

淡水变水层疏目拖网经验设计方法的研究

王明德 杨国炎*

(大连水产学院, 116023)

摘 要 本文根据作者十余年试验研究的经验和资料, 分析总结了我国内陆水域当前使用的几十种变水层疏目拖网, 在选优淘劣的基础上, 用数理统计的方法, 计算出淡水变水层疏目拖网的主机功率与网口周长的关系式, 以及拖网其它各部分主尺度与网口周长的比例等系列关系式, 为小马力淡水变水层疏目拖网设计总结出一种简便、易行、可靠的经验设计方法。

关键词 内陆水域, 变水层, 疏目拖网, 设计方法

淡水变水层疏目拖网是近十余年来研制成功的一种先进网具。由于它具有结构简单、重量轻、成本小、操作简便、劳动强度低、生产效果好, 又能释放小体鱼等优点, 从而被广大内陆水域大、中型江河、湖泊、水库所使用。但因为内陆水域渔船马力一般较小(10-120 马力), 又要求拖捕游速快、集群不明显的鲢、鳙等鱼类, 故在网具设计上就有一定困难。为使淡水变水层疏目拖网的设计有一定的科学性, 特研究出一种简便、易行、可靠的经验设计方法。

几种拖网设计方法的简要分析

目前, 国内外拖网设计方法主要有四种。第一种是依据渔船的有效推力(拖力)来设计。即拖网在拖曳过程中, 网阻力必须小于或等于渔船螺旋桨发出的有效推力, 减去克服船体阻力所剩余的阻力, 即:

$$R_{\text{网}} \leq K_1 N - \frac{K_1 N V^2}{V_{\text{max}}^2} = K_1 N \left(1 - \frac{V^2}{V_{\text{max}}^2} \right)$$

式中: K_1 —渔船每马力所产生的有效拖力

V, V_{max} —分别为渔船拖速和自由航速

N —渔船主机指示马力

收稿日期: 1994-12-12。

* 1994 年本院海渔系毕业生。

由于该公式中渔船每马力所产生的有效拖力 K_1 不尽相同，加之各渔船浸水面积不同，在水中的阻力也不会相同。所有这些都影响拖网主要参数和主要尺度的确定。

第二种方法是根据动力相似原理，选用母型网的方法进行设计。其主要计算公式是：

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{R_1 V_1}{R_2 V_2} = \frac{S_1 V_1^3}{S_2 V_2^3} = \frac{L_1^2 V_1^3}{L_2^2 V_2^3}$$

式中： N_1, N_2 ——分别为母型网和设计网渔船的主机马力

L_1, L_2 ——分别为母型网和设计网的主尺度

V_1, V_2 ——分别为母型网和设计网的渔船拖速

这种方法由于在公式推导中采用了拖网阻力与拖速成平方的关系，这在近年来国内外许多学者进行的大量模型试验验证和在实践中采用较大拖速（大于 1 米/秒）时误差较大。

第三种方法是运用力学模拟法和绘制网具线型图来设计。这种方法仅仅考虑了拖网网具线型，而对其它参数考虑较少，与拖网实际作业情况相差很大。故很少采用。

第四种方法是按经验设计。即通过大量的试验研究和广泛的调查分析，以优良高产网为基础，用数理统计方法算出渔船主机马力与网口周长关系式，以及拖网各部尺度所占网口周长比例等系列关系式来设计新网。由于这种方法简单、易行，又结合各地实际情况，设计的网相对可靠。故在生产中被广泛采用。

