

文章编号: 1674-5566(2021)01-0155-08

DOI:10.12024/jsou.20200202928

## 中国南海东沙群岛海域 7 种鲹科鱼类矢耳石形态特征

欧利国<sup>1</sup>, 力清影<sup>1</sup>, 刘必林<sup>1,2,3,4,5</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 5. 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

**摘 要:** 对采自中国南海东沙群岛海域的 135 尾鲹科鱼类(长体圆鲹 *Decapterus macrosoma*、泰勃圆鲹 *D. tabl*、无斑圆鲹 *D. kurroides*、竹筴鱼 *Trachurus japonicus*、短吻丝鲹 *Alectis ciliaris*、高体若鲹 *Caranx equula*、脂眼凹肩鲹 *Selar crumenophthalmus*)的矢耳石形态特征进行研究。7 种鲹科鱼类矢耳石整体形态呈长椭圆形、四边形、半圆弯钩形等多种形态,耳石周围存在脊突,均有基叶和听沟发育,听沟从耳石前部的主间沟部分一直延伸至耳石后部。研究表明,7 种鲹科鱼类耳石形态特征种间差异明显,通过耳石形态建立的系统分类检索,以及应用聚类分析识别耳石形态效果显著。这将为鲹科鱼类鱼种识别及系统分类提供参考资料。

**关键词:** 鲹科; 矢耳石; 形态特征; 分类检索; 聚类分析; 南海

**中图分类号:** Q 958.8; S 917.4 **文献标志码:** A

矢耳石是存储鱼类生活史信息的重要硬组织之一<sup>[1-2]</sup>,常被用于年龄鉴定与生长估算<sup>[3-4]</sup>、种类识别<sup>[5]</sup>和生活史重塑<sup>[6]</sup>等。随着科学技术的发展,耳石形态学的应用得到了进一步发展<sup>[5]</sup>。耳石形态学<sup>[7-12]</sup>理论的日益成熟对鱼类分类学的发展起到了重要作用。多种耳石形态学方法的应用使耳石形态分类更为完善,如基于传统形态测量法利用耳石信息的度量特征和称量特征分析识别鱼种<sup>[13]</sup>,通过椭圆傅里叶变换法对耳石形态进行重建<sup>[14]</sup>,利用地标点法可视化耳石形态进而对鱼种分类等方法<sup>[15]</sup>。为此,也需要建立起相应的耳石形态系统分类检索,这是完善耳石形态学的必经之路。

国内早期的相关研究主要是通过鱼体外部形态特征进行分类研究和建立分类检索,并撰写鱼类分类书籍<sup>[16]</sup>。大量的专业书籍的出现使得从事相关研究的学者可以系统地学习和了解鱼类分类。耳石形态具有种间特异性,能很好地佐证鱼体外部形态特征分类。然而,国内应用耳石

形态分类并建立系统分类检索的相关研究较少:叶振江等<sup>[8]</sup>研究天竺鲷属(*Apogon*)鱼类的矢耳石形态特征,通过编制分类检索,对 8 种天竺鲷属鱼类进行分类;王英俊等<sup>[9]</sup>初步建立石斑鱼属(*Epinephelus*)鱼类矢耳石形态特征分类检索,认为耳石形态在鱼类系统分类上应用前景良好。为了丰富分类检索在耳石形态系统分类中的应用,以鲹科(*Carangidae*)鱼类矢耳石形态为例,描述 7 种鲹科鱼类耳石形态特征,编制 7 种鲹科耳石形态的系统分类检索,通过聚类分析进一步对鲹科鱼类矢耳石形态进行识别分析,旨在为完善耳石形态的系统分类、种类识别和佐证鱼体外部形态分类等提供参考资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

长体圆鲹(*Decapterus. macrosoma*)、泰勃圆鲹(*D. tabl*)、无斑圆鲹(*D. kurroides*)、竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)、短吻丝鲹(*Alectis ciliaris*)、

收稿日期: 2020-02-14 修回日期: 2020-03-23

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD0901404); 国家自然科学基金面上项目(41876141); 上海市“浦江人才”计划项目(18PJ1404100); 上海市高校特聘教授“东方学者”岗位计划项目(0810000243); 上海市科技创新行动计划(10DZ1207500)

作者简介: 欧利国(1992—),男,博士研究生,研究方向为渔业资源生物学。E-mail:919989412@qq.com

通信作者: 刘必林,E-mail:bl-liu@shou.edu.cn

高体若鲹 (*Caranx equula*)、脂眼凹肩鲹 (*Selar crumenophthalmus*) 7 种鲹科鱼类共 135 尾, 2014 年 3—5 月采自中国南海东沙群岛海域(表 1)。运回的样品在实验室解冻后进行生物学测量, 测

