

滇池东北部沿岸带生态修复技术研究及工程示范* ——生态修复目标的确定及其可行性分析

李文朝, 潘继征, 陈开宁, 胡耀辉, 刘正文

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要:作为“滇池沿岸带生态修复技术研究及工程示范”系列研究论文之一,主要分析研究了滇池东北部沿岸带原有生态状况、现有环境基础、实施局部岸段生态修复的有限目标、实现这一目标的主要限制性环境因子及其可控性。结果显示,滇池东北部沿岸带入湖河流密集,发育良好的湖滩湿地原本是拦截净化入湖河水的生态屏障;湖滩湿地被围垦之后,人工岸堤前风浪侵蚀强烈,水生植物和水生动物消失,但沙质沉积物淤积形成了次生浅滩;在次生沙滩上创建挺水植被,仍然可以发挥沉积掩埋污染物、捕获分解漂浮性蓝藻的污染控制功效;实施生态修复所面临的限制性环境因子主要为风浪的强烈冲刷和水质严重污染,这些因素都可以通过相应的环境改造与控制措施加以解决,因而实现生态修复目标是可能的。

关键词:滇池;沿岸带;生态修复;限制性环境因子

Studies and Demonstration Engineering on Ecological Restoration Technique in the Littoral Zone of Lake Dianchi: the Target and Feasibility

LI Wenchao, PAN Jizheng, CHEN Kaining, HU Yaohui & LIU Zhengwen

(*Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China*)

Abstract: As part of the series studies on ecological restoration technique in the littoral zone of Lake Dianchi, this paper investigated the primary wetland environment and vegetation in the northeastern bank littoral zone of Lake Dianchi, the present environmental bases, the target and feasibility for ecological restoration, the key limiting environmental factors and their controllability. It resulted that, there were four inflow rivers in the research area which took large amount of soil into the lake and formed 4km² wetland in the littoral zone. The reed-vegetated wetland worked as an ecological barrier to keep the lake from pollution. When the concrete dike was built up, the wetland was made into paddy field and fish pond. In front of the dike the aquatic plants and animals, and even the soil were washed out by strong wind waves. Only sand from the nearby rivers was moved here and formed a sand beach, which was growing up at the rate of 20mm/a. For the effect of both wind waves and water pollution, no any plant growing on the sand beach. It's possible, feasible and reasonable to establish new wetland vegetation on the sand beach in front of the dike. The key limiting factors, both wind waves and water pollution were controllable. It was confirmed that the new wetland vegetation could be established, stabilized and will work for pollution control.

Keywords: Lake Dianchi; littoral zone; ecological restoration; limiting environmental factors

在我国,大部分湖泊的污染治理已经完成了轰轰烈烈的“点源污染控制”,而面源污染控制似乎很难在短期内奏效,湖泊污染状况出现僵持甚至回升现象。这就迫使人们将很大的注意力集中在湖滩湿地的恢复上,在洱海、滇池、抚仙湖等高原湖泊掀起了“三退三还”的热潮,带动了全国湖泊生态修复研究与实践。湖滩湿地围垦主要发生在1950-1980年^[1],当时围垦湖滩所得土地主要用于农业生产(农田和鱼塘),以满足人口增长对粮食的需求。自改革开放以来,湖滨围垦区成了开发休闲娱乐、旅游度假区和建设高档居民区的热点,随之修筑了高等级的“防浪堤”,围垦区内被垫高成永久性陆地,并实施了高强度开发利用;即使尚未进行商业性开发的围垦区,也变成了寸土寸金的宝地。对于这些围垦区究竟要不要退?不退又怎样实

* 中国科学技术部专项(K99-05-35-01-02);中国科学院知识创新工程领域前沿项目(CXNIGLAS-A02-04)联合资助。2005-02-15收稿;2005-05-25收修稿。李文朝,男,1957年生,研究员。E-mail: wchli@niglas.ac.cn.

施生态修复?这不单单是一个科学问题,还涉及到社会、经济甚至政治.

滇池治理尚处在污染控制阶段,沿岸带生态修复究竟应该怎样做?尤其是在滇池东北部“防浪堤”前风浪强烈冲刷、水质严重污染、蓝藻水华聚集成灾、湖底坚硬贫瘠的极端严酷条件下^[2],沿岸带生态修复目标如何定位?怎样才能实现?是否需要拆毁防浪堤和退垦?这在湖泊生态修复中是具有广泛代表性的问题.本文作为科技部“滇池污染控制技术”重大专项研究中“滇池沿岸带生态修复技术研究及工程示范”专题的一部分内容,重点介绍对滇池东北部沿岸带生态修复目标及主要限制性环境因子的分析研究成果.

