

东海区中国毛虾张网网具的优化设计

郑基¹, 王陈², 王皓¹, 刘莉莉¹, 臧迎亮¹,
董书闯³, 尤鑫星¹, 胡夫祥^{3*}

(1. 浙江海洋学院水产学院, 浙江 舟山 316000;

2. 浙江省苍南县海洋与渔业局, 浙江 温州 325802;

3. 日本东京海洋大学, 日本 东京 1080075)

摘要: 采用单锚毛虾张网和单锚桁杆毛虾张网模型试验, 研究了该两种张网的流体阻力及扩张装置对网具的影响。结果发现:(1)毛虾张网网口上下或两侧采用悬链线式剪裁装配, 与平面装配对比, 在网具形状上前者优于后者。(2)单锚毛虾张网网口上下采用悬链线式剪裁装配, 在拖速 0.13~0.78 m/s 范围内, 拖速逐渐增加时, 水平扩张由 15%~30% 递增, 网口高度也随之增加; 同一拖速下, 采用悬链线式剪裁装配的网口高度均高于平面剪裁装配。单锚桁杆张网两侧采用悬链线式剪裁装配, 其网口高度随拖速的增加而下降缓慢; 在同一拖速下, 与平面装配对比, 悬链线式剪裁装配的网口高度增幅为 -5.6%~43.4%。(3)同样主尺度、相同拖速、结构相似, 而网口上下和两侧采用悬链线式剪裁装配, 与平面装配比较, 在拖速为 0.13~0.78 m/s 增加过程中, 流体阻力增加较为平缓; 主尺度相近、相同拖速、网口两侧采用帆布装置扩张与桁杆扩张比较, 在拖速为 0.13~0.78 m/s 增加过程中, 流体阻力增加幅度较大。(4)网口上下和两侧采用悬链线式剪裁装配的单锚张网模型和网口两侧采用悬链线式剪裁装配的单锚桁杆张网模型的迎流面积的结果表明:拖速为 0.13 m/s 时, 两者的迎流面积相差 3.1%, 而当拖速为 0.78 m/s 时, 前者是后者的 3 倍有余。

关键词: 毛虾张网; 模型试验; 扩张装置; 优化设计

中图分类号: S 971

文献标志码: A

张网是沿海地区一种重要的捕捞渔具^[1-4]。由于海洋渔业资源的减少, 特别是鱼类资源衰退, 导致中国毛虾 (*Acete chinensis*) 等小型虾类获得了较好的繁殖和生长的空间, 根据近年来浙江省渔业统计, 其渔获产量有一定的增加, 促进了毛虾张网渔业的发展。对东海区毛虾资源的利用, 目前主要有浙江温州苍南和舟山普陀渔民采用张网作业。毛虾张网作业盛渔期为每年 11 月—翌年 3 月, 作业区域分布于水深为 20~40 m 的浙江、福建岛礁外侧近海海域; 由于作业渔船上安装了较为先进的渔探仪, 图像清晰, 渔民对捕捞对象的渔探仪影像的分析准确度较高, 因此该种流动张

网作业对渔获物的选择性很强, 其中 95% 以上的捕捞对象为毛虾, 也兼捕了少量的小型经济鱼类, 如七星鱼等。作业渔船主尺度全长为 32~38 m, 每船携带 20~25 顶张网。浙江苍南毛虾作业渔船, 2013 年毛虾渔汛期的船均收入一般为 100 万元左右, 最高可达 260 万元, 具有良好的经济效益。通过随船出海进行跟踪调查, 发现其水平扩张采用 9 m 长的毛竹支撑, 网具起网, 用吊杆起吊毛竹, 在风浪较大时容易对甲板起网人员造成伤害, 因此有必要对毛虾张网进行优化设计。

在张网研究方面, 黄洪亮等^[5]和周爱忠等^[6]对帆式张网的帆布及其附属构件在不同拖速下的

收稿日期:2014-11-25 修回日期:2015-05-08

资助项目:浙江省海洋渔业装备技术研究重点实验室开放基金; 苍南县农技推广项目(NT2012027); 舟山市海洋与渔业局资助项目

通信作者:胡夫祥, E-mail: fuxiang@kaiyodai.ac.jp

性能进行过一定的分析;孙满昌等^[7-9]运用套网法作为试验方法,极大似然估计法作为模型参数,对各种张网渔具的选择性进行了对比试验;彭永章等^[10]对吕泗渔场的传统鲢网进行设计、改良后经海上试验调整,取得了良好效益;黄洪亮等^[11]、张健等^[12]对张网网口扩张,破网等生产问题,就网口结构进行了相关优化设计;冯春雷等^[13]、方水美^[14]运用数据包络分析(DEA)法以及单位捕捞努力量渔获量(CPUE)法对张网的捕捞能力进行了分析。但是对于毛虾张网网具的优化设计少有报道。因此,开发毛虾张网改良研究,以期持续、安全、高效地利用东海区的毛虾资源。本研究从毛虾张网结构出发,通过模型试验,对毛虾张网网具模型的流体阻力和扩张性能进行试验分析,为毛虾张网的结构改良和优化提供科学依据与理论基础。

1 材料与方 法

1.1 毛 虾 张 网 的 结 构

毛虾张网由单锚桁杆毛虾张网和单锚毛虾张网两种,单锚桁杆毛虾张网是专门捕捞毛虾的传统渔具,其网口的水平扩张采用上下两根 9.0 m 的毛竹支撑,而垂直扩张则采用浮沉子(图 1)。单锚毛虾张网在设计上采用了国内帆式张网的扩张原理,在网口两侧垂直装配有规格为高 4.0 m × 宽 1.8 m 的锦纶帆布 4 块,每列帆布从上至下均布 3 根空心铁管(直径约 70 mm,壁厚约 3 mm,长 1.8 m),以利于叉纲的安装和帆布扩张(图 2);改变了单锚桁杆毛虾张网利用毛竹作为水平扩张的缺点,降低了渔捞操作过程中的事故发生。

