

中国沿海中小型双船底拖网经验设计法

鹿叔铎 汪人文 朱清澄 王义民 王培良 李兴华

(山东省海洋水产研究所, 烟台 264000)

(威海市水产研究所, 264200)

提 要 本文反映经过广泛深入的调查研究, 分析比较了中国沿海使用的八十余种拖网。在选优的基础上, 进行了水槽模型试验和生产性试验。用数理统计方法, 分别计算出使用小目网和疏目网的渔船主机功率与网口周长的关系式, 以及拖网各部主尺度与网口周长的比例等系列关系式。为中国沿海中小型双船底拖网设计得出一种简便、易行、可靠的经验设计方法, 对生产、科研和教学部门均有实用意义。

关键词 经验设计, 拖网选优, 数理统计

目前拖网设计的方法主要有两种, 一种是按照动力相似原理, 利用选取母型网的方法进行设计, 其主要计算公式为:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{S_1}{S_2} \cdot \frac{V_1^2}{V_2^2} = \frac{L_1^2}{L_2^2} \cdot \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

式中: R_1, R_2 ——分别为母型网和新设计网的阻力;
 N_1, N_2 ——分别为母型网船和新设计网船的主机功率;
 L_1, L_2 ——分别为母型网和新设计网的主尺度;
 V_1, V_2 ——分别为母型网与新设计网的相对拖速。

上述方法的主要计算公式采用了拖网阻力与拖速成平方的关系。近几年, 国内外学者通过大量的水槽试验证实, 两者之间并不呈平方关系, 且误差较大[弗重德曼, A. П., 1988]。此外, 较难选取与新设计网条件完全相同的母型网, 随之而来又给新设计网造成较大误差。鉴于以上两点, 目前此种方法应用较少。另一种方法是经验设计, 所谓经验设计即在广泛调查研究的基础上, 通过水槽模型试验, 选优淘劣, 以优良高产网具为基础, 用数理统计的方法, 计算出渔船主机功率与网口周长的关系式, 以及拖网各部主尺度所占网口周长的比例等系列关系式, 利用这些关系式按照拖网设计程序设计新网。由于这种方法简单易行和相对可靠, 所以在生产中被广泛采用。

为了进一步总结和完善的经验设计法, 使其更加符合中国底拖网的特点, 作者经两年多的时间, 对黄、渤海区的底拖网渔具进行了一次详尽的调查[魏绍善等, 1989]。共搜集了各种功率的底拖网图 160 余份, 并对这些拖网的综合技术性能进行分析研究和水槽试验。通过选优淘劣, 最后确定不同功率的 80 余种拖网为优良网, 并用数理统计的方法, 得出了中国沿海中小型渔船主机功率与网口周长的关系式, 以及拖网各部主尺度所占网口周长的比例等系列关系式, 为经验设计拖网提供了一种实用的设计方法。

一、渔船主机功率与网口周长的关系式

拖网网具的大小,虽然与渔船功率、鱼类生活习性 & 渔场条件等诸多因素有关,但实践证明,在保证一定拖速的前提条件下,决定拖网大小的主要因素乃是渔船的主机功率。因此,在拖网设计时,首先要确定渔船主机功率与网口周长的关系式。近几年,随着资源的变动,拖网渔具也发生了较大的变化,在传统的二片式、四片式小目网的基础上,相继出现了短袖、高网口、大网目的疏目拖网。为了分别确立小目网和疏目网的计算公式,我们确定 29—136kW 拖网的最大网目小于 200mm 的拖网为小目拖网,反之为疏目拖网。199—441kW 拖网的最大网目小于 600mm 的拖网为小目拖网,反之为疏目拖网。

(一) 渔船主机功率(N)与网口周长(C)原始平均数据(表 1、表 2)

表 1 小目网原始平均数据

Table 1 Original average data of small mesh trawl

C	N (kW)								
	29	37	44	59	99	136	184	294	441
C(m)	56.25	59.70	67.83	72.93	100.44	112.85	138.0	180.02	219.04
LgN	1.4686	1.5656	1.6447	1.7697	1.9970	2.1338	2.2645	2.4686	2.6447
LgC	1.7501	1.7760	1.8314	1.8629	2.002	2.0525	2.1399	2.2553	2.3405

