

长江上游江津断面铜鱼鱼卵时空分布特征及影响因子分析

高天珩^{1,2}, 田辉伍², 王 涵^{1,2}, 段辛斌², 刘绍平², 陈大庆^{2*}

(1. 西南大学生命科学学院, 重庆 400715;

2. 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科学观测实验站, 湖北 武汉 430223)

摘要: 为了解金沙江一期工程蓄水前后的长江上游铜鱼繁殖情况, 2011—2014 年每年 5 月 5 日—7 月 10 日, 在江津江段通过使用圆锥网捕捞鱼卵, 定点进行早期资源调查。结果显示, 在采集到的 8 014 粒鱼卵中铜鱼鱼卵数量最多, 占总鱼卵数的 14.76%。调查期间江津江段铜鱼鱼卵苗年均年总径流量为 22.45×10^7 尾。2011 年—2014 年江津江段铜鱼鱼卵日均密度各年平均值分别为 8.41、10.57、1.32 和 3.18 个/1 000 m³, 2013 年和 2014 年铜鱼鱼卵日均密度显著低于 2011 年和 2012 年。对铜鱼鱼卵日均密度与水文环境因子进行相关性分析, 发现鱼卵日均密度与透明度呈显著负相关, 而 2013 年和 2014 年透明度显著高于 2011 年和 2012 年。根据鱼卵发育时期和流速推测江津白沙至羊石及榕山至兆雅两个江段为铜鱼的主要产卵区域, 该区域铜鱼产卵量约占铜鱼产卵总量的 56.96%。研究表明, 金沙江一期工程蓄水对铜鱼产卵行为产生了影响, 建议工程运行期间应根据长江上游铜鱼的产卵条件进行科学调度, 并禁止在产卵江段进行捕捞。

关键词: 铜鱼; 产卵; 影响因子; 长江上游

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

铜鱼 (*Coreius heterodon*) 广泛存在于长江水系^[1], 主要分布于长江中上游的干支流, 曾经在渔获物中占较高比例^[2]。近年来长江中游铜鱼资源量急剧减少, 在渔获物中的比例严重下降^[3]。在长江上游, 铜鱼仍然是重要的经济鱼类, 但资源量也呈下降的趋势^[4]。铜鱼的人工养殖尚处于探索阶段^[5], 所以保护野生铜鱼资源显得更加重要。近年来对铜鱼的研究多集中在生物学和分子方面^[2,6-7], 对长江上游铜鱼早期资源的调查, 仅见向家坝截流前后的资料^[8-9]。

汇水区和支流上多座大坝的累积影响会严重改变下游水文环境, 影响下游的流量、水温和泥沙等环境因子, 从而影响下游河道的渔业生产^[10]。金沙江梯级电站的建设可能会改变坝下长江上游保护区的生态环境, 对鱼类的繁殖产生影响^[11]。铜鱼是产漂流性卵鱼类, 对产卵环境要求较特殊, 通常在长江干流和主要支流的流水环境中产卵,

在长达 24 h 的孵化时间里也需要流水环境^[12]。了解铜鱼的繁殖规律及其对环境因子需求, 可以为铜鱼资源保护和水利工程建设后的生态运行提供依据。

1 材料与方 法

1.1 采样地点和时间

2011—2014 年, 每年 5 月 5 日—7 月 10 日在长江上游重庆市江津几江江段 (N29°18', E106°15') 进行了鱼卵采样调查。断面设置在三峡库区库尾上游 35 km, 向家坝下游 375 km 处。该地属于长江上游珍稀特有鱼类保护区, 江岸平直, 断面宽 500 m。每天上午和下午各进行一次采样。在断面的左岸、中间和右岸设置 3 个采集点, 左岸、右岸 2 点距离岸边 80 m 左右, 水深为 3~5 m, 每个采集点在表层、中层和底层采集鱼卵 (图 1)。

收稿日期: 2015-06-15 修回日期: 2015-07-02

资助项目: 中国长江三峡集团公司专项 (0799553, 0799570); 国家自然科学基金 (51249004)

