

兴修水利枢纽后汉江产 漂流性卵鱼类的繁殖生态

周春生 梁秩燊 黄鹤年*

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

1. 汉江产漂流性卵的鱼类至少有25种,其中经济鱼类有草鱼、青鱼、鲢、鳙、鯿、鳡、长春鳊、赤眼鳟、铜鱼、吻𬶋、鳡以及三种红鮈属鱼类。

2. 产漂流性卵鱼类开始产卵的水温分别在16—20℃之间,经济鱼类多在18℃上下。产卵时需要有江河的涨水过程。在河流涨水的诸水文要素中,流速的增大,对促使产卵起着主要作用。不同的鱼类产卵时对流水的要求是有差异的。鱼类的产卵规模与江水的流速增大紧密相关。

3. 丹江水库建成后,上游的产卵场有前房、天河口和安康等10处。中游有钟祥和马良等7处,支流唐河、白河也有产卵场。就总产卵量来看,上游1977年为1745.9亿粒,中游1976年为47亿粒。上游为中游的37倍。其中,四种家鱼的产卵量,上游为171.3亿粒,中游为9.3亿粒。

4. 丹江口水利枢纽对汉江上游产漂流性卵鱼类繁殖的影响,主要表现为给上游提供了规模较大的繁殖群体。另一方面,由于主要产卵场分布在接近水库的江段,致使占上游总产卵量90%的鱼卵在孵化前随江水流入水库,有一部分鱼卵会受到损失。对中游的影响主要是由于水库的低温水和大坝对径流的调节,改变了中游的水文条件,导致产卵场的变迁,繁殖季节推迟和产卵规模缩小。总的来看,对上游的影响明显的有利,对于中游则不利的影响要多一些。

5. 根据产漂流性卵鱼类繁殖的生态习性和汉江的条件,可以认为,在汉江和类似汉江的条件下,兴建水利枢纽可以不必附建过鱼建筑物。为了充分发挥水体的渔业效益,水库区应做好渔业规划,加强经营管理。水利枢纽的下游需充分重视改变了的水文条件,特别是低温水对鱼类生活的影响,以采取补救措施。

汉江是长江最大的支流,发源于陕西省南部,流经鄂西北山区和江汉平原,在武汉汇入长江,全长1,532公里,流域面积173,621平方公里^[1]。随着水利电力事业的发展,在汉江干流相继建成了丹江口水利枢纽和石泉水电站。丹江水库大坝位于丹江与汉江汇合处的丹江口,1968年建成,是蓄洪、发电、航运的综合水利工程。水库跨湖北、河南两省,水面可达150万亩。在湖北省境内,水库的回水可至距丹江口约100公里的鄖县。石泉水电站位于陕西省石泉县城关附近,距汉江河源343.5公里。距丹江口538公里,1974年截流,起着发电和调洪的作用。

1979年7月10日收到。

* 参加野外工作的还有余志堂、邓中舜、许蕴玕、魏祥健等同志。

这两处水利枢纽的兴建,使汉江的水文条件发生了变化,从而对鱼类的生活产生了复杂的影响。特别是对于那些在流水中繁殖的产漂流性卵鱼类影响更大,而且在这类鱼中,大部分种类是江河中的重要经济鱼类,它们种群数量的消长,直接关系到江河鱼类资源的丰歉。因此,研究这些鱼类的繁殖生态学,查明水利枢纽的兴建对它们繁殖的影响,不但能够为汉江鱼类资源的保护和合理开发利用提供依据,而且可以为长江三峡水利枢纽工程规划渔业方面的问题,提供参考资料。

关于汉江在修建水利枢纽之前的产漂流性卵鱼类产卵场的资料,过去曾有一些报道^[1,2,3]。我们根据1976—1978三年中进行的实地考察所获材料,对汉江产漂流性卵鱼类的种类、产卵条件、产卵场的分布和规模作了记述,就水利枢纽对这些鱼类繁殖的影响进行了分析,并对在汉江和类似汉江的条件下,修建过鱼建筑物的必要性等问题进行了探讨。

一、材料和方法

野外调查、采集工作是不同的年份在不同的江段进行的。1976年5月下旬—8月底在丹江口至沙洋江段调查(本文称此江段为汉江中游),基本采集点设在沙洋(距丹江口360公里),并曾在马良至岳口江段进行流动调查。1977年5月初—7月底在石泉至郧县江段调查(本文称此江段为汉江上游),基本采集点设在郧县的西流(距石泉413.5公里,距郧县28公里),并曾从水库区至上游的安城进行流动采集。1977年5—7月和1978年5—6月,为了进一步复核汉江中游丹江口至襄樊江段和主要支流唐河、白河、南河的鱼类产卵情况,在襄樊一带进行过调查。

野外工作期间,每天早晨、上午、中午、下午、夜晚均进行鱼卵鱼苗采集。在卵苗江汛(经济鱼类卵苗数量所占比例较大的时期)到来时,则适当增加采集次数,并在基本的和重要的采集点进行河流断面采集。

采集所用的网具有两种:表层采集用小型弶网(仿长江中游渔民张捞鱼苗所用的绠网制作),网口半圆形,半径0.5米,面积为0.3927平方米;中层和底层采集用圆锥网,网口半径为0.35米,面积为0.3848平方米。