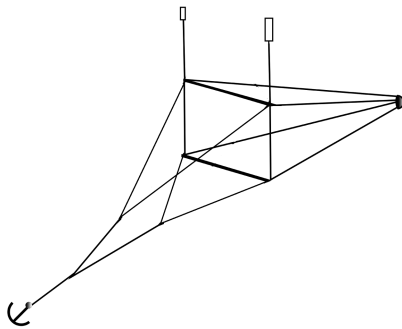


图 1 单锚桁杆张网结构图

Fig. 1 Diagram of single anchor beam stow net structure

1.2 毛 虾 张 网 模 型 网 的 改 良、制 作 及 试 验 方 法

单锚毛虾张网和单锚桁杆毛虾张网的模型试验,按田内模型试验相似准则^[15-18]进行。根据试

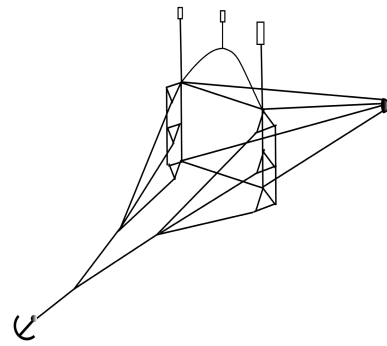


图 2 单锚张网结构图

Fig. 2 Diagram of single anchor stow net structure

验水槽的规模,实物网与模型网的大尺度比选择为 $\lambda_1 = 10$,小尺度比选择为 $\lambda_2 = 2$ 。首先进行原型网的模型实验,对其存在的问题进行改良,以达到结构和性能优化的目的。根据田内模型准则换算得到单锚毛虾张网的模型网主尺度为 17.10 m × 3.25 m,上下纲长均为 1.8 m,侧网纲长 1.5 m,材料钢丝绳,直径 1.2 mm,网衣缩系数为 0.34。根据现行单锚毛虾张网的模型试验结果,原型网(图 3)在侧网张开处的两侧帆布扩张装置,出现向内侧翻现象。上、下中纲处网衣松弛较为明显,一则不能有效提高网口的迎流面积;二则引导渔获物进入网囊带来了负面影响。为此对该原型网具结构进行了必要的改进,方法是在背腹网网口部分采用悬链线式剪裁装配^[11],删除网衣松弛的部分,使之接近悬链线状(图 4)。

与单锚毛虾张网相同,根据田内模型准则换算得到单锚桁杆毛虾张网的模型网主尺度为 15.20 m × 2.93 m,上纲 0.91 m,侧网 1.75 m,材料钢丝绳,直径 1.2 mm,网衣缩系数为 0.34。与单锚毛虾张网同样,改良前的单锚桁杆毛虾张网的模型试验结果显示,原网型(图 5)网口侧网中部网衣松弛明显,为此对侧网网口采用悬链线式剪裁装配^[11],删除网衣松弛的部分,使之接近悬链线状(图 6),纲索长度及属具配备不变。

模型试验于 2014 年 8 月 13—15 日和 9 月 2—3 日,在东海水产研究所静水槽实验室进行。试验静水槽主尺度为 90 m(长) × 6 m(宽) × 3 m(深),试验时模型张网由拖车曳行,拖车速度的相对精度为 $P \leq 1\%$ ($V \geq 2$ m/s 时)。根据实物网的作业速度,按照田内准则的速度比,对 2 种不同结构的模型张网,试验时的拖车速度分别设定为 0.13、0.26、0.39、0.52、0.65、0.78 m/s 共 6 档。

