

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.01161

金枪鱼围网沉降特性

许柳雄^{1,2,3}, 王敏法¹, 叶旭昌^{1,2,3}, 兰光查¹

1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306;
2. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306;
3. 上海海洋大学 大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海 201306

摘要: 根据沿围网下纲缚扎的 10 只温度深度计(TDR-2050 型)自动记录的 23 网次有效数据, 对中国中西太平洋金枪鱼围网的下纲沉降速度、沉降深度及其与时间的关系进行了研究。结果表明: (1)网具未达到理论沉降深度, 网具中部平均沉降深度为 160 m, 为最大拉紧高度(311.1 m)的 51.4%; (2)网具中部沉降深度与时间的关系为 $h = -0.0002t^2 + 0.3663t$; (3)网具各部位的沉降速度不同, 取鱼部最慢, 网具中部次之, 后网头最快; (4)下纲各部位沉降速度均随着深度的增加而减小, 沉降速度波动幅度随深度增加按“大—小—大”的规则变化; (5)网具中部沉降速度与时间的关系为: $v = 3 \times 10^{-7}t^2 - 7 \times 10^{-4}t + 0.4189$ 。本研究结果可为改善金枪鱼围网沉降性能提供基础数据, 并为海上生产提供指导性参考。

关键词: 金枪鱼围网; 下纲; 沉降深度; 沉降速度

中图分类号: S972

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)05-1161-09

围网下纲的沉降速度和最大沉降深度是反映围网沉降性能的主要指标, 是评价围网网具作业性能的重要参数^[1]。影响围网网具沉降性能的因素可分为内在因素和外在因素, 前者主要是指网具结构性能, 包括网型结构、网材料、沉力配备等; 后者则包括渔场风、流等环境因子和放网、绞收括纲的时间和速度等操作因素。实际生产中, 围网网具的沉降性能通常受到以上各因素的综合影响^[2-3]。

迄今, 国内外学者对鳀、沙丁鱼、鲱、鲈和鳕等围网网具的沉降性能做过一些研究。如 Iitaka^[4-5]通过网具模型试验, 发现沙丁鱼围网在放网过程中括纲上方网衣多处于松弛状态, 引起网衣缠绕, 结果影响网具沉降; 崔建章等^[6]及冯维山^[7]通过模型试验和海上实测分析, 认为影响下纲沉降速度的各种因素中, 下纲载荷最为重要; Misund 等^[8]及宋来军等^[9]研究网目大小对围网网

具沉降的影响, 发现大网目有利于围网的沉降; Kim 等^[10]运用数值模拟方法, 得出涤纶网衣比尼龙网衣下沉得更快; 冯维山^[7]及宋来军等^[9]通过海上实测, 发现围网作业时括纲松放越长, 越有利于网具沉降; 括纲绞收速度越快, 网具沉降深度损失越大; Park^[11]及刘树椿^[12]通过海上实测研究不同海流下围网沉降性能的变化, 发现流速愈大愈不利于网具沉降。

金枪鱼围网和以上提及的鳀、鲈鳕围网在网具结构、规格和作业要求等方面都有较大的差异, 由于发展历史短, 中国对大型金枪鱼围网网具沉降性能的研究相对较少^[13]。中国大型金枪鱼围网渔业始于 2001 年, 经过近 10 年的发展, 已经成为中国远洋渔业的重要作业方式, 但与发达远洋渔业国家和地区相比, 捕捞效率相对较低。因此, 研究金枪鱼围网网具的沉降性能, 对于改善金枪鱼围网作业性能、提高围网效率等十分必要。本研

收稿日期: 2010-11-24; 修订日期: 2011-02-13.

基金项目: 上海市科委重点攻关项目(073205110).

作者简介: 许柳雄(1956-), 男, 教授, 从事远洋渔业资源开发、渔具渔法等研究. E-mail: lxxu@shou.edu.cn

究利用 2006 年 10 月至 12 月在中西太平洋测定的上海开创远洋渔业有限公司“金汇 6 号”金枪鱼围网渔船的网具作业数据,分析研究中国现行金枪鱼围网沉降速度、最大沉降深度及与时间的关系,以期为中国大型金枪鱼围网渔具作业性能的改进提供参考。

1 材料与方 法

1.1 渔 船

渔船为上海开创远洋渔业有限公司大型金枪鱼围网渔船“金汇 6 号”,主尺度参数如表 1 所示。

1.2 渔 具

测试网具为“金汇 6 号”金枪鱼围网渔船配备的 1 664.5 m×311.1 m(上纲长度×网具最大深度)生产围网,该网具浮子纲长 1 664.5 m,沉子纲长 1 808.9 m,网具网衣最高拉紧深度 311.1 m。网衣材料均为聚酰胺纤维(PA),网线为编线,下纲配置沉力约 26 t(空气中质量),网具(除括纲)空气中质量约 30 t。围网下纲装有 121 只底环,底环和下纲采用 Y 型连接。该围网的网衣规格及网具结构见表 2 和图 1。

