

## 性成熟和个体大小对智利外海茎柔鱼耳石生长的影响

陈新军<sup>1,2,3\*</sup>, 陆化杰<sup>1</sup>, 刘必林<sup>1,2,3</sup>, 钱卫国<sup>1,2,3</sup>, 田思泉<sup>1,2,3</sup>

(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年智利外海茎柔鱼资源调查期间采集的样本,以耳石最大宽度MW与其总长TSL之比作为表征耳石生长的指标,利用方差分析研究性成熟和个体大小对耳石生长的影响。分析认为,雌性个体的耳石MW/TSL与性腺成熟度存在相关性,性成熟度I级与III级、II级与III级个体的耳石MW/TSL存在显著差异( $P < 0.05$ );而雄性个体的耳石MW/TSL与性腺成熟度无关。雌性个体的耳石MW/TSL与胴长也存在着相关性,胴长300~400 mm的个体与500~600 mm和600~700 mm、胴长400~500 mm与500~600 mm和600~700 mm的雌性个体,它们耳石MW/TSL差异显著( $P < 0.05$ ),胴长为400~500 mm至500~600 mm的个体,其MW/TSL增加迅速,差异极显著( $P < 0.01$ )。胴长350~400 mm与400~500 mm、400~450 mm与450~500 mm的雄性个体,它们耳石MW/TSL也存在显著差异( $P < 0.05$ ),胴长400~450 mm时的MW/TSL值为最小。研究表明,性成熟和个体大小对智利外海茎柔鱼耳石的生长有影响,但雌雄个体有差别。

**关键词:**茎柔鱼;耳石;性成熟;智利外海

**中图分类号:**Q 954.53; S 917

**文献标识码:**A

茎柔鱼(*Dosidicus gigas*)为大洋性浅海种,广泛分布在中部太平洋的以东海域<sup>[1-2]</sup>。分布在秘鲁外海的茎柔鱼,已被一些国家和地区开发<sup>[3]</sup>,国内外学者对分布在该海域的茎柔鱼种群结构<sup>[4-7]</sup>、摄食特性<sup>[8-9]</sup>、年龄和生长<sup>[7,10]</sup>、资源波动与环境之间的关系<sup>[3,11-14]</sup>进行了大量的研究。而分布在智利外海的茎柔鱼则处在开发利用的初级阶段,对其渔业生物学的研究很少有报道。我国分别于2006年、2007年和2008年对智利外海茎柔鱼资源进行探捕调查,取得了较好的产量。耳石是一种良好的信息载体,常被用于菱鳍乌贼(*Thysanoteuthis rhombus*)<sup>[15]</sup>、南极褶柔鱼(*Todarodes filippovae*)<sup>[16]</sup>、滑柔鱼(*Illex illecebrosus*)<sup>[17]</sup>和太平洋褶柔鱼(*Todarodes pacificus*)<sup>[18]</sup>等年龄和生长、种群结构划分以及柔鱼类生活史<sup>[19]</sup>方面的研究,并取得了良好的效

果。为此,本文根据2007年1-6月和2008年1-5月我国鱿钓渔船“新世纪52号”在智利外海调查期间所获得的茎柔鱼耳石样本,研究性腺成熟度和个体大小对耳石生长的影响,掌握茎柔鱼耳石外部形态变化规律,为茎柔鱼渔业生物学的基础研究提供基础。

### 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1336 t,舱容1000 t;主机功率1691 kW;集鱼灯180盏×2 kW,水下灯2只×5 kW;SE-UT01型钓机22台;船员39人。

#### 1.2 调查时间和海域

探捕时间为2007年1-6月和2008年1-5

收稿日期:2009-01-05 修回日期:2009-07-10

资助项目:国家自然科学基金项目(NSFC40876090);曙光计划跟踪项目(08GG14);上海市教委优秀青年基金(B-8101-080-0024);上海市捕捞学重点学科(S30702)

