

# 中西太平洋镰状真鲨的生物学信息初步研究

丁朋朋<sup>1</sup>, 戴小杰<sup>1, 2, 3, 4</sup>, 高春霞<sup>1, 2, 3, 4</sup>, 吴峰<sup>1, 2, 3, 4</sup>, 王腾<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 中国远洋渔业数据中心, 上海 201306; 4. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘要:** 镰状真鲨(*Carcharhinus falciformis*)是金枪鱼(Thunnus)延绳钓渔业中常见的兼捕鱼种之一, 位于海洋食物链的顶端, 对海洋物种多样性和生态系统的稳定性有重要意义, 2017年10月1日作为濒危物种被正式列入濒危野生动植物种国际贸易公约附录II中。作者根据中国金枪鱼渔业科学观察员在中西太平洋海域(7°S~9°N, 149°E~150°W)采集的1150尾镰状真鲨样本, 对其叉长、体质量、繁殖和摄食等生物学信息进行初步研究与分析。结果表明: 雌、雄镰状真鲨的优势叉长范围分别为80~180 cm和60~150 cm, 雌性叉长均值显著大于雄性; 雌、雄的叉长和体质量关系无显著性差异(ANCOVA,  $P>0.05$ ), 叉长和体质量的幂函数关系为:  $W_R=9\times 10^{-6}\times L_F^{2.9712}$ ; 雌、雄性比符合1:1比例; 镰状真鲨的鳍脚长度与叉长呈显著正相关性, 其线性关系为  $L_C=0.1492\times L_F-6.5$ ; 镰状真鲨的怀仔数为4~15尾, 平均怀仔数为8尾, 子宫内雌雄胚胎长度范围为24~56 cm; 摄食等级以空胃率为主, 其次为1级, 分别为51.77%、35.07%。

**关键词:** 镰状真鲨; 生物学信息; 中西太平洋

中图分类号: S931.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2017)10-0033-08

DOI: 10.11759/hyxx20170603002

镰状真鲨(*Carcharhinus falciformis*)隶属于真鲨科(Carcharhinidae)、真鲨属(*Carcharhinus*), 广泛分布在大西洋、太平洋和印度洋的热带和亚热带海域, 在中国台湾北部也有分布。镰状真鲨是三大洋金枪鱼延绳钓渔业的重要兼捕物种<sup>[1]</sup>, 据联合国粮农组织发布的镰状真鲨的捕捞数据, 1960年年兼捕量为5 000 t, 1994年达到高峰值的25 400 t, 1996年下降至21 000 t, 截至2014年兼捕量为4 888 t, 兼捕数据侧面反映出镰状真鲨的资源出现一定的衰退<sup>[2]</sup>。镰状真鲨具有极高的经济价值, Clarke等<sup>[2]</sup>统计香港鱼翅贸易中, 镰状真鲨的鳍占总鲨鱼鳍的3.5%。在商业性利益的驱动下, 远洋性鲨鱼资源量正急剧减少, 又由于鲨鱼的性成熟晚、繁殖能力弱和妊娠期相对较长的生物学特性<sup>[3]</sup>, 使其很容易出现过度捕捞。当前联合国粮农组织、区域性渔业管理组织及濒危野生动植物种国际贸易公约都在积极地推出养护管理措施来保护海洋食物链中的顶级物种。随着国际上对海洋生物的保护观念日益增强, 镰状真鲨于2005年被世界自然保护联盟作为近危物种列入濒危物种红色名录<sup>[4]</sup>, 2017年镰状真鲨更是作为濒危物种被列入濒危野生动植物种国际贸易公约附录II中, 此项决议于2017年10月1日正式生效。

国外研究者对镰状真鲨的研究较早, Compagno<sup>[5]</sup>在1984年总结了墨西哥湾区域镰状真鲨的生活习性; Ronquillo-Benitez<sup>[6]</sup>发现墨西哥湾镰状真鲨过度捕捞现象; Matsunaga等<sup>[7]</sup>研究了日本太平洋沿岸镰状真鲨的资源变动状况; Cadena-Cárdenas<sup>[8]</sup>等研究了镰状真鲨的繁殖习性; Oshitani等<sup>[1, 9-11]</sup>研究了太平洋中部和墨西哥湾的镰状真鲨的年龄和生长信息。由于远洋性数据收集困难, 中国对镰状真鲨的研究尚属空白, 本研究根据中国科学观察员在中西太平洋收集的镰状真鲨数据, 分析其种群组成、性比、性成熟期及怀仔情况等基础生物学信息, 为中国科学工作者后期开展鲨鱼生活史研究、资源评估及

收稿日期: 2017-06-03; 修回日期: 2017-08-28

基金项目: 上海大学生创新创业训练计划项目(201710); 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室开放基金(200908); 农业部远洋渔业观察员项目(08-25)

