

# 曹娥江流域鱼类资源调查

陈超,余理睿,冯志政,金叶飞,祝尧荣,任岗

(绍兴文理学院生命科学学院,浙江省绍兴 312000)

**摘要:**调查评估鱼类资源,分析鱼类资源变动的原因,可为鱼类资源保护提供科学依据。近 30 年来曹娥江流域水利工程建设、水质环境、渔业捕捞等影响鱼类生存的环境因素发生了较大的改变,迫切需要对流域内的鱼类资源现状重新调查研究。2015-2018 年,在曹娥江上中下游 9 个采集点,利用流刺网和地笼捕捞鱼类并鉴定分析。结果表明,调查共获得鱼类 105 种,隶属于 13 目 26 科;其中,鲤形目种类最多,为 65 种,占总种类数的 61.90%,优势种为鲢、麦穗鱼和子陵吻虾虎鱼。曹娥江水域鱼类群落 Shannon-Wiener 多样性指数为 1.9718, Simpson 优势度指数为 0.3297, Pielou 均匀度指数为 0.4237, Margalef 种类丰富度指数为 10.5741。与历史记载比较,本次调查获得鱼类中肉食性鱼类比例减少、杂食性鱼类比例增加, Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielous 均匀度指数下降,鱼类群落结构的复杂性和稳定性降低,鱼类多样性下降。曹娥江流域鱼类资源保护措施建议:截流控制各类废污水,科学调度水利工程,加强渔业管理,调整放流鱼类种类,加大土著肉食性鱼类和经济鱼类放流。

**关键词:**曹娥江;鱼类资源调查;生物多样性;资源保护

**中图分类号:**S932.4   **文献标志码:**A   **文章编号:**1674-3075(2020)06-0113-09

曹娥江是钱塘江主要支流,发源于金华磐安县大盘山脉长坞,自南而北流经新昌县、嵊州市、上虞区、柯桥区,在绍兴三江口经曹娥江大坝注入杭州湾,是浙江省八大水系之一,也是绍兴市的母亲河。主流全长 197 km,流域总面积 6 080 km<sup>2</sup>,其中绍兴市境内面积 5 169 km<sup>2</sup>,占全市总面积的 62.6%(钱塘江志编纂委员会,1998)。曹娥江的主要支流有长乐江、澄潭江、新昌江、黄泽江等,受潮汐影响较大,自 2008 年曹娥江大坝建成后成为内陆型河流。

根据《浙江动物志·淡水鱼类》(毛节荣,1991)记载,20 世纪 90 年代,曹娥江流域分布鱼类有 14 目 27 科 107 种,资源丰富。近 30 年来,由于经济社会的快速发展,水质污染、过度捕捞、水利工程建设等原因大大改变了曹娥江流域鱼类的栖息生境,对鱼类的种类组成、群落结构和生物多样性均产生了显著的影响,中华鲟、鳢、松江鲈等不少珍贵鱼类濒临灭绝,渔业资源量急剧下降。然而,近 30 年来还未有研究者对曹娥江流域的鱼类资源再次开展全面系统的调查,该流域的鱼类资源状况尚不清楚。本

研究于 2015-2018 年对曹娥江流域的鱼类资源进行了调查评估,分析鱼类资源变动的原因,以期开展合理的鱼类资源保护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集与调查

2015 年 5 月至 2018 年 11 月进行样品采集与调查,共设置 9 个采集点,分别为上游的镜岭、甘霖、长沼、黄泽,中游的仙岩、三界、上浦,下游的沥海、滨海(图 1)。样品采集主要在当地渔民协助下利用流刺网和地笼进行鱼类捕捞。所有渔获物冰冻保存,当天运回实验室并及时进行种类鉴定、测定。

### 1.2 鱼类种类鉴定

鱼类的种类鉴定主要依据《中国鱼类系统检索》(成庆泰和郑葆珊,1987)、《中国鲤科鱼类志》(伍献文,1977)以及《浙江省动物志·淡水鱼类》(毛节荣,1991),食性分类按《中国淡水鱼类原色图集》(农业部水产司和中国科学院水生生物研究所,1993)分为昆虫食性、食鱼性、软体动物食性、碎屑食性、无脊椎动物食性、杂食性、植食性、浮游动物食性等 8 种类型。

### 1.3 生物多样性分析

鱼类生物多样性分析采用 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )(Shannon et al, 1963)、Simpson 优势度指数( $\lambda$ )(Hunter et al, 1998)、Pielou 均匀度指数( $J'$ )(Pielou, 1967)、Margalef 丰富度指数( $D$ )

收稿日期:2019-06-19

基金项目:绍兴市科技计划项目(2018C20011);浙江省公益性技术应用研究计划(LGN19C130003)。

作者简介:陈超,1997 年生,男,硕士研究生,从事水生生物学研究。E-mail: 845407261@qq.com

通信作者:任岗,主要从事水生动物保护和利用研究。E-mail: reng@usx.edu.cn

(Margalef,1958)。相对重要性指数(Relative Important Index, *IRI*)的计算参考 Pinkas 等(1971)。

$$IRI=(N+W)F$$

①

式中, *N* 为渔获物中某种类的数量百分数, *W* 为某种类的重量百分数, *F* 为某种类在采样地出现频率。 *IRI* > 1000 为优势种, 500 < *IRI* < 1000 为重要种, 100 < *IRI* < 500 为常见种, 10 < *IRI* < 100 为一般种, *IRI* < 10 为少见种。

