

基于船舶操纵模拟的桥区水域划定方法

李永泉¹, 李元奎^{2*}, 崔金龙²

(1. 江苏省连云港引航站, 江苏 连云港 222000; 2. 大连海事大学航海学院, 辽宁 大连 116026)

摘 要: 在大连海事大学大型船舶操纵模拟器的基础上, 根据业内桥区水域的一般划定标准, 设计出基于船舶操纵模拟器的桥区水域的划定方法, 包括模拟区域电子海图的构建, 模拟方案的确定和实施、模拟结果的统计和分析并得出最后的结论, 并基于实例提出相应的桥区水域设计的方案和建议。

关键词: 船舶操纵模拟器; 桥区水域; 通航; 桥梁

中图分类号: U698 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0068—03

近年来, 由于中国基建的飞速发展, 各地的基础设施建设都在如火如荼的建设当中, 其中因为各种地形、河流原因建设起的桥梁, 会大大缩短两岸之间的交通、运输等成本, 促进当地的经济发展, 对当地具有重大的经济效益和战略意义。跨江、跨海桥梁一般不是一孔跨通航水域的内河桥梁或通航水域中不设桥墩的非限制性桥梁, 布设在通航水域的桥墩以及通航孔在一定程度上限制了船舶的航行, 将会对船舶的正常航行和桥梁安全造成巨大的影响。

桥梁作为航道上一种大型通航建筑, 其影响水域不仅是桥孔区域, 也包括前后河段^[1]。桥梁及其影响船舶通航安全的前后河段即为通常意义上的“桥区水域”。按照《中华人民共和国桥区水域水上交通安全管理办法》的规定“桥区水域, 是指桥梁轴线两侧各一定范围内的水域, 其范围由交通运输主管部门会同航道管理机构、海事管理机构及桥梁建设或管理单位确定并公布”, 因此, 桥区水域的划定是保障船舶通航安全和桥梁安全的重要手段, 桥区水域是指由可通航桥梁两侧若干距离之间、因桥梁的存在而影响或可能影响船舶操纵或安全航行的水域。

桥区水域的划定方法在各类标准规范中没有明确规定, 采用船舶操纵模拟器是当前主流的方式之一^[2], 本文通过利用大型船舶操纵模拟器, 对拟建盐泰锡常宜铁路过江通道的桥区水域划定方法进行研究, 为管理部门划定桥区水域提供建议。

1 桥区水域范围的划定标准

相关标准规范方面, 根据《内河通航标准》的规定, 桥区河段应为桥区上游顶推船队长度 4 倍或拖带船队长度 3 倍范围的河段, 以及桥梁下游顶推船队长度 2 倍或

拖带船队长度 1.5 倍范围内的河段^[3]。船舶操纵安全方面, 按照《中华人民共和国桥区水域水上交通安全管理办法》的规定, 船舶进入桥区水域前, 应保持主机、舵、锚、航行信号、导航设备、拖带设备及应急设备处于良好技术状态; 如果遇有水文、气象条件影响船舶安全通过时, 或本船操纵能力受限或航行设备故障等不能确保安全通过的情形时, 船舶不得通过桥梁^[4]。上下游桥梁桥区水域划定经验方面, 通过研究现有内河桥梁及跨海桥梁桥区水域范围的规定, 总结得出, 桥梁可通航船舶的吨位越大, 桥区水域的范围也越大, 越接近长江下游的桥梁, 其桥区水域的范围一般也越大。根据以上三个方面, 可以大致判定桥区水域范围, 以此来限定船舶操纵模拟器的模拟实验区间和范围。

2 模拟器用于桥区水域判定的方法

本文使用大连海事大学航海仿真实验室的 V.Dragon-5000 型大型船舶操纵模拟器进行船舶操纵模拟试验。该模拟器平台具有较高的仿真精度, 模拟器的性能指标完全满足挪威船级社 (DNV) 有关大型船舶操纵模拟器的性能标准 (NO.RP-DTP-23-99 Rev.1) 和其他国际公认的模拟器标准以及中国海事局和 STCW 78/95 公约对用于培训和适任评估的模拟器的性能要求。大型船舶操纵模拟器在桥区水域的应用流程图如图 1 所示:

模拟实验的操纵人员是一般操纵人员、内河船长、海轮船长等 (试验人员操纵技能不同, 以达到试验的普遍性), 对每一种工况都进行了多次模拟试验, 对正式模拟试验, 通过回访模拟试验船舶运动航迹, 在分析模拟试验数据的基础上, 经集体讨论选取最合理的结果作为实验结果。

