

文章编号: 1004 - 7271(2008)02 - 0215 - 07

我国竹筴鱼中层拖网网具性能分析

许永久, 张敏, 邹晓荣, 邹莉瑾

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

摘要:对目前生产使用的智利竹筴鱼拖网 1 440 m × 472.25 m (330.00 m)、1632 m × 496.25 m (387.00 m) 两种网具进行水槽模型试验。结果如下:网口高度公式为: $H = 0.076CV^{-0.559^4}$ 。网具阻力公式为: $R = 0.0899(d/a)LCV^{1.738}$ 。通过两种网具性能之间以及与以往狭鳕拖网网具分析比较,结果表明,(1)在拖速 0.255 m/s, $L/S = 0.4$ 时,1440 m 和 1632 m 中层拖网,网口垂直高度可达 79 m 和 77 m,与实船网具测试相符。在垂直扩张效果、袖端水平扩张比对网口扩张高度的影响、网具阻力等方面,1440 网也优于 1632 型网具。(2)由于装置了柔性帆布扩张器,现行的 1440 型、1632 型竹筴鱼拖网在垂直扩张效果、袖端水平扩张比等方面性能更佳。

关键词:中层拖网; 模型试验; 网口高度; 网具阻力

中图分类号: S 972.13 文献标识码: A

A primary study on characteristics of Chinese midwater trawls of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*)

XU Yong-jiu, ZHANG Min, ZOU Xiao-rong, ZOU Li-jin

(College of Marine Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: The 1440m × 472.25m (330.00m) and 1632m × 496.25m (387.00m) mid-water trawls, widely used for Chilean jack mackerel fishing in the southeast Pacific, were selected for the target net in model test. Based on the performances of two mid-water trawl models with 1:55 and 1:70 scale tested in towing tank, following results were obtained: The formula of headline of these nets is $H = 0.076CV^{-0.559^4}$. The formula of drag of these nets is $R = 0.0899(d/a)LCV^{1.738}$. According to the comparative analysis between the two nets and previously used mid-water nets for haddock, the results were as follows: (1) The vertical opening of net mouth was 79 m, 77 m for the two nets, when $L/S = 0.4$, and the speed was 0.255 m/s. The results were in accordance with the research on board. The hydrodynamic performance (vertical opening, drag, horizontal spreading etc.) of the net 1440 was better than the net 1632. (2) The hydrodynamic performances of the currently used nets 1440, 1632 were highly improved after assembling the soft canvas.

Key words: mid-water trawl; model test; vertical opening of net mouth; drag

智利竹筴鱼是大洋性中上层鱼类,其分布横穿整个南太平洋,从智利、秘鲁专属经济区向西直到新

收稿日期: 2007-09-14

基金项目:上海市捕捞学重点学科(T1101)建设项目; 2006年农业部公海渔业资源探捕调查项目“东南太平洋(秘鲁外海)竹筴鱼资源探捕”

作者简介:许永久(1981-),男,湖北钟祥人,硕士研究生,专业方向为远洋渔业系统集成。

通讯作者:邹晓荣, E-mail: xrzou@shfu.edu.cn

西兰沿岸的广阔水域均有分布。近年来,各国学者对于智利竹筴鱼的研究越来越重视,研究内容主要集中在竹筴鱼渔场分布、渔业资源、生物学特征等方面^[1-2]。关于竹筴鱼渔具,国外已经定型标准化,作业性能也已通过模型试验和海上实测确定^[3]。目前,国内的研究多集中于适合捕捞竹筴鱼的狭鳕中层拖网方面,主要分析了作业参数以及主要部件尺寸变化对网具性能的影响,并对狭鳕拖网捕捞竹筴鱼的有效性进行了讨论,对智利竹筴鱼拖网的最佳网目大小、渔具的调整规律也进行了研究^[4-8]。本文通过对现行智利竹筴鱼生产渔船主要使用的2顶拖网1440 m×472.25 m(330.00 m)(下称1440型)、1632 m×496.25 m(387.00 m)(下称1632型)进行模型试验,对其网具性能进行分析,并与改进的用于智利竹筴鱼捕捞的960.00 m×217.97 m(107.80 m)(下称960型)原狭鳕拖网进行比较分析,为今后竹筴鱼拖网自主设计、现有渔具改革和网具调整提供依据。

