

三峡工程对两湖的生态影响

谢 平

(中国科学院水生生物研究所东湖湖泊生态系统试验站,湖北 武汉 430072)

摘 要: 长江干流的渔业捕捞量从 1954 年的 43 万 t 下降到 2011 年的 8 万 t, 降幅达 81%, 而两湖(洞庭湖和鄱阳湖)的渔业捕捞量分别在 2~4 万 t 之间波动。三峡大坝对洞庭湖三口径流量的影响有限, 但使江水倒灌鄱阳湖的天数和水量进一步降低。长江来水占洞庭湖径流量的 30%, 而在鄱阳湖中仅有 0.1%, 因此, 对维持长江干流的渔业资源(特别是产漂流性卵鱼类)来说, 洞庭湖的重要性远超鄱阳湖。干流渔业资源的衰退主要是江湖阻隔的结果, 虽然过度捕捞起到了推波助澜的作用, 因此, 即使在干流休渔十年, 也未必能使长江的渔业资源大幅回升。如果在两湖建闸, 长江渔业资源的衰退将会进一步加剧, 江豚的灭绝可能难以避免, 因此, 维持两湖与长江的生态联系, 对长江干流生物多样性的维持至关重要。

关键词: 三峡大坝; 洞庭湖; 鄱阳湖; 江湖关系; 渔业资源

中图分类号: F326.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-8227(2017)10-1607-12

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201710013

洞庭湖和鄱阳湖目前依然保持着与长江的自然连通状态, 对长江中下游江湖复合生态系统完整性(如江湖洄游鱼类的生态空间、长江干流物种多样性与生态系统承载力等)的维持具有重要意义, 因为该地区的几乎所有其它湖泊都切断了与长江的自然联系。

两湖曾经都是我国特有的淡水豚类——白鱃豚的故乡, 白鱃豚的模式标本还采自洞庭湖^[1], 虽然白鱃豚已经功能性灭绝。现在两湖中依然还有另一种珍稀濒危豚类——江豚的身影。可见, 两湖对长江中下游水生生物多样性的维持具有重要意义。

三峡工程运行对中下游干流以及两湖的水沙平衡以及生态等的可能影响亦备受关注, 虽然精确评估十分困难, 因为水系异常复杂, 空间尺度巨大, 各种不同的过程交织在一起。此外, 人为扰动还会叠加上异常的气候波动, 一些过程需要较长的时间才能达到动态平衡, 等等。

1 气温、降水的长期变化, 湖泊的演化

温度与降雨是可能影响湖泊演变的两个重要

的气象因子, 如果它们没有趋势性变化, 那湖泊的显著变化就会另有其因。洞庭湖区近百年来气温的变化以 1998~2010 年略微偏暖, 比平均高 1℃(图 1)。近百年来, 洞庭湖降雨的周期性变化并不明显, 与气温的变化略有不同, 1998~2010 年期间的降雨并未偏多(图 2)。

近 200 a 来, 洞庭湖处于不断萎缩的过程中(图 3)。即自清代咸丰、同治年间四口分流形成之后, 洞庭湖在淤滩淤涨和筑堤建垸的双重作用下, 由盛转衰, 面积急剧萎缩, 由 1825 年的近 6 000 km² 下降到 1995 年的 2 625 km²。1955~1978 年期间, 洞庭湖水面面积减少了 970 km², 主要是大规模的围湖造田引起的^[4]。

2 江湖水文关系

2.1 长江占全国径流量的 1/3, 两湖占长江径流量的 1/2

长江是我国第一大河, 多年(1951~1983 年)平均实测年径流量 $8.956 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[5], 约占全国总径流量的 37.7%。位于长江中游的洞庭湖和鄱阳湖是我国最大的两个淡水湖, 其库容十分巨大——

收稿日期: 2017-08-29

基金项目: 中国科学院野外站联盟项目(KFJ-SW-YW026) [Ecosystem Research Station Alliance of CAS (Grant No. KFJ-SW-YW026)] 和中国科学院 B 类先导科技专项培育项目(XDPB0204) [the Strategic Priority Research Program of CAS (Grant No. XDPB0204)]

作者简介: 谢平(1961~), 男, 研究员, 主要从事水体富营养化及蓝藻水华的爆发机制及生物调控措施的研究。

E-mail: xieping@ihb.ac.cn

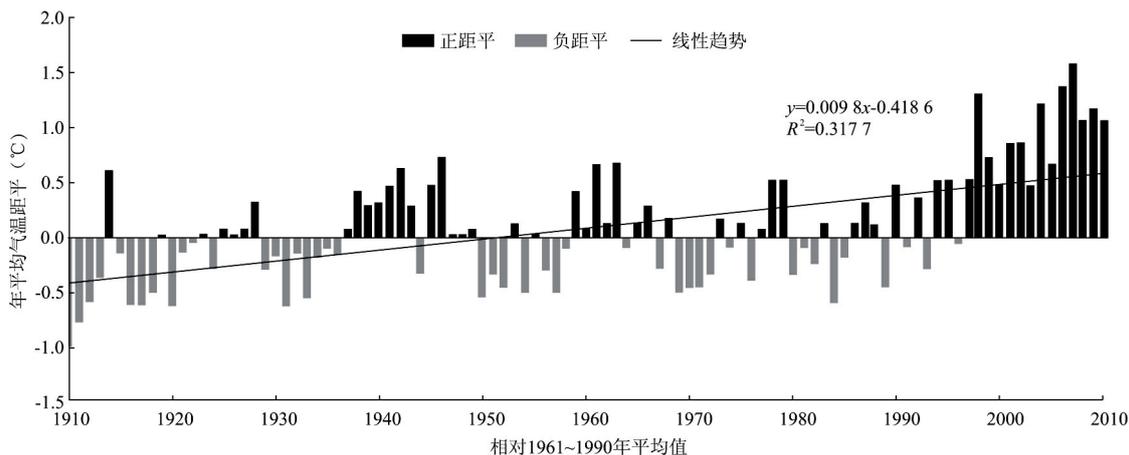


图 1 1910~2010 年洞庭湖区年平均气温距平(引自: [2])

Fig. 1 Time Series of Anomaly Percentage of Annual Mean Temperature from 1910 to 2010 in Dongting Lake Region [Cited from [2]]

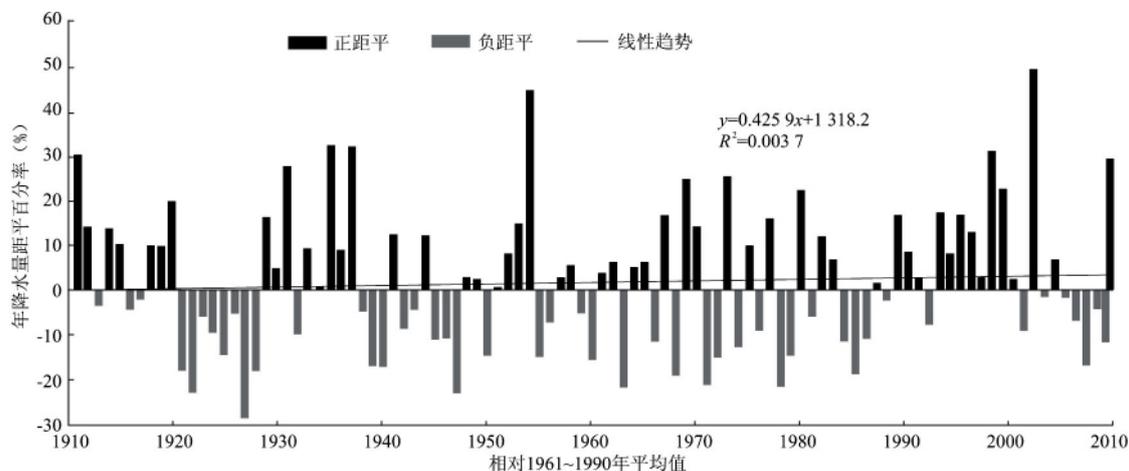


图 2 1910~2010 年洞庭湖区年降水量距平百分率序列(引自: [3])

