

# 鄱阳湖湿地：解决生态与经济冲突的生态系统方法

国际鹤类基金会 James Harris

世界自然保护联盟 庄昊

代表国际湿地—IUCN SSC 鹤类专家组



极度濒危的白鹤（*Grus leucogeranus*），其种群数量的 99% 以及其他 40 万只水禽在鄱阳湖湿地过冬。鄱阳湖生态特性的变化将极大地增加这些受危物种灭绝的可能性。

## 概要

鄱阳湖对江西省和数百万下游居民来说至关重要；同时，鄱阳湖也是全球生物多样性的重要地区。湖区丰富的水生生物资源包括多样化的植被和鱼类、全球唯一的淡水豚以及东亚地区最大的冬季水禽聚居区。在鄱阳湖建造水坝将会改变湿地的生态，对这一具地区和全球价值的地区产生不可逆转的影响。

本报告建议采用生态系统方法来管理鄱阳湖。生态系统方法重视不同生物有机体及其生存环境间的结构、过程和相互作用。该方法强调根据生态系统的复杂性和动态变化对其功能进行全面了解，从而制定与之相适应的管理措施。

水坝管理的目标被“江西鄱阳湖重点水项目办公室”描述为：恢复自然湿地；恢复其（湿地）对保护与发展带来的巨大利益。从生态系统的角度来看，该目标假定维持（或所谓的‘恢复’）湿地的生态学特征——包括自然水位和季节性波动。比如，管理将试图维持历史平均冬季低水位：在吴城的水位（吴淞高程）为 12 米的时候，在星子即为 9 米（即使水位在冬季有波动，湖水表面仍然由南而北呈自然斜面下降）。国际经验表明如果采用这样的策略，其发展所带来的好处是来自于湿地的生态系统服务功能。

水坝的设计和运作尚未确定，设计中的星子冬季水位 12—16 米（吴淞高程）将会造成湖区生态特征的巨大改变以及潜在的对湿地生态功能不可逆转的影响。这些改变将会极大地增加极度濒危物种白鹤、濒危物种东方白鹳和其他受胁物种灭绝的危险，因为这些物种在冬季除鄱阳湖之外并没有其它栖息地。

此外，如果在整个冬季将水位保持在 16 米，则会损失掉 100 亿立方米的洪水库容量，增加了流入湖区 5 条河流夏初发洪水的危险性。在冬季正常的低水位情况下，星子的湖水表面从南到北斜度是 3—4 米，湖水每年的更换率是 20.9 天。这种快速的更换维持了鄱阳湖相对较好的水质。如果水坝将冬季水位保持在高位，则湖水每年的更换速度将大大降低，湖水质量也会下降。而对白鹤和其他濒危水禽及鱼类极其重要的水生植被，则对水质的下降非常敏感。长江中游的洞庭湖和其它湖已经经历了一个非常突然的转变——由大型植物占主导的植被被浮游植物系统所替代，部分原因就是水质的下降。一旦这样的变化在鄱阳湖发生，即使可能恢复回来，其代价也将是非常昂贵的。

鉴于鄱阳湖国际与地区性的重要价值，考虑到湖泊功能和人类影响的众多不确定因素，我们强烈建议在下述各个步骤完成之前，能够推迟决定建设水坝。

步骤 1. 建造水坝的合理性——鄱阳湖水文情况近几年已经有所变化，已造成了对自然系统和经济利益的损害——需要做出严格定量化的评估，以明确任何水文变化所带来的影响及范围。

步骤 2. 制定理论模型并进行检验，模型应包括流域、水文学、植被、鱼类、江豚、水禽及人类因素，以及其它一些重要变量。如此，可以更好地理解不同变量间复杂的相互作用，亦可预测到未来的变化。

步骤 3. 如果环境发生了变化，则应该对造成变化的原因进行深入细致的分析，包括其它水项目的影 响。不同的原因或许会互相作用，也应对其独立的和互相作用的情况予以评估。

步骤 4. 需要明确信息空白。在对鄱阳湖做出最好的选择之前，通过研究来填补这些空白。比如说，需要对经济发展机会、战略与建造水坝二者之间的关系详加说明，也应该在步骤 5 和步骤 6 所述的其它（无水坝）选择中做些研究。这些研究应该检验如果通过“生态系统服务补偿”或其他方法，将投入到建造水坝或减少其负面影响的资金直接投入到改善盆地或其流域周边居民的生活上来。

步骤 5. 基于鄱阳湖地区环境改变的原因，应制定一系列的管理方案。建议中的水坝应该只是管理方案之一。为了评估水坝是可选方案之一，应该完成水坝的设计和运行计划，这样即可对水坝于环境的影响做出恰当的评估。

步骤 6. 运用周密的经济与环境分析来比较不同的“治理”策略，特别要重视成本—效益及湿地的生态服务价值。

完成了这一程序后，不管做出了怎样的决定，新产生的管理机构对鄱阳湖及水的管理仍要从全局出发，将整个系统视为一体，将整个湖区及其流域予以通盘考虑。这样的管理机构必须是权威的、独立的，用科学的方法来评估管理行动所带来的影响；并且，如果管理行动产生了负面影响，管理机构会实施调整方案来消除这些影响。

因为决策是基于技术信息的，则应该建立一个多学科的科学或顾问委员会，由其向管理机构提出建议。该顾问委员会应该负责监测项目，评估管理行动带来的影响，从而提出更正或改进的措施。

IUCN 可向江西省提供技术援助，包括培训、案例研究、评估，或执行“鄱阳湖生态系统方法”。

目录（页码增添于后）

执行概要

前言

目标

对“湖泊与湿地管理生态系统方法”的解释

鄱阳湖湿地与水禽的全球重要性

鄱阳湖湖口水坝建造的背景及理论依据

拟议中的水控制结构描述

为什么需要湖泊功能的理论模型

水坝对鄱阳湖生态系统功能的影响

洪水周期（鄱阳湖独特的水文特征）的变化

湖水置换周期的变化及对水质的影响

当前长江水文状况，特别是对洪水进行控制所引起的变化

对水生植物分布与多度的影响

对水禽的影响

对江豚及鱼类迁移的影响

近期环境变化及主要原因

三峡大坝导致长江水量减少

入湖五条河流流入量的变化

在鄱阳湖盆地，特别是出湖口区域挖沙的作用

气候波动与变化

针对负面变化中深层原因的对策

对三峡大坝及鄱阳湖上游流域内水坝的运行予以调整

流域内及湖盆水资源保护的措施

制定与挖沙有关的治理计划

为鄱阳湖制定应对气候变化的计划

## 方法及可供选择的发展策略

在水资源发展规划过程中认识生态系统服务功能

发展策略要与维持湿地生态系统服务功能相适宜

可用的经济与财政方法

生态系统服务补偿

中国生态补偿的经验

## 国际案例

### 建议

在决定管理决策前需采用的几个步骤

有效评估与决策过程中的一些特点

监测与评估

### 致谢

### 引用文献

例图（稍后插入图表）

附录 1. 生态系统管理的十二条指导原则

附录 2. 案例研究 1: 加纳阿科松博坝对沃尔特河环境、社会与经济的影响

附录 3. 案例研究 2: 在卡茨基尔及特拉华流域的可持续水管理为纽约提供净水

---

### 联系方式:

James Harris, 国际鹤类基金副主席, 湿地国际—IUCN SSC鹤类专家组组长  
E11376 Shady Lane Road, Baraboo, Wisconsin 53913, USA. Tel: +1-608-356-9462. Email:  
[harris@savingcranes.org](mailto:harris@savingcranes.org). Website [www.savingcranes.org](http://www.savingcranes.org).

庄昊, 世界自然保护联盟 (IUCN) 中国联络办公室中国项目协调员, 北京市朝阳区新东路 1 号塔园外交公寓 2-2-131。电话: +86 10 8532 4919. 电子邮件: [zhuanghao@iucn.org.cn](mailto:zhuanghao@iucn.org.cn). 网址: [www.iucn.org](http://www.iucn.org)

## 前言

鄱阳湖是中国最大的淡水湖，对江西和长江下游数百万人民极其重要。因其丰富重要的生物多样性，亦被世界所熟知。鄱阳湖丰富的水生资源（对当地经济非常重要）包括多种水生植被、种类繁多的鱼类，世界上唯一现存的淡水豚类，以及东亚地区最大的冬季水禽集群。在这些水禽中，有 16 种被 IUCN “濒危物种红皮书” 列为 “受胁种”（Ji et al. 2007），世界濒危物种东方白鹳（*Ciconia boyciana*）95% 的个体和世界极度濒危物种白鹤（*Grus leucogeranus*）99% 的个体在此越冬。国际社会对中国为保护这些世界的财富所做出的努力（包括将整个鄱阳湖盆地面积的三分之一划建成 19 处水禽及其它水生动物保护区，并指定鄱阳湖国家级自然保护区（22400 公顷）为 “国际重要湿地”）极为赞赏。不仅是中国人民对鄱阳湖的管理负有责任，世界也对这一独特和无价的湿地负有责任。而在鄱阳湖湖口建设水坝，有可能会对湿地的生态造成潜在的改变，而这一改变将对该湿地的当地与全球价值产生不可逆转的影响。

IUCN 认识到鄱阳湖是世界上最重要的湿地之一，从湿地与水管理的国际经验角度，我们建议在决定鄱阳湖的未来时，采用生态系统方法。该方法并不是着眼于评估水坝对湖泊的价值带来的好处或坏处，而是关注在湖泊的管理中，如何理解湿地功能及对挑战的科学评估。科学的理解将会为解决这些挑战带来针对可选策略的系统调查。生态系统方法首要的目标是确保湿地生态系统的功能，在制定发展策略时统筹考虑维持湿地的长期价值并协调其社会经济因素。

该文本讨论了鄱阳湖的生态特性及矛盾冲突，提出了简要的理论分析，建议在信息收集、研究和评估满足江西人民发展需求的多种途径时应采用更开放的过程。此过程应由中国的相关机构和专家们来承担。一旦需要，IUCN 可提供协助。

## 目标

### 四个目标

- 提出对鄱阳湖现有问题或资源利用矛盾的清晰阐述
- 寻求治理或停止当前环境负面变化的策略
- 建议采用能保持生态与经济价值平衡的方法
- 在维持湿地生态系统服务功能的同时，支持可持续发展

## 解释：湖泊与湿地管理的生态系统方法

《生物多样性公约》将生态系统方法定义为：对土地、水及生命等资源，用公平公正的方法促进保护和可持续利用并予以综合管理。

生态系统（本报告专指鄱阳湖生态系统）可被视为植物、动物、微生物群落及它们与非生命物质环境间互动的动态网络，而它们之间的关系非常复杂，到现在也没有被彻底认识。因此，在

发展项目的环境评估中，应用预警方法尤显重要。举例来说，鄱阳湖白鹤与水生植物苦草（*Vallisneria spp*）块茎间的关系：这些沉水植物在温暖季节生长，要求有半米多的干净湖水、日照及营养；在冬季，白鹤通常只能在少于 50 厘米的浅水区或湿泥中采食这些块茎。任何影响这个关系的因素——如，挖沙活动——都会使湖水浑浊，阻碍植物的正常生长，或者极大地增加冬季水位深度，造成白鹤采食困难。

在管理实践中，生态系统方法要求关注（生态）结构、进程及生物体及其环境间的互动关系，也应关注人类和他们的文化多样性。该方法强调合适的管理，用以应对生态系统复杂而动态的特性、对它们功能认识与理解上的欠缺。此外，必须认识到：没有一个简单的途径去实施生态系统方法，该方法依赖于当地、省、国家、地区及全球的情况。也可将其它管理与保护措施同生态系统方法相结合。在执行中，请遵从十二条指导原则（参见附录 1）

---

预警方法\*：应在决策过程中运用预警方法，以免某些不确定因素对生物多样性造成大的伤害。为了避免大的威胁或潜在的伤害，主要依赖于信息的可靠性与确定性。也不应该对预警法有极端的要求，一些小威胁或稍大些的不确定性也可以接受。在生物多样性保护和自然资源管理中使用预警方法的指南，可见于“预警原理项目” — <http://www.pprinciple.net/>

