

7 000 DWT成品油船型线设计

王文飞

(广州船舶及海洋工程设计研究院 广州 510250)

摘 要: 本文介绍了7 000 DWT成品油船主尺度的选择以及型线设计过程中考虑的一些要素及处理方法, 并通过对船模试验结果的分析, 并与其他同型船比较, 从而判别本船型线设计的优劣。

关键词: 船舶 主尺度 型线设计 横剖面面积曲线 球首

The Lines Design of 7 000 DWT Product Oil Tanker

Wang Wenfei

(Guangzhou Marine Engineering Corporation Guangzhou 510250)

Abstract: The factor and the resolution about selection of main dimension and lines design are introduced in this paper. By analysis result of the model test and compare with the other tankers of same type, we can determine which one is better.

Key Words: ship, main dimension, lines design, prismatic curve, bulbous bow

1 前言

7 000 DWT成品油船是我院为广东省机械进出口股份有限公司(GMG公司)设计的多型船舶中的一型。本船为单桨、单舵、连续甲板、尾机型船舶。货油舱区域设双底双壳保护, 设有尾楼、首楼甲板。居住舱室、驾驶室以及机舱控制室位于尾部。本船装运闪点小于60℃的柴油、汽油、煤油、植物油等, 并允许同时装载三种不同品种的油类。

GMG公司给予该项目极高的重视, 对船舶的性能也提出了较高的要求。在主机已经选定的情况下, 航速在主机功率为90%MCR时、试航条件下不小于12节。同时考虑到本船主要航线港口码头的条件限制, 设计吃水尽量不大于6.8 m。在设计吃水时载重量约7 000 DWT。

2 主尺度选择

在主尺度的选择过程中, 主要参考了GMG公司提供的有关7 000 DWT油船的母船资料, 并结合我院所设计的6 500 DWT油船的相关资料。两者的主尺度船长×船宽×型深×设计吃水(m)分别为110×17.6×9.0×6.6和95.1×18×9.5×6.8。相对于母船, 船宽增加到18 m对于阻力性能并没有太大的影响, 并且对舱容、稳性均为有利, 因此, 初步选定船宽为18 m。根据舱容要求, 通过船型体积立方数比较, 经过综合考虑载重量以及舱

容, 特别是MARPOL附则 I 第25A条中对完整稳性的衡准要求等因素, 型深取为9.9 m。最后利用船舶软件NAPA建立模型计算分析, 得到满足舱容要求、稳性的主尺度如下:

总 长: 110.15 m
垂线间长: 102.80 m
型 宽: 18.0 m
型 深: 9.90 m
设计吃水: 6.80 m

3 型线的设计

由于本船主机已经选定, 在满足了舱容要求和稳性衡准要求的情况下, 剩下的工作就是如何合理选择各型线参数, 设计出一个能满足航速要求的性能优良的型线。

首先, 是横剖面面积曲线。本船的傅氏数 $Fn = 0.194$, 通过排水量的初步估算, 在设计吃水为6.8 m时可以计算得到方形系数 $C_b \approx 0.75$, 在允许的范围内。横剖面面积曲线对于船体的兴波阻力有重要的影响。这里主要讨论横剖面面积曲线的首部形状的影响。首端形状取决于不同速度时兴波阻力的比重以及波峰的水压力在水平方向的分力大小。而带球首的型线的横剖面面积曲线的形状与普通船首的横剖面面积曲线有较大的区别。兴波阻力决定于进流段, 对于中低速船更是决定于19站以前的形状, 因此, 19站之前的形状、19站与后面线形的过渡显得特别的重要。本船傅氏数 Fn 大约为0.194, 处于低速船舶, 一般认为, 兴波阻力所占的比例不大。为了在船首处形

