

# 中国鲚属鱼类的矢耳石形态特征

郭弘艺 唐文乔\* 魏凯 胡雪莲

(上海水产大学鱼类研究室 上海 200090)

摘要:分析了205尾分布于中国的4种2龄鲚属鱼类的矢耳石形态特征。结果显示,这4种鱼类的矢耳石都具有翼叶和基叶,但无后基叶和副基叶,中央突也不明显。背侧有脊突,叶形晶状突呈小三角形,仅限于腹侧。主凹槽明显,直管状,后端封闭。4种鱼矢耳石长轴长为体长的1.68%~2.82%,矢耳石重为体重的0.26‰~1.71‰;不论绝对重量或面积,均以七丝鲚和凤鲚的最大,刀鲚的次之,短颌鲚的最小,显现出与在海水中生活的时间呈正相关性。刀鲚和短颌鲚的矢耳石较轻薄,单位面积均重1.22~1.40 mg/mm<sup>2</sup>;七丝鲚和凤鲚的较厚重,单位面积均重约1.86 mg/mm<sup>2</sup>。矢耳石的长轴、短轴和单位重量等的变异系数,均要小于其体长特别是体重的变异系数,矢耳石形态的稳定性显著优于其身体形态的稳定性。

关键词:鲚属;矢耳石;形态特征;比较分析

中图分类号:Q954 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2007)01-39-09

## Morphologic Characters of the Sagittal Otoliths of the Fishes of the Genus *Coilia* from China

GUO Hong-Yi TANG Wen-Qiao\* WEI Kai HU Xue-Lian

(Laboratory of Ichthyology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

**Abstract** Morphological characters of the left sagittal otoliths were measured and analyzed based on 205 specimens of 2-year-old *Coilia* of the four Chinese species (*Coilia nasus*, *C. grayii*, *C. mystus* and *C. brachygnathus*) collected from Changjiang estuarine and Fujian coastland in China in April and October 2005. The results showed that on the sagittal otoliths of all the Chinese grenadier anchovy there exist an antirostrum and a rostrum, but no postrostrum and parastrostrum. The central protuberance is indistinct. There are a few knobs on the dorsal side, and some leafed aragonite crystals triangle-shaped, and limitedly on the ventral. The cannular sulcus is conspicuous and tubular with a closed end in the back. The sagittal otoliths have a length of 1.68% - 2.8% of their body lengths and a weight of 0.26‰ - 1.71‰ of their body weights. In terms of the weight or the area of the sagittal otoliths, *C. grayii* and *C. mystus* have the largest, followed by *C. nasus*. *C. brachygnathus* has the smallest, which showed a significant positive correlation with the time period of the species lived in seawater. Sagittal otoliths of *C. nasus* and *C. brachygnathus* are lighter and thinner with an average weight per unit area of 1.22 - 1.40 mg/mm<sup>2</sup>; Otoliths of *C. grayii* and *C. mysus* are relatively heavier and the average weight per unit area is about 1.86 mg/mm<sup>2</sup>. The variation coefficients of length, height and weight per unit area of the sagittal otoliths are smaller than those of the body lengths, and especially those of the body weights in all four species. The morphological stability of sagittal otolith is remarkably higher than that of their

基金项目:淡水生态与生物技术国家重点实验室开放课题(No. 2004FB04),上海市农业委员会攻关项目[2003(1-4)],上海市科学技术委员会重大计划(No. 04DZ19306),上海市重点学科建设项目(Y1101);

\* 通讯作者, E-mail: wqtang@shfu.edu.cn;

第一作者介绍:郭弘艺,女,硕士研究生,专业方向:鱼类学。

收稿日期:2006-06-26,修回日期:2006-11-06

body shape.

**Key words** :Chinese Genus( *Coilia* ); Sagittal otolith ; Morphological character ; Comparative analysis

鲚属( *Coilia* )是我国常见的经济鱼类,虽多骨刺,但肉味鲜美,溯江洄游中的刀鲚( *C. nasus* )是目前长江口最名贵的经济鱼类<sup>[1,2]</sup>。一般认为鲚属鱼类共有 14 种,在中国有确凿分布的有 4 种,即七丝鲚( *C. grayii* )、凤鲚( *C. mystus* )、刀鲚和短颌鲚( *C. brachygnathus* )<sup>[2,3]</sup>。发光鲚( *C. dussumieri* ) 1961 年曾在香港有记录<sup>[3]</sup>,但其主要分布地在印度洋和中西太平洋<sup>[2]</sup>,香港可能是作为贸易品引入的。除了短颌鲚完全生活于淡水,其他 3 种均为过河口洄游性鱼类,平时生活于沿海,春季溯江在河口或河流的中游产卵<sup>[3]</sup>。

我国的鲚属鱼类体型相似,度量性状相近,种类鉴别主要依靠臀鳍条数和纵列鳞数等可数性状。但我国鲚属种间的鉴别性状存在着重复与交叉,特别是刀鲚和短颌鲚间更难以依据上述性状区分,物种分类的意见分歧较大<sup>[2-6]</sup>。耳石是由碳酸钙等组成的硬组织,存在于硬骨鱼类内耳的膜迷路内,共 3 对,即矢耳

