

三峡水库蓄水后长江中游产漂流性卵鱼类产卵场现状

段辛斌^{1,2}, 陈大庆^{1,2}, 李志华^{1,2}, 王珂^{1,2}, 黄木桂^{1,2}, 刘绍平^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院 长江水产研究所, 农业部长江中上游渔业资源环境重点野外科学观测试验站, 湖北 荆州 434000;
2. 中国水产科学研究院 淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

摘要: 于 2003~2006 年每年 5~7 月对长江中游江段产漂流性卵鱼类产卵场的现状进行了调查。结果表明, 长江中游现有产漂流性卵鱼类 13 种, 其中主要经济鱼类有青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*)、鳊 (*Siniperca chuatsi*)、赤眼鳟 (*Squaliobarbus curriculus*)、鳊 (*Parabramis pekinensis*)、铜鱼 (*Coreius heterodon*), 共 8 种。与 20 世纪 70 年代相比, 种类减少了 10 余种, 但监测到了多年未见的鳊 (*Elopichthys bambus*)。在长江中游宜昌至城陵矶 300 多 km 江段分布 10 余个四大家鱼产卵场, 与水库蓄水前相比, 产卵场地理分布的范围变化不大。2003~2006 年长江中游主要产漂流性卵鱼类的产卵量 $143\,720 \times 10^4$ ind, 其中四大家鱼产卵量 $108\,069 \times 10^4$ ind。与蓄水前相比, 长江中游四大家鱼产卵规模严重缩小, 4 年四大家鱼产卵总量为 1997~2002 年平均值的 42.82%, 为蓄水前 2002 年的 56.88%。四大家鱼产卵与水温和水位持续时间和水位日上涨率等生态水文指标密切相关, 产卵期间水温波动范围为 18.6~25.5 °C, 水温适宜于四大家鱼繁殖; 江水持续上涨时间一般为 4~7 d, 水位的日涨率一般在 0.30 m/d 左右, 较为适宜于四大家鱼产卵。与 20 世纪 70 年代和水库蓄水前相比, 长江中游四大家鱼鱼苗比例组成发生了显著变化, 鲢比例相对上升, 而多年来占绝对优势的草鱼比例显著下降, 表明长江中游草鱼受三峡水库调蓄影响最大。[中国水产科学, 2008, 15(4): 523~532]

关键词: 长江中游; 漂流性卵; 产卵场; 四大家鱼; 三峡水库

中图分类号: S93

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)04-0523-10

长江干流是产漂流性卵鱼类的主要栖息和繁殖场所, 以青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*) (下简称“四大家鱼”) 为代表的产漂流性卵鱼类已适应了数百万年来的长江干流栖息环境, 其繁殖行为、胚胎孵化发育已与长江流域生态学条件相适应^[1-5]。据调查, 重庆至湖北田家镇共有 30 处四大家鱼产卵场, 而长江中游宜昌至城陵矶江段就有 11 处, 产卵量约占全江产卵量的 42.7%^[4]。由于长江干流大型水利、水工建筑的兴建, 不可避免地改变了产漂流性鱼类的生态学条件^[4-12]。在这些鱼类中, 大多产漂流性卵鱼类具有重要经济价值, 如青鱼、草鱼、鲢、鳙、鳊 (*Siniperca chuatsi*)、赤眼鳟 (*Squaliobarbus curriculus*)、鳊 (*Parabramis pekinensis*)、铜鱼 (*Coreius*

heterodon) 等^[4-10]。早在葛洲坝水利枢纽的兴建过程中, 易伯鲁^[4]、长江四大家鱼产卵场调查队^[5-6]、刘乐和^[7]等, 就报道过水利枢纽的兴建对四大家鱼繁殖生态的影响。三峡工程是长江干流最大的水利水电枢纽工程, 在发挥其防洪能力、发电优势的同时, 也会逐渐改变长江水文情势, 改变现有生态环境, 从而影响长江中游产漂流性卵鱼类的繁殖, 尤其是对水文条件要求较高的四大家鱼繁殖群体会产生更大负面影响。为此, 长江水产研究所对长江中游产漂流性卵鱼类进行了多年监测, 本研究针对三峡水库蓄水后长江中游产漂流性卵鱼类产卵场现状, 结合历史资料以及三峡水库蓄水前 (1997~2002 年, 下同) 的监测数据进行分析, 旨在为研究水利工程对鱼类繁殖生态学的影响效应积累基础资料, 并为长江渔业资源管理和保护提供技术支持。

收稿日期: 2007-08-09; **修订日期:** 2007-12-16.

基金项目: 科技部社会公益项目 (2005DIB3J025); 国家自然科学基金重大和面上项目 (30490234); 国务院三峡办三峡工程环境保护项目《渔业资源与环境监测重点站 SX[2004]-015》基金资助。

作者简介: 段辛斌 (1972-), 男, 助理研究员, 硕士研究生, 主要从事鱼类资源方面研究. E-mail: duan@yfi.ac.cn

通讯作者: 刘绍平. E-mail: lsp@yfi.ac.cn

1 材料与方法

1.1 监测时间与断面设置

监测时间为2003~2006年每年的5~7月鱼类繁殖季节,4年共监测265 d。固定断面设置在长江中游监利江段(E112°55', N29°32'),该断面临岳

阳市广兴洲镇,北临监利三洲镇,距洞庭湖出口处城陵矶48 km。在断面左岸、江中和右岸设置3~5个采集点,每个采集点在表层、中层和底层用网具收集鱼苗和鱼卵。同时还在宜都、枝江、荆州和石首等长江干流江段进行流动采集(图1)。