通信作者: 陈大庆, E-mail: chdq@yfi.ac.cn

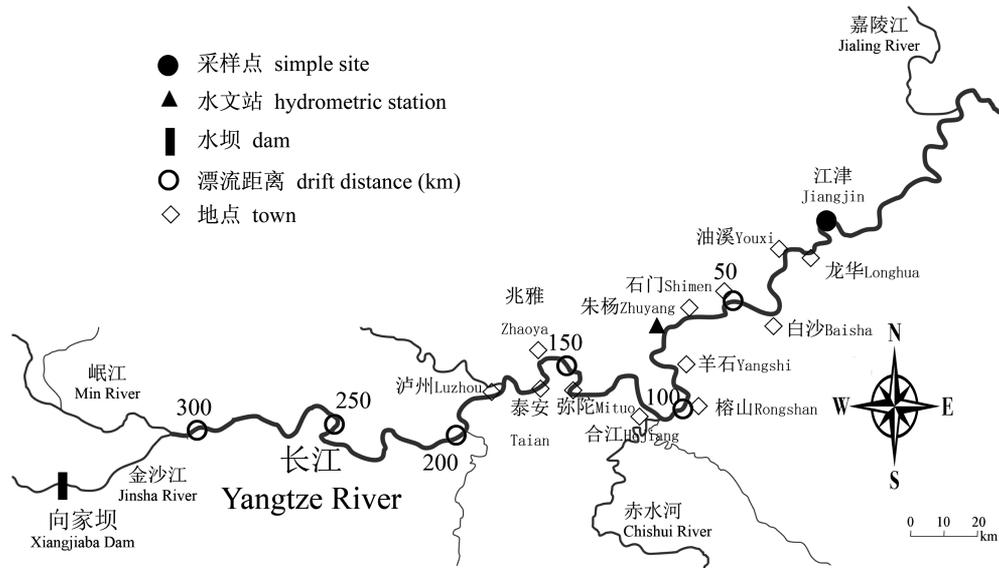


图1 长江上游鱼类早期资源采样断面图

Fig. 1 Location of the sampling cross-section in the upper reaches of the Yangtze River

1.2 样品采集与处理

采样网具为圆锥网。圆锥网网口面积 0.193 m^2 , 网长 2.5 m , 网目 50 目, 用于定量分析, 确定通过江津几江断面的鱼卵数量。网上装有 LS45A 型流速仪, 测量采样时过滤流量。同时记录每次采样时间、气温、水温、透明度、pH、电导率等数据。水位和流量数据参考朱沱水文站, 数据来源自水利部全国水雨情信息网站 (<http://xxfb.hydroinfo.gov.cn/ssIndex.html>), 朱沱水文站距离采样点 75 km , 水文站与采样断面之间没有主要支流汇入。

所采集的鱼卵在解剖镜下鉴定, 记录发育期和主要性状, 鱼卵带回室内继续培养, 以确定铜鱼数量及比例。同时酒精保存一定比例鱼卵用于分析细胞色素 b 基因序列, 进行种类鉴定, 确定鱼卵种类。

1.3 数据处理

调查期间铜鱼鱼卵的径流量和产卵场位置推算计算方法参照历史资料^[13-14], 具体如下:

铜鱼鱼卵日均密度依据采集的铜鱼鱼卵数量、采集时间、网口流速结合水文数据按下列公式处理:

$$d_i = m/vat$$

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^n d_i/n$$

式中: d_i 表示第 i 个采样点采集的铜鱼鱼卵密度

(个/ m^3); m 表示 1 次采样采到的铜鱼鱼卵数量 (个); v 表示网口流速 (m/s); a 表示网口面积 (m^2); t 表示采集时间 (s)。

\bar{D} 表示调查断面的铜鱼鱼卵平均密度 (个/ m^3); $\sum_{i=1}^n d_i$ 表示调查断面所设各点鱼卵密度之和; n 表示调查断面所设采集点的数量。

一昼夜通过调查断面的铜鱼鱼卵径流量 (N_m), 是 24 h 内定时采集的鱼卵径流量之和 ($\sum M$) 与前后 2 次采集之间非采集时间内估算出的鱼卵径流量之和 ($\sum M'$) 的总和, 即

$$N_m = \sum M + \sum M'$$

一次采集的断面鱼卵径流量 (M), 计算公式如下:

$$M = (Q/q) \cdot \bar{D}$$

式中, Q 表示采集点断面的平均江水流量 (m^3/s); q 表示流经网口的江水流量 (m^3/s)。

产卵场位置的推算依据所采鱼卵的发育时期, 结合当时的调查断面以上江段江水平均流速来推算鱼卵的漂流距离, 计算公式如下:

$$L = VT$$

式中, L 表示鱼卵的漂流距离 (m); V 表示调查断面以上江段水流流速 (m/s); T 表示胚胎发育所经历的时间 (s)。铜鱼受精卵发育时序参考余志堂等^[12]文献资料。

