



中华鲟物种保护的历史与前景

常剑波 曹文宣

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

HISTORY AND PROSPECT OF CONSERVATION ON CHINESE STURGEON IN THE YANGTZE RIVER

Chang Jianbo and Cao Wenxuan

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

关键词 中华鲟, 物种保护, 长江

Key words *Acipenser sinensis*, Species conservation, Yangtze River

中华鲟是在我国和朝鲜近海生长, 在长江上游或珠江中游繁殖的大型溯河洄游鱼类。长江中华鲟种群的繁殖季节在 10 月中旬至 11 月上旬^[1,2], 珠江的在 3 月初至 4 月初^[3], 二者属于不同的生态类群, 但也有学者认为二者是不同的种^[4]。60 年代末, 国家决定在长江中下游交界处宜昌修建葛洲坝水利枢纽(以下简称葛洲坝)。由于该枢纽将阻隔中华鲟的生殖洄游通道, 有关其对中华鲟资源影响的程度, 以及如何采取相应的保护措施等问题, 曾引起广泛的争论。有些研究者认为, 葛洲坝的修建将对长江中华鲟资源造成毁灭性的影响, 必须修建过鱼设施, 让中华鲟通过并上溯到长江上游去繁殖, 才能保证其物种的繁衍^[5-7]; 另有些研究者则认为, 长江断面宽、流量大, 加之中华鲟个体大, 修建过鱼设施很难达到救护目的, 并且葛洲坝下江段具备中华鲟产卵的基本环境条件, 中华鲟有可能在葛洲坝下江段完成自然繁殖, 因此, 可以通过禁捕亲鱼保证其自然繁殖和进行人工繁殖放流来维护其种群^[8,9]; 也有些研究者认为在中华鲟的救护问题上, 修建过鱼设施与人工繁殖放流二者不能偏废^[10,11]。由于意见不一致, 国家有关部门决定在葛洲坝的设计中预留过鱼设施的位置, 但建与不建过鱼设施, 则依据大江截流后的实际调查结果而定。

1981 年 1 月 4 日, 葛洲坝的建设完成大江截流。研究人员在 1982 年 3 月, 以及 6-7 月分别在长江中游的沙市江段和长江口采集到 1981 年秋季出生的中华鲟幼鱼。由此证明葛洲坝截流后, 长江仍有中华鲟自然繁殖, 但不能判断采集到的幼鲟是由滞留在金沙江原产

收稿日期 1999-11-20; 修订日期 1999-12-21

基金项目 三峡工程生态环境保护项目[SX(95)63/KY-3; SX(98)15/KHBJJ]

作者简介 常剑波(1962-), 男, 湖北监利人, 博士、研究员, 从事鱼类生态学和保护生物学研究。

卵场的亲鱼,还是由受阻在葛洲坝下的亲鱼所繁殖的后代^[12].1982年10-11月,研究人员在葛洲坝下江段的调查中,发现铜鱼、瓦氏黄颡鱼等底层鱼类的消化道内含有不同发育时期的中华鲟鱼卵,并捕捞到了孵化不久的仔鱼,证明中华鲟已经在葛洲坝下形成了新的产卵场并进行自然繁殖^[13-15].根据这些调查结果,国家有关部门决定不在葛洲坝上为中华鲟修建过鱼设施,而代之以禁止商业捕捞等措施保护其自然繁殖,同时还决定组建专门的机构进行人工繁殖的研究,利用人工繁殖放流来弥补葛洲坝建设对中华鲟自然繁殖的不利影响^[16].

自1983年开始,国家明令禁止对长江中华鲟的商业捕捞,1984年从葛洲坝下捕捞的中华鲟亲鱼的人工繁殖获得成功,开始人工放流并持续至今^[17].1988年,中华鲟被列入我国首次公布的重点保护野生动物名录,并被定为一级保护物种.现在长江的中华鲟种群尚维持有一定数量,说明该物种尚能适应修建葛洲坝所产生的环境变化,同时也说明所采取的保护措施是有一定成效的.然而,在中华鲟的物种保护问题上,多年来存在只有保护措施而没有保护效果评价的状况,对很多问题,如:长江口的中华鲟幼鱼种群主要是靠自然繁殖维系,还是靠人工繁殖放流补充?目前这种保护模式下中华鲟种群能否长期维系?等等,均没有获得明确的答案.作者在此试图通过对过去20余年来有关物种保护研究的全面回顾,给予中华鲟资源状况以定性评价,并根据国际同类研究的发展趋势,对今后应采取的保护措施提出一些建议.