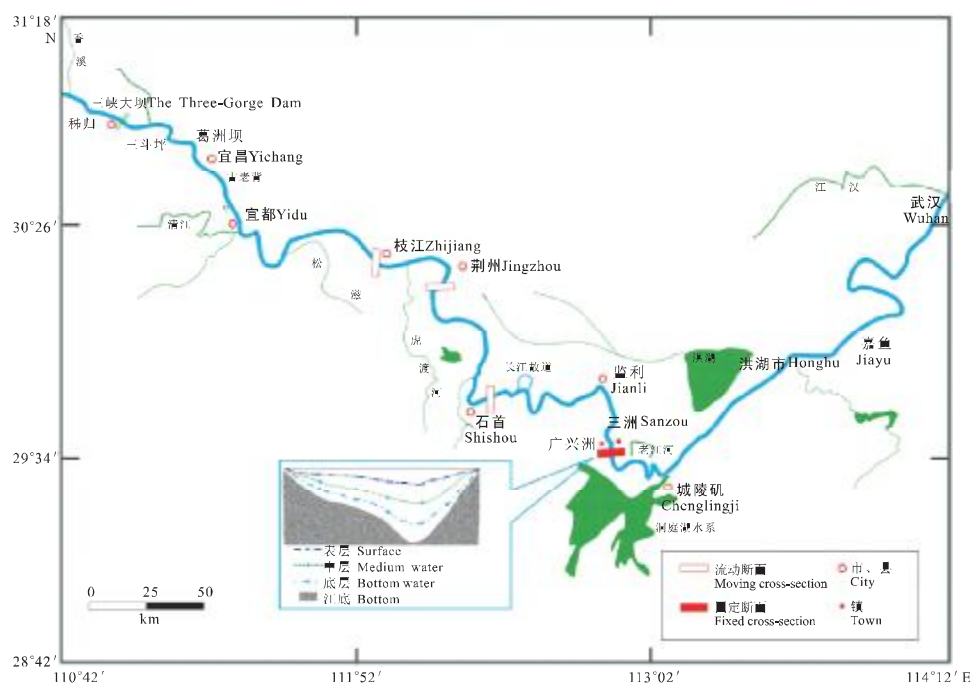


图1 调查断面示意图

Fig.1 Sketch map of monitoring sites

1.2 监测方法

监测方法按照《内陆水域渔业自然资源调查手册》^[13]进行,同时参照易伯鲁^[4]、长江四大家鱼产卵场调查队^[5-6]、刘乐和^[7]等方法进行,产漂流性卵鱼类胚胎发育时序参照相关文献^[14-22]。对采集的鱼卵立刻进行分类,记录发育期,通过观察及测量卵径、胚体长、卵色泽、发育期及其他特征进行鉴定;对采集的鱼苗进行麻醉,依据外形特征(头型、肌节数、尾静脉等),在双筒解剖镜进行观察,记录发育期和主要性状;部分鱼苗保存于4%甲醛+70%乙醇混合溶液中,以便室内进一步鉴定与核实;部分鱼卵和鱼苗放在暂养池培养和观察,调查结束后带回长江水产研究所密湾试验基地继续培育观察。

表层采集网具为筛网,网口为半圆形,网口面积0.53 m²,网衣长度3.5 m,由网目为0.776 mm的尼龙筛绢制成,进行昼夜采集;中层和底层采集网具为圆锥网,网口为圆形,网口面积0.19 m²,网衣长

度2.0 m,由网目为0.500 mm的尼龙筛绢制成,每次采集5~10 min。在网口处用LJD-2型流速记录仪,记录网口流速,同时记录水位、流速、水温、透明度等参数,以GARMIN公司的GPS12XLC进行采样点定位,水文数据取自湖北监利水文站。

1.3 产卵场位置和产卵规模估算

1.3.1 产卵场位置推算 主要依据所采鱼苗、鱼卵的发育期,结合当时的水温、流速来推算卵(苗)漂流距离,推断产卵场位置。

$$L = VT$$

式中: L —鱼卵(或嫩口鱼苗)的漂流距离,单位为m;

V —采集江段的平均流速,单位为m/s;

T —胚胎发育所经历的时间,单位为s。

1.3.2 产卵规模估算 依据采集的鱼苗和鱼卵数量、采集时间、网口流速,结合水文数据按下列公式估算。

$$M = cmQ / SV$$

式中: M —采集时间内鱼卵(或鱼苗)径流量, 单位为 ind;

m —采集时间内鱼卵(或鱼苗)样品数量, 单位为 ind;

Q —采样断面流量, 单位为 m^3/s ;

S —采集网网口面积, 单位为 m^2 ;

V —采集网网口处水的流速, 单位为 m/s 。

c —断面系数

断面系数 c 的计算:

$$c_i = d_p / d_j \quad d_p = (\sum_{j=1}^n d_j) / n$$

d_p 指所有采集点鱼卵和鱼苗的平均密度;

d_j 指每个采集点鱼卵和鱼苗的密度;

c_i 指定点采集点的鱼卵和鱼苗的密度。

2 结果与分析

2.1 种类组成

2.1.1 早期资源种类 2003~2006 年, 在长江中游共采集鱼苗样品 792 490 尾, 鱼卵样品 9 138 粒。采集鱼类共有 34 种, 隶属 7 目 11 科 32 属(表 1), 其中产漂流性卵鱼类 13 种, 主要经济鱼类有青鱼、草鱼、鲢、鳙、鳊、鳅、赤眼鳟、鳊、铜鱼共 8 种。

