



小型拖网渔船的船—机—桨匹配

ON MATCHING SHELL, ENGINE AND PROPELLER IN A COMPACT TRAWLER

刘申 段若玲

Liu shen and Duan Rouling

(辽宁省海洋渔业开发中心) (Marine Fisheries Development Centre of Liaoning Province)

如何使拖网渔船在各种工况下,都能具有满意的推进效能,一直是渔船设计者关注的课题。螺旋桨惯用的设计方法有三种:一是按自由航行工况配桨设计,是当前我国普遍采用的方法。这种设计具有较高的航速,但拖网工况时,则只能利用主机70~80%的功率;二是按拖网工况配桨设计,其拖网工况时,利用主机功率最大,但自由航行时,只能利用主机70~80%功率;三是按航、拖两种工况的折中值配桨设计,此法不常用。这三种设计方法都不能解决在两种工况下,均能利用相同的主机功率。若采用调距桨,则利用主机功率的匹配效果最好,但其结构复杂,制造、使用技术要求较高,造价高,推广受限制。国内拖网涡轮推进装置多是使用中低速柴油机(400~450转/分),直接驱动。螺旋桨直径与艉吃水比值 D/T_w 均在0.5以下。小型拖网渔船主要使用中高速柴油机(750~1000转/分),采用齿轮箱(速比2:1)减速推进,其 D/T_w 值约在0.5~0.6。机帆渔船使用高速柴油机(1500转/分),采用(速比3:1)齿轮箱减速推进,其 D/T_w 值在0.5~0.6。如 D/T_w 值由0.5增到0.75,螺旋桨直径可增加至原来的1.5倍,一般螺旋桨直径可接近最佳桨径,敞水效率可提高10%左右。由此可见,我国渔船采用大直径桨,提高推进效率的可能性是大的。另外目前中、小型渔船动力装置发展的主要趋势,是采用强化增压的中高速柴油机,配双速大减速比的齿轮箱,用大直径桨推进,使其在航、拖两种工况下,均能吸收利用相同主机功率,提高推进性能。

在这种推进装置中,我们找出、建立了船体—主机—齿轮箱—螺旋桨—网具的匹配计算关系式如下:

$$J = \frac{60Vj}{N \cdot D} \quad (1)$$

$$K_Q = 24668 \frac{DHP}{N^2 \cdot D^5} \quad (2)$$

式中 $Vj = 0.5 \sim 1.5 V_s(1 - \omega)$; 其进速系数 J 和扭矩系数 K_Q 的值,取决于所选用的螺旋桨型谱的 K_Q 、 K_T - J 特性。

运用式(1)、(2),选出具有满意的推进效率,在航、拖工况下,都能利用相同主机功率的螺旋桨自由航行转速 N_1 和拖网作业转速 N_2 ,其计算式:

$$N_1 = \sqrt[3]{\frac{24668 \cdot DHP}{D^5 \cdot K_{Q_1}}} \quad (3)$$

式中 K_{Q_1} 是设计航速下,螺旋桨相应的扭矩系数。

$$N_2 = \sqrt[3]{\frac{24668 \cdot DHP}{D^5 \cdot K_{Q_2}}} \quad (4)$$

式中 K_{Q_2} 是拖网航速下,螺旋桨相应的扭矩系数。

双速齿轮箱减速比按下式确定:

$$\text{自由航行} \quad i_1 = \frac{N_M}{N_1} \quad (5)$$

$$\text{拖网作业} \quad i_2 = \frac{N_M}{N_2} \quad (6)$$

式中 N_M 是主机额定转速(或使用转速)。

利用上列关系式选算航行、拖网两种工况下螺旋桨的转速 N_1 和 N_2 时,均以同一收到马力数(DHP)计算,当然可以实现在两种工况下,吸收相同的主机功率。采用这种匹配关系优化设计计算的程序(略),是在完成渔船有效马力及阻力计算和各种参数、系数选择计算的基础上,利用(1)、(2)和所选用的螺旋桨型谱 K_Q 、 K_T - J 特性,优选计算出具有最好散水效率的螺旋桨 N_2 和 N_1 转速。确定双速齿轮箱减速比的计算中,螺旋桨直径最好用最佳桨径(或艇框允许最大桨径)。在进行螺旋桨空泡核算时,如出现空泡,则改选加大的桨叶盘面比,反覆进行选算,直到获得满意设计参数的桨为止。最后进行叶型修正计算、强度校核、桨叶重量和惯量计算等。

