

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

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

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

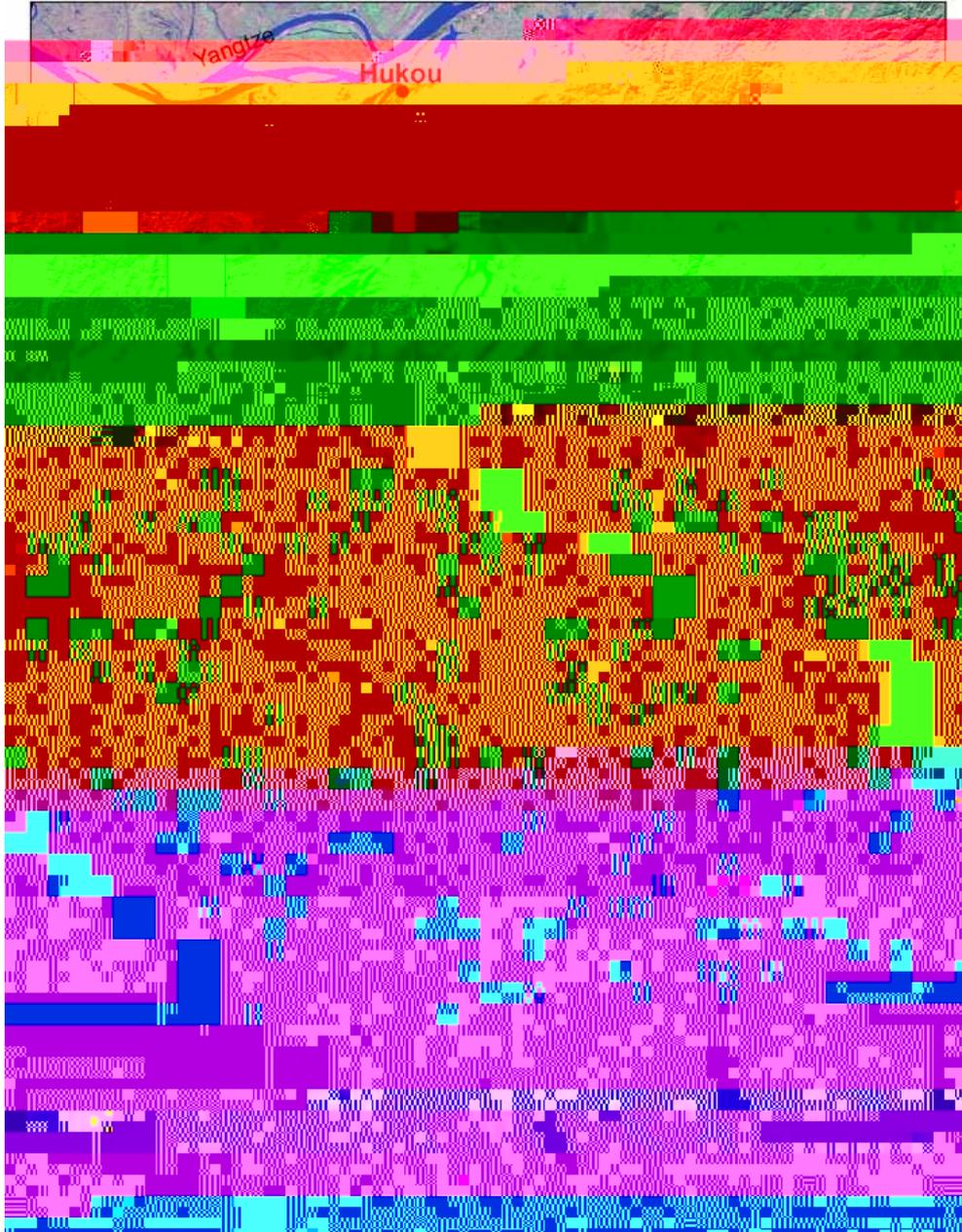


图 1. 鄱阳湖地图。显示鄱阳湖自然保护区边界，拟议中水坝位置及星子水文站

夏季鄱阳湖表面积为 4,000 多平方公里 (Shankman and

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，世界上一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，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 憩坑

