



葛洲坝水利枢纽 与长江四大家鱼

易伯鲁 余志堂 梁秩燊 等著



湖北科学技术出版社

水利枢纽建设与渔业生态研究专集

葛洲坝水利枢纽 与长江四大家鱼

易伯鲁 余志堂 梁秩桑 等著

湖北科学技术出版社

水利枢纽建设与渔业生态研究专集
葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼

易伯鲁 余志堂 梁秩棠等著

湖北科学技术出版社出版发行

湖北省丹江口市印刷一厂印刷

787×1092毫米 32开本 3.75印张 12插页 79千字

1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷

ISBN7—5352—0334—2/S·36

印数：1—3 000 定价：2.50元

前 言

长江是我国草、青、鲢、鳙四大家鱼的主要天然产地。横贯长江的葛洲坝水利枢纽和规划中的三峡水利枢纽对这四种重要经济鱼类繁殖生态有无影响，资源是否会遭受损失和破坏，一直受到国内各有关方面的高度重视。六十年代起，中国科学院水生生物研究所承担了这一课题的研究任务，在过去调查研究的基础上，投入了许多人力物力，对长江四大家鱼的繁殖特点和产卵场分布，进行了多年的考察研究，揭示了由四川至安徽的长江干流上，有家鱼产卵场36处，绵延里程达707公里，分布十分广泛。从而提出：兴建葛洲坝水利枢纽不会影响长江四大家鱼的繁殖和资源，勿需采取任何“救鱼”设施。这项研究成果和有关意见，受到了中国科学院生物学部的充分肯定，在葛洲坝水利工程有关渔业问题的论证会上也受到了重视，发挥了应有的作用。

在长达七、八年的调查研究工作中，积累了大量材料和数据，除提供水利规划部门参考外，还曾发表了少量专题报告。但是，由于众所周知的原因，这项研究课题结束之时，却未能及时进行全面总结。事隔十余年，全国迎来了大好的新时期，考虑到这项研究工作曾为葛洲坝工程中的渔业规划问题提供过科学依据；考虑到这项工作成果今后可能为其他水利建设中的渔业问题服务；考虑到这项工作是长江鱼类生

态学研究的一个组成部分等，因此，我们还是抽出许多时间，对这项工作进行了全面总结，并撰写成文。从中可以看到，工作结果是通过什么技术路线取得的，意见和论点是在什么基础上提出来的。

1981年，葛洲坝枢纽大江截流以后，又曾先后两次进行过长江干流四大家鱼的产卵场调查。本书第二篇文章就是1986年对产卵场全面复查的报告，证实过去的产卵场调查结果是能够经受实践检验的。第三篇文章是关于草鱼、青鱼、鲢、鳙的胚胎发育研究报告。识别和区分四大家鱼的卵苗特点，是调查产卵场分布的先决条件，同时它本身又是这四种鱼胚胎发育的系统形态学资料。

岁月流逝，回忆过去日夜奋战在急流险滩上的日子，想到工作的结果已在国民经济建设中起到了应有的作用，我们总是感到慰藉的。当这一工作的文字记录出版之时，又一次想到当年各级领导同志对这项工作的鞭策和帮助，想起船员们克服航行和固定船位困难的无畏精神，令人感到温暖。现在，这一晚成的专集又得以早日问世，还得力于《水利渔业》杂志编辑部的热情支持和长江流域规划办公室的大力赞助。在此一并致以深切的感谢。

