

# 帕劳群岛附近海域延绳钓渔场大眼金枪鱼 (*Thunnus obesus*)的环境偏好\*

宋利明 李玉伟 高攀峰

(大洋生物资源开发和利用上海高校重点实验室 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室  
上海海洋大学 上海 201306)

**提要** 2005 年 8—12 月, 利用金枪鱼延绳钓渔船对帕劳群岛附近海域进行调查, 研究大眼金枪鱼的环境偏好。所获数据包括: 温度、盐度、溶解氧垂直分布, 测定的钓钩深度; 作业参数; 渔场气象数据; 渔获统计数据。分析方法和步骤为: 应用逐步回归的方法, 建立钓钩预测深度计算模型; 根据温度、盐度、溶解氧垂直分布曲线、预测深度、取样数据, 利用统计和聚类分析的方法分析大眼金枪鱼的环境偏好。结果表明: 在帕劳群岛附近海域, 大眼金枪鱼偏好的水层为 180.0—219.9m、水温范围为 11.0—12.9、盐度范围为 34.50—34.99、溶解氧范围为 3.00—3.99mg/L; 一般情况下, 水温及其体温的变化决定成熟大眼金枪鱼的活动水层, 其偏好的水温为 10.0—14.0; 大眼金枪鱼的适盐性较广; 溶解氧高于门限值(0.8mg/L)时, 大眼金枪鱼的分布由其它环境因子决定。

**关键词** 大眼金枪鱼, 水层, 水温, 盐度, 溶解氧, 延绳钓, 帕劳  
**中图分类号** Q958

大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)为大洋性洄游种类, 也是我国太平洋金枪鱼延绳钓渔业的目标鱼种。国内外学者对太平洋大眼金枪鱼的生物学特性(Kume *et al.*, 1966; Matsumoto, 1998; Sun *et al.*, 2001; Chavance, 2005)、资源状况(Alain *et al.*, 2004; Maunder *et al.*, 2006)、分布(Kume, 1967; Alain *et al.*, 2004; 樊伟等, 2004; 李显森等, 2005)、栖息地选择(Bigelow *et al.*, 2002; Schaefer *et al.*, 2002)、其分布与表温的关系(樊伟等, 2004, 2008; 朱国平等, 2007)等进行了广泛的研究。部分研究基于悬链线钓钩深度计算公式推算的深度分析了大眼金枪鱼钓获时所处的温度、盐度和溶解氧(Suzuki *et al.*, 1977; Hanamoto, 1987; Nakano *et al.*, 1997; 宋利明等, 2004; 姜浪波等, 2005)。利用微型温度深度计(TDR)测定的钓钩深度对印度洋、太平洋大

眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)的环境偏好进行的研究也有报道(Mohri *et al.*, 1999a, b; Bertrand *et al.*, 2002a, b; Bach *et al.*, 2003; 宋利明等, 2006; 宋利明, 2008<sup>1)</sup>; Song *et al.*, 2008, 2009), 但对帕劳群岛附近海域大眼金枪鱼环境偏好的研究未见报道。本文根据帕劳群岛附近海域调查时所收集的大眼金枪鱼渔获数据、多功能水质仪(XR-620)测定的水温、盐度、溶解氧数据和 TDR 实测的钓钩深度等数据资料, 分析帕劳群岛附近海域大眼金枪鱼的垂直分布与温度、盐度和溶解氧的关系, 以期掌握帕劳群岛附近海域大眼金枪鱼偏好的环境、提高大眼金枪鱼的渔获率、减少非目标种类的兼捕量, 也可为延绳钓渔业大眼金枪鱼渔获率(CPUE)标准化时环境参数的选择提供参考。

\* 上海市重点学科建设项目资助, S30702 号; 深圳市联成远洋渔业有限公司资助, 技 05-26 号。宋利明, 博士, 教授, 博士生导师, E-mail: lmsong@shou.edu.cn

1) 宋利明, 2008. 印度洋大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)栖息环境综合指数——基于延绳钓渔业调查数据. 上海: 上海海洋大学博士论文, 1—209

收稿日期: 2008-09-27, 收修改稿日期: 2008-11-25

## 1 材料与方 法

### 1.1 调查船、调查渔具渔法、调查海域和时间

调查船为大滚筒金枪鱼延绳钓渔船“CFA07号”, 船舶主要参数: 总长 27.42m; 型宽 5.49m; 型深 1.93m; 总吨 85.00t; 净吨 40.00t; 主机功率 407.00kW。

调查渔具为金枪鱼延绳钓, 其结构为: 浮子直径 360mm; 浮子绳直径为 6mm, 长 22m; 干线直径为 4.0mm; 支线第一段为直径 3.2mm 的中国台湾省产硬质聚丙烯, 长 1.5m 左右, 第二段为 180#(直径为 1.8mm)的中国台湾省产尼龙单丝, 长 20.5m; 第一段直接与第二段间用一箱型小转环(重 10g)连接; 第二段直接与钓钩连接, 在部分钓钩上方安装了荧光管。调查时的渔法分为两种: (1) 凌晨 04:00—08:00 投绳, 持续时间为 4h 左右; 下午 16:00—晚上 23:00 起绳, 持续时间为 6—7h; (2) 下午 16:00—晚上 20:00 投绳, 持续时间为 4h 左右; 第二天凌晨 06:00—下午 13:00 起绳, 持续时间为 6—7h。

在本次调查中, 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*)、枪鱼科(Istiophoridae)等。调查范围为 2°09'N—9°19'N, 130°53'E—140°35'E, 调查站点位置见图 1。调查时间为 2005 年 8 月 14 日—12 月 19 日, 实际作业天数为 77 天。

