

船舶修理（改装）的典型工况

陈建平

（华南理工大学 土木与交通学院，广东 广州 510664）

摘要：提高船舶修理（改装）工程中的技术水平，是现代修船企业做大做强的基本保证。在船舶修理（改装）工程中，会出现各种各样的因施工造成的船体结构载荷的变化，为了保证船舶修理工程的顺利进行，就必须清楚具体的载荷情况，文章分析了在船舶修理（改装）过程中出现的典型工况以作为制订施工工艺方案的力学依据。

关键词：船舶修理（改装）；典型工况；载荷分析

中图分类号：U672 **文献标识码：**C **文章编号：**1001-8328（2008）06-0035-03

Abstract: To improve the working condition in our shipyards, the technology is the most important factor. The ship's structure is often damaged in the course of repair or conversion, for the part or whole. It's very important to keep ship's basis stress to meet the different load at different part of the vessel. This paper analyzes the case of the typical load and the influence to typical part of ship's construction, which should be the mechanics basis for the engineering plan.

Key words: ship-repair (conversion); typical loading; loading analysis

0 前言

在船舶修理（改装）工程中，船体结构往往因海水的腐蚀或者货物本身的腐蚀等自然因素，而变得薄弱起来^[1]，其中船壳板和船舶压载舱室的结构又是最容易被腐蚀而变薄的，从而损失了原来设计的强度值。在船舶设计建造时，对船体每一部分的结构都有严格的强度要求，在一部分结构强度开始损失的情况下，按照船舶建造规范的要求，必须对船体结构强度（局部和整体）进行重新评估和校核，这些在船舶设计和制造规范上都有严格的说明。

按照上面所述的校核要求，会出现必须对损失了的船体强度（局部或整体）进行补强的情况。补强方式一般有两种，一种是对已经损失了强度的船体部分结构进行拆换，另一种则是在原结构的基础上直接进行加强^[2]。考虑到一般情况下损失部分不是很大，且进行加强占据的空间可能加大，甚

至会改变原结构的力学性能，因此工程中所采取的方式多为第一种情况。

在这种对船体结构进行拆换的工程中，就出现了一个因拆而产生的强度损失问题。那么在工程实际中，如何来分析和解决这种因施工需要而产生的强度损失问题呢？首先必须对施工所造成的对船体强度的影响进行分类。下面按照在船舶修理（改装）工程中常见的4种情况，对因结构的短暂缺损（拆）而产生的外载荷进行分析讨论。

1 局部拆换

局部拆换一般是指在局部范围内，对原结构先拆除，再换上新的结构。需要注意的是，因原结构的拆除，在新结构没有焊接好之前，使得船体在区域的局部强度减弱了，所以在施工工艺制定上需要清楚拆除的步骤、拆除的构件数量等^[3]。下面为一散货轮的槽型舱壁，因钢板厚度变薄而需要拆换的例子，拆换的区域如图1所示。

作者简介：陈建平（1973-），男，湖北黄梅人，高级工程师，在读博士研究生，主要从事船舶修理管理工作。

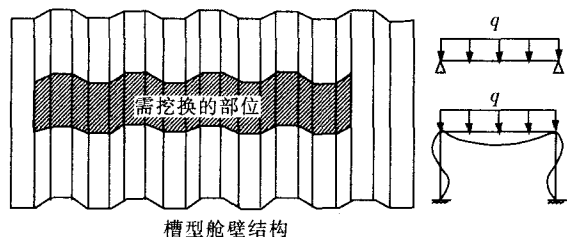


图 1 需要拆换钢板的散货船槽型舱壁

将图 1 所示部分拆除后, 原结构的整体性和连续性就被破坏, 原先的强度 (结构的应力) 就会按照新的情况重新分布。从力学角度不难看出, 作为垂直方向对上部结构 (舱间甲板、舱口围等) 所起的支撑作用已不复存在, 在横向为船壳起连接作用的拉力也发生间断。所以, 壁板被拆除后的整个横舱壁可以理解为一个由舷侧板做支点的受压梁结构 (其中 q 为作用在梁上的均布载荷), 和一个由主甲板作为横梁、舷侧板作为支架的钢架结构 (如图 1 右所示)。很显然, 这两个力学模型所要关注的, 就是作为横梁结构的主甲板变形情况, 以及作为支撑结构的舷侧板变形情况。

