

珠江干流长洲水利枢纽蓄水后珠江鳊鱼 (*Elopichthys bambusa*) 早期资源现状*

李跃飞, 李新辉**, 杨计平, 李捷, 帅方敏

(中国水产科学研究院珠江水产研究所, 农业部珠江中下游渔业资源环境科学观测实验站, 广州 510380)

摘要: 长洲水利枢纽是珠江干流最下游一级的梯级水坝, 其正常蓄水后必然改变下游的水文环境特征, 也必将对下游的鳊鱼产卵场功能造成一定的影响. 为了解长洲水利枢纽蓄水后珠江鳊鱼 (*Elopichthys bambusa*) 的资源现状, 2008—2013年在珠江肇庆江段设立固定采样点, 通过定量网对鳊鱼早期补充群体进行调查. 结果显示: 珠江鳊鱼苗主要出现在4月中旬至8月上旬, 多年平均持续时间为 97 ± 21 d, 盛期在5—7月, 鳊鱼苗占鱼苗早期补充群体总量的 $0.46\% \pm 0.21\%$. 鳊鱼苗的出现具有明显的季节变化规律, 每年伴随洪峰有3~5次苗汛出现, 苗汛次数与洪峰次数之间存在显著相关关系, 但苗汛峰值大小与径流量之间不存在显著相关关系. 鳊鱼苗多年平均资源量为 $16.89 \times 10^8 \pm 9.16 \times 10^8$ 尾, 繁殖群体总量约为52.8 t. 研究表明: 长洲水利枢纽蓄水后鳊鱼早期资源量呈下降趋势, 但珠江禁渔缓解了长洲水利枢纽建设对珠江鳊鱼资源的影响. 基于以上结果, 为长洲水利枢纽蓄水后珠江鳊鱼的保护提出了建议.

关键词: 鳊; 鱼苗; 早期补充群体; 长洲水利枢纽; 珠江

Status of *Elopichthys bambusa* recruitment stock after the impoundment of Changzhou Hydro-junction in Pearl River

LI Yuefei, LI Xinhui, YANG Jiping, LI Jie & SHUAI Fangmin

(Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science; Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Middle and Lower Reaches of Pearl River, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510380, P. R. China)

Abstract: Changzhou Hydro-junction was the most downstream dam in the main stream of Pearl River. Its impoundment would change the characteristics of the hydrological environment of the downstream, and may effect the function of *Elopichthys bambusa* spawning grounds. In order to understand the influence, *E. bambusa* recruitment stocks were surveyed by quantify drifting net at Zhaoqing after the impoundment of Changzhou Hydro-junction in the Pearl River from 2008 to 2013. The results showed that *E. bambusa* larvae usually occurred from mid-April to early August, and peaked from May to July. The annual mean duration was 97 ± 21 days. *E. bambusa* recruitment stock was accounted for $0.46\% \pm 0.21\%$ in the total larvae fishes. The occurrence of *E. bambusa* larvae showed obviously seasonal patterns. There were 3–5 times of the peaks every year following the flood, and there was significant correlation between the peak times of larvae fish and the flood. *E. bambusa* recruitment stock was about 1.689 ± 0.916 billion, and the breeding population was estimated about 52.8 t. The result indicates that the *E. bambusa* larvae population had decreased after Changzhou dam operation, but prohibition of fishing in the Pearl River has slowed down the decaying. Suggestions for fish protection after the impoundment of Changzhou Hydro-junction are given.

Keywords: *Elopichthys bambusa*; larvae fish; recruitment; Changzhou Hydro-junction; Pearl River

鱼类早期资源调查是以早期生活史阶段的鱼卵、仔鱼为调查对象的资源调查研究工作, 其不仅可以对

* 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2013A0103)、公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303048)和广西省自然科学基金重大项目(2013GXNSFEA053003)联合资助. 2014-06-23 收稿; 2014-12-29 收修改稿. 李跃飞(1982~), 男, 助理研究员; E-mail: liyuefei815@163.com.

