

印度洋中西部大眼金枪鱼年龄与 鱼体脂肪含量的关系*

宋利明^{1, 2, 3, 4} 赵海龙¹ 李冬静¹

(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. 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; 4. 远洋渔业协同创新中心 上海 201306)

摘要 本文根据 2012 年 10 月—2013 年 3 月在印度洋中西部海域金枪鱼延绳钓渔业调查所获得的样本, 利用其脊椎骨鉴定了 334 尾大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)的年龄, 并利用鱼类脂肪含量测定仪测定了其肌肉的脂肪含量, 进而对年龄与脂肪含量的关系进行了研究。结果表明样本金枪鱼的特征如下: (1) 年龄组成为 1—9 龄, 其中 4—6 龄比例最大, 约占样本总数的 66.4%; (2) 脂肪含量范围为 3.1%—29.8%, 平均为 13.4%, 优势范围在 7.0%—17.0%之间, 其中 13.0%—17.0%的比例最高达 51.4%; (3) 通过比较不同年龄组的脂肪含量发现, 鱼体脂肪含量 1—3 龄随年龄增加而下降。4—5 龄脂肪含量较高, 6 龄急剧下降到最低, 7—9 龄又呈升高的趋势; (4) 雌性和雄性大眼金枪鱼的新陈代谢变化无明显差异, 雌性比雄性的性成熟年龄要早 1 年左右, 雌性 3—4 龄时性成熟, 而雄性为 4—5 龄时性成熟; (5) 脂肪含量的变化可能与大眼金枪鱼生长、繁殖、衰老等过程中的新陈代谢变化相吻合。

关键词 大眼金枪鱼; 年龄; 脂肪含量; 印度洋中西部

中图分类号 S932.4; Q54 **doi:** 10.11693/hyhz20141000292

金枪鱼类持续运动需要消耗大量的能量, 因此其新陈代谢率很高(Graham *et al.*, 1982), 尤其是高速洄游过程中(Harden-Jones, 1984)。脂肪是鱼类新陈代谢和繁殖过程中的主要能量来源(Johnson, 2009), 积聚的脂肪可用作生殖洄游中新陈代谢的能量, 而怀卵亲鱼的脂肪可转移到鱼卵中(Black *et al.*, 1998)。在产卵前或产卵期间, 环境状况、摄取的能量都将影响鱼类的脂肪含量, 进而影响其繁殖特性, 如生殖细胞的形成、繁殖力、鱼卵质量和数量(Kelso, 1973; Flath *et al.*, 1985; Dygert, 1990; Henderson *et al.*, 1996; Wiegand *et al.*, 2007)。研究鱼类的脂肪含量及其与年龄的关系有助于了解鱼类生命史中脂肪含量和栖息环境的变化(Encina *et al.*, 1997)。大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)是我国印度洋延绳钓渔业的目标鱼种(宋利明, 2014), 叶振江等(2003)和朱国平等(2006)对印度洋东

部和中西部海域的大眼金枪鱼生物学特性进行了研究。另外, 一些学者还研究了印度洋大眼金枪鱼的年龄和生长(Tankevchi, 1982; Stéquet *et al.*, 2000; 李攀, 2010; 周成等, 2012)。Zudaire 等(2014)对西印度洋黄鳍金枪鱼脂肪的积累、转移与其繁殖的关系进行了研究。Goni 等(2010)对大西洋的长鳍金枪鱼(*T. alalunga*)和蓝鳍金枪鱼(*T. thynnus*)幼鱼脂肪含量的季节和年际变化进行了研究。宋利明等(2014)对太平洋南部库克群岛海域长鳍金枪鱼脂肪含量分布、脂肪含量与叉长的关系等进行了研究。然而, 目前鲜有着重于印度洋大眼金枪鱼年龄与脂肪含量关系的研究。本文根据 2012 年 10 月—2013 年 3 月印度洋中西部海域金枪鱼延绳钓渔业调查数据, 对该海域大眼金枪鱼的年龄与脂肪含量的关系进行研究, 旨在为印度洋大眼金枪鱼脂肪含量与年龄、生长、繁殖力和栖息环境之间

*国家高技术研究发展计划(863)项目, 2012AA092302 号; 高等学校博士学科点专项科研基金联合项目, 20113104110004 号; 上海市教育委员会科研创新项目, 12ZZ168 号。