2 种群资源状况

2.1 分布和洄游

在长江内出现的中华鲟个体主要为成熟亲鱼和当年幼鱼.当年幼鱼至性成熟之间的个体,广泛分布在黄、渤海,东海和南海觅食.过去,在中国的黄、渤海,以及东海、南海都有捕获中华鲟的记录,在朝鲜西海岸也有捕获记录.葛洲坝修建前,中华鲟幼鱼自产出地点降河至长江口的距离在2000-3000km之间,这个洄游过程需要5-6个月的时间才能完成^[1].在长江口,中华鲟幼鱼的集群时间为5-9月,高峰期为6月.这一水域所发现的中华鲟幼鱼以1龄左右的个体为主,2龄已经极为罕见,3龄以上则未见报道^[18,19].中华鲟亲鱼进入长江上溯到达产卵场所需要的时间则不很明了.

2.2 繁殖群体数量及其变动趋势

在繁殖群体中,中华鲟雄鱼初次性成熟年龄为8-17龄,最高年龄27龄;雌鱼初次性成熟年龄为13-26龄,最高年龄35龄^[20,21].雄鱼的全长在200-317cm之间,平均247.5cm;雌鱼在217-400cm之间,平均313.6cm.1981-1998年所获得的1000多尾性成熟个体的资料显示,雌鱼最大个体的体重可达452kg^[22].

柯福恩等采用标志放流的方法,估算出1984年中华鲟繁殖群体的数量约为2176尾^[23].80年代前、中期,被阻隔在长江中游的中华鲟的数量和繁殖群体结构是相对稳定的^[20,24],尽管观察到一些性腺退化现象,但大部分亲鱼的性腺能发育成熟并自然繁殖^[25,26].进入90年代,繁殖群体的平均年龄明显上升^[21],并且,根据1994-1998年捕捞样本的年龄结构分析,葛洲坝修建后出生的个体回归到繁殖群体的数量比例只有期望值的16.5%^[22,27].中华鲟的繁殖群体可以划分为性腺发育成熟与性腺未发育成熟两个股群,

推测前者可能是为上年度进入长江的,后者则为调查年度刚进入长江的^[1,18].根据二者的相对比例,结合捕捞数量推算,80年代初中华鲟的年补充量在1000尾左右,相应的年资源量在2000尾左右^[22].葛洲坝修建后,90年代之前的捕捞样本中,性腺发育成熟个体的比例在年际之间大致相似并接近50%,1991-1998年的捕捞样本中,性腺发育成熟个体的比例则逐年上升,平均达86.52%^[17].此外,90年代前,繁殖群体的雌雄性比接近1:1^[1,20,21,24],90年代以后,雄鱼的比例则逐年下降^[17].这些都反映了90年代以来中华鲟繁殖群体的数量在逐年减少^[22].

2.3 产卵场和产卵量

80年代前、中期,根据底层鱼类吞食中华鲟卵的资料推测,在葛洲坝下,中华鲟的产卵场分布在葛洲坝向下延伸约15km的范围^[2,28].Kynard等采用超声跟踪的方法,研究了中华鲟亲鱼在产卵期间的活动情况,并判断中华鲟的产卵场可能局限在葛洲坝坝下至庙嘴之间约3km江段的范围内^[29].胡德高等采用标记放流估算出中华鲟产卵场水域底层鱼类的数量,并根据每尾底层鱼类对中华鲟卵的平均摄食量,推算了1983-1984年间中华鲟的产卵量,认为其繁殖规模很小^[14,30].但是,常剑波根据葛洲坝修建后获得的10余年累计60余天的监测资料,对底层鱼类吞食中华鲟卵的数量变动趋势进行了较为深入的分析,指出胡德高等的推算结果可能偏小,并推算出不同年份,在一次繁殖活动中,产卵的雌鱼数量可能在13-64尾之间,平均38尾,对应的产卵量为857.4-4148.5万粒,平均2441.1万粒^[22].

在一个繁殖季节中,葛洲坝下中华鲟的群体产卵活动可以有1-3次,但以1次占多数^[16].过去认为,产卵场的水文要素的变化可能是刺激产卵的外界因素^[1],Wei等、余志堂等和Deng等对葛洲坝修建后,中华鲟产卵期间的水文状况进行了记录和描述,也认为水文条件对其产卵有一定的刺激作用,但没有确定中华鲟产卵时对水文条件的严格需求范围^[2,21,28].常剑波对葛洲坝修建后获得的数据进行了统计分析,发现中华鲟的产卵行为对产卵场的水位涨落、江水流速和含沙量等条件没有严格的选择性^[16],说明葛洲坝下产卵场的水文条件是能满足中华鲟繁殖活动需要的.

