

近海拖网渔船推进系统探讨 ——前置导管螺旋桨的论证与设计

邱天霞 高清廉

(青岛海洋大学, 266003)

摘 要 以山东 104 总吨钢质拖网渔船为母型船, 对其进行了四种推进装置的设计与分析论证, 筛选出适应近海拖网渔船多工况的较佳推进装置。通过对楚思德 B 型桨(以下简称 B 型桨)、19A 导管桨(以下简称导管桨)、楚思德 B 型桨配双级变速齿轮箱(以下简称双级变速 B 型桨)以及 19A 导管桨配双级变速齿轮箱(以下简称双级变速导管桨)这四种推进装置的设计比较得出: 双级变速导管桨最佳, 双级变速 B 型桨次之, 导管桨又比 B 型桨为优。以 B 型桨为基准, 拖网时导管桨拖力增加 20.5%, 双级变速 B 型桨增加为 28.2%, 双级变速导管桨增加为 44.5%; 从效率上看, 以 B 型桨为基准, 导管桨效率提高为 2.5%, 双级变速 B 型桨提高为 6.3%, 双级变速导管桨提高为 7.5%。双级变速导管桨明显优于其他三种, 可充分利用主机功率; 但普通导管的剥蚀严重, 因此在上述设计论证的基础上将导管前置, 前置导管能减少空泡剥蚀, 同时使尾流均一化和稳定化, 有利于减小船体阻力和提高推进效率。

关键词 拖网渔船, 螺旋桨, 前置导管

前 言

拖网渔船属于多工况船舶之一。如何使其在各种工况下都能获得较好的推进性能, 一直是渔船设计建造和应用部门重视的问题。拖网渔船既要求在出航、返航和转移渔场时具有较高的自由航速, 又要求在拖网时具有较大的拖力, 显然这对于普通螺旋桨或导管桨来说都存在着一个有待充分利用主机功率的问题。可调螺距桨或可调螺距导管桨能够克服这个缺点, 但是由于其调距机构复杂、制造技术要求较高和造价昂贵, 影响了它在渔船上推广应用。使用加速型导管, 可以使螺旋桨的部分推力转移到导管上, 减轻螺旋桨的负荷, 减少尾流能量损失, 提高螺旋桨的效率。因此, 多年来在拖网渔船和挖泥船上为了增大系柱拖力而采用了普通导管桨, 但从其使用经验来看, 普通导管桨容易受到严重的空泡剥蚀, 虽然目前

收稿日期: 1995-05-29。

已经研究了许多方法^[1,2],减少导管剥蚀程度尤以自由吸气防蚀装置^[2]效果明显,但也因船厂和用户之间认识不一致而影响推广和应用。

近几年来,日本三进公司所研究的整体式导管桨(MIDP)和日立 HZ 导管桨^[7,8]对上述情况进行了改进试验。这两种导管桨都是将整个导管置于螺旋桨的前方与船尾连在一起,能保持导管原有的部分优点并有效地减少空泡剥蚀等问题。

因此,作者在上述解析的基础上,针对拖网渔船多航行工况的特点,将双级变速齿轮箱与导管结合起来^[3],并将导管前置,以求改善推进性能。

船体是一个十分复杂的曲面,由于粘性附面层和兴波,在船尾构成了非常不均匀的三向伴流,因此,在螺旋桨前设置导管进行导流使流向螺旋桨的尾流均匀化和稳定化,能有效地控制和利用尾流,提高推进效率。

四种推进装置的性能比较

以山东 104 总吨钢质拖网渔船为母型船(其主要技术参数如表 1 所示)^[4],对其进行了四种推进装置的设计计算^[5,6],即 B 型桨、导管桨、双级变速 B 型桨以及双级变速导管桨,通过计算得出四种推进装置的要素如表 2 所示。

表 1 山东 104 总吨钢质拖网渔船的主要技术参数

Table 1 104 total tonnage steel trawler's main technique parameter of Shan Dong Provile

项 目 Item	符 号 Symbol	单 位 Unit	数 值 Numerical value
总长 Overall length	L_{OA}	m	30.46
设计水线长 Length at designed waterline	L_{DWL}	m	27.50
两柱间长 Length between perpendiculars	L_{BP}	m	26.00
型宽 Molded breadth	B	m	5.40
型深 Molded dresapth	D	m	2.50
平均吃水 Mean draft at midlength	T_M	m	1.90
首吃水 Forward draft	T_F	m	1.40
尾吃水 After draft	T_A	m	2.40
方型系数 Block coefficient	C_b		0.502
梭型系数 Longitudinal prismatic coefficient	C_p		0.592
设计水线面系数 Designed waterplane coefficient	C_w		0.784
中剖面系数 Midship section coefficient	C_M		0.848
排水体积 Displacement volume	V	m^3	134.00

