

浙南典型通海流域鳌江干流及河口近海鱼类多样性研究

叶健亨¹, 陈骁^{1,2}, 陈浩^{1,2}, 陈少波^{1,2}, 周志明^{2*}, 艾为明^{1,2*}

(1. 温州医科大学生命科学学院, 浙江温州 325035; 2. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江温州 325005)

摘要 2014—2016 年对鳌江流域干流和河口近海鱼类多样性进行调查, 共采集到鱼类 108 种(含亚种), 隶属于 16 目 42 科 97 属, 其中干流 55 种(含亚种), 河口及近海 63 种(含亚种), 干流和河口均出现的有 9 种; 结合文献资料, 鳌江共记载有鱼类 119 种(含亚种), 隶属于 16 目 43 科 100 属。鳌江干流鱼类群落多度大于 1% 的种类有 11 种, 前 5 位依次是宽鳍鱮、子陵吻鰕虎鱼、中华花鲈、麦穗鱼、鲫鱼, 多度小于 0.1% 的有 25 种; 河口近海鱼类群落多度大于 1% 的种类有 14 种, 前 5 位依次是拉氏狼牙鰕虎鱼、棘头梅童鱼、中华栉孔鰕虎鱼、龙头鱼、中国花鲈, 多度小于 0.1% 的有 33 种。以种类数及其多样性指数分析, 表明鳌江干流鱼类种类多样性一般, 河口近海较高。鳌江流域鱼类生态类型多样, 鱼类群落定居性与洄游性分布比例差异不大, 其营养结构以肉食性与杂食性种类为主。过度捕捞、河口水体污染、航道整治、无序挖沙等因素是影响鳌江鱼类群落变动、威胁鱼类生物多样性的主要原因。

关键词 鳌江; 典型通海流域; 鱼类多样性

中图分类号 S931.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)31-0109-06

Study of Diversity of Fish in the Trunk Stream and Estuarine Coastal of Aojiang River, Zhejiang ProvinceYE Jian-heng¹, CHEN Xiao^{1,2}, CHEN Hao^{1,2}, ZHOU Zhi-ming^{2*}, AI Wei-ming^{1,2*} et al (1. School of Life Science, Wenzhou Medical University, Wenzhou, Zhejiang 325035; 2. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou, Zhejiang 325005)

Abstract The diversity of fish in the trunk stream and estuarine coastal of Aojiang River was investigated from 2014 to 2016. A total of 108 species (subspecies included) have been collected, which belong to 97 genera, 42 families, 16 orders. Among them, 55 species (subspecies included) was from trunk stream, 63 species (subspecies included) was from estuarine coastal, and 9 species was found in both these two places. A total of 119 species (subspecies included) have been recorded, which belong to 100 genera, 43 families, 16 orders. In trunk stream, there were 11 fish species whose community abundance were above 1%, of which the top 5 were *Zacco platypus*, *Rhinogobius giurinus*, *Cobitis sinensis*, *Pseudorasbora parva* and *Carassius auratus*, however, there were 25 species less than 0.1%; In estuarine coastal, there were 14 fish species whose community abundance were above 1%, of which the top 5 were *Odontamblyopus rubicundus*, *Collichthys lucidus*, *Ctenopoma chinensis*, *Bombay duck* and *Lateolabrax maculatus*, however, there were 33 species less than 0.1%. The number of species and diversity indices was analyzed, and the result showed that the diversity of fish species in the trunk stream was general, and the diversity in estuarine was higher. The fishes in Aojiang basin whose nutritional structure was mainly carnivorous and omnivorous had a variety of ecological types, and the distribution proportion between fish community stability and migration had little difference. Overfishing, water pollution, channel improvement, unordered dredging and other factors were the main reasons affecting the Aojiang fish community changes and threatening the fish biodiversity.

Key words Aojiang River; Typical offshore basin; Fish diversity

鳌江发源于南雁荡山脉的吴地山南面, 主峰海拔 1 124 m, 源头在文成县桂山乡桂庄村, 海拔 835 m, 河源以下有十多条主要支流和众多的溪涧沟壑汇入, 处于 27°30' ~ 27°15' N, 120°00' ~ 120°40' E。鳌江流域呈长条形, 东西长度约 60 km, 南北宽 30 km, 地势自西向东递降。干流穿过顺溪、水头、麻步、萧江、鳌江、龙港等镇, 经狮子口至杨屿山与琵琶山之间直接入海, 全长 92.47 km, 流域面积为 1 521.49 km², 是浙江省八大水系之一。自河源至顺溪长 19.1 km 为上游, 流域面积为 112.00 km², 平均坡降为 3.98%; 自顺溪至詹家埠长 24.7 km 为中游, 流域面积为 332.05 km², 平均坡降为 3.98%; 自詹家埠至狮子口长 38.67 km 为下游, 流域面积为 1 077.44 km², 平均坡降为 0.01%, 属感潮河段, 支流带溪、梅溪、横阳支江, 及萧江塘河、平鳌塘河注入; 自狮子口至杨屿山与琵琶山之间 10 km 为河口段, 河口为不对称喇叭口, 狮子口河床宽 500 m, 河谷宽 1 250 m, 外口入海处宽度为 10 km,

约在 5 km 长度缩窄至 1 km^[1]。

鳌江流域属亚热带季风气候, 温暖湿润, 雨水充沛; 年平均气温, 东部平原区在 18 °C 上下, 无霜期在 275 d 左右, 西部山区约 15 °C, 无霜期稍短; 年平均降雨量 1 900 mm, 全流域多年平均年径流总量为 1.9 × 10⁹ m³。水资源较为丰富, 宜于鱼类生长繁殖, 且生长期长^[1]。鳌江干流是平阳县的工业、农业及生活水源, 其水质的好坏直接影响全县人民的健康和经济的发展, 被誉为平阳县母亲河^[2]。