易 伯 鲁

一九八八年六月

目 录

长江干流草、青、鲢、鳙四大家鱼产卵场的分

布、规模和自然条件……………〔1〕

一、前言……………〔2〕

二、材料和方法……………〔5〕

三、结果……………〔7〕

四、讨论和结论……………〔41〕

葛洲坝枢纽兴建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……………〔47〕

一、材料和方法……………〔49〕

二、调查结果……………〔51〕

三、讨论……………〔59〕

四、小结……………〔63〕

长江草、青、鲢、鳙四大家鱼早期发育的研究…〔69〕

一、前言……………〔70〕

二、材料和方法……………〔72〕

三、四种家鱼鱼卵的特性……………〔75〕

四、胚前发育……………〔78〕

五、胚后发育……………〔86〕

六、讨论……………〔106〕

附：图版……………〔113〕

长江干流草、青、鲢、鳙四大家鱼 产卵场的分布、规模和自然条件

易伯鲁* 余志堂 梁秩梁* 沈素娟* 许蕴珩
陈景星 何名巨 刘友亮* 胡貽智 邓中彝
黄尚务* 孙建貽 刘仁俊 向 阳

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

长江干流中的草、青、鲢、鳙四大家鱼是在流水中产卵繁殖的。在具有特定自然环境的江段，当促使产卵的条件具备时，亲鱼鱼群的产卵受精活动即可完成。这些江段就是它们的产卵场。为了配合长江水利枢纽建设，解决有关的渔业问题，1961—1966年进行了全干流的家鱼产卵场调查研究。工作是在利用家鱼卵苗的漂流性性质；识别和区分各种卵苗各发育期的形态特点和

* 现分别在华中农业大学水产系、广州市环境保护科学研究所、珠海市科委、水电部中科院水库渔业研究所工作。

所经历的时间，以及水温对发育速度的影响；掌握各江段的水流速度及其变化规律等的基础上开展的。结果发现，从重庆到彭泽长1695公里的干流上，共有家鱼产卵场36处，绵延里程达707公里，分布相当广泛。此外，还计算了卵苗的数量，确定了各产卵场的产卵规模和各种家鱼的成色比例。结果表明，行将兴建的葛洲坝水利枢纽，仅影响宜昌这一个产卵场的4/5范围。根据家鱼的繁殖习性，原到宜昌产卵场产卵的鱼群，将转移到其他产卵场产卵。个别产卵场的消失，不影响长江干流的家鱼资源。拟议中的三峡大坝一旦建成，坝上游将成为水库，原栖息在坝上游的家鱼鱼群，也将转移到库区上游一些大支流中和可能新形成的产卵场繁殖。因此，不必在大坝上附建过鱼设施。

一、前 言

我国的草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、青鱼 (*Mylopharyngodon piceus*)、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 和鳙 (*Aristichthys nobilis*) 四大家鱼是在江河流水中产卵繁殖的。成熟亲鱼的排卵受精活动，不但需要流水等自然环境条件及其变化所引起的刺激，而且产出的鱼卵也需要流水的携带，使之悬浮在水层中，顺水漂流，在漂流过程中孵化成鱼苗，直至发育成具有主动游泳能力的幼鱼时为止〔3〕。这种繁殖习性显然是这些鱼类的繁殖

方式与外界环境条件长期适应的结果。正是这一特点，为查清长江干流的产卵场分布提供了有效的途径。这类鱼卵应称漂流性鱼卵（drifting egg），它在吸水膨胀之后，比重稍大于水的，与比重小于水的浮性卵（pelagic or bouyant egg）是有区别的。

长江是我国第一大河流，全长6380公里；干流由重庆至河口（吴淞）也有2476公里*。长江中丰盛的草、青、鲢、鳊鱼群是在干流哪些江段产卵，六十年代以前是不很清楚的。从鱼苗捞捕生产的经验来看，一般认为干流上中游交界的宜昌地区江段，是四大家鱼的产卵场所。从自然条件来看，长江流经三峡峡区后，至宜昌江面豁然开阔，水文条件发生了很大变化，确是刺激亲鱼产卵的必要条件。家鱼繁殖季节，在这里可以捕到成熟的亲鱼，见到频繁活动的鱼群。因此，当时有人认为宜昌附近江段不仅是四大家鱼的产卵场所，而且是唯一的产卵场所。但是，从干流各地捞到的鱼苗中，常杂有很多家鱼鱼卵和孵出不久的鱼苗的生产情况看，也有人认为四大家鱼的产卵场不会只限于个别或少数江段。