量叉长(fork length, FL)精确到 1 mm, 称量体质量(body mass, BM)精确至 1 g, 并提取耳石。提取后的耳石除去包膜和黏液并清洗, 然后放入盛有 95% 乙醇溶液的离心管中保存。

表 1 鲹科鱼类采样信息

Tab. 1 Sampling information of Carangidae

| 种类<br>Species                       | 采样海域<br>Sampling location | 采样日期<br>Sampling date | 叉长<br>Fork length/mm | 体质量<br>Body mass/g | 样品数<br>Sampling sizes/个 |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 长体圆鲹 <i>D. macrosoma</i>            | 21°03'N, 115°30'E         | 2014 年 3 月            | 164 ~ 244            | 51 ~ 144           | 30                      |
| 泰勃圆鲹 <i>D. tabl</i>                 | 21°03'N, 115°30'E         | 2014 年 4 月            | 295 ~ 336            | 280 ~ 465          | 20                      |
| 无斑圆鲹 <i>D. kurroides</i>            | 21°03'N, 115°30'E         | 2014 年 5 月            | 272 ~ 364            | 281 ~ 769          | 20                      |
| 竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>      | 20°47'N, 115°07'E         | 2014 年 3 月            | 191 ~ 216            | 76 ~ 197           | 17                      |
| 短吻丝鲹 <i>Alectis ciliaris</i>        | 21°07'N, 115°29'E         | 2014 年 3 月            | 163 ~ 211            | 105 ~ 193          | 20                      |
| 高体若鲹 <i>Caranx equula</i>           | 20°47'N, 115°07'E         | 2014 年 3 月            | 206 ~ 263            | 102 ~ 404          | 8                       |
| 脂眼凹肩鲹 <i>Selar crumenophthalmus</i> | 20°47'N, 115°07'E         | 2014 年 3 月            | 181 ~ 290            | 100 ~ 410          | 20                      |

## 1.2 矢耳石形态描述和建立检索表

统一取 7 种鲹科鱼类的 135 个左矢耳石作为研究对象。从离心管中取出左矢耳石, 待乙醇挥发后使用透视显微镜 OLYMPUS SZ61 对矢耳石整体形态进行拍摄, 并采集图像。矢耳石形态术语参考相关研究<sup>[17-19]</sup>, 并结合鲹科鱼类的耳石形态特征使用相关术语。通过矢耳石形态特征及形态术语编制 7 种鲹科鱼类的矢耳石形态系统分类检索表。

## 1.3 矢耳石形态聚类分析

提取 7 种鲹科鱼类矢耳石图像的椭圆傅里叶描述子系数, 并进行聚类分析(cluster analysis, CA), 椭圆傅里叶描述(elliptic Fourier descriptors, EFDs)子系数的提取参考相关研究<sup>[14]</sup>。聚类方法采用组间联接法, 并得出不同种间的欧氏距离。

以上所有数据的分析处理使用 Excel 2016 和 SPSS 20.0 软件完成。

## 2 结果

### 2.1 鲹科鱼类矢耳石形态

7 种鲹科鱼类矢耳石外部形态呈长椭圆形、四边形、半圆弯钩形等多种形态, 耳石周围部分存在脊突, 有基叶发育, 耳石形态种间差异明显, 均有听沟发育, 听沟从耳石前部的主间沟部分一直延伸至耳石后部(图版)。

长体圆鲹隶属鲹科(Carangidae)鲹亚科(Caranginae)圆鲹属(*Decapterus*)。长体圆鲹矢耳

石的整体形态呈长椭圆形; 耳石后部下方有较大的缺口, 有明显的主间沟; 耳石背部有较为清晰的脊突; 基叶很发达, 基叶前端略微向下弯曲; 翼叶发达, 翼叶发育略尖, 呈小锐角三角形。

泰勃圆鲹隶属鲹科(Carangidae)鲹亚科(Caranginae)圆鲹属(*Decapterus*)。泰勃圆鲹矢耳石的整体形态呈长椭圆形; 有明显的主间沟; 耳石背部脊突发育十分明显, 呈锯齿形状, 耳石腹部也有较为明显的脊突; 基叶发达, 基叶前端发育略宽厚; 翼叶较发达, 翼叶前端较尖, 呈较尖的锐角三角形。

