余宗泽,刘季松,王海州,等.黄石爬鮡消化系统形态学和组织学特征[J].华中农业大学学报,2026,45(2):18-27.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2026.02.003

黄石爬鮡消化系统形态学和组织学特征

余宗泽[1],刘季松[2],王海州[2],苏晓静[1],杨学芬[1],杨瑞斌[1]

1.华中农业大学水产学院,武汉 430070; 2.华电金沙江上游水电开发有限公司叶巴滩分公司,甘孜 627153

摘要 为了解黄石爬鮡(*Euchiloglanis kishinouyei*)消化系统的特征,运用形态学、组织学方法观察其摄食器官和消化系统,结果发现:黄石爬鮡上下颌齿密集,上颌齿带明显向后延伸;食道短粗;胃为"U"型,容量较大;肠道根据两处明显弯折可分为前肠、中肠、后肠,前肠较为膨大,肠道系数为0.45±0.06;肝脏具有独特的主副肝特征,主肝分为两叶,左长右短,分布于腹腔前端;副肝通过穿过体壁的连接带延伸到胸鳍基部后方的皮下腔隙中,左右形态相似;主肝肝体比为(0.65±0.46)%,副肝肝体比为(0.54±0.27)%。唇周以及须上味蕾发达;食道肌肉均为横纹肌,纵肌在黏膜下层中呈束状分布;胃体部有大量发达胃腺,幽门部环肌显著增厚;肠道中,前肠黏膜褶高度最高,中、后肠黏膜褶与对应肠径比一直维持较高水平;中肠杯状细胞数量最少;后肠杯状细胞数量显著高于中肠。发达的味蕾、较大的副肝和较高的肠黏膜褶相对高度体现出黄石爬鮡摄食器官和消化系统对激流环境的高度适应。

关键词 黄石爬鮡; 消化系统; 形态学; 组织学; 副肝

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2026)02-0018-10

黄石爬鮡隶属于鲇形目(Siluriformes)鮡科(Sisoridae)石爬鮡属(*Euchiloglanis*),当地俗名石爬子、肉石爬等,是长江上游特有的经济鱼类,在四川、西藏均有分布[1],以水生昆虫和有机碎屑为食[2],其生活环境平均海拔2 700 m[3]。目前黄石爬鮡由于长期滥捕滥捞,同时水利工程严重影响其生存环境,野外资源量锐减。在开展驯养试验时黄石爬鮡死亡率很高,通过基础生物学研究了解其生理生态特性,可为其科学驯养提供理论依据。

食物是动物生存和繁衍的基础,消化系统具有将食物分解为可吸收的营养物质,为动物提供能量和维持生命活动所需物质的重要功能[4]。同时消化系统所呈现的特征也是动物与生活环境长期作用的结果[5],能在一定程度上反映消化系统对生活环境的适应性。目前关于黄石爬鮡的消化系统研究较为有限[1],未提及黄石爬鮡具有副肝等重要特征。有学者通过形态学[6]、组织学[1]、分子生物学[7-8]等方法对不同鱼类的副肝进行研究后,认为副肝是对高海拔的适应,但这些研究并未揭示高海拔对消化系统的影响。相反,一些文献指出水体流速会影响鱼类体型[9-10]以及饵料丰度[11-12],这些因素对鱼类消化系统的影响更为直接。本研究拟对黄石爬鮡消化系统开展较系统的形态学和组织学研究,并与其他鮡科鱼类进行比较,分析其消化系统特点对激流环境的适应性,旨在为后期的研究及养殖工作提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 样本采集与处理

于2024年5—7月在金沙江上游通过地笼采集18尾黄石爬鮡健康成鱼,充氧打包后低温空运至武汉,暂养于华中农业大学水产学院养殖池,暂养期间每日投喂3次水蚯蚓。暂养环境保持暗光、流水,通过水冷机对循环水制冷,温度控制在16 ℃左右。所有样本在取样前禁食24 h,排空肠道食物残渣。

1.2 形态学方法

取18尾健康黄石爬鮡样本,观察外观形态,测量全长、体长、体高、头长、口裂宽、内颐须长、外颐须长、鼻须长、眼径(精确到0.01 mm)。从腹腔内主肝靠近体壁处,找到向腹腔外延伸的连接带,将该处体壁完全剪开至胸鳍基部后方,暴露出副肝,将肝脏取

收稿日期: 2025-03-20
基金项目:华电集团金沙江上游远期放流鱼种人工繁育技术研究项目(T-2022-04)
余宗泽,E-mail:1476786979@qq.com
通信作者: 杨瑞斌,E-mail:rbyang2004@163.com

出，拍照并分别称质量（精确到0.01 g），用于计算主肝、副肝的肝体比。取出消化道，用直尺测量肠道长度并记录（精确到0.1 mm），用于计算肠道系数。

1.3　组织学方法

将消化道和肝脏进行修剪、梯度乙醇脱水、二甲苯透明后包埋成蜡块，制成6 μm切片，脱蜡，HE染色后封片。光镜下观察组织特征，用Photoshop 2022测量消化道组织厚度。试验所得数据用平均值±标准差（mean±SD）表示，用Graphpad prism作图并进行单因素方差分析检测显著性，显著性水平为0.05。

2　结果与分析

2.1　黄石爬鮡外部形态学及消化系统形态学特征

1）外部形态。黄石爬鮡试验样本群体全长（94.79±26.95）mm，体质量（10.53±3.03）g。体型细长且较扁平，腹腔较狭长。头扁平，眼上位，口下位，口裂小，具有上下颌齿带，上颌齿带呈新月形。上下唇在口角处相连，唇较厚，表面具有大量乳突。具有4对须，分别是鼻须、颌须、外颐须、内颐须。相关外部形态及消化系统形态学测量数据见表1。

表1　黄石爬鮡消化系统形态学数据指标

Table 1　Morphological data and standardized results of the digestive system of *E. kishinouyei*

指标 Index	平均值±标准差 Mean±SD	指标 Index	平均值±标准差 Mean±SD
肠道系数 Intestinal coefficient	0.45±0.06	肝体比/%	1.19±0.60
副肝肝体比/% Parahepatic hepatobody ratio	0.54±0.27	主肝肝体比/% Main liver hepatobody ratio	0.65±0.46
腹腔长/体高/% Abdominal length/body height	40.31±2.21	腹腔宽/体高/% Abdominal width/body height	12.69±1.26
体高/体长/% Body height/body length	14.93±1.26		

