

北太平洋金枪鱼延绳钓钩垂直分布及浸泡时间对渔获物的影响

党莹超, 戴小杰, 吴峰

(上海海洋大学海洋科学学院/远洋渔业协同创新中心/国家远洋渔业工程技术研究中心/
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)

摘要: 根据中国金枪鱼延绳钓渔业观察员于 2018 年 9—12 月在北太平洋公海 (150°W—164°W, 30°N—37°N) 采集的金枪鱼延绳钓渔获数据, 分析了钓钩的垂直分布及浸泡时间与渔获物之间的关系。结果表明, 11 种主要渔获物钓获深度差异很大, 鲣 (*Katsuwonus pelamis*) 的平均钓获深度最浅, 大青鲨 (*Prionace glauca*) 最深; 除大青鲨和帆蜥鱼 (*Alepisaurus ferox*) 外, 其他兼捕鱼类的钓钩深度分布与大眼金枪鱼 (*Thunnus obesus*, 目标鱼种) 之间差异显著; 随着浸泡时间的增加, 总渔获率呈先增加后下降的趋势, 10~14 h 内渔获率较高, 且在第 10 小时达到峰值 [$1.44 \text{ 尾} \cdot (\text{千钩} \cdot \text{h})^{-1}$]; 浸泡时间在 10~16 h 内大眼金枪鱼的渔获率较高, 且在第 11 小时达到峰值 [$0.45 \text{ 尾} \cdot (\text{千钩} \cdot \text{h})^{-1}$]。研究结果可为渔业生产和 CPUE 的标准化提供参考, 为制定有效减少兼捕鱼种的管理措施提供科学依据。

关键词: 金枪鱼延绳钓; 垂直分布; 浸泡时间; 渔获物; 北太平洋

中图分类号: S 971

文献标志码: A

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Effects of vertical distribution and soaking time of tuna longline fishing hooks on catches in North Pacific

DANG Yingchao, DAI Xiaojie, WU Feng

(College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University/Collaborative Innovation Center for Distant-Water Fisheries/National Engineering Research Center for Distant-Water Fisheries/Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China)

Abstract: We investigated the relationship between vertical distribution and soaking time of hooks and catches collected in the North Pacific (150°W—164°W, 30°N—37°N) from September to December 2018 by the Chinese Longline Fisheries Observer Programme. The results show that the depth ranges of 11 main species were different. The species with the shallowest and deepest depths were *Katsuwonus pelamis* and *Prionace glauca*, respectively. Except for *Prionace glauca* and *Alepisaurus ferox*, the mean depth and depth distributions of bycatch species were significantly different from those of the targeted *Thunnus obesus*. With the increase of soaking time, the total catch rate firstly increased and then decreased. Besides, it was higher in 10~14 h, which reached the maximum value at 10th hour [$1.44 \text{ ind} \cdot (\text{1 000 hooks} \cdot \text{h})^{-1}$]. The catch rate of bigeye tuna was higher in 10~16 h, which reached the maximum value at 11th hour [$0.45 \text{ ind} \cdot (\text{1 000 hooks} \cdot \text{h})^{-1}$]. The results provide references for the fishing strategy and catch per unit effort (CPUE) standardization as well as formulating effective management measures to reduce the bycatch species.

Key words: Tuna longline; Vertical distribution; Soaking time; Catches; North Pacific

收稿日期: 2019-12-09; 修回日期: 2020-02-12

资助项目: 浙江省 2018 年远洋渔业金枪鱼探捕项目 (SZGXZS2018020); 农业农村部远洋渔业观察员项目 (08-25)

作者简介: 党莹超 (1994—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源。E-mail: 1659304673@qq.com

通信作者: 戴小杰 (1966—), 男, 博士, 教授, 从事渔业资源评估、渔业生态学研究。E-mail: xjdai@shou.edu.cn

兼捕物种作为海洋生态系统中不可缺少的部分, 在食物链和食物网中的作用不容小觑^[1]。在金枪鱼延绳钓渔业中, 兼捕问题已逐渐受到重视^[2]。延绳钓渔获率除受时空分布和海洋环境的影响外, 也受钓钩的垂直分布及浸泡时间的影响^[3]。Boggs等^[3]研究显示, 延绳钓各渔获物种均有自己喜好的运动水层, 合理配置钓钩深度可提高目标鱼种捕获率, 并能有效缓解兼捕问题。另外, 刘莉莉等^[4]研究显示, 渔获率随着浸泡用时呈现波动式增长的动态响应。因此, 研究钓钩垂直分布及浸泡时间对渔获物的影响, 不仅可了解各渔获物的垂直分布结构特征, 加深对海洋生态系统结构的认识^[1], 也可指导渔业捕捞生产, 并为制定有效降低兼捕率的渔业管理措施提供参考依据^[5]。本文利用中国金枪鱼延绳钓渔业观察员于2018年9—12月在北太平洋海域采集的渔业生产数据, 分析了延绳钓钓钩垂直分布差异及浸泡时间对渔获物的影响, 这是国内外首次就钓钩垂直分布差异及浸泡时间对北太平洋金枪鱼延绳钓渔获种类的影响开展研究。

