



归湖韩江特大桥通航净宽尺度论证

曾春华¹, 龙友立¹, 孙超²

(1. 广东省航运规划设计院有限公司, 广东 广州 510050; 2. 中海工程建设总局, 北京 100036)

摘要: 为推进归湖韩江特大桥项目建设, 根据工程实际情况, 结合 GB 50139—2004《内河通航标准》和交通部行业联合科技攻关项目(2003-335-343-42)成果, 论证旁拖、斜交、横流、紊流等因素对特大桥通航净宽的影响, 最终确定其通航净宽尺度。并为类似跨航道建筑物通航净宽设计提供实例参考和具体计算模型。

关键词: 归湖韩江特大桥; 通航净宽尺度; 旁拖; 斜交; 横流; 紊流

中图分类号: U 612.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)07-0157-04

Navigation clearance dimension of Guihu Hanjiang grand bridge

ZENG Chun-hua¹, LONG You-li¹, SUN Chao²

(1. Guangdong Province Planning & Design Institute for Water Transportation Co., Ltd., Guangzhou 510050, China;

2. China Ocean Engineering Construction General Bureau, Beijing 100036, China)

Abstract: According to the actual situation of Guihu Hanjiang grand bridge project, and based on the *Navigation Standard of Inland Waterway* (GB 50139—2004) and relevant research achievements by the Ministry of Transport (No. 2003-335-343-42), we demonstrate the influence of the towed alongside, oblique cross, cross current, and turbulent flow on the navigation clearance dimension of Guihu Hanjiang grand bridge, and determine the navigation clearance dimension at last. It provides reference example and specific computational model for similar designs of crossing channel structure.

Keywords: Guihu Hanjiang grand bridge; navigation clearance dimension; towed alongside; oblique cross; cross current; turbulent flow

GB 50139—2004《内河通航标准》中, 对跨航道桥梁提出了最小通航净宽尺度要求, 若仅按规范所列因素计算取值, 易忽略不少规范未包含的实际存在影响因素而导致通航净宽取值偏小, 不能很好满足实际使用要求。归湖韩江特大桥集常见多种影响因素于一身, 通过论证确定其通航净宽, 为类似工程通航净宽尺度确定提供参考, 避免设计方案反复调整、影响项目推进。

