

# 海工船舶改装对船舶结构强度的影响分析

马钦超

上海中远海运重工有限公司, 上海 201913

**摘要 :** 本文对海工船舶改装对船舶结构强度的影响进行了分析。在引言部分, 介绍了船舶结构强度的基础知识, 包括船舶结构的组成和功能、结构强度的定义和重要性以及结构设计和评估标准。接着, 探讨了船舶改装的类型和影响因素, 包括主要改装类型和影响改装对结构强度的因素。在改装对船舶结构强度的影响方面, 分析了改装前的结构评估和分析、改装过程中的结构修改和强化, 以及改装后的结构评估和分析, 并讨论了结构强度的变化和潜在影响。此外, 介绍了结构强度评估方法和工具, 包括结构分析方法和结构评估工具和软件。最后, 研究了改装对船舶安全性和运营的影响, 包括结构强度改善对船舶的安全性和可靠性的影响、改装后的运营限制和条件, 以及经济效益与风险评估。本文的研究结果有助于深入理解海工船舶改装对船舶结构强度的影响, 为改装设计和评估提供参考依据。

**关键词 :** 海工船舶改装; 结构强度; 结构评估; 改装类型; 安全性

## Analysis on the influence of Marine Ship Modification on Ship Structural Strength

Ma Qinchao

Shanghai COSCO Shipping Heavy Industry Co., LTD, Shanghai 201913

**Abstract :** This paper analyzes the influence of Marine ship modification on ship structural strength. In the introduction section, the basic knowledge of ship structural strength is introduced, including the composition and function of ship structure, the definition and importance of structural strength, and the structural design and assessment criteria. Then, the types and influencing factors of ship modification, including the main modification type and the factors affecting the structural strength, are explored. In terms of the influence of modification on the ship structural strength, the structural assessment and analysis before modification, structural modification and reinforcement during modification process, and structural assessment and analysis after modification, and the changes and potential impact of structural strength are discussed. Besides, introduce the structural strength assessment methods and tools, including structural analysis methods and structural assessment tools and software. Finally, the impact of modification on the safety and operation of ships are studied, including the impact of structural strength improvement on the safety and reliability of ships, the operational restrictions and conditions after modification, and the economic benefit and risk assessment. The results of this paper contribute to a deep understanding of the impact of Marine ship modification on ship structural strength, and provide a reference for modification design and evaluation.

**Key words :** marine ship modification; structural strength; structural assessment; type of modification; safety

## 一、引言

海工船舶改装是指对现有海工船舶进行结构和设备的调整和改变, 以适应新的工作需求或提升船舶性能的过程。在进行海工船舶改装时, 船舶的结构强度是一个至关重要的考虑因素。改装可能引入新的设备、更改舱室布局、加装货物起重设备等, 这些改动都可能对船舶的结构强度产生影响。

船舶结构强度是指船舶抵抗外部载荷作用下保持稳定和完整的能力。结构强度的充分保证对于船舶的安全性和可靠性至关重要, 特别是在面对恶劣海况和极端工作环境时。因此, 对于海工船舶改装的结构强度分析和评估显得尤为重要。

本文旨在分析海工船舶改装对船舶结构强度的影响。首先,

我们将介绍船舶结构强度的基础知识, 包括船舶结构的组成和功能, 结构强度的定义和重要性, 以及结构设计和评估的标准。接着, 我们将探讨海工船舶改装的类型和影响因素, 包括主要的改装类型以及影响改装对结构强度的因素。

## 二、船舶结构强度基础知识

### (一) 船舶结构的组成和功能

海工船舶的结构由各种组件和部件构成, 包括船体、甲板、舱室、支撑结构等。船体是船舶最主要的结构部分, 通常由船壳、船底、船舱侧壁和船首船尾组成。船舶的甲板提供了船上的工作平台, 用于装载设备、存放货物以及进行作业活动。舱室是

