

头足类腕上吸盘和内壳扫描电镜观察

陈道海^{①②} 邱海梅^②

① 湛江师范学院环北部湾海洋药用动物保护与利用研究所 湛江 524048;

② 湛江师范学院生命科学与技术学院 湛江 524048

摘要: 本文采用扫描电子显微镜对 7 种头足类腕上的吸盘及乌贼的内壳进行观察。结果表明, 蛸科 (Octopodidae) 的短蛸 (*Octopus ocellatus*)、真蛸 (*O. vulgaris*) 和长蛸 (*O. variabilis*) 腕的吸盘均无齿; 乌贼科 (Sepiidae) 的日本无针乌贼 (*Sepia japonica*) 和金乌贼 (*S. esculenta*) 的腕和触腕吸盘上的角质环均有齿, 且齿的形状不同, 虎斑乌贼 (*S. pharaonis*) 触腕的吸盘角质环光滑无齿; 枪乌贼科 (Loliginidae) 的中国枪乌贼 (*Uroteuthis chinensis*) 腕上吸盘的角质环无齿。对 3 种乌贼内壳横切面进行扫描电镜观察, 乌贼内壳的背表面和腹表面均由文石和铺在上面的球型颗粒构成, 但文石的形状和小球的排列存在种间差异, 这些差异可以作为头足类分类的辅助特征。

关键词: 头足类; 吸盘; 内壳; 扫描电镜

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2014)05-736-08

Surface Microstructures of Suckers and Their Endoskeletons in Cephalopods as Revealed by SEM

CHEN Dao-Hai^{①②} QIU Hai-Mei^②

① Zhanjiang Normal University, Round Beibu Gulf Institute for the Protection and Utilization of Marine Animals in Medicine, Zhanjiang 524048; ② Zhanjiang Normal University, College of Life Science and Technology,

Zhanjiang 524048, China

Abstract: In this paper, the surface microstructures of suckers and endoskeletons in seven species of Cephalopods, were observed by the scanning electron microscopy. Three samples from each structure were fixed with 2.5% pentanediol, and then, the suckers were cut, and endoskeletons were separated into 0.5 cm × 0.5 cm small pieces. All small pieces were dehydrated with 30%, 70%, 95% and 100% alcohol before observation by the scanning electron microscope. Samples were measured and pictures were taken after observation. The results showed that suckers of *Octopus ocellatus*, *O. vulgaris* and *O. variabilis* (belong to Octopodidae) had no teeth. There were teeth, on the suckers surface in populations of *Sepia japonica* and *S. esculenta* (belong to Sepiidae), and their suckers had cuticular ring. Teeth structures varied in different species. However, in population of *S. pharaonis*, the suckers contained smoothy cuticular ring but had no teeth, while in the population of *Uroteuthis chinensis*, the suckers contained cuticular rings but had no teeth. In these cuttlefishes observed by scanning electron microscopy, all the endoskeletons surfaces (back and ventral) were composed of aragonite and small spherical particles, but the shape of aragonite and the arrangement of the

基金项目 国家星火计划项目 (No. 2012GA780020), 广西科技合作与交流计划项目 (No. 桂科合 1346011-25), 广东省教育部产学研合作专项 (No. 2011B090400274), 广东省海洋渔业技术推广专项 (No. A200899E01), 湛江市科技攻关项目 (No. 2011D0244);

第一作者介绍 陈道海, 男, 教授; 研究方向: 贝类生物学; E-mail: dhchen11@21cn.com。

收稿日期: 2013-10-30, **修回日期:** 2014-03-04

spheric particles varied in different species. These differences could be used to classify Cephalopods species as auxiliary characters.

Key words: Cephalopods; Sucker; Endoskeleton; Scanning electron microscope (SEM)

头足类 (Cephalopod) 隶属于软体动物门 (Mollusca), 主要包括鹦鹉螺目 (Nautiloidea)、乌贼目 (Sepioidea)、枪形目 (Idiosepiida)、八腕目 (Octopoda) 4 大类, 全部海产。全世界头足类产量已达 2×10^6 t (Carvalho 1998), 在无脊椎动物中占有重要地位。我国是世界捕捞头足类的主要国家之一, 已发现 95 种 (郑元甲等 1999)。头足类肉质肥厚而鲜美, 富含蛋白质和氨基酸, 可食用部分占总体的 90% 以上, 具有高营养、生活史较短 (通常为 1 年) 和生长快等特点, 是一类很有前景的海水养殖种类和海洋中数量最大、最具潜在价值的蛋白质资源 (Nesis 1987)。头足类的内壳 (中药名海螵蛸) 和墨囊具有较高的药用价值 (符方尧等 2005)。半世纪来, 在头足类的分类区系、形态结构、胚胎发育、生理生态和渔业资源等基础研究和加工等应用研究方面做了许多工作, 进展迅速 (李嘉泳 1965, 李复雪 1983, 董正之 1993, 吕国敏等 2007)。内壳 (即海螵蛸) 的报道多集中于药学方面 (王劲松 2006)。腕和吸盘都是头足类动物捕食和对付天敌的有力武器, 但是, 有关头足类腕上吸盘及乌贼内壳微结构的研究却很少。研究头足类腕的吸盘及乌贼内壳的微结构, 可为丰富基础知识提供资料。