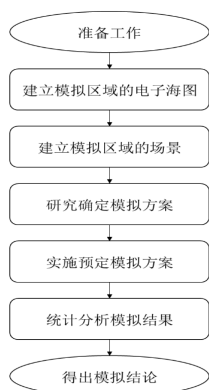


图1 模拟实验流程图

3 模拟试验设计

3.1 拟建桥梁工程情况

拟建盐泰锡常宜铁路过江通道拟采用桥梁跨越长江方案，工程位于长江下游澄通河段福姜沙水道，距上游江阴长江大桥约 3.4km，下游 1.3km 为福南水道和福北水道航路分汊点。拟建桥位上游设有上行航路（宽度 200 m）、分割段（宽度 100 m）、下行航路（宽度 200 m）和上、下行船舶推荐航路（宽度 200 m），工程位置航道定制线深水航道宽度达 1100 m，如图 2 所示。

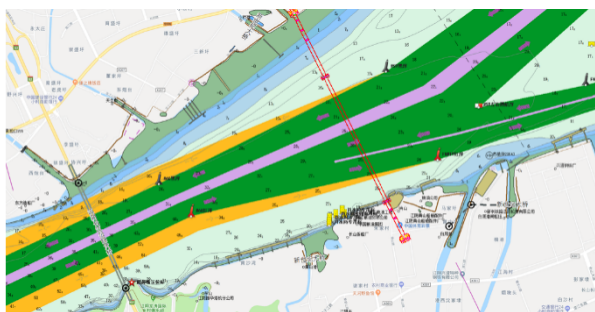


图2 拟建盐泰锡常宜铁路过江桥梁地理位置图

3.2 模拟试验工况设定

（1）船型选择。根据《长江干线发展规划》和《长江干线航道总体规划纲要》，结合长江南京以下深水航道工程江阴长江大桥以上河段设计代表船型、以及工程河段通航船舶实际情况和港口规划情况，本项目选用 5 万吨级、10 万吨级、10 万吨、15 万吨、20 万吨级船舶作为代表船型。通过调研和采集在长江段航行的各吨级实际船舶的性能参数，对长江内实际运营的船舶构建运动数学模型，作为试验船舶，具体船舶如表 1 所示。

（2）流场的选择。根据实测水文资料和数模研究成果，考虑最不利原则，选择顺流场作为试验条件，船舶上行试验时选择枯季涨潮流、船舶下行试验时选择洪季落潮流和 20 年一遇落潮流。

（3）风场选择。考虑最不利原则，选择顺风风场

为试验条件，按照《中华人民共和国江苏海事局桥梁水域水上交通安全监督管理规定》规定：风力达到 7 级以上时，禁止船队通过桥梁水域，因此风力选择为 6 级、7 级，其中桥梁方案的试验工况见表 1。

表 1 桥位方案试验工况汇总

试验类别	试验船型	试验类型	风场	流场	组次
大角度 旋回	5 万吨级 散货船 10 万吨级 油轮 15 万吨级 散货船 20 万吨级 散货船	上行	顺风 6/7 级	枯季涨潮流平均 值 枯季涨潮流极值	72
		下行	顺风 6/7 级	洪季落潮 20 年一遇落潮	72

3.3 船舶正常工况下的模拟试验

在主机失控、舵机失控、主机舵机均失控的条件下，船舶驶近桥区水域时，可能无法通过自身的操纵能力保证在桥区水域的航行安全，需要借助救援力量才能避免通航风险，根据桥区水域管理规定，在桥区水域内禁止漂航，因此，桥区水域划定应采用船舶正常航行工况下的试验结果。

根据拟建桥梁工程航道水域特点，本文采用 5 万吨散货船（满载）、10 万吨油轮（减载）、15 万吨级散货船（减载）和 20 万吨散货船（减载），在不利风场和流场条件下的（顺风 6/7 级，枯季涨潮流）进行了模拟试验。

3.3.1 上行试验

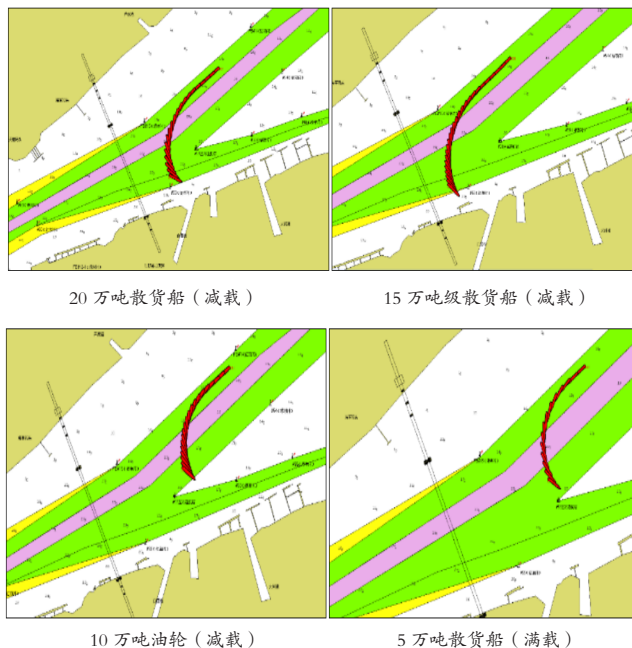


图3 车舵正常—船舶应急旋回模拟试验结果（上行）

试验小结：船舶在正常工况下的上行模拟试验结果如图 3 所示，20 万吨级散货船减载状态下旋回距离约

为 1309 m, 且横距较大, 有发生搁浅和碰撞码头的风险; 15 万吨级散货船减载状态下旋回, 纵向距离约为 1213 m, 且横距较大, 有发生搁浅和碰撞码头的风险; 10 万吨油轮减载状态下旋回, 纵向距离约为 1022 m; 5 吨级散货船满载状态下旋回, 纵向距离约为 756 m。