《湿地公约》决议 X19，综合水资源管理（IWRM）及更合适的湿地生态系统文本——河流流域综合管理（IRBM），均提供了在水资源管理中应用生态系统方法的措施。该方法在 IWRM 和 IRBM 中的定义不尽相同，但反映了同样的合作和协调理念，通过多部门、多层次的协调和合作，来保障土地和水资源利用的社会与经济利益可持续与公平分配，同时兼顾重要生态系统及其服务功能的保护。总之，可持续性是其目的，对生态系统提供足够的保护，使河流流域免受内部及外部土地及水资源利用带来的危害，维护湿地生态系统功能，为将来世代造福。这种保护包括对湿地生态系统进行的水供应。

IWRM 的某些描述集中在对汇水区或盆地水资源实际构成成分的管理。在湿地管理中，IRBM 更大范围的考虑或许更适合一些，因为那些考虑内容清楚地包括了土地和水；重点突出了在河流流域中，湿地生态系统连接土地与水系统的作用。

在水资源管理中考虑湿地中的水需求是迈向综合治理的重要的第一步，综合治理将包括在河流流域管理中对土地、水及湿地的通盘考虑。这第一步经常被用来促进 IWRM 和 IRBM 方法的发展和应用，因为湿地本身在如下两个方面就是综合的：

- 湿地本身就是土地与水系统的连接体，在水管理中考虑湿地即是综合的；
- 湿地的重要性对社会各行业来说，就是与水相关的生态系统服务功能所带来的利益应为人民所分享；也因此需要对湿地，无论是冲突或一致，进行共同探讨，这一探讨过程为不同行业和利益团体提供了整合的机会。

作为《湿地公约》的缔约国，中国已被要求通过“决议 X1”来实施《拉姆萨尔战略计划 2009—2015》。章节 1.7 提出要保障“综合水资源管理”所需的政策与实施行动；在规划和决策制定过程中，要运用基于生态系统的方式，特别要对地表水管理、汇水区 / 河流流域管理、海岸与海洋区域规划、气候变化减缓及相关对策行动予以关注。

## 鄱阳湖湿地和水禽的全球重要性

鄱阳湖是亚洲最大的淡水湖之一（参见图 1），季节性水文波动情况突出。鄱阳湖位于江西省，汇水面积 162,225 km<sup>2</sup>，约占该省面积的 98% (Li 2001)。除五条主要注水河流外，鄱阳湖亦受长江季节性逆流系统影响，年度水文变化极大。这种变化，无论是年度内或年度间的，都直接影响了植物生物量 (Li et al. 2004)。

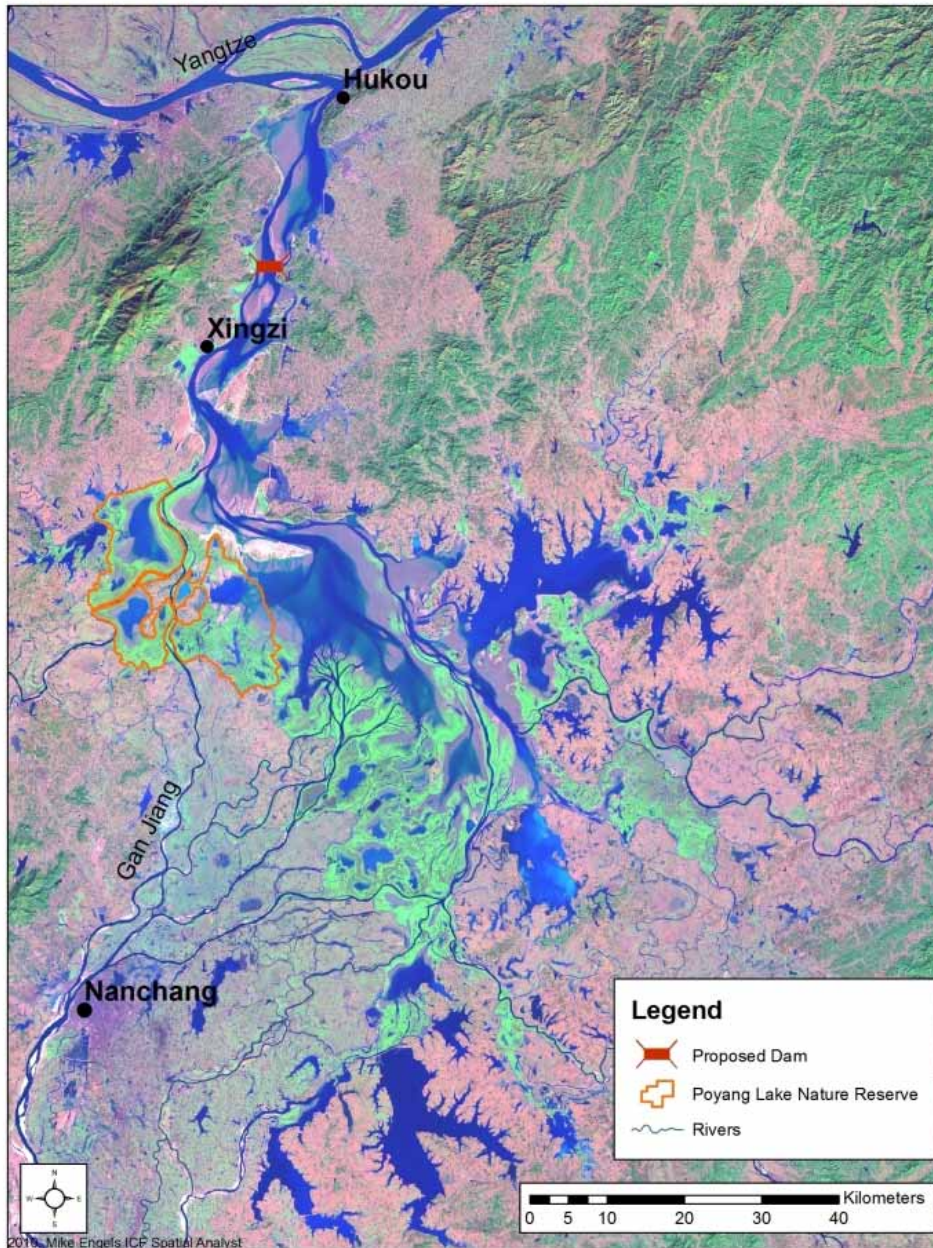


图 1. 鄱阳湖地图。显示鄱阳湖自然保护区边界，拟议中水坝位置及星子水文站

夏季鄱阳湖表面积为 4,000 多平方公里 (Shankman and Liang 2003)。秋季水位下降露出大量泥滩及相互独立的小湖 (Yesou et al. 2009)。这些水文特性的巨变，导致了鄱阳湖不同的生态进程，直接产生了不同的生境和丰富的生物多样性。特别地，水位的季节性变化导致鄱阳湖湿地产生了两个独立的生态阶段：亚热带植被在炎热的夏季占据优势并生长繁茂；而在冬季，温带植被则生长并占据优势 (Zheng 2009)。不同物种利用这些独立的生态阶段，形成了全年的生产力和丰富的生命多样性。

鄱阳湖因水禽而闻名世界，由丰富的挺水植物和沉水植物提供的食物资源是每年冬季成千上万只候鸟来此过冬的主要原因（李凤山等，2005）。比如，世界上半数量的易危物种鸿雁（*Anser cygnoides*）和白枕鹤（*Grus vipio*）于此过冬。冬季调查记录到平均值 425,000 只水禽，高峰值为 2005 年的 726,000 只水禽（马克·巴特等，2004；马克·巴特等，2005；李凤山等，2005；Ji et al. 2007；Qian et al. 2009）。两年间在长江中下游的冬季水鸟调查显示鄱阳湖有 12—15 种水禽的数量已超过该物种区域种群数量的 1%。也就是说，鄱阳湖是越冬水禽最重要的湿地。

在鄱阳湖亦生存有其它众多水生动物，包括全球易危种江豚（*Neophocaena phocaenoides*）和獐（*Hydropotes inermis inermis*），极度濒危物种白鲟（*Psephurus gladius*）——世上最大的淡水鱼类之一（有可能已经灭绝），以及受江西省保护的其它 30 余种物种。

## 鄱阳湖湖口水坝建造的背景及理论依据

2009 年，中国国务院批准了《鄱阳湖生态经济区规划》。该《规划》提议建设一个国家级的特别经济区，涵盖 38 个县、2 千 8 百万人口；提出了保护环境、促进经济发展、可持续地利用自然资源等一系列的目标和项目。水坝，或水控制设施，作为该《规划》的一部分但未被国务院批准。国务院要求江西在决定建造水坝前做进一步的环境影响调查，确定针对负面影响的有效机制。

对此，江西省已联系了多位专家学者，针对项目的 6 个方面组建了 6 个研究小组：

- 沉积物及对策
- 洪水控制与对策
- 水质及对策
- **鄱阳湖水利枢纽工程对湿地与候鸟的影响及对策研究**
- 鄱阳湖水生生物资源及对策
- 鄱阳湖和长江的联系

各研究小组于 2010 年 5 月前提交报告，这些报告将被集中讨论并整理成一份文件。

该过程是那些参与的专家们所建议的。然而，用于调查和完成报告的时间过于紧迫——大约 6 个月——不可能开展新的研究以弥补信息上的空白。此外，各研究小组没有被要求提出可选方案，只被要求评估大坝、大坝的影响和对策，以及对是否建造大坝提出建议。该过程也没有对那些不同的环境安全与经济利益的其他非坝行动进行比较。

在“江西鄱阳湖重点水项目办公室(2010)”的一份文件中，建造水坝的原因是这么写的：

“鄱阳湖不再拥有原先的生态系统并正在逐渐萎缩。特别是近些年来，旱季早到并持续更长时间，使鄱阳湖生态问题恶化并使湖区生态系统面临更大的压力。”

文件列出了一些问题：灌溉用水和生活用水间的冲突；湿地及水生态环境逐渐恶化；航运业和渔业发展缓慢；湖水水质恶化；由于环境适于钉螺的生长，导致血吸虫病流行。

项目建议恢复自然湿地及其生态和经济价值，这样，会提高水禽的生境质量；改善水质和渔业；扩展航运；满足灌溉和水供应的需求；减少疾病。

## 水控制设施的说明

现在尚无建造水坝的详细计划。在“江西鄱阳湖重点水项目办公室”的同一份文件中有一些初步信息，但有关水坝设计和功能的重要细节需等到 6 个研究小组结题之后才会制定。

水坝将会建在鄱阳湖向北延伸至长江的通道的最窄处（湖口）。该地点位于星子以北 12 公里，与长江汇合处以南的 27 公里处。水坝的长度为 2986 米，排水宽度为 2195 米。在水坝的西边设航运通道，东边设鱼类通道。水坝将设有一系列的泄水闸，目前正在考虑设计 16—20 米宽的闸口，但尚未决定如何开启这些水闸。

该项目试图在旱季用水坝切断湖区与长江的连接，但会在半年期的雨季中保持通畅。在该文件中，提出了一种尝试性的运行方式：

- 在湖江连接期（自 4 月 1 日至 8 月 31 日），开放所有的闸口保持鄱阳湖与长江的连通；
- 在鄱阳湖蓄水期（自 9 月 1 日至 20 日），闸口关闭，存蓄尾期洪水，将湖区水位保持在 16—17.5 米；
- 在三峡蓄水期（自 9 月 21 日至 10 月 31 日），闸口处上游水位降至 17.5—16 米左右；
- 在规定补偿期（自 11 月 1 日至 12 月 31 日）及枯水期（自 1 月 1 日至 3 月 31 日），根据下游水需求量及迁徙候鸟生境需要，合理调控水位，保护生态环境，促进社会经济发展。

该操作计划没有明确冬季 5 个月水位或其波动情况，也没有说明如何才能达到那些不可调和的目标。这些问题留待 6 个小组的报告，但该项目更清晰的目标——主要是保护鄱阳湖自然生态呢还是控制并改良湖泊？——将会影响对项目可行性的预测。在水坝运行中，允许水坝可以根据不同需要或基于对影响的评估来调节水位。

## 湖泊功能理论模型

生态方法依赖于对系统功能的理解。年度内和年度间水位的波动、湖面积、几乎江西全省都是鄱阳湖的流域、长江上游巨大的盆地等等因素，使得鄱阳湖系统特别复杂。

系统内不同部分是互相动态联系的，一个因素的变动会影响其他因素向着不可预期的方向变化。将这些因素分别仔细地分析后进行叠加，并不能得到对全局的理解，因为这些因素相互作用——这一情况在水文方面尤其如此，是水驱动了整个系统。

