

# 《内河通航标准》中相邻桥梁间距 规定要求的探讨\*

李靓亮

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 中国铁建股份有限公司桥梁工程实验室, 湖北 武汉 430063)

**摘要:** 近年来, 桥梁选址与《内河通航标准》5.1.2条关于相邻水上过河建筑物轴线间距要求的矛盾日益凸显。针对该问题, 以襄阳—荆门高速铁路宜城汉江大桥为例, 在分析桥位河段河道变化、航道维护、水流条件、船舶通航密度等建设条件的基础上, 开展了船舶通航仿真模拟试验。结果表明: 在满足船舶航行和桥梁安全前提下, 可根据桥址河段建设条件和通航孔布置情况适当调整相邻桥梁间距要求。论证了《内河通航标准》中相邻水上过河建筑物轴线间距规定要求存在的局限性, 提出了对其修订的建议。

**关键词:** 水上过河建筑物; 相邻桥梁; 安全间距; 标准; 修订

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)11-0122-06

## Discussion on requirements for spacing between adjacent bridges in Navigation Standard of Inland Waterway\*

Li Liang-liang

(Laboratory of Bridge Engineering of China Railway Construction Co., Ltd.,  
China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan 430063, China)

**Abstract:** In recent years, the contradiction between bridge site selection and the requirements for the axial spacing between adjacent over-river structures in Clause 5.1.2 of the *Navigation Standard of Inland Waterway* has become increasingly prominent. In response to this problem, the study takes the Yicheng Hanjiang River Bridge of the Xiangyang-Jingmen high-speed railway as an example to analyze the construction conditions such as the change in the river channel, waterway maintenance, flow conditions, and density of water transport in the river section of the bridge. On this basis, a simulation experiment of ship navigation is carried out. The results reveal that on the premise of ensuring the safety of ship navigation and bridges, we can appropriately adjust the requirements for the spacing between adjacent bridges according to the construction conditions in the river section of the bridge and the layout of the navigable span. This paper demonstrates the limitations of the requirements for the axial spacing between adjacent over-river structures in the *Navigation Standard of Inland Waterway* and puts forward suggestions for its revision.

**Keywords:** over-river structure; adjacent bridge; safe spacing; standard; revision

随着现代陆路交通网络的快速发展, 在通航河流上修建的桥梁越来越多。以长江为例, 截至2018年底, 已建和在建过江通道149座, 其中大

部分是桥梁, 主要集中在重庆、武汉、南京等沿江经济发达区和主要城镇化地区, 航道上桥梁密度日益增大, 相邻桥梁间距呈减小的趋势。相邻

收稿日期: 2022-02-17

\*基金项目: 中国铁路总公司科研课题(N2018G033); 中铁建科技重大专项(2020-A001)

作者简介: 李靓亮(1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁工程水文设计与咨询。

桥梁间距的要求已成为新建桥梁选址重要控制因素。

关于相邻桥梁间距的要求,1963年颁布实施的《全国内河通航试行标准》<sup>[1]</sup>以及1990、2004和2014年的《内河通航标准》均有明确的规定要求,主要是相邻桥梁之间相隔不小于一定距离<sup>[2]</sup>。近年来,随着新建桥梁跨度的逐渐加大、船舶操纵性能的改善,为安全航行提供了有力保障,桥梁选址仍简单地以相邻距离作为控制条件明显偏于保守。本文针对该问题,通过分析论证提出对《内河通航标准》中相邻水上过河建筑物间距要求进行调整的修订意见,供有关方面参考。

## 1 相邻桥梁间距的规定及存在的问题

### 1.1 相邻桥梁间距的要求

目前,桥梁前期选址时,相邻桥梁间距的确定主要依据 GB 50139—2014《内河通航标准》第 5.1.1 条规定要求:两座相邻水上过河建筑物的轴线间距,Ⅰ~Ⅴ级航道应大于代表船队长度与代表船队下行 5 min 航程之和,Ⅵ级和Ⅶ级航道应大于代表船队长度与代表船队下行 3 min 航程之和<sup>[3]</sup>。特殊情况下,当两座相邻水上过河建筑物的轴线间距不能满足要求,且其所处通航水域无碍航水流时,应靠近布置,两建筑物间相邻边缘距离应控制在 50 m 以内,且通航孔必须相互对应。水流平缓的河网地区两相邻过河建筑物的边缘距离,经论证可适当加大。

