

# 福建省安全生态水系建设指南

(试 行)

福建省水利厅

2015 年 6 月

# 福建省安全生态水系建设指南（试行）

主编单位：福建省水利厅

参编单位：福建省水利水电勘测设计研究院

审定人员：赖继秋 游祖勇 连伟良 陈敏岩  
厉 云 梅长河 谢敏光 卞宏达  
邓 冈 阮伏水 林 捷

审核人员：吴树延 程永隆 陈文群 洪理健  
王清贵 陈久新 黄向阳 黄永福  
黄淄滨 詹冯达 洪小筠

编写人员：詹冯达 汤绍青 刘耀辉 吕 静  
沈 恒 林 榕 林 姗 郑芳香  
刘涵希 余亮华

# 目 录

1 总则 .....	1
1.1 目的 .....	1
1.2 适用范围 .....	1
1.3 专业术语 .....	1
2 建设目标 .....	2
2.1 河畅 .....	2
2.2 水清 .....	2
2.3 岸绿 .....	2
2.4 安全 .....	2
2.5 生态 .....	3
3 建设内容 .....	3
3.1 改善河水 .....	3
3.2 改良河床 .....	5
3.3 恢复河滩 .....	5
3.4 修复河岸 .....	6
4 建设管理 .....	7
4.1 项目申报 .....	7
4.2 项目实施 .....	7
4.3 项目验收 .....	8
4.4 建后管理 .....	8
附录 1 福建省生态水系建设项目实施方案编制大纲 .....	9
附录 2 生态水系建设技术路线 .....	14
附录 3 生态水系建设工程设计 .....	15
附录 4 生态水系建设植物名录 .....	43
附录 5 水生植物种类选择及特性表 .....	50
附录 6 水生动物种类选择及特性表 .....	54
附录 7 生态护岸材料 .....	55

# 福建省安全生态水系建设指南（试行）

## 1 总则

### 1.1 目的

为规范福建省安全生态水系建设工作，指导河湖生态修复、水质改善、水景观提升等活动，明确建设目标、建设内容和建设管理要求，构建健康、完整、稳定的河湖生态系统，根据《关于开展万里安全生态水系建设实施意见》，制定本指南。

### 1.2 适用范围

适用于福建省安全生态水系建设。

福建省安全生态水系建设所采用的相关技术除符合本指南规定外，还应符合国家现行有关技术规范、标准的规定。

### 1.3 专业术语

#### （1）生态水系建设

以改善河湖生态、水质，维护自然弯曲岸线，营造深潭浅滩和泛洪漫滩等为目标，从河水、河床、河滩及河岸四个方面着手，采取工程和管理措施，促使河湖水系恢复到较为自然的状态，提升河湖生态系统完整性和可持续性的建设行为。

#### （2）河床

河谷中枯水期水面所占据的谷底部分，又称河槽。按照河床形态可以分为顺直河床、弯曲河床、汊河河床和游荡河床。

#### （3）河滩

洪水期被淹没、枯水期露出水面的滩地。

#### （4）人工湿地

人工建造和控制运行的湿地系统，是一种通过模拟和强化自然净化能力，利用土壤、人工介质、植物、微生物的物理、化学、生物的重重协同作用，实现对污水处理的生物净化技术。

#### （5）生态基流

为保证自然河流的功能，用以维持或恢复河道地貌特征和河流生态系统基本结

构与功能所需的最小流量。简要而言是指防止河道断流，避免河流水生生物群落遭受无法恢复破坏的河道内最小流量。

#### （6）敏感生态需水

指维持河湖生态敏感区正常生态功能的需水量及过程，主要包括河流湿地及河谷林草生态需水、湖泊生态需水、河口生态需水、重要水生生物生态需水、输沙需水等。

#### （7）生态护岸

生态护岸是指能在防止河岸坍塌之外，还具备使河水与土壤相互渗透，增强河道自净能力，有一定自然景观效果的河道护坡形式。

#### （8）生态缓冲带

指在河道与陆地交界的一定区域建设乔、灌、草相结合的立体植物带，在城镇、农田等与河道之间起到一定的缓冲作用。

## 2 建设目标

生态水系建设目的是恢复河流生态环境，改造渠化河道，重塑健康自然弯曲河岸线，营造自然深潭浅滩和泛洪漫滩，构建水量充足、水流自然、水质良好的生态水系，总体目标是实现“河畅、水清、岸绿、安全、生态”。

### 2.1 河畅

河流纵横向连通性良好，河床常年流水不断，生态基流充足，鱼类洄游通畅。在河岸生态保护蓝线范围内，没有乱占乱建、乱排乱倒、乱采砂石、乱截流等现象。

### 2.2 水清

项目区河道水质达到水功能区水质目标，河流功能满足区位目标要求。沿河两岸无违规排放污水，水面无漂浮垃圾，水体感官良好。

### 2.3 岸绿

沿河两岸植被覆盖率高，原生植物保护良好、人工绿化适宜、生态景观宜人。无人为破坏堤岸、滩地植被。

### 2.4 安全

满足行洪、滞洪要求；护岸结构稳定；水量充足、水质良好，满足水功能区目

标要求。

## 2.5 生态

水生态系统完整、结构稳定；岸线保持自然弯曲，河流保持自然深潭浅滩、泛洪漫滩；生物多样性保护良好。

## 3 建设内容

生态水系建设范围重点在城镇、乡村所在河段，重要饮用水源保护区、主要生态敏感区所在水系河段，主要河源区、河口区所在河段。按照河流空间范围划分，建设内容包括河水、河床、河滩、河岸四个方面。

### 3.1 改善河水

改善河水主要是为了使项目区河流水质达到水功能区水质目标、水量满足生态需求，实现河道水流满足感官要求和使用功能。具体措施包括净化水质和保持流量两大部分。

净化水质主要是通过人工湿地、生态浮床、曝气复氧等生物净化措施，改善河流、水库水体水质；保持流量主要通过水系连通、生态补水等措施解决河道水流不畅、水量不足的问题。

改善河水的措施选取应在评估项目区现状河流水质、水量存在问题的基础上，结合水文、地形等条件，选择技术可行、经济合理、管理方便、效果显著的一种或多种措施，达到改善河水的目的。存在严重点源、面源污染的河流，应由地方人民政府责任部门提出水环境综合整治、点面源污染治理措施，作为改善河水的前提和基础。

#### （1）人工湿地

人工湿地是模拟和强化自然湿地功能的一种水质净化工艺，具有投资成本低、净化效果好、管理维护方便等特点。适合有面源污染的入汇支流以及河流水质不达标的微污染水体进行净化。

#### （2）生态浮床

生态浮床具有构造简单、易于操作，投资少、见效快的特点，是一种既具有净化水体功能，又兼备园林水景观效果的多功能实用生态设施。生态浮床适合布设在

水流缓慢、水深较深、水质较差的河流、湖库。

### （3）曝气复氧

曝气复氧通过加速水体复氧过程，使水体中的污染物质在较短时间内得以净化。曝气复氧适用于水体流动缓慢、水质较差的河流、湖库治理，尤其适用于黑臭河流治理。曝气复氧形式多样，可根据项目区河流特点选取较为经济、可行的曝气复氧方式。

### （4）生物膜法

生物膜法适合用于水体规模较小河流，一般布设在岸边，水体经生物膜构筑物设施处理后排入原河道。

### （5）水系连通

水流不畅、水流缓慢的河流水系，根据水系的自然状况、水资源条件及河流功能定位，可实施水系连通工程，增强河流之间的水力联系，改善水动力条件，改善水质和提高防洪排涝能力。

### （6）生态补水

在生态基流不足、生态需水被挤占的河流，可采取生态补水改善河流生态需水。开展生态补水首先需进行河流生态需水量计算，分析河流生态需水满足程度。对生态需水不足的河流，可结合区域、流域的水资源条件，提出生态补水工程。

### （7）闸坝生态调度

闸坝生态调度是指位于河流上的水库、电站、水闸等水工建筑物调度运行时，应考虑河流生态对水量、水质等要素的需求，调整调度运行规则，改善下游河道的水文条件，为水生动植物提供良好的生境。

闸坝生态调度适用于水位、流量过程受闸坝调度运行影响较大的河湖。通过调整闸坝调度运行方式、设置设施下泄最小流量等方式，使其下泄流量平稳均匀，维持河湖合适的水位、流量，保障河道下游河段工农业用水、生态用水需要。

### （8）小水电退出

小水电退出是指根据河流的实际情况，将部分安全隐患重、生态影响较大、装机小的老旧电站，采取电站拆除、改变用途等方式，落实最低下泄流量，推动水生

态修复和改善，保证河流健康。小水电退出详见省水利厅下发的相关文件。

### 3.2 改良河床

改良河床主要包括改善河床基底，提高河道行洪能力；维护河床稳定，重塑河流深潭浅滩的自然形态。具体措施包括对淤积或底泥污染严重的河流湖库进行生态清淤，以及对硬化、平整化河床进行整治等。

改良河床的过程中应因势利导，维护河床天然形态；避免河流生态环境破坏，保护水生动植物栖息地。

#### （1）生态清淤

生态清淤是指通过人工或机械方式将河道内受污染的底泥、垃圾清理出河床，恢复或扩大过水断面，改善水质等。

#### （2）河床修复

河床修复适用于人工硬化、平整化的河床，应根据水流特性、断面形态，制定河床修复方案，利用导流堤、丁坝等水工建筑物，重塑河流深潭浅滩的自然形态。

#### （3）水生生物群落修复

水生生物群落修复包括水生植物、水生动物、微生物修复，适用于因水质污染、水量不足等造成水生生物损失的河段。水生生物群落修复以自然修复为主，受人类活动影响较大河流可采取人工修复、自然修复相结合的方式。

### 3.3 恢复河滩

恢复河滩首要是加强洪泛区滩地管理，维持滩地高低起伏的自然形态，严格控制在滩地开展各类生产建设活动，禁止围滩造地、乱挖砂取土、堆放垃圾和弃土弃渣。同时，对被束窄的河道应尽量退还河流生态空间，恢复泛洪漫滩；对已硬化的堤脚采用抛石、石笼等方法营造河滩，恢复河滩固堤、滞洪的生态功能。

#### （1）隔离保护与自然修复

针对现状较好河滩湿地，重点采取人工隔离或封闭等隔离保护与自然修复，减少湿地尤其是湿地自然保护区人为干扰。隔离保护与自然修复适用于生存状况良好、人为干扰较少的天然河滩湿地。

#### （2）滩地植物群落修复

滩地植物群落修复主要针对由于乱挖、乱占等生产建设活动导致的植物群落被破坏的河滩湿地。应在遵循土著物种优先、提高生物多样性等基本原则的基础上，注重植物的生态习性、空间配置和时间配置，提高陆域植物群落植物的拦截净化功能，改善河湖生态景观效果。

### 3.4 修复河岸

修复河岸首要是划定河道岸线和河岸生态保护蓝线，明确岸线、生态保护蓝线管理范围。河道岸线注重维护河道天然形态，对被渠化顺直的河道应尽量恢复自然弯曲；河岸生态保护蓝线可构建河岸生态缓冲带，拦截陆域面源污染。

建设防洪工程应综合考虑河道水文特性、生态、地形条件等因素，留足行洪断面，因地制宜采用复合式、宽浅式、斜坡式等断面型式，尽量避免采用“四面光、两堵墙”的护岸型式；尽量将不合理的硬质护岸改造成生态护岸，形成水陆交融、互为一体的生态系统。

#### （1）生态护岸

生态护岸适用于新建堤防、硬质护岸改造和岸坡防护。生态护岸按断面型式和结构分类，主要包括斜坡式护岸、复合式护岸、垂直式护岸、生物护岸等。生态护岸设计首先要满足防洪要求及护岸结构稳定，优先采用成熟稳定的生态护岸材料，采用新的护岸材料应有相关研究成果作为技术支撑。

#### （2）生态缓冲带

综合考虑水文、气候、土壤等因素，在河岸的两侧建设生态缓冲带。缓冲带一般设置在下坡位置，与地表径流的方向垂直，对于长坡，可以沿等高线多设置几道缓冲带以削减水流的能量。如果只是一个一级或者二级的小溪流，缓冲带可以紧邻河岸。

植被缓冲带种植结构应尽量采用乔、灌、草合理搭配的结构，多采用生长速度快的植物，使植被缓冲带的结构和层次丰富，生物多样性较高。

#### （3）亲水性设计

亲水性设计主要考虑人口密集河段，以及适宜旅游、休闲的河段、湖库。根据河滩、河岸的条件，因地制宜建设一批层次分明、自然过渡、生态健康、美学兼顾

的河滨公园、湿地公园等亲水景观。

## 4 建设管理

### 4.1 项目申报

县级人民政府根据生态水系建设实施意见，按照“一河、一方案、一清单”的要求，可在已有江河治理、中小河流综合治理、水土保持、宜居工程建设等项目中，结合项目区的功能定位，重点在城镇乡村所在地、重要饮用水源保护区、主要生态敏感区，提出项目建设需求，编制简要明确的实施方案，每年下半年前按照规定程序向省水利厅和省财政厅申报。

生态水系建设项目和资金统筹，坚持“渠道不变、责任不变、统筹集中、各计其功”。其它部门实施的水环境综合整治、点源面源治理等项目可列入实施方案，并明确资金来源和实施部门，投资不列。通过多部门协力合作、共同治理，实现生态水系建设目标，形成成果共享、合作共赢的良好局面。

### 4.2 项目实施

生态水系建设以县（市、区）、乡镇人民政府作为生态水系建设的组织实施者。项目实施前，应编制简要明确的实施方案。生态水系建设需把“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的新时期治水方针和保护优先、自然恢复、节约资源、循环发展的生态理念贯穿于生态水系建设前期工作、规划设计、施工建设、竣工验收、运行管理全过程。

项目规划优先考虑生态。用定量或定性的生态指标评估项目产生的生态效益及造成的生态影响。生态效益显著的项目优先实施，生态效益不明显或容易造成生态破坏的项目不予实施。

项目设计要严格把握生态要求。要针对当前水利工程建设中存在的裁弯取直几何化、过度硬化、河道平整沟渠化、人造景观湖库化、套用图纸千篇一律化等问题，以问题为导向，按照生态水系建设的要求，转变设计理念，提高设计生态水平。要与当地建设规划相衔接，因地制宜开展设计工作；要尊重自然规律，不得占用河道，不得裁弯取直、填河改道、防止几何化设计；要因地制宜，不要过度硬化，按照防冲不防淹的原则，对凸岸、山地、高地等处可不砌的不搞砌体、适用土堤的土工堤，

适用树堤的用树堤；要尽量保护原生植物、辅以人工绿化和人文景观，防止工程建设“一扫光”、“两堵墙”；要保持自然深潭浅滩、泛洪漫滩及原生态小岛、小洲、石头、水草等，不宜将河道平整沟渠化，同时，应适当增加水的流动性。

项目实施要注意保护生态。不要乱砍或少砍树木；不得就地取用河道原生石头、砂；要做好施工废弃材料、废弃物的回收利用，不得随意弃土弃渣；要做好施工过程中造成植被破坏的水土保持和生态恢复。

#### 4.3 项目验收

生态水系建设项目验收由项目业主单位向省水利厅和财政厅提出验收申请。省水利厅和财政厅组织专家进行现场检查、验收。验收以批复的实施方案和项目清单为依据，按照项目设计的生态指标进行逐项验收。具体验收办法按照验收标准执行（另文下发）。

#### 4.4 建后管理

生态水系建设完成后应建立长效管理机制，确立项目管理机构。按照项目管理范围和保护范围，负责项目日常维护、调度运行等管理。生态水系建设应推动河道岸线和河岸生态保护蓝线划定，河流日常管理维护提供依据。在河道岸线及河岸生态蓝线管理范围内，严格规范各类涉水建设活动，防止新的乱占、乱挖、乱建等现象发生。定期开展河湖健康评估，制定水环境监测、水生态监测计划，及时发现河流水系存在的问题，提出相应的保护方案。

## 附录 1 福建省生态水系建设项目实施方案编制大纲

### 1 概述

简述项目所处地理位置、建设理由、建设目标、总体布局、主要建设内容及措施、项目投资以及项目建设管理等情况。

### 2 项目区基本情况

#### 2.1 自然地理

简述项目区地理位置、地形地貌、气象水文、流域概况、土壤植被等。

#### 2.2 资源环境

简述项目区水资源状况、环境状况、周边生态敏感区及保护目标等。

#### 2.3 社会经济

简述项目所在地社会经济状况、文物古迹、文化风俗、地方特色等。

#### 2.4 水利工程建设现状

简述项目区水利工程（水库、水电站、堤防、河道整治等）建设情况。

#### 2.5 水系上游及两岸截排污情况

简述水系上游及两岸排污口布置及截排污情况。

#### 2.6 相关规划情况

简述本项目与主体功能区划、城镇总体规划、生态功能区划、水功能区划、流域综合规划、土地利用规划、农村环境整治规划等关系，做好相关衔接。

#### 2.7 与本项目相关的周边项目情况

简述与本项目相关的周边美丽乡村建设项目、中小河流治理项目、宜居环境整治项目等情况，阐述相关项目截污治污、点源面源污染治理等水环境治理措施，做好项目衔接、整合。

### 3 现状调查与评价

#### 3.1 水质与水生态状况调查

调查内容包括水体质量、底泥、周边入河污染源情况，分析存在问题。

#### 3.2 水文与水资源调查

调查内容包括流域概况、水资源、水文情势、历史暴雨洪水及干旱等，分析存

在问题。

### 3.3 河流空间现状调查

调查内容包括河床、河滩、河岸、水体连通性、河道水利工程建设等情况，分析存在问题。

### 3.4 生物状况调查

河流生物群落重点调查底栖动物、鱼类种类与数量，河滨带生物重点调查水边植被、滩地植被、湿地鸟类等，分析存在问题。

### 3.5 项目现状评价

围绕河畅、水清、岸绿、安全、生态五大目标，评价水系现状情况，分析本项目制约因素与生态环境敏感因子，定性描述与定量评价相结合，给出本底特征。

## 4 建设目标

### 4.1 功能定位

根据河流所处的地理位置、主体功能区划、水功能区划等，阐述项目区河流的功能定位。

### 4.2 总体目标

#### （1）河畅

实施河道岸线和河岸生态保护蓝线制度。

河流纵向横向保持连通性，河道常年不断流，有生态流量、适度流速和鱼类洄游通道。在蓝线保护范围内没有乱占乱建、乱排污、乱倒垃圾、乱堆渣土、乱截流、乱采砂石、乱取水等现象。

#### （2）水清

项目区河流水质达到水功能区水质目标，河流功能达到相应的要求。沿河两岸无违规排放污水，水面无垃圾，水体感官良好。

#### （3）岸绿

沿河两岸植被覆盖率高，原生植物保护良好、人工绿化适宜、生态景观宜人。无人破坏堤岸、滩地植被。

#### （4）安全

满足行洪、滞洪要求；护岸结构稳定；水量充足、水质良好，保障供水安全。

#### （5）生态

水生态系统完整、结构稳定；岸线自然弯曲，河流保持自然深潭浅滩、泛洪漫滩；生物多样性保护较好。

### 5 建设总体布局

#### 5.1 设计原则

与相关规划做好衔接；与周边项目做好统筹协调；一河一策一清单，突出项目特性；满足建设目标等。

#### 5.2 建设布局

根据项目区主体功能区、水功能区水质目标、生态功能类别等要求，按照项目区河流水系功能特征，阐述项目建设布局。可根据城市河段、乡镇河段、农村河段和重要湖库等区位特点、保护要求、河段特征，提出相应的生态建设模式。

根据总体布局，简述生态水系建设各项措施。

### 6 建设方案设计

#### 6.1 设计依据

##### （1）相关资料

简述相关项目批复意见或结论性意见。

##### （2）规程规范和标准

简述适用项目相关的规程规范和标准。

#### 6.2 建设条件

##### （1）水文

收集和整理相关水文资料，分析河道特征和洪水特性，计算设计洪水；涉及清淤的河流应分析河床淤积演变情况。

##### （2）地形

实测项目区的地形图（1:500 或 1:1000）。

##### （3）地质

阐述项目区及相关建筑物的地质条件。

### 6.3 方案设计

#### （1）划定河道岸线和河岸生态保护蓝线

阐述划定河道岸线和河岸生态保护蓝线所依据的标准，结合项目区实际情况，科学划定河道岸线和河岸生态保护蓝线，并制作河道岸线和河岸生态保护蓝线范围图。

#### （2）河水改善方案与措施

根据项目区水系连通、水量及水质状况，计算合理生态流量和生态水位。水系连通工程、生态补水工程应充分进行工程论证、方案比选和生态风险评估，避免盲目串联，盲目调水。有涉及闸坝生态调度的应制定相应的生态调度方案。

#### （3）河床改良方案与措施

确实存在底泥污染的平原区河流、湖库可进行生态清淤，制定淤泥处理方案；根据河流自然特性，重塑深潭浅滩的自然形态，制定河床整治方案；为保护生物多样性，涉及水生植物种植、鱼巢鱼湾、微生物基床等构筑物，应提出相应的保护方案。