1.4 受精卵的存活率和幼鱼的资源状况

中华鲟卵产出后,需要粘附在河床的石块上发育约5-7d才能孵化出鱼苗.这一时期由于遭受底层鱼类捕食,是死亡率最高的时期.胡德高等认为:由于敌害鱼类的密度高,中华鲟的产卵量相对较少,产卵时间和地点又过于集中,天然产出的中华鲟卵几乎被捕食殆尽^[15,28].常剑波通过对底层鱼类捕食中华鲟卵的数量变动趋势的理论分析,也得到90%以上的中华鲟卵都被敌害鱼类捕食的结论^[22].

中华鲟幼鱼入海之前,每年的5-9月在长江口的崇明岛水域集群肥育,其分布区主要在崇明岛东北部的滩涂一带^[19,31].80年代之前,幼鲟在崇明开始出现的季节为5月底至6月初^[1,18,19],1982年以后,开始出现的时间提前到4月底至5月上旬^[18,19].5至8月是中华鲟幼鱼在崇明滩涂出现较为集中的季节,其中高峰期在6月初至7月初^[19].综合中华鲟的产卵时间,以及幼鲟在崇明岛出现的时间分析,可以推断幼鲟的降河洄游不是连续进行的,可能在顺水漂流的过程中,在某些江段有一些间断的滞留、集群觅食行为^[32].

60年代,中华鲟幼鱼在崇明水域的捕获量较大.以后资源量持续下降,1982-1983年

降至历史最低点^[19]. 1983年后, 中华鲟成为中国重点保护的水生野生动物, 其幼鱼也在禁捕之列, 因此没有足够的捕捞资料对其资源量作出准确估计. 但是, 在崇明滩涂水域的插网、挑网和凤尾鱼流网作业中, 仍然时常有误捕到的中华鲟幼鱼, 其中以插网误捕的数量最多, 按 90 年代初的调查数据估算, 每年被插网误捕的中华鲟幼鱼在 5200 尾左右^[31]. 根据误捕的数据分析, 1982-1996 年, 长江口水域中华鲟幼鱼的相对数量在 1982-1989 年表现出在波动中上升的趋势, 1989-1993 年较为稳定, 1993 年以后开始呈现明显的下降, 至 1996 年又有回升的迹象^[19](内部资料).

2 物种保护措施

2.1 人工繁殖放流

早在葛洲坝修建之前, 四川省的水产科技人员已经将从长江上游捕到的中华鲟, 人工控养催产成功, 并培育出体重 10g 以上的幼鱼^[33-34], 为中华鲟人工繁殖放流奠定了技术基础. 1982 初, 葛洲坝工程局水产处(即现葛洲坝集团公司中华鲟研究所的前身)成立后, 于 1983 年与其他单位合作, 利用葛洲坝下捕获的中华鲟亲鱼人工催产获得成功, 1984 年开始进行中华鲟鱼苗的人工放流^[17, 35]. 截止 1998 年, 该所历年累计放流不同规格中华鲟鱼苗和幼鱼 63 225 800 尾, 其中体重小于 1g 的初孵鱼苗 4 258 000 尾, 体重 1-6g 的 2-3 月龄鱼苗 62 800 尾, 并且在催产率、鲟鱼卵的受精率、孵化率、出苗数、和大规格幼鱼存活数等方面的技术指标逐年提高^[36]. 但是, 1996 年之前, 不同规格的人工放流的幼鱼对长江中华鲟种群的增殖效果究竟如何, 一直没有人进行科学的评价. 常剑波通过对 1996-1998 年放流的全长在 8-10cm 的大规格幼鲟的标记回捕试验, 估算出这一规格的人工放流个体占长江口中华鲟幼鱼群体的数量比在 1.71-3.03% 之间, 可见目前中华鲟人工放流的规模尚不足以弥补自然繁殖的损失^[22].