1 材料与方 法

1.1 模型网制作

试验网按“拖网模型水池试验方法”标准^[9]和“拖网模型制作方法”标准^[10]制作。1440型和1632型模型网与实物网的尺寸比分别为1/55,1/70。模型网具和实物网具的主要参数见表1。

表1 实物网具和模型网具的主要参数

Tab.1 The characteristics of full scale trawl nets and model trawl nets

主参数	1632型网具		1440型网具		960型网具(原狭鳕拖网)	
	实物网	模型网	实物网	模型网	实物网	模型网
网具结构	四片式		四片式		四片式	
网口周长(m)	1632	23.324	1440	26.16	960	32
网口目数	34	34	30	30	48	48
网口网目尺寸(m)	48	0.686	48	0.873	20	0.67
网口网线直径(mm)	16	1.78	16	1.78	14	1.4
λ'	-	9	-	9	-	10
λ	-	70	-	55	-	30
上下纲长(m)	387	5.53	330	6	107.80	3.59
网具总长(m)	496.25	7.09	472.25	8.59	217.97	7.27
柔性扩张器规格(长×宽,mm)	1200×600	17.14×8.57	1200×600	21.8×10.9	-	-

1.2 试验设备

模型试验在中国水产科学研究院东海水产研究所网具模型试验水池进行。试验静水池主尺度90 m(长)×6 m(宽)×3 m(深);拖车车速范围0~4.0 m/s时,相对精度 $P \leq 1\%$;测力系统使用Lu-2A型测力传感器,量程为100N,测力仪器的线性误差小于满量程0.05%。实验网具材料为乙纶PA。

1.3 试验方法

本试验采用《拖网模型试验水池试验方法》标准进行^[9],表1列 λ' 值为虚拟值,其值为 $\lambda' = \lambda_v^2$;实验取 $\lambda_v = 3$;力的比例关系为 $F_1 = F_2 \lambda^2 \lambda_v^2 \times k_f$,其中 F_1 —实物的某个力参数,N; F_2 —所测得的相应模型力参数,N; k_f —为修正系数, $k_f = 0.416$ ^[13], λ —模型的大尺度比, λ' —模型平均小尺度比。

2 结果与分析

2.1 不同水平扩张比(L/S)

(L—模型网下纲两袖端的水平间距,m;S—模型网的下纲长度,m)下拖速与网口高度和阻力关系

2.1.1 1632 型网具模型实验结果—速度与阻力和网口高度的关系

1632 型网速度与阻力和网口高度的关系如图 1 所示。图中可见,1632 型网具在拖速 1.53 ~ 2.88 m/s 时网口高度范围位于 49.08 ~ 95.9 m 之间。拖速最低时, $L/S=0.4$ 与 $L/S=0.45$ 和 $L/S=0.5$ 的各组最高网口高度差值分别为 9.8 m、5.6 m 和 15.4 m,拖速最高时,差值为 9.8 m、9.8 m 和 19.6 m。网口高度差值呈增加趋势。说明水平扩张比较大的网具其网口高度随拖速增加降幅更快。在此拖速范围内,网具阻力值位于 224.73 ~ 693.98 kN 之间。从图中所见,水平扩张比的变化对于网具阻力影响不大,而对网口高度影响较大。

