

# 三种海鸟卵壳的超微结构和无机成分的研究

赛道建 孙京田\* 李六文 王书运\* 邱 军

(山东师范大学生物系, \* 电镜室 济南 250014)

**摘要** 应用扫描电镜和 TN-5500 能谱仪对三种海鸟卵壳的超微结构和基本无机元素进行研究分析,结果表明,基本结构相似,但表层突起和裂纹、乳锥和锥体形态结构,以及气孔在单位面积内的数量、壳膜与卵壳的锚连方式、壳膜元素组成等都存在着不同,这既反映其遗传、繁殖生理功能上的差异,也显示了不同种鸟卵壳之间的相似和相异性,因而对研究鸟类分类和地理分布具有一定参考价值。

**关键词** 白额鸕 黑叉尾海燕 扁嘴海雀 卵壳超微结构 无机元素分析

鸕形目的白额鸕(*Puffinus leucomelas* 以下称鸕)、黑叉尾海燕(*Oceanodroma monorhis* 以下称海燕)与鸥形目的扁嘴海雀(*Synthliboramphus antiquus* 以下称海雀)分布在太平洋西北海域,在黄海一些海岛上繁殖。国内仅见其繁殖生态和行为的初步研究<sup>[1-4]</sup>。本文 1994 年 9—10 月,对三种海鸟卵壳的超微结构和基本无机元素成分进行比较研究。

## 1 材料和方法

三种海鸟的卵壳从大公岛和长门岩岛上采

得,鸕和海燕之卵壳大小差异很大,前者卵径约 46mm×70mm(21 枚),后者卵径约 23mm×31mm(33 枚),前者较后者稍尖,但外形相似,纯白无斑;海雀的卵径约 38mm×60mm(20 枚),呈长椭圆形,浅褐灰色,表层和里层布满大小不等的棕褐色和黑褐色二层斑点,质地较硬。

在三种海鸟卵壳的相应部位各取下 7 小块,共同置于 25℃ 温箱内干燥 32h,再将样品的观察面朝上在样品托上,IB-5 离子溅射仪镀铂

收稿日期:1995-12-11,修回日期:1996-06-18

(厚约 15nm), 送入日立 S-570 扫描电镜中按相应部位对比观察拍照。用于能谱分析之样品, 表面喷镀一层碳, 在日立 H-800 扫描附件上用 TN-5500<sup>°</sup>x-射线能谱仪进行元素分析。

## 2 结果与分析

输卵管腺细胞分泌的透明蛋白类物质在卵壳的表面形成一层保护膜, 可防止水分丧失及细菌的侵入, 使产于较潮洞穴中的卵免受污染, 保持清洁光泽, 孵卵后期将失去这种光泽。

**2.1 卵壳结构的扫描电镜观察** 三种海鸟卵壳断面基本结构(见图版 I: 1、6、11)与其它鸟类相似<sup>[5-9]</sup>。从内向外分为壳层(eggshell membrane)、乳锥层(mammary cone layer)、锥体基层(mammary cone basal layer)、海绵层(spongy layer)和表层(outer layer), 但形态上呈明显不同。

壳膜对卵内容物起着保护和把内容物锚在卵壳上的作用。电镜下, 壳膜断面可分为内外二层, 内层纤维较外层稀疏, 内表面观, 由粗细不等的蛋白纤维构成, 纤维纵横交错呈网格状多层排列, 其上有芽状突起。鸕(见图版 I: 1、2)的壳膜纤维呈网状, 分布较均匀, 纤维走向多样, 芽突多呈小球状。海燕(见图版 I: 6、7)壳膜纤维走向基本一致, 轴纤维较枝纤维粗, 芽突呈棒状或小球状二种。海雀(见图版 I: 11、12)壳膜纤维呈明显的树枝状, 轴纤维较侧枝纤维粗, 走向基本一致, 芽突少。