1.3 测试仪器

网具沉降深度使用 10 只加拿大 RBR 公司(Richard Brancker Research Ltd)生产的 TDR-2050 型微型温度深度计测定。该仪器可自动记录和存储数据,测定深度范围为 10~740 m,测试精度为测定量程的±0.05%。数据记录时间间隔可事先设定。

1.4 实验方法

从前网头第 7 个底环开始连接第一个 TDR-2050 深度仪(编号 TDR10),沿后网头方向每 12 个底环连接 1 个 TDR-2050 型微型温度深度仪,并作相应的仪器编号。即 10 个 TDR-2050 型微型温度深度仪分别缚扎在第 7、18、30、42、54、

66、78、90、102 及 112 个底环位置的下纲上,其中 TDR10 对应网具前网头, TDR9 对应网具取鱼部, TDR6 对应网具中部, TDR1 对应网具后网头(图 2)。放网前,将微型温度深度仪的数据记录时间间隔设定为 3 s,起网结束后,将 TDR 记录的信息输入电脑保存。

1.5 数据处 理

1.5.1 沉降深度和沉降速度测算 根据测试的有效网次下纲各测量点的最大沉降深度值,分析网具下纲各部分的最大沉降深度;计算取鱼部、网具中部和后网头每间隔 5 m 深度的沉降速度,分析下纲沉降过程中沉降速度变化。

1.5.2 沉降深度、沉降速度与时间关系的分析 考虑到围网中部下纲的沉降深度最大,沉降时间相对较长,因此围网下纲沉降深度、沉降速度与时间的关系的分析以网具中部下纲为主。每隔 15 s 选取沉降深度,采用多项式回归法(polynomial regression)分析沉降深度与时间的关系;计算网具中部每 15 s 的沉降速度,多项式回归分析下纲沉降速度与时间的关系。

下纲沉降深度与下纲沉降速度为每一位置的 TDR 不同网次的平均值,利用 Bootstrap 法^[14-15]估算该平均值的 95%置信区间,每组数据进行重抽样(resampling),并迭代 1 000 次,以降低观察次数不足带来的不确定性。

2 结果与分 析

本次测试时间为 2006 年 10 月至 12 月,共测试了 26 网次。其中,3 网次因滚纲、破网与网具变形等原因造成放网不成功,作为无效测试数据剔除,最后选择 23 网次的测试数据(表 3),对围网沉降性能进行分析。

2.1 网具下纲沉降深度

海上测试表明,金枪鱼围网下纲各部位最大

表 1 “金汇 6 号”金枪鱼围网渔船主要尺度参数
Tab.1 Main dimensions of Jinhui no. 6 tuna purse seiner

| 总吨位/t GRT | 净吨位/t net ton | 船长/m LOA | 船宽/m breadth | 型深/m depth | 主机功率/kW main engine | 速度/kn speed |
|-----------|---------------|----------|--------------|------------|---------------------|-------------|
| 1198 | 359 | 62.82 | 12.24 | 7.25 | 2206 | 14 |

表 2 1 664.5 m×311.1 m 金枪鱼围网各部分构造
 Tab. 2 Specifications of 1 664.5 m×311.1 m tuna purse seine

| 网具部位 section | 材料 netting material | 网线规格 specification of twine | 网目大小/mm mesh size | 网片尺寸(横向目数×纵向目数) dimension of netting (T×N) |
|-----------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|---|
| A1 | PA | 32×16 | 127 | 120×180 |
| A2 | PA | 32×16 | 127 | 120×300 |
| A3 | PA | 32×16 | 127 | 120×480 |
| A4 | PA | 32×16 | 127 | 120×650 |
| B | PA | 32×16 | 135 | 16270×10 |
| C | PA | 20×16 | 90 | (840×122)×3 |
| D1 | PA | 16×16 | 90 | (840×122)×3 |
| D2 | PA | 16×16 | 90 | (840×122)×2 |
| E | PA | 14×16 | 90 | (840×122)×10 |
| F1 | PA | 12×16 | 90 | (840×122)×6 |
| F2 | PA | 12×16 | 90 | 840×122 |
| G1 | PA | 10×16 | 90 | (840×122)×10 |
| G2 | PA | 10×16 | 90 | 840×122 |
| H1 | PA | 8×16 | 90 | (840×122)×4 |
| H2 | PA | 8×16 | 90 | 840×122 |
| I | PA | 6×16 | 105 | (720×122)×17 |
| J | PA | 6×16 | 105 | (720×100)×4 |
| K | PA | 6×16 | 105 | (720×100)×4 |
| L | PA | 12×16 | 127 | 15500×85 |
| M1 | PA | 8×16 | 105 | 1440×100 |
| M2 | PA | 8×16 | 105 | 2160×100 |
| N1 | PA | 6×16 | 105 | 2160×100 |
| N2 | PA | 6×16 | 105 | 720×100 |
| O1 | PA | 5×16 | 105 | (720×122)×17 |
| O2 | PA | 5×16 | 105 | (720×100)×24 |
| P1 | PA | 6×16 | 210 | 6850×50 |
| P2 | PA | 6×16 | 210 | 8296×50 |
| P3 | PA | 6×16 | 210 | (360×80)×10 |
| P4 | PA | 6×16 | 210 | (360×50)×2 |
| P5 | PA | 6×16 | 210 | (360×50)×8 |
| P6 | PA | 6×16 | 210 | (360×50)×9 |
| Q1 | PA | 8×16 | 210 | 8300×50 |
| Q2 | PA | 8×16 | 210 | 6850×50 |
| Q3 | PA | 8×16 | 210 | 1440×50 |
| Q4 | PA | 8×16 | 210 | 720×50 |
| R1 | PA | 6×16 | 260 | (580×80)×20 |
| R2 | PA | 6×16 | 260 | (580×80)×22 |
| R3 | PA | 6×16 | 260 | (580×80)×216 |
| S1 | PA | 32×16 | 300 | 100×160 |
| S2 | PA | 32×16 | 300 | 100×240 |
| S3 | PA | 32×16 | 300 | 100×340 |
| S4 | PA | 32×16 | 300 | 100×480 |
| S5 | PA | 32×16 | 300 | 100×620 |
| T | PA | 10×16 | 105 | 2880×100 |
| U | PA | 12×16 | 120 | 18300×50 |
| V | PA | 24×16 | 135 | 16270×10 |
| W1 | PA | 10×16 | 210 | 720×50 |
| W2 | PA | 10×16 | 210 | 1440×50 |

