

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

# 团 体 标 准

T/EERT XXXX—2023

## 河流水生态系统保护修复技术规范

Technical guide for rivers ecological environment protection and restoration

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 实施

浙江省生态与环境修复技术协会 发布

# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 总体原则 .....	3
5 总体要求与技术流程 .....	3
6 河道生境多样性保护修复技术 .....	6
7 河道生态流量保障和水动力调控技术 .....	8
8 河道基底修复技术 .....	10
9 河道水质原位强化净化技术 .....	11
10 河流生物多样性恢复技术 .....	13
11 面源污染滞留拦截净化技术 .....	15
12 工程实施 .....	19
13 水文化传承与营造 .....	20
14 工程运行维护 .....	20
附录 A（资料性） 常见生态湿地构建 .....	22
参考文献 .....	24



# 河流水生态系统保护修复技术规范

## 1 范围

本文件规定了河道治理修复的术语与定义、总体要求与技术流程、河道生境多样性保护修复、河道生态流量保障与水动力调控、河道基底修复、河道水质原位强化净化、河道生物多样性恢复、面源污染滞留拦截净化等技术内容和要求，以及工程实施、运行维护等技术要求。

本文件适用于浙江省淡水水体中可涉水和不可涉水河道水生态保护修复工作，其他水体水质改善与生态保护修复可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准
- GB/T 18921 城市污水再生利用 景观环境用水水质
- GB/T 20203 管道输水灌溉工程技术规范
- GB/T 23486 城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质
- GB/T 35468 种植屋面用耐根穿刺防水卷材
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范
- GB 50286 堤防工程设计规范
- GB 50288 灌溉与排水工程设计标准
- GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范
- GB 50334 城镇污水处理厂工程质量验收规范
- GB 50400 建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范
- GB 50707 河道整治设计规范
- GB 55020 建筑给水排水与节水通用规范
- CJ/T 309 城镇污水处理厂污泥处置 农用泥质
- HJ/T 91 地表水和污水监测技术要求规范
- HJ 494 水质采样技术指导
- HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范
- JTJ 319 疏浚工程技术规范
- JGJ 155 种植屋面工程技术规范
- SC/T 9102.3 渔业生态环境监测规范 第3部分：淡水
- SL 18 渠道防渗工程技术规范
- SL 167 水库渔业资源调查规范
- SL 196 水文调查规范
- SL 257 水道观测规范
- SL 383 河道演变勘测调查规范
- SL 662 入河排污量统计技术规程
- SL 613 水资源保护规划编制规程
- SL 709 河湖生态保护与修复规划导则
- SL/T 4—2020 农田排水工程技术规范

SL/Z 712 河湖生态环境需水计算规范  
 DB11/T 1975 建筑垃圾再生产品应用技术规程  
 DB 33/T 614 浙江省河道建设规范  
 DB 33/ 973 浙江省农村生活污水处理设施水污染物排放标准  
 DB 33/T 891 浙江省污泥土地利用技术规范  
 DB 33/T 2329 农田面源污染控制氮磷生态拦截沟渠系统建设规范

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 河流生态系统 River ecosystems

指河流水体的生态系统，由生物和生境两部分组成，是包括河岸生态系统、水生态系统、相关湿地生态系统的复合生态系统，具有栖息地功能、生态服务功能、源汇功能等多种功能，其水域空间和水、陆生物群落交错带是水生等生物群落的重要生境。

#### 3.2

##### 河岸生态系统 Riparian ecosystems

河岸生态系统是河流生态系统与陆地生态系统两者间进行物质、能量、信息交换的生态过渡带，具有径流过滤、稳定土壤、水温调节、提供动植物生长繁衍场所等生态系统服务功能。

#### 3.3

##### 水生态保护修复 Restoration and protection of aquatic ecosystems

是指通过生物、生态及工程和管理的手段，使受污染的河流生态系统结构、功能和生态潜力恢复到受污染前的状态或某种合适的状态，并维持河流物理、化学和生态的整体状态，不再受污染或继续恶化。

#### 3.4

##### 生境多样性 Habitat diversity

是指容纳各种生物的各类生境的总体丰富性量度，生境异质性使得生物多样性增加。

#### 3.5

##### 生态缓冲带 Ecological buffer zone

是陆地生态系统与河流水域生态系统之间的连接带和过渡区，包括从河流多年平均最低水位线向陆域延伸一定距离的空间范围，具有拦截面源污染、维持流域生态系统完整、稳固河道堤岸等重要功能。

