

绳拖网网口结构设计和装配工艺

钱锦昌 金荣苗

(上海市海洋渔业公司)

提 要

本文主要阐述适用于我国东海和黄海渔场的双船两片式底层绳拖网网口结构设计,上、下纲和悬纲长度计算方法及其装配工艺。根据绳拖网的上纲和下纲的工况特点,上纲呈抛物线状;下纲呈悬链线状,分别依据其各自的曲线方程组求算。关于悬纲和上、下纲之间的装配工艺,是按我国底层拖网特点设计的。经生产实践,证实这些设计和装配都是合适的。

前 言

近年来,随着国内外拖网网具趋向疏目网网形发展,绳拖网引起人们重视并被试用。

一九七八年底,我们根据东海和黄海渔场的特点,即捕捞对象混栖、集群和栖息于近底层等等,设计了双船两片式底层绳拖网网具,力求提高和扩大网口。其结构特征是,将身网前端的网口部分的网衣,改用绳索。经一九七九年和一九八〇年的两年试捕,证明绳拖网设计和装配工艺符合要求、性能良好、操作方便、不易破网,并取得了较好的捕鱼效果。

本文着重阐明绳拖网网口结构设计。上纲和下纲,以及悬纲的长度计算方法和装配工艺。

设计 与 计 算

(一) 网口结构设计

根据两片式拖网结构,以及在网口部份采用悬纲代替网衣的要求,在上纲部份的网口结构设计是,上中纲后端装有一块梯形网衣,两侧分别有三根悬纲,同背网前端和上纲相连。为了使悬纲牵引背网时受力均匀,各悬纲后端都装有三角网衣(如图1)。

下纲部分的网口结构设计是,下中纲直接与腹网前端相联结,两侧分别装有三根悬纲。各悬纲后端同上纲相似,也都装有三角网衣(如图2)。

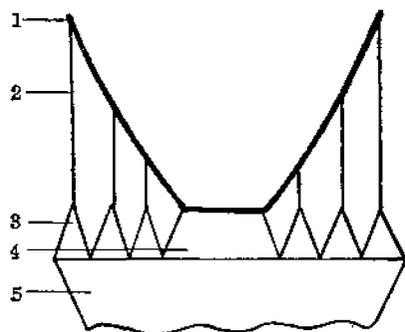


图1 上片网口结构

1.上纲 2.悬纲 3.三角网衣 4.梯形网衣 5.网口网衣

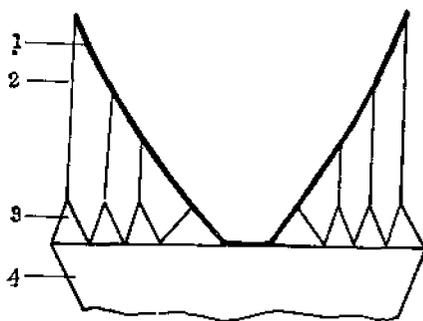


图2 下片网口结构

1.下纲 2.悬纲 3.三角网衣 4.网口网衣

(二) 上纲、下纲和悬纲的长度计算

1. 上纲和下纲的曲线方程

上纲 由于上纲自重较轻,主要承受网衣的水阻力,可视为沿上纲水平投影方向均布。鉴此,上纲呈抛物线状,其曲线方程为:

$$y = \alpha_0 x^2$$

式中:

y ——悬纲长度;

x ——悬纲间距;

α_0 ——参数。

上纲长度应为:

$$s = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + y'^2} dx,$$

下纲 由于下纲自重较重,拖曳时受海底摩擦影响很大,受力状况可视为沿纲索弧线方向均布。鉴此,下纲呈悬链线状,其曲线方程为:

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right).$$

下纲长度应为:

$$s = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}} \right).$$

式中, y 、 x 、 a 相应地为其悬纲长度、悬纲间距、参数。

2. 根据力学模拟法求袖端间距(x)和下纲中点垂度(f)值。

根据力学模拟法的原理,实物和模型之间线尺度比例和力尺度比例无关,可根据实验需要,分别选定。

为了尽可能使模型与实物相似,现采用聚乙烯 380D 的单丝模拟为曳纲(包括钢丝、夹棕、下空纲),并间隔缚扎小铅丝圈,呈项链状。金属珠链模拟为下纲。

为了提高模拟的精确度,先采用线尺度的比例为:

$$\frac{l_1}{l_2} = \lambda = 300,$$

式中:

l_1 ——实物线尺度;

l_2 ——模型线尺度。

依此模拟网具拖曳实况(如图 3)。由此再取线尺度比例 $\lambda = 100$, 模拟空纲和下纲的工况(如图 4)。根据图 4,可直接量得袖端间距和下纲中点垂度值。

