

大西洋中部黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)的垂直分布与有关环境因子的关系*

宋利明 陈新军 许柳雄

(上海水产大学海洋学院 上海 200090)

提要 根据2001年6—10月在大西洋中部大洋性金枪鱼延绳钓作业中观测到的黄鳍金枪鱼的上钩钩号,应用悬链线钩深计算公式分别计算出各钩号的钩深;根据STD仪测得的温度、盐度的垂直分布以钩深为引数,查出该尾鱼捕获水深处的温、盐数据;根据黄鳍金枪鱼的取样数据,推算出各水层、各水温段、各盐度段的渔获率。渔获率最大的水层、水温段、盐度段为黄鳍金枪鱼的最适水层、水温段、盐度段;渔获率为前3位的水层、水温、盐度段为黄鳍金枪鱼活动较频繁的水层、水温段、盐度段。结果表明,在大西洋中部,黄鳍金枪鱼的最适水层为150.00—179.99m,最适水温段为13.00—13.99℃,最适盐度段为35.40—35.49;大西洋中部渔场黄鳍金枪鱼活动较频繁的水层为120.00—209.99m,水温段为12.00—14.99℃,盐度段为35.20—35.49。

关键词 大西洋中部,黄鳍金枪鱼,垂直分布,环境因子

中图分类号 Q958

黄鳍金枪鱼是大西洋中部渔场大洋性金枪鱼延绳钓作业的重要鱼种之一,一般作为兼捕鱼种。按照“养护大西洋金枪鱼国际委员会(ICCAT)”的管理规定,2003年中国大陆在大西洋的大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)的限额为5000t,而对于黄鳍金枪鱼目前还没有限额规定。ICCAT对于大西洋大部分金枪鱼鱼种的生物学特性、资源状况、分布(SCRS, 2002)、主要鱼种分布的适宜水温等(Alain, 1997)进行了广泛的研究,但对大西洋中部金枪鱼延绳钓渔场黄鳍金枪鱼的垂直分布与盐度的关系的研究未见报道。作者根据中国大陆金枪鱼延绳钓渔船在大西洋中部作业时进行生产调查所收集的黄鳍金枪鱼渔获率、水温、盐度数据,研究黄鳍金枪鱼的垂直分布与有关环境因子的关系,供我国船队海上生产参考,以提高黄鳍金枪鱼的渔获率,从而提高经济效益。

1 调查简况与方法

1.1 调查船与调查海域

三艘调查船均为大洋性超低温金枪鱼延绳钓

渔船,国际总吨位在740t左右,总长约56m。渔船主捕大眼金枪鱼,兼捕黄鳍金枪鱼、箭鱼(*Xiphias gladius*)、长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)、旗鱼科(Istiophoridae)等。调查时间为2001年6月16日—10月27日。调查海域范围为12°50′N—04°11′S, 41°22′W—16°50′W,具体调查情况见表1。实际测定温、盐环境数据的各站点的分布见图1。

1.2 调查仪器

为美国SeaBird公司SBE37SM温盐深仪(STD)。该仪器能根据设定要求测定0—350m水层的温度和盐度。温度、电导率的测定范围分别为-5—35℃、0—7s/m,精度分别为0.002℃和0.0003s/m,年误差分别小于0.002℃/a和 2×10^{-6} /a;有压力时每测定一个样本(温度和盐度等数据)需2.7s,无压力时需2.2s。内部电池可供记忆175000个样本的数据。仪器水中重2.3kg,空中重3.0kg。测定数据能够通过计算机读取或打印出温、盐垂直变化曲线图。

* 国家“863”计划资助项目,818-11-03号;上海市教委捕捞学重点学科基金资助项目。宋利明,上海水产大学捕捞学在职博士生,副教授, E-mail: lmsong@shfu.edu.cn

收稿日期:2002-10-22,收修改稿日期:2003-03-24

表 1 调查船、调查海域及其时间

Tab. 1 Information of investigation vessels, area and time

渔船	调查时间(年. 月. 日)	调查海域
A	2001. 06. 16—2001. 08. 22	03° 21' N—12° 50' N, 18° 46' W—4° 22' W
B	2001. 08. 23—2001. 09. 07	02° 44' N—05° 32' N, 16° 50' W—22° 41' W
C	2001. 10. 14—2001. 10. 27	01° 55' S—04° 11' S, 22° 52' W—24° 47' W

