

围网沉降载荷分布

冯维山

(大连水产学院, 116023)

摘要 在平面网片上装配沉子的网片沉降系列试验表明,在围网网衣上装配沉子能使下纲得到更快的平均沉降速度,这取决于网衣载荷的装配位置和载荷比。第2条沉子纲的最佳装配位置应在网衣中下部,网高的0.536~0.850范围内,具体取决于网衣载荷与总载荷之比,比值越大,装配位置越下移。网衣载荷可分解过重的下纲载荷,减轻括网绞机拉力,有利于网壁下垂保持良好网形。

关键词 围网,网衣载荷,沉降载荷分布

下纲沉降速度是围网网具的重要参数,为提高沉降速度,国内外做了各种研究。其一是在其它渔用性能适宜的条件下尽量使用比重较大的纤维材料制作围网网衣,如尼龙和涤纶等。国外曾在染网时添加铅粉,以提高网线的比重^[1]。我国在70年代曾采用聚乙烯纤维材料制造围网,但由于该材料比重小于水,在操作中网衣上浮,对此,曾在网衣上装配小型的铅沉子,改善沉降性能。冰岛渔业专家为改善操作中的围网网形,曾在网衣上装配载荷,即设置第2条沉子纲,并测定其对围网沉降速度的影响。但该试验的不足在于第2条沉子纲的设置位置固定,没有变化^[2]。为此,本研究进行了在网片上装配沉子的系列试验,研究网衣载荷对下纲沉降特性影响的规律。

1 测试条件和方法

1.1 测试条件

1.1.1 **网片** 为手工编织的涤纶网片,网目尺寸 $2a=1.92\text{ cm}$,网线规格为23.3 Tex/3×2,网片空气中重0.875 kg。网片上纲缩结系数 $E=0.75$,网片上纲长1 m,网片高120目,网片缩结面积为 $100\text{ cm}\times 152\text{ cm}$ 。

1.1.2 **沉子** 每个沉子在空气中重0.85 N,共用30根铅丝,每根铅丝长1 m。

1.1.3 **水池** 直径为10 m的圆形淡水水池,水深2.8 m。

1.2 测试方法

收稿日期:1996-10-08

1.2.1 网片装配 网片上装配沉子采用 2 种方式,一是保持总沉力不变,只改变在网片上和网片下网片上装配沉子的数量;二是保持网片下网片沉力不变,只改变网片上装配沉子的数量。对网片上不同装配沉子位置 and 不同沉子量进行系列沉降测试,测试点在网片下网片中部。把测试网片上纲固定在长 110 cm,宽 20 cm 的木板上,网片按上纲、网衣、下纲的次序排放在表面与水面平齐的木板上。翻转木板,测试网片就从下纲开始自水面沉降。

1.2.2 标定沉降深度 把一根聚乙烯单丝的一端系在网片下网片测试点上,另一端系在一个很小的泡沫浮标上。在每个系列测试前,把按系列要求装配好的网片先沉降一次,用浮标标定,单丝长度即为网片下网片该系列的沉降深度。

1.2.3 测试沉降时间 翻转木板网片,下网片即开始沉降,当浮标在水面移动到网壁时,沉降完毕,用秒表计下沉时间。每组测试 10 次,取均值,计算出网片下网片的平均沉降速度。

2 测试结果

(1)总载荷 $15 \times 0.85 \text{ N}$ 保持不变,网衣载荷改变,依次为 2、4、6、8、10、12 根铅丝,可分别注为 $(13+2)\text{N}$ 、 $(11+4)\text{N}$ 、 $(9+6)\text{N}$ 、 $(7+8)\text{N}$ 、 $(5+10)\text{N}$ 、 $(3+12)\text{N}$ 载荷系列。括号中前面的数字为网片下网片装配的沉子数量,后面的数字为网衣上装配的沉子数量(下同)。在每个载荷系列中,网衣载荷的装配位置距上纲的网目数分别为 $0^\diamond$ 、 $20^\diamond$ 、 $40^\diamond$ 、 $60^\diamond$ 、 $80^\diamond$ 、 $100^\diamond$ 、 $120^\diamond$ 。以 $(13+2)\text{N}$ 载荷系列为例,测试数据见表 1。

