

长江武穴江段鱼类早期资源现状

黎明政^{1,2,3} 姜伟^{1,2,3} 高欣^{1,2} 段中华^{1,2} 刘焕章^{1,2}

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院水生生物多样性与保护重点实验室, 武汉 430072;
3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

STATUS QUO OF EARLY LIFE HISTORY STAGES AT WUXUE CROSS-SECTION OF THE YANGTZE RIVER

LI Ming-Zheng^{1,2,3}, JIANG Wei^{1,2,3}, GAO Xin^{1,2}, DUAN Zhong-Hua^{1,2} and LIU Huan-Zhang^{1,2}

(1. *Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*; 2. *The Key Laboratory of Aquatic Biodiversity and Conservation of Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072*; 3. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*)

关键词: 长江; 武穴; 鱼类早期资源

Key words: The Yangtze River; Wuxue; fish resources of early life history stages

中图分类号: S932.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2010)06-1211-07

鱼类早期资源调查聚焦于揭示鱼类的产卵与仔鱼阶段的时空分布特征, 如产卵持续时间、产卵场位置, 其研究结果对渔业资源科学的保护与管理具有重要的指导意义^[1]。

长江水系是我国淡水鱼类最重要的栖息地和繁殖场所之一, 包括四大家鱼、鳊、铜鱼等多种重要经济鱼类。1961—1966年, 中国科学院水生生物研究所开展长江水系四大家鱼产卵场和产卵规模调查, 结果表明重庆至彭泽江段(1695 km)有36处家鱼产卵场^[2]。近年来, 过度捕捞、水利工程、污染等人为因素已导致长江中游水系鱼类资源呈不断下降趋势^[3]。2003—2006年长江中游水系产漂流性卵的鱼类种类比20世纪70年代调查到的鱼类减少了12种^[4]。2005—2007年中国科学院水生生物研究所和中国水产科学院长江水产研究所分别对长江中游宜昌、监利江段进行了3次监测, 然而长江中游水系监利到彭泽江段缺乏鱼类早期资源调查基础资料。本研究选择长江中游水系武穴江段进行了鱼类早期资源调查, 分析该江段资源现状, 为长江水系鱼类生物多样性与渔业资源的保护、利用和管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样地点和时间

2008年5月15日至7月24日, 在长江湖北武穴市断面进行野外调查。日常采样点位置为E115°35'15.1"、N29°50'46.0"。每天采集2次, 上午8:00—9:00, 下午16:00—17:00, 每次采集1 h。昼夜连续采集点设置在日常采样点上, 间隔2 h采样一次, 每次采集15 min。断面采样设置在日常采样点所在的横断面上, 分别在江断面的左岸近岸点、左岸与江中的中点、江中、右岸与江中的中点、右岸近岸点进行采集, 每个点采集表、中、底层三个样, 每次采集10 min。采样点设置见图1。

1.2 样本采集与处理

鱼卵、仔鱼的采集参照易伯鲁、长江四大家鱼产卵场调查队等方法进行, 鉴定参照相关文献[1, 5]。

表层采集网具为筛网, 进行日常采集和昼夜连续采集, 每次采集60 min; 中层和底层采集网具为圆锥网, 每次采集10 min。在网口安装LJD型打印式流速仪, 测量网口流速。采样同时记录江水的流速、水温和水位。采样点

收稿日期: 2009-09-29; 修订日期: 2010-05-23

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(No. KZCK1-YW-08-01); 国务院三峡工程建设委员会办公室生态环境项目(No. SX2007-019)资助

作者简介: 黎明政(1985—), 男, 湖南株洲人; 在读博士研究生; 主要从事鱼类生态学和鱼类早期资源研究。E-mail: liming_189@ihb.ac.cn

