

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20170103002

http://www.yykxjz.cn/

瞿俊跃, 李建华, 陈芑, 陈新军, 靳楠. 西非沿岸乌贼角质颚形态及生长特征. 渔业科学进展, 2018, 39(2): 164–170

Qu JY, LI JH, Chen P, Chen XJ, Jin N. The morphology and growth characteristics of beaks of European common cuttlefish (*Sepia officinalis*) in the coast of West Africa. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(2): 164–170

西非沿岸乌贼角质颚形态及生长特征*

瞿俊跃¹ 李建华^{1,2,3①} 陈 芑¹ 陈新军^{1,2,3} 靳 楠¹

(1. 上海海洋大学海洋科学学院 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心 上海 201306;

3. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室 上海 201306)

摘要 乌贼(*Sepia officinalis*)是生活在大西洋西岸的重要头足类之一,研究乌贼角质颚形态及生长特征有利于对其的开发利用。本研究根据 2015 年在毛里塔尼亚附近海域生产期间所获得的乌贼渔获样本,对乌贼角质颚的各项形态参数进行描述,探究不同胴长和不同性腺成熟阶段角质颚生长情况的差异,并估算乌贼个体的大小。通过对乌贼上、下颚各长度指标的比值比较发现,乌贼角质颚下颚的长度比值波动较大,较不稳定。 t 检验表明,将各项形态参数除以胴长消除样本规格影响差异后,乌贼雌性个体在角质颚的各项形态参数上均极显著大于雄性($P<0.01$);方差分析及多重比较(LSD 法)表明,随着胴长的增加,乌贼的各个角质颚的形态参数也极显著增加($P<0.01$)。在性腺成熟期 II~IV 中,乌贼角质颚的形态参数随着性腺成熟度的增加而显著增加($P<0.05$),但性腺成熟度为 V 期的个体的角质颚形态参数却显著小于前面几期($P<0.05$)。主成分分析显示,第一主成分的负载绝对值最高的指标为上头盖长(Upper hood length, UHL)和下脊突长(Lower crest length, LCL);第二主成分下喙长(Lower rostrum length, LRL)和下喙宽(Lower rostrum width, LRW),利用主成分分析得到的前 2 个主成分可以对乌贼的胴长进行估算。研究表明,同一种类不同性别的乌贼个体角质颚形态参数及其比值存在特异性,研究结果为西非沿岸乌贼分类及生态研究提供基础资料。

关键词 乌贼;角质颚;形态参数;生长特征

中图分类号 S977 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2018)02-0164-07

乌贼(*Sepia officinalis* Linnaeus, 1758)是一种季节洄游性的浅海性底栖种,主要栖息在东大西洋波罗的海到南非沿岸 200 m 水深的砂质和烂泥质底层区域,而 100 m 以上的深度区域群体较为密集,大个体则分布在更深的水层(Bakhayokho *et al.*, 1982)。乌贼是大西洋最重要的商业性捕捞种类之一,同时也是我国西非过洋性渔业的重要捕捞对象。联合国粮农组织的捕捞统计数据显示,2004~2012 年乌贼的产量不断增加,

在 2012 年达到 29589 t,近几年其产量虽有回落,但也保持在 20000 t 左右。

角质颚作为头足类的摄食器官,蕴含着许多生物学信息(刘必林等, 2010; 陈芑等, 2015),被认为是用来鉴定头足类尤其是蛸类年龄最可靠的硬组织之一;且角质颚比耳石大,具有容易提取、研磨方便等优点,在年龄与生长的研究中得到广泛的应用(方舟等, 2014b)。角质颚有耐腐蚀的特点,因此,在摄食生态

* 国家自然科学基金(NSFC41476129;NSFC41276156)和上海市科技创新行动计划(14DZ1205000)共同资助 [This work was supported by the National Science Foundation of China (NSFC41476129, NSFC41276156), and the Innovation Program of Shanghai Municipal Science Commission (14DZ1205000)]. 瞿俊跃, E-mail: 953770708@qq.com

