

个体差异对西南大西洋阿根廷滑柔鱼耳石形态的影响

陆化杰¹, 陈新军^{1,2,3*}, 刘必林^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 上海海洋大学大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海 201306;

3. 上海海洋大学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)

摘要: 根据2007-2008年我国鱿钓船在西南大西洋海域采集的560对阿根廷滑柔鱼耳石样本,以耳石总长(TSL)、最大宽度(MW)、背区长(DDL)、背侧区长(DLL)、侧区长(LDL)、吻侧区长(RLL)、吻宽(RW)、吻区长(RL)、翼区长(WL)和翼区宽(WW)作为耳石各区生长指标,以耳石MW与TSL之比、RW与RL之比、WW与WL之比作为表征耳石外形变化的指标,利用方差分析(ANOVA)和最小显著差多重比较法(LSD)研究性别、性腺成熟度和不同胴长等个体差异对耳石各区生长和外形变化的影响。结果表明,不同性别间TSL、MW、DLL、DDL、RLL、RL、WL和WW的变化存在显著性差异($P < 0.05$);雌、雄样本内不同性腺成熟度、不同胴长范围间TSL、MW、DLL、LDL、WL和WW的变化均存在显著性差异($P < 0.05$);MW/TSL、RW/RL和WW/WL的变化在不同性别、不同性腺成熟度和不同胴长范围间不存在显著性差异。研究认为,胴长组301~350 mm可能是耳石各区生长的拐点区。

关键词: 阿根廷滑柔鱼;耳石形态;性别;性腺成熟度;个体大小;西南大西洋
中图分类号: Q 958.1; S 917
文献标识码: A

阿根廷滑柔鱼(*Illex argentinus*)是大洋性浅海种,广泛分布在 $22^{\circ} \sim 54^{\circ} \text{S}$ 的西南大西洋大陆架及大陆坡海域,其中以 $35^{\circ} \sim 52^{\circ} \text{S}$ 资源尤为丰富^[1]。阿根廷滑柔鱼年产量最高超过100万t,但年间波动大^[2]。耳石是头足类用来调节自身平衡的硬组织^[3],具有耐腐蚀、储存信息稳定的特点^[4],被广泛用于研究头足类的年龄和生长^[5-6]、种群划分^[7-8]及生活史^[9]等渔业生物学。目前,针对一些头足类耳石的外部形态,国内外学者已经展开了相关的研究^[10-16],但针对阿根廷滑柔鱼耳石各区生长及其影响因素的研究较少^[17]。本文根据我国鱿钓船在西南大西洋生产期间采集的阿根廷滑柔鱼耳石及其渔业生物学数据,分析阿根廷滑柔鱼耳石各区生长状况,以及个体差异(不同胴长,不同性别和不同性成熟)对耳石生长的影响,旨在了解其耳石生长及其形态变化特征。

1 材料与方法

1.1 调查渔船

调查渔船为“新世纪52号”专业鱿钓船,渔船参数如下:总长71.5 m,型宽11.0 m,型深5.5 m;总吨位1 336 t,舱容1 000 t;主机功率1 691 kW;集鱼灯180盏 \times 2 kW,水下灯2只 \times 5 kW;SE-UT01型钓机22台;船员39人。

1.2 调查时间和海域

生产时间为2007年2-6月和2008年2-5月,生产海域为 $41^{\circ} 04' \sim 47^{\circ} 30' \text{S}$ 、 $48^{\circ} 30' \sim 60^{\circ} 00' \text{W}$ 。

1.3 资料收集

随机采集样本560尾,其中雌性315尾、雄性245尾。雌性样本胴长范围为188~344 mm,以50 mm为单位共分为4组,其中150~200 mm、201~250 mm、251~300 mm和301~350 mm组

收稿日期:2010-08-20 修回日期:2010-11-08

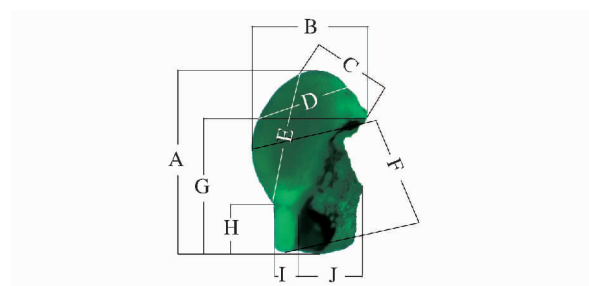
资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA092202);国家自然科学基金项目(NSFC40876090);曙光跟踪计划(08GG14);上海市捕捞学重点学科资助(S30702)

