

大理环洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设工程

——“湿地”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 100084

[摘要]湿地是湖滨缓冲带构建的一个重要基础要素，文章以大理市环洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设工程（简称生态廊道）为例，根据湖滨带上游流域范围的面源污染情况和场地实际情况为依据，以最大化净化入湖水质和全面改善洱海湖滨生境为目标，通过地形塑造、植物搭配、景观配置等要素结合的多样湿地形式，为洱海湖滨缓冲带量身打造一个以水质净化为核心目的，兼顾生态修复和观光景观于一体的复合生态系统，从根本上改变洱海湖滨带现状，激活湖滨带韧性功能，最终实现洱海人、湖和谐发展的总体目标。

[关键词]生态廊道；湖滨缓冲带；面源污染；湿地；水质净化；生态修复；近自然

DOI: 10.33142/ect.v2i3.11743

中图分类号: TV231.4

文献标识码: A

Ecological Restoration and Wetland Construction Project of the Lakeside Buffer Zone in the Dali Lake Basin - Exploration and Practice of "Wetland" Design

MIAO Feihu

Beijing Zhenghe Hengji Binshui Ecological Environment Treatment Co., Ltd., Beijing, 100084, China

Abstract: Wetland is an important basic element in the construction of lakeside buffer zones. This article takes the ecological restoration and wetland construction project (referred to as the ecological corridor) of the lakeside buffer zone in the Erhai Lake Basin of Dali City as an example. Based on the non-point source pollution situation and actual site conditions in the upstream watershed of the lakeside zone, the goal is to maximize the purification of water quality entering the lake and comprehensively improve the lakeside habitat of Erhai Lake. Through terrain shaping, plant matching, the diverse wetland forms that combine landscape configuration and other elements are tailored to create a composite ecological system for the Erhai Lake waterfront buffer zone, with water quality purification as the core purpose, balancing ecological restoration and sightseeing landscape. This fundamentally changes the current situation of the Erhai Lake waterfront zone, activates its resilient function, and ultimately achieves the overall goal of harmonious development between the people and the lake in Erhai.

Keywords: ecological corridor; lakeside buffer zone; non-point source pollution; wetlands; water purification; ecological restoration; near nature

引言

随着 20 世纪 70 年代大理社会经济的飞速发展，洱海流域人口不断增长，城镇化率不断提高，洱海流域开发强度不断增大，为满足需求，盲目追求利益造成了洱海周边特别是海西、海北的农业种植疯狂无需扩张，大量施肥问题突出，而相应处理措施却未跟上，农业灌溉退水携带大量面源污染随着沟渠直排洱海；洱海水体富营养化问题逐渐突出，虽然各方采取了一系列的整治措施和研究来消减入湖污染负荷，然而农业面源污染还是依然突出，其占洱海入湖污染负荷的比例仍然高于 30%以上，成为富营养化的重要来源，以至于洱海在 2017 年年初部分地段一度暴发大规模蓝藻现象，对洱海的生态造成严重威胁；洱海蓝藻的爆发引发了多方关注，对于洱海的治理和水质的保持也就提上了议程，怎样杜绝和改变这一问题的进一步发生，

洱海周边的治理工作怎么展开，怎样才能最快改变。随着问题的展开，大家开始聚焦到洱海湖滨带的治理问题。

洱海湖滨带也迫切需要恢复和建设湖滨缓冲带，通过湖滨缓冲带生态系统修复，在缓冲带因地制宜大量恢复湿地系统来缓解这一突出问题，这样不但能快速有效解决洱海水质进一步恶化问题，还有助于缓解人湖、人地日益激化的矛盾；大理市环洱海流域湖滨缓冲带生态修复与湿地建设项目（简称生态廊道）也因此得以尽快展开实施。

1 项目概况

生态廊道项目位于云南省大理市环洱海一圈 129km 区域，宽度 15m-500m 不等，占地总面积 898.34 公顷，其中湿地面积约 350 公顷；湿地是项目建设最重要一个环节，不但占比最大，也是项目最重要的一个基础，他的成功建设激活了整个洱海湖滨缓冲带。



