

文章编号: 1674 - 5566(2012)04 - 0616 - 05

## 中部大西洋剑鱼栖息深度分布特征

韩晓乐<sup>1,2</sup>, 戴小杰<sup>1,2,3,4</sup>, 朱江峰<sup>1,2,3,4</sup>, 田思泉<sup>1,2,3,4</sup>

(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. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 上海海洋大学 农业部大洋渔业资源环境科学观测试验站, 上海 201306)

**摘要:** 根据 2007 - 2008 年和 2010 - 2011 年我国金枪鱼延绳钓渔业科学观察员收集的钩位信息, 运用悬链线理论, 估算了大西洋中部剑鱼 (*Xiphias gladius*) 的钓获深度分布。剑鱼的钓获深度范围为 124.6 ~ 280.5 m, 平均深度 215.2 m, 标准差 46.5 m。剑鱼的渔获比例随钓钩的深度增加而明显变化, 在深度 220 ~ 250 m 时渔获比例最高, 而后随深度增加而明显减少。在较浅深度, 雄性剑鱼的比例较高, 但随着钓钩深度的增加, 雌性剑鱼的比例增加, 随后趋于平稳。钓获的剑鱼平均长度 (下颌尾叉长) 随钓钩深度增加而增大, 在较浅处 (120 ~ 180 m), 平均长度分布最小; 在较深处 (270 ~ 300 m), 平均长度分布最大。渔获的性比和个体组成变化对资源数量变动具有重要影响, 对掌握剑鱼的栖息生态和资源可持续利用研究具有参考价值。

**研究亮点:** 不同钩位的渔获率差异是延绳钓渔业中的重要研究课题, 特别对于兼捕种类。对于大洋性剑鱼, 这方面的信息还很缺乏。利用海上实测数据, 分析大西洋剑鱼的深度分布及其性比和渔获长度差异, 为研究栖息生态和降低兼捕提供重要依据。

**关键词:** 大西洋; 剑鱼; 深度; 延绳钓

**中图分类号:** S 932.4

**文献标志码:** A

剑鱼 (*Xiphias gladius*) 是大西洋金枪鱼延绳钓渔业的重要兼捕对象<sup>[1-2]</sup>。近年来, 大西洋金枪鱼养护国际委员会 (international commission for the conservation of Atlantic tunas, ICCAT) 对于大西洋中部剑鱼的年龄和生长<sup>[3]</sup>、体长 - 体重系数<sup>[4]</sup>、繁殖<sup>[5-7]</sup>等生物学特性和资源状况<sup>[3]</sup>等进行了广泛的研究。栖息深度是重要的生态学信息, 了解剑鱼的栖息深度分布对于掌握其栖息生态具有重要意义。但到目前为止, 人们对于大西洋剑鱼的栖息深度分布特征掌握很少, 国内也未曾有这方面的报道。根据 2007 - 2008 年和 2010 - 2011 年我国金枪鱼延绳钓渔业科学观察员收集的钩位信息, 分析了大西洋中部剑鱼的钓获钩位深度分布特征, 为进一步研究剑鱼的栖息生态、降低兼捕率以及剑鱼资源养护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

钓钩深度计算的数据来源为 2007 年 12 月 - 2008 年 4 月 (航次 1) 和 2010 年 10 月 - 2011 年 3 月 (航次 2) 两个航次的观察员收集的钓获钩位和作业渔具信息。作业渔船分别为金丰 3 号和金丰 5 号超低温金枪鱼延绳钓渔船, 作业海域分别为 05°37'N ~ 12°01'N, 29°00'W ~ 36°51'W 和 10°32'N ~ 6°5'S, 35°58'W ~ 22°53'W, 两个航次的作业站点见图 1。两个航次的作业时间和作业海域见表 1。

每个航次观察员记录作业位置、投绳时的船速、投绳速度、两浮球间的钩数、支绳间距等作业参数。起钩时, 记录钓获的剑鱼的钩位, 并观测记录性别和个体长度 (下颌尾叉长)。

收稿日期: 2011-11-07      修回日期: 2012-01-02

基金项目: 农业部三大洋金枪鱼观察员项目 (11 - 0081); 上海市捕捞学重点学科建设项目 (S30702)

作者简介: 韩晓乐 (1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为大洋渔业。E-mail: 912hanxiaole@163.com