通讯作者:陈新军, Tel:021-61900306, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

内样本个数分别为 54、101、98 和 62；雄性样本胴长范围为 178 ~ 300 mm，其中 150 ~ 200 mm、201 ~ 250 mm 和 251 ~ 300 mm 组内样本个数分别为 43、124 和 78。雌、雄性样本的性腺成熟度都为 I ~ IV 级，其中雌性样本 I、II、III、IV 级样本个数分别为 61、74、81 和 99，雄性样本个数则分别为 48、51、57 和 89。耳石保存在 95% 的乙醇溶液中，并带回实验室进行观察与测量。

1.4 研究方法

耳石形态测量 选取右耳石进行图像拍摄，首先将耳石凸面向上置于 Nikon ZOOM645S 体式显微镜（物镜 $\times 0.8$ ， $\times 1$ ， $\times 2$ ， $\times 3$ ， $\times 4$ ， $\times 5$ ；目镜 $\times 10$ ） $\times 50$ 倍下进行 CCD 拍照，然后利用 YR-MV1.0 显微图像测量软件对耳石各形态参数值进行测量。测量时，沿水平和垂直两个方向进行校准后，对耳石总长（total statolith length, TSL）、最大宽度（maximum width, MW）、背区长（dorsal dome length, DDL）、背侧区长（ventral dorsal dome length, DLL）、侧区长（lateral dome length, LDL）、吻侧区长（rostrum lateral dome length, RLL）、吻区长（rostrum length, RL）、吻区宽（rostrum width, RW）、翼区长（wing length, WL）和翼区宽（wing width, WW）10 项形态参数（图 1 和图 2）进行测量^[13]，测量结果精确至 0.01 μm 。测量由 2 人独立进行，若两者测量的误差超过 5%，则重新测量，否则取它们的平均值。



A. TSL; B. MW; C. DDL; D. DLL; E. LDL; F. RLL; G. WL; H. RL; I. RW; J. WW

图 1 耳石形态参数示意图

Fig. 1 Scheme of morphometric measurements of statolith

数据处理方法 (1) 首先用 Levene 氏法进行方差齐性检验，不满足齐性方差时对数据进行反正弦或者平方根处理^[18]。

(2) 分不同性别、不同性腺成熟度、不同胴长范围对反映各区生长的 10 个形态参数分别进行

ANOVA 分析，对于存在极显著性差异 ($P < 0.01$) 的参数做组间多重比较 (LSD)^[18]，以便分析不同因子对耳石各区生长的影响。

(3) 利用 MW/TSL、RW/RL、WW/WL 分别作为耳石整体外形变化指标、吻区、翼区变化指标^[19]，并采用 ANOVA 对它们进行分析，对于存在极显著性差异 ($P < 0.01$) 的参数做组间的多重比较 (LSD)，分析不同因子对耳石 MW/TSL、RW/RL、WW/WL 的影响。

所有统计分析采用 SPSS 16.0 软件进行。

2 结果

2.1 耳石形态特征描述

阿根廷滑柔鱼耳石结构由背区、侧区、翼区和吻区组成，其中背区最小，侧区稍大，翼区宽大，吻区长窄（图 2），雌、雄性样本中各形态参数见表 1。

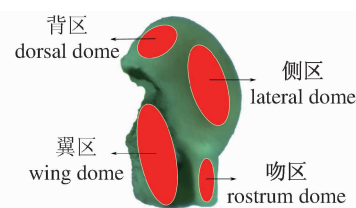


图 2 耳石各区分布示意图

Fig. 2 Scheme of each dome of statolith

2.2 耳石形态的影响因素

性别对耳石形态的影响 ANOVA 分析结果认为，不同性别间阿根廷滑柔鱼耳石的 TSL ($F_{14.600} = 0.000 < 0.01$)、MW ($F_{4.316} = 0.038 < 0.05$)、DLL ($F_{5.246} = 0.022 < 0.05$)、LDL ($F_{11.319} = 0.001 < 0.05$)、RLL ($F_{7.041} = 0.008 < 0.01$)、RL ($F_{5.166} = 0.023 < 0.05$)、WL ($F_{10.709} = 0.001 < 0.01$) 均呈现出显著差异，其中 TSL、LDL 和 WL 存在极显著性差异。

