

洱海湖滨带生态修复设计原则与工程模式

叶 春^{1,2*}, 金相灿², 王临清², 孔海南¹ (1.上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 200240; 2.中国环境科学研究院湖泊生态环境研究中心, 北京 100012)

摘要: 以洱海湖滨带为研究对象, 探讨了湖滨带生态修复的原则和设计方法. 在分析洱海湖滨带生态现状的基础上, 对湖滨带类型进行了分类, 提出了湖滨带的修复目标和设计方法, 并对全系列和半系列的湖滨带生态修复进行了物理基底、生态恢复和景观结构设计. 根据湖滨带的生态环境功能和人类对湖滨带的利用, 探讨了洱海湖滨带生态修复的 8 种适用模式.

关键词: 湖滨带; 生态修复; 工程模式; 洱海

中图分类号: X171.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2004)06-0717-05

Design principle and engineering mode of the ecological restoration in the aquatic-terrestrial ecotone of Erhai Lake.

YE Chun^{1,2}, JIN Xiang-can², WANG Lin-qing², KONG Hai-nan¹ (1.School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; 2.Research Center of Lake Ecological Environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China). *China Environmental Science*, 2004,24(6): 717~721

Abstract: The principle and design method of ecological restoration in lake aquatic-terrestrial ecotone were inquired with the aquatic-terrestrial ecotone of Erhai Lake as study object. Based on the analysis of current ecological status the type of the aquatic-terrestrial ecotone was classified, the restoration object and the design method of the aquatic-terrestrial ecotone were suggested; and the ecological restoration of whole succession series and half succession series was designed in aspect of the physical fundus, ecological restoration and the structure of landscape. The suitable restoration modes were inquired, based on the eco-environmental functions and the human utility of the ecotone of Erhai Lake, which could provide reference for practice of the eco-restoration of aquatic-terrestrial ecotone of the same type.

Key words: lake aquatic-terrestrial ecotone; eco-restoration; engineering mode; Erhai Lake

在世界范围内, 由于环境污染未能得到有效的控制, 致使许多地区水生态系统受到严重损害. 延缓、阻止水生态系统受损进程、保持水生态系统健康持续发展, 已成为当今社会关注的焦点, 相关研究也取得了一定的成果^[1,2]. 我国湖泊生态系统受损与退化现象严重. 湖滨带是水陆生态系统间的一个过渡与缓冲区域, 具有保持物种多样性、调节物质流和能量流、稳定相邻生态系统和净化水体、减少污染等功能^[3,4]. 其环境意义不容忽视. 这个缓冲区域若因被过度开发利用而萎缩, 湖泊的生态环境就会变得极其脆弱而易发生变化^[5].

本研究以洱海为例, 根据湖滨带的生态现状, 探讨修复和重建健康湖滨带生态系统的目标、原则、设计方法和工程模式.

1 洱海湖滨带生态现状

1.1 洱海湖滨带的现状

洱海属云贵高原湖区, 地处云南省大理州境内, 流域面积 2565km², 海拔 1974m(海防高程, 下同), 湖面面积 250km², 平均水深 11.3m, 湖容量 2.8×10⁸m³, 是典型的内陆断陷湖泊. 目前洱海虽然保持 II 类水质, 但正处于中营养发展阶段, 局部水域已呈富营养状态. 洱海只有 1 个出水口, 流域相对封闭, 湖滨带特征比较明显, 具有一定的典型性和代表性. 洱海最低运行水位 1971.0m, 正常蓄水位 1974.0m, 防洪水位 1974.2m, 水位变幅为

收稿日期: 2004-04-06

基金项目: 国家“863”项目(2002AA601013)

* 责任作者, 副研究员, yechun@craes.org.cn

3m^{*}。洱海湖滨带包括 3m 的水位变幅带、水向保护带和陆向保护带。目前洱海湖滨带水位下降,水资源供需矛盾加剧,非点源污染严重,侵占滩地修建水田、围建鱼塘、填筑宅基地和填海建码头等蚕食湖滨带现象严重,洱海湖滨带自然群落的生态结构已经破坏殆尽,湖滨带的功能也随之减弱甚至丧失。

1.2 洱海湖滨带的范围

洱海湖滨带范围主要以公路廊道为边界标志物。根据实地踏勘确定,西边按大丽路走向,自下关泰安桥至江尾路段与洱海环海路相接,经双廊、挖色、海东、满江路段,插石屏、团山、临西洱河路段与泰安桥闭合之内的范围为湖滨带区域,面积为 63km²。

1.3 洱海湖滨带类型

洱海湖滨带可以划分为 4 个区,每个区又可分为若干湖滨带类型。北部河口三角洲区主要有河口型、滩地型(包括湿地)、农田型和堤防型;西部及东南部低地平坝区主要有农田型、河口型、鱼塘型、滩地型、堤防型、村落型和码头型;南部城市建成区和旅游休闲区主要有码头型、湖滨公园型、湖边休闲地型、滩地型和农田型;东部低山丘林区主要有陡岸型、旅游景点型、堤防型和农田型。