注: 网具部位如图 1 所示。

Note: Sections are shown in fig.1.

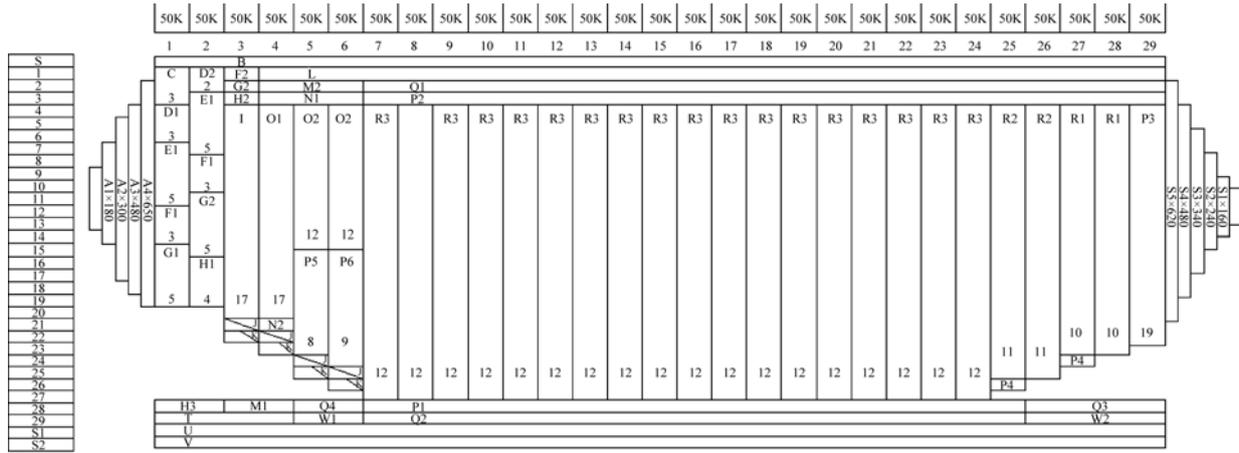


图 1 1 664.5 m×311.1 m 大型金枪鱼围网网图

K 为长度单位, 1 K=1.515 m.

Fig. 1 Net drawing of 1 664.5 m×311.1 m tuna purse seine

K is the unit of length, 1 K=1.515 m.

