

黄海重要饵料鱼种矢耳石的形态特征

张波,戴芳群,金显仕

(中国水产科学研究院 黄海水产研究所,农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室,山东 青岛 266071)

摘要: 由于鱼类矢耳石的形态结构稳定,具有种的特征,且坚硬不易被消化,其形态特征可用于鱼类胃含物分析中的种类鉴定。本研究选取黄海“简化食物网”中的30种重要饵料鱼种为研究对象,描述了各种类矢耳石的形态特征,并进行了比较分析。结果发现,这30种重要饵料鱼种的矢耳石中形态结构相似的有7组:赤鼻棱鲷和中颌棱鲷,细条天竺鱼和斑鳍天竺鱼,多鳞鳕和少鳞鳕,皮氏叫姑鱼和白姑鱼,黄姑鱼和小黄鱼,黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼,以及矛尾鰕虎鱼和六丝矛尾鰕虎鱼,本研究为胃含物分析等基于耳石形态的种类鉴别提供了基础资料,同时进一步更广泛深入地研究和认知鱼类的耳石形态,近缘种耳石形态特征的量化研究,以及同一种类耳石形态的地理变异等的研究将有助于更准确地进行种类的鉴别,对提高胃含物分析的准确度也有很大帮助。[中国水产科学,2008,15(6):917-926]

关键词: 黄海; 饵料鱼种; 胃含物分析; 矢耳石; 形态特征

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)06-0917-10

耳石是硬骨鱼类在生长过程中沉积在内耳中的结石,由于其记录的信息涵盖了鱼类生态学研究的诸多方面,逐渐成为国际上渔业科学和海洋环境科学的研究热点^[1],也受到了中国科研工作者的的高度重视^[1-3]。从鱼类耳石的形态结构上看,由于其形态结构稳定,且具有种的特征,被广泛用于种类鉴别、群体识别、年龄鉴定等方面的研究中^[4-15]。郭弘艺等^[11]研究认为,矢耳石形态的稳定性显著优于其身体形态的稳定性。鱼类耳石共有3对,即矢耳石、微耳石和星耳石。由于矢耳石最大,易于观察,常用于进行物种特征的形态学分析。

目前中国在海洋鱼类摄食生态学及食物网研究中仍长期广泛地使用传统的鱼类胃含物分析方法^[16-20],但由于食物在胃内多处于被消化状态,对于被消化程度很大的种类,很难准确地鉴别种类。鉴于鱼类矢耳石坚硬且不易被消化,其形态特征被广泛地应用于食鱼动物(如食鱼哺乳动物、海洋鸟类等)以及鱼类的食性研究中^[21-24],可见更广泛地认识各种鱼类耳石的形态特征对鱼类的物种鉴定

有很大的帮助。从1903年Scott开始利用鱼类的耳石形态来研究食鱼的鲸类的摄食习性以来,至今在这方面已开展了大量的研究工作^[24]。国内在这方面的研究还较少,仅见郑文莲^[4]对鲆科等鱼类的耳石形态进行了研究,张国华等^[8]研究了6种鲤科鱼类耳石形态特征在种类和群体识别中的应用,郭弘艺等^[11]研究了中国4种鲆属鱼类耳石的形态特征。叶振江等^[25]编著了中国习见海洋鱼类耳石图谱。但目前尚未见对黄海鱼类耳石形态学比较研究的相关报道。深入了解黄海各鱼种耳石形态对于鱼类胃含物分析,以及黄海食物网的构建都具有非常重要的意义,有助于完善鱼类胃含物的种类鉴定方法,并提高其准确性。本研究拟对黄海食物网结构中的重要饵料鱼种(这里的“重要饵料鱼种”是指在食物网结构中被多数其他高营养层次鱼类摄食,并在食物网中起着承上启下重要作用的鱼种)矢耳石的形态特征进行比较研究,为胃含物分析等基于耳石形态的种类鉴别和群体识别提供基础资料。

收稿日期: 2008-05-20; 修订日期: 2008-07-03.

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2006CB400600); 国家自然科学基金重大项目(30490233); 国家自然科学基金面上项目(30570293).

作者简介: 张波(1971-),女,博士,副研究员,主要从事鱼类摄食生态及食物网营养动力学研究. E-mail: zhangbo@ysfri.ac.cn

1 材料与方法

1.1 样品的制备与测量

根据韦晟等^[17]和张波^[20],选择黄海“简化食物网(选择在食物关系、营养层次转化中发挥重要作用的关键种以及重要的生物种类中开展有选择食物网研究^[26])”结构中重要的饵料鱼种为研究对象(表1),取矢耳石进行形态特征的比较研究。由于大量研究表明左右耳石的形态不存在显著差异^[8,11],通常多选用左耳石进行研究。

本研究所用的矢耳石样品均来源于黄海水产研究所“北斗”号海洋科学调查船在黄海水域进行科学调查时采集的样品。为了清除矢耳石上的附着的包膜和黏液,先用3%的NaOH溶液将矢耳石浸泡数小时,再用清水冲洗干净。干燥数小时后用OLYMPUS SZ61型解剖镜观察耳石形态,并用OLYMPUS DP71型数码相机摄制耳石近轴面和远轴面形态图。各鱼种均选10尾鱼的耳石进行形态观察和拍摄,选取其中完整、清晰的形态图进行研究。

表1 黄海30种重要饵料鱼种及其标准长度
Tab. 1 Thirty important prey fish species and their standard body length in the Yellow Sea $n=10; \bar{x} \pm SD$

