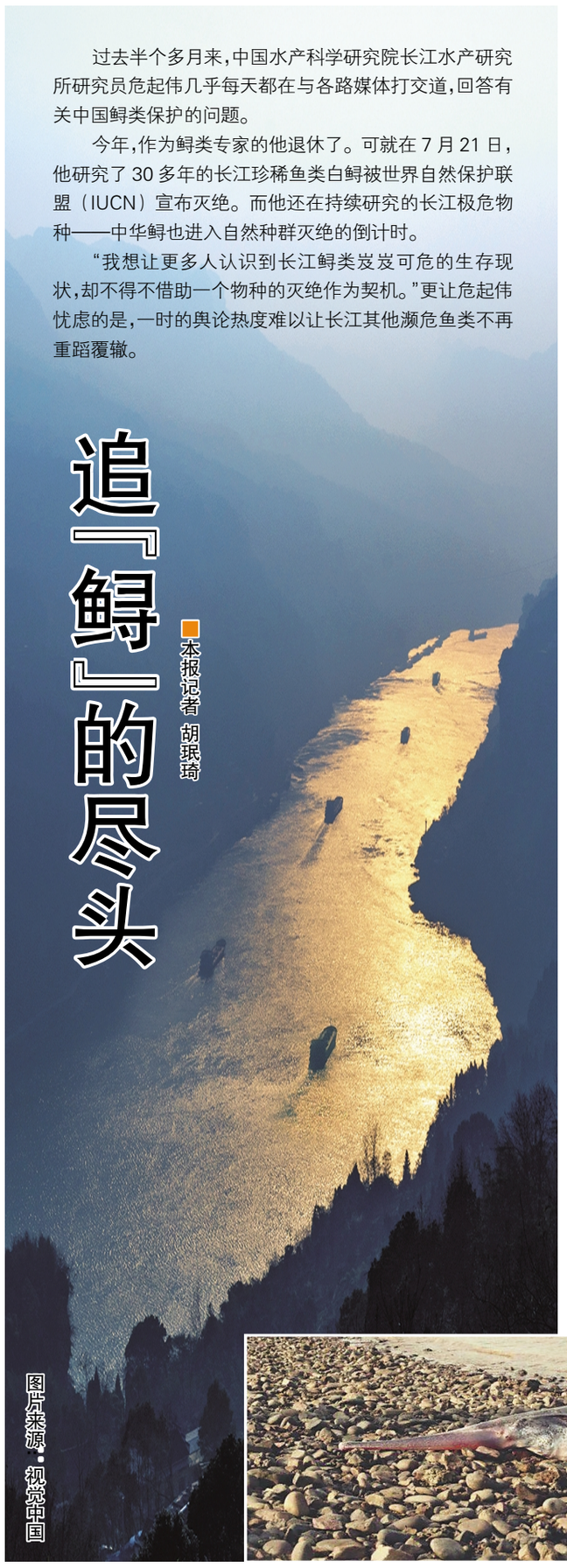
过去半个多月来，中国水产科学研究院长江水产研究所研究员危起伟几乎每天都在与各路媒体打交道，回答有关中国鲟类保护的问题。

今年，作为鲟类专家的他退休了。可就在 7 月 21 日，他研究了 30 多年的长江珍稀鱼类白鲟被世界自然保护联盟（IUCN）宣布灭绝。而他还在持续研究的长江极危物种——中华鲟也进入自然种群灭绝的倒计时。

“我想让更多人认识到长江鲟类岌岌可危的生存现状，却不得不借助一个物种的灭绝作为契机。”更让危起伟忧虑的是，一时的舆论热度难以让长江其他濒危鱼类不再重蹈覆辙。

追“鲟”的尽头

■本报记者 胡珉琦



图片来源：视觉中国

尾声

白鲟是白鲟科白鲟属的鱼类，也是中国特有的大型江海洄游性鱼类，主要生活在长江。白鲟的体征高度特化，身体如梭，吻部突出如剑。它只以鱼类为食，是长江淡水生态系统中的顶级掠食者。

