

韩耀全,何安尤,施 军,等. 岩滩水域渔业生态环境及鱼类物种多样性现状[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):208-212.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.03.068

岩滩水域渔业生态环境及鱼类物种多样性现状

韩耀全,何安尤,施 军,王大鹏,吴伟军,雷建军

(广西水产科学研究院/广西水产遗传育种与健康养殖重点实验室,广西南宁 530021)

摘要:通过对岩滩水域的水质、浮游生物、鱼类资源、鱼类物种多样性分析,评估岩滩水域渔业生态环境的质量现状。调查共记录渔民半年全部渔获物 52 365 尾、1 410.2 kg,超过 98% 渔获物是小型鱼类。岩滩水域的 Shannon - Weiner 指数为 0.162, Wilhm 改进指数为 1.814, D_{c-f} 指数为 0.083, 鱼类多样性指数远低于其他水域。浮游植物单位平均数量为 101.34 万 ind./L, 单位平均生物量为 1.115 1 mg/L; 浮游动物单位平均数量为 459.6 ind./L, 单位平均生物量为 0.642 2 mg/L。评估结果显示:岩滩水域的水质及浮游生物指标基本正常,但鱼类资源枯竭,鱼类资源构成不合理,鱼类物种多样性极低。从生物操控角度,应从恢复水生生物正常构成入手修复库区渔业生态环境。

关键词:岩滩水域;渔业生态环境;鱼类;物种多样性;浮游生物;修复

中图分类号: S932.2; X826 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)03-0208-05

渔业生态环境是渔业生物资源赖以生存、生长、繁衍的基础,渔业生态环境的优劣或变动会对渔业生物资源产生一系列短期或长期、直接或间接的影响,优质的渔业生态环境需要良好的水生生态自然环境及合理的水生生物群落构成相互支持^[1]。包括岩滩水域所在的红水河是西江流域上游最重要的渔业水域,是《全国水生生物增殖放流总体规划》划定的重

点增殖放流水域^[2],拥有西江流域最复杂的水生态环境和最大的鱼类产卵场^[3]。岩滩水库是红水河干流第二大水库,由岩滩水电站工程大坝阻隔、原红水河水位抬高渠化河道而成,渠化原河段 166 km,库区水面面积 107.5 km²,控制流域面积 10.7 万 km²。由于水利大坝建设及渔业发展不够科学有序等原因,红水河流域水域生态环境发生巨大改变,曾出现库区渔业生态环境严重恶化、大量死鱼及淡水壳菜泛滥成灾的渔业生态安全事故。开展库区渔业生态环境现状评估,科学修复水域生态环境,是库区生产和生态安全的重要课题。近 30 年来研究者对红水河流域及岩滩水域不同断面进行过多次调查研究,取得了大量基础研究数据,但未进行过库区鱼类多样性评价分析,特别是库区形成且开展鱼类工人增殖放流后未进行过调查评估。2003 年岩滩水域淡水壳菜出现问题;2006 年后淡水壳菜大量繁殖,库区渔业生产受到重大损失,生态安

收稿日期:2014-05-14

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201303048);广西自然科学基金重大项目(编号:2013GXNSFEA053003);广西水产遗传育种与健康养殖重点实验室系统性研究项目(编号:13-A-02-01)。

作者简介:韩耀全(1969—),男,广西南宁人,高级工程师,主要从事水生生物自然资源及水生生态调查、保护与修复工作。Tel:(0771)5316254;E-mail:hyqao@sohu.com。

[2]王彦波,邓岳松. 微生态制剂对虾池水质影响的研究[J]. 水利渔业,2003,23(2):16-17.

[3]张 巍,赵 军,郎咸明,等. 硝化细菌在不同温度下对氮素的去除效能研究[J]. 环境科学与管理,2010,35(6):83-86.

[4]丁爱中,陈繁忠,雷剑泉,等. 光合细菌调控水产养殖业水质的研究[J]. 农业环境保护,2000,19(6):339-341,344.

[5]尹文林,沈锦玉,沈智华,等. 枯草芽孢杆菌 B115 株对水质改良效果研究[J]. 渔业现代化,2006,06(6):9-11,20.

[6]Lin Y, Kong H N, He Y L, et al. Simultaneous nitrification and denitrification in a membrane bioreactor and isolation of heterotrophic nitrifying bacteria[J]. Japanese Journal of Water Treatment Biology, 2004,40(3):105-114.

[7]马广慈,唐任寰,郑斯成. 药物分析方法与应用[M]. 北京:科学出版社,2000:189-190.

[8]沈 萍,范秀容,李广武. 微生物学实验[M]. 3版. 北京:高等教育出版社,1999.

