

文章编号: 1674—5566(2009)03—0338—07

# 西南大西洋阿根廷滑柔鱼耳石外部形态特性分析

陆化杰<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1 2 3</sup>, 刘必林<sup>1 2 3</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306

2. 大洋生物资源开发与利用上海市重点实验室, 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)

**摘要:** 2008年 1—5月我国鱿钓船在西南大西洋采集了 259尾阿根廷滑柔鱼样本(胴长范围为 193~364 mm), 对其耳石形态特征进行观察与测量。结果表明, 阿根廷滑柔鱼耳石的形态上, 翼区最大, 侧区稍小, 背区最小。耳石总长(TSL)、最大宽度(MW)、侧区长(LDL)与胴长(ML)呈幂函数关系( $P < 0.05$ ), 背侧区长(DLL)、侧区(LDI)和吻侧区长(RLL)与胴长(ML)呈指数函数关系( $P < 0.05$ ); 而各参数与体重(W)则全部呈指数函数关系。随着胴长增加, 虽然耳石绝对尺寸都逐渐增大, 但相对尺寸逐渐减小, 耳石的形态结构比例基本不变, 即最大宽度、吻区宽度、背区、侧区、吻侧区、翼区的长度以及吻区宽度与耳石总长之比基本保持一致, 分别为 56.28%、34.36%、63.57%、60.46%、80.56%、15.34%。

**关键词:** 阿根廷滑柔鱼; 耳石形态特征; 西南大西洋

**中图分类号:** Q 954 S 914.7 **文献标识码:** A

## Statolith morphology of the *Illex argentinus* in Southwest Atlantic Ocean

LIU Hua-jie, CHEN Xin-jun<sup>2 3</sup>, LIU Bi-lin<sup>2 3</sup>

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

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

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

**Abstract:** The morphology and microstructure of statolith of *Illex argentinus* were studied for the 259 samples (ranged in size from 193—364 mm in mantle length), which were collected by Chinese jigging fleets in the Southwest Atlantic Ocean from January to May 2008. The study indicated that its statolith has the structure with biggest rostrum and greater lateral dome length while small dorsal dome. Six most important featured parameters including total statolith length (TSL), maximum width (MW), lateral dome length (LDL) were best described by power functions with mantle length (ML) ( $P < 0.05$ ), while dome length (FDL), ventral dorsal dome length (DLL) and rostrum lateral dome length (RLL) were best described by power functions with ML ( $P < 0.05$ ), and all of the six featured parameters were best described by power functions with body weight.

收稿日期: 2008-10-16

基金项目: 国家自然科学基金 (NSFC40876090); 国家科技支撑计划 (2006BAD09A05); 上海市捕捞学重点学科 (S0702)

作者简介: 陆化杰 (1983—), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 专业方向为渔业资源学。

通讯作者: 陈新军, E-mail: xchen@shou.edu.cn

With the squid growth, the size of statolith gradually develops, while the ratio of each featured parameter to ML slowly decrease, and the ratio of MW, HDL, LDL, RLL, WL, RW and TSL almost remain the same level corresponding to 56.28%, 34.36%, 63.57%, 60.46%, 80.56% and 15.34%.

Key words: *Illex argentinus*; morphology characteristic of statolith; Southwest Atlantic Ocean

阿根廷滑柔鱼 (*Illex argentinus*) 为大洋性浅海种, 寿命短、生长迅速<sup>[1]</sup>, 分布在  $22^{\circ} \sim 54^{\circ} \text{S}$  的西南大西洋大陆架和陆坡, 其中以  $35^{\circ} \sim 52^{\circ} \text{S}$  资源尤为丰富<sup>[2]</sup>。中国大陆渔船队于 1997 年首次进入西南大西洋进行从事阿根廷滑柔鱼的捕捞作业, 1999 年开始中国大陆有较多船进入生产, 累计产量达到  $6 \times 10^4$  t, 平均单船产量高达 3 000 t。目前在该海域生产的中国大陆鱿钓船为 90 多艘, 产量近  $9 \times 10^4$  t<sup>[3]</sup>。国内外学者对阿根廷滑柔鱼年龄和生长<sup>[4]</sup>、种群结构<sup>[5]</sup>、资源波动与环境之间的关系<sup>[6-14]</sup>、资源评估与管理<sup>[15]</sup>、摄食特性<sup>[5, 16-17]</sup>进行了研究。头足类的耳石是良好的信息载体, 其形态特征常用作种类或种群鉴定<sup>[18]</sup>, 一些学者也对部分头足类耳石的外形特性进行了研究<sup>[19]</sup>, 但是专门针对阿根廷滑柔鱼耳石外形特性分析的报道并未见到。本文根据 2008 年我国鱿钓渔船在西南大西洋生产期间所获得的阿根廷滑柔鱼耳石的样本, 对阿根廷滑柔鱼耳石的外部形态特性进行分析和研究, 以便为更好地了解种群结构和空间分布提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 探捕时间和海域

