

# 海损船修理技术方案研究及工程实践

龙 哲

上海中远海运重工有限公司 上海 201913

**摘要：**海损船修理是保障航运安全、延长船舶寿命的重要技术领域。本文针对艏部碰撞和舷侧碰撞两种典型事故，详细阐述船体线型复原、船体结构复原、结构强度评估等关键技术，为船舶海损修理提供了新的技术方案。

**关键词：**海损修理；碰撞损伤；线型复原；结构复原；强度评估

## 引言

随着全球航运业的快速发展，船舶的安全性和可靠性日益受到关注。船舶在遭遇海损后往往面临复杂的修理问题，不仅关系到船舶的后续使用安全，还直接影响航运企业的经济效益。然而，目前针对海损船的修理技术研究相对不足，缺乏系统性的技术指导和标准规范。在实际修理过程中，常常面临损伤评估不准确、修理方案不合理、质量控制不到位等问题，导致修理效果不理想甚至出现二次损伤。

本研究旨在系统探讨海损船修理的关键技术，包括船体线型复原、船体结构复原、结构强度评估等，为实际修理工作提供理论依据和技术指导。通过深入分析修理过程中的技术难点和解决方案，期望能够提高海损船的修理质量和效率，降低修理成本，保障船舶的安全。

## 1 艏部碰撞修理

### 1.1 事故特点

船舶事故中，如果艏部受到撞击，通常会发生以下几种情况：

1.1.1 结构变形与凹陷：艏部外板在正面碰撞中易因冲击力向内凹陷，导致钢板屈曲或褶皱；支撑外板的横向肋骨或纵骨可能弯曲、断裂，尤其在碰撞点附近；若碰撞位置靠近水线以上，艏楼甲板或舷墙可能因冲击力向上或向下扭曲；水线下球鼻艏破裂，甚至完全脱落。

1.1.2 水密完整性丧失：撞击可能导致外板撕裂，引发艏尖舱进水；冲击力可能使原有焊缝裂开，进一步扩大进水风险。

### 1.2 修理目标

船舶艏部碰撞后的修理目标是恢复船舶的结构完整性、安全性、航行性能以及符合相关规范要求，同时兼顾经济性和修理效率。具体修理目标可分为以下几个方面：

#### 1.2.1 恢复结构强度与稳定性

修复变形与断裂：更换凹陷、弯曲的外板、肋骨、纵骨等结构，恢复结构强度，确保其能承受设计载荷。

保证水密性：修复裂缝、穿孔部位，确保艏尖舱、压载舱等水密隔舱的完整性，防止进水。

#### 1.2.2 确保航行安全与性能

恢复船体型线：修复艏柱、球鼻艏等部位的原始线型，减少航行阻力，避免因变形导致操纵性恶化或燃油效率下降。

校准导航设备：修复或更换受损的雷达、桅杆、航行灯等，确保符合《国际海上避碰规则》要求<sup>[1]</sup>。

检查锚泊系统：修复锚链舱、锚机，确保锚泊功能正常。

#### 1.2.3 控制修理周期和坞期

最小化修理周期：采用分段预制、并行作业等方式缩短工期。

坞期控制：尽量不进坞修理或者减少坞内工程量。

## 1.3 修理方案

如主要受损区域位于水线以上，在方案制定时，尽量在浮态施工。以某散货船艏部碰撞受损修理为例（项目A），修理方案如下：

### 1.3.1 准确勘验受损范围，合理划分换新分段

该船艏部右舷受损严重，范围从FR240至船艏，L7至右舷、7m水线以上全部结构。修理时结合该船结构特征，采用立体分段、平面分段与散装相结合的施工方式；艏部FR252~船艏上甲板以下区域分为三个主要立体分段、若干曲面分段，其余位置散装。

### 1.3.2 拆除受损结构

由于艏部结构对船舶总纵强度影响较小，可通过调节压载，确保施工范围全部位于水线以上，一次性割除全部受损区域结构，并对边缘部位变形的部分进行矫正。

### 1.3.3 分段预制

根据原船结构图，艏部线型图、外板展开图等原船资料，结合左舷未受损区域实际测量数据，对艏部线型进行准确放样，确保与受损前的原船线型保持一致，不影响船舶性能。随后依据分段范围和艏部线型数据，完