1 材料与方法

1.1 海上调查

调查船“平太荣88号”, 为超低温金枪鱼延绳钓船。该船总长44.12 m, 型宽7.70 m, 型深3.90 m, 总吨位498 t, 净吨204 t, 主机功率928 kW, 超低温冻舱容量78 t。调查时间为2018年9—12月。调查海域为北太平洋海域(150°W—164°W, 30°N—37°N), 调查站点分布见图1。

1.2 数据采集

渔船作业期间记录的主要参数有下钩起止时间、下钩轨迹的中心位置(经纬度坐标)、起钩起止

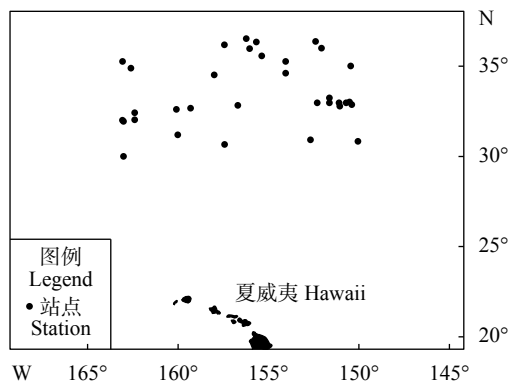


图1 调查站点分布

Figure 1 Distribution of survey stations

时间、单筐钩数、总筐数、总钩数、捕捞产量。渔获物上甲板后进行物种鉴定, 再按“海洋调查规范(GB/T 12763.6—2007)”方法, 使用卷尺(精度1.0 mm)和杆秤(精度1 kg)随机测定上钩渔获物的叉长(FL, cm)、两背鳍间距(L_{D1D2} , cm)、吻段至第一背鳍间距(LTD, cm)和体质量(W , kg)等生物学信息^[6]。

投绳过程中平均船速7.6 kn, 平均投绳速度为 $5.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 作业渔具配置主要为两浮球间主绳长918 m(支绳数26, 支绳间距34 m), 浮绳长25 m, 支绳长22 m, 平均每次投钩3 767枚。投钩的起止时间通常为4:00—10:00, 持续6 h; 起钩的起止时间通常为13:00—次日3:00, 持续14 h。钓钩在水中浸泡时间(精度1 h)由观察员在海上记录每筐的投钩和起钩时间所得。

1.3 数据处理

1.3.1 渔获组成 采用相对多度(Relative density, RD)对渔获物进行研究分析, 其计算公式为:

$$RD = N_i / N \times 100\% \quad (1)$$

式中 N_i 为第 i 种鱼的渔获尾数; N 为总渔获尾数。

1.3.2 钓钩浸泡时间

$$T_f = T_{f起} - T_{F投} \quad (2)$$

式中 T_f 为钓钩 f 的浸泡时间; $T_{f起}$ 为钓钩 f 起钩时的时间; F 为钓钩 f 对应筐数; $T_{F投}$ 为 F 筐钓钩投钩开始时的时间。

1.3.3 钓钩深度计算 延绳钓渔船钓钩的理论深度根据悬链线公式进行计算^[7], 假设在作业过程中两支线间的距离保持不变, 计算公式为:

$$D_k = I + B + L/2 \left[\sqrt{1 + \cot^2 \gamma} - \sqrt{(2 \times k / (Z + 1) - 1)^2 + \cot^2 \gamma} \right] \quad (3)$$

$$\lambda = H/L = \cot \gamma \times \sinh^{-1}(\tan \gamma) = \cot \gamma \times \ln(\tan \gamma + \sec \gamma) \quad (4)$$

$$L = (Z + 1) \times S \quad (5)$$

$$H = S/V(Z + 1) \times V_b \quad (6)$$

式中 D_k 为钓钩理论深度(m); I 为浮绳长度(m); B 为支线长度(m); L 为两浮子间的主绳长度; Z 为每筐支线数, 共26个; γ 为干线支承点上切线与水平面的交角(°); λ 为短缩率(两个连续浮球间的水平距离与其间的主绳长度的比值); S 为两相邻支线间的主绳长度(m); H 为两相邻浮子之间的水平距离(m); V_s 和 V_b 分别为投绳速度和船速($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)。