通讯作者: 刘焕章, E-mail: hzliu@ihb.ac.cn

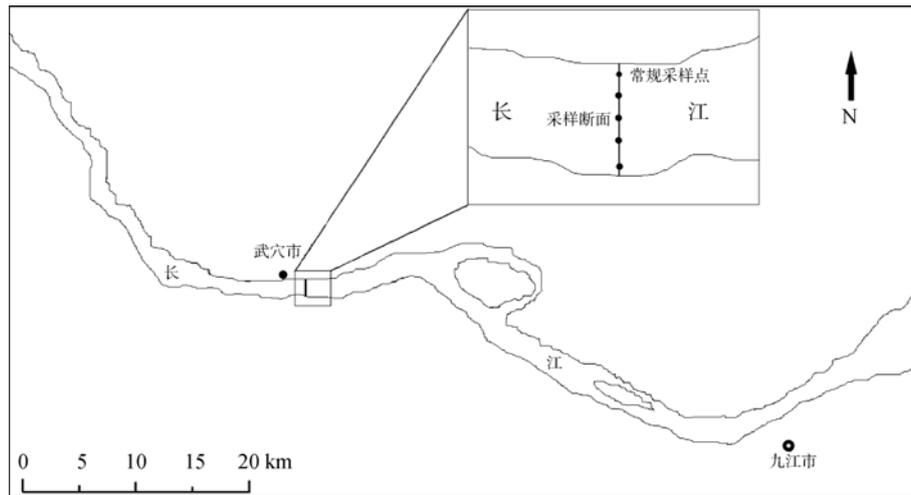


图1 2008年5—7月长江武穴断面采样点设置

Fig. 1 Location of the sampling site at Wuxue cross-section of the Yangtze River from May to July 2008

的水位、流量数据分别取自湖北武穴水文站和长江每日水情日报网九江站数据(九江至武穴江段长 45.9 km, 且在此江段中间无支流汇入, 故九江站流量可以反映出武穴断面的流量情况)。

对采集的鱼卵即刻分类: 先把黏性卵、漂流性卵、浮性卵分开, 观察后分别记录卵黄色泽、卵黄形状、胚胎头背部形状、发育期等, 再测量卵径、胚体长、眼径, 然后置于容器中进行单独培养观察; 对采集的活体仔鱼进行麻醉, 在双筒解剖镜观察胚体的发育期、外形体型、色素形状和分布、肌节数等形态特征, 并同时做好记录。尽量鉴定到种, 未鉴定出来的仔鱼继续培养, 直至可以鉴定。死亡仔鱼保存于 5% 的中性福尔马林溶液中, 带回室内进行鉴定。

1.3 数据计算与分析

一次定时采集的断面卵苗流量(M)可以按下式求出^[5]: $M=(Q/q) \times m \times C$, 其中 Q -采集点江断面的平均江水流量(m^3/s); q -流经网内的江水流量(m^3/s); m -断面固定点一次采集到的鱼卵数量(粒); C -卵苗流量系数。

$q=s \times v$, 其中 s -网口面积; v -网口流速, 用流速仪测得。

由于卵苗密度水平分布的差异, 径流量计算必须进行断面采集予以修正, 即通过断面调查计算卵苗流量系数。卵苗流量系数(C)是断面各采集点的卵苗平均密度(D)与固定采集点的卵苗密度(d)之比, 即 $C=D/d$ 。

由于采样并非 24h 不间断进行, 而未采样的间歇时间的卵苗流量(M')用插补法来计算: $M'=(t'/2) \times [(M_1/t_1) + (M_2/t_2)]$, 其中 t' -前后两次采集之间的间隔时间(min); t_1, t_2 -前后两次采集的持续时间(min); M_1, M_2 -前后两次采集的卵苗数量(粒或尾)。

2 结果

2.1 鱼类早期资源的种类组成及规模

本次调查共计 71d, 采集时间累计 7310min, 共采集

鱼卵 108 粒, 仔鱼 88419 尾。经鉴定, 采集到的鱼卵包括蛇鮈、紫薄鳅、鲮等种类。采集到的仔鱼有大银鱼、鳊、大鳞副泥鳅、花斑副沙鳅、紫薄鳅、刀鲚、鳊、鳊、黄尾鲴、间下鳊、鲫、鲢、青鱼、蒙古鲂、翘嘴鲂、鲮、瓢鱼、团头鲂、寡鳞鲂、铜鱼、银鮈、蛇鮈、南方鲇、青鳉、乌鳢、瓦氏黄颡鱼和子陵吻虾虎鱼等 27 种。

鲂亚科仔鱼数量最多, 占 97.16%, 其中又以瓢鱼属(30.06%)和鲮属(55.59%)鱼类为主, 其次为翘嘴鲂、蒙古鲂和鳊等种类; 鳊、子陵吻虾虎鱼、刀鲚和大银鱼所占比例分别占 1.78%、0.83%、0.08%和 0.03%(表 1)。

通过估算, 调查期间通过武穴断面的各种鱼类仔鱼总径流量为 1.37×10^{11} 尾。其中, 鲮、瓢鱼属鱼类、翘嘴鲂、蒙古鲂、鳊、鳊和子陵吻虾虎鱼的总径流量分别为 7.64×10^{10} 、 4.23×10^{10} 、 1.03×10^{10} 、 1.96×10^9 、 2.52×10^9 、 2.71×10^9 和 1.04×10^9 尾; 四大家鱼仔鱼总径流量约为 0.38×10^8 尾, 仅占有仔鱼总量的 0.02%。家鱼仔鱼发育期主要集中在鳃雏形期。通过推算, 所采家鱼来自武穴上游 292.72 km 以上江段, 即长江公安县以上江段的产卵场。