在历史上，长江沿江各省份均有白鲟的捕捞记录，但白鲟资源较少且没有人对其做过专门的评估研究。

危起伟谈到，早在 1975 年以前，长江全江段白鲟年捕捞量估计为 25 吨，其中四川和重庆江段约有 5 吨。但自从 1981 年葛洲坝截流以后，坝下江段白鲟数量急剧下降。建坝初期的 1981—1987 年，每年可发现 10～32 尾成体白鲟，1988—1993 年每年只发现 3～10 尾，1994 年仅发现 1 尾，1995 年以后便很少再有发现了。

1984 年，大学本科刚毕业的危起伟就开始了水生生物的研究保护工作。“我在宜昌第一次见到白鲟，它是死的。1985 至 1987 年基本每年都能见到一两尾白鲟的尸体。第一次见到活体是在 1993 年的时候。”

20 世纪 90 年代，美国的导师一直邀请并愿意资助危起伟赴美攻读博士学位，但是为了白鲟和中华鲟研究工作不间断，他毅然放弃了这个机会，留在国内，一边完成博士学位，一边继续保护实践。

令危起伟最难以忘怀的是 2002 年 12 月 1 日，长江南京下关潜洲以北水域捕鱼的渔民捕到一条白鲟。危起伟带队立即从武汉赶到南京，就地展开保护和抢救工作。那是一条长 3.3 米、重 130 公斤左右的雌性白鲟，年龄 15~20 岁，正值中年。然而，整整经历了 29 天不间断地抢救，这条白鲟最终还是不幸死亡了。

“就因为给它准备的水池池壁与管道之间留下了一个细缝，它在贴边游动时，吻部钻到了缝里，猛一退出后产生了剧烈的应激反应，很快它就翻肚皮死了。”危起伟真真切切感受到了这种顶级猎食者的敏感，甚至可以说是脆弱。

▲1993 年，危起伟在宜昌江段救助一尾白鲟。

▼白鲟 受访者供图

两个月后，四川宜宾发现一条误捕的白鲟。危起伟所在的救治组成功抢救白鲟后，用超声波标记把它放回长江，计划进行长期的追踪研究。不巧的是，刚追踪了两天，追踪船触礁了。“当时正值大年二十九，船的螺旋桨找不到人修，等大年初三、初四我们修好后回来，这条鱼就找不到了。”

危起伟并不知晓，这次意外会成为他与白鲟的最后一次相遇，相反，他对于再次追踪到白鲟有着强烈的信念。

2006—2013 年，在原农业部渔业局的安排和中国长江三峡集团有限公司等的支持下，由危起伟牵头，在长江上游原白鲟主要产卵场及其邻近江段开展了 8 次大规模的水声学探测—试验性捕捞调查。同时，项目支持开展了白鲟误捕应急救护网络建设，建立起渔民—渔政—科研人员的多方联动机制，还开展了精液冷冻保存、雌核发育技术储备等鱼类专业方面的工作，希望为今后白鲟的拯救工作创造条件。

2017—2021 年，农业农村部支持 20 多个单位联合开展“长江渔业资源与环境调查”的专项工作，在长江全流域布置了 65 个调查站。

然而，白鲟却再未现身过。

灭绝

2019 年 9 月中旬，世界自然保护联盟（IUCN）在上海连开 3 天会，组织了专家组评估，评估结果为中国特有物种、国家一级重点保护动物长江白鲟灭绝。

同年年底，危起伟在国际学术期刊《整体环境科学》发表论文，推断白鲟已经灭绝。他认为，白鲟可能已于 2005 年至 2010 年间灭绝，且可能早在 1993 年就已功能性灭绝。

直至 2022 年 7 月 21 日，IUCN 发布了最新的物种红色名录。在名录中，白鲟被正式宣告灭绝。

危起伟知道，这个结果在科学上毫无争议，但他的内心却始终难以接受。

在谈到白鲟灭绝的原因时，危起伟表示，20 世纪 80 年代以前，白鲟作为一种经济鱼种被商业捕捞，导致其种群大幅度衰减。但这并非导致白鲟灭绝的致命一击。

世界鱼类迁徙基金会曾在 2020 年 7 月发布的报告《洄游淡水鱼地球生命力指数》指出，1970 至 2016 年间，世界范围内洄游淡水鱼类种群减少了 76%，而水坝和其他河流障碍物对此负有重要责任。

