

人与生物圈

Man and the Biosphere 双月刊 2016 · 3

Man and the Biosphere

三峡水库
生态渔业

以渔治水
野生鱼类保护为重点
生态设计
水库绿色管理之路
以史为鉴
传统渔业与现代管理对话

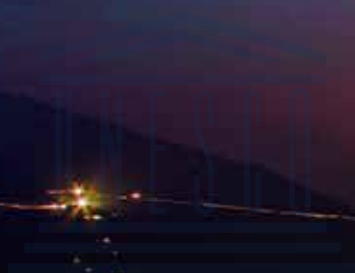
定价：16.00元
邮发代号：82-253
国际标准刊号：ISSN 1009-1661
国内统一刊号：CN11-4408/Q

ISSN 1009-1661





深圳市海云天投资控股集团
Shenzhen Seaskyland Investment Holdings Group Ltd.





发起于 1971 年的联合国教科文组织人与生物圈计划
是关于人与环境关系的全球性科学计划

海云天企业支持
人与生物圈计划在中国的实施与推广

践行生态文明 建设美丽中国

人与生物圈

《人与生物圈》杂志·1999年1月创刊
双月刊2016年第3期
总第99期

主管单位 中国科学院
主办单位 中国人与生物圈国家委员会
出版 《人与生物圈》编辑部
名誉主编 许智宏 李文华
科学顾问 赵献英 游忠惠

总编辑 王 丁
执行副总编辑 罗娅萍
副总编辑 陈向军
图片总监 郭晓涛
编辑 先义杰
校对 陆 霏 丁 枚
行政主管 马雪蓉
电脑制作 笑 韬 梁 丰
印 务 李泽琦

本期特约顾问 孙志禹 李钟杰 杨洪斌 陈永柏
本期摄影顾问 周海翔 黄正平
本期特约编辑 赵修江 叶少文 毕永红 高 欣

国际标准刊号 ISSN 1009-1661
国内统一刊号 CN 11-4408/Q
国内发行 北京报刊局
订 购 处 全国各地邮局
邮发代号 82-253
国外发行 中国国际图书贸易总公司
(北京399信箱, 100044)
国外发行代号 1383 BM

编辑部地址 北京市三里河路52号
邮政编码 100864
电 话 (010) 68597516
印 刷 北京新华印刷有限公司
出版时间 2016年6月

法律顾问单位 北京市博人律师事务所

版权声明

作者向本刊所投稿件,除有特殊声明,凡一经采用,即视同作者同意将稿件著作权中属于《著作权法》第十一条第(五)项至第(十七)项规定的权利全部转让给本刊。本刊对已采用的作品可继续无偿使用,并决定使用的方式,包括但不限于改编、汇编、展览、表演;用于光盘、互联网、手机、可移动的平板电脑以及将来可能出现之任何传播形式;并可翻译为外文或转换为繁体字及其他文字形式。本刊将一次性向作者支付稿费并视为受让上述权利的全部费用。来稿文责自负,对于抄袭或涉密,侵犯他人版权或其他权利的稿件,本刊不承担连带责任;对所投稿件,本刊编辑有权根据本刊办刊要求对其进行适当删改或调整;如作者不同意上述声明,请在来稿时向本刊书面声明,本刊将作适当处理。



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



Man and
the Biosphere
Programme

联合国教科文组织发起的人与生物圈计划,
是关于人与环境关系的全球性科学计划。



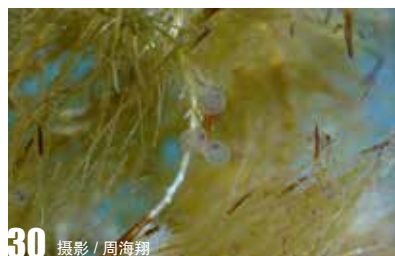
50 摄影 / 黄正平



8 摄影 / 刘应华



34 供图 / 何燕强



30 摄影 / 周海翔



6 摄影 / 黄正平



40 摄影 / 郭裕铭



36 摄影 / 周海翔



60 摄影 / 周海翔



70 摄影 / 周海翔



32 摄影 / 周海翔



76 摄影 / 武仙竹



65 摄影 / 黄正平



只为攀登
MADE TO CLIMB



发起于1971年的联合国教科文组织人与生物圈计划
是关于人与环境关系的全球性科学计划

KAILAS 品牌支持
人与生物圈计划在中国的实施与推广

践行生态文明 建设美丽中国

重庆南川的崖壁 摄影 / 赵伟

三峡水库生态渔业专辑 · 三峡水库生态渔业专辑 ·

CONTENTS

目录

6	探索三峡水库生态健康之路
8	水库生态化管理
12	三峡水库生态渔业
18	食物网
20	生态承载力
22	生态环境条件
28	育儿有方
30	人工鱼巢试验
32	四大家鱼保护
34	鱼类增殖放流
36	渔具渔法调研
40	生态库湾
42	水域牧场
46	生态渔业前进的四驱
50	生态渔业大家谈
58	中国水库渔业史
60	生态渔业须谨慎复制
65	生态渔业须尊重惯例
70	社区渔业
72	洞庭湖生态渔业
75	三峡渔业四大条件
76	三峡渔业变迁史

孙志禹 等
联合国粮食及农业组织
三峡水库生态渔业项目组
叶少文
王静雅 叶少文
汪志聪 等
张堂林
张堂林
高欣 黎明政
朱峰跃 刘绍平
廖传松 等
毕永红 等
王元元
叶少文 等
吉红 等
陈文祥
徐斌 曹振禹
徐斌 曹振禹
毕永红 等
蒋勇
武仙竹
武仙竹



封面故事



人工繁育的胭脂鱼苗。胭脂鱼是我国也是亚洲特有物种，分布于长江和闽江，在鱼类系统分类学和动物地理学研究上具有重要的科学价值。目前，胭脂鱼在闽江已近绝迹，长江种群也日趋枯竭。该物种已被列为国家二级保护野生动物。以该物种目前面临的生存环境和资源量来看，人工增殖放流可能是避免其资源进一步减少进而使资源量得以较快恢复的有效途径之一。自20世纪80年代以来，中国长江三峡集团公司中华鲟研究所等机构通过人工繁育方式，向长江放流了胭脂鱼等多种长江珍稀特有鱼类。

摄影 / 黄正平



发起于 1971 年的联合国教科文组织人与生物圈计划
是关于人与环境关系的全球性科学计划

Bestard 品牌支持
人与生物圈计划在中国的实施与推广

践行生态文明 建设美丽中国

三峡珍稀特有植物荷叶铁线蕨 摄影 / 周海翔

三峡水库生态渔业专辑 · 三峡水库生态渔业专辑 ·



探索三峡水库 生态健康之路

文 / 孙志禹^① 胡兴娥^② 杨洪斌^③

三峡工程是治理和开发长江的关键骨干工程，具有防洪、发电、航运、供水等综合效益。水库形成后，原有的河流生态系统正向水库生态系统演变，新的生态系统结构和功能正处于动态发育和调整过程中。鉴于三峡水库目前发育阶段尚处于初期，系统具有较大的可塑性，按照生态学基础理论，可以通过人为引导优化，促进三峡水库生态系统向更加稳定健康的方向发展。

生态设计是20世纪60年代在建筑学理论中提出，近年来延伸至环境保护领域的一项理念。广义上，生态设计是指运用生态学包括生物生态学、系统生态学、人类生态学和景观生态学等原理和方法，对某一尺度的景观进行规划和设计。在三峡水库中，生态设计是指运用水库生态学原理，遵循自然规律，着眼于水库生态健康，通过适当人工措施，促进三峡水库生态系统的健康发展。

生态渔业是一种重要的生态设计措施。对三峡水库而言，生态渔业就是通过对鱼类这

一关键类群的演变规律的优化，科学利用三峡水库水体饵料生物资源，有效转化水体初级生产力，引导优化生态系统的演化方向，设计和实施鱼类调控技术，从而实现水库生态效益和社会经济效益的和谐统一。因此，三峡水库生态渔业从理念设计上是一种一举三得的绿色发展模式，一是水生生态目标，保障生态系统健康；二是水环境目标，维护一库清水；三是社会经济目标，兼顾经济效益，造福一方百姓。

为实现上述目标，中国长江三峡集团公司（下称“三峡集团”）从2006年起组织有关各方进行了探索和尝试，开展了一系列科研项目和实践工作。

2006~2008年，三峡集团组织水利部中国科学院水工程生态研究所开展了三峡水库水生生物资源调查与管理对策研究，同时联合中国水产科学院长江水产研究所等单位承担了科技部“十一五”科技支撑重点项目“三峡水库生态渔业开发技术研究”。2008~2009年，三峡集团组织中国科学院水生生物研究所开展

当前和今后相当长一个时期，要把修复长江生态环境摆在压倒性位置，共抓大保护，不搞大开发。要把实施重大生态修复工程作为推动长江经济带发展项目的优先选项。

摘自中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平2016年1月5日在重庆市召开的推动长江经济带发展座谈会上的讲话



摄影 / 黄正平

了“生物操纵技术控制三峡水库藻类水华的试验研究”。上述研究针对三峡水库蓄水后水面资源的合理利用、生态环境保护、库区移民致富和产业发展等重大技术需求进行了深入探索，取得了一批成果。

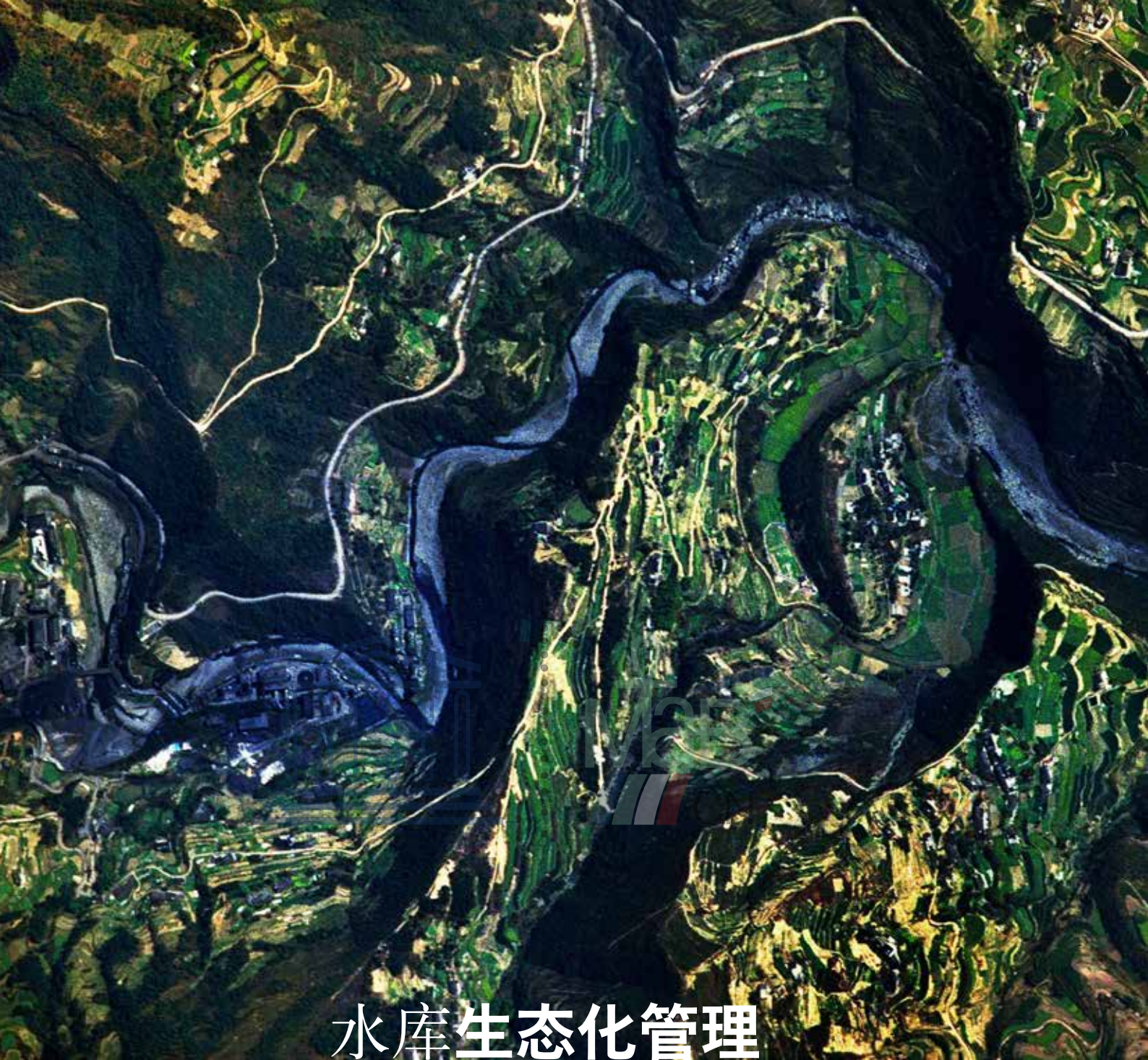
2011年起，在已有工作基础上，三峡集团同时启动了两个项目，一项侧重理论技术研究，一项侧重实践探索，两者相互支撑配合，前者为后者提供技术支撑，后者为前者提供技术示范。理论技术攻关项目由三峡集团组织中国科学院水生生物研究所等单位开展。2011年，技术攻关项目启动，5年来，研究团队围绕鱼类自然增殖、人工增殖、库湾控藻和渔业调控、社区管理和生态渔业发展规划等方面开展研究，并开展试点示范工程。通过研究和探索，目前已基本摸清三峡水库的水生态、水环境和渔业发展基本情况，剖析了三峡水库生态渔业发展需要解决的问题，提出了涵盖保护、生产、管理和规划四方面的技术，建立了生态渔业发展理论和技术方法体系。

实践项目由三峡集团联合重庆市政府相关部门联合实施，以大宁河为重点区域，兼顾巴南、涪陵和万州三区，连续三年实施增殖放流，广泛开展水生生物资源养护和生态环境保护宣传，并举办渔民技能培训。根据专业技

术团队的跟踪监测，大宁河增殖放流取得了较好的生态效益和社会经济效益，对大宁河水环境、水生生态系统以及渔民增收均产生了良好的促进作用。在三峡和葛洲坝之间的水域，三峡集团也与湖北省政府相关部门联合，自2010年起开展了类似实践合作，连续三年实施水库经济鱼类大水面资源增殖和相关效果的监测评估，效果良好。

三峡水库生态渔业是一项具有重大现实意义的探索性实践工作，但三峡水库生态渔业毕竟是一项新的实践，水生生态系统又高度复杂，对不同的生态条件都可能有不同的响应，需要深入而审慎的探讨、研究和实践。我们一方面需要对水库生态系统进行调查研究，另一方面要重视相关关键技术研究 and 示范，它们是生态渔业的理论支撑和实践示范，更是提出规划方案的根本依据。客观地说，三峡水库生态系统健康管理之路还任重道远，但不可否认的是，目前有关研究和实践已展现出了乐观的前景。未来，在国家“五大发展理念”的引领下，此项工作必将持续推进，三峡集团也将不遗余力继续加强该领域的科技研发和实践活动，努力推动三峡水库的绿色健康发展。

本文作者系 ①中国长江三峡集团公司科技与环境保护部主任 中国人与生物圈国家委员会委员 ②中国长江三峡集团公司三峡枢纽建设运行管理局副局长 ③中国长江三峡集团公司科技与环境保护部副主任



水库生态化管理

文 / 联合国粮食及农业组织 图 / 刘应华

包括水库在内的内陆渔业仍然是一个相对弱势的部分，我们需要提高它的形象和影响力，以更好地服务于数亿依赖于淡水生态系统的人们。

到21世纪中叶，地球人口预计将达到90亿。全世界在为养活这么多人口而努力的同时，也在对生物多样性、生态系统服务和多项渔业资源的不断流失深表忧虑。人口的增长以及对水资源、能源和粮食的需求，迫使我们需

要在水生资源和水生态系统开发和管理中采取一种跨部门和多学科的方式。和以往相比，我们需要对内陆水域开展更有针对性的管理。为了阐述这个问题，首先需要了解内陆水域的价值及其面临的问题。



8000米高空鸟瞰西陵峡附近的长江支流

内陆水域（包括水库）的价值体现在航运、灌溉、发电、废弃物处理和市政供水等方面。实际上，它们更大的价值体现在维持多样的生态系统服务功能，例如生物多样性保护、水文循环调控、防洪、营养物质循环、碳固定、沿岸社区发展和文化娱乐等方面。从全球的角度看，这些生态系统服务功能的价值估计约4.9万亿美元。

具体到某些水域，由于难以估算当地水生

生态系统的这些非直观的服务功能，况且它们也无法形成直接的经济效益，因此当决策者在制订相关的工农业、城市发展及水利工程规划时，往往对这些服务功能轻描淡写，大大低估了水生生态系统的价值。这种单纯为了谋求经济发展而开发利用水资源的行为是很危险的。目前，内陆水域已经面临着生物多样性丧失和生态系统服务功能衰退等问题。河流作为内陆水域水生生态系统的重要组成部分，目前有65%受到中高度的威胁，这将影响居住在水坝





必须将**渔业**理解为一个由**鱼类群体、生境和人**这三部分组成且发生相互作用的复合体。如果这些组成部分中有一个缺失，也就没有渔业了。

摘自联合国粮食及农业组织《大坝、鱼类和渔业：机遇、挑战与冲突解决方案》

以下沿岸社区约4.7亿人口的生活。

从水安全的角度考虑，目前世界上河流面临的主要压力来自于污染和水资源开发。为此，发达国家在政策制订、实施和基础设施建设方面投入巨资，而发展中国家就不具备这样的条件。因此，我们必须寻求一套干预性的方案，保证水资源能相对公平地分配到多个行业部门。水库可作为一个典型案例来探讨。

目前全球有数以万计的水库。在水库管理过程中，需要注意水库的各个层级、物质沉降水平、鱼道、水生植被和排放率等，这将有助于水库以及相连河流产生更高的生态以及社会经济效益。例如，在合理的时机通过生态流量调度，从大坝中倾泻而下的水流一方面发出源源不断的电力，另一方面也维持了坝下的渔业生产，特别是优良的水质有助于鱼类在特定季节进行洄游、捕食和产卵。从全局上讲，大坝管理应包括整个河流系统，通过汲取生态系统各种服务的优势，大坝可以更有效地运作并实现更多样的功能。例如，为处理罕见的洪涝事件，可将下游的洪泛区囊括到水坝的管理范围，这将使更多的水得以储存，能为洪泛区的鱼类提供适宜的栖息地。在参与机制方面，需要将涉及水环境和水生态的各利益相关者包括进来。目前，一些国际计划和流域管理机构已经建立起来，为了取得更大的成效，今后还有很多工作需要开展。

统筹人类和环境可持续发展的要义在于整合相关的各种解决方案，这可以通过四个原则实现。第一，整合发展原则，也就是同时推动社会、生态环境和经济的可持续发展并从中获得多重好处，确保脱贫与生态环境可持续发展携手共进。第二，公平原则，也就是公平地获取自然资源，获取因环境健康带来的益处，以及公平地参与相关的决策过程。第三，基于人权的原则，也就是人权的实现仰赖于环境健康。第四，复原力原则，也就是在保证我们当前的福祉不出现倒退的情形下，能抵御未来冲击，这需要仰赖自然资源和生态系统所发挥的关键作用。

如今倡导跨部门和多学科的管理方式，这正是我们在保证可持续生产、脱贫、稳定和开放市场以及管理灾害风险等新的战略目标。

本文由安庆师范学院陈敏敏博士编译自联合国粮食及农业组织2014年《世界的渔业和养殖现状：机遇和挑战》





三峡水库生态渔业

文 / 三峡水库生态渔业项目组 图 / 刘应华

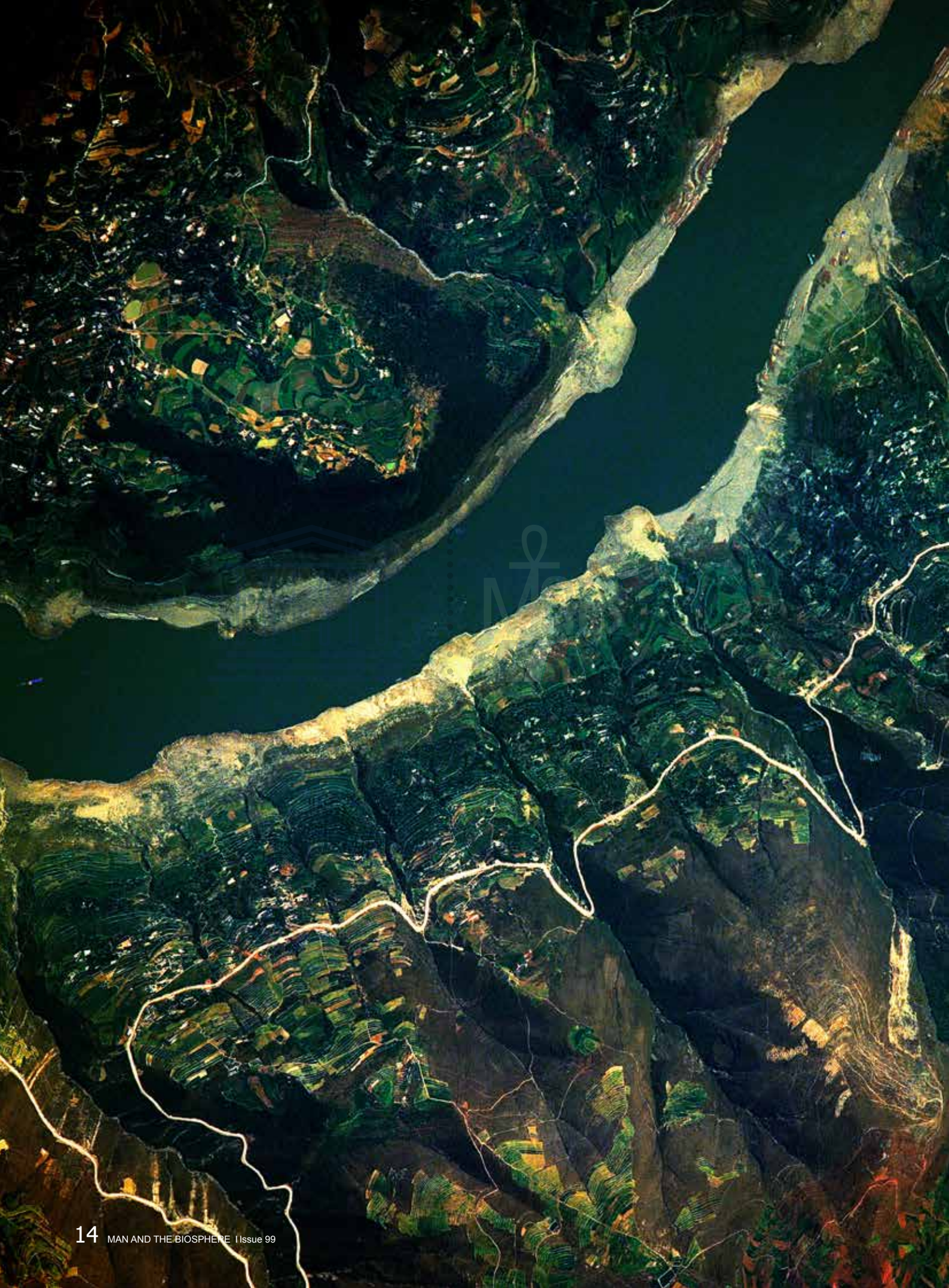
为探索三峡水库科学的生态渔业发展模式，三峡集团启动了生态渔业科研工作，中国科学院水生生物研究所受其技术委托，牵头国内有关研究机构于2012~2015年开展了具体的研究工作，以下是我们对于研究方案的一些解读和思考。

生态渔业理论

生态渔业的概念和内涵从早期的侧重渔业生产逐步发展为关注生态系统健康，其间经历了一个不断发展演化的过程。早期的渔业模式注重最大限度地利用自然资源，并使物质和能量得到再生和循环，使渔业生态环境得到良好保护，获得比常规渔业更大的经济、社会和生态效益的渔业生产体系。中国是世界上最早践行生态渔业的国家之一，约一千多年前，在当今的广东、江苏和浙江等地，人们广泛开展的“桑基养鱼”成为早期生态渔业的典范。新中国成立后一段时间，受“重捕捞、轻养殖”思想的影响，养殖渔业总体上发展极为缓慢。1989年，全国水产工作会议明确提出了加强混养和套养等可持续发展的生态渔业模式。从此，我国生态渔业逐渐发展成为以渔农（林）结合的种养型、以渔牧结合的养殖型、以渔农（林）牧（沼）结合的综合开发型以及以渔农（林）牧（沼）结合的加工复合型等四大类型。

近年来，在国家高度重视生态环保工作的形势下，生态渔业理论更加重视可持续发展原则和循环经济原则，此项工作尤以在湖泊和水库等内陆大水域中为当务之急。针对三峡水库生态渔业发展模式，我们赋予的核心内涵是：依据现代生态学原理，以生态环境的保护、改善与优化为基础，变渔业的常规发展为可持续发展，把水生态环境保护和社会经济活动紧密结合起来，兼顾眼前利益和长远利益，从而促进三峡水库水生态系统的和谐健康发展。生态渔业不仅能帮助改善三峡水库水生态健康，维持资源的生态平衡，提高生态系统的自我恢复能力和资源利用率，同时还能促进环境污染物消纳，保证水环境安全。

生态渔业是生态设计理念和技术的具体实践，其主要理论基础是食物网。作为生态学研究中的一个概念化的工具，食物网用于说明生态系统中不同的生物类群因围绕食物而产生的各种关系，该“网”由不同的“链”——食物链交织而成。作为水域食物网的主要组成部分，鱼类等水生经济动物在生态系统的能量和物质分配过程中扮演着重要角色，其种类组成和资源量的变化对水库生态系统演化有着不可替代的作用。以鱼类为主体的渔业生产可





以利用水体的有机碎屑和初级生产力，将营养物质转化成渔产品，减轻水体氮磷营养负荷；同时，鱼类作为水生态系统中的重要生物类群，可以通过营养级联效应，在水质管理和水体富营养化控制方面起到重要作用。

三项原则

我们开展的研究工作，是在掌握水库生态系统结构与功能基础上，力图通过以生态渔业为代表的生态设计手段来促进水环境和水生态健康。相关工作遵循以下三项原则：

一是将渔业资源可再生能力建设作为生态渔业的核心，在实施过程中以食物网结构和生境建设为基础，以重要土著经济水产种类的人工增殖放流为推动力，优化水生生物群落结构；

二是渔业发展服从水质保护，禁止投饵式的网箱养鱼和库汉养鱼，避免养殖次生污染，保护水生生态环境；

三是渔业资源保护与利用并举，以限量捕捞渔业为主建立优化的可持续渔业模式，发展岸基现代集约化渔业，增加移民就业。

技术体系

三峡水库生态渔业的重点在于自然保护，同时辅以人工调控手段，统筹人与自然的需求。在此思想指导下，项目组从以下四个方面开展研究：

第一，野生经济鱼类资源及其栖息地的保护，侧重自然资源增殖。三峡水库蓄水后，野生经济鱼类群落结构正处于演化过程中，需要重点研究它们在生命历程早期的环境条件、生长发育与早期资源补充过程，评估其早期资源对水库鱼类资源的贡献，据此提出早期资源保护的关键技术。此外，还需要摸清这些鱼类在环境发生巨大变化的形势下，为了适应环境并繁衍后代所采取的策略。在此基础上，可为这些重要的野生经济鱼类营造合适的产卵场等重要生境，并加强相关的保护。当然，鱼类的生长特征同样需要高度关注，结合适宜的捕捞工具和捕捞方法，我们可以探索科学的捕捞管理与种群调节技术。