2.2 水文条件与仔鱼密度的关系

调查期间武穴断面水位最低值为 12.59 m, 出现在 5 月 26 日; 最高值为 17.46 m, 出现在 6 月 24 日, 在这两个时间点之间水位都是呈逐渐上升的趋势; 而 6 月 25 日之后水位最高为 17.16 m, 最低为 16.21 m, 变化幅度很小(图 2)。武穴江段江水温范围为 21.1—28.0°C, 呈逐渐上升趋势。

通过统计分析, 在 6 月 6 日、6 月 22—27 日、7 月 5 日、7 月 10—15 日有数次仔鱼径流量高峰, 其中以 6 月 22—27 日径流量最大, 最大值出现在 6 月 25 日, 为 662.94 尾/100 m^3 。仔鱼密度变化与水位的变化呈现显著的正相关关系(Spearman Correlation, $r=0.795$, $n=132$, $P < 0.001$), 即在水位上升时, 仔鱼密度有明显增大的趋势(图 2)。

表 1 2008 年 5—7 月武穴江段早期资源调查种类组成
Tab. 1 Species composition of fish at early-life stage from May to July 2008 in Wuxue

科 Family	亚科 Subfamily	种类 Species	尾数 Number	百分比 Percentage	月份 Month
鲤科 Cyprinidae	雅罗鱼亚科 Leuciscinae	青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> (Richardson)	32	0.036	5、6、7
		鳊 <i>Elopichthys bambusa</i> (Richardson)	13	0.015	6、7
	鲢亚科 Hypophthalmichthyinae	鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Cuvier et Valenciennes)	6	0.007	6、7
		鳊 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Cuvier et Valenciennes)	3	0.003	6
	鲤亚科 Cyprininae	鲫 <i>Carassius auratus</i> (Linnaeus)	3	0.003	6
		银鲫 <i>Squalidus argentatus</i> (Sauvage et Dabry)	1	0.001	7
	鲃亚科 Gobioninae	铜鱼 <i>Coreius heterodon</i> (Bleeker)	2	0.002	6
		蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i> (Bleeker)	24	0.027	6、7
	鲴亚科 Xenocyprinae	黄尾鲴 <i>Xenocypris davidi</i> (Bleeker)	9877	11.171	5、6、7
		鲴 <i>Pseudolaubuca sinensis</i> (Bleeker)	16703	18.891	5、6、7
	鲃亚科 Culterinae	寡鳞鲃 <i>Pseudolaubuca engraulis</i> (Nichols)	49152	55.590	5、6、7
		鲃 <i>Hemiculter leucisculus</i> (Basilewsky)	2223	2.514	5、6、7
		鳊 <i>Parabramis pekinensis</i> (Basilewsky)	6778	7.666	5、6、7
		翘嘴鲃 <i>Culter alburnus</i> (Basilewsky)	1174	1.328	5、6、7
		蒙古鲃 <i>Culter mongolicus mongolicus</i> (Basilewsky)	1	0.001	6
		团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i> (Yih)	5	0.006	7
		花斑副沙鳊 <i>Parabotia fasciata</i> (Dabry)	2	0.002	7
		紫薄鳊 <i>Leptobotia taeniops</i> (Sauvage)	1	0.001	7
		大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i> (Sauvage)	26	0.029	6、7
		大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i> (Abbott)	1573	1.779	6、7
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i> (Basilewsky)	741	0.838	6、7		
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i> (Rutter)	1	0.001	7		
间下鱊 <i>Hyporhamphus intermedius</i> (Cantor)	74	0.084	6、7		
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i> (Jordan et Seale)	1	0.001	7		
鲚 <i>Silurus asotus</i> (Linnaeus)	1	0.001	7		
青鳉 <i>Oryzias latipes</i> (Temminck et Schlegel)	1	0.001	7		
瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> (Richardson)	1	0.001	7		
乌鳢 <i>Channa argus</i> (Cantor)	1	0.001	7		

通过对不同种类仔鱼的密度动态进行分析: 四大家鱼数量较少, 在 6 月 20 日和 7 月 8 日出现两次高峰, 每次峰值的出现都伴随了一次较为明显的涨水过程; 鳊鱼的仔鱼密度较大, 在 6 月底和 7 月初出现高峰, 通过

Spearman Correlation 检验, $r=0.580$, $n=132$, $P < 0.001$, 其变化趋势和涨水有一定的相关性, 但是关联度不大; 鳊出现的时间相对偏晚, 6 月 20 日以后才大量出现, 通过 Spearman Correlation 检验, $r=0.689$, $n=132$, $P < 0.001$, 在