铜鱼鱼卵日均密度变化与流量、日流量变化、水温、透明度、pH、电导率等水文环境因子变化的相关性采用 Pearson Correlation 进行分析。不同年份水文环境因子的差异采用单因素方差分析。数据和图像采用 Excel、SPSS 和 Photoshop 进行处理和分析。

2 结果

2.1 铜鱼繁殖情况

2011—2014 年每年 5 月 5 日—7 月 10 日,江津几江断面累计采集鱼卵 5 896 网,采集到鱼卵

8 014 粒,其中铜鱼卵 1 183 粒,占 14.76%,是采集到的 42 种鱼卵苗中数量最多的一种。4 年采样中有 92 d 采集到了铜鱼鱼卵。各年铜鱼卵出现的天数及数量见表 1。

2011—2014 年铜鱼鱼卵日均密度各年平均值分别为 (8.41 ± 1.91) 、 (10.57 ± 2.90) 、 (1.32 ± 0.43) 和 (3.18 ± 0.80) 个/1 000 m³,2013 年和 2014 年铜鱼鱼卵日均密度显著低于 2011 年和 2012 年 ($P < 0.05$,图 2)。2011—2014 年各年度铜鱼鱼卵日均密度最高值分别为 76.22、145.83、23.84 和 33.04 个/1 000 m³。

表 1 2011—2014 年长江上游江津几江段铜鱼卵的出现天数、出现率、数量及所占比例
Tab. 1 Occurrence days, occurrence rate, number of *C. heterodon* eggs and proportion of total eggs in upstream of Jiangjin section during 2011 – 2014

年份 year	出现天数/d occurrence days	出现率/% occurrence rate	鱼卵数量/个 number of eggs	占鱼卵总数比例/% proportion of total
2011	26	38.81	439	14.44
2012	22	32.84	445	17.29
2013	20	29.85	97	10.28
2014	24	35.82	202	13.87

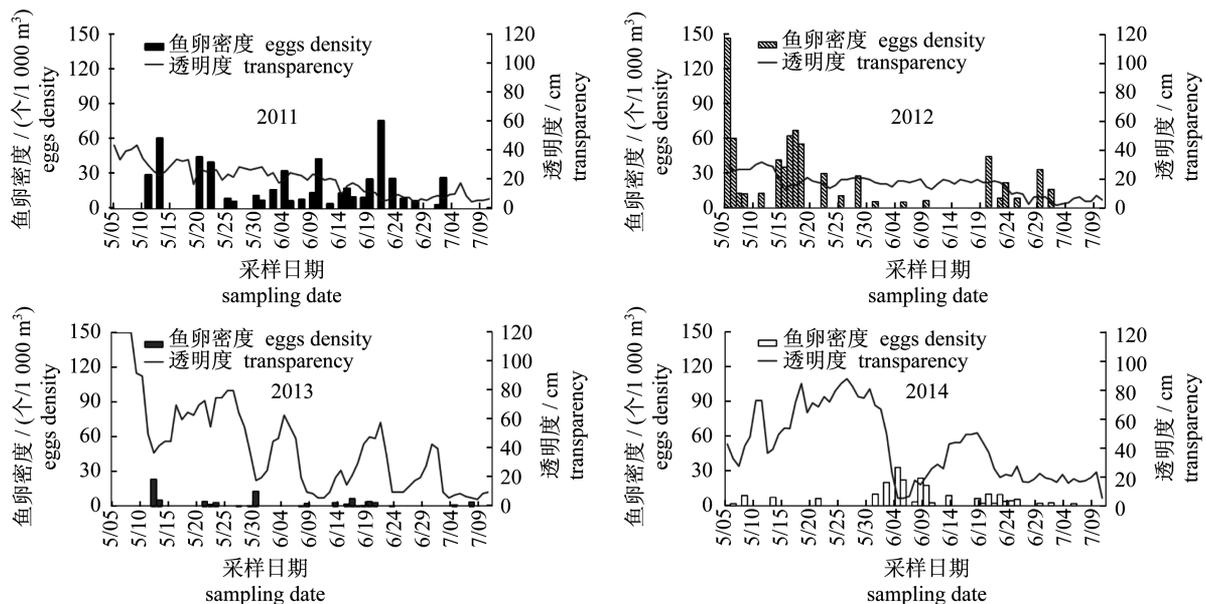


图 2 5—7 月透明度与铜鱼鱼卵日均密度变化 (2011—2014 年)

