

船体设计中需要重点关注的要点分析

Analysis of Key Points to be Focused on in Ship Hull Design

葛新培

Xinpei Ge

招商局重工（江苏）有限公司 中国·江苏南通 226100

China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226100, China

摘要：船体设计中需要重点关注的要点涵盖结构强度和稳定性、流体力学性能、舒适性和人员安全等多个方面。论文通过对这些要点的分析，旨在强调船体设计中的关键问题，并为设计师提供指导和参考。

Abstract: The key points that need to be focused on in ship design include structural strength and stability, fluid dynamics performance, comfort, and personnel safety. This paper aims to emphasize the key issues in ship design and provide guidance and reference for designers by analyzing these key points.

关键词：船体设计；结构强度；稳定性；水动力设计

Keywords: hull design; structural strength; stability; hydrodynamic design

DOI: 10.12346/etr.v6i1.8947

1 引言

船体设计是船舶建造中至关重要的环节之一。优秀的船体设计可以保证船舶的结构强度和稳定性，良好的流体力学性能，以及乘员的舒适性和安全。在船体设计过程中，有几个关键点需要重点关注，包括结构强度和稳定性、流体力学性能以及舒适性和人员安全。

2 结构强度和稳定性

2.1 载重量和平衡

在船体设计过程中，需要根据船舶的用途确定合适的载重量。不同类型的船舶具有不同的载重要求，如货轮需要承载大量的货物，而客轮需要满足乘客的载人需求。因此，设计过程中需要根据船舶用途、运输路线和市场需求等因素进行合理的载重量设计。船体设计的平衡是指船舶在水中保持稳定状态的能力^[1]。平衡问题主要包括纵向平衡、横向平衡和垂向平衡。纵向平衡是指船舶在前后方向上的平衡，由船体的布局和重心位置决定。设计过程中需要合理安排船体的重量分布和船舶的结构形态，确保船舶在航行过程中能够保持平衡。

横向平衡是指船舶在左右方向上的平衡，主要由船体的宽度和船体的稳定性控制。设计过程中需要根据船舶的使用条件和性能要求，确定船体的宽度并设计合适的稳定材料和结构。垂向平衡是指船舶在上下方向上的平衡，也称为纵向稳定性。船舶的防浪板、防波堤等装置可以影响船舶的上下摇动。设计过程中需要考虑船舶的自由板高度、底舱空间等因素，并进行合理的设计和计算，以确保船舶具有良好的垂向平衡。

在结构强度和稳定性方面，船体设计必须遵循国际船级社的规范和标准，以确保船舶的结构能够承受各种应力和外力冲击。同时，还需要进行各种力学、材料和结构分析，以确保船舶在不同工况下的强度和稳定性。

2.2 材料选择和结构设计

设计中需要根据船舶的使用环境、载重量要求和使用寿命等因素，选择合适的材料来构建船体。常见的船体结构材料包括钢铁、铝合金和复合材料等。钢铁是一种常用的材料，具有良好的强度和耐久性，适合于大型商船和海洋工程船舶。而铝合金则具有较低的密度和良好的耐腐蚀性能，适合于高速艇和载客船等。复合材料是一种轻质高强度的材料，

【作者简介】葛新培（1986-），男，中国江苏南通人，本科，工程师，从事船体生产设计研究。

由纤维增强材料和基体材料组成,可提供良好的强度和刚度,适合用于小型船舶和高性能船舶。在选择材料时,设计过程中还需要考虑可持续性和环境友好性,选择符合环保要求的材料。

在船体结构设计中,需要合理布局船体各部分的结构件,确保其能够承受来自波浪、风力和船舶自身负荷等各种力的作用。设计过程中需要考虑结构的刚度和强度,通过合理的结构设计来降低应力集中和变形,提高船体的稳定性和结构强度。常见的结构设计方法包括框架结构、剖面翼壳结构和隔舱结构等。此外,还需要考虑紧固件和焊接等连接方式的选择,确保连接的牢固性和可靠性。

2.3 稳定性和安全性考虑

船舶的稳定性指的是船舶在受到外力作用时保持平衡的能力。需要注重船舶的纵向稳定性、横向稳定性和垂向稳定性。为了提高船舶的纵向稳定性,可以采取一系列措施,如合理布置船舶的舰首和舰尾,以及设置配重装置。此外,还需要根据船舶的用途和工况,合理确定垂心高度和水线位置,以克服纵向倾斜的问题。为了提高横向稳定性,需要合理安排船舶的宽度和船体的防倾箱等结构。此外,通过合理的货物和设备布置、控制舵和舵柄的设计,以及船舶操纵性的优化,也可以提高船舶的横向稳定性。