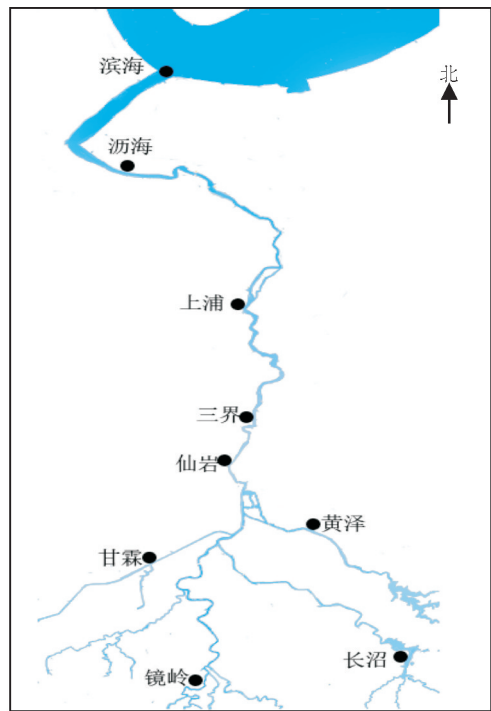


图1 曹娥江流域鱼类资源调查采集地点设置  
Fig.1 Location of the sampling sites for fish resource investigation in Cao'e River

2 结果与分析

2.1 曹娥江流域鱼类种类组成

调查共获得曹娥江流域鱼类 18 682 尾, 隶属 13 目 26 科 105 种(表 1)。其中, 鲤形目鱼类种类最多, 为 65 种, 占总物种数的 61.90%; 其次是鲈形目 17 种, 占 16.19%; 鲇形目 10 种, 占 9.52%; 鲱形目、鲹形目各 2 种, 各占 1.90%; 鲟形目、合鳃鱼目、鳊鲃目、颌针鱼目、仙女鱼目、鲮形目、鲟形目各 1 种, 各占 0.95%。鲤科鱼类最多, 有 60 种, 占总物种数的 57.14%; 鳊科次之, 8 种, 占 7.62%; 鳅科、鰕虎鱼科各 5 种, 各占 4.76%; 鳊科、刺鳅科、沙塘鳢科、石首鱼科、丝足鲈科、鲴科均为 2 种, 各占 1.90%; 舌鳎科、鳊科、鳊科、平鳍鳅科、鲟科、合鳃鱼科、海鲢科、合齿鱼科、鳢科、马鲛科、塘鳢科、鲃科、真鲈科、狼鲈科、异鲈科均为 1 种, 各占 0.95%。

2.2 曹娥江鱼类生物多样性

曹娥江流域鱼类的 Shannon-Wiener 多样性指数为 1.9718, Simpson 优势度指数为 0.3297, Pielous 均匀度指数为 0.4237, Margalef 种类丰富度指数为 10.5741。相对重要性指数计算结果表明曹娥江水域的鱼类优势种为鲢、麦穗鱼和子陵吻鰕虎鱼 3 种, 常见种或重要种为刀鲚等 32 种, 一般种或罕见种为日本鳊等 70 种。

曹娥江各江段多样性指数存在差异, 上游(1.0852~1.4504)与中游(1.2898~1.4533)接近, 但都低于下游(1.8174~2.5824)。优势度指数, 上游(0.4094~0.4921)、中游(0.4516~0.4803)高于下游(0.0884~0.3150)。均匀度指数, 上游(0.2760~0.3810)与中游(0.3219~0.3512)接近, 但略低于下游(0.5419~0.9621)。种类丰富度指数, 上游(5.0332~7.4378)、中游(6.1554~9.2427)略高于下游(3.2957~7.8191)。与记载结果(毛节荣, 1991)相比, 本次调查的曹娥江流域鱼类生物多样性(1.9718)低于记载结果(2.1669), 优势度指数(0.3297)高于记载结果(0.2364), 均匀度(0.4237)低于记载结果(0.4592)(表 2)。

根据鱼类生活史中, 主要阶段所栖息的水域不同(蒋以洁, 1985), 可将曹娥江鱼类大致分为湖泊型、溪流型和洄游型 3 种生态类型, 见表 3。

本次调查在甘霖采样点共采集到鱼类 32 种, 以河川沙塘鳢(*O. potamophila*)、鲈(*H. leucisculus*)、宽鳍鳊(*Z. platypus*)为优势种, 数量分别占该采样点渔获物总数的 27.70%、11.20%、11.84%, 合计重量占该采样点总重量的 29.02%, 个体平均体重为 18.02 g, 以小型个体为主。

长沼共采集到鱼类 50 种, 以宽鳍鳊、鲢(*H. molitrix*)、银鲈(*P. sinensis*)为优势种, 数量分别占该采样点渔获物总数的 3.58%、14.87%、11.29%, 合计重量占该采样点总重量的 42.76%, 渔获物个体平均体重为 8.69 g, 鱼类以小型个体为主。

镜岭采样点共采集到鱼类 51 种, 以麦穗鱼(*P. parva*)、宽鳍鳊、嵊县胡鲈(*H. chenhsiensis* Fan)为优势种, 数量分别占 32.93%、11.35%、7.85%, 合计重量占该采样点总重量的 15.64%, 个体平均体重为 7.41 g, 以小型个体为主。

黄泽采样点共采集到鱼类 45 种, 以河川沙塘鳢(*O. potamophila*)、大眼华鳊(*S. macrops*)、银鲈(*S. argentatus*)为优势种, 数量分别占该采样点渔获总数的 13.67%、13.16%、8.45%, 合计重量占