1 材料与设备

隶属于 3 科 3 属的 7 种实验材料具体采集信息见表 1。

主要设备有: 电子天平 (SHIMADZU Coportion, 日本, 量程 200 g, 精度 0.000 1 g), 扫描电子显微镜 (Philips XL-30, 荷兰)。

2 方法

2.1 材料制备 将收集回来的活体材料分类编号, 用水冲洗干净后, 取其腕和触腕上的吸盘及乌贼内壳, 并切成 $0.5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$ 的小块, 分别放进离心管, 加入固定液, 贴上标签, 置于 4°C 的冰箱中保存。固定液配制方法是, 先配制 pH 为 7.2 的磷酸缓冲液, 再用移液管量取 0.2 mol/L 的磷酸缓冲液 50 ml 加 25% 戊二醇 10 ml, 然后定容至 100 ml。

2.2 材料处理 将样品取出, 依次放入 30%、70%、95%、100% 的乙醇中进行脱水处理, 每次脱水约 5 min, 确保彻底脱水。将脱水后的样品取出, 待干燥后将样品贴在样品台上, 记录好编号, 接着进行样品表面导电处理, 约 15 min。

2.3 材料观察 每一结构取 3 个处理好的样

表 1 实验材料信息

Table 1 The information of specimen

科 Family	种 Species	采集时间(年-月-日) Acquisition time (Year-month-date)	标本来源 Specimen source
乌贼科 Sepiidae	日本无针乌贼 <i>Sepia japonica</i>	2009-11-28	湛江沿海近岸海域
	金乌贼 <i>S. esculenta</i>	2009-11-28	湛江沿海近岸海域
	虎斑乌贼 <i>S. pharoonis</i>	2009-12-03	湛江东海岛近岸海域
枪乌贼科 Loliginidae	中国枪乌贼 <i>Uroteuthis chinensis</i>	2009-12-08	湛江东海岛近岸海域
	短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	2009-12-03	湛江沿海近岸海域
蛸科 Octopodidae	真蛸 <i>O. vulgaris</i>	2009-12-05	湛江沿海近岸海域
	长蛸 <i>O. variabilis</i>	2009-12-05	湛江东海岛近岸海域

品进行观察,样品放在扫描电子显微镜下进行观察、测量和拍照。

3 结 果

3.1 7 种头足类的吸盘

3.1.1 头足类吸盘的形态差异和排列特点

头足类吸盘分布在腕和触腕上,吸盘的数量和形状具有科间差异。乌贼科物种的腕吸盘都是4行,除了虎斑乌贼有个别吸盘特别扩大以外,其他物种的吸盘大小相近(表2)。蛸科物种的腕吸盘都是2行。枪乌贼科的中国枪乌贼腕吸盘2列,大小有差异,第三对腕中部的吸盘最大,但触腕上的吸盘列数不一样。乌贼科、枪乌贼科、蛸科,这3个科物种的腕吸盘列数有所不同,而且同一科动物的腕吸盘大小相

近,不同科动物之间的腕吸盘大小有差别,蛸科的吸盘要比其他两个科的吸盘大,且其无触腕。

3.1.2 7种头足类吸盘的表面结构比较 不同的种类,吸盘表面的细微结构不同(表3)。根据角质环是否有齿,头足类的吸盘可以分为两大类,一类是角质环具齿的,如金乌贼的吸盘(图1a)上面有角质环(图1b),整个角质环上有齿(图1c),为不规则、密集或稍愈合的钝形小齿(图1d)。日本无针乌贼的吸盘上也有角质环(图2a),角质环上也有齿(图2b),但日本无针乌贼腕的吸盘内角质环的齿是大小相间的(图2c),而且齿光滑(图2d)。虎斑乌贼角质环光滑,无齿(图2e, f)。中国枪乌贼腕吸盘角质环外缘具小齿(图3a)、短蛸、真蛸和长