2 洱海湖滨带生态修复的目标与设计方法

2.1 洱海湖滨带生态修复的总体目标

湖滨带生态修复的总体目标是要建立过渡带结构,维持湖滨带的生境及栖息其间的动植物群落,保持湖滨带尽可能多的功能。要达到这个目标,湖滨带修复必须尽可能维持湖泊和陆地系统间某一规模以上尽可能大的过渡带;尽可能发挥湖滨带的截污和过滤功能,使湖滨带的水质净化潜能达到最大值;为土著动、植物物种提供合适的生境,同时应允许因为某些特殊需求而引进的外来物种在特定地点生存;对湖滨带群落的生物生产过程进行控制,维持在某一水平上的动态平

衡,满足人们多方面的需求;尽可能与普遍接受的土地利用和湖泊功能保持一致;尽可能补偿湖滨带土地和湖面占用所带来的经济损失,以利区域经济的可持续发展;生态功能和人类需求的有机结合是生态工程的基础,生态工程的设计要从长远考虑,对人类社会和自然环境都有价值。

2.2 洱海湖滨带生态修复的设计原则

湖滨带生态修复设计的基本原则是因地制宜。必须紧紧围绕当地的自然、社会和经济条件进行,设计的创新性在于因地、因类的优化组合,系统的结构功能应达到整体优化;设计系统有多个目标,其中至少确定一个主要目标,其余为次要目标;设计着眼于系统的生态环境功能,而不是形式;设计的系统必须与周围的景观相协调;设计的系统维护需求应该很少,能够充分利用自然能;设计的系统应该具有生态交错带特征。

2.3 湖滨带生态修复的设计方法与对策

湖滨带生态修复设计实际上就是协调人与自然的关系。通过对湖滨带特征的分析,引起湖滨带结构破坏和功能退化的主要因子是水流及与其相关的物质循环,主要原因是人类活动的强烈干扰。因此,去除干扰、通过调节生物、生境及它们之间的相互关系来改善水流和物质循环的状况是湖滨带生态修复设计的关键。

根据湖滨带特有的圈层结构和纵向分区,可采取分级规划、分段设计的思想。分级规划是指根据湖滨带的生态敏感程度将湖滨带划分为 3 个保护等级,并采用不同的修复对策。1 级,湖滨带的水位变幅区作为核心区,生态极为敏感,景观独特,自然干扰频繁,以恢复自然原貌为主。2 级,湖滨带的陆向和水向保护区作为保护区,生态敏感性较高,景观较好,在保护和恢复的基础上作有限度的开发利用。3 级,陆地和水域作为开发区,在维持主体生态系统动态平衡的基础上,遵循生态学原理进行合理的开发利用。

根据《洱海管理条例<修订>》和洱海的水位动态变化,洱海湖滨带的分级设计为 1970.0~1971.0m 为水向保护带;1971.0~1974.2m 为核心保护带;1974.2m~大丽路为陆向保护带;1970.0m

* 大理白族自治州洱海管理局.云南省大理白族自治州洱海管理条例<修订>.1998.

以下以及大丽路以上为适度开发带。

分段设计是根据湖滨带的使用和规划功能、地形、地貌和生态破坏情况,按照湖滨带的类型分区,设计成不同类型的恢复工程模式,来指导湖滨带生态恢复工程的实施,并通过反馈机制,采用生境和生物对策来达到最终的恢复目标。

3 洱海湖滨带生态修复的设计

洱海湖滨带生态修复设计的主要内容包括物理基底设计、生态恢复设计和景观结构设计。

3.1 物理基底设计

物理基底(底质、地形、地貌)是生态系统发育与存在的载体。湖滨带物理基底修复主要包括控制沉积和侵蚀,保持湖滨带物理基底的相对稳定;缓解风浪、水流等不利水文条件对湖滨带生态恢复的影响;对由于人类活动改变的地形地貌(如鱼塘、堤防)进行修复与改造。

洱海湖滨带的基底修复主要包括以下 5 个方面内容。

3.1.1 废弃、拆除或部分拆除核心保护带内所有鱼塘并因地制宜选择废弃鱼塘的基底修复方式。暂时保留鱼塘塘埂,待湖滨带生态系统恢复到一定程度后拆除。目前湖滨带内鱼塘塘埂对岸线的相对稳定起到一定作用。因此,可考虑在不影响湖滨带生态结构的前提下,适当保留鱼塘塘埂,发挥其护岸、固岸的作用,为湖滨带修复创造有利条件。将鱼塘塘埂拆除至吹填面而仅留塘基,上部石料与塘埂内的土料混合后,就地抛填在塘埂外侧,形成斜坡。同时间隔将塘基清除,使塘基呈散落状分布,内外土层沟通,以利于湖滨带生态系统的发展。部分半拆除鱼塘可作为前置库,恢复湿生、水生植物后,净化附近农田、村落的污水。

