

双舷壳结构以及 UR S25 对散货船强度设计的影响

潘希颖

(法国船级社上海办事处,上海 200031)

摘要: IACS 的 UR S25 以及海安会关于双壳散货船的建议对于散货船设计的影响逐渐引人注目,本文从结构强度的角度出发对标题 2 和标题 3 进行探讨,初步得到一些有意义的结论。

关键词: UR S25; 双壳结构; 散货船; 结构强度设计

中图分类号: U661.43; U663.1 **文献标识码:** A

Abstract: With the issue of IACS UR S25 and IMO MSC's decision about Double Side Skin (DSS) construction for bulk carriers, the influence of these measures is capturing more attention. This Paper discusses such influence on the ship strength design, and some meaningful conclusions are reached.

Key words: UR S25; double side skin(DSS) construction; bulk carrier; strength design

1 引言

随着海安会 76 届会议(MSC 76, Dec. 2002) 决策的通过,双壳散货船的推广逐渐浮出水面。由于单壳散货船结构的特点,舷侧结构是薄弱环节,据统计 1999~2000 年期间约 70% 以上的人员伤亡事故由船体结构损坏引起,其中尤以舷侧外板损坏的发生率最高,这样的数据与十几年前的统计结果相比相差无几(按 1989 年劳氏统计数据,50% 以上的船体损坏由舷侧结构的破坏引起)。由于单壳散货船事故频繁发生,散货船采用双壳结构的呼声早已出现,海安会的决议是这种呼声的必然反映。依据海安会的决议,IMO 预计将于 2006~2007 年左右强制要求船长大于 150 m 的散货船采用双舷壳结构。几乎与此同时,为了提高散货船装载机动性和容错能力,IACS 提出了 UR S25 统一规范,并已经于 2003 年 7 月生效。以上这些国际组织新提出的决议无疑将对散货船的设计发生重大影响。

2 结构特点及可能引起的问题

采用双壳结构无疑将大大提高散货船的安全性,目前有关双舷壳最小宽度的规定大致如下。

收稿日期:2003-11-03

作者简介:潘希颖(1974-),男,硕士,工程师

1) 按照 IMO DE 64 建议案中散货船的定义,内部结构或障碍物之间的距离不小于 600 mm,结构外壳板与内壳板之间的距离不小于 1 000 mm (SOLAS II/3-6)。

2) IACS 目前建议的最小通道宽度:横骨架式为 600 mm,纵骨架式为 800 mm。

因此横骨架式内外板之间预计可能采用的宽度为 1 050 mm(灵便型)~1 200 mm(好望角型);纵骨架式内外板之间预计可能采用的宽度为 1 250 mm(灵便型)~1 450 mm(好望角型)。

从结构强度角度来说,采用双舷壳形式主要有以下好处。

1) 由于增加了两道纵舱壁,舷侧结构由开式变为闭式,船舶的整体性能得到改善。这种整体性能的变化直接反映在:提高了船体梁剖面模数,使得船体抗弯性能得到加强;有效地改善了船体梁抗剪能力,舷侧结构承受的剪应力降低;有利于增加船体结构的抗扭转能力。

2) 如措施适当,可考虑双壳作为压载水舱,增加中部压载舱容积,有利于减小设计状态下的中拱静水弯矩。

3) 采用横向肋板可以避免单壳结构中舷侧肋骨趾端的疲劳节点。

以上这些优点对于结构设计十分有意义,考虑到船体梁总纵强度的提高以及舷侧抗剪性能的改善,船体舷侧外板的厚度可以较单壳散货船降

低,加上取消了舷侧肋骨,这些因素有效地补偿了散货船因改为双壳而增加的钢料重量。

表 1 反映了某最大灵便型单壳散货船改为双壳前后船体各部分钢料重量的变化。

表 1 采用双壳前后船体各部分钢料重量变化比率

| 位置 | 钢料增加比率 |
|-------|--------|
| 甲板 | +0.025 |
| 舷顶列板 | -0.050 |
| 舷侧外板 | -0.273 |
| 舳部外板 | 0.000 |
| 船底板 | -0.030 |
| 内底板 | 0.000 |
| 底边舱斜板 | -0.026 |
| 顶边舱斜板 | +0.126 |

