The Chinese National Committee for Man and the Biosphere
中华人民共和国人与生物圈国家委员会主办

人与生物圈

Man and the Biosphere 双月刊 2017 · 6 Man and the Biosphere

长江中下游

专辑 江湖关系

连通之利

无向的水滋润着多彩生命世界

阻隔之困

顾及有形之利而忽视未然之害

现实之解

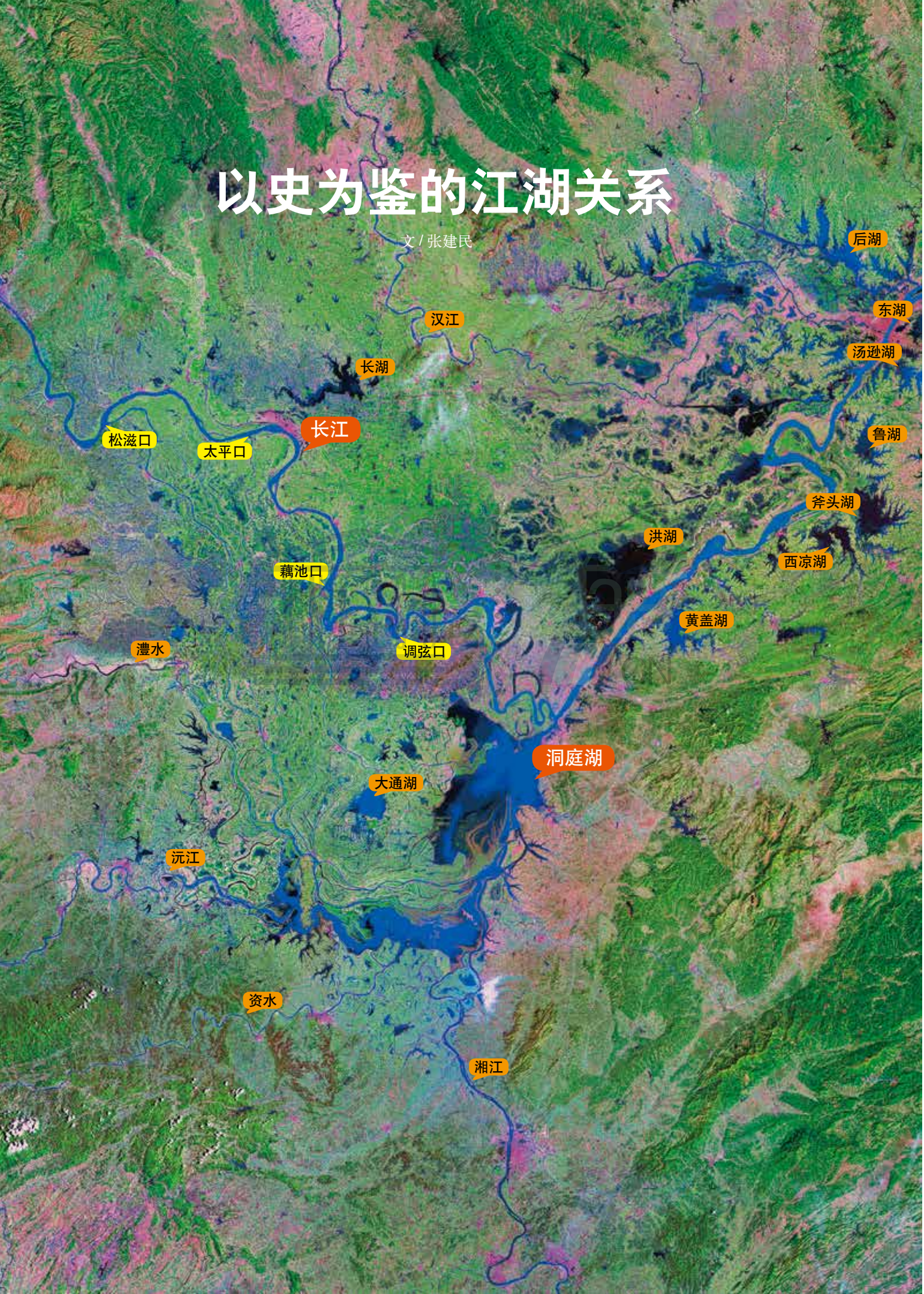
长江水文需要有统一联合调度

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
06>
9 771009 1660 8

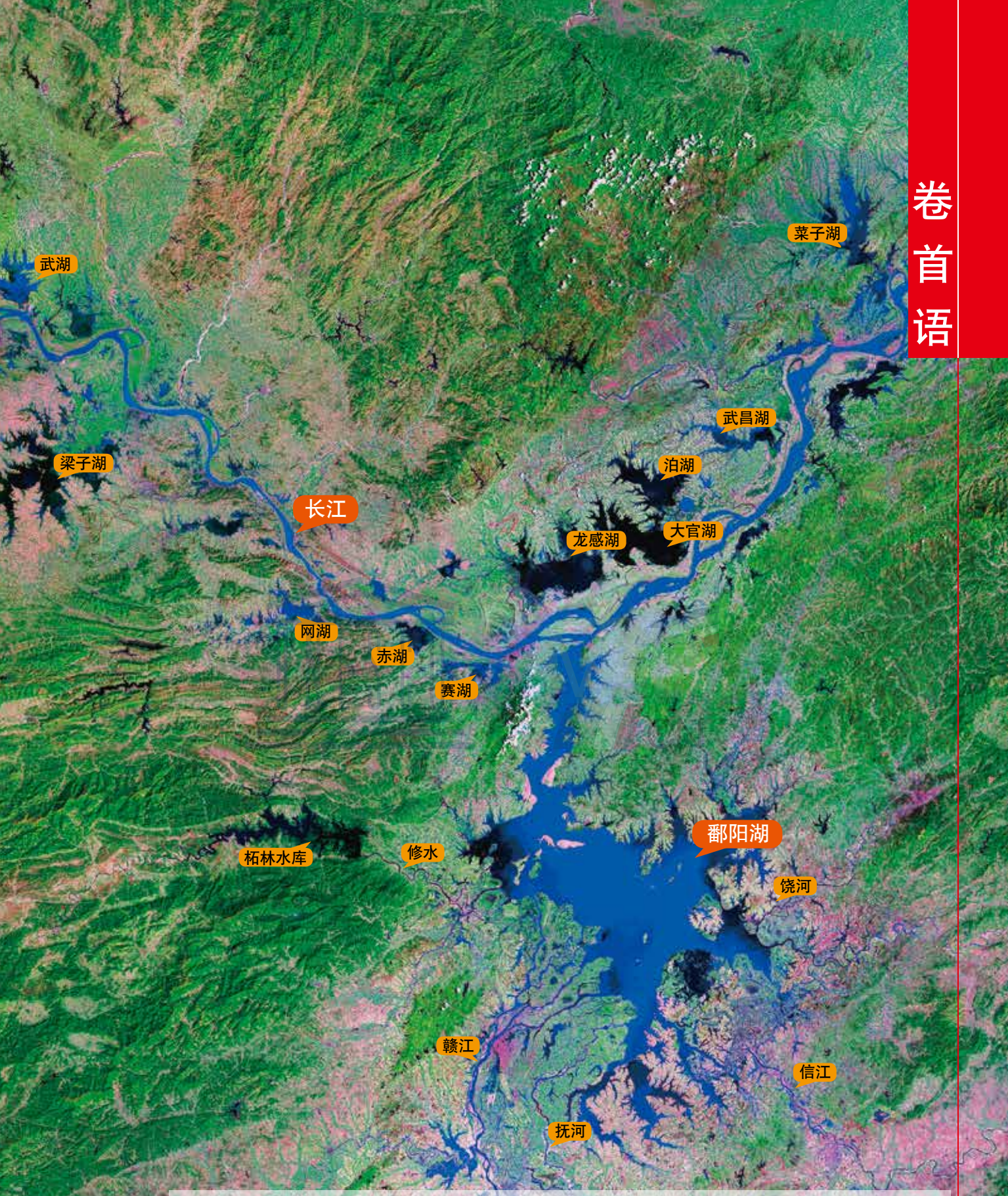
人与生物圈 Man and the Biosphere 总第108期 2017 NO.6

以史为鉴的江湖关系

文 / 张建民



卷首语



距今约2300万年前，随着青藏高原的隆升，东亚季风气候开始形成，川江从三峡贯通后进入广阔平坦的长江中下游流域。在气候、地形等因素的影响下，长江中下游形成了河湖密布、水流形态不固定、水位急涨急落的自然奇观，由此孕育出了丰富多彩的生物类群。长江中下游平原涉及湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海等五省一市，是中国水资源最丰富的地区，河网及淡水湖泊分布密度居中国第一，拥有包括鄱阳湖、洞庭湖、太湖及巢湖在内的中国四大淡水湖泊。长江中下游平原是人类文明的发祥地之一，也是世界上充分体现人与自然关系的地区之一。人类几千年来不断与洪水作斗争，在创造出灿烂文明的同时，也造成了江湖的大规模萎缩与阻隔，带来了一系列生态环境及社会经济问题，集中体现于三峡水库 - 荆江四口（松滋口、太平口、藕池口、调弦口）- 洞庭湖之间的水、沙输移，以及鄱阳湖与长江之间的水利枢纽建设。在生态文明建设的理念下，人类需要重新审视并理顺江湖关系。 供图 / 赖锡军

论及江湖关系，进入人们视野的似乎只是长江与洞庭湖、长江与鄱阳湖的关系，而且是近数十年来才发生的问题。更有甚者，仅将问题局限于江湖是否连通这一具体方面。深究其实，洞庭湖、鄱阳湖之于长江，只是当今江湖关系具有代表性的实例之一。江湖是否连通，更远非江湖关系的全部。尤须强调的是，围绕江湖关系而来的水资源协调问题由来已久，影响深远。对此问题，前人已经有诸多精辟的论述，对今天仍有借鉴意义。

冰冻三尺：江湖关系问题源远流长

忽视问题的历时性，在诸多现实事务讨论中均有体现，环境相关领域尤其如此。当前人们在论及环境问题时，大多略过农业时代而从工业化着眼，这与工业化造成的污染问题集中暴发、人们感受直接不无关系。然而，环境问题的暴露，尤其是生态失衡有一个从量变到质变的过程，即便是某些突然出现的变化，也是长期积累的结果。环境压力逐渐积累叠加，突破了环境承受极限才会暴发。人类活动影响生态系统，也由量到质：对自然及生态资源数量的消耗，影响范围和空间的扩张，进而影响密度的提高，导致程度深化加重。近代或现代显现出来的环境问题，其发生过程可能从古代就已经开始，导致其变化的力量或因素则更早就已存在。要全面准确地把握环境问题，须从历史特别是社会经济史入手，考察人类的经济和社会活动对环境施予的种种影响，评估在各种因素的影响下环境量变的范围和质变的程度。

另一方面，中国许多环境问题较早就露出端倪，今日所见的水资源各种问题，例如上游与下游、左岸与右岸、调蓄与宣泄、防洪与灌溉、灌溉与养殖、行洪灌溉与水碓水碾等水力利用、灌溉与航运等矛盾，在中国传统社会几乎应有尽有。以邻为壑、鱼簖阻水、竹木簰商拆毁堰坝的事件屡见不鲜，而水土流失、江湖淤积之类的情形已相当严重，至迟在清代，已有人对江南河流发出“如黄河之水大半是泥”之类的警示。

以江湖关系为例，从长江干流到不同层级的分支河流，沿岸原本都存在众多分流穴口，且大多与湖泊相连，形成相对完整的水资源调蓄系统。清末湖广总督李瀚章在其《樊口创建石闸复陈历办情形折》中，曾以人体经络比喻江湖关系：江水流动的规律如同人体的气血循环，湖河港汊可看做四肢的脉络，用来确保气血顺畅流动。现在有人把出湖的水道堵塞，这等于人体截肢，只留下胸膈。胸膈一旦不畅快，那么首尾两端都会出毛病。在出湖水道不通畅的情况下，洪水只能通过尾闾宣泄，而沿江的各处堤坝并非牢不可破，尽管无法确定具体的溃决位置，但“川壅必溃”的规律毋庸置疑。该比喻虽不尽恰当，但其中所揭示的水体之间的关联性、互动性和系统性却不可否定。

江湖是否连通所产生的利害关系，并不止于江河湖泊本身，也不止于湖水的出口，而是与湖泊上游的河流乃至山区都有很大关系。历史上，围绕江湖连结之处的堵塞与开通，大多存在或发生过不同利益之间的冲突，要么在区域之间，要么在行业之间，要么在官、民之间。在自然演变及人类活动的双重影响下，绝大多数江湖连通水道被堵塞，导致江湖分隔，湖泊则遭围垦而逐渐趋于消亡。当然，伴随而来的是水灾、旱灾等自然灾害的增多及加剧。众所周知，长江中游两岸有“九穴十三口”，就汉江水系而言，仅安陆府境内与江湖连通有关的河口就有小河口、丁家河、泗港口、张接港、黑流渡、渔泛、洚沙口和潭子口等处；但是，大约自明朝正德年间开始，随着围垦的不断扩展，这些河口被陆续堵塞。

人与自然是生命共同体，人类必须尊重自然、顺应自然、保护自然。人类只有遵循自然规律才能有效防止在开发利用自然上走弯路，人类对大自然的伤害最终会伤及人类自身，这是无法抗拒的规律。

摘自中国共产党第十九次全国代表大会报告

其中比较有代表性的事件是始于清道光年间的梁子湖连通长江的樊口建闸争论，前后持续七十多年，其间分别形成了支持派和反对派。支持派的理由是江水倒灌梁子湖区，导致区内遭受严重洪涝灾害；建闸可以外御江水，内泄湖水，保证湖区农业丰收。反对派认为：其一，建闸后梁子湖区将不能分蓄长江洪水，汛期会危及上下游堤防安全；其二，湖区人口中的农民与渔民人口对等，建闸后江中之鱼不能游到湖里，渔业之利将会丧失；其三，樊口 - 长港 - 梁子湖 - 省城武昌这一线水路既是重要的商业通途，又是武昌的后路，具有战略意义，建闸将会妨碍水运和商业等；其四，长江中游类似樊口的江湖相通情况还有很多，例如新滩口、沌口、金口、沙口、陆溪口和富池口等，樊口堤闸一旦开建，将引起其他地方仿效，导致分流口、门尽数堵塞，对于长江防洪危害很大，影响广泛；其五，梁子湖区农业未必因此免灾。争论所及显然已经超出了樊口堤闸工程这一问题本身，也不仅仅是樊口与梁子湖关系的问题，而是触及长江与沿江湖泊的防洪蓄泄关系、河湖淤积问题、江湖阻隔后对渔业生产及水路交通运输的影响等等，不仅仅是水资源的综合利用问题，更是水环境协调平衡问题。

不仅如此，古代许多有识之士早就将水看做一种珍贵资源，老子有“上善若水，水利万物而不争”的说法。他们的治水理念更突破了简单的论水多或水少、单纯的蓄还是泄的局限，认识到在不同的时空环境条件下，应该让水能蓄能泄，去留自如。明清时人已经认识到：“山则利在水能留，圩则利在水能留与能去也。”“水发不厌其多，水去不虞其竭”是治水较为理想的结果，而许多地方面临的日益严重的“水甫至则见为淹，水稍退即见其涸”的残酷现实则必须改变。孔子论政曰：“无见小利，见小利则大事不成。”历代有识之士无不将当政者堵塞河口、废掉湖泊沼泽以取得土地而致百川决溢之类的行为斥为“谋国者见小利之害也”。

围绕水资源所展开的矛盾冲突，看上去似乎颇为复杂、纠结，但从根本上加以考量，实际上没有超脱利益的范畴。各区域、各行业部门之间自不待言，即使高高在上、被民众习惯性地视为诉求公正公平处的官府乃至国家，在复杂的利益纷争中，或囿于见识，或昧于大局，在统筹当下与长远、局部与全局特别是“有形之利”与“未然之害”间的关系时，常常难以有所作为。

时代不断前进，科技进步迅速，社会变化显著；然而，人类面对的自身与自然关系的实质并未改变。具体到人、水关系上，气候变化和人类活动这两大影响因素都具有较长的时间周期，恰恰应该放在较长的时段中考虑。忽视环境问题的历时性，直接的影响之一是对恢复生态平衡、

加强环境保护的艰巨性、复杂性、长期性缺乏足够认识。我们不时见到媒体有关某地重建环境或恢复生态平衡的报道，轻而易举，似乎退耕还了一汪湖水、退耕还了一片林地，或者栽种了一定面积的树林，生态系统就恢复了平衡，环境问题就解决了。既然恢复生态平衡如此简单，反过来看则容易轻视环境破坏的严重性，暴露出来的仍然是对自然界缺乏应有的尊重。鉴于此，我们不得不说，正确认识、解决环境问题虽然是一个新的学科领域，但要取得令人满意的成果，仍然不能轻视最古老的方法之一——研究历史。我们需要检讨人类在历史进程中所取得的曾经引以为傲的成就，看看它们是否具有破坏自身持续存在和文明不断发展基础的性质。当然，检讨的目的不是为了否定，而是为了总结提高。

冲突与协调：人与自然关系主旋律

人类社会发展至今，人类活动产生的影响几乎无处不在，且影响程度不断提高。江河湖泊等早已不处于纯粹的自然状态，而是蕴含着诸多人为因素，不同水体之间的相互关系更是深受人为因素的影响和制约。因此，必须站在人与自然关系的高度，进一步具体到人、水关系的层面，才能正确理解并把握江湖关系的实质，从而为协调江湖关系提供基本依据。

谈到人与自然关系时，人们熟知的是“三阶段论”，即将人与自然的关系视作一个不断演变的历史过程，这个过程可以划分为三个阶段：以人类社会早期人与自然界的和谐、自然生态体系的平衡为第一阶段，时段大约与采集渔猎社会至传统农业社会早期相当。接下来是以人与自然之间的冲突、自然界的平衡被打破为第二阶段，对应于传统农业社会后期和工业化时代。第三阶段则是人与自然之间达到新的和谐、平衡，时间则自人类已经意识到问题所在的当下开始。若简单概括，也可表述为人类与自然界从和谐、平衡走向冲突、失衡，再回复到和谐、平衡的循环模式。

人类自诞生开始，就面临一个永恒的命题，即自身与自然的关系。一部人类的文明史也可理解为人与自然的关系史。“三阶段论”提供了一个人与自然关系演变的认识框架，相关阐释不无合理的逻辑及相应内涵，似乎更具有现实指导意义。然而，人与自然的关系是一个历史范畴，人类活动与自然环境都处于不断运动变化之中，不同历史时期的人类对自己所处的自然环境会有不同的感知和认识，生态平衡与否，人与自然和谐与否，不同时代应该各有标准。显然，这样一个针对不同时代、可以付诸实践的衡量指标，至今仍然难以界定。换句话说，要想尽可能减少“三阶段论”的主观色彩和推断性，需要更多以坚实史料为基础的系统实证研究与科学依据。

人类历史进程证明，具有自我意识的人类一开始就不愿意屈服于自然界。制造工具的目的无疑是要改造自然，其实质是控制并驾驭自然。为了生存，人类对自然界做过多少种、多么激烈的抗争，在历史记录中比比皆是。流传至今的上古神话和传说，自盘古开天地起始，女娲补天、夸父追日、精卫填海、后羿射日、大禹治水等，映射出来的无不是人类不甘心顺天敬命和拒绝做自然界“奴隶”的精神。当时所谓的生态平衡，只是受制于人类的能力或技术水平，所以索取的数量有限，深入自然界内部的程度尚浅。所谓“敬畏”自然、自然“崇拜”，本质上只是无奈之下的委曲求全，如此状态下的人与自然无论如何也称不上和谐。

简而言之，历史上人与自然的关系，尽管经历了从简单到复杂的过程，主题却一直是人

推动区域绿色协调发展……推进长江经济带共抓大保护……统筹江河湖泊丰富多样的生态要素，构建以长江干支流为经络，以山水林田湖为有机整体，江湖关系和谐、流域水质优良、生态流量充足、水土保持有效、生物种类多样的生态安全格局。

摘自《国务院关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知》（国发〔2016〕65号）

类为了自身的生存和发展，向自然索取、和自然抗争。人与自然发生矛盾冲突在所难免，关键在于如何协调这种矛盾冲突。

所谓第三阶段必将达到和谐，恢复平衡，一方面表达了人类对未来的理想期待，另一方面则体现着人类的充分自信。前提是人类已经意识到了以往的问题，对人与自然的关系有了重新定位。不过，在摒弃悲观情绪、树立信心的同时，却不能盲目乐观。人与自然关系和谐、生态平衡恢复阶段绝非自然而然的过程，而是必然充满痛苦的反思和利益的舍弃，以及艰难的努力和付出，乃至于反复曲折……

环境史研究表明，认识到了问题所在，未必就能够解决问题。中国历史上很早就出现了具有保护环境、维持生态平衡乃至于可持续发展的思想萌芽，尤其是到明清时期，对于生态系统遭到破坏的现象及其影响，有识之士的观察和揭示已经相当全面深刻。以清人裘行恕《十利十害告示》为例，除木材及薪柴利用、风水地气之外，还论及了植被破坏与水土流失、田地坍压、河道淤塞、陂塘毁坏、水源缩小等与环境相关的问题，同时还提出了“禁耕植树”等相关对策。其中说道：山体遭到人为破坏后，植物根系就变得松动，一旦雨水来临，浮土就会流失，被冲走的泥沙还将盖压农田；水土流失严重的情况下，沙石泥土等越冲越多，将溪流山涧淤塞，导致水源断流，田地受旱；河道是天地造就的自然水利系统，有助于物质的循环流通，各地的小河被淤塞后，沙石必将被冲入大河，形成一处处的浅滩，阻碍流水，之前建设的蓄水设施可能会被冲坏，而沿河的农田可能会坍塌或被淹没。裘氏特别讲到对水的影响：“河不淤则水势不改，今被沙阻泥淤，水则移东改西，岸亦随时坍陷……”与此同时，也能偶尔看到有针对性的保护环境的具体措施及事例。但是，相对于连篇累牍的议论，真正实施的维护生态平衡的举措少之又少，成效更是微乎其微。相反，毁林开荒、围湖造田与涸泽而渔等行为却始终没有停止，甚至还变本加厉。这一看似相悖的现象背后，存在着强大的客观推动力——人的生存压力。

生态文明的实质无疑是人与自然关系的和谐，其内涵应该是社会文明与支撑文明的自然环境高度协调，除了坚持生产生态化、以自然资源为基础、与环境承载能力相协调等原则，普遍提高民众生活水平也是实现人与自然关系和谐必不可少的条件。许多环境史研究成果说明，一般情况下，资源开发活动的盲目程度以及对生态环境的破坏性影响，与民众生存压力呈较高的正相关关系，也就是说民众生存压力越大，资源开发活动的盲目程度越高，对生态环境的破坏性也会随之增加。体现在江湖关系乃至人、水关系领域，当然不会例外。毫无疑问，在经济增长的同时，社会公平与民众生活水平的提高将有力推动生态文明建设。

本文作者系武汉大学历史学院教授

人与生物圈

《人与生物圈》杂志·1999 年 1 月创刊
双月刊 2017 年第 6 期
总第 108 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

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
本期责任编辑 先义杰
校 对 陆 霏
行政主管 马雪蓉
电脑制作 笑 韬 刘 鹏
印 务 李泽琦

本期科学顾问 薛 滨 刘家寿
本期支持单位 中国科学院南京地理与湖泊研究所

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 2017 年 12 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字体形式。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。

21 摄影 / 何小白

16 摄影 / 何小白

76 摄影 / 肖文松

48 摄影 / 何小白

44 摄影 / 何小白

25 摄影 / 肖戈

47 摄影 / 何小白

72 摄影 / 何小白

江湖关系专辑·江湖关系专辑·江湖关系专辑·江湖关

KAILAS
只为攀登
MADE TO CLIMB
发起于1971年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
攀登品牌KAILAS凯乐石
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
供图 / KAILAS

CONTENTS 目录

1	以史为鉴的江湖关系	张建民
10	在江湖间反思我们的进退	本刊记者
18	通与阻造就的不同世界	刘学勤 姚维林
22	鸟来不易别亦难	本刊摘编
30	涨落水旺四季鱼	黎明政
35	江豚有湖	梅志刚
38	千年江湖话沧桑	殷鸿福
40	重分水与沙	赖锡军
43	江湖的淤与治	江永
44	鄱阳湖的适应性管理	胡振鹏
50	鄱阳湖干旱启示录	刘元波
54	鄱阳湖治理中的水文考虑	张奇
57	鄱阳湖筑坝建闸中的争论	姜加虎
58	引江济湖 济人于水	胡维平
63	一条堤坝引发的江湖恩怨	徐斌 等
68	江湖治理中的问题	本刊编辑部
72	江湖日下 尚有可为	羊向东
76	长江水文需要统一联合调度	陈进

封面故事

在鄱阳湖周边藕田里越冬的白鹤。白鹤也叫西伯利亚鹤、雪鹤等，体长约 1.4 米，体表白色，翅尖黑色，从喙端到眼后有一暗红色斑块，鸣叫声类似于长笛声。白鹤是一种迁徙性水鸟，全球种群约 4000 只，在主要越冬地鄱阳湖集中了 98% 以上的种群。白鹤目前被列为国家 I 级保护野生动物，其种群生存状况被世界自然保护联盟（IUCN）评估为“极度濒危”。长江中下游大量水库的修建是造成白鹤生存艰难的主要原因。目前，鄱阳湖与长江之间拟建一座大型水利枢纽，它对白鹤将造成哪些影响需要持续关注。摄影 / 肖戈

Bestard
MOUNTAIN BOOTS
SINCE 1940
UNESCO
MaB
CN
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
摄影 / 贲道春

在江湖间反思我们的进退

文 / 本刊记者

地质历史时期，长江中下游地区几乎是洪泛一片，无所谓江湖连通之说，只不过后来因为人类活动的缘故形成了江与湖的概念，我们才开始强调二者的连通性。对于长江江湖关系的认识，需要综合地质历史、气候变迁和生物多样性演化等信息，反思人类所造成的改变，从而在科学的基础上审慎开展相关水利工程建设。

长江中下游地区是地球自然史和人类史上浓墨重彩的一笔。这里孕育了独特而丰富的生物多样性和生态景观，也是人类文明的重要发祥地之一，是中华民族永续发展的重要支撑。然而，这里也经受着人类长期不断的改造甚至破坏，其中的江湖阻隔问题被一些学者称为“长江遭受的异常深重的生态灾难”。近些年来，沿江一些省市推动的江湖水利枢纽工程引发了全社会的广泛关注。习近平总书记提出，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。为了统筹人与自然的和谐发展，我们首先需要了解长江自然生态的本原以及人类在其中的作用。为此，本刊记者先义杰于 2017 年 9 月采访了长期从事长江流域生态环境研究与保护的专家、原国家自然科学基金委员会主任、中国科学院院士陈宜瑜先生。

