

六片式拖网性能的研究

崔建章

(上海水产大学, 200090)

提 要 利用1/7比例的网具模型,在拖曳水槽中对六片式拖网进行水槽试验。得出网口高度公式为: $H = 0.121CV^{-0.811}$ 。网具阻力公式为: $R = 0.069 \frac{d}{a} LCV^{1.559}$ 。同时得出力纲上装配浮子能提高网口高度3.6%,上中纲与上纲长度之比不能大于0.140,上边纲长度可大于相对应的力纲3.3%等设计网具数据。

关键词 六片式拖网,模型试验,拖曳水槽

自1988年中国拖网渔船在大西洋中东部海域使用六片式拖网捕捞头足类以来,笔者已发表过几篇关于六片式拖网研究的文章[崔建章,1992;1993]。其中包括通过拖网模型水槽试验,对拖网网袖线型、浮力和空纲的调整、驱赶链对网具阻力和网口水平扩张影响的研究结果(崔建章,1993)。

为了进一步解决在网具设计和生产中有争议的问题,如力纲上装配浮子的作用、上中纲的相对长度等,笔者改进了试验方法,选择了具有结构特点的四种国内外六片式拖网,再次进行网具模型水槽试验。

1 材料与方 法

1.1 网具和渔船

四种拖网和渔船的主要参数见表1。

1.2 试验设备

拖曳水槽长90 m、宽6 m、深3 m;拖车速度0.1—4.0 m/s;模型网材料为乙纶。

1.3 模型网与实物网的换算准则

采用田内拖网模型试验准则。模型网与实物的尺寸比为1/7。

1.4 试验方法

逐一将每种网置于水槽中拖曳,记录模型的拖速、网口高度和阻力,同时观察网形。每顶网

收稿日期:1994-11-23。

(1)崔建章,1993,摩洛哥摩中渔业公司六片式拖网模型水槽试验报告,全国水产捕捞学术交流会议论文集,(7):53—58。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.c>

按不同的浮力、L/S 和拖速逐次试验。

1.5 试验数据的处理

先将所测得的模型速度、阻力和网口高度的数据,按常规的公式和方法回归为函数式。再按田内模型试验准则的公式将模型函数化为实物函数式。

表1 实物网和船舶主要参数

Table 1 The characteristics of full scale trawl nets and vessels

网名	A	B	C	D
网口周长(m)	57.30	57.90	57.40	59.50
网具全长(m)	72.08	59.23	62.76	54.53
上網总长(m)	39.00	40.80	36.80	40.40
下網总长(m)	49.50	54.00	48.90	52.80
最大网目(mm)	240	150	150	180
浮力(N/m)			58	
作业水深(m)			30-80	
船舶功率(kW)	852	1030	735	882
船舶总长(m)	43.0	43.0	44.4	43.0

注: C网的尺度为原型的1.029倍。

2 结果和分析

2.1 网口高度

底层拖网网口高度反映了拖网上缘能达到的水层,是底层拖网的重要指标。四种网网口高度与拖速的关系曲线如图1曲线1、2、3、和4所示。经回归后的函数式如式(1)~(4)所示。

$$\text{A网: } H_A = 7.138V^{-0.899} \quad (1)$$

$$\text{B网: } H_B = 7.033V^{-0.734} \quad (2)$$

$$\text{C网: } H_C = 6.898V^{-0.746} \quad (3)$$

$$\text{D网: } H_D = 6.959V^{-0.864} \quad (4)$$

式中 H_A-H_D 为 A-D 网的网口高度(m); V 为拖速(m/s)。

因为网口高度必与网口周长有关,所以可以将式(1)写为:

$$M_A C_A V^{-0.899} = 7.38V^{-0.899} \quad (5)$$

式中 M_A 为系数, C_A 为 A 网网口周长。据式(5)