石( sagittal )、微耳石( lapillus )和星耳石( asteriscus ),担当着平衡器官和听觉器官的功能<sup>[7]</sup>。耳石在鱼的一生中持续生长,其形态保守,元素成分一旦沉积也很稳定<sup>[9]</sup>,这些保守和稳定性特征已被用于多种鱼类的近缘种鉴别、群体识别和年龄鉴定<sup>[10-17]</sup>。由于矢耳石在 3 对耳石中最大,易于观察,常用于物种特征的形态学分析<sup>[17]</sup>。本文对中国鲚属鱼类同一年龄组个体矢耳石形态结构进行比较分析,为基于耳石形态的种类鉴别和群体识别提供基础资料。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 所用材料均为 2 龄新鲜标本,基本情况见表 1。年龄由体侧鳞片和矢耳石磨片共同鉴定。成对 *t*-检验显示,左右矢耳石之间的重量无显著差异或一致性偏差(  $P > 0.05$  ),统一选用左耳石作为研究材料。

表 1 鲚属鱼类的采集地、采集时间、数目、体长和体重

Table 1 Sampling localities, sampling times, standard length, body weight and numbers of four *Coilia* species

种类 Species	采样点 Sampling location	采样时间 Sampling date (年·月)	尾数 Ind.	体长 Body length (Mean ± SD, mm)	体重 Body weight (Mean ± SD, g)
凤鲚 <i>C. mystus</i>	上海长兴岛	2005-04	109	148.1 ± 19.4	10.76 ± 4.14
七丝鲚 <i>C. grayii</i>	福建宁德	2005-10	13	213.6 ± 14.2	32.82 ± 6.93
短颌鲚 <i>C. brachygnathus</i>	江苏靖江	2005-04	50	148.1 ± 29.4	8.16 ± 4.52
刀鲚 <i>C. nasus</i>	上海九段沙	2005-04	33	234.8 ± 35.5	55.51 ± 25.28

**1.2 耳石磨片及测量方法** 去除矢耳石包膜和黏液,清洗后在 60℃ 的烤箱中烘烤 24 h,于干燥器中冷却后用电子天平称量,精确到 0.01 mg。将耳石外侧面向上,内侧面向下,置于解剖镜下拍摄耳石整体形态,使用 Motic Images advanced 3.0 软件计算耳石外侧面积(以下简称耳石面积),精确到 0.01 mm<sup>2</sup>。

用 2 000 目的金砂纸平行于长轴即垂直于短轴两面打磨耳石,至能显出较为清晰的耳石

中心为止。耳石磨片洗净后置于载玻片上,在显微镜下观察耳石显微结构,并测量耳石的各项性状(图 1),精确到 0.01 mm。

耳石形态及年轮特征分析图片采用 Nikon DC 950 数码相机摄制,用 Photoshop 5.0 软件对图文进行了诸如年轮标记加注、标尺、文字等处理。变异系数 = 标准差/平均值 × 100%。所有数据处理均使用 Excel 2000、Statistica 6.0 软件。

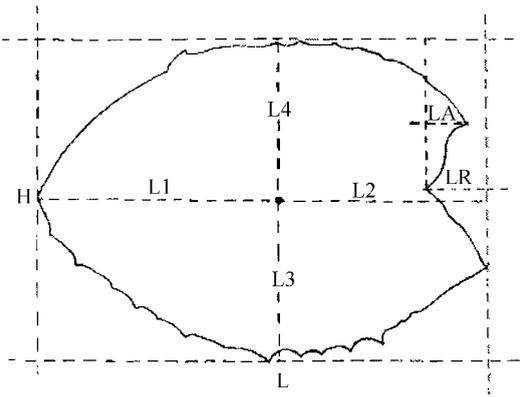


图 1 鲚属矢耳石测量示意

Fig. 1 Measurements of the sagittal otolith

L:耳石的长轴;H:耳石的短轴;L1:耳石中心到最后端的垂直距离;L2:耳石中心到最前端的垂直距离;L3:耳石中心到耳石腹面的垂直距离;L4:耳石中心到耳石背面的垂直距离;LR:耳石基叶的长度;LA:耳石翼叶的长度。  
 L:sagitta length;H:sagitta height;L1:vertical distance from the core to the end;L2:vertical distance from the core to the forward;L3:vertical distance from the core to the ventral;L4:vertical distance from the core to the dorsal;  
 LR:rostrum length;LA:antirostrum length.