Fig. 2 Time Series of Anomaly Percentage of Annual Precipitation from 1910 to 2010 in Dongting Lake Region [Cited from [3]]

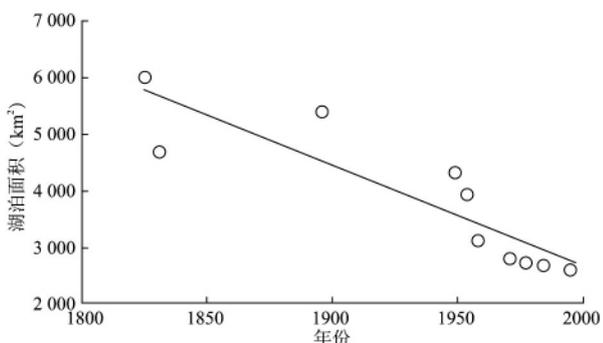


图 3 近 200 a (1825~1995 年) 来洞庭湖面积的变化 (根据《湖南手册》的资料绘制而成)

Fig. 3 Change of the Surface Area of Lake Dongting in the Past 200 a (1825-1995) (Drawn from the Data in "Hunan Handbook")

洞庭湖 $167.0 \times 10^8 \text{ m}^3$, 鄱阳湖 $149.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, 它们多年平均径流量分别为 $3.126 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $1.460 \times 10^8 \text{ m}^3$ [6], 占长江年径流量的 52%。但两湖径流量的年际变化巨大, 如鄱阳湖最大径流量达 $2.646 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1998 年), 最小仅有 $566 \times 10^8 \text{ m}^3$ (1963 年), 两者相差 4.7 倍!

2.2 长江来水占洞庭湖径流量的 30%

洞庭湖现为我国第二大淡水湖, 流域面积约为 $257\,000 \text{ km}^2$ 。当岳阳水位为 33.5 m 时, 洞庭湖面积约为 $2\,625 \text{ km}^2$, 平均水深 6.39 m。洞庭湖位于长江中游的荆江河段南岸, 南汇四水(湘、资、沅、澧), 北纳四口(松滋、太平、藕池、调弦)分泄的长江洪水, 东接汨罗江和新墙河水,

最后由城陵矶北注长江，是一个庞大而复杂的吞吐型湖泊。荆江南岸从松滋口、虎渡口（太平口）、藕池口和调弦口等 4 个历史决口分流冲刷成 4 条河流——松滋河、虎渡河、藕池河和调弦河。公元 325 年前后和南宋时期分别形成调弦口和太平口，1860 年与 1870 年藕池河、松滋河相继形成。调弦口于 1958 年封堵，也将（荆南）四口称（荆南）三口。截至 2001 年，湖南四水流域兴建大中小型水库多达 13 318 座^[7]。

根据 1953~2012 年的统计资料，洞庭湖多年平均径流 2 832 亿 m³，其中四水 1 663 亿 m³，占洞庭湖全湖径流量的 58.7%，四口 873 亿 m³，占 30.8%，来自区间的 296 亿，占 10.5%。四口的径流集中在汛期，其 6~10 月的径流占全年径流量的 89.3%（图 4）。

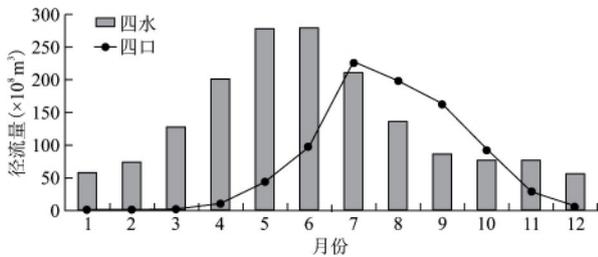


图 4 在 1953~2012 年期间，四口和四水径流量的季节变化(根据[8]的数据绘制而成)

Fig. 4 Monthly Changes in Runoff of the Four Rivers and Four Inlets During 1953-2012 (Drawn from Data of [8])

2.3 江水倒灌鄱阳湖

鄱阳湖现为我国第一大淡水湖，流域面积约为 162 000 km²。当湖口水位为 21.69 m 时，鄱阳湖面积约为 2 933 km²，平均水深 5.1 m。而在干旱的 2012 年，湖面面积曾降至近 200 km²。鄱阳湖上有五河（赣江、抚河、信江、饶河、修水），下通过湖口与长江相连，每年 7 月鄱阳湖上游五河入湖洪水开始消退，而长江水位快速上涨，对鄱阳湖出流产生强烈的顶托作用而出现江水向湖中倒灌现象（图 5），大多数年份都会出现倒灌现象。

3 三峡工程对两湖水沙动态及江湖水文关系的影响

3.1 三峡工程对洞庭湖水沙平衡的影响

方春明等^[10]指出，三峡水库运用后荆江产生了较大冲刷，枯水位下降，但同时三口河道也产

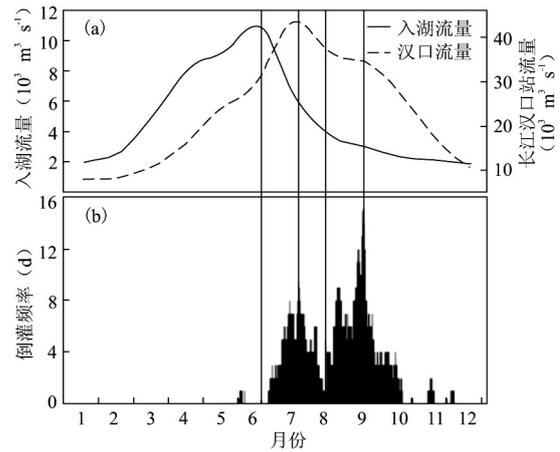


图 5 (a) 1960~2007 年间鄱阳湖流域月平均入湖流量与长江汉口站月平均流量; (b) 1960~2007 年间长江倒灌累积频率分布图(引自: [9])

Fig. 5 (a) Monthly Mean Basin Inflow into Lake Poyang and Monthly Mean Runoff at Hankou Station of the Yangtze River During 1960-2007; (b) Cumulative Frequency Graph of Backflow from Yangtze River into Lake Poyang During 1960-2007 (Cited from [9])

生了一定冲刷，部分抵消了荆江水位下降对三口分流的影响，因此，三峡水库蓄水以来荆江三口分流比并未发生明显变化。由于三峡水库运用后 2003~2011 年的数据点基本位于 1991~2002 年的相关线上（只略为偏下一点），因此他们认为，三峡水库运用对三口年径流量的影响有限。

下荆江裁弯（1967~1972 年）后，四口分流分沙比呈减少趋势，由于葛洲坝水库为径流式水库，库容相对较小，对下游流量过程几乎没有影响，拦沙作用亦十分有限^[11]。方春明等^[10]指出，三口年径流量与枝城年径流量之比（三口年径流量比）自 1990 年后也趋于稳定，表明三峡水库运用后对其影响亦微乎其微。