用于居住、办公、存储货物和设备等的封闭空间。支撑结构包括框架、纵横材料等，用于增强船体的刚度和强度。

船舶结构的主要功能包括承受外部载荷、保持结构稳定性、分担船舶自重荷载以及提供载货和工作平台等。船舶在航行过程中会受到来自波浪、风力、水流等外部载荷的作用，结构必须能够抵御这些载荷，并保持良好的稳定性，以确保船舶的安全性和航行性能。

### （二）结构强度的定义和重要性

船舶结构强度是指船舶在受到外部载荷作用下保持稳定和完整的能力。结构强度的定义通常涵盖结构的刚度、承载能力、抗挠性和抗疲劳性等方面。船舶结构必须能够承受不同方向和不同类型的载荷，包括静载荷和动载荷，并保持结构的完整性，防止结构破坏和失效。

结构强度在船舶设计和运营中具有重要的意义。良好的结构强度能够确保船舶在各种工作条件下的安全性和可靠性。对于海工船舶而言，面对恶劣的海况和复杂的工作环境，结构强度尤为重要。合理的结构设计和强度评估可以减少结构的疲劳和应力集中，延长船舶的使用寿命，并降低维修和维护成本。

### （三）结构设计和评估标准

船舶结构的设计和评估需要遵循一定的标准和规范，以确保结构的强度和安全性符合国际标准。

#### 1. 国际海事组织（IMO）标准

IMO 是制定和推广船舶安全和环境保护标准的国际组织。IMO 发布了一系列关于船舶结构设计和评估的规定，包括《国际海事公约》（SOLAS）和《船舶结构规范》（船级社规范）等。这些规定涵盖了船舶结构设计、结构材料、强度计算方法和结构评估要求等方面。

#### 2. 船级社规范

船级社是船舶安全和结构认证的机构，它们制定了适用于不同类型船舶的结构规范。船级社规范包括了结构设计的要求、材料强度、焊接和连接方法、结构强度计算方法等。常见的船级社包括美国船级社（ABS）、挪威船级社（DNV）、劳氏船级社（LR）等。

#### 3. 国际标准组织（ISO）标准

ISO 发布了一系列关于结构设计和评估的标准，其中包括船舶结构设计、结构强度计算方法、结构疲劳评估等方面的标准。这些标准旨在确保船舶结构在不同工况下具有足够的强度和可靠性。这些标准不仅涵盖了船舶结构设计的原则和要求，还包括了结构强度计算方法和疲劳评估的准则。通过遵循这些标准，船舶设计和改装可以更加科学和可靠，确保船舶在各种条件下的安全性和性能稳定。这些标准的制定和应用将推动船舶结构领域的发展和进步，为船舶行业的可持续发展作出贡献。

#### 4. 结构分析和强度计算软件

为了进行船舶结构设计和评估，各种结构分析和强度计算软件被广泛使用。这些软件基于有限元分析等方法，可以对船舶结构进行静态和动态分析，计算结构的应力、变形和疲劳寿命等参数。

遵循这些标准和规范可以确保海工船舶改装后的结构强度满足国际要求，提高船舶的安全性和可靠性。此外，定期的结构检查和评估也是确保船舶结构持续安全运营的重要环节。通过遵循相关标准和

规范，船舶所有者和设计师可以更好地了解 and 评估船舶结构的强度和可靠性，并采取必要的措施来提升结构的性能和延长使用寿命。

## 三、船舶改装类型和影响因素

### （一）主要改装类型

改装过程中可能需要增加新的设备，如安装更强大的动力系统、增加作业设备或航行辅助设备等。这种改装通常涉及安装新的设备支撑结构、布线调整等。为适应新的作业需求或提升工作效率，改装可能涉及对船舶内部舱室的布局重新设计和调整。这可能涉及墙壁、隔板、楼梯、通道等的移动或重新构造。为了提升船舶的装卸能力，改装可能需要在船上加装货物起重设备，如起重机、吊索系统等。这种改装需要考虑设备的重量、位置以及与船体结构的相互影响。针对特定的任务需求，改装可能需要增强船舶的载重能力，包括通过加固甲板或船体结构，提升船舶的承载能力和稳定性。