鸕和海燕在夏季、海雀在冬季来大公岛等海岛上进行繁殖, 壳膜纤维间的空隙、密度和粗细等方面的不同, 可能与卵质及其生理功能有关。

乳锥层(见图版 I: 1、6、11 和 3、8、13), 三种海鸟均呈现多角形锥体状, 乳锥顶面观方解石结晶均以锥核孔为中轴呈辐射状排列, 可分为发达和不发达二种基本类型。鸕和海燕的乳锥比海雀的乳锥肥大, 但数量较少, 壳与壳膜间隙宽大。鸕的乳锥呈蘑菇状或散射晶杆状; 海燕的花瓣状乳锥呈菊花状或锥形和板块状; 海雀的花瓣状乳锥呈月季花状或小块状和平台

状。在发达的花瓣状乳锥上有纤维缠绕, 由此可见, 花瓣结构有助于壳膜纤维锚在其上。

锥体基层较海绵层致密, 其间有内气孔开口, 不同鸟类是不一样的。鸕的锥体基层与壳面平行, 呈棱柱状, 有鹅卵石和多角形二种(见图版 I: 1、3); 海燕的锥体基层呈近似三角形和接近圆形二种形态(见图版 I: 6、8); 海雀的锥体基层呈排列有序的棱柱状, 多为近似方形(见图版 I: 11、13), 此层较厚, 其基部与海绵层界限不清, 不似鸕和海燕那样界限分明。

海绵层(见图版 I: 1、4、6 和 9、11、14)较厚, 质地较硬, 是卵壳的主体部分。由有机质和方解石晶体构成, 方解石晶体沉积在片层基质中, 其上有众多纵横交错的气孔, 气孔管内层膜质白色、外层钙质灰黑色, 断面过程中可将膜质气管拉出(见图版 I: 9)。鸕的片层状结构及气孔均不发达; 海燕的气孔较粗而发达, 缺少片层状结构; 海雀则二者均发达, 并且气孔管较细。单位面积内气孔数目为鸕: 海燕: 海雀 = 10.5 : 18.3 : 24.1, 气孔管直径则分别为 5.88 $\mu\text{m}$ 、6.56 $\mu\text{m}$ 、5.36 $\mu\text{m}$ 。

表层(见图版 I: 1、6、11 和 5、10、15)薄而且表面粗糙, 凹凸不平, 可分为基质层和表面突起两部分。鸕卵壳表面突起大而不规则, 气孔口小而少; 海燕卵壳表面突起小而多且均匀, 气孔口多而大; 二者气孔外口在卵壳表面凹凸处均可见。海雀卵壳表面和前二者不同, 呈明显而不规则的龟背状裂纹, 表面的球状突起大小不等、分布不均, 极少见气孔外口, 仅见于壳表凹陷处, 和鸡形目卵壳相似<sup>[5,8]</sup>。

**2.2 三种卵壳基本无机成分的 TN-5500 能谱分析** 壳及壳膜的 TN-500 能谱仪分析结果表明, 壳的主要无机成分为钙, 即方解石晶体构成, 其波峰相似(见图 1), 但其钙的相对含量为鸕 > 海燕 > 海雀。

壳膜由硫(S)、钾(K)、氯(Cl)等元素构成, 其含量为海雀 > 鸕 > 海燕, 其它鸟类则缺乏这些元素, 此外, 海燕的壳膜含有一定量的钙(Ca), 海雀的壳膜含有一定量的硅(Si), 这是其它二种海鸟所没有的。