鱼种名 Fish species	标准长度/mm Standard body length	鱼种名 Fish species	标准长度/mm Standard body length
青鳞沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	72.00±4.00	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	185.00±19.62
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	111.60±12.72	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	143.70±13.12
赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammalensis</i>	107.10±2.69	小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	114.90±10.55
中颌棱鳀 <i>Thrissa mystax</i>	95.60±4.62	黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	81.00±7.10
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	113.10±22.17	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	84.30±9.38
鲚 <i>Coilia ectenes</i>	152.80±21.27	长绵鲷 <i>Enchelyopus elongates</i>	150.90±20.80
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	158.70±10.65	方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i>	123.20±15.82
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	136.60±30.62	玉筋鱼 <i>Ammodytes personatus</i>	84.60±14.02
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>	29.50±2.76	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	169.80±23.88
发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>	56.10±4.07	小带鱼 <i>Trichiurus muticus</i>	109.10±7.56
细条天竺鱼 <i>Apogonichthys lineatus</i>	53.50±5.32	矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	92.50±5.60
斑鳍天竺鱼 <i>Apogonichthys carinatus</i>	92.80±9.69	六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	53.00±9.13
多鳞鳕 <i>Sillago sihama</i>	108.90±4.20	鲈 <i>Pneumatophorus japonicus</i>	161.60±7.93
少鳞鳕 <i>Sillago japonica</i>	175.50±0.71	鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	259.80±80.97
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	98.50±11.63	高眼鲷 <i>Cleisthenes herzensteini</i>	127.80±10.36

1.2 耳石的形态描述

参考Messieh^[13]、郑文莲^[4]和郭弘艺等^[11]的研究,以在黄海水域采集的太平洋鲱(*Clupea pallasii*)矢耳石近轴面为例说明各部分使用的术语(图1):(1)基叶:耳石腹侧前端的突起;(2)翼叶:耳石背侧前端的突起;(3)侧基叶:耳石背侧后端的突起;(4)后基叶:耳石腹侧后端的突起;(5)背侧突起:耳石背侧表面的突起;(6)腹侧突起:耳石

腹侧表面的突起;(7)主间沟:基叶和翼叶之间的凹陷部分;(8)次间沟:侧基叶和后基叶之间的凹陷部分;(9)主凹槽:从主间沟开始,沿耳石中轴延伸的凹槽;(10)中央突(因太平洋鲱不具此特征,因此图中未标示):基叶和翼叶之间的突起;(11)辐射状条纹(因太平洋鲱不具此特征,因此图中未标示):耳石表面的辐射状条纹。矢耳石的远轴面通常隆起,有的隆起明显呈乳头状突起,有的具明显的中心核等形态特征。

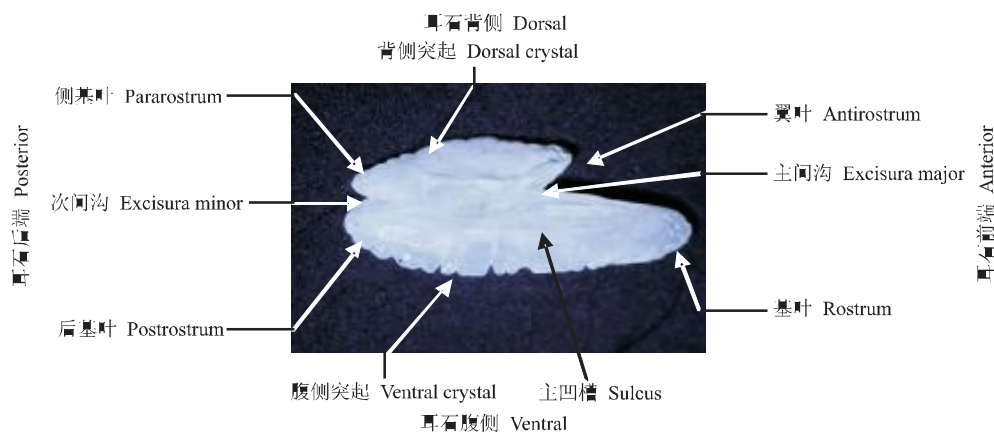


图1 太平洋鲱矢耳石近轴面(左)的形态示意图

Fig.1 Sagittae of Pacific herring showing different parts from the proximal(left) view

根据以上术语对太平洋鲱矢耳石近轴面的形态描述如下: 基叶长, 翼叶短, 具主间沟, 无中央突; 主凹槽后端封闭; 具后基叶和侧基叶, 后基叶较侧基叶略长, 具次间沟; 耳石背侧具波纹状叶形晶状突, 腹侧具宽锯齿状叶形晶状突。

2 结果与分析

黄海“简化食物网”结构中的这 30 种主要饵料鱼种分属 4 个目(鲱形目、灯笼鱼目、鲈形目和鲷形目)16 科 23 属, 其矢耳石形态特征各有特点(图版 I-IV), 以下按不同目分别描述各鱼种矢耳石的形态特征。

2.1 鲱形目主要饵料鱼种矢耳石的形态特征

黄海鲱形目主要饵料鱼种包括青鳞沙丁鱼、鲱、中颌棱鲱、赤鼻棱鲱、黄鲫、凤鲚和鲚 7 种。青鳞沙丁鱼属鲱科沙丁鱼属, 其耳石基叶较长, 翼叶较短, 无中央突; 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端钝; 耳石背侧平滑, 腹侧突起为不连续的宽锯齿状叶形晶状突(图版 I-1-a 和 1-b)。鲱属鲱科鲱属, 耳石窄长, 基叶较长, 翼叶较短, 前端较尖, 无中央突; 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端较尖长; 耳石背侧较平滑, 腹侧突起为脊突(图版 I-2-a 和 2-b)。赤鼻棱鲱和中颌棱鲱属鲱科棱鲱属, 耳石形态有一定差异。赤鼻棱鲱的耳石基叶较长, 翼叶短, 前端较尖, 无中央突; 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端较圆; 耳石背侧较平滑, 腹侧有不规则的锯齿状叶形晶状突; 具辐射状条纹(图版 I-3-a 和 3-b); 中颌棱鲱

