

附件 6

江河湖泊生态环境保护专项技术指南系列

湖滨带生态修复工程技术指南

(征求意见稿)

二〇一四年五月

目 录

1	总则.....	1
1.1	适用范围	1
1.2	规范性引用文件	1
1.3	术语和定义	1
1.4	湖滨带生态修复工程设计的主要内容	2
2	湖滨带生态环境调查与问题诊断.....	4
2.1	湖滨带调查范围	4
2.2	湖滨带生境调查	4
2.3	湖滨生物调查	4
2.4	湖滨带现状类型划分	5
2.5	湖滨带生态环境问题诊断	5
2.6	湖滨带调查结果表达	6
3	湖滨带生态修复总体设计.....	7
3.1	湖滨带生态修复设计总体原则	7
3.2	湖滨带的生态功能定位及区划	8
3.3	湖滨带生态修复工程目标和指标	10
3.4	全湖湖滨带生态修复整体设计要求	11
4	湖滨带生态修复工艺.....	13
4.1	生态修复模式设计	13
4.2	湖滨带物理基底修复设计	18
4.3	湖滨带群落配置设计	30

4.4	景观设计	32
5	滨带生态修复工程维护管理.....	33
5.1	总体要求	33
5.2	管理经费与机制	33
5.3	工程生态环境监测	33
5.4	日常管理技术要求	33
5.5	人为活动管理	34
6	投资估算.....	36
6.1	投资估算组成	36
6.2	建筑工程主要费用计算	36
7	工程生态环境效益评估.....	38
7.1	生物多样性保护效益评估	38
7.2	水体净化效益评估	38
7.3	水土保持与护岸效益	38

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于指导水质较好湖泊湖滨带的生态修复工作开展，水库库滨带及其它类型湖泊湖滨带的生态修复可以参照使用。

1.2 规范性引用文件

《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)

《湖库富营养化防治技术政策》(环发[2004]59号)

《生态环境状况评价技术规范(试行)》(HJ/T 192—2006)

《国家园林城市标准》(2010年8月)

《防波堤设计与施工规范》(JTS 154-1-2011)

《堤防工程设计规范》(GB 50286-2013)

《水工挡土墙设计规范》(SL 379-2007)

《湖泊富营养化调查规范》金相灿 屠清瑛 等, 1990

《湖泊生态安全调查与评估》 中国环境科学研究院等 编

1.3 术语和定义

(1) 湖滨带

湖滨带又称湖滨水-陆交错带，是湖泊流域陆生生态系统与水生生态系统间的过渡带，其核心范围是最高水位线和最低水位线之间的水位变幅区，依据湖泊水-陆生态系统的作用特征，其范围可分别向陆向和水向辐射一定的距离。

(2) 生态修复

通过人为改变和切断导致生态系统退化的主导因子或过程，减

轻负荷压力，调整、配置和优化系统内部及其与外界的物质、能量和信息流动过程，依靠生态系统的自我恢复能力使其向有序的方向进行演化，使遭到破坏的生态系统逐步恢复并向良性循环方向发展。

（3）湖滨带自然化率

湖滨带范围内未经人工破坏的区域或经人工修复且符合自然生态要求区域面积占湖滨带总面积的比例。

（4）水体生境

水体生物的个体、种群或群落生活地域的环境，由生物和非生物因子综合形成的，包括必需的生存条件和其他对生物起作用的生态因素。

（5）基底

湖滨带基底是生态系统发育与存在的载体，包括底质、地形、地貌等。

（6）护岸（护坡）

为保护湖区的岸坡，防止水流、波浪侵蚀而构筑的建筑物。

（7）消浪潜坝

潜没于湖区控制高水位以下，并以湖滨带消浪为主要目的而构筑的建筑物。

1.4 湖滨带生态修复工程设计的主要内容

湖滨带生态修复工程设计一般应该包括以下主要内容：

（1）湖滨带生态环境调查与问题诊断，通过湖滨带生境、生物

群落等调查，分析湖滨带健康及受损情况，甄别湖滨生态退化的影响因素和主导因子。

(2) 湖滨带生态修复总体设计，包括湖滨带生态功能定位，确定生态修复目标 and 设计原则，整体设计，分区修复。

(3) 湖滨带分区生态修复工艺设计，主要对物理基底修复与群落配置的工艺进行设计。

(4) 湖滨带生态修复工程维护管理主要包括工程区基底修复设施维护、湖滨植物群落维护等。

(5) 湖滨带生态修复工程投资估算，主要包括基地修复工程投资、生物群落配置工程投资等。

(6) 工程效益评估，主要评估生物多样性保护、水土流失、水体净化等生态环境效益以及经济社会效益。

2 湖滨带生态环境调查与问题诊断

湖滨带生态环境调查目的是甄别湖滨生态退化因子及其作用强度，为湖滨带生态修复设计提供依据。

2.1 湖滨带调查范围

湖滨带调查范围：包括整个湖滨带范围，根据湖滨带外围实际情况，可向陆向和水向纵深适当外延 200~1000 m。

2.2 湖滨带生境调查

湖滨带生境调查因子包括湖滨带地形、土地利用方式、污染源、水质、底质理化特征、水位变化、风浪特征等。

对工程区地形需进行测量，测量图比例不低于 1: 2000，测量图除一般要求外，还应标明现有植被的分布区域及进入湖滨带的河流、沟渠、涵管等。

土地利用重点调查村落、农田、鱼塘、码头、旅游点、水利设施等用地情况。

污染源重点调查养殖、村落、农田、旅游、工业等污染源，同时，还需调查湖滨带外围水土流失情况，进入湖滨带的径流污染特征。

水质、底质理化特征调查应包含所有二级类型湖滨带，并分别在挺水植物、浮叶植物、沉水植物、无植物的敞水区进行布点监测。

污染源、水质、底质调查方法参考《湖泊富营养化调查规范》。

2.3 湖滨生物调查

湖滨带生物调查应针对生物多样性保护目标展开，一般调查湖滨

植被、底栖动物、鱼类、水鸟、浮游植物等，通常以湖滨植被调查为主，主要调查湖滨带范围内的乔木、灌木、陆生草本植物、挺水植物、沉水植物、浮叶植物及漂浮植物等。采用陆生-水生断面调查，每个植被类型区分别布点调查物种种类、生物量、盖度等指标。湖滨生物调查方法参考《湖泊富营养化调查规范》。

2.4 湖滨带现状类型划分

湖滨带的类型可以依据生态特征、生态功能等进行划分。本指南一级分类主要依据生境特征进行划分，二级分类主要依据生境、现状土地利用类型进行划分。

2.4.1 一级分类

根据湖滨带地貌将湖滨带划分为缓坡型湖滨带与陡坡型湖滨带（平均坡度 25° 以上）2 种一级类型。缓坡型湖滨带初级生产者一般以高等植物为主；陡坡型湖滨带初级生产者往往是以附生生物为主的低等生物。

2.4.2 二级分类

根据湖滨带地貌及土地利用类型，又可将湖滨带进一步划分二级类型。主要包括滩地型、退田型、退房型、河口型、退塘型、自然山地型、路基型和大堤型湖滨带等。

2.5 湖滨带生态环境问题诊断

在收集湖滨带自然、社会经济等资料的基础上，结合湖滨带污染现状、生境、生物调查结果，对湖滨生态环境问题进行诊断（表 1）。

表 1 湖滨带退化因素分析与生态环境问题诊断表

序号	压力	水生生物				生境		
		植被	鸟类	底栖动物	鱼类	水质	底质	基底空间结构
1	人为因素							
1.1	农田							
1.2	鱼塘							
1.3	村落							
1.4	旅游							
1.5	植物资源利用							
1.6	挖沙采石							
1.7	外围污染							
1.8	人工水位调控							
1.9							
2	自然因素							
2.1	洪水							
2.2	水量减少							
2.3	风浪侵蚀							
2.4							