[Foundation: Innovation and Entrepreneurship Training Project Program for College Student in Shanghai, No. 201710; Open-end Fund of key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, No. 200908; Scientific Observer Program of Chinese Distant-water Fishery, No. 08-25]

作者简介: 丁朋朋(1994-), 女, 浙江人, 本科, 主要从事渔业资源评估工作, E-mail: 2908298004@qq.com; 高春霞, 通信作者, E-mail: cxgao@shou.edu.cn

养护管理策略提供基础数据支持,也显示出中国正在积极履行国际公约的决心,体现负责任渔业大国的形象。

## 1 材料和方法

### 1.1 调查时间和区域

2011年8月7日~2012年2月15日,共有4个金枪鱼延绳钓船次在太平洋海域作业(图1),船次1区域:6°27'N~7°01'S,150°25'E~171°05'E,船次2区域:0°37'N~6°48'N,149°16'E~163°31'E,船次3区域:0°34'N~7°45'N,148°60'E~162°00'E,船次4区域:8°15'S~6°37'N,162.7°E~150°00'W,调查区域主要集中在中西太平洋金枪鱼养护委员会管理区域(表1)。随船的科学观察员调查和记录镰状真鲨的数据,叉长用卷尺测量,精确到1cm;质量用磅秤称量,精

确到1kg。因船上条件有限,难以对叉长和质量做进一步精确测量。

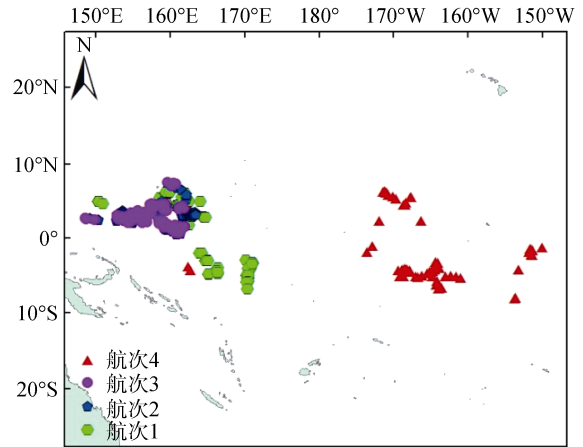


图1 采样区域  
Fig. 1 Sampling areas

表1 船次信息

Tab. 1 Vessels information

船次	作业时间(年-月-日)	经纬度范围	叉长范围(cm)	尾数(尾)
1	2011-08-07-2011-12-18	6°27'N~7°01'S, 150°25'E~171°05'E	50~201	332
2	2011-09-28-2012-02-15	0°37'N~6°48'N, 149°16'E~163°31'E	47~203	349
3	2011-10-04-2012-02-15	0°34'N~7°45'N, 148°60'E~162°00'E	50~262	411
4	2011-12-01-2012-02-12	8°15'S~6°37'N, 162.7°E~150°00'W	64~185	58

### 1.2 生物学观测

观察镰状真鲨的性别、性成熟度和胃含物等,并测量记录它们的叉长(Fork length,  $L_F$ )、鳍脚长度(Clasper length,  $L_C$ )、体质量(Body weigh,  $W_B$ )、肝质量(Liver weigh,  $W_L$ )、加工质量(去除头、尾和内脏后的重量, Processed weigh,  $W_P$ )等数据。摄食等级采用5级标准,分别为0级(空胃)、1级(胃内有少量食物,体积不超过胃腔的1/2)、2级(胃内食物较多,体积超过胃腔的1/2)、3级(胃内食物充满,但胃壁不膨胀)、4级(胃内食物饱满,胃壁膨胀凸出)。

### 1.3 数据分析方法

叉长分布以10cm为组距,绘制雌雄样本频率分布图,确定优势叉长组;采用Kolmogorov-Smirnov检验方法检验雌雄样本长度分布有无显著差异性, $t$ 检验雌雄样本的叉长均值有无显著性差异;单因素方差分析(Analysis of variance, ANOVA)检验多组样本的叉长均值有无显著性差异。

采用幂函数关系拟合叉长与体质量、加工质量

的关系:  $W=aL^b$ ,其中 $W$ 为质量(g), $L$ 为叉长(cm), $a$ , $b$ 为参数,并利用协方差分析(Analysis of covariance, ANCOVA)检验雌、雄样本叉长和质量的关系是否存在显著性差异。

性比=(雌性个体尾数/雄性个体尾数) $\times 100\%$ ,并采用 $\chi^2$ 检验判断性比是否符合1:1。

肝质量指数=肝质量/体质量

## 2 结果

### 2.1 叉长分布

4个船次共收集镰状真鲨样本1132尾,其中雄性574尾,雄性叉长范围47~221cm,平均值为118.9cm $\pm$ 38.3cm,优势叉长组为60~150cm,占雄性总样本的75.1%;雌性558尾,雌性叉长范围为51~262cm,平均值为124.3cm $\pm$ 41.1cm,优势叉长组为80~180cm,占总雌性样本的63.08%(图2)。