2.1.2 1440 型网具模型实验结果—速度与阻力和网口高度的关系

1440 型网速度与阻力和网口高度的关系如图 2 所示。图中可见,1440 型网具在拖速 1.53 ~ 2.88 m/s 时网口高度范围位于 67.65 ~ 100.1 m 之间,拖速最低时, $L/S=0.5$ 与 $L/S=0.45$ 和 $L/S=0.4$ 的各组最高网口高度差值分别为 7.7 m、5.5 m 和 13.2 m,拖速最高时,差值为 3.85 m、1.65 m 和 5.5 m。差值降幅分别为 50%、70% 和 58.3%。说明网具在水平扩张比较小的条件下其网口高度随拖速的降幅更快,而水平扩张比较大的网具,其网口高度降幅较缓。在此拖速范围内,网具阻力值位于 166.49 ~ 529.43 kN 之间。从图中所见,水平扩张比的变化对于网具阻力影响不大。

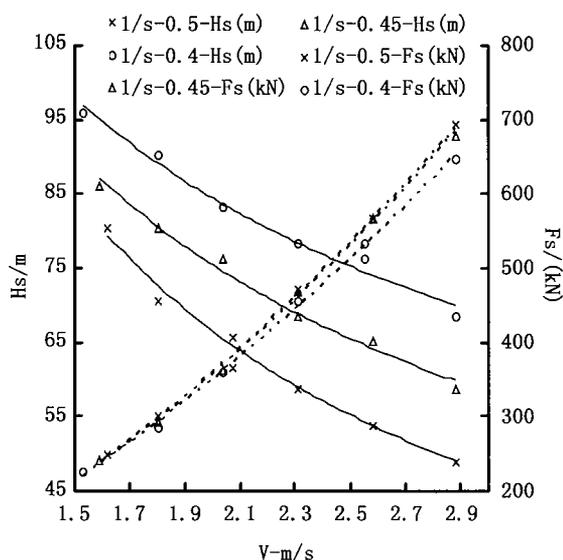


图 1 1632 型网具不同水平扩张比 R-V-H 关系

Fig. 1 Relationship between headline/drag of nets and towing speed (R-V-H) for 1632

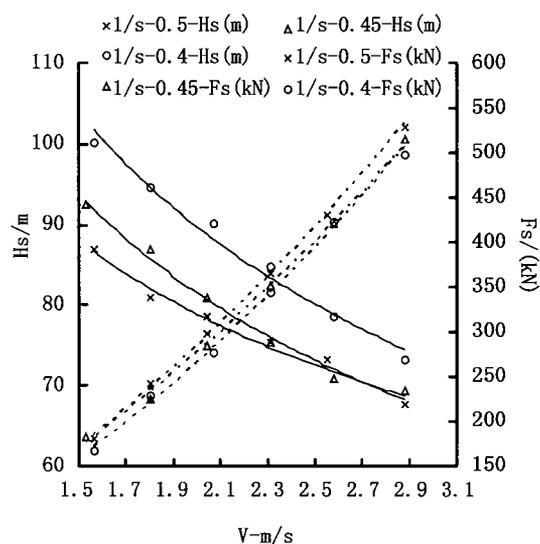


图 2 1440 型网具不同水平扩张比 R-V-H 关系

Fig. 2 Relationship between headline/drag of nets and towing speed (R-V-H) for 1440

通过对两种网具网口高度及阻力分析可得,网具在水平扩张比越小条件下,其网口高度越大,网口高度的增降幅度与水平扩张比关系不明显。水平扩张比对于网具阻力也没有影响。

2.2 相同水平扩张比 (L/S) 下 1440 型和 1632 型网具拖速与网口高度和阻力关系

从图 3(a、b、c) 中可见,在水平扩张比 (L/S) 为 0.5、0.45 时,1440 型网具网口高度均明显大于 1632 型网具,在水平扩张比 (L/S) 为 0.5、0.45、0.4 时,1440 型网具阻力均明显低于 1632 型网具,二者存在明显差异。两项网具阻力因网具规格尺度不同、线面积系数不同存在差异,具体的阻力和网口高度差异需结合实测网具进行分析。

2.3 网口高度、网具阻力与拖速的函数关系表达式

2.3.1 网口高度

拖网网口高度是中层拖网网具性能的重要指标。两种拖网网口高度关系曲线如图 1、2、3 所示。经回归后函数式如下所示:

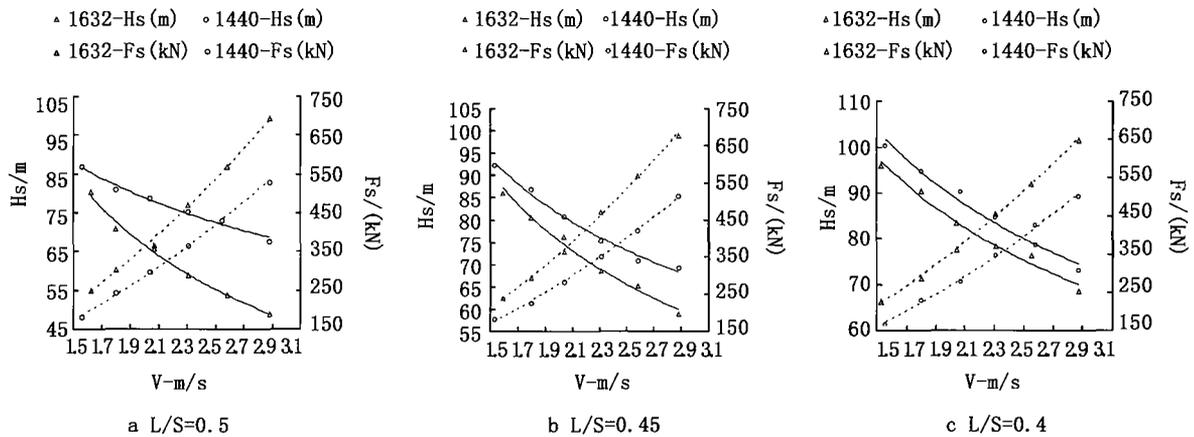


图3 a、b、c 两种网具在不同水平扩张比下的 R-V-H 关系

Fig. 3 a、b、c Relationship between (R-V-H) at different horizontal spreading for two nets

不同水平扩张比下回归函数:

$$1632 - L/S = 0.5: H_1 = 118.83V^{-0.8361}; \quad (R^2 = 0.9923) \quad (1)$$

$$1632 - L/S = 0.45: H_2 = 117.05V^{-0.6336}; \quad (R^2 = 0.9873) \quad (2)$$

$$1632 - L/S = 0.4: H_3 = 120.79V^{-0.5159}; \quad (R^2 = 0.9829) \quad (3)$$

$$1440 - L/S = 0.5: H_4 = 102.43V^{-0.3767}; \quad (R^2 = 0.9772) \quad (4)$$

$$1440 - L/S = 0.45: H_5 = 114.08V^{-0.4849}; \quad (R^2 = 0.9891) \quad (5)$$

$$1440 - L/S = 0.4: H_6 = 127.67V^{-0.5089}; \quad (R^2 = 0.9795) \quad (6)$$

式中 H 为网口高度, V 为拖速 (m/s), 因为网口高度与网口周长有关, 设式 (1) 为:

$$H_1 = M_1 C_1 V^{-0.8361}$$

M_1 为系数, C_1 为 1632 型拖网的网口周长, 可得

$$M_1 = 118.83/1632 = 0.073$$

同理, 可得 $M_2 = 0.072, M_3 = 0.074, M_4 = 0.071, M_5 = 0.079, M_6 = 0.089$

取 $M_1 \sim M_6$ 和指数的平均值, 得到如下公式:

$$H = 0.076CV^{-0.5594} \quad (7)$$

该公式仅适用于拖速在 1.53 ~ 3.06 m/s 范围内, 大型竹筴鱼中层拖网 (1248 型、1440 型、1632 型) 的网口高度的计算。H 为网口高度 (m); C 为网口周长 (m); V 为拖速 (m/s)。