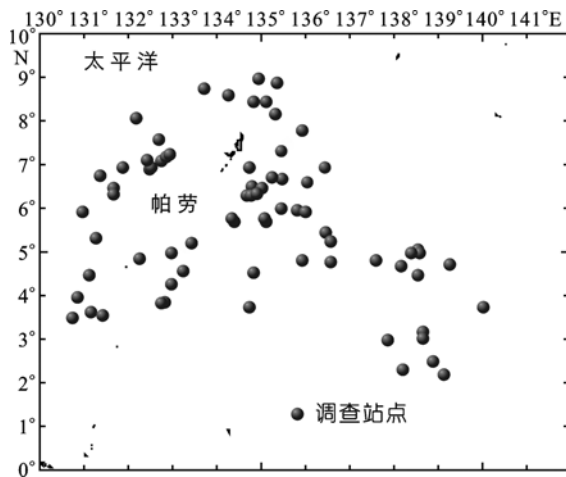


图 1 调查站点

Fig.1 The Sampling sites

### 1.2 调查仪器

调查仪器为加拿大 RBR 公司的多功能水质仪(XR-620)和微型温度深度计(TDR-2050 型, 8 个)。XR-620 温度、电导率、溶解氧的测定量程分别为-5—

35、0—2mS/cm、0—150%, 精度分别为 0.002、0.0003mS/cm、量程的 1%; TDR 用于测定钓钩深度及该深度的水温, 深度精度为测定量程(10—740m)的 ±0.05%, 温度精度为 ±0.002。鉴于仪器精度不同和本研究的精度要求, 本文中深度保留小数点后 1 位有效数字, 温度保留小数点后 1 位有效数字、盐度保留小数点后 2 位有效数字、溶解氧保留小数点后 2 位有效数字、CPUE 保留小数点后 2 位有效数字。

### 1.3 调查方法与内容

为了不影响渔船的正常生产, 调查时间和空间受到一定限制, 为生产性调查, 根据船长的生产经验来选定调查站点。每天放钩后用 XR-620(部分站点)测定一定水深的温度、盐度、溶解氧垂直变化曲线或 TDR-2050(部分站点)测定一定水深的温度垂直变化曲线。对于较深处的数据由趋势线估算推得。调查区域海洋环境垂直分布随纬度变化情况见图 2。

记录还包括: 每天的投绳位置和时间、投绳时的航速、航向、出绳速度、两浮子间的钩数、两钓钩间的时间间隔、投钩数、起钩时间; 并抽样记录大眼金枪鱼的钓获钩号、捕获位置等。

### 1.4 研究方法

1.4.1 钓钩理论深度 用 TDR 测定钓钩深度的钓钩数为 175 枚, 按照日本吉原有吉理论钓钩深度计算方法(斋藤昭二, 1992)计算得出该钓钩的理论深度( $D_j$ ), 即:

$$D_j = h_a + h_b + l \left[ \sqrt{1 + \cot^2 \phi_0} - \sqrt{\left(1 - \frac{2j}{n}\right)^2 + \cot^2 \phi_0} \right] \quad (1)$$

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

$$l = \frac{V_1 \times n \times t}{2} \quad (3)$$

$$k = \frac{L}{2l} = \frac{V_2}{V_1} = \cot \phi_0 \operatorname{sh}^{-1}(\operatorname{tg} \phi_0) \quad (4)$$

式(1)—式(4)中:  $D_j$  为钓钩理论深度;  $h_a$  为支线长;  $h_b$  为浮子绳长;  $l$  为干线弧长的一半;  $\phi_0$  为干线支承点上切线与水平面的交角, 与  $k$  有关, 作业中很难实测  $\phi_0$ , 采用短缩率  $k$  来推出  $\phi_0$ ;  $j$  为 2 浮子之间自一侧计的钓钩编号序数, 即钩号;  $n$  为 2 浮子之间干线的分段数, 即支线数加 1;  $L$  为 2 浮子之间海面上的距离;  $V_2$  为船速;  $t$  为投绳时前后 2 支线之间相隔的时间间隔;  $V_1$  为投绳机出绳速度。

1.4.2 建立钓钩预测深度模型 由于调查过程中不可能用 TDR 测定所有钓钩的深度, 为了计算未能

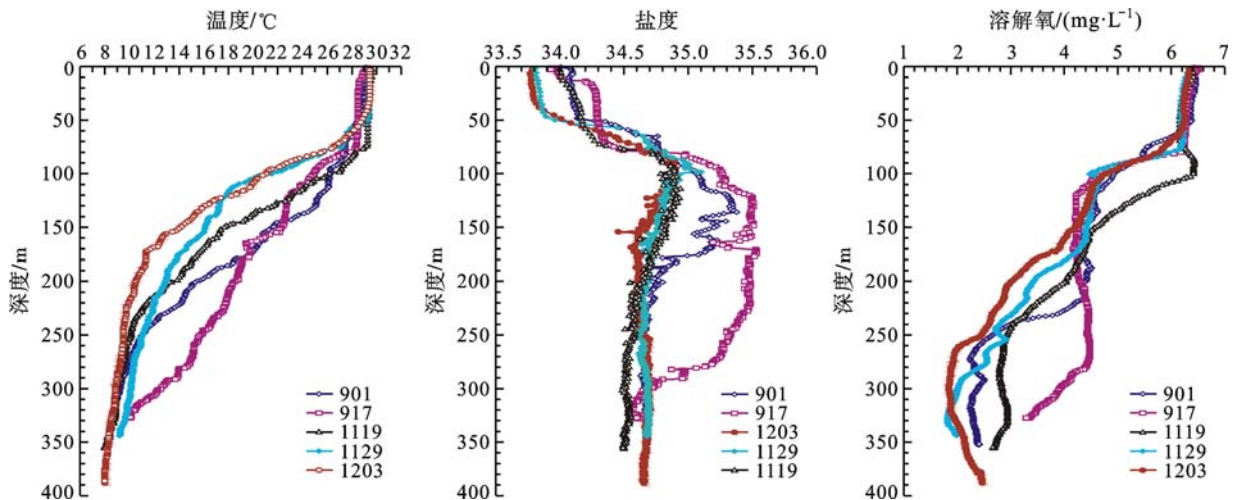


图2 温度、盐度和溶解氧垂直剖面图

Fig.2 The vertical profiles of temperature, salinity, and dissolved oxygen

注: 901: 2005年9月1日(N03°01', E139°23'); 917: 2005年9月17日(N02°15', E138°04'); 1119: 2005年11月19日(N09°18', E135°22'); 1129: 2005年11月29日(N07°01', E134°54'); 1203: 2005年12月03日(N05°09', E135°06')