① 通讯作者: 李建华, E-mail: jhli@shou.edu.cn

收稿日期: 2017-01-03, 收修改稿日期: 2017-03-09

学中也有应用,例如,残留在大型海洋生物体内大量的角质颚可以用来分析头足类在食物网中的地位(Olson *et al.*, 2007)。此外,对角质颚的形态特征、色素沉着、稳定同位素和微量元素变化的分析有助于对头足类群体划分和资源动态等的理解(方舟等, 2014b)。然而,国内对于角质颚的研究主要集中在柔鱼类,如柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)(方舟等, 2014a; 陈芑等, 2015)、茎柔鱼(*Dosidicus gigas*)(胡贯宇等, 2015、2016)、太平洋褶柔鱼(*Todarodes pacificu*)(杨林林等, 2012)等。对乌贼目种类的角质颚研究还十分匮乏。为此,本研究根据 2015 年在西非毛里塔尼亚附近海域所获得的渔获样本,对乌贼角质颚样本进行分析,并通过角质颚的各项形态参数及其比值对乌贼的角质颚进行形态描述,探究不同胴长和不同性腺成熟阶段角质颚生长情况的差异,并利用角质颚的形态参数对个体大小进行估算,以期为大西洋乌贼的形态学和生态学研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 采集时间和地点

乌贼样本来源于 2015 年中国水产总公司渔船在西非毛里塔尼亚专属经济区海域底拖网作业获得的渔获,随机采集 983 尾。所获得的样本经冷冻保藏运回实验室。

1.2 角质颚采集

从乌贼头部口器中提取角质颚(图 1),得到完整角质颚样本 898 对。将取出的角质颚进行编号并存放于装有 75%乙醇溶液的 50 ml 离心管中。

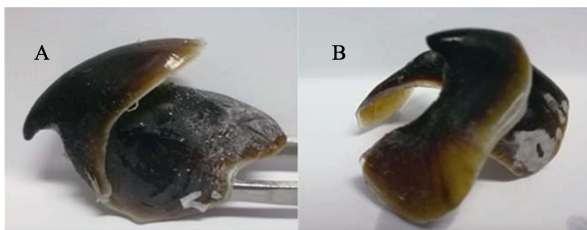


图 1 乌贼角质颚形态
Fig.1 Common cuttlefish beaks

A: 上颚; B: 下颚 A: Upper beak; B: Lower beak

1.3 研究方法

1.3.1 基础生物学测量 将实验室中冷冻的样品取出并解冻后,对乌贼进行生物学测定,包括胴长

(Mantel length, ML)、性别和性腺成熟度。测量胴长用皮尺进行,测定精确至 1 mm。根据 Lipinski 等(1995)的分类方法,将性成熟度划分 I、II、III、IV、V 共 5 期,本研究中, I、II 期个体为性未成熟的个体, III、IV 期为性成熟个体, V 期为繁殖后(雄性为交配后,雌性为产卵后)的个体。

1.3.2 角质颚形态测量 将角质颚从离心管中取出,将其外部清洗干净后,使用数显游标卡尺对角质颚的上头盖长等 12 项形态参数进行测量(图 2),测量结果精确至 0.01 mm。

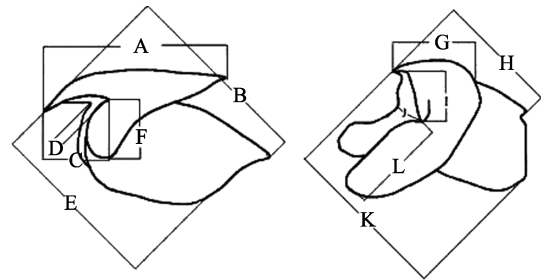


图 2 角质颚外部形态测量示意(Fang *et al.*, 2014)
Fig.2 Scheme of morphometric measurement for beak

A: 上头盖长 UHL; B: 上脊突长 UCL; C: 上喙长 URL; D: 上喙宽 URW; E: 上侧壁长 ULWL; F: 上翼长 UWL; G: 下头盖长 LHL; H: 下脊突长 LCL; I: 下喙长 LRL; J: 下喙宽 LRW; K: 下侧壁长 LLWL; L: 下翼长 LWL

A: Upper hood length; B: Upper crest length; C: Upper rostrum length; D: Upper rostrum width; E: Upper lateral wall length; F: Upper wing length; G: Lower hood length; H: Lower crest length; I: Lower rostrum length; J: Lower rostrum width; K: Lower lateral wall length; L: Lower wing length

1.3.3 数据处理 角质颚形态描述按照 Clarke (1962、1986)的研究方法,分别计算上下角质颚喙长与头盖长(RL/HL)、喙长与脊突长(RL/CL)、头盖长与脊突长(HL/CL)、翼长与脊突长(WL/CL)、翼长与头盖长(WL/HL)和翼长与喙长(WL/RL)的比值,对角质颚的形态特征进行描述。