第二，鱼类的人工增殖放流，侧重人工群体补充。针对三峡水库水资源及渔业资源现状，需要在水库生态系统设计理念的指导下，整合已有资料并补充相关研究，遴选合适的增殖放流类群。所谓合适，是指这些类群在水库及周边有天然分布，经人工繁殖后能实现保质保量的供应，而且有相关的保障技术。在具备这些条件的前提下，可根据生态系统的食物网模型，计算每一个层级的水生生物对营养物质和能量的消耗量，估算它们在食物网中的生态效应，然后将相关鱼类进行合理的搭配组合后放流到水体中。随后还需要对增殖放流的效果进行综合的评估，这意味着鱼类在进入水体之前要进行特殊的标记，从而做到身份的有效识别。可选择某些典型水域开展示范并逐步推广，并制定和完善适宜于三峡水库的增殖放流规划。

第三，局部水域渔业调控与有害藻类控制。由于营养盐水平和水动力学条件等原因，三峡水库的库湾和支流发生藻类水华的风险性高。例如香溪河





因藻类暴发性增殖而导致水华，因此这些水域是治理的重点。考虑到这些水域的水文和渔业资源等特点，可以借助生物操纵的手段，通过建立一定规模的试验区将水体中过多的营养物质和能量转移转化，从而实现水生态系统的结构和功能的健康稳定，水质得到改善，水生态安全得到保障。

第四，社区渔业管理。完整的可持续的生态渔业体系应该包含社区的因素，社区有义务参与水库水生态环境保护，也有权利获取相关的收益。为此，需要摸清周边社区与水库渔业经营相关的各种资源和社会服务功能的综合分配和管理模式，动员社区居民保护库区生态环境，合理利用库区资源。这需要建立长效管理机制和效益共享机制。在一些条件成熟的水域，可以开展相关的渔业投资与利益共享的综合示范区。

实施意义

三峡生态渔业的首要意义在于，它是保护水库生态环境、改善水库水质的重要手段。它运用生态学的原理和系统科学的方法，将自然增殖与人工增殖相结合，以提高水库鱼类多样性和现存量，优化渔业资源结构，有效转化水体中的营养物质及藻类等居于食物网底层的组分。生态渔业是三峡水库从河流生态系统向河道型水库生态系统转化过程中的优化措施，也是提高水体自净能力、维护生态系统健康的重要手段。

在水库现有的自然条件下，生态渔业还是保存和保护当地珍稀濒危物种资源的重要手段。长江是我国水生生物的重要种质资源库，三峡水库所在地特殊的水文和地质构造等因素使当地演化出了丰富多样的珍稀鱼类物种，如鲈鲤、胭脂鱼、岩原鲤、厚颌鲂、白甲鱼、长薄鳅、圆口铜鱼和齐口裂腹鱼。通过实施生态渔业，可以对这些物种的生境进行保护，同时扩大其种群数量。

生态渔业能进一步促进库区社会经济和产业发展需求。三峡工程的修建大大改变了当地的社会经济格局，其中之一就是移民问题。为确保库区农村移民能够“移得出、稳得住、逐步能致富”，国家决定在库区发展柑橘林果业、草食畜牧业、旅游业和渔业等四大产业，来进一步解决移民安置问题。发展三峡水库的生态渔业不仅可以科学利用水库丰富的渔业资源，形成独具特色的绿色产业区，而且可以安置和稳定一定规模的移民，维护社会稳定。

综上所述，生态渔业在调控和保护三峡水库生态环境、改善水质和促进当地社会经济发展方面具有重要的意义。鉴于三峡水库具有极为重要的国际影响力和新闻敏感度，一旦成功建立以水生态环境和水质保护为中心的生态渔业模式，将进一步强化该水库所追求的人与自然和谐发展的理念，为全国乃至全世界其他国家和地区相关实践提供借鉴。当然，生态渔业的发展同时涉及生物学、社会学和经济学等多个学科，对相关问题的科学解答还需进一步的跟踪研究，以制定科学的发展规划。

食物网

文、图 / 叶少文

食物网分析手段便于我们理解三峡水库水生生态系统内部能量和物质复杂的转移转化形式，以及它们对外部干预因素的响应，从而有助于我们设计出科学合理的生态渔业方案，确保系统运行通畅。

食物网是生态学中一个重要的理论工具，用以研究生态系统的结构和功能。初级生产者所固定的能量经食物链和食物网传递，转化为各营养层级上的生物生产力，形成了生态系统的生物资源，并对生态系统的产出、服务和动态产生影响。掌握食物网结构及能量流途径，是分析三峡水库生态系统变动的重要依据，同时也是规划水库渔业增殖放流的重要参考。通过研究，三峡水库食物网结构特点如下。

营养金字塔

根据三峡水库鱼类资源、群落结构、资源量和渔获物等的调查结果，结合鱼类的生物学和生态学特征分析，我们将水库主要鱼类划分为浮游生物食性（如鲢、鳙和银鱼）、碎屑食性（如鲴类和似鳊）、杂食偏动物食性（如鲤、贝氏鲮、蛇鮈和麦穗鱼）、杂食偏植物食性（如鲫、鳊、鳊鳊和草鱼）、次级凶猛性（如黄颡鱼属和蒙古鲌）和顶级凶猛性（如大眼鲈、鲇、翘嘴鲌）等营养共位群。通过分析它们之间及其与主要饵料生物类群（浮游植物、浮游动物、底栖动物、有机碎屑、虾类）之间的营养联系，可发现整个食物网的生物量和能量流分布格局属于典型的金字塔结构，即从低营养级向高营养级快速下降。

营养级分布

营养网络模型估算结果表明，三峡水库典型支流香溪河生态系统中鲃属鱼类的分数营养级最高，为3.642，其次为鳊和鳊等顶级捕食

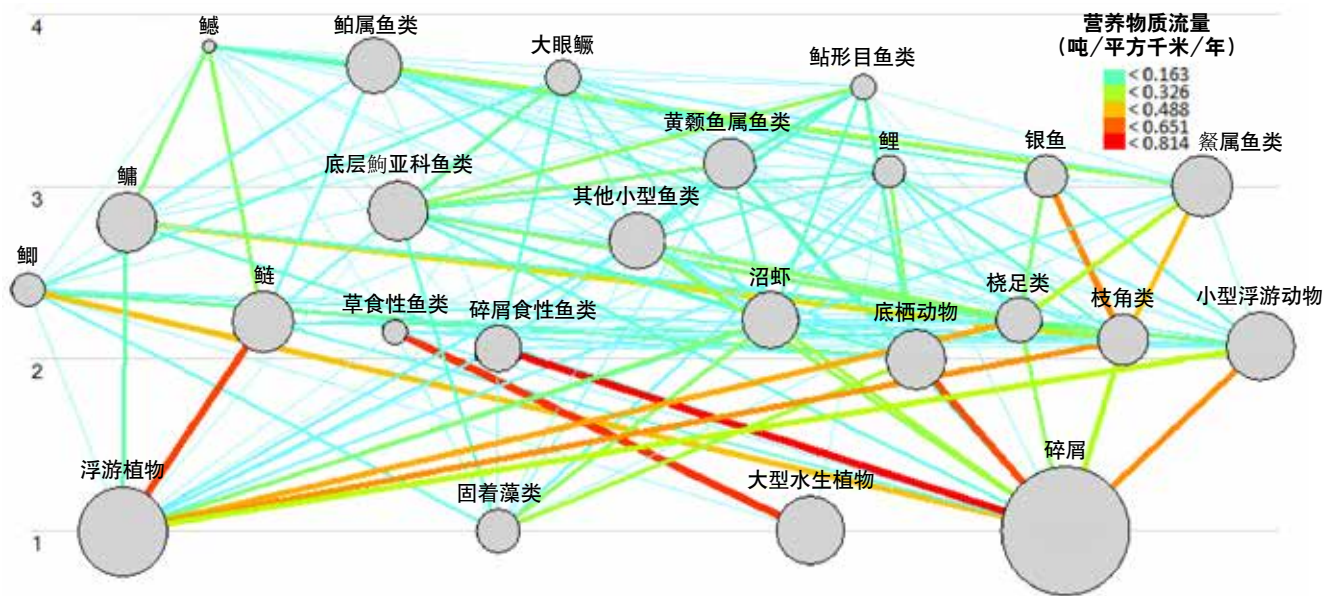
者，为3.626，鲇、黄颡鱼、鳊和银鱼略高于3，其余消费者为2~3。模型分析还表明，支流生态系统可分为6个整合营养级，初级生产者和碎屑完全占据第一营养级，植物性或杂食性消费者占据第二、三营养级，而肉食性鱼类主要占据第三、四营养级，少量地占据第五、六营养级。第一营养级的生物量和营养总流量分别占整个系统约93.5%和67.5%，第五、六营养级的生物量和总流量非常低。可见，水库生态系统中的营养物质主要在基础的四个整合营养级之间流动。

能量传递途径

根据能量来源、食物链长度和鱼类组成等要素，我们可将三峡水库食物网自底层到主要鱼类共位群的能量传递途径划分为：

第一类型，即浮游生物食性鱼类直接摄食浮游植物，或通过摄食浮游动物进而间接影响浮游植物，从而构成食物链长度为1~2的能量传递途径。在三峡水库，可以重点借助该途径来调配鲢和鳊的增殖放流，从而利用浮游生物资源。但这两种鱼类的产量及适宜比例的估算还需要考虑具体的生态学过程。

第二类型，即碎屑食性鱼类（如黄尾鲴和细鳞鲴）直接利用有机碎屑，从而构成食物链长度为1的能量传递途径。三峡水库内源性和外源性有机碎屑含量都很丰富，然而碎屑食性鱼类的现存量很有限，反映在渔获物中的比重不



香溪河水域食物网的营养物质流动情形，基本代表了三峡库湾生态系统物质流动的全过程。其中每个圆圈对应相应的功能组，共 24 个，其面积与该功能组生物量的对数值成正比。在该食物网中，大型水生植物和浮游植物这两个功能组属于初级生产者，其余有 20 个均为消费者，由此形成了由初级消费者、次级消费者和顶级消费者构成的食物网。各功能组在垂直方向的位置表示其所处营养级的高低，即分数营养级，形象

的理解就是：4 分是“虎豹”，3 分是“豺狼”，2 分是“兔子”，1 分是“青草”。在三峡水库库湾，几乎不可能存在分数大于 4 的鱼类，因此鳊是库湾中的“虎豹”。各功能组之间的连线和颜色深浅表明了营养物质在生态系统内的流动路径和流量大小。库湾生态系统营养物质的流动途径包括两种类型：牧食途径，例如浮游植物→浮游动物→上层小型鱼类→鳊类；碎屑途径，例如衰亡腐烂的大型水生植物→碎屑→其他小型鱼类→鳊。

及 2%，因此有必要通过人工放流等手段加强该营养转化途径。

第三类型，即以杂食性鱼类为顶层，浮游动物、虾类和底栖动物为中间层，浮游植物和有机碎屑为底层，从而构成食物链长度为 1~2 的能量传递途径。在三峡水库的杂食性鱼类中，有很多是经济价值低且环境适应能力强的中小型鱼类。水声学探测结果显示，这些小型鱼类尤其是杂食偏动物食性的鳊和麦穗鱼等的种群规模庞大，不利于浮游动物等次级生产者去抑制浮游植物生物量，因此它们应当是目前水库渔业控制的对象。

第四类型，即凶猛性鱼类通过捕食的方式，利用较低营养级的饵料鱼类和无脊椎动物资源，从而构成食物链长度为 2~3 的能量传递途径。水库凶猛性鱼类均为经济鱼类，受到的捕捞压力大，同时其种群易受环境变化影响，

因而需要进行自然增殖和捕捞管理，其潜在渔产力的估算主要取决于小型鱼类和虾类的生产力和利用率。

了解三峡水库食物网的结构特点后，我们能利用其开展许多工作，例如分析水生生态系统各功能组之间的营养联系，阐释能量在营养级之间的分布情形、传递途径、效率及影响因素，以及物质流动的关键或薄弱环节，认识主要生物成分间的生态位重叠状况，以及它们彼此互利或危害的程度。同时，我们还可以预测渔业管理对主要生物成分及种间关系的生态学效应，评估水库生态系统的整体功能特征，如成熟度、稳定性和渔产力等。另外，还可以估算饵料生物的生产力和渔产力，提出适宜的增殖放流物种、规格、数量和比例等建议，形成以水生生态系统优化设计与食物网调节为调控手段的三峡水库资源和环境管理策略。

本文作者系三峡水库生态渔业项目组首席秘书
中国科学院水生生物研究所副研究员

生态承载力

文 / 王静雅 叶少文

从主要饵料生物类群估算，三峡水库周年潜在渔产量约1.9万吨，每年每平方千米潜在渔产力约24.6吨。

生态承载力是指在特定时期内，某一生态系统的全部资源所能支撑的生物量的最大总和，一旦超过，将会引起生态系统的恶化。因此，三峡水库发展生态渔业必须考虑生态承载量的问题，科学计算其潜在渔产量和渔产力（实际捕捞利用应控制在该范围内）。在此有两种方法体系给予了解答。

一种是基于初级生产力估算的传统方法。根据梁彦龄等学者的计算公式，结合我们对水库初级生产力的测量结果，可推算三峡水库每年潜在渔产量约1.6万吨。在潜在渔产力方面，支流每年每平方千米约35.2吨，干流约4.4吨。根据Downing等学者的计算方法，三峡水库每年潜在渔产量约3500吨，支流潜在渔产力约6.7吨，干流约2吨。可见，根据以上两种模型估算出的渔产量和渔产力相差较大。鉴于前者是基于长江流域浅水养殖型湖泊和池塘总结的经验公式，应用到三峡水库时可能会使结果偏高，而后者由于是在欧洲的气候和自然环境下开展的研究，因此可能会对三峡水库造成低估。

另一种方法是基于主要饵料生物类群进行估算。根据我们的调查结果，同时考虑到各主要饵料生物类群的生物量和生产力的时空差异，可计算出三峡水库相关饵料生物类群周年潜在渔产量和渔产力。

浮游植物。按春、夏季水域面积推算，低水位时浮游植物周年潜在渔产量约1.7万吨；按秋、冬季水域面积推算，高水位时周年潜在渔产量约2688吨。夏季支流平均渔产力最高，每平方千米约46.9吨，秋、冬季干流最低，约1.3

吨。可见，年均潜在渔产量约9897吨，每平方千米潜在渔产力约13吨。

浮游动物。按春、夏季水域面积推算，低水位时浮游动物周年潜在渔产量约4143吨，按秋冬季水域面积推算，高水位时潜在渔产量约1864.5吨。春、夏季支流平均渔产力最高，每平方千米约9.9吨，秋、冬季干流最低，约0.5吨。可见，年均潜在渔产量约3003吨，每平方千米潜在渔产力约4吨。

底栖动物。按春、夏季水域面积推算，低水位时底栖动物周年潜在渔产量约390吨，按秋、冬季水域面积推算，高水位时潜在渔产量约376吨。春、夏季支流平均渔产力最高，每平方千米约0.8吨，秋、冬季干流最低，约0.2吨。从全年平均推算，潜在渔产量约382吨，每平方千米潜在渔产力约0.5吨。

维管束植物。三峡水库的周期性蓄水对消落带植物影响较大，可被经济鱼类利用的湿生维管束植物的分布范围很狭窄。以最高水位水面面积的10%计算，该范围内的水生维管束植物每平方米的生物量约600克，其周年潜在渔产量约52吨，每平方千米潜在渔产力约0.05吨。

有机碎屑。这是三峡水库生态系统重要的能量来源之一，其对水库食物网能量流传递的贡献率约为浮游植物的70%。在浮游植物潜在渔产量和渔产力估算基础上，按此百分比推算，有机碎屑周年潜在渔产量约5329吨，每平方千米潜在渔产力约7吨。



制图 / 测绘出版社

将以上五类饵料生物类群的相关数值相加, 可知在2012~2015年研究期间, 三峡水库周年潜在渔产量之和约1.9万吨, 每平方千米潜在渔产力之和约24.6吨。该方法主要基于低营养级饵料生物的生产力和利用率, 评价其作为食物来源对整个生态系统的渔业功能的贡献, 具有简便实用的特点, 但缺少对食物网结构以及生态学和生物学过程的考虑。

基于前文对食物网的分析结果, 为了实现这些饵料生物的转移转化, 我们提出了生态系统调控策略:

一、提高饵料生物利用率。生态营养转化效率反映的是生态系统的各功能组的生产量遭受捕食和捕捞利用的程度。我们分析发现, 经济鱼类的转化效率是0.685~0.943, 说明它们被利用的程度较高。碎屑功能组的转化效率最低, 为0.038, 可见其利用程度远远不够; 鲮和其他小型鱼类的转化效率分别为0.412和0.477, 可见其利用程度不及生产量的一半, 有开发潜力; 虾类生物量和生产量庞大, 是多数鱼类的饵料生物, 同时也是捕捞对象, 目前利用程度适中; 底栖动物的转化效率为0.858, 说明它们在蓄水后尚未完全发展起来; 浮游动物的转化效率为0.943, 说明它们所承受的牧食压力较大, 有必要对鲮种群进行抑制。

二、突破能量传递瓶颈。以支流香溪河为例, 有机碎屑作为能量来源周年每平方千米的贡献量约72.92吨, 而浮游植物为245.4吨, 说明各营养级生物的消耗量除去呼吸量、被捕捞量和被捕食(摄食)量之外, 其余部分(23.2%~32.4%)均转化为有机碎屑。由于能量从低营养级向高营养级的转化效率依次为13.1%、9.0%和15.6%, 因此反映了凶猛性鱼类对杂食性鱼类的利用率较低, 需要通过人为调节的手段使之得以适当提高。

三、充分转化利用外源营养物质。三峡水库正常运行后, 每一次蓄水都会把大量的陆生植物有机碎屑输入水库水体中, 在微生物的作用下, 它们最终进入食物网中成为经济鱼类的能量来源。同时, 三峡截流后长江上游输入的沉积物在水库显著增多, 在水库水体的顶托作用下, 大量有机物进入回水区, 也为食物网提供了潜在的能量来源。我们在小江的研究发现, 蓄水后陆生植物狗牙根和狗尾草在有机碎屑方面的贡献率比蓄水前有明显增加, 特别是对杂食性的鲫贡献了38%~54%, 对肉食性的鲇贡献了32%~50%。这表明三峡蓄水后一些陆源植物碎屑得到了一些鱼类群落的进一步利用, 未来还有提高的空间。

本文作者系中国科学院水生生物研究所科研人员

生态环境条件

文 / 汪志聪 连玉喜 王静雅 王宝强

广阔的水域,适宜的物理、营养盐及水生生物条件,为三峡水库发展生态渔业提供了良好的自然条件。

物理基础

水位。三峡水库属河道型水库。在175米水位时,水库干流总长度约663千米,平均宽度约1.1千米(较原有河道宽度增加不到1倍),平均水深约70米,水面总面积约1084平方千米,总库容约393亿立方米(占长江入海量约4%)。一般情况下,三峡水库每年1~5月在综合考虑航运、发电和水资源、水生态需求条件下逐步消落,5月25日水位不高于155米,6月10日消落至防洪限制水位145米,汛期在此水位下运行,9月开始蓄水,10月底蓄至175米,11月至次年1月维持较高水位运行。

水温。虽然三峡水库蓄水导致了水流流速减缓,但并未使水温形成大范围的稳定的分层,原因在于水库干流流量和流速都较大,上下对流、紊流和混合速度较快。水温虽然在垂直方向上有一定的温度梯度,但并没有形成温跃层,属于混合良好的水体。

流速。水库蓄水以来,河床水位抬升,水深增加,流速减缓。支流库湾水体受水库调度、上游水流和降水等的影响,水动力特性复杂。在回水淹没区,流速基本处于准静止状态,即每秒小于10厘米。根据我们2012~2013年的调查,水库平均流速为每秒19.8厘米,其中干流为每秒22.8厘米,支流为每秒7.9厘米。支流流速的减缓为藻类大量繁殖提供了水动力

条件,而干流较大的流速和较高的泥沙含量则可抑制藻类繁殖,使其处于较低密度状态。

透明度。在夏、秋季较高,而冬、春季较低。无论是蓄水前还是蓄水后,透明度均在9月达到最大值,随后开始下降,到次年2月达到最低点。和蓄水前相比,蓄水后水体透明度明显升高,表明蓄水后由于水库沉积作用的加强,水体中悬浮物较蓄水前明显减少。

溶解氧。浓度随时间变化而变化,空间上无显著性差异,适宜于鱼类生存生长。2012~2013年调查结果显示,水库溶解氧浓度在春、夏季较低,主要由于此时气温较高,而且鱼类和浮游动物行为更加活跃所致。

酸碱度。范围在7.67~8.92,属中性偏弱碱性水体。水库酸碱度在夏季较高,冬季较低,原因在于夏季浮游植物大量繁殖,消耗水中游离的二氧化碳,同时夏季的高温也导致了二氧化碳溶解度的减小。

营养物质

营养盐形态及含量分布。根据我们的调研结果,在夏季(8月),库中的忠县和库首的秭归断面的水体溶解态可反应性磷(SRP)的浓度显著高于库尾的木洞、库中的云阳和库首的巫山断面。木洞断面SRP浓度的季节变化与忠县、云阳、巫山、秭归这4个断面的变化略有差别,它在秋季达到峰值,在随后的冬、春逐渐下降,可能原因是该断面水体较浅,入库支流较少,加之冬、春降雨量不大,所以随地表



三峡水库部分藻类。对于湖泊和水库生态系统而言，初级生产者主要包括水草、藻类和自养细菌等。对于三峡水库这样的深水水体，因水草等分布范围较狭窄，导致藻类成为最主要的初级生产者。三峡水库蓄水后，藻类至少有100种，以硅藻和绿藻为主，同时藻类细胞密度明显增加。其中一些藻类的过度增殖会对水生态和水环境造成一定危害，考虑到它们是一些水生动物直接或间接的天然饵料，可通过生态渔业的手段加以调控。摄影 / 宋高飞

径流进入水库中的营养盐有限。除木洞断面，秋季SRP浓度从水库上游至下游有逐渐增高的趋势，但忠县率先出现较低值。春季SRP浓度与上述分布模式相反，上游更高。这表明蓄水后，上游的可利用磷的浓度呈现上升趋势。在整个水库，总磷在各季节的分布格局与SRP相似，也是秋、冬季在上游更高。这同样表明，蓄水后上游总磷的浓度呈上升趋势。在总氮浓度方面，各断面冬、春季的差别不大。木洞断面在夏季明显低于其他4个断面，而秋季比其他4个断面高。叶绿素a与总氮浓度之间无显著相关性。与长江中下游其他大中型湖泊如太湖、

巢湖和东湖，以及小型城市湖泊如瓦埠湖相比，三峡水库总磷浓度明显较高，而叶绿素a浓度则相对较低。

从总磷、总氮、叶绿素a、高锰酸钾指数和透明度等五项指数出发，我们选取了77个断面，评价了水库38条主要支流在水华敏感期（2013年3~10月）的水体综合营养状态。从各月情况看，水体处于富、中、贫营养状态的断面比例分别为15.6%~39.0%、58.4%~80.5%及1.3%~6.5%。其中，回水区水体处于富营养状态的断面比例为15.0%~50.0%，非回水区为

10.8%~27.0%。

水生生物

鱼类。三峡水库鱼类的物种多样性较高。我们2012~2014年的调查结果显示，木洞、万州和秭归江段有鱼类23科72属114种。其中，土著鱼类103种，隶属于16科66属，包括鲤科59种，鳅科14种，鲢科9种。在上述鱼类中，21种为长江上游特有，包括圆口铜鱼、异鳔鳅鲃、张氏鲮、厚颌鲂、岩原鲤、伦氏孟加拉鲮、宽口光唇鱼、圆筒吻鲈、长鳍吻鲈、裸腹片唇鲈、黑尾近红鲂、汪氏近红鲂、高体近红鲂、长薄鳅、小眼薄鳅、宽体沙鳅、乌江副鳅、红唇薄鳅、双斑副沙鳅、四川华吸鳅和中华金沙鳅。外来物种约9种，隶属于6科7属，包括团头鲂、短盖巨脂鲤、罗非鱼、大口黑鲈、黑鲟、斑点叉尾鲟、革胡子鲶、史氏鲟和杂交鲟。

在空间分布上，鱼类物种数从高到低依次为木洞、万州和秭归江段，其中土著鱼类依次为92种、77种和75种，特有鱼类年均调查结果

依次为15种、4种和2种，外来物种依次为5种、7种和8种。我们的调查结果还显示，三峡水库各区域的渔业捕捞方式和捕捞量有较大差异。其中木洞江段以流刺网作业为主，日均单船产量约5.1千克；万州江段以虾笼和刺网作业为主，定置刺网产量较高，约6.2千克；秭归江段以船罾和抬网作业为主，产量分别约6.7千克和6.1千克。从繁殖类型上看，木洞江段以产漂流性卵鱼类为主，日均单船产量最高约4.6千克；万州江段以产沉粘性卵鱼类为主，产量最高约3.6千克；秭归江段以产沉粘性卵和粘性卵鱼类为主，产量最高分别约2.7千克和3.6千克。“四大家鱼”在秭归江段的资源量最高，日均单船产量最高约7.8千克。

浮游植物。2003年蓄水前，水库共鉴定藻类7门66属79种，其中绿藻、硅藻和蓝藻分别约38.5%、36.4%和10.3%；蓄水后，藻类增至151种，绿藻、硅藻和蓝藻所占比例依次约55.0%、23.8%和9.9%。蓄水前和2008年三期蓄水后，干流每1升水中平均有藻类细胞约5万

三峡工程概况

链接

三峡工程是治理和开发长江的关键性骨干工程，发挥着防洪、发电、航运和供水等综合效益。它上起于重庆市巴南区，下止于湖北省宜昌市，坝址位于长江三峡西陵峡江段，库区范围涉及重庆市巫山、巫溪、奉节、云阳、万州、开县、忠县、石柱、丰都、涪陵、武隆、长寿、渝北、巴南、重庆市主城区和江津等16个县区，以及湖北省夷陵、秭归、兴山、巴东4县区。大坝轴线全长约2309米，坝顶高程185米，最大坝高181米。水库于2009年首次蓄水至正常水位175米，此时水库回水长度约663千米，水面面积达1084平方千米左右，总库容约393亿立方米，调节库容165亿立方米。三峡水

库防洪库容约221.5亿立方米。三峡水利枢纽每秒最大泄洪能力约11.6万立方米，每秒可削减的洪峰流量达2.7万~3.3万立方米。三峡工程建成后，极大地改善了长江中下游防洪条件，特别是可以将荆江河段防洪标准由不足10年一遇提高到100年一遇，可使江汉平原1500万人口和150万公顷耕地免受洪水威胁，在遭遇特大洪水时可避免发生大量人口伤亡的毁灭性灾害。三峡水电站总装机容量2250万千瓦，年最大发电能力约1000亿千瓦时，发电效益显著。三峡水库形成后，坝址上游改善航运里程约660千米，下游增加枯水季节流量和航深，改善了重庆至汉口间通航条件，同时大幅降低运输成本。

个和14万个；支流约50万个和177万个。作为水生生态系统最主要的初级生产者，浮游植物群落结构和细胞密度的改变必然会导致三峡水库浮游植物初级生产力的显著变化。由于水库水环境要素发生改变，导致浮游植物群落结构相应发生变化。

