

人类活动对洱海的影响及对策分析*

王云飞 潘红玺 吴庆龙 黄 群

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 针对洱海生态环境问题, 1996 - 1997 年间通过系列动态资料分析、环境现状调查和水、土、生物取样测试等方法进行湖泊人为影响和对策研究. 结果显示 1980 - 1986 年持续降低水位给洱海留下灾难性后果; 近年来资源过量开发和面源污染又使洱海面临富营养化威胁. 究其主导原因是人类活动的强度远超过湖泊自身调节能力和湖泊系统急剧变化的外在表现. 建议选择旅游和供水为洱海的主导功能并采取相应人工调控对策, 使人类开发活动逐步纳入流域社会经济和生态环境协调发展的轨道.

关键词 洱海 人类活动 环境破坏 对策

分类号 P343.3 X524

在生产逐步发展和科学技术水平不断进步的今天, 人类活动已成为改造自然和影响环境的强大动力. 国际 HDP 研究计划指出当前人为影响的范围具有全球性, 它在局部地区的极端行为将导致环境的毁灭^[1]. 湖泊是分布于盆地低洼处的地表水体, 历来是人类活动最集中的场所, 也是当前环境受损坏最严重的集聚地之一. 本文以云贵高原第二大湖泊—洱海作代表, 通过环境背景分析和人类活动史回顾, 侧重评价近代人为活动对湖泊资源与环境的负面影响, 为人类调控和湖区社会经济与生态环境的协调发展提供依据.

1 湖盆的地质背景与自然地理环境

洱海位于云南省大理市北部和点苍山东麓介于 25°36'—25°58'N 和 100°05'—100°18'E 间. 当湖面高程 1973.7m(海防高程, 下同)时面积 249.8km², 容积 25.3 × 10⁸ m³. 湖盆发育于金沙江、元江深大断裂带中, 地貌上位于澜沧江、金沙江和元江分水岭带, 属澜沧江—湄公河水系, 为其支流漾濞江的源头湖(图 1). 湖盆较封闭, 补给系数较小 10.4, 换水周期较长, 约 760d, 从成因上形成了生态环境脆弱性一面.

湖区属亚热带西部型高原季风气候, 多年和 7 月、1 月平均气温分别为 15.1℃ 和 20.1℃、8.8℃. 多年平均降水量 1060mm, 其中 85% - 96% 分配于 5 - 10 月雨季, 湖面年平均蒸发量达 1208.6mm. 湖水主要依大气降水和入湖迳流补给, 主要入湖河流弥苴河和波罗江, 出流仅西洱河后汇入漾濞江. 现出口建闸控制水位为 1971 - 1974m. 湖区自然地理因素也形成生物生长期长、群落演替快和入湖水量变率大等特点.

2 历史时期的人类活动和洱海环境演变

洱海流域是我国西南地区古代文明发祥地之一, 人类活动的湖泊影响久远^①. 据苍山东坡

* 中国科学院湖泊专题研究项目.

收稿日期: 1997 - 09 - 21; 收到修改稿日期: 1997 - 12 - 05. 王云飞, 男, 1940 年生, 研究员.

① 张锡禄, 苍洱地区居址环境的历史变迁. 大理环保, 1998(22).

