

## 长江中游黄石江段四大家鱼早期资源现状

高雷<sup>1</sup>, 胡兴坤<sup>1,2</sup>, 杨浩<sup>1,2</sup>, 陈大庆<sup>1</sup>,  
段辛斌<sup>1</sup>, 王珂<sup>1</sup>, 刘绍平<sup>1\*</sup>

(1. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 湖北 武汉 430223;

2. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 2015年和2016年每年的5—7月, 在长江中游黄石江段对四大家鱼早期资源开展了调查, 以了解该江段四大家鱼早期资源及产卵场分布现状。调查期间共采集四大家鱼卵67粒, 苗23 948尾, 种类以鲢和草鱼为主, 分别占四大家鱼卵苗总捕捞数量的77.0%和18.1%。2015年和2016年, 估算通过黄石江段的四大家鱼卵径流量分别为 $0.20 \times 10^8$ 粒、 $4.69 \times 10^8$ 粒, 鱼苗径流量分别为 $19.40 \times 10^8$ 尾、 $13.65 \times 10^8$ 尾。黄石江段四大家鱼产卵场主要分布在团风李家洲、鄂州城区、鄂州戴家洲和黄石道士袱4个江段。与历史资料相比, 黄石江段四大家鱼产卵场分布位置没有发生明显的变动。建议开展增殖放流活动, 并在航道整治等工程建设中注重保护洲滩等生境。

**关键词:** 四大家鱼; 产卵场; 早期资源; 黄石江段; 长江中游

**中图分类号:** S 932.4

**文献标志码:** A

青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)简称四大家鱼, 是我国重要的淡水养殖和捕捞对象, 其产量曾占我国淡水鱼总产量的60%<sup>[1]</sup>。长江中游江段是四大家鱼重要的栖息地和繁殖场所<sup>[2]</sup>, 20世纪80年代的调查表明, 长江中游宜昌至武穴江段分布有四大家鱼产卵场19处, 产卵规模约占长江干流总规模的70%<sup>[3]</sup>。

四大家鱼是产漂流性卵、喜流水性的鱼类, 其自然繁殖活动需要一定的流水刺激以及适宜的水温条件<sup>[4]</sup>。三峡工程的运行在一定程度上改变了长江中游江段的水文情势, 影响四大家鱼等鱼类的繁殖活动; 近年来, 长江中游江段实施了大量的航道整治、码头建设等涉水工程, 这可能会对四大家鱼产卵场造成破坏。为了解长江中游江段四大家鱼早期资源现状, 研究人员已经在宜昌、沙市、监利、洪湖等江段开展了调

查研究<sup>[1, 5-7]</sup>。大坝运行对坝下水环境的影响与离坝距离相关<sup>[8]</sup>, 黄石江段距离三峡大坝较远, 水文情势受大坝运行的影响相对较弱, 四大家鱼繁殖活动受到的影响可能较小; 同时, 黄石江段也是历史上四大家鱼重要的产卵区域之一, 分布有黄石、蕲州、富池口等产卵场, 产卵规模约占长江干流总量的7%<sup>[3]</sup>; 目前, 对黄石江段相关的调查研究较少。因此, 本研究在黄石江段开展四大家鱼早期资源调查, 以期了解三峡大坝运行后黄石江段四大家鱼卵苗成色、产卵规模及产卵场分布现状, 为长江中游江段四大家鱼资源的评估与保护提供参考。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 调查时间与地点

2015年5月17日—7月12日和2016年4月29日—7月8日, 在长江中游黄石江段黄颡口镇(29°94'N,

收稿日期: 2018-06-22 修回日期: 2018-11-19

资助项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费专项(2017HY-ZD0101); 国家自然科学基金(51579247, 31602161); 农业财政项目, 物种资源保护费专项