2）消化系统形态。黄石爬鮡的消化系统由消化道和消化腺组成，消化道可分为口咽腔、食道、胃、肠、肛门，消化腺由主肝和副肝共同组成的肝脏以及弥散分布的胰腺组成。

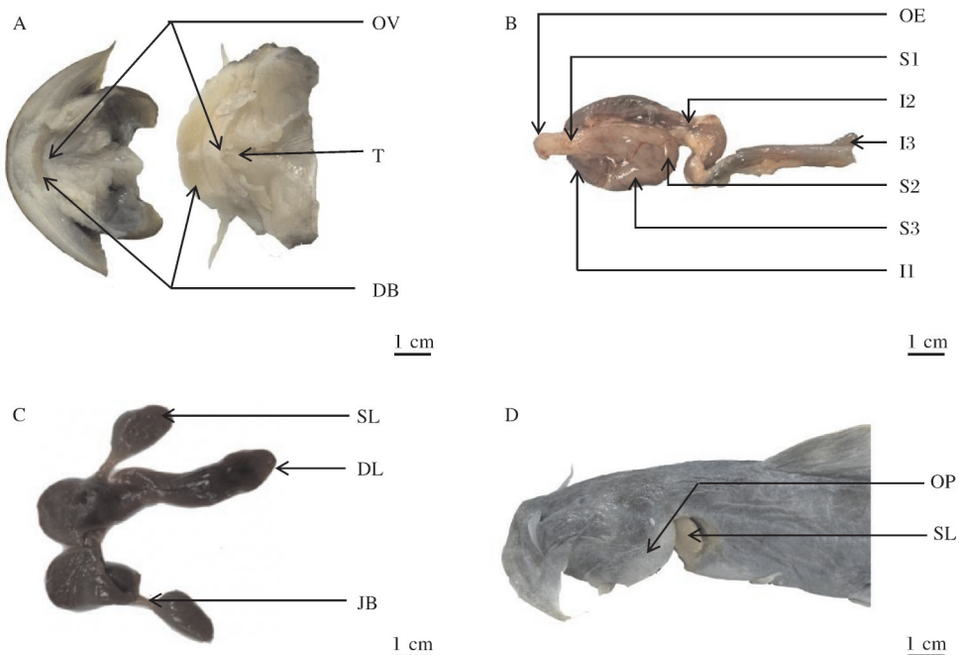
黄石爬鮡为下位口，口咽腔是其消化道的最前端，唇外周存在密集的乳突。黄石爬鮡的颌齿小而密集，形成上下颌齿带，承担摄食功能，其中上颌齿带明显向口腔内延伸。唇周和鼻孔外有须，发挥味觉感受作用并参与摄食行为。舌短，舌前方的上下颌在齿带末端有瓣膜组织向后延伸（图1A）。鳃耙呈三角形，短而稀疏。食道短而粗，后端连接胃，连接处变化不明显。胃呈“U”型，由贲门部、胃体部和幽门部组成，胃体部膨大，幽门部末端开口方向朝向头部，与肠交界处存在收缩痕迹。肠道延伸到食道处向下弯折，经过胃底部时向左侧弯折，达到腹腔左侧体壁时向腹腔中间偏移，最后达到肛门。根据弯折情况可将肠道分为前肠、中肠、后肠三部分（图1B）。

黄石爬鮡的消化腺分为肝脏和胰腺。肝脏分为主肝和副肝。主肝分为左右两叶（图1C），紧贴食道腹侧，从心腹隔膜向后延伸，右叶较短，后端紧贴幽门外侧；左叶较长，延长部分紧贴消化道背侧向后延伸至胃体末端。副肝在鳃盖后方、胸鳍基部后方的皮下空隙中（图1D），通过穿过腹腔壁背侧的连接带与主肝相连，左右副肝大小相近。胰腺在食道、胃、前肠、肝脏的空隙之间靠系膜连接，呈弥散分布（图1B）。

2.2　消化系统组织学特征

1）口咽腔。黄石爬鮡口腔瓣外表面存在少量味蕾（图2A）。舌由黏膜层、黏膜下层和软骨组织组成，黏膜层中有大量杯状细胞（图2B）。唇周褶皱由黏膜层和黏膜下层组成，黏膜层发达，由复层扁平细胞组成，其中还分布着杯状细胞和棒状细胞，下唇周皱褶的棒状细胞数量较上唇周皱褶更多（图2C、D）。上下颌组织结构类似，由黏膜层和黏膜下层组成，黏膜层主要是复层扁平细胞，表层有大量杯状细胞，零散分布着味蕾组织（图2E、F）。口腔外的颐须（图2G）、鼻须（图2H）、唇周皱褶顶端，到口腔内的舌后端、上下颌均有味蕾分布；味蕾呈梨形，可见基细胞和味细胞、支持细胞，顶部有味孔，味细胞顶部的微绒毛从味孔伸出，须上味蕾分布的密度最大。

2）食道。食道黏膜褶较厚，少量黏膜褶顶端出现二级指状突起。黏膜层发达，主要由复层扁平细胞构成，表面具有丰富的能分泌黏液的杯状细胞（图3A），杯状细胞多达数层，靠近表层的杯状细胞可见



A. 口咽腔；B. 消化道外观，上：腹面观；下：背面观；C. 肝脏；D. 副肝。DB：齿带；T：舌；OV：口腔瓣；OE：食道；S1：贲门部；S2：胃体部；S3：幽门部；I1：前肠；I2：中肠；I3：后肠；DL：主肝；SL：副肝；JB：连接带；OP：鳃盖。A. Oropharyngeal cavity; B. External morphology of the digestive tract; Up: Ventral view; Down: Dorsal view; C. Liver; D. Accessory liver. DB: Dental band; T: Tongue; OV: Oral valve; OE: Esophagus; S1: Cardiac region; S2: Corpuscles; S3: Pyloric region; I1: Foregut; I2: Midgut; I3: Hindgut; DL: Main liver; SL: Accessory liver; JB: Connecting band; OP: Operculum.

