

黄海南部银鲳的摄食生态

童玉和¹ 李忠义^{2*} 郭学武²

(¹ 海南省水产研究所, 海口 507206)

(² 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室

中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 本研究应用汞质量平衡模型评估了黄海南部银鲳的日摄食量, 为 5.87 g wet/100 g wet/d。结合 1998~2000 年海上声学评估获得的资源量, 计算了黄海南部银鲳年饵料消耗量为 4.78×10^5 t, 食物转换效率为 1.46%。根据观察食道侧囊和分析胃含物, 确认水母是银鲳的食物源之一, 食道侧囊能够高效碾磨水母, 是银鲳重要消化器官, 胃内鳞片不是银鲳摄食对象。亟需对银鲳摄食水母的生态过程进行深入研究, 从而确定银鲳控制水母暴发的潜在可能性。

关键词 汞质量平衡模型 银鲳 摄食量 食道侧囊 水母

中图分类号 S931.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)02-0019-10

Feeding ecology of *Pampus argenteus* in the southern waters of the Yellow Sea

TONG Yu-he¹ LI Zhong-yi^{2*} GUO Xue-wu²

(¹ Fisheries Research Institute of Hainan Province, Haikou 570206)

(² Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT In this study, daily food consumption by silver pomfret in the southern waters of the Yellow Sea evaluated by means of the Mercury Mass Balance Model (MMBM) was about 5.87 g wet/100 g wet/d. Based on its biomass estimated through four acoustic survey cruises, the annual food consumption of this stock in the southern waters of the Yellow Sea during 1998~2000 was about 4.78×10^5 t, and the conversion efficiency was 1.46%. Esophageal sac observation and stomach content analysis revealed that jellyfish was one kind of food sources of silver pomfret. Esophageal sac was essential digestive organ to mill jellyfish, and scales in stomach were not feeding objects. It is suggested that, in order to elucidate whether jellyfish bloom could be controlled by increasing silver pomfret abundance, further research on the characteristics of feeding process of silver pomfret on jellyfish is needed.

国家自然科学基金面上项目(31072250)、海南省自然科学基金(312097)和海南省科学事业费项目(南海深海海域鸢乌贼资源调查与开发)共同资助

* 通讯作者。E-mail: zhoyil@126.com

收稿日期: 2012-04-04; 接受日期: 2012-07-19

作者简介: 童玉和(1982-), 男, 博士, 主要从事渔业管理策略评价、捕捞技术、鱼类摄食生态研究。E-mail: yuhetong@gmail.com,

Tel: (0898)66517571

KEY WORDS Mercury mass balance model Silver pomfret *Pampus argenteus*
Food consumption Esophageal sac Jellyfish

银鲳 *Pampus argenteus* 属暖水性、中上层集群性鱼类,广泛分布于我国的黄海、渤海、东海和南海等水域,是我国重要的经济鱼类之一(刘效舜 1990),历史上最高产量曾达 4.4 万 t/年(赵传纲等 1990),近 20 年来全国鲳鱼产量一直占海洋捕捞产量的 1%~2%,并随着海捕产量的增长而同步增长(金显仕等 2005)。国内外学者已对银鲳的食性、生长、繁殖、遗传多样性等方面进行了大量研究,而不同学者所得银鲳食性分析结果差异较大,特别是银鲳是否摄食水母观点不一。此外,银鲳摄食量等方面未见报道。主要原因很可能是银鲳所具有食道侧囊(Oesophageal sac),食物进入胃之前已被食道侧囊充分碾磨,导致胃含物呈糜状,采用传统方法进行胃含物分析只能根据不易消化的残存肢体鉴别到最低分类单元,难以鉴定到种,食物个体数的估计误差也很大,在此基础上欲正确评估其摄食量几乎是不可能的。食道侧囊也称食道囊,是鲳亚目鱼类的特有的消化器官。国内外仅孟庆闻等(1987)对食道侧囊做了简要的形态学描述,并指出它是鲳亚目各科的分类依据之一,但国内外均未见食道侧囊生态学意义研究。本研究通过解剖观察银鲳食道侧囊,并结合胃含物分析结果,讨论了银鲳食道侧囊的生态学意义。

黄海银鲳食性分析和摄食量测定具有重要生态学意义。海洋水母泛滥已成为当今全球关注热点(关春江等 2007; Brodeur *et al.* 2002; Mills 2001),大量学者认为银鲳摄食水母(陈大刚 1991; 杨纪明 2001; 朱元鼎 1985; Chopra 1960; Haedrich 1984; Higashikawa *et al.* 1981; Pati 1980; Rege *et al.* 1963; Suyehiro 1942),因此对黄海银鲳食性和摄食量的研究,可为判断水母是否为黄海银鲳摄食对象、定量评估银鲳对水母潜在的生物控制作用提供关键数据。本研究通过显微镜下进行胃含物分析,通过鉴别水母特有的刺细胞的手段判定黄海银鲳是否摄食水母。鱼类种群摄食量研究是海洋生态系统研究的关键问题之一,也是评估水域饵料资源利用和鱼类生产力、建立水域生态系统物质循环和能量流动模型的重要基础(殷名称 1995)。银鲳是黄东海生态系统关键种之一,确定黄海银鲳摄食量可为黄东海生态系统营养动力学研究提供基础资料。化学污染物质量平衡模型是测定鱼类摄食量的方法之一,具有方法简便、精确可靠、稳定性高等优点。虽然国外陆续将¹³⁷Cs、PCB、DDE 和 Hg 的质量平衡模型用于天然水域鱼类摄食量评估(Kevern 1966; Kolehmainen 1974; Borgmann *et al.* 1992; Forseth *et al.* 1992; Rowan *et al.* 1996、1997; Tucker *et al.* 1999; Trudel *et al.* 2000),国内迄今也未见这类模型在鱼类摄食量研究中的应用报道,仅有少量文献进行介绍(郭学武等 2004、2007)。汞质量平衡模型(Mercury Mass Balance Model, 简称 MMBM)是化学污染物质量平衡模型中应用最广泛的一种,作者采用汞质量平衡模型对银鲳的摄食量进行研究。