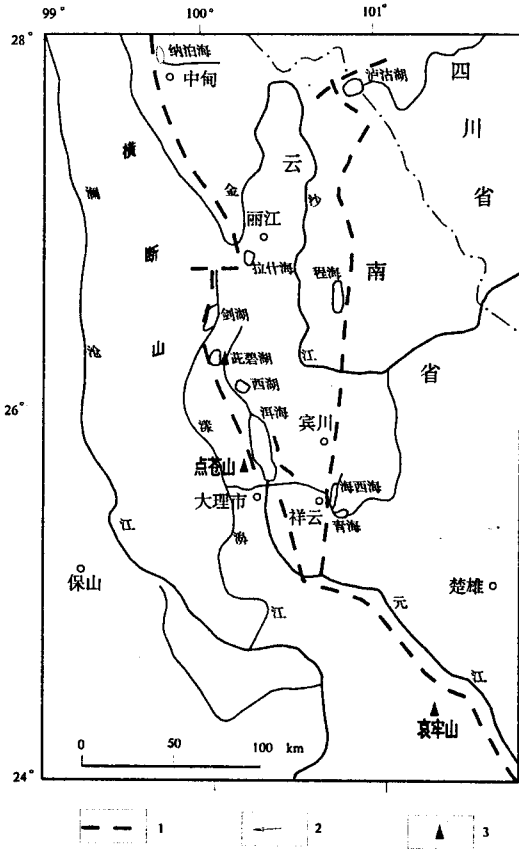


图 1 洱海的位置和地质背景
(1. 断层; 2. 地下出流; 3. 山峰)

Fig.1 Geographical location and geological backgrounds of Erhai Lake

新石器遗址研究, 古代先民均半穴居于海拔 2200-2400m 的向阳台地以狩猎为生. 又据现代扇三角洲沉积之下普遍有该时期湖相地层分布^[2], 旁证大理县志载“及洱水由天生桥初泄时, 山下林丛蔽翳, 人莫敢入”的可信性. 史前古环境可能为湖泊水位较高的原始森林景观. 至汉晋时期, 从墓葬分布和出土的水田模型等证实, 人类已迁移至海拔 2020-2000m 的扇三角洲平原从事以水稻种植为主的定居生活, 推测古湖面高程约 1990-1995m.

苍洱地区在唐宋时为地方政权南诏国和大理国的政治经济中心. 据史料、古遗址和古建筑均反映社会经济的繁荣. 地区人口已有数万, 海拔 2000m 的湖岸带已辟为农田. 由于宫廷和民居建设, 苍山原始森林被大量砍伐, 水土流失加重洱海淤积增强. 据高程 1985-1987m 河矣城村的“葬志铭”, 元代已有人定居, 估算洱海岸线已降至 1980-1985m. 明清以来因人口增加和围湖造田日盛, 据文献现代岸线附近的下未村、下阳溪、罗久邑等居民点群均建于明朝以后. 清代已有疏浚西洱河的官仲谋凿通西洱河等记载, 森林砍伐进一步加剧. 至解放前夕洱海流域人口已达 24.5 万, 湖区原始森林基本砍伐尽, 近 600 年来湖西岸线向前伸展 600-1000m, 水位已小于 1975m.

上述表明历史时期的人类活动通过扩大

耕地和砍伐森林, 直接导致水土流失加重、湖泊淤积增强以及因陆面蒸发增大减少入湖水量. 这种趋势正好与自然变化为主导的距今 3500-4000 年最后一次高湖面后的湖退过程相叠加^[2], 更加速了洱海的湖面收缩和水位下降过程.

3 近代人类活动和洱海环境面临的问题

解放后洱海流域的社会经济获得快速发展, 大理市已建设成滇西交通枢纽和商贸旅游中心城市, 先后被国务院确定为历史文化名城、苍山洱海国家级自然保护区和全国风景名胜. 区域的发展离不开湖泊的资源与环境支撑, 据 1996 年统计洱海每年提供农业灌溉用水 $1.7 \times 10^8 - 1.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、工业和居民生活用水 $0.45 \times 10^8 \text{ m}^3$; 装机 $20.5 \times 10^4 \text{ kW}$ 的西洱河水电站为大理州提供 $7.53 \times 10^8 \text{ kW}$ 电力; 提供优质水产品 6196t; 接待中外旅客 307 万人次, 旅游收入逾 6 亿元……仅此已表明优越的高原湖泊生态系统和丰富的湖泊资源是大理州赖以生存和发展的基础. 另一方面流域人口已增加至 70.4 万, 密度达 274 人/km^2 , 随着经济实力增强和技术