(续表)

项 目 Item	符 号 Symbol	单 位 Unit	数 值 Numerical value
排水量 Displacement	D	t	137.35
主机型号 Main engine type			6160A-123
额定功率 Rated power	P	Kw	136
额定转速 Rated rate of revolution	N	rpm	850
齿轮箱减速比(正车/倒车) Gear box's reduction ratio(advance/back)			1.97:1/2.09:1

表 2 四种推进装置的螺旋桨要素

Table 2 Four propulsion system's propeller element

项目 Item	桨型 Propeller type	符号 Symbol	单位 Unit	B 型桨 B-type propeller	导管桨 Ducted propeller	双级变速 B 型桨 Two-shift B-type propeller	双级变速导管桨 Two-shift ducted propeller
设计转速 Design rate of revolution	数值 Numerical value	n	rpm	850	850	850	850
设计转速下收到功率 Delivered power		P_D	Kw	127.95	127.95	127.95	127.95
直径 Diameter		D	m	1.197	0.965	1.68	1.20
盘面比 EXP. area ratio		$\frac{A_Z}{A}$		0.427	0.60	0.336	0.55
叶梢处螺距比 Pitch ratio of blade tip		$\frac{H_0}{D}$		0.835	1.352	0.990	1.480
壳径比 Boss ratio		$\frac{d_0}{D}$		0.167	0.167	0.167	0.167
最大宽度比 Maximum beam ratio		$\frac{b_{max}}{D}$		0.233	0.328	0.184	0.301
后倾角 Angle		θ	°	8	8	8	8
叶根厚度比 Thickness of blade roof ratio		$\frac{t_0}{D}$		0.045	0.049	0.045	0.049
叶片数 Number of blades		Z		4	4	4	4
拖网时预计效率 Predicted efficiency		η		22.1%	24.6%	28.4%	29.6%
预计船速 Predicted ship speed		V_s	K_n	10.20	10.17	10.67	10.24
拖网时拖力 Trawling force		F	N	19576.28	23593.11	25097.89	28294.28
重量 Weight of propeller		G	kg	178.20	116.16	273.75	173.41
惯性矩 Moment of inertia		I_{mp}	$\frac{kg \cdot m}{S^2}$	0.768	0.407	3.289	0.111
齿轮箱减速比 Gear box's reduction ratio				1.97:1	1.97:1	3.83:1/4.34:1	3.04:1/3.27:1

由表 2 看出:比较四种桨的拖网时拖力和效率,以双级变速导管桨为最佳,双级变速 B 型桨次之,导管桨又比 B 型桨为优。以 B 型桨为基准,拖网时导管桨拖力增加为 20.5%,双级变速 B 型桨增加为 28.2%,双级变速导管桨增加为 44.5%;从效率上看,以 B 型桨为基准,导管桨效率提高 2.5%,双级变速 B 型桨提高 6.3%,双级变速导管桨提高为 7.5%。由此可见,采用双级变速导管桨是提高渔船性能的一个较好途径。

前置导管的水动力性能及对其他性能的影响

通过以上四种推进装置的推进性能(主要从拖网时拖力和效率上看)比较得出,双级变速导管桨最佳,但是导管剥蚀严重,因而提出将导管前置的方案,并对其进行水动力性能分析。

(一)前置导管使流动均匀化和稳定化

由于船后伴流的不均匀性,使得流向螺旋桨盘面处顶部的水流流速较慢,流向底部的水流流速较快,形成流向螺旋桨盘面处的水流流速不均匀,因此前置导管的外形设计成上部具有较长的弦长、向下逐渐减小的上下不对称的导管。这样,导管内上部的水流流向螺旋桨盘面前经过一段较长的导管而被加速,而下部的水流加速较慢,因而导管的出口进入盘面处的水流就较为均匀了。

水流流经导管时被加速,这样流向螺旋桨盘面处的轴向速度增大,削弱了横向水流,同时由于水流速度增大,使附面层分离现象得到了改善,因而减少了旋涡的产生。

因此,前置导管是通过两个途径使水流均匀化:一是使水流动尽量均匀;二是减少不利的横向水流速度和螺旋桨盘面处的旋涡。

由于导管前置,水流有被吸入导管的趋势,因此前置导管可以起到导流的作用。由于导管对水流的吸入作用,使得船体尾部水流速度增大,从而改善了附面层的分离,其速度分布呈较稳定的流动,所以前置导管使流动稳定化。