本刊记者：在地质历史时期，长江呈现出怎样一幅独特的自然场景，书写了一部怎样的生命史？

陈宜瑜：随着青藏高原的隆升以及亚洲季风气候的形成，长江在打通三峡进入东部平原后，就形成了无定向的河流，即长时间内没有确定的河床，“三十年河东，三十年河西”，正如当今的亚马逊河。季风气候导致雨季和旱季相互交替，使得长江中下游地区每隔几年就会洪水泛滥，基本上不受外界干预，洪湖就是

湖北省鄂州市梁子湖　摄影 / 肖文松

典型案例。根据我们当年的研究，该湖可能在千年尺度上出现过三次大规模的干涸。实际上，江汉平原大量的湖泊都是在冲刷出的洼地上形成的，有其自身产生、发展和消亡的过程：一开始，水中长出藻类，接下来出现沉水植物，后来是挺水植物，之后湖泊走向干旱，寿命终结。当第二次洪水到来后，在原地或异地又冲刷出新的湖泊。

这就是长江在人类出现之前的状态，延续了千万年时间尺度。在这漫长的地质时期里，长江的主干道处于不稳定状态，也有附属的湖泊，江和湖是一个复合体，相互依存，而长江所有的生物多样性就依附在这一特殊生态系统下生存发展，所有生态过程都与此相关。其中的典型类群包括大量洄游性及半洄游性鱼类，如青鱼、草鱼、鲢和鳙，它们通常在静水里长大育肥，因为那里有丰富的水草、浮游生物和底栖动物资源可供摄食利用，而产卵则依托江河。因此，它们到了汛期就会回到江河里，在具备一定流速的水域产半漂浮性卵，卵在水中随波逐流一段时间后才能孵化；新生的个体有一定的运动能力，会很快逆水而上，进入江河或者湖泊寻找适宜的摄食场所，然后生命又开始新一轮的循环。

本刊记者：大河孕育着文明，同时也考验着人类与自然相处的智慧。有学者认为，人为原因造成的江湖阻隔是长江遭受的异常深重的生态灾难，它体现在哪些方面？

陈宜瑜：人类社会形成后，必须构建稳定适宜的生存环境，以免除沼泽和洪水带来的生活之苦，于是就开始修堤筑坝，实施围垦。五千年来，长江就这样被逐步“修”成目前的样子。为了保住江北的大粮仓——江汉平原，清政府制定了政策，让滚滚洪水在江南的土地上一泻千里，因此北面的荆江大堤被修得很坚固，而南边从藕池口、松滋口、调弦口一直到洞庭湖虽然也修筑了堤坝，但故意使其弱化。这是人类努力服从自然规律的结果。1958 年以后，为了取得更大范围的耕种面积并保证灌溉，各地采取闸门控水的办法，造成了普遍的江湖阻隔现象，目前仅洞庭湖、鄱阳湖和石臼湖与长江相通。

从生物多样性保护的角度强调长江江湖连通的意义在于：一旦离开这一江湖复合生态系统，或者它哪怕发生一点改变，那么很多生物将会丧失栖息地，进而走向灭绝。但人类社会自诞生以来一直在回避这个事实。江湖阻隔带来的伤害是多方面的，其一是江湖洄游性鱼类

摄影 / 贲道春

无法完成繁殖、抚育和摄食等生命过程，江与湖之间的种群也无法得到补充。更严重的是同一起源类型的种群将发生群体性灭绝，例如产半漂浮性卵的几十种鱼类，这一后果很可怕。鱼类出问题后，会影响依赖其生存的长江江豚等动物类群。实际上，鄱阳湖对长江江豚来说并不是非进不可，而是因为长江里没有多少食物，它们就跟着鱼类进入湖里。已经有证据表明，在长江里的小码头和小趸船附近，一些个体不顾安危觅食。就在长江里，很多长江江豚是被饿死的。可见，如果没有人类干扰，鄱阳湖并不是长江江豚保护的先决条件，但现实已经逼迫我们不得不加强该湖的保护，为长江江豚保住一点“口粮”。

江湖阻隔造成的第二个问题是包括水草在内的生物类群会出现灭绝。长江洪泛平原有其自身的水位消落过程，冬季水位很低时，大面积的边滩露出水面，水草开始萌发并在春季生长，此时水位也渐渐升起来，这种因季风气候形成的周期性水文节律，是维持长江生物多样性的一个重要的自然条件。但是，包括三峡水库在内的许多人工设施正在破坏这种自然消落规律，导致冬季水位上升，春季也会维持较高水位，使得水草萌发生长困难。武汉东湖就是典型案例，由于实施控水工程，导致这里冬季水位很高，水草资源及依赖其生存的鱼类都遭受了毁灭性打击，后期恢复特别困难。

但问题不止于此，水草的灭绝还会让水体难以抵挡富营养化的侵袭。过量的氮、磷是造成许多水体富营养化的元凶，而水草对这些营养盐的吸收利用能力强，能使其浓缩到机体并沉淀到底泥里，腐烂过程缓慢，冬季不能被细菌很快分解；等到第二年，草种又在堆积层上发芽生长。就这样堆叠下去，氮、磷如同被封存进一个个的容器里，底泥里的出不去，水体里的又可不断被吸收沉淀。在点源污染不是很严重的情况下，水草表现出了强大的消解能力。因此，一个健康的长江中下游水生生态系统不能缺少水草。

如果水草资源遭到破坏，那么将无法有效对抗藻类的暴发性增殖。江湖阻隔后，水草无法在冬季萌发，随着春季温度的上升，藻类早于水草开始繁育，很快就会造成水体透明度降低，光合作用减弱，反过来抑制了底泥里水草的萌发生长。一些学者称之为“草型湖泊向藻型湖泊的更替”。实际上，江湖阻隔大大削弱了水体的自净能力，水

摄影 / 何小白

草的灭绝又使其雪上加霜，这是目前水体富营养化很难得到根治的一个重要原因。

江湖阻隔造成的第三个问题是洪涝频繁。现在江汉平原所在地原本是水乡泽国，分布着许多水洼，高差 1~3 米。这些水洼在洪水来临时可以蓄积大量的水体，如果都变成陆地，那么防洪能力将大为降低。长江洪泛平原特有的水位自然消落过程让这一广大地域成为真正的湿地（水位 6 米以下，包括大量湖泊），是抵挡洪涝的利器。多年来，长江中下游洪灾不断，其中一个重要因素是许多湖泊消亡了，导致这一区域调蓄能力下降，洪水难以分流，到最后只能炸掉一些分洪口。这也是为什么要修建三峡水库的一个重要原因。

我们经常提到湿地，但对它的理解不能局限于生物多样性保护和“地球之肾”的作用方面，也要充分认识到它对城市的重要性。一大片良好的湿地能消解内涝，保护城市，但水利建设者还没有充分意识到这一点，我们这些研究湿地的人有时还被认为是“空谈家”。人们都知道候鸟迁徙路线上的湿地需要保护，但湿地对于防洪的价值却没有引起很多人的关注。其实这种价值是实实在在的，事关人身安全、城市安全。但人类为了获得充足的生存空间正不断地蚕食湖泊。目前，洞庭湖面积已经缩减了三分之一，其他许多湖泊已经消失，而鄱阳湖的情况相对好一些。如果没有人类活动，那么这些湖泊会处于动态平衡状态，有荣有枯，有生有死。在人类活动时期，湖泊要么萎缩，要么死而无生，干涸的土地上不可能再现一个新的湖泊。遗憾的是，目前我们还没有办法让湖泊像以往那样顺其自然地生生死死，因此保护现存的湖泊生态系统、保障现有的江湖连通格局就变得迫在眉睫。

本刊记者：鄱阳湖作为国际重要湿地和长江中下游仅存的保持通江状态的大湖之一，其保护意义巨大。多年来，江西省不断推动相关水利枢纽建设，尤其是 2016 年年底围绕“鄱阳湖水利枢纽环境影响评价公众参与第一次信息公示”，社会各界表达了广泛的关切。您如何认识这一问题并有何建议？

陈宜瑜：对于近期有关鄱阳湖水利枢纽的争议，核心在于水位高度的控制。如果是处于生态警戒线以下，那么工程的必要性可以进一步论证。然而，目前的方案让人担

摄影 / 何小白

心之处在于：水草在秋季还有一个生长期，而 9 月开始控制水位，在某些情况下，我们无法将水位保持在适宜高度。

鄱阳湖水利枢纽建设的出发点是解决枯水期提前、枯水期延长及水位变化剧烈的问题。之前有观点认为，三峡水库的修建造成了鄱阳湖 9 月开始的低水位现象，一些年份的数据也表明确实如此。实际上，当前的研究结果表明，鄱阳湖流域受周期性气候及水文节律的调节，近几年正好处于干旱期。因此，鄱阳湖的干旱问题应从宏观的气候及水文角度考虑，同时关注入湖的五条河流的影响，而不能完全将责任归咎于三峡水库。

鄱阳湖目前尤以东部和北部湖区的干旱形势最为明显，植被也发生了变化，但到目前为止并没有对湿地及候鸟产生显著影响，相反候鸟数量还增加了。但干旱带来的一个问题是，周边居民会借机围垦，进一步压缩湖面面积，到时候再回头解决就很困难了。

对于鄱阳湖水利枢纽建设，据我了解，工程主导方不断修订建设方案，让枢纽的本质归为“滚水坝”一类。这种水利设施早已存在于中国历史上，在江西也有不少，坝上修建有石头墩子，人可以走过去。我们的老祖宗早就知道，有了滚水坝，水少的时候能保障人畜饮水和农田灌溉，水多的时候就流过去，不会造成洪涝灾害。可见，这种水利设施是人类与自然在长期相处过程中取得的平衡方式，恰到好处。只不过，当时并没有过多考虑鱼类的生态需求；但话说回来，山溪河流里鱼类通常不多，洄游性鱼类更是缺乏，因此那些滚水坝对生态的影响不大。

鄱阳湖和洞庭湖是当前与长江相通的两个仅存的大湖。就目前来看，鄱阳湖水利枢纽还没到非修不可的程度，既然利弊暂时分析不清，我们就没有理由干预破坏鄱阳湖的生态过程。目前当地正处在周期性气候振荡的影响下，需要密切关注并作进一步的论证分析。就在 2017 年，鄱阳湖区域暴雨持续时间长，水位超过历史同期，到了 9 月水位都没降下来，防汛都来不及，而以前 9~10 月已经快到最低水位了。因此，就目前的情况看，我建议鄱阳湖水利枢纽建设宜缓不宜急。

通与阻造就的不同世界

文 / 刘学勤 姚维林 图 / 何小白

长江是中华民族的母亲河，在我国社会经济发展中起着至关重要的作用。长江中下游水系复杂，河流湖泊众多，是我国淡水湖泊分布最为集中的区域之一，约占全国湖泊总面积的五分之一。这些浅水湖泊沿江分布，面积从不足一平方公里到上千平方公里。历史上，它们与长江干流自由相通，形成了独具特色的河流 - 泛滥平原生态系统，也称之为“江湖复合生态系统”。

这一复杂的系统孕育了独特而丰富的水生生物多样性，是世界上罕有的物种资源库，被世界自然基金会（WWF）列为全球 233 个优先保护的生态区之一。据统计，该区域有湿生植物约 400 种、软体动物约 170 种、鱼类约 200 种、鸟类约 400 种，两爬动物超过 50 种，哺乳动物约 60 种。同时，江湖复合生态系统还具有供水、防洪、航运、气候调节、运动休闲和文化景观等多种生态服务功能，是我国重要的生态宝库。近年来，随着长江经济带的发展，长江水系的大保护面临着新的机遇和挑战。在新的形势和条件下，我们该如何保护和修复这一江湖复合生态系统呢？

河流 - 泛滥平原生态系统被认为是世界上最为濒危的景观之一。长江的江湖复合生态系统亦遭受了严重的人为干扰，最突出的是江湖阻隔。20 世纪 50~70 年代，出于防洪和农业生产

等目的，沿江大部分湖泊修建了闸坝，致使这些湖泊失去了与长江干流的自然水文连通性。目前，仅有鄱阳湖、洞庭湖和石臼湖等极少数通江湖泊。健康、自然的河流生态系统存在四种连通维度：纵向（上下游连通）、侧向（干流与泛滥平原连通及支流与干流连通）、垂直（地表水与地下水连通）和时间维度。这四种连通维度是维持河流生态系统健康的前提和基础，缺一不可。侧向连通度的降低或丧失被认为是河流 - 泛滥平原生态系统最大的威胁，而江湖阻隔是侧向连通度丧失的典型表现。

江湖阻隔导致江湖复合生态系统发生了严重的破碎化，使通江湖泊和阻隔湖泊形成了两个完全不同的水生态世界。我们团队在王洪铸研究员的领导下，对江湖阻隔的生态学效应开展了系统的研究，对这两个水生态世界的差异有了较为清晰的认识。

在水文方面，通江湖泊水位变化与长江干流紧密相关，形成并保持了“洪水一片，枯水一线”的自然景观。阻隔湖泊的水位因人为调控而趋于稳定，部分湖泊甚至以水库模式调控为主，在冬春季保持高水位。

在水质方面，通江湖泊显示出强大的自净能力，尽管接纳了大量的氮、磷输入，却几乎没有大规模的蓝藻水华暴发，即所谓"流水不腐”。而阻隔湖泊则不一样，过量的氮、磷输入导致多数湖泊富营养化，部分湖泊蓝藻水华严重，如太湖和巢湖。

在水生生物方面，各生物类群对江湖阻隔的响应存在一定的差异。对于浮游植物，通江

湖泊种类数比阻隔湖泊高 25%，但总体密度比阻隔湖泊低 40%；通江湖泊的优势类群为隐藻，而阻隔湖泊为蓝藻。在浮游动物方面，通江湖泊的密度明显小于阻隔湖泊。在植物方面，湿生植物在通江湖泊生长更为良好，分布面积更大；沉水植物在阻隔湖泊中发育较好，覆盖度较大。通江湖泊和阻隔湖泊底栖动物也存在较大差异，在通江湖泊中，蚌类等软体动物种类十分丰富，钩虾和多毛类等也较多；同时，通江湖泊底栖动物生物量较高，约是阻隔湖泊的 8 倍。在鱼类资源方面，通江湖泊鱼类多样性很高，包含洄游性鱼类等多个生态类群；而在阻隔湖泊中，除了人工放养的四大家鱼外，洄游性鱼类几乎消失。研究表明，江湖阻隔导致湖泊中鱼类多样性下降 25%~88%。江湖阻隔也阻碍了鱼类的基因交流，导致群体遗传多样性水平降低。然而，从渔业产量和产值方面看，阻隔湖泊远远高于通江湖泊。

当然，对江湖阻隔后湖泊生态系统的变化感受最深的是那些沿湖而居的人们。我们每到一个湖泊调查，几乎都会听到大家的感叹和惋惜之声。在武汉东湖，人们常说："在 50 年代，我们的湖是通江的，湖水清澈见底，水草多，鱼也多，大家都可以直接跳到湖里游泳。"而现在，东湖仍旧处于富营养化状态，水体透明度低，水草分布面积极小。"我们希望有一天政府能把湖泊治理好，闻不到臭味，湖水变清，能在湖里放心游泳。"这是普通老百姓的声音。

显而易见，江湖阻隔导致湖泊生态系统发生了巨大变化。那么，这种变化是如何发生的？

首先，江湖阻隔切断了江与湖之间的自然联系，其结果是江湖之间的水、沙、生物交流丧失。非常直观的情形是洄游性鱼类在阻隔湖泊中消失，因为这些鱼类不能进入阻隔湖泊，即使偶然进入也不能在其中繁殖建群。

其次，江湖阻隔导致湖泊水位波动节律发生改变。在长期的演化过程中，水生生物逐步适应了自然的水位波动节律，它们的生存与发展依赖于特定的水位条件。这些条件一旦发生改变，将对水生生物产生较大影响。一些阻隔湖泊在冬春季维持高水位，阻碍了湿生植物的萌发与生长，导致其分布区域缩小。水位趋于稳定也导致陆生植物侵占湿生植物的生存空间，湖滨带面积缩小，其作为水陆交错带的生态屏障功能也大大减弱。同时，通江湖泊保持了从流水到静水的各种流态环境，栖息地异质性较高，为各种水生生物提供了适宜的生境条件。阻隔湖泊中流水生境丧失，栖息地异质性大大降低，一些喜流水生境的水生生物如蚌类因而消失。

再次，江湖阻隔之后，湖泊渔业活动大大加强。毫无疑问，渔业生产是江湖阻隔的驱动因素之一。通江湖泊由于是开放水体，渔业活动多限于自然捕捞。阻隔湖泊水体封闭，人工放养成为重要的渔业方式。早期以放养四大家鱼为主，施用化肥是很普遍的现象。随后养殖品种增多、放养密度和规模加大。湖泊的管理多由集体或私人承包，一些湖泊被围网分割成大小不等的水面。经营者为追求短期的经济效益而采取掠夺式经营，导致湖泊渔业资源迅速衰退，加速水质恶化。例如，过度放养河蟹导致湖北一些湖泊水草消失。我们团队的王洪铸研究员表示："依据我们的研究模型及结果，我们给当地经营者提出了合理放养河蟹的规格和密度，既可以保证产量又可以保护水草。然而，没有人愿意采纳。"当然，湖泊生态系统的退化不能完全归因于江湖阻隔，栖息地丧失、水污染、全球气候变化及外来物种入侵等都是重要影响因素。

面对江湖阻隔带来的生物多样性下降和生态系统退化问题，我们应该采取什么措施来保护和修复？一个不可避免的事实是，很多阻隔湖泊已经不可能恢复到通江时的状态。那么，我们期望的湖泊生态系统是什么样，或者说我们期望湖泊生态系统提供什么样的价值？

要保护和修复江湖复合生态系统，我们首先需要对长江中下游数以千计的湖泊进行功能定位，对湖泊进行分类管理。很显然，多数湖泊兼具多种功能与价值，我们需要对这些价值或者是期望的价值进行排序。例如，可以考虑将城市或市郊湖泊定位为景观湖泊，兼具调蓄、水质净化功能；将农村湖泊定位为渔业湖泊，以渔业生产为主，兼具调蓄、水质净化功能。清晰的功能定位有助于湖泊管理和生态修复工程的开展。对于阻隔湖泊修复，最为直接的方式就是恢复江湖通道。例如，武汉市新洲区人民政府与世界自然基金会 (WWF) 于 2005 年合作开展了湖北省涨渡湖“灌江纳苗”工作：在鱼类繁殖季节打开闸门，让长江干流的野生鱼苗进入湖泊，不仅补充了渔业资源，也改善了湖泊的水环境。然而，大规模的再连通仍旧面临许多难题，并且与防洪调蓄、渔业生产及寄生虫防控存在冲突。因此，可以先在一些小型湖泊进行连通试验，再逐步扩大范围与规模。

其次，对阻隔湖泊开展生态水位修复。目前湖泊水位调控以防洪调蓄和渔业生产为主，较少考虑水生生物和生态系统的需求，因而在一些湖泊中出现了反季节调控现象。湖泊生态水位调控应尽量恢复自然的水位波动节律。再次，转变渔业生产模式，以生态渔业为主。渔业生产应尊重自然规律，科学搭配养殖品种，合理控制养殖密度。渔业可持续发展必须摒弃掠夺式经营模式，走生态渔业之路。

在社会经济快速发展的今天，江湖复合生态系统也在不停地发生变化。然而，我们对于这样一个巨型生态系统的理解却极其有限。尽管江湖阻隔已经发生了近 70 年，我们仍然缺乏针对江湖复合生态系统的监测与评估体系。我们只有在认识和行动上超越生态系统的变化速度，才有可能保护和修复破碎的生态系统。江湖复合生态系统的保护和修复任重而道远，但随着长江经济带建设的推动，长江流域的大保护也给江湖复合生态系统的修复带来了前所未有的机遇。我们科研人员愿意与政府、企业和社会公众等一道，抓住机遇并参与其中，使母亲河永葆生机活力。

本文作者系中国科学院水生生物研究所研究人员

鸟来不易别亦难

文 / 本刊摘编

从地形地貌的角度，长江可大致分为上游的高山峡谷区和中下游的泛滥平原区，它们各自演化出了地球上独特而丰富的生物多样性。长江中下游平原位于湖北、湖南、江西、安徽、江苏和上海境内，这片区域引人高度关注的动物类群有水鸟、鱼类及长江豚类。历史上，长江中下游就是人类频繁活动的区域；作为“地球自然遗产”的客观存在，上述三个动物类群的处境体现了我们人类与自然的关系。

湖北省黄冈市龙感湖湿地的水鸟群　摄影 / 何小白

一次水鸟调查印证鄱阳湖的价值

长江中下游是澳亚水鸟迁徙路线上的重要过境地域，同时又是东亚地区最重要的水鸟越冬区域。2015 年冬，世界自然基金会（WWF）与国家林业局联合组织相关部门和志愿者团体，同步调查了长江中下游四省水鸟种群及其栖息地状况。共记录水鸟约 92.3 万只，其中江西省 52.2 万只（主要分布于鄱阳湖），湖北省 14.1 万只，湖南省 13.1 万只，安徽省 10.1 万只，江苏省 2.8 万只。这些水鸟分属 6 目 15 科 38 属 81 种，其中国家 I 级保护物种 5 种（白鹤、白头鹤、黑鹳、东方白鹳、中华秋沙鸭），II 级保护物种 7 种（角鹬鹬、卷羽鹈鹕、白琵鹭、小天鹅、白额雁、白枕鹤、灰鹤）。根据世界自然保护联盟（IUCN）当年颁布的《濒危物种红色名录》，本次调查发现极危物种 2 种（白鹤、青头潜鸭）、濒危物种 3 种（东方白鹳、中华秋沙鸭、卷羽鹈鹕）、易危物种 5 种（鸿雁、小白额雁、白枕鹤、白头鹤、黑嘴鸥）、近危物种 4 种（罗纹鸭、白眼潜鸭、黑尾塍鹬、白腰杓鹬）。本次调查记录到白鹤 3779 只，东方白鹳 2675 只，鸿雁 64550 只，白头鹤 579 只，小白额雁 11947 只，白枕鹤 465 只，青头潜鸭 125 只，等等。

本次调查还发现，江西鄱阳湖是长江中下游水鸟最重要的栖息地，全球几乎所有的白鹤、东方白鹳以及占全球较大比例的鸿雁、小白额雁、白枕鹤和青头潜鸭都在此越冬。鄱阳湖越冬水鸟的种类及数量为东亚之最。为了保护这些珍贵的自然财富，中国政府已将整个鄱阳湖流域面积的三分之一划为水鸟及其他水生生物保护区，并将鄱阳湖国家级自然保护区申报为

在鄱阳湖周边藕田里活动的鹤鹬 摄影 / 肖戈

苍鹭 摄影 / 肖戈

实行湿地保护目标责任制，提升湿地生态功能。制定湿地生态状况评定标准，从影响湿地生态系统健康的水量、水质、土壤、野生动植物等方面完善评价指标体系。到 2020 年，重要江河湖泊水功能区水质达标率提高到 80% 以上，自然岸线保有率不低于 35%，水鸟种类不低于 231 种，全国湿地野生动植物种群数量不减少。

摘编自《国务院办公厅关于印发湿地保护修复制度方案的通知》（国办发〔2016〕89 号）

“国际重要湿地”。对于中国的这些努力，国际社会大为赞赏，这不仅说明中国对鄱阳湖管理负责，对世界也有呵护这一块独特和无价湿地的责任。本次调查还发现，如果以水鸟作为评判标准，则鄱阳湖的湖口、都昌、星子、鄱阳、余干、进贤等水域可归入国际重要湿地之列，这需要多方积极推动。

水文自然变动是鄱阳湖吸引水鸟的根源

鄱阳湖是中国最大的淡水湖，夏季湖面面积广大，秋季水位下降时会露出大量的泥滩及相互独立的小湖。这种水文特性的巨大波动，导致鄱阳湖具有不同的生态过程。鄱阳湖由此形成的差异化生境，支撑了丰富的生物多样性，鄱阳湖也因此成为全球生物多样性保护的重要地区。

丰富多样的水生植物及觅食生境是鄱阳湖吸引种类繁多、种群庞大的水鸟前来越冬的关键因素。大多数雁类属于食草性物种，主要采食莎草科与禾本科植物。这些植物生长在湿地的上缘，在温暖季节生长并在冬季露出。白鹤、白枕鹤、白头鹤、小天鹅及鸿雁主要采食苦草属等沉水植物的块茎。水位变化对这些植物度过完整的生活史至关重要。夏季高水位的淹没使它们获得良好的生长环境；冬季退水后，它

们的块茎长得很饱满，此时水鸟就在浅水与软泥里挖掘这些食物。一旦水位过高或泥地变得干硬，将妨碍它们的取食行为。白鹤主要在水深小于 30 厘米的区域采食，偶尔也会到不超过 50 厘米的区域。如果鄱阳湖吴城冬季水位（吴淞高程）保持在 14~16 米，则鄱阳湖几乎所有的适合鸟类的生境（11~12 米）将被淹没在水下。

一旦这种现象发生，将对那些濒危的物种带来灾难性的影响。有人会问，难道鸟类无法在其他地方找到替代性生境？之前的一些调查显示，只有不到 0.5% 的白鹤利用鄱阳湖以外的湿地越冬。鄱阳湖冬季水位的升高，将导致白鹤等水鸟被迫转移到残留的几处小生境觅食，这些地方靠近湿地的远缘，人类活动频繁。根据记录，鄱阳湖的鹤类在取食或栖息时一般会与人类保持一定距离。冬季水位的上升还会影响一些食鱼水鸟的生存。东方白鹳喜欢取食受伤或受困于围网中的鱼，那里水位比较低浅，水位的上升将破坏它们的栖息地。目前，长江中下游河漫滩中类似的生境已越来越少，洞庭湖近些年来几乎已看不到以块茎为食的鸟类，而在 2005~2010 年，升金湖以块茎为食的鸟类数量急剧减少。

在冬季正常的低水位情况下，鄱阳湖星子水域表面从南到北的倾斜度是 3~4 米，加上江湖的自由连通，使得湖水置换周期约 21 天。这种快速的置换效率维持了鄱阳湖相对较好的水质。一旦当地发生大规模的人为干预，将改变一系列自然水文节律，特别是会降低水体置换效率和污染物冲刷能力，改变营养流等因素，可能引发一些大型植物种群的崩溃。

高水位环境将会迫使植物迁移至更高处。莎草科与禾本科等多年生植物可能需要数年才

能重建种群，在此期间，成千上万的雁类将难以获得食物。相比之下，苦草属植物对水位变化的反应比较快，但同样面临严峻挑战。由于水质严重恶化等因素，苦草属植物在长江中下游部分地区已大面积消失，如上述的洞庭湖和升金湖。在洞庭湖及其他长江中下游湖区开展的研究已充分证明：湖泊生态系统发生改变的临界点是占优势的大型植物如苦草属等被浮游植物替代，而洞庭湖和其他湖泊已经经历了这样的转变。这种因水质恶化带来的改变或许不可逆转，而且还会形成恶性循环。

在此方面，鄱阳湖同样不会独善其身。如果它的生态环境发生了类似的改变，那么白鹤与其他取食植物根茎的鸟类数量将会急剧下降。一旦这样的变化在鄱阳湖发生，即使可能恢复回来，其代价将非常昂贵。江西省近年来努力减少鄱阳湖流域的侵蚀，控制废污水排入，并