进步,人类的开发强度和对湖泊的影响越来越大,洱海的资源与环境面临的压力也越来越大。

3.1 超强度水资源开发和资源环境损坏

建设西洱河水电站是洱海人类开发史的最大工程,但因其生态环境效益未做科学论证留下种种隐患^[3]。西洱河出流湖河床高程 1972.5m,建站时将河床炸深至 1969.56m,使自然可控最低水位降低了 2.94m。尤其遇 1981、1982 两枯水年,出现最低水位仅 1970.52m 减幅达 3.35m。由于水位急剧降低仅存于洱海的生物特有种洱海裂尻鱼(弓鱼)、洱海四须鲃(鲃鱼)、油四须鲃(油鱼)、大理鲤等 9 种鱼类和海菜花、黄藻门黄丝藻等植物因其生存和殖繁条件破坏数量急剧减少、消亡,洱海生物多样性遭严重破坏。其次刺激低位湖滩地开垦和建立新定居点,人类活动的空间扩张至 1973.5 - 1974m,因此在以后人们制定洱海规划和控制水位高程时不得不接受这样的既定事实。以上两点可能是人工调控也难以恢复的环境创伤。

近年来洱海水资源开发仍在扩大,水位下降的趋势并未制止^[4]。统计表明 1990 - 1995 年平均年净入湖水量 $9.08 \times 10^8 \text{ m}^3$ 较多年平均值减少 12%。另一方面 6 年中包括发电用水和引洱入宾调水的年平均净出湖流量 $8.76 \times 10^8 \text{ m}^3$,估算湖区工农业和生活用水净损耗约 $0.7 \times 10^8 \text{ m}^3$,故洱海水量平衡约有 $0.38 \times 10^8 \text{ m}^3$ 出超。表现在年平均水位逐渐降低,1990 年 6 月末水位仅 1971.39m。在营养盐的净输入量大体相同的情况下,长期的低水位运行可能是洱海富营养化发展和诱发 1996 年秋季全湖蓝藻水华暴发的水文背景。

3.2 非点污染和洱海富营养化发展

1987 年大理市建成污水截流系统后湖水富营养化趋势并未受到控制。水质的动态变化也显示湖水受污染日趋严重(表 1),尤其 1996 年秋季发生了以螺旋鱼腥藻(*Anabaena spiroides* Klebahn)、水华束丝藻(*Aphanizomenon flos aquae* (L.) Ralfs)为主的全湖性蓝藻水华暴发,造成大理市生活用水污染和全市水质型缺水,引起了全社会震动和对洱海富营养化的担忧。据测算每年受人为影响进入洱海的总氮(TN)约 989t、总磷(TP)约 108t,但包括流域内耕作业、畜牧业、养殖业和村镇的污水、垃圾等非点污染分别占 TN、TP 的 97.1% 和 92.5%^[5]。揭示农业耕作方式和居民生活习俗的变革是导致洱海水质继续受污染的重要原因。据大理市统计资料,化肥已取代传统的有机肥料,1995 年的使用量已达 $1.39 \times 10^4 \text{ t}$,较 80 年代增加 57%,而氮肥和磷肥的利用率仅 40 - 50% 和 10 - 20%。与此同时越来越多的人畜粪便和废弃有机物成为垃圾、污水,最终增大湖水氮、磷负荷。其次随着居民生活水平的提高和生活习俗变化,各种方便快捷的化学制品被广泛使用,其中含磷洗涤剂被认为对陆地水体最具潜在危害。正是这些习以为常的人类活动导致了湖水 TN、TP 浓度的增高,因此,1996 年的全湖性蓝藻水华暴发可以看成是洱海从中营养类型湖泊向富营养类型湖泊过渡的危险信号。