通信作者: 刘绍平, E-mail: lsp@yfi.ac.cn

115°31'E)(距离文献记载的黄石道士袱产卵场约30 km<sup>[9]</sup>)对四大家鱼早期资源开展调查(图1)。设

置左岸、江心和右岸3个采样点,每天上下午各采样1次。

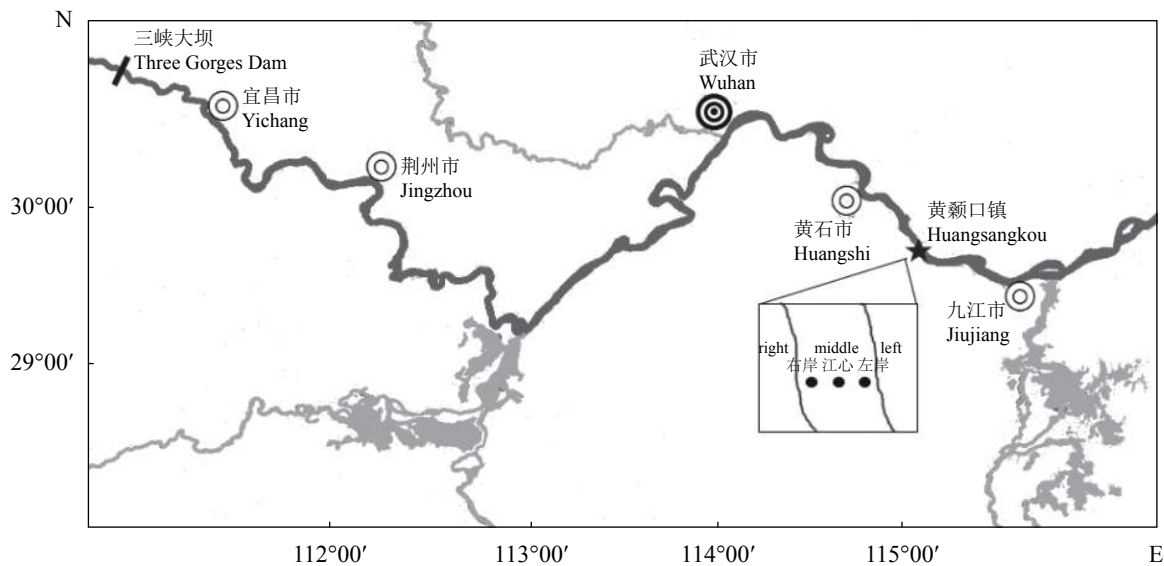


图1 长江中游黄石江段调查断面示意图

Fig. 1 Map of sampling site at Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River

## 1.2 样品采集及处理

使用筛网(网口直径1 m,网长2 m,网目0.5 mm,网口面积0.53 m<sup>2</sup>)在两岸(采样点距岸边10~20 m)采集四大家鱼仔鱼(昼夜连续采样)。使用圆锥网(网长2.5 m,网目0.5 mm,网口面积0.19 m<sup>2</sup>)在两岸及江心采集鱼卵(每次采集15 min)。同步测量江水流速(LS45A型流速仪)、水温、溶解氧、透明度和pH。水位和流量数据来自水利部全国水雨情信息网汉口水文站(<http://xxfb.hydr-oinfo.gov.cn/>)。

现场使用光学显微镜观察并记录鱼卵发育期,依据色素、肌节数等形态特征鉴定仔鱼种类<sup>[3,10]</sup>。所有样品均保存于95%的酒精中,将所有的鱼卵以及现场无法通过形态学特征确认种类的仔鱼带回实验室后通过线粒体DNA细胞色素*b*基因鉴定。

## 1.3 数据分析

四大家鱼卵、仔鱼径流量的计算方法参照易伯鲁等<sup>[3]</sup>,计算公式:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{m}{vat}$$

$$M = QDT$$

式中, $m$ 为一次采集的鱼卵、仔鱼数量(粒或尾); $a$ 为网口面积(m<sup>2</sup>); $v$ 为江水流速(m/s); $t$ 为采集时间(s); $i$ 为第*i*个采样点卵、仔鱼密度(个/m<sup>3</sup>); $D$ 为断面卵、仔鱼平均密度(个/m<sup>3</sup>); $T$ 为一昼夜采集的时间(s); $Q$ 为采样断面江水径流量(m<sup>3</sup>/s); $M$ 为一昼夜采集时间内的断面卵、仔鱼径流量(个)。

每天上下午的非采集时间内,流经断面的鱼卵、仔鱼径流量 $M'$ 采用插补法来计算,即:

$$M' = \left( \frac{M_1}{t_1} + \frac{M_2}{t_2} \right) \frac{t'}{2}$$

式中, $t'$ 为前后2次采集的间隔时间(s); $t_1$ 、 $t_2$ 为前后2次采集的持续时间(s); $M_1$ 、 $M_2$ 分别为前后2次采集的鱼卵、仔鱼数量(个)。

一昼夜通过调查断面的鱼卵、仔鱼径流量( $N_m$ )(个)是24 h内定时采集的卵、仔鱼径流量之和与前后2次非采集时间内卵、仔鱼径流量之和的总和,即:

$$N_m = M + M'$$

产卵场位置根据所采集鱼卵的发育时间和该时段江水的平均流速推算,计算公式:

$$L = VT$$

式中, $L$ 表示鱼卵的漂流距离(m); $V$ 表示调查断面江水的平均流速(m/s); $T$ 表示鱼卵胚胎发育所

经历的时间(s)。

数据和图片使用Excel、Photoshop、SPSS等软件进行处理和分析。四大家鱼卵苗日均密度与环境因子间的相关性使用Pearson Correlation进行分析。