表2 头足类吸盘的形态特征比较

Table 2 Comparison on sucker morphology in different Cephalopods species

物种 Species	腕的吸盘 Arm' sucker	触腕的吸盘 Sucker of tentacle
日本无针乌贼 <i>Sepia japonica</i>	吸盘4列,大小相近	吸盘16~32列,大小相近
金乌贼 <i>S. esculenta</i>	吸盘4列,大小相近	吸盘12列,大小相近
虎斑乌贼 <i>S. pharoanis</i>	吸盘4列,各吸盘大小相近	吸盘8列,大小稍有差异,第3和第4列5~6个吸盘十分扩大
中国枪乌贼 <i>Uroteuthis chinensis</i>	吸盘2列,大小有差异,第三对腕中部的吸盘最大	吸盘4列,大小稍有差异,中部两列吸盘扩大
短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	吸盘2列,大小相近	无
真蛸 <i>O. vulgaris</i>	吸盘2列,大小相近	无
长蛸 <i>O. variabilis</i>	吸盘2列,大小相近	无

表3 头足类的吸盘微结构比较

Table 3 Comparion on sucker surface microstructure in different Cephalopods species

种名 Species	腕的吸盘 Arm' sucker	触腕的吸盘 Sucker of tentacle
日本无针乌贼 <i>Sepia japonica</i>	角质环有20~30大小相间齿,齿光滑	角质环远端7个尖齿,近端齿光滑
金乌贼 <i>S. esculenta</i>	角质环具有不规则钝形小齿	角质环具有不规则钝形小齿
虎斑乌贼 <i>S. pharoanis</i>	角质环不具齿	角质环光滑无齿
中国枪乌贼 <i>Uroteuthis chinensis</i>	角质环外缘具小齿	吸盘4行,角质环有齿
短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	无齿	无触腕
真蛸 <i>O. vulgaris</i>	无齿	无触腕
长蛸 <i>O. variabilis</i>	无齿	无触腕

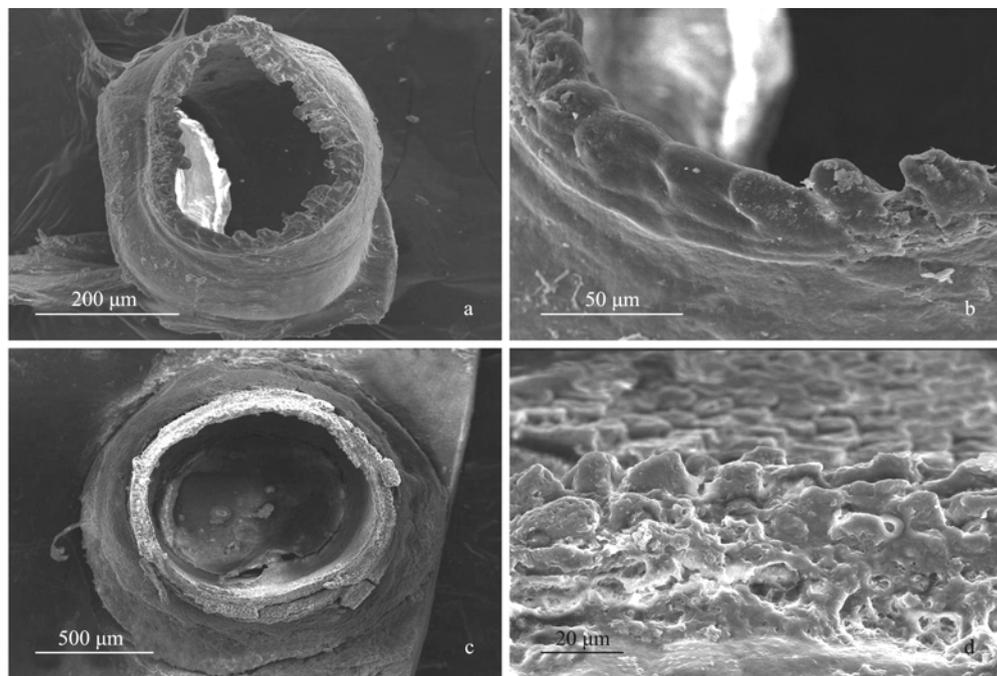


图 1 金乌贼吸盘的扫描电镜结构

Fig. 1 The sucker SEM structure in cuttlefish *Sepia esculenta*

a. 触腕吸盘整体; b. 触腕吸盘角质环放大; c. 腕吸盘整体; d. 腕吸盘角质环放大。

a. The whole plate of tentacle's sucker; b. Enlarged cuticular ring of tentacle's sucker; c. The whole plate of arm's sucker; d. Enlarged cuticular ring of arm's sucker.

