

东江下游惠州河段鱼类群落组成变化特征

刘毅 林小涛* 孙军 张鹏飞 陈国柱

暨南大学水生生物研究所 热带亚热带水生态工程教育部工程研究中心 广州 510632

摘要:2007~2010年先后5次对东江下游惠州(剑潭)河段鱼类群落进行调查,共采集到鱼类69种,分属于8目20科58属,主要以鲤科(39种)、鲮科(7种)、鳅科(5种)为主。鲮(*Cirrhina molitorella*)、(*Hemiculter leucisculus*)、鲤(*Cyprinus carpio*)、赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)为该河段优势种。除食蚊鱼(*Gambusia affinis*)外,在该河段新采到4种外来鱼类,分别为罗非鱼(*Tilapia* sp.)、露斯塔野鲮(*Labeo rohita*)、麦瑞加拉鲮(*Cirrhina mrigala*)和下口鲶(*Hypostomus plecostomus*)。与20世纪80年代调查资料相比,目前东江下游惠州河段定居性、杂食性鱼类比例升高,洄游性、肉食性鱼类比例下降。通过个体生态学矩阵(autecology matrix)分析,东江下游河段鱼类群落中肉食性、喜砂砾底质的底层急流鱼类受环境变化影响程度较大。从Simpson指数、Shannon-Wiener指数、Pielou's均匀性指数、Margalef丰富度指数及G-F指数看,剑潭坝上下游河段鱼类群落多样性已开始显现出差异性。大坝建设、水体污染、过度捕捞等是影响东江下游河段鱼类群落变动的重要因素。

关键词:东江;剑潭坝;鱼类群落;多样性

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2011)02-01-11

Fish Community Changes in Huizhou Segment of Dongjiang River

LIU Yi LIN Xiao-Tao* SUN Jun ZHANG Peng-Fei CHEN Guo-Zhu

Institute of Hydrobiology, Jinan University, Engineering Research Center of Tropical and Subtropical Aquatic Ecological Engineering, Ministry of Education, Guangzhou 510632, China

Abstract: Five surveys were carried on in Huizhou segment of Dongjiang River from 2007 to 2010. Total of 69 freshwater fish species belong to 8 orders, 20 families and 58 genera were collected, most of fishes belong to family Cyprinidae (39 species), Bagridae (7) and Cobitidae (5). *Cirrhina molitorella*, *Hemiculter leucisculus*, *Cyprinus carpio* and *Squaliobarbus curriculus* are dominated species in the lower reaches studied. Besides *Gambusia affinis*, four more exotic species including *Tilapia* sp., *Labeo rohita*, *Cirrhina mrigala*, and *Hypostomus plecostomus* were newly recorded. Compared with the data collected in 1980s', the proportion of sedentary and omnivore species increased, while migratory and carnivore species declined. The result by using autecology matrix analysis showed that carnivore fish species living at gravel bottom and in riffle at downstream decreased greatly. According to Simpson index, Shannon-Wiener index, Pielou's index, Margalef index and G-F index, the differences in fish community diversity in the up and down of Jiantan Dam was found. The important factors influencing the change of fish community in the lower reaches of the Dongjiang River might be the dam construction, water pollution, and excessive catching.

Key words: The Dongjiang River; Jiantan Dam; Fish community; Diversity

基金项目 国家科技重大专项项目(No. 2009ZX07211-009),暨南大学创新基金项目;

* 通讯作者, E-mail: tlinxt@jnu.edu.cn;

第一作者介绍 刘毅,男,硕士研究生;研究方向:鱼类生态学;E-mail:258372516@qq.com。

收稿日期:2010-10-18,修回日期:2010-12-27

东江是珠江水系的重要组成部分,发源于江西省西南部寻乌县,由定南水和寻邬水汇合后构成东江,干流全长约 523 km,流经广东龙川、河源、博罗、惠阳、东莞等地,并于东莞石龙镇汇入珠江三角洲河网,流域面积约为 27 040 km²^[1]。域内以丘陵山地为主,地形复杂,总落差高达 440 m。为充分利用东江蕴藏的丰富水利资源,自 20 世纪 50 年代至今,东江先后建成 12 座水电站,并有 4 座正在建设之中。一系列水利工程的建成对河流生境及鱼类群落的影响不容忽视^[2-3]。在 20 世纪 80 年代初期,珠江水产研究所等单位曾对东江鱼类资源进行过系统调查,并对一些主要经济鱼类的生物学特征、产卵场、渔场等进行了分析,如:鲫鱼(*Carassius auratus*)于一年中均有 IV 期卵巢出现,全年可进行生殖活动;草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)的产卵场在龙川县附近,繁殖活动集中在 4 月底至 6 月初;在 60 年代,鲮鱼(*Tenualosa reevesii*)可溯河洄游,在新丰江形成渔场,从 70 年代开始至今,东江已基本捕获不到鲮鱼^[1]。近年来关于东江鱼类群落的相关研究鲜有报道。2007

年建成的惠州剑潭水利枢纽为目前东江出海前最后一个水利枢纽。本研究选取剑潭坝上下游作为研究区域,将坝上中信大桥虾村附近至坝下潼湖河段约 35 km 河段定义为东江下游惠州河段,并对该河段进行鱼类生态调查,以了解鱼类群落组成变化及演替规律,旨在为评价东江河流生态系统健康和鱼类生物多样性保护等提供基础数据。

1 材料与方 法

1.1 采样时间及地点 2007 年 10 月、2009 年 12 月及 2010 年 1 月、3 月、6 月先后对东江惠州河段进行了 5 次采样调查。以剑潭坝为中轴在坝上汝湖河段设 5 个采样点,分别为虾村(a)、中信大桥下游 2 km 处(b)、西枝江河口以上 1.5 km 处(c)、惠州大桥附近(d)、惠州污水处理厂排污口外河面(e);坝下罗阳河段设 3 个采样点,分别为坝下游 1 km 处(f)、博罗罗阳镇下游(g)、潼湖(h),坝上坝下共覆盖约 35 km 河段(图 1)。