通讯作者:陈新军,E-mail:xjchen@shou.edu.cn

月。调查海域分别为  $12^{\circ}30' \sim 22^{\circ}30'S$ 、 $81^{\circ} \sim 84^{\circ}W$  和  $37^{\circ} \sim 40^{\circ}S$ 、 $79^{\circ}30' \sim 81^{\circ}W$ 。

### 1.3 资料收集

随机采集样本 663 尾,其中雌性 464 尾、雄性 199 尾,胴长范围分别为 278 ~ 702 mm 和 299 ~ 492 mm。取其耳石保存,并带回实验室观察与测量。

### 1.4 研究方法

**耳石形态测量** 耳石总长 (total statolith length, TSL)、最大宽度 (maximum statolith width, MW) (图 1) 是表达耳石生长的重要指标<sup>[20]</sup>。将耳石分别置于 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, 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-Tiger3000 专业图像分析软件,分别测量出 TSL 和 MW (图 1)。

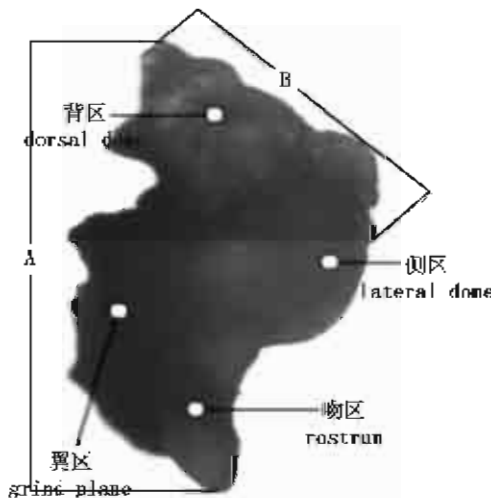


图 1 耳石各区分布及形态参数示意图

A: 耳石总长; B: 耳石最大宽度。

Fig. 1 Scheme of each dome and morphometric measurements of statolith

A: Total statolith length, B: Maximum width.

### 数据处理方法

(1) 计算各样本耳石 MW 与 TSL 之比,以此比值来表示耳石的生长和外部形态特征的变化。

(2) 首先采用单因子方差分析分雌雄个体对不同性腺成熟度和个体大小 (胴长) 的耳石 MW/TSL 进行差异性比较; 如果存在显著差异, 则用多个样本均数间的多重比较方法 (LSD 法和 Dunnett 法) 进行各组间的多重比较<sup>[21]</sup>, 分析性别、性腺成熟度和个体大小对耳石 MW/TSL 的影响。数据统计分析采用 SPSS 软件进行。

## 2 结果

### 2.1 外部形态特征描述

茎柔鱼耳石结构由背区、侧区、吻区和翼区组成, 其中背区最小、侧区稍大, 翼区宽大, 吻区长窄 (图 1)。雌性样本中, TSL 为 1 661 ~ 2 743.8  $\mu\text{m}$ , MW 为 658.1 ~ 1 573.2  $\mu\text{m}$ ; 雄性样本中, TSL 为 1 604 ~ 2 455.8  $\mu\text{m}$ , MW 为 700.6 ~ 1 357.8  $\mu\text{m}$  (图 1)。

### 2.2 耳石最大宽度与总长之比的变化

不同性腺成熟度间耳石 MW/TSL 的比较

样本中, 雌性个体的性成熟度为 I ~ IV 级。4 个性腺成熟度级间耳石 MW/TSL 的分析 (ANOVA) 结果如表 1。分析认为, 不同性腺成熟度之间茎柔鱼耳石 MW/TSL 存在显著差异 ( $F_{0.012} = 3.689 < F_{0.05}$ )。利用 LSD 法和 Dunnett 法进行多重比较的结果如表 2, LSD 法分析认为, 性成熟度 I 级与 III 级、II 级与 III 级之间耳石 MW/TSL 存在着显著的差异 ( $F < 0.05$ ), Dunnett 分析认为, 性成熟度 IV 级与 I 级、IV 级与 II 级、IV 级与 III 级之间耳石 MW/TSL 存在着显著的差异 ( $F < 0.05$ )。不同性腺成熟度下其 MW/TSL 均值变化如图 2-a 所示。