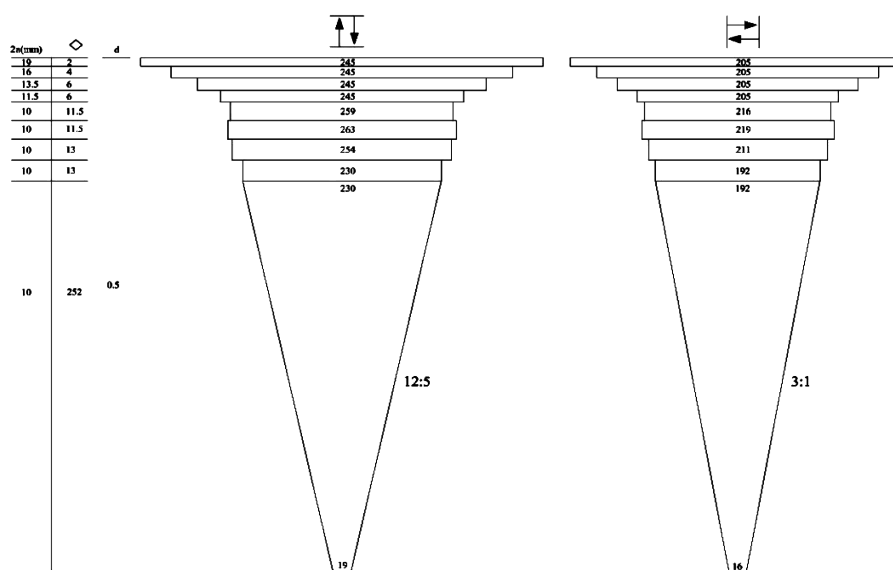


图3 单锚张网改良前模型网图

Fig. 3 Structure diagram of single anchor stow net before improvement

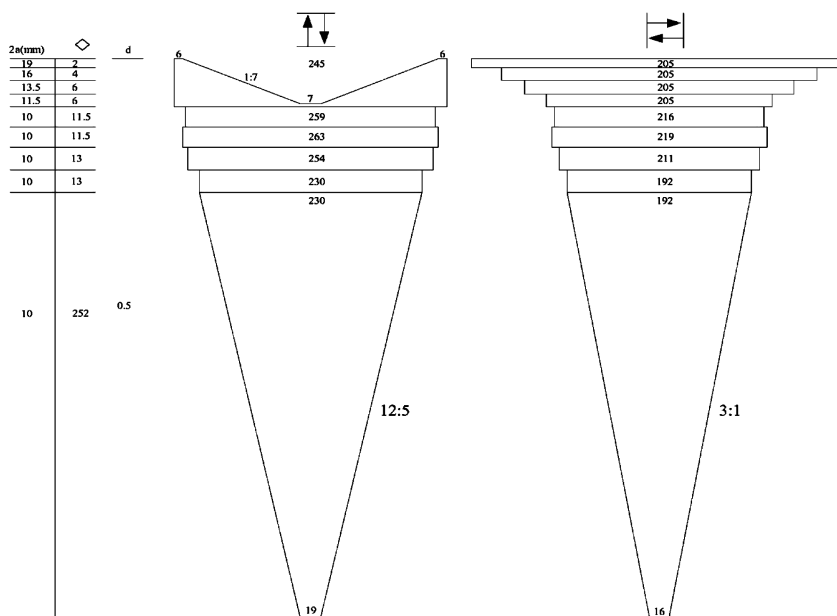


图4 单锚张网改良后模型网图

Fig. 4 Structure diagram of single anchor stow net after improvement

采用《拖网模型试验水池试验方法》^[15] 标准进行,模型张网的垂直扩张采用广州中海达卫星导航股份有限公司的中海达测深仪测量(测量精度 ≤ 30 mm,距离分辨率为 30 mm),测深仪安装于拖车上,可前后移动。测量自网具上纲中点至水槽底的高度;水平扩张采用数码相机在固定位

置拍摄,根据水底参照尺度,计算得到侧网下端网口间的水平距离。流体阻力的测量采用(株)日本共和的 LU-20KA-200N 传感器(量程 200 N,精度 $\leq 1\%$ N)。测量时传感器一端固定在拖车的直剑上方,另一端连接网具的左右空纲。