三峡工程截流前（1951~1998 年）荆南三口年均输沙量达 14 126×10⁴ t，占洞庭湖区来沙量的 81.5%，同期四水多年平均来沙量仅为 3 198×10⁴ t，且变幅不大，表明荆南三口来沙量的大小直接决定了洞庭湖盆泥沙冲淤量，而荆南三口的输沙量与其来水量密切相关。三峡水库蓄水运用后的 3 个时段，荆南三口年输沙量及洞庭湖盆淤积量波动下滑趋势较为明显，而洞庭湖盆从淤积为主转变为冲刷为主（图 6）。

在每年的汛期，也是许多江湖洄游鱼类的繁殖旺季，在长江中大量孵化的仔鱼以及初出茅庐

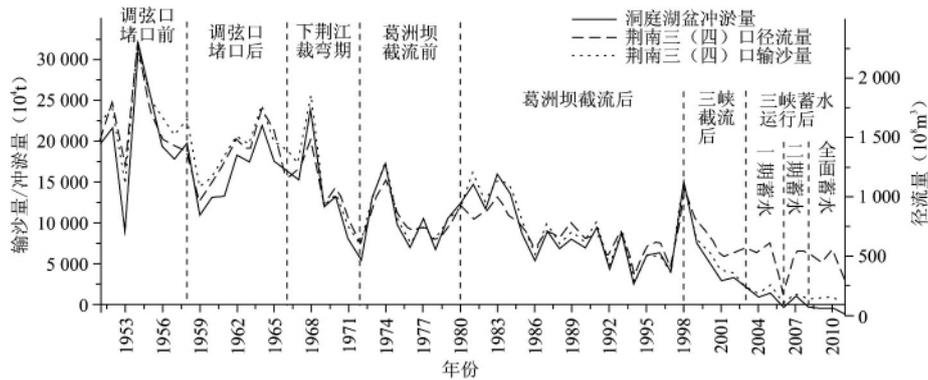


图 6 不同时段荆南三(四)径流量、输沙量与洞庭湖盆冲淤量演变趋势(引自[12])

Fig. 6 Variations of Runoff and Sediment Discharge of the Three Outlets of Southern Jingjiang River and Sediment Silting/Scouring Amount of Dongting Lake Basin in Different Periods of Time (Cited from [12])

幼鱼经过枝城后通过荆南三(四)口进入洞庭湖肥育,而在洞庭湖中肥育成熟的亲鱼又可经城陵矶通道进入长江,补充长江的繁殖群体,它们在翌年随雨季的降临而开始繁殖,之后与大量的新生幼鱼一道重返洞庭湖。

3.2 三峡工程对长江倒灌鄱阳湖的影响

三峡大坝运行前(1990~2002年): 鄱阳湖平

均倒灌 5.15 d, 倒灌量 $12.83 \times 10^8 \text{ m}^3$; 三峡蓄水初期(2003~2008)以来,两者均明显上升: 平均倒灌 15.83 d, 倒灌量 $35.91 \times 10^8 \text{ m}^3$, 三峡水库 175 m 试验性蓄水(2009年)以来,两者均显著下降: 平均倒灌 2.14 d, 倒灌量 $1.46 \times 10^8 \text{ m}^3$ (图 7)。

长江倒灌鄱阳湖主要发生在 7~11 月, 绝大多

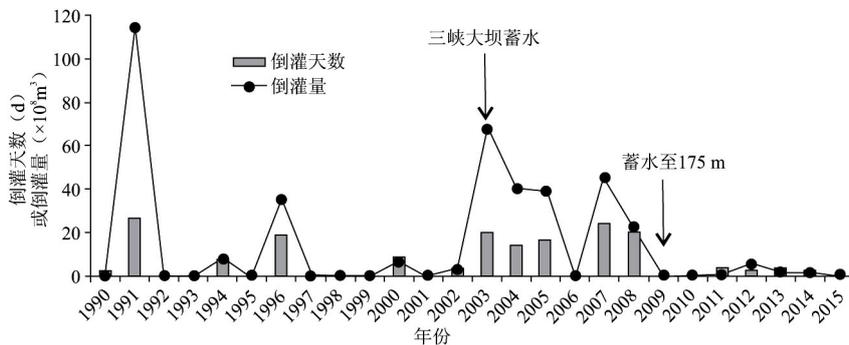


图 7 三峡工程运行前后鄱阳湖倒灌天数及倒灌量的变化(根据[13]的数据绘制而成)

Fig. 7 Days and Amount of Backflow from the Yangtze River into Lake Poyang Before and After Operation of the Three Gorges Project (Drawn from Data of [13])

数出现在 7~9 月份, 占总倒灌天数的 90.4%^[13]。湖口水位 22.59 m (1998 年 7 月 31 日) 为历年实测最高水位, 此时鄱阳湖通江水体面积 3 708 km², 湖体容积 $303.63 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[14]。因此, 1991 年倒灌量 ($113.87 \times 10^8 \text{ m}^3$) 超过了鄱阳湖最大湖容的 1/3。

长江倒灌鄱阳湖对江湖洄游鱼类来说可能具有重要意义, 因为 7~9 月正好遇上江湖洄游鱼类繁殖盛期与幼鱼生长旺季, 自然的灌江纳苗不仅对鄱阳湖, 而且对整个长江的渔业资源量维系具有重要意义。2009 年之后鄱阳湖倒灌的大幅衰减

问题值得重视。

4 三峡工程对两湖的生态影响

鱼产量由天然捕捞和人工养殖所构成。有时, 虽然鱼类资源丰富, 但有可能不被捕捞, 而过度捕捞会导致鱼类资源衰竭。一般来说, 天然捕捞量取决于鱼类资源量, 即鱼类资源量越大, 捕捞量就可能越大。但某一时期捕捞量的增加也可能由于更多的营养物输入(富营养化), 亦可能由于捕捞技术的改进或捕捞强度的增加(这会引

发过度捕捞)。

4.1 洞庭湖渔产量的历史变化

20 世纪 50 年代以来,洞庭湖的鱼产量并未呈现系统性的衰退现象,虽然湖泊面积有所下降(1958 年 3 141 km² → 1995 年 2 625 km²)。除 1996、1998 年溃垸因素,捕捞量较高外^[15],洞庭湖鱼类捕捞量绝大多数情况下在 2~4 万 t 之间徘徊,多年平均约为 3.3 万 t(图 8)。这与长江干

流的资源量从 1954 年的 43 万 t 下降到 2011 年的 8 万 t 有着天壤之别!

四大家鱼(青鱼、草鱼、鲢、鳙)是产漂流性卵的鱼类,20 世纪 60 年代在洞庭湖鱼产量中的比例曾经达到 21%,之后逐渐下降(发生大面积洪灾的 1998 年除外),三峡蓄水前的几年在 8%~9% 之间徘徊。三峡截留并未显著降低它们的比例,2014 年又回升到 17%(图 9)。

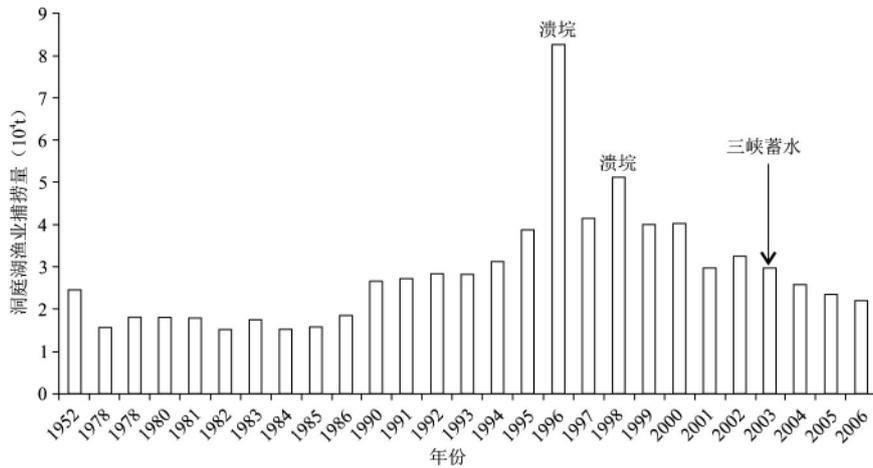


图 8 洞庭湖渔业捕捞量的历史变化(根据湖南水产部门的统计数据绘制而成,见: [15~17])