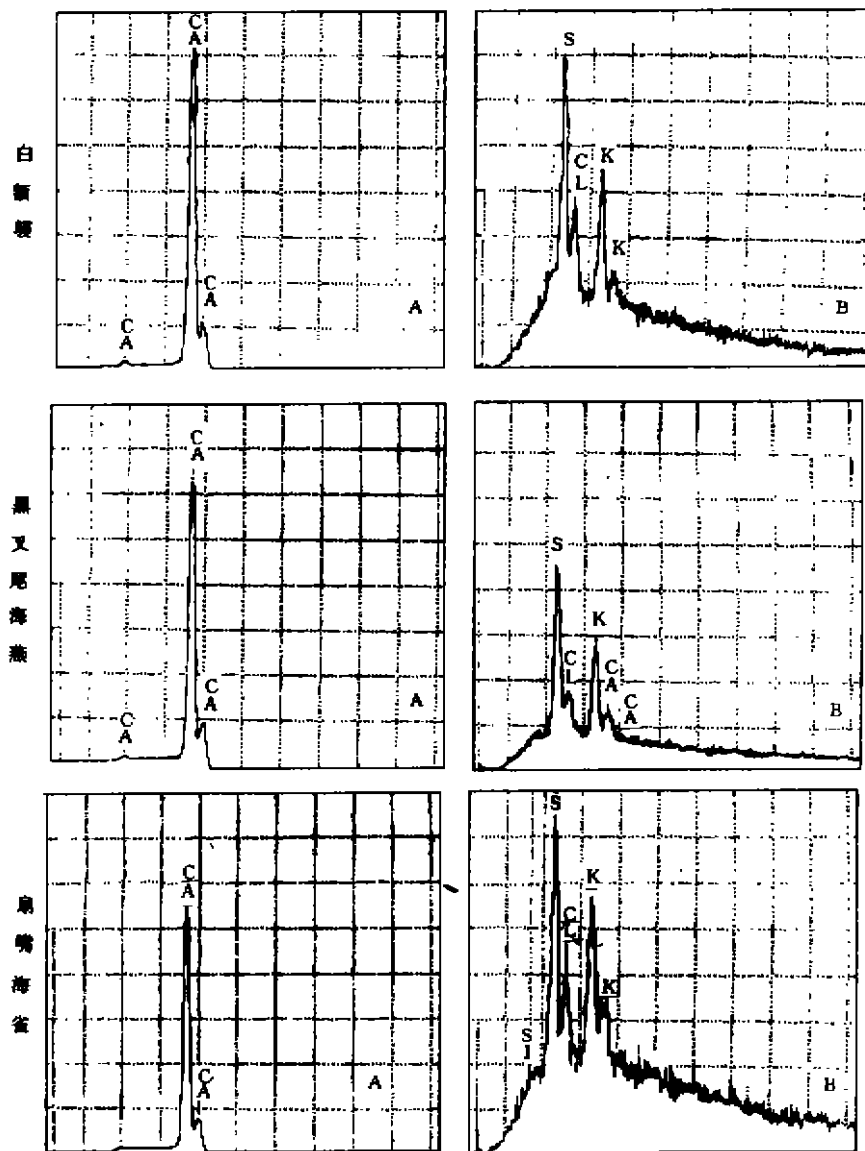


图1 三种卵壳的基本无机成分分析

A: 卵壳; B: 壳膜

### 3 讨论

三种海鸟在同一海岛上繁殖,隶属于2目3科,卵壳的基本结构、元素组成相似,但是,不仅卵的形态、大小、卵壳的斑纹明显不同,而且卵壳的扫描电镜和无机元素能谱分析表明,超微结构和元素含量在不同种、属间存在明显差

异。在夏季繁殖的海燕和鹱卵壳气孔多贯穿表层,气孔管分枝稍有利于气体和水分的通透;海雀冬季在岛上繁殖,卵壳表层气孔少见,内部气孔片层结构多,既保证通气,又可防止冷空气的侵袭,有利于孵化。乳锥、锥体和纤维结构、排列方式的不同,则与壳膜的锚连方式不同有关。亲缘关系近者相似性较大,可能与鸟类的系统

分类及演化有一定的关系。总之,由于遗传、生理和输卵管形态结构等因素的作用,各种鸟卵壳的形态、成分及斑纹性状都具有一定的种属特异性,这不仅与卵壳超微结构有关,而且与卵壳生理功能有关<sup>[9]</sup>。