涨水时段数量有增大的趋势; 鲮的仔鱼密度一直都比较大, 峰值出现在 6 月 25 日, 为 590 尾/100 m³, 通过 Spearman Correlation 检验, $r=0.755$, $n=132$, $P<0.001$, 其变化与水位有明显的相关性, 在 6 月 6 日、6 月 24 日和 7 月 13 日数次仔鱼密度高峰都与水位的上涨趋于一致(图 3)。

2.3 仔鱼时间分布

通过对不同时段仔鱼种类组成的分析可知: 5 月底种类较少, 只有寡鳞飘鱼、飘鱼和鲮(共 99.8%), 虾虎鱼(0.058%), 四大家鱼(0.058%)等 7 个种类; 进入 6 月后, 鳊、鳙、鲢亚科、鮡亚科等种类相继出现, 鳅科鱼类至 7 月份才有出现。6 月份一共调查到 17 个种类, 7 月份一共

调查到 22 个种类。鳊的相对比例在 6 月中旬和 7 月中旬出现峰值, 子陵吻虾虎鱼在整个采样期间都占有一定比例, 但没有明显变化规律; 7 月底调查到的种类数量逐渐下降, 但飘鱼属和鲮属鱼类、鳊以及子陵吻虾虎鱼仍有一定的数量(图 4)。

3 讨论

3.1 长江中游鱼类早期资源现状

根据所产卵的性质, 本次调查的种类有青鱼、鲢、铜鱼等 11 种产漂流性卵鱼类, 鳊鱼、乌鳢、刀鲚等 3 种产浮性卵鱼类, 黄尾鲴、南方鲇、鲫等 6 种产黏性卵鱼

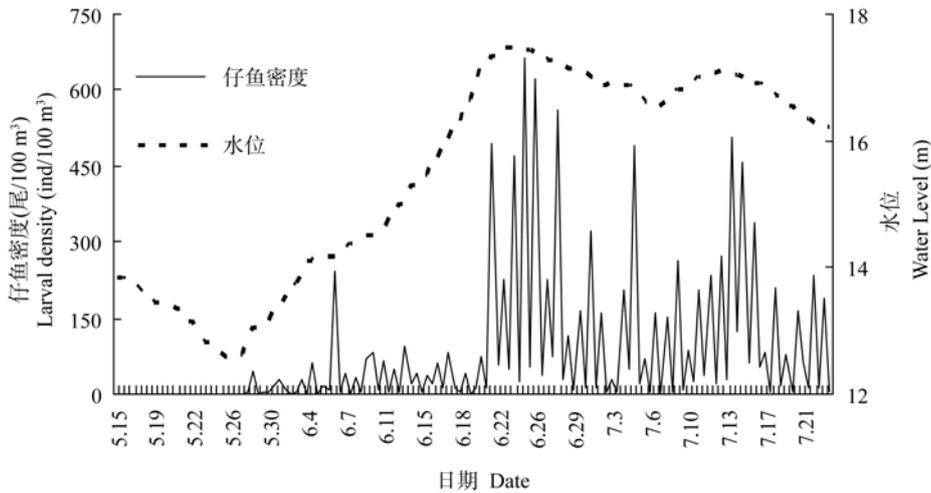


图 2 2008 年 5—7 月武穴断面仔鱼径流量与水文变化趋势

Fig. 2 Variation of larval fish drift density and hydrologic condition from May to July 2008 at the Wuxue cross-section