表 1 $(13+2)\text{N}$ 载荷系列测试数据

Table 1 The measured data of the load series of $(13+2)\text{N}$

测时 位置 time position	测试 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均沉降 时间/s mean sinking time	沉降 深度/m sinking depth	平均沉降 速度/(m·s ⁻¹) mean sinking speed
$0^\diamond$		3.58	3.83	3.73	3.48	3.60	3.80	3.91	3.74	3.70	3.71	3.72	1.618	0.435
$20^\diamond$		3.08	3.07	2.97	2.95	3.01	3.13	3.10	3.06	2.98	3.00	3.03	1.639	0.541
$40^\diamond$		3.07	3.17	3.03	3.08	3.14	3.05	3.20	3.02	2.92	3.06	3.07	1.641	0.534
$60^\diamond$		2.91	2.97	2.86	3.02	2.90	2.93	2.99	2.88	2.90	3.00	2.94	1.642	0.558
$80^\diamond$		3.16	3.02	3.10	3.06	2.98	3.04	3.12	3.06	3.00	3.08	3.06	1.642	0.547
$100^\diamond$		3.09	3.16	3.29	3.25	3.10	3.13	3.20	3.07	3.23	3.26	3.18	1.645	0.517
$120^\diamond$		3.79	3.54	3.74	3.35	3.40	3.67	3.48	3.67	3.01	3.50	3.52	1.673	0.475

(2)网片下网片载荷为 $20 \times 0.85 \text{ N}$ 保持不变,装配的网衣载荷分别为 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 根铅丝,相应注为 $(20+1)\text{N}$ 、 $(20+2)\text{N}$ 、 $(20+3)\text{N}$ 、……、 $(20+10)\text{N}$ 载荷系列。在不同载荷系列中不同。网衣载荷的装配位置与(1)中相同。表 2 列出了系列测试 $(20+1)\text{N}$ 载荷系列的数据。

3 分析与讨论

在各系列载荷测试中,当网衣载荷的装配位置为 $120^\diamond$ 时,其作用为下网片载荷。当装配位置为 $0^\diamond$ 时,网衣载荷不起沉降作用。为便于计算和分析,把网衣载荷装配位置距上纲的网目数换算成占网片高度目数的比值,即 $K = n^\diamond / 120^\diamond$, $n^\diamond$ 为网衣载荷装配位置距上纲的网目数。这样,在表 1 和表 2 中的装配位置以 K 表示,且 K 值分别是 0、0.166 7、0.33、0.50、0.

67、0.83、1.0。

表 2 (20+1)N 载荷系列测试数据

Table 2 The measured data of the load series of (20+1)N

测时 time 位置 position	测试 No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均沉降 时间/s mean sinking time	沉降 深度/m sinking depth	平均沉降 速度/(m·s ⁻¹) mean sinking speed
0°		3.72	3.62	3.39	3.30	3.48	3.28	3.43	3.21	3.41	3.23	3.39	1.755	0.518
20°		2.97	3.16	3.14	3.09	3.04	3.10	3.01	3.17	3.03	3.11	3.08	1.755	0.569
40°		3.00	2.79	2.95	2.88	2.86	2.92	2.87	2.85	2.94	2.96	2.90	1.756	0.606
60°		2.91	2.83	2.85	2.85	2.83	2.86	2.89	2.94	2.80	2.86	2.86	1.757	0.614
80°		2.96	2.88	2.83	2.83	2.91	2.89	2.92	2.85	2.90	3.01	2.89	1.758	0.608
100°		3.01	3.01	2.95	2.90	2.99	2.98	2.91	2.89	3.07	3.00	2.96	1.759	0.594
120°		3.57	3.51	3.42	3.21	3.11	3.36	3.18	3.39	3.41	3.28	3.35	1.760	0.525