对比试验用 ZCY207 型渔船

在四艘 ZCY 207 型 40 马力钢质渔船上,进行改进推进性能的对比试验。其中两艘改进型船(辽长渔 6352、6353),安装按上述定量计算关系式合理匹配设计的 MBS 170 型双速齿轮箱(见表 1),配 N-A₀₇₋₃₅ 型普通大直径桨(见表 2)推进。另外两艘原型船(辽长渔 6354、6355),是我省普遍使用、性能最好的船种,应用 3ZF40 型单速齿轮箱(见表 1)减速,配 K_{a,35}+19A 型导管桨(见表 2)推进。这四艘船,除齿轮箱和螺旋桨之外,完全一样,同时施工建造、同时下水、同时在相同作业渔场生产使用,经一年捕捞生产后,小修上坞前,进行实船推进性能对比试验。试验船主尺度(见表 3)。试验船使用 2135 GaB 型柴油主机,持续功率 26.48 千瓦(36 马力),额定转速 1500 转/分。

对比试验船拖带的网具相同,规格尺寸为:网口周长 56.47 米(1210°×46.67 毫米)。

实船测试委托上海水产大学渔工系。

表 1 MBS170 型和 3ZF40 型技术规格

Table 1 specification of the type MBS170 and the type 3ZF40

| 型 号 | 顺车快档 | 顺车慢档 | 倒车档 | 传递能力 (H. P./r. p. M) |
|--------|--------|--------|--------|-------------------------|
| MBS170 | 3.74:1 | 4.30:1 | 3.74:1 | 0.042 |
| 3ZF40 | 3:1 | | 3:1 | 0.040 |

表 2 改型和原型船桨的参数

Table 2 The parameters of propeller of the modified ship and the original ship

| | 改 型 船 (N-A ₀₇₋₃₅ 型普通桨) | 原 型 船 (K _{a,35} +19A 型导管桨) |
|------------------|--------------------------------------|--|
| 螺旋桨直径 D | 1.002m | 0.64m |
| 螺 距 比 $11/D$ | 0.68 | 1.245 |
| 螺 距 H | 0.681m | 0.797m |
| 盘 面 比 A_z/A | 0.35 | 0.55 |
| 桨 叶 数 Z | 3 | 4 |
| 桨叶后仰角 θ | 10° | 0° |
| 旋 转 方 向 | 左 | 右 |
| 散 水 效 率 η_0 | 0.674(自航) 0.29(拖网) | 0.586(自航) 0.241(拖网) |

表 3 ZCY207 型船主参数
Table 3 main parameters of the type ZCY207 ship

| | | | | | |
|-------|-----------------|--------|-------|----------------|-------|
| 船 长 | L | 19.50m | 艏 吃 水 | T _s | 0.75m |
| 设计水线长 | L _{WL} | 17.40m | 艉 吃 水 | T _w | 1.45m |
| 垂线间长 | L _{pp} | 16.50m | 方形系数 | C _B | 0.528 |
| 型 宽 | B | 4.30m | 菱形系数 | C _p | 0.610 |
| 型 深 | D | 1.50m | 排 水 量 | △ | 42.9T |
| 平均吃水 | T | 1.10m | | | |

表 4 航行试验条件
Table 4 The test condition for navigation

| | 原 型 船 | 改 型 船 |
|-------|-----------------|-----------------|
| 日期和时间 | 1987.7.7, 15:00 | 1987.7.9, 10:00 |
| 地 点 | 王家岛附近两陀间 | 王家岛附近两陀间 |
| 水 深 | 8m | 8m |
| 天 气 | 晴 | 晴 |
| 风 向 | NW | W |
| 风 速 | 2m/s | 2.8m/s |
| 潮 流 | 西流 | 西流 |
| 标杆距离 | 约 1.553 n mile | 约 1.553 n mile |

测试结果与分析

测试使用的仪器有: ZD-3 型直读式流速仪; MSD-86 型马哈克扭力仪; TR-5 型 Lu-5 TE 压力拉力传感器; DPM-8 型动静态应变放大器。油耗用磅称和定量油杯(1 公斤)两种方法计时测量。

1. 航行试验

航行试验条件见表 4, 试验结果见表 5。

航行试验结果分析: ①快速性比较, 在常用主机转速范围内(1400~1500 转/分), 相同转速时, 改型船比原型船航速提高 4.15%。②油耗比较。航速在 6.0~7.0 节之间, 相同航速下, 改型船的油耗可降低 10%左右。③改型船螺旋桨配轻了, 如调正合适, 航速还会略有增加。

