

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2015.14310

黄渤海常见鱼类鳞片的形态特征

黄建生^{1,2}, 孙耀², 唐启升²

1. 厦门大学 海洋与地球学院, 福建 厦门 361005;
2. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071

摘要: 本研究选取黄渤海 28 种常见鱼类为研究对象, 描述不同部位鱼鳞的形态特征。结果显示, 鲱形目鱼鳞鳞焦不明显, 辐射沟呈横向或波纹状分布; 鳕形目鱼鳞密布小方块状特殊结构; 灯笼鱼目鱼鳞辐射沟数目少; 鲈形目和鲉形目鱼鳞呈卵圆形或矩形, 前区边缘有不规则钝齿结构; 鲷形目鱼鳞前区辐射沟多而密集。不同科属鱼鳞在形状、鳞焦位置、环片形状、辐射沟特征、栉齿分布和侧线管形状等形态特征上有明显差异, 可用于不同分类阶元的鉴定。本研究构建的鱼鳞形态信息库为鱼鳞沉积信息分析等基于鱼鳞形态的种类鉴别提供了基础资料。

关键词: 黄渤海; 鱼鳞; 沉积信息; 形态特征

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2015)03-0528-17

伴随全球海洋渔业资源全面衰退和生态系统的不断退化, 鱼类种群动态研究受到越来越多的关注。然而以往的鱼类种群动态研究和管理措施, 多数建立在较短的时间尺度之上, 且滞后于人类对海洋鱼类资源的开发, 从而使种群自然波动、人为干预和全球变化引起的鱼类资源变化相互纠缠在一起, 导致引起全球性鱼类种群结构显著变化与资源普遍衰退的主导因素难以揭示。然而, 应用厌氧沉积环境中鱼鳞沉积数量反演鱼类种群长期变化, 为人类重新探索和认识全球性鱼类资源量、种群结构与环境变化和人为干预的关系提供了重要手段, 也引起了全球渔业生态学家的强烈兴趣^[1-3]。相关研究已在加利福尼亚^[2, 4-8]、秘鲁^[9]、西班牙^[10]和纳米比亚^[11]等全球多个海域开展, 并取得丰硕成果。但国内这方面的研究还较少, 仅见贾海波等^[12]对黄东海典型渔业海域鱼鳞沉积信息及其空间分布进行了研究。

鱼鳞是硬骨鱼类皮肤表面的片状衍生物, 具有稳定的形态结构和种特异性, 在鱼类生态学和

渔业海洋学研究中常作为鱼类种类甄别、年龄鉴定和群体识别的重要依据^[13-16]。沉积物中鱼鳞化石种类的甄别, 主要通过相同区域现代鱼鳞形态的比较来完成。因此, 构建鱼鳞信息库, 是鱼鳞化石种类甄别及鱼类种群动态重建的基础^[17]。但迄今为止, 有关黄渤海鱼类鱼鳞形态特征的研究, 国内尚未见较系统全面的报道。本研究拟对黄渤海 28 种常见鱼类身体各部位鱼鳞的形态特征进行详细观测, 以期为沉积物中鱼鳞化石提取和种类甄别, 及进一步构建一种能大幅度拓展鱼类种群动态时间尺度的古渔业生态学研究方法, 以追溯被研究鱼类种群的长期变化规律提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样品制备

选择黄渤海 28 种常见鱼类为研究对象(表 1), 观察的鳞片主要包括背鳍下方、腹部和尾部, 其他如头部、鳍条等处的鳞片及畸形鳞片均不作为观察材料。本研究所用的各种鱼类的鳞片均来源

收稿日期: 2014-07-18; 修订日期: 2014-09-15.

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2010CB428902); 国家自然科学基金面上项目(40876088).

作者简介: 黄建生(1985-), 男, 博士研究生, 主要从事海洋生态学研究. E-mail: huangjs327@qq.com

通信作者: 孙耀, 研究员. E-mail: sunyao@ysfri.ac.cn

于黄海水产研究所“北斗”号海洋科学调查船和中国海洋大学“东方红 2”号海洋科学调查船于 2009—2011 年在黄渤海水域进行科学调查时采集的样品。为了清除鳞片上附着的包膜和黏液, 先用 3% 的 KOH 溶液将鳞片浸泡数小时, 再用清水

冲洗干净。将鳞片固定于载玻片后用 OLYMPUS SZX16 型解剖镜观察鳞片形态, 并用 OLYMPUS DP71 型数码相机进行拍照。各鱼种选取 15 尾鱼, 对其鳞片进行显微观察和拍摄, 取其中完整、清晰的图像进行比较研究。

表 1 黄渤海 28 种常见鱼类
Tab. 1 Twenty eight common fish species in the Yellow Sea and the Bohai Sea

中文名 Chinese name	拉丁名 Latin name	中文名 Chinese name	拉丁名 Latin name
青鳞小沙丁鱼	<i>Sardinella zunasi</i>	小黄鱼	<i>Larimichthys polyactis</i>
斑鲈	<i>Konosirus punctatus</i>	真鲷	<i>Pagrosomus major</i>
鳀	<i>Engraulis japonicus</i>	黑鲷	<i>Sparus macrocephalus</i>
赤鼻棱鳀	<i>Thryssa kammalensis</i>	二长棘鲷	<i>Parargyrops edita</i>
黄鲫	<i>Setipinna taty</i>	银鲳	<i>Pampus argenteus</i>
长蛇鲻	<i>Saurida elongate</i>	矛尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>
大头鲷	<i>Gadus macrocephalus</i>	许氏平鲈	<i>Sebastes schlegelii</i>
中国花鲈	<i>Lateolabrax maculatus</i>	褐菖鲈	<i>Sebastes marmoratus</i>
细条天竺鱼	<i>Apogonichthys lineatus</i>	鲷	<i>Platycephalus indicus</i>
多鳞鱈	<i>Sillago sihama</i>	褐牙鲷	<i>Paralichthys olivaceus</i>
皮氏叫姑鱼	<i>Johnius belengerii</i>	高眼鲷	<i>Cleisthenes herzensteini</i>
白姑鱼	<i>Argyrosomus argentatus</i>	虫鲷	<i>Eopsetta grigorjewi</i>
鲹	<i>Miichthys miuy</i>	半滑舌鲷	<i>Cynoglossus semilaevis</i>
大黄鱼	<i>Larimichthys crocea</i>	长吻红舌鲷	<i>Cynoglossus lighti</i>

1.2 鱼鳞形态描述术语

鳞片因形状和某些特征的不同, 有圆鳞和栉鳞之分。鳞片的后区边缘无栉齿的鳞片称为圆鳞(图 1), 后区边缘生有栉齿的称为栉鳞(图 2)。侧线鳞(图 3)是一种形态特殊的鳞片, 鳞片上的侧线管从前区纵列至后区贯穿鳞片。参考 Patterson 等^[17]、Lagler^[18]和 Casteel^[19]的研究, 以在黄海水域采集的矛尾虾虎鱼、鲷的腹部鳞片和多鳞鱈的侧线鳞为例分别说明圆鳞、栉鳞和侧线鳞各部分描述的术语(图 1~3):

环片(circuli): 鳞片表面上以同心圆状排列的环状隆起线。

鳞焦(focus): 环片围绕的中心。

辐射沟(radii): 自鳞焦向鳞片周边辐射的沟状物。

栉齿(ctenii): 鳞片后区及边缘的齿状结构。

侧线管(lateral-line canal): 侧线鳞上纵列贯穿前、后区的管状结构。

前区(anterior field): 鳞片向着鱼头的一端, 即埋在真皮层皮囊内被前面相邻的鳞片覆盖的部位。

后区(posterior field): 鳞片未被覆盖裸露在外面的部位。

侧区(lateral field): 前、后区两侧的部位, 位于上侧的称上侧区, 下侧的称下侧区。

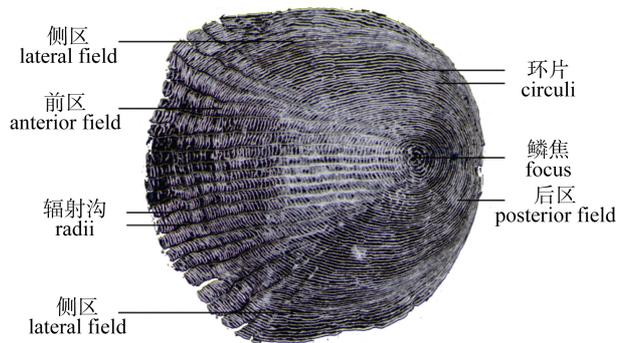


图 1 矛尾虾虎鱼腹部圆鳞的形态图
Fig. 1 Cycloid scale of *Chaeturichthys stigmatias*

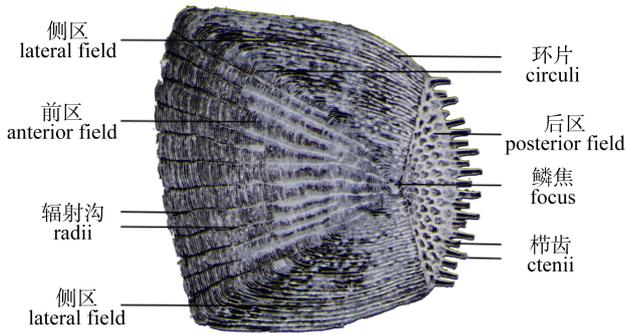


图 2 鲮腹部栉鳞的形态图

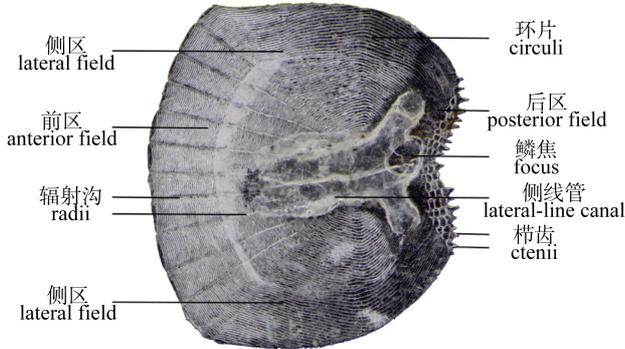
Fig. 2 Ctenoid scale of *Platycephalus indicus*