注：+++表示重度影响，++表示中度影响，+表示轻度影响，-表示无影响。

2.6 湖滨带调查结果表达

测量调查成果需提供地形图、土地利用图、植被类型图、水质分布图、底质分布图、多年水位过程线图、风玫瑰图等。

评估成果应包括湖滨带类型及分布、湖滨带退化关键因子、湖滨带自然化率、植被物种数、修复区植被盖度、物种多样性指数等现状数值。

3 湖滨带生态修复总体设计

3.1 湖滨带生态修复设计总体原则

(1) 自然恢复为主的原则

湖滨带生态修复应遵守湖滨地质发育特点，遵循湖滨带水-陆生态系统的作用及演化规律，充分发挥自然恢复的能力。

(2) 保护优先的原则

湖滨带生态修复应注意对湖滨带自然状态良好的区域的保护，避免对其进行干预或干扰。

(3) 生态功能保护为主的原则

坚持以湖滨带生态功能保护为主，避免利用湖滨带对流域污水进行拦截净化。

(4) 生境改善先行的原则

依据生境决定生态系统的原理，控制湖滨带内、外围污染源，恢复湖滨生境，为湖滨带生态修复创造条件。

(5) 整体设计、分阶段修复的原则

全湖湖滨带生态修复应进行整体设计，充分考虑湖滨带对湖泊的生态环境影响；同时应充分考虑湖泊整体的富营养化水平及其变化，将生态修复分阶段进行，以适应湖滨生态自然演变的规律。

(6) 避免引入外来种的原则

湖滨带生态修复应充分利用流域内土著物种进行生态修复，避免引入外来物种。

3.2 湖滨带的生态功能定位及区划

确定湖滨带的生态功能是湖滨带设计的基础。湖滨带生态修复设计应从全湖出发，重点考虑生物多样性保护、水质净化、水土保持与护岸等生态功能，同时尽量兼顾景观美学价值、经济价值等。湖滨带不止发挥一种功能，即使在设计时只考虑了一种功能的情况下，湖滨带也可发挥多种功能。

根据湖滨带要实现的功能，结合湖滨带历史特征、现状特征，对湖滨带要实现的主体功能进行划分。每个区域除1种主体功能外，还可划分多种非主体功能。具有多种生态功能的，主体功能优先划分为生物多样性保护功能。

3.2.1 生物多样性保护功能

湖滨带增加栖息地面积，保护脆弱栖息地、增加栖息地连通性、改善栖息地质量、增加物种丰富度。湖滨带作为重要的生态交错带，其干湿交替变化造成了湖滨栖息地和植被斑块多样性和时间变化性，产生一些依赖这种生境的特有物种，增加了湖滨带边缘种的丰富度。特别指出的是，湖滨带作为湖泊鱼类、鸟类、底栖动物等生物的重要栖息地，对湖泊生物多样性保护具有非常重要的作用。

可以将以下区域划分为生物多样性保护功能区：1) 湖滨坡度较缓、变幅带较宽的区域；2) 湖滨地形变化丰富、湖湾发育度高的区域；3) 水鸟、鱼类、动物、两栖和爬行类比较丰富的区域。根据保护的對象，生物多样性保护区可进一步细化为湖泊鱼类栖息地、湖泊底栖动物栖息地、水鸟栖息地、植被、两栖和爬行动物栖息地、小型

哺乳动物栖息地等保护区域；湖滨生境复杂的区域也可以单独划定，如河口湿地、特殊湖湾区。

3.2.2 水质净化功能

湖滨带可作为湖泊的“天然屏障”，具有通过水-土壤（沉积物）-植物系统的过滤、渗透、吸收、滞留、沉积等物理、化学和生物作用，控制、减少来自地表径流中的污染物的功能。湖滨带也可以通过营养竞争、化感物质作用等抑制水华藻类，改善湖体水质。

水质净化功能区可分为入湖径流水质净化区和湖泊水质净化区。湖滨外围农田分布面积较大、山体水土流失较重、入湖径流较多、浅层地下径流丰富的区域都可划定为入湖径流净化区；湖滨藻华暴发风险较高的区域可划定为湖泊水质净化区。

3.2.3 水土保持与护岸功能

湖滨带植被可降低湖滨径流冲刷，减轻水土流失；湖滨植被的消浪、固岸等作用可以降低风浪对湖岸线的侵蚀强度，提高湖岸的稳定性。

水土保持与护岸功能区包括水土保持功能区和护岸功能区。湖滨带内坡度较大、水土流失风险较高的区域划定为水土保持功能区；对岸基不稳、护岸要求较高的区域划定为护岸功能区。

3.2.4 景观美学功能

湖滨带丰富的空间格局和物种造就了独特而秀丽的湿地景观，可提供人群休闲娱乐，具有很高的美学价值。

对景观美学价值较高的区域，可适当选择部分区域划定为休闲娱

乐区。湖滨带应严格控制休闲娱乐区范围，一般不超过湖滨区域的10%，休闲娱乐功能区也需同时强调生物多样性保护、水质净化、水土保持与护岸等生态功能。

3.2.5 经济价值

湖滨带内丰富的植物资源和野生动物资源，使湖滨带具有很高的生物资源开发潜力和经济价值。

对湖滨带内植物资源有很高利用价值，且对湖滨水质净化有重要作用的区域，可划定为植物资源利用区；对于良好湖泊，应严格控制生物资源利用区的面积，植物资源利用区域面积一般不超过湖滨带面积的30%。

3.3 湖滨带生态修复工程目标和指标

根据湖滨带的功能定位，确定要保护的具体目标和指标。

表 2 湖滨带生态修复具体目标和指标设定

修复目标	修复指标	现状值	恢复值
生物多样性保护	湖滨带修复面积 (Km ²)		
	湖滨带自然化率增加值 (%)		
	湖滨带平均宽度 (m)		
	景观联通性*		
	植被物种数 (种)		
	修复区植被盖度 (%)		
	植被平均生物量 (Kg/m ²)		
	生物多样性指数 (维纳香浓指数)		
	特殊保护物种* (保护物种名称)		
		

修复目标	修复指标	现状值	恢复值
水质净化	径流拦截净化量 (m ³ /年)		
	径流污染物净化率 (%)		
		
水土保持 与护岸	稳固岸线长度 (Km ²)		
		
休闲娱乐*			
经济价值*			
.....			

注：*可半定量或定性描述

3.4 全湖湖滨带生态修复整体设计要求

从湖滨带的生态功能出发，结合水文地质、土地利用、生态环境等现状特征，进行系统考虑，确定全湖湖滨带生态修复整体指标参数。

3.4.1 湖滨带自然化率

遵循现状湖滨带自然化率不降低的原则。对于水功能区划要求为 I 类水体的湖泊，湖滨带自然化率不应低于 85%~90%；对于 II~III 类的湖泊，湖滨带自然化率不应低于 80%~85%；对于 IV~V 类的湖泊，自然化率不应低于 75%~80%。

3.4.2 湖滨带陆向辐射带宽度

湖滨带陆向辐射带是湖滨带核心区及整个湖泊的重要保护带。浅水湖泊湖滨带陆向辐射带平均宽度不应小于 50 米，深水湖泊湖滨带陆向辐射带平均宽度不应小于 30 米。湖滨带陆向辐射带宽度可根据外围汇水区径流、湖滨带基底坡度和土壤渗透性等进行相应调整。

3.4.3 景观连通性

湖滨带整体应保持高连通性，防止景观破碎化，每 10km 被人为建（构）筑物中断（>100m）不应超过 2 处，中断处应尽量通过宽度大于 30 米的绿色廊道连接。

3.4.4 水上建（构）筑物

码头、房屋、泵站等水上建（构）筑物设计时应考虑对湖滨带生物多样性、水文水质等影响，尽量减少对湖滨带的干扰和破坏，并设计廊道连接被隔断的湖滨带。建（构）筑物距离环境敏感区、生物多样性保护区、特征物种分布区、鱼类及底栖动物栖息地、小型湖湾等环境重要保护区域不应小于 20m；现有建（构）筑物对环境重要保护区域造成影响的，应进行拆除和搬迁；建（构）筑物尽量架空建设，保持湖滨带生态自然的土地利用形式；建（构）筑物及管线应利用植被系统进行遮挡，尽量避免破坏湖滨生态景观。

3.4.5 外围污染控制要求

为了保持湖滨带生态健康，湖滨带不应承担污水处理的功能，进入湖滨带的水质应控制在其自然净化能力范围之内。进入缓坡型湖滨带的径流污染应控制在地表水 V 类水平以内；进入陡岸型湖滨带径流污染应控制在地表水 IV 类水平以内。