#### 3.6

##### 生态流量 Ecological flow

为维持河流基本形态和生态功能、防止河道断流、避免河流生态系统功能遭受无法恢复的破坏的河道所需最小流量。

#### 3.7

##### 非常规水补水 Hydration by unconventional water resources

利用污水处理厂尾水及其再生水、经净化处理的弃流雨水等非传统水源，通过导流、引配水工程，持续或间歇为河道补水，调控水动力，改善水体自净能力，保育恢复水生态的行为。

#### 3.8

##### 水生态系统连通 Connection of the aquatic ecosystems

通过建设必要的物理连通设施、循环活水措施，打通水域、岸线及农田生态空间的机理脉络，形成营养物质循环、梯度净化、生态增效与修复保育体系。

#### 3.9

##### 基底修复 Basement restoration

对植物扎根的基础和营养源，微生物和底栖生物的附着介质和栖息场所等水域范围内的环境修复。

#### 3.10

##### 湿地系统生态调控 Ecological regulation of wetland ecosystems

利用河道两侧滨水带或河滩地、断头河、河漾、低洼沼泽地等相对开放水域，模拟自然湿地的结构和功能，通过地貌生境改造、植被修复重建、集布水优化等措施，构建人工湿地或改造提升天然库-塘-漾-沟-渠等天然湿地系统，提升河道及湿地系统生态功能。

### 3.11

#### 水下森林构建 Establishment of underwater forests

以沉水植物为优势建群种，发挥吸收营养物质、增加水体溶氧和富集悬浮物的作用，同时其茎叶为微生物提供附着场所的水生态修复技术。

### 3.12

#### 生物操纵 Biomanipulation

通过一系列对生物及其生境进行操纵的水体生物群落管理来减少藻类(特别是蓝藻)生物量的方式。

### 3.13

#### 生态拦截沟渠系统 Channel system of ecological interception

对农田排水沟渠进行生态化改造，在沟渠内和农田排水口处设置小微生态环境保护设施，并构建生境适宜的植物群落，净化农田退水中氮、磷等营养盐，结合周边河浜库塘，实现对农田退水的减排和利用。

### 3.14

#### 小微封闭水域修复增效 Restoration and synergy of small enclosed water

利用断头河浜、坑塘池塘、沼泽湿地进行修复增效、生态化改造和水路沟通。

### 3.15

#### 退水导流和河漫滩协同净化 Synergistic purification of receding water diversion and floodplain

在农田排水沟渠基础上增设汇水导流、倒虹吸等设施，将农田退水（包括村落污水处理终端尾水）汇入河漫滩，利用生态化改造后的河漫滩进行净化。

### 3.16

#### 初期雨水截流储存 Interception and store of initial rainwater

在城市排水系统的末端，通过设置截流、收集及蓄存等设施，将雨水系统中弃流的初期雨水以及合流制中超过截留倍数的溢流雨污水进行收集储存。

### 3.17

#### 生态水位 Ecological water level

为维持河湖基本形态和生态功能、防止河湖干枯、避免河湖水生态系统功能遭受无法恢复的破坏的最低水位。

### 3.18

#### 水环境承载能力 Bearing capacity of water environment

在一定的水域其水体可被继续使用并保持良好生态系统时，所能容纳污染物的最大能力。

## 4 总体原则

**4.1 尊重自然，生态优先。**坚持尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，坚持生态优先、保护优先，坚持自然恢复为主、人工修复为辅，采用基于自然的生态材料、技术和工法，修复河道受损生境，提升河道生态系统健康水平，增加碳汇功能，促进碳达峰碳中和。