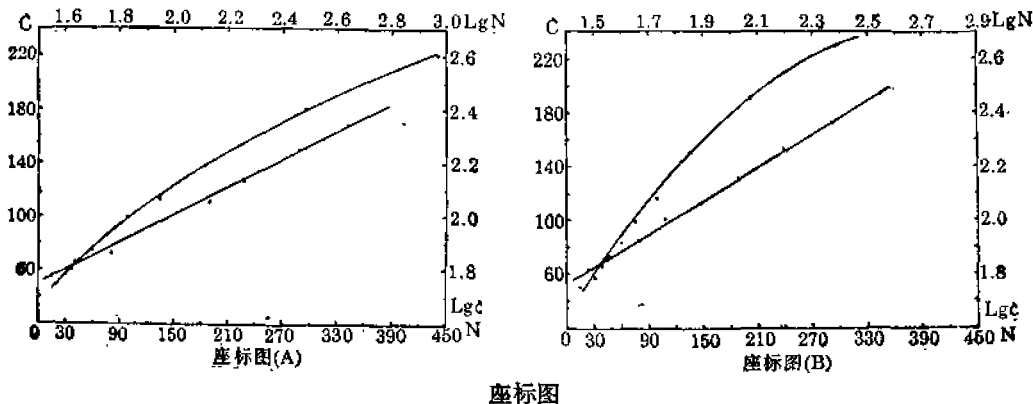
表 2 疏目网原始平均数据

Table 2 Original average data of macromesh trawl

C	N (kW)									
	29	37	44	59	74	99	136	199	294	441
C(m)	56.39	66.80	72.60	83.40	100.0	116.32	149.25	185.2	230.0	297.20
LgN	1.4686	1.5656	1.6447	1.7697	1.8666	1.9970	2.1338	2.2979	2.4686	2.6447
LgC	1.7512	1.8248	1.8609	1.9212	2.000	2.0656	2.1739	2.2676	2.3617	2.4730

(二) 功率——网口周长直角坐标与对数坐标

(A 为小目拖网, B 为疏目拖网)



(三) 用平均值法建立经验公式

从座标图形可见, 功率与网口周长之间的函数关系为幂函数, 即: $C = a \cdot N^b$ ($0 < b < 1$), 其对数座标为一直线, 即: $\text{Lg}C = \text{Lg}a + b\text{Lg}N$ 。用平均值法建立 $C-N$ 经验公式并求得:

$$C = 9.5493N^{0.5118} \text{ (小目拖网)}; C = 7.0659N^{0.6147} \text{ (疏目拖网)}$$

式中, C ——网口周长(m); N ——渔船功率(kW)

(四) 误差分析

将原 C 值与用经验公式计算所得 C' 值列于表 3、表 4。

表 3 小目网误差分析表

Table 3 Error analysis for small mesh trawl

C	N (kW)								
	29	37	44	59	99	136	184	294	441
C (m)	56.25	59.70	67.83	72.93	100.44	112.85	138.0	180.0	219.04
C' (m)	53.91	60.43	66.34	76.86	100.46	118.04	137.71	175.16	215.55
δ (m)	-2.34	+0.73	-1.49	+3.93	+0.02	+5.19	-0.29	-4.84	-3.34
$\Sigma\delta$ (m)	-2.58								

表 4 疏目网误差分析表

Table 4 Error analysis for macromesh trawl

C	N (kW)									
	29	37	44	59	74	99	136	199	294	441
C (m)	56.99	66.80	72.60	83.40	100.0	116.92	149.25	185.2	230.0	297.20
C' (m)	56.49	64.79	72.47	86.49	99.20	119.31	144.81	182.69	232.62	298.46
δ (m)	+0.10	-2.01	-0.13	+3.09	-0.80	+3.44	-4.44	-2.51	+2.62	+1.26
$\Sigma\delta$ (m)	+0.22									

由表 3 可以看出, 用经验公式 $C = 9.5493N^{0.5118}$ 求得的网口周长比实际网口周长平均小 2.58 米, 其误差小于 3%。因此, 在使用本公式计算网口周长时应酌情增加 0~3% 的修正量。由表 4 可见, 用经验公式 $C = 7.0659N^{0.6147}$ 求得的网口周长比实际网口周长平均大 0.22 米, 基本相符, 在实际应用时原则上不加修正量。