表 1 三峡水库蓄水后长江中游早期资源种类组成

Tab.1 Species composition of fishes in the middle reaches of Yangtze River after impoundment of the Three Gorges Reservoir			
序号 No.	种类 Species	序号 No.	种类 Species
	鲑形目 Salmoniformes	20	银色颌须鲈 <i>Gnathopagon argentatus</i> (Sauvage et abry)
	银鱼科 Salangidae		鲤亚科 Cyprininae
1	前颌间银鱼 <i>Hemisanx prognathus</i> Regan	21	鲤 <i>Cyprinus capio</i> Linnaeus
	鲱形目 Clupeiformes	22	鲫 <i>Carassius auratus auratus</i> (Linnaeus)
	鲱科 Clupeidae		鲴亚科 Acheilognathinae
2	短颌鲚 <i>Coilia brachygnathus</i> Kreyenberg et Pappenheim	23	中华鲴 <i>Rhodeus sinensis</i> (Pallas)
	鲤形目 Cypriniformes		鲈形目 Perciformes
	鲤科 Cyprinidae		鲈科 Serranidae
	雅罗鱼亚科 Leuciscinae	24	* 鳊 <i>Siniperca chuatsi</i> (Basilewsky)
3	* 青鱼		虾虎鱼科 Gobiidae
4	* 草鱼	25	栉虾虎鱼 <i>Ctenogobius</i> sp.
5	* 鳊 <i>Elopichthys bambusa</i> (Richardson)		塘鳢科 Eleotridae
6	* 赤眼鳟	26	黄魮 <i>Hypseleotris swinhonis</i> (Günther)
	鲴亚科 Culterinae		斗鱼科 Belontiidae
7	* 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i> (Basilewsky)	27	圆尾斗鱼 <i>Macropodus chinensis</i> (Bloch)
8	* 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i> (Basilewsky)		鲇形目 Siluriformes
9	* 翘嘴鲴 <i>Culter alburnus</i> Basilewsk		鲇科 Siluridae
10	寡鳞鲃 <i>Pseudolaubuca engraulis</i> (Nichols)	28	鲇 <i>Silurus asotus</i> (Linnaeus)
	鲴亚科 Xenocyprinae	29	南方鲇 <i>Silurus meridionalis</i> (Chen)
11	似鲃 <i>Pseudobrama simoni</i> (Bleeker)		鲿科 Bagridae
	鲢亚科 Hypophthalmichthyinae	30	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> (Richardson)
12	* 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	31	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> (Richardson)
13	* 鳙 <i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson)	32	长吻鲿 <i>Leiocassis longirostris</i> (Günther)
	鲃亚科 Gobioninae		颌针鱼目 Beloniformes
14	花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i> Bleeker		鲻科 Hemiramphidae
15	* 蛇鲈 <i>Saurogobio dabryi</i> Bleeker	33	鲻 <i>Hemiramphus kurumeus</i> Jordan et Starks
16	* 吻鲈 <i>Rhinogobio typus</i> Bleeker		鲱形目 Cyprinodontiformes
17	* 铜鱼		青鳉科 Oryziatidae
18	麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> (Temm.et Schlegel)	34	青鳉 <i>Oryzias latipes</i> (Temminck et Schlegel)
19	似鲈 <i>Pseudogobio vaillanti</i> (Sauvage)		

注: “*” 指产漂流性卵鱼类。

Note: “*” means fish with pelagic eggs.

2.1.2 四大家鱼比例 2003~2006年,在长江中游共采集四大家鱼苗12 926尾,四大家鱼卵127粒。2003年四大家鱼鱼苗组成以草鱼为主,2004~2006

年鱼苗组成以鲢为主,其中2005年鲢比例为66.11%,监利江段四大家鱼比例见表2。

表2 长江三峡水库蓄水后长江监利断面四大家鱼比例

Tab.2 Percent composition of four major Chinese carps at Jianli cross-section after impoundment of the Three Gorges Reservoir %

年份 Year	四大家鱼 Four major Chinese carps			
	青鱼 <i>M.piceus</i>	草鱼 <i>C.idellus</i>	鲢 <i>H.molitrix</i>	鳙 <i>A.nobilis</i>
2003	11.86	60.21	21.81	6.13
2004	8.98	52.24	36.84	1.94
2005	4.25	24.52	66.11	5.12
2006	3.72	35.20	59.91	1.17

2.2 产卵场的分布

2003~2006年,在长江干流宜都至反嘴各断面均采集到了漂流性鱼卵,其中在宜都、枝江、石首、调关和监利采集到了四大家鱼卵,四大家鱼卵的发育时期包括64细胞期到出膜前期。按当时采集的

发育期和江水平均流速推算,在坝下宜昌至城陵矶300多km江段分布10余个四大家鱼产卵场(表3),卵苗主要来源于宜昌、宜都、江口、石首和调关等产卵场。

表3 长江中游宜昌至城陵矶江段四大家鱼产卵场分布

Tab.3 Distribution of spawning grounds of four major Chinese carps from Yichang to Chenglingji in the middle reaches of Yangtze River

序号 No.	位置 Site	范围 Range	延伸里程 /km Length
1	宜昌 Yichang	十里红~古老背	24
2	宜都 Yidu	云池~宜都	10
3	枝江 Zhijiang	洋溪~枝江	29
4	江口 Jiangkou	江口~澧市	25
5	荆州 Jingzhou	虎渡河~观音寺	27
6	郝穴 Haoxue	马家寨~新厂	28
7	石首 Shishou	藕池河口~石首	15
8	调关 Tiaoguan	莱家铺~调关	34
9	监利 Jianli	塔寺驿~沙家边	25
10	反嘴 Fanzui	盐船套~荆江门	6