样本采集时间为 2008 年 1 月 6 日—2008 年 5 月 15 日。样本采集海域为  $41^{\circ}00' \sim 47^{\circ}00' \text{S}$   $54^{\circ}00' \sim 63^{\circ}00' \text{W}$ 。

### 1.2 资料收集

阿根廷滑柔鱼耳石样本 259 枚, 胴长范围 193~364 mm。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 耳石形态测量

耳石研磨前后分别置于 Nikon ZOOM645 S 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, Olympus 光学显微镜 (物镜  $\times 4 \times 10 \times 40$  目镜  $\times 10$ )  $\times 40$  倍下采用 CCD 拍照, 然后利用 WT-Tiger 3000 专业图像分析软件, 分别测量出耳石各形态参数值, 具体包括耳石总长 TSL, 最大宽度 MW, 侧区长 LDL, 背侧区长 DLL, 吻侧区长 RLL, 吻区游离端长 RL, 吻区宽 RW, 翼区长 WL, 翼区宽 WW (图 1), 以及耳石中心到吻区的长度 (吻区长 FRL), 耳石中心到背区的长度 (背区长 FDL) (图 2)。

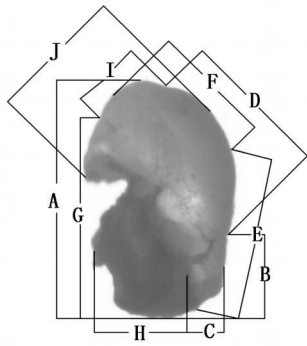
#### 1.3.2 数据处理方法

(1) 使用 DPS 3.01 统计软件对采自 10 个耳石的形态参数进行主成分分析, 获得 6 个综合性指标, 以及互不关联的 4 个主成分。(2) 分析耳石各主要形态参数值与胴长的比值, 以及利用幂函数、指数函数和线性函数拟合耳石形态特征参数值与胴长和体重的关系。

## 2 结果

### 2.1 形态特征

观测发现, 阿根廷滑柔鱼耳石具有典型的翼区、侧区、吻区和背区结构, 其中翼区宽大、背区很小、侧区稍大, 吻区长窄 (图 2)。各形态参数值分别为 TSL 为  $768.7 \sim 1\,285.5 \mu\text{m}$ , MW 为  $400.9 \sim 783.9 \mu\text{m}$ , FDL 为  $300.3 \sim 430.6 \mu\text{m}$ , DLL 为  $312.2 \sim 777 \mu\text{m}$ , LDL 为  $421.2 \sim 890.7 \mu\text{m}$ , RLL 为  $508.5 \sim 809.5 \mu\text{m}$ , WL 为  $595.4 \sim 1\,065.5 \mu\text{m}$ , WW 为  $119.7 \sim 410.3 \mu\text{m}$ , RL 为  $142.5 \sim 971.5 \mu\text{m}$ , RW 为  $85.9 \sim 265 \mu\text{m}$ 。



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

图 1 耳石形态参数示意图

Fig 1 Scheme of morphometric measurements of statolith

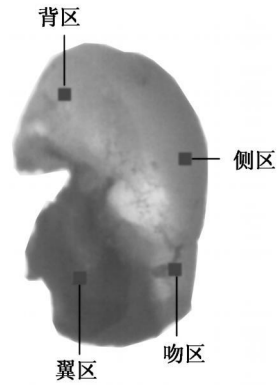


图 2 耳石各区分布示意图

Fig 2 Scheme of each dome of statolith

对上述 10 个形态参数进行主成分分析 (表 1), 样本第一、第二、第三、第四、第五和第六主成分解释形态参数的贡献率分别为 29.64%、19.85%、11.22%、8.85%、7.37%和 6.38%, 累计约为 88.5%。