## 2 结果

### 2.1 卵苗种类组成

2015年和2016年调查期间，共采集四大家鱼卵67粒，其中以鲢卵数量最多，占四大家鱼卵总数的67.2%；其次是草鱼，占29.9%；青鱼和鳙卵数量较少，均占1.5%。共采集四大家鱼仔鱼23 948尾，以鲢仔鱼数量最多，占四大家鱼仔鱼总捕捞数量的77.0%；其次是草鱼，占18.1%；青鱼占4.9%；鳙数量最少，不足0.1%(表1)。

### 2.2 卵苗径流量与密度

2015年与2016年，估算通过黄石江段四大

家鱼卵径流量分别为 $0.20 \times 10^8$ 粒、 $4.69 \times 10^8$ 粒。四大家鱼卵平均密度分别为0.01粒/100 m<sup>3</sup>、0.15粒/100 m<sup>3</sup>。2015年出现2次产卵高峰，分别在6月1日至4日、6月18日，对应的四大家鱼卵密度分别为0.58粒/100 m<sup>3</sup>和0.20粒/100 m<sup>3</sup>。2016年出现1次产卵高峰，为7月3日至8日，对应的产卵密度为10.02粒/100 m<sup>3</sup>，四大家鱼产卵高峰与长江流量洪峰出现日期一致(图2)。

2015年与2016年，估算通过黄石江段四大家鱼仔鱼径流量分别为 $19.40 \times 10^8$ 尾、 $13.65 \times 10^8$ 尾，平均密度分别为1.41粒/100 m<sup>3</sup>、0.60粒/100 m<sup>3</sup>。2015年出现2次四大家鱼苗汛，分别为5月20日至23日、6月1日至4日，对应的仔鱼密度分别为26.78粒/100 m<sup>3</sup>和22.92粒/100 m<sup>3</sup>。2016年出现4次苗汛，分别为6月12日至13日、6月17日、6月28日至29日、7月2日至5日，对应的仔鱼密度分别为13.17粒/100 m<sup>3</sup>、4.25粒/100 m<sup>3</sup>、3.93粒/100 m<sup>3</sup>和7.76粒/100 m<sup>3</sup>(图3)。

表 1 长江中游黄石江段四大家鱼卵、仔鱼种类组成

Tab. 1 Species composition of eggs and larvae of the four Chinese major carps Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River

种类 species	鱼卵 eggs		仔鱼 larvae		卵苗合计 total	
	数量/粒 number	比例/% ratio	数量/尾 number	比例/% ratio	数量/个 number	比例/% ratio
鲢 <i>H. molitrix</i>	45	67.2	18 435	77.0	18 480	77.0
草鱼 <i>C. idella</i>	20	29.8	4 327	18.1	4 347	18.1
青鱼 <i>M. piceus</i>	1	1.5	1 184	4.9	1 185	4.9
鳙 <i>A. nobilis</i>	1	1.5	2	0	3	0
合计 total	67	100	23 948	100	24 015	100

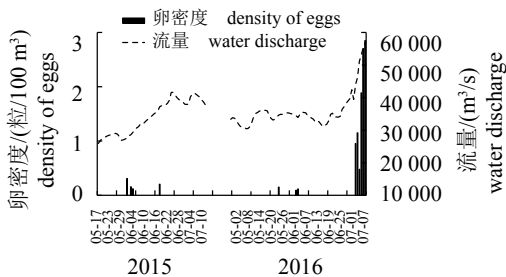


图 2 2015和2016年长江中游黄石江段四大家鱼卵漂流密度日变化

Fig. 2 Daily variation in drift density of the four Chinese major carps eggs at Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River in 2015 and 2016

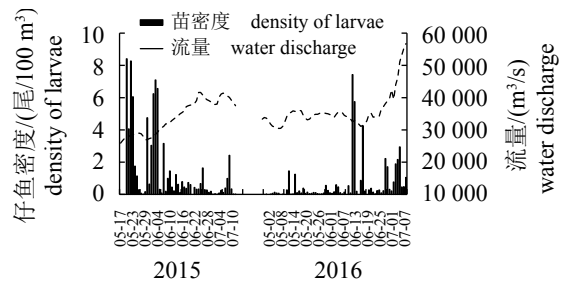


图 3 2015和2016年长江中游黄石江段四大家鱼仔鱼密度日变化

Fig. 3 Daily variation in density of the four Chinese major carps larvae at Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River in 2015 and 2016

