

东江源头区域鱼类物种多样性及群落组成的特征

邓风云^{①②} 张春光^② 赵亚辉^② 周岐海^{①*} 张洁^{②*}

^① 广西师范大学生命科学学院 桂林 541004;

^② 中国科学院动物研究所 动物进化与系统学院重点实验室 北京 100101

摘要: 生物多样性和鱼类群落结构的变化是反映人类作用及环境变化对鱼类群落影响的重要指标。2010年我们的调查结果显示,覆盖整个东江源头区的12个采样点收集和鉴定的鱼类标本共计7目18科56属74种。除陈氏新银鱼(*Neosalanx tangkahkeii*)、齐氏罗非鱼(*Tilapia zillii*)和食蚊鱼(*Gambusia affinis*)3种为外来物种外,其余71种均为土著鱼类。主要以鲤形目(77.5%)、鲇形目(9.9%)和鲈形目(8.4%)为主。优势种为宽鳍鱮(*Zacco platypus*),占14.87%,其次为马口鱼(*Opsariichthys bidens*)(9.93%)和侧条光唇鱼(*Acrossocheilus parallens*)(9.36%)。本研究还以G-F指数、Shannon-Wiener指数、Pielou's均匀性指数、Margalef丰富度指数和Simpson指数评估了东江源头区域的鱼类多样性;东江源头区域鱼类群落以杂食性、定居性、中下层和底栖种类为主,源头这种鱼类群落组成结构与东江下游鱼类具有相同趋势,但相似性指数仅为0.39。拦河建坝是导致洄游性、半洄游性鱼类减少的主要原因,其次,水体污染、河道取沙、过度捕捞及有害渔具渔法的使用仍是源头区域生物多样性的主要胁迫因素。
关键词: 鱼类多样性;群落结构;东江;源头区域

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2013)02-161-13

Diversity and Community Structure of the Fishes in the Headstream Region of the Dongjiang River

DENG Feng-Yun^{①②} ZHANG Chun-Guang^② ZHAO Ya-Hui^② ZHOU Qi-Hai^{①*} ZHANG Jie^{②*}

^① College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004;

^② Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: The biodiversity and structure of fish communities is an important indicator of anthropogenic and environmental impacts. Here, we reported the results of a survey carried out in 2010, in which we sampled the fish at twelve stations throughout the headstream region of the Dongjiang River. A total of 74 species in 7 orders, 18 families and 56 genera were collected and identified. Of these 74 species, 71 species were native while only *Neosalanx tangkahkeii*, *Tilapia zillii* and *Gambusia affinis* were exotic species. Among all the species, order Cypriniformes was the most dominant component (77.5%), followed by order Siluriformes (9.9%), order Perciformes (8.4%). As the results of relative abundance, the dominant species were *Zacco platypus*, accounted for 14.87%, followed by *Opsariichthys bidens* (9.93%) and *Acrossocheilus parallens* (9.36%). Temporal and spatial variations were also conducted fish community similarity analyses. The

基金项目 国家科技重大专项项目(No. 2009ZX07211-009-03);

* 通讯作者, E-mail: zhangjie@ioz.ac.cn; zhouqh@ioz.ac.cn;

第一作者介绍 邓风云,女,硕士;研究方向:动物生态学;E-mail: 200624140407dfy@163.com。

收稿日期:2012-08-13,修回日期:2012-12-23

evaluation of fish diversity in the study area was made based on the combined information of *G-F* index, Shannon-Wiener index, Pielou's evenness index, Margalef species richness index and Simpson index. Fish community structure in headstream region was dominated by omnivore, sedentary, mid & superstratum and benthic species, which is similar with that of the lower reach. However, the similarity index of fishes between headstream and lower reach was only 0.39. The major adverse impacts on the fish biodiversity in the headstream included dam construction, water pollution, sand excavation, excessive catching and harmful fishing gear.

Key words: Fish diversity; Community structure; Dongjiang River; The headstream region

东江发源于江西南部,先后流经江西和广东两省,是珠江流域三大水系之一,全长 562 km,流域总面积约 35 340 km²。东江上游由定南水和寻乌河两条河流组成,定南水源于江西安远县三百山(东经 115°32',北纬 25°07'),流经安远县新田乡、孔田乡、鹤子乡和江西定南县龙塘、鹅公、九曲至三溪口于老城河汇合,入广东省枫树坝水库;寻邬水又名九曲水、贝岭水,源于江西寻乌县长安乡桎髻钵(东经 115°32',北纬 25°06'),自北向南经寻乌县水源、吉潭、留车至枫树坝水库与定南水汇合(图 1)。定南水和寻乌水这两条河流的总河道长度为 5 048 km,流域为 290.8 km²,总径流量约为 44.82 × 10⁸ m³(杨荣清等 2003)。东江源区主要涵盖江西寻乌、安远、定南和广东龙川等县(游小燕等 2007)。

东江是香港特别行政区及广东省河源、惠州、东莞、深圳、广州等城市 4 000 多万居民的主要饮用水源。东江又是广东省各条河流中水资源综合利用最充分的一条河流,东江流域的生态环境好坏,关系着东江流域和珠江三角区域的经济发展和香港的繁荣稳定。科学准确地考察论证东江源头区域的生物资源具有十分重要的生态价值和社会意义。

鱼类处于水生生态系统食物链高端,在维持生态系统平衡和稳定中发挥着关键作用。东江流域的鱼类从生态类型上,大致可划分为纯淡水鱼类和河口鱼类。根据 1981~1983 年的珠江全流域调查结果,不计国外引进种类,东江河口鱼类计有 55 种,纯淡水鱼类 111 种(中国水产科学研究院珠江水产研究所等 1991,叶富良等 1991),相对于流域面积只有 3 万多平方公