每次采集均记录当时的水温、网口的流速和透明度。流速是使用旋桨式流速仪在采集网口测定的。透明度系用直径20厘米的透明度盘测定。

采集到的鱼苗用5%的福尔马林保存,以备日后在室内鉴定种类和统计数量。鱼卵采到后,立即作详细记录,并按不同的发育期分别培养,直至能鉴别种类。在三年的野外考察中,共采集了鱼卵标本1,654,970粒,鱼苗24,033尾。根据这些标本,参照沿江有关的水文(位)站的水位、流量、流速、水温等资料,进行整理和推算,以确定产卵场和产卵规模。

1. 产卵江段的估算

漂流性鱼卵在随水漂流的过程中发育,因此,用当时水温条件下的胚胎发育经历的时间(T)乘以江水平均流速(V),便可求出鱼卵的漂流距离(S),即 $S = V \cdot T$ 。流速依汉江有关水文站的实测记录。胚胎发育时间参考我所1961—1966年长江家鱼产卵场调

查、1973年长江铜鱼产卵场调查、1973年汉江中下游家鱼产卵场调查以及1976—1978年本调查工作等资料。根据鱼卵到达采集点的漂流距离，确定其产出地点。产卵量较大，产卵活动持续时间较长的江段即定为产卵场。

2. 产卵规模的计算

以各产卵场为计算单元，并按不同鱼类分别进行统计。根据从采集点采到的某产卵场的鱼卵数量(m)、采集点的网口流速(V)和采集点江断面的流量(Q)，求得采集断面在采集时间内所流过的某产卵场鱼卵数(M)，计算公式为

$$M = \frac{m \cdot Q}{0.3927 \cdot V}$$

但在自然情况下，鱼卵在江河断面上各点的数量不是均匀的，因此，需求出断面系数 C ，对上式加以修正，故

$$M = \frac{m \cdot Q \cdot C}{0.3927 \cdot V}$$

C 值系江河断面左、中、右三处的表层和底层各采集点的鱼卵(苗)密度之平均值与固定采集点的鱼卵(苗)密度相比求得的。

在非采集时间，通过采集断面的某产卵场的鱼卵(苗)数量(M')需用补插法求出。系将两相邻采集号之间的间隔时间平分为两部分，一部分的鱼卵(苗)数量依上一采集号计算，另一部分依下一采集号计算。

将某产卵场一天之内的 $M_1, M_2 \dots$ 和 $M'_1, M'_2 \dots$ 相加，便是该产卵场一昼夜的产卵量。整个繁殖季节累计，即为该产卵场的产卵规模。

二、汉江产漂流性卵的鱼类

汉江产漂流性卵的鱼类不少于25种。这些鱼类分属于鲤科、平鳍鳅科、鳅科和鮈科。其中重要经济鱼类有17种，其他为小型鱼类。

漂流性鱼卵的比重略大于水，卵产入水中后，卵膜吸水膨胀，形成较大的卵周隙，随水流发育，孵出鱼苗。鱼卵吸水膨胀后的直径(称为膜径)是区别鱼卵所属种类的一个性状。膜径一般为5—6.5毫米的种类有草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、鱊(*Ochetobius elongatus*)、鱥(*Elopichthys bambusa*)、鰕(*Luciobrama macrocephalus*)、铜鱼(*Coreius heterodon*)、吻𬶋(*Rhinogobio typus*)、圆筒吻𬶋(*Rhinogobio cylindricus*)、犁头鳅(*Lepturichthys fimbriata*)等。在支流唐河、白河，这类鱼卵的膜径略小一些，多在4.0—5.5毫米之间。膜径一般为4.0—5.0毫米的种类有长春鳊(*Parabramis pekinensis*)、蒙古红鮈(*Erythroculter mongolicus*)、翘嘴红鮈(*Erythroculter ilishaeformis*)、拟尖头红鮈(*Erythroculter oxycephaloides*)、赤眼鳟(*Squaliobarbus curriculus*)、花斑副沙鳅(*Parabotia fasciata*)等。这里顺便指出，国内曾报道翘嘴红鮈、蒙古红鮈等在湖泊中产带有粘性的卵，但经水流冲击容易脱落^[4]。根据我们的培养观察，在江河环境中，它们都产漂流性卵，卵膜吸水膨胀后，有较大的卵周隙。Сонн氏曾报道黑龙江翘嘴红鮈是产漂流性卵的^[8]。这种因环境不

同而导致卵粒特性不同的现象，有待进一步研究。膜径一般为3.0—4.0毫米的种类有油蟹 (*Hemiculter bleekeri*)、逆鱼 (*Pseudobrama simoni*)、银鲴 (*Xenocypris argentea*)、银鮈 (*Gnathopogon argentatus*)、蛇鮈 (*Saurogobio dabryi*)、光唇蛇鮈 (*Saurogobio gymnocheilus*) 等小型鱼类，其中，银鮈有双层卵膜。此外，鱖 (*Siniperca chuatsi*) 和大眼鱖 (*Siniperca kneri*) 卵的膜径仅为2毫米左右，卵黄具有油球，卵的比重略大于水，随水漂流进行发育，亦视为漂流性鱼卵。

三、汉江产漂流性卵鱼类的产卵条件和繁殖季节

1. 产卵条件

对产漂流性卵鱼类的生殖活动有影响的环境因素是复杂的。现仅就水温、水位、流速等主要水文条件进行分析。

汉江流域受着东亚季风影响，降水量有明显的季节性，水位春夏上涨，秋冬下落。水温春夏逐渐上升，秋冬逐渐下降。在江河中产漂流性卵的鱼类，适应了外界条件的周期性变化，形成了在水温上升到一定程度、伴有江河涨水的条件下进行繁殖的生态习性。

