

文章编号: 1000-0615(2004)03-0311-05

立式V型曲面网板的水动力性能

王明彦¹, 王锦浩², 张 勋¹, 郁岳峰¹, 徐宝生¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;
2. 中水远洋渔业有限责任公司, 北京 100032)

摘要: 采用正交优选法来考察网板板面折角、展弦比以及后退角对立式V型曲面网板水动力性能的影响。试验结果证明影响网板水动力性能的最重要的因素是网板板面折角, 其次是展弦比和后退角。当网板的板面曲率为14%、板面折角为12°、展弦比为1.60、后退角为10°时, 网板具有较高的水动力性能。当冲角为25°和28°时, 网板的升力系数均为1.68。另外, 通过对优选网板添加模拟海底的试验证明, 网板在底层作业时, 其临界冲角从28°减小为25°; 在常用工作冲角范围内, 网板在底层时的扩张性能要高于中层, 同时, 网板的升阻比也略有上升, 并能在较宽的冲角范围内持续保持较高的扩张性能。

关键词: 立式V型曲面网板; 水动力性能; 正交优选法; 模拟海底

中图分类号: S971.4 文献标识码: A

Hydrodynamic characteristics of vertical V type otter board

WANG Ming-yan¹, WANG Jin-hao², ZHANG Xun¹, YU Yue-feng¹, XU Bao-sheng¹

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture,
East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;
2. Zhongshui Distant Fishing Co. Ltd., Beijing 100032, China)

Abstract: This study inspected the effects of main structure parameters of otter board on the hydrodynamic characteristics of vertical V type otter board by the orthogonal design and appending the simulated sea bottom, based on the test of model in the wind tunnel. The test results indicated as follows: 1. one of the most important factors to influence the hydrodynamic characteristics of otter board was dihedral angle, followed by aspect ratio and sweepback angle. When the curvature on surface of otter board is 14%, the dihedral angle of the optimal match was 12°, aspect ratio was 1.60 and sweepback angle was 10°. The lift coefficient was 1.68 and higher than tested other boards when attack angle was 25° and 28°. 2. the critical angle of attack of the optimized otter board is reduced from 28° to 25° after appending the simulated sea bottom. It was obvious that the attack angle of vertical V type otter board on bottom was less than that in middle water. 3. the lift coefficient of the optimized otter board was obviously raised in the range of the commonly used attack angle after appending the simulated sea bottom. Meanwhile the lift to drag ratio also rose slightly. However, the lift to drag ratio held the line at attack angle of 20°. 4. in the front of the critical attack angle the moment coefficient of the optimized otter board rose slightly after appending the simulated sea bottom and it was favorable for the stabilization of otter board in practical operation.

收稿日期: 2003-02-19

资助项目: 中水远洋渔业有限责任公司资助项目(2002-03)

作者简介: 王明彦(1941-), 男, 浙江鄞县人, 研究员, 主要从事海洋渔业和渔业工程研究。Tel: 021-65679752, E-mail: ecswny@hotmail.com

Key words: vertical V type otter board; hydrodynamic characteristics; orthogonal design; simulated sea bottom

立式V型曲面网板起源于上世纪80年代的日本,由于其结构类似于飞机的机翼,同时有板面折角和后退角,因此网板扩张性能高、稳定性好,现已在日本、韩国、美国等大、中型拖网渔船上获得全面推广应用。我国自上世纪90年代起开始引入这种网板,1997年中国水产科学研究院东海水产研究所开始为我国远洋渔业企业研制各种规格的立式V型曲面网板,并成功地应用于印度、巴基斯坦和西非沿海的拖网渔船上,但是,未对立式V型曲面网板水动力性能进行过系统的研究。上世纪90年代日本东京水产大学渔捞学研究室曾采用单因素试验法对板面曲率、网板板面折角以及后退角与网板水动力学性能的关系进行过专题试验,取得了一定成绩^{1-3]}。然而,网板的水动力性能与多项因素有关,采用单因素试验法无法确定立式V型曲面网板的最佳结构形式。为此,研究采用正交试验法来分析网板的结构与水动力性能的关系,从而选出立式V型曲面网板较佳的配合型式。同时,对网板在中层和底层作业时的水动力性能进行对比分析,为合理设计和正确使用立式V型曲面网板提供科学依据。