蛸腕的吸盘无角质环、无齿(图 3b~d)。

3.2 乌贼科物种的内壳

3.2.1 内壳的形态特征比较 不同种乌贼的内壳形态特征有差异,日本无针乌贼和金乌贼的内壳形状都是椭圆形,前端较窄,后端较圆;虎斑乌贼的内壳形状是长椭圆形,前端钝圆,后端尖锐。而且,3种乌贼的内壳腹面横纹和针骨也不同(表 4)。

3.2.2 内壳的微结构特征 在文石层的上面可以看到有很多球状的晶体。3种乌贼的显微结构大体相同,都是由文石和铺在上面的球状颗粒构成,但是这些文石的形状和球状颗粒的排列方式存在差异,腹面和背面也不同。例如,日本无针乌贼的内壳背面是由不规则晶体、排列疏松的小球型晶体和片状晶体组成(图 4a, b)。腹面是由排列疏松且不规则的球型颗粒组成(图 4c, d)。

金乌贼内壳背面是由不规则晶体和球型颗

粒组成,球型颗粒排列紧密,每 4 个小球颗粒连在一起,排列成一层,第三层由片状的晶体组成(图 5a, b)。腹面是由小球型晶体组成,小球型晶体内侧出现片状晶体堆叠层,在片状晶体内面,还有一层网孔状结构(图 5c, d)。

虎斑乌贼内壳的背面是由一些不规则的多边形、小球型晶体组成(图 6a, b),小球型晶体排列疏松。腹面是由排列紧密的球状小颗粒和不规则晶体组成(图 6c, d)。

4 讨论

4.1 7 种头足类的形态特征观察 有关腕上吸盘的微结构研究很少涉及。本文所观察的 7 种头足类的腕上吸盘,乌贼科 3 种的腕吸盘呈 4 行,蛸科 3 种的腕上吸盘呈 2 行。中国枪乌贼 4 对腕吸盘均 2 行,触腕上吸盘 4 行。这个差异可以作为分类的辅助特征。

