

# 50500DWT化学品/成品油船的开发设计

高全林

(广船国际技术中心)

**摘 要:** 本文就我公司自行开发设计的50 500 DWT化学品/成品油船线型、结构、分舱及稳性作了简要介绍。

**关键词:** MARPOL 型线 稳性 舾剖面

## 1 前言

为了提高船舶的安全性、环保性等方面的要求,规则、规范不断的进行修正补充,如共同结构规范(CSR),所有IACS成员单位对在2006年4月1日后签约建造的船长等于或大于150m的双壳体油船必须满足该规范要求,该规范统一了各船级社的最低安全标准,船体结构总的安全水平相当于或高于任何一家船级社规范所达到的水平,但将会使船舶的钢材重量有所增加,对我公司的主流产品--大灵便型油船影响尤为显著;MARPOL附则II对于有毒液体物质的污染分类进行了重新划分,并确定了新的分类体系X、Y、Z和OS类,经重新分类后的许多液货的污染等级提高了,因而对载运船型的要求也相应提高,原来许多成品油船能够运输的货品改为化学品船才能运输;MARPOL对燃油舱双壳的要求及货泵舱双底的要求等。

为了满足新规则、规范的要求,并根据液货船的市场需求情况,开发部从2005年初就开始着手自行开发设计了50 500 DWT化学品/成品油船,并成功推向了市场。

## 2 概述

该船为IBC Code 2型化学品船、整体式重力液货舱,货油舱和污油舱里采用酚醛环氧特涂,可以运输洁净或污浊的石油产品包括航空煤油和原油,符合特涂要求的IBC CODE中第18章货品及第17章无毒的化学品。

该船为单桨、柴油机驱动,设有1个半平衡舵;货舱区及燃油舱设双壳,有1个连续的上甲板,梁拱为500 mm;带有球首的倾斜式船首并设有1个首侧推及带有尾球的方形尾封板。不设压载泵舱,压载泵设置在边压载水舱内。

居住区、驾驶区和机舱区布置在船尾,上甲板上有1个6层的尾甲板室和1个首楼。

本船货舱按6种油级分组如下:

1组: 第1货油舱(左/右)

2组: 第2货油舱(左/右)和2个污油舱(左/右)

3组: 第3货油舱(左/右)

4组: 第4货油舱(左/右)

5组: 第5货油舱(左/右)

6组: 第6货油舱(左/右)

## 3 主要设计参数及入级

### 3.1 主尺度

总长: ~183.2 m

垂线间长: 176.0 m

型宽: 32.2 m

型深: 18.2 m

设计吃水 11.0 m

### 3.2 载重量

载重量: 50 500 DWT

### 3.3 舱容

货油舱(包括污油舱): ~58 000 m<sup>3</sup>

污油舱: ~5 200 m<sup>3</sup>

燃油舱: ~2 000 m<sup>3</sup>

压载舱: ~20 000 m<sup>3</sup>

3.4 航速及续航力

在设计吃水时，服务航速为14.5 kN，此条件下的续航力为12 000 n mile。

3.5 定员

本船定员为28人。

3.6 入级

该船入级DNV，挂方便旗，入级符号为：1A1, Tanker for Oil Products ESP and Chemicals ESP, EO, CSR, VCS-2, Ship type 2, a2, b3, c2, f2, str. 0.1, T-MON.