(1) 水温

据1976—1977年的资料，汉江干流的水温在16—32℃时各种产漂流性卵鱼类就可进行繁殖。主要经济鱼类多在18℃左右的水温时开始产卵。产卵的下限水温为16℃的种类有油蟹和银鲴，而鳙在水温达到20℃才开始产卵。产卵活动的上限水温，多数经济鱼类在30℃左右，而鳡、长春鳊和赤眼鳟在水温32℃时还可产卵。

水温与鱼类胚胎发育的速度关系密切。一般是水温低则发育慢，水温高则发育快。在室内培养的条件下，水温超过31℃则胚胎容易出现畸形，但在汉江，水温超过31℃往往在夏秋之间。而在鱼类繁殖季节，只是在较长时间低水位的情况下，才偶然出现超过31℃的高水温。

(2) 江河涨水

在汉江，日平均涨水幅度在0.01—9.39米时，都可引起产漂流性卵鱼类进行繁殖。当日平均涨幅在0.4米以上时，产卵活动较为强烈。

在鱼类繁殖季节，江河的涨水过程包含着水位升高、流量增大、流速加快、流态紊乱和透明度减小等多种水文因素的变化。虽然这些水文因素的出现是相互关联的，对鱼类繁殖所起的作用是综合的，但根据这些鱼类的繁殖活动是在水的上层，甚至表层进行的特点，以及家鱼人工繁殖时需要冲水以促进产卵的事实来分析，流速的增大在促进鱼类繁殖的诸水文因素中，是起着主要作用的。在日平均流速增加0.01—1.87米/秒的情况下，都可以促使鱼类产卵。流速增加的幅度大，产卵量增加的幅度也大(表1)。

在产卵场紊乱的流态中，常有“泡漩水”(汉江称为泡沙水)出现，这是由于水流冲击河底深潭或岩礁形成的。由于深潭和岩礁给繁殖亲鱼提供了暂时栖息的场所，待出现产卵的水文条件，这些亲鱼即进行繁殖，故产卵场多具这种“泡漩水”的流态。

江水的透明度与鱼类产卵的关系似不甚密切。透明度在0.3—50厘米时都可有鱼类繁殖。

表1 白河产卵场流速变化与产卵量关系

水 情	日 期	白河水文站水文因素			产 卵 量 (万粒)
		水 位 (米)	流 速 (米/秒)	日增流速 (米/秒)	
涨 水	7月7日	172.99	0.70	—	44,020
	7月8日	173.17	0.89	0.19	117,301
	7月9日	173.26	0.91	0.02	543,432
	7月10日	173.84	1.36	0.45	601,908
	7月11日	181.29	2.87	0.51	5,561,922

不同种类的产漂流性卵鱼类产卵时，对水文条件的要求是有差异的。以上游的前房和中游的钟祥两个产卵场为例，1977年5—7月，前房江段持续一天以上的涨水共14次，累计的涨水天数为38天。1976年从5月中旬到8月，钟祥江段持续一天以上的涨水共8次，累计的涨水天数为33天。在这些涨水过程中，都有产漂流性卵鱼类进行繁殖。对几种主要经济鱼类的产卵记录进行分析，可以看出，青、草、鲢、鳙（以下称四种家鱼）的产卵次数和产卵天数较少，也就是说，它们产卵时对水文条件的要求较高；而铜鱼、鳡、长春鳊、红鮈属鱼类等的产卵次数和天数较多，它们的产卵对水文条件的要求要低一些（表2）。

表2 几种经济鱼类产卵次数和天数的比较

江段	产卵场	种类	草鱼	青鱼	鲢	鳙	铜鱼	鳡	长春鳊	吻鮈	红鮈属
上游	前房	产卵次数	4	4	4	3	5	11	7	7	11
		产卵天数	10	10	10	11	25	35	20	27	30
中游	钟祥	产卵次数	4	3	2	2	3	5	8	6	5
		产卵天数	27	20	18	18	22	20	40	37	24

2. 繁殖季节

产漂流性卵鱼类的繁殖期主要取决于水温条件，每年有3个多月。这些鱼类在汉江上游开始产卵的时间主要在5月初到5月中旬。油鳖、逆鱼、银鲴、银鮈、蛇鮈、鳡、鳤和吻鮈等开始于5月初；草鱼、鲢、铜鱼、长春鳊、赤眼鳟和红鮈属鱼类等开始于5月中，而青鱼和鯮则于5月下旬，鳙更是迟至6月中旬。产卵结束的时间也有差异。除铜鱼和鳤于6月底或7月初结束产卵外，一般均可延至7月底至8月中旬。在汉江中游，由于丹江水库排出的低温水的影响，鱼类繁殖期有所推迟，一般开始于5月中旬，除鳤、鯮、铜鱼等结束于7月下旬外，其他经济鱼类皆延续到8月中至8月底。支流唐河、白河的鱼类繁殖期与汉江上游相近。

四、汉江产漂流性卵鱼类产卵场的分布和规模

汉江上游(石泉至郧县江段)长441.5公里，产卵场有漩窝、洞河镇、安康、蜀河镇、夹

河镇、白河、天河口、前房、肖家湾和郧县等 10 处。汉江中游(丹江口至沙洋江段)长 360 公里,产卵场有王富洲、茨河、襄樊、宜城、钟祥、马良以及支流唐河、白河的郭滩和埠口等处。汉江下游的泽口也有一定数量的鱼类产卵(图 1, 表 3)。