Fig. 2 Variation of transparency and eggs density of *C. heterodon* from May to July (2011 – 2014)

根据铜鱼鱼卵日均密度和当日江水径流量估算江津断面铜鱼卵苗径流量(图 3)。2011—2014 年调查期间江津江段铜鱼卵苗平均年总径流量为 22.45×10^7 尾。2011—2014 年调查期间长江上游江津断面铜鱼卵苗总径流量分别为 33.31×10^7 、

38.74×10^7 、 4.83×10^7 和 12.92×10^7 尾。2013 年和 2014 年铜鱼卵苗总径流量低于 2011 年和 2012 年,其中 2013 年江津断面铜鱼卵苗总径流量最低。

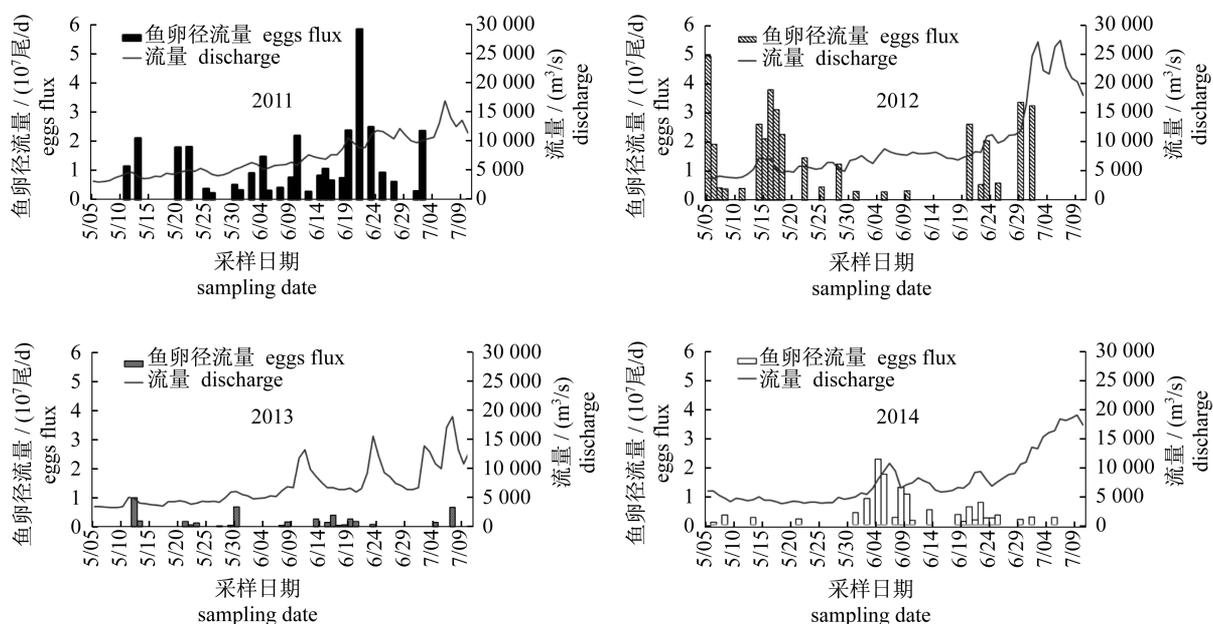


图3 5—7月江水径流量和铜鱼卵苗日径流量变化(2011—2014年)

Fig. 3 Variation of discharge and eggs flux of *C. heterodon* from May to July(2011–2014)

2.2 铜鱼产卵场分布

根据2011—2014年铜鱼鱼卵发育时期和流速推算,铜鱼产卵区域主要分布在6个江段(表2)。不同年份,产卵场的位置有所差异,但主要分布在羊石至江津白沙及兆雅至榕山2个江段区间。该江段4年产卵量占产卵总量的56.96%。