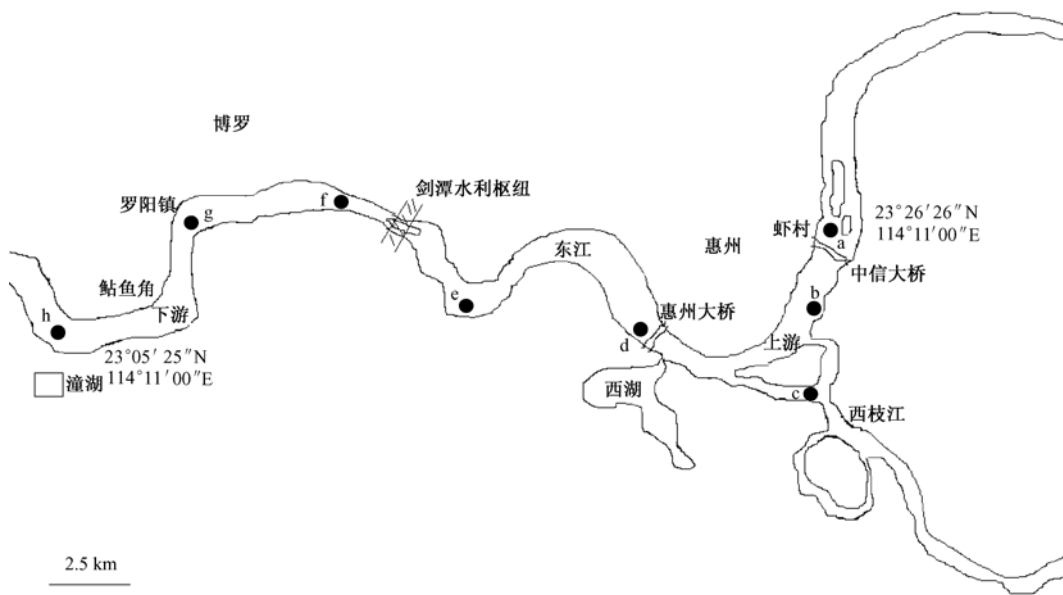


图 1 东江下游惠州(剑潭)河段采样站点示意图

Fig. 1 Map of sampling locations in Huizhou segment of Dongjiang River

●为采样点。● Sampling site.

1.2 采样方法与标本处理 采样工具包括各种规格的三重流刺网和定置刺网(中间网衣网目 1.2~6.0 cm),长度 1~3 m 密眼定置网笼。采样现场对较易辨别的鱼类鉴定至种,个别野外较难辨别的种类活体拍照,用酒精固定后带回实验室鉴定。对渔获物进行分类计数,测量全长、体长和体重,各个鱼种选取 2~5 尾标本以 95% 酒精固定带回实验室保存备查。调查期间,走访当地渔民及渔政部门,了解历史上和近几年来鱼类捕捞及主要种类变更情况以供参考。鱼种类鉴定参考《广东淡水鱼类志》^[4]、《中国鱼类系统检索》^[5]和《中国动物志》^[6-7]。

1.3 数据处理 由于惠州河段鱼类历史记录缺乏各物种个体数量等的定量数据^[1,3],为方便比较,本文根据调查得到的物种名录采用 G-F 指数方法来评估该河段的鱼类多样性变化^[8-9];对本调查期间不同时空鱼类群落多样性变化,则采用 Simpson 指数等作评价指标。

F 指数(D_F) (科的多样性)计算式为: D_F

$$= \sum_{k=1}^m D_{Fk} = - \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i, \text{ 其中 } P_i = S_{ki}/S_k, S_{ki} \text{ 为名录中 } k \text{ 科 } i \text{ 属中的物种数}, S_k \text{ 为名录中 } k \text{ 科中的物种数}, n \text{ 为 } k \text{ 科中的属数}, m \text{ 为名录中鱼类的科数}。$$

G 指数(D_G) (属的多样性)计算式为: D_G

$$= \sum_{j=1}^p D_{Gj} = - \sum_{j=1}^p q_j \ln q_j, \text{ 其中 } q_j = s_j/S, s_j \text{ 为 } j \text{ 属中的物种数}, S \text{ 为名录中鱼类的物种数}, P \text{ 为名录中鱼类的属数}。$$

G-F 指数(D_{G-F}) 计算式为: $D_{G-F} = 1 - \frac{D_G}{D_F}$ 。

G-F 指数是 0~1 的测度,非单种的科越多,G-F 指数越高。

Simpson 指数(D) 计算式为: $D = 1 -$

$$\sum P_i^2, P_i \text{ 为群落中第 } i \text{ 个种的个体数占有物种总个体数的比例}。$$

Shannon-Wiener 指数(H') 计算式为: H'

$$= - \sum P_i \log_2 P_i, P_i \text{ 为群落中第 } i \text{ 个种的个体数占有物种总个体数的比例}。$$

Pielou's 均匀性指数(E) 计算式为: $E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\log_2 S}$, H 表示多样性, H_{\max} 为最大多样性, S 为样品中的种类总数。

Margalef 丰富度指数(D) 计算式为: $D = \frac{S-1}{\log_2 N}$, S 为样品中的种类总数; N 为样品中的生物个体总数。

Jaccard's 相似性系数(I) 计算式为: $I = \frac{j}{a+b-j}$, 式中 a 为样方 A 的物种数, b 为样方 B 的物种数, j 为样方 A 和 B 中的共有种数。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。

