

柔性翼形浮子的研究^{*}

林 功 奎

(南海水产研究所)

提 要

柔性翼型浮子,制作材料全部采用帆布,不设刚性支撑骨架。缚结在拖网天井纲上,放网后在来流冲压下成型,近似刚体机翼,产生升力,带动拖网上纲起浮。试验应用风洞、水槽,对模型流体动力性能进行测试,取得定性、定量分析,继而用实物在海上试捕验证。使用柔性翼型浮子代替球形静浮力浮子后改变了网口高度与拖曳速度呈反比特性,在一定幅度内降低了拖网的总阻力。具有升力大,不存在密闭容器的耐压问题,适合任何水深作业,稳定性好,不会与网衣缠结,起、放网操作简便等优点。

浮子是渔具的主要属具,对于拖网网具更为重要。它直接关系到网口形状,影响渔获性能。由于球形浮子在制作上和使用上简便、能耐一定水压等优点,在各种渔具中一直占有重要的位置。五十年代以来,随着拖网拖速的不断提高,为了克服球形浮子在水动力特性上的缺点。国内外广泛地研究了各种刚性水动力浮子的结构和性能,但有的因工艺或操作上过于复杂、有的因成本偏高,以致在使用上受到一定的限制。

柔性翼形浮子采用维尼龙帆布缝成。1977年曾利用简陋条件检验水流冲击成型问题。1980年进行了水槽和风洞模型试验,以及海上的实物测试。这些都证实了柔性翼形浮子的水动力特性和结构符合要求,并为生产上所采纳。最近又在结构上加以改进,完全解决在负冲角时确保上浮的问题。

本文着重阐述柔性翼形浮子的结构,水动力特性和海上实物试验的结果。

柔性翼形浮子的结构

柔性翼形浮子的外形,采用不对称双凸翼型。最大相对厚度为 $16\%b$, 最大相对厚度位置处于 $30\%b$ 。从翼型前缘点起,沿下表面至 $12.5\%b$ 处为止,开一进水的切口(图1)。

* 本项研究是在南海水产研究所高级工程师冯顺楼指导下进行,助理研究员陈次颖多次提出宝贵意见。海上实验,船队船长郑霖霖,大副邹纯华以及渔捞室吕培佳等同志协助测定各项数据,南锋701调查船,南锋704调查船全体船员协同工作。风洞试验及绕流计算,系委托西北工业大学,508教研室进行。承郝忠祥,钱鸿,刘千刚,张业勤等老师热情帮助。对此谨表深切谢意。

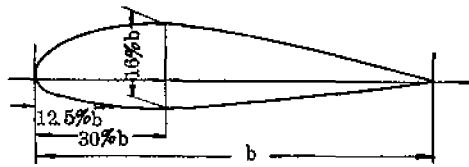


图1 柔性翼形浮子断面示意图

为了使柔性翼形浮子进水后,保证成型,在浮子的体内缝上一定数量的翼型肋片,如图2①所示。



图2 柔性翼形浮子外形示意图(①示肋片)

这样,柔性翼形浮子下水后,水由切口充入翼腔成型,同刚体机翼相似,拖曳时产生升力。起网后一旦离水,翼腔内的积水排出,成为帆布空袋的柔体,操作简便。

风洞模型试验⁽¹⁾

柔性翼形浮子的风洞模型试验主要目的是测定其流体动力特性。

(一) 风洞技术条件

本试验是在西北工业大学的单回路开式风洞进行,实验段截面成圆形,直径915毫米,稳定风速为20—55米/秒。测力采用硬架式纵向三分力天平。

(二) 模型规格

模型分硬、软两种,尺度比都取5,模型翼展 $l=600$ 毫米、弦长 $b=200$ 毫米, $l/b=3$ 。

硬模型由0.28毫米厚的薄形马口铁焊成,体内加上空心翼肋,间距60毫米。为了测试开口位置对水动力特性的影响,在模型上分别设有四个不同位置的切口。

软模型采用不透气的汽球布制成,但切口只有 $12.5\%b$ 处一个。

(三) 测试结果

1. 硬模型测试结果

升力特性 图3为动压 121 公斤/米²时,各种切口状态的升力系数 C_L 对冲角 α 的曲线。总的来说,所有曲线的趋势是一致的。关于切口位置对升力的影响是,没有切口模型的 C_L 值比其他切口的 C_L 值都小,切口 $12.5\%b$ 和 $10\%b$ 的 C_L 值几乎相等,其值最

