

## 拖网网目尺寸及其速度效应的探讨\*

季 星 辉

(上海水产大学)

### 提 要

拖网的网目大小(特别是网具前部)对拖速有直接影响,而拖速又对捕捞效率产生重要作用。从理论上说,不但存在着没有渔获效果的临界低速,而且应有一个具有良好渔获效果的最佳拖速。在渔船功率与网具尺度不变的条件下,网目大小的确定应以保证拖网达到最佳拖速为目的。网目可按下式确定:

$$a_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{2.5} \cdot a_1$$

据以上分析,作者计算了我国沿海几种常见拖网的网目尺寸。

主题词: 拖网,网目尺寸,拖速。

本世纪上半叶,苏联学者 Ф.И.Баранов 曾对渔具的网目作过专门的研究,他指出,刺网的网目应与鱼类的体型特征相适应,拖网网目则按刺网确定,并保持以下比例:

$$a_c = (0.6 \sim 0.75) a_g$$

$$a_b = (0.75 \sim 0.90) a_g$$

$$a_s = a_w = (0.9 \sim 1.10) a_g$$

式中,  $a_c$ 、 $a_b$ 、 $a_s$ 、 $a_w$  和  $a_g$  分别表示拖网囊网、身网、盖网、翼网和刺网网目的单脚。这个结论也许是世界拖网渔具长期使用小网目的主要理论依据之一。

五十年代末,苏联学者 С. В. Гюцбадамов 又提出了根据鱼体断面周长确定中层拖网网目,其结论为:

$$a_c = \frac{p_m}{4} \left(1 - \frac{\psi - 1}{2\varphi}\right)$$

$$a_b = (2 \sim 4) a_c$$

$$a_s = a_w = (5.3 \sim 20) a_c$$

式中  $p_m$  为鱼体鳃盖后缘断面周长;  $\psi = \frac{d_m}{d_o}$ , 其中  $d_m$  表示鳃盖后缘体高,  $d_o$  为鱼眼球处体高;  $\varphi = \frac{l}{d_o}$ ,  $l$  表示鱼眼球至鳃盖后缘体长。其余符号同前述。

以上两位学者的理论依据相同,都认为拖网网目应与捕捞对象体型特征相适应。但按 С. В. Гюцбадамов 的方法确定的拖网网目要比 Ф. И. Баранов 方法大些,特别在拖网

\* 本文承滕永堃同志审阅并提出修改意见,刘铭同志帮助有关海上鱼类生物学测定,本院海洋捕捞专业 74、75 届部分同学参加海上试验,在此一并表示谢意。

中起决定作用的两翼、盖网及身网前段网目放大的幅度要大得多。作者认为,以上研究结果似不完善,还可作进一步分析探讨。

鱼类行动的观察和研究结果表明,多数鱼类在进入拖网后,并不立刻试图穿过网目逃逸。它们在网具曳行中,或因体力不支被导入网内,或迅速退出网口离开网具。因此不仅用远远大于鱼体的网目制成的网衣能起威吓鱼群的作用,就是纲索、网板等属具及其扰动的涡流、泥浆也能驱集鱼群。而只有那些进入身网后段狭窄区的鱼才企图穿过网目,但这部分网衣网目常设计得较小,且鱼类回旋余地小,所以鱼逃走的可能性已不大。被卷入囊网的鱼中,只有贴近网具内壁的小鱼才可能被挤压漏出网目。值得注意的是那些在网口附近的鱼,在感知拖网逼近时确有逃离拖网的可能。至于它们最终是否能逃出拖网作业区,很大程度上决定于拖网的曳行速度。

当前,疏目拖网已在世界各地盛行。中层拖网的网口以及身网前段的网目已由早先的20厘米逐步增大到40、80、180、360厘米,甚至还出现了单个网目达到16或20米的“超级疏目网”。底拖网的网目也在程度不同地增大,一般也有20—40厘米。现代设计的这类大网目拖网,或因渔具规格增大,或因拖速提高,往往获得增产。这都表明拖网网目并不完全取决于鱼类体型。七十年代以来,我国拖网渔具的网目也在不断增大。但是,现有国内外拖网网目的选用大多凭经验确定,尚缺乏必要的理论依据,这便是本文想要探讨的缘由。