前置导管和普通导管一样能增加附加推力,使螺旋桨的推力部分地转移到导管上,降低了螺旋桨的负荷,从而提高了整个组合体的推进效率。

(二)前置导管对其他性能的影响

由于前置导管使流动均匀化和稳定化,减少了螺旋桨的激振力,从而减轻了船体振动。

空泡是螺旋桨在相对较重载荷下产生的一种现象。前置导管使流动均匀化以及增加附加推力而使螺旋桨的负荷降低,从而改善了螺旋桨的空泡性能。同时由于导管置于桨叶前方,空泡在尾流中破灭,不在导管内壁,可减少导管的空泡剥蚀现象。通过船模试验^[7]观察到的现象可知,前置导管使片状空泡减少,而云状空泡则完全消失。图 1 为空泡形式比较。

前置导管的设计

(一)导管的外形

前置导管是上部具有较长的弦长,向下逐渐减小的上下不对称的导管。前置导管的剖面采用 19A 普通导管的剖面形状。图 2 为前置导管的外形图。



图1 空泡形式比较

Fig. 1 Comparison of cavitation patterns

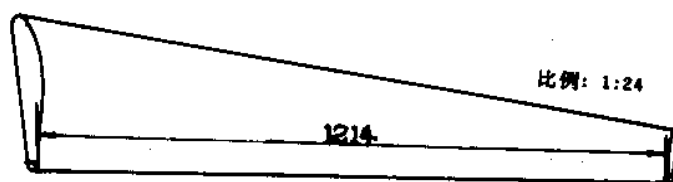


图2 前置导管外形图

Fig. 2 Appearance of the duct just in front of propeller

(二) 导管的弦长

由于前置导管位于螺旋桨前方与船尾后方之间有限的空间内,所取的弦长受到一定的限制。导管顶部的弦长可取螺旋桨直径的 $\frac{1}{4} \sim \frac{3}{8}$,整个导管的弦长从上向下逐渐减小,底部弦长约为顶部弦长的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ 。

本船导管顶部弦长取: $l_1 = \frac{1}{4}D$,

$D = 1.2\text{m}$, 螺旋桨直径,

$$l_1 = \frac{1}{4} \times 1.2\text{m} = 300\text{mm};$$

导管底部弦长取: $l_2 = \frac{1}{3} \times l_1 = 100\text{mm}$ 。

(三) 导管的直径

导管出口处内径可取得比螺旋桨直径稍大些,螺旋桨桨叶和导管之间空隙约为 $0.006D$ (D 为螺旋桨直径)。

本船桨叶与导管间隙 $\Delta = 0.006D = 7.2\text{mm}$,

导管出口处直径 $R_1 = \frac{1}{2}D + \Delta = 607\text{mm}$ 。

(四) 导管的斜度

前置导管和普通导管一样,导管的弦线和螺旋桨的轴中心线有一定的夹角,称为导管角,如图3所示,使进入螺旋桨盘面处的水流加速。导管角一般为 $10^\circ \sim 15^\circ$,结合本船的尾部型式取为 13° 。