迁飞到鄱阳湖南矶湿地的亚洲钳嘴鹳。根据科学研究，亚洲钳嘴鹳为分布于南亚次大陆及中南半岛的大型涉禽，中国过去并无分布记录。近年来，中国湖泊湿地的保护与恢复为亚洲钳嘴鹳的种群扩散提供了条件。2006 年 10 月，在云南洱源西湖，这种鸟类首次在中国有记录。2010 年春季，亚洲钳嘴鹳再次进入中国，陆续出现于云南、贵州、广西、四川、广东等省区。在中国，亚洲钳嘴鹳的主要觅食生境为湖泊或水库浅水沼泽区，其次是稻田、鱼塘及河流。这种鸟类的食物包括入侵物种福寿螺，因此对亚洲钳嘴鹳及其栖息地的保护，有助于抑制福寿螺的大量繁殖。摄影 / 周海翔

鄱阳湖的灰鹤。当前的机械化收割会在农田里留下许多作物颗粒供灰鹤越冬利用，过夜时，它们再飞回较开阔的湿地。摄影 / 周海翔

小天鹅　摄影 / 肖戈

中国科学院地理科学与资源研究所等单位研究发现，鄱阳湖水鸟基本上都分布在莎草草滩、泥滩洼地和水深不超过 60 厘米的浅水区；在候鸟越冬的不同阶段，鄱阳湖湿地可以提供的候鸟栖息地面积为天然湿地面积的 24%~63%，栖息地面积受水位变化的影响较大，冬春季的枯水位，没有对候鸟及其栖息地造成灾难性的影响，但水位在 11~12 米（吴淞高程）时，可以提供的栖息地面积最大，水位再升高，栖息地面积急剧减小，当水位超过 14 米时，将可能无法维持现有候鸟的栖息需求。 摄影 / 何小白

在周边地区倡导“生态友好型”工业，这是维持当前健康生态系统迈出的重要一步。

鄱阳湖水鸟保护的全国及全球意义

在评估越冬水鸟面临的威胁时，我们除了着眼于鄱阳湖，更要通盘考虑到长江中下游、全中国乃至东亚这样的更大范围，看看这些具有全球重要意义的水鸟种群发生了什么。总体而言，中国的水鸟数量已经出现急剧下降趋势。有学者估算，20 世纪 90 年代初，中国的鸭科鸟类数量为 300 万 ~400 万只，在 2010 年前后只有 110 万只左右。雁类种群下降趋势明显，所有在鄱阳湖越冬的 5 个物种，即小白额雁、白额雁、豆雁、灰雁及鸿雁都能反映这一趋势。自 20 世纪 80 年代中期以来，从北极飞往中国的白额雁和豆雁的繁殖种群数量分别减少了 80%和 65%。鸿雁在中国东北部、俄罗斯东南部和蒙古东部繁殖，但由于干旱和人类干扰，多年来它们的繁殖率在繁殖地的大部分区域呈下降趋势。

鄱阳湖水文及生态环境一旦发生重大改变，除了影响水鸟及其依赖的湿地，还会影响依赖其生存的江西省和长江下游庞大的人口。例如，一旦整个冬季水位保持在 16 米，则会损失 100 亿立方米的洪水容纳量，增加入湖的五条河流在夏季发生洪水的风险。另外，受影响的还包括对当地社会经济发展起着重要作用的水生生物资源。

本文摘编自世界自然基金会（WWF）、世界自然保护联盟（IUCN）等相关研究。感谢苏立英老师与何芬奇老师对本文的修订。

涨落水旺四季鱼

文 / 黎明政 图 / 陈子峰

鄱阳湖位于长江中下游南岸、江西省北部，是我国最大的淡水湖泊，也是当前仅存的保持与长江干流自然连通的两个大型湖泊之一。鄱阳湖具有“高水是湖，低水是河”的特点，年内水位变幅很大：汛期水位上升，湖面陡增，水面辽阔；枯期水位下降，洲滩裸露，水流归槽，湖面仅剩几条蜿蜒曲折的水道，呈现“枯水一线，洪水一片”的自然景观。随着鄱阳湖的水位变化，江湖之间在物质交换和生境结构方面呈现出动态变化，满足了不同类型鱼类的需求，使得鄱阳湖成为许多湖泊定居性鱼类重要的繁殖与栖息场所，也是江湖洄游性鱼类重要的摄食与育肥场所，还是某些河海洄游性鱼类的繁殖通道或产卵场，对长江鱼类多样性的维持和种质资源保护具有重大意义。

根据我们近些年在鄱阳湖开展的调查以及对历史资料的整理，鄱阳湖（仅指湖区，不含支流）有分布记录的鱼类达 134 种，包含河海洄游性鱼类、江湖洄游性鱼类、河流性鱼类和湖泊定居性鱼类等 4 个生态类群。江湖洄游性鱼类以青鱼、草鱼、鲢、鳙、鳊、鳡、鳤、鲚为典型代表，共 19 种。这些物种已经形成在湖泊里生长育肥、在江河流水环境里繁殖的习性，对江湖一体的生态环境具有良好的适应性；它们在长江中下游尤其是中游种群繁盛，是主要的渔业对象。河海洄游性鱼类有 8 种，包括溯河洄游的中华鲟、鲥、刀鲚以及降河洄游的鳗鲡等；在鄱阳湖，中华鲟偶见，而刀鲚需进入鄱阳湖繁殖，鲥需从长江经由鄱阳湖进入赣江繁殖。河流性鱼类有 42 种，指那些主要在长江

自 2012 年以来，中国科学院水生生物研究所的研究团队调查了长江监利、洪湖、武穴、安庆、南京、靖江、上海等江段鱼类早期资源分布状况。他们发现，安庆段仔鱼的密度显著高于其他江段。鄱阳湖与长江的自然连通使在长江繁殖的鱼类能进入湖泊摄食和育幼；繁殖季节，大量性成熟个体由鄱阳湖进入湖口上下江段繁殖，是下游安庆江段仔鱼密度最高的可能原因。该研究证明了鄱阳湖与长江的自然连通对鱼类繁殖和种群补充的显著价值，并解释了长江江豚在湖口上下江段分布密度最高的现象。鄱阳湖与长江自然连通形成的江湖复合生态系统对长江中下游生物多样性保护、生态系统健康维持具有显著作用，不可替代，需要加以优先保护。

干、支流（鄱阳湖“五河”）的流水环境中生活，极少进入湖泊的种类，如马口鱼、铜鱼、长吻鮠和中华纹胸鮡等种类。湖泊定居性鱼类有 65 种，指那些在鄱阳湖能完成生活史的种类，如鲤、鲫、鲇等，对环境的适应能力强，分布广泛。这些不同生态类型的鱼类适应江与湖之间物质与能量的联系，在不同季节、不同水域表现出不同的特征。

春暖水涨：优良的产卵场

鄱阳湖的支流——赣江上游一般 3 月就进入雨季，4 月鄱阳湖流域均进入雨季，因此春季鄱阳湖的水位逐渐上涨，水温也逐渐升高，部分鱼类开始繁殖。尤其是湖泊定居性鱼类，例如鲤、鲫产卵一般选择浅水草滩。3~5 月春汛时期鄱阳湖水位上涨，气温回升，部分水草淹没于水中，成为鲤、鲫产卵的理想场所。在该时期湖区渔获物中，高龄的、性腺发育即将成熟的个体很常见，而在浅水草滩常常能看到粘附在水草上的鱼卵或刚孵出不久的仔稚鱼。

鄱阳湖流域因其水量充沛，加上江湖交错形成许多适宜于鱼类栖息和繁殖的生境，因此不少河海洄游性鱼类不远千里上溯至鄱阳湖流域进行繁殖。鄱阳湖已经成为这些种类完成生活史的必需场所。

鲥、刀鲚与河鲀是久负盛名的“长江三鲜”，这三种河海洄游性鱼类都将鄱阳湖流域作为其重要的繁育场所。

“还有江南风物否，桃花流水鱖鱼肥”——苏轼对刀鲚的鲜美滋味赞叹不已。刀鲚的鱼汛最早，又被称作“三鲜之首”，每年 2 月初刀

鲚进入长江口，3 月底或 4 月初到达鄱阳湖，入湖时间一般持续至 7 月。一般从 4 月开始，湖口和星子水域即可见到初入鄱阳湖的刀鲚亲鱼。鄱阳湖刀鲚的产卵场主要分布在南部的三江口、北口湾和程家池等水域。曾有学者认为 2000 年以后因资源量下降，鄱阳湖已难见到刀鲚，不过通过我们近些年的调查，确认鄱阳湖仍是河海洄游性刀鲚重要的产卵场。

“六月鲥鱼带雪寒，三千江路到长安”——说的就是鲥。鄱阳湖的支流——赣江的峡江江段是鲥非常重要的产卵场之一，每年 5~6 月鲥的亲鱼由长江进入鄱阳湖，之后进入赣江繁殖，因而在峡江有“端午吃鲥鱼”的俗语。鄱阳湖与长江的自然连通是鲥能够进入产卵场的基本保障。

“蒌蒿满地芦芽短，正是河豚欲上时”——指的就是有“水族之奇味”“鱼中之王”之称的暗纹东方鲀。每年春末夏初，性成熟的暗纹东方鲀亲鱼溯河产卵。一般每年 2 月下旬至 3 月上旬，亲鱼成群由海洋进入长江，4 月中下旬至 6 月下旬进入鄱阳湖产卵，产卵盛期为 5 月。鄱阳湖吴城、星子水域 60 岁以上的渔民至今提起河鲀还印象深刻。因河鲀受到惊吓或刺激会膨胀身体呈球状，渔民称之为“气泡鱼”“吹肚鱼”“气鼓鱼”等。有时还能见到成群的河鲀身体膨胀，如同一个个小球浮在水面上，形成了一道独特的景观。

夏日洪水一片：水丰鱼欢

6 月中旬至 7 月中旬是长江中、下游的梅雨季节，雨带徘徊于鄱阳湖地区，且 7~8 月受长江干流洪水的影响，夏季湖区一般都持续较长时间的高水位，水面面积也大大增加，该时期最大水面面积可超过 3000 平方公里。这时候草滩湿生植物被完全淹没，而沉水植物和浮叶植物大量生长，为鱼类栖息、育肥提供了广阔的空间，也提供了丰富的饵料资源。不同生态类型的鱼类及不同阶段的个体都进入湖里索饵育肥，因此在鄱阳湖也有“水涨三尺，鱼涨三丈”的说法。鄱阳湖这一特征对于长江鱼类种质资源保护及种群维持具有重大意义。

江湖洄游性鱼类的幼鱼是进入鄱阳湖索饵育肥的典型代表。以四大家鱼（草鱼、青鱼、鲢和鳙）为典型的江湖洄游鱼类，因其繁殖对水流条件要求严格，必须在长江干流或大型支流（赣江）才能繁殖。其繁殖时间在长江中游一般为 5~7 月，它们的后代在随水流向下游漂流的过程中，逐渐完成早期的生长、发育过程。此时鄱阳湖水位较高，生长到一定阶段的当年幼鱼从湖口进入湖里索饵育肥。

正是鄱阳湖这一特性，使得湖区及其邻近的长江干流江段鱼苗资源十分丰富，鱼苗业历来兴旺发达，也充分证明了鄱阳湖是长江中下游鱼类的福地。最早在 800 多年前，就有关于鄱阳湖区鱼苗生产的记载。宋朝九江鱼苗业已初具规模，“江州等处水滨，产鱼苗，地主至于夏皆取之出售，以此为利”。至明朝，有人描述鄱阳湖鱼苗业的盛况，即池塘所蓄养之鱼，其鱼苗大多都出自九江，“南至闽广、北越淮泗，东至于海，无别种也。”根据我们近些年的调查，江湖洄游性鱼类幼鱼入湖的时间从 6 月下旬开始，持续至 9 月，高峰期在 7~8 月。在此期间，通江水道（连通鄱阳湖和长江干流的通道）渔获物中每船每天最多可捕获数百尾幼鱼。

河海洄游鱼类——刀鲚、鲥和暗纹东方鲀在鄱阳湖或其支流繁殖后，仔幼鱼也在湖区育肥，直至 9~11 月水温与水位下降时，幼鱼便出湖入江回海。据统计，1973 年 7~9 月鄱阳湖捕捞的幼鲥达 30.94 吨。

此外，湖泊定居性鱼类的幼鱼，如鲤、鲫、鲇、鳜、翘嘴鲌和红鳍原鲌等在湖区繁殖后即在产卵场附近水域索饵育肥，该时期的渔获物中常能见到以上种类的幼鱼。而一些河流性鱼类在丰水期也会偶尔进入鄱阳湖育肥，我们在

加大物种生境的保护力度。重点加强长江干流和支流珍稀濒危及特有鱼类资源产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等重要生境的保护，通过实施水生生物洄游通道恢复、微生境修复等措施，修复珍稀、濒危、特有等重要水生生物栖息地。

摘自环境保护部、国家发展和改革委员会、水利部联合编制的《长江经济带生态环境保护规划》（环规财〔2017〕88 号）

7~8 月的调查期间，发现河流性鱼类铜鱼在通江水道水域明显增多。

秋凉温降水退：部分鱼类出湖入江

秋季，随着降水的减少，气温降低，鄱阳湖水位和水温都逐渐下降，水面面积和容积都减少，部分鱼类随水流出湖入江。

刀鲚和短颌鲚的幼鱼是具有明显出湖行为的代表，在 10~11 月集中出湖入江。例如，每年 10 月湖口水域会出现较大的凤尾鱼（渔民对刀鲚和短颌鲚幼鱼的统称）鱼汛，渔民根据其随水流出湖的特征（鱼类随水流向着长江的方向游动），设计了针对性的捕捞网具——篆网，很容易将入网的鱼类集中在网笼内。在 2012 年鱼汛高峰期，凤尾鱼的每日单船产量可达 350 公斤。鲥的幼鱼也是在江湖水温下降后出湖入江回海。20 世纪 80 年代以前，湖口水域常能见到出湖的幼鲥。除了以上种类在秋季表现出非常明显的出湖行为外，根据中国科学院水生生物研究所近两年的调查，许多其他鱼类也有随着水位下降而出湖的行为，包括江湖洄游性鱼类（如草鱼、青鱼、鲢和鳙）、湖泊定居性鱼类（如鲤、鲇和蒙古鲌）、河流性鱼类（如铜鱼和圆尾拟鲿）等。

冬日枯水一线：鱼入深潭越冬

冬季随着湖水的退落，鄱阳湖进入枯水期，水面面积最小仅 400 平方公里左右，大片洲滩出露，湖周的湿生植物（如苔草、藨草）大量生长，水面仅余下较窄的河道。大多数鱼类离开湖区进入江河越冬，而湖区鱼群多集中在深水水域，因此在湖区也有“寒露霜降水退沙，鱼落深潭客归家”的说法。湖区渔民根据鱼类越冬的习性，形成了冬季开港的习俗。史书记载，鄱阳湖区禁港与开港始于明朝，是湖区重要的渔业生产活动。该活动一般选择水深、底平、向阳、宁静、避风的港段，利用秋后退水时鱼类进入深潭越冬的规律，每年农历 9 月开始禁港，12 月开港。开港后往往收获颇丰，有诗为证：“临渊一网遂千斤，皮裤撑船若有神”。

保护工作任重道远

根据我们的调查分析，近年来鄱阳湖鱼类资源呈现一定的衰减趋势。在渔业产量上，1991~2000 年年均约 4.7 万吨，2000~2010 年年均约 3.2 万吨，而 2011~2016 年年均仅 2.6 万吨。渔获物组成也发生了一定变化，四大家鱼在渔获物中的比例明显下降，1960 年以前占 10% 以上，当前不足 5%。鄱阳湖的刀鲚资源与历史上相比衰减严重，2010 年 4~7 月，中国科学院水生生物研究所对通江水道——星子水域的入湖刀鲚单网产量（定置网）开展调查，发现最高平均日单网产量仅 6 尾；低龄鱼和小型鱼类是渔获物的主要成分，例如 2016 年渔获物中鲤 4 龄以上的个体仅占 1.5%，而 1974 年约占 8.7%。

此外，鱼类种数也呈一定程度下降趋势，主要是鲥、暗纹东方鲀和窄体舌鳎等河海洄游性鱼类，以及白鲟、鲸等濒危鱼类在鄱阳湖已难觅踪迹。鲥在鄱阳湖已绝迹多年，1980 年赣江峡江鲥单船产量可达 29.7 尾，而 1988 年已无法形成鱼汛，20 世纪 90 年代中后期后就再也没有发现鲥。

冬季水位下降后，鄱阳湖大片洲滩裸露，湿地植物开始萌发生长，它们为其他许多生物提供了必不可少的栖息环境。

影响鄱阳湖鱼类资源衰退的因素多种多样，可归为自然因素和非自然因素。渔业捕捞强度太大是影响鄱阳湖鱼类资源变动的主要因素之一。例如，湖区 9 个重点捕捞生产县的渔船数达 1.7 万余艘，而且当前湖区大量布有密眼定置网、机动底拖网甚至电拖网，电捕鱼等有害捕鱼方法也被使用，它们极大地破坏了湖区的渔业资源。例如在秋季湖口水域，刀鲚和短颌鲚的幼鱼被大量捕捞，对其资源破坏极大。2016 年，政府开始取缔这一捕捞方式。20 世纪 80 年代以前，鲥的亲鱼和幼鱼在鄱阳湖也遭受了高强度的捕捞，这是引起鲥资源急剧衰退的原因之一。尽管渔政部门对有害渔具渔法进行了清理取缔，但仍未得到有效控制。此外在鄱阳湖广泛存在一种名为“堑秋湖”的渔业方式，它利用鄱阳湖“夏涨秋落”的水文特征，拦堑浅碟形湖泊，秋季退水时段围网捕鱼，涸泽而渔，对渔业生态带来了极大破坏。

水利枢纽、筑堤围湖等涉水工程建设也对鱼类资源带来了影响。鄱阳湖的主要支流——赣江在历史上是河海洄游性鱼类——鲥，以及江湖洄游性鱼类——四大家鱼重要的产卵场。然而，随着赣江中游梯级水电开发，它们的产卵场被破坏，洄游通道被阻隔，导致鲥已多年未见，而赣江四大家鱼的产卵规模急剧下降。此外，湖区筑堤围湖行为也对鱼类资源带来了不利影响，例如历史上鄱阳湖银鱼产卵场主要有 10 处，受围湖筑堤等影响，珠湖、新妙湖、矶山湖、军山湖和内青岚湖等 6 处产卵场遭受破坏，银鱼资源量也出现较大程度的下降，由 1989 年的 110 吨下降至当前不足 50 吨。

还有一些其他因素也对鄱阳湖鱼类资源带来了较大影响。湖区大规模的采沙行为直接破坏了水生生物栖息地，破坏了水生生态系统的食物链和食物网结构，影响了鱼类的生存和繁衍。鄱阳湖水污染呈上升趋势，渔业水域污染事故风险将不断增加，这会导致鱼类的主要产卵场和索饵育肥场功能明显退化，水域生产力急剧下降。有数据表明，2010~2016 年鄱阳湖 III 类水质达标率呈逐年下降趋势，劣 V 类水质频繁出现。另外，近些年受人类活动和全球气候变化影响，鄱阳湖秋季退水时间提前，枯水期时间延长，这无疑缩短了湖区鱼类的育肥期，导致资源受到影响。

虽然鄱阳湖鱼类资源遭受多方面的压力而出现衰退的趋势，但得益于江湖连通，在长江中下游江湖复合生态系统的大环境下，当前鄱阳湖鱼类资源仍保留了通江湖泊的鱼类群落结构特征。为了更好地保护鄱阳湖鱼类资源，让鄱阳湖更好地发挥通江湖泊的生态功能作用，全面有效的鱼类资源保护措施亟需实施。

本文作者系中国科学院水生生物研究所博士

江豚有湖

文 / 图 梅志刚

完善生物多样性保护制度。加强生物多样性保护优先区域监管，优化自然保护区空间布局，完善自然保护区管理制度和分级分类管理体系。加强长江江豚、候鸟及水生生物资源保护，建立珍稀濒危物种种群恢复机制。

摘自《国家生态文明试验区（江西）实施方案》（中共中央办公厅、国务院办公厅 2017 年印发）

鄱阳湖是保护的希望

早在人类文明诞生以前，长江江豚就已经生活在长江。中国古代关于江豚的记载最早出现于东汉许慎所著的《说文解字》，大意是：江豚出产于朝鲜沿海和长江流域鄱阳湖至洞庭湖一带。由此可见中国人最早认识长江江豚是从鄱阳湖开始的。《魏武四时食制》提到，江豚“常见首出淮及五湖”，可见曹魏时除长江流域几大湖泊外，淮河中亦有江豚。随着各江河湖泊与长江干流的隔离，当前长江江豚仅分布在长江中下游干流及仍然通江的洞庭湖和鄱阳湖中。

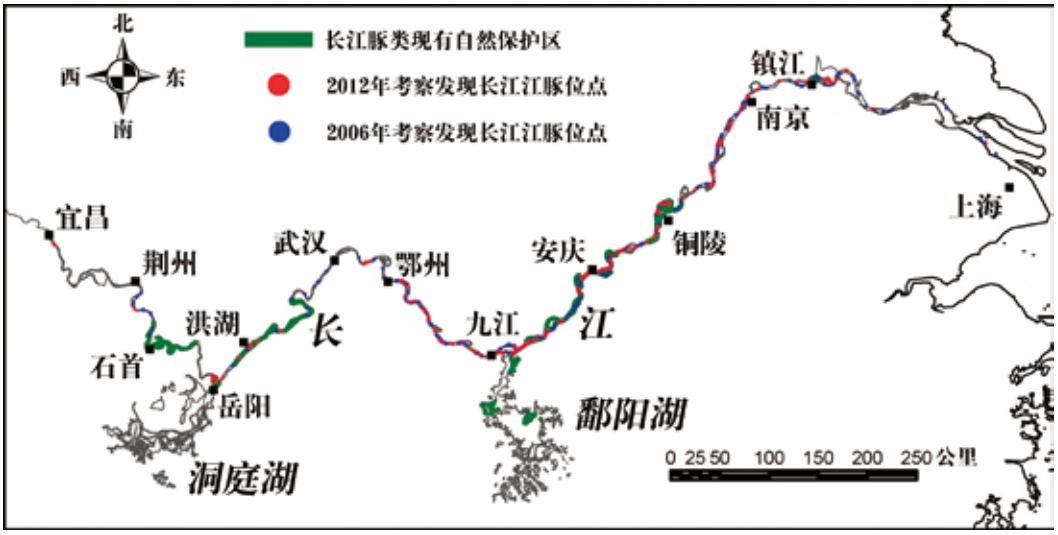
根据我们研究团队多年的野外考察结果，长江江豚种群在过去几十年持续下降，干流种群在 1991 年约 2550 头，2006 年约 1225 头，2012 年约 505 头，呈现显著加速下降趋势。而且，2008 年至 2012 年的年均下降速率为惊人的 13.73%。照此趋势，如果不采取积极有效的保护措施，长江江豚最快 10 年将可能彻底从长江干流消失。

我们估计，鄱阳湖长江江豚约 450 头，几乎占据了当前整个种群数量的半壁江山。而且，根据我们 2005 年以来连续的种群动态监测，其数量一直比较稳定。毫无疑问，鄱阳湖是长江江豚最重要的栖息地，也是长江江豚保护最后的堡垒和希望所在。

不仅如此，鄱阳湖种群对长江干流种群的保护也有巨大贡献。目前，长江干流中大部分长江江豚分布在湖北鄂州至江苏镇江之间的江段，鄱阳湖正好位于其间，鄱阳湖种群对干流种群的补充和交流是维持这一区域种群密度相对较高的重要原因。我们研究发现，维持洞庭湖、鄱阳湖与长江干流种群的持续交流，可显著将干流种群的平均灭绝时间由 30 年左右增加至 40 年左右。由此可见，保持湖区种群与长江干流种群交流，可以为长江干流种群的长期生存提供必要条件，同时也能使鄱阳湖种群在遗传多样性等方面得到改善。

江湖迁移是一种自然规律

为了满足多方面的生存需求，长江江豚会在长江与一些通江湖泊之间迁移。20 世纪中期，我们研究所专家在鄱阳湖湖口水域开展鱼类生态学调查时，曾目击了大群长江江豚迁移的场景，“就像赶场那样热闹！”参加考察的曹文宣院士后来如是形容。我们研究团队发现，在



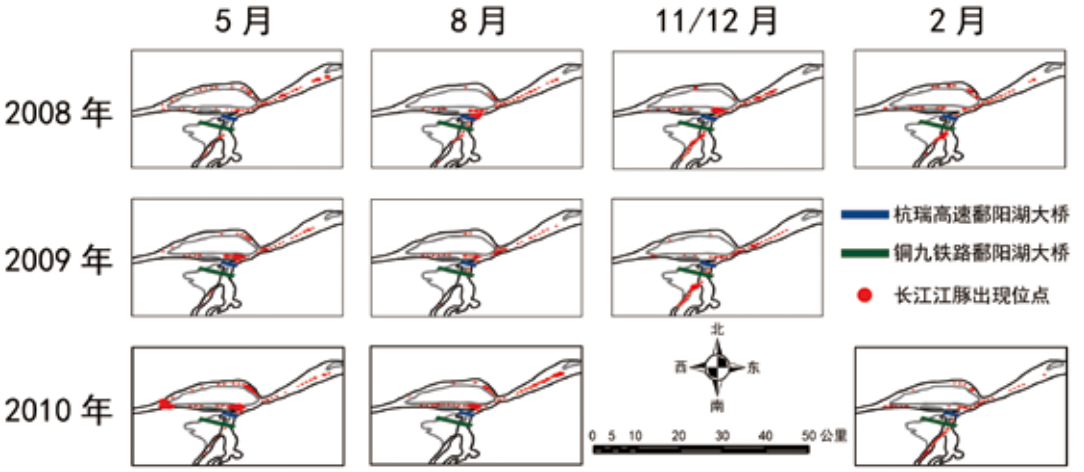
在长江干流，长江江豚历史上分布于宜昌至上海之间江段。2006 年及 2012 年，中国科学院水生生物研究所组织开展了 2 次长江豚类大规模考察。结果显示，长江江豚的栖息地破碎化速度加快；2012 年，宜昌至荆州、石首至岳阳、洪湖至武汉江段已经分别出现了长约 150 公里的“无豚区”。两次考察发现，干流长江江豚种群主要分布于湖北鄂州至江苏镇江江段，而鄱阳湖和洞庭湖种群分布密度显著高于干流。

20 世纪 90 年代以前的枯水期，长江江豚的季节性迁移和日迁移规律明显。夏季，它们由长江迁移至鄱阳湖，冬季则相反。就日迁移规律而言，它们一般上午从鄱阳湖湖口水域游到长江，“大部队”顺流而下，抵达八里江水域并逗留 2~3 小时后，继续向下迁移至马垱水域并活动至下午 4 点左右，再顺着原路返回鄱阳湖，整条迁移路线来回共计 120 公里左右；上午从湖口水域游出的“小部队”(10~20 头) 则逆长江而上，活动至下午后，几乎同时与大部队返回鄱阳湖。

