

船体设计中需要重点关注的要点分析

葛新培

招商局重工(江苏)有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i6.21016

[摘要] 船舶航行的安全性、经济性与舒适性直接依托科学完善的船体设计方案,船体设计的综合质量也决定了船舶整体服役性能与使用寿命。本文围绕船体设计的核心维度展开系统性分析,从船体结构强度与稳定性、流体力学运行性能、人员居住作业舒适性及航行安全保障三大核心层面,梳理载重平衡、水动力优化、安防降噪等关键设计策略。研究内容能够精准把控船体设计核心要点,可为船舶船体精细化设计、标准化施工及性能优化提供专业的参考依据与实践指导。

[关键词] 船体设计; 结构强度; 稳定性; 水动力设计

中图分类号: O317 **文献标识码:** A

Analysis of Key Points to Focus On in Hull Design

Xinpei Ge

China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd.

[Abstract] The safety, economy, and comfort of ship navigation are directly dependent on a scientifically sound hull design, whose overall quality determines the vessel's operational performance and service life. This paper conducts a systematic analysis of the core dimensions of hull design, covering three key aspects—structural strength and stability, hydrodynamic performance, and crew living/working comfort as well as navigation safety assurance—and outlines critical design strategies such as load distribution optimization, hydrodynamic efficiency improvement, and safety noise reduction. The findings provide precise guidance on essential hull design principles, offering professional reference and practical recommendations for refined hull design, standardized construction, and performance enhancement.

[Key words] Hull design; Structural strength; Stability; Hydrodynamic design

1 引言

船舶作为水上运输与海洋作业的核心载体,其综合性能直接影响海洋航运、海上工程等领域的发展质量与运行效率。船体设计作为船舶建造的核心前置环节,贯穿船舶研发、建造及服役全周期,是保障船舶适配复杂海洋工况的核心基础。科学的船体设计能够有效规避海洋环境带来的航行风险,提升船舶运行经济性与使用体验,规范把控船体设计各项核心要点,对提升船舶整体品质、延长船舶服役周期、保障海上作业安全具备重要的工程应用价值与行业意义。

2 结构强度和稳定性

2.1 载重平衡

船舶船体的载重适配性与航行平衡性能是保障船舶各类工况稳定运行的基础核心,也是船体结构设计初期需要结合船舶应用场景、运营需求完成精细化规划的关键工序,直接影响船舶的航行安全性与服役稳定性^[1]。设计人员需要精准对标船舶的定位属性划定额定载重区间,货运船舶需要结合航线货运量、货

物品类排布载重参数,客运船舶需要依据载客标准、配套设施重量核算合理载重阈值,杜绝载重超标或载重冗余造成的航行性能损耗。设计人员需要依托船体力学测算模型统筹船舶三维平衡状态,结合船体整体轮廓与内部结构布局调整首尾重量分布,依托重心点位精准调控维持船舶纵向航行平稳状态。设计人员需要结合船舶航行水域的浪况特性设定船体宽度参数,搭配适配的稳定结构强化船舶横向抗倾能力,依托干舷高度、底舱空间的标准化设计优化船体垂向稳定性,让船舶在复杂水域环境中始终保持均衡稳定的航行姿态。

2.2 材料选择和结构设计

船体材料的科学选型与整体结构的精细化布局能够从根源上提升船体抗载荷、抗冲击的综合能力,设计人员需要结合船舶服役海域、作业年限、载重标准等核心指标完成材料甄选与结构体系搭建^[2]。设计人员针对大型远洋商船与海洋工程船舶优先选用高强度碳钢材质,依托钢材优异的结构韧性与耐久性能抵御深海高压、波浪冲击带来的结构损耗,针对高速作业艇、客

运船舶选用轻量化铝合金材料,借助材质低密度、强耐腐蚀的特性降低船体自重、提升航行速率,小型高性能船舶可搭配纤维增强复合材料兼顾轻量化与结构刚度。设计人员需要根据船体受力分布规律搭建多元结构体系,利用框架结构强化船体整体刚性,依托隔舱结构分散局部受力压力,借助剖面翼壳结构优化船体受力形态。