图1 湿地建设分布位置图

湖滨缓冲带是湖泊水域生态系统和陆域生态系统物质流、能量流交换的重要区域,是维持整个湖泊生态系统中必不可少的组成部分。由于历史原因,洱海边原有湖滨带自然湿地系统,不断被侵占改造成经营性质的庄园、乐园、农庄、宅基地、客栈等,造成了洱海湖滨带自然生态系统的碎片化,生态结构受到破坏,水体污染物净化功能严重缺失,营养盐储备的原有功能大大降低,从而加大了洱海水体富营养化和水质恶化问题。

作为洱海最后一道生态屏障,为削减面源污染入湖,生态廊道项目在洱海边重新构建了15m~500m不等的生态缓冲区;把原来被客栈、无序侵占海岸线的宅基地、私有化庄园、荒地全部清退出去;结合场地现状和200多条沟渠不同工况,重新打造出了带有一定生物多样性的完全演替和不完全演替系列湖滨带,逐步恢复原有自然湖滨带的生态系统,尽快重启缓冲等自然功能,项目新建湿地改变了原有沟渠直排洱海的现状,尽量滞留、净化、调蓄上游来水,快速改变了洱海湖滨带生态环境,将洱海湖滨恢复到天然状态,湖滩、浅水湾、林地、泥滩等湿地形态空间“失而复得”,入湖污染负荷得到极大削减,洱海水质得到迅速改变,随着水质的变好,项目也正在盘活整个区域的活力价值。

项目的建设重点是根据大理当地流域沟渠水质特征和降雨气候,因地制宜地恢复了大量形式各异的湿地,一方面完善了整个缓冲区的生境系统,有效减少农业面源污染物的直排洱海,另一方面也极大改善了洱海湖滨带生态景观效果,并且因地制宜地分区域分地块解决了现状的实际问题。

2 环湖湿地总体建设

随着生态廊道项目设计工作的展开,针对洱海的实际问题,一方面研究了大量文献资料,另一方面进行了更多的现场工作,不厌其烦地重复踏勘、分析、总结工作;发现洱海海西、海北(海东以山地为主,面源污染相对较小)不同地块的面源污染问题存在很大的差异性,流域上游村庄和农田、农田和农田的面源污染是不一样的,污染程度也是不一样的;具体污染物源农田面源污染方面大春作物(4-9月)主要种植蔬菜、烟叶、玉米、水稻等作物,小

春(10-次年3月)主要种植蚕豆、蔬菜等作物;蔬菜种植区(大理镇)、烟叶种植区(银桥北、湾桥镇)为大水大肥作物,主要以施用氮肥(尿素)、磷肥(普钙)为主,使得地表径流中TN、TP、SS含量较高;村庄面源污染方面畜禽分散养殖使得粪便堆积于地表,降雨后产生初雨径流污染,海北污染严重,主要污染物为SS、NH₃-N、TP。农业灌溉退水入洱海虽然都是通过田间沟渠排放,但是由于场地情况不同也会存在差异,有的是以众多小沟渠的形式存在,有的则以一两个大沟渠形式存在,差异化非常明显,再加上大理不同季节降雨存在较大的差异,加大了洱海周边面源污染治理的复杂程度。

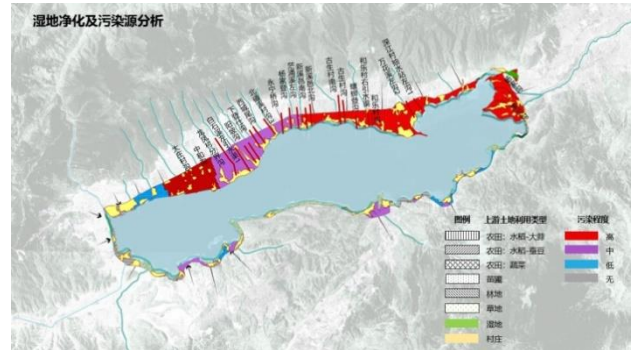


图2 湿地净化及污染源分析图

针对以上情况生态廊道项目一方面在引导上游农作物科学施肥,尽量减少农业肥料的应用,减少面源污染量;另一方面也结合上游复杂情况,有针对性地梳理建设了大约350公顷各种类型的湿地系统;这些湿地系统主要采用人工湿地及自然漫流方式,对上游来水及生态库塘出水再净化、再提升,进一步完善整个区域低污染水处理系统;项目对不同区域的湿地类型进行细化和深入分析,因地制宜选择“高-中-低”不同净化能力的湿地工艺,对200多条不同水量小沟渠、重要入湖沟渠、苍山十八溪等主要河流入河口、村庄巷道雨水面源污染进行净化。