$$M_A = \frac{7.138}{C_A} = \frac{7.138}{57.30} = 0.125$$

同理可得

$$M_B = 0.121, M_C = 0.120, M_D = 0.117$$

所以式(1)~(4)可变为

$$H_A = 0.125C_A V^{-0.899} \quad (6)$$

$$H_B = 0.121C_B V^{-0.734} \quad (7)$$

$$H_C = 0.120C_C V^{-0.746} \quad (8)$$

$$H_D = 0.117C_D V^{-0.864} \quad (9)$$

取 M_A-M_D 和指数的平均值得

$$H = 0.121CV^{-0.811} \quad (10)$$

式中 C 为六片式拖网的网口周长(m)。

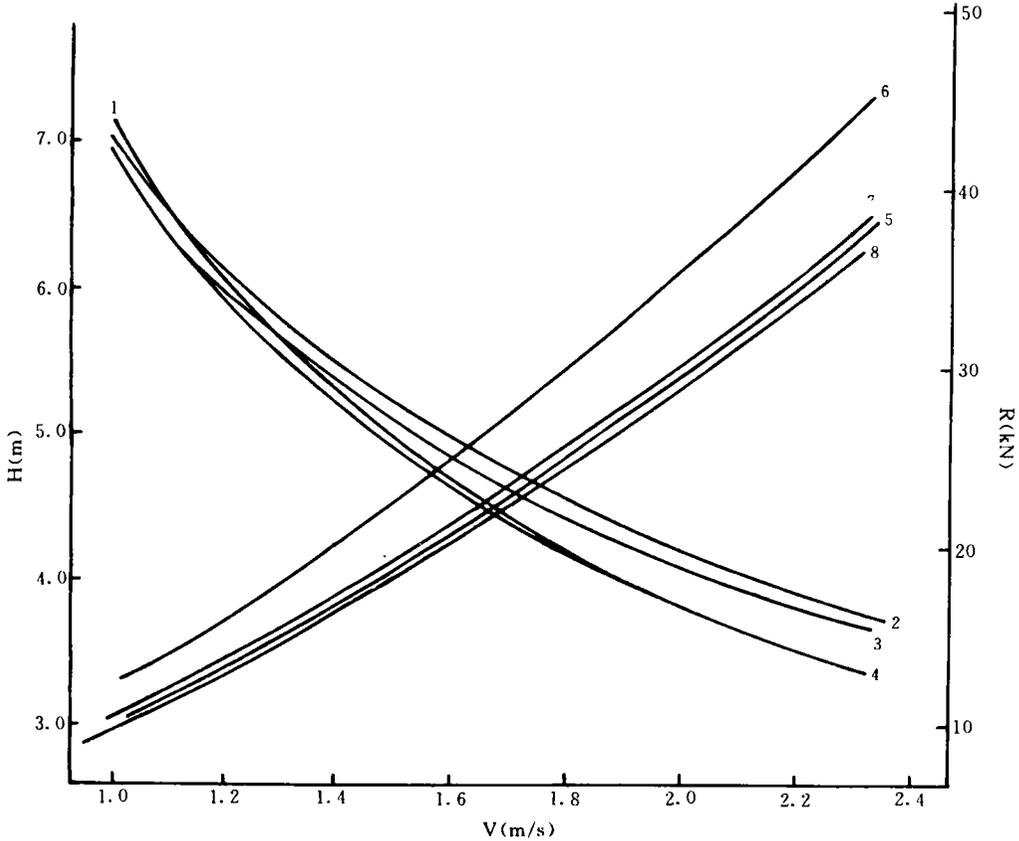


图1 四种拖网网口高度和阻力与拖速的关系

Fig.1 Relationship between headline height/drag of nets and towing speed

1. A网网口高度 H_A ; 2. B网 H_B ; 3. C网 H_C ; 4. D网 H_D ; 5. A网阻力 R_A ; 6. B网 R_B ;
7. C网 R_C ; 8. D网 R_D 。

2.2 各网垂直扩张系数的差异

为了排除因网口周长不同而造成网口高度的差异,引入网具垂直扩张系数 C_h 。令

$$C_h = \frac{H}{C} \quad (11)$$

式中, C_h 为网具垂直扩张系数; H 为网口高度; C 为网口周长。