乌贼内壳,又名海螵蛸,主要是碳酸钙

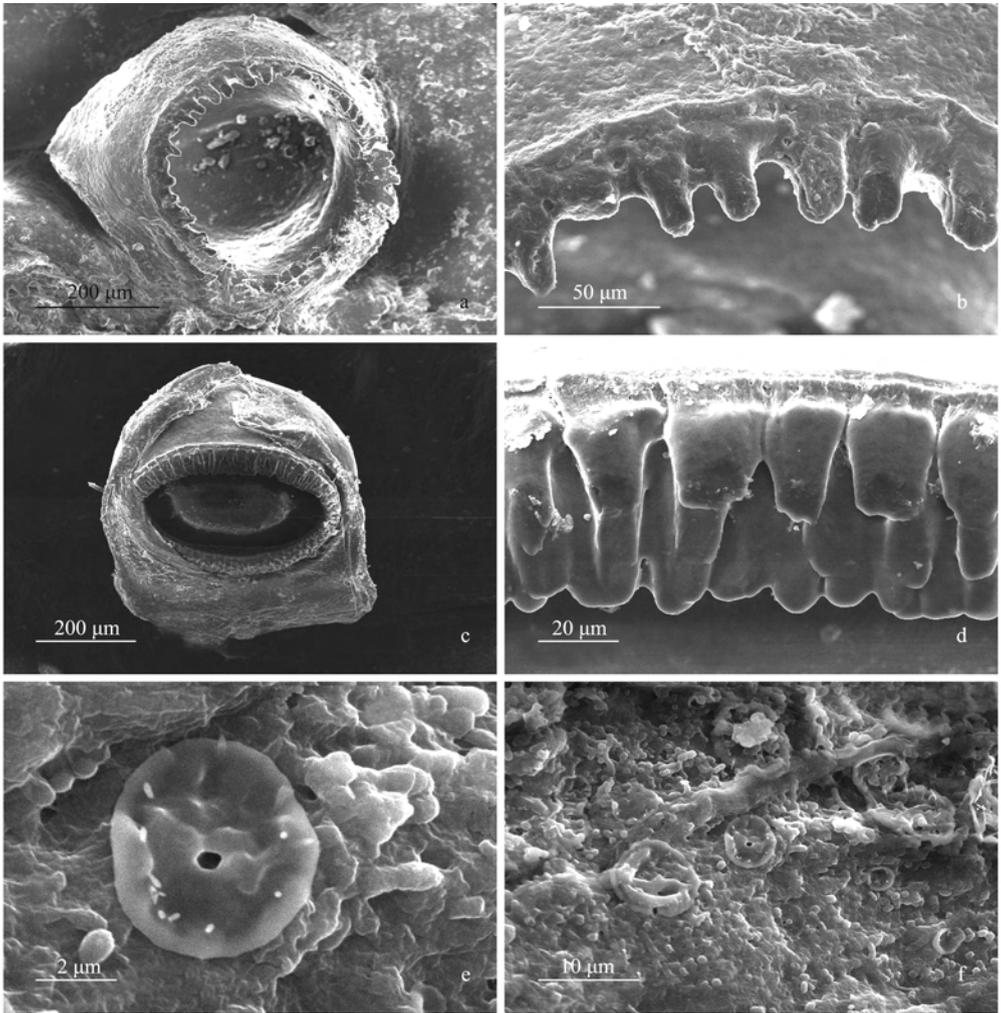


图 2 虎斑乌贼和日本无针乌贼吸盘的扫描电镜结构

Fig. 2 The sucker SEM structure in cuttlefish *Sepia japonica* and *S. pharoensis*

a. 日本无针乌贼触腕吸盘整体; b. 日本无针乌贼触腕吸盘角质环放大; c. 日本无针乌贼腕吸盘整体; d. 日本无针乌贼腕吸盘角质环放大; e. 虎斑乌贼触腕吸盘整体; f. 虎斑乌贼触腕吸盘。

a. The whole plate of tentacle's sucker in *S. japonica*; b. Enlarged cuticular ring of tentacle's sucker in *S. japonica*; c. The whole plate of arm'sucker in *S. japonica*; d. Enlarged cuticular ring of arm'sucker in *S. japonica*; e. The whole plate of tentacle's sucker in *S. pharoensis*; f. The whole plate of tentacle's sucker in *S. pharoensis*.

(刘金华 2006)。3 种乌贼科动物内壳为石灰质, 只有日本无针乌贼内壳没有骨针, 金乌贼和虎斑乌贼的内壳都有骨针。中国枪乌贼的内壳特化为角质状。

4.2 7 种头足类的显微结构观察 在扫描电镜下对 7 种头足类的腕和触腕吸盘、乌贼的内壳进行显微观察, 发现这些头足类可以根据吸盘角质环是否具齿来区分, 例如, 乌贼科的日

本无针乌贼和金乌贼的吸盘上有角质环, 角质环都有齿, 虎斑乌贼腕上的吸盘也有角质环, 但是角质环上无齿。蛸类的吸盘具有角质环但不具齿。

乌贼的石灰质内壳, 其主要化学成分是碳酸钙, 约占 80% ~ 85%, 壳角质 6% ~ 7%, 黏液质 10% ~ 15%, 并含少量氯化钠、磷酸钙、镁盐等(郭一锋 2007)。由于内壳是一种常见的