3.1 总载荷不变, 平均沉降速度与网衣载荷装配位置的关系

根据该组各系列载荷的测试数据(表 1)及其网片下纲平均沉降速度与相对应的网衣载荷装配位置 K , 经回归建立 $\bar{V}=f(K)$ 的相关关系。计算各系列载荷的回归方程分别为:

$$\bar{V}_1=0.450+0.415 K-0.397 K^2 \quad (1)$$

$$\bar{V}_2=0.411+0.550 K-0.490 K^2 \quad (2)$$

$$\bar{V}_3=0.386+0.625 K-0.540 K^2 \quad (3)$$

$$\bar{V}_4=0.362+0.693 K-0.581 K^2 \quad (4)$$

$$\bar{V}_5=0.314+0.654 K-0.494 K^2 \quad (5)$$

$$\bar{V}_6=0.228+0.712 K-0.480 K^2 \quad (6)$$

(1)~(6)式依次为系列载荷(13+2)N、(11+4)N、(9+6)N、(7+8)N、(5+10)N、(3+12)N 的 $\bar{V}=f(K)$ 的回归方程, 其方差分析如表 3 所列。

表 3 回归方程(1)~(6)式方差分析

Table 3 The covariance analysis of the regression equations (1)~(6)

回归方程 regression equations	L_{xy}	U	Q	S^2	R	F 检验 F examination		
						F	$F_{2,4}^{\alpha}$	效果 result
(1)	$1.196 \cdot 10^{-2}$	$1.048 \cdot 10^{-1}$	$1.500 \cdot 10^{-3}$	$3.700 \cdot 10^{-4}$	0.93	14.16	$F^{0.05}$	显著 outstanding
(2)	$2.378 \cdot 10^{-2}$	$1.934 \cdot 10^{-2}$	$4.440 \cdot 10^{-3}$	$1.110 \cdot 10^{-3}$	0.90	8.72	$F^{0.05}$	显著 outstanding
(3)	$2.870 \cdot 10^{-2}$	$2.452 \cdot 10^{-2}$	$4.188 \cdot 10^{-3}$	$1.046 \cdot 10^{-3}$	0.92	11.70	$F^{0.05}$	显著 outstanding
(4)	$3.487 \cdot 10^{-2}$	$3.162 \cdot 10^{-2}$	$3.248 \cdot 10^{-3}$	$8.120 \cdot 10^{-4}$	0.95	19.47	$F^{0.01}$	显著 outstanding
(5)	$3.825 \cdot 10^{-2}$	$3.573 \cdot 10^{-2}$	$2.528 \cdot 10^{-3}$	$6.320 \cdot 10^{-4}$	0.97	28.26	$F^{0.01}$	显著 outstanding
(6)	$6.300 \cdot 10^{-2}$	$5.680 \cdot 10^{-2}$	$6.200 \cdot 10^{-3}$	$1.540 \cdot 10^{-3}$	0.95	12.44	$F^{0.01}$	显著 outstanding

从表 3 看出网衣载荷的装配位置与网衣下纲平均沉降速度相关显著, 表明前者是影响后者的重要因素。同时, 前者对后者影响的变化规律相同, 其显著性与网衣载荷数量有关。

分别计算 $\bar{V}$ 关于 K 的导函数, 并进一步求出使网衣下纲具有最大平均沉降速度 $\bar{V}_{\max}$ 的网衣载荷装配位置 $K_{(p)}$ 及最大平均沉降速度, 结果见表 4。

表 4 回归方程(1)~(6)式数学分析

Table 4 Mathematical analysis of the regression equations (1)~(6)

$\bar{V}'$ ($\bar{V}$ 的导函数式) $\bar{V}'$ (differential function of $\bar{V}$)	$\bar{V}$ 最大时的最佳装配位置 $K_{(p)}$ positions of $\bar{V}_{\max}$	最大平均沉降速度 $\bar{V}_{\max}$
0.415~0.794 k	0.52	0.558
0.550~0.980 k	0.56	0.565
0.625~1.080 k	0.58	0.567
0.693~1.162 k	0.60	0.569
0.654~0.988 k	0.66	0.530
0.712~0.960 k	0.74	0.492

因为 K 值变化为 0~1, $K=1$ 时, 网衣载荷是 0, 即总载荷集中在下纲上, 为传统的沉子装配方法。表 4 表明, 当网衣载荷装配位置为 $K_{(p)}$ 时, 网衣下纲有最大平均沉降速度 $\bar{V}_{\max}$, 该速度大于 $K=1$ 时的下纲平均沉降速度, 这是重要的结论。 $K_{(p)}$ 与网片特性、下纲和网衣上分布的载荷数量等因素有关, 就测试范围而言, $K_{(p)}$ 的位置在网衣的中下部, 即 0.52~0.74。当 $K < K_{(p)}$ 时, 网片下纲平均沉降速度与 K 成正比, 当 $K > K_{(p)}$ 时, 其变化相反。

