

大理市环洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设工程

——“基于自然的解决方案”的设计探索与实践

苗飞虎

北京正和恒基滨水生态环境治理股份有限公司, 北京 100085

[摘要] 大理环洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设项目设计概念不同于以往印象中的“大工程”和“大改造”，其创新和探索点是在洱海保护与发展之间寻求行之有效的以自然为本的解决方案。设计以“基于自然的解决方案(NbS)”为核心理念，将洱海湖滨缓冲带恢复到天然状态，湖滩、湿地等栖息空间“失而复得”，削减入湖污染负荷，提升洱海“颜值”，让洱海保护的生态价值向经济价值转化，逐步形成健康良好的自然-经济-社会复合生态系统，激活整个洱海流域的可持续循环发展模式，并真正提高人类福祉和生物多样性。本项目通过洱海湖滨缓冲带的保护、生态恢复和生态湿地建设，重塑了健康、韧性的湖泊生态系统，探索了滨湖绿色空间的生态治理和生态价值实现机制。

[关键词] 洱海；生态修复；湿地；基于自然的解决方案；景观识别度；自然-经济-社会复合生态系统

DOI: 10.33142/ect.v2i2.11368

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Ecological Restoration and Wetland Construction Project of the Lakeside Buffer Zone in the Erhai Lake Basin of Dali City Design Exploration and Practice of "Natural Based Solutions"

MIAO Feihu

Beijing Zhenghe Hengji Binshui Ecological Environment Treatment Co., Ltd., Beijing, 100085, China

Abstract: The design concept of the ecological restoration and wetland construction project in the lakeside buffer zone of the Erhai Lake Basin in Dali is different from the previous impression of "big projects" and "big renovations". Its innovation and exploration point is to seek effective natural based solutions between the protection and development of the Erhai Lake. The design is based on the core concept of "Nature Based Solutions (NbS)", restoring the buffer zone of Erhai Lake to its natural state, restoring habitats such as lake beaches and wetlands, reducing the pollution load into the lake, enhancing the "beauty" of Erhai Lake, transforming the ecological value of Erhai Lake protection into economic value, gradually forming a healthy and good natural economic social composite ecosystem, and activating the sustainable circular development model of the entire Erhai River basin, and truly improve human well-being and biodiversity. This project reshapes a healthy and resilient lake ecosystem through the protection, ecological restoration, and ecological wetland construction of the Erhai Lake waterfront buffer zone, and explores the ecological governance and ecological value realization mechanism of green spaces along the lake.

Keywords: Erhai lake; ecological restoration; wetlands; natural based solutions; landscape recognition; natural economic social composite ecosystem

引言

大理环洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设项目位于云南省大理市环洱海一圈 129km 区域，占地总面积 898.34 公顷，项目总投资 97.91 亿元，其中建安费约 31.98 亿。

由于历史原因，“人进湖退”现象严重，洱海周边人口的剧增和旅游业的无序疯狂扩张，严重侵占原有自然岸线，加剧了湖滨生态系统的破坏程度，面源污染、生境破碎、入侵物种加剧、岸线侵蚀破坏并私有化严重、公众参与性低等问题一度出现，造成了洱海水质污染、生态系统退化、生物多样性丧失等一系列社会挑战，甚至局部富营养化严重，出现水华爆发现象。

2017 年初大理开启洱海抢救模式，出台保护洱海

“七大行动”，后续进一步明确了洱海生态环境保护“三线”划定方案，通过了一系列生态搬迁计划，涉及 9 个镇 52 个自然村 1806 户。从提升湖泊生态系统稳定性和服务功能出发，启动“洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设工程”项目。

通过洱海湖滨缓冲带的保护、生态恢复、生态湿地建设和生态景观提升，重塑了健康、韧性的湖泊生态系统，探索了滨湖绿色空间的生态治理和生态价值实现机制；将生态学原理转化为景观设计语言，从而在水环境、水生态、水景观升之间建立起一条纽带。

项目建设内容包括生态修复与湿地建设、生态搬迁与修复工程、生态监测廊道工程、(拆迁区)管网恢复完善

工程及洱海流域湿地及湖泊生物多样性保护科研基地建设等工程。



图1 项目范围示意图

1 设计理念

项目以基于自然的解决方案(NbS)为理念,从生态空间格局、生态系统质量、生态胁迫和社会参与等方面对场地进行评估与诊断,以达到包容性治理和持续提高湖滨带韧性、环境健康和人类福祉的成果。