表 1 阿根廷滑柔鱼耳石 10 个形态参数 6 个主成分负荷值和贡献率

Tab 1 Loadings of six principal components for 10 morphometric measurements of *Illex argentinus* statolith

形态参数值 ( $\mu\text{m}$ )	主成分					
	1	2	3	4	5	6
TSL	0.33658	0.35597	-0.0554	0.05769	-0.27765	0.52058
MW	0.30502	0.22091	0.05506	0.54177	-0.14341	-0.50023
IDL	-0.06499	0.1063	0.80146	0.14934	0.10376	0.03088
DLL	-0.07092	0.51059	0.19346	-0.1394	0.49772	0.12685
RLL	0.14528	0.46498	0.03159	-0.49289	0.07827	-0.33249
WL	0.37922	-0.02981	0.28358	-0.26382	-0.49949	-0.05083
FDL	-0.19647	0.47239	-0.15638	0.36445	-0.2765	0.30055
KW	0.43547	-0.22439	0.16819	-0.20659	-0.00611	0.30951
WW	0.40239	-0.08237	0.06365	0.33797	0.24121	-0.16777
RL	0.34086	-0.12659	-0.11158	0.18827	0.48754	0.31866
贡献率	29.64%	19.85%	11.22%	8.85%	7.37%	6.38%

## 2.2 耳石相对尺寸

阿根廷滑柔鱼 TSL, MW, FDL, DLL, IDL 和 RLL 值与胴长的比值随个体胴长的增加呈现下降趋势 (图 3), 各个形态参数与胴长的比值分别由胴长 193 mm 时的 4.70%、2.43%、1.62%、2.25%、2.54%、2.43% 下降到胴长 364 mm 时的 2.98%、1.41%、0.89%、1.37%、1.95%、1.27% (图 3)。

## 2.3 耳石生长

### 2.3.1 主要形态特征参数值与胴长的关系

分析表明, 阿根廷滑柔鱼耳石的 TSL, MW 和 IDL 与胴长呈幂函数关系 ( $P < 0.05$ ), 而 FDL, DLL

和 RLL 与胴长之间呈指数函数关系 ( $P < 0.05$ )。关系式分别如下:

$$TSL = 40.136 \times ML^{0.578} \quad (R^2 = 0.7343, n=259, ML > 199 \text{ mm}) \quad \text{(图 4-a);}$$

$$MW = 4.2003 \times ML^{0.8757} \quad (R^2 = 0.7201, n=259, ML > 199 \text{ mm}) \quad \text{(图 4-b);}$$

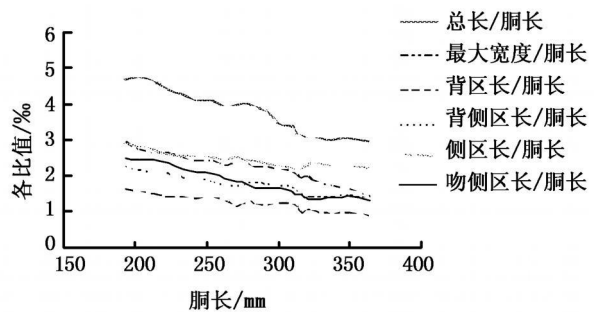


图 3 各参数比值与胴长关系

Fig 3 Relationships between ratio of main parameters and mantle length

$LDL = 5.474 \times ML^{0.8527}$  ( $R^2 = 0.6779$ ,  $n=259$ ,  $ML > 199$  mm) (图 4-c);

$FDL = 213.86 \times e^{0.0018ML}$  ( $R^2 = 0.5548$ ,  $n=259$ ,  $ML > 199$  mm) (图 4-d);

$DLL = 163.3 \times e^{0.004ML}$  ( $R^2 = 0.711$ ,  $n=259$ ,  $ML > 199$  mm) (图 4-e);