性腺成熟度对耳石形态的影响

(1) 雌性个体 ANOVA 结果认为，TSL ($F_{16.759} = 0.000 < 0.01$)、MW ($F_{11.377} = 0.000 < 0.01$)、DLL ($F_{21.667} = 0.000 < 0.01$)、LDL ($F_{30.466} = 0.000 < 0.01$)、WL ($F_{8.453} = 0.000 < 0.01$)、WW ($F_{9.161} = 0.000 < 0.01$) 不同性腺成熟度间的变化均存在极显著性差异。

LSD 法进行多重比较认为，对于雌性个体的 TSL、MW 和 WL，性腺成熟度 I 级与 III、IV 级，II 级与

Ⅲ、Ⅳ级存在显著的差异($P < 0.05$);而 DLL、LDL 和 WL,性腺成熟度Ⅰ级与Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级,Ⅱ级与Ⅲ、Ⅳ级存在显著的差异($P < 0.05$)。总体而言,随着性腺的逐渐成熟,TSL、MW、DLL、LDL、WL、WW 值都

不断增加,但Ⅰ级、Ⅱ级增加幅度快,Ⅲ级以后各值增加幅度减慢,Ⅲ级与Ⅳ级之间各区长度都不存在显著性差异。不同性腺成熟度下 6 个耳石形态参数的均值变化如图 3 所示。

表 1 阿根廷滑柔鱼耳石形态参数值

Tab. 1 Values of morphometric parameters of statolith for *I. argentinus*

内容 contents	雌性样本 females			雄性样本 males		
	最大值(μm) maximum	最小值(μm) minimum	均值(μm) average	最大值(μm) maximum	最小值(μm) minimum	均值(μm) average
耳石总长 TSL	1249.07	745.98	1000.28	1143.45	729.96	974.77
最大宽度 MW	711.16	341.04	510.36	670.96	322.91	500.01
背区长 DDL	451.19	151.31	285.68	467.97	147.32	284.01
背侧区长 DLL	741.04	381.18	576.73	727.1	420.64	563.55
侧区长 LDL	915.16	489.87	724.96	938.75	448.07	702.74
吻侧区长 RLL	938.17	415.15	669.49	882.54	316.47	650.01
吻区长 RL	384.19	72.19	283.03	435.4	89.74	273.38
吻区宽 RW	229.8	78.18	143.84	205.26	67.45	143.44
翼区长 WL	982.32	528.21	771.01	942.1	451.19	748.19
翼区宽 WW	406.1	105.12	303.79	404.13	151.13	297.53

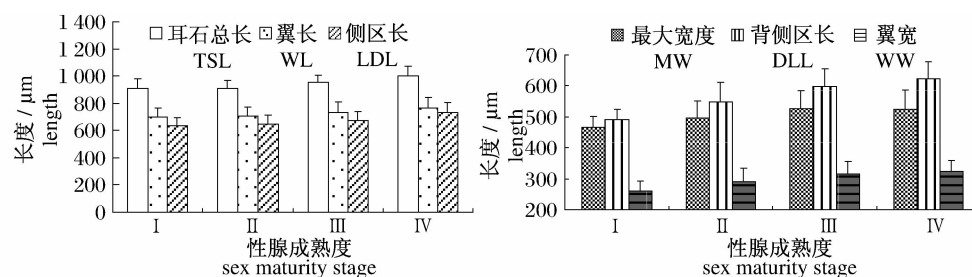


图 3 不同性腺成熟度下阿根廷滑柔鱼雌性个体耳石形态参数变化

Fig. 3 Changes of morphometric parameters of statolith for female *I. argentinus* at different sex maturity stages

(2) 雄性个体

ANOVA 结果认为, TSL ($F_{18.978} = 0.000 < 0.01$)、MW ($F_{4.629} = 0.0008 < 0.01$)、DLL ($F_{13.811} = 0.000 < 0.01$)、LDL ($F_{19.860} = 0.000 < 0.01$)、WL ($F_{6.675} = 0.000 < 0.01$)、WW ($F_{9.740} = 0.000 < 0.01$) 在不同性腺成熟度间均存在极显著性差异。