1 研究方法

本项研究针对滇池外海东北部宝丰半岛东侧湖湾内沿岸带生态修复示范工程区开展(图1),通过对围垦前原有湖滩湿地的调查取证和防浪堤前环境演变趋势调查,分析研究在防浪堤前通过工程手段创建湖滩湿地的可行性及主要限制性环境因子.

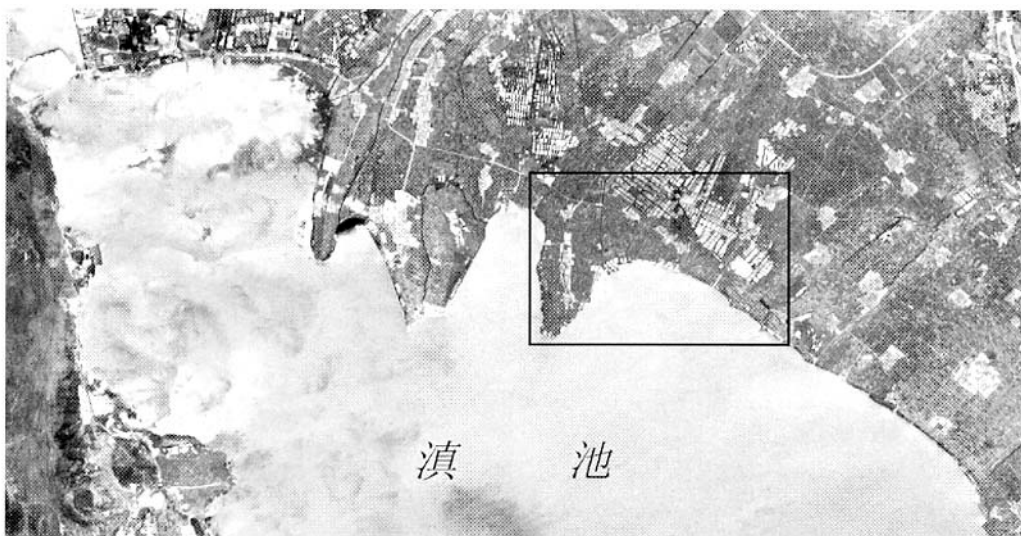


图1 研究区域在滇池的位置

Fig. 1 Research area in Lake Dianchi

1.1 围垦前原有湖滩湿地的调查取证

以1976年版1:25000地形图为基础,结合民间调查和残余水生植物现场调查,得出在围垦破坏之前研究地段湖滩湿地分布范围、湿地植被类型和优势植物种类,分析其环境生态功能.

1.2 防浪堤前环境演变趋势的调查

关于防浪堤前湖底地形、表层沉积物性状、水质、风浪、大型水生植物和底栖动物的调查在参考文献^[2]中已经述及.本文于2002年6月30日在生态修复试验区S1、S2样点(图2)上采集柱状沉积物原样(采样管内径90mm),自上而下切割成厚度100mm的分样,风干后观察记录沉积物性状,分析总有机碳(TOC)、全氮(TN)、全磷(TP)含量.在采样点上开挖沉积物剖面,收集残存生物碎片,据此对曾经有过的大型水生生物群落及其环境状况进行推测.

1.3 沿岸带生态修复目标的分析确定及可行性分析

以围垦破坏前原有的沿岸带环境和生态状况为基准,防浪堤前现有的环境条件为基础,提出在防浪堤前创造基础环境、创建沿岸带湿地植被的生态修复目标,并从工程学角度探讨实现这一目标的技术可行性和经济合理性.