3.3.2 下行试验

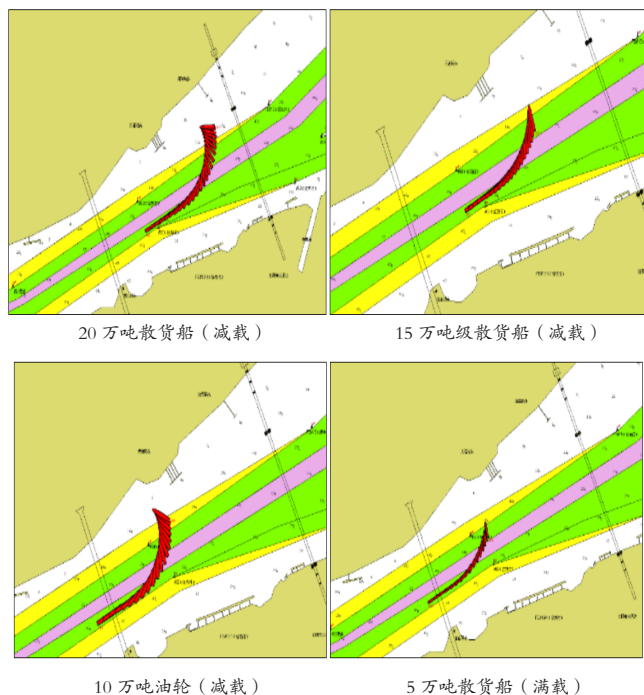


图 4 车舵正常—船舶应急旋回模拟试验结果 (下行)

试验小结: 船舶在正常工况下的下行模拟试验结果如图 4 所示, 20 万吨级散货船减载状态下旋回距离约为 1725 m, 有发生搁浅的风险; 15 万吨级散货船减载状态下旋回距离约为 1311 m; 10 万吨油轮减载状态下旋回, 纵向距离约为 1296 m; 5 吨级散货船满载状态下旋回, 纵向距离约为 1093 m。

3.4 模拟试验结果分析

通过调研桥梁工程水域的船舶流量统计数据发现, 江阴海事局辖区 2020 年船舶累计进出港 32.25 万艘, 同比增长 3.04%, 10 万吨级以上船舶进出艘次为 1500 左右, 全年数量不多, 且占比较少。

根据模拟试验结果显示, 在正常工况下, 由于航道宽度所限, 试验过程中 20 万吨散货船状态下旋回时横距较大, 在工程河段无法完成旋回操纵, 有发生搁浅或碰撞码头的风险, 15 万吨级船舶得到旋回进距后面临搁浅和碰撞码头的风险, 10 万吨级船舶和 5 万吨级船舶在合适的时机操纵可完成大角度左旋回, 在得到旋回进距后仍有一定的操纵空间。

综上所述, 充分考虑船舶操纵性能, 采用 10 万吨级船舶的模拟试验结果, 由旋回进距与一倍船长之和作为桥区水域的取值范围, 即桥梁轴线上游 1600 m, 下游 1300 m 的水域范围作为拟建盐泰锡常宜铁路过江桥梁的桥区水域的参考取值, 而对于 10 万吨级以上大型船舶需通过加强监管或增加保障措施等保障其通过桥区水域。

4 结语

大型船舶操纵模拟器已经在通航安全评估中有着广泛的应用, 而通过利用大型船舶操纵模拟器模拟船舶在桥区水域的不同操纵状态, 并利用相关实例验证了此方法的有效性, 不仅可以科学精确地反映船舶的航行过程, 也节省了实船回转试验等的诸多成本。此方法可以为桥区水域范围的判别和划定提供一种可靠经济的方式, 为行业的安全持续向好发展创造机遇。

参考文献:

- [1] 林巧. 重庆菜园坝桥群河段桥梁间距与通航条件研究 [D]. 重庆交通大学, 2010.
- [2] 王应桥. 船舶操纵模拟器用于桥梁通航安全评估的方法 [J]. 中国水运 (下半月刊), 2010, 10(10): 95-96.
- [3] GB 50139-2014, 内河通航标准 [S].
- [4] 王晶. 宽阔河道上航道定线与桥梁建设的相互影响分析 [J]. 中国水运 (下月), 2016, 16(06): 253+256.

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (3132021138)