在水库木洞、忠县、云阳、巫山、秭归这5个断面，我们2012~2013年的调查结果显示，三峡水库有浮游植物8门共258种，其中绿藻门130种、硅藻门73种、蓝藻门35种、隐藻门5种、裸藻门5种、金藻门5种、甲藻门4种和黄藻门1种。浮游植物生物量在不同季节和不同断面均有较大差异。夏季的生物量最高，其次为春季，而秋、冬季生物量较低，这一方面与水温较低有关，另一方面是营养盐特别是水体中的可溶性磷经过春、夏季的消耗之后浓度降低，限制了浮游植物的生长。

浮游动物。我们在水库共鉴定出21种，其中原生动物8种，以纤毛虫为主，钟虫属为常见物种；轮虫7种，主要以疣毛轮虫、广布多肢轮虫和螺形龟甲轮虫为主；甲壳动物6种，以长额象鼻溞、透明溞和小剑水蚤为主。云阳断面的浮游动物平均密度在春、夏、秋三季中明显高于其他断面，每升最高可达15个；秭归断面与忠县断面较低，尤其是秭归在秋季达到最低，每升仅0.4个。对于秭归与巫山断面，冬季的密度仅次于春季，最低值发生在秋季；云阳断面在夏季和秋季差别不大，仅次于春季，最低值发生在冬季；忠县断面秋季的密度仅次于春季，最低值发生在夏季和冬季。

底栖动物。水库形成后，虽然底栖动物在种类组成方面与之前有所差异，但优势种类或常见种类并无明显变化，即多足摇蚊、前突摇蚊、箭蜓科、端足类的钩虾、肥满仙女虫和霍甫水丝蚓。底栖动物生物量时空变化显著，总体上看，库首和库尾断面生物量高于库中断

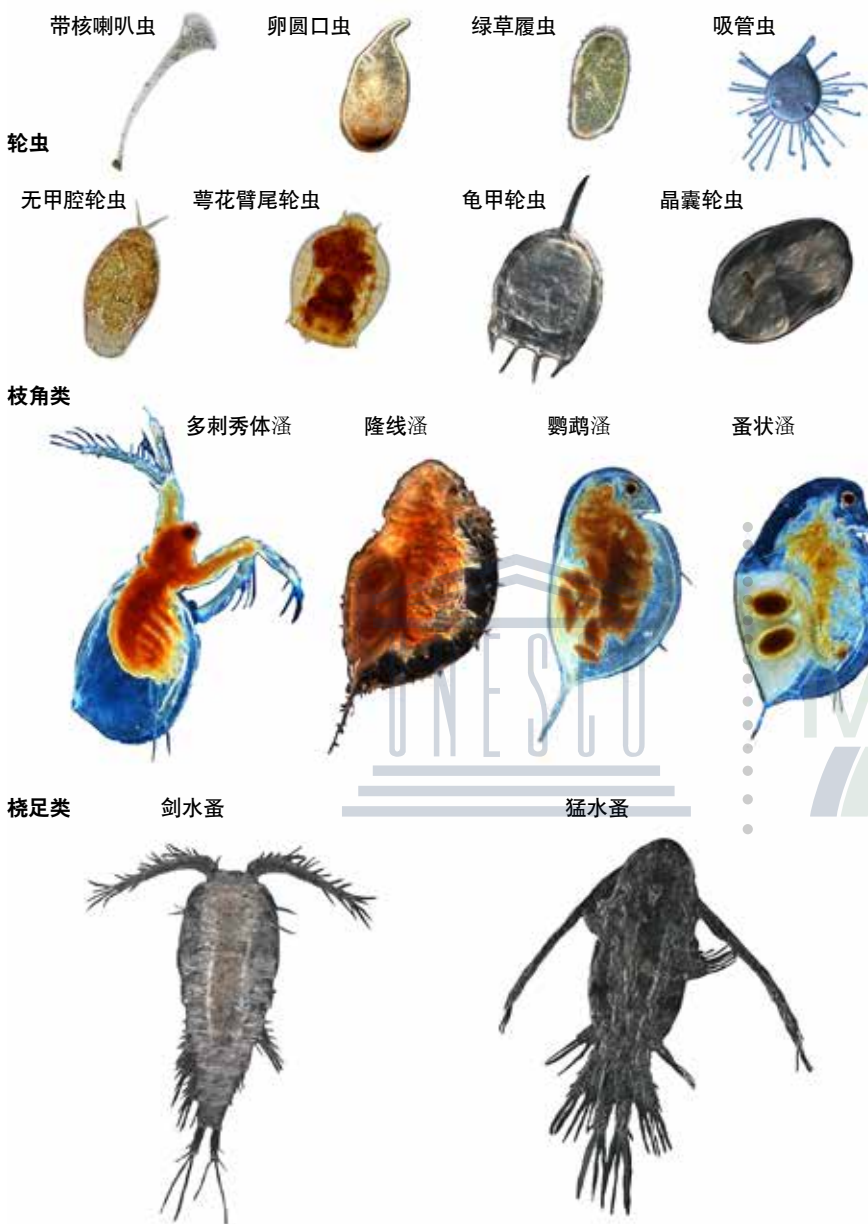
面。位于库尾的木洞最高，年均生物量为每平方米约8.7克，是其他断面的8~50倍。在季节动态上，春、秋季生物量高于夏季。秭归、巫山、云阳断面生物量在春季最高，忠县在夏季最高，木洞在秋季最高。

沼虾类。资源丰富，优势种为日本沼虾和秀丽白虾，广泛分布于水库各江段及支流、库湾。这两种虾是黄颡鱼、鲇、鳊和鮰等凶猛性鱼类的重要饵料生物，同时经济价值较高，是渔民捕捞的重要对象。我们的监测结果显示，



三峡水库部分底栖动物。底栖动物指全部或大部分时间生活于水体底部的水生动物类群，包括各种水生昆虫、水蚯蚓、螺蛳及河蚌等。它们是长江上游珍稀特有鱼类如铜鱼、圆口铜鱼和长鳍吻鲈主要的天然饵料。研究显示，目前三峡水库的底栖动物至少有40种，多数是水生昆虫和水蚯蚓，以及少量的螺类和蚌类；现存量在水深50米以内区域最高。摄影 / 王宝强

原生动物



三峡水库部分浮游动物。浮游动物是指悬浮在水层中随水流移动的动物类群，包括原生动物、轮虫、枝角类和桡足类。它们通常属于食物网的“中间环节”。在三峡水库，已知浮游动物至少有20种，主要聚集在水深70米以内的区域（尤其是50米左右）；在流速高的区域，其密度通常较低。
摄影 / 龚迎春

优势种包括一些多年或一年生草本植物，包括苍耳、狗牙根、扁穗牛鞭草、无芒稗、狗尾草、茅叶荇草、白茅、鬼针草和香附子等。水库的周期性蓄水对消落带植物影响较大，但退水季节正好是植物的生长季节，此时许多一年生植物迅速生长和繁殖，并以种子形式存活于土壤中躲避水淹的干扰。在此期间，一些植物有可能通过改变生命周期长短、调节自身营养分配来改变生命循环的某些过程。

解磷细菌。从秭归到木洞断面以无机磷细菌为主，其数量在云阳断面较高，在木洞断面较低，但不同断面间无显著差异。在这一系列断面中，无机磷细菌数量显著高于有机磷细菌，这与无机磷在总磷含量中占优势的结果相一致。

综合上述有关物理、营养和生物等自然条件，三峡水库为鱼类种质保护、资源增殖放流、支流库湾增殖等生态渔业实践提供了较好的本底基础，而借助当代生态学知识，对其中的生物和非生物要素进行组合设计，使之发挥协同增效的优势则是生态渔业的主要工作。

本文作者系中国科学院水生生物研究所
科研人员

水库不同江段虾类的日均单船产量具有显著性差异，万州江段最高，木洞次之，秭归最低。在这三个江段的地笼渔获物中，虾类比例具有一定差异，依次为：91.89%、34.46%和70.34%。

湿生植物。消落带区域植被以草本植物为主，

育儿有方

文 / 张堂林

对三峡水库鱼类产卵类型的研究，是开发有关保护技术的基础。

根据调查，三峡水库现有114种鱼类。水库蓄水后，少数不适应静水和微流水生活的鱼类向上迁移至库尾的上游江段，而适应静水环境的鱼类逐步成为水库的优势物种。这些鱼类栖息环境和摄食特征呈现多样化，繁殖产卵习性也千差万别。根据鱼类对产卵场条件的要求，可以分成以下六个产卵类型：

流水水层产卵类型。相关鱼类有30多种，以“四大家鱼”（草鱼、青鱼、鲢、鳙）最为典型。它们产出的卵受精后能在水中迅速膨胀，导致比重变小以利于漂浮。鱼卵必须在一定的流速条件下随水漂流3~4天才完成孵化和早期仔鱼发育。如果这样的河流流程太短，那么受精卵和刚孵出的鱼苗就会沉到水底，被泥沙覆盖，导致繁殖效果受到影响。

石砾底质产卵类型。相关鱼类有10多种，如白甲鱼、岩原鲤和花鲢等。每到繁殖季节，这些鱼类一般在水库支流选择具有石砾底质的缓流河段或近岸区产卵。卵具有较强的粘性，比重大于水，会下沉并粘附在石砾上孵化。

砂粒底质产卵类型。相关鱼类有鳊、大眼鳊和斑鳊等，它们选择水体溶氧量高的砂质底为产卵场所，产卵场一般位于水库干流或支流近岸的浅水区。为了避免鱼卵被冲走，产卵场的水流必须缓流或微流。这类鱼的卵无粘性或微有粘性，受精卵沉于砂质底上孵化。

水草基质产卵类型。相关鱼类有20多种，如鲤、鲫、鲂、翘嘴鲌、蒙古鲌、达氏鲌、红

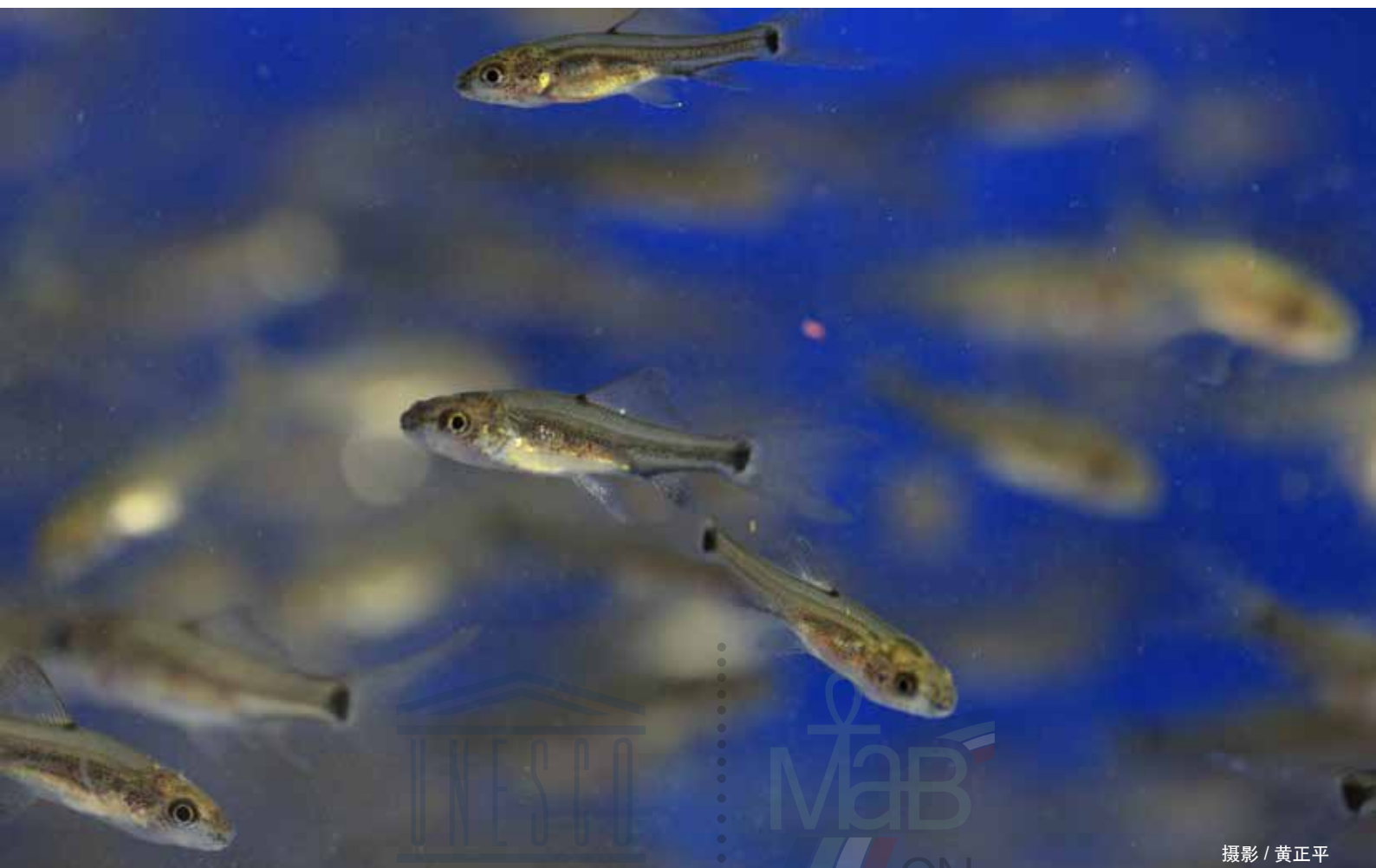
鳍原鲌以及黑尾近红鲌等。它们选择水生植物丰富的库湾或微流水生境作为产卵场，产出的卵具有较强的粘性，卵粘附在水中植物茎叶上发育，而不致脱落到底底窒息死亡。

喜贝性产卵类型。最典型的是鳊鲂鱼类，它们偏爱将蚌类作为“宝宝房”。繁殖时雌性产卵管在体外延长，把卵产在蚌的外套腔内，并与排入的精子相遇。孵出后的鱼苗需要发育到开口摄食时才离开“蚌妈妈”。鳊鲂鱼类的产卵量很低，从几十粒到几百粒不等，但由于在蚌类这个既安全又舒适的“宝宝房”里孵化，鱼苗的成活率很高。

营巢产卵类型。乌鳢是这个类型的典型代表，与鳊鲂产卵时的“廉租房”不同，它们有自建的“产权房”。产卵前，乌鳢选择水草丰富的浅水区，雌雄鱼用口摄取水草和植物碎片，共同营造漂浮的鱼巢。巢筑成后，雌鱼产卵于巢上，同时雄鱼射精与卵结合。产卵结束后，双亲守护于巢旁，保护后代免受其他生物侵害，直至孵出的鱼苗具有较强游泳能力后才离开。

综合而言，鱼类的产卵场与产卵方式、卵的性质以及对外界环境条件的要求有密切的关系。鱼类产卵需要一定的外界条件，包括水温、水流、溶氧、盐度、底质或卵的附着物等环境因素。在这些因素中，有的是构成产卵场的主要或必需的条件，有的是次要条件。

“四大家鱼”对产卵场及其外界条件的要求是非常严格的。根据以往的调查，“四大家鱼”产卵场及产卵的主要环境特征是：第一，产卵场所在的江段适宜流速为每秒33~99厘米，



摄影 / 黄正平

流速过大的江段反而不是产卵场所。第二，产卵场的江面必须具有相当面积的“泡漩水”，以满足从排精到卵粒吸水膨胀这一过程所需。

“泡漩水”由崎岖不平的复杂河床地形所引起，当下泻的底层急流被前方的礁岩阻挡时，这股水流便向上移动，使得上层水流不断向四周翻滚。第三，在繁殖季节，产卵场流速的适当提高是刺激亲鱼产卵的主要外界因素（流速每秒增加25~50厘米，都具有促进产卵的效果）。第四，水温需要达到18摄氏度以上。

近年调查发现，三峡水库库尾及其上游的干流江段存在一些产卵场。目前已查明相关产卵场有四处，分别位于普子沱至涪陵城区江段、瓦堡村至大沙坝江段、寸滩至峡口镇江段和峡口镇至江津龙井湾江段。如果我们把这些产卵场所在的江段保护好，那么将有大量的“四大家鱼”鱼苗或幼鱼进入三峡水库生长和肥育，4~5年后达到性成熟的亲鱼又上溯洄游

到库尾上游产卵，如此形成一个良性循环。所以，要加强对水库相关产卵场的保护，最大限度地发挥自然增殖对资源的补充作用。

除了“四大家鱼”以外，我们根据文献资料和近年的实地调查，基本摸清了三峡水库其他20多种重要经济鱼类的产卵场特征、产卵条件及产卵季节，这些鱼类包括鲤、鲫、铜鱼、鳊、鳊、翘嘴鲌、蒙古鲌、达氏鲌、团头鲂、赤眼鳟、岩原鲤、白甲鱼、厚颌鲂、长吻鲂、大眼鳊、黄颡鱼、圆口铜鱼、红鳍原鲌、中华倒刺鲃以及瓦氏黄颡鱼。结合对这些鱼类的生物学特征的研究，我们已经制定了针对水库的禁渔区、禁渔期、最小捕捞规格和捕捞限额等繁殖保护和资源管理的技术措施，这对三峡水库鱼类资源的补充和生态渔业的可持续发展具有重要的意义。

本文作者系中国科学院水生生物研究所研究员



筑巢引凤

人工鱼巢试验

文 / 张堂林

在三峡水库114种鱼类中，有40多种产粘性卵，对于它们而言，卵的附着基质是形成产卵场的必要条件。据调查，目前水库相对稳定的产卵场较少，虽然新的潜在的产卵场正在形成，但在短期内可能远远无法满足这些鱼类的产卵需求。因此，有必要在三峡水库的适宜水域设置人工鱼巢，以此提高产粘性卵鱼类的自然增殖水平。

用于制作人工鱼巢的材料基本上分为两类：一类是天然材料，如新鲜的茭草、菖蒲等水生植物及松树枝、柳树根、棕榈皮等陆生植物成分；另一类是人工材料，常用的是网片、

塑料片（管）、水泥制作的构件。

根据已往的调查研究，天然材料制成的鱼巢诱鱼效果较好，鱼卵附着率较高，但缺点是材料来源有限、使用寿命短、加工相对费时，不利于大规模生产，而且附着的鱼卵容易发生水霉病。人工材料制成的鱼巢尽管对产卵亲鱼的诱惑力较低，卵的附着效果也比天然材料稍低，但可以规模化加工制作，便于重复使用和存储，相对成本较低，附着的鱼卵很少发生水霉病。

我们选择了20目的聚氯乙烯网片作为制作



研究显示, 适宜的水生植物群落结构有助于增加水体含氧量, 促进营养盐循环, 增强沉积物吸附, 抑制藻类繁殖, 为水生生物提供栖息地等多重功能。摄影 / 周海翔

鱼巢的材料, 开展了相关的研究试验。由于不同形状的鱼巢在卵的附着方面可能有不同的效果, 我们设计制作了四种形状不同的网片进行试验比较, 分别为“平面型”和“人字型”。其中, 平面型有0.6米×1米以及1米×0.6米两种, 人字型有夹角为30度和60度两种。为了具有可比性, 每种鱼巢的面积都为0.6平方米。此外, 每个鱼巢的下端都装有沉子, 通过浮子和悬挂绳索的合理配置, 能够确保鱼巢不受水位涨落的影响而悬浮于特定的水层。在实际应用中, 可把单个鱼巢串联在一起形成一列, 多列形成一组, 根据需要确定每一组的鱼巢数量。

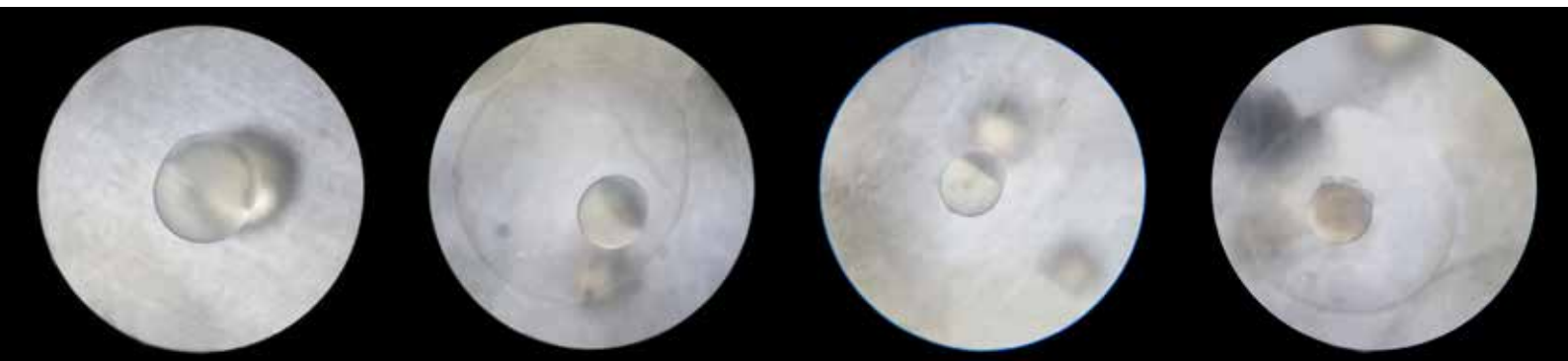
2013年5月, 我们以团头鲂为对象, 在武汉

市新洲区的一家鱼类繁殖场开展了网片鱼巢的前期试验。结果表明, 在单位面积附着卵的数量方面, 人字型鱼巢显著高于垂直安置的平面型鱼巢, 而且人字型鱼巢的斜面下端附着的鱼卵数量也多于上端。随后, 我们在湖北的牛山湖开展野外试验, 结果也表明这两种鱼巢均有鱼卵附着, 人字型鱼巢的效果更好。

2014年, 我们正式在三峡水库的高岚河口水域开展人工鱼巢试验。相比于池塘和湖泊的试验结果, 网片鱼巢在三峡水库的效果相对较差, 主要原因是: 鱼巢在水里放置后, 由于库区来水的泥沙含量较高, 网片上积累有泥沙, 降低了网片对粘性卵的附着力, 导致鱼卵在风浪的作用下容易脱落下沉。我们下一步将根据三峡水库泥沙含量较高这一特点进行适应性研究和设计。

为了扩大三峡水库鱼类的产卵和孵化场所, 湖北省水产局在2015年4月启动了三峡水库人工鱼巢建设项目, 相继在湖北境内库区的神农溪、青干河、兰陵溪等11条支流总共安置了550组人工鱼巢, 总面积约1.3万平方米, 由棕榈皮制作的鱼巢、楠竹框架、绳索、锚等组合而成。一旦水位上升, 管理人员就将挂锚的绳子放松, 而在水位下降时就把绳子收紧, 让鱼巢始终保持在水面下, 确保鱼卵正常孵化。

目前, 我们在三峡水库开展的有关人工鱼巢的工作基本上处于试验性阶段, 在鱼巢材料筛选、结构设计、组装安置、地点选择等方面还需开展深入的研究试验。一旦论证可行, 还需在水库某个支流开展中期试验, 以评估增殖效果, 规划建设规模。从当前看, 三峡水库的人工鱼巢具有不错的现实意义, 但鱼类资源补充的根本还得依赖于自然增殖, 也就是说水库能形成更多的天然产卵场。因此, 我们一方面要重视人工鱼巢的构建, 另一方面要加强水库及上游天然鱼类产卵场的保护。



家鱼有家 四大家鱼保护

文 / 高欣 黎明政 图 / 姜伟



三峡水库生态调度期间科研人员采集的“四大家鱼”受精卵。其卵膜吸水后膨胀，无粘性。受精卵经过一系列的胚胎发育过程，于受精后约30小时孵化出仔鱼。由于环境差异，“四大家鱼”早期资源组成在长江不同江段有所不同，总体而言，三峡水库及三峡大坝下以鲢和草鱼占优势，而鳙和青鱼较少，这与历史情形基本类似。

2015年，三峡集团在三峡水库开展了两次**生态调度**，期间**“四大家鱼”**产卵总量约6.74亿粒，占监测期间鱼卵产量约31.76%，鱼类**资源保护**作用明显。

摘编自《三峡集团2015年度报告》

在三峡水库生态系统逐渐走向新的动态平衡背景下，维护长江上游干流以及主要支流原有的和新形成的鱼类产卵场，加强整体的涉水活动管理，是三峡水库“四大家鱼”资源保护的要点。

“四大家鱼”是典型的江-湖洄游鱼类，必须在流水中产卵，孵出的鱼苗随水流进入通江湖泊或一些附属水体进行育肥、生长。“四大家鱼”对维护水环境和水生态健康具有十分重要的意义，例如鲢和鳙通过滤食水中的浮游生物，可以影响食物链中物质和能量的转移转化。因此，了解三峡水库及其周边水域“四大家鱼”的状况是水库发展生态渔业的一个重要内容。

自2007年开始，我们研究团队在三峡水库及其上游开展了“四大家鱼”资源的监测。结果表明，在库尾江段及水库上游江段分布有“四大家鱼”产卵场，且具有一定的繁殖规模；我们在水库的丰都和忠县江段调查时，发现有一定数量的“四大家鱼”鱼苗。在三峡水库，目前“四大家鱼”需要洄游到库尾或一些大型支流里产卵，卵和鱼苗再漂流到水库，把水库当成长大育肥的栖息地，从而完成一次完整的生活史过程，以此适应三峡水库这一新型的江-湖（水库）生态系统。值得注意的是，对于“四大家鱼”而言，三峡水库的形成相当于提供了一片广阔的栖息地，而水库惊人的深度

又大大增加了捕捞作业难度，因此对它们的休养生息有一定的好处。

当前，长江整体的“四大家鱼”资源不容乐观，自然种群显著衰退。需要注意的是，“家鱼”与农业的“家禽”“家畜”的概念有所不同，“家鱼”的亲本是野生的最好。但现有的良种场储备的野生亲本越来越少，运行维护也比较乏力。三峡水库目前既然存在着“四大家鱼”的一个天然的繁殖群体，那么将有潜力形成一个有关这些鱼类的优良的，也可能是最后的种质基地，这无论是对维持水环境和水生态健康的生态渔业还是对中国的淡水养殖产业都具有重大价值。

为了保存三峡水库野生种群的遗传多样性，应避免大量放流人工繁殖的“四大家鱼”鱼种，同时应该保持江-湖（水库）的连通性，特别是水库与周边的“长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区”之间的连通，以便加强整体管理，增加野生“四大家鱼”的资源量。

一些大型支流由于对“四大家鱼”的繁殖具有重要意义，因此同样需要确保它们与水库水体的连通性。然而，一些小水电站的建设成为了主要的威胁因素，这就需要政府部门统筹考虑，进行严格的规划和管理。

