

# 洱海生物群落的历史演变分析\*

吴庆龙 王云飞

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**提 要** 根据 1957-1997 年期间对洱海水体进行的历次综合研究结果分析. 由污染引起的氮、磷等营养元素含量升高促进藻类生长繁殖, 40 年来其密度和生物量上升近 10 倍; 近 5 年的变化尤为明显, 一度出现以螺旋鱼腥藻 (*Anabaena spiroides* Klebahn) 为主的“水华”. 银鱼 (*Neosalanx taihuensis* Chen) 移植等渔业生产活动导致浮游动物在近 10 年锐减, 现在的密度仅是 1957 年的 1/8. 水体有机污染的增加, 有利于苏氏尾鳃蚓 (*Branchiura sowerbyi* Claparedi)、摇蚊科幼虫等生长, 大型底栖无脊椎动物的密度上升了一个数量级; 水生高等植物在 50-80 年代呈扩展趋势, 而近期则由稳定趋于衰退. 受过度捕捞、鱼类移植、水位急剧下降等影响, 洱海鱼类经历了 4 次较大的变动, 即 50-60 年代以土著鱼类为主、70 年代以波氏栉鰕鲛鱼 (*Ctenogobius cliffordpopei* (Nichols)) 为主、80 年代以鲫鱼 (*Carassius auratus* (Linnaeus)) 为主、90 年代以银鱼和鲤鱼为主; 洱海特有的 7 种土著鱼类, 如大理裂腹鱼 (*Schizothorax taliensis* Regan) 等几乎绝种.

**关键词** 洱海 生物群落 演替

**分类号** P343.3 Q145

洱海位于云南省西部大理白族自治州境内, 介于北纬  $25^{\circ}36' - 58'$ 、东经  $100^{\circ}05' - 18'$  之间, 北起江尾, 南至下关, 面积  $250\text{km}^2$ , 是该省第二大淡水湖. 它属澜沧江水系, 是一个典型断陷湖泊. 洱海环境优美, 生物资源丰富, 在湖区经济发展中发挥着极其重要的作用, 被誉为滇西高原的一颗灿烂明珠. 然而近 40 年来, 随着湖区人口急剧增加, 经济不断发展, 人类活动影响更剧烈, 洱海生物资源受到破坏, 生态环境发生了重大变化. 本文根据作者在 1996-1997 年对洱海浮游藻类、浮游动物、水生高等植物、大型底栖无脊椎动物和鱼类等水生生物群落进行调查研究的结果, 结合以往历次研究资料<sup>[1-9]</sup>, 分析了近 40 年来洱海生物群落结构的变化及其所指示的湖泊环境演变, 阐明人类活动对生物群落结构的影响及其机理, 为科学地利用和保护洱海提供依据.

## 1 生物群落结构的变动分析

### 1.1 浮游藻类种数减少、数量增加、优势种剧烈更替

近 40 年来, 洱海浮游藻类群落结构发生了很大变化, 总的趋势是种类数减少而密度和生物量增加, 尤以近 5 年变化强烈. 由表 1 可见, 1957 年, 藻类密度仅  $64.9 \times 10^4$  个  $\cdot \text{L}^{-1}$ , 生物量  $0.547\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ <sup>[1]</sup>, 而 1980 年密度和生物量分别已达  $123.6 \times 10^4$  个  $\cdot \text{L}^{-1}$  和  $1.005\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ <sup>[2]</sup>, 1997 年则上升到  $563.2 \times 10^4$  个  $\cdot \text{L}^{-1}$  和  $4.6582\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 40 年里藻类密度和生物量分

\* 中国科学院湖沼专项基金资助.

收稿日期: 1998-04-04; 收到修改稿日期: 1998-06-01. 吴庆龙, 男, 1965 年生, 副研究员.

