

文章编号:1000-4696(2004)01-0001-04

超大型集装箱船螺旋桨设计研究

胡 平, 郭永崧, 杨 波
(运输系统事业部)

摘 要:以一艘超大型集装箱船螺旋桨设计研究为基础,介绍超大型集装箱船螺旋桨设计的关键问题及设计思路。给出了两个方案设计桨的参数及桨模敞水试验、空泡试验结果,并与数值计算结果进行比较,提出了超大型集装箱船螺旋桨设计应注意的问题和解决方法,供设计者参考。

关键词:超大型集装箱船;螺旋桨设计;桨模试验

中图分类号:U661 **文献标识码:**A

Propeller Design for a Super-Large Container

HU Ping, GUO Yong-song, YANG Bo
(Transportation system division)

Abstract: In this paper the major problems in propeller design for super-large containers and the design concepts are introduced, based on the study of propeller design for a super-large container. The designed parameters of two propeller schemes and their test results in towing tank and cavitation tunnel are given. The comparison of the test results and the numerical calculated results is also made. The problems in super-large container propeller design that should be paid attention to and the solutions are presented for designer's reference.

Key words: super-large container; propeller design; propeller model testing

1 简介

随着全球贸易的不断发展,人们对超大型集装箱船的需求日益增大。英国德鲁里咨询公司对超巴拿马型与最佳巴拿马型集装箱船在泛太平洋航线上的航次费用进行比较,表明 6000 TEU 级的超巴拿马型船比 4000 TEU 级的巴拿马型船可降低成本 21%,这是超巴拿马型集装箱船得以迅速发展的原因。

韩国现代船厂 2004 年交付 8100 TEU 船,而三星重工 2004、2005 年交付 5 条 8100 TEU 船。2003 年开建 8 条 7700 TEU 船后,欧洲正准备建造 1 万箱左右的超大型集装箱船。我国的造船厂在成功建造 5668 TEU 船后,也正积极开发建造 7000 TEU - 8000 TEU 超大型集装箱船。

在此同时,全球现有集装箱大港能够容纳 14m 吃水的超大型集装箱船全天候进出者只有几个,而集装箱船以平均实载率在 75% - 80%,所以进出港吃水在 12 m 左右。超大型集装箱船船长、船宽尺度增大,而吃水受限,这对螺旋桨设计提出挑战。

因为集装箱船是班轮,航速在 25 节以上。超大型集装箱船航速高,装载量大,所需主机功率大。因吃水受限而螺旋桨直径加大受限,螺旋桨单位面积吸收功率增加很多。

收稿日期:2004-06-04

1600 TEU 集装箱船:主机功率 16980 kW,螺旋桨直径 6.656 m,盘面比 0.675,螺旋桨单位面积吸收功率为 723 kW/m²。而 5668 TEU 集装箱船主机功率 54720 kW,螺旋桨单位面积吸收功率为 1052 kW/m²,比 1600 TEU 螺旋桨单位面积吸收功率增加 45%。7000 TEU-8000 TEU 船的主机功率更大,螺旋桨单位面积吸收功率比常规集装箱船上升 50%左右。如何提高螺旋桨效率,避免螺旋桨腐蚀和降低空泡诱导的脉动压力是螺旋桨设计的关键。

本文以一艘超大型集装箱船螺旋桨设计为实例,介绍设计思想,桨模试验结果及心得,供设计者参考。

2 设计思想

现代民用船舶螺旋桨设计概念的核心是兼顾螺旋桨效率和螺旋桨对船体的激振指标,即保证全面质量。对超大型集装箱船,由于航速高达 25 节以上,桨盘面上单位面积吸收功率大大高于一般商船,因而螺旋桨效率要求和螺旋桨激振力水平之间的矛盾变为突出。针对这些特点,在本船螺旋桨设计研究中作如下考虑:

1. 在主机功率、转速、航速和设计吃水限制的条件下,选择达到最高效率的螺旋桨直径及平均螺距;
2. 根据平均伴流和适伴流设计螺旋桨的几何螺距分布,选择确定对螺旋桨效率影响最小的叶梢卸载螺距分布,以降低对船体的激振水平;
3. 对船后伴流场作谐调分析,选择合理的侧斜径向分布,避免螺旋桨切面同时进入伴流最大谐调对应的切面法向速度相位,以降低桨叶表面空泡体积变化率;
4. 设定空泡裕度,保证一定的桨叶面积和切面、弦长,减小桨叶上的空泡面积,同时切面弦长的分布要使切面空泡厚度在弦向的变化尽可能的小;
5. 选择纵倾径向分布,降低因桨叶表面空泡体积变化在船体表面上的辐射压力值。