的耳石基叶较长, 翼叶不明显, 具中央突; 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端较圆; 耳石后端和基叶前端均具小三角形叶形晶状突, 腹侧较平滑; 具辐射状条纹(图版 I-4-a 和 4-b)。黄鲫属鲱科黄鲫属, 耳石基叶较长, 前端较尖, 翼叶和主间沟不明显, 无中央突, 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端圆; 耳石后端和腹侧具小三角形叶形晶状突; 具辐射状条纹(图版 I-5-a 和 5-b)。鲚和凤鲚属鲱科鲚属, 耳石形态有较大差异。鲚的耳石基叶较长, 翼叶较短, 但两者比例相差不大, 前端均具小三角形叶形晶状突, 具中央突; 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端钝尖; 耳石腹侧具零星脊突; 具辐射状条纹(图版 I-6-a 和 6-b); 凤鲚的耳石基叶较长, 无明显翼叶和主间沟, 无中央突; 主凹槽后端封闭, 无后基叶和侧基叶, 耳石后端圆; 耳石腹侧具脊突; 辐射状条纹不明显(图版 I-7-a 和 7-b)。

2.2 灯笼鱼目主要饵料鱼种矢耳石的形态特征

黄海灯笼鱼目主要饵料鱼种包括龙头鱼和七星底灯鱼 2 种。龙头鱼属狗母鱼科龙头鱼属, 其耳石基叶较长, 翼叶不发达, 无中央突; 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端、背侧和腹侧具波纹状叶形晶状突(图版 II-1-a 和 1-b)。七星底灯鱼属灯笼鱼科七星鱼属, 其耳石较小, 基叶和翼叶均较短, 无中央突; 主凹槽后端封闭; 无后基叶和侧基叶, 耳石后端圆; 耳石腹侧具零星脊突(图版 II-2-a 和 2-b)。

2.3 鲈形目主要饵料鱼种矢耳石的形态特征

黄海鲈形目主要饵料鱼种包括发光鲷、细条天竺鱼、斑鳍天竺鱼、多鳞鳢、少鳞鳢、皮氏叫姑鱼、黄姑鱼、白姑鱼、小黄鱼、黑鳃梅童鱼、棘头梅童鱼、长绵鲷、方氏云鲷、玉筋鱼、带鱼、小带鱼、矛尾鰕虎鱼、六丝矛尾鰕虎鱼、鲐鱼和鲷共 20 种。发光鲷属发光鲷科发光鲷属,其耳石基叶较长,尾端向上翘,翼叶和主间沟不明显,无中央突;主凹槽后端封闭;无后基叶和侧基叶,耳石后端圆,具波纹状叶形晶状突;中心核明显(图版 III-1-a 和 1-b)。细条天竺鱼和斑鳍天竺鱼属天竺鱼科天竺鱼属,耳石形态较相似,具较明显的中心核,细条天竺鱼的耳石较长,而斑鳍天竺鱼的耳石较宽。细条天竺鱼的耳石具基叶,较短,翼叶和主间沟不明显,具中央突;主凹槽后端封闭;后基叶、侧基叶和次间沟均较短小(图版 III-2-a 和 2-b);斑鳍天竺鱼耳石的基叶和翼叶均较短,且宽,基叶长于翼叶,基叶前端具波纹状叶形晶状突,具主间沟,无中央突;主凹槽后端封闭;后基叶、侧基叶和次间沟均不发达,后基叶宽(图版 III-3-a 和 3-b)。多鳞鳢和少鳞鳢属鳢科鳢属,耳石形态(图版 III-4-a 和 4-b 和图版 III-5-a 和 5-b)非常接近,近似椭圆形,具较明显的中心核;耳石前端无基叶和翼叶,后端无后基叶和侧基叶;主凹槽接近耳石腹侧,贯串整个耳石,前后端均开放。

皮氏叫姑鱼、黄姑鱼、白姑鱼、小黄鱼、黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼均属石首鱼科,其矢耳石的远轴面隆起明显,呈乳头状突起。其中皮氏叫姑鱼(图版 III-6-a 和 6-b)和白姑鱼(图版 III-8-a 和 8-b),黄姑鱼(图版 III-7-a 和 7-b)和小黄鱼(图版 III-9-a 和 9-b),以及黑鳃梅童鱼(图版 III-10-a 和 10-b)和棘头梅童鱼(图版 III-11-a 和 11-b)这 3 组的耳石形态较相似,但组间的耳石形态差异却较大。皮氏叫姑鱼和白姑鱼分属叫姑鱼属和白姑鱼属,耳石呈三角锥形;近轴面近三角形,无基叶、翼叶、后基叶和侧基叶;主凹槽在近轴面完全封闭呈圆形,内陷很深;远轴面后测向上隆起一脊,前侧隆起似一锥体,但皮氏叫姑鱼隆起的锥体似花冠状,有很多乳头状突起,而白姑鱼为不规则突起。黄姑鱼和小黄鱼分属黄姑鱼属和黄鱼属,耳石近轴面呈长椭圆形,无基叶、翼叶、后基叶和侧基叶;耳石远轴面具乳头状突起;小黄鱼耳石的主凹槽后端封闭,而黄姑鱼耳石无主凹槽,在主凹槽位置有隆起部分。黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼均属梅童鱼属,

耳石近轴面近似三角形,基叶较长,翼叶和主间沟不明显,无中央突;主凹槽后端封闭,无后基叶和侧基叶;两者的耳石主要区别在于远轴面基叶背面的隆起上,黑鳃梅童鱼仅略隆起,而棘头梅童鱼的隆起较高。

