

小型单拖网渔船 V 型网板水动力性能研究

李崇聪¹, 梁振林², 黄六一¹, 周为峰³, 孙 鹏¹, 王 磊³

(1. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003; 2. 山东大学 威海分校海洋学院, 山东 威海 264209; 3. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090)

摘要: 网板是拖网的重要属具之一, 广泛应用于近岸小型单拖网渔船的生产作业中, 其水动力性能的优劣直接关系到拖网的生产效果和经济效益。作者以网板面积 1 m^2 、展弦比0.55的 V 型网板为例进行小型单拖网渔船的水动力性能研究。基于田内相似准则, 相似比为2制作网板模型, 进行循环水槽模型试验, 实验冲角在 $10\sim 60^\circ$ 范围内, 来流速度在 $0.2\sim 0.7\text{ m/s}$, 得出网板升阻力系数等流体动力特性曲线、临界冲角、最大升阻比。结果表明, 该型网板的最大升阻比约为1.86, 达到最大升阻比的临界冲角在 $15\sim 25^\circ$ 附近, 该结果可为渔业生产操作中网板冲角的设置提供依据。实验结果同时显示, 该型网板的水动力效率略低于其他类型网板, 说明其板型仍有较大的改进空间。

关键词: 小型单拖网渔船; 网板; 模型试验; 升力系数; 阻力系数

中图分类号: S972.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2013)11-0069-05

拖网是渔业捕捞中最主要的作业方式之一, 具有主动、灵活、高效等优点。网板是单船拖网的重要属具, 它有实现网具水平扩张、沉降器和驱集鱼群等作用。网板性能的优劣直接关系到拖网生产的渔获性能 and 经济效益。网板应用历史较长, 种类繁多^[1]。目前最常用的有矩形、椭圆形平面开缝、V型、大展弦比曲面、综合型、立式V型曲面、矩形V型曲面7种结构型式。其中矩形网板和V型网板在近海单拖网渔业中广泛应用, 其他类型的网板多用于大型远洋单拖作业^[2]。在我国, 近岸小功率单拖网渔船多采用V型网板和椭圆型网板, 网板面积为 $2.3\sim 3.2\text{ m}^2$ 。V型网板具有结构制造简单, 造价低廉, 稳定性较好等优点^[3]。冯森等^[4]对 2.5 m^2 V型网板(板面折角为 $15\sim 16^\circ$)进行了模型试验, 得出了该型网板的升阻力系数和该型网板的临界冲角。张勋等^[5]进行了立式V型曲面和矩形V型曲面两种网板的水动力性能的研究, 以及各种网板水动力性能的对比。徐宝生等人也对矩形V型曲面和V型网板进行了作业性能和渔获效果的对比试验, 得出矩形V型曲面网板在水平扩张力、总产值、单位油耗产量、产值与利润均高于对比船的结论^[6]。关于小型渔船的网板研究, 孙泰昌等^[7]设计帆布柔性网板, 孙春录等^[8]研制了双缝口平面矩形网板, 但都未对小型渔船所用V型网板做过研究。

目前随着渔业资源的衰竭, 近海捕捞的规模也随之变小。近海小型渔船逐渐增多, 仅2009年较2008

年就增长了13 401艘, 增长速度为3.86%。从捕捞渔船的组成来看, 主机功率小于等于 44.1 kW 的捕捞渔船占总数的83.7%。从船长来看, 12m以下船长的机动渔船数分别较上年增长了7.7%, 并且数量的增长速度是最快的^[9], 据报道, 仅青岛近海作业的5 300余艘渔船中功率 44.13 kW 以下的占大多数, 崂山区1464艘渔船90%以上是 8.83 kW 以下的小型渔船^[10], 渔船的主机功率变小, 现今小型渔船已经在我国渔船构成中占据了重要的地位。山东近海有大量的小型拖网渔船, 主机功率远小于上个世纪东海南海的拖网渔船, 网板面积也较小。作业方式也发生了显著的变化, 传统双拖作业减少, 单拖作业增多。另外, 国际油价的不断上升, 对渔业特别是拖网渔业产生了巨大的冲击。为确保渔业生产的经济效益, 减少作业阻力, 降低油耗尤为重要。对于拖网渔船来说, 阻力主要来源于网具, 除了网衣再者就是网板, 网板阻力占整个网具的12.7%~27.2%^[11]。因此找到网板的最佳冲角提高升阻比, 才能够有效的做到节能减排。而且多使用网板面积约为 1 m^2 的网板。作者通过对调查到的 1 m^2 V型网板进行模型试验, 意在得出该型网板的