### （二）影响改装对结构强度的因素

#### 1. 船舶原始设计

船舶的原始设计对改装后的结构强度产生重要影响。改装时必须考虑船舶原始设计的结构特点、材料强度、荷载分布等因素。如果改装超出原始设计范围，可能需要进行结构修改或强化，以满足新的工作要求和荷载条件。<sup>[1]</sup>

#### 2. 改装过程中的结构修改

在进行船舶改装时，可能需要进行结构的局部或整体修改。这些修改可能包括削减或增加结构元件、改变连接方式、增加支撑结构等。这些改变对船舶的结构强度会产生直接影响，需要进行详细的结构分析和评估。

#### 3. 改装类型和程度

改装的类型和程度也会影响船舶的结构强度。不同类型的改装会对不同部分的结构造成不同程度的影响。例如，增加设备可能会增加船体的重量和荷载分布，而改变舱室布局可能会导致结构的重心偏移和应力集中。因此，在进行改装时需要综合考虑改装的类型和程度对结构强度的影响，并进行相应的结构评估。

#### 4. 结构强化和加固措施

为了确保改装后的船舶结构具有足够的强度和稳定性，可能需要采取结构强化和加固措施。这包括使用更高强度的材料、增加支撑结构、加固关键区域等。改装过程中的结构强化和加固工作需要充分考虑改装目标、船舶原始结构以及适用的结构设计标准和规范。<sup>[2]</sup>

综上所述，船舶改装对结构强度的影响受到多个因素的综合影响。在进行改装前，需要进行详细的结构评估和分析，以确定改装对船舶结构强度的影响程度，并采取必要的措施来确保改装后的船舶结构具有足够的强度和可靠性。

## 四、改装对船舶结构强度的影响

### （一）改装前的结构评估和分析

在进行海工船舶改装之前，必须进行结构评估和分析，以评估当前船舶结构的强度状况和潜在问题。这包括对船体、甲板、

舱室等结构部件进行检查，检测可能存在的疲劳、腐蚀、裂纹或变形等缺陷。通过非破坏性检测、可视检查和结构分析等手段，可以获取结构的几何形状、材料特性和强度参数等关键信息。

### （二）改装过程中的结构修改和强化

在改装过程中，可能需要对船舶结构进行修改和强化，以满足新的工作要求和载荷条件。这包括增加或调整结构元件、加固关键区域、改变连接方式等。结构修改和强化必须根据具体需求和设计要求进行，同时遵循适用的结构设计标准和规范。

### （三）改装后的结构评估和分析

完成改装后，需要对船舶结构进行再次评估和分析，以验证改装的效果和结构的强度。通过结构分析和计算，评估改装后的结构在静态和动态荷载下的应力、变形和疲劳寿命等性能。这可以帮助确认改装后的结构是否满足设计要求，并提供必要的技术支持。

### （四）结构强度的变化和潜在影响

改装对船舶结构强度可能产生多方面的变化和潜在影响。改装可能导致结构的重量、荷载分布和应力状态发生变化，从而对船舶的结构强度产生影响。同时，改装后的结构可能会对船舶的稳性、航行性能和船舶系统产生影响，需要综合考虑这些因素。

## 五、结构强度评估方法和工具

### （一）结构分析方法

#### 1. 有限元分析（FEA）

有限元分析是一种基于数值方法的结构分析技术，通过将结构划分为有限数量的单元，以数学模型来描述结构的行为。它可以计算结构的应力、变形、应变等参数，并评估结构的强度和稳定性。<sup>[3]</sup>