[9]曹煜成,李卓佳,林小涛,等. 地衣芽孢杆菌 De 株对凡纳滨对虾粪便的降解效果[J]. 热带海洋学报,2010,29(4):125-131.

[10]曹煜成,李卓佳,冯 娟,等. 地衣芽孢杆菌胞外产物消化活性

的研究[J]. 热带海洋学报,2005,24(6):6-12.

[11]Moriarty D J. The role of microorganisms in aquaculture ponds[J]. Aquaculture,1997,151(1):333-349.

[12]Sahu M K, Swarnakumar N S, Sivakumar K, et al. Probiotics in aquaculture: importance and future perspectives[J]. Indian Journal of Microbiology,2008,48(3):299-308.

[13]曹煜成,李卓佳,林黑着,等. 地衣芽孢杆菌 De 在优质草鱼养殖中的应用研究[J]. 南方水产,2008,4(3):15-19.

[14]曹煜成,李卓佳,吴灶和,等. 地衣芽孢杆菌胞外蛋白酶的纯化及特性分析[J]. 水生生物学报,2006,30(3):262-268.

[15]张庆华,封永辉,王 娟,等. 地衣芽孢杆菌对养殖水体氨氮、残饵降解特性研究[J]. 水生生物学报,2011,35(3):498-503.

[16]谢 航,邱宏端,王秀彬,等. 地衣芽孢杆菌降解水产养殖中残余饲料的特性研究[J]. 福建水产,2008,26(3):31-35.

[17]朱彦博,唐叶玲,陈圣丰,等. 盐度、温度和 pH 对 2 株海南地衣芽孢杆菌相对蛋白酶活性的影响[J]. 海南大学学报:自然科学版,2013,31(2):133-138.

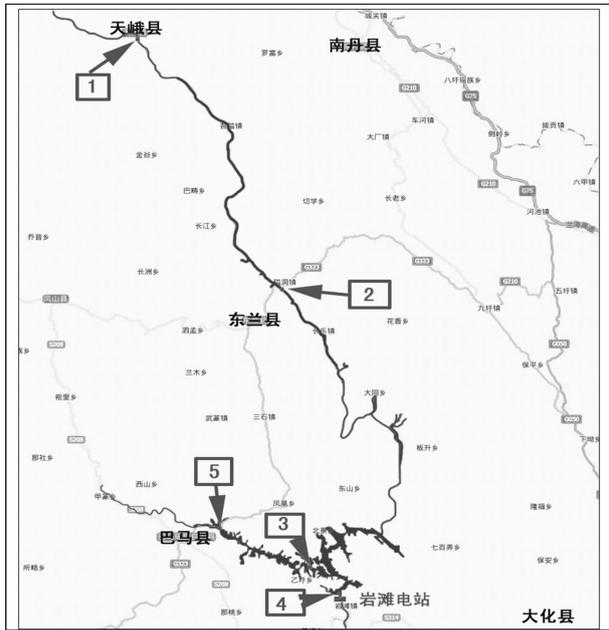
[18]袁 铸,王忠彦,胡 承,等. 地衣芽孢杆菌 JF-UN122 碱性蛋白酶分离纯化与性质[J]. 工业微生物,2003,33(3):25-29.

全隐患显现;2009年库区开始进行包括增殖放流青鱼在内的渔业生态环境修复工作。本研究是近年库区开始鱼类人工增殖放流后首次开始库区渔业生态环境调查,根据2013年度对岩滩库区渔业生态调查所得信息,从水质、浮游生物及鱼类资源层面初步评估研究水域的渔业生态环境质量及鱼类多样性现状,以期渔业部门后续鱼类增殖放流、修订渔业发展规划等工作提供依据。

1 材料与方法

1.1 水环境采样布点与频次

在岩滩水库上游、中游、下游及重要支流设置岩滩水利枢纽坝上、广西大化县盘阳河库区、东兰县安娭大桥、天峨县城水域4个调查断面,采集水样及浮游植物、浮游动物、底栖动物、鱼类等水生生物标本及数据,在广西巴马县赐福桥断面只采集浮游生物样品(图1)。2013年3、6、9、12月各采样1次。



断面位置:1—天峨县城下;2—东兰县安娭大桥下;3—大化县盘阳河库区;4—大化县岩滩枢纽坝上;5—巴马县赐福桥下

图1 岩滩水库调查断面示意图

1.2 水质采样与分析

水质采样在项目选定的断面同步进行,依据HJ 495—2009《水质 采样方案设计技术规范》、HJ 493—2009《水质 采样样品的保存和管理技术规范》进行。水质检测采用GB 3838—2002《地表水环境质量标准》、GB 11607—1989《渔业水质标准》规定的方法。测定总磷、总氮、挥发酚、非离子氨、石油类、汞、铜、锌、铅、镉、pH值指标,并现场测定气温、水温、透明度、浊度及溶解氧等指标。