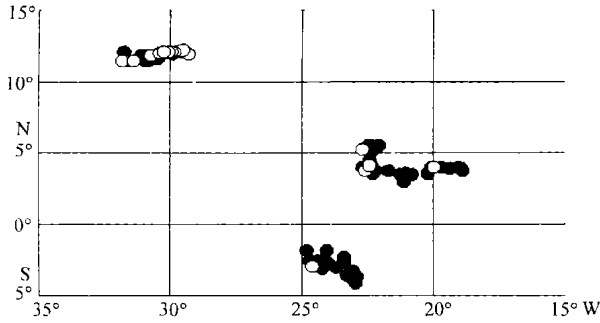


图 1 实际观测的各站点的分布及黄鳍金枪鱼的捕获位置

Fig. 1 Distribution of measured stations and the Yellowfin tuna's

caught positions

● 观测位置; ○ 捕获位置

1.3 调查方法与内容

调查属生产性调查, 不设具体调查站点, 按渔船实际作业渔场进行。每天放钩前或后测定 0—350m 的温、盐数据, 得出温、盐垂直变化曲线(图略), 因水深较深而没有测得的温、盐深数据则添加趋势线估算得出。

记录每天的投绳位置、投绳时间、起绳时间、船速、出绳速度、两浮子间的钩数、两钩间的时间间隔、投钩数; 并记录黄鳍金枪鱼的上钩钩号(共记录 43 尾)、捕获位置, 具体捕获位置见图 1。

1.4 研究方法

分析各水层、各水温段、各盐度段的黄鳍金枪鱼的渔获率, 渔获率最大的水层、水温段、盐度段为黄鳍金枪鱼的最适水深、水温段、盐度段, 渔获率为前 3 位的水层、水温段、盐度段为黄鳍金枪鱼活动较频繁的水层、水温段、盐度段。

1.4.1 黄鳍金枪鱼的钓获水深 根据观测到的每尾上钩的鱼的上钩钩号, 按照理论钩深计算方法(斋藤昭二, 1992) 计算得出该尾鱼捕获时所处的理论深度。即:

$$D_j = h_a + h_b + l \left[\sqrt{1 + \text{ctg}^2 \varphi_0} - \sqrt{1 - \frac{2j}{n} + \text{ctg}^2 \varphi_0} \right] \quad (1)$$

$$L = V_2 \times n \times t \quad (2)$$

$$l = V_1 \times n \times t / 2 \quad (3)$$

$$k = L / 2l = V_2 / V_1 = \text{ctg} \varphi_0 \text{sh}^{-1} (\text{tg} \varphi_0) \quad (4)$$

式(1)一式(4)中, D_j 为理论钩深; h_a 为支线长; h_b 为浮子绳长; l 为干线弧长的一半; φ_0 与 k 有关, 为干线支承点上切线与水平面的交角, 作业中很难实测 φ_0 , 采用短缩率 k 来推出 φ_0 , j 为二浮子之间自一侧计的钓钩编号序数, 即钩号, n 为二浮子之间干线的分段数, 即支线数加 1, L 为二浮子之间的海面上的距离, V_2 为船速, t 为投绳时前后二支线之间相隔的时间间隔, V_1 为投绳机出绳速度。

根据实际生产中记录的浮子绳长度、支线长度、二浮子间的钩子数计算短缩率 k , 再按式(4)或查悬链线因素表得出 φ_0 , 然后把 φ_0 及其他有关的参数代入式(1) 得出各个钩号的理论深度。

1.4.2 钓获水深的温度、盐度 根据 STD 仪测得的温、盐深数据图以深度为引数, 查出该尾鱼钓获水深处的温、盐数据。

1.4.3 数据处理方法

水层、水温、盐度的分段方法: 水层从 120m 起到 359.9m, 每 30m 为一层, 分为 8 层; 水温段从 10°C 起到 16.99°C, 每 1°C 为一段, 分为 7 段; 盐度段从 35.00 起到 35.69, 每 0.10 为一段, 分为 7 段。

