

绿色制造技术在船舶结构设计中的运用

李少泽

招商局重工(江苏)有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i1.11408

[摘要] 随着全球对环保意识的不断增强和可持续发展目标的推动,绿色制造技术在船舶行业的应用逐渐成为设计与生产的核心理念之一。船舶作为重要的交通工具,其结构设计的环保性能和资源利用效率直接关系到生态环境的保护与能源消耗的降低。本文针对船舶结构设计中绿色制造技术的应用优势进行了分析,探究了绿色制造技术在船舶结构设计中的具体应用以及绿色船舶结构设计的优化方法。

[关键词] 绿色制造技术; 船舶结构设计; 运用; 环保性能; 能源效率

中图分类号: F407.474 **文献标识码:** A

Application of Green Manufacturing Technology in Ship Structural Design

Shaoze Li

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

[Abstract] With the increasing global awareness of environmental protection and the promotion of sustainable development goals, the application of green manufacturing technology in the shipbuilding industry has gradually become one of the core concepts in design and production. As an important means of transportation, the environmental performance and resource utilization efficiency of the structural design of ships are directly related to the protection of the ecological environment and the reduction of energy consumption. This article analyzes the application advantages of green manufacturing technology in ship structural design, explores the specific application of green manufacturing technology in ship structural design, and discusses the optimization methods for green ship structural design.

[Key words] green manufacturing technology; Ship structural design; application; Environmental performance; energy efficiency

引言

随着全球气候变化和环保问题的日益严重,绿色制造技术在各行各业的应用日益重要,尤其是在高能耗行业如船舶制造业中。船舶的结构设计不仅需要考量其强度和功能性,还必须兼顾对环境的影响。绿色制造技术通过引入环保材料、提升能源效率、减少有害排放等手段,逐步实现了船舶结构设计的绿色化、智能化和高效化。如何将这些先进的绿色制造技术有效融入船舶设计中,成为业内人士关注的重点问题。

1 船舶结构设计中绿色制造技术的应用优势

1.1 环保性能显著增强

绿色制造技术的应用在船舶结构设计中最为显著的优势之一就是其对环保性能的增强。船舶制造过程中,不仅要注重功能性及结构强度的满足,更需平衡生产过程中的环保要求。随着全球环保法规日益严格,尤其是国际海事组织等机构对船舶排放标准的不断提升,船舶制造行业亟需转型,采用更为绿色的技术和材料。绿色制造技术通过综合性的创新手段,使船舶设计过程

中的环境负担得到大幅降低,同时有效地提升船舶整体的环保性能。绿色制造技术通过使用环保材料,减少了生产过程中对环境的污染。例如,传统的船舶涂料常常含有挥发性有机化合物(VOC)和有毒金属,这些化学物质对环境和人体健康具有严重的危害。而现代绿色制造技术提倡使用无毒、无害的环保涂料,这类涂料不仅符合环保法规的要求,还能提供良好的防腐性能,增强船体对海水侵蚀的抵抗力,从而延长船舶使用寿命。随着新型环保涂料的研发与应用,船舶涂装技术逐步朝着低污染、低能耗的方向发展,为船舶制造行业的绿色转型提供了有力支持。

1.2 能源效率大幅提升

在船舶结构设计中,绿色制造技术的应用对于提升能源效率具有极其重要的意义,尤其在当前全球对节能减排和环保要求日益严格的背景下,能源效率的提升不仅关系到船舶制造企业的经济效益,还关系到环境保护和可持续发展目标的实现,通过创新材料的应用、优化设计和智能化技术的引入,绿色制造技

术显著改善了船舶的能源利用效率,并有效降低了燃料消耗和碳排放,推动船舶行业向低碳、环保的方向发展。绿色制造技术通过使用轻量化材料,减少船舶的自重,从而有效降低了船舶在航行过程中的能源消耗。传统船舶大多使用钢铁等重型材料,这些材料在保证船体强度的同时,也带来了较大的自重,导致燃料消耗增加。随着绿色制造技术的发展,轻质高强度的材料如铝合金和复合材料逐渐替代了传统材料,这些材料不仅具有良好的强度和韧性,还能有效减轻船体重量,进而降低了船舶对动力系统的负担。自重的减轻使得船舶在航行时所需的推进力减少,从而显著降低了燃料的消耗量,减少了碳排放。

1.3 经济效益持续优化

绿色制造技术的引入不仅优化了船舶的环保性能和能源效率,还在经济效益方面带来了显著的提升。随着全球对环境保护和资源节约的要求日益增强,船舶制造企业越来越重视如何通过技术创新来降低运营成本并提升市场竞争力。绿色制造技术通过提高船舶能源利用效率、延长使用寿命、降低维护成本等方面,帮助企业实现了可持续的经济效益增长。绿色制造技术最直接的经济效益之一是能源利用效率的提升,在船舶的长期运营中,燃料成本通常占据了较大的比重,因此,通过优化设计和采用高效的动力系统,能够显著降低船舶的燃料消耗。采用轻量化材料、改进船体结构设计,以及采用低能耗动力系统,船舶在航行时的动力消耗得到有效控制。例如,轻量化材料(如高强度钢材、铝合金等)的使用,不仅减少了船舶的自重,还减少了对燃料的需求,这种优化设计使得船舶可以以更低的能耗完成相同的运输任务,进而降低了运营成本。此外,数字化技术的引入,如船舶能源管理系统(EMS),可以实时监控船舶的能耗情况并自动调节,进一步优化能源的使用,减少无效消耗,提高能源使用的经济效益。