1.3 浮游生物调查与分析

浮游生物调查分析方法参照中国水产科学研究院发布的CAF2005 0001《内陆水域渔业自然资源调查试行规范》进行。依据SL218—1998《水库渔业营养类型划分标准》,以浮游生物单位生物量为依据,判断调查水域营养水平及水体质量。

1.4 渔获物调查与分析

选定库区上游、中游、下游3个固定区域正常作业的专业渔民,记录其每天渔获物数据及主要鱼类生物学数据,作业范围分别是天峨县城附近、东兰县大桥附近、大化县岩滩水库坝首水域。渔民按平常渔具渔法正常生产,主要通过网和钓钩捕鱼,偶用渔笼。渔民大多于18:00至次日03:00放网,07:00收网,网具400~500 m,网目4~10 cm;鱼笼4~6个;钓钩300~400个。

渔获物分析方法包括统计法以及Shannon-Weiner多样性指数^[4]、Wilhm改进指数^[5]、 D_{C-F} 物种多样性指数^[6]分析法^[7]。Shannon-Weiner指数(H)和Wilhm改进指数(H')计算方法分别为:

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i);$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S (m_i \ln m_i)。$$

式中: P_i 为第*i*种生物个体数占总生物个体数的比例; S 为总生物种类数量; N 为总生物个体数量; m_i 为第*i*种生物质量占全部生物质量的比例。

D_{C-F} 物种多样性指数(D_{C-F})计算方法为:

$$D_{C-F} = 1 - \frac{D_C}{D_F};$$

$$D_F = \sum_{k=1}^m D_{Fk} = - \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (p_i \ln p_i);$$

$$p_i = S_{ki} / S_k;$$

$$D_C = - \sum_{j=1}^p D_{Cj} = - \sum_{j=1}^p (q_j \ln q_j);$$

$$q_i = S_{ij} / S_o$$

式中: S_{ki} 为*k*科*i*属总生物个体数量; S_k 为*k*科总生物个体数量; n 为*k*科的属数量; m 为总生物科的总数量; S_j 为*j*属总生物个体数; S 为总生物个体数; p 为生物总属数。

2 结果与分析

2.1 水质

水质检测结果表明,岩滩水库水体的总磷、挥发酚、非离子氨、石油类、汞、铜、锌、铅、镉、pH值等水质指标符合GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中Ⅲ类水及GB 11607—1989《渔业水质标准》的规定。岩滩水库水体总氮含量1.25~2.70 mg/L,均值1.75 mg/L,按GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准,该水体总氮含量超标0.25~1.7倍,平均超出Ⅲ类水标准值的74.6%(表1)。

表1 岩滩水库水质检测结果

| 指标类别 | 水质指标 | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|--------------|---------------|----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| | 总磷 (mg/L) | 总氮 (mg/L) | 挥发酚 (mg/L) | 非离子氨 (mg/L) | 石油类 (mg/L) | 汞 (mg/L) | 铜 (mg/L) | 锌 (mg/L) | 铅 (mg/L) | 镉 (mg/L) | pH值 |
| 平均值 | 0.035 | 1.75 | <0.001 | <0.02 | <0.01 | 0.000 06 | <0.005 | 0.02 | <0.01 | <0.001 | 7.8 |
| 《渔业水质标准》规定 | | | ≤0.005 | ≤0.02 | ≤0.05 | ≤0.000 50 | ≤0.010 | ≤0.10 | ≤0.05 | ≤0.005 | 6.5~8.5 |
| 《地表水环境质量标准》Ⅲ类水规定 | ≤0.200 | ≤1.00 | ≤0.005 | | ≤0.05 | ≤0.000 10 | ≤1.000 | ≤1.00 | ≤0.05 | ≤0.005 | 6.0~9.0 |

2.2 浮游生物

共采集到浮游植物6门57属,其中蓝藻门9属、绿藻门23属、硅藻门17属、裸藻门2属、甲藻门4属、金藻门2属,硅藻、甲藻、绿藻、蓝藻为优势种,以硅藻的生物量最大(表2)。各断面浮游植物单位平均数量101.34万 ind./L,单位平均生物量1.115 1 mg/L。根据SL218-98《水库渔业营养类型划分标准》,以浮游植物单位水体生物量为判断依据,岩滩水库属中营养型水质,水体质量一般。