鱼类个体生态学矩阵^[10] (R) 计算式为: $R = \frac{S \times A}{n_s}$, 其中 S 为鱼类群落矩阵, $S = [S_1 S_2 S_3 \dots S_j \dots S_m]$, A 为鱼类生态矩阵, n_s 为鱼类群落种类数。鱼类个体生态学矩阵是将已收集到的鱼类生态类型等特征按目的进行整理、筛选,从而用来评价鱼类群落变化与环境之间关系的指标, R 又可表示为: $R = [R_1 R_2 R_3 \dots R_i \dots R_m]$ 。 R_i 为 0~1 的量度,某种生态特征对应的 R_i 值越高,说明具有此特征的鱼类受此相关环境因子变化的影响越大。

优势种的确定:把渔获当中个体数量或生物量占总数的 10% 以上者定为优势种^[11]。

2 结果与分析

2.1 鱼类群落组成及变化 5 次调查共采集测量鱼类标本 2 229 尾,分属于 8 目 20 科 58 属,计鱼类 69 种(附录 1),占 20 世纪 80 年代全东江调查记录鱼类种类数^[3] 的 55.2%。其中,鲱形目 1 科 1 属 1 种,鲑形目 1 科 1 属 1 种,鳊形目 1 科 1 属 1 种,鲤形目 2 科 37 属 44 种,鲇形目 5 科 7 属 10 种,鲈形目 1 科 1 属 1 种,合鳃鱼目 1 科 1 属 1 种,鲈形目 8 科 9 属 10 种。鲤形目是东江下游鱼类的主体,占种类总数的 63.8%,其次是鲇形目和鲈形目,各占种类总数的 14.5%。鲤科鱼类种数最多,共 39

种, 占总种数的 56.5%, 其次为鲮科 7 种 (10.1%), 鳅科 5 种 (7.2%)。采到的 5 种外来种分别为露斯塔野鲮 (*Labeo rohita*)、麦瑞加拉鲮 (*Cirrhina mrigala*)、下口鲇 (*Hypostomus plecoslomus*)、食蚊鱼 (*Gambusia affinis*)、罗非鱼 (*Tilapia* sp.)。

本次调查与同河段 20 世纪 80 年代调查资料^[3]相比, 未采到的鱼类有 17 种 (表 1), 新发现鱼类 33 种 (附录 1)。花 (*Clupanodon thrissa*)、鲃鱼、三线舌鲷 (*Cynoglossus trigrammus*)、花鲃 (*Tephrinectes sinensis*)、弓斑东方鲀 (*Fugu ocellatus*) 等洄游性鱼类已近绝迹, 但白肌银鱼 (*Leucosoma chinensis*)、日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 在剑潭坝下尚可偶见; 马口鱼 (*Opsariichthys bidens*)、宽鳍 (*Zacco platypus*) 等砾石底质的浅滩鱼类几近消失, 马口鱼本调查仅采得 2 尾, 宽鳍 未能采到; 塘鳢科和虾虎鱼科等小型凶猛肉食性鱼类的数量及种类大为减少。本次调查新发现种类中露斯塔野鲮、麦瑞加拉鲮、下口鲇、罗非鱼为外来鱼类, 罗非鱼渔获量较大, 怀疑已形成稳定的自然种群。其余新增种类大部分为鲤科和鳅科鱼类, 喜欢生活于开阔水体且底质类型为泥质的海南鲃 (*Culter recurviceps*) 在坝上河段有较大渔获量, 并已成为该河段重要经济鱼类之一。

对历史资料有记载而本次调查未能采到的 17 种鱼类, 根据急流型、缓流型、肉食性、杂食性、滤食性、口端位、口上位、底层、中上层、砂砾底质、泥质底质 11 个生态学特征建立鱼类个体生态学矩阵 (autecology matrix) (表 1)。计算得到 R_i 的最大值为肉食性 0.71, 其次是喜砂砾底质、底层和口端位, 均为 0.65, 再次是急流型 0.47。由此可推断惠州河段鱼类群落中, 肉食性、喜砂砾底质的底层急流鱼类, 如虾虎鱼科、塘鳢科以及条鳅亚科、沙鳅亚科的一些鱼类受环境变化的影响最大。除表 1 列出的种类外, 符合这些生态特征的鱼类, 如侧扁黄魮鱼 (*Hypseleotris compressocephalus*)、尖头塘鳢 (*Eleotris oxycephala*)、美丽小条鳅 (*Micronoemacheilus pulcher*)、壮体沙鳅 (*Botia robusta*)、花斑

副沙鳅 (*Parabotia fasciata*) 等在本调查虽仍可采到, 但已较少分布。而那些喜缓流或静水、定居性的杂食性鱼类, 如鲤亚科及鲮亚科等一些鱼类无论从种类和数量来看都已成为该河段鱼类群落的重要组成类群。

2.2 鱼类生态类型及变化 将所采到的 69 种鱼类按迁徙习性分为洄游性、半洄游性和定居性 3 个类型; 按食性分为滤食性、草食性、肉食性、杂食性 4 个类型 (图 2)。从迁徙习性看, 东江下游鱼类群落组成无论个体数或生物量均以定居性鱼类为主, 其次是半洄游性鱼类, 洄游性鱼类所占比例最低。定居性鱼类优势种有鲮 (*Cirrhinus molitorella*)、鲤 (*Cyprinus carpio*)、罗非鱼、鲫、 (*Hemiculter leucisculus*) 等; 半洄游性鱼类主要以鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*)、黄尾鲮 (*Xenocypris davidi*)、三角鲂 (*Megalobrama terminalis*)、赤眼鲮 (*Squaliobarbus curriculus*) 为主; 洄游性鱼类则以七丝鲢 (*Coilia grayi*) 占优势地位。从食性分析, 东江下游河段鱼类群落组成主要以杂食性鱼类为主, 优势种类有鲤、罗非鱼、三角鲂、赤眼鲮等。