Fig. 8 Historical Changes in Total Fishery Catch in Lake Dongting (Data from Statistics by the Hunan Fisheries Division, See [15-17])

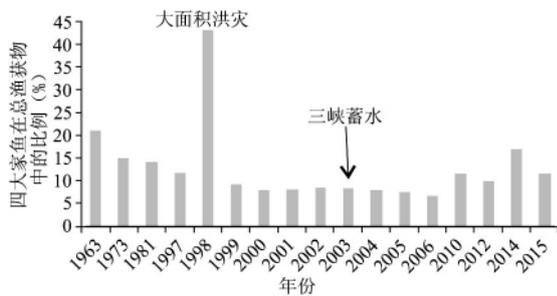


图 9 洞庭湖鱼类捕捞总量中四大家鱼占比的变化

(根据湖南水产部门的统计数据绘制而成,见: [16~18])

Fig. 9 Changes of the Proportion of the Four Domestic Carps in Total Fishery Catch in Lake Dongting (Data from Statistics by the Hunan Fisheries Division, See [16-18])

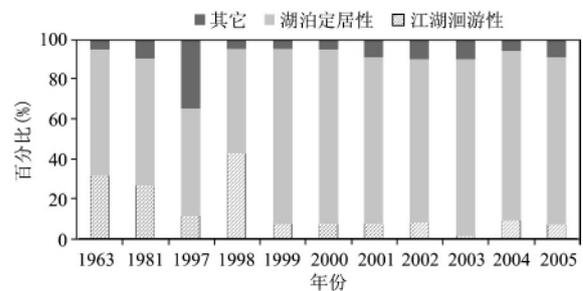


图 10 洞庭湖鱼获物中主要类型鱼类的比例

(根据湖南水产部门的统计数据绘制而成,见: [19])

Fig. 10 Changes in Percent of Major Fish Types in Total Fishery Catch in Lake Dongting (Data from Statistics by the Hunan Fisheries Division, See [19])

江湖洄游鱼类的比例曾在 1963 年达到 32%, 1999 年之后就在 10% 以下徘徊,湖泊定居鱼类的比例进一步上升,1999 年之后就超过了 80%(图 10)。洞庭湖中江湖洄游鱼类的衰退与三峡截留并无直接关系。

4.2 鄱阳湖渔产量的历史变化

根据鄱阳湖周边全部 11 个县市的渔业统计资料,得到鄱阳湖水产品捕捞量的历史变化如图 11

所示。1949 年以来,鄱阳湖的天然捕捞量以 30 a 为周期进行波动,第二个周期比第一个周期的平均值显著增高;此外,三峡蓄水并未明显降低鄱阳湖的渔产量。鄱阳湖渔产量年际间的波动与水面面积呈正相关关系^[20]。发生特大洪水的 1954、1996 和 1998 年,渔产量分别达到周期波动的峰值。洪水年份也会使渔产量增加:①湖库、池塘等中人工投放的鱼苗通过洪水进入鄱阳湖中,②

从长江进入鄱阳湖的鱼类增加,特别是江湖洄游鱼类(如四大家鱼),③鄱阳湖水位增高,湖面扩大,饵料丰富,鱼类索饵范围广,有利于生长^[21]。1998年特大洪水也引起四大家鱼在总鱼获物中的比例由5%~10%上升到10%~15%,可能是由于特大洪水引起人工养殖池中的四大家鱼逃入湖中所致^[22]。

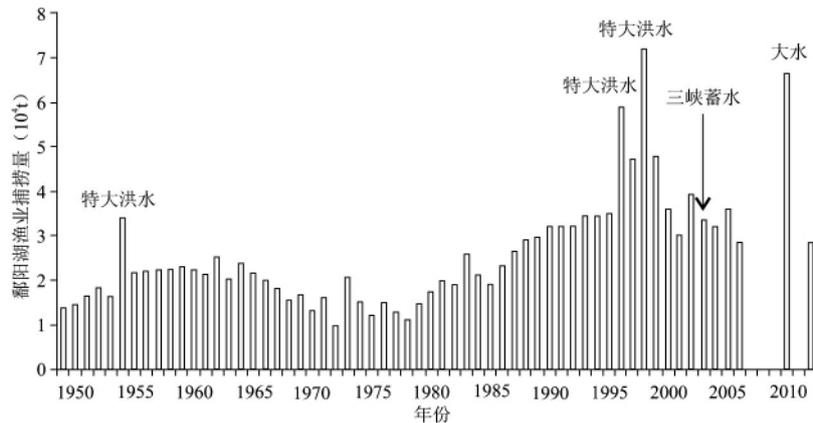


图 11 鄱阳湖渔业捕捞量的历史变化(根据江西省渔政管理局的数据绘制而成,见 [22~24])

Fig. 11 Historical Changes in Total Fishery Catch in Lake Poyang

(Data from Statistics by Fishery Administration Bureau of Jiangxi Province, See [22-24])

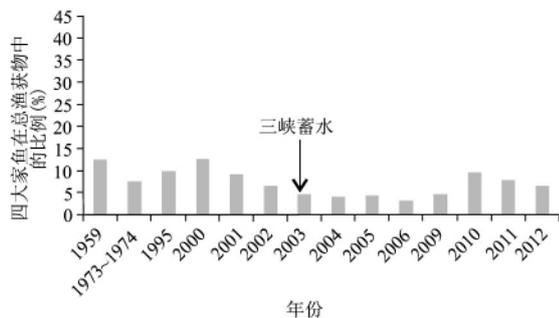


图 12 鄱阳湖鱼类捕捞总量中四大家鱼占比的变化
(根据江西省渔政管理局的数据
绘制而成,见 [20, 21, 23, 25])

Fig. 12 Changes of the Proportion of the Four Domestic Carps in Total Fishery Catch in Lake Poyang
(Data from Statistics by Fishery Administration Bureau of Jiangxi Province, See [20, 21, 23, 25])

4.3 长江江豚种群数量的历史变动

两湖是白鱀豚和江豚的重要栖息与觅食之地。但白鱀豚在三峡截流之前就基本绝迹了,因此,其绝灭与三峡的影响应该没什么关系。中国科学院水生生物研究所等部门对洞庭湖和鄱阳湖的江豚进行了多轮的现场考察,20世纪90年代以来,在一定的范围内波动(85~200头),三峡

在鄱阳湖的鱼类捕捞产量中,江湖洄游的四大大家鱼的比例多数都在10%以下(图12),且整体水平也比洞庭湖略低,这亦在情理之中,因为洞庭湖与长江的交换量更大,在长江中飘荡的鱼苗有更多的机会进入洞庭湖肥育。此外,也难以看出三峡蓄水对四大家鱼在洞庭湖鱼类捕捞总量中占比的显著影响。