2.3 产卵场规模

2003~2006年长江中游主要产漂流性卵鱼类的产卵量为 $143\,720 \times 10^4$ ind,其中四大家鱼产卵量为 $108\,069 \times 10^4$ ind、铜鱼产卵量为 $12\,241 \times 10^4$ ind、鲟类 $10\,942 \times 10^4$ ind、赤眼鳟 $4\,581 \times 10^4$ ind、鳊 $5\,471 \times 10^4$ ind、鳊 $2\,416 \times 10^4$ ind,详见表4。小型鱼类如鳊由于没有经济价值未计算其产卵规模,其他产漂流性卵鱼类因数量少也未计算产卵规模。

2.4 产卵类型及产卵时间

产漂流性鱼卵是产出后卵膜吸水膨胀,在水流等外界条件下,受精卵在漂流过程中顺水孵化。按

产卵类型长江产漂流性卵鱼类可分两种:(1)纯漂流性卵,卵膜没有黏性,在水中卵粒分离,不粘在其他物体上,如四大家鱼、鳊、赤眼鳟等;(2)微黏性漂流性卵,虽产黏性卵但卵膜黏性较弱,黏附在漂浮于物体上不久即脱离,并顺水漂流发育,如鳊、翘嘴鲇(*Culter alburnus*)等。

2003~2006年,长江中游铜鱼、鳊、赤眼鳟、鲟类、鳊等鱼类产卵时间主要集中在5月底至6月中旬,四大家鱼产卵时间集中在6月下旬至7月上旬(表5),而鳊在5~7月均有产卵活动。

表 4 三峡水库蓄水后长江中游主要产漂流性卵鱼类的产卵量

Tab.4 Spawning scale of main fish with pelagic eggs in the middle reaches of Yangtze River after impoundment of the Three Gorges Reservoir

×10⁴ ind

年份 Year	其他主要经济鱼类 Other commercial fish					四大家鱼 Four major Chinese carps			
	赤眼鳟 <i>S. urriculus</i>	鲃类 <i>Gobioninae</i>	鳊 <i>S. chuatsi</i>	鳊 <i>P. ekinensis</i>	铜鱼 <i>C. heterodon</i>	青鱼 <i>M. piceus</i>	草鱼 <i>C. idellus</i>	鲢 <i>H. molitrix</i>	鳙 <i>A. nobilis</i>
2003	2172	5293	464	1213	6258	4816	24451	8857	2489
2004	1062	2637	3360	627	4144	3042	17697	12481	657
2005	507	1731	883	372	1161	447	2580	6955	539
2006	840	1281	764	204	678	858	8117	13814	269

表 5 三峡水库蓄水后长江中游四大家鱼产卵时间及规模

Tab.5 Spawning period and scale of four major Chinese carps in the middle reaches of Yangtze River after impoundment of the Three Gorges Reservoir

年份 Year	产卵日期 Date of spawning	集中月份 Concentrative month	占当年总产卵量比例 / % Proportion in total spawning
2003	0515~0603	5 月中下旬	77
	0617~0622	6 月中旬	10
2004	0518~0530	5 月下旬	11
	0622~0702	6 月下旬	87
2005	0524~0530	5 月下旬	26
	0624~0701	6 月下旬	58
2006	0620~0628	6 月下旬	63
	0704~0706	7 月上旬	31

2.5 相关环境因子

2.5.1 水温与透明度 根据 2003~2006 年监测结果, 4 年 8 次产卵期间监利江段水温波动范围为

18.6~25.5 °C, 2003 年三峡水库蓄水期间三洲断面江水透明度范围 15~25 cm, 2004~2006 年三峡水库蓄水后三洲断面江水透明度范围 23~60 cm(表 6)。

表 6 2003~2006 年监利断面四大家鱼繁殖期间的水温和透明度

Tab.6 Water temperature and transparency in spawning periods of four major Chinese carps at Jianli section during 2003~2006

年份 Year	涨水日期 Date of rising stage	产卵量 / ×10 ⁴ ind Spawning quantity	水温 / °C Water temperature	透明度 / cm Transparency
2003	0513~0519	8900	21.5~22.5	15~22
	0611~0614	3840	23.6~23.8	20~40
2004	0503~0507	3708	18.6~19.2	55~60
	0613~0618	28600	21.5~23.0	23~30
2005	0505~0510	2766	19.6~20.3	55~60
	0603~0611	6103	21.5~23.5	25~40
2006	0605~0610	14505	22.5~24.0	55~58
	0704~0706	7149	25.5~26.0	45~50

2.5.2 水文状况 目前影响亲鱼产卵的关键性生态水文指标尚无定论, 本研究选取苗汛中 7 个生态水文指标进行分析, 包括洪峰过程数、洪峰的初始水位、水位的日上涨率、断面初始流量、流量的日增

长率、涨水持续时间、前后两个洪峰过程的间隔时间。2003~2006 年长江中游四大家鱼产卵量与生态水文指标与关系见表 7。

2003 年 5 月, 由于三峡水库尚未蓄水, 5 月第 1

次洪峰持续上涨时间 7 d, 水位日涨率为 0.23 m/d, 日均产卵量 $2\,967 \times 10^4$ ind, 洪峰与产卵量吻合程度较好。6 月 11 日三峡水库恢复正常下泄流量, 水位持续上涨时间为 4 d, 水位日涨率为 1.05 m/d, 日均产卵量 960×10^4 ind, 洪峰与产卵量吻合程度一般。这是由于洪峰持续时间短, 日上涨率过快, 流量日增长率达 $4\,035 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{d})$, 导致部分产卵群体的繁殖活动能力受到一定影响。