(五) 导管的剖面尺寸

前置导管采用19A普通导管的剖面形状,根据不同高度处的不同弦长计算出各个剖面的不同型值,在这里只计算出导管顶部和底部的剖面型值,画出导管顶部和底部剖面形状,

如图 4 和图 5 所示。

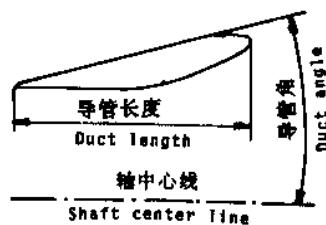


图 3 导管角定义

Fig.3 Definition of duct angle

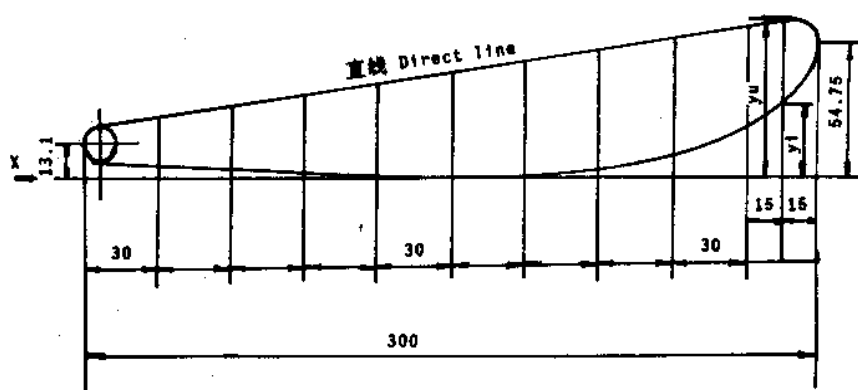


图 4 导管顶部剖面

Fig. 4 The top section of the duct

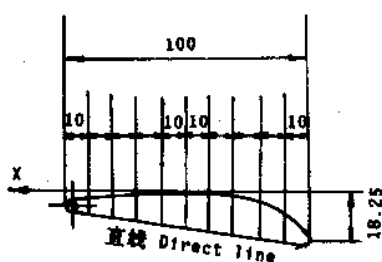


图 5 导管底部剖面

Fig. 5 The bottom section of the duct

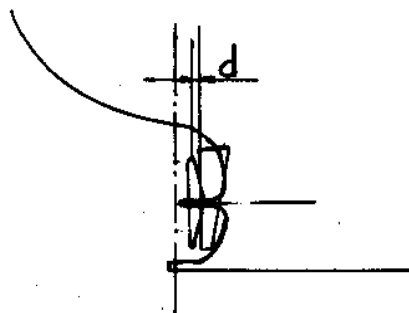


图 6 导管的布置形式

Fig. 6 Arrangement of the duct just in front of the propeller

(六) 导管的布置形式

前置导管的轴线和螺旋桨的轴线相重合, 导管出口处盘面和桨叶之间的距离为 $d = 90\text{mm}$ 。图 6 为前置导管的布置形式。

结 论

1. 本文针对近海拖网渔船的工作特点, 选出较佳推进装置——前置导管配双级变速齿轮箱,

为渔船设计建造提供了有价值的资料。

2. 前置导管使尾流均匀化和稳定化,可减小螺旋桨的激振力,减轻船体振动。

3. 前置导管使空泡在尾流中破灭而不是在导管内壁,因而能减少导管空泡剥蚀现象。

4. 前置导管的方案还有待进一步实船试验。

参 考 文 献

- [1] 王海筹,1982。导管桨导管内壁防蚀措施。第二届渔船学术会议论文集,190-191。
- [2] 洪文友,周玉光,1982。渔船螺旋桨导管防蚀装置的试验研究。第二届渔船学术会议论文集,182-189。
- [3] 刘申,1989。小型拖网渔船的船-机-桨匹配。水产学报,13(4):365-369。
- [4] 应光彩等,1990。中国海洋机动渔船图集,(群众渔业),253-258。上海交通大学出版社。
- [5] 高清廉,周玉光等,1989。拖网渔船螺旋桨设计工况研究。青岛海洋大学学报,19(2):99-110。
- [6] 梁广明,1984。双速齿轮箱技术参数的简便计算及速比系数的选定。全国渔船节能技术经验交流会文选,121-127。
- [7] 北尺孝宗、引野正己、藤本留男、上田耕平,1982。Increase in the propulsive Efficiency of a Ship by a Nozzle Installed just in front of a propeller。关西造船协会志,184:73-78。
- [8] 成田仁、八木光、他,1981。Development and Full-scale Experiences of a Novel Integrated Duct propeller. The Society Naval Architects Marine Engineers, 89: 319-346。

STUDY ON PROPULSION SYSTEM OF INSHORE TRAWLER——ARGUMENT AND DESIGN OF FRONT INSTALLATION OF PROPELLER NOZZLE

Qiu Tianxia Gao Qinglian

(Qingdao Ocean University, 266003)

ABSTRACT In this paper four types of propulsion systems were tested and compared on the 104 total tonnage trawler of Shan Dong province. Results showed that in order of trawling condition the two-shift ducted propeller is the best one followed the two-shift B-type propeller, the ducted propeller and the B-type one. In comparison with the B-type propeller, the 19A ducted propeller's thrust increased by 20.5%, the two-shift B-type propeller's thrust, by 28.2%, the two-shift ducted propeller's thrust, by 44.5%; the 19A-ducted propeller's efficiency increased by 2.5%, the two-shift B-type propeller's efficiency, by 6.3%, and the two-shift ducted propeller's efficiency by 7.5%. Therefore it is better for the trawlers to adopt the two-shift ducted propeller which can make full use of the main engine power. Because of heavy corrosion of nozzle cavitation, based on the above analysis, a front installation of the nozzle is suggested. It can reduce cavitation corrosion, stabilise and unify stern flow, reduce ship resistance and increase propulsive efficiency.

KEYWORDS Trawler, Propeller, Front installation of propeller nozzle