** 通信作者; E-mail: lxhui01@tom.com.

鱼类繁殖群体数量进行估算,还可以预测鱼类种群数量的变动,是鱼类生态学研究的重要手段之一^[1-2]. 国际上最早有关早期资源调查的研究始于 1960s,我国也在同期开展了针对长江“四大家鱼”产卵场分布的调查研究^[3]. 鳊(*Elopichthys bambusa*)隶属于鲤形目(Cypriniformes),鲤科(Cyprinidae),雅罗鱼亚科(Leuciscinae),鳊属(*Elopichthys*),为半洄游产漂浮性卵鱼类,是珠江中下游常见的凶猛性鱼类之一^[4]. 1970s 为了提高大水面的渔产量,在一些水库和河流对鳊鱼产卵群体进行大肆捕杀,随着我国水环境形势的日益严峻以及江河渔业资源日益衰退,鳊鱼在许多河流和湖泊的资源量也显著下降^[5]. 但研究人员发现鳊作为水生生态系统食物链顶端的种类之一,在控制鱼类群落结构、维护水体生态系统平衡方面起着重要的作用^[6-7]. 过去关于江河鳊鱼自然资源的调查研究较少,梁志燊等^[8]研究了长江干流和汉江鳊鱼的繁殖习性及其产卵场分布;李长春^[9]报道了广东高州水库鳊鱼的生长及种群演替规律;王东等^[10]研究认为大中型水库鳊鱼与其它鱼类群落体重比控制在 3%~5% 之间将起到调节水体鱼类群落、提高渔产力的作用;李跃飞等^[11]研究表明珠江中下游鳊鱼的产卵主要位于罗定江口至梧州江段.

珠江发源于云南沾益县马雄山,干流全长 2200 余千米,为我国南方最大的水系^[12]. 目前珠江干流已进行了 10 级的水利梯级开发,长洲水利枢纽是珠江干流最下游一级的水电站,于 2007 年 8 月实现截流蓄水. 长洲水利枢纽的建设必将改变下游原本的水文形势,而鳊鱼的产卵场又位于长洲坝下游的江段^[11],为了解长洲水利枢纽蓄水后珠江中下游鳊鱼资源的状况,本研究以早期生活史阶段的仔鱼为研究对象,在下游肇庆江段设立固定连续采样点对漂流性鱼仔鱼样品进行采集,分析其早期补充群体的资源量状况及年际变化,以期对珠江中下游鳊鱼资源保护和生态修复提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域

长洲水利枢纽位于西江干流梧州江段,坝高 34.6 m,电站最大水头 16.0 m,设计水头 9.5 m;以发电为主,兼有航运、灌溉、供水、旅游等综合效益,控制集雨面积 308600 km²,多年平均流量 6120 m³/s. 长洲水利枢纽于 2003 年 12 月开工,2007 年 8 月开始下闸蓄水^[13]. 在长洲水利枢纽截流前,珠江最下游水坝为位于来宾江段的桥巩电站,其距离入海口约有 700 km 的贯通河道,为珠江中下游产漂流性卵鱼类的产卵繁殖提供了保障. 长洲水利枢纽截流后,该段贯通的河道被分隔成上、下各约 350 km 的两段. 长洲水利枢纽的修建必然对其上游库区和下游江段的鱼类产卵场产生一定的影响.

已有研究^[11]表明鳊鱼的产卵场主要位于梧州桂江口至云浮罗定江口,鳊鱼受精卵自产卵场顺水漂流发育向下游扩散,肇庆江段是必经之地. 本研究在肇庆设立固定采样点(图 1)进行早期鱼卵、仔鱼的采样,调查结果可以反映长洲水利枢纽蓄水后珠江鳊鱼早期资源的现状.

1.2 数据采集

2008—2013 年在肇庆江段利用定量筛网定点连续进行鱼苗样品采集,采样点位于肇庆市区肇庆渔政码头上游约 50 m 处(23°2'40"N,112°27'5"E). 固定点连续采样参照水产行业标准《河流漂流性鱼卵、仔鱼采样技术规范》和李跃飞等^[14]的方法进行. 全年每间隔 1 天采样 1 次(洪水期少数天未采样),每次自 19:00—21:00 采集 2 h. 采集到的鱼卵、鱼苗用 5% 的福尔马林溶液固定,带回实验室进行种类鉴定.

采样时利用流速仪测量网口流速,用水温自动记录仪记录采样点水温. 径流量数据来自水利部全国水雨情信息网站 <http://xxfb.hydroinfo.gov.cn/ssIndex.html>.

1.3 数据处理

月平均水温和月平均径流量由当月各天水温和径流量求算术平均值获得. 根据有鳊鱼苗出现的样品数和采集的鱼苗样品总数计算鳊鱼苗在鱼苗早期补充群体中的出现率. 鱼苗密度换算成筛网网口滤过 100 m³ 水量的仔鱼(鱼卵)的数量(ind./100 m³). 鱼苗月平均密度由各月采集的所有样品鱼苗密度求平均值获得. 利用 SPSS 16.0 软件进行相关分析和单因素方差分析.