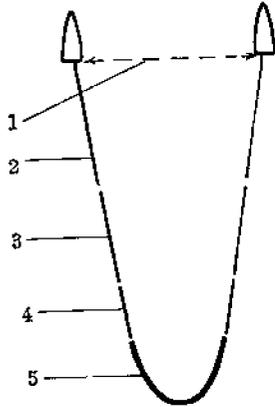


图 3 两船间距悬链线示意图

($\lambda = 300$)

1.两船间距 2.钢丝 3.夹棕 4.空纲 5.下纲

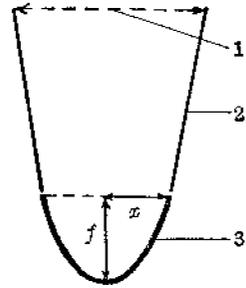


图 4 空纲端间距悬链线示意图

($\lambda = 100$)

1.空纲端间距 2.空纲 3.下纲

3. 下纲和其悬纲的计算程序

(1) $\frac{f}{x}$ 和 x 值表和其使用,根据悬链线曲线方程:

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right).$$

和图 5 所示:

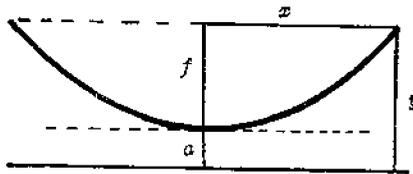


图 5 悬链线坐标曲线

设:

$$x = 0.1a,$$

代入悬链线方程,并化简得:

$$y = 1.005a,$$

在图 5 中,因为

$$f = y - a,$$

则

$$f = 1.005a - a = 0.005a$$

因此,当 $x = 0.1a$ 时,则

$$\frac{f}{x} = 0.05.$$

现设 $x = 0.1a, 0.2a, 0.3a, \dots, 2.4a$ 。按上述计算方法,求得 $f = y - a$ 和 $\frac{f}{x}$ 值。最后可作图 6 和附表。