并且需要考虑船舶的自由板高度、船舶的底舱空间和甲板设备等因素,并进行合理设计和计算,以确保船舶具有良好的垂向稳定性。此外,需要特别注意船舶的稳济性,即在受到突发浪高等情况下,不产生危险倾斜和严重岌岌可危的状态。还需根据国际航行安全规范和船级社的要求,确保船舶的结构设计满足安全性要求。关注船体的抗压破坏能力、抗撞击能力和抗火性能等方面的考虑,以应对可能出现的意外情况。并且需要关注船员和乘客的安全,包括设置适当的逃生通道和紧急救生装备,确保航行期间的紧急情况能够及时处置和处理。

3 流体力学性能

3.1 水动力设计

阻力会对船舶的速度和燃料效率产生影响。设计过程中需要通过优化船舶的外形和减少阻力产生的因素,来减小船舶的阻力。例如,采用流线型的船体形状可以减少水流阻力,而光滑的船底设计可以降低摩擦阻力。此外,还可以考虑利用船体尺寸、尾流控制装置和喷流装置等技术手段来减小阻力^[2]。设计中还需要考虑船舶周围水流的分布和速度,在船体表面设置适当的流向装置,以改变流场特性,降低水阻。例如,使用尾迹板、螺旋桨收敛尾锥等装置可以改变船舶周围的流场分布,减小水流对船体的阻力和干扰。

此外,船舶的操纵性和操纵稳定性也是水动力设计的重点。设计中需要考虑船体对操纵指令的响应速度和稳定性,以提高船舶的操纵性能。这包括优化船体的舵设计、布局舵

的位置,以及合理设置推进器的位置和方向等。还需要通过合理的骨架设计来提高船体的刚性,减少振动对水动力性能的影响。并且需要进行结构模态分析和振动控制设计,以确保船舶在航行中的稳定性和舒适性。在水动力设计中,需要采用现代计算流体力学(CFD)和水池试验等手段来优化船体的水动力性能。通过数值模拟和实试验证,可以对不同船体设计方案进行评估和比较,选择最佳的设计方案。

3.2 操纵性和操舵性能

第一,船舶的转向性能。转向性能包括转向的敏感性和转向角的稳定性。船舶的转向敏感性是指船舶对于舵角变化的敏感程度,需要根据船舶用途和运行环境合理选择舵的形状和尺寸,以使船舶的转向响应灵敏且可预测。同时,船舶的转向角稳定性是指船舶在转向过程中是否易于失控或摇摆。通过合理的船体设计和舵的布置,可以提高船舶的转向角稳定性,减少因转向引起的偏航或失控情况。

第二,船舶的加速性和减速性。良好的加速性和减速性对于船舶的操纵性能至关重要。在船体设计中,优化船舶的外形和结构,可以减小船身在水中的阻力,提高船舶的加速和减速效果。

第三,船舶的横向操纵性能。良好的横向操纵性能可以使船舶在侧风、侧流等横向作用下能够稳定驶向目标^[3]。设计过程中需要考虑船体的防倾箱和配重装置的设置,以及便于舵角调整的舰首和舰尾设计,以提高船舶的横向操纵性能。

操舵性能是指船舶在操舵过程中的稳定性和可控性,良好的操舵性能可以使船舶在转向时能够保持稳定,并准确地按照船员的指令进行转向。在船体设计中,设计过程中需要考虑以下几个方面来优化船舶的操舵性能。

第一,船舶的舵的形状和尺寸。合理选择舵的形状和尺寸可以提高舵的扬力和稳定性,使其在操舵时更加有效。

第二,船舶的舵机系统。优化舵机系统的布置和工作参数可以提高船舶的操舵性能,确保舵在转向过程中响应迅速、力矩充足,并减小舵的震动和噪声。

第三,船舶的操纵系统。设计过程中需要考虑船舶的操纵系统布置和操作人员的工作环境,以确保操舵操作的方便性和准确性。

3.3 考虑外界环境因素

不同海区和季节的海况会对船舶的航行产生影响,包括海浪、海流、风速和湍流等。设计过程中需要具体分析船舶在目标航区典型海况下的性能要求,合理选择船体的结构和材料,以确保船舶具有良好的抗波浪和抗风能力。此外,还需要考虑船体的自稳特性来应对不同水深和波浪条件下的稳定性要求。

恶劣天气条件也是外界环境因素中需要关注的内容,大风、台风、暴雨等极端天气情况会对船舶的安全性产生较大影响。在船体设计中,设计过程中需要考虑强风和大浪引起

的船体受力和风险,并采取相应的安全措施。例如,在设计船舶的上层建筑和甲板设施时,需要提供足够的防护措施和适当的遮蔽结构,以确保船上人员和设备的安全。此外,在船体的稳济评估和装备选择中,也需要考虑到恶劣天气条件下的航行安全性。

4 舒适性和人员安全

4.1 人员工作和居住空间

船体设计中人员工作和居住空间的舒适性和安全性是确保船上人员能够在航行过程中健康、安全地工作和生活的重要要点。合理的工作空间布局可以提高人员的工作效率和舒适度。设计过程中需要根据船舶的用途和功能,在工作区域设置合适的工作台、椅子、仪表台等设备,并确保工作区域具有足够的空间来容纳所需设备和人员。

