

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.02.003

## 岩滩水电站建设对水生生物的影响

韩耀全, 杨 琼, 周 解, 何安尤

(广西壮族自治区水产研究所, 广西南宁 530021)

**摘要** 根据岩滩水电站河段近 30 年水生生物自然资源长序列数据, 分析水电站建设对水生生物自然资源的影响, 研究红水河流域渔业自然资源枯竭的原因。结果表明: 岩滩水电站蓄水 11 年, 库区浮游植物种类减少 2.7%, 单位体积生物质量为蓄水前的 4.4 倍; 浮游动物种类增加 97.9%, 单位体积生物质量为蓄水前的 16.1 倍; 底栖动物种类减少 70.6%, 单位面积生物质量为蓄水前的 5 倍; 水生维管束植物种类增加 80%; 鱼类种类减少 40%。岩滩水电站建设前后水域生态环境发生重大变化, 水生生物种类组成及生物量结构差异显著, 鱼类及底栖动物种类的生物多样性损害严重。

**关键词** 岩滩水电站; 水生生物; 生态环境影响

**中图分类号**: X17      **文献标识码**: B      **文章编号**: 1004-6933(2011)02-0009-04

## Influence of Yantan hydroelectric power station construction on water hydrobios and countermeasures

HAN Yao-quan, YANG Qiong, ZHOU Jie, HE An-you

(Guangxi Fisheries Research Institute, Nanning 530021, China)

**Abstract**: Through analysis of nearly 30 years of data on natural resources of aquatic organisms in the Yantan hydroelectric power station plant reach, and analysis of the effect of the hydroelectric power station construction on the natural resources of aquatic organisms, the reasons for the depletion of the Red River Basin fishery natural resources were examined. The scientific basis for Red River aquatic organism biodiversity protection and restoration were provided. The results showed that, after operation of the Yantan hydroelectric power station storage for 11 years, plankton species were reduced by 2.7%, and biomass per unit volume was 4.4 times what it had been before storage; zooplankton species increased by 97.9%, and biomass per unit volume was 16.1 times what it had been before storage; benthos species were reduced by 70.6%, and biomass per unit volume was 5 times what it had been before storage; aquatic vascular plants increased by 80%; and fish were reduced by 40%. Comparison of conditions before and after Yantan hydroelectric power station construction show that the water ecological environment has changed tremendously, the aquatic organism species composition and biomass structure difference between the two periods are remarkable, and the fish and the benthic species diversity have significantly diminished.

**Key words**: Yantan hydroelectric power station; water hydrobios; eco-environment influence

红水河流经岩溶地区, 形成广西最具典型的岩溶多样生态环境和水域生态系统, 物种多样性十分丰富。岩滩水电站是红水河梯级水电站中的第 5 级, 1985 年开工建设, 1992 年截流蓄水, 最大坝高

110 m, 正常蓄水位 223 m 时相应库容 26 亿 m<sup>3</sup>, 渠化河段 166 km。由于水能资源丰富, 红水河已被腰斩 9 段, 规划 10 级梯级水电开发。水利枢纽大坝的建设, 使红水河中、上游已出现多级湖泊化, 经多年调

节,库区水生生物种类和组成发生重大变化,生物多样性受到不可逆转的影响。近两年,库区的淡水壳菜(*Limnoperna fortunei*)暴发,严重影响库区的渔业生产,越来越多的人关注库区的水生生物结构失衡及水生态失衡问题。

广西壮族自治区水产研究所分别于1981—1984年、1997—1998年、2003—2005年、2005—2008年对红水河流域岩滩段水生生物自然资源进行全面调查研究。通过对这些长期累积的数据进行分析,可探讨水电站建设对水域水生生物自然资源的巨大影响,研究库区生态失衡问题,查找红水河水生野生生物自然资源日趋枯竭的原因,为保护和修复水环境提供科学依据。