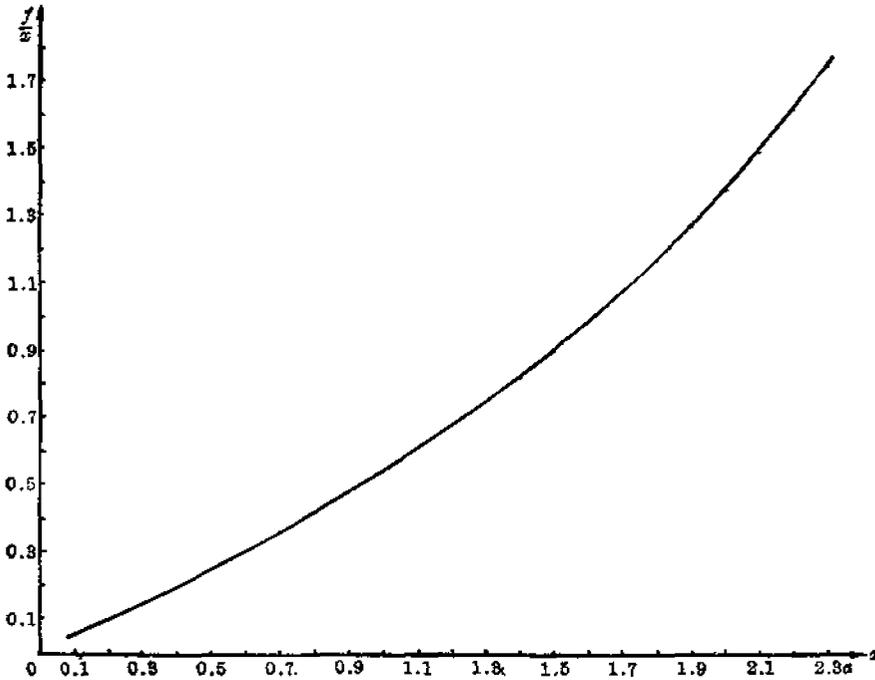


图 6 $\frac{f}{x}$ 与 x 值关系曲线图

附表 f/x 与 x 值变化关系表

x	代入 $y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right)$	$f = y - a$	$\frac{f}{x}$	x	代入 $y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right)$	$f = y - a$	$\frac{f}{x}$
0.1a	1.005a	0.005a	0.05	1.3a	1.971a	0.971a	0.747
0.2a	1.020a	0.020a	0.10	1.4a	2.151a	1.151a	0.822
0.3a	1.045a	0.045a	0.15	1.5a	2.353a	1.353a	0.902
0.4a	1.081a	0.081a	0.203	1.6a	2.578a	1.578a	0.986
0.5a	1.128a	0.128a	0.256	1.7a	2.829a	1.828a	1.058
0.6a	1.185a	0.185a	0.308	1.8a	3.108a	2.108a	1.711
0.7a	1.255a	0.255a	0.364	1.9a	3.418a	2.418a	1.273
0.8a	1.337a	0.337a	0.421	2.0a	3.762a	2.762a	1.381
0.9a	1.433a	0.433a	0.481	2.1a	4.144a	3.144a	1.497
1.0a	1.543a	0.543a	0.543	2.2a	4.568a	3.568a	1.627
1.1a	1.669a	0.669a	0.608	2.3a	5.037a	4.037a	1.755
1.2a	1.811a	0.811a	0.676	2.4a	5.645a	4.645a	1.935

如已知 $\frac{f}{x}$ 的值，即可按图 6 和附表，求得 α 值。现设按力学模拟法求得 $x = 22$ 米， $f = 17.6$ 米，则

$$\frac{f}{x} = \frac{17.6 \text{米}}{22 \text{米}} = 0.8;$$

经查图 6 或附表，求得

$$x = 1.375\alpha,$$

当 $x = 22$ 米时，则

$$\alpha = \frac{x}{1.375} = \frac{22}{1.375} \text{米} = 16 \text{米}$$

(2) 悬纲间距 x_n 值的确定根据网口结构设计的要求，下边纲装有四片三角衣，并从力学模拟中，已知 x_1 和 x_5 两个值(如图 7)。由此下边纲各悬纲间距为：

$$x_n = \frac{x_5 - x_1}{4}。$$

如按上例，已知 $x_5 = 22$ 米， $x_1 = 5.9$ 米，

则

$$x_n = \frac{22 \text{米} - 5.9 \text{米}}{4} = 4.025 \text{米}。$$

由此各相应的悬纲间距分别为

$$x_2 = 9.925 \text{米};$$

$$x_3 = 13.95 \text{米};$$

$$x_4 = 17.975 \text{米}。$$

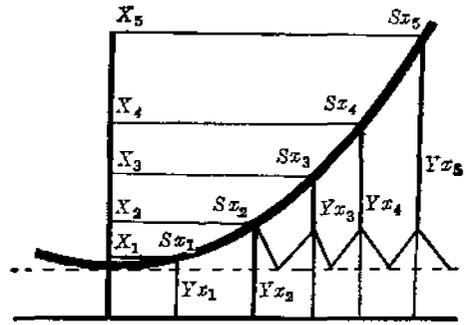


图 7 悬纲和弧长尺寸示意图

(3) 悬纲长度的确定由于已知 x_1, x_2, \dots, x_5 等值，代入悬链线曲线方程和弧长方程，可求得如图 7 所示的 yx_1, yx_2, \dots, yx_5 等值和相应的各段弧长 Sx_1, Sx_2, \dots, Sx_5 等值。

例，已知 $x_1 = 5.9$ 米， $\alpha = 16$ 米，代入悬链线曲线方程，得：

$$yx_1 = \frac{\alpha}{2} \left(e^{\frac{x_1}{\alpha}} + e^{-\frac{x_1}{\alpha}} \right) = \frac{16}{2} \left(e^{\frac{5.9}{16}} + e^{-\frac{5.9}{16}} \right) = 17.10 \text{米}。$$

如将上述有关数值，代入弧长方程，则

$$Sx_1 = \frac{\alpha}{2} \left(e^{\frac{x_1}{\alpha}} - e^{-\frac{x_1}{\alpha}} \right) = \frac{16}{2} \left(e^{\frac{5.9}{16}} - e^{-\frac{5.9}{16}} \right) = 6.03 \text{米}。$$