共采集到浮游动物4类19科35属43种,其中原生动物4科8属13种、轮虫5科10属12种、枝角类6科7属8种、桡足类4科10属10种(表3)。浮游动物各类群数量差异较大,轮虫最多,原生动物次之,枝角类、桡足类最少。浮游动物单位平均数量459.6 ind./L,单位平均生物量0.642 2 mg/L。根据SL218-98《水库渔业营养类型划分标准》,以浮游动物单位体积生物量为判断依据,岩滩水库属贫营养型水质,水体质量良好。

2.3 渔获物

渔获物调查时间为2013年6—11月,记录上游、中游、下游渔民单船作业下每天的渔获物数据,共记录渔获物1 410.2 kg,记录鱼类52 365尾。经检索,全部鱼类隶属3目6科(鲤科含6亚科)17属17种(表4)。其中上游渔民记录作业时181 d,有渔获物时间178 d,相应记录渔获物数据178份,渔获物905.9 kg、51 351尾;中游渔民记录作业时174 d,有渔获物时间64 d,相应记录渔获物数据64份,渔获物268.2 kg、430尾;下游渔民记录作业时150 d,有渔获物时间86 d,相应记录渔获物数据86份,渔获物236.1 kg、584尾。3地渔民单船日均捕获鱼类2.7 kg。

根据调查所得的所有渔获物种类、数量、质量分布情况计算得出,全部捕获鱼类的Shannon-Weiner多样性指数为0.162,Willm改进指数为1.814, D_{C-F} 物种多样性指数为0.083。

3 讨论与结论

3.1 讨论

3.1.1 岩滩水域水质自然环境基本正常 岩滩库区1981—1982年、1996—1997年、2003—2004年、2005—2006年及2013年度检测结果显示,水域水质理化指标值虽有变化,但除总氮超标外,历次调查采样中的其他检测指标平均值都符合GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水标准及GB 11607—1989《渔业水质标准》。由表5可见,目前岩滩库区浮游植物种类数量比历史数据略低,单位平均数量及生物量比水库建设前略高,但与水库蓄水后5、10年的数量相比有明显下降;浮游动物种类数量比历史数据略低,单位平均数量及生物量比蓄水后5、10年的数量明显下降^[8]。从本次调查所得的浮游生物的单位生物量指标值判断,岩滩水域水质处于贫营养型至中营养型之间,库区水域自然环境基本正常。

3.1.2 岩滩水域鱼类资源枯竭 据近30年对红水河及岩滩库区渔业生态调查结果,1981—1984年、1997—1998年、2003—2005年调查到岩滩库区鱼类分别为15科70种^[3]、15科43种^[9]、14科42种^[10],主要经济鱼类30多种。虽然受渔具、渔法影响,调查结果无法全面反映库区鱼类资源现状,但

