

文章编号: 1004-7271(2005)03-0332-05

·研究简报·

印度洋大眼金枪鱼垂直分布与水温的关系

Relationship between vertical distribution of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and water temperature in Indian Ocean

姜浪波, 许柳雄, 黄金玲

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

JIANG Lang-bo, XU Liu-xiong, HUANG Jin-ling

(Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

关键词: 大眼金枪鱼; 印度洋; 垂直分布; 水温

Key words: bigeye tuna; Indian Ocean; vertical distribution; water temperature

中图分类号: S 931.4 文献标识码: A

近年来, 由于近海资源的衰退, 国内有关渔业企业都把大洋性金枪鱼渔业作为发展的重点。大眼金枪鱼因其市场价值高, 一直是我国金枪鱼船队的主要捕捞对象之一。国外学者已经对大眼金枪鱼的分布和生理、生态进行了许多的研究和探索。Mohri 和 Takeda^[1]在印度洋通过常规和深水延绳钓探捕试验, 研究大眼金枪鱼的垂直分布以及最适水温范围。Mohri^[2]利用金枪鱼延绳钓生产数据和海洋环境数据推测大眼金枪鱼分布的最适水温范围。但目前国内对金枪鱼渔业的研究尚处于初期, 大多局限于对金枪鱼渔业生产技术的分析探讨或渔获产量的描述统计, 有关大眼金枪鱼渔获率与环境因子的关系的研究未见报道, 研究水域也以太平洋、大西洋居多, 而对印度洋研究得较少^[3-5]。因此研究印度洋大眼金枪鱼的垂直分布与有关环境因子的关系, 对于指导渔业生产、维护资源稳定、供我国船队在海上生产作参考, 以提高大眼金枪鱼的渔获率, 从而提高经济效益, 都具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 调查船

浙江远洋渔业集团公司“新世纪 17 号”渔船, 船舶类型: 大洋性超低温金枪鱼延绳钓船, 排水量 969.4 t, 主机功率为 880 kW, 总长 56.4 m, 两柱间长 48.6 m, 型宽 8.7 m, 型深 3.75 m。主捕大眼金枪鱼, 兼捕黄鳍金枪鱼、箭鱼、长鳍金枪鱼、旗鱼科等。

1.2 调查时间和范围

2003 年 1 月 15 日~6 月 17 日, 实际作业天数为 127 d。调查范围为 8°42'N~8°06'S, 40°17'E~69°07'E。具体情况见图 1, 实际测定水温数据的各站点分布见图 2。

收稿日期: 2004-10-19

基金项目: 远洋渔业协会金枪鱼观察员项目

作者简介: 姜浪波(1977-), 男, 浙江桐庐人, 硕士, 研究方向为渔业系统工程, 现在上海市渔政监督管理处工作。Tel: 021-63213780, E-mail: bljiang@126.com

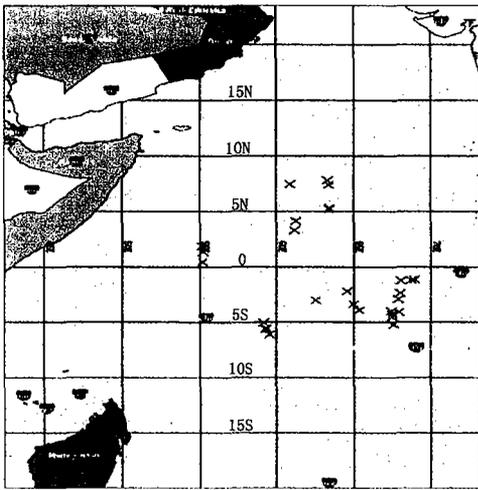


图 1 实际观测的各站点分布
Fig.1 Distribution of measured stations

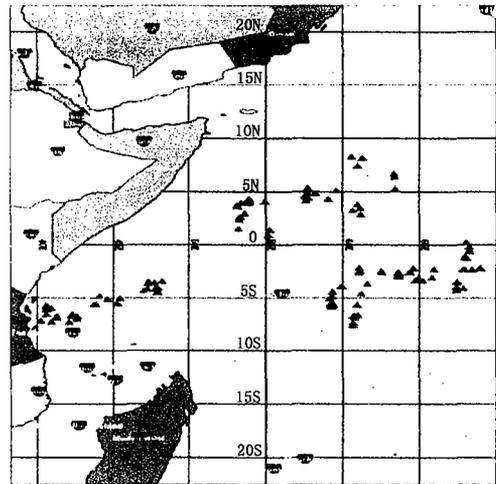


图 2 1-6月渔船作业位置
Fig.2 Position of fishing boat operation during research time(Jan. - June, 2003)