淡水变水层疏目拖网经验设计方法

淡水变水层疏目拖网是捕捞鲢、鳙等中、上层鱼类效果较好的网具，为四片式有翼单囊双船拖网，设有浮沉子等属具，网口垂直扩张靠两根网口钢管撑杆控制，利用增减撑杆上下端浮沉力、浮子绳长度、曳纲长度和船间距等来调节网具所在水层。作业时，两船共同拖带一顶网，在高速（2 米/秒）拖曳下迫使处在网口前方包围范围内和已进入身网前部的鲢、鳙等小体鱼，不能保持自主判别方向的能力，而被急流从前面大网目（ $2a = 400—1500$ 毫米）带出网外，大体鱼则在空纲、翼网前进中所产生的声响和水花威逼下，多数集中于拖道中央，开始虽有判别方向能力，挣扎着同拖向游动，但经过一段时间后，体力消耗殆尽，失去自主控制能力，被身网后部小网目或囊网阻截而陷入网内，从而较成功地解决了淡水养殖水体中主要放养鱼类的捕大留小，保护资源的问题。通过十余年的研究、试验和生产实践，以每网次半小时作业计，12 马力变水层疏目拖网最高网产为 814 公斤，平均 200 公斤；22 马力最高网产 1100 公斤，平均 250 公斤；40 马力最高网产为 6100 公斤，平均 500 公斤；60 马力最高网产为 5250 公斤，平均 510 公斤；80 马力最高网产为 19123 公斤，平均 2876 公斤；100 马力最高网产为 12000 公斤，平均 2100 公斤等，显示了小马力变水层疏目拖网在淡水水域中捕捞我国主要放养鱼类的威力，而深受教学、科研和生产单位的欢迎。但由于淡水变水层疏目拖网渔船马力小（10—120 马力）、拖速快（2 米/秒），故在拖网设计上就有一定困难。作者从 1982 年对该网研究、

试验时就注意到了这个问题。经过十余年在全国百余个水库、湖泊的研究、试验和总结后认为,经验设计比较符合我国淡水变水层疏目拖网的特点。在这方面鹿叔铎等*已在海洋双船对拖网的设计中进行了研究,而淡水中尚无先例。为总结和完善这种设计方法,作者设计和收集了十余年来在全国各地使用的各种马力的淡水变水层疏目拖网网图 40 余张,并对这些拖网的综合技术性能进行综合分析研究和总结提高,通过选优淘劣,最后确定了不同马力的十余张网图为优良网型,用数理统计方法,建立了淡水渔船主机马力与变水层疏目拖网网口周长的关系式,以及拖网各部主尺度所占网口周长的比例等系列关系式,以期经验设计淡水变水层疏目拖网建立一种科学、合理的设计方法。

(一)渔船主机马力与网口周长关系式

拖网网具的大小,虽然和渔船马力、作业形式、捕捞对象习性及渔场条件等因素有关,但实践证明,在保证一定拖速的前提下,决定拖网大小的主要因素乃是渔船的主机马力。我国淡水渔船主机马力较小(10~120 马力),作业水面一般均狭窄多弯、底质复杂、深浅不一(尤为水库),鱼类集群不明显和垂直活动范围大,拖网作业受水面限制较大。因此,为了最大限度地增加拖网滤水面积,在设计时,应首先确定渔船主机马力与网口周长的关系式。

1. 渔船马力 N 与淡水变水层疏目拖网网口周长 C 的原始平均数据* (见表 1)。

表 1 渔船主机马力和网口周长(原始)的关系

Table 1 The relationship between the power output of the main engine and the perimeter of the trawl mouth

$N(Hp)$ $C(M)$	12	22	40	60	80	100	120
C	60.0	73.6	84.0	91.2	97.6	106.8	118.5
LgN	1.0792	1.3424	1.6021	1.7782	1.9030	2.0000	2.0792
LgC	1.7782	1.8669	1.9243	1.9600	1.9890	2.0286	2.1399

* 据《水库疏目拖网系列研究》得出。以下同

* Obtained from 'Study on reservoir trawl with enlarged meshes'.