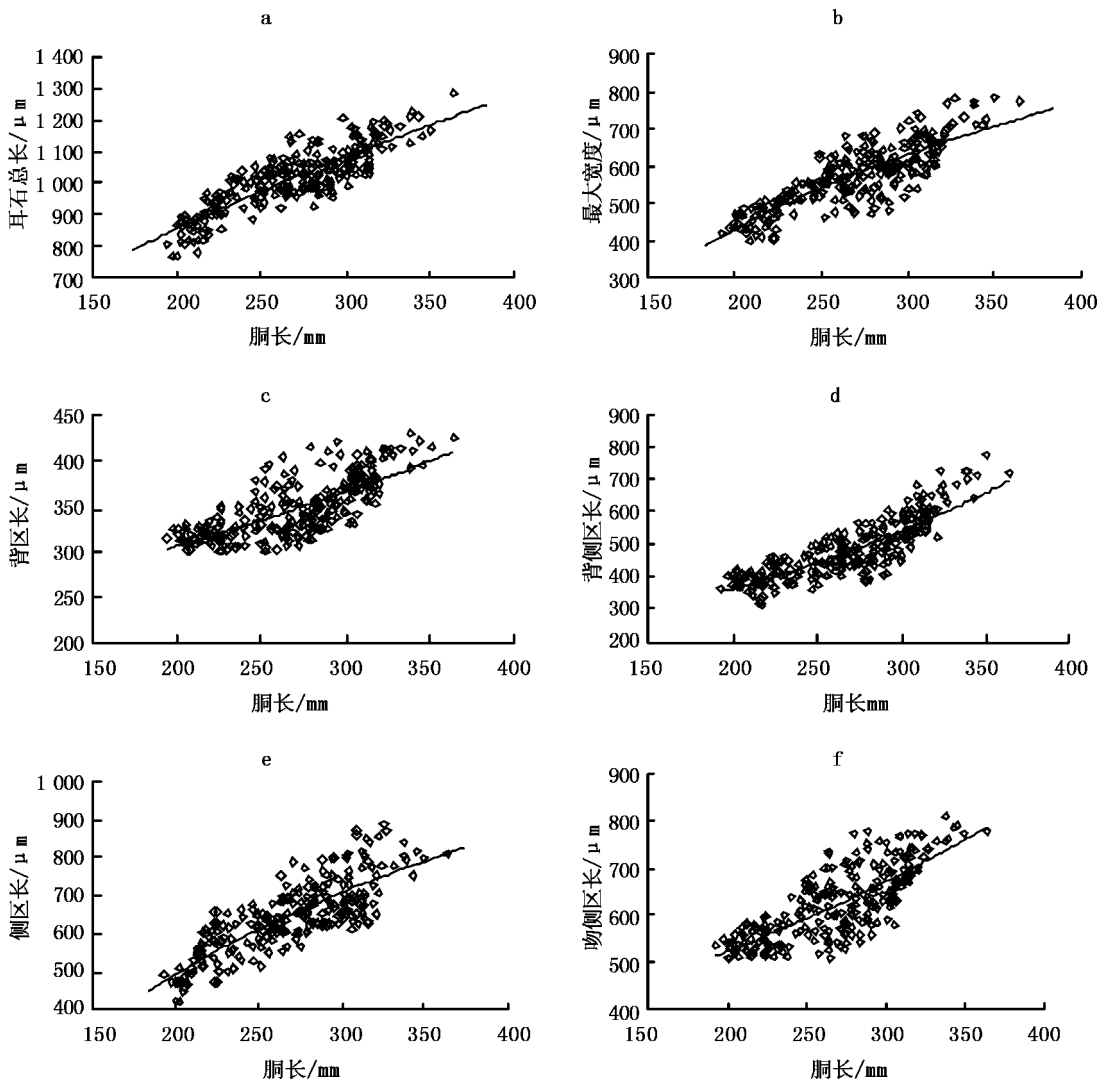


图 4 主要形态参数值与洞长关系

Fig 4 Relationships between main parameters value and mantle length

$RLL = 318.57 \times e^{0.0025ML}$  ( $R^2 = 0.6102$ ,  $n=259$ ,  $ML > 199$  mm) (图 4-f);

式中 TSL, MW, LDL, FDL, DLL, RLL 分别为耳石总长、最大宽度、侧区长、背区长、背侧区长、吻侧区长, 单位为  $\mu\text{m}$ ; ML 为洞长 (mm)。

### 2.3.2 耳石各区长度与体重的关系

阿根廷滑柔鱼耳石的 TSL, MW, FDL, DLL, LDL 和 RLL 与体重均呈指数函数关系 ( $P < 0.05$ )。关系式分别如下:

$TSL = 829.66 \times e^{0.0004W}$  ( $R^2 = 0.5225$ ,  $n=259$ ,  $W > 155$  g) (图 5-a);