每次采集时间内流经采样断面的鱼苗总量为:

$$N_i = (m \cdot Q) / (S \cdot v) \quad (1)$$

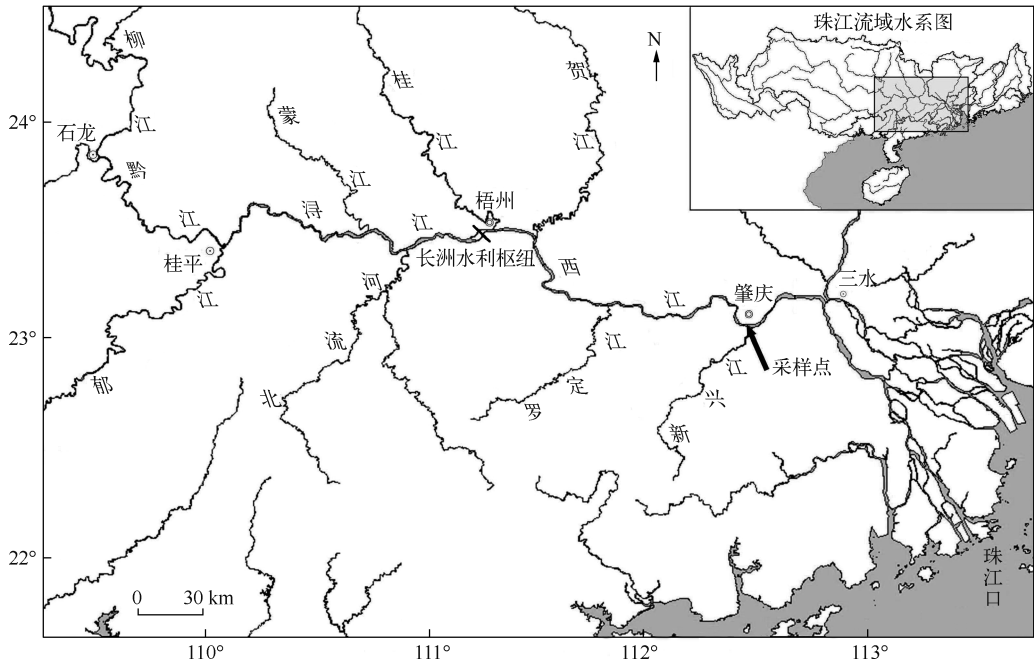


图1 鱼苗采样点位置

Fig. 1 Sampling site of fish larvae survey in Pearl River

式中, N_i 为一次采集时间内流经采样断面的鱼卵、仔鱼总量; m 为一次采集时间内采集到的鱼卵、仔鱼数量; Q 为采样时间内采样断面的平均江水流量 (m^3/s); S 为采样网具的网口面积 (m^2); v 为采样时间内流经网口的江水平均流速 (m/s).

采样时间内每小时流经采样断面的鱼苗数量乘以 24 h, 求得当天鱼苗总量; 根据每月每天鱼苗总量求平均值乘以当月天数, 求得月鱼苗总量; 全年鱼苗总量由 12 个月总量相加获得.

2 结果与分析

2.1 鳊鱼苗的出现与持续期

2008—2013 年在肇庆江段对鱼类早期资源进行周年连续监测(表 1)表明: 鳊鱼苗主要出现在 4 月中旬至 8 月上旬, 每年鳊鱼苗开始出现的时间略有变化, 最早为 4 月 9 日(2012 年), 最晚为 5 月 12 日(2010 年). 鳊鱼苗出现的多年平均持续时间为 97 ± 21 d, 各年鳊鱼苗出现的时间范围及持续天数见表 1. 鳊鱼在鱼苗样品中的出现率平均为 $18.47\% \pm 3.54\%$.

表 1 2008—2013 年珠江肇庆江段鳊鱼苗的出现次数、出现率、出现时间及持续天数

Tab. 1 Occurrence times, occurrence rate, time extent and duration days of *E. bambusa* larvae at Zhaoqing in Pearl River from 2008 to 2013

年份	出现次数	出现率	出现时间范围	持续天数/d
2008 年	29	20.7%	4 月 21 日—8 月 6 日	108
2009 年	27	15.1%	4 月 23 日—7 月 26 日	95
2010 年	26	17.4%	5 月 12 日—7 月 15 日	65
2011 年	26	16.5%	5 月 11 日—7 月 28 日	79
2012 年	43	24.6%	4 月 9 日—8 月 7 日	121
2013 年	28	16.5%	4 月 12 日—7 月 31 日	111

从鳊鱼苗的出现时间上看,2010 和 2011 年鳊鱼苗出现的起始时间较其他年份晚 20 d 左右,这可能主要与当年的水温和径流量有关.由 2008—2013 年肇庆月平均水温和月平均径流量(表 2)可知:2010 年 4 月份水温为历年来最低值,比其他年份平均水温低 1℃ 以上;且 2010 和 2011 年 4 月份的径流量也为历年来较低的两年,其他年份肇庆 4 月份径流量平均值为 $4746 \pm 802 \text{ m}^3/\text{s}$,分别比 2010 和 2011 年高出 1983 和 $1721 \text{ m}^3/\text{s}$.因此,2010 和 2011 年珠江鳊鱼苗出现的起始时间滞后,而当 5 月份以后水温和水文形势都满足了鳊鱼繁殖的需求之后才有鳊鱼苗出现.