2.3 稳定性和安全性考虑

船舶航行过程中抵御外力干扰、维持平衡状态的稳定能力以及应对突发风险的安全性能,是船体设计全过程需要持续优化完善的核心指标,也是船舶适配复杂海洋工况、保障人员设备安全的关键支撑^[3]。设计人员需要结合船舶整体构型优化首尾结构布局,搭配专属配重装置精准调控船体垂心高度与吃水线位置,有效改善船舶纵向倾斜问题,依托合理的船体宽度配比与防倾箱结构布置提升船舶横向抗干扰能力,结合货物与设备的规整排布进一步夯实船体横向稳定性能。设计人员精准核算船舶干舷高度与底舱空间参数,优化甲板设备安装布局提升船体垂向稳定性,严格对标国际船级社安全规范开展船体抗冲击、抗高压、抗防火性能优化设计。设计人员依据船舶最大载客与作业标准规划标准化逃生通道,配套完善的救生装备与应急设施,让船体结构能够在突发风浪、碰撞、火灾等特殊工况下持续保障船舶整体状态与人员生命安全。

3 流体力学性能

3.1 水动力设计

船舶水动力设计决定船体与水流的交互状态并直接左右航行阻力大小、航行速度以及燃油消耗水平,这项精细化设计工作需要贯穿船体外形定型、附属装置匹配与流场优化的全部设计流程。设计人员需要依托流线型曲面建模方式打磨船体首尾线型,逐步收窄船首破浪区域的曲面弧度并平滑过渡船底线型结构,最大程度削弱水体摩擦带来的航行阻力^[4]。设计人员需要结合船舶航行工况匹配尾流调控装置的安装规格与布设位置,依托螺旋桨收敛尾锥、尾迹板等专用结构重塑船体周边水流运动轨迹,削弱乱流对船体行进状态的干扰。设计人员需要引入计算流体力学数值模拟技术搭建虚拟航行工况,结合水池模型试验数据反复迭代船体造型方案,精准修正船体局部凸起与曲面死角带来的流场紊乱问题,让船体整体水阻系数维持在最优区间,稳步提升船舶航行能效与航行稳定性。

3.2 操纵性和操舵性能

船舶操纵性与操舵性能的精细化设计能够把控船舶航行过程中的转向响应、加减速状态与横向抗扰能力,相关设计工作需要结合船舶作业场景、航行水域环境以及船体整体构型完成系统化优化。设计人员需要根据船舶吨位、航行速度匹配舵体的几何尺寸与曲面造型,让舵体在水流作用下形成稳定扬力,保障船舶转向动作具备灵敏的响应特性与平稳的角度控制效果。设计人员需要结合船体重心分布确定舵机与推进器的安装点位,依托舵机内部传动结构、液压系统的参数调校提升操舵传动精度,削弱舵体运行过程中产生的震动与噪声。设计人员需要优化

船体首尾结构形态并校准防倾配重装置的布设参数,强化船舶在侧流、侧风工况下的横向行驶贴合度,让船舶加减速过程贴合航行操控需求,持续提升船舶全程航行的可控精度与行驶稳定性。

3.3 考虑外界环境因素

复杂多变的海洋水文与气象环境会持续对船舶航行姿态、船体受力状态以及运行安全性产生持续性影响,船体设计工作需要提前对标目标航区的环境特征完成针对性适配优化。设计人员需要收集航区不同季节的海浪高度、海流流速、风力等级等基础数据,依托环境数据搭建极端航行工况模型,以此确定船体结构板材厚度与材质等级,强化船体抵御风浪冲击的结构性能^[5]。设计人员需要优化船舶上层建筑与甲板设施的结构形态,为甲板设备、作业区域设计适配的遮蔽防护结构,削弱强风暴雨对船舶设备与作业空间的侵蚀干扰。设计人员需要结合不同水深条件下的波浪传播规律调校船体稳度参数,完善船体抗浪结构的布设体系,让船体自身稳定性能适配多变的海洋环境,保障船舶在常规海况与恶劣天气下都能维持平稳安全的航行状态。

