

## 中国东南沿海 8 种蛸的齿舌形态学研究

郑小东<sup>1</sup> 林祥志<sup>2</sup> 王昭凯<sup>2</sup> 李琪<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学水产学院, 青岛 266003; 2. 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

### MORPHOLOGICAL STUDIES OF RADULA OF 8 OCTOPUSES IN THE SOUTHEAST SEA WATERS OF CHINA

ZHENG Xiao-Dong<sup>1</sup>, LIN Xiang-Zhi<sup>2</sup>, WANG Zhao-Kai<sup>2</sup> and LI Qi<sup>1</sup>

(1. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Third Institute of  
Oceanography State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

关键词: 蛸类; 齿舌; 形态学; 扫描电镜

Key words: Octopus; Radula; Morphology; Scanning electron microscopy (SEM)

中图分类号: S963.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2009)06-1210-04

近几十年来,依赖于物种表型特征的描述<sup>[1-3]</sup>,有关头足类种质鉴定和分类体系构建等方面的工作不断得到完善和补充<sup>[4-6]</sup>。与分子遗传学标记不同,形态特征受环境因子(如水温、盐度、底质等)影响,而且这些变异的遗传组成又很难确定。此外,不同研究者在数据测量和记录上不可避免地存在主观误差,可能人为增大了样品间的差异<sup>[7]</sup>,但基于头足类外套膜、鳍、腕以及触腕穗的大小和茎化腕<sup>[8,9]</sup>等形态特征易观察和测量,仍广泛应用于分类学研究。

对褶柔鱼 *Todarodes sagittatus* 坚硬结构(耳石、内壳和角质颚)的研究表明这些结构可能在群体和种质鉴定方面比较软体部形态学研究更有效<sup>[3]</sup>。Brunetti 和 Ivanovic 对西南大西洋的阿根廷滑柔鱼 *Illex argentinus* 的两类产卵群体耳石的总长、丘部长和宽、吻部长、翼宽等特征进行了比较,结果表明处于不同繁殖期和不同生境的群体存在耳石的显著差别<sup>[10]</sup>。耳石已广泛应用于枪乌贼生长和年龄结构研究,资料表明其在群体鉴定方面具有潜在价值<sup>[11]</sup>。郑小东等<sup>[12]</sup>采用软体部测量和坚硬结构(角质颚和齿舌)的比较观察对中国华南沿海曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* 4 个自然群体进行了形态学研究,指出角质颚的冠部长/头盖长可以作为一种遗传标记,区分不同种群;对莆田、南澳和湛江 3 群体的齿舌扫描电镜观察表明齿舌结构在群体间无显著差异。Zheng & Wang<sup>[13]</sup>对 9 种头足类齿舌观察发现种间形态差异显著。

蛸类身体柔软,伸缩能力极强,体色和体型受环境影响

明显,变异较大,以致给分类研究带来诸多不便。目前命名的蛸中存在着较为严重的同种异名现象以及隐存种问题。齿舌和颚片是它们仅有的坚硬结构,形态稳定性强,可以为分类学提供更有效的数据<sup>[7]</sup>。本文采用扫描电镜技术对我国东南沿海分布的 8 种蛸类和 1 种枪乌贼的齿舌形态进行比较研究,希望能够找到蛸种间较为显著的差别以及更多分类特征,也为下一步各物种的地理群体鉴定寻找形态标记。

#### 1 材料与方法

2006—2007 年 6 月至 9 月分别对福建连江、莆田、漳浦、东山以及东南澳海域采捕到已达性成熟的 8 种蛸和 1 种枪乌贼样品(表 1)进行取样分析。齿舌的清洗、保存方法以及电镜样品的制备观察过程参考文献[12, 13]。

#### 2 结果

在所研究的 9 种头足类中,齿舌均由 7 列纵向的齿组成:中央齿 1 列,两侧为第一侧齿、第二侧齿(也称内缘齿)和第三侧齿(也称外缘齿),齿式为 3 · 1 · 3。8 种蛸类边缘齿外侧具有发达的缘板结构,火枪乌贼 *Loligo beka* 缘板比蛸类小,呈退化状态(图版 -1—9)。