别上升近 9 倍和 4.5 倍. 其中近 15 年变化显著, 分别上升了 411% 和 487%. 1996 年 9 月洱海藻类水华暴发时, 局部水域藻类密度达  $1147 \times 10^4$  个  $\cdot L^{-1}$ , 生物量超过  $10 mg \cdot L^{-1}$ . 与此相反, 洱海藻类的种类数则由 90 年代以前的增加转而逐渐减少, 例如 1980 年发现 51 属, 1987 年发现 89 属, 1992 年有 102 属, 而 1996 - 1997 年只见到 48 属. 这种藻类密度和种类数的变动, 反映了洱海污染和营养水平在提高.

表 1 1957 - 1997 洱海浮游藻类密度、生物量比较

Tab. 1 Density and biomass of phytoplankton in Erhai Lake from 1957 to 1997

	1957 年	1980 年	1987 年 <sup>[3]</sup>	1992 年	1997 年
密度/ $\times 10^4$ 个 $\cdot L^{-1}$	64.9	123.6	132.9	115.6	562.3
生物量/ $mg \cdot L^{-1}$	0.547*	1.005	1.086	1.1337	4.6582

\* 此生物量依据优势种估算所得.

洱海藻类各类群的组成变化不大. 1957 年洱海藻类中以绿藻为主, 硅藻次之; 1980 - 1992 年仍以绿藻和硅藻为主, 但蓝藻所占比例明显增加, 达 18% - 28.7%. 而 1996 - 1997 年, 绿藻和硅藻所占比例相差已很小, 分别为 39.6% 和 31.2%. 总的变化趋势是硅藻、蓝藻的数量和生物量所占比例不断扩大, 而绿藻则逐渐减少.

洱海藻类的优势种常见属种变化较大. 1957 年洱海藻类优势种有单角盘星藻 (*Pediastrum simplex* Meyer)、水华束丝藻 (*Aphanizomenon flos-aquae* L.) 和小环藻 (*Cyclotella*), 常见的还有云南飞燕角甲藻 (*Ceratium handellii* Skuja)、暗丝藻 (*Pseudonema aenigmaticum* Skuja)、湖生鞘丝藻 (*Lyngbya limnetica* Lemm.) 和球空星藻 (*Coelastrum cambricum* Arch.) 等<sup>[1]</sup>. 到了 80 年代中期, 喜清洁水的云南飞燕角甲藻、暗丝藻已不复存在, 而蓝隐藻 (*Chroomonas* sp.) 和直链硅藻 (*Melosira granulata* Ralfs) 则成为常见种, 小环藻、水华束丝藻在这 30 年里一直是优势种属<sup>[4]</sup>, 该变化显示洱海水质有一定程度下降. 到了 90 年代中期, 洱海常见有蓝藻门的色球藻 (*Chroococcus* sp.)、微囊藻 (*Microcystis* sp.) 和水华束丝藻, 隐藻门的隐藻 (*Cryptophyta* sp.) 和蓝隐藻, 硅藻门的小环藻、直链硅藻、脆杆藻 (*Fragilaria* sp.) 和星杆藻 (*Asterionella* sp.)、小环藻 (*Cyclotella* sp.)、微囊藻、水华束丝藻和螺旋鱼腥藻 (*Anabaena spiroides* Klebahn) 等高温季节在局部湖区的密度达  $450 \times 10^4$  个  $\cdot L^{-1}$ , 成为优势种, 并形成“水华”.

