

跨航道桥梁防船撞设施设计思路探讨

高龙刚

(华设计集团股份有限公司, 江苏南京 210014)

摘要: 跨越航道桥梁水中设置墩柱的情况比较普遍, 特别是大型的入海航道桥梁, 水域宽阔, 通航船舶吨位较大, 船撞桥的风险较高, 桥梁防船撞设施的设置就非常重要。本文以某跨越入海航道桥梁为例, 对通航大型船舶的入海航道桥梁防船撞设施的设计思路, 进行了梳理和探讨。

关键词: 跨航道桥梁; 防船撞设施; 设计思路; 入海航道

中图分类号: U612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 01—0091—03

在现有跨航道桥梁中, 水中设置墩柱的情况比较普遍, 特别是在水域宽阔的天然航道上, 难以一孔跨越通航水域, 水中墩柱可能受到船舶撞击。桥梁的重要性不言而喻, 特别是高速公路桥梁, 若发生船撞桥事故, 不仅会对桥梁本身产生很大安全隐患, 还会对地方经济造成重大影响。因此, 设置防船撞设施就显得格外重要和必要。而防船撞设施的设计工作, 是设置的灵魂, 是防护的基础, 只有设计思路正确, 才能使得工程措施起到有效的保护作用。本文以某跨越通航 2 万吨船舶航道的桥梁防撞工程设计方案为例, 探讨跨航道桥梁防船撞设施设计思路。

1 了解工程概况

1.1 航道情况

桥梁所跨越航道为出海口的通海航道, 正在进行升级改造, 航道等级提升后, 设计船型从 5000DWT 船舶提高到 20000DWT 船舶, 因此现大桥桥墩的防撞等级已经不能满足航道等级提升以后的防撞要求, 需要对大桥桥墩防撞能力进行同步升级, 确保安全。

1.2 桥梁现状

桥梁采用墩、塔、梁固结, 双塔单索面预应力混凝土斜拉桥, 主跨跨径组合为 50m+115m+338m+115m+50m, 全长 668m。共两座主墩, 东侧墩为 12# 墩, 西侧墩为 13# 墩。

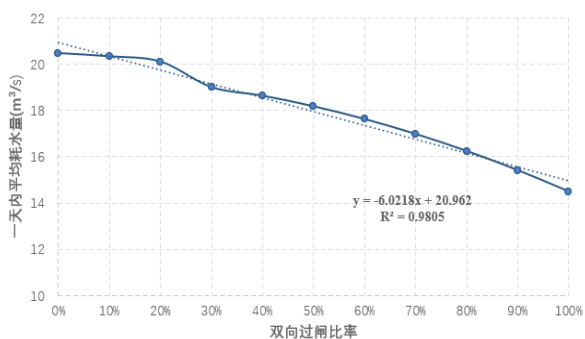


图 2 耗水量与双向过闸比率的关系

从计算结果可以看出, 该船闸通过能力与双向过闸比率基本呈现正相关, 而耗水量与双向过闸比率呈现负相关。单、双向过闸比率的确定对船闸通过能力和耗水量均有较大的影响。实际上为了提高船闸通过能力, 减少耗水量, 单级船闸应以双向过闸为主, 尽可能减少单向过闸次数。

4 结语

在进行船闸通过能力和耗水量计算时, 应当充分理解规范条文意义, 避免计算错误, 文中提出的相关计算方法和公式可为船闸设计人员提供参考。

参考文献:

- [1] JTJ305-2001, 船闸总体设计规范 [S].
- [2] 刘晓平, 陶桂兰. 渠化工程 [M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2009. 53-58.
- [3] 廖鹏. 船闸通过能力研究 [D]. 河海大学, 2007.
- [4] 耿卓, 何思远, 董思远, 等. 船闸用水量计算方法 [J]. 中国水运, 2020: 92-94.
- [5] 戈国庆, 杨晓松, 高涛, 等. 过闸平均吨位与过闸平均时间计算方法 [J]. 中国水运, 2020: 90-92.