鱼类是水生生态系统中较高级的消费者, 通过上、下行效应与环境间存在着紧密的相互关系, 鱼类群落的演替过程及其机制主要受环境条件变动的影响。鱼类栖息地的改变可通过影响群落内的各个成分、群落功能、物种多样性和相对丰度而使群落构成发生改变。由于水工建设、过度捕捞、水体污染等因素导致生态环境恶化, 鱼类群落组成受到影响, 进而使河流生态系统功能受到影响。鱼类作为水生生态系统中的重要组成部分, 对其资源状况进行调查, 有利于了解鳌江的生境现状和存在的问题, 为鳌江建设规划提供科学依据, 从而对鳌江进行科学有效地管理。长期以来, 有关鳌江鱼类群落多样性方面的专门研究未见公开报道, 仅在资源、种类等相关文章中有所涉及。如 20 世纪 80 年代, 浙江省淡水水产研究所对鳌江的鱼类进行调查, 记录鱼类 68 种

基金项目 浙江省科技计划项目(2013F50015); 温州市科技计划项目(S20140013)。**作者简介** 叶健亨(1996-), 男, 浙江温州人, 本科生, 专业: 海洋生物。* 通讯作者, 周志明, 教授级高级工程师, 从事水产养殖研究; 艾为明, 副教授, 从事鱼类资源及生物多样性保护研究。**收稿日期** 2017-07-31

(亚种),其中典型淡水鱼类 39 种,河口洄游性鱼类 10 种,浅海鱼类 19 种^[3]。《浙江动物志——淡水鱼类》编辑委员会根据文献资料和 20 世纪 80 年代中期采集的标本,记录鳌江鱼类 77 种(亚种),其中溪流性鱼类 37 种,江河型鱼类 53 种,河口型鱼类 23 种。然而,在渔业资源保护及鱼类群落多样性日益被世界各国所重视的今天^[4-7],有必要对鳌江鱼类多样性进行研究。

鱼类群落是指具有一定的种类组成,并与环境彼此影响、相互作用,具有一定的形态结构和营养结构,并具特定功能的生物集合体。为了解鳌江鱼类群落,摸清鳌江鱼类本底资料,对鳌江生物多样性保护、合理利用鱼类资源、优化鱼类群落结构、探讨鱼类群落演替规律与环境的关系等,2014—2016 年,浙江省海洋水产养殖研究所联合温州医科大学生命科学学院进行鳌江鱼类资源调查,对鳌江及河口近海鱼类资源调查结果进行报道。

1 材料与方法

1.1 数据采集方法

2014—2016 年,项目组依照《内陆水域渔业自然资源调查手册》^[8]方法,采取自捕、雇请渔民捕捞或与渔民协商约定对其捕获物进行统计、码头和市场渔获物统计等 3 种方式收集鱼类标本,调查渔具包括:流刺网、定置刺网、虾笼、撒网、搬罾和电鱼机等 6 种。选择顺溪、山门、南雁、梅溪、鳌江口及近海 5 个采样点进行鱼类资源调查(图 1),并对其生境进行考察。对采集的鱼类标本进行现场拍照、分类、记数,测定体长、体重等常规生物学指标,其精度分别为 1 mm 和 0.1 g,不易确定的种类,用 10% 甲醛溶液保存带回实验室鉴定。标本鉴定及分类主要依据《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)》^[9]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷)》^[10]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲈形目》^[11]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鳗鲡目·背棘鱼目》^[12]、《中国动物志·硬骨鱼纲·灯笼鱼目·鲸口鱼目·骨舌鱼目》^[13]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲹形目》^[14]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲟形目·海鲢目·鲱形目·鼠鱈目》^[15]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲈形目(五)·虾虎鱼亚目》^[16]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲈形目·海蛾鱼目·喉盘鱼目·鮫鱈目》^[17]、《中国动物志·圆口纲·软骨鱼纲》^[18]、《楠溪江鱼类图谱》^[19]、《中国福建南部海洋鱼类图鉴(第一卷和第二卷)》^[20-21]和《浙江动物志·淡水鱼类》^[22]。所有标本整理编号,保存于浙江省海洋水产养殖研究所和温州医科大学生命科学学院标本室内。

1.2 数据处理

分类系统排序按照 Nelson(2006),学名和目、科、属的分类及排序按照《拉汉世界鱼类系统名典》^[23]和《中国内陆鱼类物种与分布》^[24]。历史分布记录主要根据《浙江动物志——淡水鱼类》^[22],亦参考了周志明(1987)的资料。

根据调查所得到的数据,用相对多度 Relative density^[25]、Shannon - Weiner 多样性指数^[26]、Pielouvennes 均匀度指数^[27]对其鱼类多样性进行分析。其中相对多度等级划分,10% 以上为优势种,1% ~ 10% 为常见种,1% 以下为稀有种类,具体计算公式