长绵鲷属长绵鲷科长绵鲷属,耳石较小,基叶较短,无翼叶、主间沟和中央突;主凹槽后端封闭;无后基叶和侧基叶,耳石后端钝圆(图版 III-12-a 和 12-b)。方氏云鲷属锦鲷科云鲷属,耳石较小,基叶较长,翼叶小,无中央突;主凹槽后端封闭;后基叶小,侧基叶和次间沟不明显(图版 III-13-a 和 13-b)。玉筋鱼属玉筋鱼科玉筋鱼属,耳石较小,耳石背侧和腹侧中部向内缢缩,使其形似葫芦;无基叶和翼叶,中央突明显;无后基叶和侧基叶,耳石后端圆(图版 III-14-a 和 14-b)。带鱼和小带鱼属带鱼科带鱼属,耳石形态差异较大。带鱼耳石的基叶长,翼叶短,无中央突;主凹槽后端封闭;无后基叶和侧基叶;耳石后端、背侧和腹侧具锯齿状叶形晶状突(图版 III-15-a 和 15-b);小带鱼耳石的基叶长,向前延伸成针状,无翼叶、主间沟和中央突;主凹槽近耳石腹侧,后端封闭;无后基叶和侧基叶;耳石后端尖(图版 III-16-a 和 16-b)。矛尾鰕虎鱼和六丝矛尾鰕虎鱼属鰕虎鱼科矛尾鰕虎鱼属,耳石近长方形,形态较相似;基叶较长且宽,前端具波纹状叶形晶状突,无中央突;主凹槽周边完全封闭;无后基叶和侧基叶;耳石后端、背侧和腹侧具波纹状叶形晶状突;但矛尾鰕虎鱼耳石的翼叶(图版 III-17-a 和 17-b)较六丝矛尾鰕虎鱼的(图版 III-18-a 和 18-b)发达。鲐鱼属鲐科鲐属,其耳石无基叶和翼叶,中央突明显,向前突出呈长针状;主凹槽纵贯整个耳石,后端封闭;耳石后端膨大,后基叶和侧基叶均较短,后基叶宽,且圆(图版 III-19-a 和 19-b)。鲷属鲷科鲷属,其耳石狭长,具基叶和后基叶,前端均尖细,无翼叶、侧基叶、主间沟和次间沟;主凹槽后端封闭;耳石背侧具零星锯齿状叶形晶状突(图版 III-20-a 和 20-b)。

2.4 鲹形目主要饵料鱼种矢耳石的形态特征

黄海鲹形目主要饵料鱼种有高眼鲹,属鲹科高眼鲹属,其耳石的基叶、翼叶和中央突长度相近,均较短,基叶和翼叶较宽且前端均较钝;主凹槽后端封闭,且凹槽后端凹陷较深;无后基叶和侧基叶,耳石后端钝圆;耳石后端、背侧和腹侧均具波纹状叶形晶状突(图版 IV-1-a 和 1-b)。

3 讨论

鱼类胃含物分析法目前仍然是海洋鱼类摄食生态及食物网营养动力学研究中长期、广泛使用的方法,中国从20世纪60年代开始用这种方法进行鱼类摄食的研究^[27],并对中国近海各海域—东海^[16]、黄海^[17]、渤海^[18-19]以及长江口邻近海域^[28]的食物网进行了研究。这表明对海洋食物网的研究已越来越受到中国生态学研究者的关注,因此鱼类胃含物分析方法也越来越显示出它的重要性。对于在胃内消化程度很大的种类,借助耳石的形态特征可以较准确地鉴别摄食的食物种类。Fitch等^[24]在研究中发现,从7种鲸胃内取出的18 164个鱼类耳石至少能鉴定出51种,但如果不借助耳石形态,就仅能鉴定出2种。可见,鱼类耳石的形态学研究对提高胃含物分析的准确度有很大的帮助。本研究对黄海30种重要饵料鱼种矢耳石的形态特征进行了分析,为胃含物物种的分析鉴定提供了重要的依据。更进一步广泛深入地研究和认知鱼类的耳石形态是一项非常必要的工作。

与其他研究中的鱼种耳石形态^[4,11,13]进行比较,耳石背侧有无突起、不明显突起、脊突、扇形波纹状叶形晶状突和波纹状叶形晶状突等形态特征;腹侧有无突起、不明显突起、扇形波纹状叶形晶状突、波纹状叶形晶状突、波纹或锯齿状叶形晶状突和小三角形叶形晶状突等形态特征;主凹槽有周边完全封闭、后端封闭或纵贯耳石,前后端均开放等形态特征。耳石的这些形态特征不仅具有种的特征,还具有属和科,乃至目的特征。比较黄海30种重要饵料鱼种的耳石形态特征(图版I-IV)可以发现一些共有的特征,如:鲱形目的矢耳石基叶和翼叶多较发达;耳石周边多具脊突、锯齿状叶形晶状突或小三角形叶形晶状突;辐射状条纹较明显。鲈形目矢耳石基叶和翼叶多不发达;耳石周边多光滑或具波纹状叶形晶状突。石首鱼科矢耳石的远轴面多具乳头状突起,有的种突起较大呈锥形,如皮氏叫姑鱼和白姑鱼。

大量研究表明,耳石的形态特征稳定,不仅可以作为科的鉴别特征,也可以作为亚科和属的鉴别特征,亲缘关系越接近的分类单元,耳石形态可能越相似^[4,8,29]。本研究中30种黄海重要饵料鱼种的耳石形态相似的种类有:鳀科鳀属的赤鼻棱鳀和中颌棱鳀;天竺鱼科天竺鱼属的细条天竺鱼和斑鳍

天竺鱼;鳊科鳊属的多鳞鳊和少鳞鳊;石首鱼科的皮氏叫姑鱼和白姑鱼,黄姑鱼和小黄鱼,以及黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼;鰕虎鱼科矛尾鰕虎鱼属的矛尾鰕虎鱼和六丝矛尾鰕虎鱼。除石首鱼科的皮氏叫姑鱼和白姑鱼,黄姑鱼和小黄鱼以外,其余耳石形态相似的种类均属同科同属,亲缘关系较近。本研究中的6种石首鱼科鱼类分属5个属(叫姑鱼属、白姑鱼属、黄姑鱼属、黄鱼属和梅童鱼属),从耳石形态特征的研究发现皮氏叫姑鱼和白姑鱼,黄姑鱼和小黄鱼,以及黑鳃梅童鱼和棘头梅童鱼的耳石形态较相似,但组间的耳石形态差异较大,这表明叫姑鱼属和白姑鱼属,黄姑鱼属和黄鱼属的亲缘关系可能更近。