项目设计概念不同于以往印象中的“大工程”和“大改造”,其创新和探索点是在洱海保护与发展之间寻求行之有效的以自然为本的解决方案;以洱海保护为根本出发点,其设计视角应与自然生态栖息地的保护相结合,重新审视自然的赠与,以“基于自然的解决方案(NbS)”为核心理念,将洱海湖滨缓冲带恢复到天然状态;湖滩、湿地等多样栖息空间“失而复得”,削减入湖污染负荷,逐步形成一个低维护的韧性自然生态系统;同时通过低干扰景观设计,提升洱海“颜值”,为当地居民提供一个低碳、生态的康养休闲、自然教育胜地,让洱海保护的生态价值向经济价值转化,逐步形成健康良好的自然-经济-社会复合生态系统,激活整个洱海流域的可持续循环发展模式,有效和适应性地应对当今社会面临的挑战,并真正提高人类福祉和生物多样性,完善洱海景观识别度,最终达到人与自然和谐共生的可持续发展状态。

2 设计策略

具体通过以下五大核心策略

2.1 策略一: 重塑湖岸自然空间

长期无序开发和侵占,导致了湖滨带自然空间的严重缺失,我们深入调研了同纬度其他高原湖泊湿地生态系统与洱海历史生态系统特征,将被庄园、荒地、村庄违建、客栈等侵占的湖滨缓冲带,恢复为自然、健康的生态基底,在水陆交界带重塑3:7的蓝绿比以及绿地中6:4的干湿比,恢复洱海与湖滨带物质循环和能量流动,充分还原湖滨带原有的生态自然空间;尽量去接近自然,模仿自然的湖滨带,让湖滩回归其未被开发之前的样子;结合场地地形地貌、植被、水系等多种因素,恢复湖滨缓冲带的多样生境空间:湖滨滩地、湖滨林地、河口三角洲、生态水塘、

溪流湿地、林下湿地、草甸湿地、缀花草甸、疏林草地、密林等,为当地涉禽、游禽、鸣禽、攀禽、猛禽等鸟类、两栖爬行动物、小型哺乳动物、蝴蝶等昆虫、鱼虾和底栖动物提供良好的觅食、休憩和繁殖场所,并逐渐恢复健康完整的食物链系统。



图2 湖岸自然空间示意图

例如我们采取“再野化”的生态景观处理手法,拆除了上世纪河道过渡防洪需求的部分硬化渠道,物理空间上尽可能模仿自然河口的打开,尽量恢复其历史河口滩涂形式,增大了河口可淹没滩涂的面积,依靠自然做工自主恢复河口滩涂生态景观;经过近两年的自然恢复,现如今已形成了具有本土适应能力的河口的三角洲生境,生态环境得到明显改善,今年二月份7只国家一级保护动物彩鹇也出现在我们的三溪河口湿地滩涂上。



图3 三溪河口湿地建设实景图

2.2 策略二: 构建健康湖泊生态系统

多类型的自然生境空间,特别是融入丰富的沟渠水资源构建的多种类型净化湿地(沟渠湿地、生态净化区、河口湿地、雨水花园等),借助土壤下渗、植物根系拦截、植物吸收、微生物降解等自然力量削减入湖污染负荷,提升场地入湖的水质达标率,强化自然平衡和净化功能的同时,也为鱼类和野生动物提供了一个丰富的栖息地;多种栖息地的相互结合也具有固坡护岸、微气候调节、景观美学功能,强化了对湖泊生态系统的维稳功能,逐步形成一个韧性湖泊生态体系,最终营造了一个健康的湖滨带生态

体系。例如我们多专业、多学科结合逐一踏勘、测算了海西 200 多条入湖沟渠、18 条主要河道的水质、水量和上游农作物的种植情况，区分种植烟叶、水稻和蔬菜的农田退水的污染情况，确立明确的污染物削减目标，确定湿地工艺，同时结合现场条件加以景观化处理，最终形成了不同种类和不同形态的生态湿地系统。