## 确定网口网目的理论依据

拖网是一种过滤性的运动渔具,只有当网具的曳行速度达到或超过鱼类的耐久游速时,捕捞作业才为有效。显然,网具尺度和网目大小对拖速有直接而显著的影响。

现有拖网结构的分析表明,在拖网曳行中,起决定作用的部位是网口及其前方的部位。这部分网衣的展开面积占整个拖网的一半至三分之二,因此这部分网衣的网目大小对拖速影响最大。通常,囊网网目在设计中是很少变动的,且常应根据保护渔业资源的需要确定尺寸。由网口至囊网,网目逐渐减小,变化幅度不大。本文讨论的网目尺寸限于网口及其前方部位,我国沿海底拖网这部分网衣习惯上多使用同样的网目及网线规格。

据有关研究<sup>(1)</sup>,我国二片式底拖网曳行中的渔具阻力可用下式表达:

$$R = k \frac{d}{\alpha} ABV^{1.5}$$

式中 $R$ 为网具阻力, $k$ 为阻力系数; $d$ 为网线直径; $\alpha$ 为网目单脚长; $A$ 为拖网特征性尺度之一,常用网口拉紧周长; $B$ 亦为网具特征性尺度之一,常用网具拉紧全长; $V$ 为相对拖速。整个网具的 $\frac{d}{\alpha}$ 值取各部分网衣 $\frac{d}{\alpha}$ 的加权平均值。

则渔船用于拖网的消耗功率为:

$$N = \frac{R \cdot V}{75} = \frac{k d A B V^{2.5}}{75 \alpha}$$

(1) 渔轮拖网阻力计算协作组,1978。拖网阻力计算方法的探讨。(油印本)

结构类同的两顶拖网的消耗功率之比为:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\frac{d_1}{a_1} \cdot A_1 \cdot B_1 \cdot V_1^{2.5}}{\frac{d_2}{a_2} \cdot A_2 \cdot B_2 \cdot V_2^{2.5}}$$

按母型网改进设计的网目尺寸(单脚长)按下式计算

$$a_2 = \frac{N_1 \cdot d_2 \cdot A_2 \cdot B_2 \cdot V_2^{2.5}}{N_2 \cdot d_1 \cdot A_1 \cdot B_1 \cdot V_1^{2.5}} a_1$$

由此确定的网目,使网具达到下列拖速

$$V_2^{2.5} = \frac{N_2 \cdot a_2 \cdot d_1 \cdot A_1 \cdot B_1}{N_1 \cdot a_1 \cdot d_2 \cdot A_2 \cdot B_2} V_1^{2.5}$$

在计算时,渔船拖网消耗功率之比可视为额定马力之比,但机型不同时例外。

如拖速能达到鱼类耐久游速,则应有最佳渔获效果,此网目尺寸即为适用网目大小。通常,设计拖网总是选择渔船马力相同或接近的网具作母型,则保持网具规格不变时的适用网目可直接按最佳拖速和母型网实际拖速确定,即

$$a_2 = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{2.5} \cdot a_1$$

长期生产积累的经验,为各地在确定的渔场的拖网作业提供了最佳拖速( $V_2$ )的基本数量幅度,必要时宜通过专门的试验进行测定。拖网的实际拖速( $V_1$ )往往不是一个确定的数值,而是在一个狭窄的范围内波动,说明除网目外尚有一些其它因素(如网具沉力配备和贴底程度、两船间距、渔场底质等)影响实际拖速的大小。人们对拖速在实际生产中的影响感觉是不尽相同的。我国台湾海峡南部及整个南海地区,鱼的种类多,游速快,群体比较分散,六十年代起就使用疏目快速拖网,取得了较好经济效益,生产中对拖速的反应就比较敏感;台湾海峡以北,汛期鱼的种类比较单纯,群体相对较大,其游速相对较慢,栖息水层较高,人们对网口高度的反应甚于拖速。但这些年来拖速对生产的影响也已引起重视,只是需要通过试验进一步分析探讨其影响的程度。