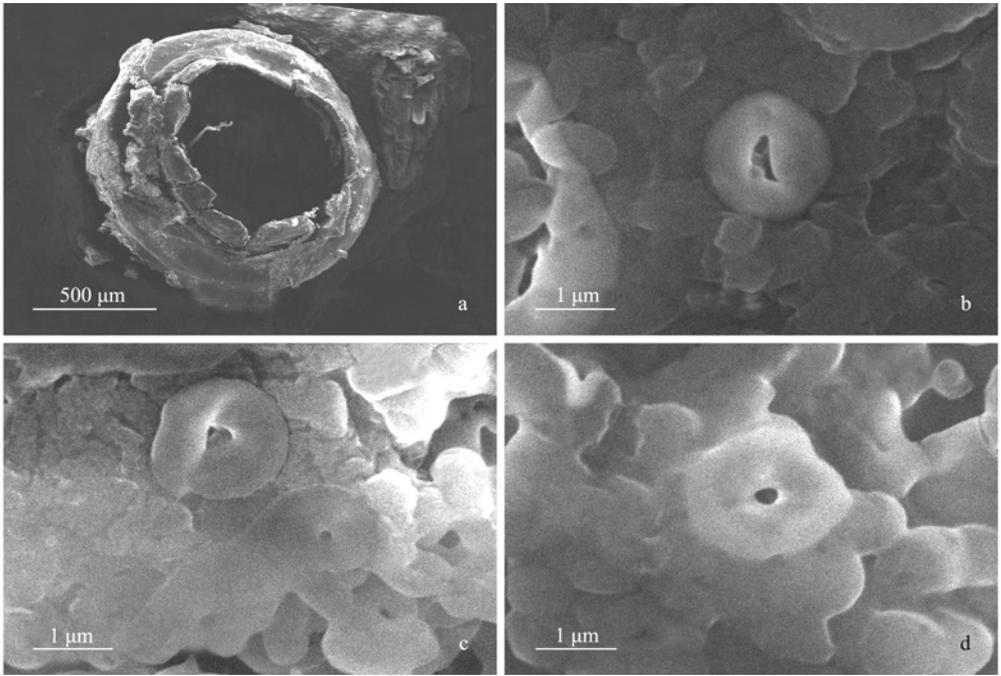


图 3 中国枪乌贼和 3 种蛸类吸盘的扫描电镜观察

Fig. 3 The sucker SEM structure in *Uroteuthis chinensis* and 3 Octopoda species

a. 中国枪乌贼腕吸盘整体; b. 短蛸腕吸盘整体; c. 真蛸腕吸盘整体; d. 长蛸腕吸盘整体。

a. The whole plate of arm'sucker in *Uroteuthis chinensis*; b. The whole plate of arm'sucker in *Octopus ocellatus*; c. The whole plate of arm'sucker in *O. vulgaris*; d. The whole plate of arm'sucker in *O. variabilis*.

表 4 3 种乌贼的内壳的形态特征比较

Table 4 Comparison on morphological characteristics of endoskeletons in three cuttlefish species

物种 Species	内壳形状 Endoskeleton shape	内壳腹面横纹 Ventral cross grain	骨针 Spicule
日本无针乌贼 <i>Sepia japonica</i>	椭圆形, 前端较窄, 后端较圆	倒U字形	无
金乌贼 <i>S. esculenta</i>	椭圆形, 前端较窄, 后端较圆	单峰型, 峰顶略尖	有, 骨针粗壮
虎斑乌贼 <i>S. pharoonis</i>	长椭圆形, 前端钝圆, 后端尖锐	倒V字形的单峰型	有, 骨针短尖

中药材而被广泛关注, 但对它们的微结构没有进行过比较研究。

较早的资料显示, 乌贼内壳主要由棒状文石层堆砌而成, 外观呈多孔的房架式结构(李嘉泳 1965)。其文石结构稍类似于某些贝壳的珍珠层结构, 有些乌贼的内壳也有分层现象, 层与层之间的结构也不一样, 这一特征与贝壳的分层相似, 例如, 日本无针乌贼和金乌贼的内壳背面就有分层现象, 而且每层的晶体组成不同。乌贼内壳都是由文石和铺在上面的球型晶体颗粒构成。但是, 不同种乌贼内壳中这些

文石的形状和球型晶体颗粒的排列是不同的, 例如, 金乌贼内壳腹面是由球状晶体、片状晶体和网状结构组成, 这与王劲松等(2006)的报道结果相似, 而虎斑乌贼内壳的腹面是由排列紧密的球型小晶体和一些不规则的晶体颗粒组成。日本无针乌贼内壳背面由一些不规则的小晶体颗粒、排列疏松的球型晶体颗粒和片状晶体组成, 腹面却是由排列疏松的球型颗粒组成, 球状颗粒内侧光滑平整。