与 20 世纪 80 年代调查结果^[3]相比, 东江下游河段鱼类群落组成发生显著变化, 整个鱼类群落种类相似性指数仅为 0.43 (表 2)。其中洄游性鱼类变化最为明显, 历史记录该河段内分布有 10 种洄游性鱼类, 本调查仅发现 3 种, 相似指数仅为 0.30; 肉食性鱼类种类数与历史记录相比略微减少, 共有种类数只有 14 种, 相似指数仅为 0.37。从不同时期不同生态类型所占比例进行比较分析, 可看出, 洄游性、半洄游性鱼类所占比例下降, 定居性鱼类所占比例升高; 肉食性和滤食性鱼类所占比例下降, 杂食性鱼类所占比例上升。

2.3 生物多样性及优势种变化

2.3.1 不同时空物种多样性变化 由东江下游惠州河段鱼类名录 (附录 1), 结合历史资料^[3], 计算出可反映该河段鱼类物种多样性的 G-F 指数 (表 3)。与常用的鱼类群落多样性指数不同, G-F 指数不考虑种群数量和均匀度, 仅从属、科水平和非单种科的数目多寡来反映较

表 1 东江下游惠州河段未采集到的鱼类个体生态学矩阵
Table 1 Fish autecology matrix of uncollected species of Dongjiang River in the Zone of Huizhou City

种类 Species	生态特征 Ecological characteristic										
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
花 Clupanodon thrissa	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
鲩鱼 Macrura reevesi	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
宽鳍 Zacco platypus	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
须鲫 Carassioides cantonensis	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
粗唇 Leiocassis crassilabris gunther	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
青鳉 Oryzias latipes	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0
乔氏吻 Rhynchorhamphus georgii	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
花鲈 Laterolabrax japonicus	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
沙塘鳢 Odontobutis obscurus	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
乌塘鳢 Bostrichthys sinensis	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
须鳎虾虎鱼 Taenioides cirratus	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
舌虾虎鱼 Glossogobius giuris	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
斑纹舌虾虎鱼 G. olivaceus	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
犬牙细棘虾虎鱼 Acentrogobius caninus	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
三线舌鳎 Cynoglossus trigrammus	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
花鲃 Tephrinectes sinensis	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
弓斑东方鲀 Fugu ocellatus	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
R_i	0.47	0.41	0.71	0.12	0.12	0.65	0.18	0.65	0.29	0.65	0.29

E1:急流型; E2:缓流型; E3:肉食性; E4:杂食性; E5:滤食性; E6:口端位; E7:口上位; E8:底层; E9:中上层; E10:砂砾底质; E11:泥质底质。

E1: Riffle; E2: Slow current; E3: Carnivore; E4: Omnivore; E5: Filter feeder; E6: With terminal mouth; E7: With upper mouth; E8: Sub-stratum; E9: Mid and super stratum; E10: Substrate gravel; E11: Substrate mud /clay.

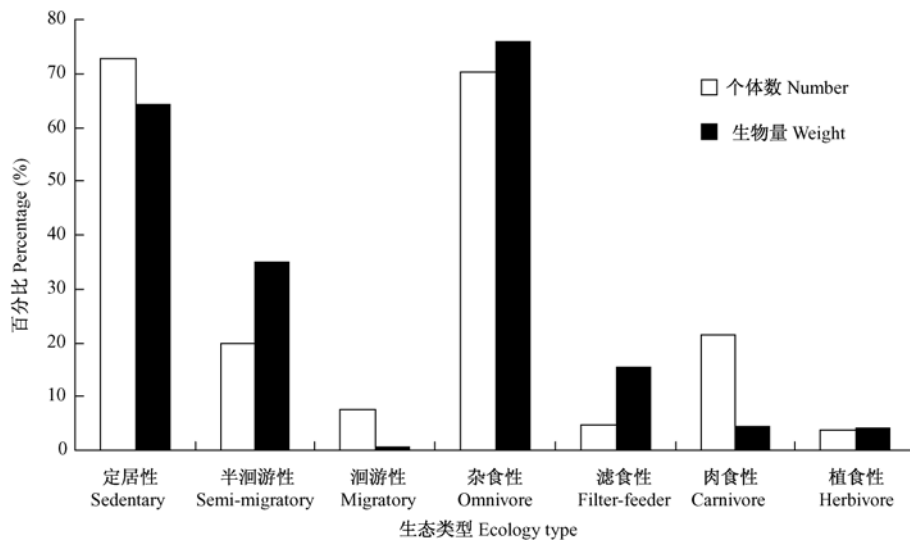


图 2 东江下游惠州河段鱼类群落组成

Fig. 2 Fish composition in the Lower Reaches of the Dongjiang River

表 2 东江下游惠州河段不同时期鱼类群落组成比较

Table 2 Species variation between two time period in the Lower Reaches of the Dongjiang River

指标 Indicator	定居性 Sedentary	半洄游性 Semi-migratory	洄游性 Migratory	杂食性 Omnivore	滤食性 Filter-feeder	肉食性 Carnivore	植食性 Herbivore	全类群 Whole community
1981 ~ 1983 年种类数 ^[3] Species number in 1981 - 1983	34(64.15)	9(16.98)	10(18.87)	19(35.85)	4(7.55)	27(50.94)	3(5.66)	53(100)
2007 ~ 2010 年种类数 Species number in 2007 - 2010	56(81.16)	10(14.49)	3(4.35)	36(52.17)	4(5.80)	25(36.23)	4(5.80)	69(100)
共有种类数 Number of common species	24	9	3	16	3	14	3	36
种类相似性指数 Jaccard similarity coefficient of species	0.36	0.90	0.30	0.41	0.60	0.37	0.75	0.42

括号内数值表示各生态类群种数占总种数的百分比(%)。

Values in parentheses represented the percentage of each ecological type account for all species.