本研究主要是从形态学的角度对30种黄海重要饵料鱼种的耳石形态进行比较研究,进一步的研究工作希望从以下几个方面入手,以期鱼类胃含物分析提供更详尽的参考资料。(1)更广泛地收集鱼类耳石样品,进行形态学特征的比较研究,扩大对鱼类耳石形态特征的认知和辨别。(2)由于一些近缘种的耳石形态特征非常相似,仅从形态特征难以进行鉴别,因此还需要加入一些量化指标以便于更准确地进行种类鉴别。(3)由于受性别、年龄和环境条件的影响,同一种类的耳石的形态往往有一些差异^[5,8,12,30],因此,研究同一种类耳石形态的地理变异等也有助于更准确地进行种类的鉴别。

参考文献:

- [1] 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, 48: 93-113.
- [2] 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.
- [3] 付自东, 谢天明, 宋昭彬. 鱼类耳石元素指纹研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13(2): 278-283.
- [4] 郑文莲. 中国鳊科等鱼类耳石形态的比较研究[A]. 鱼类学论文集: 第2辑[C]. 北京: 科学出版社, 1981: 39-54.
- [5] 罗秉征, 卢继武, 黄颂芳. 中国带鱼耳石生长的地理变异与地理种群的初步探讨[A]. 海洋与湖泊论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1981: 181-194.
- [6] 邓景耀, 赵传綢. 海洋渔业生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [7] 兰永伦, 罗秉征. 东海6种石首鱼的年龄鉴定与生长特性的研究[J]. 海洋与湖泊增刊, 1995, 26(5): 108-114.

- [8] 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.
- [9] 沈建忠,曹文宣,崔奕波.鳊耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用[J].水生生物学报,2002,26: 662-668.
- [10] 郭弘艺,唐文乔.长江口鲢矢耳石重量与年龄的关系及其在年龄鉴定中的作用[J].水产学报,2006,30(3): 347-352.
- [11] 郭弘艺,唐文乔,魏凯,等.中国鲚属鱼类的矢耳石形态特征[J].动物学杂志,2007,42(1): 39-47.
- [12] 叶振江,孟晓梦,高天翔,等.两种花鲈(*Lateolabrax* sp.)耳石形态的地理差异[J].海洋与湖沼,2007,38(4): 356-360.
- [13] Messieh S N. Use of otoliths in identifying herring stocks in the southern Gulf of St. Lawrence and adjacent water[J]. J Fish Res Bd Can, 1972, 29: 1 113-1 118.
- [14] Campana S E, Casselman J M. Stock discrimination using otolith shape analysis[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1993, 50: 1 062-1 083.
- [15] Stransky C, Murta A G, Schlickeisen J, et al. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean[J]. Fish Res, 2008, 89: 159-166.
- [16] 张其永,林秋眠,林尤通,等.闽南—台湾浅滩渔场鱼类食物网研究[J].海洋学报,1981,3(2): 275-290.
- [17] 韦晟,姜卫民.黄海鱼类食物网的研究[J].海洋与湖沼,1992,23(2): 182-192.
- [18] 邓景耀,孟田湘,任胜民.渤海鱼类食物关系的初步研究[J].生态学报,1986,6(4): 356-364.
- [19] 邓景耀,姜卫民,杨纪明,等.渤海主要生物种间关系及食物网研究[J].中国水产科学,1997,4(4): 1-7.
- [20] 张波.中国近海食物网及鱼类营养动力学关键过程的初步研究[D].青岛:中国海洋大学,2005. 27-35.
- [21] Murie D J, Lavigne D M. Interpretation of otoliths in stomach content analyses of phocid seals: quantifying fish consumption[J]. Can J Zool, 1985, 64: 1152-1157.
- [22] Pierce G J, Boyle P R. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals[J]. Ocean Mar Biol, 1991, 29: 409-486.
- [23] Tollit D J, Steward M J, Thompson P M, et al. Species and size difference in the digestion of otoliths and beaks: implications for estimates of pinniped diet composition[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1997, 54: 105-119.
- [24] Fitch J E, Brownell R L. Fish otoliths in cetacean stomach and their importance in interpreting feeding habits[J]. J Fish Res Bd Can, 1968, 25: 2 561-2 574.
- [25] 叶振江,朱柏军,薛莹.中国习见海洋鱼类耳石图谱[M].青岛:中国海洋大学出版社,2007.
- [26] 唐启升.海洋食物网与高营养层次营养动力学研究策略[J].海洋水产研究,1999,20(2): 1-11.
- [27] 杨纪明,郑严.浙江、江苏近海大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (Richardson) 的食性及摄食的季节变化[J].海洋科学集刊,1962,2: 14-30.
- [28] 罗秉征,韦晟,窦硕增.长江口鱼类食物网与营养结构的研究[J].海洋科学集刊,1997,38: 143-153.
- [29] Gaemers P A M. Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths[J]. Neth J Zool, 1984, 34: 566-595.
- [30] Cardinale M, Doering-Arjes P, Kastowsky M, et al. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2004, 61: 158-167.