##### 蛸属 *Octopus*

中央齿具有 3—5 个齿尖,基本上左右对称,个别种类具有 7 个齿尖。相邻中央齿的齿尖数量和位置存在变化。第三侧齿外侧具有发达的缘板结构。

收稿日期: 2008-09-23; 修订日期: 2009-04-26

基金项目: 国家 863(2007AA09Z433); 福建省科技重大专项前期(2005NZ1011); 山东省博士基金(2008BS06008)资助

作者简介: 郑小东(1971—),男,汉族,山东人;副教授,博士;主要从事贝类遗传育种研究。E-mail: xdzheng@ouc.edu.cn

通讯作者: 林祥志, E-mail: lxz8848@263.net

表 1 九种头足类采集地点、时间和数量

Tab. 1 Locations, dates and numbers of samples of 9 cephalopods

种名	样品数量	日期	采集地点
Species	Sampling number	Date	Location
真蛸 <i>Octopus vulgaris</i>	8	2006 09	福建莆田
水蛸 <i>O. dofleini</i>	4	2007 06	福建连江
长蛸 <i>O. variabilis</i>	3	2007 07	福建连江
短蛸 <i>O. ocellatus</i>	2	2007 07	福建东山
岩蛸 <i>O. sp.</i>	3	2006 08	福建漳浦
弯斑蛸 <i>O. dollfusi</i>	2	2007 09	广东南澳
白点蛸 <i>O. macropus</i>	1	2007 09	广东南澳
小孔蛸 <i>Cistopus sp.</i>	14	2007 07	福建莆田
火枪乌贼 <i>Loligo beka</i>	3	2007 07	福建东山

2.1 真蛸 *O. vulgaris* (图版 -1)

中央齿 1 列,呈左右对称,具有 3 或 5 个齿尖。中央齿之间通常是 2 个 3 齿尖型和 2 个 5 齿尖型重复交错,呈现一定的规律性排列。不过中央齿的侧齿尖位置不同。紧靠中央齿两侧是第一侧齿,两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖略偏向第二侧齿。其高度是中央齿 1/2 左右,其基部宽度仅是中央齿的 0.3—0.4,是最小的齿。第二侧齿也称内缘齿,位于第一侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖偏向中央齿方向,基部边缘弧度较大,呈马鞍型。就齿的高度和基部宽度而言,与中央齿差别不显著。第三侧齿也称外缘齿,位于第二侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,呈弯刀状,基部宽度与第一侧齿相近,高度则与第二侧齿相近。缘板位于第三侧齿外侧。

2.2 水蛸 *O. dofleini* (图版 -2)

中央齿 1 列,呈左右对称,具有 5 个齿尖。除中央齿尖外,侧齿尖的位置在相邻中央齿间呈交错排列。第一侧齿两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖明显偏向于第二侧齿。其高度是中央齿 1/3—1/4 左右,其基部宽度达到中央齿的 1/2—2/3,是最低的齿。第二侧齿两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖偏向中央齿方向,基部边缘弧度较大,靠近第一侧齿处。基部宽度与中央齿相近,而高度略低于中央齿。第三侧齿两列,单一齿尖,呈细弯刀状,基部宽度最窄,但高度在各列齿中最高。缘板近长方形。

2.3 长蛸 *O. variabilis* (图版 -3)

中央齿 1 列,呈左右对称,具有 5 个齿尖。中央齿尖两侧的 2 个侧齿尖位置在相邻中央齿间成升、降趋势,具有一定的规律性排列。第一侧齿两列,单一齿尖,左右对称,齿尖处于齿的近中央。其高度是中央齿 1/3 左右,其基部宽度仅是中央的 1/2,是最小的齿。第二侧齿两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖偏向中央齿方向,基部边缘弧度较大,靠近第一侧齿处有已显著突起。基部宽度与中央齿相近,而高度略低于中央齿。第三侧齿两列,单一齿尖,呈弯刀状,基部宽度与第一侧齿相近,高度则与第二侧齿相近。缘板近长方形。

2.4 短蛸 *O. ocellatus* (图版 -4)

中央齿 1 列,呈左右对称,具有 3 或 5 个齿尖。5 齿尖中央齿前后分别相邻 1 个和 2 个 3 齿尖中央齿。3 或 5 齿尖中

央齿的侧齿尖位置基本不变。紧靠中央齿两侧是第一侧齿,单一齿尖,齿型略偏向第二侧齿。其高度是中央齿 1/2 左右,其基部宽度仅是中央齿的 1/4,是最小的齿。第二侧齿位于第一侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖偏向中央齿方向,基部边缘弧度较大,靠近第一侧齿处。基部宽度与中央齿相近,而高度略低于中央齿。第三侧齿位于第二侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,呈细弯刀状,基部宽度与第一侧齿相近,高度在各列齿中最高。缘板位于第三侧齿外侧,近长方形。