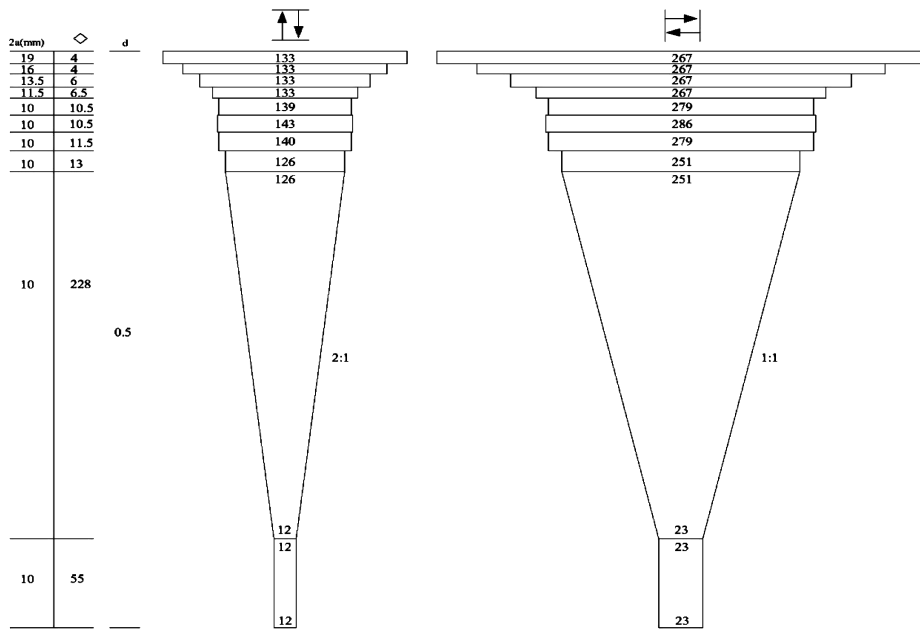


图 5 单锚桁杆张网改良前模型网图

Fig.5 Structure diagram of single anchor beam stow net before improvement

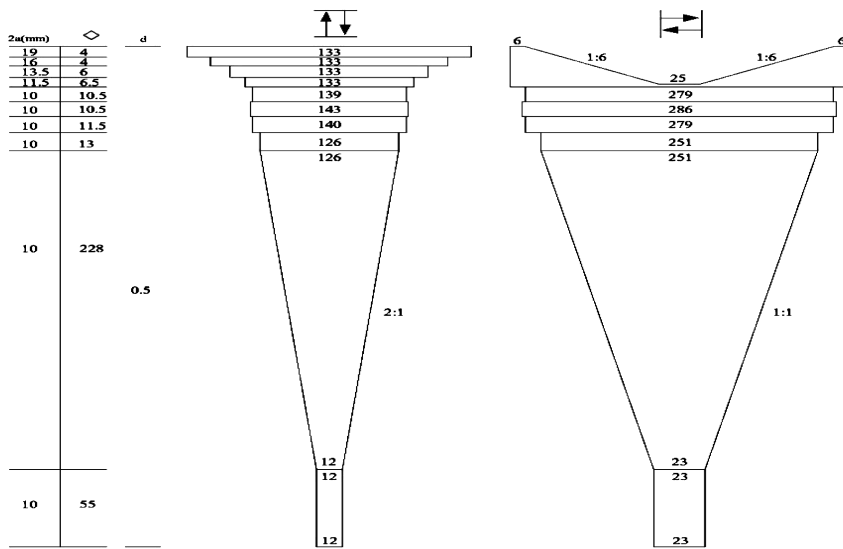


图 6 单锚桁杆张网改良后模型网图

Fig.6 Structure diagram of single anchor beam stow net after improvement

2 结果与分析

对比改良前后的 2 种不同结构的模型张网,不同拖速下测得流体阻力和网口的垂直、水平扩张的试验结果,发现单锚毛虾张网和单锚桁杆毛虾张网,改良后其水平扩张、垂直扩张和流体阻力均比改良前有较大的增加,尤其在扩张方面,增加

较为明显(表 1~表 4)。

2.1 模型网改良前后的形状分析

改良前的单锚毛虾张网模型,虽然身网和网囊部分网形较好,受力也较均匀。两侧帆布扩张装置张开正常时,网口扩张良好。但网口与身网连接部分网衣收缩过快,连接处出现内凹;两侧帆布扩张装置经常出现向内侧翻现象,上、下中纲

表1 单锚毛虾张网模型改良前测试内容

Tab.1 Test content of single anchor *A. chinensis* stow net before improvement

拖车速度/(m/s) towing speed	流体阻力/N drag	网口高度/m height of net mouth	水平扩张/m horizontal expansion
0.13	5.90	1.53	1.11
0.26	18.55	1.36	1.20
0.39	36.84	1.24	1.20
0.52	55.14	1.21	1.20
0.65	81.35	1.20	1.26
0.78	111.14	—	1.30

表2 单锚毛虾张网模型改良后测试内容

Tab.2 Test content of single anchor *A. chinensis* stow net after improvement

拖车速度/(m/s) towing speed	流体阻力/N drag	网口高度/m height of net mouth	水平扩张/m horizontal expansion
0.13	8.06	1.33	1.13
0.26	26.39	1.36	1.44
0.39	55.05	1.33	1.48
0.52	85.77	1.33	1.54
0.65	126.63	1.36	1.54
0.78	176.01	1.30	1.58

表3 单锚桁杆毛虾张网模型改良前测试的内容

Tab.3 Test content of single anchor beam stow net before improvement

拖车速度/(m/s) towing speed	流体阻力/N drag	网口高度/m height of net mouth
0.13	3.94	1.71
0.26	11.37	1.33
0.39	20.58	0.97
0.52	29.37	0.71
0.65	38.10	0.59
0.78	43.51	0.53

表4 单锚桁杆毛虾张网模型改良后测试的内容

Tab.4 Test content of single anchor beam stow net after improvement

拖车速度/(m/s) towing speed	流体阻力/N drag	网口高度/m height of net mouth
0.13	5.40	1.62
0.26	16.53	1.42
0.39	32.26	1.12
0.52	46.59	1.04
0.65	63.71	0.83
0.78	76.04	0.76

处网衣松弛也很明显。为此对背腹网网口部分采用悬链线式剪裁装配^[11],使之接近悬链线状,上纲和下纲长度不变。改良后的模型网如图4所示,试验结果表明网形饱满,受力均匀,两侧帆布扩张装置展开形状正常。网口的垂直扩张稳定,水平扩张比改良前增加较大;低速拖曳时,背网上纲中部仍有少量网衣松弛,随着拖速增大,网衣松弛改善明显。

改良前的单锚桁杆毛虾张网模型,与单锚毛虾张网相同,身网和网囊形状饱满,受力也较均匀。但随着速度递增,网口垂直高度明显下降;网口侧纲中部的网衣松弛也很明显,针对上述问题,改良后的模型网的侧网网口采用悬链线式剪裁装配,使之接近悬链线状,纲索长度及属具备不变(图5)。结果表明,改良后的模型网网形理想,受力均匀,网口侧纲中部网衣也较为饱满。

2.2 模型网改良前后的扩张性能分析

单锚毛虾张网模型在0.13~0.39 m/s拖速时,两侧帆布扩张装置基本上呈直立状态,拱度较小,当0.39~0.78 m/s拖速时,两侧扩张装置拱度逐渐增大,与黄洪亮等^[4]的试验结果基本相似。通过对表1和表2所示的网口高度的数据分析,随着拖速在0.13~0.78 m/s的递增,改良前的网口高度下降明显,改良后变化较为平缓(图7),除拖速为0.13 m/s外,采用悬链线式剪裁装配,网口高度测试数据均高于平面剪裁装配。例如:拖速0.52 m/s(相当于实物网流速1.43节)时,单锚毛虾张网模型改良前的网口高度为1.21 m(实物网12.1 m),改良后增加到1.36 m(实物网13.6 m)。

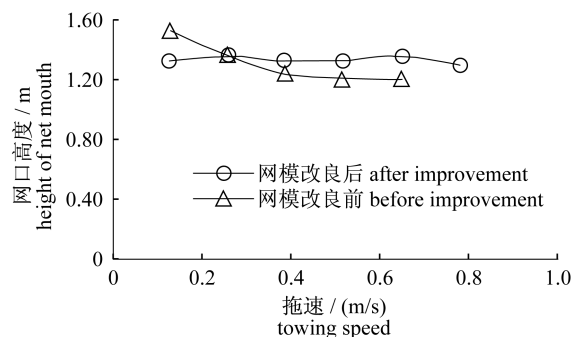


图7 单锚张网模型改良前后网口高度变化

Fig.7 Net mouth height changes of single anchor stow net before and after improvement