图 3 多鳞鲳侧线鳞的形态图

Fig. 3 Lateral-line scale of *Sillago sihama*

2 结果与分析

所选择的黄渤海 28 种常见鱼类隶属 6 目(鲱形目、灯笼鱼目、鳕形目、鲈形目、鲉形目和鲽形目)16 科 28 属, 其鳞片形态特征各有特点(图版 I~VIII), 以下按不同目分别描述各鱼类鳞片的形态特征。

2.1 鲱形目常见鱼类鳞片的形态特征

观察的黄渤海鲱形目种类包括青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)、斑鲹(*Konosirus punctatus*)、鲹(*Engraulis japonicus*)、赤鼻棱鲹(*Thryssa kam-malensis*)和黄鲫(*Setipinna taty*)5 种。

青鳞小沙丁鱼隶属鲱科小沙丁鱼属, 其鳞为圆鳞, 前区边缘中央突出。鳞焦位于鳞片近中央。前区和侧区的环片致密而清晰, 后区的环片不清晰。辐射沟较少, 背鳍下方的鳞片辐射沟多自中心开始像叶脉弯曲到达鳞片两侧的边缘(图版 I-1a); 腹部鳞片辐射沟则横向分布, 穿过中心的

辐射沟较平直的伸到两侧区的边缘(图版 I-1b); 后区辐射沟在近边缘部分较清晰, 垂直伸向边缘, 其上点缀着大小不等的球状物。无侧线鳞。

斑鲹隶属鲱科鲹属, 其鳞为圆鳞, 鳞较大。鳞焦位于鳞片中央。前区和侧区环片分布致密, 后区环片不清晰。辐射沟通过鳞片中心, 平直向两侧或向后弯曲, 伸向鳞片的边缘(图版 I-2a, 图版 I-2b 和图版 I-2c)。无侧线鳞。

鲹隶属鲱科鲹属, 其鳞为圆鳞, 鳞大而薄, 前区边缘中央突出。鳞焦位于鳞片中心, 但不明显。前区和侧区的环片绕中心较均匀的排列, 后区环片则横向致密排列。前区和侧区辐射沟不连续和分岔多, 后区辐射沟分列形式较乱, 一般较平直地伸向两侧边缘或两端向下呈弧状, 弯曲着伸向边缘(图版 I-3a, 图版 I-3b 和图版 I-3c)。无侧线鳞。

赤鼻棱鲹隶属鲱科棱鲹属, 其鳞为圆鳞, 鳞较大, 前区边缘中央突出。鳞焦位于鳞片中央或偏后。环片分布细密, 不清晰, 多数鳞片的中心和后区无环片。不同部位鳞片的辐射沟走向不同: 背鳍下方和尾部鳞片, 前区辐射沟大多由中心区直着向边缘辐射, 侧区辐射沟大多由中心区不规则地向后弯向边缘, 后区辐射沟呈大小和形状各异的多边形块状分布(图版 I-4a 和图版 I-4c); 腹部鳞片, 辐射沟以波纹状前后水平分布(图版 I-4b)。无侧线鳞。

黄鲫隶属鲱科黄鲫属, 其鳞为圆鳞, 鳞较大。鳞焦位于鳞片近中央, 但不清晰。不同部位的鳞片, 其环片疏密和走向不同: 背鳍下方鳞片, 前区和侧区的环片较疏, 清晰地环绕中心分布, 后区环片走向紊乱(图版 I-5a); 腹部和尾部鳞片, 环片分布密集, 清晰度较差。背鳍下方和腹部鳞片, 前区的辐射沟从中心或近中心较垂直地伸向边缘, 侧区的辐射沟则弯曲地伸向边缘, 有时会出现分岔, 后区辐射沟呈大小和形状各异的多边形块状分布(图版 I-5b 和图版 I-5c)。无侧线鳞。

2.2 鳕形目常见鱼类鳞片的形态特征

观察的黄渤海鳕形目种类为大头鳕(*Gadus macrocephalus*), 隶属鳕科鳕属, 其鳞为圆鳞, 鳞

较小。鳞焦位于鳞片中心偏后。鳞片无明显分区。环片围绕鳞焦, 由里向外排列到边缘, 形成全封闭的同心圆, 前区的环片粗而疏, 后区则细而密。辐射沟之间几乎等距, 自鳞片中心向鳞片周边辐射, 将环片切割成若干小长方形块状(图版 II), 无侧线鳞。

2.3 灯笼鱼目常见鱼类鳞片的形态特征

观察的黄渤海灯笼鱼目种类为长蛇鲻(*Saurida elongate*), 隶属狗母鱼科蛇鲻属, 其鳞为圆鳞, 鳞较大。鳞焦位于鳞片中央。前区和侧区的环片粗而密集, 间有很多小斑点, 后区的环片较细, 间距较宽或模糊不清。2~4 条辐射沟(多数鳞片 3 条)自鳞焦伸向后区边缘, 两辐射沟间的边缘为大弧形, 侧区和前区无辐射沟(图版 III-1a, 图版 III-1b 和图版 III-1c)。侧线鳞的侧线管粗, 较短, 长度约为鳞长的 1/3, 占据鳞片的中心, 管的两侧各有一开口(图版 III-1d)。

2.4 鲈形目常见鱼类鳞片的形态特征

观察的黄渤海鲈形目种类包括中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、细条天竺鱼(*Apogonichthys lineatus*)、多鳞鱮(*Sillago sihama*)、皮氏叫姑鱼(*Johnius belengerii*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、鳊(*Miichthys miuy*)、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、真鲷(*Pagrosomus major*)、黑鲷(*Sparus macrocephalus*)、二长棘鲷(*Parargyrops edita*)、银鲳(*Pampus argenteus*)和矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)共 13 种。

中国花鲈隶属鲈科花鲈属, 其鳞为栉鳞, 鳞较大, 近似正方形, 前区边缘较平直。鳞焦位于鳞片后端, 至前区边缘的距离为鳞长的 3/5~4/5。环片清晰, 前区的环片较细密, 侧区的环片较粗疏。前区有 4~9 条辐射沟, 多数鳞片为 7 条, 侧区和后区无辐射沟。粗短的栉齿分布于半月形的后区边缘(图版 IV-1a, 图版 IV-1b 和图版 IV-1c)。侧线鳞的侧线管粗, 较短, 长度约为鳞长的 1/3, 开口于鳞焦位置(图版 IV-1d)。

细条天竺鱼隶属天竺鲷科天竺鱼属, 其鳞为栉鳞, 鳞较大, 横长卵圆形和卵圆形。鳞焦位于鳞片后端, 到前区边缘的距离为鳞长的 3/4~6/7。环

片排列稀疏, 前区和侧区环片清晰, 鳞焦周围和后区的环片不清晰。前区的辐射沟为 11~18 条, 呈扇形排列, 相邻辐射沟的末端形成大小不规则的钝齿形边缘。后区是鳞焦后方一条狭长的栉齿带, 附生 2~5 排较弱的栉齿(图版 IV-2a, 图版 IV-2b 和图版 IV-2c)。侧线鳞呈横椭圆形, 侧线管很短, 开口于鳞焦位置, 连接管口的管壁形似多角的“披肩”(图版 IV-2d)。

多鳞鱮隶属鱮科鱮属, 其鳞为栉鳞, 多呈现不规则的矩形。鳞焦位于鳞片的后端, 至前区边缘的距离约为鳞长的 6/7。鳞片分区明显, 前区和后区的环片较细密, 侧区较稀疏。辐射沟为 5~12 条, 通常为 7~9 条, 自鳞焦伸向前区边缘。后区是鳞焦后方一条狭长的栉齿带, 附生 1~5 排较弱的栉齿, 边缘栉齿短而尖利(图版 IV-3a, 图版 IV-3b 和图版 IV-3c)。侧线鳞的侧线管粗而长, 长度约为鳞长的 2/3, 侧线管开口于后区边缘, 管的分支呈“树根”状占据管口两侧(图版 IV-3d)。

皮氏叫姑鱼隶属石首鱼科叫姑鱼属, 其鳞为栉鳞, 近方形。鳞焦位于鳞片后端, 至前区边缘的距离为鳞长的 4/5~8/9。环片清晰, 前区的环片细而密, 侧区的环片间距较疏, 使前区和侧区界限十分明显。前区辐射沟呈扇形排列, 通常为 5~6 条, 最多可达 16 条。后区是弯而狭长的栉齿带, 一般有 2~6 排栉齿, 边缘一排栉齿短而尖(图版 IV-4a, 图版 IV-4b 和图版 IV-4c)。侧线鳞呈横长方形, 侧线管粗而长, 约为鳞长的 4/5, 斜向鳞片的前区, 管口开于鳞焦位置(图版 IV-4d)。

白姑鱼隶属石首鱼科白姑鱼属, 其鳞为栉鳞, 近方形。鳞焦位于鳞片后端, 至前区边缘的距离为鳞长的 2/3~3/4。环片细密而清晰, 前区环片细而密, 侧区粗而疏。前区辐射沟呈扇形排列, 通常为 10~15 条。鳞片后区近似半月形, 边缘中央部分凸出, 生满栉齿, 边缘的栉齿粗而短(图版 IV-5a, 图版 IV-5b 和图版 IV-5c)。侧线鳞前区辐射沟通常 11~13 条, 侧线管粗大, 为鳞长的 1/2~3/5, 管口两侧是侧线管的两个分支, 管的下端生有栉齿, 边缘的栉齿短而尖(图版 IV-5d)。

鳊隶属石首鱼科鳊属, 其鳞为栉鳞, 近矩形。

鳞焦位于鳞片后方,至前区边缘的距离约为鳞长的 $2/3$ 。环片清晰,前区的环片细而密,侧区的环片间距较疏,使前区和侧区界限十分明显。前区辐射沟呈扇形排列,14~24 条,其中背鳍下方鳞一般不超过 20 条。一条明显的横向“切割线”将鳞片的后区合围成半月形,栉齿附生于环片上,分布于整个后区,边缘的栉齿较粗,不甚尖利(图版 IV-6a,图版 IV-6-b 和图版 IV-6c)。侧线鳞的侧线管粗而长,几乎和鳞片等长斜穿过鳞片中心,其前端伸向前区侧角,后端开口于后区,管口两侧有若干树根状分岔,分支间生有若干栉齿,弧形的边缘上着生有较粗尖的栉齿(图版 IV-6d)。