图1 黄石爬鮡消化系统形态学特征

Fig. 1 Morphology features of the digestive system of the *E. kishinouyei*

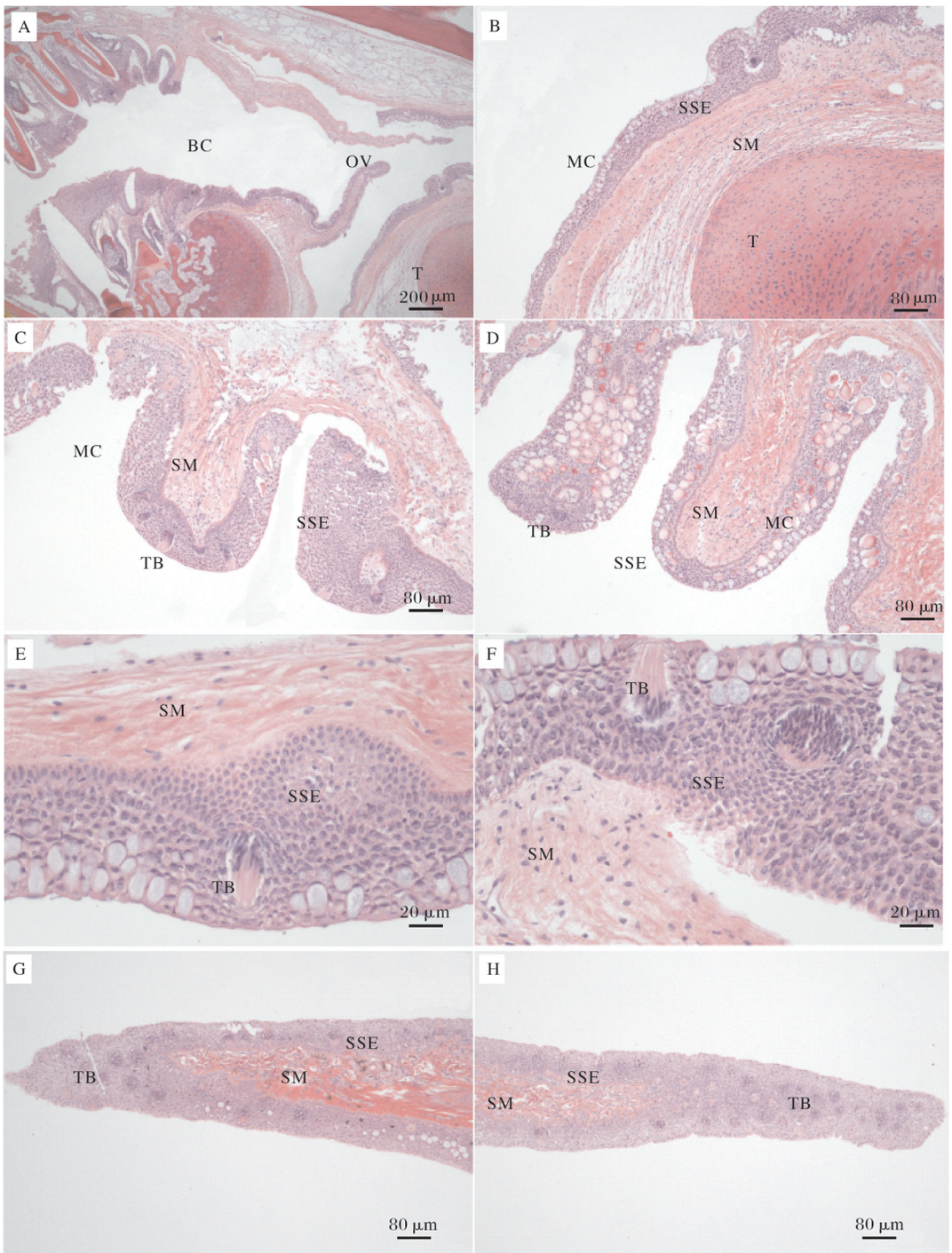
顶端开口。黏膜下层发达，由疏松结缔组织构成。肌层主要由环肌构成，环肌非常发达，构成了食道肌层的绝大部分。纵肌较少，在黏膜下层中以束状分布（图3B、C），肌肉类型为横纹肌，在光镜下可见明暗相间的横纹（图3D）。黏膜层在靠近贲门处，黏液细胞逐渐减少，被单层柱状上皮细胞替代，并逐渐出现胃腺。

3）胃。胃的黏膜层上皮由单层柱状上皮组成，没有杯状细胞分布；固有层较厚，其中分布着大量的胃腺，胃腺由胃腺细胞围成团状，中间可见胃腺管（图3E）；黏膜层向下凹陷形成胃小凹（图3F）。黏膜下层由疏松结缔组织组成，其中可见血管分布。肌层组成为内层环肌和外层纵肌，内层环肌更加发达。幽门部腔隙变窄，往后胃腺逐渐消失。环肌增厚，同黏膜下层和黏膜层凸起并向前肠方向延伸形成瓣膜结构，瓣膜后方黏膜层上单一的单层柱状上皮细胞逐渐出现杯状细胞。

4）肠。肠道各段组织结构类似（图4），从内到外由黏膜层、黏膜下层、环肌、纵肌、浆膜层组成。黏膜层和黏膜下层向肠腔内凸起形成黏膜褶，黏膜层主要由柱状细胞构成，其中有大量杯状细胞分布，杯状细胞密度从前到后逐渐增加。肠道黏膜层游离面均可见染色较深的纹状缘（图5）。前肠的直径[（3 331.32±53.39）μm]显著大于中肠[（2 253.11±118.58）μm]和后肠[（2 333.05±30.00）μm]。黏膜褶高度显示出明显的差异，前肠黏膜褶的高度[（1 208.22±79.95）μm]显著高于中肠[（686.91±88.67）μm]和后肠[（700.59±75.87）μm]。黏膜褶宽度在前肠[（79.61±12.33）μm]和中、后肠[分别为（86.04±17.17）μm和（86.91±12.51）μm]间有显著差异。黏液细胞数量在3个肠段中依次显著增加，前肠为（11.70±3.02）个，中肠为（35.20±8.36）个，后肠则达到（43.40±5.66）个。

5）肝脏。黄石爬鮡的主肝和副肝均由外层结缔组织形成的覆膜和内部的肝细胞组成。肝细胞之间的边界不明显，细胞中脂肪含量较少，细胞核呈圆形，位于肝细胞中央（图5A）。肝细胞围绕中央静脉排列，其中可见有细胞核的血细胞。肝细胞以中央静脉为中心向外辐射状排列形成肝细胞索，肝细胞索之间可见肝血窦。肝小叶中分布着小叶间胆管（图5B），由一层单层立方上皮细胞组成。