19.97%, 渔获物个体平均体重为 12.44 g, 鱼类以小型个体为主, 开始出现中型鱼类。

仙岩采样点共采集到鱼类 47 种, 以子陵吻虾虎鱼(*R. giurinus*)、银鮡、青梢鮠(*C. dabryi*)为优势种, 数量占该采样点总数的 30.57%、11.36%、9.03%, 合计重量占 14.48%, 渔获物个体平均体重为 24.19 g, 以小型鱼类为主, 也有中型鱼类, 并且出现了洄游型鱼类。

三界采样点共采集到鱼类 71 种, 以似鳊(*P. simoni*)、银鮡、子陵吻虾虎鱼为优势种, 数量分别占 16.00%、13.16%、13.05%, 合计重量占 21.68%, 渔获物个体平均体重为 14.26 g, 以小型鱼类为主, 也存在中型鱼类和洄游型鱼类。

上浦采样点共采集到鱼类 62 种, 以蒙古鲌(*C. mongolicus*)、青梢鮠、黄尾鲴为优势种, 数量分别占 2.92%、1.88%、3.12%, 合计重量占 51.02%, 渔获物个体平均体重为 55.51 g, 以小型鱼类为主, 优势种蒙古鲌及部分鱼类如日本鳊(*A. japonica*)的捕捞个体相对较大。

沥海江段共采集到鱼类 65 种, 以子陵吻虾虎鱼、光泽黄颡鱼(*P. nitidus*)、麦穗鱼为优势种, 数量分别占 42.54%、12.52%、9.14%, 合计重量占 54.12%, 渔获物个体平均体重为 7.47 g, 以小型鱼类为主。

滨海江段共采集到鱼类 21 种, 以鲮(*M. cephalus*)、鲮(*L. haematocheila*)、中国花鲈(*L. maculatus*)为优势种, 数量分别占 6.94%、6.48%、11.80%, 合计重量占 77.58%, 渔获物个体平均体重为 106.60 g, 鱼类以中型个体鱼类和洄游型鱼类为主。

### 3 讨论

#### 3.1 曹娥江流域鱼类种类组成、食性特征与优势种

《浙江省动物志·淡水鱼类》(毛节荣, 1991)记录曹娥江流域 20 世纪 80 年代末鱼类资源有 14 目 27 科 107 种。本次调查到 13 目 26 科 105 种, 未能发现记载鱼类 21 种, 如鲤科雅罗鱼亚科的鳊、鳊鲃亚科的长须鳊、杜父鱼科的松江鲈、鲚科的中华花布鲚等珍稀鱼种。自曹娥江上游至下游, 湖泊型鱼类比例上升, 溪流型鱼类比例下降, 中游开始出现洄游型鱼类, 这符合曹娥江上游属于山溪性河流, 中游、下游受潮汐影响的特征(吴勇, 2019)。

工农业、生活污水污染是多年来破坏曹娥江水

域栖息地环境的主要原因之一, 对鱼类的生存构成威胁, 特别是对一些环境敏感鱼类影响严重。曹娥江上游江段如长乐江(甘霖)、新昌江(长沼)、黄泽江(黄泽)的水质曾受到了不同程度的污染, 已不能完全满足水功能区的水质要求(王素娜, 2005), 甚至某些江段属于 V 类水质(陈丁江, 2007), 导致珍稀鱼类的数量减少甚至消失。目前曹娥江流域上游或支流已先后建造了长诏水库、南山水库、小舜江水库、钦寸水库等多座大中型水利工程和上浦闸、清风闸等拦水坝, 造成水系连通性下降, 破坏了原有的自然环境, 尤其是 2008 年曹娥江大坝建成以来, 更是对流域鱼类种群结构造成了重大影响。大坝建成后, 曹娥江由外江变成了内河, 与钱塘江之间的鱼类洄游和种群交流产生了一定程度的阻隔, 也对鱼类的数量和种类造成一定的影响。与曹娥江中、下游相比, 上游江段鱼类大多为溪流型, 也存在湖泊型鱼类如麦穗鱼。镜岭采样点所在的澄潭江还没有大型水利工程, 其优势种鱼类仍保持为溪流型, 甘霖所在的长乐江拦水坝较多, 所以优势种鱼类中有湖泊型。在长沼采样点中鲢是优势种, 可能与水库中鲢作为主要增殖放流鱼类有关。水利工程的建设改变了河流原有的水文条件, 如水域由溪流型流水环境变成湖泊型静缓水环境, 影响了鱼类的繁衍栖息, 溪流型鱼类由于产卵场被破坏, 导致繁殖期推迟、生长期缩短, 使溪流型鱼类数量减少, 湖泊型鱼类数量增加(朱瑶, 2005; 李陈, 2012; 林丹军等, 2009)。

本次研究调查新发现鲤科西湖银鮡等 19 种, 还发现了珍稀物种鲟形目的中华鲟。从鱼类食性来看, 《浙江动物志·淡水鱼类》(毛节荣, 1991)记载曹娥江水域食鱼性鱼类 34 种、杂食性鱼类 44 种, 而本次调查曹娥江流域食鱼性鱼类为 28 种, 杂食性鱼类 44 种。可见曹娥江流域肉食性鱼类比例降低, 杂食性鱼类比例上升。食性分析和比较是揭示水域生物群落结构的重要途径(夏建宏等, 2009)。研究表明, 食鱼性鱼类比例的降低, 以及杂食性鱼类比例的上升都是水域环境质量下降的典型表现(Karr, 1986)。曹娥江杂食性鱼类比例: 上游(42.22%~46.00%), 中游(39.44%~40.42%), 下游(33.33%~44.61%); 食鱼性鱼类比例: 上游(15.69%~22.22%), 中游(22.54%~27.66%), 下游(26.15%~47.62%)。以长沼、沥海两地为例, 长沼食鱼性鱼类的比例为 18.00%, 低于沥海的 26.15%, 而杂食性鱼类的比例为 46.00%, 高于滨海