我们已描述过白鹤与食物苦草属植物间的相互关系。湖区的植被是湖区动物多样性和人类经济利益（渔业和畜牧业）的基础。植被与血吸虫病的散播也有联系，因为有家畜啃食植物，血吸虫从钉螺转到人体也更容易，而人和家畜都是最终宿主。禾本科—莎草群落植被带生长在湖泊的上层，一年的部分时间生长在水下，因此会被钉螺、家畜和人交互使用。水位抬高后的好处之一是：这个植被带会在一年中的绝大多数时间里被淹没在水下，这一变化有助于打断血吸虫病的传播链条。然而，水位抬高后，莎草—禾本科群落会移往盆地的更高处，或者群落变小甚至消失。综合考虑，这些动态关系提醒我们需要重新评估高水位控制疾病这一措施。“疾病区”是否只是简单地往高处转移，离人类更近了？是否放牧区缩小了，减少了畜牧业的利益？

理论模型对项目的基本分析必不可少，湖泊水文变化的原因是什么？它们是如何相互作用的？在不了解湖泊动态水文的情况下，人类的干预（诸如建造水坝等）肯定会导致不可预测的严重后果。请参见附录 1——大型水坝项目在未充分考虑环境与社会经济问题下的后果。

若无此理论模型，水坝对生态系统功能的影响评估将不能避免很多不确定性并会忽视某些重要的影响。

## 水坝对鄱阳湖生态系统功能的影响

本节阐明了价值和生态系统服务功能的复杂性、进一步分析研究的必要性；这些分析和研究可填补对鄱阳湖认识上的空白。

如前所述，预警的原理——在国际水管理项目中被广泛运用——可以指出一个行动最有可能引发哪些潜在的威胁；在评估影响时，也可最大限度地减少不确定性。不应该在当前很多信息空白尚未填补的情况下做出建造水坝的决定。

### 洪水周期的变化，鄱阳湖独特的水文特征

同太湖、巢湖等中国其它的湖泊不同，鄱阳湖水文特征非常独特（长江科学院数据）。在不同季节（枯水季节与平常时候），鄱阳湖上游与下游水位差异巨大。湖水表面水位自南而北（通向长江）呈梯度性下降（图 2）。鄱阳湖上游部分（南部）水面高度比北部的星子（位于狭窄的长江通道内，靠近坝址）高 4 米多。在南部的康山，一月份平均水位为 13 米，吴城（靠近鄱阳湖保护区）为 12 米，而星子一月份平均水位为 9 米。但当水位达到 15 米时，整个湖的表面持平（盆地被洪水淹没）。即，鄱阳湖秋冬季水位变化为自南向北梯次下降。水位的上升受洪水影响，趋势为自北而南（虽然在南部也有河水注入）。建坝后，如果在枯水季节将湖水

水位维持在 15 米或更高，则湖水表面的斜度将大大减少并保持相对持平。

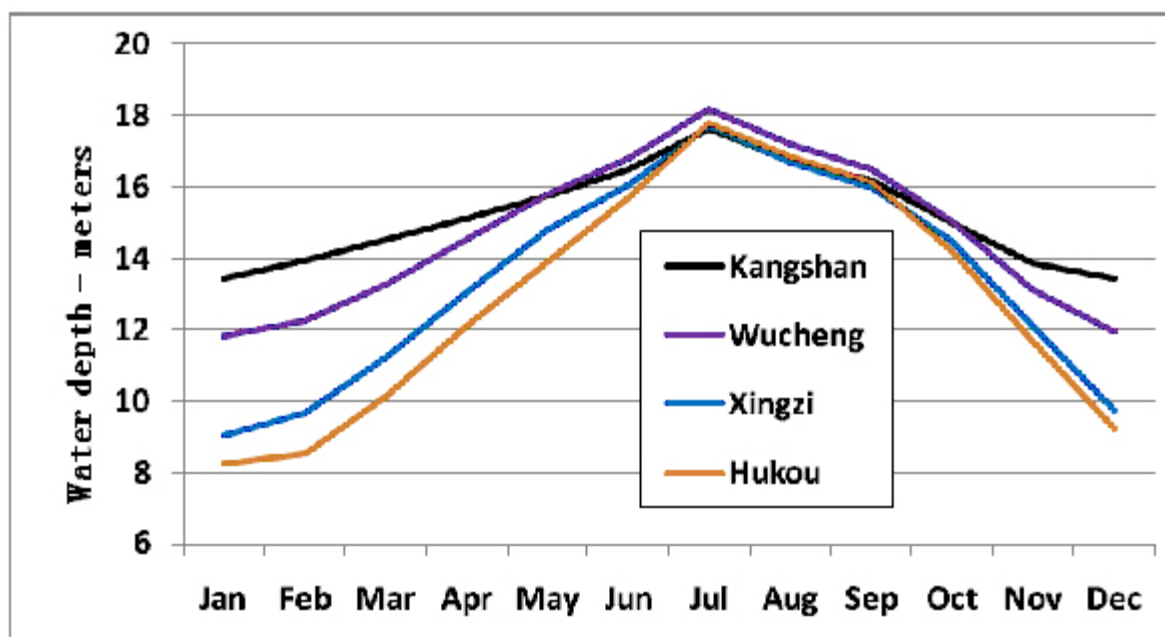


图 2. 1952 年-2007 年间鄱阳湖四个水文监测站记录的月平均水位变化（湖口资料为 1978—2008）（单位：米，海平线以上，吴淞）。水文站按由南（康山）到北（湖口）顺序排列。

在秋季，水位下降至 15 米以下时，水流出的趋势是自北而南的（北部水位首先开始下降），湖水表面斜度再次出现。若在星子附近控制水位，鄱阳湖这一基本而独特的特征将会消失。目前尚不清楚这一变化对系统其他因素的影响，但下几节会提到其中一个重要的影响。

### 湖水置换周期的变化，对水质的影响

鄱阳湖湖水年均置换率为 20.9 天（中国科学院）。换句话说，湖水每年置换 18 次。该置换率只比洞庭湖（18.2 天）的长一点，因此鄱阳湖是中国置换率第二快的大型湖泊。快速的湖水置换率是一种物理状态，可以冲洗掉污染物，保持湖水的净洁。当湖水水位下降到 15 米以下时，湖水斜度改变（如上节所述），水流特性成为重力流动，速度相对较快（1.4—2.8 米 / 秒）。当水位上升至 15 米以上时，湖水表面的斜度减少很多；在这种水位，重力流动减弱而风动成为重要的因素；风动的水流速度相对较慢，常为 0.1—0.8 米 / 秒，因此，水置换率比较低。在五条河流洪水期末期，长江水位抬升迅速，水流小，常在 0.1 米 / 秒以内。湖水水位越高，水流速度越慢。此时，湖水置换周期要比冬季的长（不考虑蒸发因素）。每年洪水与湖区排水的自然进程导致了鄱阳湖水快速的置换，但置换速率在不同的季节有所不同。

水坝会改变湖水置换速率的季节性差异，延长湖水置换周期，增加氮磷沉积，将这些营养物质积聚在湖泊的沉积物中。此外，沉水植物会因淹没（见下文）而死亡，这一新情况会减少植物传输营养的能力。水位相对平稳后，从养殖鱼箱流出的废物会降低水质。目前在长江中下游，人工养殖鱼箱的养殖规模已超出控制，污染严重，生态系统功能降低。若建了水坝并进行水位控制，鄱阳湖水水质问题会很严重。根据江西省环保局 2004—08 的数据，鄱阳湖污染程度尚轻于太湖和巢湖，但在部分地区，氮含量已接近巢湖（2007），磷含量接近太湖。2007 年 8 月

中旬，在鄱阳湖核心部分发生了大规模的水华。沿着堤坝，蓝色的水藻布满了 200 米宽，数公里长的区域并持续了一个星期。这是湖水富营养化的信号。

### **洪水控制对长江水文状况的改变**

该项目将会改变长江洪水的格局。长江中游的洪水是中国的最大威胁。鄱阳湖作为一个天然的储水池，对这一区域的洪水（长江和五条江河的洪水）控制非常重要（崔丽娟，2004a 及 2004b）。

五条江河引起的洪峰通常是在 5、6 月间。夏末（7—9 月间），长江洪水倒灌入鄱阳湖（中国科学院）；9 月份之后，洪水期结束，湖水水位逐渐下降直到 12 月或 1 月间降到最低点。在枯水季节，鄱阳湖虚“胃”以待。这一阶段很重要，当水位从 8.33 米（1998 年星子最低记录）上升到 16 米时，鄱阳湖的蓄水量为 117.5 亿立方米，等于三峡水库一半的库容量，而这是在没有任何水坝的情况下发生的，鄱阳湖是个天然的大容量洪水蓄积盆地。

水坝设计将水位稳定在 16 米，如此一来，将会损失 100 亿立方米的洪水存蓄容量。如此巨大的损失，将会增加长江洪害的威胁、改变洪水控制局势、危害长江中下游安全。同时，即使水坝的闸口全部打开，水坝仍然会使从鄱阳湖流入长江的洪水量减少。水坝的大堤，以及冬季和早春季节的高水位，会增加鄱阳湖地区洪水的威胁。

## 对水生植物分布与多度的影响

2006—08 年间，水生植物的分布面积平均为 2012 平方公里，约占湖面积的 60% 以上(T. Marie, Louis Pasteur 大学，未发表数据)。该平均值低于 80 年代鄱阳湖的水生植物面积 -- 2262 平方公里（即湖面积的 80%）（王苏民和窦鸿身，1998），2006 至 2008 年间水生植物面积出现了较大的年际变化。这种差别可能是由于一些短期变化而造成。沉水植物分布在 9—12 米高度，主要为苦草属植物和眼子菜属植物，估计分布面积为 1366 平方公里（中国科学院）。莎草科植物群落（苔草属不同种及其它植物）主要分布在 12—15 米高度，面积 519 平方公里。湖边缘高度在 15—16 米，分布有芦苇和其它植物（包括禾本草类）。16 米以上则为湖周草地，以牧草为主。这种植物群落格局说明，如果（水坝）项目将水位控制在 16 米，则所有这些沉水植物和挺水植物均会被全年淹没在水下（所有植物的分布高度都在 16 米以下）。在这个新的水位下，植物群落可能将不复存在。比如说，莎草区植物的物候是与水文变化相吻合的——每年，这些植物有两个生长季（3—5 月，及 9 月下旬），如果总是处于洪水之下，这些植物就会死亡。

图 3 标示了这些植物群落的分布区域。一旦建起了水坝，深水将会迫使植物移往更高处到湖周附近。苦草属植物对变化的反应比较快，但莎草科植物和禾本科草均为多年生植物，往往需要数年时间才能重建种群。这些植物是很多雁类物种的主要食物（这些物种形成了植物采食群）。如果这些植物需要数年来重建种群，那些成千上万只雁在这些年吃什么？

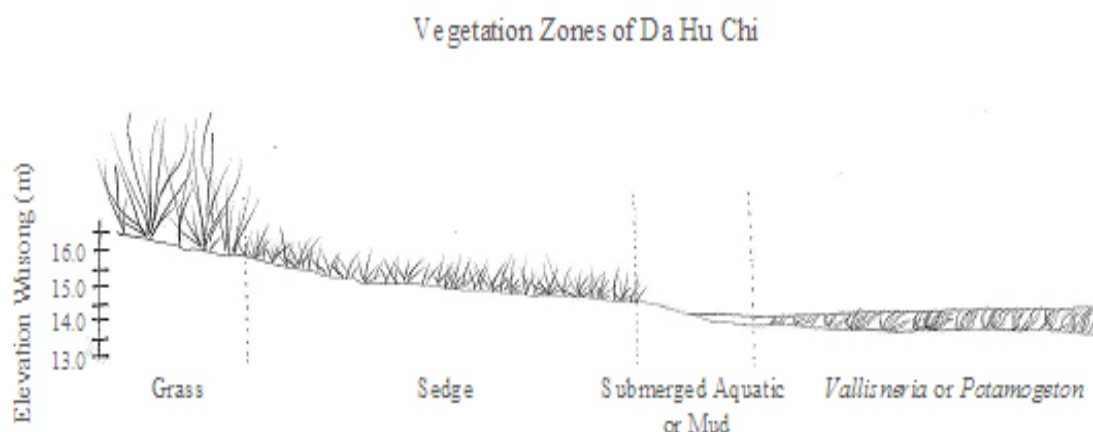


图 3. 大湖池区不同植被区域示意图，按海拔高度从高（左）到低（右）排列（吴淞）。在大湖池，莎草带海拔为 15.34 米（吴淞），泥滩带海拔为 14.4 米（吴淞）。这些区域，按大湖池测量的，确定界限为（吴淞）：禾本科草区 >16 米；莎草区 = 16.0-14.6 米；沉水植物或泥滩区 = 14.6-14.3 米；苦草或眼子菜属区 = 14.3-13.9 米。大湖池在冬季与主湖区不连接，其植被区域比主湖区的相应植被区域的海拔要稍高一些。