本文作者系中国科学院水生生物研究所科研人员



供图 / 何燕强

鱼类增殖放流

文 / 朱峰跃 刘绍平

大宁河近年来每年放流的鱼苗在1000万尾以上，种类包括“四大家鱼”以及地方特有鱼类如胭脂鱼和岩原鲤等。

“明天早上来看我捕到多少鱼”，渔民万师傅信心满满地向我们发出邀请。我们欣然答应，不过令我们感到更加赏心悦目的是大宁河

清澈碧绿的水。所有这些成绩，都离不开我们过去几年在此开展的增殖放流活动。

为加强三峡库区水污染防治工作，需要采取“一河一策”，加大重点支流流域综合治理，大力**实施鱼类增殖放流**，实现“**以渔净水**”。

摘编自国务院三峡工程建设委员会办公室官方网站

大宁河是三峡水库的一条主要支流，发源于重庆市巫溪县，河口距三峡大坝约120千米。这条河曾经是铜鱼和圆口铜鱼等长江上游特有鱼类的家园，鱼类资源丰富。此外，当地秀丽的风景和特殊的自然环境类似于缩微版的三峡，因此有“小三峡”的美称，每年游客众多。三峡水库的修建让周边生态环境发生了显著变化，大宁河当然也包括在内。一方面，为了改善当地的水质及水生态环境；另一方面，为了促进社区在渔业及旅游业等多方面事业的发展，中国水产科学研究院长江水产研究所等单位已经在此处开展了大量的本底调查工作，并据此制定了增殖放流规划。在三峡集团的支持下，从2011年开始，相关科研机构及政府部门连续3年在大宁河开展大规模的鱼类增殖放流活动，平均每年放流的鱼苗在1000万尾以上，种类包括“四大家鱼”以及地方特有鱼类如胭脂鱼和岩原鲤等。

回想起来，2012年夏天的那一次放流活动参加的人员很多，当时我们主要负责放流前鱼苗的标记，以及放流后的效果跟踪调查等工作。除了传统的剪掉鳍条、外挂标志物等方法，我们还采用了荧光浸泡染色的方式对鱼苗进行了大规模标记。看着大批标记好的鱼苗一条条地游到大宁河中，我们希望它们能够使这条河流更加清洁，生态系统逐渐稳定，同时增加社区的渔业产量。

一年后，我们再次来到大宁河，这次来是要见一位从小跟着父亲在此打鱼为生的渔民万师傅，我们希望能够通过他了解一下实施增殖放流以来当地百姓的心声。听说我们要来，万师傅一早就在巫山码头等候，隔着老远他就认出了我们，热情地笑着朝我们招手，和妻子一起将我们迎上自家的铁皮船。听到我们谈论大宁河开展的增殖放流，他连忙随声附和：“去

年打鱼卖的钱可比大前年多了两倍都不止！现在看来，今年不如去年多，但是也比没放流以前多出了不少！”可见，我们的增殖放流对社区的渔业产量还是有贡献的，否则，万师傅也不会像文章开头那样邀请我们看他捕鱼。

不过，我们更关心的水质和水生态环境又如何呢？根据日常水质监测结果，同时参照国家《地表水环境质量标准》，我们发现，自开展增殖放流以来，大宁河的水质一直保持在Ⅱ类水标准。可见，通过放流鲢和鳙，有效地控制了当地水华的暴发，通过放流鱼类调控水质、改善水生态环境的目的得以初步实现。而渔民的捕捞，相当于将这些固定在鱼体内的营养盐从水体中分离出来。在形成一条完整的生态链条的同时，社区也获得了渔业和旅游等收益，从而实现了人与自然的和谐双赢。

作为三峡水库的一条重要的支流，大宁河在三峡水库建成后水体生态环境发生了较大改变，尤其是下游水域，从原本的河道流水环境变成了水库缓流水或静水环境。此时，生态系统将会实现自我调整以达到新的平衡，但这种调整的方向具有随机性，其结果难以预料。为了引导大宁河的水环境和水生态走向健康之路，我们必须利用该水域当前处于生态系统调整窗口期的机会，对系统中的物种组成和结构进行人工设计，并通过增殖放流而不是完全依靠种群自我增殖的方式，辅助生态系统较快地走向新的健康稳定。增殖放流还有一个直接的作用——补充自然资源，也就是直接放流人工繁育的鱼苗，补充因过度捕捞或环境改变而导致衰退的鱼类自然种群。当然，我们在增殖放流的同时也必须制定科学合理的捕捞规划，促进鱼类群落能够在资源增殖和渔业捕捞中达到一个动态的平衡，而渔民也能增收。📌

本文作者系中国水产科学研究院长江水产研究所科研人员



鱼儿都去哪儿了 渔具渔法调研

文 / 廖传松 陈思宝 刘家寿

受非法渔具的威胁，长江鱼类资源趋于衰竭的情形近年来频频见诸报端。三峡水库形成后，非法渔业“酷捕滥捞”的形势同样严峻，对水库鱼类资源和生态系统造成了较大的压力。三峡水库蓄水后，许多农民转行成为渔民，渔船数量大幅增加，捕捞强度持续增强，对鱼类资源的可持续发展产生了重大影响。对水库不同水域渔具渔法的调研，将从管理角度指导生态渔业管理规划编制，确保生态渔业的实施效果，同时造福于当地百姓。

根据2013年至今的数十次调研，我们对水库不同区域的渔具渔法取得了较全面的了解。

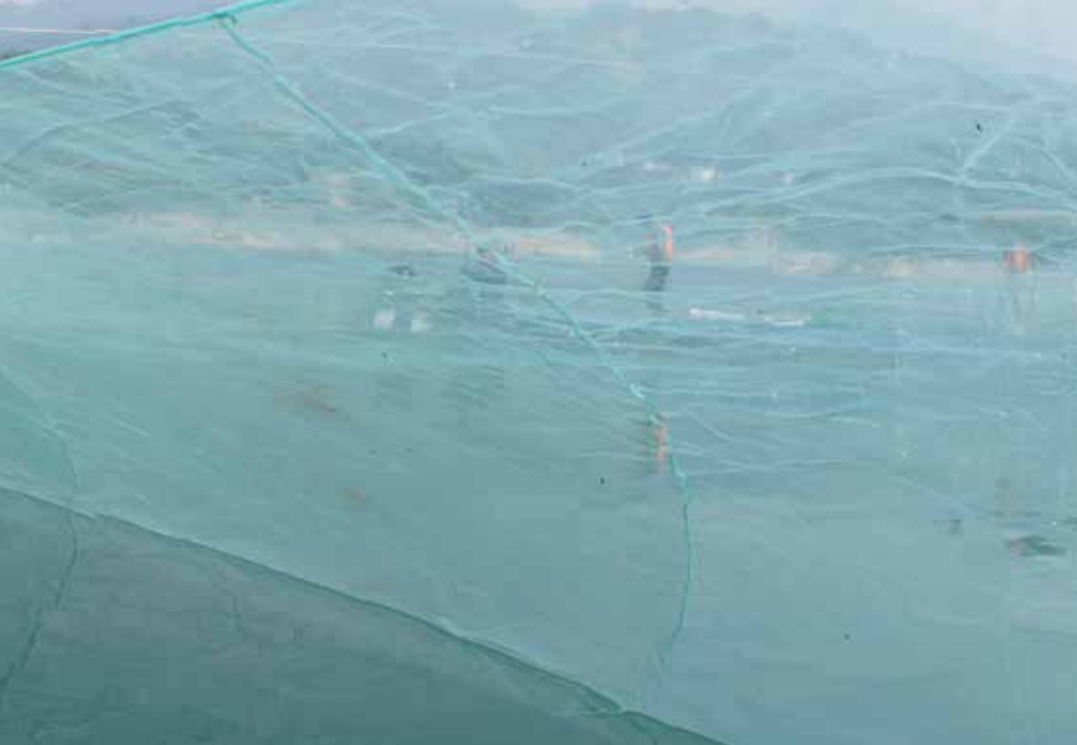
宜昌太平溪——鱼儿都被传统捕捞捕走了

我们去得最多的一个样点是宜昌市夷陵区太平溪镇。该镇有渔民二三十户，近些年由于打鱼收入不理想，有不少已转业，也有一些只在某些月份打鱼而其他月份出门务工，因此常年打鱼的也就十多家。这些渔民里年轻人不多，大多数人“渔龄”在10年以上，有几位年

近六旬的渔民甚至已经打了40多年的鱼，他们对水库鱼类资源的变化有着最为直接的感知。

我们调查发现，太平溪库区渔民所用的渔具主要有刺网、虾笼、抬网和电捕设备，其中刺网、虾笼是传统且最常见的渔具。刺网的网目多种多样，从2~12厘米不等，其中以2厘米最为常见，主要用于捕捞鲢和鳙等小杂鱼；4厘米左右网目的刺网主要用于捕捞一些中等个体的鱼类，如鲤、鲢、鳙等，是渔民收入的主要来源；而更大网目的刺网主要用于捕捞大个体的鲢、鳙，性价比高，很受渔民欢迎。

虾笼也是当地渔民常用的一种渔具，结实耐用，容易修补，价钱实惠，是普通渔民家庭的首选。虾笼，顾名思义主要用以捕捞虾类，也能捕捞黄颡鱼、底层鮠类（俗称“船钉子”）等鱼类。调查发现，一方面由于现在都普及了机动船，渔民的劳动量相对下降了不少；另一方面由于现在虾类捕捞量已大不如前，因此每户渔民经常同时放置几十条虾笼到



摄影 / 先义杰

规范渔具渔法，明确各类渔具准入标准，强化渔船携带渔具数量、长度、网目尺寸和灯光强度等的监管措施，**清理整治“绝户网”等违规渔具。**

摘自农业部2016年《关于加快推进渔业转方式调结构的指导意见》

水中，采取“轮放轮收”的方式作业。据渔民反映，近些年由于虾类捕捞量下降，为了保证收益，越来越多的渔民开始缩小虾笼的网目，使网目越来越小，甚至不足1厘米，再加上捕捞强度的不断加大，这些都会对虾类资源造成破坏。

前些年由于银鱼的捕捞量大幅上升，太平溪出现了大量抬网（灯光诱捕网），其原理是利用银鱼的趋光性，在夜晚利用灯光引诱，黎明时分提起抬网捕捞。抬网的网眼非常小，网目仅4毫米，网片如同纱布，加上作业时间集中在5~9月，此时正处于鱼类集中产卵和仔鱼发育时期，因此渔民利用这种网能捕获大量的小鱼、幼鱼。在太平溪的一个小库湾中，我们发现了密密麻麻的抬网，数一数近20个，江面上漂浮着大量小鱼的“尸身”，场面触目惊心。很巧的是，我们在调查过程中刚好遇到一户渔民正在搭建新的抬网装置。“这已经是我家的第三个抬网了”，他说道。在和我们的交流中，有些渔民表示出对这种网具的痛恨及对

幼鱼伤亡的心痛，也有渔民据理力争：“抬网的破坏其实不如电捕大，它们的价格每个仅需8000元，而且捕捞效率高，使用年限长，所以当然流行”。

在调查过程中，我们接触了几位老渔民，由于水库蓄水导致他们的房屋被淹没，因此他们被统一安置到现在的居住点。据他们透露，他们这些渔民几乎不用电捕等破坏性大的渔具，而是使用传统的刺网。当被问及现在打鱼一年能赚多少钱时，大部分渔民说这些年打的鱼少了，但鱼的市场价格却越来越高，普通白鲢都能卖到15元一斤，收入也就没有受多大影响，每年在4~5万元左右，比起其他农户还是要好一些。这些渔民跟我们表达最多的愿望就是有关部门能控制电捕，控制无证渔船，取缔抬网，多给生活补贴等。

重庆万州——鱼儿都被机械化捕捞捕走了

溯江而上，我们来到了重庆市的万州区，这里和太平溪镇有着截然不同的情景，长江穿

城而过，两边高楼林立，车水马龙。这里的渔民大多以船为家，俗称“水上漂”。事实上他们并不总在漂，船上的生活与陆上无异，生活设施虽然简陋但一应俱全，形成了别具风格的“渔民小区”。相比于太平溪，这里的渔业呈现的趋势是：渔民年轻化，作业机械化；又由于接近城区，鱼虾价格更高，渔民收入也就水涨船高了。

当地渔民使用的渔具有刺网、虾笼、滚钩、电捕等。绝大多数渔民在一年的大部分时间都在放虾笼，成了“虾民”。如果说太平溪渔民用人力作业，那么万州的渔民则全部实现了机械化。这边虾笼的网目大小多在1.5厘米，而框架的宽度和高度则要比太平溪要大许多。

我们的调查显示，这边虾笼的单船捕获量要高于太平溪，渔民的收入相应也较高。

万州的另一种网具是流刺网，网目大多在10厘米左右。由于万州处于三峡水库的库中位置，每年5~8月是流水状态，此时渔民使用流刺网来捕获长吻鮠（俗称“肥鱼”）、鲢、圆口铜鱼（俗称“水密子”）等经济鱼类，价格高，收入有保证，例如1斤长吻鮠或铜鱼能卖到100元以上，且市场需求非常大。

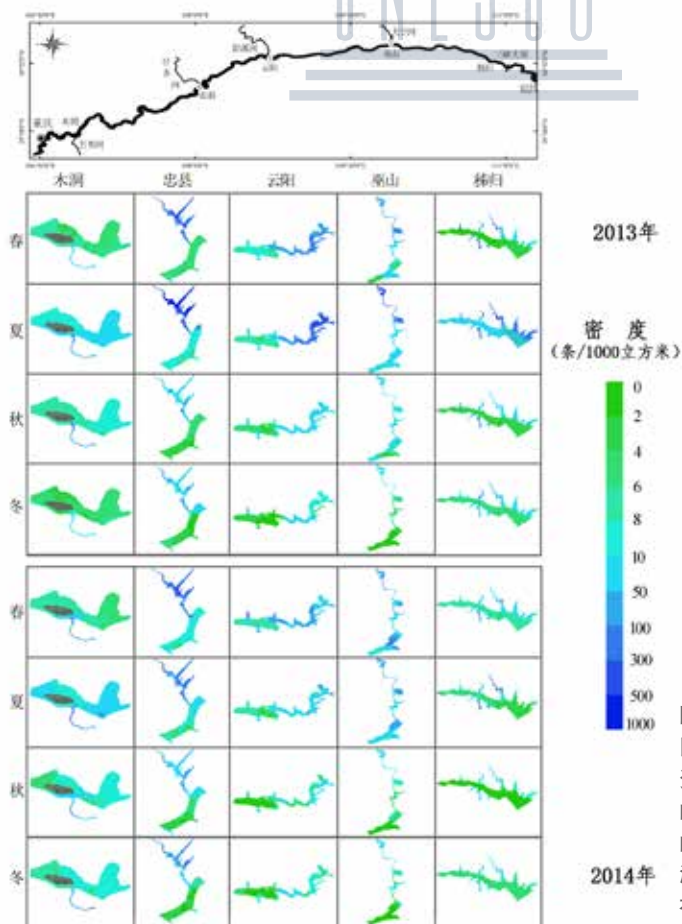
10月份之后，三峡水位开始逐步升高，水体流速降低，万州江段不再适合使用流刺网；再加上沉降作用，水体逐渐变得清澈，部分渔民在放置虾笼的同时开始使用定置刺网，网目多在12厘米左右，主要捕捞白鲢。

重庆木洞——鱼儿都被多样的渔具捕走了

继续溯江而上，便来到了我们最后的一个采样点、处于库尾的重庆市巴南区木洞镇。由于野生鱼类种类丰富，这里便成了三峡渔业资源调查的热点。这里大多是夫妻两人一块打鱼，捕捞渔具还比较传统，但渔船等设备机械化水平已经很高。

当地的渔具多种多样，除了有太平溪和万州江段的虾笼、刺网之外，还有刮刮网、滚钩、壕网等网具。木洞库区常年处于流水或微流水状态，因此有不少渔民以流刺网为主要渔具，网目大小各异，从4~12厘米不等，主要捕捞铜鱼和吻鮠。我们调查发现，目前这里的铜鱼个体普遍很小，大部分尚未达到性成熟，但

除了传统的渔获物调查方法，三峡水库生态渔业科研团队还利用现代水声学鱼探仪调查水库不同区段鱼类资源的时空分布状况，并估算其现存量，以指导资源的保护和利用。研究发现，在同一区段，支流或库湾的鱼类资源比长江干流丰富；越是接近上游，鱼类资源就越丰富。这些现象与生境的异质性、航运等因素有关。供图 / 连玉喜





摄影 / 周海翔

因为价格极高，即使很小也被捕捞，因此对这种特有鱼类的资源造成了破坏。

刮刮网是木洞江段所特有的一种渔具，它由网囊加若干网袋组成，网眼大小为1.5厘米左右，是一种底层网具，主要捕捞黄颡鱼类、鳅类、鮡类等底层鱼类。我们调查发现，这种网具对全长在5~20厘米的鱼类有较强的捕捞效果。这般大小的鱼类大多处于幼鱼阶段，可见刮刮网破坏了鱼类的种群补充过程。值得注意的是，使用这种网具的渔船在作业过程中大多都会使用电捕辅助，这对鱼类来说可谓是“雪上加霜”。在当地，我们认识了一位年过八旬、满头白发但健硕的老渔民，他有三个儿子，全都子承父业。老人家时常怀念起过去那些鱼儿活蹦乱跳的时光，而现在像铜鱼、白甲鱼、倒刺鲃等鱼类已经很难捕到。“太多人用

电捕了”，这是他经常念叨的话。这些非法渔具的使用造成了很多不良后果，例如鱼类小型化甚至消失。还有一件事情令我们印象深刻。一天清晨，我们在市场调查渔获物时遇到一尾没见过的鱼，不少年轻渔民也不认识，问到最后才从一位老渔民口中说出是“青波”，也就是中华倒刺鲃。“这种鱼近些年已经很难遇到野生的了”，这位老渔民说。

基于我们这几年的调查，可见水库的非法捕捞对鱼类资源的破坏很大，甚至具有毁灭性。为了确保水库水环境和水生态的健康，保障渔民生计，我们已经提出了具体的捕捞管控方案，例如禁捕区、禁渔期、渔具渔法、捕捞规格和限额等。但仅仅在科学方面做出努力是不够的，这需要政府相关部门的积极参与，同时得到社区的理解和支持。 

本文作者系中国科学院水生生物研究所科研人员



生态库湾

文 / 毕永红^① 刘虹桥^② 胡兴娥^③ 杨霞^③



三峡水库有上千个大小不一的库湾。由于地理条件特殊，库湾的水量交换小，形成了水体滞留区。而岸上营养盐的进入，再叠加上以前淹没区的大量营养盐的释放，就容易造成库湾水体的富营养化。库湾一度是三峡水库的水华高发区，它们也因此成为水库环境治理的重点和难点。为此，我们希望通过水库污染严重的香溪河库湾治理，为其他地方的相关工作探路。

我们首先提出了“生态库湾”的概念，在此基础上，又提出了“立体化”的治理思路。管理库湾，不仅仅是管理水，而是应当把岸上、水面、水下和底泥一起管理起来。在河岸上，要做好污染源管控，削减农业面源和居民点源污染对库湾水环境的影响。在水面上，可以种植具有经济价值的挺水植物，在水下则发展沉水植物，养殖控藻鱼类。这些植物不仅可以吸收、消纳水体中富余的营养盐，更能为鱼

类繁殖提供场所，减少因水位变化而对鱼类繁殖造成的影响，增加它们的成活率。更重要的是，这些植物如水芹菜不仅观赏性较好，更是经济价值较高的蔬菜产品，可以为当地社区居民带来增收。

无论是水面下的渔业资源还是水面上的水芹菜，都是为改善库湾水质、削减营养盐的生态目标服务的。在这样的理念和实践下，渔民不再是水库渔业资源的索取者，而是水库生态环境的保护者、维护者和受益者。社区居民与他们赖以生存的库湾生态环境将形成一种相互依存的良性互动。

当渔民成为渔业资源的所有者后，他们将自发地对渔业资源进行养护。当渔业资源的所有者和养护者的身份合二为一后，可持续发展的观念将成为社区居民共识，他们就会集结起来，抗击任何有损于其利益的行为。与此同

香溪河库湾的控藻渔业示范区 摄影 / 周海翔

时,我们应当意识到,我们在库湾发展的渔业生产活动,不是网箱养殖或者通过人工投饵施肥进行的人工饲养,而是通过改善当地生态环境,逐渐恢复渔业资源。可以说,渔业资源只是当地生态环境改善的一个副产品,我们也可以将之称作是“生态产品”。

高岚河案例

这是三峡生态渔业实践中的一个典型案例。2012~2013年,我们以香溪河中游支流高岚河为示范水域,依托长期在该水域活动的渔民,开展社区渔业的实践。高岚河在175米水位时河流长度约11千米,145米水位时河流长度约8千米,河流最宽处约420米,最窄处约260米,属于鱼类饵料资源较丰富、水华暴发较频繁的水域。该水域从事渔业捕捞的渔民有6户,人员12人,船舶10艘,均为小型渔船,都持有捕捞许可证。这些人员分别来自秭归、兴山、来凤、巴东等地,尽管并不都是本辖区的居民,但均在该水域捕捞作业2年以上。我们在高岚河口使用拦网拦截出一块试验水域,上述渔民全部成为渔业社区的成员。他们遵守共同的捕捞约定开展具体的渔业工作,同时,接受社区的安排参与渔业资源养护和生态保护工作。依据各自在资源养护中付出的劳动,他们会获取一定的劳务费和补贴。

经过2年的运行,该水域生态环境有了显著改善,水华暴发的严峻态势受到遏制,试运行期间仅暴发1次持续时间5天的小规模硅藻水华,水体透明度最大达到5.9米,水体营养状况综合指数显示该水域为中营养水平。在经济收益方面,6户渔民的年平均收入较之前增加了2.1万元左右,增加的收入来自资源养护的劳动所得以及捕捞量的增加。在社会效益方面,由于有效规范了渔民的捕捞作业,因此减少了彼此间的冲突,促进了渔民内部的和谐。

此外,社区渔业的运行极大地提高了渔民从事渔业资源养护的积极性。相关资源养护设

施的构建,使得渔民认识到保护资源的行为有助于渔业资源量的稳定和提高,可确保他们的收益,从而进一步刺激和调动了他们参与资源养护的积极性和主动性。渔民除了积极参与相关工作,还会结合自身对资源养护的理解提出创造性的意见。例如,一位渔民针对人工鱼巢构建的情况,提出了直接用绳索捆绑水草定植于特定水域的方法,这不仅可以达到与人工鱼巢同样的资源养护效果,而且大幅度降低了构建成本,在实际工作中发挥了良好的作用。

随着香溪河试点的逐步推进并取得了一定的成果,相关的影响也开始扩大。在千里之外的内蒙古,地方官员已经向我们发出邀请,请我们为乌梁素海的治理提供科学有效的建议。

政府的角色

我们的社区渔业目前已经展现了良好的前景,但由于还处于初期发展阶段,其中还存在一些问题需要解决,例如:没有引入政府参与的渔业社区受到诸多的干扰和破坏,试验水域多次遭遇炸鱼和偷盗,恶劣的外部环境影响了渔业最终的效益;资金投入的不足导致资源养护工作难以按照既定方案实施;组织结构的不完善影响了渔业社区各项工作的推进。

我们希望,三峡社区居民能够制定出可持续的渔业捕捞目标,探讨通过许可证制度或捕捞限额来约束捕捞量的方法,通过总量控制,适度、有限地获取渔业资源,预防渔业资源的下降。同时,我们也要重视当地政府的作用,在政府的主导下,渔业发展可享受较好的外部环境。政府的引导,也将大大提升居民的积极性。作为科研工作者,我们也将积极参与,提供相应的技术支持。我们在香溪河的示范工程,将有助于为政府提供治理库湾的思路。综合起来,我们希望未来能发展出由政府主导、社区居民参与、科学工作者辅助、私营企业或合作社为主体的社区渔业共同体。

本文作者系①中国科学院水生生物研究所研究员②特约记者
③中国长江三峡集团公司三峡枢纽建设运行管理局工程师

水域牧场

文 / 王元元

一月的山城虽没有北方的刺骨之寒，却也透着几分凉意。初晨，天色微亮，老汤和同事们便麻利地穿好衣服准备出船。今天是捕鱼的日子，作为一个生长在长江岸边的老渔民，这对他来说是件大事，兴奋之情溢于言表。带齐所有的装备，老汤和同事们便驾着渔船向预定的捕鱼水域出发。渔船缓慢地前进着，河面上薄雾笼罩，山间不时传来鸡鸣声，老汤裹紧身上的衣物，用浓重的川音和同事们开着玩笑。半个小时后，渔船停泊在指定水域，开始捕鱼作业。利用传统的围网方式，渔民们将鱼赶至一个狭小的固定水域，然后将鱼捕至带有水槽的渔船中，最后过秤后装车运走。三个小时后，产自这片水域的几千斤鲜鱼便会经由蜿蜒的山路运输至重庆城区的各个市场，在喧闹的清晨被抢购一空。

“现在基本上是供不应求。”重庆市三峡生态渔业发展有限公司（三峡渔业公司）副总经理任旺说。该公司是重庆市为发展生态渔业专门成立的，由国有的重庆市农投集团控股。这些鱼被统称为“三峡鱼”，因完全生态化的养殖备受消费者认可。如今，“三峡鱼”不仅成为重庆的一张名片，更成为三峡库区将生态效益与经济效益充分结合起来综合开发的一个典型，而它所代表的生态渔业“忠县模式”也逐渐受到关注。

自然生长的鱼

长江流域是我国最为集中的淡水渔业区域，但一些不合理的渔业利用方式对水体的健康产生了不同程度的威胁。三峡大坝建成后，为了确保水库水环境和水生态安全，其中的水面利用受到严格限制。由于传统的网箱养殖会

污染水体，因此在三峡水库被取缔，使得渔业发展受到一定限制。与此同时，三峡水库的形成却为渔业养殖提供了更广阔的水域，尤其是水库蓄水175米后，形成了一个面积约1084平方千米的巨型峡谷河道型水库，为大规模生态渔业发展提供了可能。单以忠县为例，三峡水库形成的水域面积就达6.8万亩以上。“如此大面积的水域该如何保护和利用是个大问题。”西南大学水产系教授郑曙明说，很多管理者都在思考和探索如何用活这些水域，重庆方面也不甘落后。

早在2009年，重庆市政府就明确要求加快发展天然生态渔业，把天然生态养殖作为全市推广的主要渔业生产模式和政府支持的重点，每年对重庆市境内长江等重点江河实施鱼类增殖放流，保护水域生态平衡，增加鱼类资源储量。2010年8月，重庆市政府出台《关于加快推进三峡库区天然生态渔场建设的意见》，将建设三峡水库天然生态渔场正式列入政府规划，并称此举旨在改善三峡水库水质、增加优质安全水产品市场供给、培育库区主导产业、促进农民就业增收。

为落实天然生态渔场的建设任务，重庆市政府指定新成立的三峡渔业公司负责该项目，在长江适宜发展渔业的区域先行先试。随后，三峡渔业公司经过审慎的调研，将试点区域确定在忠县境内并不具备通航能力的甘井河与龙滩河两处水域，划出约3万亩水面实施生态渔业项目。

该项目的官方名称叫“水域牧场”。按照任旺的说法，水域牧场就是不施加显著的人工

干预的自然牧场，“只是这个牧场里不是养牛羊，而是养鱼”。“水域牧场建设的初衷就是在完全尊重水体原有生态环境的情况下发展渔业。”为三峡渔业公司提供技术指导的郑曙明说，该项目的核心是完全不同于传统人工养殖的生态养殖。也正因此，生态渔业在发展之初便确立了“三不”原则，即在养殖过程中“不投饲料、不投肥料、不投鱼药”，让鱼在完全自然的环境下生长。“即使鱼儿长得比较慢，也要保证它的生态性。”郑曙明说。

同时，为了给鱼儿提供一个完全达标的水域环境，三峡渔业公司还与当地环保部门合作在养殖区域设置了水质检测装置，实时掌握水质环境变化情况。不过，就过去几年的检测结

果来看，整个养殖区域的水环境都是达标的，稳定保持在国家Ⅱ类水质标准。“我们采取的是最为简单的以水养鱼，以鱼养水的放牧式作业。”任旺说，生态渔业的本质是减少鱼儿生长环节的人为干预，让鱼儿在适宜的环境中，以原有的方式自然生长。