由式(4)—(6)计算出 $\tan\alpha$, 将其代入式(3), 最后得出各个钓钩的理论深度。钓钩在实际状况下, 会受到海水浮力、海流、流速等多方面的影响, 其钓钩的实际深度往往会比理论深度要浅。依以往研究经验^[8], 通常采用上浮率(钓钩的上浮深度与理论深度的比值)来修正理论深度。以往研究显示, 北太平洋海域上浮率一般介于30%~46%^[3,9], 本研究中假设上浮率为30%。

2 结果

2.1 渔获物组成

本次调查共捕获2 000尾, 涉及22种渔获物, 其中金枪鱼鱼类和类金枪鱼类7种, 软骨鱼

类5种, 其他鱼类10种。大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)数量占总渔获的比例最高(38.15%); 其次分别为长鳍金枪鱼(*T. alalunga*, 24.15%)、斑点月鱼(*Lampris guttatus*, 13.85%)、帆蜥鱼(*Alepisaurus ferox*, 4.9%)、黄鳍金枪鱼(*T. albacares*, 4.1%)等(表1)。

2.2 渔获深度分布

2.2.1 钓钩深度分布范围 延绳钓作业过程中, 每筐内有2枚钓钩的理论深度相同, 由悬链线公式得出的各钓钩理论深度为77~332 m, 经过上浮率修正, 得到各钓钩的估算深度为54.0~232.1 m(表2)。本文仅对相对多度在0.5%以上的11种渔获物进行研究, 其中金枪鱼类4种, 分别是大眼金枪鱼、长鳍金枪鱼、黄鳍金枪鱼和鲣(*Katsuwonus*

表1 北太平洋海域渔获种类组成及其所占比例
Table 1 Composition and proportion of catches in North Pacific

类别 Type	种类 Species	代码 Code	尾数 Number of individuals	相对多度 Relative density/%
金枪鱼类 Tuna	大眼金枪鱼 <i>Thunnus obesus</i>	BET	763	38.15
	长鳍金枪鱼 <i>T. alalunga</i>	ALB	483	24.15
	黄鳍金枪鱼 <i>T. albacares</i>	YFT	82	4.10
	鲣 <i>Katsuwonus pelamis</i>	SKJ	40	2.00
鲨鱼类 Sharks	大青鲨 <i>Prionace glauca</i>	BSH	53	2.65
	鳄鲨 <i>Pseudocarcharias kamoharai</i>	PSK	2	0.10
	直翅真鲨 <i>Carcharhinus galapagensis</i>	CCG	1	0.05
	鼬鲨 <i>Galeocerdo cuvier</i>	TTG	1	0.05
	尖吻鲭鲨 <i>Isurus oxyrinchus</i>	SMA	2	0.10
类金枪鱼类 Tuna-like	条纹四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus audax</i>	MLS	15	0.75
	剑鱼 <i>Xiphias gladius</i>	SWO	8	0.40
	沙氏刺鲛 <i>Acanthocybium solandri</i>	WAH	70	3.50
其他 Others	凹尾长鳍乌鲂 <i>Taractichthys steindachneri</i>	TST	20	1.00
	红棱魴 <i>Taractes rubescens</i>	TCR	2	0.10
	异鳞蛇鲭 <i>Lepidocybium flavobrunneum</i>	LEC	13	0.65
	紫魴 <i>Pteroplatytrygon violacea</i>	PLS	1	0.05
	帆蜥鱼 <i>Alepisaurus ferox</i>	ALX	98	4.90
	翻车鲀 <i>Mola mola</i>	MOX	1	0.05
	福氏粗鳍鱼 <i>Trachipterus fukuzakii</i>	TRP	1	0.05
	蛇鲭 <i>Gempylus serpens</i>	GES	1	0.05
	鲛鳅 <i>Coryphaena hippurus</i>	DOL	66	3.30
	斑点月鱼 <i>Lampris guttatus</i>	LAG	277	13.85
	总计 Sum			2 000

表2 延绳钓各钩钩的估算深度
Table 2 Predicted depth of hooks from No.1 to No.13

深度 Depth	钩号 Hook No.												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
理论值 Theoretical	77.0	107.0	136.0	164.0	191.0	218.0	242.0	265.0	285.0	303.0	317.0	326.0	332.0
估算值 Estimated	54.0	74.8	95.1	114.9	134.0	152.3	169.5	185.4	199.6	211.9	221.7	228.5	232.1

pelamis); 鲨鱼类 1 种, 为大青鲨 (*Prionace glauca*); 类金枪鱼类 2 种, 分别为旗鱼类中的条纹四鳍旗鱼 (*Tetrapturus audax*) 和沙氏刺鲋 (*Acanthocybium solandri*); 其他种类 4 种, 分别为凹尾长鳍乌鲂 (*Taractichthys steindachneri*)、帆蜥鱼、鲛鳅 (*Coryphaena hippurus*) 和斑点月鱼 (表 1)。