表 1 4 个不同性腺成熟度等级下雌性个体 MW/TSL 的 ANOVA 分析结果

Tab. 1 ANOVA analysis of MW/TSL under four sex maturity stages of female jumbo flying squid

内容 contents	离差平方和 sum of squares	自由度 df	均方 mean square	F 值	P 值
组间变异 between groups	0.033	3	0.011	3.689	0.012
组内变异 within groups	1.384	461	0.003		
总变异 total	1.417	464			

表 2 利用 LSD 和 Dunnett 法对雌性个体不同性腺等级间耳石 MW/TSL 的分析结果  
 Tab.2 Analysis of MW/TSL among four sex maturity stages of female jumbo flying squid by using the methods of LSD and Dunnett

方法 method	性腺成熟度 sex maturity stage	两个组均值的差值 mean difference	差值标准误 std. error	sig.	95% 置信限 95% confidence interval	
LSD 法	I 级	II 级	-0.004 95	0.007 14	0.488	-0.019 0    0.009 1
		III 级	-0.060 88 *	0.018 52	0.001	-0.097 3    -0.024 5
		IV 级	0.000 73	0.038 92	0.985	-0.075 8    0.077 2
	II 级	I 级	0.004 95	0.007 14	0.488	-0.009 1    0.019 0
		III 级	-0.055 93 *	0.019 44	0.004	-0.094 1    -0.017 7
		IV 级	0.005 68	0.039 37	0.885	-0.071 7    0.083 1
	III 级	I 级	0.060 88 *	0.018 52	0.001	0.024 5    0.097 3
		II 级	0.055 93 *	0.019 44	0.004	0.017 7    0.094 1
		IV 级	0.061 61	0.042 92	0.152	-0.022 7    0.146 0
	IV 级	I 级	-0.000 73	0.038 92	0.985	-0.077 2    0.075 8
		II 级	-0.005 68	0.039 37	0.885	-0.083 1    0.071 7
		III 级	-0.061 61	0.042 92	0.152	-0.146 0    0.022 7
Dunnett 法	I 级	IV 级	0.000 73	0.038 92	1.000	-0.083 0    0.0844
	II 级	IV 级	0.005 68	0.039 37	0.984	-0.079 0    0.090 4
	III 级	IV 级	0.061 61	0.042 92	0.216	-0.030 7    0.153 9

注: \* 表示性成熟级别之间存在显著性差异。  
 Notes: \* The mean difference is significant at the 0.05 level.

样本中,雄性个体的性成熟度为 I ~ IV 级。4 个性腺成熟度级间耳石 MW/TSL 的分析 (ANOVA) 结果如表 3。分析认为,不同性腺成熟

度之间茎柔鱼耳石 MW/TSL 不存在显著差异 ( $F_{0.869} = 0.240 > F_{0.05}$ ), 不同性腺成熟度下其 MW/TSL 均值变化如图 2-b 所示。

表 3 雌性样本 4 个性腺等级数据 ANOVA 的分析结果  
 Tab.3 ANOVA analysis of four sex maturity stages of male jumbo flying squid

内容 contents	离差平方和 sum of squares	自由度 df	均方 mean square	F 值	P 值
组间变异 between groups	0.001	3	0.000	0.240	0.869
组内变异 within groups	0.380	196	0.002		
总变异 total	0.382	199			