通讯作者: 戴小杰, E-mail: xjdai@shou.edu.cn

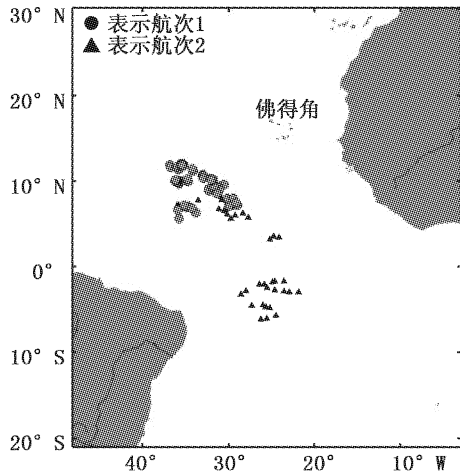


图1 大西洋两个观察员航次的作业站位分布

Fig. 1 Set locations of the two longline observer trips in the Atlantic Ocean

表1 两个航次的作业时间和作业海域

Tab. 1 Time and sea areas of the two longline observer trips in the Atlantic Ocean

航次	作业海域	作业时间
航次1	北部海域	2008年1月6日-2008年3月31日
航次2	南部海域	2010年11月20日-2010年12月31日
航次2	北部海域	2011年1月4日-2011年3月8日

注:南部海域指赤道以南;北部海域指赤道以北。

## 1.2 钩位深度计算方法

根据记录的作业参数(表2),钓获钩位的理论深度按照悬链线方法进行计算<sup>[8-9]</sup>。

表2 两个观察员航次中的延绳钓具信息和作业参数

Tab. 2 Parameters of longline gear and setting during the two observer trips

航次	平均投绳速度/(m/s)	平均投绳时的船速/kt	支绳长度/m	浮绳长度/m	两浮球间的钩数	支绳间距/m
航次1	7	10.8	50	45	16	50
航次2	6.4	10.7	58	50	16	53

由于海流的影响,钓钩的实际深度一般浅于根据悬链线公式计算的理论深度,该现象称为钓钩上浮,上浮的程度用上浮率(上浮的深度占理论深度的百分比)表示,上浮率常用于修正理论深度<sup>[10]</sup>。获得上浮率这一参数的最好方法是现场测定,但上浮率随着各种海况条件的变化而变化,要通过试验获得整个大洋各个区域的上浮率参数目前还未实现。为此,许多学者运用相近海

域和季节试验观测的上浮率进行理论深度的修正<sup>[10]</sup>。根据已往研究,一般的上浮率处于10%~30%之间<sup>[10-14]</sup>。参照与本文取样站点相近海域的相关试验,本文采用10%作为上浮率对理论钓钩深度进行修正<sup>[13]</sup>。

## 1.3 数据统计分析

由于观察员难以记录所有钓获剑鱼的钩位信息,观察员对钓获的剑鱼进行随机取样。本研究共随机观测了209尾剑鱼的钩位信息和部分生物学信息。用渔获比例表示各个钩位的渔获情况(两航次分别计算),如航次1中第1钩位的渔获比例为:航次1中随机取样的第1钩位渔获尾数占航次1中随机取样的各钩位总渔获尾数的百分比。将深度范围从120 m到300 m,以30 m为一段,分为6段,对各段深度分布进行分析。性别组成用雌、雄性比表示,如120~150 m处雌、雄性比为样本中雌性的渔获尾数与雄性的渔获尾数百分比。对钓获深度进行了描述性统计,包括平均深度和标准差。

为了分析不同深度上的渔获比例差异、性别组成差异和个体长度组成差异,对各钓获深度的渔获比例、雌雄性比和个体平均长度与各钩位的修正深度分别进行了相关分析和线性回归分析。各深度范围的剑鱼平均长度差异,采用t检验进行比较(两个独立样本的t检验)。对雌雄性比组成,经 $\chi^2$ 检验进行分析。

## 2 结果

### 2.1 不同深度的渔获比例差异

经过修正后,剑鱼的钓获深度范围为124.6~280.5 m,平均钓获深度215.2 m,深度分布标准差为46.5 m,各钩位的修正深度见表3。航次1的渔获比例在234.1 m和250.3 m两个深度上最高,分别为21%和17%。航次2的渔获比例在249.4 m、226.9 m和199.6 m 3个深度上最高,分别为19%、16%和16%,所以在220~250 m深度范围均最高,此深度很可能是剑鱼最活跃的水层。相关分析表明,剑鱼渔获比例与修正深度的相关性不显著( $P > 0.05$ ),回归也不显著( $F > 0.05$ )。各航次的渔获比例见表3。