根据2011—2014年监测到的铜鱼产卵时间,

2011年6个产卵区域中合江至榕山产卵场最早发生铜鱼产卵行为,时间为5月11日;2012年5月5日羊石至朱杨、合江至榕山这2个产卵场同时发生产卵行为;2013年5月12日江津白沙江段最早发生产卵行为;2014年仍然是江津白沙江段最早发生产卵行为,时间为5月6日。

表2 2011—2014年铜鱼主要产卵场位置及产卵规模(据鱼类漂流至江津断面距离推断)

Tab. 2 Major spawning ground location and quantity of *C. heterodon* during 2011–2014 (based on the eggs drift distance from Jiangjin section)

产卵场位置 site of spawning grounds	2011		2012		2013		2014	
	漂流距离 /km drift distance	产卵量 /10 ⁴ 个 spawn quantity						
油溪—龙华	15~13	1 467						
石门—江津白沙			48~38	2 464	51~42	871		
羊石—朱杨	82~60.5	927	77~56.5	2 533	83~63	706	82.5~58	4 587
合江—榕山	107~101	2 072	108~103	20 561			105.5~95	2 612
兆雅—弥陀	141~136	6 395	139~131	7 421				
泸州—黄舣	163~152	776			177~164	327	171~169	504

2.3 铜鱼产卵与水文环境因子的关系

比较分析2011—2014年采样期间江津断面水温、流量、两日间流量变化和透明度等水文环境

因子不同年份的均值差异(表3)。2012年平均流量显著高于其他年份,是由于该年长江上游发生特大洪水,2013年平均流量最低但没有显著低

于2011年和2014年。2013年长江上游日流量波动最大,显著高于2011年和2014年。向家坝和溪洛渡两大电站在2012年和2013年采样间隔期间相继开始蓄水,由于工程对泥沙的拦截,造成2013年和2014年透明度显著高于2011年和2012年。平均水温2014年最低,2012年次之,显

著低于2011年和2013年。

通过对铜鱼鱼卵日均密度变化与水文环境因子进行的相关性分析发现,铜鱼鱼卵日均密度变化与透明度显著负相关(Pearson Correlation, $P < 0.05$)。铜鱼鱼卵日均密度变化与水温、pH、电导率、流量和两日间流量变化没有显著关系。

表3 2011年—2014年江津几江断面铜鱼卵日均密度与水文环境因子均值比较
Tab.3 Average of hydrological, environment factors and eggs density in Jiangjin section from 2011 to 2014

比较因子 factors	2011	2012	2013	2014
鱼卵日均密度/(个/1 000 m ³) eggs density	8.41 ^a	10.57 ^a	1.32 ^b	3.18 ^b
流量/(m ³ /s) discharge	7 313.28 ^b	9 607.91 ^a	7 007.16 ^b	7 532.69 ^b
流量变化/(m ³ /s · d) amplitude of discharge	652.69 ^b	977.91 ^{ab}	1 123.73 ^a	668.96 ^b
透明度/cm transparency	20.09 ^a	15.62 ^a	41.67 ^b	40.63 ^b
水温/℃ water temperature	23.29 ^a	22.07 ^b	23.21 ^a	21.5 ^c

注:同一行中不同字母上标表示存在显著差异($P < 0.05$)

Notes: values with different letters in the same lines were significantly different from each other ($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 铜鱼繁殖量的变化

根据长江上游江津江段早期资源调查统计数据,2011—2014年间,铜鱼的鱼卵数量在所有种类中最高,这也验证了铜鱼是长江上游保护区最主要的渔获物^[4]。2011年和2012年铜鱼卵苗总径流量与向家坝截流前后的调查结果相差不大^[8-9]。金沙江一期工程蓄水后,2013年和2014年铜鱼的鱼卵日均密度显著低于其他年份,铜鱼卵苗总径流量也出现降低。这种情况与三峡大坝蓄水后,长江中游四大家鱼的卵苗量出现急剧下降的情况相似^[15]。所以长江上游保护区内的铜鱼产卵量的下降,可能与金沙江一期工程蓄水后水文情势的变化有一定的关联,需要进一步关注。

从铜鱼产卵的时间变化来看,2012年铜鱼产卵时间早于其他年份,可能与当年流量较大有关。铜鱼产卵高峰期一般发生在6月初和6月底,这与之前的研究相似^[16]。说明6月是铜鱼产卵的理想时间,应该在此时禁止对铜鱼进行捕捞,保护其繁殖行为。