(1) 郝忠祥,张业勤,1980。鱼网浮——水翼风洞实验研究报告。西北工业大学503教研室。

图3 硬模型,前缘切口对 $C_y-\alpha$ 曲线的影响

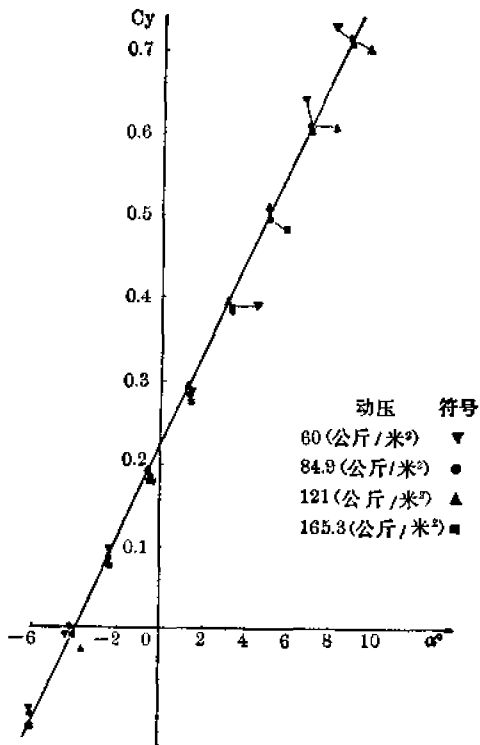
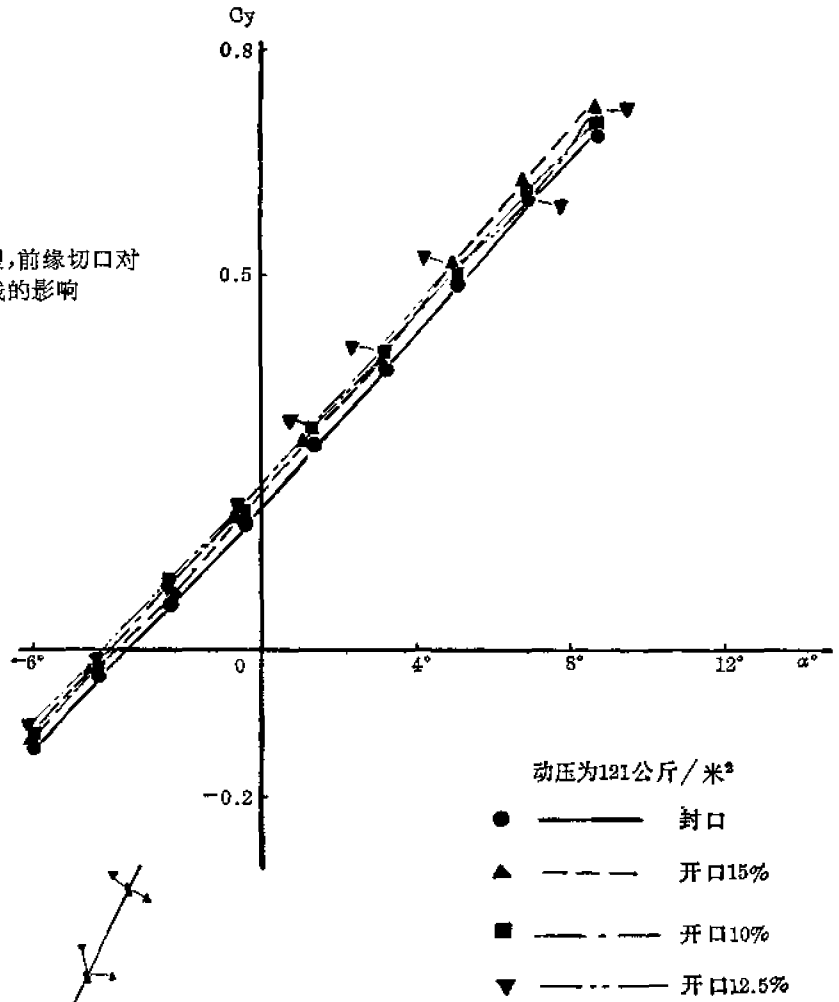