对 11 种主要渔获种类的钓钩深度进行研究发
发现, 鲛的平均钓获深度最浅 (100.5 m), 而大青鲨
的最深, 达 158.7 m (表 3)。分析箱线图 (图 2)
发现, 这 11 种主要渔获种类的钓钩深度范围存在明
显差异。黄鳍金枪鱼、条纹四鳍旗鱼和帆蜥鱼的
钓获深度分布范围较大, 长鳍金枪鱼、鲛和斑点月
鱼的钓获深度分布范围小; 长鳍金枪鱼、鲛和斑点
月鱼的钓获深度分布范围相似, 钓获深度中值也相
似; 长鳍金枪鱼与黄鳍金枪鱼和沙氏刺鲋的钓获
深度中值很相似, 但钓获深度范围与它们存在差
异; 黄鳍金枪鱼与沙氏刺鲋的钓获深度范围及钓
获深度中值都很相似; 大眼金枪鱼和大青鲨的
钓获深度分布范围相似, 但钓获深度的中值存在
差异; 大眼金

枪鱼和帆蜥鱼的钓获深度中值相似, 但钓获深度范
围存在差异; 大青鲨、大眼金枪鱼和帆蜥鱼的
钓获深度中值最深; 条纹四鳍旗鱼的钓获深度中
值最浅。对兼捕鱼类与大眼金枪鱼进行双样本
K-S 检验表明, 除大青鲨和帆蜥鱼外, 其他兼
捕鱼类的钓钩深度分布与大眼金枪鱼的钓钩深
度之间呈显著性差异 ($P < 0.1$, 表 4)。

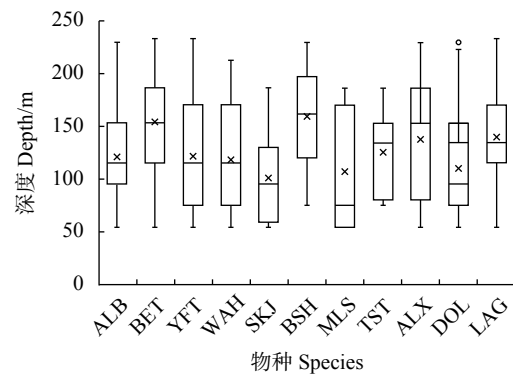


图2 北太平洋水域11种主要渔获种类钓获深度分布箱线图
物种代码参见表 1; 箱图中间线表示深度中值; ×. 平均值
Figure 2 Boxplot of depth ranges for 11 fish species captured
by longline in North Pacific

See Table 1 for species code. The center line is the median depth; ×. Mean

表3 北太平洋海域11种主要渔获种类的钓获深度
Table 3 Depth ranges for 11 fish species captured in
North Pacific

种类 Species	最小 Minimum	最大 Maximum	平均 Mean
大眼金枪鱼 <i>Thunnus obesus</i>	54.0	232.1	154.6
长鳍金枪鱼 <i>T. alalunga</i>	54.0	228.5	120.7
黄鳍金枪鱼 <i>T. albacares</i>	54.0	228.5	121.5
沙氏刺鲋 <i>Acanthocybium solandri</i>	54.0	211.9	117.8
鲛 <i>Katsuwonus pelamis</i>	54.0	185.4	100.5
大青鲨 <i>Prionace glauca</i>	74.8	228.5	158.7
条纹四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus audax</i>	54.0	185.4	106.9
凹尾长鳍乌鲂 <i>Taractichthys steindachneri</i>	74.8	185.4	124.7
帆蜥鱼 <i>Alepisaurus ferrox</i>	54.0	228.5	137.3
鲛鳅 <i>Coryphaena hippurus</i>	54.0	228.5	109.5
斑点月鱼 <i>Lampris guttatus</i>	54.0	232.1	138.8

2.2.2 渔获物垂直分布结构 利用对渔获物在各
钩位的钓获尾数及各钩钩估算深度的分析, 推测出
高渔获量水层。本研究共随机记录了 1 443 个钩
位, 其中大眼金枪鱼在第 6 号钩钩渔获量最大, 对
应深度为 152.3 m; 长鳍金枪鱼在第 3 号钩钩渔
获量最大, 对应深度为 95.1 m; 黄鳍金枪鱼、
鲛、条纹四鳍旗鱼和鲛鳅均第 1 号钩钩渔获量
最大, 对应深度为 54.0 m; 沙氏刺鲋第 7 号钩
钩渔获量最大, 对应深度为 169.5 m; 大青鲨
在第 6 号钩钩渔获量最大, 对应深度为 152.3 m;
凹尾长鳍乌鲂在第 2 号钩钩渔获量最大, 对应
深度为 74.8 m; 帆蜥鱼在第 3 号钩钩渔获量最
大, 对应深度为 95.1 m; 斑点月鱼在第 4 号钩
钩渔获量最大, 对应深度为 114.9 m; 黄鳍金
枪鱼、鲛、条纹四鳍旗鱼和鲛鳅