4 湖滨带生态修复工艺

4.1 生态修复模式设计

湖滨带生态修复模式主要考虑湖滨带类型、要实现的生态功能等，详见表 3。

4.1.1 缓坡型湖滨带

(1) 滩地型

湖滨带地势平缓，原有湖滨生态系统仍有保留，但人为干扰造成其生态退化。该类型湖滨带生态修复重点考虑生物多样性保护功能，按陆生生态系统向水生生态系统逐渐过渡的完全演替系列设计，植被类型包括乔灌草带、挺水植物带、浮叶植物带、沉水植物带四带（图 1）。湖滨大型底栖动物、鱼类退化严重的区域，可在沉水带增加大型底栖动物和鱼类的栖息地的设计。

根据水位高程及其变化设计植物带。水位变幅小的湖泊，陆生乔木带设计在最高水位线以上，湿生乔木和挺水植物设计在常水位 1m 水深以内的区域，浮叶植物设计在常水位 0~2m 水深的区域，沉水植物设计在常水位 0.8~3m 水深的区域。水位变幅大的湖泊湖滨带植被以湿生草本植物带自然恢复为主。

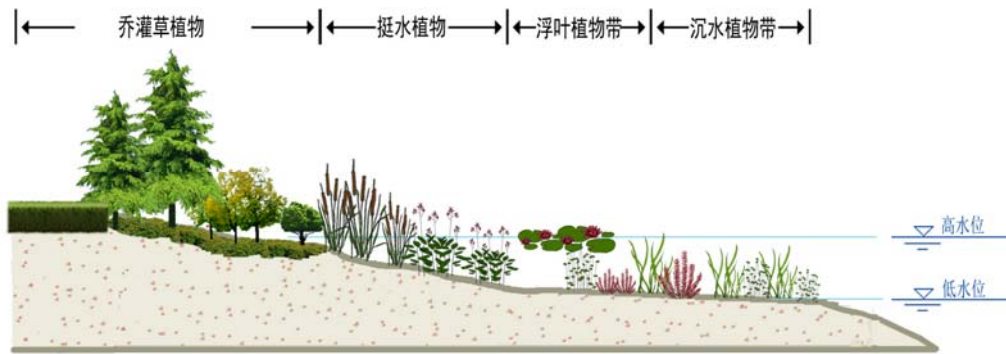


图 1 滩地型湖滨带生态修复示意图

(2) 退田型

缓坡型湖滨带受农田侵占，地形地貌受到一定的破坏。退田后在湖滨带外围一般仍存在大量农田。退田型湖滨带以农田径流水质净化功能为主，尽量恢复成完全演替系列（图 1）。植物配置中应采用根系发达的大型乔木净化农田区浅层地下径流；在基底修复中应加固原有农田外围的护岸设施维持基底的稳定性（详见本指南基底修复设计部分）。由于护岸工程对浮叶带生长影响大，植物配置中可设计成浮叶带缺失的不完全演替系列（图 2）。

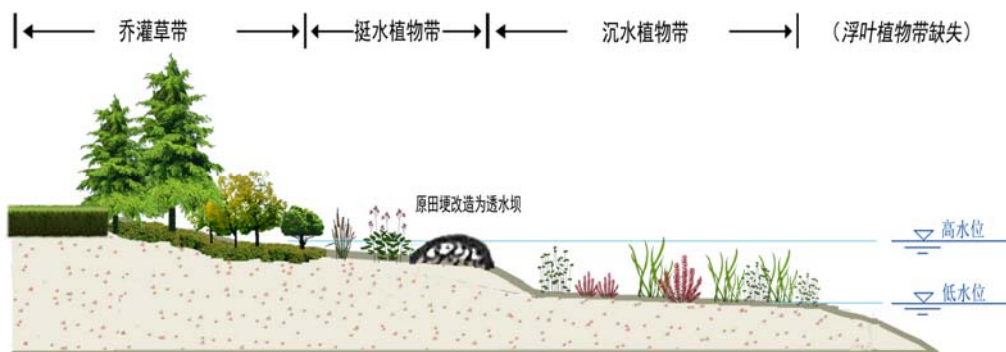


图 2 退田型湖滨带生态修复断面示意图

(3) 退房型

湖滨带被村落房屋侵占，湖滨生态系统被破坏。以生物多样性保

护为主的修复区，全部退房还湖和基底修复。植被尽量修复为完全演替系列（图 1）。

房屋不能完全清退的，拆除部分房屋并设计生态岸坡，做护岸处理，坡度小于 25° （具体见本指南基底修复设计部分）；植被带可设计成陆生植被带或浮叶植物带或挺水带缺失的不完全演替系列（图 3）。

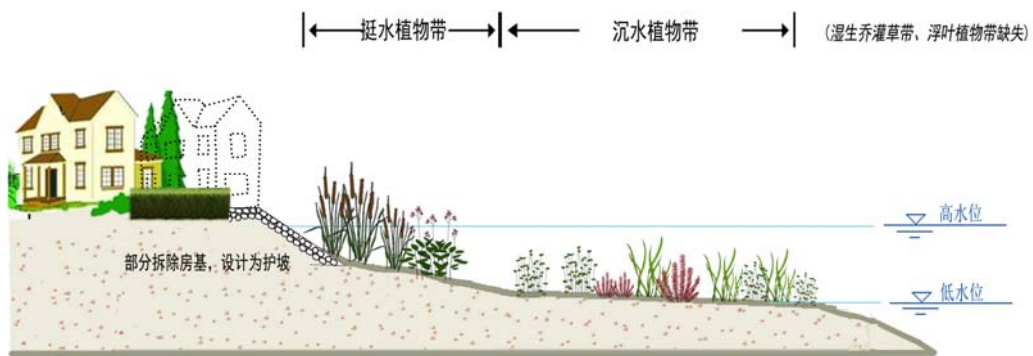


图 3 退房型湖滨带生态修复示意图

（4）退塘型

湖滨带现状为大面积鱼塘，湖滨水质恶化、生态系统受损。退塘型湖滨带基底修复是将鱼塘塘埂拆除至水面以下而仅留塘基，上部石料与塘埂内的土料混合后，就地抛填在塘埂两侧形成斜坡；间隔将塘基清除，使塘基呈散落状分布，内外土层沟通，同时覆土覆盖鱼塘污染底泥。

植物修复为多塘植物湿地，根据各鱼塘水深种植挺水、浮叶、沉水植物为主（图 4）。

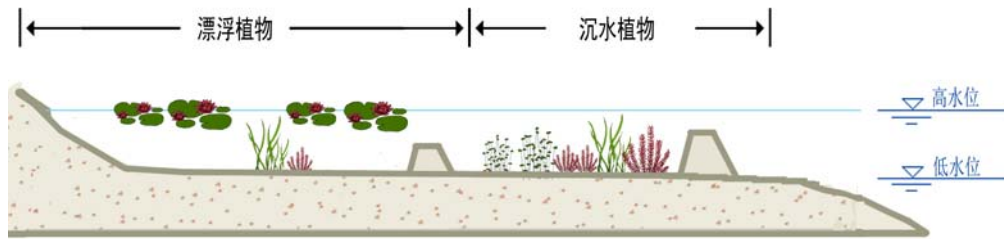


图 4 退塘型湖滨带生态修复示意图

(5) 大堤型

湖滨带被大堤隔断，外湖滨带被用地侵占，内湖滨带受风浪侵蚀，植被退化。对外湖滨带，构建人工湿地，修复乔灌草带、挺水植物带、浮叶植物带；对内湖滨带，有条件的采用抛石消浪或进行生态堤岸改造（具体见 4.2），植物修复以恢复沉水植物为主。

(6) 码头型

规划新建或改造的码头，尽量考虑架空设计，减少硬化面积，未硬化区域可修复为不完全演替系列的植被系统，被码头隔断的湖滨带应通过廊道连接。

表 3 各类型湖滨带主要生态功能及修复模式

现状土地		要实现的主体生态功能												主要修复模式	
		生物多样性保护						水质净化				水土保持与护岸			
		植被	湖滨鱼类栖息	水鸟栖息地	底栖动物	爬行和两栖动物	小型哺乳动物	附着生物	农田地表径流	山地水土流失	地下径流	湖泊水质净化	水土保持		护岸
缓坡型	滩地型	√	√	√	√	√	√	/	√	/	√	√	√	√	全系列
	退田型	√	√	√	√	√	√	/	√	/	√	√	√	√	全系列或不完全演替系列
	退房型	√	√	√	√	√	√	/	/	/	√	√	√	√	全系列或不完全演替系列
	退塘型	√	√	√	√	√	√	/	/	/	/	√	√	√	不完全演替系列
	大堤型	/								/					
	河口型	√	√	/	√	/	/	/	/	/	/	/	/	√	不完全演替系列
														