图4 硬模型,切口12.5%动压对 $C_y-\alpha$ 曲线的影响

大,切口 $15\%b$ 的 C_y 值低于切口 $12.5\%b$ 和 $10\%b$,又大于没有切口的模型。

图 4 是切口 $12.5\%b$ 时,在各种动压下的 $C_y-\alpha$ 的曲线。这说明动压在 $60-165.3$ 公斤/米² 范围内, $C_y-\alpha$ 的值是完全一致的。同时在负冲角不小于 -4° 都产生正升力。

阻力特性 图 5 是动压 121 公斤/米² 时,各种切口状态模型的升力系数 C_y 对阻力系数 C_x 的曲线。从图中可以看出,没有切口的模型阻力系数相对地比任何具有切口状态的 C_x 低。其他切口的 C_x 几乎是相同的。相对地当冲角 $(-2^\circ)-0^\circ$ 时,阻力系数最小,其值如表 1 所示。

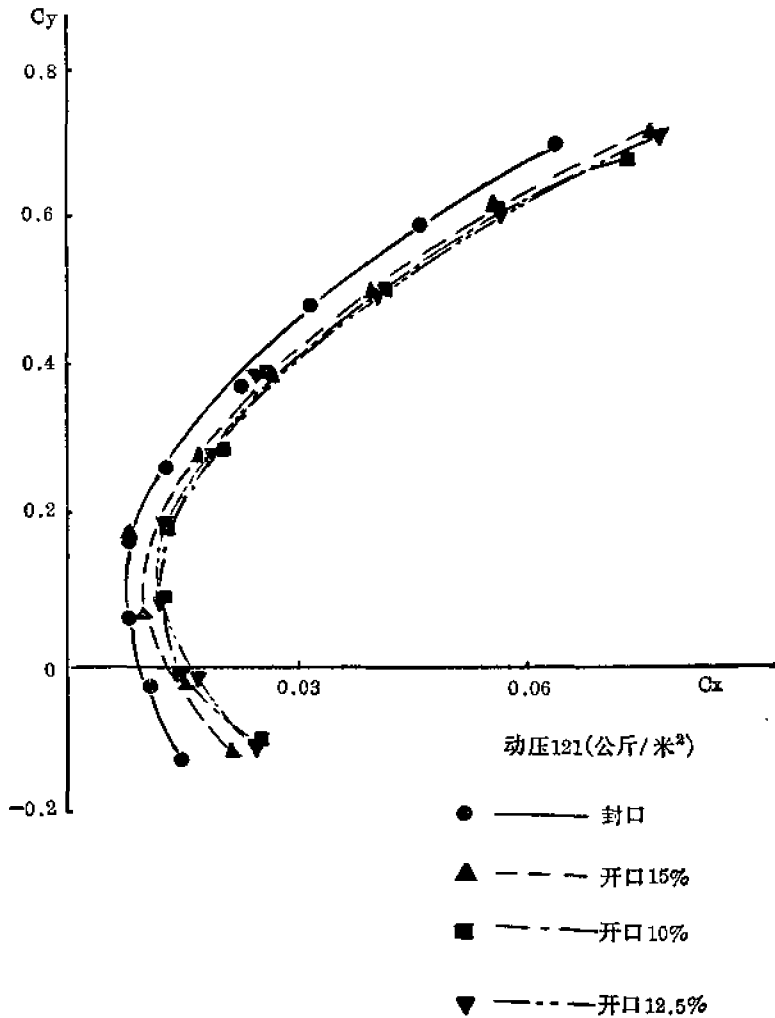


图 5 硬模型,前缘切口对 C_y-C_x 曲线的影响

表 1 模型无切口以及各种切口状态时的最小阻力系数值

模型结构	无切口	切口 $10\%b$	切口 $12.5\%b$	切口 $15\%b$
最小阻力系数值	0.007	0.0125	0.012	0.0105

图 6 是切口 12.5% 时, 各种不同动压状况下 C_y-C_x 的关系曲线。就最小阻力系数来说, 动压越大, 最小阻力系数越小。当动压为 165.3 公斤/米² 时, C_x 为 0.0092; 动压为 60 公斤/米² 时, C_x 为 0.012。

