一倍船队、上下游两倍船队和三倍船队距离断面，自上游往下游依次编号 A~I 断面，分析主航道中心线（距左岸主墩 100m）以及两侧各 25m、50m 五个点位的横向流速，计算结果如表 2 所示。从计算结果可以看出，新安江特大桥建设后主航道附近横向流速均不大于 1.5m/s，满足内河通航标准要求。

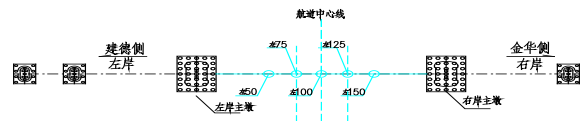
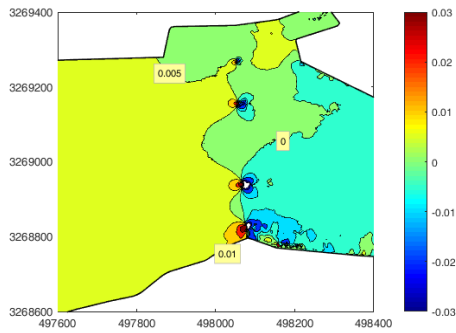


图 3 桥位断面五个分析点位示意图

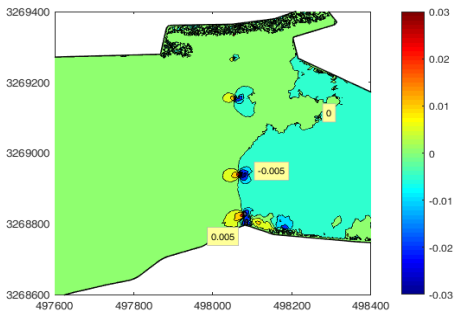
表 2 主航道横向流速统计

断面	距离左岸主墩距离 (m)				
	50	75	100	125	150
A	-0.03	-0.03	0.01	0.02	0
B	-0.01	0	0	-0.01	-0.02
C	-0.01	-0.01	0	0	-0.02
D	0.04	0.01	0.01	0	-0.02
E	0.03	0.03	0.01	0	-0.03
F	0.04	0.04	0.04	0	-0.02
G	0.12	0.08	0.07	0.04	0.05
H	0.12	0.12	0.13	0.14	0.11
I	/	0.12	0.06	0.01	/

注：横向流速负值代表流向朝向左岸；I 断面距离左岸主墩 50m 和 150m 点位置接近严江大桥主墩，统计结果忽略不计。



(a) 100年一遇



(b) 20年一遇

图4 新安江大桥建设后桥位附近壅水情况

### 3.3 建桥对行洪的影响

受库区回水影响,拟建新安江特大桥桥墩壅水并不明显。桥位处于新安江河道弯曲河段,左岸(凹岸)迎水侧壅水范围较大,而右岸(凸岸)水深流急,墩前冲高较大。100年一遇洪峰经过时,左岸0.005m壅高范围超过150m,靠近右岸桥墩冲高超过0.1m。20年一遇洪峰经过时,桥墩壅水较为微弱,靠近右岸桥墩冲高仅在0.05m左右(图4)。

取桥位处及两岸上下游各50m、主墩处及上下游各120m、主河槽及上下游各120m,分析建桥前后流速变化,统计结果如表3所示。受桥墩绕流影响,桥位处两岸附近流速略有增加,对两岸岸坡具有一定冲刷作用;主墩附近绕流明显,流速多有增加,对主墩附近河床造成局部冲刷;受桥墩壅水影响,墩前120m处流速略有降低;受墩后尾水影响,墩后120m范围内流速也略有降低;主河槽同时受壅水、绕流和尾流影响,变化较为复杂。

### 4 结论

拟建新安江特大桥位于富春江库区,工程实施后过水断面减小,对通航条件和防洪安全造成一定影响。研究建立了新安江特大桥二维水动力模型,分析工程建设前后桥位附近水位和流速变化情况。结果显示,新安江特大桥建设后100年、20年和10年一遇洪峰经过时,桥墩阻水面积分别减少5.43%、5.29%和5.28%。10年一遇洪峰经过时,主航道附近横向流速不大于0.15m/s,满足通航要求。受富春江库区回水作用,

表3 桥位附近流速大小变化统计

断面	流速变化 (m/s)	
	100年一遇	20年一遇
右岸上游 50m	0	0
右岸	0.06	0.04
右岸下游 50m	0.06	0.04
左主墩上游 120m	0.02	0.01
左主墩处	0.29	0.24
左主墩下游 120m	-0.09	-0.07
主槽上游 120m	-0.02	0
主槽桥位处	0.05	0.06
主槽下游 120m	0.08	0.06
右主墩上游 120m	-0.02	-0.02
右主墩处	0.42	0.32
右主墩下游 120m	-0.16	-0.12
左岸上游 50m	-0.01	-0.01
左岸	0.07	0.06
岸下游 50m	0.02	0

注: 负值表示流速减小。

100年一遇洪峰经过时,墩前0.005m壅水范围仅为150m,桥位附近壅水和流速变化不大,对河道行洪影响有限。

### 参考文献:

- [1] 王冬冬. 越江桥梁水动力学及桥墩冲刷问题研究 [D]. 河海大学硕士学位论文, 2007.
- [2] Romina C. Giampieri, Pablo A. Tassi, Leticia B. Rodriguez, Carlos A. Vionnet. Numerical Simulation of the Extraordinary Flood of the Salado River, Santa Fe [J]. Mecánica Computacional. 2003(12):298-308.
- [3] Lorenzo Begnudelli, Brett F. Sanders. Simulation of the St. Francis Dam-Break Flood [J]. Journal of Engineering Mechanics, 2007, 133(11):1200-1211.
- [4] 许全喜, 张小峰. 大桥扩建对防洪航运影响的计算与分析 [J]. 城市道桥与防洪, 2003(1):49-53.
- [5] 邹冰, 李东风, 张红武. 建桥对河流水动力影响的数值计算分析研究 [J]. 杭州电子科技大学学报, 2007(03):33-36.
- [6] 王光磊. 二维水动力模型在老哈河铁路桥防洪影响评价中的应用研究 [D]. 吉林大学, 2016.
- [7] 黄维, 黄国如. 五指山市毛阳桥工程对毛阳河河道行洪影响的数值模拟 [J]. 水资源与水工程学报, 2014, 25(06):146-150.