### 1.2 通航标准规定存在的问题

依据现执行的《内河通航标准》,相邻桥梁的选址实际只有两种:一是大于代表船队与下行 5 min 航程之和要求,二是相邻边缘距离控制在 50 m 以内。以长江中游武汉河段为例,新建桥梁选址应距离已建桥梁大于 2.61 km,若不能满足 2.61 km 要求,应靠近布置控制在 50 m 以内。至于在 50 m 与 2.61 km 之间布置桥位是否可行,除非是在水流平缓的河网地区的,其他地区《内河通

航标准》并未给予定论,即使是在水流平缓的河网地区,由于有“适当”二字,在 50 m 基础上可加大的范围也相对有限,大大压缩了桥位选择的空间。

规定相邻桥梁间距要求的出发点主要是保障船舶航行安全。船舶在行驶过程中,由于在水流、风等影响下会有横向偏移<sup>[4]</sup>,为保证过桥安全,需要提前将船位调整至垂直过桥,当相邻两座桥梁间距减小后,船舶从一座桥梁通航孔驶向下一座桥梁通航孔的调整距离减小,尤其是在弯曲航道,船舶在通过相邻桥梁通航桥孔时可能需要大幅度改变船向,增加了船舶操作难度,增大了船碰桥概率<sup>[5-6]</sup>。由于下行船舶不易控制,所以《内河通航标准》中要求相邻桥梁间距不小于船舶下行 5 min 航程。但如果综合桥位河段河道顺直、水流平顺、通视性好、通航环境良好及桥梁通航孔布置合理,在保障近、远期船舶(队)过桥航行安全的前提下,相邻桥梁的选址是否仍单纯以距离来控制值得商榷。

## 2 宜城汉江铁路特大桥实例

### 2.1 桥位选址

襄阳至荆门高铁是我国《中长期铁路网规划》中“八纵八横”高速铁路通道之一呼南通道的重要组成部分,在宜城跨越汉江。按照宜城城市总体规划、宜城站址的选择、两岸拆迁范围,结合与匹配线路衔接及高铁技术标准的限制,宜城汉江铁路特大桥跨汉江桥位选址空间较小,基本是唯一桥位。拟选桥位上游已建有麻竹高速汉江大桥,见图 1。依据《内河通航标准》规定,计算相邻桥梁间距不应小于 1.86 km,但唯一的桥位与上游桥梁相距仅 1.06 km,若严格按照该规定要求,要么另选桥位,将对整个高铁路网造成影响;要么采取一孔跨过通航水域方案,对桥型及布置方案无选择余地,大幅度增大桥梁建设成本。