通讯作者: 宋利明, 博士生导师, 教授, E-mail: lmsong@shou.edu.cn

收稿日期: 2014-10-26, 收修改稿日期: 2014-12-18

关系的深入研究等提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查概况

本次调查所乘船只为延绳钓渔船“新世纪 85”号。该船总长 56.50m, 型宽 8.50m, 型深 3.65m, 主机功率为 735.00kW, 最大航速可达 11.5kn。本次调查时间为 2012 年 11 月至 2013 年 3 月底, 历时 125 天。调

查海域为印度洋中西部 3°24'N—8°15'S, 61°49'E—68°15'E, 站点根据船长的经验并结合实际作业情况随机确定, 站点分布见图 1。代表性站点(121202、121213、121223 和 121231, 图 1 中红色圆圈标示站点)的海洋环境垂直分布状况见图 2, 海水表层温度、盐度、叶绿素浓度和溶解氧含量分别为 28.5—29.5°C、34.69—35.16、0.054—0.070 $\mu\text{g/L}$ 和 6.17—6.24mg/L。

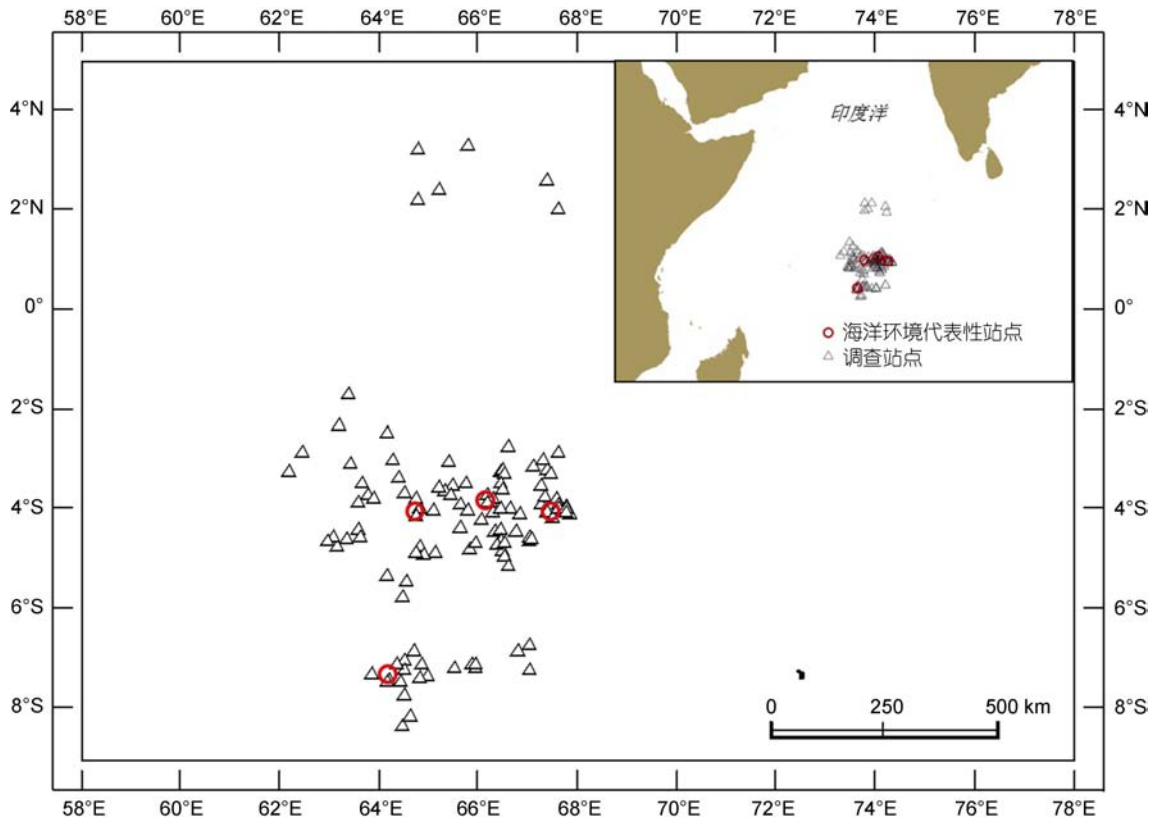


图 1 调查海域和站点

Fig.1 The survey area and sites

1.2 调查的渔具与渔法

使用的渔具为漂流延绳钓钓具, 其浮子直径为 360mm, 浮子绳长 35m, 干线直径为 6.5mm, 支绳共六段, 每段之间用转环连接, 全长约 48m。

一般情况下, 上午 6:00—11:30 投绳, 持续时间约为 5.5h; 之后下午 13:00—凌晨 4:00 起绳, 持续时间约为 15h。投绳时船速平均为 10.1kn, 出绳速度平均为 6.7m/s, 两钓钩间的时间间隔平均为 7.4s, 两浮子间的钓钩数为 16 枚。