浮游藻类变化的人类活动影响主要表现在 4 个方面: (1) 随着湖区人口的不断增加、人类生活方式与农业生产方式的改变, 特别是化肥和含磷洗涤剂的大量使用, 使得进入湖泊的氮、磷等营养盐迅速增加, 从 1957 到 1997 年, 湖水中三态氮增加近 20 倍, 磷酸盐增加了 4.1 倍. 氮的增加是导致藻类密度、生物量增加和种类组成变动的主要因素. 在 50 年代, 洱海氮含量低, 硝态氮仅  $0.0054 - 0.055 mg \cdot L^{-1}$ , 硅酸盐背景值高达  $2.3 mg \cdot L^{-1}$ , 有固氮能力的水华束丝藻以及小环藻等硅藻占优势; 随着氮的不断增加, 它的限制作用减小, 一些无固氮作用的蓝藻如微囊藻增加, 在局部湖区成为优势种. (2) 70 年代, 西洱河水电站的修建引起湖泊水位急剧下降, 并在此后使洱海长期处于低水位运转<sup>[5]</sup>, 湖泊对污染物的稀释能力下降、环境容量减少, 不耐污染的云南飞燕角甲藻、暗丝藻等消失. (3) 1985 年开始移殖太湖新银鱼, 并在 1991 年形成 520t 产量. 由于银鱼主动捕食浮游动物, 导致浮游动物锐减. 而浮游动物又以浮游藻类等为食, 所以引种银鱼在一定程度上引起藻类数量增加. 通过对 1992 - 1997 年的浮游动物、藻类密度和生物量的比较可见, 银鱼形成优势种群的这段时间, 洱海浮游动物急剧减少, 而藻类密度

急剧增加,当然藻类增加的前提是湖泊内有较充分的营养物质。(4)自1985年开展的网箱养鱼,促进了对水草的利用,但捞取方式不合理,尤其是扒捞,影响水生植被再生,搅动底泥,加快沉积物中营养盐的释放。根据在东太湖等草型湖泊的研究成果,有水草时的释放速率仅为无水草时的十二分之一,而洱海中磷的97%、氮的96%是储藏在湖底沉积物中的。

### 1.2 渔业活动导致浮游动物数量剧烈波动

从1957-1997年,洱海浮游动物群落有两上显著变化阶段(表2)。一是从1957-1980年,浮游动物总密度下降,但生物量增加,主要表现在原生动物密度显著减少,而轮虫、枝角类、桡足类的密度则有不同程度增加,此时期优势种为西南荡镖水蚤(*Neurodiaptomus mariadvigae*)、长刺蚤(*Daphnia longispina*)、针簇多肢轮虫(*Polyarthra triga*)、螺形龟甲轮虫(*Keratella cochlearis*)<sup>[1,2]</sup>;二是从1980-1997年,浮游动物密度和生物量急剧下降,分别由1992年的 $890.5 \times 10^4$ 个 $\cdot L^{-1}$ 和 $1.598 \text{mg} \cdot L^{-1}$ 减至1997年的 $171.2 \times 10^4$ 个 $\cdot L^{-1}$ 和 $0.5412 \text{mg} \cdot L^{-1}$ ,其中轮虫、枝角类和桡足类等大中型浮游动物的减少幅度最大,没有明显优势种类。

表2 近40年来洱海浮游动物密度和生物量比较

Tab.2 Density and biomass of zooplankton in the past 40 years in Erhai Lake

年 份	原生动物		轮 虫		枝角类		桡足类		合 计	
	个 $\cdot L^{-1}$	mg $\cdot L^{-1}$	个 $\cdot L^{-1}$	mg $\cdot L^{-1}$	个 $\cdot L^{-1}$	mg $\cdot L^{-1}$	个 $\cdot L^{-1}$	mg $\cdot L^{-1}$	个 $\cdot L^{-1}$	mg $\cdot L^{-1}$
1957	1200		54		10		120		1384	
1980	585		80		80		155		900	
1992	328.2	0.007	483	0.2548	17	0.53	62.3	0.8065	890.5	1.598
1997	105	0.0054	52.5	0.0173	5.37	0.3142	8.715	0.2093	171.2	0.5412