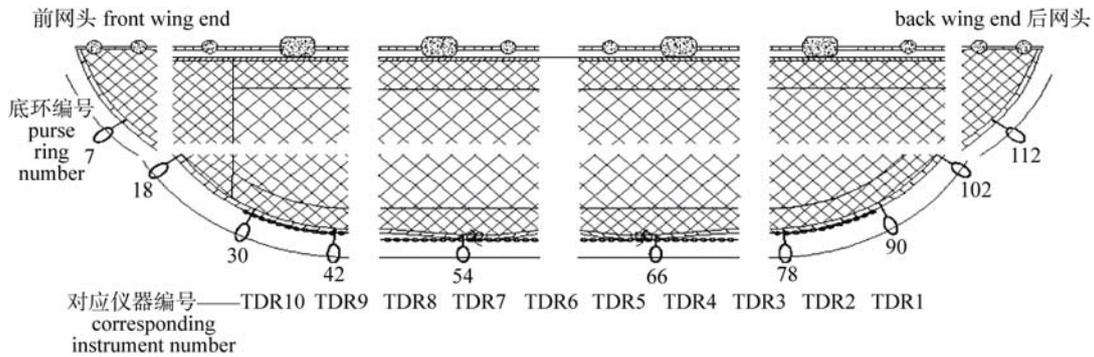


图 2 TDR-2050 型微型温度深度仪沿下纲分布示意图

Fig. 2 Position of TDR-2050s along the leadline of the tuna purse seine

沉降深度与网具结构形状是基本一致的, 即总体上呈两端浅中部深的趋势; 从前网头(TDR10)至后网头(TDR1), 网具下纲平均沉降深度呈现递增趋势, 前网翼部分下纲沉降深度变化较后网翼部分下纲稳定(表 3)。网具前网头下纲平均沉降深度为 69 m(Bootstrap 后的 95%置信区间 61.6~75.4 m, 下同), 网具前部靠近取鱼部下纲平均沉降深度为 100 m (91.3~107.9 m); 网具下纲中部平均沉降深度达到 160 m(152.3~168.8 m)。网具后部靠近后网头下纲平均沉降深度 116 m(105.8~127.3 m), 后网头下纲平均沉降深度 77 m(65.9~89.9 m); 其余部位(TDR3、4、5、7、8)平均沉降深度分别为 137 m (127.7~146.7 m)、152 m (142.7~160.35 m)、159 m (150.7~167.2 m)、152 m (144.5~160.2 m)、135 m

m(127.4~142.9 m)。其中, 网具中部平均沉降深度为 160 m, 约为最大拉紧高度(311.1 m)的 51.4%(图 3)。

2.2 围网中部下纲沉降深度与时间的关系

图 4 为围网中部下纲沉降过程, 虚线每一点为 TDR 每 15 s 的平均沉降深度值。从该沉降过程来看, 围网中部下纲在入水后的 7 min 内可沉降到 115 m, 约占其最大沉降深度(160 m)的 72%。8~11 min, 下纲沉降趋缓。沉降 12 min 后, 下纲沉降非常缓慢, 下降深度十分有限, 约占整个沉降深度的 5%。从围网中部下纲入水到下纲到达最大水深, 整个过程大约需要 15 min。围网中部下纲沉降深度和时间的关系采用多项式回归的方法:

$$h = -0.000 2 t^2 + 0.366 3 t$$

$$R^2 = 0.998 3 \tag{1}$$

表 3 金枪鱼围网下纲各测试部位最大沉降深度
 Tab. 3 Maximum sinking depth of leadline of tuna purse seine at corresponding testing position

| 网次 net | 各测试部位对应仪器编号 corresponding instrument number of testing position | | | | | | | | | |
|-----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | TDR10 | TDR9 | TDR8 | TDR7 | TDR6 | TDR5 | TDR4 | TDR3 | TDR2 | TDR1 |
| 1 | 66.2 | 109.9 | 153.8 | 176.4 | 180.9 | 177.3 | 157.5 | 114.1 | 78.3 | 53.0 |
| 2 | 73.5 | 111.5 | 139.9 | 152.8 | 162.0 | 158.3 | 141.3 | 121.6 | 92.7 | 59.0 |
| 3 | 65.7 | 80.5 | 122.8 | 148.6 | 158.4 | 158.8 | 157.4 | 142.5 | 100.0 | 45.5 |
| 4 | 66.0 | 110.9 | 134.0 | 150.2 | 160.3 | 159.1 | 150.8 | 135.0 | 116.9 | 58.0 |
| 5 | 66.3 | 100.2 | 158.4 | 177.1 | 181.7 | 179.3 | 165.7 | 140.1 | 97.5 | 53.3 |
| 6 | 68.6 | 82.0 | 124.5 | 142.8 | 150.4 | 153.2 | 158.0 | 140.3 | 118.5 | 49.6 |
| 7 | 39.3 | 61.9 | 114.6 | 148.7 | 171.2 | 178.5 | 172.9 | 167.4 | 136.4 | 75.5 |
| 8 | 77.4 | 90.4 | 124.6 | 135.6 | 143.8 | 151.3 | 156.2 | 151.7 | 136.0 | 92.2 |
| 9 | 84.9 | 84.1 | 128.6 | 151.5 | 155.2 | 154.5 | 153.1 | 147.8 | 137.2 | 113.0 |
| 10 | 64.1 | 112.1 | 132.4 | 139.2 | 140.5 | 135.8 | 126.5 | 110.2 | 93.3 | 73.9 |
| 11 | 74.0 | 73.2 | 116.2 | 133.3 | 139.0 | 140.2 | 137.0 | 128.7 | 112.3 | 56.5 |
| 12 | 51.0 | 99.5 | 128.4 | 137.1 | 142.3 | 144.1 | 143.4 | 137.1 | 114.6 | 64.2 |
| 13 | 95.5 | 122.3 | 136.2 | 163.1 | 156.6 | 149.7 | 144.0 | 112.8 | 106.2 | 69.9 |
| 14 | 51.7 | 86.9 | 129.3 | 146.1 | 156.3 | 156.9 | 145.2 | 125.7 | 105.4 | 58.8 |
| 15 | 106.5 | 138.6 | 185.4 | 202.9 | 209.3 | 212.0 | 206.7 | 194.8 | 174.5 | 126.7 |
| 16 | 80.2 | 137.8 | 165.8 | 179.6 | 191.2 | 194.2 | 185.8 | 165.3 | 162.2 | 161.6 |
| 17 | 82.4 | 115.1 | 145.5 | 160.8 | 168.6 | 169.3 | 165.5 | 152.2 | 128.0 | 114.5 |
| 18 | 64.7 | 90.1 | 109.6 | 110.8 | 111.9 | 111.1 | 111.4 | 114.0 | 102.1 | 72.9 |
| 19 | 76.5 | 106.8 | 144.4 | 159.9 | 163.9 | 162.7 | 157.5 | 144.4 | 127.4 | 105.4 |
| 20 | 73.2 | 117.0 | 150.0 | 166.3 | 177.2 | 177.4 | 164.5 | 141.3 | 96.9 | 58.8 |
| 21 | 23.6 | 58.1 | 103.9 | 128.5 | 158.0 | 164.3 | 165.7 | 162.4 | 157.3 | 95.5 |
| 22 | 54.0 | 100.8 | 132.6 | 137.1 | 140.2 | 127.2 | 98.9 | 75.4 | 62.9 | 42.1 |
| 23 | 79.9 | 103.9 | 125.0 | 148.7 | 156.6 | 148.1 | 136.9 | 132.0 | 118.7 | 71.6 |