表2 岩滩水库采集到的浮游植物名录

| 所属门 | 种类 | 出现频度 | |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------|------|
| 蓝藻门 Cyanophyta | 微囊藻 <i>Microcystis</i> | ++++ | |
| | 平裂藻 <i>Merismopedia</i> | +++ | |
| | 束丝藻 <i>Aphanizomenon</i> | ++ | |
| | 粘杆藻 <i>Olootheca</i> | + | |
| | 颤藻 <i>Oscillatoria</i> | ++++ | |
| | 兰纤维藻 <i>Dactylococcopsis</i> | + | |
| | 色球藻 <i>Chroococcus</i> | + | |
| | 腔球藻 <i>Coelosphaerium</i> | ++ | |
| | 隐球藻 <i>Aphanocapsa</i> | + | |
| | 绿藻门 Chlorophyta | 衣藻 <i>Chlamydomonas</i> | ++++ |
| | | 空球藻 <i>Eudorina</i> | ++++ |
| | | 实球藻 <i>Pandorina</i> | +++ |
| | | 杂球藻 <i>Pleodorina</i> | + |
| | | 小球藻 <i>Chlorella</i> | ++++ |
| | | 纤维藻 <i>Ankistrodesmus</i> | ++++ |
| | | 盘星藻 <i>Pediastrum</i> | ++++ |
| | | 空星藻 <i>Coelastrum</i> | ++++ |
| | | 十字藻 <i>Crucigenia</i> | + |
| | | 栅藻 <i>Scenedesmus</i> | ++++ |
| | | 星球藻 <i>Astrococcus</i> | + |
| 微芒藻 <i>Micractinium</i> | | + | |
| 转板藻 <i>Mougeotia</i> | | +++ | |
| 水绵 <i>Spirogyra</i> | | +++ | |
| 鞘藻 <i>Oedogonium</i> | | + | |
| 新月鼓藻 <i>Closterium</i> | +++ | | |
| 角星鼓藻 <i>Staurastrum</i> | +++ | | |
| 卵囊藻 <i>Oocystis</i> | ++ | | |
| 四集藻 <i>Tetraspora</i> | + | | |
| 四角藻 <i>Tetraëdron</i> | ++++ | | |
| 多球藻 <i>Pleodorina</i> | + | | |
| 网球藻 <i>Dictyosphaerium</i> | + | | |
| 伏氏藻 <i>Franceia</i> | ++ | | |
| 硅藻门 Bacillariophyta | 三角藻 <i>Triceratium</i> | + | |
| | 直链藻 <i>Melosira</i> | ++++ | |
| | 小环藻 <i>Cyclotella</i> | ++++ | |
| | 根管藻 <i>Rhizosolenia</i> | ++ | |
| | 四棘藻 <i>Attheya</i> | +++ | |
| | 脆杆藻 <i>Fragilaria</i> | ++++ | |
| | 针杆藻 <i>Synedra</i> | ++++ | |
| | 曲壳藻 <i>Achnanthes</i> | +++ | |
| | 舟形藻 <i>Navicula</i> | ++++ | |
| | 羽纹藻 <i>Pinnularia</i> | + | |
| | 桥穹藻 <i>Cymbella</i> | ++++ | |
| | 双缝藻 <i>Gyrosigma</i> | ++ | |
| | 波缘藻 <i>Cynatopleura</i> | + | |
| | 异极藻 <i>Gomphonema</i> | ++++ | |
| | 卵形藻 <i>Cocconeis</i> | +++ | |
| 菱形藻 <i>Nitzschia</i> | ++ | | |
| 双菱藻 <i>Suriella</i> | ++ | | |
| 裸藻门 Euglenophyta | 裸藻 <i>Euglena</i> | ++ | |
| | 囊螺藻 <i>Trachelomonas</i> | +++ | |
| 甲藻门 Pyrrophyta | 隐藻 <i>Cryptomonas</i> | ++++ | |
| | 光甲藻 <i>Glenodinium</i> | +++ | |
| | 多甲藻 <i>Peridinium</i> | +++ | |
| | 角甲藻 <i>Ceratium</i> | ++++ | |
| 金藻门 Chrysophyta | 锥囊藻 <i>Dinobryon</i> | +++ | |
| | 鱼鳞藻 <i>Mallomonas</i> | ++++ | |

注:“+”“++”“+++”“++++”分别表示该种类在1、2、3、4个断面被采集到。

表3 岩滩水库采集到的浮游动物名录

| 所属类 | 种类 | 出现频度 | |
|---|--|--|------|
| 原生动物 Protozoan | 瓜形虫 <i>Cucurbitella</i> sp. | ++++ | |
| | 针刺匣壳虫 <i>Centropyxis aculeata</i> | + | |
| | 球形砂壳虫 <i>Diffugia globulosa</i> | ++ | |
| | 圆钵砂壳虫 <i>Diffugia urceolata</i> | ++ | |
| | 尖顶砂壳虫 <i>Diffugia acuminata</i> | + | |
| | 偏孔砂壳虫 <i>Diffugia lobostoma</i> | +++ | |
| | 壶形砂壳虫 <i>Diffugia lebes</i> | + | |
| | 细致拟砂壳虫 <i>Pseudodiffugia gracilis</i> | ++ | |
| | 滚动焰毛虫 <i>Askenasia oloxo</i> | +++ | |
| | 弗氏焰毛虫 <i>Askenasia faurei</i> | + | |
| | 急游虫 <i>Strombidium</i> sp. | ++ | |
| | 巡回侠盗虫 <i>Genus Strombidium gyrans</i> | + | |
| | 似铃壳虫 <i>Tintinnopsis</i> sp. | ++ | |
| | 轮虫 Rotifera | 镰状臂尾轮虫 <i>Brachionus falcatus</i> | ++ |
| | | 曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i> | ++++ |
| | | 螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i> | ++++ |
| | | 大肚须足轮虫 <i>Euchlanis dilatata</i> | + |
| | | 月形腔轮虫 <i>Lecana luna</i> | ++ |
| | | 前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i> | + |
| 对刺同尾轮虫 <i>Diurella stylata</i> | | ++ | |
| 圆筒异尾轮虫 <i>Trichocerca cylindrica</i> | | + | |
| 冠饰异尾轮虫 <i>Trichocerca rattus</i> | | + | |
| 针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i> | | ++++ | |
| 梳状疣毛轮虫 <i>Synchaeta pectinata</i> | | + | |
| 截头皱甲轮虫 <i>Ploesoma hudsoni</i> | | +++ | |
| 枝角类 Cladoceia | | 短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i> | ++++ |
| | 僧帽溞 <i>Daphnia cucullata</i> | +++ | |
| | 方形网纹溞 <i>Ceriodaphnia quadrangular</i> | ++++ | |
| | 中型尖额溞 <i>Alona intermedia</i> | + | |
| | 多刺裸腹溞 <i>Moina macrocopa</i> | + | |
| | 短腹平直溞 <i>Pleuroxus laevis</i> | + | |
| | 长额象鼻溞 <i>Bosmina longirostris</i> | ++++ | |
| | 颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i> | ++++ | |
| | 桡足类 Copepoda | 汤匙华哲水蚤 <i>Sinocalanus dorrii</i> | +++ |
| | | 模式有爪猛水蚤 <i>Onychocampptus mohammed</i> | + |
| 钩指复镖水蚤 <i>Allodiaptomus specilloclactylus</i> | | + | |
| 锥肢蒙镖水蚤 <i>Mongolodiaptomus birulai</i> | | ++++ | |
| 锯齿明镖水蚤 <i>Heliodiaptomus serratus</i> | | ++++ | |
| 白色大剑水蚤 <i>Macrocylops labidus</i> | | ++ | |
| 锯齿真剑水蚤 <i>Eucyclops serrulatus</i> | | +++ | |
| 绿色近剑水蚤 <i>Tropocyclops prasinus</i> | | +++ | |
| 广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i> | | ++ | |
| 透明温剑水蚤 <i>Thermocyclops hyalinus</i> | | +++ | |
| 无节幼体 <i>Nauplius</i> | | ++++ | |