表 1 洱海水质营养类型的动态变化(全湖平均数)*

Tab. 1 Dynamics on the nutrient, water quality types in Erhai lake

时 间	SD/m	TN/mg·L ⁻¹	TP/mg·L ⁻¹	COD/mg·L ⁻¹	Chla/μg·L ⁻¹	生物数量/万个·L ⁻¹	优势种
1981 年	3.57	0.10	0.011	1.17		123.6	隐藻、硅藻
1985 年	3.3	0.49	0.034	2.11	1.83	22.4	隐藻、硅藻
1986 年	3.5	0.51	0.03	2.38	1.43	34.8	隐藻、硅藻
1987 年	3.2	0.33	0.021	2.54	1.42	114.6	隐藻、硅藻
1988 年	3.3	0.31	0.018	2.76	1.43	151.4	隐藻、硅藻
1996 年	4.51	0.35	0.039	2.93	2.15	902	硅藻

* 1985 - 1988 年数据引自“洱海富营养化调查研究总报告”(张静芳等);1996 年为蓝藻水华暴发前的分析结果。

3.3 生物资源开发和生态环境变化

渔业生产是洱海生物资源开发的主体.本世纪 60 年代以前因人为干预较小,洱海一直维持以土著鱼类为主的自然繁殖时期,鱼类区系和生物群落基本上保持原生状态,年平均捕获量较低约 450t.其后人为影响不断增强,尤以下列开发活动对湖泊的生态环境影响较大.

(1) 六、七年代因水位下降和酷鱼滥捕,原生土著鱼类受到严重破坏.为提高产量大量投入“青、草、鲢、鳙”四大家鱼苗,使年渔获量提高至 600 - 1200t.但洱海生物资源的组成、数量和优势种群也相应发生变化^[6].其次鱼苗投入中带入的克氏鰕虎鱼、麦穗鱼等凶猛肉食性小杂鱼强占砾石浅滩迅速繁殖,加速了土著鱼类消亡.

(2) 1985 年起推广网箱养殖,至 1995 年网箱面积约 10hm²、年产草鱼、鲤鱼等 1000t.据对比分析网箱区的 TN、TP 和化学耗氧量(COD)分别是敞水区的 2.9 倍、1.6 倍和 1.8 倍,表明网箱养殖对局部水域有污染.其次因养殖饲料主要取于湖中水草,故水生植被破坏严重,其复盖面积已从八十年代初占全湖 30.9%减少至 18%,导致鲤、鲫等水草产卵鱼类减产及降低水生维管束植物对湖水的净化能力与藻类的竞争能力,后者也是诱发藻类过量繁殖的因素之一.

(3) 1991 年洱海引进太湖新银鱼成功,截止 1996 年已累计总产 3133t,是社会经济效益最好的名特优水产品.因银鱼以浮游动物为主要捕食对象,1996 年分析结果显示轮虫、枝角类和桡足类的全湖平均数量比 1982 年减少 79%,因此深入研究银鱼—浮游动物—浮游植物三者关系和生态环境效益,不仅有利于洱海环境保护也是实现银鱼可持续发展的科学依据.

3.4 旅游业发展和湖泊环境的潜在威胁

旅游业作为大理州的新兴产业方兴未艾,但已出现损坏环境的趋向.1996 年湖中有游船 120 余艘,平均每天约 0.84 万人在湖中生活,但大部分生活垃圾仍丢弃湖中污染水质.如全梭岛景点湖水 TP 和 COD 分别达 0.089mg·L⁻¹和 4.26mg·L⁻¹均为全湖最高值,表明局部景点的水污染已相当严重,有必要严格规范旅游业的保护环境各项措施.