1.3 耳石描述术语 国际上迄今还没有有一套公认的耳石形态描述术语。本文参考 Messieh (1972)、Gaemers(1984)和郑文莲(1981)<sup>[15~17]</sup>等的研究,结合鲚属的形态特征使用如下术语(图2)。

基叶(rostrum):位于腹侧前端的叶状突起。

翼叶(antirostrum):为背侧向前延伸的叶状突起。

主间沟(excisural notch):位于基叶与翼叶之间的凹槽。

主凹槽(sulcus):从主间沟开始,沿耳石中轴延伸的凹槽。

脊突(knob):背侧表面的脊状突起。

叶形晶状突(leafed aragonite crystal):耳石边缘的叶片状突起。

中央突(central protrusion):基叶和翼叶之间的突起。

辐射状条纹(radiate stripe):耳石侧面表面的辐射状条纹。

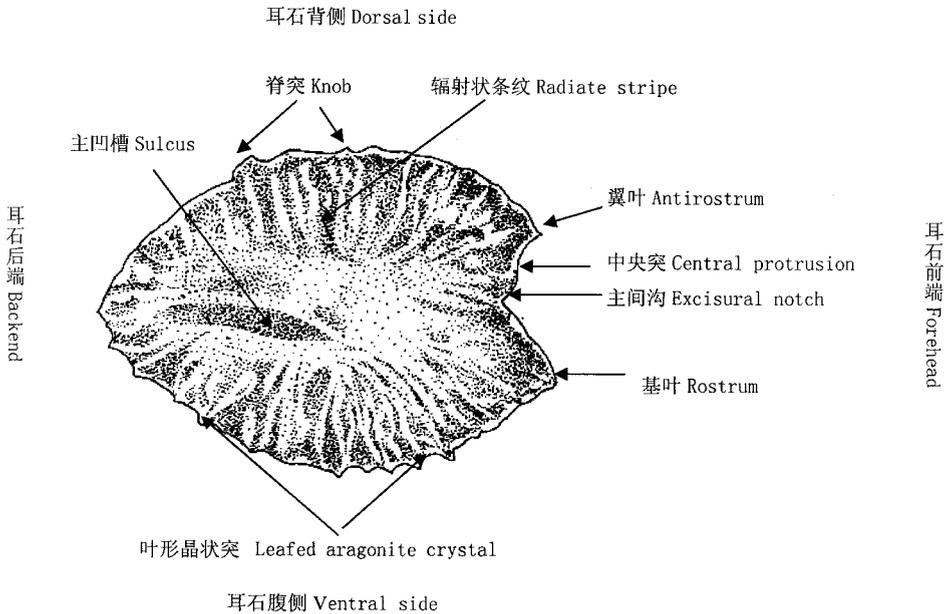


图 2 鲚属矢耳石形态与术语(近轴面)

Fig. 2 Sagittal otolith with technical terms of genus *Coilia*(proximal surface)

## 2 结 果

**2.1 矢耳石的形态特征** 鲚属鱼类的矢耳石呈现不规则的扁椭球形,通常前端略膨大,后端较尖细。在低倍解剖镜下,可观察到南瓜子型的外侧面,前端有3个叶状突起。其中,位于腹部的基叶较长,背部的翼叶不明显(刀鲚除外),中央突一般不发达。整个外侧面分布着9~31条呈辐射状排列的条纹,其中,位于腹缘的条纹在耳石腹侧向外突出,形成细小的叶形晶状突,但背缘的辐射状条纹突出不明显。背侧表面还有一些零星的细小脊突。将矢耳石内侧面置于解剖镜下,除了可观察到外侧面所具有的各个表面特征外,还可观察到1条从主间沟起始,沿耳石中轴延伸至耳石后端,贯串整个耳石内侧面的狭长主凹槽(图2)。

矢耳石磨片后,将磨片的外侧面朝上,在低倍显微镜下,可观察到较为清晰的耳石中心和环同心圆排列、明暗相间的粗环纹;但将内侧面朝上,则耳石中心和轮纹均不易看清。环纹由较宽的透光带(translucent zone)和较窄的遮光带(opaque zone)组成(图版I:1)。一条透光带和一条遮光带共同组成一个年轮标志。磨片表面有多条暗色的辐射状条纹,将年轮割开。

在高倍显微镜下,耳石磨片的中心为一个圆形或椭圆形的核(core),直径在50.0~80.0  $\mu\text{m}$ 之间,平均(61.9  $\pm$  8.6)  $\mu\text{m}$ 。核的中心为一个暗黑色的圆点,即耳石原基(primordium),其直径为9.0~20.0  $\mu\text{m}$ ,平均为(12.3  $\pm$  3.9)  $\mu\text{m}$ 。有些种类环绕核的周围分布有多条明暗相间的窄纹,直至年轮第一个遮光带的外缘。通常前10余条轮纹间距较窄,环纹为圆形;之后轮纹间距变宽,环纹亦呈长圆形,表现环纹在耳石长轴上排列较疏,短轴上较密(图版I:2)。但这些轮纹是否为日龄标志,尚有待于验证。

(1) 七丝鲚:外侧面隆起,侧缘略呈圆盘状。平均体长213.6 mm的标本,耳石长轴平均5.04 mm,短轴4.03 mm,长轴长是短轴长的1.25倍(1.17~1.30)。基叶发达,为长轴长的0.19倍(0.15~0.22)。翼叶很小,不明显;中