Hegstel认为,硅是必需元素,少量的硅有利于胚期骨的形成与钙化,并在粘多糖代谢、胶原物质形成机理中起重要作用<sup>[10]</sup>,因而壳膜含有一定量的硅,有利于雏海雀出壳后即跟随亲鸟下海活动,而鸕和海燕则需在巢内经历约2个多月的育雏期,才能离巢。

硫是环境污染硫化物的重要组成成分。三种海鸟均比其它鸟类多含一定量的硫,是与其摄食含较多硫、钾、氯的海洋生物有关,还是与环境污染的生物积累作用有关,尚需进一步深入研究。

**致谢** 崔志军提供部分卵壳。

## 参 考 文 献

- 1 赛道建. 白额鸕繁殖生态初报. 动物学研究, 1993, 14(2): 117, 142.
- 2 赛道建, 曾善东. 黑叉尾海燕繁殖行为观察. 中国动物学会成立60周年纪念陈桢教授诞辰100周年论文集. 北京: 科学技术出版社, 1994. 349—353.
- 3 崔志军. 扁嘴海雀繁殖及迁徙的研究. 动物学杂志, 1993, 28(4): 27—30.
- 4 Shaw, T H The avifauna of Tsingtao and neighbouring districts Bull. Fan Inst. Biol. 1938, (8): 133—222.
- 5 卢太春, 甘雅玲, 何芬奇等. 红腹锦鸡和白腹锦鸡卵壳的超微结构. 动物学研究, 1992, 13(2): 223—227.
- 6 李福来, 秦在贤, 滕怀妹. 朱鹮卵壳的超微观结构和成分研究. 动物学研究, 1990, 11(3): 173—178.
- 7 李湘涛. 略谈鸟蛋壳. 生物学通报, 1987, (3): 4—5.
- 8 Board, R. C. Properties of avian eggshell and their adaptive value Bil. rec. 57: 1—28 1982 Printed in Great Britain.
- 9 李柏年, 高金城, 王代偈. 卵壳的电镜观察. 电子显微学报, 1988, 7(3): 21.
- 10 Hegstel, D. M. (侯祥川译). 现代营养学. 北京: 人民卫生出版社, 1985. 232—234.

## COMPARATIVE STUDY ON COMPOSITION AND ULTRASTRUCTURE OF EGG SHELL IN THREE SEABIRDS

SAI Daojian SUN Jingtian LI Liuwen WANG Shuyun QIU Jun

(Biology Department and Analysis Testing Center of Shandong Normal University Jinan 250014)

**ABSTRACT** We observed different sections of eggshells from three seabirds with scanning electron microscopy. The fibres in the eggshell membranes are arranged in different orientation and are of different structure. There are some divergence among tangential sections of the mammillary cones and mammillary cone-bodies. The numbers of air pores in the spongy and outer layers are different, too.

The element composition and content in the eggshells were analysed with TN-5500 Energy Dispersive Spectrum. There are some Si in Ancient Murrelet eggshell membrane, and some S in the eggshell, whether the element contents are related to the environment or food needs further study. The differences in structure and composition may be related to the function and property of the eggshells.