相应的，用同样方法和步骤，可求得：

$$yx_2 = 19.18 \text{米}, Sx_2 = 10.57 \text{米};$$

$$yx_3 = 22.48 \text{米}, Sx_3 = 15.78 \text{米};$$

$$yx_4 = 27.20 \text{米}, Sx_4 = 22.00 \text{米};$$

$$yx_5 = 33.66 \text{米}, Sx_5 = 29.62 \text{米}。$$

如图 8 所示，悬纲实际长度需将上述求得的 yx_n 值，减去 α 和三角衣的高度。由此可得悬纲实际长度分别为：

$$y_3 = yx_3 - yx_2 = 22.48 \text{米} - 19.18 \text{米} = 3.30 \text{米}。$$

同理，

$$y_4 = 8.02 \text{米}$$

$$y_5 = 14.48 \text{米}。$$

三角网衣的高度应为：

$$yx_2 - yx_1 = 19.18 \text{ 米} - 17.1 \text{ 米} \\ = 2.08 \text{ 米。}$$

如采用目大 40 厘米的网衣，纵向缩结系数 $w_2 = 0.91$ ，则三角网衣的高度应取 4.5 目。这里应该说明的是，三角网衣的高度选择并不是十分严格的，必要时可作适当的调整。

(4) 下中纲长度的确定。下中纲长度为 $2 \times S_1$ ， $2S_1 = 2 \times 6.03 \text{ 米} = 12.06 \text{ 米}$ 。关于下纲各段的位置如图 9 所示。

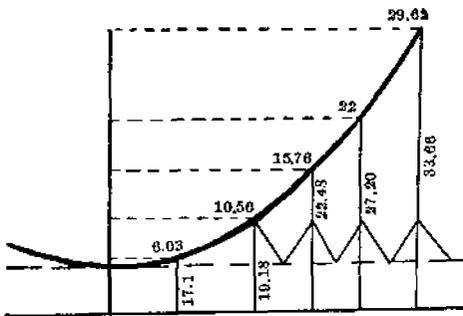


图 8 下纲悬纲与弧长理论计算图

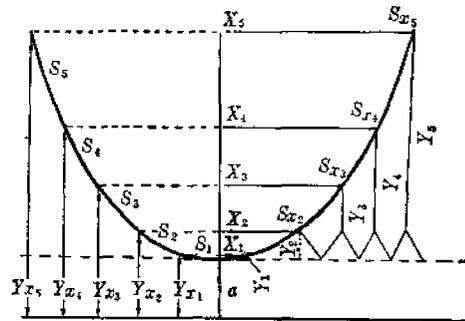


图 9 下纲悬纲和弧长的实际尺寸示意图

4. 上纲各部分尺度的计算

(1) 天井网长度的确定，根据力学模拟法，上、下纲纲端的跨距应该相同，下纲中点垂度值等于上纲中点垂度值加上天井网衣缩结后长度的和。

在例中，下纲端跨距为 22 米，下纲中点垂度值为 17.6 米，相应的上纲中点垂度值为 11.16 米，由此

$$\text{天井网缩结后的长度} = 17.60 \text{ 米} - 11.16 \text{ 米} \\ = 6.44 \text{ 米。}$$

(2) 悬纲长度的确定按图 10 和图 11 所示， x_1 值为 22 米。因为下中纲一半 $x_1 = 5.9$ 米，为了取整数起见，上中纲一半可取 6.0 米。这样，上纲中的悬纲间距为：

$$\frac{x_2 - x_1}{3} = \frac{22.0 - 6.0}{3} = 5.33 \text{ 米。}$$

此外，根据 $y = a_0 x^2$ ，而 $f = y$ 时，则

$$f' = a_0 x_1^2,$$

所以，

$$a_0 = \frac{f'}{x_1^2} = \frac{11.16}{22^2} = 0.023$$

由此，根据 $yx_1 = a_0 x_1^2$ ，将已知的 a_0 和 x_1 值代入，即得

$$yx_1 = a_0 x_1^2 = 0.023 \times 6^2 = 0.83 \text{ 米。}$$

同理可求得

$$yx_2 = 2.95 \text{ 米；}$$

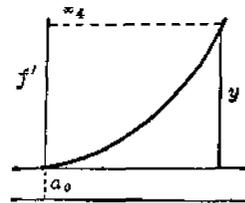


图 10 上纲曲线图

$$yx_2 = 6.38 \text{ 米};$$

$$yx_4 = 11.13 \text{ 米}。$$

根据图 12 所示,由于上中纲装有天井网,因此 yx_1 无实际意义,相应地在 x_2 、 x_3 和 x_4 各点上的悬纲长度,即 y_2 、 y_3 和 y_4 的值分别等于 yx_2 、 yx_3 和 yx_4 的值。

