

绳拖网与普通拖网阻力对比分析*

孙泰昌 崔国平 邹惠君 张锡佳 乔国英

(山东省海洋水产研究所, 烟台 264000)

陈家乐 刘全成 刘来军

(山东省蓬莱市网具厂, 265600)

摘 要 本文对目大6m、8m、10.8m的绳拖网分别与疏目拖网、小目拖网的阻力进行了对比分析。据几项有代表性的网具统计,绳拖网网口周长比同级渔船使用的疏目拖网增大1.16~1.43倍,比小目拖网增大1.88~2.16倍。网具阻力分别降低30%~34%和40%~45%,绳拖网阻力小,为大网快拖、增产增收创造了条件。

关键词 绳拖网,疏目拖网,小目拖网,线面积,阻力

近几年,山东省小型渔船(198kW以内)绳拖网发展很快。绳拖网的主要特点是部分网衣由绳索(直径大于4mm)编结,使拖网网目尺寸由过去的数厘米迅速增至数米,甚至10几m。随着网目的增大,网具阻力明显减少,网型进一步扩大,网口周长较原来增加1~2倍。我们自1993年以来,先后试验成功最大网目为6、8、10.8m的绳拖网,它们分别比目大2.2m的网具增产47.74%、191.93%、245.63%。由于大目绳拖网增产幅度大,目前山东省的58.8kW以上渔船在捕捞鲢鱼、鳊鱼和青鳞鱼等栖息水层较高的鱼类时,普遍推广使用目大7~10m的绳拖网作业。本文对绳拖网与疏目拖网、小目拖网的网具阻力进行对比分析,为进一步探索绳拖网的增产机理,并为网具设计提供依据。

1 材料和方法

1.1 网具

选择136kW和198kW渔船使用的目大6、8、10.8m绳拖网分别与同级渔船使用的目大0.28m、0.5m的疏目拖网、目大0.0933、0.073m的小目拖网^[1-4,7]进行阻力对比分析。各网结构概况见表1。

1.2 方法

采用两种方法求得网具阻力,然后进行对比分析。

1.2.1 根据网衣线面积计算网具阻力

若 a_i 为任一网目的目脚长度, d_i 为网线(绳)直径,

收稿日期:1997-02-28

*本文为山东省科委“小型渔船绳拖网试验研究”课题的部分研究内容。

则该网目的线面积为 $4a_id_i$ 。若某段梯形网片的上下边目数分别为 M_i 、 N_i , 高度目数为 H_i , 则该网片的线面积为: $S_i = 2a_id_i(M_i + N_i)H_i$

表 1 拖网结构概况

Table 1 Trawl construction

渔船功率/kW	序号	网 别	网具主尺度/m ²	网身长度/m	网袖长度/m	目大/m	线(绳)规格/m
Engine power	No	Net type	Main dimension	Body length	Wing length	Mesh size	Twine size
136	1	绳拖网 Rope trawl	336.00×122.62	71.82	42.00	6.00-0.04	(100-6)×3
	2	绳拖网 Rope trawl	368.00×131.38	80.58	52.00	8.00-0.04	(120-5)×3
	3	疏目网 Macromesh trawl	151.20×100.53	73.62	22.64	0.28-0.05	(16-4)×3
	4	小目网 Small mesh trawl	116.63×79.92	45.41	28.09	0.0933-0.04	(7-5)×3
198	5	绳拖网 Rope trawl	432.00×157.10	88.70	59.40	10.80-0.04	(120-5)×3
	6	疏目网 Macromesh trawl	200.80×101.29	58.79	32.5	0.50-0.043	(30-6)×3
	7	小目网 Small mesh trawl	131.40×91.48	53.78	28.69	0.073-0.053	(15-5)×3