水生植被还面临着另一种威胁。由于水管理和水质的改变，苦草属植物在长江流域中游部分地区诸如洞庭湖和升金湖已大面积消失（Fox 等，准备出版）。水质的恶化——包括营养流失和水质浑浊——会在鄱阳湖引起同样的结果。对其它地区的研究已充分证明：湖泊系统发生改变的临界点是优势大型植物如苦草属植物等被浮游植物所替代（Scheffer et al. 2001）。这样的

改变或许是不可逆转的，是水质恶化的严重不良后果，并会导致进一步的恶化。如果鄱阳湖发生了这些改变，那么白鹤和其它取食植物根茎的鸟类的食物数量将会急剧下降，一些未知但可能的负面作用也会影响到鸟类。江西省近来努力减少对盆地的侵蚀和将未处理的废水排入河湖、在鄱阳湖附近地区倡导“生态友好型”工业，这是迈向维持当前生态的重要步骤。这个问题很复杂，由于水坝改变了自然水文（特别是降低了水置换速率和污染物冲刷能力），从而改变营养流或骤然改变了其它因素，会引发大型植物种群的崩溃。

### 对水禽的影响

对越冬水禽的威胁评估必须要全盘考虑在长江中游、在中国乃至东亚范围内，针对这些具全球重要意义的鸟类种群发生了什么。中国的水禽数量急剧下降（Cao et al, 2008a,2008b）。据陆健健（1996）的估算，在二十世纪九十年代初，中国的鸭科鸟类数量为3—4百万只，现在只有110万只左右（Cao等，2008a）。雁类种群下降明显，所有在鄱阳湖越冬的5个种（小白额雁 *Anser erythropus*，白额雁 *A. albifrons*，豆雁 *A. fabalis*，灰雁 *A. anser* 及鸿雁）的种群数量反映了同样的趋势（湿地国际 2006）。自1980年代中期以来，从北极飞到中国的白额雁和豆雁的繁殖种群数量分别减少了80%和65%（Syroechkivskiy 2006）。鸿雁在中国东北、俄罗斯东南和蒙古东部繁殖，但由于干旱和人类干扰，多年来在繁殖地的大部分区域繁殖率下降（O. Goroshko, N. Tseveenmyadag, 及 L. Su, 个人交流）。

鄱阳湖因为其高度多样化的采食生境，对种类繁多的鸟类尤显重要。雁类（除鸿雁外）属于食草群，主要采食草类和莎草，而这些草类都生长在湿地的上缘并在冬季生长，那时候这些草类是暴露在空气中（而非水下）的（见 Barzen 2008）。白鹤、白枕鹤与白头鹤 *Grus monacha*，小天鹅 *Cygnus columbianus* 及鸿雁组成了块茎采食组，均采食沉水植物的块茎，主要为苦草属植物（虽然白枕鹤及白头鹤在冬季比其它三种较少依赖于这种食物）。夏季和冬季的水位对这些鸟类的食物来说至关重要。夏季的水位必须适合这些植物的生长（不同于莎草和牧草，它们在温暖季节里生长）；在冬季，苦草属植物变老了，而鸟类需要浅水与湿泥，好挖掘块茎。深水和干硬的泥地会阻碍鹤类和其他鸟类采食这些食物。白鹤主要在水深小于30厘米的区域采食，偶尔也会到水深不超过50厘米的地方采食（ICF未公布数据）。如果吴城水位（吴淞高程）在冬季保持在14或16米，则该地区几乎所有的生境将被淹没在水下，鹤类采食不到块茎（Barzen et al, 2009）。鸟类将被迫到其余残留的几小块地方觅食，这些地方靠近湿地的上缘，人类活动频繁。根据记录，鄱阳湖的鹤类不在靠近人的地方取食或栖息。

其他鸟类（包括东方白鹤）构成了吃鱼群体。东方白鹤专门取食受伤的或在围网中的鱼，那里水位比较低浅。冬季水位的巨大变化将会改变东方白鹤喜爱的这一生境。

总之，这些物种在冬季依赖于鄱阳湖生存。长江下游河漫滩中类似的生境已越来越少。比如说在洞庭湖，近些年来几乎已看不到以块茎为食的鸟类；而在过去的五年，升金湖以块茎为食的鸟类数量急剧减少（Fox et al, 付印中）。由于冬季的高水位而使鄱阳湖丧失鸟类的采食生境，对那些受威胁和数量下降的物种来说，具有灾难性的影响。

一旦因为水坝的建造或其他发展项目而使鄱阳湖的适宜生境减少，这些具不同采食策略的鸟类是否能在其他地方找到替代的生境？在这些物种中，对白鹤的情况了解得最为详细。长江下游

最近几次水禽调查显示只有不到 0.5% 的白鹤使用鄱阳湖以外的湿地（马克·巴特等，2005；曹垒，未发表数据）。小天鹅也采食块茎，可见于长江下游其他区域，说明块茎分布广泛。对于白鹤来说，大多数湿地的水深很不便于采食。若鄱阳湖丧失了越冬生境这一功能，将极有可能导致野生白鹤的灭绝。

### 对江豚和鱼的影响

长江江豚(*Neophocaena phocaenoides asiaeorientali*) 是唯一生活在淡水环境中的鼠海豚，该亚种为中国特有种，于 1996 年被定为濒危种，对其濒危等级正在重新认定。分布区域曾包括长江和众多湖泊，除了洞庭湖和鄱阳湖外，其他湖泊均被泄水闸和堤坝将其与长江分割。长江江豚近年来数量锐减，1991 年为 2700 只（Zhang et al, 1993），2006 年为 1800 只（Zhao et al, 2008）。整个种群数量在河流的主干道内年均下降速率不小于 5%（Zhao et al, 2008）。估计在鄱阳湖内有 450 只（肖文等，2000，2002；Zhao et al, 2008），约占所有种群数量的四分之一，面临着日益增长的渔网、船撞、污染及水管理项目的威胁。同其他水体相比，鄱阳湖江豚的密度是最高的。

江豚是水生哺乳类，靠声纳导航和捕食，因此对前进道路上的障碍物非常敏感；它们以鱼为生。捕食时，它们很活跃，常常追赶一群鱼。拟议中的水坝将阻止江豚在长江和鄱阳湖之间移动并使它们的分布区碎片化。如果水坝的设计只考虑了鱼的通道，则此设施就不能满足江豚的需求。即使泄水闸是打开的，但没有人知道江豚是否会利用这些闸口；水坝对这个旗舰物种有着致命的影响。

即使提供了鱼通道，水坝仍然会影响鱼类，阻止了它们的迁移并分隔它们的种群。在南矶山国家级自然保护区 2003—2004 记录到的 58 种鱼类中，20 种是迁移的（吴志强等，2006）。很多鱼类，包括经济性鱼类，会利用莎草区产卵；因此，高水位（同样会影响莎草群落的分布与多度）会对鱼的种群产生非常复杂的影响。极端濒危物种中华白鲟种群，以及其他一些曾见于鄱阳湖的珍稀鱼类，在长江流域急剧减少（Dudgeon 2010）。除了实际存在的障碍物，水质和水流的变化也会对这些物种产生巨大的影响。这些负面影响对只生存于长江盆地的众多鱼类来说压力巨大；预警方法表明，在建设水坝被批准之前，需要对这些影响要有完全彻底的评估。

## 近期的环境变化和其它起作用的因素

鄱阳湖已经历了很多变化——该区域被人类频繁使用和管理了数千年——近几十年来更在生物多样性和巨大的人类利益方面贡献突出。过去 50 年间收集的数据提供了用于评估当前变化的本底资料。

需要对最近的数据进行严格的检验用以对照本底情况，来检查冬季水位是否有变化。我们没有这些数据去做完全的分析，但用已有的最近几个冬天最低水位的数据可同其他年份同时间段的情况进行比较。图 4 是按时间顺序（1956—2009）所测星子附近（距拟建水坝不远）鄱阳湖冬季月均水位。图 5 是湖口相同时间段内从鄱阳湖流出到长江的水量。两图显示了季节和跨年度水位与水量的变化，也标明了在将近 10 年的长周期内高于或低于平均值的排出量和水位。这或许反映了降雨和江河水流入到湖泊里的自然周期。

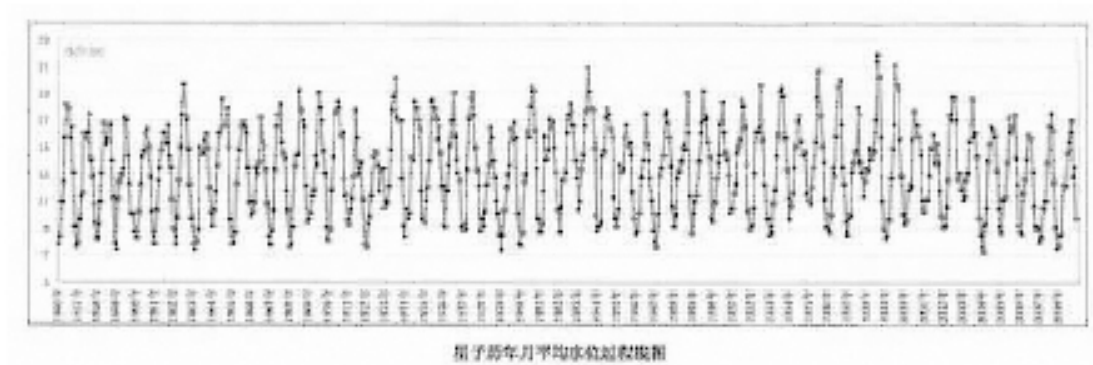


图 4. 鄱阳湖月平均水位（吴淞），于星子水文站测得，1956—2009

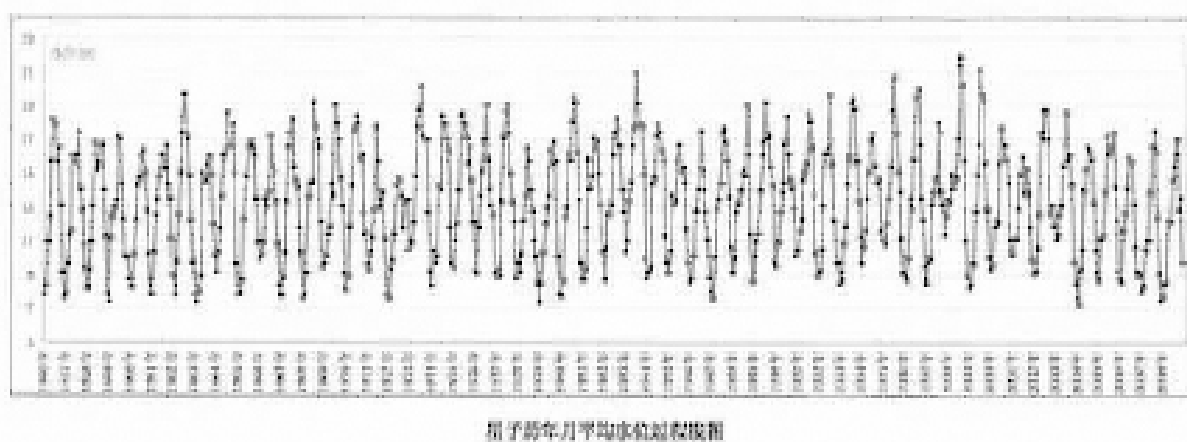


图 5. 从鄱阳湖流入长江的月平均流量（单位：立方米/秒），在湖口水文站测得，1956—2009

图 6 为 1995—2008 年间赣江和修河在吴城站（接近鄱阳湖自然保护区）的月均水位。如果管理项目的目标是保持鄱阳湖的自然水文状况，那此图可为此目标提供一个量化指标。夏季水位的变化要大于冬季的。各月间水位的变化显著，维持冬季水位（16 米，或至少 14 米）则成为该片湿地最大的变化——14 米的水位已高于两个标准差的值，高于 12 月至 2 月间的平均水位。换句话说，14 米水位比 12 月—2 月两条河的平均水位高出 2 米。需要记住的是，如果在星子附近水位保持在 12 米，由于冬季湖水斜度的原因，吴城的水位将很有可能超过 14 米，高于 53 年平均值两个标准差。