### 2.3 产卵场

本次调查采集到的四大家鱼卵发育时期范围为囊胚晚期至出膜前期(表2)。结合采集到四大家鱼卵时的长江水流速推算出,2015年采集的四大家鱼卵来自采样点上游69~123 km江段,2016年来自于采样点上游26~136 km江段(图4)。

黄石江段四大家鱼产卵水域主要集中在戴家洲、李家洲、鄂州和道士袱4个江段,其中戴家洲和李家洲江段在2年的调查中均监测到产卵活动,产卵规模占总规模的85.0%,是四大家鱼产卵场的主要分布江段(表3,表4)。

### 2.4 卵苗密度与水文条件的关系

调查期间黄石江段长江径流量与水位变化

一致,均随时间呈逐渐增加的趋势。2016年同期径流量明显高于2015年,尤其是2016年的调查后期。透明度随时间呈波动下降趋势。调查初期江水水温就达到18.0℃以上,产卵高峰期水温范围为24.0~25.0℃。

对四大家鱼卵、仔鱼密度变化与环境因子的相关性分析表明,四大家鱼卵密度与长江径流量、水位呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与透明度呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与水温无显著相关关系( $P>0.05$ )。四大家鱼仔鱼密度与长江径流量、水位呈极显著负相关关系( $P<0.01$ ),与水温和透明度相关性不显著( $P>0.05$ )(表5)。

黄石江段四大家鱼卵一般出现在水位上涨、径流量增加期间,四大家鱼卵出现时水位日上涨率、径流量日上涨率和水温范围分别为0.04~0.25 m/d、

表2 2015和2016年长江中游黄石江段四大家鱼卵发育期及漂流距离

Tab. 2 Developmental stages and drifting distance of the four Chinese major carps at Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River in 2015 and 2016

种类 species	发育期 development stages	发育时长/h development time	漂流距离/km drift distance
草鱼 <i>C. idella</i>	眼基出现期 eye primordium formation	14.17	51.01
	眼囊期 eye sac formation	16.08	63.68
	尾芽期 stage of tail bud appearance	19.75	78.21
	尾芽游离期 stage of tail bud free	22.75	90.09
	晶体出现期 stage of crystallographic appearance	23.25	92.07
	心跳期 heart beating stage	27.50	108.90
	耳石期 otolith stage	31.50	124.74
	孵化期 hatching stage	33.58	132.98
青鱼 <i>M. piceus</i>	眼基出现期 eye primordium formation	16.33	58.79
鲢 <i>H. molitrix</i>	囊胚晚期 late stage of blastula	6.67	26.41
	原肠早期 early stage of gastrula	8.67	34.33
	原肠中期 middle stage of gastrula	10.25	40.59
	神经胚期 neurula stage	14.20	56.11
	眼基出现期 eye primordium formation	16.25	58.50
	眼囊期 eye sac formation	17.00	67.32
	尾芽期 stage of tail bud appearance	19.30	76.43
	尾芽游离期 stage of tail bud free	22.58	89.42
	心跳期 heart beating stage	28.33	112.19
	耳石期 otolith stage	30.00	118.80
孵化期 hatching stage	34.25	135.63	
鳙 <i>A. nobilis</i>	孵化期 hatching stage	33.00	130.68