## 材 料 和 方 法

本文用于分析探讨的材料取自作者几次海上试验的结果。

第一次于1976年3月至12月底在闽南渔场进行了疏目拖网试验,以开发利用台湾海峡的蓝圆鲹资源。试验船闽厦科501号和502号,为木质机帆渔船,主机150马力,机型6E135,110总吨,自由航速近10节。试验地点的水深为40—60米,底质粗糙。试验用双拖底曳网的规格为400目×16厘米。以当地620目×11厘米生产网作对照网。海上试验14航次,两船各投网100次左右。试验网正常网次79次,捕鱼1709担,平均网次产量21.6担,比对照网增产31%。翌年,在推广使用中又获得部分资料。

第二次试验于1978年3月底至5月在浙江外海进行,目的是探索用疏目拖网捕捞东海区常见经济鱼类的增产途径。试验船为本校实习渔轮1号和2号,主机600匹马力,机

型 8300 C 型, 满载排水量 375 吨, 自由航速 12 节。试验地点水深 60—65 米。试验用双拖底曳网的规格为 404 目 × 37 厘米, 以上海市海洋渔业公司 1044 目 × 11.43 厘米双拖网作对照网。海上对比试验两航次, 两船各投网 21 次。试验网捕鱼 1200 箱, 与对照网基本相同, 但渔获组成略有差异。试验网在生产中有严重刺鱼现象。

此外, 从 1982 年 3 月以来, 我们又在长江口渔场进行虾蟹拖网试验。为保护鱼类资源, 在确定拖网速度时我们采用了低速, 以减少鱼类进网。该项试验虽仍在进行, 但低速拖网不致拖及鱼类的措施已可确认。

以上试验网具均由作者设计。试验拖速, 用漂木法测定, 取多次实测平均值。虾蟹拖网拖速, 用 HLMI 型流速仪测定。

## 试验结果和讨论

### 1. 网目尺寸对拖速的影响

海上对比试验实际测定的拖网速度列于表 1。

表 1 拖速测试结果  
Table 1 Testing results of towing speed

网具规格 Norms of trawlnet	渔船马力 (匹) Power of fishing vessel (hp.)	网具规格 Specification				拖速 Towing speed(kn.)		渔场 Fishing ground
		网口拉紧 周长 <sup>1)</sup>	网具拉紧 全长 <sup>2)</sup>	网线直径 Diameter of twine (mm)	网目 Mesh size(mm)	理论值 Theoretic- al value	实测值 Practical value	
620◇ × 110mm	150	68	52.9	1.84	110		2.7	闽南 Minnan
400◇ × 160mm	150	64	51.1	1.90	160/200	3.5	3.5	闽南 Minnan
400◇ × 160mm	185	64	51.1	1.90	160/200	3.8	4.0	闽南 Minnan
1044◇ × 114mm	600	119.3	84.6	2.50	114.3		3.2	浙江外海 Offshore of Zhejiang
404◇ × 370mm	600	150	94.5	2.65	370	4.4	4.7	浙江外海 Offshore of Zhejiang

1) 网口拉紧周长(Circular length of net mouth with fastened mesh)

2) 网具拉紧全长(Total length of fastened netting)

表 1 数据表明, 网口网目改变后实际达到的拖速与理论计算结果基本一致。实测数据比计算值略高, 误差在 10% 以内。这可能是由于身网后段网目略有增大的结果。推测

如果该处网目不增大, 可能会获得实测值与理论值更吻合的结果。闽南渔场测试数据表明, 网具尺度基本相同时, 网口网目由 11 厘米增大至 20 厘米(背部用 16 厘米), 相对拖速由 2.7 节提高到 3.5 节。即网目增大 80%, 相对拖速加快 30%; 同一网具马力增大 23%, 拖速加快 14%。浙江外海渔场测试数据表明, 在网口周长增大 26%、网口网目增大 224% 时, 拖速增高 47%。显然, 拖速的增加幅度比网目增大的幅度要小得多, 只有在大幅度增大拖网前部网目的条件下, 才能获得较快的拖速, 这便是疏目拖网得以发展的原因。增加渔船功率虽也能提高拖速, 但其经济效益还需要研究。