整顶拖网的线面积为: $S = \sum 2a_id_i(M_i + N_i)H_i$

再依据线面积计算网具阻力。

1.2.2 阻力测试 海上实测采用东海水产研究所研制的 FLY1-1 动态拉力仪。模型试验采用东海水产研究所网具模型试验水槽计算机测试系统,测定其阻力。

2 结果与分析

2.1 根据线面积计算阻力

各网的线面积见表 2。

表 2 各网网衣线面积

Table 2 Netting area of each trawl

序号 No	网 别 Net type	S	S ₁	S ₂	S ₃
1	绳拖网 Rope trawl	108.26	13.61	81.99	12.66
2	绳拖网 Rope trawl	110.79	16.53	81.60	12.66
3	疏目网 Macromesh trawl	144.17	34.63	104.39	5.15
4	小目网 Small mesh trawl	168.93	70.68	88.75	9.50
5	绳拖网 Rope trawl	153.60	15.62	124.46	13.52
6	疏目网 Macromesh trawl	227.18	56.75	156.34	14.09
7	小目网 Small mesh trawl	266.85	116.44	138.18	12.23

注: S—拖网线面积总和; S₁ 网袖与网盖线面积; S₂—网身线面积; S₃—网囊线面积。

网衣线面积是影响阻力的重要因素, 根据英国学者 Reid 的研究结果^[9], 拖网阻力与网衣的线面积呈下列关系:

$$R = \frac{SV^2}{115.2 + 54.72V} \quad \text{式中: } R \text{——阻力/t;}$$

S ——不考虑网衣结节时的线面积/ m^2 ;
 V ——拖速/节。

由上式可见,当拖速一定时,拖网阻力与网衣的线面积 S 成正比。

根据表 1,目大 6m 的绳拖网网口周长分别为同级渔船使用的疏目拖网和小目拖网的 2.22 和 2.88 倍;8 m 网分别为 2.43 和 3.16 倍;10.8 m 网分别为 2.16 和 3.29 倍。但其网衣线面积却分别减小 24.91%~35.91%、23.15%~34.42% 和 32.39%~42.44%。应该特别指出的是,拖网网衣阻力与各部分网衣的冲角有密切关系,由于网袖和网盖冲角大,其线面积的大小对阻力影响很大。由表 2 可见,三顶绳拖网网袖和网盖部分的网衣线面积仅占网具总线面积的 10.17%,而疏目网占 24.02%~24.98%;小目网占 41.84%~43.64%。显然,尽管绳拖网网型大,但由于其网衣线面积小,尤其是网袖、网盖部分网衣线面积特别小,因而网具阻力会明显降低。

我国拖网网衣都是由有节网片制作的,结节会增加一定的水阻力。为此,在计算网衣线面积时,应将结节面积计入在内。

假定网衣结节为圆球形,其直径为 d_k ,则某一梯形网片的网衣线面积为:

$$s_i = [2(a - d_{ki})d_i + \frac{1}{4}\pi d_{ki}^2](M_i + N_i)H_i$$

根据周应琪等人实测, $d_{ki} = (3 \sim 3.3)d_i$, 现取其平均值,则上式变为:

$$s_i = \frac{1}{2}(4a_id_i + 3d_i^2)(M_i + N_i)H_i$$

那么,整顶拖网的线面积则为:

$$S_k = \frac{1}{2}\sum(4a_id_i + 3d_i^2)(M_i + N_i)H_i$$

依上式,重新计算表 1 中各网的线面积。结果是各网的线面积分别增加 2.07、2.17、2.82、4.78、3.37、4.79 和 8.91 m^2 ,即考虑结节影响后,线面积增加 1.9%~3.3%。

周应琪等人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:

$$R = \frac{17.4S_k V^2}{1 + 0.516V} \quad \text{式中: } R \text{——阻力(kg);}$$

S_k ——计入结节后的网衣线面积/ m^2 ;
 V ——拖速/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$ 。

根据上式,求出各网阻力(表 3),并可绘出 $R - V$ 曲线。

从表 3 数据看,各绳拖网的阻力明显偏小,适宜以较高的拖网速度进行变水层作业,捕捞中上层鱼类;而疏目网和小目网比绳拖网的阻力值大,且拖速愈高,差异愈大,它们适宜以较低的拖网速度进行底拖作业,捕捞底层或近底层鱼类。

