

# 大型拖网渔船网板性能的试验研究

关长涛 潘生弟

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

**摘要** 根据对随船引进的大型远洋单船拖网网板的调查、测绘和分析, 选择了5种结构上具有代表性的网板, 进行网板模型风洞试验。通过对风洞试验结果的分析, 筛选出缝翼式大展弦比网板作为选型设计的基础, 设计制作了3付实物网板, 经生产使用证明, 该型网板具有扩张效果好, 冲角范围大, 曳行稳定和抗弯曲性强的特点。

**关键词** 单船拖网 网板 风洞试验 水动力性能

1985年以来, 我国已先后从国外引进了17艘大型远洋拖网加工渔船从事远洋单拖网作业, 原使用网板均系随船引进。由于随船引进网板的结构、性能等各不相同, 又都缺少网板的水动力性能及图纸等技术资料, 不仅在网板的使用中具有较大的盲目性, 而且在网板的更新以及与船只、网具的匹配等方面都存在着许多问题。为在摸清上述的各型网板的水动力性能基础上, 实现远洋单拖网板的国产化配套, 作者与烟台、青岛远洋渔业公司合作, 对5种不同结构的引进网板进行了模型风洞试验。根据风洞试验结果, 进行了实物网板的选型设计和试用。现将试验研究情况介绍如下。

## 1 材料和方法

### 1.1 网板的结构型式

根据作者的调查和所收集到的国内外资料, 应用于大型远洋单船拖网作业的网板基本上有6种结构型式: (1) 大展弦比立式曲面双层网板; (2) 大展弦比立式曲面缝翼式网板; (3) 大展弦比立式曲面夹层式网板; (4) 大展弦比立式曲面单层网板; (5) 大展弦比V型曲面网板; (6) 大型开缝式椭圆形网板。由于大型开缝式椭圆形网板生产上尚未采用, 所以, 作者在网板模型风洞试验中只选取了前5种型式。5种网板的结构型式、实物及模型网板的面积等参数列于表1。

### 1.2 网板模型的设计与制作

根据空气动力学理论和流体力学的相似准则, 在网板模型风洞试验中, 我们只要保证模型与实物几何相似和雷诺数(Re)相等这两个条件, 那么网板模型的试验结果就可以直接应用到实物网板的设计中。鉴于网板的制造为弯曲与焊接这样的工艺条件, 为保证模型试验结果更准确地反映实物网板的情况, 作者在网板模型的设计中采用了尽可能小

收稿日期: 1998-01-05; 接受日期: 1998-03-06

表1 网板结构型式及模型设计主要参数

Table 1 The structure of trawl doors and the main parameter for model design

网板编号 Door number	面积 (m <sup>2</sup> ) Area		展弦比 (入) Aspect ratio		相似模数 Modulus of similarity	结构型式 Structure	对应图号 Figure number
	实物 Real	模型 Model	实物 Real	模型 Model			
	1 <sup>2</sup>	5.72	1	1.846			
2 <sup>2</sup>	6.50	1	2.679	2.680	2.5495	立式曲面缝翼	图2
3 <sup>2</sup>	13.20	1	1.745	1.744	3.6331	立式曲面夹层	图3
4 <sup>2</sup>	10.00	1	2.096	2.096	3.1623	立式曲面单层	图4
5 <sup>2</sup>	9.78	1	1.456	1.464	3.1273	V型曲面	图5