2. 拖网试验

拖网测试条件见表 6, 试验结果见表 7。

拖网试验结果分析: ①拖力比较。主机转速在 1400~1500 转/分范围内, 相同主机转速下, 改型船增加拖力 2% 左右。经常使用的最大拖力增加 14.2%。②油耗比较。在拖力为 510~600 公斤范围内, 改型船油耗降低约 11~12%。

3. 系泊试验

系泊试验条件见表 8, 试验结果见表 9。

系泊试验结果分析: ①系泊拖力比较。改型船和原型船最大系泊拖力相当。②改型船油耗增加 6%。实际生产中不使用。

表5 航行试验数据

Table 5 The test data of navigation

| | | 航向 | 航行时间 | 平均航速 (n mile/h) | 主机转速 (r.p.m) | 尾轴转速 (r.p.m) | 实测扭矩 (kgf-m) | 实测轴马力 (HP) | 平均油耗 (kg/h) | |
|-----|-----|----|--------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|------|
| 原型船 | I | 1 | SE165° | 18'45'' | 5.64 | 1251 | 417 | 29.34 | 17.07 | 4.54 |
| | | 2 | NW345° | 14'16'' | | | | | | |
| | II | 1 | SE165° | 16'39'' | 6.40 | 1446 | 482 | 39.95 | 26.87 | 6.08 |
| | | 2 | NW345° | 12'29'' | | | | | | |
| | III | 1 | SE165° | 15'19'' | 6.91 | 1573 | 526 | 54.31 | 39.87 | 8.79 |
| | | 2 | NW345° | 11'39'' | | | | | | |
| 改型船 | I | 1 | SE165° | 13'25'' | 6.90 | 1448 | 386 | | | 6.52 |
| | | 2 | NW345° | 13'35'' | | | | | | |
| | II | 1 | SE165° | 13'0'' | 7.10 | 1583 | 422 | | | 7.48 |
| | | 2 | NW345° | 13'14'' | | | | | | |
| | III | 1 | SE165° | 12'12'' | 7.56 | 1640 | 437 | | | 9.12 |
| | | 2 | NW345° | 12'27'' | | | | | | |

表6 拖网试验条件

Table 6 The test condition for trawling

| | 原型船 | 改型船 | | 原型船 | 改型船 |
|-----|---------------|---------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 时 间 | 1987.7.7,8:00 | 1987.7.9,6:30 | 潮 流 船 舶 状 态 风 向 风 速 | 东南流 与航行状态相同 NW25° 1.6m/s | 西流 与航行状态相同 E 6.8m/s |
| 地 点 | 18航区 | 31航区 | | | |
| 水 深 | 8m | 8m | | | |
| 天 气 | 晴 | 晴 | | | |

表7 拖网试验数据

Table 7 The test data for trawling

| | | 主机转速 (r.p.m) | 尾轴转速 (r.p.m) | 实测扭矩 (kgf-m) | 实测轴马力 (HP) | 拖 速 (n mile/h) | 拖网拖力 (kgf) | 耗 油 量 (kg/h) | 备 注 |
|-----|---|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|-----------------|---------|
| 原型船 | 1 | 1419 | 473 | 36.21 | 23.90 | 2.17 | 480 | 7.38 | i=3:1 |
| | 2 | 1436 | 479 | 35.58 | 23.77 | 1.56 | 570 | 7.79 | |
| | 3 | 1488 | 496 | 51.19 | 35.43 | 2.25 | 590 | 9.50 | |
| | 4 | 1509 | 503 | 52.44 | 36.83 | 1.59 | 600 | 9.60 | |
| 改型船 | 1 | 1404 | 327 | | | 1.36 | 525 | 5.93 | i=4.3:1 |
| | 2 | 1480 | 344 | | | 1.36 | 610 | 7.63 | |
| | 3 | 1600 | 372 | | | 2.02 | 675 | 9.68 | |
| | 4 | 1606 | 373 | | | 2.02 | 677 | 9.97 | |

表 8 系泊试验条件
Table 8 The test condition for bollard

| | 原 型 船 | 改 型 船 |
|-------|---------------------------|---------------------------|
| 日期和时间 | 1987.7.6, 18:00 | 1987.7.9, 17:30 |
| 地 点 | 船厂东北码头 | 船厂东北码头 |
| 水 深 | 6m | 6m |
| 天 气 | 晴 | 晴转多云 |
| 潮 流 | 西流 | 西流 |
| 系缆长度 | 约60m | 约60m |
| 船舶状态 | $T_s = 0.5m$ $T_w = 1.5m$ | $T_s = 0.5m$ $T_w = 1.5m$ |