作者简介 王文飞(1979-), 男, 助理工程师。

收稿日期 2007-07-27

成低压区,以便和船体表面形成的高压区互相抵消,在7 000 DWT的横剖面面积曲线上19.5站时明显向下凹。另外,在浮心位置的选择时,根据与重量重心位置的比较,再考虑到最佳的浮心位置,得到本船浮心位置为舭前0.95%L。

6 500 DWT油船与7 000 DWT油船的横剖面面积曲线见图1。

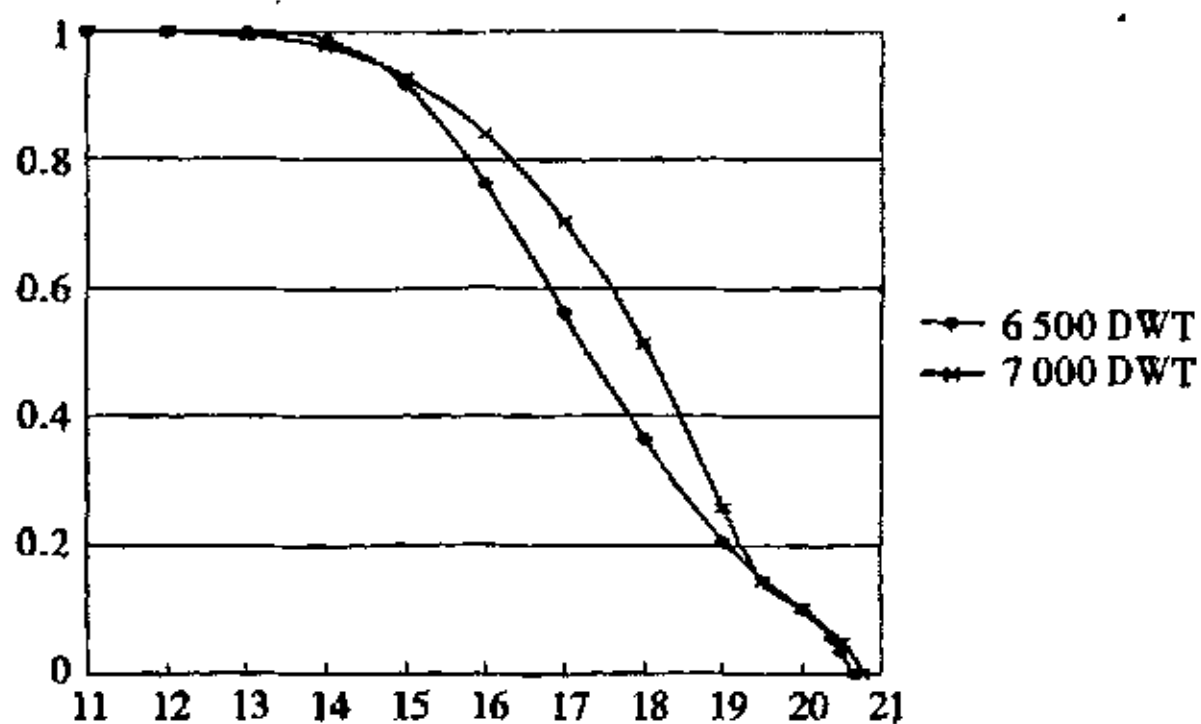


图1 6 500 DWT油船与7 000 DWT油船的横剖面面积曲线

其次,设计水线的设计也是至关重要的,而其中最重要的又是设计水线首端的设计。笔者认为,在低速时,设计水线首端的形状微凹、直线或微凸对阻力性能的影响并不是很大,关键是如何设计避免首端产生严重的水线突肩,而对阻力影响比较大的是水线首端的半进角。因为兴波主要产生在首端部分,如果半进角过大,将形成比较大的顶浪,形成高压区。理论上,设计水线半进角越小越好,随着航速的增加而减小。但是,考虑到实际情况,例如甲板面的操作要求、抛锚起锚的空间要求、首侧推的布置要求等,半进角就不能一味的追求小角度。根据综合考虑上述因素,本船进水角取为 22° 。