四种网的 C_h-V 曲线如图2所示。从图2可知, B 和 C 网的曲线较高, 而且接近(见图2中曲

线2和3);而A和D网的曲线较低,其中D网明显偏低(见图2中曲线1和4)。存在差别的主要原因是四种网网盖前后缘两横截面间网筒的冲角不同。

网口高度 H 为网盖前缘横截面的最大垂直高度,由测深仪测量取得,但与该横截面的周长成正比;网口周长为网盖后缘横截面的网衣拉直周长,各种网为定值。当网盖前后缘截面之间网筒的冲角或两截面周长比不同时, C_h 值则也不同。经计算四种网网盖前缘横截面理论拉直周长与网盖后缘拉直周长(即网口网衣拉直周长)之比如表2所示。从表2可知,B网为1.29,冲角大,因此 C_h 曲线最高;C网的比值为1.18, C_h 曲线次之;A网的比值为1.17和D网的比值

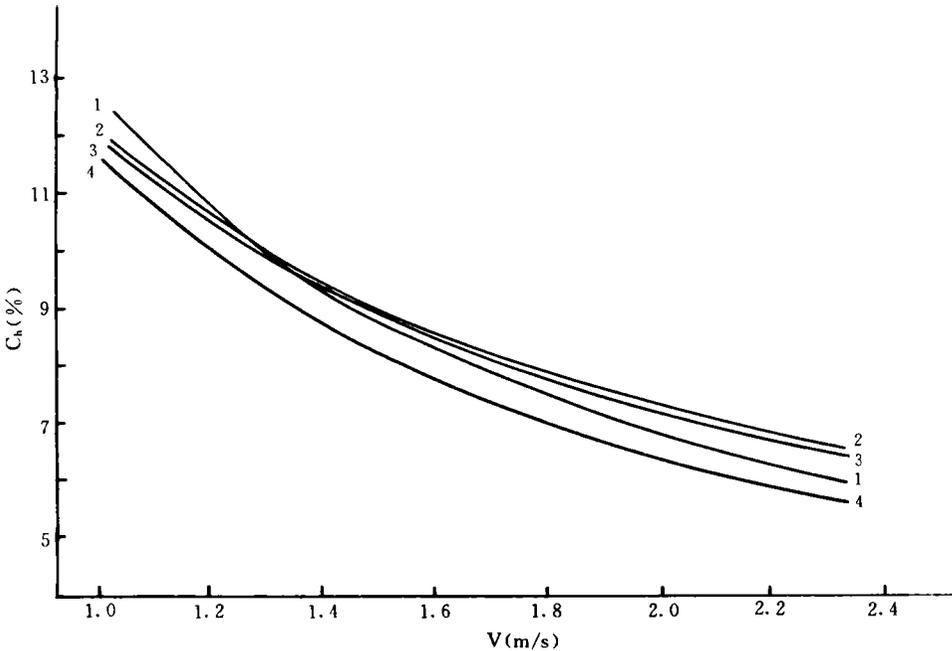


图2 垂直扩张系数与拖速的关系

Fig. 2 Relationship between coefficient of headline height and towing speed

1. A网 2. B网 3. C网 4. D网

表2 网盖前后缘间网衣拉直周长之比

Table 2 The ratio of the circumference at the middle point of the headline and ground rope

网名	网盖前缘理论周长 C_1 (m)	网口周长 C (m)	C_1/C
A	67.04	57.30	1.17
B	74.70	57.90	1.29
C	67.95	57.40	1.18
D	68.42	59.50	1.15