里的东江流域,其鱼类多样性还是比较高的。

虽然上述调查为本项目提供了一些本底资料,但距今已有近 30 年,这期间环境发生了巨大变化;而且过去的调查以西江为主,东江涉及较少,源头区域基本上为空白。

东江源头区域的两条河流河床多碎石,河道弯曲起伏多,落差大,水流时而湍急,时而平缓,深潭与浅滩交错,为不同生态类型的鱼类提供栖息之地。鱼类对水生态环境的变化极为敏感,特别是东坡拟腹吸鳅(*Pseudogastromyzon changtingensis tungpeiensi*)、白线纹胸(*Glyptothorax pallozonus*)等源头区域分布的物种,体长较小、适应于山区急流或溶氧丰富的源头或上游的生态环境。通过分析源头区域鱼类代表物种的栖息地环境特征与鱼类群落结构的现状,并追踪环境变化对鱼类群落结构的影响,对建立基于鱼类的东江水生态系统健康评估监测技术体系也具有重要意义;并可以通过常年的详细调查、监管和保护,来达到维护源头区域物种多样性,优化和完善生物群落结构,提高东江生态系统的稳定性和完整性。

1 材料与方法

1.1 调查时间和地点 2010 年 4 月和 2010 年 10 月对东江源头区鱼类进行了两次调查,每次调查持续的时间为 15~20 d。调查地点按照对比干流、涵盖支流布局的思路并结合当地交通情况进行选择。主要侧重以下两个方面:(1)干流上选择重要节点,如寻乌河和定南水的会合点、沿江重要渡口和有渔业操作区域、人口汇集区等;(2)支流主要选择河流的上、中、下段及支流与干流的汇口处。

调查范围除江西省龙南县、安远县和寻乌县境内两条上游河流所覆盖的绝大部分村镇外,还包括两河汇合处的枫树坝水库及龙川县部分江段,覆盖整个东江源头区域。定南水重点采集地点为江西定南县天九镇九曲圩和鹤子乡;寻乌河重点采集地点为吉潭、留车及寻乌县城附近;以及两河汇合之处贝岭和岩镇。这样的选择基本覆盖了多样的生境条件,利于尽可能采集到栖息于不同生境的鱼类,确保鱼类多样性调查的客观性。采集地点见图 1,共计 12 个。

1.2 标本采集方式 鱼类的详细分布状况及其时空变动是了解其栖息环境变化十分重要的

信息。因源头环境较为多变,水流时急时缓,水层深浅交替,需要靠多种渔获方法结合才能达到良好效果。本次调查以现场采集为主,市场收集为辅,市场收集主要用于弥补缺失的种类、了解当地鱼类物种多样性构成等。采集工具和捕捞方式主要为:撒网、挂网(定置网)、流刺网(渔民协助)、地笼、诱器、手网、抄网、拖网等。在水深较浅流速较快的山地溪流,一般采用定点收取非选择性渔具捕获的鱼类。

以上几种采集工具以及与之相关的捕捞方式,基本覆盖了东江源头区域的不同类型的水体,从采集方法的层面尽可能保证了获得数据的完整性。

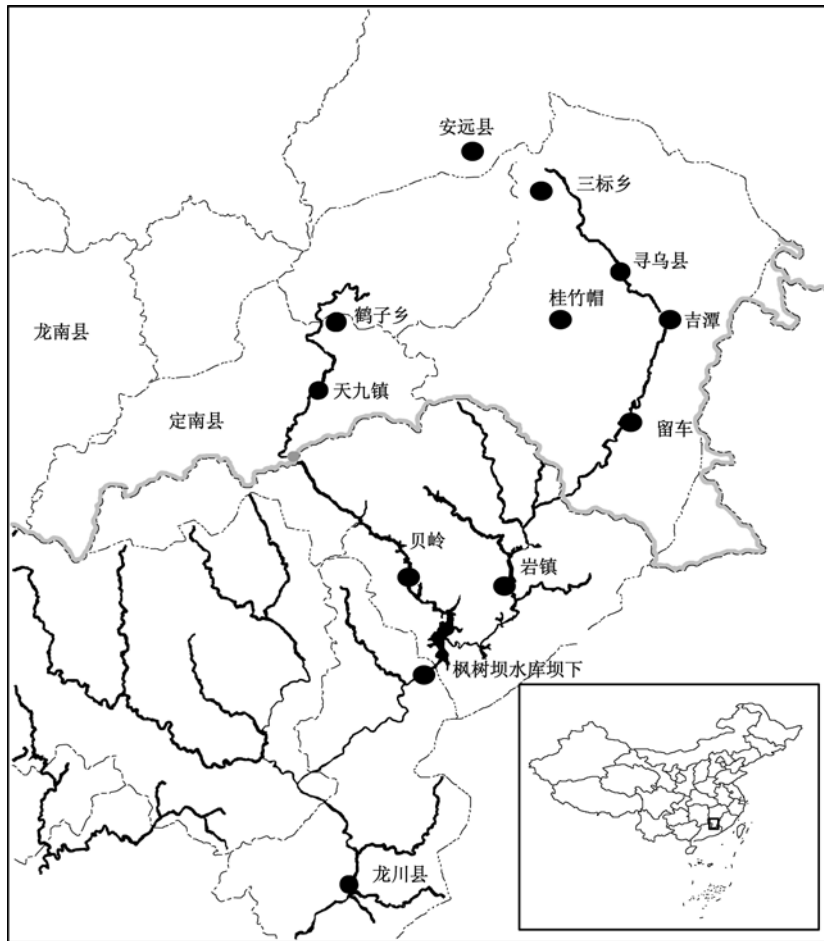


图 1 东江源头区域鱼类资源调查采样点分布图

Fig.1 Sketch map of sampling stations in the source area of Dongjiang River

● 采样点 Sampling sites.

1.3 标本的处理和鉴定 每次采集后,均对采集到的标本进行鉴定和拍照标记。之后根据不同用途以 15% 福尔马林或 100% 酒精固定保存带回实验室,以备后续鉴定、测量及计数。物种鉴定主要参考《中国动物志》(陈宜瑜 1998, 乐佩琦 2000)、《中国鱼类系统检索》(成庆泰等 1987)、《广东淡水鱼类志》(潘炯华 1991) 和《珠江鱼类志》(郑慈英 1989)。