表4 兼捕鱼种与大眼金枪鱼的钓获深度分布中值和深度分布函数差异性检验

Table 4 P-values for testing differences in median depth and depth distribution between bycatch species and *T. obesus* in North Pacific

兼捕鱼种 Bycatch species	Wilcoxon秩和检验 P Wilcoxon test for median depth	双样本K-S检验 P Two-sample K-S test for depth distribution
长鳍金枪鱼 <i>Thunnus alalunga</i>	2.362×10^{-10}	1.897×10^{-34}
黄鳍金枪鱼 <i>T. albacares</i>	1.424×10^{-10}	6.184×10^{-8}
沙氏刺鲛 <i>Acanthocybium solandri</i>	2.488×10^{-8}	3.310×10^{-7}
鲣 <i>Katsuwonus pelamis</i>	4.400×10^{-5}	5.912×10^{-8}
大青鲨 <i>Prionace glauca</i>	7.783×10^{-7}	0.728
条纹四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus audax</i>	0.018	0.004
凹尾长鳍乌鲂 <i>Taractichthys steindachneri</i>	0.020	0.015
帆蜥鱼 <i>Alepisaurus ferox</i>	1.060×10^{-11}	0.230
鲯鳅 <i>Coryphaena hippurus</i>	1.046×10^{-8}	2.005×10^{-10}
斑点月鱼 <i>Lampris guttatus</i>	1.397×10^{-33}	1.781×10^{-7}

的最大渔获量对应水层最浅，沙氏刺鲛最大渔获量对应水层最深(表2、表5)。

2.3 钓钩浸泡时间与渔获率

本次调查期间内，渔船共作业36钩次，记录的钓钩最长浸泡时间达24 h，最短为1 h。各浸泡时间内的渔获率随着浸泡时间的延长，总体呈先增后降的变化趋势。调查期间，这11种主要渔获物共钓获了1 965尾，渔获率最高达1.44尾·(千钩·h)⁻¹，其中渔获率较高的时间段为10~14 h，且在第10小时达到峰值[1.44尾·(千钩·h)⁻¹](图3)。

目标鱼种大眼金枪鱼在钓钩浸泡时间内，渔获率也呈先增后降的变化趋势，渔获率最高达0.45尾·(千钩·h)⁻¹，其中渔获率较高的时间段为10~16 h，但在第11、第16和第18小时出现了3个峰值。

3 讨论

3.1 上浮率

渔船在实际作业中，支线受到海水浮力、海流、流速等多方面的影响时会发生形变，实际深度往往要由理论深度经上浮率修正得出^[8]。在太平洋

表5 北太平洋海域11种渔获物各钩位的渔获量

Table 5 Catches of each hook position for 11 species in North Pacific

尾

种类 Species	钩号 Hook No.												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
大眼金枪鱼 <i>Thunnus obesus</i>	15	22	54	62	60	93	69	66	68	37	20	7	5
长鳍金枪鱼 <i>T. alalunga</i>	30	41	63	55	33	32	29	12	12	6	4	3	0
黄鳍金枪鱼 <i>T. albacares</i>	17	5	12	7	4	5	8	7	5	1	0	1	1
沙氏刺鲛 <i>Acanthocybium solandri</i>	8	9	2	7	4	5	10	1	1	1	0	0	0
鲣 <i>Katsuwonus pelamis</i>	7	5	6	3	2	0	3	2	0	0	0	0	0
大青鲨 <i>Prionace glauca</i>	0	1	4	3	3	5	4	4	3	2	2	1	0
条纹四鳍旗鱼 <i>Tetrapturus audax</i>	4	2	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0
凹尾长鳍乌鲂 <i>Taractichthys steindachneri</i>	0	3	1	1	2	3	1	1	0	0	0	0	0
帆蜥鱼 <i>Alepisaurus ferox</i>	8	9	10	2	3	9	5	6	6	2	3	5	0
鲯鳅 <i>Coryphaena hippurus</i>	12	11	8	7	8	3	3	1	2	1	1	1	0
斑点月鱼 <i>Lampris guttatus</i>	6	7	27	36	34	35	20	10	8	8	4	1	1