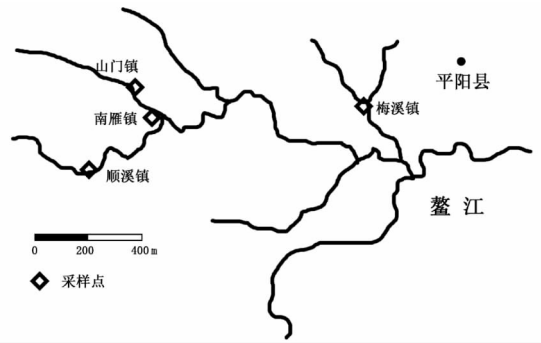


图 1 鳌江鱼类采样点

Fig. 1 Map of sampling stations in Aojiang River

如下:

$$RD = \frac{N_i}{N} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中,1% 以下为稀有种类。 RD 为相对多度, N 为样品中总个数, N_i 为样品中属于第 i 种的个体数。

$$H = - \sum P_i \ln(P_i) \quad (2)$$

式(2)中, H 为 Shannon - Weiner 多样性指数, P_i 为群落中第 i 种的个体数占有物种总个体数的比例。

$$E = H/\ln S \quad (3)$$

式(3)中, E 为 Pielouvennes 均匀性指数。

2 结果与分析

2.1 鳌江鱼类种类组成

调查共采集到鱼类标本 10780 号,计 108 种(含亚种),分布隶属于 16 目 42 科 97 属,其中干流 55 种(含亚种),河口及近海 63 种(含亚种),干流和河口均出现的有 9 种。结合文献资料,鳌江共记载有鱼类 119 种(含亚种),隶属于 16 目 43 科 100 属^[22,28](表 1)。鲤形目种类最多,共计 3 科 37 种,鲈形目次之,共计 16 科 35 种。调查过程中在自然水体中采集到食蚊鱼 *Gambusia affinis* 和莫桑比克口孵非鲫 *Oreochromis mossambicus*,非本地土著鱼类,为引进种类。该次调查过程中花鳗鲡 *Anguilla marmorata*(国家二级保护动物)、鲟 *Tenulosa reevesii*(名贵经济鱼类)、香鱼 *Plecoglossus altivelis altivelis*(名贵经济鱼类)均没有采集到。

2.2 优势种

将鳌江干流及河口段采样鱼类按数量汇总计算得出,干流段前 7 位依次为宽鳍鱮 (*Zacco platypus*)、子陵吻鰕虎鱼 (*Rhinogobius giurinus*)、中华花鮡 (*Cobitis sinensis*)、麦穗鱼 (*Pseudorasbora parva*)、鲫鱼 (*Carassius auratus*)、细纹颌须鮡 (*Gnathopogon taeniellus*)、盎堂拟鲢 (*Pseudobagrus ondon*),河口段前 7 位依次为拉氏狼牙鰕虎鱼 (*Odontamblyopus lacepedii*)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*)、中华栉孔鰕虎鱼 (*Ctenotrypauchen chinensis*)、龙头鱼 (*Harpadon nehereus*)、中国花鲈 (*Lateolabrax maculatus*)、尖头黄鳍牙鲷 (*Chrysochir aureus*)、小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*),各种类按数量所占比例排列结果见表 2。

按相对多度 (RD) 等级划分,10% 以上为优势种,1% ~ 10% 为常见种,1% 以下为稀有种类。鳌江干流段优势种为宽鳍鱮(53.32%)、子陵吻鰕虎鱼(11.03%),常见种 9 种,占总种类数的 30.91%,稀有种类 25 种,占总种类数的 4.75%;

河口段优势种为拉氏狼牙鰕虎鱼 (27.97%)、棘头梅童鱼 (19.29%), 常见种 12 种, 占总种类数的 45.60%, 稀有种类 33 种, 占总种类数的 7.15%。综合分析, 鳌江不同江段间优势种种类和数量都有较大区别, 这可能是由水质差异导致的。

表 1 鳌江及河口近海鱼类分布及生态类型

Fig. 1 Fish assemble composition and ecology in the trunk stream and estuarine coastal of Aojiang River