1 材料与方 法

1.1 实验材料与样品制备

测量汞含量的银鲳样品取自 2006 年 8 月“北斗”号调查船在黄海南部水域的拖网渔获物。渔获物随机取样 24 尾,叉长范围为 115~176 mm,速冻冷藏,在实验室完成生物学测定。取背部肌肉,经多功能食物搅拌机搅成糜状,将每个个体的胃内食物糜进一步混匀。以上样品均取 2g(湿重)左右,经硝酸-硫酸法消解后,使用上海华光仪器仪表厂生产的 F732-V 冷原子吸收测汞仪测定总汞含量。

取矢耳石,于 Olympus 双筒解剖镜下直接观察鉴定年龄。

1.2 银鲳食道侧囊观察、胃含物分析

观察食道侧囊的银鲳样品除取自 2006 年 8 月“北斗”号调查船在黄海南部水域的拖网渔获物,还有 2007 年 7~8 月码头和市场收集的大个体银鲳(>180 cm)。解剖大个体银鲳,取食道侧囊进行观察并拍照。取海上调查所得实胃银鲳样本,糜状胃含物经无菌的超纯水稀释后分别置于解剖镜、显微镜下观察。若发现胃含物中有凝胶状小块,挑出后用无菌超纯水反复涮洗、制片,油镜下观察。

1.3 汞质量平衡模型公式及参数

采用汞质量平衡模型(Trudel *et al.* 2000; 郭学武等 2007)。此模型中,鱼体内汞的浓度可用以下公式表示:

$$\frac{dC}{dt} = (\alpha \cdot C_d \cdot I) - (E + G + L_s)C \quad (1)$$

变换上式,即得:

$$I = \frac{C_{t+\Delta t} - C_t \cdot e^{-(E+G+L_s)\Delta t}}{\alpha \cdot C_d [1 - e^{-(E+G+L_s)\Delta t}]} (E + G + L_s) \quad (2)$$

式中, α 是鱼类对其食物中汞的同化效率, C_d 是食物中汞的浓度(mg/g), I 是鱼的摄食率(g/g/d), E 是鱼体内汞的消除率(mg/mg/d 或者 mg/d), G 是特定生长率(g/g/d 或者 g/d), L_s 是因生殖造成的汞的损失速率(mg/mg/d 或者 mg/d), C_t 和 $C_{t+\Delta t}$ 分别是时刻 t 和 $t+\Delta t$ 的鱼体内汞的浓度, Δt 是天数。

鱼体内汞的消除率(E)可根据鱼的体重(W , g)和水温(T , °C)精确计算,

$$E = \varphi \cdot W^\beta \cdot e^{\gamma T} \quad (3)$$

式中, φ , β 和 γ 是通用经验常数(表 4)。因生殖造成的汞的损失率(L_s)可根据性腺指数(GSI , Gonadosomatic index, g/g)以及汞在性腺和鱼体中的浓度比(Q)计算:

$$L_s = \frac{Q \cdot GSI}{365} \quad (4)$$

如果鱼类种群的雌雄比例为 1:1, 则 Q 的权重值可表示为:

$$Q = \frac{(Q_m \cdot GSI_m + Q_f \cdot GSI_f)}{(GSI_m + GSI_f)} \quad (5)$$

式中, Q_f 、 Q_m 分别代表汞在雌性和雄性个体的性腺和鱼体中浓度比值, GSI_f 、 GSI_m 分别代表雌性和雄性个体的性腺指数(表 1)。

特定生长率可表示为:

$$G = \frac{1}{\Delta t} \ln \left(\frac{W_{t+\Delta t}}{W_t} \right) \quad (6)$$

模型中相关参数值见表 1。

表 1 汞质量平衡模型的相关参数(引自 Trudel *et al.* 2000)

Table 1 Parameters of the mercury mass balance model (Trudel *et al.* 2000)

| 参数 Parameters | 值 Value | 来源 Source |
|---------------|---------|--|
| α | 0.80 | Norstrom <i>et al.</i> 1976 |
| φ | 0.002 9 | Trudel <i>et al.</i> 1997 |
| β | -0.20 | Trudel <i>et al.</i> 1997 |
| γ | 0.066 | Trudel <i>et al.</i> 1997 |
| Q_m | 0.59 | Lockhart <i>et al.</i> 1972; Doyon <i>et al.</i> 1996 |
| Q_f | 0.12 | Doyon <i>et al.</i> 1996; Niimi 1983; Lange <i>et al.</i> 1994 |
| GSI_m | 20.07% | 施兆鸿等 2006 |
| GSI_f | 3.50% | 施兆鸿等 2006 |

1.4 黄海银鲳资源量评估

1998 年 5 月、1999 年 12 月、2000 年 8 月和 2000 年 10 月由“北斗”号调查船执行的黄海大面渔业资源调查,采用声学法(赵宪勇等 2003)评估黄海银鲳的资源量。

