

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2015.05.012

南海扁舵鲹生物学特性的初步研究

孔啸兰, 晏磊, 张鹏, 陈作志

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东广州 510300)

摘要: 根据 2014 年春、秋两季灯光罩网船在南海海域生产调查期间采集的扁舵鲹 (*Auxis thazard*) 样本, 对其生物学进行初步分析。结果显示, 春季扁舵鲹优势叉长为 240 ~300 mm, 占总数的 60.3%, 秋季为 220 ~260 mm, 占 77.8%; 春、秋季样本叉长与体质量关系式差异不大 ($P>0.05$); 春、秋季样本总体性比无显著差异, 但各叉长组性比有显著差异 ($P<0.001$); 春季样本性腺成熟度各期均有分布, 以 期和 期为主, 且随着叉长增大, 性成熟的雌鱼比例减小, 雄鱼比例上升; 不同性腺发育阶段的平均性腺指数 (GSI) 随着性腺的发育而上升, 且雌性大于雄性; 初次性成熟叉长为 304.5 mm; 摄食等级都以 0 级和 1 级为主, 分别占总数的 43.1% 和 43.4%。

关键词: 扁舵鲹; 南海; 生物学特性

中图分类号: S 931

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2015)05-0100-09

A preliminary study on biological characteristics of *Auxis thazard* in the South China Sea

KONG Xiaolan, YAN Lei, ZHANG Peng, CHEN Zuozhi

(Key Lab of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: We investigated the biological characteristics of *Auxis thazard* collected from light-falling net fishery in the South China Sea in spring and autumn of 2014. The results show that the dominant fork length ranged from 240 to 300 mm in spring while from 220 to 260 mm in autumn, accounting for 60.3% and 77.8% of the total number, respectively. The relationship between fork length and body weight had little difference in spring and autumn. Significant difference was not found in total sex ratio in spring and autumn ($P>0.05$), but was found in fork length groups in spring and autumn ($P<0.001$). Stage had the maximum maturity in spring. The proportion of mature females decreased and mature males increased with increasing fork length. With the development of gonad, the average GSI values increased at different gonadal stages and females had higher GSI values than males. The fork length of the first gonadal maturity was 304.5 mm. Stage 0 and Stage 1 had the highest feeding intensity, accounting for 43.1% and 43.4% of the total number, respectively.

Key words: *Auxis thazard*; the South China Sea; biological characteristics

扁舵鲹 (*Auxis thazard*) 为暖水性中上层鱼类, 隶属于金枪鱼科, 舵鲹属, 俗名炮弹、炸弹鱼等, 喜集群, 游泳速度快, 广泛分布于太平洋、印度

洋、大西洋的热带和亚热带海区, 在中国东海和南海均有分布^[1-2]。一直以来, 经济价值较高的大型金枪鱼类[黄鳍金枪鱼 (*Thunnus albacares*)、长鳍金

收稿日期: 2015-05-12; 修回日期: 2015-06-08

资助项目: 农业部财政重大专项 (NFZX2013); 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 项目 (2014CB441500); 国家科技支撑计划项目 (2013BAD13B06); 国家高技术研究发展计划 (863 计划) 项目 (2012AA092303)

作者简介: 孔啸兰 (1986 -), 女, 硕士, 助理研究员, 从事渔业资源和分子生物学研究。E-mail: weilankong 2005@163.com

通信作者: 陈作志 (1978 -), 男, 博士, 副研究员, 从事渔业资源和海洋生态研究。E-mail: zzchen2000@163.com

枪鱼(*T. alalunga*)等]资源是人们开发利用的主要对象,导致大型金枪鱼类资源被认为已经充分或过度开发利用^[3-6],而小型金枪鱼类(如舵鲹属鱼类等)资源开发仍有较大空间。调查资料显示,青甘金枪鱼(*T. tonggol*)、巴鲹(*Euthynnus affinis*)和扁舵鲹3种小型金枪鱼类资源产量2003年~2006年占印度韦拉沃尔流刺网总产量的28%^[7],2006年~2010年印度金枪鱼类商业捕捞产量的57%均来自于近岸5种小型金枪鱼类^[8]。中国南海扁舵鲹等小型金枪鱼类虽尚未形成独立的商业开发模式,但作为兼补对象,已成为南海灯光作业船只的主要渔获种类^[9-11],具有较好的渔业开发前景。

国内外学者已对扁舵鲹开展了大量的研究工作,内容涉及年龄和生长^[12-13]、时空分布^[14]、网目选择性^[15]、生殖和洄游^[16]、营养成分^[17-18]、种群遗传结构^[19]等,但对中国南海海域群体的生物学研究尚未见报道。为此,根据2014年春、秋两季在南海获取的灯光罩网生产调查资料,对性比组成、性腺指数、初次性成熟叉长、胃饱满度等繁殖生物学特征进行了研究,以期了解南海春、秋季扁舵鲹资源的差异及其补充特征和规律,为进一步准确估算其资源量、合理利用该资源以及相关科学研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 采样时间和海域

采样共分为2次,第一次采样时间为2014年4月~5月(春季),经纬度范围为9°50'N~20°04'N、112°45'E~114°41'E;第二次为2014年11月(秋季),经纬度范围为18°12'N~20°14'N、108°03'E~112°03'E(图1)。

1.2 调查船

调查船为广东省电白县博贺渔港的“粤电渔42212”灯光罩网船,钢质,总长49.8 m,型宽7.8 m,型深4.3 m,总吨位492 GT;主机2台,功率分别为372.8 kW和402.7 kW,最大航速11 kn;诱鱼灯500盏,诱鱼电机2台,均为355.6 kW;撑杆长度42 m,沉子纲长310 m,沉子质量1500 kg,网高100 m,船员11人。