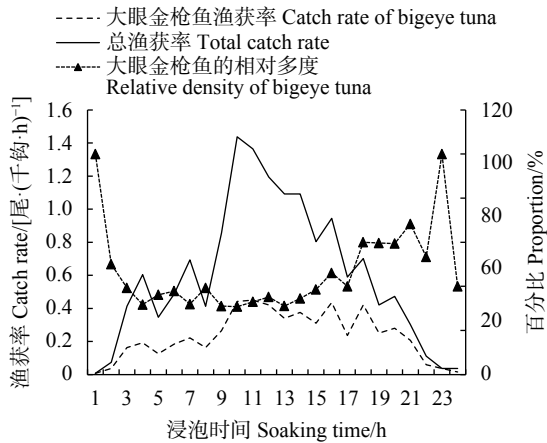


图3 渔获率随浸泡时间增加的变化趋势

Figure 3 Variation trend of fishing catch rate with increase of soaking time

海域, 已有学者对延绳钓钩的上浮率进行了大量研究(表6)。例如, 在东热带太平洋, 当钓钩最大深度在100~160 m时, 上浮率为24%^[10]; 在波利尼西亚专属经济区, 金枪鱼延绳钓干线平均上浮率为19%^[11]; 张艳波等^[1]在东南太平洋海域就上浮率的研究中, 利用时间-深度记录仪(TDRs)得出钓钩的平均上浮率为13.5%; 褚宇航等^[12]研究表明, 在南太平洋海域延绳钓钩的平均上浮率为14.16%; 在北太平洋, Bigelow等^[9]在127°W—174°W、5°N—40°N海域得出延绳钓钩的上浮率是30%, Boggs^[3]将TDRs安置在延绳钓最深钩位, 两次调查估算出支线的平均上浮率分别为46%和32%。综上可知, 不同海域的上浮率存在较大差异。另外, 由于上浮率易受风速、风向、海洋洋流、大尺度海洋事件、锋面、涡旋等因素的影响^[11, 13-14], 在计算实际深度时很难将这些因素全部考虑进去。根据以往经验^[15], 由于本次调查海域范围较小且时间较短, 可假设调查期间海洋环境对钓钩的影响相同。故本研究基于相似海域的估计值, 将平均上浮率取为30%。虽然这样处理与渔获物的实际垂直分布深度相比, 会造成一定误差, 但考虑到海洋环境的复杂性和渔船设备较为简陋, 许多数据无法收集, 本研究基于相似海域的估计值来选取上浮率, 可尽最大可能将误差降到最低。

3.2 目标鱼种垂直分布

大眼金枪鱼渔获量最高的水层范围为95~170 m。根据以往研究报道, 2001年7—10月大西洋中部公海海域, 大眼金枪鱼渔获量最高的水层范围为240~270 m^[16]; 2004年3—6月印度洋马尔代夫

表6 太平洋各个海域延绳钓钩上浮率研究比较
Table 6 Comparison of different studies on shoaling rate of longline fishing hooks in each sea area of Pacific Ocean

海域 Sea area	上浮率 Shoaling rate/%	参考文献 Reference
东热带太平洋 Eastern tropical Pacific Ocean	24	Hanamoto ^[10]
波利尼西亚专属经济区 Exclusive Economic Zone of Polynesia	19	Bach等 ^[11]
东南太平洋 Southeast Pacific Ocean	13.5	张艳波等 ^[1]
南太平洋 Southern Pacific Ocean	14.16	褚宇航等 ^[12]
北太平洋 Northern Pacific Ocean	30	Bigelow等 ^[9]
北太平洋 Northern Pacific Ocean	46和32	Boggs ^[3]
北太平洋 Northern Pacific Ocean	30	本研究

海域, 大眼金枪鱼渔获量最高的水层范围为70~90 m^[17]; 2013年7月—2014年1月东太平洋海域, 大眼金枪鱼渔获量最高的水层范围为217~303 m^[18]。以上研究结果之间具有一定的差异, 原因可能为大眼金枪鱼的垂直分布与温跃层有关, Prince和Googyar^[19]认为, 当温跃层变强时, 大眼金枪鱼的运动空间会被压缩, 从而易于被表层渔业捕捞, 这是各大洋中形成良好的延绳钓金枪鱼渔场的重要原因, 但不同海域不同季节的温跃层强度存在差异。另外, 大眼金枪鱼有昼夜运动现象, Dagorn等^[20]研究发现, 成年的大眼金枪鱼白天主要在100~150 m水层活动, 而夜间主要在20~50 m水层活动; Josse等^[21]研究表明, 大眼金枪鱼白天主要在50~150 m水层运动, 夜间主要在0~100 m水层运动。因此, 大眼金枪鱼的昼夜运动也可能是造成各研究结果存在差异的原因之一。