6）胰腺。黄石爬鮡胰腺呈弥散型分布，食道、

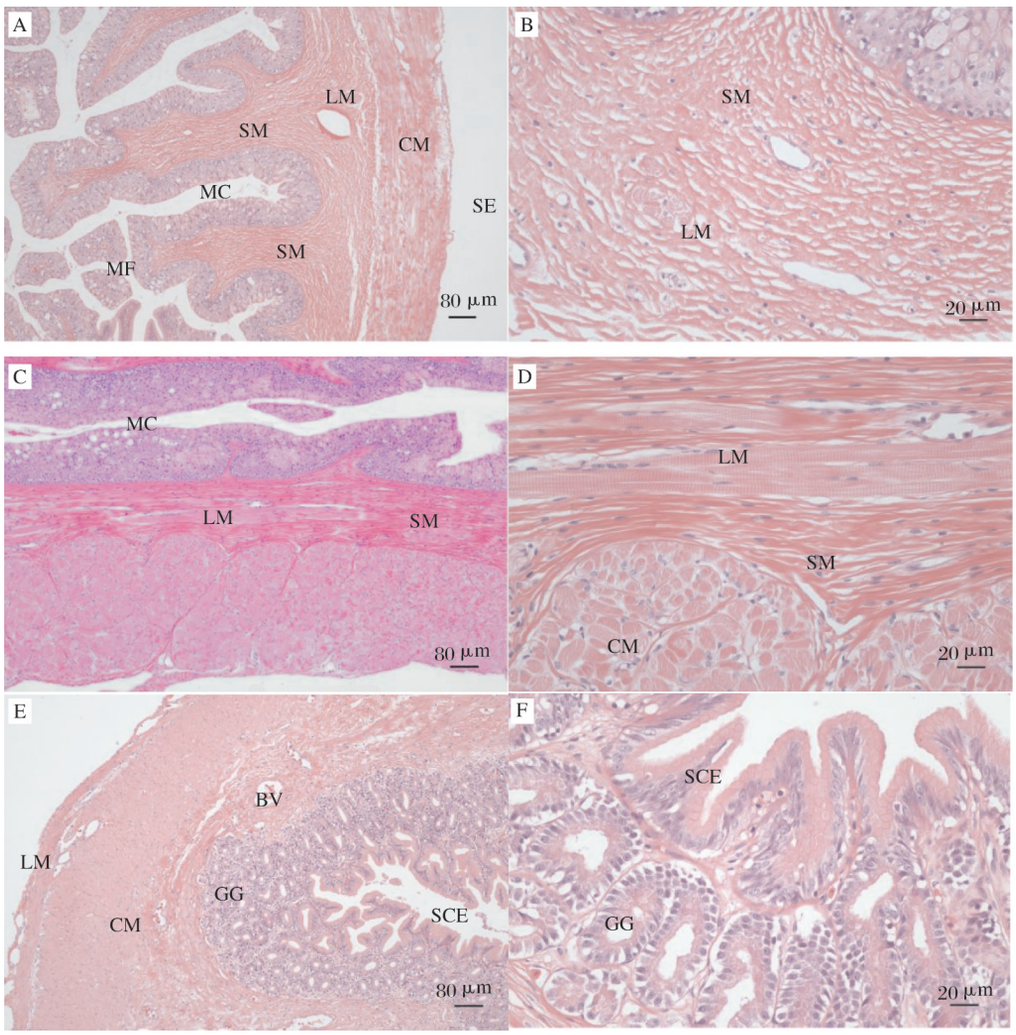


A. 腔瓣膜；B. 舌；C. 上唇褶皱；D. 下唇褶皱；E. 上颚；F. 下颚；G. 颐须；H. 鼻须。BC：口腔；OV：口腔瓣；T：舌；MC：黏液细胞；SSE：复层扁平细胞；SM：黏膜下层；TB：味蕾。A. Cavity valve；B. Tongue；C. Upper lip fold；D. Lower lip fold；E. Upper jaw；F. Lower jaw；G. Mental barbel；H. Nasal barbel. BC：Oral cavity；OV：Oral valve；T：Tongue；MC：Mucous cell；SSE：Stratified squamous epithelium；SM：Submucosa；TB：Taste bud.

图 2　黄石爬鮡口咽腔和须组织学特征

Fig. 2　Histology features of the oropharyngeal cavity and whiskers of the *E. kishinouyei*

胃、前肠周围均可见胰腺组织，外周有系膜包裹，中间有血管分布。胰腺组织中可见输送胰液的胰管，由一圈上皮细胞组成（图 5C），周围是成团的胰腺细胞。胃周围分散的胰腺最为丰富，还可以观察到内分泌腺胰岛（图 5D），未见其成团分布，细胞呈梭形，胞内可见空泡，细胞质染色较淡。胰腺细胞整体呈



A. 食道纵切；B. 食道黏膜下层纵切；C. 食道横切；D. 食道黏膜下层横切；E. 胃纵切；F 胃腺。MC：黏液细胞；SM：黏膜下层；CM：环肌；LM：纵肌；MF：黏膜褶；SE：浆膜层；BV：血管；GG：胃腺；SCE：单层柱状上皮。A. Longitudinal section of the esophagus；B. Longitudinal section of the esophageal submucosa；C. Cross-section of the esophagus；D. Cross-section of the esophageal submucosa；E. Longitudinal section of the stomach；F. Gastric gland. MC：Mucous cell；SM：Submucosa；CM：Circular muscle；LM：Longitudinal muscle；MF：Mucosal fold；SE：Serosa；BV：Blood vessel；GG：Gastric gland；SCE：Simple columnar epithelium.