水体悬沙浓度测量仪 供图 / 赖锡军

1996~2000 年，我们研究团队在鄱阳湖开展种群监测时，未能在枯水期发现长江江豚大规模的江湖迁移行为。1997 年 11 月至 2000 年 11 月，正是杭瑞高速鄱阳湖大桥的建设期，我们推测该工程影响了长江江豚的江湖迁移行为。随着长江种群数量的持续下降及湖口水域其他人类活动强度的增加，江湖迁移行为在 2000 年以后枯水期里逐渐减少，已经无法观察到大规模的江湖迁移现象。2004~2008 年，湖口水域又兴建了铜九铁路鄱阳湖大桥，进一步干扰了长江江豚的活动规律，我们已经很少能发现长江江豚的江湖迁移行为。自 2008 年开始，我们研究团队在上述铁路大桥和公路大桥两端设置声学仪器，以监测长江江豚在两桥之间的活动情况，结果显示总体迁移规模较小。大致的迁移趋势是：5~8 月，在长江与鄱阳湖交界处发现较多个体聚集，显示长江江豚具有由江入湖的

流速定点测量仪 供图 / 赖锡军



2007 年 5 月 ~2010 年 8 月，中国科学院水生生物研究所等单位的研究人员采用拖曳式被动声学考察的方式，研究了鄱阳湖湖口及其周边水域长江江豚的季节性分布状况。他们发现，在 5 月和 8 月，长江江豚在江湖交界处出现的频次比通江水道更高，而从 11 月至次年 2 月则相反；相对于鱼类资源匮乏的水域，长江江豚在鱼类资源丰富的水域出现的频次要高得多。

趋向；而在 11 月至次年 2 月，在鄱阳湖铁路大桥靠近湖区一侧发现较多个体聚集，显示其具有由湖入江的趋向。在两桥之间，我们监测到的迁移活动很少，说明长江江豚的江湖迁移行为已经受到公路桥和铁路桥的影响。

随着区域日益增长的社会经济发展需求，我们担心未来有更大规模的造成江湖阻隔的人为因素出现。到那时，长江江豚无论存在小规模江湖迁移还是不存在江湖迁移，鄱阳湖种群在未来短期内可能会由于冬季水位的抬高而出现一定增长，但会被逐渐隔离为一个孤立种群。长期而言，它们还要面临水污染、航运、极端气候和近亲繁殖等威胁，生存风险较大，种群衰退可能难以避免，而且衰退速度较迁移模式下更快。在受到阻隔的水域以外，虽然一些区段和相连的长江干流之间可能仍然存在小规模的种群迁移，但是如果没有得到鄱阳湖种群的补充，再加上这些区段水文情势和栖息地环境的改变，短期内长江江豚种群将会快速下降。而在鄱阳湖附近的长江干流江段，由于环境的变化和缺少鄱阳湖种群的持续补充，种群的衰退不可避免，尤以长江江豚重点保护区段——安庆江段最为明显。可以说，鄱阳湖与长江之间发生的阻隔，将牵一发而动全身。

声学多普勒流速剖面仪 供图 / 赖锡军

当前长江江豚的保护已经进入非常紧急的关头，命悬一线，鄱阳湖是整个保护格局中的半壁江山。鄱阳湖与长江之间生态问题的复杂性、影响的重大性及现有认知度的局限性，提醒我们在处理江湖关系时，需要立足于长期细致的科学研究及国家战略大背景。十九大报告指出要加大生态系统保护力度，实施重要生态系统保护和修复重大工程，优化生态安全屏障体系，构建生态廊道和生物多样性保护网络，提升生态系统质量和稳定性。我们希望发挥科学研究的专长，辅助各级政府决策，让长江江豚在江湖间自由迁移。

本文作者系中国科学院水生生物研究所博士

千年江湖话沧桑

文 / 殷鸿福

更新世后期到公元 4 世纪：江湖南迁

从地质史的角度来看，长江中游发生的显著变化是江湖南迁，其中以江汉平原 - 洞庭湖流域比较典型。根据考古文献，我们大致推测从更新世后期到公元 4 世纪，古云梦泽主体在当今长江以北，占据着当今江汉平原所在的广大区域。和江北广袤的古云梦泽不同，长江以南——即当前洞庭湖所在区域在当时是一大片沼泽地，河网密布，小湖众多（相对于古云梦泽），其中面积最大者当属大通湖和东洞庭湖，各自纵横千里。随着秦岭 - 大别山系的地质构造运动，古云梦泽所在区域隆升并向南倾斜，导致该水域逐渐萎缩，并在泥沙不断向东推进的过程中被填埋。类似南移的现象同样见于古彭蠡泽。它曾经也是一个大型湖泊，位于当今湖北、江西和安徽三省交界的长江以北地区，但现在仅残留有龙感湖等相对较小型水域。

就在更新世后期到公元 4 世纪，长江中游实际上由几个分支组成，从北到南依次是：阳水、夏水和涌水，它们直接与古云梦泽相通，河道如同游龙般变化不定。长江可能曾经一度利用了现在汉江的主河道，也就是从湖北钟祥或潜江起始自西往东流的那一段。就在古云梦泽萎缩的过程中，长江北支也逐渐淤塞，主泓南移到当前湖北荆州和湖南岳阳交界处。正因为如此，曾经有人质疑赤壁之战的具体发生地点。

导致长江河道南移的主要原因之一是地壳倾斜隆升，以及地球自转偏向力的作用，表现为北半球水平运动的物体往右偏。我们可从某些江心洲的卫星影像中一见端倪，即：今日北泓逐渐萎缩消失，而南泓将逐步演变成北泓，依次交替进行，江心洲看起来如同在往南“漂移”。

在这一时期，虽然江湖经常泛滥，但由于地广人稀，因此造成的影响并不大。总体上，在江湖关系的变化格局中，自然力占主导地位。

公元 4 世纪至 17 世纪中叶：大堤合龙

距今约 1000 年前，古云梦泽在地壳的不断隆升倾斜中消失，湖区所在位置出现了数百个星罗棋布的小型湖泊，而湖区主体形成了一大型冲积平原——江汉平原。由于地势向南倾斜以及降水的增多，洞庭湖在公元 4 世纪左右重新形成，到了 17 世纪中叶（明清之交），其面积达 6000 平方公里。在此期间，人口的增长刺激了筑坝行为，以围湖造田和防止洪灾。根据记载，荆江大堤始建于公元 346 年（东晋时期），洞庭湖大堤则始建

于公元 454~464 年（南朝刘宋时期）。14 世纪（明朝初期），江汉平原一带尚有许多中小型湖泊，它们通过河道相连。公元 1573~1620 年（明朝中叶），许多湖泊淤塞。17 世纪中叶，当荆江大堤最终合龙后，人类活动影响大增。大堤的修建堵塞了长江北侧若干进出水口，长江“多支并流”的格局归一为荆江段。集中于荆江的水、沙一方面通过四口向南分流，加剧了洞庭湖的淤积，另一方面蜿蜒的河道开始从下荆江段开始往上游蔓延，最终在 500 多年前的明代中叶形成了湖北监利附近“九曲回肠”的奇观。

17 世纪中叶至今：水、沙南侵

受围湖造田等的影响，江汉平原的湖泊数量缩减至 300 个左右。在地质构造运动及水、沙受阻的情况下，江汉平原地势日益下沉，内涝不断。而受阻的泥沙只能往江南输送，在过去 400 年间经常淤积在长江宜昌至武汉段，导致河床比大堤背后的江汉平原高出数米。受到约束的江流则不断往南漫溢。公元 1570~1684 年（明清之交），长江南岸水、沙进出水口——调弦口和虎渡口溃坝，最终形成了西洞庭湖，将原有湖面面积扩展至 6270 平方公里。公元 1852~1873 年（清朝末年），长江南岸另两个进出水口——藕池口和松滋口溃坝，南洞庭湖形成，进一步扩大了原有湖面面积。由于调弦口随后被堵，导致长江仅余“三口”。从上述进出水口输入的泥沙加重了洞庭湖的淤塞程度，进一步刺激了人类围湖造田行为。结果，洞庭湖面积从 1896 年约 5400 平方公里缩减至目前约 2684 平方公里。1956~1998 年的统计数据显示，平均每年输入洞庭湖的泥沙有 1.29 亿吨，其中只有 23% 是由该湖南部的四条入湖支流贡献，即湘江、资江、沅江和澧水。

总之，长江中游的江湖关系经历了“两通一阻隔”的过程，第一阶段是长江与古云梦泽的连通，第二阶段是长江与洞庭湖的连通。在此期间，江、湖、人的关系尚且和谐。在第三阶段，随着长江与江汉平原的阻隔，同时洞庭湖的水、沙存蓄能力受到削弱，江、湖、人的关系从此逐渐恶化，洪灾不断。

反省：“把水挡住”还是“为水让路”

江湖关系涉及两对矛盾，第一是人、水争道或者人、水争地。这在筑坝建闸前特别明显，表现为水需要流动空间，需要属于它们的水路；而人一方面需要水造就的土地，例如淤塞的湖泊就很肥沃，同时又要注意防治水患，所以就修建了荆江大堤以保护江汉平原，这是人和水斗争的结果。实际上，荆江大堤内的许多河湖都曾经是长江洪水的势力范围。大堤的修建解决了局部的问题，但也带来了新的水灾和旱灾。1998 年长江特大洪水造成的灾难为什么那么严重，当然气候是一个重要原因，但我们人类把河流的侧向通道堵死了，把河流的地盘占据了，水无处去，只能都涌到江里，形成了当时每秒高达八九万立方米的流量，这样一条巨龙人类怎能限制得了。

人、水争执的责任主要在于人，通常的解决思路要么堵，要么疏，就像传说中的大禹及其父亲那样。1998 年洪水带来的教训很深刻，促使我们主动去解决人、水问题，例如中央提出了“三十二字方针”，即“封山育林、退耕还林，平垸行洪、退田还湖，加固堤防、疏浚河湖，以工代赈、移民建镇”，也就是尊重自然规律，适当向江湖让步。

另一对矛盾存在于山、河、湖、海之间。具体表现为：长江上游是山河矛盾，涉及地质灾害、植被破坏和水库建设等（同样是解决了一些旧问题的同时，又产生了新问题）；中游是江湖矛盾，主要是人为地影响水域的连通性；下游是江海矛盾，例如海水倒灌和海床崩裂等。在长江的综合治理中，我们需要妥善处理好这两对矛盾。

本文作者系中国地质大学（武汉）教授、中国科学院院士

重分水与沙

三峡水库对江湖关系的影响

文 / 赖锡军

蛋糕不变，份额有变

长江中下游地区地势低平，湖泊密布，是我国淡水湖泊分布最集中的地区。这些美丽的湖泊犹如珍珠般点缀在长江两岸。沧海桑田，江湖格局演变至今，仅有洞庭湖、鄱阳湖及石臼湖等少数几个湖泊依旧保持着与长江自然连通状态。长期演变形成的长江与通江湖泊之间特殊的交互作用在维系长江中下游防洪、水资源、水环境和水生态安全上具有重要的意义。但是，在气候变化及区域剧烈的人类活动影响下，江湖关系也在不断地发生变化。21 世纪初以来，随着三峡水库的建成并投入运行，中下游承接的上游来水、来沙与天然条件发生了显著的变化。这些变化利弊兼具，直接影响着江湖环境和生态的演变。

三峡水库是长江流域综合治理和开发的关键性骨干工程，它具有防洪、发电、航运和水资源利用等巨大的综合效益。自 1993 年开工建设以来，三峡水库在 2003 实现了围堰蓄水，2006 年蓄水至 156 米，2008 年开始 175 米试验性蓄水，2010 年试验性蓄水成功达到正常蓄水位 175 米，标志着三峡水库开始全面发挥其综合效益。水库建成运行后，尽管全年下泄总水量不变，年内水量分配格局却随之而改变。一般每年汛末开始，三峡水库从汛期调洪的水位（一般在 145 ~ 155 米）起蓄到正常蓄水位 175 米，使其由调洪运用转为正常发电。三峡水库的防洪效益毋庸置疑。但是，由于它在秋季集中拦蓄上游来水，位于坝下的长江中下游供水量相应急剧减少，显著改变了原有的水文节律，这势必对长江中下游的工农业生产和生态用水造成不同程度的影响。围绕三峡水库对长江中下游影响的研究和讨论，自工程开始论证以来就一直不断。特别是在三峡水库蓄水运行的近 10 余年来，长江中下游发生了频繁的季节性干旱事件，随之而来的湖泊与洲滩湿地生态退化等问题引起了社会的广泛关注，国家也随

加强长江与洞庭湖、鄱阳湖演变与治理研究，论证洞庭湖、鄱阳湖水系整治工程，进行蓄滞洪区的分类和调整研究。完善防洪保障体系，实施长江河道崩岸治理及河道综合整治工程，尽快完成长江流域山洪灾害防治项目，推进长江中下游蓄滞洪区建设及中小河流治理。

摘编自《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》（国发〔2014〕39 号）

摄影 / 何小白

之出台了《三峡工程后续工作规划》等政策来应对工程对环境和生态的影响。

近十余年来，针对长江中下游水文、泥沙和河床演变，以及通江湖泊环境与生态等诸多方面，一些科研机构已经开展了相关跟踪监测和分析研究工作。在“国家重大基础研究发展计划”即“973 计划”项目“长江中游通江湖泊江湖关系演变及环境生态效应与调控”的资助下，中国科学院南京地理与湖泊研究所相关研究团队历时 5 年，开展了三峡水库对长江中游通江湖泊水情影响的研究。我们综合运用了数据统计、动力学模拟等分析方法，揭示了三峡水库调节长江水量对两大通江湖泊鄱阳湖和洞庭湖的影响，并明确了三峡水库蓄水运行在近年历次长江中游江湖枯水事件中产生的影响。

蓄与泄：生态过程的调节器

三峡水库运行主要改变的是坝下中下游的水、沙过程和来量。在其建成运行后，长江中下游来水量年内水文节律调整和清水下泄成为“新常态”。三峡水库对水量的调节可分为 4 个时段，即汛期水库的调峰蓄洪、汛末水库蓄水发电、枯季水位消落和流量补偿、汛前水库的预泄时段。汛期调蓄洪水削减洪峰，减少洪灾；枯水期维持稳定下泄水量，可增加冬季和春季的供水，适当缓解中下游供水压力。三峡水库调节影响最为显著、对湖泊湿地生态影响最为敏感的时期为水库的蓄水期。三峡水库蓄水的 9、10 月份，下泄水量最低只有 8000~10000 立方米 / 秒，这使长江中下游的水位较历史多年平均值更低成为必然，因此引起的枯水期提前和历时延长成为常态。对三峡水库试验性蓄水实例计算分析表明，它使长江中下游汛末水位提前快速消落，枯水期提前约半月余；螺山、汉口和大通三个水文站汛末水位因三峡水库的水量调节而分别下降 0.7、0.6 和 0.41 米。水位频率分布也有明显变化，汛末中高水位频率有所下降，而低水位频率则升高。

长江中下游来水来沙的变化，也直接导致了与其连通的鄱阳湖和洞庭湖的水、沙情势和湖泊洲滩湿地的演变。但是因鄱阳湖和洞庭湖所处位置以及与长江的连通关系不同，三峡水库调节水、沙对两湖的影响又有所区别。

洞庭湖：调水也调沙

位于荆江南岸的洞庭湖是吞吐长江型湖泊，即通过松滋、太平和藕池三口汇纳长江水、沙，又在下荆江的城陵矶口汇流入长江。三峡水库调节水量不仅改变了洞庭湖出流的水力条件，而且直接改变了洞庭湖经由三口河道分流的长江水量。三峡水库的影响因而既可由城陵矶汇流口向上游东洞庭湖扩散，又可经由三口分流来水量减少从上游向下游传播。与鄱阳湖相比，洞庭湖离三峡水库更近，加上两者更强的水力联系，其受三峡水库的影响更为显著。洞庭湖因长江三口分流来水的减少，全年江湖水量交换通量也相应减少。在不同的调节时段及不同的水情下，三峡水库对洞庭湖水量交换影响各异。对湖泊湿地生态影响最为显著的也是秋季的蓄水。

三峡水库运行不仅改变了洞庭湖出流与长

江的顶托关系，而且也进一步改变了长江三口分流至洞庭湖的水、沙总量。受湖泊洲滩泥沙输运条件及来水来沙条件发生变化的影响，洲滩发育过程也随之调整。从长江三口入湖沙量历年变化情况来看，自 2003 年三峡水库开始试验性蓄水运行以来，因坝下沙量的锐减，长江三口沙量显著减少，由 1981~2002 年平均输沙量 8662 万吨，减少至 2003~2011 年的 1114 万吨，降幅达 87%。这将使湖泊洲滩淤积速度减缓，降低此前洞庭湖洲滩的快速发育程度。我们根据观测数据和模拟验证发现，三峡水库运行改变的水动力条件和水文周期并没能从根本上改变湖泊洲滩以淤为主的冲淤变化特征，但是因泥沙供给的减少，湖泊洲滩地的发育速度将明显减缓。

鄱阳湖：调水甚调沙

鄱阳湖位于长江中游的末端，它在江西省九江市湖口县与长江相连。鄱阳湖汇集的流域来水在此向北排入长江。湖泊排水能力受长江水位的顶托影响，高可达每秒上万立方米，低可至每秒负上千立方米，即出现长江水倒灌鄱阳湖的现象。江水倒灌一般每年都会发生，少至一天，多达月余。三峡水库的水量年内调节改变了长江的水位波动过程，改变了长江与鄱阳湖水力相对强度，从而改变了江湖系统的顶托倒灌关系。秋季，三峡水库进入蓄水阶段，上游来水被水库大量截留，长江干流的水位快速消落，湖口水力坡降相应提高，湖泊排水能力增大，湖水加速下泄调整，湖泊水位提前消落，使湖泊与长江的水力作用重新平衡。而在其他调节时段，若上游来水量增加，为了达到江湖的水力重新平衡，湖泊排水相应减弱，从而降低了鄱阳湖的水位消落速率。无论长江水量增加还是减少，三峡水库影响鄱阳湖的过程总是从北部的湖口向上游的中南部湖区逐步扩散，影响大小也是逐步下降，呈现“北高南低”的空间分布格局。

三峡水库改变了鄱阳湖的水动力条件，进而改变了湖泊水流的携沙能力，并可能进一步影响鄱阳湖洲滩湿地的演变。除短历时的江水倒灌可能影响湖泊的泥沙输入外，三峡水库并不直接对鄱阳湖洲滩产生影响。考虑到江水倒灌鄱阳湖的情形主要位于北部入江水道部分，而鄱阳湖洲滩大部分位于中南部湖区，我们分析，三峡水库运行引起的水流携沙能力变化不会对鄱阳湖洲滩的演变造成明显的影响。湖泊洲滩的淹水时间发生的调整，也可能对洲滩的冲淤产生影响。从 5~10 月的数据可以看出，洲滩淹水时间在不同的典型年份均有不同程度的变化。其中，湖泊中部中高位洲滩的淹水减少时间在 0~20 天左右，而低位洲滩在平水年份淹水时间略有升高。中高位洲滩淹水时间的减少在一定程度上可降低洲滩的沉积速率，而低位洲滩在平水年份或枯水年份泥沙沉积时间有所延长，可促进洲滩的发育。

浮游植物采样 摄影 / 赖锡军

持续关注的必要性

三峡水库的运行不仅调整了江湖水、沙交换关系和湖泊水、沙条件，而且会进一步影响湖泊湿地植被的发生和演替，改变湿地生态系统结构和生物多样性，影响鱼类及鸟类的栖息地环境。虽然研究成果很多，但从总体而言，因观测数据的欠缺和机理机制认识的不完善，目前对这些变化的分析评估、变化趋势的判断和预测仍存在很大的不确定性。三峡水库的影响仍有待长期观测，并在观测数据基础上开展进一步的研究。

本文作者系中国科学院南京地理与湖泊研究所博士

江湖的淤与治

文 / 江永

在三峡及长江上游水库群建成前，由于水量和泥沙量都较大，因此长江中下游水、沙变化格局主要是淤积大于冲刷，这在洞庭湖表现得特别明显。有学者将进出湖的泥沙量的平均值相减，发现约 90% 的泥沙基本上淤积在湖里，年均 1 亿多吨。这些泥沙主要来源于洞庭湖北部与长江相通的“三口”，即松滋口、太平口、藕池口，其次是南部的“四水”，即湘江、资江、沅江和澧水。洞庭湖的淤积方向主要是由北往南推移，当淤积到一定程度的时候，只有沙而没有水，人类就开始围垦，尤其是在 20 世纪中后期，中国正处于生产发展的高潮期，围垦行为之猛烈史无前例，大大加重了湖泊的淤积程度。相对而言，鄱阳湖的淤积情况就没那么严重，泥沙基本上来源于南部的“五河”，即修水、赣江、抚河、信江、饶河。在泥沙贡献方面，“四水”与“五河”相当。

三峡及长江上游水库群建成后，由于人为的季节性水文调节，长江中下游水、沙变化格局正好反过来，以冲刷为主。三峡水库每年 9 月开始蓄水，低水位现象出现在 10 月下旬，而建库前是到 11 月中旬。过去长江宜昌段的年均流量是 1 万亿立方米，现在降低到七八千亿立方米，到了汉口是六七千亿立方米，到了下游的大通就减少得更明显了。总之，低水位出现时间提前，低水位持续时间延长，水量减少，这在一定程度上造成洞庭湖和鄱阳湖的水被长江拖走，加上其他因素，导致季节性缺水现象出现。其中，鄱阳湖所受影响更明显，其水位落差比洞庭湖大，这主要和它们与长江的相对位置有关。

和其他许多水利工程一样，虽然三峡水库不可避免地带来新的问题，然而它使得大量泥沙沉积在库区，清水下泄冲刷淤塞的河道，减轻了长江中下游因泥沙淤积带来的压力，提供了一个长达 50~80 年的缓冲期。我们必须充分利用这一缓冲期来协调江湖关系。为此，有学者建议在洪湖及其周边地区建立水、沙分离通道，降低长江城陵矶至武汉段未来面临的洪涝危险。此外，可以将连接长江中游干流与汉江之间的运河拓宽，让长江水流经江汉平原后注入汉江。

对于洞庭湖，需要加强综合治理。作为连接长江与洞庭湖的一条重要通道，调弦口早就被堵塞了，因此才有“四口”变“三口”之说。而“三口”中的一些分支也有堵塞的情况。结果，长江水难以进入洞庭湖，而“四水”则成为输水的主力，这对洞庭湖生态水文过程不利，建议以疏通为主，并采取闸控和改建等措施。例如其中一条非常重要的河道——松滋河，它的一些支流需要堵塞，另一些需要疏通。“三口”及其周边的综合治理是一项很复杂的工程，而且跨越湖南和湖北，两省各有考虑，这需要水利部统一协调。江湖综合治理的另一方法是加强水库群的统一联合调度。这意味着不仅仅是三峡水库，甚至二滩、葛洲坝、洞庭湖、鄱阳湖、巢湖以及“南水北调”水源地——丹江口都要纳入统一考虑。而相关省市之间也需要协调行动，例如湖北省在荆江段的行动将直接影响湖南和江西两省。

对于鄱阳湖，建设坝闸可能对水文调节更有利，虽然这会带来很多生态环境问题。鄱阳湖周边涉及 10 多个县市，是江西省的鱼米之乡及社会经济的重心，建设坝闸可以将冬季水位抬升 3 米左右，这对鄱阳湖这种浅水型湖泊面积的扩展很有帮助。当然，从生态环境保护的角度，还需要考虑更多专业性见解。

鄱阳湖的适应性管理

文 / 胡振鹏 图 / 何小白

鄱阳湖多重的生态及社会经济功能

鄱阳湖是中国最大的淡水湖、江西的母亲湖，接纳赣、抚、信、饶、修等河流来水，调蓄后从湖口流入长江。按照湖泊成因分类，鄱阳湖属于洪泛湖，是一个过水性、吞吐型和季节性湖泊。受亚热带季风气候影响，鄱阳湖呈现“高水是湖，低水似河”的自然景观，即水位 10 米（黄海高程）以下表现为河流景观，水位 12 米以上表现为湖泊景观，“湖相”与“河相”以年为周期轮番更替。

湖相状态下，沉水植物、挺水植物、底栖动物、鱼类和长江江豚等水生生物具有辽阔的生存繁衍空间；河相状态以洲滩湿生植物为主，

是东亚地区候鸟越冬的主要栖息地。另外，在赣江等五河入湖三角洲前缘，分布有许多碟形湖。碟形湖丰水季节融入大湖之中，与主湖区频繁进行物质、能量和生物交流；枯水季节成为独立水域，呈现出“湖中湖”的景观。碟形湖底部平坦，水位相对稳定，保持浅水状态，各类水生、湿生生物密集分布，成为镶嵌在洲滩中高低不一、生境多样、各具特色的“生态斑块”。这两个特征使鄱阳湖生境多样化，边缘效应明显，生物多样性十分丰富。

鄱阳湖湿地具有非常显著的生态服务功能。年均出湖总径流量为 1436 亿立方米，以占长江流域 9% 的面积，向长江输送了 15.5% 的水量；汛期调蓄洪水减轻长江下游防洪压力，当汉口流量大于 4.5 万立方米 / 秒时，可以存蓄入湖洪水 80%，另外平均每年还接受长江倒灌洪水 22 亿立方米。通过植物吸收和底泥吸附等途径，鄱阳湖消减氮、磷、碳等营养物质和有害物质的功能明显。根据监测资料统计，鄱阳湖可以消减入湖总磷 13%~15%。鄱阳湖是世界重要湿地，湖区共有高等植物约 500 种，底栖动物约 80 种，鱼类约 100 种，鸟类约 200 种；平均每年有几十万只候鸟在此越冬，其中白鹤占全球数量的 98% 以上；长江流域接近一半的长江江豚栖息在鄱阳湖。此外，鄱阳湖还具有调节气候、形成风场等功能。

在维护全球生物多样性的同时，鄱阳湖还为湖区周边提供了多种经济、社会功能，例如城乡用水、灌溉、水产养殖、水上运输、旅游及风力发电等。自古以来，鄱阳湖平原就以“鱼米之乡”著称于世，是我国重要商品粮生产基地。改革开放以来，江西省政府启动了“山江湖综合开发治理工程”。“山江湖”指的是鄱阳湖流域的山区丘陵、赣江等五河及鄱阳湖；提出了“治湖必须治江、治江必须治山，治山必须治穷”的流域全面开发和综合治理理念，以及“立足生态、着眼经济”的生态经济发展战略。30 年来，“山江湖综合开发治理工程”坚持协调经济社会发展和保护修复生态环境，促进了区域和社会经济快速发展，大大改善了流域生态环境，成为振兴江西、绿色发展的奠基性工程，为欠发达地区经济社会与生态环境协调发展积累了宝贵经验。