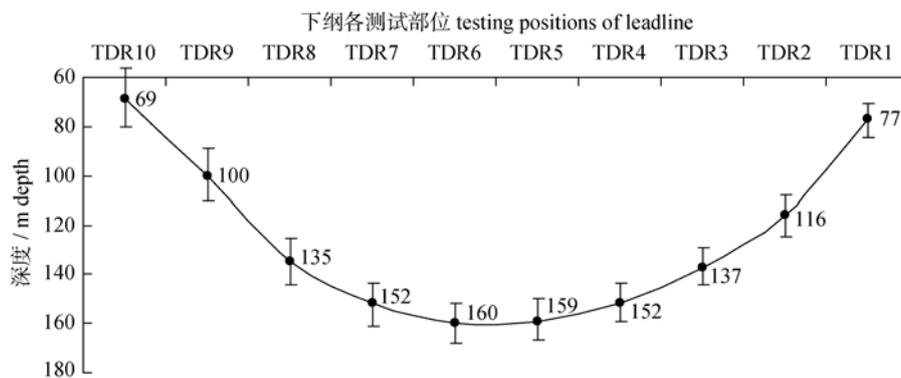


图 3 金枪鱼围网下纲最大沉降深度
 Fig. 3 Maximum sinking depth of leadline of tuna purse seine

h 为网具下纲沉降深度, 单位 m; t 为沉降时间, 单位 s。

2.3 网具下纲沉降速度

网具两端、网具中部沉降速度区别较大, 故

选取取鱼部、网具中部和后网头 3 个典型位置, 分析各部位在沉降过程的速度变化情况。

从图 5-7 可见, 网具下纲沉降的趋势是先快后慢, 3 个测试部位沉降速度均随深度增加而递

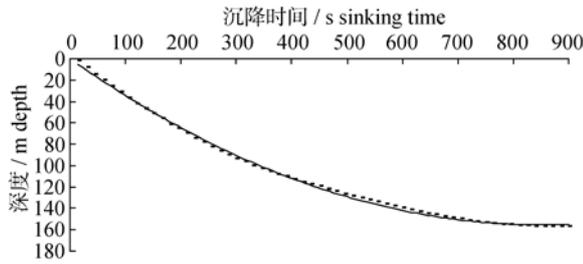


图 4 金枪鱼围网沉降深度与沉降时间的关系

Fig. 4 Relationship between sinking depth and sinking time of tuna purse seine

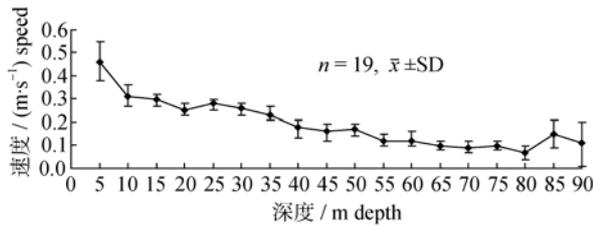


图 5 金枪鱼围网取鱼部沉降过程速度变化情况

Fig.5 Changes of sinking speed of the bulk of tuna purse seine at different water depth

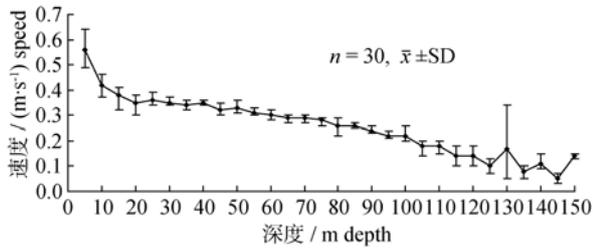


图 6 金枪鱼围网网具中部沉降过程速度变化情况

Fig.6 Changes of sinking speed of the mid-part of tuna purse seine at different water depth