表 1 曹娥江鱼类组成、食性及相对重要性指数

Tab.1 Species composition, feeding habits and relative importance index of fish sampled from Cao'e River

| 种 类                                          | 食性类型    | 相对重要性指数 |
|----------------------------------------------|---------|---------|
| 鲟形目 ACIPENSERIFORMES                         |         |         |
| 鲟科 Acipenseridae                             |         |         |
| 1. 中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>             | 食鱼性     | +       |
| 鳗鲡目 ANGUILLIFORMES                           |         |         |
| 鳗鲡科 Anguillidae                              |         |         |
| 2. 日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>             | 食鱼性     | +       |
| 鲱形目 CLUPEIFORMES                             |         |         |
| 鲱科 Engraulidae                               |         |         |
| 3. 刀鲚 <i>Coilia nasus</i>                    | 食鱼性     | ++      |
| 4. 短颌鲚 <i>C. brachygnathus</i>               | 食鱼性     | ++      |
| 鲤形目 CYPRINIFORMES                            |         |         |
| 鲤科 Cyprinidae                                |         |         |
| 5. 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>        | 植食性     | +       |
| 6. 宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>                 | 杂食性     | ++      |
| 7. 马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>           | 食鱼性     | ++      |
| 8. 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>          | 食鱼性     | +       |
| 9. 赤眼鲮 <i>Spualiobarbus Curriculus</i>       | 杂食性     | ++      |
| 10. 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>          | 杂食性     | ++      |
| 11. 油 鲮 <i>H. bleekeri</i>                   | 杂食性     | +       |
| 12. 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>           | 杂食性     | +       |
| 13. 银鲃 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>         | 杂食性     | +       |
| 14. 三角鲂 <i>Megalobrama terminalis</i>        | 杂食性     | +       |
| 15. 团头鲂 <i>M. amblycephala</i>               | 杂食性     | +       |
| 16. 蒙古鲃 <i>Culter mongolicus</i>             | 食鱼性     | ++      |
| 17. 翘嘴鲃 <i>C. alburnus</i>                   | 食鱼性     | ++      |
| 18. 青梢鲃 <i>C. dabryi</i>                     | 食鱼性     | ++      |
| 19. 红鳍原鲃 <i>Cultrichthys erythropterus</i>   | 碎屑食性    | +       |
| 20. 黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i>             | 杂食性     | ++      |
| 21. 银鲮 <i>X. macrolepis</i>                  | 杂食性     | +       |
| 22. 圆吻鲮 <i>Distoechodon tumirostri</i>       | 杂食性     | ++      |
| 23. 细鳞斜颌鲮 <i>Plagiognathops microlepis</i>   | 杂食性     | +       |
| 24. 大眼华鲮 <i>Sinibrama macrops</i>            | 杂食性     | ++      |
| 25. 高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>             | 杂食性     | ++      |
| 26. 中华鳊 <i>R. sinensis</i>                   | 杂食性     | +       |
| 27. 彩副鲮 <i>Paracheilognathus imberbis</i>    | 昆虫食性    | +       |
| 28. 短须鲮 <i>Acheilognathus barbatulus</i>     | 植食性     | +       |
| 29. 兴凯鲮 <i>A. chankaensis</i>                | 植食性     | ++      |
| 30. 越南鲮 <i>A. tonkinensis</i>                | 植食性     | +       |
| 31. 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>     | 植食性     | +++     |
| 32. 鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>            | 杂食性     | +       |
| 33. 光唇鱼 <i>Acrossocheilus fasciatus</i>      | 植食性     | +       |
| 34. 温州光唇鱼 <i>A. wenchowensis</i>             | 植食性     | +       |
| 35. 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>                 | 杂食性     | ++      |
| 36. 鲫 <i>Carassius auratus</i>               | 杂食性     | ++      |
| 37. 白鲫 <i>C. cuvieri</i>                     | 杂食性     | +       |
| 38. 银鲫 <i>C. auratus gibelio</i>             | 杂食性     | +       |
| 39. 长吻鮠 <i>Hemibarbus longirostris</i>       | 无脊椎动物食性 | +       |
| 40. 花骨 <i>H. maculatus</i>                   | 无脊椎动物食性 | ++      |
| 41. 似鮠 <i>Belligobio nummifer</i>            | 无脊椎动物食性 | +       |
| 42. 银鮠 <i>Squalidus argentatus</i>           | 杂食性     | ++      |
| 43. 点纹银鮠 <i>S. wolterstorffi</i>             | 杂食性     | +       |
| 44. 细纹颌须鮠 <i>Gnathopogon taeniellus</i>      | 杂食性     | +       |
| 45. 蛇鮠 <i>Saurogobio dabryi</i>              | 杂食性     | +       |
| 46. 嵊县胡鮠 <i>Huigobio chenhshiensis</i> Fan   | 植食性     | ++      |
| 47. 黑鳍鳢 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i> | 杂食性     | ++      |
| 48. 华鳢 <i>S. sinensis</i>                    | 无脊椎动物食性 | +       |
| 49. 小鳢 <i>S. parvus</i>                      | 软体动物食性  | +       |