$MW = 438.01 \times e^{0.0006W}$  ( $R^2 = 0.5101$ ,  $n=259$ ,  $W > 155$  g) (图 5-b);

$FDL = 296.48 \times e^{0.0003W}$  ( $R^2 = 0.5028$ ,  $n=259$ ,  $W > 155$  g) (图 5-c);

$DLL = 344.28 \times e^{0.0008W}$  ( $R^2 = 0.5071$ ,  $n=259$ ,  $W > 155$  g) (图 5-d);

$LDL = 477.8 \times e^{0.0006W}$  ( $R^2 = 0.513$ ,  $n=259$ ,  $W > 155$  g) (图 5-e);

$$RLL = 501.64 \times e^{0.005W} \quad (R^2 = 0.5447, n=259, W > 155 \text{ g}) \quad (\text{图 } 5-f)$$

式中, TSL, MW, LDL, FDL, DL, RLL分别为耳石总长、最大宽度、侧区长、背区长、背侧区长、吻侧区长、翼区长,单位为  $\mu\text{m}$ ; W为体重,单位为 (g)。

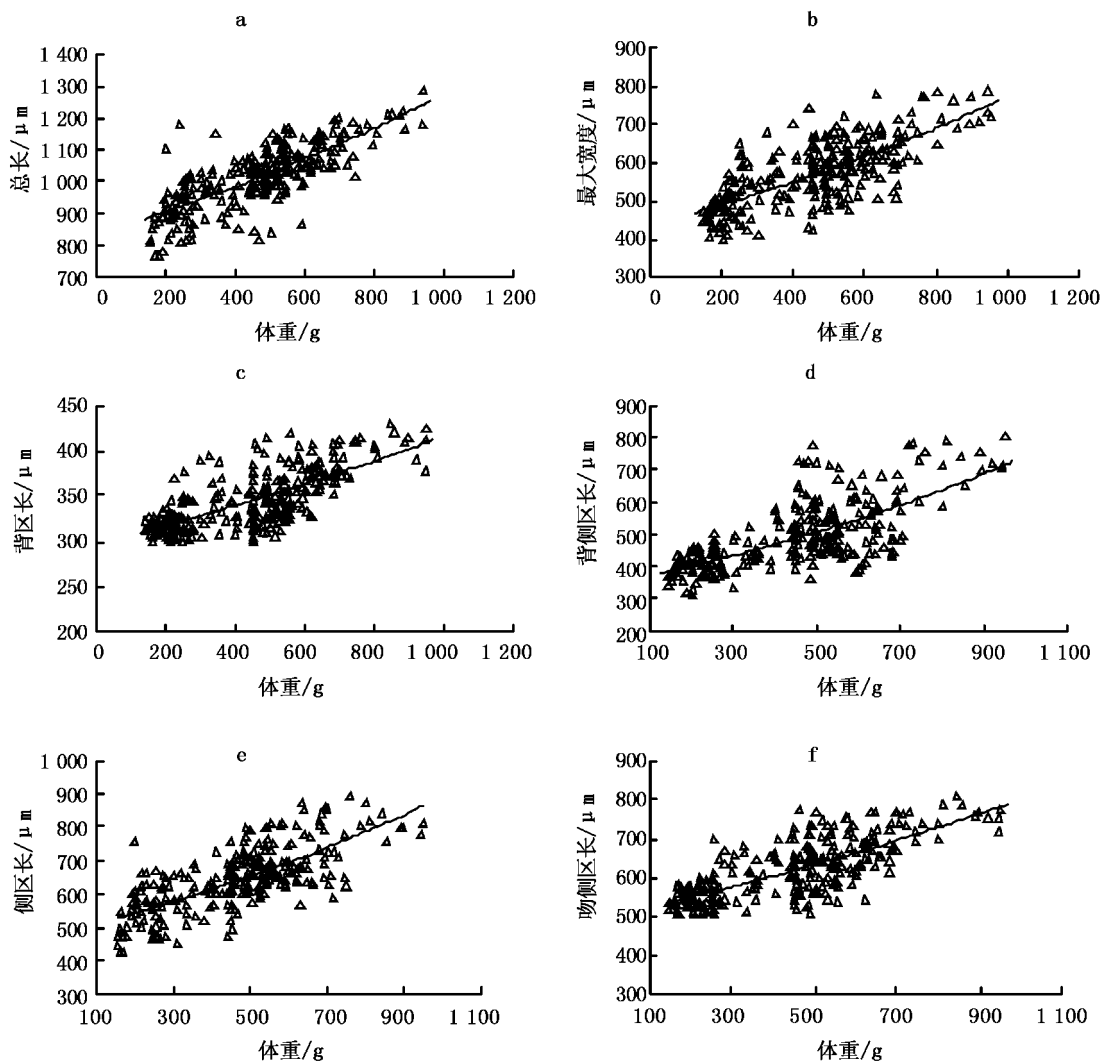


图 5 主要形态参数值与体重关系

Fig 5 Relationships between main parameters value and weight

### 2.3.3 耳石各区长度与其总长之比与胴长的关系

尽管阿根廷滑柔鱼胴长逐渐增加,但其个体 ML, FDL, LDL, RLL, WL, RW与 TSL之比的平均值分别维持在 56.28% (95%置信限 45.76% ~ 66.79%)、34.36% (95%置信限 28.53% ~ 40.19%)、63.57% (95%置信限 49.8% ~ 77.35%)、60.46% (95%置信限 54.72% ~ 68.2%)、80.56% (95%置信限 72.46% ~ 88.67%)、15.34% (95%置信限 11.13% ~ 19.55%) (图 6),耳石各区的总体形态基本维持不变。

## 3 讨论

不同的个体发育阶段,阿根廷滑柔鱼耳石外部形态特征有所不同。早期阶段,阿根廷滑柔鱼耳石呈水滴状,结构比较简单,背区和侧区明显,但二者之间难以明确划分,而吻区相对稍小,翼区则完全没有形成。随着胴长的增加,各区逐渐生长,并且各区之间分界逐渐明显。个体成熟以后,阿根廷滑柔鱼耳