考虑到增设两道纵舱壁以及其它因素影响,该船钢料总重量增加大约为 3%。

对比分析某好望角型单壳散货船改为双壳散货船,可以得到表 2 所列数据。

表 2 单壳与双壳设计比较

| | 有效横剖面面积 /m ² | 惯性矩 /m ⁴ | 甲板剖面模数 /m ³ | 船底部剖面模数 /m ³ |
|------|----------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 舷侧单壳 | 5.32 | 559.04 | 41.12 | 51.27 |
| 舷侧双壳 | 5.63 | 579.58 | 42.23 | 52.09 |

从表 2 可以看出,改为双壳设计后,该船的剖面模数得到了有效提高。经过估算,该船的钢料重量仅增加 2.5% 左右。依据 IACS 提供的数据,相同类型的散货船采用双壳结构后增加的范围大约为 2% ~ 5%,与本文得出的结论相吻合。当然,随着载重量的减小,该比例可能会有所增加。可以预见,对于巴拿马型以上的散货船,尤其是对于好望角型散货船,由于采用双舷壳设计带来的钢料成本增加是有限的。

虽然,散货船双壳设计的优点十分明显,但结构变化所带来的影响也不可忽视。笔者采用 BV 的有限元分析软件 VeriSTAR 对几条双壳散货船进行了有限元分析。计算结果表明,采用双壳设计后散货船会出现以下值得注意的新问题。

1) 横向强框与底边舱顶板连接处成为新的高应力区,尤其在风暴压载状态下,双舷侧强框底部的剪应力相当高,图 1 为某散货船在风暴压载状态下的应力应变图。

在本例中,人孔附近的 Von Mises 应力高达 500 MPa 以上,这种高应力主要由剪应力引起。

较小的舷侧双壳宽度,比较稀疏的强框分布,以及垂向人孔的布置等,是造成剪力过高的原因。改进办法可以考虑局部加厚、采用更高强度的钢板以及在人孔边缘包封面板等方式。

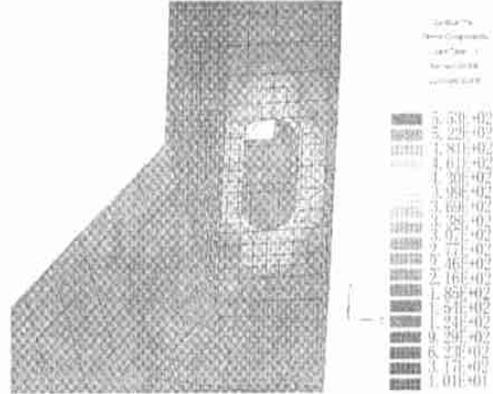


图1 舷侧强框底部出现高应力区/MPa

2) 内侧纵舱壁承受的剪应力要略大于舷侧外板所承受的剪应力,当接近横舱壁附近时这种差异更为明显。该问题主要出现在最大灵便型与巴拿马型散货船上。因此,在这两型散货船设计中往往会出现内侧纵舱壁的厚度大于外板厚度的现象,应引起设计人员的注意。

除此以外,由于缺乏足够的实船数据,散货船双壳设计可能带来的问题、新的疲劳节点的确定等等,仍有待进一步关注和研究。

3 UR S25 对结构设计的影响

为了统一船级符号和装载情况,IACS 在 2002 年提出了 UR S25 规范(修正版于 2003 年 2 月推出)。通过对部分散货船的计算与分析,认为 UR S25 对船体结构强度设计的影响决不是可有可无的。尤其在 2003 年 7 月 1 日该规范生效以后,结构设计人员必须对其有所了解。

UR S25 的主要内容包括以下几点。

1) 提出了统一的船级符号,根据货物密度与载重分布方式将散货船分为“BC - A”、“BC - B”、“BC - C”三种。

2) 定义了校核船体总纵强度、稳性、浮态的统一设计载况。

3) 定义了校核船体局部强度的统一设计载况。

在 UR S25 中出现的统一设计载况并不等同于实际营运中使用的装载工况,前者是用于校核船体梁弯矩、剪力、稳性以及局部强度的。

在以上提及的内容中,对结构强度设计发生影响的大致有以下两方面。

3.1 对总强度设计的影响

UR S25 对总纵强度的影响主要体现在其对正常压载工况的定义。正常压载工况下,UR S25 要求所有的专用压载舱全部打满并进行船体梁校核,这意味着以往在压载工况中可以不打压载水的首、尾尖舱如今必须打满,直接后果就是中拱静水弯矩的提高。表 3 是两条最大灵便型散货船在尾尖舱压载前后中拱静水弯矩的变化。