央突小,略长于翼叶。耳石腹缘分布12~17个细小的叶形晶状突(图版I:3)。耳石磨片可见清晰的中心核,但核周围未见有明暗相间的窄纹。

(2) 凤鲚:形态类似于七丝鲚。平均体长148.1 mm的凤鲚,耳石长轴平均4.15 mm,短轴3.21 mm,长轴长是短轴长的1.30倍(1.14~1.40)。基叶发达,为长轴长的0.20倍(0.17~0.26)。翼叶和中央突极小,不明显。腹缘分布8~19个细小的叶形晶状突(图版I:4)。中心核清晰,但核周围可观察到的窄纹数少且不清楚。

(3) 刀鲚:扁平,外侧面不膨大,略呈南瓜子型。平均体长234.8 mm的刀鲚,耳石长轴平均仅3.89 mm,短轴2.93 mm,长轴长是短轴长的1.34倍(1.23~1.46)。基叶较发达,为长轴长的0.14倍(0.08~0.17)。翼叶很发达,明显长于中央突;基叶长为翼叶长的1.79倍(1.07~3.4)。腹缘分布有9~17个叶形晶状突,呈小三角形(图版I:5)。中心核清晰,并可见其周围27~41条明暗相间的窄纹。

(4) 短颌鲚:形态似刀鲚。平均体长148.1 mm的短颌鲚,耳石长轴平均3.27 mm,短轴2.56 mm,长轴长是短轴长的1.28倍(1.16~1.46)。基叶较发达,为长轴长的0.13倍(0.05~0.18);不具翼叶或翼叶很小。中央突较小。腹缘分布有8~17个细小的叶形晶状突(图版I:6)。耳石磨片可见较为清晰的中心核及其周围15~40条窄纹。

4种鲚属鱼类矢耳石的一些度量性状及其比例见表2。

**2.2 耳石的称量特征** 鲚属鱼类矢耳石的平均重量及其单位面积重量等见表3。在2龄鱼类中,虽然以刀鲚的体长和体重最大,七丝鲚次之,凤鲚和短颌鲚较小(表1),但由表3可见,以七丝鲚的矢耳石重量和面积最大,凤鲚次之,刀鲚较小,短颌鲚最小,反映出鲚属鱼类的不同种类间矢耳石增长与体长和体重的增长并不同步。

表 2 矢耳石的度量性状及其比例( Mean  $\pm$  SD )

Table 2 Sagittal otolith characters for measures and its proportion

种类 Species	耳石长轴 I( mm )	耳石短轴 H( mm )	基叶长 LR( mm )	L/H	L1/L2	L3/L4	LR/L
凤鲚 <i>C. mystus</i>	4.15 $\pm$ 0.38	3.21 $\pm$ 0.32	0.81 $\pm$ 0.12	1.30 $\pm$ 0.03	1.19 $\pm$ 0.07	0.93 $\pm$ 0.05	0.20 $\pm$ 0.03
七丝鲚 <i>C. grayii</i>	5.04 $\pm$ 0.24	4.03 $\pm$ 0.19	1.03 $\pm$ 0.16	1.25 $\pm$ 0.03	1.11 $\pm$ 0.07	1.00 $\pm$ 0.04	0.19 $\pm$ 0.03
短颌鲚 <i>C. brachygnathu</i>	3.27 $\pm$ 0.29	2.56 $\pm$ 0.24	0.42 $\pm$ 0.11	1.28 $\pm$ 0.04	0.94 $\pm$ 0.05	1.11 $\pm$ 0.07	0.13 $\pm$ 0.03
刀鲚 <i>C. nasus</i>	3.89 $\pm$ 0.30	2.93 $\pm$ 0.23	0.55 $\pm$ 0.09	1.34 $\pm$ 0.03	0.98 $\pm$ 0.07	1.07 $\pm$ 0.06	0.14 $\pm$ 0.02

矢耳石的平均单位面积重量也以凤鲚和七丝鲚的较大,刀鲚的较小,短颌鲚的最小。这与所观察的凤鲚与七丝鲚的耳石外侧面膨大,刀

鲚与短颌鲚耳石外侧面扁平的形态结果相一致。可见,七丝鲚和凤鲚的矢耳石较厚重,刀鲚和短颌鲚的较轻薄。

表 3 矢耳石重量(  $W_o$  )、面积和单位面积重量Table 3 Sagitta-weight(  $W_o$  ) sagitta-area and unit sagitta-weight