1.3 测定方法和标准

共采集样品364尾带回实验室进行生物学测定。测定内容包括叉长、体质量、纯体质量、性腺成熟度、性腺质量、胃饱满度。叉长用量鱼板测定

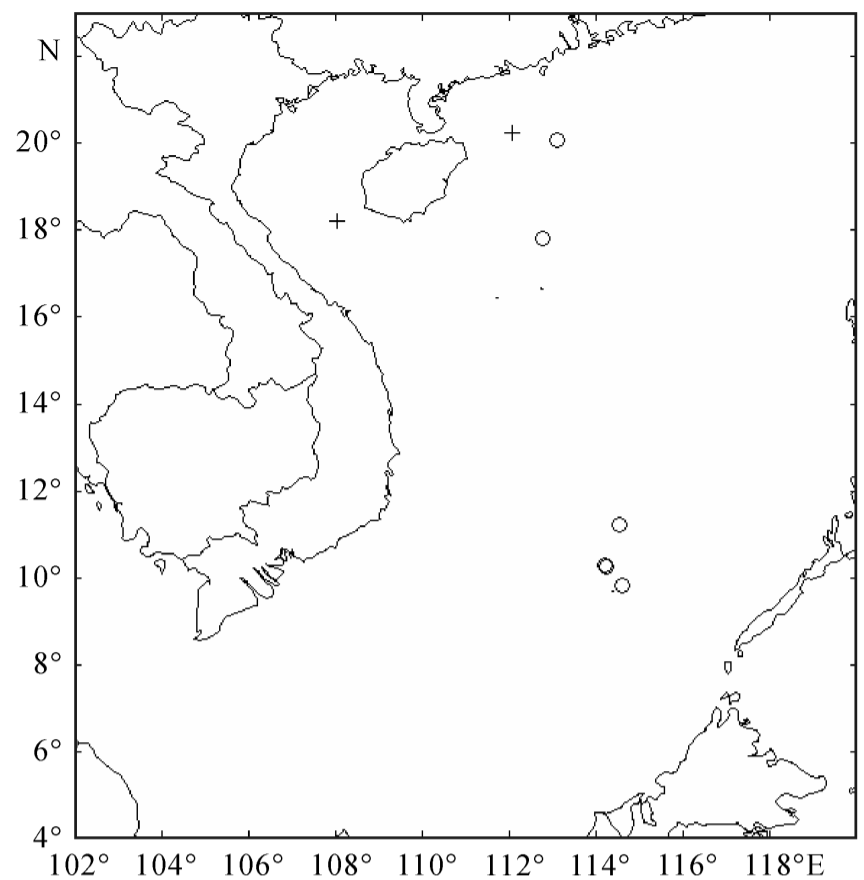


图1 调查站位图

表示春季调查站位, +表示秋季调查站位

Fig 1 Investigation stations

. stations in spring; +. stations in autumn

(精度为1 mm);体质量、纯体质量、性腺质量用天平测定(精度为0.1 g);性腺成熟度参照常期6期划分方法,即~级6期标准;胃饱满度采用5级划分标准,即0级(空胃)和1~4级^[20-21]。

1.4 数据处理

1.4.1 叉长与体质量分布 采用频率分布法,以20 mm和100 g为组距,分别对春、秋两季扁舵鲹叉长和体质量进行分析,应用非参数Kolmogorov-Smirnov Z检验分析春、秋季雌、雄个体叉长组成是否具有显著性差异,并应用单因素方差分析春、秋季雌、雄个体大小(叉长、体质量)是否存在显著性差异。

1.4.2 叉长与体质量关系 采用线性回归法,求得扁舵鲹叉长与体质量的关系:

$$W = aL^b \quad (1)$$

式中 W 为体质量(g), L 为叉长(mm), a 、 b 为估算参数。

1.4.3 性比 统计雌、雄个体的数量,性比采用雌、雄个体数量之比。利用二项检验分析总体雌、雄性比与1:1是否产生显著差异。利用卡方检验分析春、秋两季扁舵鲹各叉长组的性比是否存在显著差异。

1.4.4 性腺指数 采用性腺质量除以纯体质量的方法计算,其公式为:

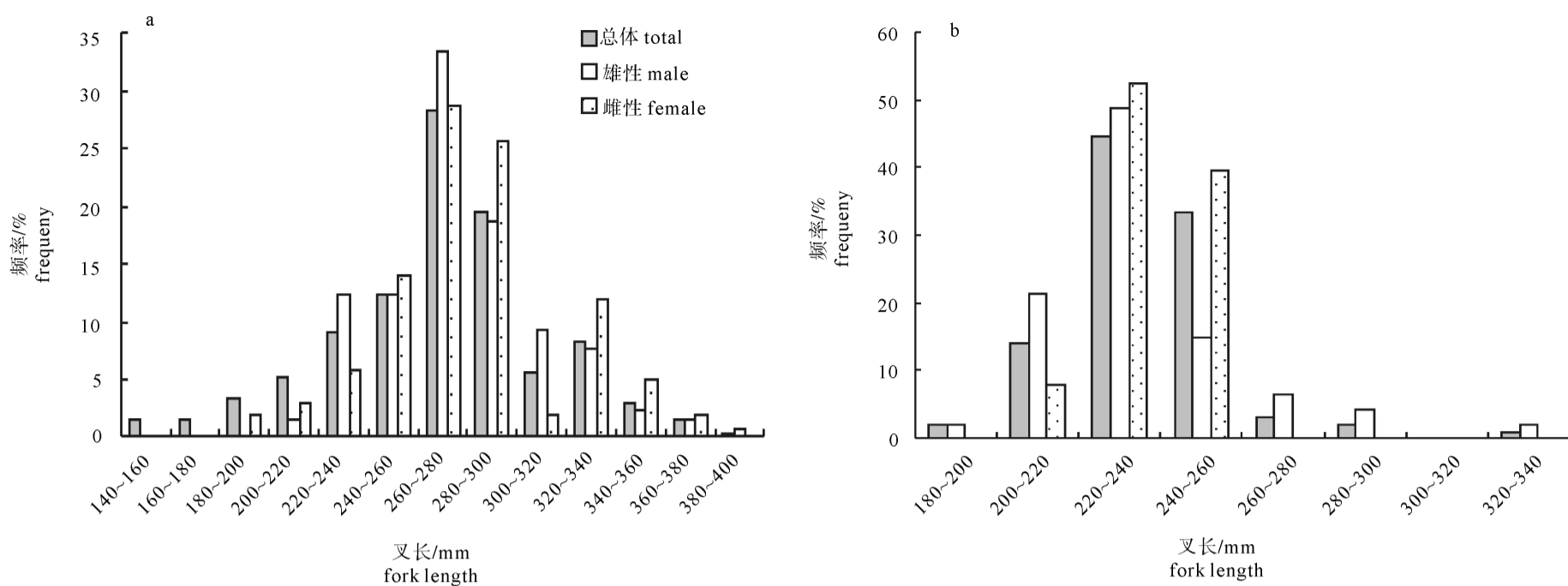


图 2 春季 (a) 和秋季 (b) 扁舵鲈叉长分布

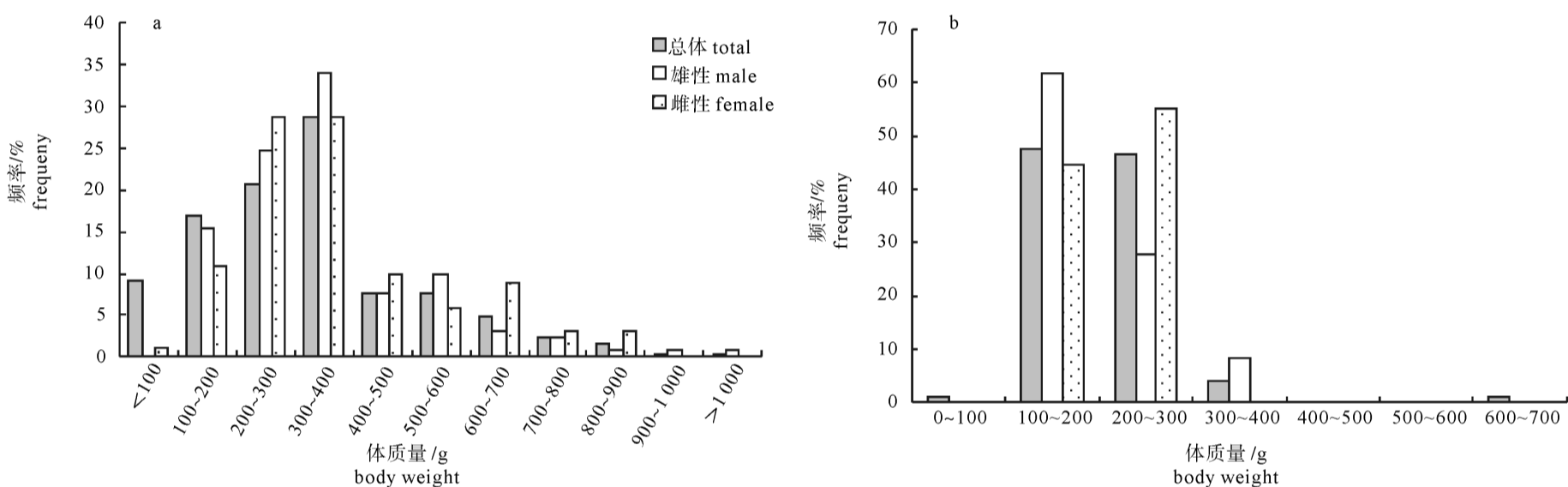
Fig 2 Distribution of fork length of *A. thazard* in spring (a) and autumn (b)

图 3 春季 (a) 和秋季 (b) 扁舵鲈体质量分布

Fig 3 Distribution of body weight of *A. thazard* in spring (a) and autumn (b)

$$GSI = \frac{W_g}{W_p} \times 100 \quad (2)$$

式中 GSI 为性腺指数, W_g 为性腺质量, W_p 为纯体质量。

1.4.5 初次性成熟叉长 采用线性回归法拟合 Logistic 曲线, 推算扁舵鲈的初次性成熟叉长:

$$P_i = 1 / [1 + e^{-(c+dl_i)}] \quad (3)$$

式中 P_i 为成熟个体占组内样本的百分比; l_i 为各叉长组组中值 (mm); c 、 d 为估算参数; 初次性成熟叉长 $L_{50\%} = -c/d$ 。

2 结果

2.1 叉长和体质量分布

该研究随机采样共获取南海扁舵鲈样本 364 尾, 其中春季 265 尾, 秋季 99 尾。春季扁舵鲈的叉长范围为 145 ~ 389 mm ($\bar{X} = 271.46$, $SD = 42.49$), 其中优势叉长为 240 ~ 300 mm (60.3%)

(图 2 - a), 雌、雄个体平均叉长分别为 281.53 mm 和 279.40 mm; 体质量范围为 33.4 ~ 1 063 g ($\bar{X} = 328.62$, $SD = 178.86$), 其中优势体质量为 100 ~ 300 g (66.4%), 雌、雄个体平均体质量分别为 365.99 g 和 350.75 g (图 3 - a)。分析表明, 雌、雄个体大小 (叉长、体质量) 不存在显著差异 (ANOVA, $P > 0.05$)。

秋季扁舵鲈的叉长范围为 188 ~ 322 mm ($\bar{X} = 236.06$, $SD = 18.91$), 其中优势叉长为 220 ~ 260 mm (77.8%) (图 2 - b), 雌、雄个体平均叉长分别为 235.18 mm 和 235.79 mm; 体质量范围为 96 ~ 613 g ($\bar{X} = 317$, $SD = 64$), 其中优势体质量组为 100 ~ 200 g (94%), 雌、雄个体平均体质量分别为 213 g 和 218 g (图 3 - b)。分析表明, 雌、雄个体大小 (叉长、体质量) 不存在显著差异 (ANOVA, $P > 0.05$)。

非参数 Kolmogorov-Smirnov Z 检验分析表明, 春、秋季扁舵鲈叉长分布存在显著差异 ($P <$

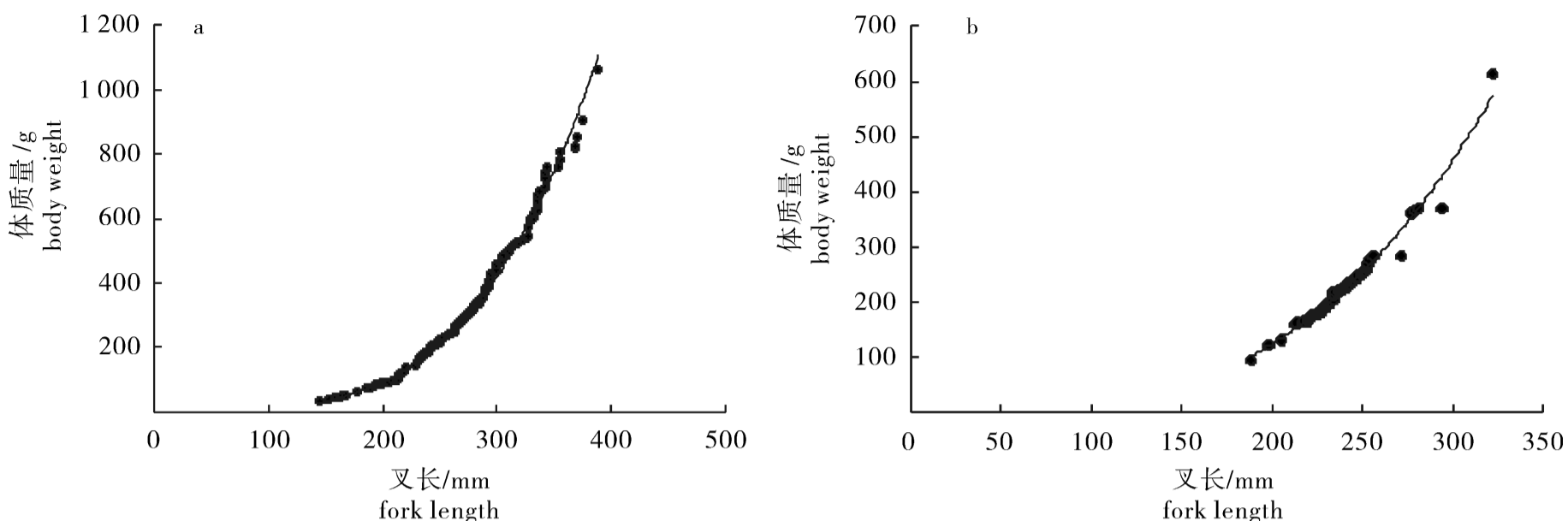


图 4 春季 (a) 和秋季 (b) 扁舵鲈体质量与叉长关系

Fig 4 Relationship between body weight and fork length of *A. thazard* in spring (a) and autumn (b)