表 2 2008—2013 年珠江肇庆江段月平均水温与月平均径流量

Tab. 2 Monthly average of water temperature and discharge at Zhaoqing in Pearl River from 2008 to 2013

年份	水温/℃			径流量/(m^3/s)		
	3 月	4 月	5 月	3 月	4 月	5 月
2008	19.6	22.5	24.6	2628	4142	7334
2009	19.2	21.6	24.7	3157	4154	8801
2010	20.0	20.6	25.9	1191	2763	6736
2011	17.6	22.0	24.5	3248	3025	8467
2012	19.0	23.1	27.1	2842	4846	9247
2013	20.3	21.6	25.8	2850	5843	11655

2.2 鳊鱼苗的季节分布特征

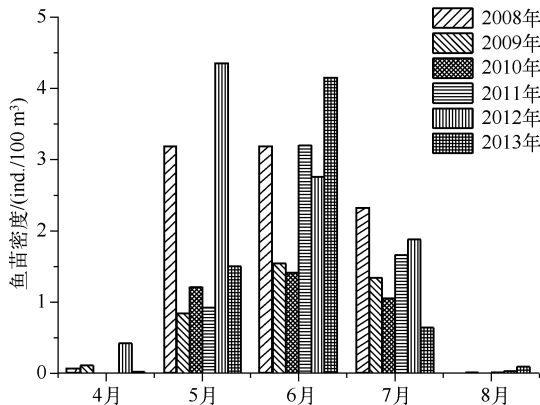


图 2 2008—2013 年珠江肇庆江段鳊鱼苗月平均密度

Fig. 2 Monthly average of *E. bambusa* larvae density at Zhaoqing in Pearl River from 2008 to 2013

鳊鱼属于典型的产漂流性卵鱼类之一,在满足最低水温的需求之后,仍需要有一定的洪峰刺激才能产卵繁殖.珠江的洪水期主要处于 4—9 月,鳊鱼苗月平均密度变化(图 2)表明:鳊鱼苗的出现也呈现明显的季节变化规律,主要集中在 5—7 月,4 月和 8 月虽有鳊鱼苗出现,但是鱼苗密度相对较低.2008—2013 年肇庆采样点鳊鱼苗密度随径流量的日变化曲线表明:在鳊鱼的繁殖期内,每年伴随洪峰有 3~5 次鳊鱼苗的漂流峰值出现,随着洪峰次数的增加鳊鱼苗汛的次数也增加(图 3).对鳊鱼苗汛出现的次数与洪峰出现次数进行相关分析,发现两者之间存在显著相关关系($P=0.05, n=6$).2008—2013 年鳊鱼全年峰值最高密度分别为 17.8、11.9、8.89、26.67、21.73、13.83 ind./ 100 m^3 ,但峰值大小与峰值出现当天的径流量之间不存在显著相关关系($P >$

$0.05, n=26$).

2.3 鳊鱼苗的相对多度与资源量

结合本实验室在长洲水利枢纽蓄水前 2 年的调查结果可知,2006—2013 年珠江中下游鳊鱼苗占鱼苗早期补充群体的比例(相对多度)在 0.24%~0.83% 之间波动,平均相对多度为 $0.46\% \pm 0.21\%$,其中 2008 年出现峰值(0.60%),2011 年再次出现峰值(0.83%);鳊鱼苗资源量在 $6.98 \times 10^8 \sim 31.37 \times 10^8$ 尾之间变动,多年平均值为 $16.89 \times 10^8 \pm 9.16 \times 10^8$ 尾,同鳊鱼苗的相对多度变化规律一样,在 2008 年鳊鱼苗资源量出现峰值(31.37×10^8 尾),2012 年再次出现峰值(30.81×10^8 尾)(图 4).

在鳊鱼苗相对多度较高的 2011 年其资源量并不高,这主要可能与 2011 年全年径流量相对较小有关(图 3),当年径流量的剧烈变化可能对其它鱼类的产卵繁殖造成较大的影响,导致鱼苗群落结构发生了一定的变化.鳊鱼苗资源量总体呈现 4 年 1 个周期的波动变化规律.