各水层、各水温段、各盐度段的渔获率: 根据取样鱼钓获的水深及该水深处的水温和盐度, 统计得出该渔场各水层、各水温段、各盐度段的黄鳍金枪鱼的渔获尾数(分别记作 N_{S1j} 、 N_{S2j} 、 N_{S3j})、钩数(H_{S1j} 、 H_{S2j} 、 H_{S3j}) 及占该渔场取样总尾数(记作 N_S) 的百分比(分别记作 P_{1j} 、 P_{2j} 、 P_{3j} , 见式(5))、占该渔场取样总钩数(记作 H_S) 的百分比(P_{H1j} 、 P_{H2j} 、 P_{H3j} , 见式(6)); 根据取样数据推算出该渔场的实际总渔获尾数(记作 N)、总钩数(记作 H) 在各水层、各水温段、各盐度段的渔获尾数(分别记作 N_{1j} 、 N_{2j} 、 N_{3j} , 见式(7))、钩数(分别记作 H_{1j} 、 H_{2j} 、 H_{3j} , 见式(8)), 再计算得出黄鳍金枪鱼各水层、各水温段、各盐度段的渔获率(分别记作 $CPUE_{1j}$ 、 $CPUE_{2j}$ 、 $CPUE_{3j}$, 见式(9))。

$$P_{ij} = N_{Sij} / N_S \quad (5)$$

$$P_{Hij} = H_{Sij} / H_S \quad (6)$$

$$N_j = P_{ij} \times N \quad (7)$$

$$H_j = P_{Hij} \times H \quad (8)$$

$$CPUE_{ij} = N_{ij} / H_j \quad (9)$$

式(5)一式(9)中, $i = 1, 2, 3$; 统计各水层的数据时, $j = 1, 2, 3, \dots, 8$; 统计各水温段数据时, $j = 1, 2, 3, \dots, 7$; 统计各盐度段的数据时, $j = 1, 2, 3, \dots, 7$ 。

2 结果

2.1 黄鳍金枪鱼的最适水层、水温段、盐度段

2.1.1 黄鳍金枪鱼的最适水层 黄鳍金枪鱼各水层的 $CPUE_{1j}$ 见表 2。

由表 2 得, 大西洋中部黄鳍金枪鱼 $CPUE_{1j}$ 最高的水层为 150.00—179.99m, 相应的 $CPUE_{1j}$ 为 5.242

尾/千钩, 因此黄鳍金枪鱼的最适水层为 150.00—179.99m。

2.1.2 黄鳍金枪鱼的最适水温段 黄鳍金枪鱼各水温段的 $CPUE_{2j}$ 见表 2。

由表 2 得, 大西洋中部黄鳍金枪鱼 $CPUE_{2j}$ 最高的水温段为 13.00—13.99℃, 相应的 $CPUE_{2j}$ 为 2.381 尾/千钩, 因此黄鳍金枪鱼的最适水温段为 13.00—13.99℃。

2.1.3 黄鳍金枪鱼的最适盐度段 黄鳍金枪鱼各盐度段的 $CPUE_{3j}$ 见表 2。

由表 2 得, 大西洋中部黄鳍金枪鱼 $CPUE_{3j}$ 最高的盐度段为 35.40—35.49, 相应的 $CPUE_{3j}$ 为 3.925 尾/千钩, 因此黄鳍金枪鱼的最适盐度段为 35.40—35.49。

表 2 黄鳍金枪鱼各水层的 $CPUE_{1j}$ 、各水温段的 $CPUE_{2j}$ 和各盐度段的 $CPUE_{3j}$

Tab 2 $CPUE_{1j}$ of the different depth rang, $CPUE_{2j}$ of the different temperature rang and $CPUE_{3j}$ of the different salinity rang for the yellowfin tuna