2. 渔船主机马力 N 和网口周长 C 直角坐标与对数坐标见图 1、图 2。

3. 用平均法建立经验公式

由图 1 和图 2 可知,渔船马力 N 与网口周长 C 之间的函数关系为幂函数,即 $C = aN^b$ ($0 < b < 1$),其对数坐标为一直线,即 $lgC = lga + blgN$ 。这样可用平均值法建立 $C-N$ 经验公式,并求得 $a = 29.82$, $b = 0.2797$,故网口周长 $C = 29.82N^{0.2797}$ 。

4. 误差分析

将原网口周长 C 值与经验公式 $C = 29.82N^{0.2797}$ 计算得出的网口周长 C' 值比较见表 2。

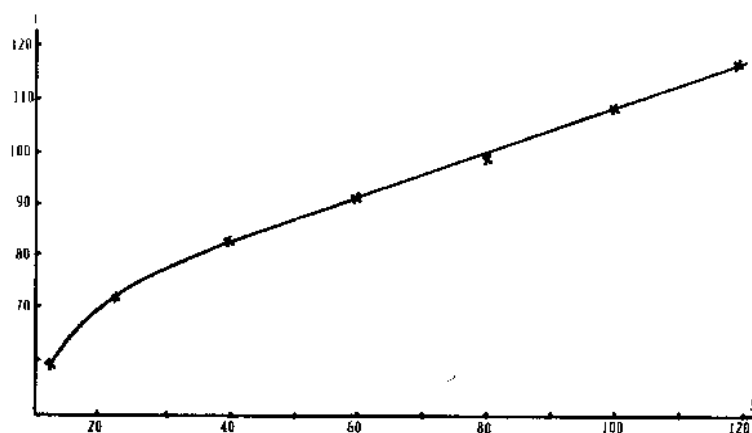
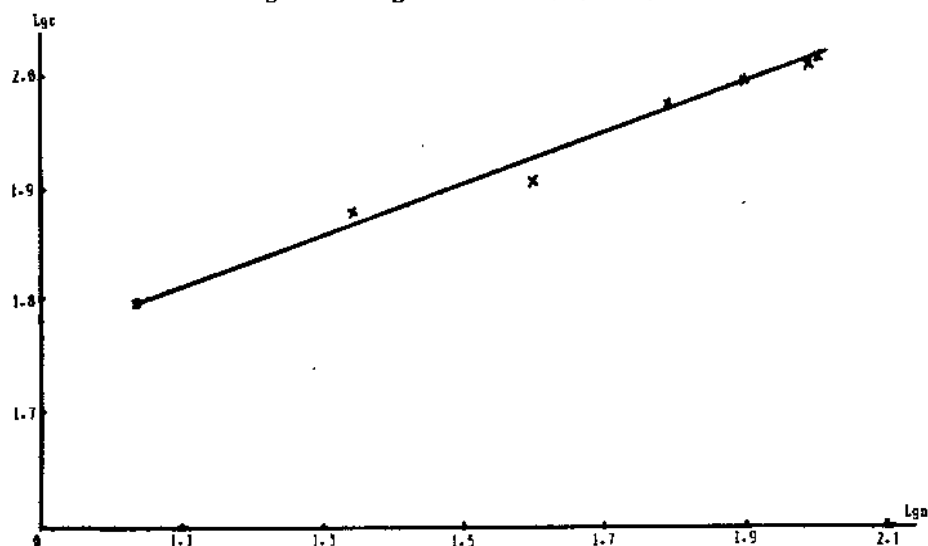
由表 2 数据可见,淡水变水层疏目拖网用经验公式 $C = 29.82N^{0.2797}$ 计算所得网口周长比目前生产实践网的网口周长平均小 0.22 米,在实际运用时,除网目超过 1500 毫米,为保证足够的拖速(2 米/秒),原则上不加修正量。

* 全国水产捕捞学术交流会议论文集总第 6 集

表 2 原网口周长 C 与经验公式计算所得网口周长 C' 值的比较

Table 2 Comparison of original perimeter of the trawl mouth with the perimeter of the trawl mouth obtained from empirical formula

$N(Hp)$ $C(M)$	12	22	40	60	80	100	120
C	60.00	73.60	84.00	91.20	97.60	106.80	118.50
C'	59.81	70.73	83.77	93.61	101.70	108.20	114.00
$C-C'$	0.09	2.87	0.23	-2.41	-4.10	-1.40	4.50
$C-C'$ 平均 Average	-0.22						

图 1 $N-C$ 直角坐标Fig.1 Rectangular coordinates of $N-C$.图 2 $N-C$ 对数坐标Fig.2 Logarithmic coordinates of $N-C$.