2 结果与讨论

2.1 围垦前原有湖滩湿地

滇池现行运行水位 1885.5 - 1887.4 m^①, 在修建人工湖堤、围垦湖滩湿地之前, 自然湖滩湿地的外界距离现有防浪堤最远达 2 km 左右(图 2)。宝象河为一天然河流, 河水挟带的泥沙在河口区不断淤积, 使得河道向湖内延伸, 形成了宝丰半岛(俗称海舌)。在宝丰半岛东侧有一浅水湖湾, 湖滩湿地平坦而宽阔, 主要湿地植物以芦苇占优势, 故得名“芦柴湾”。芦苇湿地的分布下限大约在人工湖堤的位置, 在湖堤背坡上仍可见大量残存的芦苇, 但人工湖堤前未发现芦苇。原本有 3 条自然河流注入该湖湾, 宝象河因出口淤塞而形成的数条支流亦汇入该湖湾, 因而这片面积近 4 km² 的芦苇湿地具有过滤净化入湖河水的重要环境功能^[3,4]。

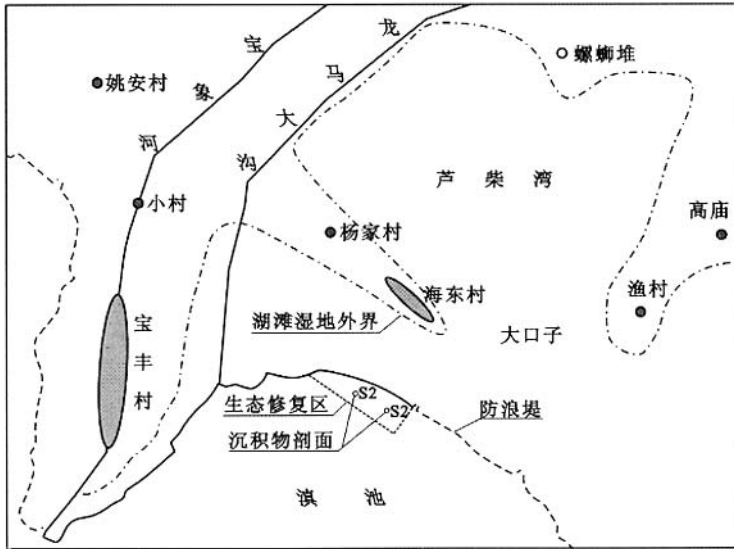


图 2 研究区域原有湖滩湿地范围

Fig. 2 The original wetland in the research area

2.2 沉积物剖面研究结果

防浪堤前湖底沉积物剖面样品分析结果(表 1), 0.9 m 深度内的沉积物总体上为粉沙质, 坚硬而贫瘠。但在 0.5 - 0.8 m 有一个含泥层, 比较松软, 富含氮、磷、碳等生物元素, 并且发现了螺蛳(田螺科) (*Margarya melanioides*)、中国圆田螺(田螺科) (*Cipangopaludina chinensis*)、梨形环棱螺(田螺科) (*Bellamyia purificata*)、绘环棱螺(田螺科) (*Bellamyia limnophila*)、背角无齿蚌(蚌科) (*Anodonta woodiana*) 等大型底栖动物的壳体, 其中梨形环棱螺和绘环棱螺的壳体完整新鲜, 说明其在该地段生存的年代并不久远。在 S1 样点上 0.41 m 深度发现了“苦咖啡脆皮冰激凌”包装纸, 据考证在昆明地区生产该类食品的最早时间是在 1983 年以后, 说明该沉积深度的年龄不超过 20 年, 平均年沉积速率在 20 mm 以上。在两个沉积物剖面上均未发现芦苇、茭草等挺水植物的残体, 说明人工湖堤湖面一侧原来就没有挺水植物生存, 可能为挺水植物群落外侧的沉水植物分布带。

根据以上沉积物研究成果推测: 在修筑人工湖堤之前, 这里曾经有茂密而宽阔的沉水植物带, 水体稳定而清澈, 大型底栖动物(螺、蚌)丰富; 在修筑人工湖堤之后, 防浪堤前风浪侵蚀强烈, 泥土无法沉积, 沉水植物和大型底栖动物消失, 但沙质沉积物仍然可以沉积, 次生湖滩正在发育, 具备形成湖滩湿地的基本条件。

① 滇池管理条例. 云南省人民代表大会文件, 2001 年

表 1 防浪堤前沉积物剖面样品分析结果
Tab. 1 Character of core sediment at sampling point S1 and S2