到五十年代末期，随着长江流域规划工作的开展，拟议中的三峡大坝及葛洲坝副坝水利枢纽建筑与渔业的关系问题，便提到日程上来。要解决横贯大江的巨型水坝对四大家鱼的繁殖可能产生什么影响这一重要课题，首要的问题是要了解和查明产卵场在长江干流的分布和规模等情况。为此，中国科学院水生生物研究所曾于1958年在干流上游江段进行

* 下荆江裁弯取直前里程。

了初步调查，发现重庆、木洞等地有草鱼的产卵场^①。1959年，又重新组队在干流中游进行流动调查，结果除确认宜昌产卵场外，还估算出宜昌与沙市之间，荆江河曲一些江段和九江、湖口等地有许多产卵场^②。为了进一步摸清这个问题，1960年以水生所为主，与上海水产学院、山东海洋学院等大专院校师生120余人，在干流几个江段和支流湘江、汉江及赣江，定点开展了一次较大规模的家鱼产卵场调查。结果表明，除确认上一年调查的结果外，又计算和查出一些过去没有发现的产卵场。根据已摸清的产卵场来进行分析，这一年宜昌产卵场的规模为总鱼卵产量的22%^③。

为了进一步查清长江四大家鱼产卵场的分布和规模，在1961—1966年间，又进行了持续多年的深入调查。结果表明，自重庆至彭泽约1695公里的长江干流上，分布有四大家鱼的产卵场共36处（江段），产卵场范围累计707公里。宜昌产卵场是干流上游最下方的一个产卵场，产卵江段延续46公里，据多年的统计，平均每年产鱼卵80亿粒，仅占长江干流总产量的7%。以上结果，除提交长江流域规划办公室参考外，还多次在葛洲坝水利枢纽工程建设有关渔业问题的讨论会上作了介绍和论证；并在1973年出版的《中国淡水鱼类养殖学》（第二版）上列出了产卵场江段的简表〔1〕，在1976年出版的《长江鱼类》上附加了产卵场分布的示意

①水生生物研究所，1958，三峡枢纽对于主要淡水鱼类繁殖的影响和需要采取的措施（打印稿）。

②水生生物研究所，1959，长江干流草青鲢鳙产卵场的初步调查（打印稿）。

③水生生物研究所等，1960，长江草青鲢鳙产卵场调查总报告，《葛洲坝工程过鱼设施论证会会议文件选编》，1981，86—92。

图〔2〕。但一直尚未提出完整的正式报告。

本文将详述1961—1966年进行长江干流家鱼产卵场调查研究的内容，并以大量数据阐明调查的结果，论证葛洲坝水利枢纽工程以及将来的三峡工程无须附建过鱼设施的理由和可行性。

二、材料和方法

野外采集调查工作多在调查船上近岸定点或选取江断面进行，配合以沿江流动考察。每年野外工作时间一般自4月下旬至7月上旬。采集到的材料皆在船上实验室及时进行初步分别和整理，固定保存。不易识别的鱼卵和早期鱼苗，随时培养，直至发育到能够识别的阶段为止。每年秋冬两季，对当年的材料进行室内鉴定、整理、计算和分析，得出各项较系统的数据；同时还访问调查当年鱼苗捕捞生产单位，取得参考和比较材料。

1961年，工作分别在长江干流三个点（宜昌、洪湖、武穴）进行。宜昌点使用水生2号轮，工作范围主要在宜昌以上南津关至乐天溪之间约35公里的峡谷江段，并到宜昌以下的古老背和红花套附近采集。此外，不论有否产卵江汛，每天按时在二江西坝的沿岸定点采集卵苗，材料比较完整。洪湖和武穴是两个定位观测点，在整个繁殖季节，不定时地在沿岸采捞卵苗，或从附近捞苗户的网具中选取卵苗观察。这一年7月上旬还在武汉至宜昌之间进行了流动采集。

