

## 某轮船体结构损坏案例

### 一、 船舶基本信息

LOA×LBP×B×D: 114.00×137.5×20.42×11.75 (m)

总 吨 位: 9182

净 吨 位: 6152

船 型: 普通干货船

### 二、 事故简要经过

标题轮在 2005 年 8 月于国外某港装货时，由于船舶配载不当，导致 NO. 2&4 货舱二甲板上的货物重量超出二层甲板的允许负荷，从而引起 NO. 2 & 4 货舱二层甲板损坏和船体结构的变形。

由于当时船舶所在港口的条件所限（修理价格昂贵、修理能力有限以及当地办事效率低下），以及船舶运输的货物价值大，船东恳请我社在临时修理的情况下，同意船舶载货至卸货港，然后至中国进行永久性修理。

### 三、 损坏情况

1. 右舷主甲板下第 2 和 3 列外板，在#117—119 肋位之间和#123—136 肋位之间连续挠曲变形，最大处约 100 毫米。左舷主甲板下第 2 和 3 列外板，在#117—119 肋位之间向外鼓出，最大处约 300 毫米。左舷主甲板下第 2 和 3 列外板，在#123—134 肋位之间连续挠曲变形，最大处约 100 毫米。见图 1。



图 1

2. 二层甲板和二层甲板舱口纵桁严重变形，见图 2。



图 2

3. 二层甲板板多处撕裂，见图 3。



图 3

4. 货舱肋骨在上部 1/3 范围内显著弯曲变形。见图 4。



图 4



5. 二层甲板横梁变形，见图 5。



图 5

6. 前后舱口端横梁变形，舱口端横梁左后端断裂，见图 6。



图 6

#### 四、 损坏原因分析

本次船舶损坏是货物超载所致，分析如下：

- A. 原货物积载图的货物分布如下：
  - a. NO. 1 下货舱准备装载 1500 MT；
  - b. NO. 2 二层甲板装载 1500 MT，NO. 2 下货舱装载 2700 MT；
  - c. NO. 3 下货舱装载 1700 MT；
  - d. NO. 4 二层甲板装载 1100 MT；NO. 4 下货舱装载 2000 MT；
  - e. NO. 5 货舱装载 1500 MT。
- B. 从大副提交的资料获悉，船舶装载的货物名称：FERRO SILICO MANGANESE，查阅 BC CODE，硅锰合金应为 SILICO MANGANESE，但从货主的传真中获悉，货物的密度是  $3-3.46 \text{ t/m}^3$ 。
- C. 查阅船舶的有关图纸获悉，内底板的负荷最多只能承受 3 米高的该密度货物，二层甲板最多只能承受 1 米高的该货物。而当时 NO. 2 货舱的二层甲板上已载货物最高达 3 米高的货物。
- D. 由于码头装货没有用抓斗平舱，故货物堆积成锥形。造成局部货物重量远远超出结构允许负荷。

综上所述，货物重量远远超过结构的允许负荷，从而导致 NO. 2 货舱的二层甲板和二层甲板上舱口盖严重下凹变形，以及相邻舷侧肋骨、横梁等构件等变形。

#### 五、 船舶临时修理方案

本次临时性修理方案的制定，主要从以下几个方面考虑：

- 1. 总纵强度：
  - A. 本船图纸资料匮乏，无法开展定量的强度计算；
  - B. 根据标题轮 2004 年 3 月的测厚和总纵强度校核报告，在总纵强度方面，经估算二甲板纵桁失效后，总纵强度富裕量只有 0.8%，还没有考虑二甲板及其纵向构件的失效，因此，该船当时的实际剩余总强度是不可能满足规范要求的。
  - C. 损坏部位接近中和轴，对总强度影响较小，故同意采取临时性修理。
  - D. 另外，2004 年总纵强度计算仅包括了规范要求的船中基本剖面 W0 的校核，

并没有计入实际装载后船体梁上弯矩剪力分布对船体梁应力的影响，这极有可能造成船体梁应力超出许用值的安全隐患。

因此，综上所述，船舶的总纵强度是无法满足的，如果要在现有结构基础上补强总强度，则必须彻底修复受损的二甲板结构，或在强力甲板上加设纵向连续构件，但当时现场不具备有这样的条件。因此，决定限定该轮返航的海况条件，通过良好的气象条件和均匀的配载，来降低波浪和静水弯矩对船体的弯曲强度要求。具体要求如下：

- A. 对修理后的航行限制在对中拱状态要求的前提下。书面要求大副对船舶的油水及货物装载进行详细估算，以保证装载后船舶有合理的纵倾并保持适当的中拱状态，以改善二甲板的受力状态。由于无法事先进行精确核算，以保证船舶在装载后保持适当的中拱状态，在装货完毕并平舱后，现场验船师将根据船舶六面吃水的读数来判定船舶是否符合规定状态，否则船方有义务对舱内货物或油水进行调载以满足要求。
- B. 船舶航行于风力小于 7 级的海况；
- C. 船东申请气象导航，以选取气象条件最佳的航线；
- D. 在整个航程中，船员应保持对货舱区域内的货舱及其它液舱液位的连续观察；
- E. 在整个航程中，船员应保持对本次损坏和临时性修理区域结构的监控。如果出现损坏进一步扩大或出现新的损坏的情况，应立即采取相应的措施并报告。

## 2. 局部强度：

由于本次船舶的损失是货物超载所致，因而对船舶的局部强度方面要求如下：

- A. 二甲板不允许载货；
- B. 货物装载要满足装载手册的所有适用的限制条件；
- C. 适当减载，确保内底板所承受的负荷小于许用负荷；
- D. 重新制定配载图，并由现场验船师确认。