陡岸型	山地型	/	√	/	√	/	√	√	/	√	/	/	√	√	不完全演替系列
	退房型	/	√	/	√	/	√	√	/	√	/	/	√	√	不完全演替系列
	路基型	/	√	/	√	/	√	√	/	√	/	/	√	√	不完全演替系列
	大堤型	/	√	/	√	/	√	√	/	√	/	/	√	√	不完全演替系列
	河口型	/	√	/	√	/	/	/	/	√	/	/	√	√	不完全演替系列
														

4.1.2 陡坡型湖滨带

(1) 山地型

该类型湖滨带现状为山体直接入湖，地势较陡，湖滨带宽度较窄。生态功能定位为水土流失控制区的，植被仅修复陆生植被，为不完全演替系列修复模式。具有大型底栖动物和鱼类重要栖息地功能且生态受损的，通过基底构建、生态岸坡构建、群落调整，恢复附生藻类生物多样性，构建底栖动物和鱼类栖息地。

(2) 路基型

该类型湖滨带现状为路基侵占湖滨带，陡岸湖滨带生态受损。路基型湖滨带以护岸功能为主，但应同时考虑生物多样性保护。实施消浪、生态岸坡构建、修复营造鱼类及其他水生动物栖息地。

(3) 退房型

该类型湖滨带被房基侵占，使陡岸生境受损。因陡岸型湖滨带生态脆弱，侵占房屋应全部清退。退房型湖滨带主要以生物多样性保护功能区为主，通过消浪、生态岸坡构建、修复营造鱼类及其他水生动物栖息地进行生态修复。

4.2 湖滨带物理基底修复设计

物理基底修复主要包括：(1) 控制沉积和侵蚀，保持湖滨带物理基底的相对稳定；(2) 解决风浪、水流等不利水文条件对湖滨带生物的负面影响；(3) 对由于人类活动改变的地形地貌(如鱼塘、村落、堤防)进行修复与改造。

物理基底修复主要包括物理基底稳定性设计和物理基底地形、

地貌的改造。

4.2.1 物理基底稳定性设计

主要是解决物理基底的沉积和侵蚀对生物的影响，控制沉积和侵蚀，保持湖滨带物理基底的相对稳定，为湖滨带的生态恢复创造条件。

消浪技术是基底稳定性设计中的重要内容，可通过设置消浪潜坝或消浪丁坝的方式进行消浪。在消浪的同时，根据湖滨带地貌、周边设施、岸坡形态、风浪条件等，确定湖滨护岸结构型式。

(1) 潜坝消浪技术

消浪潜坝的构筑根据风浪作用情况一般可考虑抛毛石(或袋装土堤心外抛毛石)结构体消浪、块石和人工预制块体组合结构体消浪、钢丝石笼结构体消浪等技术。

当有鱼类生境条件修复工艺需要时，潜坝结构体可通过人工预制空腔块体或块石、人造构筑物、鱼礁、涵管等形成空腔，并视湖滨带现场情况可结合利用乔木根部绑扎竹排，或抛石坡脚位置投放树枝及柴捆等，在竹排之间形成缓流区，供鱼类栖息繁衍。

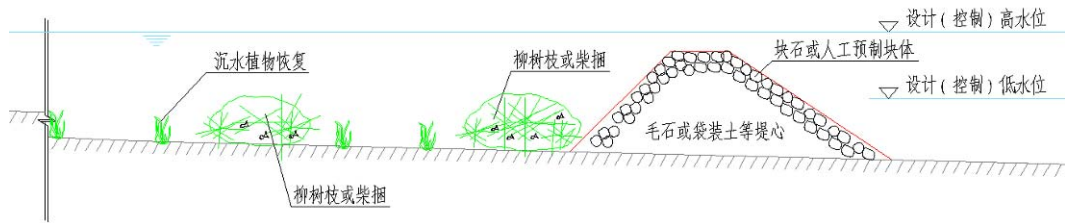


图 5 毛石（或袋装土堤心外抛毛石）消浪潜坝示意图

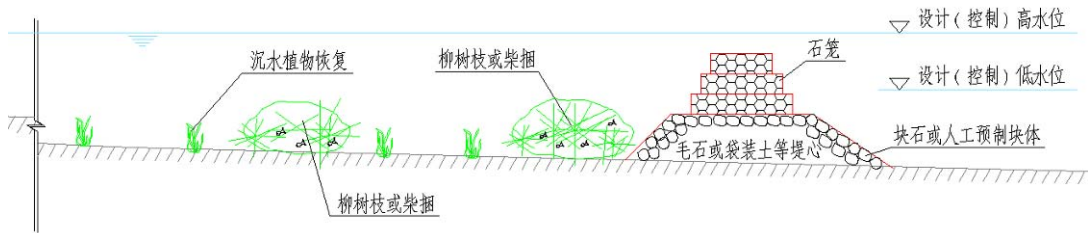


图 6 钢丝石笼结构体消浪潜坝示意图

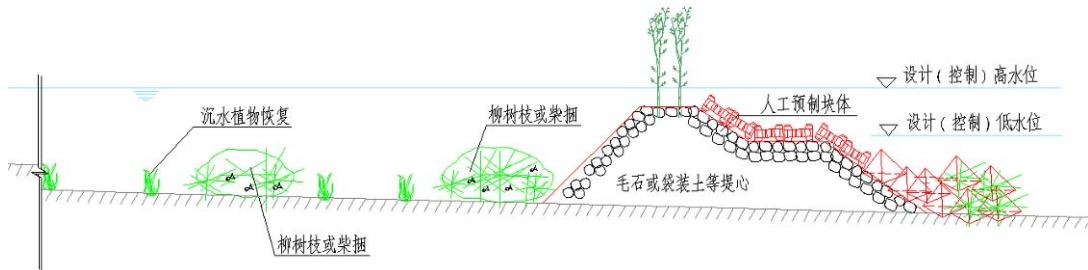


图 7 人工预制块体消浪潜坝示意图

(2) 丁坝消浪技术

当湖滨带受风浪影响方向较为固定时，根据地质、地形、风浪及水流条件，宜布置丁坝或丁坝群进行消浪或减小水流冲势作用。

丁坝结构体与潜坝基本相似，可一定程度上参照潜坝结构进行设计，也可结合鱼礁、涵管等构筑物形成空腔，供鱼类栖息繁衍。

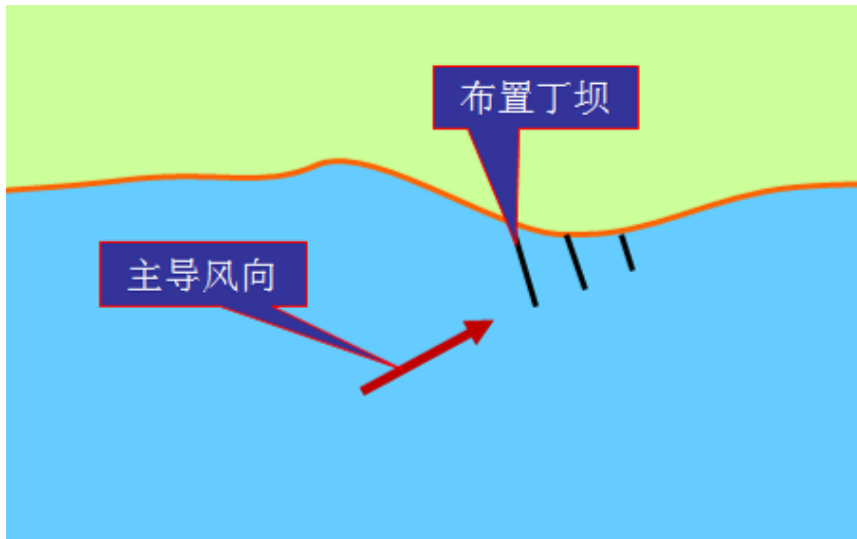


图 8 丁坝消浪或减小水流作用布置示意图

(3) 湖滨护岸技术

湖滨护岸结构型式应遵循因地制宜、技术可靠、经济合理的原则，分类型研究确定。一般情况下，湖滨带自然形态无需刻意突出人工护岸（护坡）结构的实施，宜在满足其稳定状态下保留其自然特征。