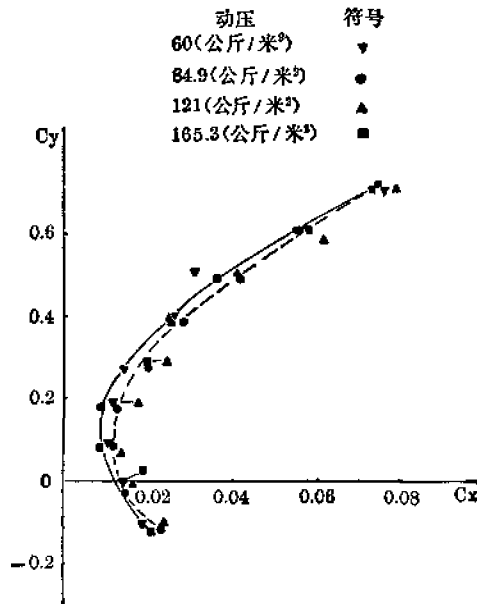


图 6 硬模型, 切口 12.5% 动压对 C_y-C_x 曲线的影响

2. 软模型测试结果

升力特性 图 7 是在不同动压下的 $C_y-\alpha$ 的曲线。从图中可以看出, 冲角为 0° 时, 存

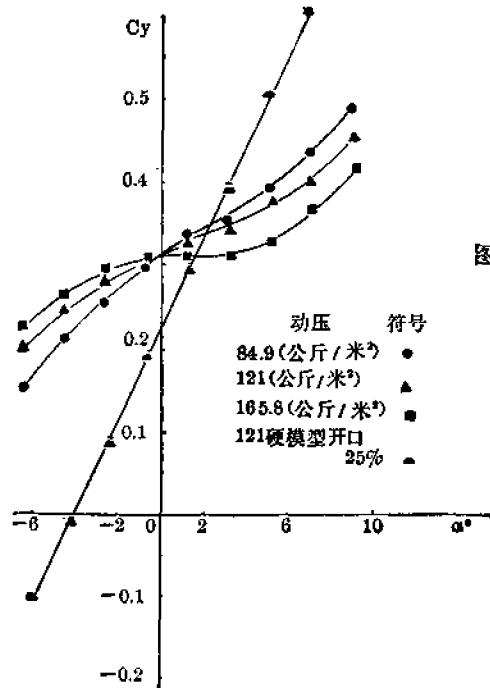


图 7 软模型 $C_y-\alpha$ 曲线动压对 $C_y-\alpha$ 曲线的影响

在着一个明显的拐点。在正冲角时,动压高低同 C_y 值有着成反比的趋势,但在负冲角时,动压高低同 C_y 值有着成正比的趋势。这一情况是同硬模型试验的升力特性存在着明显的区别。

根据丝带流谱及烟风洞观察,由于充水口与翼腔的存在,柔性翼形浮子的流动前缘总是出现分离现象,溢流涡相当复杂与特殊。小攻角小动压时溢流涡主要影响下表面,使附面层分离。上表面前缘内侧犹如导流片,涡系影响轻微,流动是附体的。大动压时充水口更向上下扩张,上表面前缘内侧导流作用减小,溢流涡部分上翻,因而出现图7情况,动压增大 C_y 反而略有下降。随攻角加大到一定程度,来流对翼腔注压角度改变,上下表面压力恢复,又出现 C_y 第二个峰值。多种剖面^[3]的软模型风洞试验都出现上述情况,当攻角 $0^\circ-4^\circ$ 或稍大一些范围为谷区。展弦比越大上述攻角下 C_y 下跌越明显。其失速特性和最大升力特性若按 NACA 表示方法,可近似视为 D 型。