4 型线设计

船体型线设计是关系到船舶全局性的设计项目之一，该船的型线设计是以我公司一艘46 000 DWT油船为母型船，通过对母型船的船型资料及船模试验结果的分析，结合本船的使用要求及特点，对母型船的线型进行修改。

型线修改的主要目的：

(1) 满足总布置的要求，最大限度地提高船舶的货舱舱容，协调排水量、空船重量及载重量的关系；

(2) 减小船舶形状阻力，降低兴波阻力，改善伴流分布和螺旋桨进流，以提高船身效率，降低主机功率，提高船舶的快速性；

(3) 在保证船舶具有良好的操纵性能及船、机、桨良好匹配的前提下，改善船舶的浮态和稳性；

(4) 尽量减少双曲度线型以简化船舶的建造工艺，降低外板加工难度。

为了达到上述目的，我们用了近1年的时间对母型船的线型进行修改。在修改过程中我们对母型船的船模试验结果进行分析并积极与试验水池联系，利用水动力分析软件进行模拟试验，根据模拟试验的结果分析，与试验水池的专家们进行讨论来指导我们的线型修改。经过了多次反复修改后，于2006年4月进行了船模试验，试验结果能够满足我们的要求。在母型船线型修改过程中我们主要对下列几个方面进行了修改：

(1) 修改船舶的主尺度；

(2) 提高船舶的方型系数，以提高本船载重量；

(3) 进行船首及球鼻首各种方案比较，主要是球鼻首形状与线型形成良好的匹配以达到减小形状阻力，降低兴波阻力的目的；

(4) 平行舫体向首尾部过渡的线型修改；

(5) 改进船尾部水下横剖面的形状，以改善船尾的伴流分布和螺旋桨的进流，获得优秀的推进因子，减小螺旋桨的激振。

本船与母型船技术参数比较。见表1。

表1 技术参数

项目	母型船	本船
船长（总长）（m）	~183.0	~183.2
垂线间长（m）	174.5	176.0
型宽（m）	32.2	32.2
型深（m）	18.2	18.2
设计吃水（m）	11.0	11.0
排水量 T=11.0m(t)	51500	53500
货舱总舱容（m³）	~56000	~58000
航速（kN）	14.5	14.5

由表1的对照不难看出，通过对母型船线型修改后，排水量及舱容都增加了近2 000 m³，而在同主机，相同工况下的航速却没有降低。

5 分舱及稳性设计

稳性是保证船舶安全的基本性能之一，设计时必须保证船舶具有足够的稳性。油船/化学品船应满足下列稳性衡准：

(1) IMO RES.A.749(18)完整稳性；

(2) MARPOL 73/78 公约中的25A完整稳性；

(3) MARPOL 73/78 公约中破舱稳性要求；

(4) ICLL对不满足B型干舷的船舶的稳性附加要求。

船舶的分舱与稳性有着密切的关系，在不改变船舶的主要参数下，通过合理的水密舱室划分来满足稳性的衡准要求。为了实现这一设计目标，我们对多种设计方案进行详尽的分析研究和反复计算，最终确定了满足稳性要求的水密分舱。

尾部：本船为尾机型船，尾尖舱舱壁同时也是机舱的后壁。通过对尾管的布置（尽可能全包入尾尖舱内）、尾部应急消防泵舱、应急消防泵海水吸入口的位置、船尾部线型对船舶阻力和螺旋桨推进性能的影响等多方面进行分析。

机舱：结合本船的线型多次与机舱布置人员共同协商，并考虑到灵便型液货船的市场发展需要，14.5 kN的航速已经不能够满足船东要求，将来有可能换主机的布置要求，最终确定了机舱长度，紧靠在机舱前壁之前，设燃油深舱，作为机舱与货油舱分隔舱。

首部：为了最大限度地扩大货油舱的容积，在考虑了载重线公约对防撞舱壁位置要求的基础上，结合本船线型的设计、内壳布置、MARPOL公约对设置专用压载水舱应满足的最少压载水容量以及压载航行工况应满足的吃水和纵倾要求、巴拿马运河对吃水的要求等进行综合分析，以确定防撞舱壁的位置。