人员居住空间的设计包括合理布置舱室、床铺、厨房和浴室等设施,以提供船员舒适的居住环境。设计过程中需要充分利用有限的船舶空间,通过创新设计和合理布局,提供相对独立、私密和舒适的休息空间。还需要确保工作区域和居住区域符合相关标准和规定,具备防火、防爆和排烟等安全设施,并设置逃生通道和紧急出口^[4]。同时,还需要考虑船舶的稳定性和抗震能力,以确保在恶劣海况或突发事件发生时,人员工作和居住空间能够提供充分的保护和应急措施。除此之外,人员工作和居住空间的噪音和振动控制也是关注的要点。长时间暴露在高噪音和强振动环境下会影响人员的工作效率和生活质量。在设计中,需要采取吸音、隔音和减振措施,以降低噪音和振动对人员的负面影响。

4.2 防火和逃生系统

在船舶的设计中,需要考虑避免或减少火灾发生的因素。例如,在电气系统和燃油系统的设计中应采取必要的防火措施,如合理的布线、设备的隔离和防爆设计等。此外,设计过程中还需要设置火灾报警系统,包括火灾探测器、烟雾报警器和火灾报警设备等,以及建立相应的火灾报警程序和应急响应计划。同时,船体设计也需要考虑火灾灭火措施,如设置灭火器、消防栓和泡沫灭火系统等,以便在火灾发生时能够及时控制和扑灭火源。

此外,逃生系统的设计是保障人员在火灾事故中迅速、安全地撤离船舶的重要环节。船体设计过程中需要确保船舶上的逃生通道畅通可靠,并满足相关规定和标准。合理布置船舶的逃生通道和出口,设置逃生门和逃生舷梯,并确保逃生设备易于操作和使用。另外,还需要考虑逃生通道的防烟和防水性能,以及船舶疏散和逃生计划的制定和培训。

最后,船体设计中还需考虑人员避难场所和船体结构的防火性能。为了确保人员的安全,在船舶设计中需要合理设置避难空间,使人员可以避免火源直接威胁,并提供紧急通

信设备和生活保障设施。船舶的结构材料也应具备良好的防火性能,以防止火灾蔓延和船体损坏。

4.3 噪声和振动控制

船舶在运行过程中会产生各种来源的噪音,如发动机、螺旋桨、波浪和气流等。设计过程中需要采取一系列措施来减少噪音的传播和影响。例如,在机舱和工作区域设置噪音隔离措施,如隔音墙和吸音材料,以减少噪音的扩散^[5]。此外,还可以采用噪音降低设备,如消音器和减震器,来降低噪音的产生和传输。同时,还可以通过优化设备的布置和维护来减少噪音的源头,例如合理定位舰船上的机械设备,减少共振和震动产生的噪音。

船舶在航行时会受到各种振动力的影响,如发动机震动、波浪振动和风振动等。设计过程中需要通过结构优化和振动减震措施来降低振动对船舶和乘员的影响。例如,通过增加结构刚度和使用减振材料,可以降低振动的传输和传播。此外,设计过程中还可以采用主动振动控制技术,如振动平台和电液悬挂系统,来主动抑制振动的产生和传播。并且噪音和振动控制还需要考虑对不同船舶部位和乘员的要求。例如,船舶上的舱室和乘员工作区域需要提供相对安静和低振动的环境,以保障乘员的休息和工作。同时,对敏感设备和仪器的噪音和振动控制要求也较高,需要采取专门的隔音和减振措施。

5 结语

船体设计是一个复杂而关键的过程,涉及结构强度、稳定性、流体力学性能、舒适性和人员安全等多个方面。在结构强度和稳定性方面,需要合理考虑载重量和平衡、材料选择和结构设计,以及稳定性和安全性的因素。在流体力学性能方面,水动力设计、操纵性和操舵性能,以及外界环境因素的考虑都是重要的。在舒适性和人员安全方面,人员工作和居住空间、防火和逃生系统,以及有效的噪音和振动控制都必须得到重视。

参考文献

- [1] 杨银兵.船体结构设计中生产工艺性问题研究[J].船舶物资与市场,2023,31(3):46-48.
- [2] 乔东旭,李成奎,周涛涛,等.船体结构设计中生产工艺性问题及解决措施[J].船舶物资与市场,2022,30(11):47-49.
- [3] 邹光洁.船体结构设计中生产工艺性问题及应对[J].船舶物资与市场,2021,29(10):61-62.
- [4] 姚天传,陈铨.关于船体详细设计中工艺性优化的思考[J].广东造船,2020,39(3):71-73.
- [5] 张祥.船体结构设计及建造中的细节处理[J].船舶物资与市场,2020(5):3-4.