1.4 数据分析方法 $G-F$ 指数仅从属、种水平和单种科的多寡来反映某一地区较长一段时间的物种多样性,而不必考虑种群数量和均匀度(蒋志刚等 1999),鉴于东江各区域历史记录(叶富良等 1991, 刘毅等 2011)缺乏各物种的定量数据,因此采用 Shannon-Wiener 多样性指数(Shannon et al. 1949)及 $G-F$ 指数(蒋志刚等 1999)分别反映物种的多样性和科、属的多样性,从而使不同地区、不同时空的生物多样性具有可比性。另外还采用相对多度(李振基等 2011)、Pielou 均匀性指数(Pielou et al. 1975)、Margalef 丰富度指数(李博等 2000)、Simpson 优势度指数(李博等 2000)、Jaccard's 种类相似性指数(李振基等 2011)等物种水平的多样性指数对本次调查结果进行分析。各指数公式如下。

(1) F 指数(D_F)即种的多样性: $D_F = \sum_{k=1}^m D_{Fk} = - \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$, 其中 $P_i = \frac{S_{ki}}{S_k}$, S_{ki} 为名录中 k 科 i 属中的物种数, S_k 为名录中 k 科中的物种数, n 为 k 科中的属数, m 为名录中鱼类的科数。

(2) G 指数(D_G)即属的多样性: $D_G = \sum_{j=1}^P D_{Gj} = - \sum_{j=1}^P q_j \ln q_j$, 其中 $q_j = \frac{s_j}{S}$, s_j 为 j 属中的物种数。 S 为名录中鱼类的物种数, P 为名录中鱼类的属数。

(3) $G-F$ 指数(D_{G-F}): $D_{G-F} = 1 - \frac{D_G}{D_F}$, $G-F$ 指数的特征: $G-F$ 指数为 0 ~ 1 的测度;非单种的科越多, $G-F$ 指数就越高。当 $P_i = S_{ki}/S_k = 1$ 时 $D_{Fk} = 0$, 因此,单种科对 F 指数(D_F)的贡献

为零,非单种科越多, D_G/D_F 越小, $G-F$ 指数就越高。

(4) 相对多度(D_R): $D_R = \frac{N_i}{N} \times 100\%$, 其中 N 为样品中全部种的个体数之和, N_i 为样品中属于第 i 种的个体数。

(5) Shannon-Wiener 指数(H'): $H' = - \sum P_i \ln P_i$, P_i 为群落中第 i 种的个体数占有物种总个体数的比例。

(6) Simpson 指数(D): $D = 1 - \sum P_i^2$, P_i 为群落中第 i 个种的个体数占有物种总个体数的比例。

(7) Margalef 丰富度指数(D): $D = \frac{(S-1)}{\ln N}$, S 为样品中的种类总数; N 为样品中的物种总个体数。

(8) Jaccard's 种类相似性指数: $I = \frac{j}{a+b-j}$, a 为其中一次调查记录到的鱼种类数, b 为另一次调查记录到的鱼类种数, j 为两次记录到的共有鱼类种数。当 I 为 0 ~ 0.25 时,为极不相似;0.25 ~ 0.50 为中等不相似;0.50 ~ 0.75 为中等相似;0.75 ~ 1.00 为极相似。

(9) Pielou's 均匀性指数(E): $E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln S}$, H 表示多样性, H_{\max} 为最大多样性, S 为样品中的物种总数。该指数反映物种数量分布的均匀程度,在一定程度上反映生物群落的稳定性(孙忻等 2001)。

(10) 优势种的确定:将渔获物中个体数占到总渔获物 10% 以上者定为优势种(郁尧山等 1986)。

2 结果与分析

2.1 东江源头区域鱼类区系组成 2010 年东江源头区鱼类调查结果显示,共计采到鱼类标本 1 742 尾,包括 7 目 18 科 56 属 74 种(附录),除陈氏新银鱼(*Neosalanx tangkahkeii*)、齐

氏罗非鱼 (*Tilapia zillii*) 和食蚊鱼 (*Gambusia affinis*) 3 种为外来物种外,其余 71 种为土著种,分别隶属于 6 目 15 科 53 属。其中,鲤形目有 3 科 39 属 55 种,鲇形目 4 科 6 属 6 种,鲈形目 5 科 5 属 7 种,合鳃鱼目、鲱形目和鳊鲃目各 1 科 1 属 1 种。在采集到的鱼类中,鲤形目种类最多,共有 55 种,占总种数的 77.5%;其次为鲈形目,7 种,占总数的 9.9%;鲇形目 6 种,占总数的 8.4%;合鳃鱼目、鲱形目和鳊鲃目各 1 种,各占总种数的 1.4%。按科的统计分析,鲤科种类最多,包含 43 种,占总种数的 60.6%;其次是鳅科和平鳍鳅科,各包含有 6 种,各占总种数的 8.5%;鲢科 3 种,占 4.2%;科和虾虎鱼科各 2 种,各占总数的 2.8%;另外的 9 科,各只有 1 种,分别占总种数的 1.4%。由此可见,东江源头鱼类组成以鲤科占优势,其次是鳅科和平鳍鳅科。我国鲤科共有 12 个亚科,除裂腹鱼亚科和鳅亚科,东江上游有 10 个科。其中,亚科的种类最多,为 13 种,占鲤科鱼类总种数的 30.2%;其次为鲃亚科,9 种,占 20.9%;鲃亚科 6 种,占 14%;亚科 3 种,占 7%;亚科、雅罗鱼亚科、鲃亚科、野鲮亚科、鲤亚科和鲢亚科各 2 种,分别占总种数的 4.7%。

东江上游及源头以亚科、鲃亚科和鲃亚科种类较多的特点,与东江整个流域鱼类区系成分构成特点相一致(叶富良等 1991)。从动物地理的角度来看,东江上游地区鱼类有着典型的东洋区的特点,成分较为复杂,物种多样性较高,尤以平鳍鳅科、沙鳅亚科、胡鲇科、斗鱼科、鳢科和刺鳅科中的东洋区暖水性鱼类所占比例较大。由于本地区适宜的气候与多种环境条件,造就了本地区较高的鱼类物种多样性。

2.2 东江源头区域鱼类群落组成

2.2.1 优势种

将本次调查采集到的鱼类按渔获物数量(1 742 尾)进行汇总,前 10 位的依次是宽鳍 (*Zacco platypus*) (14.87%)、马口鱼 (*Opsariichthys bidens*) (9.93%)、侧条光唇鱼 (*Acrossocheilus parallens*) (9.36%)、 (*Hemiculter leucisculus*) (6.83%)、沙花鳅