#### （4）河滩恢复方案与措施

清除河道岸范围内的垃圾、渣土、建筑物等；分析河流生态空间大小，计算恢复泛洪漫滩面积；列出隔离保护和自然修复的措施；结合项目总体布局，提出河滩亲水性设计方案。

#### （5）河岸修复方案与措施

结合河道的历史形态和水文计算，提出恢复河道自然弯曲岸线的形态设计和典型断面设计；生态护岸典型设计；生态缓冲带典型设计等。

#### （6）各类措施汇总表

汇总河水改善、河床改良、河滩恢复、河岸修复方案措施及工程量。

### 6.4 实施进度安排

说明各项措施的工程量、工期，科学安排施工进度。

## 7 投资概算

### 7.1 编制原则及内容

说明采用的编制规定、定额及其他有关规定、编制设计概算的价格水平年，以及主要材料、砂石料、植物种苗等价格的依据等。

### 7.2 设计概算

设计概算表。

## 8 建设管理

### 8.1 建设期管理

提出建设期的施工组织方式，施工环境保护措施以及管理要求。

### 8.2 竣工验收

竣工验收的主要时间安排、预期主要成果。

### 8.3 运行期管理

提出建设完成之后的管理、维护要求及人员组织、经费保障等。

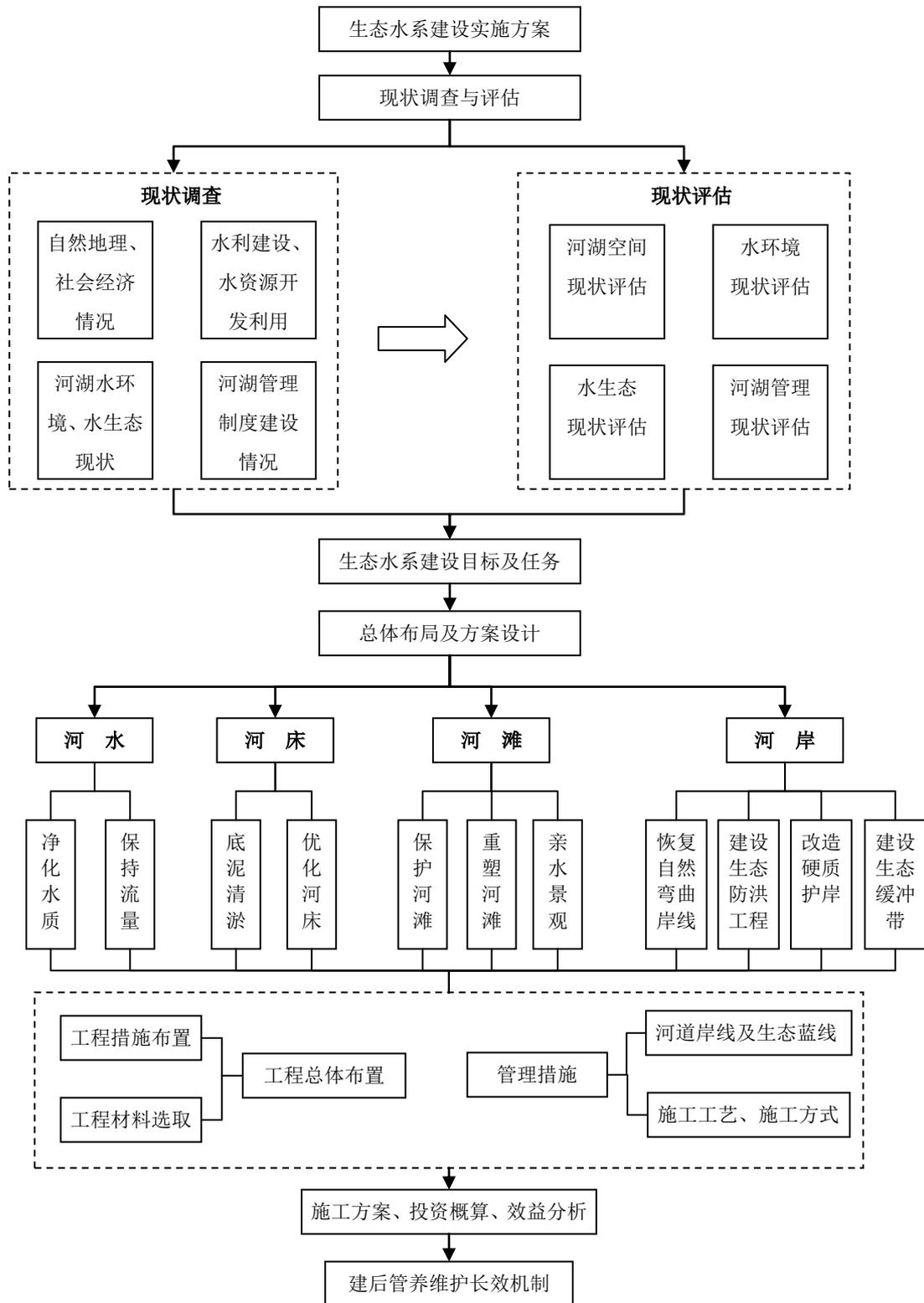
## 9 附表

工程特性表

## 10 附图

- (1) 项目区地理位置图
- (2) 项目区水系现状图
- (3) 项目总平面布置图
- (4) 河道岸线和河岸生态保护蓝线范围图（1:1000）
- (5) 河道典型断面设计图
- (6) 生态护岸典型设计图
- (7) 植物措施典型设计图
- (8) 其他生态措施典型设计图

### 附录 2 生态水系建设技术路线



### 附录 3 生态水系建设工程设计

#### 1 水质净化设计

##### 1.1 土地处理技术

利用土地以及其中的微生物和植物根系对污染物的净化能力来处理污水或废水，同时利用其中的水分和肥分促进农作物、牧草或树木生长，实现污水资源化与无害化的常年性生态系统工程。

土地处理系统基本工艺可分为：慢速渗滤、快速渗滤、地表漫流、地下渗滤系统、湿地系统等，工艺类型的选择，主要根据土壤性质、透水性、地形、种植作物种类、气候条件和对污、废水处理程度的要求等，其主要差别在于相应工艺中污水运移的速率和水力路径不同。各工艺技术参数见表 1-1。

土地处理技术分类表

表 1-1

工艺特点	慢速渗滤	快速渗滤	地表漫流	湿地系统	地下渗滤
布水方式	表面布水、高压喷洒	表面布水	表面布水、高低压布水	表面布水	地下布水
年水力负荷 (m/a)	0.5~6	5~120	3~20	3~30	20~80
年有机负荷 (kgBOD/hm <sup>2</sup> ·a)	2000	36000	15000	18000	
土壤渗透系数 (m/d)	0.036~0.360	0.36~0.60	≤0.12	≤0.12	0.036~0.12
地面坡度 (%)	≤30	<15	2~8		<15
土地用途	农业或林业	农业区或开阔地带			

土地处理技术一般用于：

- ①土地资源相对丰富的乡村河段；
- ②土地资源相对丰富，资金较短缺的乡村湖泊段；
- ③对于经济不发达的地区，因地制宜利用土地处理技术，节省其他污水生物处理技术的占地。

## 1.2 生物水处理技术

生物水处理系统（人工湿地）：通过模拟和强化自然湿地功能，将污水有控制地投配到土壤(填料)经常处于饱和状态且生长有芦苇、香蒲等水生植物的土地上，污水沿一定方向流动的过程中，在耐水植物和土壤(填料)的物理、化学和生物的重重协同作用下，污水中有机物通过过滤、根系截留、吸附、吸收和植物光合、输氧作用，促进兼性微生物分解来实现对污水的高效净化。

生物水处理（人工湿地）按照污水流动方式，分为以下几种形式：

### （1）表面流人工湿地

指污水在基质层表面以上，从池体进水端水平流向出水端的人工湿地。

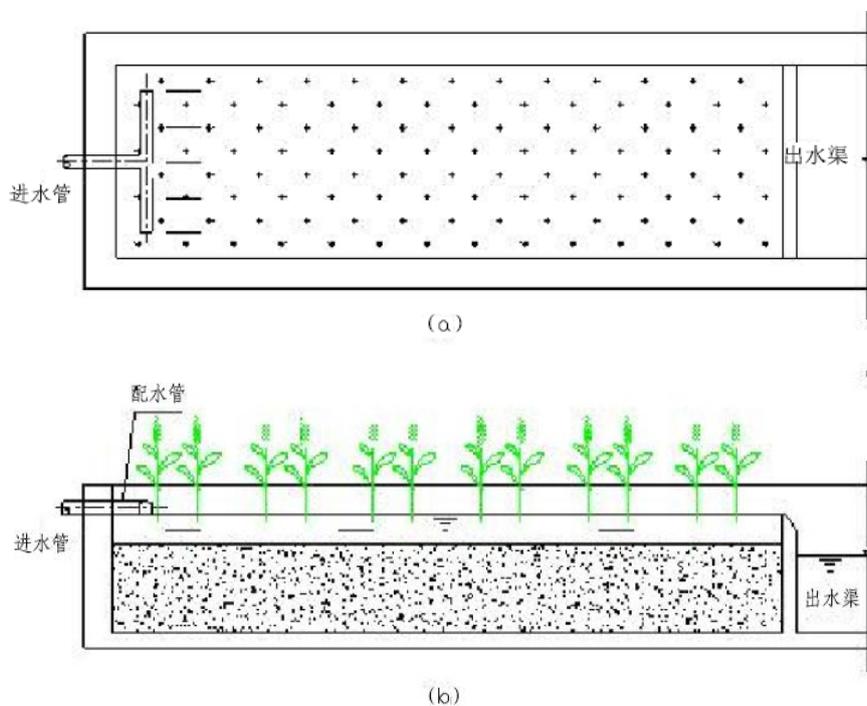


图 1-1 表面流人工湿地结构简图 (a) 平面图 (b) 剖面图

### （2）水平潜流人工湿地

水面在人工湿地填料表面以下，水流从池体进水端沿填料孔隙水平流向出水端的人工湿地。

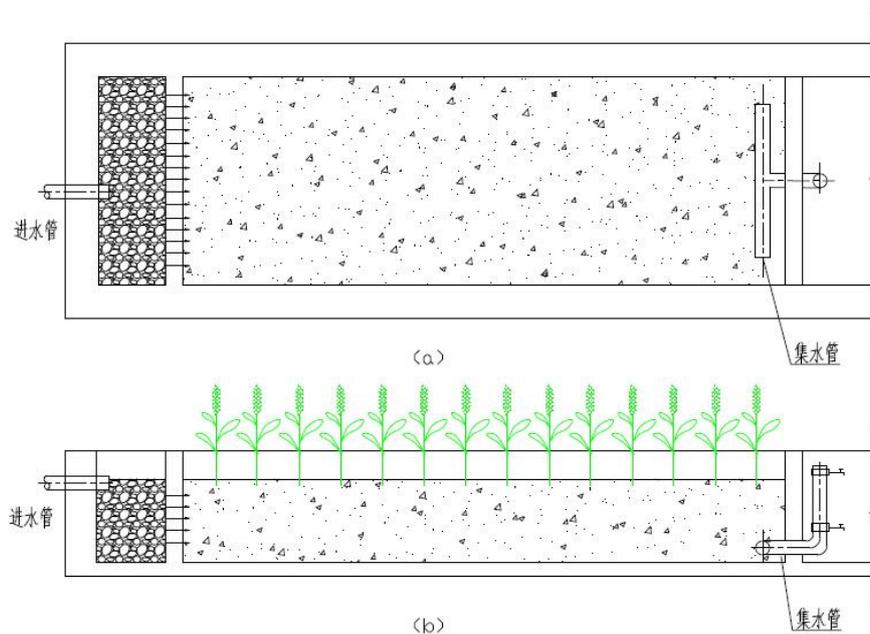


图 1-2 水平潜流人工湿地结构简图 (a) 平面图 (b) 剖面图

### (3) 垂直潜流人工湿地

指水从人工湿地表面垂直接过人工湿地介质床而从底部排出，或从人工湿地底部进入垂直接向介质表层并排出，使水得以净化的人工湿地。

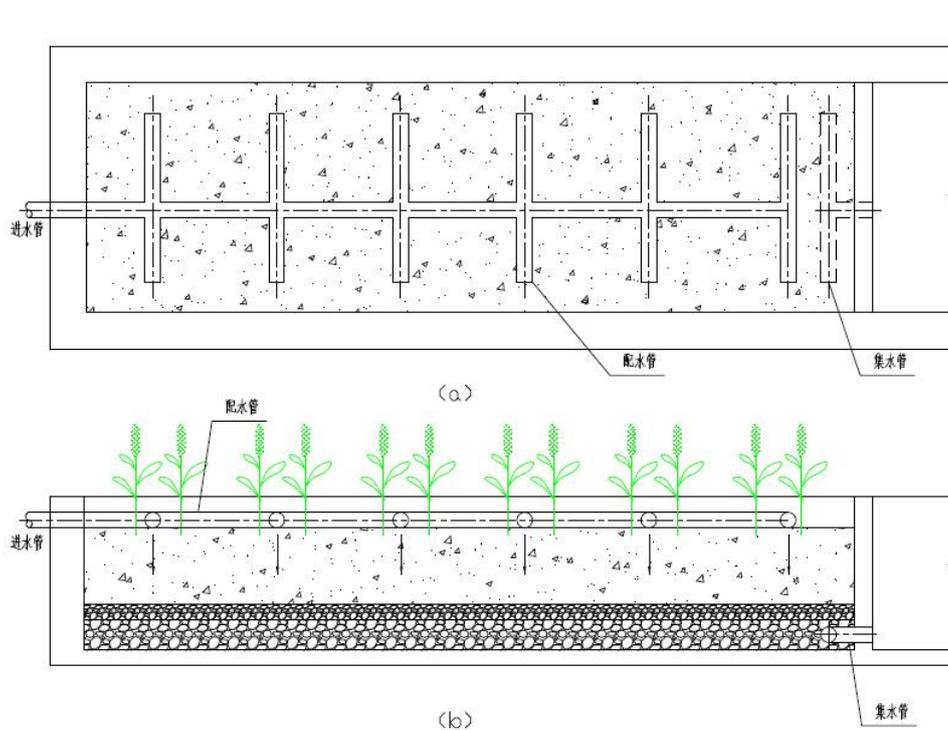


图 1-3 垂直流人工湿地结构简图 (a) 平面图 (b) 剖面图

#### （4）组合式人工湿地

由多个同类型或不同类型的人工湿地池体组合构成的湿地处理系统。

人工湿地系统污染物去除效率表

表 1-2

人工湿地类型	去除效率%				
	BOD <sub>5</sub>	COD <sub>Cr</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TP
表面流人工湿地	40~70	50~60	50~60	20~50	35~70
水平潜流人工湿地	45~85	55~75	50~80	40~70	70~80
垂直潜流人工湿地	50~90	60~80	50~80	50~75	60~80

人工湿地一般用于：

- ①资金短缺、土地面积相对丰富的山区河湖地段；
- ②土地资源相对丰富的乡村河湖段；
- ③有条件的村庄，应充分利用现有的农田灌排渠道与附近的荒地、废塘、洼地和沼泽地等，建设人工湿地处理系统。

#### 1.3 生态浮床净化设计

生态浮床（人工浮岛）净化水体的原理：利用水生植物、动物、昆虫以及微生物在自然水环境中的吸收、摄食、消化、分解等一系列生物、化学功能，实现富营养水体的生态治理。生态浮床具有构造简单、易于操作，投资少、见效快的特点，是一种既具有净化水体功能，又兼备园林水景观效果的多功能的实用生态设施，在目前的净化水体和水景园林工程中，有着广泛的应用空间和发展前景。

生态浮床一般用于：

- ①中心城区及郊区城镇区、新城新镇和大型居住区范围内水深较深、透明度较低，水生植物种植及存活较困难的河道；
- ②水深较深、水质较差的山区河源区河段；
- ③水深较深、富营养严重的湖泊；
- ④需要景观点缀的河道，科学配置具有一定净化功能的观叶、观花植物，净化水质的同时改善景观。

生态浮床应用时需注意：

- ①浮体的结构稳定性及耐久性；
- ②浮床植物的配置合理性；
- ③浮床的固定，需考虑风浪及河道流速的影响；
- ④浮床的管理维护，特别是冬季浮床的管理等；
- ⑤水质较差的河道，作为先锋技术逐步改善水体水质，不建议长期使用。

#### 1.4 生物接触氧化技术

生物接触氧化法是生物膜法的主要设施之一，主要利用附着生长于某些固体物表面的微生物（即生物膜）进行有机污水处理的方法。生物接触氧化法的处理构筑物是浸没曝气式生物滤池，也称生物接触氧化池，如图 1-4。

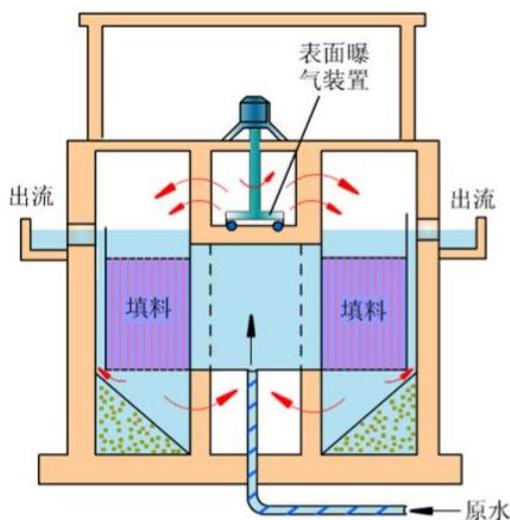


图 1-4 生物接触氧化池池体构造图

生物接触氧化技术应用时需注意：

- ①池内填料间的生物膜只能自行脱落，剩余污泥不易排走，会出现堵塞现象；
- ②生物膜滞留在滤料之间易引起水质恶化，影响处理效果；
- ③滤料更换、构筑物维修较困难；
- ④建议在山区利用地形高差，用跌水充氧完全或部分取代曝气充氧，减少曝气耗电、降低运行成本；
- ⑤建议在经济较发达地区，利用电能曝气充氧，提高处理效果。

### 1.5 人工增氧技术

人工增氧是一种增加水中含氧量的方法，河湖曝气对水体复氧促进上下层水体的混合，使水体保持好氧状态，以提高水中的溶解氧含量，加速水体复氧过程，抑制底泥 N、P 的释放，防止水体黑臭现象的发生。恢复和增强水体中好氧微生物的活力，使水体中的污染物质得以净化，从而改善河湖的水质。

人工增氧一般用于水体流动缓慢、水质较差的河道。人工增氧主要形式有：

- ①叶轮增氧机、微泡增氧机等设置在河道内的原位增氧；
- ②利用水泵以喷泉形式或跌水坝溢流增氧；
- ③岸边设置鼓风机，将空气通过管道输送至河道进行微孔增氧；
- ④太阳能循环复氧等。

## 2 生态需水保障设计

确定分析范围内主要生态需水对象，提出河道内生态基流及敏感生态需水目标要求；重要湖泊、水库湿地，应提出适宜生态水位要求。

### 2.1 河流生态基流保障

(1) 选择具有代表性的河流控制断面（以水文站点为宜）和河口作为节点，计算最小生态环境需水量（生态基流）作为基础需水保障；

(2) 生态基流的计算方法主要有水文学法、水力学法、生境模拟法和综合法等，见表 2-1。在基础数据满足的情况下，应采用尽可能多的方法计算生态基流；

生态基流计算方法表

表 2-1

序号	方法	方法类别	指标表达	适用条件及特点
1	Tennant 法	水文学法	将多年平均流量 10%~30%作为生态基流	适用于流量较大的河流；拥有长序列水文资料。方法简单快速
2	90%保证率法	水文学法	90%保证率最枯月平均流量	适合水资源量小，且开发利用程度已经较高的河流；要求拥有长序列水文资料
3	近十年最枯月流量法	水文学法	近十年最枯月平均流量	与 90%保证率法相同，均用于纳污能力计算
4	流量历时曲线法	水文学法	利用历史流量资料构建各月流量历时曲线，以 90%保证率对应流量作为生态基流	简单快速，同时考虑了各个月份流量的差异。需分析至少 20 年的日均流量资料
5	7Q10 法	水文学法	90%保证率最枯连续 7 天的平均流量	水资源量小，且开发利用程度已经较高的河流；拥有长序列水文资料
6	湿周法	水力学法	湿周流量关系图中的拐点确定生态流量；当拐点不明显时，以某个湿周率相应的流量，作为生态流量。湿周率为 50%时对应的流量可作为生态基流	适合于宽浅矩形渠道和抛物线型断面，且河床形状稳定的河道，直接体现河流湿地及河谷林草需水

(3) 对于我省河流，生态基流一般采用不小于 90%保证率最枯月平均流量和多年平均天然径流量的 10%两者之间的大值，也可采用多年平均天然径流量的 20%~30%或以上；

(4) 按汛期、非汛期或逐月计算基本生态环境需水量的年内不同时段值。

## 2.2 敏感生态需水保障

(1) 河流敏感生态需水按敏感区分为：①具有重要保护意义的河流湿地（如公布的各级河流湿地保护区）及以河水为主要补给源的河谷林；②珍稀濒危、特有、土著的重要水生生物或者重要经济鱼类“三场”及洄游通道分布区；③河口；