## 2. 拖网速度对渔获效果的影响

两次对比试验的产量记录列于表 2。

表 2 对比试验产量记录  
Table 2 A list of comparative experimental yield

网具规格 Norms of trawlnet	实验拖速(节) Experimental towing speed (kn.)	正常网次 Normal haul	总产量 Total yield (kg.)	平均网次产量 Average yeild per haul (kg.)	最大网次产量 Maxium yel- ld for the haul (kg.)	渔场 Fishing ground	渔获物 Catch composition
620◇×110mm	2.7	52	42,950	825	3,500	闽南 Minnan	二长棘鲷、白 姑鱼等 Red-fin pargo and white chinese croaker, etc.
400◇×160mm	3.5	79	85,450	1,080	5,000		二长棘鲷、白姑 鱼及蓝圆鲹等 Red-fin pargo, white chinese croaker, and round scad, etc.
1044◇×114mm	3.2	15	18,900	1,260	3,400	浙江外海 Offshore of Zhejia- ng	带鱼、大黄鱼、乌 贼、鲷鱼等 <sup>1)</sup>
404◇×370mm	3.6	15	19,240	1,282	3,220		基本上 Basically as the above species

1) 带鱼、大黄鱼、乌贼、鲷鱼(hairtail, yellow croaker, cuttlefish, chinese herring.)

以上结果证明, 渔场地理位置和捕捞对象品种不同, 拖速对渔获效果的影响是不同的。闽南渔场地处台湾海峡南部, 捕捞对象以二长棘鲷, 白姑鱼为主, 尚有蓝圆鲹及其它底鱼。增加拖速是提高渔获量的有效途径, 平均网次产量几乎以拖速相同的比例增长。1977 年在推广应用疏目网时, 普遍获得增产 30% 的效果, 且发现捕捞对象也有改变, 一些原先极少被捕获的对象在拖速达到 3.5 节以上时也能捕获, 如发现网获物中几乎都是蓝圆鲹或马鲛鱼的情况。闽江公社还曾在闽江口一网捕获十多条大毛常鱼, 这都说明拖速的显著影响。

浙江外海机轮拖网试验中,捕捞对象主要是带鱼、大黄鱼和乌贼,亦有其它底鱼。提高拖速并未获得明显增产效果,我们曾将拖速调节到最大限度(5节),产量反而有所下降。在整个拖速范围内(3.0—5.0节),未捕获异常品种,但统计发现,当拖网拖速不同时,各种鱼在渔获物中出现的比率是不同的。详见表3。

表3 机轮拖网试验渔获组成比较\*

Table 3 A comparison of catch composition in experimental trawling

网具规格 Norms of trawlnet	统计项目 Items	鱼种 Species						
		带鱼 Hairtail	大黄鱼 Large yellow croacker	乌贼 Cuttlefish	银鲳 Silvery pomfret	鳓鱼 Chinese herring	马鲛鱼 Spanish mackerel	尖头 斜齿鲨 Sharks
1044◇×114mm (平均拖速3.2节) (Mean towing speed=3.2kn.)	平均网产(公斤) Average yield per haul (kg.)	547.2	321.4	122.6	48.0	116.0	6.6	4.0
	平均网获比率(%) Percentage of average yield per haul (%)	43.28	25.5	9.74	3.80	9.21	0.50	0.30
404◇×370mm (平均拖速3.6节) (Mean towing speed=3.6kn.)	平均网产(公斤) Average yield per haul (kg.)	626.6	223.4	168.2	125.4	60.0	34.6	23.4
	平均网获比率(%) Percentage of average yield per haul (%)	48.86	17.41	12.68	9.77	4.68	2.70	1.80

\* 据21网次记录统计(Based on the list statistics of 21 hauls)

不同鱼种因拖速不同在网次渔获中出现的比率也不同,其原因虽有渔场地理位置的影响,但也反映了拖速对鱼种存在一定的影响。探究这一问题,对拖网生产具有实际意义。

### 3. 拖网的临界低速和最佳拖速

生产表明,拖网作业需要一定的拖速。对任何一种鱼类,如网具曳行速度跟不上鱼群前进速度时,捕捞便无效。只有在拖速能跟上或超过鱼群游速时,生产才有成效。理论上鱼群的这一游速可视为拖网捕捞这种鱼类的临界低速。我们在这几年的桁拖网的试验研究中,得知东海区常见底层鱼类(比目鱼除外)的临界低速至少是1.5节。从临界低速向上的一定拖速范围内,拖网产量随速度增加而增加。但对某单一鱼种来说,当速度达到某一范围内,在网获中出现比率最大,甚至成为单一渔获品种。如速度继续增加,该鱼种的产量下降。在理论上,我们可以把这个渔获效率最高时的拖速称为最佳拖速。