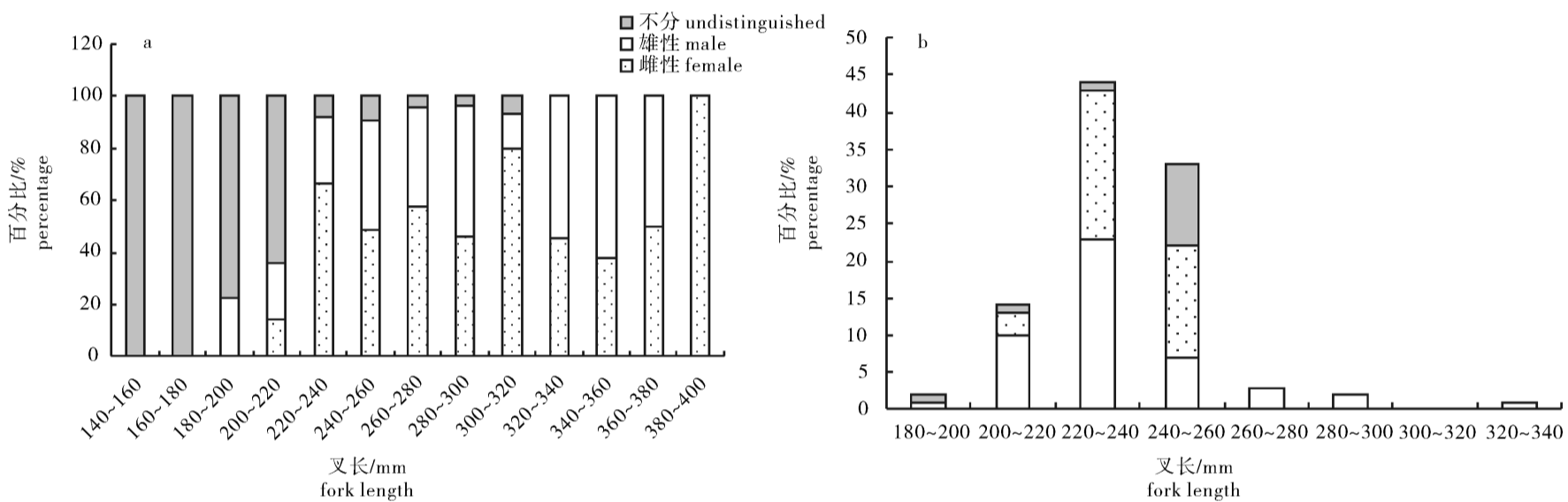


图 5 春季 (a) 和秋季 (b) 扁舵鲈性比与叉长关系

Fig 5 Relationship between sex ratio and fork length of *A. thazard* in spring (a) and autumn (b)

0.01), 但同季节雌、雄个体叉长分布不存在显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2 体质量与叉长关系

经幂函数拟合(图 4), 春、秋季扁舵鲈体质量与叉长关系分别为: 春季 $W_S = 3 \times 10^{-7} L^{3.6913}$, $R^2 = 0.9956$; 秋季 $W_A = 5 \times 10^{-6} L^{3.202}$, $R^2 = 0.9875$; 式中 W_S 和 W_A 为体质量(g), L 为叉长(mm)。

2.3 性比

春季共测定扁舵鲈 265 尾, 其中雌性 101 尾, 雄性 129 尾(雌雄不分个体 35 尾)。雌、雄性比为 1:1.28; 秋季共测定扁舵鲈 99 尾, 其中雌性 38 尾, 雄性 47 尾(雌雄不分个体 14 尾)。雌、雄性比为 1:1.24。统计检验显示, 调查总体雌、雄性比与 1:1 无显著差异 ($P > 0.05$), 但各叉长组性比有显著差异 ($\chi^2 = 117.857$, $P < 0.001$) (图 5)。

2.4 性腺成熟度

春季扁舵鲈性腺成熟度各期均有分布, 以 II 期和 III 期为主, 约占总体的 77.7%; I 期约占 20%;

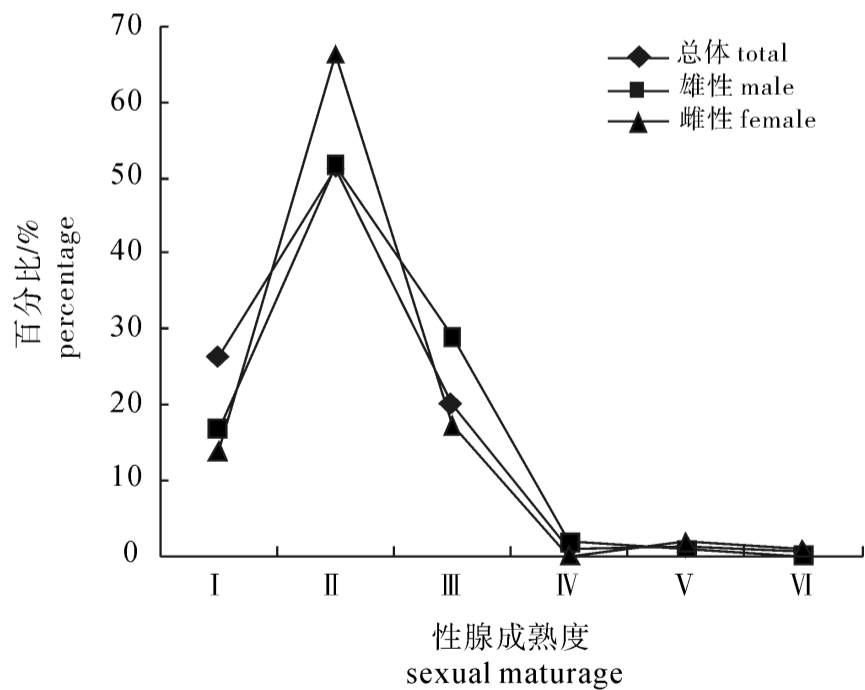


图 6 春季扁舵鲈性腺成熟度百分比组成

Fig 6 Percentage of gonad developmental stages of *A. thazard* in spring

IV 期较少, 约占 2.3% (图 6)。随着叉长增大, 扁舵鲈性腺成熟程度逐渐提升, 性成熟最小叉长雌性为 272 mm, 雄性为 279 mm, 叉长组 281 ~