1.3 脂肪含量测定方法

本次调查共获得 334 尾大眼金枪鱼。利用英国 Distell 鱼类脂肪含量仪(FFM692, Scotland, UK)测定

其肌肉的脂肪含量, 测定误差为 0.5%—1.0%。该仪器已由生产厂家于出厂前使用氯仿-甲醇法根据氯仿和甲醇提取得到的脂肪含量数据与脂肪含量仪测定数据等对仪器进行了标定(Distell, 2011; 宋利明等, 2014)。由于不同部位的脂肪含量不同, 为了较全面的反映样本的整体平均脂肪含量, 测定了样本 5 个部位(图 3)的脂肪含量并将其算术平均值作为该尾鱼的脂肪含量。

1.4 脊椎骨样本收集和年龄鉴定方法

将调查期间收集的大眼金枪鱼第 36 节脊椎骨剔除其上的肌肉后装入自封袋中, 编号后冷冻保存。回到陆地后解冻, 参考前人对骨质的染色方法(Matthews

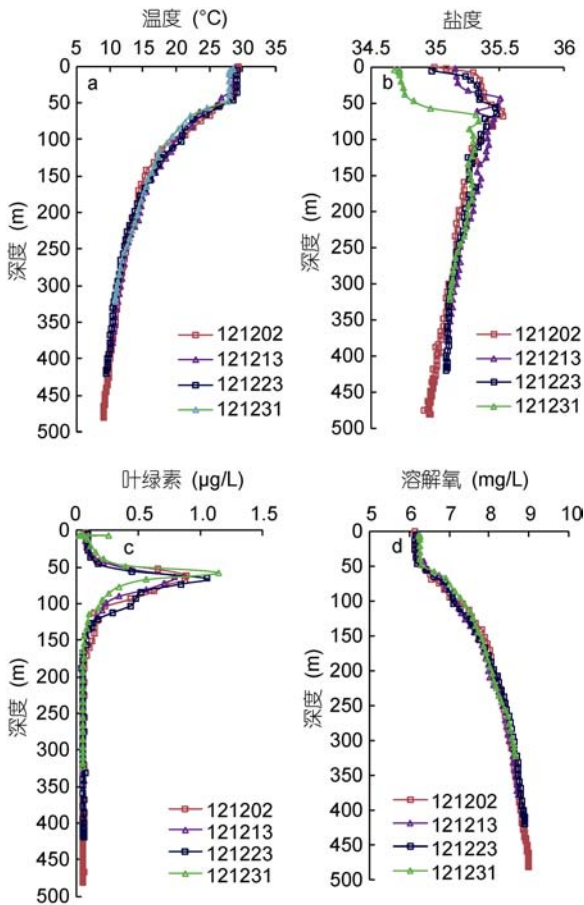


图2 海洋环境垂直分布图

Fig.2 Vertical profile of the marine environment

a. 温度; b. 盐度; c. 叶绿素; d. 溶解氧

注: 121202: 2012年12月2日(7°18'S, 63°52'E); 121213: 2012年12月13日(3°54'S, 64°44'E); 121223: 2012年12月23日(3°30'S, 66°26'E); 121231: 2012年12月31日(4°03'S, 67°44'E)

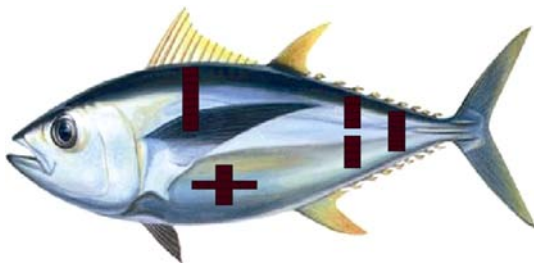


图3 大眼金枪鱼脂肪含量测量部位(红框区)