表 3 汉江产漂流性卵鱼类产卵场的分布

江段	产 卵 场				距上产卵场公里数
	编 号	名 称	范 围	公 里	
上 游	1	漩 窝	汉阳坪—漩窝	11.0	距石泉 44.5
	2	洞 河 镇	洞河—临河	16.0	67.0
	3	安 康	火石崖—安康	20.5	38.5
	4	蜀 河 镇	辰河源—界牌石	16.5	80.5
	5	夹 河 镇	冷水河口—夹河镇	15.5	16.0
	6	白 河	白河镇—将军河口	16.0	11.5
	7	天 河 口	天河口—晏家棚	7.5	18.5
	8	前 房	塔峪滩—崔家河	13.0	17.0
	9	肖 家 湾	刘家湾—油坊沟	5.5	9.5
	10	郧 县	金岗山—郧县	8.0	9.0
合计(石泉—郧县)				441.5	
中 游	11	王 富 洲	光化—谷城	18.0	距丹江口 31.5
	12	茨 河	迴流湾—茨河	22.5	9.5
	13	襄 樊	牛首—襄樊	22.5	14.5
	14	宜 城	宜城—关家山	41.5	63.0
	15	钟 祥	碾盘山—塘港	43.0	32.5
	16	马 良	马良—姚集	21.5	26.5
	唐河、白河	郭 滩	唐河—郭滩	41.0	—
		埠 口	苍头镇—埠口	22.0	21.0
下 游	17	泽 口	月亮台—泽口	22.0	51.0
合计(丹江口—泽口)				419.5	

汉江上游产漂流性卵鱼类的总产卵量,根据 1977 年 5—7 月统计为 1745.9 亿粒,其中四种家鱼的产卵量为 171.3 亿粒。在上游,规模较大的产卵场有前房、天河口、安康、蜀河镇、白河等。其中尤以前房和天河口的规模为大。1977 年这两个产卵场的四种家鱼产卵量为 130.5 亿粒,占汉江上游该年四种家鱼总产卵量的 76%(表 4)。这是由于这两个产卵场不受堵河低温水影响,而又距丹江水库最近,从而接纳了由水库上溯的大量繁殖亲鱼。前房产卵场 1977 年四种家鱼的产卵量为 114 亿粒,其规模可与长江干流最大的宜昌产卵场相比(宜昌产卵场 1965 年四种家鱼的产卵量为 84 亿粒)。

值得提出的是距丹江水库较远的安康产卵场(距郧县 244 公里),该处的产卵规模居

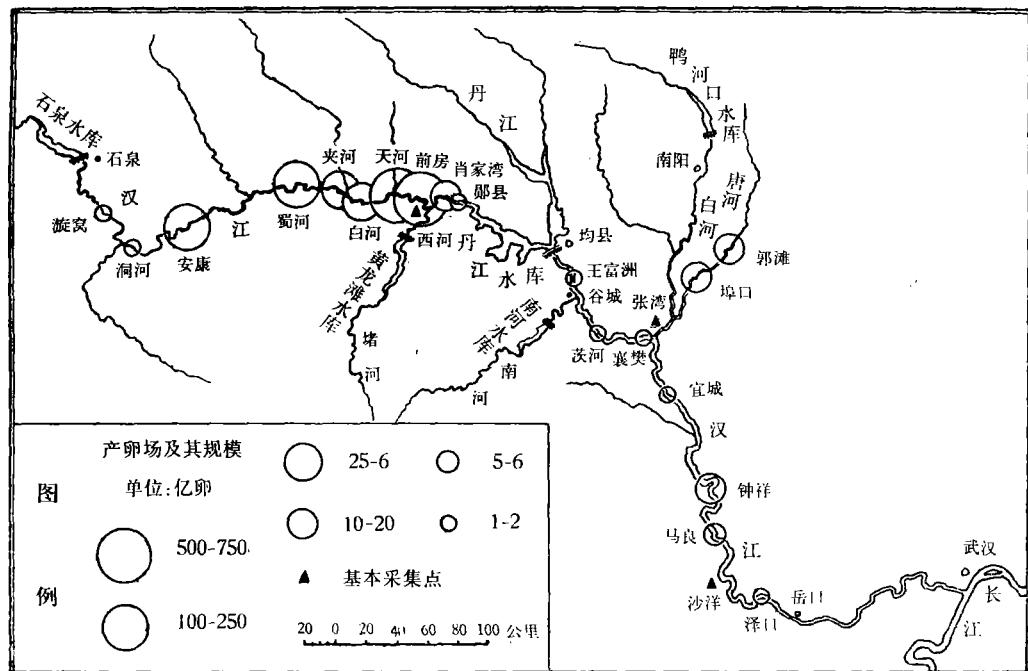


图1 汉江产漂流性卵鱼类的产卵场

上游的第三位。这可能是由于它处于安康盆地，该江段的水文条件和饵料情况，适合于鱼类的肥育、越冬，栖息有较多的繁殖亲鱼之故。

汉江中游的产卵规模依1976年5—8月的资料，总产卵量为47亿粒，只及上游江段1977年产卵量的1/37，其中四种家鱼为9亿粒，是上游江段的1/18。

支流唐河、白河鱼类的产卵量与汉江中游干流的数量相近，其经济鱼类产卵量为13.1亿粒，其中四种家鱼的产卵量为4.6亿粒。

五、汉江干流水利枢纽对产漂流性卵鱼类繁殖的影响

汉江水利枢纽的兴建，对生活在各江段鱼类的繁殖都有影响，但所受的影响又各不相同。

上游的石泉水电站是个中型水电站，由于石泉至郧县之间有一些较大的支流，如任河、嵒河、月河、洵河、蜀河、夹河、天河和堵河等，在鱼类繁殖季节，此区间流域降雨，可以使上游江段形成洪峰，给鱼类繁殖提供必要的水文条件。如遇石泉电站泄洪，可形成更大的产卵江汛。但石泉水电站泄洪的机会不多，故它目前对汉江上游产漂流性卵鱼类繁殖的影响不是很大的。