1 材料与方法

实验于七〇八所五室的风洞实验室进行,试验用风洞为开口式回流风洞,试验段直径1.5m,长度为1.67m,风速为0~30m·s⁻¹。

1.1 试验模型

网板模型示意图见图1。图中 β 为网板后退角, γ 为板面折角, b 为翼展长, L 为最大翼弦长, L_1 为上翼弦长, L_2 为下翼弦长。模型网板由厚2mm的钢板制成,板面曲率根据日本有关研究的结论及实际使用经验取14%^{1]}。

1.2 试验方法

试验分两个阶段进行。第一阶段重点考察网板折角、后退角以及展弦比3个因素对水动力性能的影响,同时,探讨其最佳的配合形式。每个因素分3个水平(表1),因此可按L₉(3³)正交试验表来进行网板模型试验。9块模型网板各因素的配合见表2。

第二阶段试验是在前一阶段试验结果的基础上,按较佳配合设计10号网板进行试验。同时,对

添加模拟海底后网板水动力性能的变化进行分析研究,以供实际作业时参考。

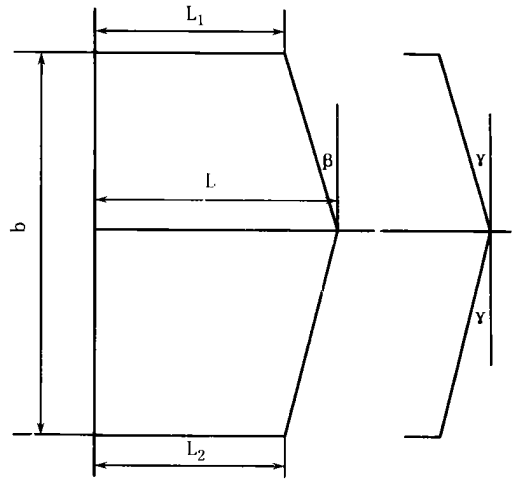


图1 立式V型曲面网板模型

Fig. 1 Sketch map of vertical V type otter board model

表1 试验因素表

Tab. 1 Table of testing factors

因子 factor	I	II	III
网板折角 dihedral angle	10°	12°	15°
后退角 sweepback angle	10°	12°	15°
展弦比 aspect ratio	1.55	1.60	1.65

网板模型在风洞试验段的安装示意图见图2。网板翼弦与来流夹角为 α ,试验中 $\alpha=0^\circ\sim 40^\circ$,试验风速 $V=28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,雷诺数 $Re=VL/\nu=0.52\times 10^6$,其中粘性系数 $\nu=15\times 10^6\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ 。试验时用3分量应变式天平及YD-21动态应变仪来测定升力 Y 、阻力 X 、力矩 M (绕支点)。同时测出压力中心点离网板前端距离。

$$d = e - (M/N)(N - \text{法向力})$$

$$\text{升力系数: } C_y = 2Y/\rho V^2 S$$

$$\text{阻力系数: } C_x = 2X/\rho V^2 S$$

$$\text{力矩系数: } C_M = 2M/\rho V^2 S$$

$$\text{压力中心系数: } C_P = d/L$$

式中, d 为压力中心至网板前端距离(m); e 为网板模型转动支点到网板前端距离(m); V 为来流速度(m·s⁻¹); S 为网板面积(m²); L 为网板最大翼弦长(m); ρ 为空气密度(kgf·s⁻²·m⁻⁴), $\rho=1.225\text{Pa}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}^{-2}\approx 0.125\text{kgf}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}^{-4}$ (室温15℃)。

表 2 9 块模型网板各因素的配合

Tab. 2 Factor combinations of model otter board

序号 no.	水平编号 horizon	网板折角(A) dihedral angle	水平编号 horizon	后退角(B) sweepback angle	水平编号 horizon	展弦比(C) aspect ratio
1	I	10°	I	10°	I	1.55
2	II	12°	II	12°	II	1.60
3	III	15°	III	15°	III	1.65
4	I	10°	II	12°	III	1.65
5	II	12°	III	15°	I	1.55
6	III	15°	I	10°	II	1.60
7	I	10°	III	15°	II	1.60
8	II	12°	I	10°	III	1.65
9	III	15°	II	12°	I	1.55