2 绿色制造技术在船舶结构设计中的具体应用

2.1 轻量化与高强度材料应用

绿色制造技术在船舶结构设计中的应用,尤其是轻量化与高强度材料的应用,已成为当代船舶设计的核心技术之一。随着环境保护要求的提高和燃料成本的上涨,船舶设计中的能源消耗和运营效率问题日益受到关注。采用高强度、低重量的材料,不仅能够减轻船舶自重,降低燃料消耗,还能够提升船舶的性能、航速和总体经济效益,因此,轻量化设计被视为实现绿色航运的关键策略。在船舶轻量化设计中,铝合金和碳纤维复合材料作为最为常用的替代材料,其应用已经取得了显著的进展。铝合金材料因其低密度和优良的抗腐蚀性,广泛应用于船舶的外部结构、舱体以及其他部件的设计。铝合金的密度比钢铁小约三分之一,这使得采用铝合金作为船体结构材料时,能够显著降低船舶的总重量^[1]。轻量化的船舶不仅减少了对动力系统的需求,从而降低了燃料消耗,还能有效提升船舶的航速和操控性,提升船舶的综合效率。此外,铝合金具有较高的抗腐蚀性,这使得船舶在海洋环境中更为耐用,减少了维护频率和相关的费用。碳纤维复合材料作为另一类典型的轻量化高强度材料,近年来在船

舶设计中的应用得到了迅速的发展。与铝合金相比,碳纤维复合材料具有更低的密度和更高的强度重量比,能够提供更高的结构强度和更轻的重量。碳纤维复合材料不仅能有效降低船舶自重,还能在强度要求较高的部位(如船体主框架、支撑结构等)发挥重要作用。

2.2 环保材料与涂装技术革新

环保材料与涂装技术的革新已经成为绿色船舶设计中的一项重要创新,这不仅是顺应全球环境保护趋势的必要选择,也是在船舶设计中提升能源效率、减少维护成本、延长船舶使用寿命的有效手段。随着环保法规日益严格,传统的船舶涂装材料中的有害物质被逐步淘汰,环保涂料的推广应用变得愈发重要。环保涂料不仅有效减少了船舶生产和运营过程中的有害物质排放,还通过提升船舶表面性能来提高船舶的耐用性和能源效率。传统的船舶涂装材料通常含有大量的有害化学成分,如挥发性有机化合物(VOC)、重金属及其他有毒物质,这些成分在涂装过程中和船舶使用期间会对环境产生长期影响。随着全球环保意识的提升,许多国家和地区开始加强对这些有害物质的管控,要求船舶涂料的环保性能进一步提升。在这种背景下,环保涂料的研发与应用成为船舶设计中的一项重要改革。环保涂料不仅在减少有害排放方面具有显著优势,还能提高船体的表面性能,进而提高船舶的整体性能。

2.3 智能制造与数字化优化

智能制造与数字化优化是当代船舶结构设计中的关键驱动力,赋予了设计师前所未有的精准性和灵活性,通过智能化技术与数字化工具的结合,船舶设计不仅在性能上得到了全面提升,同时也在成本、生产周期、质量控制等方面获得了显著优化。特别是在复杂结构的设计过程中,智能制造与数字化优化的融合,极大地推动了船舶行业向绿色、节能、环保的目标迈进。计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助工程(CAE)是智能制造中不可或缺的重要工具,能够在数字环境下精确建模并模拟船舶结构在不同工作条件下的表现。传统的船舶设计过程往往依赖大量的手工计算和物理实验,这不仅容易引入人为错误,还伴随着高昂的实验费用与试验周期。而通过CAD和CAE技术的应用,设计师能够在虚拟环境中进行精确的建模、分析和优化,从而有效避免了传统设计过程中的不确定性与试错成本^[2]。具体来说,CAD系统提供了一个高度精确的设计平台,可以帮助设计师完成从二维到三维的建模工作,确保船舶的各个部件能够在数字化的世界中得到精确再现。而CAE系统则进一步提供了结构分析、流体力学模拟、热力学分析等功能,设计师能够通过这些工具对船舶的承载能力、气动性能、热管理等多个方面进行详尽的仿真测试,在实际制造之前就识别并解决潜在的设计缺陷,极大地提高了设计的精准度。