银鲟集群密度的声学评估方法计算参照 Zhao 等(2003),计算每个基本积分航程单元(5 海里)内银鲟的平均资源密度,公式如下:

$$\rho = \sum_{i=1}^k \left[s_A \times p_i \times L_i^2 / 4\pi \times 10^{0.1TS_i} \times \sum_{i=1}^k (p_i \times L_i^2) \right] \quad (7)$$

式中, ρ 为银鲟的资源密度(ind./n. mile²), s_A 为基本积分航程单元内的平均积分值(m²/n. mile²), P_i 为第*i*体长组的个体数在整个体长组成中所占比例, L_i 为第*i*体长组的中值长度(cm), k 为体长组组数。 TS_i 为第*i*体长组银鲟个体的目标强度(dB),与体长关系式为(赵宪勇等 2003; Foote 1979):

$$TS_i = 20\log L_i - 80.0 \quad (8)$$

B_j 为*j*分区内某一评估种类的资源量(kg):

$$B_j = \bar{\rho}_j \times A_j \quad (9)$$

式中, $\bar{\rho}_j$ 为*j*分区内所有 5 海里资源量密度数据(包括零值)的算术平均值; A_j 为*j*分区的面积,单位 n. mile²。

$$B = \sum B_j \quad (10)$$

式中, B 为银鲟总资源量,为各调查小区资源量之和。

1.5 生产力、食物转换效率和年饵料消耗量的计算

$$P = (W_2 - W_1) / 365 \times (100 / W_1) \quad (11)$$

$$\text{年生产量} = \text{生产力} / 100 \times \text{资源量} \times 365 \quad (12)$$

$$\text{食物转换效率} = \text{生产量} / \text{摄食量} \times 100\% \quad (13)$$

$$\text{年饵料消耗量} = \text{资源量} \times \text{日均摄食量} \times 365 \quad (14)$$

式中, P 为银鲟的生产力(g wet/100 g wet/d)。

2 结果

2.1 年龄组成及其生物学参数

拖网调查所得银鲟样品叉长范围为 120~150mm。通过耳石鉴定,样品年龄组成为 1 龄和 2 龄,生物学参数见表 2。

表 2 数据值
Table 2 Data

| 参数 Parameters | 值 Value (Mean ± SD) | 样本数 Sampling size (n) |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 龄组平均体重 W_1 (g, wet) | 55.57 ± 5.88 | 16 |
| 2 龄组平均体重 W_2 (g, wet) | 73.00 ± 4.53 | 8 |
| 1 龄组平均汞含量 C_1 (μg/kg wet) | 12.47 ± 0.26 | 16 |
| 2 龄组平均汞含量 C_2 (μg/kg wet) | 15.44 ± 0.16 | 8 |
| 胃含物汞含量 C_d (μg/kg wet) | 1.76 ± 0.088 | 16 |
| 平均栖息水温 T (°C) | 18.86 | / |
| Δt (d)* | 365 | / |

* 此处 Δt 表示 1 龄和 2 龄鱼生长时间间隔

*. Δt means the growth interval between age 1 and age 2 *Pampus argenteus*

2.2 食道侧囊

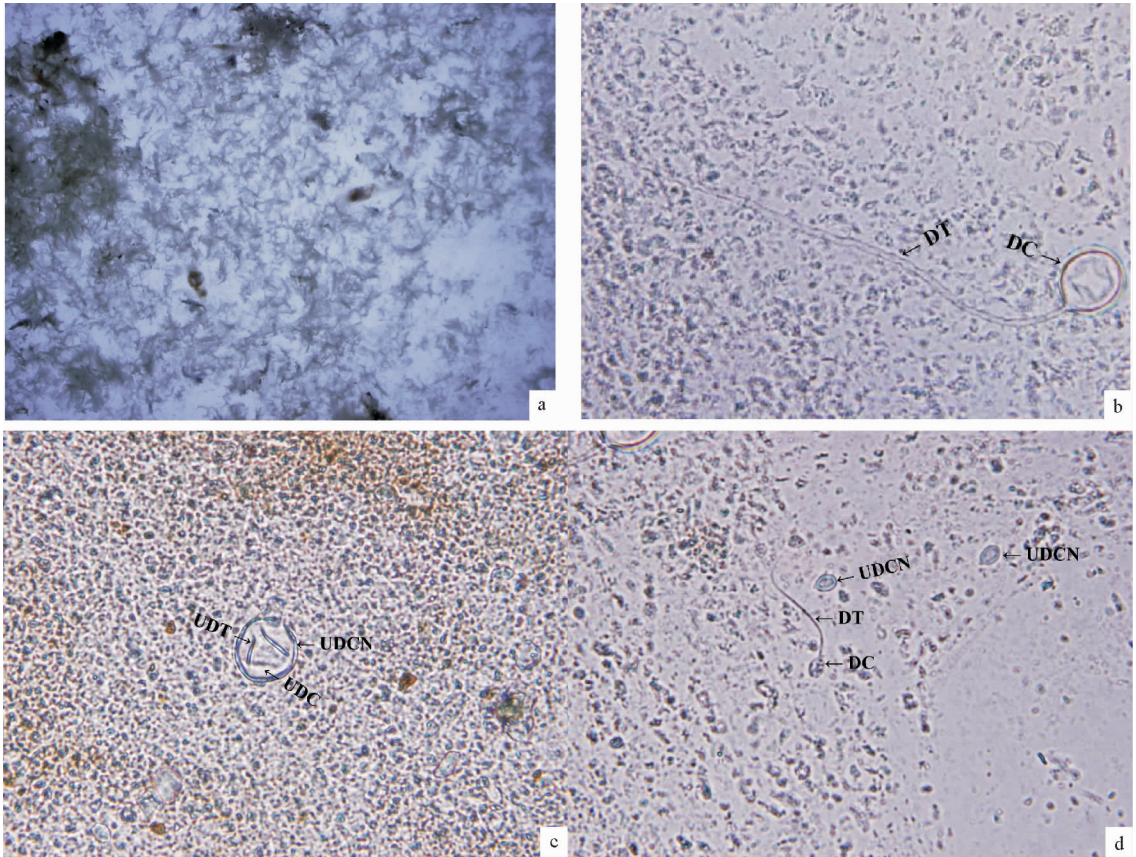
食道侧囊是由食道壁特化而来,呈长椭圆形,表面黑褐色,肌肉壁较厚。囊内密生带针状角质棘的乳突,乳