**4.2 依法实施，多规衔接。**在符合国家法律、法规、政策、技术标准等有关规定，与永久基本农田、生态保护红线、“三线一单”、城市蓝线等空间管控区域相衔接的基础上，合理确定河道治理修复空间范围、工程布局和技术解决方案。

**4.3 科技引领，经济适用。**各项措施应全面考虑河道水系水文、地貌形态、污染特征、水质特征、空间格局、功能需求等多要素，确定科学合理的解决方案，避免生态问题解决方案过度景观化。

**4.4 突出重点，目标可达。**坚持问题与目标导向，应在全面调查分析和问题识别诊断基础上，平衡河道生态修复与经济社会发展，提升生态价值；合理确立治理目标，兼顾前瞻性和目标可达性。

## 5 总体要求与技术流程

### 5.1 总体要求

- 5.1.1 应以主体功能区区划、国土空间规划等相关规划或上位规划为依据，从流域、水系、廊道、河段、场地等尺度编制河流水生态系统保护修复技术方案。
- 5.1.2 协调河道形态多样性维持与河道防洪排涝、航运、水资源开发利用等功能需求的关系，在保证安全稳定的前提下，尽可能体现和恢复河道平面、断面形态的自然属性。
- 5.1.3 应考虑河流水生态系统结构及功能的整体改善和恢复的因素，以河流水生态系统恢复到较为自然的状态，保证河流水生态系统具有可持续性，提高生态系统价值和生物多样性为目标，开展流域河流水生态系统保护修复规划。
- 5.1.4 结合流域或区域特点，统筹考虑区域关系，根据河道水生态保护修复需求，分类型、分区域、分河段进行工程的总体布局设计，合理安排生境多样性保护修复、生态流量保障、基底修复、水质净化、生物多样性恢复、污染源治理、生态环境监测与综合管理等工程和非工程措施。
- 5.1.5 河流水生态保护修复应在污染源控制基础上开展，综合运用过程阻断、末端治理、循环利用等水环境调控措施，从维护河流水生态系统完整性角度，合理确定河流水生态保护修复技术工程方案。
- 5.1.6 采取适度人工干预和保护措施，恢复适宜生物群落生长的河流地貌特征、水文要素，丰富河流的生境多样性，并恢复乡土物种，特别是保护濒危、珍稀和特有生物物种，进而改善河流水生态系统的结构和功能。

## 5.2 河道调查与问题诊断

### 5.2.1 河道调查

河道调查包括但不限于地貌与水工程调查、水文与水资源调查、基底调查、水质与污染源调查、生物调查等内容。

#### 5.2.1.1 地貌与水工程调查

地貌与水工程调查包括但不限于地貌单元特征、河床形态特征、堤岸形态特征及水工程建设情况等内容，应符合 GB 50707、SL 383 和 SL 257 的有关规定。

#### 5.2.1.2 水文与水资源调查

水文与水资源调查包括但不限于水系特征、气候要素和水文信息采集分析、泥沙测验和计算、水资源状况调查等内容，并应符合 SL 196 的有关规定。

#### 5.2.1.3 基底调查

基底调查包括但不限于底质类型和理化性质等内容，调查频次及点位应与水文、水质调查一致，并应符合 GB 15618 和 HJ 494 的有关规定。

#### 5.2.1.4 水质与污染源调查

水质与污染源调查包括但不限于河道水质状况、面源污染及潜在污染状况、入河排污口情况、主要污染物特征等内容，并进行污染负荷分析计算，并应符合 GB 3838、HJ 494 和 SL 662 的有关规定。

#### 5.2.1.5 生物调查

生物调查包括但不限于水生及河岸带生物分布、重要生物生存现状及栖息地、外来物种情况、水生生物保护措施等内容，应符合 SC/T 9102.3 的有关规定。

### 5.2.2 问题诊断

根据河道调查结果，综合评估河道整体健康状况，判定导致水质下降、生境受损、生态功能退化的污染来源、关键因素和生态胁迫因子，作为河流水生态系统保护修复的依据。

## 5.3 修复模式选择

5.3.1 根据河道生态地位、生境受损程度、生态胁迫因子、生态保护修复目标等，分类采取保护保育、自然恢复、辅助再生或生态重建为主的保护修复技术模式。具体见表 1。

5.3.2 当城镇河网水质与所属水功能区水质目标偏差较大时，应优先考虑截污纳管和污水处理厂扩容升级；当城镇河网水质不稳定、易反弹时，应优先考虑城市面源污染治理和采用水体自净能力提升措施；

5.3.3 当乡村河网与所属水功能区水质目标偏差较大时，应重点考虑农田退水污染治理和农村生活污染治理。

表 1 修复技术模式与举措分类

分类特征	修复技术模式	修复措施
连接饮用水水源地或珍稀濒危物种赖以生存的栖息环境	保护保育	建设生态缓冲带、保障生态流量
因水质不稳定、物理生境轻度受损，但恢复力较强	自然恢复	消除生态胁迫因子、修复破损生境、加强空间管控、禁止捕捞和围网养殖
污染较为严重、物理生境中度受损导致生物多样性显现明显下降趋势	辅助再生	控制点面源污染、修复地貌形态多样性、保障生态基流和调控水动力等中小强度的人工辅助修复措施
因污染严重、物理生境严重受损导致生物多样性基本丧失	生态重建	在污染防治基础上，开展以生态重建为重点的工程和生物措施