(*Cobitis arenae*) (5.51%)、黄尾鲮 (*Xenocypris davidi*) (4.82%)、条纹小鲃 (*Puntius semifasciolatus*) (4.65%)、子陵吻虾虎鱼 (*Rhinogobius giurinus*) (4.08%)、花 (*Hemibarbus maculatus*) (3.21%) 和高体鳊 (*Rhodeus ocellatus*) (2.81%),占东江源头区鱼类群落总个体数的 66.07%。根据优势种的确定条件,仅宽鳍 1 种为本次调查的优势种,但各种光唇鱼的多度之和也高达 11.4%。多度小于 0.1% 的有青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、细鳞鲃 (*X. microlepis*)、北江光唇鱼 (*A. beijiangensis*)、纹唇鱼 (*Osteochilus salsburyi*)、鲤 (*Cyprinus carpio*)、黄鲢 (*Monopterus albus*) 和叉尾斗鱼 (*Macropodus opercularis*) 8 种。

2.2.2 鱼类群落生态类型构成

依据生态习性的差异,可将东江源头区采集到的 74 种鱼类分为洄游性 (migratory, M)、半洄游 (semi-migratory, SM) 和定居性 (sedentary, S) 3 种生态类型,半洄游是指因繁殖育幼等原因鱼类在江河中从一种类型的水体到另一种类型的水体迁移或江河上下游之间运动的生态类型(刘文萍 1994);按营养结构(食性)分为滤食性 (filter-feeder, F)、植食性 (herbivore, H)、杂食性 (omnivore, O) 和肉食性 (carnivore, C) 4 种;按栖息习性分为中上层 (mid and superstratum, 1)、中下层 (mid and substratum, 2) 和底栖 (benthic, 3) 3 种(附录)。

从生态习性分析,2010 年源头区域鱼类群落以定居性鱼类为主,其次是半洄游性鱼类,洄游性鱼类比例最低,定居性鱼类优势群体有宽鳍、马口鱼、侧条光唇鱼、沙花鳅等;半洄游性鱼类有黄尾鲮、三角鲂 (*Megalobrama terminalis*)、青鱼、草鱼、细鳞鲃、鲢和鳊;洄游性鱼类为日本鳊 (*Anguilla japonica*)。从食性分析,源头区鱼类群落组成主要以杂食性鱼类为主,优势种类有宽鳍、侧条光唇鱼、沙花鳅、条纹小鲃等。从栖息环境分析,东江源头区域鱼类群落主要以中下层鱼类为主,底栖鱼类次之。总体而言,中下层或底栖鱼类占东江源

头鱼类总数的 74%,其中杂食性和植食性鲤科(白甲鱼属、光唇鱼属、小鰾属)、鳅科、平鳍鳅科鱼类居多,这也是于源头区急流型水域相适应的鱼类物种组成特点之一。

2.2.3 鱼类群落的多样性指数 2010 年东江源头鱼类物种的各种多样性指数详见表 1。

比较本次调查鱼类群落多样性指数(表 1),发现源头河段丰水期的 *F* 指数、*G* 指数和 *G-F* 指数比平水期要小,说明平水期、丰水期的物种多样性存在差异。同时其他各指标:Shannon-Wiener 指数、Pielou's 均匀性指数、Margalef 丰富度指数、Simpson 指数亦为丰水期较平水期都要小,由此可见该河段丰水期和平水期的鱼类群落多样性呈现出一定的差异性。将两次调查结果合计起来分析,*F* 指数、*G* 指数、*G-F* 指数、Shannon-Wiener 指数以及 Margalef 丰富度指数均有所增加,Simpson 指数没有变化,这说明东江源头总体的物种丰富度和物种多样性增加,但反映物种数量分布的均匀程度和生物群落的稳定性的 Pielou's 均匀性指数比单次调查要低,说明东江鱼类的种类和数量分布随季节有不均匀分布的倾向。

2.3 东江源头区域鱼类群落特征的时空变化

东江源头的调查含本次至今只有两次,在这前后 30 年中,受人为活动影响,河流的自然环境发生了很大的变化,此次的调查范围也大大超过第一次调查。结合历史资料(叶富良等

1991,刘毅等 2011),我们仍在广义上对东江源头鱼类物种组成和相似度方面予以了比较及分析,以期对东江源头区域鱼类群落特征的时空变化有所把握和了解。

2.3.1 生态类型的组成和特征 对东江流域不同时期鱼类生态类型所占比例进行对比,从整体来看,东江各流域鱼类以杂食性、定居性和中下层及底栖鱼类占主要地位(图 2)。(1)源头区域不同时期调查结果比较:从食性方面分析,本次调查与 20 世纪 80 年代的调查结果相比,滤食性和杂食性鱼类所占比例基本没有变化,植食性鱼类比例稍有下降,而杂食性鱼类比例上升;从生活习性分析,本次调查中定居性鱼类所占比例明显上升,洄游性、半洄游性鱼类所占比例下降;从栖息环境分析,中上层鱼类所占比例基本变化不大,中下层鱼类所占比例显著上升,而底栖鱼类则稍有下降。(2)源头区域与下游惠州河段比较:食性方面,两河段滤食性和植食性鱼类基本变化不大,源头区杂食性鱼类比例上升但肉食性鱼类比例下降;生活习性方面,源头区定居性鱼类明显上升,半洄游性鱼类显著减少;栖息环境方面,源头区中下层鱼类所占比例上升明显,中上层和底栖鱼类比例稍有下降。

2.3.2 群落组成及相似性系数的对比 不同时期东江源头鱼类物种组成及相似性指数见表 2。相同时期不同江段的调查结果见表 3。

表 1 东江源头区鱼类多样性指标比较

Table 1 Comparison of fish diversity index in the headstream region of Dongjiang River

项目 Item	4 月(平水期) April (low water period)	10 月(丰水期) October (wet season)	两次调查合计结果 Aggregate result of twice investigations
<i>F</i> 指数 <i>F</i> index	6.811	5.247	7.161
<i>G</i> 指数 <i>G</i> index	4.460	3.813	3.912
<i>G-F</i> 指数 <i>G-F</i> index	0.345	0.273	0.454
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener diversity index	3.266	2.454	3.315
Pielou's 均匀性指数 Pielou's evenness index	0.798	0.665	0.770
Margalef 丰富度指数 Margalef species richness index	8.625	5.827	9.782
Simpson 指数 Simpson diversity index	0.941	0.859	0.940