网口的水平扩张改良前增长幅度较为平缓,而改良后则增长幅度较为显著;在拖速0.13~

0.78 m/s 递增时,改良后的模型网网口水平扩张较改良前提高 15% ~ 30% (图 8)。例如:拖速 0.52 m/s (相当于实物网流速 1.43 节)时,单锚毛虾张网模型改良前的水平扩张为 1.20 m (实物网 12.0 m),改良后增加到 1.54 m (实物网 15.4 m),增幅达 28.3%。

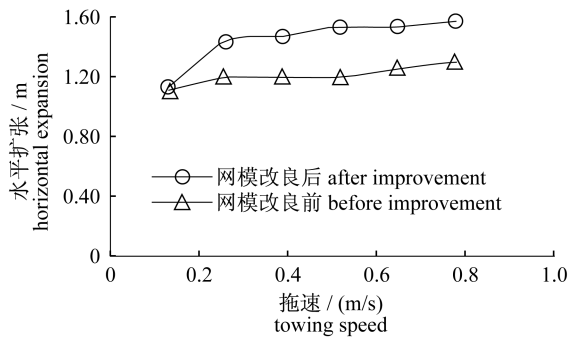


图 8 单锚张网模型改良前后水平扩张变化

Fig. 8 Horizontal expansion changes of single anchor stow net before and after improvement

单锚桁杆毛虾张网模型,随着拖速在 0.13 ~ 0.78 m/s 的递增,改良前的网口高度下降明显,幅度由 0 ~ 222.6% 递减(表 3,表 4);改良后的网口高度变化相对缓慢,随着拖速在 0.13 ~ 0.78 m/s 的递增,幅度由 0 ~ 113.2% 递减(图 9)。在拖速 0.13 ~ 0.78 m/s 增加时,同样拖速下的网口高度改良后与改良前对比由 -5.6% ~ 43.4% 递增。

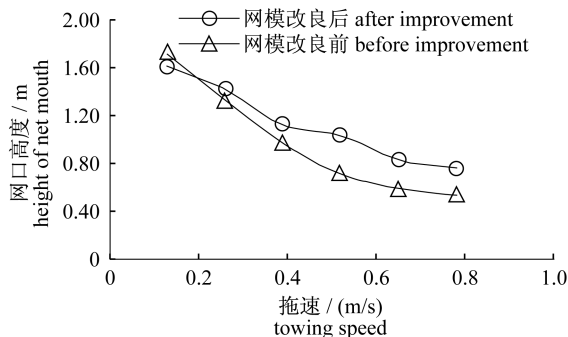


图 9 单锚桁杆张网模型改良前后网口高度变化

Fig. 9 Net mouth height changes of single anchor beam stow net before and after improvement

从上述分析可以得出:毛虾张网网口部分网衣的剪裁和装配对网具的扩张具有很大程度的影响,同样规格的网具,且纲索长度及属具配置一样,由于网口部分采用了与拖网网口相似的剪裁

和装配方式,使其形状呈近似的悬链线状,与平面剪裁装配对比,其扩张效果显著提高,有效地增加了网口的迎流面积。

2.3 模型网改良前后的流体阻力分析

根据表 1 和表 2 所示模型网的流体阻力的数据分析,单锚毛虾张网模型,随着拖速在 0.13 ~ 0.39 m/s 增大时,流体阻力递增缓慢;在 0.39 ~ 0.78 m/s 增大时,则快速增加。与改良前的模型网相比,改良后的模型网随拖速的增大,流体阻力的递增率较大(图 10)。

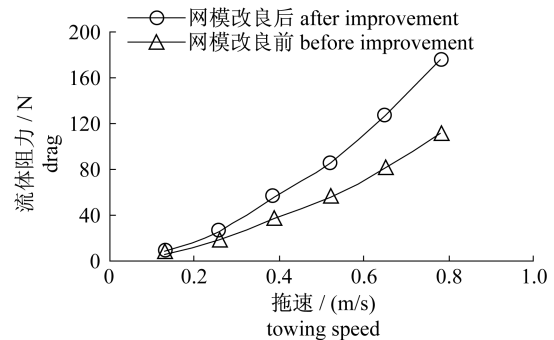


图 10 单锚张网模型改良前后流体阻力变化

Fig. 10 Drag changes of single anchor stow net before and after improvement

拖速 0.39 m/s (相当于实物流速 1.07 节)时,改良前后的模型网阻力分别为 36.84 N 和 55.05 N (实物网换算值为 12 608 N 和 18 842 N),拖速增加至 0.78 m/s (实物流速 2.14 节)时,改良前后的模型网阻力分别递增为 111.14 N 和 176.01 N (实物网换算值为 38 042 N 和 60 244 N)。原因系改良前背网网口部位网衣过剩,导致拖曳时出现堆积内凹,扩展不饱满;也由此引发了侧面扩张装置经常出现内侧翻现象,不能有效提高网口的水平扩展。由于改良前的模型网水平扩展较小,网具阻力也相对较低。经模型试验回归分析,单锚毛虾张网模型改良后的流体阻力与拖速的关系式为

$$F = 268.01V^{1.7156} \quad R^2 = 0.9998 \quad (1)$$

式中, F 为流体阻力(N), V 为拖速(m/s)

根据表 3 和表 4 所示流体阻力的数据分析,单锚桁杆毛虾张网模型,随着拖速的增大,改良前的流体阻力递增速度较为缓慢,改良后的流体阻力递增速度明显加快,且递增率相差近一倍(图 11)。例如拖速 0.39 m/s (相当于实物流速 1.07 节)时,改良前后的模型网阻力分别为 20.58 N 和