## 5.4 河流分区分类

5.4.1 按照地貌类型，河道所属区域可分为浙北河网平原区、浙东滨海平原区、浙西山地丘陵区 and 浙西南山地区。

5.4.2 浙北河网平原区主要包括苕溪流域、运河流域、钱塘江流域、甬江流域，涉及杭州、湖州、嘉兴、绍兴、宁波地区。

5.4.3 浙东滨海平原区主要包括甬江流域、椒江流域，涉及宁波、台州地区。

5.4.4 浙西山地丘陵区主要包括钱塘江流域，涉及杭州、衢州、金华地区。

5.4.5 浙西南山地区主要包括瓯江流域、飞云江流域、椒江流域、鳌江流域，涉及丽水、台州、温州地区。

## 5.5 技术流程

河流水生态系统修复流程包括河道调查与问题诊断、确立工程技术方案、工程实施和工程运维。具体流程示意图见图1。



图 1 河流水生态保护修复技术流程图

## 6 河道生境多样性保护修复技术

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 应在土地利用条件许可的前提下，从平面形态、纵横断面形态、生态缓冲带、护岸生态治理、微生境改善等方面恢复河道生境多样性。
- 6.1.2 应维护河道自然形态，保护河流天然砂石、水草、江心洲（岛）、沙滩、护岸林等。保护多样水域生态空间与生态廊道，为生物营造良好生境。
- 6.1.3 遵循宜弯则弯、宜宽则宽的原则，保护与修复河流平面形态的蜿蜒性，保持河流深潭、浅滩、故道、江心洲、河滨带等自然河流多样性特征。
- 6.1.4 不同的河道平面形态，应在满足河道水利、航运等行业规划断面的基础上，充分考虑河道的生态保护需求，根据河道的水位、流量、流速、流态、泥沙等水文要素，确定河道的断面形式。
- 6.1.5 断面形态多样性修复以恢复由人类破坏或严重干扰过的河道断面形式的生态功能为目的，保持河道纵向和横向形态的多样性，增加栖息地多元性。

### 6.2 平面形态多样性保护修复

- 6.2.1 平面形态多样性保护修复应维持和修复堤线、岸线、深潭、浅滩、江心洲、跌水等自然形态。
- 6.2.2 应充分保护河道浅滩所具有的生境条件，当有利于形成稳定的河槽时，也可采取疏浚措施改善浅滩环境。
- 6.2.3 河网平原区和滨海平原区的河段平面形态以直线性或微弯型河道为主，顺直型河段应在分析浅滩演变规律的基础上，进行整治稳定现有河势，同时满足设计泄洪流量和航运相关要求。
- 6.2.4 山地丘陵区 and 山地区的河段平面形态的保护和修复，可通过设置人工堆石、构造物、深潭-浅滩序列等措施，恢复局部水流的蜿蜒特性；也可改变局部或整段河道的平面形状进行大尺度修复。
- 6.2.5 因人类活动干扰引起平面形态变化的河道，可采取复制法进行平面形态修复，并尽量修复成干扰前的河道蜿蜒模式。

### 6.3 断面形态多样性保护修复

#### 6.3.1 断面形态

河道断面形态可分为横断面形态和纵断面形态两大类，通常河道断面形态泛指横断面形态。横断面形态包括矩形断面、梯形断面、复合型断面。各横断面的具体适用范围见表 2。

表 2 不同横断面类型适用河道

断面类型	断面特征	适用河道
矩形断面	较难构建利于生态系统恢复的基底条件，不利于河道中的水生动植物的生长，生态亲和性相对较差	用地受较大制约的河道
梯形断面	可构建利于生态系统恢复的基底条件，因其边坡的单一和水深的制约，满足水生植物生长的基底相对较少，生态亲和性一般	用地有一定充裕的河道
复式断面	易构建利于生态系统恢复的基底条件，有利于河道中的水生动植物的生长，生态亲和性较好。	用地较为充裕的河道