续表 1

| 种 类                                                        | 食性类型    | 相对重要性指数 |
|------------------------------------------------------------|---------|---------|
| 50. 棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>                         | 杂食性     | ++      |
| 51. 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>                         | 杂食性     | +++     |
| 52. 西湖银鮡 <sup>a</sup> <i>Squalidus nitens</i>              | 杂食性     | +       |
| 53. 伍氏白鱼 <sup>a</sup> <i>Anabarilius wui</i>               | 杂食性     | +       |
| 54. 金华拟鲃 <sup>a</sup> <i>Pseudohemiculter kinghwaensis</i> | 杂食性     | +       |
| 55. 黑尾近红鲂 <sup>a</sup> <i>Ancherythroculter nigroccudo</i> | 食鱼性     | +       |
| 56. 寡鳞鲮 <sup>a</sup> <i>Acanthorhodeus hypselonotus</i>    | 昆虫食性    | +       |
| 57. 大鳍鲮 <sup>a</sup> <i>A. macropterus</i>                 | 昆虫食性    | +       |
| 58. 斑条鲮 <sup>a</sup> <i>A. taenianalis</i>                 | 植食性     | +       |
| 59. 彩石鲮 <sup>a</sup> <i>Rhodeus lighti</i>                 | 杂食性     | +       |
| 60. 薄颌光唇鱼 <sup>a</sup> <i>Acrossocheilus kreyenbergii</i>  | 植食性     | ++      |
| 61. 侧条厚唇鱼 <sup>a</sup> <i>A. parallens</i>                 | 植食性     | +       |
| 62. 江西鳊 <sup>a</sup> <i>Sarcocheilichthys kiangsiensis</i> | 软体动物食性  | +       |
| 63. 斑条花鳊 <sup>a</sup> <i>Niwaella laterimaculata</i>       | 杂食性     | +       |
| 64. 似鲮 <sup>a</sup> <i>Pseudobrama simoni</i>              | 昆虫食性    | ++      |
| 寡鳞鲮鱼 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>                        | 杂食性     | -       |
| 逆鱼 <i>Acanthobrama simoni</i>                              | 杂食性     | -       |
| 福建棒花鱼 <i>Abbottina fukiensis</i>                           | 杂食性     | -       |
| 建德棒花鱼 <i>A. tafangensis</i>                                | 无脊椎动物食性 | -       |
| 光唇蛇鮡 <i>Saurogobio gymnocheilus</i>                        | 杂食性     | -       |
| 长须鳊 <sup>a</sup> <i>Gobiobotia longibarba</i>              | 杂食性     | -       |
| 鳅科 Cobitidae                                               |         |         |
| 65. 大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>                   | 杂食性     | +       |
| 66. 张氏薄鳅 <i>Leptobotia tchangi</i>                         | 杂食性     | +       |
| 67. 泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>                   | 杂食性     | ++      |
| 68. 中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i>                           | 杂食性     | ++      |
| 平鳍鳅科 Homalopteridae                                        |         |         |
| 69. 浙南原缨口鳅 <i>Vanmanenia stenosoma</i>                     | 植食性     | +       |
| 鲇形目 SILURIFORMES                                           |         |         |
| 鲇科 Siluridae                                               |         |         |
| 70. 鲇 <i>Silurus asotus</i>                                | 食鱼性     | ++      |
| 海鲇科 Ariidae                                                |         |         |
| 71. 中华海鲇 <sup>a</sup> <i>Arius sinensis</i>                | 食鱼性     | +       |
| 鲿科 Bagridae                                                |         |         |
| 72. 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>                     | 食鱼性     | ++      |
| 73. 光泽黄颡鱼 <i>P. nitidus</i>                                | 食鱼性     | ++      |
| 74. 瓦氏黄颡鱼 <i>P. vachelli</i>                               | 杂食性     | +       |
| 75. 盩眪拟鲿 <i>Pseudobagrus ondon</i>                         | 食鱼性     | ++      |
| 76. 白边拟鲿 <i>P. albomarginatus</i>                          | 无脊椎动物食性 | ++      |
| 77. 叉尾鲿 <i>Leiocassis tenuifurcatus</i>                    | 食鱼性     | +       |
| 78. 圆尾拟鲿 <sup>a</sup> <i>Pseudobagrus tenuis</i>           | 软体动物食性  | +       |
| 79. 长须黄颡鱼 <sup>a</sup> <i>P. eupogon</i>                   | 软体动物食性  | ++      |
| 粗唇鲿鱼 <i>L. crassilabris</i>                                | 食鱼性     | -       |
| 鱼央科 Amblycipitidae                                         |         |         |
| 白缘鱼央 <i>Liobagrus marginatus</i>                           | 食鱼性     | -       |
| 合鳃鱼目 SYNBRANCHIFORMES                                      |         |         |
| 合鳃鱼科 Synbranchidae                                         |         |         |
| 80. 黄鳝 <i>Monopterus albus</i>                             | 杂食性     | +       |
| 刺鳅科 Mastacembelidae                                        |         |         |
| 81. 刺鳅 <i>Mastacembelus aculeatus</i>                      | 食鱼性     | +       |
| 82. 大刺鳅 <i>M. armatus</i>                                  | 食鱼性     | +       |
| 鲮形目 MUGILIFORMES                                           |         |         |
| 鲮科 Mugilidae                                               |         |         |
| 83. 鲮 <i>Liza haematocheila</i>                            | 杂食性     | +       |
| 84. 鲮 <i>Mugiliformes cephalus</i>                         | 杂食性     | +       |
| 鲈形目 PERCIFORMES                                            |         |         |
| 丝足鲈科 Osphronemidae                                         |         |         |
| 85. 叉尾斗鱼 <i>Macropodus opercularis</i>                     | 杂食      | +       |