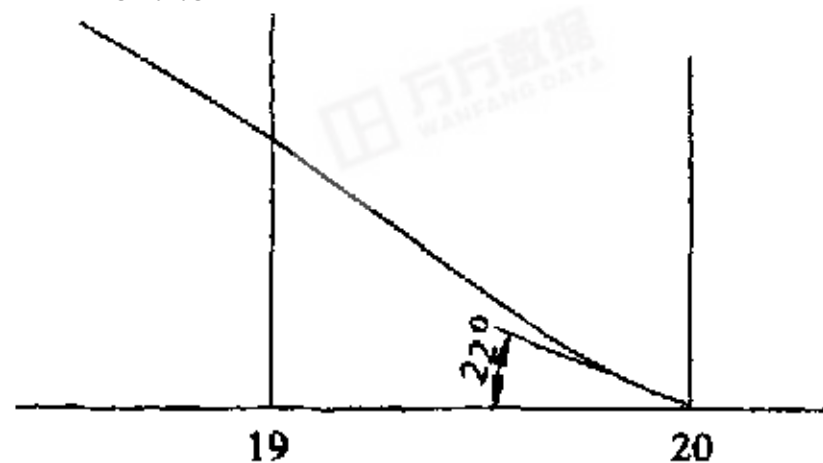


图2 设计水线半进角

最后,球首的设计可以说是本船型线设计的关键。曾经有结论认为,球首只适用于 $Fn > 0.23$ 的情况。但是,随着球首的广泛应用,球首的减阻作用已经越来越得到认可。目前,几乎所有的低、中以及高速的运输船上都采用了球首设计。

一般认为,球首在水下运动时会产生波浪,同时,船体在运动时亦会形成兴波。如果选用得当,球首产生的波系和船体产生的波系可以发生

有利干扰,即波峰与波谷叠加,互相抵消,合成波的波峰将降低,兴波阻力将下降。

兴波主要产生在船体首部满载水线部分。由于兴波的产生,首部压力增大,形成兴波阻力。因此,球首的设计就要考虑如何使得球首产生的波与船体产生的波相抵消。根据傅氏数的大小,可由公式 $\frac{\lambda}{L} = 2\pi F_n^2$ 大致推算出船体所产生的波长。球首在流体中运动同样产生波浪,不过一般由于球首处于水线以下而没有被直观的观察到,不过在做压载状态的船模试验时可以明显的观察到球首产生的波形。为了让球首产生的波与船体产生的波相抵消,球首应尽可能的靠近水面,因为球首越深,两者产生的波相抵消的部分就越少,消波作用就越不明显。

结合本船的傅氏数,本船采用相当于倒水滴型的球首设计。为了在20站附近形成低压区,横剖面宽度在19.5站比20站稍微增加,增加幅度为了保证19站与20站的光顺过渡。球首最大宽度以上基本为圆弧形,即为了在最大宽度以上形成一个半圆的椭圆形状的球首。最大宽度以下线形为了保证纵剖线的光顺而略有下凸形成一定的弧形。在设计水线附近的横剖线尽量往船中靠拢,以便形成较小的设计水线半进角。球首的横剖面见图3。

球首水线形状的设计以及与船体的连接对球首的效果有重要的影响。根据观察或参考到的资料,目前球首水线形状有的是接近直线型,有的为大圆弧形,有的为抛物线型。到底何种球首为好,需要通过试验加以分析比较。笔者认为,为了达到消波作用,球首最大宽度以上的水线最好为椭圆型,并且到20站处水线与椭圆相切过渡,并与船中心线平行。椭圆型球首的阻力性能最好,这也是为什么高速运动的鱼雷采用椭圆型首的原因。水线为圆弧或正圆过渡,将在球首前端产生顶浪,使阻力增加。本船在球首最大宽度时,20站及之前的水线接近为1/4椭圆形状,到20站时水线与船中心线基本平行,在19.5站左右向19站光顺过渡(见图4)。最大宽度以上同样采用了椭圆形状。球首最大宽度以下水线基本为流线型或抛物线型。