用 TDR 测定深度的钓钩的深度, 从而计算出不同水层中的钓钩数、鱼钓获时所处环境数据, 应用 DPS 软件(唐启义等, 2002), 采用多元线性逐步回归的方法建立 2005 年 8 月 14 日—12 月 19 日测定的 175 枚钓钩的预测深度( $\bar{D}$ )与理论深度( $D_j$ )的关系模型(宋利明等, 2006; 宋利明, 2008<sup>1)</sup>; Song *et al.*, 2008, 2009)。本文中, 认为钓钩所能达到的深度主要受到钓具漂移速度( $V_g$ )、风速( $V_w$ )、风向( $C_w$ )、风流合压角( $\alpha$ )、风舷角( $Q_w$ )等因素的影响, 且钓钩的深度是在不断地变化的, 在一定的范围内波动。其中, 钓具漂移速度是指钓具在风、流的合力作用下, 钓具在海中的对地漂移的速度; 风速: 为风速仪测得的风的速度; 风向为用罗经测得的风吹来的方向; 风流合压角是指钓具在海中的漂移方向与放钩航向之间的夹角; 风舷角是指风向与放钩航向之间的夹角。

$$\text{设: } \bar{D} = b_0 + b_1 V_w + b_2 V_g + b_3 \sin Q_w + b_4 \sin \alpha + b_5 D_j \quad (5)$$

其中:  $b_0$ 、 $b_1$ 、...、 $b_5$  为各变量的系数, 得回归模型为:

$$\bar{D} = 60.07 - 36.14 V_g - 0.42 \sin Q_w + 0.57 D_j \quad (6)$$

相关系数  $R = 0.8387$ ;  $F$  值 = 135.1938; 显著水平  $P = 0$ ; 剩余标准差  $S = 36.3804$ 。

**1.4.3 大眼金枪鱼钓获深度处的温度、盐度和溶解氧** 调查期间, 共捕获 170 尾大眼金枪鱼, 其叉长范围为 0.92—1.76m, 其中 1.20—1.60m 占多数(76.9%), 基本

上为成熟个体。本文作如下 4 点假定: (1) 大眼金枪鱼钓获的水深为所有环境变量同时作用的结果; (2) 温度、盐度、溶解氧各自独立影响大眼金枪鱼的分布并表示其偏好的环境状况; (3) 本研究中钓获的大眼金枪鱼是在钓具稳定后钓获的; (4) 一次作业的海洋环境相同, 为测定位置测得的海洋环境数据。根据 XR-620、TDR 测得的曲线图, 以式(6)计算出的深度为引数, 查出本次调查中取样的该尾鱼钓获深度处的温度、盐度(130 尾, 取样覆盖率为 76.5%)和溶解氧(122 尾, 取样覆盖率为 71.8%)数据。

#### 1.4.4 数据处理方法

##### (1) 水层、水温、盐度和溶解氧分段方法

水层从 20.0—299.9m, 每 40m 为一层, 分为 7 层; 水温从 8.0—29.9, 每 1 为一层, 分为 22 段; 盐度从 33.80—35.59, 每 0.10 为一层, 分为 18 段; 溶解氧从 2.00—6.49mg/L, 每 0.50mg/L 为一层, 共 9 段。

##### (2) 各水层、水温、盐度和溶解氧范围的渔获率( $R_{ij}$ )

统计该渔场各水层、水温、盐度、溶解氧范围内的大眼金枪鱼的渔获尾数(分别记作  $N_{S_{1j}}$ 、 $N_{S_{2j}}$ 、 $N_{S_{3j}}$ 、 $N_{S_{4j}}$ )、钩数( $H_{S_{1j}}$ 、 $H_{S_{2j}}$ 、 $H_{S_{3j}}$ 、 $H_{S_{4j}}$ )以及占该渔场取样总尾数(记作  $N_S$ )的百分比(分别记作  $P_{1j}$ 、 $P_{2j}$ 、 $P_{3j}$ 、 $P_{4j}$ , 见式(7))、占该渔场该天取样钩数(记作  $H_S$ )的百分比( $P_{H_{1j}}$ 、 $P_{H_{2j}}$ 、 $P_{H_{3j}}$ 、 $P_{H_{4j}}$ , 见式(8)), 根据取样数据推算出该渔场的实际总渔获尾数(记作

1) 宋利明, 2008. 印度洋大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)栖息环境综合指数——基于延绳钓渔业调查数据. 上海: 上海海洋大学博士论文, 1—209