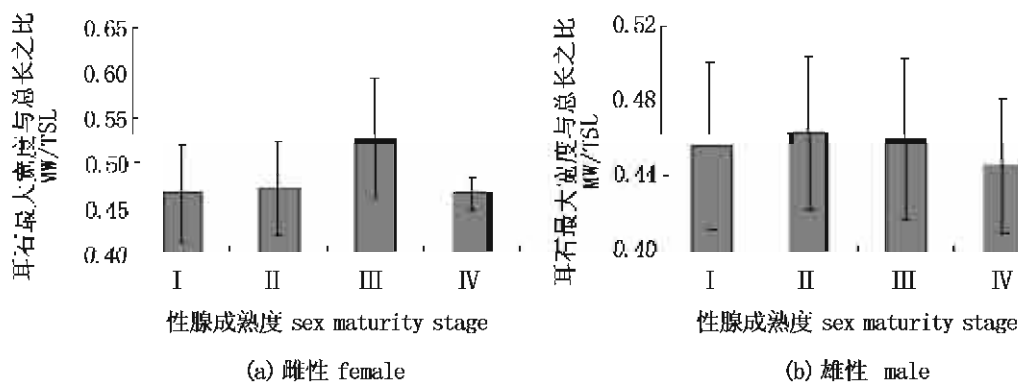


图 2 茎柔鱼雌雄个体耳石最大宽度/总长均值分布与性腺成熟度关系  
 Fig.2 Relationships between average MW/TSL and sex maturity stages of *Dosidicus gigas*

不同个体大小间耳石 MW/TSL 的比较考虑到雌雄个体大小不同,且雌性个体生长速度快于雄性,为此,分别以每 100 mm 和 50 mm 胴长为单位对雌性和雄性个体的耳石 MW/TSL 进行比较分析。

雌性样本的胴长范围为 300 ~ 700 mm,共分 4 组。4 组不同胴长间耳石 MW/TSL 的分析 (ANOVA) 结果如表 4,分析认为,不同性腺成熟度之间茎柔鱼耳石 MW/TSL 存在显著差异 ( $F_{0.000} = 12.991 < F_{0.05}$ )。利用 LSD 法和 Dunnett

法进行多重比较的结果如表 5, LSD 法分析认为,胴长组 301 ~ 400 mm 与 501 ~ 600 mm 和 601 ~ 700 mm、401 ~ 500 mm 与 501 ~ 600 mm 和 601 ~ 700 mm 之间耳石 MW/TSL 存在着显著的差异 ( $F < 0.05$ )。Dunnett 分析认为,胴长组 301 ~ 400 mm 与 601 ~ 700 mm、401 ~ 500 mm 与 601 ~ 700 mm 之间耳石 MW/TSL 存在着显著的差异 ( $F < 0.05$ )。耳石 MW/TSL 均值变化与胴长组的关系如图 3-a。

表 4 4 个不同胴长范围下雌性个体 MW/TSL 的 ANOVA 分析结果

Tab. 4 ANOVA analysis of MW/TSL under four different mantle length stages of female jumbo flying squid

内容 contents	离差平方和 sum of squares	自由度 df	均方 mean square	F 值	P 值
组间变异 between groups	0.110	3	0.037	12.991	0.000
组内变异 within groups	1.291	461	0.003		
总变异 total	1.401	464			

表 5 利用 LSD 和 Dunnett 法对雌性不同胴长个体间耳石 MW/TSL 的分析结果

Tab. 5 Analysis of MW/TSL among four mantle length stages of female jumbo flying squid by using the methods of LSD and Dunnett

方法 method	胴长范围 (mm) range of mantle length	两个组均值的差值 mean difference	差值标准误 std. error	sig.	95% 置信限 95% confidence interval	
LSD 法	301 ~ 400	401 ~ 500	-0.008 49	0.005 17	0.101	-0.018 6    0.001 7
		501 ~ 600	-0.062 01 *	0.014 11	0.000	-0.089 7    -0.034 3
		601 ~ 700	-0.087 32 *	0.019 08	0.000	-0.124 8    -0.049 8
	401 ~ 500	301 ~ 400	0.008 49	0.005 17	0.101	-0.001 7    0.018 6
		501 ~ 600	-0.053 52 *	0.014 29	0.000	-0.081 6    -0.025 4
		601 ~ 700	-0.078 82 *	0.019 20	0.000	-0.116 6    -0.041 1
	501 ~ 600	301 ~ 400	0.06201 *	0.01411	0.000	0.0343    0.0897
		401 ~ 500	0.053 52 *	0.014 29	0.000	0.025 4    0.081 6
		601 ~ 700	-0.025 30	0.023 27	0.277	-0.071 0    0.020 4
	601 ~ 700	301 ~ 400	0.087 32 *	0.019 08	0.000	0.049 8    0.124 8
		401 ~ 500	0.078 82 *	0.019 20	0.000	0.041 1    0.116 6
		501 ~ 600	0.025 30	0.023 27	0.277	-0.020 4    0.071 0
Dunnett 法	301 ~ 400	601 ~ 700	-0.087 32 *	0.019 08	0.000	-0.129 5    -0.045 1
	401 ~ 500	601 ~ 700	-0.078 82 *	0.019 20	0.000	-0.121 3    -0.036 3
	501 ~ 600	601 ~ 700	-0.025 30	0.023 27	0.421	-0.076 8    0.026 2