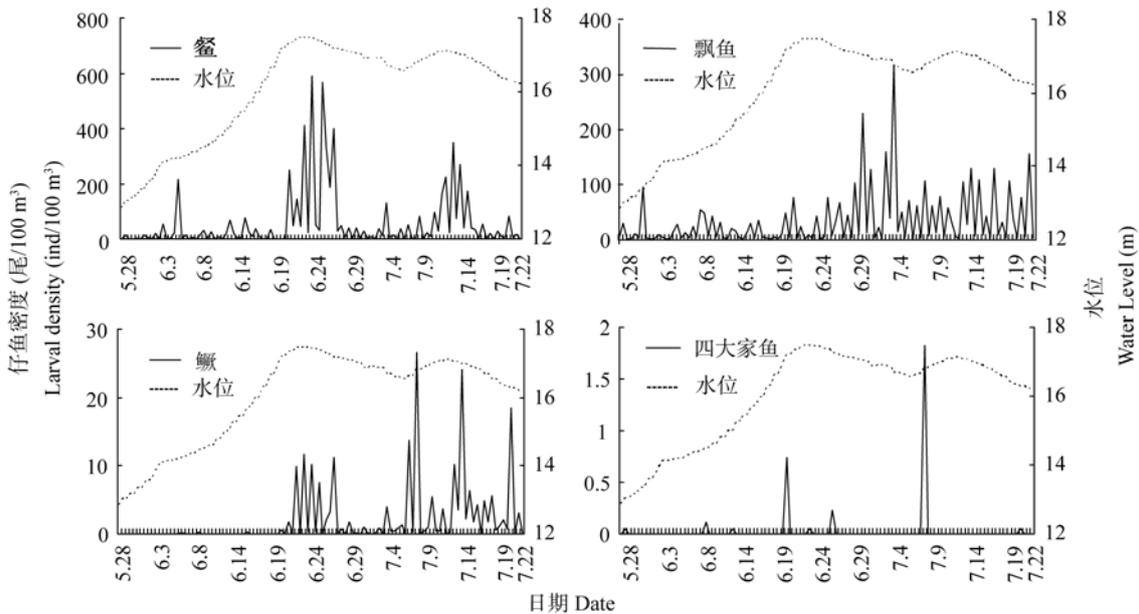


图 3 2008 年 5—7 月武穴断面部分种类的仔鱼密度变化趋势

Fig. 3 Variation of some species larval fish drift density from May to July 2008 in Wuxue

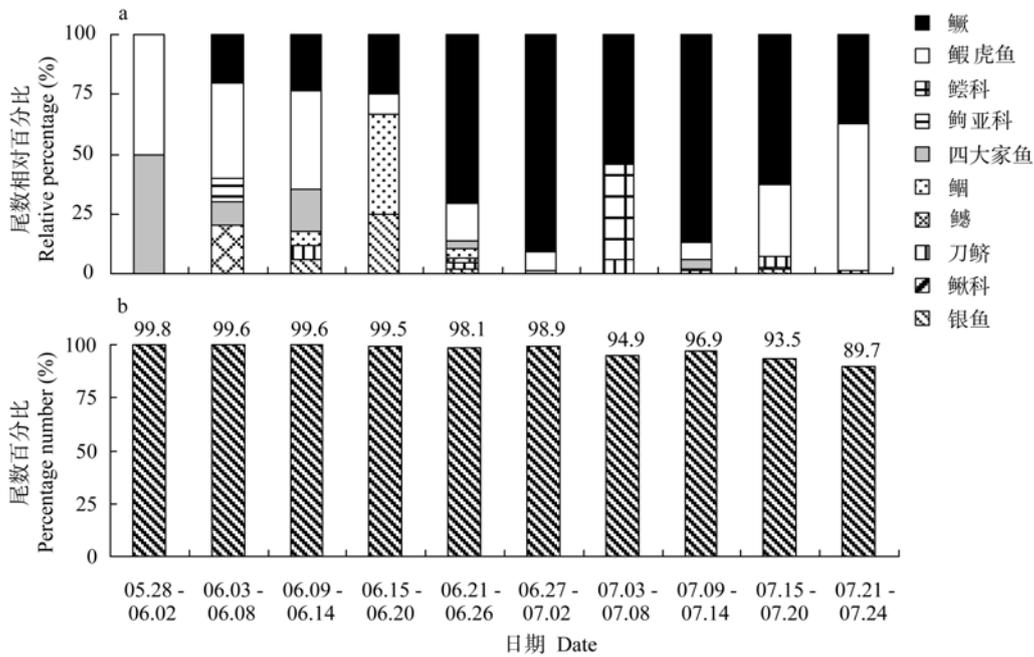


图4 2008年5—7月武穴江段仔鱼数量比例的变化趋势

Fig. 4 Proportion variation of drifting larval fish from May to July in Wuxue

a 为除去鲃亚科鱼类的其他种类数量随时间变化柱状图, 由于鲃亚科鱼类在整个调查期间占有绝对优势比例, 在一个图中无法反映出其他种类的比例变化趋势, 故将其他种类单独一图; b 为鲃亚科鱼类数量比例随时间变化的柱状图

The "a" shows the relative proportion variation of larval fish without Culterinae. Because Culterinae possesses absolute advantage. It can't truthfully reflect other fish's proportion variation within the same columnar section. While b shows the proportion variation of the Culterinae larvae

类。产漂流性卵种类数量与2003—2006年中国水产科学研究院长江水产研究所在监利江段监测的结果相似^[4], 但是相比20世纪70年代减少了14种^[6], 鳊、圆筒吻鲃等种类没有调查到。