(2) 明确生态敏感期，见表 2-2；

(3) 当涉及两种以上生态需水敏感区时，应分别计算规划或工程控制断面的敏感生态需水量及过程，取各生态需水过程线的外包线确定总的生态需水量及过程，计算方法见表 2-3；

(4) 河口生态需水量以干流 50%保证率下的年入海水量的 60%~80%作为河口生态需水量。

敏感区类型及敏感时期表

表 2-2

序号	生态需水敏感区类型	敏感时期
1	河流湿地和河谷林	丰水期
2	河口	全年
3	重要水生生物产卵场	繁殖期

敏感生态需水计算表

表 2-3

类型	公式	备注
河流湿地和河谷林	$W_w = (D - d) \times \text{Max}(q_b, W') + d \times \text{Max}(q_w, W')$	Ww: 敏感期河流湿地及河谷林生态需水量; qw: 最小洪峰流量; qb: 生态基流; D: 丰水期天数; d: 必需的总洪水历时; W': 输沙需水量 (m <sup>3</sup> ), 在不考虑输沙水量的河流, 此项为 0
重要水生生物产卵场	$W_B = (D - d) \times \text{Max}(q_b, W') + d \times \text{Max}(q_a, W')$	Ww: 敏感期重要水生生物生态需水量; qa: 适宜生态流量; qb: 生态基流; D: 丰水期天数; d: 需要达到适宜生态流量的天数; W': 输沙需水量 (m <sup>3</sup> ), 在不考虑输沙水量的河流, 此项为 0

### 2.3 湖泊（水库）需水保障

(1) 湖泊、水库生态环境需水量计算是指对湖泊、水库本身生态环境需水量的计算;

(2) 湖区生态需水量包含两部分: 湖区生态蓄水变化量和湖区生态耗水量;

①湖区生态蓄水变化量: 采用最小生态水位法计算。有长系列 (n>30a) 水位资料的湖泊, 采用 90%保证率的历年最小月平均水位“Q90 法”; 缺乏长系列水位资料的湖泊, 可采用近 10 年最枯月平均水位法;

②湖区生态耗水量: 采用水量平衡法计算, 公式:

$$W_{j_b} = F(j) \times E(j) \times P(j) \times K \times I$$

式中：

- $W_{jb}$  ——j 月湖区生态耗水量；
- $F(j)$  ——月均水面面积 ( $m^2$ )；
- $E(j)$  ——j 月湖面蒸散发量 ( $m$ )；
- $P(j)$  ——j 月湖面降水量 ( $m$ )；
- $K$  ——土壤渗透系数（无量纲）；
- $I$  ——湖泊渗流坡度（无量纲）。

(3) 水库由于受人为调度影响较大，基本生态环境需水量的最小值可用水库死水位表示。

## 2.4 生态补水

(1) 河湖湿地补水包括城镇河湖补水、重要湖泊沼泽湿地补水。应在合理确定城镇河湖面积和水功能区水质保护要求，以及重要湖泊沼泽生态环境保护 and 修复目标的基础上，根据河湖沼泽生态环境用水亏缺量分析成果，综合考虑补水水源条件，采用水量平衡法、单位面积补水量等方法计算河湖湿地补水量；

(2) 对于开发利用过度、经济社会用水与生态环境用水矛盾突出以及生态环境严重退化的河湖，应分析河道内生态环境用水亏缺状况及原因，计算生态环境用水亏缺量和挤占量。经济社会消耗当地地表水资源量与当地地表水可利用量之差为挤占量，对应的生态补水量应根据不同保证率情况下的来水量而定。

## 3 水系连通设计

### (1) 突出河湖水系连通的功能要求

以水生态保护与修复为主的河湖水系连通，要根据区域与城镇生态保护与修复的要求，在强化节水和严格防治污染的基础上，结合水资源配置体系，保障生态环境用水，修复河湖和区域的生态环境，重点提高水资源和水环境承载能力。

### (2) 把握河湖水系连通的区域特点

以巩固优化水系格局和连通状况以及合理恢复历史连通为重点，针对地区经济发达、河网密布、循环不畅、水环境压力大等特点，加快连通工程建设，维系河网水流畅通，率先构建现代水网络体系。

### （3）注重不同层面的连通特征

区域层面河湖水系连通以国家骨干连通工程为依托，以区域内水库、湖泊为调蓄中枢，建设必要的引调水工程，逐步实现局部连通向区域连通发展，形成“互联互通、相互调剂”的格局。城市层面应以城市水源调配、防洪排涝、水质改善为重点，结合城市总体规划，合理连通城市河湖水系，完善城市防洪排涝体系，提高防洪排涝能力，加强备用水源工程建设，保障城市供水安全，保护恢复河流生态廊道，提高水体流动性，适度构建亲水平台，提升城市品位。针对一些农村河道淤堵严重、水流不畅、水源不足等问题，积极实施生态清淤疏浚、引排工程以及小型水源工程建设，为新农村建设创造条件。

## 4 河湖地貌形态设计

河湖地貌形态设计原则是实现自然化，维持和修复河道蜿蜒性特征和湖泊（水库）岸线多样性特征；按“宜宽则宽”原则，维持河道足够宽度，横断面宜选择复式断面或宽浅式断面；维持河湖湿地自然地貌。

河道蜿蜒性可参考附近未受干扰河段的蜿蜒模式作为模板，采用卫片或者测绘资料等对某一特定区域的蜿蜒模式进行调查，并在此基础上建立河道蜿蜒参数与流域水文和地貌特征的关系，作为河道形态设计重要依据。

### 4.1 生态岸线设计

#### （1）顺直型河段

从河道水利防洪角度，顺直型河段应在分析浅滩演变规律的基础上，进行必要的治理以稳定现有河势，并满足设计行洪安全和航运等相关要求。

从河道生态保护角度，生态治理工程技术可侧重于河岸的生态化改造或保留稳定的自然岸坡，突出自然属性，并充分保护河道浅滩所具有的生境条件。

#### （2）弯曲（蜿蜒）型河段

从水利防洪角度，对适度弯曲型河段宜进行维护，稳定现有的河型、河势。

从河道生态保护角度，弯曲型河段形态蜿蜒曲折，是自然河流的重要特征，河流的蜿蜒性使得河流形成主流、支流、河湾、沼泽、急流和浅滩等丰富多样的生境。此外，由于弯曲河段的流速不同，在急流和缓流的不同生境条件下，可形成丰富多

样的生物群落，如急流生物群落和缓流生物群落。

健康自然的形态岸线规划应在满足河道行洪、航运等行业安全要求的基础上，尽量顺应河道平面形态的蜿蜒特征，保持岸线与河槽的适度弯曲形态。平面形态布置在充分调查和论证基础上，可采用经验关系推算、模拟复制、模型研究等技术方法，确定适宜的布置方案。

### （3）分汊型河段

从水利防洪与航运角度，分汊型河段一般要求：稳定、改善与堵塞汊道。

从河道生态保护角度，分汊型河道作为一种常见的天然河道形态，可形成较为丰富多样的生物群落，应侧重汊道生态流量的研究，保护河流天然状态和生态环境，维持河流健康，科学开发和利用水资源。当条件允许时，亦可结合地形、水文条件等，因地制宜的布置浅滩湿地、江心洲湿地或生态岛等。

### （4）游荡型河段

从河道治理的角度，游荡型河段的形态岸线规划应采取逐步缩小主流的游荡摆动范围、稳定河势及流路的工程措施，工程布局宜以坝护湾、以湾导流、保堤护滩。

从河道生态保护角度，游荡型河道应充分利用水利工程逐步稳定下来的河势，采取必要的工程、生物等措施，发挥河漫滩及边滩丰富的生态价值，并利用部分滩地串沟，尤其是堤防临水侧堤脚附近的水沟，构筑生态水槽，为生物栖息提供良好的条件。此外，尚可利用自然或人工淤积的边滩，构筑滩地小型的湿地环境，恢复或保持生物多样性。

### （5）实施河道岸线和河岸生态保护蓝线制度

根据《福建省人民政府关于进一步加强重要流域保护管理切实保障水安全的若干意见》（闽政〔2014〕27号），制定河道岸线规划，明确河道岸线和河道保护范围并向社会公布。划定河岸生态保护蓝线，在河岸划定一定区域作为河流生态空间管制界限，流域面积在 1000km<sup>2</sup> 以上的河流，或穿越设区市城区的河段预留不少于 50m 的区域；流域面积在 200 km<sup>2</sup> 至 1000 km<sup>2</sup> 之间的河流，或穿越县城及重要乡镇、开发区的河段预留不少于 30m 的区域；其他河流预留不少于 15m 的区域。在河岸生态保护蓝线内不得擅自建设与防洪、水文、交通、园林景观、取水、排水、排污管网无关

的设施。

#### 4.2 形态设计

(1) 遵循宜弯则弯，宜宽则宽的原则；

(2) 河湖岸线、堤线和城市蓝线规划要协调，尊重历史、尊重现实，不搞一刀切，不强制拆迁；

(3) 保护河湖占地面积，保护河湖自然形态，考虑城镇化带来的硬化面积增加，留足雨水调蓄空间；

(4) 人工制造弯曲河道，可按 5 倍~7 倍的河宽长度有一个深水河槽和一个浅滩段设计，中间为相对流急的过渡段；

(5) 大比降河湖，采用人工阶梯深潭结构，减少不必要的水坝、高堰等；小比降河湖，采用透水堰、河底修复等措施，减少水坝、高堰、橡胶坝、翻版闸、节制闸等措施；

(6) 河网区的感潮河段，少建节制闸，河口两头的防洪、防潮闸等应经常开通，并适时调度；

(7) 人工束窄河道应尽量退还河流生态空间，恢复泛洪漫滩；人工硬化、平整化河床，应根据水流特性，重塑深潭浅滩，恢复生物栖息功能；

(8) 水力条件复杂或重要河段，在充分调查和论证基础上，宜采用水工模型试验方法确定河流形态。

### 5 断面型式设计

#### 5.1 断面型式分类

断面型式主要分三类：复式断面、梯形断面、矩形断面。

##### (1) 复式断面

复式断面包括了自然复式断面和人工复式断面。该断面型式枯水期流量小，水流归槽主河道；洪水期流量大，允许洪水漫滩，过水断面大，洪水位低，尽量采用缓坡，其优于斜坡，优于直立式护岸墙。枯水期可充分开发河滩的功能，根据河滩的宽度和地形、地势，结合当地实际，开发利用不同的功能，修建小型野外活动场所、河滨公园或辅助道路等。

## （2）梯形断面

梯形断面结构简单，在满足行洪要求的基础上由于坡度较缓，有利于两栖动物的生存繁衍、保护河道的生物多样性，同时也为城镇居民在有限的生活空间中创造尽可能多的水趣，为居民在茶余饭后、散步休闲提供了极好的去处，满足人们的亲水要求。

## （3）矩形断面

矩形断面最大的优点就是占地面积很小，通常在原有河道的基础上挖深就可以形成。在枯水期、汛期水位变幅不大，全年各时期正常水位基本相同的河流上应用较为适合，但沿河护岸挡墙的体量往往较大，工程投资也最大。矩形断面型式建议不采用或少采用。

## 5.2 断面设计

（1）在有条件的城镇河段的河道生态修复中，应尽量多使用复式断面，特别是自然复式断面，以提供最为自然的河流形态；

（2）自然复式断面应满足稳固河槽、稳固洲滩、稳定堤岸的功能要求，并采用透水的结构和材料；

（3）人工复式断面应合理确定滩面高程，多留防洪排涝库容，阶梯高度不宜超2.5m，护岸、护堤、护坡、岸墙应尽量采用透水材料和生态结构；

（4）人工梯形断面应保持坡度自然，满足适生、稳定的功能要求，不刻意追求大斜坡或陡坡，护坡应尽量采用透水材料和生态结构；

（5）人工直墙断面一般不建议采用；对于已建工程在满足防洪排涝功能情况下，可以不拆除，采用开挖子槽，水边修复等措施，形成有直墙保护的生态复式断面；

（6）考虑水景观要求，穿过城镇密集区的河道，宽深比宜 $\geq 3$ 。

## 6 生态护岸设计

### 6.1 按使用材料分类

#### （1）天然材料护岸

天然材料护岸按采用的材料和方式分类主要有：草皮护岸，芦苇护岸，柳和其他树木护岸，木结构护岸，灌木护岸等。

### （2）柔性材料护岸

在行洪河道临水坡面上采用经草皮加筋的方式进行护岸。加筋主要是采用三维开孔合成网垫，其主要材质应以不可分解成分（如聚酰胺纤维）等构成。此类护岸具备一定的抗冲性能，同时满足河岸与水体之间生态互动，在河道生态修复中设计与实施中应予优先考虑。

### （3）硬质材料护岸

硬质护岸材料主要有石块、砖、预制混凝土块、现浇混凝土板和加筋土结构等。

硬质材料修筑的硬质护岸，防洪抗冲性能好，但河湖被人工化、渠道化明显，也容易使河湖变成单一生硬的断面形式，还隔绝了水体与土体的交融，不利于各类生物的繁衍栖息和水生态系统的自净能力。

此类护岸建议不采用或少采用；已采用硬质护岸的建议改造为生态型护岸；已采用硬质护脚的改造为透水性结构，改造有难度的也可通过抛石、石笼等方法营造透水性和多孔性河滩，起到固堤、泛洪、生物栖息的功能。

## 6.2 按断面型式和结构分类

### （1）斜坡式护岸

斜坡式护岸有利于覆盖植物进行护面，更能减少堤岸的硬化白化面积，减少护岸工程建设对河岸自然面貌和生态环境的破坏。斜坡坡度的选择因地制宜，从有利于植物生长、堤防管理和防止水土流失等方面综合测评后确定。

植被的缓冲护岸随水岸形成连绵的草地、随坡起伏，带状斜坡绿茵自然延伸入水，形成极具景观效果的护岸风景线。这种护岸既能稳定河床，又能改善生态和美化环境，避免硬质材料和混凝土工程带来的负面作用，使河岸趋于自然形态。

一些有地理位置限制的城镇河道，或是受水冲严重和防洪要求较高的河段，不允许采取生态型缓坡式护岸的，应选择人工和生态相结合的方式护岸设计。例如，可以采取宽缝隙干砌石护岸法。

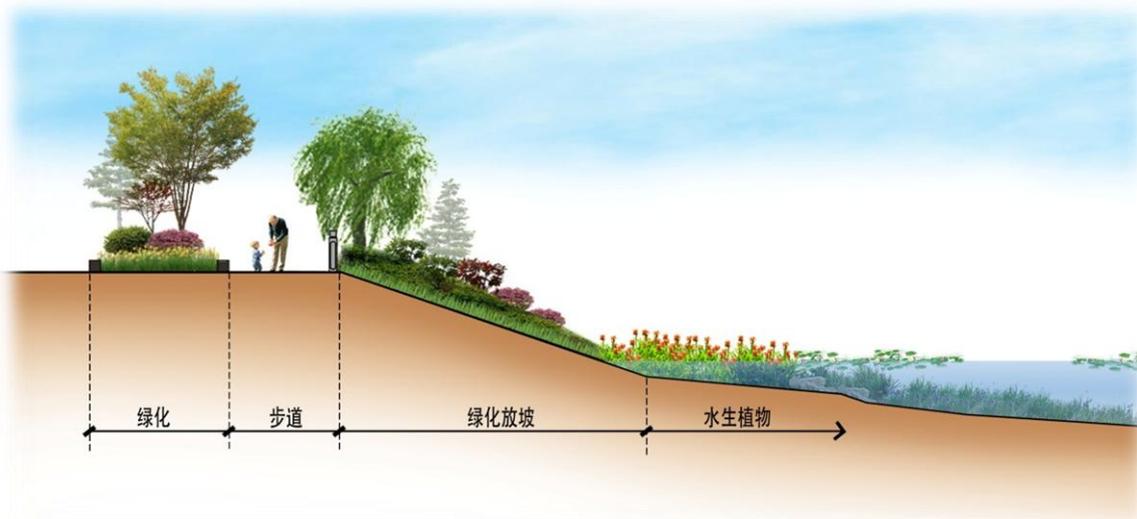


图 6-1 斜坡式护岸典型设计图

(2) 复合式护岸

复合式护岸能够结合亲水、绿化和市政滨水建设，使河道护岸单调生硬的形态与园林景观更好地结合起来，并与周围自然环境相和谐。

有些直立式护岸和斜坡式护岸有效结合后，其结合部被布置成二级亲水平台式的步道，还有些局部地段设计成了台阶式护岸和伸入水面的亲水平台，以增强其亲水性；沿岸立体绿化，局部地段扩大绿化范围，以增加景观节点；在护岸亲水平台步道以上斜坡种植草皮和灌木，既保护河岸不受冲刷，又增加河道景观，保护生态。

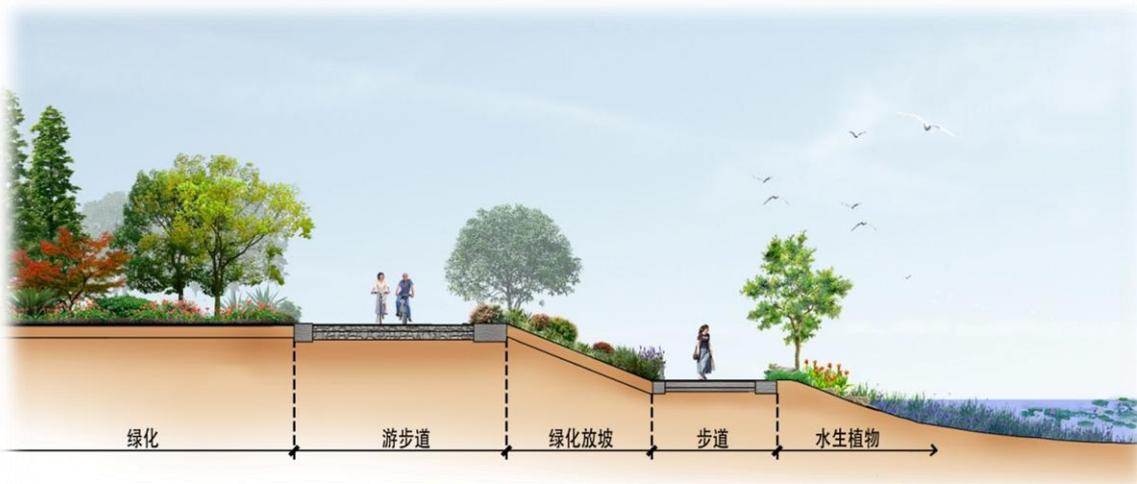


图 6-2 复合式护岸典型设计图

### （3）垂直式护岸

按材料和砌筑方式分，垂直式护岸主要有直立式浆砌块石、直立式混凝土（或空箱）护岸，钢筋石笼和混凝土异型块护岸，钢板桩和木桩护岸以及石笼护岸等。

在许多垂直式护岸的形式和结构中，石笼和木桩是最具生态式的护岸。石笼和木桩护岸具有较好的柔韧性、透水性、耐久性和抗浪冲刷能力，由于材料和结构的特点，都能进行自身适应性的微调。

### （4）生物护岸

生物护岸集水土保持、生态恢复、水质净化功能于一体，是护岸植被形成之前，运用自然可降解的材料，如稻草、黄麻等制作成垫子或纤维织物，铺于岸坡表面来阻止边坡土粒的流失，并在岸坡上种植植被和树木，当纤维织物和垫子降解时，依靠岸坡植被发达的根系保护岸坡。生物防护措施投资省、易实施，对消波、促淤、固土保堤作用显著。

1) 生物护岸的分类中，较为常见的是按照天然材料在护岸材料中所占的比例，将生物护岸分为自然原型护岸、自然型护岸和多自然型护岸；

2) 自然原型护岸是指单纯种植植被保护河岸、保持自然河岸特性的护岸，主要包括植草护岸和防护林护岸。该护岸型式具有投资少、技术简单、维护成本低、近自然程度高等优点，但其防护能力有限，抵抗洪水的能力较差，易遭受破坏，同时，植物材料较易腐烂，使用寿命较短；一般适用于流速较缓、坡度较陡的河岸；

3) 自然型护岸是指既种植植被，又采用石材、木材等天然材料增加稳定性的护岸，主要包括栅栏护岸、生态坝护岸、石笼护岸、石积护岸等。该护岸型式具有抗冲刷能力强、整体性好、应用灵活、能随地基变形而变化的特点，同时又能满足生态的需要；一般适合于流速大、河床不平整的河道断面；

4) 多自然型护岸是指在自然型护岸的基础上，再用混凝土、钢筋混凝土等材料的护岸，主要包括混凝土覆土绿化、混凝土坡面洞与回填、混凝土组合砌块护岸等。该护岸型式所采用的生态混凝土是由特殊级配的集料和胶结材料制成，在力学性能满足工程使用要求的同时，由于生态混凝土具有蜂窝状、多孔且连续的结构特点，因而具备了良好的透水性和透气性，植物能在其中生长。一般适合于两岸可利用空