水层(m)	120.00—	150.00—	180.00—	210.00—	240.00—	270.00—	300.00—	330.00—
	149.99	179.99	209.99	239.99	269.99	299.99	329.99	359.99
$CPUE_{1j}$ (尾/千钩)	2.814	5.242	2.468	0.000	0.000	0.000	0.000	0.352
水温段(℃)	10.00—	11.00—	12.00—	13.00—	14.00—	15.00—	16.00—	
	10.99	11.99	12.99	13.99	14.99	15.99	16.99	
$CPUE_{2j}$ (尾/千钩)	0.127	0.555	2.290	2.381	1.619	1.349	0.000	
盐度段	35.00—	35.10—	35.20—	35.30—	35.40—	35.50—	35.60—	
	35.09	35.19	35.29	35.39	35.49	35.59	35.69	
$CPUE_{3j}$ (尾/千钩)	0.000	0.174	2.370	2.650	3.925	2.024	0.000	

2.2 黄鳍金枪鱼活动较频繁的水层、水温段、盐度段

大西洋中部渔场黄鳍金枪鱼 $CPUE$ (尾/千钩) 排名前三位的水层、水温段、盐度段数据见表 3。由

表 3 得, 大西洋中部渔场黄鳍金枪鱼活动较频繁的水层为 120.00—209.99m; 水温段为 12.00—14.99℃; 盐度段为 35.20—35.49。

表 3 黄鳍金枪鱼 $CPUE$ (尾/千钩) 排名前三位的水层、水温段、盐度段

Tab.3 The range of depth, water temperature and salinity ranges with three biggest $CPUE$ (No. of fish/ thousand hook) of yellowfin tuna

项目	排名		
	1	2	3
水层 $CPUE$	5.242	2.814	2.468
水层(m)	150.00—179.99	120.00—149.99	180.00—209.99
水温 $CPUE$	2.381	2.290	1.619
水温段(℃)	13.00—13.99	12.00—12.99	14.00—14.99
盐度 $CPUE$	3.925	2.650	2.370
盐度段	35.40—35.49	35.30—35.39	35.20—35.29

3 讨论

3.1 大西洋中部渔场的水团为深度不超过 500m 的大西洋中央水团, 主要受自东向西的大西洋南北赤道洋流、自西向东的赤道逆流(仅在东部 5°N — 10°N 出现, 称作几内亚洋流)、赤道潜流(一股强的向东流动的次表层流, 厚约 200m, 流速较快, 流轴通常与温跃层相一致)的影响。北赤道洋流的平均位置在 10°N — 25°N , 南赤道洋流在 20°S — 4°N 。赤道洋流影响的深度约为 100—300m, 在赤道附近较浅, 在赤道区域东部海洋最浅, 只有几十米(赵其庚, 1999)。

3.2 大西洋中部大洋性金枪鱼延绳钓作业以大眼金枪鱼为目标鱼种, 黄鳍金枪鱼和箭鱼为兼捕鱼种, 因此, 在以黄鳍金枪鱼作为目标鱼种时, 应视船上的方便尽量把钓钩设置在黄鳍金枪鱼 CPUE 较高的水层、水温段、盐度段中的任何一个指标范围内, 取得较高的黄鳍金枪鱼 CPUE 的概率相对会大一些。

3.3 根据大西洋中部测得的温、盐深变化曲线(图略), 大部分情况下取得较高渔获率的水层所对应的水温段和盐度段也就是取得较高渔获率的水温段和盐度段, 三者是一致的; 在不一致的情况下, 应把水温段作为主要因子, 因为黄鳍金枪鱼对于水温的变化反应最敏感, 水温及其体温的变化决定其活动水层(Brill *et al.*, 1994; 沈汉祥等, 1987)。

3.4 本研究所得出的黄鳍金枪鱼活动较频繁的水层、水温段、盐度段, 可供今后的海上生产作参考, 以提高生产船队黄鳍金枪鱼的渔获率, 从而提高我国船队的经济效益。

3.5 本研究中所用的钩深为理论计算得出的钩深, 而不是实际测得的钩深; 每尾钓获的鱼所处的水温、盐度也是用理论计算得出的钩深为引数, 查当天的

温、盐深变化曲线得出的; 各水温段、各盐度段的钩数, 也是用相应的钩深段的钩数来计算的, 而且, 一天中不同位置和不同的温、盐数据都用了进行测定的位置处的温、盐数据, 因此, 得出的结论可能存在一定的误差。