32.26 N(实物网换算值为 7 117 N 和 11 155 N), 拖速增加至 0.78 m/s(实物流速 2.14 节)时, 改良前后的模型网阻力分别递增至 43.51 N 和 76.04 N(实物网换算值为 15 049 N 和 26 298 N)。造成改良前后网具流体阻力的递增率差异, 系改良前侧网网口中部网衣松弛, 基本处于未受力状态, 扩展不饱满。

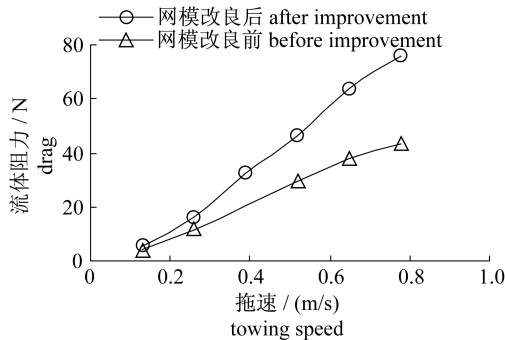


图 11 单锚桁杆张网模型改良前后流体阻力变化
Fig. 11 Drag changes of single anchor beam stow net before and after improvement

单锚桁杆毛虾张网模型改良后的流体阻力与拖速的关系式为:

$$F = 120.6V^{1.4946} \quad R^2 = 0.9958 \quad (2)$$

式中, F 为流体阻力(N), V 为拖速(m/s)

2.4 单锚毛虾张网与单锚桁杆毛虾张网的扩张性能比较

根据表 2 和表 4 所示改良后的单锚张网和单锚桁杆张网模型的拖速与网口高度的数据比较, 可以得出, 单锚张网模型随着拖速的增加, 网口高度下降很缓慢, 而单锚桁杆张网模型随着拖速的增加, 网口高度快速下降。除拖速为 0.13 m/s 外, 同样拖速下的网口高度, 单锚张网明显高与单锚桁杆张网, 而且随着拖速的增加, 差异越来越大(图 12)。

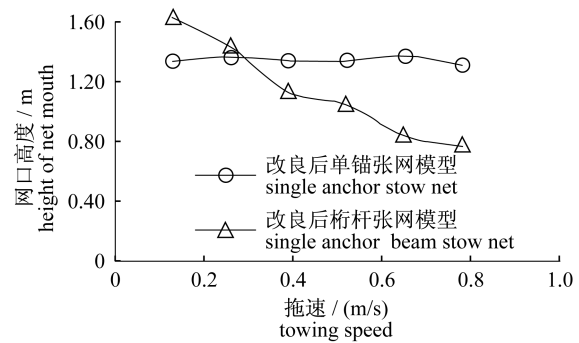


图 12 改良后单锚张网与单锚桁杆张网模型网口高度比较
Fig. 12 Comparison of net mouth height between single anchor stow net and single anchor beam stow net after improvement

单锚张网模型和单锚桁杆张网模型, 其主尺度基本接近, 由于单锚张网水平扩张采用了帆布扩张装置, 从表 2 所示的单锚张网模型改良后的水平扩张数据可以看出, 在拖速为 0.13 ~ 0.78 m/s 增加过程中, 其网口的水平扩张由 1.13 ~ 1.58 m 递增。而单锚桁杆张网水平扩张采用了长度为 9 m(模型长度为 0.9 m)的毛竹, 在拖速 0.13 ~ 0.78 m/s 增加过程中, 其水平扩张仍然保持在 0.9 m。

改良后的单锚张网模型和改良后的单锚桁杆张网模型的迎流面积见表 5。根据试验结果, 可以看出, 在拖速为 0.13 m/s, 两者的迎流面积相差 3.1%, 而当拖速为 0.78 m/s 时, 前者是后者的 3 倍有余。改良后单锚张网模型迎流面积, 随着拖速的增加, 趋于逐渐递增状态, 而改良后单锚桁杆张网模型迎流面积随着拖速的增加, 则呈逐渐下降态势(图 13)。其原因系改良后的单锚张网随着拖速的增加, 垂直扩张变化不大, 水平扩张则逐渐上升; 而单锚桁杆张网随着拖速的增加, 水平扩张保持不变, 垂直扩张则逐渐下降。

表 5 改良后单锚张网模型和单锚桁杆张网模型迎流面积的比较
Tab. 5 Comparison of incident flow area between single anchor stow net and single anchor beam stow net after improvement

拖车速度 / (m/s) towing speed	单锚张网模型 / m ² incident flow area of single anchor stow net	单锚桁杆张网模型 / m ² incident flow area of single anchor beam stow net
0.13	1.502 9	1.458
0.26	1.958 4	1.278
0.39	1.968 4	1.008
0.52	2.048 2	0.936
0.65	2.094 4	0.747
0.78	2.054 0	0.684

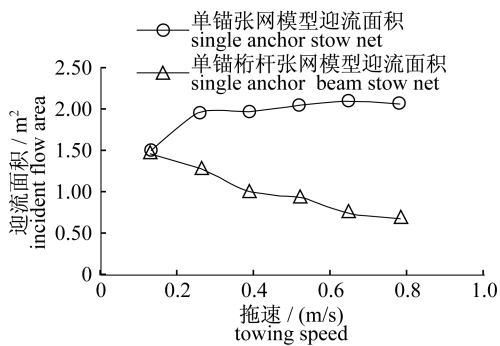


图 13 单锚张网和单锚桁杆张网模型迎流面积比较

Fig. 13 Comparison of model incident flow area between single anchor stow net and single anchor beam stow net