间较小防洪要求又较高的城镇河岸防护。

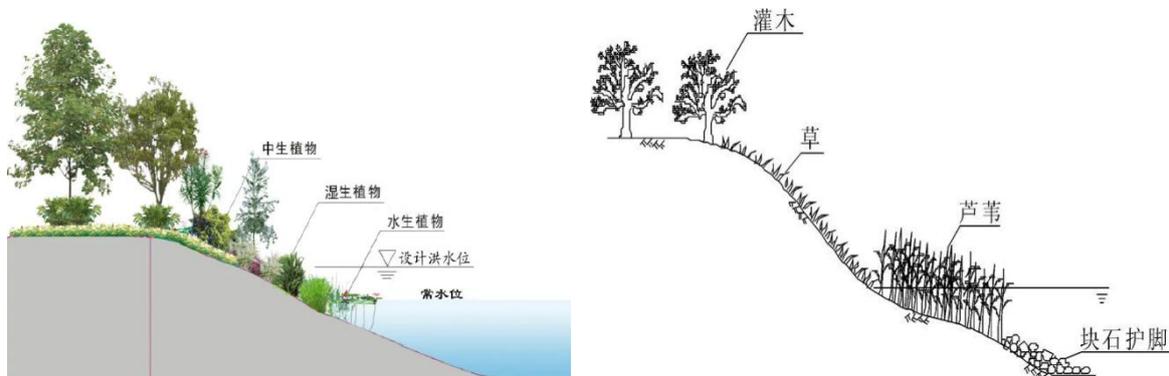


图 6-3 生物护岸典型设计图

## 7 重要湿地生态修复设计

### 7.1 隔离保护与自然修复

针对现状较好湿地，重点采取人工隔离或封闭等隔离保护与自然修复，减少湿地尤其是湿地自然保护区人为干扰。严格限制围湖造地和占填河湖等改变湿地生态功能的开发建设活动；禁止占压和开垦天然湿地。依靠生态系统自身功能，使得生物群落多样性增加，物种均匀性增加，在没有某一物种占优势的情况下，生态系统的功能不断完善。

工程内容主要有建设天然植被封育围栏、动物栖息地恢复工程；设置病虫害防治站，设立标桩、限制性标牌、解说性标牌等设施。

### 7.2 生态补水

针对部分湿地受来水量减少、气候因素等影响，生态需水不满足，湿地面积减少，湿地功能下降等，利用工程措施进行湿地生态补水，满足湿地生态需水要求。尤其在枯水年或特枯年，通过工程利用周边水进行生态调度，维持适宜生态水位，以维持湖泊和湿地生态系统。

### 7.3 水质改善

湿地水污染控制技术是湿地水质质量改善的关键技术，可有效改善水体恶臭、富营养化。针对部分湿地水体污染，根据污染源的不同，采用相应措施对湿地水质进行修复。其中保护或建立植被缓冲带主要通过植被带降低入河湖面源污染负荷；建立人工湿地主要针对农业灌水退水污染，通过人工湿地处理改善水质。

缓冲带一般设置在下坡位置，与地表径流的方向垂直，对于长坡，可以沿等高线多设置几道缓冲带以削减水流的能量。如果只是一个一级或者二级的小溪流，缓冲带可以紧邻河岸。

植被缓冲带种植结构应尽量采用乔-灌-草合理搭配的结构，多采用生长速度快的植物，使植被缓冲带的结构和层次丰富，生物多样性较高。乔木的选择按照地势从高至低（水边）应选用中生乔木、湿生乔木、水生乔木类型；草本植物的选择按照地势从高至低（水边）应选用中生植物、湿生植物、水生植物类型。草本过滤带一般至少在 4m~8m，可有效减少地表径流和沉淀物穿过缓冲带的总量。

#### 7.4 湿地基底恢复

针对破坏及退化严重的湿地，通过工程措施对湿地的地形地貌进行改造，维护基底的稳定性，稳定湿地面积。湿地基底恢复技术包括基底生境再造技术、生态清淤技术、湿地及上游水土流失控制技术，见表 7-1。

湿地基底恢复技术表

表 7-1

序号	技术类型	工程措施	目标
1	生态清淤技术	清淤疏浚工程	维持水生动物的栖息所需的水流环境；削减内源污染，改善河流水质
2	基底生境再造技术	基质的采集、堆放和覆盖	恢复基质的地质条件、理化性质和生物状况
3	水土流失控制技术	生态堤岸	保护或恢复河湖湿地的生境

#### 8 鱼道修复规划设计

鱼道修复和规划是为保护和修复鱼类产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。在河流已经建坝的条件下，修复过鱼设施；在河流规划的闸坝，规划过鱼设施。

鱼类洄游通道的恢复具体形式就是在阻碍鱼类洄游线路的河流障碍物上修建过鱼设施。依据鱼类洄游方向的不同，可分为上行过鱼设施和下行过鱼设施。上行过鱼设施主要有鱼道、升鱼机、鱼闸和集运鱼船等。下行过鱼设施主要通过物理栅栏和行为栅栏，防止下行鱼类进入水轮机受到伤害，并建造表层或下侧辅助通道或虹吸鱼道让它们安全过坝。

## 8.1 鱼道的主要型式

按鱼道的结构型式，可将鱼道分为斜槽式、水池式和隔板式。

斜槽式鱼道为矩形断面的倾斜水槽，按其是否设置限制水流和保证水深的加糙措施可分为简单槽式鱼道和加糙式鱼道。斜槽式鱼道体积较小，鱼类可在任何水深通过，表层流速大，有利于进口诱鱼，但流态差，气体饱和度高，不易维修。

水池式鱼道由一连串连接上下游的水池组成，以短渠连接各水池，水池式鱼道接近天然河道，但鱼道适用水头较小，占地面积较大，工程开挖量较大，若没有合适地形，不建议使用。

隔板式鱼道也称梯级鱼道，是目前国内外广泛采用的鱼道，由梯级式底板和横隔板的一系列水槽组成，横隔板将鱼道上下游水位分成若干梯级。为了过鱼，在横隔板上设置过鱼孔。根据过鱼孔的位置及形状，可将其分为溢流堰式、淹没孔口式、竖缝式和组合式四种形式。

①溢流堰式：隔板过鱼孔设置在隔板上部，水流大部以堰流形态下泄，并利用下游水垫消能。适用于喜跳跃、表层洄游的鱼类；

②淹没孔口式：隔板过鱼孔淹没于水下，孔口流态为淹没流，依靠孔后水流扩散消能。适用于喜中、底层洄游的鱼类；

③竖缝式：过鱼孔为从上到下的一条高而窄的过水竖缝，水流通过竖缝紊流消能。适用于能适应复杂流态的大中型鱼类；

④组合式：是上述 3 种型式的组合，此类型鱼道能充分发挥各种型式孔口的水力特性，有利于更多种类鱼类的洄游，在资金充足的条件下，建议使用组合式。

## 8.2 鱼道规划设计

设置鱼道的目的是保证洄游鱼类顺利通过闸坝，实现闸坝上下游的生态连通。鱼道的规划设计不仅仅涉及水力问题，还涉及生态科学、环境科学等多方面内容，是一个跨学科的系统工程。

### （1）鱼道位置的选择

鱼道位置与过鱼效果、施工难度和工程造价密切相关。

一般来说，河流落差小于 50m 时，鱼道设置在左右岸任一处均可，落差大于 100m

时，应两岸同时设置。

鱼道槽身与鱼道的进出口应布设在同一岸，避免噪声惊扰鱼类，建议选择比较安静的区域。

鱼道的进鱼口应布设在鱼类易于觉察和顺利进入的地方，并在进口处设置诱鱼设施和诱鱼水流。鱼道出口需有一定水深，保证上溯鱼类能够顺利从鱼道进入上游；水位变化较大的水库，应在不同水深处设置多个鱼道出口；鱼道出口要远离水电站进水口、溢洪道和泄水闸，避免上溯鱼类被卷入下泄水流。

## （2）鱼道设计参数的选定

鱼道设计中最重要参数是流速，设计流速决定了上溯鱼类能否成功通过鱼道。鱼道设计流速与过鱼对象、过鱼季节和设计运行水位以及鱼道水池结构相关。

①过鱼对象：指枢纽工程建设后的主要保护鱼类。在进行鱼道设计之前，应根据枢纽布置地区河段的具体情况，明确过鱼对象，必要时应进行实地调研和鱼类洄游影响因素的试验研究；

②过鱼季节：指主要过鱼对象通过鱼道溯流而上的时间段。确定过鱼对象和过鱼季节，根据过鱼季节闸坝上下游可能出现的水位进行组合，确定合理的鱼道设计运行上下游水位；

③鱼道设计流速：指在设计水位差的情况下，鱼道隔板过鱼孔中的最大流速。过鱼对象以鲤科鱼类为主的鱼道，针对体长大于 30cm 的鱼类，设计流速控制在 1.0m/s~1.2m/s；针对体长小于 10cm 的鱼类，鱼道设计流速控制在 0.3m/s~0.5m/s。建议条件许可情况，选择数值模拟并辅以模型试验的方法获得鱼道设计流速；

④鱼道水池：池室的型式和长宽比例与过鱼对象鱼体大小及习性有关。鱼道长度(L)一般大于宽度(B)，长宽比一般取 1.2~1.5；当孔口流速不大于 1.0m/s 时，长宽比宜取 1.2；当孔口流速大于 1.0m/s 时，长宽比宜取 1.5。鱼道池室水深(H)视鱼类习性而定，一般取 1.5m~2.5m。

## 9 河湖岸带植物群落修复设计

### 9.1 植物配置

在遵循土著物种优先、提高生物多样性等基本原则的基础上，注重植物的生态

习性、空间配置和时间配置，提高河湖岸带陆域植物群落植物的拦截净化功能，改善河湖生态景观效果。

## 9.2 群落结构设计

### （1）物种数量

植物种类不少于 15 种，其中乔木类不少于 4 种，灌木（藤竹）类不少于 7 种，草本（地被植物）不少于 4 种。

### （2）平面布置

因地制宜采用斑块状、条带状、混合栽种等方式布置绿化植物，原则上要保证绿化带平面整体上的连续性。利用不同物种在空间、时间上的分异特征进行配置，形成为乔、灌、草错落有致、季相分明的多层次立体化结构，构建河湖岸植物缓冲带，拦截陆域面源污染。尽量保存和利用原有河湖岸带陆域植物群落，特别是古树名木和体形较好的孤植树。

### （3）断面布置

构建完整的、适应水陆梯度变化的植物群落，从河湖常水位至陆域控制线范围内依次体现湿生植物到中生植物过渡的渐变过程。硬质护岸宜配置藤本植物或垂挂植物。

### （4）种植密度

宜根据不同植物的尺寸、株形及体量，结合其萌枝、分蘖特点，同时按照有关工程规范及施工经验，合理确定每种植物的种植密度。

## 10 水生生物群落修复设计

### 10.1 水生植物修复

#### （1）水生植物类群配置

水生植物按生态习性分为四大生态类群：挺水植物、浮叶植物、漂浮植物和沉水植物。河湖内水生植物类群配置原则一般是从河湖沿岸向水体深处依次为挺水植物、浮叶植物和沉水植物。漂浮植物的配置不受水体深度的影响。

水生植物种植设计应根据河湖水深、水质、透明度，流速、风浪等实际状况，结合水生植物生长习性、生物节律，尽可能构建近自然的、存活期长的稳定植物群

落，体现挺水植物、浮叶植物、漂浮植物和沉水植物多种生态类型的交替变化过程，以提高水系净化系统的稳定性和群落的多样性。

湖（库）岸植物根据水位不同，配置不同物种：枯水位以下配置沉水植物；枯水位至正常蓄水位配置挺水植物；正常蓄水位至防洪设计水位配置湿生植物；防洪设计水位以上配置中生植物。

## （2）种类选择

1) 水生植物种类选择应优先选择土著种，慎用外来种，适当配置景观物种或归化种；优先选择耐污、净化力强和养护管理简易的品种；

2) 河湖常配置的挺水植物主要有芦苇、水烛、荷花、水葱、黄菖蒲、再力花、菰、旱伞草、芦竹、菖蒲及水生美人蕉等；浮叶植物主要有黄花水龙、萍蓬草等。挺水植物和浮叶植物可适当考虑配置能够控制蔓延的景观性较好的植物；

3) 沉水植物土著种主要有黑藻、金鱼藻、苦草、鳇齿眼子菜、菹草、穗状狐尾藻等，严格杜绝外来物种（如水盾草、伊乐藻等）。

## （3）种植生境

1) 挺水植物主要配置在河湖滨岸带浅水处，一般种植水深以 0.2m~0.4m 为宜；在水位有波动的河湖，芦苇、水烛等能适应较深的水深，最深可达 1.0m；

2) 浮叶植物可设置在水深 0.5m~1.5m 的静水或低流速水域，避免在受风浪影响较大、畅水区及流速较大的河湖内配置；

3) 漂浮植物可配置在污染较为严重的静水水域，原则上不进行配置；

4) 沉水植物一般设置在 0.5m~2.0m 水深处，具体深度根据河湖水体透明度确定。

## （4）种植设计

### 1) 种植方式

挺水植物的种植方式根据地形可条状、块状或丛状进行种植，易蔓延的挺水植物（如芦苇、水烛等）可采取根控措施（如定植桩、定植墙或定植沟等）进行控制。沉水植物可采用营养植株移栽、种子撒播、营养繁殖体（根茎、块茎、球茎、冬芽、石芽等）播种等种植方式。浮叶植物（萍蓬草）可用根茎和块茎种植，可也采用盆

栽、箱载等方式控制其扩散。浮叶植物、挺水植物也可设计浮床或浮岛等形式种植。

## 2) 种植时间

挺水植物可在春季（3月~5月）进行种苗移植，或在6月~9月进行营养植株移植，或在冬季（12月~翌年2月）进行根茎等营养繁殖体移植。其中3月~5月份以成型的种苗移植可获得较佳的成型效果和存活率。沉水植物种植根据种植方式不同选择合适的种植时间。苦草、黑藻、金鱼藻、眼子菜等植物的营养植株移栽可在5月~9月份进行；沉水植物的芽孢、根茎、石芽等宜在11月~翌年2月进行，浮叶植物（睡莲）主要用根茎和块茎进行种植，宜在4月~9月移植。

## （5）水生植物的维护管理

水生植物的维护工作包括稳定群落结构的调控，植物的修剪，枯萎植物的收割，水生植物的补植以及病虫害的防治等。枯萎植物的收割应采取冬季植物枯萎后一次性收割，植物收割后可用于附近坡地茶园的覆盖物，达到了保水保肥，减轻了水、土、肥的流失。同时植物腐烂后可作为有机肥料，促进茶叶的生长，可降低化肥的使用量。

## 10.2 水生动物修复

### （1）水生动物种类选择

水生动物应主要选用滤食性和碎屑食性为主的鱼类和底栖动物，适当配置肉食性鱼类；在种植沉水植物的河湖，禁止投放草食性鱼类。

### （2）投放水质要求

水生动物应尽量挑选广氧性的土著鱼类；在水体溶解氧低于5mg/L时，不宜投放鱼苗；在水体溶解氧低于3mg/L时，不宜投放鱼种或成鱼；鲫鱼对水体溶氧要求低，可以在溶氧量为1.0mg/L~2.0mg/L的水体生活。

### （3）投放时间

鱼苗通常在夏季（6月~7月）放养，鱼种或成鱼通常在12月、1月、2月等低温季节放养；底栖动物的放养也尽可能选择低温时期放养。

### （4）严禁投放外来物种

严禁投放巴西龟、观赏鱼等外来物种。

### 10.3 微生物修复

微生物作为自然界里个体最小，数量最大，分布最广，种类最多的生物类群，通过多种微生物共同作用形成了微生物链，在水体修复中通过氧化、还原、光合、同化、异化作用把有机污染物转变为简单的化合物，保证水质的正常功能，从而改善水体环境质量，进一步影响整个水体生物修复过程。

水体微生物修复技术具有以下优点：费用省，仅为传统环境工程技术的 30%~50%；环境影响小，遗留问题少，无二次污染和污染物转移；可有效降低污染物浓度；修复时间较短；操作者与污染物直接接触机会减少，不致对人产生危害；控制操作简单，对周围环境干扰少。

成功的微生物修复需具备以下条件：一是目标化合物必须能够被微生物利用，污染场地不含对降解菌种有抑制作用的物质，否则需先行稀释或将该抑制剂无害化；二是必须存在具代谢活性的微生物，这些微生物在降解或转化化合物时必须达到一定的速率，且不会产生有毒物质；三是污染场地或生物反应器的环境条件必须有利于微生物生长或保持活性；四是技术费用必须尽可能低。

## 11 亲水性设计

亲水是通过生态的、自然的恢复和地域文化的再现，以及亲水景观和设施的构建，使人们获得心理的、情感上的满足。

亲水景观和设施应不影响河道行洪为前提，并服从行洪预报管理。

亲水的设计原则：安全性、舒适性、生态性和合理性。

### 11.1 亲水栈道与平台

#### (1) 亲水栈道

亲水栈道通常沿湖岸设置，多呈曲线形、折线形由边岸连接亲水平台和亲水长廊。

栈道桥面上一般多采用仿生塑木或防腐木，木板之间多采取离缝拼铺形式，每块木板之间的缝隙宽度根据环境而定，一般设计为 0.5cm~2cm，为游人观水缝隙宽设计为 2cm 以上。宽板缝的设计，是想让游人漫步临水栈道时看到水从脚下流过，心情由稳实进入悬空再进入稳实，实现心理的突变，增加景观情趣。

## （2）亲水平台

亲水平台与栈道的结构类型基本相似，其显著区别是平台面积大，在设计上一般是依岸而建。

亲水平台有平地式和分级式两种。分级式一般整体分为三至五级，逐级下梯，高梯主要供游人观赏河湖美景；如果亲水平台下水位较深，通常设置安全栏。

### 11.2 阶梯与踏步

亲水阶梯，又称为台阶，当涉及具体梯级时又称为踏步。亲水阶梯是最容易使人接近水、接触水和涉入水的亲水设施之一。

（1）在城市大型水景和较大面积水景中，可以设计紧贴水景水岸的坡形走道或逐级台阶，使人们的亲水活动不受水面高度变化的影响。也可采用草坪缓坡或错落有序的毛石堆砌等方式以达到亲水要求；

（2）城市河道垂直护岸的矩形断面由于离水面较高，需设置护栏等保护措施，同时沿直立护墙设置两岸交错上下台阶，满足上下岸和亲水要求；

（3）亲水平台或亲水台阶的护岸，需根据水位变幅，在亲水平台中设置上下平台，水下平台应有足够宽度，保护游人在亲水、戏水过程中的安全。设计时允许小洪水淹没某些岸边设施，这样做既能长时间保持一定水深，又使河道的常水位尽量贴近人们，让人能走到水边，使人们的亲水活动不受季节和水位变化的影响；

（4）亲水阶梯坡度的确定，应考虑到行走和上下的舒适、攀登效率和空间状态等因素，不同环境和边岸状况对阶梯坡度的要求各不相同。除了特殊功能的台阶外，坡度为  $14^{\circ} \sim 27^{\circ}$ ，坡道的坡度通常在  $15^{\circ}$  以下。一般说来，在人流较大、安全标准较高或面积较充裕的场所阶梯坡度宜平缓些；

（5）户外亲水阶梯的踏步的尺寸一般应与人脚尺寸步幅相适应。踏步的尺寸包括高度（R）和宽度（T）。踏步在同一坡度下会有多种尺寸；其标准尺寸也会因使用对象的不同而有不同数值。例如，面向多数人群的阶梯踏步高度约为 18cm，而供老人和儿童使用的踏步高度则为 15cm。实践证明踏步高度与宽度的关系，最常用的关系式为 2 倍的踏步高度加上踏面的宽度，即 60cm~65cm，这是以人的自然步幅为基础的；

(6) 亲水阶梯设在水边，在人们进行触水活动或雨天时，踏面浸水或被弄湿，这时就极易发生跌倒等安全问题，因此，设计时必须考虑阶梯防滑问题。防滑措施最好利用天然石材的粗糙材质面，对于光面材料，必须做人工防滑处理。



图 11-1 亲水台阶、踏步图

### 11.3 亲水散步道与游憩路

亲水散步道是指沿湖库岸或城市园林水面边岸、溪边等为方便游人而修建的散步道。临近水面的散步道，宽度应不小于 1.5m。

#### (1) 易于行走的道路曲率

亲水道路在确保安全性和舒适性的前提下，还应充分考虑场所的趣味性和易行性。尽可能采用迂回路线的处理手法，以使散步道在平面线形上具有一定的曲率，使道路呈蜿蜒曲折状，有效提高道路步行舒适度和趣味性，也使道路空间和亲水环境富于变化。