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

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。

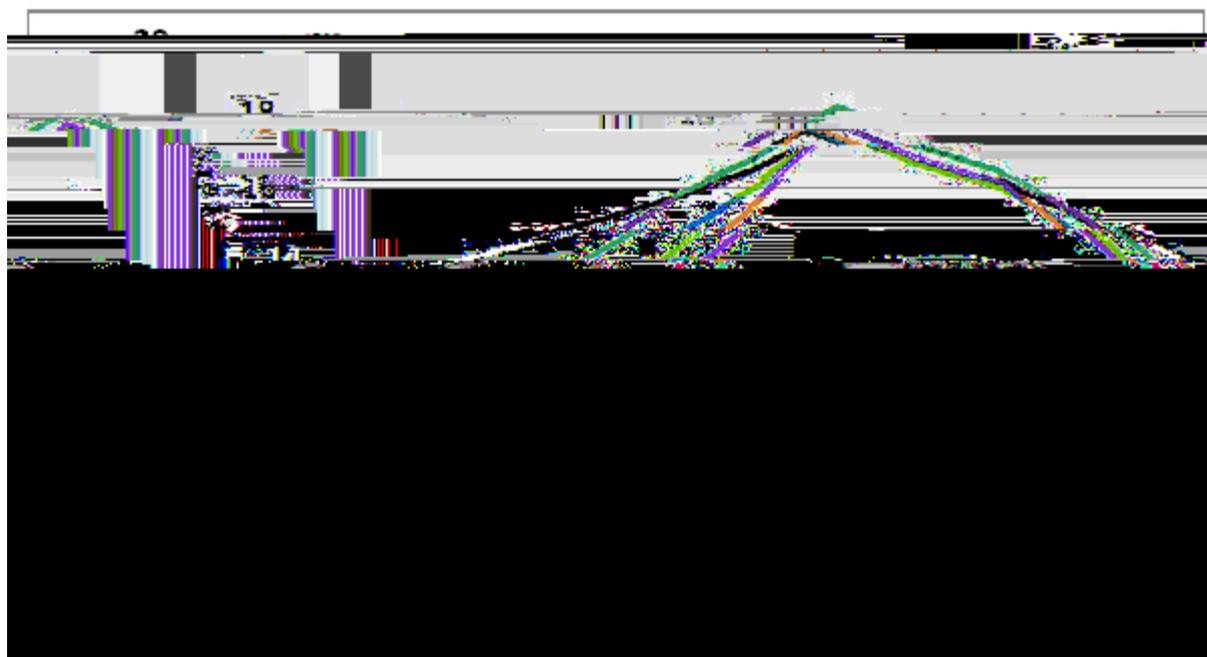


图 2. 1952 年 2007 年间鄱阳湖四个水文监测站记录的月平均水位变化（湖口资料为 1978 - 2008）（单位：米，海平线以上，吴淞）。水文站按由南（康山）到北（湖口）顺序排列。

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（

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%）（王苏民和龚鸿身，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？