序号 No.	目 Order	科 Family	亚科 Subfamily	种 Genre	分布 Distribution			生态类型 Ecological type
					干流 Trunk stream	河口及近海 Estuarine coastal	文献记录 Documentary Records	
1	真鲨目 Carcharhiniiformes	真鲨科 Carcharhinidae		大吻斜齿鲨 <i>Scoliodon macrorhynchus</i>		+		C, M, 1
2	鲭目	鲭科 Dasyatidae		赤鲭 <i>Dasyatis akajei</i>		+		C, M, 3
3	Myliobatiformes			奈氏鲭 <i>Dasyatis navarrae</i>		+		C, M, 3
4				小眼窄尾鲭 <i>Himantura microphtthalma</i>		+		C, S, 3
5	鳗鲡目	鳗鲡科 Anguillidae		日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	+	+	+	C, M, 1
6	Anguilliformes			花鳗鲡 <i>Anguilla marmorata</i>			+	C, M, 1
7		蛇鳗科 Ophichthidae		尖吻蛇鳗 <i>Ophichthus apicalis</i>		+	+	C, M, 3
8		海鳗科 Muraenesocidae		海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>		+	+	C, M, 3
9	鲱形目	锯腹鲱科		鲱 <i>Ilisha elongata</i>		+	+	C, S, 1
10	Clupeiformes	Pristigasteridae		黑口鲱 <i>Ilisha melastoma</i>		+		C, M, 1
11		鳀科 Engraulidae		日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>		+	+	O, M, 1
12				刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	+	+	+	C, M, 3
13				黄鲫 <i>Setipinna tenuifilis</i>		+	+	C, M, 3
14				赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>		+	+	F, M, 1
15				中颌棱鳀 <i>Thryssa mystax</i>		+	+	F, M, 1
16				康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>			+	C, M, 1
17		鲱科 Clupeidae		鲱 <i>Tenulosa reevesii</i>			+	C, M, 1
18				青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>		+		O, M, 1
19				斑鲹 <i>Konosirus punctatus</i>		+	+	O, M, 1
20	鲤形目	鲤科 Cyprinidae	鱼丹亚科	马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	+		+	C, S, 1
21	Cypriniformes		Danioninae	宽鳍鱲 <i>Zacco platypus</i>	+		+	O, S, 1
22			雅罗鱼亚科	草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	+	+	+	H, M, 2
23			Leuciscinae	青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	+		+	C, M, 2
24				中华细鲫 <i>Aphyocypris chinensis</i>			+	O, S, 1
25				鳊鱼 <i>Elopichthys bambusa</i>			+	C, M, 1
26			鲃亚科	鲃 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+		+	O, S, 1
27			Cultrinae	贝氏鲃 <i>Hemiculter bleekeri</i>	+		+	O, S, 1
28				棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	+		+	O, S, 3
29				大眼华鳊 <i>Sinibrama macrops</i>	+		+	O, S, 2
30				翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	+	+	+	C, S, 2
31				红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	+		+	C, S, 1
32			鲢亚科 Hypophthalmichthyinae	鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	+		+	F, M, 1
33				鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	+		+	F, M, 1
34			鲮亚科 Acheilognathinae	高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>	+		+	O, S, 1
35				中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i>	+		+	O, S, 1
36			鲃亚科	棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	+		+	O, S, 3
37			Gobioninae	唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	+		+	O, S, 1
38				花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>	+		+	O, S, 1
39				长吻鲮 <i>Hemibarbus longirostris</i>	+		+	O, S, 1
40				福建小鰕 <i>Microphysogobio fukiensis</i>	+		+	O, S, 1
41				麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	+		+	O, S, 3
42				黑鳍鳉 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	+		+	O, S, 2
43				华鳉 <i>Sarcocheilichthys sinensis sinensis</i>	+		+	O, S, 2
44				细纹颌须鲈 <i>Gnathopogon taeniellus</i>	+		+	O, S, 2
45				银鲈 <i>Squalidus argentatus</i>	+		+	O, S, 2
46				胡鲈 <i>Huigobio chenhsienensis</i>	+		+	O, S, 2
47				蛇鲈 <i>Saurogobio dabryi dabryi</i>	+		+	O, S, 2

接下表

续表 1

目 Order	科 Family	亚科 Subfamily	种 Genre	分布 Distribution			生态类型 Ecological type
				干流 Trunk stream	河口及近海 Estuarine coastal	文献记录 Documentary Records	
48		鲤亚科	鲫 <i>Carassius auratus</i>	+		+	O,S,3
49		Cyprininae	鲤 <i>Cyprinus carpio haematopterus</i>	+		+	O,S,3
50		鲃亚科	温州光唇鱼 <i>Acrossocheilus wenchowensis</i>	+		+	H,S,2
51		Barbinae	台湾白甲鱼 <i>Onychostoma barbatulum</i>	+		+	O,S,2
52	花鮡科	Cobitidae	中华花鮡 <i>Cobitis sinensis</i>	+		+	O,S,3
53			薄鮡 <i>Leptobotia pellegrini</i>	+		+	O,S,3
54			泥鮡 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+		+	O,S,3
55	爬鮡科	Balitoridae	拟腹吸鮡 <i>Pseudogastromyzon fasciatus fasciatus</i>	+		+	H,S,3
56			原缨口鮡 <i>Vanmanenia stenosoma</i>	+		+	H,S,3
57	鲇形目	鲇科	鲇 <i>Silurus asotus</i>	+		+	C,S,3
58	Siluriformes	胡子鲇科	胡子鲇 <i>Clarias fuscus</i>	+		+	C,S,3
59		海鲇科	海鲇 <i>Arius thalassina</i>		+	+	C,S,3
60		鲢科	粗唇鲢 <i>Leiocassis crassilabris</i>	+		+	C,S,3
61			黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+		+	C,S,3
62			白边拟鲢 <i>Pseudobagrus albomarginatus</i>	+		+	C,S,3
63			盎堂拟鲢 <i>Pseudobagrus ondon</i>	+		+	C,S,3
64			条纹拟鲢 <i>Pseudobagrus taeniatus</i>	+		+	C,S,3
65	胡瓜鱼目	胡瓜鱼科	香鱼 <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>			+	H,M,3
66	Osmeriformes		大银鱼 <i>Protosalanx chinensis</i>	+	+	+	O,M,1
67			陈氏新银鱼 <i>Neosalanx tangkahkeii</i>	+	+	+	O,M,1
68			有明银鱼 <i>Salanx ariakensis</i>	+	+	+	O,M,1
69	仙女鱼目	狗母鱼科	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>		+	+	C,M,2
70	鲮形目	鲮科	鲮 <i>Mugil cephalus</i>	+	+	+	O,M,2
71	颌针鱼目	鱮科	日本下鱮鱼 <i>Hyporhamphus sajori</i>		+	+	C,M,1
72	Beloniformes	颌针鱼科	黑背圆颌针鱼 <i>Tylosurus acus melanotus</i>		+	+	C,M,1
73	鲮形目	胎鲮科	食蚊鲮 <i>Gambusia affinis</i>	+			O,S,1
74	合鳃鱼目	合鳃鱼科	黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	+		+	C,S,3
75	鲉形目	鲉科	棘绿鲈鱼 <i>Chelidonichthys spinosus</i>		+	+	C,M,3
76	Scorpaeniformes	鲷科	棘线鲷 <i>Grammolites scaber</i>		+	+	C,M,3
77	鲈形目	鲈科	中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>		+	+	C,M,1
78	Perciformes		斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	+		+	C,S,1
79		鱮科	多鳞鱮 <i>Sillago sihama</i>		+	+	C,S,3
80		鲷科	黄鳍棘鲷 <i>Acanthopagrus latus</i>		+	+	C,M,3
81		马鲛科	四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>		+	+	C,M,3
82			六指多指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i>		+	+	C,M,3
83		石首鱼科	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus Houttuyn</i>		+	+	C,M,2
84			棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>		+	+	C,S,3
85			皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>		+	+	C,S,3
86			大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>		+	+	C,M,3
87			小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>		+	+	C,M,3
88			鲞 <i>Müchthys miiuy</i>		+	+	C,S,3
89			黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>		+	+	C,S,2
90			尖头黄鳍牙鲷 <i>Chrysochir aureus</i>		+	+	C,S,3
91			丁氏鲷 <i>Wak tingi</i>		+	+	C,S,3
92	丽鱼科	Cichlidae	莫桑比克口孵非鲫 <i>Oreochromis mossambicus</i>	+			H,S,1
93	海鲫科	Embiotocidae	海鲫 <i>Ditrema temmincki</i>		+	+	C,S,3
94	沙塘鳢科	Odontobutidae	河川沙塘鳢 <i>Odontobutis potamophila</i>		+	+	C,S,2
95	塘鳢科	Eleotridae	乌塘鳢 <i>Bostrychus sinensis</i>		+	+	C,M,3
96			尖头塘鳢 <i>Eleotris oxycephala</i>	+	+	+	C,S,2
97	鰕虎鱼科	Gobiidae	中华尖牙鰕虎鱼 <i>Apocryptichthys sericus</i>		+	+	O,M,3