新建的湿地系统按不同性质分为:生态净化区湿地、沟渠湿地、河口湿地、雨水花园4种湿地类型。污染分散且相对较小的(项目最多)采取生态净化区湿地的近自然湿地形式;污染较为集中,水量较大的重点沟渠则是采用偏功能性的沟渠湿地形式予以强化处理;苍山十八溪及其他较大河口由于上游清水入湖项目已初见成效,主要目的是丰富河道生态系统,则是采用模仿自然开阔的冲击河口湿地形式,在加强净化能力的同时,更加注重区域生物多样性的丰富打造;对于紧邻洱海的村庄,虽然已经加强了管网收集,由于村庄传统养殖和不同生活习惯,下雨天村庄巷道还是会产生部分面源污染,针对这种情况,我们采取的是雨水花园形式加以收集处理;总之每种湿地都是根据现场不同情况而作出的最优化处理方式,不但可以有效抑制上游面源污染,同时也能最大化恢复湖滨缓冲带的生物多样性和改善岸栖地环境,打造丰富多彩的自然景观。

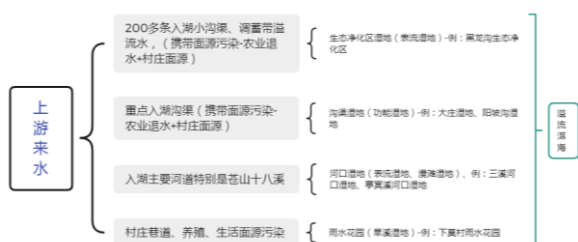


图3 湿地净化体系图

2.1 生态净化区湿地生态净化区湿地是项目湿地系统中面积最大的，在场地内有条件建设湿地的地方建设了约250公顷左右的近自然湿地，是针对海西、海北现场200多条低污染分散沟渠的面源污染（上游地表径流及农业灌溉退水）而专门设计的湿地形式，其本质上属于“干-湿”交替表流湿地。

生态净化区湿地由于处理的是分散性低污染水体，处理水质的功能要求并不是很高，不用像传统人工湿地那样受到诸多限制，其设计形式相对灵活多变，更加注重近自然、融入自然的形式，不会设置陡坡或直立岸线等形式；湿地注重对场地的利用：宜林则林（场地有耐水湿乔木可做林下湿地）、宜草则草（疏林草地和低洼草甸湿地的结合，漫滩湿地的创造）、宜塘则塘（现状库塘和水塘改造成库塘湿地）。

生态净化区还是一个弹性湿地系统，它的设计结合了大理当地雨、旱季降雨明显差异和当地灌溉情况，采用了深浅分区大小面积不等的缓坡草甸湿地，注重选取净化能力和耐践踏性更高的草种与湿生植物搭配，短暂的水位上涨不会影响湿地系统正常运行，兼顾了净化、调蓄、景观等功能；湿地系统在场地内面积满足条件的地方，旱季（1~5月、11~12月）可拦截100%的来水量，包括上游农田灌溉退水及降雨地表径流；雨季（6~10月）可拦截汇水范围内约40%~60%以上的地表径流量。

生态净化区湿地，不但有效净化了上游200多条沟渠的农业退水，同时也有效打造了整个湖滨缓冲带的水生态基底，为湖滨带生物多样性发展打下坚实基础。

黑龙沟生态净化区湿地：

黑龙沟上游流域范围内园林苗圃占一半，面源污染比较少，另外一半以农田蔬菜种植和村庄为主，村庄面积有限且截污管网覆盖度高，黑龙沟面源污染相对较小；

黑龙沟原为一条硬质沟渠直排洱海，设计充分结合现场拆掉了原有入湖段硬质沟渠，把水面打开形成漫流湿地，并充分和现场结合，把现场低洼地、草甸、柳树林融入和改造成了湿地一部分；低洼地改成了深浅不一的表流湿地，草甸控制标高和草种选择，搭配部分湿生植物改造成了草甸湿地，柳树苗圃则经过疏苗工作后改造成为林下湿地，最终场地形成表流湿地+草甸湿地+林下湿地的组合形式；经过一段时间的改造运行，新湿地组合不但对于黑龙沟来水污染物消减效果明显，并且与周边环境很好地融合在一起。