LSD 法进行多重比较的结果认为,对于雄性个体的 TSL,在性腺成熟度Ⅰ级与Ⅲ、Ⅳ级、Ⅱ级与Ⅲ级之间存在显著性差异($P < 0.05$);MW、DDL、LDL、WL 的Ⅳ级与Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ级存在显著的差异($P < 0.05$);而对于 WW,Ⅰ级与Ⅲ、Ⅳ级,Ⅱ级与Ⅳ级,Ⅲ级与Ⅳ级之间存在显著性差异($P < 0.05$)。总体而言,随着性腺的逐渐成熟,TSL、MW、DLL、LDL、WL、WW 值都不断增加,但Ⅰ级、Ⅱ级增加幅度快,Ⅲ级以后各值增加幅度减慢。不同性腺成熟度下 6 个耳石形态参数的均

值变化如图 4 所示。

不同胴长组对耳石形态的影响

(1) 雌性个体

雌性样本中共分 4 个胴长组。ANOVA 结果认为, TSL ($F_{51.852} = 0.000 < 0.01$)、MW ($F_{9.968} = 0.000 < 0.01$)、DLL ($F_{38.438} = 0.000 < 0.01$)、LDL ($F_{74.201} = 0.000 < 0.01$)、WL ($F_{24.490} = 0.000 < 0.01$)、WW ($F_{15.753} = 0.000 < 0.01$) 在 4 个胴长组间均存在极显著性差异。

LSD 法分析结果认为,对于雌性个体的 TSL、DLL、LDL、WL 和 WW,胴长组 150 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm、251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间,胴长组 201 ~ 250 mm 与 251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间,胴长组 251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间都存在极显著性差异($P < 0.01$);而对于 MW,胴长组 150 ~ 200 mm 与

251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm, 201 ~ 250 mm 与 251 ~ 300 mm 和 301 ~ 350 mm 之间存在着极显著性差异 ($P < 0.01$)。总体而言, 随着胴长的逐渐增加, TSL、MW、DLL、LDL、WL、WW 值都不

断增加, 但胴长介于 150 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm 之间时增加幅度快, 胴长达到 251 ~ 300 mm 以后各值增加幅度减慢。6 个耳石形态参数均值变化与胴长组的关系如图 5。

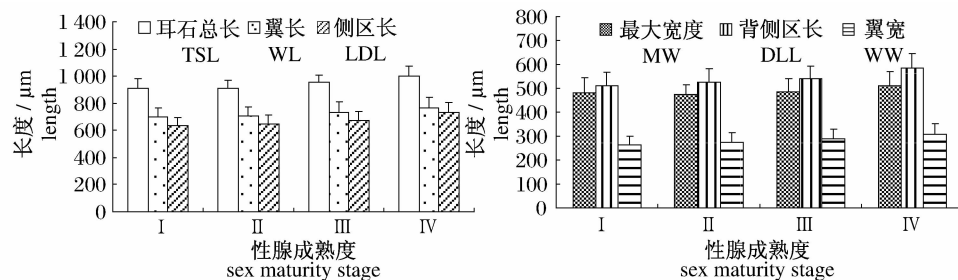


图 4 不同性腺成熟度下阿根廷滑柔鱼雄性个体耳石形态参数变化

Fig. 4 Changes of morphometric parameters of statolith for male *I. argentinus* at different sex maturity stages

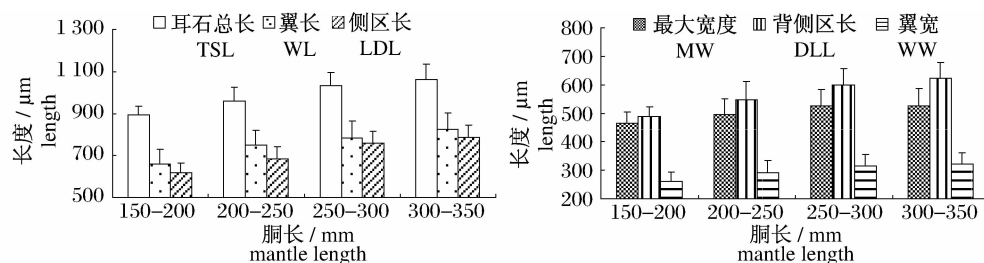


图 5 阿根廷滑柔鱼雌性个体耳石形态参数分布与胴长关系

Fig. 5 Relationships between main parameters of statolith and mantle length in female squid of *I. argentinus*