图3 黄石爬鮡食道和胃组织学特征

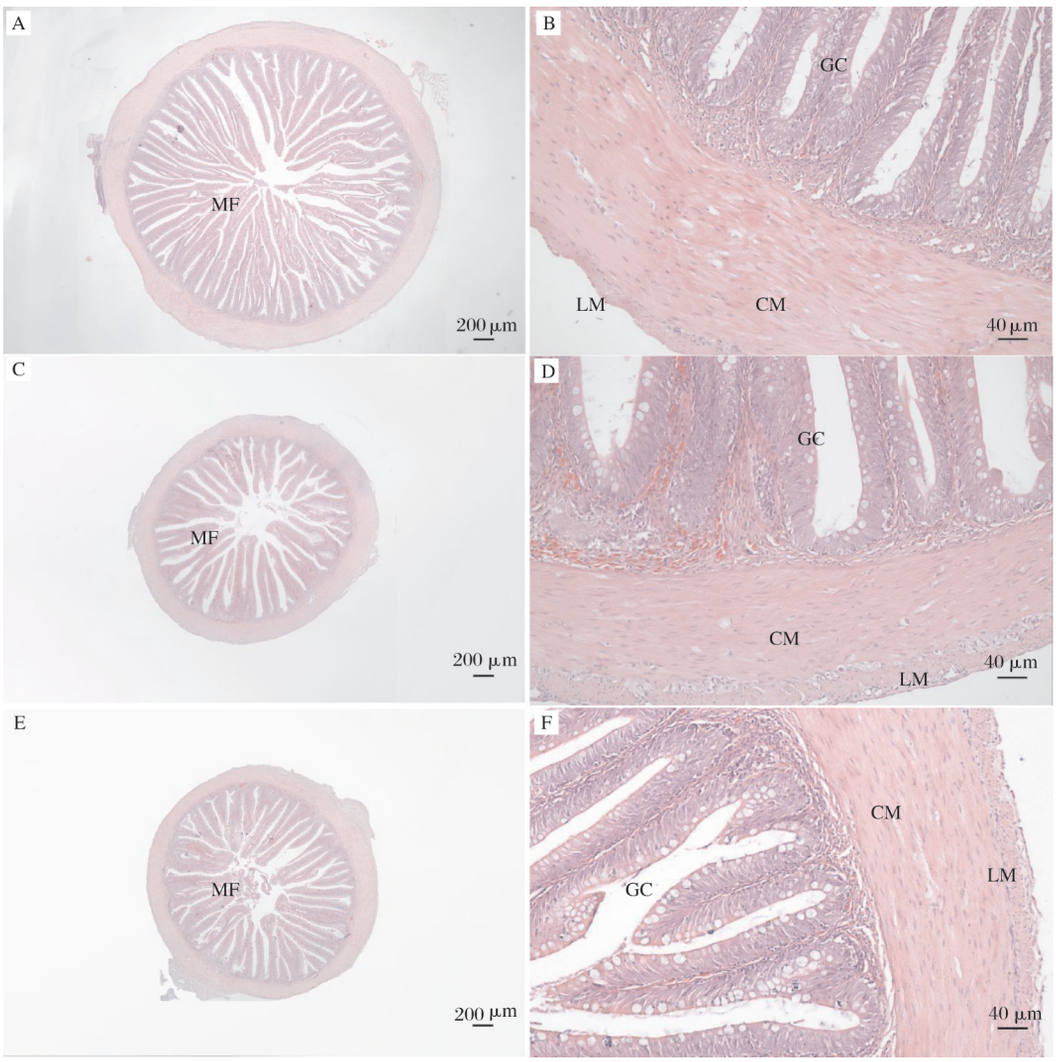
Fig. 3 Histology features of the esophagus and stomach of the *E. kishinouyei*

表2 黄石爬鮡各肠段组织学测量结果

Table 2 Histologic measurements of various intestinal segments of the *E. kishinouyei*

指标 Index	前肠 Anterior intestine	中肠 Middle intestine	后肠 Hind intestine
肠道直径/μm Intestinal diameter	3 331.3±53.4a	2 253.1±118.6b	2 333.0±30.0b
黏膜褶数量 Number of mucosal folds	56±4a	34±3b	35±3c
黏膜褶高度/μm Height of mucosal folds	1 208.2±80.0a	686.9±88.7b	700.6±75.9b
黏膜褶宽度/μm Width of mucosal folds	79.6±12.3a	86.0±17.2a	87.00±12.5a
黏液细胞密度/(cells/ 40 000 μm²) Mucous cell count	11.7±3.0c	35.2±8.4b	43.4±5.7a

注：同行数据标有不同小写字母者表示组间差异显著（$P<0.05$）。Note：Data within the same row marked with different lowercase letters indicate significant differences among groups ($P<0.05$).



A，B. 前肠；C，D. 中肠；E，F. 后肠。MF：黏膜层；CM：环肌；LM：纵肌；GC：杯状细胞。A，B. Foregut；C，D. Midgut；E，F. Hindgut. MF：Mucosal layer；CM：Circular muscle；LM：Longitudinal muscle；GC：Goblet cell.

图 4　黄石爬鮡肠道组织学特征

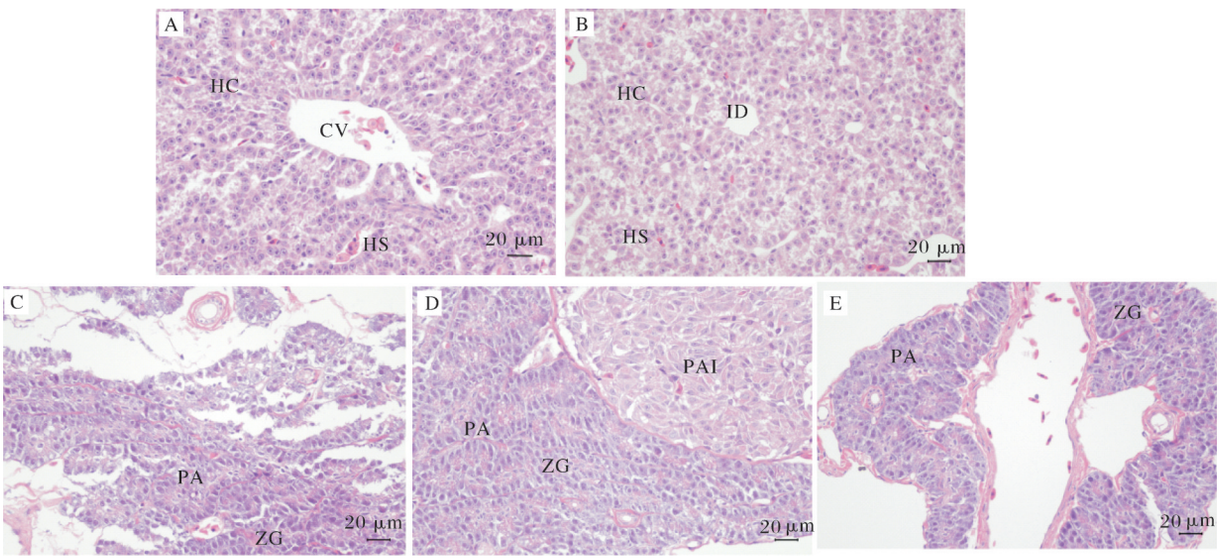
Fig.4　Histology of features the intestinal tract of the *E. kishinouyei*