2.2 繁殖群体保护和保护区建设

葛洲坝工程的阻隔作用使长江中游中华鲟产卵亲鱼的密度明显增加, 仅宜昌至石首江段(约 300km), 1981 年就捕捞 827 尾, 1982 年捕捞 558 尾, 而此前该江段捕捞到中华鲟的记录是很少的^[37]. 1983 年, 国家实施中华鲟亲鱼群体保护措施, 商业捕捞完全被禁止, 以后每年人工繁殖和其它有关研究工作的捕捞数量控制在 100 尾左右, 1999 年的捕捞指标减为 50 尾. 在《长江三峡水利枢纽初步设计报告(枢纽工程)(第十一篇: 环境保护)》中, 为中华鲟的物种保护规划了宜昌江段中华鲟自然繁殖保护区和长江口中华鲟幼鱼自然保护区等两个保护区. 1996 年 1 月, 湖北省政府正式批准设立长江湖北宜昌中华鲟自然保护区, 崇明岛中华鲟幼鱼自然保护区则仍然在论证之中. 1988 年, 长江渔业资源管理委员会在崇明岛的东端设立了中华鲟幼鱼的抢救放流站, 专门进行在其它渔业捕捞时误捕的中华鲟幼鱼的养护和放流工作, 对提高公众的资源保护意识和保护中华鲟幼鱼起到了一定的作用(内部资料).

3 展望

3.1 物种保护面临的不利影响

3.1.1 三峡水利枢纽的建设 葛洲坝修建前, 围绕其对中华鲟可能产生的危害, 争论的

焦点问题是:葛洲坝阻隔了中华鲟的产卵洄游通道后,是否会危及到物种的生存^[16].三峡水利枢纽在葛洲坝的上游,对中华鲟已经不存在所谓阻隔洄游之类的问题.但是,三峡水利枢纽对长江流量的调节能力远远大于葛洲坝水利枢纽.尤其在每年的10月,由于三峡水库由防洪限制水位(145m)蓄水至正常水位(175m),宜昌断面的流量将由过去多年月平均的 $18980\text{m}^3/\text{s}$ 下降到 $11090\text{m}^3/\text{s}$,减少了41.6%^[39].相应地,在葛洲坝坝下江段,10月上、中、下旬的平均水位将分别由46.51m、46.20m和45.44m下降到44.64m、43.83m和42.47m,水位下降的幅度接近2m(内部资料).由于10月份是中华鲟的产卵季节,下泄流量的减少将使产卵场的实际水面缩小,从而使中华鲟的自然繁殖规模因受环境限制而进一步缩小.此外,产卵场的面积缩小还会使人类活动对中华鲟自然繁殖的干扰加剧,也进一步增加敌害鱼类对中华鲟卵的捕食机会.

3.1.2 渔业误捕及其它 长江渔业资源管理委员会的统计显示,90年代以来,长江流域的渔业捕捞强度仍呈逐年增加的趋势(内部资料),这将增加误捕中华鲟亲鱼和幼鱼的机会.在过去的3年中,作者就接到了10余次误捕中华鲟亲鱼的报告.此外,每年用于人工繁殖和科研的捕捞量尽管只有100尾左右,但已经占去年补充量的10%^[22],1999年将捕捞指标控制在50尾,也还占了年补充量的5%.长江口水域中华鲟幼鱼遭误捕的情况如前述,90年代初仅插网一项每年就达5200尾左右.90年代后期尽管没有公布误捕中华鲟幼鱼的统计数据,但从渔业捕捞强度的增加趋势,可以推断每年的误捕数量不会少于5200尾.

除捕捞外,长江的河道渠化、洪泛区消失、江湖阻隔,一方面使中华鲟幼鱼的栖息生境减少,另一方面也使作为其饵料生物的底栖生物的资源量减少,从而导致中华鲟幼鱼的环境容纳量下降.各种工、农业,以及生活污水的排放,使长江的污染日益加剧,也严重影响到中华鲟的生存^[40].由于中华鲟繁殖群体结构复杂,初次性成熟年龄偏高,生命周期长,要遏制其资源衰退趋势并恢复其资源,在短时间内是难以完成的.

3.2 进一步的物种保护措施

3.2.1 严格控制捕捞 控制捕捞是世界各国保护鲟鱼资源的主要措施之一.前苏联鉴于过度捕捞导致里海流域鲟鱼资源的下降问题,自1940年开始,将里海流域的鲟鱼捕捞限制在流入里海的河流(如伏尔加河)中,在里海海区则禁止捕捞.1962年制订了更为严格的法律制度,并对偷猎行为进行严厉的处罚,在1977年偷猎1条鲟鱼的罚金大约为280英镑,每千克鱼籽酱的罚金为9英镑.由此禁捕令得到充分的实施,使60-70年代里海流域的鲟鱼产量得到恢复,并稳定增长^[41].