(2) 雄性个体

雄性样本共分 3 个胴长组。ANOVA 结果认为: TSL ($F_{31.745} = 0.000 < 0.01$)、MW ($F_{10.550} = 0.000 < 0.01$)、DLL ($F_{44.278} = 0.000 < 0.01$)、LDL ($F_{63.620} = 0.000 < 0.01$)、WL ($F_{12.086} = 0.000 < 0.01$)、WW ($F_{24.494} = 0.000 < 0.01$) 在 3 个胴长组间均存在极显著性差异。

LSD 法分析认为, 对于雄性个体的 TSL、DLL、LDL、WL 和 WW, 胴长组 151 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm 和 251 ~ 300 mm, 201 ~ 250 mm 与

251 ~ 300 mm 之间都存在显著性差异 ($F < 0.05$); 而对于 MW, 胴长组 151 ~ 200 mm 与 251 ~ 300 mm, 201 ~ 250 mm 与 251 ~ 300 mm 之间存在着极显著性差异 ($P < 0.01$)。总体而言, 随着胴长的逐渐增加, TSL、MW、DLL、LDL、WL、WW 值都不断增加, 但胴长介于 150 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm 之间时增加幅度较胴长介于 201 ~ 250 mm 与 251 ~ 300 mm 增加幅度小。不同胴长组下 6 个耳石形态参数均值变化如图 6。

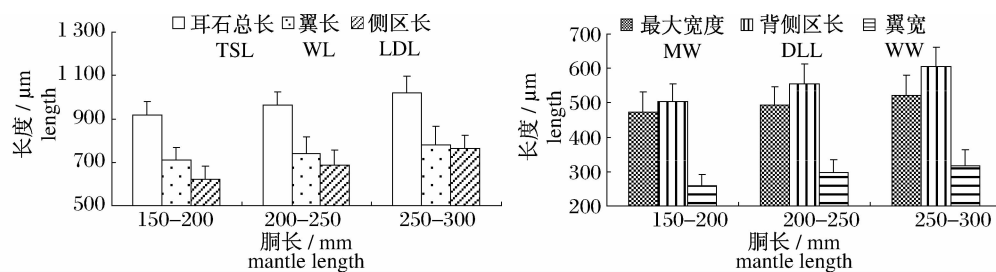


图 6 阿根廷滑柔鱼雄性个体耳石形态参数分布与胴长组关系

Fig. 6 Relationships between main parameters of statolith and mantle length group in male squid of *I. argentinus*

2.3 耳石形态相对变化的分析

以 MW/TSL、RW/RL 和 WW/WL 3 个指标来表征耳石形状相对变化,分析性别、性成熟和个体大小对它们的影响。

MW/TSL 相对变化分析 ANOVA 分析

结果认为,MW/TSL 变化在不同的性别 ($F_{0.076} = 0.7829 > 0.05$)、不同性腺成熟度 ($F_{0.334} = 0.8552 > 0.05$) 和不同胴长组 ($F_{0.634} = 0.5932 > 0.05$) 间都不存在显著性差异。MW/TSL 与胴长组、性腺成熟度的关系变化如图 7,其均值为 0.5133。

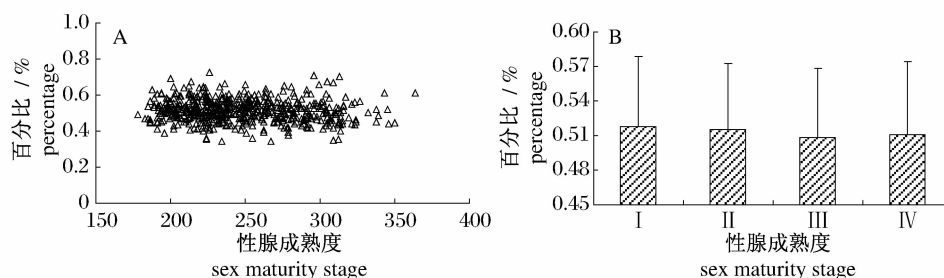


图 7 阿根廷滑柔鱼个体耳石最大宽度/总长之比与胴长 (A) 和性腺成熟度 (B) 关系

Fig. 7 Relationships between MW/TSL and mantle length (A), sex maturity stages (B) of *I. argentinus*