2 结果与分析

2.1 第一阶段

由于立式 V 型曲面网板常用工作冲角为 20°, 为此根据第一阶段的试验结果, 选择 20° 冲角时的试验数据进行分析。

判断网板水动力性能的主要指标是网板的升阻比, 同时, 也不能忽视升力系数的重要作用。表 3 为重点考察网板升阻比的正交试验分析表。表中直接以升阻比的绝对值作为评分标准, 并计算各水平的评分之和以及极差。

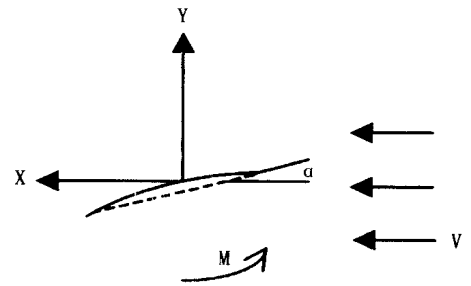


图 2 网板模型安装示意图

Fig. 2 Sketch map of mounting otter board model

表 3 冲角 20° 时正交试验(考察指标为升阻比)

Tab. 3 Analysis of orthogonal testing at angle of attack of 20° (Inspecting index is lift-to-drag ratio)

序号 no.	水平编号 horizon	网板折角(A) dihedral angle	水平编号 horizon	后退角(B) sweepback angle	水平编号 horizon	展弦比(C) aspect ratio	升力系数 lift coefficient	阻力系数 drag coefficient	升阻比 lift-to-drag ratio
1	I	10°	I	10°	I	1.55	1.40	0.50	2.8
2	II	12°	II	12°	II	1.60	1.40	0.48	2.917
3	III	15°	III	15°	III	1.65	1.44	0.55	2.618
4	I	10°	II	12°	III	1.65	1.44	0.59	2.441
5	II	12°	III	15°	I	1.55	1.41	0.52	2.712
6	III	15°	I	10°	II	1.60	1.44	0.53	2.717
7	I	10°	III	15°	II	1.60	1.51	0.53	2.603
8	II	12°	I	10°	III	1.65	1.48	0.53	2.792
9	III	15°	II	12°	I	1.55	1.42	0.53	2.679
I			7.844		8.309		8.191		
II			8.421		8.037		8.237		
III			8.014		7.933		7.851		
极差 extremal deviation			0.577		0.376		0.386		

比较 9 次试验结果可以看出, 第二号试验 A₂B₂C₂(2 号网板) 效果最好, 升阻比达 2.917, 阻力系数仅 0.48, 优于其它 8 次试验。但升力系数不高, 仅为 1.40。

从极差的大小可以看出影响网板水动力性能的最重要的因素是网板板面折角, 其次是展弦比,

后退角的影响最小。其可能的最好配合是 A₂B₁C₂, 即网板的板面折角为 12°、展弦比为 1.60、后退角为 10°。从 3 个因素的评分结果来看网板板面折角和展弦比的变化范围没有选偏, 分别为 12° 和 1.60, 网板的后退角似乎是越小越好。由于后退角的影响相对较小, 因此, 可以认为板面曲率为

14%时, 立式 V 型曲面网板的较佳配合型式为 $A_2B_1C_2$ 。

2.2 第二阶段

根据第一阶段的试验结果, 我们按 $A_2B_1C_2$ 的配合形式设计 10 号网板模型。

10 号网板与 2 号网板水动力性能的比较 从表 4 和图 3 可以看出, 在常用冲角范围内, 10 号网板的升力系数明显高于 2 号网板, 当冲角为 20° 和 25° 时, 10 号网板的升力系数分别为 1.55 和 1.68, 而 2 号网板则分别为 1.40 和 1.51。另外, 当冲角为 28° 时, 10 号网板的升力系数与冲角 25° 时相同, 仍为 1.68。但是, 10 号网板的升阻比低于 2 号网板。当冲角为 20° 时, 升阻比为 2.72, 而 2 号网板则为 2.91。

一般而言, 网板的升阻比是评价网板效率的重要指标, 而网板的升力系数则是决定网板扩张力的关键。

表 4 10 号网板和 2 号网板水动力性能系数对照表

Tab. 4 Correlation of coefficients of hydrodynamic characteristics between otter boards No. 10 and No. 2