2.3.2 网具阻力

网具阻力与拖速关系如图 1 ~ 3 所示, 经回归后关系式如式 (8) ~ (13) 所示:

$$1632 - L/S = 0.5: R_1 = 104.64V^{1.7817}; \quad (R^2 = 0.9964) \quad (8)$$

$$1632 - L/S = 0.45: R_2 = 104.37V^{1.7764}; \quad (R^2 = 0.9986) \quad (9)$$

$$1632 - L/S = 0.4: R_3 = 107.45V^{1.7052}; \quad (R^2 = 0.9986) \quad (10)$$

$$1440 - L/S = 0.5: R_4 = 86.094V^{1.7243}; \quad (R^2 = 0.9982) \quad (11)$$

$$1440 - L/S = 0.45: R_5 = 87.35V^{1.6636}; \quad (R^2 = 0.9975) \quad (12)$$

$$1440 - L/S = 0.4: R_6 = 77.642V^{1.7741}; \quad (R^2 = 0.9957) \quad (13)$$

因为网具阻力与速度、网具尺寸、线面积系数有关, 为了计算不同尺度、线面积系数的中层拖网的阻力, 根据网具阻力公式^[11]可将式 (8) ~ (13) 变为:

$$R = K(d/a)LCV^n \quad (14)$$

式中, R 为网具阻力 (kN); K 为阻力系数; d/a 为整顶网的线面积系数; L 为网具全长; C 为网口周长

(m); V 为拖速(m/s); n 为指数。

根据 1632 型网具, $d/a = 0.00134$, $L = 496.25$, $C = 1632$, $n_1 = 1.7817$

得 $K_1 = 0.0964$, 同理得到 $K_2 = 0.0962$, $K_3 = 0.099$,

1440 型网具, $d/a = 0.00149$, $L = 472.25$ m, $C = 1440$ m, 得 $K_4 = 0.085$, $K_5 = 0.086$, $K_6 = 0.077$

平均值 $K = 0.0899$, 指数平均值为 $n = 1.738$

故网具阻力公式为

$$R = 0.0899(d/a)LCV^{1.738} \quad (15)$$

该公式仅适用于拖速在 1.53 ~ 3.06 m/s 范围内, 大型竹筴鱼中层拖网(1248 型、1440 型、1632 型)的网具阻力值的计算。

根据英国学者 Reid 的研究结果^[12,14], 拖网阻力公式如下:

$$R_a = SV^2 / (115.2 + 54.72V) \quad (16)$$

式中, R_a —拖网阻力(t), S —不计网衣结节时的线面积(m²), V —拖速(kts)

周应祺等学者根据我国拖网的结构和作业特点, 对英国学者 Reid 的公式作了适当修改, 提出了网衣线面积和网衣阻力呈下列关系:

$$R_b = 17.4S_k \times V^2 / (1 + 0.516V) \quad (17)$$

式中, R_b —网衣阻力(kg), S_k —计入网衣结节时的线面积(m²), V —拖速(m/s)

日本小山武夫等人获得的六片式拖网阻力公式:

$$R_c = 0.078(d/a)LCV^2 \quad (18)$$

式中, R_c —拖网阻力(kN), d/a —整顶网的线面积系数, L —网具拉直长度(m), C —网口拉直周长(m), V —拖速(m/s), 我国渔轮拖网阻力计算标准协作组通过系列模型水槽试验, 得到网具阻力公式:

$$R_d = 0.08(d/a)LCV^{1.5} \quad (19)$$

式中, R_d —拖网阻力(kN), d/a —整顶网的线面积系数, L —网具拉直长度(m), C —网口拉直周长(m), V —拖速(m/s), 主要适用于两片式拖网阻力计算。