3.2 总载荷不变, 网衣载荷装配最佳位置与网衣载荷同总载荷比值的关系

(13+2)N、(11+4)N、(9+6)N、(7+8)N、(5+10)N、(3+12)N 各系列中的网衣载荷装配最佳位置 $K_{(p)}$ (表 4) 分别为 0.52、0.56、0.58、0.60、0.66、0.74, 而与其对应的网衣载荷与总载荷的比值 P_1 , 分别为 2/15、4/15、6/15、8/15、10/15、12/15。

根据 P_1 回归确定 $K_{(p)} = f(P_1)$ 的关系, 经回归计算得到:

$$K_{(p)} = 0.5394 - 0.075 P_1 + 0.39 P_1^2 \quad (7)$$

(7) 式的方差分析 $L_{yy} = 0.03124$, $U = 0.02876$, $Q = 0.00248$, $S^2 = 0.000828$, 全相关系数 $R = 0.96$ 。F 检验, $F = 17.36$, 而 $F_{2,3}^{0.05} = 9.55$, 回归高度显著。可见, 在总载荷不变的条件下, 网衣载荷装配最佳位置与沉降载荷的分配比 (P_1) 密切相关。

对 (7) 式求 $K_{(p)}$ 关于 P_1 的导函数, 得:

$$K'_{(p)} = -0.075 + 0.78 P_1 \quad (8)$$

对 (8) 式进一步分析可得, 当 $P_1 = 0.096$, 网衣载荷为 1.44 时, $K'_{(p)}$ 有极小值为 0.536, 这也说明网衣载荷装配最佳位置在网衣的中下部, 与 3.1 的分析一致。当 $P_1 > 0.096$ 时, 随着 P_1 的增大, 装配最佳位置下移。当 P_1 达最大值时, 此时载荷全部在网衣上, 最佳装配位置 $K_{(p)} = 0.85$ 。可以推论, 围网网裙的高度不应大于网高 (包括网裙) 的 15%, 网裙过高会影响下纲沉降速度。

3.3 下纲载荷不变, 网衣载荷渐增, 下纲平均沉降速度与网衣载荷装配位置的关系

采用与 3.1 相同的处理方法, 对 2.2 组各系列载荷数据分别回归 $\bar{V} = f(K)$ 的关系, 经计算得出各系列载荷的回归方程。其中, (20+1)N 系列的回归方程为:

$$\bar{V}_1 = 0.5154 + 0.3955 K - 0.3799 K^2 \quad (9)$$

(9) 式的方差分析, $L_{yy} = 0.0097$, $U = 0.0096$, $Q = 0.0001$, $S^2 = 0.000025$, 全相关系数 $R = 0.99$ 。F 检验, $F = 192$, 而 $F_{2,4}^{0.001} = 61.25$, 回归高度显著。

各系列载荷回归方程的方差分析结果表明, 在总载荷不同的条件下, 网衣载荷的装配位置影响网衣下纲平均沉降速度, 二者存在显著的相关关系, 这与 3.1 的结论一致。

对各系列载荷的回归方程式进行数学分析, 可计算出各网衣载荷最佳装配位置, 依次为

0.520 5、0.530 6、0.537 6、0.534 8、0.530 0、0.531 5、0.531 9、0.536 0、0.545 0、0.542 7。这说明当下纲载荷不变时,在网衣的适当位置上装配网衣载荷比把总载荷集中装配在下纲上有更快的平均沉降速度。最佳装配位置取决于网衣载荷与下纲载荷间的分配。

3.4 网衣载荷与下纲载荷之比对网片下纲平均沉降速度的影响

在测试数据 2.2 中,系列载荷的网衣载荷与下纲载荷之比为 Q ,网衣载荷的装配位置取 60° 、 80° 、 100° (均在网衣的中下部), Q 、 K 、 $\bar{V}$ 的相应数据如表 5 所列。