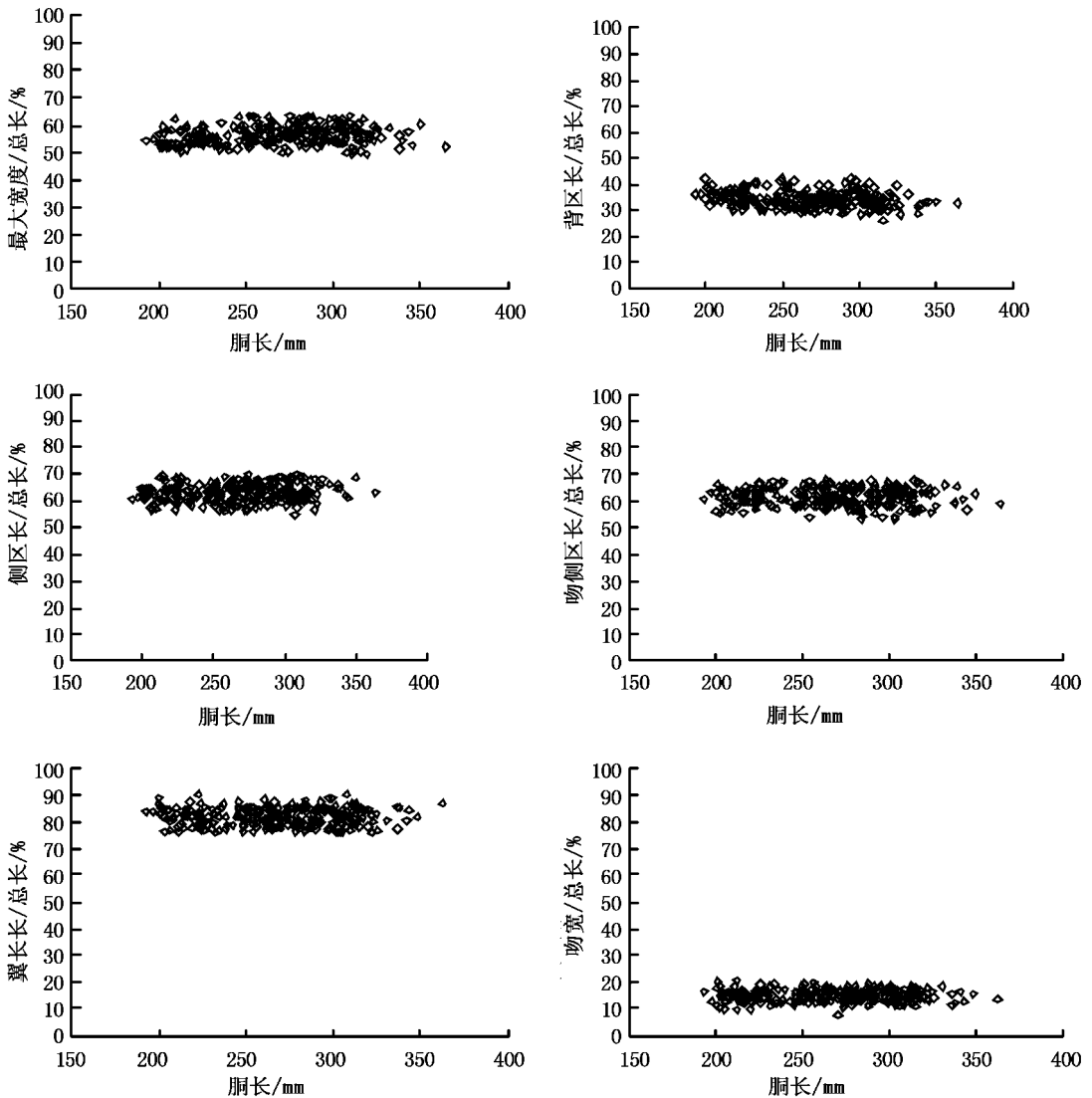


图 6 相对耳石总长的耳石各区长度与胴长关系

FIG 6 Relationships between relative length of each dome in respect to the total sash length and mantle length

石具有具有典型的翼区、侧区、吻区和背区结构, 其中翼区宽大、背区很小、侧区稍大, 吻区长窄。这与印度洋鸢乌贼成熟个体耳石所具有的背区小、吻区长窄、侧区和翼区宽大的外部形态特征结果比较相似<sup>[24]</sup>。而这些特征与栖息在底层水域的的柔鱼类耳石通常所具有的尺寸大、吻区前端平短、翼区窄的特性存在着明显的差别<sup>[21-23]</sup>。这也充分地说明了柔鱼类的耳石的外部形态和它们栖息的水层有关。

随着胴长的不断增加, 阿根廷滑柔鱼耳石的外部形态特征也发生相应的变化。总体而言, 其耳石的绝对长度逐渐增加, 而相对尺寸逐渐减少。尽管如此, 最大宽度、吻区宽度, 背区、侧区、吻侧区、翼区的长度与耳石总长之比则基本保持一致, 分别为 56.28%、15.34%、34.36%、63.57%、60.46%和 80.56%左右。