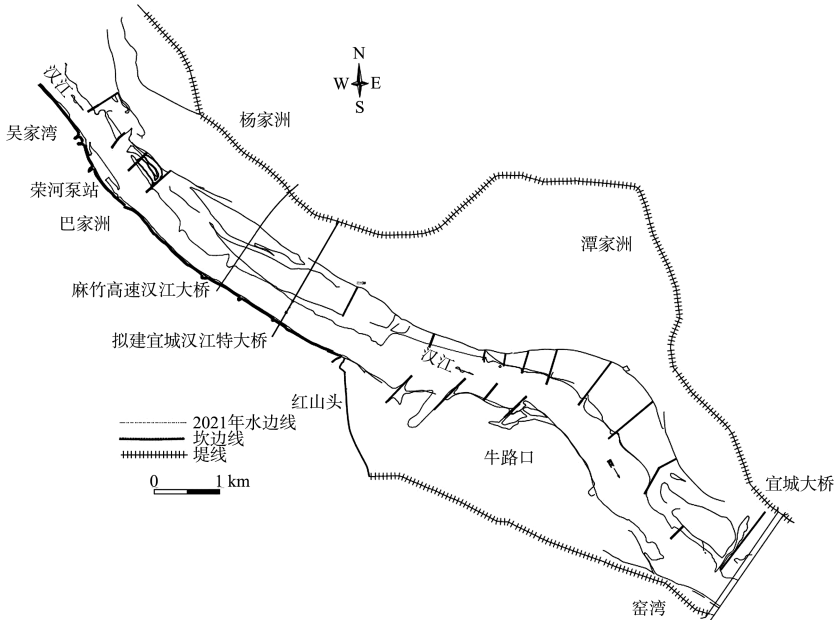


图1 桥位河段河势

## 2.2 建设条件分析

### 2.2.1 河道稳定性

宜城汉江铁路特大桥位于汉江中游巴家洲滩群段，桥位上距崔家营航电枢纽 29.5 km、下距雅

口航运枢纽 23.5 km。随着近代人工筑堤以及陆续兴建护岸、丁坝工程，一定程度上束缚了河道的摆动，工程河段河势稳定，多年来深泓平面未发生明显改变(图 2)，相应深槽平面变化也较小。

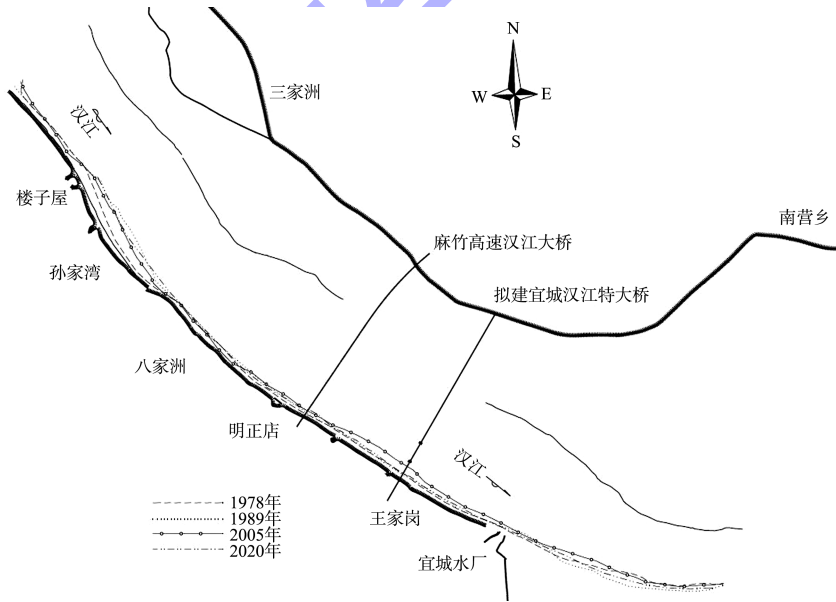


图2 桥位河段深泓变化

### 2.2.2 航道维护情况

汉江中游航道现状按Ⅳ(2)级航道标准维护，维护尺度为(1.6~1.9)m×80 m×340 m(水深×双线航宽×弯曲半径,下同)，可通航 500 吨级船舶。根

据《湖北省内河航道规划(2035年)》，桥位河段规划航道等级为Ⅱ(3)级，对应航道尺度为3.2 m×75 m×550 m。调查多年航道维护，“八五”期实施整治工程以来，工程河段航道格局稳定、航道

条件较好、未曾有航道出浅现象。自麻竹高速汉江大桥建成以来,航道始终稳定在右侧主通航孔内。

### 2.2.3 通航环境及通视性

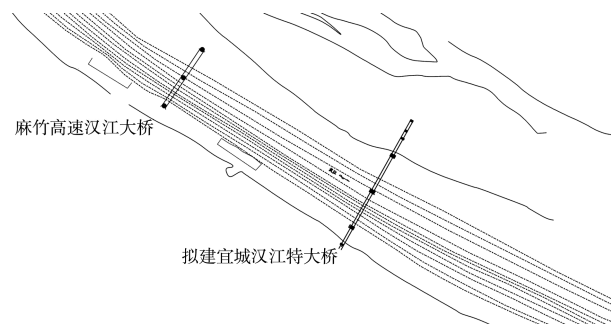
桥位上下游安全距离范围内,现状及规划均无码头作业区、锚地及停泊区,通航环境相对单一,航道视野开阔,附近涉水桥墩未对船舶通航构成通视影响。