## 1 分析材料和方法

**a. 数据信息采集。**利用1981—2008年间在红水河岩滩段水域进行的水生生物自然资源调查数据。其中,文献1[数据为岩滩水电站建设前的本底数据,文献2[数据为电站蓄水5年后对比数据,文献3[数据为电站蓄水11年后对比数据,文献4-5[数据为电站蓄水15年后对比数据。这些近30年的长时间长序列的科学调查分析数据,能充分说明红水河水生生物的历史、现状和演变过程。

**b. 水生生物资源调查方法。**按文献6[推荐的调查方法进行。

**c. 水质理化因子调查评价方法。**按GB 12998—91《水质采样技术指导》、GB 12999—91《水质采样样品的保存和管理技术规定》规定的程序采集、处理、保存样品,直至实验室分析测定。水质质量评

价标准采用GB 11607—89《渔业水质标准》和GB 3838—2002《地表水环境质量标准》。

**d. 数据分析。**利用数学统计分析法分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 结果

**a. 红水河岩滩水域水生生物资源的历史和现状。**建库前后生物量变化情况见表1。

表1 建库前后岩滩水库水生生物资源生物量变化<sup>[1-3,7-8]</sup>

| 时段         | 浮游植物                                 | 浮游动物                                | 底栖动物                                                    | 水生维管束植物种类  | 鱼类种类       |
|------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|------------|
| 1981—1984年 | 8门73属<br>655543ind/L<br>0.7063 mg/L  | 20科47种<br>388ind/L<br>0.0490 mg/L   | 34种<br>148ind/m <sup>2</sup><br>1900 mg/m <sup>2</sup>  | 7科<br>10种  | 15科<br>70种 |
| 1996—1998年 | 7门69属<br>2546933ind/L<br>2.5743 mg/L | 26科108种<br>3197ind/L<br>2.8630 mg/L | 7种<br>1332ind/m <sup>2</sup><br>9400 mg/m <sup>2</sup>  |            | 15科<br>43种 |
| 2003—2005年 | 7门71属<br>1604876ind/L<br>3.0935 mg/L | 51科93种<br>338ind/L<br>0.7865 mg/L   | 10种<br>1360ind/m <sup>2</sup><br>9800 mg/m <sup>2</sup> | 10科<br>18种 | 14科<br>42种 |

※生物量值为各采样断面数据的平均值。

**b. 岩滩水库水质指标的历史和现状。**建库前后水质指标变化情况见表2。

### 2.2 分析

结果显示,岩滩水电站蓄水5年后,库区浮游植物种类减少5.5%、浮游动物种类增加130%、底栖动物种类减少79.4%、水生维管束植物未能采集到,鱼类减少38.6%,蓄水11年后,库区浮游植物种类减少2.7%、浮游动物种类增加97.9%、底栖动物种类减少70.6%、水生维管束植物种类增加80%、鱼类种类减少40%。