截流并未引起江豚数量的明显降低(表1)。

5 大型通江湖泊中四大家鱼繁殖群体的变化

繁殖群体对种群的盛衰是十分重要的,如果某种原因(无论是自然的还是人为的)导致某一物种的自然繁殖群体的规模逐渐变小,那该物种的自然种群规模就会逐渐衰退。

5.1 洞庭湖的重要作用

与长江保持连通的湖泊所剩无几,洞庭湖以其与长江的特殊联系以及巨大的分流调蓄功能,对长江中下游自然江湖关系的维持起着至关重要的作用,起着长江多种经济鱼类种群数量补充基地的作用。根据1988年的调查,在长江中繁殖的四大大家鱼苗经三口进入洞庭湖有约13~15亿尾,入湖的家鱼苗有90~95发育到了鳔一室期或卵黄吸尽期,距产出已有6~7d,按漂流速度推算,这些育苗主要是产自重庆以上的上游江段产卵场。至于湘江中繁殖的家鱼苗总数仅有0.48亿尾,对补充洞庭湖四大大家鱼资源的意义不大^[29]。

表 1 洞庭湖长江江豚种群数量的历史变动(头)

Tab. 1 Historical Changes in Number of the Yangtze Finless Porpoise in Lake Dongting

时间	长江干流	洞庭湖	鄱阳湖	合计	文献
1984~1991	2 546	104	52	2 702	[26]
1998 年 4 月	—	—	388	—	[27]
2006	1 225*	230*	—	—	
2007	—	180*	—	—	
	—	—	—	—	
2009	—	145*	—	—	
2010	—	114	—	—	
2012	500*	90*	450*	1 040*	
2014	—	—	403	—	[28]

注: * 《2012 长江淡水豚考察报告》; 一无数据.

通江湖泊中四大家鱼的幼鱼的来源并不仅仅限于长江干流, 譬如, 四大家鱼在湘江和赣江中也能繁殖, 这些支流产卵场的状况也会影响到两湖中的鱼类群落结构与资源量。

长江支流四大家鱼产卵场的形势也十分严峻, 如湘江在历史上捕捞家鱼苗曾达 40 亿尾 (1959 年), 在 20 世纪 70 年代平均只有 2.4 亿尾, 20 世纪 90 年代初家鱼苗已很少, 停止了捞苗生产^[29]。

5.2 四大家鱼的繁殖群体严重萎缩

在长江水系, 四大家鱼其成熟年龄一般都在 4~5 龄, 少数可在 3 龄, 而鳊鱼最早也是 4 龄(表 2)。1963 年, 在鄱阳湖湖口的鱼获物中, 4 龄及以上的个体还占有不低的比例, 但 20 世

纪 70 年代之后, 4 龄及以上的个体就十分罕见。湖北洪湖 50 年代中后期兴建隔堤和新滩口排水闸, 在 1959 年的鱼获物种, 4 龄及以上的鳊还占有很大比例。20 世纪 90 年代, 通江湖泊洞庭湖中的四大家鱼其 4 龄及以上个体的比例也很低。

20 世纪 70 年代之后, 大型通江湖泊——鄱阳湖和洞庭湖中繁殖群体的严重衰退可能由于过度捕捞, 发生在湖泊或长江干流, 也可能是两者的联合作用。但两湖中渔产量的相对稳定可能主要由于一种补偿机制, 即大型江湖洄游鱼类的降低被小型定居鱼类的增加所补偿。此外, 水体营养的增加也使饵料生物有所增加, 因此, 也能支撑更多的鱼类种群数量。

表 2 长江水系四大家鱼的成熟年龄与繁殖季节

Tab. 2 Mature Age and Breeding Season of the Four Domestic Carps in the Yangtze River

种类	成熟年龄	地点	繁殖季节
青	一般 4~5 龄, 最早 3 龄	宜昌(1958 年)、湖口(1961~1963)	5~7 月
草	一般 4~5 龄, 最早 3 龄, 最晚 6 龄	湖口(1961~1963)	4 月底~7 月初
鲢	一般 4 龄, 最早 3 龄	宜昌(1958~1959)、湖口(1962~1964)	4 月中~7 月, 5~6 月较集中
鳊	一般 5 龄, 最早 4 龄	湖口(1962~1964)	5 月上~7 月

注: 资料来源 [30, 31].

5.3 酷渔滥捕严重

利用非法渔具如电、炸、毒鱼, 迷魂阵, 地笼网, 矮围等的酷渔滥捕可能是导致两湖中大型江湖洄游鱼类资源衰竭以及鱼类群落结构小型化的重要原因。譬如, 密眼网簖(迷魂阵)是一种大规模捕捞经济鱼类幼鱼的渔法, 其网目一般为 5~10 mm, 可以捕到体长仅 2~3 cm 的幼鱼, 在东洞庭湖, 网簖的日产量达 10.5 万 kg, 其中经济鱼类幼鱼 6.45 万 kg, 从 7 月底至 8 月初, 每天的渔获物中含有草鱼幼鱼 147 万尾, 青鱼幼鱼 225

万尾, 鲤幼鱼 306 万尾^[32]。

据湖南省渔政部门的估算, 2002 年, 在洞庭湖中的“迷魂阵”超过 8 000 个, 网片长度超过 100 万 m 以上, “布围子”8 000 船左右, 长度 80 万 m 以上, 其捕获的鱼类 70% 以上为当年或 1 冬龄幼鱼; 电击渔船 2 000 艘以上, 每年用来炸鱼的炸药 80 t 左右, 一些渔民还总结出一套炸鱼经“春炸湾、夏炸滩、秋冬两季炸深潭”^[33]。2015 年, 在东洞庭湖八角包水域发现的“绝户网”, 一次可围上百亩水面, 连小拇指长的鱼儿

都会被尽收网中。

鄱阳湖的迷魂阵在 1978 年只有 27 部, 1983 年增加到 2 400 部, 1986 年猛增到 9 889 部, 在 1983 年鄱阳湖下山岛渔区的 1 部迷魂阵的渔获物中, 体重在 50 g 以下的个体占到总数的 60.8%, 50~250 g 的个体占 37.2%, 250 g 以上仅占 2.0%; 而在汉池湖抽查的 64.9 kg 迷魂阵渔获物中, 有 27 181 尾鱼, 平均每尾体重不到 2.4 g^[20]。

6 为何长江干流的渔业资源下降了 80%?

长江干流与其附属水体是一个有机联系的整体, 又具有十分不同的特性: 中下游干流的江水泥沙含量高, 十分浑浊, 饵料生物十分稀少; 与干流连通的湖泊, 一般都是水质清澈, 长满各种类型的水生植物——挺水植物、浮叶植物和沉水植物, 浮游动植物和底栖动物等饵料生物亦非常丰富, 栖息着各种各样的水生动物和鸟类, 充满着生机(图 13)。

但是, 干流也是许多动物的活动之地, 譬如, 许多鱼类, 如我们熟知的四大家鱼, 就在奔腾的江水中产卵(所谓的漂流性卵)与孵化, 幼鱼待具有一定的游泳能力后, 再进入湖泊中肥育, 而且这些鱼类不能在静水环境中产卵, 它们就养成了这种江湖洄游的习性。

对长江中下游的阻隔型湖泊来说, 一般是冬、春(长江枯水季节)开启闸门, 尽量将湖水排出, 而到洪水季节则关闭闸门, 利用腾出的湖容接纳流域的来水。但问题是, 洪水季节也是江湖洄游鱼类的产卵季节, 关闸意味着这些新生鱼苗无法随江水进入湖泊。而冬、春季湖泊开闸放水即使有一些残留的亲鱼进入长江, 最终这些鱼类也难逃在阻隔湖泊中逐渐衰亡的命运, 除非通过人工繁殖进行放养。