收稿日期: 2013-03-09; 修回日期: 2013-07-22

基金项目: 国家科技支撑项目(2013BAD13B02); 农业部海洋与河口渔业资源及生态重点开放实验室开放课题(开-10-03)

作者简介: 李崇聪(1985-), 女, 山东胶南人, 硕士研究生, 主要从事渔具渔法学方向研究, 电话: 13455261160, E-mail: lcc_19851207@163.com; 梁振林, 通信作者, 教授, 博导, 电话: 18906312511

升阻力系数和达到最大升阻比的迎流冲角。

1 材料与方 法

1.1 试验模型

本实验网板原型为小型拖网渔船采用的一种 V 型网板, 调查渔船船长 14.3 m, 船宽 3.8 m, 木质, 主

机功率 17.64 kW, 作业拖速 2 nm/h, 实现网板间距为 170~200 m。网板材料为钢板, 翼展(l)为 0.74 m, 翼弦(c)为 1.3 m, 板面折角为 21.5°。网板背流面平均分布三根加强钢筋, 前部“V”形折角处焊接三角形钢片。图 1 为实际网板的正视图与侧视图的尺寸规格。实物网板和模型网板见图 2。

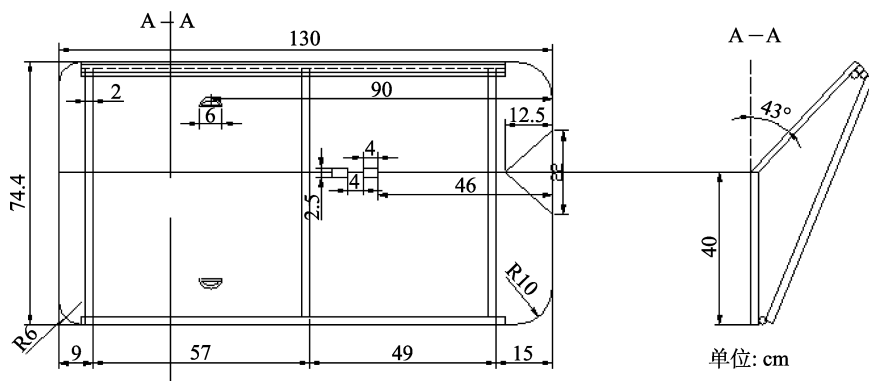


图 1 小型单拖渔船网板示意图

Fig. 1 Sketch map of the door for small trawl vessel



图 2 实物网板和模型网板

Fig. 2 The picture of full-scale door and model door

根据田内相似准则^[12-13], 设计制作网板模型, 实物网板和模型网板的具体参数见表 1。

表 1 实物网板与模型网板的相关参数

Tab.1 Relevant parameters between full-scale door and model door

项目	实物网板	模型网板
翼展 l (m)	0.744	0.366
翼弦 c (m)	1.3	0.65
网板平面面积 S (m ²)	1.022	0.24
展弦比 λ	0.542	0.558

线性尺度比 s 为网板主尺度之比, 网板平面面积比、来流速度比与尺度比的关系如下:

$$\frac{l_1}{l_2} = s, \frac{S_1}{S_2} = s^2, \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{s}$$