续表 1

| 种 类                                               | 食性类型    | 相对重要性指数 |
|---------------------------------------------------|---------|---------|
| 86. 圆尾斗鱼 <i>M. ocellatus</i>                      | 食鱼性     | +       |
| 鳢科 Channidae                                      |         |         |
| 87. 乌鳢 <i>Channa argus</i>                        | 碎屑食性    | +       |
| 沙塘鳢科 Odontobutidae                                |         |         |
| 88. 河川沙塘鳢 <i>Odontobutis potamophila</i>          | 食鱼性     | ++      |
| 89. 小黄鲃 <i>Micropercops swinhonis</i>             | 食鱼性     | +       |
| 虾虎鱼科 Gobiidae                                     |         |         |
| 90. 波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>       | 杂食性     | +       |
| 91. 子陵吻虾虎鱼 <i>R. giurinus</i>                     | 昆虫食性    | +++     |
| 92. 纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trionocephalus</i>       | 昆虫食性    | +       |
| 93. 斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>         | 无脊椎动物食性 | +       |
| 94. 李氏吻虾虎鱼 <sup>a</sup> <i>R. leavelli</i>        | 无脊椎动物食性 | +       |
| 马鲛科 Polynemidae                                   |         |         |
| 95. 四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i>       | 食鱼性     | +       |
| 真鲈科 Percichthyidae                                |         |         |
| 96. 鳊 <i>Siniperca kneri</i>                      | 食鱼性     | +       |
| 狼鲈科 Moronidae                                     |         |         |
| 97. 中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>             | 食鱼性     | +       |
| 杜父鱼科 Cottidae                                     |         |         |
| 松江鲈鱼 <i>Trachidermus fasciatus</i>                | 食鱼性     | -       |
| 石首鱼科 Sciaenidae                                   |         |         |
| 98. 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>              | 食鱼性     | +       |
| 99. 鲢鱼 <i>Miichthys miiuy</i>                     | 食鱼性     | +       |
| 仙女鱼目 AULOPIFORMES                                 |         |         |
| 合齿鱼科 Synodontidae                                 |         |         |
| 100. 龙头鱼 <sup>a</sup> <i>Aulopus japonicus</i>    | 食鱼性     | +       |
| 塘鳢科 Eleotridae                                    |         |         |
| 101. 尖头塘鳢 <sup>a</sup> <i>Eleotris oxycephala</i> | 食鱼性     | +       |
| 鲷形目 PLEURONECTIFORMES                             |         |         |
| 舌鳎科 Cynoglossidae                                 |         |         |
| 102. 窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>             | 杂食性     | +       |
| 莱氏舌鳎 <i>C. lighti</i>                             | 无脊椎动物食性 | -       |
| 紫斑舌鳎 <i>C. purpureomaculatus</i>                  | 食鱼性     | -       |
| 短吻舌鳎 <i>C. abbreviatus</i>                        | 无脊椎动物食性 | -       |
| 鲆科 Bothidae                                       |         |         |
| 中华花布鲆 <i>Tephrinectes sinensis</i>                | 食鱼性     | -       |
| 鲀形目 TETRAODONTIFORMES                             |         |         |
| 鲀科 Tetraodontidae                                 |         |         |
| 103. 暗色东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>               | 杂食性     | +       |
| 虫纹东方鲀 <i>Fugu vermicularis</i>                    | 食鱼性     | -       |
| 弓斑东方鲀 <i>F. ocellatus</i>                         | 食鱼性     | -       |
| 双斑东方鲀 <i>F. bimaculatus</i>                       | 食鱼性     | -       |
| 鲱形目 CYPRINODONTIFORMES                            |         |         |
| 异鳍科 Adrianichthyidae                              |         |         |
| 104. 青鲮 <i>Oryzias latipes</i>                    | 浮游动物食性  | +       |
| 颌针鱼目 BELONIFORMES                                 |         |         |
| 鱈科 Hemiramphidae                                  |         |         |
| 105. 间下鱈 <i>Hyporhamphus intermedius</i>          | 浮游动物食性  | +       |
| 鲑形目 SALMONIFORMES                                 |         |         |
| 银鱼科 Salangidae                                    |         |         |
| 大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>               | 食鱼性     | -       |
| 太湖新银鱼 <i>Neosalanx taihuensis</i>                 | 浮游动物食性  | -       |
| 乔氏新银鱼 <i>N. jordani</i>                           | 浮游动物食性  | -       |
| 前颌间银鱼 <i>Hemisalanx prognathus</i>                | 浮游动物食性  | -       |
| 有明银鱼 <i>Salanx ariakensis</i>                     | 食鱼性     | -       |

注：<sup>a</sup> 表示本次调查中新发现的曹娥江鱼类；“+”一般种或少有种；“++”常见或重要种；“+++”优势种；“-”表示本次调查中未发现而《浙江动物志淡水鱼类》中有记载的曹娥江鱼类。

Note: <sup>a</sup> denotes a newly detected species with no historical record; “+” denotes rare species; “++” denotes the common species or important species; “+++” denotes dominant species; “-” denotes the historical record species but undetected in Cao’e River.