一般来说, 流速大、泥沙多的河流环境不利于浮游动物的生存, 这类河流中的浮游动物往往十分贫乏。譬如, 在洪水季节, 亚马逊河水的流速和悬浮无机物比枯水季节高 3~4 倍, 河水变黄, 高度混浊, 缺少浮游动物。泥沙在流水中碰撞磨擦是浮游动物减少的原因之一^[34]。长江流速大, 含沙量高, 干流中浮游动物的贫乏也在情理之中。

在江河中, 枝角类相当贫乏, 平均约为 0.001~

0.1 个/L, 而池塘、湖泊与水库一般有 10 个/L, 有时可达 100 个/L, 这是由于江河冲洗涤荡, 水中有大量无机悬浮物存在, 不利于枝角类滤食的缘故, 尤其在小溪以及流速大的江河中, 几乎见不到枝角类^[35]。总的来说, 在河流, 特别是激流环境中, 各种浮游动物的丰度都会大大降低。

据统计, 近半个世纪以来, 长江干流的渔业资源大幅衰竭, 从 1954 年的 43 万 t, 下降到 2011 年的 8 万 t, 降幅超过 80%, 平均每年下降了约 1.5%(图 14)。虽然沿江湖泊的渔业产量并不低, 但却无法支撑长江中需要以鱼类为生的更高级消费者, 如白鱃豚和江豚。

长江干流的成鱼资源量虽然已大幅下降, 但早期的仔、幼鱼资源量还是比较丰富的, 这可能得益于长江主要鱼类巨大的繁殖力^[36]。但超过了一定阈值之后, 仔幼鱼的资源量也难免不会陡然下降。

总之, 在长江水系中, 干支流的水文条件满足了产漂流性卵鱼类的繁殖场需求, 但由于饵料稀少, 难以单独维持较大的鱼类种群, 其鱼苗孵出后需要到通江湖泊中去肥育。在长江中下游, 春夏季进行繁殖的鱼类, 其幼鱼借助长江的季节性泛滥, 适时进入通江湖泊去觅食, 那里各种类型的水生植物、底栖生物和浮游生物等可以支撑比干支流大得多的鱼类种群密度, 许多鱼类还将卵粘附于水草表面, 亦能在一定程度上逃避敌害。

令人惊讶的是, 20 世纪 40 年代末长江中下游湖泊总面积尚有约 35 123 km², 它们都会因洪水泛滥而保持连通, 而现在仅有两湖(总面积约为 5 500 km²)保持与长江的自然连通, 因此, 支撑长江鱼类的有效湖泊面积减少了 76%, 如果叠加上酷渔滥捕的生态效应以及长江沿岸港口码头林立、堤岸硬化等对沿岸生态环境(特别是水生植物)的不断破坏, 长江干流从 1954 年渔产量降幅超过 80% 亦不难解释。

7 主要结论

(1) 产漂流性卵鱼类(如四大家鱼)是长江中下游的优势鱼类, 是季风气候下形成的东亚特有类群。雨季在长江中新生的幼鱼需借洪水泛滥进入湖泊肥育, 成熟后再回到干流中繁殖, 不能进入湖泊索饵的幼鱼很可能会因长江中饵料生物匮



图 13 浑浊的长江与其生机勃勃的连通湖泊，通江湖泊呈现两类植被景观——湿生植被和水生植被
 Fig. 13 Muddy Yangtze River and Its Adjacent Vibrant Lakes, the River-connecting Lake Show Two Kinds of Vegetation Landscape—wetland and Aquatic Vegetations

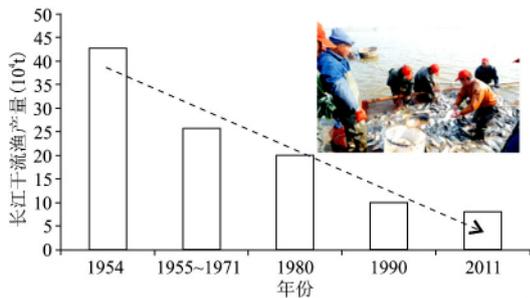


图 14 长江干流渔业捕捞量的变化
 Fig. 14 Changes in Total Fishery Catch of the Yangtze River

乏而死。因此，这些鱼类的生存与繁衍依赖于江湖之间的连通性与交换性。

(2) 三峡水库运行对洞庭湖荆南三口年径流量的影响有限，长江来水占洞庭湖径流量的比例高达 30%。175 m 试验性蓄水后，鄱阳湖的平均倒灌降至 2.14 d，倒灌量仅 $1.46 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占鄱阳湖年径流量的比例仅 0.1%！因此，根据江湖之间相互交换的水量来看，洞庭湖对长江产漂流性卵鱼类资源量的维持可能更为重要。

(3) 长江干流的渔业捕捞量从 1954 年的 43 万 t 下降到 1980s 的 20 万 t，最后到 2011 年的 8 万 t，降幅高达 81%。而 1950s 以来，洞庭湖和鄱阳湖的渔产量并未如此，分别在 2~4 万 t 之间徘徊。

(4) 过去半个多世纪长江渔业资源的衰退主要是由江湖阻隔引起的，而过度捕捞也起到了推

波助澜的作用。干流及两湖中的酷渔滥捕加速了产漂流性卵大型鱼类资源量的枯竭，这可能对干流渔业资源的衰竭影响更大。而两湖中渔业资源的稳定甚至上升一是得益于定居型鱼类对空缺生态位的填补，二是富营养化导致浮游生物的增加可能也有一定贡献。

(5) 20 世纪 50 年代以来，长江渔业资源的大幅衰退不能归因于过度捕捞，因两湖的过度捕捞并未产生同样的后果。因此，即使在干流休渔十年，也未必能使长江的渔业资源大幅回升。

(6) 现在，两湖的渔业资源量与长江干流几乎持平，对长江干流渔业资源量的维持可能具有重要作用。同时，两湖也是江豚的重要栖息之地。如果在两湖建闸，将会切断它们与长江的生态联系，长江渔业资源的衰退将会进一步加剧，江豚可能更快地灭绝，可能还会出现其它物种的链式灭绝。

参考文献：

[1] 陈宜瑜, 陈 炜. 关于白鱀豚的一些形态解剖资料[Z]. 水生生物学集刊, 1975, 5: 360-368.
 [2] 彭嘉栋, 廖玉芳, 刘珺婷, 等. 洞庭湖区近百年气温序列构建及其变化特征[J]. 气象与环境学报, 2014, 30: 62-68.
 【PENG J D, LIAO Y F, LIU J T, et al. Construction of tem-