通过K-S检验,雌、雄样本分布不符合正态分布( $P<0.05$ );通过 $t$ 检验发现,雌雄样本叉长均值存在显著性差异( $P<0.05$ )。

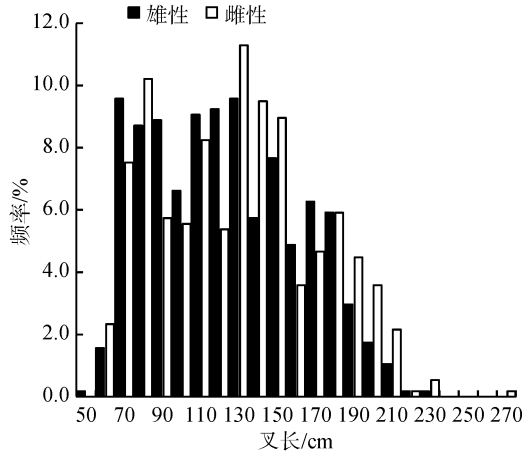


图 2 镰状真鲨叉长频率分布

Fig. 2 Fork-length frequency distribution of the silky shark

4 个商业性船次的调查时间从当年的 8 月至翌年的 2 月(表 2), 10 月~12 月调查采集样本量较多。8 月~11 月兼捕的雌性样本最大长度明显大于雄性; 12 月~翌年 2 月兼捕的雌雄样本最大长度基本一致。

利用单因素方差分析, 显示不同月份雌性的叉长均值有显著性差异( $F=7.924, P<0.01$ ), 而月份间两两比较发现, 个别月份间存在显著性差异, 8、9 月雌性叉长均值无差异, 与其余月份间有显著差异

( $P_{9-19-10, 9-11, 9-12}<0.01, P_{9-2}=0.027<0.05, P_{9-8}=0.370>0.05$ ); 10 月~翌年 2 月间无显著性差异(ANOVA,  $P=0.350>0.05$ )。雄性样本不同月份叉长分布存在方差不齐性, 故利用非参数检验中的多个独立样本 k-s 检验, 结果显示不同月份雄性分布有显著性差异( $P<0.01$ ), 对两两样本进行检验, 发现 1 月、8 月和 9 月间雄性分布没有差异, 10 月、11 月和 12 月间长度分布无差异( $P>0.05$ )。整体来看, 8 月和 9 月兼捕的镰状真鲨大个体数目相比其他月份来说要更多。

4 个船次在中西太平洋的调查范围按照经纬度差异可以分为中西太平洋东部海域与中西太平洋西部海域, 在中西太平洋东部海域的经度范围是  $148^{\circ}60'E\sim 171^{\circ}05'E$ , 中西太平洋西部海域的范围是  $150^{\circ}00'W\sim 172^{\circ}28'W$ (图 3)。中西太平洋东部海域兼捕镰状真鲨样本共 1 091 尾, 叉长范围是 47.0~262 cm, 平均值为  $121.34\text{ cm}\pm 39.92\text{ cm}$ ; 叉长优势组为 67~177 cm, 占总数的 87.44%; 中西太平洋西部海域兼捕样本共 58 尾, 叉长范围为 64~185cm, 平均值为  $124.95\text{ cm}\pm 36.65\text{ cm}$ , 叉长优势组为 81~168 cm, 占总数的 81.03%, 经  $t$  检验, 中西太平洋东部海域与中西太平洋西部海域的镰状真鲨叉长均值无显著性差异( $P=0.499>0.05$ )。

表 2 镰状真鲨各月份的叉长分布

Tab. 2 Monthly fork-length distributions for the silky shark

调查日期 (年-月)	雌性		平均值	雄性		平均值
	样本数量(尾)	叉长范围(cm)		样本数量(尾)	叉长范围(cm)	
2011-08	25	78~201	145.76	27	63~186	148.15
2011-09	49	71~195	154.51	61	47~187	134.07
2011-10	185	53~262	122.27	181	56~204	117.24
2011-11	136	51~220	116.93	112	55~203	108.26
2011-12	87	63~206	115.27	99	62~201	108.34
2012-01	46	65~208	120.67	48	59~221	130.33
2012-02	30	65~203	134.05	46	64~201	125.38