采集到的仔鱼中, 鲃亚科鱼类数量超过90%, 而在鲃亚科中又以飘鱼属和鳊属等小型鱼类为主; 四大家鱼占0.04%、铜鱼占0.001%, 相比1998年九江的0.18%、0.31%¹⁾, 下降明显。通过计算得到武穴断面所有鱼苗径流量为 1.37×10^{11} 尾, 与1998年九江江段的 1.19×10^{11} 尾和1999年纱帽江段的 1.47×10^{11} 尾相比¹⁾, 变化不大。调查到的四大家鱼鱼苗径流量约为 0.38×10^8 尾, 但根据历史资料, 1986年武穴四大家鱼仔鱼总径流量为 50.73×10^8 尾^[7], 1998年九江、1999年纱帽的仔鱼径流量分别为 3.32×10^8 尾和 4.47×10^8 尾¹⁾, 可见长江中游四大家鱼资源量在持续下降。已有研究表明, 长江中游渔获物小型化现象十分严重, 青、草、鲢、鳊、铜鱼等主要经济鱼类数量明显下降^[8], 本文监测结果与上述结论一致。

长江中游江湖洄游性鱼类尤其是四大家鱼资源量的减少, 主要有3个方面的原因: (1)长江渔业过度捕捞。长江渔业生产大量使用有害渔具, 酷渔滥捕、过度地捕捞产

卵亲鱼和幼鱼, 对鱼类资源造成严重破坏^[3,9]。(2)大型水利工程建设。葛洲坝、三峡大坝等水利工程建设, 导致长江中游水文情势发生很大改变, 给鱼类繁殖带来不利影响^[3,10,11]。(3)江河阻隔, 洄游通道受阻。鱼类的生长、繁殖、摄食等正常活动受到阻碍, 影响鱼类种群的补充量^[12]。

3.2 水文条件对鱼类繁殖活动的影响

鱼类的繁殖特征与其生长的环境有紧密联系, 它是鱼类内源性繁殖周期和外源性环境条件相结合的产物。影响鱼类繁殖的外源性因子有很多, 如水温、光周期、水流和营养等。部分产漂流性卵鱼类, 例如四大家鱼、铜鱼等其成熟亲鱼的排卵受精活动, 不仅需要江水涨落的洪峰过程等自然环境条件的刺激, 而且产出的卵吸水膨胀后比重略大于水, 需要一定流速的水流使之悬浮于水中, 顺水漂流孵化, 直至发育成具有主动游泳能力的幼鱼^[13]。

本次调查, 不同种类表现出不同的繁殖特征。参考一些学者^[14,15]对当地鱼类的分类标准将其分为以下几个类型: (1)洄游性产漂流性卵的种类, 这一类群包括四大家鱼、铜鱼等。这些种类对产卵条件要求严格, 一般在涨水时产卵, 产卵场多选择在水文条件复杂的河段, 成体一般在通江湖泊或长江中下游肥育生长。此次调查期间,

1) 数据来自中国科学院水生生物研究所鱼类生态学与资源保护学科组1998年和1999年年度调查报告

该类群仔鱼径流量较小。(2) 非洄游性产漂流性卵种类。这一类群的种类包寡鳞飘鱼、鲮、鳅科鱼类等。这些种类个体小, 一般对产卵条件要求小, 水位稳定及涨水时期均能够产卵, 但涨水对其繁殖活动有很大的促进作用, 从仔鱼密度变化与水位变化的相关关系反映了这一点。该类群在本次调查中其所占比例较大。(3) 其他类群。包括产浮性卵的鳊鱼, 产黏性卵的黄尾鲴, 产沉性卵的瓦氏黄颡鱼等种类。这些种类的繁殖不需要涨水的刺激, 但是涨水对其幼体在空间上的扩散有积极作用, 因此在涨水时期也有增加的趋势, 仔鱼密度变化与水位变化存在显著正相关关系。由此可见涨水对鱼类繁殖尤其是产漂流性卵鱼类的繁殖有极其重要的促进作用。

3.3 不同种类繁殖时间分化

鱼类初次性成熟后, 往往在一定季节进行繁殖, 这种特定的繁殖季节是鱼类对环境条件长期适应性进化的结果^[13]。长江流域绝大多数鱼类的繁殖季节在春夏之交, 而在秋冬季进行繁殖的种类很少。产沉性卵的鱼类一般在春季产卵, 2—4 月为主要产卵期; 产漂流性卵的鱼类集中在夏季产卵, 5—6 月达到高潮; 产黏性卵种类大多集中在春夏季产卵^[1]。然而, 由于长江流域生态系统的多样性, 各个种类的繁殖时期表现出很大的差异。