$N$ )、该天的总钩数(记作  $H$ )在各水层、水温、盐度、溶解氧范围的渔获尾数(分别记作  $N_{1j}$ 、 $N_{2j}$ 、 $N_{3j}$ 、 $N_{4j}$ , 见式(9))、钩数(分别记作  $H_{1j}$ 、 $H_{2j}$ 、 $H_{3j}$ 、 $H_{4j}$ , 见式 10;  $H_{2j}$ 、 $H_{3j}$ 、 $H_{4j}$  根据各水温、盐度、溶解氧范围相对应的水层计算出在该水层的钩数而推算得出), 再计算大眼金枪鱼各水层、水温、盐度、溶解氧范围的钓获率(分别记作  $R_{1j}$ 、 $R_{2j}$ 、 $R_{3j}$ 、 $R_{4j}$ , 见式(11))(宋利明等, 2006; 宋利明, 2008<sup>1)</sup>; Song *et al.*, 2009, 2008), 其表达式分别为:

$$P_{ij} = \frac{N_{S_{ij}}}{N_S} \quad (7)$$

$$P_{H_{ij}} = \frac{H_{S_{ij}}}{H_S} \quad (8)$$

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

$$H_{ij} = P_{H_{ij}} \times H \quad (10)$$

$$R_{ij} = \frac{1000N_{ij}}{H_{ij}} \quad (11)$$

式(7)—式(11)中,  $i = 1, 2, 3, 4$ ; 统计各水层的数据( $i = 1$ )时,  $j = 1, 2, 3, \dots, 7$ ; 统计各水温范围数据( $i = 2$ )时,  $j = 1, 2, 3, \dots, 22$ ; 统计各盐度范围的数据( $i = 3$ )时,  $j = 1, 2, 3, \dots, 18$ ; 统计各含氧量范围的数据( $i = 4$ )时,  $j = 1, 2, 3, \dots, 9$ 。

**1.4.5 聚类分析** 使用 DPS7.05 版多元分析中谱系聚类(Hierarchical Cluster)的方法分析水层、水温段、盐度段、溶解氧范围与大眼金枪鱼的渔获尾数(式(9)计算得出)、渔获率(式(11)计算得出)、钓钩钩数(式(10)计算得出)的关联度。数据采用规格化转换, 聚类距离为欧氏距离(Euclidean distance), 计算方法为离差平方和法(唐启义等, 2002)。

## 2 结果

### 2.1 大眼金枪鱼各水层、水温、盐度和溶解氧范围内的渔获率( $R_{ij}$ )

帕劳附近海域各水层、水温、盐度和溶解氧范围的大眼金枪鱼渔获率(尾/千钩)分别见图 3。

### 2.2 大眼金枪鱼渔获率与各类环境变量的关联度

根据谱系聚类分析的结果(图 4)并结合专家经验可得出大眼金枪鱼各类环境变量的关联度。各类环境变量对应的渔获率 <1.0、1.0—1.5、1.5—2.0、2.0—2.5、2.5 尾/千钩, 则关联度分别为极低、低、中等、较

高、高(表 1)。

根据表 1 得出大眼金枪鱼偏好的环境变量范围、相应的渔获率, 见表 2。

## 3 讨论

(1) 大眼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(沈汉祥等, 1987; Brill, 1994), 一般情况下, 应将水温作为主要因子(宋利明等, 2006; 宋利明, 2008<sup>1)</sup>; Song *et al.*, 2009)。

(2) 在帕劳群岛附近海域, 大眼金枪鱼偏好的水温为 11.0—12.9。这与 Hanamoto(1987)、Schaefer 等(2002)和 Bach 等(2003)的结果基本一致, 但与 Boggs(1992)(研究成熟的鱼得出其偏好水温为 8.0—10.0)、Holland 等(1990, 1992)(研究接近成熟的鱼得出其偏好水温为 14.0—17.0)以及 Musyl 等(2003)(研究夏威夷水域成熟的鱼, 得出其偏好水温为 7.0—10.0)得出的结果有所不同。这表明, 一般情况下, 成熟的大眼金枪鱼偏好的水温基本相同(10.0—14.0), 接近成熟的鱼偏好的水温较高(14.0—17.0), 夏威夷水域大眼金枪鱼偏好的水温较低(具有一定的特殊性)。

(3) 在帕劳群岛附近海域, 大眼金枪鱼偏好的水层为 180.0—219.9m。这与 Holland 等(1990, 1992)对接近成熟的鱼研究得出的偏好水层为 200.0—240.0m 基本一致; 但与 Hanamoto(1987)、Schaefer 等(2002)、Boggs(1992)和 Musyl 等(2003)研究得出的结果有所不同。Hanamoto(1987)研究得出大眼金枪鱼偏好的水层范围较广、较浅(100.0—250.0m), 而其它研究认为大眼金枪鱼偏好的水层较深(Schaefer *et al.*, 2002, 200.0—300.0m; Boggs, 1992, 200.0—400.0m; Musyl *et al.*, 2003, 300.0—500.0m), 这可能是由于 Hanamoto(1987)在调查中大部分钓钩设置的深度较浅; Schaefer 等(2002)认为大眼金枪鱼偏好的水层较深, 这可能是由于东太平洋与中西太平洋的海流结构差异造成的。Holland 等(1990, 1992)、Boggs(1992)和 Musyl 等(2003)均为对夏威夷水域单尾大眼金枪鱼的偏好水层进行的研究, 具有一定的特殊性。Holland 等(1990, 1992)的研究对象为接近成熟的鱼, Boggs(1992)和 Musyl 等(2003)的研究对象为成熟的鱼, 接近成熟的

1) 宋利明, 2008. 印度洋大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)栖息环境综合指数——基于延绳钓渔业调查数据. 上海: 上海海洋大学博士论文, 1—209