注: \* 表示性成熟级别之间存在显著性差异。

Notes: The mean difference is significant at the 0.05 level.

雄性样本的胴长范围为 300 ~ 500 mm,共分 4 组。4 组不同胴长间耳石 MW/TSL 的分析 (ANOVA) 结果如表 6,分析认为,不同性腺成熟度之间茎柔鱼耳石 MW/TSL 存在显著差异 ( $F_{0.001} = 5.367 < F_{0.05}$ )。利用 LSD 法和 Dunnett 法进行多重比较的结果如表 7, LSD 法分析认为,胴长组 351 ~ 400 mm 与 451 ~ 500 mm、401 ~ 450

mm 与 451 ~ 500 mm 之间耳石 MW/TSL 存在着显著的差异 ( $F < 0.05$ )。Dunnett 分析认为,胴长组 351 ~ 400 mm 与 451 ~ 500 mm、401 ~ 450 mm 与 451 ~ 500 mm 之间耳石 MW/TSL 存在着显著的差异 ( $F < 0.05$ )。耳石 MW/TSL 均值变化与胴长组的关系如图 3-b。

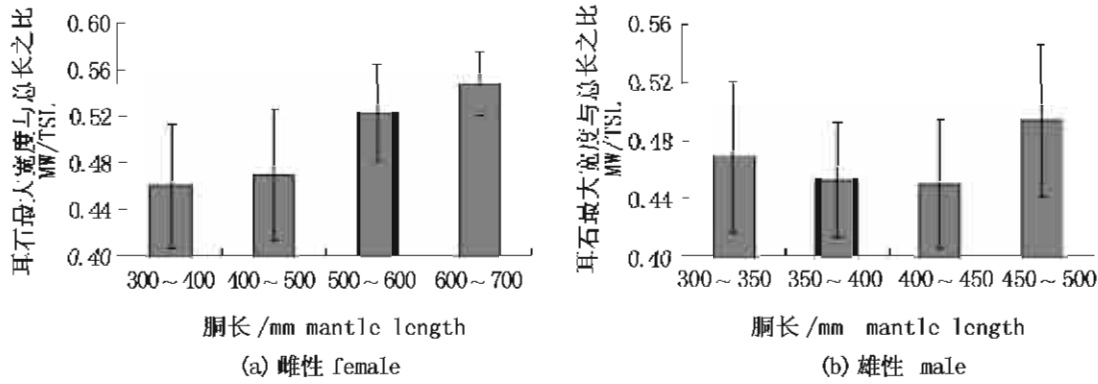


图3 茎柔鱼雌雄个体耳石最大宽度/总长之比与胴长关系

Fig. 3 Relationships between average MW/TSL and mantle length in female squid *Dosidicus gigas*

表6 4个不同胴长范围内雌性个体 MW/TSL 的 ANOVA 分析结果

Tab. 6 ANOVA analysis of MW/TSL under four different mantle length stages of male jumbo flying squid

内容 contents	离差平方和 sum of squares	自由度 df	均方 mean square	F 值	P 值
组间变异 between groups	0.029	3	0.010	5.367	0.001
组内变异 within groups	0.352	196	0.002		
总变异 total	0.381	199			