为1.15, C_h 值依次降低。因此可知不但与网口周长有关,而且与网口前方网筒网衣与水流的冲角有关。

2.3 网具阻力

四种网阻力与拖速的关系如图1中曲线5—8所示。经回归后的关系式如式(12)–(15)所示

$$\text{A网: } R_A = 9.617V^{1.624} \quad (12)$$

$$\text{B网: } R_B = 11.709V^{1.591} \quad (13)$$

$$\text{C网: } R_C = 10.068V^{1.582} \quad (14)$$

$$\text{D网: } R_D = 9.509V^{1.600} \quad (15)$$

为了计算不同尺度、网目长度和网线粗度的六片式拖网阻力,以及与其它网具模型试验和实物试验的阻力公式相比较,将式(12)–(15)化为式(16)的形式,即

$$R = K \frac{d}{a} L \cdot CV^n \quad (16)$$

式中, R 为网具阻力(kN); K 为阻力系数; $\frac{d}{a}$ 为网具线面积系数; L 为网具全长(m); C 为网口周长(m); V 为速度(m/s); n 为指数。

对于B网, $\frac{d}{a} = 0.044$, $L = 59.23$, $C = 57.90$, $n = 1.591$ 。对照式(13)有式

$$K_B \frac{d}{a} L C V^{1.591} = 11.709 V^{1.591}$$

$$\text{所以 } K_B = \frac{11.709}{\frac{d}{a} L C} = 0.0776$$

同理求出 $K_A = 0.0612$, $K_C = 0.0656$, $K_D = 0.0715$

平均值 $K = 0.069$, 指数平均值 $n = 1.599$

所以该四种网的阻力公式的通式为

$$R = 0.069 \frac{d}{a} L C V^{1.599} \quad (17)$$

2.4 力纲上装配浮子对网口高度的影响

六片式底拖网有在力纲前段和加装浮子的做法。该次试验对B网做了力纲上加装和不上浮子的对比试验。加装浮子时在上力纲的前段(袖端至网盖后缘),每隔2.5 m 装配浮力为17 N 的浮子1个,共20个。加装于力纲的浮力占浮子网总浮力的14%。试验结果如图3所示。可以看出力纲加装浮子后在低拖速时网口高度提高的较多,拖速1.0 m/s(1.94 kn)时提高10%;而在通常拖速1.64 m/s(3.0 kn)时提高3.6%,1.8 m/s(3.5 kn)时提高1.0%。该数据对提高网口的作用微不足道。但从观察可得知,力纲加装浮子后稍增大网袖内侧的空间,并减少了侧网摩擦池底的面积。

力纲上加装浮子对绞吊网衣操作有一定影响,力纲浮子常因绞吊而脱落,故有些渔船,尤其是甲板较短需多次绞吊网衣的渔船,多不采用此做法。但有的人认为撤除力纲浮子后将影响网口高度。据此试验,力纲不加装浮子对网具性能影响较小,因此可证实部分渔船力纲上不装配浮子是可行的。

2.5 上中纲长度对网具性能的影响

上中纲是上纲中的一段,对于大多数不装配“三拼口”三角网的六片式拖网而言,其长度对网口附近的形状有一定影响。一般六片式拖网上中纲与上纲长度的比值为0.125—0.148(见表3)。而试验中B网的上中纲特别长,6.2 m,上中纲与上纲长度比为0.152,大于一般六片式拖网。设计意图是增加网口水平宽度。但试验中发现在 $L/S=0.30$ 时(L 为下纲端的弦长, S 为下纲长度),与上中纲装配的网盖网衣有松弛和向后垂荡的现象,而调整 $L/S=0.35$ 时,以上现象消失。

经对B网上纲做悬链模拟试验后认为,上中纲在水中为悬链线状,而与上中纲装配的网盖网衣的前缘为平直状,两者装配后不但破坏了上中纲的悬链线状,并且也会引起网盖网衣的松弛和向后垂荡。当 $L/S=0.35$ 时,测得上中纲悬垂度为1.15 m;而当 $L/S=0.30$ 时,上中纲跨距减小,悬垂度增大至1.26 m,该悬垂度引起网衣的垂荡,从而影响网口部分的网形和水动力性能。