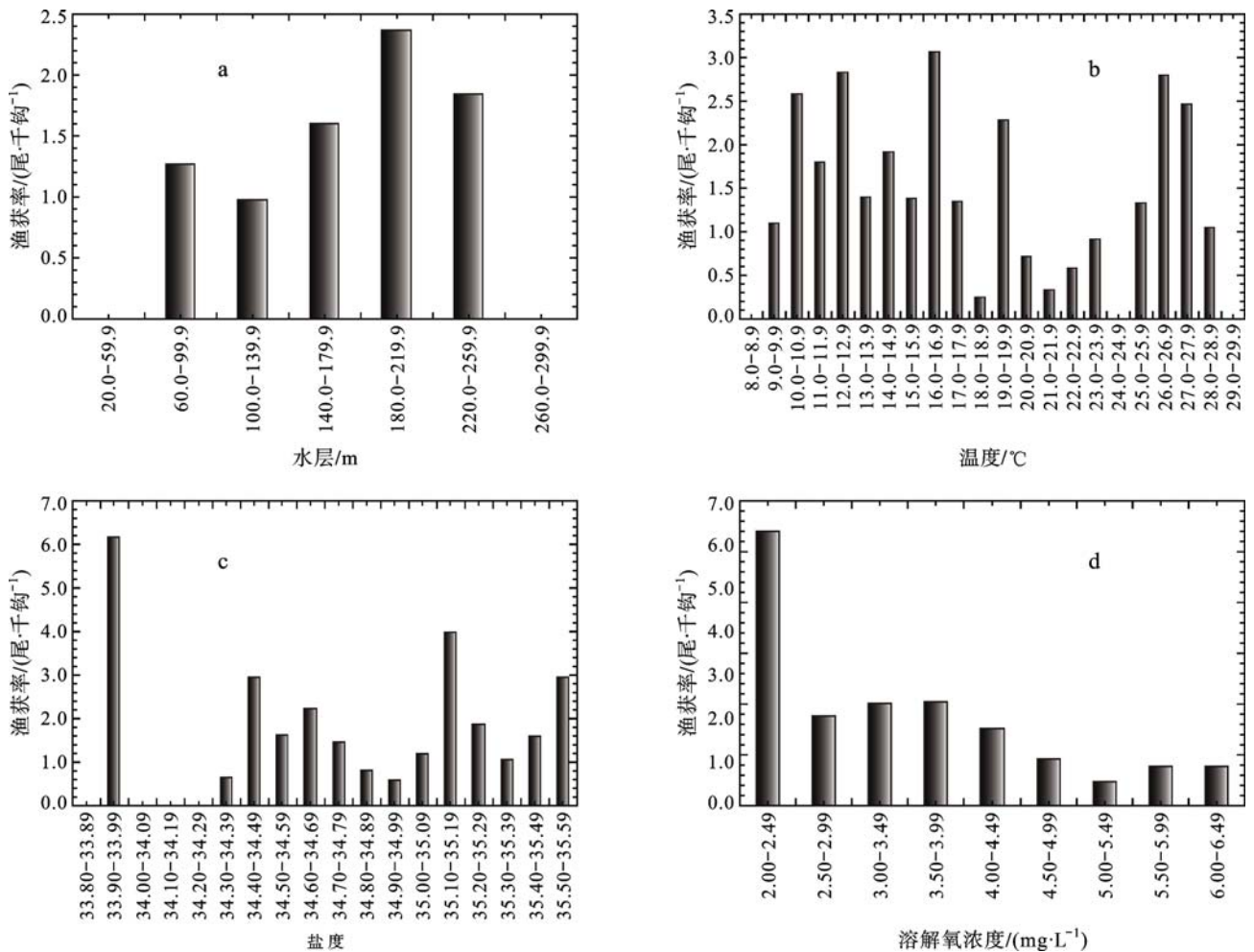


图3 各水层(a)、温度(b)、盐度(c)和溶解氧(d)范围内大眼金枪鱼渔获率

Fig.3 The catch rate of bigeye tuna (a), temperature (b), salinity (c), and dissolved oxygen range (d) in each water layer

鱼不能够像成熟的鱼那样潜到深处。Musyl 等(2003)发现鱼体体长与其白天的游泳水层有很强的相关性,但夜间的游泳水层与鱼体体长关系不明显。由于帕劳群岛附近海域捕获的大眼金枪鱼为成熟的鱼,位于热带西太平洋暖池的西部边缘(张启龙等,1997),其特殊的海洋环境导致成熟的大眼金枪鱼偏好的水层较浅,为180.0—219.9m。

(4) 在帕劳群岛附近海域,大眼金枪鱼偏好的盐度为34.50—34.99。Hanamoto(1987)对太平洋大眼金枪鱼的适盐范围进行了研究,结果表明南太平洋为34.50—35.50、北太平洋为34.00—34.70和赤道区域为34.70—35.20。说明大眼金枪鱼的适盐性较广,盐度不一定是限制大眼金枪鱼分布的主要因子。

(5) 在帕劳群岛附近海域,大眼金枪鱼偏好的溶解氧范围为3.00—3.99mg/L,基本处于Musyl等(2003)得出的偏好溶解氧范围内(2.20—3.90mg/L)。同

时也说明在溶解氧高于一定的门限值(0.8mg/L)时,大眼金枪鱼均能生存,此刻,其分布由其它环境因子决定。

(6) 在帕劳群岛附近海域,80—320m,在5°—9°N间环境变量随纬度的波动较小,而2°—3°N的波动较大(图2)。根据海上调查时的渔获统计数据,在2°—4°N间海域捕获的大眼金枪鱼只有33尾(占19%左右),从图2得,在该海域大眼金枪鱼偏好的水温(11.0—12.9)对应的深度为230m以深,超过大眼金枪鱼偏好的深度范围,导致该海域大眼金枪鱼的渔获尾数较少。而在5°—9°N海域,大眼金枪鱼偏好的温度10.0—12.9、水层180.0—219.9m、盐度34.50—34.99、溶解氧3.00—3.99mg/L这四个环境变量基本对应一致,说明本研究得出的大眼金枪鱼的环境偏好范围是可信的。

(7) 在帕劳群岛附近海域,图3中大眼金枪鱼渔

获率最高的环境因子范围与使用聚类分析得出的大眼金枪鱼偏好的环境(图 4, 表 1, 表 2)有所差异, 主要是由于存在一定的取样误差、作业时间不同(有时凌晨投绳、有时晚上投绳)造成的, 这也说明大眼金枪