### 2.2.4 水流条件

实测资料反映,桥位河段顺直单一、水流相对平缓、表面流速分布均匀,桥位处无不良流态,在桥轴线上游 3 倍代表船队长度范围内法线方向与水流流向的交角最大为  $4^\circ$ ,最大横向流速为  $0.09 \text{ m/s}$ ,见图 3。据数学模拟计算成果,不同流量条件下流速分布不同,但桥轴线法向与水流流向交角最大基本维持在  $5^\circ$  左右,尤其是随着下游雅口航运枢纽运行后,桥位河段多数时间处于静水状态,不利于船舶航行的横向流速较小,在最高通航流量条件下,横向流速最大仅  $0.3 \text{ m/s}$ ,见表 1。

表 1 桥区水域流速、流向值

特征	流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	最大流速/ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )	桥轴线法线 与水流流向 夹角/ $(^\circ)$	横向流速/ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
20 a 一遇流量	17 000	3.24	5.3	0.30
10 a 一遇流量	13 500	3.11	5.1	0.28
敞泄流量	8 710	2.38	5.0	0.21
生态调度流量	2 234	1.05	4.0	0.07
下泄最小流量	490	静水	0	0



注: 1. 测量时间: 2020 年 7 月 16 日; 2. 测时水位:  $51.40 \text{ m}$ ;  
3. 测时流量:  $1\,510 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

图 3 桥位河段流场

### 2.2.5 船舶通航密度

目前,工程河段全年日均船舶流量约 20 艘,

中、洪水期货运繁忙时可达 40 艘以上,枯水期每天约 6~8 艘,分布不均匀,主导船型为 300、500 吨级散货船。随着下游雅口航运枢纽运行,船舶密度有所增加、船舶等级将呈现大型化。

### 2.2.6 雾

宜都市年平均雾日(能见度小于  $1\,000 \text{ m}$ ) 23 d、最多雾日 36 d、最少雾日 11 d。

综上,宜城汉江铁路特大桥所在区域河道平面变化较小、水流良好、航道条件良好,沿岸无港口码头,通航环境单一,通视性好,风、雾等不利气象条件时间较短,建桥条件相对理想。

### 2.3 与相邻桥梁通航孔适应性分析

拟建桥梁上游麻竹高速汉江大桥于 2015 年建成通车,主桥采用  $100 \text{ m} + 165 \text{ m} \times 2 + 100 \text{ m}$  连续梁。目前,桥区河段航道靠右侧布置,右侧通航孔双向通航,左通航孔现状条件下不具备通航条件,作为雅口枢纽的预留通航孔。考虑相邻桥梁通航孔相互对应及船舶连续通过的原则,拟建桥梁同样采用 2 孔通航,中主墩正对布置,为了减小上游桥梁通航净空宽度值,桥墩尺寸不宜大幅度超过已建桥梁,同时结合局部河段通航水域条件,选用  $2 \times 200 \text{ m}$  的主跨布置(图 4)。

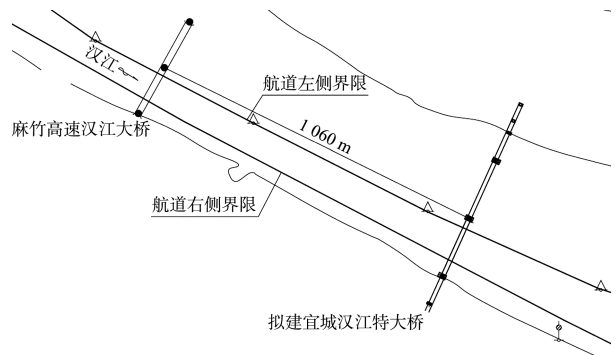


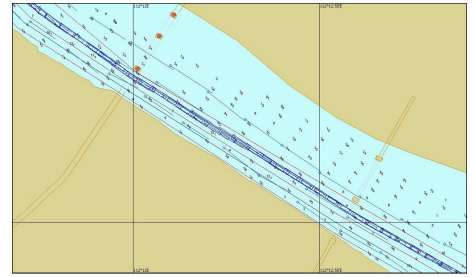
图 4 相邻桥梁通航孔布置

为深入论证相邻桥梁间距能否满足船舶连续过桥通航安全要求,通过全任务大型船舶操纵模拟器,在多种典型流量和不利风向组合条件下,模拟了设计代表船型(队)在两桥处会遇、船舶掉头和发生偏航等工况下的过桥通航情况。其中设计代表船型(队)不仅选用了 II-(3) 级对应的  $2 \times$