表7 利用 LSD 和 Dunnett 法对雄性不同胴长个体间耳石 MW/TSL 的分析结果

Tab. 7 Analysis of MW/TSL among four mantle length stages of male jumbo flying squid by using the methods of LSD and Dunnett

方法 method	胴长范围 (mm) range of mantle length	两个组均值的差值 mean difference	差值标准误差 sd. error	sig.	95% 置信限 95% confidence interval	
LSD 法	300 ~ 350	351 ~ 400	0.018 98	0.013 47	0.161	-0.007 6    0.045 6
		401 ~ 450	0.022 60	0.013 96	0.107	-0.004 9    0.050 1
		451 ~ 500	-0.021 74	0.016 69	0.194	-0.054 7    0.011 2
	351 ~ 400	300 ~ 350	-0.018 98	0.013 47	0.161	-0.045 6    0.007 6
		401 ~ 450	0.003 62	0.006 80	0.595	-0.009 8    0.017 0
		451 ~ 500	-0.040 72 *	0.011 40	0.000	-0.063 2    -0.018 2
	401 ~ 450	300 ~ 350	-0.022 60	0.013 96	0.107	-0.050 1    0.004 9
		351 ~ 400	-0.003 62	0.006 80	0.595	-0.017 0    0.009 8
		451 ~ 500	-0.044 34 *	0.011 97	0.000	-0.067 9    -0.020 7
	451 ~ 500	300 ~ 350	0.021 74	0.016 69	0.194	-0.011 2    0.054 7
		351 ~ 400	0.040 72 *	0.011 40	0.000	0.018 2    0.063 2
		401 ~ 450	0.044 34 *	0.011 97	0.000	0.020 7    0.067 9
Dunnett 法	300 ~ 350	451 ~ 500	-0.021 74	0.016 69	0.373	-0.060 4    0.016 9
	351 ~ 400	451 ~ 500	-0.040 72 *	0.011 40	0.001	-0.067 1    -0.014 3
	401 ~ 450	451 ~ 500	-0.044 34 *	0.011 97	0.001	-0.072 1    -0.016 6

注: \* 表示性成熟级别之间存在显著性差异。

Notes: \* means significant difference at the 0.05 level.

### 3 讨论

耳石中隐含着头足类重要的生态信息<sup>[19]</sup>。生活在不同水层的柔鱼科 (*Ommastrephidae*) 种类,其耳石各区的生长、长度和宽度大小各不相

同<sup>[22-23]</sup>。茎柔鱼在不同生活史阶段,其个体大小逐渐增加,性成熟逐渐成熟,捕食种类等也发生了变化,其生长代谢也产生了差异,因此,推测耳石生长、耳石外部形态特征也会随着个体的生长和不同发育阶段出现明显的差异,也就是说耳石生

长并不是均匀的。本文的研究基本上证实了这一推测,这一论断可为利用耳石资料来推测茎柔鱼生长特性等提供理论依据。

研究认为,茎柔鱼雌性个体的耳石生长(外部形态特征)与性腺成熟度密切相关,成熟度Ⅲ级以前的雌性个体性,随着性腺的日趋成熟,茎柔鱼耳石 MW/TSL 值呈上升趋势,在Ⅲ级时达到最大值,之后 WM/TSL 值开始下降,这可能随着个体的性成熟,其能量主要被用于卵子的发育。而雄性个体耳石生长(外部形态特征)与性腺成熟之间没有明显的相关性,这与样本采集有关,还是本身因习性不同(如雄性个体性成熟比雌性早,且个体比雌性小等<sup>[5]</sup>)有关,需要进一步研究。马金等<sup>[24]</sup>研究认为,分布在北太平洋的柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)其性成熟度越高,TSL 平均值越大。在相同的性成熟和性未成熟等级下,柔鱼雌雄个体 TSL 差异显著<sup>[24]</sup>。