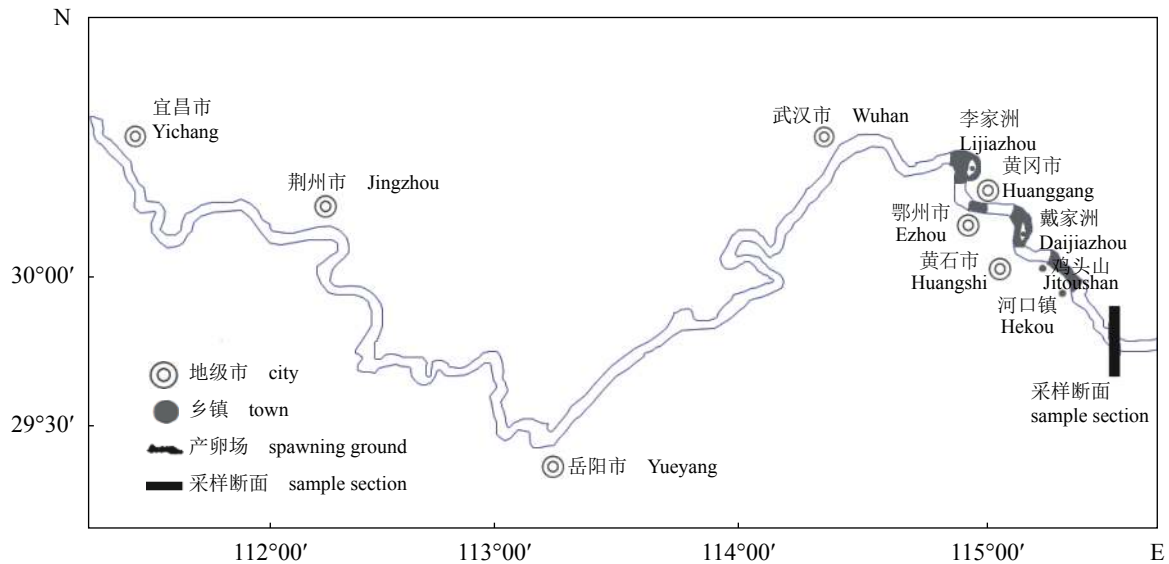


图 4 2015和2016年黄石江段四大家鱼产卵场分布图

Fig. 4 Locations of the spawning grounds of the major four Chinese carps at Huangshi section

表 3 2015和2016年长江中游黄石江段四大家鱼产卵场位置及产卵规模

Tab. 3 Locations of the spawning grounds and their spawning sizes of the major four Chinese carps at Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River in 2015 and 2016

年份 years	产卵场名称 name of spawning grounds	产卵场位置 sites of spawning grounds	规模/ $10^8$ 粒 number	比例/% percentage
2015	戴家洲 Daijiazhou	鄂州戴家洲附近	0.1	2.2
	李家洲 Lijiazhou	团风李家洲附近	0.1	2.2
2016	李家洲 Lijiazhou	团风李家洲附近	2.0	43.5
	鄂州 Ezhou	鄂城区附近	0.4	8.7
	戴家洲 Daijiazhou	鄂州戴家洲附近	1.7	36.9
	道士袱 Daoshifu	黄石河口镇至鸡头山	0.3	6.5
合计 total			4.6	100

275~2 883  $m^3/(s \cdot d)$ 和20.9~25.0  $^{\circ}C$ ，其中产卵高峰期对应的水位日上涨率、径流量日上涨率和水温分别为0.25 m/d、2 883  $m^3/(s \cdot d)$ 和24.0~25.0  $^{\circ}C$ (图5)。

### 3 讨论

#### 3.1 繁殖时间及规模

大坝下泄的低温水会导致坝下江段鱼类的繁殖季节推迟<sup>[2,11]</sup>。研究显示，三峡水库蓄水前，长江中游江段四大家鱼卵首次被发现的日期一般在4月底<sup>[3]</sup>；蓄水后，推迟到了5月下旬<sup>[2,12]</sup>。主要原因是三峡大坝蓄水带来的“滞温效应”导致江水水温达到18  $^{\circ}C$ 的时间推迟，而18  $^{\circ}C$ 的水温是四大家鱼产卵的必要条件，因而致使四大家鱼

产卵日期也出现滞后<sup>[12]</sup>。类似现象在其他水系的研究中也有报道，如珠江水系几个大坝运行后，下游四大家鱼繁殖期推迟达30~45 d<sup>[12]</sup>；美国密西西比河Garrison大坝建成后，导致吸口鲤科(Catostomidae)鱼类繁殖日期出现滞后<sup>[13]</sup>。本研究中黄石江段四大家鱼最早出现在5月1日，说明三峡大坝对离坝距离较远的黄石江段四大家鱼的繁殖日期影响不明显。

由于水流作用以及沿江支流的汇入，距大坝距离越远的江段，其水环境特征受大坝的影响越小，因而对鱼类资源的影响也可能越小<sup>[9]</sup>。2015和2016年黄石江段四大家鱼平均产卵规模为 $2.4 \times 10^8$ 粒，高于2008年武穴江段的调查结果，也

表4 四大家鱼卵、仔鱼密度与环境因子间的相关关系

Tab. 4 Correlation analysis of the densities of the major four Chinese carps eggs and larvae and environmental factors

项目 items	径流量/(m <sup>3</sup> /s) discharge		水温/°C water temperature		水位/m water level		透明度/cm transparency	
	R	P	R	P	R	P	R	P
	卵密度 density of eggs	0.065**	<0.01	0.103	0.253	0.535**	<0.01	-0.493**
仔鱼密度 density of larvae	-0.220*	0.013	0.072	0.422	-0.260**	<0.01	-0.036	0.688

注: \*表示在0.05水平上显著相关; \*\*表示在0.01水平上显著相关  
Notes: \*. significant correlation at 0.05 level; \*\*. significant correlation at 0.01 level

表5 2015、2016年黄石段四大家鱼卵量与水温、径流量的关系

Tab. 5 Relation of the amount of the major four Chinese carps eggs and temperature and water discharge at Huangshi section in 2015 and 2016