式中的下标 1 表示实物网板, 下标 2 表示模型网板^[14]。

1.2 试验设备

实验于 2011 年 8 月 17 日至 8 月 24 日在中国海洋大学增养殖工程水动力实验室循环水槽中进行。该循环水槽试验段尺寸为 4 m×1.2 m×1 m, 抑波板长度 0.6 m, 流速范围为 0~1.2 m/s, 稳定流速范围为 0.1~0.8 m/s。另外水槽配备有小威龙 Vectrino 点式流速仪, 量程 0~2 m/s, 精度±0.5%, 以及六分力仪传感器, 量程 0~50 kg, 精度 0.3%。

1.3 试验条件

图 3 为网板模型试验的布置图。固定点式流速仪放置在距试验段水流入口 2 m, 水深 0.5 m 处。将网板通过垂直杆固定在六分力仪下端, 网板平面中心

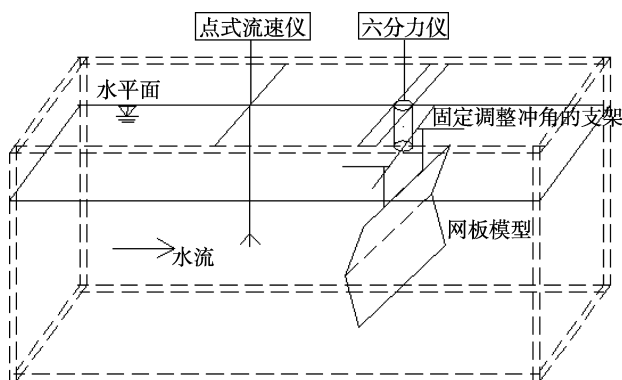


图3 网板模型试验的布置图

Fig. 3 Installation diagram of door model test

距水槽试验段入口 3 m, 网板上边缘距水面 0.17 m。

实验流速在水槽稳定流速范围之内。首先实验测量冲角为 10°、20°、30°、39°、51°、60°时, 速度为 0.2 m/s、0.3 m/s、0.4 m/s、0.5 m/s、0.6 m/s、0.7 m/s 下的网板所受的阻力、升力和竖直方向力。分析实验结果, 得到模型区域后, 进一步测量在相应流速下的 15°、25°、35°、55°冲角的网板受力。

1.4 数据处理

实验测定网板所受的水动力, 包括促使网口张开的扩张力, 也包括阻碍拖网前进的阻力。由于水动力随流速的变化而变化, 待流速稳定后, 依次开始收集流速和受力的数据, 流速值和所受力同时记录并传输至计算机。记录六分力仪 30 min 所收集的 600 个数据, 取其平均值, 即得到相应的阻力 R_D 和升力 R_L 。取点式流速仪同期记录的 1000 个数据, 采用拉依特(PauT)准则^[15]剔除异常数据, 再求其平均值, 得到流速。

由实验得到的数据, 根据渔具力学基本公式, 计算出具体升力系数、阻力系数、升阻比^[13]。

$$C_L = \frac{2R_L}{\rho S v^2} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{2R_D}{\rho S v^2} \quad (2)$$

$$C_r = \frac{C_L}{C_D} \quad (3)$$

$$R_e = \frac{vc}{\nu} \quad (4)$$

式中, R_L 、 R_D 分别为网板的升力和阻力(N); C_L 、 C_D 分别为升力系数和阻力系数; v 为流速(m/s); C_r 为网板升阻比; S 为网板平面面积(m^2); c 为网板翼弦长(m); ρ 为流体密度(kg/m^3); ν 为流体运动