1962年，除使用水生2号轮在黄石、道士袱进行整个繁殖季节的定点和断面采集外，并在上游的万县江边设点进行

采集。5月上旬，流动调查采集在武汉至湖口的干流江段进行。

1963年，重复在黄石、道士袱的定点和断面采集调查，并到以下40公里处、自然环境比较特殊的田家镇一带进行工作。

1964年起，本课题列为中国科学院中南分院的重点，除家鱼产卵场的调查工作进一步深入和扩大外，增加了鱼苗江汛预报工作的内容，并着手进行长江鱼苗数量变动规律的研究。这一年动用水生2号、长办水文1号和水产1号3艘工作轮，分别在宜昌峡上下（石牌至古老背江段）、下荆江河曲（石首至新堤江段）和道士袱（黄石至武穴江段）进行了定点和断面采集，收集到更多的材料。

1965年，使用水生2号、水生1号和飞箭号三艘工作轮，分别在沙市、下荆江和黄石三个江段进行与上一年相似的工作，并在鱼苗生产丰盛的江段，设立金口和下枞杨两个工作点，从群众捕捞到的卵苗中收集材料。

1966年，是本工作计划的最后一年。主要由水生1号、2号轮分别承担武汉至芜湖江段和武汉至董市江段的流动调查，同时还设立了宜昌、金口和武穴三个固定工作点。这一年还充分利用了捞捕鱼苗生产单位的卵苗材料。

在家鱼繁殖季节，每遇产卵江汛，沿江的许多江段都可捕捞到由上游漂流下来的鱼卵和鱼苗。根据它们的发育期距产卵受精后的时间、江水流速和水温数据，就可了解和推算出鱼卵或鱼苗的产出地点，即产卵场。流动调查中，当接近可能是产卵场的江面时，继续采集，往往可以采捞到刚刚产出不久的鱼卵，或捕捞到正在产卵的亲鱼，证实了产卵场

位置的可靠性。与此同时，还考察了家鱼产卵场的自然条件。另外，进行了家鱼胚胎发育的研究（另有专题报告），予以配合。

在一些重要江段，用定量网具进行了昼夜24小时的定点采集，并间隔一定时间在江汛高峰期间进行江段横断面的采集，采捕左、中、右和表、底层6—8个点的鱼卵、鱼苗标本，取得卵、苗的日平均径流量。然后根据江水流量、繁殖季节各次鱼卵、鱼苗江汛的总天数，求出各产卵场的规模大小，用产出的卵粒总数来表示，并从下方采点计算出的鱼卵径流量予以复核校正。此外，还分别统计各个产卵场草鱼、青鱼、鲢、鳙的纯净数量和它们之间的比例。

三、结 果

（一）勘察产卵场位置的条件和工作内容

查清长江干流草、青、鲢、鳙四大家鱼的产卵场及其分布，是根据这些鱼类在流水中产卵，鱼卵随即顺水漂流，并在漂流中孵化发育等特点来达到的。在干流任何地点采捞到的任何发育期的漂流性鱼卵，首先要鉴别种类（在不能识别时，需培养至鱼苗阶段，再予以确定），并根据其发育期和当时的平均水温，来推算鱼卵产出的时间，然后参照采捞地点和江水的平均流速，推算出产卵江段，把几个毗邻的产卵江段划归为一个产卵场。在工作过程中，有时还前往一些已初步确定了产卵场，观察那里的自然环境，并采捞一些产

• 由长江流域规划办公室提供。

出不久的鱼卵，加以证实。

1. 鉴别和比较四种鱼卵、鱼苗的形态特点

在江中采捞到的各种发育期的鱼卵、鱼苗，种类繁多，首先要区分“家”、“野”，然后要识别各种家鱼的特点。这项工作主要在1961—1963年进行，1964—1966年，1976—1978年和1981年又补充了一些材料，内容比较系统，所得结果已另行整理总结，完成了《长江草、青、鲢、鳙四大家鱼早期发育的研究》专题报告。