表2 建库前后岩滩水库水质指标变化情况<sup>[1-5]</sup>

| 时段         | 水温/<br>℃                                     | 浊度/<br>度                                    | 透明度/<br>m                            | pH                                  | $\rho(\text{DO})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 总硬度/<br>(mg·L <sup>-1</sup> )                | $\rho(\text{SS})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> )      | $\rho(\text{BOD}_5)$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{COD})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{NO}_3\text{-N})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{NO}_2\text{-N})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{TN})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{TP})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho$ 挥发酚/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) |
|------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1981—1982年 | 21.5                                         |                                             |                                      | 7.95                                | 7.85                                         | 149.1                                        |                                                   | 1.91                                            | 4.2                                           | 0.196                                                   | 0.51                                                    | 0.013                                                   |                                              | 0.670                                        |                                      |
| 1996—1997年 | 21.1                                         | 32.6                                        |                                      | 8.48                                | 6.93                                         |                                              | 67.3                                              | 2.14                                            | 15.6                                          | 0.250                                                   | 1.18                                                    | 0.025                                                   |                                              | 0.058                                        | —                                    |
| 2003—2004年 | 22.6                                         |                                             | 2.18                                 | 7.29                                |                                              | 163.5                                        |                                                   | 1.32                                            | 1.21                                          | 0.410                                                   | 0.57                                                    | 0.002                                                   |                                              | 0.030                                        | —                                    |
| 2005—2006年 | 23.0                                         |                                             | 1.30                                 | 7.88                                | 8.40                                         |                                              |                                                   | 0.22                                            | 1.2                                           | <0.020                                                  |                                                         |                                                         | 1.641                                        | 0.070                                        | <0.002                               |
| 时段         | $\rho(\text{CN})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{F})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho$ 石油类/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho$ 总磷/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{Hg})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{Pb})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{Cr}^{6+})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | $\rho(\text{Cu})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> )    | $\rho(\text{Zn})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> )  | $\rho(\text{Cd})$ /<br>(mg·L <sup>-1</sup> )            | $\rho$ 溶解性铁/<br>(mg·L <sup>-1</sup> )                   | 大肠杆菌落数/<br>(ind·L <sup>-1</sup> )                       | 细菌总数/<br>(ind·L <sup>-1</sup> )              |                                              |                                      |
| 1981—1982年 |                                              |                                             |                                      |                                     |                                              |                                              |                                                   |                                                 |                                               | 0.123                                                   | 224.5                                                   |                                                         |                                              |                                              |                                      |
| 1996—1997年 | —                                            |                                             |                                      | 0.016                               | —                                            | —                                            |                                                   |                                                 |                                               |                                                         | 0.17                                                    | 1967                                                    | 11700                                        |                                              |                                      |
| 2003—2004年 | <0.004                                       |                                             |                                      | <0.007                              | <0.00005                                     | <0.02                                        | 0.005                                             | <0.008                                          |                                               |                                                         | 0.035                                                   |                                                         |                                              |                                              |                                      |
| 2005—2006年 | <0.004                                       | <0.05                                       | <0.05                                | 0.00054                             | <0.0004                                      | <0.02                                        | 0.005                                             | <0.008                                          | <0.002                                        | <0.001                                                  |                                                         |                                                         |                                              |                                              |                                      |

※总硬度以CaCO<sub>3</sub>计。

a. 浮游植物。建库前后浮游植物种类数量差异不大,但是种群结构发生变化,优势种群由建库前的急流型过渡到适应静水生活、富营养水质的种类,浮游植物生物量显著增加。电站蓄水5年和11年后,单位体积浮游植物种个数分别是蓄水前的3.9倍和2.5倍,单位体积生物量分别是蓄水前的3.6倍和4.4倍。从浮游植物生物量指标判断,库区水质从建库前的贫营养型向中营养型过渡。

b. 浮游动物。建库后,浮游动物种类数增加,真性浮游、喜营养型种类成为优势种群。电站蓄水5年后的单位体积浮游动物个数是建库前的9.5倍,而11年后基本相等;单位体积浮游动物生物量分别是建库前的58.4倍和16.1倍。从浮游动物生物量指标判断,库区水质由贫营养型向中-富营养型演化。

c. 底栖动物。建库后,底栖动物生物多样性指数大幅下降,底栖动物种类从34种锐减至10种,减幅高达70.5%。甲壳类米虾和沼虾成为优势种,库区底栖生物的密度和生物量明显丰于蓄水前。蓄水后,库区单位面积底栖动物数量约是蓄水前的9倍,单位面积底栖动物生物量约是蓄水前的5倍,底栖动物中的寡毛类颤蚓科和一些摇蚊幼虫的出现,提示岩滩库区的一些小区水质已呈富营养化。

d. 水生维管束植物。建坝前,红水河河床为岩石和沙砾,河水流速快,含沙量大,透明度低,红水河主河道无沉水性植物生长。红水河的支流盘阳河,水质清澈,水生维管束植物资源丰富,曾检出7科10种。岩滩库区蓄水后,水流变缓,大量泥沙沉积覆盖,河床淤积,水生生物被泥沙覆盖、死亡。据1996—1997年调查,盘阳河库区建库前采集到的沉水植物均未见。蓄水10年后,水生维管束植物开始在盘阳河库区浅水地带恢复生长,沉水植物恢复较快,种类亦有所增加。