1 工程概况

1.1 平面布置

归湖韩江特大桥是沈海高速并行线宁波至东莞国家高速(G15W3)粤闽界至潮州古巷段跨韩江水道的特大桥, 跨江地点在广东省潮州市归湖镇。

大桥选线在航道微弯处跨江。大桥总长1 290 m、宽25.5 m, 按上、下行分离的两幅桥设计, 单幅桥宽12.5 m, 两幅桥净距0.5 m。

收稿日期: 2014-12-18

作者简介: 曾春华(1985—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口航道设计工作。

采用双孔单向通航，跨航道处采用(55 m + 2 × 90 m + 55 m) 预应力混凝土变截面连续刚构箱

梁。桥轴线法线与航道轴线夹角为 10°，与水流夹角为 6°。桥位及通航孔布置方案见图 1。

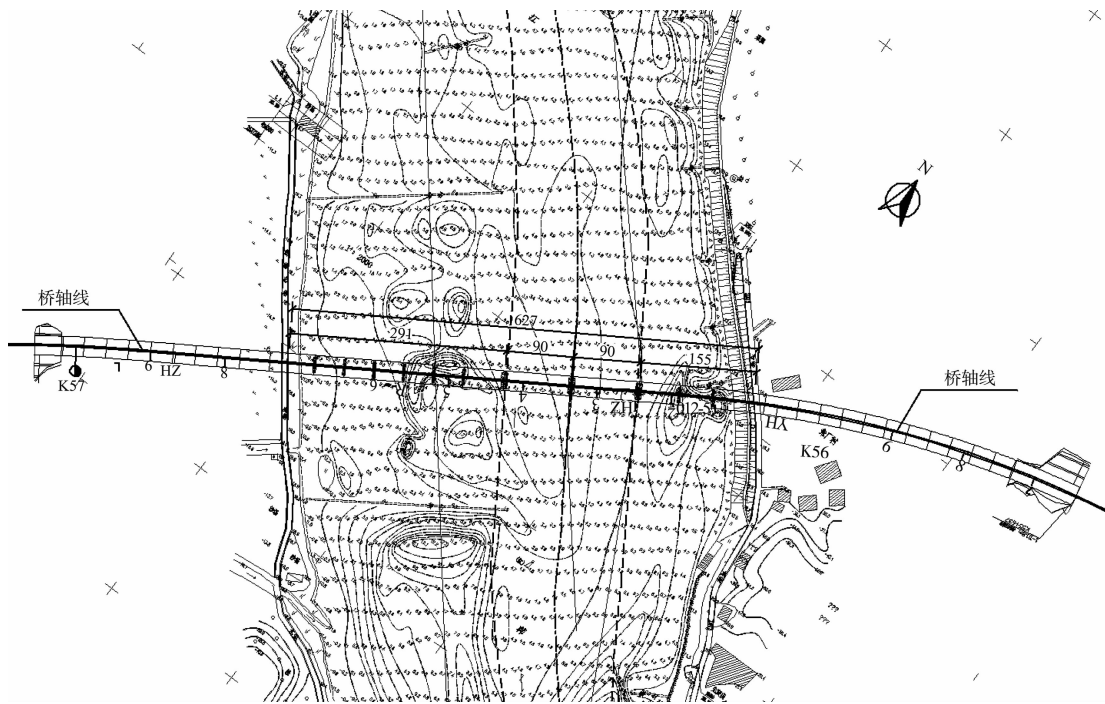


图 1 桥位及通航孔布置方案

1.2 通航孔主墩结构

通航孔主墩采用矩形薄壁墩，横桥向宽 6.5 m × 纵桥向厚 2.5 m；自承台顶面到桥上部结构底部，两幅并列顺水流方向长度 19.5 m，主通航孔桥墩结构尺寸见图 2。

桥墩承台顶高程在通航水深以下，不影响通航净宽尺度。

1.3 论证代表船型

韩江河段(三河坝至潮州枢纽)现维护等级为 V 级，维护尺度为 1.6 m × 40 m × 270 m (航道设计水深 × 航槽底宽 × 最小弯曲半径)。

根据文献[5-6]，韩江河段(三河坝至潮州枢纽)规划为 IV 级航道；跨、拦河建筑物通航尺度按 IV 级控制。另外，韩江沿程已建各枢纽船闸尺寸为 190 m × 14 m × 3.0 m (长 × 宽 × 槛上水深)，因此，特大桥通航论证船型的选用见表 1。

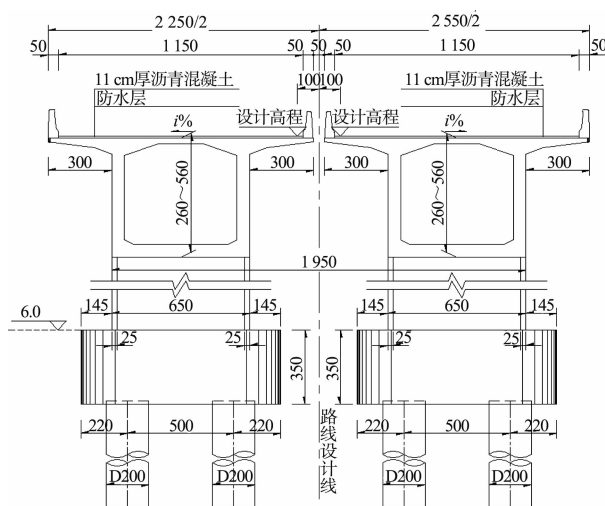


图 2 主通航孔桥墩结构 (高程: m, 尺寸: mm)

表 1 IV 级航道 (500 吨级) 论证代表船型尺度

序号	总长/m	总宽/m	吃水/m	说明
1.1	67.5	10.8	1.5~1.9	
1.2	55.0	10.8	1.6~2.0	
1.3	55.0	8.6	1.9~2.4	JT/T 447.1—2001
1.4	55.0	7.3	1.9~2.4	
1.5	49.9	10.8	1.9~2.5	
2.1	67.5	10.8	1.6	
2.2	111.0	10.8	1.6	GB 50139—2004
(两排一列船队)				