浮游动物群落的变化和鱼类移植等渔业活动密切相关。(1)60年代开始的“四大家鱼”人工放流带进了黄魮鱼(*Hypseleotris dabryi* Sauvage)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva* Temminck et Schlegel)、波氏栉鲃鱼等底栖肉性鱼类,破坏了主食大、中型浮游的大理裂腹鱼等裂腹鱼的产卵场,另一方面湖泊水位的急剧下又降阻挡了该鱼的生殖回游,严重破坏了裂腹鱼的自然增殖能力,仅大理裂腹鱼的产量就由1967年前的 $2.5 \times 10^4 \text{kg}$ 减少到1984年的500kg。因此从1957-1980年,尽管洱海浮游动物总的密度减少,但其中的轮虫、枝角类和桡足类数量呈增加的趋势,总生物量增加。(2)洱海从1984年开始移植银鱼1990年形成500t产量,由于银鱼是主动捕食大中型浮游动物的,因此,从1980-1997年,洱海浮游动物中的枝角类、桡足类和轮虫的数量呈下降趋势,总生物量也锐减。如果根据浮游动物现存量来估算,其鱼产潜力为 $67.7 \times 10^4 \text{kg}$ ,而1996年洱海已产浮游动物食性鱼类 $68.8 \times 10^4 \text{kg}$ 。

### 1.3 有机污染增加,底栖动物增多

洱海现有底栖动物30个属种,隶属8科、16属。常见种有河蚬(*Corbicula fluminea*)、螺蛳(*Margarya melanoides*)、尖口圆扁螺(*Segmentina nitidella*)、斯氏萝卜螺(*Radix swinhoei*)、苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)、异腹鳃摇蚊(*Einfeldia insolita*)等,优势种是螺蛳、河蚬、苏氏尾鳃蚓。平均密度 $1219.4$ 个 $\cdot m^{-2}$ ,平均生物量 $827.22 \text{g} \cdot m^{-2}$ ,是我国丰富的湖泊之一。和1981年调查结果相比可知,底栖动物密度和生物显著增加,例如1981年洱海寡毛类平均密度和生物量分别为 $44.42$ 个 $\cdot m^{-2}$ 和 $0.7357 \text{g} \cdot m^{-2}$ ,远低于目前的 $370.6$ 个 $\cdot m^{-2}$ 和 $37.17 \text{g} \cdot m^{-2}$ ;

1981年洱海摇蚊幼虫的密度和生物量为 $25.09 \text{ 个} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $0.2510 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 低于目前的 $202.25 \text{ 个} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $15.41 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 目前软体动物的密度是 $646.55 \text{ 个} \cdot \text{m}^{-2}$ , 远多于1981年的 $52.2 \text{ 个} \cdot \text{m}^{-2}$ [2,6]。

由于流域内生产、生活等人类活动的增强, 进入洱海的有机物质增多, 有机污染加重, 耐污染种类增加。例如1981年洱海的COD仅 $1.71 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 1997年已增加到 $3.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ [7], 因此, 在无水草区耐有机污染的水蚯蚓、摇蚊幼虫等数量明显增加。同时随着湖泊营养程度的提高, 有机碎屑物质的增多, 为软体动物提供了丰富的饵料, 促进了它们的生长。

#### 1.4 水生高等植物经历了扩展、稳定和轻度退化过程, 优势种更替强烈

洱海水生高等植物的变动可以分为两个时期, 即60年代初期至80年代初期的扩张期和80年代初期到90年代中期的由稳定走向衰退期。

60-80年代洱海水生高等植物的变化主要表现在如下几个方面:(1)分布面积扩大, 分布深度增加, 生物量上升。根据黎尚豪等在60年代的调查, 洱海水生植物分布在水深小于3m的湖区[1], 到1977年, 水生高等植物的分布面积已逐渐扩大, 不断向深水处推进, 苦草在水深6-7m的地方也有分布, 水生植物分布下限水深达 $10 \text{ m}$ [8]。80年代初水生植物分布面积达 $7727 \text{ hm}^2$ , 生物现存量 $79.9 \times 10^4 \text{ t}$ [9]。(2)种类组成发生较大变化。菹齿眼子菜(*Potamogeton pectinatus*), 大茨藻(*Najas marina* L.)的分布面积和生物量明显减少, 而苦草(*Vallisneria gigantea*)、微齿眼子菜(*Potamogeton maackianus*)、轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)和金鱼藻(*Ceratophyllum amphibium*)则大量繁殖, 成为优势种。海菜花(*Ottelia demersum* var. *Quadrispinum*)不耐污染, 1957年以单优群落存在; 1982年海菜花已不成为完整的群落, 只有零星星的分布[9]。