游不走的鱼

看似简单的生态养殖其实有颇多学问，比如如何选择鱼种。在以往的网箱养鱼模式下，鱼的生长区域小且固定，导致其对环境的感知和反应能力也较弱，但在生态养殖模式下，鱼儿生长的区域范围大，且可自由游动，对于环境的要求也就很高。“不是所有的鱼都能生态养殖，我们需要找到最合适的鱼种。”任旺说，鱼种的选择除了要考虑水域环境的双向适应问题，还需考虑养成后的市场销路问题，“有些鱼适合生态养殖，但养出来之后没人买也不行”。在郑曙明的建议下，三峡渔业公司最终确定了以鲢和鳙作为主要的养殖品种，“这两种鱼不仅对于生态环境的适应性强，还是人们最喜欢吃的鱼种。”任旺说。

鲢和鳙均属适合人工养殖的淡水鱼类，也同属中国“四大家鱼”之列，多生长在淡水湖泊、河流、水库、池塘里，且多分布于水的中上层。不同的是，鲢属于典型的滤食性鱼类，主要以浮游植物为食；而鳙主要吃轮虫、枝角类、桡足类等浮游动物。郑曙明说，除了上述两种主要鱼类，水域牧场中还放养了包括黄颡鱼、大口鲶在内的长江土著鱼类，这样的多鱼种搭配不仅能改善水域的自然环境，也更能达到一定的经济效益。

根据郑曙明团队的统计，2014年，忠县两个水域牧场的鱼产量已经达到400吨，总收入达800多万元。其中，甘井河水域年产鲢约60吨，



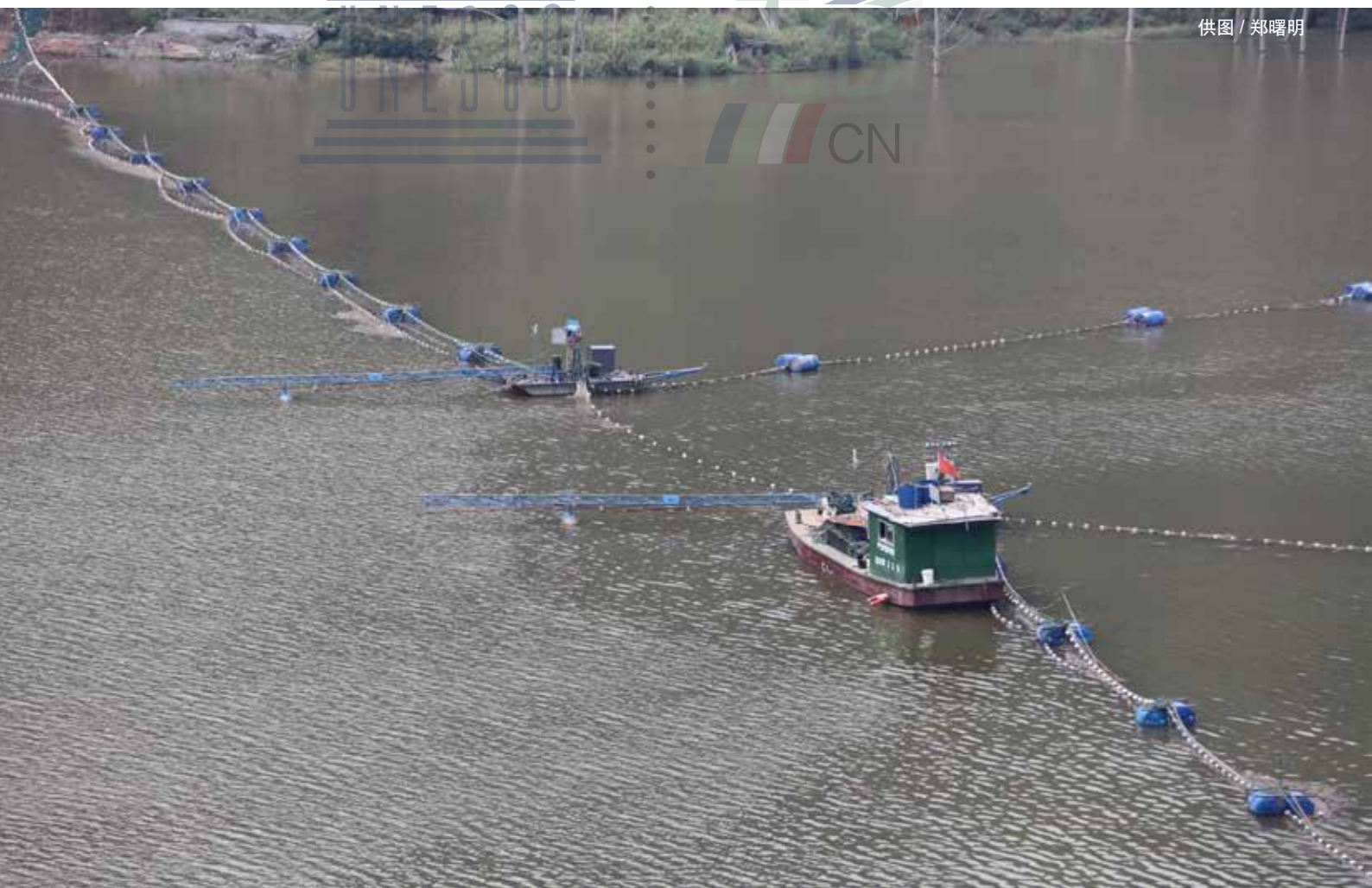
年产鳙约90吨；龙滩河水域年产鲢约100吨，年产鳙约150吨。“尽管产量不高，但事实证明这种搭配鱼种的方式是合理的。”郑曙明说。

当然，生态养殖还需解决的一个关键问题是，如何保证鱼在固定区域内不会游走。传统的渔网拦截方式常因渔网漏洞导致鱼儿游走，安全性不高。“但考虑到生态养殖的周期较长，且产量较低，哪怕游走一条鱼都是很大的损失。”任旺说。三峡渔业公司曾吃过这样的亏：甘井河“牧场”曾经因边缘拦网出现一个洞，导致大量鱼儿游出养殖区。这些鱼都被当地渔民捕获，高价卖出。他们第二天才告诉三

峡渔业公司，但此时漏网的鱼已经有几百斤，损失惨重。

为了解决这个问题，三峡渔业公司自主研发了“自由过船智能化拦鱼电栅栏”和“宽大断面拦鱼复合电栅网拦”。这两张电“栅栏”通过弱电发出电波，使鱼儿在游到距离“栅栏”10米处时就会感觉“不舒服”，立即调头折回。“通过电波的警示让鱼儿不敢靠近牧场外围的拦网，以防止鱼儿游走。”任旺说，这种电“栅栏”不会对鱼造成伤害，人体触碰后也不会触电，且不影响江面上船只航行。目前，这种电“栅栏”已经在三峡渔业公司的多

供图 / 郑曙明



作为三峡库区天然生态渔场的“五大工程”之一，**水域牧场通过设置围栏和人工放流鲢、鳙等净水性放牧品种**，以建设25万亩左右的“放牧式”生态渔场。年产有机水产品7500吨以上，**达到水质改良和生态渔业发展的双赢效果。**

摘编自重庆市人民政府2010年《关于加快推进三峡库区天然生态渔场建设的意见》

个水域牧场投入使用，大大降低了养殖区域内鱼逃出的几率。

有身份证的鱼

随着三峡鱼的名声日渐响亮，市场需求量也逐渐走高，但因天然养殖，三峡鱼的年亩产只有30斤左右，远低于人工养殖的500~700斤的亩产，“每天只能供应4000斤，供不应求的情况时常出现。”任旺说。即便如此，对于产品质量的要求也不会松动。“我们要把三峡鱼做成家喻户晓的品牌就必须要把质量关，在品质上不能出现一点问题。”任旺说。除了在养殖环节坚持“三不”原则外，三峡渔业公司还给每条鱼建立了“身份证”。

当鱼捕捞上岸后，工作人员会给每条鱼的背鳍打上一个标签，这就像是鱼的“身份证”，也是一种防伪标志，上面有编码。消费者可以通过标志追溯每条鱼的来源途径，通过免费电话、编码、网站、短信等查询真伪，一旦发现真假，可立即投诉，从而实现“三峡鱼”身份编码唯一性与有机产品的可靠性。同时，三峡渔业公司还建立了食品安全追溯体系，实现消费者对“三峡鱼”生产全过程追踪。该体系现已列入农业部2013年农垦质量追溯体系建设项目。

在此基础上，三峡渔业公司也正在开展“三峡生态鱼”标准制定工程，希望以规范的流程来管控生态渔业养殖的各个环节，力促整

个产业的健康有序发展。不过，对于官方和学界来说，生态渔业养殖带来的更显著的效果在于改善了三峡水库的水体生态环境。

“以前很多专家认为发展渔业可能会加重水库水体的污染，实际上恰恰相反。”任旺说。鱼体一般含氮2.5%~3.5%、磷0.3%~0.9%，在不投入外来营养物质养殖的条件下，从水中每捕捞出1千克鱼，相当于从水体向陆地转移出25~35克氮和3~9克磷。因此，在拦鱼区开展以滤食性鱼类为主体的生态养殖，可通过鱼类的食物链消化吸收水体中氮、磷等富余营养物质，既可持续有效地提高水体的自净能力，达到“以鱼净水、以鱼护水”的目的，又能保护和增殖鱼类资源，促进水库水域生态环境持续改善。这一点从郑曙明研究团队2013年的监测中也得以证实。“这说明发展生态养殖并没有污染水质，反而改善了水质。”郑曙明说。

“无论是从经济效益还是生态效益来看，忠县模式都是可行的。”任旺说。这种模式除了尊重生态规律外，更将现代化的技术和手段运用其中，实现生态养殖的规范化和科学化，“而这正是忠县模式的精髓”。

目前，除了忠县，三峡渔业公司还在贵州、甘肃等地建设了多个水域牧场，希望将忠县模式推广开来。

生态渔业前进的四驱

文 / 叶少文 赵修江^① 毕永红 高欣

如果将三峡生态渔业比喻为一辆绿色环保的机车，其“四驱”就是构成其关键技术体系的四大技术：

第一驱：保护

三峡水库当前存在的以天然鱼类为代表的水生生物类群，是适应了变化的环境的优胜者，水库水生态和水环境的健康最终需要由它们来维持，而且它们也具备这种禀赋，因此针对它们的保护必须成为三峡生态渔业最为优先的考虑。从生物多样性和渔业资源可持续发展的角度，相关保护也是应有之义。同时，为了充分利用水库生态系统调整处于窗口期的机会，以人工增殖放流和环境调控作为保护的主要辅助手段。

针对天然鱼类资源增殖保护，需要做到：

第一，繁殖群体保护。目前云南德钦县以下至葛洲坝以上的长江水域的禁渔期是2月1日~4月30日。我们的监测结果表明，每年5~7月是长江产漂流性卵鱼类的繁殖盛期，“四大家鱼”、铜鱼和鳅类等都在这一段时间进行繁殖，而此时正是禁渔结束后的捕捞高峰期，其中还不乏非法渔具渔法的使用，对亲鱼和幼鱼资源的危害很大。

第二，产卵场保护。基于对水库“四大家鱼”等鱼类产卵场位置、繁殖需求的调查了解，我们发现，水库鱼类早期资源丰富且有一定的资源量，水库也为这些补充进来的鱼类提供了适宜的生长和肥育生境，因此开展生态调度保护鱼类的自然繁殖活动，保护鱼卵和仔鱼

的存活，对水库鱼类资源的保护与增殖有着积极意义。

第三，生态通道保护。对江河鱼类来说，生态通道就是指它们在完成生活史过程中能自由通过的江段。这些“过江者”包括参加繁殖的亲鱼、稚鱼、幼鱼，以及更大量的仔鱼和鱼卵。对于长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区内受保护的鱼类和水库产漂流性卵的鱼类来说，水库与保护区之间的江段就是它们的生态通道，我们应当使之保持畅通无阻。

第四，生境保护。主要目的是保护鱼类的栖息地、产卵场及关键生态过程，是维持鱼类种群数量、减小种群灭绝风险和保证物种延续的基础。三峡水库存在多条与水库相连的支流，它们是一些流水产卵性鱼类重要的栖息地。从栖息地保护的角度考虑，应该保持它们的连通性，特别是其中几条主要支流。优先考虑长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的支流赤水河与綦江，以及小江与大宁河。

第五，构建浮性人工鱼巢。这是保护水库一些产粘性卵鱼类资源的方法之一。从鱼卵附着效果和规模化等因素考虑，借助于绳索和沉子等器具，鱼巢可漂浮于水面，不容易受水位涨落的影响。相关技术在武汉市新洲良种场和三峡水库高岚河与香溪河交汇处的鲢鳙控藻实验网箱进行了初步尝试，取得了一定的效果。

针对人工增殖放流，需要注意：

第一，苗种保障。放流苗种必须是能适

应放流水域环境条件且在当地有自然分布的种类,同时,这些苗种放流后能改善当地水质或能恢复衰退的自然种群。禁止向水库投放杂交种、转基因种、外来物种及其他种质不纯的物种。放流苗种必须是由市级以上渔业行政主管部门批准或认可的原、良种场(站)提供。繁殖亲本必须是国家级原种场保种的原种或是本地野生原种,养殖水体和养殖过程中的用药和投喂必须符合国家相关规定。我们调研发现,目前长江流域各科研单位在部分长江上游珍稀特有鱼类及经济鱼类的人工繁殖技术方面比较成熟,亲鱼储备数量较多,包括华鲮、鲈鲤、岩原鲤、黄颡鱼、胭脂鱼、白甲鱼、黑尾近红鲂、四川裂腹鱼、中华倒刺鲃和齐口裂腹鱼等。这些鱼类可以建立人工种群并且满足人工增殖放流需求,而上述科研单位也为建立稳定的苗种供应保障网络提供了条件。

第二,苗种标记。为了跟踪评估放流效果,苗种在运输前需要进行标记。在三峡水库,我们主要研究重要放流鱼类的大规模标记技术,使之具有操作方便、成本低和方便监测等特点。

第三,苗种运输。事先要进行2~3次拉网锻炼并困箱3~5分钟,同时停食1~2天。规格小于3厘米的苗种可用常规塑料袋充氧运输,其他规格可用塑料袋、氧气包或活鱼运输工具带水充氧运输。运输工具在使用前须使用每升含30~40毫克高锰酸钾的溶液清洗内壁。根据放流水域的温度,应提前调节培育用水和运输用水的温度,使温差不超过2摄氏度。运输务必在24小时内完成,每立方米水里的苗种不超过250千克。

第四,苗种投放。投放前,相关水域和时间已经确定,也就是须背风向阳且水位大于3米,水域生态环境良好,底质表层为非还原层污泥,水流畅通,温度、盐度和硬度等水质因

子适宜,水质符合国家有关规定;时间一般选择在晴朗、多云或阴天条件下,尽量选择在放流水域的禁渔期初期,亲鱼放流选择5~6月,苗种放流选择5~6月或10~11月。

第五,管护与监测。增殖放流尽量与禁渔期同步进行,放流后需对放流水域加强管理。对于需要特别保护的苗种,应在增殖放流水域设立特别的保护区和保护期制度。增殖放流实施后,还应根据相关方法对苗种的生长、繁殖、洄游、分布及其环境因子状况进行定期监测,对标志放流的鱼类还应展开跟踪监测。

第六,效果评价。根据国家相关标准,需要定点、定期监测放流苗种的摄食、生长、分布和相关环境因子,以及当地渔获物状况。此外还需捕捉部分鱼类进行标记,然后放归,经过一定时间后再重捕,据此推测标记鱼的洄游路线、方向、范围和速度。利用标记鱼类的回捕率以及体长和体重等生物学数据,可以估算标记鱼类种群的变动,评价增殖放流的效果。回捕率在1%~2%的情况下,可认为效果良好。

针对环境调控特别是水质的保障,相关技术是:

阐明鱼类群落结构与沉积物和藻类等天然食物的内在联系,描述三峡水库独特的食物网结构,从而有助于寻求合理的渔业放养模式,以实现渔业发展与富营养化控制的双重目的,建设生态库湾。在宜昌香溪河,我们将约50万尾鲢和10万尾鳙进行围养,它们在4~8月每天消耗浮游生物饵料约330千克(湿重),其中约86%为浮游植物。到年底,累计消耗浮游生物约50吨。可见,这些鱼类群落对饵料生物的摄食利用加速了食物网物质循环和能量流动,使得水体的营养状况改善。此外,我们还将影响河流生态的水、底泥、堤岸纳入统筹考虑,一方面控制污染源,另一方面种植挺水及沉水植

物。结果显示，试验水域的营养负荷明显得到减轻。

第二驱：管理

三峡水库生态渔业需要克服以往以单种群为对象开展研究的缺陷，从而客观地预测和评估捕捞政策的改变对生态系统结构和功能的影响。在三峡水库食物网结构和捕捞选择性研究基础上，我们模拟并预测了10年之内相关功能组所受影响情况。结果表明，功能组生物量的变化受到捕捞的直接作用和经由物种间营养联系的间接作用，这两种作用的影响程度取决于功能组所处的食物网营养级和渔具渔法的捕捞选择性。我们经过调查发现，三峡水库渔具类型和网目多样，普遍存在网目太小的现象，对鱼类的种群补充过程会产生很大影响。考虑到三峡水库渔民数量大且分散的现状，有必要加强捕捞管控。

禁捕区：库尾至向家坝之间约400千米长的江段是长江上游珍稀特有鱼类的重要生境。为了加强保护，建议将上述江段与当地的国家级自然保护区结合起来，建立一个完整的禁捕区。同时，定期调查跟踪该区域的渔业资源及其动态变化。

禁渔期：自2003年以来，三峡水库每年的禁渔期为2月1日至4月30日。2015年，农业部将长江流域的禁渔期调整为3月1日至6月30日，以更好地保护繁殖期的鱼类。三峡水库大量珍稀特有鱼类、经济鱼类的繁殖高峰期：胭脂鱼在2~5月，中华倒刺鲃在4~6月，铜鱼、圆口铜鱼在4~7月，中华沙鳅在5~6月，白甲鱼在5~8月，黄颡鱼在5~9月。由此可见，现有的禁渔期并未完全覆盖大部分鱼类的繁殖高峰期。此外，禁渔期结束后正处于鱼卵孵化期及仔稚鱼的生长期，因此捕捞会对这些资源造成极大的破坏。基于研究结果，我们建议将水库的禁

渔期调整为2~7月。考虑到凶猛性鱼类在水库生态系统中具有重要的作用，而它们在三峡水库的种类较多且具备自然繁殖条件，如鮠、鳢、鳊、黄颡鱼、乌鳢等，因此根据它们的繁殖特点，可将上述禁渔期规定为4~8月。由于库尾某些水域具有丰富的特有鱼类资源及其产卵场，因此相关的禁渔期可视情况做出调整。从库尾至向家坝之间有一段长约400千米的河段，是长江上游珍稀鱼类重要的一片生境，我们建议相关部门联合附近业已建立的鱼类国家级自然保护区，一起推动当地的全年禁渔进程。

渔具渔法：从保护水库渔业资源及渔民的经济收益出发，整个水库应该分区段进行捕捞渔具渔法的精细化管理。目前电捕设备大量存在于水库各个江段，对鱼类资源尤其是处于繁殖阶段的鱼类资源补充过程会造成严重的破坏，因此应不分时间不分地点地全面取缔并严厉惩罚。灯光诱捕设备在库首江段很常见，其网眼致密，在捕捞银鱼的同时对其他鱼类的幼鱼破坏严重，建议在水库限制使用。建议将地笼网目尺寸规定在30毫米以上，因此应该彻底禁止当前库中江段大量使用的6.8毫米网目地笼。刺网属三峡水域常规性网具，对渔获物具有明显的选择性。在库首江段，每艘船可使用的刺网数目应控制在10条以内。库中和库尾江段由于生活着长江许多特有鱼类，如圆口铜鱼和岩原鲤。由于其性成熟晚，再加上又受到大坝修建的影响，其资源正受到严重威胁，因此应将这些水域的流刺网网目严格控制在12厘米以上。刮刮阵常见于库尾江段，其网目大小约10毫米，对体高50~200毫米的鱼类个体具有明显的伤害，建议将其网目控制在50毫米以上。

捕捞规格：渔业捕捞的基本原则是保护群体中的幼体。研究表明，如果要降低捕捞对鱼类群体年龄结构的影响，方法之一就是限制捕捞低龄群体。在三峡水库，考虑到鱼类群体生

长发育及群体补充需求，再加上市场因素，理论上可将3.2千克作为鲢、鳙的起捕规格，相应网目不小于170毫米。在实际生产中，起水规格可降至2~3千克，网目也相应控制在140~160毫米，以后视情况逐步调整。

捕捞限额：根据捕捞量低于渔业资源增长量的原则，确定渔业资源的总体可捕捞量，实行捕捞限额制度。此时需要通过税收、许可证、禁渔期、渔具之类的手段调节准入门槛。对于三峡水库，可从限制渔船总量及功率、单船渔具使用量等方面来进行。前提是充分考虑水库的生态承载力以及水库干流当前3000余名注册渔民的需求。考虑到水库还存在一定数量的无证渔船，因此建议限制或取缔。

对于渔业资源的有效管理，可借鉴以下两种模式：

其一，重庆忠县“水域牧场”。甘井河与龙滩河的3万亩水域牧场是按照“以水养鱼，以鱼养水”的生态养殖理念建成。它借助政府推动、国有企业运作、科研机构支撑和社区参与的方式，通过制定相关的生产和管理规程，在水库不具备通航条件的库湾和库汉设置围栏，人工增殖放流鲢和鳙等净水性鱼类，形成了常年可容纳近1000吨生态鱼的全天然水生生态系统，取得了一系列生态和社会经济效益。

其二，宜昌香溪河的社区渔业。该模式遵循集体所有制的原则，在渔业社区实现资源共管，利益共享，跨界管理，从而降低管理成本，维护社会稳定。

第三驱：生产

合理利用水库天然饵料资源来发展绿色且可持续的渔业生产，无论是对当地水环境和生态环境保护还是对社区发展都有好处。对于支流

库湾而言，可借鉴香溪河的模式，其中引起水污染的藻类可实现资源化利用，而种植的挺水及沉水植物兼具生态和经济价值，其对鱼类等水生生物的聚集效应使得社区能由此获得更多的渔业收益。对于水库水环境和水生态治理需要关注的水位消落区，可发展鱼-贝混养等生态养殖模式，一方面降低水体的次生污染，实现养殖废水的零排放，另一方面也为当地的乡村旅游提供支撑。

第四驱：规划

综合上述有关保护、管理和生产技术，同时结合现有的科技和社会经济等条件，可针对水库不同水域生态渔业的具体实施进行规划。此外，还需规划相关的保障体系，包括鱼苗供应、水产品质量安全、人才培养、渔港与水产品市场、品牌建设、渔政管理、监测防疫、投资管理、效益与风险控制等。

后记

受损河流生态系统的演化是一个十分复杂而且漫长的过程，各种措施带来的最终效果具有一定的不确定性。为了全面、谨慎地考虑各种可能的结果，避免或减小负面影响，必须对河流进行适时监测和评估，以便在必要时进行引导优化。对于三峡水库这样的新形成的大型生态系统，依靠生态渔业手段促进其水环境和水生态健康是一条可取之路。同时我们也要注意，考虑到水生态系统的复杂性以及响应的滞后性，生态渔业所带来的显著改观不可能立刻看到。对三峡水库而言，生态渔业的效果不仅仅取决于三峡集团以及相关科研机构的努力，也要仰赖于各级政府及社区的支持。为了实现三峡水库的生态化，除了生态渔业以外，我们还需发展更多的理论实践，使它们与生态渔业一道发挥更大的功效。

本文作者系①中国长江三峡集团公司科技与环境保护部专家

中国在过去几十年建设了近十万座水库，这些水利设施蕴藏着多方位的价值，其中就包括渔业。水库渔业的发展有着明显的时代烙印，其价值追求也从最初的以产量为主逐步过渡到当前的以水生态和水环境健康为主，这一变化符合“生态文明”的社会发展潮流。为了解这一过程并从中获得启迪，我们邀请中国水库渔业研究领域的科学家就相关问题展开研讨，以提高三峡水库等水利工程的生态效益。





生态渔业 大家谈

三峡库区 摄影 / 黄正平

人与生物圈 | 2016/3

51

生态渔业是净化水质和保证群众利益的双赢点

(吉红, 西北农林科技大学教授)

水利设施的修建是人类干预自然资源分配的意志体现。而当“高峡出平湖”之后, 甚至之前, 水域生态系统的重构就开始悄悄地进行。这一事件的发端是人类活动, 那么在这个过程中, 就不应当任其自然发展, 人类也应该发挥应有的作用。水域生态系统保护及维护已成为当前备受关注的工作, 其成效如何, 水质指标几乎已成一票否决的标准。实际上, 水域生态系统的完整和健康才是确保水质优良的根本保障。

人工大型水体的渔业利用一直是渔业产业领域的重要课题, 而随着生态文明建设力度的加大, 水库等人工水体的渔业开发似乎被认为是应限制的方向。但应该强调的是, 以生物操纵理论为指导的“保水渔业”已被国内外的实践反复证明是净化水质、维护生态系统健康的重要途径。同时, 水库渔业也可对解决水库建设带来的区域性“生态型贫困”问题发挥积极作用。在着力推动生态文明建设以及全面脱贫的目标背景下, 水库渔业已成为因素多元、涉及多方利益的综合性课题。基本的共识是, 水库渔业必须是从发挥渔业生态服务功能出发, 以渔养水, 渔水和谐, 绿色发展, 同时充分考虑库区群众利益的生态型渔业。三峡集团在三峡水库开展的生态渔业(以下简称三峡生态渔业)是一次有益的探索, 取得了很好的进展。

水库生态渔业并非“人放天养”方式的简单回归。在淡水渔业发展之初, 有一种渔业生产类型被称为“人放天养”, 其主要做法就是将鱼投放入水体, 一定时间后捕捞收获。这种类型在鱼种投放数量、种类、管理措施等方面人工干预程度低, 属于较低技术水平下的落后渔业模式, 尽管因基本不投入饲料肥料而对水

质没有什么负面影响, 但由于对水体利用缺乏基本的理论指导, 没有形成合理的干预手段, 综合效益低下。在那之后, 出现了饱受诟病的“化肥养鱼”“池塘化精养”等无视水体负载, 片面追求产量, 最终引发水质问题的水库养殖模式。而目前三峡生态渔业所探索的建立在“放鱼养水”理念基础上, 包含资源环境本底评估、种类选择、放养数量规格确定、管理方式、过程监控、捕捞等全技术链条的模式, 与当年的“人放天养”有本质的不同。

生态效益与经济效益是水库生态渔业的左右抓手。如果要问水库渔业的生态效益与经济效益孰轻孰重, 那么答案是不言而喻的。水库淡水水体的资源保护是第一要务, 这已是人们的共识。要维护生态系统的完整和可持续性, 就必须构建水域生态系统合理的水生生物区系, 保证水体生产者、消费者和分解者之间的动态平衡。由于水库水体还有诸多来自面源和点源的营养素输入, 通过鱼类捕捞提取以氮、磷为主的营养素, 既净化了水体, 又能够提供有机水产品, 产生经济效益。因此, 水库渔业具备目的两重性的条件, 以及必要性。无疑, 寻找左右抓手之间的平衡点非常重要, 既需要关注渔业生态服务效益, 也应考虑投入产出这样的经济学问题。