突表面为不规则鳞片状,基部有多条辐状骨质根纵横交错。角质棘表面光滑未见次级小刺,与孟庆闻等(1987)所述有次级小刺不一致。

2.3 胃含物分析

胃含物为糜状(图版 I-a),解剖镜下可见少量浮游动物残肢,显微镜下可见少量圆筛藻科浮游植物。

新鲜样本可见凝胶状小块,油镜(10×100)下发现已放射和未放射的3种刺胞(图版 I-b、c、d)。第1种,卵圆形,直径约20 μm ,放射刺丝长约180~200 μm ,刺丝直径相等,约2~3 μm 。刺丝在刺囊内盘旋规则。此类刺胞个体大,数量较多。第2种,梨形,约5×7 μm ,放射刺丝长约30~35 μm ,刺丝直径相等,约1~2 μm 。此类刺胞呈放射状的个体也较普遍,但不如第1种。第3种,长椭圆形,约5×14 μm ,放射刺丝长约50~70 μm 。此类刺胞呈放射状和非放射状的个体均较少。



- a. 糜状胃含物 Ground pulpy stomach content(×10)
 b. 已放射卵圆形刺胞 Discharged olivary cnidoblast (×1000)
 c. 未放射卵圆形刺胞 Undischarged olivary cnidoblast (×1000)
 d. 放射和未放射的梨形刺胞 Discharged and undischarged pear-like cnidoblasts (×1000)

图版 I 胃含物及镜检结果

Plate I Stomach content and its microscope analysis results of *P. argenteus*

2.4 平均栖息水温

中国海域银鲔分为黄渤海种群和东海种群,其洄游分布也有较详细的研究(赵传罔等 1990)。本研究的银鲔属于黄渤海种群。参考黄渤海银鲔种群的洄游分布和黄渤海水温资料(唐启升 2006),计算出年平均栖息水温为18.86 $^{\circ}\text{C}$ 。

2.5 银鲟日摄食量

将所测参数和经验常数代入汞质量平衡模型各参数计算公式(3)~(6)中,得到消除率 E 为 4.38×10^{-3} mg/mg·d,特定生长率 G 为 7.47×10^{-4} g/g·d,因生殖导致的汞损失率 L_s 为 6.13×10^{-5} mg/mg·d。

将所得 E 、 G 、 L_s 值及所测参数、经验常数代入汞质量平衡模型公式(2),得到银鲟摄食率为 5.87×10^{-2} g wet/g wet·d,则日摄食量为 5.87 g wet/100 g wet·d。

2.6 黄海银鲟资源量

根据声学法评估的1998年5月、2000年8月、2000年10月和1999年12月的黄海银鲟的资源量分别为 7.95×10^3 、 1.83×10^4 、 2.72×10^4 和 3.58×10^4 t(图1~图4),可以分别代表春、夏、秋、冬4个季节的平均资源量,由此获得年平均资源量为 2.23×10^4 t。依此计算银鲟的年饵料消耗量。

2.7 黄海银鲟食物转换效率及年饵料消耗量

1^+ 龄银鲟平均体重为 55.57 g, 2^+ 龄银鲟平均体重为 73.00 g。应用公式(11)~(14)计算,可得生产力为 8.59×10^{-2} g wet/100 g wet/d,食物转换效率为 1.46% 。黄海银鲟资源量为 2.23×10^4 t,年生产量为 7.00×10^3 t,年饵料消耗量为 4.78×10^5 t。