#### (2) 慢行道设计标准

慢行系统分为：步行道、自行车道和综合慢行道；慢行系统宽度针对不同的绿道的使用功能和地区有所不同。慢行系统的坡度设计应与现有自然条件下的横坡、纵坡相匹配。

慢行道的宽度设计要求表

表 11-1

绿道类型	宽度要求		
	步行道	自行车道	综合慢行道
都市型	单独设置时不小于 2m；与市政道路结合时不小于 3m	单向设置自行车道时，其一条车道的路面宽度不应小于 1.5m，两条车道不应小于 2.5m；双向设置的最小宽度不应小于 3.5m。绿道与城市隧道、桥梁合并设置时，自行车道宽度不小于 2m。	线路不宜过长，应考虑人、车流安全问题，有条件路段应设置隔离带
郊野型	不小于 1.2m		不小于 3m
生态型	不小于 1.2m		不小于 2m

各类慢行道坡度设计标准表

表 11-2

慢行道类型	纵坡坡度参照标准	横坡坡度参照标准
自行车道	2.5%为宜，最大不宜超过 5%	2%为宜，最大不宜超过 4%
步行道	2.5%为宜，最大不宜超过 12%（当纵坡坡度大于 8%时，应辅以梯步解决竖向交通）	最大不宜超过 4%

#### 11.4 亲水缓坡

城市以往的河道建设，大多采用直立式护坡或复式断面，不仅缺乏亲水性，而且护岸采用的混凝土和砌石等硬质材料铺装，阻止了地表水和地下水的交换，给河流带来了负面影响。缓坡护岸既解决了城市河流渠道化问题，又实现了人与水方便的接触，营造了自然生态的亲水环境。

(1) 河湖亲水缓坡的设计，要充分考虑人性化设计。除了设计适宜的缓坡带，还要适当间隔设置宽台阶至亲水区，增加亲水的方便性和安全性。此外，对于坡面距离较大的边岸，为了消除单调感，还应对缓坡进行变坡处理，并在变坡位置设置一条平坦的亲水道路，宽度为 1m~1.5m，为游人营造一个既安全又舒适美观的河滨亲水游憩场所；

(2) 缓坡设计要充分考虑不同人群、不同用途的适宜坡度和坡面铺装。亲水缓坡适于不同活动和动作的坡度值，目前，还没有相应的规范规定明确的指标，从设

计实践、相关标准可知，适宜的亲水缓坡坡度应在 1: 7~1: 5 之间。在亲水边坡上进行体育活动、游戏、散步和坐卧时，坡度上限约为 1: 3。

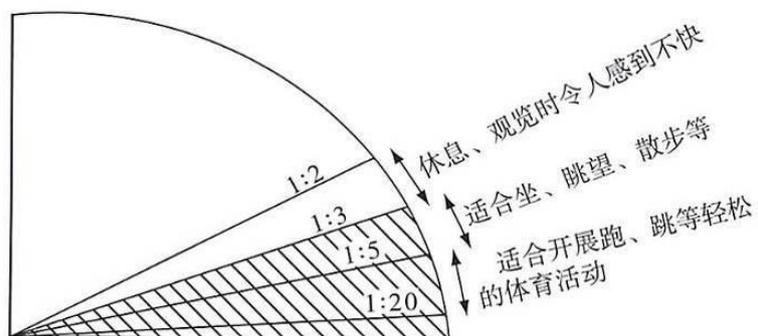


图 11-2 不同活动要求的缓坡坡度值图



图 11-3 亲水缓坡的处理形式图

附录 4 生态水系建设植物名录

序号	种名	拉丁名	科名	生态习性	类型
1	白千层	<i>Melaleuca leucadendron</i>	桃金娘科	喜温暖潮湿环境，要求阳光充足，适应性较强，能耐干旱高温及瘠瘦土壤	常绿乔木
2	高山榕	<i>Ficus altissima</i>	桑科	生性强健，耐干旱瘠薄，又能抵抗强风，抗大气污染，且移栽容易成活	常绿乔木
3	广玉兰	<i>Magnolia Grandiflora</i>	木兰科	喜光，喜温湿气候，有一定抗寒能力。适于干燥、肥沃、湿润与排水良好微酸性或中性土壤，忌积水、排水不良。对烟尘及二氧化碳气体有较强抗性，病虫害少。根系深广，抗风力强	常绿乔木
4	桂花	<i>Osmanthus fragrans</i>	木犀科	喜温暖，抗逆性强，既耐高温，也较耐寒	常绿灌木或小乔木
5	含笑	<i>Michelia figo</i>	木兰科	喜肥，性喜半阴，在弱阴下最利生长，忌强烈阳光直射	常绿灌木
6	红千层	<i>Callistemon rigidus</i>	桃金娘科	属阳性树种，喜温暖、湿润气候，能耐烈日酷暑，极耐旱耐瘠薄	常绿灌木或小乔木
7	木麻黄	<i>Casuarina equisetifolia</i>	木麻黄科	喜光，喜炎热气候，喜钙镁，耐盐碱、贫瘠土壤，耐干旱也耐潮湿	常绿乔木
8	南洋杉	<i>Araucaria cunninghamii</i>	南洋杉科	南洋杉不耐寒，忌干旱，生长较快，萌蘖力强，抗风强	常绿乔木
9	菩提树	<i>Ficus religiosa L.</i>	桑科	喜光，不耐阴湿，喜高温，抗污染能力强	常绿乔木、大乔木
10	榕树	<i>Ficus microcarpa Linn. f.</i>	桑科	适应性强，喜疏松肥沃的酸性土，不耐旱，较耐水湿，短时间水涝不会烂根	常绿乔木
11	山茶	<i>Camellia japonica L.</i>	山茶科	惧风喜阳，喜地势高爽、空气流通、温暖湿润、排水良好、疏松肥沃的砂质壤土、黄土或腐殖土	常绿灌木或小乔木
12	石栗	<i>Aleurites moluccana (L.) Willd</i>	大戟科	喜光耐旱、怕涝，对土壤要求不太严，只要光照充足，地下水位低的地方都可以种植	常绿乔木
13	台湾相思	<i>Acacia confusa</i>	豆科	喜暖热气候，亦耐低温，喜光，亦耐半阴，耐旱瘠土壤，亦耐短期水淹，喜酸性土	常绿乔木
14	香樟	<i>Cinnamomum camphora</i>	樟科	多喜光，稍耐荫；喜温暖湿润气候，耐寒性不强，对土壤要求不严，较耐水湿，不耐干旱、瘠薄和盐碱土	常绿乔木

序号	种名	拉丁名	科名	生态习性	类型
15	油杉	<i>Cinnamomum camphora</i>	松科	喜暖湿气候，在酸性红壤或黄壤中生长良好	常绿乔木
16	棕榈类		棕榈科		
17	池杉	<i>Taxodium ascendens</i>	杉科	不耐阴，喜温暖、湿润环境，稍耐寒，能耐短暂-17℃低温。适生于深厚疏松的酸性或微酸性土壤，耐涝，也能耐旱。生长迅速，抗风力强。萌芽力强	落叶乔木
18	垂柳	<i>Salix babylonica</i>	杨柳科	喜光，喜温暖湿润气候及潮湿深厚之酸性及中性土壤。较耐寒，特耐水湿，但亦能生于土层深厚之高燥地区	落叶乔木
19	枫香	<i>Liquidambar formosana</i>	金缕梅科	喜温暖湿润气候，性喜光，耐干旱瘠薄土壤，不耐水涝。	落叶乔木
20	苦楝	<i>Melia azedarach</i>	楝科	喜温暖、湿润气候，喜光，不耐庇荫，较耐寒，在酸性、中性和碱性土壤中均能生长	落叶乔木
21	落羽杉	<i>Taxodium distichum</i>	杉科	能耐低温、干旱、涝渍和土壤瘠薄，耐水湿，抗污染，抗台风	落叶乔木
22	墨西哥落羽杉	<i>Taxodium mucronatum Tenore</i>	杉科	喜光，喜温暖湿润气候，耐水湿，耐寒，对耐盐碱土适应能力强。生长速度较快，抗风性强，耐烟尘污染	常绿乔木
23	木棉	<i>Gossampinus malabarica</i>	木棉科	喜温暖干燥和阳光充足环境。不耐寒，稍耐湿，忌积水。耐旱，抗污染、抗风力强，深根性，速生，萌芽力强。以深厚、肥沃、排水良好的中性或微酸性砂质土壤为宜	落叶大乔木
24	水杉	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	杉科	喜气候温暖湿润，耐寒性强，耐水湿能力强，喜光，不耐贫瘠和干旱，净化空气，生长缓慢，移栽容易成活	落叶乔木
25	乌桕	<i>Sapium sebiferum</i>	大戟科	喜光，不耐阴。喜温暖环境，不甚耐寒。适生于深厚肥沃、含水丰富的土壤，对酸性、钙质土、盐碱土均能适应。主根发达，抗风力强，耐水湿	落叶乔木
26	无患子	<i>Sapindus mukorossi</i>	无患子科	喜光，稍耐阴，耐寒能力较强。对土壤要求不严，深根性，抗风力强。不耐水湿，耐干旱。生长较快，对二氧化硫抗性较强	落叶乔木

序号	种名	拉丁名	科名	生态习性	类型
27	银合欢	<i>Leucaena glauca</i>	含羞草科	阳性树种，稍耐荫，耐旱能力强，不耐水渍，对土壤要求不严，耐盐能力中等	落叶小乔木
28	银桦	<i>Grevillea robusta</i>	山龙眼科	喜光，喜温暖、湿润气候、根系发达，较耐旱。不耐寒，耐一定的干旱和水湿，根系发达，生长快，对有害气体有一定的抗性，耐烟尘，少病虫害	常绿乔木
29	银杏	<i>Ginkgo biloba</i>	银杏科	阳性树，喜适当湿润而排水良好的深厚壤土	落叶乔木
30	重阳木	<i>Bischofia polycarpa</i>	大戟科	喜光，也略耐阴，耐干旱瘠薄，也耐水湿、抗寒，对土壤的要求不严，在酸性土和微碱性土中皆可生长	落叶乔木
31	变叶木	<i>Codiaeum variegatum</i>	大戟科	喜高温、湿润和阳光充足的环境，不耐寒，喜湿怕干，土壤以肥沃、保水性强的黏质壤土为宜	灌木
32	湿地松	<i>pinus elliottii</i>	松科	喜光树种，极不耐阴，适生于低山丘陵地带，耐旱耐水湿，很少受松毛虫危害，气温适应性较强，速生树种。耐海水灌溉	常绿乔木
33	黄槿	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	锦葵科	喜光，耐旱、耐贫瘠。土壤以砂质壤土为佳。抗风力强，耐盐碱能力好，适合海边种植	常绿小乔木
34	水石榕	<i>Elaeocarpus hainanensis</i>	杜英科	喜半阴，喜高温多湿气候，深根性，抗风力较强，不耐寒，不耐干旱，喜湿但不耐积水，须植于湿润而排水良好之地	常绿小乔木
35	秋枫	<i>Bischofia javanica</i>	大戟科	喜阳，稍耐阴，对土壤要求不严，能耐水湿，根系发达，抗风力强，在湿润肥沃壤土上生长快速	常绿乔木
36	水蒲桃	<i>Syzygium jambos</i>	桃金娘科	耐水湿植物，性喜暖热气候，喜生河边及河谷湿地。喜光、耐旱瘠和高温干旱、对土壤要求不严、根系发达、生长迅速、适应性强	常绿乔木
37	水黄皮	<i>Pongamia pinnata</i>	豆科	性喜高温、湿润和阳光充足或半阴环境；生性强健，萌芽力强，耐盐性、抗强风、耐旱性、耐寒性、耐阴性均佳，能抗空气污染	常绿乔木
38	翅荚决明	<i>Cassia alata</i>	豆科	耐干旱，耐贫瘠，适应性强，喜光耐半阴，喜高温湿润气候，不耐寒，不耐强风	灌木

序号	种名	拉丁名	科名	生态习性	类型
39	杜鹃	<i>Rhododendron simsii</i>	杜鹃花科	性喜凉爽、湿润、通风的半阴环境，喜欢酸性土壤	常绿灌木
40	扶桑	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	锦葵科	强阳性植物，性喜温暖、湿润，要求日光充足，不耐阴，不耐寒、旱，对土壤的适应范围较广，但以富含有机质，pH6.5-pH7 的微酸性壤土生长最好	常绿灌木
41	福建茶	<i>Carmona microphylla</i>	紫草科	比较耐阴，性喜温暖湿润气候，不耐寒，适生于疏松肥沃及排水良好的微酸性土壤	常绿小灌木
42	红背桂	<i>Excoecaria cochinchinensis</i>	大戟科	不耐干旱，不甚耐寒，耐半阴，忌阳光曝晒，要求肥沃、排水好的沙壤土	常绿小灌木
43	红花檵木	<i>Loropetalum chinense</i>	金缕梅科	喜光，稍耐阴，但阴时叶色容易变绿。适应性强，耐旱。喜温暖，耐寒冷。萌芽力和发枝力强，耐修剪。耐瘠薄，但适宜在肥沃、湿润的微酸性土壤中生长	常绿灌木
44	红桑	<i>Acalypha wikesiana</i>	大戟科	喜高温多湿，抗寒力低，不耐霜冻，要求疏松、排水良好的土壤	灌木
45	夹竹桃	<i>Nerium indicum</i>	夹竹桃科	喜光，喜温暖湿润气候，不耐寒，忌水渍，适生于排水良好、肥沃的中性土壤，微酸性、微碱土也能适应	常绿直立灌木
46	六月雪	<i>Serissa japonica</i>	茜草科	喜温暖气候、也稍能耐寒、耐旱，喜排水良好、肥沃和湿润疏松的土壤，对环境要求不高，生长力较强	常绿小灌木
47	龙船花	<i>Ixora chinensis</i>	茜草科	喜湿润炎热的气候，不耐低温，喜酸性土壤，最适合的土壤 pH 值为 5~5.5	常绿小灌木
48	美蕊	<i>Calliandra haematocephala</i>	豆科	性喜温暖、湿润和阳光充足的环境，不耐寒，要求土层深厚且排水良好	常绿灌木
49	铺地柏	<i>Sabina procumbens</i>	柏科	喜光，稍耐阴，适生于河海湿润气候，对土质要求不严，萌生力均较强，有很强的耐寒、耐旱能力，忌低湿	常绿小灌木
50	雀舌黄杨	<i>Buxus bodinieri</i>	黄杨科	喜温暖湿润和阳光充足环境，耐干旱和半阴，要求疏松、肥沃和排水良好的沙壤土，较耐寒，抗污染	灌木
51	希茉莉	<i>hamelia patens</i>	茜草科	性喜高温、高湿、阳光充足的气候条件，喜土层深厚、肥沃的酸性土壤，耐荫蔽，耐干旱，忌瘠薄	多年生常绿灌木

序号	种名	拉丁名	科名	生态习性	类型
52	小蜡	<i>Ligustrum sinense</i>	木犀科	生山坡、山谷、溪边、河旁、路边	落叶灌木
53	草海桐	<i>Scaevola sericea</i>	草海桐科	性喜高温、潮湿和阳光充足的环境，耐盐性佳、抗强风、耐旱、耐寒，耐阴性稍差。抗污染及病虫危害能力强，生长速度快	常绿亚灌木
54	常春藤	<i>Hedera nepalensis</i> var. <i>sinensis</i>	五加科	不耐寒，对土壤要求不严，喜湿润、疏松、肥沃的土壤，不耐盐碱	多年生常绿攀援灌木
55	垂盆草	<i>Sedum sarmentosum</i>	景天科	性喜温暖湿润、半阴的环境。适应性较强，较耐旱、耐寒，不择土壤	多年生匍匐草本
56	地瓜藤	<i>Caulis Fici</i>	桑科	喜温暖湿润的环境。对土壤要求不严，以疏松、肥沃的夹砂土较好	多年生落叶藤本
57	扶芳藤	<i>Euonymus fortunei</i>	卫矛科	喜湿润，喜温暖，较耐寒，耐阴，不喜阳光直射	常绿藤本灌木
58	络石	<i>Trachelospermum jasminoides</i>	夹竹桃科	喜半阴湿润的环境，耐旱也耐湿，对土壤要求不严，以排水良好的砂壤土最为适宜	常绿木质藤本
59	马蹄金	<i>Dichondra repens</i>	旋花科	性喜温暖、湿润气候，不但适应性强，竞争力和侵占性强，生命力旺盛，其对土壤要求不严，排水条件适中，在沙壤和黏土上均可种植	多年生匍匐小草本
60	蔓花生	<i>Arachis duranensis</i>	豆科	有较强的耐阴性，对土壤要求不严，但以沙质壤土为佳	多年生宿根蔓性草本
61	蔓马缨丹	<i>Lantana montevidensis</i>	马鞭草科		木质藤本
62	蔓长春	<i>Vinca major</i>	夹竹桃科	喜温暖湿润，喜阳光也较耐阴，稍耐寒，喜深厚肥沃湿润的土壤	蔓性半灌木
63	爬山虎	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	葡萄科	适应性强，性喜阴湿环境，但不怕强光，耐寒，耐旱，耐贫瘠，气候适应性广泛，怕积水，对土壤要求不严	多年生大型落叶木质藤本
64	三角梅	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	紫茉莉科	喜温暖湿润气候，不耐寒，喜充足光照。喜疏松肥沃的微酸性土壤，忌水涝	常绿小灌木
65	三裂蟛蜞菊	<i>Wedelia trilobata</i>	菊科	适应性强，能在不同土质生长，耐旱且耐湿，能耐低温，在平地 and 缓坡上匍匐生长，在陡坡上可悬垂生长	多年生匍匐草本
66	蛇莓	<i>Duchesnea indica</i>	菊科	喜荫凉、温暖湿润、耐寒、不耐旱、不耐水渍	多年生匍匐草本

序号	种名	拉丁名	科名	生态习性	类型
67	绿竹	<i>Dendrocalamopsis oldhami</i>	禾本科		大型丛生竹
68	麻竹	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>	禾本科	土壤疏松、深厚、肥沃、湿润和排水良好	大型丛生竹
69	毛竹	<i>Phyllostachys heterocycla</i>	禾本科	肥沃、湿润、排水和透气性良好的酸性砂质土或砂质壤土的地方	散生竹类
70	黄金间碧竹	<i>Bambusa vulgaris</i>	禾本科		大型丛生竹
71	方竹	<i>Chimonobambusa quadrangularis</i>	禾本科	喜光，喜肥沃，湿润排水良好的土壤	竹类
72	矮牵牛	<i>Petunia hybrida</i>	茄科	喜温暖和阳光充足的环境	多年生草本
73	波斯菊	<i>Cosmos bipinnata</i>	菊科	喜光植物，喜光，耐贫瘠土壤，忌肥，忌炎热，忌积水，不适高温，不耐寒。需疏松肥沃和排水良好的壤土	一年生或多年生草本
74	雏菊	<i>Bellis perennis</i>	菊科	性喜冷凉气候，忌炎热。喜光，又耐半阴，对栽培地土壤要求不严格	多年生或一年生葶状草本
75	翠菊	<i>Callistephus chinensis</i>	菊科	喜温暖、湿润和阳光充足环境。喜肥沃湿润和排水良好的壤土、砂壤土。	一年生或二年生草本
76	鸡冠花	<i>Celosia cristata</i>	苋科	喜温暖干燥气候，怕干旱，喜阳光，不耐涝，但对土壤要求不严	一年草本植物
77	金鱼草	<i>Antirrhinum majus</i>	玄参科	喜阳光，也能耐半阴。性较耐寒，不耐酷暑。适生于疏松肥沃、排水良好的土壤，在石灰质土壤中也能正常生长	多年生草本植物
78	金盏菊	<i>Calendula officinalis</i>	菊科	喜光照，对土壤要求不严，可在干旱、疏松肥沃的碱性土中良好生长，耐瘠薄	一年生或越年生草本植物
79	毛地黄	<i>Digitalis purpurea</i>	玄参科	植株强健，较耐寒、较耐干旱、忌炎热、耐瘠薄土壤。喜阳且耐荫，适宜在湿润而排水良好的土壤上生长	二年生或多年生草本植物
80	美女樱	<i>Verbena hybrida</i>	马鞭草科	喜阳光、不耐阴，较耐寒、耐荫差、不耐旱	多年生草本植物
81	千日红	<i>Gomphrena globosa</i>	苋科	喜阳光、耐干热、生性强健、耐旱、不耐寒、怕积水，喜疏松肥沃土	一年生直立草本
82	三色堇	<i>Viola tricolor</i>	堇菜科	较耐寒，喜凉爽，喜阳光，忌高温和积水，耐寒抗霜	多年生草本植物

序号	种名	拉丁名	科名	生态习性	类型
83	四季秋海棠	<i>Begonia semperflorens</i>	秋海棠科	性喜阳光，稍耐荫，怕寒冷，喜温暖，稍阴湿的环境和湿润的土壤，但怕热及水涝，夏天注意遮荫，通风排水	多年生肉质草本
84	海边月见草	<i>Oenothera drummo ndii</i>	柳叶菜科	用于海边沙土，可用于园林绿化海岸固沙	多年生草本