“作为一种大型的鱼食性鱼类和顶级掠食者，它的数量本来就不多。河流工程直接导致栖息地破碎化，从而阻碍鱼类上游产卵洄游，繁殖不足。”

他进一步解释，1981 年葛洲坝截流以后，白鲟被分隔成坝上和坝下两个群。被阻隔在坝下的繁殖群体无法上溯到位于金沙江下游的产卵场进行自然繁殖。同时，坝上繁殖群体由于数量减少导致繁殖效能明显下降，产卵繁殖出的仔幼鱼降河过程中也受到了大坝阻隔。

叠加航运、水污染和鱼类资源下降等多重不利因素的影响，白鲟的繁殖规模逐步减小，繁殖频次降低。白鲟个体大，性成熟晚，一旦繁殖活动停止并且高龄个体逐步趋近生理寿命后，野外种群逐步走向灭绝就是一种必然的结果。

“在野外个体已经非常稀少的情况下，产卵场的水声和试捕调查、人工雌鱼发育技术研究滞后，根本来不及阻止物种灭绝。”这让危起伟感到十分遗憾。

困境

白鲟曾经生活在四川宜宾的川江一带，与大熊猫是“老乡”，但它们的生存境遇却截然不同。“水域生态系统特别是淡水生态系统远没有陆地生态系统被了解和重视。”危起伟无奈表示。

以陆生动物比如大熊猫、东北虎为旗舰或伞护物种的保护体系，可以拿出大片土地和森林来进行严格的系统性保护。而水下这个“黑暗世界”，科学研究难度大，保护成效更低。

危起伟解释，从开放性和多功能性角度来看，水生生物保护区的管理难以做到陆地自然保护区那样的封闭管理，而且在人类经济社会中，水体承载着供水、纳污、航运等一系列功能，在一些保护区这些功能的发挥很难被完全拒绝。

如今，很多水生态系统受大坝、围垦、污染、疏浚、码头、捕捞、航运等的影响已经发生了显著改变，尤其是其生态格局的改变，影响深远，比如大坝建设运行导致的区域生境从河流的流水环境到水库的静水环境的改变、栖息地碎片化洄游受阻、流速流量以及水文节律的改变、水温节律的改变、含沙量和含氧量的改变等，想要逆转这些环境因素异常困难。

2017—2021 年连续 5 年的长江渔业资源与环境调查发现，长江有分布记录的 448 种鱼类中有 135 种未被采集到，占长江分布鱼类总数的 30%，除白鲟外，还包括鲥、鲸以及白鱼类、裂腹鱼类、高原鳅类、银鱼类等，这也意味着长江鱼类自然种群整体衰退到了岌岌可危的地步。而如此重要的长江流域渔业资源的本底调查竟时隔 41 年才重新启动。

2020 年 2 月 24 日，十三届全国人大常委会第十六次会议表决通过《全国人大常委会关于全面禁止非法野生动物交易、革除滥食野生动物陋习、切实保障人民群众生命健康安全的决定》。全面禁食了没有列入畜禽遗传资源目录的陆生野生动物，但鱼类等水生野生动物还没列入禁食范围。

危起伟表示，虽然社会上经历了一些水生野生动物保护舆论事件和讨论，但依旧没能建立一个能够适应水生野生动物保护的理论话语体系。

挣扎

中科院院士曹文宣是危起伟的博士生导师，他在 2006 年提出长江应禁捕十年，让鱼类资源休养生息。到 2020 年底起，长江干流和长江口成为长江流域十年休渔全覆盖的区域，这给长江野生鱼类种群的修复带来了非常重要的契机。

然而，禁捕并不能解决所有问题。

以危起伟仍在持续研究、处于极度濒危状态的中华鲟为例。2017 年至 2021 年，中华鲟自然繁殖已经连续中断 5 年。每年洄游上溯到中华鲟自然产卵场江段的中华鲟繁殖群体数量持续下降，目前仅有 20 尾左右，自然种群延续面临严峻挑战。