2.2 阻力测试

1996 年 9 月 11 日,林德芳等 3 人在烟威渔场对 198kW 渔船鲁蓬渔 1135-1136 使用目大 10.8m 的 5 号绳拖网进行了海上阻力实测,在拖速 1.10、1.17、1.33 和 1.58 m/s 时,绳拖网阻力依次为 2 300、2 780、3 060 和 4 280kg。

拖速与阻力的关系式为: $R = 2034 V^{1.596}$

表 3 各网计算阻力

Table 3 Calculated resistance of each net

kg

序号 No	网别 Net type	V/(m·s ⁻¹)				
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
1	绳拖网 Rope trawl	335.34	1 113.09	2 140.23	3 321.76	4 605.49
2	绳拖网 Rope trawl	344.44	1 143.28	2 198.27	3 411.84	4 730.39
3	疏目网 Macromesh trawl	492.84	1 625.57	3 125.60	4 851.11	6 725.88
4	小目网 Small mesh trawl	566.12	1 879.11	3 613.10	5 607.73	7 774.91
5	绳拖网 Rope trawl	493.51	1 638.08	3 149.66	4 888.44	6 777.64
6	疏目网 Macromesh trawl	750.70	2 491.78	4 791.13	7 436.10	10 309.88
7	小目网 Small mesh trawl	908.14	3 014.35	5 795.92	8 995.59	12 472.06

表 4 6 号拖网阻力测试结果

Table 4 Tested results of the resistance (No 6 trawl)

(浮力/沉力)/kg Buoyancy/ Sinking force	V/(m·s ⁻¹)					
	1.03	1.29	1.54	1.80	2.06	2.32
345/450	3 000	4 160	5 420	6 780	8 240	9 790
414/450	3 280	4 490	5 820	7 240	8 740	10 300
498.68/450	3 160	4 490	5 970	7 600	9 360	11 300

1991 年,刘政海等在网具模型试验水槽对 198 kW 渔船使用的目大 0.5 m 的 6 号疏目网进行了模型试验^[3]。试验中对浮沉力进行了调整,并测试了网具阻力,其结果如表 4。

根据唐逸民和神田献二对近底层拖网进行的网具阻力实测和模型试验资料^[6]表明,拖网模型试验阻力值比海上实测值约大 5%。且可将模型试验所测得的阻力值换算成实物网阻力后,减少 5% 作为拖网阻力的实测值。据此,将表 4 中阻力最小的第一组试验数据作相应修正,得出关系式: $R = 2732 V^{1.457}$

根据 5、6 号网的实测和模型试验资料可看出,尽管目大 10.8 m 的大目绳拖网网口周长比目大 0.5 m 的疏目网增大 1 倍以上,但由于网目大,而阻力仍明显减小,当 $V = 0.5 \sim 2 \text{ m/s}$ 时,平均减小 30%。这一变化趋势,与根据线面积计算的网具阻力的变化特性是一致的。

3 小结与讨论

3.1 以上计算结果表明,绳拖网网口大,阻力小。仅就 1 号绳拖网而言,其网口周长为同级渔船使用的 3 号疏目网的 2.22 倍,为 4 号小目网的 2.88 倍;其网衣总虚构面积分别为 2.85 倍和 4.43 倍,但网衣线面积却仅为疏目网的 75.1%,为小目网的 64.09%。依线面积计算的网具阻力,绳拖网比疏目网降低 32%,比小目网降低 41%。2 号和 5 号绳拖网的这种特点更加明显。且海上实测和网具模型试验结果进一步证明绳拖网网目大,阻力小,当 $V = 0.5 \sim 2 \text{ m/s}$ 时,5 号绳拖网阻力比 6 号疏目网阻力平均降低 30% 左右。