无斑圆鲹隶属鲹科(Carangidae)鲹亚科(Caranginae)圆鲹属(*Decapterus*)。无斑圆鲹矢耳石的整体形态呈长椭圆形也呈小蝌蚪外形; 整体轮廓较光滑, 耳石后部略钝圆; 主间沟发育不明显; 耳石背部及后部有略为发育的脊突; 基叶发育十分明显且偏长; 翼叶发育不明显。

竹筴鱼隶属鲹科(Carangidae)鲹亚科(Caranginae)竹筴鱼属(*Trachurus*)。竹筴鱼矢耳石的整体形态呈长椭圆形; 耳石周围有脊凸发育, 耳石背部和耳石腹部发育呈现出明显的丰满质感; 有主间沟, 主间沟发育并不明显; 基叶发达, 其发育略短且粗壮; 有翼叶发育, 仅有一点小突起。

短吻丝鲹隶属鲹科(Carangidae)鲹亚科(Caranginae)丝鲹属(*Alectis*)。短吻丝鲹矢耳石的整体形态呈半圆弯钩形, 矢耳石形态略似手写的阿拉伯数字“9”; 耳石背部、耳石腹部和耳石

后部均有脊凸发育;主间沟发育明显,开口大;基叶发达且宽厚;翼叶也发育明显。

高体若鲹隶属鲹科 (Carangidae) 鲹亚科 (Caranginae) 若鲹亚属 (Carangoides)。高体若鲹矢耳石的整体形态呈长椭圆形且偏匀称;耳石后部向外突出,耳石背部和耳石腹部均有脊凸发育;主间沟发育明显;基叶十分发达,基叶前端发育匀称;有翼叶发育,其翼叶发育呈三角形。

脂眼凹肩鲹隶属鲹科 (Carangidae) 鲹亚科 (Caranginae) 凹肩鲹属 (Selar)。脂眼凹肩鲹矢耳石的整体形态呈四边形;耳石背部有一个发育明显的脊凸,耳石腹部发育呈现出明显的丰满质感;主间沟发育一般,并在主间沟部分发育出一个不规则扇形部分向耳石前部突出,扇形部分表面不平整;基叶发育明显;有翼叶发育,呈小三角形。

### 2.2 鲹科鱼类矢耳石形态系统检索

根据 7 种鲹科鱼类矢耳石形态(图版),结合耳石形态术语,编制 7 种鲹科鱼类耳石形态检索表如下:

- 1(10)耳石呈长椭圆形
- 2(3)耳石前部形态和后部形态较为对称 …………… 高体若鲹(*Caranx equula*)
- 3(2)耳石前部形态和后部形态不对称

- 4(5)耳石背部后方脊突发育显著,呈锯齿状 …………… 泰勃圆鲹(*Decapterus tabl*)
- 5(4)耳石背部后方脊突发育一般,非锯齿状
- 6(9)耳石后部较尖
- 7(8)主间沟明显,耳石后部下方有开口 …………… 长体圆鲹(*Decapterus macrosoma*)
- 8(7)主间沟不明显,耳石后部下方无开口 …………… 竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)
- 9(6)耳石后部略钝圆 …………… 无斑圆鲹(*Decapterus kurroides*)
- 10(1)四边形和半圆弯钩形
- 11(12)耳石呈半圆弯钩形 …………… 短吻丝鲹(*Alectis ciliaris*)
- 12(11)耳石呈四边形 …………… 脂眼凹肩鲹(*Selar crumenophthalmus*)

### 2.3 鲹科鱼类矢耳石形态聚类分析

根据聚类分析结果显示,7 种鲹科鱼类可分为 3 类(图 1):长体圆鲹、泰勃圆鲹、无斑圆鲹、竹筴鱼、高体若鲹为一类,短吻丝鲹和脂眼凹肩鲹各为一类。在聚类过程中,泰勃圆鲹和无斑圆鲹首先聚在一起,其欧氏距离为 0.063;最后短吻丝鲹再进行聚类,其与泰勃圆鲹的欧氏距离为 0.317。见表 2。