黏性系数; R_e 为雷诺数。

2 结果

2.1 雷诺数与流体动力系数的关系

图 4 图 5 分别为网板阻力系数 C_D 、升力系数和 R_e 数的关系曲线。试验流速为 0.2~0.7 m/s, 对应的 R_e 数则为 $1.29 \times 10^5 \sim 4.50 \times 10^5$ 。从图 4 可看出, 阻力系数变化趋势一致, 在 R_e 数在 $1.29 \times 10^5 \sim 3.14 \times 10^5$, 阻力系数随雷诺数的增大有减小的趋势。在 R_e 数在 $3.14 \times 10^5 \sim 4.50 \times 10^5$, 阻力系数趋于稳定。从图 5 可看出, 在 R_e 数 $3.14 \times 10^5 \sim 4.50 \times 10^5$ 升力系数大体一致, 无较大波动。但在 R_e 数小于 3.14×10^5 , 冲角为 10°、20°、51°时, 升力系数波动幅度较大, 呈先减小后增大的趋势。由升阻力系数和雷诺数的关系, 可以得出 R_e 数 $3.14 \times 10^5 \sim 4.50 \times 10^5$ 在该网板的自动模型区内, 经计算得对应实际网板拖速范围为 0.69~0.99 m/s。

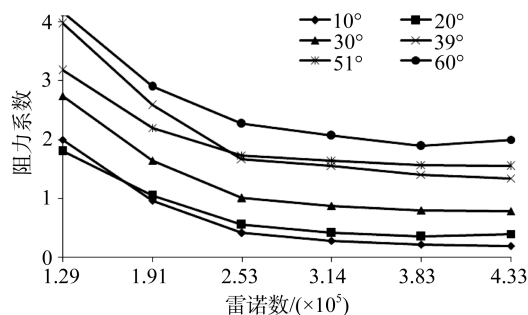


图4 阻力系数与雷诺数的关系

Fig. 4 The relation between drag coefficient and Reynolds number

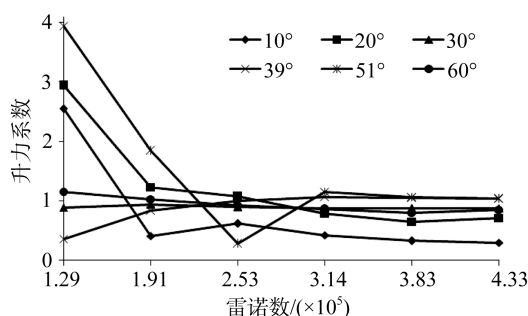


图5 升力系数与雷诺数的关系

Fig. 5 The relation between lift coefficient and Reynolds number

2.2 流体动力系数与冲角的关系

计算自动模型区内升力系数、阻力系数的平均值, 即为该网板的升阻力系数。图 6 为网板阻力系数 C_D 、升力系数 C_L 与冲角 α 的关系曲线。如图 6 所示, 0~60°冲角下, 网板阻力系数为 0.22~1.98, 随冲角 α 的

增加而增大。升力系数为-0.11~1.08, 其随冲角 α 的增加有增大的趋势, 到达临界冲角 50° , 升力系数下降。

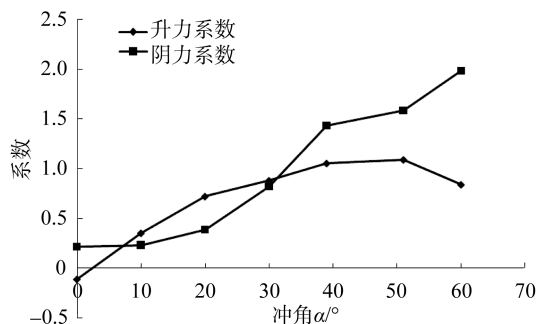


图6 阻力系数、升力系数与冲角的关系

Fig. 6 The relation between drag coefficient, lift coefficient and attack angle

2.3 升阻比与冲角的关系

判别网板扩张效果经常用升阻比, 即升力系数与阻力系数的比值, 这个比值越大, 标志着升力越大, 阻力越小, 亦是网板的效率越高。因此升阻比是判断网板性能的优劣的主要评价指标之一^[16]。为找到更为精确的升阻比和最佳冲角, 实验加做了 15° 、 25° 、 35° 、 55° 冲角情况下网板的受力情况。图7为网板升阻比与来流冲角的关系曲线。从曲线中可以看出, 在冲角在 $15^\circ\sim 25^\circ$ 附近时, 网板的升阻比到达最大, 约为1.86, 即网板效率最高。另外从图中还可以看出, 网板冲角在 $10^\circ\sim 25^\circ$ 范围内都能维持较大的升阻比。网板在 0° 冲角时, 实验所得升阻比为负值, 原因可能在于网板背面加强筋和焊接固定杆引起局部的流态变化。