本次调查期间, 大部分种类的仔鱼在 6 月上旬至 7 月中旬出现并达到峰值, 而该时期正处于水位高涨时期, 水温稳定在 24.0—28.0 之间, 这给鱼类的繁殖和发育创造了很好的条件, 也充分体现了鱼类对长江中游生态环境的适应。但是不同种类的繁殖时间及漂流密度又表现出一定的差异, 体现了不同种类对环境变化的适应性分化。飘鱼、寡鳞飘鱼、鲮等种类, 适应性强, 1 龄鱼即可成熟, 繁殖持续时间长。在长江主要大型经济鱼类数量急剧下降的情况下, 这些鱼类获得了更多的生活空间及食物, 资源量急剧增加, 故在调查期间的 5—7 月所占比例一直较大。虾虎鱼类个体小, 适应性强, 分布范围广, 具有机会主义繁殖策略和分批产卵的习性^[16], 调查期间的 6 月中旬和 7 月中下旬出现了两次虾虎鱼密度高峰, 正反映了它这一特点。四大家鱼是典型的产漂流性卵种类, 在繁殖季节溯水洄游至长江中上游产卵场, 遇到适宜的水文条件后即可繁殖, 因此其仔鱼随水文变化而间断的出现。鳊为肉食性鱼类, 其开口仔鱼即摄食其他种类的仔鱼^[6], 调查期间其漂流密度高峰出现在 6 月下旬及 7 月份, 此时水温高、流量大, 很多鱼类都已经进入了繁殖期, 整体仔鱼的漂流密度为调查期间的最高时期, 为鳊开口仔鱼提供了丰富的食物。

3.4 长江中游渔业资源保护的建议

近年来大型水工建设、围湖造田和过度捕捞给长江鱼类资源带来严重的破坏^[17]。虽然我国从 2003 年开始实施长江禁渔, 但据研究显示效果一般^[18]。因此, 为了保护长江鱼类资源, 我们建议: (1) 延长禁渔期, 加大对鱼类资

源的保护力度。正如曹文宣院士等专家多次呼吁: “长江禁捕 10 年”^[19]; (2) 实现水利工程的生态调度。三峡水库调度要在保障下游河道鱼类越冬、繁殖、秋季育肥最小生态需水量的基础上, 根据“四大家鱼”性腺发育和繁殖生理的需要, 在繁殖季节通过调节下泄流量, 为“四大家鱼”繁殖提供合适的水文条件^[20]; (3) 江湖连通与灌江纳苗。江湖连通是长江洄游鱼类“三场一通道”(索饵场、繁殖场、育肥场、洄游通道)功能发挥的重要保障, 对提高长江渔业产量和丰富生物多样性有重要意义。

致谢:

本研究在野外调查过程中, 得到但胜国老师, 朱秀芳、曾燊、王芊芊等同学的帮助, 在此一并感谢!

参考文献:

- [1] Cao W X, Chang J B, Qiao Y, *et al.* Fish resources of early life history stages in Yangtze River [M]. Beijing: China Water Power Press. 2007, 2—5 [曹文宣, 常剑波, 乔晔, 等. 长江鱼类早期资源. 北京: 中国水利水电出版社. 2007, 2—5]
- [2] Yi B L, Yu Z T, Liang Z S, *et al.* The distribution, natural conditions and breeding production of the spawning grounds of four famous freshwater fishes on the main stream on the Yangtze River [A]. In: Yi B L, Yu Z T, Liang Z S, *et al.* Gezhouba water control project and four famous fishes in Yangtze River. Wuhan: Hubei Science and Technology Press. 1988, 1—46 [易伯鲁, 余志堂, 梁秩燊, 等. 长江干流草、青、鲢、鳊四大家鱼产卵场的分布, 规模和自然条件. 见: 易伯鲁, 余志堂, 梁秩燊, 等. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼. 武汉: 湖北科学技术出版社. 1988, 1—46]
- [3] Chen D Q. Status Quo of fisheries resources and countermeasure of enhancement and protection in Yangtze River [J]. *China Fisheries*, 2003, (3): 17—19 [陈大庆. 长江渔业资源现状与增殖保护对策. 中国水产, 2003, (3): 17—19]
- [4] Duan X B, Chen D Q, *et al.* 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 [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(4): 523—532 [段辛斌, 陈大庆, 等. 三峡水库蓄水后长江中游产漂流性卵鱼类产卵场现状. 中国水产科学, 2008, 15(4): 523—532]
- [5] Yi B L, Liang Z S, Yu Z T, *et al.* A comparative study on the early development of grass carp, black carp, silver carp and big head of the Yangtze River. In: Yi B L, Yu Z T, Liang Z S, *et al.* Gezhouba water control project and four famous fishes in Yangtze River [A]. Wuhan: Hubei Science and Technology Press. 1988, 69—116 [易伯鲁, 梁秩燊, 余志堂, 等. 长江草青鲢鳊四大家鱼早期发育的研究. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1988, 69—116]
- [6] Research Laboratory in Institute of Hydrobiology in Hubei. Fishes in Yangtze River [M]. Science Press. 1976, 17—212