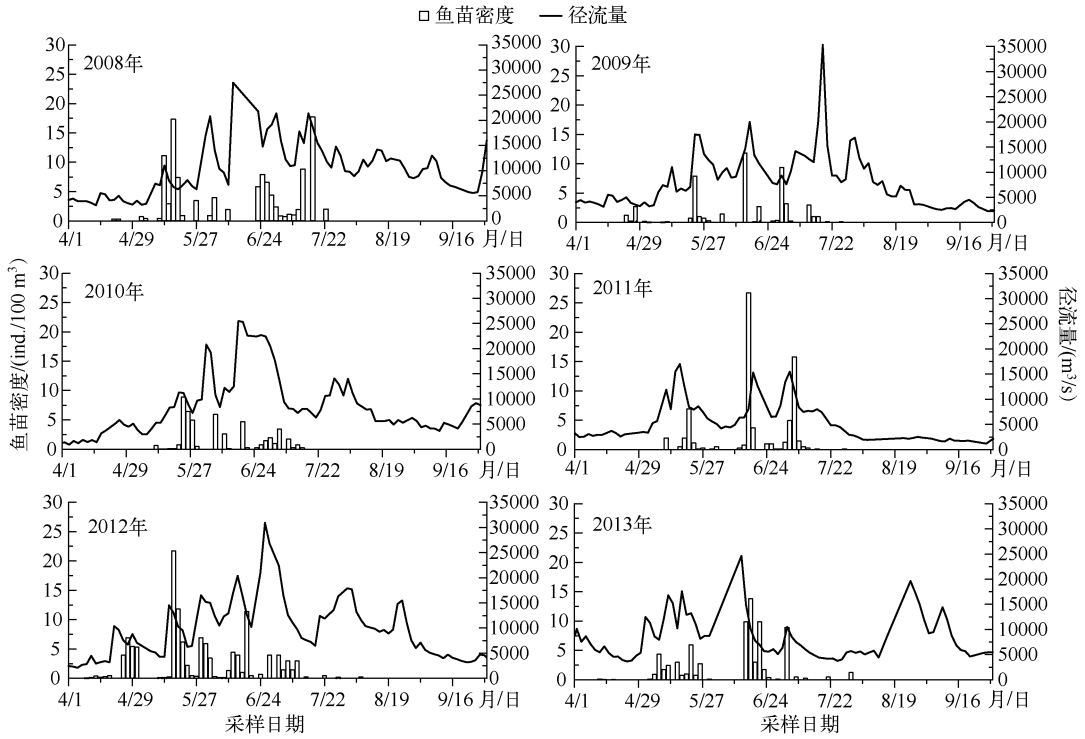


图3 2008—2013年珠江肇庆江段鳊鱼苗密度和径流量的日变化

Fig. 3 Daily variations of *E. bambusa* larvae density and discharge at Zhaoqing in Pearl River from 2008 to 2013

3 讨论

3.1 鱼类早期资源调查是鱼类资源评估的有效手段

由于鱼类早期资源调查具有采样简单、容易定量、对资源破坏较小的优点^[15],近年来相关调查研究工作在国际上得到重视并迅速发展,在国内也有针对长江干流^[16-17]、长江武穴江段^[18]、汉江^[19-20]、东江^[21]等水域的鱼类早期资源研究的报道,研究结果表明在水利梯级开发较为密集的江段产漂流性卵鱼类的种类或资源量衰退严重,优势种类多为定居性或产粘性卵的鱼类,这说明水利水坝的建设对产漂流性卵鱼类的生存繁衍造成了巨大的影响. 鳊鱼是淡水鱼类中较为凶猛的种类之一,在很多鱼类资源调查报道中都发现鳊鱼^[22-23],但由于其处于淡水生态系统食物链的顶端,不可能成为优势种类,样品的采集难度较大,在江河鱼类资源已严重衰退的大背景下,根据传统的渔业资源调查方法很难获得足够量的鳊鱼样本来进行资源评估,鱼类早期资源调查方法是一种理想的资源评估手段,特别是针对类似鳊鱼的大型经济鱼类资源评估. 根据已有研究,珠江中下游鳊鱼的产卵场主要位于梧州桂江口至云浮罗定江口江段^[11],本研究在鳊鱼苗漂流的必经之地设置定量筛网对其鱼苗早期补充群体进行定量采集,研究结果可以反映长洲水利枢纽蓄水后珠江鳊鱼资源的现状.