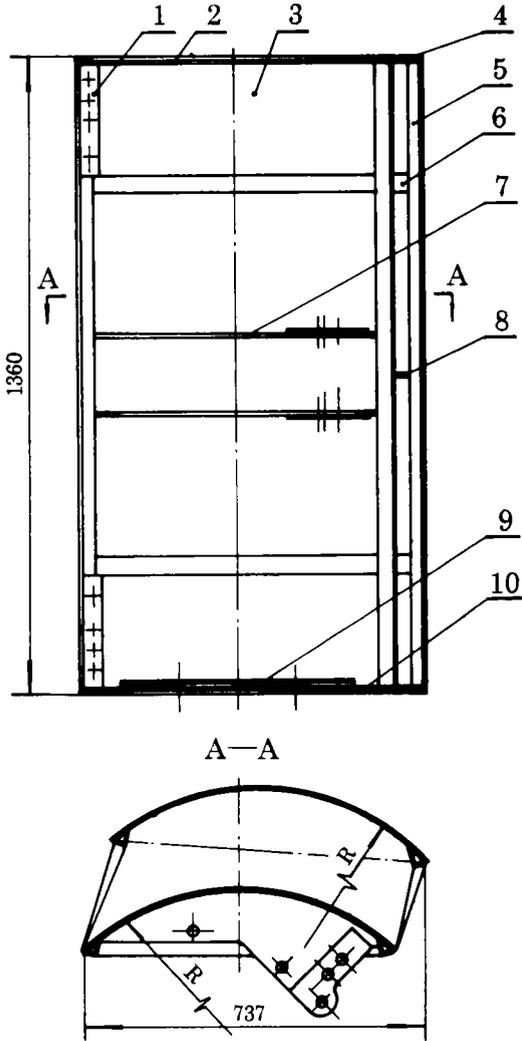


图1 1<sup>2</sup>网板模型结构

Fig. 1 Structural diagram of model door 1<sup>2</sup>

1. 贴板 2. 顶板 3. 翼面板 4. 顶(底)盖板 5. 角钢  
6. 槽钢 7. 翼面板 8. 筋板 9. 加重板 10. 底板

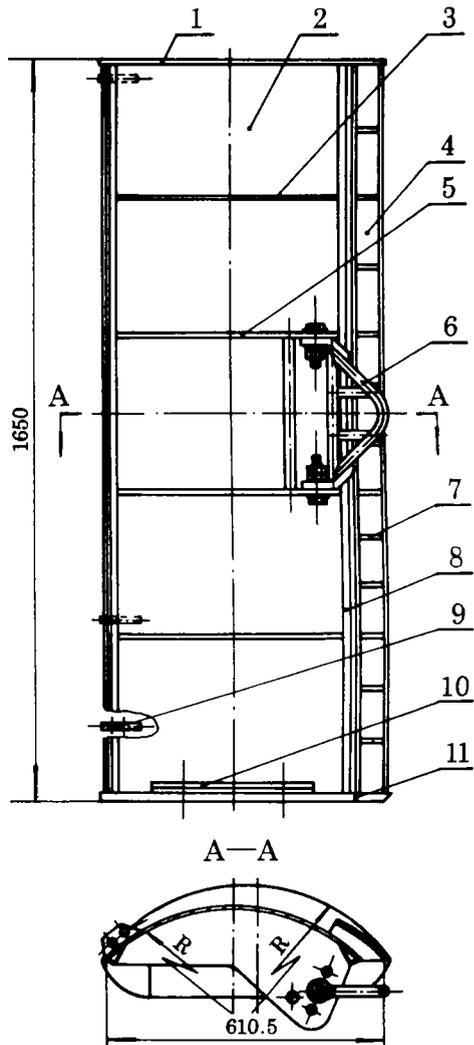


图2 2<sup>2</sup>网板模型结构

Fig. 2 Structural diagram of model door 2<sup>2</sup>

1. 顶板 2. 翼面板 3. 筋板 4. 缝翼板 5. 翼面板 6. 翼面板  
7. 小筋板 8. 角钢 9. 手钢板 10. 加重板 11. 底板

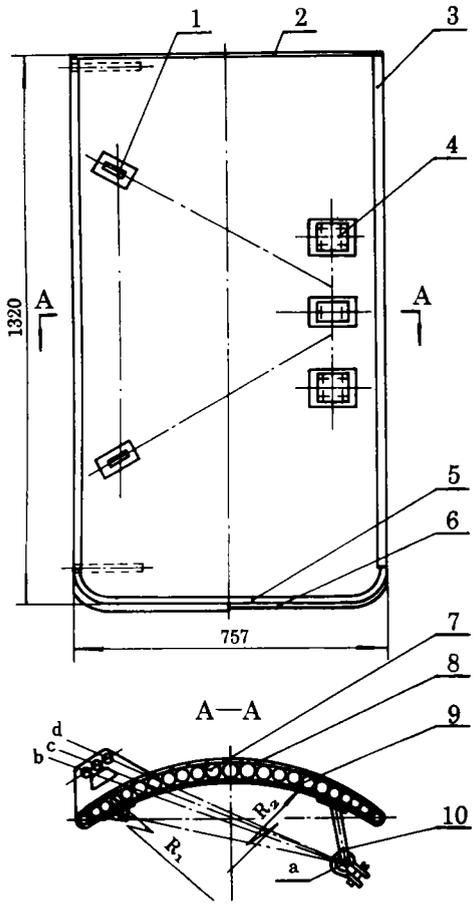


图 3 3<sup>号</sup>网板模型结构

Fig.3 Structural diagram of model door 3<sup>号</sup>

- 1. 吊链板 2. 顶板 3. 钢管 4. 曳纲板 5. 底板