考虑到压载状态,本船取球首最前端距离基线的高度为4.89 m,约为72%的设计吃水。根据模型试验的结果看,该取值似乎偏高。球首上轮廓线基本与水线相切,形状接近椭圆型(见图5)。

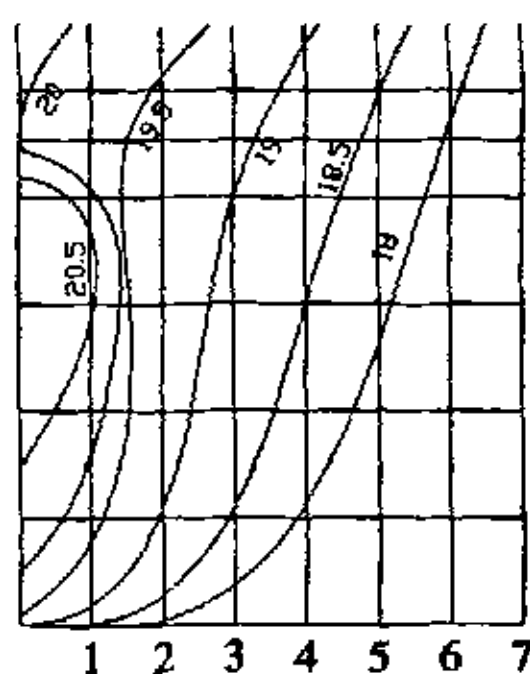


图3 球首横剖面

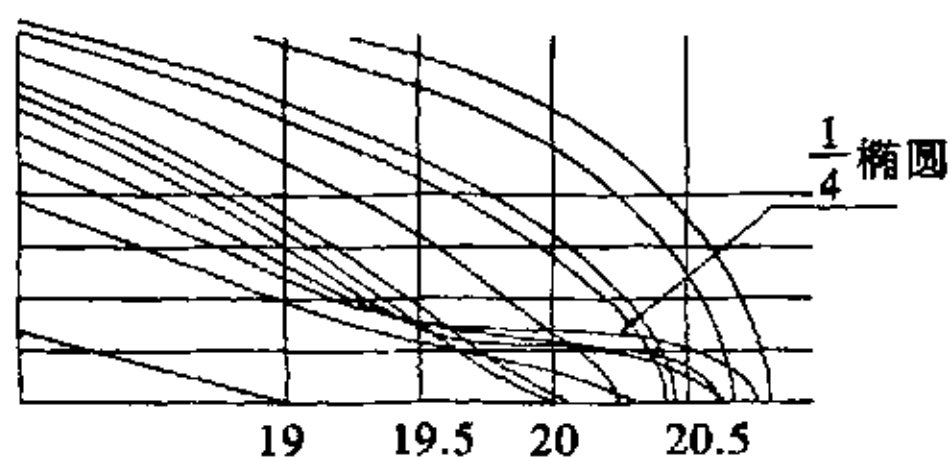


图4 球首水线

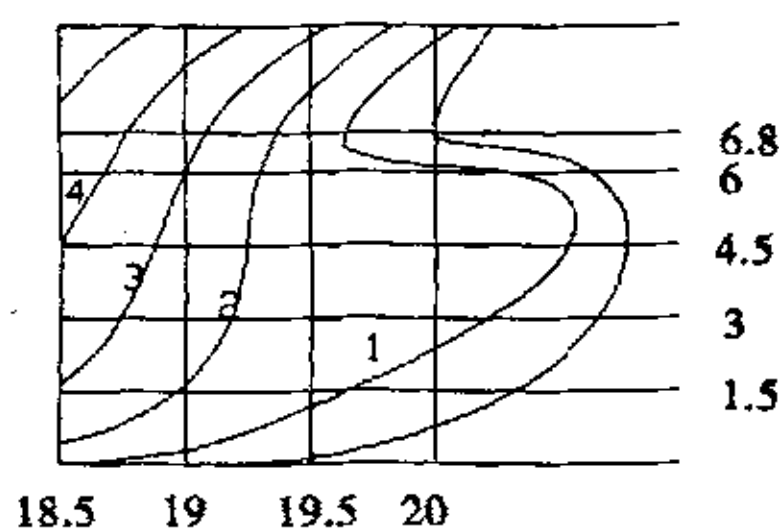


图5 球首侧视

4 船模试验结果分析

本船船模试验于2007年5月29日在华中科技大学交通学院船池进行,试验包括设计状态和压载状态两种工况。通过数据分析并与6 500 DWT油船比较,可以得到:

1) 从模型试验照片上来看,在设计状态时,6 500 DWT油船船体周围产生的波比较明显,可以认为球首没有发挥到明显的消波作用。而7 000 DWT油船船体周围产生的波很平缓,没有形成明显的波峰波谷,说明球首发挥了比较大的消波作用。

2) 在设计状态时,7 000 DWT油船剩余阻力系数比6 500 DWT油船下降16%~46%,比7 000 DWT母型船也有27%~32%的减少。

3) 在压载状态时,15kn(傅氏数0.241)及以上时,剩余阻力系数相对于设计状态有较大幅度的下降,可以看出在傅氏数0.241及以上时,球首的降阻作用也是很明显的。

三型船的剩余阻力系数比较见表1。

表1 三型船的剩余阻力系数比较表

航速 kn	傅氏数 Fn			剩余阻力系数 Cr E-3			剩余阻力系数 减少百分比%	
	6 500 DWT	7 000 DWT 母船	7 000 DWT	6 500 DWT	7 000 DWT 母船	7 000 DWT	与6 500 DWT	与7 000 DWT 母船
10	0.166	0.156	0.161	1.661	1.911	1.396	16	27