3.2 产卵场定位

确定鱼类的产卵场对鱼类资源的保护和持续利用有重要作用,而通过鱼类早期资源调查,采集江河中的鱼卵和仔鱼,无疑是确认鱼类产卵场及产卵时间的最直接证据。研究表明,鱼卵在漂流过程中不断在河中扩散,对产卵地点估算的误差随着漂流时间及距离的增加而不断的增加^[17]。

本研究采集到部分产出时间较长的鱼卵,由于推算产卵江段不集中,故未列出。

不同年份由于河道、水文等因素的变化,产卵场位置有一定的变动,但总体集中在江津白沙至羊石及榕山至兆雅江段。本研究所确定的产卵场位置与姜伟^[8]和唐锡良^[9]的结论相似。但以往研究推算铜鱼产卵场时将发育时期相近、数量较多的鱼卵放在一起用同一流速进行推算,因此产卵场范围较大,精度较低。本研究结合每一粒鱼卵的发育时期与当时长江平均流速进行推算,将漂流距离相近的数据进行叠加,减少了估算误差,产卵场位置相对集中。

有研究表明,江津白沙至羊石及榕山至兆雅江段深潭浅滩较多,属于适合铜鱼产卵的河道^[18]。但以上江段只有部分位于保护区核心区内,该区域内仍存在着大量的捕捞船只,甚至在禁渔期也存在偷捕、电鱼等非法渔业行为,建议对该区域进行全面禁渔,以保护长江上游保护区内的渔业资源。

3.3 水文环境因子对铜鱼鱼卵日均密度的影响

透明度对铜鱼产卵行为有一定影响,与姜伟^[8]的结论相同。透明度降低提高了铜鱼产卵的可能性,可能是因为透明度的降低和流量的上涨有一定的关系,同时透明度降低提高了铜鱼产卵时躲避敌害的能力。金沙江一期工程蓄水后改变了坝下的水文环境形势,透明度所受影响较大。2013年和2014年铜鱼产卵数量的急剧减少和长江上游其他鱼类的情况相一致,反映了大坝的蓄

水对于包括铜鱼在内的产漂流性卵的鱼类繁殖有一定影响。

一般认为产漂流性卵鱼类产卵时需要一定水文条件,水位上涨可以刺激铜鱼产卵,涨水后的几天铜鱼仍然可以产卵,产卵场多在水流湍急,流态复杂的江段^[19]。本研究发现当长江上游流量处在6 000~12 000 m³/s之间,较适宜铜鱼产卵,铜鱼产卵并不一定需要流量的快速上涨或下降,变化过大反而可能影响其产卵。因此在金沙江下游水利工程运行后,在铜鱼繁殖期应该保证一段时间的下泄流量处于适合铜鱼繁殖的流量范围内,刺激铜鱼产卵行为的发生。

水温被认为是重要的产卵条件,但本研究发现在调查期间水温对铜鱼产卵行为并没有相关性,并不是因为水温不是铜鱼产卵的必要条件,而是因为调查期间从每年5月5日开始,此时的水温在17℃以上,满足铜鱼的产卵条件^[19]。

3.4 长江上游保护区铜鱼资源保护的建

水利工程建设对产漂流性卵鱼类的影响已被大量研究^[13,20-21],结合本研究对金沙江一期工程蓄水后铜鱼资源的保护提出以下建议:

第一,在鱼类繁殖季节,金沙江一期工程有必要进行生态调度,水电站按照铜鱼繁殖所需的流量等条件控制下泄流量,以满足铜鱼产卵繁殖的需要,促进铜鱼产卵。第二,铜鱼的产卵高峰期集中在6月,而目前长江上游保护区禁渔期4月30日结束,因此繁殖群体面临较大的被捕捞风险,有必要延长长江上游禁渔期。使铜鱼在繁殖季节能保证完成繁殖,扩大种群数量,保证铜鱼资源。第三,加强对铜鱼等重要鱼类的资源监测,对其资源变动做好预警,防止其迅速减少造成不可逆的后果。第四,加强对铜鱼的人工驯养繁殖研究,以便在天然种质资源受到破坏时,及时提供补充。

感谢汪登强副研究员,王生、黄福江、叶超、曾晓芸、董微微、申绍祎等研究生在野外调查和室内鱼卵鉴定工作中给予的帮助,同时也要感谢重庆市江津区渔政船监管站在野外调查时给予的支持。

参考文献:

[1] The Fish Research Laboratory, Institute of Hydrobiology, Hubei Province. Fishes of Yangtze River [M]. Beijing: Science Press, 1976: 73 - 76.

