

浅谈斜交桥梁通航尺度论证中桥墩宽度影响

董丽红

大连理工大学土木建筑设计研究院有限公司, 辽宁 大连 116042

[摘要]根据水运行业最新标准及规范要求,结合实际工程对桥梁影响下航道通航净空尺度进行论证,给出了航道轴线与桥梁法线有较大交角时通航净空宽度的算法,并在论证中合理考虑了桥墩扰流宽度的影响,以期为后续研究者提供借鉴,并指出了该方面论证中存在的问题及研究的方向。

[关键词]航道通航条件;通航净空尺度;桥墩扰流

Discussion on the Influence of Pier Width in Navigation Scale Demonstration of Skew Bridge

DONG Lihong

Dalian Science & Technology University Earthwork Architecture Design Research Institute Co. Ltd., Liaoning Dalian, China 116042

Abstract:According to the latest standards and specifications of the waterway industry and combined with the demonstration of the navigation clearance scale under the influence of the actual engineering on the bridge, the algorithm of the navigation clearance width is given when the channel axis and the bridge normal have a large intersection angle. In the demonstration, the influence of bridge pier disturbance current width is considered reasonably, so as to provide reference for the follow-up researchers, and the existing problems and research directions in this respect are pointed out.

Keywords: Navigation conditions; Navigable clearance scale; Pier disturbance

随着我国国民经济的发展,尤其是交通运输业作为国民经济发展的基础,跨越海(河)的铁路、公路桥梁日益增多,给桥梁建设与航道规划之间形成一对矛盾。一方面为了节省投资、简化工程复杂性,桥梁应减小跨宽和架设高度;另一方面,由于下方航道的存在,通航孔尺寸应满足过往船舶通航要求,则要求桥梁跨度增大、桥面架高。为加强航道保护,减小桥梁建设对航道的影 响,《航道法》第二十四条规定:“新建、改建、扩建(以下统称建设)跨越、穿越航道的桥梁、隧道、管道、缆线等建筑物、构筑物,应当符合该航道发展规划技术等级对通航净高、净宽、埋设深度等航道通航条件的要求。”同时规定建设与航道有关的工程,应在工可研阶段就建设项目对航道通航条件的影响作出评价,并报送有审核权的交通运输主管部门或者航道管理机构审核。另外,随着 2017 年交通部第 1 号令的颁布,明确了航道通航条件影响评价审核工作的具体要求和评价报告应包括的主要内容,其中重要一项即是对通航净空尺度的论证。2018 年 6 月,国家交通运输部发布了《跨越和穿越航道工程航道通航条件影响评价报告编制规定》,此后桥梁项目的航道通航条件影响评价报告编制工作进入了有章可循的阶段。现结合长兴岛至交流岛跨海大桥项目,论证桥梁通航净空尺度和桥跨布置方案的合理性。

1 概况

长兴岛位于辽东半岛西部,渤海东岸,北濒复州湾,南临普兰店湾,东侧以狭窄水道与陆地相连。拟建长兴岛至交流岛跨海大桥工程位于长兴岛葫芦山湾内湾航道东侧,距离葫芦山湾湾口约 19km,是联系长兴岛与交流岛的主通道。工程北起长兴岛侧的港区三号路,南至交流岛规划路网,桥线位呈南北向布置,横跨葫芦山湾,全线总长 2859.15m,其中主桥长 730m,两侧引桥长 1440m,两端顺接道路长 539.15m,建设标准为城市主干路,双向六车道。工程位置见图 1 所示。桥梁跨越葫芦山湾内湾公共航道六期疏浚工程区,疏浚底标高 -6.32m(85 高程),见图 1 所示。



图1 水域现状图

2 自然条件

本海区的潮汐性质属不规则半日混合潮，日不等现象比较明显，潮汐强度中等。规划区附近实测最大涨潮点流速为 0.78m/s，流向 6°，涨潮垂线平均流速为 0.70 m/s，流向 9°；实测最大落潮点流速为 0.66m/s，流向 162°，落潮垂线平均流速为 0.55 m/s，流向 182°。工程所处海域为葫芦山湾内湾湾底附近，距离湾口约 18km，外海波浪通过湾口到达项目所在地时衰减明显。湾内水道狭长，风距较短，小风区成浪也规模也很小。