鸢乌贼 (*Gonatus fabricii*) 耳石的背区、侧区和翼区长度<sup>[19]</sup>, 相对于耳石总长的比值分别维持 52%、36%和 52%, 阿根廷滑柔鱼相对值分别为 34.36%、63.57%和 80.56%; 同样印度洋鸢乌贼侧区长、吻侧区长与耳石的总长之比分别为 57%、49%和 75%。阿根廷滑柔鱼相对应的比值 63.57%、60.46%、80.56%, 它们之间均存在着明显的差异, 说明耳石形态特征在科水平的分类上存在着一定的科学依据。

阿根廷滑柔鱼主要形态参数与胴长之间的关系模型并不完全相同, 但与体重的关系则相同。TSL、MW和 LDI与胴长呈幂函数关系 ( $P < 0.05$ ), 这与 Una等<sup>[24]</sup>对同为柔鱼科的分布在墨西哥湾茎柔鱼

(*Dosidicus gigas*)的研究结果相同,同时也与刘必林等<sup>[20]</sup>等对印度洋鳶乌贼研究结果相同;而 FDI、DLI和 RLI与胴长之间呈指数函数关系。主要形态参数与体重关系都呈指数函数关系,这与 Uozumi等<sup>[25]</sup>利用耳石生长纹对其年龄与生长的研究结果存在类似之处。本研究样本采集的方法为钓捕作业,因此难以钓获胴长较小的个体,需要在以后的研究中加以补充和完善。