## 2.2 叉长-体质量的关系

镰状真鲨为远洋性大型中上层鱼类, 其质量数据的采集存在较大困难, 4 个船次共记录 65 尾雄性和 65 尾雌性镰状真鲨叉长、体质量数据, 经 ANCOVA 检验, 雌雄样本叉长-体质量关系无显著性差异(ANCOVA,  $P>0.05$ ), 因此将雌雄数据合并且拟合出叉长和体质量的关系为:  $W_R=9\times 10^{-6}\times L_F^{2.9712}(n=130, R^2=0.9253)$ , b 3, 镰状真鲨的生长呈匀速(图 4)。

## 2.3 叉长与加工质量的关系

4 个船次共记录 382 尾镰状真鲨的叉长、加工质量数据, 其中有雄性 207 尾、雌性 175 尾, 由此数据拟合出镰状真鲨的叉长和加工质量的幂函数关系, 雄性:  $W_p=2\times 10^{-5}\times L_F^{2.7962}(n=207, R^2=0.9467)$ ; 雌性:  $W_p=3\times 10^{-5}\times L_F^{2.6878}(n=175, R^2=0.9646)$ 。经 ANCOVA 检验, 雌雄样本叉长-加工质量关系没有显著性差异(ANCOVA,  $P=0.059>0.05$ ), 因此将雌雄数据合并且拟合出叉长和加工质量的关系为:  $W_p=2\times 10^{-5}\times$

$L_F^{22.7436}$  ( $n=382, R^2=0.9551$ ), 拟合效果较好(图 5)。

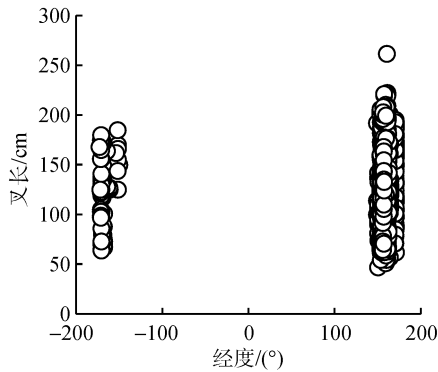


图 3 群体的叉长组成与经度的关系(东经为正值, 西经为负值)

Fig. 3 Relationship between fork-length distribution and longitude for the silky shark (Positive value indicates eastern latitude; negative value a western latitude)

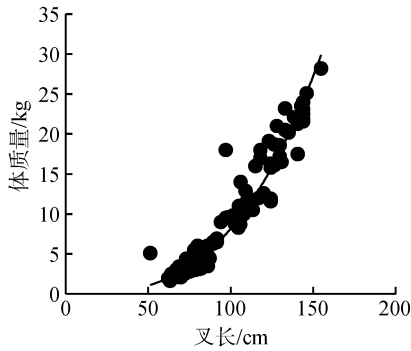


图 4 镰状真鲨叉长和体质量的关系

Fig. 4 Relationship between fork length and body weight of the silky shark

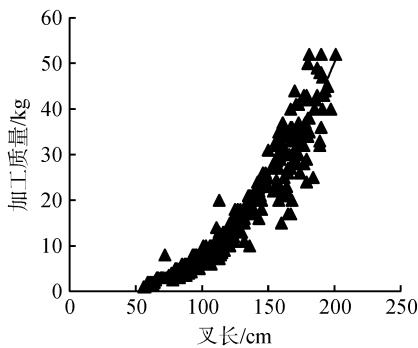


图 5 镰状真鲨叉长和加工质量的关系

Fig. 5 Relationship between fork length and processed weight of the silky shark

## 2.4 性比

4 个船次共收集镰状真鲨样品 1 150 尾(雄性 575 尾, 雌性 559 尾, 未鉴定 16 尾), 其中船次 1 区域共收集镰状真鲨样品 332 尾(雄性 175 尾, 雌性 152

尾, 未鉴定 5 尾), 船次 2 区域共收集镰状真鲨样品 349 尾(雄性 182 尾, 雌性 159 尾, 未鉴定 8 尾), 船次 3 区域共收集镰状真鲨样品 411 尾(雄性 183 尾, 雌性 225 尾, 未鉴定 3 尾), 船次 4 区域共收集镰状真鲨样品 58 尾(雄性 35 尾, 雌性 23 尾)。4 个船次的镰状真鲨样品的雌性占比分别为 0.87( $\chi^2$  检验,  $P=0.203>0.05$ )、0.87( $P=0.213>0.05$ )、1.23( $P=0.038<0.05$ )和 0.66( $P=0.115>0.05$ )。经卡方检验, 除船次 3 外, 其余船次镰状真鲨的性比都符合 1:1 的比例; 4 个船次的总样本比例符合 1:1。