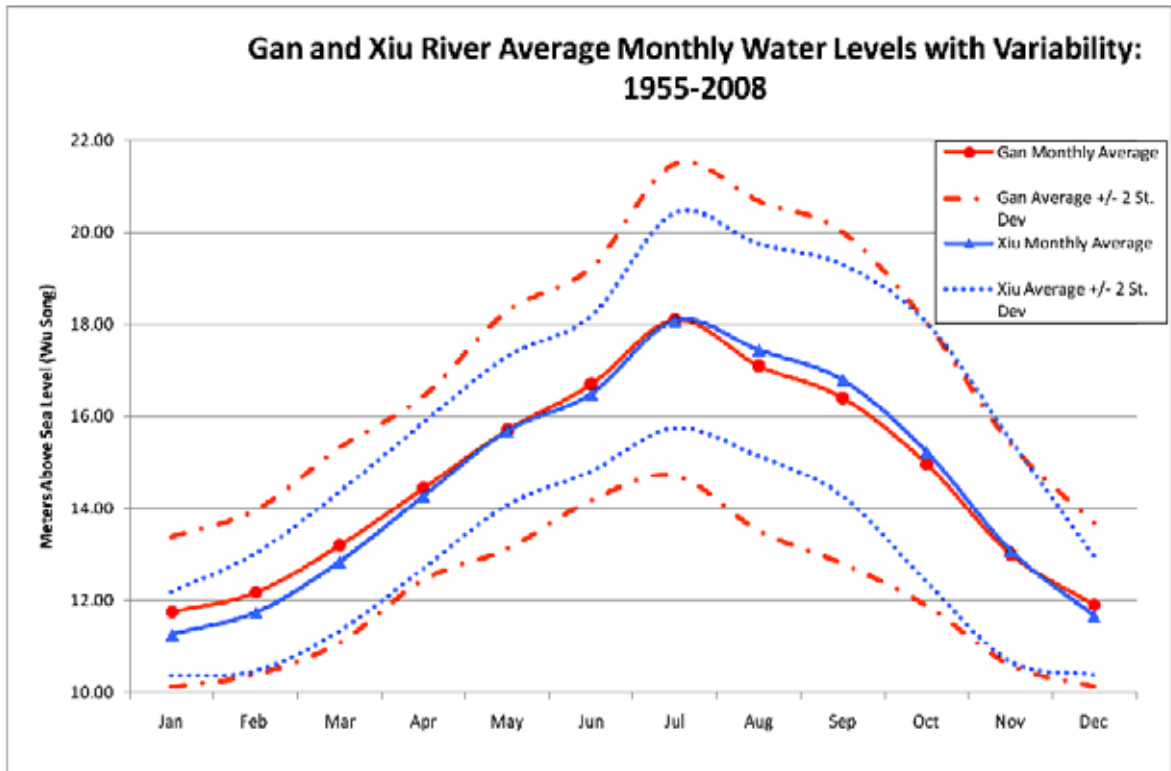


图 6. 赣江与修河（吴城水文站）月平均水位（按月，带变量），1955—2008

标准差用来检测数据组的变量。在正态分布情况下，全部数据的 68% 会在平均值的一个标准差范围内，95% 的数据会在两个标准差范围内。在很多统计方法中，两个标准差以外的点会被看作超出了极可能发生的范围。对鄱阳湖 53 年来水文波动情况来说，两个标准差之间的范围意味着系统内“正常”波动的范围。将水位长时间保持在高于或低于两个标准差范围之外，则是非常不正常的，会对系统产生巨大的影响。

鄱阳湖流域是长江流域的一部分，调节洪水与干旱是其自然功能。现在，虽然长江还未达到历史低点，但长江水量正在慢慢减少。举例来说，在 2006 低水位年，星子水文监测站于 12 月 31 日记录到最低水位为 7.85 米，仍然高于历史记录的 7.32 米（1956 年 12 月 20 日）。

这些数据并没有显示冬季的低水位时间是否延长了。低水位时间的提前并延长会对自然生态和人类社会带来严重影响。

我们接下来看看其他一些在鄱阳湖低水位时期潜在的对近期变化有影响的因素。

### 由于三峡大坝的运行，长江水量减少

三峡大坝项目始于 1993 年，1997 年大坝合龙。自 2003 年 5 月 26 日至 6 月 10 日，三峡大坝蓄水至 135 米。2006 年，三峡库区水位抬升至 156 米。蓄水时间始于 2006 年 9 月 20 日，止于 10 月 27 日，历经 37 天，蓄水 111 亿立方米。

在公布的三峡大坝运行方案中，主要变化是长江的低水位发生在 10 月和 11 月，即库区蓄水期；高水位阶段为 1—5 月，为库区排水期。然而，从长江监测点（城陵矶、湖口、黄湓闸，后者在升金湖，安徽省境内重要的冬季候鸟国家级自然保护区）记录到的数据却与运行方案大不相同。这些不同包括春季洪水期的延迟、夏季水位峰值的降低、秋季水位提前下降等（Zhang et al, 2010）

长江水位的变化对鄱阳湖水位有影响，但这些变化带来的影响需要检测。三峡大坝运行（2003）后长江水位的变化与鄱阳湖记录到的重大变化同步。数据显示这些影响尚不如即将要讨论的因素那么重要。

### 五条流入鄱阳湖河流流入量的变化

自 1950 年代至 2001 年，在江西省鄱阳湖流域已建有 9603 个水库，包括 25 个大型水库、211 个中型水库和 9367 个小型水库。总库容量为  $278.86 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。大多数水库是用来防洪、灌溉及水供应的（刘健等，2009）。

此外，建有很多灌溉水渠，如抚河盆地的金临灌溉水系和赣抚平原上的主干渠。随着江西省社会经济与人口的快速增长，工业、农业及日常生活对水的需求也相应地增加了。这些项目成为影响鄱阳湖及其汇水区的重要因素并且这些因素的综合作用也在增长。

因为鄱阳湖的主要水源是这五条河，在其汇水区内的水项目的影响或许比三峡大坝的影响更大，也应该对这些影响进行评估。

### 在鄱阳湖盆地，特别是出水口附近的挖沙

大规模的挖沙始于 2001 年左右，因为在那年开始禁止在长江挖沙。长江下游经济区的建设对沙子的需求增长迅速，刺激了挖沙的进一步发展。另外，挖沙对当地经济带来的好处使当地政府允许或者鼓励在湖区挖沙（钟业喜等，2005）。挖沙船主要集中在湖口和鄱阳湖北边的沙丘之间。2000 年只有几艘挖沙船；2001 年，数量增加到 140 艘；而到了 2002，2003 和 2004 年，挖沙船的数量分别增加到了 230，430 和 450 艘；在 2005 和 2006 年，大约有 380—390 艘船（Wu et al, 2007a; 邬国锋等，2009a）。

近期的报告（钟业喜，陈姗，2005；Fok and Pang 2006；Wu et al. 2007a；邬国锋等，2008；De Leeuw et al. 2010）认为挖沙产生了负面影响。钟业喜与陈姗（2005）认为挖沙带来的噪音、油污染、浑浊、生境质量下降等会严重影响湖中鱼类的繁殖、生长与生存。鄱阳湖也是珍稀动物种（被 IUCN 红皮书列为极度濒危物种中华鲟，易危种江豚）重要的栖息地。挖沙活动（Wu et al. 2007a；邬国锋等，2007b）使水浑浊或许会降低苦草属植物用于光合作用的光亮度（Wu et al. 2009b），因此会引起白鹤食物的消失。挖沙也会改变地形、移走湖中的沉积物、降低冬季水位，导致水文斜度增加、上游水流速度加快，而速度加快会增加上游的侵蚀（De Leeuw et al. 2010）。

### 气候波动与变化

鄱阳湖气候显示自 1950 年以来变化轻微，但 1990 年后变化较大，与整个长江盆地变化趋势相同：温度、雨量、特大暴雨、洪涝灾害增多。

1990 年均温比 1961—1990 年间平均温度高 0.27° C，1991—2003 及 1998—2003 年均温分别比 1961—1990 年间平均温度高 0.42° C 和 0.75° C（郭华等，2006；樊建勇等，2009）。温度升高集中在北部区域，饶河流域上升得最为明显，接下来是鄱阳湖地区以及入湖河流的下游（郭华等，2008）。

鄱阳湖雨量充沛，年均降雨 1426.4 mm，但分布不均。4—6 月间降雨量占全年降雨量的 47.4%；冬季候鸟越冬期间（11—3 月）降雨量少，特别是 11—1 月中旬的降雨量，仅占全年降雨量的 9.9%。气象数据（1961—2006）显示年降雨量有轻微增加的趋势，但降雨量分布不均的趋势有所增强。自 1990 年以来，夏季的大雨明显增加了（王小平，2009）。

## 针对负面变化中深层原因的对策

2006—07 的状况反映了所有这些因素的综合作用，如上所述，也反映了过去 50 年的短期周期。鄱阳湖大坝被寄予希望去解决这些问题。对引起鄱阳湖水文变化的原因做了分析，然而，只有当可选择的对策更直接地着眼于那些深层原因，局面才会明朗。如果批准建设水控制设施，那么就应该相应地提出一系列的应对那些深层原因的对策；而批准建设水坝，也必需要求有减缓措施和严格运作的指导方针，以抵消水坝对鄱阳湖生态功能的实际影响。

### 三峡大坝及鄱阳湖流域上游水坝运行的调整

需要两类相关的研究，一个是对三峡大坝，另一个是对赣江上游水坝以及其他入湖河水坝的研究。首先，评估这些水坝运行对水管理的影响；其次，应对调整水坝运行的选择方案进行评价。这两类研究是互相关联的，但可选方案是针对水坝的运行，即使它们不是鄱阳湖水文变化的首要原因。比如，即使三峡大坝并未对鄱阳湖冬季枯水阶段的长短产生重大影响，但三峡秋季蓄水期的推迟仍然可能延缓了鄱阳湖提前进入枯水期。

### 流域及湖泊盆地水保护措施

这些水坝的运行影响了水流入鄱阳湖的时间。相关的研究应该检验当水从五条河流和从鄱阳湖湖中分流（即从系统中移出）供人类使用后的后果。如果对水的需求增长，无论是鄱阳湖附近的上游还是下游都会引起水荒；如此，重要的是提高水利用效率——举例来说，鼓励不同的工业组合、提高灌溉效率、循环利用水或逐步淘汰对水的挥霍使用方法。

### 制定治理挖沙的计划

在鄱阳湖生态系统中可以采用几个策略来减少挖沙引起的负面影响，包括控制挖沙的强度、限制挖沙的期限、划定挖沙区域。需要对鄱阳湖内的挖沙地点进行评估，在由几个主要湖泊通向长江的排水通道等敏感区域，应考虑杜绝挖沙。

对河沙的需求很可能会继续增长，需要寻找另外的方法来满足这种需求，减少负面影响。应该采用环境友好型的挖沙技术和方法，可以用更多的海沙来满足对河沙的需求。

### 制定鄱阳湖应对气候变化计划

无论是否在鄱阳湖排水口建造水坝，短期气候周期与长期气候变化都会影响水的获得、自然生态系统及江西人民的生活。因此，需要为鄱阳湖制定一个气候变化应对计划。该计划可以减少短期事件（极端气候）和长期变化（全年降雨分布不均的趋势在增加，越来越高的气温）的影响。