鱼昼夜垂直分布方式不同(白天分布在较深的水层, 夜间分布在混合层中)。另外, 利用生产数据来分析大眼金枪鱼的偏好环境存在一定的局限性(钓具投放深度的限制), 今后应采用档案标志或调查船来进一步

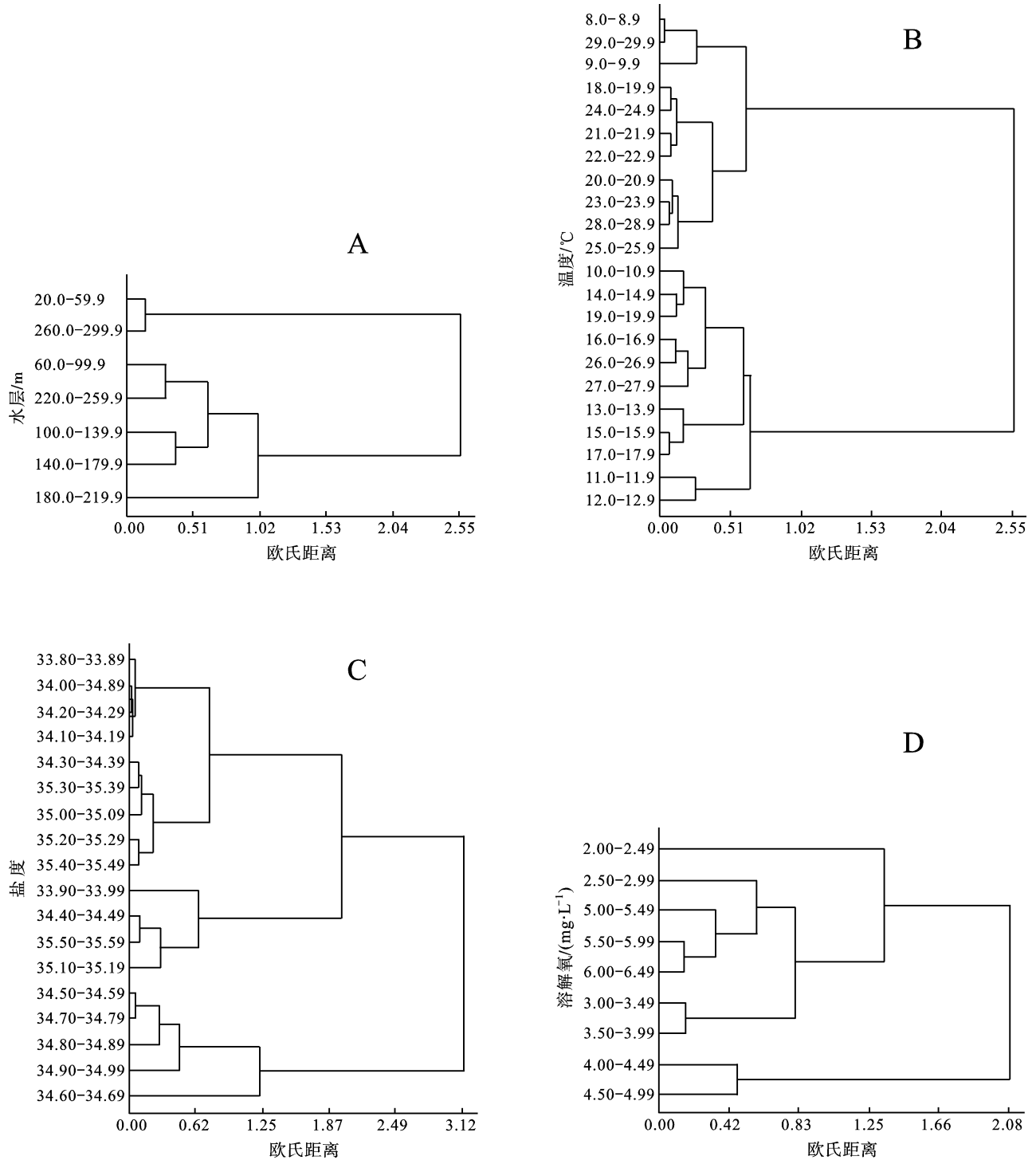


图 4 水层、水温、盐度和溶解氧、钓钩数、渔获尾数和渔获率的聚类结果

Fig.4 The result of clustering of water layer, water temperature, salinity, and dissolved oxygen, hook numbers, individuals and catch rate of bigeye tuna

研究大眼金枪鱼的偏好环境(宋利明等, 2006; 宋利明, 2008<sup>1)</sup>; Song *et al.*, 2009)。

(8) 大眼金枪鱼的行为方式、栖息环境偏好受到许多因素的影响, 例如生理特性(Holland *et al.*, 1990, 1992; Brill *et al.*, 1994), 生物因素(Holland *et al.*, 1990, 1992; Brill, 1994)和非生物海洋环境因素。大眼金枪

鱼为了维持较高的新陈代谢率就需要维持较高的肌肉温度, 这就是大眼金枪鱼为什么会按一定的时间间隔游向温暖的表层的原因(Holland *et al.*, 1992)。Dagorn 等(2000)和 Marcinek 等(2001)得出金枪鱼的行为与饵料生物, 例如鱿鱼、磷虾和中上层鱼类的昼夜垂直洄游一致。Musyl 等(2003)和 Josse 等(1998)得出

表 1 大眼金枪鱼渔获率与各类环境变量的关联度  
Tab.1 Correlations between various environmental variables and the catch rate of bigeye tuna