主墩现有防撞措施为钢质防撞套箱，防撞套箱设计防撞为5000吨级船舶。

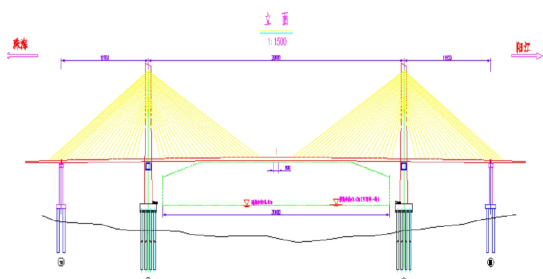


图1 桥型方案图(单位: m)

2 收集基础资料

基础资料是进行防撞设计的依据，主要考虑的因素和收集的基础资料有潮流波浪、地质条件、河床演变、通航环境、桥梁净空尺度、通航船型、通航船舶密度等方面。

项目所在水道位于口门内，掩护条件好，基本不受外海风浪影响；地质为岩基；工程所在水道为顺直微弯型河道，河段深泓位置总体稳定。桥梁通航净空尺度为300×48（通航净宽×通航净高，m），满足5万吨级船舶通航需求。桥梁上下游附近无跨河建筑物，但存在多处码头和1个渡口。

通航代表船型根据航道升级设计方案，确定为20000吨级杂货船、散货船和集装箱船。

3 桥墩船撞风险分析

3.1 船舶可达性分析

根据桥区水下地形等高线和桥区河道水位变化及设计代表船舶确定船舶可达区域。船舶可达水域应根据河道水深和船舶吃水计算确定。

本项目主墩水深良好，满足2000吨级船舶满载吃水要求，船舶可达。

3.2 风险分析采用的船舶流量

3.2.1 船舶流量

根据工可报告预计2030年桥区船舶流量及构成为：

表1 船舶流量及构成预测表(单位:艘次/年)

航向	20000t	10000t	5000t	3000t	2000t
进港	699	930	2681	4608	939
出港	699	929	2682	4608	939
小计	1398	1859	5363	9216	1878
合计	19614				

3.2.2 桥梁船舶撞击风险分析

依据通航船舶流量预测结果，将通航船舶按照吨

位等级，选取具有代表性的船舶代表此吨位范围的船舶年通航量，并计算此吨位范围船舶撞击桥墩的概率。同时依据桥梁、航道特征，分别采用抗撞设计规范概率模型，对本项目的桥梁的遭受船舶撞击的概率如下表分析如下表所示：

表2 桥墩船舶撞击概率

桥墩 船舶撞击频率(×10 ⁻⁴)	12#墩		13#墩	
	进港	出港	进港	出港
20000吨级	40.7732	20.1938	19.2353	42.8052
10000吨级	37.1069	9.7702	9.3064	38.9561
5000吨级	104.9605	16.3918	15.6137	110.1912
3000吨级	164.5197	11.2242	10.6914	172.7186
2000吨级以下	25.5176	0.8179	0.7791	26.7892
小计	372.8779	58.3980	55.6259	391.4603
合计	431.2759		447.0861	

以上数据可知不同吨级船舶撞击主墩风险如下图所示：

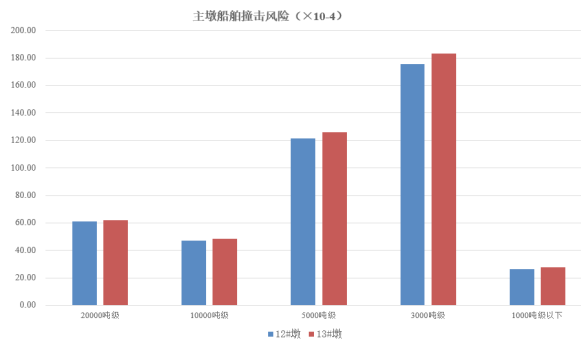


图2 主墩船舶撞击风险图

以上数据可知：

(1) 主桥(12#、13#墩)船舶撞击风险分别为： 431.28×10^{-4} 和 447.09×10^{-4} ，即遭受船舶撞击风险的频率为，0.04次/年和0.04次/年；

(2) 主桥(12#、13#墩)船舶撞击风险主要来源为5000吨级以下船舶，约占总风险的75%，10000吨级以上船舶占总风险的25%，其中20000吨级船舶约占总风险的14%。

4 船舶撞击力分析

4.1 设计撞击速度

船舶的设计撞击速度计算撞击力的重要控制因素。与桥孔宽度、船舶长度及正常运行速度等都有关系，当通航水域较宽、船舶行驶距离桥墩较远时，撞击速度就越小，反之亦然。

美国《公路桥梁船舶撞击设计指导规范和评述》建议的确定船舶设计撞击速度的方法为：在航道范围内，船舶以正常速度行驶；在航道中心线至三倍船长以外处，

船舶以水流速度漂流，水流速度可按航道所在处的多年平均流速确定；此两者之间的区域，设计船速按直线内插确定。

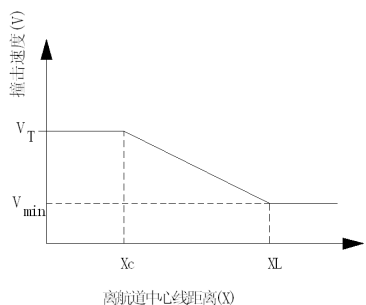


图3 设计船舶撞击速度曲线

由调研得出，桥位处航段 20000t 级船舶航行速度为 4m/s。

4.2 撞击力计算

(1) 规范计算船舶撞击力数值。《美国公路桥梁船舶撞击设计规范 (AASHTO 2010)》得出 2 万吨船舶撞击力为 74.36MN；《公路桥涵设计通用规范》得出撞击力为 80MN；《公路桥梁抗撞设计规范》得出撞击力为 72.09MN。