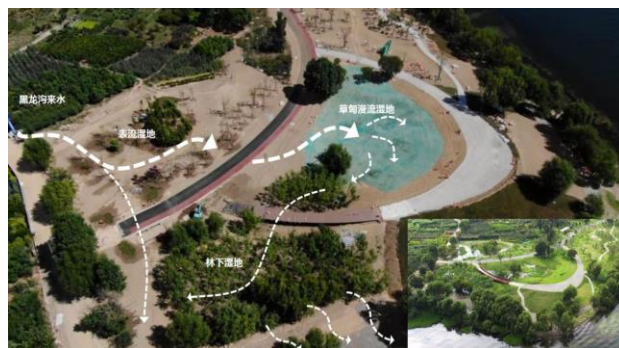


图4 表流湿地+草甸湿地+林下湿地施工过程及总体效果



图5 表流湿地+草甸湿地+林下湿地部分实景照片

表1 表流湿地+草甸湿地+林下湿地结合节点污染物去除检测结果

编号 (南侧黑龙沟湿地)	TN	NO3-N	NH4-N	TP	PO4-P	COD
1 进	2.48	2.07	0.04	0.12	0.08	24.08
1 出	1.68	1.40	0.01	0.06	0.05	9.03
去除率/%	32.2	32.5	64.4	44.6	39.0	62.5

2.2 沟渠湿地

针对重点区域重点沟渠专门设置的以净化功能性为主的、人工干预性更高的功能性湿地；项目结合大理州、市两级政府相关文件，实地勘探了洱海周边重点关注的20条污染物较为严重的较大沟渠，最终筛选出了亟待处理并且具备建设条件的11条沟渠；根据实际情况大部分沟渠湿地旱季（1~5月、11~12月）可拦截100%的沟渠来水量；雨季6月、10月可拦截沟渠65%以上地表径流量，7~9月降雨量较大且较为集中，仅拦截约25%~35%的地表径流量。

综合分析给每一条沟渠的实际情况，包括其上游流域面积、耕地面积、土地利用性质、途经村庄面积、污染程度、重点净化因子等因素，充分结合现场情况，将不同工艺进行组合，“一湿地一策略”解决上游面源污染问题。当上游农田主要种植蔬菜等大水大肥高污染作物时，或上游流经村庄面积较大时，沟渠水体中氮磷浓度较高，污染严重，因此采用“沉淀塘-生态净化塘-生态砾石床-表流湿地”净化工艺；当上游农田主要种植烟叶、玉米等作物，或上游已建应急库塘等净化措施时，污染程度有所减缓，但氮磷浓度仍然较高，采用“沉淀塘-生态净化塘（加强）-加强型表流湿地”净化工艺；当上游农田主要种植水稻-蚕豆等低污染作物，且上游流经村庄面积较小，总磷浓度较低时，采用“沉淀塘-生态净化塘-表流湿地”净化工艺。