该计划应该是综合的。与湿地相关的部分应包括：

- **加强湿地的保护与恢复。**小型湖泊、山塘、分叉河流、江河都应受到保护，所有的非法开发活动及侵占都应被禁止。整合退田还湖、退牧还草、退牧还湖的成果，维护自然蓄洪能力。这些行动将会促进自然植被的恢复；实施湿地生态恢复项目可提高鄱阳湖湿地生态服务功能。湿地是“自然之肾”，为人类和动物提供了对付极端气候的恢复力。

- **建立生态缓冲区，提高鄱阳湖水质**

对工农业废物进行管控，在生活废水被排入鄱阳湖前予以处理；在湖堤外（水位最高处）建立生态缓冲区；改变传统耕作方法（单位面积施用了太多的化肥）以改善水质。在生态缓冲区规范土地利用活动，恢复自然植被，减少入湖径流量。

- **环境流。**调节地表径流量的年度变化，在整个盆地系统进行水管理，对入湖河流上众多水坝的排水时间予以调控。此外，需要一套措施来减少本地区对水的不合理消耗——比如，可以改进灌溉设施、循环利用水、或逐渐淘汰污水高排放的工业，代之以水利用效率更高的工业——以此来确保物种和生态群落的生存和繁殖、湿地生态系统的服务功能。举例来说，在旱季，水深度和水量应该得到维持，通过减少五条入湖河流和鄱阳湖水的用水量来增加湖区的水容量。这些措施可以提高湿地的水容量及水的净化度（如，保持自然植被基底、让水流在系统内畅行无阻），保持水和陆地在水位波动情况下的多相状态。

## 方法和可选的发展战略

### 在制定水资源发展规划时对生态系统服务功能的认识

水利设施的投资一直是政府和发展机构的重要预算内容。清洁稳定的水供给被视作经济成长的基础、脱贫致富的关键。这种投资经常忽视水利设施中一个关键的也是经济性的部分：他们忽略了自然生态系统，而正是这个生态系统，保障和维持了水质及供给，防止了水害，制造了多种产品和服务功能，对人类经济健康至关重要。在制定发展规划时对环境与社会问题考虑不足所产生的后果请参见“案例分析 1”（见下）

鄱阳湖系统提供了一系列生态系统服务功能，为当地经济提供了坚实的基础，包括：**供应功能**：水的供给；天然渔业和水产业；为家畜提供饲料；提供其他植物用于燃料、食物及药材。**调节功能**：水调节；自然灾害调节（如，缓解洪灾）；水质净化、废物降解；调节气候与空气质量。**支持功能**：保留沉积物；营养循环；基因资源（生物多样性）的维护；为初级生产（植物成长）提供基础支持。**文化功能**：娱乐；生态旅游；研究与教育。这些生态系统服务功能之间有着不同程度的关联并最终依赖于整个生态系统的健康和完整。

鄱阳湖最重要的功能有水存蓄和减缓洪害，这比预言的气候变化更重要。有很多种方法来评估湿地控制洪水的经济价值——通常基于对水利工程的建设和维护费用进行计算，即在现有湿地的调节功能丧失或损害的情况下需要建造和维护水利工程。举例来说，保留多瑙河的河漫滩，也就保留了减缓洪涝的功能，其每年的经济价值于 1995 年估算为 6.5 亿欧元（Ramsar Convention Secretariat, 2010）

### **发展战略与维持湿地生态系统功能是和谐的**

鄱阳湖健康的湿地生态系统在将来可带来持续的好处，而鄱阳湖生态经济发展规划中的很多要素与其一致。强烈建议江西省认清其未来发展的相对优势是在于好的环境（包括湖泊和湿地）质量。

发展规划中包括如下一些重要方面（或经过调整来突出这些重点）：

- 在鄱阳湖周边地区投资处理废物和生活废水；
- 改善本流域上游的管理，恢复森林系统的多样化并采用其他方式，减少土壤侵蚀和营养流失；
- 改进灌溉系统和其他水利设施，提高水利用效率和生产力；
- 鼓励低耗水低污染的新工业；
- 通过区划、规章和奖励等方法，促进土地合理利用，保障生态系统服务功能。如，不在敏感的湿地区域进行密集开发；减少将坡前地或湿地用作农田；在该流域提供鼓励机制以保护土壤；
- 将重要的工业和设施集中规划在远离环境敏感区域之外，为其提供更有效的通讯、运输和污染控制方法；
- 提高人员能力，开展低环境影响高附加值的经济活动。

国际经验显示高质量的自然环境，包括其生态系统服务功能的利益最大化（维持水质或水供给），可通过综合发展战略及环境（整个湖泊系统及其汇水区）保护来达到（鲍曙明，2009）。从而鄱阳湖生态经济发展区可起到非常积极的作用，协调很多不同利益相关者之间有时候互相冲突的目标，确保发展政策、战略与规划中都包含有维护生态系统服务功能和自然价值的内容。

拿鄱阳湖来说，鄱阳湖周边地区的发展需要考虑到整个流域的土地利用和保护——几乎涵盖了整个江西省。江西省和鄱阳湖流域的关系如此紧密，对湿地、水和流域的综合管理来而言是个巨大的优势。目前江西省政府的努力已从湖泊和环境保护的通盘考虑中获得了好处。

近期开始建设的鄱阳湖生态经济区是国家级的优先项目，江西省可以规划发展资金，促成最积极的变化，在多种目标中达成平衡。这些因素最重要的好处是确保对湖泊和湿地生态系统的保护成为强有力的可持续发展战略的一部分。

### **可用的经济与财政方法**

经济与财政法可用于将生态系统按优先顺序排列，如此可以在考虑水利设施和河流流域管理的投资时便于决策。IUCN“水与自然倡议组”（Emerton, 2009）收集的案例分析、数据与证据以及这种方法所体现出的智慧（将自然生态系统作为关键的水利设施予以考虑和投资）—显示出这样的投资回报在经济、发展以及人类福利等方面都是实实在在的。

在将生态系统价值与水投资和河流盆地管理整合的尝试中，有一种基于市场的方法很有前景：生态系统服务功能补偿。这种补偿是个强有力的工具，鼓励可持续生态系统管理，对那些支持生态系统水服务功能（兼具重要经济价值）的相关利益者来说也是一种回报。其他多种多样的分析方法和决策支持系统都可以用来为水管理决策服务。如需要，IUCN 可提供相关信息。

### **生态系统服务功能补偿**

本分析清楚地展示出：保存和恢复鄱阳湖湿地的生态特征与某些特定的经济发展方案（如增加水容量可使大型船只在鄱阳湖及其河流中通航）是互不相容的。扩展通航能力所需的深水位会对鄱阳湖植物和水禽带来巨大、负面的影响；也会影响其它生态系统服务功能，如防洪与水质提高。其它可能会丧失的机会包括在初秋抽取额外的湖水用于扩大灌溉，这会对湖水位有不利的影响，而秋季也是其它湖泊利用者的敏感时期。

近年来，创新性的财政机制，特别是“生态系统服务功能补偿（PES）”方式被认为是一种基础手段，用于处理环境管理某些已认定的失败的案例中。PES 回报那些利益提供者，而这种利益到目前为止一直被当作无偿奉献（如，水公司为保护水流域而付款—参见案例 2）。PES 鼓励土地使用者保护自然环境。这些方法通常被用在水、碳、土壤保护或生物多样性行动中（补偿、恢复及质量提高）。在鄱阳湖区，PES 可用于非常特定的行动，如补偿农民，在极其靠近湿地的区域调整他们的农业或水产业运作方式，以此来保护水质；或补偿特定的用水户，减少其初秋时期对水的需求量。另一种选择是由中央政府（或下游省市）每年为鄱阳湖生态经济区进行补偿，作为对湿地生态系统服务功能的偿付；建立基金，这样江西省可将其用于最有效的可持续发展的投资。

PES 方式使得考虑环境的外部经济性成为可能。在高度重视环境和资金资源有限的情况下，PES 可以产生额外的可替代的资源，将资金转到环境友好型的管理实践和可持续生产中来，刺激投资并促使私人部门参与环境保护。这些方法有潜力成为环境效率、环境效益和社会公平的工具，用于实施综合的水资源管理（IWRM）。PES 方式对其它方法是个补充，正如指挥与控制功能。

PES 是可调整的，也可灵活联系，比如，环境的挑战如水管理，或保护区网络等。一些在其它国家现有的经验可以被很容易地借用或改造（TEEB, 2009）。如需更多例子，请参见 Smith et al.（2006）及 Emerton（2009），或访问 <http://www.watershedmarkets.org/>。

### **中国生态补偿的经验**

中国的生态补偿研究可追溯到 1980 年代，但直到 1990 年代才引起广泛兴趣，理论与实践慢慢推广开来。虽然中国在森林和流域保护领域的已经实行了生态补偿，并且有了相对成

熟的案例研究，但总体上生态补偿机制的建立和相关政策框架在中国仍然处于初步的探索阶段。

对森林和自然保护区的生态补偿开始较早，得到了政府的投资并获得了比较明显的成果。除了用于保护森林生态效益的补偿基金系统外，还有 6 个主要的生态项目（包括天然林保护和退耕还林项目）也应用了补偿方式来处理长期破坏造成的生态系统退化。相关的政府政策和措施包括：国务院批转国家体改委《关于一九九二年经济体制改革要点（国发〔1992〕12 号）》清楚地要求“要建立林价制度和森林生态效益补偿制度，实行森林资源有偿使用”；国务院 1993 年国发《关于进一步加强造林绿化工作的通知（国发〔1993〕13 号）》，指出“要改革造林绿化资金投入机制，逐步实行征收生态效益补偿费制度”；《国家环保局关于明确生态环境补偿费试点的通知》（2002 年终止）；《森林法（1998 年修正版）》第六条（应为第一章第八条——译注）清晰地说明“国家设立森林生态效益补偿基金，用于提供生态效益的防护林和特种用途林的森林资源、林木的营造、抚育、保护和管理”。2001—2004 年为森林生态效益补助项目的试点时期。2004 年，森林生态效益补偿基金由中央政府正式建立。同期，财政部和国家林业局联合下发了《中央森林生态效益补偿基金管理办法》。森林生态效益补偿基金的建立，标志着森林生态效益补偿进入了实质性阶段。

对流域生态补偿来说，地方实践主要集中在城市饮用水资源的保护和中小流域上下游部门间的生态补偿上，如北京和水源地河北之间对水保护的合作；广东省东江及其它河流上游部门间的生态补偿；浙江省兴安江沿线的生态补偿。在主要的被采用的政策中，有一种方法是由上级政府将基金以补偿的名义拨付给地方政府；另一种方法则集中了所有相关资金用在需要补偿的地区；第三项政策允许不同地区的同级政府平级拨转补偿资金。同时，某些地区还开展了市场化的生态补偿模式，比如水资源贸易模式。在浙江东阳市和义乌市，成功地建立了水使用权交易步骤。经过协商后，东阳将横锦水库 5000 万立方米水的永久使用权转交给了下游的义乌市。宁夏和内蒙也有类似的水资源贸易案例，在升级了节水设备后，上游灌溉区将多余的水卖给下游的水力发电站。

浙江和广东的实践创造了“跨地区发展”的生态补偿模式。为避免上游因工业发展带来的严重污染并考虑到上游地区相应的经济发展损失，浙江金华市设立了“金磐经济开发区”，用作磐安县（水保护区）的生产基地。该规划也提出了对磐安县进行政策与设施建设的支持。2003 年，生产基地的工业产值达到了 5 亿元人民币，税收 5000 万元，约占磐安县财政收入的 40%。浙江省其它 5 个市县也在或准备进行类似的尝试。

---

### 例子：PES，侵蚀与大熊猫：回报当地社区

中国正在运作世界上规模最大的 PES，退耕还林项目（GTGP）。项目的主要目的是解决土壤侵蚀问题，土壤侵蚀被认为是发生 1998 特大洪水的主要原因；通过种树或在坡度比较大的前耕地里维持草被来防止土壤侵蚀。截止到 2006 年底，退耕还林项目已将 9 百万公顷的耕地复原为林地。

退耕还林项目期望能产生保护效益，改善退化了的生态系统服务功能，特别是在那些全球生物多样性热点地区，如卧龙国家级自然保护区（濒危物种大熊猫 *Ailuropoda melanoleuca* 最大的