不仅如此,前苏联还对各类渔业捕捞工具的设计制订了严格的限制规定,以防止鲟鱼类的幼鱼被误捕^[42].但苏联解体后,这些法规都已经名存实亡,现在里海和前苏联许多地区很多种鲟鱼的种群资源都已经接近枯竭^[43].和前苏联一样,加拿大和美国也都有针对不同鲟鱼种类制订的非常具体的保护措施.如针对不同地域分布的大西洋鲟种群,加拿大的St. Lawrence和St. John洲,以及美国的纽约洲都制订了商业捕捞的详细限制措施,包括控制作业区网具的总数、网目大小、必须持证捕捞等等^[44,45].

过去,我国对中华鲟商业捕捞的控制繁殖群体上执行得较为严格,对幼鱼群体则较为松懈,导致了在禁捕的情况下,每年有数千尾以上的中华鲟幼鱼被捕捞致死.与其它高

寿命鱼类不同,中华鲟繁殖群体是以补充群体为主的^[20,21]。基于这一特点,可以认为对其幼鱼群体过度捕捞,比对繁殖群体的捕捞利用更容易对其种群的繁衍造成伤害。在目前自然繁殖减少,人工放流的补充又不够的情况下,要特别注意保护长江口的中华鲟幼鱼资源,以保障将来有足够数量的个体补充进入到繁殖群体中。

3.2.2 增加人工放流数量 人工繁殖放流是前苏联恢复和增长鲟鱼产量的另一个重要措施。1932年,前苏联首次取得闪光鲟人工繁殖的成功,其后逐渐推广到其它种类,并进行人工放流。自1954年起至前苏联解体前,全苏境内共建立了22座鲟、鳇鱼的人工放流站,其中有13座分布在里海流域。1955-1985年间,里海流域放流的全长7-10cm俄罗斯鲟幼鱼的数量为2100万尾/年,1986-1990年间为2000-4000万尾/年;放流相同规格欧洲鳇的数量1963-1975年为1200万尾/年^[42]。相比之下,我国进行中华鲟的人工放流以来,1984至1998年间,包括初孵鱼苗在内,放流总数只有约6322.6万尾,其中接近俄罗斯鲟放流规格的个体只有约6.3万尾^[36]。

中华鲟过去在长江上游合适的产卵水域绵延600km以上,而在葛洲坝下江段只有约15km,其繁殖的环境容纳量缩小了40倍^[1,2]。此外,按80年代初中华鲟的年补充量约1000尾、雌雄性比1:1分析,每年的产卵雌鱼可以有500尾左右,而由葛洲坝下中华鲟产卵场1次繁殖活动平均亲鱼的容纳量为38尾^[22],也可以推知其现有的繁殖规模已经不到原来的10%。以个体的平均怀卵量为64.5万粒^[2]计算,500尾中华鲟雌鱼的年产卵量约有32250万粒。按从受精卵生长成8-10cm幼鱼的成活率只有1‰估算,其数量也还有约32.3万尾。假设按完全弥补葛洲坝阻隔造成损失的要求进行人工放流,则年放流8-10cm中华鲟幼鱼的数量应有32.3万尾的90%,即约29.1万尾。由此可见,目前中华鲟的人工放流量还远远没有达到保护恢复其资源的要求,采取措施增加人工放流的数量已是当务之急。

3.2.3 保护和恢复产卵场的生态条件 鲟鱼类对产卵环境的要求是复杂而综合的。前苏联的学者在认识到产卵场的减少和消失对其资源的影响后,在有些河流进行了建立人工产卵场的尝试。有的人工产卵场是在河床底部用大石叠成较高的水底坝,在其中铺以一些较小的石块。由于石坝的夹束作用,河水的流速提高到1 m/s左右,能满足鲟鱼产卵的需要。在库班河的Fedorovsk大坝下游和伏尔加河的Volgograd大坝下游都建有类似的人工产卵场,主要为闪光鲟提供繁殖场所^[46]。此外,在加拿大魁北克省的Prairie河上也建立了一个湖鲟的人工产卵场,位于大坝的泄洪口下方。有趣的是,加拿大魁北克省的一些河流为西鲱建立的人工产卵场,更多的是被鲟鱼类用来进行繁殖活动^[47]。由于河床的底质条件对鲟鱼的繁殖非常重要的,法国还专门制订了禁止从鲟鱼产卵场上下游区域抽取沙石的规定^[48]。