下沉速度 sinking speed (m/s)		Q 载荷比 load rate										
		0 20	1 20	2 20	3 20	4 20	5 20	6 20	7 20	8 20	9 20	10 20
K 装位位置 reefed positions		0.518	0.614	0.629	0.646	0.650	0.660	0.666	0.671	0.673	0.687	0.703
	60°	0.518	0.608	0.627	0.633	0.649	0.649	0.658	0.664	0.673	0.680	0.691
	80°	0.518	0.594	0.619	0.633	0.649	0.652	0.658	0.660	0.672	0.690	0.690
	100°											

对表 5 中的数据分别回归网衣载荷装配位置为 60° 、 80° 、 100° 的 $\bar{V} = f(Q)$ 的关系,经计算回归方程依次为:

$$\bar{V}_1 = 0.6079 + 0.2207Q - 0.0903Q^2 \quad (10)$$

$$\bar{V}_2 = 0.6027 + 0.2104Q - 0.0785Q^2 \quad (11)$$

$$\bar{V}_3 = 0.5866 + 0.3130Q - 0.2176Q^2 \quad (12)$$

对(10)式做方差分析, $L_{yy} = 0.0063$ 、 $U = 0.0061$ 、 $Q = 0.0002$ 、 $S^2 = 0.000029$, 全相关系数 $R = 0.98$ 。F 检验, $F = 105.2$, $F_{2,8}^{0.001} = 21.69$, 回归高度显著。(11)式和(12)式的全相关系数 R 分别为 0.99、0.98。

方差分析结果表明,在网衣载荷装配位置一定的条件下,网衣载荷与下纲载荷之比同下纲平均沉降速度存在显著的相关关系。就测试范围 $Q = 0 \sim 0.5$ 而言, Q 越大,总载荷越大,下纲平均沉降速度越快。

对(10)~(12)式分别求出 $\bar{V}$ 关于 Q 的导函数式,并做数学分析,可得到使 $\bar{V}$ 为最大的载荷比(Q)分别为 1.220 0、1.340 1、0.719 2。这说明在网衣中下部的某一位置上装配网衣载荷,当选择适宜的载荷比时,可使网衣下纲具有最大的平均沉降速度。同时,在测试的条件下, Q 值增大,即总载荷增大,网衣下纲平均沉降速度也增大,但当总载荷增加到某一定程度后,再增加载荷,下纲平均沉降速度不增反降,总载荷的这一临界值还取决于网衣载荷的装配位置。

4 小结

(1)在围网网衣上装配沉子能使下纲得到比把沉子集中装配在下纲上更快的平均沉降速度,沉降速度取决于网衣载荷的装配位置和载荷比,设置网衣载荷(第 2 条沉子纲)有实际意义。

(2)网衣载荷(即第 2 条沉子纲)的最佳装配位置应在网衣的中下部,范围为网高的 0.536~0.850,具体位置取决于网衣载荷同总载荷的比值,比值越大,装配位置越下移。

(3)网衣载荷不仅有助于加快下纲平均沉降速度,还可在收绞围网括纲过程中保持良好的网形,而且分解了过重的下纲载荷,有利于缓解括纲绞机拉力不足的问题。

参 考 文 献

- 1 崔建章. 渔具与渔法学. 北京:中国农业出版社, 1997. 227
- 2 Guðni Thorsteinsson. Iceland purse seines with double leadline construction and experience, *Modern Fishing Gear of the world*. UK: Ashford Press southampton, 1981(3): 274~279

The distribution of sinking - load of purse seine

Feng Weishan

(Dalian Fisheries College, 116023)

Abstract A series of sinking experiments were carried out using plane netting rigged with load. The test indicates that the lead line obtains a mean sinking speed when the netting is rigged with sinker. The speed depends on the riging position of the sinker and the ratio of the load. The riging position of the second lead line should be at middle - low part of netting ranging from 0.536~0.850 net height, the exact position depends on the ratio of netting load to the total load, and the bigger the ratio is, the lower the position moves. Netting load can lighten the lead line of its over load and the puring line of its hauling force, So as to keep good net shape when the net wall is hanging down.

Key words purse seine, netting load, distribution of sinking load