保护区之一)。参与的农户在 8 年期间, 每年每公顷收到相当于 450 美元的补偿, 将耕地复原为林地并进行管护。退耕还林项目已经对大熊猫栖息地产生了良好的影响(来源: TEEB 2009, 改自 Chen et al. 2009)

---

## 国际案例

可以从国际案例中学到很多关于复杂水系统管理的经验。附录 2 与 3 为两个案例研究。

**案例研究 1:** 加纳阿科松博水坝对沃尔特河的环境、社会与经济影响。该案例研究是一个在计划大型水坝项目时, 未充分考虑社会与环境问题的例子。在设计项目时缺乏“生态系统方法”, 导致了一些严重的、未预见到的后遗影响, 包括农业用地的丧失、贝类产业及生物多样性的损失、土壤侵蚀与贫瘠化、富营养化、外来水生植物种扩散并堵塞航道、水源疾病的增加、贫困率上升、生计损失与社会破裂, 以及下游海岸侵蚀。阿科松博水坝说明了: 在规划、设计与影响评估没有考虑到水环境与陆地环境复杂的相互作用关系、人类对环境意外变化反应的综合结果这些前提下, (建设水坝) 是危险的。生态系统服务功能的价值未被考虑。跨区域的沃尔特河盆地综合水资源管理现在正在开展一些矫正措施, 改善环境与经济状况。但解决这些影响河流系统问题的成本是巨大的, 而且这些干预可能并不能抵消对自然和人类社区带来的危害。

**案例研究 2:** 在卡茨基尔河和特拉华流域的可持续水管理, 为美国纽约市提供干净的水。本案例展示了纽约市如何将流域服务功能用在计划投资的决策上, 在水处理设施上节约了数十亿美元, 并通过与当地机构的城市—乡村的合作, 改善了环境质量。在本案例中, 比较了水质恶化的替代方案: 为纽约市的水供应系统建造水过滤设施, 作为保护或恢复流域质量从而供应的水不需要处理的对照。生态系统方法关注在全流域中土地利用和经济活动多样化的地区, 花费少并为流域内或利用流域的人们提供多种效益。虽然替代方案的成本很低, 但对生态系统服务功能的评估依然引导出巨大的投资, 投向流域内那些会为生态系统健康和水质带来好处的行动。

有很多其它案例与鄱阳湖决策及决策过程有关。如需要, IUCN 可以提供额外的案例分析, 或协助安排江西省管理与技术人员到这些地点进行考察。

## 建议鄱阳湖应采用的程序

本节综合了报告中的相关内容, 为达到鄱阳湖生态系统服务功能和社会经济发展之间的平衡而提出总体程序上的建议。该程序明显不同于当前的程序(选择了一种解决方案——湖口水坝——而去尝试解决引起的负面影响)。这样一个狭窄的着眼点既低估了大坝带来的负面影响, 又忽视了替代方案(认为其它的好处可以抵消那些负面影响)

**鄱阳湖国际与区域的重要性, 以及湖泊功能和人类影响众多的不确定性, 在表 1 的各步骤和下述的有关内容达成前, 迫切要求推迟做出建造水坝的决定。**

在做出决定前, 需要对鄱阳湖水管理的目标进行清晰的阐述, 目标是恢复自然湿地和多种保护与发展效益。从生态系统角度来看, 该目标设定维护(或者恢复, 如果需要的话)湿地的生态特征——包括自然水位和年内及年间的波动。比如, 管理目标是将冬季平均低水位(吴淞)维

持在以上 12 米（吴城）（星子附近则为 9 米）——即使水位并不总是保持在这一位置，而是在年内和年间有波动，有时低于 12 米，有时高于 12 米。国际经验表明，在像鄱阳湖这样的具全球重要价值的湿地内，这样的目标将会从多样化的湿地生态系统服务功能和适宜的发展活动中获得最大化的效益。

然而，拟议中的水坝为江西带来了两个互相冲突的目标：恢复鄱阳湖的自然水文状况并管理水位，提高灌溉、渔业、航运等等的经济效益。在这种情况下，目标应该明确地表述为同样重要但并不完全兼容的两个目标。而将来的任务则变成：用经过评估和比较过的不同的方法，认定和评价将此二目标融合起来的途径和方法。

**表 1. 对鄱阳湖管理决策的建议**

步骤 1. 建设水坝的依据——鄱阳湖水文情况在过去几年中的变化对自然系统和经济利益的损害——需要严格的测试。
步骤 2. 建立系统的理论模型并测试，模型包括流域、水文、植被、鱼类、江豚、水禽、人类因素以及其它重要的变量。
步骤 3. 如果发生了环境变化，需对引起该变化的原因进行透彻的分析，包括其它水项目的影响。
步骤 4. 确定信息空白并通过进一步的研究来填补，这些工作需要为鄱阳湖做出最好的选择前完成。
步骤 5. 基于鄱阳湖环境变化的原因，需列出一系列的管理方案。拟议中的水坝也可作为这些方案之一。  ● 步骤 5a. 为评估拟议中的水坝，需完成水坝的设计，如此方能对其影响做出适当的评估。
步骤 6. 一份完整的经济与环境分析应该将不同的缓和策略进行比较，特别是在成本—效益以及湿地生态系统服务的价值方面。

### **在对鄱阳湖做出管理决定前需要采取的步骤**

这些步骤应该是全面的，运用生态系统方法，将鄱阳湖与其流域看作一个整体。IUCN 愿为江西省提供技术援助，进行培训、案例研究以及这些步骤中所涉及的评估，或在鄱阳湖实施生态系统方法。

步骤 1. 建设水坝的依据——鄱阳湖水文情况在过去几年中的变化对自然系统和经济利益的损害——通过对过去 50 年在湖区收集到的数据予以比较，需要进行严格的量化测试。还需要收集和分析其它年份（在做出建设水坝的决定前）的数据，避免是短期而不是长期的周期情况。

步骤 2. 为成功地分析环境变化和管理替代方案的影响，需要建立系统的理论模型并测试，模型应包括流域、水文、植被、鱼类、江豚、水禽、人类因素以及其它重要的变量。该模型因鄱阳湖复杂的水分而尤为重要。模型将帮助生态学人员（从复杂的系统、反馈环、生态限制角度思考问题）更有效地与工程技术人员（关注系统的关键变量并予以控制或调整）合作。这些小组需要一个框架来共同理解所涉及的问题、如何满足这些问题以及在决策过程中会出现哪些观点。

步骤 3. 如果发生了环境变化，需对引起该变化的原因进行透彻的分析，包括其它水项目的影响。不同原因间或会相互作用，如此，需对这些原因的单独影响和联合影响都要进行评估。

步骤 4. 鉴于鄱阳湖的区域与全球重要性，需要确定信息空白并通过进一步的研究来填补，这些工作要在为鄱阳湖做出最好的选择前完成。必须为确定空白和完成研究留出时间。比如，经济发展机遇和战略已在建坝方案中详细地说明了，但也应该在下述步骤 5 和 6 中对无坝方案进行一定的研究。这些研究应该检验如果资金投入水坝建设（而不是通过生态系统服务功能补偿或其它发展方式，将资金直接用于提高湖盆内或流域内当地居民的生计）后的可能的效益，治理水坝的负面影响。

步骤 5. 基于鄱阳湖环境变化的原因，需列出一系列的管理方案。如果有多种原因引起了环境的负面变化，则需考虑采用不同组合的减缓策略（比如，用水保护措施如改进灌溉设施同调整上游水坝放水相结合）。本步骤很关键，因为水坝有很多负面影响，而通过其它更有效更少花费的方法，可以避免这些负面影响。

步骤 5a. 为评估拟议中的水坝，需完成水坝的设计，如此方能对其影响做出适当的评估。拟议中的水坝运行方式不同，将会对环境有不同的影响；因此，需要了解其运行计划并作出相应的评估。

步骤 6. 一份完整的经济分析应该对不同的治理策略从成本—效益方面进行比较。特别是湿地生态系统服务的价值，无论是通过相关方案予以维持，还是通过昂贵的基础建设来取代，都应该进行评估。本报告前面的几个章节中认为取代鄱阳湖天然的洪水存蓄能力、水质改良和渔业的代价将会是非常巨大的。近来鄱阳湖早秋水位的变化或许能通过 IWRM 的方法，将流域视为一个整体，通过调整 9000 余座水坝和上游水渠的运行，可以较经济低廉地解决这一问题。生态系统服务功能补偿方法——使用那些可能会投向水坝和减缓湿地生态系统服务功能损失的资金——补偿上游水使用者可能会非常有效，比建水坝的方案在经济和生态上的花费要低很多。

### **有效评估与决策过程的其它特点**

正如早就了解到的，有效评估与决策的过程要求有多学科的研究人员来参与。将鄱阳湖生态系统不同的要素和依赖鄱阳湖生活的人类活动的信息整合起来尤显重要，这个可以通过开放决策过程，征求外部科研人员的意见来达到。

无论将来选择什么方案，对鄱阳湖和水的管理最好建立在将全系统视为一个整体的认识上，建立管理委员会或机构来调控全湖盆及流域。1980 年成立的“江西省江湖开发治理委员会办公室（MRL）”显示出江西政府对鄱阳湖周边的问题有着长远的认识，并没有受湖泊边界的限制。然而，MRL 不具有监督管理发生在湖盆内经济活动的权限。

机构设置应该将管理权限授予一个部门，以反映大尺度上分析与决策的需要，并在管理机构中延请利益相关者为成员。在应对鄱阳湖环境变化的对策执行后，这样的管理机构应该是独立、负责并有权力开展严谨的评估活动，检验那些行动的影响、在需要的时候实施调整以抵消不希望发生的、负面的影响。管理机构需要保证按照批准的运行计划行事，如果建造了水坝，则水坝的运行会改变湿地的生态特征，一个可能的结果是，为某些利益相关者带来了短期的经济效

益而为其他众多的利益相关者带来了高额的成本。此外，短视行为会减少系统长期的生产力和经济价值。

因为决策依赖于多种技术信息，则应该建立一个科学与顾问委员会，为管理机构提供建议。该顾问委员会应负责监测项目，评估管理活动的效果并对其作出调整和改进。

## **监测与评估**

监测与审核用于对项目执行后的实际产出和计划中的期望产出进行比较。监测与审核也可用于项目的支持者来证实项目的设计和运行同项目的环境影响评估及项目获批时是一致的。在《湿地公约》文本中，监测主要关注测量国际重要湿地（如鄱阳湖）的生态特征的变化（Ramsar Convention Secretariat, 2008a）

鄱阳湖因其生物多样性而具有国际重要性，特别是迁徙水禽的种群数量，意味着项目开始后的监测与项目开始前的本底数据相比较（采用比较法），对测定开发活动（包括水坝的运行周期）的实际影响和（拟议中的）治理措施的效果有着至关重要的作用。项目文件应明确说明监测项目必须测量生态系统进程中的变化，在足够长的时间段内（10年或以上）对生物多样性的影响，充分记载发展活动的总体影响，指导相应的管理措施。

对鄱阳湖而言，应该组建交叉学科的研究小组，来评估监测数据，确定监测项目的调整内容。要求管理机构能通过经过完善的管理程序来实施这些小组的建议。

对具全球、国家和当地重要意义的资源来说，管理机构应该对那些未能预见到或曾被低估了的环境影响做出迅速反应，管理由该项目引起的环境危害。

## **致谢**

很多个人和机构为本报告贡献良多。特别地，我们感谢江西省政府提供了有关鄱阳湖、湿地、湖口水坝的分析报告和计划等方面的大量信息。感谢湿地专家小组（于2010年4月拜访江西）的成员并对本报告的很多观点进行了讨论：Max Finlayson, Matthew McCartney, Lew Young 及张琛。感谢以下一些同事，为我们提供了信息或文本，或审阅了全部或部分报告内容：鲍曙明, Mark Barter, Jeb Barzen, James Burnham, 曹垒, 陈 Jing, 陈克林, 崔丽娟, Mike Engels, Suzette Graham, 雷光春, 李凤山, 李伟, Claire Mirande, Sara Moore, Ganesh Pangare, Crawford Prentice, Randall Reeves, 钱法文, Mark Smith, Simon Stuart, 苏立英, Nicolas Tubbs, Wang Ding, 邬国锋, 解炎, 张曼胤。

## **引用文献**

Anonymous. 2010. Finless porpoise investigation in Dongting and Poyang Lakes. WWF Project Report

鲍曙明。2009。国内外湖区发展的经验教训及其对鄱阳湖生态经济区建设的启示。鄱阳湖学刊（2）：15—22。

马克·巴特, 陈立伟, 曹垒, 雷刚。2004。长江中下游水鸟调查报告(2004年1—2月)。北京: 中国林业出版社。

马克·巴特, 雷刚, 曹垒。2005。长江中下游水鸟调查报告(2005年2月)。北京: 中国林业出版社。

Barzen J. 2008. Phase 1 report: How development projects may impact wintering waterbirds at Poyang Lake. Unpublished report submitted to Hydro-ecology Institute of the Yangtze Water Resources Commission. International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin, USA. 14 pp.