鄱阳湖保护与发展面临着严重危机

由于鄱阳湖水位涨落频繁、变幅极大，沿湖地区仍然存在水旱灾害频繁、水陆运输无法衔接导致交通不便，以及血吸虫病流行等问题，

严重制约了区域社会经济发展。例如，有 157 万人口的鄱阳县和 106 万人口的余干县至今仍然是国家扶贫重点县，而有 82 万人口的都昌县是江西省扶贫重点县。

鄱阳湖的蓄水量受到流域来水和长江干流双重影响，长江对鄱阳湖产生拉空、顶托或倒灌作用。进入 21 世纪以来，鄱阳湖流域气候没有趋势性改变，但长江与鄱阳湖水文和水、沙关系发生了较大变化。首先表现为长江干流来水减少，2000 年以后，汉口年平均流量比 2000 年以前减少 1578 立方米 / 秒，其中 10 月平均流量减少 7687 立方米 / 秒，使得湖盆蓄水量减少、水位全面下降，鄱阳湖代表性水文站——星子站 2000 年以后比以前平均水位低 0.98 米。湖区丰水期水位降低 0.95 米，水面面积减少 470 平方公里；枯水期每降低 1 米，水面面积就会减少 120 平方公里。

水位屡创新低。2000 年以后，低于 10 米水位时间提前 11 天，由以前最多一年 175 天增加到 2000 年以后的 277 天；低于 8 米水位提前 26 天，由以前最多一年 68 天增加到 166 天。2000 年以来，星子、都昌和康山普遍出现历史最低水位。

持续干旱严重影响经济社会发展和群众生活。湖水水位下降导致原来的供水、灌溉设施无法取水，鄱阳湖周边农田受旱，平均每年成灾面积 130 万 ~190 万亩，每年损失稻谷 3 亿 ~5 亿斤；养殖业成灾面积 170 万亩，占鄱阳湖区养殖面积 27%；沿湖城乡居民生活用水困难；航道水深不足，船只搁浅现象经常发生。

另一方面，鄱阳湖水面萎缩，湿地生态缺水，生态系统出现退化趋势。沉水植被面积减少 600 平方公里，群落物种组成减少，结构简单化；湿生植物矮小，生物量大减。底栖动物生存空间减少，生境恶化，物种密度和生物量持续减少。鄱阳湖鱼类觅食场所减少了 26.5%，经济鱼类个体小型化、低龄化、品质低劣化，稀有鱼类急剧减少；长江江豚生存空间缩减，容易受到伤害，而且食物不足，饥饿瘦小。低枯水位促使人类活动加剧，不少湖汊和草洲出现围堰筑堤、造田栽树等现象，湿地资源受到破坏。超标排污、酷渔滥捕、无序采沙加剧。过度的人类活动与生态系统损害互为因果，形成恶性循环，使经济、社会和生态可持续发展遇到了新的风险。

把鄱阳湖流域作为一个山水林田湖草生命共同体，统筹山江湖开发、保护与治理，建立覆盖全流域的国土空间开发保护制度，深入推进全流域综合治理改革试验，全面推行河长制，探索大湖流域生态、经济、社会协调发展新模式，为全国流域保护与科学开发发挥示范作用。

摘自《国家生态文明试验区（江西）实施方案》（中共中央办公厅、国务院办公厅 2017 年印发）

另一方面，2000 年以后，九江至湖口长江江段泥沙冲刷量达 2.11 亿立方米，干流河槽受冲刷下切后降低了干流水位，强化了长江对鄱阳湖的拉空作用。根据监测资料计算，当汉口流量为 1 万立方米 / 秒时，汉口每减少 100 立方米 / 秒，鄱阳湖星子站水位在 2000 年前降低 5.04 厘米，2000 年以后则降低 6.29 厘米；汉口流量为 1.5 万立方米 / 秒时，汉口每减少 100 立方米 / 秒，星子水位 2000 年前降低 3.36 厘米，2000 年以后降低 4.19 厘米。

拉空作用的强化导致鄱阳湖水位快速下降，枯水期提前，低枯水位持续时间延长，极端枯

适应性管理——生态友好的水资源开发利用策略

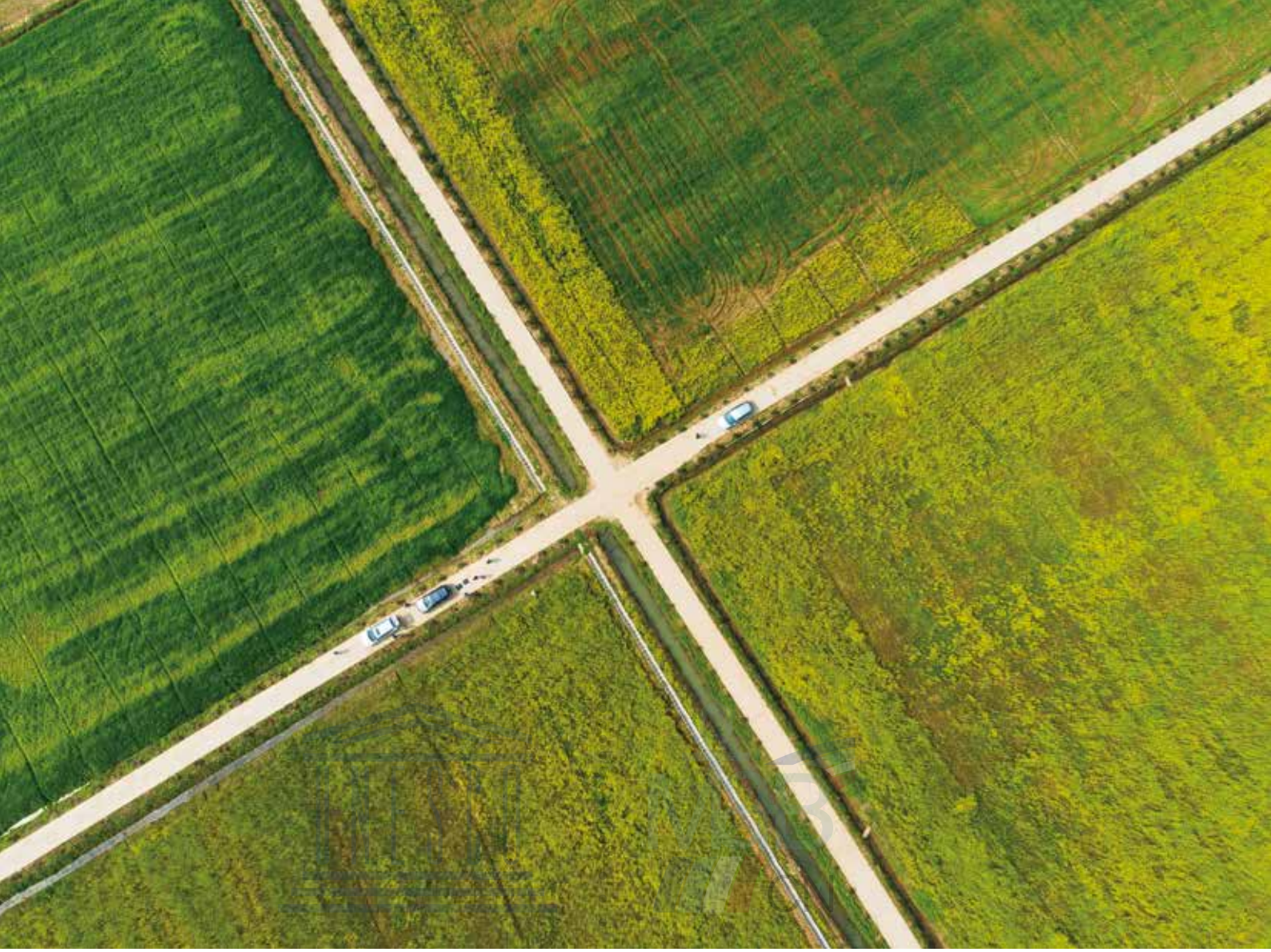
为了全面建设小康社会，对于鄱阳湖这样

莲藕采收场景

的生态敏感地区，需要加快湖区经济社会发展，提高群众生活水平，同时又要维护湿地生态系统健康和生物多样性。突破这一困境需要进行生态友好的水资源开发利用，即：遵循自然规律和经济规律，工程与非工程措施相结合，开发利用和有效保护并重，在水资源开发利用过程中，把对生态环境不利的影响减小到最低限度，维护生物多样性，实现经济、社会和环境效益的协调统一，提高可持续发展能力。

生态友好的水资源开发利用途径之一是适应性管理方法。适应性管理是改善不确定性复杂系统功能的一种系统工程方法，它坚持整体指导下的还原与还原基础上的综合相结合、机理分析与系统模拟相结合、系统认知与系统调控相结合的管理原则，包括静态适应性与动态适应性。静态适应性从调理系统整体功能着手，采取一定管理措施对已认知的系统要素进行调控，并且尽可能适应未知要素的变化特征，通过调控系统与环境的协调、系统要素之间的平衡，充分发挥系统自组织、自适应作用，因势利导，达到改善整体效益的目的。动态适应性是一个反馈循环，是一个不断学习并逐步完善的适应过程。确定经济社会需求和生态系统功能的可测定目标后，根据对运行机制的认识，拟定若干管理方案；通过对方案实施后系统行为和功能的观察、监测和评估，识别变化的条件，修订管理措施，持续学习，逐步调整下一步实施方案和战略目标；往复循环，不断试错，寻求效果最佳的管理方案。

鄱阳湖生态友好的水资源开发利用，首先要采取强有力的非工程措施，进一步加强鄱阳湖综合管理，杜绝侵占湿地、超标排污、无序采沙、酷渔滥捕和偷猎候鸟等违法现象，把人类活动控制在生态系统可承受的范围内，使湖泊得以休养生息。



应用实例——鄱阳湖水利枢纽工程

鄱阳湖水利枢纽工程的定位是：保持枯水季节水资源、水环境、水生态的必要水位，缓解江湖关系改变后对鄱阳湖产生的不利影响；在一定程度上修复生态系统的自然生境；改善湖区供水保障能力和农业灌溉条件，提升渔业、航运能力和生态环境承载力，促进经济、社会和生态环境可持续发展。

为了实现规划目标，适应性管理坚持“调枯不调洪、建闸不建坝、蓄水不发电”原则，具体体现在：

突出主要目的，坚持调枯不调洪原则。鄱阳湖对长江中下游的水环境、水生态和水安全起着重要的作用，丰水季节是江湖水流、能量、泥沙、污染物质和水生物交换数量最多、频率最高的时段。根据监测资料统计，每年 4~8 月出湖水量占全年的 61.65%，泥沙量占 47.06%，倒灌水量占 63.68%，出湖总氮量占 62.17%，总磷量占 61.30%，进湖四大家鱼占 94.94%。在丰水期(4~8 月)不予控制，完全保持天然状态。

从整体出发，实现江湖两利原则。利用鄱阳湖退水机会，抓住洪水“尾巴”，保持枯水期生产生活和湿地生态系统必要的水位，坚持来多少水、放多少水原则，保障长江中下游用水权益。

抓住关键因素，坚持趋利避害原则。尽可能保持鄱阳湖和长江的天然关系，不改变“丰水是湖、枯水似河”的自然景观；不影响碟形湖枯水位自由消降，维持越冬候鸟栖息地和觅食场所的自然状态；不安装发电机组，确保洄游生物进出湖的安全；不对自然生态系统产生

较大的干扰和冲击，维护生物多样性和生态系统的完整性。

闸门控制，保持灵活性原则。坚持适应性调度，逐步寻求枯水期最佳水位过程，一旦出现意外情况，则闸门全部开启，恢复天然状态。

枢纽工程布置在鄱阳湖入江水道，即湖口上游 27 公里处，左岸为长岭山，右岸为屏峰山，闸址轴线总长 2993.6 米，基本能控制鄱阳湖水系全部流域面积。枢纽主体建筑物由船闸 3 航道、60 米宽的泄水闸 2 孔、26 米宽的常规泄水闸 60 孔、鱼道 2 条等建筑物组成。

枯水期水位过程调控是适应性管理的关键。每年 9~11 月是洲滩植物萌芽返青、发育生长的关键时期，鄱阳湖湿地生态系统是围绕水位的波动演化形成的，因此 9~11 月中旬应遵循鄱阳湖水位消落规律和生物生长节律，顺其自然，基本按照 1956~2002 年平均水位过程调控。11 月下旬至次年 2 月中旬维持黄海 10 米高程，保障灌溉、供水、航运的必要水位，为湿地生态系统增加一定的环境容量。2 月下旬至 3 月中旬与天然水位过程衔接。

枯水期水位实时调控也坚持适应性调度，来多少、泄多少是下游用水权益的保障。当天然水位低于控制水位时，维持当前水位，来多少水泄多少水；流域来水增加及水位提高时，顺势蓄水，仍然保持来多少水泄多少水的设计；不一味强调水位控制需求。当闸前水位高于控制水位时开闸放水，直至闸门全开，下泄流量与天然状态接近，消落到控制水位后即保持不变，来多少水泄多少水。所以，枯水期相当长时间保持闸门全开状态。

摄影 / 肖文松

工程投入运行后，应在若干年内试运行。最初，每年 12 月至次年 1 月最高水位控制在 8 米以下，如果对生态系统没有不利影响，再逐年抬升最高控制水位，通过连续的监测—评估—学习—修正过程，寻求经济、社会、生态环境效益协调统一的枯水期水位控制过程。

适应性管理的本质是尊重自然，在人类对自然现象认知的范围内遵循自然规律，进行谨慎的、有节制的调控，并通过不断学习，逐步寻求经济社会和生态环境效益的协调统一。因此，适应性管理是一个社会学习过程，公众广泛参与是社会学习的重要组成部分。在工程规划、设计和试运行各个阶段，专家、学者和公众发表意见，尤其是反对、批评意见，对于深化认识鄱阳湖湿地生态系统特征与规律、优化调控手段与方法、改善枯水期水位调控过程，都大有裨益。

《国家生态文明试验区（江西）实施方案》提出：“在江西建设国家生态文明试验区……有利于保护鄱阳湖流域作为独立自然生态系统的完整性，构建山水林田湖草生命共同体，探索大湖流域保护与开发新模式；有利于把生态价值实现与脱贫攻坚有机结合起来，实现生态保护与生态扶贫双赢，推动生态文明共建共享，探索形成人与自然和谐发展新格局”。我们期待通过不懈探索和努力来实现这一目标。

本文作者系南昌大学教授
江西省生态文明研究促进会理事长

过度捕捞导致鄱阳湖渔业资源快速枯竭

鄱阳湖干旱启示录

文 / 刘元波 图 / 张明源

近些年来，鄱阳湖干旱问题引起了各方的关注，与此相关的筑坝建闸问题也充满了争议。解决这些问题的核心在于科学认识鄱阳湖流域干旱的本质。

设置大背景：人类世

鄱阳湖是中国当前第一大淡水湖，周边人口稠密，社会经济发展压力大。历史上，鄱阳湖流域有白鹭书院和滕王阁等众多名胜古迹，很多诗歌和文人出自该地。这就意味着有关鄱阳湖的问题不仅仅局限于自然层面，而且还涉及到社会组织结构等多个领域和维度，问题很复杂。

如果和那些动辄就有数百万甚至数千万年历史的湖泊相比，鄱阳湖的形成时期也就上千年。从长远的地质历史角度看，沧海桑田、水陆互变是自然而然的事情。然而，从人类发展的角度看，湖泊变迁的重要性不言而喻，这需要放到一个大背景下论述。全新世是目前得到充分认可的、地球上最新的一个地质时期，我们当前就处于其中。近些年来，有学者提出“人类世”的概念，并主张将其作为一个独立的地质时期，起始于 18 世纪的工业革命时期或 20 世纪 50 年代，人类活动产生全球化影响，并且形成地质印痕，例如核爆炸等。20 世纪 70 年代末、80 年代初以来，全球增温加快，地球系统发生了急剧的变化。因此，需要从几十年甚至更长的时间尺度上认识鄱阳湖现在的资源、生态、环境问题，研究人与环境的相互作用，保护生态环境，造福人类。为了搞清楚鄱阳湖干旱的实质，需要划定一些基准线，我们建议以 20 世纪 50 年代或 80 年代作为其中两条。

定义干旱：以水位为标尺

进入 21 世纪以来，鄱阳湖干旱频发，极端干旱事件呈现增加的趋势。随着鄱阳湖流域乃至长江流域进入湿润阶段，近年来鄱阳湖出现了比以往更为异常的情况。譬如 2016 年夏季，长江中游降水导致了严重的洪涝灾害，且持续时

间长，到了 8 月中旬水位还处于比较高的 18.5 米，防汛形势一度十分紧张。但后来水位很快退下去了，导致当年 8 月底到 9 月底的水位比往年低很多。

尽管干旱都和水分亏缺有关，但不同行业的定义不尽一致。例如，气象部门认为降水低于多年平均值一定程度时就视为出现干旱，而农业部门认为土壤水分低到影响农作物的生长发育时就视为出现干旱。我们从湖泊水文学的角度看，一般湖泊的水情变化有一个正常范围，如果某一年的值偏离到一定程度，就可以认为出现湖泊干旱。我们起初没有仔细考虑干旱这一基本概念，觉得渔船无法开动了，湖区周边自来水取水管够不到水源了，就认为是干旱。后来发现，这些都只是表象，湖泊干旱要有一个可量化的科学指标，以便从物理机制上探究干旱成因，这是定义湖泊干旱问题的核心。

就这样，我们定义了一个指数——湖泊水位标准化指数，用于衡量湖泊水位偏离多年平均值的幅度。利用这一指标可以识别和度量有水位记录以来的历史干旱事件，并比较不同年代的干旱在发生频率、强度和持续时间上的差异。分析表明，2000 年以来干旱事件的发生频率相对增加，强度增大，这是为什么？要回答这个问题，需要综合考虑包括长江水情在内的多方面因素。

渔业许可证等是鄱阳湖渔民作业权益的法律保障

解析干旱：湖尾来水少，湖口出水多

按目前的调度方案，三峡水库在每年 9 月上旬或中旬开始蓄水，将水位从 145 米提升至 175 米，相当于增加了 210 亿立方米水量。也有专家提出水库应该早蓄水、少蓄水，这样对长江中下游的影响会更小。由于长江上游在 9 月初也有可能出现大规模降水，过早蓄水会减小防洪库容，增加防洪风险，因此有关管理机构持谨慎态度。根据洪涝灾害历史发生概率，9 月中旬蓄水比较好。可见，防洪是水库调度的首要任务，要在生态保护与防洪等需求之间取得平衡也不容易。

鄱阳湖湖口水位是控制湖水储量的关键，直接受到长江水情的影响。研究鄱阳湖的干旱问题不仅需要考虑三峡水库蓄水时期，也要考虑时段等其他因素。其实，即使没有三峡水库，鄱阳湖也会发生干旱。在有三峡水库的情况下，我们可以利用水文水动力学模型，还原没有水库蓄水情况下的长江水情，通过水量平衡方程，计算进出湖泊的水量。鄱阳湖流域来水包括修水、赣江、抚河、信江、饶河这五条河流，它们的 7 个控制性水文站以下还有 2.5 万平方公里左右汇水区，其降水会蒸发一部分，其余产水量会进入湖泊，而湖区面积为 4000 平方公里左右。汇水区产水量有多少并不清楚，我们采用先进的遥感方法获得汇水区水分的蒸发与散发总量，就可间接获得产水量，从而比较精细地计算鄱阳湖水量的收支平衡。针对某一段干旱时期，我们可以根据各水量平衡收支要素与相应平均值之差，比如 50 亿或 100 亿立方米水量，推算湖泊水分亏缺究竟是降水、蒸发、流域来水还是出水造成的，从而解析出干旱的根源。

与 20 世纪 50 年代相比，我们发现自 2000 年以后导致鄱阳湖总体上干旱的主因是流域降水的减少（贡献度占四五成），其次是长江水位的降低（约占两成），导致同期更多的水流出鄱阳湖，再次是汇水区水分蒸发和散发总量的增加（占一二成）。三峡水库蓄水一般持续

为了捕捞到更多螺蛳，一些人采用机械化作业方法：在船尾拖上一个巨大的耙子，将湖底的螺蛳等生物一网打尽，然后再通过滚筒分选，所获取的螺蛳将以几毛钱一斤的价格，卖去外地用作青鱼养殖饲料或直接用于人类消费。

45天，而干旱往往持续数月，综合其他分析结果，鄱阳湖水位偏低并非完全由三峡水库蓄水造成。如果我们放眼于五六十年的时间长度，可以发现三峡水库投入运营并蓄水的时期（2003年至今）正好处于长江中游的偏枯阶段。需要强调的是，长江流域降水和长江水位存在长短不同的周期，长的有20年左右，短的有七八年，甚至三四年，这和厄尔尼诺、拉尼娜、南方涛动等气候模式振荡状态相关，它们影响着长江流域降水。全球气候变暖也影响流域水分的蒸发和散发总量。在鄱阳湖流域，该数值在2000年之前总体上略有下降，之后升高，利用其他指标也能得到类似的结果。鄱阳湖出湖流量的增加和长江水位偏低有一定关系。就整个长江流域而言，面积约180万平方公里，长江上游（宜昌以上）流域面积约100万平方公里，径流量占长江流量45%左右。长江上游来水偏少也会导致宜昌段流量减少，例如2006年上游的重庆和四川出现严重干旱就是证据。

那么三峡水库蓄水是否触发了干旱？仔细分析可以发现，2000~2011年所有湖泊干旱事件的开始时间都没有与三峡水库蓄水时间同步，可见干旱并非由三峡水库蓄水触发。如果我们将湖泊干旱划分为极端、严重和中度干旱这三个等级，那么如果没有三峡水库蓄水的话，2000年以后有两次严重干旱事件不会变成极端干旱，也就是说，三峡水库蓄水加重了干旱强度。譬如，现在水位是8米，低于历史均值1米，由于三峡水库蓄水影响，水位变成7米，也就是又偏离了历史值1米，从而加重了旱情。从这一点上说，三峡水库蓄水对鄱阳湖还是有影响的。目前还没有证据表明三峡水库蓄水触发了鄱阳湖干旱，这种规律对洞庭湖同样适用。

在鄱阳湖的干旱成因上，除了出湖水量增加以外，流域来水在某些时间段减少了。从年际尺度上看，鄱阳湖流域年降水量在缓慢增加，尤其是2013年以后就进入了偏多阶段。分析表明，虽然年降水量并没有明显减少，但季节性

由于渔业资源的快速枯竭，鄱阳湖渔民想方设法从水中寻找生计，在枯水季节采用人工方法捕捞螺蛳。

分配发生了变化，夏冬降水增加，而春秋减少。在此需要考虑到气候变化问题，20 世纪 80 年代以后全球气候系统的变化转型，对鄱阳湖流域可能造成一定的影响，需要加强研究。

此外还需要考虑另一个重要因素，那就是在鄱阳湖和洞庭湖所在的流域有 2 万余座水库，一般会在暴雨或洪水季节前泄洪以腾空库容，而到了秋季降水偏少季节往往会蓄水，这显然会对下游造成一定的影响，洞庭湖流域相对更为明显。

治理干旱：不是筑坝建闸那么简单

可见，鄱阳湖干旱问题不宜一味归于长江，而长江的问题也不宜完全一味地往三峡水库方面考虑。当然，三峡水库不能仅仅注重经济效益问题，也要密切关注对长江中下游生态环境的影响，实行生态调度。生态调度也不要仅仅考虑到鱼类等水生生物，还要综合考虑其他方方面面。大量研究表明，三峡水库蓄水会使鄱阳湖水位提前降低，影响湿地植被的生长。这种影响有利有弊，成片的洲滩提前裸露出来，上边草很快生长起来，往往是水退得早，草就长得早，这就使得该年份洲滩植被的高度高于往年同期，这一点已经被我们多年野外调查和遥感分析所证实。考虑到生态系统是一个金字塔结构，鄱阳湖湿地植被受到影响后，可能会对依赖其生存的生物例如鱼类、越冬候鸟和长江豚类产生连锁的影响，而对整个生态金字塔的影响情况及机制，目前还不清楚。

鄱阳湖地区当前正处于从偏干转入偏湿阶段，鄱阳湖的相关调控思路与方案还需要时间来深入研究和实践检验。三峡水库从 2003 年蓄水到现在才十多年。从 20 年干湿交替的完整主周期上看，也就是半个周期。我们现在只看到前半个偏干周期的情形，而后半个偏湿周期会是什么样目前还不清楚。因此，相关的涉江涉湖大型水利工程不宜匆忙上马，至少我们要经历一个相对完整干湿周期的检验后，用科学数据说话，较为全面客观地认识三峡水库对长江和两湖生态和水文节律的影响，否则容易失之偏颇。

破解的关键：观测数据与科学研究

破解鄱阳湖筑坝建闸争论的关键在于全面、系统且长期的科学研究，用数据说话。人类再聪明，但对大自然的规律至今还是难以把握，里边涉及的变量太多。站在长期持续发展的角度上，不宜将一个复杂的系统线性化。为了获取更加确凿的事实和完备的数据，我建议以水文主周期为基本时间单元，在鄱阳湖和洞庭湖流域建立高密度的、大型的和综合性的观测网络，涵盖气象、水文、地质、生物和生态等多个领域，通过科技管理部门设置专项科研经费，引导公开、公平、公正的竞争，把大量分散的科研经费集中投入使用。由观测数据摆出的事实，比各种假定性推论更具说服力。

本文作者系中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员

目前，洞庭湖和鄱阳湖存在的大规模挖沙活动已经对湖区生态系统造成了严重破坏。

鄱阳湖治理中的水文考虑

文 / 张奇 图 / 周海翔

尊重并顺应鄱阳湖流域自然规律，深入贯彻共抓大保护、不搞大开发理念，突出山水林田湖草生命共同体的系统性和完整性，探索完善自然资源资产产权、国土空间开发保护、流域综合管理、生态保护与修复等制度。

摘自《国家生态文明试验区（江西）实施方案》（中共中央办公厅、国务院办公厅 2017 年印发）

长江中游的江湖关系一直备受关注，尤其是自三峡水库蓄水运行后，这种关系又会发生什么变化，对洞庭湖和鄱阳湖会带来哪些影响，新的江湖关系与近些年长江中游极端干旱和洪水频发有何关联？这些问题事关人与自然的和谐共存，为此我们团队围绕江湖关系与鄱阳湖水文情势变化开展了多年的研究。

什么是江湖关系

我们常常提及江湖关系这个词，但怎么定

义它？我理解就是两者之间相对的你强我弱关系。受鄱阳湖流域来水和长江来水的共同作用，江湖关系呈年内季节性变化和年际尺度变化。江湖关系还可以从水量、能量和泥沙量的交换来定义，其中水量交换是根本，是其他物质和能量交换的载体。

江湖关系可以借助水文学里的“水文连通性”来描述，该概念可用于反映水系结构的变化和水文过程的变化对江湖关系的影响，量化水体之间的水文水力学联系。

三峡水库的影响

我们的研究结果显示，三峡水库等大型水利工程对江湖关系的影响相当大。水库蓄水后，水库下游长江干流来沙量普遍减少，新的冲淤平衡过程导致局部河床下切严重，改变了长江与鄱阳湖原本的水力联系，进而影响了江湖之间的水量交换关系。