Morphologic characters of sagittae in some important prey fish in the Yellow Sea

ZHANG Bo, DAI Fang-qun, JIN Xian-shi

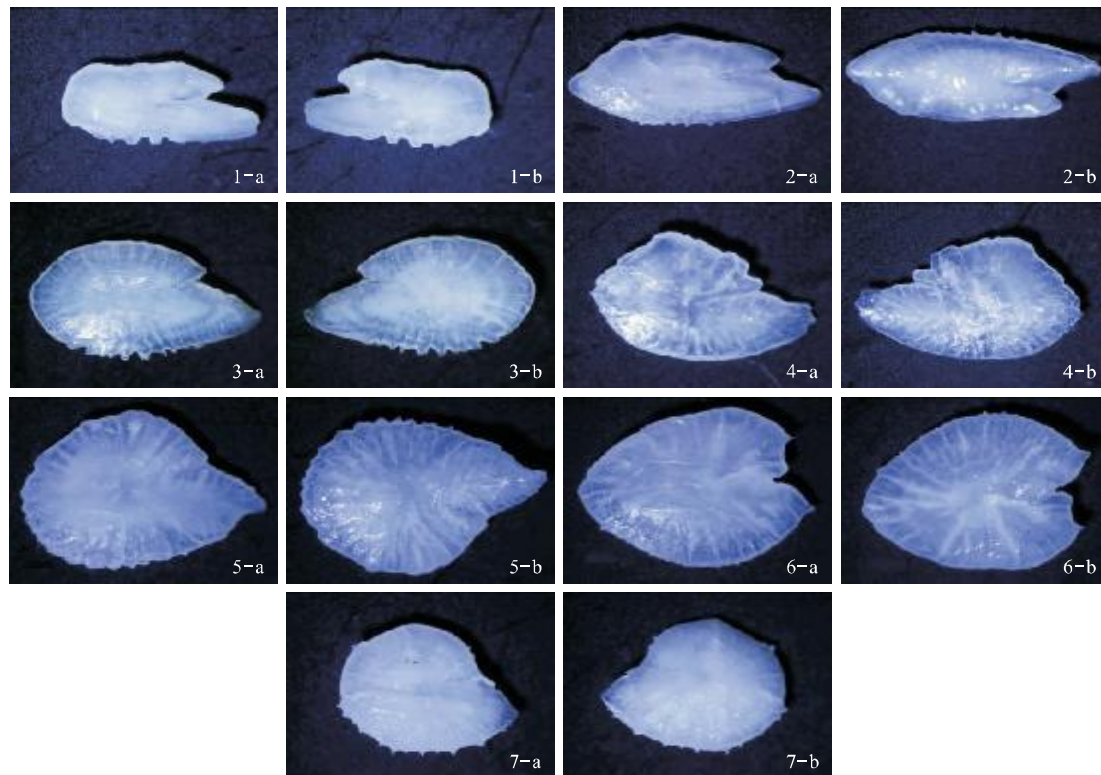
(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Morphologic structure of fish sagittae is stable and has species characters. Moreover, the sagittae is stiff and not easy to be digested. So, its morphological characters can be used to identify species in stomach content analysis of fish. Thirty species of important prey fish, including scaled sardine *Sardinella zunasi*, anchovy *Engraulis japonicus*, madura anchovy *Thrissa kammalensis*, mustached anchovy *Thrissa mystax*, hairfin anchovy *Setipinna taty*, estuarine tapertail anchovy *Coilia ectenes*, estuary tapertail anchovy *Coilia mystus*, bombay duck *Harpodon nehereus*, skinnycheek lanternfish *Benthoosema pterotum*, firefly-fish *Acropoma japonicum*, cardinalfish *Apogonichthys lineatus*, spotsail cardinalfish *Apogonichthys carinatus*, common whiting *Sillago sihama*, silver whiting *Sillago japonica*, belenger's croaker *Johnius belengerii*, white flower croaker *Nibea albiflora*, white Chinese croaker *Argyrosomus argentatus*, small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis*, bighead croaker *Collichthys niveatus*, spinyhead croaker *Collichthys lucidus*, elongate eelpout *Enchelyopus elongates*, Fang's blenny *Enedrias fangi*, sand lance *Ammodytes personatus*, largehead hairtail *Trichiurus haumela*, *Trichiurus muticus*, finespot goby *Chaeturichthys stigmatias*, pinkgray goby *Chaeturichthys hexanema*, Pacific mackerel *Pneumatophorus japonicus*, Indian flathead *Platycephalus indicus* and pointhead plaice *Cleisthenes herzensteini*, in the simplified food web were chosen as study objects, and morphologic characters of their sagittae were described and compared with each other. The results showed that the sagittae of 7 couples of species in the 30 species of important prey fish are similar, such as madura anchovy and mustached anchovy, cardinalfish and spotsail cardinalfish, common whiting and silver whiting, belenger's croaker and white flower croaker, white Chinese croaker and small yellow croaker, bighead croaker and spinyhead croaker, and finespot goby and pinkgray goby. This study provided some basic information for species identification, which was based on morphology of sagittae, such as stomach content analysis. At the same time, it could help to improve veracity of species identification and stomach content analysis to study morphology of fish sagittae furthermore, quantify the morphologic characters of species sagittae between close relatives, and study the geography variations of the same species. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (6): 917-926]

Key words: Yellow Sea; prey fish; stomach content analysis; sagittae; morphological characters

张波等: 黄海重要饵料鱼种矢耳石的形态特征

ZHANG Bo et al: Morphologic characters of sagittae in some important prey fish in the Yellow Sea

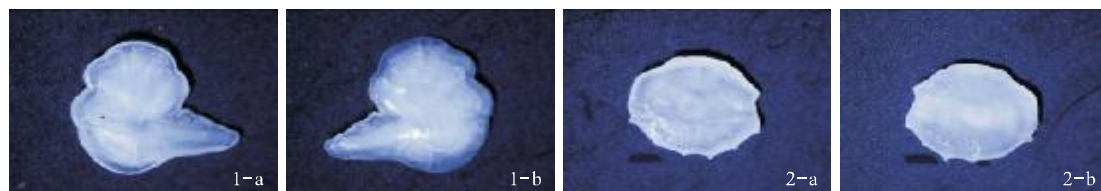


图版 I

1-a: 青鳞沙丁鱼矢耳石近轴面; 1-b: 青鳞沙丁鱼矢耳石远轴面; 2-a: 鳀矢耳石近轴面; 2-b: 鳀矢耳石远轴面; 3-a: 赤鼻棱鳀矢耳石近轴面; 3-b: 赤鼻棱鳀矢耳石远轴面; 4-a: 中颌棱鳀矢耳石近轴面; 4-b: 中颌棱鳀矢耳石远轴面; 5-a: 黄鲫矢耳石近轴面; 5-b: 黄鲫矢耳石远轴面; 6-a: 鲚矢耳石近轴面; 6-b: 鲚矢耳石远轴面; 7-a: 凤鲚矢耳石近轴面; 7-b: 凤鲚矢耳石远轴面