年份 year	涨水日期 dates of water level rising	水位日上涨率/(m/d) daily increasing rate of water level	径流量日上涨率/[m <sup>3</sup> /(s·d)] daily increasing rate of discharge	产卵日期 spawning dates	水温/°C temperature	卵密度/(粒/100 m <sup>3</sup> ) density of eggs
2015	05-29—06-25	0.15	544	6.1—6.4	23.1~23.7	0.15
				6.18	24.6	0.20
2016	05-21—05-29	0.04	275	5.24	20.9	0.15
				6.2—6.3	21.5~21.8	0.10
	07-02—07-08	0.25	2 883	7.3—7.8	24.0~25.0	1.67

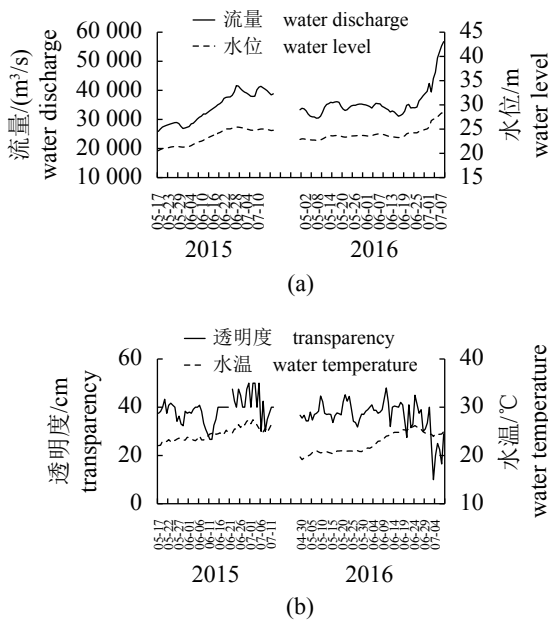


图5 2015和2016年黄石江段环境因子的日变化  
Fig. 5 Daily variation of environmental factors at Huangshi section in 2015 and 2016

高于20世纪80年代的黄石江段<sup>[10, 14]</sup>。这可能与2016年黄石江段四大家鱼产卵规模偏大以及黄石江段距离三峡大坝较远, 受影响较小有关。

本次调查中, 四大家鱼仔鱼年均径流量为

16.5×10<sup>8</sup>尾, 明显低于1986年武穴江段的50.7×10<sup>8</sup>尾<sup>[3]</sup>。一方面是因为黄石江段的四大家鱼仔鱼来自其上游江段的产卵场, 而这些江段距离大坝较近, 受大坝影响较大, 产卵场规模较20世纪80年代明显缩小<sup>[15]</sup>; 另一方面是因为目前长江中游四大家鱼在渔获物中占比较20世纪80年代下降明显, 达到性成熟的亲本数量减少<sup>[15]</sup>。

### 3.2 产卵场分布

20世纪80年代的2次调查表明, 长江中游黄石江段四大家鱼产卵场主要分布在团风、鄂州和黄石道士袱江段<sup>[3, 9]</sup>, 与本研究结果一致, 即黄石江段四大家鱼产卵场的分布位置没有发生明显的变动, 说明三峡工程的运行未对黄石江段四大家鱼产卵场产生明显的影响。

四大家鱼倾向于在矶头型、弯曲型和分汉型等形态的河道中产卵<sup>[16]</sup>。本研究调查到的四大家鱼产卵场均选择在江心有沙洲或有弯道的江段, 原因可能是弯曲型河道在凹岸和凸岸的水流相互掺杂, 水流变得紊乱; 分汉型河段两侧汉道内水流湍急, 洲头和洲尾等水流较缓, 使得该河段内水流复杂多变, 容易形成“泡漩水”, 因而在涨水时成为亲鱼的产卵场所<sup>[16]</sup>。

### 3.3 产卵量与环境因子的关系

水温是影响鱼类产卵的重要因素, 适宜四大家鱼产卵的水温一般为18~24 °C<sup>[3, 17]</sup>。当水温条件达到了四大家鱼繁殖需求后, 流量和水位的日变化率等是影响鱼类产卵的关键环境因子, 一般来说水位日上涨率达到0.30~0.55 m/d或当水流量的日增量大于2 100 m<sup>3</sup>/(s·d)时能有效刺激四大家鱼的繁殖<sup>[2, 18-19]</sup>。本研究中, 黄石江段四大家鱼卵主要出现在6月初至7月初, 对应的水温、水位日上涨率与流量日上涨率范围分别为20.9~25.0 °C、0.04~0.24 m/d、314~2 540 m<sup>3</sup>/(s·d), 这与以往的研究结论基本一致<sup>[2, 13, 18-20]</sup>。