## 2.5 性成熟状况

此次研究的 4 个船次中仅船次 3 和船次 4 开展了镰状真鲨的性成熟状况调查, 两个航次共记录 465 尾样本的性成熟状态, 其中雄性样本 225 尾, 其中未成熟个体 188 尾, 对应叉长范围为 55~195 cm, 平均值为 112.53 cm; 性成熟个体 37 尾, 对应叉长范围 156~221 cm, 平均值为 184.49 cm。雌性样本 240 尾, 其中未成熟个体 186 尾, 对应叉长范围为 51~176 cm, 平均值为 114.54 cm; 性成熟个体 54 尾, 对应叉长范围为 148~262 cm, 平均值为 192.79 cm。

## 2.6 性成熟与肝质量指数的关系

调查记录了 356 尾镰状真鲨样本, 雄性为 166 尾, 肝质量范围为 0.035~3.8 kg, 平均值为 0.674 8 kg; 雌性为 190 尾, 肝质量范围为 0.03~3.72 kg, 平均值为 0.6917 kg。肝质量指数是鱼类肝脏质量占总重的比例, 雄性肝质量指数范围为 1.38~32.14, 平均值为 4.06, 雌性镰状真鲨肝质量指数范围为 0.85~32.33, 平均肝质量指数为 3.57。成熟雄性镰状真鲨肝质量指数范围为 1.81~5.85, 平均肝质量指数为 3.41; 未成熟雄性的肝重指数为 1.67~32.14, 平均肝质量指数为 4.22; 成熟雌性镰状真鲨肝质量指数范围为 1.57~5.25, 平均肝质量指数为 3.47, 未成熟肝质量指数范围为 1.40~32.33, 平均肝质量指数为 3.65(表 3), 未成熟个体的肝质量指数高于成熟个体。

## 2.7 鳍脚长度与叉长的关系

记录了 529 尾雄性镰状真鲨的鳍脚长度, 鳍脚长度的平均值为 10.65 cm, 范围为 2~32cm, 鳍脚长度  $L_C$  与叉长  $L_F$  存在一定线性关系。随着叉长的增加, 镰状真鲨的鳍脚长度相应增加, 线性方程为:  $L_C=0.1492 \times L_F - 6.5$  ( $n=529, R^2=0.7089$ )(图 6), 通过相关性分析发现, 鳍脚长度和叉长呈显著相关性( $P<0.05$ )。

表 3 雌、雄镰状真鲨肝质量及肝质量指数

Tab. 3 Liver weight and Hepatosomatic index for male and female silky sharks

性别	样本数(尾)	肝质量(kg)		肝质量指数	
		范围	均值	范围	均值
雄性	166	0.035~3.8	0.6748	1.38~32.14	4.06
雌性	190	0.03~3.72	0.6917	0.85~32.33	3.57

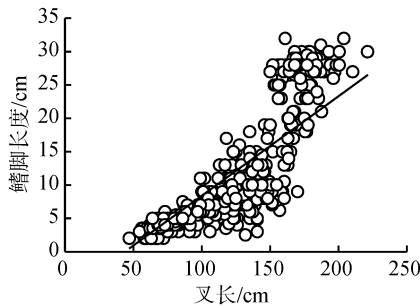


图 6 镰状真鲨鳍脚长度与叉长的关系

Fig. 6 Relationship of clasper length and fork length for the silky shark

### 2.8 怀仔数量及仔性比

观察员共观测 18 尾怀孕雌性镰状真鲨的怀仔情况, 怀孕镰状真鲨的叉长范围 140~262cm, 怀仔数量为 4~15 尾, 平均怀仔数为 8 尾; 其中有 14 尾镰状真鲨的怀仔数不多于 10 尾, 占总数的 64.19%, 4 尾镰状真鲨怀 12~15 尾仔不等, 占总数的 35.81%。图 6 是镰状真鲨怀仔数量与母体长度的关系, 经 Pearson 相关分析, 显示两者相关性较弱(图 7,  $P=0.25>0.05$ )。

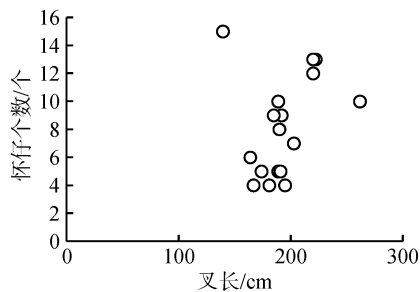


图 7 雌性镰状真鲨怀仔数与叉长的关系

Fig. 7 Relationship between fork length and litter size of female silky sharks

观察其中 13 尾雌性镰状真鲨的子宫内雌雄胚胎情况, 共观察到雌性幼仔数目为 38 尾, 雄性幼仔数为 48 尾, 雌雄性胎几个数比为 0.80 : 1, 符合 1 : 1 的比例( $\chi^2$  检验,  $P=0.332>0.05$ ); 对每一尾怀仔镰状真鲨的雌雄怀仔性比进行分析, 结果显示怀仔雌雄性的变化范围为 4 : 0~1 : 4, 雌雄数目不一, 未见明显

