

烟一大铁路渡船船型方案研究 Train-ferry ship-type research of Yiantai-Dalian route

卫治洪 朱慕时 / By Wei Zhihong and Zhu Mushi

This paper presents the train-ferry ship-type research of Yiantai-Dalian route. By comparing four kinds of ship-types, the twin skeg mono-hull ship is shown an excellent ship-type on the navigability and reliability and economy. The main dimensions are obtained by using normal cross design method, fuzzy synthetic judge and heredity arithmetic. The paper discussed some key design techniques.

概 述

烟大线火车渡轮工程是一项包括渡船、码头、港址、栈桥及铁路站场等多个子系统的系统工程。渡船作为联系各子系统的纽带，是整个轮渡工程建设的中心与关键。渡船船型方案的研究，依据铁道部第三勘测设计院提出的“烟台至大连铁路轮渡工程渡轮船型方案研究投标书”的要求进行。

火车渡船属于大容积的载重量船型，除了要按常规货船的一系列技术经济指标考虑外，由于其特殊的运载方式和服务于专门的运输系统，需要同专门的岸基运输工程配套运行，船舶主尺度约束条件增加，船舶尺度的变化对整个系统影响较大。

综合船舶快速性、适航性及工程实施的可能性，烟大火车渡船船型拟选取具有双桨、双舵、双首侧推、球首、方尾的单体双尾鳍船型。设两层车辆甲板，下层为火车甲板，上层为汽车甲板。通过多种数学方法对船舶主尺度优化计算，推荐渡船总长176.6米，垂线间长168.0米，型宽24.2米，型深8.0米，吃水5.8米，火车甲板上设5股轨道，设液压绞链上开尾封门，火车上下方式为尾进尾出。并设有减摇一抗横倾系统及纵倾调节系统。

烟大线火车渡船船型研究

烟大航线位于渤海海峡，属近海航区。为了适应全天候快速营运的模式，对船舶耐波性要求较高。

小水线面双体船 有关资料表明，小水线面双体船抗风浪能力强，推进效率高。高速（即大傅汝德数）时，阻力性能较好；在限制船长条件下，对甲板布置有利。其不足之处为低速时，阻力性能差；航行时会产生较大的纵倾力矩及扰动力；因吃水大而对码头、航道和港口水深条件要求高；大尺度及大载重量时结构设计困难。

由于烟大线渡船载重量为6000吨左右，故小水线面船型按多道设计，排水量约为16000吨左右，要求吃水达14-15米。按交通部水运规划设计院《连烟线火车轮渡码头工程预可行性研究报告》，烟台港航行设计水深6.9米，码头前沿设计水深6.5米，大连港航行设计水深6.78米，码头前沿设计水深6.5米。显然不适合采用该船型。

半小水线面船型 半小水线面船型介于小水线面船型和常规双体船型之间，它具有较好的耐波性，且吃水与常规船接近，但根据预可行性研究报告，由于受码头条件的限制，船宽设计应取24.0米，半小水线面船型连接甲板型深应为10.0米，由船舶排水量及该类船型结构要求，船长178米，垂线间长168米，片体宽10米。由此形成：两片体间距与片体宽比值为4:10，小于2:1的最低要求，将导致片体间干扰增大；上述方案船长及宽与单体船相近，而水线面惯性矩减小，船体浮心位置降低，其横稳性高度低于单体船，同时型深增加，使船体重心升高，稳性降低，影响到船舶安全性；Intering 减摇一抗横倾系统在两片体间使用可行性也有待研究。因此，半小水线面双体船型方案可行性也较差。



单体单桨船型单体单桨船型，虽具推进效率高，投资少，维护管理方便等优点，但由于本航线渡船吃水的限制，航速要求及保证专用码头轨道对接所需要的良好操纵性等因素，不及双桨船型适宜。

单体双桨船 具有操纵性好，螺旋桨小，吃水要求低，船舶生命力强等优点，为该航线最佳选择。

双尾鳍单体船 近年开发的双尾鳍船型，与轴包架有类似之处，均包覆住出轴并与船体直接连接成为轴的支撑结构，但双尾鳍长大得多，起始处较船体出轴处靠前得多，而成为船体机舱一部分，必要时可放置部分机座，齿轮箱，中间轴承座等。

合理设计的双尾鳍，可使阻力大为减少；且双尾鳍船伴流大，推力减额小，船身效率及相对旋转效率高，一般收到功率可减少10%左右，因而得到广泛的应用。

综合分析比较，我们得出以下结论：单体双尾鳍船型设计、建造条件成熟，性能较优。节能效果显著，投资省，经济效益好。可作为烟大线火车渡船优选船型。

单体双尾鳍船型主尺度优化：

正交设计法优化火车渡船主尺度

确定了船型后，就是船舶主尺度优选问题，船舶主尺度的选择涉及到载重量、航速、稳性、造价、投资回收年限、必要营运率等一系列技术经济因素，是典型的多目标优选问题，借助现代数学优化理论正交设计法可以得出比较客观合理可行的结果。

船长L与船宽B：根据每次装运一列车，每列牵引4000吨，每节毛重79.1吨，相当于51节货车，确定5股道设计方案，中间3道各11节车，两侧道各9节车，则L=168米，B=24.2米。当设计为6股道时，中间4道各10节车，两侧道各6节车，则L=154米，B=28.2米。