表 3 尾尖舱压载前后中拱静水弯矩的比较

| 最大灵便型散货船 | 中拱静水弯矩 (尾尖舱压载前) /t·m | 中拱静水弯矩 (尾尖舱压载后) /t·m |
|----------|----------------------|----------------------|
| 一 | 117 000 | 138 000 |
| 二 | 119 000 | 150 000 |

从表 3 可以看出,在相同的压载状态下,尾尖舱是否打水对中拱静水弯矩的影响相当大,同样的结论也可推广到首尖舱打水的情况。结合前述双壳散货船的优点,可以发现根据 S25 的要求,合理采用双舷壳设计会在调整最大静水弯矩方面更有利,表 4 为某最大灵便型双壳散货船在两种不同压载状态下静水弯矩的比较。

表 4 双壳散舷侧舱加压机载水对最大静水弯矩的影响

| 舷侧载况 | 吃水/m | 最大静水弯矩/kN·m |
|-----------|-------|-------------|
| 双壳全部为空 | 5.510 | 1 367 000 |
| 2、3、4 舱压载 | 5.640 | 1 213 000 |

很明显,当舷侧 2、3、4 号舱作为压载舱时,可以有效地降低中拱静水弯矩,改善船体总强度。

3.2 对局部强度设计的影响

UR S25 对结构强度设计的影响更多地体现在对局部强度的校核上,在规范要求校核的工况中出现了一些不同寻常但极为重要的工况。

1) 规范 5.2.3 中定义的载况

要求在最大压载吃水时,任意一个舱可为空舱。这样的要求对重货舱的设计提出了更高的要求。以往重货舱为空舱时底部只要考虑正常压载吃水时向上的压力,吃水增加,载荷也随之加大。

2) 规范 5.3.2 中定义的载况

该载况适用于所有不带“no MP”符号(非多港口装卸)的散货船。

相比 5.2.3 节,本节的要求更为严格,因本节要求在 83% 夏季最大载重吃水下校核任意一舱为空舱的情况,吃水的加大使得重货舱船底板架的屈

曲问题更为严重,图 2 为一条好望角型双壳散货船重货舱船底板架在本工况下的应力应变图。

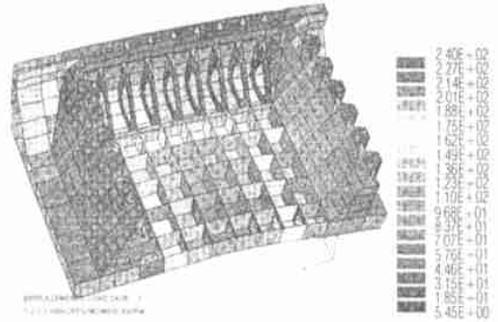


图 2 工况 5.3.2 下重货舱底部板架的应力应变情况/MPa

有限元计算结果显示整个货舱底部外板在受压情况下都发生了屈曲问题,原来基本可以满足要求的船底外板如今需要大大加强。

3) 规范 5.3.3 中定义的载况

本载况适用范围与上节相同。

在本工况中要求校核在 75% 最大吃水下任意两舱连空的情况,计算表明这会导致船体底部板架会发生严重的屈曲问题,船体外板与底部肋板较之以前都需要加强(计算结果见图 3)。