由于柔性翼形浮子的流动不可能是层流型前缘总处于分离状态,因而雷诺数 R_e 影响不大,不需要加以修正,可将试验结果直接应用,误差不大。本次试验也证实了这点。

阻力特性 图8为不同动压下的 C_y-C_x 曲线。其中最小阻力系数是与动压高低成正比。

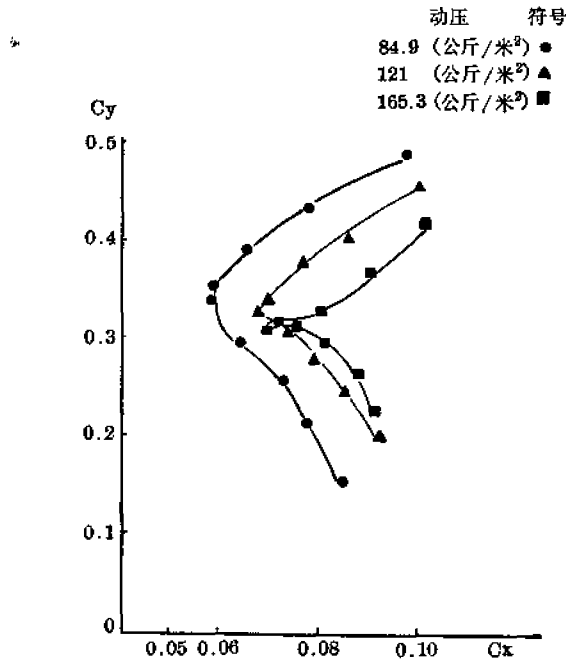


图8 软模型 C_y-C_x 曲线

水槽模型试验

柔性翼形浮子的水槽模型试验主要目的,是测定柔性翼形浮子对拖网网具的扩张和阻力的影响。

(1) 试验水槽 中山大学的船模试验池。

(2) 模型结构 拖网母型网选用 $430 \diamond \times 160$ 毫米两片式结构。模型网和模型浮子的大尺度比都采用 1:10, 网具模型小尺度比采用 1:5。

(3) 试验结果 当袖端间距为上纲长度(即 l/s)为 0.5 时, 所测定的球形浮子不同浮沉比和柔性翼形浮子对拖网网具的影响分别是:

拖网阻力 图 9 为拖速相当于 3—5 节时所测得的拖网总阻力。从图中可以看出, 拖速相当于 3—4 节时, 装有柔性翼形浮子的拖网总阻力, 低于装有球形浮子的浮沉比 80—250% 的拖网总阻力。拖速 4—5 节时, 装有柔性翼形浮子的拖网总阻力, 高于装有球形浮子的浮沉比 80—100% 的拖网总阻力, 但低于浮沉比 150%、200% 和 250% 的拖网总阻力。