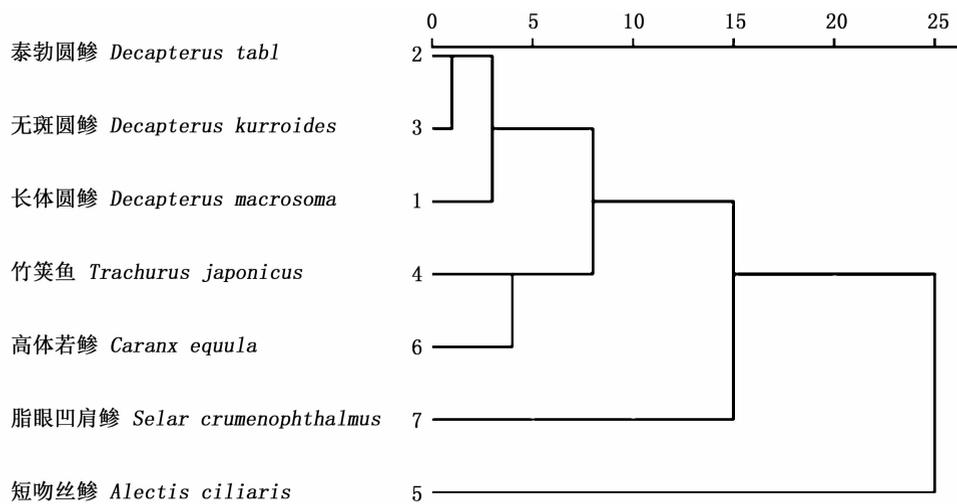


图 1 鲹科鱼类聚类分析结果

Fig.1 The result of cluster analysis of Carangidae

表 2 7种鲽科鱼类矢耳石形态聚类分析欧式距离

Tab. 2 Euclidean distance for cluster analysis of otolith morphology in 7 Carangidae species

| 种类<br>Species                       | 长体圆鲽<br><i>Decapterus<br/>macrosona</i> | 泰勃圆鲽<br><i>Decapterus<br/>tabl</i> | 无斑圆鲽<br><i>Decapterus<br/>kurroides</i> | 竹筴鱼<br><i>Trachurus<br/>japonicus</i> | 短吻丝鲽<br><i>Alectis<br/>ciliaris</i> | 高体若鲽<br><i>Caranx<br/>equula</i> | 脂眼凹肩鲽<br><i>Selar<br/>crumenophthalmus</i> |
|-------------------------------------|---|------------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--|
| 长体圆鲽 <i>Decapterus macrosona</i>    | 0                                       | 0.094                              | 0.075                                   | 0.104                                 | 0.289                               | 0.085                            | 0.182                                      |
| 泰勃圆鲽 <i>Decapterus tabl</i>         | 0.094                                   | 0                                  | 0.063                                   | 0.167                                 | 0.317                               | 0.149                            | 0.245                                      |
| 无斑圆鲽 <i>Decapterus kurroides</i>    | 0.075                                   | 0.063                              | 0                                       | 0.136                                 | 0.279                               | 0.108                            | 0.221                                      |
| 竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>      | 0.104                                   | 0.167                              | 0.136                                   | 0                                     | 0.28                                | 0.092                            | 0.115                                      |
| 短吻丝鲽 <i>Alectis ciliaris</i>        | 0.289                                   | 0.317                              | 0.279                                   | 0.28                                  | 0                                   | 0.245                            | 0.282                                      |
| 高体若鲽 <i>Caranx equula</i>           | 0.085                                   | 0.149                              | 0.108                                   | 0.092                                 | 0.245                               | 0                                | 0.168                                      |
| 脂眼凹肩鲽 <i>Selar crumenophthalmus</i> | 0.182                                   | 0.245                              | 0.221                                   | 0.115                                 | 0.282                               | 0.168                            | 0  |

### 3 讨论

#### 3.1 鲽科鱼类耳石整体和局部形态特征

通过对鲽科鱼类矢耳石形态的描述发现,其耳石整体形态种间差异明显,鲽科鱼类矢耳石整体形态呈现多种形状且变化较为丰富。本研究的7种鲽科耳石整体形态有长椭圆形、四边形、半圆弯钩形等;国内其他学者<sup>[20]</sup>研究发现,鲽科鱼类耳石形态还有叶钩型(长吻丝鲽 *Alectis indica*、大尾叶鲽 *Atule macrurus*、六带鲽 *Caranx sexfasciatus*、大甲鲽 *Megalaspis cordyla*、蓝圆鲽 *Decapterus maruadsi*)、花瓣型(牛眼凹肩鲽 *Selar boops*)、窄钩型(高体鲷 *Seriola dumerili*、黄条鲷 *Seriola aureovittata*)、双钩型(长颌鲳鲆 *Chorinemus lysan*、针鳞鲳鲆 *Chorinemus moadetta*)等。