危起伟特别提到，2005—2007 年，葛洲坝下游因二江电厂区来水导致的“横波”影响通过葛洲坝 1 号船闸船舶的航行安全，由中国长江三峡工程开发总公司建设“葛洲坝下游河势调整工程”，结果二江下槽浅滩移除工程导致了下产卵区消失，新建隔流堤覆盖了上产卵区，后续多年监测发现，产卵区被迫上移到大江电厂下更狭小的范围，直接影响了中华鲟的自然繁殖效果。

三峡工程蓄水导致葛洲坝下中华鲟产卵场自然繁殖季节产生滞温效应，而后金沙江下游水电站——向家坝、溪洛渡的相继运行促使葛洲坝下中华鲟产卵场自然繁殖季节的滞温发生叠加，进而强烈压缩中华鲟自然繁殖的时间窗口。

1996 年，为了保护葛洲坝截流后在坝下形成的中华鲟唯一已知产卵场，湖北省建立了长江湖北宜昌中华鲟省级自然保护区，全长 80 公里。2000 年后，几经博弈，保护区范围调减为 50 公里，后又增至 60 公里。“2017 年，这一省级自然保护区开展了晋升国家级自然保护区的申请工作，历经 4 年半，却迟迟没有下文。”对此，危起伟耿耿于怀。

此外，河道冲刷、航道疏浚、防洪工程建设和沿江城市景观工程建设等人类活动大幅损害或侵占了中华鲟幼鱼的栖息地。

如果河流及沿岸工程的侵入无法得到有效控制，那么中华鲟也将进入自然种群灭绝倒计时。

中华鲟繁殖栖息地大幅度损失，仔稚幼鱼栖息地损失严重，通过人工提高繁殖量和早期生活史成活率是补充自然种群最直接有效的手段之一。

40 年来，中华鲟人工增殖技术已然成熟，但危起伟直言，中华鲟人工增殖放流措施没有得到科学有效的实施，虽然人工放流了数百万尾中华鲟，但成效并不乐观，对野生种群的补充比较有限。

中华鲟人工增殖放流过程中存在许多管理问题，比如重生产、轻生态，重数量、轻质量，重形式、轻效果，重放流、轻评估等，增殖放流资金普遍采取公开招投标形式，过于市场化，有些地区甚至出现放流失控的情况。而且，由于全国性放流种类多，资金被稀释且逐年减少，使得本就非常有限的中华鲟人工繁育放流企业无法维持生产。

而且，放流规格、时间和地点等缺乏科学的规划和管理。长江的中华鲟种群在珠江流域放流、高温季节放流、过大规格的放流、放流后无休渔保护措施、用于人工繁殖放流的亲本数量和质量无人关心等问题层出不穷，业界科技工作者有关加强跟踪监测评估放流效果的呼吁没有得到应有的重视和采纳。

白鲟的命运以灭绝告终，危起伟接下来的追鲟之路会通向何处？

他开创了中国遗传学教育之先河

■冯永康

1922 年，在中国遗传学发展的历史长河中是一个值得纪念的年份。

这一年，适逢遗传学奠基人孟德尔（1822—1884）诞辰 100 周年。当时，国内最早创刊的《科学》杂志（1915 年创刊）、《东方杂志》（1914 年创刊）等先后刊登了大量介绍孟德尔遗传学说的文章，现代遗传学在中国掀起了第一波的传播高潮。

这一年，也是中国第一位遗传学家陈桢（1894—1957）留美回国后，在国内大学中开创遗传学教育的元年。

陈桢不仅是中国遗传学教育的开路先锋，也是国际上公认的独创金鱼遗传学研究的先驱。今年正是中国遗传学教育开创 100 周年，谨以此文纪念这位科学大师。

师从摩尔根“蝇室”的第一个中国遗传学家

1918 年，陈桢以优异成绩毕业获得金陵大学农林科首届农学士学位后，同年冬天考取清华学校留美官费生，于 1919 年远渡重洋赴美留学。

是年秋，陈桢进入美国康奈尔大学研究生院，兴趣未定。1920 年春，他转入哥伦比亚大学研究生院的动物学系，跟随著名细胞生物学家威尔森（1856—1936）学习细胞学、染色体的遗传理论等课程。