Fig.3 The area for fat content measurement in bigeye tuna (red areas)

et al., 1977; Gunn *et al.*, 2008; 柯中和等, 2008; 李攀, 2010; 吕凯凯, 2011), 对脊椎骨染色处理, 得到与 334 尾鱼脂肪含量相对应的用于年龄鉴定的染色样本。在同一个脊椎骨中, 染色较深且凸出的部位为慢速生长带, 染色较浅且凹的部位为快速生长带 (Tankevchi, 1982), 如图 4 所示。年轮的观察清晰区在

长轴方向, 从核心向边缘方向计数年轮。一组轮纹(一条慢速生长带和一条快速生长带)代表一年的生长周期, 以慢速生长带的外侧边缘与快速生长带的交界线计数年轮。所有样本的年龄皆判读两次, 期间间隔半个月。两次判读结果不同的样本再进行第三次判读, 若第三次判读结果与前两次判读的任一结果相同时, 以第三次判读结果为准(李攀, 2010; 吕凯凯, 2011)。图 4 中 r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 和 R 分别表示 1, 2, 3, 4, 5 龄和整个脊椎骨的半径。

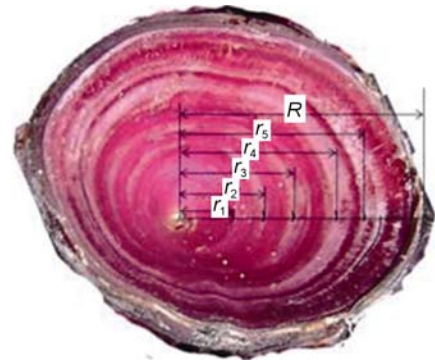


图4 脊椎骨年轮示意图

Fig.4 Schema of vertebra annual ring of bigeye tuna

1.5 数据处理方法

本文采用频率统计的方法统计大眼金枪鱼的年龄组成、脂肪含量分布和各年龄组测定脂肪含量的尾数, 用卡方检验(Chi square test)检验雄性与雌性(在船上鱼体解剖后, 通过肉眼观察性腺并判断性别)的脂肪含量是否存在差异, 并利用多项式模型拟合雌性、雄性和不分性别的大眼金枪鱼的脂肪含量和年龄的关系。

2 结果

2.1 年龄组成

经过对染色后的脊椎骨的轮纹判读, 发现金枪鱼年龄组成为 1—9 龄, 其中 4—6 龄的尾数约占样本总数的 66.4%。具体尾数如图 5 所示。

2.2 脂肪含量分布

本次调查共测量了 334 尾大眼金枪鱼鱼体的脂肪含量, 其范围为 3.1%—29.8%, 平均脂肪含量为 13.4%。由图 6 可知, 大眼金枪鱼脂肪含量优势范围在 7.0%—17.0%之间, 其中 13.0%—17.0%的比例最高, 达 51.4%。卡方检验结果表明雄性(220 尾, 平均脂肪含量为 13.6%)与雌性(114 尾, 平均脂肪含量为 12.9%)的脂肪含量无明显差异($\chi^2=0.13, df=1, P>0.05$)。

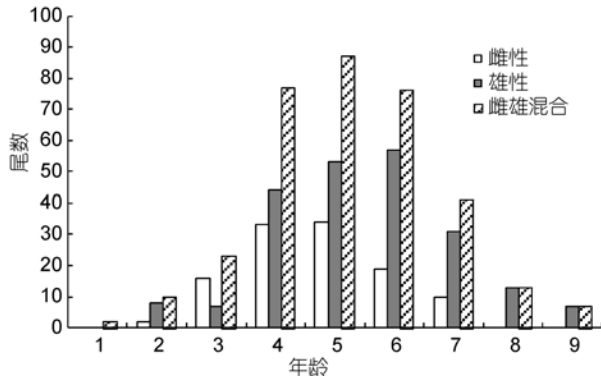


图 5 大眼金枪鱼的年龄组成

Fig.5 The distribution of age of the bigeye tuna

2.3 脂肪含量与年龄的关系

大眼金枪鱼各龄鱼的平均脂肪含量见图 7。比较不同年龄组的脂肪含量发现, 大眼金枪鱼 1 龄鱼脂肪含量较高可达到 15.0%。随着年龄的增加, 大眼金枪鱼逐渐性成熟, 脂肪含量有所下降(1—3 龄); 在 4、5 龄时, 脂肪含量上升; 6 龄鱼脂肪含量最低; 6—9 龄, 脂肪含量呈上升趋势。对于雌性而言, 4 龄时脂肪含量最高, 5 龄时最低, 5—7 龄脂肪含量呈上升趋势; 而雄性在 5 龄时脂肪含量最高, 6 龄时最低, 6—9 龄脂肪含量呈上升趋势(图 7)。