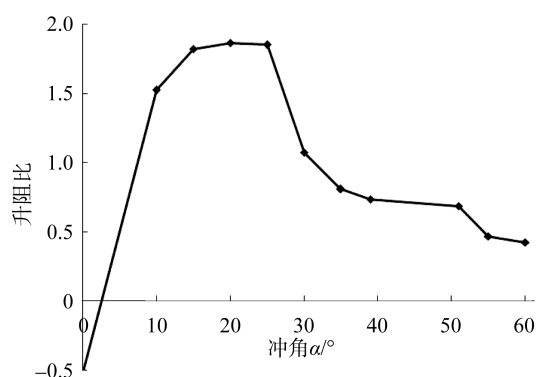


图7 升阻比与冲角的关系

Fig. 7 The relation between lift-drag ratio and attack angle

3 讨论

本试验得出雷诺数 R_e 为 $1.29 \times 10^5 \sim 4.50 \times 10^5$, 在该型网板自动模型区域内, 由于试验循环水槽流速

仅能达到 0.8m/s , 无法做出雷诺数的全范围。参照平板在垂直来流下阻力系数与雷诺数的关系, 即 R_e 为 $10^3 \sim 10^7$ 时, 阻力系数不变^[17]。则实物网板在作业时 R_e $1.32 \times 10^6 \sim 1.46 \times 10^6$ 也在自动模型区内, 其水动力系数与模型网板一致。

试验网板达到最大升力系数的冲角是 50° , 升阻比最大的临界冲角为 20° , 升阻比最大约为1.86, C_{Lmax} 和 C_{rmax} 均低于各型网板, 水动力效率略低于其他网板^[16]。目前该型网板的实际使用冲角为 25° 左右, 为了使作业时达到最佳扩张效果, 可以通过改变曳纲或网板叉纲的连接位置^[13], 适度的改变作业冲角。

网板冲角在 $10^\circ\sim 25^\circ$ 范围内都能维持较大的升阻比^[16], 从节能减排的意义上考虑, 把网板的使用冲角设定在这个范围较为合理。但由于这种情况下网板冲角较小, 升力系数也较小, 无法提供较大的扩张力来使网口得到充分扩张。这时可以考虑增加网板面积来提高扩张力。但一般来说, 增加网板面积就意味着增加网板体积和重量, 这在小型渔船上又涉及操作的困难。为了改变这种状况, 国外(日本等)曾研究过双叶片紧凑型的小型网板^[18], 但结构较复杂, 造价也较高。

从小型渔船要求结构简单、制造成本低等角度考虑, 为了改善原网板的水动力性能, 可以在保证牢固性和稳定性的同时, 在网板板面上开缝, 使网板背部涡流受到较大动能水流的冲击, 改善其背部的流态, 从而达到减少阻力的目的。也可通过在背部加装不同形状的叶片等方法, 减缓涡流, 提高其水动力效率。该V型网板的 λ 约为0.54, 网板折角为 21.5° , 改变其折角和展弦比、剖面形状等进一步改善其水动力性能。

本实验仍存在局限性, 如固定模型的杆件焊接在其背部, 必然会引起流态的变化, 导致试验结果有一定的偏差, 在 0° 冲角下网板的升力为负。为了得到同型扩张效果更好的网板, 进一步测试折角不同的网板的水动力特性, 再对网板做加开隙缝或叶片等改进。

参考文献:

[1] 崔建章. 渔具与渔法学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 116-125.
 [2] 张勋, 王明彦, 徐宝生. 拖网网板型式、结构与性能的研究与应用[J]. 中国水产科学, 2004, 6(增刊): 107-113.