表 2 源头区域不同时期鱼类种类组成变化及其相似性

Table 2 Variation of species composition and comparability of fish in the headstream of Dongjiang River

指标 Indication	滤食性 Filter-feeder	杂食性 Omnivore	植食性 Herbivore	肉食性 Carnivore	定居性 Sedentary	洄游性 Migratory	半洄游 Semi-migratory	中上层 Mid and superstratum	中下层 Mid and substratum	底栖 Benthic	全类群 Whole community
1981~1983 年 种类 Species number in 1981-1983	2	35	5	15	49	1	7	10	24	23	57
2010 年种类 Species number in 2010	3	45	5	21	66	1	7	13	34	27	74
共有种数 Number of common species	2	24	2	11	37	0	3	7	19	14	40
相似性指数 Jaccard similarity index	0.67	0.45	0.25	0.44	0.47	0	0.27	0.44	0.49	0.39	0.44

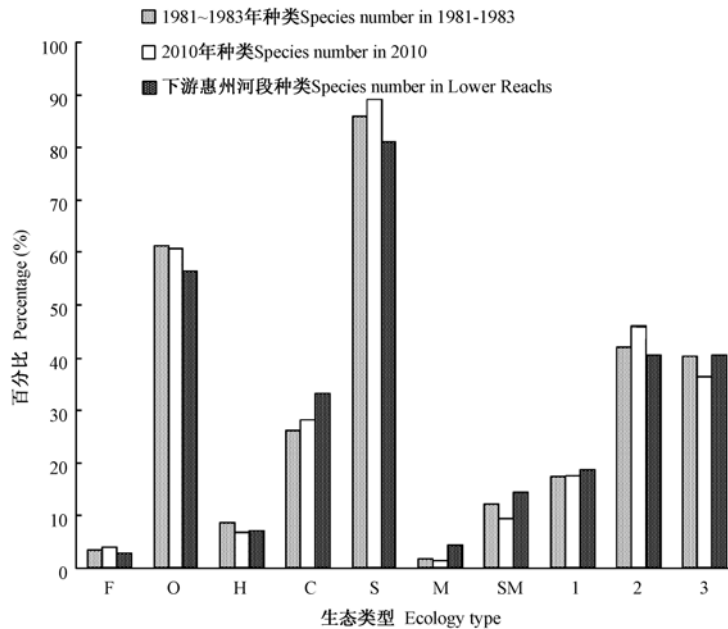


图 2 东江鱼类组成的时空变化

Fig. 2 Temporal and spatial comparisons of fish composition in Dongjiang River

F. 滤食性; O. 杂食性; H. 植食性; C. 肉食性; S. 定居性; M. 洄游性; SM. 半洄游性; 1. 中上层; 2. 中下层; 3. 底栖。

F. Filter-feeder; O. Omnivore; H. Herbivore; C. Carnivore; S. Sedentary; M. Migratory; SM. Semi-migratory; 1. Mid and superstratum; 2. Mid and substratum; 3. Benthic.

虽然本次调查在物种总数上增加了 17 种,但整个鱼类群落种类相似性指数仅为 0.44,为中等不相似。生态习性方面,洄游性、半洄游性

鱼类变化最为显著,此次调查结果与历史记录的相似性分别为 0、0.27,为极不相似;定居性鱼类种类数与历史记录相比显著增加,有

表 3 东江源头和下游河段鱼类种群组成及其相似性

Table 3 Species composition and comparability of fish headstream region and lower reache of Dongjiang River

指标 Indication	滤食性 Filter-feeder	杂食性 Omnivore	植食性 Herbivore	肉食性 Carnivore	定居性 Sedentary	洄游性 Migratory	半洄游 Semi-migratory	中上层 Mid and superstratum	中下层 Mid and substratum	底栖 Benthic	全类群 Whole community
源头种类 Species number in headstream region	3	45	5	21	66	1	7	13	34	27	74
下游惠州河段种类 Species number in Lower Reaches	2	39	5	23	56	3	10	13	28	28	69
共有种 Number of common species	2	23	2	13	33	1	6	7	20	13	40
相似性指数 Jaccard similarity index	0.67	0.38	0.25	0.42	0.37	0.33	0.55	0.37	0.48	0.31	0.39

37 种,相似性指数为 0.47,为中等不相似。从食性方面分析,植食性相似性指数仅 0.25,为极不相似;杂食性鱼类占主要地位,杂食性鱼类的种类数与历史相比稍有增加,相似性指数 0.45,为中等不相似;滤食性鱼类与历史记录相似性最高,为 0.67,中等相似,除共有的鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 和鳙 (*Aristichthys nobilis*) 外,仅比前次调查多了陈氏新银鱼这一外来物种;从栖息环境看,此次调查结果显示,虽然各类型鱼种数均有上升,但相似性指数均为中等不相似,中下层和底栖鱼类占主体地位。

本次调查,东江源头区域涵盖广东省龙川县及江西省龙南县、安远县和寻乌县境内两条上游河流所覆盖的绝大部分村镇及两河汇合处

的枫树坝水库及龙川县江段的 12 个调查点,而 20 世纪 80 年代的调查只有老隆和贝岭 2 个调查点,因此,调查范围的扩大也可能是物种多样性较高的原因之一。

与下游惠州河段相比,物种总数多出 5 种,全类群的相似性指数仅为 0.39,下游鱼类的生态类型组成与源头区域的鱼类组成具有相同趋势,都是以杂食性、定居性、中下层、底栖鱼类占主要地位。由相似性指数来看,除滤食性、半洄游性鱼类为中等相似性,分别为 0.67 和 0.55,其余各指数均为中等不相似性。因此,在全面了解东江流域鱼类物种多样性并监测群落的动态变化这项工作上,源头区域的鱼类物种是不可忽略的重要组成部分。