鲽科鱼类矢耳石局部形态差异显著。本研究中的长体圆鲽、泰勃圆鲽、无斑圆鲽3种鱼均为同属鱼类,其矢耳石形态较为相似,但其局部形态存在显著差异,如长体圆鲽耳石后部下方有较大的缺口,泰勃圆鲽耳石背部脊突发育十分明显呈锯齿状,无斑圆鲽基叶发育十分明显且翼叶发育不明显。竹筴鱼和高体若鲽的耳石整体形态均呈长椭圆形,基叶均发育明显,但竹筴鱼翼叶发育仅有一点小突起,而高体若鲽翼叶相对发育较好,其翼叶呈三角形。短吻丝鲽和脂眼凹肩鲽的耳石局部形态与其他5种差异较大,短吻丝鲽耳石的基叶和翼叶均发育明显,其翼叶在7种鱼类中发育最为明显,脂眼凹肩鲽耳石局部形态中,在基叶和翼叶之间的主间沟部分发育出一个不规则扇形部分向耳石前部突起。

研究发现鲽科鱼类耳石整体形态种类多样,不同种属间特异性显著,耳石局部形态在基叶部

均发育较好,均有明显的听沟,鲽科鱼类矢耳石形态应用于鱼种分类前景较好,同时,因其具有显著的特异性对建立矢耳石形态的系统分类检索和聚类分析产生积极影响。

#### 3.2 系统分类检索和聚类分析对识别鲽科矢耳石形态的有效性

对7种鲽科鱼类矢耳石形态的描述并结合耳石形态术语,编制基于7种鲽科鱼类矢耳石形态的系统分类检索。结果表明鲽科鱼类矢耳石能在形态上对鱼种进行较好的识别,使得耳石形态学在鱼类分类学上有较好地应用,这与其他耳石形态研究<sup>[8-9]</sup>结果相一致。另外,鱼类耳石形态的不同是由于其遗传基因不同,并在遗传分化<sup>[2]</sup>的过程中形成,同时也可能受到生理规律和生态环境的影响<sup>[13]</sup>。

对7种鲽科鱼类耳石形态建立系统分类检索,能很好地区分不同鱼种,由于本研究的鲽科鱼类耳石整体形态特征变化多样且较为丰富,而其鲽科鱼体外部整体形态也有类似的形态特征变化,鲽科鱼类外部整体形态呈椭圆形、菱形和卵圆形等<sup>[16]</sup>。但在鲽科鱼类外部整体形态分类中,存在不同种类其外部整体形态相同的情况,如本研究中的竹筴鱼和脂眼凹肩鲽2种鱼类其外部整体形态均呈长椭圆形<sup>[21]</sup>,而在耳石整体形态中,竹筴鱼为长椭圆形,脂眼凹肩鲽为四边形。因此,耳石形态系统分类检索的建立对鱼类分类起到了重要作用,耳石形态学的完善将有助于丰富鱼类分类方法和佐证鱼类外形分类。所以在鱼类分类过程中,耳石形态分类与鱼类外部形态分类相辅相成,共同促进鱼类分类学研究。

结合椭圆傅里叶系数对7种鲽科鱼类进行聚类分析,与耳石形态描述相符合,长体圆鲽、泰勃圆鲽、无斑圆鲽、竹筴鱼、以及高体若鲽聚为一

组,短吻丝鲹和脂眼凹肩鲹各为一组,聚类结果较好。再对长体圆鲹、泰勃圆鲹、无斑圆鲹、竹筴鱼以及高体若鲹这一组继续细分,可发现泰勃圆鲹和无斑圆鲹首先聚在一起,其欧氏距离为0.063,种间距离最小,相关性最大,最后为长体圆鲹,先聚进来的3种鱼类为同属鱼类,耳石整体形态较相似,在聚类分析过程中优于其他鱼种。竹筴鱼和高体若鲹聚为一类,其耳石形态整体外形均呈长椭圆形,之后也和圆鲹属3种鱼类聚为一类。脂眼凹肩鲹和短吻丝鲹耳石形态外形分别为四边形和半圆弯钩形,与其他5种鲹科鱼类形态差异较大,其中短吻丝鲹与泰勃圆鲹的欧氏距离为0.317,种间距离最大,相关性最小。不同种间耳石形态越相似,得到的欧氏距离越小。在对7种鲹科鱼类耳石进行聚类分析过程中,耳石整体形态信息被椭圆傅里叶变换法提取出来,由于椭圆傅里叶变换法能充分提取耳石整体形态信息,所以能更为有效地将耳石形态进行聚类。在进行聚类分析的过程中,很好地将7种鲹科鱼类耳石进行聚类,聚类分析结果中可以清楚看到其聚类变化过程,以及种与种之间的关系和形态差异变化,可以进一步解释这些种间的耳石形态特征差异。