网板模型 model otter board	α	20°	25°	28°	30°
10 号网板 no. 10 otter board	C_Y	1.55	1.68	1.68	1.61
	C_X	0.57	0.72	0.80	0.87
	C_Y/C_X	2.72	2.33	2.10	1.85
2 号网板 no. 2 otter board	C_Y	1.40	1.51	1.54	1.52
	C_X	0.48	0.60	0.67	0.72
	C_Y/C_X	2.91	2.51	2.29	2.10

由试验可见, 最理想的网板应该是升阻比和升力系数都越大越好。然而在同类型网板条件下, 要想做到兼顾两者, 难度比较大。2 号网板尽管升阻比最大, 但是, 其升力系数低于所有试验网板。而 10 号网板, 虽然升阻比低于 2 号网板, 但是, 由于其升力系数明显高于 2 号网板和其它试验网板; 同时, 当冲角为 25° 和 28° 时, 升力系数都稳定为 1.68, 因此, 该网板工作稳定, 扩张性能好, 是一种水动力性能较佳的网板。

添加模拟海底后 10 号网板水动力性能的变化 添加模拟海底以后, 10 号网板水动力性能的变化见图 4 和表 5。从图 4 和表 5 可以看出: (1) 添加模拟海底以后, 10 号网板的临界冲角减小为 25° 。(2) 在常用工作冲角范围内, 10 号网板的升力系数有明显提高, 当冲角为 15° 和 20° 时, 升力系数分别由 1.37 和 1.55 提高为 1.49 和 1.61。由此可见,

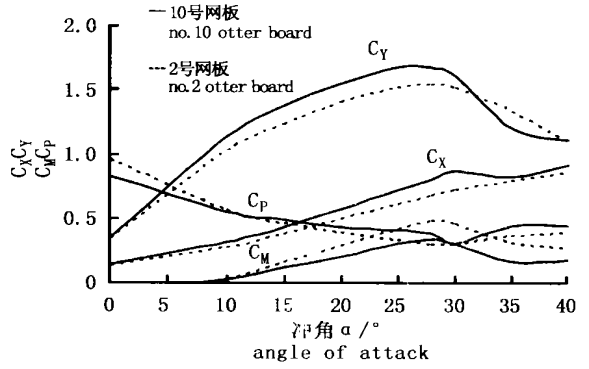


图 3 10 号网板和 2 号网板水动力性能对比曲线
Fig. 3 Hydrodynamic characteristics comparison between otter boards No. 10 and No. 2

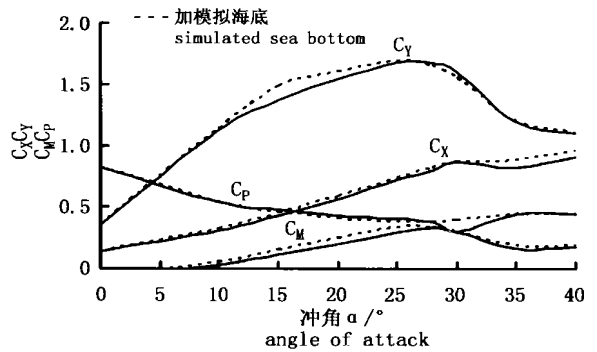


图 4 加和不加模拟海底 10 号网板水动力性能变化曲线
Fig. 4 Comparison of hydrodynamic characteristics of otter board No. 10 with and without simulated sea bottom

表5 加模拟海底和不加模拟海底10号网板水动力性能系数对照表

Tab. 5 Comparison of hydrodynamic characteristics of otter board no. 10 with and without simulated sea bottom

网板模型 otter board models	冲角 α	10°	15°	20°	25°	28°	30°
无模拟海底 without sea bottom	C_Y	1.13	1.37	1.55	1.68	1.68	1.61
	C_X	0.31	0.43	0.57	0.72	0.80	0.87
	C_M	0.02	0.11	0.20	0.30	0.33	0.30
	C_P	0.54	0.48	0.43	0.40	0.38	0.30
加模拟海底 simulated sea bottom	C_Y	1.14	1.49	1.61	1.69	1.66	1.56
	C_X	0.32	0.45	0.59	0.74	0.82	0.87
	C_M	0.05	0.15	0.25	0.33	0.33	0.30
	C_P	0.54	0.46	0.41	0.38	0.38	0.39