雌雄个体的大小均与茎柔鱼耳石生长(外部形状特征)存在密切相关性,通常茎柔鱼<sup>[7, 25]</sup>、柔鱼<sup>[24]</sup>等耳石主要形态参数 TSL 等,与个体大小(胴长)呈现显著的幂函数关系。雌性个体,随着胴长的增加,其耳石 MW/TSL 的比值呈现增长趋势(图 3-a)。胴长组为 301~400 mm 与 401~500 mm、胴长组 501~600 mm 与 601~700 mm 的耳石 MW/TSL 均没有显著差异,而胴长组为 301~500 mm 与 501~700 mm 的 MW/TSL 存在显著差异( $P < 0.05$ ),这说明雌性茎柔鱼个体(胴长组为 401~500 mm 与 501~600 mm 间)耳石外部形态特征变化极为明显,MW/TSL 值增长速度最快(图 3-a)。而雄性个体的 MW/TSL 值随胴长的变化趋势与雌性个体不同,它是先缓慢下降后出现上升(图 3-b)。胴长组 401~450 mm 的 MW/TSL 值为最小。出现相反的现象,是与雄性个体大小,还是性成熟较雌性早有关,还需要进一步研究。

一些研究认为,耳石的生长还与温度<sup>[26-28]</sup>、盐度<sup>[28]</sup>和食物条件<sup>[29]</sup>等因子密切相关。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] Nesis K N. *Dosidicus gigas* [C]//Boyle P R. Cephalopod

life cycles. London: Academic Press, 1983: 215 - 231.

- [2] Koron K A. Biological characteristics of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* caught in open waters of the Eastern Central Pacific from October to December 1986 [J]. ICES of Marine Science, 1988, 42: 6.
- [3] 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: 240 - 264.
- [4] Edson S C, Manuel U A, P'indaro D J. Population genetic structure of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) evaluated by RAPD analysis [J]. Fish Res, 2007 (83): 113 - 118.
- [5] Unai M. Food and feeding of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters after the 1997 - 98 El Niño event [J]. Fish Res, 2006, 79: 16 - 27.
- [6] Anatolio T, Carmen Y, Mariategui L, et al. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999 [J]. Fish Res, 2001, 54: 21 - 32.
- [7] Argüelles J, Rodhouse P G, Villegas P, et al. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters [J]. Fish Res, 2001, 54: 51 - 61.
- [8] Robert J O, Marlon H R V, Glenthon L M P. Bycatch of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the tuna purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean and predatory behaviour during capture [J]. Fish Res, 2006, 79: 48 - 55.
- [9] Nigmatullin C M, Nesis K N, Arkhipkin A I. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) [J]. Fish Res, 2001, 54: 9 - 19.
- [10] Unai M, Casimiro Q V, Oscar S N. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico [J]. Fish Res, 2004, 66: 31 - 47.
- [11] 叶旭昌,陈新军. 秘鲁外海茎柔鱼胴长组成及性成熟初步研究 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(4): 147 - 150.
- [12] 钱卫国,陈新军. 智利外海茎柔鱼资源密度分布与渔场环境的关系 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(1): 98 - 103.
- [13] 陈新军,赵小虎. 智利外海茎柔鱼产量分布及其与表温的关系 [J]. 海洋渔业, 2005, 27(2): 173 - 176.
- [14] 胡振明,陈新军,周应祺. 秘鲁外海茎柔鱼渔场分布和水温结构的关系 [J]. 水产学报, 2009, 33(5):