2 通航净空宽度论证

桥轴线法线与航道轴线夹角为 10° , 与水流夹角为 6° 。则大桥通航孔净宽由船舶航行最小有效净宽、横流加宽、与航道斜交加宽、紊流加宽 4 部分组成。

2.1 船舶航行所需最小有效净宽

按 GB 50139—2004《内河通航标准》^[1]附录 C 中天然和渠化河流水上过河建筑物通航净空宽度计算方法, 当桥轴线法线方向与水流夹角小于 5° 时, 大桥的通航净空宽度, 可按下列公式计算:

$$B_{m1} = B_F + \Delta B_m + P_d \quad (1)$$

$$B_F = B_s + L \sin \beta \quad (2)$$

式中: B_{m1} 为单孔单向通航净宽 (m); B_F 为船舶或船队航迹带宽度 (m); ΔB_m 为船舶或船队与两侧桥墩间的富裕宽度, I ~ V 级航道可取 0.6 倍航迹带宽度; P_d 为下行船舶或船队偏航距 (m), 桥区水域横向流速不足 0.3 m/s, 按规范表 C.0.1 查得下行偏航距为 15 m; B_s 为船舶或船队宽度 (m); L 为顶推船队或货船长度 (m); β 为船舶和船队航行漂角 ($^\circ$), I ~ V 级航道, 漂角取 6° 计算。

表 2 通航净宽 m

序号	船长 L	型宽 B_s	B_F	B_{m1}
1.1	67.5	10.8	17.86	43.57
1.2	55.0	10.8	16.55	41.48
1.3	55.0	8.6	14.35	37.96
1.4	55.0	7.3	13.05	35.88
1.5	49.9	10.8	16.02	40.63
2.1	67.5	10.8	17.86	43.57
2.2	111.0	10.8	22.40	50.84

根据表 2 计算结果, 本河段 IV 级航道大桥通航孔最小有效通航净宽要求为 50.84 m。

另外, 河道存在两艘空船绑定旁拖航行现象 (图 3)。



图 3 两艘空船旁拖航行

设置通航孔后, 若表 1 中论证船型考虑旁拖通航要求, 按公式(1)计算, 则大桥通航孔通航净宽要求为 60.85 m; 计算结果见表 3。

表 3 旁拖通航净宽 m

序号	船长 L	型宽 B_s (旁拖)	B_F (旁拖)	B_{m1} (旁拖)
1.1	67.5	10.8	28.66	60.85
1.2	55.0	10.8	27.35	58.76
1.3	55.0	8.6	22.95	51.72
1.4	55.0	7.3	20.35	47.56
1.5	49.9	10.8	26.82	57.91
2.1	67.5	10.8	28.66	60.85

2.2 横流加宽

桥轴线法线与水流夹角为 6° 。根据 GB 50139—2004《内河通航标准》附录 C(C.0.3 条), 天然和渠化河流水上过河建筑物轴线法线方向与水流流向的交角大于 5° , 且横向流速大于 0.3 m/s 时, 单向通航净宽应适当加大。

由数模分析得, 设计最高通航水位 (10 a 一遇洪水) 情况下, 工程建设后桥址河段最大流速为 2.11 m/s。

大桥建成后, 形成桥区航道, 进入桥区航道时, 船舶正对通航孔通过, 则船、流实际最大夹角为 6° , 则最大横流为 0.22 m/s, 未大于规范规定的 0.3 m/s, 可不进行加宽, $\Delta B_{\text{横流}} = 0$ 。

2.3 与航道轴线斜交加宽

桥墩轴线与航道轴线夹角为 10° (图 4)。

通航孔桥墩沿水流方向最大长度为 19.5 m, 则所需富裕宽度 $\Delta B_{\text{斜交}} = 4.38$ m。

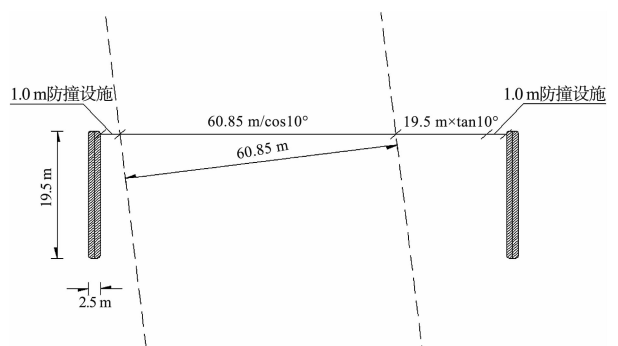


图 4 与航道斜交加宽示意图

2.4 紊流加宽

桥梁通航净宽尺度还应考虑到桥墩两侧产生

的紊流区。

胡旭跃等^[3]为系统研究桥墩墩柱周围表层水流紊流区范围,采用粒子图像测速 (particle image velocimetry, PIV) 技术,对墩柱周围表层水流紊流区宽度进行了一些探索。试验结论认为:对于顺直河段或弗汝德数 $Fr < 0.14$ 的弯曲河段时,可用下列公式计算墩柱两侧漩涡区宽度:

$$B/D = -7.2377Fr^2 + 11.328Fr - 0.8728 \quad (3)$$

$$Fr = v/(gh)^{1/2} \quad (4)$$

式中: B 为墩柱漩涡区总宽度; D 为墩柱直径。

当弗汝德数 $Fr > 0.14$ 时,弯道环作用显著增强,墩周围斜流增大,在凹岸一侧漩涡宽度比凸岸一侧的漩涡区宽度大 $1D$ 左右 (D 为承台宽度加防撞设施阻水宽度),总漩涡区宽度也比直槽大得多,可在按顺直河段计算结果上增加一个富裕值,可视流速大小直接取每边 $0.7D \sim 1.9D$ 。

由数模分析得,在设计最高通航水位 (10 a 一遇洪水),大桥建设后,桥址河段最大流速为 2.11 m/s 。

防撞设施按 1.0 m 宽度考虑,则, $D = 4.5 \text{ m}$, $Fr = 0.187$, $B/D = 0.991$, $B = 4.46 \text{ m}$ ($< D$)。

计算结果表明,按顺直河段计算时,水流平顺流过桥墩,桥墩周围不产生影响船舶通航的紊流。

本工程墩轴线及水流夹角为 6° ,大于规范 5° 计算划分标准,从安全角度出发,紊流计算按弯曲河道取值。弗汝德数 Fr 为 0.187 ,大于 0.14 ,弯道作用显著增强,墩周围斜流增大,在凹岸一侧漩涡宽度比凸岸一侧的漩涡区宽度大 $1D$ 左右,总漩涡区宽度也比直槽大得多,可在按顺直河段计算结果上增加一个富裕值,可视流速大小直接取每边 $0.7D \sim 1.9D$ 。

因此,在凹岸一侧漩涡宽度取 $1.9D$,在凸岸一侧漩涡宽度取 $0.9D$,则紊流加宽值为 $2.8D$, $\Delta B_{\text{紊}} = 12.60 \text{ m}$ 。

2.5 通航净空宽度设计取值

通航净宽 (按旁拖通航需求) 同时考虑横流加宽、与航道斜交加宽、紊流加宽,则归湖韩江特大桥所需通航净宽为 $B = B_{m1} + \Delta B_{\text{横流}} + \Delta B_{\text{斜交}} + \Delta B_{\text{紊}} = 77.83 \text{ m}$ 。

归湖韩江特大桥最终确定跨径采用 $2 \times 90 \text{ m}$ 。两边各预留 1 m 防撞设施安装空间,通航孔实际通航净宽为 85.5 m 。

3 结论

1) 本工程通航孔桥墩承台顶高程在通航水深以下,不影响通航净宽尺度,类似工程应注意实际情况可能产生的是不利影响。

2) 经论证后的通航净宽尺度,设计取值应留有一定富裕值,以满足初步设计及施工图设计构件尺寸细部调整要求。

参考文献:

- [1] GB 50139—2004 内河通航标准[S].
- [2] JT/T 447.1—2001 内河货运船舶船型主尺度系列[S].
- [3] 胡旭跃,沈小雄,程永舟,等.墩柱周围水流表层紊流区宽度的试验研究[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2004(1):39-42.
- [4] 薛小华,刘怀汉,茆长胜.桥墩扰流对通航净宽尺度影响的试验研究[J].水运工程,2008(1):78-81.
- [5] 广东省发展和改革委员会,广东省交通运输厅.广东省内河航运发展规划(2010—2020)[R].广州:广东省发展和改革委员会,2009.
- [6] 广东省航道局.关于宁莞高速公路归湖韩江特大桥跨越韩江涉及航道通航有关问题的复函(粤航道函[2013]375号)[R].广州:广东省航道局,2013.

(本文编辑 武亚庆)