水库生态渔业机制创新非常重要。我国正在建设的水库生态渔业不同于以往的任何渔业形式, 理论先进、方式正确的组织与管理是这一类型产业的重要保障, 其对机制创新的要求至少不亚于对技术创新的要求。核心问题是效益共享机制的建立, 以及产业支撑体系的构建。鉴于水库生态渔业规模偏大、涉及人群复杂、运作周期长、现场管理困难等特性, 三峡生态渔业探索了社区渔业协调管理模式, 以期发挥资源使用者——渔民在渔业管理中的资源管理与养护的责任。的确, 寻找有效途径, 凝

聚政府、渔民、企业、科研部门等多方力量实施共同管理，才是实现资源可持续利用的根本措施。

水库生态渔业在我国萌芽已久，而随着大型人工水体的不断出现，以及时代对发展方式转变的要求，水库生态渔业的现代化建设刻不容缓。三峡生态渔业实施过程中，从产业链到机制及支撑体系建设等方面做了大量的工作。比如，采用水声学探测法等现代化手段评估水库鱼类资源时空分布特征，正是在现代渔业发展背景下，水库生态渔业设施装备及技术

回顾三峡水库渔业政策的演变过程，可以看到当地政府在生态化道路上的不懈努力和理念的不断提升，这是落实中国新时期“五大发展理念”之“绿色发展”的展现。

三峡水库于2003年6月开始蓄水后，水库广阔的水域为渔业发展提供了巨大的空间，渔业在2004年被提上日程。由于缓流的生境为布设渔业设施（如网箱）提供了安全保障，因此蓄水后网箱养殖被大力推广。受农业部委托，地方政府编制出台了《三峡库区渔业发展规划》，规划在水库发展较大规模的投饵网箱，



为了解三峡水库渔业资源变化情况，评估捕捞的影响，研究人员在水库的不同区段采集渔获物并进行现场检测。同时，他们还委托渔民记录其捕捞所得，以此补充研究数据。
摄影 / 先义杰

手段升级改造的表现，其工作思路对改变我国重放流、轻评估，技术手段落后的现状，有极大的借鉴作用。同时，也应该认识到，水库生态渔业产业建设还有不少有待解决的问题，包括技术方面，比如水体产鱼潜力的科学评估，适宜放流对象的规模化繁育技术体系构建等；在机制及支撑体系建设方面，如渔业社区的跨区域协作及有效运转、放流苗种供应网络的构建等方面的工作还需深入开展。当然，不容忽视的是，在产业建设与发展过程中，政策导向起着至关重要的作用。

水库渔业政策探索（高勇，中国长江三峡集团公司中华鲟研究所教授级高级工程师）

通过养殖、捕捞等方式解决移民就业，而三峡库区与渔业相关的产值将达到约38亿元。至2003年底，湖北库区已有养殖网箱1.44万平方米，重庆库区有养殖网箱近4000平方米；2006年三峡水库蓄水至156米后，水面进一步扩大，开展养殖的区县、参与养殖的户数、养殖的总面积迅速扩大，2007年初步统计水库网箱养殖涉及40多条支流或库湾，网箱养殖涉及人口275户、网箱7012口、面积15.38万平方米，规模增长了8倍多。

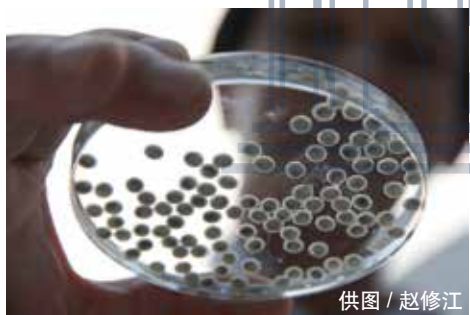
规划充分考虑了网箱养殖所带来的社会和经济效益，但限于当时的条件，未能对环境承载量和运行风险进行充分把握。结果，各县市

在进行试点网箱养殖时，发现一口网箱年产值可达数十万元，而水源、环境成本几乎为零，低成本高效益使得这种生产模式迅速扩张。在巨大的经济效益掩盖下，人们忽视了环境风险，相应的监督和管理也没有及时到位，结果网箱布设密度和生产规模远远大于原规划规模，造成了网箱养殖泛滥。此时水质恶化现象开始出现，水库支流养殖区域频繁暴发水华，局部水体出现恶臭。在接到相关部门的汇报之后，重庆市政府率先在2006年做出了坚决取缔三峡水库投饵网箱养殖的决定。湖北库区2009年开始取缔网箱养殖，据不完全统计，拆除网箱 6000多口，2013年，湖北省移民局印发了

社会经济效益。当然，生态渔业工作未来任重道远，还需要吸引更多的参与方共同努力，在谨慎实施和缜密监控下不断走向成功。

生态渔业大概念（朱峰跃 刘绍平，中国水产科学研究院长江水产研究所科研人员）

我们所理解的生态渔业，是运用生态学的理论，在综合考量水体生态系统现状的基础上，依据生态系统的物质和能量输入量，科学计算水体的生态承载量，并通过合理的生态系统结构优化和生境构建，保护生态系统脆弱的组成部分。同时，引导物质流和能量流在生态



供图 / 赵修江



供图 / 中华鲟研究所



摄影 / 黄正平

《关于进一步做好三峡水库网箱养殖取缔工作的通知》，拆除网箱4600多口。

实践表明，网箱养殖没有带来预想的社会经济和生态环境效益，反而加重了水库日益严峻的生态环境压力，为了取缔网箱更是花费巨大。要发展，思路必须有所转变，必须强调生态效益优先，走绿色发展道路，更加重视科学的指导作用。受重庆市农委的委托，中国水产科学研究院长江水产研究所编制了《重庆市三峡库区天然生态渔场建设规划》，并于2010年8月全面启动。2011年，重庆市相关部门与三峡集团合作，有序开展了大宁河增殖放流工程和忠县水域牧场工作，获得了一定的生态环境和

系统各营养级间健康地循环流动，再通过捕捞将输入的营养物质以水产品的形式从生态系统中提取出来，从而在保持水生态系统健康稳定的基础上实现水质调控、物种保护和水产品生产的有机统一。打个比方，水生态系统就好比是一条生产线，水是生产线的传送带，而其中的各种水生生物都是生产线上不同的生产加工环节；生态渔业就是合理规划搭配这些生产线上的不同环节，在保护这些环节能够顺利运转的基础上，将各种进入生态系统的物质比如过量的营养盐加工成水产品输出。而为了保证这些环节能够健康稳定地运行，需要借助人工增殖放流的手段来维护和调整。

实际上，生态渔业是一个很大的概念。除了渔业资源增殖放流，它还包括水域牧场建设、湿地渔业构建、质量品牌建设和人才培训工程等多个方面，也包括与之配套的苗种繁育、技术支撑、渔业监管和市场营销等多个体系。不同的人可能仅仅会关注或体会到其中某一个或几个方面的成果，但这些方面彼此之间都是相互依存、相互促进的关系，缺一不可。因此，生态渔业不能局限于鱼类增殖放流，未来仍然还有很多工作值得开展。

生态渔业科学探索（胡传林，水利部中科院水工程生态研究所研究员；刘虹桥，特约记者）



水库渔业发展的核心就是如何在水质保护和渔业资源开发之间寻找平衡点，基本的原则是要保证水库水环境安全，在此基础上再协调生态管理和控制，协调水库的渔业增殖功能与其他功能之间的关系。

水库渔业就是根据生态学原理在水库里发展渔业生产活动。中国有丰富的水库可养鱼水面。过去，池塘养鱼是我国淡水渔业的主体，湖泊渔业次之。实际上，水库渔业与池塘和湖泊渔业相比，可养鱼水面较多，增长潜力较大，年产量提升潜力也比较大。水库渔业理所应当要成为我国人民日益增长的获取生物营养的有效途径之一。

水库渔业的发展与水利建设过程息息相关，是随着水库建设发展起来的新兴产业。其经历了自然增殖、人工增养殖、多种生产模式的建立与快速发展、生态整治、生态修复、生态保水渔业等阶段。在解决人民蛋白质需求方面做出了积极贡献。水库渔业曾经与水利工程、水力发电并称水利的三大支柱产业。

水库中的渔业资源是自然资源的重要组成部分，科学、合理、有序的利用有利于农业调整，反过来也促进水利工程建设。水库渔业具有鲜明的生态经济特色，我们应当对其社会潜在价值进行更为充分的评估。在发展水利工程的过程中，不可避免地淹没了大量土地。库区耕地面积原本就很有限，水库建成后又对当地资源结构造成影响。为解决生计问题，安置的移民可能对原本紧张的自然资源进行过度开发，对库区生态环境造成一定的威胁。通过发展水库渔业，可以充分利用水库丰富的渔业资源，在经济上补偿安置移民的生计，稳定民

为了补充三峡水库的野生鱼类资源，三峡集团中华鲟研究所等科研机构发展了相关的人工繁育技术。2014年，该研究所在长江上游珍稀特有鱼类圆口铜鱼和长鳍吻鲈的驯养繁殖方面取得了突破。供图 / 中华鲟研究所

生，减少环境破坏。

在发展历史上，水库渔业存在着一些科学争议，一直到20世纪80年代中期才有所进展。当时以葛洲坝工程的论证为焦点，水利工程对渔业资源的影响成为全社会的热门话题。为解决水利开发和渔业资源发展的矛盾，水利部和中国科学院协商共同组建了水库渔业研究所，以积累相关资料，探索水库渔业资源可持续利用的手段。1987年，以中国科学院水生生物研究所水库渔业研究室为基础，水利部中国科学院水库渔业研究所正式成立，我们作为第一批科研人员进驻。此后近20年的时间里，针对大型水利枢纽工程和其他水利设施建设的影响，积极开展了渔业资源保护、增殖以及水库渔业增养殖高产综合技术的研究实践，为缓解水利工程建设 and 渔业资源保护之间的矛盾做出了重要的贡献。

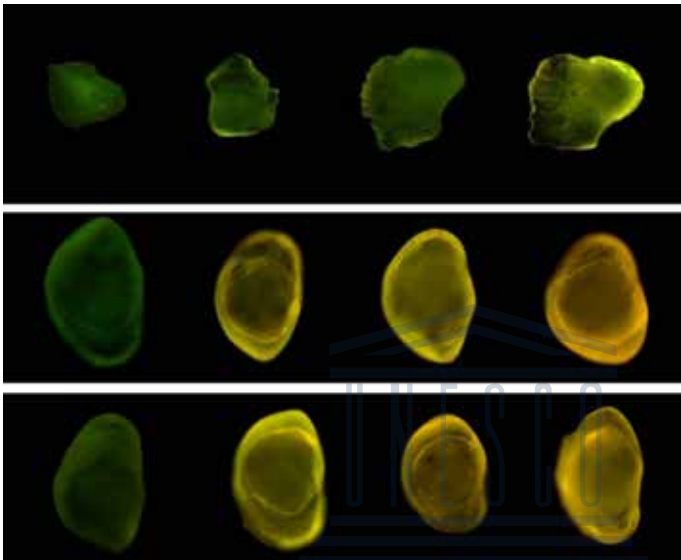
随着社会的进步，以及人们对资源、生态和环境问题的重视日益加强，进入21世纪，我们研究所开始调整研究方向，紧紧瞄准国家重大战略需求，不断调整学科方向，在与水利工程建设相关的水域生态系统完整性和生物多样性保护、水污染防治、可持续渔业模式的构建等领域的基础和应用研究方面多有建树。2004年，我们研究所正式更名为“水利部中国科学院水工程生态研究所”，其主要任务是开展与水利工程建设相关的生态与环境问题研究，为国家实施可持续发展战略提供理论与技术支撑。研究所名称的变更，体现了国家对协调水利工程建设与生态保护关系提出的新要求，反映了我们围绕国家需求所进行的科学目标凝练的努力和人们对这一领域关键科学问题认识的升华。进入新时期，我们将生态思路注入水库渔业的发展中去，这就形成了“水库生态渔业”和“生态控制”的概念。

水库是人类开发利用水资源的产物。其具有多重功能，是水资源综合利用的基础，也为人类提供了丰富的生物资源。发展水库生态渔业是合理利用水生生物资源和水库水资源的双赢产物。从理论上讲，水库通常水质优良，渔业资源丰富。但是，由于水库收纳了随地表径流进入水体的污染物，若不加控制，可能造成水库水体的富营养化问题，也就是人们通常所说的水污染。研究显示，鱼类可以通过自身生物途径吸收、利用这些污染物，减少水体中的氮、磷含量。因此，通过发展水库生态渔业，利用“生态控制”的理论，就可以发挥生态系统食物链的功能，把水体中多余的氮、磷等污染物去除。

可见，发展合理、健康和生态的渔业活动，不仅可以提供渔产品，还可以改善水质。在此思路指导下，我们在国内一些水库开展了一系列的生态渔业实践，例如在辽宁大伙房水库的生态实践证明：此处年鱼产量可达1540吨左右，可从水库带走约6.5吨的磷。

发展水库生态渔业的目标不是单纯地增产增效，增加渔业产出，而是要在保证水库水质优良的前提下，充分利用水库资源，稳定和保护水库的生物多样性。我们的最终目的，是通过适度的渔业增养殖活动，维护水库水体健康，增加渔民收入。如果不注重水库的渔业承载力，片面追求放养数量和规格，就可能导致水库水体富营养化，这就背离了我们发展水库生态渔业的初衷。

在实践中，我们也总结了一些规律，比如坚持使用天然饵料发展水库渔业，不搞人工投喂；对于承担水源地功能的水库，禁止投放苗种，只能依靠渔业资源的自然增殖。对于以灌溉和蓄水功能为主的水库，由于水体的交换量较大，就要求我们根据水体生物生产力来计算



为了评估增殖放流的效果，需要对鱼类采取多种标记方法。例如，利用荧光物质对鱼类进行浸泡或直接饲喂，使其沉淀到耳石等骨骼上。经不同浓度的荧光物质处理不同时间后，耳石所呈现的颜色也不一样。这种标记方式持续时间长，对鱼类伤害小，药物残留符合安全标准，适合大批量操作。此外，还可借助物理标记法，例如剪去部分鳍条或外挂标签等。供图 / 叶少文

渔业发展规模。例如，每立方米水体的生物放养量不得超过40~50克。简单来说，我们必须根据水体里的天然饵料供养能力来调节放养量，鱼少了达不到控制污染物的作用，鱼多了又对水质产生负面影响。

说到底，从理论方法上，发展水库生态渔业实际上是一种利用生物操纵方式控制水体污染的方法。生物操纵分为经典与非经典两种方式。前者是指通过放养凶猛性鱼类或捕捞等方

式控制鲢、鳙等摄食浮游生物鱼类，以壮大浮游动物种群来遏制藻类繁殖。深圳茜坑水库就是利用该原理，通过投放鳊和鮰，使水库水质达到Ⅱ级。

而非经典生物操控则指控制凶猛鱼类及放养直接摄食浮游植物的鱼类，抑制藻类数量，防止“水华”出现。实验发现，在富营养化水体中，鲢和鳙的密度达每立方米40~50克时，可有效控制蓝藻“水华”。每1千克鲢、鳙可带走水体中3~9克磷和25~35克氮。研究表明，要遏制约5米深的水体中的水华，需要的鲢和鳙生物量约为每立方米8.5克；若水深10米，所需的鲢和鳙生物量更少，仅为每立方米4.25克左右。

就生态养殖而言，先确定生态承载力，最好不投饵施肥。现在很多人认为水库渔业造成了水体污染，这其实是不公正的，我们重点需要开展陆源的污染排查和控制工作。

随着研究与实践的深入，水库生态渔业的发展理念在新的历史时期需要不断更新。从2000年起，我们开始有针对性地对水体遭到破坏的水库进行生态调控和治理，加强理论指导与技术支持。当时水库渔业保持了高速发展的态势，2002年，全国水库渔业的年产量达到169万吨左右，占全国淡水渔业总产量的10%左右；2005年，年产量已达223万吨左右，占全国淡水渔业总产量约17.7%。进入2008年，每公顷产量达1500千克左右。这时，我们提出水库渔业发展的新理念，即构建水库渔业生命共同体。在生态渔业和生态控制概念的基础上，提出：发展水库渔业，不仅是要解决养鱼和水体保护的问题，更要协调解决山、水、林、田、湖的协同关系，搭建立体的渔业共同体，多方位实现水库生态保水渔业与水环境调控。

中国水库渔业史

文 / 陈文祥

回顾中国水库渔业近70年的发展历程，可以看到相关管理日渐有序，管理目标也从纯粹追求渔业产量逐步过渡到统筹生态环境在内的综合效益，即生态渔业，这是水库管理理念上的进步。

水库是指在河道、山谷或低洼地带修建挡水坝或堤堰而形成的具有拦洪蓄水和调节水流功能的水利工程。水库渔业是在水库水域进行鱼类资源增殖和保护、鱼类养殖和捕捞等渔业生产活动的一项新兴产业。据全国水利普查数据显示，截至2011年12月底，全国共有库容10万立方米及以上的水库工程98002座，总库容约9323亿立方米。2013年，全国水库养殖面积约196万公顷，占全国淡水养殖面积约32.6%，是全国湖泊养殖面积的1.9倍左右；水库渔业总产量约353.6万吨，占全国淡水养殖总产量约12.6%，是湖泊养殖总产量的2.2倍左右。因此，水库渔业在我国淡水渔业中有着举足轻重的地位。

我国水库渔业是新中国成立后随着水库工程的兴建而逐渐发展起来的，其发展历程大概可分为三个时期：

第一个时期（1949~1979年）。这一阶段主要特征是水库工程兴建速度迅猛，水库数量急剧增加，而水库渔业的发展则比较缓慢。新中国成立之初，我国水库很少，仅有大中型水库20余座。鉴于我国水资源严重不足且时空分布极端不均的特点，新中国成立后尤其是1958

年之后，为了防洪、灌溉和发电，全国人民兴建了大量水库工程。至1979年，全国水库工程达86132座，其中大型319座、中型2252座、小型83561座。这一阶段虽然水库工程建设很快，但由于管理体制等多种原因，水库渔业与农业争水矛盾突出，水库渔政秩序混乱，基本上没有进行有效的管理，水库渔业产量主要以天然捕捞自然增殖鱼类为主，30年来水库渔业成绩微不足道，众多的水库数量与很少的水库渔业产量极不相称，1979年全国水库渔业年产量仅10.6万吨。

第二个时期（1980~1999年）。这一时期水库工程建设速度较慢，据统计，1999年全国水库85120座，其中大型400座、中型2680座、小型82040座，与1979年相比，小型水库数量略有减少。这一时期水库渔业发展迅速，水库渔业产量在1986年达到23.6万吨左右，1992年46.2万吨左右，1999年137.9万吨左右，为1979年的13倍。这一时期重要变化特征有以下几个方面：

一是体制机制基本理顺。1980年，国务院以153号文件批转了原水利部、财政部、国家水产总局《关于水库养鱼和开展综合经营的报告》，明确“应按水库归属由水利电力部门经营管理，在水产业务上接受水产部门的指导”，从而将水库渔业职能归口由水利部门统一经营，理顺了水库渔业管理体制。各级水利部门组建了行业管理职能机构，水管单位配备了渔业生产职工队伍，贯彻了多劳多得的分配

原则，调动了广大职工的积极性。

二是发展共识得到强化。在1987年的全国水利电力系统渔业工作会议上，当时的钱正英部长代表水利电力部党组发出“把水产品作为水利电力系统一项重要产品进行开拓”的号召，明确将发展水库渔业作为水利综合经营中的一项基本任务，各级水利部门达成了共识。在政策上，要求水库渔业设施列入水利工程建设一并建成使用；在资金扶持上，保留了水库养鱼和综合经营的专项资金，配套了水库渔业基础设施建设，建成了一批水库苗种供应基地和商品鱼生产基地。

三是科技支撑体系基本形成。建立了水利部中国科学院水库渔业研究所，成立了水库渔业专业委员会，创办了《水库渔业》杂志，委托华中农业大学等高等院校为水利系统代培水产专业本科毕业生，组建了全国（各大区）水库渔业技术协作组，全国水库渔业行业管理、水库渔业学术交流、各大区及各省水库渔业技术交流会定期召开，科研攻关、科技推广、成果转化等科技创新活动频繁进行。

四是水库渔业技术取得了明显成果。针对当时大量适宜于渔业的水库资源长期闲置的状况，确立了“以养殖为主”的发展方针，推行了以放养鲢、鳙为主利用天然饵料多品种合理放养的养殖模式，这种模式与水库其他功能不产生矛盾，把握了水库渔业发展的大方向。通过开展水库渔业生产性能调查，实施大水面合理放养、水库移殖增殖、小型水库和库湾精养、水库网箱集约化养鱼、水库坝下流水养鱼、水库蚌珠培育、水库河蟹养殖、水库生态渔业和水库休闲渔业等一系列措施，取得了良好的效果，出现了如辽宁大伙房水库等一大批水库渔业先进典型。

第三个时期（从21世纪开始至今），水库渔业发展进入了一个崭新的发展阶段，明显的重要变化如下：

一是管理机制发生了重大变化。1998年，按照国务院《水利部职能配置内设机构和人员编制规定》（国办发87号），水利部调整内部机构，撤并了水利管理司水产处，随后各级水管部门也相应撤并了水库渔业行业管理机构，水库渔业迈向了依靠市场机制自主发展的探索之道。2008年国务院《关于印发水利部主要职责内设机构和人员编制规定的通知》（国办发75号）取消了水利部指导水利行业多种经营工作的职责。水库渔业经管单位进一步加大了以市场为取向的改革开放力度，使市场在水库渔业资源配置中的作用显著增强。

二是水库工程建设速度加快。进入21世纪，随着水电开发力度加大，水库工程建设步伐加快，尤其是长江上游干支流和西南诸河水电工程的密集开发，使大型水库如三峡等工程急剧增加。2011年底全国水库总数98002座，其中大型756座、中型3938座、小型93308座。与1999年相比，水库总数增加约1.2万座。全国还分批对大量病险水库进行了除险加固。2008~2010年共除险加固7356座，包括大型80座、中型1096座、小型6180座。随后又对4.7万座左右的小型水库进行除险加固，为水库渔业持续发展奠定了坚实基础。

三是生态文明建设得到重视。在发展理念上，国家把生态文明建设放在突出战略位置，要求生态优先、绿色发展、人水和谐、环境友好。在发展质量上，要求水库渔业产品绿色、安全，由产量效益型向绿色环保型转变。在功能发挥上，对水库渔业在调控水质、改善水库生态环境等方面提出了更高要求。

本文作者系水利部中国科学院水工程生态研究所研究员



生态渔业须谨慎复制

重庆基层调研

文 / 徐斌 曹振禹

2016年1月22日清晨7时许，重庆市三峡生态渔业发展有限公司（三峡渔业公司）的莫经理带着我们来到了公司设于三峡水库龙滩河库湾的捕捞作业现场。此时寒风凛冽，水面冰冷，与之形成对比的是拦网中鱼头攒动的欢腾。捕捞工人们熟练地用网兜将网中的鱼捞入捕捞船中，当捞足一定的数量之后便停止了作业，将仍在拦网中的鱼赶到用大网圈围起来的水域之中，等待下一次的捕捞。然后，他们将捕捞船开到库湾边的码头，在这里，分销商的数辆活鱼运输车已经等候多时。他们按照事先预订好的数量分别过秤装车，之后便开车消失在群山之中。

调查结束多日后，该场景仍不时浮现在我们的脑海中，促使我们在欢欣之余不得不去思考一系列的问题：这种收获体现在什么地方，如何形成，以及能否长久持续下去，等等。

环境与人：历史的经验

环境尤其是自然环境可以说是人类生存的背景，自然环境不会轻易改变，然而一旦改

变，就会对一个地区的生态和人带来巨大影响。初读清代重庆府、忠州和开县的方志，感慨于该地区山、水名目之繁多，映射出一副典型的南方山区景致，如道光《重庆府志》就写道：“渝郡十四属重山复水”。这种山区的景貌似乎在一定程度上制约了社会经济的发展，同治《忠州直隶州志》认为，忠州地区（今重庆市忠县）属于山区，田地少且非常零碎，并且依赖塘堰实行灌溉，方才能够获得收益。因为海拔原因，位于沿河低地的田地收获的时间要早于高山上的田地，但经常面临夏季江水泛滥的威胁，而高山上的田地则不担心洪水问题，但由于收获时节又逢秋雨，容易导致糜烂，因而这个地方的人都不太富裕。

传统时期，种植农业似乎代表着一种相对“先进”的生产方式，不过，当我们将视野进一步放开就会发现：并不是所谓“先进”的生产方式就一定适合当地的发展，寻找与自然和谐共存的生产与生活方式才更应该值得提倡。上述历史经验已经很明确地告诉我们，山区并不适合发展种植农业，如果强行而为的话，不

三峡水库生态渔业各区域之间不能完全复制相互的成功经验，而是要借鉴其成功原因的深层内涵，从而能够透过事物的表象而窥见其实质。



摄影 / 郭裕铭



摄影 / 先义杰



摄影 / 周雪婷

仅自然环境会遭受进一步的破坏，更会不可避免地带来众多的社会问题。

据道光《重庆府志》卷一《舆地志·风俗》介绍，由于人们的努力，清代渝郡（重庆地区）山区已经开垦了非常多的田地，可谓“开辟尽也”，然而人口也在增长，两相比较之下的实际状况是当地人由富而贫，当地的物产由饶而减，进而影响到当地的文教及社会风俗等方面。相同的道理不仅适用于传统社会，也适用于今天，我们不能轻易视“工业化”为理所当然的“先进”。找出与自然环境相得益彰的共存之道，不仅仅是自然科学所要面对的一个问题，更是一个具有深层次文化内涵的社会问题，需要有人文社科工作者的共同参与，方才能够找出自然科学解决方案之外的“社会解决之道”。

那么，什么样的生产方式适合三峡地区的实际状况呢？我们不妨用回溯的眼光去看看在种植农业进入该地区之前的历史。重庆师范大学王运辅等研究者认为：“在种植农业兴盛之前，三峡地区盛行的是渔猎经济，这一生计模式兴起的自然环境原因有：当地得天独厚的自然条件使得鱼类等野生动物资源异常丰富，渔猎活动相对便利；当地山高坡陡而不太适宜于

农业活动，导致农业长期不发达。因此在相当长的历史时期内，当地居民自然选择了收益较大的渔猎活动作为重要的经济来源”。

至于如何评估这种生计模式，上述研究者进一步指出：“三峡渔猎经济为适应当地自然环境而产生的一种经济形态，并受到当地生态环境的极大促进。在中国的山地文化中，以渔猎经济为特色的三峡文明达到了相当的高度，该地区早期的人类遗址异常丰富，三峡地区在旧石器时代很可能是人类的起源地之一；在较晚的商周时期，以巴为主体的民族在此崛起，建立了所谓的巴政权，并对周边的文明产生了较大的影响，这在诸多的山地文化之中是少见的。一个山地文明能够达到这样的高度，表明它赖以营生的渔猎经济是相当成功的。很多山地文化的渔猎经济仅停留在自给自足的阶段，是一种较低层次的经济形态，渔猎经济在这里几乎成了‘落后’的代名词。但若以此眼光来审视三峡地区的渔猎经济则可能是错误的。实际上，三峡的先秦渔猎经济很可能达到了相当的高度，甚至有可能在当地社会经济中起着和农业相似的作用”。