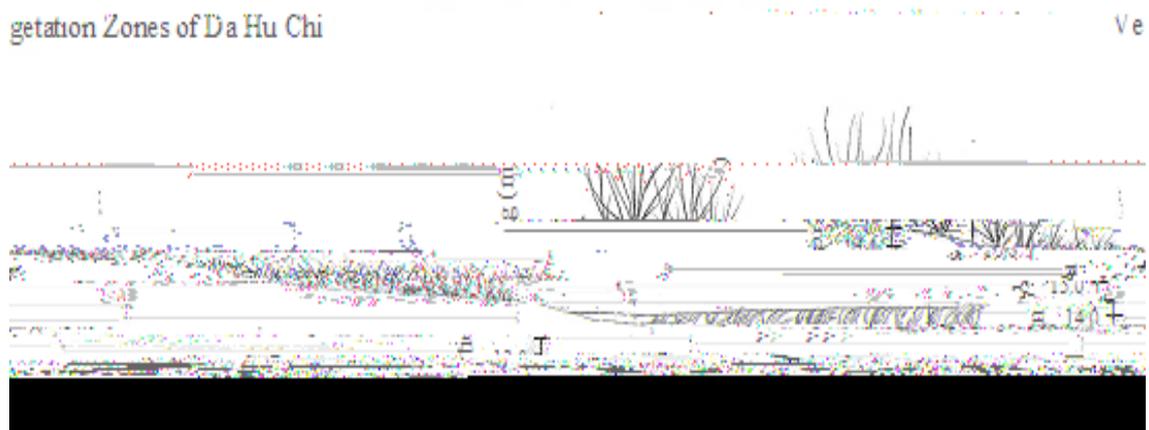


图 3. 大湖池区不同植被区域示意图，按海拔高度从高（左）到低（右）排列（吴淞）。在大湖池，莎草带海拔为 15.34 米（吴淞），泥滩带海拔为 14.4 米（吴淞）。这些区域，按大湖池测量的，确定界限为（吴淞）：禾本科草区 > 16 米；莎草区 = 16.0 14.6 米；沉水植物或泥滩区 = 14.6 14.3 米；苦草或眼子菜属区 = 14.3 13.9 米。大湖池在冬季与主湖区不连接，其植被区

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*

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 asiaeorientalis*) 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

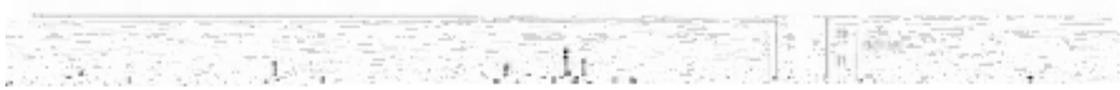


图 4. 鄱阳湖月平均水位（吴淞），于星子水文站测得，1956 - 2009

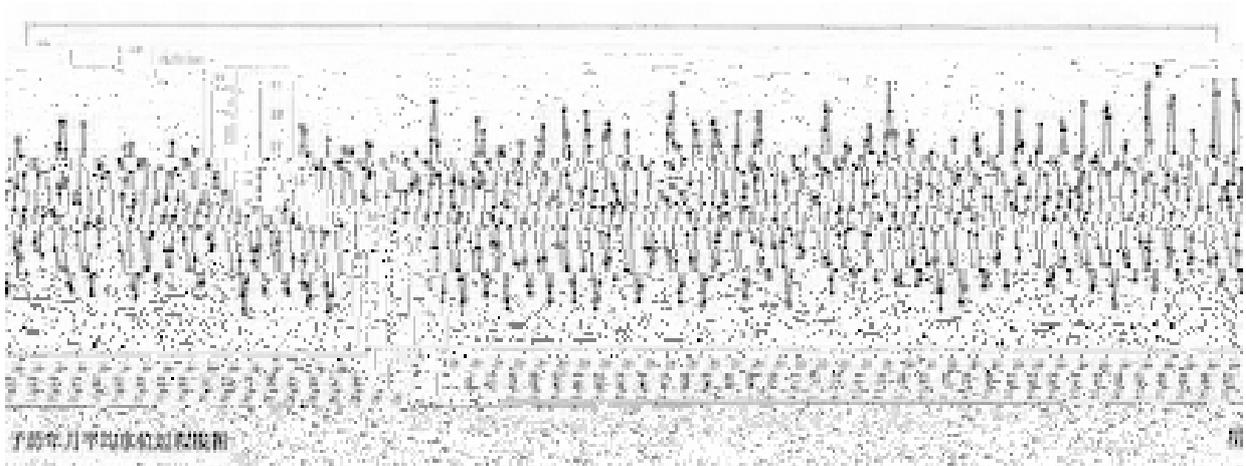


图 5. 从鄱阳湖流入长江的月平均流量（单位：立方米/秒），在湖口水文站测得，1956 - 2009

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。

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。

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”（

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

持在以上 12 涉懣 徵

表 1. 对鄱阳湖管理决策的建议

步骤 1. 建设水坝的依据 需要严格的测试。	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
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

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

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

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

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_

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_448Y47S5&_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.

200

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)