为了使计算阻力值相对准确, 利于与测试值比较, 选择测试中某一拖速(在测试范围内), 进行计算。设定 1.79 m/s 和 2.88 m/s(均在拖速范围内)分别进行 1632 型网具阻力计算, 得到阻力值如下:

$$R = 0.0899 \times (d/a) \times LCV^{1.738} = 268.37(\text{kN}) \text{ 和 } 613.36(\text{kN});$$

$$R_a = SV^2 / (115.2 + 54.72V) = 241.56(\text{kN}) \text{ 和 } 450.31(\text{kN});$$

$$R_b = 17.4S_k \times V^2 / (1 + 0.516V) = 176.78(\text{kN}) \text{ 和 } 351.48(\text{kN});$$

$$R_c = 0.078 \times (d/a) \times LCV^2 = 274.9(\text{kN}) \text{ 和 } 702.11(\text{kN});$$

$$R_d = 0.08 \times (d/a) \times LCV^{1.5} = 210.13(\text{kN}) \text{ 和 } 424.33(\text{kN})$$

可以看出, 各阻力公式计算值与平均测试值(293.65 kN, 1.79 m/s; 673 kN, 拖速 2.88 m/s)的比例分别为: 91.3%, 82.3%, 60.2%, 93.6%, 71.6% 和 91.2%, 66.9%, 52.2%, 104%, 63%。根据有关资料^[15], 计算阻力占测实阻力值比例一般为 75%。本文根据线面积所得网具阻力值与测试值接近, 主要是因为模型试验过程中, 忽略了钢索阻力的计算, 改用的升力帆布替代网板其阻力效果不明显, 但扩张性能尚好。其他网具阻力公式, 由于各自适用的网具结构类型以及适用条件不同, 与本次模型试验网具测试值相差较大。

2.4 垂直扩张系数的差异

为了准确的评价网具的垂直扩张性能, 引入网具垂直扩展系数 Ch 。

$$Ch = H/C$$

式中, Ch 为实物在某设定拖速下的垂直扩张系数(%); H 为实物在该式中, Ch 为实物在某设定拖速下的垂直扩张系数(%); H 为实物在该速度下的计算网口高度(m); C 为实物网口拉紧周长(m)。

两种网在不同水平扩张比下的 Ch - V 曲线如图 4 所示。从图 4 可知, 在不同水平扩张比(L/S)下, 1440 型网具曲线均较高, 1632 型网具曲线始终较低。表明 1440 网具垂直扩张较好, 捕捞效率更高。

2.5 能耗系数的差异

渔船在拖网作业时,拖网滤过单位水体所消耗的功力为能耗系数,以 C_e 表示。 C_e 值越小,拖网的网具性能越好;反之, C_e 值越大,网具性能越差。能耗系数 C_e 如下表示:

$$C_e = F \times 3.472 / HL$$

C_e —实物在某个设定拖速下的能耗系数($\text{kW} \cdot \text{h} / 10^4 \text{m}^3$)

F —实物在该拖速下的计算阻力(kN)

H —实物在该拖速下的计算网口高度(m)

L —实物的袖端水平扩张(m)

如图5所示,1632型网平均能耗系数为 $0.128 \times \text{kW} \cdot \text{h} / 10^4 \text{m}^3$,1440为 $0.1 \times \text{kW} \cdot \text{h} / 10^4 \text{m}^3$,1632型网具的能耗系数显然高于1440型网具。二者能耗系数均随拖速增加而增加。拖速较小时,能耗系数亦较小,二者相差不大,拖速达最大 2.86 m/s 时,1632型网具分别比1440平均值大 44.6% 、 30.5% 和 20.3% 。1632型网具在不同水平扩张比下能耗系数不同,水平扩张比越大,能耗系数越大,1440网具水平扩张比对能耗系数似乎影响。