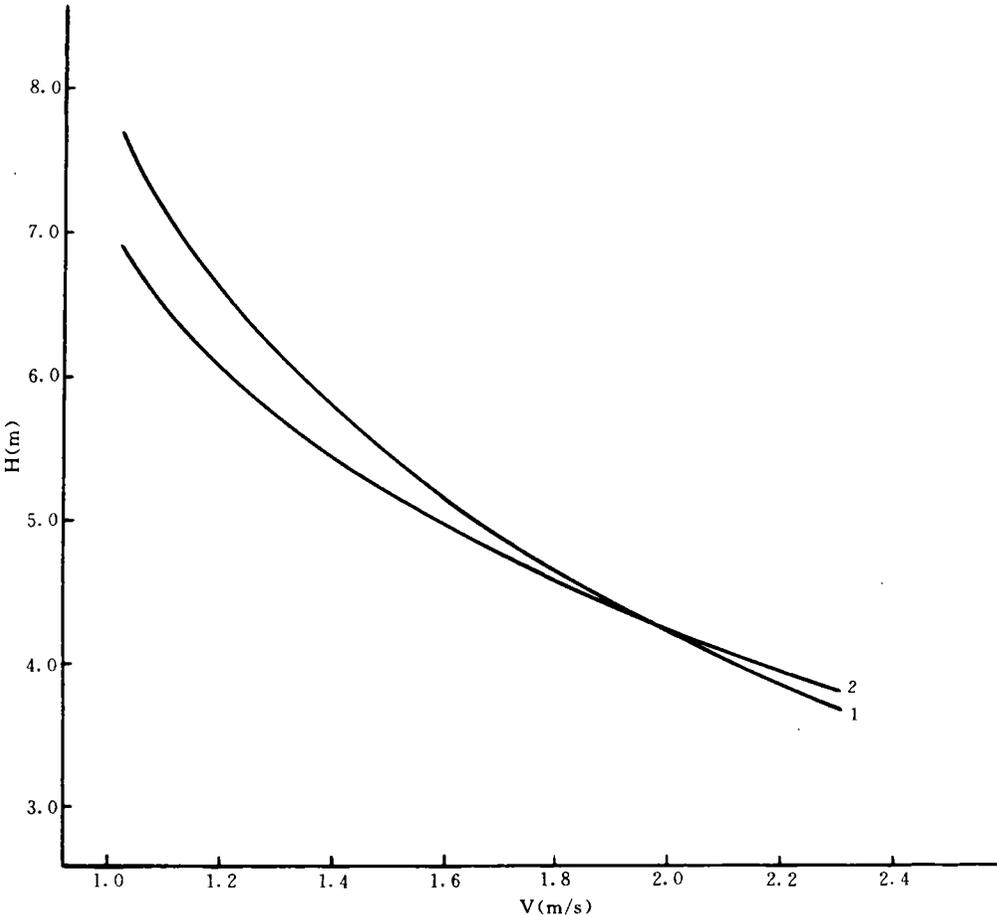


图3 力纲加装浮子对网口高度的影响

Fig. 3 The effect of added floats in bellyline to headline height

1. 力纲加装浮子; 2. 力纲不加装浮子。

表3 部分六片式拖网上中纲与上纲长度的比值

Table 3 The ratio of the length of headline rigging with square netting to headline

船名	船舶功率(kW)	上中纲长/上纲长
OASIS I	882	0.135
CACAB	735	0.128
ARRAZI N	882	0.136
MENARA N	735	0.125
KENZ-AL-GHARB	882	0.129
MENARA I	735	0.148
OUMNIA V	1030	0.152

模拟试验还得出,当上中纲长度减少为5.7 m时,即便 $L/S=0.30$,上中纲跨距减小,上中悬垂度也不超过1.15 m。此时上中纲与上纲长度比值为0.140。因此可将0.140作为一般六片式拖网上中纲与上纲长度比的最大值。