接下表

续表 1

目 Order	科 Family	亚科 Subfamily	种 Genre	分布 Distribution			生态类型 Ecological type
				干流 Trunk stream	河口及近海 Estuarine coastal	文献记录 Documentary Records	
98			中华栉孔鰕虎 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i>		+	+	O, M, 3
99			拉氏狼牙鰕虎 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>			+	H, M, 3
100			子陵吻鰕虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	+			C, M, 3
101			矛尾复鰕虎鱼 <i>Synechogobius hasta</i>		+	+	C, M, 3
102			斑尾复鰕虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>		+	+	C, M, 3
103			纹缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger trignocephalus</i>		+	+	C, M, 3
104			弹涂鱼 <i>Periophthalmus modestus</i>		+	+	O, M, 3
105			大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>		+	+	H, M, 3
106	金钱鱼科 Scatophagi- dae		金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>		+	+	C, M, 1
107	带鱼科 Trichiuridae		带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>		+	+	C, M, 2
108	长鲳科 Centrolophidae		刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>		+	+	C, M, 2
109	鲳科 Stromateidae		银鲳 <i>Pampus argenteus</i>		+	+	C, M, 2
110	斗鱼科 Osphronemidae		圆尾斗鱼 <i>Macropodus chinensis</i>	+			O, S, 1
111			叉尾斗鱼 <i>Macropodus opercularis</i>	+			O, S, 1
112	鳢科 Channidae		乌鳢 <i>Channa argus</i>		+	+	C, S, 3
113	鳎形目 舌鳎科 Cynoglossidae		焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>		+	+	C, M, 3
114	Pleuronectiformes		大鳞舌鳎 <i>Cynoglossus macrolepidotus</i>		+	+	C, M, 3
115	鲀形目 Tetraodont- iformes	单角鲀科 Monacanthi- dae	绿鳍马面鲀 <i>Thamnaconus septentrionalis</i>		+	+	C, S, 3
116		鲀科 Tetraodontoidae	虫纹多纪鲀 <i>Takifugu vermicularis</i>			+	C, M, 3
117			弓斑多纪鲀 <i>Takifugu ocellatus</i>		+	+	C, M, 3
118			暗色多纪鲀 <i>Takifugu fasciatus</i>			+	C, M, 2
119			双斑多纪鲀 <i>Takifugu bimaculatus</i>			+	C, M, 3

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

Note: F: Filter-feeder; C: Carnivore; H: Herbivore; O: Omnivore; M: migratory; S: Sedentary; 1: pelagic fishes; 2: Middle-lower fishes; 3: demersal fishes

表 2 鳌江干流及河口段鱼类前 7 位组成

Table 2 Composition of top seven species of the trunk stream and estuarine coastal of Aojiang River %

干流段 Trunk stream		河口段 Estuarine coastal	
种类 Specie	所占比例 Proportion	种类 Specie	所占比例 Proportion
宽鳍鱻	53.32	拉氏狼牙鰕虎鱼	27.97
子陵吻鰕虎鱼	11.03	棘头梅童鱼	19.29
中华花鳉	6.96	中华栉孔鰕虎鱼	9.60
麦穗鱼	6.88	龙头鱼	8.71
鲫鱼	5.27	中国花鲈	7.15
细纹颌须鲷	5.05	尖头黄鳍牙	4.85
盎莹拟鲮	1.62	小黄鱼	4.35
合计	90.12	合计	81.91

2.3 鱼类物种多样性指数分析 多样性指数(H)从种群数和种群个体数的均匀性两方面衡量群落结构,是反映群落结构稳定的重要指标,群落物种越丰富,各种类个体数越均匀,则多样性指数高,群落越稳定。