丹江水库对产漂流性卵鱼类繁殖的影响，按上、中游分别论述如下：

1. 对上游鱼类繁殖的影响

(1) 由于高坝大库的建成，引起了产卵场的变迁。根据丹江水库建成前的汉江家鱼

表 4 汉江鱼类产卵场的产卵规模(单位:万粒)

江段	产卵场	家 鱼				其 他				经 济 鱼			类		总计	
		草	青	鲢	鳙	鲤	长春鳊	赤眼鳟	铜鱼	吻鮈	红鮈属	鳅				
上游	漩窝		38	3804					220			46	13,178	17,286		
	洞河			295	1	15,168			40	566	58	300	1,111	17,539		
(一)	安康	4,948	32,466	70,018	86	12	11,299	29,640	14,891	1,512	14,424	28,084	1,913	2,094,169	2,303,462	
九	蜀河镇	218	58,502	124,092		106	5,652	8,186	193	77	16	814	5,682	130	1,062,487	1,266,155
七	夹河镇	54	26,668	28,892		1,284	3,388	391	1,153	17	2,347	13,502	4	210,005	287,705	
七	白河	2,495	547	49,576	2,135	13	348	25,705	1,246	872	314	1,241	22,981	11	429,678	537,263
年	天河口	107,626	121,914	42,469	1,960	23	19,748	65,263	2,884	134	2,491	263,830	37	4,934,344	5,453,723	
前	房	15,509	22,992	960,697	141,163	259	2	35,659	65,728	1,438	6,900	409	221,092	112	5,917,595	7,388,955
肖	家湾		11	3,004		65		4,015	400		20	164	27,064		151,738	186,481
合	数量	130,850	154,138	1,282,347	145,345	1,763	17,301	141,509	148,112	7,936	7,441	22,676	582,293	2,553	14,814,305	17,458,569
计	占比%	0.75	0.89	7.34	0.83	0.01	0.10	0.81	0.85	0.05	0.04	0.13	3.33	0.02	84.85	100.00
	类比%			9.81				5.34								
襄樊以上干流	襄樊以上干流	6,744	6,249	895	225	750		14,650	559	3,087	615	2,048	1,318	1,527	8,543	47,210
唐河、白河	唐河、白河	18,194	13,578	13,424	702	10,025		48,555	4,148	15,598	920	13,812	8,940	29,090	45,363	222,349
中游	宜城	4,335	111	200	59			535	643	1,274	203	932	40	52	7,963	16,347
(一)	钟祥	13,647	216	426	190			387	32,434	6,122	1,755	2,188	1,292	657	62,680	121,994
七	马良	13,405	280	96				710	12,228	754	136	613	2,224	609	31,194	62,249
六	合	56,325	20,434	15,041	1176	10,775		64,837	50,012	26,835	3,629	19,593	13,814	31,935	155,743	470,149
	计	11.98	4.35	3.20	0.25	2.29		13.79	10.64	5.71	0.77	4.17	2.94	6.79	33.12	100.00
	坝上:	坝下		18.4:1									47.10		95.1:1	37.1:1

注: 上游郧县、下游丹江口两产卵场因资料不全,未予列入。

产卵场调查资料，在汉江上游，原郧县境内的安阳口、青草石滩、石灰窑和鸟池，原均县境内的洪家沟、槐树关、龙山嘴和大孤山等处，都曾是家鱼产卵场^[3]。这些地点都在水库范围内，水库建成后，产卵场即行消失。与此同时，上游江段的其他产卵场，因产卵亲鱼数量增多，使规模有所扩大。根据前述资料，现在的主要产卵场，如安康、白河、前房、肖家湾等处，原先就有鱼类产卵的记录。

(2) 丹江水库是 150 万亩水面的大型水库，与河道条件相比，有大面积的静水区，水的透明度增大，无机盐的浓度有所增加，这些因素有利于库区浮游生物的增殖。根据 1977 年秋季在汉江中游几个采集断面浮游生物的数量进行分析，可以看出，距丹江水库越近的采集断面，浮游生物的数量就越多（表 5）^[7]。说明水库中浮游生物的数量多于河道。底栖生物的数量和有机碎屑在库湾和水库的迴水区会有所增加。这就为多种鱼类直接或间接地提供了较为丰富的饵料，使丹江水库成为汉江上游鱼类良好的肥育场所，从而提供了规模大、质量好的鱼类繁殖群体。大量的繁殖亲鱼从水库上溯到上游江段产卵，是形成上游和中游产漂流性卵鱼类总产卵量为 37 比 1 的悬殊比例的主要原因。

表 5 汉江中游各断面浮游生物数量的比较（1978 年秋季）

采集断面	丹江口	光化	迴流湾	茨河	白家湾	雅口
距丹江口公里数	0	31.5	59.0	81.5	107.0	198.0
浮游植物（万个/升）	112.0	96.4	70.0	52.6	50.8	24.9
浮游动物（个/升）	21.5	18	11	11	9	6