- 6. 加重板 7. 浮球 8. 外翼板 9. 内翼板 10. 曳纲架

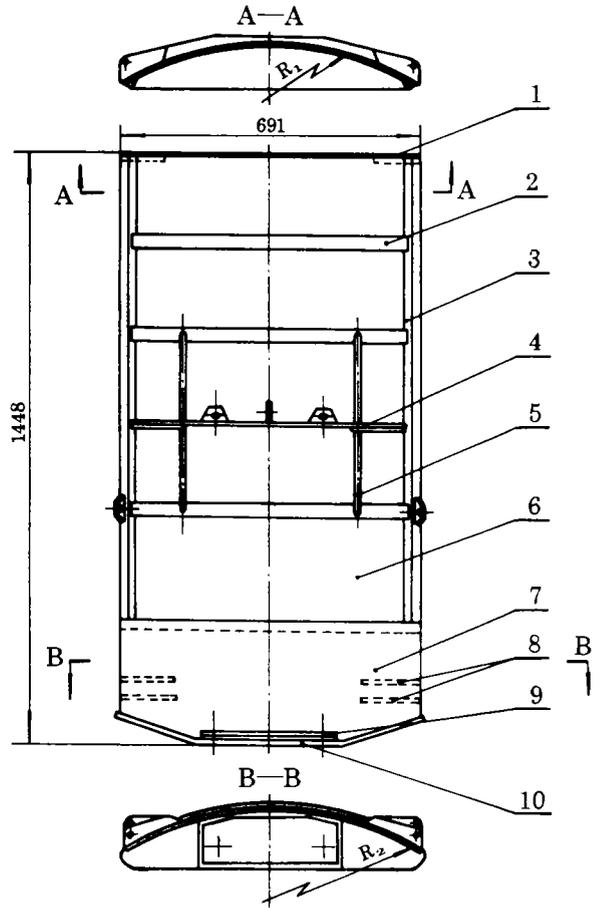


图 4 4<sup>号</sup>网板模型结构

Fig.4 Structural diagram of model door 4<sup>号</sup>

- 1. 顶板 2. 槽钢 3. 角钢 4. 曳纲板 5. 撑杆
- 6. 上翼板 7. 下翼板 8. 手纲板 9. 加重板 10. 底板

的相似模数以使网板模型尽可能大。根据试验风洞的阻塞比和天平的量程，将 5 块网板的模型按不同的相似模数（见表 1）均设计成投影面积为 1m<sup>2</sup>的模型网板（图 1 ~ 5），以便于对各种网板的性能作比较。网板模型委托南京航空航天大学加工制作。

### 1.3 网板模型的试验条件

#### 1.3.1 试验风洞

南京航空航天大学 NH-2 低速风洞。该风洞为串置式双试验段闭口单流全钢结构，设

有大小两个试验段,其截面均为矩形带小切角。本试验在小试验段内进行。小试验段宽3m、高2.5m、长6m,进口面积 $7.18\text{m}^2$ 。其主要技术指标如下:

空风洞最大风速:  $V_{\max} = 88\text{m/s}$

空风洞最小风速:  $V_{\min} = 8\text{m/s}$

平均气流偏角:  $\Delta\alpha \leq 0.1^\circ$ ,  $\Delta\beta \leq 0.1^\circ$

轴向静压梯度:  $|dp/dx| \leq 0.0041/\text{m}$

紊流度:  $\varepsilon \leq 0.1\% \sim 0.14\%$

### 1.3.2 测力天平

试验中采用与NH-2风洞配套的T-01塔式6分量机械应变天平来测量模型所承受的气动力。

### 1.3.3 数据采集与处理

天平输出信号经过前置放大器输入HP2250测控子系统进行采集,再经过A/D变换输入HP1000-A700主机存储、运算、打印、绘图和彩色显示。测试系统的精度为 $\pm 0.1\%FS$ 。

### 1.3.4 流态观察的试验方法

为了更直观地了解网板在拖曳中的流态以及网板前、后缘的分离情况,作者还从5块网板中选取了3块网板(1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>网板)进行流态观察试验。试验时,在网板的背面均匀地粘贴9行丝线,根据测力试验结果,每块网板选取4个角度,以定风速吹风,观察每块网板的流态变化,并以录相和拍照方式作记录。

## 2 试验结果分析

网板模型风洞试验于1993年12月12~13日在南京航空航天大学风洞试验室进行,试验结果及分析如下。

### 2.1 测力结果分析

各模型网板的主要特性列于表2。图6~8分别为5块网板的升力系数( $C_y$ )、阻力系数( $C_x$ )、升阻比( $K$ )、力矩系数( $C_m$ )随冲角 $\alpha$ 变化的对比曲线。

从以上的图、表中我们可以看出:

(1)各网板的升力(即网板的扩张力)特性的优劣依次为1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>,而1<sup>#</sup>网板的扩张力特性明显优于其他各网板,其零冲角扩张力系数 $C_{y0}$ 、最大扩张力系数 $C_{y\max}$ 和临界冲角 $\alpha_{11}$ 值均为最大。4<sup>#</sup>和5<sup>#</sup>网板的扩张力系数最差,当冲角大于 $18^\circ$ 左右时,扩张力突然减小,但在 $22^\circ \sim 38^\circ$ 之间 $C_y$ 值能保持在1.28左右。

(2)从阻力和升阻比特性来看,除1<sup>#</sup>网板阻力明显大之外,其余4块网板阻力系数水平相当。4<sup>#</sup>网板在 $\alpha = 12^\circ$ 之前,升阻比一直处于领先水平,2<sup>#</sup>网板在 $\alpha = 5^\circ \sim 30^\circ$ 的较大冲角范围内都能保持较高的升阻比,且在 $\alpha$ 大于 $12^\circ$ 之后,升阻比水平一直领先于其他各网板。1<sup>#</sup>网板的升阻比最低,但变化较平稳。

(3)应用空气动力学理论,从力矩曲线可以判断出网板的稳定性。曲线斜率为负,表示当冲角 $\alpha$ 增大时,网板自身产生恢复力矩,有利于网板恢复直立状态,这样网板就具稳定趋势。负斜率越大,产生的恢复力矩就越大,网板的稳性越好,反之,网板不稳定。