(二)各部主尺度与网口周长的比例关系

从大量的拖网数据统计,以及作者多年来对淡水变水层疏目拖网的研究、试验中发现,拖网各部主尺度与网口周长都有一定的比例关系,且稳定在一定范围之内。淡水变水层疏目拖网的原始主尺度见表 3。

由表 3 可推算出淡水变水层疏目拖网各主尺度占网口周长的比例数,其范围见表 4。

根据作者十余年的研究、试验认为,淡水变水层疏目拖网部尺寸占网口周长百分比可取表 5 所列数值范围,这在生产实践中是可行的。

表 3 淡水变水层疏目拖网各部原始数据 单位:M

Table 3 The original dimension of components for freshwater pelagic trawl with enlarged meshes unit: (M)

机船马力 Horse power of motor vessel	12	22	40	60	80	100	120
网口周长 C Circle length of mouth	60-70	68.4-75.6	76.8-86.0	88.0-93.0	95.5-102	102-112	11.85
总 长 L Total length	26.5-30.7	32.3-34.5	36.2-45.3	38.5-46.5	47.3-51.6	50.0-54.0	55
翼网长 L_1 Wing length	6-8	9-12	9-12	9-12	9-12	12	9-12
身网长 L_2 Belly length	15.5-17.3	16.6-18.3	21.2-27.3	23.5-28.7	29.3-32.6	30.5-34.2	34.8
侧网长 L_3 Length of side webbing	15.5-17.3	13.0-18.2	21.2-27.3	23.5-28.7	29.3-32.6	30.5-34.2	34.8
舌网长 L_4 Funnel length	1.5-2.5	1.5-3.0	1.5-3.0	1.5-3.0	1.5-3.5	2.4-5.0	2.0-4.0
囊网长 L_5 Codend length	5	5-6	5-6	6	6-7	7-10	7-10

表 4 淡水变水层疏目拖网各部主尺度与网口周长的百分比

Table 4 The percentage ratio of main dimension of components to the perimeter of the trawl mouth

Hp \ L/C	L/C	L_1/C	L_2/C	L_3/C	L_4/C	L_5/C
12	44.2-43.9	10.0-11.4	25.3-25.8	25.3-25.8	2.5-3.5	7.1-8.3
22	45.6-47.2	13.0-15.9	24.2	24.2	2.2-3.0	7.3-7.9
40	47.1-52.6	11.7-13.9	27.6-31.7	27.6-31.7	2.0-3.5	6.5-7.0
60	44.0-50.6	10.2-12.9	26.7-30.9	26.7-30.9	1.7-3.2	6.5-6.8
80	49.5-50.6	9.4-11.8	30.7-31.9	30.7-31.9	1.6-3.4	6.3-6.9
100	48.2-49.0	10.7-11.8	29.9-30.6	29.9-30.6	2.3-4.4	6.9-8.9
120	44.0-46.5	7.6-10.1	29.3	29.3	1.7-3.4	5.9-8.4

表 5 淡水变水层疏目拖网各部尺寸与网口周长百分比

Table 5 The percentage ratio of dimension of components to the perimeter of the trawl mouth

L/C	L/C	L_1/C	L_2/C	L_3/C	L_4/C	L_5/C
Hp						
12-120	45-50	10-12	25-30	25-30	2-4	5-8

由于淡水变水层疏目拖网为四片式拖网,翼网为一正梯形网片,其大头宽和设计网的网口垂直扩张有关。目前淡水变水层疏目拖网网口垂直扩张一般用两根长 5 米的钢管控制,为考虑网衣缩结等因素,翼网大头拉直长可取 6 米左右。