中华鲟喜好在粗糙的河床底质产卵,需要有一定速度的水流,对环境条件的要求比较高,这是中华鲟在长期进化过程中产生的生态适应。在长江中下游地区,除宜昌江段外,一般很难有适合中华鲟自然繁殖的环境条件。由于该产卵场的范围有限,不能满足每年进入长江的中华鲟亲鱼繁殖的需要。因此,选择一些环境条件基本或接近符合中华鲟自然繁殖要求的水域,通过人工改造环境条件,使之达到中华鲟自然繁殖的要求,对提高中华鲟种群的自我繁衍能力,将是十分重要的。此外,葛洲坝下江段是人类活动非常密集的地区,来

往的客、货船只,渔民的捕捞作业等,都给中华鲟的自然繁殖带来干扰,使原本有限的产卵场面积的作用也不能有效发挥.因此,今后还应考虑在过去发现中华鲟产卵的水域尽量减少人类活动,如把每年的“科研”捕捞活动在时间和空间上与自然繁殖错开,保证其顺利完成自然繁殖.

3.2.4 改善肥育场的饵料环境 前苏联还在里海等地进行了通过恢复饵料生物资源、改善鲟鱼肥育场环境的方法来增加一些鲟鱼种类的产量.1939-1941年,几种无脊椎动物被引进到里海的一些河流水域.现在,环节动物的一个种 *Nereis diversicolor* 已经成为里海鲟鱼,特别是闪光鲟食物的一个重要部分.有研究报道,饵料生物被引入里海后,鲟鱼的生物量有所增加^[48].

从繁殖策略看,中华鲟是 r 对策者,其某一世代的补充量有时可能不是决定于繁殖量的大小,而是决定于环境对其容纳量的大小.长江口是中华鲟幼鱼入海前的重要聚集地和索饵场,和多数鲟鱼种类一样,其食物也以底栖动物为主^[49].长江口水域的饵料生物的资源量是否丰富,环境条件是否适宜,对中华鲟世代补充量的大小具有重要的影响.因此,对长江口的水域生态环境和饵料生物群落结构进行有利于中华鲟幼鱼生存的改造,将有助于中华鲟种群资源的恢复.

3.2.5 建立全人工繁殖种群 鲟鱼类具有很高的商业价值,它们的肉味鲜美、皮可制革、软骨可以制胶,鱼籽更是闻名遐迩的美食,被誉为“黑色黄金”.高利润的诱惑,使各种类型的偷捕、偷猎不能避免.因此,为保证遗传种质不致丧失,也为满足公众的需要,建立人工控制种群是协调物种保护和商业利用之间关系的有效手段之一.如俄罗斯鲟、高首鲟和匙吻鲟等都有全人工繁殖的种群,因而对野生种群的商业捕捞被有效地禁止.对中华鲟而言,目前的人工繁殖放流还完全依赖从长江捕捞成熟的中华鲟亲鱼,不是真正意义上的人工繁殖.如果放流幼鲟的数量不够,或大小规格不合适,或放流时间选择不当等,人工放流也达不到预期的目的,这样对产卵亲鱼的捕捞将是得不偿失的.此外,由于中华鲟生长迅速,具有较高的商业价值,也很难杜绝偷捕等事情的发生.因此,尽快开展中华鲟的淡水纯化和人工条件下生长、发育、成熟和繁殖的研究,建立中华鲟的全人工繁殖种群,将能起到降低捕捞对自然种群的压力,同时又满足商业需要的目的,对中华鲟的物种保护具有重要的意义.

3.2.6 开展天然种群的遗传多样性研究 现有的中华鲟人工繁殖放流具有一定的盲目性和随意性,表现在放流规格、数量等往往没有有效的技术手段进行严格控制,对放流效果也只是放流个体的资源增殖作用评价.国际上一些采用人工放流增殖资源的实践表明,过多的人工放流个体进入自然种群,有可能导致其遗传品质的下降.由于长江的中华鲟种群已经不可能完全靠自然繁殖维持,在全人工繁殖群体建立之前,人工放流是资源保护和增殖的主要手段,这在一定程度上可能会导致其天然种群的遗传多样性丧失.因此,今后开展中华鲟天然种群的遗传多样性的长期监测,采用微卫星 DNA 指纹探针在内的技术手段^[50],对人工放流对天然种群遗传多样性的短期和长期影响进行分析,以及时调整放流对策、制订合理的放流规格和数量,使中华鲟能够世代繁衍下去.