- [湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类. 北京: 科学出版社, 1976: 73 - 76.]
- [2] Zhuang P, Cao W X. Growth characteristics of *coreius heterodon* in the middle and upper reaches of the Yangtze River [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1999, 23(6): 577 - 583. [庄平, 曹文宣. 长江中、上游铜鱼的生长特性. 水生生物学报, 1999, 23(6): 577 - 583.]
- [3] Fan Z H, Ba J W, Duan X B. Studies on fish resources and species diversity in the middle reaches of the Yangtze River from Yichang to Chenglingji section [J]. Freshwater Fisheries, 2012, 42(4): 20 - 25. [范振华, 巴家文, 段辛斌. 长江宜昌至城陵矶江段鱼类资源现状及物种多样性研究. 淡水渔业, 2012, 42(4): 20 - 25.]
- [4] Gao T H, Tian H W, Ye C, et al. Diversity and composition of fish in the mainstream of national nature reserve of rare and endemic fish in the upper Yangtze River [J]. Freshwater Fisheries, 2013, 43(2): 36 - 42. [高天珩, 田辉伍, 叶超, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流段鱼类组成及其多样性. 淡水渔业, 2013, 43(2): 36 - 42.]
- [5] Xiang X, Li D J, Zhou X H, et al. Research on Enzymolysis Kinetics of Four Kinds of Feed Ingredients in *Coreius heterodon* in vitro [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2010, 22(2): 335 - 340. [向泉, 李代金, 周兴华, 等. 铜鱼对4种饲料原料的离体酶解动力学研究. 动物营养学报, 2010, 22(2): 335 - 340.]
- [6] Cheng F, Li W, Wu Q, et al. Microsatellite DNA variation among samples of bronze gudgeon, *Coreius heterodon*, in the mainstem of the Yangtze River, China [J]. Ichthyological Research, 2013, 60(2): 165 - 171.
- [7] Liao X L, Zhu B, Yu X, et al. Isolation and characterization of polymorphic microsatellites in a Yangtze River fish, brass gudgeon (*Coreius heterodon* Bleeker) [J]. Molecular ecology notes, 2006, 6(2): 393 - 395.
- [8] Jiang W. Studies on Fish early resources in the main stream of state - level natural protection area for rare and endemic fishes in the upper Yangtze River [D]. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2009. [姜伟. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流江段鱼类早期资源研究. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 2009.]
- [9] Tang X L. Studies on early fish resources in Jiangjin cross - section in the upstream of Yangtze River