船舶标题轮装载和货物高度要求如下：

货舱	货物重量 (MT)	货物高度 (m)	货物高度 (m)
		假设密度为 3.0 T/ m <sup>3</sup>	假设密度为 3.4 T/ m <sup>3</sup>
NO. 1	1500	2.50	2.13
NO. 2	3000	1.70	1.47
NO. 3	700	2.90	2.53
NO. 4	2700	2.10	1.83
NO. 5	1100	2.35	2.04
总计	9000		

吃水：F： 5.80 M； A： 8.10

装货后，稍微中拱。

### 3. 支柱的加强：

为了避免二层甲板在返航途中的变形加剧，当时准备加设支柱予以局部加强。由于二层甲板到主甲板的高度为 3 米左右，到舱底板大约 7.5 米，为了减少施工难度，当时的初衷是准备在两层甲板间加设支柱，后来考虑到如船舶在返航途中如船舶中垂，支柱将起相反的作用，另外支柱对二层甲板的支撑作用远大于它的拉扯作用。最后动员船东在二层甲板和内底板之间加设支柱对损坏的二层甲板予以加强。那么支柱位置又是如何选取呢？

- A. 由于左舷二层甲板比右舷凹陷严重，决定在左舷二层甲板舱口围位置加设两根，右舷加设 1 根支柱予以加强；
- B. 为了避免支柱的加设引起新的局部强度问题，当时充分考虑了支柱下的加强：
  - a. 根据规范要求，支柱应设置在实肋板与桁材的交叉点上，如不设在交叉点上则应在支柱下面设置局部肋板和局部桁材；
  - b. 查阅图纸发现，由于靠近二层甲板舱口围纵桁位置的双层底旁桁材位于舱口开口线之内，因而如支柱设置在该旁桁材和实肋板的结合处，支柱上端将无法支撑到二层甲板。因此，如要保证支柱上端有效地支撑二层甲板，支柱底端将只能支撑在内底纵骨与实肋板的结合处，那么就须对该处的结构进行适当的加强；

- c. 鉴于当时船舶为了进行损坏检验，船舶卸货已在当地停泊达一个多月，因此进双层底进行局部加强，时间和条件不允许。当时就考虑采用在内底板上加设“临时小凳”的方法来降低该处内底板所受的局部负荷强度；
- d. 根据图纸，实肋板间距为 1 米，因此当时准备以实肋板和内底纵骨的交叉点为中心，在内地板上纵向加设高度为 600mm 的纵桁，纵向长度为前后各 2 档实肋板间距即 2 米（由于 NO.2 货舱的开口长度为 12.95 米，如前后各延伸三档，将严重影响铲车的平舱工作），在纵桁两侧的实肋板位置处各加设三块肘板，然后在纵桁上面加面板，支柱就安装在该“小凳”上，并在支柱下端纵横方向加设 4 块 200 X 200 mm 的肘板连接支柱和“小凳”面板，其中纵桁厚度为 14 mm，其余板材为 12 mm。（双层底纵桁材、旁桁材、实肋板厚度为 11.5mm，内底纵骨为 220X9.0mm 的球扁钢，内底板厚度 12.5mm，支柱直径 340mm，管壁厚度 12 mm）。
- e. 但在现场确定施工位置时发现，货舱开口线内的实肋板间距为 1M，但开口线外的实肋板间距为 3M，这样就无法采用在内底板上加设临时小凳的临时修理方案；
- f. 按上述分析，在内底板上加复板，中点选取在实肋板和内底纵骨的交叉点，然后将支柱加设在复板上，纵横各加设两块肘板。复板尺寸为 14 X 2000(横向) X 1000（纵向）mm，在实肋板位置反面加设 2 块横向肘板：10X600X1000mm， 在内底纵骨反面加设纵向 2 块肘板：10X200X300mm。通过肘板和复板的作用，将力合理地传递到实肋板和内底纵骨上。加强的支柱照片见图 7。





图 7

4. 主要构件的修理:

- A. 二层甲板板材多次撕裂，为了保证板材的完整性和防止裂纹的进一步扩展，要求进行割换并单面焊双面成形；
- B. 为了保证货舱舷侧结构的完整性，对于根部撕裂的肋骨，进行补焊或部分割换并加设根部肘板，来加强肋骨根部的强度；对于下货舱变形的肋骨，通过加设防倾肘板（前后延伸两档肋位）进行局部加强。见图 8 和图 9。



图 8



图 9

## 六、 案例要点

1. 查最近一次测厚报告和总强度计算；
2. 查装载负荷；
3. 通过适当配载调整船舶的状态；
4. 同意载货是考虑了船舶的受力状况；
5. 查装载手册和稳性资料，尽可能降低损坏部位的弯矩和剪力；
6. 考虑航行限制和气象条件，使用气象导航。
7. 结合实践经验和规范计算来处理船舶事故是目前较好的一种方法。避免现场验船师“盲目”地制定修理方案，增大风险；也可以避免规范审图人员“盲目”的计算，脱离现场实际；
8. 对船舶结构的海损处置，建议引入 CCS ERS（应急响应服务 Emergency Response Service）来协助船东和验船师处理危机；但需要事先建立船舶数据库和资料，避免出现标题轮这种“资料无法及时完整获得”的被动局面；
9. 此次标题轮成功的处理方案，可为今后类似案例提供借鉴和指导。