我们在东海机轮拖网试验中,曾利用404目×370毫米双拖底曳网可能达到较高拖速(最大5节)的条件,进行了专门的调速试验,并根据这一结果将主要鱼种在网获中的出

现比率绘制成曲线图 1。

图 1 中曲线是根据 30 箱以上网产各试验点按趋势绘制而成, 临界低速取自桁拖网试验。

结果表明, 在试验渔场和季节中, 多数鱼种出现渔获效率的曲线峰值。由此可认为, 带鱼的最佳拖速为 3.0—3.4 节, 网获中出现概率一般为 50—55%; 大黄鱼的最佳拖速为 3.4—3.6 节, 网获概率一般为 30—35%; 鲳鱼的最佳拖速为 3.7—3.9 节, 网获概率一般为 20—25%; 乌贼的最佳拖速为 3.9—4.1 节, 网获概率一般为 35—40%; 鳓鱼数量少, 网获概率常在 10% 以下, 在试验速度范围内, 似无最佳拖速。

#### 4. 拖速对鱼体长度的选择性

试验中, 我们还观察和测定了在不同拖速下主要捕捞对象的鱼体长度, 结果列于表 4。

表 4 鱼体长度测定结果

Table 4 Measuring results of fish body-length

项 目 鱼 种 Species	Items	鱼 体 长 度 (毫米) Fish body-length (mm.)	
		体 长 范 围 Range of body-length	优 势 体 长 Dominant body-length
带 鱼 Hairtail		168—380	212.5
大 黄 鱼 Large yellow croach		155—560	199.2
鲳 鱼 Silvery pomfret		160—390	208.2
鳓 鱼 Chinese herring		220—540	334.1
马 鲛 鱼 Spanish mackerel		290—745	518.6

注: 本测定的拖速范围为 3.0—4.3 节; 平均拖速为 3.62 节。带鱼为肛长, 其余为尾柄长。

Notes: The towing speed range of this experiment is 3.0—4.3kn.; mean towing speed = 3.62kn. Anus length is of the hairtail; the rest are tail body length.

为分析拖速对不同鱼种体长的选择性, 将各鱼种体长和拖速的对应关系绘制成图 2。

由试验得知, 在试验速度范围内(3.0—4.3 节), 捕获鱼体长度随拖速增加而增加。拖网每秒曳行的距离大致是带鱼优势肛长的 10 倍, 是鲳鱼优势尾柄长的 10 倍, 是大黄鱼的 8 倍, 是鳓鱼的 7 倍, 是马鲛鱼的 6 倍。

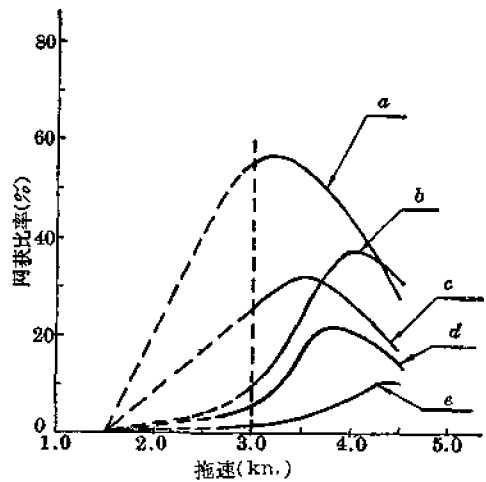


图 1 不同鱼种在网获中的出现比率

Fig. 1 The appearance rate of various fish species in per haul

a. 带鱼(Hairtail) b. 乌贼(Cuttlefish) c. 大黄鱼(Large yellow croach) d. 鲳鱼(Silvery pomfret) e. 鳓鱼(Chinese herring)