表 2 曹娥江各采样点鱼类多样性特征指数

Tab.2 Biodiversity indices of the fish community for each sampling site of Cao'e River

| 多样性指数     | 甘霖     | 长沼     | 镜岭     | 黄泽     | 仙岩     | 三界     | 上浦     | 滨海     | 沥海     | 合计      | 《浙江省动物志》 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|
| $H'$      | 1.2131 | 1.0850 | 1.4654 | 1.4504 | 1.2898 | 1.3722 | 1.4533 | 2.5824 | 1.8173 | 1.9718  | 2.1669   |
| $\lambda$ | 0.4482 | 0.4921 | 0.4477 | 0.4094 | 0.4803 | 0.4735 | 0.4516 | 0.0884 | 0.3150 | 0.3297  | 0.2364   |
| $J'$      | 0.3500 | 0.2760 | 0.3727 | 0.3810 | 0.3350 | 0.3219 | 0.3521 | 0.8482 | 0.4353 | 0.4237  | 0.4592   |
| $D$       | 5.0332 | 7.7478 | 5.8132 | 5.5077 | 6.1554 | 9.2427 | 8.3112 | 3.2957 | 7.8191 | 10.5741 | -        |

表 3 曹娥江各采样点鱼类生态类型组成

Tab.3 Proportion of each ecological type for sampling sites of Cao'e River

| 生态类型 | 甘霖    | 长沼    | 镜岭    | 黄泽    | 仙岩    | 三界    | 上浦    | 滨海    | 沥海    | 合计    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 湖泊型  | 46.88 | 56.00 | 52.94 | 60.00 | 70.21 | 69.01 | 66.13 | 66.15 | 19.05 | 53.33 |
| 溪流型  | 53.12 | 44.00 | 47.06 | 40.00 | 27.66 | 25.35 | 27.42 | 24.62 | 9.52  | 32.38 |
| 洄游型  | -     | -     | -     | -     | 2.13  | 5.63  | 6.45  | 9.23  | 71.43 | 14.28 |

的 44.61%，有研究表明，沥海所在河段大致属于Ⅲ类水(朱军政等,2004)，水质略优于长沼所在河段。Karr(1986)认为,在水质较差的河流中,杂食性鱼类如鲫(*C.auratus*)可能以降低自身食物种类的要求,来达到生存的目的。

本次调查中发现,曹娥江水域优势种为鲢、麦穗鱼和子陵吻虾虎鱼。重要种分别是蒙古鲈、花鲈、河川沙塘鳢、似鳊、银鲌、鳊。四大家鱼中青鱼、草鱼仅为一般种和少见种,进一步证实了曹娥江流域鱼类资源在近几十年来有很大的变化。例如子陵吻虾虎鱼个体虽小,但性极凶猛(戚文华等,2008),并且具有良好的耐饥饿能力和环境适应能力(林楠等,2017),可能挤占其他相似生态位鱼类的生存空间。

3.2 曹娥江鱼类生物多样性现状分析

与《浙江动物志·淡水鱼类》记载的曹娥江流域鱼类比较发现,近 30 年来,水利设施特别是曹娥江大坝建成后,曹娥江鱼类群落结发生了较大的变化,Shannon-Wiener 多样性指数、均匀度指数下降,降幅分别为 9.00%和 7.73%,而优势度指数却上升,升幅为 39.47%。这说明曹娥江水域鱼类群落的多样性和均匀度下降,而优势种趋于明显,优势种群集中性升高,从侧面反映了曹娥江水域近 30 年来鱼类群落结构的复杂性降低,导致其稳定性也在下降。曹娥江下游,沥海鱼类多样性指数(1.8173)、均匀度指数(0.4353)均低于滨海(2.5824)、(0.8482),表明曹娥江大坝建成后,部分洄游型鱼类洄游受阻,鱼类群体结构改变、生物种类多样性降低。

曹娥江与浙江省另一条中小型河流甬江支流楠溪江在自然地理环境、水文条件等方面具有一定的相似性。比较高少波等(2017)的研究结果,曹娥江鱼类的 Shannon-Wiener 多样性指数(1.9718)低于

楠溪江相应计算值(2.1328),而 Simpson 优势度指数(0.3297)则高于楠溪江相应计算值(0.2487),说明楠溪江鱼类的生物多样性可能优于曹娥江。与钱塘江中游(郝雅宾等,2017a)和下游江段(郝雅宾等,2017b)相比,本研究在曹娥江下游沥海未采集到松江鲈、窄体舌鳎、鲢和矛尾复虾虎鱼等能生活在河口附近的鱼类。上述结果表明,水利工程造成鱼类生境条件的改变(杨峰等,2013;吴强等,2007)可能是鱼类资源衰退的重要原因之一。

3.3 曹娥江流域鱼类资源保护对策

研究结果表明,近 30 年来曹娥江鱼类组成结构发生了较大改变,物种多样性、群落稳定性下降。建议采取以下 4 点措施保护曹娥江流域鱼类资源。(1)工农业、生活污水污染截污。目前曹娥江流域的污染问题依然存在,因此,通过全流域的工业、生活污水废水的截污纳管保证水体环境健康是保护鱼类资源的必然要求。(2)水利工程科学调度。水利工程建设造成曹娥江水系水体连通性的下降,因此,需要通过增加曹娥江大坝过鱼设施的开放时间,加强水利设施的科学管理、调度,提高曹娥江流域内部和外部的交流频率。(3)加强渔业管理。近年来曹娥江流域实行了不同时长的禁捕措施和捕捞许可制度,取得了一定的保护效果。但是目前禁捕期的偷捕和非禁捕期的非法捕捞现象仍较为突出,建议在曹娥江上游区域实行全年禁捕、中下游逐年减少捕捞许可,加强对非法捕捞和使用违规渔具的打击力度,最大程度恢复鱼类的资源数量。(4)增殖放流。从改善曹娥江鱼类种群结构出发,加强人工增殖放流的数量和品种管理,特别是适当增加鳊、河川沙塘鳢等土著肉食性鱼类和花鲈、温州光唇鱼、黄颡鱼等经济鱼类放流种类。