和80年代初期相比较, 目前的洱海水生植被又发生了较大的变化, 主要有以下几点:(1)种类组成减少, 生物多样性受到破坏。在80年代初期洱海有水生植物61种, 目前已减少为45种, 其中湿生物种由20种减少到11种, 挺水植物由10种减少为9种, 沉水植物由19种减少到13种, 漂浮植物由6种减少至5种, 只有浮叶植物由6种增加到7种, 海菜花群落已不复存在。(2)群落类型减少。与1985年相比, 菹齿眼子菜群落、鸭子草群落、六蕊稻草群落和芦苇群落已不成连片的群落, 只有稀疏分布, 并有逐步减少乃至消失的可能。(3)分布面积减少, 生物量有下降的趋势。1997年洱海水生植物分布面积为 $6533 \text{ hm}^2$ , 比1981年少了 $1194 \text{ hm}^2$ , 1997年的生物现存量为 $76.5 \times 10^4 \text{ t}$ , 比1981年减少了 $3.4 \times 10^4 \text{ t}$ , 显现出下降的趋势, 特别是在北部湖区, 由于对水草的破坏性捞扒, 水草资源出现衰退迹象。(4)优势种群变化。苦草取代轮叶黑藻成为第一优势种, 微齿眼子菜虽仍是第三优势种, 但它在湖心平台的分布密度增加, 生物量增多, 而轮叶黑藻由于过度捞取, 则由第一优势种变为亚优势种。

洱海水生植物群落变动的原因包括人类活动的影响和水生植物在自然状态下的演变。而在短短的40年里发生较大的变动, 人类活动影响是主导因素[10]。从1957年到1985年水生植被扩张的主要原因有:(1)环湖修建水利工程, 使洱海入湖水中的泥沙含量减少, 透明度增高, 湖泊中光补偿点增加, 使水草在较深的水域内能生长。水草面积扩大, 密度增加, 净化水体作用加强, 又进一步使透明度提高, 促进水草向深水处扩张。1957年洱海透明度为80-190cm, 1977年为120-250cm, 1982年的透明度平均为400cm。(2)湖泊水位下降促进水草向下迁移。1971年开始修建西洱河水电站导致湖泊水位急剧下降, 使部分水草由浅水区向深水区迁移,

湖心平台和金梭岛附近以及南部湖底平坦的湖区水深相对变浅,水草生长茂盛。(3)工农业发展导致进入湖泊的氮、磷等营养物增加,促进水生高等植物生长。(4)随水生高等植物分布的水深下限增加和水体中营养盐增多,一些不耐肥、对光照条件要求高的植物生长逐渐受到抑制,如在 1957 年为优势种的大茨藻等逐渐被耐阴、喜肥的微齿眼子菜、苦草、轮叶黑藻和金鱼藻替代,并形成优势种群。

近 10 多年来,洱海水生高等植物群落变动的原因为以下几点:(1)以草食性鱼类为主要养殖对象的网箱养鱼促进了对水生高等植物的利用,它一方面减少湖泊淤积,延缓沼泽化,另一面对水生高等植物的不合理利用,特别是钉耙扒捞对植物资源的破坏很大。目前洱海水生高等植物年利用量为  $26 \times 10^4$  t,利用率为 34%,利用量较合理,但利用方式落后。(2)用拖网进行鱼类和虾的捕捞作业,影响水生高等植物生长,特别是银鱼成为主要经济鱼类后,加大了捕捞强度和破坏力。(3)沿湖岸的人类活动强度加大,如网箱养鱼、湖滩地围垦、码头和水利工程的兴建、大量人口往湖边迁移等,导致沿岸带的芦苇等的挺水植物分布面积迅速减小,群落消失。(4)海菜花是味道鲜美的经济水生植物,随人类生活水平的不断提高,对其需求量增加。由于过度捞取和生长环境受污染破坏,其分布面积和生物量锐减。