为满足湖滨带生态修复工艺需求，确保湖滨带的稳定，根据湖滨带的不同特征，从构建合适的湖滨带物理基底层面，一般可将湖滨带护岸（护坡）在构造型式上分为路堤型、农田型、山坡型、房基拆除型等。

对于部分土质陡坡湖滨带或由于堤防等建设，导致湖滨岸线长期受风浪、水流冲蚀影响，存在岸坡土方坍塌或危及湖滨岸坡、大堤安全时，应结合风、浪、流、水文、地质等工程设计要素，进行必要的护岸（护坡）工程建设。一般情况下，宜首先考虑采用生态型护岸（护坡）结构。

常规的护岸（护坡）结构型式或工艺参见如下：

①路堤型湖滨带护岸（护坡）

为满足路基的稳定安全，一般需构建直立式挡墙或路堤斜坡护面结构。从湖滨带生态修复的工艺角度，可在坡脚抛置块石、人工预制块体等，形成即具有防护能力、又具生态功能的多空隙结构体。

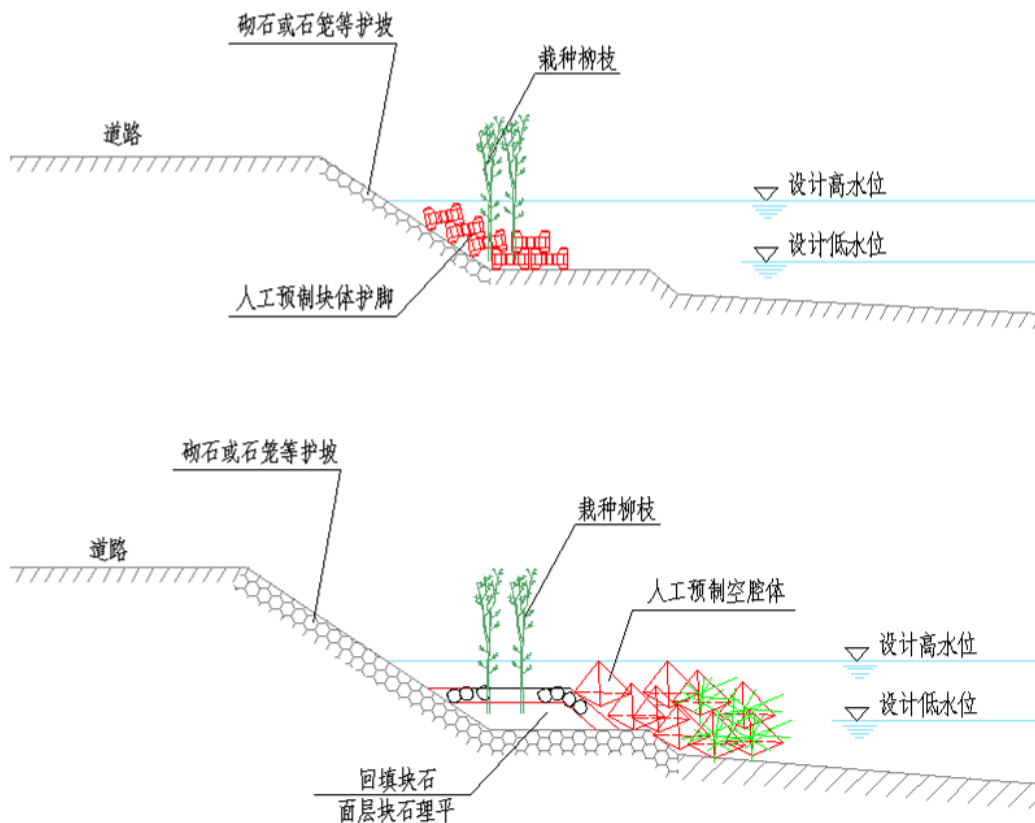


图9 路堤型湖滨带护岸（护坡）示意图

②农田型湖滨带护岸（护坡）

缓坡型湖滨带视水位变幅区的冲刷情况，布置植被生态护坡，宜以植物根系护坡为优先考虑方式，并宜考虑布置植物绿篱带，降低人类活动的干扰。对于陡坡型，宜在水位变幅区及其附近区域设置砌石、石笼等具有植物恢复或生长条件的多空隙护坡结构，并宜在坡脚位置构筑抛石护脚结构体，对现有树木的生长形成防护能

力。

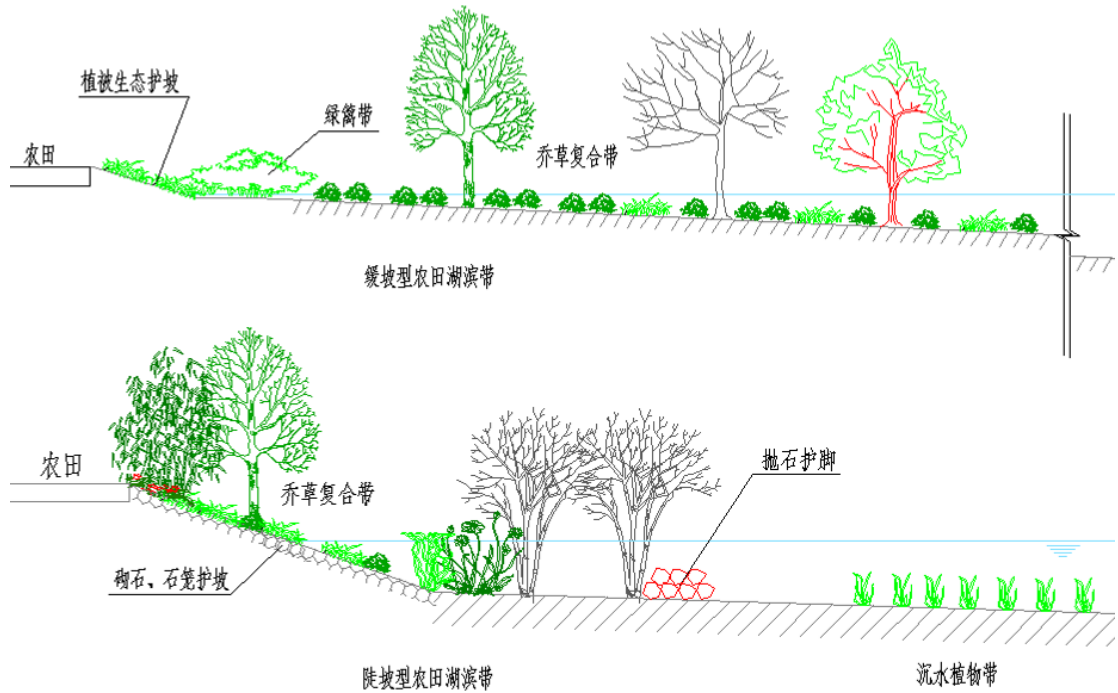


图 10 农田型湖滨带护岸（护坡）示意图

③ 山坡型湖滨带护岸（护坡）

应视山体地质条件情况，判别山坡的整体稳定性状况，对于山坡存在边坡坍塌失稳情况的，宜首先对山坡进行加固处理。对于稳定的山坡区湖滨带，宜在必要的情况下，结合消浪构筑物的布置，从改善陡岸山坡坡脚的生境条件角度，通过零散抛置大块石或人工预制构件，营造具有鱼类或其它水生动植物栖息繁衍的环境条件。