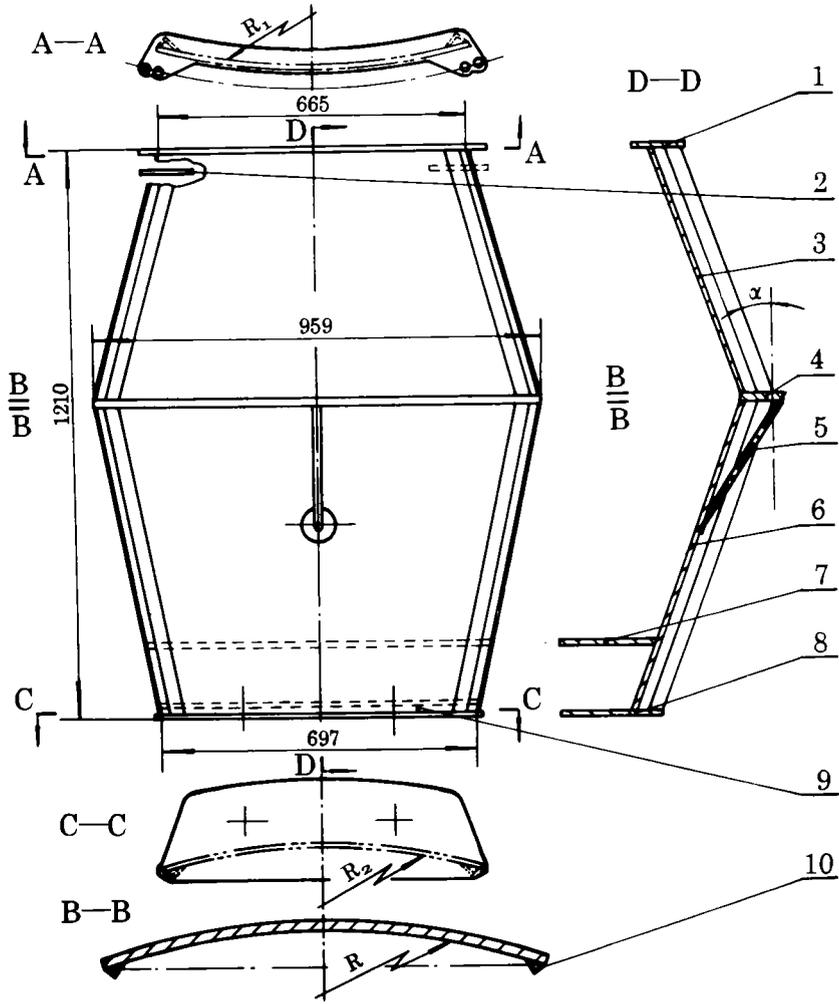


图5 5#网板模型结构

Fig. 5 Structural diagram of model door 5#

- 1. 顶板 2. 上手纲板 3. 上翼板 4. 曳纲板 5. 撑杆
- 6. 下翼板 7. 下手纲板 8. 底板 9. 加重板 10. 角钢

表2 各模型网板的主要特性

Table 2 The main characteristics of model doors

网板号 Door number	重量 (kg) Weight	$C_{max}$	$C_{10}$	$K_{max}$	$\alpha_1$
1#	112.87	2.677	0.692	3.595	30
2#	83.49	2.030	0.151	5.218	26
3#	54.86	1.735	0.341	1.193	26
4#	59.02	1.661	0.380	5.751	16
5#	65.57	1.320	0.156	5.159	18