大黄鱼隶属石首鱼科黄鱼属,其鳞多数为栉鳞;侧线鳞中,偶有圆鳞;在胸鳍的基部也偶有圆鳞。鳞较大,圆形,前区边缘较平直。鳞焦位于鳞片中央。环片细密均匀。前区的辐射沟从几条到三十几条不等,中间的几条是从鳞焦伸向边缘,两旁向两侧排列的辐射沟依次偏离鳞焦,最后伸到前区边缘,与前区边缘围成倒置三角形。后区辐射沟密集分布,几乎垂直伸向弧形的边缘,辐射沟间密生栉齿,边缘栉齿粗且不甚尖利(图版 IV-7a,图版 IV-7b 和图版 IV-7c)。侧线鳞的侧线管粗大,长度约为鳞片的 $4/5$,管口开在后区,两“树根”状支管分布于管口两侧,占据了几乎整个后区(图版 IV-7d)。

小黄鱼隶属石首鱼科黄鱼属,其鳞为栉鳞,鳞片似圆或方形。鳞焦位于鳞片后端,至前区边缘的距离约为鳞长的 $2/3$ 。环片清晰整齐,鳞片分区明显。由鳞焦方向伸向前区边缘的辐射沟,在背鳍下方、腹部和尾部的鳞片中,14~19 条,在侧线鳞中则多达 13~28 条,中间的几条是从鳞焦伸向边缘,两旁向两侧排列的辐射沟依次偏离鳞焦,最后伸到前区边缘,与前区边缘围成倒置三角形。栉齿几乎占据整个后区,边缘栉齿粗短(图版 V-1a,图版 V-1b 和图版 V-1c)。侧线鳞的侧线管较粗大,长度约为鳞长的 $3/5$,占据了中心和整个后区,管口开于后区中央,两“树根”状支管分布于管口两侧,若干不规则栉齿分布于管口和分支下方(图版 V-1d)。

真鲷隶属鲷科真鲷属,其鳞为栉鳞,横长方形。鳞焦位于鳞片后端,至前区边缘距离约为鳞长的 $4/5$ 。前区和侧区的环片清晰,后区的环片模糊。前区辐射沟呈扇形排列,4~10 条,以 8~9 条居多,辐射沟之间在末端形成钝圆的锯齿状边缘,侧区无辐射沟,后区的栉齿较模糊,仅后区狭长的边缘带有 2~3 排栉齿,惟最边缘的栉齿粗短而尖(图版 V-2a,图版 V-2b 和图版 V-2c)。侧线鳞的侧线管粗而短,长度约为鳞长的 $2/5$,管口开在鳞焦位置,斜向鳞片前区,侧线管的前方无辐射沟,仅在管的两侧各有 2~4 条辐射沟(图版 V-2d)。

黑鲷隶属鲷科鲷属,其鳞为栉鳞,鳞较大,背鳍下方和腹部鳞近椭圆形,尾部鳞似圆或方形。鳞焦位于鳞片后端,至前区边缘的距离为鳞长的 $3/4\sim 5/6$ 。前区和侧区的环片致密而清晰,后区的环片模糊。前区辐射沟成扇形排列,8~14 条,多数为 12 条,辐射沟之间在末端形成钝圆的锯齿状边缘,侧区无辐射沟(图版 V-3a,图版 V-3b 和图版 V-3c)。侧线鳞多为方形,侧线管较长,长度约为鳞长的 $3/5$,管口开在鳞焦位置,管体竖直伸向前区。后区生满栉齿但不清晰,只有狭长的边缘带排列有 3~4 排清晰但不甚尖利的栉齿(图版 V-3d)。

二长棘鲷隶属鲷科二长棘鲷属,其鳞为栉鳞,鳞较大,横长方形。鳞焦位于鳞片后端,至前区边缘的距离为鳞长的 $2/3\sim 4/5$ 。前区和侧区的环片细密清晰,后区的环片模糊。前区辐射沟成扇形排列,4~11 条,通常为 5~9 条,辐射沟之间末端形成钝圆的锯齿状边缘,侧区无辐射沟。后区边缘的中央部份向外突出,后区内栉齿多为模糊不清,只有狭长的边缘带排列有 2~3 排清晰但不甚尖利的栉齿(图版 V-4a,图版 V-4b 和图版 V-4c)。侧线鳞的侧线管粗而短,竖向鳞片的中央,长度约为鳞片的 $1/3$,侧线管开口于鳞焦下方,在管口下方的左右两侧各有一个埋入环片下的小管,管口露出鳞面(图版 V-4d)。

银鲳隶属鲳科鲳属,其鳞为圆鳞,鳞较小,圆形。鳞焦位于鳞片后端,到前区边缘的距离为鳞长的 $3/5\sim 5/7$ 。环片清晰,前区与侧区界限不明

显。无辐射沟(图版 V-5a, 图版 V-5b 和图版 V-5c)。侧线鳞的侧线管长约为鳞长的 $2/3$, 管口开于后区中央, 管口旁有一支管, 管口开于后区边缘(图版 V-5d)。

矛尾虾虎鱼隶属虾虎鱼科矛尾虾虎鱼属, 其鳞为圆鳞, 鳞较小, 圆形或长卵圆形或扇面形。鳞焦位于鳞片后端, 到前区边缘距离是鳞片的 $3/4 \sim 7/8$ 。鳞片无明显分区。前区和侧区的环片较清晰, 后区的环片模糊不清。前区的辐射沟为 14~35 条, 多数鳞片 17~28 条, 排列成扇形布满整个前区, 侧区和后区无辐射沟(图版 V-6a, 图版 V-6b 和图版 V-6c)。无侧线鳞。

2.5 鲷形目常见鱼类鳞片的形态特征

观察的黄渤海鲷形目种类包括许氏平鲷(*Sebastes schlegelii*)、褐菖鲷(*Sebastiscus marmoratus*)和鲷(*Platycephalus indicus*) 3 种。

许氏平鲷隶属鲷科平鲷属, 其鳞为栉鳞, 鳞片较小, 多数鳞片近方形。鳞焦位于鳞的后方, 至前区边缘的距离约为鳞长的 $3/4$ 。前区的环片细密, 侧区的环片间距较疏。前区辐射沟 4~16 条, 通常 6~11 条, 呈扇形排列。环片在鳞片的后端断开, 形成一条平直或弯曲的沟(线)伸向鳞片两侧, 与相对的边缘, 围合成半月形的后区, 整个后区即是栉齿带, 只在弧形的边缘排列着两排较细长的栉齿(图版 VI-1a, 图版 VI-1b 和图版 VI-1c)。侧线鳞呈长卵圆形, 侧管线粗大, 其长度约为鳞长的 $3/5$, 开口于后区边缘, 管口两侧附生少数较弱的栉齿(图版 VI-1d)。

褐菖鲷隶属鲷科菖鲷属, 其鳞为栉鳞, 鳞较小, 背鳍下方和腹部鳞正方形, 尾部鳞长方形。鳞焦位于鳞片后方, 至前区边缘距离为鳞长的 $3/4 \sim 4/5$; 鳞焦分别至前区边缘两端间的环片向前区生出分岔, 以致前区环片分布较密, 两侧区较疏; 前区辐射沟 4~11 条, 通常 6~10 条, 呈扇形排列; 侧区无辐射沟。半月形的后区与许氏平鲷相同, 唯边缘的栉齿细长而尖(图版 VI-2a, 图版 VI-2b 和图版 VI-2c)。侧线鳞呈卵圆形, 侧线管粗, 竖向占据鳞片的后区和中央, 长度为鳞长的 $3/5 \sim 2/3$, 管口开于后区边缘, 管口两侧有少数较

弱的栉齿(图版 VI-2d)。

鲷属隶属鲷科鲷属, 其鳞为栉鳞, 鳞较小, 近方形或长卵圆形。鳞焦位于鳞片后方, 至前区边缘的距离为鳞长的 $2/3 \sim 5/6$ 。鳞片分区明显, 前区的环片较细密但不甚清晰, 侧区的环片较稀疏, 环片间有小斑点。前区辐射沟 7~12 条, 自鳞焦到边缘呈扇形排列, 侧区无辐射沟。鳞焦下方有一“八”字形辐射沟, 与其相对的鳞片后端弧形边缘围合成鳞片的后区; 后区密生栉齿, 边缘两排较粗且尖利(图版 VI-3a, 图版 VI-3b 和图版 VI-3c)。侧线鳞呈长卵圆形, 侧线管粗, 与鳞等长, 管口开于鳞片中央; 其右侧有一支管伸向到后区边缘, 管口下方生有较粗大的栉齿(图版 VI-3d)。

2.6 鲈形目常见鱼类鳞片的形态特征

观察的黄渤海鲈形目种类包括褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)、高眼鲈(*Cleisthenes herzensteini*)、虫鲈(*Eopsetta grigorjewi*)、半滑舌鲈(*Cynoglossus semilaevis*)和长吻红舌鲈(*Cynoglossus lighti*)共 5 种。

褐牙鲈隶属鲈科牙鲈属, 有眼侧鱼鳞为栉鳞(图版 VII-1a, 图版 VII-1c 和图版 VII-1e), 无眼侧鱼鳞为圆鳞(图版 VII-1b, 图版 VII-1d 和图版 VII-1f), 鳞较小, 长卵圆形。鳞焦位于鳞片后端, 有眼侧鳞焦至前区边缘距离为鳞长的 $5/6 \sim 7/8$, 无眼侧鳞片后区向外突出, 其鳞焦至前区边缘距离约为鳞长的 $5/7$ 。环片细密, 侧区的环片上点缀着许多黑色小斑块。前区有多而密集的辐射沟, 少则几条, 多则 40 余条, 均以腹部和尾部鳞为多, 辐射沟在前区排列成长扇形或倒置的圆锥形。有眼侧鳞焦后方有一条弧形辐射线, 与鳞片后端弧形边缘围合成鳞片的后区, 向外突出似瓶颈。侧线鳞似倒置的梨形, 前区和侧区排列着多而密集的辐射沟, 侧线管粗而长, 长度约为鳞长的 $5/6$, 管口开于鳞片的最后端(图版 VII-1g)。

高眼鲈隶属鲈科高眼鲈属, 有眼侧除侧线鳞外鱼鳞都是栉鳞(图版 VII-2a, 图版 VII-2c 和图版 VII-2e), 无眼侧除尾部外鱼鳞都是栉鳞(图版 VII-1b, 图版 VII-1d 和图版 VII-1f), 其他部位的鱼鳞既有栉鳞也有圆鳞, 鳞较小, 卵圆形。鳞焦位