本次调查持续记录时间长达半年,上游、中游、下游渔民全部记录捕获的鱼类仅有3目6科17属17种,渔民单船日均捕获量仅2.7 kg,可见库区鱼类资源已十分枯竭。

3.1.3 岩滩水域鱼类物种多样性低下 Shannon - Weiner 多样性指数从群落中不同物种数量分布情况反映群落物种的丰富程度;Wilhm 改进指数则综合了物种丰富性和均匀性两方面的影响,主要从群落不同物种质量分布情况反映群落结构的复杂程度^[11]; D_{C-F} 物种多样性指数则从群落生物的种类数量及其在各科、属间的分布情况反映群落的生物物种多样性程度^[6]。2013 年下半年调查记录岩滩水域捕获鱼类的 Shannon - Weiner 多样性指数值为 0.162, Wilhm 改进指数值为 1.814, D_{C-F} 物种多样性指数值为 0.083。周解等对广西内陆水域^[7]、韩耀全对漓江及黔江水域^[8]、李捷等对广东省肇

庆市西江^[12]、凌去非等对长江天鹅洲故道^[13]、张家波等对老江河^[14]、张敏莹等对长江^[15-16]进行过鱼类资源调查及其多样性分析,与近年来珠江、长江流域不同江河的鱼类多样性调查分析数据相比,岩滩水域鱼类物种多样性低下, Shannon - Weiner 多样性指数仅为其他水域平均值的 4.14%, Wilhm 改进指数为其他水域平均值的 59.05%, D_{C-F} 指数仅为其他水域平均值的 15.82% (表 6)。

3.1.4 岩滩水域鱼类资源结构不正常 从渔获物数量上看,超过 98% 渔获物是小型鱼类(其中四须盘鮡占 97.51%)。从渔获物质量上看,超过 50% 的渔获物是小型鱼类,其他经济鱼类比例极低。即使从质量看,除小型鱼类外,也只有库区可以自然增殖的鲤鱼和罗非鱼比例超过 10%,其他非人工增殖放流鱼类质量仅占全部渔获物的 6% 左右。这与广西江河 13 种主要经济鱼类比例超过 54% 的历史调查数据相差极大^[2]。可见,岩滩水库鱼类资源不仅枯竭,鱼类组成结构也极不正常。

3.2 结论

本研究表明,岩滩水域自然环境特别是水质状况基本正常,但鱼类资源枯竭,鱼类物种多样性极低,与库区建设前的自然江河相比,目前库区鱼类资源结构极不正常。由于红水河多级水利大坝建设阻隔,流域水生态环境发生了重大变化,特别是原红水河如青鱼、草鱼、鲢、鳙等产漂流性卵的主要经济鱼类丧失了繁殖增殖自然环境,鱼类资源日趋枯竭。再加上渔业发展无序、环境压力增大等其他因素的叠加影响,近年来库区水域水生生物结构失衡,特别是鱼类资源结构失衡。而鱼类结构的不合理又反过来加剧了库区水生生物结构的不合理,使库区水域生态安全事故及隐患增加。根据渔业主管部门《大化县岩滩库区淡水壳菜危害调查报告》的调查结果,近年来岩滩水库淡水壳菜灾害性暴发的主要原因之一,正是其天然敌害生物——青鱼数量的锐减。