成立体分段和平面分段的设计图纸,在车间进行钢板下料、曲面外板加工、分段焊接和预制等。

#### 1.3.4 分段安装

将预制完成的分段驳运至码头,进行吊装。定位时使用激光全站仪,结合现场测量数据测量、定位工装件等手段,保证吊运安装精度<sup>[2]</sup>。



图1 浮态下艏部碰撞结构换新

如主要受损区域位于水线以下时,与上述方案区别在于只能在坞内进行拆旧和安装,其余步骤基本一致。此时要注意分段预制的准确性和完整性,节约坞内安装时间。下图为另一艘艏部碰撞的散货船(项目B),主要受损区域位于水线以下,拆旧和换新工作全部在坞内完成。



图2 坞内艏部碰撞结构换新

#### 1.4 修理效果

项目A全部修理工作在码头浮态完成,所有分段均准确安装,大幅提升修理效率。项目B拆旧和换新在坞内完成,由于分段划分合理,分段精度控制到位,仅5天完成全部坞内修理工作。

### 2 舷侧碰撞修理

#### 2.1 舷侧碰撞与艏部碰撞的主要区别

##### 2.1.1 功能影响

舷侧:侧重水密性维护和稳性;

艏部:聚焦航行性能,如线型、阻力与锚泊功能。

##### 2.1.2 修理难点

舷侧:需评估船舶总纵强度,不能随意切割,避免切割导致船体变形;

艏部:线型复杂,需高精度复原复杂曲面,包含球鼻艏等。

##### 2.1.3 经济性差异

舷侧:大面积换新成本较高,工程量较大,涉及大量结构换新;

艏部:修理范围相对较小。

### 2.2 修理方案

以某集装箱船舷侧碰撞受损修理为例,因为与另一艘船相撞,导致船体一侧平行中体部分需要全部换新,换新长度35m,换新高度14m,换新宽度2.0m。如按进坞后换新全部受损结构,搭载顺序为自下而上,坞期预计需要25天。

由于受损严重,如按常规项目在码头上进行割旧-安装-焊接过程,则船舶的总纵强度不满足船级社规范要求,存在发生船舶整体变形和结构破坏的重大风险。在坞内施工时,除侧面钢结构大面积换需要占用较长的坞期外,还受制于坞内的门机起重能力、分段/片体转运能力、场地协调等,整体来说坞内的施工条件远不及码头,坞内施工效率低于码头,进一步加长了坞内施工的周期。因此需科学制定修理方案,在满足船舶总纵强度要求的前提下,让尽量多的修理环节具备在码头施工的可能性,减少坞内修理环节,节约坞期。同时,将换新分段或片体做大,提高施工效率;制定合理的施工工序,为现场创造良好的施工条件,提高施工质量;优化加强方案,减少不必要的绑扎,节约材料和人工成本<sup>[3]</sup>。修理方案如下:

##### 2.2.1 调整压载。

通过装载仪模拟该船配载,将船舶静水弯矩调到许用弯矩的26%,此时首尾吃水差达到船长的2%,最大程度减少静水弯矩对总纵强度的影响。

##### 2.2.2 结构强度评估

通过有限元计算软件进行强度评估,分别计算各种状态下,受损区域上部和下部切割后受力特性及应力水平,提供方案决策依据。计算表明,总体上该项目可以在码头进行上部结构换新并在完工后进行下部受损结构部分割除,仅保留必要的纵向构件以保证船舶结构安全,局部应力较大区域需要进行临时绑扎加强,弥补结构换新过程中的强度损失。