4 人为影响的机理分析

湖泊是集湖盆,水体和生物于一体的自然综合体和独特生态系统,在自然界的内外营力作用下有其自生的发展和演化规律.人类活动被认为是第三种营力,需通过湖体内部的复杂过程方能表现出来.洱海在历史时期,甚至到本世纪 60 年代以前,由于西洱河基岩河床的高程(1972.5m)控制,不论入湖水量多寡常能保持较高水位(>1972.5m)和较丰富水量(>25 × 10⁸ m³)并形成与此相适应的湖盆地形和生物群落.因此人为影响尽管日趋增强,但从湖泊生物标志显示它尚未超过自然营力,湖泊可通过自身的调控继续其自然发展进程.

湖水(包括水量和水质)是湖泊的主体,也是影响湖泊功能的关键因素.洱海的人为影响正是通过急剧改变湖水的量与质而强烈地表现出来.自建设西洱河电站后,人为将出口炸深 2.94m,导致电站运行至 1981 - 1982 年间连续出现 15 个月水位小于 1971m,二年内平均水位减少 2.68m,容积也随减 23.2%.洱海在短时期内水位与水量的急剧变化,显然已超过自然变化的幅度和湖泊自身的调控能力,因而诱发了一系列破坏性调整.以适应水位与容积的急剧变化.例如因水位降低沿岸带大批池塘、水井、乾涸;大片浅水带裸露和湖湾沼泽化;因侵蚀基面下降引发入湖河流溯源侵蚀破坏农田、桥梁和水工设施等.洱海中则表现为生物群落变化和土

著鱼类急剧减少;湖水 pH 值、TN、TP 大幅度增高和局部出现蓝藻水华等湖泊资源贫化和人类生存空间恶化的负面后果^[3]. 显示维持湖泊水量平衡对稳定洱海环境的极端重要性.

在人为影响下洱海富营养化是损坏湖水功能和破坏生态环境的另一主要问题. 对蓝藻水华暴发前的水质状况与 1988 年作比较^[7]:藻类生物数量增高近 5 倍、叶绿素 a 增大 50%、TP 增高 1 倍、TN 增高 12.2%. 据大理市统计数字 1988 年氮肥、磷肥和化学农药的使用量为别为 5369t、3143t 和 131t, 至 1995 年使用量分别增加 17.2%、94% 和 29%, 显示湖水 TN、TP 的增大与氮肥、磷肥的变化趋势一致. 又据 1996 年秋季弥苴河、波罗江等反映面源污染的入湖河水分析, TN 较湖水高 73.5% - 88%, TP 高 200% - 225%, 其中对悬浮物电镜分析和能谱化学成分测定, 发现有磷含量 7.84% - 18.3% 的含磷洗涤剂残留物. 以上表明洱海属磷限制性湖泊, 富营养化发展非点源磷污染比氮危害性更大. 由于 TP 增加幅度大, N/P 比值也从 1988 年 17.3 降低至 1996 年 8.5, 磷从藻类生长的限制因素转变成有利因子^[8], 导致洱海富营养化日趋严重和全湖性蓝藻水华暴发.

5 社会经济与生态环境的可持续发展—对策建议

人类活动既有资源开发中损坏环境的一面, 又有能力通过人为调控和治理达到流域社会经济与生态环境的协调发展. 建议采取以下对策:

5.1 选择适宜洱海经济发展与环境保护的主导功能

鉴于各产业部门都力图通过增大资源开发强度获取自身更大发展, 因此损坏环境的开发活动难以制止, 有必要明确洱海的主导功能. 根据大理市的城市定位和商贸旅游城市的特点, 宜选择旅游业和优先提供工农业和生活用水为主导功能. 它既有利于带动区域经济持续发展和社会稳定, 又能较好地避免环境损坏, 因为旅游业和供水本身也需要良好的生态环境作基础. 其次科学规范主导功能与其他功能的关系, 从政策上处理好发展与保护的矛盾.