3.1.2 结合小城镇、中心村规划,逐步搬迁湖滨带内村落,村落基底修复主要是改造村落外侧人为形成的不利于恢复湖滨带的陡坎和部分正在填筑的宅基。

3.1.3 堤防临湖面的仿自然改造。

3.1.4 微侵蚀区以稳定湖滨带基底为主,实施护

岸固岸工程,并改造湖滨基底,改善局部水文条件,以利于湖滨带的生态恢复。

3.1.5 清除湖滨带内废弃物,对结构不合理的取水构筑物、码头等进行改造。就近取用或消纳基底修复材料,避免造成环境二次破坏。

3.2 生态恢复设计

3.2.1 完全演替系列设计 洱海湖滨带完全演替设计主要包括绿化隔离带、乔草防护带、灌草湿生带、挺水植物带和浮叶、沉水植物带 5 个部分,其中灌草湿生带和挺水植物带因地制宜或带状分布,或交错块状分布。

绿化隔离带:为切实保护湖滨带的生态建设成果,美化湖滨带景观,在 1974.2m 高程线以上有条件的地方建设 20m 宽的环湖隔离绿化带,物种选择主要考虑植物的隔离功能、观赏性和一定的经济性。

乔草防护带:综合木本植物和草本植物的优点,在海防高程 1973.0~1974.2m 区域带内,选择合适的植物配比,建立乔草结合的植物隔离防护带。营造方式为在 1973.0m 和 1974.2m 两条等高线间,对现有植被进行补植和块状或带状改造。选择耐水淹的速生阔叶树种进行带状改造,各树种呈不规则的块状混交。配置品种包括红柳、水杉、池杉、滇杨、河柳、美荷速生杨。间种中华结缕草、铁线草或其他本地开花草本植物。初植密度为行距 4m,株距 1.5m。

灌草湿生带:在海防高程 1972.5~1973.5m 区域带内恢复耐湿灌木或草本植物,由灌木和草被结合组成灌草防护带或直接配置草被带。灌木物种选择红皮柳、筐柳、沼柳、紫穗槐等;草本植物为中华结缕草、铁线草、普通早熟禾、节节草、灯芯草、水莎草、水葱或其他本地开花草本植物。灌木初植密度为 1.0m×1.0m。配置方式为混种或块状混交。

特殊地形处理:在草被带内,低洼地或自然池塘中可以种植漂浮植物和挺水植物。漂浮植物可选择满江红、浮萍等;挺水植物可选择观赏莲、莲藕、慈菇、茭白、菖蒲等。

挺水植物带:在海防高程 1972.0~1973.5m 区域带内引种挺水植物.挺水植物选用芦苇、茭草、香蒲、野慈菇等,湖湾地区还可小面积选种观赏莲.配置方式为芦苇、茭草、香蒲分片种植.初植密度 1.0m×1.0m.

浮叶、沉水植物带:在海防高程 1971.0~1972.0m 范围内,恢复和优化配置浮叶植物与沉水植物.浮叶植物可选菱角、荇菜等,在条件较好的湖湾处可选睡莲、莼菜种植;沉水植物可选海菜花、黑藻、金鱼藻、菹草、微齿眼子菜、马来眼子菜、苦草、狐尾藻等.

3.2.2 不完全演替系列设计 不完全演替系列是由于地形、底质和水文条件的限制,不能或难以恢复完全演替系列的湖滨区,因地制宜地减少不宜生长的植物类型.在洱海湖滨西区,不完全演替系列主要是挺水植物缺失的半系列演替.

3.3 景观结构设计

景观是由相互作用的景观元素(斑块、廊道和模地)组成的,是具有高度空间异质性的区域,并以相似的形式重复出现.斑块、廊道、模地在景观中的分布是非随机的,具有多种景观构型.景观结构设计就是通过对原有景观要素的优化组合或引入新的成分,调整或构造新的景观格局,从而创造出优于原有景观生态系统的生态环境效益和

社会效益,形成高效、和谐的人工-自然景观.

洱海湖滨带景观设计分 2 个层次考虑:将湖滨带景观放在苍洱自然风景区中来考虑,从宏观上把握湖滨带景观与苍洱自然保护区规划协调一致;对湖滨带核心保护区与陆向保护区景观进行统一规划,设计保护区内农业景观、民居及其他建筑等白族人文景观、湖滨旅游景观与湖滨带生态景观的协调,并从景观角度对湖滨带生态恢复提供指导.