趋势。测量子宫内雌性胚胎的长度范围为 26~56 cm, 平均长度为 41.03 cm; 子宫内雄性胚胎的长度范围为 24~56 cm, 平均长度为 38.40 cm, 子宫内胚胎的雌性均值长度稍大于雄性的长度, 但差异不显著(表 4,  $P>0.05$ )。

表 4 镰状真鲨的怀仔数

Tab. 4 Litter size of silky sharks

子宫内 胚胎性别	怀仔数 (尾)	长度(cm)	
		范围(cm)	均值(cm)
雄性	48	24~56	38.40
雌性	38	26~56	41.03

### 2.9 摄食等级

观察样本的胃饱满度, 主要摄食等级为 0~4 级, 其中以 0 级为主, 其次为 1 级, 共占总数的 86.84%; 2~3 级所占比例较小, 4 级所占的最少(表 5)。通过对样本的胃含物观察, 发现镰状真鲨胃里有未被消化的鱿鱼(*Ommastrephes bartrami*)嘴和眼以及残缺的沙丁鱼(*Sardina melamosticta*)。

表 5 镰状真鲨摄食等级组成比例

Tab.5 Feeding level proportions of the silky shark

项目	0	1	2	3	4	总和
尾数(尾)	248	168	47	15	1	479
百分比(%)	51.77	35.07	9.81	3.13	0.209	100

## 3 讨论

镰状真鲨是大洋性延绳钓渔业的重要兼捕种类, 在海洋生态系统中地位至关重要, 对公海鲨鱼资源的评估、管理和养护是中国作为渔业大国不可推卸的责任。伴随着近年来国际渔业管理组织及濒危野生动植物国际贸易公约对鲨鱼资源不断提升的重视程度, 中国远洋渔业研究者有必要进一步加强鲨鱼资源的研究。大洋性样本本身存在采样困难的客观因素, 并且样本采集多来自于商业性调查, 限制性较大, 这都在一定程度上阻碍了对远洋性种类的

研究。作为海洋生态系统中的顶级捕食者,鲨鱼一旦出现严重的资源衰退,必然会引起整个海洋生态系统失衡,因此对鲨鱼开展各类研究都具有十分重要的意义。本研究基于商业性延绳钓渔船的兼捕数据,开展镰状真鲨的生物学特征研究,不仅填补了国内的空白,同时也更新了中西太平洋镰状真鲨的生物学信息,为后续的进一步研究奠定良好的基础。

### 3.1 长度分布特征

通过  $t$  检验发现中西太平洋雌、雄样本叉长均值呈显著性差异,雌性均值大于雄性;分别对 4 个船次样本的长度数据进行检验,同样发现雌性样本叉长平均值大于雄性。根据镰状真鲨的长度变换公式<sup>[12]</sup>,计算本研究中镰状真鲨的全长范围为 59~319 cm, Shouu-Jeng 等<sup>[12]</sup>根据 von Bertalanffy 方程估算台湾东北部调查镰状真鲨的渐近全长为 332 cm; Oshitani 等<sup>[1]</sup>通过年龄鉴定确定太平洋中部的镰状真鲨的渐近全长为 288 cm; 在墨西哥湾西北部, Branstetter<sup>[10]</sup>研究认为镰状真鲨的渐近全长为 291 cm; Varghese 等<sup>[13]</sup>研究东阿拉伯海域镰状真鲨的渐近全长为 309.80 cm。这一系列的研究结果显示,本研究中样本长度分布均匀,大小个体都有,同时 Oshitani 等<sup>[1]</sup>发现通过年龄鉴定估算的渐近长度存在低估的现象,有可能是采样不均匀,样本普遍偏小导致鉴定低估现象。

商业性延绳钓的 4 个船次调查时间集中在当年的 8 月~翌年 2 月,不同月份兼捕到的镰状真鲨具有差异性,兼捕量最多的是 10~12 月,此段时间延绳钓为捕获目标鱼种金枪鱼,加大投钩数量,导致鲨鱼的兼捕量上升。如何减少鲨鱼兼捕、开展减少兼捕的有效措施研究在目前国际鲨鱼资源保护上有重要意义<sup>[14]</sup>。通过对镰状真鲨的时空分布特征进行研究,发现在 8、9 月兼捕的样本叉长要高于其他月份,因此不难看出 10~12 月高强度的捕捞增加了小个体的兼捕率,不利于资源的养护。通过对镰状真鲨叉长与经纬度关系的研究发现,镰状真鲨在研究海域中分布较均匀,虽然在东部海域有兼捕到大个体,但这是因为样本量较大的缘故。