附录 5 水生植物种类选择及特性表

序号	植物名称	拉丁名	科名	生态型	高度	叶	花	生态习性
1	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	禾本科	多年生挺水植物	秆高1-3m	叶片长线形或长披针形，排列成两行	夏秋开花，圆锥花序，顶生，疏散，多白色	生于江河湖泽、池塘沟渠沿岸和低湿地
2	芦竹	<i>Arundo donax</i>	禾本科	多年生挺水植物	秆高3-6m	叶片扁平，上面与边缘微粗糙，基部白色，抱茎	圆锥花序，分枝稠密，斜升	生于河岸道旁、砂质壤土上
3	水葱	<i>Scirpus validus Vahl</i>	莎草科	多年生挺水植物	株高1-2m	叶片线形	小穗单生或2-3个簇生于辐射枝顶端	生长在湖边、水边、浅水塘、沼泽地或湿地草丛中
4	再力花	<i>Thalia dealbata</i>	竹芋科	多年生挺水植物	2m	叶互生，卵状披针形，全株附有白粉。	复总状花序，花小，紫堇色	在微碱性的土壤中生长良好。好温暖水湿、阳光充足的气候环境，不耐寒，耐半阴，怕干旱
5	水蓼	<i>Polygonum hydropiper</i>	蓼科	一年生草本	高20-80cm	叶互生，披针形或椭圆形披针形，两端渐尖	穗状花序腋生或顶生，细弱下垂，淡绿色或淡红色	生长于湿地、水边或水中
6	茭白	<i>Zizania latifolia (Griseb.) Stapf</i>	禾本科	多年生挺水植物	株高1.6-2m		雄小穗，常带紫色	根系发达，需水量多，适宜水源充足、灌水方便、土壤肥沃、保水保肥能力强的黏壤土或壤土
7	慈姑	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	泽泻科	多年生挺水植物	高达1.2m	叶柄粗而有棱，叶片箭形	花单性，花瓣白色，基部常绿色	要求光照充足，气候温和、较背风的环境下生长，要求土壤肥沃，但土层不太深的粘土上生长

序号	植物名称	拉丁名	科名	生态型	高度	叶	花	生态习性
8	莲	<i>Nelumbo nucifera Gaertn.</i>	睡莲科	多年生挺水植物	长1-2m	叶圆形，盾状，直径25-90cm，表面深绿色，背面灰绿色	花单生于花梗顶端、高托水面之上，花型多样，花色丰富	性喜相对稳定的平静浅水、湖沼、泽地、池塘
9	梭鱼草	<i>Pontederia cordata</i>	雨久花科	多年生湿生或挺水植物	株高80~150cm	叶片较大，呈橄榄色，倒卵状披针形	穗状花序顶生，长5~20cm，小花密集，蓝紫色带黄斑点	喜温、喜阳、喜肥、喜湿、怕风不耐寒，静水及水流缓慢的水域中均可生长，适宜在20cm以下的浅水中生长
10	欧洲慈姑	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	泽泻科	多年生沼生或水生草本	花葶挺出水面，高20-90cm	叶沉水、浮水、挺水，沉水叶条形或叶柄状	花序总状或圆锥状，分枝少数，细弱，具花多轮，花白色，基部具紫色斑点	生于湖边、沼泽、水塘静水处，或缓流溪沟等水体
11	灯心草	<i>Juncus effusus</i>	灯心草科	多年生草本	株高达2m	叶扁平或圆柱状	花两性，绿色或稍白色	主产温带和寒带。通常生长在草甸、沼泽、水边及阴湿的环境中
12	泽泻	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	泽泻科	多年生水生或沼生草本		多数沉水叶条形或披针形；挺水叶宽披针形、椭圆形至卵形	花葶高78-100cm，花两性，白色，粉红色或浅紫色	生于湖泊、河湾、溪流、水塘的浅水带，沼泽、沟渠及低洼湿地亦有生长
13	睡莲	<i>Nymphaea L.</i>	睡莲科	多年生浮水植物		叶二型：浮水叶圆形或卵形；沉水叶薄膜质，脆弱	花单生，浮于或挺出水面；花瓣通常八片	生于池沼、湖泊中，一些公园的水池中常有栽培
14	黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus L.</i>	鸢尾科	多年湿生或挺水植物		叶子茂密，基生，绿色，长剑形	花黄色	喜生于河湖沿岸的湿地或沼泽地上

序号	植物名称	拉丁名	科名	生态型	高度	叶	花	生态习性
15	菖蒲	<i>Acorus calamus L.</i>	天南星科	多年生草本		叶基生，剑形，中脉明显突出	花黄绿色	生于沼泽地、溪流或水田边
16	水烛	<i>Typha angustifolia</i>	香蒲科	多年水生或沼生植物	高约1.5-2.5m	叶片上部扁平，中部以下腹面微凹，背面向下逐渐隆起呈凸形	花序红褐色呈圆柱形，形状很像一支蜡烛，故得名水烛	生于湖泊、河流、池塘浅水处
17	黄花水龙	<i>Ludwigia peploides</i>	柳叶菜科	多年生浮水植物	浮水茎长3m	叶长圆形或倒卵状长圆形	花瓣鲜金黄色，倒卵形	分布于河川流域边或低洼湿地
18	萍蓬草	<i>Nuphar pumilum</i>	睡莲科	多年生浮水生植物		叶二型，浮水叶纸质或近革质，圆形至卵形，沉水叶薄而柔软	绿色或暗红色的萼片，花瓣不甚明显，为线形，黄色	生于池沼、河流等浅水中
19	浮萍	<i>Lemna minor L</i>	浮萍科	浮水植物		叶状体对称，表面绿色，背面浅黄色或绿白色或常为紫色		生于水田、池沼或其他静水水域
20	满江红	<i>Azolla imbricata(R. oxb. )Nakai</i>	满江红科	一年生浮水植物		植株呈三角形，幼时呈绿色，生长迅速，常在水面上长成一片。秋冬时节，叶内含很多花青素，群体呈现一片红色		水田、池塘中占优势的浮生植物
21	雍菜	<i>Ipomoea aquatica Forsk</i>	旋花科	蔓生植物		叶为披针形，长卵圆形或心脏形	花通常白色，也有紫红色或粉红色	喜高温多湿环境，适宜湿润的土壤，喜充足光照，对土壤条件要求不严格且喜肥喜水

序号	植物名称	拉丁名	科名	生态型	高度	叶	花	生态习性
22	水芹	<i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC	伞形科	多年生草本植物	高 15-80cm	叶片轮廓三角形, 1-3回羽状分裂, 末回裂片卵形至菱状披针形	复伞形花序顶生	以生活在河沟、水田旁, 以土质松软、土层深厚肥沃、富含有机质保肥保水力强的粘质土壤为宜
23	芋	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott	天南星科	多年湿生植物		叶片卵形, 盾状着生, 全缘或带波状	花序柄常单生, 淡黄色; 肉穗花序椭圆形	多栽培于水田或低洼潮湿处
24	风车草	<i>Cyperus alternifolius</i> L. ssp. <i>flabelliformis</i> (Rottb.) Kuhn	莎草科	多年生挺水植物	高 30-150cm	叶聚生于茎顶, 扩散成伞状	花序扁平形, 多数聚集成伞形花序, 花白色或黄褐色	广泛分布于森林、草原地区的大湖、河流边缘的沼泽中
25	黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i> (Linn.f.) Royle	水鳖科	多年生沉水植物		叶片呈带状披针形, 叶 4-8 枚轮生		可用于水簇箱中作中景或侧景
26	眼子菜	<i>Potamogeton octandrus</i>	眼子菜科	多年生沉水植物			花绿色, 不明显	喜凉爽至温暖、多光照至光照充足的环境
27	穗状狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>	小二仙草科	多年生沉水植物				净化水体、饲料, 生于湖泊、池塘、河沟等水中
28	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	金鱼藻科	多年生沉水植物		全株深绿色, 茎细长, 平滑, 叶轮生	单性花小	多生长在林下山坡、溪旁和沟边
29	苦草	<i>Vallisneria spiralis</i>	水鳖科	多年生沉水植物		叶基生, 线形或带形, 绿色或略带紫红色		多生长在林下山坡、溪旁和沟边。是植物园水景、风景区水景、庭院水池的良好水下绿化材料
30	二穗水蕹	<i>Aponogeton lakonensis</i>	水蕹科	多年生沉水植物		叶草质, 长椭圆状披针形	穗状花序单生, 花密集, 具香味	喜温暖湿润, 不耐寒, 喜阳光充足, 喜生于浅水中, 忌干燥

附录 6 水生动物种类选择及特性表

序号	名称	拉丁名	特性
1	草鱼	<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	体略呈圆筒形，头部稍平扁，尾部侧扁；腹部无棱。为典型的草食性鱼类，栖息于平原地区的江河湖泊，一般喜居于水的中下层和近岸多水草区域。
2	鲤鱼	<i>Cyprinus carpio</i>	杂食性。鳞大，上腭两侧各有二须，单独或成小群地生活于平静且水草丛生的泥底的池塘、湖泊、河流中。
3	鲫鱼	<i>Carassius auratus</i>	杂食性鱼，喜群居而行，择食而居。腹部为浅白色，背部为深灰色。鲫鱼的生活层次属底层鱼类。
4	鲢鱼	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	体形侧扁、稍高，呈纺锤形，背部青灰色，两侧及腹部白色。胸鳍不超过腹鳍基部。各鳍色灰白。头较大。眼睛位置很低。鳞片细小。鲢鱼属中上层鱼。属于典型的滤食性鱼类。
5	鳙鱼	<i>Aristichthys nobilis</i>	头部大而宽，口亦宽大，稍上翘。眼位低。鳙鱼生长在淡水湖泊、河流、水库、池塘里。多分布在水的中上层。
6	河虾	<i>Macrobrachium nipponense</i>	广泛分布于我国江河、湖泊、水库和池塘中。
7	轮虫	<i>rotifer</i>	身体为长形，分头部、躯干及尾部。头部有一个由 1~2 圈纤毛组成的、能转动的轮盘，形如车轮故叫轮虫。轮虫广泛分布于湖泊、池塘、江河、近海等各类淡、咸水水体中。
8	枝角类	<i>Cladocera</i>	广泛分布于淡水、海水和内陆半咸水中。身体短小，长圆形，分为头部和躯部，侧扁体节不明显。
9	当地特有或特色水生动物		根据项目所在地水生态环境及本土水生动物分布情况，筛选适宜种类。

## 附录 7 生态护岸材料

### 1 一般规定

生态护岸材料特性指标应执行国家、地方及行业相关标准规范。具体设计时宜根据河湖地貌形态、水文特征、护岸设计断面型式等选择不同材料的边坡稳定性，确定生态护岸材质相关指标值。

生态护岸材料应满足结构安全、稳定和耐久性等相关要求，同时能较好地为河湖生境的连续性提供基础条件。建议采用复合式断面结构型式。

生态护岸材料适用性一览表

表 1-1

护岸材料类型	适用条件	适用范围	优点	缺点
抛石	河岸坡比 $\geq 1:1.5$ ，河道流速一般为 $2.5\text{m/s}\sim 4.5\text{m/s}$	护坡	抗冲刷、透水性强、施工简便	在石缝中生长植物，植物覆盖率不高
石笼	河道流速适当性强，流速可大于 $3\text{m/s}$	挡墙、护坡	抗冲刷、透水性强、施工简便、生物易于栖息	水生植物恢复较慢
叠石	高度不宜超过 $1.5\text{m}$ ，河道流速一般不大于 $2.5\text{m/s}$	挡墙	施工简单、生物易于栖息	水生植物恢复较慢
干砌块石	河岸坡比 $\geq 1:1.5$ ，河道流速一般为 $2\text{m/s}\sim 4\text{m/s}$	护坡	抗冲刷、透水性强、施工简便	生物恢复较慢
生态混凝土	河道流速一般不大于 $3\text{m/s}$	挡墙、护坡	抗冲刷、透水性较强	生物恢复较慢
开孔式混凝土砌块	河岸坡比 $\geq 1:2$ ，河道流速一般不大于 $4\text{m/s}$	护坡	整体性、抗冲刷、透水性好、施工和养护简单	生物恢复较慢
网垫植被类	河岸坡比 $\geq 1:2$ ，河道流速一般不大于 $2\text{m/s}$	护坡	生态亲和性较佳	材料耐久性一般、植物网的回收及降解、二次污染
植生土坡	河岸坡比 $\geq 1:2.5$ ，河道流速一般不大于 $1.0\text{m/s}$	护坡	生态亲和性佳	不耐冲刷、不耐水位波动
生态袋	河岸坡比 $\geq 1:1$ ，河道流速一般不大于 $4.0\text{m/s}$	护坡、挡墙	耐冲、透水性好、地形适应性好、施工简单快速、生态效果好	耐刚性破坏能力差、水下使用易变形
生态植被毯	河岸坡比 $\geq 1:2$ ，河道流速一般不大于 $4.0\text{m/s}$	护坡	生态亲和性较佳、整体性、抗冲刷、耐久性、生物栖息性好	对坡度较陡存在不稳定因素

注：护岸材料超出适用条件时，应进行论证确定。

## 2 抛石护岸

抛石护岸是最常采用也是传统的方法，具有抗冲能力和自我调整能力强的优点。材料来源广，价格便宜，施工简单。

- (1) 石料材质必须新鲜、完整，具有较强的硬度、强度，遇水不易破碎或分解；
- (2) 一般要求石材湿抗压强度大于 50MPa，水软化系数大于 0.7，比重不小于  $2.5\text{t}/\text{m}^3$ ；
- (3) 不允许使用薄片、条状、尖角等形状及风化、易水解的块石，不得使用泥岩。

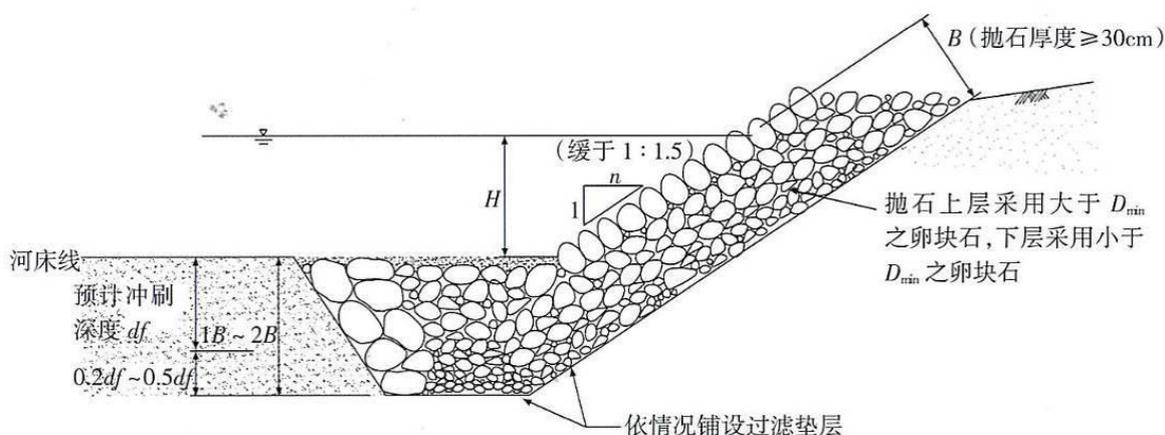


图 2-1 抛石护岸构造图



图 2-2 抛石护岸图

## 3 石笼护岸

石笼是国内常采用的传统结构，经常与抛石护脚结合使用，具有较大的体积、重量，抗冲性强，柔韧性较好，能适应河床变形的要求。石笼的运用在欧洲已有 100 多年的历史，国内采用过的石笼有竹笼、铅丝笼、木笼、钢筋（丝）笼以及用土工网、土工格栅做成网格笼状物等，内装块石、卵石。石笼大小可根据水深、流速、

施工条件确定，在使用时将石笼大体按一定坡度依次从河底紧密排放至最低枯水位以下。

钢丝石笼结构宜符合下列规定：

- （1）石笼所用钢丝需采用防腐镀层等处理，并应用聚合物包裹；
- （2）石笼内填筑的石料必须质地坚硬、表面洁净，有圆角，耐久且抗风化性强；直径宜大于石笼网孔，宜为石笼网孔孔径的 1.5 倍~2.0 倍，不在外表面的石料尺寸可适当减小；
- （3）石笼结构临土侧宜设置反滤结构；
- （4）填充石块时，常水位以上结构宜在孔隙间人工铺设耕植土厚度 6cm~15cm，为植被创造生存条件。



图 3-1 石笼护岸图

石笼材质力学指标表

表 3-1

部位	项目	标准	备注
钢丝	抗拉强度	350N/mm <sup>2</sup> ~500N/mm <sup>2</sup>	
	伸长率	≥10%	
	化学成分	符合 GB/T700	
网片	外观	不得有破损、腐蚀，网片面色泽基本一致	
	抗拉强度（顺编制方向）	>30kN/m	
	网孔钢丝较制长度	≥50mm	
镀层	材质	宜采用锌或锌铝合金	
	外观	镀层需均匀、连续、表面光滑，不得有裂纹和漏镀	
	镀层缠绕试验	4 倍直径的锌棒上密绕 8 圈，用 8 倍宽度变焦显微镜放大 12 倍观察，镀层表面不起层或开裂	
	锌铝合金类镀层铝含量	≥5.0%	
	盐雾试验	连续喷雾 1000 小时以上时不得出现红锈	
	重量	≥240g/m <sup>2</sup>	镀层为纯锌时
聚合物层	材料抗拉强度	≥17N/mm <sup>2</sup>	
	断裂伸长率	≥200%	
	厚度	0.4mm~0.7mm±0.1mm	
	比重	PE:0.94~0.98；PVC:1.30~1.38	

注：组合丝、水平固定丝、螺旋固定丝、扣件的材质与力学指标需与网丝一致，钢丝镀层采用锌铝合金及其他时，需根据可靠实验或工程经验调整镀层重量。

#### 4 叠石挡墙

叠石挡墙墙顶需高低起伏、错落有致，叠石挡墙不同于砌石挡墙，外观结构讲究“人水相亲、和谐自然”。在叠石摆设时应尽量体现“自然文化”和景观效果。

(1) 叠石挡墙石材均采用质地坚硬、完整、强度高，耐风化，具有良好抗水性的块石。页岩、泥灰岩、粘土岩以及扁平细长和已经风化的块石均不得使用；

(2) 叠石挡墙墙顶可高低起伏、错落有致；

(3) 叠石挡墙宜设置混凝土基础和墙后反滤结构。墙身石材单块尺寸不小于

300mm×300mm×300mm，重量不小于 60kg，迎水面 20cm 宽度范围内石块干摆放置，块石之间应留有缝隙，便于鱼类及其他水生物栖息、繁衍；背水面石块可采用水泥砂浆砌筑以增加挡墙牢固性。



图 4-1 叠石挡墙图

#### 5 干砌石护坡

(1) 护坡厚度不宜小于 300mm，所用石材宜采用质地坚硬、完整、强度高，耐风化，具有良好抗水性的块石。块石宜大致方正，上下面大致平行，单块厚度 200mm~300mm，单重不宜小于 30kg；砌筑宜采用竖砌法，使砌石的长边垂直于坡面以满足护面的设计厚度，顺坡向接缝应互相交错，块石间契合紧密，不得有松动，砌石表面须平整，砌石空隙率不得超过 30%；

(2) 干砌石护坡宜设置反滤结构，块石摆放时宜大面向下，表面留有缝隙，便于鱼类及其他水生物栖息、繁衍；

(3) 干砌石护坡应每隔 10m~15m 设一砵格梗，格梗深度宜大于护坡与反滤层厚度总和。

#### 砌石材料质量要求表

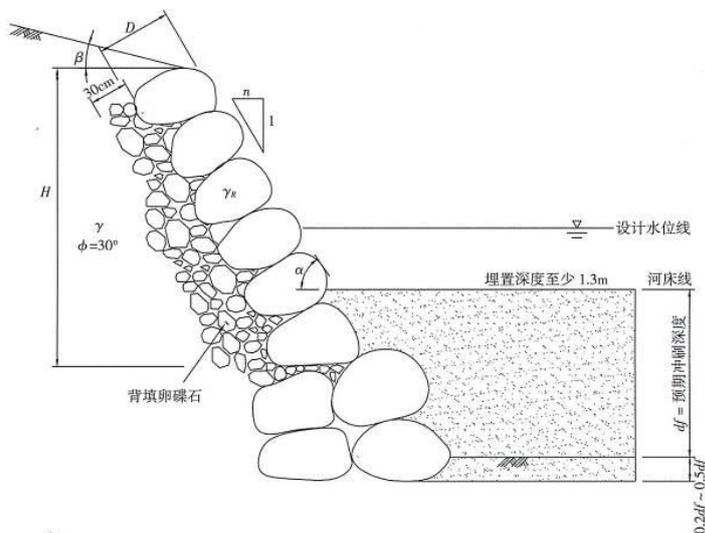
表 5-1

名称	主要内容
基本要求	施工材料系以就地取材为主，材料的规格受现场实际可运用状况而异，材料质量要求为一般性要求。
材质要求	<p>(1) 石料包括天然卵石、不规则形状块石等，须质地坚硬，无明显风化，无裂缝、页岩夹层及其他结构上之缺点，并经工程审验合格；</p> <p>(2) 选用经自然琢磨形成、无裂痕而坚实的石料，其长径应为横径 1.2 倍~1.8 倍，厚度应为横径之 1/2 以上，如无特别注明，石材的大小即以长径为代表。</p>