Plate I

1-a: Sagittae of *S. zunasi* from proximal view; 1-b: Sagittae of *S. zunasi* from distal view; 2-a: Sagittae of *E. japonicus* from proximal view; 2-b: Sagittae of *E. japonicus* from distal view; 3-a: Sagittae of *T. kammalensis* from proximal view; 3-b: Sagittae of *T. kammalensis* from distal view; 4-a: Sagittae of *T. mystax* from proximal view; 4-b: Sagittae of *T. mystax* from distal view; 5-a: Sagittae of *S. taty* from proximal view; 5-b: Sagittae of *S. taty* from distal view; 6-a: Sagittae of *C. ectenes* from proximal view; 6-b: Sagittae of *C. ectenes* from distal view; 7-a: Sagittae of *C. mystus* from proximal view; 7-b: Sagittae of *C. mystus* from distal view



图版 II

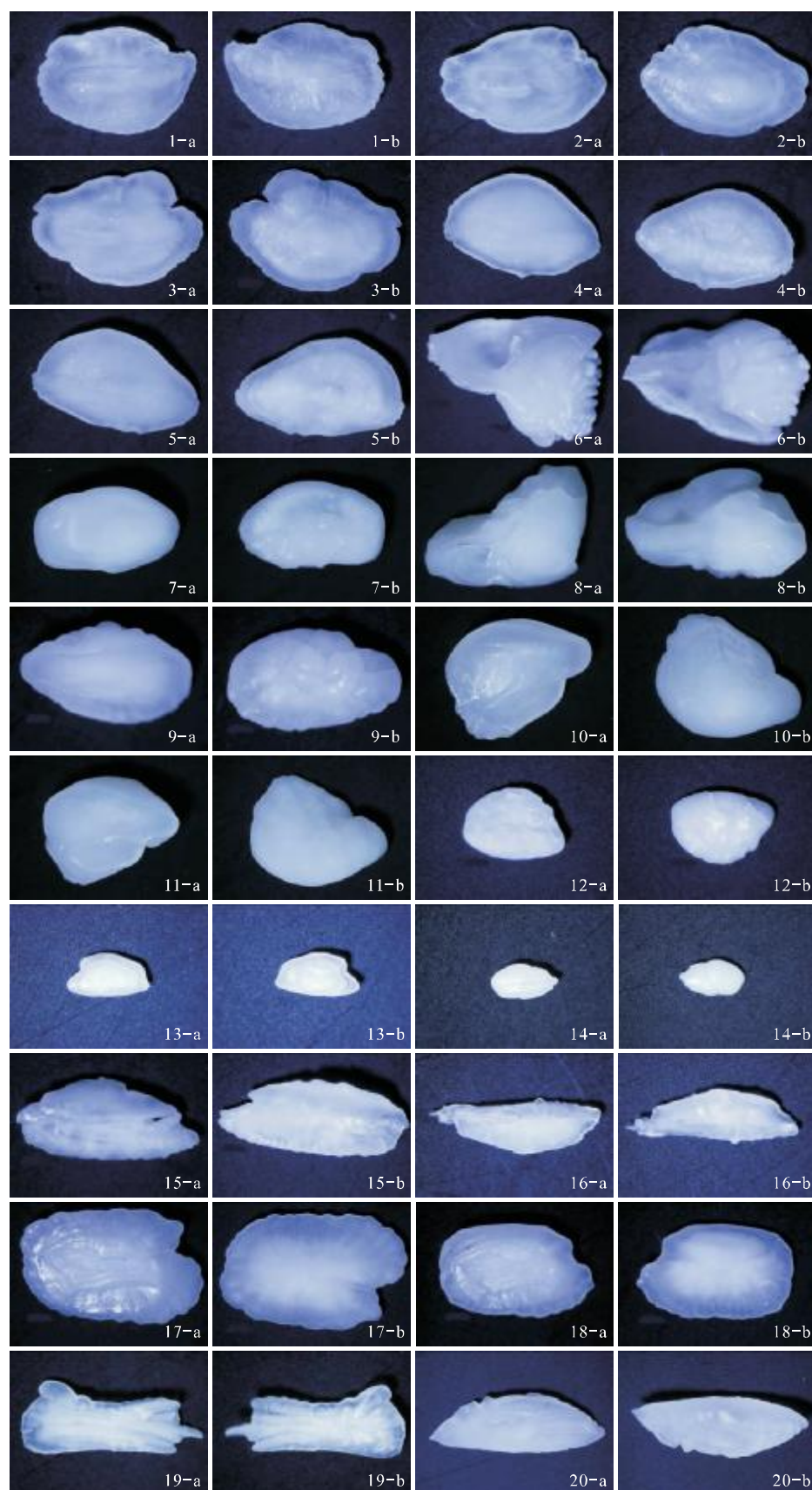
1-a: 龙头鱼矢耳石近轴面; 1-b: 龙头鱼矢耳石远轴面; 2-a: 七星底灯鱼矢耳石近轴面; 2-b: 七星底灯鱼矢耳石远轴面

Plate II

1-a: Sagittae of *H. nehereus* from proximal view; 1-b: Sagittae of *H. nehereus* from distal view; 2-a: Sagittae of *B. pterotum* from proximal view; 2-b: Sagittae of *B. pterotum* from distal view