以上分析表明人类活动引起的湖泊生态环境变化和对水生高等植物的不合理利用是导致其变化的主要因素。

### 1.5 鱼类群落变动大、鱼产量剧烈波动

从 1957 年到 1997 年<sup>[1,2,11]</sup>,洱海鱼类群落结构经历了 4 次较大的变动。50 年代期间,洱海保持着以土著鱼类为主的结构特点,敞水区以大理裂腹鱼、大理鲤(*Cyprinus daliensis* Chen et Hwang)、杞麓鲤(*C. Carpio chilia* Wu et al)、春鲤(*C. Longipectoralis* Chen et Hwang)、大眼鲤(*C. Megaloptalmus* Wu et al)为主,沿岸带以洱海四须鲃(*Barbodes daliensis* Wu et al)、油四须鲃(*B. Exigua* Wu et Lin)等为主,优势种是大理裂腹鱼等土著鱼类。渔业生产水平较低,年均鱼产 450.3t,而此时的洱海水资源丰富,有较大空闲生态位。60 年代开始移植“四大家鱼”以充分利用湖泊内的饵料生物资源和空闲生态位,同时引进三层刺网等渔具和先进的捕捞技术,渔获量迅速增长,年平均鱼产达 1239.45t。引种时带入的刺网等渔具和先进的捕捞技术,渔获量迅速增长,年平均鱼产达 1239.45t。引种时带入的波氏栉鲃等野杂鱼因缺乏天敌,在湖中大量繁殖,种群迅速扩大,并占据沿岸浅水区鱼类产卵场,吞食鱼卵,对砾石产卵的土著鱼类如大理裂腹鱼等的资源再生产生重大破坏。波氏栉鲃等野杂鱼产量在 60 年代末至 70 年代初一度占总鱼产的 80% 左右,成为优势种。70 年代中后期,过量利用水资源特别是西洱河水电站的修建导致洱海水位急剧下降,大片砾石浅滩露出水面,抑制波氏栉鲃的生长繁殖,更促使多濒危土著鱼类如大眼鲤、大理裂腹鱼、洱海四须鲃和油四须鲃等趋于消亡。而水位下降和营养盐增加促进水草的生长,利于草上产卵鱼类如各种鲤鱼、鲫鱼的繁殖,70 年代中后期,鲤、鲫鱼占总鱼产的 65% - 80%。该时期因渔政管理困难,捕捞过度,天然捕捞量下降到 574.2t。80 年代中期洱海开始移植银鱼,并开展草鱼(*Ctennopharyngodon idellus* Cuvier et Valenciennes)、鲤鱼等的网箱养殖,由于破坏性扒捞水草,在一定程度上破坏了鲤、鲫鱼的产卵环境,影响其自然增殖,产量在 1996 年仅占总产的 20.9%。银鱼则占据裂腹鱼的生态位而逐渐成为优势种群,产量稳定在 500 - 750t,占总产的 25% - 35%,成为洱海最重要的经济鱼类。这一时期天然捕捞量持续增长,平均年产量达 3880.4t。总的看来,洱海土著鱼类不断减少乃至

消亡,外来物种成为渔业主体,天然鱼产稳中有升.由此可见,鱼类引种、过度捕捞和水位急剧变化等是洱海鱼类群落和渔业资源变动的主要原因.