种类 Species	耳石长轴长 与体长之比 L/BL ( % )	耳石重 $W_o$ ( Mean $\pm$ SD mg )	耳石重与体重 之比 $W_o/W$ ( Mean $\pm$ SD $\cdot 10^{-3}$ )	耳石面积 Sagitta area ( Mean $\pm$ SD $\text{mm}^2$ )	耳石单位面积重 Unit area sagitta weight ( Mean $\pm$ SD $\text{mg}/\text{mm}^2$ )
凤鲚 <i>C. mystus</i>	2.82	17.06 $\pm$ 4.46	1.71 $\pm$ 0.40	10.06 $\pm$ 1.65	1.85 $\pm$ 0.24
七丝鲚 <i>C. grayii</i>	2.37	26.84 $\pm$ 2.74	0.84 $\pm$ 0.13	14.39 $\pm$ 1.08	1.86 $\pm$ 0.08
短颌鲚 <i>C. brachygnathu</i>	2.24	7.20 $\pm$ 1.87	0.97 $\pm$ 0.36	5.96 $\pm$ 1.04	1.22 $\pm$ 0.14
刀鲚 <i>C. nasus</i>	1.68	10.95 $\pm$ 2.79	0.26 $\pm$ 0.16	8.13 $\pm$ 1.41	1.40 $\pm$ 0.19

2.3 耳石形态和重量的稳定性 表 4 列出了 4 种鲚属鱼类的体长、体重和一些矢耳石度量性状的变异系数。可见,这 4 种鲚属鱼类的矢耳石重量和单位重量的变异系数要明显小于其体

重的变异系数,而矢耳石的长轴长和短轴长的变异系数也要显著小于其体长的变异系数。表明在这些种类的个体间,矢耳石的重量都较其体重稳定,矢耳石的形态也都较其体长稳定。

表 4 体长和矢耳石各度量性状的变异系数的比较

Table 4 Comparisons for variation coefficient of body length and sagittal otolith characters

种类 Species	变异系数 Variation coefficient( % )						
	体长 Body-length	体重 Body-weight	矢耳石重 Sagitta-weight	矢耳石长轴 Sagitta-length	矢耳石短轴 Sagitta-height	矢耳石面积 Sagitta-area	矢耳石单位面积重 Unit sagitta-weight
凤鲚 <i>C. mystus</i>	13.11	38.48	26.14	9.16	9.97	16.40	13.05
七丝鲚 <i>C. grayii</i>	6.67	21.12	10.21	4.76	4.71	7.51	4.30
短颌鲚 <i>C. brachygnathu</i>	15.12	55.39	25.97	8.87	9.38	17.45	11.48
刀鲚 <i>C. nasus</i>	15.12	45.54	25.48	7.68	7.85	17.34	14.12

### 3 讨论

3.1 中国鲚属鱼类矢耳石的形态特征 鱼类耳石都有特征性的形态特征<sup>[20,21]</sup>。弄清鱼类耳石的形态特征,不仅可以为传统的形态分类提

供更多的佐证<sup>[22]</sup>,也可以为食鱼哺乳动物(如海豹、海狮等)、海洋鸟类和凶猛性鱼类的食性分析提供有效的材料和方法<sup>[23-26]</sup>。

中国 4 种鲚属鱼类的矢耳石都具有翼叶和基叶,但无后基叶和副基叶<sup>[18,19]</sup>,中央突也不明

显。背侧有脊突,叶形晶状突呈小三角形,仅限于腹侧。主凹槽明显,直管状,后端封闭,从主间沟起一直延伸至耳石后端。这与欧洲鳀的矢耳石基本相同,但后者的主凹槽并不延伸到耳石后端<sup>[19]</sup>。与大西洋鳕相比,后者的矢耳石背侧和腹侧均有波纹状晶状突。与鳗鲡相比,后者的矢耳石有后基叶和副基叶。大菱鲆、长吻丝鲈、眼镜鱼和乌鲳的矢耳石也有后基叶及副基叶,但大菱鲆和眼镜鱼耳石的腹侧均无明显的叶形晶状突,长吻丝鲈和乌鲳主凹槽后端开口,且乌鲳的耳石背侧和腹侧均有扇形波纹状叶形晶状突。军曹鱼、乳香鱼和羽鳃鲈耳石腹

侧均较光滑,无明显叶形晶状突,且主凹槽形状呈Y字形或蝌蚪状,这些都与鲚属鱼类不同(表5)。

4种鲚属鱼类的矢耳石长为体长的1.68%~2.82%,这一比例与几种中小型鲈形目鱼类的矢耳石接近,而比军曹鱼等大型鲈形目鱼类的矢耳石要大<sup>[19]</sup>。鲚属鱼类的矢耳石长度(长轴)与高度(短轴)之比为1.25~1.34,与眼镜鱼和乳香鱼接近,但比长吻丝鲈、乌鲳、眼镜鱼和羽鳃鲈等要小,表明这4种鲚属鱼类的矢耳石要比后4种鱼的矢耳石粗短(表5)。

表5 中国4种鲚属鱼类矢耳石与其他鱼类的比较

Table 5 Morphological comparison of sagittal otolith of Chinese genus *Coilia* with other fishes