利用多项式模型拟合脂肪含量和年龄的关系,

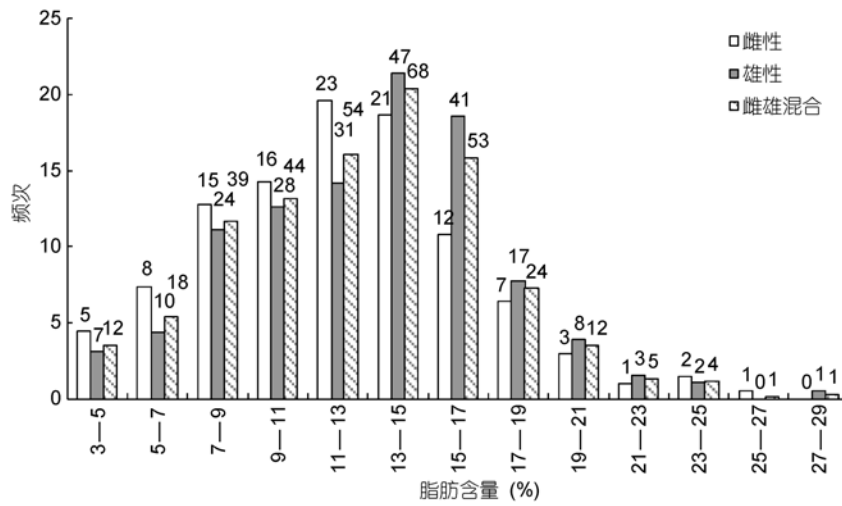


图 6 大眼金枪鱼脂肪含量频次分布(数字表示每一组的尾数)

Fig.6 Distribution of fat content of bigeye tuna (numbers represent the totals of fish in each category)

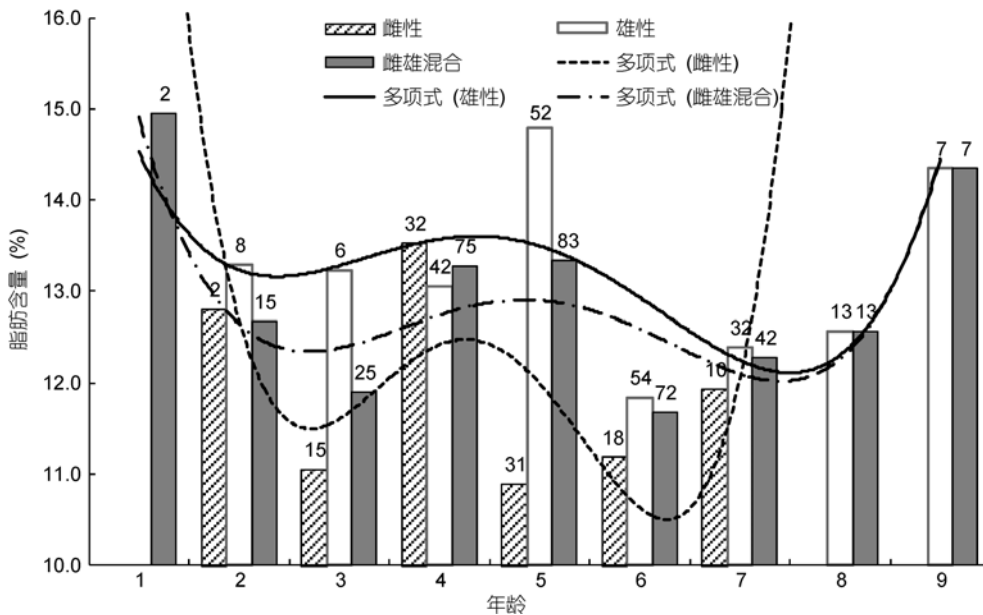


图 7 脂肪含量与年龄的关系(数字表示每一年龄组的尾数)