在原有基础上构建7种核心净化工艺单元

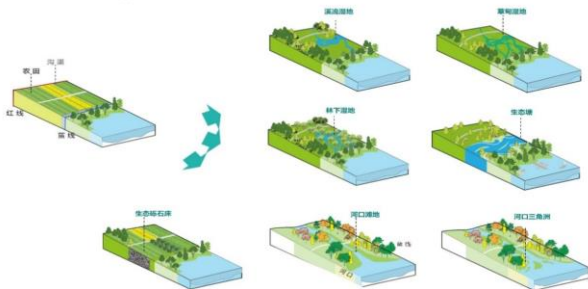


图 4 七种核心净化工艺单元示意图

2.3 策略三：形成可持续的自管理系统

项目所有的设计及施工时序都考虑了场地演替的自然规律，旨在形成能够自我维护、抗干扰强、动态平衡的自管理生态系统；同时还预留让自然做功的空间，大大降低建设成本和后期运维费用。例如我们大面积的生态净化区的设计就是充分考虑到了大理当地干湿季节变化明显的气候条件，植物选取有助于水质净化和耐践踏性本地草籽混播并，把表流湿地、草甸湿地与场地地形有机结合处理，深浅起伏的变化可以有效适应大理当地雨季旱季水量变化不同情况下对场地的冲击；又例如我们在项目建设初期通过地形重建，引入先锋植物群落特别是注重本土物种的选择，并合理设计初始种植密度，逐步丰富完善其他植被系统，营造不同类型的生物生境来搭建生态系统基底，后续经过群落的自然演替，物种间的竞争使得生态系统趋于稳定，逐渐形成能够自我维护、抗干扰强、动态平衡的自管理生态系统。

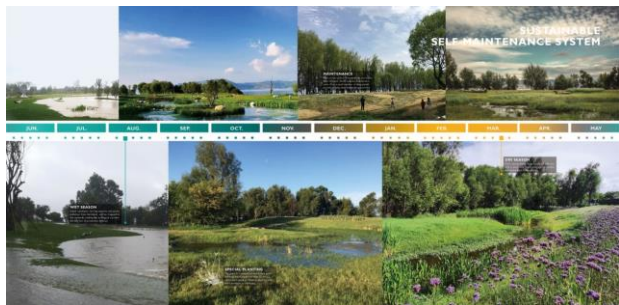


图 5 自管理系统现场实景

2.4 策略四：增设低干扰服务系统

项目所有基础设施都充分考虑了对周边环境的人为干扰；主要从以下四个方面考虑：（1）交通系统—我们仅在湖滨带设置了一条宽 6.5 米供生态监测的和慢性交通

的环湖检测通廊及与外围交通简便连接，漫步和骑行成为主要方式，局部地区还会穿插 2 米砂石步道，并混播了草籽，通过植物根系穿插在周边加强道路面层的固化效果；

（2）服务设施—在生态监测廊道两侧，布置简便的服务设施，用于满足基本需求，如本土文化元素驿站、清洁能源的观光游览车、消隐观鸟平台、自然材料坐凳等；（3）智慧系统—围绕生态监测廊道会设置一系列的隐藏智慧系统，如低照度智慧灯光，降低对栖息地的影响；AI 智慧跑道及智慧科普；生态检测（气象检测、缓冲带检测、岸线检测）等，让廊道更加智能化、科技化；（4）基础设施—针对增设的服务设施，进行基础的运营维护；所有低干扰服务系统的实施满足了周边村落人群及游客的基本需求，同时也引领改变大家低碳、健康的生活方式，为当地居民提供一个低碳、绿色的康养休闲胜地。



图 6 低干扰服务系统现场实景

2.5 策略五：保护洱海自然神圣遗产

项目的根本初衷是在洱海保护与发展之间寻找行之有效的以自然为本的解决方案，也是保护大自然赠与神圣遗产发展的必然趋势。

响应 IUCN 倡导的 NbS 的理念，加强对环境保护的自然教育，使得自然资源得以保护，本土文化得以传承。项目的建成提升了洱海的水质，生物多样性困境被扭转，人类与湖泊的纽带也通过生态廊道被重新缝合；为居民及广大儿童提供了一个天然的科普教育基地，让小朋友能有更多机会在自然中学习成长；保留了传统民居风格，建设和延续了大量具有民族特色的景观节点和服务设置，用于发扬延续大理当地传统文化。例如洱海边的居民有在村头唱戏、跳舞、弹马头琴的习惯，设计将这样的传统空间保留在洱海边，既释放了洱海的生态价值，又形成了具有认同感的地域景观。

通过以上策略的实施，洱海生态廊道内多样栖地环境为当地小动物提供栖居的家园，生态湿地借助自然力量削减入湖污染负荷，自然演替的本土植物群落构筑一道碳汇长廊，健康湖泊生态系统在自然力的帮助下逐渐恢复，同时低干扰服务系统为当地居民和游客提供一个低碳生态的康养休闲、自然教育胜地，探索人类从无序开发到“与自然合作”的可持续发展模式。