Barzen J, Engels M, Burnham J, Harris J, and Wu Guofeng. 2009. Potential impacts of a water control structure on the abundance and distribution of wintering waterbirds at Poyang Lake. Unpublished report submitted to Hydro-ecology Institute of the of the Yangtze Water Resources Commission. International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin, USA. 54 pp.

Cao L, Barter M and Gang L. 2008a. New Anatidae population estimates for eastern China: implications for current flyway estimates. *Biological Conservation* 141:2301-2309.

Cao L, Wang X, Wang Q S, and Barter M A. 2008b. Wintering Anatidae in China – a preliminary analysis. *Casarca* 11(2):161-180.

Chen X D, Lupi F, He G M, and Liu J G. 2009. Linking social norms to efficient conservation investment in payments for ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 106: 11812-11817. URL: <http://www.pnas.org/content/early/2009/06/26/0809980106.full.pdf+html>

崔丽娟。2004A。鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究。《生态学杂志》23(4): 47—51。

崔丽娟。2004B。鄱阳湖湿地生态系统服务功能研究。《水土保持学报》18(2): 109-113

De Leeuw J, Shankman D, Wu G, de Boer W, Burnham J, He Q, Yesou H, and Xiao J. 2010. Strategic assessment of the magnitude and impacts of sand mining in Poyang Lake, China. *Regional Environmental Change* 10:95-102.

Dudgeon D. 2010. Requiem for a river: extinctions, climate change, and the last of the Yangtze. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20:127-131

Emerton L. 2009. Investing in ecosystems as water infrastructure. Using economic and financial tools to sustain ecosystem water services. International Union for Conservation of Nature (IUCN), Gland. 7pp. [http://www.iucn.org/about/work/programmes/water/wp\\_resources/index.cfm](http://www.iucn.org/about/work/programmes/water/wp_resources/index.cfm)

樊建勇、赵冠男、张建萍。2009。鄱阳湖区气候变化及其对生态环境的影响。《山东科学》22(3): 34—39。

Fok M, and Pang T. 2006. Finless porpoises in Wuhan, China. *Newsletter of the Department of Ecology & Biodiversity, the University of Hong Kong* 34:18-20.

Fox A D, Cao L, Zhang Y, Barter M, Zhao M J, Meng F J, and Wang S L. In press. Declines in the tuber-feeding waterbird guild at Shengjin Lake National Nature Reserve, China – a barometer of submerged macrophyte collapse?

郭 华, 姜 彤, 王国杰, 苏布达, 王艳君. 2006。 1961-2003 年间鄱阳湖流域气候变化趋势及突变分析。 湖泊科学 18(5):443-451.

郭 华, 殷国强, 姜 彤. 2008。 未来 50 年鄱阳湖流域气候变化预估。 长江流域资源与环境 17 (1): 73-73。

Ji W, Zen N, Wang Y, Gong P, Xu B, and Bao S. 2007. Analysis of the waterbirds community survey of Poyang Lake in winter. *Annals of GIS* 13(1/2):51-64.

江西省鄱阳湖水利枢纽建设办公室。2010。鄱阳湖水利枢纽工程规划方案（内部报告）。中国南昌。7 页

Li D, Wei Z, and Mundkur T. 2004. Numbers and distribution of waterbirds and wetlands in the Asia-Pacific Region. Results of the Asian Waterbird Census: 1997-2001. Wetlands International, Kuala Lumpur, Malaysia. 166 pp.

Li F. 2001. China Project Reports. International Crane Foundation, Baraboo, WI. pp. 93-122.

李凤山、纪伟涛、曾南京、吴建东、伍旭东、易武生、黄祖友、周飞龙、Jeb Barzen、James Harris. 2005。 航空调查白鹤在鄱阳湖的数量和分布。见：王岐山、李凤山编《中国鹤类研究》。中国鸟类学会鹤类和水鸟专家组、国际鹤类基金会。昆明：云南教育出版社：58—65

刘健;张奇;许崇育;张增信。2009。近 50 年鄱阳湖流域径流变化特征研究。热带地理 29 (3) : 213-218。

Living Lakes. 2009. Detailed data for Lake Poyang Hu. [www.globalnature.org/docs/02\\_vorlage.asp?id=15793&domid=1011&sp=E&m1=11089&m2=28219&m3=11178&m4=15621&m5=15793](http://www.globalnature.org/docs/02_vorlage.asp?id=15793&domid=1011&sp=E&m1=11089&m2=28219&m3=11178&m4=15621&m5=15793). Accessed 12 December 2009.

陆健健。1996。中国鸭科鸟类现状及其栖息地的保护。见：郑光美、张正旺、颜重威、曾美丽主编。中国鸟类学研究。北京：中国林业出版社。第 129—142 页

Qian F, Yu C, and Jiang H. 2009. Ground and aerial survey of wintering waterbirds in Poyang Lake basin. In: Prentice C, editor. Conservation of Flyway Wetlands in East and West/Central Asia. Proceedings of the Project Completion Workshop of the UNEP/GEF Siberian Crane Wetland Project, 14-15 October 2009, Harbin, China. Baraboo (Wisconsin), USA: International Crane Foundation.

Ramsar Convention Secretariat. 2008a. Resolution X.17 on Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment: Updated Scientific and Technical Guidance. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland. [http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-resol-resolutions-of-10th/main/ramsar/1-31-107%5E21247\\_4000\\_0](http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-resol-resolutions-of-10th/main/ramsar/1-31-107%5E21247_4000_0)

Ramsar Convention Secretariat. 2008b. Resolution X.19. Wetlands and River Basin Management: Consolidated Scientific and Technical Guidance.  
[http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-resol-resolutions-of-10th/main/ramsar/1-31-107%5E21247\\_4000\\_0](http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-resol-resolutions-of-10th/main/ramsar/1-31-107%5E21247_4000_0)

Ramsar Convention Secretariat. 2010. Wetland Ecosystem Services Factsheet 1 – Flood Control. Ramsar Convention Secretariat, Gland Switzerland. Source for Yangtze River text:  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6V93-448Y47S-5&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&view=c&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=dbceef1e9b8635ff64f07a9e515f7246](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V93-448Y47S-5&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=dbceef1e9b8635ff64f07a9e515f7246)

Scheffer M, Carpenter S R, Foley J A, Folke C, and Walker B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413:591–596.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2004. The Ecosystem Approach, (CBD Guidelines) Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity 50 pp.

Shankman D, and Liang Q L. 2003. Landscape changes and increasing flood frequency in China's Poyang Lake region. *The Professional Geographer* 55(4) 2003: 434-445.

Smith M, de Groot D, Perrot-Maître D, and Bergkamp G. 2006. Pay – Establishing payments for watershed services. Gland, Switzerland: IUCN. Reprint, Gland, Switzerland: IUCN, 2008.

Syroechkovskiy Jr, E E 2006. Long-term declines in arctic goose populations in eastern Asia. In: Boere G C, Galbraith C A, and Stroud D A., eds., *Waterbirds around the world*. The Stationary Office, Edinburgh, U.K. pp. 649-662.

TEEB. 2009. The economics of ecosystems and biodiversity for national and international policy makers. <http://www.teebweb.org/>

Xiao W, and Zhang X. 2000. A preliminary study on the population size of Yangtze finless porpoise in Poyang Lake, Jiangxi. *Chinese Biodiversity* 8:106-111.

肖文，张先锋。2002。截线抽样法用于鄱阳湖江豚种群数量研究初报。生物多样性 08 (1): 106-111

王小平。2009。北京密云水库 PES 分析和策略建议（内部报告）。北京林学会，北京市园林绿化局。

王怀清, 赵冠男, 彭静, 胡菊芳。2009。近 50 年鄱阳湖五大流域降水变化特征研究。长江流域资源与环境。18(7):615-619。

王苏民，窦鸿身。1998。中国湖泊志。北京：科学出版社。

Wetlands International. 2006. Waterbird population estimates -- fourth Edition. Wetlands International, Wageningen, the Netherlands. 239 pp.

邬国锋，崔丽娟，纪伟涛。2009。基于时间序列 MODIS 影像的鄱阳湖丰水期悬浮泥沙浓度反演及变化。湖泊科学 21 (2) : 288-297

邬国锋, 崔丽娟, 纪伟涛。2009。基于遥感技术的鄱阳湖-长江水体清浊倒置现象的分析。长江流域资源与环境。18(8):777—782。

Wu G F, De Leeuw J, Skidmore A K, Prins H H T, Best E P H, and Liu Y L. 2009b. Will the Three Gorges Dam affect the underwater light climate of *Vallisneria spiralis* L. and food habitat of Siberian crane in Poyang Lake? *Hydrobiologia* 623:213-222.

Wu G F, De Leeuw J, Skidmore A K, Prins H H T, and Liu Y L. 2007a. Concurrent monitoring of vessels and water turbidity enhances the strength of evidence in remotely sensed dredging impact assessment. *Water Research* 41:3271-3280.

邬国锋, 刘耀林, 纪伟涛。2007b。基于 TM 影像的水体透明度反演模型——以鄱阳湖国家自然保护区为例。湖泊科学 19: 235—240

吴英豪, 纪伟涛 (编)。2002。江西鄱阳湖国家级自然保护区研究。北京: 中国林业出版社。231 页

吴志强, 胡茂林, 曾卫东, 丁小兰。2006。鱼类。自: 江西南矶山湿地自然保护区综合科学考察。北京: 中国林业出版社。109—125 页。

Yesou H, Li J R, Sylviane D, Lai X J, Muriel B N, Chen X L, Huang S F, Crétaux JF, Huber C, Marie T, Li J G, Andreoli R, and Uribe C. 2009. Large inland lakes monitoring exploiting conjointly ENVISAT low and medium resolution image time series and altimetric data: Case of Poyang and Dongting lakes (P.R.China) from 2000 to 2008 within DRAGON project. ESA SP 674, Proceedings of "Earth observation and the water cycle", 18-20 November 2009, Frascati, Italy.

Zhang X, Liu R, Zhao Q, Zhang G, Wei Z, Wang X, and Yang J. 1993. The population of finless porpoise in the middle and lower reaches of Yangtze River. *Acta Theriol Sin* 13:260—270.

Zhang Y, Cao L, and Barter M. 2010. Changing distribution and abundance of Swan Goose *Anser cygnoides* in the Yangtze River floodplain: the likely loss of a very important wintering site. *Bird Conservation International* 20:1—13

Zhao X, Barlow J, Taylor B L, Pitman R L, Wang K, Wei Z, Stewart B S, Turvey S T, Akamatsu T, Reeves R R, and Wang D. 2008. Abundance and conservation status of the Yangtze finless porpoise in the Yangtze River, China. *Biological Conservation* 141:3006-3018.

Zheng Y. 2009. Prediction of the distribution of C3 and C4 plant species from a GIS-based model: a case study in Poyang Lake, China. MSc thesis, ITC, Enschede, the Netherlands.

钟业喜, 陈姗。2005。采砂对鄱阳湖鱼类的影响研究。江西水产科技 (1) : 15—18

## 附录

附录 1. 生态系统管理的十二条指导原则

附录 2: 案例研究 1: 加纳阿科松博水坝沃尔特河的环境、社会与经济影响

附录 3: 案例研究 2: 在卡茨基尔及特拉华流域的可持续水管理为纽约市提供净水

(26601 字)