表 4 东江流域不同河段不同时期鱼类 G-F 指数比较

Table 4 Temporal and spatial comparisons of fish G-F index in Dongjiang River

项目 Item	物种数 species	F 指数 F index	G 指数 G index	G-F 指数 G-F Index
1981 ~ 1983 年源头调查结果 The research data of headstream region in 1981 - 1983	57	6.69	3.766	0.437
2007 ~ 2010 年下游惠州河段调查结果 The research data of Huizhou segment in 2007 - 2010	69	7.390	3.990	0.460
2010 年源头两次调查 Twice research of headstream region in 2010	74	7.161	3.912	0.454

2.3.3 多样性指数的对比 由于历史资料缺少物种个体数等定量资料,我们采用 $G-F$ 指数在属、种的多样性方面对东江河段不同时期鱼类的多样性进行比较分析(表4)。

(1)2010年调查与1981~1983年源头调查比较结果表明,本次调查结果在整体水平上有所上升,表示本次调查非单科种多,东江源头鱼类物种的多样性有所增加。(2)源头2010年调查与下游惠州河段比较结果显示,本次调查物种数比下游多,但 F 指数、 G 指数以及 $G-F$ 指数比下游惠州河段的要小。说明本次调查属间的多样性及科间的多样性比下游低,由于单科种数量较惠州河段多,因此 $G-F$ 指数有所下降。

3 讨 论

2010年源头区域的两次调查中采集鱼类标本1742尾,计74种。通过对源头区域不同时期(1981~1983年和2010年2次调查)还是近年来东江不同河段(2010年前后东江惠州河段和本次调查)鱼类生态群落分析和对比,可以看出,东江鱼类各生态类型的组成比例并没有发生大的变化,均是杂食性、定居性、中下层和底栖鱼类为主(图2),小型鱼种类丰富。栖息地丰富度与多样性是由栖息地环境的复杂程度决定的,复杂的栖息地为鱼类的生存提供良好的场所,降低物种间的竞争,同时也能提供好的避难场所以躲避敌害(Sih et al. 1992, Babbitt et al. 1998)。东江源头区域的河床多碎石,河道弯曲起伏,水流变化复杂急缓结合,深潭与浅滩交错,为不同生态类型的鱼类提供良好的栖息场所。

源头区河段鱼类物种组成同1981~1983年的调查资料(叶富良等1991)相比,共有种有宽鳍、马口鱼、侧条光唇鱼等40种;海南华鳊(*Sinibrama melrosei*)、大眼华鳊(*S. macrops*)、细鳞鲮、大眼近红鲃(*Ancherythroculter lini*)、点纹银(*Squalidus wolterstorffi*)、暗斑银(*S. atromaculatus*)、裸腹原缨口鳅(*Vanmanenia gymnetrus*)、斑纹缨口鳅

(*Crossostoma stigmata*)等34种为本次新记录种,其中也包括陈氏新银鱼、食蚊鱼和齐氏罗非鱼3种外来种;未采集到的有细鳊(*Rasborinus lineatus*)、银鲮(*Xenocypris argentea*)、鳅(*Elopichthys bambusa*)、台湾铲颌鱼(*Varicorhinus barbatulus*)、横纹条鳅(*Noemacheilus fasciolatus*)、中华沙鳅(*Botia superciliaris*)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)、赤眼鲮(*Pelteobagrus fulvidraco*)等17种。虽然不排除本次调查采样范围广物种数多的现象,但源头区鱼类物种组成变化还是比较明显。叶富良等(1991)对东江调查记录的洄游性、半洄游性鱼类有赤眼鲮、鳅、细鳊、银鲮、黄尾鲮、鳊、台湾铲颌鱼8种,而本次调查仅采得黄尾鲮、鳊、鲢3种,其他5种均未见,占到了未采集到鱼类的29.4%。从生态群落类型来看,源头河段植食性、洄游性、半洄游性鱼类变化最为显著,半洄游性鱼类比例明显减少。特定水域的鱼类物种多样性和群落结构的变化可以反映人为和环境因素对该水域生态系统的影响,因此,东江源头区域群落组成的变化,也说明近30年来该区域的环境已经产生了一定的改变。

已有研究表明,东江下游的惠州河段,洄游性鱼类的比例由20世纪80年代的18.87%下降到4.3%(刘毅等2011),反映了拦河建坝对日本鳊、白肌银鱼(*Leucosoma chinensis*)和七丝鲚(*Coilia grayii*)等典型洄游鱼类的深刻影响。而终生生活在淡水中的半洄游鱼类对水位水流等变动亦较敏感,需要在不同环境条件的水体中繁殖或育幼,通常水位升高时从较宽阔的水域进入急流河道产卵,幼鱼和产过卵的亲鱼于秋天进入湖泊育肥,水位下降时,有的又回到江河中越冬。然而,拦河建坝和河道取砂等人类活动人为快速改变了河道自然形态,造成鱼类生境的急剧改变,或阻隔了鱼类的洄游通道,导致洄游、半洄游鱼类所必需的生境遭到破坏,使得在河道短距离洄游产漂浮性卵鱼类的亲鱼难以进入繁殖场所进行繁衍,幼鱼又难以育肥成长而补充繁殖群体,造成种群资源量下降明显。目前,半洄游性鱼类比例也减少,由历

史记录的 12.28% 减少到 9.5%, 且两次的相似性仅 0.27, 为极不相似(表 2), 源头区半洄游性鱼类台湾铲颌鱼现在已经很少见, 此次采到洄游性的日本鳗鲡, 不过数量只有 3 尾。这也反映了拦河建坝不仅对下游的洄游性、半洄游性鱼类产生影响, 而且对源头鱼类具有同样趋势。相反, 定居性鱼类所占的比例比过去有所增加, 由 20 世纪 80 年代的 86% 升高到 89.2%。