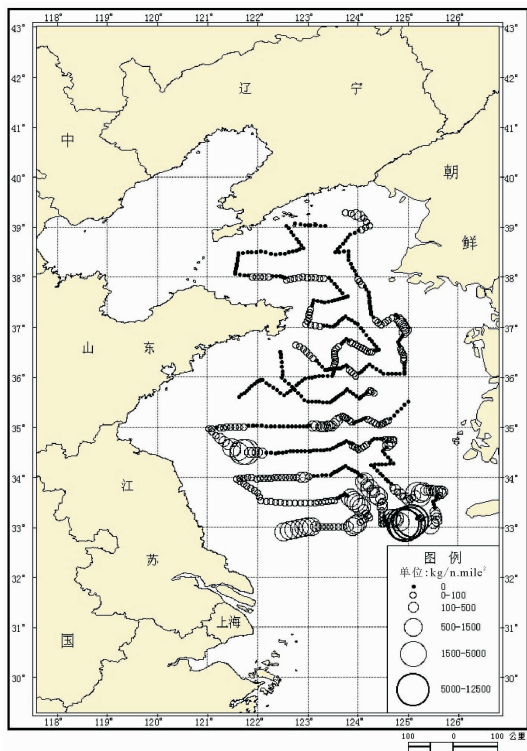


图1 1998年5月黄海银鲟资源量分布

Fig.1 Biomass distribution of silver pomfret in Yellow Sea in May, 1998

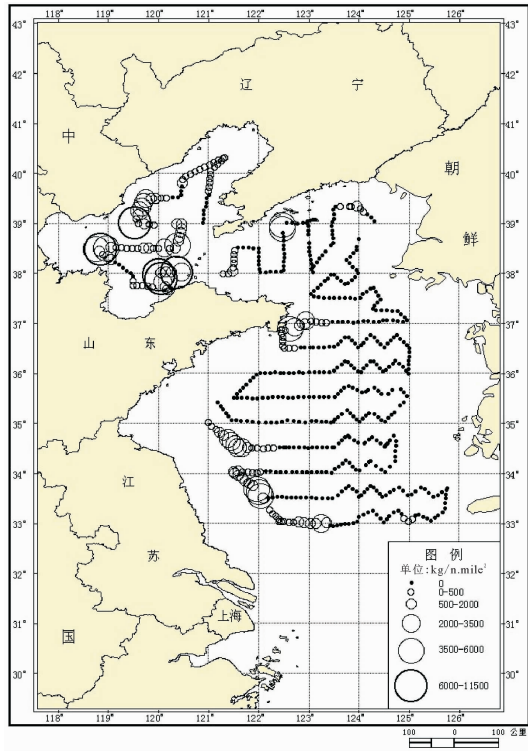


图2 2000年8月黄海银鲟资源量分布

Fig.2 Biomass distribution of silver pomfret in Yellow Sea in Aug., 2000

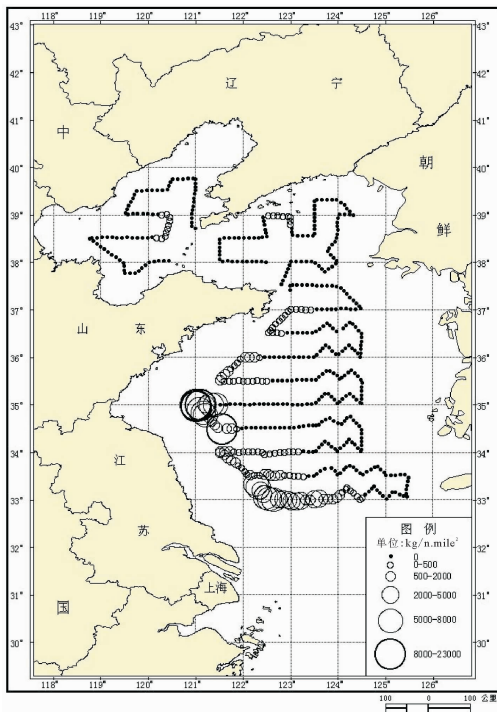


图 3 2000 年 10 月黄海银鲳资源量分布

Fig. 3 Biomass distribution of silver pomfret in Yellow Sea in Oct., 2000

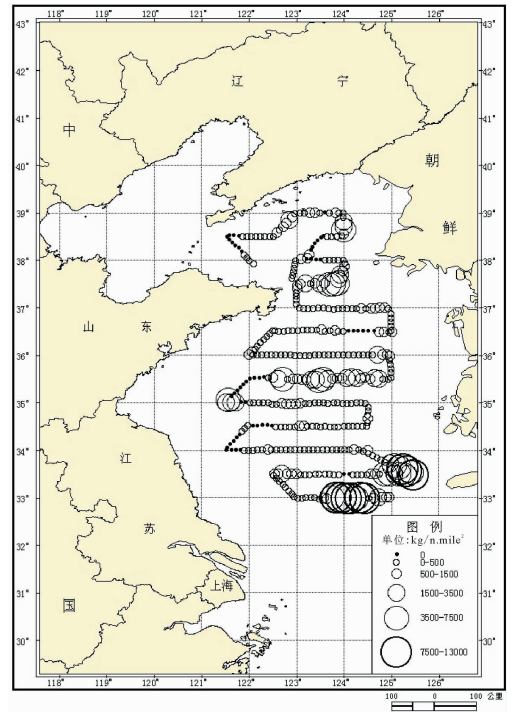


图 4 1999 年 12 月黄海银鲳资源量分布

Fig. 4 Biomass distribution of silver pomfret in Yellow Sea in Dec., 1999

3 讨论

3.1 汞质量平衡模型的优势、不足与应用前景

汞质量平衡模型提供了一种摄食率测定方法, 与其他常用测定摄食率的方法相比, 具有以下优势: 1) 与胃含物分析法 (Stomach contents approach) 相比, 汞质量平衡模型所需样本数量少、野外取样工作量小; 2) 与放射性铯质量平衡模型 (^{137}Cs mass balance model) 相比, 汞质量平衡模型所需要的单个样品重量小, 样品分析工作量小; 3) 与生物能量模型 (Bioenergetic models) 比较, 汞质量平衡模型不需要测定标准代谢率 (Standard metabolic rates), 而标准代谢率是应用生物能量模型测定摄食率时最敏感的参数 (Trudel *et al.* 2000)。