按照性别分别计算各角质颚形态参数的平均值和标准差,并利用 *t* 检验(李春喜等, 2008)检验不同性别各角质颚形态参数的差异。为校正样品规格差异对形态参数值的影响, *t* 检验时,将其形态参数均除以胴长,即对 UHL/ML、UCL/ML、URL/ML、URW/ML、ULWL/ML、UWL/ML、LHL/ML、LCL/ML、LRL/ML、LRW/ML、LLWL/ML 和 LWL/ML 这 12 个指标进行分析。

按胴长将乌贼分为 100~150、150~200、200~250 和 250~300 mm 4 个胴长组,利用方差分析(ANOVA)

(Gueorguieva *et al.*, 2004)及多重比较(LSD法)(王斌会等, 2010)对不同胴长组及不同性成熟度间角质颚各项形态参数值的差异进行检验,以分析不同因子对角质颚生长的影响。

首先利用主成分分析(Tang *et al.*, 2007),对乌贼角质颚的12个比例形态指标进行分析,得到累计方差贡献率达到70%的主成分(陈芑等, 2015),并计算各个样本的各主成分得分。其次,利用线性回归法拟合胴长与各主成分之间的关系式作为利用角质颚估算乌贼个体大小的方程式。上述分析均采用SPSS 19.0软件进行。

2 结果

2.1 角质颚外部形态特征

上颚特征:角质颚上颚的HL较长,长度为CL的77.11%,上喙较平缓,下喙连接翼部。喙较弯曲,RL分别达到HL和CL的23.76%和18.29%。侧壁较宽大,其后端边缘和脊突弯曲,均呈一定的弧度。翼部连接到侧壁前端的底部,WL大于RL,为RL的194.28%,但相对于HL和CL仍旧较小,分别为HL和CL的45.39%和34.95%(表1)。

下颚特征:角质颚下颚HL的长度为CL的46.04%,喙较长,RL分别达到HL和CL的49.97%和26.63%。喙与翼部的夹角较上颚大,侧壁较上颚小,其后端边缘和脊突均比较平直。翼部较长,约为侧壁的2倍,WL显著大于HL和RL,分别为HL的228.01%,RL的476.34%,WL和CL相当,为CL的103.21%(表1)。

表1 乌贼角质上、下颚各长度指标的比值
Tab.1 Relative ratios of the upper and lower beaks of common cuttlefish

比值 Ratio	上颚 Upper beak	下颚 Lower beak
喙长与头盖长 RL/HL	0.24±0.03	0.50±0.20
喙长与脊突长 RL/CL	0.18±0.06	0.23±0.08
头盖长与脊突长 HL/CL	0.77±0.22	0.46±0.06
翼长与脊突长 WL/CL	0.35±0.12	1.03±0.12
翼长与头盖长 WL/HL	0.45±0.06	2.28±0.53
翼长与喙长 WL/RL	1.94±0.36	4.76±0.96

2.2 不同性别乌贼个体角质颚形态特征比较

不同性别乌贼个体角质颚形态存在差异(表2),除上喙宽、下喙长、下喙宽外,雄性个体的角质颚形态参数的平均值均大于雌性(表1)。但*t*检验表明,

将各项形态参数均除以胴长消除了样品规格差异的影响后,发现雄性个体在角质颚的各项形态参数上均极显著小于雌性($P<0.01$)。

表2 不同性别乌贼个体角质颚形态参数均值
Tab.2 Average values of morphological parameters of common cuttlefish beak in both genders

形态指标 Morphological index	雌性 Female (mm)	雄性 Male (mm)
上头盖长 UHL	19.57±3.01	20.82±4.76
上脊突长 UCL	25.79±3.93	27.08±5.52
上喙长 URL	4.71±0.90	4.84±1.11
上喙宽 URW	4.51±0.75	4.47±1.03
上侧壁长 ULWL	18.50±2.82	19.31±4.93
上翼长 UWL	9.05±1.70	9.21±2.16
下头盖长 LHL	7.24±1.20	7.78±1.96
下脊突长 LCL	15.89±2.26	16.78±3.59
下喙长 LRL	3.73±0.80	3.61±0.82
下喙宽 LRW	4.40±1.00	4.26±1.08
下侧壁长 LLWL	19.96±2.83	20.92±4.85
下翼长 LWL	16.59±2.67	17.09±3.66