2004~2006 年, 受三峡水库调蓄影响, 5 月监利断面洪峰低平, 涨幅很小, 涨水条件达不到四大家鱼产卵要求。2004~2005 年 5 月共有 2 个小苗汛, 2 次

洪峰与产卵吻合程度差, 日均产卵量分别为 285×10^4 ind 和 395×10^4 ind; 2006 年 5 月监利断面未监测到苗汛。

2004~2006 年 6 月下旬至 7 月上旬, 为防洪需要, 三峡大坝开闸泄洪, 因此坝下有一定洪峰过程, 期间共有 4 个苗汛, 其中 1 次洪峰与产卵吻合程度较好, 日均产卵量为 $3\,178 \times 10^4$ ind; 2 次洪峰与产卵吻合程度一般, 日均产卵量分别为 $1\,612 \times 10^4$ ind 和 $1\,787 \times 10^4$ ind; 1 次洪峰与产卵吻合程度差, 日均产卵量 763×10^4 ind。

表 7 生态水文指标与四大家鱼产卵量关系

Tab.7 Relationships between ecological-hydrologic indices and spawning quantity of four major Chinese carps

项目 Item	年份 Year							
	2003		2004		2005		2006	
洪峰过程数 Flood peak	第 1 次	第 2 次	第 1 次	第 2 次	第 1 次	第 2 次	第 1 次	第 2 次
水位上涨日期 Date of water level rising	0513	0611	0503	0613	0505	0603	0605	0701
洪峰初始水位 /m Starting water level of flood peak	28.95	26.91	27.12	30.12	27.00	32.18	28.34	30.35
水位日上涨率 / ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$) Daily increasing rate of water level	0.23	1.05	0.45	0.35	0.31	0.09	0.30	0.15
断面初始流量 / ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) Starting flow	7240	4960	8000	12600	9330	16900	8840	12200
流量日增长率 / ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) Daily increasing rate of flow	523	4035	1080	2167	495	178	727	933
涨水持续时间 /d Duration of water level rising	7	4	5	6	6	9	6	3
前后两个洪峰间隔时间 /d Time interval between two flood peaks	28		40		28		26	
产卵初始日期 Starting date of spawning	0516	0617	0518	0624	0524	0624	0620	0704
产卵结束日期 Closing date of spawning	0518	0620	0530	0702	0530	0701	0628	0706
产卵持续时间 /d Duration of spawning	3	4	13	9	7	8	9	3
产卵量 / ($\times 10^4$ ind) Spawning numbers	8900	3840	3708	28600	2766	6103	14505	7149
日均产卵量 / ($\times 10^4$ ind) Average day spawning numbers	2967	960	285	3178	395	763	1612	2383
洪峰与产卵吻合程度 Coincidence level between spawning and flood peak	较好 Good	一般 So so	差 Bad	较好 Good	差 Bad	差 Bad	一般 So so	一般 So so

注: 以日均产卵量为标准评价洪峰与产卵吻合程度, 其中日均产卵量大于 $3\,000 \times 10^4$ ind 表示洪峰与产卵吻合程度好, $(1\,000 \sim 3\,000) \times 10^4$ ind 表示洪峰与产卵吻合程度一般, $1\,000 \times 10^4$ ind 以下表示洪峰与产卵吻合程度差。

Note: Correspondant degree is assessed based on average spawning quantity per day. The correspondant degree is high when the average spawning quantity per day is more then $3\,000 \times 10^4$ ind and the medium is $(1\,000 \sim 3\,000) \times 10^4$ ind, and the worst is blow $1\,000 \times 10^4$ ind.

3 讨论

3.1 产卵场的位置及规模变化

2003~2006 年长江中游宜昌至监利江段仍分布有四大家鱼产卵场,与 20 世纪 80 年代、三峡水库蓄水前相比^[4-7],产卵场地理分布的范围变化不大。

2003~2006 年监利断面 4 年期间四大家鱼总产卵量为 $108\,069 \times 10^4$ ind,为蓄水前 2002 年的 56.88%,为 1997~2002 年平均值的 42.82%^[23]。与蓄水前相比,长江中游四大家鱼产卵规模严重缩小。除四大家鱼外,其他产漂流性卵鱼类赤眼鲮、鮡类、鳊、铜鱼产卵量也呈不同程度下降,如 2006 年铜鱼鱼苗资源量为 678 万尾,为 2003 年的 10.8%。

历史上湖北省长江四大家鱼天然鱼苗产量达 200 亿尾,1982 年下降为 11.06 亿尾。20 世纪 80 年代以来,长江四大家鱼资源呈衰退现象。1981 年监利断面四大家鱼产卵量 67 亿尾,1997~2002 年年产卵量范围为 35.87~19.00 亿尾(粒),平均值为 25.24 亿尾(粒)^[23],产卵量处于缓慢下降状况。已有调查表明^[23-26],目前长江四大家鱼等经济鱼类已难以形成产量,在渔获物中比例已经很低,这与四大家鱼产卵规模缩小是一致的。四大家鱼资源下降原因较多,包括自然原因如江河侵蚀,湖泊淤积等;人为原因如坝修闸、围湖造田等,从而导致鱼类栖息环境遭到破坏。