## 2 小结

近 40 年来洱海浮游藻类密度及生物量显著增加,而种数减少,湖泊富营养程度提高.浮游动物的密度、生物量、种类数下降.大型底栖无脊椎动物密度和生物量明显增加.水生植被在 80 年代中期以来则由稳定趋于衰退,物种多样性减少.鱼类群落变动强烈,特有土著鱼类逐渐消失,外来物种成为主要经济鱼类,鱼产量总体呈上升趋势.生物群落的变化与湖区人类活动增强密切相关,人类活动影响主要包括:生产、生活方式改变等导致洱海有机污染和氮、磷等营养盐含量增加;过量利用水资源,尤其是西洱河电站修建引起湖泊水位急剧下降,并长期处于低水位运转;鱼类移植导致湖泊生态系统结构变化;生物资源的不合理利用.

致谢 感谢中国科学院南京地理与湖泊研究所的潘红玺和黄群协助野外采样.

## 参 考 文 献

- 1 黎尚豪等.云南高原湖泊调查.海洋与湖沼.1963,5(2):87-113
- 2 朱海虹等.云南断陷湖泊环境与沉积.北京:科学出版社,1989.217-272
- 3 金相灿等.中国湖泊环境(第三册).北京:海洋出版社,1995.174-208
- 4 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,1989.68-79
- 5 袁静秀等.洱海的水位.海洋湖沼通报,1985,(3):7-12
- 6 颜京松.云南洱海的摇蚊幼虫及水蚯蚓.云南洱海科学文集.昆明:云南民族出版社,1989.244-250
- 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 钱得仁.洱海水生植被考察.云南洱海科学论文集.昆明:云南民族出版社,1989.45-67
- 9 戴全裕.洱海水生植被的初步研究.海洋湖沼通报,1984(4)
- 10 王云飞,潘红玺,吴庆龙等.人类活动及洱海的影响及其对策分析.湖泊科学,1999,11(2):123-128
- 11 高礼存等.云南高原湖泊鱼类资源.南京:江苏科学技术出版社,1989.11-69

## On the Succession of Aquatic Communities in Erhai Lake

WU Qinglong      WANG Yunfei

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

### Abstract

Erhai Lake is located in the west of Yunnan Province. It plays an important role in the Dali regional economic development. However, with the development of economy and increase of population in the region, the impacts of human activity on ecological environment of Erhai Lake have been strengthened. Based on the investigations on Erhai Lake from 1996 to 1997 and data of the past 40 years' research, this paper gives a detailed analysis on the succession of its aquatic communities. From 1957 to 1997, the density and biomass of phytoplankton increased nearly 10 times and this change was more intensive in the last 15 years. The dominant species have also changed greatly. The non-pollution-resistant species such as *Ceratium handelli* Skuja, *Psephonema aenigmaticum* Skuja, *Lyngbya limnetica* Lemm. have disappeared, while the species which can indicate eutrophication such as *Anabaena spiroides* Klebahn and *Microcystis flos-aquae* (Witr.) Kirck increased. Because of the transformation of "Four Domestic Fishes" and ice fish, the density and biomass of zooplankton have been decreasing. However, organic pollution resulted in the rise of density and biomass of limnetic oligochaeta and chironomid larvae. The density of zoobenthos has increased nearly 8 times.

There are two apparent variation periods of aquatic vegetation. From 1957 to 1985, distribution of aquatic vegetation tended to expand. From 1985 to 1997, it tended to reduce because of unreasonable utilization. With the transformation of extra fishes, rapid decrease of water level, over capture of fish resources etc., the fish community of Erhai Lake has changed greatly. In the 1950s and 1960s, the fish community was dominated by aboriginal fishes. In the 1970s, the fish *Ctenogobius cliffordpopei* was dominant. In the 1980s, the dominated fish turned to *Carassium auratus*. In the 1990s, the ice fish and common carp become main economic fish of Erhai Lake. Seven aboriginal fishes tend to die out. The fish of *Schizothorax taliensis* has disappeared.

**Key Words** Erhai Lake, aquatic communities, succession