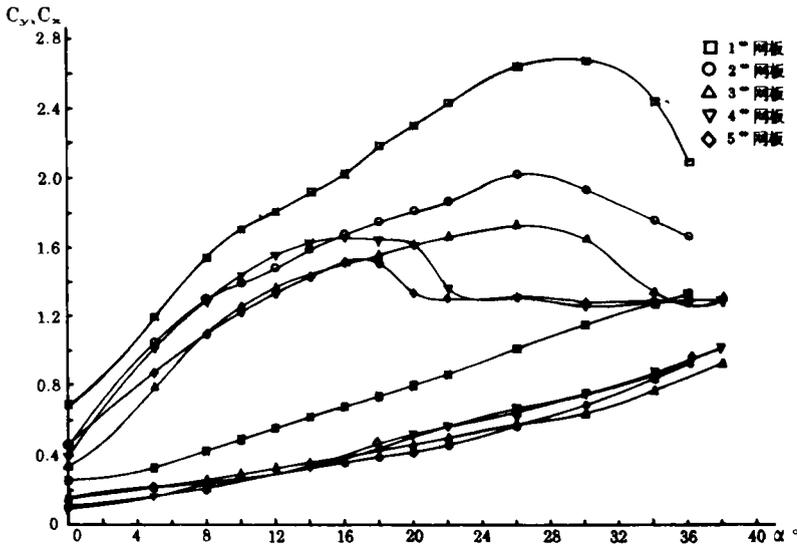


图 6 5 块网板  $C_y \sim \alpha$ ,  $C_x \sim \alpha$  比较曲线

Fig. 6 Comparative curves of  $C_y \sim \alpha$ ,  $C_x \sim \alpha$  of five model trawl doors

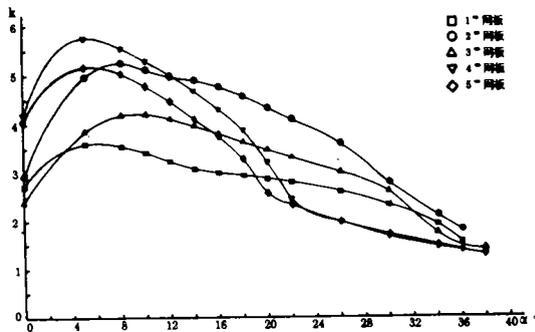


图 7 5 块网板  $K \sim \alpha$  比较曲线

Fig. 7 Comparative curves of  $K \sim \alpha$  of five model trawl doors

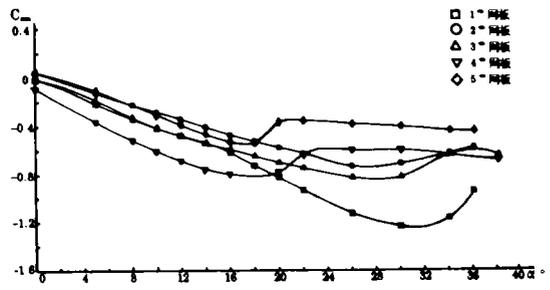


图 8 5 块网板  $C_m \sim \alpha$  比较曲线

Fig. 8 Comparative curves of  $C_m \sim \alpha$  of five model trawl doors

### 2.2 流态观察结果分析

从表 3 以及作者现场观察到的结果 (有录相和照片记录) 可以看出, 1°网板外翼板冲角在 18°~26°时流态变化不大, 26°时前缘略有分离, 30°时前缘分离加剧, 后缘分离减弱, 34°时全分离。内翼板较外翼板分离严重。这与升力曲线的趋势是一致的。当  $\alpha$  在 10°~26 范围内,  $C_y$  随  $\alpha$  成正比增加, 30°以后  $C_y$  急剧下降, 到 34°时全部分离。

2°与 3°网板的情况类似, 详见表 3。但由于 2°网板有前缘缝翼, 改善了流态, 即使在  $\alpha = 36^\circ$  时, 仍保持局部不分离。

综合上述分析可以得出以下结论:

(1) 1°网板所产生的扩张力大, 零冲角升力系数大, 稳定性在较大冲角范围内都很好, 16°~ 30°范围内较 16°之前更稳定。其缺点是重量大, 阻力大, 升阻比低, 渔船有效功率消耗大。适宜于大马力单拖作业。

(2) 4°与 5°网板相比, 动力特性接近, 趋势也相同。在  $\alpha = 5^\circ \sim 12^\circ$  范围内, 4°网板的升阻比均高于其他网板之值, 力矩曲线也几乎平行。在 16°之前两者都是稳定的, 22°以后两者的稳定性都很小, 在 18°~ 22°间, 有一个 4°左右的不稳定区。作业中应避开这个冲角范围。