鄱阳湖与长江在湖口交汇，我们的研究显示，鄱阳湖明显受到长江来水的季节性变化影响。事实上，三峡水库在每年九、十月份的集中蓄水显著减少了长江干流下泄流量，使长江水位偏低，在湖口水位会下降 1~3 米，对鄱阳湖产生拉空作用，加重湖泊的秋季旱情。从全年来看，三峡水库的水量基本保持平衡，意味着九、十月份之外的时段（比如长江汛期前）会加大水库泄水量，对下游江湖水位的抬升有一定作用。在认识鄱阳湖干旱问题上，要针对不同时间尺度区分对待，如在年际尺度上和年内季节尺度上，影响鄱阳湖干旱的主控因子可能不尽相同。鄱阳湖当地民众对每年秋季湖泊水位消退加快和水位偏低现象很敏感，这只是季节性水文现象，主要原因是三峡水库的运行。

挖沙的影响

目前，鄱阳湖的采沙问题很严重，我们在鄱阳湖看到了许多挖沙船和运输船。比较 20 世纪 80 年代和 2000 年以后鄱阳湖湖盆的变化后，我们发现采沙活动引起局部湖盆地形的显著变化。水动力模型进一步揭示，这种湖盆的变化引起鄱阳湖与长江之间水力联系的改变，在一定条件下将加大湖泊向长江的排泄水量，在枯水期可能会加剧鄱阳湖的干旱程度。所以，我们应对鄱阳湖的采沙活动所引起的生态环境效应给予重视。

建闸的两面性

我们的计算表明，在鄱阳湖入江通道上建闸对鄱阳湖水位的提升很有效，能大大缓解目前水位下降过快和水位偏低的现象，这是工程积极的一面。至于建闸对湖泊生态系统的影响，目前相关研究尚不够充分，尚未有一致的看法。我们认为，生态系统对外界环境的变化具有一定的适应能力，即具有可塑性。建闸后，生态系统会逐步适应新的水文节律和水文情势。如果工程调度方案能尽量接近原来的水位自然消退节律，其对生态系统的影响也将降到最小。鄱阳湖洲滩湿地众多，有子湖与河口三角洲等。这些洲滩湿地与主湖的水力联系复杂，地下水位季节性波动大。建闸后，这些洲滩湿地的局部水文过程会出现什么变化，又如何影响子湖与河口三角洲的湿地生态和鸟类栖息地，尚需要全面深入的研究。

我们最担心的是水质问题，这也是工程可能带来的最大影响，需要引起决策者的高度重视。建闸后，鄱阳湖枯水期的水流将发生改变，局部湖区换水周期延长，导致污染物聚集，水体营养物浓度升高。尤其是在一些支流和湖湾水域，由于与主湖水体交换不畅，水质会加速恶化。从已有的水利工程运行结果评估来看，筑坝建闸引起水环境恶化基本上是无可置疑的。

另一个值得关注的问题是建闸对汛期鄱阳湖行洪能力的影响。水利枢纽的水下障碍物将可能减小鄱阳湖北部入江通道的有效过水断面

面积，可能会增加汛期的防洪压力。

江西发展

尽管筑坝建闸会带来一些负面影响，比如湖泊水质的可能恶化，但一项工程的建设总有正反两方面的效应。我们更应该思考的是，如何实施湖泊与流域的综合管理，切实协调流域发展与水环境水生态保护之间的矛盾。总体来说，江西省是社会经济欠发达省份，它的发展值得全国的关注。鄱阳湖生态的重要性是毫无疑问的，有关部门也一直在强调这一点，但社会经济发展依然是根本出发点，维持良好生态环境的目的也是为了社会经济的可持续发展这一终极目标。

未来大趋势

鄱阳湖所处区域江湖关系复杂，不是一条河流单向流动的问题，还涉及到长江倒灌。我们研究发现，历史上长江倒灌鄱阳湖的频次和水量都远远超过近期，导致目前长江对鄱阳湖水位的拉空作用逐渐凸显。可见，整个江湖关系是动态演变的。未来几十年，这种关系会受到长江上游更多水库建设的影响，可能导致上游来水量总体呈减少趋势，使得长江对鄱阳湖的拉空作用增强，季节性干旱问题更加严峻。

我们采用十几种模式对鄱阳湖流域未来气候变化带来的影响进行预测，发现未来鄱阳湖流域降水的年内分布会更趋于不均一化，即汛期降水更多，枯水期降水更少，这种分化会进一步加剧鄱阳湖枯水期的干旱程度。如果再叠加未来长江上游规划建设的更多水库所带来的效应，长江中游湖泊水情将面临更多新的问题。如果鄱阳湖持续干旱并且这一态势加剧，将对包括湿地和水域生态在内的多个方面造成极大危害。及早考虑包括建设鄱阳湖水利枢纽在内的调控措施，是维护湖泊水资源与水生态安全，保障当地社会经济发展的重要举措。

闸坝建设之外的策略

为了维持湖区水位，难道鄱阳湖只有筑坝建闸这一条路可走？我们认为替代方案也有，或者说至少有助于改善当前的水情。

首先是发挥长江上游大型水库的调控作用。例如，三峡水库或许已开始考虑调整蓄水时间，使之较以往适当提前，这时鄱阳湖水位还相对偏高，即使受到长江的拉空作用影响，湖区水位也不会出现低枯水情；到了鄱阳湖水位的快速消退期，也许三峡水库蓄水产生的影响已经很小了，这样就能在一定程度上缓解鄱阳湖秋季的旱情。鄱阳湖的主汛期早于长江主汛期 1~1.5 个月，这种洪峰时间遭遇差是形成鄱阳湖季节性水文节律的主要原因。在优化长江水利工程群调度方案时，应考虑这种自然特征。我们计算模拟发现，长江和鄱阳湖流域的洪峰遭遇时间差对鄱阳湖年内水量变化影响显著，这意味着，适当优化鄱阳湖流域和长江上游水库的调度方案，也可以降低水利工程蓄水运行对鄱阳湖水情的影响程度。通俗地说，在鄱阳湖水量还比较充足的时候，上游水库开始蓄水，这将有助于减缓对下游的影响程度，相比之下，这是一种较为生态的措施。

此外就是科学利用湖区地下水。我们调查发现，当地很多水井都打在湖区比较平坦的地方，水井很浅，含水层直接与湖泊水体相连，地下水位与湖泊水位联动性好。当湖水水位下降时，井水水位也相应快速下降，出现干涸，影响当地居民用水。但这并不是说整个鄱阳湖区缺少地下水。实际上，当地湿润的气候使地下水资源相当充沛，科学规划和设计地下水井可以保证用水供给。我们在湖区洲滩上建设地下水观测井时发现，深 7~10 米的沙质含水层水量充沛，流量大，水质优良。所以，湖区的地下水资源可以作为备选的水源之一，进行科学合理的开采。

本文作者系中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员
中国科学院鄱阳湖湖泊湿地观测研究站站长

鄱阳湖筑坝建闸中的争论

文 / 姜加虎

我个人不同意在鄱阳湖口筑坝建闸。之前，江西省方面提出了鄱阳湖 16 米水位控制方案，后来又依次改为 14 米和 11 米等。16 米方案就意味着鄱阳湖湖泊面积稳定在 3000 多平方公里，鸟类的栖息地就没有了，当然不行；如果改为 11 米，那等于没建，因为鄱阳湖多年平均水位是 13 米，江西省方面也没说清楚 11 米方案的依据。如果按当地一些部门“江湖两利”的想法，鄱阳湖闸坝建设工程最起码要超过 22.5 米（湖口水位，也是当地的防洪限制水位），那肯定是需要论证的。否则，一旦出现类似于 1954 年的特大洪水就麻烦了，因为江水一旦不能倒灌鄱阳湖，那么湖口以下的长江防洪形势必然危急。一些人认为，为了鱼类江湖洄游，可以把闸门提起来，但这样的维持费不少，一年要上亿元，这些钱从哪里来？

当初传来鄱阳湖要筑坝建闸的消息后，国际鹤类基金会的苏立英女士寝食难安。我问其缘由，她说鄱阳湖这么做，鸟类的越冬栖息地就没有了，多年的保护工作和努力白费了，联合国环境署的白鹤全球环境基金（GEF）项目就白设立了，令人难以接受。不过，目前鄱阳湖的情况还好，鸟类种群基本保持稳定，白鹤接近 4000 只，占全球总数约 98%，还有很多天鹅。我本人认为，我们没有理由毁坏这样来之不易的保护成果和祖宗留下来的自然遗产。目前鄱阳湖筑坝建闸是不合时宜的。

长江防洪最大难度存在于蓄滞洪区的建设和使用，因为这关系到几百万人的生命财产安全。不要动不动就把这些年的干旱说得很玄乎，经过初步研究发现，长江中游地区的洪水周期是 19 年左右，也就是说这段时间水会少一点，过后又会多一些，交替发生，这是自然规律，没有必要大惊小怪，但对于洪水威胁问题，不可视而不见，历史教训是深刻的。

在有关鄱阳湖筑坝建闸问题上，我们作为专业人员，会尽力地提供科学依据和看法，但最终裁量权在中央，因为在鄱阳湖上筑坝建闸所带来的影响也许比三峡工程还大，对江湖生态环境的冲击是一方面，外交麻烦是另一方面。鄱阳湖是国际重要湿地，是我国首批列入国际重要湿地名录的七块湿地之一。中国作为《湿地公约》的缔约国，如果违约而使得这些湿地被列入黑名单，那么无法向国际社会交代。例如，作为世界自然遗产的张家界非常漂亮，可后来发展失序，被联合国教科文组织黄牌警告。时任国务院总理朱镕基同志现场办公，下令限期把水绕四门的所有大小宾馆和餐馆拆除或搬离。

有关鄱阳湖面临的问题同样对洞庭湖有借鉴作用。它和鄱阳湖一样，是长江中游另一个大型通江湖泊，也是国际重要湿地，而它在水环境和水生生物等方面面临的问题比鄱阳湖还严重，例如候鸟栖息地保护，但照样有人打起筑坝建闸的主意。如果鄱阳湖相关工程得以启动，那么就会给洞庭湖带一个不良示范，这是需要严格关注的。

本文作者系中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员

引江济湖 济人于水

文 / 胡维平 图 / 何小白

从防洪、供水到治污的多功能需求转变

保障防洪安全和确保供水一直是水利工程建设和运行管理永恒的主题和目标。长江中下游地势平缓，江湖水位落差小，流域内降水时空变异大，同时又是我国经济社会发展的精华地带，因此一直是防大洪、保供水的重点区域。历史以来，水利工程建设始终是这里的工作重点。太湖流域水利工程可以追溯至隋代，至唐代太湖的湖堤基本筑成，北宋开始重视太湖水系的治理，明清治水重点是解决洪涝的出路。自 1949 年至今，太湖水利面貌发生了翻天覆地的变化，经过拓浚开挖了众多的引江通道如望虞河；兴建、扩建或重建了大量的控制闸。此外，还在流域内新建了一批水库，使得内部灌溉条件得到了显著改善。随着灌溉供水问题的解决及社会经济的发展，流域内洪涝灾害成为突出问题。自 1990 年起，政府实施了十一项治太骨干工程，如望虞河扩大工程前后持续近 15 年，取得了良好效果。2000 年前，望虞河作为一条典型的多能合一的河流，已累计排水 195.4 亿立方米，引水 252 亿立方米，在太湖流域防灾减灾方面发挥了重要作用。

在巢湖流域，巢湖闸于 1962 年建成，它位于巢湖水出口，下泄水经裕溪河流入长江。裕溪闸水利枢纽在 1973 年左右建成，位于长江左岸、裕溪河入江口上游四公里处，由节制闸、船闸和鱼道等组成。上述二闸共同组成巢湖、裕溪河梯级水利枢纽。巢湖流域综合治理骨干水利工程凤凰颈排灌站于 1990 年基本建成，它

与西河、兆河共同组成了长江至巢湖的引排水通道。上述各种水闸、排灌站等水利工程在流域防洪、灌溉、供水和航运等方面发挥了巨大的综合作用。例如，凤凰颈排灌站及西河、兆河等水利工程自 1990~2011 年以来，累计排引江水 122.36 亿立方米，汛期机排洪水 32.63 亿立方米。

随着长江中下游社会经济发展，大量的氮、磷被排入流域河湖水系并不断累积，产生了一系列环境问题。例如，太湖富营养化日趋严重，藻类水华频繁，饮用水水源地污染物超标严重。为此，水利部太湖流域管理局于 2000 年组织实施了引江济太调水初步试验，2002~2003 年又组织了引江济太调水扩大试验。对部分湖湾而

下游区包括上海、江苏、浙江、安徽等省市，生态空间破碎化严重，环境容量偏紧，饮用水水源环境风险大。要重点修复太湖等退化水生态系统，强化饮用水水源保护，严格控制城镇周边生态空间占用，深化河网地区水污染治理及长三角城市群大气污染治理。

摘自环境保护部、国家发展和改革委员会、水利部联合编制《长江经济带生态环境保护规划》（环规财〔2017〕88 号）

2016 年夏天武汉的洪水袭城

言，引江济太调水起到了显著改善水环境、抑制藻类水华的作用，同时还使得太湖原本消失的部分鱼类再次出现。2007~2015 年，相关部门开展了日常性引江济太调水实践，通过望虞河累计从长江引水 181.4 亿立方米，其中进入太湖 90.1 亿立方米，相当于两个太湖的水量，弥补了太湖在部分月份的水量不足，抑制了敏感区域藻类水华暴发。

在巢湖流域，安徽省水利部门于 2007 年开始陆续开展了一系列引江济巢试验，因引江水量较小，实际效果不够显著。2017 年 7~8 月，有关部门利用凤凰颈排灌站、西河、兆河水利枢纽，在 23 天左右的时间里引 2.39 亿立方米江水入巢湖。结果显示，调水对巢湖水质改善作用较大，总氮、总磷、氨氮含量下降的区域分别达 270、317、164 平方公里，表层藻类生物量下降面积达 514 平方公里。值得注意是，因入湖总氮含量较高，故存在部分水质恶化区域；另外，获得改善区域的总氮、总磷以及藻类生物量下降的幅度不大。

总体而言，望虞河引江济太、凤凰颈排灌站引江济巢的实践表明，通过科学调度，水利工程能够实现改善水环境和控制富营养化的功能，获得显著的社会、经济和生态环境效益，值得充分挖掘。

水利工程建设需兼顾生态系统连续性与完整性

不可否认，长江中下游地区水利工程也对湖泊与长江的有机联系造成了一定破坏，改变了太湖与巢湖流域的水文特征，不但使湖泊水位变化节律发生了改变，而且还影响了湖泊与长江水量和物质交换的固有特征。如太湖流域水利工程导致了太湖年最低水位，冬春季最低与平均水位逐年升高，使得湖泊水深在这两个季节增加，影响越冬植物及春季萌发植物的生长，不利于水生植被的发育，进而对鱼类的产卵场、育幼场造成影响，湖泊鱼类种群结构发生变化。另外，太湖冬春水位升高，湖体水量增加，还

摄影 / 肖文松

摄影 / 方三勤

摄影 / 方三勤

湖北省武汉市龙王庙，长江与汉江的洪峰在此遭遇，因此是抗洪抢险工作的关键地段。

会造成湖水交换率降低，并导致部分水域水体难以得到交换。太湖水利工程建设切断了长江与太湖鱼类洄游通道，使得长江中的鱼类难以到达太湖，太湖鱼类种数下降。2003 年的监测表明，太湖仅有不到 60 种鱼类，而历史上太湖可调查到至少 100 种鱼类。

巢湖也经历了类似的情况。1962 年建成的巢湖闸提升了巢湖冬春季水位，导致了水位年变幅降低，滨岸带湿生植物和水生植物大量消失。因巢湖闸、裕溪闸切断了长江与巢湖之间鱼类洄游通道，巢湖鱼类种群数量下降，凶猛性鱼类减少，鱼类小型化严重，直接导致浮游动物被捕食压力增加，降低浮游动物对浮游藻类的滤食压力，助推了巢湖藻类水华的暴发。

太湖和巢湖距离长江都是 60 多公里，由长江至这两个湖泊的水位坡降较小，水流也小，因此长江与它们在自然状态下水量及物质交换相对较少。长江水位及生物种群变化需要经过相对较长时间才能影响到太湖和巢湖。自然状态下，太湖与巢湖水位年变化不超过 5 米，湖滨消落带宽相对较小，对长江的缓冲稳定作用也较弱。太湖与巢湖环湖防洪大堤的建设，特别是混凝土和石砌大坝直接破坏了水陆交替的过渡带，影响了陆地生态系统向水生生态系统过渡的延续性，破坏了陆生、湿生及水生植物季节交替过程，对水陆过渡带微生物、植物、两栖动物群落造成致命影响，降低了湖滨带滞留和消纳污染物的能力。目前，太湖和巢湖水生植被群落的退化以及藻类水华的大规模暴发，与水利工程切断水陆生态系统延续性密切相关。

鄱阳湖和洞庭湖基本位于长江边，洞庭湖距离长江不到 7 公里，鄱阳湖主湖区虽离长江 40 公里，但出水湾却与长江直接连通。两湖与长江的水量及鱼类交换频繁且量大，长江水位及鱼类区系变化会快速传导至两湖水体。另一方面，两湖水位年变化幅度大，洞庭湖多年最大水位变幅高达 17.76 米，而鄱阳湖水位变幅是 9.79~15.36 米，加上两湖水陆过渡带面积大，因此调蓄容量大，不但能缓冲并稳定长江水位，而且也能稳定长江鱼类区系。如果在这两湖的湖口筑坝，因湖泊和长江之间缺乏足够长的河道型过渡段，将会直接导致长江与两湖间形成较大的水位落差，不但严重阻碍江湖水量交换，而且使得长江与两湖鱼类区系交流更为困难，不利于长江流域生态系统的稳定和长江特有物种的保护。因此，两湖筑坝应慎之又慎。另外，两湖水体氮、磷水平较高，筑坝将直接影响湖体的水动力特征，延长水体交换时间，在局部湖湾出现水华，甚至像太湖和巢湖那样涉及整片湖泊。

在自然与社会大背景下认识水利工程调度效益

首先，防洪和供水始终是水利工程的第一要务。一些人反对引江济湖等工程，主要是基于对生态环境的担忧，但如果考虑到人类生命财产安全，孰轻孰重一目了然。从前太湖流域分布有很多水稻田，遇强降水可蓄积 10 厘米深雨水。随着社会经济发展，流域内大量土地都转变为厂房和住房，土地硬质化，可以说是“一滴水也存不住”，降水一到便形成径流，在地面形成集水，只能用水泵排向周边河道，使得河水快速上涨；同时，由于流域坡降小，排水速度也慢。为了确保安全，堤防只能不断加高，这是不得已而为之，虽然可使生态环境受到一定损失，但由于这种损失经常是隐性的，效应是后发的，短期内往往被忽视。

目前，上述问题已经受到高度重视，水利部门正力图加强江湖连通，并期望实现江湖之间的大排大引。在太湖流域，这不但需要工程所涉及的江苏、浙江和上海发挥联动作用，而且还需要加强对流域水流动及水环境影响的认识。以前流域是小引小排，因此不会造成太大影响，现在变成大引大排，如果节律控制不当，就会带来洪涝等问题。例如，在旱季大规模引入长江水的时候，一旦太湖流域出现强降水，会导致旱涝急转，后果不堪设想。

湖北省荆州市荆江大堤内等待开发利用的土地。摄影 / 伍会来

同时，需要高度正视长江水质问题。随着社会经济的发展以及人口的集聚，太湖流域生态环境将承受更大的压力，并可能面临多方面的影响。其一就是因建设而导致的土地覆盖度剧烈变化，区域内的下垫面发生变化，地表硬质化，改变了降水产汇流过程，降低了流域水体自净能力，也就是对污染物的消纳转化能力。其二，随着城市的扩展和人口的集聚，城市运转需要增加物质输入，根据物质守恒原理，输入的增加必将导致输出的增加，进而加重了流域水环境压力。在此背景下，太湖流域的大排大引很容易使人联想到污染转移，可能会对长江以及东海水质、水生态产生影响。反过来，当前长江已非昔日的长江，它承纳了全流域集水区大量污染物，江水中氮、磷含量已处于很高水平，三峡水库库湾水华的形成便是佐证。特别是当前长江水体中氮、磷含量已经超过太湖等湖泊出水氮、磷含量，大引大排可能会造成湖泊氮、磷输入的增加，进而不利于控制湖泊富营养化。这些问题需要高度关注并深入研究，但是不能因此否定引江济湖等相关工程实践。

虽然目前长江不搞大开发，然而氮、磷含量仍然较高，尤其是总磷水平比太湖和巢湖流出的水体都高。我国实行的是差别化水质标准，同样磷浓度的水，在江和湖中的水质等级就不同。目前长江是 III 类水，若将其引入湖泊后按湖泊水质评价标准就可能就变成 IV 类或 V 类水。另外，同样氮、磷浓度的水体，在江和湖中会展现出不一样的结果。在长江里，因为水流速度快，上下混合作用强，泥沙含量高，水体透明度低，因此一般不会形成水华；到了湖中之后，几乎成为静水，而且停留时间长，这为藻类提供了生长条件，水华就出现了。这样的现象已发生在三峡的库尾和支流，而库区的干流几乎不会发生。

因此，就改善湖泊整体水质与控制水华暴发而言，引江济湖工程是“治标不治本”的措施，调水是一种临时性的辅助手段，可解决突发性问题。如果我们不管控污染物，不革新相关处理工艺，那么我们引水越多，附带着引入湖泊的污染物就可能越多；另一方面，引入的江水越多，意味着城市用水可能越多，根据物质守恒原理，意味着排放的尾水越多，进而更多的污染物入湖，最终导致湖泊富营养化治理难以达到预期效果。

本文作者系中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员

一条堤坝引发的
江湖恩怨

文 / 图 徐斌 古小军 曹振禹

强拆：堤毁人亡

光绪四年（公元 1878 年）八月二十三，湘军水师的创建者、中国近代海军的奠基人、时任兵部侍郎的彭玉麟来到武昌县（今湖北省鄂州市）的樊口。他此行是奉朝廷的旨意，解决当地一起震动朝野的公案。对于这起公案，当时的《申报》进行了连篇累牍的报道，使今天的人们得以了解整个事件的来龙去脉。该报于光绪三年（公元 1877 年）农历十一月二十一的报道大意如下：

在距离省会武昌百余里的长江下游，有一个名叫“樊口”的地方，这里既是闻名遐迩的武昌鱼原产地，也是鄂州、大冶等县连通长江的重要码头。清初，著名学者顾炎武在《肇域志》中称：“樊溪，在樊山西南，控县南湖泽凡九十九，东为樊口，入于江，一名樊港”，说明了江夏、鄂州、咸宁和大冶等数县的商民在湖泊中行船后进入樊溪，然后经樊口进入长江航道的事实。其中所谓的“湖泽凡九十九”，彭玉麟在实地踏勘后也有详细说明：“此港九十里内港汊分歧，旁通各湖，如蔓系瓜。其右有洋湖、鱼湖、月山湖、泾头湖、鸭儿湖、江夏湖、鲊洲湖等十二湖，其左有桭洲湖、夏兴湖、三山湖、保安湖等六湖。”这些湖泊被当地称为“樊湖水域”，其中最大的是梁子湖。

如同长江中下游流域的其他湖泊一样，经过漫长历史时期的农业开发，这些湖泊的周边大多被围垦成农田，到了晚清光绪年间，湖泊面积已大为缩小。一个很重要的原因是，由于樊湖水域所在的长江中下游流域地处季风带，春夏雨季到来后湖水漫涨，而秋冬则干涸，大片湖滩裸露，为人们的围垦创造了条件，并且这些田地肥沃，更是刺激了人们围垦的欲望。为了保护这些良田，避免春夏时节湖水的暴涨与江水的倒灌，长久以来，本地士绅就有在此筑堤建闸的要求。光绪二年（公元 1876 年）秋，士绅们将这一愿望付诸实践，自愿捐资筑堤。工程大概持续了大半年之久，大约耗费十万余贯铜钱的巨资，而本拟继续修建的闸口因后续费用不济，至光绪三年（公元 1877 年）冬仍未开工。

然而，这次筑堤行为并未得到省政府的许可。该年农历十一月初七，湖广总督李瀚章调集数百名士兵，一举将业已修好的堤坝掘挖铲平。这一下麻烦大了。由于该堤修建之后，前往咸宁、武昌和大冶等处的货船只能到达堤旁并改由小船接驳，因此该处常常停泊着数百艘驳船，聚集了数百名靠出卖苦力为生的挑夫。事发于突然之间，堤毁之后，水不留情，瞬间便冲毁了大量的驳船，并淹死了一百多人。在掘堤之时，挑夫与官兵还发生了激烈的冲突，造成双方互有人员伤亡，由此酿成了一起官、民冲突的群体性事件。

“暴力拆除”“群体性事件”这些敏感词

鄱阳湖周边社区制作家谱所用的活字印刷术 摄影 / 张明源

汇刺激了官、民的神经，立刻引起了朝野各方的震动，彭玉麟樊口之行即是为此而来。

掘堤派：人命关天

对于这起事件，《申报》一开始站在谴责的立场，编者按称：“如果此事属实，那可算得上天底下一大奇观。即便官方对民间擅自筑堤的做法感到愤怒，但为什么不把情况讲清楚，责令其自行拆毁；如果民间执迷不悟，官方又为何不召集当地的社会精英，督促他们白天掘堤。但官方偏偏不这么干，结果让堤坝旁的无辜百姓惨遭横祸。” 很显然，当时舆论矛头指向的是湖广总督李瀚章使用的暴力手段，以及由此酿成的群体性事件，而对事件的起因却并未追查。

随着事件的发酵，更多内幕被《申报》挖掘出来。两天以后，来此贸易的客商在《申报》中发声了，他们称：“堤坝的修筑让庄稼大受影响，而且经由水道连通的各县社会经济将变得冷落萧条，因此政府才连夜把堤坝掘开。”与此同时，官、民对抗的群体性事件仍在继续，《申报》的报道可谓极具画面感：挑夫们居然自备军装，聚集于当地的山头上，而前日调去的官兵则在山下平地驻扎，双方形成对垒之势。与此同时，省政府也展开了危机公关，进行事件的善后处理，一方面，从省城继续调集数百名士兵前往接应，以显示他们先前出兵的正确性；另一方面，并没有贸然对武装的挑夫们展开进攻，而是派遣得力干员前往劝解，避免事态进一步扩大，以求和平稳妥的处理。在官军的威慑以及劝解工作的努力下，挑夫们逐渐散去，群体性事件暂时平息了。对该起事件原委进行的追查则成为后续工作的重点。

那么，作为晚清颇具影响力的政治家，有着一品顶戴花翎的湖广总督李瀚章为什么要出此下策，派兵暴力掘堤，弹压当地苦力呢？《申报》于光绪四年（公元 1878 年）正月二十七刊出了李瀚章呈递给慈禧太后与光绪帝的奏章，对事件的原委进行了详细说明。