3.3 浸泡时间对渔获率的影响

由于作业区域风浪较大, 浸泡时间对渔获率的影响比较复杂。以往相关报道中, 有些学者认为随着浸泡时间的增加, 渔获率不断增加, 最终趋于稳定^[22-23]; 也有学者认为较短的浸泡时间会得到较高的渔获率^[24]。但本研究表明, 随着浸泡时间的增加, 渔获率呈先增加后下降的趋势, 10~14 h内渔获率最大, 且在第10小时达到峰值[1.44尾·(千钩·h)⁻¹], 这与宋利明等^[25-26]的研究结果基本吻合, 造成这一结果的原因可能为: 1) 钓钩在投放后, 随着浸泡时间的增加, 饵料扩溶于水的物质增多, 扩散加强, 浓度逐渐增加, 饵料的诱鱼效果也增加, 而在达到最大后随着浸泡时间的推移, 饵料由于海水的侵蚀, 其溶于水的物质浓度逐渐降低, 诱鱼效果随

之变差^[27]；2) 随着浸泡时间的延长，渔获率可能会受饵料脱落、鱼体上钩后咬断支线挣脱渔具、鱼体上钩后被其他捕食者捕食等各种因素的影响，导致渔获率逐渐下降^[4]。延绳钓渔船在进行商业性捕捞作业时，是以捕获更多完整的有经济价值的鱼类为目的，因此根据本研究结果，建议在今后的捕捞作业中，尽可能保证钓钩在海水中浸泡 10~14 h，以提高渔获率。

3.4 作业方式的调整

研究表明，延绳钓渔船的主要目标鱼种大眼金枪鱼与其他大多数鱼类的垂直分布存在显著性差异，除大青鲨和帆蜥鱼外，大眼金枪鱼的垂直分布范围较其他兼捕鱼类深。此外，Leroy 等^[28]研究发现，大眼金枪鱼白天栖息的水层比黄鳍金枪鱼和鲣更深，且其昼夜深度变化也比黄鳍金枪鱼和鲣小。有研究显示，在中西太平洋海域，人工集鱼装置 (Fish aggregation devices, FAD) 放得越深，大眼金枪鱼的渔获率越高^[29]。因此，可根据它们之间的垂直分布差异，对延绳钓渔具的作业方式进行适当调整，提高大眼金枪鱼渔获率，减少兼捕。目前延绳钓渔业中，降低兼捕的方法往往是调整钓钩深度^[1, 15, 30]。但本研究中兼捕的保护性物种主要是鲨鱼，增加钓钩深度不仅会提高目标鱼种的上钩率，也会增加大青鲨的兼捕率。由于延绳钓渔业的目标鱼种一直处于运动状态，作业环境、捕捞方式 (钓钩类型、投钩数、投钩深度) 和浸泡时间等因素均会对兼捕率产生影响^[14, 31]。因此，在延绳钓渔业实施减少兼捕的措施中，还应考虑以上因素。

3.5 不足与展望

探明延绳钓钓钩的最佳浸泡时间，有利于提高捕捞效率。本研究仅考虑了延绳钓钓钩垂直分布及浸泡时间对渔获物的影响，但实际上影响渔获率的因素有很多，如钓钩类型、钓钩开始投放的时间、饵料类型等^[26]，仍需进一步研究。同时，精确的浸泡时间应为钓钩入水至渔获钩起的时间，而本文的浸泡时间为钓钩所在筐的投钩至起钩的时间间隔，时间精度为 1 h，误差较大，因此，本研究只能初步得出浸泡时间与渔获率的关系。为提高研究结果的准确性，今后应扩大研究范围，将研究调查扩展到相邻其他海域，并收集更多的支撑数据。

参考文献:

[1] 张艳波, 戴小杰, 朱江峰, 等. 东南太平洋金枪鱼延绳钓主要渔

获种类垂直分布 [J]. 应用生态学报, 2015, 26(3): 912-918.