二、拖网各部主尺度与网口周长的比例关系

在拖网经验设计中, 首先要确定网口周长, 然后以此为准, 并根据拖网各部主尺度与网口周长的比例关系, 分别计算拖网各部的具体尺寸。为此, 我们首先确定拖网的主尺度, 即: 燕尾网长度、上网袖长度、上网袖大头宽度、下网袖长度、小腿大头宽度、网盖长度、网

身长度、网囊长度及网囊宽度。从大量的拖网主尺度参数中发现,上述参数都与网口周长成一定的比例关系,且稳定在一定的范围之内。为了更确切地反映实际情况,按其功率分为29—59kW;99—199kW;294—441kW三种类型。现将拖网各部主尺度与网口周长的比例范围按上述三种类型总结列于表5和表6。

表5 小目网各部主尺度与网口周长比(%)

Table 5 Length percentages of main sizes vs mouth circumference for small mesh trawl

N(kW)	L/C								
	L ₁ /C	L ₂ /C	L ₃ /C	L ₄ /C	L ₅ /C	L ₆ /C	L ₇ /C	L ₈ /C	L ₉ /C
29—59	4.2—5.9	17.6— 25.3	22.1— 25.0	27.4— 34.9	14.7— 17.4	7.5—9.8	49.2— 50.6	7.5— 8.8	5.8—7.0
99—199	2.7—3.6	14.0— 17.0	22.8— 23.9	21.2— 24.9	15.6— 16.3	7.3—7.6	40.3— 45.2	6.6— 7.0	4.9—5.0
294—441	3.5—6.3	3.1— 7.4	21.0 27.3	6.2— 11.9	17.1— 21.0	3.1—4.5	32.4— 36.5	5.0— 10.6	2.6—3.9

表6 疏目网各部主尺度与网口周长比(%)

Table 6 Length percentages of main sizes vs mouth circumference for macromesh trawl

N(kW)	L/C								
	L ₁ /C	L ₂ /C	L ₃ /C	L ₄ /C	L ₅ /C	L ₆ /C	L ₇ /C	L ₈ /C	L ₉ /C
29—99	3.5—5.2	11.1— 17.0	18.0— 26.6	17.0— 25.3	19.2— 22.7	5.7—8.6	40.2— 53.0	6.1— 12.0	4.5—5.3
136—199	4.5—5.3	6.9— 9.4	25.4— 25.5	11.2— 14.2	19.9— 20.7	4.7—4.8	34.7— 37.3	4.8— 6.3	2.8—3.1
294—441	2.5—4.1	3.3— 5.5	22.3— 24.5	6.6— 8.3	15.3— 21.4	2.0—3.3	24.4— 32.1	4.0— 4.6	2.4—3.3

表中各参数用下列符号表示:

C ——网口拉直长度;

L_1 ——燕尾网长度;

L_2 ——上网袖长度;

L_3 ——上网袖大头宽度;

L_4 ——下网袖长度;

L_5 ——小腿大头宽度;

L_6 ——网盖长度;

L_7 ——网身长度;

L_8 ——网囊长度;

L_9 ——网囊宽度。

从表5、表6中可以看出,不同功率拖网的各部主尺度与网口周长的百分比基本稳定在一定的数值范围内。并且疏目网的网袖、网盖及网身的长度所占网口周长的百分比比较

小目网所占的百分比要小,即随着目大的增加,拖网向着短袖、短网盖和短网身的粗短型方向发展。这种网型有利于降低阻力、提高拖速、增加网口高度、提高产量。上述两表中的最大值和最小值仅代表个别网具的特点,而大部分网具都接近于中间值。基于此点并考虑今后拖网的发展趋势,我们认为拖网各部尺寸所占网口周长的百分比取表7范围较为合理(小目网取表中后面数字,疏目网取表中前面数字)。

表7 拖网各部主尺度与网口周长的最佳比值(%)

Table 7 Optimum length percentages of main sizes vs mouth circumference

N(kW)	L/C								
	L ₁ /C	L ₂ /C	L ₃ /C	L ₄ /C	L ₅ /C	L ₆ /C	L ₇ /C	L ₈ /C	L ₉ /C
29—59	4.5—5.5	15—17	20—22	22—24	17—19	6—7	45—50	8—9	5—7
99—199	4—5	8—10	20—22	14—16	17—19	5—6	35—40	6—7	3—5
294—441	3.5—4.5	4—5	22—24	7—9	18—20	3—4	29—34	4—6	3—4