2.5 岩蛸 *O. sp.* (图版 -5)

中央齿 1 列,呈左右对称,具有 3 或 5 个齿尖。5 齿尖中央齿前后分别相邻 2 个和 3 个 3 齿尖中央齿。第一侧齿两列,单一齿尖,左右不对称,齿型偏向第二侧齿。其高度和基部宽度约为中央齿 1/3 左右。第二侧齿两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖偏向中央齿方向,基部边缘弧度较大,靠近第一侧齿处。基部宽度与中央齿相近,而高度略低于中央齿。第三侧齿位于第二侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,呈弯刀状,基部宽度较第一侧齿宽,但高度为最高。缘板位于第三侧齿外侧,近长方形。

2.6 弯斑蛸 *O. dollfusi* (图版 -6)

中央齿 1 列,呈左右对称,一般具有 3 个齿尖,存在极少 5 齿尖的中央齿。中央齿尖两侧的 2 个侧齿尖位置每 3 个相邻中央齿间成升、降趋势,具有一定的规律性排列。第一侧齿两列,单一齿尖,齿尖偏向第二侧齿,其高度和基部宽度是中央齿 1/3 左右,是最小的齿。第二侧齿位于第一侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,左右对称,基部边缘弧度较大。基部宽度和高度略低于中央齿。第三侧齿位于第二侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,呈弯刀状。缘板位于第三侧齿外侧,近长方形。

2.7 白点蛸 *O. macropus* (图版 -7)

中央齿 1 列,呈左右对称,具有 7 个齿尖。中央齿尖两侧的侧齿尖的位置在相邻中央齿间呈显著升、降趋势。第一侧齿两列,单一齿尖,齿尖偏向第二侧齿。其高度和基部宽度是中央齿 1/3 左右,是最小的齿。第二侧齿两列,单一齿尖,齿尖偏向第一侧齿,基部宽度和高度低于中央齿。第三侧齿两列,单一齿尖,呈弯刀状。缘板位于第三侧齿外侧,近长方形。

小孔蛸属 *Cistopus*

2.8 小孔蛸 *Cistopus sp.* (图版 -8)

中央齿 1 列,呈左右对称,具有 3 或 5 个齿尖,其中以 3 齿尖中央齿数量最多。除中央齿尖外,侧齿尖的位置在相邻中央齿间呈交错排列。紧靠中央齿两侧是第一侧齿,两列,单一齿尖,左右对称,齿型略偏向第二侧齿。其高度是中央齿 1/3 左右,其基部宽度达到中央齿的 1/4,是最小的齿。第二侧齿两列,单一齿尖,左右不对称,齿尖偏向中央齿方向,基部边缘弧度较大,靠近第一侧齿处。基部宽度与中央齿相近,而高度略低于中央齿。第三侧齿两列,单一齿尖,呈弯刀状,基部宽度较第一侧齿

宽,但高度在各列齿中最高。缘板位于第三侧齿两侧,近长方形。

#### 枪乌贼属 *Loligo*

#### 2.9 火枪乌贼 *Loligo beka* (图版 -9)

中央齿 1 列,呈左右对称,具 3 齿尖,齿的大小和形状一致。紧靠中央齿两侧是第一侧齿,两列,单一齿尖,左右对称,齿高度略低于中央齿,基部宽度约为中央齿 1/2 左右。第二侧齿位于第一侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,左右对称,齿形与第一侧齿相似。第三侧齿位于第二侧齿的外缘两侧,两列,单一齿尖,呈弯刀状,高度在各列齿中最高。缘板紧靠第三侧齿两侧,较小。

### 3 讨论

#### 3.1 齿舌在头足类分类学地位

国内已有多篇文献报道过采用扫描电镜技术观察头足类、腹足类和多板类等贝类齿舌<sup>[13-15]</sup>,为分类学提供了更有利的支持,在种质鉴定,特别是在形态分类的地位日渐重要。Nesis<sup>[16]</sup>认为枪乌贼和乌贼类第二、三侧齿相似,不过我们对火枪乌贼的观察看出其第一、二、三侧齿的齿形状都比较相似,且具缘板结构,而乌贼类则完全退化消失<sup>[13]</sup>。该枪乌贼与所观察蛸类的齿舌差别显著(图版 -9)。