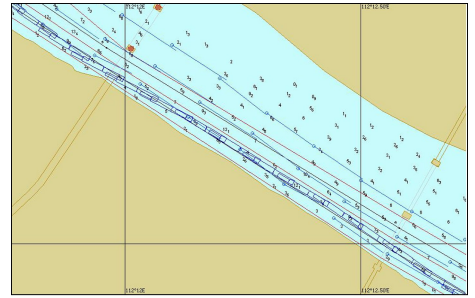
2 000 吨级船队和 2 000 吨级货船,同时考虑船队操作性差的特点,增加了 4×1 000 吨级船队,而且充分考虑了汉江未来船舶大型化的发展趋势,对 3 000 吨级船舶操作进行了模拟。

### 2.3.1 正常航行模拟试验

试验表明,随着汉江流量的增加,船舶操作难度随之增加,在设计最高通航流量、6 级风不利条件下,2×2 000 吨级船队上行航向改变角未超过 7.0°、用舵舵角小于 15°、最大偏航距离约 9.5 m;船队下行航向改变角未超过 9.3°、用舵舵角也小于 15°、最大偏航距离约 13.8 m(图 5)。其他模拟工况条件见表 2,航向改变角在 3.8°~9.3°,试验船舶(队)均不需要采用大舵角操纵或特殊的航行方法便可顺利通过两座桥梁通航孔。



a) 风向SW上行



b) 风向NE下行

图 5 2×2 000 吨级船队模拟轨迹

表 2 船舶通航仿真模拟试验

船型	航行方向	流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	最大航向改变角/ ( $^{\circ}$ )	最大偏航角/ ( $^{\circ}$ )	最大操舵角/ ( $^{\circ}$ )	最大偏距/ m	航迹带最大宽/m
2×2 000 吨级船队	上行	17 000	6.0	8.6	15	9.3	31.9
		8 710	4.5	7.1	10	11.0	31.7
		2 234	3.8	6.4	5	7.8	26.0
		490	4.0	5.6	5	8.1	25.0
	下行	17 000	9.3	10.5	15	13.6	35.2
		8 710	5.3	9.1	10	12.1	33.9
		2 234	5.6	8.7	5	8.1	26.1
		490	4.9	8.5	5	7.9	26.4
3 000 吨级货船	上行	17 000	5.2	6.5	10	6.8	20.2
		8 710	4.1	4.9	5	6.6	18.7
	下行	17 000	7.3	8.6	10	9.8	24.9
		8 710	5.1	5.8	5	8.3	21.2
4×1 000 吨级船队	上行	17 000	8.0	7.9	15	10.4	37.2
		8 710	5.8	6.2	10	12.6	36.4
	下行	17 000	9.3	9.4	15	14.9	42.2
		8 710	8.4	8.4	10	13.4	40.3

### 2.3.2 纠偏航行模拟试验

假定试验船舶(队)下行时受某种因素干扰,在通过麻竹汉江大桥时船位偏移至上行船舶航路上需要紧急向右纠偏。模拟试验结果表明,在最高通航流量 17 000  $\text{m}^3/\text{s}$  条件下,2×2 000 吨级船队纠偏所需纵向水域范围最小约 876 m(横风大舵角)、最大约 990 m(顺风小舵角);在其他流量

下,可在 565~882 m 范围内完成纠偏,表明两桥距离能满足试验船舶(队)及时纠偏船位的要求。

### 2.3.3 应急掉头模拟试验

由于某些因素的干扰,船舶需要在两桥间水域采取应急掉头操纵行动,试验表明,船舶(队)下行时遇紧急情况控制船舶较上行时困难,占用水域大,受 6 级不利风况(顺风 NW 和右横风 SW)

时,  $2 \times 2\,000$  吨级船队纵向偏移距离最大(图 6), 航向发生  $90^\circ$  改变后船舶纵向漂移距离为  $465 \sim 694$  m, 发生  $180^\circ$  改变后纵向漂移距离为  $557 \sim 867$  m, 两桥间距满足试验代表船型应急掉头的要求。