减, 并且后网头沉降最快, 网具中部次之, 取鱼部最慢。后网头在 5 m 时沉降速度最大, 为 0.58

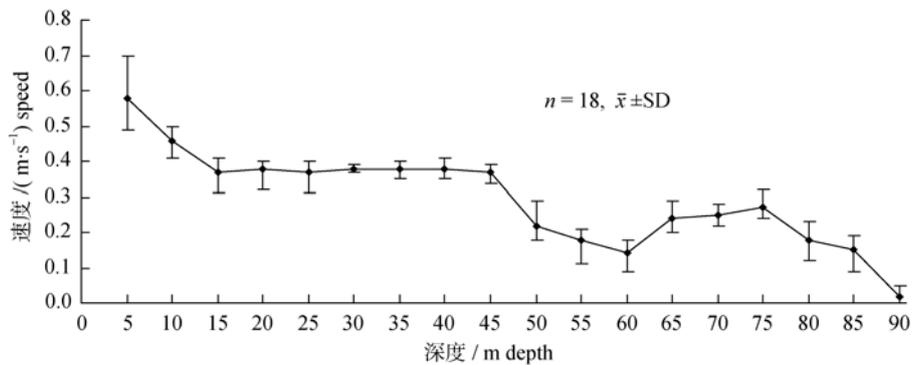


图 7 金枪鱼围网后网头沉降过程速度变化情况

Fig.7 Change of sinking speed of the back wing end of tuna purse seine at different water depth

m/s(bootstrap 后的 95%置信区间 0.49~0.70 m/s, 下同); 中部次之, 为 0.56 m/s(0.49~0.64 m/s), 而取鱼部最小, 为 0.46 m/s(0.38~0.55 m/s)。后网头沉降速度变化趋势较为特殊, 15~45 m 水层沉降速度较为平缓, 60~75 m 水层沉降速度随深度增加反而增加。网具下纲 3 个部位平均沉降速度置信区间波动大致呈现“大—小—大”的趋势: 取鱼部在 0~15 m 水层的平均沉降速度变化剧烈, 15~85 m 水层波动则相对平稳, 85 m 水层下波动又变得剧烈; 网具中部 0~20 m 水层平均沉降速度变化剧烈, 15~130 m 水层波动相对平稳, 130 m 水层下波动又变得剧烈; 后网头平均沉降速度的波动情况也只有 25~45 m 水层间比较平缓。

2.4 围网中部下纲沉降速度与时间的关系

图 8 示围网中部下纲沉降过程, 虚线每一点为 TDR 每 15 s 的平均沉降速度值。从该沉降过程来看, 中部下纲的沉降速度随着沉降水深的增加而逐渐减慢。中部下纲入水时下沉速度最大, 超过 0.4 m/s; 入水后 5 min 内, 下沉速度降到 0.22 m/s, 只有入水时沉降速度的 50%; 6 min 之后, 下纲沉降速度出现波动, 其中 6~8 min 下纲沉降速度均位于趋势线以下, 速度下降较快, 而 9~13 min 下纲沉降速度位于趋势线之上, 速度下降较缓。围网中部下纲沉降速度和时间的关系可用式 (2)表示:

$$v = 3 \times 10^{-7} t^2 - 7 \times 10^{-4} t + 0.4189$$

$$R^2 = 0.9867 \quad (2)$$

对(2)式关于 t 的微分, 得到网具下纲平均沉降加速度方程:

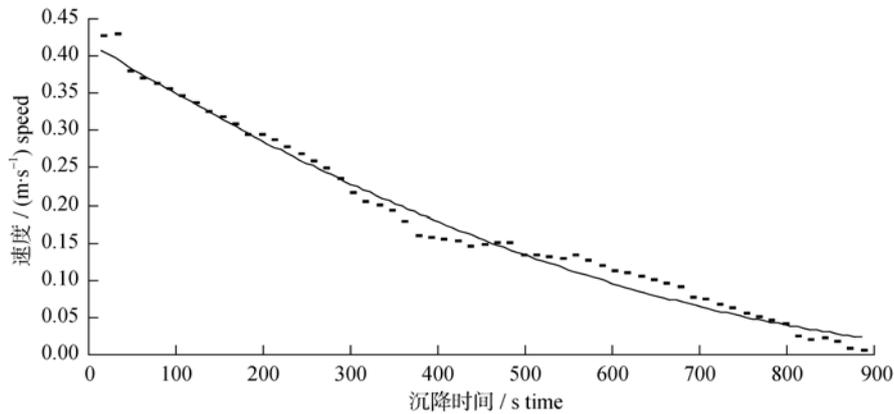


图 8 金枪鱼围网沉降速度与沉降时间的关系

Fig.8 Relationship between sinking speed and sinking time of tuna purse seine

$$a = -7 \times 10^{-4} + 6 \times 10^{-7}t \quad (3)$$

v 为网具下纲沉降平均速度, 单位 m/s ; a 为网具下纲沉降平均加速度, 单位 m/s^2 ; t 为沉降时间, 单位 s 。

3 讨论

金枪鱼围网作业时发现, 当鱼群发现被围网包围后, 往往通过网端未封闭的网圈缺口处逃逸, 或当鱼群接触围网网壁, 下纲尚未沉降到预定深度时, 鱼群从下纲下方逃出^[16]。围网网具在投网作业过程中, 尤其在水深流急的渔场, 网具不易沉降, 捕捞栖息于较深水层的鱼群时较为困难, 网具能否在给定的时间内降至给定的深度, 及在尽可能短的时间内完成水平包围, 就成为围网捕捞成败的关键^[6]。因此, 网具下纲最大沉降深度和网具下纲沉降速度是最能反映网具性能的参数, 也是金枪鱼围网渔法研究的重要参数。

本研究测试的围网是目前中国中西太平洋金枪鱼围网船队使用的典型网具。根据测定结果, 网具中部的平均沉降深度可达 160 m。根据公式^[16]计算得此次测试网具缩结高度为 184 m, 缩结高度表明网具的理论沉降深度, 而此次测试网具实际沉降深度约为网具理论沉降深度的 86.9%, 约为最大拉紧高度(311.1 m)的 51.4%, 还有较大的沉降空间。日本学者利用 1/250 围网模型实验发现, 下纲上方有较多的松弛网衣是导致网具实际沉降深度未达到网具最大理论沉降深度的主要原

因之一^[5]。同时, 本研究对网具中部的分析发现, 网具下纲沉降深度的大部分(72%)是在 7 min 内完成, 也即实验时间(15 min)的 46.7%, 表明在实验后半段时间网具下纲沉降较为缓慢, 下降深度有限。因此, 从沉降深度而言, 网具在完成包围后, 有必要适当增加“待网”时间, 以利网具的继续下沉。

此外, 网具两端平均沉降深度只有 77 m 和 69 m, 中部沉降深度为两端沉降深度的 2 倍多; 网具两端下纲沉降深度也存在较大的差异, 后网头网翼部分明显较前网头网翼部分沉降更深, 平均沉降深度相差 16 m; 网具两端下纲沉降深度越往中部差异越小, TDR3 与 TDR8 平均沉降深度相差只有 2 m, TDR4 与 TDR7 平均沉降深度都为 152 m。网具下纲沉降深度呈现上述差异的原因在于: 一方面, 网具本身结构总体上是倒梯形, 即网具下纲各部位最大沉降深度与网具结构形状基本一致; 另一方面, 围网放网过程中, 网具前后两端受括纲垂直向上的分力较大, 牵制取鱼部和前网头的沉降, 而网具中部受括纲牵制较小。尤其是前网头围网作业过程中, 第一时间固定在甲板上受括纲最稳定, 实测平均沉降深度波动最小; 后网头因各网次括纲松放长度不同, 受其影响也不同, 也最不稳定, 实测平均沉降深度波动最大。括纲松放越长, 后网头斜度越小, 括纲垂直向上的分力越小; 括纲松放越短, 后网头斜度越大, 括纲垂直向上的分力越大。

崔建章等^[6]对近海围网网具测试显示, 围网

网具中部沉降最快,网翼次之,取鱼部最慢,网翼与中部接近。本研究金枪鱼围网网具下纲平均沉降速度最大值出现在后网头,中部次之,取鱼部最小,后网头与中部接近,三者沉降速度在沉降初期与沉降末期波动较大,而沉降中间过程速度波动相对较小,即图 5-7 中取鱼部在 5 m、85 m、90 m 水层,网具中部在 5 m、130 m 水层与后网头在 5 m 水层沉降速度的置信区间都出现较大值,这是由于网具在刚入水和沉降到最大水层时受括纲作用力较大。本研究测试的后网头与崔建章等^[6]测试的网翼均为网具的后部,两次测试结果较为一致,即网具后部与中部沉降速度比较接近,取鱼部沉降速度最小。但本研究沉降速度最大值出现在后网头,而崔建章等^[6]的研究沉降速度最大值出现在中部。由此可见,近海围网网具与深水围网网具在沉降特性上有一定的区别。