2.3 胴长和性腺成熟度与乌贼角质颚形态参数的关系

样本在100~150、150~200、200~250和250~300 mm胴长组的比例分别为0.3%、5.76%、46.01%、26.1%和16.89%。ANOVA分析表明,乌贼群体不同胴长组和角质颚各项指标均存在显著差异($P<0.01$)。LSD分析显示,随着胴长的增加,乌贼的各个角质颚的形态参数也极显著增加(图3),所以,可以根据角质颚的长度对乌贼的胴长及生长情况进行判定。

乌贼群体雌性样本的性腺成熟度在II~V期之间,所占比重分别为1.93%、12.08%、85.51%和0.48%。乌贼群体雄性的性成熟度在II~IV期之间,所占比重分别为13.39%、57.82%和28.79%。ANOVA分析表明,乌贼个体角质颚各项形态参数在不同性腺成熟度均存在显著差异($P<0.01$)。LSD分析显示,角质颚形态参数在性成熟度II~IV期显著增加($P<0.05$),而性成熟度V期时角质颚形态参数显著小于性成熟度II~IV期($P<0.05$)。

2.4 角质颚形态参数主成分分析及其与大小的关系

对乌贼12个角质颚形态参数指标进行主成分分析,结果显示(表3):前2个主成分的累计方差贡献率已达到76.5%,其中第一主成分负载绝对值最高的前2个指标为UHL和LCL;第二主成分负载绝对值最高的前2个指标为LRL和LRW。

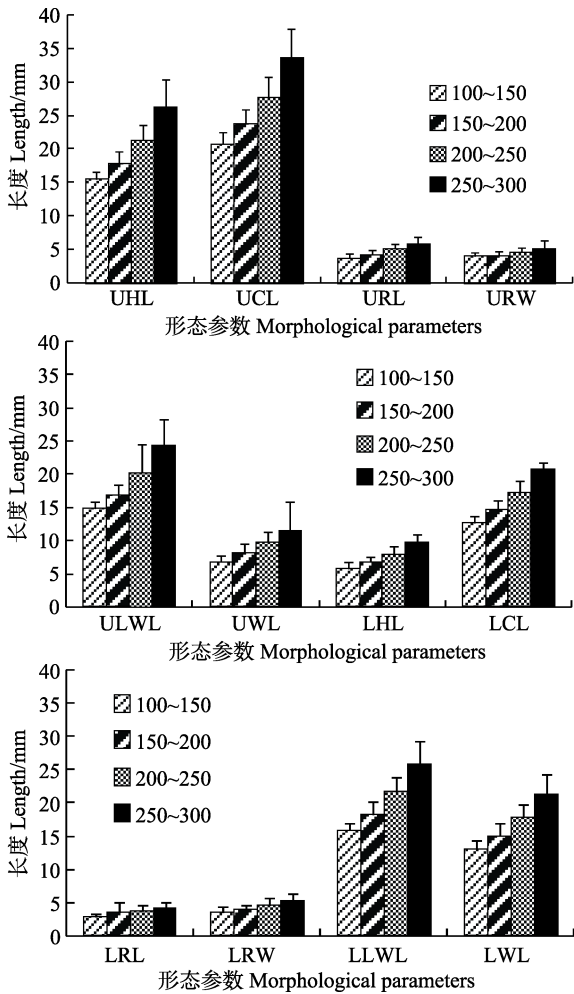


图 3 胴长与乌贼角质颚形态参数的关系

Fig.3 The relationship between mantle length and beak shape parameters of common cuttlefish

根据主成分分析的结果，选取前 2 个主成分，并利用各个角质颚的形态参数计算各主成分的得分，以此拟合乌贼胴长和各主成分得分的关系式，结果如下(表 3)：

$$ML=1.56 \times C_1 - 1.3 \times C_2 - 21.4 \quad (R^2=0.78)$$

式中，ML 为胴长， C_1 为第一主成分得分， C_2 为第二主成分得分。方差分析显示，胴长与这 2 个主成分得分间呈极显著的线性关系($F=1468.13$, $df_1=2$, $df_2=896$, $P<0.01$)。验证结果表明(表 4，图 5)，该方程式可作为利用角质颚估算乌贼个体大小的关系式。