通过对耳石形态的系统分类检索,耳石形态区分更为明显,更为直观,耳石形态之间的差异更为清楚。在耳石形态学<sup>[22-24]</sup>日益发展过程中,系统分类耳石形态尤其重要,不仅能提高识别鱼种效率,而且有助于我们进一步认识鱼类耳石形态,对建立鱼类耳石形态分类数据库等起到重要帮助。

## 参考文献:

- [1] 张治国,王卫民. 鱼类耳石研究综述[J]. 湛江海洋大学学报, 2001, 21(4): 77-83.  
ZHANG Z G, WANG W M. Review of fish otoliths [J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2001, 21(4): 77-83.
- [2] 窦硕增. 鱼类的耳石信息分析及生活史重建:理论、方法与应用[J]. 海洋科学集刊, 2007: 93-113.  
DOU S Z. An introduction to fish otolith research: techniques and applications [J]. Studia Marina Sinica, 2007: 93-113.
- [3] 陆化杰,张旭,童玉和,等. 中国南海西沙群岛海域鸚乌贼耳石微结构及生长特性[J]. 水产学报, 2020, 44(5): 767-776.  
LU H J, ZHANG X, TONG Y H, et al. Statolith microstructure and growth characteristics of *Sthenoethus oualaniensis* in the Xisha Islands waters of the South China Sea [J]. Journal of Fisheries of China, 2020, 44(5): 767-776.
- [4] 陈新军,刘必林,钟俊生. 头足类年龄与生长特性的研究方法进展[J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(4): 371-377.  
CHEN X J, LIU B L, ZHONG J S. Advances in determination of age and growth of cephalopods [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2006, 21(4): 371-377.
- [5] TUSET V M, LOMBARTE A, GONZÁLEZ J A, et al. Comparative morphology of the sagittal otolith in Serranus spp. [J]. Journal of Fish Biology, 2003, 63(6): 1491-1504.
- [6] TZENG W N, TSAI Y C. Changes in otolith microchemistry of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, during its migration from the ocean to the rivers of Taiwan [J]. Journal of Fish Biology, 1994, 45(4): 671-683.
- [7] 瞿俊跃,方舟,陈新军. 东黄海外海蓝点马鲛的耳石生长形态变化分析[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(6): 943-952.  
QU J Y, FANG Z, CHEN X J. Variation of otolith growth and morphology of *Scomberomorus niphonius* off East China Sea and Yellow Sea [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(6): 943-952.
- [8] 叶振江,张驰,王英俊,等. 中国天竺鲷属鱼类的矢耳石形态特征[J]. 海洋学报, 2010, 32(5): 87-92.  
YE Z J, ZHANG C, WANG Y J, et al. Morphologic characteristics of the sagittal otoliths of fishes of the genus *Apogon* in China's seas [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2010, 32(5): 87-92.
- [9] 任品,陆化杰,唐悦,等. 西北太平洋北方拟贻乌贼耳石外部形态特性分析[J]. 水产学报, 2020, 44(1): 49-60.  
REN P, LU H J, TANG Y, et al. Statolith morphology of *Gonatopsis borealis* in the northwest Pacific Ocean [J]. Journal of fisheries of China, 2020, 44(1): 49-60.
- [10] 张国华,但胜国,苗志国,等. 六种鲤科鱼类耳石形态以及在种类和群体识别中的应用[J]. 水生生物学报, 1999, 23(6): 683-688.  
ZHANG G H, DAN S G, MIAO Z G, et al. Otolith morphology of six cyprinid species with the use in species and stock discriminations [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1999, 23(6): 683-688.
- [11] 叶振江,孟晓梦,高天翔,等. 两种花鲈(*Lateolabrax* sp.)耳石形态的地理变异[J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(4): 356-360.  
YE Z J, MENG X M, GAO T X, et al. The geographical differentiation in otolith morphology of sea bass: *Lateolabrax japonicus* and *L. maculatus* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2007, 38(4): 356-360.