椭圆形，细胞质染色较深，细胞间可见红色的酶原颗粒（图 5E）。

3　讨　论

3.1　黄石爬鮡摄食器官对环境的适应性

黄石爬鮡摄食器官包括口咽腔内的齿带、舌、鳃耙，以及头部的须。在流水环境中摄食的前提是能准确寻找、定位、分辨食物，味蕾作为重要的味觉感受器官[13]，不仅可以发挥化学识别功能寻找和区分食物[14-15]，也可以通过物理识别功能选择软硬适中的食物[16]；在感受到食物后会触发吞咽反射[17]，对鱼类的摄食行为起到了关键的作用。味蕾的形态、分布以及数量与摄食行为之间存在密切关系，不同鱼类味蕾分布区域不同，且与生活方式和摄食策略密切相关[18-20]。黄石爬鮡头部扁平，口下位，眼位于头顶部；其须部和唇周的味蕾分布密集，有利于提高寻找食物的效率，作为一种适应性特征弥补了视觉上的不足。须上的味蕾分布数量从基部到端部逐渐增多，这与柴毅等[21]对中华鲟（*Acipenser sinensis*）的研究结果相似；黄石爬鮡唇周乳突表面也分布着大量味蕾，这与云南盘鮈（*Discogobio yunnanensis*）的口腔外味蕾分布情况相似[22]，这些适应性特征展现了黄石爬鮡在味觉感官功能上的进化策略，表现出对饵料匮乏的生态环境的高度适应性。黄石爬鮡食道短粗，食物可以更快进入胃体。胃为“U”型，容量大，可以提高其单次摄食量。肠道系数为 0.45±0.06，以上特征均符合其肉食性特征。



A. 主肝；B. 副肝；C. 食道外胰腺；D. 胃体外胰腺；E. 前肠外胰腺。HC：肝细胞；HS：肝血窦；ID：小叶间胆管；PA：胰腺；PAI：胰岛；ZG：酶原颗粒。A. Main liver; B. Accessory liver; C. Esophageal-external pancreas; D. Gastric-external pancreas; E. Foregut-external pancreas. HC: Hepatocyte; HS: Hepatic sinusoid; ID: Interlobular bile duct; PA: Pancreas; PAI: Islet of langerhans; ZG: Zymogen granule.

图5 黄石爬鮡消化腺组织学特征

Fig.5 Histology features of the digestive glands of the *E. kishinouyei*

3.2 黄石爬鮡消化道组织学特征与功能的一致性

黄石爬鮡不同部位消化道组织学特征与功能需求相一致。食道的黏膜层有丰富的杯状细胞，分泌的黏液起到润滑作用，使食物输送更顺畅，减少上皮受到的机械损伤的同时防止病原感染[23]。食道黏膜褶较高且黏膜下层最厚，两者共同提高食道伸缩性。食道的横纹肌收缩力强，可以迅速将食物运送至胃[24]。由于黄石爬鮡口咽腔短，容易误食异物，食道前段分布的味蕾可以及时感知异物，配合可以自主控制的横纹肌将其吐出体外，起到筛选食物的作用，与鳜(*Siniperca chuatsi*)类似[25]。黄石爬鮡的U型胃可以容纳更多的食物[3]，固有层胃腺发达，与其肉食性特征相符；贲门处肌层从横纹肌过渡为平滑肌，不受鱼体自主控制，自发完成收缩、蠕动等行为；胃体环肌发达，物理消化能力强；幽门处肌肉显著增厚，延长食物消化时间使其消化更加充分，同时防止前肠食糜回流[26]。

黄石爬鮡肠体比为0.45±0.06，较短的肠道符合其肉食性特点。肠道褶及表面纹状缘极大程度提高了食糜与肠道表面的接触面积，进而提高消化吸收的效率[27]。黄石爬鮡前肠肠管直径最大，黏膜褶数量最多，黏膜褶高度最高，与食糜接触的吸收面积最大，说明前肠是黄石爬鮡初步储存食糜和消化吸收营养物质的主要场所[15]。中肠和后肠的组织学特征与前肠类似，仅在组织层厚度、黏膜褶高度和数量、黏液细胞密度等方面存在差异。水体流速过快会导致环境自然饵料匮乏[21]，激流环境中的四川华吸鮡(*Sinogastromyzon szechuanensis*)和汉水后平鮡(*Metahomaloptera omeiensis hanshuiensis*)后肠黏膜褶高度与肠道直径比达到了1/3[26]，可见肠道黏膜褶整体相对高度的提升，可以提高吸收营养和能量的效率，是对饵料匮乏环境的适应。黄石爬鮡后肠黏液细胞密度显著高于前肠和中肠，且后肠肌层较中肠更发达，大量的黏液及有力的收缩和摆动可以促进食物残渣的排出[27]。

3.3 黄石爬鮡主肝及副肝的形态与功能

黄石爬鮡的肝脏组织十分特殊，除了腹腔中左右两叶不对称的主肝外，还有位于胸鳍基部后方皮下腔隙中的副肝，通过穿过体壁的连接带与主肝相连。组织学表明主肝与副肝结构同源，推测两者生理功能相似，这与黑斑原鮡(*Glyptosternon maculatum*)的研究结论一致[6,28]。谢从新等[6]通过对黑斑原鮡消化生理研究推测，副肝的出现是鮡科鱼类对高海拔的适应。本研究认为副肝是黄石爬鮡对激流环境的适应性特征，首先激流环境导致鱼体趋于扁平，腹腔容积受限；其次高寒激流环境中初级生产力低下导致饵料匮乏[11]，且饵料丰度季节差异明显[29]，更大体积的肝脏适于储存更多的营养。我们

在综合现有文献后发现一个有趣的现象：副肝在鮡科鱼类中与体型呈现显著的系统发育相关性，副肝发育程度与鱼体扁平程度（体高/体长）呈正相关。体高比例更大的纹胸鮡属（体高/体长≈0.17～0.25）[3]个体仅表现主肝局部突起或无副肝结构[6]，而体高比例更小的凿齿鮡（体高/体长≈0.13）[30]副肝比例高达1.17[6]。黄石爬鮡栖息激流环境，体型扁平且腹腔容积较小，主肝在腹腔内尽可能扩展生长，右侧主肝受限于幽门阻挡，左侧主肝延伸至胃体末端，在腹腔内空间被充分填充后，还通过穿过腹腔壁延伸至胸鳍基部下方的皮下腔隙形成副肝。由此可见，黄石爬鮡通过生长出副肝组织，在适应激流环境维持扁平体型的同时，尽量扩大肝脏的体积，为其在营养获取不稳定的环境中提供储能优势。

综上，为适应激流和饵料匮乏的环境，黄石爬鮡口腔外有丰富的味蕾用于寻找食物，密集的上下颌齿带可以提高刮食藻类的效率，食道里可以自主控制的横纹肌快速吞咽食物或吐出异物。激流环境造就的扁平的身型导致腹腔容积更小，为了生长出更大体积的肝脏储存能量以适应饵料获取不稳定的情况，黄石爬鮡进化出独特的副肝组织。较低的肠道系数符合其肉食习性，整个肠道的黏膜褶高度与肠腔之比较高，相对消化吸收面积均保持在较高水平。其消化系统的形态和组织特征与激流环境相适应。然而，副肝组织是否存在季节性变化？黄石爬鮡是否有其他的激流适应性特征？最适合黄石爬鮡养殖的流速是多少？仍需要进一步研究。

参考文献 References

[1] 王永明，申绍祎，史晋绒，等. 黄石爬鮡消化系统组织学观察[J]. 重庆师范大学学报（自然科学版），2015，32(6)：42-45. WANG Y M，SHEN S Y，SHI J R，et al. Histological observation of the digestive system of *Euchiloglanis kishinouyei* [J]. Journal of Chongqing Normal University (natural science edition)，2015，32(6)：42-45 (in Chinese with English abstract).