上世纪 20 年代，正是国际遗传学大师摩尔根（1866—1945）的果蝇遗传学研究最为发达的时期，摩尔根在哥伦比亚大学动物学系讲授遗传学课程。

陈桢也改向选择了摩尔根遗传学作为研习的主要功课。他在果蝇实验室里，跟随摩尔根及其助手学习遗传学的基础知识。

1921 年夏，陈桢提前获得哥伦比亚大学硕士学位后，继续在摩尔根的果蝇实验室里进行遗传学实验技术的深造。在“蝇室”中，他不仅学习并掌握了基本的杂交技术，还学会了将统计学分析与细胞学相结合的实验研究方法。

陈桢是在摩尔根的“蝇室”里进行遗传学理论学习和接受遗传学实验技术专门训练的第一位中国留学生。

开创国人执教遗传学课程之先河

1921 年，在中国现代生物学的开山宗师秉志（1886—1965）和胡先骕（1894—1968）的大力倡导、积极提议并具体谋划下，刚刚由南京高等师范学校扩升并改名而成的东南大学，其农业专修科内诞生了国立大学中的第一个生物学系。

1922 年 8 月，陈桢留美回国后，应国立东南大学校长郭秉文之聘担任生物系教授。在这里，陈桢率先担当起开设现代遗传学课程的重任。

在东南大学，陈桢首先确定使用导师摩尔根 1915 年出版的《孟德尔遗传机制》和 1919 年发表的《遗传的物理基础》等论著，作为讲授遗传学的基本教材。同时，他还将国外学者巴布考克和克劳森合编的《遗传学与农业文化的关系》一书作为必选教材。

一方面基于崇尚爱国的教学理念，另一方面通过教学实践，陈桢认为，国内的高等学校应该提倡用中文并选用中国的生物材料进行生物学的教学。

1924 年，他利用自己使用过两次的生物学教学讲义，经过再次修订，编写出中文本《普通生物学》。

在该书第六章《遗传》中，陈桢使用“因子”的概念详细解说“孟德尔定律”。在“遗传的物质基本”一节中，他将每对因子的物质基本叫做“因基（gene）”。这是在国内科学界中，最早对 gene 一词的中文意译。

领导和发展清华大学生物学系

1928 年夏，清华学校正式改为国立清华大学。时任清华大学校长罗家伦邀请陈桢来生物系任教，并主持系务工作。

翌年 2 月，陈桢离开中央大学，第三次北上到清华大学，担任生物学系动物学教授并兼任系主任。

从 1929—1952 年，陈桢在清华园长达 20 多年的科学和教育生涯中，以其高尚的品格、渊博的学识和出众的才华，领导并发展了清华大学年轻的生物学系。

面对当时国内高等学校实验生物学教学和研究十分落后的情况，陈桢以清华大学 1931 年 5 月落成的生物学馆为基地，把发展实验科学作为办系的总方针，把实验生物学作为在清华办学的总方向，引领着全系的生物学教学和科研。在经费极为有限的情况下，陈桢迅速建立起简陋的鱼场饲养金鱼，率先开设遗传学等实验课。

在清华大学，陈桢主讲了普通生物学、普通动物学、系统动物学、遗传学、生物学史等多门课程。他的教学，不仅以“精而不多”的授课方式，也以简明扼要、条理清楚、重点突出、系统明确和游刃有余的讲课风格深受学生的欢迎。他还特别注重结合自己的金鱼遗传学实验研究，向学生传授现代遗传学的思想、方法和实验技术。

上世纪 30 年代，清华大学生物学系已经被国外不少学者认为是在当时中国的高等学校中讲授遗传学最为系统的一个生物学系。美国洛克菲勒基金会通过中华医学会曾对清华大学生物学系提供了重要的资助。

美国学者、中华医学基金会顾问狄斯代尔在 1933 年的《中国科研机构访问记》中专门写道：“就其发展的潜力而言，清华大学的生物学系是目前我在中国高等学校中所能见到的最强的一个系。”