李瀚章称，早在同治年间太平军退走之后，长江中游地区就开始了重建工作，这时，樊口的绅民们就有建筑坝闸的呈请。对此，各任湖广督抚都给予了足够的重视，并先后派员进行了实地勘察。结论是：首先，由于樊口长港内通各河，春夏江水暴涨时将倒灌低处，的确容易被淹，因而确有一部分沿湖地主的利益受损；其次，因为梁子湖等水域都由此港通长江，如果建立石闸，虽然足以抵御倒灌的江水，但同期内湖的涨水却无路可出，导致以往未被淹没的地方亦会遭遇水灾，对当地以及周边地区造成的危害将更大；再次，该处是水码头，能通往数个

县的集镇，粮食货物都靠船运，一旦建筑闸坝，则会导致行船受阻，影响商业以及民众的生活。基于以上理由，李瀚章认为建闸筑坝弊大于利，因而不予批准。然而，在湖边拥有土地的一些士绅地主却违法聚众并收取费用，在樊口筑坝，将河流堵塞，并私设机构，对过往商船征收过路费。在三令五申犯禁者依然故我的情况之下，李瀚章只得采取行动，派兵毁堤弹压。

这篇奏章说明了李瀚章派兵毁堤的原因，大体而言，他是出于宏观与微观两方面的考虑：宏观上，沿江诸湖与长江本来就是自然界中不可分割的一个整体，湖泊起到了洪水期调节江湖水位的作用，若强行将之阻隔，只能让部分地方受益，却极易造成更大规模的水患，这一点在李瀚章后续的奏折中屡有申明；微观上，当地建筑闸坝的士绅是在没有得到省政府许可的情况下开工的，不仅漠视官方禁令，甚至还私自对来往商船征收过路费，罔顾国家法令与朝廷威严，因而派兵惩戒自然是十分必要的。

在后续的奏章中，李瀚章更加明确地阐明了自己的理由以及担忧：其一，在湖北和湖南境内的大江两岸还有新滩口、沌口、金口、沙口、陆溪口和富池口等穴口，都是江湖贯通之处，与樊口情形极为类似，那些地方的居民也曾多次向省政府表达了想要堵筑穴口并建筑堤闸的请求，但都被据理驳斥了。如果樊口建闸，虽然朝廷可以下谕旨规定“他处不得援以为例”，但一般民众怎么会得知这一情况？即使知道了，他们也一定会说这些穴口面临的利害关系与樊口相同，形势也极为相似，为何会有两种不同的处理办法，这样难免会造成民心骚乱。其二，樊口当地的民众实际上是在没有获得省政府批准的情况下强行修筑堤闸，如果官府对这种行为予以默认，实际上是纵容了民众对抗官府的行为，万一其他地方也竞相效尤，纠集当地民众强行施工的话，以上提到的各个与江湖贯通的穴口必定会尽数堵塞。其三，江水顺势而下，流淌了数千里之遥，如果大江两旁没有分洪区，则滚滚江水不只会让湖北和湖南受灾，对下游数省的田地房屋造成的后果也是不堪设想的。很显然，水利安全是李瀚章最大的顾虑。

建堤派：经济优先

对于李瀚章的奏折，慈禧太后批示：“知道了”，似乎并没有立即认同他的解释，显示出朝廷相对公允及审慎的一面。果然，光绪四年（公元 1878 年）八月初九，彭玉麟奉旨前往樊口，圣旨中提到：“之前有人上奏说，樊口的堤闸关系到农田及人命安危，请再次前往调查清楚”，从而进一步证实了朝廷希望了解事情真相的态度。

接到圣旨后，彭玉麟丝毫不敢怠慢，为了避开耳目，力求踏勘结果的公允，他采取了微服私访的方式，换了一套衣服后搭乘民船连夜赶路，于八月二十三抵达樊口，然后又马上雇佣当地小船进入樊口 15 公里左右，来到了事发地。他发现堤坝虽然损毁，但痕迹还在，可以判断出宽不过百来米，长约 200 米。经询问当地百姓后得知梁子湖在江水没有倒灌时，周长不过 150 公里左右，其四个方向都和其他水域相通，俗称“九十九汊”，具体是：东通武昌、黄冈所属的长港，即樊口港；西通咸宁、兴国所属各汊；南通大冶、武昌所属各汊；北通江夏所属各汊。这些水系的总出入口就在樊口，一旦此处被堵塞，那么水流便无路可去。每年江水倒灌时，各湖港、汊不分，一片汪洋，湖滨带的田地无不变为泽国，使得梁子湖的周长扩大到三四百公里。受此连累，老百姓只能背井离乡，其凄惨景象难以言说。这就是樊口以内因江水倒灌后的实际情形。

彭玉麟进一步了解到，湖边已被围垦成熟的田地收获颇丰，每年大约可收 36 万吨稻谷，而这一切必须由樊口建筑闸坝来保障，否则早被水淹了。发现这一巨大的收益后，彭玉麟兴奋异常，他马上倾向于在此建筑闸坝。他在奏章中写道：“如果不建闸坝，那么农田就失去

了屏障，继而让弱者转向贫瘠的土地谋生，而强者则变为盗贼。相反，闸坝建成后，当地老百姓有恒产而有恒心，国家税收也大大增加，两者同时受益”。

不过，彭玉麟还注意到，当地居民并不完全支持建筑闸坝，毕竟樊口乃鱼米之乡。当地百姓主要有两种谋生手段，即有固定产业者以耕田为业，否则投身于渔业捕捞，双方对建筑闸坝的态度也不统一，农民惟恐江水倒灌而使庄稼被淹，渔民则巴不得江水倒灌以便能捕更多的鱼。对于商人而言，建筑闸坝等于增加了货物接驳起运的成本，他们当然反对。

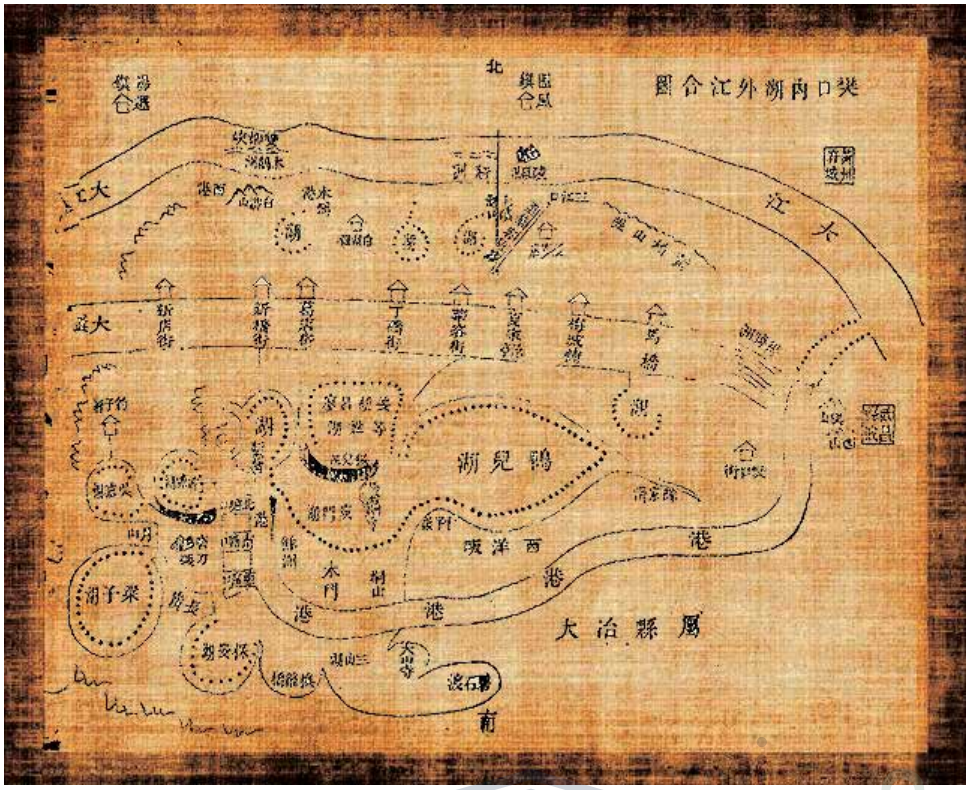
在奏章中，彭玉麟对这些因建筑闸坝而带来的负面影响进行了逐条批驳。首先，就农业与渔业之争，他认为以人数统计，农业人口占了七八成，渔业人口连二三成都不到；从国家税收的角度来看，渔业的贡献还不足农业的一成。其次，就农业与商业之争，他认为并非只有水路一条，其实陆路并不差。为此，彭玉麟向朝廷提出了自己的意见：“只因为了照顾商业和渔业的需求，从而使无数百姓赖以为生的庄稼遭受洪水淹没，那就是因小失大，这是不言自明的。”显然，他是极力主张建设闸坝的。为了表明建言发自肺腑，他在奏章的最后还恳切地说：“以上情况都是我身穿平民装、头戴大斗笠亲身查访、耳闻目睹而得，也是当地人的共识，我并没有妄自揣测，随随便便就听信谎言，而且深思揣度；如果朝廷重视樊口水域广大百姓的生存需求，那就不能不修补旧堤，建筑闸坝”。

于是，在樊口建筑闸坝的问题上，清朝的官僚阶层形成了两种针锋相对的观点；围绕这两种观点，又分别形成了两大派别：以李瀚章为首的省级地方官员基于水利安全考虑而形成的反对派，以及以彭玉麟为首的基于当地民众生计和国家财政收入考虑而形成的赞成派。后来，朝廷接受了彭玉麟一方的请求，责令李瀚章重修已被毁坏的堤坝，至此，省政府落得个颜面扫地的下场，在民众中的权威性受到了极大的破坏。

以古鉴今：充分照顾各方需求，完善补偿机制

樊口建筑闸坝的事件引起了当代历史学家的浓厚兴趣，学者们从各方面展开了讨论。武汉大学的杨国安教授从社会经济的角度，对其中所体现的农业、渔业与商业等各项产业间的矛盾展开了详细的讨论。他认为，该事件不仅仅是一个有关水利工程的技术性问题，更是一个涉及地方利益纠葛的社会和政治问题。建筑闸坝的纷争就在于各方利益难以平衡或协调：地域之间、行业之间、民众之间、不同政见官员之间等。而且，在真正受益或受损的利益群体之间，恰恰缺乏相互之间横向和平等的协商对话机制，从而使得地区性水利冲突事件不断扩大化、复杂化和持久化。作为高高在上的国家权力机构，在地方复杂的利益纷争中，应居于一种协调者的立场，而不是进行非此即彼、要么获益、要么受损的单向仲裁。双方各自争取利益最大化本是人之常情，问题在于，当一方的利益获取是建立在另一方利益受损的基础之上时，受损一方有权获得一定的补偿。当眼前的经济利益有可能对未来的生态环境造成一定影响时，长远的问题也必须得到重视。樊口闸坝的最终建设实际上并没有充分照顾受损一方，即未对渔业、商业和运输等行业采取任何有效补救措施，因为当时存在一个增加粮食产量的“当务之急”和“有形之利”。从道义上讲，当局也没法置数万居民的利益诉求于不顾，而去顾及长远的生态环境问题，这也涉及政府应对危机时的轻重缓急智慧。而许多“未然之害”正是在众多“眼前的”和“有形的”经济利益面前被掩盖的，导致后患无穷。

可以说，杨国安教授对该起事件以及背后的逻辑进行了鞭辟入里的剖析。历史演进到今天，我们所面临的状况已经发生了很大的改变，对于生态环境的日益重视、城市化进程的加快、



外江内湖——樊湖水域复杂的水文地理格局。樊口位于湖北武昌附近，它外通长江，内连梁子湖等湖群，是江湖连通的咽喉要道。在春夏的汛期，上下长江干流的洪峰在樊口附近叠加后，滚滚洪水经樊口倒灌入梁子湖区，加上湖区又是鄂东南山区雨水汇集地，一旦遇到强降水，周边居民将处于洪水的前后夹攻之下，往往损失惨重。史料统计显示，当地在元代共发生水灾 8 次，明代 58 次，清代 65 次，可见水灾发生频率呈逐渐上升趋势。究其缘由，武汉大学历史学者杨国安教授认为除自然因素外，也可能与当地农业活动的拓展以及民众对环境感知度的提高有关。

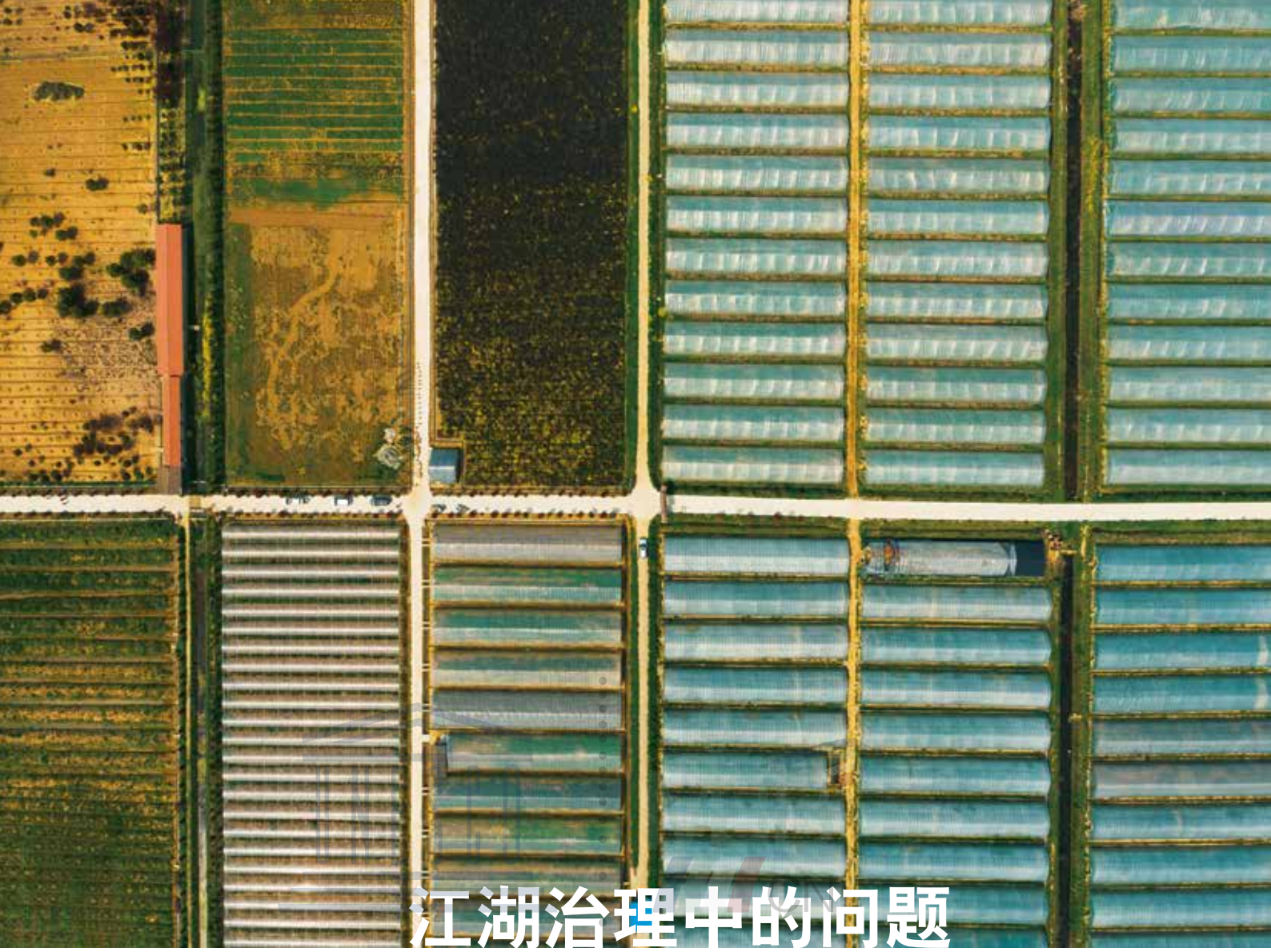
对水的需求量以指数的形式增长以及房地产业的兴盛等等，都给今天的人们思考江湖关系带来了新的角度。然而，从政治运作的机制到生态环境与社区的需求等利益冲突的背后逻辑方面，古今有颇多相似之处。因此，对于历史时期樊口建设闸坝之争进行回顾，仍然有着重要的现实意义，阐述如下：

经过历史上长期的开发，除了鄱阳湖、洞庭湖和石臼湖，当前长江干流与沿岸湖泊间大多已经不再是自然连通状态，而是通过各种人工手段进行调节。在此情况下，湖泊的形态被长期相对固定下来，符合人们对湖泊的想象，也与当今的城市化进程相吻合。在人们的印象中，湖泊就是要有一个大型的水体持续地存在，而这个常态化的水体则为城市的发展提供生产、生活及景观用水，甚至抬高周边的房价。但是，这种打着保护生态环境旗号的行为未必符合自然规律。长江流域地处季风气候带，这决定了流域内的湖泊有着春夏水涨、秋冬水落的季节性荣枯，因而，湖泊形态的季节性伸缩才是自然界的常态。事实上，当鄱阳湖等与长江保持自然连通状态的湖泊在秋冬水落而呈现“草原”形态时，反而引起了民众的恐慌，引发了多方有关生态环境保护等问题的讨论。所以，必须明晰民众的一般认知与科学意义上的生态观念之间所存在的张力。

当前，国家是长江及沿江湖泊的行为主体，必须明确只有中央政府才能做出决定的机制。但是作为统筹者，中央政府应当了解水体在各地社会经济发展中的意义及作用，明白哪些地区在发展中受益或有所牺牲。很显然，在当今的社会经济格局中，下游地区明显比上游地区获得更多的好处，这样容易造成上游地方政府权威的丧失，不利于当地社会的长治久安。因而，作为全盘规划者，中央政府有必要进行利益的二次分配，而不是一味地打压上游地区的声音；中央政府只有在充分听取地方政府的利益诉求并建立起行之有效的补偿机制之后，才能平衡地区间的矛盾，创造公平、和谐、有序的发展环境。

长江流域孕育了灿烂的古代文化，是中华文明的发源地之一，流域之内尤其是中下游地区密布着大量形态各异的水体，只有保护好这条母亲河，华夏子孙方能永享其利。

本文作者系武汉大学历史学院研究人员



江湖治理中的问题

文 / 本刊编辑部 图 / 何小白

当前我们在长江中下游江湖关系认识和治理方面存在很多误区，为了获得更多专业的剖析，本刊记者先义杰于 2017 年 3 月采访了中国科学院南京地理与湖泊研究所的姜加虎研究员。他从自己多年的一线科研经历入手，向我们介绍了对相关热点问题的认识体会，希望引起足够的反思。

水污染痼疾

本刊记者：在健康良好的江湖关系中，水质是核心要素之一，但是我们不时看到长江中下游江河湖泊水质状况堪忧的报道，在您的实际调研中看到的是怎样一番景象，相关部门在水环境治理方面有哪些值得商榷的地方？

姜加虎：水质污染是我国湖泊面临的重大生态环境问题。在湖南省洞庭湖区，那些小造纸厂、小糖厂和小农药厂排出的废水对水环境污染非常大，在湖泊沿岸地区形成了几个污染带。我个人认为当地政府应该关停这些小厂，开展规模化经营，

否则它们赚的钱还抵不上污染治理的费用。另外，为了开展集约化水产养殖，人们往湖泊中投放过量化肥也是一个大问题，在此期间产生的污水最终会流入江河湖泊，其对生态环境产生的不良影响应该引起足够的重视和警惕。

如果说洪涝灾害是急性病，来了之后很快就会消退，充其量也就持续一两个月或者更长一些时间，但污染是慢性病，很难治理。过去多年来，巢湖和太湖的蓝藻水华暴发实际上都是污染带来的问题。天还是原来的天，湖还是那个湖，为什么以前没有暴发蓝藻水华？还不是因为污染造成的，没有理由可以推卸责任。我到苏州和无锡调研的时候，发现河水黑乎乎如酱油一般，它们迟早还是要流入太湖。入湖污染源得不到有效控制，太湖的生态修复和污染治理等于一句空话。

我国有一句话叫边治理边污染，边污染边治理，局部污染治理的步伐远远赶不上总体破坏的速度。有一次我在武汉调研时发现，当地正在开展一个湖群污染治理规划项目。这些湖泊水质很差，基本属于劣 V 类水，规划里仍称这些湖泊具有养鱼功能。我问："水都成这样了，养出来的鱼给谁吃？"结果他们回答："我们武汉人不吃，卖给安徽人吃。"我告诫说："你们连基本的道德人性都不顾，安徽人如果知道会怎么想？"另外，一些湖泊平均水深只有 0.8 米左右，有人非要挖到 2 米，说是清淤。我说你们要搞清楚什么叫清淤或挖湖，不能胡来。

对于引江济淮工程，要把概念搞清楚，到底是引江济淮还是引江济巢，从巢湖上游把长江水引入巢湖，再从下游把巢湖受污染的水排入长江，那么长江怎么办？我认为，淮河流域主要问题是水质性缺水，水资源量相对比较充沛；相反，洪涝灾害仍然是淮河流域的主要威胁，必须引起高度重视。一些人不专心于水体污染治理，还想打长江的主意。要知道，长江是中华民族水资源的最后防线，多年平均径流量约 1 万亿立方米，长江流域 GDP 约占全国总量近 50%，如果长江水环境出了严重问题，那么对于中华民族可持续发展的影响就太大了，孰轻孰重不言而喻。我们有很多人特别是一些领导干部，为了政绩就想当然，希望在任职期间搞短平快，其实并不科学。

中央财政支持引导建立跨省域的生态受益地区和保护地区、流域上游与下游的横向补偿机制，推进省级区域内横向补偿。在长江、黄河等重要河流探索开展横向生态保护补偿试点。

摘自《国务院关于印发"十三五"生态环境保护规划的通知》（国发〔2016〕65 号）

决策的误区

本刊记者：正如您所提到，长江错综复杂的江湖关系，再加上人类活动这一重要因素，使得任何决策都必须基于确凿的科学事实判断，但我们往往好心办坏事，相关决策让您感受颇深的有哪些？

姜加虎：其一是裁弯取直。在长江荆江段，以前的河道是九曲十八弯。为了让水流运动更快以利于通航等原因，有关部门采取了人工裁弯取直的方式改造河道，工程浩大。但从实际情况看，无论是人工还是自然裁弯，效果都不理想，泥沙被搬运到下游的螺山至武汉等地，造成河道严重淤积，抬高了水位。

在自然界里，从来就没有一条河流是笔直的。我们一些人似乎见不得江与湖的野性自然，总想实现湖泊水库化，见到湖泊就想把它们闸起来；总是试图将河流渠道化，渠道水泥化，

见到拐弯就一定要裁直，都不经过严格的科学论证。

其二是血吸虫防控。有人认为，建坝增加了湖泊水深，可以淹没血吸虫寄主钉螺的生活区，从而达到消灭血吸虫病的目的。然而，钉螺不会坐等自己被淹没在深水里，它们会迁移到湖畔。1998 年洞庭湖区发生特大洪水，钉螺通过渠闸涵洞向湖区垸内扩散，原本没有血吸虫病的湖区出现了血吸虫病疫情。例如在民主垸，之前垸里没有钉螺分布，结果有人在洪灾期间不小心就感染了血吸虫病。据有关专家介绍，血吸虫病几乎不可能根治，要么表现为急性导致人死亡，要么在人肝脏中潜藏十几年也不发病，但染上终究不是好事。1949 年以后我们一直想消灭这种寄生虫，但都没能达到目标。毕竟这种微小的生物如同感冒病毒一样是自然界的一部分，要消灭很难，我们只能因势利导地控制，尤其注意水利工程对这种疾病扩散的影响。

其三是物种保护。有人说鄱阳湖闸坝建成后，换水周期延长了，水流就缓慢了，湖水就清澈了，那样长江江豚就能看得见鱼并容易捕食。中国科学院水生生物研究所的曹文宣院士说："长江江豚不是鱼，是一种水生哺乳动物，眼睛很小，是瞎子，在水里几乎看不见什么东西，是靠发射超声波来捕鱼的，而且对前行中的障碍物十分敏感。"上述"湖水变清有利于江豚捕食"的说法纯系无稽之谈。

还有人说，鄱阳湖闸坝建设是为了保护鄱阳湖候鸟栖息，特别是为了解决鄱阳湖的鸟类在建闸后的生存问题，甚至有人提出在鄱阳湖附近地区规划候鸟栖息地。可是鸟类专家指出，即便鸟类有高强的迁徙或迁移本领，也不是想让它们去哪里就去哪里的。鸟类千百年来已经形成了固定的飞行路线和越冬地，不能想当然认为它们会随人类意志发生相应的改变。关于解决鱼类洄游问题，有关部门打算建设鱼道设施，但后来经过论证，专家们认为这是一个没有效用的工程设想。

解决之道

本刊记者：长江中下游特殊的江湖关系，意味着某一地涉及水的策略，往往会影响多地甚至国家大局，我们应该通过什么样的体制或机制保障，使得生态环境保护和社会经济发展相协调？

姜加虎：其一是加强区域统筹。万里长江险在荆江。历史上，长江荆江段洪水频发，为了保住江北富庶广阔的江汉平原，历代政府一直采取"舍南保北"洪水治理策略。近代，借助荆江南岸"四口"即松滋口、太平口、藕池口、调弦口，长江水、沙分流进入江南的洞庭湖流域。调弦口于 1958 年冬天堵塞后，就只剩下三口。湖南省有人建议在这三口以及洞庭湖口（城陵矶）建闸控制，以缓解洞庭湖面临的洪涝及泥沙淤积压力。但这样一来影响了江汉平原既有的防洪格局，因此该设想遭到了湖北省及水利部长江水利委员会（长江委）的质疑。

实际上，湖南省方面即便在上述地区成功建闸，也无法或难以实现预期目标。因为除了"三口"以外，洞庭湖还有其南部流域的"四水"，即湘江、资江、沅江及澧水等入湖河流，它们带来的洪水及泥沙淤积问题同样不可小觑。1996 年，洞庭湖区发生了特大洪水灾害，导致 102 万人被迫转移到大堤上，这些洪水是从"四水"而非长江而来。这也就意味着即便有三峡水库也无法拦蓄从"四水"过来的洪水。因此，三峡水库只是洞庭湖区洪涝灾害治理在新的标准和形势下的开始，而不是一劳永逸的结束，切不可掉以轻心！

从以上案例可见，面对长江中下游特殊的水文环境，某一地的工程建设必须从流域整体利益考虑，在充分科学论证的基础上，建立一套会商机制，形成科学决策体系。

其二是实施生态补偿。在鄱阳湖闸坝建设问题上，一些人说：“我们江西省鄱阳湖的水好，相当一部分给了你们南京、上海人用了，还不给钱，不给补偿。”我反驳：“闸坝一建，你们是不是想坐地起价，要别的地方拿钱来换你们的水喝？请问鄱阳湖的水是从哪里来的，是不是要给老天爷进行补偿，怎么补偿？”不过，我们必须承认鄱阳湖的一湖清水缺少不了江西人民的奉献，然而把想法放到闸坝建设上就不对了。我们建议国家支持鄱阳湖流域的生态补偿，但必须通过项目下达的形式，不能以财政下拨形式，必须说清楚这些钱拿去干什么用了，防止截留和贪腐的发生。而且，在执行过程中必须把每一分钱都用在刀刃上，用在当地经济可持续发展和鄱阳湖生态环境保护上。