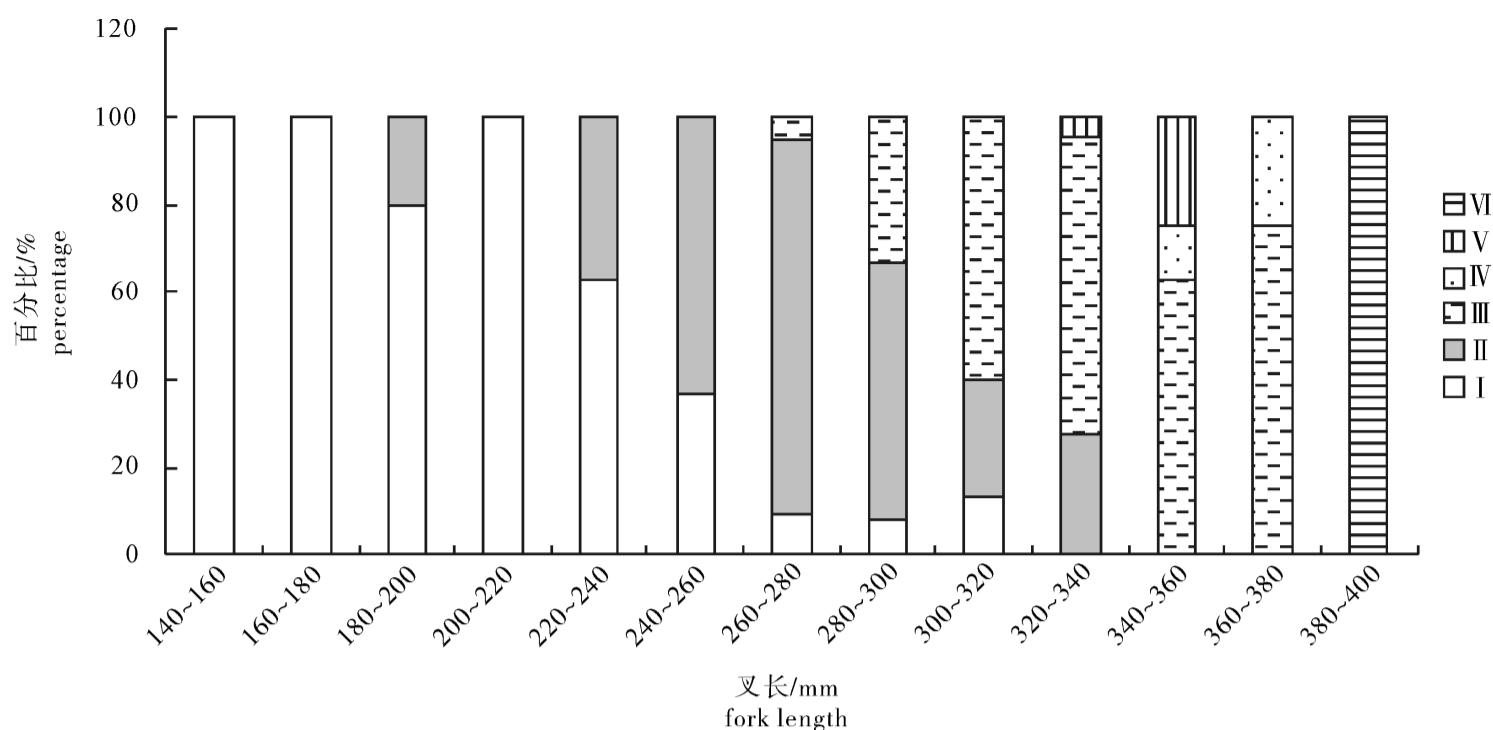


图 7 春季扁舵鲹不同叉长组性腺成熟度百分比组成

Fig 7 Percentage of gonad developmental stages in different fork-length groups of *A. thazard* in spring

300 mm 雌雄大量成熟, 340 mm 则可全部发育成熟, 在成熟的最小叉长组中, 雌性成熟的比例高于雄性, 随着叉长增大, 雌鱼比例减小, 雄鱼比例上升, 表明雌性成熟较雄性略快(图 7, 图 8)。

秋季渔获扁舵鲹的性腺成熟度全部为 I 期和 II 期, 未发现性成熟个体。

2.5 性腺指数和初次性成熟叉长

性腺指数是鱼体性成熟度的一个重要指标, 常用于性腺成熟度的研究和初次性成熟体长的确定^[13, 22]。图 9 显示春季扁舵鲹雌雄个体不同性腺发育阶段的平均 GSI。春季 I 期个体平均 GSI 最低, 雌雄个体分别为 0.24% 和 0.17%, 雌性个体平均 GSI 明显高于雄性, 而后扁舵鲹卵巢、精巢发育加速, II、III 期个体的平均 GSI 逐渐升高。雌性个体卵巢发育 III ~ IV 期平均 GSI 迅速升高, IV ~ V 期, 鱼体已产卵排精, 平均 GSI 急剧降低; 雄性个体精巢发育 III ~ IV 期平均 GSI 有下降趋势, 有可能是部分个体未排精退化所致。总体来看, 雌性个体平均 GSI 高于雄性。秋季扁舵鲹由于未发现成熟个体, 性腺成熟度只有 I 期和 II 期, 所以变化趋势不明显, 但雌性个体也明显高于雄性。分析表明, 春季扁舵鲹雌雄个体的平均 GSI 存在显著差异(ANOVA, $P < 0.05$)。

研究显示, 春季扁舵鲹渔获群体中性成熟叉长范围为 272 ~ 389 mm, 平均叉长 319 mm。经拟合, 性成熟与叉长的关系曲线(图 10)为 $P_i = 1/[1 + e^{-(-22.3883 + 0.0735L_i)}]$, 初次性成熟叉长为 304.5 mm。