3 其他措施

3.1 会呼吸的自然岸线

在自然岸线的打造方面,我们也是着重打造会呼吸的自然岸线,让护坡岸线更加自然通透;例如我们通过研究风向、水流、结合现场踏勘,确定湖泊自净的物质交换点的位置,在风浪较大存在冲击较严重的区域采取自然抛石的处理方式;风浪较小,冲击较弱区域则采取水下深林和自然滩涂结合的形式加以处理,并优化滩涂生态护岸形式来辅助增强湖体自净能力,最终保留了湖泊的这些呼吸口。

3.2 植物风貌控制

运用生态景观手法,塑造具有地域特色的植物整体风貌;植物配置以湖滨自然生境适宜生长的植被群落为主,根据现有主要植被群落分布特征,扩大优势群落的景观斑块,构建层次丰富、群落稳定的湖滨缓冲带植物群落。我们综合考虑了环湖周边的地形地貌、土地利用、水文、气候、土壤、植被等现状和问题,因地制宜制定有针对性的植物设计方案;由于海西、海北、海东各自气候特征的差异,海西、海北为“乔-灌-草”完全演替的植物群落,海东则是“乔-草、灌-草”等不完全演替的植物群落。

3.3 入侵物种防治

对外来入侵物种我们也是坚决予以清除的,由于紧邻洱海生态敏感度较高,我们没有采取化学方式加以清除,而是选择了对周边环境更加友好的拔除和生物替代方式;对紫茎泽兰采取了人工全株拔除的方式,清理掉的全株紫茎泽兰会集中晒干烧毁处理并会重点关注原来紫茎泽兰生长区域,划定为重点关注区,在后面的植物种植上重点关注;同时经过筛选后,我们选取了狗牙根作为项目主要草种,通过其超强适应力来替代控制重点关注区域的紫茎泽兰再次泛滥,经过两年多的实践,有狗牙根覆盖的区域紫茎泽兰还是得到了有效的控制,部分地区也存在维护不当造成的重新出现,我们都是采取尽快处理掉的方法,并加强草坪的管护工作。

4 实施成效

探索基于自然的解决方案(NbS)理念在洱海湖滨缓冲带的不断落地实施,也是一个自评估的动态设计(“分析-工艺-模拟-设计-建设-运营-评估-反馈”技术体系),通过过程中的不断优化、迭代设计和现场的结合,不断提高整个项目的合理性和自然性,进一步解决人地矛盾,推动洱海生态价值向经济价值转化,促成可观赏、可教育、可生态、可持续、可循环、可创造社会价值的社会-经济-自然复合生态系统;

秉承“基于自然的解决方案”核心理念,将被农田、客栈侵占的湖滨岸线修复为一个为水体净化和生态复苏的自然湖滨岸带,湖滩、湿地等栖息空间“失而复得”,洱海“颜值”也得到了极大提升。



图7 岸线恢复实景对比图



图8 河口湿地实景分析图

4.1 生态效益方面

随着洱海湖滨缓冲带建设完成,大量栖息地、林草地、湖滨湿地生境的不断完善,生境空间面积增加了近 73%,总碳汇量增加 2.84 万吨;洱海周边入湖污染物明显下降,洱海水质逐年向好,物种更为丰富,清水型水生植物群落占比明显升高,激活了整个洱海缓冲带的可持续发展模式;目前洱海水质已稳定靠近 II 类水质,缓冲带动物多样性指数大幅提升,鸟类数量明显增多,监测到的水鸟种数也由原来的 68 种增加为 102 种,2021 年 1 月洱海越冬水禽数量比两年前同期增加了约三万五千只,2 月份还观察到 800 多只多年未见的灰雁,2022 年 1 月,在洱海月湿地监测到一只世界极危鸟类青头潜鸭,其他地区也有国家一级保护动物彩鹇的出现;约 350 ha 自然净化湿地可消减 COD 1160.96t/a、TN 59.54t/a、TP 17.96t/a;高原特色“水质风向标”的海菜花重新回到大家的视野中,生物量占比和建设前比较增大了 6 倍,面积达到了 10 万平方米左右,并且还在不断扩大;洱海水体透明度达到近 10 年最高水平,湖体年均透明度提升到了 2.14m。