(2) 有限元分析计算。利用 Patran 建立船舶碰撞有限元模型，定义模型材料属性、载荷、速度、约束等条件，利用 MSC.Dytran 进行计算。

表3 船舶有限元模型参数

船舶吨级 (DWT)	船舶类型	总长 (m)	型宽 (m)	满载吃水 (m)	状态
20000	海船	164	25.0	9.8	满载

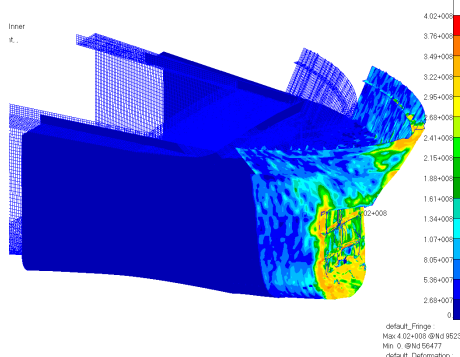


图4 3s 船舶变形及等效应力分布图

(3) 船撞力计算结果比较分析。由动力数值模拟、规范公式等方法计算的船舶撞击力结果如下表所示：

表4 不同方式计算船撞力汇总

船型 (DWT)	撞击速度 (m/s)		AASHTO (MN)	通用规范 (MN)	有限元 (MN)	抗撞规范 (MN)		备注
	主	次				主	次	
2万吨	4.00	3.13	74.36	80.00	68.84	72.09	56.41	正撞

5 方案设计阶段

通过以上内容，确定地质条件、水流速度、防撞

水位、设计防撞船型后，提出设计目标和设计原则，从而进行防撞方案的设计。

(1) 设计目标。本项目设计目标为正常抵抗 1 万吨级船舶撞击能量，2 万吨级海船失控时可保障桥梁自身结构安全。

(2) 设计原则。设计原则为避免现有桥梁产生影响，做好失控船舶的保护，保障方案良好的可行性、经济性、耐久性、可维护性。

(3) 设计方案。本项目根据现状情况，提出了加强桥墩基础 + 组合式防撞附体方案、独立墩 + 复合材料护舷 + 消能桁架、优化独立墩 + 固定式钢覆材料等三个方案。

(4) 防撞方案设防性能研究。通过有限元建模，在控制工况下，对设计船型正撞、斜撞、满载、特定航速等情况下的撞击能量消减进行分析，核算防撞方案合理性。

(5) 推荐方案合理性分析。通过桩基承载力分析、桩基承抗撞能力分析、桥墩静距离分析、设防后船撞风险水平分析等方面分别研究设计方案，最终推荐优化独立墩 + 固定式钢覆材料方案。

6 结语

本文通过对某跨越入海航道桥梁的防船撞设施方案设计项目的分析，梳理了设计过程，在设计思路方面进行了一定的分析和探讨。在设计中，应把工程概况、项目背景等进行说明，收集完善的基础资料，并对桥梁涉水桥墩防撞风险进行分析，研究船舶撞击力，在此基础上进行方案设计，通过方案比较选择最优设计方案，为桥梁的通航安全保驾护航。

参考文献：

[1] 公路桥梁抗撞设计规范. 中华人民共和国交通运输部 JTG/T3360-02-2020.2020.

[2] 岳磊. 船舶撞击力计算方法 [J]. 中国水运 (下半月), 2009(3):2.2009 (3).

[3] 郭健, 何威超. 跨海桥梁船撞风险综合评估 [J]. 海洋工程, 2020(05).

[4] 朱俊羽, 祝露, 韩娟, 方海, 刘伟庆. 某航道桥下部结构受船舶撞击后安全性能评估及修复 [J]. 世界桥梁, 2020(01)

[5] 李军, 王君杰, 欧碧峰. 船桥碰撞数值模拟方法研究 [J]. 公路, 2010(10).

[6] 陈国虞. 桥梁防撞理论和防撞装置设计 [M]. 人民交通出版社, 2013.