2 工艺孔的开挖

在船舶修理 (改装) 工程中, 工艺孔的开挖是非常常见且不可避免的。对施工而言, 工艺孔越大越好, 但要考虑到船体的局部和总体强度, 又不可能无限制地开大, 所以如何对工艺孔的大小和数量进行控制是非常重要的。对于局部小的工艺孔开挖, 一般只是在两根纵骨或肋板之间进行, 不会切断纵向骨材, 这样的工艺孔一般不会对局部和总体强度造成明显破坏, 如图 2 所示。

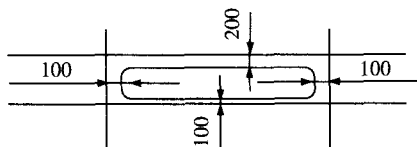


图 2 船舶修理中工艺孔示意图

但对于某些特殊工程, 如需吊装大型机械设备或者大型结构构件时, 就需开挖一些较大的工艺孔, 甚至在有些工程中, 不仅工艺孔要开大, 而且在数量上还较多, 如某些改装船工程中需要加装大量的钢结构, 新预制的分段较多等。主甲板是直接参与船体总体强度的关键结构, 不管是横向还是纵向强度, 都与主甲板的强度有直接关系。而改装船往往为了满足分段吊装的需要, 需要开较多和较大

的工艺孔。

船体可以看做箱体梁, 主甲板的开挖, 相当于将连续的箱体梁顶板断开, 船体在自身重力作用下, 并在受到并非均布的浮力支撑下, 必然会产生弯折变形现象, 如图 3 所示。

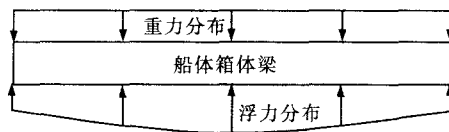


图 3 船舶箱体梁

准确分析这种因工艺孔的开挖对船体的总体强度的影响, 对于制定合理的施工工艺非常重要。上述工艺孔的强度问题, 通常可分为两种情况考虑。一般情况下, 主甲板的局部拆换 (或工艺孔) 对船体的总体强度影响并不大, 只需要对其局部强度的影响进行校核; 但在改装船的工程中, 主甲板的开孔往往是为了对结构进行进一步的拆除, 即开工艺孔是为了后续的拆断横框架用的, 所以这种结构破坏是可以叠加的, 往往具有更严重的破坏性。

3 结构的加强

因为功能改变或者特殊原因, 有时需对某一结构进行加强处理。加强处理, 因不涉及到原结构的拆除, 所以一般不会对该结构所在区域的局部强度造成消减, 相反还会对局部或整体强度有增强作用。这种加强是为了对船体的总体强度进行增补, 是根据船舶被加长后为了满足总体强度的需要而采取的措施。还有一种情况, 是因船舶某些部位在设计时强度裕度不足或者因使用腐蚀原因强度减弱, 或者因某种特殊需要对该部位进行加强, 比如根据 SOLAS 规范, 前几年对所有散货船进行了强度校核, 结果提出了对大批散货船的货舱要进行肋骨强度增补要求。某船舶的发电机底座振动较大, 经计算, 是发电机的工作振动频率与底座结构 (连带该部甲板结构) 的频率相当所引起的共振所导致的, 这时就需对该部分的结构进行加强处理, 以消除共振现象^[4]。

4 改装船的整体强度

随着改装船市场的日益兴旺, 对改装船的强度设计问题也日益突出。一方面在改装船设计之初, 就须对改装完成后 (即达到改装功能目的后) 的

强度是否满足相应的强度规范要求, 进行设计和校核; 另一方面, 在改装施工过程中, 对厂家而言, 须保证改装工作工程中的施工安全 (船舶结构安全), 这就要求必须科学合理地制定施工工艺, 这种情况下的强度计算和校核也是非常重要的。