## 参考文献

- 陈丁江,吕军,金树权,等,2007.曹娥江上游水环境容量的估算和分配研究[J].农机化研究,(9):197-201.
- 成庆泰,郑葆珊,1987.中国鱼类系统检索[M].北京:中国农业出版社.
- 高少波,池仕运,李嗣新,等,2017.楠溪江鱼类资源调查及物种多样性分析[J].水生态学杂志,38(6):72-81.
- 郝雅宾,刘金殿,郭爱环,等,2017a.钱塘江富阳段鱼类资源现状[J].淡水渔业,47(3):45-51.
- 郝雅宾,刘金殿,张爱菊,等,2017b.钱塘江下游江段鱼类资源现状.浙江农业学报,29(10):1620-1629.
- 蒋以洁,1985.江西鱼类区系初步分析[J].江西水产科技,(1):1-16.
- 李陈,2012.长江上游梯级水电开发对鱼类生物多样性影响的初探[D].武汉:华中科技大学.
- 林丹军,尤永隆,苏雪红,等,2009.闽江中下游鱼类资源现状调查与分析[J].亚热带资源与环境学报,4(4):1-10.
- 林楠,胡东建,王黎阳,2017.子陵吻鰕虎鱼摄食蚊幼虫研究[J].江西水产科技,(6):10-11,13.
- 毛节荣,1991.浙江动物志·淡水鱼类[M].杭州:浙江科学技术出版社.
- 农业部水产司,中国科学院水生生物研究所,1993.中国淡水鱼类原色图集[M].上海:上海科学技术出版社.
- 戚文华,郭延蜀,李雪芝,等,2008.子陵吻鰕虎鱼繁殖特性、胚胎及仔鱼的发育[J].动物学杂志,43(5):13-24.
- 钱塘江志编纂委员会,1998.钱塘江志[M].北京:方志出版社.
- 王素娜,2005.曹娥江支流水质评价与河流水系环境容量分析[D].浙江:浙江大学.
- 吴强,段辛斌,徐树英,等,2007.长江三峡库区蓄水后鱼类资源现状[J].淡水渔业,37(2):70-75.
- 伍献文,1977.中国鲤科鱼类志[M].上海:上海人民出版社.
- 吴勇,何立群,2019.构建绍兴市曹娥江流域水动力模型的探讨[J].浙江水利科技,47(3):21-23,31.
- 夏建宏,陆剑锋,周保春,等,2009.上海苏州河鱼类群落的初步研究[J].湖泊科学,21(4):538-546.
- 杨峰,姚维志,邓华堂,等,2013.三峡库区蓄水后大宁河鱼类资源现状研究[J].淡水渔业,43(4):51-57.
- 朱军政,韩曾萃,潘存鸿,2004.曹娥江绍兴排污工程水环境模拟[J].水科学进展,(3):318-323.
- 朱瑶,2005.大坝对鱼类栖息地的影响及评价方法述评[J].中国水利水电科学研究院学报,(2):100-103.
- Hunter P R, Gaston M A, 1998. Numerical index of the discriminatory ability of typing systems: an application of Simpson's index of diversity [J]. J Chin Microbiol, 26(11): 2465-2466.
- Karr J R, 1986. Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale [M]. Illinois Natural History Survey Special Publication, 5: 28.
- Margalef R, 1958. Information theory in ecology [J]. Gen Syst, 3: 36-71.
- Pielou E C, 1967. The measurement of diversity in different types of biological collection [J]. J Theoretic Biol, 15(1): 131-144.
- Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. Clif Dep Fish Game Fish Bull, 152: 1-105.
- Shannon C E, Wiener, 1963. The Mathematical Theory of Communication [M]. Urbana: University of Illinois Press: 1-65.

(责任编辑 张俊友 郑金秀)

Current Status of Fish Resources in Cao'e River

CHEN Chao, YU li-rui, FENG Zhi-zheng, JIN Ye-fei, ZHU Yao-rong, REN Gang  
(College of Life Science, Shaoxing University, Shaoxing 312000,P.R.China)

**Abstract:** Over the past 30 years, water environment deterioration, overfishing and construction of hydraulic projects in the Cao'e River basin have altered fish habitat, greatly affecting the species composition, structure and biodiversity of the fish community. It is thus urgent to assess the current status of fish resources in the basin. In this study, we evaluated fish resources in the Cao'e River basin based on investigations carried out from 2015 to 2018. Factors causing changes in fish resources were analyzed, aiming to provide scientific data to support rational conservation of fish resources. From May 2015 to November 2018, field studies were carried out at nine sampling sections using gill nets and cages. A total of 18 682 specimens were collected that included 105 species, belonging to 26 families and 13 orders. The number of Cyprinidae species was largest (65 species), accounting for 61.90% of the total species. Dominant species included *Hypophthalmichthys molitrix*, *Pseudorasbora parva* and *Rhinogobius giurinus*. The Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Simpson dominance index ( $\lambda$ ), Pielou evenness index ( $J'$ ) and Margalef species richness index ( $D$ ) of the fish community in Cao'e River basin were, respectively, 1.9718, 0.3297, 0.4237 and 10.5741. Based on comparisons with the historical record in "Zhejiang Animals Fauna: Freshwater Fish", the proportion of carnivorous fish species in Cao'e River has decreased, omnivorous fish species have increased, and the Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ) and Pielou evenness index ( $J'$ ) have both decreased. The complexity, biodiversity and stability of the fish community in the Cao'e River basin have all decreased, indicating that fish resources have declined since the early 1990s. Effective measures are crucial for protecting fish resources in Cao'e River: interception of domestic, industrial and agricultural waste water; science-based regulation of hydropower projects; and strengthened fishery management, including increased release of native carnivorous and commercially valuable fish species.

**Keyword:** Cao'e River; fish resource investigation; biodiversity; resource conservation