- [D]. Chongqing: Southwestern University, 2010. [唐锡良. 长江上游江津江段鱼类早期资源研究. 重庆: 西南大学, 2010.]
- [10] Hess L W, Schlesinger A B, Hergenrader G L, *et al.* The Missouri River Study – Ecological Perspective [M] // Lincoln NE. The Middle Missouri River. Norfolk: Missouri River Study Group, 1982: 287 – 301.
- [11] Luo H H, Li Q, Li C. The impact of water temperature during the fish reproduction in the upper Yangtze River due to the cascade development in the lower Jinsha River [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2012, 10 (4): 256 – 259, 266. [骆辉煌, 李倩, 李翀. 金沙江下游梯级开发对长江上游保护区鱼类繁殖的水温影响. 中国水利水电科学研究院学报, 2012, 10 (4): 256 – 259, 266.]
- [12] Yu Z T, Liang Z S, Yi B L. The early development of *coreius heterodon* and *coreius guichenoti* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1984, 8(4): 371 – 388. [余志堂, 梁秩燊, 易伯鲁. 铜鱼和圆口铜鱼的早期发育. 水生生物学集刊, 1984, 8(4): 371 – 388.]
- [13] Survey Team of Spawning Grounds of Domestic Fishes in Changjiang River. A survey of the spawning grounds of the “four famous Chinese carps” in the Changjiang River after dammed by the key water control project at GeZhou Ba [J]. Journal of Fisheries of China, 1982, 6(4): 287 – 306. [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. 水产学报, 1982, 6 (4): 287 – 306.]
- [14] 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: 1 – 252. [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: 1 – 252.]
- [15] 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. [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. 中国水产科学, 2008, 15(4): 523 – 532.]
- [16] Jiang W, Liu H Z, Duan Z H, *et al.* Seasonal variation in drifting eggs and larvae in the upper Yangtze, China [J]. Zoological Science. 2010, 27 (5): 402 – 409.
- [17] Deters J E, Chapman D C, McElroy B. Location and timing of Asian carp spawning in the Lower Missouri River [J]. Environmental Biology of Fishes, 2013, 96(5): 617 – 629.
- [18] Li Q, Lü P Y, Peng Q D, *et al.* Analysis of the topography of the *Coreius heterodon* spawning ground in national nature reserve of rare and endemic fish in Yangtze River upstream area based on the distribution of pool – riffles [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science, 2012, 44 (S2): 273 – 278. [李倩, 吕平毓, 彭期冬, 等. 基于深潭浅滩分布的长江上游保护区铜鱼产卵场地形分析. 四川大学学报: 工程科学版, 2012, 44 (S2): 273 – 278.]
- [19] Liu L H, Wu G X, Wang Z L. Reproduction ecology of *Coreius heterodon* (bleeker) and *Guichenoti* (sauvage et dabry) in the mainstream of the section of GeZhouBa Dam [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1990, 14(3): 205 – 215. [刘乐和, 吴国犀, 王志玲. 葛洲坝水利枢纽兴建后长江干流铜鱼和圆口铜鱼的繁殖生态. 水生生物学报, 1990, 14 (3): 205 – 215.]
- [20] Li Y F, Li X H, Tan X C, *et al.* Occurrence of larval *Elopichthys bambusa* and its relationship with hydrological conditions in the middle and lower reaches of Pearl River [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(4): 615 – 622. [李跃飞, 李新辉, 谭细畅, 等. 珠江中下游鳊鱼苗的发生及其与水文环境的关系. 水产学报, 2012, 36(4): 615 – 622.]
- [21] Carter K L, Reader J P. Patterns of drift and power station entrainment of 0 + fish in the River Trent, England [J]. Fisheries Management and Ecology, 2000, 7(5): 447 – 464.

Spatial and temporal distributions and influence factors of brass gudgeon (*Coreius heterodon*) eggs in Jiangjin section of the upper Yangtze River

GAO Tianheng^{1,2}, TIAN Huiwu², WANG Han^{1,2}, DUAN Xinbin², LIU Shaoping², CHEN Daqing^{2*}

(1. College of Life Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Upper and Middle Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China)

Abstract: In order to study the reproduction of brass gudgeon (*Coreius heterodon*) in the upper Yangtze River before and after impoundment of the first phase of the Jinsha River Hydroelectric Project (including Xiangjiaba and Xiluodu Dam), the surveys of fish resources of early life stages were carried out in Jiangjin section from May 5 to July 10, 2011 – 2014. Sampling was conducted continuously by conical net. The results showed that *C. heterodon* accounted for 14.76% of the total 8 014 eggs, the annual average fecundity of *C. heterodon* was 22.45×10^7 ind. From 2011 to 2014 average daily density of *C. heterodon* eggs were 8.41, 10.57, 1.32 and 3.18 ind./1 000 m³ respectively, the average daily density of 2013 and 2014 had significant difference with 2011 and 2012. The correlation between density of *C. heterodon* eggs and its influence factors found that *C. heterodon* spawning had significant negative correlation with the transparency, and the transparency of 2013 and 2014 was significantly higher than transparency of 2011 and 2012. According to egg developmental stage and flow velocity, it was inferred that Baisha to Yangshi and Rongshan to Zhaoya section were the main spawning grounds, which were contributing about 56.96% of the total *C. heterodon* eggs. It indicated that the Jinsha River Hydroelectric Project brought certain impacts to *C. heterodon* spawning in the upper reaches of Yangtze River, the operation of the first phase of the Jinsha River Hydroelectric Project should consider the environmental requirement of *C. heterodon* spawning, and a complete fishing ban in spawning grounds should be implemented.

Key words: *Coreius heterodon*; spawning; influence factors; the upper Yangtze River

Corresponding author: CHEN Daqing. E-mail: chdq@yfi.ac.cn