改装船的情况一般比较复杂。改装船的工程涉及的区域可能遍布全船, 而且改装工程往往是功能性的改装^[5], 所以对结构的破坏是全面性的。不同于为了施工需对原结构的拆除 (破坏) 而造成的阶段性的强度损失, 改装不仅要考虑到船体的局部强度校核, 还要对船体的整体强度进行校核。例如某单壳原油船, 船东计划将它改装成双壳的原油船, 按照设计, 需加装新的内底板和新的纵向内壳, 如图 4 所示。

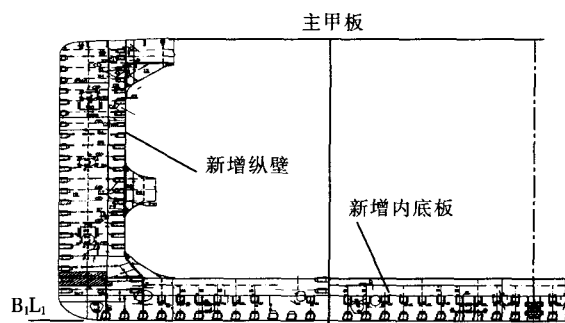


图 4 单壳油船改双壳油船示意图

须对船体总体强度的影响进行分析。现在一般的修船厂对如何较准确地把握这个问题还存在一定的难度。

5 总结

在对具体的典型工况的处理过程中, 为了便于计算, 须对实际的结构进行简化, 在简化模型的基础上, 施加外载荷, 再运用船舶结构力学的基本理论和方法来计算船体结构的应力和变形情况。为了满足计算的需要, 可以将船舶修理 (改装) 工程实际情况下的船体结构的简化模型分成两个类型, 一是基于传统船舶结构力学基础上的“力学模型”, 二是在便于现代计算机计算和有限元理论分析的“船体模块”, 这两个类型有渐进的关系。与船舶设计建造中的结构强度计算一样, 船舶修理 (改装) 实际的工程中, 对船体结构的改变 (拆装或新加), 同样是应用力法、位移法、能量法和矩阵法等方法。但与船舶设计不同的是, 船舶修理 (改装) 是在原有结构被拿掉后, 产生新的外载荷和新的边界条件, 这时要对新情况下的强度进行计算和校核, 确定在新的外载荷和边界条件下的结构应力和变形。

参考文献

- [1] 孙光二. 船舶修理工程中几个问题 [C]. 船舶维修理论与应用文集. 中国造船工程学会, 1999: 292.
- [2] 陈丹涌, 伍志坚. 船舶结构缺陷及其修理的一般原则 [J]. 中国修船, 2005, (6): 28-30.
- [3] 储开荣, 倪宗运. 船舶板和构件的大面积割换 [J]. 中国修船, 2004, (5): 25-26.
- [4] 盛振邦, 刘应中. 船舶原理 [M]. 上海: 上海交通大学, 2004.
- [5] 陈登华, 张雨华. 浅谈船舶改装工程 [C]. 船舶维修理论与应用文集. 中国造船工程学会, 2001: 237.

收稿日期: 2008-06

(上接第 34 页)

在整个施工过程中, 与上述两类改装一样, 对外档的靠船情况要严格控制, 对货舱区域甲板中拱值进行定期测量来监控船体变形情况。

4 结束语

我厂已完成上述船舶的三类改装工程, 上述的改装设计在我厂的后续改装船中不断的进行推广应

用。已完工的改装船中, 吨位从 3.5 万 t 到 30 万 t 不等。其中我厂对 VLCC 油轮 (G GLORY “至高荣誉”号) 的双壳改装, 改装后 254 m 长的货舱区域中拱值仅比开工前增加三十几毫米, 达到船东的高标准要求。在水面漂浮状态进行的船舶改装工程中能控制到如此小的变形, 说明我们的改装设计方案和变形控制措施是十分有效的。

收稿日期: 2008-07