### 2.2 不同深度的性别组成差异

两个航次总取样雌性85尾,雄性92尾,雌、雄性比是0.92:1,符合1:1( $P > 0.05$ )。在较浅

深度, 雄性剑鱼的比例较高, 随着钓钩深度增加, 钓获的剑鱼雌性比例呈现明显上升趋势, 然后趋于平稳(表4)。在最浅深度(120~150 m), 雌雄性比最小, 仅为0.4, 且不符合1:1( $P < 0.05$ ), 说明在该深度范围, 雄性剑鱼数量明显居多, 其余

深度范围下, 性比均符合1:1( $P > 0.05$ )。各个深度分布范围的性别比例见表4。雌雄性比与修正深度相关性均不显著( $P > 0.05$ ), 回归也不显著( $F > 0.05$ )。

表3 采用10%的上浮率修正后剑鱼钓获的各钩位深度、取样尾数和渔获比例  
Tab.3 Hook depth, sample size, and catch proportion for swordfish (hook depth estimated using catenary curve method and an empirical shoaling factor of 10%)

钩位	航次1			航次2		
	修正深度/m	取样尾数	渔获比例	修正深度/m	取样尾数	渔获比例
1	124.6	7	9%	134.1	18	13%
2	157.2	12	16%	168.5	14	11%
3	186.8	11	14%	199.6	21	16%
4	212.7	3	4%	226.9	21	16%
5	234.1	16	21%	249.4	25	19%
6	250.3	13	17%	266.4	14	11%
7	260.3	8	10%	276.9	13	10%
8	263.7	7	9%	280.5	6	4%

表4 深度范围、尾数比例、渔获性别组成及长度(下颌尾叉长)组成  
Tab.4 Depth range, catch proportion, sex ratio and length composition for swordfish

深度范围/m	120~150	150~180	180~210	210~240	240~270	270~300
样本数/尾	25	26	32	40	67	19
尾数比例	11.9%	12.5%	15.3%	19.1%	32.1%	9.1%
雌雄性比(♀/♂)	0.400	0.616	1.364	1.06	1.04	1.13
平均长度/cm	140.2	137.0	151.7	156.0	152.7	162.1
长度标准差/cm	35.8	30.6	40.2	39.2	37.2	26.1
变异系数(CV)	0.255	0.223	0.267	0.25	0.24	0.220

### 2.3 不同深度的个体大小差异

在150~180 m和120~150 m钓获的剑鱼平均长度最小, 分别是137 cm和140.2 cm。270~300 m钓获的剑鱼平均长度最大, 为162.1 cm(表4)。各深度的剑鱼的平均长度差异检验表明, 钩深120~150 m与钩深270~300 m的剑鱼长度均值有显著性差异( $P < 0.05$ , 表5)。钩深150~180 m与钩深270~300 m、210~240 m的

剑鱼长度均值有显著性差异( $P < 0.05$ , 表5)。其余任何2个深度范围间的长度均值均无显著性差异。说明较小个体的剑鱼在120~180 m较浅处比例最多, 较大个体剑鱼在270~300 m较深处比例最多, 210~240 m深度次之。剑鱼平均长度与修正深度相关性均显著( $P < 0.05$ ), 回归也显著( $F < 0.05$ ), 说明剑鱼平均长度随钓钩深度的增加而增大。

表5 不同深度钓获的剑鱼长度均值差异(t)检验的p值

Tab.5 The p values of t-test for the differences in mean length of swordfish captured in different depth ranges

钩获深度/m	150~180	180~210	210~240	240~270	270~300
120~150	0.743	0.203	0.115	0.162	0.031*
150~180		0.084	0.048*	0.070	0.007*
180~210			0.730	0.988	0.293
210~240				0.678	0.543
240~270					0.311

注: \*表示差异显著。

## 3 讨论

### 3.1 不同钓获深度的渔获比例变化

渔获比例分析表明, 深度在220~250 m之

间, 渔获比例最高, 表明此深度可能是剑鱼活动最活跃的水层, 这和宋利明等发现的大眼金枪鱼最适水层240.00~269.99 m比较接近<sup>[15]</sup>, 比黄鳍金枪鱼最适水层150.00~179.99 m要深<sup>[16]</sup>。