4 洱海湖滨带生态修复模式

洱海湖滨带的生态修复,以健康湖滨带微地貌景观结构为参照系,充分考虑湖滨带在湖泊流域中的生态环境功能和人类对湖滨带的利用,因地制宜地设计湖滨带的生态修复工程模式.根据人类对湖滨带景观基质的干预程度可分为 3 大模式:自然模式(包括滩地模式、河口模式和陡岸模式)、人工模式(包括生态鱼塘模式、堤防模式和少废农田模式)和专有模式(包括湖滨景区模式和其他专有模式).根据洱海湖滨带类型的划分,针对不同湖滨带类型的特点,采用系统工程思想和组合技术手段,分别对这些修复工程模式进行设计.表 1 列出了洱海湖滨带生态修复适用模式.

表 1 洱海湖滨带生态修复适用模式

Table 1 Suitable ecological restoration modes in the aquatio-terrestrial ecotone of Erhai Lake

工程模式	适用范围	技术特征
滩地模式	西部非点源污染控制区、北部河口湿地生态修复区和部分风景旅游湖滨保护区	适用于地形坡度比较平缓,通常以沉积为主,物理基底稳定性好.该修复工程的主要任务是消除人为干扰,恢复湖滨带全系列植物区系
河口模式	北部河口湿地生态修复区、西部非点源污染控制区	分为河流廊道与河口湿地两大部分,以截留颗粒物、净化水质、改善河道和河口生态环境为主要功能,兼有改善河口景观、增加生物多样性等功能
陡岸模式	东部水土流失防治区,侵蚀严重、风浪大的湖滨区	在陆地建设防护林或草林复合系统,改善陆地环境,防风固土,蓄养水源;在水边采用人工介质护岸,改善底质状况,促进沉水植被修复
生态鱼塘模式	西部非点源污染控制区	在保证湖滨带主要生态环境功能的基础上,对湖滨带的陆向保护区内的土地利用形式(主要为鱼塘、坑塘水面等)进行设计,以达到少产污、少排污的目的,减少湖滨带的污染负荷
堤防模式	已有防洪堤或需要设置防洪堤的区段	采用仿自然型堤坝工程技术,对现有大堤或湖堤公路进行改造,减缓面湖坡的坡度,修复植被,减少风浪对湖岸的直接冲刷,设置自然沟型的截污沟增强截污效果

续表 1

工程模式	适用范围	技术特征
少废农田模式	海拔 1974m 以上陆向保护带内暂时无 法退耕的现有农田	对陆向保护区内的水田、旱地、蔬菜地等土地空间利用格局进行调整, 并采用农田少废管理技术,改善农田肥料结构,减少化肥施用量,增加有 机肥和微生物肥料,减少化肥和农药的流失
湖滨景区模式	风景旅游湖滨保护带及其延伸区、其 他功能区内的湖滨休闲地或景点	在保证湖滨带主要生态环境功能的基础上,充分利用湖滨带景观独特 而秀丽、生物多样性较高的特点,进行必要的景观设计和管理工作,为公众娱 乐、休闲、教育和科研提供良好的场所
其他专有模式	湖滨带内的码头、湖滨取水点、城市 建成区、村落等	专有设施(码头、取水点、城市建成区、村落等)在进行各自专业设计 的同时要充分考虑湖滨带主要环境功能和生态功能的有效发挥

5 结语

洱海湖滨带的生态修复工程在满足该湖泊的自然环境和水生态系统特征等要求的基础上,充分考虑了当地人口压力、生产规模和方式、经济承受能力.因此在探讨洱海湖滨带生态修复工程技术时,划分了不同的功能区,并根据各功能区的职能价值设计了不同的生态重建模式,具有一定的应用和推广价值.

参考文献:

- [1] Hartig J H, Thomas R L. Development of plans to restore degraded areas in the Great Lakes [J]. Environ. Manage., 1988,12: 327-347.

- [2] Schelske C L, Carpenter S R. Lake Michigan: Restoration of aquatic ecosystem [M]. Washington D.C.: Nat. Acad. Press, 1992.380-392.
- [3] 许木启,黄玉瑶.受损水域生态系统恢复与重建研究 [J]. 生态学报, 1998,18(5):547-558.
- [4] 尹澄清,兰智文,晏维金.白洋淀水陆交错带对陆源营养物质的截留作用初步研究 [J]. 应用生态学报, 1995,6(1):76-80.
- [5] Naiman R J, Decamps H. The ecology and management of aquatic terrestrial ecotones [M]. Paris, New Jersey: UNESCO and Parthenon Publish, 1990.

作者简介: 叶 春(1970-),男,江西九江人,副研究员,硕士,主要从事以生态工程控制水污染和湖泊富营养化以及湖泊生态恢复方面的研究工作.参编著作 2 部,发表论文 8 篇.