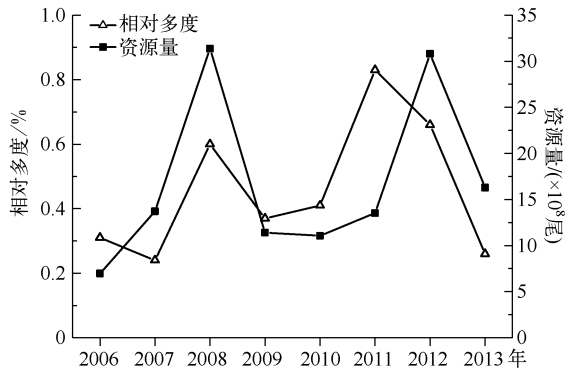


图4 2006—2013年珠江肇庆江段鳊鱼苗相对多度及资源量

Fig. 4 Relative abundance and stock of *E. bambusa* larvae at Zhaoqing in Pearl River from 2006 to 2013

3.2 影响鳊鱼发生及资源量变化的因素

产漂流性卵鱼类鱼苗早期补充群体的发生除受繁殖群体本身影响之外,主要受水温和径流量共同调节^[24-25].因此每年的水温和径流情况不同导致鳊鱼苗的出现时间也略有差异.2008—2013年4月份的平均水温为21.9℃,而珠江鳊鱼繁殖所需求的水温下限为22℃^[26],故珠江4月份的水温应该基本可以满足鳊鱼产卵繁殖.长江鳊鱼的繁殖期是4月中旬至7月中旬,汉江上游由于地理位置偏北气温相对较低,较长江推迟半个月左右,而汉江中游由于受丹江口水库低温水排放的影响,在时间上推迟至5月中旬至8月初,但主要还是集中出现在水温为20~27℃时,这与珠江鳊鱼的繁殖期在4月中旬至8月上旬的研究结果相吻合.

鳊鱼的繁殖盛期主要集中在5—7月,这主要是由于在水温满足鱼类繁殖的前提下,产漂流性卵鱼类的繁殖往往需要有洪水的刺激,这样一方面可以提高受精率,另一方面也可以保证受精卵在洪水的带动下扩散至下游更广阔的水域以提高存活率.在鳊鱼的繁殖期内,复杂的水文变化可能会带来更多的鳊鱼繁殖次数,这主要体现在鳊鱼苗汛的次数与洪峰次数之间存在显著相关关系上($P=0.05, n=6$).研究表明在河流涨水过程的诸多水文要素中,流速的增大对促进产漂流性卵鱼类的繁殖具有重要作用^[27].由于水利水坝的开发导致河流自然的洪泛过程受到人为的调控,影响许多产漂流性卵鱼类产卵场的功能,因此造成相关鱼类种类资源的衰退^[28-31].1980s珠江干流仅有大化1个大中型水电站,1990s已增加至6个,截至2010年已有10个大中型梯级水坝.珠江干流水利梯级的开发已使得水文环境发生了较大的变化(图5),主要表现为洪水期的滞后和洪峰次数的减少.洪水期的滞后会导导致产漂流性卵鱼类繁殖起始时间的滞后,而洪峰次数的减少将可能导致鳊鱼繁殖次数的减少.非繁殖期内人为调控出的洪峰对鱼类的产卵繁殖也将起不到相应的作用,例如2012年和2013年8月底至9月虽有洪峰出现但却无鳊鱼繁殖.梯级水坝建设使得目前的洪峰峰值比以往更高,但是鳊鱼苗的峰值密度又与发生苗汛时的径流量之间不存在显著相关关系,故不能带来更多的资源量.因此,珠江水利梯级开发造成的珠江水文环境的改变必然导致珠江鳊鱼种群资源的衰退.

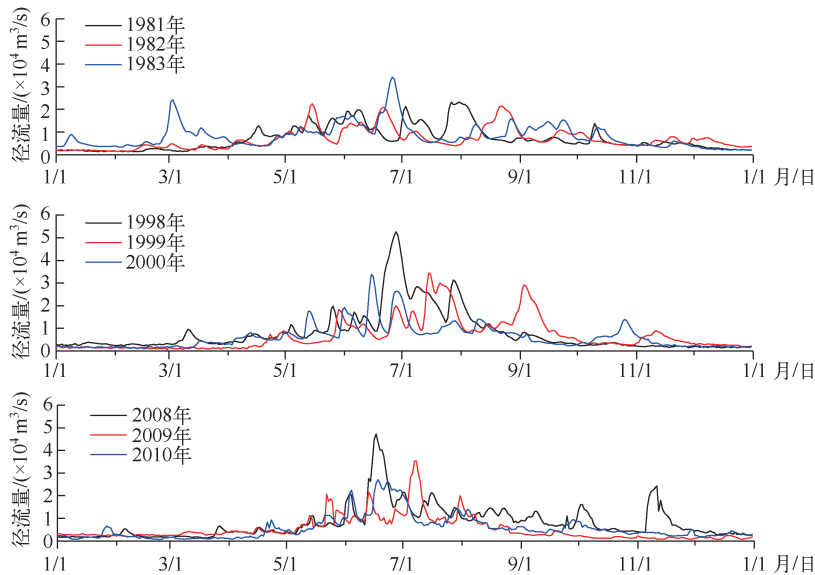


图5 各时期珠江肇庆江段径流量变化比较

Fig. 5 Comparing of the history and present situations of discharge at Zhaoqing in Pearl River