#### 6.3.2 修复要求

- 6.3.2.1 横断面形态多样性修复宜采用复合断面及生态型岸坡防护结构，维持和恢复主河槽、河漫滩、过渡带等自然特征。
- 6.3.2.2 横断面设计应先确定河流平面形态，再确定河道的宽深比。
- 6.3.2.3 复合型断面设计应形成具有主河槽、河漫滩、过渡带等多种结构的横断面形态。
- 6.3.2.4 可结合河道纵向的基底特征，进行局部水下微地形的改造，设置局部砾石（抛石）河床、生态潜堤、人工鱼巢等落差减缓坡降，形成多样性的河床基底及流态，改善河道纵断面生境条件。

### 6.4 河道生态缓冲带保护修复

- 6.4.1 根据河道功能分区、径流分布及流量、污染负荷、地形条件等确定生态缓冲带宽度，并划定保护与修复范围。河道生态缓冲带示意图见图 2。

6.4.2 应在充分把握植物的生物学特性、生态习性及其污染净化等生态服务功能基础上进行植物筛选和群落配置。

6.4.3 需充分考虑到河道水文特点、岸坡防护材料与型构、土质等因素进行生境匹配性配置，以最大限度地修复和维持岸坡生态系统的稳定性。

6.4.4 应符合《河湖生态缓冲带保护修复技术指南》、《浙江省河流生态缓冲带划定与生态修复技术指南（试行）》的相关要求。

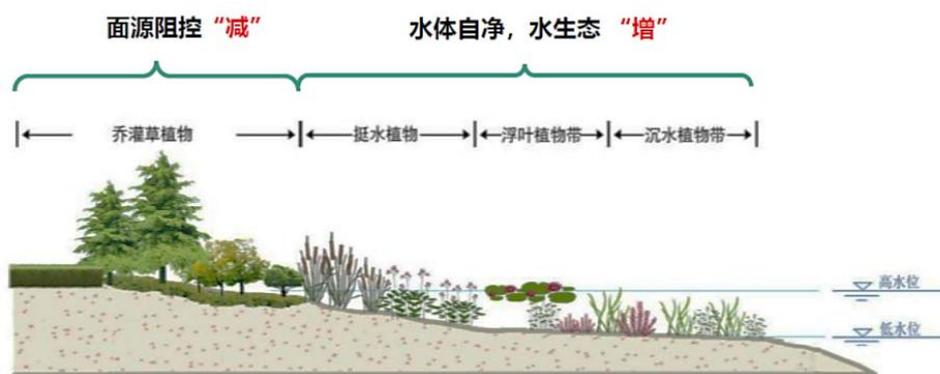


图2 典型河湖生态缓冲带构建示意图

## 6.5 河岸生态系统保护修复

6.5.1 河岸生态系统保护修复包括河岸带生物恢复与重建、生境恢复与重建、生态系统结构与功能恢复。

6.5.2 应合理分析河岸结构的整体稳定性和局部稳定性，并分析计算坡脚淘刷深度及范围，进行工程设计，设计可参照 GB 50286 的有关规定执行。

6.5.3 应充分发挥岸坡植被的生态功能和效应，并考虑植被地下部分生长对结构稳定性的影响以及地上部分的阻水效应。必要时进行植被根系生长、岸坡土体强度增强效果、植被糙率试验测试。

6.5.4 硬质化护岸应在不破坏原有结构框架基础上，采用增加植生层、坡面粗糙化处理与挂筋植被等生态技术进行生态化改造。

6.5.5 河道护岸断面型式宜尽量顺应河岸自然断面形态，不改变原有水体岸坡断面形态。可根据实际选择直立式、斜坡式、复合式等河道护岸断面型式类型，优先选择斜坡式断面。

6.5.6 生态护岸结构材料应选择既有利于岸坡的稳定防护，又有利于水体交换和岸滩地生物多样性恢复的材料。材料分为天然材料和人工材料两种，应优先选用具有多孔、透水、透气等生态特性的材料。多孔隙河岸结构设计示意图见图3。