张波等: 黄海重要饵料鱼种矢耳石的形态特征

ZHANG Bo et al: Morphologic characters of sagittae in some important prey fish in the Yellow Sea



图版III Plate III

张波等: 黄海重要饵料鱼种矢耳石的形态特征

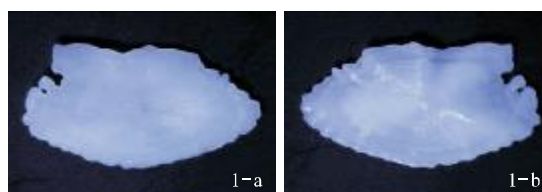
ZHANG Bo et al: Morphologic characters of sagittae in some important prey fish in the Yellow Sea

图版 III 说明

1-a: 发光鲷矢耳石近轴面; 1-b: 发光鲷矢耳石远轴面; 2-a: 细条天竺鱼矢耳石近轴面; 2-b: 细条天竺鱼矢耳石远轴面; 3-a: 斑鳍天竺鱼矢耳石近轴面; 3-b: 斑鳍天竺鱼矢耳石远轴面; 4-a: 多鳞鳔矢耳石近轴面; 4-b: 多鳞鳔矢耳石远轴面; 5-a: 少鳞鳔矢耳石近轴面; 5-b: 少鳞鳔矢耳石远轴面; 6-a: 皮氏叫姑鱼矢耳石近轴面; 6-b: 皮氏叫姑鱼矢耳石远轴面; 7-a: 黄姑鱼矢耳石近轴面; 7-b: 黄姑鱼矢耳石远轴面; 8-a: 白姑鱼矢耳石近轴面; 8-b: 白姑鱼矢耳石远轴面; 9-a: 小黄鱼矢耳石近轴面; 9-b: 小黄鱼矢耳石远轴面; 10-a: 黑鳃梅童鱼矢耳石近轴面; 10-b: 黑鳃梅童鱼矢耳石远轴面; 11-a: 棘头梅童鱼矢耳石近轴面; 11-b: 棘头梅童鱼矢耳石远轴面; 12-a: 长绵鲷矢耳石近轴面; 12-b: 长绵鲷矢耳石远轴面; 13-a: 方氏云鲷矢耳石近轴面; 13-b: 方氏云鲷矢耳石远轴面; 14-a: 玉筋鱼矢耳石近轴面; 14-b: 玉筋鱼矢耳石远轴面; 15-a: 带鱼矢耳石近轴面; 15-b: 带鱼矢耳石远轴面; 16-a: 小带鱼矢耳石近轴面; 16-b: 小带鱼矢耳石远轴面; 17-a: 矛尾鰕虎鱼矢耳石近轴面; 17-b: 矛尾鰕虎鱼矢耳石远轴面; 18-a: 六丝矛尾鰕虎鱼矢耳石近轴面; 18-b: 六丝矛尾鰕虎鱼矢耳石远轴面; 19-a: 鲈鱼矢耳石近轴面; 19-b: 鲈鱼矢耳石远轴面; 20-a: 鲮矢耳石近轴面; 20-b: 鲮矢耳石远轴面;

Explanation of Plate III

1-a: Sagittae of *A. japonicum* from proximal view; 1-b: Sagittae of *A. japonicum* from distal view; 2-a: Sagittae of *A. lineatus* from proximal view; 2-b: Sagittae of *A. lineatus* from distal view; 3-a: Sagittae of *A. carinatus* from proximal view; 3-b: Sagittae of *A. carinatus* from distal view; 4-a: Sagittae of *S. sihama* from proximal view; 4-b: Sagittae of *S. sihama* from distal view; 5-a: Sagittae of *S. japonica* from proximal view; 5-b: Sagittae of *S. japonica* from distal view; 6-a: Sagittae of *J. belengerii* from proximal view; 6-b: Sagittae of *J. belengerii* from distal view; 7-a: Sagittae of *N. albiflora* from proximal view; 7-b: Sagittae of *N. albiflora* from distal view; 8-a: Sagittae of *A. argentatus* from proximal view; 8-b: Sagittae of *A. argentatus* from distal view; 9-a: Sagittae of *P. polyactis* from proximal view; 9-b: Sagittae of *P. polyactis* from distal view; 10-a: Sagittae of *C. niveatus* from proximal view; 10-b: Sagittae of *C. niveatus* from distal view; 11-a: Sagittae of *C. lucidus* from proximal view; 11-b: Sagittae of *C. lucidus* from distal view; 12-a: Sagittae of *E. elongates* from proximal view; 12-b: Sagittae of *E. elongates* from distal view; 13-a: Sagittae of *E. fangi* from proximal view; 13-b: Sagittae of *E. fangi* from distal view; 14-a: Sagittae of *A. personatus* from proximal view; 14-b: Sagittae of *A. personatus* from distal view; 15-a: Sagittae of *T. haumela* from proximal view; 15-b: Sagittae of *T. haumela* from distal view; 16-a: Sagittae of *T. muticus* from proximal view; 16-b: Sagittae of *T. muticus* from distal view; 17-a: Sagittae of *C. stigmatias* from proximal view; 17-b: Sagittae of *C. stigmatias* from distal view; 18-a: Sagittae of *C. hexanema* from proximal view; 18-b: Sagittae of *C. hexanema* from distal view; 19-a: Sagittae of *P. japonicus* from proximal view; 19-b: Sagittae of *P. japonicus* from distal view; 20-a: Sagittae of *P. indicus* from proximal view; 20-b: Sagittae of *P. indicus* from distal view



图版 IV

1-a: 高眼鲷矢耳石近轴面; 1-b: 高眼鲷矢耳石远轴面

Plate IV

1-a: Sagittae of *C. herzensteini* from proximal view; 1-b: Sagittae of *C. herzensteini* from distal view