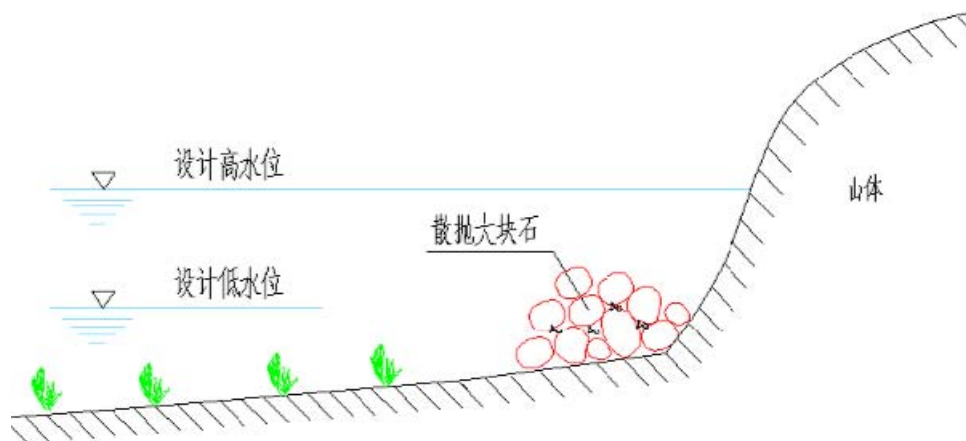


图 11 山坡型湖滨带护岸（护坡）示意图

④房基拆除型湖滨带护岸（护坡）

宜结合拆除的块石物料进行合理布置。一般临湖房屋具有较高的房基块石填料，形成直立型的湖滨岸线，宜恢复成斜坡形态。在拆除区域的湖滨带有岸坡防护需求时，可铺设必要的反滤层，并利用拆除块石构筑护面和镇脚结构。镇脚部位的块石宜选用大块径石料，护面层可选用较小块径石料，但应满足稳定性要求。

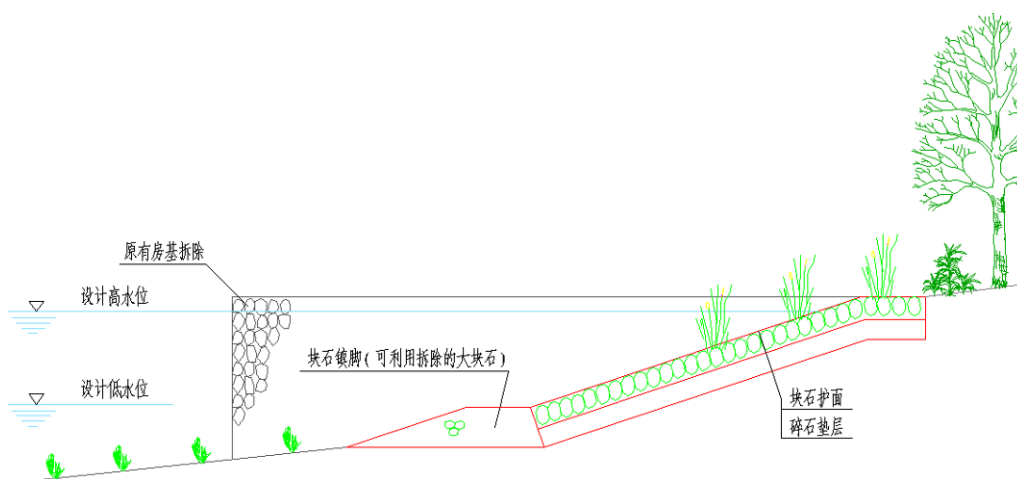


图 12 房基拆除型湖滨带护岸（护坡）示意图

⑤植草空心块（砖）生态型护岸

植草空心块（砖）生态型护岸利用自身结构满足护面稳定要求，且块（砖）孔洞内可提供较好的生物生存环境，为植物根系提供生存空隙。护岸具有较好的渗透性、良好的生态和景观效果。

植草空心块（砖）从形式上一般可分为植草砖、六角螺母块、日字型砌块、田字形砌块及其它人工预制空心块体。从铺筑形式上，可为斜坡面层铺设、阶梯式或台阶式堆砌等。

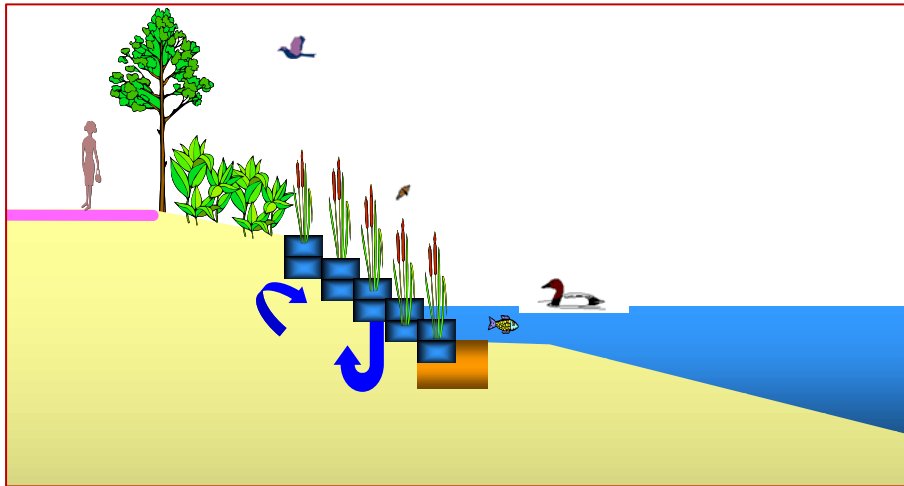


图 13 植草空心砌块生态型护岸示意图

⑥石笼生态型护岸

石笼生态型护岸把自然生态与人工构筑物相结合用于抵御水流、波浪冲刷，具有良好的防护性能，而且为植物的生长提供了一个良好的基础。护岸不仅具有很好的渗透性，而且可以适应阶梯式、斜坡式等不同的型式要求，又可多种型式组合使用，达到更好的效果。



图 14 石笼生态型护岸示意图

⑦生态混凝土（球、块）生态型护岸

生态混凝土是由低碱度水泥、粗骨料、保水材料等按照特殊工艺制成的混凝土，具有多孔结构和较大的比表面积、良好的透气性和透水性。既能保护堤岸，防止其受到侵蚀，又使其表面适宜富集植物和微生物，并为岸边植物提供相应的生存空间。

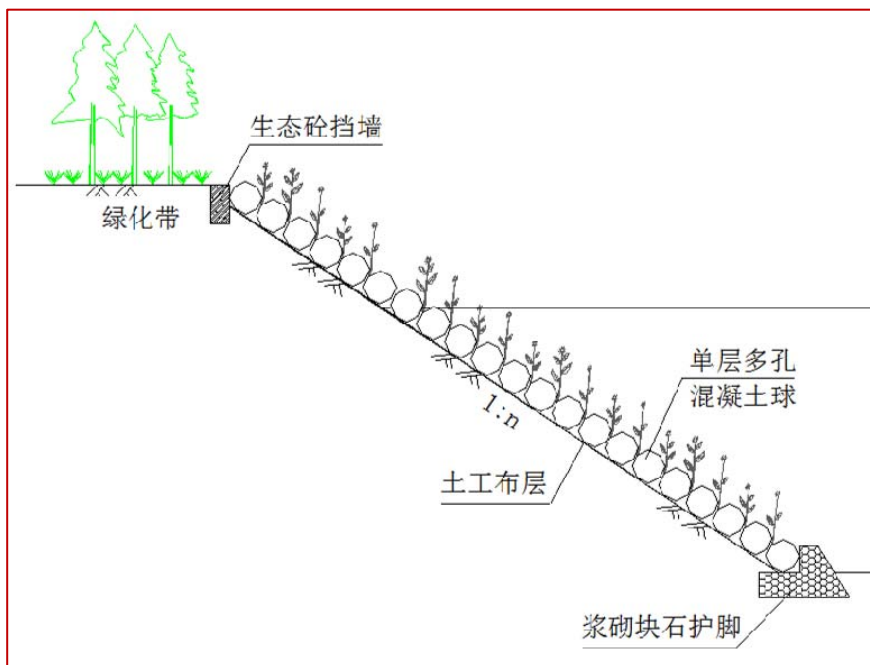


图 15 生态混凝土球生态型护岸示意图

⑧抛石防护生态型护岸

抛石防护生态型护岸一般利用自然的卵石或块石，自然抛置成具有防护效果的结构层，一般在抛石体下部设置袋装碎石和无妨土工布组合反滤层，阻止岸坡的土体流失，并利用抛石的自然缝隙保持水体与土体的相互涵养，为生物提供生存的空间，同时满足岸坡防护要求。