于鳞片后端,背鳍下方及腹部鳞焦至前区边缘的距离是鳞长的 $4/5\sim 5/6$,尾部鳞片鳞焦到前区边缘的距离是鳞长的 $6/7\sim 8/9$ 。环片细密而清晰,有眼侧、背鳍下方和尾部鳞片后区,环片上有很多小圆斑。辐射沟呈扇形密布整个前区,20~40条,侧区和后区无辐射沟。后区边缘栉齿很少,有眼侧的背鳍下方和腹部鳞后区边缘的栉齿,分别为5~8枚和1~3枚;无眼侧鳞片后区边缘栉齿均为1~2枚;有眼侧的尾部鳞片后区边缘栉齿10~15枚;无眼侧的尾部鳞片和后区边缘栉齿3~7枚。有眼侧和无眼侧的侧线鳞均为圆鳞,前区辐射沟通常20~35条,侧线管粗而短,长度为鳞长的 $2/5\sim 1/2$,占据鳞片中心和整个后区,管口开于后区边缘(图版 VII-2g)。

虫螺隶属蝶科虫螺属,其鳞为栉鳞或圆鳞,鳞较小,长卵圆形。有眼侧的背鳍下方和腹部鳞都是强栉鳞(图版 VII-3a 和图版 VII-3c),尾部鳞是弱栉鳞(图版 VII-3e),侧线鳞有弱栉鳞和圆鳞,无眼侧全被圆鳞覆盖(图版 VII-3b, 图版 VII-3d 和图版 VII-3f)。鳞焦位于鳞片的后端,至前区边缘的距离因鳞片所处部位而异,背鳍下方和腹部鳞是鳞长的 $5/6$,尾部鳞约为鳞长的 $8/9$ 。辐射沟呈扇形排满整个前区,背鳍下方、腹部和尾部鳞前区的辐射沟12~38条,通常为21~30条;尾部无眼侧鳞片前区辐射沟最多,达30~38条。有眼侧鳞片后区是狭长的弯月形,有4排栉齿,边缘的栉齿细长而尖利;无眼侧鳞片后区边缘有数目很少的弱栉齿或无栉齿。侧线管粗而长,自后区边缘,通过鳞片中心,竖直向前区,开口于后区边缘,其长度约为鳞长的 $2/3$ (图版 VII-3g)。

半滑舌鲷隶属舌鲷科舌鲷属,有眼侧鱼鳞为栉鳞(图版 VIII-1a, 图版 VIII-1c 和图版 VIII-1e),无眼侧鱼鳞为圆鳞和弱栉鳞(图版 VIII-1b, 图版 VIII-1e 和图版 VIII-1f),鳞较小,多为短卵圆形和长卵圆形,有眼侧背鳍下方鳞为长卵圆鳞和长而前区尖的歪形鳞。鳞焦位于鳞片的后端,至前区边缘的距离为鳞长的 $2/3\sim 4/5$ 。鳞片分区明显,环片细而密。辐射沟颇多,呈扇形排满整个前区;有眼侧和无眼侧背鳍下方鳞的辐射沟分别为6~28

条和30条;有眼侧和无眼侧腹部鳞的辐射沟分别为30~40条和40条;有眼侧和无眼侧尾部鳞的辐射沟为30~40条和50条。有眼侧背鳍下方鳞片后区有栉齿4~6排,边缘的栉齿细长而尖利;腹部和尾部鳞片后区有栉齿4~7排,边缘通常有7~10枚短而钝的栉齿。无眼侧主要被圆鳞,间或有弱栉鳞。圆鳞后区有较清晰的环片,有的鳞在后区有一簇状弱栉齿。侧线鳞仅存在于有眼侧,多为卵圆鳞和长卵圆鳞,侧线管竖穿鳞片中心,伸向前区,长度约为鳞片的 $1/2$,管口开于后区边缘,后区和边缘有少数栉齿或无栉齿(图版 VIII-1g)。

长吻红舌鲷隶属舌鲷科舌鲷属,其鳞为栉鳞,长卵圆形。鳞焦位于鳞片后端,至前区边缘的距离因鳞片所处部位而异,背鳍下方鳞的鳞焦至鳞片前区边缘距离为鳞长的 $5/6\sim 8/9$ (图版 VIII-2a);有眼侧的腹部鳞鳞焦至鳞片前区距离为鳞长的 $5/6\sim 6/7$ (图版 VIII-2c),无眼侧的腹部鳞鳞焦至鳞片前区边缘距离为鳞长的 $7/8\sim 9/10$ (图版 VIII-2d);尾部鳞鳞焦至鳞片前区边缘距离约为鳞长的 $4/5$ (图版 VIII-2e 和图版 VIII-2f)。环片细密,前区紊乱较模糊,侧区较清晰。辐射沟较多,不仅布满前区,有的还向两侧区扩散。有眼侧和无眼侧背鳍下方鳞的辐射沟分别为24~40条和38~46条;有眼侧和无眼侧腹部鳞的辐射沟为25~34条和37~50条;尾部鳞辐射沟数目区间较集中,为38~42条;侧线鳞辐射沟数目较分散,为21~56条。环片在鳞片的后端断开,鳞焦下方形成平直或弧形的沟(线),是后区和两侧区的分界,多排栉齿充满后区。有眼侧的鳞片,后区呈半月形或棱形,边缘生有20~40枚细长而尖利的栉齿;无眼侧鳞片后区栉齿相对较少,个别鳞片栉齿较弱。侧线鳞的侧线管细而短,长度约为鳞长的 $2/5$,管口开于后区边缘,两侧分布有细长而尖的栉齿(图版 VIII-2g)。

3 讨论

鱼类种群动态及其驱动机制研究一直是渔业生态学研究的重点。目前对鱼类种群动态及其对气候响应的评价仍主要基于现代鱼类生态学调查

和鱼类资源捕获量等历史资料的回顾性分析。与世界许多海洋渔业发达的区域相比, 黄海陆架的鱼类资源规模化捕捞及鱼类资源综合调查起步较晚, 从而导致有效数据的时间尺度严重短缺, 难以解析相互交织在一起的驱动鱼类种群长期变化的各种因素, 极大地限制了该区域鱼类种群动力学研究的发展。许多研究结果业已证明, 厌氧沉积环境中鱼鳞沉积数量能够在更大时间尺度上、更客观地反映鱼类种群的长期变化^[3, 21]。Soutar 等^[1-2]发现南加利福尼亚 Santa Barbara 盆地沉积物中的鱼鳞数量与相应鱼类资源量存在良好的定量关系。在此基础上, Baumgartner 等^[4]通过古渔业生态学方法, 以 10 年的分辨率初步追溯南加利福尼亚水域鳀和沙丁鱼近两千年的种群变化。Holmgren-Vrba 等^[5]则应用鱼鳞沉积信息以 <10 年的分辨率对加利福尼亚海湾 250 年间的渔业种群动态进行了反演。此后, 同类研究相继在秘鲁^[9]、西班牙^[10]和纳米比亚^[11]等全球多个海域开展。沉积物中鱼鳞化石种类的甄别, 主要是通过与其相同区域现代鱼鳞形态的比较完成的。鱼鳞能否长期在沉积环境中得以完整保存, 是准确甄别鱼鳞化石种类和重建鱼类种群变化的前提^[4-5]。贾海波等^[12]首次对鱼鳞信息在黄东海典型渔业海域的空间分布进行了调查, 且应用鱼鳞形态甄别技术对鱼类进行了种群分类; 初步结果显示, 全部表层沉积物鱼鳞和 84.38% 的柱状沉积物鱼鳞能够被甄别出, 并指出黄海中部是开展鱼鳞沉积信息研究的理想区域。可见, 鱼鳞形态学研究是鱼鳞种类甄别及其沉积信息分析的基础。本研究对黄渤海 28 种常见鱼类鱼鳞的形态特征进行详细阐述, 为沉积物中鱼鳞化石提取和种类鉴定提供重要证据。

比较黄渤海 28 种常见鱼类的鱼鳞形态特征(图版 I-VIII)可以发现, 不同目, 乃至不同科属鱼类鳞片在形状、鳞焦位置、环片形状、辐射沟数量以及所表现在鳞片上的形式、栉齿分布和侧线管形状等形态特征上有明显差异, 可用于不同分类阶元的鉴定。如: 鲱形目鱼鳞鳞焦不明显, 环片呈同心圆排列, 辐射沟呈横向分布或波纹状伸向

边缘, 独特的辐射方式使得鲱形目鱼鳞能够与其他目的鱼类区分; 鲱形目不同科属鱼鳞的辐射沟数目和辐射方式各具特色, 可作为科和属的鉴定特征。鳕形目鱼鳞细小呈椭圆形, 辐射沟和环片相互分割, 形成致密小方块状的特殊结构。除矛尾虾虎鱼和银鲳鱼鳞之外, 鲈形目和鲉形目鱼鳞呈卵圆形或矩形, 前区左右两端近似直角, 环片呈近矩形平行排列, 辐射沟呈扇形排列, 并在前区边缘形成大小不规则的钝齿结构; 栉齿分布和侧线管形状等形态特征可作为鲈形目和鲉形目不同科属的鉴定特征。鲽形目鱼鳞呈长卵圆形, 辐射沟多而密集, 呈扇形排满整个前区; 鲽形目不同科属鱼鳞在鳞片形状、栉齿分布和侧线管形状等形态特征上具有明显区别, 可用于不同科属的鉴定。

本研究通过观测鱼鳞形态结构, 描述我国黄渤海 28 种常见鱼类鳞片形态特征, 从形态学角度为比较不同科属鱼鳞形态差异和甄别鱼鳞化石提供参考。但应该看到, 黄渤海鱼鳞形态复杂且多样, 鱼类亲缘关系越近, 鳞片形态越相似, 仅依靠简单描述和直接对比可能难以准确鉴定鳞片相似的近缘种。进一步发掘和筛选鱼鳞形态学特征并建立形态特征的表征参数, 将有助于全面认知鱼鳞形态特征和准确鉴定种类。此外, 本研究所构建的鱼鳞信息库仅涉及黄渤海的 16 个科 28 个鱼类, 取样部位也仅涉及背鳍下方、腹部和尾部, 距离完整的黄渤海鱼鳞信息库甚远, 在以后的研究中仍需不断收集和补充鱼类及鱼鳞标本。同时, 遗传、年龄、性别和环境条件等因素均能影响鱼鳞形态, 这些因素如何影响鱼鳞形态也有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Soutar A, Isaacs J D. History of fish populations inferred from fish scales in anaerobic sediments off California[J]. Calif Mar Res Comm Cal COFI, 1969, 13: 63-70.
- [2] Soutar A, Isaacs J D. Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediment off the Californias[J]. Fish Bull, 1974, 72(2): 257-273.
- [3] Finney B P, Alheit J, Emeis K C, et al. Paleoecological