砌石材料常用品种与规格表

表 5-2

序号	石材	长径尺度	用途
1	卵石	15cm 以下	基础、坡面铺石
2	块石	$15\text{cm} \leq \Psi \leq 40\text{cm}$	坡面干砌石，混凝土砌石
3	大块石	$41\text{cm} \leq \Psi \leq 80\text{cm}$	坡面铺石，基础填石
4	巨石	80cm 以上	坡面铺石，基础填石



注：  
 1.  $\gamma_s$  = 砌石单位体积重， $\gamma$  = 墙背回填材料单位体积重， $\phi$  = 回填材料的内摩擦角。  
 2. 基础型式应视整体构造和地质条件而定，可设计成砌石基础或比单粒砌石直径大的块石作砌石基础。



图 5-1 单阶干砌石护岸构造示意图

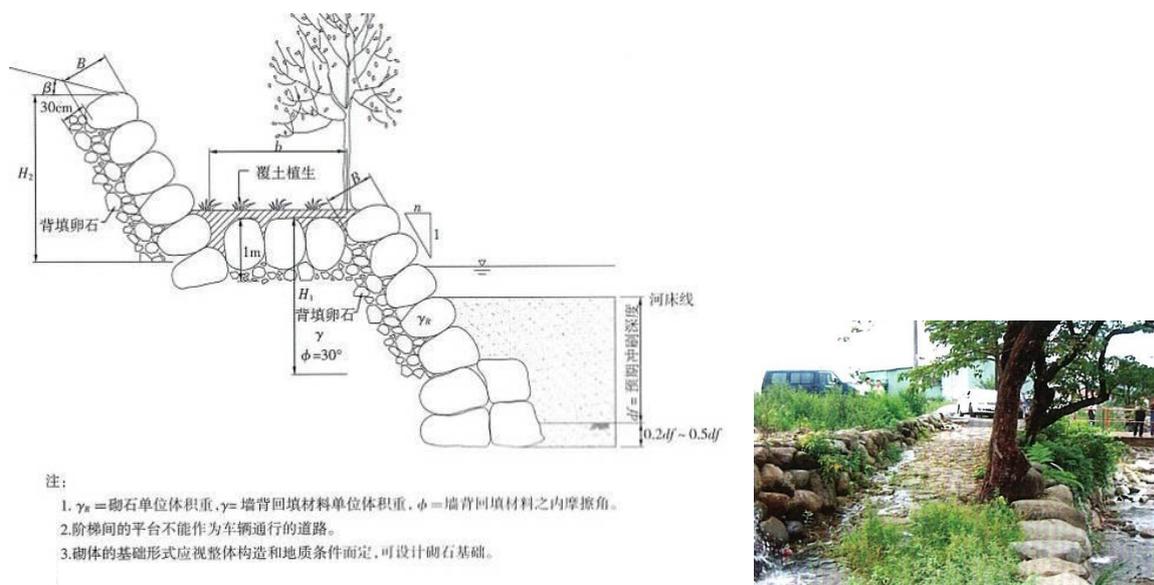


图 5-2 多阶干砌石护岸构造示意图

## 6 生态混凝土

生态混凝土块是采用特殊级配的混凝土骨料加低碱性水泥等制成的具有一定孔隙率的块体。

(1) 生态混凝土块可分为坡面植草的植物生长砖和砌筑挡墙的挡墙壁砖两种, 在满足结构耐久性的同时还需具备一定的孔隙率, 实现高透水性并为植物根系的生长提供足够的空间;

(2) 生态混凝土块临土侧宜设置反滤结构, 反滤结构不应影响植被生长;

(3) 生态混凝土挡墙常水位以下部分宜采用可作为鱼巢的挡墙壁砖, 便于鱼类及其他水生物栖息、繁衍;

(4) 生态混凝土挡墙基础宜设置混凝土条状基础; 当挡土高度较高时, 宜在墙后加设土工格栅加筋, 并确保土工格栅与挡墙连接牢固;

(5) 生态砖结构绿化宜放在春秋两季播种, 切忌夏季播种。

## 生态混凝土材料指标表

表 6-1

类别	项目	标准	备注
植物生长砖	孔隙率	$\geq 20\%$	植物根系能贯穿其中
	抗压强度	$\geq 6\text{Mpa}$	
	厚度	8cm~15cm	
挡墙壁砖	孔隙率	$\geq 12\%$	
	抗压强度	$\geq 10\text{Mpa}$	

注：挡墙壁砖的抗压强度应根据挡墙高度复核，10Mpa为最低要求。

植物生长砖首先要满足结构耐久性的要求，由于植物生长砖实际为多孔（又称无砂、干贫、大孔）混凝土，不同于普通混凝土结构，不适用现行的《混凝土结构耐久性设计规范》（GB/T50476），结合调研所得的厂家资料，建议采用抗压强度 6Mpa 为最小值。

植物生长砖应具备一定的孔隙率来实现高透水性并为植物根系的生长提供足够的空间，随着孔隙率的增大，其抗压强度一般会逐渐变小；结合调研所得的厂家资料，建议采用孔隙率 20%为最小值。

为使植物根系能贯穿砖体，扎根至底下的土体，需保证砖体空隙的连通，并且砖块厚度不能太厚；再者植物生长砖多采用同一级配的粗骨料制成，为保证其结构强度和完整性，必须有一定的厚度。结合调研所得的厂家资料，建议采用厚度 8cm~15cm。

挡墙壁砖指标确定与植物生长砖类似。考虑到挡墙结构需要较高的抗压强度，结合调研所得的厂家资料，建议采用抗压强度 10Mpa 为最小值，孔隙率 12%为最小值。



图 6-1 生态混凝土护坡图

### 7 开孔式混凝土砌块

(1) 开孔式混凝土砌块临土侧宜设置反滤结构，反滤结构不应影响植被生长；

(2) 砌块间宜采用联锁式、铰接式、水泥砂浆凹缝或其他方式连接，需保证结构稳定、安全；

(3) 常水位以下的砌块孔洞内宜填充碎石或种植水生植物，防止水土流失。常水位以上的砌块孔洞宜填充种植土，为植被创造生存条件；

(4) 开孔式混凝土砌块材料指标：

1) 开孔率 20%~40%

混凝土砌块作为河道护坡使用，在保证其护坡功能的前提下，应适当开孔以满足河道与护岸的水体交换、生物栖息、植物生长等功能。结合调研所得的厂家资料，建议采用开孔率为 20%~40%。

2) 强度等级不低于 C25

根据《混凝土结构设计规范》(GB50010)，对处于二类环境中的混凝土最低强度等级取 C25。

3) 厚度 $\geq 8\text{cm}$

为保证砌块的护坡功能，结合工程经验，砌块厚度不宜小于 8cm。



图 7-1 开孔式混凝土砌块图

### 8 自锁式生态护坡砌块

自锁式生态护坡砌块是具有卡锁结构、安装后整体连锁的实心混凝土块体。

（1）自锁式生态护坡砌块安装施工时宜采用离缝砌筑的干垒方式；

（2）自锁式生态护坡砌块具有的卡锁结构可限制砌块间的运动，安装砌筑形成护坡后，坡体会产生众多生态孔洞；

（3）自锁式生态护坡砌块的临土侧根据需要可以设置反滤结构，并同时能满足植物生长的需要；

（4）常水位以下的生态孔洞内应填充碎石或种植水生植物，防止水土流失；常水位之上的生态孔洞内宜填充种植土，并配套进行绿化。

#### 自锁式生态护坡砌块指标表

表 8-1

序号	项目	标准	备注
1	生态孔洞率	$\geq 30\%$	离缝砌筑安装形成生态孔洞
2	抗压强度	$\geq 20\text{Mpa}$	
3	厚度	$\geq 10\text{cm}$	



图 8-1 自锁式生态护坡砌块护岸图

## 9 生态护坡袋

袋体由致密聚丙烯（PP）等聚合物高分子材料长丝无纺土工织物制成，具有良好的孔隙度及透水不透土性能，装填土（种植土或当地开挖的泥土）后，土保持性能强，能有效防治坡面水流冲刷或降雨时溅蚀作用造成水土流失。生态袋对植被友善，植物可以从里面长出，也可以从表面扎根，起到“固根保土”作用。

（1）生态袋袋布宜具备保土性、透水性、防堵性的功能且具有一定的耐久性。

（2）生态袋表皮植被及土壤保护要求

生态袋表皮植被可通过混播（将单子叶植物种子预先放在生态袋内的方法）、插播、铺草皮及喷播等方法实现，但无论使用哪种方法，在生态袋施工后 3 个月内均要求植被覆盖率符合以下要求：

常水位以上： $\geq 99\%$

常水位以下 300mm 及挺水植被种植区： $\geq 50\%$

生态袋中植被生长验证标准：袋内植被（籽）需从生态袋中长出；袋表面铺设植被需扎根进入生态袋。

生态袋表皮植物宜充分考虑物种多样性，合理搭配草皮、花卉、藤本、矮灌木、乔木等不同类型的植物。

（3）生态袋堆叠施工要点

装土之前，宜对当地的土质、袋装土对植物的生长进行充分的调研，如土质成分不利于植物生长，可外购部分土，并注意砂土与粘土的混合配比。

各生态袋间均须以专用钉板连接，并分层用人工或机械夯实，其夯实度为 0.85～

0.90 或根据现场试验确定。

除基础层装入砾石或级配碎石粒径为 2cm~5cm，其余生态袋装填土要求有利于植物生长及有良好的透水性。当为粘性土时需先敲碎后装袋。若填土确需掺化肥时，应严格控制化肥掺量，使其不影响河道水质。装填土尽量满足最优含水量要求。

基础层应做 5% 的倒坡抗滑，顶层生态袋上则使用粘土夯压，做出 5% 的顺坡以利排水。

基础层施作时与基础可靠连接或扦插锚筋，以避免滑动。

### 生态袋指标表

表 9-1

项目		标准	备注
保土性		$0_{95} \leq B_{d_{95}}$	
透水性		$K_g \geq AK_s$	
防堵性		$GR \leq 3$	
纵横向断裂强度		8kN/m	
纵横向撕破强力		$\geq 0.22kN$	
抗老化 指标	(1) 抗紫外线（强度保持）%（h）	>95（150）	荧光紫外试验
	(2) （强度保持）%（h）	>75（500）	氙弧辐射试验
说明		必须同时满足	

注：1、表中符号意义详见相关规范；  
 2、当坡比较陡峭，生态袋所构筑的挡墙结构需通过生态袋布起加筋作用才能稳定时，应根据力学计算，对袋布的标称断裂强度做出要求，对小变形时（如10%延长率）的抗拉强度做出规定，具体需根据实际结构进行分析；  
 3、袋布选用时仍需考虑“CBR顶破强度”及“纵横向断裂伸长率”等指标，应根据使用的条件、目标、堆叠坡度及高度等实际情况确定其具体标准。



图 9-1 生态护坡袋图



图 9-2 生态袋边坡防护图

### 10 三维网垫生态护坡

采用一种三维水土保持毯，由不可降解的聚酰胺单丝纤维制成，孔隙率超过 95%。它能加固土壤，为植物生长提供额外的加筋，与土壤、植被之间形成一个近自然的生态体系。

#### （1）三维植物网垫分类

三维植物网垫标准型由完全开孔的聚酰胺单丝纤维制成。它的型号包括厚度为 9mm、10mm、18mm、20mm 的几种产品，孔隙率超过 95%。越厚的三维植物网垫适用于荷载越高的环境。反之，低荷载情况使用更薄的三维植物网垫。

这类型的三维植物网垫适用于需要被保护的植被区域，用来抵抗水土流失，它能够保证植被的稳固性，通常用于保护新建造的边坡和堤岸。

#### （2）三维植物网垫特质

- 1) 在植被很难生长或者无法生长的地区，刺激植被生长，为土壤提供保护；

2) 永久性植被加筋。它能为植被提供加筋，使得植被能承受一般植物无法承受的荷载。

### (3) 运输与保存

三维植物网垫成卷运输。推荐将三维植物网垫储存在它原有的包装中。如果要在室外存放，建议对三维植物网垫填充型进行覆盖，其他类型可不用覆盖，但是如果室外温度过高或室外放置时间过长，建议使用合适的覆盖处理。存料场的地面要平整，没有尖锐物体破坏三维植物网垫。对于三维植物网垫重量较大类型，不能叠放超过两层，需要更小心的机械搬运，以免发生破坏。

### (4) 搭接和连接

三维植物网垫在施工时的搭接和连接要特别注意，避免工程土壤随时间发生松动。如果连接时存在软弱节点和连接处，那么工程将无法承受波浪、潮汐和其他荷载的攻击。当三维植物网垫承受单向流水时，搭接方向应当和流水方向一致，如遇到涡流，三维植物网垫需要被认真锚固或用沥青粘合。

特别应当注意边缘的整齐和折叠，例如当工程边缘的三维植物网垫被破坏时，破坏处会诱发更严重的水土流失和塌方，这种破坏点应当立即修复。工程边缘仔细的用铆钉，挖渠或沙土碎石层填筑。



图 10-1 三维网垫生态护坡图

## 11 天然麻椰固土毯

(1) 麻椰固土毯基材皆为天然纤维，麻、椰纤维本身具有保水度高、透气性好的功能，因在种植时不需施放农药和杀虫剂，属于天然的绿色环保纤维。并有可生物降解的特性，麻椰固土毯直接埋入土壤中 3 年~5 年后上层的椰毯可逐渐降解为腐质，降解后的腐质可增加土中微生物营养，改善土质使泥土活化，一方面符合生态环保要求，又能改善土壤成分利于植物生长；此时虽上层椰毯已经降解，但仍有底层麻网起到固土作用，底层麻网的固土期可达到 8 年~10 年；

(2) 在工程完工初期，起到保护边坡土壤，不受雨水冲蚀，而后因其有充足空隙可让土壤渗入其中，达到土壤与材料完全结合，形成一天然的地表坡面保护层，具有很强的控制水土流失的能力；

(3) 天然植物纤维具有保水特性，一般正常状况下能保存 20%~25% 之灌溉水分，加强植物生成之有利条件。尤其在缺水地区更适用。节省水资源之浪费及减少人工劳务费用；

(4) 可有效降低扬尘，并且防止土壤土质的沙漠化；

(5) 施工铺设方便，结合处可用植物扦插，更能加强绿化效果。



(a) 正面

(b) 背面

图 11-1 天然麻椰固土毯图



图 11-2 天然麻椰固土毯工程与实例图

### 12 机织有纺土石笼袋

机织有纺土石笼是镀锌铅丝石笼内部，衬以透水织物（机织土石笼袋）。可藉由机械就地取材，填放泥土、沙土、砾石或天然级配，快速形成挡水结构体。该机织有纺土石笼袋需具有足够的高抗拉强度、抗穿刺力、抗老化及耐冻性能等特性。机织有纺土石笼的具体特点如下：

（1）用于城市行洪河道，起到稳固堤防、保护边坡、防止土壤流失的作用，在生态工法里唯一具有结构性的护岸治理，有极强的抗冲刷能力；

（2）用于水流湍急的河段坡岸及河道内汀、洲、岛的保护，完工后主体覆土后可以直接绿美化植生；

（3）可藉由机械施工缩短工期，就地取材，填放现状泥土、沙土、砾石或天然级配，快速形成柔性结构的坚固重力挡土墙或护岸；

（4）该机织有纺土石笼袋具有高抗拉强度、抗穿刺力、抗冻、抗老化等特殊性能；

（5）在台湾公共工程委员会已列为护岸治理工程的标准工法之一，并在北京历年来的河道整治项目中取得了优异的验证。



图 12-1 机织有纺土石笼袋工程运用实例图

### 13 木质材料护岸

采用木材或利用河湖沿岸林中已死的木材进行换，既符合生态环境要求，又能起到保护、加固的作用。同时，木质护岸在某些情况下还具有良好的排水功能。常见的乔灌木均可用护岸，采用的方式有木桩护底、柴捆和木板护坡等。

木桩护岸分为单排木桩、双排木桩和多排木桩；按其构造又分为一般木排桩护岸、木桩编栅护岸、植桩护岸等。木料规格尺寸应符合设计要求，护岸使用的木桩入水前应进行防腐处理。

木桩的入水深度不应小于桩身长度的 50%。打桩时，通常应从河岸两侧向外侧进行，木桩打入角度应与地面基本垂直。如果是多排多层木桩护岸，那么每阶木桩高度应控制在 1m 内，层阶间回填土后可植草皮或种乔灌木。

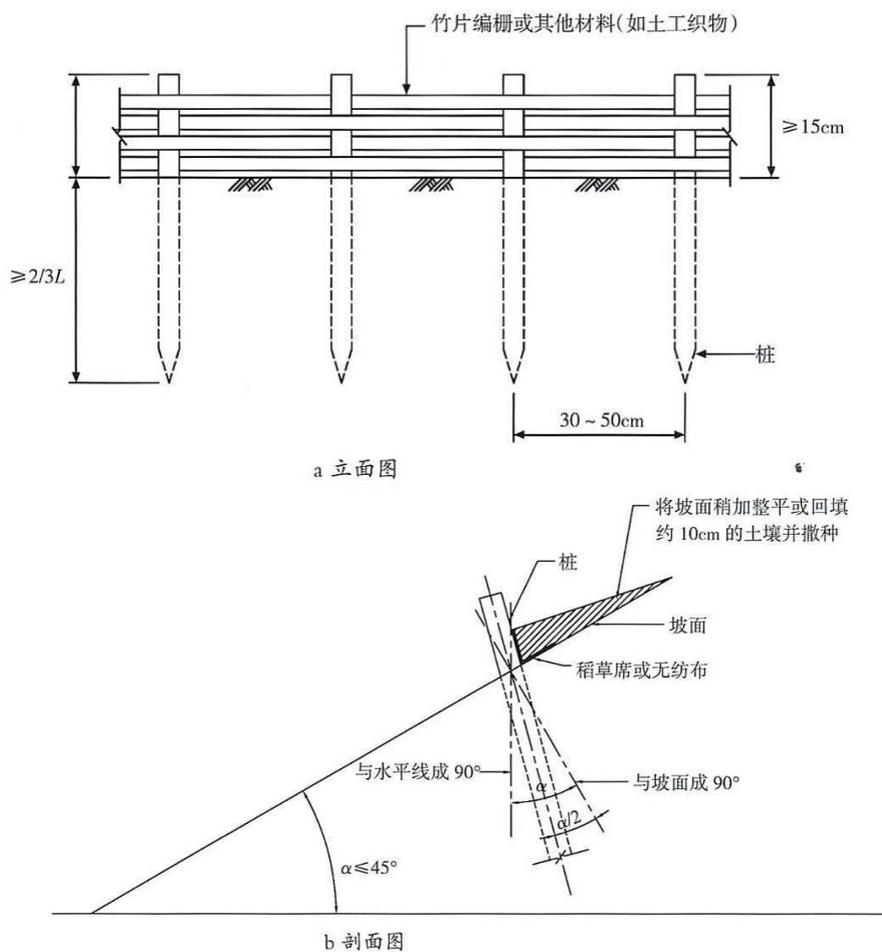
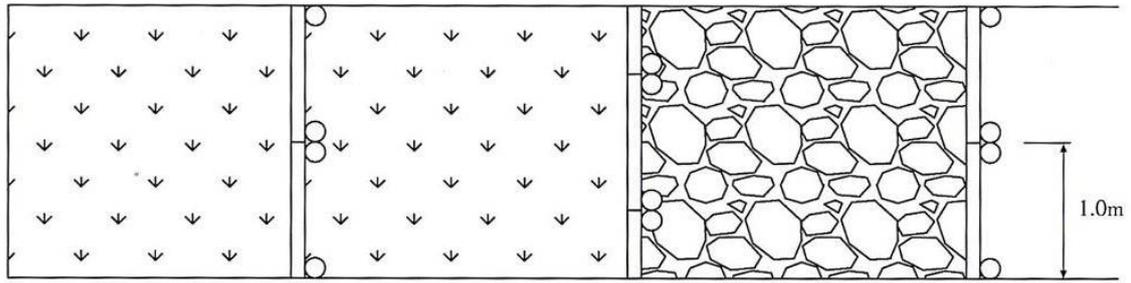
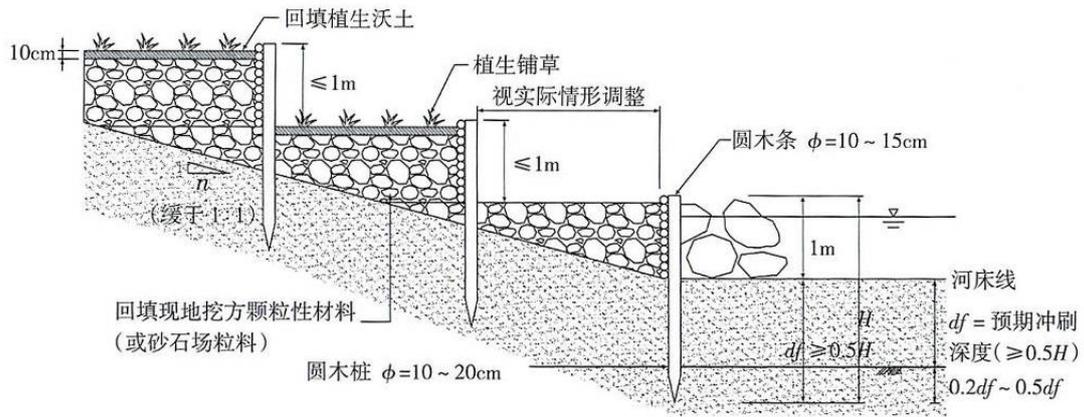