### 3.4 四大家鱼的保护

黄石江段是四大家鱼重要的产卵场所, 其鱼类早期资源丰富。为保护四大家鱼早期资源及其生境, 建议: ①开展人工增殖放流活动, 以增加四大家鱼繁殖群体数量; 同时, 推进渔民转产转业, 实施全面禁捕制度, 以降低捕捞强度; ②在航道整治工程等涉水工程的建设中, 应注重保护洲滩等四大家鱼产卵区域的生境, 降低工程建设对产卵场生态环境的影响。

高雷与胡兴坤为共同第一作者。

#### 参考文献:

- [1] Duan X B, Liu S P, Huang M G, *et al.* Changes in abundance of larvae of the four domestic Chinese carps in the middle reach of the Yangtze River, China, before and after closing of the Three Gorges Dam[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2009, 86(1): 13-22.
- [2] 段辛斌, 陈大庆, 李志华, 等. 三峡水库蓄水后长江中游产漂流性卵鱼类产卵场现状[J]. *中国水产科学*, 2008, 15(4): 523-532.  
Duan X B, Chen D Q, Li Z H, *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(in Chinese).
- [3] 易伯鲁, 余志堂, 梁秩燊, 等. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1988.  
Yi B L, Yu Z T, Liang Z S, *et al.* Gezhouba water control project and four famous fishes in Yangtze River[M]. Wuhan: Hubei Science and Technology Press, 1988(in Chinese).
- [4] 王尚玉, 廖文根, 陈大庆, 等. 长江中游四大家鱼产卵场的生态水文特性分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2008, 17(6): 892-897.  
Wang S Y, Liao W G, Chen D Q, *et al.* Analysis of eco-hydrological characteristics of the four Chinese farmed carps' spawning grounds in the middle reach of the Yangtze River[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(6): 892-897(in Chinese).
- [5] 徐薇, 刘宏高, 唐会元, 等. 三峡水库生态调度对沙市江段鱼卵和仔鱼的影响[J]. *水生态学杂志*, 2014, 35(2): 1-8.  
Xu W, Liu H G, Tang H Y, *et al.* Effects of ecological operation of Three Gorges Reservoir on fish eggs and larvae in Shashi section of the Yangtze River[J]. *Journal of Hydroecology*, 2014, 35(2): 1-8(in Chinese).
- [6] 李世健, 陈大庆, 刘绍平, 等. 长江中游监利江段鱼卵及仔稚鱼时空分布[J]. *淡水渔业*, 2011, 41(2): 18-24, 9.  
Li S J, Chen D Q, Liu S P, *et al.* Spatial and temporal distribution patterns of eggs, fish larvae and juveniles at Jianli cross-section in the middle reaches of the Yangtze River[J]. *Freshwater Fisheries*, 2011, 41(2): 18-24, 9(in Chinese).
- [7] 郭国忠, 高雷, 段辛斌, 等. 长江中游洪湖段仔鱼昼夜变化特征的初步研究[J]. *淡水渔业*, 2017, 47(1): 49-55.  
Guo G Z, Gao L, Duan X B, *et al.* Research of diel drifting patterns of fish larvae at Honghu section in the middle reaches of the Yangtze River[J]. *Freshwater Fisheries*, 2017, 47(1): 49-55(in Chinese).
- [8] Helfman G S. Fish Conservation: A guide to understanding and restoring global aquatic biodiversity and fishery resources[M]. Washington, DC: Island Press, 2007.
- [9] 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.  
Survey Team of Spawning Grounds of Domestic Fishes in Changjiang River. A survey on the spawning grounds of the "four famous Chinese carps" in the Changjiang River after dammed by the key water control project at Gezhouba[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1982, 6(4): 287-305(in Chinese).
- [10] 曹文宣, 常剑波, 乔晔, 等. 长江鱼类早期资源[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.  
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(in Chinese).
- [11] Tan X C, Li X H, Lek S, *et al.* Annual dynamics of the abundance of fish larvae and its relationship with hydrological variation in the Pearl River[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2010, 88(3): 217-225.
- [12] 彭期冬, 廖文根, 李翀, 等. 三峡工程蓄水以来对长江中游四大家鱼自然繁殖影响研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2012, 44(增刊2): 228-232.
- Peng Q D, Liao W G, Li C, *et al.* Impacts of four major Chinese carps' natural reproduction in the Middle Reaches of Changjiang River by Three Gorges Project since the impoundment[J]. *Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition)*, 2012, 44(suppl.2): 228-232 (in Chinese).
- [13] Wolf A E, Willis D W, Power G J. Larval fish community in the Missouri River below Garrison Dam, North Dakota[J]. *Journal of Freshwater Ecology*, 1996, 11(1): 11-19.
- [14] 黎明政, 姜伟, 高欣, 等. 长江武穴江段鱼类早期资源现状[J]. 水生生物学报, 2010, 34(6): 1211-1217.
- Li M Z, Jiang W, Gao X, *et al.* Status quo of early life history stages at Wuxue cross-section of the Yangtze River[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, 34(6): 1211-1217(in Chinese).
- [15] 刘绍平, 段辛斌, 陈大庆, 等. 长江中游渔业资源现状研究[J]. 水生生物学报, 2005, 29(6): 708-711.
- Liu S P, Duan X B, Chen D Q, *et al.* Studies on status of fishery resources in the middle reach of the Yangtze River[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, 29(6): 708-711(in Chinese).
- [16] 李建, 夏自强, 王远坤, 等. 长江中游四大家鱼产卵场河段形态与水流特性研究[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2010, 42(4): 63-70.
- Li J, Xia Z Q, Wang Y K, *et al.* Study on river morphology and flow characteristics of four major Chinese carps spawning grounds in the middle reach of the Yangtze River[J]. *Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition)*, 2010, 42(4): 63-70(in Chinese).
- [17] 郭文献, 王鸿翔, 徐建新, 等. 三峡水库对下游重要鱼类产卵期生态水文情势影响研究[J]. 水力发电学报, 2011, 30(3): 22-26, 38.
- Guo W X, Wang H X, Xu J X, *et al.* Effects of Three Gorges Reservoir on the downstream eco-hydrological regimes during the spawning of important fishes[J]. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2011, 30(3): 22-26, 38(in Chinese).
- [18] 谢文星, 黄道明, 谢山, 等. 丹江口水利枢纽兴建后汉江中下游四大家鱼等早期资源及其演变[J]. 水生生态学杂志, 2009, 2(2): 44-49.
- Xie W X, Huang D M, Xie S, *et al.* The early evolution of the four major Chinese carps resources in the middle and lower reaches of Hanjiang River after the construction and operation of Danjiangkou Reservoir[J]. *Journal of Hydroecology*, 2009, 2(2): 44-49(in Chinese).
- [19] Li M Z, Gao X, Yang S R, *et al.* Effects of environmental factors on natural reproduction of the four major Chinese carps in the Yangtze River, China[J]. *Zoological Science*, 2013, 30(4): 296-303.
- [20] 李修峰, 黄道明, 谢文星, 等. 汉江中游江段四大家鱼产卵场现状的初步研究[J]. 动物学杂志, 2006, 41(2): 76-80.
- Li X F, Huang D M, Xie W X, *et al.* Spawning sites of four major Chinese carps in the middle reaches of Hanjiang River[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, 41(2): 76-80(in Chinese).