(3) 3°与 4°网板相比, 前者为夹层结构, 后者为单层结构。在 16°之前的小冲角范围内, 4°网板优于 3°网板。但当冲角超过 16°以后, 4°网板的扩张力特征和稳定性都明显下降, 而 3°网板仍能继续保持上升势头, 直到 26°时失速。由此看来, 4°网板结构简单, 小冲角情况下, 升力和力矩特性都很好, 但缺点是冲角范围小。3°网板的升力和力矩变化平稳, 冲角范围大, 但其结构复杂, 某些构件和制作工艺尚难解决。

表 3 流态观察结果

Table 3 Results of the current observation

网板 Door number	冲角 ( $\alpha$ ) Angle of attack	风速 (m/s) Wind speed	流 态 显 示 Current display	
			前 缘(Front fringe)	后缘(Rear fringe)
1° 网 板 外 翼 板	18°	29	未分离	20%分离, 有涡流
	26°	29	15%分离	20%分离, 有涡流
	30°	29	25%分离, 有涡流	20%分离
	34°	29	全分离, 有涡流	全分离, 有涡流
2° 网 板	20°	30	少量分离	50%分离, 有涡流
	22°	30	10%分离	50%分离, 有涡流
	26°	30	20%分离, 有涡流	50%分离, 有涡流
	36°	30	25%分离, 有涡流	65%分离, 有涡流
3° 网 板	20°	30	少量分离	40%分离, 有涡流
	22°	30	少量分离	40%分离, 有涡流
	26°	30	分离加剧	50%分离, 有涡流
	34°	30	全分离, 有涡流	全分离, 有涡流

(4) 2°网板是在 4°网板的基础上增加前缘缝翼而成。在 16°之前, 两者的扩张力相差无几, 但 16°之后, 前缘缝翼增升效果明显, 而且从不稳定变成稳定, 临界冲角从 16°增大到 26°, 而阻力系数却没有多大变化。可见增加前缘缝翼是改善网板性能的良好途径。

(5) 2°与 3°网板相比, 临界冲角接近, 阻力系数相当, 稳定性也差不多, 但 2°网板的扩张力和升阻比性能都好于 3°网板。

### 3 实物网板的设计与使用

依据网板模型风洞试验结果,经过综合研究分析,作者选择了综合性能较好,结构亦较简单的立式曲面缝翼式网板(2<sup>+</sup>网板)作为国产化配套网板的基本形式,分别为青渔、烟渔公司设计研制了 10、7.5 和 7m<sup>2</sup> 3 付网板。分别由大型远洋拖网加工渔船“泰安”、“烟远 1 号”、“烟远 2 号”在 1994 年夏季至 1995 年春季在西北太平洋狭鳕捕捞生产中应用,取得了显著的增产效果。而后,该型网板迅速地在远洋大型单拖作业中得到推广应用,较好地解决了远洋单拖网板的国产化配套问题。

## 参 考 文 献

- 刘同渝 1982 二翼片网板模型风洞试验报告. 海洋捕捞专业学术讨论会论文报告选编, 第 2 集: 201 ~ 210
- 陈良河 1980 拖网设计与使用. 北京: 农业出版社, 115 ~ 166
- 黄锡昌 1980 渔具模型试验. 北京: 农业出版社
- 黄锡昌 1981 实用拖网渔具渔法. 北京: 农业出版社, 131 ~ 169

# EXPERIMENTAL STUDY ON THE SELECTION AND DESIGN OF TRAWL DOORS FOR LARGE PELAGIC TRAWL

Guan Changtao and Pan Shengdi

( Yellow Sea Fisheries Research Institute , Qingdao 266071 )

**ABSTRACT** Five model trawl doors were tested through the aerodynamic tunnel based on the analyses, survey and drawing. After analysing the results of the aerodynamic tunnel test, we selected the trawl door with a slot as the base of our design. The trawl doors with surface area of 10, 7.5 and 7m<sup>2</sup> that were designed by using the aerodynamic tunnel, manufactured and used. The trawl doors of such structure have proved to be highly effective in spreading, large in the range of attack angle, stable in performance and resistant to bending.

**KEYWORDS** Otter trawl Trawl door Aerodynamic tunnel test  
Hydrodynamic performance