- [3] 徐宝生, 张勋, 王明彦. 单船拖网网板的现状及发展趋势[J]. 福建水产, 2010, 3: 86-89.
- [4] 冯森, 陈连源. 《2.5 m² 形网板》标准制定和网板模型风洞试验[J]. 福建水产, 2001, 11: 26-32.
- [5] 张勋, 王锦浩, 王明彦, 等. 矩形 V 型曲面网板水动力性能的研究— 导流板曲率与网板水动力性能的关系[J]. 中国水产科学, 2004, 6 (增刊): 5-8.
- [6] 徐宝生, 张勋, 郁岳峰, 等. 矩形 V 型曲面网板和 V 型网板生产性对比试验[J]. 海洋渔业, 2006, 28(1): 66-70.
- [7] 孙泰昌, 王书昌, 王诗关, 等. 小型渔船单拖网柔性网板试验简报[J]. 齐鲁渔业, 1998, 15(1): 34-36.
- [8] 孙春录, 于炳礼, 姜仕臣, 等. 小型渔船单拖网双缝口网板研究[J]. 齐鲁渔业, 1998, 15(4): 13-15.
- [9] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 207.
- [10] 锡复春, 徐栋. 青岛渔船需要“走出去”[N]. 中国渔业报. 2011-09-03.
- [11] 杨吝. 拖网网具节能述评. 湛江海洋大学学报[J], 2000, 6(20), 76-82.
- [12] Hu F, Matuda K, Tokai T. Effects of drag coefficient of netting for dynamic similarity on model testing of trawl nets[J]. Fish. Sci, 2001, 67, 84-89.
- [13] Tauti M. A relation between experiments on model and on full scale of fishing net[J]. Nippon Suisan Gakk, 1934, 3, 171-177.
- [14] Antonello S, Joana D, Arc P F. Performance and impact on the seabed of an existing-and an experimental- otterboard: Comparison between model testing and full-scale sea trials[J]. Fisheries Research , 2009, 100 , 156-166.
- [15] 钟穗生, 刘旭光. 实验数据的计算机处理[M]. 北京: 海洋出版社, 1992: 67.
- [16] 余显炜. 渔具力学[M]. 宁波: 浙江科学技术出版社, 2004: 12-15.
- [17] 陈雪忠, 黄锡昌. 渔具模型试验理论与方法[M], 上海: 上海科学技术出版社, 2011: 80-82, 396-401.
- [18] Fukuda K, Fuxiang H, Tokai T, et al. Effects of aspect and camber ratios on hydrodynamic characteristics of biplane-type otter board[J]. Nippon Suisan Gakk, 1999, 65(5): 860-865.

Hydrodynamic Study on a Vee Type Otter Board of Small Trawl Vessels

LI Chong-cong¹, LIANG Zhen-lin², HUANG Liu-yi¹, ZHOU Wei-feng³, SUN Peng¹, WANG Lei³

(1. Fisheries college, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Marine College, Shandong University, Weihai 264209, China; 3. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Fishery Science Research Institute, Shanghai 200090, China)

Received: Mar., 9, 2013

Key words: small trawl vessels; otter board; model test; lift coefficient; drag coefficient

Abstract: Otter Board is one of the important trawl accessories. It has been widely used in fishery and has a directly effect on fishery harvesting and economic benefit. In this paper, the hydrodynamic performance of otter board of small trawl vessels has been investigated, taking Vee type otter board as an example, whose area and aspect ratio are 1 m² and 0.55, respectively. Based on the Tauti law, the model door force under different flow velocity and attack angle was measured. The paper concluded the hydrodynamic characteristic curve of otter board coefficients, critical attack angle and maximum lift-to-drag ratio. The results show that the critical attack angle to achieve the effective expansion is 20°, which has provided a rational relative position of otter board for fishery production.

(本文编辑: 梁德海)