2.4 绿色焊接与切割技术

绿色焊接与切割技术是现代船舶结构制造中的关键环节,对于推动船舶制造行业的可持续发展具有重要意义。传统焊接与切割工艺不仅面临着高能耗、低效率、烟尘排放等环保挑战,

同时也可能导致生产过程中资源的浪费和产品质量的不稳定。随着绿色制造理念的不断深入,焊接与切割技术的升级变得愈发重要,绿色焊接与切割技术的应用为船舶制造行业带来了显著的环保效益、经济效益及技术进步。焊接工艺作为船舶结构制造中的核心工艺之一,其传统模式面临着高能量消耗、高温、高废气排放等问题。尤其是在传统电弧焊接中,电弧燃烧过程中产生的大量有害气体和烟尘不仅污染空气,且对操作人员的健康构成威胁^[3]。而脉冲焊接技术就是当前实际应用过程中常使用的绿色焊接方法,脉冲焊接通过精确控制电流脉冲的频率和幅度,可以实现更加稳定的焊接电弧,从而减少电能浪费,降低焊接过程中产生的烟尘和有害气体。此外,脉冲焊接能够在较低的热输入条件下完成焊接操作,避免了传统焊接工艺中因高热输入而带来的焊接缺陷,如焊接应力、热变形和热裂纹等问题,进而提高了焊接质量与效率。

3 绿色船舶结构设计的优化方法

3.1 设计优化策略

绿色船舶结构设计的优化策略,旨在通过技术创新、系统整合和工程实践,最大化地提升船舶的能源利用效率,减少材料浪费,并降低对环境的负面影响,这一目标的实现不仅依赖于新型材料的使用和制造工艺的改进,更涉及设计阶段的优化决策,以确保船舶的全生命周期内能够有效地减少资源消耗和污染排放。具体而言,绿色船舶结构设计的优化要素之一是结构轻量化,在船舶设计阶段,通过采用高强度、低重量的材料,如铝合金、碳纤维复合材料等,能够显著减轻船体的自重。结构轻量化的直接效益在于减少了船舶的燃料消耗,提高了航速和能源利用效率。例如,铝合金材料具有较高的比强度和耐腐蚀性,在船舶结构中使用,不仅能够减轻船体重量,还能有效延长船舶的使用寿命,减少维护和修理的需求^[4]。与此同时,碳纤维复合材料因其优秀的强度重量比,成为船舶设计中的热门材料,尤其在高速船舶和轻型船舶的结构中得到了广泛应用。除此以外,绿色船舶设计的优化还应关注能源管理系统的优化。在船舶运行过程中,能源消耗往往是影响环境污染的重要因素。因此,优化船舶能源管理系统,降低能源消耗,是绿色船舶设计的关键组成部分。优化策略包括对船舶动力系统的重新设计与集成,例如采用双燃料发动机或混合动力系统,配合太阳能和风能等可再生能源的辅助供电,以减少传统化石燃料的依赖。

3.2 合理利用计算机辅助设计

随着绿色船舶设计理念的逐步深入,计算机辅助工程(CAE)技术已成为推动绿色船舶结构设计创新和优化的重要工具,通过采用CAE技术,设计师可以在船舶设计的早期阶段对结构、材料和性能进行全面分析和仿真,从而优化设计方案,提高设计效率和精度,同时减少对环境的负面影响。CAE技术能够通过计算机模拟和仿真分析,帮助设计师在虚拟环境中提前发现设计中的潜在问题并进行优化,避免了传统设计方法中繁琐的试错过程,节省了大量时间和成本。设计师可以通过虚拟建模对船舶的各个部件进行细致分析,模拟船舶在不同工况下的表现,进而调整设计以实现最佳的性能和环境适应性。绿色船舶结构设计注重材料利用效率和资源消耗的最小化,CAE技术通过优化材料选择和结构布局来支持这一目标。设计师可以在设计阶段利用CAE技术对不同材料进行模拟,评估其性能和环境影响,选择更加环保和高效的材料。例如,在优化船体结构时,利用CAE技术可以进行材料的轻量化设计,既满足船舶的强度要求,又能减少船体的重量,降低船舶的能耗和排放,通过对船舶流体力学特性的模拟分析,设计师能够有效降低船舶在水中的阻力,提高航行效率,减少燃料消耗,从而达到绿色设计的目的。

4 结束语

绿色制造技术作为船舶结构设计中的核心技术之一,正在逐步改变传统船舶制造模式,通过环保性能、能源效率和经济效益的不断提升,绿色制造技术不仅推动了船舶行业的可持续发展,也为企业带来了新的发展机遇。随着技术的不断进步和全球环保标准的提高,绿色船舶设计将成为未来船舶制造的主流趋势,推动整个行业迈向更为环保、高效和智能的方向。

[参考文献]

- [1]张建波.绿色制造工艺在船舶结构中的设计及应用[J].船舶物资与市场,2023,31(08):53-55.
- [2]包健.绿色制造技术在船舶结构中的运用[J].船舶物资与市场,2021,29(04):55-56.
- [3]迟宝朋,吕延鹏.绿色制造工艺在船舶结构设计中的应用[J].船舶物资与市场,2021,(01):73-74.
- [4]王乐,吕忠杰.浅析绿色制造技术在船舶结构中的运用[J].船舶物资与市场,2020,(11):43-44.

作者简介:

李少泽(1987--),男,汉族,河南灵宝人,本科,工程师,研究方向:船舶设计与制造。