- perature series in recent 100 years and its changes over Dongting Lake region [J]. *Journal of Meteorology and Environment*, 2014, 30(5): 62-68.】
- [3] 彭嘉栋, 廖玉芳, 刘珺婷, 等. 洞庭湖区近百年降水序列构建及其变化特征[J]. *气象与环境学报*, 2015, 31: 63-68.
【PENG J D, LIAO U F, LIU J T, et al. Construction of precipitation series in recent 100 years and its change characteristics over Dongting Lake region [J]. *Journal of Meteorology and Environment*, 2015, 31(3): 63-68.】
- [4] 赵淑清, 方精云, 陈安平, 等. 洞庭湖区近 50 年土地利用/覆盖的变化研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2002, 11(6): 536-542.
【ZHAO S Q, FANG J Y, Chen A P, et al. Land use/cover changes in Dongting Lake area between 1955-1998 [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2002, 11(6): 536-542.】
- [5] 汤奇成, 熊 怡. 中国河流水文[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [6] 姜加虎, 龚鸿身. 中国五大淡水湖[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003.
- [7] 李景保, 王克林, 秦建新, 等. 洞庭湖年径流泥沙的演变特征及其动因[J]. *地理学报*, 2005, 60: 503-510.
【LI J B, WANG K L, QIN J X, et al. The evolution of annual runoff and sediment in the Dongting Lake and their driving forces [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60: 503-510.】
- [8] 梁亚琳, 黎昔春, 郑 颖. 洞庭湖径流变化特性研究[J]. *中国农村水利水电*, 2015, 5: 67-71.
【LIANG Y L, LI X C, ZHENG Y. Study on runoff variation characteristics of Dongting Lake [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2015, 5: 67-71.】
- [9] 叶许春, 李相虎, 张 奇. 长江倒灌鄱阳湖的时序变化特征及其影响因素[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2012, 34: 69-75.
【YE X C, LI X H, ZHANG Q. Temporal variation of backflow frequency from the Yangtze River to Poyang Lake and its influencing factors [J]. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 2012, 34: 69-75.】
- [10] 方春明, 胡春宏, 陈绪坚. 三峡水库运用对荆江三口分流及洞庭湖的影响[J]. *水利学报*, 2014, 45: 36-41.
【FANG C M, HU C H, CHEN X J. Impacts of Three Georges Reservoir's operation on outflow of the three outlets of Jingjiang River and Dongting Lake [J]. *Shuili Xuebao*, 2014, 45: 36-41.】
- [11] 徐慧娟, 许 多, 宁 磊, 等. 重大人类活动对洞庭湖四口水系洪水特性的影响分析[J]. *中国农村水利水电*, 2014, 9: 127-130.
【XU H J, XU D, NING L, et al. Impacts analysis of major human activities on flow and sediment diversion from four outlets of Dongting Lake [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2014, 9: 127-130.】
- [12] 周永强, 李景保, 张运林, 等. 三峡水库运行下洞庭湖盆冲淤过程响应与水沙调控阈值[J]. *地理学报*, 2014, 69: 409-421.
【ZHOU Y Q, LI J B, ZHANG Y L, et al. Silting/scouring process responses of Dongting Lake basin to the operations of TGR and thresholds of water-sediment regulation [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69: 409-421.】
- [13] 王 雪, 赵学峰, 赵学军. 三峡工程运行前后鄱阳湖倒灌特性对比分析[J]. *长江工程职业技术学院学报*, 2017, 34: 9-12.
【WANG X, ZHAO X F, ZHAO X J. Comparative analysis of back-flow characteristics of Poyang Lake before and after operation of Three Gorges project [J]. *Journal of Changjiang Institute of Technology*, 2017, 34: 9-15.】
- [14] 王圣瑞. 鄱阳湖生态安全[J]. 北京: 科学出版社, 2014.
【WANG S R et al. *Ecological security of Poyang Lake* [J]. Beijing: Science Press, 2014.】
- [15] 廖伏初, 何望, 黄向荣, 等. 洞庭湖渔业资源现状及其变化[J]. *水生生物学报*, 2002, 26: 623-627.
【LIAO F C, HE W, HUANG X G, et al. Studies on present situation and change trend of Dongting Lake Fishery resources and environment [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, 26: 623-627.】
- [16] 李红炳, 徐德平. 洞庭湖“四大家鱼”资源变化特征及原因分析[J]. *内陆水产*, 2008, 6: 34-36.
【LI H B, XU D P. Characteristics and causes of resource changes of the four domestic carps in Dongting Lake [J]. *Inland Fisheries*, 2008, 6: 34-36.】
- [17] 李杰钦. 洞庭湖鱼类群落生态研究及保育对策[D]. 长沙: 中南林业科技大学硕士论文, 2013.
【LI J Q. *Ecological Study on Fish Community and Conservation Strategies in Dongting Lake* [D]. Master Dissertation, Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2013.】
- [18] 湖南省畜牧水产局. 洞庭湖鱼类资源衰减势头减缓[J]. *渔业致富指南*, 2015, 9: 12.
【Animal Husbandry and Fishery Bureau of Hunan Province. Decline of fishery resource slowed down in Lake Dongting [J]. *Fishery Guide To Be Rich*, 2015, 9: 12.】
- [19] 李 成. 洞庭湖主要经济鱼类资源调查及其变化规律研究[D]. 长沙: 湖南农业大学硕士学位论文, 2006.
【LI C. *Study on the investigation of main economic fishery resource and the law of its variety in the Dongting Lake* [D]. Master Dissertation, Changsha: Hunan Agriculture University.】
- [20] 张 本, 王建华. 鄱阳湖渔业自然资源及其保护利用的初步意见[J]. *淡水渔业*, 1982, 3: 1-5.
【ZHANG B, WANG J H. Preliminary opinions on the natural resources of Poyang Lake and their protection and utilization [J]. *Freshwater Fisheries*, 1982, 3: 1-5.】
- [21] 省渔政局增殖科. 一九九五年度鄱阳湖区渔业资源状况调查工作总结[J]. *江西水产科技*, 1996, 3: 8-9.
【Aquaculture Section of Provincial Fishery Administration Bureau. Summary of the survey on fishery resources in Poyang

- Lake District in 1995 [J]. Jiangxi Fishery Sciences and Technology, 1996, 3: 8-9.】
- [22] 钱新娥, 黄春根, 王亚民, 熊 飞. 鄱阳湖渔业资源现状及其环境监测 [J]. 水生生物学报, 2002, 26: 612-617. 【QIAN X, HUANG C G, WANG Y M. The status of fishery resources of Poyang Lake and its environmental monitoring [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2002, 26: 612-617.】
- [23] 黄晓平, 龚 雁. 鄱阳湖渔业资源现状与养护对策研究 [J]. 江西水产科技, 2007, 4: 2-6. 【HUANG X P, GONG Y. Study on the current situation of fishery resources and conservation countermeasures in Poyang Lake [J]. Jiangxi Fishery Sciences and Technology, 2007, 4: 2-6.】
- [24] 吴 斌, 方春林, 甘江英. 鄱阳湖“四大家鱼”的现状分析与生态经济前景 [J]. 中国水产, 2014, 10: 27-28. 【WU B, FANG C L, GAN J Y. Present situation analysis and ecological economic prospect of the four domestic carps in Poyang Lake [J]. China Fisheries, 2014, 10: 27-28.】
- [25] 姜 红, 刘礼堂, 郑喜森. 鄱阳湖水域渔业资源现状调查及主要保护对策 [J]. 渔业现代化, 2013, 40: 68-72. 【JIANG H, LIU L T, ZHENG X S. The Poyang Lake fishery resources environment status and protection countermeasures [J]. Fishery Modernization, 2013, 40: 68-72.】
- [26] 张先锋, 刘仁俊, 赵庆中, 等. 长江中下游江豚种群现状评价 [J]. 兽类学报, 1993, 13: 260-270. 【ZHANG X F, LIU R J, ZHAO Q Z, et al. The population of finless porpoise in the middle and lower reaches of Yangtze River [J]. Acta Theriologica Sinica, 1993, 13: 260-270.】
- [27] 肖 文, 张先锋. 截线抽样法用于鄱阳湖江豚种群数量研究初报 [J]. 生物多样性, 2000, 8: 106-111. 【XIAO W, ZHANG X F. A preliminary study on the population size of Yangtze finless porpoise in Poyang Lake, Jiangxi. [J]. Chinese Biodiversity, 2000, 8: 106-111.】
- [28] 刘 磊, 胥左阳, 杨 雪, 等. 枯水期鄱阳湖重点水域长江江豚种群数量、分布及行为特征 [J]. 南昌大学学报(理科版), 2016, 40: 276-280. 【LIU L, XU Z Y, YANG X. et al. Population size, distribution and behavioral characteristics of the Yangtze finless porpoise in the low water period of Poyang Lake [J]. Journal of Nanchang University (Natural Science), 2016, 40: 276-280.】
- [29] 中国科学院环境评价部和长江水资源保护研究所. 长江三峡水利枢纽环境影响报告书 [R]. 1991.
- [30] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类 [R]. 北京: 科学出版社, 1976.
- [31] 倪达书, 汪建国(主编). 草鱼生物学与疾病. 北京: 科学出版社, 1999.
- [32] 曹文宣. 有关长江流域鱼类资源保护的几个问题 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17: 163-164. 【CAO W X. Several problems of fish resources protection in the Yangtze River Basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17: 163-164.】
- [33] 柳富荣. 洞庭湖渔业资源现状及增殖保护对策 [J]. 现代渔业信息, 2002, 17: 26-28. 【LIU F R. Status of fishery resource and countermeasure of enhancement and protection in Dongting Lake [J]. Modern Fisheries Information, 2002, 17: 26-28.】
- [34] 陈受忠. 葛洲坝截流前后长江浮游动物的研究 [J]. 生态学杂志, 1985, 3: 1-4. 【Chen S Z. Study on the ecology of zooplanktons before and after damming up Changjiang River by Gezhou Dam [J]. Journal of Ecology, 3: 1-4.】
- [35] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志节肢动物门甲壳纲淡水枝角类 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [36] 常剑波, 邓中彝, 张国华, 等. 洪湖灌江纳苗的可行性及效益评价 [M] // 陈宜瑜, 徐蕴珩. 洪湖水生生物及其资源开发. 北京: 科学出版社, 1995: 220-231.