表 9 系泊试验数据
Table 9 The test data for bollard

| | 主机转速 (r. p. m) | 尾轴转速 (r. p. m) | 实测扭矩 (kgf·m) | 实测轴马力 (Hp) | 系柱拖力 (kgf) | 耗油量 (kg/h) | 备 注 |
|-----|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 原型船 | 1 | 1161 | 387 | 25.60 | 13.83 | 400 | $i = 3:1$ |
| | 2 | 1275 | 425 | 33.71 | 20.00 | 520 | |
| | 3 | 1404 | 468 | 39.95 | 26.11 | 630 | |
| | 4 | 1470 | 490 | 41.83 | 28.62 | 650 | |
| 改型船 | 1 | 1245 | 332 | | | 495 | $i = 3.74:1$ |
| | 2 | 1393 | 324 | | | 570 | $i = 4.30:1$ |
| | 3 | 1462 | 340 | | | 600 | |
| | 4 | 1438 | 346 | | | 645 | |

三 结 束 语

研究、找出的船体—主机—齿轮箱—螺旋桨—网具匹配定量计算关系式，解决了采用双速齿轮箱、大直径螺旋桨设计中，螺旋桨参数选择的计算方法。如不进行拖网渔船在航行、拖网两种工况下，使用相同主机功率的双速齿轮箱减速比的定量计算，就无法保证实现使用相同主机功率。所提供的减速比确定方法，解决了拖网渔船五单元优化匹配的定量设计问题。

试验船经两年多捕捞生产的实践证明，改型船自由航速快（比原型船提高 4.15% 以上）；拖力大（比原型船高 14.2%）；节省燃料（比原型船降低油耗 10—12%）；捕捞产量高（比原型船增加产值 20%）。收到了明显的经济效益。

近年来，上海渔轮机试制 8105 型 193 吨 400 马力拖网渔船⁽¹⁾；浙江试制 8156 型 600 马力履滑道冷冻渔轮⁽²⁾；广东、浙江省在 250 马力渔船上⁽³⁾进行的试验资料表明，这些船都采用了双速比齿轮箱减速推进，虽都不同程度地提高了航速和拖力，但其试验结果都没有达到航行、拖网两种工况下，均能利

下接第 338 页 (continued on page 338)

(1) 荣之启, 1986. “双速比齿轮箱在拖网渔船上的应用及前景”. 《渔船齿轮箱技术交流文选》, 27~32.

(2) 陈德裕, 1986. “用好双速齿轮箱, 提高渔捞效益, 节约能源”. 《渔船齿轮箱技术交流文选》, 67~70.

(3) 罗英儿, 1986. “双速比齿轮传动推进装置在机帆渔船上应用”. 《渔船齿轮箱技术交流文选》, 50~55.

hydrogen bonds.

2) The polysaccharide gel particles, in presence of cation (K^+), dehydrated due to the hydration of cation. In addition, the negatively charged gel particles were neutralized by cation. Then the macromolecule gel particles further approaches to each other, and regularly associated to develop a cohesive network by cation "salt bridges".

3) In case of adding the compound which contain two amino-groups such as ethylenediamine, the amino-groups of the compound reacted with sulfate groups in the polysaccharide to form amino-group salts, crosslinking to network structure.

4) In case that gelatin was added, multiple amino-groups in gelation reacted with sulfate groups in the polysaccharide to form amino salts and develop a cohesive network involved both macromolecules.

KEYWORDS *Eucheuma gelatinae*, carrageenan, negatively charged polysaccharide gel, scanning electron microscopy

上接第 369 页 (continued from page 369)

用主机相同功率的目的。我们在 ZCY207 型渔船上所进行的试验,在国内还是首次尝试,为我国渔船在船一机一桨的匹配设计中,增添了一种新的设计方法。在我国渔船更新换代中,它将以良好的经济收益,得到广泛的应用。

参 考 文 献

- [1] 盛振邦、朱文蔚, 1981。对于多工况船舶推进性能的探讨。船舶工程,(2):9~15。
- [2] 原六机部第七设计院 708 所, 1977。船舶科技简明手册,252~258。国防工业出版社。
- [3] O'Brien, T. P., 1964a. Propeller design and two-speed gearbox-s with particular reference to tugs and trawlers (1). *Ship and boat builder international*, 17(11): 841-44.
- [4] —, 1964b Propeller design and two-speed gearbox-s with particular reference to tugs and trawlers (2). *Ship and boat builder international*. 17(12): 48-50.