三、拖网各部剪裁斜率的确定

剪裁斜率也是拖网设计中的重要参数之一[鹿叔铎等,1980],它的大小将取决于拖网各部分的作用。随着近年来网具的巨大变革,各部分的剪裁斜率也发生了较大变化,现将各部分的剪裁斜率作简要分述。

(一) 网袖、网盖剪裁斜率

网袖的主要作用是阻拦、诱导鱼群入网,扩大扫海空间。为此该部分的剪裁斜率一般要求较大,其大缝边多采用3:4、4:5和2:3,连接浮子纲的一边为其受力均匀多采用三段剪裁,其斜率一般为3:1、2:1、3:2或3:1、3:2、1:1,连接沉子纲的一边多为3:1、1:1。从十六盘拖网模型试验看,网袖采用上述剪裁,既有利于网口的水平和垂直扩张,又消除了两个三拼口处的应力集中点,网型伸展良好。因网盖和下网袖的小腿在一起联合剪裁,故网盖的剪裁斜率与网袖的大缝边相同,多采用3:4、4:5或2:3。

(二) 网身剪裁斜率

实践证明网身1—2节网衣量的多少将直接影响网口高度,网身的长短对稳定拖网起着重要作用,若网身愈长其各节斜率的递减速率要小一点,若网身愈短其各节斜率的递减速率要大一点,根据上述原则,通常网口低、网身较长的拖网,其网身各节斜率的递减幅度应保持在3°—6°之间,网形呈前大后小的圆锥体形,多采用表8所列剪裁斜率。

由于近几年拖网向短袖、高网口方向发展,所以网身的剪裁斜率也发生了巨大变化,网身的一、二节多采用较小的斜率或直剪甚至倒斜率,从第三节开始其斜率迅速递减,到接近末节又变得较为平滑。采用此种剪裁方式的主要目的是使网身一、二节留有充分的网衣余量,以利于网口的垂直扩张,网身从第三节开始斜率迅速递减,其目的在于缩短网身长度,并相应地减少网具阻力,这一点从水槽测试数据中可以得到证实,我们通过大量网

表8 低网口拖网常用剪裁斜率

Table 8 Typical cutting rate for gape trawl

网衣部位	剪裁斜率(n:m)	平面夹角
网袖	3:4(大缝边)	36°54'
网盖	3:4	36°54'
网身一节	3:5	31°
网身二节	1:2	26°36'
网身三节	2:5	21°40'
网身四节	1:3	18°30'
网身五节	1:4	14°
网身六节	1:5	11°18'

表9 高口拖网常用剪裁斜率

Table 9 Typical cutting rate for high gape trawl

网衣部位	剪裁斜率(n:m)	平面夹角
网袖	2:3(大缝边)	33°42'
网盖	2:3	33°42'
网身一节	直目	0
网身二节	1:4	14°
网身三节	1:2	26°36'
网身四节	4:5	38°42'
网身五节	4:5	38°42'
网身六节	2:3	33°42'

型的数据分析整理,发现网身各节处的网身周长按照一定的规律变化。通常从网身第一节的前端至后端,网身周长平均每米递增1.6米;网身二节至五节网身周长平均每米分别递减1.56米、4.03米、2.02米和1.10米。其中第三节递减迅猛;第四、五节递减趋于平缓。因此,目前大部分拖网的网身已不再遵循平顺的前大后小的截头圆锥体形。

在目前使用的拖网中,根据上述网型的变化规律,其剪裁斜率如表9所示。

四、拖网经验设计程序

拖网的经验设计,首先应根据已知的渔船主机功率,利用公式 $C = aN^b$ 求算网口周长,然后参照现用拖网各部主尺度与网口周长的比值和剪裁斜率,以网口周长为基准数,利用求算大、小头目数的计算公式,设计出全盘拖网。具体程序如下:

1. 给定设计条件

- (1) 作业渔场、主捕对象;
- (2) 渔船主机功率;

2. 确定网口周长

先确定所设计拖网属小目网还是疏目网,然后采用小目网或疏目网计算公式求算网口周长。 $C = 9.5493N^{0.5118}$ (小目); $C = 7.0659N^{0.5147}$ (疏目)。