[2] 丁瑞华. 四川鱼类志[M]. 成都：四川科学技术出版社，1994. DING R H. The fishes of Sichuan，China[M]. Chengdu：Sichuan Scientific& Technical Publishers，1994 (in Chinese).

[3] 黄寄夔，杜军，王春，等. 黄石爬的繁殖生境、两性系统和繁殖行为研究[J]. 西南农业学报，2003，16(4)：119-121. HUANG J K，DU J，WANG C，et al. Reproduction environment，sexual system and reproduction behavior of *Euchiloglanis kishinouyei* Kimura [J]. Southwest China journal of agricultural sciences，2003，16(4)：119-121 (in Chinese with English abstract).

[4] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京：中国农业出版社，2000：218-220. SU J X. Ichthyology and mariculture[M]. Beijing：China Agriculture Press，2000：218-220(in Chinese)..

[5] 庹云，肖调义，李伟臣. 刺鲃幼鱼消化系统形态学和组织学研究[J]. 水生态学杂志，2019，40(4)：83-92. TUO Y，XIAO T Y，LI W C. Morphological and histological characteristics of the digestive system in *Spinibarbus caldwelli* [J]. Journal of hydroecology，2019，40(4)：83-92 (in Chinese with English abstract).

[6] 谢从新，马徐发，覃剑辉，等. 雅鲁藏布江黑斑原鮡的生物多样性及养护技术研究[M]. 北京：科学出版社，2016. XIE C X，MA X F，QIN J H，et al. Biodiversity and conservation techniques of *Glyptosternum maculatum* in Yarlung Zangbo River [M]. Beijing：Science Press，2016 (in Chinese).

[7] 吴庆. 大孔鮡主、副肝脏比较转录组学研究及生物信息学软件开发[D]. 成都：四川农业大学，2021. WU Q. Comparative transcriptome analysis on the main liver and attaching liver of *Pareuchiloglanis macrotrema* and boinformatics software development [D]. Chengdu：Sichuan Agricultural University，2021 (in Chinese with English abstract).

[8] 张颖，马波，李雷，等. 黑斑原鮡肝脏与副肝代谢差异比较[J]. 中国水产科学，2022，29(3)：435-445. ZHANG Y，MA B，LI L，et al. Study on metabolic regulation mechanism of liver and exo-celiac liver in *Glyptosternum maculatum* [J]. Journal of fishery sciences of China，2022，29(3)：435-445 (in Chinese with English abstract).

[9] 李秀明，徐桂，付世建，等. 持续水流刺激对青鱼幼鱼体型特征的影响[J]. 西南大学学报（自然科学版），2017，39(2)：22-27. LI X M，XU G，FU S J，et al. The effects of continuous water flow on the body shape features of juvenile *Mylopharyngodon piceus* [J]. Journal of Southwest University (natural science edition)，2017，39(2)：22-27 (in Chinese with English abstract).

[10] 闫冠杰. 鲤科鱼类形态及游泳能力的种间比较[D]. 重庆：重庆师范大学，2012. YAN G J. Interspecific comparison in morphology and swimming performance within Cyprinidae [D]. Chongqing：Chongqing Normal University，2012 (in Chinese with English abstract).

[11] 梅建西. 雅鲁藏布江周丛原生动物群落结构特征及其与环境因子的关系[D]. 重庆：西南大学，2020. MEI J X. Protozoan community structure of the Yarlung Zangbo River and its relationship with environmental factors [D]. Chongqing：Southwest University，2020 (in Chinese with English abstract).

[12] 尚坤钰，韩毓，高欣，等. 金沙江上游主要支流着生藻类群落的空间格局及其影响因子[J]. 湖泊科学，2024，36(5)：1392-1406. SHANG K Y，HAN Y，GAO X，et al. Spatial pattern of periphytic algae communities in major tributaries of the upper Jinsha River and the environmental drivers [J]. Journal of lake sciences，2024，36(5)：1392-1406 (in Chinese with English abstract).

[13] 唐道军，刘洋，郑学斌，等. 银鲳消化道形态与组织学结构特

征及其消化酶活性[J].水生生物学报,2022,46(5):643-653.TANG D J,LIU Y,ZHENG X B,et al.Morphology,histological structure characteristics and digestive enzyme activities of the digestive tract of *Pampus argenteus*[J].Acta hydrobiologica sinica,2022,46(5):643-653 (in Chinese with English abstract).

[14] 郑文彪,陈旻.胡子鲶味蕾的表面形态和分布的扫描电镜观察[J].动物学杂志,1992,27(5):7-9.ZHENG W B,CHEN M.Scanning electron microscopic observation on the surfaces morphology and distribution of taste buds of *Clarias fuscus*[J].Chinese journal of zoology,1992,27(5):7-9 (in Chinese).

[15] VALENTINCIC T,MIKLAVC P,DOLENEK J,et al.Correlations between olfactory discrimination,olfactory receptor neuron responses and chemotopy of amino acids in fishes[J].Chemical senses,2005,30(suppl 1):312-314.

[16] 郝月月,赵金良,张瑞祺,等.鳜早期味蕾发育的组织学特征[J].动物学杂志,2018,53(5):752-759.HAO Y Y,ZHAO J L,ZHANG R Q,et al.Histological characteristics of taste bud during early development of mandarin fish *Siniperca chuatsi*[J].Chinese journal of zoology,2018,53(5):752-759 (in Chinese with English abstract).

[17] ATEMA J.Structures and functions of the sense of taste in the catfish (*Ictalurus natalis*)[J].Brain,behavior and evolution,1971,4(4):273-294.

[18] 倪君杰,郑学斌,王建平,等.胭脂鱼消化道形态与组织学结构特征[J].宁波大学学报(理工版),2021,34(6):50-54.NI J J,ZHENG X B,WANG J P,et al.Morphology and histological structures of digestive tract of *Myxocyprinus asiaticus*[J].Journal of Ningbo University (natural science & engineering edition),2021,34(6):50-54 (in Chinese with English abstract).