3 讨论

单锚张网和单锚桁杆张网主尺度相近,网目尺寸一样,属具配置也基本相仿。从模型试验的结果分析,两侧采用帆布扩张装置扩张与桁杆扩张比较,在拖速为 0.13 ~ 0.78 m/s 增加过程中,两者的迎流面积由 1.03 ~ 3.00 倍递增;换算为实物网,两侧采用帆布扩张装置单锚张网,迎流面积随拖速的增加而增大,而两侧采用毛竹扩张的单锚桁杆张网,迎流面积则随拖速的增加而减少。由此可见,其渔获性能前者应优于后者,经 2013 年实船跟踪同时、同地、同船对比试验产量调查,前者比后者增加 25.6% (系改良前的网具)。

由于单锚桁杆张网采用毛竹支撑水平扩张,网具起网,用吊杆起吊毛竹,在风浪较大时容易对甲板起网人员造成伤害。单锚张网的网口水平扩张其两侧采用了帆布扩张装置,改变了单锚桁杆张网起网时所出现的问题,达到了作业的安全、方便之功效,减少了安全事故的发生。经 2013 年实船试用,效果良好。

从模型试验来看,单锚张网模型网口形状改良前,随着拖速 0.13 ~ 0.78 m/s 递增,水平扩张 1.11 ~ 1.30 m 缓慢递增,换算为实物网,则为 11.1 ~ 13.0 m; 而改良后,同样拖速下水平扩张则 1.13 ~ 1.58 m 较快速递增,换算为实物网,则为 11.3 ~ 15.8 m。其原因系上下纲在水流的冲击下,单位长度上的冲击力是一样的,所以上下纲应呈悬链线状,但改良前上下纲采用平面剪裁装配,因此在上、下中纲处网衣出现较为松弛现象。改良后,解放了上、下中纲对网衣的束缚,使之呈悬链线状,有效地提高了单锚张网的垂直扩张和水

平扩张。同样对于单锚桁杆张网原模型采用相同的方法改进后,取得了与单锚张网模型改良后一样的预期效果。

单锚张网在拖速为 0.13 ~ 0.78 m/s 增加过程中,流体阻力由 8.06 ~ 176.01 N 递增,换算为实物网,则为 2.76 ~ 60.24 kN。其原因为不但拖速增加,而且迎流面积也在递增,从而导致阻力增加非常之快。由于阻力的增加,对渔具材料的强度会有一些影响。至于如何减少流体阻力,方法可考虑以下 2 种:一是适当放大网口部分网目的尺寸^[19];二是改变两侧帆布纲索的作业参数^[20];三是增加铁锚的重量及锚刺的啮土面积,以提高铁锚的爬住力。

参考文献:

- [1] Cui J Z. Fishing gear and fishing method [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 271. [崔建章. 渔具与渔法学. 北京: 中国农业出版社, 1997: 271.]
- [2] Sun M C. Marine fishery science and technology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 173. [孙满昌. 海洋渔业技术学. 北京: 中国农业出版社, 2004: 173.]
- [3] Huang X C. Handbook of marine fishing [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990: 275 - 276. [黄锡昌. 海洋捕捞手册. 北京: 中国农业出版社, 1990: 275 - 276.]
- [4] Sun Z Z, Zhou J, Wang J. Stow net fishery in the Yellow Sea and Bohai Sea area [J]. Progress in Fishery Science, 2012, 33(3): 94 - 101. [孙中之, 周军, 王俊. 黄渤海区张网渔业. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 94 - 101.]
- [5] Huang H L, Chen X Z, Cheng J H. Study on performance of canvas-spreader and stow net [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1998, 5(4): 69 - 75 [黄洪亮, 陈雪忠, 程家骅. 帆布式张网扩张帆布与渔具性能的研究. 中国水产科学, 1998, 5(4): 69 - 75.]
- [6] Zhou A Z, Huang H L, Zhang Y, et al. Effects of net-mouth opening device made of canvas on large pelagic trawl [J]. Fishery Information & Strategy, 2013, 28(4): 290 - 297. [周爱忠, 黄洪亮, 张禹等. 扩张帆布对大型层拖网性能的影响. 渔业信息与战略, 2013, 28(4): 290 - 297.]
- [7] Sun M C, Zhang J, Qian W G. Influence of cover net method on stow net selectivity [J]. Journal of