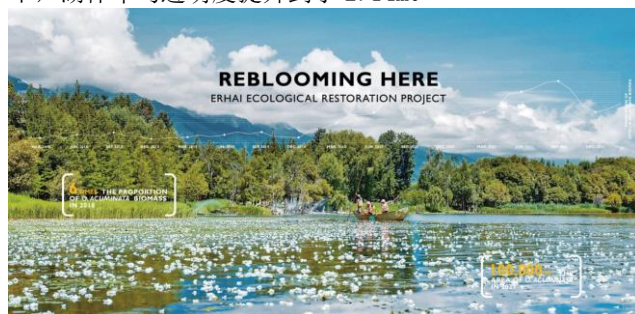


图9 海菜花实景分析图

4.2 经济效益方面

项目早在刚建成时还在后疫情时代影响的情况下,洱海生态廊道的平均客流仍能达到 1.16 万人次/天,自行车等慢行交通设施每天使用人次可达 4000 次以上,随着疫情的过去生态廊道全面放开后更是迎来了全国各地大量爱好自然景观人群的到来:“游在廊道,住在民居”也极大地促进了周边乡村居民的收入,无形中将生态修复建设与乡村振兴结合到了一块,切实践行了习近平总书记的“绿水青山就是金山银山”。据不完全统计洱海湖滨缓冲带项目的建设为当地政府带来生态旅游税收 500 万元/年,固定资产投资 70 亿元,区域性产业结构优化效益 183 亿元,生态空间可持续运营收入 5000 万元/年,带动周边民俗价格增值约 100%,周边社区农民旅游收益 32 亿元/年,经济效益提升明显;随着区域运营日趋成熟,经济效益将会持续增加。

4.3 社会效益方面

据统计洱海生态廊道直接增加本地约 6000 人的就业机会,间接增加约 36000 人的就业机会,能够满足周边 77 万居民亲近自然休闲放松的需求,现在生态廊道上中小学自然教育活动迅速攀升,摄影爱好者和徒步者也出现井喷式增长,每天早晚都可以看到大量跑步爱好者在廊道上慢跑,廊道上定期还会举办各种品牌型的马拉松赛事;不断完善的自然环境和低干扰的辅助措施,一方面改变了大家的生活方式(绿色健康出行),另一方面也在悄然辅助当地产业结构的不断升级,在保护当地白族特色文化和历史的同时,促进了整体可持续发展。少数民族文化尤其是白族文化得以延续和复兴,为当地居民带来福祉。同时还补充了区域研学教育基地 5 处,开展了不同年龄段的自然教育课堂,以科普教育为抓手,从小培养下一代的环保意识。

名词解释: IUCN(世界自然保护联盟); NbS—基于自然的解决方案;

[参考文献]

- [1] 罗明,应凌霄,周妍. 2020. 基于自然解决方案的全球标准之准则透析与启示[J]. 中国土地, 2020(4): 9-13.
 - [2] 大自然保护协会. 基于自然的解决方案研究与实践[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2021.
 - [3] 罗明,应凌霄,周妍,等. 从基于自然的解决方案看生物多样性保护[N]. 中国自然资源报, 2020-02-27(3).
 - [4] 储昭升,高思佳,庞燕,等. 洱海流域山水林田湖草各要素特征、存在问题及生态保护修复措施[J]. 环境工程技术学报, 2019, 9(5): 507-514.
 - [5] 孙妍艳,杨凌晨,施皓. 云南省大理市环洱海流域湖滨缓冲带—生态修复与湿地建设工程设计实践[J]. 风景园林, 2022, 29(5): 64-67.
 - [6] 高晓钰,杨桐,单航,等. 洱海流域人工湿地水质净化效率及其影响因素[J]. 应用与环境生物学报, 2021, 27(5): 1264-1273.
 - [7] 段四喜,杨泽,李艳兰,等. 洱海流域农业面源污染研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(3): 279-286.
 - [8] 吴正桥,李有起,郭英卓. 绿色发展理念在洱海生态廊道规划设计中的应用[J]. 水利水电工程设计, 2021, 40(3): 1-4.
 - [9] 廖先容,马鑫. 环洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设生态服务价值评估[J]. 水利水电工程设计, 2021, 40(3): 41-43.
 - [10] 宋海龙. 云南省大理市环洱海湖滨生态廊道生态景观规划研究[J]. 中国土地, 2022, 10(4): 15.
- 作者简介: 苗飞虎(1986.8—), 男, 毕业院校: 山东大学, 学历: 本科, 专业: 艺术设计(园林景观), 当前就职单位: 北京正和恒基滨水生态环境治理股份有限公司, 职务: 湿地所所长, 所在职务的年限: 5 年, 职称级别: 中级职称。