12-120 马力淡水变水层疏目拖网的囊网直径,根据多年的生产实践,可取 2-3 米左右。

(三)拖网剪裁斜率的确定

剪裁斜率也是拖网设计中的重要参数之一,它的大小取决于拖网各部分的作用。

1. 翼网剪裁斜率 翼网主要作用是阻拦、诱导鱼群入网,扩大扫水面积。淡水变水层疏目拖网作业时要求有较大的网口和较高的拖速,加之翼网为直翼式,故剪裁边的剪裁斜率大多选用 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 等等,或根据身网第一节剪裁斜率和作业要求而定。
2. 身网剪裁斜率 身网主要作用是汇集和诱导鱼群顺利入囊网。因此,从翼端经身网至囊网应尽量光滑平顺,使拖网在作业过程中形成喇叭状,其倾斜度从翼网至身网末端应逐渐减少。作者研究认为,淡水变水层疏目拖网身网的剪裁斜率,选用 4:5, 3:4, 3:2, 3:5, 1:2, 2:5, 1:4, 1:5 等还是合理的。

淡水变水层疏目拖网经验设计程序

淡水变水层疏目拖网的经验设计,应首先根据所给渔船主机马力,利用上述经验公式计算出网口周长,然后参照现有淡水变水层疏目拖网各部分主尺度与网口比值、剪裁斜率,以网口周长为基准数,算出各片网的大、小头目数,从而设计出整顶网。具体程序归纳如下:

(一)给定设计条件

1. 作业水域环境; 2. 捕捞对象; 3. 渔船主机马力。

(二)确定网口周长 C

利用淡水变水层疏目拖网经验计算公式, $C = 29.82N^{0.2797}$ 求出网口周长。

(三)确定拖网各部网衣的长度和宽度

参照淡水变水层疏目拖网各部尺寸与网口周长百分比,以及有关剪裁斜率确定:

1. 翼网长度、大小头宽度; 2. 身网长度及各节长度、宽度; 3. 囊网长度、宽度; 4. 舌网长度。

(四)确定拖网各部分的剪裁斜率

根据淡水变水层疏目拖网剪裁斜率确定原则,合理地选取拖网各部有关的剪裁斜率。

(五)计算拖网各部分的网目数

1. 根据拖网各部的拉直长度及网目大小,换算出各部长度方向网目数; 2. 根据长度方向

网目数及各部剪裁斜率, 计算出拖网各部分大、小头目数。

(六) 绘制拖网网图

遵照网图有关规定和标准绘制网图, 并将计算的数据填入网图中。至此, 利用经验设计方法设计的淡水变水层疏目拖网网衣部分则告完成。

参 考 文 献

- [1] 黄锡昌, 1984. 实用拖网渔具渔法, 170-200. 农业出版社。
- [2] 王明德, 1988. 实用农村捕鱼技术, 51-21. 农业出版社。
- [3] 王明德, 1985, 12. 水库疏目拖网的设计和试验. 水产学报, 9 (4): 353-361.
- [4] 王明德, 1981.1. 水库拖网设计方法及几个主要问题探讨. 水产科学, (1): 36-40.
- [5] 王明德, 1989.2. 淡水变水层疏目拖网主要技术参数及其技术性能分析. 淡水渔业, (2): 48-50.
- [6] 费里德曼 A. JI (侯恩淮、高德廉译) 1988. 渔具理论与设计, 210-250. 海洋出版社。
- [7] Розенштейн. М. М., 1976. Расчет эдептов глубоководной траловой системы, 120-131. Пищевая промышленность. Москва.

EMPIRICAL DESIGN OF FRESH WATER PELAGIC TRAWL WITH ENLARGED MESHES

Wang Mingde Yang Guoyan

(Dalian Fisheries College, 116023)

ABSTRACT Based on the many years' experience of the authors and data obtained from the study of Fresh water pelagic trawl with enlarged meshes, the paper analysed ten and more such trawls currently used in inland waters of this country. According to mathematical statistics, the relationship between the required power output of the main engine and the parameters of the trawl mouth was derined. In addition, the proportions of the rest of the trawl sizes to the parameters of its mouth were also formulated. The paper provides a simple, practical and reliable method for empirical design of freshwater pelagic trawl with enlarged meshes

KEYWORDS Inland waterarea, Palagic, Trawl with enlarged meshes, Method of design