- studies on variability in marine fish populations: a long-term perspective on the impacts of climatic change on marine ecosystems[J]. *J Mar Syst*, 2010, 79(3): 316–326.
- [4] Baumgartner T, Soutar A, Ferreira-Bartrina V. Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California[J]. *Cal Cof Rep*, 1992, 33: 24–40.
- [5] Holmgren-Urba D, Baumgartner T. A 250-year history of pelagic fish abundances from the anaerobic sediments of the central Gulf of California[J]. *Cal Coop Ocean Fish*, 1993, 34: 60–68.
- [6] Holmgren D. Decadal-centennial variability in marine ecosystems of the Northeast Pacific Ocean: the use of fish scales deposition in sediments[D]. Washington: University of Washington, 2001: 1–30.
- [7] O'connell J, Tunnicliffe V. The use of sedimentary fish remains for interpretation of long-term fish population fluctuations[J]. *Mar Geol*, 2001, 174(1): 177–195.
- [8] Tunnicliffe V, O'connell J, McQuoid M. A Holocene record of marine fish remains from the Northeastern Pacific[J]. *Mar Geol*, 2001, 174(1): 197–210.
- [9] Díaz-Ochoa J, Lange C, Pantoja S, et al. Fish scales in sediments from off Callao, central Peru[J]. *Deep-Sea Res Part II*, 2009, 56(16): 1124–1135.
- [10] Drago T, Ferreira-Bartrina V, Santos A, et al. The use of fish remains in sediments for the reconstruction of paleoproductivity[A]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science[C]. Bristol: IOP Publishing, 2009: 1–10.
- [11] Struck U, Heyn T, Altenbach A, et al. Distribution and nitrogen isotope ratios of fish scales in surface sediments from the upwelling area off Namibia[J]. *Zitteliana*, 2004, A4: 125–132.
- [12] Jia H B, Sun Y, Zhao M X, et al. Fish-scale-deposition information and spatial distribution in typical fishery area of the Yellow Sea and East China Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2008, 32(4): 584–591.[贾海波, 孙耀, 赵美训, 等. 黄、东海典型渔业海域鱼鳞沉积信息及其空间分布[J]. *水产学报*, 2008, 32(4): 584–591.]
- [13] Richards R A, Esteves C. Stock-specific variation in scale morphology of Atlantic striped bass[J]. *T Am Fish Soc*, 1997, 126(6): 908–918.
- [14] Poulet N, Reyjol Y, Collier H, et al. Does fish scale morphology allow the identification of populations at a local scale? A case study for rostrum dace *Leuciscus leuciscus burdigalensis* in River Viar (SW France)[J]. *Aquat Sci*, 2005, 67(1): 122–127.
- [15] Shu L M, Chen G B, Li Y Z. The annuli character of scales of Percoidae in the coral reef of Nansha Islands[J]. *South China Fisheries Science*, 2005, 1(1): 21–26. [舒黎明, 陈国宝, 李永振. 南沙群岛珊瑚礁区 7 种鲈总科鱼类鳞片年轮特征[J]. *南方水产科学*, 2005, 1(1): 21–26.]
- [16] Xu W, Li C T, Cao D C, et al. Scale and growth characteristics of *Hemibarbus labeo* in the Wusulijiang River[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2008, 43(3): 108–112.[徐伟, 李池陶, 曹顶臣, 等. 乌苏里江唇(鱼骨)的鳞片和生长特征[J]. *动物学杂志*, 2008, 43(3): 108–112.]
- [17] Patterson R, Wright C, Chang A, et al. Atlas of common squamatological (fish scale) material in coastal British Columbia and an assessment of the utility of various scale types in paleofisheries reconstruction[J]. *Palaeontol Electron*, 2002, 4(1): 1–88.
- [18] Lagler K F. Lepidological studies 1: Scale characters of the families of Great Lakes fishes[J]. *T Am Microsc Soc*, 1947, 66(2): 149–171.
- [19] Casteel R. The scales of the native freshwater fish families of Washington[J]. *Northw Sci*, 1973, 47(4): 230–238.
- [20] Schwartzlose R, Alheit J, Bakun A, et al. Worldwide large-scale fluctuations of sardine and anchovy populations[J]. *S Afr J Mar Sci*, 1999, 21(1): 289–347.
- [21] Valdés J, Ortlieb L, Gutierrez D, et al. 250 years of sardine and anchovy scale deposition record in Mejillones Bay, northern Chile[J]. *Prog Oceanogr*, 2008, 79(2): 198–207.

Morphological characters of scales in some common fish from the Yellow and Bohai Seas

HUANG Jiansheng^{1,2}, SUN Yao², TANG Qisheng²

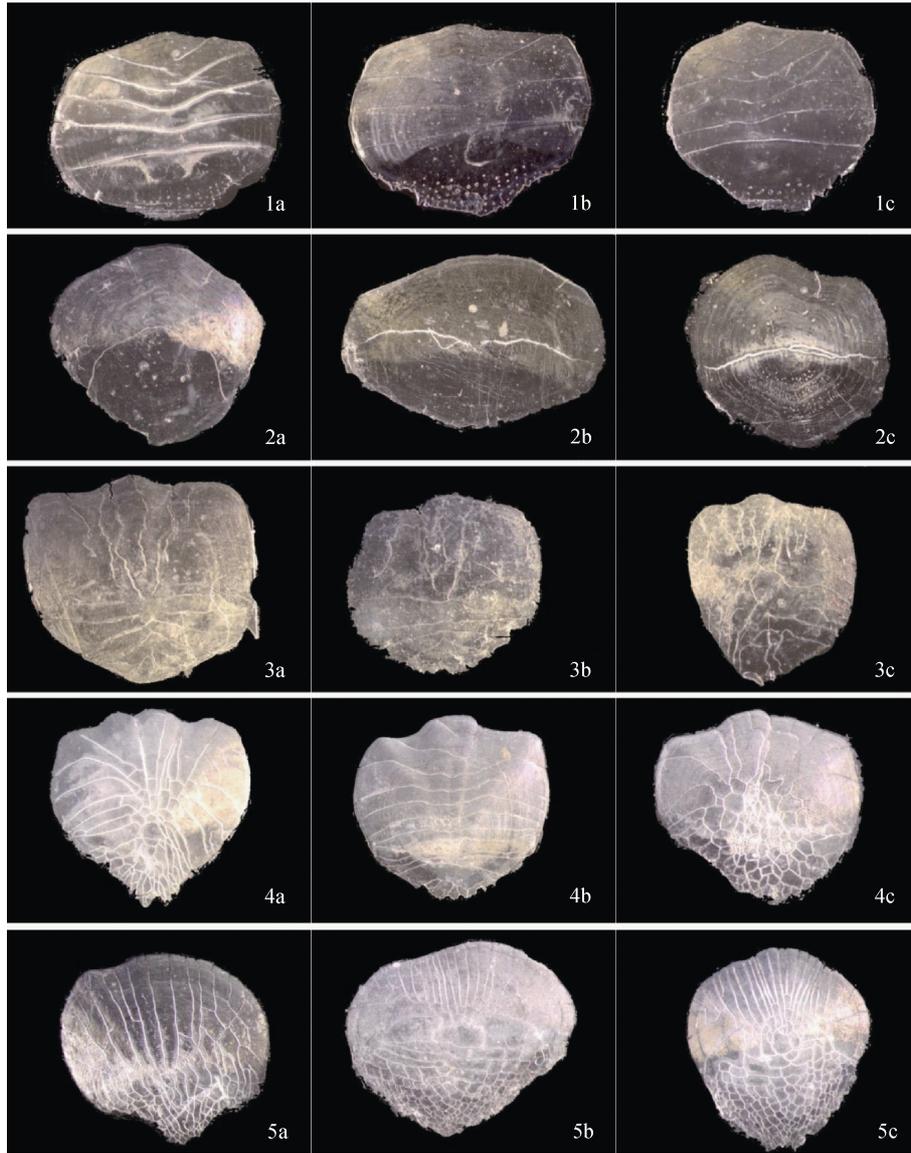
1. College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China

Abstract: Previous fish population studies were mainly based on short historical catch records. However, the short time-scale of such records and the almost complete overlap in time between the records and large-scale fishery exploitation are of limited use when assessing long-term variations in fish populations and distinguishing the relative importance between natural and anthropogenic factors. Therefore, it is essential to develop long-term time series of fish stocks beginning when human impacts were minimal to understand the causes of variability in fish stocks (natural and/or anthropogenic). Well-preserved fish scales from sediment records are useful indicators for revealing the history of fish population dynamics over the last few centuries. Fish scale fossils discovered in sediment are primarily identified by comparison with fresh fish material collected in the same area. Therefore, developing a fish-scale database is useful for identifying species from fish-scale fossils and reconstructing the population using a sedimentary-scale record analysis. The morphological structure of fish scales is stable and contains species-specific characters. These morphological characters can be used to identify species from sedimentary records. Twenty-eight common fish species in the Yellow and Bohai Seas were chosen as study objects, and the morphological characters of their scales were described and compared. Distinguishable scale characteristics of different orders, families, and genera include: (1) overall scale shape; (2) appearance and manifestation of circuli; (3) position of the focus; (4) number and manifestation of radii; (5) appearance of the anterior, posterior, and lateral fields of the scale; (6) appearance and position of the lateral-line canal; and (7) appearance and number of ctenii. The results show that scales with a poorly defined focus and a transverse or wavy radii pattern were uniquely in Clupeiformes; the number and manifestation of radii were regarded as identifying features of different genera in Clupeiformes. Because of the intertwined patterns of the radii and ridges, dense small blocky shapes on the scale surface were unique in the scales of Gadiformes. Scales of Myctophiformes had a relatively small number (2–4) of radii and large arcs in the posterior field. A rectangular and oval shape with a nearly right angle in the anterior field was the most common character among scales in Perciformes and Scorpaeniformes, except in *Chaeturichthys stigmatias* and *Pampus argenteus*; the distribution of ctenii and the shape of the lateral-line canal were identifying features of different genera in Perciformes and Scorpaeniformes. An oblong shape with dense radii in the anterior field was a unique character in the scales of Pleuronectiformes. Distinguishable characters, including overall scale shape, distribution of ctenii, and the shape of the lateral-line canal, were found in different genera of Pleuronectiformes. However, these families and genera are usually distinguished by combinations of the characters mentioned above. This study provides basic information on identifying species for a scale sedimentary record analysis based on fish-scale morphology. This type of analysis is expected to improve the veracity of species identification and reliability of scale sedimentary record analysis by collecting fish scales of more species, quantifying scale morphological characters among close relatives, and studying the geographic variations of scales in inter-species. When combined with other biogeochemistry and productivity proxies, a scale sedimentary record analysis can be compared with changes in ocean productivity and help illuminate factors driving changes in ocean productivity, which is the ultimate goal of our ongoing work.