## Resources of the four major Chinese carps of early life history stages at Huangshi section in the middle reaches of the Yangtze River

GAO Lei<sup>1</sup>, HU Xingkun<sup>1,2</sup>, YANG Hao<sup>1,2</sup>, CHEN Daqing<sup>1</sup>,  
DUAN Xinbin<sup>1</sup>, WANG Ke<sup>1</sup>, LIU Shaoping<sup>1\*</sup>

(1. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Wuhan 430223, China;

2. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** In order to estimate the fish resources and distribution of spawning grounds of the four major Chinese carps of early life history stages, we collected samples of fish eggs and larvae at Huangshi section during May to July in 2015 and 2016. A total of 67 fish eggs and 23 948 larvae were collected during the survey, *Hypophthalmichthys molitrix* and *Ctenopharyngodon idella* accounted for 77.0% and 18.1% of the total numbers, respectively. In 2015 and 2016, we estimated there were  $0.20 \times 10^8$  and  $4.69 \times 10^8$  eggs of the four major Chinese carps drifting through the Huangshi section, respectively; while there were  $19.40 \times 10^8$  and  $13.65 \times 10^8$  larvae, respectively. The spawning grounds of the four major Chinese carps are located in Lijiashou, Ezhou, Daijiashou and Daoshifu sections. Compared with the historical data, the location of spawning grounds had no significant change. It is suggested that enhancement and releasing is needed and the spawning habitat of the four major Chinese carps should be well-protected in the channel regulation project.

**Key words:** the four major Chinese carps; spawning grounds; the fish resources of early life history stages; Huangshi section; the middle reaches of the Yangtze River

**Corresponding author:** LIU Shaoping. E-mail: lsp@yfi.ac.cn

**Funding projects:** Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2017HY-ZD0101); National Natural Science Foundation of China (51579247, 31602161); Agricultural Finance Project, Funding for Conservation of Species Resources