环境变量	分类	范围	尾数	钩数(枚)	渔获率(尾/千钩)	关联度
水层(m)	1	20.0—59.9	0.0	4324.4	0.00	极低
		260.0—299.9				
	2	60.0—99.9	44.5	29295.2	1.52	中等
		220.0—259.9				
水温( )	3	100.0—179.9	62.8	48616.1	1.29	低
		180.0—219.9	62.8	26543.4	2.36	较高
	1	8.0—9.9	1.3	2362.2	0.55	极低
		29.0—29.9				
2	18.0—18.9	23.5	36988.9	0.64	极低	
	20.0—25.9					
	28.0—28.9					
	3	10.0—10.9	73.2	29631.7	2.47*	较高
4	14.0—14.9					
	16.0—16.9					
	19.0—19.9					
	26.0—27.9					
5	13.0—13.9	28.8	20826.3	1.38	低	
	15.0—15.9					
	17.0—17.9					
	11.0—12.9	43.2	19243.8	2.24	较高	
盐度	1	34.00—34.39	14.4	14115.0	1.02	低
		35.00—35.09				
	35.20—35.49					
	2	33.90—33.99	24.8	6802.8	3.65*	高
3	34.40—34.49					
	35.10—35.19					
	35.50—35.59					
	34.50—34.99	130.8	88135.2	1.48	低	
溶解氧(mg/L)	1	2.00—2.49	6.4	1190.2	5.41*	高
	2	2.50—2.99	32.2	45821.0	0.70	极低
		5.00—6.49				
	3	3.00—3.99	43.8	21551.0	2.03	较高
4	4.00—4.99	74.6	61015.9	1.22	低	

\*表示不确定性较大

1) 宋利明, 2008. 印度洋大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)栖息环境综合指数——基于延绳钓渔业调查数据. 上海: 上海海洋大学博士论文, 1—209



表 2 大眼金枪鱼偏好的环境变量范围、相应的大眼金枪鱼渔获率

Tab.2 The environmental preference ranges and corresponding catch rates of bigeye tuna

环境变量	环境变量范围	渔获率/(尾/千钩)
水层(m)	180.0—219.9	2.36
水温( )	11.0—12.9	2.24
盐度	34.50—34.99	1.48
溶解氧(mg/L)	3.00—3.99	2.03

大眼金枪鱼的垂直洄游反映了声波散射层(SSL)的每日垂直移动。Bertrand 等(2002a, b)提出饵料的分布可能对于鱼类的分布、鱼类的捕食行为、延绳钓的可捕率影响较大。本文仅在本次调查的基础上而且取样尾数较少,考虑了渔获率与温度、盐度、溶解氧的关系,而其它海洋环境因素和生态要素,如海流、温跃层深度、浮游生物和食物网等对鱼类分布和活动的影响也很重要,这些因素都可能影响结果的准确性,今后应进一步增加取样尾数、TDR 实测的钩数和 CTD 测定的次数并分析大眼金枪鱼的栖息环境偏好与其生理特性和生物因素之间关系(宋利明, 2008<sup>1)</sup>)。

**致谢** 本研究得到帕劳群岛共和国政府的许可;深圳市联成远洋渔业有限公司周新东董事长、李和协总经理、帕劳基地经理洪金龙先生、郑林清先生、朱永利工程师、“CFA07 号”船张英辉船长及全体船员等给予大力支持,谨致谢忱。

### 参 考 文 献

朱国平, 许柳雄, 2007. 东太平洋金枪鱼延绳钓大眼金枪鱼渔场与表层温度之间的关系. 海洋环境科学, 26(4): 333—336

李显森, 孙 珊, 戴群芳等, 2005. 中东太平洋金枪鱼延绳钓渔获量及其分布. 海洋水产研究, 26(3): 48—54

沈汉祥, 李善勋, 唐小曼等, 1987. 远洋渔业. 北京: 海洋出版社, 322—352

宋利明, 陈新军, 许柳雄, 2004. 大西洋中部大眼金枪鱼垂直分布与温度、盐度的关系. 中国水产科学, 11(6): 561—566

宋利明, 高攀峰, 2006. 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. 水产学报, 30(3): 335—340

张启龙, 翁学传, 1997. 热带西太平洋暖池的某些海洋学特征分析. 海洋科学集刊, 38: 31—38

姜浪波, 许柳雄, 黄金玲, 2005. 印度洋大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)的垂直分布与水温的关系. 上海水产大学学报, 14(3): 333—336

唐启义, 冯明光, 2002. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统.

北京: 科学出版社, 304—311

樊 伟, 崔雪森, 周廷芳, 2004. 太平洋大眼金枪鱼延绳钓渔获分布及渔场环境浅析. 海洋渔业, 26(4): 261—265

樊 伟, 崔雪森, 周廷芳, 2008. 太平洋延绳钓大眼金枪鱼及渔场表温关系研究. 海洋通报, 27(1): 35—41

斋藤昭二, 1992. マグロの游泳層と延縄漁法. 东京: 成山堂书屋, 9—10

Alain F, Ariz J, Delgado A *et al*, 2004. A comparison of bigeye stocks and fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. IOTC-2004-WPTT-INF03

Bach P, Dagorn L, Bertrand A *et al*, 2003. Acoustic telemetry versus monitored longline fishing for studying the vertical distribution of pelagic fish: bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in French Polynesia. Fish Res, 60: 281—292

Bertrand A, Bard F X, Josse E, 2002a. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. Mar Biol, 140: 1023—1037

Bertrand A, Josse E, Bach P *et al*, 2002b. Hydrological and trophic characteristics of tuna habitat: consequences on tuna distribution and longline catchability. Can J Fish Aquat Sci, 59: 1002—1013

Bigelow K A, Hampton J, Miyabe N, 2002. Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Fish Oceanogr, 11(3): 143—155