(3) 由于汉江上游产漂流性卵鱼类的主要产卵场多处于接近丹江水库的江段，使得所产出的大部分鱼卵在孵化前随江水流入库区。进入库区的鱼卵和活动能力很弱的早期鱼苗，逐渐下沉库底，由于泥沙覆盖、其他动物吞食等不利因素，会导致一些鱼卵死亡。

关于鱼卵进入库区后的下沉情况，1977 年 5 月 10 日曾在丹江水库库尾区进行过调查（表 6）。采集点分布在距郧县不同距离的地点，最远处为郧县下游 12.5 公里的陈家坡。结果表明，鱼卵随江水流入库后，由于流速渐缓，流态渐趋平顺，鱼卵逐渐下沉。当表层流速降低到 0.15 米/秒时，表层水中已无鱼卵，水的中层鱼卵也很少，大部分已沉落库底。

大体说，鱼卵由产出到孵化为鱼苗，约需两天的时间。根据汉江上游白河水文站所测的流速资料，以鱼类繁殖季节经常出现的日平均流速 1 米/秒计算，从鱼卵孵化为鱼苗所漂流的距离为 170 多公里。即在汉江上游的蜀河镇、夹河镇、白河、天河口、前房、肖家湾和郧县等产卵场所产的漂流性鱼卵，都在孵化前进入水库。这几个产卵场的产卵量占上游总产卵量的 86.6%，占四种家鱼上游产卵量的 93.5%（表 4）。

从漂流性卵的总量来分析，上游的繁殖群体远大于中游，除鲢、鳙曾在库区人工投放鱼种（湖北省有关单位曾于 1972、1973 两年在丹江水库投放 1—2 寸的鲢鳙鱼种数百万尾，河南省有关单位也曾在水库的河南省水域投放鲢鳙鱼种，另外，1975 年郧县安阳渔场库汉养鱼的拦网为山洪所毁，有数十万尾养殖的鲢鳙鱼逃入库区），对繁殖群体有人为的

表 6 丹江水库库尾区鱼卵下沉情况

编号	网位	地点	上至郧县距离 (公里)	采集时间		网口流速 (米/秒)	鱼卵数(粒)			
				起迄	持续		油蟹	银鲴	鱥	(合计)
77I-40	表	郧县	0	7:00'—7:30'	30'	0.29	144	5		149
77I-41	底						76			76
77I-42	表	岭上	2.0	9:30'—10:00'	30'	0.22	107	5		112
77A-43	底						81	23	3	107
77I-44	表	冯沟	7.5	11:00'—11:30'	30'	0.25	94	26		120
77A-45	底						84	20		104
77I-46	表	陈家坡	12.5	13:00—13:30'	30'	0.15				0
77A-47	中						5			5
77A-48	表									0

补充外，其他 20 多种鱼类都是自然增殖的。这个事实表明，鱼卵进入库区后，虽会遭到一些损失，但不会很严重。

2. 对中游鱼类繁殖的影响

由于水库的调节作用，改变了坝下江段的水文条件，引起一些产卵场的变迁，这是对中游鱼类繁殖影响的主要方面。丹江水库的泄水，特别是 1976—1978 年，都是通过水电站发电机组流出的，由于丹江口水电站的特殊条件，通过发电机组的水流，主要是水库的上层水。尽管如此，水温仍低于汉江干流。据 1976 年资料，稳定的 18℃ 水温出现的时间，距丹江水库大坝 4 公里的黄家港为 5 月 21 日，比距大坝 272.5 公里的皇庄迟 11 天。18℃ 水温是主要经济鱼类产卵的下限温度，所以在丹江口至襄樊的江段内，经济鱼类开始产卵的时间要迟一些。

另外，由于水库的调节作用，削弱了汉江中游的洪峰，特别是谷城以上江段，由于没有大流量的支流补给，鱼类繁殖所需要的涨水条件，就不易得到满足。因此，有的产卵场消失了，有的比建坝前规模缩小。据 1960 年的调查资料，丹江口下游 7 公里的三官殿为四种家鱼产卵场，而本工作的调查结果表明，丹江口大坝下游最近的产卵场在距大坝 31.5 公里的王富洲，而三官殿产卵场已不复存在。在襄樊以下的江段，由于支流唐河、白河的汇入和距大坝较远（襄樊距丹江口 118.5 公里），水库的影响大为削弱，现有的产卵场与 1960 年的资料仍相符合。该江段鱼类繁殖所需的涨水过程，依赖干流区间降雨和支流唐河、白河涨水这两个方面。1976 年鱼类繁殖季节涨幅为 0.2—1.56 米的 7 次涨水，前 4 次为干流涨水，后 3 次为唐河、白河涨水所引起的。此外，中游水文条件的改变，引起了鱼类饵料生物的数量变动，导致某些经济鱼类种群数量的变化。如汉江中游江水透明度增大，适合草鱼吃食的刚毛藻、孟氏藻等浮游藻类大量繁生，使草鱼种群的相对数量有所增加。在中游的四种家鱼总产卵量中，草鱼占 60.6%，居于优势。