**KEY WORDS** White-fronted Shearwater Swinhoe's Storm-petrel Ancient Murrelet Eggshell Ultrastructure

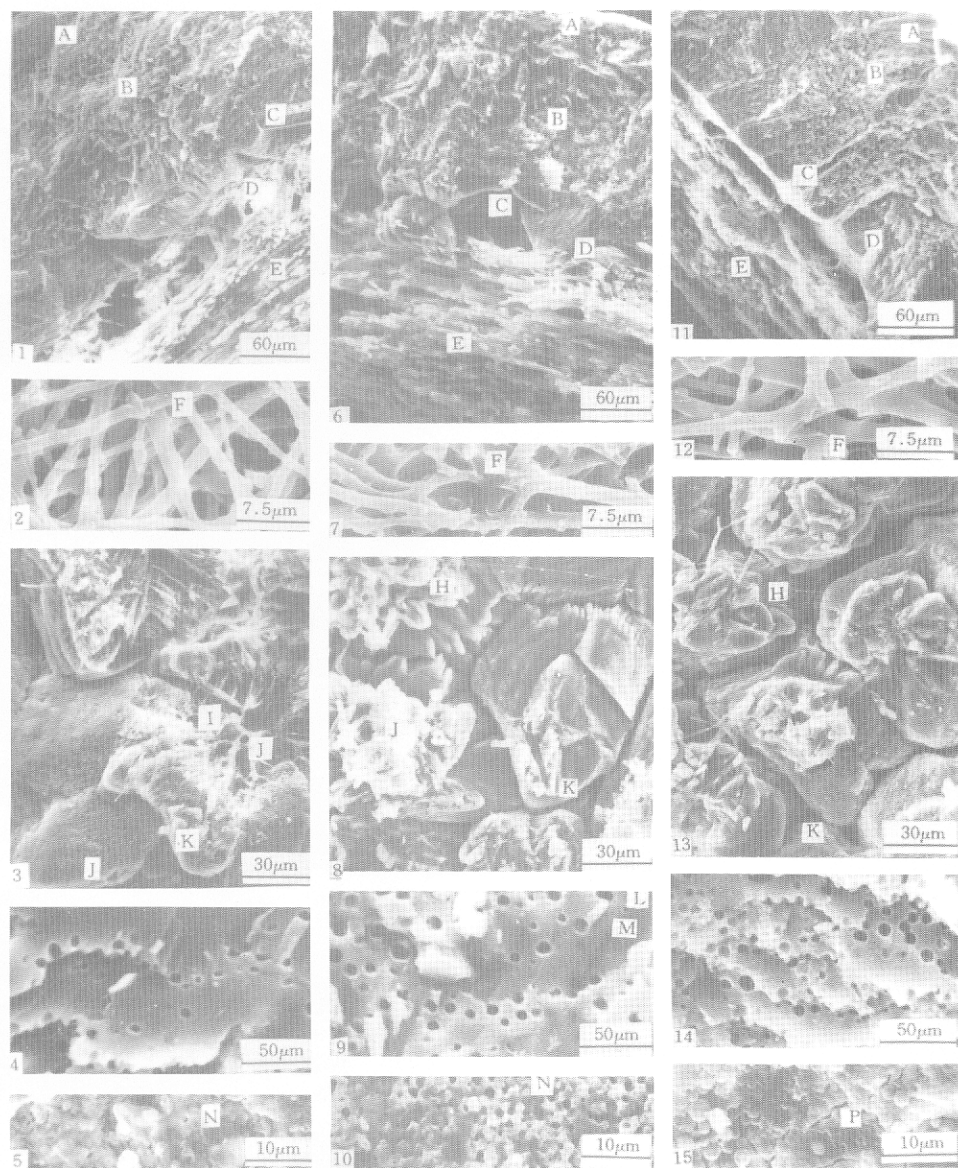


图 1、6、11 三种海鸟卵壳的 5 层基本结构,  $\times 208$ ; 图 2、7、12 壳膜层(E)蛋白纤维内表面观,  $\times 1667$ ; 图 3、8、13 乳锥层(D)和锥体基层(C),  $\times 417$ ; 图 4、9、14 海绵层(B)  $\times 250$ ; 图 5、10、15 表层(A),  $\times 1250$ 。

A: 表层; B: 海绵层; C: 锥体基层; D: 乳锥层; E: 壳膜层; F: 纤维芽突; G: 蘑菇状乳锥; H: 花瓣状乳锥; I: 散射晶杆状乳锥; J: 锥核孔; K: 气孔内口; L: 气孔管壁; M: 气孔管膜; N: 气孔外口; P: 龟背状裂纹。