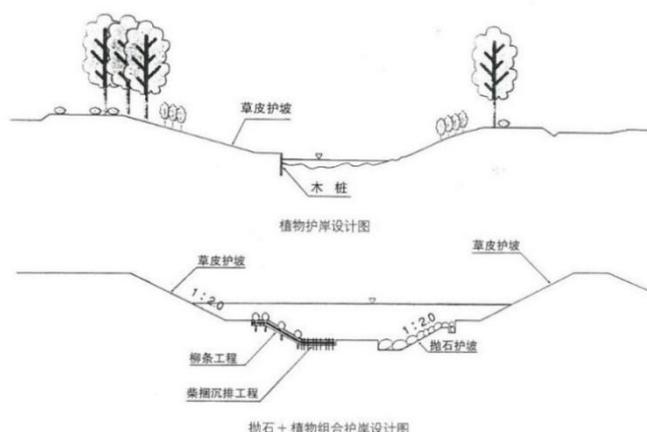


图3 多孔隙河岸结构设计示意图

## 6.6 河道内微生境改善

6.6.1 河道平面及断面确定后，在不影响断面过流的前提下，构建急流、缓流等水流条件，形成浅滩、深潭等多样化的生境条件。

6.6.2 微生境改善包括空间功能分区，产卵场、索饵场、越冬场（三场）、洄游通道、替代生境以及其他措施（如增殖放流）。

6.6.3 河道三场保护和恢复时应同时注重不同水生区域地形地貌、水深梯度、水生植物条件、物种生态学特征和生活习性、生境需求、人类活动等。

6.6.4 可通过支流生境替代干流生境，补偿性保护干流开发中受到影响的生物，达到干支流之间的平衡发展与保护。

6.6.5 深潭和浅滩的设计可结合导流装置、生态潜坝等小型结构物，河床抛石、人工鱼巢等进行。深潭与浅滩宜成对设计。每个河湾段或者 1km 以内的河道直线段宜配置一对，每对深潭、浅滩可按河宽的 3-10 倍距离来交替布置。河床深潭与浅滩设计示意图见图 4。

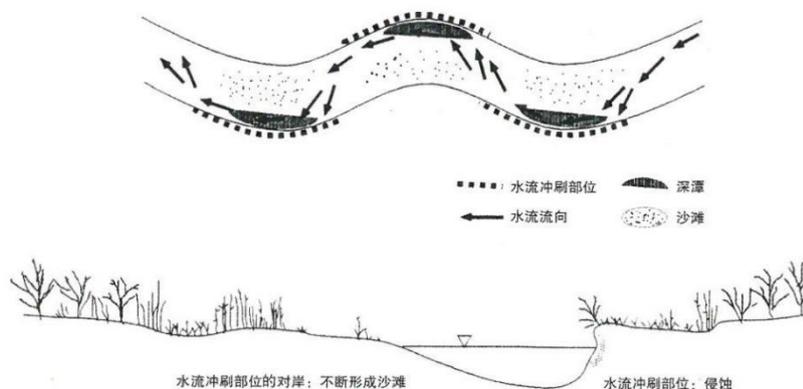


图 4 河床深潭与浅滩设计示意图

## 7 河道生态流量保障和水动力调控技术

### 7.1 一般规定

7.1.1 应根据河流自然状况、生态功能、保护需求和开发现状，确定生态流量保障目标。

7.1.2 应在流域水资源承载力分析、水资源优化配置的基础上，统筹经济社会发展和生态环境用水需求，并结合不同区域河道生态流量存在的问题及其成因，分区分类提出生态调度补水、非常规水补水等措施。

7.1.3 应根据不同流域或区域水资源条件及开发利用状况和潜力、水生态环境保护要求、水动力调控需求，统筹考虑水空间生态扩容蓄水、域内外引调水、域内非常规水利用、局部循环活水等生态调度补水方案。

7.1.4 应在充分挖掘节水潜力的基础上，结合海绵城市建设、水资源节约利用、城市内涝防治、城市面源污染治理、污水处理厂扩容提效、水生态环境保护修复等各项工程或规划建设任务，合理增加污水处理厂尾水再生水、海水淡化、雨洪水等非常规水源利用。