综合现有渔获物数据,得出鳌江干流 Shannon - Weiner 多样性指数(H)为 1.80,鳌江口为 2.52。Pielouvennes 均匀性指数(E)干流为 0.50,鳌江口为 0.63。

2.4 鳌江鱼类生态类型 生态习性为生物与环境长期相互作用下形成的固有适应属性。按生态习性将鳌江鱼类分为洄游性和定居性 2 种生态类型,定居性鱼类 60 种,占总数的 50.9%,洄游性鱼类 57 种,占总数的 49.1%;按营养结构(食性)分为滤食性、肉食性、植食性和杂食性 4 种,且肉食性

> 杂食性 > 植食性 > 滤食性,肉食性鱼类 68 种,占总数的 56.9%,杂食性鱼类 39 种,占总数的 33.6%;按栖息习性分为中上层、中下层和底栖 3 种类型,中上层鱼类 37 种,中下层 23 种,底栖鱼类 56 种(图 2)。鱼类在不同水层的分布,有利于充分利用水体食物资源,从而也有利于鱼类多样性的维持。鳌江底栖鱼类占有较高的比例,预示河流底质环境的改变对鳌江鱼类种类和资源造成较大影响。鳌江鱼类生态类型多样,且各种栖息类型与食性类型都有明显的优势种群,多样的栖息类型与食性结构有利于保护区鱼类多样性的稳定。

3 危害鳌江鱼类资源的因素

与历史资料对比,鳌江的渔获物产量、种类组成和规格发生了一些改变,鳌江流域鱼类种类略有降低,优势种组成及比例也有所不同,生物多样性总体来说也有所降低,群落结构趋于简单化,而造成这些变化的原因不可否认与生态环境变化和人为因素有关。

3.1 资源滥用 近几年来,渔民对鳌江鱼类资源的捕捞强度逐年增加,捕捞工具逐步现代化,而且捕捞手段多样化,网眼规格越来越小。有害、过密、过强的捕捞,使得天然渔业资源补充不足,产量连年下降,鱼类物种数目降低。频频出现毒鱼、电鱼等不正当的捕捞方法,造成大量未繁殖的亲鱼及幼鱼被捕捞,鱼类种群多样性下降,小型化、低龄化现象严重。

3.2 水质污染和富营养化 随着人口的增长和经济社会的

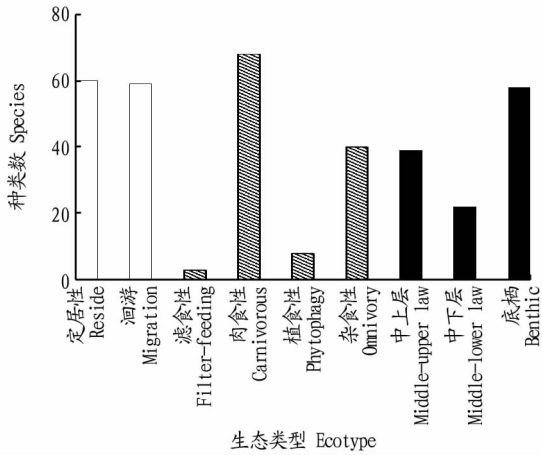


图2 鳌江鱼类生态类型

Fig.2 Ecology type of fish in Aojiang River

迅速发展,越来越多的生活污水和工农业废水被排放到天然水域中,导致江河水体污染程度日益加剧,鱼类的生存环境不断恶化。其中,平阳县的大量制革废水和生活污水排入鳌江,导致鳌江水质污染,严重影响鱼类的生存,鱼类多样性受到了很大的影响^[29]。

3.3 水利工程的建设 水利工程建设会使江河生态环境碎片化,鱼类洄游路径阻断,水文环境发生灾变等,进而使得鱼类群落结构发生极大变化。大坝和水闸的修建切断了鱼类的洄游通道,阻断或延迟其溯河洄游,使鱼类的生长、繁殖、摄食等正常活动受到阻碍,影响种群的补充量,从而使某一个生命周期阶段依赖于沿河流连续一体纵向迁移的鱼类衰退甚至灭绝。例如新安江大坝阻断洄游,鱼类种类由107种下降到83种^[30]。

3.4 航运、采砂威胁水生生物的生存 鳌江采砂作业^[31]、航运对鱼类栖息环境的破坏和干扰频繁。在这种干扰和变化相对紊乱的复杂环境下,导致优势种组成较单一。航运和采砂不仅对大型水生生物造成直接伤害,如航行和挖沙船产生的水下噪声,干扰和损害水生生物的听觉系统,还改变水下地形,破坏水生生物的栖息地和产卵场,改变水体力学条件导致水体混浊,影响水生生物的生长发育。

4 保护建议

4.1 加强水利工程的生态恢复设施建设 相关部门可深入分析水利水电工程的特性,对水电工程以水土保持、植被恢复为基础的生态恢复进行初步探索研究,可借鉴水利水电工程常用生态整治方法——景观生态恢复^[32],根据各区的功能与地理地质条件和生态系统退化程度规划与设计,注重生产、生态和社会效益有机结合,并考虑到各功能区的联结性,增加生态的整体性,同时严格按照恢复生态学原理和方法制定生态恢复目标^[33],既满足项目区的生产、经济、文化与生活需要,又需要具有一定的生态结构和生态功能,建立出一种与自然相和谐的人工生态系统,切实改善两流域水利水电工程在建设中不重视植被破坏、水土流失、水资源不正当使用等自然环境问题^[34]。