[19] 许晓娟,李加儿,区又君.鱼类消化系统研究进展[J].水产科学,2009,28(6):350-354.XU X J,LI J E,OU Y J.Advance in the research on digestive system in fishes[J].Fisheries science,2009,28(6):350-354 (in Chinese with English abstract).

[20] 杨晓鸽,连玉喜,万安,等.长麦穗鱼消化系统的形态学与组织学研究[J].水产学杂志,2021,34(2):45-50.YANG X G,LIAN Y X,WAN A,et al.Morphological and histological observation of digestive system in slender top-mouth gudgeon *Pseudorasbora elongate*[J].Chinese journal of fisheries,2021,34(2):45-50 (in Chinese with English abstract).

[21] 柴毅,谢从新,危起伟.中华鲟吻须部味蕾的早期发育[J].长江大学学报(自然科学版),2007,4(3):62-64.CHAI Y,XIE C X,WEI Q W. Development of taste bud in barbell of Chinese sturgeon[J]. Journal of Yangtze University (natural science edition),2007,4(3):62-64 (in Chinese with English abstract).

[22] 冯兴无,蔡瑞钰,靳天志,等.云南盘鮈仔稚鱼口吸盘发育[J].渔业科学进展,2021,42(6):69-76.FENG X W,CAI R Y,JIN T Z,et al.Development of the sucking disc of *Discogobio yunnanensis* larvae and juveniles[J].Progress in fishery sciences,2021,42(6):69-76 (in Chinese with English abstract).

[23] 梁志强,李传武,刘明求,等.湘华鲮消化系统的形态学与组织学研究[J].中国水产科学,2011,18(5):1051-1060.LIANG Z Q,LI C W,LIU M Q,et al.Morphological and histological observation of the digestive system in *Sinilabeo decorus tungting*(Nichols)[J].Journal of fishery sciences of China,2011,18(5):1051-1060 (in Chinese with English abstract).

[24] 何睿祺,谢伟忠,朱旭枫,等.斑鲃消化系统形态学与组织学研究[J].海洋湖沼通报,2023,45(2):72-79.HE R Q,XIE W Z,ZHU X F,et al.Morphological and histological descriptions of *Girella punctata* Grayy digestive system[J].Transactions of oceanology and limnology,2023,45(2):72-79 (in Chinese with English abstract).

[25] 杨秀平,邹海,赵爱平.鳜鱼消化道组织学的初步研究[J].华中农业大学学报,1993(1):58-63.YANG X P,ZHOU H,ZHAO A P.Preliminary studies on the histology of the digestive tract of *Siniperca chuatsi*[J].Journal of Huazhong Agricultural University,1993(1):58-63(in Chinese with English abstract).

[26] 宋霖,陈小江,高鹏,等. 四川华吸鳅和汉水后平鳅消化系统形态组织结构[J]. 水产科学,2024,43(6):934-943.SONG L,CHEN X J,GAO P,et al. Morphological and histological observation of digestive system of loach *Sinogastromyzon szechuanensis* and *Metahomaloptera omeiensis hanshuiensis*[J]. Fisheries science,2024,43(6):934-943 (in Chinese with English abstract).

[27] 涂永锋,宋代军.鱼类肠道组织结构及其功能适应性[J].江西饲料,2004(4):16-19.TU Y F,SONG D J.Intestinal tissue structure and functional adaptability of fish [J].Jiangxi feed,2004(4):16-19 (in Chinese).

[28] 张惠娟.黑斑原鮡肝脏的发生及相关生物学适应性研究[D].武汉:华中农业大学,2011.ZHANG H J.Study on liver morphogenesis of *Glyptosternum maculatum* and biological adaptation[D].Wuhan:Huazhong Agricultural University,2011 (in Chinese with English abstract).

[29] 黄自豪,黄静,危起伟,等.大鳍异鮡食性初步研究[J].淡水渔业,2020,50(5):3-9.HUANG Z H, HANG J,WEI Q W,et al.Preliminary study on feeding habits of *Creteuchiloglanis macropterus*[J].Freshwater fisheries,2020,50(5):3-9 (in Chinese with English abstract).

[30] 褚新洛,郑葆珊,戴定远,等. 中国动物志:硬骨鱼纲 鲇形目[M]. 北京:科学出版社,1999. ZHU X L,ZHENG B S,DAI D Y,et al.Fauna sinica:Osteichthyes,Siluriformes[M].Beijing:Science Press,1999 (in Chinese).

Morphological and histological study on digestive system of *Euchiloglanis kishinouyei*

YU Zongze[1], LIU Jisong[2], WANG Haizhou[2], SU Xiaojing[1], YANG Xuefen[1], YANG Ruibin[1]

1.*College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*;
2.*Huadian Jinsha River Upstream Hydropower Development Co., Ltd., Yebatan Branch, Ganzi 627153, China*

Abstract To investigate the characteristics of the digestive system of *Euchiloglanis kishinouyei*, a series of studies were conducted on its feeding organs and digestive tract using morphological and histological approaches. The results showed that *E. kishinouyei* has densely packed teeth on both the upper and lower jaws, with the upper tooth band extending distinctly backward. The esophagus is short and thick, and the stomach is U-shaped with a relatively large capacity. The intestine can be divided into the foregut, midgut, and hindgut based on two distinct bends. The foregut is enlarged, with an intestinal coefficient of 0.45±0.06. The liver exhibits a unique main-accessory liver structure: the main liver, divided into two lobes (a long left lobe and a short right lobe), is located at the anterior end of the abdominal cavity, while the accessory liver extends into the subcutaneous space behind the base of the pectoral fins via a connective band that passes through the body wall. Both sides of the accessory liver are morphologically similar. The hepatosomatic index (HSI) was (0.65±0.46)% for the main liver and (0.54±0.27)% for the accessory liver. Histological observations revealed well-developed taste buds around the lips and on the barbels. The esophageal musculature consists entirely of striated muscle, with longitudinal muscle bundles distributed in the submucosa. Numerous well-developed gastric glands were found in the corpus region of the stomach, and the circular muscle layer in the pyloric region was markedly thickened. Among the intestinal sections, the mucosal folds in the anterior intestine were the tallest, while the ratios of mucosal fold height to intestinal diameter remained relatively high in both the midgut and hindgut. Goblet cell numbers were lowest in the midgut and significantly higher in the hindgut. The well-developed taste buds, large accessory liver, and high relative height of intestinal mucosal folds reflect the species' strong adaptation to fast-flowing water environments. These findings provide a theoretical foundation for developing domestication strategies for *E. kishinouyei*.

Keywords *Euchiloglanis kishinouyei*; digestive system; morphology; histology; accessory liver

（责任编辑：边书京）