乌贼内壳的骨架是由“横墙”和“竖墙”规则搭建而成的多孔架式结构(刘金华等 2006)。

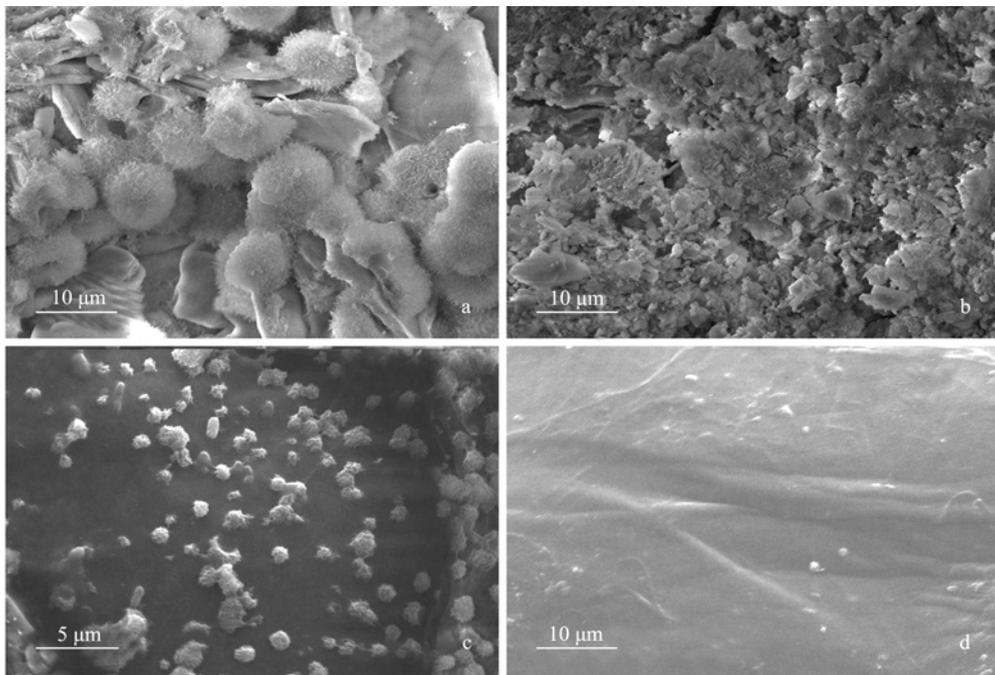


图 4 日本无针乌贼内壳扫描电镜图

Fig. 4 The endoskeleton SEM structure in cuttlefish *Sepia japonica*

a, b. 内壳背面观; c, d. 内壳腹面观。

a, b. The dorsal view of an endoskeleton; c, d. The ventral view of an endoskeleton.

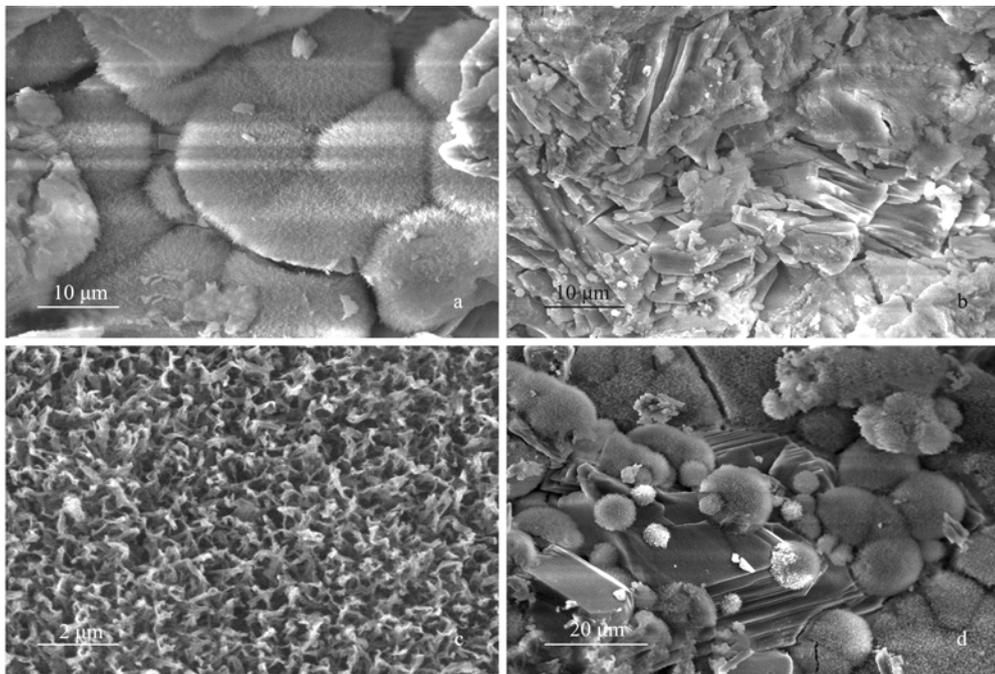


图 5 金乌贼内壳扫描电镜图

Fig. 5 The endoskeleton SEM structure in cuttlefish *Sepia esculenta*

a, b. 内壳背面观; c, d. 内壳腹面观。

a, b. The dorsal view of an endoskeleton; c, d. The ventral view of an endoskeleton.