2. 水温与鱼卵、鱼苗发育速度的关系

长江干流的水温，上、中、下层无明显差别。1964年4—6月，实测宜昌、下荆江、黄石三地江水的温度，表层与中下层只有 $0.1—0.2^{\circ}\text{C}$ 之差。一日之内，一般下午水温高于上午，宜昌的差幅为 $0.3—1.0^{\circ}\text{C}$ ，下荆江为 $0.2—0.4^{\circ}\text{C}$ ，黄石为 $0.1—0.5^{\circ}\text{C}$ 。

整个家鱼繁殖季节各江段的水温略有差异。从4月下旬至6月底，月平均水温渐有升高趋势。1964—1965两年的繁殖季节，重庆到武汉之间五个江段的月平均水温变动在 $16.8—24.5^{\circ}\text{C}$ 之间，多数为 $21.0—22.0^{\circ}\text{C}$ 上下，接近繁殖季节的平均数值；最小和最大值都是个别的。重庆、万县和宜昌三个江段的水温，各月变幅较小，相差约为 $2.0—4.0^{\circ}\text{C}$ 。重庆和万县两点的平均水温十分接近，宜昌的稍低。新厂和武汉的变幅较大，相差约为 $4.0—6.0^{\circ}\text{C}$ 。两地4—5月的平均水温皆低于宜昌以上江段，新厂又低于武汉，而武汉6月份的平均水温是最高的。武汉以下至湖口间的江水水温与武汉相近，没有另行测记（表1）。上述各江段的水温差异和变化，与江面的宽度、河床和两岸的地形有关，寒风侵袭的强弱和日照

时间的长短, 以及气温的变化, 都可使水温波动。

表 1 家鱼繁殖季节长江干流的水温变化 (°C)

Table 1 The fluctuation of the water temperature (°C) of the main stream during the spawning season of the four fishes

时 间		重 庆		万 县		宜 昌	
年	月	幅 度	平均	幅 度	平均	幅 度	平均
1964	4月下旬	20.6—22.1	21.3	20.6—23.1	21.9	19.7—21.7	20.7
	5 月	19.8—24.0	21.8	19.8—23.1	21.4	19.2—23.3	21.3
	6 月	21.2—24.2	22.8	—	—	21.7—24.0	22.4
1965	4月下旬	20.9—22.2	21.6	19.7—21.7	20.9	18.7—19.9	19.4
	5 月	20.9—24.1	22.4	20.7—24.0	22.0	20.6—24.3	21.9
	6 月	21.1—23.3	21.6	—	—	21.1—23.6	22.3

时 间		新 厂		武 汉	
年	月	幅 度	平均	幅 度	平均
1964	4月下旬	14.6—21.0	18.2	17.4—20.6	19.4
	5 月	17.1—24.0	20.5	17.6—22.6	20.6
	6 月	21.6—25.0	23.4	22.4—26.0	24.4
1965	4月下旬	13.0—18.5	16.8	17.1—19.1	18.0
	5 月	18.1—24.6	21.5	18.5—24.6	21.9
	6 月	19.6—23.8	22.1	23.3—25.8	24.5

总的来看, 5 月份, 干流各地的平均水温为 21°C 左右, 鱼卵、鱼苗是在相对稳定的水温条件下正常发育的。到 6 月份, 宜昌以上江段和以下江段的水温分别升高 1°C 和 3°C 左右, 这将加快卵苗的发育速度。1964 年调查船实验室中的培养试验结果证实了这一点, 在两组水温大体上分别代表 5 月份和 6 月份的江水水温幅度的条件下, 卵苗发育速度有明显差异, 后者要比前者快 10—20%, 少数情况下只快 7% 或高达 25% (表 2)。

表2 水温与家鱼卵苗发育速度的关系 (1964)

Table 2 The developmental velocity of eggs and fry in relation to the water temperature (1964)