### 3.2 性成熟特征

本研究中记录的性成熟数据主要来源于航次 3,共记录 365 尾镰状真鲨个体,其中达到性成熟的个体仅 34 尾,未成熟个体数目与成熟个体数目比例为 0.093 : 1。通过调查,不难发现本次研究的中西太平洋海域兼捕到的镰状真鲨多为未成熟个体,这需要

考虑到小个体的捕捞率本身就比大个体高,同时鲨鱼具有性成熟晚的特征。研究发现雌性达到性成熟的最小全长为 181.44 cm,平均值为 235.64 cm; Strasburg 等<sup>[15]</sup>研究太平洋中部镰状真鲨的雌性性成熟全长为 238~250 cm; Oshitani 等<sup>[1]</sup>认为太平洋雌性性成熟全长为 193~200 cm,本研究结果与上述研究趋势一致。

### 3.3 性比

本次研究对 1 150 尾镰状真鲨样本的性比进行了分析,经卡方检验符合 1 : 1 的比例。纵观船次 1、2 和 4 的雄性数目都多于雌性,而船次 3 的雌性数目多于雄性,这种随机性的性别比可能反映的是海域内物种的性别比,也可能是延绳钓商业性渔船的随机兼捕。然而,从总数据来看,中西太平洋镰状真鲨的雌雄性比符合 1 : 1,但为保证研究的精确性,仍需进一步的收集更多的数据资料来证明。

### 3.4 怀仔状况

观察员共观测了 18 尾雌性镰状真鲨的怀仔情况,怀仔镰状真鲨对应叉长长度范围为 164~262 cm,太平洋中部怀仔的镰状真鲨的叉长为 202~208 cm<sup>[15]</sup>,在南太平洋海域,怀仔镰状真鲨的叉长为 238~250 cm<sup>[16]</sup>,墨西哥湾怀仔镰状真鲨叉长为 232~245 cm<sup>[11]</sup>。与其他研究相比,本研究怀仔的镰状真鲨叉长范围较大,最小的怀仔镰状真鲨的叉长为 164 cm,比其他海域怀仔叉长最小值小 38 cm,怀仔亲体最大叉长与其他海域基本相似。本次研究的 18 尾怀仔镰状真鲨样本中,平均怀仔数为 8 尾,怀仔数量为 4~15 尾,雌雄胎儿比例符合 1 : 1; 子宫内胚胎的长度范围为 24~56 cm,雌雄平均长度分别为 41.03、38.40 cm; Alejo-Plata 等<sup>[17]</sup>在太平洋的瓦哈卡州海岸记录了 58 尾镰状真鲨,其中平均怀仔数量是 7 尾,怀仔数量为 3~14 尾,胚胎的长度范围为 10~66 cm,其研究结果与本研究结果几乎一致。

本研究中调查镰状真鲨最大胚胎全长为 56 cm,兼捕到的镰状真鲨幼鲨个体叉长范围为 47~64 cm (全长范围 59.23~79.80 cm),因此可以确定镰状真鲨的出生全长大约到 59 cm 左右, Oshitani 等<sup>[1]</sup>研究的出生全长范围为 65~81 cm, Bonfil 等<sup>[11]</sup>研究的北大西洋出生全长范围为 75~80 cm,研究结果基本一致。

### 3.5 胃含物初步分析

本研究对镰状真鲨的胃含物进行初步分析,发

现其空胃率比例较高, 占总数的 51.77%, 其次是 1 级(胃内有少量食物, 体积不超过胃腔的 1/2), 占总数的 35.07%, 两者共占总数的 86.84%, 而 4 级(胃内食物饱满, 胃壁膨胀凸出)仅占总数的 0.21%, 造成这种差异的原因可能是镰状真鲨在不同的生长时期摄食能力不同, 也可能与延绳钓的作业方式有关, 收钩的时候可能会出现将其胃钩破的情况, 从而造成观察员难以评判胃含物, 或者是该海域的生境状况较差, 镰状真鲨的食物种类和数量都比较少, 对镰状真鲨的食性分析尚需收集更多的胃含物样本做进一步分析。