e. 鱼类。建库后,鱼类大幅减少,大量原急流型鱼类越来越少。与建库前相比,鱼类种类明显减少,建库11年后的调查结果表明,鱼类种类减少了40%,鱼类种类由河流型转变为湖泊型,一些急流型鱼类资源枯竭或消亡,而适应水库生态环境的小型鱼类迅猛发展,成为库区常见鱼类。

f. 水质。建坝前,库区水域水质DO浓度丰富,呈弱碱性,为矿化度较高的中等软水,水中有机物含量低,水质总体表现良好。

蓄水后的水温、DO浓度、总硬度及pH值与蓄水前相比变化不大。3种形态的可溶性无机氮仍以NO<sub>3</sub>-N为主要存在形式,但浓度均比建坝前有所增加。TP浓度比建坝前有明显降低,除TN为易超指

标外,水质基本符合GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准。库区水质为中营养型水体,某些养殖小区悬浮物增多,春夏时蓝绿藻“水华”面积较大,水质有富营养化趋势。

### 3 讨论

由以上分析结果可以看出,岩滩水电站建设前后水生生物资源及水生态环境的变化是显著的。造成这种结果的影响因素有很多,尽管浮游植物、浮游动物、水生维管束植物的指标可能会因采样的随机性造成偏差,也可能受采样季节性因素的影响(底栖动物和鱼类资源受上述因素的影响则相对较小),但采样断面相关分析指标的总体变化趋势是基本相同的,因此可以肯定,水电站建设因素对水生生物的巨大影响是不容置疑的。

a. 水生生物自然资源受到严重影响。建库后水流变缓,淹没地的有机溶融使水中氮、磷营养盐增加,水体交换慢,水体营养丰富,适宜浮游植物生长,浮游植物生物量显著增加。与此同时,浮游动物的种类和数量也快速增加,适应新环境的种类成为优势种,加上库区内摄食浮游动物的鱼类补充群体不足,浮游动物迅速生长繁殖,一般在水库蓄水的2至5年后水体营养快速增长。

b. 鱼类及底栖生物种类的生物多样受损严重。电站截流后,大坝阻断了鱼类的生殖洄游,淹没了原来的鱼类产卵场,大多鱼类无法像原来一样自然补充种群,自然资源逐渐减少甚至消失。不少种类悄然消失,迄今尚无恢复迹象,对本地生物种质基因库的损失是巨大的。

c. 库区水生生物结构失衡。由于大坝建设,库区水环境从河流型转变为缓流型湖泊,水生态环境及水生生物结构发生重大转变并需要形成新的平衡。由于大坝建设,阻断水生生物的生命走廊,加上其他外来人为因素的叠加影响,加重了水域水生生物结构失衡的程度。而水生生物结构的失衡,将导致水生态的失衡。

### 4 保护与修复对策

针对水电站建设对流域水生态造成的损害,为保护和优化库区水生态环境,保障电站安全生产,应采取有效措施,进行保护与修复工作。

要加强库区渔政管理及水质监测和管理,通过全流域水量合理调度,保证各水域生态基流并使各河段有一定的自净能力,以保护水生生物自然资源及水生态环境。

加大库区原土著鱼类人工增殖力度,恢复库区

鱼类自然资源、保存本土鱼类种质 维护生态平衡。

针对库区水生生物结构失衡的现状,为有效改善水体环境,可进行针对性的水生生物调控,针对性地放养鲴类等底层鱼类以改善库区底泥,放养青鱼等鱼类以吃食异常爆发的底栖动物,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渔产力的正确估算,采用生物操控技术,合理放养鲢、鳙鱼以减缓和调控富营养化进程,将营养物质以鱼产品的形式出库。