绳拖网的这一特点为大网快拖创造了条件。目前它已成为我国黄海沿海各地开发利用

鲛鱼、鱿鱼等渔业资源的主要渔具之一,取得较大的经济效益。

3.2 国内外学者,对拖网阻力曾提出了多种计算公式。评定每种算式计算精度最有效的方法是与实测结果相比较。

按网衣的线面积计算的阻力仅为网具的网衣部分阻力,而海上实测的网具阻力除网衣阻力外,还包括沉子纲、浮子纲和其它纲索、索具等构件的阻力。根据有关资料介绍^[5],我国双拖网网衣部分的阻力约占拖网总阻力的75%。对比目大10.8m绳拖网的实测阻力与按线面积计算的网具阻力,计算阻力占实测值的73.35%~81.06%,这一结果基本符合上述拖网阻力分布特性。据此可认为,采用网衣线面积计算绳拖网阻力是可行的。

经过全面研究和对大量网具计算验证,本文认为比较简单实用的是日本学者 Koyama 等^[8]推出的公式:

$$R = K \frac{d}{a} L_M L_B V^2, \text{但是,该式的系数 } K \text{ 变化幅度较大,计算误差相当大。}$$

我国东海水产研究所等11个单位共同提出了拖网阻力修正公式:

$$R = 8.28 \frac{d}{a} L_M L_B V^2$$

式中: R —阻力(kg); $\frac{d}{a}$ —网线直径与目脚长度比(各部 $\frac{d}{a}$ 加权平均值);

L_M —拖网网衣拉直总长(m); L_B —网口周长(m)。

据此计算,1号绳拖网的 $\frac{d}{a}$ 值为0.003756,2号网为0.004843,5号网为0.005790。它们在拖速为2m/s时的阻力分别为8560、4673和9202kg。很明显,采用这种方法计算出的阻力值与实测值同其他方法的计算值(表3、4)相比,误差仍然很大。对其它十几顶绳拖网的计算结果基本相似,这表明该种计算方法应用范围有一定局限性,并不适用于绳拖网。

参 考 文 献

- [1] 孙泰昌等. 小型渔船绳拖网设计及试验研究. 齐鲁渔业, 1996(6): 1~4
- [2] 孙泰昌等. 小型渔船目大10.8m绳拖网试验. 中国水产, 1996(11): 37~38
- [3] 刘政海. 多片式疏目拖网技术研究. 海洋渔业, 1994(4): 155~159
- [4] 陈泽波等. 四片式高口拖网. 水产学报, 1991, 15(1): 34~41
- [5] 陈忠信等. 海洋捕捞技术(中册). 北京: 农业出版社, 1986. 143~212
- [6] 唐逸民等. 近底层拖网的实测与模型试验. 浙江水产学院学报, 1982, 1(1): 11~20
- [7] 魏绍善等. 山东省海洋渔具图集. 北京: 农业出版社, 1989. 12~13
- [8] Koyama T. Study of the stern trawl. Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, 1974(77): 171~247
- [9] Reid A J. A net drag formula for pelagic trawls. Scottish Fisheries Research Report, 1977(7): 12

Contrast of resistance between rope Trawl and ordinary trawl

Sun Taichang Cui Guoping Zou Huijun Zhang Xijia Qiao Guoying

(Shandong Marine Fisheries Research Institute, Yantai 264000)

Chen Jiale Liu Quancheng Liu Laijun

(Shandong Penglai Net Factory, 265600)

Abstract The resistance of rope trawls (mesh sizes are 6、8、10.8m respectively) is compared with that of macromesh trawl and small mesh trawls respectively. According to the statistics, the net mouth circumference of rope trawl is 1.16 to 1.43 times as long as that of the macromesh trawl used in the same class of fishing vessels and is 1.88 to 2.16 times as long as that of the small mesh trawl, while the resistance of the gear reduced by 30% ~ 34% and 40% ~ 45% respectively. The reduction of resistance of rope trawl lays foundation for fast trawling, high production and rich profit of big trawls.

Key words Rope trawl, Macromesh trawl, Small mesh trawl, Twine area, Resistance