为了库区水域生态环境安全,岩滩水域的水生态修复工作迫在眉睫。从生物操控角度,渔业部门近几年的鱼类增殖放流,应该在充分调研的基础上,科学合理增殖放流库区原红水河土著鱼类,逐步恢复鱼类种类构成及其多样性。可以通过针对性地放流鲴类等底层鱼类以改善库区底泥,放流青鱼等鱼类以吃食过多的底栖动物,投放一定量的肉食性鱼类清除过多的小型鱼类,改善水生态环境及水域生物结构。通过水域初级生产力及鱼产容量的正确估算,合理放养鲢鳙以减缓和调控库区水域的富营养化进程,降低库区水体的氮、磷含量,提高水环境质量。

致谢:本研究得到广西河池市、天峨县、大化县、东兰县、巴马县、南丹县渔业部门以及库区渔民的大力支持和帮助,深表谢意!

参考文献:

- [1] 贾晓平,李纯厚,甘居利,等. 南海北部海域渔业生态环境健康状况诊断与质量评价[J]. 中国水产科学,2005,12(6):757-765.
- [2] 农业部渔业局. 全国水生生物增殖放流总体规(2011—2015), 农渔发[2010]44号[R]. 北京:农业部渔业局,2010:1-83.
- [3] 广西壮族自治区水产研究所. 广西壮族自治区内陆水域渔业自然资源调查研究[M]. 南宁:广西壮族自治区水产研究所,1984:1-645.

表4 岩滩水库鱼类捕获情况

| 种类 | 上游 | | 中游 | | 下游 | |
|--|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | 数量(尾) | 质量(kg) | 数量(尾) | 质量(kg) | 数量(尾) | 质量(kg) |
| 四须盘鮡 <i>Discogobio tetrabarbatu</i> s | 51 060 | 688.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 鲤 <i>Cyprinus carpio</i> | 16 | 21.9 | 12 | 23.7 | 132 | 153.2 |
| 尼罗罗非鱼 <i>Tilapia niloticus</i> | 41 | 9.2 | 206 | 106.0 | 83 | 29.5 |
| 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> | 45 | 70.1 | 10 | 16.3 | 0 | 0.0 |
| 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> | 4 | 45.1 | 2 | 9.5 | 1 | 0.9 |
| 瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> | 130 | 17.9 | 61 | 16.7 | 151 | 17.6 |
| 鳊 <i>Aristichthys nobilis</i> | 2 | 14.5 | 8 | 35.5 | 0 | 0.0 |
| 长臀鮠 <i>Cranoglanis boudierius boudierius</i> | 0 | 0.0 | 23 | 23.6 | 3 | 2.9 |
| 斑鳊 <i>Mystus guttatus</i> | 4 | 7.8 | 6 | 11.1 | 0 | 0.0 |
| 大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i> | 22 | 15.3 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> | 0 | 0.0 | 3 | 9.7 | 3 | 5.2 |
| 鲇 <i>Silurus asotus</i> | 0 | 0.0 | 3 | 6.6 | 3 | 5.3 |
| 鳊鱼 <i>Elopichthys bambusa</i> | 6 | 11.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 唇鲮 <i>Semilabeo notabilis</i> | 18 | 3.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i> | 2 | 1.1 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 鲮 <i>Cirrhinus molitorella</i> | 1 | 1.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 鲟 <i>Hemiculter leucisculus</i> | 0 | 0.0 | 96 | 9.5 | 208 | 21.5 |
| 合计 | 51 351 | 905.9 | 430 | 268.2 | 584 | 236.1 |

表5 不同时期岩滩库区浮游生物情况

| 时间 | 种类 | 种类数量 | 单位数量 (ind./L) | 单位生物量 (mg/L) |
|------------|------|---------|------------------|-----------------|
| 1981—1984年 | 浮游植物 | 8门73属 | 66万 | 0.7063 |
| 1996—1998年 | 浮游植物 | 7门69属 | 255万 | 2.5743 |
| 2003—2005年 | 浮游植物 | 7门71属 | 160万 | 3.0935 |
| 本次调查 | 浮游植物 | 6门57属 | 101万 | 1.1151 |
| 1981—1984年 | 浮游动物 | 20科47种 | 388 | 0.0490 |
| 1996—1998年 | 浮游动物 | 26科108种 | 3197 | 2.8630 |
| 2003—2005年 | 浮游动物 | 51科93种 | 338 | 0.7865 |
| 本次调查 | 浮游动物 | 19科43种 | 459.6 | 0.6422 |