5.2 全力制止洱海富营养化发展

除州政府已采取取消网箱养殖、取缔渔船柴油机和禁止销售使用含磷洗涤剂等果断措施外, 还建议从以下三个方面着手: (1) 由于发电用水是洱海水资源的最大支出项, 因此必须根据水量平衡规划发电用水, 制止洱海平均水位继续下降的趋势. 在当前湖水营养负荷较高的背景下使水位逐年有所增高, 对抑制富营养化趋势将有显著的效果. (2) 研究显示削减人为磷污染和保护湖中维管束植物是当前制止洱海水水质恶化的最行之有效的措施. 应重视磷肥使用量增大的环境影响, 探索提高磷肥利用率的途径. 其次在人口稠密的城镇建设污水收集和处理设施应列为工程措施的首选项目. (3) 洱海环境质量的根本改善有待于流域内丘陵山地植树造林的成功和坝区生态农业的建立. 农林部门应制定长远规划.

5.3 强化开发管理, 增大科技投入

人类的每一项开发活动都会牵动湖泊系统的复杂变化, 因此在新立项前都应作可行性研究和效益评估. 尤其人类干预还难以驾驭的开发活动, 如引进有自繁能力的新物种, 导致环境变化的大工程、流域内推广新型化学产品等更应从严管理. 建议州政府从洱海开发收入中建立专项基金用于洱海的突出问题和新开发项目的深入研究, 使人类活动建立在科学论证的基础上, 以科学技术为依托促进洱海流域的社会经济和环境质量可持续发展.

参 考 文 献

- 1 孙成权, 张志强, 李明. 全球变化研究国家(地区)计划及相关计划, 北京: 气象出版社, 1993. 191 - 193
- 2 中国科学院南京地理与湖泊研究所等. 云南断陷湖泊环境与沉积. 北京: 科学出版社, 1989. 2 - 7, 109 - 110
- 3 沈仁湘. 洱海水位对环境的影响. 云南洱海科学论文集. 昆明, 云南民族出版社, 1989. 93 - 99
- 4 刘树坤. 洱海环境保护规划中的问题探讨. 大理环保, 1996, (20): 12 - 16
- 5 金相灿, 刘鸿亮, 屠清英. 中国湖泊富营养化. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 373 - 389
- 6 董云仙. 洱海藻类植物的初步研究. 云南洱海科学论文集. 昆明; 云南民族出版社, 1989. 68 - 72
- 7 潘红玺, 王云飞, 董云生. 洱海富营养化影响因素分析. 湖泊科学, 1999, 11(2): 184 - 188
- 8 孙顺才, 黄漪平. 太湖. 北京: 海洋出版社, 1993. 206 - 208

Impacts of Human Activity on Erhai Lake and Countermeasures

WANG Yunfei PANG Hongxi WU Qinglong HUANG Qun

(Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Abstract

The impacts of human activity on Erhai Lake and their countermeasures were analysed from 1996 to 1997 in view of the deterioration of ecological environment. First, the limitation of lake resources and fragility of ecological environment were noted after studying the background of geology and geomorphology as well as the conditions of hydrology and meteorology in the lake basin area. The major human impacts in the historical period involved in the enhanced deposition, lake shrinkage and water level decline which were caused by lumbering, expansive utilization of land. Human activities in the past 50 years have damaged the lake environment seriously with the development of civilization. The successive low water level from 1980 to 1986 has led to a disastrous consequences on Lake Erhai. In recent years, over-exploitation of resources, industrial pollution, wide use of chemical fertilizer and discharge of domestic wastewater etc., have accelerated eutrophication in the lake. Obviously, the intensity of human activity has surpassed the capacity of re-adjustment of the lake ecosystem. Hence, it is necessary to determine main functions of the lake in consideration of present conditions. In this paper, we suggest that tourism and supply of water be the main functions. Then, such measures as control of water volume balance, of non-point pollution, recovery of vegetation in the lake basin area and development of ecological agriculture should be adopted to protect the lake environment. Furthermore, human activity must be regulated in harmony with development of social economy and ecological environment through scientific administration.

Key Words Erhai Lake, human activity, environment damage, countermeasures