其三是规范产业发展。当前鄱阳湖挖沙活动失控，当地提出要严禁非法采沙活动，我问他们什么叫合法采沙，难道偷偷摸摸的行为叫非法采沙，而那些所谓的“合法”采沙难道就没有乱采吗？三峡水库建成后，由于泥沙沉降，长江水比以往更清澈一些，可采沙船一来，水又浑浊了。当长江采沙被禁止后，那些采沙船转移阵地，在洞庭湖和鄱阳湖等通江湖泊里又大干起来，搞得湖水比以前还浑浊，但当地不承认。当然，完全禁止采沙也不现实，这就需要一个合理的规划，明确哪些地方可以采，哪些地方是严格禁止的。例如，自然保护区和重要湿地不能采沙。从取证方式上说，只要地方上有决心就有办法，督查人员用不着在湖里转悠，调集卫星影像一看就清楚了。对于那些犯法的人，不能一概将他们的船没收，但船上的采沙设备必须拆除，这样既不会断绝他们的生活来源，也实现了治理目的。

在洞庭湖周边，以前建了很多造纸厂，然而据专家估算，即便把当地的已有树木砍光也无法满足造纸厂需求，为此当地发展了意大利杨树（外来物种）种植业，局面比较混乱。我给湖南省人民政府提了建议，对于防洪通道、国家级自然保护区的核心区、基本农田，一概不允许种植杨树。该建议得到了湖南省人民政府的采纳，目前也在进一步落实之中。

其四是谨慎开展工程设计。1998 年的洪水给世人的冲击很大，前水利部部长钱正英同志说过，长江防洪重点在城陵矶，难点在洞庭湖。当初，有关部门曾打算在洞庭湖和长江之间建设一条高速公路。由于公路将通过东洞庭湖国家级自然保护区核心区，按相关规定是不允许的，因此我们建议，公路要往北移到城陵矶附近，而且必须高架，因为该公路要通过君山、建新和建设三个蓄滞洪区。

此外，洞庭湖北部防洪设施建设需要充分考虑泥沙淤积问题。这里的泥沙淤积很严重，每年接近 1 亿立方米，三峡水库建成后，湖区泥沙淤积状况大为改善。在北京，我和一位水利专家就荆江大堤问题发生过争论，我说：“加固大堤可以也是可行的，但我坚决反对继续加高大堤，因为堤下是古云梦泽，泥沙沉积层厚，再加上当前荆江大堤已经很高了。”后来我们提出一个方案：限高加固。随着三峡水库的运行，荆江大堤迄今没有出现险情，但也必须加强监测，以防万一。

江湖日下 尚有可为

文 / 羊向东 图 / 何小白

两次历史挑战

历史时期，长江中下游是一个河网交错的地带，无数小河如同人体的毛细血管，经骨干河流汇入湖泊，最终流入长江，形成一个良性的江 - 河 - 湖水体交换格局。现在生态环境发生严重退化，原因之一就是江湖阻隔。

从历史的视角看，长江中下游的江湖生态环境经历过两次重大的社会经济发展挑战。第一次发生在新中国成立初期，当时随着农业转型和人口发展，粮食需求被排在第一位，整个流域兴建了许多的闸、坝及水库，大量湖泊遭受围垦；同时，水产养殖也逐渐发展。第二次发生在改革开放后，大量化肥在粮食生产和水产养殖领域投入使用，粗放式的社会经济发展和资源利用模式导致水生态系统快速退化，这比前一次带来的冲击更大。

建立退化湿地修复制度，实施湿地保护修复工程。通过污染清理、土地整治、地形地貌修复、自然湿地岸线维护、河湖水系连通、植被恢复、野生动物栖息地恢复、拆除围网、生态移民和湿地有害生物防治等手段，逐步恢复湿地生态功能，增强湿地碳汇功能，维持湿地生态系统健康。

摘编自《国务院办公厅关于印发湿地保护修复制度方案的通知》（国办发〔2016〕89 号）

湖北省黄冈市龙感湖湿地

在良性的江湖格局下，湖泊换水周期短，一年发生 2~3 次，如现在的鄱阳湖。该湖水位和水量季节变化大，具有洪水一片、枯水一线的特征，即雨季和旱季的水量相差悬殊，快速的水体交换使得进入湖泊的可溶性营养盐能够及时排出。但 20 世纪 60 年代以后，与长江相通的许多湖泊基本上变成了水库型湖泊，活水变成静水，流动性降低，换水周期变长。江湖阻隔的初期阶段，营养盐的输入和静水环境曾经一度促进了大型水生植物的发育。在生态环境良好的情况下，营养盐被水生植物和浮游藻类等吸收利用，并最终沉降到沉积物中，营养物质几乎不再参与水体的物质能量循环，因此沉积物起到“汇”的作用。随着大量营养盐积蓄并滞留到湖泊水体和沉积物中，水体浮游藻类大量生长，悬浮物质增加，透光度下降，大型水生植物的生长受到抑制。此时沉积物“汇”与“源”同在，营养盐被释放到水柱中，大大加快了藻类的发育。更进一步，浮游藻类死亡沉降后，还会引起恶性的地球生物化学循环过程，沉积物中的营养盐不断被释放，加之流域营养盐排放，加剧了水生态系统的退化进程。

自 20 世纪 80 年代中期以来，中国科学院南京地理与湖泊研究所已经针对长江中下游地区开展过两轮大规模的湖泊调查，我们项目组也于 2003 年度和 2016 年度调查了长江中下游近 70 个湖泊，发现在这 10 多年的时间里，湖泊健康每况愈下，形势不容乐观。我们的数据分析显示，长江中下游约 80% 以上的湖泊正处于严重的退化过程中。一些重要湖泊如巢湖、太湖以及很多城市湖泊，蓝藻水华暴发问题很严重，每年定期在 4~5 月份暴发，已经成为常态。太湖在 2007 年出现水危机以后，各级政府花了很大力气治理，仅江苏省每年就为此投入 50 亿元左右。经过大力治理后，这几年太湖取水口安全得到了一定保障，相关应急处理措施也起了一定效果，但蓝藻水华暴发的病灶一时消除不掉，目前湖泊每年依然都会发病。这是一种异常稳定的生态系统，处于难以治理、灾难性的生态系统退化状态。尽管我们的治理措施很多、力度很大，但要想在短时间内将其恢复到清澈状态很难。长江中下游地区有很多湖泊，尽管它们目前尚未出现规模性藻类暴发，但许多古生态的证据显示，相当多的湖泊生态系统目前正处于明显退化阶段。从太湖和巢湖的退化趋势来看，如果我们对湖泊资源依然还是高强度的开发利用而不去保护、治理和修复，那么为数众多的问题湖泊很有可能会重蹈太湖和巢湖的覆辙，那时候再去应对就很难了。

解决之道：设计、管理与研究

我们需要重新审视湖泊，从历史演化的角度思考湖泊生态退化的原因。为了更好地保护湖泊生态，需要做到：

第一，尊重自然地理历史原貌，打造一个江河湖泊活水工程，构建畅通开放的水生态网络，恢复良性的河湖湿地水系格局。当前为了解决水问题，国家和地方部门已经对一些重点污染水体实施了引水济湖工程，这些方法是可行的，但需要科学设计，否则只能对局部水体起作用。这就要求除了考虑骨干河流，还要考虑河网的连通性，正如人不能只靠主动脉主静脉活着，毛细血管的功能也至关重要。对于为数不多的通江湖泊，不可开展闸坝建设工程。历史的教训告诫我们，如果在鄱阳湖建设闸坝，那么也许五年或十年，生态问题就会很快出现。

第二，加强污染的综合管理。长江中下游大多数湖泊属于底部平坦的碟形浅水湖盆结构，平均水深不足 3 米，当前人类排放的污染物已经超出了湖泊本身的环境容量。我们需要在管理方面下力气，严格控制和治理污染源，尤其要注意化工企业，现在这些企业的污水偷排漏排现象仍很严重，防不胜防，这需要在制度上落实惩处，加大对环境污染案件的执法力度。政府不应像以往那样盲目招商引资，而是要严格把关，制定高标准的环境准入规则。对于污染行业，除非它们有良好的污染治理措施或者舍得花钱搞环保，否则一概拒绝。

生活污水也需要重视。与 20 世纪 80 年代之前相比，我们现在的生活方式完全改变，以前的生活垃圾如人畜粪便可以作为有机肥被利用，但现在老百姓不愿意使用，因为使用化肥对他们来说更方便，增产见效快。但这就带来了农业面源污染问题，它的难处在于找不到具体污染源，可以说整个流域都是污染源。因此，我们需要指导农民科学施肥，让营养物质充分被庄稼吸收而不出现额外的流失。

此外，从流域尺度考虑一体化管理治理。长江中下游湖泊往往是跨区域的，例如太湖流域就涉及江苏、浙江、上海和安徽 4 省市，这需要由国家进行整体协调，省、市和各管理部门之间形成联动的管理体制，有统一的工作方案，而不是出现一地在治污而另一地在排污的情况。需要注意的是，作为污染综合治理的一部分，生态补偿要落实。本来，区域内的人们世世代代生活的地方环境优美，但他们并没有在改革开放中得到相应的红利，使得其获得感与周围环境遭受破坏的现实不协调，因此理应得到合理的补偿。

第三，重视湖泊生态系统服务及生态系统弹性的研究。生态系统服务就是生态系统能为人类提供的所有惠益，包括供给、调节、支撑和文化服务。对长江中下游湖泊而言，它们提供的供给服务有饮用水和灌溉等。这种服务的价值一般可以用货币来衡量，而其他三大服务的价值难以估量，人们又对其熟视无睹，但它们在调节气候、防洪、净化水质和维持生物多样性等方面发挥着重要的功能和作用。我们保护生态环境，就是使生态系统在维持良性健康的前提下，可以源源不断地为社会经济发展提供服务，实现可持续发展，这就是当前正在提倡的“既要金山银山，也要绿水青山”的理念。

为此，我们需要更加重视那些即将发生灾变的湖泊，加强保护和治理，使其生态系统维持良好状态，避免因生态系统严重退化导致的生态系统服务的丧失。一个良好的生态系统往往具有很高的弹性，即生态系统抵抗干扰的能力以及自我修复的能力较强。为了维持湖泊生态系统较高的服务水平，实现可持续发展，我们不能轻易让湖泊生态系统的弹性减弱。但是，在现代强烈的人类活动干扰下，生态系统的弹性不断变弱，导致生态灾变，例如蓝藻水华的暴发。生态系统弹性的维持和灾变机制是很重要的科学命题，也是目前国际上生态系统保护和可持续发展研究的热点议题。长江中下游湖泊具有自身特点，相关理论需要我们不断去创新探索。为此，我建议在典型湖泊中开展长期的实验、监测和调查，同时，还要重视挖掘生态系统长期变化的信息，湖泊沉积记录是当前获取这些信息的唯一有效途径。

在我国的很多湖泊中，相关生态环境监测工作主要集中于改革开放后（尤其是最近几年）。例如，在太湖流域起始于 20 世纪 80 年代，到了 90 年代后才正常运转。问题是我们只看到湖泊在最近很短时间内所经历的变化，只知道生态退化后的环境特点，而之前健康良好的生态环境过程并不清楚。因此，我建议对长江中下游湖泊开展全面的本底调查，兼顾现实与历史状况。例如，通过对湖泊古生态的研究，我们就可以了解它们在 50 年甚至 100 年之前总体生态情形、后来的变化速度和幅度是多少、偏离自然状况有多远。只有这样，我们才能在湖泊的治理修复中具有明确的目标设定，按科学规律办事。

近年来，我们对长江中下游湖泊营养本底开展了初步的研究，其中包括对水生态环境有重要影响的磷。我们发现，总磷浓度一般为 40~60 微克 / 升，均值是 50 微克 / 升。按照我国的环境评价标准，这意味着相关湖泊处于中度营养水平，但如果按照欧洲的标准，超过 35 微克 / 升就是富营养化状态。可见，长江中下游湖泊营养本底本来就很高，环境容纳量小，这与该流域受季风气候影响有关。季风会带来大量的降水，维持了流域较高强度的侵蚀，致使大量营养物质被带入水体。但一些地方在开展湖泊治理修复工作时缺乏充分的科学依据，声称要削减总磷浓度并使之降到 20 微克 / 升甚至更低。再如，当一些湖泊需要实现水生植物修复目标时，我们就需要通过回顾历史，提供适合这些湖泊水生植物修复的物种、组成和植物多样性状况等信息，而不是盲目地引进外来物种，否则可能会引起物种入侵等问题，雪上加霜。

本文作者系中国科学院南京地理与湖泊研究所研究员

长江水文需要统一联合调度

文 / 陈进 图 / 肖文松

湖北省鄂州市小南湖堤与磨刀矶节制闸

长江水文联合调度的背景

长江流域位于东亚温带、亚热带季风区域，属于典型的季风气候，雨热同步。多年平均年降水量为 1087 毫米，并不算少，但时空分布十分不均。在空间分布上，降水量由东南向西北递减，最少的江源地区仅 300~400 毫米，最多的江南地区超过 2000 毫米，径流的地区分布基本上与降水一致。在时间分布上，降水和径流年际变化呈现出支流大而干流小的特点，年内丰枯差异明显，夏季降水多，常占到全年的 70% 左右；冬季少，一些四级或者五级支流在枯季时甚至会出现断流现象。而人类用水除农业有季节性变化外，工业、生活用水年内变化很小，所以从 1949 年以后，我国修建了 9 万多座水库，主要目的是以丰补歉，满足人类用水需求。而空间分布不均只有靠引水调水工程来解决。长江流域已经修建了 51643 座水库，总库容 3606.9 亿立方米，占长江水系多年平均地表水量的 36.7%，总兴利库容 1799.9 亿立方米，占多年平均地表水量的 18.3%。虽然水库数量很多，但大型水库（库容在 1 亿立方米以上）仅 282 座。在干流和主要支流上修建的、具有较大调节能力的超大型水库被称为“控制性水库”，一般一条河流上只有 1~2 座，参与水库群联合调度。

长江流域绝大多数控制性水库都是 1980 年以后建成的。在此之前，长江干支流水文过程主要受支流水库和水闸调节，对河流水文过程改变较小，影响仅局限于支流河段。随着三峡等控制性水库和南水北调中线东线一期工程的建成，流域内及跨流域水库群联合调度成为可能，调度的目标从过去的防洪、发电、灌溉向抗旱、供水、航运、生态和应急等多目标调度方向发展。

每一座水库根据功能都有各自的调度方案，而且隶属于不同地区管理或者不同机构分级管理。一般的兴利调度，如发电、供水等由各个水库管理机构负责，而防洪、抗旱和生态等公益调度，则由流域或者地区水行政管理机构统一负责。大型水库的蓄水也需要统一安排，不然一旦集中在汛后蓄水，不仅不能保证水库的蓄满率，而且还可能对下游地区用水和生态环境产生不利影响。所以，控制性水库必须统一联合调度。另外，长江流域还有 38204 座水闸，其中大型水闸 265 座，引水能力累计起来数目也不小，如长江中下游每年通过水闸引江水量在 600 多亿立方米以上，比南水北调的水多出数倍以上。所以，无论从人类用水还是生态环境用水的角度，都需要对这些水库和水闸实施科学、有序的调控。

现行水库联合调度方案

大型水库一般都是多功能的，导致即便单个水库的多目标调度都十分复杂，何况流域水库群联合调度。以三峡水库为例，其总库容 393 亿立方米，兴利库容 165 亿立方米，防洪库容 221.5 亿立方米，尽管属于超大型水库，但仍然属于季节性调节水库，不能将全年的来水（超过 4000 亿立方米）装入水库，所以只能调节长江水流的年内分配过程。三峡水库主要功能是防洪、抗旱、发电和航运，其中防洪排在首位。每年汛期 6 月初必须将水位降至 145 米的汛限水位。从 145 米到 175 米（正常蓄水位）有 221.5 亿立方米的库容，称为“防洪库容”，在汛期进行拦蓄洪水，消减中下游的洪水过程。拦洪时水位会上升，洪水过后，又降回至 145 米，等待下一场洪水。这样一直等到汛末 9 月中旬，再用两个月左右时间逐步蓄到 175 米，然后按上游来水发电和供水，维持较高水位运行，保证库区航运畅通和发电效率，等到 12 月份来水过小的时候，再利用水库的蓄水发电和供水，水位开始逐渐下降。到第二年 5 月下旬，维持水位不低于 155 米，这样既可以保证航运畅通，也可以维持发电机较高水头，保证发电效益。水位在 155 米到 175 米间的库容为 165 亿立方米，称为“兴利库容”。从 5 月下旬到 6 月上旬，水位再次从 155 米下降到 145 米汛限水位，迎接第二年的洪水。这仅是三峡水库大致的调度

方案，实际调度过程中考虑的因素还很多，如水库水位下降速度需要控制，需要考虑水库岸坡稳定和航运安全；下泄水的流量不低于6000立方米/秒，保证下游河道航运水深和生态环境用水；水电站发电需要考虑电网运行安全和用电计划；泄洪需要考虑中下游洪水错峰与河道堤防安全，保证不超过河道的安全泄量等。

目前，国家防汛抗旱总指挥部办公室已经将长江上游的21座控制性水库和中游的7座大型水库纳入统一调度，这样参与联合调度的水库数量达到28座，以后还会增加，未来调度还会包括大型水闸。

以防洪调度为例，需要考虑两个层面的问题，一是综合考虑堤防、水库和分蓄洪区使用的调度方式；二是仅考虑水库群的联合调度。显然，前者更为宏观，这就需要考虑洪水调蓄的时空分布，平衡各地洪水风险，属于防洪战略层面；后者偏重战术层面，需要考虑协调水库群兴利与防洪矛盾，进行多目标优化调度。随着三峡等长江上游大型水库的建成，中下游地区及社会各界希望它们发挥更大的防洪作用，并希望尽量使重要堤防不超过警戒水位，同时减少分蓄洪区使用的几率。从社会经济效益方面讲，这是合理的，但在技术和风险控制角度上则存在较大问题，那就是过分依靠水库的防洪作用，对堤防和分蓄洪区的建设、维护和管理不一定有利。三峡水库防洪主要对象是中到大的洪水过程，调度方针是蓄泄兼顾，以泄为主，不宜改为以蓄为主，否则会增加水库的防洪风险。要想充分发挥三峡等上游水库的防洪作用，必须提高洪水预报的精度，控制洪峰连续出现时水库本身的防洪风险，同时需要妥善解决水库排沙问题。

深化水资源统一调度。按照“兴利服从防洪”“电调服从水调”的原则，实施长江流域水库群联合调度。优化水资源配置，优先保障生活用水，切实保障基本生态用水需求，合理配置生产用水。统筹防洪、供水、灌溉、生态、航运、发电等调度需求，优化水库群蓄泄过程。

摘自环境保护部、国家发展和改革委员会、水利部联合编制《长江经济带生态环境保护规划》（环规财〔2017〕88号）

需要解决的科技和管理问题

影响长江水文过程因素主要有两方面：一是人类活动，包括水库调节、河道采沙、洲滩和岸线占用、码头和桥梁建设等；二是自然变化，如气候变化引起的极端水文事件（洪水或干旱频率的增加）、河道演变及江湖关系调整等。显然，在短周期内，人类活动影响是主要因素，但对于不同河段或者区域，水文过程变化的主要因素不同。总体来说，水库群联合调度对于长江流域经济社会发展作用巨大，但对于生态环境有负面影响。长江水系生态系统是千万年演变形成的，自然的水文节律是生态系统所依赖和需要的，水库调节必然影响水生生物，特别是珍稀和特有物种。所以，目前水库群联合调度不仅要考虑为人类服务，而且也要考虑减轻生态环境压力，其中仍存在许多技术和管理难题。

再以生态调度为例，下泄生态流量、制造洪水过程需要上下游水库群相互配合。由于水生态系统的复杂性，目前大型水库的生态调度还没有真正纳入调度规程，最多是保证最小下泄流量（常称为“生态基流”），或者利用来水条件制造几个中小洪水过程。下泄最小生态流量是生态调度的初级阶段，实际上包含了下游生活生产用水和保证水功能区水质目标等环境用水，离保证水生态系统结构完整、恢复自

截断洪湖与长江联系的水闸之一 摄影 / 张翼飞

然水文过程目标还有很大的差距。以长江鱼类为例，鱼类生活需要“三场一通道”，即索饵场、产卵场、越冬场和洄游通道。就洄游鱼类繁殖而言，不仅需要一定的洪水过程，还需要特定的水温和流速等物理化学过程，如果再考虑其他两场一通道，则要求更高，目前的水库群联合调度还不能完全满足这些要求。

从水库联合调度的管理角度，首先，需要完善流域的气候和水文站点自动监测网络，建立流域级降水径流模型，提高中期水文预报的精度，为水库联合调度提供及时、准确的预报信息。其次，需要制定不同河段（地区）、不同层次和不同对象水库群联合调度启动条件（阈值），同时建立起联合调度效果监测和评价方法，为利益协调和补偿提供依据。第三，需要研究和提出有效的调度方法，将防洪、生态、抗旱等公益调度与兴利调度结合起来。虽然水库群联合调度产生的综合效益肯定比单个水库调度要好，但由于各水库隶属于不同地区和不同的业主，整体综合效益好不一定意味着单个水库兴利效益好；同时，社会效益好不一定意味着经济效益好，水库群联合调度涉及的利益相关者多，利益关系复杂，协调管理难度大。防洪、抗旱和生态调度基本上属于公益性范畴，社会效益和间接经济效益大，受益面广，但受益主体难以确定，经济效益难以评估，而且调度方案技术要求高，水文预报、调度效果和影响都具有较大的随机性，调度本身也承担着一定的风险。所以，水库群联合调度的技术和管理问题还值得进一步完善，需要得到社会各界的广泛理解和支持。

本文作者系水利部长江水利委员会长江科学院副院长、博士、教授级高级工程师

长江江湖关系

江湖关系定义

认识长江

年龄

约2300万岁。
当时青藏高原开始隆升，亚洲季风气候开始形成。

范围

头尾：发源于青藏高原唐古拉山，自西向东由上海流入太平洋。地势落差约5400米，长约6300公里，居亚洲第一，世界第三。

体量：流域面积约180万平方公里，约占中国陆地总面积五分之一。上游从源头至湖北宜昌，长约4504公里，流域面积约100万平方公里；中游从湖北宜昌至江西湖口，长约955公里，流域面积约68万平方公里；下游从江西湖口至入海口，长约938公里，流域面积约12万平方公里。

支流：超过1万条，其中437条流域面积超过1000平方公里，22条超过1万平方公里。

水

年均径流量：约9600亿立方米，约占中国入海河流总径流量三分之一，在世界上居于第四位。约46%的流量来自于上游，约18%来自于洞庭湖流域，约15%来自于鄱阳湖流域。
5-10月洪水期贡献了上游干流约80%的流量，以及中下游干流约75%的流量。

输水量：湖北宜昌每秒约1.39万立方米，安徽大通每秒约2.87万立方米。

水位（海拔）：宜昌约43.8米，大通约8.7米。7-9月水位最高，12月-次年1月最低，年落差约16米。

沙

湖北宜昌段：
每立方米水含沙量约1公斤，每年流出约5亿吨。
安徽大通段：
每立方米水含沙量约0.5公斤，每年流出约4亿吨。

营养

总氮很低，总磷相对较高。

认识长江中下游湖泊

起源演化

洞庭湖及江汉湖群……
龙感湖等地处长江中下游湖泊……
鄱阳湖……
太湖等长江三角洲及沿海平原地区湖泊……

一般特性

一、……约1.6万平方公里……洞庭湖、鄱阳湖、巢湖、太湖。
二、……5米……
三、……18个……100平方公里。
四、……
五、……

四大湖特性

年龄：洞庭湖约2500年，鄱阳湖约3000年，巢湖约1万年，太湖约3600年。
水位变幅：洞庭湖约11.8米，鄱阳湖约5.9米，巢湖约2.5米，太湖约1.3米。
换水周期：洞庭湖约20天，鄱阳湖约59天，巢湖约127天，太湖约264天。

分群

江汉-洞庭湖平原湖群：
赣-皖湖群：
苏-皖湖群：

认识长江中下游江湖复合生态系统及其保护

益处

增强防洪能力
是洪水的缓冲器。在1954年的特大洪水里，鄱阳湖削减洪峰高达43.8%，滞后洪峰约3天，洞庭湖则是40%，滞后洪峰约3天。

保障水资源供给
能减少季节性缺水，缓解灌区枯水期供水压力，有利于航运。

保障水环境健康
能提高湖泊水环境容量，减少营养盐滞留。

保障水生态安全
连通及维持物种多样性……为水生植物、鱼类、鸟类、长江豚类等提供栖息地，防止湿地退化。

保护

出发点
长江洪泛平原是一个完整的生态系统，国际地位举足轻重，生物多样性保护必须从整个流域角度考虑。

理论基础
通江湖泊面积不能小于1.44万平方公里，意味着目前至少0.89万平方公里已被阻隔的湖泊需要与长江重新连通。

可行性措施
开展水闸、水库的生态水文统一联合调度。

恶化状况

淤积加重
洞庭湖：1951-1994年累计平均淤高约1.7米，损失容积约42亿立方米。
鄱阳湖：1956-1994年累计平均淤高约0.1米，损失容积约3.6亿立方米。

栖息地丧失
河流渠道化：……
湖泊面积急剧缩减：从1949年约2.6万平方公里减少至目前约1.6万平方公里。
湖滨带退化甚至消失：……
过度挖沙：2002年……

水文格局改变
……约5.2万座，总库容约3600亿立方米。

水污染
氮和磷导致的富营养化，重金属污染，有机污染。

生物资源的过度利用
过度捕捞，高密度网箱养殖。

湖泊急剧萎缩的主因：围湖造田

江湖阻隔对湖泊带来的生态效应

一、……
二、……
三、……
四、……

长江洪泛平原造就及维持的生物多样性

约400种水生植物和湿生植物。
约170种软体动物（其中约90种为中国特有）。
约200种鱼类（其中约100种为中国特有）。
约400种水鸟。
约50种爬行动物。
约60种哺乳动物（其中白鱀豚和长江江豚为中国特有）。

资料主要来源：

王洪铸，刘学勤，王海军. 2016. 长江洪泛平原湖泊的生态威胁及修复措施. 美国鱼类学会论文集，84：263-291.

万荣荣，杨桂山，王晓龙，秦年秀，戴雪. 2014. 长江中游通江湖泊江湖关系研究进展. 湖泊科学，26（1）：1-8.

王苏民，窦鸿身. 1998. 中国湖泊志. 科学出版社.

途经西藏昌都的金沙江。根据环保部、国家发改委、水利部2017年联合编制的《长江经济带生态环境保护规划》，为优先保障枯水期供水和生态水量，需要妥善协调上下游、干支流的关系，深化河湖水系连通运行管理和优化调度机制，增加枯水期下泄流量，在保障生产生活用水的同时，促进长江干流、鄱阳湖及洞庭湖生态系统平稳恢复。摄影/刘应华