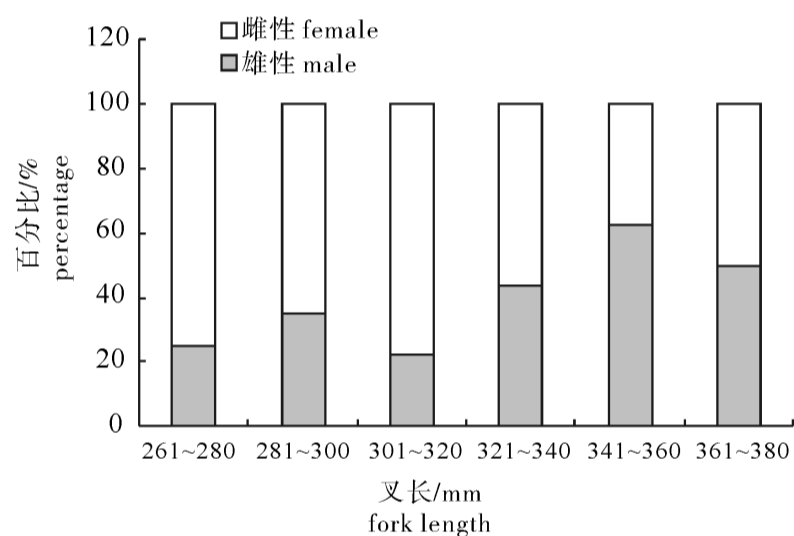


图 8 春季扁舵鲹成熟个体性比与叉长关系

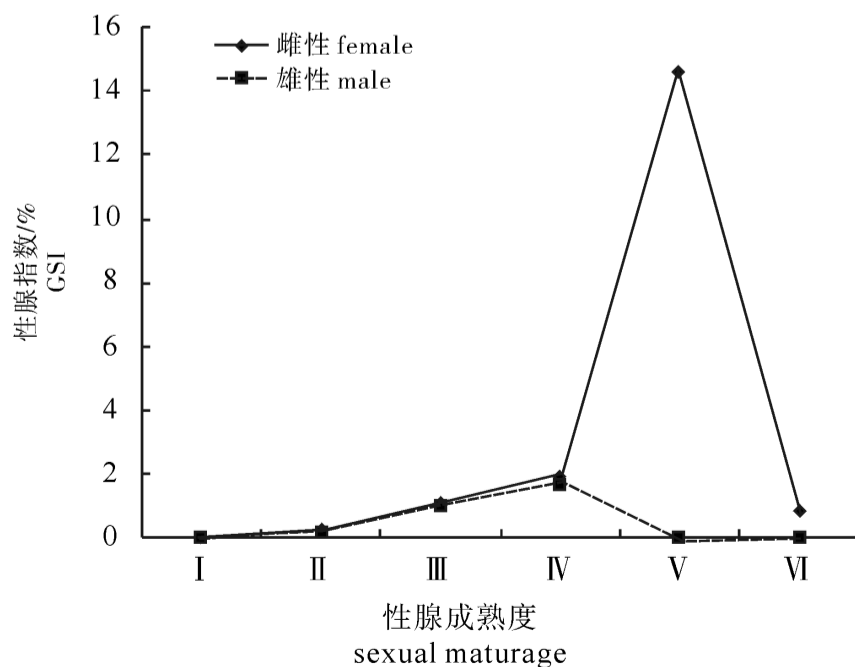
Fig 8 Relationship between sex ratio and fork length of *A. thazard* in spring

图 9 春季不同性腺发育阶段扁舵鲹的平均性腺指数

Fig 9 Average GSI values of *A. thazard* at different gonadal stages in spring

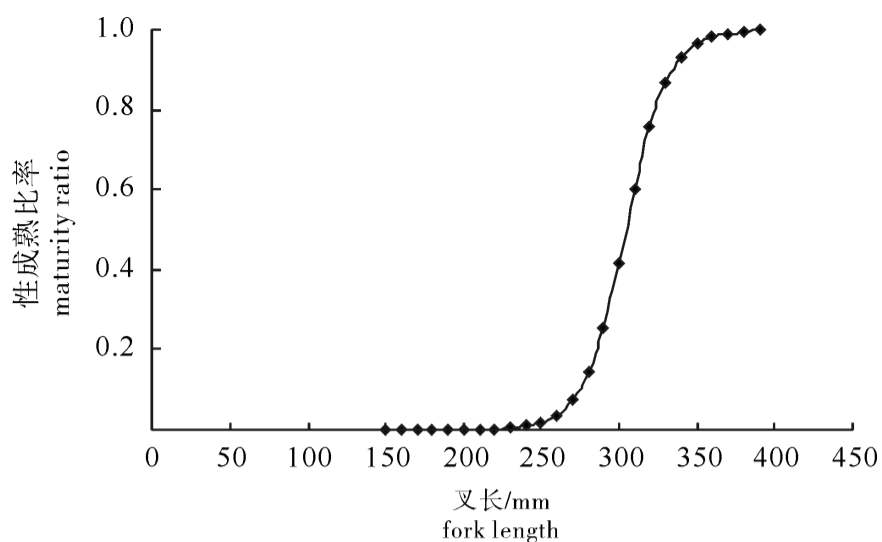


图10 春季扁舵鲈性成熟与叉长关系

Fig 10 Relationship between sexual maturity and fork length of *A. thazard* in spring

2.6 摄食等级

春季扁舵鲈摄食等级 0~4 级所占比例分别为 35.5%、35.1%、12.4%、6.4% 和 10.6%；秋季所占比例分别为 34.3%、43.4%、5.1%、7.1% 和 10.1%，摄食等级主要以 0 级和 1 级为主。1~4 级个体数量有逐步减少趋势。卡方检验表明，不同叉长组的摄食等级存在显著差异 ($P < 0.001$)，随着叉长组增大，摄食等级有逐步提高的趋势(图 11)。

扁舵鲈胃含物主要以小型鱼类为主，主要种类有紫色锯鳞鱼 (*Myrispristis violaceus*)、长体圆鲈 (*Decapterus macrosoma*)、高鳍刺尾鱼 (*Zebrasoma veliferum*)、发光鲷 (*Acropora japonicum*)、游鳍叶鲈 (*Atule mate*) 等，另外还有少量头足类及甲壳类等。

3 讨论

3.1 叉长-体质量关系

叉长-体质量关系通常用于描述鱼类的个体生长规律，以公式 $W = aL^b$ 表达，其中幂指数 b 值可

以用来判断鱼类是否处于等速生长。研究结果显示，春、秋季扁舵鲈叉长-体质量关系分别为 $W_S = 3 \times 10^{-7} L^{3.6913}$ 和 $W_A = 5 \times 10^{-6} L^{3.202}$ ，与其他研究所得结果相比，该研究的春季叉长-体质量关系中的 b 值最大，而秋季所得的 b 值最小(表 1)，春、秋季，扁舵鲈生长均为异速生长。 b 值的差异可能与摄食、性腺发育程度、产卵期、不同生长阶段等有关^[23-24]。黄真理等^[24]的研究发现，低龄鱼 b 值偏小，高龄鱼 b 值偏大。该研究中秋季扁舵鲈较小型、性腺未发育，可能是其 b 值相对春季偏小的主要原因。

对比优势叉长数据，卢振彬等^[12]研究结果为 360~390 mm 和 280~310 mm，YU 等^[13]研究结果为 340~380 mm 和 260~280 mm，笔者研究结果与后者较为接近，与前者相比有显著减小趋势，体质量同样也呈现这种变化趋势。研究结果的差异可能与时间跨度、捕捞方式及调查取样等方面差异有关，也可能是由于外界环境条件影响叉长-体质量关系的变化，但不能排除捕捞以及海洋环境变化导致的资源变动，这需要对海流、饵料生物、水温等影响因素做更加详细的研究^[25]。

3.2 年龄估算

有关南海扁舵鲈年龄与生长的研究尚未见报道，限于条件所致，采用 YU 等^[13]对台湾海峡扁舵鲈的年龄构成进行估算，其生长可用 Von Bertalanffy 生长方程表示为 $L = 481.78 \times (1 - e^{-0.5230(t+0.3349)})$ ，由此估算该研究中渔获样本的年龄组成。结果显示，春、秋季扁舵鲈平均年龄分别为 1.3 和 1.0(图 12)，春季扁舵鲈处于 1~2 龄的个体最多，占总数的 77.0%，而秋季扁舵鲈处于 1 龄以下的个体最多，占总数的 55.6%。