- 770 - 777.
- [15] Miyahara K, Ota T, Goto T, *et al.* Age, growth and hatching season of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* estimated from statolith analysis and catch data in the western Sea of Japan [J]. Fisheries Research, 2006, 80: 211 - 220.
- [16] George D J, Christine H J. Temporal life history plasticity of the Southern Ocean squid *Todarodes filippovae* from waters off Tasmania, Australia [J]. Mar Biol, 2007, 150: 575 - 584.
- [17] Dawe E G, Beck P C. Population structure, growth, and sexual maturation of short-finned squid (*Illex illecebrosus*) at Newfoundland [J]. Fish Aquat Sci, 1997: 137 - 146.
- [18] Ikeda Y, Okazaki J, Sakurai Y, *et al.* Periodic variation in Sr/Ca ratios in statoliths of the Japanese common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup, 1880, (Cephalopoda: Ommastrephidae) maintained under constant water temperature [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2002, 273: 161 - 170.
- [19] Arkhipkin A I. Statoliths as 'black boxes' (life recorders) in squid [J]. Marine and Freshwater Research, 2005, 56: 573 - 583.
- [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] 张熙, 张晋昕. 多个样本均数间的两两比较 [J]. 循证医学, 2008, (3): 167 - 176.
- [22] Arkhipkin A I. Towards identification of the ecological life style in nektonic squids using statolith morphometry [J]. The Journal of Molluscan Studies, 2003, 69: 171 - 178.
- [23] Clarke M R. The cephalopod statolith-an introduction to its form [J]. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 1978, 58: 701 - 712.
- [24] 马金, 陈新军, 刘必林, 等. 西北太平洋柔鱼耳石形态特征分析 [J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(2): 215 - 220.
- [25] Markaida U, Casimiro Q V, Oscar S N. Age, growth and maturation of jumbo flying squid (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of Californian, Mexico [J]. Fisheries Research, 2004, 66: 31 - 47.
- [26] Villanueva R. Effect of temperature on statolith growth of the european squid *Loligo vulgaris* during early life [J]. Marine Biology, 2000, 136: 449 - 460.
- [27] 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.
- [28] Zumholz K, Hansteen T H, Piatkowski U, *et al.* Influence of temperature and salinity on the trace element incorporation into statoliths of the common cuttlefish (*Sepia officinalis*) [J]. Marine Biology, 2007, 151: 1321 - 1330.
- [29] Zumholz K, Hansteen T H, Klugel A, *et al.* Food effects on statolith composition of the common cuttlefish (*Sepia officinalis*) [J]. Marine Biology, 2006, 150: 237 - 244.

## Effect of sexual maturity and size on statolith growth of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in the high sea waters off Chile

CHEN Xin-jun<sup>1,2,3\*</sup>, LU Hua-jie<sup>1</sup>, LIU Bi-lin<sup>1,2,3</sup>, QIAN Wei-guo<sup>1,2,3</sup>, TIAN Si-quan<sup>1,2,3</sup>

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

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

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

**Abstract:** According to the samples of *Dosidicus gigas* collected by Chinese squid jigging vessels during the investigation from 2007 to 2008 off the coast of Chile, the ratio of statolith maximum width (MW) to total length (TSL) as an indicator of statolith growth, the statolith growth impacted by sex maturity and individual size is analyzed by the analysis of variance. The results indicated that the ratio of MW to TSL (MW/TSL) for female individual is closely related with gonad maturity, for the female squids with sexual maturity stage I to stage III, stage II to stage III, there was a significant difference between their MW/TSL ( $P < 0.05$ ). However, for male squid, there was no obvious relationship between MW/TSL and gonad maturity accordingly. The MW/TSLs for female squids with different mantle length (ML) group, group with ML 300 – 400 mm to ML 500 – 600 mm and ML 600 – 700 mm, group ML 400 – 500 mm to ML 500 – 600 mm and ML 600 – 700 mm, exist significant differences ( $P < 0.05$ ). When the female individual grows from ML 400 – 500 mm to ML 500 – 600 mm, the MW/TSL increases rapidly and the difference was significant ( $P < 0.01$ ). For male squid, the MW/TSLs between ML 350 – 400 mm and ML 400 – 500 mm, ML 400 – 450 mm and ML 450 – 500 mm also exist significant differences ( $P < 0.05$ ), when the squid attains ML 400 – 450 mm, the MW/TSL is the smallest. The studies have shown that sexual maturation and size of *Dosidicus gigas* have an obvious effect on its statolith growth, but the differences exist between male and female.

**Key words:** *Dosidicus gigas*; statolith; sexual maturation; the sea off Chile

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