冯维山^[7]对鲱围网下纲测试显示,鲱围网下纲中部沉降初期阶段的沉降速度减慢程度大于后期,本研究表明,金枪鱼围网与鲱围网下纲中部沉降特性较为相似:在式(2)与(3)中, $t=0$ 时,即为网具下纲入水时的速度和加速度;随着时间的增加,加速度值减少,即沉降初期网具下纲沉降速度降低程度要大于沉降后期,图 6 证实这一结果,网具在 0~20 m 水层沉降速度减慢幅度要明显大于 20 m 之下的水层。这一特点对包围目标鱼群较为不利。由于沉降速度剧减,网具未能在较短时间内沉到理想水深,围网网衣还没有展开,尤其在海流较大时,沉降速度减慢更为明显,也就造成目标鱼群从下纲下方逃逸。结合图 9 与图 4,网具在沉降初期具有较快的沉降速度,因此,网具能在前半段试验时间完成大部分的沉降深度。随着网具的沉降,网具受到括纲向上的作用力,以及网衣在水中的阻力,导致网具沉降速度降低,这是生产作业中不可避免的,而网具的沉降初始速度是可控的,因此,在实际作业过程中,可有效地提高网具初始速度,即网具入水时的速度,从而使网具在较短的时间内降至理想的深度,防止捕捞对象从下纲逃逸。

总之,金枪鱼围网下纲各部位沉降性能存在

较大的差异,与近海围网网具也有一定的不同。金枪鱼围网沉降性能还与风、流等渔场环境因子及放网和绞收括纲时间和速度等捕捞操作参数有关,今后将进一步对这些方面做深入的探讨。

参考文献:

- [1] 励仲年. 围网网具的沉降性能[J]. 海洋渔业, 1987, 9(4): 181-182.
- [2] Konagaya T. Studies on the design of the purse seine[J]. J Fac Fish Prefect Univ Mie, 1971, 8(3): 209.
- [3] Kristjonsson H. Modern fishing gear of the word-second edition[M]. London: Fishing News Books, 1981: 254-255.
- [4] Iitaka Y. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-6[J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1958, 24(6&7): 407.
- [5] Iitaka Y. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada-5[J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1958, 23(9): 511.
- [6] 崔建章, 陆赤, 黄硕林. 围网沉降性能测试和分析[J]. 海洋渔业, 1984, 6(1): 7-10.
- [7] 冯维山. 围网下纲沉降特性试验研究[J]. 大连水产学院学报, 1990, 5(3): 37-43.
- [8] Misund O, Dickson W, Beltestad A. Optimization of purse seines by large-meshed sections and low lead weight. Theoretical considerations, sinking speed measurements and fishing trials[J]. Fish Res(Netherlands), 1992, 14(4): 305-317.
- [9] 宋来军, 苏晓飞. 浅谈我国机轮围网网具存在的主要问题及对策[J]. 水产科学, 2003, 22(6): 32-35.
- [10] Kim H, Lee C, Shin J, et al. Dynamic simulation of the behavior of purse seine gear and sea-trial verification[J]. Fish Res, 2007, 88(1-3): 109-119.
- [11] Park S J. Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island-2, model experiment on the deformation of net in two layer current [J]. Bull Mar Res Inst Cheju Nat Univ, 1986, 22(4): 32.
- [12] 刘树椿. 深水围网沉降性能的测试及渔法研究[J]. 水产学报, 1988, 12(2): 95-104.
- [13] 王杰明, 唐衍力. 中西太平洋金枪鱼围网技术及存在的问题[J]. 海洋湖沼通报, 2004, 1: 96-100.
- [14] Radulovic D. The bootstrap of the mean for strong mixing sequences under minimal conditions[J]. Stat Probab lett, 1996, 28(1): 65-72.
- [15] Bickel P, Freedman D. Some asymptotic theory for the bootstrap[J]. Ann Stat, 1981: 1196-1217.
- [16] 许柳雄. 渔具设计与理论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 157-163.

Measurement and analysis of sinking characteristics of tuna purse seine

XU Liuxiong^{1,2,3}, WANG Minfa¹, YE Xuchang^{1,2,3}, LAN Guangcha¹

1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. The Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: We quantified the sinking depth and sinking speed of tuna purse seines. We attached a micro-temperature and depth recorder (10 TDR-2050) to a purse seine on the “JINHUI NO.6” vessel (Shanghai Pelagic Fishing Company) and collected data from 23 sets in the Western and Central Pacific Ocean (WCPO) between October and December 2006. The sinking depth did not achieve the theoretical maximum sinking depth, instead accounting for 51.4% of the maximum stretched height (311.1m) of the netting. The relationship between the sinking depth (h) and time (t) for the mid section of leadline can be described using the formula: $h = -0.0002t^2 + 0.3663t$ ($R^2=0.9983$). The sinking speed differed among the sections of the lead line. The fastest sinking speed was recorded at the back wing end, followed by the mid section and the bulk. The sinking speed decreased with depth, the deeper the sinking depth of leadline, the lower the sinking speed. Fluctuations in the confidence interval of the average sinking speed of leadline followed a pattern of large-small-large as the depth increased. The relationship between the sinking speed (v) and time (t) at the mid part of leadline can be described using the formula: $v=3\times 10^{-7}t^2 - 7\times 10^{-4}t + 0.4189$ ($R^2 = 0.9867$). Our observations provide insight into ways to improve sinking performance in tuna purse seines and a reference for fishing operations.

Key words: tuna purse seine; lead line; sinking depth; sinking speed