上述研究者得出了如下的结论：“从整体上看，整个先秦时期尤其是商周时期，三峡地



区的渔猎经济与生态环境之间基本呈现出一种良好的互动关系。该地区的渔猎经济因当地自然条件而发生，并受到了良好自然条件的极大推动，达到了相当的发展高度。从个别遗址的孢粉分析结果推测，人类居住遗址附近地区得到开发，更远区域的开发力度不大，渔猎资源得以在这些区域得到保护，可以循环利用。渔猎经济形态与生态环境之间基本上是一种较协调的动态关系，并促进了当地社会发展”。

从这些研究可以看出，不同经济活动形式的稳定性总是相对的，如果脱离生态关系来讨论经济活动是不恰当的。正如上述研究者所言，“在特定条件下，随着和谐生态关系的建立，看似落后的经济活动的实际效益可能并不会低于更先进的经济活动”。

水域牧场：重视生态兼顾经济

自然环境的改变也会引发其他方面的变化，为一个地区人群的生存和生活带来极大影响。三峡近年来来自然环境的巨大改变莫过于大坝修筑后，三峡水库拥有了丰富而宝贵的淡水资源，是长江流域乃至全国重要的淡水资源战略储备库。原来的山区变成拥有大型水面的山水相间之地，原先是夏季丰水期，冬季枯水期，现在则变成了夏季低水位而冬季高水位。清代方志纂修者所关心的水利问题不再是今天的困扰，但三峡大坝的修筑在保障长江中下游地区的城市、农田以及工业用电等方面的同时，也形成了一些新的问题，其中以水库水质

的恶化及消落区的整治尤其紧迫。

为了改善水库水环境和水生态状况，重庆市农投集团找到了一条颇具创新性的道路，即成立三峡渔业公司，在忠县甘井河和龙滩河等库湾建立“水域牧场”。在重视生态效益的前提下，水域牧场是否能兼顾到经济效益呢？据重庆市农委渔业发展处任军处长的介绍，由于采取“零投喂”的粗放式放养经营模式，渔获量较低，平均每亩水面只有40~50斤的收获，尚无法与精养鱼塘相比，就目前来看，公司只能保持暂不亏损的状态。其实公司在市场运作这一块投入了较大的力气，首先，他们致力于打造“生态鱼”的品牌，大打绿色生态牌，从而提高了产品售价，现在单价大概高于市价3~5倍。其次，进一步扩大放养水面，除忠县现有6万亩水面之外，公司计划在重庆市万州区建立2万亩、合川区建立10万亩水域牧场，并希望将这一生态养殖模式扩大到甘肃、四川、湖南、广东等省。再次，建立并疏通销售渠道。公司通过超市与社区的直营专卖、餐饮连锁、电商等多种渠道进行销售，并且为适应市场对鲜活产品的需求，将努力解决活鱼远距离运输的保鲜技术问题。从实际效果来看，由于人们对食品安全的日益重视，对于“生态鱼”的概念倒是比较认可的。即便如此，公司贺红川总经理坦言仍然很难实现较大的赢利。

另外还有一个前提条件，那就是三峡渔业公司主要由重庆市农投集团控股，后者本身属

于国有企业。基于上述认识，我们对水域牧场的实质便可以有一个认知，即该经营模式实际上由政府促进，由国有企业实施，是历史时期渔猎经济的一种回归，而且历史经验已经告诉我们渔猎经济是适合当地的自然环境条件的；另一方面，对其经济效益进行考量，则是人们基于现代企业经营理念下的一种正常反应，是一种与渔猎经济完全不同的行为逻辑。因此，两者之间出现的这种不对称式发展，其深层次的原因是两种行为逻辑间的不协调所致。

在一个各种思想、各种信息不断相互影响，市场整合度日益增强的当今世界，一个地区已经不可能封闭在自己的世界之中独立发展。当外来因素驱动，开发压力过大时，本地区原有的经济活动方式必然受到冲击。历史时期，受三峡地区丰富而独特的自然资源的吸引，东西两侧的农业文明对其都表现出极大的兴趣，在强势文明的侵入下，一旦出现掠夺式的开发，三峡地区的渔猎经济协调发展的形态就会有被打破的危险。比如在秦统一巴蜀以前，由于巴政权的存在，双方维持了大致的平衡，较协调的生态关系得到保留。王运辅等的研究发现，秦统一巴蜀后，由于统一战争的需要，对当地包括渔猎资源在内的自然资源的开发力度空前加大，当地的人们也开始模仿其他农业文明的生计方式，引入种植农业，而种植

农业的进入且不断深化便造成了上述清代方志中所记载的生态失衡现象的出现。

今天，回归渔猎经济的忠县水域牧场更是不可避免地要与其他地区的精养鱼塘一起在同一个市场中接受检验。对此，公司倒是有着较为清醒的认识，他们一方面以传统的方式经营渔业，另一方面用现代技术来运作市场，例如利用景致优美的山水资源致力于打造休闲渔业，进行水产品深加工以提升产品的附加值，并希望上市等等。这些的确是很有价值的想法，其远期效果也值得拭目以待。不过，就目前来说，如果首先关照生态效益的话，就必然会牺牲一部分对经济效益的追求，此时，公司“国企”身份的重要性便显现出来。正如公司贺红川总经理所讲：“国企除了经济效益之外，还要注重生态效益与社会效益等其他方面，因而推动水域牧场建设的生态渔业项目，至少目前不能冀望于更加注重经济效益的私人企业”。

对“模式”的反思

边际效益是指每一次投资所产生的效益都会与上一次投资产生的效益之间有一个差值，一般而言，边际效益呈递减状态。从三峡渔业公司的经营状况来看，它至少在生态效益方面的成绩是值得肯定的。但如果将其视为一种发



摄影 / 郭裕铭



摄影 / 周海翔



摄影 / 郭裕铭



摄影 / 郭裕铭

展“模式”，从而照搬照抄到其他地区则会有一定的风险，主要有以下几个方面：

其一，公司的“国企”身份在这里起到了至关重要的作用。比方说政府的诚信度更高，在政府帮助推广品牌时，人们会更加相信国企产品的确是绿色的、生态的；国企可以更好地获得上级政府在养殖权属、养殖证件等政策与项目层面的支持，与水面所在地政府之间进行沟通的成本也更低；国企可以允许在微利甚至不赢利的状况下，率先关注的是生态与社会效益，而非单纯追求经济效益。

其二，各地的自然环境有所不同。不同地区的水体状况不同，因而适宜的养殖方式亦不相同，对于这一点倒不用做太多的解释。

其三，如果上述两个条件都适合的话，那么是否就一定能够产生效益呢？这还必须考虑市场容量的问题。目前三峡“生态鱼”以绿色生态为口号打造的是一种高端品牌，正是由于单位价格较高，才能保证目前公司的不亏损状况，而且恰恰由于它是一个高端品牌，因而所面对的也是一个小众的市场，其本身的容量是有限的，如果盲目地推广，可能出现的一种情况就是不同的生产者大打价格战，如此便会面临边际效益的逐渐递减，甚至是有可能会变为负数的状况，从而造成企业经营困局。

基于以上认识，我们认为在肯定“水域牧场”生态渔业成绩的基础上，必须避免盲目扩张，谨慎对待市场的反应，从而长久持续地发展下去。

倾听不同的声音

本次考察有机会接触到包括不同部门的政府官员、企业负责人、科学家、基层技术人员和渔民等在内的不同身份的人，听了他们对于环保和生态渔业等问题的不同理解与表述。例如，重庆市农委渔业发展处官员不断强调生态

效益是生态渔业的第一目标，三峡渔业公司也以生态为旗号，以品牌弥补产量的不足，又强调生态渔业对水质的净化作用。而对于非利益攸关的政府部门，不管是重庆市渔政处还是忠县移民局，一些官员还没有对生态渔业表现出足够的重视，前者由于人力有限，只是被动地帮助公司监管水域牧场中的偷鱼现象；后者则认为生态渔业对当地增加税收贡献不大，还未将“忠县模式”视为当地的一个亮点。可见，虽同为政府部门，但因为职责与关注点的不同，对同一项目有着不同的判断与评价标准。

除了生态效益与经济效益之外，作为国有企业的三峡渔业公司还将社会效益纳入其考虑范围之内。对于原本就在三峡地区作业的渔民来说，水域牧场的建立实际上占用了其原有的作业水面，为此，三峡渔业公司目前有两种处理方式，其一是吸收部分渔民直接就业，使之成为公司的雇员；其二是建立补偿金制度，这种补偿金可以一次性提取，也可以入股分红。另外，公司还在探索第三条道路，即与当地渔民合作，建立专业合作社，由渔民开展承包式养鱼，公司负责监管并统一贴牌销售。

对于渔民生活，政府官员与企业负责人均认为，渔民受雇于三峡渔业公司后收入有了明显的提高。在甘井河，为我们开船的王师傅在访谈中却表示，在他成为公司管护工人后，收入与之前独自捕鱼时的差别不大，但以前比较自由，现在则要受工作时间的约束。虽然我们无法根据这些有限的信息判断渔民收入究竟是否增长，但这却提醒我们思考：双方的不同表述是否出于不同的思维方式？毕竟官员与企业家以较准确的数字衡量收入，而普通渔民或许更多地依靠主观感知得出结论。

倾听不同的声音，或许有助于我们更深入地思考三峡水库生态渔业面临的挑战，从而更加精确地规划出一副美好的前景。

本文作者系武汉大学历史学院研究人员



摄影 / 黄正平

生态渔业须尊重惯例

宜昌基层调研

文 / 徐斌 曹振禹

对于“渔民分水面承包”的尝试，并不能简单地实施。我们首先需要保证相关承包周期足够长，从而使得渔民能够从长计议；更为重要的是，应当避免采用自上而下的行政命令方式，而是对渔民间形成的习惯予以承认。

三峡水库的修建不仅极大地改变了当地的自然地貌，同时也改变了当地人的谋生手段。俗话说“靠山吃山，靠水吃水”，这片大型的人工水域的出现，很自然地为人们提供了一种新的生计手段——捕捞渔业。

三峡水库竣工后面临着一些新的课题，其中以水库水生态和水环境的保护及消落区的整治最为紧迫。科学研究表明，鱼类对于水库水生态与水环境的保护有着重要的意义。为维持这种生态和谐的局面，人类在介入这一生态系



统时应当保持适度，如开展科学合理的捕捞会在一定程度上促进生态系统平衡；相反，过度捕捞则会带来生态危机，其反噬力也是人类社会难以承受的。2016年4月，我们走访了三峡水库宜昌段的香溪河与太平溪等地的渔民，发现滥捕等现象还在一定程度上存在。结合历史时期的相关做法与现实状况分析，我们期待探寻出一条可行的解决路径。

流动的渔民

流动性——这是渔民与农民最大的区别所在。由于渔民逐鱼为生，其作业形态乃至生活形态均具有较强的流动性，因此，应当从这一特性入手以理解渔民。

相比于其他水域，历史时期三峡地区的渔民数量并不算多，他们主要在长江上作业。清朝同治年间的《宜昌府志》便记载，在当地靠近江边生活的人家里，有一半从事渔业捕捞，而在靠近山区生活的人家里，有一半从事薪柴采集。在今天的香溪河与太平溪等水库水域所在地，当时这种现象并不多见。例如，香溪河所在的兴山县渔民数量极其稀少，西北部的人大多数喜好打猎，这显然是由于当地水流湍急而渔业资源相对匮乏的状况所导致。与此同时，人们在支流上则形成了一些非常有趣的捕鱼方式，如同治《宜昌府志》记载，由于难以在河流及洲滩上下网，因此渔民们白天将钓鱼竿搁置在江边，晚上将鱼钩系到绳上并垂于水中；有时他们也会在洲滩上堆砌围堰，然后将特制的竹笼设置在水流出口处，鱼进笼后出不来，只能坐以待毙。

摄影/郭裕铭

1883年，英国商人阿奇博尔德·约翰·立德写了游记《扁舟过三峡》（黄立思译，云南人民出版社2001年出版），其中还记录了宜昌地区的另一种适用于小河湾的捕鱼方法。大意是：

“午饭后，我和税务督察过河观看此地特有的水獭捕鱼。河对岸是金字塔形的悬崖，被又陡又窄的山谷分隔开。下游方向的砾岩逐渐没于坚硬的沙岩之中。渔民把水獭作业区设在一个小河湾内，小湾背靠岩石河岸，稍稍避开汹涌的急流。一根根像钓鱼竿的细竹竿从岸上悬到水面上，每根竹竿顶端有一条铁链，铁链末端有一根皮带，皮带从一只水獭的腋下穿过，将它拴起来。一些水獭在水中嬉戏，会把铁链绷直；另一些则在竹竿上休息，它们弓着腰的样子看起来像一张被挂起来晾晒的水獭皮。作业的时候，渔民先把堆在船尾的沉重的网撒下，再拽着水獭的脖子，将它们塞进网中心的网眼里，随后水獭便将藏身于水底泥沙或石头缝中的鱼搜捕出来，而渔民则连鱼带獭地将网拽到船上，让水獭获得解放并给予其奖赏，接下来再撒第二网”。

看起来，支流上的渔业资源并不十分丰富，而这些捕鱼方式仍然有效地维护了当地的生态系统，同治《宜昌府志》还记载，当地泉水从洞穴中流出，时而露出，时而隐藏；在一些溪流中，可以捕获数斤重的鱼，这是因为当地泥土覆盖的山体下有很多石窟窿和裂缝，当水流经过这些地质构造而分流时，鱼也随之散播开来。

三峡水库修建后，许多原本在长江中作业的渔民便进入到库湾里。渔民刘师傅告诉我们，像他这样从秭归县来到香溪河打鱼的人有一定数量，全部渔船大约有100条，加上兴山县原有的船只，大约有160~170条船在这一带从事捕捞。刘师傅进一步强调，他们是有捕捞证的合法渔民；此外，当地还有很多无证的农民也会下水作业，这类兼业型的渔民数量不容易统

计。一般来说，捕捞证是经国家认可的渔民合法身份象征，三峡水库2008年启动175米试验性蓄水工作后，当地政府为安置淹没区移民而签发了一批捕捞证，但随后数年停止发放。另一位渔民乔师傅则直言，捕捞证对他们而言，更多的意味是多了一笔收入，即每年国家为每条船发放的柴油补贴，以及在4个月禁渔期里每月发放的生活补贴。有的渔民虽然有捕捞证，但早已外出打工，他们之所以不注销自己的捕捞证，正是为了这些额外的收入。

这样，有的人有捕捞证却未真正从事捕捞，而有的人真正从事捕捞却并没有政府认可的渔民身份。有很多渔民在山上还有柑橘林。这提示我们，渔民的流动性不仅体现在其作业与生活层面，而且还体现在“渔民”这一身份之上，即很多时候捕捞者在渔民与其他身份间不断转换。

公共池塘悲剧

对渔民有了一定了解之后，我们再来看看滥捕现象产生的根源。一提到这一点，人们很自然地联想到经济学中著名的“公共池塘悲剧”，也就是说，因为没有明确的产权，人们将对公共的池塘竭泽而渔，导致这一公共资源的枯竭乃至遭到彻底破坏。在某种程度上，这种说法揭示出了包括三峡水库在内的整个长江流域渔业资源枯竭的原因。但事实上，与西方社会普遍承认私有产权的状况相比，“公共池塘悲剧”这种来自于西方的概念与我国实际情况还是有着明显的隔阂。在我国的法律中，大型水域的产权有着明确的归属，即归国家所有，因此，我们的实际问题并不在于产权的归属，而是在于如何落实这种产权。

目前渔政部门承担了水生生物资源的监管工作，水面被开放给渔民从事捕捞活动。现在来看，由于各方面的原因，渔政部门的监管力度有限，渔民则因为没有合法地占有某片水



域，从而不可避免地陷入滥捕的困局之中。若想改善这一困境，就要在这两个方面择其一端予以强化，要么由国家委托的单位完全代理国家行使所有权，要么将水面划片并长期地承包给实际从事捕捞的渔民。对于第一种方式来说，代理单位可以是国有企业，也可以是像渔政这样的具体职能部门，重庆市农投集团控股成立的重庆市三峡生态渔业发展有限公司似乎是第一种方式的探索。对于宜昌地区来说，在现有状况之下不妨尝试一下第二种方式。

需要强调的是，对于“渔民分水面承包”的尝试，并不能简单地实施。我们首先需要保证相关承包周期足够长，从而使得渔民能够从长计议；更为重要的是，应当避免采用自上而下的行政命令方式，而是对渔民间形成的习惯予以承认，以一种自下而上的方式进行。

明代经验的启示

对于明代曾在全国范围内大规模实施过的专门的渔业管理制度这一史实，即使在史学

界也知之甚少，而这一渔业管理制度就是起源于长江中游地区。明初朱元璋统治湖广地区之后，曾在江河湖泊上广泛设置渔业管理机构——河泊所，并专门设立“渔户”这一户籍类别来征收相关的赋税。统一全国之后，朱元璋又将这一制度进一步推行至其他水域。如果将我们当前的情况与明代进行对比，可以发现二者之间有颇多相似之处，如明初承袭自古以来山林川泽归国家所有的历史传统，与现今的水面国有制相似；明代编排渔户的做法看起来与2008年左右三峡地区确认渔民身份的行为非常类似；明朝设立的河泊所与当前的渔政部门亦有一定的相似性。但具体而言，明代发生了怎样的历史故事呢？

因统治等问题，明初虽然持有“水域归国家所有”的理念，但并不能落到实处，因而民间有“湖是野的，占了就是”的说法，加之明代的统治者只是在增加财政收入的意义重视渔业，只要能收齐足额的税，他们并不十分在意民间是否实际占有水面这样的问题。在此情



摄影/周海翔



摄影 / 廖传松



摄影/先义杰



摄影/周海翔



摄影/周海翔

- 三峡水库生态渔业的成效取决于政府、水库运营企业、科研机构、社区共同努力，同时，社区的参与同样至关重要。三峡的水生态健康和水环境安全，以及附带的渔业资源是社区繁荣发展的物质基础，有关各方需要构建一定的机制保障，促使社区成为三峡水库生态环境建设的主力。

从生态保护的意义讲，由于传统时期生产力水平较为低下，因此对生态造成的破坏有限。这固然值得肯定，但我们也应当看到，由于渔户实际占有水面，因此他们对衣食所仰赖的渔业资源所表现的爱惜之情和由此产生的生存智慧，未尝不是生态得以保护的一个重要原因。

形下，渔民开始依据捕捞时形成的惯例实际划分并控制水面，有些是以捕鱼的工具为依据，有些是以岸边的地名为标识，还有的是以捕鱼的时间（如白天与黑夜）作为标准，等等，各有各的经验。由此看来，明代的水面形成了“名义上归国家所有，现实中则由渔户实际控制”的产权形态。这种产权形态对国家与社会造成的影响有好有坏，坏的方面是造就了一个湖主湖霸阶层，好的方面则是由于水面的管理可以落实到具体的渔民，便利了国家的统治。

在调查中，我们看到渔民在捕捞时已经有意识地避免与其他渔民产生纠纷，这正说明在渔民各自捕捞区域的划分方面，当地正处于一个惯例与规则的形成过程之中，我们如能对其加以引导，有望探索出一条摆脱“公共池塘悲剧”的道路。如前所述，重庆地区以国有企业的力量实施水面管理，宜昌地区则可从尊重民间惯例的角度入手，这是两种解决三峡水库水生态和水环境问题的途径。 



社区渔业

文 / 毕永红 胡兴娥 杨霞

社区渔业是基于社区的渔业管理和生产模式，属集体产权，其主体是渔业社区。在政府的协助和监督下，渔业以社区为实体进行渔民的自律自主管理。科研单位在资源调查的基础上开展渔业从业指导，实施社区责任制的渔业资源管理方案。社区渔业基于以人为本的精神，强调在渔业管理措施制定、执行、调整过程中，社区、渔民及其他利益关联方均参与进来，政府和渔民群体共同承担渔业资源养护和利用的权责，其核心理念是将公共渔业资源的管理和使用权赋予依赖其生存的渔民群体，确保渔民对管理制度的接受和遵守，以保证渔业管理调控措施的效力，实现对渔业资源的有效管控。这种管控可减少渔民间的冲突，降低不同渔业形式的竞争，提升渔民遵守渔业规范的意愿，从而凸显渔业资源养护的理念，寻求资源可持续利用，达到社区可持续经营的目的。

社区渔业优势

由于社区渔民长期从事渔业活动，非常了解当地渔业的具体情况，渔业科研工作者可以从中获取大量第一手翔实资料，厘清当地鱼类种群动力学机制及相应的生态学问题。通过让社区渔民参与制定政策，可从当地使用者的角度加强管理制度，提高社区遵守制度的自觉性，降低执

摄影 / 周海翔

法成本。向渔民颁发从业许可证并让其负责渔业资源调控措施的执行，且渔民可切实从这些调控措施中获利，将对渔民有更好的激励和约束作用。

社区渔业能够利用渔业社区的社会资本推动和协调各种渔业行动，提高管理效率。在渔业社区中，信息收集共享和相互监督比较方便。给予渔民参与管理的机会，可充分调动他们在资源养护方面的积极性，增强他们保护自己所依赖的渔业资源的自觉性和责任感。另外，信息、规则有助于降低成员间讨价还价、联系、监督和管理等的实施成本，工作网络可以减少信息收集和共享的成本，为安全事故、自然灾害等提供保障机制。

同时，实施社区管理对政府部门也有促进作用，体现为：政府把相关权力下放到社区实行分权管理，可降低管理成本；随着渔民主人翁意识的增强，其监督政府的积极性也会提高，这有利于提高监督效果。基于社区的渔业管理可在资源养护、栖息地保护、渔民利益维护等方面发挥作用。随着对渔业与社区研究的深入，社区渔业管理必然会受到重视和更广泛的认可，将为制定地方层面的渔业资源养护措施提供一种成功的实践途径——向可持续的渔业及社区发展方向转变，这代表着未来的发展趋势。

社区渔业特征

社区渔业需要具备以下特征：以地域为主要依据的多方参与式组织原则，以渔业资源养护为核心的技术措施，以可持续发展为理念的经营方式，以利益共享为基础的分配体系。

准入制度：要依据地域、历史和现实等具体实际情况，界定不同渔业社区的从业水域，确定不同社区的成员身份，以利于社区成员的活动。

管理运行制度：必须实行统一且严格的渔政管理制度，明确渔业资源保护和开发利用的关系和界限，严格控制渔具渔法和捕捞强度，严格执行禁渔期，严格划定资源保护水域和资源适度开发水域，并对开发利用的强度和方式给予明确的限定，确保渔业资源的可持续利用。在此基础上，对跨界渔业资源的保护和开发利用给予明确的指导意见，依据实际情况确定缓冲水域为禁渔区，不同渔业社区共同恪守。此外，基于社区的渔业管理制度还要考虑相关决策的制度安排，对于具体渔业管理制度，可经由三峡渔业资源的所有利益关联方通过会议研讨的方式制定并颁布，以提高渔业管理措施的合理性，确保渔民自觉遵守相关的管理措施。因此，从资源和市场角度来看，若要使上述渔业管理措施落到实地，其首要条件是渔业社区有参与共同管理渔业的强烈动机和较强能力，同时，社区不仅要参与管理规则的执行，更要参与管理规程的制订，这样就能保证社区的利益获得考虑。政府应将尽可能多的权力，包括决策权、管理执行权、受益权等都转移给当地社区，而不只是将资源管理职责转移出去。

决策支撑体系：相关科研院所要为社区渔业助力，用科学数据指导渔业社区的资源管理实践和生产经营活动。引入科研力量到社区渔业中，开展种群评估、资源分配、捕捞强度分析等工作，确定各渔业社区所辖水域的资源现存量、早期资源补充量、年度增加量、可捕捞量等。同时，基于不同水域的具体特点，针对资源恢复、生境改善等方面给予合理的建议和意见。

利益分配体系：只有确保三峡社区渔业的所有利益关联方均能从中获得期望的收益，才能确保他们继续参与的积极性和主动性，也才能持续推动渔业资源养护和管理的步伐。



生态渔业

文、图 / 蒋勇

要解决生存、生产与保护之间的矛盾，需要统筹做好鱼类资源、水资源和人的管理，做好顶层设计，在以人为本与以生态为本中找到解决问题的途径和渠道，达成共识和遵守规则十分重要。只有调整好土地空间的利用关系，调整好生计与环境保护之间的关系，才能有双赢和多赢的希望。

“我最自豪的有三件事：一是到青山垅越冬的水鸟占到了西洞庭湖保护区总数的80%以上；二是700多名入股的渔民每年都有分红；三是像我们这样坚持做有机鱼十多年的单位很少，更何况我们还没有要国家一分钱的政策补贴和柴油补贴。”2016年春节，当着前来学习取经的东洞庭湖采桑湖社区代表的面，西洞庭湖青山垅内的一名村支书唐代钦分享着这18年来的体会。“要做社区共管就要实打实地做，既要发展生产，又要保护湿地。保护鸟的同时，也要保护鱼类资源，同时也要考虑人的生存，这几样一个都不能少”。

西洞庭湖青山垅实施社区共管的当年，正逢2004~2005年长江中下游越冬水鸟同步调查，青山垅的鸟类就达到了2万只以上，黑鹳、白鹤、卷羽鹈鹕等珍稀水鸟也光顾了西洞庭湖。10年后，2014~2015年水鸟同步调查发现，青山垅为西洞庭湖近80%的水鸟提供了栖息地，保护的成果得到了充分体现。

退田还湖以后

西洞庭湖是东亚候鸟迁徙路线中的重要栖息地，也是洞庭湖湿地不可分割的重要组成部分，优越的自然环境和地理条件蕴育了丰富的生物资源。1999年，青山垅经湖南汉寿县人民

政府划归西洞庭湖自然保护区，以越冬水禽、水禽栖息地及湿地生态系统为主要保护对象，阻止洞庭湖湿地进一步萎缩退化和实现湿地资源可持续利用。2002年2月，当地被列入“国际重要湿地”名录。

青山垸是20世纪70年代围湖造田的产物，垸内农民和渔民早已习惯“靠水吃水”的生活，种养一块地一口塘，适当时候也到洞庭湖外湖从事渔业捕捞。1998年那场长江流域特大洪水过后，脆弱的青山垸大堤不保，瞬间被洪水淹没。根据中央“平垸行洪、退田还湖、移民建镇”的方针，青山垸不仅人要全部移居上岸，而且生产方式也要全部转换。从垸子里退出的渔民们，生活生产面临着全新的选择。

划归西洞庭湖的青山垸，不再为退垸还湖的渔民所有，成了肩负生态修复和保护的土地。上岸安顿下来的渔民渐渐反应过来了，建立保护区虽好，但上岸后因为生产没有着落，没有了土地，没有了捕捞场所，也就意味着没有了生活来源。吃什么？喝什么？以后的发展出路在哪里？一个个疑问，伴随着涌动的情绪和日益拮据的生活焦烤着每一个人。大家把目光又放回了已经成为自然保护区的那片一万多亩的水面。既然人给了水出路，为何水不能给人活路？于是乎，向大湖要生存成了大家的一致共识。

一些渔民“头儿”带领渔民在保护区内插满了“迷魂阵”，并使用电击捕鱼、用雷管炸鱼、用农药毒鱼，疯狂掠夺青山垸的鱼类资源。渔民们为了生存不顾一切的行为导致青山垸的水生植被难以恢复，游到垸内的野生鱼类被悉数捕尽，飞鸟更是无处生存。