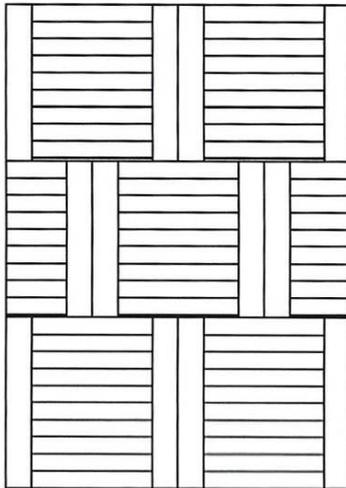
图 13-1 上部带边栅的木桩护岸图



a 平面图



b 木桩护岸断面图

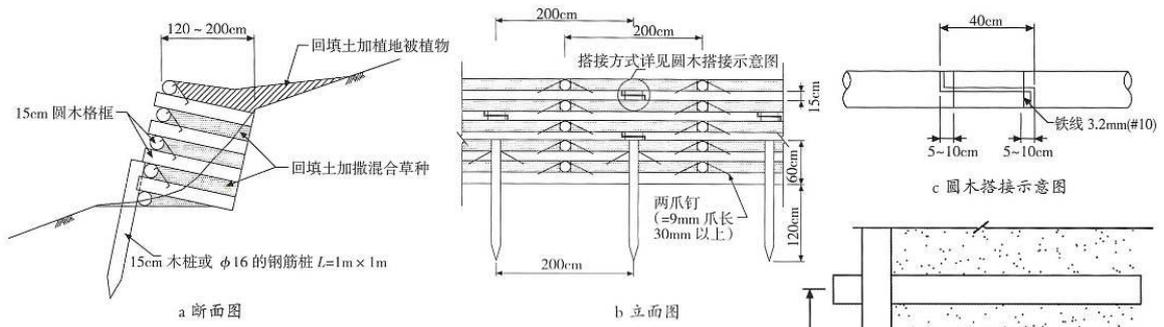


c 立面图



d 护岸效果

图 13-2 木桩护岸断面和多阶木排桩护岸图



14 植桩护坡

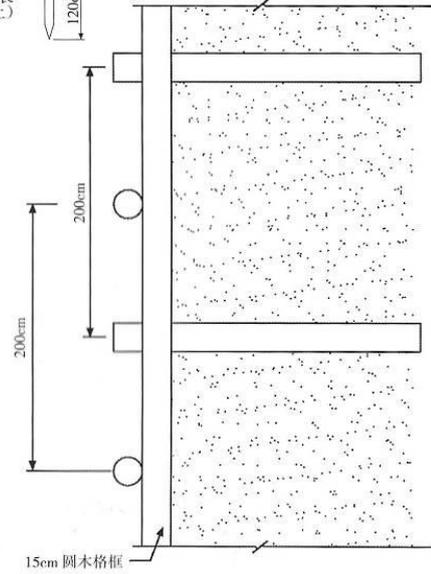
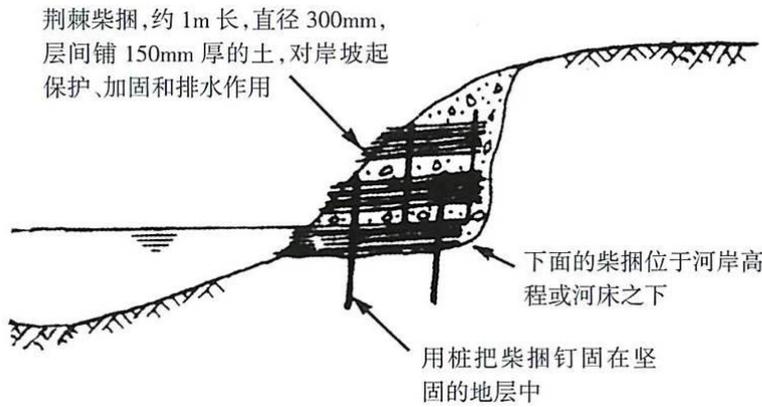


图 13-3 植桩护坡图



使用环境

- ①水平位置 岸坡的下部和中部
- ②冲刷 软弱
- ③土质 软弱土

图 13-4 用荆棘柴捆护岸图

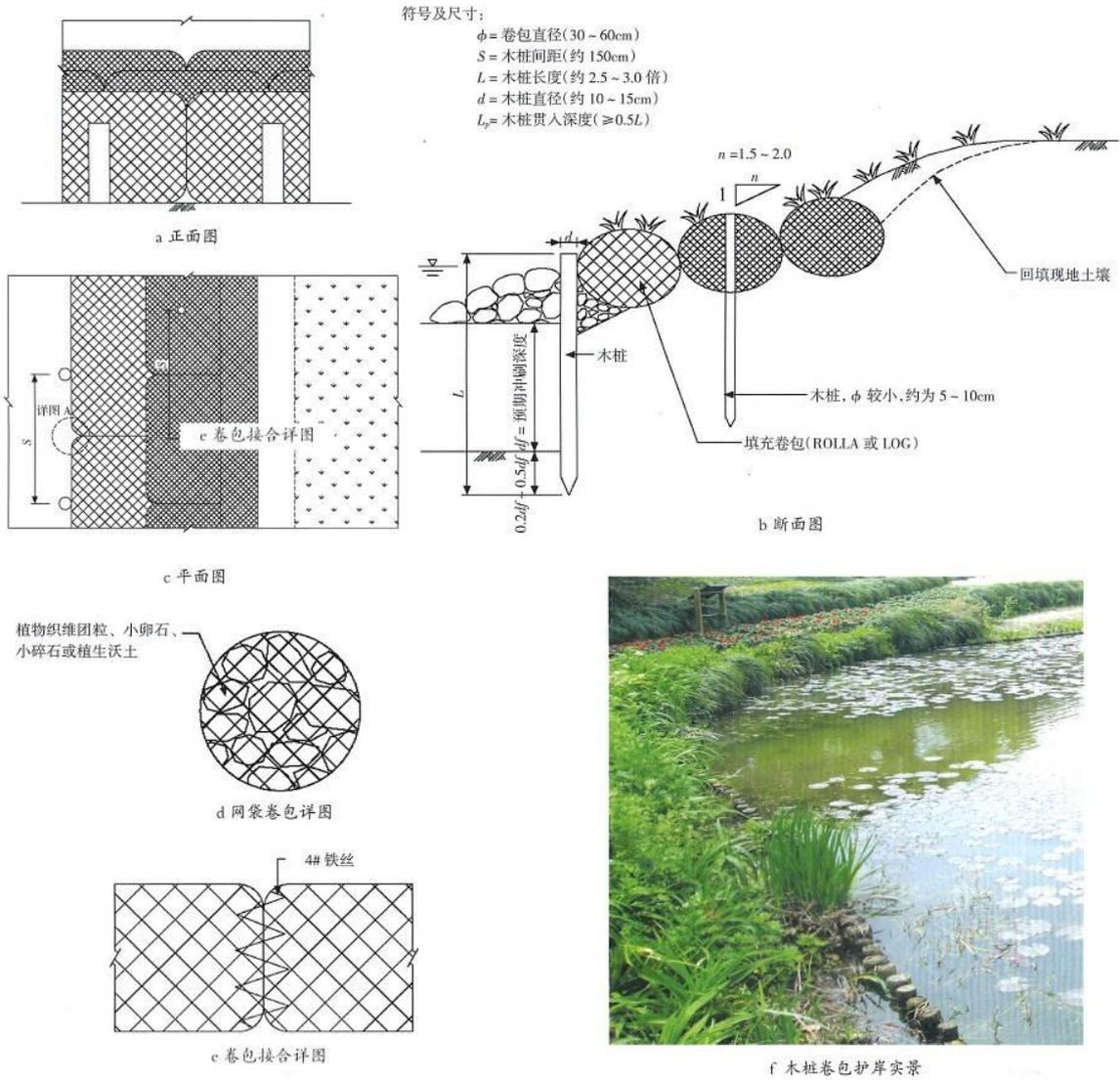


图 13-5 木桩卷包护岸图

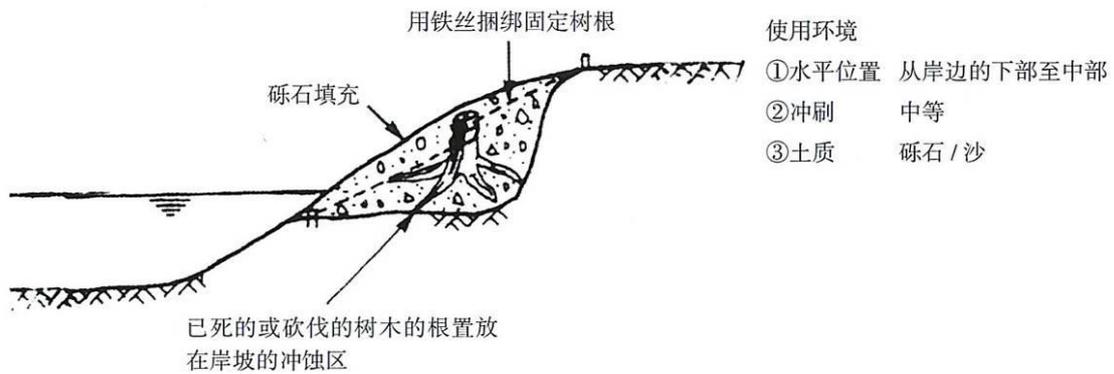


图 13-6 用树根防冲刷护岸图

#### 14 草花及草皮护岸

草花和草皮对堤坡的保护作用，主要是由于植草之间的相互交叠，形成一种类似屋顶瓦片的结构。植生土坡控制土坡坡比，坡比一般不小于 1: 2.5。

草的工程作用可通过土工织物或格型混凝土块的加固，构成一种复合保护而得到增强。用土工织物加固后，草的抗冲能力可以提高，主要有以下方法：

(1) 二维编织织物和栅网；

(2) 三维开孔合成物护面，铺设后用表土层填充；

(3) 三维合成物面层，在铺设前用沥青粘结的砾石填充，同时还可利用格形混凝土加固，主要方法有：a、非捆扎的咬合混凝土预制块，每块单独铺设；b、缆索捆绑咬合混凝土预制块，岸柔性沉排方式铺设；c、用现浇钢筋混凝土板，岸标准单件制作。

混凝土和土工织物加固材料都能有效地延伸到平均水位以下的保护系统，虽然对两区之间的过渡带需要作出详细设计。

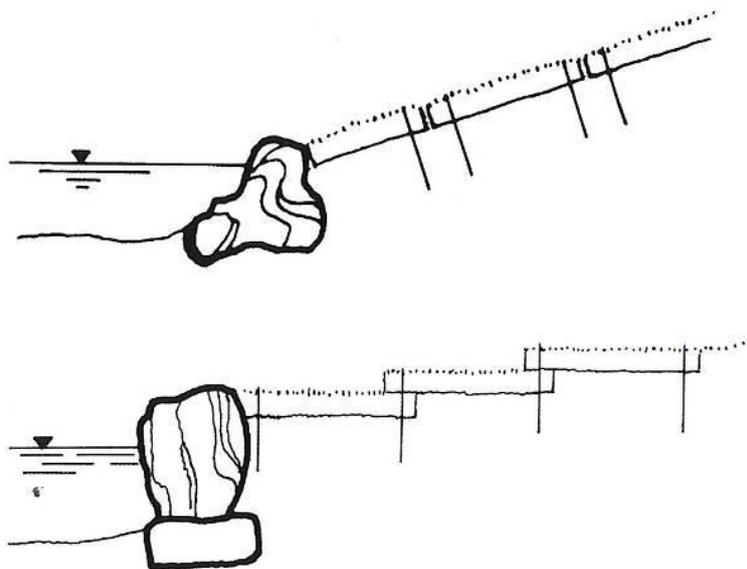


图 14-1 岸坡草皮铺法示意图

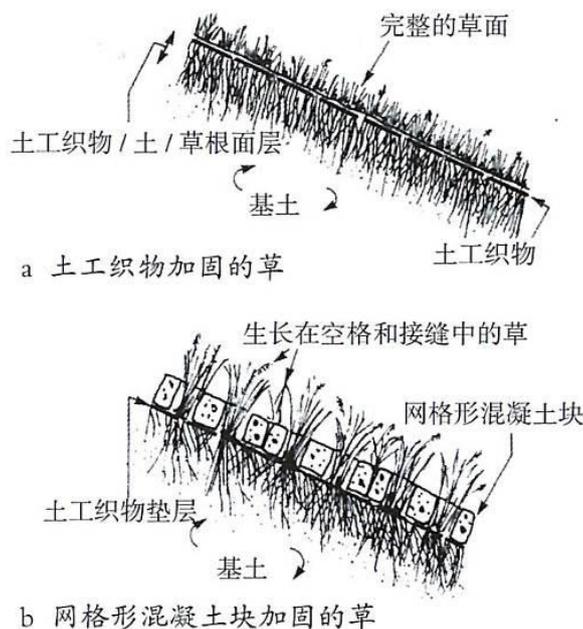


图 14-2 用土工织物及网格形混凝土块加固的草皮护坡图

### 15 抗冲生物毯

抗冲生物毯是一种“复合纤维织物”与“多样化草种”等配套养护材料一体化的新型生态护坡、水土保持产品；一般铺设于河道护坡等驳岸边坡上，以控制水力侵蚀、土壤流失，同时达到边坡生态修复、景观绿化的功效，还河道于自然。抗冲生物毯主要特征如下：

- (1) 施工简便、速度快；
- (2) 施工后较快实现绿化效果；
- (3) 由于草和复合纤维织物成一体化，对于成活前短暂的涨水具有一定程度的耐流性；
- (4) 复合纤维织物是从坡顶到坡脚的连续构造，两端被固定，对流水的抵抗性大。

抗冲生物毯施工时注意事项如下：

- (1) 土质确定，一定要调查确认施工土质是否适合植物生长，土质不能是岩石、碎石、砂土或重粘土；
- (2) 施工时间最好选择月平均气温持续在 10℃～15℃ 的月份；

- (3) 施工完成后，在植被完全覆盖前不要在上面走动；
- (4) 覆土厚度在 1cm~2cm，可以是壤土（最佳）或是砂土；
- (5) 根据现场实际情况，进行必要的维护管理。



图 15-1 抗冲生物毯图



图 15-2 河道抗冲生物毯护坡图

## 16 生态格网

格网是构筑生态格网系统的主要元素，将抗腐蚀、耐磨损、高强度的低碳热镀锌钢丝、铝锌混合稀土合金镀层钢丝，包覆 PVC 或经高抗腐处理的以上同质钢丝，采用机械铰合编织成的六铰状、六边形网孔的网片结构。生态格网结构由格网组装成的箱体内填充符合要求的块体材料而形成的柔性结构。

生态格网材料应符合国家现行有关标准的要求或具有型式试验报告。

填充材料可采用天然块石、卵石、废旧混凝土块或者其他特定生态功能的产品等；选择块石、卵石或混凝土块作为填充材料时，填料应具有耐久性好、不易碎、

无风化迹象，填料的中值粒径宜介于 1.5D~2.0D 之间，不在外表面的填料可有 15% 的超出该范围；填充料宜进行级配实验分析，级配应合理，填充后生态格网结构的空隙率应小于 30%；选择其他特定生态功能的产品作为填充材料时，其性能应满足结构体的功能性要求。

生态格网结构可分为固滨挡墙、加筋固滨挡墙和绿滨护坡等，固滨笼和加筋固滨笼适用于河道护岸、护脚和挡土墙等；生态格网绿滨垫适用于河岸护坡，也可用于土石坝上、下游护坡，但应铺设于稳定的边坡之上。

生态格网结构设计详见《生态格网结构技术规程》（中国工程建设协会标准 CECS353:2013）。

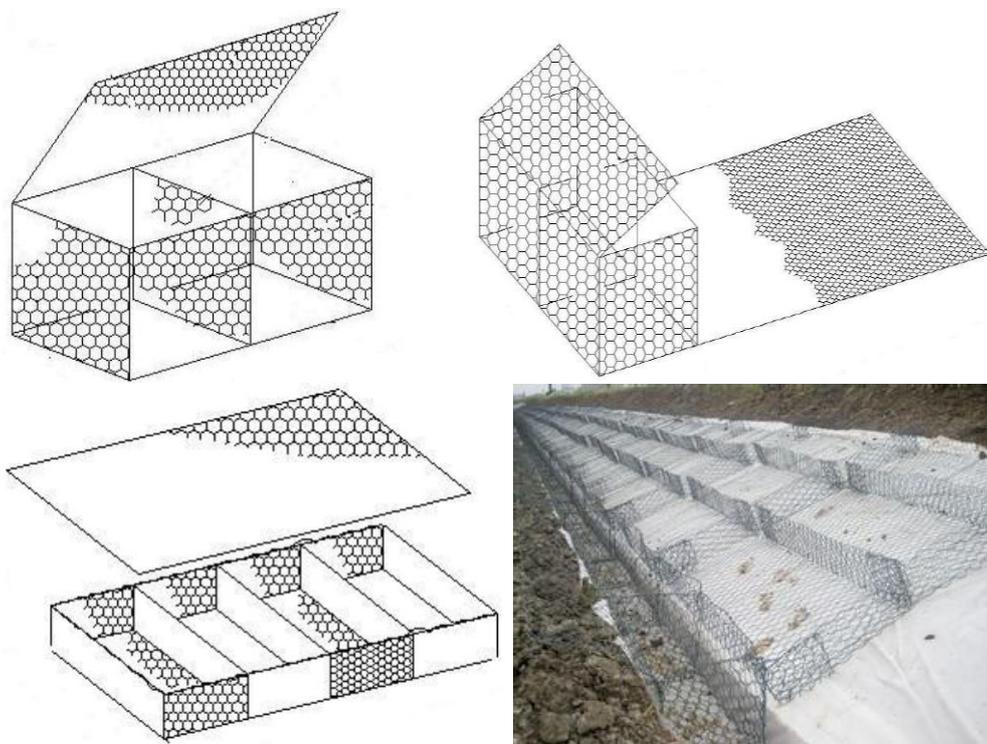


图 16-1 生态格网结构图

### 17 自嵌式植生型挡土墙（鱼巢砖）

自嵌式挡土墙是在干垒挡土墙的基础上开发的另一种结构。这种结构是一种新型的拟重力式结构，它主要依靠挡土块块体、填土通过加筋带连接构成的复合体自重来抵抗动静荷载，达到稳定的作用；并且墙体为开放式柔性结构，对小规模沉降及水位骤降有良好的适应性。自嵌式挡土墙分为自嵌式植生挡土块（鱼巢砖）和景观挡土块。

自嵌式植生型挡土墙（鱼巢砖）特点：

（1）改善后的内孔造型为水生植物提供了良好的生长空间，为净化水质创造了条件；

（2）块体间的空隙和生长起来的植物体系将形成天然的鱼巢，加强了水体的生态平衡；

（3）块体本身、植物体系、鱼虾生态共同组建的景观效果将更加明显；

（4）渗透性的挡墙体，可以充分保证河岸与河流水体之间的水分交换和调节功能同时具有一定的抗洪强度。

自嵌式植生型挡土墙（鱼巢砖）相关技术参数：

产品规格：400mm×305mm×150mm

重 量：24kg

抗压强度： $\geq 10\text{Mpa}$

单块最小值： $\geq 8\text{Mpa}$

最大吸水率： $\leq 7\%$ ，符合国家 ASTM C90 标准

抗冻强度损失： $\leq 20\%$ ，质量损失： $\leq 5\%$ ，符合国家 ASTM C666 标准

空隙率： $\geq 25\%$ ，符合国家普通混凝土小型空心砌块标准。

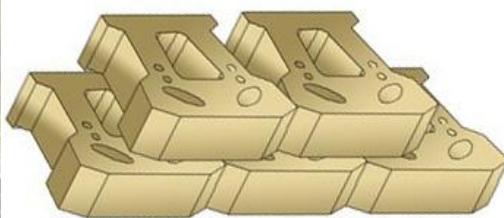


图 17-1 自嵌式植生型挡土墙（鱼巢砖）图

## 18 新型生态护岸材料的应用

新型生态型护岸材料，在满足相关规范要求、生态护岸稳定安全和维持生境连续性要求的前提下，需在国内外有规模化成功应用的案例，方可在福建省生态水系修复工程中示范应用，首次示范河段长度不宜超过 500m。示范工程经鉴定满足生态功能、相关质量及验收要求后，新型生态护岸材料方可规模化应用。