4.2 保护流域环境 严格控制污水排放,有关部门应建立

和完善污水处理系统,控制工厂和居民区污水的排放数量,加大对乱排乱放的惩罚力度,建立有效的污水处理管理机制等。有针对性地治理鳌江的生态环境,如鳌江工业重镇水头、萧江,环境污染相对比较严重^[35],应强化工业污染治理,严格控制污染排放,确保人民饮水安全,使鳌江干流和各小流域水质基本达到标准要求,改善各塘河水水质富营养化状况,使大部分河网水质基本达到水功能区目标。

4.3 严格控制捕捞强度及航运活动 合理捕捞是稳定渔业产量、保持资源可持续发展和鱼类多样性的重要手段。严格执行禁捕休渔制度,严格控制捕捞强度和捕捞规格^[36],切实做好重要土著鱼类资源的繁殖保护,采取进一步加强渔政管理强度、取缔非法渔具以及延长库区禁渔时间甚至在一定年份内采取全面禁渔等措施。同时限制航运活动,设立禁航区禁止大型航运船舶的活动范围,严格控制采砂活动,取缔水生生物活动区域内的采砂行为。

4.4 人工增殖放流 人工增殖和放流是保护濒危鱼类的有效措施,在经过科学论述的基础上,对已经消失或者现在种群数量稀少的重要经济鱼类,通过人工繁育苗种,将苗种直接放入鳌江补充野生种群数量,使其种群数量得到恢复。而这方面的资金投入除依靠政府部门扶持外,相关开发公司也要从经营所得利润中留出资源增殖基金,共同做好人工放流增殖工作。

参考文献

- [1] 王光铭. 鳌江志[M]. 北京:中华书局,1999.
- [2] 李思临. 鳌江水质污染特征及防治对策[J]. 环境监测管理与技术,2004,16(4):24-25.
- [3] 周志明. 鳌江的鱼类区系及资源利用意见[J]. 动物学杂志,1987(4):18-20.
- [4] BECHTEL T, COPELAND B. Fish species diversity indices as indicators of pollution in Galveston Bay, Texas[J]. Contributions in marine science, 1970, 15:103.
- [5] HILLMAN R E, DAVIS N W, WENNEMER J. Abundance, diversity, and stability in shore-zone fish communities in an area of Long Island Sound affected by the thermal discharge of a nuclear power station[J]. Estuarine & coastal marine science, 1977, 5(3):355-381.
- [6] GETABU A, TUMWEBAZE R, MACLENNAN D N. Spatial distribution and temporal changes in the fish populations of Lake Victoria[J]. Aquatic living resources, 2003, 16(3):159-165.
- [7] PENCZAK T, GŁOWACKI Ł, GALICKA W, et al. A long-term study (1985-1995) of fish populations in the impounded Warta River, Poland[J]. Hydrobiologia, 1998, 368(1/2/3):157-173.
- [8] 张党民,何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [9] 陈宜瑜. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目:中卷[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [10] 乐佩琦. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目:下卷[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [11] 褚新洛. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲇形目[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [12] 张春光. 中国动物志 硬骨鱼纲 鳊鲌目 背棘鱼目[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [13] 陈素芝. 中国动物志 硬骨鱼纲 灯笼鱼目 鲸口鱼目 骨舌鱼目[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [14] 李思忠. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲷形目[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [15] 张世义. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲱形目 海鲢目 鲱形目 鼠鲱目[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [16] 伍汉霖. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲈形目(五) 虾虎鱼亚目[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [17] 苏锦祥. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲈形目 海蛾鱼目 喉盘鱼目 鲛鲷目[M]. 北京:科学出版社,2002.

0.09)mm,远大于齐口裂腹鱼^[5](2.9~3.0 mm)、短须裂腹鱼^[6](2.70 mm)、细鳞裂腹鱼^[12](2.6~3.0 mm)等,说明长丝裂腹鱼较大的卵一定程度上弥补了其孵化时间长带来的存活压力。长丝裂腹鱼的胚胎发育经历胚盘隆起、卵裂、囊胚期、原肠胚期、神经胚期、器官形成期6个时期,与已报道的裂腹鱼属其他种类相同,但时期经历的时间存在差异^[8-13],这可能是不同种类裂腹鱼对环境长期适应的结果。

表2 部分裂腹鱼属鱼类胚胎发育水温的比较

Table 2 The water temperature comparison of embryonic development in some fishes of *Schizothorax*

种类 Species	胚胎发育水温 Water temperature for embryonic development//°C	参考文献 Reference
塔里木裂腹鱼 <i>Schizothorax biddulphi</i>	14~19	[8]
四川裂腹鱼 <i>Schizothorax kozlovi</i> Nikolsky	16.35	[9]
小裂腹鱼 <i>Schizothorax parvus</i> T sao	10.0~15.1	[10]
云南裂腹鱼 <i>Schizothorax yunnanensis</i>	12.5~14.8	[11]
齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i>	16.8	[5]
细鳞裂腹鱼 <i>Schizothorax chong</i>	17±1	[12]
伊犁裂腹鱼 <i>Schizothorax pseudaksaiensis</i> Herzenstein	19~21	[13]
短须裂腹鱼 <i>Schizothorax wangchiachii</i>	13~18	[6]
长丝裂腹鱼 <i>S. dolichonema</i>	10.0~16.5	该试验

3.3 与其他裂腹鱼类的仔稚鱼生长比较 该研究发现,长丝裂腹鱼仔稚鱼早期生长可大致分3个阶段:第一阶段为出膜前6d的卵黄囊快速吸收期,历时与短须裂腹鱼^[6]、细鳞裂腹鱼^[12]等裂腹鱼基本一致,这个阶段卵黄物质的快速利用恰好与鳃、消化道和视觉器官等的分化与发育同步,表明卵黄营养物质主要用于身体前端器官的分化和发育;第二阶