3.6 在今后的研究中可应用微型深度温度计(TDR), 测定所捕获鱼的实际水深, 再以这一实际水深为引数查出该尾鱼所处的水温、盐度, 各水温段、各盐度段的钩数, 也用相应的实际的钩深段的钩数来计算, 这样得出的各水层、各水温段、各盐度段的渔获率可能更接近实际状况。另外, 有条件的话, 还可研究渔获率与含氧量的关系。

3.7 由于观测到的黄鳍金枪鱼的尾数较少, 样本的代表性不十分充足, 因此, 得出的结论只是初步的。

参 考 文 献

- 沈汉祥, 李善勋, 唐小曼等, 1987. 远洋渔业. 北京: 海洋出版社, 322—352
- 赵其庚, 1999. 海洋环流及海气耦合系统的数值模拟. 北京: 气象出版社, 39—51
- 斋藤昭二, 1992. $\frac{3}{4}$ I N 游泳层と延绳渔法. 东京: 成山堂书屋, 9—10
- Alain F, 1997. Atlas of tropical tuna fisheries world catches and environment. Paris: ORSTOM editions, 149—162
- Brill RW, Dewar H, Graham J B, 1994. Basic concepts relevant to heat transfer in fishes, and their use in measuring the physiological thermoregulatory abilities of tunas. *Envir Biol Fish*, 40, 109—124
- SCRS, 2002. Special meeting of the commission. Report of the standing committee on research and statistics (SCRS). Report for Biennial Period, 2000-01, Part II (2001)—Vol. 2 (Madrid Spain, 2002), 17—102

RELATIONSHIP BETWEEN VERTICAL DISTRIBUTION OF YELLOWFIN TUNAS (*THUNNUS ALBACARES*) AND THE CONCERNED ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE CENTRAL ATLANTIC OCEAN

SONG Li-Ming, CHEN Xi-Jun, XU Liu-Xiong
(Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai, 200090)

Abstract This paper analyzes the relationship between yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) vertical distribution and the temperature, salinity in the Central Atlantic Ocean. The hook depth was calculated using the catenary curve hook depth equation according to the hook number of the hooked fish observed from June to October 2001. The temperature and salinity of the hooked fish's swimming depth was calculated from temperature and salinity vertical profiles measured by the STD guided by the hook depth. From the sample data, it was defined that depth ranged from 120.00m to 359.99m with 30m intervals, water temperature

ranged from 10.00 °C to 16.99 °C with 1.0 °C intervals and the salinity range was from 35.00 to 35.69 with 0.10 intervals. There were, in total, 8 depth ranges, 7 ranges in water temperature and 7 ranges in salinity. The catch rate of the tuna at different depths, temperatures and salinities were estimated.

The range of depth, water temperature and salinity with the maximum catch rate of yellowfin tuna indicated the optimal swimming depth, water temperature and salinity range of the fish. The range of depth, water temperature and salinity with the first 3 highest catch rates indicated the common swimming depth, water temperature and salinity range. The results indicate that in the Central Atlantic Ocean the optimal swimming depth, water temperature and salinity range of the yellow fin tuna were found to be 150.00—179.99m, 13.00—13.99°C, 35.40—35.49 respectively. The common swimming depth, water temperature and salinity range were 120.00—209.99m, 12.00—14.99°C, 35.20—35.49 respectively. Conclusions from this research can be applied to fishing practices in order to target yellowfin tuna, hooks should be laid to one of the indexes of depth range, water temperature range and salinity range. Generally, the depth range of the water temperature range and salinity range with the maximum yellowfin tuna catch rate corresponds to the depth range with the maximum catch rate. If any disparities exist between the depth range, the water temperature range, and the salinity range, the water temperature range should be considered as the main factor.

Due to the limitations in sampling size and the restrictions, this research is at a preliminary stage. Further investigations should be made particularly regarding the relationship between catch rate and the dissolution of oxygen. Precision of results would also be improved if TDRs were used to measure the actual water temperature and salinity of the water layer where the fish are caught.

Key words The Central Atlantic Ocean, Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), Vertical distribution, Environmental factor