合理利用营养物生物吸收技术解决区域营养盐过剩问题,降低水体中浮游植物量和氮、磷含量。对于已经富营养化的水体,可通过增殖沉水植物,加强根际系统的净化,消耗水体的营养物质,降低水中的营养水平,提高水环境质量。

致谢:本研究得到广西壮族自治区水产研究所资源环境首席专家周解研究员的指导和帮助,在此深表感谢!对参加红水河流域水生生物自然资源调查研究的何安尤、龚竹林、杨家坚、梁雪松、吴祥庆、庞燕飞、朱瑜、张益峰、雷建军、施军等同志及多年来长期进行红水河流域水生生物自然资源调查及保护研究的同志也深表感谢!

## 参考文献:

- [1]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报告[R].南宁:广西壮族自治区水产研究所,1984.
- [2]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.
- [3]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,2004.
- [4]广西壮族自治区水产研究所.红水河来宾段珍稀鱼类自治区级自然保护区科学考察报告[R].南宁:广西壮族自治区水产研究所,2005.
- [5]广西壮族自治区水产研究所.大唐桂冠合山发电有限公司2×600MW级机组上大压小工程温排水对排水区域水生生物影响预测及评价报告[R].南宁:广西壮族自治区水产研究所,2007.
- [6]张觉民,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.
- [7]广西壮族自治区水产研究所.广西淡水鱼类志[M].南宁:广西人民出版社,1984.
- [8]广西壮族自治区水产研究所.广西淡水鱼类志[M].南宁:广西人民出版社,2007.

(收稿日期 2010-03-16 编辑 徐娟)

(上接第5页)

- [6] MASHWASH N J. ECOMSED manual[M]. Lethbridge: HYDROQUAL Inc,2002:1-188.
- [7] BURBAN MCNEIL J,LICK W. Settling speeds of flocs in fresh and sea water[J]. Journal of Geophysical Research,1990,95(C10):18213-18220.
- [8] 胡维平,濮培民,秦伯强.太湖水动力学三维数值试验研究-1:风生流和风涌增减水的三维数值模拟[J].湖泊科学,1998,10(4):17-25.
- [9] 张运林,秦伯强.太湖水体中悬浮物研究[J].长江流域资源与环境,2004,10(3):266-271.

- [10] 王鹏.水动力作用下太湖沉积物再悬浮的模拟实验研究[C]//中国环境科学学会.第十三届世界湖泊大会论文集.北京:中国环境科学出版社,2009.
- [11] 罗淑葱,秦伯强.太湖波浪与湖流对沉积物再悬浮不同影响的研究[J].水文,2003,23(3):1-4.
- [12] 汤露露.基于 ECOMSED 模式的太湖风生流三维数值模拟[C]//中国环境科学学会.第十三届世界湖泊大会论文集.北京:中国环境科学出版社,2009.
- [13] 刘兴平.太湖波浪过程的数值模拟[J].江苏大学学报,2009,30(1):80-85.

(收稿日期 2010-05-20 编辑 徐娟)

(上接第8页)

- [10] 李剑超,朱光灿,刘伟生,等.沉积时间和温度对底泥间隙水有机污染物的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(4):723-726.
- [11] 范成新,张路,王建军,等.湖泊底泥疏浚对底泥释放影响的过程与机理[J].科学通报,2004,23(4):1523-1528.
- [12] 杨龙元,蔡启铭,秦伯强,等.太湖梅梁湾沉积物-水界面

氮迁移特征初步研究[J].湖泊科学,1998,10(4):41-47.

- [13] 范成新,张路,杨龙元,等.湖泊沉积物氮磷内源负荷模拟[J].海洋与湖沼,2002,33(4):371-378.
- [14] 李文红,陈英旭,孙建平.疏浚对影响底泥向上覆水体释放污染物的研究[J].农业环境科学学报,2003,22(4):446-448.

(收稿日期 2010-01-10 编辑 徐娟)