- [2] HUANG H W, LIU K M. Bycatch and discards by Taiwanese large-scale tuna longline fleets in the Indian Ocean[J]. Fish Res, 2010, 106(3): 1-270.
- [3] BOGGS C H. Depth, capture time, and hooked longevity of longline-caught pelagic fish: timing bites of fish with chips[J]. Fish Bull, 1992, 90(4): 642-658.
- [4] 刘莉莉, 周成, 虞聪达, 等. 钓钩深度和浸泡时间对东太平洋公海长鳍金枪鱼延绳钓渔获性能的影响研究 [J]. 中国海洋大学学报, 2018, 48(1): 40-48.
- [5] GILMAN E, ZOLLETT E, BEVERLY S, et al. Reducing sea turtle bycatch in pelagic longline fisheries[J]. Fish Fish, 2006, 7(1): 2-23.
- [6] 朱伟俊, 许柳雄, 江建军, 等. 北太平洋长鳍金枪鱼渔业生物学特性的初步研究 [J]. 大连海洋大学学报, 2015, 30(5): 546-552.
- [7] 党莹超, 陈屹林, 戴小杰, 等. 北太平洋亚热带海域大眼金枪鱼秋季摄食习性的初步研究 [J]. 南方水产科学, 2020, 16(1): 78-86.
- [8] ASHLEY J, WILLIAMS. Vertical behavior and diet of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) vary with latitude in the South Pacific Ocean[J]. Deep-Sea Res II, 2015, 113(3): 154-169.
- [9] BIGELOW K, MUSYL M K, POISSON F, et al. Pelagic longline gear depth and shoaling[J]. Fish Res, 2006, 77(2): 173-183.
- [10] HANAMOTO E. Fishery oceanography of bigeye tuna. I. Depth of capture by tuna longline gear in the eastern tropical Pacific Ocean[J]. La Mer, 1974, 13(2): 58-71.
- [11] BACH P, GAERTNER D, MENKES C, et al. Effects of the gear deployment strategy and current shear on pelagic longline shoaling[J]. Fish Res, 2009, 95(1): 55-64.
- [12] 储宇航, 戴小杰, 田思泉, 等. 南太平洋延绳钓长鳍金枪鱼生物学组成及其与栖息环境关系 [J]. 海洋渔业, 2016, 38(2): 20-29.
- [13] ZAINUDDIN M, SAITOH K, SAITOH S. Albacore (*Thunnus alalunga*) fishing ground in relation to oceanographic conditions in the western North Pacific Ocean using remotely sensed satellite data[J]. Fish Oceanogr, 2010, 17(2): 61-73.
- [14] 翟天晨, 戴小杰, 朱江峰. 东太平洋长鳍金枪鱼个体大小与钓获深度的关系 [J]. 海洋渔业, 2015, 37(1): 10-16.
- [15] 栾松鹤, 戴小杰, 田思泉, 等. 中西太平洋金枪鱼延绳钓主要渔获物垂直结构的初步研究 [J]. 海洋渔业, 2015, 37(6): 501-509.
- [16] 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): 75-80.
- [17] 宋利明, 高攀峰. 马尔代夫海域延绳钓渔场大眼金枪鱼的钓获水层、水温和盐度 [J]. 水产学报, 2006, 30(3): 49-54.
- [18] 郑晓春, 戴小杰. 东太平洋大眼金枪鱼摄食生态及其栖息环境研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2014: 30-36.
- [19] PRINCE E D, GOOGYEAR C P. Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fishes[J]. Fish Oceanogr, 2006, 15(6): 451-464.
- [20] DAGORN L, BACH P, JOSSE E. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean, determined using

- ultrasonic telemetry[J]. *Mar Biol*, 2000, 136(2): 361-371.
- [21] JOSSE E, BACH P, DAGORN L. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys[J]. *Hydrobiologia*, 1998, 371/372: 61-69.
- [22] FOGARTY M J, BORDEN D V D. Effects of trap venting on gear selectivity in the inshore Rhode Island American lobster, *Homarus americanus*, fishery[J]. *Fish Bull*, 1980, 77(4): 925-933.
- [23] SLOAN N A, ROBINSON S M. The effect of trap soak time on yields of the deep water golden king crab *Lithodes aequispina* Benedict in a Northern British Columbia fjord[J]. *J Shellfish Res*, 1985, 5(1): 21-23.
- [24] SHEAVES M J. Effect of design modifications and soak time variations on antillean-z fish trap performance in a tropical estuary[J]. *Bull Mar Sci*, 1995, 56(2): 475-489.
- [25] 宋利明, 徐伟云, 曾道梅, 等. 金枪鱼延绳钓钩具的最适浸泡时间 [J]. *中国水产科学*, 2013, 20(2): 346-350.
- [26] 宋利明, 李冬静, 刘海阳, 等. 主捕长鳍金枪鱼延绳钓钩具的最适浸泡时间 [J]. *上海海洋大学学报*, 2014, 23(2): 290-296.
- [27] WARD P, MYERS R A. Bait loss and its potential effects on fishing power in pelagic longline fisheries[J]. *Fish Res*, 2007, 86(1): 69-76.
- [28] LEROY B, PHILLIPS J S, NICOL S, et al. A critique of the ecosystem impacts of drifting and anchored FADs use by purse-seine tuna fisheries in the Western and Central Pacific Ocean[J]. *Aquat Living Resour*, 2013, 26(1): 49-61.
- [29] 何珊, 王学昉, 戴小杰, 等. 中国金枪鱼围网船队大眼金枪鱼渔获物的特征变化与人工集鱼装置禁渔期的关系 [J]. *南方水产科学*, 2017, 13(5): 110-116.
- [30] YOKOTA K, KIYOTA M, MINAMI H. Shark catch in a pelagic longline fishery: comparison of circle and tuna hooks[J]. *Fish Res*, 2006, 81(11): 337-341.
- [31] GALLAGHER A J, ORBESEN E S, HAMMERSCHLAG N, et al. Vulnerability of oceanic sharks as pelagic longline bycatch[J]. *Glob Ecol Conserv*, 2014, 1(8): 50-59.