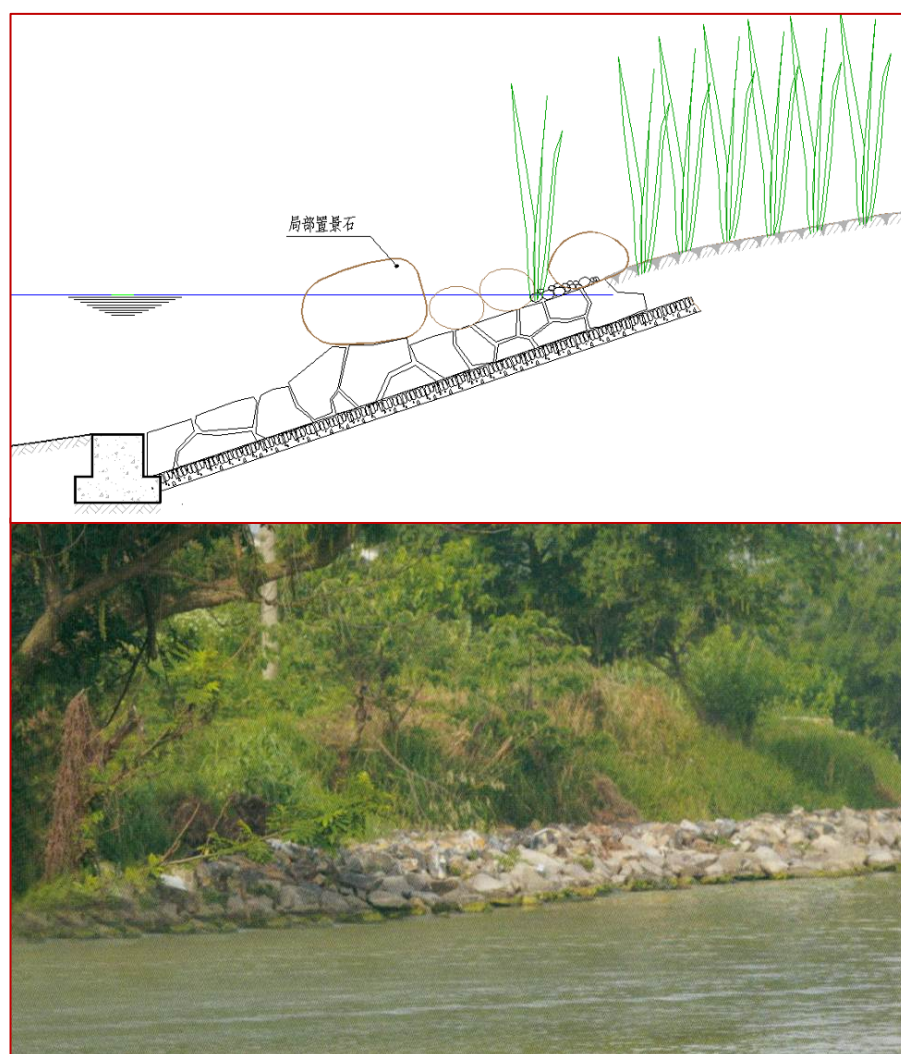


图 16 抛石防护生态型护岸示意图

⑨景观石护岸

为突出景观节点的布置需要，在局部湖滨带可通过结构设计，采用混凝土结构基础，设置必要的碎石反滤层，并利用黄石等景观

石突出景观效果，实现护岸防护与景观配套的综合效果。

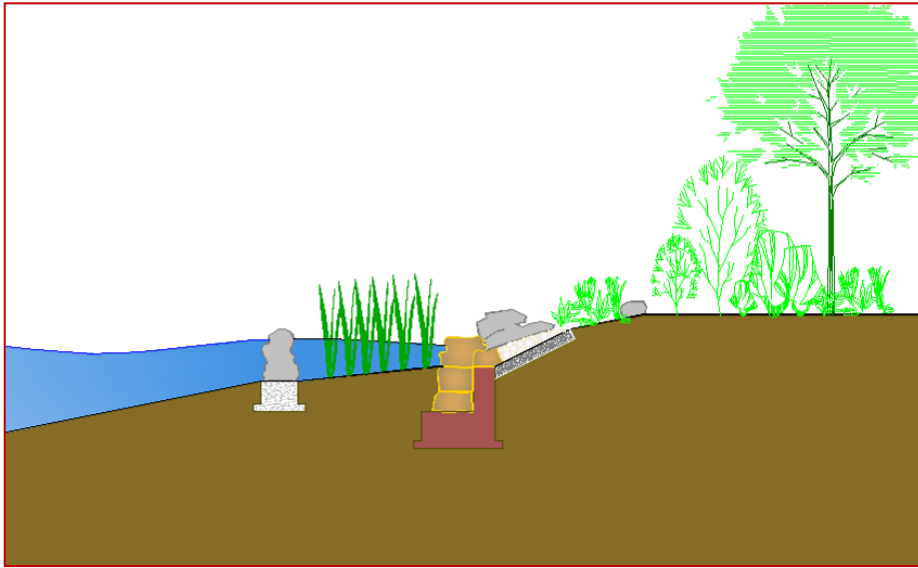


图 17 景观石护岸示意图

⑩新型砌块挡墙护岸

新型砌块材料一般由水泥、机制砂、细沙、氧化铁颜料等组成，为干硬性混凝土振压成型，具有施工简便快捷，对地基的要求低，占地少，形式多样，造型美观，结构耐久性好，与传统挡土墙比较综合成本低等特点。



图 18 新型砌块挡墙护岸示意图

4.2.2 物理基底改造设计

针对湖滨带侵占与破坏现状，对湖滨带地形、地貌进行适当的改造，改善水流和物质循环状况，以恢复湖滨交错带生物要素所要求的物理基底条件。

(1) 基底改造一般设计

基底改造主要包括侵占物拆除、地形平整和重建。侵占物拆除指将侵占湖滨带的鱼塘、民房等构筑物拆除；基底平整指根据水生生物生存要求因地制宜地对地形进行整理，包括平垫沟谷、削平凸脊、场地平整等；基底重建指再塑原有基底，重建生境。

部分湖滨带应视功能需要，结合地形改造布置生态沟渠，增加湖滨带滞水净化效果。基底改造时宜结合动植物生长的需要，布置相关的构筑物，如鱼礁，底栖动物生长的基质等。

(2) 典型基底改造设计

村落、鱼塘、农田往往是进行基底改造时的主要土地利用形式，本指南提出这几种典型基底改造设计，以达到不同生态功能需求。

① 鱼塘基底改造设计

a. 全部拆除设计

鱼塘塘埂暂时保留，待湖滨带生态系统恢复到一定规模后全部拆除，并通过基底改造，恢复至原滩面高程。拆除鱼塘的废弃物运出湖滨区处理。局部风浪作用强烈区段，可用鱼塘拆除材料进行人工仿自然方式护坡。

b. 部分保留设计

将鱼塘塘埂拆除至水面以下而仅留塘基，上部石料与塘埂内的土料混合后，就地抛填在塘埂两侧，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演替。

c. 不拆设计

若需将鱼塘改造成湿地净化系统，可保留鱼塘塘埂现状，基本不拆除。将不同塘埂之间开挖，使其水流相通。

②村落基底改造设计

清除民房人工填筑的直立砌石基础，就近抛填在湖滨区，使湖滨带滩地恢复成原有平缓渐变、高低错落自然的岸坡；将宅基按自然坡比拆除至水面以下，上部石料与宅基内的土料混合后，就地抛填在宅基外侧，形成斜坡。这样既不影响湖滨带生态结构的完整恢复，又适当保留了村落下部基础，发挥其护岸固岸与消浪的作用，为水生植物的生长与恢复创造有利条件。

4.3 湖滨带群落配置设计

恢复初期，首先选择合适的修复模式，筛选较大的生态耐受范围及较宽生态位的先锋植物种类，以适应初期的生境环境，补充缺失植物带，初步构建水生植物序列；恢复中期，湖滨带物种多样性不高，植物配置以填补空白生态位为主，对群落结构进行优化，使原有群落逐渐稳定；水质复后期，应充分考虑湖滨动—植物整体生态系统的健康性、稳定性，全面恢复水鸟、鱼类、底栖动物、水生植物等高级生态系统，保育和维护湖滨带生物多样性。

