

# 船舶结构优化设计方法及应用

## Optimization Design Method and Application of Ship Structure

陈超

Chao Chen

招商局重工(江苏)有限公司 中国·江苏海门226116

China Merchants Heavy Industry (Jiangsu) Co., Ltd., Hai MenJiangsu, 226116, China

**摘要:** 新时代的到来,各国船舶制造业对技术进行了改革,如何进一步优化设计是提高船舶制造业实力的首要任务。基于此,论文分析了船舶结构优化设计方法及应用,仅供参考。

**Abstract:** With the arrival of the new era, the shipbuilding industry in various countries has undergone technological reforms, and how to further optimize design is the primary task to improve the strength of the shipbuilding industry. Based on this, this paper analyzes the optimization design methods and applications of ship structures, for reference only.

**关键词:** 船舶结构; 优化设计; 方法; 应用

**Keywords:** ship structure; optimize design; method; application

**DOI:** 10.12346/etr.v5i5.8045

## 1 引言

随着中国科学技术的发展,对船舶制造业的要求越来越严格,特别是对船舶建造速度和质量方面,因此必须采用结构设计方法进行优化,以此来满足造船要求。再加上中国市场经济的发展,船舶行业的发展急速上升,同时也为船舶制造业迎来了新的挑战,有效提升了船舶的制造速度和质量。船舶结构优化设计顾名思义就是利用新科学技术手段,打破强度、船舶结构刚度等约束条件,合理优化船舶的形状、尺寸等结构参数,在确保船舶制造质量的前提下缩短了造船时间,这也是推进船舶制造业可持续发展的基础保障<sup>[1]</sup>。因此,需要认识到各种科学技术的重要性,合理利用促进船舶制造业的持续发展,提高我国造船制造业的水平,并在激烈市场竞争中占有主导地位。

## 2 船舶结构优化设计概述

### 2.1 船舶结构优化设计概念

船舶制造业在信息技术的背景下快速发展,并引入了许多船舶设计专业知识,促进科学技术的全面发展与创新。船舶在优化设计中,虽然采用的设计方法不同,但目的都是为

了提升船舶设计安全性和舒适性,实现船舶设计的经济效益,这是船舶设计中需要时刻遵循的原则<sup>[2]</sup>。为了全方位提高船舶制造业的经济效益,在造船过程中,需要对其形式进行创新,并从尺寸和形状等重要信息方面入手,强调对速度和重量的要求,使其符合相关造船标准,提升技术要求,确保船舶设计的动态形状是建造中的理想状态。

### 2.2 船舶结构优化分类

船舶结构从变量属性方面可分为离散模型、混合可变模型和连续模型三种形式。船舶制造过程非常复杂、繁琐、涉及质量的因素特别多,因此,造船过程中连续性和离散型的方式主要用于钢厚度和型材方面,因此,在实际造船结构中主要以混合式设计方式为主。

## 3 船舶结构优化设计的意义

随着中国计算机技术的高速发展,在各行业得到了广泛应用,尤其是船舶结构设计方面,船舶结构设计的目的是提升舒适性和安全性,以此来确保船舶业的经济效益。在船体结构优化设计中,主要从船舶的形状和尺寸入手,以此来满足船舶的重量和目标,严格遵循设计标准,确保船舶各环节

【作者简介】陈超(1985-),男,本科,工程师,从事船舶结构优化研究。

的结构设计与船舶主体的一致性。

## 4 结构优化设计的主要问题

### 4.1 船底骨架设计

①设计肋腹板,合理设计以提高肋骨的安全性和稳定性,保证高度和厚度的控制在设计范围内<sup>[3]</sup>。一般来说,船底比需要控制在75以内,船底控制在100以内。如果超出设计范围,则使用肋腹板降低局部不稳定对船舶结构造成的损坏。为了避免出现船舶结构损坏问题,可以增加杆的厚度并将其安装在肋骨上以垂直加固的形式为主。②双层底实肋板的设计,如果双层板的高度不符合船舶设计标准,则需要将焊接板锁定在硬层上,并以T型材的形式配置在硬板边缘,始终确保实肋板厚度大于船底厚度。③船底骨架设计,机身骨架对制造材料的要求比较严格,主要以T型复合材料为主,切记使用折叠材料。刚性肋的厚度为轴承厚度1mm,横截面积需要保持在轴承厚度的两倍最佳。④实肋板跨距的问题,一般来说,每个舱内巨型肋骨的跨度都不同,尤其是宽度较大的船只,数量少,安全性极高。如果是甲板船,那么需要注意垂直和侧壁之间的数值,或者是垂直墙的长度,合理选择较为合适的数值。⑤龙骨修正系数的问题,该系数涉及的内容比较多,如地面长度、船体内根数、船体肋类型、船体结构类型等,众多因素决定着船舶内部空间的修正系数以及参数,是船舶结构优化设计的基础保障<sup>[4]</sup>。