再根据实际情况酌情进行误差修正。

3. 确定拖网各部网衣的长度和宽度

根据上述表列数值范围,合理地选取各部主尺度与网口周长的比例数,以求出下列各部位的长度和宽度。

- (1) 燕尾网的长度;
- (2) 上网袖的长度及大头宽度;
- (3) 下网袖的长度及小腿的大头宽度;
- (4) 网盖的长度;
- (5) 网身总长度及各节长度;
- (6) 网囊长度;

(7) 根据拖网各部的网目大小, 将长、宽度换算成网目数。

4. 确定拖网各部的剪裁斜率

根据小目网和疏目网确定剪裁斜率的原则, 参照表列网身周长的变化规律和表列现用剪裁斜率, 合理的确定拖网各部的剪裁斜率和编结方式。

5. 计算各部网衣的大、小头目数

以网口周长目数为基准数, 将已知的高度目数和剪裁斜率代入计算大、小头目数的公式中, 即可求出全部拖网的数据。计算大、小头目数的公式如下:

$$1. N_1 = N_2 + H \left(\frac{n_1}{m_1} - \frac{n}{m} \right) - (C_1 - C) \quad (\text{斜梯形网片})$$

$$2. N_1 = N_2 + 2H \frac{n}{m} - 2C \quad (\text{正梯形网片})$$

$$3. N_1 = N_2 + H \left(\frac{n_1}{m_1} + \frac{n}{m} \right) - (C_1 + C) \quad (\text{燕尾网})$$

式中: N_1 、 N_2 ——网衣的大、小头目数;

H ——网衣的高度目数;

$\frac{n_1}{m_1}$ 、 $\frac{n}{m}$ ——网衣两剪裁边的剪裁斜率;

C_1 、 C ——两剪裁边的修正系数。

6. 绘制网图

按有关规定和标准绘制网图, 并将计算得到的数据一一填入。

参 考 文 献

- [1] 弗里德曼, A. J. (侯恩准、高清廉译), 1988. 渔具理论与设计, 210—220. 海洋出版社(京)。
- [2] 李豹德等, 1989. 中国海洋渔具调查与区划, 154—175. 浙江科学技术出版社(杭州)。
- [3] 鹿叔铎等, 1980. 渔具材料与工艺学, 154—166. 农业出版社(京)。
- [4] 魏绍普等, 1989. 山东省海洋渔具调查与区划, 108—140. 农业出版社。

EXPERIMENTAL DESIGNING METHOD ON THE PAIR DEMERSAL TRAWL IN CHINA

Lu Shuxin, Wang Renwen and Zhu Qingcheng

(Shandong Marine Fisheries Research Institute, Yantai 264000)

Wang Yimin, Wang Peiliang and Li Xinghua

(Weihai Fisheries Research Institute, 264002)

ABSTRACT More than 80 kinds of trawl net currently used in the Yellow Sea and Bohai Sea were chosen through extensive investigation. Based on the model test in flume tank and field experiment in fishing ground and according to mathe-

mathematical statistics method, the relationship between main engine power and net mouth circumference and the relationship between trawl's stretched length of each part and net mouth circumference were calculated. A simple, feasible and reliable experimental method was aimed at trawl net optimization for all types of small or medium fishing boats, and it also has realistic guiding significance for fishing company, fisheries research institute and technical education.

KEYWORDS experimental designing, trawl net optimizing, mathematical statistics

欢迎订阅《水产科学》

《水产科学》杂志系国内外公开发行的刊物，全国水产系统核心期刊之一。在主管单位辽宁省水产局和主办单位辽宁省水产学会的大力支持和关怀下，自1994年起由季刊改为双月刊，逢双月20日出版。期刊的内容在原有科学实验、生产经验、综述评论、问题探讨、知识讲座、科技工作者建议和译文等专栏基础上，再增设渔业管理、生产指导、渔业动态和科普等栏目。读者对象由原主要是中级以上科技人员扩大到各级水产管理干部和广大渔民。欢迎大家积极投稿和订阅。定价每本1.20元，全年订价7.20元。订阅者可到当地邮局订阅，本刊邮发代号为8—164，如错过订期，也可汇款直接到编辑部订阅，地址：大连黑石礁辽宁省海洋水产研究所《水产科学》编辑部。如通过银行汇款，开户行：大连工商银行沙区办，帐号：6008998439。联系人：徐晓虹；邮政编码：116023。