11	0.183	0.171	0.177	1.829	1.913	1.31	28	32
12	0.20	0.187	0.193	2.115	1.857	1.288	39	31
13	0.216	0.202	0.209	2.656	2.011	1.443	46	28

5 结论及推论

通过对7 000 DWT油船船模试验结果的分析,可以得出以下几条结论:

1) 根据阻力试验结果,本船能够满足船东所提出的航速要求。当然最后的航速要根据实船试验结果得到。

2) 相对于7 000 DWT母船,本船最后选定的船长比母船短了7.2 m,而船宽则加大了0.5 m。从阻力的观点来看,本船将比母船稍有下降。但是试验结果表明,本船的阻力性能并不比母船差。可见只要合理选择各个参数,就可以得到性能比较优良的型线。

3) 球首在低速($Fn < 0.2$)船上也可以起到较好的降阻作用。至于更低船舶上的应用,是另外研究的内容。

4) 本船在设计航速时,设计水线附近仍然形成了一定的顶浪。在本船的傅氏数以及方形系数下,剩余阻力系数达到 $1.3E-3$ 左右。根据现有的一些船型资料,本船的阻力性能仍有提高的空间,剩余阻力系数降低到 $1.0E-3$ 以下,那需要通过优化型线并通过试验加以证实。

5) 高速时,球首高出水面对于阻力有一定的效果,但具体高出水面多少需经过大量试验加以证实。

6 结束语

型线设计是船舶总体设计中的一项重要内容,型线的好坏对船舶的技术性能和经济性有着重大的影响。型线设计需要考虑到其他各个方面复杂的因素,需要掌握流体动力学等复杂的知识。船舶设计者对于优秀的型线的探索是没有止境的。为了提高我国船舶行业的水平,提高我们设计的船舶的技术性能,提高“性价比”,需要广大的型线设计者无尽的努力。

本船型线设计时,得到季良钧高工指导帮助,船模试验时,各位同事大力帮助,深表感谢!