2.6 上边纲与相对应力纲的长度差

由于六片式拖网力纲的装置有其特殊性,所以受力网制约的上边纲长度也与众不同。六片式拖网力纲装配始于袖端并贯穿整个网体,在袖端处上边纲与力纲几乎重合。为了装配工艺的方便,通常采用上边纲与相对应的力纲基本等长的做法,上边纲比力纲约长0.6%,即若力纲长8.00 m,则上边纲长8.05 m,并且已成为六片式拖网设计的惯例。有的还认为,如长度差超过该值不但不便于上边纲和力纲的装配,而且影响上边纲附近网衣的正常张开。试验特对后一影响进行了验证。

试验网之一A网恰违背了以上的规律,近袖段上边纲长7.7 m,与其相对应的力纲长7.45 m,上边纲比力纲长3.3%,远远大于上述的常用数字,其目的在与减小上边纲张力,增加网口高度。值得指出的是试验中观察到网袖上边纲附近网衣平整,张开良好。

为了分析A网上边纲配纲特点,以理论配纲方法计算其上边纲长度[姜在泽等,1980]。即

$$L_B = H_0 \sqrt{E_t^2 \left(\frac{1}{R^2} - 1 \right) + 1}$$

式中 L_B 为上边纲长度; H_0 为网衣纵向拉直长度; R 为网衣斜边的斜率; E_t 为横向收缩系数。据A网图计算 $H_0=8.64$ m, $R=3.27$, $E_t=0.5$ 。所以 $L_B=7.60$ m。又据网图计算得出该段力纲长度为7.45 m。所以上边纲与相对力纲长度差为 $7.60-7.45=0.15$ (m)。上边纲比力纲长 $0.15/7.45=2\%$ 。

由此可知,A网采用的上边纲与相对应力纲长度差比不但大于常用值(0.6%),而且也大于理论计算值(2%),但网袖网形正常。因此证明采用理论计算配置上边纲还是比较合理的,而常用的上边纲比相对应的力纲长0.6%的做法并非唯一正确的答案。

3 讨论

关于阻力公式的适用性。迄今为止,已有一些计算拖网阻力的公式,现将本试验阻力公式与其中两个公式相比较,以验证本试验公式的适用性。其一是国内所作系列网具模型水槽试验得出的拖网阻力公式(渔轮拖网阻力计算标准协作组,1976;周应祺等,1982)。

$$R = 0.08 \frac{d}{a} LCV^{1.5} \quad (18)$$

该公式的试验条件与本试验相同,均为拖曳水槽;其二是日本学者经海上实物网试验所得到的拖网阻力公式[Koyama,1974]。

$$R = 0.078 \frac{d}{a} LCV^2 \quad (19)$$

该公式试验网具网型与本试验相同,均为六片式拖网。

以本试验阻力公式式(17)计算 B 网在拖速为 1.8 时的阻力为

$$R = 0.069 \frac{d}{a} LCV^{1.599} = 0.069 \times 0.044 \times 59.23 \times 57.90 \times 1.8^{1.599} = 26.70(\text{kN})$$

以公式(18)计算 B 拖网同拖速时的阻力为

$$R = 0.08 \frac{d}{a} LCV^{1.5} = 0.80 \times 0.044 \times 59.23 \times 57.90 \times 1.8^{1.50} = 29.15(\text{kN})$$

两公式所计算出的阻力相近。这是因为两试验均采用田内试验准则和使用同一个试验水槽,同时试验方法接近。因此在忽略海底与水槽的摩擦系数差别时,可采用原两片式拖网阻力公式式(18)计算六片式拖网的拖力,相反亦可采用本试验阻力公式计算两片式拖网的阻力。