汞质量平衡模型中最敏感的参数是食物汞浓度, 这是汞质量平衡模型应用时面临的重大问题。食物汞浓度受采样季节和年龄组成影响, 因为不同季节鱼类的食物组成可能不一样, 高龄组个体的摄食对象个体会更大、汞浓度更高。解决该方法的方法有不同季节多次取样、增加高龄组的样品数量等 (Trudel *et al.* 2000)。

随着污染物检测技术的发展, 人类对环境和生物保护的重视, 水体和生物体内的汞浓度监测已日趋普遍, 汞质量平衡模型的应用前景十分广阔, 模型可研究的生物也不仅仅限于鱼类, 还可应用于海洋哺乳类等 (Connolly *et al.* 2002); 模型的用途也不仅仅限于测定摄食量, 还可以测定生物能量消耗 (Tucker *et al.* 1999; Rowan *et al.* 1996; Borgmann *et al.* 1992)、预测鱼体汞浓度 (Trudel *et al.* 2001) 等。

3.2 样本代表性分析

在黄海南部存在两个银鲳地理种群, 分别是黄渤海种群、东海种群, 洄游线路均贯穿黄海、渤海、东海 (赵传纲等 1990)。本研究无法区分样本归属哪个种群, 因此本研究样本不仅可以代表黄海南部银鲳, 也一定程度上代表黄渤海种群和东海种群。

随着经济鱼类低龄化日趋严重, 黄海南部银鲳年龄组成近年主要以 1 龄鱼为主。在毗邻黄海南部的东海

区,1龄鱼比例高达93.68%(柳卫海等 1999)。因此测定1龄银鲳摄食量基本能够反映黄海南部种群的摄食情况,也可一定程度上代表整个种群的摄食情况。

从统计学角度考虑,本研究默认1龄和2龄银鲳的年龄差为12个月。黄渤海银鲳的繁殖期为5月下旬到7月上旬(赵传纲等 1990;万瑞景等 2000),产卵期持续60 d,1龄和2龄银鲳可能的出生时间间隔为10~14个月。然而,从生物学角度来看,在相邻年份,如果水文状况没有大的变化,银鲳平均产卵时间应大致相同,因此将相邻年份银鲳出生时间间隔设为12个月能保证误差最小。

3.3 银鲳食性及对水母的生物控制可行性探讨

鱼类学家对银鲳食性没有定论。虽然多数学者认为银鲳为浮游生物食性(陈大刚 1991;韦 晟等 1992;杨纪明 2001;Haedrich 1984;Higashikawa *et al.* 1981;Rege *et al.* 1963;Suyehiro 1942),但也有学者认为银鲳为底栖生物食性(Pati 1980),或者浮游生物兼底栖生物食性(邓景耀等 1997;Dadzie 2000)。这说明银鲳的食性可能存在显著的地域或者季节性差异,但大多数研究都认为水母是其重要饵料来源(陈大刚 1991;杨纪明 2001;朱元鼎 1985;Chopra 1960;Haedrich 1984;Higashikawa *et al.* 1981;Pati 1980;Rege *et al.* 1963;Suyehiro 1942),只是水母在胃含物中的比例差别很大。杨纪明(2001)的研究显示,渤海银鲳摄食水母的重量百分比仅17.3%。Higashikawa等(1981)发现,东海银鲳胃含物中水母类出现率仅为21%~50%。Pati(1980)的研究表明,孟加拉海湾银鲳摄食水母的比例高达41%。Suyehiro(1942)则发现,东海银鲳胃含物中100%为水母类。Chopra(1960)甚至认为水母类可视为银鲳的指示种。Haedrich(1984)则对该观点提出质疑,认为银鲳的布满棘的食道侧囊可以将某些食物碾磨成类似于水母组织块,因而不能确认该胃含物的是水母类。丁峰元等(2005)从东海水域银鲳样本的胃含物中观察到水母的凝胶块,进而推断水母为银鲳的基础食料。实际上,银鲳之外的其他鲳属鱼类也有摄食水母的报道(Mianzan *et al.* 1996)。本研究在显微镜下观察到3种呈放射状或非放射状的刺细胞,确定这种凝胶块确为水母组织块,进一步证实了银鲳摄食水母,但所摄食的水母的种类和重量难以确定。本研究认为食道侧囊的主要功能就是高效碾磨水母等不易消化的食物。从食道侧囊的形态来看,囊内乳突众多,食物穿过食道侧囊必须被乳突充分碾磨,而乳突上密集的角质棘能进一步提高碾磨效率,从而导致观察到的胃含物为糜状。高效碾磨食物,能够增加食物消化速度,从而能够更快地将食物转换为自身需要的营养和能量。水母等食物为胶质,含水量超过98%,是营养非常少的食物来源,因此摄食水母的生物种类非常少。若以水母为食,必须具备高效消化吸收的消化器官,银鲳的食道侧囊便是最为典型的代表,因此从进化角度看食道侧囊促使银鲳拥有更为广泛的食物谱,确保在食物匮乏或食物竞争激烈的环境下存活。20世纪90年代中期以来,霞水母 *Cyanea nozakii* 在我国东海、黄海水域暴发的范围、数量及持续时间逐年加重(程家骅等 2004),2003年韩国和日本沿岸连续发生口冠水母 *Stomolophus nomurai* 暴发现象,给渔业带来巨大损失(关春江等 2007)。然而水母暴发的具体因素不明,更没有明确的预防和阻止措施。中国海域未见鲳科之外的鱼类摄食水母的记载,而银鲳又是我国分布最广、生物量最大的鲳科鱼类,有必要对银鲳摄食水母的具体问题作进一步研究,包括银鲳所摄食水母类的种类、重量以及摄食哪些变态发育阶段的个体等问题,从而确定银鲳控制水母暴发的潜在可能性。