段为慢速生长期,时间为出膜后第8~15天的混合营养期,比短须裂腹鱼的6~9d明显延长^[6];第三阶段是第16天后的外源性营养期,此阶段仔鱼其活动水平及摄食强度增加,生长迅速。鱼类营养方式从内源性向外源性转换的过渡时期,也是仔鱼育苗过程中的关键时期,往往由于各种原因而造成死亡率极高,长丝裂腹鱼较长的混合营养期是对低温环境的长期适应的结果。

参考文献

- [1] 丁瑞华. 四川鱼类志[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994:365-366.
- [2] 郑怀平. 鱼类早期生活史的营养与摄食[J]. 盐城工学院学报,1999,12(3):63-64.
- [3] 赵树海,杨光清,宝建红,等. 长丝裂腹鱼全人工繁殖试验[J]. 水生态学杂志,2016,37(4):101-104.
- [4] 张沙龙. 长丝裂腹鱼和短须裂腹鱼的游泳能力和游泳行为研究[D]. 武汉:华中农业大学,2014.
- [5] 吴青,王强,蔡礼明,等. 齐口裂腹鱼的胚胎发育和仔鱼的早期发育[J]. 大连水产学院学报,2004,19(3):218-221.
- [6] 甘维熊,王红梅,邓龙君,等. 雅砻江短须裂腹鱼胚胎和卵黄囊仔鱼的形态发育[J]. 动物学杂志,2016,51(2):253-260.
- [7] 孙濡冰,李博,诸葛阳. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社,1993.
- [8] 张人铭,马燕武,吐尔逊,等. 塔里木裂腹鱼胚胎和仔鱼发育的观察[J]. 水利渔业,2007,27(2):27-28.
- [9] 陈永祥,罗泉笙. 乌江上游四川裂腹鱼的胚胎发育[J]. 四川动物,1997,16(4):163-167.
- [10] 冷云,徐伟毅,刘跃天,等. 小裂腹鱼胚胎发育的观察[J]. 水利渔业,2006,26(1):32-33.
- [11] 刘跃天,徐伟毅,冷云,等. 云南裂腹鱼人工繁殖初步研究[J]. 淡水渔业,2002,32(5):6-7.
- [12] 陈礼强,吴青,郑曙明,等. 细鳞裂腹鱼胚胎和卵黄囊仔鱼的发育[J]. 中国水产科学,2008,15(6):927-931.
- [13] 蔡林钢,牛建功,张兆平,等. 伊犁裂腹鱼胚胎及早期仔鱼发育的观察[J]. 淡水渔业,2011,41(5):72-77.
- [14] ZACHARIA S, KAKATS V S. Optimal salinity and temperature for early developmental stages of *Penaeus merguensis* De man[J]. Aquaculture, 2004,232(1/2/3/4):373-382.
- [15] 曹振东,谢小军. 温度对南方姑胚发育的影响[J]. 生态学报,1994,14(10):73-76.
- [18] 张洪亮,宋之琦,潘国良,等. 浙江南部近海春季鱼类多样性分析[J]. 海洋与湖沼,2013,44(1):126-134.
- [19] 李恩临. 鳌江水污染特征及防治对策[J]. 环境监测管理与技术,2004,16(4):24-25.
- [20] ZHONG Y G, POWER G. Environmental impacts of hydroelectric projects on fish resources in China[J]. River research & applications, 2015,12(1):81-98.
- [21] 倪立建,蔡德迪. 鳌江流域采砂活动对河流及涉水工程的影响分析[J]. 浙江水利科技,2012(2):63-64.
- [22] 曾旭,陈芳清,许文年,等. 大型水利水电工程扰动区植被的生态恢复:以向家坝水电工程为例[J]. 长江流域资源与环境,2009,18(11):1074-1079.
- [23] 任海,彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [24] 夏萍娟,陈芳清. 大型水利水电工程扰动区景观生态恢复与建设的探讨[J]. 长江流域资源与环境,2013,21(S1):103-107.
- [25] 蔡舒晨,徐毅帆,杨进可. 关于鳌江流域治理的实践与思考[J]. 金田(励志),2012(9):1-2.
- [26] 王芸. 我国海洋渔业捕捞配额制度研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.

(上接第114页)

- [18] 朱元鼎. 中国动物志圆口纲 软骨鱼纲[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [19] 陈志俭,艾为明,周志明,等. 楠溪江鱼类图谱[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2016.
- [20] 刘敏,陈骁,杨圣云. 中国福建南部海洋鱼类图鉴:第一卷[M]. 北京:海洋出版社,2013.
- [21] 刘敏,陈骁,杨圣云. 中国福建南部海洋鱼类图鉴:第二卷[M]. 北京:海洋出版社,2014.
- [22] 毛节荣,徐寿山. 浙江动物志(淡水鱼类)[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1991.
- [23] 伍汉霖,邵广昭,赖春福,等. 拉汉世界鱼类系统名典[M]. 台湾:台湾水产出版社,2012.
- [24] 张春光,赵亚辉. 中国内陆鱼类物种与分布[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [25] 李振基,陈小麟,郑海雷. 生态学[M]. 2版. 北京:科学出版社,2004.
- [26] SHANNON C E, WEAVER W, WIENER N. The mathematical theory of communication [M]. Illinois:University of Illinois Press,1949.
- [27] PIELOU E C. Ecological diversity[M]. New York:John Wiley,1975:1-165.