- [12] 王英俊, 叶振江, 杨永恒, 等. 耳石形态在黄海蓝点马鲛群体鉴别方面的应用[J]. 中国海洋大学学报, 2007, 37(s1): 155-158.  
WANG Y J, YE Z J, YANG Y H, et al. Stock identification of spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius* in the yellow sea using otolith morphology [J]. Periodical of Ocean University of China, 2007, 37(s1): 155-158.
- [13] 欧利国, 刘必林. 南海东沙群岛海域圆鲹属鱼类矢耳石的形态特征分析[J]. 南方水产科学, 2019, 15(3): 33-40.  
OU L G, LIU B L. Sagittae morphology of genus *Decapterus* from Dongsha Islands in South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(3): 33-40.
- [14] 欧利国, 刘必林, 方舟. 基于椭圆傅里叶变换的鱼类矢耳石和听沟形态识别[J]. 海洋渔业, 2019, 41(4): 385-396.  
OU L G, LIU B L, FANG Z. Identification of sagittal otolith morphology and sulcus morphology based on elliptic Fourier transform[J]. Marine Fisheries, 2019, 41(4): 385-396.
- [15] 欧利国, 刘必林. 基于地标点法的4种鲹科鱼类矢耳石形态分类[J]. 大连海洋大学学报, 2020, 35(1): 114-120.  
OU L G, LIU B L. Identification of sagittal otolith shapes of four species in family Carangidae based on landmark morphometrics analysis [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2020, 35(1): 114-120.
- [16] 国家水产总局南海水产研究所. 南海诸岛海域鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1979.  
South China Sea Fisheries Institute, China National Bureau of Aquatic Products (Competent authority). The fishes of the islands in the south China sea[M]. Beijing: Science Press, 1979.
- [17] GAEMERS P A M. Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths[J]. Netherlands Journal of Zoology, 1983, 34(4): 566-595.
- [18] 郭弘艺, 唐文乔, 魏凯, 等. 中国鲹属鱼类的矢耳石形态特征[J]. 动物学杂志, 2007, 42(1): 39-47.  
GUO H Y, TANG W Q, WEI K, et al. Morphologic characters of the sagittal otoliths of the fishes of the genus *Coilia* from China[J]. Chinese Journal of Zoology, 2007, 42(1): 39-47.
- [19] 叶振江. 中国海洋鱼类耳石形态学分析及应用研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010: 1-216.  
YE Z J. Study on otolith shape, taxonomy and application for fishes in China sea [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010: 1-216.
- [20] 郑文莲. 我国鲹科等鱼类耳石形态的比较研究[M]//中国鱼类学会. 鱼类学论文集: 第2辑. 北京: 科学出版社, 1981: 39-54.  
ZHENG W L. Comparative study on the otolith morphology of *Carangidae* in China [M]//Chinese Fish Society. Transactions of the Chinese Ichthyological Society No. 2. Beijing: Science Press, 1981: 39-54.
- [21] 陈大刚, 张美昭. 中国海洋鱼类[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2015: 1080-1085.  
CHEN D G, ZHANG M Z. Marine fishes of China [M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2015: 1080-1085.
- [22] 张鹏, 邹晓荣, 白思琦, 等. 伊朗带鱼矢耳石形态特征[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(5): 724-734.  
ZHANG P, ZOU X R, BAI S Q, et al. Morphometric features of sagittal otolith for *Trichiurus lepturus* in Iran waters [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(5): 724-734.
- [23] BEGG G A, BROWN R W. Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on georges bank based on otolith shape analysis [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2000, 129(4): 935-945.
- [24] SMITH M K. Regional differences in otolith morphology of the deep slope red snapper *Etelis carbunculus* [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1992, 49(4): 795-804.