## 参考文献:

- [1] 董正之. 世界大洋经济头足类生物学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1991: 131—134
- [2] Hainovci M, Brunetti E, Rodhouse P G et al. Illex argentinus [J]. Squid recruitment dynamics Rome FAO 1998: 27—58
- [3] 陈新军, 刘金立. 巴塔哥尼亚大陆架海域阿根廷滑柔鱼渔场分布及与表温的关系分析 [J]. 海洋水产研究, 2004, 25(6): 19—24
- [4] Angel F G, Bernardino G C, Angel G. Age and growth of the short finned squid *Illex undulatus* in Galician waters (NW Spain) based on statolith analysis [J]. ICES Journal of Marine Science, 1996, 53: 802—810
- [5] Chen X J, Liu B L, Chen Y. A review of the development of Chinese distant water squid jigging fisheries [J]. Fisheries Review, 2008, 89: 211—221
- [6] 刘必林, 陈新军. 2001年西南大西洋阿根廷滑柔鱼产量分布与表温关系的初步研究 [J]. 海洋渔业, 2004, 26(4): 326—330
- [7] 陈新军, 赵小虎. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼产量分布与表温关系的初步研究 [J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(3): 222—228
- [8] 陈新军, 刘必林, 王跃中. 2000年西南大西洋阿根廷滑柔鱼产量分布及其与表温关系的初步研究 [J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(1): 30—34
- [9] Waluda C M, Tiahan P N, Rodhouse P G. Influence of oceanographic variability on recruitment in the *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) fishery in the South Atlantic [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1999, 183: 159—167
- [10] Waluda C M, Rodhouse P G, Podesta G P et al. Surface oceanography of the inferred hatching grounds and *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) and influences on recruitment variability [J]. Marine Biology, 2001, 139: 671—679
- [11] Rodhouse P G, Dawe E G, O'Dor R K. Squid recruitment dynamics—The genus *Illex* as a model. The commercial *Illex* species: Influences on variability [J]. FAO Fisheries Technical Paper 376, 1998, 105—124
- [12] 陆化杰, 陈新军. 2006年西南大西洋鱿钓渔场与表温和海面高度距平值的关系 [J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(3): 230—234
- [13] Anderson C H, Rodhouse P G. Life cycles, oceanography and variability of ommastrephid squid in variable oceanographic environments [J]. Fisheries Research, 2001, 54: 133—143
- [14] Waluda C M, Griffiths H J, Rodhouse P G. Remotely sensed spatial dynamics of the *Illex argentinus* fishery Southwest Atlantic [J]. Fisheries Review, 2008, 91: 196—202
- [15] Basson M, Beddington J R, Crombie J A et al. Assessment and management techniques for migratory annual squid stocks: the *Illex argentinus* fishery in the Southwest Atlantic as an example [J]. Fisheries Research, 1996, 28: 3—27
- [16] Mouat B, Collins M A, Pomper J. Patterns in the diet of *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Falkland Islands jigging fishery [J]. Fisheries Research, 2001, 52: 41—49
- [17] Lapshovskiy V. Diurnal feeding rhythm of the short fin squid *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Falkland waters [J]. Fisheries Research, 2002, 59: 233—237
- [18] Yatsu A, Mochizuki N, Morishita K et al. Strontium/Calcium ratios in statoliths of the neon flying squid *Ommastrephes barrami* (Cephalopoda) in the North Pacific Ocean [J]. Marine Biology, 1998, 131: 275—282
- [19] Aakvik A, Björke H. Statolith shape and microstructure as indicators of ontogenetic shifts in the squid *Gonatus fabricii* (Oegopsida: Gonatidae) from the Norwegian Sea [J]. Polar, 2000, 23: 1—10
- [20] 刘必林, 陈新军, 钟俊生. 印度洋西北海域鳶乌贼耳石的形态特征分析 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(5): 604—609
- [21] Clarke M R. The Cephalopoda statolith— an introduction to its form [J]. J Mar Biol Assoc UK, 1978, 58: 701—712
- [22] Aakvik A, Björke H. Statolith in accelerometers of squid and cuttlefish [J]. Russian, 1998, 8: 81—84
- [23] Aakvik A. J. Towards identification of the ecological life style in nektonic squids using statolith morphometry [J]. The Journal of Molluscan Studies, 2003 (69): 171—178
- [24] Unai M, Casanovi Q V C, Oscar S N. Age, growth and maturation of jumping squid (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico [J]. Fisheries Research, 2004, 66: 31—47
- [25] Uozumi Y, Shiba C. Growth and age composition of *Illex argentinus* (Cephalopoda: Oegopsida) based on daily increment counts in statolith [J] // Okumura T, O'Dor R K, Kubodera T. Recent advances in cephalopod fish biology. Tokyo: Tokai University Press, 1993: 591—605