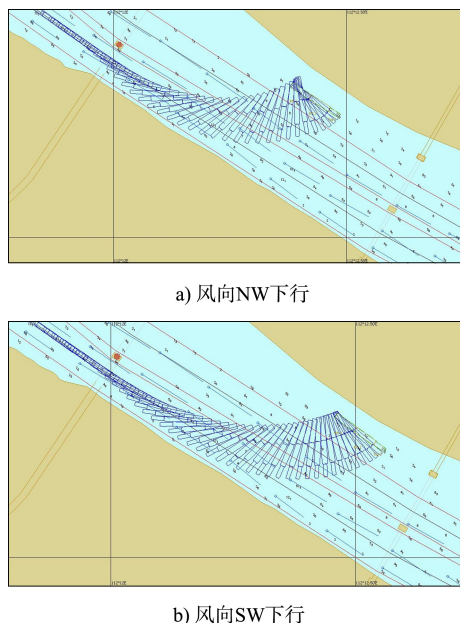


图 6  $2 \times 2\,000$  吨级船队应急掉头轨迹

## 2.4 相邻桥梁间距论证结论

综上所述, 由于相邻两座桥梁位于航道单一顺直区段, 水流平缓, 横向流速较小, 两岸进出港口码头、锚地的船舶干扰性较小, 在正常通航流量条件下, 船舶(队)航经两桥桥区水域时全程操舵角较小, 均不需要采用大舵角操纵或特殊的航行方法便可顺利通过两座桥梁通航孔, 即使船舶(队)在两桥间水域发生严重偏航, 甚至应急掉头操纵, 两桥间距仍满足桥梁及船舶安全要求。鉴于这种情况, 相邻桥梁的选址不宜硬性要求桥梁间距大于代表船队长度与下行 5 min 航程之和。

## 3 相邻水上过河建筑物间距要求修改建议

关于相邻水上过河建筑物间距的规定要求, 1963 年颁布实施的《全国内河通航试行标准》中早有规定, 当时确定的依据主要是通过调研航运部门的经验值; 编制 GB 50139—1990《内河通航标准》过程中, 在哈尔滨松花江上进行了实船模拟试验, 结果与《全国内河通航试行标准》规定一致, 该标准仍沿用了这项规定, 一直至今。近年来,

随着过河建筑物(桥梁)建设技术的不断发展, 在通航河流上修建的桥梁等水上过河建筑物跨度明显增大, 且船舶建造技术不断发展, 船舶操纵性能越来越好, 为安全航行提供了有力保障。少数桥梁选址受两岸地形、地物或接线条件等限制难以完全满足相邻桥梁间距的规定要求, 若结合实地航道、水流、风、浪、通视情况、船舶性能、船舶通航密度、沿岸港口码头及桥梁跨度与墩位布置等方面实际情况研究后, 在保证船舶航行和桥梁安全的前提下, 则可适度缩小相邻桥梁间距要求。基于此, 建议将《内河通航标准》中 5.1.2 中第 6 条修改为: 当两座相邻水上过河建筑物的轴线间距不能满足 5.1.1 要求, 其所处通航水域横向流速小于  $0.3$  m/s, 通航孔布置满足航线平顺衔接及船舶航行安全要求, 安全间距可经论证确定。

考虑船舶连续通过桥梁的主要影响因素是水流条件, 所以明确采取加大通航孔跨径而不受间距要求的条件是横向流速小于  $0.3$  m/s, 横向流速在《内河通航标准》中有定义, 即水流流向与水上过河建筑物轴线的法线方向的交角产生的流速, 至于条件设置为  $0.3$  m/s 还是  $0.4$  m/s, 或某一个临界值有待于深入研究, 前提条件仍然是保证航道畅通、船舶航行安全及水上过河建筑物自身安全。

## 4 结语

1) 由于每座过河建筑物所处区域通航条件不同, 所采用的跨度也不相同, 建议相邻水上过河建筑物的安全间距要求不宜定死, 而应以保证航道畅通、船舶航行安全、桥梁自身等安全为前提条件, “一桥一议”, 经深入研究论证后确定。

2) 连续多座小间距桥梁构成桥群河段, 会导致桥墩纵向紧密排列而形成类似“巷道效应”, 船舶在通行时将产生新的影响, 比如: 不仅要克服水流条件的影响, 而且受水平通视角的减小, 将承受较大的心理压力, 碰撞几率增加, 安全度降低。在该情况下, 笔者认为应严格执行《内河通航标准》中第 5.1.7 条, 靠近布置的水上过河建筑物的数量不宜超过 2 座。