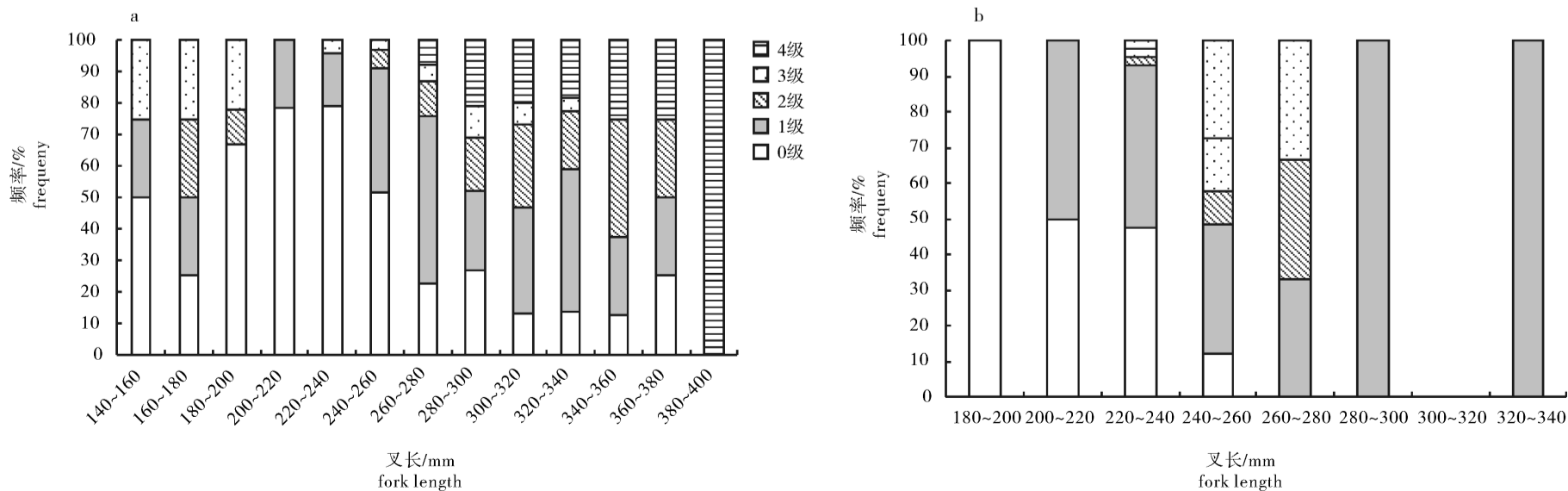


图11 南海海域春季(a)和秋季(b)季扁舵鲈摄食等级与叉长关系

Fig 11 Relationship between feeding stage and fork length of *A. thazard* in the South China Sea in spring (a) and autumn (b)

表 1 不同研究所得的叉长-体质量关系

Tab. 1 Comparison of relationship between fork length and body weight by different studies

研究区域 region	时间 time	渔具 gear	叉长-体质量关系 fork length-body weight relationship	文献 Reference
台湾海峡及其邻近海域 Taiwan Strait and its adjacent sea	1981 年 5 ~8 月, 1982 年 4 ~7 月, 1983 年 4 ~9 月, 1984 年 4 ~6 月	大围缙	$W = 1.658 \times 10^{-6} L^{3.4055}$	卢振彬等 ^[14] , 1991
台湾海峡 Taiwan Strait	2005 年 4 月 ~2006 年 3 月	围网	$W = 0.1815 \times 10^{-5} L^{3.3899}$	YU 等 ^[13] , 2012
南海 the South China Sea	春季	灯光罩网	$W_S = 3 \times 10^{-7} L^{3.6913}$	此研究
南海 the South China Sea	秋季	灯光罩网	$W_A = 5 \times 10^{-6} L^{3.202}$	此研究

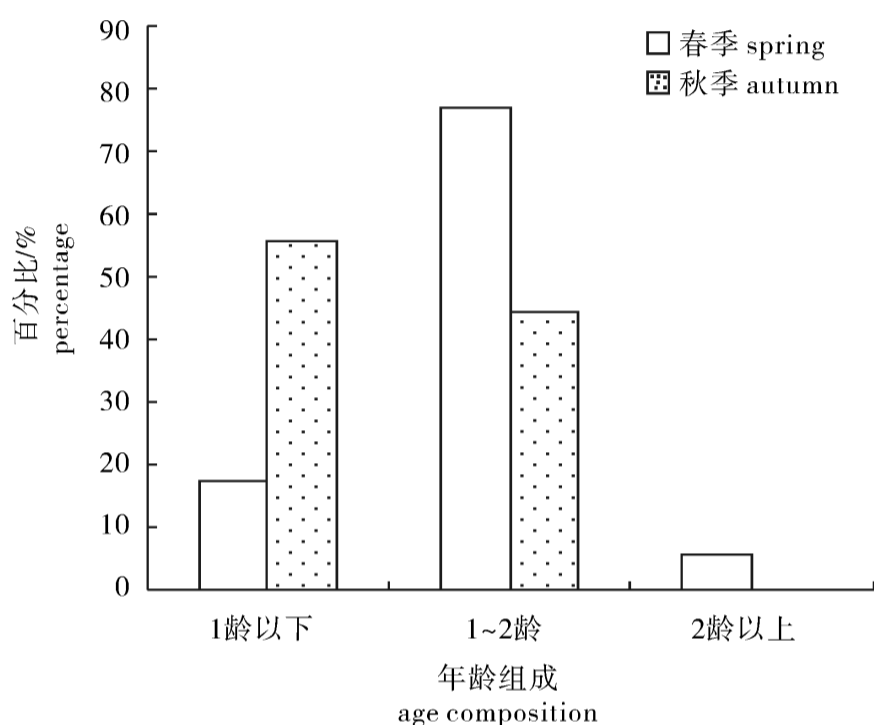


图 12 春、秋季扁舵鲹年龄组成

Fig. 12 Age composition of *A. thazard* in spring and autumn

卢振彬等^[12]对 1981 年 ~1984 年 4 月 ~9 月台湾海峡-福建海域调查显示, 扁舵鲹各年龄组叉长范围分别为: 245 ~332 mm、: 322 ~407 mm、: 393 ~436 mm。该研究结果与之相比, 渔获物年龄组成偏小, 仅有 1 龄和未 1 龄鱼; 叉长范围偏低。造成上述变化的原因可能跟时间跨度、采样季节、渔场差异以及网具差异等有关, 还需要进一步的研究验证。

3.3 性腺发育的变化

研究显示^[22,26], 随着性腺的发育, 从 期到 期, 平均 GSI 均表现为逐渐升高的趋势, 至性腺达到完全成熟的 期, 性腺质量增加到最大, 而性腺发育到 期, 鱼体因产卵或排精活动的结束, 平均 GSI 急剧降低, 该研究结果与其是一致的。但由于春季扁舵鲹 期和 期的个体较少, 秋季更是未发现性成熟样本, 所以在一定程度上会影响研究结果。且春、秋两季雌性扁舵鲹的平均 GSI 都要高于雄性, 说明雌性扁舵鲹产卵过程比雄性排精过程需

要消耗更多的能量^[13,22,27]。春季扁舵鲹性腺成熟度各期均有分布, 性成熟个体占 22.3%, 秋季未出现性成熟个体, 研究表明春季 4 月、5 月为南海扁舵鲹产卵期, 11 月扁舵鲹不再产卵, 该研究结果与其他研究对扁舵鲹产卵期的认定相一致^[16,28-29]。