Fig.7 The relationship between fat content and the age of bigeye tuna (numbers represent the totals of fish in each age group)

得出 4 阶方程(式 1), 其中 $R^2=0.8237$ 。该方程近似呈“W”形变化(图 7)。

$$Y=0.0230X^4-0.4596X^3+3.179X^2-8.9242X+21.0840 \quad (1)$$

雄性和雌性其脂肪含量与年龄的多项式关系分别为式(2)和(3)所示, 其多项式为 4 阶时, R^2 分别为 0.522 和 0.4598。

$$Y=0.0204X^4-0.3873X^3+2.4862X^2-6.3503X+18.7590 \quad (2)$$

$$Y=0.1426X^4-2.5179X^3+15.7660X^2-41.3440X+50.1740 \quad (3)$$

式中, Y 为脂肪含量(%), X 为年龄。

3 讨论

3.1 年龄组成

本研究发现印度洋中西部大眼金枪鱼年龄组成为 1—9 龄, 其中 4—6 龄的尾数约占样本总数的 66.4%, 这与李凤莹(2014)对印度洋大眼金枪鱼的年龄与生长状况的研究结果一致, 她得出大眼金枪鱼样本最大年龄为 7 龄, 最小年龄为 1 龄, 样本年龄组成以 4 龄为主(41.5%)。此外, 周成等(2012)在研究印度洋南部大眼金枪鱼年龄与生长关系时, 发现大眼金枪鱼年龄组成以 3、4 和 5 龄居多, Farley 等(2006)在研究澳大利亚海域大眼金枪鱼的年龄与生长时发现, 在所捕获的大眼金枪鱼中最大年龄可达 16 龄, 而超过 80%的大眼金枪鱼都小于 5 龄。本研究与以上研究结论基本一致。

本研究之所以与其它研究者的结果存在微小差异, 主要是因为本研究中大眼金枪鱼雌雄样本均缺乏低龄鱼样本, 且雌性样本明显缺乏高龄鱼(8—9 龄)样本(图 7)。Gunn 等(2008)认为高龄的金枪鱼, 其脊椎骨不一定每年都产生边际增量, 容易低估年龄。在脊椎骨轮纹读数时, 最后一轮的读取, 由于受到边缘轮的影响, 很多已经形成但由于和边缘轮过于接近的轮纹未计入年龄, 导致实验得出的年龄偏小。

3.2 脂肪含量组成

Goñi 等(2010)研究了比斯开湾长鳍金枪鱼和蓝鳍金枪鱼幼鱼脂肪含量, 发现长鳍金枪鱼脂肪含量范围为 1.2%—3.6%, 平均脂肪含量为 2.4%; 蓝鳍金枪鱼的脂肪含量范围为 18.3%—31.4%, 平均脂肪含量为 25.4%。宋利明等(2014)对库克群岛长鳍金枪鱼脂肪含量的研究表明长鳍金枪鱼最低脂肪含量为 0.3%, 最高脂肪含量为 4.6%, 平均脂肪含量为 2.0%, 本研究中大眼金枪鱼的脂肪含量范围为 3.1%—29.8%, 平均脂肪含量为 13.4%。可见蓝鳍金枪鱼的脂肪含量最高, 而大眼金枪鱼的脂肪含量高于长鳍金