根据上述设计思想,设计了两个不同参数的超大型集装箱船螺旋桨,进行试验研究。桨模参数列于表 1。

3 螺旋桨模型试验

3.1 拖曳水池敞水试验

图 1 给出了两个桨敞水试验结果。从图中可以看出,同一进速 5 叶桨的效率比 6 叶桨的高 2%左右。

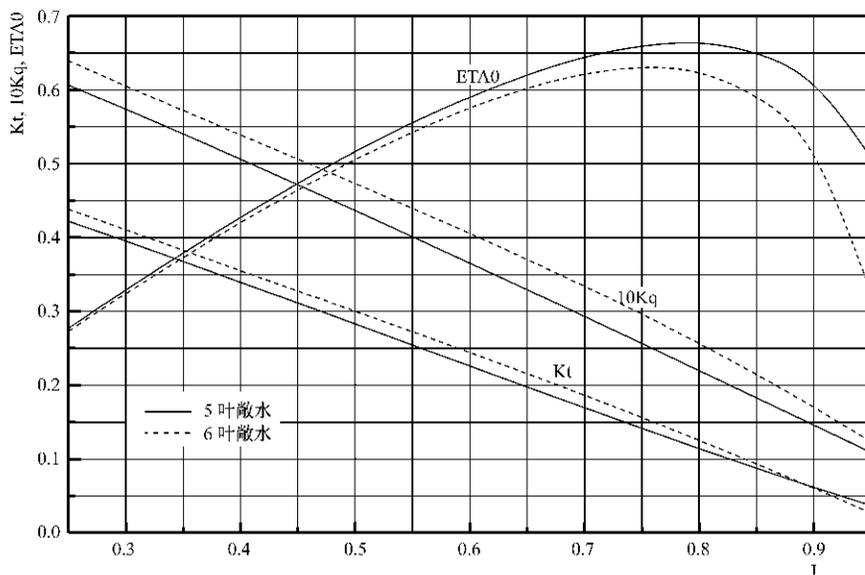


图 1 敞水试验曲线

3.2 空泡水筒试验

空泡水筒中用网格法模拟船后伴流场,在不均匀流中,分别进行设计工况下二个桨的空泡观察及激振力测试。

照片 1 给出了 5 叶桨各角度空泡形态,从照片中可以看出,叶背空化为片状空泡及梢涡,空化范围在

305°-0°-70°,最大空化位置 10°-20°。

照片 2 给出了 6 叶桨各角度空泡形态,叶背空化为片状空泡及梢涡,空化范围在 350°-0°-80°,最大空化位置 10°-20°。叶面也有空化,空化范围在 310°-180°-80°。

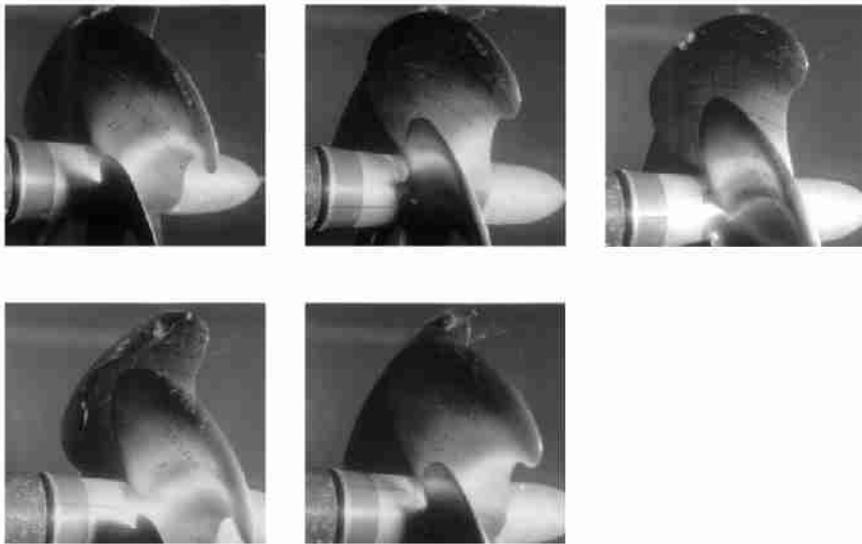
表 2 给出了两个桨在设计工况下脉动压力测量值在设计工况下,两个桨的脉动压力均较小。