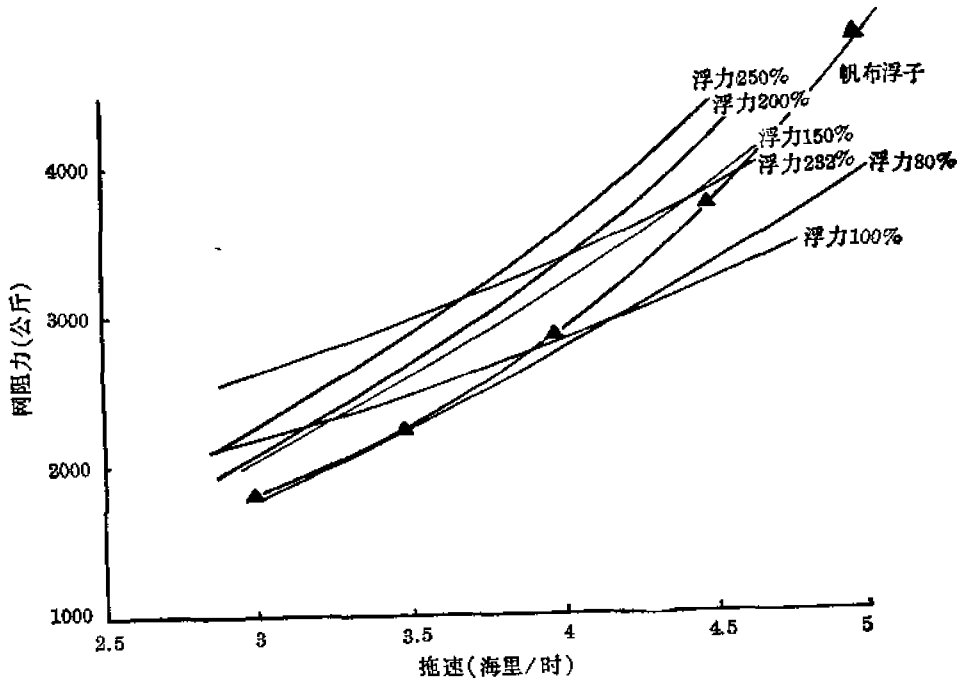


图 9 $430 \diamond / 160\text{mm}$ 二片式网 $l/s=0.5$ 不同浮力的阻力与速度关系图

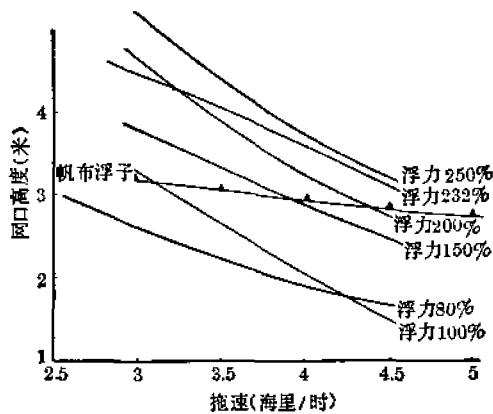


图 10 $430 \diamond / 160\text{mm}$ 二片式网 $l/s=0.5$ 不同浮力与速度的关系图

网口高度 图 10 为装有不同类型浮子的拖网网具在不同拖速时的网口高度。从图中可以看出,装有不同浮沉比的球形浮子,随着拖速的提高,网口高度都出现明显下降的趋势。例如,浮沉比为 80% 的网具,拖速相当于 2.5 节时,网口高度达 3 米;拖速提高到 4.5 节时,网口高度下降到不及 2 米。但是,采用柔性翼形浮子的网口高度几乎不变。⁽¹⁾

海上实物试验

海上实物试验的主要目的是研究柔性翼形浮子的实用性,面积的选择,以及装配工艺。

(1) 试验海域 整个试验都在南海海域进行,最深作业水深达 1,000 米。

(2) 试验船只 南海水产研究所试验船“南锋 701”轮和“南锋 704”轮。

(3) 作业方式 单船拖网作业。

(4) 试验网具 430◇×160 毫米两片式和多片式的底层拖网;400◇×600 毫米的中层拖网和拖虾网。

(5) 试验用柔性翼形浮子的面积 试验用浮子的面积共有 7 米²、4.5 米²、3.5 米²、3 米²、2.5 米²、2 米² 和 1.8 米² 等七种。该浮子同网具的装配方法如图 11 所示。

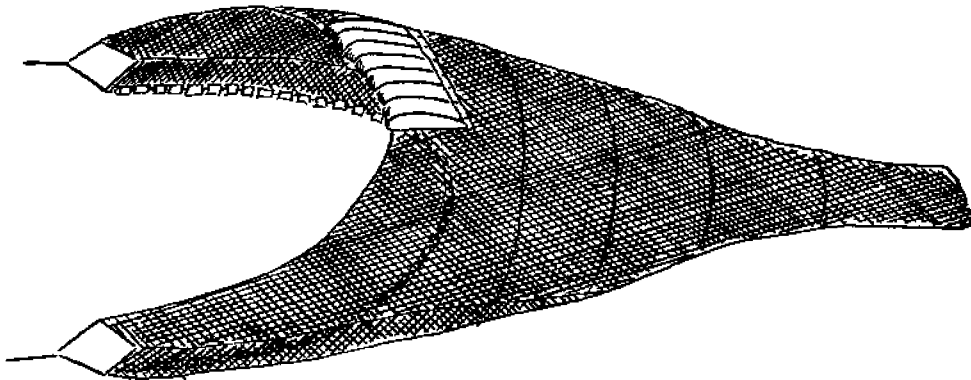


图 11 柔体翼形浮子的装配示意图

(6) 测试主要内容 利用网位仪测定网口高度,并同装有球形浮子的网具作比较测定曳纲拉力、拖速和网板间距等参数。

(7) 试验结果:

网口高度 装有浮沉比 100% 球形浮子的 430◇×160 毫米拖网,网板间距为 72—78 米,拖速在 3.6—4.2 节时,其网口高度由 2.1 米下降为 1.5 米。但是,装有 4.5 米² 柔性翼形浮子的同一顶拖网,当网板间距为 55—56 米,拖速在 2.6—4.0 节时,网口高度由 5.5 米增高到 8.0 米。当柔性翼形浮子改用 3.5 米²,网板间距为 70—75 米,拖速在 3.4—4.2 节时,网口高度由 2.8 米增高到 3.5 米。

由此可见,柔性翼形浮子随着拖速的提高,具有提高网口的效能,不象球形浮子那样,拖速越大,反而压低了网口。

从大量测试中反映出,对于 430◇×160 毫米的拖网采取柔性翼形浮子的最佳面积为

(1) 由于模型与实物不尽相似,拖架阻力未予精确,模型测试数据同实物海上测试数据有出入,故水槽试验,只能视为定性试验。

2.5—3.0 米², 如面积超过 4.0 米², 因升力过大使沉子纲脱离海底。

网具阻力 实际上, 这是从曳纲上测得的拉力。从表 2 中可以看出, 装有球形浮子的拖网阻力要比装有柔性翼形浮子的拖网阻力大得多。这也说明柔性翼形浮子既具有提高网口的效能, 而且还减小了拖网阻力。

表 2 装配不同类型浮子的拖网阻力

网 具 规 格	浮 子 规 格	拖速(节)	网板间距(米)	拖网阻力(吨)
430 \diamond \times 160 毫米	浮沉比 100% 的球形浮子	3.6—4.2	72—78	3.9—4.85
430 \diamond \times 160 毫米	4.0 米 ² 柔性翼形浮子	2.6—4.0	55—58	2.84—4.0
430 \diamond \times 160 毫米	3.5 米 ² 柔性翼形浮子	3.4—4.2	70—75	2.9—4.1

中层拖网测试 在 400 \diamond \times 600 毫米的中层拖网上采用 3.0 米² 的柔性翼形浮子进行测试, 其结果是, 在拖速 2.7—3.0 节时, 网板间距为 43—50 米, 网口高度可达 18—22 米。

结 论

通过风洞和水槽的模型试验, 以及海上实物试验, 证实了:

1. 柔性翼形浮子具有良好的水动力性能, 在高速拖曳时, 可以有效地提高拖网网口高度, 扩大捕捞水层, 又能降低网具阻力, 提高轻网快拖的效率。
 2. 柔性翼形浮子由帆布制成。开有充水口, 不是密闭容器, 不受深水水压的影响。
 3. 柔性翼形浮子结构简易, 安装方便, 不会与网衣纠缠。
- 鉴此, 柔性翼形浮子具有高度实用性, 在拖网作业中, 可以代替球形浮子。

参 考 文 献

- [1] 曹鹤荪, 1951. 流体力学. 龙门联合书局。
- [2] Rice, M. S., 1971. Hand Book of Airfoil Sections for Light Aircraft: 10, 17, 18, 19, 31, 38, 52, 59, 90. Hector Cervantes Inc.
- [3] Catasta, L., 1959. Studies to Improve the Efficiency of Otter Boards and Trawl Floats. Modern Fishing Gear of the World, 251—253. Published by Fishing News (Book) Ltd.

ON THE FLEXIBLE WING-TYPE FLOAT OF THE TRAWLNET

Lin Gongkui

(Nan Hai Fisheries Research Institute)

Abstract

The flexible wing-type float is made of canvas without any rigid frame. It is bound to the bosom of headline of the trawl net. After the net is cast, the float lashed by the rushing current will take its shape similar to the rigid wing of an aeroplane and produces lifting force to start the upper taut of the trawl net floating.

The hydrokinetical performance of the model of the float was tested in the water

trough and wind tunnel to obtain the qualitative and quantitative analyses, then the experiment was carried out in the sea to use real floats for trial catching of fish to prove the result.

The use of flexible wing-type float instead of ball floats brings about the change of specific property that the height of the net opening is inversely proportional to the velocity of dragging and reduces the total resistance of the trawl net to a certain extent. The flexible wing-type floats possesses the following features: large lifting force, no problem about the pressure to the airtight container, suitable for operating in any depth of water, good stability, no tangle between the float and the net, simple and easy in operation of casting and hauling the trawl net.