种类 Species	后基叶和副基叶 Postrostrum and parastrostrum	背侧突起 Shape of dorsal crystal	腹侧突起 Shape of ventral crystal	L/BL (%)	L/H	文献来源 Reference
长吻丝鲈 <i>Alectis indica</i>	有	不明显	有波状或锯齿状 叶形晶状突	2.1	2.1	[19]
乌鲳 <i>Formio niger</i>	有	有扇形波纹状 叶形晶状突	有扇形波纹状 叶形晶状突	3.16	2.45	[19]
军曹鱼 <i>Rachycentron canadum</i>	无	无	无	1.20	2.59	[19]
眼镜鱼 <i>Mene maculata</i>	有	有脊突	无	2.06	1.65	[19]
乳香鱼 <i>Lactarius actarius</i>	无	无	无	5.64	1.39	[19]
羽鳃鲈 <i>Rastrelliger kanagurta</i>	无	无	无	2.27	2.04	[19]
大西洋鳕 <i>Gadus morhua</i>	无	有波纹状叶形晶状突	有波纹状叶形晶状突	-	-	[18]
鳗鲡 <i>Anguilla anguilla</i>	有	无	有波纹状叶形晶状突	-	-	[18]
大菱鲆 <i>Scophthalmus maximus</i>	有	无	不明显	-	-	[18]
欧洲鳀 <i>Engraulis encrasicolus</i>	无	有脊突	有小三角形 叶形晶状突	-	-	[18]
鲚属鱼类 <i>Coilia</i>	无	有脊突	有小三角形 叶形晶状突	1.68~2.82	1.25~1.34	本文

3.2 中国鲚属鱼类间的矢耳石形态差异 在2龄的4种鲚属鱼类中,刀鲚和短颌鲚的矢耳石较轻薄,七丝鲚和凤鲚的较厚重,耳石单位面积均重前者仅约为后者的70%。表现在前者

的矢耳石外侧面较平扁,而后者的外侧面隆起。七丝鲚与凤鲚耳石的后端较圆钝,前端的基叶较长,翼叶不明显,而刀鲚和短颌鲚矢耳石的后端较尖细,基叶较短,刀鲚的翼叶虽较发达,但

短颌鲚的翼叶也较小。

七丝鲚和凤鲚的矢耳石原基偏向耳石几何中心的右侧,耳石磨片中心核周围的轮纹不清晰;刀鲚和短颌鲚的矢耳石原基偏向耳石几何中心的左侧,耳石磨片中心核周围的轮纹清晰。

**3.3 耳石大小与生活习性的关系** 在同龄的4种中国鲚属鱼类中,不论是矢耳石的绝对重量、面积或单位面积重量(表3),均以在沿海生活、短距离溯河洄游至河口产卵的七丝鲚和凤鲚最大;在沿海生活、长距离溯河洄游至河流中下游产卵的刀鲚次之;完全生活于淡水的短颌鲚为最小。这表明在近缘种之间,海水种类或在海水中生活时间较长的种类的矢耳石,要明显大于淡水种类或在海水中生活时间较短的种类的矢耳石,也即在海水生活阶段的矢耳石的沉积速度要明显大于在淡水生活阶段(表3)。

耳石是一种主要由  $\text{CaCO}_3$  组成的钙化组织,鳃是钙等亲骨性核素沉积的主要途径<sup>[8]</sup>。由于淡水中钙等亲骨性核素的含量通常要比海水中少,因此在鱼类近缘种之间,海水种类比淡水种类的矢耳石要大一些可能是一个普遍现象。

**3.4 用矢耳石形态作近缘种类识别的可能性** 框架图分析方法(truss network analysis)由于利用了鱼类体型的多重立体结构,比仅仅利用体型的有偏覆盖(biased coverage of body form)<sup>[27]</sup>的传统分类手段有了一定的改进,因此成为近年鱼类近缘种判别或种群识别的重要工具<sup>[28]</sup>。但鱼类体型本身的一些度量特征容易受到鱼体的发育阶段、营养状况、环境条件和病害等因素的影响,影响分析结果的可靠性<sup>[29]</sup>。变异性分析表明(表4),矢耳石的长轴、短轴和单位面积重量等的变异系数,均要小于其体长特别是体重的变异系数。因此,仅从特征的稳定性角度判断,矢耳石形态的某些特征用作中国鲚属鱼类种间的判别可能要优于体型的立体结构。