参 考 文 献

- [1] 四川省长江水产资源调查组. 长江鲟鱼类生物学及人工繁殖研究. 成都:四川科学技术出版社, 1988
- [2] 余志堂, 许蕴珩, 邓中舜等. 葛洲坝水利枢纽下游中华鲟繁殖生态的研究. 鱼类学论文集(第五辑), 1986, 1-14
- [3] 张世光. 中华鲟在西江的分布及产卵场调查. 动物学杂志, 1987, 22(5): 50-52
- [4] 潘炯华, 刘成汉. 长江及珠江鲟鱼形态特征的初步比较. 华南师范大学学报(自然科学版), 1986, (2): 35-39
- [5] 郭成. 抢救中华鲟. 科学实验, 1982, (2): 30-31
- [6] 张海明. 论中华鲟过坝的可能性. 淡水渔业, 1982, (5): 1-5
- [7] 潘荣和. 关于解决葛洲坝水利枢纽工程影响长江水产资源的几个问题. 中国环境科学, 1985, 1(2): 78-80
- [8] 中国科学院水生生物研究所. 关于长江葛洲坝水利枢纽救鱼对象和措施的意见. 中国水利, 1981(3), 25-29
- [9] 易伯鲁. 关于葛洲坝工程不必附建过鱼设施的意见. 水库渔业, 1982, (1): 4-9
- [10] 司马兵. 葛洲坝救鱼之争. 大自然, 1981, (3): 7-9
- [11] 谢正光. 论救护中华鲟. 淡水渔业, 1982, (4): 37-39
- [12] 余志堂, 周春生, 邓中舜等. 葛洲坝枢纽下游中华鲟自然繁殖的调查. 水库渔业, 1983, (2): 2-4
- [13] 余志堂. 水生所再次发现中华鲟自然繁殖. 水利渔业, 1985, (1): 71
- [14] 胡德高, 柯福恩, 张国良. 葛洲坝下中华鲟产卵情况初步调查及探讨. 淡水渔业, 1983, (3): 15-18
- [15] 胡德高, 柯福恩, 张国良等. 葛洲坝下中华鲟产卵场的第二次调查. 淡水渔业, 1985, (3): 22-24
- [16] 常剑波, 黄真理, 曹文宣. 葛洲坝工程救鱼问题的争论及启示. 见: 黄真理等主编: 21 世纪长江大型水利工程中的生态与环境保护, 北京: 中国环境科学出版社, 1998, 186-198
- [17] 肖慧. 葛洲坝水利枢纽与珍稀鱼类保护的实践. 见: 黄真理等主编: 21 世纪长江大型水利工程中的生态与环境保护, 北京: 中国环境科学出版社, 1998: 199-209.
- [18] 赵燕, 黄琇, 余志堂. 中华鲟幼鱼现状调查. 水利渔业, 1986, (6): 38-41
- [19] 易继舫. 长江中华鲟幼鱼资源调查. 葛洲坝水电, 1994, (1): 53-58
- [20] 邓中舜, 余志堂, 许蕴珩等. 中华鲟年龄鉴别和繁殖群体结构的研究. 水生生物学报, 1985, 10(6): 99-110
- [21] Wei Qiwei, Ke Fuen, Zhang Juiming, et al. Biology, Fisheries and Conservation of Sturgeons and paddlefish in China. *Environmental Biology of Fishes*, 1997, 48(1-4): 241-255
- [22] 常剑波. 长江中华鲟繁殖群体结构特征和数量变动趋势研究. 中国科学院水生生物研究所博士学位论文, 1999
- [23] 柯福恩, 危起伟, 张国良等. 中华鲟产卵洄游群体结构和资源量估算的研究. 淡水渔业, 1992, (4): 7-11
- [24] Deng Xing, Deng Zhonglin, Cai Mingyan. Spawning population characteristics of *Acipenser sinensis* in Yangtze river just below Gezhouba dam. In: *Acipenser*. P. Williot, Ed., Cemagref-Discova Pub., 1991, 235-242
- [25] 周春生, 许蕴珩, 邓中舜等. 长江葛洲坝水利枢纽坝下江段对中华鲟成鱼性腺的观察. 水生生物学报, 1985, 9(2): 165-169
- [26] 柯福恩, 胡德高, 张国良等. 葛洲坝下中华鲟产卵群体性腺退化的观察. 淡水渔业, 1985, (4): 38-41
- [27] 易继舫, 常剑波, 唐大明等. 长江中华鲟繁殖群体资源现状的初步研究. 水生生物学报, 1999, 23(6): 555-560
- [28] Deng Zhonglin Xu Yungan & Zhao Yan. Analysis on *Acipenser sinensis* spawning ground and spawning scales below Gezhouba dam by means of examining the digestive contents of benthic fishes, In: *Acipenser*. P. Williot, Ed., Cemagref-Discova Pub. 1991, 243-250
- [29] Kynard B, 危起伟, 柯福恩. 应用超声波遥测技术定位中华鲟产卵区. 科学通报, 1995, 40(2): 172-174
- [30] 胡德高, 柯福恩, 张国良等. 葛洲坝下中华鲟产卵场的调查研究. 淡水渔业, 1992, (5): 6-10
- [31] 施德龙, 龚志高. 长江口中华鲟幼鱼的保护. 海洋渔业, 1993, 15(2): 72-73
- [32] 庄平. 鲟科鱼类个体发育行为学及其在进化与实践上的意义. 中国科学院水生生物研究所博士学位论文, 1999
- [33] 四川省长江水产资源调查组泸州小组. 鲟鱼幼鱼培育试验. 淡水渔业, 1974, (3): 22
- [34] 四川省长江水产资源调查组. 中华鲟人工繁殖试验在四川获得成功. 水产科技情报, 1974, (10): 10
- [35] 傅朝君, 鲁大椿, 陈松林, 何裕康, 贺昌辉, 秦元祥. 葛洲坝下中华鲟人工繁殖. 淡水渔业, 1985, (1): 1-5
- [36] 肖慧, 常剑波, 刘勇. 中华鲟人工繁殖放流现状评价. 水生生物学报, 1999, 23(6): 573-577