RW/RL 相对变化分析 ANOVA 分析结果认为 RW/RL 变化在不同性别 ($F_{0.1773} = 0.6739 > 0.05$)、不同性腺成熟度 ($F_{1.0603} = 0.3755 > 0.05$) 和

不同胴长组 ($F_{1.3399} = 0.2605 > 0.05$) 间均不存在显著性差异。RW/RL 与胴长组和性腺成熟度的关系如图 8,其均值为 0.5265。

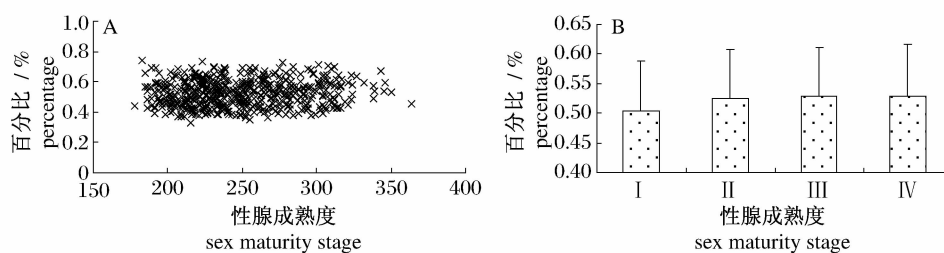


图 8 阿根廷滑柔鱼个体耳石吻宽/吻区长比与胴长 (A) 和性腺成熟度 (B) 关系

Fig. 8 Relationships between RW/RL and mantle length (A), sex maturity stages (B) of *I. argentinus*

WW/WL 相对变化分析 ANOVA 分析结果认为, WW/WL 变化在不同性别 ($F_{3.7506} = 0.0533 > 0.05$)、不同性腺成熟度 ($F_{1.0818} = 0.3647$

> 0.05) 和不同胴长组 ($F_{1.4031} = 0.2411 > 0.05$) 间均不存在显著性差异。WW/WL 与胴长组、性腺成熟度之间的关系如图 9,其均值为 0.3982。

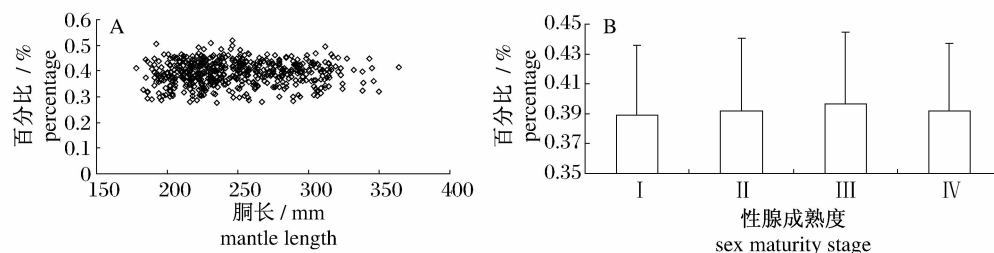


图 9 阿根廷滑柔鱼个体耳石翼宽/翼长之比与胴长 (A) 和性腺成熟度 (B) 关系

Fig. 9 Relationships between WW/WL and mantle length (A), sex maturity stages (B) of *I. argentinus*