Key words: Yellow Sea; Bohai Sea; scale; sedimentary record; morphological characters

Corresponding author: SUN Yao. E-mail: sunyao@ysfri.ac.cn



图版 I

1a: 青鳞小沙丁鱼背鳍下鳞片; 1b: 青鳞小沙丁鱼腹部鳞片; 1c: 青鳞小沙丁鱼尾部鳞片; 2a: 斑鲮背鳍下鳞片; 2b: 斑鲮腹部鳞片; 2c: 斑鲮尾部鳞片; 3a: 鳀背鳍下鳞片; 3b: 鳀腹部鳞片; 3c: 鳀尾部鳞片; 4a: 赤鼻棱鳀背鳍下鳞片; 4b: 赤鼻棱鳀腹部鳞片; 4c: 赤鼻棱鳀尾部鳞片; 5a: 黄鲫背鳍下鳞片; 5b: 黄鲫腹部鳞片; 5c: 黄鲫尾部鳞片。

Plate I

1a: dorsal fin scale of *Sardinella zunasi*; 1b: belly scale of *S. zunasi*; 1c: tail scale of *S. zunasi*; 2a: dorsal fin scale of *K. punctatus*; 2b: belly scale of *K. punctatus*; 2c: tail scale of *K. punctatus*; 3a: dorsal fin scale of *E. japonicus*; 3b: belly scale of *E. japonicus*; 3c: tail scale of *E. japonicus*; 4a: dorsal fin scale of *T. kammalensis*; 4b: belly scale of *T. kammalensis*; 4c: tail scale of *T. kammalensis*; 5a: dorsal fin scale of *S. taty*; 5b: belly scale of *S. taty*; 5c: tail scale of *S. taty*.

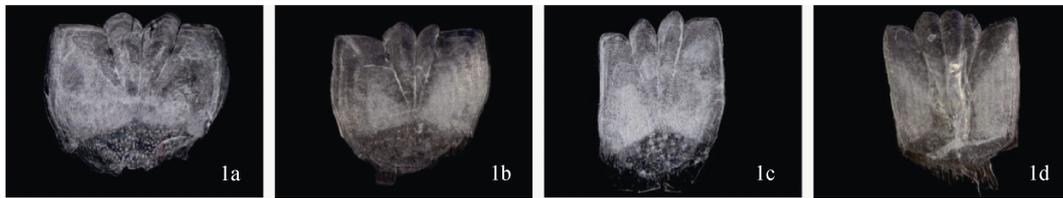


图版 II

1a: 大头鳕背鳍下鳞片; 1b: 大头鳕腹部鳞片; 1c: 大头鳕尾部鳞片.

Plate II

1a: dorsal fin scale of *Gadus macrocephalus*; 1b: belly scale of *G. macrocephalus*; 1c: tail scale of *G. macrocephalus*.

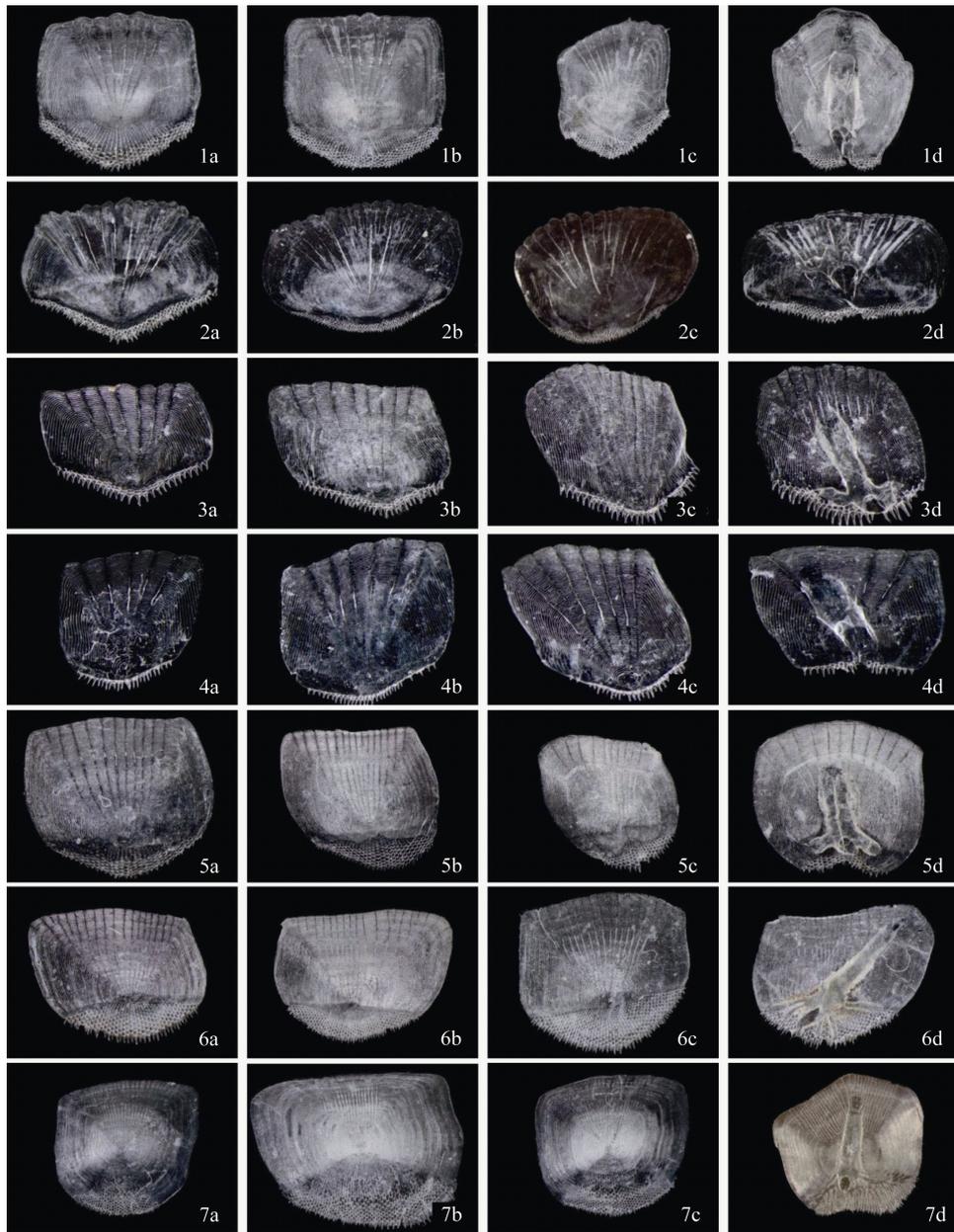


图版 III

1a: 长蛇鲻背鳍下鳞片; 1b: 长蛇鲻腹部鳞片; 1c: 长蛇鲻尾部鳞片; 1d: 长蛇鲻侧线鳞片.

Plate III

1a: dorsal fin scale of *Saurida elongata*; 1b: belly scale of *S. elongata*; 1c: tail scale of *S. elongata*; 1d: lateral line scale of *S. elongata*.