长时间内一个地区的物种多样性^[9]。与 20 世纪 80 年代调查结果^[3]相比,本调查中 F 指数、G 指数及 G-F 指数均略微上升,说明惠州河段

整体鱼类物种多样性有所增加;同时坝上汝湖河段的鱼类物种多样性要略小于坝下罗阳河段。

表 3 东江下游惠州河段鱼类 G-F 指数

Table 3 G-F index of fishes in the Lower Reaches of the Dongjiang River

项目 Item	种类数 Species number	F 指数 F index	G 指数 G index	G-F 指数 G-F index
1981 ~ 1983 年调查结果 The research data in 1981 - 1983 ^[3]	53	6.16	3.88	0.37
2007 ~ 2010 年调查结果 The research data in 2007 - 2010	69	7.39	3.99	0.46
汝湖河段(坝上) The zone of Ruhu town(up of dam)	60	6.43	3.86	0.40
罗阳河段(坝下) The zone of Luoyang town(down of dam)	54	6.94	3.80	0.45

2.3.2 剑潭坝上下游河段群落多样性及优势种变化 分析本调查东江下游惠州河段鱼类群落多样性指数(表 4),发现剑潭坝上游河段的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou's 均匀性指数及 Margalef 丰富度指数都要高于坝下河段,由此可看出剑潭坝上坝下河段的鱼类群落多样性已开始显现出差异性。

将本调查所采集鱼类样本,分别按照各种的数量和生物量进行统计,得出排名前 10 位的种类(表 5)。以个体数量计,排名前 10 位依次是鲮、七丝鲚、赤眼鳟、子陵栉虾虎鱼(*Ctenogobius giurinus*)、三角鲂、海南鲃、黄尾鲮、罗非鱼、兴凯 (*Acheilognathus chan-*

kaensis),合计共占样本总数量的 75.41%;以生物量计,排名前 10 位依次是鲮、鲤、赤眼鳟、鳊、罗非鱼、黄尾鲮、鲢、草鱼、三角鲂、麦瑞加拉鲮,合计共占样本总生物量的 85.33%。将其中数量或生物量大于 10% 的鱼类定为优势种,计有鲮、鲤、赤眼鳟等。

对坝上(汝湖)、坝下(罗阳)河段进行比较分析,发现无论从个体数,还是生物量来看,鲮、三角鲂、黄尾鲮、子陵栉虾虎鱼等所占比例都是坝下游河段明显高于坝上游河段;相反,坝下游河段明显低于坝上游河段的鱼类有七丝鲚、鲤鱼、海南鲃、罗非鱼等。

表 4 东江下游惠州河段鱼类群落多样性指数

Table 4 Comparison of fish diversity index in the Lower Reaches of the Dongjiang River

项目 Item	汝湖河段(坝上) The zone of Ruhu town(up of dam)	罗阳河段(坝下) The zone of Luoyang town(down of dam)
Simpson 指数 Simpson diversity index	0.913 8	0.851 2
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener diversity index	4.097 1	3.624 1
Pielou's 均匀性指数 Pielou's evenness index	0.769 9	0.681 0
Margalef 丰富度指数 Margalef species richness index	3.920 8	3.794 3

表 5 东江下游惠州河段主要鱼类种群

Table 5 Species composition of fishes in the Lower Reaches of the Dongjiang River

种类 Species	个体数量(%) The percentage count by number			种类 Species	生物量(%) The percentage count by weight		
	整体河段 The whole reach	汝湖河段 The zone of Ruhu town	罗阳河段 The zone of Luoyang town		整体河段 The whole reach	汝湖河段 The zone of Ruhu town	罗阳河段 The zone of Luoyang town
鲮 <i>Cirrhina molitorella</i>	27.01	19.76	32.77	鲮 <i>Cirrhina molitorella</i>	32.86	29.00	36.90
黄颡鱼 <i>Hemiculter leucisculus</i>	10.32	7.19	12.80	鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	11.55	19.96	2.74
七丝鲚 <i>Coilia grayi</i>	7.40	12.16	3.62	赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	10.43	10.54	10.32
赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	6.42	5.17	7.41	鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	6.69	6.08	7.33
子陵栉虾虎鱼 <i>Ctenogobius giurinus</i>	5.56	0.61	9.18	罗非鱼 <i>Tilapia</i> sp.	4.60	7.65	1.40
三角鲂 <i>Megalobrama terminalis</i>	4.17	0.91	5.80	黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i>	4.45	2.18	6.83
海南鲃 <i>Culter recurviceps</i>	4.08	7.40	1.45	鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	4.19	3.17	5.25
黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i>	3.77	1.72	5.39	草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	3.89	5.38	2.33
罗非鱼 <i>Tilapia</i> sp.	3.50	6.08	1.45	三角鲂 <i>Megalobrama terminalis</i>	3.63	1.83	5.51
兴凯 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	3.19	7.19	0.00	麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhina mrigala</i>	3.05	0.72	5.49
总计 Total	75.41	68.19	79.87	总计 Total	85.33	86.51	84.10

3 讨论

3.1 东江下游惠州河段鱼类群落组成变化特点 与 20 世纪 80 年代调查资料^[3]相比,东江下游惠州河段鱼类群落组成发生了明显变化。本次调查鱼类种类数略有增加,两者群落相似性指数仅有 0.42,为中等不相似。新增种类中鲤科鱼类较多,主要是一些原先在东江中上游河段有分布,历史调查未曾在东江下游采得的

种类,如海南鲃、大眼华鳊(*Sinibrama macrops*)、鲮亚科以及 亚科的一些种类,东江水环境的改变,使得这一类群的鱼类更适合在此河段栖息。本调查未采得的鱼类中洄游性鱼类占有较大比例,如鲢鱼、弓斑东方鲀等,这与东江干流各梯级电站的建设有很大的关系。惠州河段鱼类群落组成变化的另一个特点就是外来物种增加。本次调查除历史记录的食蚊鱼外,另新采得 4 种外来鱼类,包括露斯塔野鲮、