群落多样性主要受环境条件变化的影响, 影响东江源头鱼类变化的主要原因还有: (1) 生活污水或垃圾入河造成的水体污染。在本次调查中, 我们发现在人口密度比较大的城镇, 生活污水直接排入江内和生活垃圾直接丢弃或倾倒入江中的现象在一些区域十分严重, 这一现象对东江鱼类的影响不容忽视。(2) 人为河道取沙。群众性取沙现象十分普遍, 取沙活动不但直接影响行道安全, 而且改变局部水文条件, 产卵或育幼环境受到影响, 对于鱼类的物种多样性有着严重的威胁。(3) 过度捕捞和有害渔具渔法的使用。人们为追求短期的经济利益, 往往会竭泽而渔。特别是对于繁殖群体的盲目无计划的捕捞, 常会引起随后数年经济鱼类种群的巨大波动。由于鱼类资源量的持续下降, 单位产量自然也会相应减少, 沿江渔民或当地居民为了保持或提高捕获量, 往往采用一些违法的渔具渔法, 包括电鱼、炸鱼、毒鱼等方式, 在山区尤为常见, 这些渔法对捕捞鱼类没有选择性, 不但直接破坏经济种类的种群规模, 对其他一些经济价值不大的野生种类影响同样巨大, 对于鱼类多样性的破坏更大。根据寻邬县城市市场的调查, 上市的自然水域鱼产量每天仅十余斤, 种类最多的有宽鳍、南方马口鱼 (*Opsariichthys uncirostris bidens*)、鲫鱼 (*Carassius auratus*); 其次为鲃亚科鱼类, 如光倒刺鲃 (*Spinibarbus hollandi*)、南方白甲鱼 (*Onychostoma gerlachi*)、光唇鱼等。个体最大者体重很少超过 250 g, 一般都在 50 g 以下, 幼鱼较多。据水产部门反馈信息, 近年来该区域分布的鱼类无论从种类上还是个体重量上都有

明显的下降。

总之, 东江源头区域因较丰富的生境类型和较少的经济开发, 至今仍具有较高的鱼类物种多样性和相对稳定的生态群落类型, 同时与东江下游相比具有不同的特点, 但是该区域鱼类组成已和 30 多年前有了明显的改变。在人为活动对环境的干扰日益严重的今天, 应长期监测该区域鱼类物种组成和生态群落特征, 并通过常年的监管和保护, 来达到维护源头区域生物多样性, 优化和完善生物群落结构, 提高东江生态系统的稳定性和完整性这一目的。

致谢 感谢华南濒危动物研究所/广东省昆虫研究所研究员陈金平博士在野外调查中的协调与帮助; 中国科学院动物研究所标本馆叶恩琦女士、广西师范大学吴茜和黄锦龙同学在标本管理和数据分析方面提供了帮助, 在此一并致以诚挚的感谢。

参 考 文 献

- Babbitt K J, Tanner G W. 1998. Effects of cover and predator size on survival and development of *Rana tricolor* tadpoles. *Oecologia*, 114(2): 258 - 262.
- Pielou E C. 1975. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley, 1 - 165.
- Shannon C E, Weiner W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. USA: University of Illinois Press.
- Sih A, Kats L B, Moore R D. 1992. Effects of predatory sunfish on the density, drift, and refuge use of stream salamander larvae. *Ecology*, 73(4): 1418 - 1430.
- 陈宜瑜. 1998. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 中卷. 北京: 科学出版社, 1 - 531.
- 成庆泰, 郑葆珊. 1987. 中国鱼类系统检索: 上册. 北京: 科学出版社, 1 - 1458.
- 蒋志刚, 纪力强. 1999. 鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数方法. *生物多样性*, 7(3): 220 - 225.
- 乐佩琦. 2000. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 下卷. 北京: 科学出版社, 1 - 661.
- 李博, 杨特, 林鹏. 2000. 生态学. 北京: 高等教育出版社.
- 李振基, 陈圣宾. 2011. 群落生态学. 北京: 气象出版社, 244 - 246.
- 刘文萍. 1994. 鱼类的洄游. *四川文物*, (增刊 1): 53 - 55.
- 刘毅, 林小涛, 孙军, 等. 2011. 东江下游惠州河段鱼类群落组成变化特征. *动物学杂志*, 46(2): 1 - 11.
- 潘炯华. 1991. 广东淡水鱼类志. 广东: 广东科学技术出版

- 社, 1-589.
- 孙忻, 王丽. 2001. 北京小龙门森林鸟类群落划分与生态分析. 生态学杂志, 20(5): 25-31.
- 杨荣清, 胡立平, 史良云. 2003. 江西河流概述. 江西水利科技, 29(1): 27-30.
- 叶富良, 杨萍, 宋蓓玲. 1991. 东江鱼类区系研究. 湛江水产学院学报, 12(2): 1-7.
- 游小燕, 刘英标, 华芳. 2007. 东江源区水环境保护策略探讨. 人民珠江, (1): 72-74.
- 郁尧山, 张庆生, 陈卫明, 等. 1986. 浙江北部岛礁周围海域鱼类优势种及其种间关系的初步研究. 水产学报, 10(2): 137-149.
- 郑慈英. 1989. 珠江鱼类志. 北京: 科学出版社, 1-438.
- 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 华南师范大学, 暨南大学, 等. 1991. 广东淡水鱼类志. 广东: 广东科技出版社, 1-589.

附录 东江源头区域鱼类采样名录

Appendix Species list of fish sampled records in headstream region of Dongjiang River

物种 Species	4 月采样 April sampling	10 月采样 October sampling	相对多度(%) Relative abundance	生态类型 Ecology type		
胡瓜鱼目 Osmeriformes						
银鱼科 Salangidae						
陈氏新银鱼 <i>Neosalanx tangkahkeii</i>	○	○	2.354	F	S	1
鳗鲡目 Anguilliformes						
鳗鲡科 Anguillidae						
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>		○	0.172	C	M	3
鲤形目 Cypriniformes						
鲤科 Cyprinidae						
宽鳍 <i>Zacco platypus</i>	○	○	14.868	O	S	1
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	○	○	9.931	C	S	1
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>		○	0.057	C	SM	3
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	○		0.057	H	SM	2
海南华鳊 <i>Sinibrama melrosei</i>	○		0.115	O	S	2
大眼华鳊 <i>S. macrops</i>	○		0.172	O	S	2
大眼近红鲌 <i>Ancherythroculter lini</i>	○		0.402	C	S	1
伍氏半 <i>Hemiculterella wui</i>	○		0.574	O	S	1
<i>Hemiculter leucisculus</i>	○		6.831	O	S	1
三角鲂 <i>Megalobrama terminalis</i>	○		0.172	O	SM	2
黄尾鲴 <i>Xenocypris davidi</i>	○		4.822	H	SM	2
细鳞鲴 <i>X. microlepis</i>		○	0.057	H	SM	2
高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>	○	○	2.813	O	S	2
大鳍 <i>Acheilognathus macropterus</i>	○	○	0.230	O	S	2
短须 <i>A. barbatulus</i>		○	0.115	O	S	2
花 <i>Hemibar busmaculatus</i>	○	○	3.215	C	S	2
间 <i>H. busmedius</i>	○		0.230	C	S	2
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	○	○	2.354	O	S	2
黑鳍鳉 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	○	○	1.206	O	S	2
银 <i>Squalidus argentatus</i>		○	0.344	O	S	2
点纹银 <i>S. wolterstorffi</i>	○		0.804	O	S	2
暗斑银 <i>S. atromaculatus</i>	○		1.607	O	S	2
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	○	○	1.091	C	S	3
乐山小鲃 <i>Microphysogobio kiatingensis</i>	○		0.344	O	S	2