吃水d：烟大航线海域吃水不超过6米。

型深D：考虑到船型设计布置、干舷及稳性等要求，5股道型深不小于8米，6股道型深不小于8.5米。

取渡船航速为18节，则5股道方案的尺度范围为：

L=168米，B=24.2米，d=5.6-6.0米，D=8.0-8.5米Cb=0.6-0.65，BHP=11165-14706千瓦

6股道方案的尺度范围为：

L=154米，B=28.2米，d=5.6-6.0米，D=8.5-9.0米Cb=0.6-0.65，BHP=13235-16176千瓦

取L、B、d、D、Cb、BHP这6个因子（L、B上下限相同，Cb为方形系数），每个因子取5个位级，共25个初始正交方案。通过正交设计，对5股道求得8个可行方案，6股道求得6个可行方案。

船舶主尺度方案的模糊综合评判

用正交设计法获得一批可行方案，运用模糊综合评判方法，对已产生的若干可行方案进行综合评判。

为使评判结果具客观性，分别采取了直线型、负指数曲线型、反指数曲线型等3种满意度曲线，构成3个不同的评判矩阵R1、R2、R3；为了考虑不同因素的权重影响，取了三种因素权重集A1、A2、A3。这样将产生的9种评判结果作综合权衡。

对由正交设计法选出的8个5股道方案与6个6股道方案，组成的14个可行方案进行评估，结果具高度一致性。按满意度曲线排序所得前三名方案的主尺度分别为：

L=168米，B=24.2米，d=5.9米，D=8.0米，Cb=0.61

L=168米，B=24.2米，d=6.0米，D=8.0米，Cb=0.61

L=168米, B=24.2米, d=5.8米, D=8.0米, Cb=0.62

遗传算法优选火车渡船主尺度

将投资回收年限、船舶造价、必要运费率和航速指标的加权和构成目标函数。主尺度方案优选的设计变量取型深D, 吃水d, 方型系数Cb和主机功率BPH, 船长L与船宽B由于不能连续变化, 则取为定值。

在载重量4000吨以上, 航速18节以上条件下, 取群体规模 50, 杂交概率0.6, 变异概率0.001。遗传迭代60代, 结果显示, 从30代起各主尺度趋于稳定, 与前述模糊综合评判择优前三名方案数据吻合良好。

综合两种优选结果, 优选主尺度取为

L=168米, B=24.2米, d=5.8米, D=8.0米, Cb=0.62

关键技术探讨:

装载设施

火车甲板层数: 火车甲板如取双层或三层, 虽可提高火车渡船车辆载运量, 但对船与栈桥连接技术要求高, 造价昂贵, 且大大延长装卸时间。因此, 在给定航线和港口作业1.5小时要求的条件下, 采取装卸时间短, 且船岸连接相对容易的单层火车甲板是适宜的。轨道铺设则采取埋入方式, 兼具安全性及使用灵活性。

股道数选择: 火车甲板上设置5股道时, 船与栈桥对接处亦取5股道。

火车进出方式: 尾进尾出方式只须设置尾门, 装置简单, 线型宽敞, 易于布道, 火车进出方便, 船舶安全性好, 造价低。

尾封门: 尾封门是海峡火车渡船必备装置, 采取液压绞链上开方式, 尾封门对水密性处理及外观造型更有利。

车辆紧固装置: 渡船在风浪中航行, 为防止车辆倾倒或脱轨造成事故, 必需对车辆前后和两侧进行紧固。

Intering抗横倾—减摇系统

Intering抗横倾—减摇系统是目前火车渡船广泛使用的平衡装置, 采用多组平衡水舱产生的抗横倾力矩可达10000吨-米/分钟, 使船舶的横倾控制在1°之内, 确保火车装卸安全; 在船舶航行中, 则增加横摇阻尼, 减少横摇幅值, 提高安全性、适航性。此外, 在船首尾处设置纵向调节水舱, 控制纵倾角度于1.5°以下, 以适应潮差及火车上下过程中船与栈桥连接。

结构研究

本船型主要是大载荷列车甲板和大跨度汽车甲板结构设计。

列车甲板采用横骨架式结构, 列车载荷通过轨道下的甲板纵桁和支柱来承受及传递, 设计载荷按重载列车的载荷选取。

汽车运载甲板下方为装运列车空间, 在长达160多米甲板范围内船长方向无支撑, 且该甲板构件在尾部支撑条件亦较差。故汽车运载甲板采用纵骨架式, 以适当间距设置强横梁作为甲板架强力构体, 其两端固定在双壳的内壁上, 双壳内对应设置横向开孔板以加强对甲板强横梁的支撑。此外, 还设置少量甲板纵桁增加强横梁之间联系, 传递所受汽车载荷, 同时也提高了甲板板架的刚度。为保证大跨度汽车运载甲板的强度和刚度, 拟采用三维有限元模型的强度计算来确定甲板构件尺寸, 并参照LR或DNV船级社对滚装船直接计算的指导性文件要求进行计算。

推进方式选择

从火车渡轮的生命力和操纵性考虑，采用双轴推进系统无疑是适当的。本研究对采用目前常见的柴油机推进方式还是代表今后发展趋势的柴油机—电力推进方式进行了论证。与柴油机推进方式相比，柴油机—常规电力推进方式，装机功率稍小（5%），维修方便，振动噪声小，但设备体积与重量较大，操作灵活性不及可调桨推进系统，总经济性略低（3.7%），特别是初投资增加较多（60—80%），同时，也考虑到目前国内对中高电压的交流大功率电力推进缺乏建造经验，因而建议烟大火车渡轮拟采用柴油机推进方式为佳。

[返回主页](#)

© 版权所有：北京国际船艇杂志社

电话：8610 62180737 传真：62182171 E-mail：gjct@public.bta.net.cn

制作：中国船舶工业综合技术经济研究院信息网络中心

技术支持：webmaster@shipchina.com