1.3 调查仪器

测定水温的仪器为美国 Seabird 公司的 SBE37M 温盐深仪(STD),水深的测定范围为 0~350 m。温度的测定范围为 -5~35℃,精度为 0.002℃。

1.4 调查方法与内容

由于是生产性调查,不设置具体的调查站点,按渔船实际生产位置进行。每天下钩前或后测定 0~300 米的水温数据,得出的水温垂直变化曲线图见图 3 和图 4。

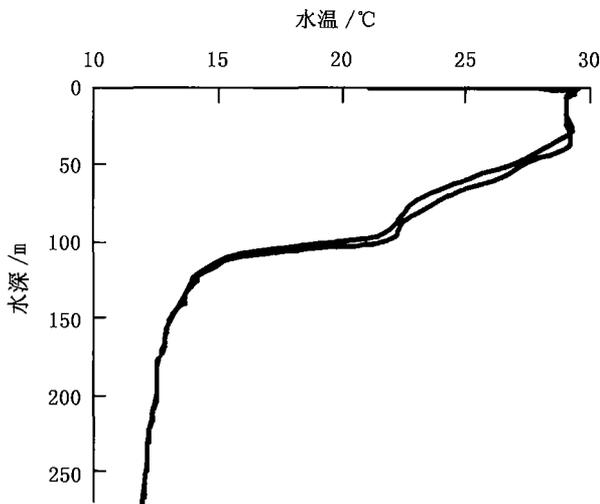


图 3 2003 年 1 月 28 日水温垂直分布曲线
Fig.3 The vertical profile of temperature on 28th January, 2003 at 1°08'S 68°58'E

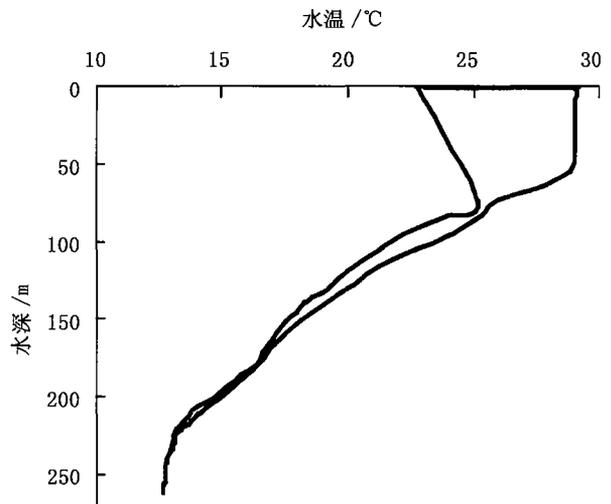


图 4 2003 年 3 月 10 日水温垂直分布曲线
Fig.4 The vertical profile of temperature on 10th March, 2003 at 6°08'S 59°37'E

记录每天的投绳位置、投绳时间、起绳位置、起绳时间、船速、出绳速度、两浮子间钩数、两钩间的时间间隔、投钩数,并抽样记录大眼金枪鱼的上钩钩号,共记录 1 173 尾。

1.5 研究方法

分析各水层、各水温段的大眼金枪鱼的渔获率,渔获最大的水层、水温段为大眼金枪鱼的最适水深、水温段。渔获率为前3位的水层、水温段为大眼金枪鱼活动较频繁的水层、水温段。

1.5.1 大眼金枪鱼的钩获水深

根据记录到的每尾上钩的大眼金枪鱼上钩钩号,按照理论钩深计算方法计算出该尾鱼捕获时所处的理论深度^[6]。即:

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

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

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

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

上述式中, D_j 为理论深度; h_a 为支绳长; h_b 为浮子绳长; λ 为干线弧长的一半; α 与 k 有关,为干线支撑点上切线与水平面的交角,作业中很难实测 α ,采用短缩率 k 来推出 α ; j 为两浮子之间自一侧计的钩钩编号序数,即钩号; n 为两浮子之间干线的分段数,即支线数加1; L 为两浮子之间的海面上的距离; V_2 为船速; t 为投绳时前后两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,两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^[7]得出 α 。

1.5.2 数据处理方法

大眼金枪鱼与各水层、各水温段关系的研究方法如下:

水层的分段方法为:从100 m起到250 m,20 m为一段,分8段;水温的分段方法为:从12 °C起到23 °C,每1 °C为一段,分11段。

根据温 STD 仪测得的水温数据图以深度为引数,计算出该尾鱼钩获水深处的水温数据。

根据取样数据,统计得出该渔场大眼金枪鱼各水层、各水温段的渔获尾数(分别为 N_{SDi} 、 N_{STi})、钩数(H_{SDi} 、 H_{STi})及占该渔场取样总尾数(N_s)的百分比(分别为 P_{Di} 、 P_{Ti})、占该渔场取样总钩数(H_s)的百分比(P_{HTi} 、 P_{HTi}),从而推算出该渔场大眼金枪鱼实际总渔获尾数(N)、总钩数(H)在各水层、各水温段的渔获尾数(分别为 N_{Di} 、 N_{Ti})、钩数(分别为 H_{Di} 、 H_{Ti})。在计算出大眼金枪鱼各水层、各水温段的渔获率($CPUE_{Di}$ 、 $CPUE_{Ti}$)比较各水层、水温段的渔获率,得出大眼渔获率最大的水层、水温段^[8]。其表达式分别为:

$$P_{Di} = N_{SDi} / N_s \quad (5)$$

$$P_{Ti} = N_{STi} / N_s \quad (6)$$

$$P_{HDi} = H_{SDi} / H_s \quad (7)$$

$$P_{HTi} = H_{STi} / H_s \quad (8)$$

$$N_{Di} = P_{Di} \times N \quad (9)$$

$$N_{Ti} = P_{Ti} \times N \quad (10)$$

$$H_{Di} = P_{HDi} \times H \quad (11)$$

$$P_{HTi} = P_{HTi} \times H \quad (12)$$

$$CPUE_{Di} = N_{Di} / H_{Di} \quad (13)$$

$$CPUE_{Ti} = N_{Ti} / H_{Ti} \quad (14)$$

式(5) - (14)中,统计各水层数据时, $i = 1, 2, 3, \dots, 8$;统计各水温段数据时, $j = 1, 2, 3, \dots, 11$ 。

2 结果

2.1 大眼金枪鱼的最适水层、水温段

2.1.1 大眼金枪鱼的最适水层

大眼金枪鱼各水层的 $CPUE_{Di}$ 见表 1。由表 1 可得, 大眼金枪鱼 $CPUE_{Di}$ 最高的水层为 200 ~ 219.9 m, 对应的 $CPUE_{Di}$ 为 8.81 尾/千钩, 因此大眼金枪鱼的最适水层为 200 ~ 219.9 m。

表 1 大眼金枪鱼各水层的 $CPUE_{Di}$

Tab.1 $CPUE_{Di}$ of different depth range for bigeye tuna

水层 (m)	N_{SDi} (尾)	N_s (尾)	N (尾)	N_{Di} (尾)	H_{SDi} (枚)	H_s (枚)	H (枚)	H_{Di} (枚)	$CPUE_{Di}$ (尾/千钩)
100 ~ 119.9	17	1 173	2 748	39.83	254	2 286	406 829	45 203.22	0.88
120 ~ 139.9	55	1 173	2 748	128.85	254	2 286	406 829	45 203.22	2.85
140 ~ 159.9	137	1 173	2 748	320.95	254	2 286	406 829	45 203.22	7.10
160 ~ 179.9	168	1 173	2 748	393.58	254	2 286	406 829	45 203.22	8.71
180 ~ 199.9	162	1 173	2 748	379.52	254	2 286	406 829	45 203.22	8.40
200 ~ 219.9	170	1 173	2 748	398.26	254	2 286	406 829	45 203.22	8.81
220 ~ 239.9	324	1 173	2 748	759.04	508	2 286	406 829	90 406.44	8.40
240 ~ 259.9	140	1 173	2 748	327.98	254	2 286	406 829	45 203.22	7.26

2.1.2 大眼金枪鱼的最适水温段

大眼金枪鱼各水温段的 $CPUE_{Ti}$ 见表 2。由表 2 可得, 大眼金枪鱼 $CPUE_{Ti}$ 最高的水温段为 12.0 ~ 12.9 °C, 对应的 $CPUE_{Ti}$ 为 5.45 尾/千钩, 因此大眼金枪鱼的最适水温段为 12.0 ~ 12.9 °C。