麦瑞加拉鲢、下口鲈和罗非鱼。其中罗非鱼数量最大,个别月份在渔获物中比例已远超过其他土著经济鱼类。这些外来种类最初可能是从养殖场逃逸,或人为有意和无意的放流。有报道表明,罗非鱼在我国华南地区各水系已建立野生种群^[13-14]。罗非鱼通过摄食大型水草,排泄氮磷,在水底筑巢等活动对栖息生境造成负面影响^[15],它在自然水体中会对土著鱼类群落产生怎样的影响需进一步研究和关注。

3.2 不同生态类群鱼类变化特点及其成因

东江干流各梯级水利枢纽的建设对于鱼类群落的影响是多方面的,其中最直接的影响就是对洄游性、半洄游性鱼类洄游通道的阻隔,改变鱼类繁殖所必需的水文条件。本调查洄游性鱼类所占比例下降最为明显,由 18.87%^[3]降至 4.3%。相反,定居性鱼类所占比例升高,由过去的 64.15%^[3]升至 81.16%。东江下游河段历史记载分布有 10 种洄游性鱼类^[3],近几年调查仅发现七丝鲢、白肌银鱼和日本鳗鲡 3 种,且目前除七丝鲢尚有较小规模的渔获量外,其他 2 种已很稀少而难以采得。历史上“四大家鱼”青(*Mylopharyngodon piceus*)、草、鲢、鳙等半洄游性鱼类曾为东江主要捕捞对象^[1],目前,除鲢、鳙还有一定数量外,青鱼、草鱼的数量很少,并且这些鱼类很可能是靠人工增殖放流来维系其种群,因为各梯级电站的建成,导致四大家鱼等半洄游性鱼类难以在自然条件下完成繁殖活动,其种群无法得到自然补充。由于鱼类的洄游具有一定的季节性和规律性,而本调查采样时间的覆盖并不是很全面,因此不同时间调查结果可能存在一定误差,但从整体调查结果并结合走访渔民和渔政部门所了解到的鱼类种类组成变化情况来看,洄游性、半洄游性鱼类比例下降的趋势还是相当明显的。从鱼类个体生态学矩阵可以看出,东江下游河段肉食性、喜砂砾底质的底层急流性鱼类受环境变化影响最大。从食性来看,杂食性鱼类所占比例升高,由历史上的 35.85%^[3]升至现在的 52.17%,而肉食性鱼类却由 50.94%^[3]降至 36.23%。肉食性鱼类属水生生态系统中高营养级类群,食性较窄,

而杂食性鱼类食性较广。有研究表明,在环境质量下降的时候,广食性物种更易生存下来^[16],因此东江下游河段不同食性鱼类比例的变化反映出该河段水环境质量下降。

本调查发现,剑潭坝上下游河段的鱼类群落组成有显著差异,这可能与大坝建成后引发的水生态变化有关。剑潭坝建成后坝上河段水位抬升,使得水面更为开阔,水体流速变缓,这就更加适合海南鲃、鲤、罗非鱼等定居性鱼类的生存和繁衍,因此这些鱼类在坝上河段的数量远高于坝下;而坝下河水较浅,直至入海前没有大坝的阻隔,因此一些浅水小型鱼类,如子陵栉虾虎鱼以及产卵时具有一定溯河能力的半洄游性鱼类,如三角鲂和黄尾鲮在坝下河段的数量高于坝上。但本调查发现,洄游性鱼类七丝鲢在坝上河段的数量却高于坝下。据当地渔民反映,剑潭坝建成前,汝湖镇(坝上河段)很少捕捞到七丝鲢,但建坝后洄游通道的阻隔反而导致七丝鲢在坝上河段形成了一定规模的渔获量。长江水系的刀鲚(*Coilia ectenes*)同时存在溯河产卵洄游性类群、淡水定居类群和陆封类群^[17]。与刀鲚同一属的七丝鲢是否已在坝上河段形成淡水定居类群?由于剑潭坝建成时间还不是很长,这个问题还有待今后更长时间的观察和证实。

3.3 不同时空鱼类多样性变化特点及其成因

从鱼类物种多样性指数(G-F 指数)看,本调查略高于 20 世纪 80 年代同河段^[3],这主要是由于现阶段鱼类种类数增加,同时鱼类非单种科所占的比例也略微增加。该河段鱼类种类数的增加一方面是因为外来物种的增加,另一方面有可能是由于大坝的建成改变了水流条件,致使适应缓流环境的种类增加。从生态系统完整性角度分析,此种形式的鱼类物种多样性增加不一定是安全和健康的,其潜在的风险有待进一步评估。关于现阶段惠州剑潭坝上下游河段鱼类多样性变化特点,从鱼类群落结构特征来看,坝上汝湖河段鱼类个体数分配均匀程度高于坝下罗阳河段;但从研究属、科水平的物种多样性来看,虽然坝上鱼类种类数高于坝下,但

坝下罗阳河段非单种科的数量却高于坝上,因此整体上坝下的 G-F 指数略高于坝上。东江下游惠州河段在较短时间范围内所显现的这些差异性主要是源于剑潭坝建设所造成的一系列生态因子的改变,相信这种差异性会随着时间的延长而增加。

3.4 影响惠州河段鱼类群落组成的其他因素

除上述原因外,水体污染、挖沙作业、过度捕捞等也可能是影响鱼类群落的因素。目前,东江下游惠州河段水体污染程度加重^[18],可能导致耐污能力差的鱼类种类和数量减少甚至消失,如乔氏吻 (*Rhynchorhamphus georgii*) 等。此外,该河段内存在规模化无序挖沙作业,导致河床结构受损,礁石、砂砾、水草等有利鱼类栖息和繁殖的物质条件减少,继而对该河段鱼类群落组成及多样性造成负面影响。