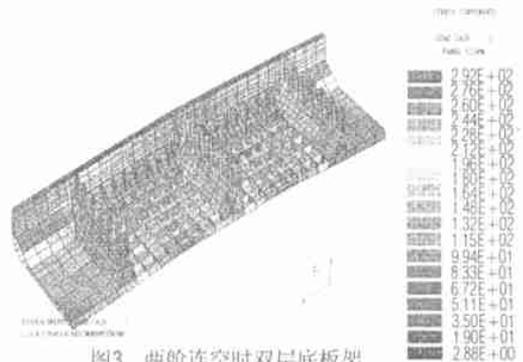


图 3 两舱连空时双层底板架出现严重屈曲现象/MPa

4) 规范 5.4.2 中定义的载况

本载况适用于有“BC-A”符号的散货船,图 4 为装载的示意图。

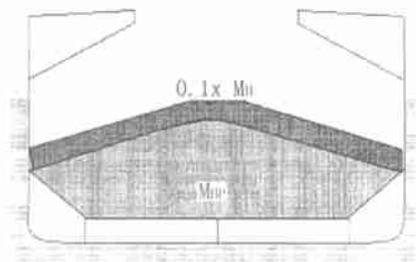


图 4 工况 5.4.2

船舶结构计算有关问题探讨

蒋治淮 胡士元 时明曙
(安徽省地方海事局,合肥 230011)

摘要:以一艘1600 t级货船为例,对《内河钢船入级与建造规范》中关于船体结构形式的认定,船底骨架构件尺寸总纵强度计算等内容进行分析,提出不同的意见。

关键词:货船;船体结构形式;船底骨架;总纵强度

中图分类号:U692.7⁺2 **文献标识码:**A

Abstract:With an example of calculation according to the Rule for a 1600 t cargo ship, the authors raise some different opinions to Rules and Regulations for the Construction and Classification of Inland Waterways Steel Ships, such as identifying the structural configuration, determination of the scantling of bottom frame, overall longitudinal strength calculation, etc.

Key words: cargo ship; structural configuration; bottom frame; overall longitudinal strength

1 引言

近年来,安徽省个体造船业发展迅速,船舶向大型化发展的趋势十分明显。但以往的个体造船,多数是无图施工,且船型复杂、技术含量低,有的在结构方面存在先天的不足与缺陷,给安全管理留下了隐患,引起了有关部门的重视。为规范造船行为,提高新建船舶的技术含量,保证新建船舶的适航率,有关部门组织科技人员设计出适合安徽省航运特点的系列图纸,从1000到3000载重吨不等。但在检验和审图中发现,这些系列图纸在结构计算中存在一些共性问题。

2 船舶概况及问题探讨

该设计船舶为横骨架式单甲板、尾机舱、尾甲板室,设有一个纵通货舱、双舷结构、航行于A级航区的干货船。按2002《内河钢船入级与建造规范》进行结构计算(以下简称“规范”)。主要要素如下。

| | |
|--------------|----------------------|
| 总长:62.50 m; | 方型系数:0.784; |
| 水线长:61.00 m; | 计算船长:61.00 m; |
| 肋距:0.50 m; | 航区:A,B级; |
| 船宽:11.40 m; | 货舱:35.00 m × 8.70 m; |
| 型深:4.65 m; | 设计吃水:3.85 m。 |

本节中定义的装载只针对重货舱,要求装载 $M_{HD} + 10\% M_{Fullld}$ 的载重量(M_{HD} 为重货舱许用的最大装载量; M_{Fullld} 指以某种虚拟密度装满货舱时的装载量,该密度为均匀装载时的装载量/货舱容积,且不得小于1.0)。从以上描述可以看出,在该工况下,重货舱的载荷要比隔舱装时的载荷更大,这无疑将提高对船底板架的要求。

综合以上各工况的要求,今后新设计的散货船需要对外底板、肋板、舷侧外板、舷侧纵舱壁、内底板进行加强,估计钢料重量增加的范围在6%~7%左右。以上所提到的只是在通常情况下容易引起结构强度问题的几种工况,并不能排除在

其它工况下会出现新的问题,设计人员需要针对实际情况进行分析。

4 结束语

散货船采用双壳设计有利于改善总纵强度。UR S25规范对重货舱设计的影响最大,对整个船体底部板架设计的要求提高。对于钢料重量的增加,UR S25的影响可能要大于单壳船改为双壳的影响。散货船安全性的提高始终是各方瞩目的重要话题。目前国际上有一部分船东开始倾向于订购双壳散货船,国内最近出现了几批最大灵便型双壳散货船的订单,同时好望角型的双壳散货船也已经在洽谈中。随着IACS以及IMO等国际组织的努力推动,150 m以上散货船采用双壳设计将成为必然趋势。

收稿日期:2003-06-02

作者简介:蒋治淮(1957-),男,大学,助理工程师