表 2 大眼金枪鱼各水温段的 $CPUE_{Ti}$

Tab.2 $CPUE_{Ti}$ of different water temperature range for bigeye tuna

水温段 (°C)	N_{STi} (尾)	N_s (尾)	N (尾)	N_{Ti} (尾)	H_{STi} (枚)	H_s (枚)	H (枚)	H_{Ti} (枚)	$CPUE_{Ti}$ (尾/千钩)
12.0 ~ 12.9	60	171	369	129.47	132	504	90 660	23 744.29	5.45
13.0 ~ 13.9	28	171	369	60.42	86	504	90 660	15 469.76	3.91
14.0 ~ 14.9	35	171	369	75.53	88	504	90 660	15 829.52	4.77
15.0 ~ 15.9	19	171	369	41.00	42	504	90 660	7 555.00	5.43
16.0 ~ 16.9	5	171	369	10.79	32	504	90 660	5 756.19	1.87
17.0 ~ 17.9	8	171	369	17.26	22	504	90 660	3 957.38	4.36
18.0 ~ 18.9	5	171	369	10.79	26	504	90 660	4 676.90	2.31
19.0 ~ 19.9	4	171	369	8.63	24	504	90 660	4 317.14	2.00
20.0 ~ 20.9	4	171	369	8.63	18	504	90 660	3 237.86	2.67
21.0 ~ 21.9	2	171	369	4.32	22	504	90 660	3 957.38	1.09
22.0 ~ 22.9	1	171	369	2.16	12	504	90 660	2 158.57	1.00

2.2 大眼金枪鱼活动较频繁的水层、水温段

印度洋大眼金枪鱼 $CPUE$ 排名前 3 位的水层、水温段数据见表 3。由表 3 可得, 大眼金枪鱼活动较频繁的水层为 160 ~ 239.9 m; 水温段为 12.0 ~ 15.9 °C。

表 3 大眼金枪鱼 CPUE(尾/千钩)排名前三位的水层、水温段
 Tab.3 Range of depth and water temperature with three biggest CPUE of bigeye tuna

项目	排 名		
	1	2	3
水层 CPUE	8.81	8.71	8.40
水层(m)	200 - 219.9	160 - 179.9	180 - 199.9, 220 - 239.9
水温 CPUE	5.45	5.43	4.77
水温段(°C)	12.0 - 12.9	15.0 - 15.9	14.0 - 14.9

3 讨论

根据印度洋测得的温深变化曲线,大部分情况下取得较高渔获率的水层对应的水温段也就是取得较高渔获率的水温段,两者一致;在不一致的情况下,应把水温段作为主要因子。因为大眼金枪鱼对于水温的变化反应最为敏感,心脏温度是影响鱼类行为的一个因素,而心脏温度紧随水温变化。

研究得出的大眼金枪鱼活动较频繁的水层、水温段,可供今后生产作参考,以提高生产船队大眼金枪鱼的渔获率,从而提高船队的经济效益。

研究中所利用的是理论钩深,而不是实际测得的钩深;每尾钓获的鱼所处的水温也是用理论钩深为引数,查当天的水温变化曲线(图 3 和图 4)得出。各水温段的钩数也是用相应钩深段的钩数来计算。而且,一天中不同位置和不同的水温数据都用了测定位置处的水温数据,因此,得出的结果可能存在一定的误差。

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,再以该实际水深为引数,查出该尾鱼所处的水温;各水温段的钩数,也用相应的实际的钩深深段的钩数来计算。这样得出的各水层、各水温段的渔获率可能更接近实际状况。

参考文献:

- [1] Masahiko M, Yasuaki T. Vertical distribution and optimum temperature of bigeye tuna in the eastern tropical Indian Ocean based on regular and deep tuna longline catches[J]. Journal of National Fisheries University, 1997, 46(1): 13 - 20.
- [2] Masahiko M, Eiji H, Shoichi T. Optimum water temperature for bigeye tuna, *Thunnus obesus* [J]. Environmental Biology of Fisheries, 1994, 40: 319 - 327.
- [3] Kim N Holland, Richard W B, Randolph K C Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregation devices [J]. Fishery Bulletin, 1990, 88(3): 493 - 507.
- [4] Hiroshi S, Hiroaki O, Tom N. Standardized CPUE for yellowfin tuna of Japanese longline fishery in the Indian Ocean by generalized liner models (GLM)[C]. IOTC/WPTT, 2002. 168 - 171.
- [5] Masahiko M, Tom N. Distribution of bigeye tuna and its relationship of the environmental conditions in the Indian Ocean based on the Japanese longline fisheries information[C]. IOTC/WPTT - 99 - 11, 1999. 354 - 355.
- [6] 斋藤昭二. マゲロの游泳层と延绳渔法[M]. 东京:成山堂书屋, 1992. 9 - 10.
- [7] 周应祺, 许柳雄, 何其渝. 渔具力学[M]. 北京:中国农业出版社, 2001. 94 - 102.
- [8] 宋利明. 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[J]. 海洋与湖沼, 2004, 35(1): 64 - 67.