参 考 文 献

- [1] 陆奎贤. 珠江水系渔业资源. 广州: 广东科技出版社, 1990: 1 - 202.
- [2] Gehrke P C, Gilligan D M, Barwick M. Changes in fish communities of the Shoalhaven River 20 years after construction of Tallowa Dam, Australia. *River Research And Applications*, 2002, 18: 265 - 286.
- [3] 叶富良, 杨萍, 宋蓓玲. 东江鱼类区系研究. 湛江水产学院学报, 1991, 11(2): 1 - 7.
- [4] 潘炯华. 广东淡水鱼类志. 广东: 广东科学技术出版社, 1991: 1 - 589.
- [5] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索. 北京: 科学出版社, 1987: 1 - 1458.
- [6] 陈宜瑜. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 中卷. 北京: 科学出版社, 1998: 1 - 531.
- [7] 乐佩琦. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 下卷. 北京: 科学出版社, 2000: 1 - 661.
- [8] 蒋志刚, 纪力强. 鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数方法. *生物多样性*, 1999, 7(3): 220 - 225.
- [9] 王丹, 赵亚辉, 张春光, 等. 广西野生淡水鱼类的物种多样性及其资源的可持续利用. *动物分类学报*, 2007, 32(1): 160 - 173.
- [10] Suen J P, Edwin E H. Investigating the causes of fish community change in the Dahan River (Taiwan) using an autecology matrix. *Hydrobiologia*, 2006, 568(1): 317 - 330.
- [11] 郁尧山, 张庆生, 陈卫民, 等. 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*, 1986, 10(2): 137 - 149.
- [12] 程起群, 李思发. 刀鲚和湖鲚种群的形态判别. *海洋科学*, 2004, 28(11): 39 - 43.
- [13] 潘勇, 曹文宣, 徐立蒲, 等. 国内外鱼类入侵的历史及途径. *大连水产学院学报*, 2006, 21(1): 72 - 78.
- [14] Xu H G, Qiang S, Han Z M, et al. The status and causes of alien species invasion in China. *Biodiversity and Conservation*, 2006, 15: 2893 - 2904.
- [15] McKaye K, Stauffer J R, Turner G, et al. Fishes, as well as birds, build bowers. *Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences*, 2001, 9: 121 - 133.
- [16] Karr J R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 1981, 6: 21 - 27.
- [17] 张世义. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲟形目 海鲢目 鲱形目 鼠鱈目. 北京: 科学出版社, 2001: 53 - 159.
- [18] 朱茂华. 东江下游水资源开发利用及水环境综合治理构想. *中山大学学报: 自然科学版*, 2001, 40(增刊2): 22 - 24.

附录 东江惠州(剑潭)河段鱼类名录

Appendix Fish species records of Dongjiang River in the Zone of Huizhou City

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	分布 Distribution	
				坝上 (汝湖镇) Up of dam	坝下 (罗阳镇) Down of dam
鲱形目 Clupeiformes	鲱科 Engraulidae	鲱属 <i>Coilia</i>	1 七丝鲱 <i>C. grayi</i>	+	+
鲑形目 Salmoniformes	银鱼科 Salangidae	白肌银鱼属 <i>Leucosoma</i>	2 白肌银鱼 <i>L. chinensis</i>		+
鳗鲡目 Anguilliformes	鳗鲡科 Anguillidae	鳗鲡属 <i>Anguilla</i>	3 日本鳗鲡 <i>A. japonica</i>		+
鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	马口鱼属 <i>Opsariichthys</i>	4 马口鱼 <i>O. bidens</i> *	+	+
		青鱼属 <i>Mylopharyngodon</i>	5 青鱼 <i>M. piceus</i>		+
		草鱼属 <i>Ctenopharyngodon</i>	6 草鱼 <i>C. idellus</i>	+	+
		赤眼鲮属 <i>Squaliobarbus</i>	7 赤眼鲮 <i>S. curriculus</i>	+	+
		瓢鱼属 <i>Pseudolaubuca</i>	8 银瓢 <i>P. sinensis</i> *	+	+
		细鲮属 <i>Rasborinus</i>	9 线细鲮 <i>R. lineatus</i>	+	
		华鲮属 <i>Sinibrama</i>	10 海南华鲮 <i>S. melrosei</i> *	+	
			11 大眼华鲮 <i>S. macrops</i> *	+	+
		似 属 <i>Toxabramis</i>	12 海南似 <i>T. houdemeri</i>	+	
		属 <i>Hemiculter</i>	13 <i>H. leucisculus</i>	+	+
		鲃属 <i>Culter</i>	14 海南鲃 <i>C. recurviceps</i> *	+	+
		鲮属 <i>Parabramis</i>	15 鲮 <i>P. pekinensis</i>	+	
		鲂属 <i>Megalobrama</i>	16 三角鲂 <i>M. terminalis</i>	+	+
		鲴属 <i>Xenocypris</i>	17 银鲴 <i>X. argentea</i> *	+	
			18 黄尾鲴 <i>X. davidi</i>	+	+
		鲮鲂属 <i>Rhodeus</i>	19 高体鲮鲂 <i>R. ocellatus</i>	+	+
		属 <i>Acanthorhodeus</i>	20 越南 <i>A. tonkinensis</i> *	+	
			21 兴凯 <i>A. chankaensis</i> *	+	
			22 短须 <i>A. barbatus</i> *	+	+
			23 大鳍 <i>A. macropterus</i> *	+	+
		副 属 <i>Paracheilognathus</i>	24 彩副 <i>P. imberbis</i> *	+	
		刺鲃属 <i>Puntius</i>	25 条纹刺鲃 <i>P. semifasciatus</i>	+	
		纹唇鱼属 <i>Osteochilus</i>	26 纹唇鱼 <i>O. salsburyi</i>	+	+
		野鲮属 <i>Labeo</i>	27 露斯塔野鲮 <i>L. rohita</i> *	+	+
		鲮属 <i>Cirrhina</i>	28 鲮 <i>C. molitorella</i>	+	+
			29 麦瑞加拉鲮 <i>C. mrigala</i> *	+	+
		墨头鱼属 <i>Garra</i>	30 东方墨头鱼 <i>G. orientalis</i> *	+	+
		属 <i>Hemibarbus</i>	31 间 <i>H. labeo</i> *	+	
		麦穗鱼属 <i>Pseudorasbora</i>	32 麦穗鱼 <i>P. parva</i>	+	
		鲮属 <i>Sarcocheilichthys</i>	33 黑鳍鲮 <i>S. nigripinnis nigripinnis</i>	+	+
		银 属 <i>Squalidus</i>	34 银 <i>S. argentatus</i>	+	+
		棒花鱼属 <i>Abbottina</i>	35 棒花鱼 <i>A. rivularis</i> *		+
		小鲮 属 <i>Microphysogobio</i>	36 乐山小鲮 <i>M. kiatingensis</i> *	+	
			37 福建小鲮 <i>M. fukiensis</i> *	+	
		蛇 属 <i>Saurogobio</i>	38 蛇 <i>S. dabryi</i> *	+	+
		鲤属 <i>Cyprinus</i>	39 鲤 <i>C. carpio</i>	+	+
		鲫鱼属 <i>Carassius</i>	40 鲫鱼 <i>C. auratus</i>	+	+
		鲮属 <i>Aristichthys</i>	41 鲮 <i>A. nobilis</i>	+	+
		鲢属 <i>Hypophthalmichthys</i>	42 鲢 <i>H. molitrix</i>	+	+
		小条鲮属	43 美丽小条鲮 <i>M. pulcher</i> *	+	
	鳅科 Cobitidae	<i>Micronemacheilus</i>			