- [湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类. 科学出版社. 1976, 17—212]
- [7] Yu Z T, Deng Z L, Xu Y G, *et al.* The present situation of the spawning grounds of the four Chinese domestic fishes in the Changjiang (Yangtze River) after construction of the Gezhouba water control project [A]. In: Yi B L, Yu Z T, Liang Z S, *et al.* Gezhouba water control project and four famous fishes in Yangtze River. Wuhan: Hubei Science and Technology Press. 1988, 47—68 [余志堂, 邓中彝, 许蕴珩, 等. 葛洲坝水利枢纽建成后长江干流四大家鱼产卵场的现状及工程对家鱼繁殖影响的评价. 见: 易伯鲁, 余志堂, 梁秩燊, 等. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼. 武汉: 湖北科学技术出版社. 1988, 47—68]
- [8] Zhang T L, Li Z J, Guo Q S. Investigations on fishes and fishery of four lakes along the middle and lower basins of the Changjiang River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2008, **32**(2): 168—177 [张堂林, 李钟杰, 郭青松. 长江中下游四个湖泊鱼类与渔业研究. 水生生物学报, 2008, **32**(2): 168—177]
- [9] Li H B, Xu D P. Characteristics and cause analysis of the four major Chinese carps resources variation in Lake Dongting [J]. *Inland Fisheries*, 2008, (6): 34—36 [李红炳, 徐德平. 洞庭湖“四大家鱼”资源变化特征及原因分析. 内陆水产, 2008, (6): 34—36]
- [10] Cao W X, Yu Z T. The preliminary assessment of the effect of Three Gorges project to fishes in the Yangtze River and the research of the approach to enhance the resources [C]. Three Gorges project on Ecology and Environment Symposium, 1987, 3—18 [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. 长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集, 1987, 3—18]
- [11] Huang Y, Fan B L. Influence of the Three Gorges project for the four major Chinese carps spawning environment in the middle and lower reaches of Yangtze River [J]. *Yangtze River*, 2008, (19): 38—41 [黄悦, 范北林. 三峡工程对中下游四大家鱼产卵环境的影响. 人民长江, 2008, (19): 38—41]
- [12] Huang L. Impacts of hydraulic works on fish biodiversity in the Yangtze River Valley and countermeasures [J]. *J. Lake Sci*, 2006, **18**(5): 553—556 [黄亮. 水工程建设对长江流域鱼类生物多样性的影响及其对策. 湖泊科学, 2006, **18**(5): 553—556]
- [13] Yin M C. Fish Ecology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Publishing House. 1995, 116—121 [殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社. 1995, 116—121]
- [14] Humphries P, King A J, Koehn J D. Fish, flows and flood plains: links between freshwater fishes and their environment in the Murray-Darling River System, Australia [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1999, **56**(1): 129—151
- [15] Johannes R E. Reproductive strategies of coastal marine fishes in the tropics [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1978, **3**(1): 65—84
- [16] Zitek A, *et al.* Fish drift in a Danube sidearm-system: I. Site-, inter- and intraspecific patterns [J]. *Journal of Fish Biology*, 2004, **65**(5): 1319—1338
- [17] Chen D Q, Duan X B, *et al.* Study on the dynamics for fishery resources of the Yangtze River and its management [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, **26**(6): 685—690 [陈大庆, 段辛斌, 等. 长江渔业资源变动和管理对策. 水生生物学报, 2002, **26**(6): 685—690]
- [18] Shen X D, Yang Z Y. The effect of China's Spring Fishing Moratorium System in Yangtze River and its countermeasures [J]. *Reformation & Strategy*, 2008, (10): 36—38 [沈雪达, 杨正勇. 我国长江禁渔期制度实施效果分析与对策研究. 改革与战略, 2008, (10): 36—38]
- [19] Cao W X. Several issues concerning protection of the Yangtze River Basin fish resources [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, **17**(2): 163—164 [曹文宣. 有关长江流域鱼类资源保护的几个问题. 长江流域资源与环境, 2008, **17**(2): 163—164]
- [20] Liu J K, Cao W X. Fish resources of the Yangtze River Basin and the tactics for their conservation [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 1992, **1**(1): 17—23 [刘建康, 曹文宣. 长江流域的鱼类资源及其保护对策. 长江流域资源与环境, 1992, **1**(1): 17—23]