3 讨论

研究认为,不同性别之间阿根廷滑柔鱼耳石

的 TSL、MW、DLL、LDL、RLL、RL、WL 存在显著性差异。这可能与雌、雄个体生长存在差异有关,通常不同性别的阿根廷滑柔鱼生长率存在差

异^[20],这种生长速度的差异可能会影响到耳石的生长的同步性。

研究认为雌雄个体,不同性腺成熟度和不同的胴长范围内阿根廷滑柔鱼耳石 TSL、MW、DLL、LDL、WL 和 WW 的生长都存在显著性差异。总体而言,不论雌雄,随着性腺逐渐成熟,TSL、MW、DLL、LDL、WL、WW 都不断增加,但 I 级、II 级增加幅度快,III 级以后各值增加幅度减慢,因此 III 级可能是各区生长的拐点;随着胴长的逐渐增加,雌性样本 TSL、MW、DLL、LDL、WL、WW 都不断增加,但胴长介于 150 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm 之间时增加幅度快,胴长达到 251 ~ 300 mm 以后各值增加幅度减慢,而雄性样本各值也逐渐增加,但胴长介于 150 ~ 200 mm 与 201 ~ 250 mm 之间时增加幅度较胴长介于 201 ~ 250 mm 与 251 ~ 300 mm 增加幅度小,因此尽管缺乏胴长大于 300 mm 的雄性样本,也可以推测 301 ~ 350 mm 胴长范围可能是耳石各区生长的拐点。对属于同一柔鱼科的茎柔鱼耳石外形变化特征,陈新军等^[10]通过研究认为,不同的性腺成熟度、不同的胴长范围间,智利外海茎柔鱼耳石的外部形态变化存在明显的差异性。由于阿根廷滑柔鱼在整个生活史中,由于不同的性成熟阶段、不同生长的阶段、不同的生长环境中着个体的生长和发育出现差异,耳石生长、耳石外部形态特征也会随着个体的生长和发育阶段出现明显的差异,也可以说耳石生长在整个生命周期中不是均匀的。本文的研究证实了这一推测,这一论断可为利用耳石资料来推测阿根廷滑柔鱼生长模式等提供理论依据。

尽管阿根廷滑柔鱼各区的外部形态绝对值变化在不同性别、不同性腺成熟度、不同胴长范围间存在明显的差异性,但对于外部形态的相对指标 MW/TSL、RW/RL、WW/WL 无论是雌雄样本之间、不同的性腺成熟度之间还是不同的胴长范围之间,都没有出现特别明显的差异。SCHWARZ^[17]也通过研究认为,两个不同群体之间,阿根廷滑柔鱼耳石的外部形态变化存在差异,但相对于同一个群体之间,其耳石整体外形变化并没有很大差异性。由于本研究的样本来自于 41°04' ~ 47°30'S, 48°30' ~ 60°00'W 海域,而在地理种群划分上,该海域生活的阿根廷滑柔鱼恰好属于南部巴塔哥尼亚群体 (SPS)^[1],本研究也恰

好论证了这一观点。

由于本研究所采用的样本来自于鱿钓作业,因此样本个体受到渔具渔法的限制,没有采集到胴长小于 150 mm 以及产卵后的样本,这可能对研究结果产生一定的影响,在以后的研究中需要做一些补充。

参考文献:

- [1] 王尧耕,陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业[M]. 北京:海洋出版社,2005:190-194.
- [2] FAO. FAO Yearbook of Fisheries Statistics [M]. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 2008:27
- [3] ARKHIPKIN A I, BIZKOV V A. Role of the statolith in functioning of the acceleration receptor system in squids and sepioids [J]. Journal of Zoology, 2000, 250:31-35.
- [4] ARKHIPKIN A I. Statolith as 'black boxes' (life recorders) in squid [J]. Marine and Freshwater Research, 2005, 56:573-583.
- [5] 陆化杰. 利用耳石微结构研究智利外海茎柔鱼的年龄、生长和种群结构[D]. 上海:上海海洋大学, 2009.
- [6] UOZUMI T, SHIBA C. Growth and age composition of *Illex argentinus* (Cephalopoda: Oegospida) based on daily increment counts in statoliths [J]. Fisheries Research, 1993, 16:313-338.
- [7] CHEN X J, LU H J, LIU B L, et al. Age, growth and population structure of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, based on statolith microstructure off the EEZ of Chilean waters [J]. Journal of the Marine Biological Association of the UK, 2010, 74(4): 687-695.
- [8] ARKHIPKIN A I. Age, growth, stock structure and migratory rate of pre-spawning short-finned squid *Illex argentinus* based on statolith aging investigations [J]. Fisheries Research (Amst.), 1993, 16:313-338.
- [9] RODHOUSE P G, DAWE E G, O'DOR R K. Squid Recruitment Dynamics. The Genus *Illex* as a Model, The Commercial *Illex* Species and Influence on Variability [D]. FAO, Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 1998, 376:157-180.
- [10] 陈新军,陆化杰,刘必林,等. 性成熟和个体大小对智利外海茎柔鱼耳石生长的影响[J]. 水产学报, 2010, 34(4):540-547.
- [11] 刘必林,陈新军,马金,等. 头足类耳石微化学研究