表 2 沟渠湿地参数表

序号	名称	镇域	位置	上游流域面 (hm ²)	耕地面积 (hm ²)	村庄面积 (hm ²)	上游土地利用性质	污染程度	TN	TP	氨氮	COD	C/N	重点净化因子	净化工艺
1	大庄北头沟	下关镇	莫残溪清碧溪之间	191	148.1	42.9	农田(蔬菜)+村庄	严重	5.4	1.09	2.8	32.4	6	加强总氮、总磷去除	沉淀塘-生态净化塘-生态砾石床-表流湿地
2	阳坡沟(新邑三阳沟)	银桥镇	白石溪北侧,上游有现状库塘	178	160.2	17.8	农田(烟叶)+村庄	适中	3.0	0.21	0.23	8.20	2.7	加强总氮、总磷去除	沉淀塘-生态净化塘-强化表流湿地
3	西城尾沟(镇西沟)	银桥镇	灵泉溪北侧	212	190.2	21.8	农田(烟叶)+村庄	轻微	2.2	0.12	0.27	8.50	3.9	加强总氮去除	沉淀塘-生态净化塘-表流湿地
4	杨家登沟(喜鹊沟)	湾桥镇	芒涌溪南侧	108	85	23	农田(烟叶)+村庄	轻微	2.0	0.14	0.23	6.70	3.4	加强总氮去除	沉淀塘-生态净化塘-表流湿地
5	芒涌溪左沟(石岭沟)	湾桥镇	石岭村(芒涌溪北侧)	108	68	40	村庄(较多较近)+农田	严重	4.2	0.36	0.54	12.90	3.1	加强总氮、总磷去除	沉淀塘-生态净化塘-生态砾石床-表流湿地
6	螺蛳登沟(庙沟)	湾桥镇	北登村北侧	81.5	78.7	2.8	村庄(较多较近)+农田	严重	2.3	0.31	0.36	14.00	6.1	加强总氮、总磷去除	沉淀塘-生态净化塘-生态砾石床-表流湿地
7	和乐村右引水渠(和乐南沟)	喜洲镇	和乐村南侧	65	65	0	农田(烟叶、水稻)	适中	3.2	0.25	0.41	10.30	3.2	加强总氮、总磷去除	沉淀塘-生态净化塘-强化表流湿地
8	和乐村沟	喜洲镇	北登村北侧	105	73	32	村庄(较多较近)+农田	严重	2.5	0.41	0.50	16.20	6.5	加强总氮、总磷去除	沉淀塘-生态净化塘-生态砾石床-表流湿地
9	杨家沟(4条沟渠)	上关镇	大沟尾村	136.7	122.7	14	农田(水稻)	轻微	0.8	0.08	0.14	3.80	4.6	---	沉淀塘-生态净化塘-表流湿地
10	黑泥沟(3条沟渠)	上关镇	张家村西侧	40.7	31.9	8.8	农田(水稻)	轻微	1.0	0.19	0.64	15.50	15.5	---	沉淀塘-生态净化塘-表流湿地
11	海舌湿地	喜洲镇	海舌段	---	---	---	库塘	适中	2.2	0.27	0.32	42.14	19.2	加强总氮、总磷、有机物去除	生态净化塘-生态砾石床-强化表流湿地-漫流湿地

阳坡沟沟渠湿地:

阳坡沟,又称新邑三阳沟,位于银桥镇,白石溪北侧,富美邑村北,下波湖村南。上游以农田、庄园为主,农田种植结构为烟叶、水稻,烟叶种植施加肥料,以及本区域人为干扰较大,导致氮磷含量较高,其中,TN(3.0mg/L)超标1倍,TP(0.207mg/L)超标1.4倍,部分污染物指标偏高。

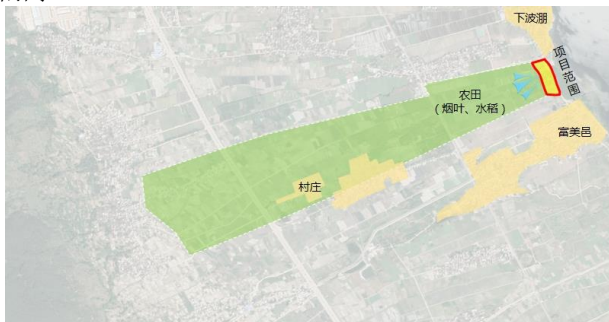


图 6 阳坡沟沟渠湿地项目区位图

根据上游汇水情况及场地面积,上游水质、水量分析,并结合场地现状实际情况,最大化结合利用现场,最终确定采用工艺为沉淀塘-生态净化塘-强化表流湿地。通过沉淀塘的调蓄、沉淀作用,沉降并拦截大颗粒泥沙,有效降低SS、有机物和固态磷;通过生态净化塘的物理拦截、微生物降解、植物吸收重点脱氮除磷,通过强化表流湿地的生态填料微生物降解、植物吸收强化脱氮吸磷,最后与现状林地、草地结合的漫滩湿地进一步巩固净化水质。