## 参考文献:

- [1] Oshitani S, Nakano H, Tanaka S. Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis*, from the Pacific Ocean[J]. Fisheries Science, 2010, 69(3): 456-464.
- [2] Clarke S C, Magnussen J E, Abercrombie D L, et al. Identification of shark species composition and proportion in the Hong Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records[J]. Conservation Biology the Journal of the Society for Conservation Biology, 2010, 20(1): 201-211.
- [3] Holden M J. Fish populations dynamics[M]. New York: John Logos, 1977: 187-215.
- [4] Fowler S L, Cavanagh R D, Camhi M, et al. Sharks, rays and chimaeras: The status of the chondrichthyan fishes[J]. New Outlook for the Blind, 2005: N/A.
- [5] Compagno L J V. Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date[M]. Rome, Italy : Food & Agriculture Organization of the United Nations, 1983: 4.
- [6] Ronquillo-Benítez K. Fisheries and biology of silky shark *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) in the Gulf of Tehuantepec, Chiapas, México[M]. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 1999: 90.
- [7] Matsunaga H, Nakano H. Species composition and CPUE of pelagic sharks caught by Japanese longline research and training vessels in the Pacific Ocean[J]. Fisheries Science, 2008, 64(1): 16-22.
- [8] Cadena-Cárdenas L. Reproduction of *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Carcharhinidae), in the Gulf of California[M]. Mexico: Universidad Autónoma de Baja California Sur, Ciencias del Mar, 2001: 68.
- [9] Branstetter S, McEachran D. Indo Pacific Fish Biology[M]. Tokyo: Texas A & M University, 1986: 361-371.
- [10] Branstetter S. Age, growth and reproductive biology of the silky shark, *Carcharhinus falciformis*, and the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from the northwestern Gulf of Mexico[J]. Environmental Biology of Fishes, 1987, 19(3): 161-173.
- [11] Bonfil R, Mena R, de Anda D. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, from the Campeche Bank, Mexico[R]. Washington: NOAA Technology Report NMFS, 1993, 115: 73-86.
- [12] Shouu-JengJoung a, Che-TsungChenb, Hsian-Hau Lee a. Age, growth, and reproduction of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, in northeastern Taiwan waters.[J]. Fisheries Research, 2008, 90(1): 78-85.
- [13] Varghese S P, Gulati D K, Unnikrishnan N, et al. Biological aspects of silky shark *Carcharhinus falciformis* in the eastern Arabian Sea[J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2016, 96(7): 1437-1447.
- [14] 宋利明, 刘海阳, 谢凯, 等. 海洋环境因子和渔具对吉尔伯特群岛海域镰状真鲨误捕率的影响[J]. 水产学报, 2015, 39(1): 147-159.
- Song Liming, Liu Haiyang, Xie Kai, et al . Marine environment factor and fishing gear for the waters near Gilbert Islands silky sharks accidentally caught rate[J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(1): 147-159.
- [15] Strasburg D W. Distribution, abundance, and habits of pelagic sharks in the central Pacific Ocean[J]. Fishery bulletin, 1958, 138(58): 335-360.
- [16] Stevens J D. Biological observations on sharks caught by sport fishermen off New South Wales[J]. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 1984, 35: 573-590.
- [17] Alejo-Plata M D, Ahumada-Sempoal M A, Gomez-Marquez J L, et al. Population structure and reproductive characteristics of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Muller & Henle, 1839) (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) off the coast of Oaxaca, Mexico[J]. Latin American Journal of Aquatic Research, 2016, 44(3): 513-524.

# Preliminary study of biological information for silky shark in the Western and Central Pacific Ocean

DING Peng-peng<sup>1</sup>, DAI Xiao-jie<sup>1, 2, 3, 4</sup>, GAO Chun-xia<sup>1, 2, 3, 4</sup>, WU Feng<sup>1, 2, 3, 4</sup>, WANG Teng<sup>1</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai 201306, China; 3. National Data Centre for Distant-water Fisheries of China, Shanghai 201306, China; 4. The key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Shanghai 201306, China)

**Received:** Jun. 3, 2017

**Key words:** Silky shark; biological characteristics; Western and Central Pacific Ocean

**Abstract:** The silky shark, *Carcharhinus falciformis*, is a common bycatch species in the tuna longline fishery. As one of the main species in the oceanic food web, the silky shark plays an important role in maintaining the stability and diversity of the marine ecosystem. Silky sharks were listed as an endangered species in Appendix-II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora published on October 1, 2017. In this study, to examine the fork length, body weight, reproduction, and feeding behavior of silky sharks, China's national tuna fisheries observers collected 1 150 specimens from the central and western Pacific Ocean (7°S–9°N, 149°E–150°W). The analysis results show the following: (1) The dominant fork length of males and females was 60–150 cm and 80–180 cm, respectively. The mean female fork length was significantly larger than that of males; (2) There is no significant difference in the relationship between the fork length and round weight of male and female silky sharks (ANCOVA,  $P > 0.05$ ), and this relationship can be expressed as  $W_R = 9 \times 10^{-6} \times L_F^{2.9712}$ ; (3) The captured female–male ratio was almost 1 : 1; (4) The relationship between clasper length and fork length in the silky shark can be expressed by  $L_C = 0.1492 \times L_F - 6.5$ ; (5) The number of embryos per litter ranged between 4–15 embryos, the average number of embryos was 8, and the total length of the embryos ranged between 24–56 cm; (6) The dominant feeding grade is level 0, followed by 1, which account for 51.77% and 35.07%, respectively.

(本文编辑: 谭雪静)