#### 2. 强度计算方法

强度计算方法是基于经验公式和材料力学原理，根据结构的几何形状和荷载条件来计算结构的强度。常见的强度计算方法包括静力学方法、弹性力学方法和塑性力学方法等。

#### 3. 疲劳寿命评估

对于需要长期运营的海工船舶，疲劳寿命评估是一项重要的结构强度评估内容。通过疲劳寿命评估，可以分析结构在长期循环荷载下的损伤累积情况，从而判断结构的耐久性和可靠性。

### （二）结构评估工具和软件

#### 1. 船级社规范

船级社发布的规范提供了船舶结构设计和评估的准则和要求。船级社规范包含了结构强度计算公式、材料强度要求、焊接和连接规范等内容，是进行船舶结构评估的重要参考资料。

#### 2. 结构强度计算软件

有许多商业化的结构强度计算软件可供使用，例如 ABAQUS、ANSYS 等。这些软件具有强大的计算和分析功能，能够模拟不同工况下的结构响应，提供详细的强度评估结果。

#### 3. 疲劳寿命评估软件

针对疲劳寿命评估，存在一些专门的软件工具，如 nCode、FEMFAT 等。这些软件可以进行疲劳分析，计算结构的疲劳寿命

和可靠性，并根据疲劳损伤累积情况进行结构设计和优化。

## 六、改装对船舶安全性和运营的影响

### （一）结构强度改善对船舶的安全性和可靠性的影响

船舶改装中的结构强度改善措施对船舶的安全性和可靠性具有重要影响。通过改装加固和强化结构，可以提升船舶的抗风浪、抗冲击和抗疲劳能力，降低结构失效和事故风险。改装后的结构强度增强，能够更好地承受荷载和外界环境变化，提高船舶在恶劣海况下的稳定性和航行安全性。

### （二）改装后的运营限制和条件

船舶改装可能会引入新的运营限制和条件。改装后的船舶结构可能会对载重能力、航行速度、操作灵活性等产生影响。改装可能导致船舶的重量和重心位置发生变化，因此需要重新评估船舶的稳性和操纵性能，确保满足相关法规和要求。此外，改装后的船舶可能需要遵守特定的操作规程和限制条件，以确保船舶的安全运营。

### （三）经济效益与风险评估

在进行船舶改装时，需要综合考虑改装带来的经济效益与风险。改装可以提升船舶的性能、功能和适应性，使其适用于新的任务 and 市场需求。改装后的船舶能够提供更高的运营效率、降低能耗、增加装载能力等，从而带来经济效益。然而，改装也涉及一定的成本和风险，包括改装费用、运营限制、技术可行性等方面。因此，需要进行综合的经济效益与风险评估，确保改装的可行性和可持续性。

## 七、结语

通过深入了解海工船舶改装对船舶结构强度的影响，可以为相关行业的从业者和决策者提供指导和参考，以确保改装项目的成功实施和船舶的安全运营。未来的研究和实践将进一步推动船舶改装技术的发展和革新，以适应不断变化的市场需求和技术要求，并不断提升海工船舶的效率和可持续性。在未来，随着技术的进步和行业的发展，海工船舶改装的需求也将不断增长。技术的进步将为海工船舶改装提供更多创新的解决方案。例如，新材料的应用和结构设计的优化将使得改装后的船舶在强度、重量和耐久性方面都具备更高水平。同时，智能化技术的应用也将为船舶改装带来更多的可能性，例如自动化系统和监测装置的引入，将提升船舶的操作效率和安全性。

### 参考文献：

- [1] 邵亮, 李路遥. 船舶浮态下改装工程大开口变形控制分析 [J]. 江苏船舶, 2021, 38(05): 18-19+23.
- [2] 陈伟, 周均怡, 李晓奎, 周翠兰, 黎继胜. 关于船舶改装中电缆连接方式的探讨 [J]. 船舶标准化工程师, 2021, 54(05): 87-91.
- [3] 蒋士兴, 韩海坤. 机舱风机与海水泵变频技术在船舶改装上的应用 [J]. 中国修船, 2021, 34(S1): 33-35.