采用线性回归法拟合 Logistic 曲线, 推算春、秋季扁舵鲹的初次性成熟叉长。但研究结果显示, 只有春季扁舵鲹的性成熟与叉长关系曲线符合 Logistic 曲线, 其初次性成熟叉长为 304.5 mm。对比不同海域扁舵鲹的初次性成熟叉长, 印度东南海岸^[15]雌雄个体分别为 328 mm 和 308 mm, 台湾海峡^[13]的个体为 226.82 mm, 该研究结果正好处于两者之间。而秋季扁舵鲹由于未发现性成熟的个体, 所以无法计算该时期扁舵鲹的初次性成熟叉长, 这需要在今后做进一步的研究。

参考文献:

- [1] 马超, 沈长春, 刘勇, 等. 钓鱼岛北部海域光诱敷网渔业资源调查[J]. 福建水产, 2014, 36(1): 55 - 61.
- [2] 张鹏, 杨吝, 张旭峰, 等. 南海金枪鱼和鸚乌贼资源开发现状及前景[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 68 - 74.
- [3] 刘佩好. 以台湾近海鲔延绳钓渔业大目鲔体长数据估计其年龄、成长与死亡率以及单位加入量分析[D]. 台北: 国立台湾大学海洋研究所, 2005.
- [4] 苏楠杰. 台湾近海金枪鱼延绳钓渔业黄鳍金枪鱼的年龄、成长、死亡率与单位加入生产量[D]. 台北: 国立台湾大学海洋研究所, 2003.
- [5] LANGLEY A, HAMPTON J, KLEIBER P. Stock assessment of yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean, including an analysis of management options [C/OL]. Scientific Committee Third Regular Session, August 2007, Honolulu, USA. [2007-12-07]. <http://www.wcpfc.int/system/files/documents/meeting-s/scientific-committee/3rd-regular-session/stock-assessment-swg-working-papers/WCPFC-SC3%20SA-SWG%20WP-01.pdf>
- [6] LANGLEY A, HAMPTON J, KLEIBER P, et al. Stock assess-

- ment of bigeye tuna in the western and central Pacific Ocean, including an analysis of management options [C/OL] Scientific Committee Fourth Regular Session, August 2008, Papua New Guinea [2008-07-31]. <http://www.wcpfc.int/system/files/documents/meetings/scientific-committee/4-th-regular-session/stock-assessment-specialist-working-group/SC4-SA-WP1-rev.1%20%5B-BET%20Assessment%5D.pdf>.
- [7] GHOSH, PILLAI N, DHOKIA H. Fishery population characteristics and yield estimates of coastal tunas at Veraval [J]. *Ind J Fish*, 2010, 57(2): 7 - 13.
- [8] ABDUSSAMAD E, RAO G, KOYA K, et al. Indian tuna fishery-production trend during yesteryears and scope for the future [J]. *Ind J Fish*, 2012, 59(3): 1 - 13.
- [9] 张鹏, 曾晓光, 杨吝, 等. 南海区大型灯光罩网渔场渔期和渔获组成分析 [J]. *南方水产科学*, 2013, 9(3): 74 - 79.
- [10] 颜云榕, 冯波, 卢伙胜. 中、西沙海域 2 种灯光作业渔船的捕捞特性及其技术效率分析 [J]. *南方水产*, 2009, 5(6): 59 - 64.
- [11] 刘维, 张羽翔, 陈积明, 等. 南沙群岛春季灯光围网渔业资源调查初步分析 [J]. *上海海洋大学学报*, 2012, 21(1): 105 - 109.
- [12] 卢振彬, 戴泉水, 颜尤明. 台湾海峡及其邻近海区扁舵鲹的生长和死亡 [J]. *水产学报*, 1991, 15(3): 228 - 234.
- [13] YU Tao, CHEN Mingru, DU Jianguo, et al. Age and growth changes and population dynamics of the black pomfret (*Parastromateus niger*) and the frigate tuna (*Auxis thazard thazard*), in the Taiwan Strait [J]. *Lat Am J Aquat Res*, 2012, 40(3): 649 - 656.
- [14] 卢振彬, 颜尤明, 戴泉水. 闽中、闽东渔场扁舵鲹的资源生物学 [J]. *台湾海峡*, 1992, 11(3): 251 - 256.
- [15] JUDE D, NEETHISELVAN N, GOPALAKRISHNAN P, et al. Gill net selectivity studies for fishing frigate tuna, *Auxis thazard* Lacepede (Perciformes: Scombridae) in Thoothukkudi waters, southeast coast of India [J]. *Ind J Mar Sci*, 2002, 31(4): 329 - 333.
- [16] 张仁斋. 三种金枪鱼类(鲹、黄鳍金枪鱼、扁舵鲹)的仔、稚鱼在南海的分布和产卵期 [J]. *海洋学报: 中文版*, 1983, 5(3): 368 - 375.
- [17] 童铃, 金毅, 徐坤华, 戴志远. 3 种鲹鱼背部肌肉的营养成分分析及评价 [J]. *南方水产科学*, 2014, 10(5): 51 - 59.
- [18] MANAT C, SAPPASITH K, SOOTTAWAT B. Characterisation of muscles from Frigate mackerel (*Auxis thazard*) and catfish (*Clarias macrocephalus*) [J]. *Food Chem*, 2013, 139(1/2/3/4): 414 - 419.
- [19] IVANE R P, ALTAIR B A, MUDJEKEEWIS D S. Genetic diversity, population genetic structure, and demographic history of *Auxis thazard* (Perciformes), *Selar cnumenophthalmus* (Perciformes), *Rastrelliger kanagurta* (Perciformes) and *Sardinella lemuru* (Clupeiformes) in Sulu-Celebes Sea inferred by mitochondrial DNA sequences [J]. *Fish Res*, 2015, 162: 64 - 74.
- [20] 国家海洋局. 海洋调查规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [21] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 300 - 306.
- [22] 李建生, 严利平, 胡芬, 等. 温台渔场日本鲭的繁殖生物学特征 [J]. *中国水产科学*, 2015, 22(1): 99 - 105.
- [23] BAGENAL T B, TESCH E W. Age and growth [M] BAGENAL T. *Methods for assessment of fish in fresh-waters*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978: 101 - 136.
- [24] 黄真理, 常剑波. 鱼类体长与体重关系中的分形特征 [J]. *水生生物学报*, 1999, 23(4): 330 - 337.
- [25] 刘岩, 张秀梅, 周游, 等. 2011 年西南大西洋拖网渔获物阿根廷滑柔鱼生物学分析 [J]. *南方水产科学*, 2012, 8(3): 39 - 47.
- [26] 龚彩霞, 陈新军, 刘必林, 等. 西南大西洋公海阿根廷滑柔鱼生物学特性的初步研究 [J]. *大连海洋大学学报*, 2010, 25(4): 353 - 358.
- [27] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 34 - 38.
- [28] 江素菲, 王德明. 闽南-台湾浅滩渔场金枪鱼类仔鱼的分布和产卵期 [J]. *厦门大学学报: 自然科学版*, 1986, 25(4): 476 - 483.
- [29] 赵传綯, 陈莲芳, 臧增嘉. 东海舵鲹的早期发育和生殖习性 [J]. *水产学报*, 1982, 6(3): 253 - 267.