续附录

物种 Species	4 月采样 April sampling	10 月采样 October sampling	相对多度(%) Relative abundance	生态类型 Ecology type		
福建小鳊 <i>M. fukiensis</i>	○		1.665	O	S	2
似鳊小鳊 <i>M. labeoides</i>	○		0.344	O	S	2
似 <i>Pseudogobio vaillanti</i>	○		0.115	O	S	2
蛇 <i>Saurogobio dabryi</i>	○		2.067	O	S	2
光倒刺鲃 <i>Spinibarbus hollandi</i>	○	○	0.689	O	S	2
条纹小鲃 <i>Puntius semifasciolatus</i>	○	○	4.650	O	S	2
厚唇光唇鱼 <i>Acrossocheilus labiatus</i>	○	○	1.837	O	S	2
侧条光唇鱼 <i>A. parallens</i>		○	9.357	O	S	2
窄条光唇鱼 <i>A. stenotaeniatus</i>	○		0.172	O	S	2
北江光唇鱼 <i>A. beijiangensis</i>	○	0.057	0	S	2	
薄颌光唇鱼 <i>A. kreyenbergii</i>	○		0.287	O	S	2
细身白甲鱼 <i>Onychostoma elongatum</i>		○	0.517	H	S	2
南方白甲鱼 <i>O. gerlachi</i>	○		0.115	H	S	2
纹唇鱼 <i>Osteochilus salisburyi</i>	○		0.057	O	S	2
东方墨头鱼 <i>Garra orientalis</i>	○		0.402	O	S	3
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>		○	0.057	O	S	2
鲫 <i>Carassius auratus</i>	○	○	1.148	O	S	2
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	○	○	0.172	F	SM	1
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	○		0.115	F	SM	1
鳅科 Cobitidae						
美丽小条鳅 <i>Micronemacheilus pulcher</i>	○		1.435	O	S	3
横纹南鳅 <i>Schistura fasciolata</i>	○	○	0.976	O	S	3
壮体沙鳅 <i>Botia robusta</i>	○		0.517	O	S	3
沙花鳅 <i>Cobitis arenae</i>	○		5.511	O	S	3
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	○		0.746	O	S	3
大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>		○	0.574	O	S	3
平鳍鳅科 Homalopteridae						
裸腹原缨口鳅 <i>Vanmanenia gymnetrus</i>	○	○	1.435	O	S	3
平舟原缨口鳅 <i>V. pingchowensis</i>	○	○	1.263	O	S	3
海南原缨口鳅 <i>V. hainanensis</i>	○		0.172	O	S	3
花斑拟腹吸鳅 <i>Pseudogastromyzon myseri</i>	○	○	0.230	O	S	3
长汀拟腹吸鳅 <i>P. changtingensis</i>	○		0.115	O	S	3
斑纹缨口鳅 <i>Crossostoma stigmata</i>		○	0.115	O	S	3
鲇形目 Siluriformes						
鲇科 Siluridae						
鲇 <i>Silurus asotus</i>	○	○	0.344	C	S	3
胡子鲇科 Clariidae						
胡子鲇 <i>Clarias fuscus</i>	○	○	0.517	C	S	3
鲿科 Bagridae						
纵带 <i>Leiocassis argentivittatus</i>	○		0.172	C	S	3
长脂拟鲿 <i>Pseudobagrus adiposalis</i>	○	○	0.287	C	S	3
大鳍鲿 <i>Mystus macropterus</i>	○	○	0.172	C	S	3

续附录

物种 Species	4 月采样 April sampling	10 月采样 October sampling	相对多度(%) Relative abundance	生态类型 Ecology type		
科 Sisoridae						
福建纹胸 <i>Glyptothorax fukiensis</i>		○	0.287	C	S	3
鲮形目 Cyprinodontiformes						
鲮科 Cyprinodontidae						
中华青鲮 <i>Oryzias latipes sinensis</i>	○	○	0.230	O	S	1
胎鲮科 Poeciliidae						
食蚊鱼 <i>Gambusia affinis</i>		○	0.115	C	S	1
合鳃目 Synbranchiformes						
合鳃鱼科 Synbranchidae						
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>		○	0.057	C	S	3
鲈形目 Perciformes						
丽鱼科 Cichlidae						
齐氏罗非鱼 <i>Tilapia zillii</i>	○	○	0.517	O	S	2
科 Serranidae						
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	○		0.172	C	S	1
斑鳊 <i>S. scherzeri</i>	○		0.115	C	S	1
斗鱼科 Belontiidae						
叉尾斗鱼 <i>Macropodus opercularis</i>	○		0.057	O	S	1
鳢科 Channidae						
斑鳢 <i>Channa maculata</i>	○	○	0.172	C	S	3
虾虎鱼科 Gobiidae						
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	○		4.076	C	S	3
褐吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius brunneus</i>	○		0.344	C	S	3
刺鲃科 Mastacembelidae						
大刺鲃 <i>Mastacembelus armatus</i>	○	○	0.517	C	S	3

“○”表示调查中采集到的种;F. 滤食性;C. 肉食性;O. 杂食性;H. 植食性;SM. 半洄游性;M. 洄游性;S. 定居性;1. 中上层;2. 中下层;3. 底栖。

“○” species sampled; F. Filter-feeder; C. Carnivore; O. Omnivore; H. Herbivore; SM. Semi-migratory; M. Migratory; S. Sedentary; 1. Mid and superstratum; 2. Mid and substratum; 3. Benthic.