植物物种选择上，以生物多样性保护为主的修复区，应根据历史调查数据，确定合理的物种数及种类，在此基础上，尽量多的选择物种；以入湖径流净化为主的修复区，应选择污染物富集能力强的本土物种；以水土保持与护岸为主的修复区，应选择固土能力强的物种。

4.3.1 先锋种的选择

筛选先锋种应考虑水生植物生物学特性、耐污性、对 N、P 去除能力及生态系统演替规律，并遵循：①满足功能需求；②本地种优先；③适应当地环境；④最小风险和最大效益原则。

4.3.2 植物群落配置

水生植物群落的配置常以植被的历史演变特征或相近健康湖滨带的群落结构为参考，配置多种、多层、高效、稳定的植物群落，主要措施包括确定合适的物种数、进行合理的空间配置和节律匹配等。

一般情况下，由沿岸向湖心方向依次配置乔灌草、挺水植物、浮叶植物和沉水植物所组成的植物系列。节律配比可保证植物群落生态环境功能具有较强的周年连续性。

4.3.3 动植物群落优化配置

通过一定的措施或生境干扰，调整各种群组成的比例和数量、种群的平面布局，以优化种群稳定性。主要措施包括生境控制、人工捕捞收割、引入竞争种等，但在引入时要谨慎。

通过栖息地生境营造、食物补充、人工招引和野化放归等措

施，实现湖滨动物群落优化配置。生境营造包括调整水位及水域面积，营造生境阻断，恢复自然驳岸、营造鱼洞和微生境等。

4.3.4 湖滨特征物种恢复

分析湖滨特征物种现状和变化趋势，探明影响其变化的主导因子，通过适当人工干预，包括物种筛选、生境营造、人工培育、野外放归等措施，恢复湖滨特征物种。

4.4 景观设计

景观设计应遵循以自然景观为主、注重人文景观与自然景观的协调性、体现生态价值的景观美学的原则对生态修复进行指导。应以湖滨生境类型多样性为基础，构建层次鲜明、季节变化的优美湖滨景观。

5 滨带生态修复工程维护管理

5.1 总体要求

以保障整个工程区的稳定性和工程效益的持续性为目标,在对工程区生态环境监测的基础上,建立合理的管理机制,通过对基底、植被、外来物种、区域内人为活动的日常管理,使得生态修复后的湖滨带趋于自我维持的状态。

5.2 管理经费与机制

在工程设计时,应测算工程管理所需经费、设备、人员,明确工程建成后的管理机制。

5.3 工程生态环境监测

调查内容参考 2.2 和 2.3 中水质和水生生物调查内容,应至少进行湖泊高、中、低水位下的 3 次监测。

5.4 日常管理技术要求

(1) 植被群落管理

植被群落管理主要包括对生长较好区植被的保育,对生长过于旺盛区植被的收割管理,对所有植被在枯死期的收割移除,对长势较差区的植被补植,对所有植被进行病虫害的防治,对工程区内外来物种进行严格控制和清除。

- 在水质净化功能区,对于植被生物量过大的局部区域,在生长旺盛期(7-8月)进行适当的收割调整,保证水生植物有合适的现存量,起到抑制藻类生长,吸收、吸附和拦截营养盐及颗粒物的作用;

在植被枯死期（一般在10月-翌年2月），实施收割并将植物残体及时移出湖滨带。

●病虫害防治应以防为主，早观察、早发现，要防早、治小，将病虫害控制在发展初期。除了尽早发现病虫害，还要慎重对待，科学防治，尽量采用生物控制的方法，利用虫害天敌等驱虫治病，减少农药施用量，保护环境。

●及时清除外来入侵物种，连同垃圾清理时同步清除，防止对湖滨带生态系统产生危害。

●对于湖滨带内的死亡水生植物和枯枝败叶要及时清理，防止产生二次污染。

（2）工程设施维护管理

对于工程区内拦污设施，净化设施以及护岸等工程设施要进行定期的检查维护，发现功能出现障碍或有损坏时，要及时进行清理和维护，发现严重问题时要及时报告相关管理部门并采取必要的管护措施。

5.5 人为活动管理

（1）人为损坏活动的管理

定期巡查并防止居民对湖滨植被采收等人为损坏的活动。

（2）放牧等人类活动的管理

定期巡查并禁止工程区的放牧活动。

（3）垃圾清理

在径流入口有设置格栅处，每天清理垃圾，水生植物残体按垃圾处理。定期清理湖滨带外围输移进入湖滨的垃圾。

6 投资估算

6.1 投资估算组成

湖滨带生态修复项目投资估算主要为建设投资估算。建设投资包括建筑安装工程费、设备及工程器具购置费、工程建设其他费用、基本预备费及涨价预备费。

6.2 建筑工程主要费用计算

建筑工程费指为建造永久性建筑物和构筑物所需要的费用。建筑工程费的估算方法一般有单位建筑工程投资估算法、单位实物工程量投资估算法和概算指标投资估算法。

湖滨带生态修复工程的建筑工程一般包括：拆除工程、基底改造工程、消浪等构筑物工程、护坡工程、植物种植等。

(1) 拆除工程

拆除工程是指房屋、田埂、塘埂、驳岸等湖滨带内各类建（构）筑物的拆除及废弃物的处理。一般按照拆除及处理的实物方量进行估算。

(2) 基底改造工程

基底改造工程主要指湖滨带的地形改造，主要内容为土石方工程，包括土方开挖和回填工程。根据施工期水位控制的不同，尚需按水上、水下分开计算，且需考虑是否存在夯实、排水等费用。一般按照土石方挖、填的实物方量进行估算。

(3) 消浪等构筑物工程

消浪等构筑物工程一般主要指为减少湖滨带范围受波浪的冲刷侵蚀，而在湖滨带或其外围构筑的具有消浪作用的建（构）筑物，如：潜堤、丁坝等，建（构）筑物的材料一般由天然块石、人工预制块体、袋装砂（土）等。

一般按照建（构）筑物的材料组成，根据各种材料的实物方量进行估算，并汇总得出每单位长度的费用。

（4）护坡工程

护坡工程指为保护湖滨带岸坡的稳定性而实施的必要的建（构）筑物，宜首先选择生态护坡方案。护坡工程主体结构工艺及其材料组成是费用估算的重点，适宜的材料一般可采用天然块石、生态混凝土、植草砌块、石笼、土工合成材料、植物基床等。

一般按照建（构）筑物的材料组成，根据各种材料的实物方量进行估算，并汇总得出每单位长度的费用。

（5）植物种植工程

植物种植工程指湖滨带生态修复工程实施过程中的植物购置、栽种等。植被种植的估算费用与植物种类、苗木规格、种植密度等密切相关，不同种类的植物以及不同规格的同种植物其单价相差甚远。

一般按照植物的种类、苗木规格、种植密度等要求，根据单位面积的植物种植设计指标进行估算，得出每单位面积的费用。

7 工程生态环境效益评估

生态工程完工后，应开展生态环境效益评估。实施周期长，分阶段实施的重大生态修复工程，应补充阶段性生态环境效益评估。生态环境效益评估应采用定性和定量相结合的方法，对湖滨带生物多样性保护、水质净化效益、水土保持与护岸等生态环境效益进行评估。

7.1 生物多样性保护效益评估

湖滨带生物多样性效益包括湖滨带自身的生物多样性保护效益和对整个湖泊的生物多样性效益。湖滨带自身的生物多样性保护效益通过生态修复面积、修复区新增物种数、生物多样性指数等指标，利用专家打分法进行定量或半定量评估。对全湖的生态环境效益评估包括鱼类栖息地、水鸟栖息地保护等进行定性或半定量的评估。

7.2 水体净化效益评估

主要估算对水体中氮、磷的净化量和净化效率。湖滨带是个半开放体系，其水体净化效益较难评估。入湖径流污染净化效益可参考表面流人工湿地按湿地面积及处理率估算，或通过现场选取的相对封闭的湖滨湿地进、出水中污染物浓度差估算。

7.3 水土保持与护岸效益

水土保持效益按水土保持面积及侵蚀模数变化估算，护岸效益按护岸长度及单位长度护岸价值估算。