深度 (cm)	沉积物采样点 S1				沉积物采样点 S2			
	性状	TOC(%)	TN(%)	TP(%)	性状	TOC(%)	TN(%)	TP(%)
0-10	细沙	0.134	0.024	0.032	粉沙	0.217	0.03	0.037
10-20	粉沙	0.474	0.038	0.059	粉沙	0.255	0.031	0.047
20-30	粉沙	0.249	0.031	0.048	粉沙	0.208	0.029	0.044
30-40	细沙	0.178	0.026	0.037	粉沙	0.261	0.030	0.045
40-50	粉沙	0.308	0.032	0.048	粉沙	0.299	0.031	0.044
50-60	泥质粉沙	1.061	0.103	0.080	含泥粉沙	0.390	0.034	0.046
60-70	含泥粉沙	0.800	0.090	0.079	含泥粉沙	0.459	0.043	0.055
70-80	含泥粉沙	0.631	0.060	0.066	粉沙	0.307	0.032	0.047
80-90	粉沙	0.426	0.049	0.053	粉沙	0.286	0.030	0.040
平均		0.473	0.050	0.056		0.298	0.032	0.045

2.3 沿岸带生态修复目标的提出

在研究地段, 原有宽度约 2 km 的湖滩芦苇湿地, 发挥着拦截净化外来污染的重要作用; 在芦苇湿地的下方, 是发育良好的沉水植物带, 那里湖水清澈、环境温和, 是水生动植物繁衍生息的良好场所(图 3a)。人工湖堤在芦苇湿地的下界修建之后, 由于防浪堤对风浪的反射作用, 在人工湖堤前形成强烈的风浪侵蚀, 水质污浊, 沉水植物、大型底栖动物随之消失; 附近河流输入的泥沙在风浪和水流的作用下在这一地段沉积, 已经形成了大约 0.5 m 厚的沙质沉积层, 并且正在以每年 20 mm 左右的速度继续沉积, 形成新的浅滩(图 3b)。

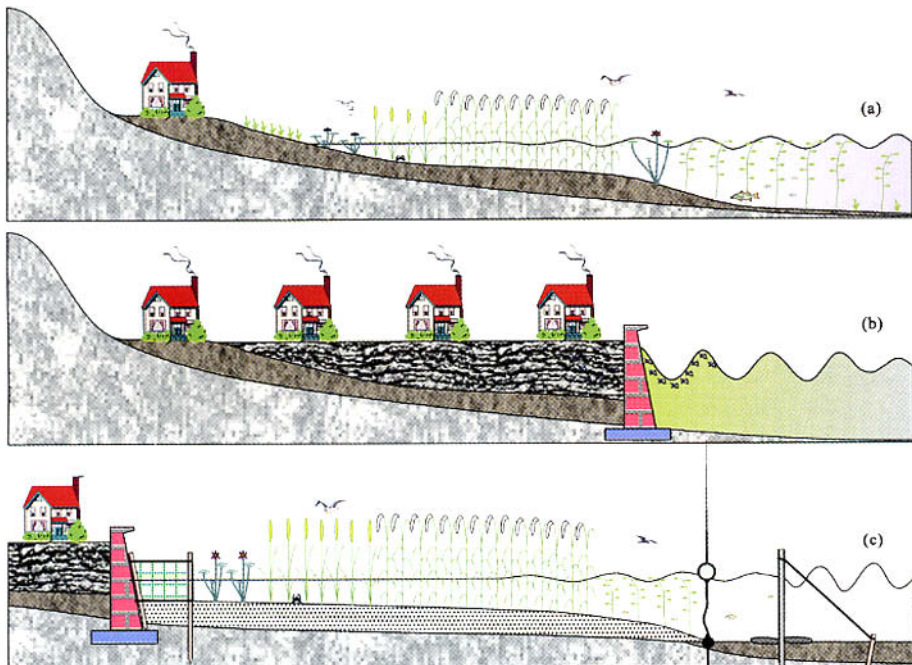


图 3 湖滩湿地围垦与生态修复目标示意图

(a) 围垦前湖滩湿地; (b) 湖滩湿地遭到围垦破坏; (c) 在人工湖堤前创建湖滩湿地

Fig. 3 Target for ecological restoration in front of the dike

(a) Littoral zone before diking; (b) After diking; (c) Restoration target

因此,本文就该研究岸段提出以下沿岸带生态修复目标:利用人工湖堤前已经形成的次生湖滩,必要时作适当的垫高,在消浪措施的保护下,快速组建挺水植被,创建新的沿岸带湖滩湿地,继续发挥其水质净化功能(图 3c)。