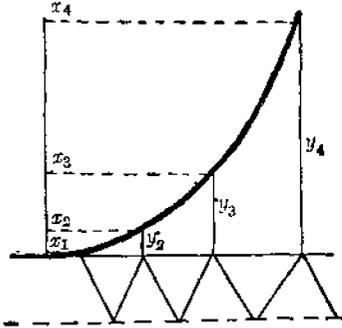


图 11 上纲悬纲理论计算图

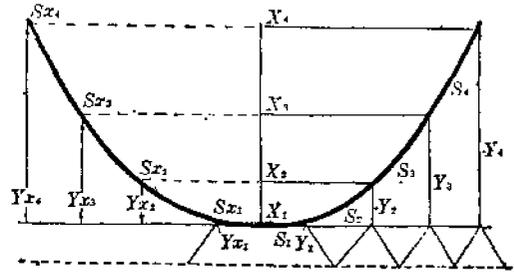


图 12 上纲悬纲与弧长实际尺寸示意图

(3) 在上纲上各悬纲扎缚点位置的确定,即上纲 S_2 、 S_3 和 S_4 的弧长根据抛物线的弧长公式为:

$$S = \frac{x_2}{2} \sqrt{1 + 4a_0^2 x_2^2} - \frac{x_1}{2} \sqrt{1 + 4a_0^2 x_1^2} + \frac{1}{4a_0} \ln \frac{2a_0 x_2 + \sqrt{1 + 4a_0^2 x_2^2}}{2a_0 x_1 + \sqrt{1 + 4a_0^2 x_1^2}}$$

在计算时,从原点算起,则 $x_1 = 0$,如将 x_2 、 x_3 、 x_4 的值分别代入,则求得 Sx_2 、 Sx_3 和 Sx_4 。

如以上题为例,则

$$Sx_1 = 6.07 \text{ 米};$$

$$Sx_2 = 11.82 \text{ 米};$$

$$Sx_3 = 18.17 \text{ 米};$$

$$Sx_4 = 25.32 \text{ 米}。$$

这样,上边纲长度为 $Sx_4 - Sx_1 = 25.32 \text{ 米} - 6.07 \text{ 米} = 19.25 \text{ 米}。$

上中纲长度为 $S = 2Sx_1 = 2 \times 6.07 \text{ 米}$

$$= 12.14 \text{ 米}。$$

(三) 装 配 工 艺

(1) 上、下纲与网口之间的连接工艺。为解决梯形网片两侧用绳索与上下纲之间的牵引,在网口等距接出三角网衣,三角网衣两边剪裁斜率为 $1^\circ-1^\circ$,并用直径 14mm 八花聚乙烯辫子绳作缘纲加固,三角网衣的底边与网口目对目缝合,顶角端用直径 18mm 八花聚乙烯辫子绳与上纲或下纲定绳点连接;采取在上纲上每一定绳点上用钢丝轧头串连直径 12mm 卸克,再用卸克与绳端环眼连结即可。详见图 13,图 14。

(2) 下中纲左右两侧的悬纲采用纤维索时,在实际拖曳中贴底易断,故采用直径 10mm 铁链代替。这样既能保证强度,同时还可起到沉降力的作用。

(3) 上纲浮子的缚扎。在上纲定绳点上用 3—5 只浮子合扎(外套小目网衣)以防勾挂。但经实际作业,浮子以集中缚扎在上中纲和三拼口处为妥。这样不仅能避免勾挂现象,更主要的是,浮子集中靠近上中纲及三拼口处,有利于网口的提高。详见图 15。