Boggs C H, 1992. Depth, capture time, and hooked longevity of longline caught pelagic fish: timing bites of fish with chips. Fish Bull, 90: 642—658

Brill R W, 1994. A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments. Fish Oceanogr, 3: 204—216

Brill R W, 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

Chavance P, 2005. Depth, temperature, and capture time of longline targeted fish in New Caledonia: results of a one year study. WCPFC-SC-2005/03

Dagorn L, Menczer F, Bach P *et al*, 2000. Co-evolution of movement behaviors by tropical pelagic predatory fishes in response to prey environment: a simulation model. Ecol Model, 134: 325—341

Hanamoto E, 1987. Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution. Bull Jap Soc Fish Oceanogr, 51(3): 203—216

Holland K, Brill R, Chang R K C, 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fish Bull, 88: 493—507

1) 宋利明, 2008. 印度洋大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)栖息环境综合指数——基于延绳钓渔业调查数据. 上海: 上海海洋大学博士论文, 1—209



- Holland K, Brill R, Chang R K C *et al*, 1992. Physiological and behavioral thermoregulation in bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Nature*, 358: 410—412
- Josse E, Bach P, Dagorn L, 1998. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys. *Hydrobiologia*, 371/373: 61—69
- Kume S, 1967. Distribution and migration of bigeye tuna in the Pacific Ocean. *Rept Nankai Reg Fish Res Lab*, 25: 75—80
- Kume S, Joseph J, 1966. Size composition, growth and sexual maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, from the Japanese longline fishing in the eastern Pacific Ocean. *Bull Inter-Am Trop Tuna Comm*, 11(2): 45—99
- Marcinek D J, Blackwell S B, Dewar H *et al*, 2001. Depth and muscle temperature of Pacific bluefin tuna examined with acoustic and pop-up satellite tags. *Mar Biol*, 138: 869—885
- Matsumoto T, 1998. Preliminary analyses of age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western Pacific Ocean based on otolith increments. *IATTC Spec Rep*, 9: 238—242
- Maunder M N, Simon D H, 2006. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2004 and outlook for 2005. *Inter-Am Trop Tuna Comm Stock Asses Rep*, 6: 103—206
- Mohri M, Nishida T, 1999a. Distribution of bigeye tuna and its relationship to the environmental conditions in the Indian Ocean based on the Japanese longline fisheries information. *IOTC Proceedings*, 2: 221—230
- Mohri M, Nishida T, 1999b. Seasonal changes in bigeye tuna fishing areas in relation to the oceanographic parameters in the Indian Ocean. *IOTC Proceedings*, 2: 207—220
- Musyl M K, Brill R W, Boggs C H *et al*, 2003. Vertical movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) associated with islands, buoys, and seamounts near the main Hawaiian Island from archival tagging data. *Fish Oceanogr*, 12(3): 152—169
- Nakano H, Okazaki M, Okamoto H, 1997. Analysis of catch depth by species for tuna longline fishery based on catch by branch lines. *Bull Far Seas Fish Res Lab*, 34: 43—62
- Schaefer K M, Fuller D W, 2002. Movements, behavior, and habitat selection of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern equatorial Pacific, ascertained through archival tags. *Fish Bull*, 100(4): 765—788
- Song Li Ming, Zhang Yu, Xu Liu Xiong *et al*, 2008. Environmental preferences of longlining for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the tropical high seas of the Indian Ocean. *Fish Oceanogr*, 17(4): 239—253
- Song Li Ming, Zhou Ji, Zhou Ying Qi *et al*, 2009. Environmental preferences of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Indian Ocean: an application to a longline fishery. *Environ Biol Fish*, 85: 153—171
- Sun C L, Huang C L, Yeh S Z, 2001. Age and growth of the bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the western Pacific Ocean. *Fish Bull*, 99: 502—509
- Suzuki Z, Warashina Y, Kishida M, 1977. The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the western and central equatorial Pacific. *Bull Far Seas Fish Res Lab*, 15: 51—89

## ENVIRONMENTAL PREFERENCES OF *THUNNUS OBESUS* NEAR PALAU: APPLICATIONS TO LONGLINE FISHERY

SONG Li-Ming, LI Yu-Wei, GAO Pan-Feng

(The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fishery Resources Exploitation, The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306)

**Abstract** The relationships between vertical distribution of adult bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and water temperature, salinity, and dissolved oxygen and the environmental preferences of the bigeye tuna near Palau were studied in this research to increase the catch rate of bigeye tuna and reduce the bycatch of non-targeting species. Longliner CFA No.07 in super-spool and chilled seawater systems was used as the platform for sampling. Sampling in waters near Palau was conducted from Aug.14, 2005 to Dec.19, 2005. The data collected included CTD (XR-620) and TDR (2050) profiles, amount of fishing hooks, deploying position and time, course and speed, shooting speed of main line, number of hooks between successive buoys, the time interval between two hooks, beginning time and position of retrieving line, wind force and direction, the drifting speed and direction to the ground, and the hook code. The theoretical hook depth was calculated with a catenary curve hook depth equation. Relationship between theoretical hook depth and the predicting hook depth was determined by regression. All the predicting hook depth was calculated with predicting hook depth model. Additionally, vertical profiles of temperature, salinity, dissolved oxygen and depth were established for estimating the catch rate of bigeye tuna at different hydrodynamic ranges. The result indicates that the tuna longline fishing ground near Palau, the favorable conditions are about 180 to 220m deep, 11.0 to 12.9 in water temperature, 34.50 to 34.99 in salinity, and dissolved oxygen at 3.00 to 3.99mg/L. In general, adult bigeye tuna prefers to temperature from 10.0 to 14.0 in vast salinity range and at least 0.8mg/L of dissolved oxygen.

**Key words** *Thunnus obesus*, Water layer, Temperature, Salinity, Dissolved oxygen, Longline, Palau