3 通航代表船型

结合《大连长兴岛经济区总体规划》中的“水上公交系统规划”，以及游艇产业发展战略，本工程跨越航道六期海流通道，该通道无运输性货船和造船船舶通航需求。根据规划轮渡码头宜在跨海桥同侧布置，因此本次通航论证不考虑渡船的穿越航行，代之以旅游观光为主的游船。规划的游艇码头位于本工程西侧，前往交流岛游艇码头的游艇需穿越本工程，在本次通航论证中应予以考虑。综上确定本工程通航主要船型为游艇及游船。

通过分析国际、国内以及大连市游艇、游船的现状与发展趋势，结合长兴岛经济区目前及未来的人口容量、旅游资源及产业发展水平，8m 及以下游艇、载客 50~100 人的游船是主流船型。比照大连市目前拥有的游艇、游船实船，并对本区域的休闲旅游需求进行最大化考虑，选取 24m 游艇、载客 198 人的“海娃 3”游船实船作为论证控制船型，船型尺寸参数见表 1。

代表船型尺度表 表1

船型	总吨(t)	总长(m)	型宽(m)	型深(m)	吃水(m)	载客量(人)	水线以上高度(m)
游艇	----	24	6.3	----	1.7	----	7.8
游船(实船)	282	32	8.5	3.2	1.3	198	10.5

4 通航净空宽度的要求

4.1 通航净空宽度

结合工程海域船型的分析预测，对航道主尺度进行分析如下：

(1) 航道通航宽度

根据《游艇码头设计规范》，跨海桥跨越的通航水域属游艇航行的进港航道，按 6 倍船宽计算： $W=6 \cdot B$ ，B 为通航最大设计船型宽度，则本工程游艇船型航道通航宽度为 $6 \cdot 6.3=37.8\text{m}$ ；根据《海港总体设计规范》计算海娃 3 号实船通航宽度为 38.0m。综合考虑，航道通航宽度取值为 $W=40\text{m}$ 。

(2) 通航净空宽度

根据最新行业规范《海轮航道通航标准》[1]，通航净空宽度 $B=K \cdot W$ ，扩大系数 K 取值 1.5。该规范 6.1.4 条规定，

桥梁轴线的法线方向与航道轴线方向夹角超过 5° 时应加大净宽，但并未给出具体加宽办法。按《内河通航标准》确定加宽值为 20m。综上所述，考虑水流影响下净宽加宽后的通航净宽值： $B=1.5 \times 40+20=80\text{m}$ 。

4.2 斜交桥梁实际通航孔净空宽度

(1) 桥墩紊流宽度计算

另外，航道轴线与桥墩等实体设施靠近时，桥墩周围水流的流场会发生变化。由于游艇及游船等船舶均属于小型船，对流场变化的适应性远低于大型船舶，为了保障船舶通航安全，降低航行风险，通航净宽计算时还应考虑桥墩紊流宽度的影响范围。关于紊流宽度的计算方法，参照文献 [2] 对桥墩扰流影响宽度的研究，结合当地水流流速及桥墩形态，取桥墩扰流影响总宽度 E 为 10m。