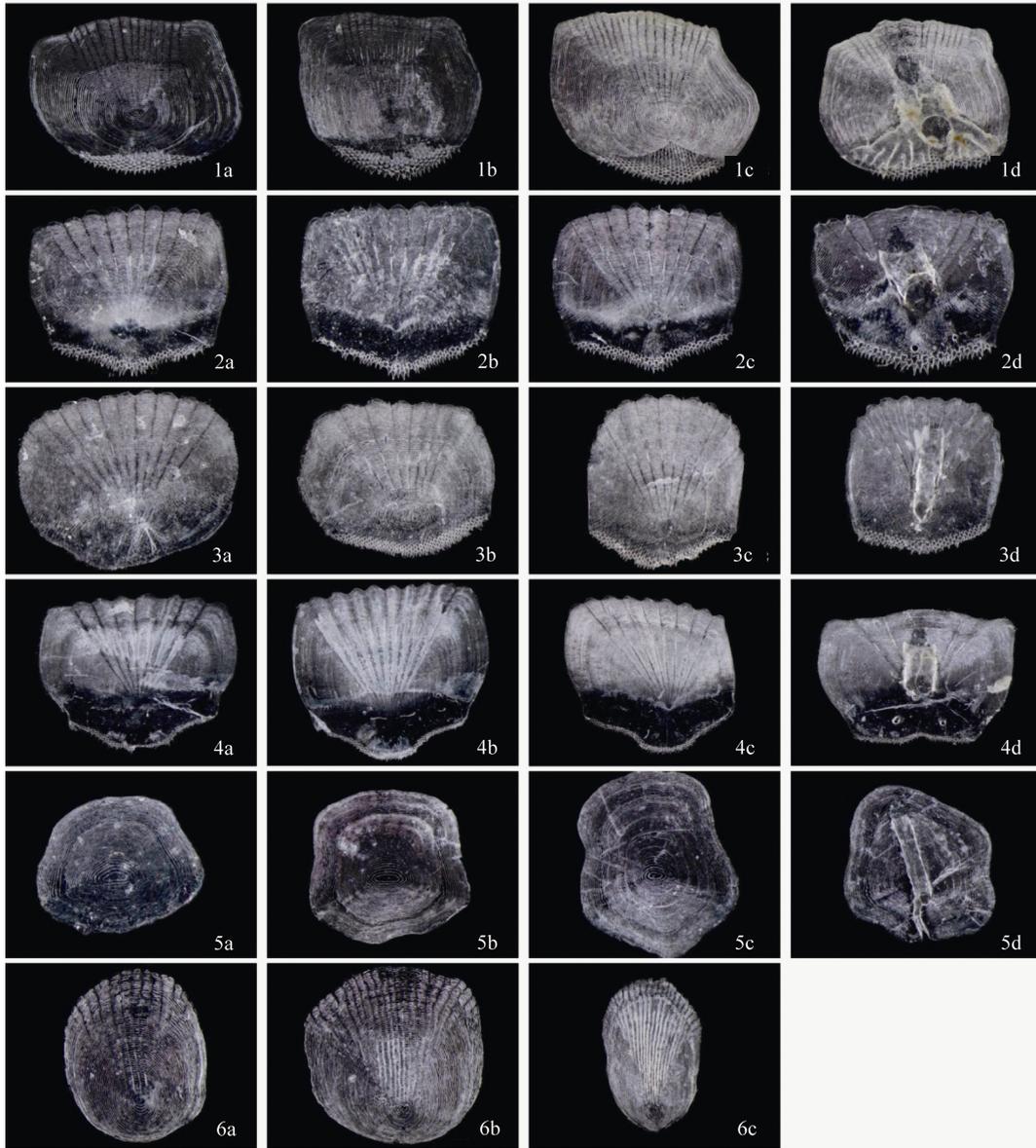


图版 IV

1a: 中国花鲈背鳍下鳞片; 1b: 中国花鲈腹部鳞片; 1c: 中国花鲈尾部鳞片; 1d: 中国花鲈侧线鳞片; 2a: 细条天竺鱼背鳍下鳞片; 2b: 细条天竺鱼腹部鳞片; 2c: 细条天竺鱼尾部鳞片; 2d: 细条天竺鱼侧线鳞片; 3a: 多鳞鱮背鳍下鳞片; 3b: 多鳞鱮腹部鳞片; 3c: 多鳞鱮尾部鳞片; 3d: 多鳞鱮侧线鳞片; 4a: 皮氏叫姑鱼背鳍下鳞片; 4b: 皮氏叫姑鱼腹部鳞片; 4c: 皮氏叫姑鱼尾部鳞片; 4d: 皮氏叫姑鱼侧线鳞片; 5a: 白姑鱼背鳍下鳞片; 5b: 白姑鱼腹部鳞片; 5c: 白姑鱼尾部鳞片; 5d: 白姑鱼侧线鳞片; 6a: 鮠背鳍下鳞片; 6b: 鮠腹部鳞片; 6c: 鮠尾部鳞片; 6d: 鮠侧线鳞片; 7a: 大黄鱼背鳍下鳞片; 7b: 大黄鱼腹部鳞片; 7c: 大黄鱼尾部鳞片; 7d: 大黄鱼侧线鳞片.

Plate IV

1a: dorsal fin scale of *Lateolabrax maculatus*; 1b: belly scale of *L. maculatus*; 1c: tail scale of *L. maculatus*; 1d: lateral line scale of *L. maculatus*; 2a: dorsal fin scale of *Apogonichthys lineatus*; 2b: belly scale of *A. lineatus*; 2c: tail scale of *A. lineatus*; 2d: lateral line scale of *A. lineatus*; 3a: dorsal fin scale of *Sillago sihama*; 3b: belly scale of *S. sihama*; 3c: tail scale of *S. sihama*; 3d: lateral line scale of *S. sihama*; 4a: dorsal fin scale of *Johnius belengerii*; 4b: belly scale of *J. belengerii*; 4c: tail scale of *J. belengerii*; 4d: lateral line scale of *J. belengerii*; 5a: dorsal fin scale of *Argyrosomus argentatus*; 5b: belly scale of *A. argentatus*; 5c: tail scale of *A. argentatus*; 5d: lateral line scale of *A. argentatus*; 6a: dorsal fin scale of *Miichthys miuiy*; 6b: belly scale of *M. miuiy*; 6c: tail scale of *M. miuiy*; 6d: lateral line scale of *M. miuiy*; 7a: dorsal fin scale of *Larimichthys crocea*; 7b: belly scale of *L. crocea*; 7c: tail scale of *L. crocea*; 7d: lateral line scale of *L. crocea*.

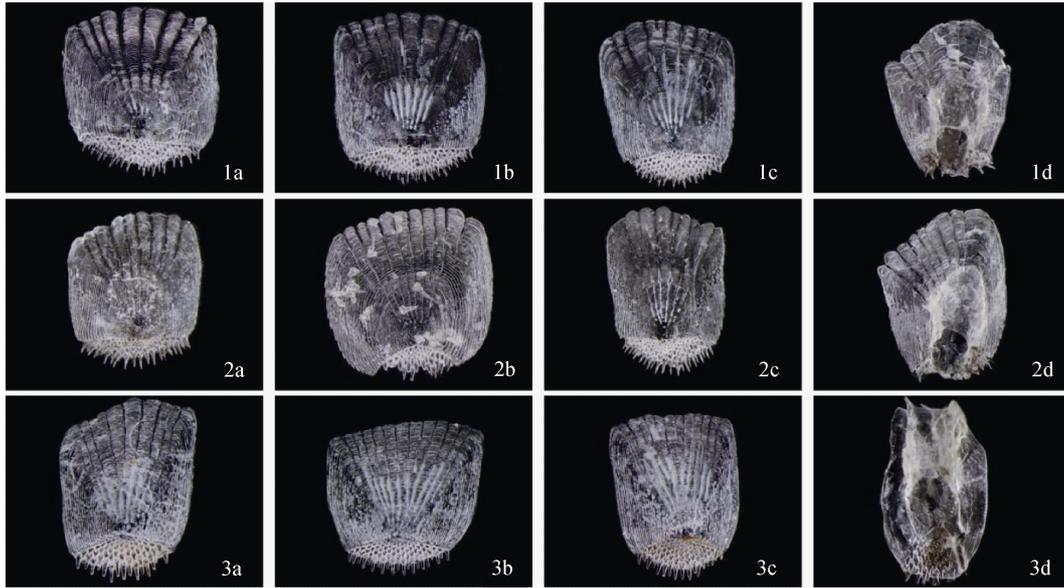


图版 V

1a: 小黄鱼背鳍下鳞片; 1b: 小黄鱼腹部鳞片; 1c: 小黄鱼尾部鳞片; 1d: 小黄鱼侧线鳞片; 2a: 真鲷背鳍下鳞片; 2b: 真鲷腹部鳞片; 2c: 真鲷尾部鳞片; 2d: 真鲷侧线鳞片; 3a: 黑鲷背鳍下鳞片; 3b: 黑鲷腹部鳞片; 3c: 黑鲷尾部鳞片; 3d: 黑鲷侧线鳞片; 4a: 二长棘鲷背鳍下鳞片; 4b: 二长棘鲷腹部鳞片; 4c: 二长棘鲷尾部鳞片; 4d: 二长棘鲷侧线鳞片; 5a: 银鲳背鳍下鳞片; 5b: 银鲳腹部鳞片; 5c: 银鲳尾部鳞片; 5d: 银鲳侧线鳞片; 6a: 矛尾虾虎鱼背鳍下鳞片; 6b: 矛尾虾虎鱼腹部鳞片; 6c: 矛尾虾虎鱼尾部鳞片.

Plate V

1a: dorsal fin scale of *Larimichthys polyactis*; 1b: belly scale of *L. polyactis*; 1c: tail scale of *L. polyactis*; 1d: lateral line scale of *L. polyactis*; 2a: dorsal fin scale of *Pagrosomus major*; 2b: belly scale of *P. major*; 2c: tail scale of *P. major*; 2d: lateral line scale of *P. major*; 3a: dorsal fin scale of *Sparus macrocephalus*; 3b: belly scale of *S. macrocephalus*; 3c: tail scale of *S. macrocephalus*; 3d: lateral line scale of *S. macrocephalus*; 4a: dorsal fin scale of *Parargyrops edita*; 4b: belly scale of *P. edita*; 4c: tail scale of *P. edita*; 4d: lateral line scale of *Pampus edita*; 5a: dorsal fin scale of *Pampus argenteus*; 5b: belly scale of *P. argenteus*; 5c: tail scale of *P. argenteus*; 5d: lateral line scale of *P. argenteus*; 6a: dorsal fin scale of *Chaeturichthys stigmatias*; 6b: belly scale of *C. stigmatias*; 6c: tail scale of *C. stigmatias*.