ECOLOGICAL IMPACTS OF THREE GORGES DAM ON LAKES DONGTING AND POYANG

XIE Ping

(Donghu Experimental Station of Lake Ecosystems, Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: Total catch in the main river declined from 43×10^4 t to 8×10^4 t in 2011, with a reduction of 81%, while in contrast, since 1950s, total catches in Lakes Dongting and Poyang fluctuated between 2-4 10⁴ t, respectively. The impact of the Three Gorges Dam on discharge of the three outlets into Lake Dongting was limited, but it decreased the days and amount of backward flow from the river to Lake Poyang. The inflow of water from the Yangtze River accounts for 30% of the total runoff of Dongting Lake, but only 0.1% in Lake Poyang. Therefore, for the maintenance of fishery resources (especially those fishes with drifting eggs) of the main river, Lake Dongting is much more important than Lake Poyang. The decline of fishery resources in the main river was mainly the result of obstructions between the river and lakes, although overfishing has also contributed to this,

thus, it is difficult to have a fundamental improvement on the fishery resources in the Yangtze River even fishing is forbidden for ten years. If Lakes Poyang and Dongting are isolated by dams, the fishery resources in the river will further decline, the extinction of the finless porpoise can hardly be avoided. Therefore, it is crucially important for the maintenance of biodiversity in the Yangtze River to keep ecological connections between the river and both lakes.

Key words: Three Gorges Dam; Lake Dongting; Lake Poyang; relation between river and lake; fishery resources

《长江流域资源与环境》征稿简则

《长江流域资源与环境》杂志是全国唯一一份专门研究长江流域各种资源的开发利用保护与生态环境建设,以及社会经济可持续发展的综合性学术刊物。本刊立足长江流域,面向国内外,围绕资源与生态环境重大问题,报道流域资源与生态环境科学研究成果,介绍国内外江河流域开发整治和环境保护的最新成果。目前,刊物同时被“中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)”、“中国科学引文数据库(CSCD)”、“中文社会科学引文索引(CSSCI)”、“中文核心期刊要目总览”以及“中国人文社会科学核心期刊要览”等收录。热忱欢迎广大科研工作者踊跃向本刊投稿。

投稿请注意以下事项:

题名。简明、具体、确切,概括文章的要旨,符合编制题录、索引和检索的有关原则并有助选择关键词,避免使用非公知公用的缩略语、字符、代号、结构式和公式,一般不超过 20 个字。

作者、工作单位、地址。按国家相关标准署名,有中、英文工作单位全称、所在省市名及邮编。英文摘要中的邮编之后要加国名。中国作者姓名的汉语拼音写法: TAN Xue-ling (谭学玲), PENG Ding-zhi (彭定志)。

摘要。具有独立性和自含性,不出现图、表及冗长的数学公式和非公知公用的符号、缩略语。包含要素:目的、方法、结果(包括主要数据)和结论。英文摘要与中文对应,注意人称、时态和语言习惯,以便准确表达内容。以第三人称撰写,中(英)文摘要不少于 300 字(单词)。

关键词。3~8 个,中英文关键词对应。

正文。论文按引言(不单独标题,阐述开展本工作的目的、理论基础和与本题有关的国内外进展情况及本工作的创新及特色)、方法、结果、讨论与结论的格式书写;文章标题层次为:一级标题 1,二级标题 1.1,三级标题 1.1.1;与本题目无关及无实验依据的论述与结论、常规的数理公式及化学方程式不应包括;使用国家法定计量单位,同一单位在全文中写法一致,使用单位的国际符号表达量值。

表。有表序、中文表题、英文表题;使用国家法定计量单位及单位的国际符号;只附最必要的表,置于文中提出的段落处,字体六宋。

图。有图序、中文图题、英文图题;图要简略清晰,提供最必要的信息,字体六宋;坐标图内容齐全、线条均匀;照相图应提供原照片,图像清晰、反差适中,分辨率不低于 600 dpi;电子显微镜照片应标明放大倍数;只附最必要的图,置于文中提出的段落处;涉及中国地图时,请务必标注清楚南海诸岛、钓鱼岛等。

作者简介。姓名(出生年~),性别,职称,学位,研究方向, E-mail:

参考文献。只著录最必要、公开出版的文献,未公开发表的文献(包括网络链接性非正式出版的文献)在当页脚注。文献在正文相应位置标注,采用顺序编码制编排项目与格式如下所示:

a. 专著、学位论文、报告: [序号]主要责任者.文献题名[文献类型标识].版次(第 1 版不写).出版地:出版者,出版年.起止页码.文献类型标识:专著为 M,学位论文为 D,报告为 R。

b. 期刊文章: [序号]主要责任者(多责任者至少列出前 3 名).文献题名[J].刊名,年,卷(期):起止页码。

c. 论文集中析出的文献: [序号]析出文献主要责任者.析出文献题名[C]//原文献题名.出版地:出版者,出版年.析出文献起止页码。

d. 电子文献: [序号]主要责任者.题名:其他题名信息[文献类型标志/文献载体标志].出版地:出版者,出版年(更新或修改日期)[引用日期].获取和访问路径。

e. 各种未定义类型的文献: [序号]主要责任者.文献题名[Z].出版地:出版者,出版年。

来稿文责自负,切勿一稿多投。编辑部对来稿可作文字上和编辑技术上的修改和删节。

《长江流域资源与环境》编辑部主页: <http://yangtzebasin.whlib.ac.cn>

电话: 027-87198181 E-mail: bjb@mail.whlib.ac.cn

通讯地址: 湖北省武汉市武昌区小洪山西区 25 号中国科学院武汉文献情报中心 430071