(2) 斜交桥梁实际通航孔净空宽度

根据拟建桥梁轴线的法线方向与航道斜交的几何关系，得出斜交桥通航孔桥墩净间距计算公式如下：

$$B_{斜} = (B + L \cdot \sin \alpha + E) / \cos \alpha$$

式中：B——通航孔沿垂直航道轴线方向的净空宽度；

$B_{斜}$ ——桥梁轴线方向的实际净空宽度；

L——桥墩长度，根据《长兴岛至交流岛跨海大桥工程可行性研究报告》桥墩长度取值 42.5m；

α ——桥梁轴线的法线与航道中心线的夹角，取值 31°；

E——桥墩紊流影响总宽度，取值 10m。

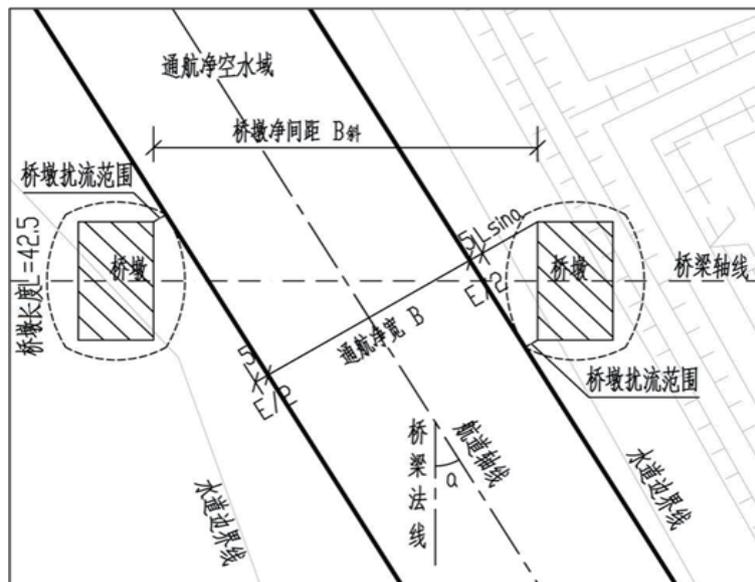


图2 斜交桥梁实际通航孔净宽示意图

根据以上对通航净宽尺度计算，本工程满足设计船型正常通航的桥墩布置最小净间距为 131m。

4.3 通航净空高度要求

通航净空高度数值应为代表船型水线以上高度与富裕高度之和，起算面为设计最高通航水位。跨海桥梁的设计最高通航水位应采用当地历史最高潮位 +1.49m。本海域为葫芦山湾内湾末端，波浪很小，按有掩护水域考虑，富裕高度取 2.0m。综合以上因素：通航孔结构高度不应低于：最高通航水位 + 水线以上高度 + 富裕高度 = 1.49 + 10.5 + 2.0 = +14.0m。即桥梁设计底标高应满足桥梁整体沉降后标高不低于 +14.0m 的要求。

根据以上对通航净宽尺度的各项计算，得到本工程桥墩布置最小净间距为 131m，桥梁结构底标高不低于 +14.0m。

通航净空尺度计算表

表 2

船型	通航净宽	通航净高	通航孔结构最低高度
24m游艇	131	9.8	11.3
“海娃3”实船	131	12.5	14

5 桥跨及通航孔、桥墩布置方案论证

根据桥梁设计方案，大桥在航道上方设置一个通航孔，主跨桥墩中心轴线距离 400m，桥墩净间距 377m，通

航净空高度 15m, 大桥通航孔结构最低点 +18.2m; 满足设计船型通航要求的桥墩净间距需 113m, 通航净空高度 12.5m, 通航孔结构最低点 +14.0m 的要求。由此可知, 现方案桥跨及桥墩布置方案可以满足设计船型的通航净空尺度要求, 但桥梁跨度较大, 存在一定的优化空间。建议桥梁设计单位根据实际通航需求进行桥墩布置方案优化。

结论

本文结合实际工程对跨海大桥建设时航道通航条件影响评价中的关键性内容, 通航净空尺度进行论证分析。尤其是给出了在桥梁轴线的法线方向与航道轴线存在交角时通航净空宽度的计算方法, 并考虑了桥墩扰流引起的通航宽度的附加值。为桥梁通航尺度论证中关于桥墩宽度影响范围的计算提供了一定的借鉴意义。指出目前关于规范中对于通航净空尺度计算中存在的问题:

(1)《海轮航道通航标准》中对于桥梁轴线的法线方向应与航道轴线方向交角超过 5° 时加宽, 未给出具体办法。实际计算时往往根据《内河通航标准》来取值, 但对于海轮航道通航船舶与内河船舶存在很大差异, 建议相关标准中规范加宽取值的具体方法。

(2) 随着跨海桥梁的增多, 实际工程经常出现桥梁轴线的法线方向应与航道轴线方向交角超过 30° 甚至更大的情况, 对于大角度斜交时通航净空尺度的计算, 单纯依靠增加扩大系数 K 的取值往往不够, 此时需要根据三角关系利用三角函数法正确计算。

(3) 目前对于桥墩扰流对航道通航影响的研究仍较少, 应加强这方面的理论及模型试验研究, 并完善相关规范标准, 以利于通航净空尺度计算时桥墩扰流宽度取值的合理性, 避免桥墩周围不良流场对于船舶航行造成影响。

[参考文献]

- [1] JTS 180-3-2018, 海轮航道通航标准[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018
[2] 薛小华. 桥墩扰流对通航净宽尺度影响的试验研究[J]. 水运工程, 2011, 449(1): 187-191.