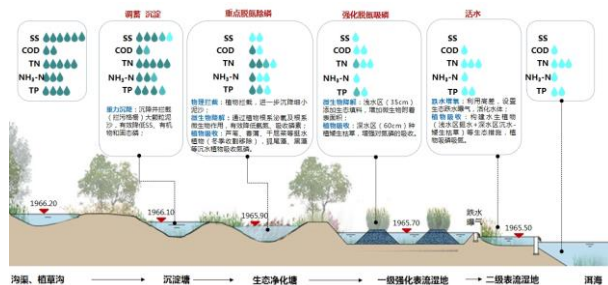


图 7 阳坡沟沟渠湿地工艺分析图



图8 阳坡沟渠湿地实景照片

2.3 河口湿地

河口湿地是在条件允许的河道口,特别是苍山十八溪入湖口的位置,采取以湿地净化、生态修复为主要功能,恢复入湖河口湖滨滩地生境为目的的一种处理措施,项目共恢复河口处河滩湿地16处,面积约71.4hm²。

上世纪的防洪和水位调控工程及后期盲目修建的老环海路,不但渠化了河道,还阻断了河口的强自主恢复能力,迫使自然河口湿地面积迅速减少,动物、鸟类栖息地迅速萎缩,传统自然河口正在快速消失;针对这一情况,我们采取了“再野化”设计手法,即拆除原有硬质渠化河道和老环海路,在物理空间上尽可能模仿自然冲击的河口形态,扩大扇形水面,散状打开多条支流,加大水面;尽量恢复大面积滩涂,结合场地实际情况和不同湿地要素增设了大小、面积、高程不等的生态岛(光滩)和深水区、浅水区,尽可能形成大小浅湾、光滩、缓坡相互组合的复杂地形,营造自然多变的岸线,尽量减少人为进入,为各种动物、鸟类和微生物创造栖息地,并与洱海有机结合处理,特别是高程的结合,从而创造一个尽可能模仿自然的一个因地制宜、生态为主、人工为辅的三角洲河口湿地,最大化增加对河道水质的进一步净化功能和增加河道入湖口的生物多样性;

三溪河口湿地设计:

三溪具体指苍山十八溪中的桃溪、梅溪、隐仙溪三条河流,位置在大理镇与银桥镇的交界处,经资料查找并咨询当地老人,此三溪入洱海处历史上就是一片滩涂沼泽,常年有大量鸟类栖息在此处,直到上世纪末,开始围湖造田、养殖,后面又废弃改成私人庄园,还在洱海边修建了环海路,河道也重新硬质化、渠道化,原有滩涂沼泽就彻底消失了。

项目本着尊重历史的原则并结合洱海生态净化的需求,重新启动此区域的河口湿地设计工作,首先在保证河道行洪、排涝、灌溉等功能基础上,从生态监测廊道开始拆除现场硬质化、渠道化的河道,将河道径流面展开,拆除洱海边老环海路,让洱海透透气;其次在整段区域模仿自然河口形态采用树状形态人工发散河流,主流分成2~3条支流,再由每条支流分成2~3条分支;同时注重区

域水利生态化、市政生态化对三溪河口湿地加以保护性打造,由于三溪汛期流量、流速较大,人工形成的河口三角洲以土方、渠道、植物等措施为主,存在冲刷毁坏的可能,为此对局部地形进行人工防护,在河道迎水面或河底冲刷严重区域采取生态护坡的方式,把拆除硬质河道和环海路拆出来的石材按照一定方式堆砌布置在迎水面及冲刷较强的区域,并辅助生态工法用柔性方式加以稳固;最后就是植物的选择了,在保留场地植物的情况下,尽量选取乡土耐水湿植被,坚持宜林则林、宜草则草的原则,植物可以适当郊野化,尽量恢复三溪河口的自然性;

三溪湿地还注重了大面积缓坡边坡处理手法,随着洱海水位调控的变化,缓坡的设计增大了不定期可淹没区域,依靠自然做功自主恢复生态;在一两年的冲刷淹没后,其多样性和自养能力均高于预期,本土的物种也迅速回归,形成了具有本土适应能力的河口的三角洲湿地生境。