发育期	卵苗数 (粒或尾)	距受精的时间(小时)		T_2/T_1
		18.0—22.5°C(T_1)	23.0—28.0°C(T_2)	
4 细胞期	54	1.0	0.8	0.800
32 细胞期	54	1.7—2.0	1.5	0.750—0.882
囊胚早期	54	5.0—6.0	4.0—5.0	0.800—0.830
原肠早期	54	8.0—9.0	7.0—7.5	0.875—0.833
胚孔封闭期	54	14.0—15.0	12.0—13.0	0.857—0.866
听囊期	54	19.0—20.0	17.8—18.0	0.894—0.900
肌肉效应期	54	25.0—26.5	21.0—23.0	0.840—0.887
心脏搏动期	54	33.5—34.5	30.0—31.0	0.895—0.898
孵出期	54	36.0—42.0	32.0—36.0	0.888—0.857
胸鳍原基期	20	54.0—60.0	48.0—54.0	0.888—0.900
鳃弧期	20	61.0—66.0	55.0—60.0	0.901—0.909
眼黄色素期	29	72.0—78.0	60.0—72.0	0.833—0.923
鳃丝期	29	80.0—84.0	68.0—78.0	0.850—0.928
眼黑色素期	27	96.0—108.0	72.0—84.0	0.750—0.777
鳃雏形期	59	120.0—132.0	96.0—108.0	0.800—0.818
鳃一室期	49	146.0—168.0	132.0—144.0	0.904—0.857
卵黄吸尽期	49	204.0—216.0	168.0—180.0	0.823—0.833
背鳍分化期	50	212.0—230.0	176.0—194.0	0.830—0.843

表2中各发育期距受精的时间数据,要比在江水自然环境中所需的时间长得多。因为培养试验是在培养皿和玻璃碗小水体中进行的,昼夜水温变化,与江水相比,剧烈而频繁,常有3—5℃之差。培养水中的物理、化学和生物条件,也不能与江水比拟。根据长江捞苗生产的经验资料并参照人工繁殖家鱼苗发育速度的资料来看,江水中鱼卵正常的发育速度,一般相当于室内较高水温试验组(23.0—28.0℃)的发育速度。发育到鱼苗阶段,因经历的时间较长,室内培养的发育速度,越到后期越慢,经历的时间越长,远远长于正常发育所需的时间。

3. 江水流速与鱼卵、鱼苗的漂流速度的关系

悬浮在江水中的鱼卵、鱼苗，其漂流速度与江水流速是一致的。掌握江水的流速，就可知道卵、苗的漂流速度。由于各江段的河床地貌不同，江面宽窄不一，或其他因素所形成局部洄水、倒流等的影响，江面各点的水流速度也有明显的差异。但干流各不同江段，在相当长的距离内，平均流速是比较稳定的。1966年5月23—28日，在武汉以下江面实测了一些断面各点的流速数据，平均流速范围为0.827—0.937米/秒，最大为1.31米/秒。

为了进一步掌握卵苗在江中漂流的平均速度的确切数据，1965—1966两年在干流进行了塑料模拟标志漂流试验。1965年5月5—19日的产卵江汛时期，先后4次在沙市和城陵矶江面投放不同色彩的纽扣形和帽形塑料标志共173762粒。6月10日又在沔源口投放紫红色纽扣38000粒。从沿江獠户回收的120批标志纽扣（每批一粒至数十粒）和来信反映的情况来看，只有少数短距离回收标志的漂流速度与江水流速相吻合。不少獠户反映：鱼苗到达后一日，才捞到塑料标志。造成时差的原因可能是标志投放时间迟于开始产卵的时间。远距离回收的标志，因受风浪等外界因素的影响，数据出入较大。1966年继续进行试验时，采用了多点多次投放的方法：先后在宜昌、石首、监利、白浒山、鄂城等8点，分18次投放了小圆珠、小圆圈、小十字等塑料标志共30多万粒，并注意选择了投放地点（产卵场附近）和时间（开始产卵时），结果取得了一些可靠有效的数据。如5月22日在白浒山投放的一批，效果很好（表3），回收率达5.35%。从鄂城、蕲春、武穴、东流等4地计算出的漂流速度数据来看，