货舱区：货舱区水密舱壁的划分应综合考虑下述几方面：

(1) MARPOL公约对货油舱长度和单个货油舱容量的限制要求；

(2) MARPOL公约对专用压载水舱容量及吃水的要求；

(3) MARPOL公约对边舱宽度与双层底高度的要求；

(4) IBC CODE II型化学品船对边舱宽度与双层底高度的要求；

(5) MARPOL公约规定的破损范围；

(6) 永久性检验通道的要求；

(7) 各种部分装载时满足纵、横倾平衡及改善稳性；

(8) 减小货油舱自由液面对完整稳性的不利影响和改善恶劣装载工况的完整稳性；

(9) 满足CSR中避免附加拍击计算的舱长要求，保证船舶强度，减少船体纵弯矩，减轻结构重量。

通过对多个设计方案的计算与比较，最终确定了货舱区分舱。内壳及内底将整个货舱区分为货油舱区与压载水舱区，平行中体处内底高度为2.15 m，边舱宽度为2.0 m，在边舱内设3个开孔平台，货油舱区内设1道带下壁墩的中纵槽形舱壁，从燃油舱前壁向前伸至防撞舱壁，设6道带壁墩的水密横向槽形舱壁，把货油舱划分为6对货油舱和1对污水水舱；在压载水舱区内在货油舱横舱壁处设置水密肋板将专用压载舱分成6对L型压载舱，和一个U型压载舱，不设中间压载舱，见图1。

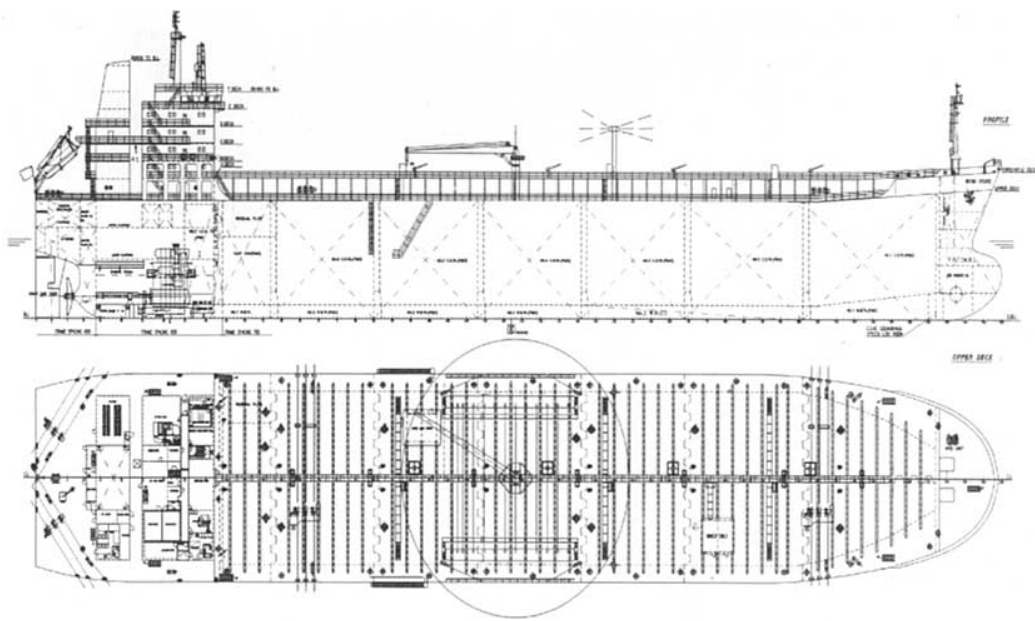


图1 船舱图

6 舢剖面设计

船舶舢剖面是整个船体结构设计的象征,舢剖面的特征值(舢剖面模数、舢剖面惯性矩)是船体总纵强度和刚度的表征。

由于共同结构规范(CSR)在2006年4月1日生效,对于船长等于或大于150 m的双壳体油船必须满足该规范要求,所以本船的结构需根据CSR进行计算。CSR对船级社、船东、船厂都是一个崭新的课题,它是新技术、新知识与经验型规范的结合,广泛采用了有限元分析方法。共同结构规范与以往各船级社的结构规范主要有下面几方面的不同:

(1) 强度计算中采用了新的载荷模型,所有规定要求都要涉及到新的载荷公式;

(2) 引入了净厚度的概念,设计阶段所作的强度计算是基于净尺度。把计算所要求的厚度与船舶营运寿命期内可接受的最低钢材厚度做了直接的链接;

(3) 腐蚀余量的差异,CSR腐蚀余量的规定已计及构件处所的位置和环境;

(4) 设计疲劳标准提高为北大西洋航行25年,要求增加细网格有限元分析范围及对易断裂区域专门的设计细节进行了规定;

(5) 新的屈曲规则,包括了压力的影

响,并考虑了屈曲模式与板材和扶强材的屈曲强度之间的相互作用。

(6) 船体梁最终极限强度的评估,要求全面校核船体梁的强度,屈曲和持续性塌陷模式,有效考虑了船体发生灾难性断裂的因素。

从2005年初我们就着手对本船的舢剖面进行设计,本船结构是根据新规范设计的,由于船级社、船厂都处在对新规范的认识、学习阶段,各个船级社的计算软件对新规范的结构计算还不够完善,所以我们分别与DNV、LR合作,利用船级社的软件进行本船舢剖面的结构计算,并用DNV的NAUTICUS做了货舱区3舱段的有限元建模分析。根据CSR设计的舢剖面与按各船级社规范设计的舢剖面的结构尺寸均有增加,主要是:底部外板增加了1 mm~2 mm;舷侧外板增加了1mm左右;甲板增加了1 mm~2 mm;内底增加了1 mm~2 mm;内壳增加了1mm左右;槽型壁增加了3 mm~4 mm;纵向骨材也各有增加;横向构件均需增加2 mm左右,而且通过计算舷侧的纵骨局部不能满足疲劳的要求,需要采用特殊的节点形式,经有限元分析(包括细网格)有一些局部部位需增加的更多,见图2。

(下转第16页)

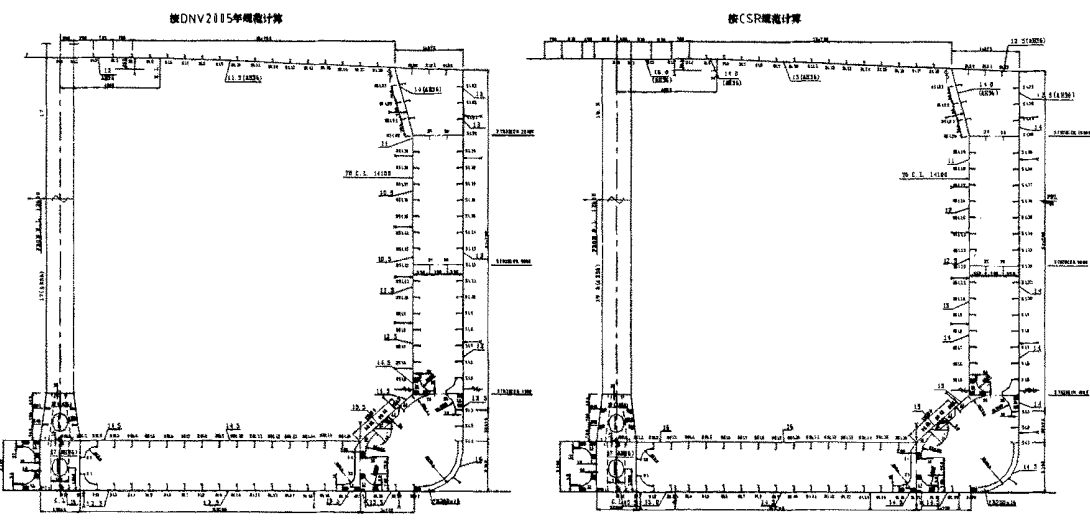


图2 舢剖面特殊节点有限元分析图