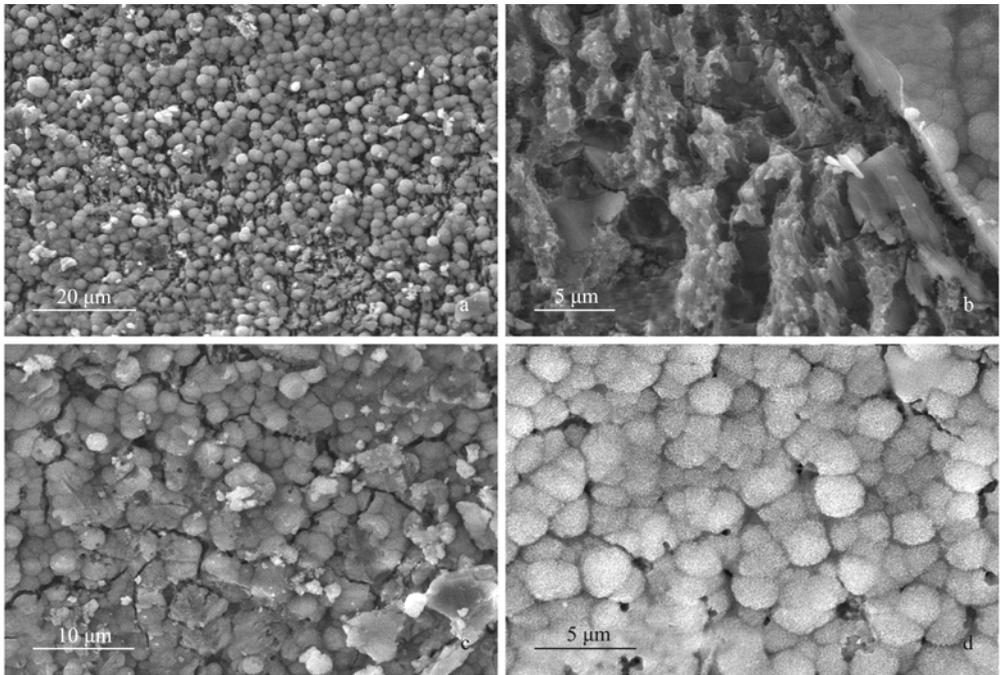


图 6 虎斑乌贼内壳扫描电镜图

Fig. 6 The endoskeleton SEM structure in cuttlefish *Sepia pharoanis*

a, b. 内壳背面观; c, d. 内壳腹面观。

a, b. The dorsal view of an endoskeleton; c, d. The ventral view of an endoskeleton.

本文观察的 3 种乌贼骨横切面微结构与刘金华等(2006)的结果相似, 3 种乌贼内壳横切面的微结构没有多大差别, 内壳的“横墙”和“竖墙”的外侧被一层光滑的薄膜包裹, “墙”由棒状文石层有序堆砌而成。这种多孔房架式结构, 相互贯通, 有利于寄主血管、细胞进入, 因此, 被当作接骨材料成功应用(刘艺等 1996, 1998, 周蔚等 2007)。

参 考 文 献

- Carvalho G R. 1998. Nigmatullin Ch M. Stock structure analysis and species identification// Rodhouse P G, Dawe E G, O'Dor R K. Squid Recruitment Dynamics. Rome: FAO Fish Technology Paper, 376, 199 - 232.
- Nesis K N. 1987. Cephalopods of the World: Squids, Cuttlefishes, Octopuses, and Allies. Neptune City, New Jersey, USA: TFH Publications Inc., 9.
- 董正之. 1993. 中国海洋科学研究及开发. 青岛: 青岛出版社, 23 - 26.
- 符方尧, 蒋霞敏, 柳敏海. 2005. 曼氏无针乌贼的药用价值及其人工养殖. 中国水产, (12): 26 - 27.
- 郭一锋, 冯伟华, 焦炳华. 2007. 海螵蛸基础研究和临床应用. 中药材, 30(8): 1042 - 1045.
- 李复雪. 1983. 台湾海峡头足类区系的研究. 台湾海峡, 2(1): 103 - 109.
- 李嘉泳. 1965. 金乌贼(*Sepia esculenta* Hoyle)在我国黄渤海的生殖洄游和发育//太平洋西部渔业研究委员会. 太平洋西部渔业研究委员会第六次全体会议论文集. 北京: 科学出版社, 61 - 92.
- 刘金华, 王大志. 2006. 乌贼骨及其水热改性制备羟基磷灰石的研究. 无机材料学报, 21(2): 433 - 440.
- 刘艺, 顾国奎, 刘克全, 等. 1996. 海螵蛸接骨动物实验的组织学研究. 中国中医骨伤科杂志, 3(5): 6 - 8.
- 刘艺, 张安帧, 王和鸣, 等. 1998. 海螵蛸接骨动物实验研究. 福建中医药, 19(3): 49 - 51.
- 吕国敏, 吴进锋, 陈利雄. 2007. 我国头足类养殖研究现状及开发前景. 南方水产, 3(3): 61 - 66.
- 王劲松. 2006. 海螵蛸的研究概况. 科普天地, (3): 56 - 57.
- 郑元甲, 凌建忠, 严利平, 等. 1999. 东海区头足类资源现状与合理利用的探讨. 中国水产科学, 6(2): 52 - 56.
- 周蔚, 吴海涛, 李采. 2007. 海螵蛸作为组织工程支架材料的实验研究. 复旦学报: 医学版, 34(3): 438 - 441.