因此,以大眼金枪鱼为目标鱼种的延绳钓渔业,兼捕剑鱼的数量较高。但是,本文以延绳钓具为取样工具(钓钩深度在 124 ~ 280 m 之间),得出的结论难以延伸到延伸钓具覆盖的深度范围之外。有资料显示剑鱼最大潜伏深度接近 900 m<sup>[17]</sup>。因此,更深入的掌握剑鱼的垂直分布,取样工具需要覆盖更广的水层范围。此外,已往的研究表明剑鱼也有昼夜垂直移动规律<sup>[18]</sup>,夜间上升到较浅水层捕食<sup>[19]</sup>。除了采用微型深度温度记录仪(如 TDR)外<sup>[12]</sup>,目前还难以确定延绳钓作业中渔获物的具体上钩时间。根据黄鳍金枪鱼的研究经验,不同空间的深度分布与海水盐度、温度及捕食饵料鱼群的分布密切相关<sup>[18]</sup>,然而在不同时间和区域,海水盐度、温度及捕食饵料鱼群的分布存在差异性。因此在以后的研究中,要深入分析剑鱼在不同时间和海域的不同深度下的渔获比例的变化。

### 3.2 剑鱼渔获性比随钓获深度的变化

在较浅的钩位,剑鱼渔获的雄性比例较高,而随着钓钩深度增加,剑鱼渔获的雌性比例呈上升趋势后保持不变,虽然这一现象目前还难以解释,可能是不同性别的剑鱼在摄食上的温度需求不同。BEARDSLEY<sup>[20]</sup>发现在热水域雄性剑鱼较雌性剑鱼丰富,这和上面发现结果比较接近,相对于雄性,雌性剑鱼比较趋向潜入较冷的水域中造成的。但这一现象的潜在意义是,可能会对剑鱼的种群数量变动产生重要影响。因为在一般情况下,与许多鱼类资源相似,剑鱼的自然种群性比接近于 1:1,即雌、雄个体数量相当。如果延绳钓具对雌、雄剑鱼的捕捞选择性有差异,商业性捕捞将可能引起自然种群的性别比例失调,影响其繁殖和补充能力。建议在今后的剑鱼资源评估中,考虑渔获性比组成的变化对资源可持续发展的影响。

### 3.3 剑鱼渔获的长度组成随钓获深度的变化

随着钓钩深度的增加,捕获的剑鱼平均下颌尾叉长有增大的趋势,特别在 270 ~ 300 m 间捕获的剑鱼下颌尾叉长均值显著性大于 120 ~ 180 m 捕获的剑鱼。原因可能是较大个体剑鱼能承受更深的压力或更低的温度。BEARDSLEY<sup>[20]</sup>发现较大个体的剑鱼多发现在较冷的水域,与本文的结果相符。另外也有研究表明,体重超过 68 kg 的雌性剑鱼多数被发现于较冷的水域,而由于对

温度忍受的限制,小剑鱼多发现在水温较高的区域,幼体剑鱼一般在接近海水表面的水域被捕获<sup>[21]</sup>。大个体剑鱼的渔获比例增高,意味着成熟个体的渔获比例会增高,从而会影响剑鱼种群的繁殖和补充量。另外,在当前的渔业资源评估模型中,渔获长度组成数据是最重要的资料之一。大洋性公海延绳钓渔业,多由许多国家和船队、多种渔业共同作业,渔获长度组成数据的统计往往存在较大误差。本文的研究表明,延绳钓具不同深度对不同大小剑鱼的渔获比例差异,可能可以用来估算渔获长度组成误差的修正参数,对于降低资源评估的不确定性,提高渔业管理决策的可靠性具有重要意义。

感谢中国水产总公司金丰 3 号和金丰 5 号全体船员的配合,以及科学观察员姜润林海上收集的数据。

### 参考文献:

- [1] 赵荣兴,缪圣赐. 世界剑鱼类的基本概况[J]. 现代渔业信息, 2006, 21(11): 13 - 16.
- [2] SONG L, XU L. Preliminary analysis of the biological characteristics of swordfish (*Xiphias gladius*) sampled from the Chinese tuna long-lining fleet in the central Atlantic Ocean [J]. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 2004, 56(3): 940 - 946.
- [3] EHRHARDT N M. Age validation and growth of swordfish (*Xiphias gladius*) in the northwest Atlantic Ocean [J]. Bulletin of Marine Science, 1992, 50(2): 292 - 301.
- [4] GARCIA B, MEJUTO J. Size-weight relationships of the swordfish (*Xiphias gladius*) and several pelagic shark species caught in the Spanish surface longline fishery in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans [J]. Collect Volume of Scientific Papers, ICCAT, 2002, 54(4): 1132 - 1149.
- [5] MEJUTO J, GARCIA-CORTES B. Size segregation, sex ratios patterns of the swordfish (*Xiphias gladius*) caught by the spanish surface longline fleet in areas and methodological discussion on gonadal indices [J]. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 2003, 55(4): 1459 - 1475.
- [6] MEJUTO J, GARCIA-CORTES B. A description of a possible spawning area of the swordfish (*Xiphias gladius*) in the tropical northwest Atlantic [J]. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 2003, 55(4): 1449 - 1458.
- [7] HAZIN F H V, HAZIN H G, BOECKMANN C E. Preliminary study on the reproductive biology of swordfish (*Xiphias gladius*) in the southwest equatorial Atlantic ocean [J]. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 2002, 54(5): 1560 - 1569.
- [8] 陈庆义, 张国胜, 姜大为, 等. 深冷型远洋金枪鱼延绳钓主