式(19)中的 $K = 0.078$ 是 Koyama[1974]对 12 顶拖网(其中 11 顶为六片式拖网)60 次试验的平均值,而试验 K 值从 0.055 至 0.141,最高值约 3 倍于最低值,显然误差较大。但为了利用其可贵的海上实测结果验证本试验公式的适用性,选择了其试验中网具规格、船舶功率和线面积系数与本试验接近的一顶拖网($L = 61.92 \text{ m}$, $C = 65.94 \text{ m}$, $\frac{d}{a} = 0.046$, $Ne = 882 \text{ kW}$)其 K 值从 0.077 至 0.104,删去个别异值, K 的平均值为 0.084。并以 K 代入式(19)计算 B 网拖速为 1.8 m/s 时的网具阻力为

$$R = 0.084 \frac{d}{a} LCV^2 = 0.084 \times 0.044 \times 59.23 \times 57.90 \times 1.8^2 = 41.00(\text{kN})$$

比本试验公式求得的 26.70 kN 大 14 kN。

存在差距的原因之一应是实船测试条件下摩擦阻力明显增加。B 网下纲水中重量 460 kg。下纲与海底的摩擦系数为 0.93(Lu Chi,1989),而在光滑的试验水槽底约为 0.20[黄锡昌,1984]。因此仅下纲在海中和水槽中的摩擦力差为 $460 \times 9.8 \times (0.93 - 0.20) = 3.3(\text{kN})$ 。

除此之外,还应加入网衣在海底和水槽底的摩擦力差,以及下纲在海底会陷入泥沙中的阻

(2)渔轮拖网阻力计算标准协作组,1976.机轮拖网模型水池试验报告,34.上海水产研究所。

(3)周应祺等,1982.拖网阻力特性及计算方法的研究,82-84.海洋捕捞专业学术讨论会论文报告选编,中国水产学会。

(4)Lu Chi,1989. The hydrodynamic drag and shape characteristics of two panel demersal trawl nets. A thesis of ph. D.

University of Aberdeen, U. K., 89-94.

力,但难以计算。其它原因尚待在进一步的试验中找寻。但可以认为,使用本试验公式计算六片式拖网在生产条件下的阻力时,应附加下纲、驱赶链、网衣等部件在海底与池底的摩擦力差。

4 小结

(1) 六片式拖网网口高度与网口周长和拖速的关系为

$$H = 0.121CV^{-0.811}$$

(2) 六片式拖网阻力公式为

$$R = 0.069 \frac{d}{a} LCV^{1.599}$$

(3) 力纲上加装浮子对网口高度的影响甚小,仅提高3.6%。

(4) 六片式拖网上中纲与上纲长度之比不能大于0.140,否则会引起网盖网衣的松弛。

(5) 上边纲长度可大于相对应力纲的3.3%。

沈海忠参加试验和资料整理,谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 姜在泽等,1980。渔具材料工艺学,24—216。上海科技出版社。
- [2] 崔建章,1992。摩洛哥渔场六片式拖网的特点与适用性。上海水产大学学报,1(3—4):183—184。
- [3] ——,1993。中型单拖网渔轮拖力与渔具系统匹配的研究。水产学报,17(4):293—296。
- [4] 黄锡昌,1984。实用拖网渔具渔法,207—228。农业出版社(京)。
- [5] Koyama, T., 1974. Study on the stern trawl. *Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (77):180—227.

A STUDY ON CHARACTERISTICS OF SIX PANEL DEMERSAL TRAWL NETS

Cui Jianzhang

(Shanghai Fisheries University, 200090)

ABSTRACT A series of experiments for model test of six panel trawlnet with the 1/7 scale were done in towing tank. The results can be summarized as follows:

1. The formula of headline height of these nets is

$$H = 0.121CV^{-0.811};$$

2. The formula of drag of these nets is

$$R = 0.069 \frac{d}{a} LCV^{1.599}$$

Furthermore, bellyline with floats can raise 3.6% of headline height. The ratio of the length of headline rigging with square netting to headline can not be over 0.140. The length of the headline rigging with wing netting can be longer than that of the bellyline 3.3%.

KEYWORDS six panel trawl, model test, towing tank