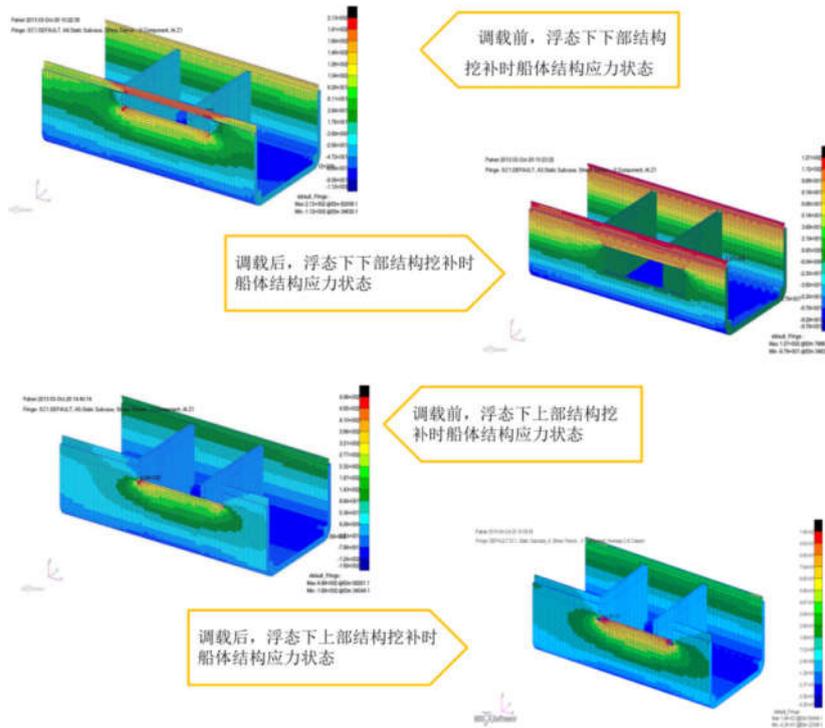


图3 浮态下不同工况结构强度计算

根据计算结果、现场实际情况、吊机能力及坞期状态，确定修理方案为，在码头进行上部结构的换新——完工后在码头对下部受损结构的部分割除——进坞后排出货舱内压载水，割除下部剩余受损结构，最后进行下部结构新分段的搭载。

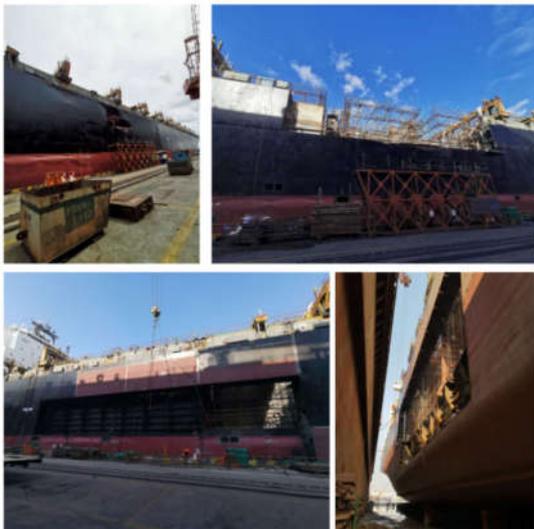


图4 受损区域及修理方案

### 2.3 修理效果

通过调整船舶压载、制定合理的技术方案，使得该项目在满足船舶总纵强度要求的前提下，在码头上完成了大

量修理工程。原本计划坞期占用时间为25天，通过方案优化后，整体码头施工时间为15天，坞期缩短为10天，大幅提高了施工效率和质量。同时根据有限元计算结果，制定了科学的绑扎方案，节约了材料和人工成本。

### 结束语

本研究通过分析艏部碰撞与舷侧碰撞两类典型海损事故的修理技术，提出了一套科学、高效的海损船修理方案，为船舶安全性和经济效益的平衡提供了重要技术支持。创新了修理技术方法，通过立体分段划分、精准线型复原及浮态作业技术，成功实现艏部水线以上区域修理的码头化施工；基于有限元分析的实时强度校核，优化了舷侧修理的施工顺序，在保证总纵强度的前提下，将坞期减少了60%；采用激光全站仪定位等技术用于船舶修理，显著提高分段安装精度；工程实践成效显著，对其他海损船的修理具有借鉴和指导意义。

### 参考文献

- [1]某船重大海损及修理检验[J].黎庆芬.船海工程.2014,第2期
- [2]“梦幻之星”船海损修理[J].冼石芳,胡声坤.中国修船.2014,第2期
- [3]海损船修理工艺要点分析[J].单炳田.中国修船.2022,第3期