- 要技术参数及作业参数的分析 [J]. 大连水产学院学报, 2003, 18 (2): 130 - 134.
- [9] 王宇. 世界金枪鱼渔业资源开发利用研究 [M]. 北京: 海洋出版社, 2000: 1 - 90.
- [10] BACH P, GAERTNER D, MENKES C, et al. Effects of the gear deployment strategy and current shear on pelagic longline shoaling [J]. Fisheries Research, 2009, 95: 55 - 64.
- [11] 朱江峰. 东太平洋中上层鱼类种群动态研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2010: 31 - 32.
- [12] BIGELOW K, MUSYL M, POISSON F, et al. Pelagic longline gear depth and shoaling [J]. Fisheries Research, 2006, 77: 173 - 183.
- [13] YOKAWA K, TAKUCHI Y. Estimation of abundance index of white marlin caught by Japanese longline in the Atlantic Ocean [J]. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 2003, 55(2): 484 - 501.
- [14] BACH P, GAERTNER D, MENKES C, et al. Effect of the gear deployment strategy and current shear on pelagic longline shoaling [J]. Fisheries Research, 2009, 95: 55 - 64.
- [15] 宋利明, 许柳雄, 陈新军. 大西洋中部大眼金枪鱼垂直分布与温度、盐度的关系 [J]. 中国水产科学, 2004, 11 (6): 561 - 566.
- [16] 宋利明, 陈新军, 许柳雄. 大西洋中部黄鳍金枪鱼的垂直分布与有关环境因子的关系 [J]. 海洋与湖泊, 2004, 35 (1): 64 - 69.
- [17] TAKAHASHI M, OKAMURA H, YOKAWA K, et al. Swimming behavior and migration of a swordfish recorded by an archival tag [J]. Marine and Freshwater Research, 2003, 54: 527 - 534.
- [18] 樊伟, 周魁方, 沈建华. 大西洋金枪鱼延绳钓主要渔获种类及其分布 [J]. 海洋渔业, 2003, 25 (3): 130 - 135.
- [19] SEDBERRY G R, LOAFER J K. Satellite telemetry tracking of swordfish (*Xiphias gladius*) off the eastern united states [J]. Marine Biology, 2001, 139: 355 - 360.
- [20] BEARDSLEY J L. Report of the swordfish workshop held at the Miami laboratory southeast fisheries center, National Marine Fisheries Service Miami Florida [J]. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 1978, 7 (1): 149 - 158.
- [21] NEISON J D, PAUL S D, SMITH S C, et al. Stock structure of swordfish (*Xiphias gladius*) in the Atlantic: a review of the non-genetic evidence [J]. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT, 2006, 61: 25 - 60.

## Characteristics of the habitat depth for swordfish in the central Atlantic Ocean

HAN Xiao-le<sup>1,2</sup>, DAI Xiao-jie<sup>1,2,3,4</sup>, ZHU Jiang-feng<sup>1,2,3,4</sup>, TIAN Si-quan<sup>1,2,3,4</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Distant water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai 201306, China; 4. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Based on hook number information collected by scientific observers on the Chinese tuna longline vessels in the central Atlantic Ocean from 2007 to 2008 and from 2010 to 2011, the distribution of capture depth of swordfish (*Xiphias gladius*) was estimated by using catenary curve method. The depth range of the captured swordfish was from 124.6 to 280.5 m, with an average of 215.2 m and standard deviation of 46.5 m. With the increase of depths of hooks, the proportion of swordfish in total catch increased to a maximum at the depth of 220 m to 250 m and then decreased. The proportion of female swordfish in catch increased with depths of hooks and then remained stable. The mean fork length of swordfish tended to increase with depths of hooks. This paper provided important information for improving our understanding of swordfish habitats and bycatch mitigation in the pelagic tuna fisheries.

**Key words:** Atlantic Ocean; swordfish; depth; longline