葛洲坝水利枢纽属低水头径流式水电站,调节能力较小,1997~2002 年 5~6 月四大家鱼繁殖季节,由于三峡水库还没有蓄水,坝下监利江段每年都有明显洪峰过程,6 年共监测苗汛 13 次^[23]。三峡水库为不完全年调节水库,5~9 月因防洪需要,水库在 145 m 的防洪限制水位运行,上游的洪峰被调蓄后下泄。由于三峡水库的调蓄作用,坝下江段的涨水过程发生显著变化,主要表现为洪峰削平,涨幅减少,因此导致 2004~2006 年 5 月监利断面水位一直处于缓慢上涨和缓慢下降过程,没有明显的涨水过程,相应在该断面也未监测到苗汛。2004~2006 年 6 月底至 7 月初,为荆江防洪需要,三峡坝下洪峰过程要减弱,导致洪峰与四大家鱼产卵量吻合程度明显下降。

3.2 产卵规模与主要环境因子关系

水温是影响鱼类繁殖的重要因子,四大家鱼繁殖水温一般要求在 18℃ 以上,产卵盛期水温为 21.5~23.0℃^[2-6]。2003~2006 年监利断面产卵期间水温波动范围为 18.6~25.5℃,适宜于四大家鱼

产卵。

四大家鱼属典型的产漂流性卵鱼类,产卵活动需要江水涨落的洪峰过程等自然环境条件的刺激,同时产出的卵也需要一定流速的水流使之悬浮于水中,顺水漂流孵化。因此,一定的水文水力学条件是四大家鱼繁殖的必要条件。本研究选取了与洪峰过程有关的 7 个生态水文指标,其中主要指标是涨水持续时间和水位的日涨率。江水持续上涨时间一般为 4~7 d,如果持续上涨时间太长,也可能影响家鱼产卵规模。另外水位的日涨率一般在 0.30 m/d 左右较为合适,水位的日涨率过快如 2003 年第 2 次洪峰的 1.05 m/d,或者日涨率过低如 2005 年第 2 次洪峰的 0.09 m/d 都会影响四大家鱼繁殖活动。

江水的透明度主要取决于水中含泥沙量多少,一般水位上涨,江水中泥沙含量就增加,透明度减少。三峡水库蓄水前四大家鱼产卵期间,监利断面江水透明度范围 15~25 cm,三峡蓄水后透明度范围 23~60 cm。根据历史资料^[5-6]及调查结果,江水透明度与四大家鱼产卵活动与没有直接关系,只能间接反映出江水流速及流量大小。

3.3 产漂流性卵鱼类种类组成变化

长江通过三峡以后,进入中下游平原地区,这里江宽流曲,水流平缓,沿岸湖泊星罗棋布,水质肥沃,鱼类种类丰富,有着众多的长江主要经济鱼类,大多数是产漂流性卵鱼类,包括在流水中产微黏性和浮性卵的种类。20 世纪 70 年代资料表明^[3-5, 8],长江中游干支流主要产漂流性卵鱼类不少于 25 种,有四大家鱼、铜鱼、鲮(*Ochetobius elongatus*)、鳊、吻鮡(*Rhinogobio typus*)、圆筒吻鮡(*Rhinogobio cylindricus*)、犁头鳅(*Lepturichthys fimbriata*)、鳊、蒙古鲃(*Erythroculter mongolicus*)、翘嘴鲃、拟尖头鲃(*Erythroculter oxycephaloides*)、赤眼鲮、花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*)、银鲴(*Xenocypris argentea*)、银鮡(*Squalidus argentatus*)、蛇鮡(*Saurogobio dabryi*)、光唇蛇鮡(*Saurogobio gymnocheilus*)、鳊、大眼鳊(*Siniperca kneri*)等。2003~2006 年长江中游江段监测到 13 种产漂流性卵鱼类,与 20 世纪 70 年代相比减少 10 余种,这与 2004 年汉江调查结果类似^[11],其特点是产漂流性卵鱼类种类减少,值得注意的是,2003~2006 年长江监测到多年未见的鳊鱼苗,其原因有待进一步监测与分析。

3.4 四大家鱼鱼苗组成变化

三峡水库蓄水前,长江中游江段四大家鱼鱼苗组成以草鱼为主,其中草鱼比例波动范围为67.50%~85.30%^[24],与历史资料^[4-7]是一致的。

2003年三峡大坝蓄水后长江中游四大家鱼比例组成发生了显著变化,鲢比例相对上升,2005年达66.11%。按2005年比例组成及产卵规模推算,鲢产卵量 $6\,900 \times 10^4$ ind,为蓄水前2002年产卵量的64.49%;草鱼产卵量 $2\,800 \times 10^4$ ind,为蓄水前2002年产卵量的1.98%,这表明三峡水库调蓄对草鱼亲鱼繁殖群体破坏最为严重。

3.5 关于保护长江中游产漂流性卵鱼类建议

3.5.1 生态调度与水库调度合理统一 2004年6月13日监利水位持续上涨时间6 d,水位涨幅为2.09 m,水位日上涨率0.35 m/d,流量增幅为 $13\,000\text{ m}^3/\text{s}$,流量日增涨率为 $2\,167\text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{d})$,6月24日~7月2日监利断面家鱼产卵量为 $28\,600 \times 10^4$ ind,为2004年家鱼产卵量的84.36%,洪峰与产卵量吻合程度较好,这一监测结果说明有相应的涨水刺激能促使四大家鱼产卵繁殖。长江流域现行水库调度方式主要分为防洪调度与兴利调度两大类,主要是围绕防洪、发电、灌溉、供水、航运等综合利用效益所进行的,水库调度一般未能考虑鱼类繁殖活动。虽然三峡大坝开闸泄洪,致使坝下有一定洪峰过程,但由于未能按照四大家鱼繁殖要求进行,总体来说洪峰过程与产卵量吻合程度一般,并未达到最佳效果。因此三峡大坝在5~7月调度时,需要根据四大家鱼繁殖生物学特性,运用先进的调度技术和手段,创造四大家鱼繁殖所需水文水力学条件的人造洪峰过程,才会对四大家鱼等产漂流性卵鱼类产卵场的保护与恢复产生良好的效果,其生态效益将远远大于经济效益损失^[8]。