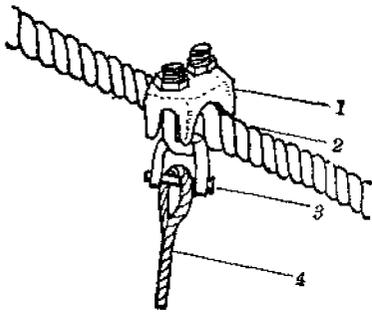


图 13 上網与悬網连接工艺示意图
1. 轧头 2. 上網 3. 卸克 4. 悬網

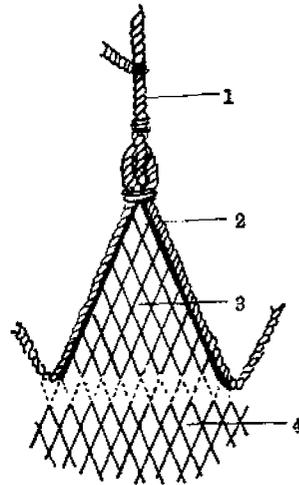


图 14 悬網与三角网衣连接工艺示意图
1. 悬網 2. 缘網 3. 三角网 4. 网口部网衣

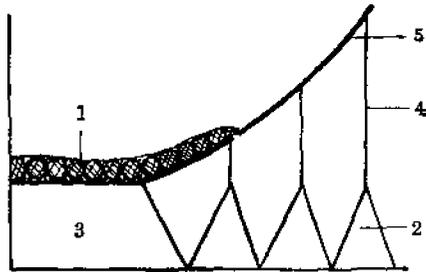


图 15 上網浮子缚扎示意图
1. 浮子 2. 三角网衣 3. 梯形网衣 4. 悬網 5. 上網

(4) 网口网目配置。上、下中网的网目配置、缩结,和底层(有袖网)拖网相近似,即水平缩结 $\mu_1 = 0.4-0.45$ 。其余的网口网目分别给中网两侧的三角网衣平均配置。

讨 论

绳拖网经过二年来的试捕,基本符合设计要求,有较好的捕捞效果。初步归纳以下几点:

1. 阻力小。在渔船相同功率下,按本文设计的网具网口,要比原使用网具的网口周长扩大 24%。

2. 不易破网。网破一般从袖网开始撕裂。由于绳拖网无袖网,故不易破。同时网与网口之间的联接经由绳索与三角网衣,富有弹性并具缓冲作用。因此,网具除遇障碍物勾破外,绳拖网基本不破网,这就间接地减轻船员劳动强度。

3. 绳拖网不宜在卷网机上使用,由于绳拖网前部的绳索、上下网、浮子一并卷入卷网机后,放网时,彼此相互纠缠甚为严重,故只能由甲板拖曳型式的渔船使用。

4. 绳拖网的网口前部以绳代替网衣,证实采用绳索水平拖曳的结构,完全能起到驱

拦鱼群的积极作用,从鱼获物大小、品种、产量和原网具相比不相上下。以前认为鱼群会从绳隙间逃逸,影响产量的说法是不符合实际的。

5. 为了保护渔业资源,减少渔获中的幼鱼比重。对绳拖网来说,还应该针对目前情况,进一步摸索、改进。

参 考 文 献

- [1] 季文美编译,1952。应用力学(上册),109—116页,第五版。龙门联合书店。
 [2] 上海水产学院主编,1961。渔具理论与捕鱼技术(第一篇),45—54,78—84。农业出版社。

A DESIGN FOR THE STRUCTURE OF THE NET MOUTH OF ROPE TRAWL AND ITS RIGGING TECHNIQS

Qian Jinchang and Jin Rongmiao

(Shanghai Marine Fishery Company)

Abstract

This paper describes a design for the structure of the net mouth of the two-panel bottom rope trawl, the method calculating the lengths of the headline, footrope and hanging line, and the rigging technics.

According to the different working conditions between the headline and footrope, the following formulas are adopted.

The headline (assuming the parabolic form):

$$y = a_0 x^2; \quad s = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + y'^2} dx$$

The footrope (assuming the catenary form):

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right); \quad s = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} - e^{-\frac{x}{a}} \right)$$

Where y —rope length; x —horizontal distance; a, a_0 —parameter; s —headline or footrope length

The rigging technology for the headline, footrope and hanging line was designed in accordance with the characteristics of China's bottom trawl. It has been proved that the design and rigging described above are useful.