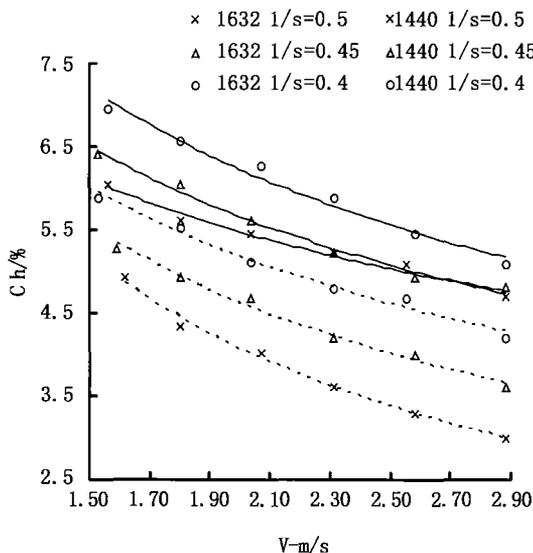


图4 垂直扩张系数与拖速的关系

Fig.4 Relationship between coefficient of headline height and towing speed

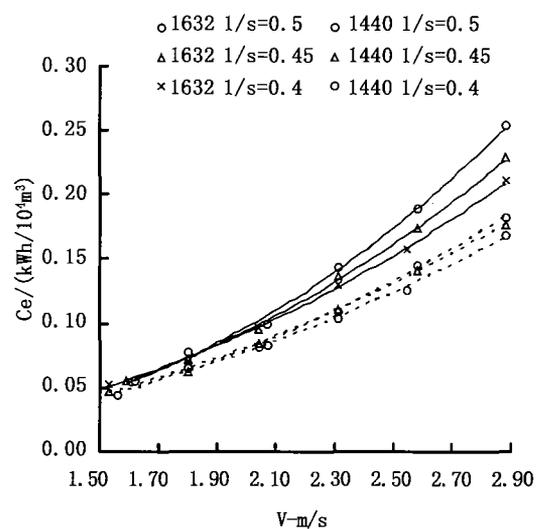


图5 拖速与能耗系数关系

Fig.5 Relationship between coefficient of energy consumption and towing speed

3 讨论

3.1 竹筴鱼拖网与原狭鳕拖网网具性能比较

1632型和1440型大型拖网渔与960型原狭鳕拖网网具相比,前两者结构明显不同,网目尺寸明显变大,网具规格变大,因此网具线面积也变大,使得网具阻力变大。装置的升力帆布是大型拖网又一明显特征,在扩张效果上,网口高度明显增加,比960型原狭鳕拖网显示出良好的扩张性能。

根据有关资料^[5,11],960型拖网网具在拖速 $1.79 \sim 2.81 \text{ m/s}$ 拖速范围内,网口垂直扩张平均为 48.5 m ,而由本次实验测试的1632型网具的平均垂直扩张为 72.6 m ,1440型网具为 81.09 m ,二者分别比960型网具大 49.7% 和 67.2% ,后两者由于在网具上装置了升力帆布,垂直扩张效果明显。

在试验拖速范围内 ($1.53 \sim 2.88 \text{ m/s}$),1440型网具模型实验测试平均网具阻力为 331.4 kN ,1632型平均网具阻力为 431.7 kN , $960.00 \text{ m} \times 226.275 \text{ m}$ (107.80 m)型网具平均阻力约为 166.3 kN 。在

2000-2001 年进行现场实测中,测试了 960.00 m × 217.97 m (107.80 m) 网的空网阻力,其拖曳时网具的最大阻力约为 235 kN^[5,11] (网具阻力计算值为 206 kN)。模型试验所测得 1440 和 1632 型网具阻力值偏大,主要是因为前两者网具规格较大,根据网具阻力公式(15): $R = 0.0899(d/a)LCV^{1.738}$,同一拖速下,网具规格对于网具阻力的影响很大。使用升力帆布替代浮子,在网具拖曳过程中形成了一定的冲角,使得网具阻力增大。

1632 型网平均能耗系数为 $0.128 \times kW \cdot h/10^4 m^3$,1440 型为 $0.1 \times kW \cdot h/10^4 m^3$,而 960 型网具能耗系数平均为 $0.24 \times kW \cdot h/10^4 m^3$ ^[5,11],后者分别比前两者大 84.6% 和 140%,能耗较大。