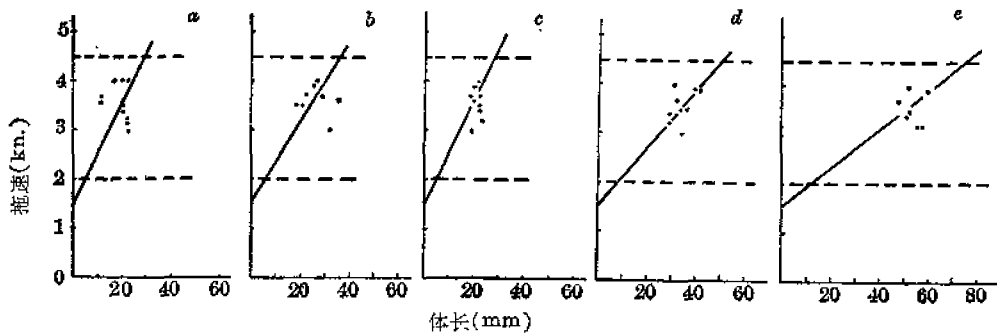


图2 鱼类体长与拖速关系

Fig. The relationship between body length of fish and towing speed

- a. 带鱼(Hairtail) b. 大黄鱼(Large yellow croach) c. 鲳鱼(Silvery pomfret)  
d. 鲚鱼(Chinese herring) e. 马鲛鱼(Spanish mackerel)

可见,拖速对鱼类体长有一定选择性。相反,通过鱼类生物学指标的测定,也有助于我们选用合适的拖网速度。

### 5. 拖网适用网目的计算及确定

据以上讨论,以东海区600马力渔轮常用46.00×177.6米/444目双拖底曳网为例,计算网目尺寸如下:

据上海市海洋渔业公司提供的实测资料<sup>(1)</sup>,主机常用转速330—350R. P. m时,相对拖速2.2—2.8节。现用网口网目40厘米,按捕捞带鱼最佳拖速3.2节、大黄鱼3.5节、鲳鱼3.8节、乌贼4.0节计,该拖网适用网目应分别为56、70、86和98厘米。实际上拖网总同时兼捕几种鱼类,故网目尺寸及拖速要求应按主要对象确定。作者以为该网具应主要考虑带鱼和大黄鱼,上述网具改进设计时可考虑选用60厘米网目。

总之,网具设计时尺度经常有变化,也不难从基本计算式中考虑这一影响并确定相应的网目尺寸。

### 参 考 文 献

- [1] 上海水产学院,1982. 渔具理论与捕鱼技术,32—38,162—163. 农业出版社。  
[2] 赵传纲、唐小曼、陈思行,1978. 鱼类的行动,96—103. 农业出版社。  
[3] Editorial Board, 1979. 16-metre mesh trawl. *World Fishing*, 28(5): 40—43  
[4] Hans-Hermann Engel, 1982. Developments in midwater and bottom trawling to reduce fuel consumption. *Australian Fisheries*, 41(11), 16—19.

(1) 上海市海洋渔业公司, 1983. 46.00米×177.60米/444目—84.32米二片式双船底层拖网企业标准。(油印本)



## AN APPROACH TO THE MESH SIZE OF TRAWLNET AND ITS EFFECT ON TRAWLING SPEED

Ji Xinghui

(*Shanghai Fisheries University*)

### Abstract

The essentials and methods of determining the mesh size of trawl nets are discussed in this paper. The results of the practical tests indicate that the mesh size of trawl net, especially in its front part, has direct and remarkable influence on trawling speed. The trawling speed has not only important influence on fishing efficiency of trawl gear, but also has a certain selection to the species and length of fish. Various fish species adapt to different trawling speed, at optimum speed to certain species the highest catch is achieved. Therefore, when a new trawl net is designed, the mesh size in front part of the net should be so determined that the trawl net can reach to the optimum speed.

If the horse power of vessels and dimensions of nets are in coordination, the mesh size can be calculated as follows:

$$a_2 = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{2.5} \cdot a_1$$

where sign 1 and 2 separately show the prototype and the new trawl net. Finally, the mesh size of some fish species is calculated and adapted to a existing trawl net.

**Key Words:** Trawl net, Mesh size, Towing speed.