在长达 30 多年的教学生涯里，陈桢先后在东南大学、北京师范大学、清华大学、西南联大、北京大学和中国科学院动物研究所，培养出了王志均、吴征镒、刘曾复、郑重、朱弘复、寿振黄、陈阅增、陈德明、沈同、沈善炯、蔡益鹏、李璞、夏武平、崔道枋、汪安琦、陈宁生、翟中和、蒋耀青、陈秀兰、蒋瑞清、王春元等著名的生物学家。

编写影响深远的高中生物学教科书

上世纪二三十年代，我国高级中学中刚刚开设生物学课程，孟德尔—摩尔根的遗传学理论作为现代生物学中重要的基础知识进入高级中学的生物学教科书中。

面对当时国内缺乏合适的中文版本生物学教科书的局面，陈桢利用收集到的大量适合中国国情的资料，在 1924 年编写的大学教科书《普通生物学》的基础上，于 1933 年修改编写出版了《复兴高级中学教科书·生物学》一书。

该教科书的内容十分丰富、章节编排合理、文笔流畅、图文并茂，很适合高中生。陈桢在该教科书编写中，尽量采用中国本土的资料和实验材料，不一味照搬外国的模式。例如，他选用中国的环毛蚯蚓来讲述环节动物；引用金鱼起源于鲫鱼、金鱼众多品种的形成等证据来讲述遗传学和演化论。

教科书中简明而又深刻地表述了染色体、细胞分裂和孟德尔遗传定律等现代遗传学的基础知识，对性别决定的基因平衡理论、性逆转等遗传学的新进展，也能及时地给予深入浅出的简要介绍。

这本教科书堪称中学生物学教科书的典范。在以后的 20 余年间，该书只进行过少许的修订，总共印刷发行了 181 版。它不仅在国内的高级中学中被普遍使用，而且流行于东南亚一带的很多华侨学校，受到当时科学教育界的欢迎。

在提高我国中学生物教学的质量和培养我国生物学科领域的人才等方面，陈桢编写的这部教科书重视科学精神和科学方法的教育，对多代学子都曾产生过极为重要的影响。中国生物学界的许多著名学者中，吴征镒、吴旻、李璞、薛攀皋、吴鹤龄、庚镇城、高翼之等，在上世纪 50 年代之前，都是接受了这本教科书的熏陶与启迪，走上毕生致力于生物学和遗传学教育与研究的科学人生。

历经 30 多年的遗传学教学和实验研究生涯，陈桢在国内外的科学界和教育界中享有崇高的声望与荣誉。

1940 年，陈桢被聘为中央研究院评议会第二届评议员。1943 年，陈桢当选为中国动物学会会长。1948 年，陈桢以“金鱼之遗传与演化及动物社会行为”等研究、“主持清华生物系”的学术成就，当选为中央研究院的首届院士。

新中国成立后，1950 年 6 月，陈桢被聘为中国科学院专门委员，并出任中国科学院动物标本整理委员会主任委员。1953 年 4 月，陈桢被周恩来亲自任命为中国科学院动物研究室主任。1955 年 6 月，陈桢被推选为中国科学院学部委员，成为当选的 60 位生物学部委员中唯一的动物遗传学家。1957 年 5 月，陈桢担任由中国科学院动物研究室扩建而成的中国科学院动物研究所第一任所长兼学术委员会主任。

1957 年 11 月 15 日，陈桢因甲状腺癌再一次复发逝世。他以其毕生的执着追求和艰辛努力，为中国遗传学事业的初创，作出了不可磨灭的卓越贡献。

▲1929 年，清华生物学系师生在生物学馆破土典礼时的合影（前排左三为陈桢）。

▶1919 年，陈桢赴美留学途中。 作者供图

（本文撰写过程中，得到陈桢院士家人李柏青、李凌霄和陈敏提供史料的帮助，谨此致谢）

社址：北京市海淀区中关村南一条乙 3 号 邮政编码：100190 新闻热线：010－62580699 广告发行：010－62580707 传真：010－62580899 广告经营许可证：京海工商广登字 20170236 号 零售价：1.00 元 年价：218 元 工人日报社印刷厂印刷 印厂地址：北京市东城区安德路甲 61 号