### 4.2 甲板骨架设计

在设计梁间距离时,应根据船舶设计的要求明确梁侧面与立式甲板梁间的距离,主要以甲板梁间的距离为准,以较高值为准。对于甲板纵向剖面,总跨度应根据相邻水平壁之间的距离确定具体数值,如果甲板集中载荷下面承载的是一根柱子,则甲板纵向剖面的尺寸需要根据承载力计算,而不应取决于柱与柱之间的距离,才外斜坡与柱的壁的距离也除外<sup>[5]</sup>。在制造过程中对支撑宽度要求比较严格,一主要以甲板极限长度间隔最大值为准,以保证甲板结构的安全性和合理性。

## 5 优化设计的基本方式

### 5.1 经典数学规划法

数学规划法属于传统的理论规划,具有使用全面、应用范围较广的特点,为船舶的收敛性提高了基础保障,但其缺点是计算步骤比较复杂,收敛周期较长,尤其是对多个变量进行优化时,可以及时发现许多程序错误问题。数学设计方法的应用,有效改进和整合了设计标准,最大化发挥设计优势,有效提升机械方面的特性,如显示标签的选择、有效边界、变量的连接等。准则法大大提高了计算速度,主要是根据机械和设计知识创建的设计优化方法。这种类型的船舶设计比较经典,结构优化方法应用比较广泛,在满足所有约束条件的前提下,合理选择最佳的设计准则法。近年来,数学

规划方法在科技的发展下得到了创新,并在船舶结构优化中发挥了重要作用,有效提升了优化效果,这种方法在船舶剖面结构、船体框架、船体框架方面的应用最为常见。

### 5.2 遗传模型优化设计

遗传模型主要是结合了数学建模的特性,将船舶结构合理计划分为三种模型:离散变量、连续变量和混合变量,是传统模型中的新型算法,通过专家分析和验证的方法。从船舶建造的特点来看,这种遗传算法的目的是在满足其优化设计要求的基础上,融入生物进化领域理论知识,因此,被称为遗传算法<sup>[6]</sup>。但是该算法在船舶结构设计中的应用具有一定的盲目性,不需要任何数据,主要用于目标函数的调整,打破了传统的方法缺点,简化了船舶结构设计流程。如部分设计优化工作中需要使用代码集的方式,需要结合借助二进制方式对相关变量关系进行分析,然后解决结构设计中存在的问题,尤其是连续性和离散性问题的处理。根据生物进化论,船舶建造过程中需要遵循交叉算子的形成,根据设计要求合理优化方法,及时处理各种恶劣条件,提升该方式的适用性。该模型在船舶建造的应用效果比较显著,是船舶建造创新的主要标志。

### 5.3 模糊优化设计法

模糊优化设计法的原理是指边界搜索方法,其设计过程需要进行模糊判断,有效解决了结构优化问题。模糊原则则需要遵循设计目标进行指导,对设定临界值做好附加变量工作,以避免迭代,实现合理的解决方案,主要针对设计条件和结构特性进行分析,建立具有针对性的模糊评估方法。模糊评估方法主要多元素的排序和权重进行了集成,准确计算出模糊约束的公差值。在具体的优化设计过程中,需要对横墙、罐型材等结构内容进行全面分析,提升模糊元件的覆盖效果,结合模糊优化结构的特点,最大限度上减少原材料用量实现结构优化。如果遇到结构设计复杂、难度高的项目,模糊设计会面临不同的目标问题,确保最大值法的基础上,进行模糊设计扩展,实现模糊设计目标多样化,尤其是将几种设计方法结合起来,有效提高设计效果,降低不同层次的目标的模糊性。在实际应用中,需要根据设计目标创建子集,其内容必须符合模糊限制的要求,严格遵循模糊判断的规律,并将其转化为常规规划,为最后的求解提供基础保障。在船舶结构优化方面,模糊优化设计的应用比较广泛,该模式的适应性比较强,但复杂的船舶设计中优势比较突出,通过优化设计为设计人员提供了多样化的选择。例如,船舶后架设计中,可以采用模糊的优化方案,放松设计的约束条件,根据设计和生产要求提升功能特性,以获得效果最佳的设计方案。