3.4 银鲳摄食鳞片分析

Dadzie等(2000)对银鲳胃含物进行分析,发现鳞片占胃含物比重的10%。作者在分析银鲳胃含物过程中也常发现鳞片。然而这并不能断定银鲳主动摄食鳞片。银鲳鳞片细小,极易脱落,捕捞作业过程特别是渔获物上岸过程中,大量渔获物彼此摩擦、积压导致大量鳞片脱落,除胸鳍覆盖的体表能够保留少量鳞片,体表其他部位鳞片所剩无几。作者随“北斗”号考察船调查过程中,现场分析银鲳胃含物时,鉴定银鲳胃内鳞片为银鲳鳞片,且该鳞片鳞径范围与渔获银鲳鳞径范围一致,判定银鲳胃内鳞片为该网次银鲳自身脱落的鳞片。况且银鲳口裂相对较小,不可能吞食该体长范围鱼类。另外,未见有银鲳摄食鱼类或鳞片的报道。本研究认为胃内鳞片并非银鲳主动摄食。

拖网渔获物胃内存在非主动摄食的生物或非生物的情况并不鲜见。拖网是渔业资源调查中样品采集最主

要的手段,在拖网渔获物上岸过程中,由于渔获物拥挤而导致渔获中的小型生物或非生物进入鱼类胃内,特别是黄鮫鰈 *Lophius litulon* 这类口裂较大的底栖鱼类,上岸过程中因为巨大压力差而迅速死亡,导致口呈打开状态,同时渔获中数量较多的小型鱼类(如方氏云鲷 *Enedrias fangi*)、虾类(如脊腹褐虾 *Crangon affinis*)、软体类(如双喙耳乌贼 *Sepiolo birostrata*)会被水流带入黄鮫鰈口腔和胃内。同理,口裂较小个体的胃内也可能出现非主动摄食的浮游生物和鳞片。胃含物分析时往往会将这些小型生物计算在内,甚至将鳞片等非生物计算在内,不仅高估了摄食量,还将非主动摄食的生物或非生物划入食谱,导致错误地判断了鱼类食性以及生态位。

致谢:中国水产科学研究院黄海水产研究所赵宪勇研究员提供了重要的渔业声学资料,中国水产科学研究院黄海水产研究所水产品安全与质量检测研究室翟毓秀研究员、尚德荣高级实验师协助完成银鲳汞含量测定,中国科学院海洋研究所海洋环境与生态重点实验室提供了分子生物学实验场所和技术支持,在此一并致以真诚的感谢。

参 考 文 献

- 丁峰元,程家骅. 2005. 东海区夏、秋季大型水母分布区渔业资源特征分析. 海洋渔业, 27(2): 120-128
- 万瑞景,姜言伟. 2000. 渤、黄海硬骨鱼类鱼卵与仔稚鱼种类组成及其生物学特征. 上海水产大学学报, 9(4): 290-297
- 韦 晟,姜卫民. 1992. 黄海鱼类食物网的研究. 海洋与湖沼, 23(2): 182-192
- 邓景耀,姜卫民,杨纪明,李 军. 1997. 渤海主要生物种间关系及食物网的研究. 中国水产科学, 4(4): 1-7
- 朱元鼎. 1985. 福建鱼类志(下卷). 福州:福建科学技术出版社, 432
- 刘效舜. 1990. 黄渤海渔业资源调查与区划. 北京:海洋出版社, 237-241
- 关春江,卞正和,滕丽平,闫启仑. 2007. 水母暴发的生物修复对策. 海洋环境科学, 26(5): 492-494
- 杨纪明. 2001. 渤海鱼类的食性和营养级研究. 现代渔业信息, 16(10): 10-19
- 陈大刚. 1991. 黄渤海渔业生态学. 北京:海洋出版社, 336-342
- 金显仕,赵宪勇,孟田湘,崔 毅. 2005. 黄、渤海生物资源与栖息环境. 北京:科学出版社, 296-298
- 孟庆闻,苏锦祥,李婉端. 1987. 鱼类比较解剖学. 北京:科学出版社, 175-176
- 赵传纲,刘效舜,曾炳光. 1990. 中国海洋渔业资源. 杭州:浙江科学技术出版社, 178
- 赵宪勇,陈毓楨,李显森,孙继闯,金显仕,唐启升,陈卫忠,李永振. 2003. 多类海洋渔业资源声学评估技术与方法探讨. 海洋学报, 25 (Supp. 1): 192-202
- 柳卫海,詹秉义. 1999. 东海区鲳鱼资源利用现状分析. 湛江海洋大学学报, 19(1): 30-34
- 施兆鸿,高露姣,谢营梁,罗海忠,王海平,陈 波. 2006. 舟山渔场银鲳和灰鲳繁殖特性的比较. 水产学报, 30(5): 647-653
- 唐启升. 2006. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境. 北京:科学出版社, 608-621
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京:中国农业出版社, 295
- 郭学武,唐启升. 2004. 鱼类摄食量的研究方法. 海洋水产研究, 25(1): 68-78
- 郭学武,童玉和. 2007. 测定鱼类摄食量的几种化学污染物质量平衡模型. 海洋水产研究, 28(2): 7-14
- 程家骅,李圣法,丁峰元,严利平. 2004. 东、黄海大型水母暴发现象及其可能成因浅析. 现代渔业信息, 19(5): 10-12
- Borgmann U, Whittle DM. 1992. Bioenergetics and PCB, DDE, and mercury dynamics in Lake Ontario lake trout (*Salvelinus namaycush*): a model based on surveillance data. Canadian Journal of Fisheries, Aquatic Sciences 49: 1086-1096
- Brodeur RD, Sugisaki H, Hunt GLJ. 2002. Increases in jellyfish biomass in the Bering Sea: implications for the ecosystem. Marine Ecology Progress Series 233: 89-103
- Chopra S. 1960. A note on the sudden outburst of ctenophores and medusae in the waters off Bombay. Current Science 29: 392-393
- Connolly JP, Glaser D. 2002. p,p'-DDE bioaccumulation in female sea lions of the California Channel Islands. Continental Shelf Research 22: 1059-1078
- Dazie S, Abou-Seedo F, Al-Qattan E. 2000. The food and feeding habits of the silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen), in Kuwait waters. Journal of Applied Ichthyology 16: 61-67
- Doyon JF, Tremblay A, Proulx M. 1996. R gime alimentaire des poissons du complexe La Grande et teneurs en mercure dans leurs proies (1993~1994). Rapport présenté à la Vice-présidence Environnement et Collectivité par le Groupe-Conseil G nivar inc., Hydro-Québec, Montreal, Québec
- Foote KG. 1979. On representing the length-dependence of acoustic target strengths of fish. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 36