3.2 绳拖网网具阻力公式的适用性

通过比较,发现六片式网具阻力公式对于大型绳索拖网应用性不好,较低拖速下具有可比较性,拖速较大时,计算阻力值失去价值。本文采用线面积计算绳拖网阻力比较符合本次模型试验测试值,这一结果与我国有关学者结论相似^[15],但二者的所得阻力值比较接近,与升力帆布阻力过小有关,具体的原因,有待于海上实地调查结果佐证。其他网具阻力公式的计算值和测试值有较大差距,主要因为其阻力公式适用于其他规格如二片式或六片式网具,本次试验根据线面积所得阻力公式可以用来计算大型拖网阻力值。

3.3 装置柔性帆布扩张器后的影响

现代大型竹筴鱼生产加工船大都装置帆布扩张器代替塑料浮子,在模型试验中,依照原形网具装配方式,在上边纲左右对称装置共 6 片帆布扩张器,每个间隔 10cm。帆布扩张器对于网具性能的影响,起到了积极的作用,在网口高度、袖端水平扩张比、垂直扩张效果等方面,现行的 1440、1632 型网具均优于以往 960 型狭鳕拖网,而在网具阻力方面,由于帆布扩张后形成一定的冲角,此时,虽然对提高网口高度有利,但网具阻力明显加大。本文中升力帆布的阻力效果不太明显,与帆布的材料和规格有关,具体原因有待海上实测验证。

本文中模型试验均在中国水产科学研究院东海水产研究所完成,在试验过程中得到东海水产研究所黄洪亮等同志的帮助,在此表示诚挚感谢!

参考文献:

- [1] 张敏,邹晓荣,季星辉. 东南太平洋公海水域智利竹筴鱼探捕及其商业开发前景探讨[J]. 水产学报,2005,29(3):386-391.
- [2] 缪圣赐. 东南太平洋公海智利竹筴鱼的开发利用可行性分析(下)[J]. 远洋渔业,2000,(3):19-26.
- [3] Mcgilvray J G, Mounsey R P, MacCartie J. The AustED II, an improved trawl efficiency device 1. Design theories[J]. Fisheries Research, 1999,40(1):17-27.
- [4] 冯春雷,黄洪亮,陈雪忠. 主要作业参数对单船中层拖网性能的显著性分析[J]. 海洋渔业,2007,29(1):8-12.
- [5] 陈雪忠,郁岳峰,刘峰,等. 四片式中层拖网主要部件尺寸变化对其性能的影响[J]. 水产学报,1997,21(1):49-56.
- [6] 邹晓荣,张敏. 智利竹筴鱼拖网最适网囊网目尺寸探讨[J]. 上海水产大学学报,2001,10(2):123-126.
- [7] 黄洪亮,陈雪忠. 东南太平洋智利竹筴鱼中层拖网捕捞技术[J]. 中国水产科学,2005,12(1):99-103.
- [8] 季星辉,张敏,邹晓荣. 捕捞智利竹筴鱼生产中使用狭鳕拖网的有效性分析[J]. 海洋渔业,2002,24(增刊):9-12.
- [9] SC/T 4011—1995,拖网模型水池试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,1995.
- [10] SC/T 4014—1995,拖网模型制作方法[S]. 北京:中国标准出版社,1995.
- [11] 陈雪忠. 网目形状和六角形网目结构对中层拖网网具性能的影响. 中国水产捕捞学术研讨会论文集(四)[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,2001:34-39.
- [12] 崔建章. 六片式拖网性能的研究[J]. 水产学报,1995,19(1):43-51.
- [13] 黄洪亮,伍贻惠,郁岳峰等. 减少渔具模型试验误差的方法[P]. 中国专利:200510027879. X,2007-01-24.
- [14] Reid A J. A net drag formula for pelagic trawls[J]. Scottish Fisheries Research Report,1977,(7):12.
- [15] 孙泰昌. 绳拖网与普通拖网阻力对比分析[J]. 中国水产科学,1998,5(2):84-89.