3 讨论

3.1 角质颚的形态

本研究显示，乌贼角质颚下颚的长度比值波动较大，比较不稳定。除了 HL/CL 外，其余的角质颚长度比值标准差均大于上颚(表 1)。这可能是与上颚肌

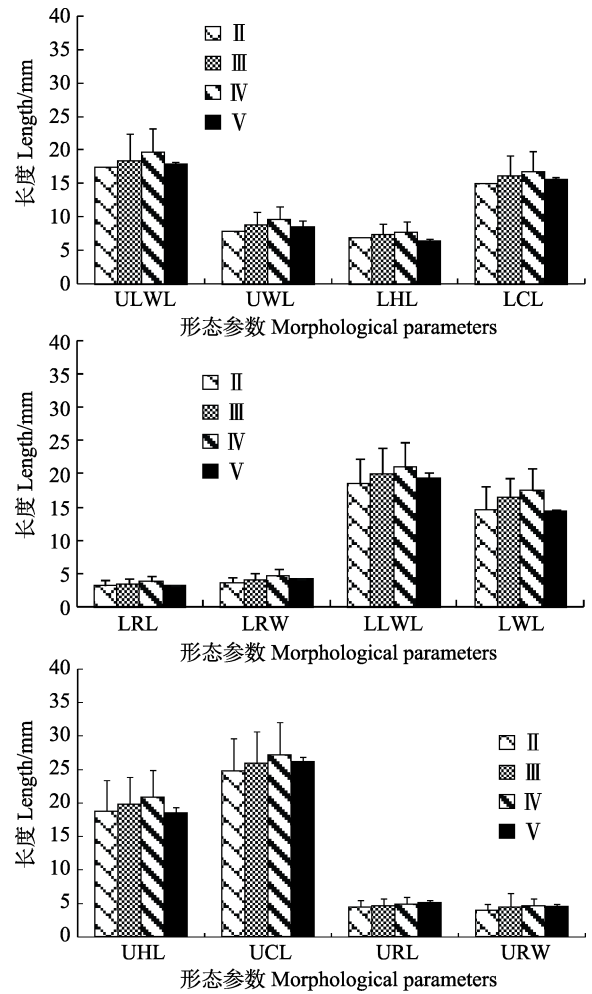


图 4 性腺成熟度与乌贼角质颚形态参数的关系

Fig.4 The relationship between morphological parameters and maturity stage in common cuttlefish beak

相较于侧肌和下颚肌较发达有关(Kear, 1994)。同时也表明，上颚相对于下颚可更好地作为种类划分的指标。上、下颚中，WW/RL 比值的标准差远大于其他各项长度比值，可能是由于翼部与喙部相连且有一定的弯曲，导致测量喙长及翼长较困难，造成结果出现了一定的误差，造成比值波动较大。Arimoto 等(1998)发现头足类角质颚的结构相对稳定，存在明显的特征，在种群鉴定上比其他的软体部位更为有效。而不同种类角质颚在长度比值上可能存在特异性，可以作为种类判别的指标。根据对其他乌贼类的报道，发现角质颚长度比值的稳定特性甚至可以用来判别不同的种类。例如，日本无针乌贼(*Sepiella japonica*)下颚 WL/HL 为 1.67 ± 0.28 (刘本伟等, 2016)，该值小于毛里塔尼亚附近海域乌贼的 2.28 ± 0.53 (表 1)，虽然置信区间略有重叠，但可以作为判别这 2 种种类的佐证。

同样，不同种类的个体以及同一种类不同性别的个体角质颚形态参数存在特异性。主成分分析中，

表3 乌贼角质颚形态参数指标的主成分分析结果
Tab.3 Results of principal analysis of morphological index of common cuttlefish beak

形态参数指标 Morphological index	主成分 Principal component		
	1	2	3
上头盖长 UHL	0.96	-0.12	-0.04
上脊突长 UCL	0.93	-0.21	-0.02
上喙长 URL	0.82	-0.02	-0.03
上喙宽 URW	0.53	0.28	0.75
上侧壁长 ULWL	0.86	-0.09	-0.02
上翼长 UWL	0.85	0.01	-0.07
下头盖长 LHL	0.86	-0.13	-0.08
下脊突长 LCL	0.94	-0.10	-0.06
下喙长 LRL	0.41	0.80	-0.39
下喙宽 LRW	0.70	0.35	0.19
下侧壁长 LLWL	0.94	-0.09	-0.07
下翼长 LWL	0.93	-0.03	-0.02
方差贡献率 Variance contribution (%)	68.62	7.87	6.52
累计方差贡献率 Cumulative variance contribution (%)	68.62	76.5	83.02