表6 各水域鱼类物种多样性比较

| 水域 | Shannon - Weiner 指数 | Wilhm 改进指数 | D_{G-F} 指数 |
|-----------|------------------------|---------------|--------------|
| 西江青皮塘段 | 3.89 | 3.37 | |
| 长江天鹅故道 | 3.7 | 4.19 | |
| 老江河 | 4.14 | 3.16 | |
| 长江江苏省常熟市段 | | 2.50 | |
| 长江安徽省安庆市段 | | 2.14 | |
| 广东省淡水鱼类 | | | 0.638 |
| 广西淡水鱼类 | | | 0.668 |
| 黔江 | | | 0.428 |
| 漓江 | | | 0.443 |
| 岩滩水域 | 0.162 | 1.814 | 0.083 |

表7 岩滩水域渔获物分布情况

| 种类 | 数量 (尾) | 数量比例 (%) | 质量 (kg) | 质量比例 (%) |
|-------|-----------|-------------|------------|-------------|
| 四须盘鮡 | 51 060 | 97.51 | 688.0 | 48.81 |
| 鲤 | 160 | 0.31 | 198.7 | 14.09 |
| 尼罗罗非鱼 | 330 | 0.63 | 144.7 | 10.26 |
| 鲢 | 55 | 0.11 | 86.3 | 6.12 |
| 青鱼 | 7 | 0.01 | 55.5 | 3.93 |
| 瓦氏黄颡鱼 | 342 | 0.65 | 52.1 | 3.70 |
| 鳊 | 10 | 0.02 | 50.0 | 3.55 |
| 长臀鮠 | 26 | 0.05 | 26.5 | 1.88 |
| 斑鳊 | 10 | 0.02 | 18.9 | 1.34 |
| 大眼鳊 | 22 | 0.04 | 15.3 | 1.09 |
| 草鱼 | 6 | 0.01 | 14.9 | 1.05 |
| 鲇鱼 | 6 | 0.01 | 11.8 | 0.84 |
| 鳊 | 6 | 0.01 | 11.0 | 0.78 |
| 唇鲮 | 18 | 0.03 | 3.0 | 0.21 |
| 鳊 | 2 | 0.00 | 1.1 | 0.07 |
| 鲮 | 1 | 0.00 | 1.0 | 0.07 |
| 鲟 | 304 | 0.58 | 31.0 | 2.20 |
| 合计 | 52 365 | 100.00 | 1 409.8 | 100.00 |

[4] Shannon C E, Weiner W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana; the University of Illinois Press, 1949: 117.

[5] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula [J]. Ecology, 1968, 49(1): 153 - 156.

[6] 蒋志刚, 纪力强. 鸟兽物种多样性测度的 $G - F$ 指数方法 [J]. 生物多样性, 1999, 7(3): 220 - 225.

[7] 周解, 张春光. 广西淡水鱼类志 [M]. 2版. 南宁: 广西人民出版社, 2006: 1 - 535.

[8] 韩耀全. 漓江鱼类物种多样性及其演变态势研究 [J]. 水生生态学杂志, 2010, 3(1): 22 - 28.

[9] 广西壮族自治区水产研究所. 岩滩水库水生生物自然资源调查报告 [R]. 南宁: 广西壮族自治区水产研究所, 1998.

[10] 广西壮族自治区水产研究所. 岩滩水电站库区水生生物资源调查及回顾评价报告 [R]. 南宁: 广西壮族自治区水产研究所, 2005.

[11] 段辛斌, 刘绍平, 熊飞, 等. 长江上游干流春季禁渔前后三年渔获物结构和生物多样性分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(6): 878 - 885.

[12] 李捷, 李新辉, 谭细畅, 等. 广东肇庆西江珍稀鱼类省级自然保护区鱼类多样性 [J]. 湖泊科学, 2009, 21(4): 556 - 562.

[13] 凌去非, 李思发. 长江天鹅洲故道、老河故道鱼类群落种类多样性 [J]. 中国水产科学, 1998, 5(2): 1 - 5.

[14] 张家波, 樊启学, 王卫民. 老江河鱼类种类多样性和优势种的初步研究 [J]. 淡水渔业, 1998, 28(6): 14 - 17.

[15] 张敏莹, 徐东坡, 刘凯, 等. 长江安庆江段鱼类调查及物种多样性初步研究 [J]. 湖泊科学, 2006, 18(6): 670 - 676.

[16] 张敏莹, 徐东坡, 段金荣, 等. 长江常熟江段渔业群落结构及物种多样性初步研究 [J]. 生态科学, 2007, 26(6): 525 - 530.