**致谢** 江苏靖江市渔政站顾树信、上海九段沙自然保护区陈秀芝、郑麟和上海水产大学刘至

治、杨金权、李辉华、诸廷俊、黄少芳等协助采集标本,特此一并致谢。

## 参 考 文 献

- [1] 唐文乔. 鱼类资源. 见:陈家宽主编. 上海九段沙湿地自然保护区科学考察集. 北京: 科学出版社, 2003, 171 ~ 184.
- [2] Munroe T A, Nizinski M. The living marine resources of the WCP Vol. 3 Batoid fishes, chimaeras and bony fishes part 1 (Elopidae to Linophrynidae). In: Carpenter K E, Niem V H eds. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. FAO, Rome Engraulidae Anchovies, 1999, 1 698 ~ 1 706.
- [3] 张世义. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲷形目、海鲢目、鲱形目、鼠鲭目. 北京: 科学出版社, 2001, 148 ~ 154.
- [4] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类. 北京: 科学出版社, 1976, 21 ~ 26.
- [5] 中国水产科学研究院东海水产研究所、上海市水产研究所. 上海鱼类志. 上海: 上海科学技术出版社, 1990, 103 ~ 115.
- [6] 袁传宓, 秦安龄, 刘仁华等. 关于长江中下游及东南沿海各省的鲚属鱼种下分类的探讨. 南京大学学报, 1980, (3): 67 ~ 82.
- [7] Whitehead P J P, Nelson G J, Wongratana T. FAO species catalogue. V 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei), Part 2, Engraulidae. FAO Fish Synop, 1988, 305 ~ 579.
- [8] Campana S E. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Mar Eco Pro Ser*, 1999, 188, 263 ~ 297.
- [9] 宋昭彬, 曹文宣. 鱼类耳石微结构特征的研究与应用. 水生生物学报, 2001, 25(6): 613 ~ 619.
- [10] Campana S E, Casselman J M. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can J Fish Aquat Sci*, 1993, 50: 1 062 ~ 1 083.
- [11] Begg G A, Campana S E, Fowler A J, et al. Otolith research and application: current directions in innovation and implementation. *Mar Freshw Res*, 2005, 56(5): 477 ~ 483.
- [12] Friedland K D, Reddin D G. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can J Fish Aquat Sci*, 1994, 51: 91 ~ 98.
- [13] 沈建忠, 曹文宣, 崔爱波. 鲫耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用. 水生生物学报, 2002, 26: 662 ~ 668.
- [14] 郭弘艺, 唐文乔. 长江口刀鲚矢耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用. 水产学报, 2006, 30(3): 347 ~ 352.
- [15] Messieh S N. Use of otoliths in identifying herring stocks in the