4 舒适性和人员安全

4.1 人员工作和居住空间

船舶海上长期作业与航行的特殊属性对船上人员的作业效率、身心状态以及生活质量有着极高要求,船体设计工作需要依托船舶功能定位与空间尺度标准完成工作区域与居住区域的精细化布局规划。设计人员需要结合岗位作业需求定制工作台、操控台面以及配套作业设施的安装位置,严格把控作业区域的通行宽度与操作空间尺度,保障各类设备摆放贴合人员操作习惯并适配长时间连续作业的工作场景。设计人员需要利用船体竖向与横向闲置空间划分独立舱室、休憩区域与生活功能区域,合理排布床铺、卫浴、餐厨等生活配套设施的分布位置,依托空间分区设计提升居住环境的私密性与规整度。设计人员需要在舱室结构内部加装专业吸音减振构件,匹配船舶航行振动与噪音传播规律优化空间降噪体系,严格落实空间防火、防爆与排烟结构的施工标准,规范紧急逃生出口的布设形式,全方位保障人员作业与居住环境的安全性与舒适性。

4.2 防火和逃生系统

船舶密闭化的空间结构、燃油电气设备的集中布设以及海上救援难度大的作业特点,让防火防护体系与应急逃生系统的专业化设计成为船体安全设计的核心组成部分。设计人员需要对船舶电气布线、燃油管路走向进行分层隔离规划,选用阻燃防爆的专用设备与管材降低线路老化、油料渗漏引发火情的概率,依托分区隔离设计阻断火情的跨区域蔓延路径。设计人员需要在船舶各舱室、机房以及密闭空间均匀布设智能烟雾探测设备与火情报警装置,匹配船舶空间分布规律搭建全覆盖的火情监测网络,搭配分区配置的消防栓、灭火器材与泡沫灭火装置完善火情处置体系。设计人员需要依据海事安全规范规划贯通式逃生通道,优化通道内部结构杜绝遮挡与拥堵问题,强化逃生区域

的防烟、防水密封性能, 搭配专属应急避难舱室与应急通信设备搭建完整的人员应急保障体系。

4. 3 噪音和振动控制

船舶主机运转、螺旋桨水流扰动以及海面风浪冲击会持续产生噪音与振动干扰, 船体设计工作需要针对不同噪声振源的传播规律制定针对性的抑制与优化方案。设计人员需要对船舶动力设备、传动设备进行定点减振安装处理, 在设备基座与船体结构之间铺设高弹性减振垫层, 削弱机械振动向船体整体结构的传导效率。设计人员需要在机舱、设备舱等高噪声区域铺设高密度吸音隔音板材, 依托舱室密闭结构的声学优化设计削弱噪声的反射与扩散范围, 针对排气系统匹配专业消声构件降低气流噪声的产生强度。设计人员需要依托船体结构模态分析结果优化船体局部刚度, 修正船体结构薄弱部位的振动共振问题, 结合船员居住舱与作业舱的功能属性差异化布设降噪减振结构, 保障人员活动区域维持稳定、低干扰的环境状态。

5 结语

船体设计作为船舶建造与运营的核心工序, 其多维度设计质量直接决定船舶的航行安全、运行效能与使用体验, 船体结构、水动力性能、安全舒适体系的协同优化是船舶高品质设计的核心诉求。本文全面梳理船体设计的关键把控要点, 系统整合

结构稳定性优化、水动力性能升级、人员安全舒适保障的全套设计思路。未来船舶行业可依托智能化仿真技术、新型环保材料持续迭代船体设计方案, 进一步适配复杂海洋工况, 兼顾船舶经济性、安全性与环保性, 助力船舶设计行业朝着精细化、智能化、绿色化方向稳步发展。

[参考文献]

- [1]刘国欢.多体复合船型水动力与结构一体化设计[J].船舶物资与市场,2026,33(6):4-6.
- [2]姚顺.基于智能优化的船体结构全生命周期协同设计研究[J].船舶物资与市场,2026,34(5):1-3.
- [3]薛念亮.船体结构轻量化设计研究[J].船舶标准化工程师,2026,59(3):19-23+66.
- [4]魏恒,李楷.基于AnyCAD的船体结构设计和总纵强度计算[J].舰船科学技术,2026,48(8):23-28.
- [5]王国权.基于生产导向理念下的船体结构设计及应用[J].船舶物资与市场,2026,34(3):7-10.

作者简介:

葛新培(1986-),男,汉族,江苏南通人,本科,现就职于招商局重工(江苏)有限公司,中级工程师,研究方向船体生产设计研究。