续表

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	分布 Distribution	
				坝上 (汝湖镇) Up of dam	坝下 (罗阳镇) Down of dam
		沙鳅属 <i>Botia</i>	44 壮体沙鳅 <i>B. robusta</i> *		+
		副沙鳅属 <i>Parabotia</i>	45 花斑副沙鳅 <i>P. fasciata</i> *	+	+
		花鳅属 <i>Cobitis</i>	46 中华花鳅 <i>C. sinensis</i> *	+	+
		泥鳅属 <i>Misgurnus</i>	47 泥鳅 <i>M. anguillicaudatus</i>	+	+
鲇形目 Siluriformes	鲇科 Siluridae	鲇属 <i>Silurus</i>	48 鲇 <i>S. asotus</i>	+	
	胡子鲇科 Clariidae	胡子鲇属 <i>Clarias</i>	49 胡子鲇 <i>C. fuscus</i>	+	+
	骨甲鲇科 Loricariidae	下口鲇属 <i>Hypostomus</i>	50 下口鲇 <i>H. plecostomus</i> *	+	+
	长臀科 Cranoglanididae	长臀属 <i>Cranoglanis</i>	51 珠江长臀 * <i>C. boudierius boudierius</i>		+
	鲮科 Bagridae	黄颡鱼属 <i>Peltocobagus</i>	52 黄颡鱼 <i>P. fulvidraco</i>	+	+
			53 瓦氏黄颡鱼 <i>P. vacheili</i>	+	+
			54 中间黄颡鱼 <i>P. intermedius</i> *		+
		属 <i>Leiocassis</i>	55 纵带 <i>L. argenticittatus</i> *	+	+
			56 条纹 <i>L. virgatus</i> *		+
		鲮属 <i>Mystus</i>	57 斑鲮 <i>M. macropterus</i>	+	+
鲢形目 Cyprinodontiformes	胎鲢科 Poeciliidae	食蚊鱼属 <i>Gambusia</i>	58 食蚊鱼 <i>G. affinis</i>	+	+
合鳃鱼目 Synbranchiformes	合鳃鱼科 Synbranchidae	黄鳝属 <i>Monopterus</i>	59 黄鳝 <i>M. albus</i>	+	+
鲈形目 Perciformes	科 Serranidae	鳊属 <i>Siniperca</i>	60 大眼鳊 <i>S. kneri</i> *	+	+
	塘鳢科 Eleotridae	塘鳢属 <i>Eleotris</i>	61 尖头塘鳢 <i>E. axycephala</i>		+
		黄黝鱼属 <i>Micropercops</i>	62 侧扁小黄黝鱼 * <i>M. Compressocephalus</i>	+	+
	虾虎鱼科 Gobiidae	栉虾虎鱼属 <i>Ctenogobius</i>	63 子陵栉虾虎鱼 <i>C. giurinus</i>	+	+
	斗鱼科 Belontiidae	斗鱼属 <i>Macropodus</i>	64 叉尾斗鱼 <i>M. opercularis</i>	+	+
	攀鲈科 Anabantidae	攀鲈属 <i>Anabas</i>	65 攀鲈 <i>A. testudineus</i> *	+	+
	丽鱼科 Cichlidae	非鲫属 <i>Tilapia</i>	66 罗非鱼 <i>T. sp.</i> *	+	+
	鳢科 Channidae	鳢属 <i>Channa</i>	67 斑鳢 <i>C. maculata</i>	+	+
			68 月鳢 <i>C. asiatica</i> *	+	+
	刺鳅科 Mastacembelidae	刺鳅属 <i>Mastacembelus</i>	69 大刺鳅 <i>M. armatus</i>	+	+
合计 Total	20	58	69	60	54

* 为本次调查新发现种类(与同河段历史资料对比)。* Newly recorded species compared with the research data in 1980s'.