表4 回归分析及其检验结果
Tab.4 Results of regression analysis

项目 Items	系数 Coefficients	P	下限 Lower 95%	上限 Upper 95%
截距 Intercept	-21.40	<0.01	-29.49	-13.32
第一主成分 First principle	1.56	<0.01	1.48	1.65
第二主成分 Second principle	-1.30	<0.01	-2.17	-0.44

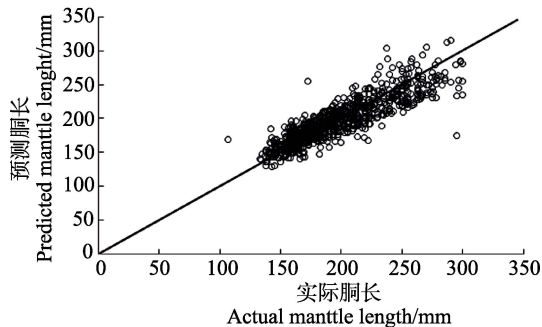


图5 利用角质颚预测乌贼胴长与实际胴长比较
Fig.5 The comparison between actual and predicted mantle length based on the beak

UHL 和 LCL 在第一主成分中的绝对值最大, 而第二主成分中, 绝对值最大的是 LRL 和 LRW(表 3)。这与对前人对柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)(陈芄等,

2015; 方舟等, 2014a)、阿根廷滑柔鱼(*Illex argentinus*)的研究结果(方舟等, 2012)不尽相同, 例如方舟等(2014a)通过主成分分析结果发现, 柔鱼角质颚脊突、侧壁和喙长的快速生长为其摄食提供便利, 这与乌贼的角质颚较为相似, 但与柔鱼相比, 上头盖长也可以作为代表乌贼角质颚的指标, 可能是由于种类不同、物种摄食情况不同和栖息环境不同(乌贼为底栖种类, 而柔鱼为中上层种类)导致的, 这有待于今一步分析。不同性别上角质颚形态参数同样存在特异性。除以胴长后, 雌性个体在角质颚的各项形态参数上均极显著大于雄性(表 2)。这可能由于同一种群的雌性个体生长快于雄性, 需求的食物量较大, 造成角质颚形态参数的差异。

3.2 角质颚的生长

研究显示, 乌贼上、下颚各形态参数随着胴长组的增加而极显著增加, 同时, 利用主成分分析可以从 12 项形态参数中提取出形态差异(即前面角质颚个体大小与角质颚长度关系显著)的主要信息, 因此, 可以利用角质颚形态参数估算乌贼个体的大小(图 5)。在性腺成熟度与乌贼角质颚关系的比较中发现, 乌贼角质颚的形态参数随着性腺成熟度 II~IV 期(即性未成熟到性成熟)增加而显著增加(图 3), 但是, 性腺成熟度为 V 期的个体的角质颚形态参数却显著小于前面几期, 一种解释为, 可能在毛里塔尼亚附近存在着乌贼的不同群体, V 期的个体所代表的群体, 普遍个体较小且产卵早。这个假设有待于今后进一步验证。

3.3 角质颚形态特征的应用

目前, 渔业资源学的研究重点主要集中在年龄生长、资源评估和食性分析上(Hernández-López *et al*, 2001)。角质颚因其自身的相对稳定的结构而在这些方面具有较好的应用前景(Smith *et al*, 2000)。但对乌贼的生活史还无充分了解, 作为硬组织的角质颚保存着大量信息, 还可以通过其他方法, 如角质颚研磨获得日龄情况(Hernández-López *et al*, 2001; Raya *et al*, 1998)、氨基酸(Miserez *et al*, 2007)及色素成分组成分析(García, 2003)等来发现并判断其中信息所包含的意义。

本研究阐述了乌贼角质颚的形态参数特征。通过对角质颚与胴长及性腺成熟度关系的分析, 一定程度上可推断出个体的生长发育情况。并利用角质颚的形态参数建立了乌贼个体大小估算方程式。但是, 本研究所得到的捕捞的样本在 I 期和 V 期的个体数量较少, 可能会对研究结果带来误差, 还需要后续的研究和补充。