(12): 1490-1496

- Forseth T, Jonsson B, Næumann R, Ugedal O. 1992. Radioisotope method for estimating food consumption by brown trout (*Salmo trutta*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49: 1328~1335
- Haedrich RL. 1984. Stromateidae. In FAO species identification sheets for fishery purposes, W. Fischer and G. Bianchi (eds.), Western Indian Ocean (Fishing Area 51). Vol. 4. FAO, Rome. pag. var Higashikawa S, Nishi T, Arima S. 1981. On the white pomfret of the East China Sea III. Feeding activity. Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University 30: 125-133
- Kevern NR. 1966. Feeding rate of carp estimated by a radioisotope method. Transactions of the American Fisheries Society 95: 363-371
- Kolehmainen SE. 1974. Daily feeding rates of bluegill (*Lepomis macrochirus*) determined by a refined radioisotope method. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 31: 67-74
- Lange TR, Royals HE, Connor LL. 1994. Mercury accumulation in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in a Florida lake. Archives of Environment Contamination and Toxicology 27: 466-471
- Lockhart W, Uthe J, Kenney A, Mehrle P. 1972. Methylmercury in northern pike (*Esox lucius*); Distribution, elimination, and some biochemical characteristics of contaminated fish. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 29: 1519-1523
- Mianzan HW, Mari N, Prenski B, Sanchez F. 1996. Fish predation on neritic ctenophores from the Argentine continental shelf; a neglected food resource. Fisheries Research 27: 69-79
- Mills CE. 2001. Jellyfish blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions. Hydrobiologia 451: 55-68
- Niimi AJ, Oliver BG. 1983. Biological half-lives of polychlorinated biphenyl (PCB) congeners in whole fish and muscle of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40: 1388-1394
- Norstrom RJ, McKinnon AE, DeFreitas ASW. 1976. A bioenergetics-based model for pollutant bioaccumulation by fish; simulation of PCB and methylmercury residue levels in Ottawa River yellow perch (*Perca flavescens*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada 33: 248-267
- Pati S. 1980. Food and feeding habits of silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen) from Bay of Bengal with a note on its significance in fishery. Indian Journal of Fisheries 27(1-2): 244-256
- Rege MS, Bal DV. 1963. Some observations on the food and feeding habits of the silver pomfret *Pampus argenteus* in relation to the anatomy of its digestive system. Journal of the University of Bombay 31: 75-79
- Rowan DJ, Rasmussen JB. 1996. Measuring the bioenergetic cost of fish activity in situ using a globally dispersed radiotracer (¹³⁷Cs). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 53: 734-745
- Rowan DJ, Rasmussen JB. 1997. Reply-measuring the bioenergetic cost of fish activity in situ using a globally dispersed radiotracer (¹³⁷Cs). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54: 1 955-1 956
- Suyehiro Y. 1942. A study on the digestive system and feeding habits of fish. Japanese Journal of Zoology 10: 1-303
- Trudel M, Rasmussen JB. 1997. Modeling the elimination of mercury by fish. Environmental Science and Technology 31: 1716-1722
- Trudel M, Tremblay A, Schetagne R, Rasmussen JB. 2000. Estimating food consumption rates of fish using a mercury mass balance model. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 57: 414-428
- Trudel M, Rasmussen JB. 2001. Predicting mercury concentration in fish using mass balance models. Ecological Applications 11: 517-529
- Tucker S, Rasmussen JB. 1999. Using ¹³⁷Cs to measure and compare bioenergetic budgets of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in the field. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56: 875-887
- Zhao XY, Egil O. 2003. Estimation and compensation models for the shadowing effect in dense fish aggregations. ICES Journal of Marine Science 60: 155-163