枪鱼。

3.3 脂肪含量随年龄的变化出现“W”形的变化

卡方检验结果表明雄性与雌性的脂肪含量无显著差异。其原因可能是雌性和雄性的新陈代谢变化无明显差异。脂肪含量的变化可能与鱼类的生活史如生长、繁殖、衰老等过程中的新陈代谢相吻合(Flath *et al*, 1985)。利用多项式模型拟合脂肪含量和年龄的关系, 得出 4 阶方程, 其 $R^2=0.8237$, 脂肪含量随年龄的变化出现“W”形的变化。而多项式模型在描述雄性和雌性的脂肪含量与年龄的关系时, 其方程的 R^2 分别为 0.522 和 0.4598。说明多项式模型可用于描述雄性和雌性的脂肪含量的变化。雌性 4 龄时脂肪含量最高, 5 龄时最低, 5—7 龄脂肪含量呈上升趋势。而雄性 5 龄时脂肪含量最高, 6 龄时最低, 6—9 龄脂肪含量呈上升趋势。导致这一差异的原因可能是: (1) 大眼金枪鱼的捕食能力随生长而不断提高, 1 龄鱼由于游泳能力较弱, 消耗的能量较少, 能量主要转化为脂肪。1—3 龄鱼获取的能量主要用于体长和肌肉的生长, 所以脂肪含量呈下降的趋势。4、5 龄时进入性成熟阶段, 大部分能量转化为脂肪, 为繁殖做准备。摄食量在雌性产卵或雄性排精后减少并消耗大部分的能量, 造成雌性 5 龄鱼、雄性 6 龄鱼脂肪含量最低。雌性 5—7 龄或雄性 6—9 龄时, 游泳能力逐渐下降, 获取的能量转化为脂肪的比例逐渐增加, 雌性 7 龄或雄性 9 龄时脂肪含量达最高; (2) 雌、雄样本都明显缺乏幼龄鱼样本, 并且雌性与雄性相比, 其高龄鱼样本也比较少; (3) 雌性比雄性的性成熟年龄要早 1 年左右, 即 3—4 龄时性成熟, 4—5 龄排卵, 而雄性则在 4—5 龄时性成熟, 5—6 龄排精(图 7)。

3.4 展望

利用脊椎骨鉴定年龄的精度有待进一步提高。当判读脊椎骨轮纹时, 第一轮和最后一轮的主观判断较强。因为第一轮的中心位置位于脊椎骨凹点, 此处脂肪含量高, 经过脱脂染色处理, 仍易残留, 导致脊椎骨中心位置不清晰, 使得判读第一轮较为困难。另外, 第一轮位置处副轮较多, 干扰读轮。在最后一轮的读取上, 由于受到边缘轮的影响, 很多已经形成但由于和边缘轮过于接近的轮纹未计入年龄, 可能导致实验得出的年龄偏小。

低龄样本数量可通过围网渔业进一步增加。延绳钓渔业中, 获取的叉长小于 60cm 的样本较少, 导致样本组成中低龄样本数量较少, 从而影响结果的准确性。本研究的时长仅为 5 个月, 尚需多次较长时间