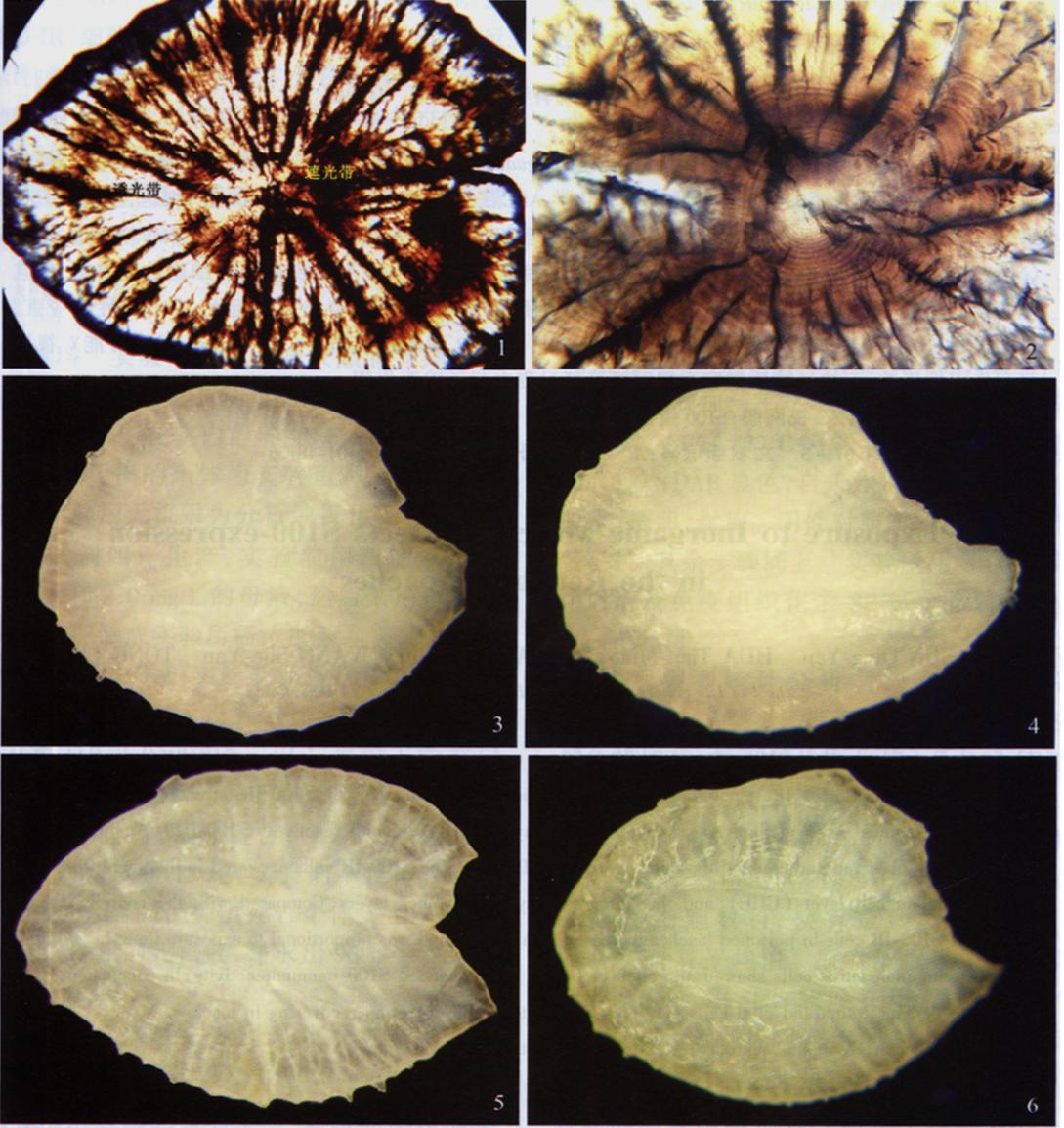
- southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. *J Fish Res Bd Can* ,1972 **29** :1 113 ~ 1 118.
- [ 16 ] Gaemers P A M. Taxonomic position of the Cichlidae ( Pisces , Perciformes ) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Neth J Zool* ,1984 **34** :566 ~ 595.
- [ 17 ] Panella G. Fish otoliths :daily growth layers and periodical patterns. *Science* ,1971 **173** :1 124 ~ 1 127.
- [ 18 ] FABOSA. Fish Ageing by Otolith Shape Analysis. FABOSA Final Report ,No. FAIR CT97 3402 2002 ,157 ~ 175.
- [ 19 ] 郑文莲. 我国鱒科等鱼类耳石形态的比较研究. 见 :中国鱼类学会编. 鱼类学论文集( 第二辑 ). 北京 :科学出版社 ,1981 :39 ~ 54.
- [ 20 ] Smale M J ,Watson G ,Hecht T. Otolith atlas of southern African Marine fishes. Grahamstown. South Africa : Ichthyological Monographs of the J. L. B. Smith Institute of Ichthyology ,1995 ( 1 ) :1 ~ 232.
- [ 21 ] Campana S E. Otolith science entering the 21st century. *Mar Freshwater Res* 2005 **56** :485 ~ 495.
- [ 22 ] Assis C A. The lagenar otoliths of Teleosts :their morphology and its application in species identification ,phylogeny and systematics. *J Fish Biol* ,2003 **62** :1 268 ~ 1 295.
- [ 23 ] Pierce G J ,Boyle P R. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. *Oceanography and Marine Biology* ,1991 **29** :409 ~ 486.
- [ 24 ] Tollit D J ,Steward M J ,Thompson P M ,*et al* . Species and size difference in the digestion of otoliths and beaks :lications for estimates of pinniped diet composition. *Can J Fish Aquat Sci* , 1997 **54** :105 ~ 119.
- [ 25 ] Marcus J ,Bowen W D ,Eddington J D. Effects of meal size on otolith recovery from fecal samples of gray and harbor seal pups. *Mar Mammal Sci* ,1998 **14** :789 ~ 802.
- [ 26 ] Fitch J E ,Brownell R L. Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *J Fish Res Board Can* ,1968 **25** :2 561 ~ 2 575.
- [ 27 ] Strauss R E ,Bookstein F L. The truss body from reconstruction in morphometrics. *Syst Zool* ,1982 **31** :113 ~ 135.
- [ 28 ] 杨军山 陈毅峰. 副沙鳅属的多变量形态分析. *动物分类学报* 2004 **29** ( 1 ) :10 ~ 16.
- [ 29 ] Bookstein F L. Combining the tools of geometric morphometrics. In :Marcus L F ,Corti M ,Loy A ,*et al* . eds. *Advances in Morphometrics*. New York :Plenum Press ,1996 , 131 ~ 151.

郭弘艺等:中国鲚属鱼类的矢耳石形态特征

图版 I

GUO Hong-Yi *et al.*: Morphologic Characters of the Sagittal Otoliths of the Fishes  
of the Genus *Coilia* from China

Plate I



1. 刀鲚矢耳石磨片, 示年轮、透光带和遮光带  $\times 40$ ; 2. 刀鲚矢耳石磨片, 示矢耳石中央的核、原基和生长轮纹  $\times 100$ ;  
3. 七丝鲚矢耳石内侧面; 4. 凤鲚矢耳石内侧面; 5. 刀鲚矢耳石内侧面; 6. 短颌鲚矢耳石内侧面。

1. Sectioned sagitta of *C. nasus*, showing annulus, opaque zone and translucent zone,  $\times 40$ ; 2. Sectioned sagitta of *C. nasus*, showing a core, primordium and growth increments,  $\times 100$ ; 3. Sagitta proximal surface of *C. grayii*; 4. Sagitta proximal surface of *C. mystus*; 5. Sagitta proximal surface of *C. nasus*; 6. Sagitta proximal surface of *C. brachygnathus*.