- [37] 柯福恩, 胡德高, 张国良. 葛洲坝水利枢纽对中华鲟的影响-数量变动调查报告. 淡水渔业, 1984, (3):16-19
- [38] 易继舫, 姜华, 万建义. 中华鲟人工繁殖生物学研究. 水利渔业, 1986, (2):44-46
- [39] 中国科学院环境评价部. 长江水资源保护科学研究所. 长江三峡水利枢纽环境影响报告书(简写本), 北京: 科学出版社, 1996
- [40] 姜礼燮. 环境污染对中华鲟影响的研究. 现代渔业信息, 1996, 11(7):1-7
- [41] Williot P L' experience Soviotique en Matiere d' Exploitation des Stocks d' Esturgeons en Mer d' Azov et Mer Caspienne. CEMAGREF de bordeaux div ALA. 1978.
- [42] Barranikova I A. Review of sturgeon farming in the Soviet Union. *Journal of Ichthyology* (c), 1987, 62-71.
- [43] Khodorevskaya R P, et al., Present status of commercial stocks of sturgeons in the Caspian Sea basin. *Env. Bio. of Fish.*, 1997, 48, 209-219
- [44] Dumont P, Axelsen F, Fournier H, et al. Avis Scientifique sur le Statut de la Population d' Esturgeon Jaune dans le Systeme du Fleuve St Laurent; Quebec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la pêche, et Ministère de l' Agriculture de la chasse des pecheries et de l' alimentation du Quebec, avis scientifique 1987
- [45] Caron F, Tremblay S. Structure and management of an exploited population of Atlantic sturgeon in the St. Lawrence Estuary, Quebec, Canada. *J. Appl. Ichthyol.*, 1999, 15, 153-156
- [46] Vlasenko A D. Au sujet des frayeres artificielles pour les esturgeons du Kuban. *Trudy Vniro. Moskva*, 1974, CII, 3-29 (in Russian)
- [47] Provost J, Verret L, Dumont P. L' alose savoureuse au Quebec: synthese des connaissances biologiques et perspectives d' aménagement d' habitats. Rapport Manusrit Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques 1793, 1984, 86-87
- [48] Rochard E, Williot P, Castelneud G, et al. Elements de sysematique et de biologie des populations sauvages. In: Acipenser. P. Williot, Ed., Cemagref-Discova Pub., 1991, 475-508
- [49] 黄琇, 余志堂. 中华鲟幼鱼食性的研究. 长江流域资源, 生态, 环境与经济开发研究论文集, 北京: 科学出版社, 257-261
- [50] 朱滨, 常剑波, 谭细畅, 虞功亮, 吴志强, 肖从学. 湖鲟微卫星 DNA 引物应用于中华鲟亲子关系分析的初步研究. 水生生物学报, 1999, 23(6):547-554