参 考 文 献

- Arimoto Y, Kawamura A. Characteristics of the fish prey of neon flying squid, *Ommastrephes bartramii*, in the central North Pacific. *Heisei*, 1998, 8: 70–80
- Bakhaykho M, Drammeh O. Elements de biologie et d'identite des populations de seiches (*Sepia officinalis hierredda*) des cotes sene-gambiennes. Special Working Group on Cephalopod Stocks in the Northern Region of CECAF. Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands (Spain). 27 Jan 1982
- Chen P, Fang Z, Chen XJ. Population identification of *Ommastrephes bartramii* based on beak's external morphological characters. *Marine Fisheries*, 2015, 35(1): 1–9 [陈芑, 方舟, 陈新军. 基于角质颚外部形态学的柔鱼种群判别. *海洋渔业*, 2015, 35(1): 1–9]
- Clarke MR. The identification of cephalopod “beaks” and the relationship between size and total body weight. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology*, 1962, 8: 419–480
- Clarke MR. A handbook for identification of cephalopod beaks. Clarendon, Oxford, 1986, 273
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization of the United Nations' fisheries database-Global capture production from 1950 to 2014. <http://www.fao.org/fishery/species/2711/en> [联合国粮农组织. 联合国粮农组织渔业统计数据——1950–2014 年全球捕捞产量. <http://www.fao.org/fishery/species/2711/en>]
- Fang Z, Chen XJ, Lu HJ, *et al.* Morphological differences in statolith and beak between two spawning stocks for *Illex argentinus*. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(19): 5986–5997 [方舟, 陈新军, 陆化杰, 等. 阿根廷滑柔鱼两个群体间耳石和角质颚的形态差异. *生态学报*, 2012, 32(19): 5986–5997]
- Fang Z, Chen XJ, Lu HJ, *et al.* Morphology and growth of beaks in two cohorts for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific Ocean. *Acta Ecologica Sinica*, 2014a, 34(19): 5405–5415 [方舟, 陈新军, 陆化杰, 等. 北太平洋两个柔鱼群体角质颚形态及生长特征. *生态学报*, 2014a, 34(19): 5405–5415]
- Fang Z, Chen XJ, Lu HJ, *et al.* Progress of beak in cephalopod I: Morphogenesis, biochemistry and growth. *Marine Fisheries*, 2014b, 36(1): 78–89 [方舟, 陈新军, 陆化杰, 等. 头足类角质颚研究进展 I——形态, 结构与生长. *海洋渔业*, 2014b, 36(1): 78–89]
- Fang Z, Liu B, Li J, *et al.* Stock identification of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the North Pacific Ocean on the basis of beak and statolith morphology. *Scientia Marina*, 2014, 78(2): 239–248
- García VH. Growth and pigmentation process of the beaks of *Todaropsis eblanae* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Berliner Palaobiol Abh*, Berlin, 2003, 3: 131–140
- Georgieva R, Krystal JH. Move over anova: Progress in analyzing repeated-measures data and its reflection in papers published in the archives of general psychiatry. *Archives of General Psychiatry*, 2004, 61(3): 310–317
- Hernández-López JL, Castro-Hernández JJ, Hernandez-García V. Age determined from the daily deposition of concentric rings on common octopus (*Octopus vulgaris*) beaks. *Fishery Bulletin-National Oceanic and Atmospheric Administration*, 2001, 99(4): 679–684
- Hu GY, Chen XJ, Fang Z. Effect of individual growth on beak morphometry of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* off the Peruvian Exclusive Economic Zone. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(1): 36–44 [胡贯宇, 陈新军, 方舟. 个体生长对秘鲁外海茎柔鱼角质颚形态变化的影响. *水产学报*, 2016, 40(1): 36–44]
- Hu GY, Chen XJ, Liu BL, *et al.* Microstructure of statolith and beak for *Dosidicus gigas* and its determination of growth increments. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(3): 361–370 [胡贯宇, 陈新军, 刘必林, 等. 茎柔鱼耳石和角质颚微结构及轮纹判读. *水产学报*, 2015, 39(3): 361–370]
- Kear AJ. Morphology and function of the mandibular muscles in some coleoid cephalopods. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1994, 74(4): 801–822
- Li CX, Shao Y, Jiang LN. *Biostatistics*. Beijing: Science Press, 2008, 85–110 [李春喜, 邵云, 姜丽娜. *生物统计学*. 北京: 科学出版社, 2008, 85–110]
- Lipiński MR, Underhill LG. Sexual maturation in squid: Quantum or continuum. *South African Journal of Marine Science*, 1995, 15(1): 207–223
- Liu BL, Chen XJ, Zhang CZ. Grey relationship analysis for the environmental factors affecting the *Noctiluca scintillans* density in Qinhuangdao coastal area. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, 31(1): 8–14 [刘必林, 陈新军, 张长征. 印度洋西北海域鸢乌贼角质颚长度分析. *渔业科学进展*, 2010, 31(1): 8–14]
- Liu BW, Pan GP, Zhou WY, *et al.* Cultured *Sepiella japonica* beak morphology study. *Fisheries Science and Technology Information*, 2016, 43 (4): 190–194 [刘本伟, 潘桂平, 周文玉, 等. 养殖日本无针乌贼角质颚形态研究. *水产科技情报*, 2016, 43(4): 190–194]
- Miserez A, Li Y, Waite JH, *et al.* Jumbo squid beaks: Inspiration for design of robust organic composites. *Acta Biomaterialia*, 2007, 3(1): 139–149
- Olson RJ, Young JW. The role of squid in open ocean ecosystems. Report of a GLOBEC-CLIoTOP/PFRP workshop, 16–17 November 2006, Honolulu, Hawaii, USA. *GLOBEC Report*, 2007, 24: 1–94
- Raya CP, Hernández-González CL. Growth lines within the beak microstructure of the octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797. *South African Journal of Marine Science*, 1998, 20(1): 135–142
- Smith SC, Whitehead H. The diet of Galapagos sperm whales *Physeter macrocephalus* as indicated by fecal sample analysis. *Marine Mammal Science*, 2000, 16(2): 315–325