六、主要支流及其水利枢纽对汉江产漂流性卵鱼类繁殖的影响

1. 堵河

堵河是汉江上游的重要支流,发源于鄂西北山区,在郧县上游25公里处汇入汉江。由于在堵河上游的黄龙滩修建了水电站,电站下泄的低温水使堵河的水温明显地低于汉江干流。稳定的18℃以上的水温出现在6月中旬以后,比汉江上游晚一个多月。堵河水的透明度较大,常在50—180厘米之间,遇有降雨,透明度可小于30厘米。由于水电站的调节,5—7月的流量变动在100—2000立方米/秒之间,多数时间为200—250立方米/秒。河道弯曲,流态紊乱,可以满足鱼类产卵所需的水文条件。堵河口位于上游规模最大的前房产卵场下游,大量亲鱼由水库上溯须要经过堵河口。我们曾在堵河设网捕捞,捕到过性成熟的长春鳊、蒙古红鲌等产漂流性卵的鱼类。然而,1977年的繁殖季节,在堵河进行过17次鱼卵采集,在水温低于18℃的条件下,固然没有经济鱼类产卵,即使水温上升并稳定在18℃以上,总共也只采得数粒鳜和银𬶋的卵,基本上没有产漂流性卵的鱼类繁殖。堵河的低温水汇入汉江后,使干流右岸的水温显著低于左岸,在堵河口下游5公里的范围内,可低3—7℃。这对堵河口下游的肖家湾和郧县产卵场的规模也有明显的影响。可以估计,如果没有堵河低温水的影响,汉江上游规模最大的产卵场可能是郧县和肖家湾产卵场,而不是现在的前房产卵场。

2. 南河

南河是汉江中游的重要支流之一,源于鄂西北山区,在谷城汇入汉江,全长255公里。1960年在距南河口37公里的胡家渡开始修建南河水电站,截断了鱼类洄游的通路,加之胡家渡以下的河段水较浅,经济鱼类很少。在1977年5—7月间,当南河因上游降雨而涨水时,曾三次在南河口采集,均未采到鱼卵和鱼苗。但南河作为汉江中游的重要支流,可以由于其涨水而促使南河口以下的汉江干流鱼类产卵。1976年5月30日—6月1月南河涨水,谷城水位上涨1.25米,促使茨河、襄樊、宜城、钟祥和马良等产卵场的鱼类进行繁殖。

3. 唐河、白河

唐河、白河是汉江中游最大的支流,在襄樊市附近的张湾注入汉江。它对于汉江干流

表7 唐河、白河涨水对本身及汉江中游鱼类产卵的影响(1976年)

产卵场	水情				产卵日期	产卵量(万粒)			
	水文站	涨水日期	水位(米)	涨幅(米)		家鱼	其他经济鱼类	小型鱼类	(合计)
支流唐河、白河	郭滩	7月14—20日	79.68—83.40	3.79	7月14—21日	45,145	78,778	38,616	162,539
中游干流	钟祥	7月18—21日	42.94—44.48	1.54	7月20—21日	4,951	9,915	1,147	16,013
	马良	7月18—22日	36.71—37.98	1.27	7月21—22日	7,271	11,111	1,038	19,420

鱼类繁殖所起的作用较大，同时它本身也具有产漂流性卵鱼类的产卵场。1976年唐河、白河产漂流性卵的经济鱼类的产卵量为17.7亿粒，其中四种家鱼为4.6亿粒，分别占汉江中游产漂流性卵经济鱼类总产卵量的56.3%和四种家鱼总产卵量的49.4%。此外，唐河、白河的流域面积较大，每遇大面积降雨，流量剧增，汇入汉江后，可引起汉江干流涨水，促使襄樊以下江段的鱼类产卵(表7)。

七、对汉江水利枢纽建成后鱼类资源开发利用问题的讨论

1. 丹江水库自1968年建成至今，历时10年，由于大坝阻隔了鱼类在上、中游之间的通路，虽然产漂流性卵的鱼类种类基本上是相同的，但是不同江段的总产卵量和各种鱼产卵量所占的比例有着显著差别(表8)。汉江上游经济鱼类的总产卵量为中游的8倍，虽然丹江水库曾人工投放过鲢鳙鱼种，但投放数量与自然繁殖的数量相比，所占比重甚小。可见丹江水库对上游比对中游产漂流性卵鱼类的增殖更为有利。另外，在汉江除少量的鳗鲡外，未再发现其他洄游性鱼类。因此，在汉江和类似汉江的条件下，修建水利枢纽可不必考虑修建过鱼建筑物。

表8 汉江产漂流性卵的经济鱼类产卵量的比较

年度	江段	产卵量 (亿粒)	百分比												
			草	青	鲢	鳙	鯿	鱥	长春鳊	铜鱼	吻鮈	赤眼鳟	红鮈属	鱖	鱠
1977	上游	254.4	5.43	6.04	50.25	5.70	0.07	1.63	5.82	0.29	0.89	0.31	22.79	0.10	0.68
1976	中游	31.4	17.92	6.50	4.78	0.37	3.43	20.62	15.91	1.15	6.23	8.54	4.39	10.16	—

2. 由于鱼类的生态习性所决定，汉江上游产漂流性卵鱼类的主要产卵场多分布在接近丹江水库的江段。大量的漂流性鱼卵随江水流人水库，影响成活率是难以避免的。其中红鮈属种类和鱖等凶猛鱼类对鱼卵资源的危害较大，对于养殖水体来说，这些种类最好予以清除。另外，对于四种家鱼卵，与其花费人力、物力在江河捞卵、筛选、孵化、培养鱼种，还不如采取人工繁殖的方法稳妥可靠。因此，在目前条件下，对随江水流人水库的鱼卵，无须采取保护或利用的措施。

3. 水利枢纽建成后，为了充分发挥水体的渔业效益，在库区重点应放在合理开发和经营管理上。丹江水库有一百多万亩水面，虽曾投放过鲢、鳙鱼种，但投放的数量远远不足，而且基本上没有管理，还处于“半荒芜”状态。如能一方面根据经济鱼类的生态习性，进行繁殖保护，加强对天然鱼类资源的合理利用；另一方面，在有条件的库汊，人工投放鱼种，发展水库养鱼。这样，水库的渔业潜力是很大的。特别是将来汉江干流增建水利梯级，上游的产卵场会受到破坏，这就更需要依靠加强经营管理来增加水库的渔产量。