3.5.2 延长禁渔时间 长江中游大部份产漂流性鱼产卵时期一般为5~8月,其中四大家鱼产卵盛期为6月中旬^[23],蓄水后长江中游四大家鱼产卵时间延迟,产卵盛期为6月下旬至7月上旬;长江最大支流汉江也是产漂流性鱼卵主要区域,是四大家鱼天然产卵场^[8],目前汉江中游和支流唐白河仍有11个经济鱼类产卵场,20个小型鱼类产卵场^[10],大部分产卵时间为4~8月。如果7月份禁渔结束,势必影响鱼类繁殖保护效果。7月份开捕后,长江干流及附属湖泊的大量迷魂阵、布围子、张网密密

麻麻的布设,将对产漂流性卵鱼类幼鱼产生灾难性后果。因此建议调整禁渔时间,将禁渔时间延长30~60 d,特别是在通江湖泊洞庭湖和鄱阳湖的禁渔时间应该延长30~60 d或更长,这样可以真正有效保护长江中游绝大部分产漂流性卵的经济鱼类。

3.5.3 建立资源增殖放流长效机制 人工增殖放流是恢复天然渔业资源的必要手段,可以增加经济鱼类渔业资源中低、幼龄鱼类数量,扩大群体规模,储备足够量的繁殖亲体后备群体,在一定程度上解决天然经济鱼类资源量不足的问题。但目前长江流域增殖放流活动还不是很规范,如放流种类数量和规格是否科学,增殖放流缺乏技术支撑等,因此应尽快成立长江流域增殖放流管理机构,将放流资金纳入国家财政预算,建立渔业资源增殖放流长效机制,有计划地开展人工增殖放流,实现放流种类人工繁育的有效控制,促进受损种群的重建,增加长江及其通江湖泊的渔业资源量,提高江河、湖泊渔业生产性能和生产能力,达到资源的恢复发展和持续利用的目的。

3.5.4 建立保护区 在产漂流性卵的关键栖息地如重要产卵场、越冬场和索饵场划定鱼类功能区,并选择重要的功能区建立保护区。长江重要通江湖泊如长江中下游洞庭湖和鄱阳湖,起着长江多种经济鱼类种群数量补充基地的作用。洞庭湖和鄱阳湖的鱼类小部分来自支流,大部分来自长江。长江干流与湖区之间鱼类交流有其固有规律:长江的鱼苗、幼鱼、成鱼通过城陵矶和湖口进入湖区,随江水漂流进入湖区的四大家鱼和其他经济鱼类的仔、幼鱼在湖内成活率高、生长迅速。因此建议在洞庭湖、鄱阳湖等重要湖泊建立保护区。

3.5.5 加强基础研究 目前对四大家鱼产卵所需的水流条件还不是十分清楚,因此需要加强生态水力学相关指标相关研究,结合四大家鱼繁殖生物学特性,制定合理的调度方案,人工创造家鱼繁殖所需水文、水力学条件的洪峰过程。同时有必要开展相关基础研究,如长江四大家鱼产卵场的变迁及其种群生态学特征研究、四大家鱼产卵生态环境的修复和重建研究、四大家鱼种质资源变化及可持续利用研究、四大家鱼低温生物学的研究等,这些研究有助于了解长江四大家鱼补充群体和繁殖群体的数量以及资源量的变化趋势,为保护好长江流域优良的四大家鱼种质资源提供基础资料。

参考文献:

- [1] 中国淡水养鱼经验总结委员会. 中国淡水鱼类养殖学: 第2版 [M]. 北京: 科学出版社, 1973.
- [2] 中国科学院实验生物研究所发生生理研究室. 家鱼人工生殖的研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1966.
- [3] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类 [M]. 北京: 北京科学出版社, 1976.
- [4] 易伯鲁, 余志堂, 梁秩荣, 等. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼 [M]. 武汉: 湖北省科学技术出版社, 1988.
- [5] 国家水产总局长江水产研究所. 长江家鱼产卵场调查技术参考资料 [M]. 1981.
- [6] 长江四大家鱼产卵场调查队. 葛洲坝水利枢纽工程截流后长江四大家鱼产卵场调查 [J]. 水产学报, 1982, 6(4): 287-305.
- [7] 刘乐和, 吴国犀, 曹维孝, 等. 葛洲坝水利枢纽兴建后对青、草、鲢、鳙繁殖生态的研究 [J]. 水生生物学报, 1986, 10(2): 353-364.
- [8] 刘建康, 曹文宣. 长江流域的鱼类资源及其保护对策 [J]. 长江流域资源与环境, 1992, 1(1): 19-22.
- [9] 周春生, 梁秩荣, 黄鹤年. 兴修水利枢纽后汉江产漂流性卵鱼类的繁殖生态 [J]. 水生生物学集刊, 1980, 7(2): 175-188.
- [10] 李修峰, 黄道明, 谢文星, 等. 汉江中游产漂流性卵鱼类产卵场的现状 [J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(2): 105-111.
- [11] 邱顺林, 刘绍平, 黄木桂, 等. 长江中游江段四大家鱼资源调查 [J]. 水生生物学报, 2002, 26(2): 716-718.
- [12] 曹文宣, 余志堂. 三峡工程对长江鱼类资源影响的初步评价及资源增殖途径的研究 [A]. 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目小组, 长江三峡工程对生态与环境及其对策研究论文集 [C]. 北京: 科学出版社, 1987, 15-16.
- [13] 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, 1973.
- [14] 梁秩荣, 常剑波, 陈华. 珠江银色颌须鲃的产卵习性和胚胎发育 [C]. 鱼类学论文集: 第5辑, 1986: 35-45.
- [15] 梁秩荣, 易伯鲁, 余志堂. 长江干流和汉江的鳊鱼繁殖习性及其胚胎发育 [J]. 水生生物学集刊, 1984, 8(4): 389-404.
- [16] 刘友亮, 崔希群, 陈敬存. 鳊鱼早期发育的生态形态学特征 [J]. 水利渔业, 1987, (4): 41-45.
- [17] 孟庆闻. 7种鱼类仔鱼的形态观察 [J]. 水产学报, 1982, 6(1): 65-76.
- [18] 何学福, 宋昭彬, 谢恩义. 蛇鲻的产卵习性和胚胎发育 [J]. 西南师范大学学报, 1996, 21(3): 276-281.
- [19] 沈建忠. 中华鲟的繁殖生物学 [D]. 武汉: 华中农业大学. 1989.
- [20] 屠明裕. 麦穗鱼的繁殖与胚胎-仔鱼期的发育 [J]. 四川水产科技, 1984 (1): 1-13.
- [21] 王昌燮. 长江中游“野鱼苗”的种类鉴定 [J]. 水生生物学集刊, 1959(3): 315-344.
- [22] 王令玲, 仇潜如. 黄颡鱼胚胎及胚后发育的观察研究 [J]. 淡水渔业, 1989 (5): 9-12.
- [23] 长江渔业资源管理委员会办公室. 长江三峡工程生态与环境监测系统渔业资源与环境监测重点站技术报告 (1996-2003年阶段成果) [R]. 2004.
- [24] 刘绍平, 邱顺林, 陈大庆, 等. 长江水系四大家鱼种质资源的保护和合理利用 [J]. 长江流域资源与环境, 1997, 6(2): 127-131.
- [25] 刘绍平, 段辛斌, 陈大庆. 长江中游渔业资源现状研究 [J]. 水生生物学报, 2005, 29(6): 708-711.
- [26] 刘绍平, 陈大庆, 段辛斌, 等. 长江中上游四大家鱼资源监测与渔业管理 [J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(2): 183-186.

Current status of spawning grounds of fishes with pelagic eggs in the middle reaches of the Yangtze River after impoundment of the Three Gorges Reservoir

DUAN Xin-bin^{1,2}, CHEN Da-qin^{1,2}, LI Zhi-hua^{1,2}, WANG Ke^{1,2}, HUAN Mu-gui^{1,2}, LIU Shao-ping^{1,2}

(1. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Fishery Resource and Environment Key Field Station of Upper-middle Reaches of Yangtze River, Ministry of Agriculture, Jingzhou 434000, China; 2. Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: Surveys were carried out in the middle reaches of the Yangtze River from May to June in 2003–2006 in order to reveal the current status of spawning grounds of the fishes with pelagic eggs. Thirteen species were collected and the main commercial species were *Mylopharyngodon piceus*, *Ctenopharyngodon idellus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Siniperca chuatsi*, *Squalio barbus curriculus*, *Parabramis pekinensis* and *Coreius heterodon*. Compared with the results of 1970s, more than 10 species were not collected. However, *Elopichthys bambus* was collected in the surveys which had not been found in the last several years. About 10 spawning grounds distributed along the river about 300 km length from Yichang to Chenglingji and there were few changes of their distribution compared with the results before the sluice of the Three Gorges Dam. The total amount of pelagic eggs in the middle reaches of the Yangtze River was estimated to be 1 437.2 million during 2003–2006, and that of the four major Chinese carps was 1 080.69 million. Compared with the results before the sluice of the Three Gorges Dam, the spawning scale of the four major Chinese carps decreased greatly, and the total amount in 2003–2006 only took up 42.82% of the average amount per year from 1997 to 2002, and 56.88% of 2002. The spawning scale of the major Chinese carps were influenced by some ecological-hydrological factors such as water temperature, duration of water level rising and daily increasing rate of water level. The water temperature varied from 18.6 °C to 25.5 °C which was suitable to their reproduction; the appropriate duration of water level rising and daily increasing rate of water level were 4–7 days and 0.30 m/d, respectively. Compared with the results of 1970s and before the sluice of the Three Gorges Dam, there were great changes in composition of the four major Chinese carps in the middle reaches of Yangtze River; the percentage of *Hypophthalmichthys molitrix* increased, but that of *Ctenopharyngodon idellus* decreased dramatically which had obvious dominance before the impoundment of the Three Gorges Reservoir, indicating that the Three Gorges Reservoir brought severe impacts to *Ctenopharyngodon idellus* in the middle reaches of Yangtze River. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (4): 523–532]

Key words: middle reaches of the Yangtze River; pelagic eggs; spawning grounds; four major Chinese carps; Three Gorges Reservoir

Corresponding author: LIU Shao-ping. E-mail: lsp@yfi.ac.cn