- Tang QY, Feng MG. DPS data processing system: Experimental design, statistical analysis and data mining. Science, Beijing, 2007
- Wang BH. Multivariate statistical analysis and R language modeling. Guangzhou: Jinan University Press, 2010, 157–158 [王斌会. 多元统计分析及R语言建模. 广州: 暨南大学出版社, 2010, 157–158]
- Yang LL, Jiang YZ, Liu ZL, *et al.* Variation analysis on partial morphometric measurements of beak of *Todarodes pacificus* inhabiting East China Sea. Periodical of Ocean University of China(Natural Science), 2012, 42(10): 51–57 [杨林林, 姜亚洲, 刘尊雷, 等. 东海太平洋褶柔鱼角质颚的形态学分析. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(10): 51–57]
- Yang Y, Pan BH, Sun XF. Function of *Lactobacillus planetarium* and its application in animal production. Feed Research, 2013(2): 36–37 [杨艳, 潘宝海, 孙笑非. 植物乳杆菌的功能及其在动物生产中的应用. 饲料研究, 2013(2): 36–37]

(编辑 冯小花)

The Morphology and Growth Characteristics of Beaks of European Common Cuttlefish (*Sepia officinalis*) in the Coast of West Africa

QU Junyue¹, LI Jianhua^{1,2,3①}, CHEN Peng¹, CHEN Xinjun^{1,2,3}, JIN Nan¹

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306)

Abstract Common cuttlefish (*Sepia officinalis*) is one of the most important economic and ecological species in the West African coastal waters. Studying the morphology and growth characteristics of its beak is beneficial for common cuttlefish's development and utilization. This study analyzed beak morphological parameters and their ratios based on the samples collected by the Chinese trawlers in 2015 in coastal waters of West African Mauritania, and studied the beak growth variations in different mantle length groups and different gonadal maturity stages. Morphological parameters of beaks were used to estimate the size of the cuttlefish. The results showed the length ratio indices of the lower beak were not stable, and that the beak morphological parameters of female were significantly higher than the male after eliminating the effect of the sample size differences by dividing the mantle length ($P < 0.01$). The ANOVA and the Least Significant Difference (LSD) analysis showed that morphological parameters of the common cuttlefish beaks significantly increased with the growth of mantle length ($P < 0.01$) and gonad maturity stage II~IV ($P < 0.01$). However, beaks in the gonad maturity stage V were significantly smaller than those in the previous periods (II~IV, $P < 0.05$). Principal component analysis showed that upper hood length (UHL) and lower crest length (LCL) had the highest loading coefficient in the first principal component, and that lower rostrum length (LRL) and lower rostrum width (LRW) had the highest loading coefficient in the second principal component, which can be used for the mantle length estimation. This study provides basic biology information for the classification and ecological research about common cuttlefish in the coast of West Africa.

Key words Common cuttlefish (*Sepia officinalis*); Beak; Morphological parameter; Growth characteristics

① Corresponding author: LI Jianhua, E-mail: jhli@shou.edu.cn