鱼类早期补充群体的资源量大小还受到自身繁殖群体大小的影响,目前我国针对淡水鱼类资源量波动的研究还较少.本研究表明,珠江鳊鱼苗资源量在年际上呈现4年1个周期的波动规律,在长洲水利枢纽蓄水后前3年呈现持续下降的趋势,这说明长洲水利枢纽的截留蓄水造成了珠江鳊鱼早期资源一定程度的损失.但是2011—2013年鱼苗资源量略有升高,这应该与珠江实施禁渔期制度有关.自2011年起珠江每年于4月1日至6月1日实施2个月的禁渔,根据本实验室在珠江禁渔期结束后的实际调查以及通过鱼苗早期

补充群体的反映都说明禁渔效果十分显著^[34]。禁渔使得更多的鳊鱼亲本在被捕获之前进行了产卵繁殖,故导致鱼苗补充群体增多,呈现资源量上升的趋势。当然这种早期资源量的波动也可能是自然繁殖群体资源量的波动引起的,可能在2004—2005年前后有较多的鳊鱼苗出现,造成2008年鳊鱼繁殖群体相对较多,故当年鳊鱼苗量较多,而2008年鳊鱼苗的峰值又导致了2012年鳊鱼苗峰值的出现。根据万松良等^[32]和夏小平等^[33]的研究,鳊鱼雌性个体的相对怀卵量约为80粒/g,以受精率为80%、雌雄比为1:1计算,目前珠江鳊鱼的繁殖群体总量在21.8~98.0 t,平均为52.8 t。

3.3 珠江鳊鱼资源保护的建议

由于影响鱼类自然种群数量波动的原因很多,资源量的波动是多方面综合影响的结果,因此还不能准确定量水利枢纽对珠江鳊鱼早期资源变化的影响。但水利工程建设对产漂流性卵鱼类的影响是不可否认的^[30,35-38],鉴于此,针对长洲水利枢纽蓄水后珠江鳊鱼资源的保护提出3点建议:

1) 在珠江鱼类的繁殖季节尽量保证过鱼通道的正常运行,让需要洄游的鱼类上溯至长洲坝库区进行生长繁殖,只有在保障食物链底端鱼类数量的前提下鳊鱼的生存才有保障。

2) 在库区进行适当的鳊鱼资源增殖,一方面可以起到调节库区鱼类群落、维持生态系统平衡的作用,另一方面库区为鳊鱼生长提供了良好的环境,在繁殖季节其可以洄游到上游的产卵场进行繁殖,而鱼苗早期补充群体可以在洪水期通过泄洪闸进入到下游江段,从而达到资源补充的目的。