### 5.4 智能型船舶结构优化设计

随着目前智能化水平的普及与应用,促进了船舶设计优化的智能化、现代化发展。从目前船舶设计水平来看,智能化优化设计已经得到了广泛应用,并根据实际设计需求进行

了深入研究和分析,根据设计问题,利用数学规划提升了船舶设计优化的效果,推动了船舶制造业的稳定、健康、持续发展。例如,在船舶结构优化中,智能设计优化方法的应用提升了设计的合理性,能够有效结合系统中专家技术的要求,并对应用环境进行全面分析,并将智能设计方法和经典设计优化方法结合使用效果最佳,全面化实现了人工智能优化设计的效果,提高了船舶结构的设计的质量和效率。在现代化造船企业中,智能设计优化方法比较多样化,主要以神经网络设计方法和专家系统设计方法为主,这两种系统提升了船舶设计的合理性、科学性,促进了造船企业的经济效益和社会效益。

### 5.5 多学科优化设计方法

设计工作还可以与多学科船舶设计结合优化,该方式需要构建多元优化的设计模型,并通过板计算实现集成化的优化设计。此外,在优化平台上,还可以分析软件设计要求,确定板材的弯曲强度,流动性或疲劳强度,进一步优化船舶尺寸,以此来作为约束条件,有效提升船舶设计效果。这种方法在船舶结构优化中的应用可实现多学科模块,并精确计算设计数据,提升船舶结构的优化效果。

### 5.6 准则优化设计方法

准则优化设计是一种力学方法,主要集成了专业的力学理论和其他元素中,在船舶设计优化领域得到了广泛应用,以提升船舶设计结果的有效性。准则优化设计方法具有操作简单、物理层效果强等优点,可以平稳地进行船舶结构设计分析。在结构分析过程中,频率相对较低,需要保证计算效率,有效提升设计优化。

准则主要包括满负荷标准,能源标准和传输标准。满应力准则法需要结合船舶自身的强度,对其变形能量密度均匀状态进行分析,降低对设计结构的质量,在确保结构条件下提升满应力状态。能源标准对材料结构分布和变形能量成比例的主要分析方式,能源标准基于结构块体积的变形能量达,确定材料的数值,同时降低船舶结构的重量。位移准则法是基于偏移准则设计迭代方法设计的优化方式,使用拉格朗日乘法对推算约束、荷载值,以计算正确的迭代,如果船舶外部负载比较大,需要采取绕组措施完成设计工作。

### 5.7 可靠性的优化设计法

可靠性设计的优化方法是基于船舶结构可靠性理论和要求创新的,这种方法在船舶设计应用过程中,可以使用不同层次的船舶结构设计,可靠性设计是最终设计目标。而在实践中,直接和半直接的方法是提升设计可靠性的基础保障。具体应用过程需要确定船舶强度指标,然后根据船舶的承载

能力和疲劳程度合理选择材料,并对变形情况进行调整,计算出数据,降低损伤概率,然后采用直接和半直接的方法做好船舶设计标准测试,扩大船舶的应用范围。这种优化设计方法在船舶实际应用中,焊接弯曲部分的弧形框架和面板的深度会造成疲劳裂纹,因此在设计过程中必须注意疲劳强度的控制。

### 5.8 尺寸优化设计

尺寸优化设计主要针对的是船舶结构的刚度、厚度和截面形状等内容。尺寸上影响的因素较多,主要与惯性矩、横截面积和船舶结构的恒定旋转息息相关,各个零件尺寸之间具有较强的连接性,如果任何一个尺寸得不到优化,总体设计就会出现各种质量问题。为了进一步优化船舶结构,需要根据设计要求合理改变尺寸,提升船舶结构设计的质量。

## 6 结语

近年来,随着中国造船技术的不断创新与发展,对各种船舶结构进行了优化,并根据施工现场的方案设计要求合理选择设计方法,提升船舶质量,推动船舶制造业的可持续发展。就目前船舶结构设计的现状来看,模糊优化、遗传优化、智能型优化、可靠性的优化、尺寸优化等应用比较广泛。对于船舶建造而言,优化设计是决定制造质量的重要环节,只有满足设计要求,才能确保船舶设计结构的安全性、稳定性,推进科学技术的创新与发展,最大限度地发挥设计方法的价值,满足船舶建造的目的。船舶结构优化设计的环节比较多,制造过程也非常复杂,需要专业理论知识支持,因此船舶设计人员需要合理选择设计优化方法,为我国船舶制造业的可持续发展提供基础保障。

## 参考文献

- [1] 王月.水下结构物典型基座阻抗优化设计[D].武汉:华中科技大学,2019.
- [2] 戴睿婕.外置式耐压液舱结构尺寸和拓扑优化设计[D].武汉:华中科技大学,2019.
- [3] 张鑫.核发电船(平台)结构疲劳强度分析与优化设计研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2019.
- [4] 陶儒斌.船舶典型板架结构波动特性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2019.
- [5] 刘崇杰,杨丽萍,张军,等.船舶板架结构动力优化设计方法研究[J].山东工业技术,2018(6):15.
- [6] 高兆进.船舶结构优化设计方法及应用实践微探[J].科技创新与应用,2018(5):103-104.