该网板在底层作业时的性能优于中层作业,并能持续保持较高的扩张性能。(3)10号网板最大的升阻比从3.64减小为3.56。但无论加和加不加模拟海底,显示最大升阻比的冲角都在10°以下,均比显示最大升力系数的冲角小^[2]。在常用工作冲角范围内,网板升阻比略有上升,但冲角为20°时,升阻比几乎保持不变,为2.72(图5)。(4)压力中心系数几乎保持不变,当网板冲角为15°~25°时,仅略有下降,也就是说压力中心点的位置略有前移。(5)在临界冲角前,网板的力矩系数略有上升。如冲角为20°时,力矩系数从0.20上升为0.25。

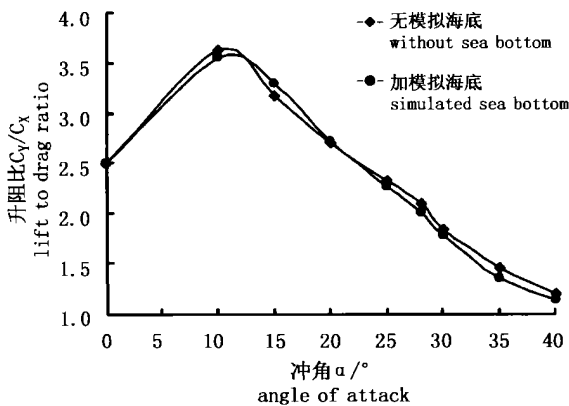


图5 10号网板升阻比与冲角的关系曲线

Fig. 5 Relationship between lift to drag ratio and angle of attack for otter board No. 10

3 结语

为了确定立式V型曲面网板的最佳结构型式以及在不同工况条件下的水动力性能,研究先后采用正交优选法以及添加模拟海底方法来进行试验,试验的结果证明:

(1)在网板板面折角、展弦比和后退角3个因素中,影响立式V型曲面网板水动力性能的最重

要的因素是网板板面折角,其次是展弦比,后退角的影响相对较小。当网板的板面曲率为14%时,其水动力性能较佳的配合型式是网板板面折角为12°,展弦比为1.60,后退角为10°。该网板的升阻比虽小于2号网板,但升力系数明显高于2号网板和其它试验网板;同时,当冲角为25°和28°时,升力系数都稳定为1.68,因此,该网板工作稳定,扩张性能好。是一种水动力性能较佳的网板。

(2)添加模拟海底后,10号网板的临界冲角减小为25°。可见立式V型曲面网板在底层作业时,其工作冲角可小于中层作业时的冲角。根据这次试验结果,建议在15°~20°范围内选用。

(3)添加模拟海底后,在常用工作冲角范围内,网板的升力系数有明显提高,同时,升阻比也略有上升,但冲角为20°时,其升阻比几乎保持不变。当冲角超过20°时,则升阻比略有下降。

(4)在临界冲角前,添加模拟海底后网板的力矩系数略有提高,在实际使用时有利于网板稳定。

参考文献:

- [1] Ko M, Hu F X, Satoshi I. Hydrodynamic characteristics of vertical V type otter board[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1990, 56(11): 1815-1820. [松田皎, 胡夫祥, 石泽聪. 湾曲V型オッターボードの流体特性[J]. 日本水产学会志, 1990, 56(11): 1815-1820.]
- [2] Chang D P, Ko M, Hu F X, et al. Hydrodynamic characteristics of cambered plates in free stream and near the bottom[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1992, 59(4): 627-632. [朴仓斗, 松田皎, 胡夫祥, ら. 反り比の共なる湾曲板の流体特性に及ぼす底面の影响[J]. 日本水产学会志, 1993, 59(4): 627-632.]
- [3] Chang D P, Ko M, Hu F X. Effects of dihedral and sweepback angles on lift and drag of the cambered otter board[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1996, 62(6): 920-927. [朴仓斗, 松田皎, 胡夫祥. 湾曲型オッターボードの揚抗力特性に及ぼす上反角および后退角的影响[J]. 日本水产学会志, 1996, 62(6): 920-927.]