#### 3.2 齿舌在蛸属种间的差异比较

从我们的研究中,可以看出齿舌在物种间差异明显,特别是中央齿侧齿尖的数量、位置和在中央齿列中的排列方式存在着差异,如真蛸 *O. vulgaris* (图版 -1) 的中央齿具有 3 或 5 个齿尖。中央齿之间通常是 2 个 3 齿尖型和 2 个 5 齿尖型重复交错,中央齿的侧齿尖位置不同;水蛸 *O. dofleini* (图版 -2) 中央齿具有 5 个齿尖。除中央齿尖外,侧齿尖的位置在相邻中央齿间呈交错排列;长蛸 *O. variabilis* (图版 -3) 也具有 5 个齿尖,但是中央齿尖两侧的 2 个侧齿尖位置在相邻中央齿间成升、降走势,具有一定的规律性排列<sup>[13]</sup>。其他的几种蛸也存在着差异。由此可见,中央齿形状、齿尖数、齿尖位置以及在相邻中央齿间的排列方式可以作为蛸类有效的分类特征。除齿舌中央齿在区分蛸类各种间起着显著作用,第一侧齿在分类中的作用也不可忽视,如水蛸的第一侧齿与其他种类存在显著差异(图版 -4)。

#### 3.3 齿舌形态差异与功能的关系

齿舌作为摄食器官,主要功能是将顎片咬碎的食物进一步进行研磨,并且通过齿的运动将食物运输到咽中。Nesis<sup>[16]</sup>认为第二、三侧齿是高度发达的,用于握住食物,中央齿相对较弱,仅起到防止食物从齿舌板中滑落。根据我们的观察结果,蛸齿舌的中央齿相当发达,齿尖 3—5 个,相邻中央齿间呈规律性排列,包括侧齿尖位置的升降变化;同时第二侧齿大小与中央齿相近,齿尖靠近中央齿,为这两类侧齿对食物起研磨作用提供了直接依据。而第一侧齿较矮小,与两侧的中央齿和第二侧齿正好形成一个类似双壳类唇瓣的食物运送沟的结构,经中央齿和第二侧齿研磨后的较小食物可以直接落到此沟中,经第一侧齿的运动将食物

向下运输。第三侧齿(边缘齿)是各列齿中最高的,可能与防止食物从齿舌带中脱落有关。董正之认为捕食对齿舌差异起着重要作用<sup>[17]</sup>。我们所采集的蛸类以摄食双壳类、甲壳类为主,发达的缘板大大提高了齿的功效,中央齿可更有利于嚼碎、研磨或去除食物中的坚硬物体,如贝壳、头胸甲等。

岩蛸 *O. sp.* (图版 -5) 是我国出口种类,其种名尚未确定。我国出口的蛸类主要是真蛸和水蛸。我们起初认为岩蛸为其中一种蛸的生长型,结果显示齿舌结构与水蛸和真蛸存在较大差异,其分类地位仍需进一步比较研究。

致谢:

本实验承蒙青岛大学医学院电镜室高级工程师谭金山的大力协助,特此感谢。

#### 参考文献:

- [1] Kristensen T K. Multivariate statistical analysis of geographic variation in the squid *Gonatus fabricii* (Lichtenstein, 1818) (Mollusca: Cephalopoda) [J]. *Malacologia*, 1982, 22: 581—586
- [2] Augustyn C J, Grant W S. Biochemical and morphological systematics of *Loligo vulgaris* Lamarck and *Loligo vulgaris reynaudii* d'Orbigny Nov. Comb. (Cephalopoda: Myopsida) [J]. *Malacologia*, 1988, 215—233
- [3] Borges T C. Discriminant analysis of geographic variation in hard structures of *Todarodes sagittatus* (Lamarck 1798) from North Atlantic Ocean [C]. *ICES Shell Symp. Paper*, 1990, 44
- [4] Roper C F E, Voss G L. Guidelines for taxonomic descriptions of cephalopod species [J]. *Mon. Nat. Mus. Victoria*, 1983, 44: 49—63
- [5] Sweeney M J, Roper C F E. Classification, type localities, and type repositories of recent Cephalopoda [J]. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 1998, 586: 561—599
- [6] Norman M D, Hochberg F G. The current state of octopus taxonomy [J]. *Phuket mar. biol. Cent. Res. Bull.*, 2005, 66: 127—154
- [7] Carvalho G R, Nigmatullin C H. Stock structure analysis and species identification. In P G. Rodhouse, et al (Eds.), *Squid Recruitment Dynamics* [C]. FAO Fisher. Tech. Paper. 1998, (376): 199—232
- [8] Kashiwada J, Recksiek C W. Possible morphological indicators of population structure in the market squid, *Loligo opalescens* [J]. *Calif. Fish & Game Fish Bull.*, 1978, 169: 99—111
- [9] Smith, P J, Roberts P E, Hurst R J. Evidence for two species of arrow squid in the New Zealand fishery [J]. *N. Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 1981, 15: 247—253
- [10] Brunetti, N E, Ivanovic M L. Distribution and abundance of early life stages of squid (*Illex argentinus*) in the south-west Atlantic [J]. *ICES. J. Mar. Sci.*, 1992, 49: 175—183
- [11] Xiao S, Zheng X D, Wang R C, et al. Current status and prospects of the research on increments of statoliths in Cephalopods [J]. *J. Fisher. Sci. China*, 2003, 10(1): 73—78 [肖述, 郑小东, 王如才, 等. 头足类耳石生长轮的研究现状及展望. 中国水产科学, 2003, 10(1): 73—78]

- [12] Zheng X D, Wang R C, Liu W Q. Study on the phenotypic variation in the common Chinese cuttlefish *Sepiella maindroni* in south China coastal waters [J]. *J. Ocean Univ. China*, 2002, **32** (5): 713—719 [郑小东, 王如才, 刘维青. 华南沿海曼氏无针乌贼表型变异研究. 中国海洋大学学报, 2002, **32** (5): 713—719]
- [13] Zheng X D, Wang R C. Morphological variation of radula of nine cephalopods in the coastal waters of China [J]. *J. Fisher. China*, 2002, **26** (5): 417—422
- [14] Li N, Liu Q S, Li H Y. Microstructure and ultrastructure of the radula of *Haliothis diversicolor* [J]. *Acta Hydrobio. Sin.*, 2008, **32** (6): 832—838 [李娜, 刘清神, 李海云. 杂色鲍齿舌的显微与亚显微结构. 水生生物学报, 2008, **32** (6): 832—838]
- [15] Li J S, Zhou S Q, Ke C H. Comparative study on radular morphology of polyplacophora in Fujian coast [J]. *J. Xiamen Univ (Natural Science)*, 2004, **43** (4): 581—584 [李进寿, 周时强, 柯才焕. 福建沿海多板类齿舌形态的比较研究. 厦门大学学报 (自然科学版), 2004, **43** (4): 581—584]
- [16] Nesis, K N. Cephalopods of the World [M]. TFH Publications Inc USA, 1987, 27, 119
- [17] Dong Z Z. Morphological comparison of the several structures of Cephalopods [J]. *Acta Zool. Sin.*, 1993, **39** (4): 348—354 [董正之. 头足类若干结构的形态比较. 动物学报, 1993, **39** (4): 348—354]



图版 9种头足类齿舌扫描电镜观察

Plate The radular observation of 9 cephalopods by SEM

1. 真蛸; 2. 水蛸, bar=100 µm; 3. 长蛸, bar=100 µm; 4. 短蛸; 5. 岩蛸, bar=100 µm; 6. 弯斑蛸; 7. 白点蛸; 8. 小孔蛸; 9. 火枪乌贼; a. 中央齿; b. 第 1 侧齿; c. 第 2 侧齿; d. 第 3 侧齿; e. 缘板
1. *Octopus vulgaris*; 2. *O. dofleini*, bar=100 µm; 3. *O. variabilis*, bar=100 µm; 4. *O. ocellatus*; 5. *O. sp.*, bar=100 µm; 6. *O. dofleini*; 7. *O. macropus*; 8. *Cistopus sp.*; 9. *Loligo beka*; a: the median tooth; b: the 1<sup>st</sup> lateral tooth; c: the 2<sup>nd</sup> lateral tooth; d: the 3<sup>rd</sup> lateral tooth; e: the marginal plate