表 1 螺旋桨模型要素

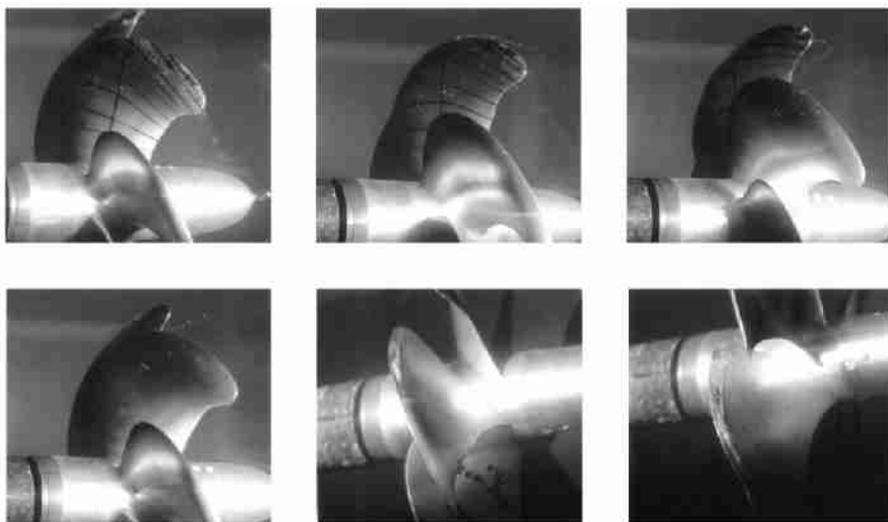
名称	5 叶桨	数值	6 叶桨
D(m)	0.24		0.24
P/D _{0.7}	1.01		0.9608
A _c /A ₀	0.9706		0.873
侧斜角	32.7°		32°
纵倾角	非线性分布		非线性分布
叶数	5		6

表 2 螺旋桨脉动压力测量结果

	5 叶桨 (kPa)	6 叶桨 (kPa)
P1	1.021	1.941
P2	0.917	2.087
P3	1.311	1.874
P4	1.19	2.023
P5	1.082	1.926



照片 1 五叶桨空泡形态



照片 2 六叶桨空泡形态

4 模型试验与计算

图 2 给出了 6 叶桨敞水试验与升力面理论设计计算及面元法计算结果比较。在 J 等于 0.5 - 0.7 范围内, 计算结果与试验结果接近。

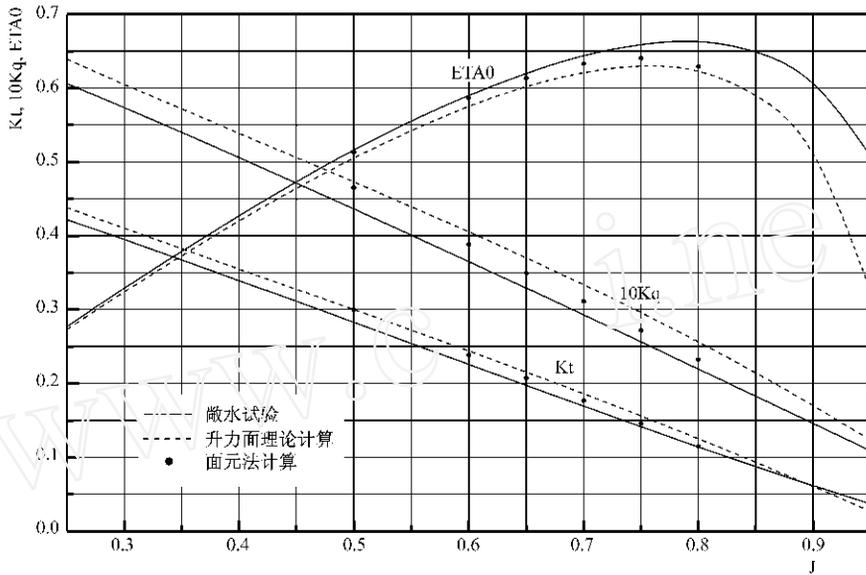


图 2 敞水试验与数值计算比较

5 讨论

1. 超大型集装箱船船型设计与螺旋桨设计必须相结合, 该船在尾部线型设计时, 注意增大船体上方与叶梢的间隙, 使桨叶间隙比增大, 以减小螺旋桨诱导的表面力;
2. 5 叶桨敞水效率优于 6 叶桨;
3. 在同一工况下, 6 叶桨叶面产生空泡是因为 6 叶桨的盘面比相对较小, 叶切面弦长短, 和局部螺距分布不当所致;
4. 超大型集装箱船螺旋桨设计应建立在具有相当精度的理论预报性能和设计的基础上, 并需要积累一定的集装箱船舶螺旋桨设计和桨模试验资料, 在实践中不断完善设计程序, 以减少对理论设计结果作试验验证的工作量;
5. 对于服务航速高, 功率大的超大型集装箱船, 采用单桨推进形式, 通过对螺旋桨的精心设计, 可以达到高效率、低激振的设计质量要求。