- Fisheries of China, 2004, 28(6): 709 - 715. [孙满昌, 张健, 钱卫国. 套网法对张网渔具选择性的影响. 水产学报, 2004, 28(6): 709 - 715.]
- [8] Zhang J, Sun M C, Qian W G, *et al.* Discussion on the selectivity model of stow net [J]. Marine Fisheries, 2004, 26(1): 2 - 8. [张健, 孙满昌, 钱卫国, 等. 张网渔具选择性模型的探讨. 海洋渔业, 2004, 26(1): 2 - 8.]
- [9] Zhang J. Study on the selection of the cod end mesh of single stake stow net [D]. Shanghai: Shanghai Fisheries University, 2004. [张健. 单桩张网网囊网目选择性研究. 上海: 上海水产大学, 2004.]
- [10] Peng Y Z, Sun M C. Study on canvas stow net with an anchor [J]. Journal of Fisheries of China, 1987, 11(2): 167 - 172. [彭永章, 孙满昌. 帆张网的试验与研究. 水产学报, 1987, 11(2): 167 - 172.]
- [11] Huang H L, Chen X Z, Chen J H. Effect of structure in net mouth part on performance of canvas-spreading stow net [J]. Marine Fisheries Research, 2000, 21(2): 61 - 65. [黄洪亮, 陈雪忠, 程家骅. 网口部分网衣结构对帆式张网性能的影响. 海洋水产研究, 2000, 21(2): 61 - 65.]
- [12] Zhang J, Jin Y F, Peng Y Z. On construction improvement in net mouth of traditional stow net [J]. Marine Fisheries, 2014, 36(1): 63 - 67. [张健, 金宇锋, 彭永章. 张网渔具网口结构优化初步研究. 海洋渔业, 2014, 36(1): 63 - 67.]
- [13] Feng C L, Huang H L, Chen X Z. Analysis of fishing capacity for stake nets in Wenzhou [J]. Marine Fisheries, 2006, 28(1): 60 - 65. [冯春雷, 黄洪亮, 陈雪忠. 温州市张网捕捞能力的分析. 海洋渔业, 2006, 28(1): 60 - 65.]
- [14] Fang S M. Calculated analysis on fishing capacity of swing net in Fujian coastal sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(3): 321 - 328. [方水美. 福建沿海张网作业捕捞能力的计算分析. 中国水产科学, 2005, 12(3): 321 - 328.]
- [15] Chen X Z, Huang X C. Theory and method of fishing gear hydrodynamic modeling [M]. Shanghai: Shanghai Science & Technology Press, 2011. [陈雪忠, 黄锡昌. 渔具模型试验理论与方法. 上海: 上海科技出版社, 2011.]
- [16] Cui J Z. Fishing gear and fishing method [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 180. [崔建章. 渔具与渔法学. 北京: 中国农业出版社, 1997: 180.]
- [17] She X W, Yu C D. Mechanics of fishing gear [M]. Zhejiang: Zhejiang Press of Science and Technology, 2004: 205 - 214. [余显炜, 虞聪达. 渔具力学. 杭州: 浙江科技出版社, 2004: 205 - 214.]
- [18] Tsinghua University, Department of Water Conservancy, Sediment Laboratory. Hydraulic power simulation [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1987: 45 - 78. [清华大学水利系泥沙研究室译水力模拟. 北京: 清华大学出版社, 1987: 45 - 78.]
- [19] Lin D N. Generalization and trial of multi-layer large mesh trawl [J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2004, 24(3): 36 - 41. [林东年. 变水层大网目试验与推广. 湛江海洋大学学报, 2004, 24(3): 36 - 41.]
- [20] Chen X Z, Huang H L. Significance analysis on the main parameters of single boat mid-water trawl [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 29(1): 8 - 12. [陈雪忠, 黄洪亮. 单船中层拖网网具操作参数变化的研究. 中国水产科学, 2007, 29(1): 8 - 12.]

Optimal design of Northern maoxia shrimp (*Acete chinensis*) stow net in coastal region of the East China Sea

ZHENG Ji¹, WANG Chen², WANG Hao¹, LIU Lili¹, ZANG Yingliang¹,
DONG Shuchuang³, YOU Xinxing¹, HU Fuxiang^{3*}

(1. Fisheries College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China;

2. Cangnan Ocean and Fisheries Bureau of Zhejiang, Wenzhou 325802, China;

3. Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo 1080075, Japan)

Abstract: Model tests of two types of *Acete chinensis* stow nets, single anchor and single anchor beam, were conducted in this study. The effects of drag and expansion devices on these two stow nets showed that (1) the top/bottom or two sides of the mouth in Northern maoxia shrimp (*Acete chinensis*) stow nets adopted catenary cuts and assemblies, which was superior to plane assembly in stow net shape. (2) In the single anchor *Acete chinensis* stow nets, the top and bottom of the mouth adopted catenary cuts and assemblies; the horizontal expansion was increased from 15% to 30% and the height of net mouth was also increased when towing speed increased gradually in the range of 0.13 – 0.78 m/s. Under the same towing speed, the height of net mouth with catenary cuts and assemblies was greater than that of plane cuts and assemblies. In contrast with plane cuts and assemblies, the two sides of the single anchor beam stow nets adopted catenary cuts and assemblies; the height of net mouth was decreased slowly with the towing speed increasing, and in contrast with plane cuts and assemblies, it was increased by –5.6% – 43.4% under the same towing speed in the range of 0.13 – 0.78 m/s. (3) The stow nets with the same main dimensions, same towing speeds and similar structures, which adopted catenary cuts and assemblies on top/bottom or two sides of the net mouth, were compared with the ones with plane assemblies; the result showed that the drag of net was increased gently when the towing speed increased from 0.13 m/s to 0.78 m/s. The stow nets with similar main dimensions and same towing speeds, which adopted canvas device expansion, were compared with the ones that adopted beam expansion; it presented the result that when the towing speed of 0.13 – 0.78 m/s increased, drag of net was increased significantly. (4) Single anchor Northern maoxia shrimp stow net model adopted catenary cuts and assemblies on top/bottom or two sides of the net mouth, while single anchor beam model, on two sides of the net mouth. Comparing incident flow area of the two models, it was shown that, at a towing speed rate of 0.13 m/s, there are 3.1% differences of incident flow area between the two, and at the towing speed rate of 0.78 m/s, the former is more than 3 times of the latter.

Key words: *Acete chinensis* stow net; model test; expansion device; optimal design

Corresponding author: HU Fuxiang. E-mail: fuxiang@kaiyodai.ac.jp

Funding projects: Open Fund of Zhejiang Province Key Laboratory of Marine Fishery Equipment Technology Research; Agriculture Technology Extension Project of Cangnan (NT2012027); Zhoushan Ocean and Fishery Administration Funding Project