的取样数据进行深入研究。

致谢 浙江大洋世家股份有限公司对本研究给予支持, 郑道昌副总经理、林飞经理和“新世纪 85 号”孙松珠等全体船员给予帮助, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 叶振江, 王艳君, 高天翔, 2003. 印度洋东部金枪鱼延绳钓渔业研究——大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)的生物学特征. 青岛海洋大学学报, 33(3): 343—348
- 吕凯凯, 2011. 马绍尔群岛海域大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)年龄与生长研究. 上海: 上海海洋大学硕士学位论文
- 朱国平, 许柳雄, 2006. 印度洋中西部大眼金枪鱼繁殖生物学的初步研究. 水产科学, 25(7): 364—366
- 李攀, 2010. 印度洋大眼金枪鱼年龄与生长的研究. 上海: 上海海洋大学硕士学位论文
- 李凤莹, 2014. 印度洋中南部大眼金枪鱼年龄与生长研究. 上海: 上海海洋大学硕士学位论文
- 宋利明, 2014. 大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)栖息环境综合指数研究——基于印度洋中西部中国延绳钓渔业调查数据. 北京: 中国农业出版社, 1
- 宋利明, 陈浩, 胡桂森等, 2014. 库克群岛海域长鳍金枪鱼脂肪含量. 上海海洋大学学报, 23(3): 456—462
- 周成, 朱国平, 陈锦淘等, 2012. 印度洋南部大眼金枪鱼年龄鉴定及其与生长的关系. 中国水产科学, 19(3): 536—544
- 柯中和, 张炜, 蒋燕等, 2008. 鲢肌间小骨发育的形态学观察. 动物学杂志, 43(6): 88—96
- Black K D, Pickering A D, 1998. Biology of Farmed Fish. Sheffield, England: Sheffield Academic Press, 1—415
- Distell, 2011. Technical Manual Distell Fish Fat meter. <http://www.distell.com/products/prdfish-fatmeter/downloads/ffm-fish-fat-meter-manual.pdf>. Accessed 2014-12-17
- Dygert P H, 1990. Seasonal changes in energy content and proximate composition associated with somatic growth and reproduction in a representative age-class of female English sole. Transactions of American Fisheries Society, 119(5): 791—801
- Encina L, Granado-Lorencio C, 1997. Seasonal changes in condition, nutrition, gonad maturation and energy content in barbel, *Barbus sclateri*, inhabiting a fluctuating river. Environmental Biology of Fishes, 50(1): 75—84
- Farley J H, Clear N P, Leroy B *et al*, 2006. Age, growth and preliminary estimates of maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Australian region. Marine and Freshwater Research, 57(7): 713—724
- Flath L E, Diana J S, 1985. Seasonal energy dynamics of the alewife in southeastern Lake Michigan. Transactions of the American Fisheries Society, 114(3): 328—337
- Goñi N, Arrizabalaga H, 2010. Seasonal and interannual variability of fat content of juvenile albacore (*Thunnus alalunga*) and bluefin (*Thunnus thynnus*) tunas during their feeding migration to the Bay of Biscay. Progress in Oceanography, 86(1—2): 115—123
- Graham J B, Lours R M, 1982. Metabolic rate of the albacore tuna *Thunnus alalunga*. Marine Biology, 72(1): 1—6
- Gunn J S, Clear N P, Carter T I *et al*, 2008. Age and growth in southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* (Castelnau): Direct estimation from otoliths, scales and vertebrae. Fisheries Research, 92(2—3): 207—220
- Harden-Jones F R, 1984. A view from the ocean. In: McCleave J D, Arnold G P, Dodson J J eds. Mechanisms of Migration in Fishes. New York, USA: Plenum Press, 1—26
- Henderson B A, Wong J L, Nepszy S J, 1996. Reproduction of walleye in Lake Erie: allocation of energy. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53(1): 127—133
- Johnson R B, 2009. Lipid deposition in oocytes of teleost fish during secondary oocyte growth. Reviews in Fisheries Science, 17(1): 78—89
- Kelso J R M, 1973. Seasonal energy changes in walleye and their diet in west blue lake, Manitoba. Transactions of American Fisheries Society, 102(2): 363—368
- Matthews F D, Damaker D M, Knapp L W *et al*, 1977. Food of western North Atlantic tunas (*Thunnus*) and lancetfishes (*Alepisaurus*). NOAA Technique Report, NMFS SSRF-706, 1—19
- Stéguert B, Conand F, 2000. Preliminary studies of age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western Indian Ocean. IOTC Proceedings, (3): 249—255
- Tankevchi P, 1982. Age and growth of the bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Scombridae) in the Indian Ocean. Ichthyology, 22(4): 26—31
- Wiegand M D, Johnston T A, Leggett W C *et al*, 2007. Contrasting strategies of ova lipid provisioning in relation to maternal characteristics in three walleye (*Sander vitreus*) populations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 64(4): 700—712
- Zudaire I, Murua H, Grande M *et al*, 2014. Accumulation and mobilization of lipids in relation to reproduction of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western Indian Ocean. Fisheries Research, 160: 50—59

RELATIONSHIP BETWEEN AGE AND MUSCLE FAT CONTENT OF BIGEYE TUNA (*THUNNUS OBESUS*) IN THE WESTERN AND CENTRAL INDIAN OCEAN

SONG Li-Ming^{1,2,3,4}, ZHAO Hai-Long¹, LI Dong-Jing¹

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

Abstract We caught 334 bigeye tuna *Thunnus obesus* in a longline fishery survey in western and central Indian Ocean from October 2012 to March 2013 to determine the age-fat content relationship. The age was estimated by counting vertebra annual rings, and the muscle fat content was measured with fish fat content meter. Results showed that the age spanned 1—9 year old, mainly 4—6 (occupying 66.4%); the muscle fat content ranged 3.1%—29.8% in average of 13.4 %, mainly between 7.0% and 17.0%, mostly 13.0%—17.0% (taking 51.4%). Among different age groups, the muscle fat content of the 4—5 ones was the greatest while that 6 was the least, that of 1—3 ones decreased with age while that of 7—9 showed the opposite trend. No significant difference was observed in metabolism between male and female bigeye tuna. The age of sexual maturity of female occurred in 3—4 year old, while that of male ones in 4—5 years old. We believe that change in fat content of bigeye tuna reflect the metabolism variation indifferent life stages from growth, maturity, to aging.

Key words *Thunnus obesus*; age; muscle fat content; Western and Central Indian Ocean