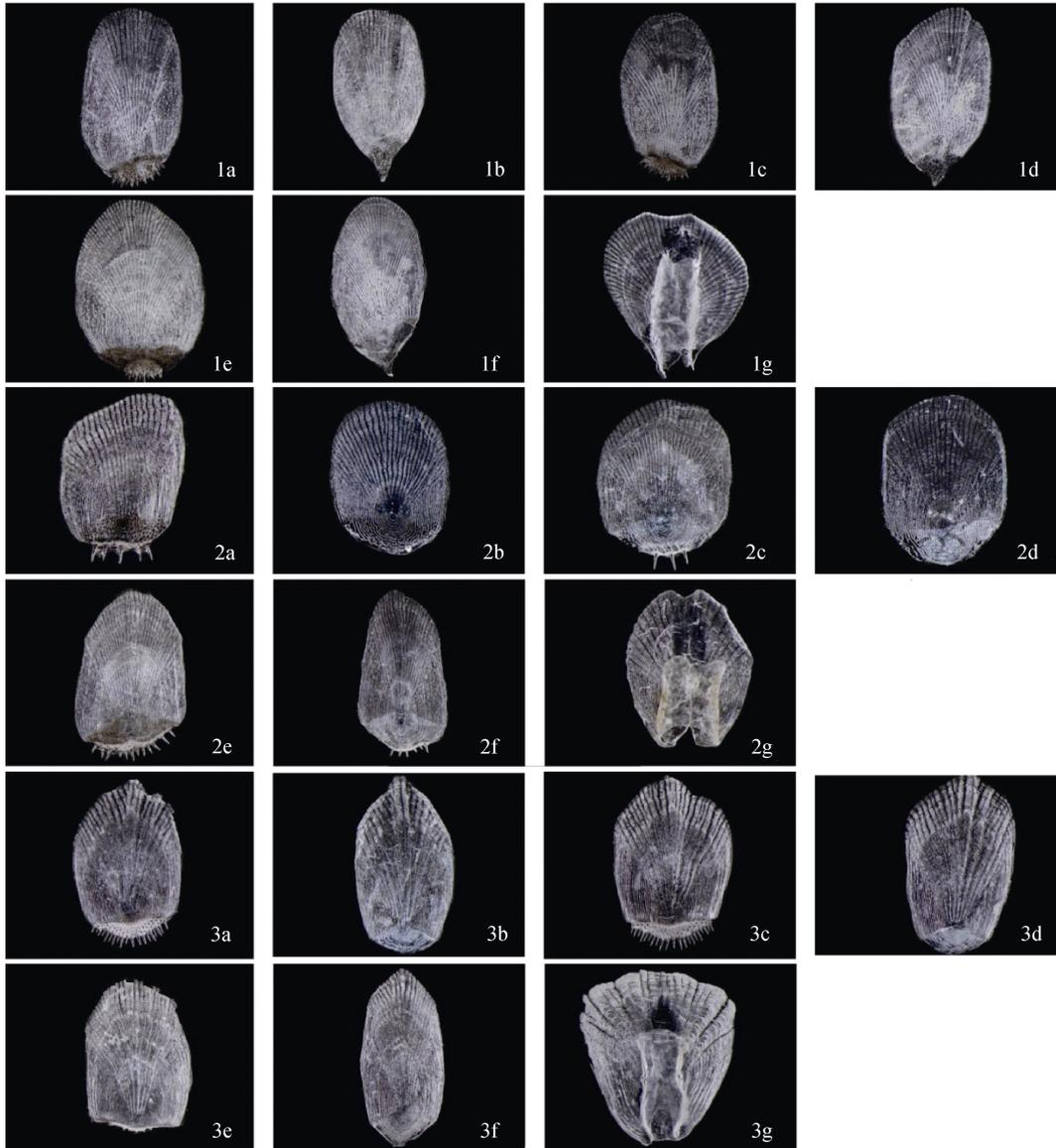


图版 VI

1a: 许氏平鲉背鳍下鳞片; 1b: 许氏平鲉腹部鳞片; 1c: 许氏平鲉尾部鳞片; 1d: 许氏平鲉侧线鳞片; 2a: 褐菖鲉背鳍下鳞片; 2b: 褐菖鲉腹部鳞片; 2c: 褐菖鲉尾部鳞片; 2d: 褐菖鲉侧线鳞片; 3a: 鲷背鳍下鳞片; 3b: 鲷腹部鳞片; 3c: 鲷尾部鳞片; 3d: 鲷侧线鳞片.

Plate VI

1a: dorsal fin scale of *Sebastes schlegeli*; 1b: belly scale of *S. schlegeli*; 1c: tail scale of *S. schlegeli*; 1d: lateral line scale of *S. schlegeli*; 2a: dorsal fin scale of *Sebastiscus marmoratus*; 2b: belly scale of *S. marmoratus*; 2c: tail scale of *S. marmoratus*; 2d: lateral line scale of *S. marmoratus*; 3a: dorsal fin scale of *Platycephalus indicus*; 3b: belly scale of *P. indicus*; 3c: tail scale of *P. indicus*; 3d: lateral line scale of *P. indicus*.

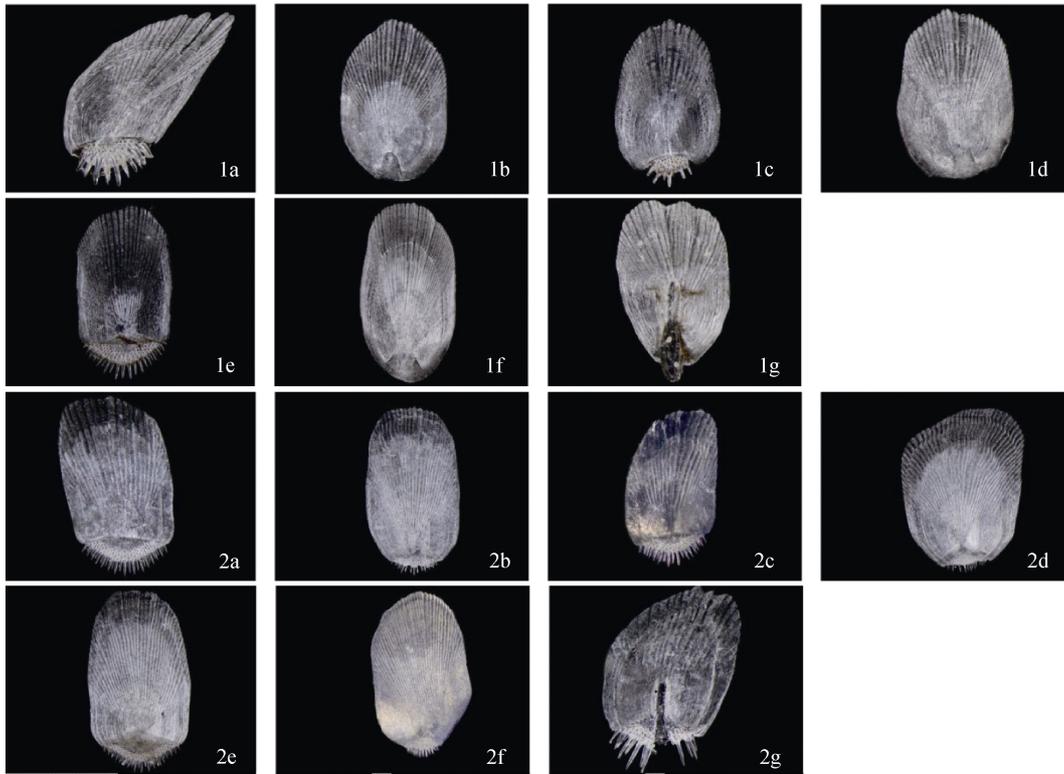


图版 VII

1a: 褐牙鲆背鳍下有眼侧鳞片; 1b: 褐牙鲆背鳍下无眼侧鳞片; 1c: 褐牙鲆腹部有眼侧鳞片; 1d: 褐牙鲆腹部无眼侧鳞片; 1e: 褐牙鲆尾部有眼侧鳞片; 1f: 褐牙鲆尾部无眼侧鳞片; 1g: 褐牙鲆侧线鳞片; 2a: 高眼鲈背鳍下有眼侧鳞片; 2b: 高眼鲈背鳍下无眼侧鳞片; 2c: 高眼鲈腹部有眼侧鳞片; 2d: 高眼鲈腹部无眼侧鳞片; 2e: 高眼鲈尾部有眼侧鳞片; 2f: 高眼鲈尾部无眼侧鳞片; 2g: 高眼鲈侧线鳞片; 3a: 虫鲈背鳍下有眼侧鳞片; 3b: 虫鲈背鳍下无眼侧鳞片; 3c: 虫鲈腹部有眼侧鳞片; 3d: 虫鲈腹部无眼侧鳞片; 3e: 虫鲈尾部有眼侧鳞片; 3f: 虫鲈尾部无眼侧鳞片; 3g: 虫鲈侧线鳞片。

Plate VII

1a: dorsal fin scale in ocular side of *Paralichthys olivaceus*; 1b: dorsal fin scale in blind side of *P. olivaceus*; 1c: belly scale in ocular side of *P. olivaceus*; 1d: belly scale in blind side of *P. olivaceus*; 1e: tail scale in ocular side of *P. olivaceus*; 1f: tail scale in blind side of *P. olivaceus*; 1g: lateral line scale of *P. olivaceus*; 2a: dorsal fin scale in ocular side of *Cleisthenes herzensteini*; 2b: dorsal fin scale in blind side of *C. herzensteini*; 2c: belly scale in ocular side of *C. herzensteini*; 2d: belly scale in blind side of *C. herzensteini*; 2e: tail scale in ocular side of *C. herzensteini*; 2f: tail scale in blind side of *C. herzensteini*; 2g: lateral line scale of *C. herzensteini*; 3a: dorsal fin scale in ocular side of *Eopsetta grigorjewi*; 3b: dorsal fin scale in blind side of *E. grigorjewi*; 3c: belly scale in ocular side of *E. grigorjewi*; 3d: belly scale in blind side of *E. grigorjewi*; 3e: tail scale in ocular side of *E. grigorjewi*; 3f: tail scale in blind side of *E. grigorjewi*; 3g: lateral line scale of *E. grigorjewi*.



图版 VIII

1a: 半滑舌鲷背鳍下有眼侧鳞片; 1b: 半滑舌鲷背鳍下无眼侧鳞片; 1c: 半滑舌鲷腹部有眼侧鳞片; 1d: 半滑舌鲷腹部无眼侧鳞片; 1e: 半滑舌鲷尾部有眼侧鳞片; 1f: 半滑舌鲷尾部无眼侧鳞片; 1g: 半滑舌鲷侧线鳞片; 2a: 长吻红舌鲷背鳍下有眼侧鳞片; 2b: 长吻红舌鲷背鳍下无眼侧鳞片; 2c: 长吻红舌鲷腹部有眼侧鳞片; 2d: 长吻红舌鲷腹部无眼侧鳞片; 2e: 长吻红舌鲷尾部有眼侧鳞片; 2f: 长吻红舌鲷尾部无眼侧鳞片; 2g: 长吻红舌鲷侧线鳞片.

Plate VIII

1a: dorsal fin scale in ocular side of *Cynoglossus semilaevis*; 1b: dorsal fin scale in blind side of *C. semilaevis*; 1c: belly scale in ocular side of *C. semilaevis*; 1d: belly scale in blind side of *C. semilaevis*; 1e: tail scale in ocular side of *C. semilaevis*; 1f: tail scale in blind side of *C. semilaevis*; 1g: lateral line scale of *C. semilaevis*; 2a: dorsal fin scale in ocular side of *C. lighti*; 2b: dorsal fin scale in blind side of *C. lighti*; 2c: belly scale in ocular side of *C. lighti*; 2d: belly scale in blind side of *C. lighti*; 2e: tail scale in ocular side of *C. lighti*; 2f: tail scale in blind side of *C. lighti*; 2g: lateral line scale of *C. lighti*.