3) 在鱼类繁殖季节,若遇到干旱或其他特殊环境状况,下游径流量不能满足鱼类产卵繁殖需求时,长洲水利枢纽需开闸放水,以满足鳊鱼产卵繁殖的需要,达到生态调度的目的。

4 参考文献

- [1] 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,2007:2-3.
- [2] 汪 珂,刘 凯,徐东坡等. 鱼类早期资源研究进展. 江西农业大学学报,2013,35(5):1098-1107.
- [3] 易伯鲁,余志堂,梁秩燊. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼. 武汉:湖北科技出版社,1988.
- [4] 潘炯华. 广东淡水鱼类志. 广州:广东科技出版社,1991:3.
- [5] 向建国,向 劲,王星璐等. 湘江鳊仔稚鱼个体和耳石生长发育研究. 水生生物学报,2011,35(5):817-822.
- [6] 陈宏溪,朱宁生. 梁子湖中鳊鱼的食性. 水生生物学集刊,1959,(3):262-271.
- [7] 刘恩生. 生物操纵与非经典生物操纵的应用分析及对策探讨. 湖泊科学,2010,22(3):307-314. DOI 10.18307/2010.0301.
- [8] 梁秩燊,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. 水生生物学集刊,1984,8(4):389-403.
- [9] 李长春. 水库鳊鱼的种群生态学及其自然增殖率控制的初步研究. 淡水渔业,1976,(11):15-22.
- [10] 王 东,田见龙. 沱水水库鳊鱼生长规律的研究. 生态学报,1990,10(4):349-353.
- [11] 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.
- [12] 陆奎贤. 珠江水系渔业资源. 广州:广东科技出版社,1990:1.
- [13] 谭细畅,陶江平,黄道明等. 长洲水利枢纽鱼道功能的初步研究. 水生态学杂志,2013,34(4):58-62.
- [14] 李跃飞,李新辉,谭细畅等. 珠江中下游鲴亚科鱼苗发生规律与年际变化. 中国水产科学,2013,20(4):816-823.
- [15] 乔 晔. 长江鱼类早期形态发育与种类鉴别[学位论文]. 武汉:中国科学院水生生物研究所,2005:5-7.
- [16] 黎明政,段中华,姜 伟等. 长江干流不同江段鱼卵及仔鱼漂流特征昼夜变化的初步分析. 长江流域资源与环境,2011,20(8):957-962.
- [17] 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.
- [18] 黎明政,姜 伟,高 欣等. 长江武穴江段鱼类早期资源现状. 水生生物学报,2010,34(6):1211-1217.
- [19] 万 力,蔡玉鹏,唐会元等. 汉江中下游产漂流性卵鱼类早期资源现状的初步研究. 水生态学杂志,2011,32(4):53-57.
- [20] 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. 大连水产学院学报,2006,21(2):105-111.
- [21] 谭细畅,李跃飞,李新辉等. 梯级水坝胁迫下东江鱼类产卵场现状分析. 湖泊科学,2012,24(3):443-449. DOI 10.18307/2012.0317.
- [22] 李跃飞,李新辉,谭细畅等. 西江肇庆江段渔业资源现状及其变化. 水利渔业,2008,28(2):80-83.

- [23] 李捷, 李新辉, 谭细畅等. 广东肇庆西江珍稀鱼类省级自然保护区鱼类多样性. 湖泊科学, 2009, 21(4): 556-562. DOI 10.18307/2009.0415.
- [24] Jiang W, Liu H, Duan Z *et al.* Seasonal variation in drifting eggs and larvae in the upper Yangtze, China. *Zoological Science*, 2010, 27(5): 402-409.
- [25] Duan X, Liu S, Huang M *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. *Developments in Environmental Biology of Fishes*, 2010, 28: 13-22.
- [26] 莫瑞林, 陈福才, 曾小芳等. 桂平东塔产卵场. 珠江水系渔业资源调查研究报告: 第六分册, 1985: 52.
- [27] 周春生, 梁秩燊, 黄鹤年. 兴修水利枢纽后汉江产漂流性卵鱼类的繁殖生态. 水生生物学集刊, 1980, 7(2): 175-188.
- [28] 刘乐和, 吴国犀, 王志玲. 葛洲坝水利枢纽建成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.
- [29] 蒋红, 谢嗣光, 赵文谦等. 二滩水电站水库形成后鱼类种类组成的演变. 水生生物学报, 2007, 31(4): 532-539.
- [30] 李捷, 罗建仁, 李新辉等. 连江鱼类资源现状调查及资源衰退原因分析. 淡水渔业, 2007, 37(3): 49-53.
- [31] 张建军, 冯慧, 李科社等. 黄河上游龙羊峡至刘家峡河段梯级水电站建设后鱼类资源变化. 淡水渔业, 2009, 39(3): 40-45.
- [32] 万松良, 汪亮, 李建斌等. 鲢鱼人工繁殖技术初步研究. 水产学杂志, 2008, 21(1): 15-20.
- [33] 夏小平, 李明光, 陈冬九等. 鲢鱼人工繁殖技术研究. 内陆水产, 2007, (3): 42-44.
- [34] 李跃飞, 李新辉, 杨计平等. 珠江禁渔对广东鲂资源补充群体的影响分析. 水产学报, 2014, 38(4): 502-508.
- [35] Carter KL, Reader JP. Patterns of drift and power station entrainment of 0+ fish in the River Trent, England. *Fisheries Management and Ecology*, 2000, 7(5): 447-464.
- [36] 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. DOI 10.18307/2006.0520.
- [37] 许蕴珩, 邓中彝, 余志堂等. 长江的铜鱼生物学及三峡水利枢纽对铜鱼资源的影响. 水生生物学集刊, 1981, 7(3): 271-294.
- [38] 谢文星, 黄道明, 谢山等. 丹江口水利枢纽建成后汉江中下游四大家鱼等早期资源及其演变. 水生态学杂志, 2009, 2(2): 44-49.