对于新成立的自然保护区而言，为了达到封闭管理的目的，保护区对擅自强行进入青

山垸的人员和私搭乱建的设施采取了宣传、规劝、驱赶、拆除、罚款、烧毁、拘留、判刑等一系列措施，对进入封闭区内从事渔业生产的渔民进行管理。同时，以上八种措施的实施由政府组织，以公安局、水产局、渔政站、保护区、水政、湖洲管理局等多部门联合协作的方式，开展了多次大型的拆除“迷魂阵”、取缔违禁捕鱼打猎的活动。

然而，这种将保护与发展对立的方式，将渔民和保护区之间的关系引向了对立面，甚至到了仇恨的地步。鱼代表了生计，代表了生存和发展的权益。在这两者的矛盾之中，相关方选择了不可兼得。在实际执法和管理过程中，渔民与保护区的管理人员的冲突也越来越升级。由最初的消极抵抗，逐渐发展成为正面的冲突，甚至围追堵截、谩骂殴打的地步，更发生过情绪激动者将保护区人员劫持后向人群中投掷雷管的恶性事件。

此时的青山垸，愁云密布，危机四伏，上演着一出公共池塘的悲剧。支持老唐们做法的人认为“鱼，我所欲也。环境保护也是我所欲也。但是为了生计，舍环境而取鱼也是天经地义的事。”这个观点在保护环境的人看来则是完全相反的逻辑。当二者不可兼得的时候，当舍鱼而取环境才对。

社区共管促双赢

转变始于2002年夏天。我们联合相关机构在汉寿开设了一个“社区共管”培训班。所有的利益相关者走进一间课堂，抛弃了所有的成见，不设定各自立场，完全站在公利的角度一起来审视青山垸的过去、现在和未来，共同描绘一个未来的愿景。作为社区的代表，唐代钦参加了这次培训，培训给他带来了巨大的思想冲击，也让他了解了“如何开展社区共管，如何实现双赢”的理念。

到了年底，已近花甲的唐代钦心中突然有了一个当时让人难以置信的宏伟目标：他决心要带领乡亲们把青山垸打造成一道美丽风景，让曾经熟悉的万鱼齐跃、万鸟齐飞的场景再现，同时也让西洞庭湖的水清起来，草丰起来，鱼多起来，渔民们的生活跟着好起来……

“除了捕捞，我们还可以做做生态旅游的文章。要想旅游生意好，必须认真搞环保；留得青山在，不怕没柴烧；只要有了梧桐树，不怕凤凰不落巢！”这是唐代钦多次思考的总结，恰与保护区的思路不谋而合。

“社区共管”如何在保护的前提下照顾到当地渔民的利益，找到彼此之间最大的公约数。我们也积极与汉寿县政府协商，争取将青山垸列为“社区共管”的生态试点。选择和确定一定的时间和水域，允许一定数量的渔民开展合法的受保护区监督管理的渔业捕捞生产活动。渔民则以有偿使用自然资源的方式，或者附加部分资源共管的义务，使之成为湿地利用与保护的直接参与者和管理者。从而达到资源保护和合理开发利用的共同利益最大化，管理成本、矛盾纠纷最小化的目标。在实现全面保护的前提下，通过合理科学的规划建设，为社区居民寻找到合适的替代产业，逐步使青山垸发展成为退田还湖、社区共管、湿地保护、合理开发、持续利用的湿地多功能综合示范区。

就这个问题，渔民们与保护区进行了多轮谈判。2004年3月，青山垸200多户原居（农）渔民终于和自然保护区签订了社区共管承包经营合同。汉寿西洞庭湖自然保护区有一份协议书，其第四款是青山垸作为“乙方”的110户渔民承诺：不在青山垸内使用电击、迷魂阵、麻布网、毒鱼等违禁手段捕鱼；不捕猎和惊吓野生动物，且有义务参与共同保护……这是洞庭湖第一个由自然保护区和当地居民实施的“社

区共管”协议。随后，我们又支持老唐他们发展生态渔业，通过有机养殖的模式来配比鱼种，改善水质，提升单产效益，并杜绝外来物种例如小龙虾在青山垸的养殖。同时还帮助他们注册品牌，对接市场，力争将有机鱼卖一个好价钱。

“实行‘社区共管’后，青山湖湖面经营由渔民选出代表来做，渔民全是股东，不负责经营的渔民每年一样可以分红，平时，他们可在外面打工。这样，赚钱途径多了，收入自然增加了。”唐代钦说。仅2005年，青山湖的鱼类水产品收入达400多万元，2015年已经接近2000多万元，给当地渔民带来了可观经济效益。开展有机养殖以后，已经有20多种鱼得到了有机认证。社区共管协议为渔民开启了一种新的生活方式，生态渔业也让西洞庭湖重现了一方净水。如今的青山垸早已治愈了因水患、污染和过度捕捞带来的忧伤，回归一派碧水盈盈，鸟飞鱼跃的欢愉景象。

青山垸的环境得到改善之后，渔民们在空闲时间，利用闲置的渔船带游客们游湖。游湖后，游客们去吃当地的“有机鱼全席”。

老唐们对未来还有一些担忧和心愿：担忧水域经营权还有一定的纠纷，返租而来的经营权不利于他们从长远出发做好青山垸有机鱼的品牌，国家的渔民柴油补贴政策也是他们多年来未了的心愿。西洞庭湖青山垸的生态渔业探索之路还有“最后一公里”没有走完，希望有更多的人不要再走破坏湖泊生态、竭泽而渔的老路，尽快找到适合当地环境和资源的生态渔业路子。也希望青山垸有机鱼的品牌能够得到市场的认可，在有限的养殖空间、捕捞时间和资源利用基础上，实现效益最大化，真正实现人、鸟、鱼、水的和谐共处。

本文作者系世界自然基金会（WWF）长沙项目办公室主任

三峡渔业四大条件

文 / 武仙竹

历史时期，三峡水域盛产长江上游很多特有鱼类，是世界上最大的淡水鱼类产卵场之一。这么丰富的渔业资源仰赖于以下四大有利自然条件。

地形地貌。长江从我国第二级阶梯下降至第三级阶梯时，形成“西控巴渝收万壑，东连荆楚压群山”的壮丽三峡。在亚洲气候区划图上，可看到中亚热带气候区从云贵高原向北方高纬度地区呈犄角状延伸，至三峡后，在北方北亚热带气候区的包围下，三峡形成一个特殊的中亚热带“热岛”。该独特气候与当地陡峡深谷的地貌特征紧密相关。三峡区域的最高点是大巴山主峰神农顶，海拔3105.4米，而三峡大坝坝址中堡岛，原江面海拔为58米，可见三峡峡区内相对高差达3000多米，这种区域性小范围内的显著地貌高差世所罕见。三峡峡谷与峡峰的气候差异很大，该区域海拔每上升100米，气温约下降1.7摄氏度。把这种气温变化在纬度差异上推演，则相当于海拔每下降100米，地理位置的水平距离会向南偏移300多千米。因此，在三峡峡谷区域内，其年平均气温远高于同纬度其他地区。而且，相比同属于中亚热带气候、纬度更为偏南的一些地区，三峡峡谷年平均气温明显偏高。比如昆明和贵阳分别为14.6和15.3摄氏度左右，而三峡峡谷为18摄氏度左右。三峡峡谷这种气候特点，是当地鱼类冬季生长和早春繁殖的有利条件。

降雨量。三峡地区年降雨量大于长江中下游地区，在山高水长的地形环境下，三峡两岸沿山势而下，发育有众多水势很急的支流及瀑布，其冲击力、水温 and 含氧量等能够在春夏之际刺激鱼类顺利产卵和增强鱼卵活力。三峡多雨，这是因为峡谷深切入地表后，地形条件与气体流动会产生一种降水增幅关系，其形成

机制包括：峡谷里因通风不畅形成积温，夜晚来临时，海拔高的谷坡（峰）降温迅速，形成沿山势下降的冷风，在接近谷底时与温湿气流接触，在峡谷产生规律性夜间降水，即所谓的“巴山夜雨”。此外，当天气系统中暖气团经过峡区、翻越山体时，将被迫沿山势形成气体抬升，至一定高度时也会产生显著的局地降水。三峡地区无论是最冷还是最热月降水，或者是年降水量，均明显比同纬度地区多。

营养物质。距今约1.8亿年前，三峡地区才从古特提斯海海域中上升为陆地，现今重庆等地区才结束海相沉积地貌。而在此前的海相沉积环境中，三峡地区沉积了大面积碳酸盐岩。它们逐步抬升并成为山体后，风化物释放出丰富的钙、镁等动物体必需的常量矿物元素并积累丰厚，兼之当地气候适宜，因此植被茂盛。陆表植物生态链及其养分延伸及地表水，使水体中天然饵料含量很高。

水体。三峡汇聚着长江上游约100万平方千米流域的地表水，水资源充足可靠。此外，由于峡区内江段狭窄，河道以侵蚀性构造为主，河床沉积物均为较大的砾石，而较小的沙粒难以沉积。因此，三峡水体含氧量充足，不会因沉积泥沙而使水质浑浊。在水流条件方面，由于江段落差大，水体流速急，其原始环境存在有大型江河上游急流险滩的特征。三峡江段水路里程约600千米，落差约120米。而长江从宜昌至入海口里程约1800千米，落差仅40米左右。就这样，长江干流中、下游体型较大的鱼群，以及海洋与江河之间洄游的鱼群每年会规律性地集群到长江上游急流险滩地段产卵繁殖。孵出的鱼苗随后散布到各处广阔的江河湖海，呈现出一幅神奇瑰丽的自然画卷。

本文作者系重庆师范大学科技考古实验室教授



2013年丰都瓦嘴嘴遗址抢救性发掘

三峡渔业变迁史

文、图 / 武仙竹

当长江三峡初始贯通，三峡地貌开始逐渐演化的时候，三峡就有古人类生存（如重庆龙骨坡遗址、湖北建始人遗址等）。因此，三峡古人类是目睹着三峡一步步形成，伴随着三峡演化而一起演进的。

史前时期：捕捞与渔业兴起

在旧石器时代晚期，三峡古居民已熟悉并能自觉开发和利用三峡地区的渔业资源。近年，在重庆奉节县更新世晚期的穿洞遗址中，发现有一件古人类用贝壳加工制作的蚌刀。该枚贝壳体长81.6毫米、高82.8毫米，是一件大型背瘤丽蚌。背瘤丽蚌是一种生活于水质澄清透明、深且大的水体（大河大湖）中的大型贝类，而穿洞遗址所处位置海拔高度1466米，

属于山顶水源集水区，在遗址周围连较大的溪流也没有。因此，穿洞遗址中所发现的背瘤丽蚌，只能是古人类从三峡河谷中采集并携带至此的。穿洞遗址背瘤丽蚌的发现，不仅证明旧石器时代古居民已开始对三峡河谷渔业资源开发利用，而且还证明在更新世末期时，三峡古人类具备长距离迁徙活动能力和高海拔山地适应能力（穿洞遗址所处位置与三峡河谷垂直高差达1300多米）。

新石器时代，三峡沿江古聚落中呈现出一种渔业大兴的经济生产状态。该地区发现的七八千年前的石网坠、陶网坠等，证实了三峡地区是我国最早开始使用渔网进行捕鱼地区之一。在三峡新石器时代江边大型古文化遗址

中，均出土有大量渔业遗存。譬如：在重庆忠县中坝遗址，出土有18种渔获物遗骸（包括鱼纲15种、两栖纲1种、爬行纲2种）；在湖北巴东店子头遗址，出土有12种渔获物遗骸（包括鱼纲9种、腹足纲3种）。遗址中出土的鱼类遗骸个体有的很大，常见鱼种有中华鲟和大型青鱼、草鱼、鳊等。这种集中出现大型鱼类遗骸的考古学文化现象所反映的渔业生产方式，是针对长江中下游或近海地区前来产卵洄游的大型亲鱼所进行的大规模捕捞。在店子头遗址中，出土有1件青鱼下咽骨标本，根据牙齿与体长比例关系推算，该鱼的活体体长达2米左右，应是目前世界上已知最大的青鱼个体标本（青鱼是中国内陆淡水区域的特色鱼种，国外无野生分布）。除了大规模捕捞大型洄游鱼类外，三峡新石器时代的古居民对三峡本土的特色土著鱼种也进行专业捕捞，如在重庆丰都玉溪遗址中，出土很多个体较小的赤眼鳟、翘嘴红鲌、圆口铜鱼、宽口光唇鱼、乐山棒花鱼、光唇蛇鮈、华鲮和齐口裂腹鱼等。总之，新石器时代，三峡地区渔业工具发明较早，专业渔业生产规模很大，呈现出我国内陆渔业的早期兴盛面貌。三峡是我国渔业生产最早萌生和发展中心。

先秦时期：专业渔民部落与渔业贸易

先秦时期，三峡渔业可谓是世界淡水渔业早期历史上最为辉煌的时期。在先秦文献中曾对三峡渔业资源给予了极高的赞美。如楚人宋玉《高唐赋》记载，三峡“水虫尽暴，乘渚之阳（温暖的水域）。鼃鼃鳢鲟，交织纵横”。这里的“水虫”即各种鱼类、鱼卵等（《大戴礼·易本命》有鳞之虫三百六十，《列子·天瑞篇》鱼卵之为虫）。三峡考古证明，宋玉的记述是真实的，先秦时期，三峡确实有非常丰富的渔业资源，而且人们开展了大规模的渔业生产。如在湖北秭归县何光嘴商代遗址中，出土有大型青鱼、草鱼、鲢、鲤、鳊、三角鲂和圆口铜鱼等多种淡水鱼类，还有溯河洄游鱼类中

华鲟（鳢鲟类）等。在重庆万县麻柳沱遗址、湖北宜昌路家河遗址等，均出土了鼃（龟鳖类）、鼃（扬子鳄）等等。先秦时期，三峡有我国当时最先进的渔业方式和最大的内陆渔业规模，我们可以从四个方面进行描述。

第一，更多鱼类种类（资源）得到开发。先秦时期，有些三峡本土区域的特色鱼种新出现在古遗址的渔获物中。如秭归县卜庄河遗址商代遗存里出土的中华倒刺鲃、东周遗存里出土的须鲫等等。这些现象说明，与史前时期相比，先秦时期三峡古居民对渔业资源的开发程度更加深入了。

第二，先秦时期出现了多种先进的渔业生产技术。当时世界上最早的鸬鹚渔业、淡水渔业中最早出现的大型拖网作业等，均首先出现在三峡地区。夏代晚期至商周，三峡很多沿江古聚落普遍出土了表面凿制加工有“T”型绳槽的大型拖网网坠。这种网坠原型为大型砾石，直径一般在17~23厘米，适用于拖网渔业。使用这种大型拖网，需要族群成员的集体劳动，其捕捉对象是长江水体中、下层的大型鱼类。这种大型拖网渔业生产，是三峡地区夏商时期出现专业渔民部落的标志。驯养鸬鹚捕鱼，是三峡渔民长期进行水上作业，熟悉鸬鹚习性和水资源环境后，利用生物技能开发的一种特色渔业生产方式，后来在我国内陆淡水区域广泛流传。唐宋以后，该渔业方式还传播到东南亚和世界上其他国家。先秦时期，三峡居民在浅滩或江边还建筑有大型捕鱼设施“鱼梁”。鱼梁是利用河流干流鱼类“春上秋下”的洄游习性，在浅水域或河边，用砾石堆砌成“八”字形石梁，中部留缺口供鱼通行，然后在缺口处设网捕鱼的做法。这种捕鱼方法，在东周时期许多浅河水域均流行，如《诗经·谷风》“毋逝我梁”即是对保护鱼梁的写照。但在三峡地区长江干流上，也建筑大型鱼梁，显然在先秦时期属于非常显著的大型渔业工程。《水经注·江

鼓励有条件的地区**以传统渔文化为根基，以捕捞及生态养殖水域为景观**，大力发展休闲渔业，**建设美丽渔村**……加强渔业重要文化遗产开发保护。

摘自农业部2016年《关于加快推进渔业转方式调结构的指导意见》

水》记载，“江水东经阳关巴子梁，江之两岸犹有梁处”。此梁，即指先秦时修建于现重庆奉节县长江上的大型鱼梁。那时，三峡古居民也流行悬挂陶质小网坠的投网，这种网是供单人渔业使用的。此外，还流行一次设置、长期使用的罾网。罾网是利用水边树木或搭制支架，将渔网悬挂于水底，然后不定期对其起网捕捞的作业方式。生长于三峡的屈原（秭归县人）在《楚辞·九歌》中，即记载有“罾何为兮木上”之辞句。

第三，三峡先秦时期出现了与生产活动相关的渔业祭祀原始宗教。三峡地区新石器时代遗址中，也出土有很多鱼骨层、鱼骨坑等，但这些遗迹是古居民利用鱼类资源后的废弃物。而在商代时期，三峡地区开始出现了专门的渔业祭祀遗迹。如湖北秭归县何光嘴遗址商代祭祀坑中，出土有1条长达1.5米左右的完整青鱼和1条长达1.2米左右的完整草鱼。该祭祀坑中并列埋藏完整的大型青鱼、草鱼各1条，应该是人类为祭祀渔业生产而举行的一种特殊宗教仪

式。这类祭祀遗迹，就像三星堆祭祀坑中以金器、青铜器祭祀农业生产一样。只不过三峡这类祭祀遗迹，其宗教目的是为祭祀渔业生产。这种现象，正好反映了三峡渔业经济生产的区域文化特点。

第四，三峡先秦时期渔业贸易已形成一定规模。近年在重庆巫山蓝家寨遗址考古中发现，遗址中出土有春秋时期产于长江干流的中华鲟遗骸。蓝家寨遗址与长江间隔崇山峻岭，但遗址旁边有大宁河与长江相通，与长江水程距离77千米。蓝家寨遗址发现了产于长江干流的中华鲟，证明春秋时期长江临江渔民从长江中捕获鱼类，不仅是为了自身食物需求，还作为商品在周围地区开展贸易。蓝家寨中华鲟遗骸的发现，应该是先秦三峡渔业贸易的实证。总之，该时期三峡发展起很多渔民部落，是我国内陆渔业规模最大、生产技术最先进地区。

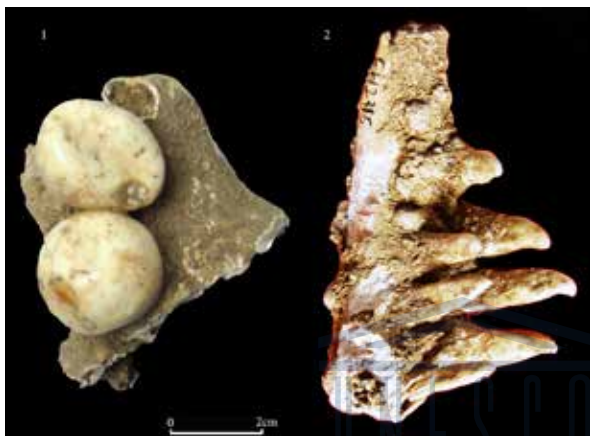
秦汉时期：渔业转折与资源式微

根据考古发掘，秦汉时期三峡古渔业遗存与史前先秦时期相比已发生很大变化，具体表现在古文化遗址里各种鱼类的个体数明显变少；其次，在出土渔业遗存的遗址里，所渔获鱼类的个体也在变小。以湖北秭归县东门头遗址为例，该遗址位于西陵峡庙南宽谷长江南岸，江面开阔，夹江两岸支流水量充沛（南岸有锣鼓洞河、童庄河，北岸有归州河、香溪河），自古以来是西陵峡临江居民重要聚居地。该遗址是三峡地区保存有新石器时代至明清时期渔业遗存的典型遗址，在三峡工程文物保护工作中，从1998年至2002年历时5年发掘，出土有大量鱼类骨骼标本。我们通过动物考古学最小个体数统计的方法，总结出该遗址从史前时期至近代，渔获物在肉食资源总量的





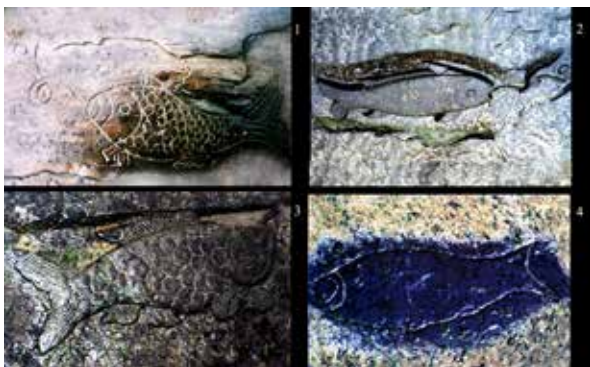
2012年巫山蓝家寨遗址发掘获取的草鱼下咽齿



店子头遗址出土的青鱼下咽齿和鳊鱼下咽齿



大型拖网网坠 (1) 和小型投网网坠 (2、3、4)



白鹤梁水文遗址的石鱼 (1.短身白甲鱼; 2.胭脂鱼; 3.鲫鱼; 4.中华倒刺鲃)

比例中呈现逐步下降趋势, 尤其从汉代以后, 呈现出大比例跌落。其统计数据为: 新石器时代早期城背溪文化时期渔获物 (水生动物) 占全部动物群约94%, 商代约84%, 周代约74%, 汉代陡降为约25%, 宋元时期递减为约20%, 明清时递减为约12%。这种随历史时代演进, 渔获物数量递减, 特别是汉代以后渔获物大幅度跌落的考古学文化现象, 从实物资料反映出三峡地区历史时期渔业经济逐步式微的概况。

三峡秦汉渔业遗存中还有一个重要现象, 是渔获物中生殖洄游的大型产卵亲鱼 (青鱼、草鱼、鳊、鲟等) 比例大大下降, 而本土生活的地方性鱼类个体数增多。如秭归县东门头遗址中, 出土了个体数较多的鲤; 巴东县罗坪遗址中, 出土了以前未见的鲈鲤等。鲤是在江河、湖泊中均可产卵的鱼类, 它们的产卵区、生长区基本在同一水域。鲈鲤是只存在于长江上游及其支流的特色土著鱼类, 是典型的三峡本土鱼种。渔获物总量减少, 兼之较多本土鱼种增加, 显示汉代三峡渔业资源和主要渔业生产方式等均发生了变化。秦汉时期, 钓鱼作业在三峡地区较为盛行。湖北巴东万流遗址汉代文化遗存中, 出土有1件铜质钓鱼桶。该桶左手提篮, 右臂高持钓鱼竿, 背后系有筒形鱼篓, 这是我国最早的一件铜制钓鱼桶。可以肯定, 钓鱼作业方式针对的是本土鱼类, 因为大型产卵亲鱼在生殖洄游期间是不会进食的。三峡地区汉代墓葬中, 曾出现有以家养水獭殉葬的例子。所以当时三峡居民除了继续有鸬鹚渔业外, 还利用本地盛产水獭的条件, 将之驯化并用于捕鱼。这种新出现的“水獭渔业”, 显然是长年开展的渔业生产, 而不会是只针对在一定时间内存在的产卵鱼类而开展。汉代三峡渔业生产的另一个突出现象是, 该地区开始流行一种多区划、综合养殖的多功能养鱼池。三峡汉墓中, 出土有很多作为随葬品的陶制多功能养鱼池。这种养鱼池在结构上有功能分区, 实行鱼、鳖、龟、莲混养模式, 比较符合生态学原理。

隋唐及其以后：渔业衰退与资源变化

这一时期三峡地区渔业资源步步弱化，渔业经济在区域经济的规模和分量中越来越小。早期历史上，长江干流鱼类生殖洄游的种类很多，包括青鱼、草鱼、鲢、鳙、鳊、鲂、鳊、银鱼、鳊和鳊等多种。其中有长江干流的淡水鱼类，也有淡水—海洋洄游繁殖鱼类。

对重庆涪陵白鹤梁石刻群石鱼图像的研究证明：明代以前，白鹤梁所雕刻的石鱼图形是以具有溯流生活习性的海洋性鱼类花鲈和鲢为主。但清代以后转为以地方特色鱼种岩原鲤、鲫鱼、胭脂鱼、中华倒刺鲃和短身白甲鱼等为主。这说明从清代开始，很多体型较小的海洋性洄游鱼类已很难再上溯三峡了。不过，大型溯河海洋性鱼类仍能在三峡地区常见到。如清人陈诗《湖北旧闻录》记载，三峡风俗“春则起汕，秋则了系”。“汕”是指春季鱼类上溯三峡产卵时，渔人站在江边用抄网顺着水流舀鱼。“了系”，是指布设长筒形竹笼于江水，大型鱼进入竹笼后不得出，渔人骑于鱼背，用绳索穿鱼鳃后，再多人合力拉出江面。“了系”所捕获的鱼类一般都是中华鲟、白鲟等大型溯河海洋性鱼类。

清代时，长江干流中的淡水鱼类溯及三峡产卵的规模仍然很大。例如，清王士禛《蜀道驿程记》记载其在秭归新滩时，“独坐舟中看渔人十余截流抛网，顷刻得鱼数千头”。该资料记载的只是春季长江中下游鱼类上溯三峡产卵的情况。

唐宋时期，有较多史料反映三峡的鸬鹚渔业生产。杜甫在三峡居住较长时间，他在《夔州歌十绝句》中写道：“背飞鹤子遗琼蕊，相趁凫雏入江涯”。在《戏作诸体遣闷二首》云：“家家养乌鬼，顿顿食黄鱼”。这里的“凫雏”为幼鸬鹚，“乌鬼”则是峡中人对鸬鹚的称呼。可见，鸬鹚渔业在三峡地区是一种

历史悠久的渔业方式。

此外，钓鱼和使用多种形式的网具捕鱼，是三峡唐宋以后普遍的渔业方式。杜甫《寄刘峡州伯华使君四十韵》中描写的“野食行鱼罾”，就是记录三峡居民野外临时就餐时，能够随时使用罾网进行捕鱼。

隋唐以后，三峡仍然保存有一定数量的专业渔民。如《资治通鉴·隋纪》记载：隋开皇九年，御史大夫杨素顺江而下攻占长江中下游时，在巫峡兵败。后杨素与三峡蛋民（渔民）结盟，“遣巴蜒千人，乘五牙四艘（大船）”，遂大破敌军。唐令狐德棻主编的《周书·异域传》也记载，初唐时蜒人（渔民）势力炽盛，“屯据三峡，断遇水路，荆蜀行人至此假道”等等。

当历史延续至近现代时，长江三峡地区的渔民已不再以船为家了，他们会在江岸建筑固定的居所，主要经济生产仍然是常年捕鱼，但偶尔也用渔船载运货物，从事水上交通运输工作。1995年出版的《万县志》记载，从明清至近代，三峡地区一直保持有以水上为生的专业渔民，他们除使用多种网具、钓具进行渔业生产外，还能够驯养“家禽”和“家畜”捕鱼，有鸬鹚渔船专业户和水獭渔船专业户。

渔业资源是地史生物圈长期形成的重要生物资源，具有不可替代的生态价值和经济价值。《庄子·秋水》云，“鲦鱼出游从容，是鱼之乐也”。人类对渔业资源的消费，其实不仅仅包括对其经济（肉质）价值的消费，也包含对水欢鱼跃生态美的消费。为了真正落实生态文明建设的社会发展理念，使我国人民能够永享渔业资源的生态美和经济价值，我们呼吁加快三峡渔业资源库的建设，以三峡生态渔业造福人民万年。





西陵峡。河流系统是自然界最重要的生态系统之一，自人类诞生以来，其生存和发展依赖于水环境。维护河流生态系统的健康，实现人与河流持久的和谐共存，是河流生态保护的根本目标。摄影 / 黄正平