4. 在水利枢纽的下游江段，发电机组排出的低温水和大坝对径流的调节作用，对产漂流性卵鱼类的繁殖有着明显的影响，可以在一定江段内引起产卵场的消失和下移、繁殖季节的推迟和产卵规模的缩小。因此，坝下江段应着重考虑水文条件的改变对鱼类的不利

影响，以采取补救措施。

5. 将来要修建的长江三峡水利枢纽，规模远超过丹江口枢纽。工程完成后，长江水文条件的改变，虽可能与汉江有相似之处，但变化会更为广泛、深刻。在未来的三峡水利枢纽上，为了保护和增加鱼类资源，需采取哪些补救措施以及是否需要修建鱼道等，需慎重考虑。仅就过鱼对象来分析，对以四种家鱼为代表的产漂流性卵鱼类来说，未来三峡水库的形成，对坝上江段多数经济鱼类的生活是有利的，它们的种群数量将会增加。因而，没有必要让坝下江段的鱼去补充坝上江段的种群。至于中华鲟等洄游性鱼类，由于坝下江段水文条件的剧烈改变，固定的过鱼建筑物效果究竟如何，根据现有的资料，我们感到技术论证和经济论证都还不够充分。为了对鲟类资源进行保护，建议一方面抓紧对鲟类的生态学、生理学进行研究，为补救措施提供必要的生物学依据。另外，结合三峡大坝建成后，坝下水文条件的改变，对多种补救措施（鲟鱼人工繁殖放流站、集运渔船、升鱼机、鱼道等）进行比较，将各方面的资料综合分析，以期得到较好的效果。

参 考 文 献

- [1] 伍献文等，1959。丹江口水库库区水生生物调查和渔业利用的意见。水生生物学集刊，1959 (1): 33—56。
- [2] 秦伟成，1958。汉江鱼苗问题的探讨。学艺水产月刊，1958 (6): 2—4。
- [3] 山东海洋学院，1960。汉江家鱼产卵场调查阶段报告(手稿)。
- [4] 朱居宏，1962。梁子湖蒙古红鲌的生物学。水生生物学集刊，1962 (1): 14—21。
- [5] 易伯鲁、梁秩燊，1964。长江家鱼产卵场的自然条件和促使产卵的主要外界因素。水生生物学集刊，5 (1): 1—5。
- [6] 中国科学院水生生物研究所、上海水产学院养殖系、山东海洋学院水产系、南京大学生物系、武汉大学生物系，1960。长江草、青、鲢、鳙产卵场调查总报告(油印稿)。
- [7] 余志堂等，汉江中下游鱼类资源的特点以及丹江口水利枢纽对它的影响(手稿)。
- [8] Соин, С. Т. 1959. Эмбрионально-личиночной период развития верхоглида [*Erythroculter erythropterus* (Basilewsky)]. *Вопросы ихтиологии*, 13: 112—129.

ECOLOGICAL FEATURES OF THE SPAWNING OF CERTAIN FISHES IN THE HANJIANG RIVER AFTER THE CONSTRUCTION OF DAMS

Zhou Chunsheng, Liang Zhixin and Huang Henian

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

Hydrological conditions of the Han River display obvious change with constructing dams for the hydroelectric stations. In order to show how far the spawning of fishes is affected from the change of the hydrological condition, an ecological investigation was carried out in 1976 to 1978. The results are summarized as follows.

1) There are 25 species of fishes which cast their "drifting" eggs in the Han River. The most common ones are *Ctenopharyngodon idellus*, *Mylopharyngodon piceus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Elopichthys bambusa*, *Ochetobius elongatus*, *Leuciobrama macrocephalus*, *Parabramis pekinensis*, *Squaliobarbus curriculus*, *Corcarius heterodon*, *Erythroculter* spp., *Rhinogobio* spp., *Siniperca* spp., etc. Nearly all of them are commercial fishes.

2) The water temperature and current velocity of the spawning ground seem to be the essential factors for fish spawning. The commercial fishes begin to spawn at the water temperature of 16—20°C, while the four farm-fishes above 18°C. The increase of the current velocity may be regarded as the essential factor that induces the fishes to spawn but these seem to have differences between different species of fishes.

3) Since the establishment of Danjiang Reservoir, there are ten spawning grounds in the upper course of the Han River, seven in the middle course and in its branch, the Tangbai River, have been found. The amount of the eggs laid during the whole breeding season are calculated at 174590 million in the upper course in the year 1977 and about 4700 million in the middle course of the year 1976. The eggs laid by the four farm-fishes are calculated at about 17127 million in the upper course and 230 million in the middle.

4) In the lower part of the upper course of the Han River the better condition of spawning grounds provides many spawning grounds for "drifting" eggs fishes to spawn, but the eggs soon pass into the stagnant water of the reservoir where the eggs possibly sink to the bottom then make a serious damage in the development of the embryos. In the middle course of the river, hydrological condition may be highly altered owing to the presence of the reservoir, the water flow out from the hydroelectric station being colder and thus cause the spawning ground reduced in area and much retarded.

5) Because of the habits and habitats of the fishes which live in the drainage of the Han River, it seems that it is unnecessary to install any kind of fishpass on the dam of the reservoir.