2.4 可行性分析

(1) 主要限制性环境因子及其可控性. 在研究地段的防浪堤前,已经自然沉积形成了沙质浅滩,沙质沉积物完全适合挺水植物生长,为何没有自然发育形成湿地植被? 关键在于冬季和早春季节高水位时强烈的风浪冲刷,自然湿地植被的发育有一个相对比较长的过程,而一年一度的高水位和长达 5 个月的风季可以将当年自然形成的植物幼苗淹没、撕碎或连根拔起. 夏季漂浮性蓝藻在沿岸带大量堆积,形成浓稠的藻浆,在风浪的协助下,藻浆糊裹植物幼苗的表面,令其窒息而死亡. 以上两个因素都是可以控制的,可以通过阻挡风浪和软化防浪堤等工程措施在沿岸带营造相对平静的水体环境,并利用临时性围隔技术隔挡蓝藻,有效控制沿岸带的水质. 因此,沿岸带的基础环境是可以改造和控制的。

(2) 技术可行性. 有效控制和改造沿岸带环境,利用春季低水位季节快速组建挺水植被,在秋季高水位来临之前形成具有一定密度和高度的挺水植物群落,这是实现沿岸带生态修复目标的技术关键. 其中所需要的消浪技术、围隔技术、人造岸滩技术、挺水植被快速组建技术等经过 2000 - 2001 年的研究试验均已成熟,可以提供可靠的技术保障。

(3) 建成之后的稳定性. 经过上述调查研究和分析判断,认为研究地段曾经有大面积的湖滩湿地,这说明该地段的水动力条件适合于具有一定规模的湿地植被的存在和发展. 芦苇、茭草、香蒲等用于组建挺水植被的大型挺水植物均具有较好的适应风浪能力,其群落有一定的消浪能力,根据该地段的风浪特性,沿岸带挺水植物带的宽度达到 100m 左右时就可以有效吸收波浪的能量,形成比较稳定的沿岸带水体环境. 再者,在挺水植物带下界采取多物种交错分布,经过风浪的自然淘汰可以遴选出适应风浪的种类,以保持挺水植物带边界的稳定和发展。

(3) 经济合理性. 在退垦还湖、拆毁人工湖堤的基础上进行湖滩湿地恢复是一种理想的思路,但往往要牵扯到围垦区土地退垦补偿(研究地段土地退垦补偿费为每公顷 225 万元)和农民安置等棘手问题,况且有些岸段围垦区已经实施了高强度商业开发,根本不可能退垦. 本文提出的沿岸带生态修复思路无需退垦和拆毁人工湖堤,在人工湖堤前创建湖滩湿地的费用约为每公顷 30 万元,是退垦补偿费用的 13.3%。

3 结论

(1) 研究地段原本有发育良好的天然芦苇湿地,宽度达 2 km,面积近 4 km²,有数条天然河流经此湿地入滇池,因而湖滩湿地具有拦截净化外来污染的重要环境功能;在芦苇湿地下方有宽阔的沉水植物带,水体环境温和,水质清澈,是水生动物栖息繁衍的理想生境。

(2) 人工湖堤的修建将所有芦苇湿地围垦出去,人工湖堤前风浪强烈冲刷,沉水植物和水生动物消失,但沙质沉积物以每年 20 mm 左右的速率沉积形成了次生浅滩,为生态修复提供了基础条件。

(3) 强烈的风浪冲刷和严重的水质污染是人工湖堤前次生浅滩上湿地植被未能自然形成的主要限制因素. 在临时消浪措施和隔离措施的保护下,在人工湖堤前次生浅滩上人工创建湿地植被的生态修复思路在技术上是可行的,经济上是合理的,仍然可以发挥其污染净化作用,修复之后可以稳定生存和发展。

4 参考文献

- [1] 王苏民,窦鸿身主编. 中国湖泊志. 北京:科学出版社,2002.
- [2] 李文朝,刘正文,胡耀辉等. 滇池东北部沿岸带生态修复技术研究及工程示范——环境恶化、生态退化现状及其成因. 湖泊科学,2004,16(4): 305 - 311.
- [3] 李恒. 云南高原湖泊水生植被的研究. 云南植物研究,1980,2(2):113 - 138.
- [4] 杨赵平等. 滇池水生植被调查. 西南林学院学报,2004,24(1):27 - 30.