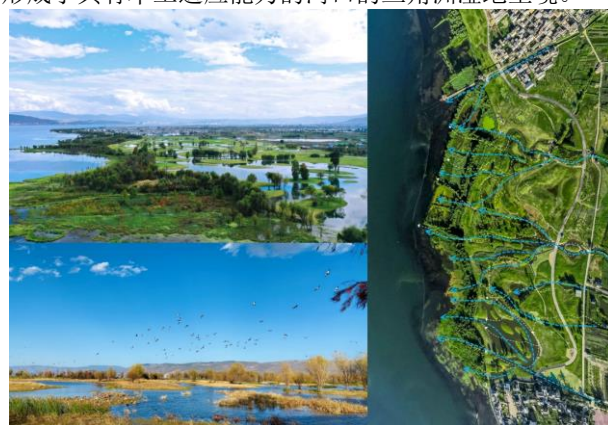


图9 三溪河口湿地实景照片

2.4 雨水花园

雨水花园是针对解决村庄地表径流面源污染而设计的一种小型具备景观观赏功能的湿地生态系统,有建设灵活性高、建造成本低、维护简单并且具有一定景观观赏功能的特点,项目建设雨水花园可以把村庄边缘的口袋地块充分利用起来;

在利用这些口袋地块的过程中,面对村庄地表径流造成的面源污染,一方面考虑在高程条件允许的地方引出去,即把村庄边缘地表径流的水引到村庄两侧的生态净化区或表流湿地,通过其净化之后再溢流入湖,减轻雨水花园处理村庄面源污染的负担;另一方面则是把村庄靠近廊道边缘的空地大部分用来改造成一个个兼顾水质净化和景观功能的小型雨水花园,以一个个口袋湿地的形式,把村庄巷道的初期雨水引入其中加以过滤、净化;与此同时在雨水花园中栽植相关净化能力较强的水生植物,植物也会充分考虑村庄的特殊性,不会栽植过于郊野的植物,会适度搭配开花类品种,这样既能起到水质净化作用,也能美化村庄环境,为之后的生态效益向经济效益转化奠定基础,有效促进乡村振兴在洱海周边的合理性发展。

下末村多样性雨水花园：

洱海边的下末村就是雨水花园设计的典型地块之一，15 米拆除工作之前，下末村海边全是延伸进洱海中的客栈和宅基地，洱海岸线私有化严重，下雨天村庄巷道水携带大量面源污染直排洱海，管理难度十分大；

随着 15 米范围的拆除工作完成，下末村靠近洱海一侧的边缘形成了大小小形状不一的口袋空地，项目在不影响周边设施和排水的情况下，尽量做到周边地形最低，最大化把村庄内巷道水、路面水收集过来，集中过滤处理之后再溢流入洱海；与此同时还结合这些雨水花园设置了人能参与的小型景观设施，并加强开花类观赏性高花卉、灌木、湿生植物的栽植，在净化巷道雨水的同时兼具景观观赏性。

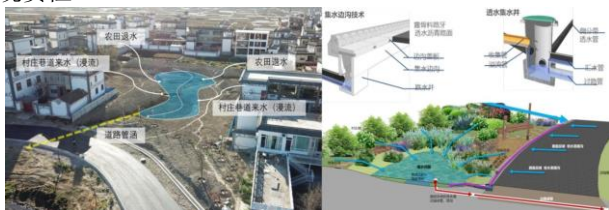


图 10 下末村雨水花园收集雨水原理分析图



图 11 下末村雨水花园实景图

3 实施成效：

随着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，约 350ha 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，其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 年最好水

平，湖体年均透明度提升到了 2.14m。



图 12 洱海湖岸边海菜花实景照片

事实证明生态廊道项目的湿地净化系统不但有效拦截了上游的面源污染、净化了入湖水体、改变了洱海水质，而且也在一步步改变洱海周边的生态系统，湖泊再度恢复到韧性、健康、可持续的自然状态，洱海变得更加生动美丽；随着环境的进一步变好也为后续生态旅游奠定了坚实的基础，大批游客慕名而来，生态价值向经济价值不断转化发展，切实践行了“绿水青山就是金山银山”，成为打造美丽中国建设的示范样板。

【参考文献】

- [1]张天力,顾世祥.洱海入湖河道综合整治规划研究[J].人民长江,2018,2(2):28.
- [2]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.
- [3]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.
- [4]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.
- [5]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.

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。