- 进展智利外海茎柔鱼耳石外部形态特征分析[J]. 水产学报,2010,34(2):315-321.
- [12] DURHOLTZ M D, LIPINSKI M R. Influence of temperature on the microstructure of statoliths of the thumbstall squid *Lolliguncula brevis* [J]. Marine Biology,2000,136:1029-1037.
- [13] 陈新军,马金,刘必林,等. 性成熟和个体大小对西北太平洋柔鱼耳石形态的影响[J]. 水产学报,2010,34(6):748-756.
- [14] JACKSON G D, MOLTSCHZNIWSKYJ N A. The influence of ration level on growth and statolith increment width of the tropical squid *Sepioteuthis lessoniana* (Cephalopoda: Loliginidae): an experimental approach [J]. Marine Biology. 2001, 138:819-825.
- [15] 陆化杰,陈新军,刘必林. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼耳石外部形态分析[J]. 上海海洋大学学报,2009,3:338-344.
- [16] GONZALEZ A F, DAWE E G, BECK P C, et al. Bias associated with statolith methodologies for ageing squid: a comparative study on *Illex illecebrosus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,2000,244:161-180.
- [17] SCHWARZ R, PEREZ J A A. Differentiation of the argentine short-finned squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Teuthida) populations off southern Brazil using morphology and morphometry of the statolith [J]. Braz Journal of Aquat Science and Technology,2007,11(1):1-12(in Spanish).
- [18] 管于华. 统计学[M]. 北京:高等教育出版,2005:178-182.
- [19] 钟文松. 温度盐度及光周期对于莱氏拟乌贼生活史初期平衡石成长轮生成的效应[D]. 台湾:国立中山大学,2003.
- [20] RODHOUSE P G, HATFIELD E M C. Dynamics of growth and maturation in the Cephalopod *Illex argentinus* de Castellanos, 1960 (Teuthoidea: Ommastrephidae) [J]. Biological Sciences, 1990, 329:229-241.

Effects of individual difference on statolith morphology of *Illex argentinus* in the southwest Atlantic Ocean

LU Hua-jie¹, CHEN Xin-jun^{1,2,3*}, LIU Bi-lin^{1,2,3}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Statolith is an important hard tissue in cephalopod, which may better reflect the ecological information. *Illex argentinus* located in the southwest Atlantic is one of important economic cephalopods in the world, which is also one of the important fishing targets for Chinese squid jigging fleets. Mastering the basic biological characteristics and revealing the life cycle process of *Illex argentinus* is the base for scientificaly developing and exploiting *Illex argentinus*. According to the samples of *Illex argentinus* totaled 560 in number collected by Chinese squid jigging vessels from 2007 to 2008 in Southwest Atlantic Ocean, the total statolith length(TSL), maximum width(MW), dorsal dome length(DDL), ventral dorsal dome length(DLL), lateral dome length(LDL), rostrum lateral dome length(RLL), rostrum width(RW), rostrum length(RL), wing length(WL) and wing width(WW) are considered as the indicator of dome growth, and the ratios of MW to TSL, RW to RL and WW to WL are considered as the indicator of changes in statolith shape. The dome growth and statolith shape changes effected by sex, gonad maturity and individual size are analyzed by the analysis of variance(ANOVA) and Least-significant difference(LSD). The results indicated that the changes TSL, MW, DLL, DDL, RLL, RL, WL and WW between different sexes were significant ($P < 0.05$). For both female and male samples, the changes of TSL, MW, DLL, LDL, WL and WW between different gonad maturity and different mantle length ranges were also significant ($P < 0.05$). However, the ratios of MW to TSL, RW to RL and WW to WL changes in different sexes, different gonad maturity and different mantle length ranges show no significant differences. The results indicated that the mantle length group(301–350 mm) may be the turning point of the growth of statolith.

Key words: *Illex argentinus*; morphology characteristic of statolith; sex; gonad maturity; size; the southwest Atlantic Ocean

Corresponding author: CHEN Xin-jun. E-mail: xjchen@shou.edu.cn