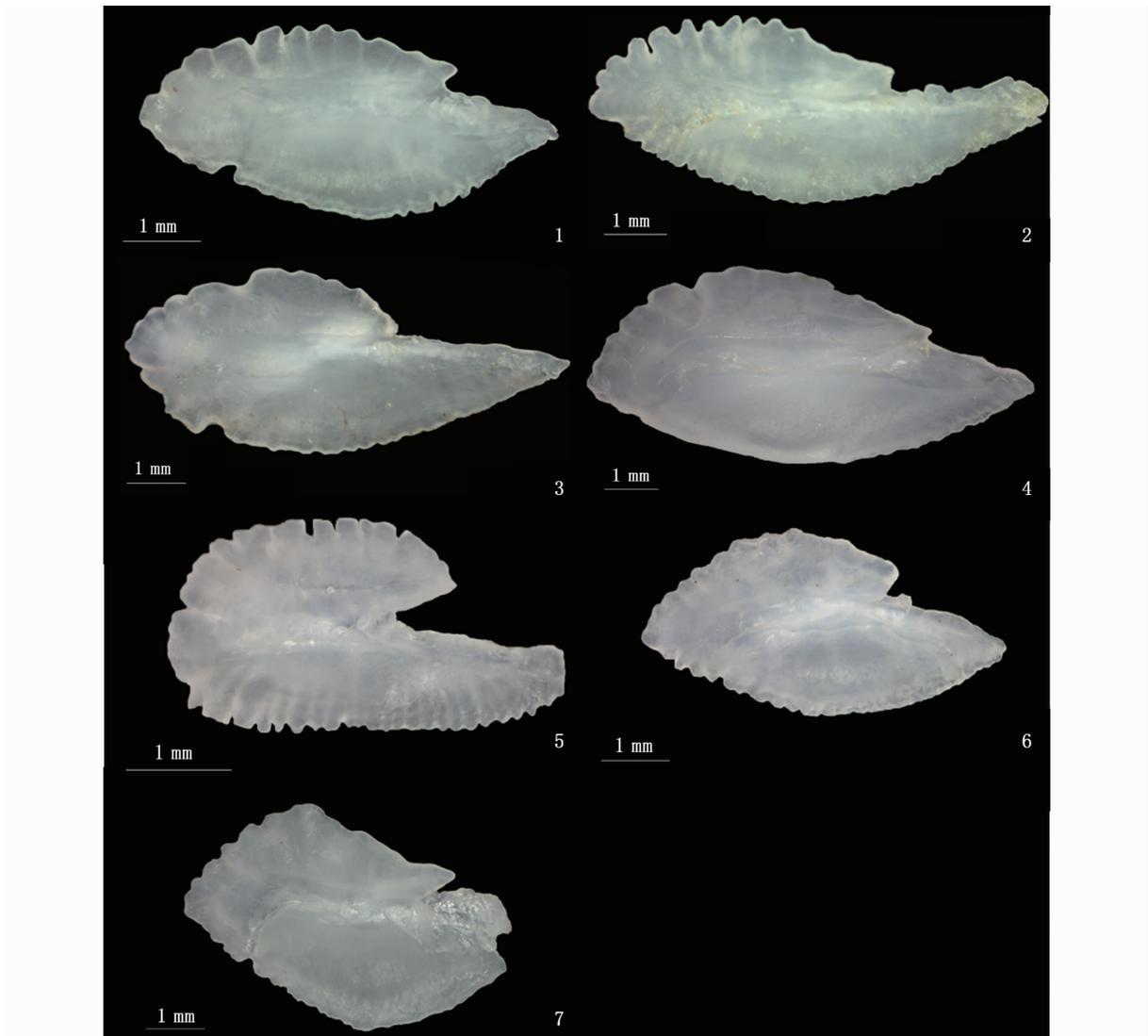
## Stock discrimination using sagittal otolith morphology of seven Carangidae species from the Dongsha Islands in the South China Sea

OU Ligu<sup>1</sup>, LI Qingying<sup>1</sup>, LIU Bilin<sup>1,2,3,4,5</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China; 5. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The morphological characteristics of sagittal otoliths of 135 individuals of Carangidae (*Decapterus macروسoma*, *D. tabl*, *D. kurroides*, *Trachurus japonicus*, *Alectis ciliaris*, *Caranx equula*, *Selar crumenophthalmus*) collected from the Dongsha Islands in the South China Sea were studied in this paper. The entire morphology of sagittal otolith of 7 species of Carangidae was long oval, quadrilateral and semicircular curved hooked. There were knobs around the otolith with the development of rostrum and sulcus. The sulcus extends from the excisural notch of the anterior part of otolith to the posterior part of otolith. The results show that the morphological characteristics of otoliths of 7 species of Carangidae were obviously different among species. The systematic classification and retrieval table established by otolith morphology and the application of cluster analysis were effective in identifying otolith morphology. This study will provide some reference for the stock identification and systematic classification of Carangidae.

**Key words:** Carangidae; sagittal otolith; morphological character; classification search; cluster analysis; South China Sea



1. 长体圆鲷; 2. 短吻丝鲷; 3. 泰勃圆鲷; 4. 高体若鲷; 5. 无斑圆鲷; 6. 脂眼凹肩鲷; 7. 竹筴鱼。

1. *Decapterus macrosoma*; 2. *Alectis ciliaris*; 3. *D. tabl*; 4. *Caranx equula*; 5. *D. kurroides*; 6. *Selar crumenophthalmus*; 7. *Trachurus japonicus*.

图版 鲷科左矢耳石形态(内侧面)

Plate Morphology of left sagittal otolith in Carangidae (medial surface)