### 7.2 生态流量保障

7.2.1 生态流量的确定应满足河流生态保护对象用水需求。河流生态保护对象包括但不限于：

——基本生态保护对象：河流基本形态、基本栖息地、基本自净能力；

——特殊生态保护对象：保护要求明确的重要生态敏感区、水生生物多样性、输沙、河口压咸。

7.2.2 河道生态流量的核算方法包括水力学方法、水文学方法、栖息地模拟法、整体分析法等，应符合 SL 613、SL 709、SL/Z 712 的要求。

- 7.2.3 重要控制断面的生态流量可用流量、水量、水位、水面面积、天然净流量百分比等指标表示。
- 7.2.4 应根据生态调度补水对象的生态需水特征、受纳水体的自净能力及水功能区水质要求，综合考虑生态补水水量、水源、水质、时间、路径、工程投资等因素，编制生态调度补水工程方案。
- 7.2.5 下游河段生态流量确定应充分考虑鱼类生长繁殖、维持河流冲沙输沙能力、保持和提升河流自净能力、防止水体富营养化和河口咸潮入侵等需求。
- 7.2.6 应结合水环境及水生态变化趋势分析，筛选环境保护目标，明确生态流量控制断面，界定对水生态健康恢复产生重要影响的流量、水质、水体透明度等环境要素取值适宜区间，并以此作为生态调度补水的控制条件。
- 7.2.7 生态调度补水工程措施主要包括生态调水、中水回用、雨洪调蓄等。

### 7.3 生态调度补水

- 7.3.1 生态调度补水工程应不影响引水区经济社会和生态用水。
- 7.3.2 以下区域应优先考虑生态补水工程：  
山地丘陵区、山地区和丘陵区的关键河段尤其是面临着生态退化的敏感区或脆弱区河段。
- 7.3.3 以下区域可优先实施生态补水工程：  
——河网平原区和滨海平原区的主干河道及其重要支流或生态敏感区；  
——城镇建成区公园水体等重要景观河道；  
——对水文化保护传承起着重要载体作用的河湖；  
——对受城市面源污染影响较大的河道；  
——生态水量不足的河道；  
——水质易反弹的河道；  
——水生植被难以恢复或重建后易退化的河道。
- 7.3.4 河网平原区和滨海平原区生态调度补水应满足以下要求：  
a) 采用闸站群联合调度时，应综合考虑地区需求，突出主要目标，兼顾水质改善提升；  
b) 在满足防洪排涝安全和生活生产用水前提下，充分利用水闸、泵站、堰坝等水利设施；  
c) 结合水系汛期非汛期水情特点和补水对象生态敏感期需求，合理确定补水水量、补水时段，制定生态补水工程运行规程。
- 7.3.5 山地类型区采用闸坝工程进行生态调度补水，应满足以下要求：  
a) 应综合考虑生态环境保护、防洪除涝需要、经济社会发展现状趋势、工程技术经济性等因素。  
b) 非汛期应具备维持水系连通、改善水环境质量和提供鱼类洄游通道的功能。  
c) 需核算生态流量，确定调度模式、运行方式、闸坝下泄水量、下泄时间和下泄历时。  
d) 在满足生态流量的基础上，闸坝控制范围内河道流速宜大于 0.15 m/s，水深宜大于 0.3 m。
- 7.3.6 利用现有水系河道及农田灌溉排水沟渠进行生态补水调度应满足以下要求：  
a) 在保证农田灌溉排水沟渠基本功能下，可将灌溉排水沟渠扩容改造为生态调度补水工程，并合理规划疏浚开挖、闸涵配套工程改扩建等工程内容；  
b) 新开挖生态调度补水工程，应根据补水规模和方式确定工程规模、建设方法，同时采取生态衬砌和生态修复措施，避免渠化硬化。

### 7.4 非常规水补水

- 7.4.1 利用中水（污水处理厂尾水或其再生水）导流补水的中水水质应符合水功能区水质要求。
- 7.4.2 河网平原区和滨海平原区平原地区的非常规补水适用于城镇建成区生态基流不足、水位消长过快的河段以及重要景观河道，主要用途为水动力调控、防治水体富营养化、改善水质、恢复保育水下植被、营建清水生态景观等。
- 7.4.3 丘陵山地区和丘陵区非常规补水适用于城镇段河流河漫滩、河口湿地等一般滨水生态空间或生态缓冲带，主要用途为补水保育，增强生物多样性。
- 7.4.4 水资源相对短缺、地势低平、水体流动性普遍不足的平原地区，应将非常规水纳入城乡供排水规划，河网生态补水和水动力调控进行统一配置。

### 7.5 水系连通

- 7.5.1 水网密度较大、农田面源污染较为严重、地势平坦、水田面积大、灌溉排涝闸泵站密布的平原

区乡村河网通过水系连通对河道滨水区或生态缓冲带、农田生态沟渠、池塘坑塘、沼泽湿地等岸线和农田生态空间进行补水保育。

7.5.2 水系连通措施类型主要包括连通、疏导、引排、调度。

7.5.3 应根据水系格局、地形地貌、水资源、水环境及水生态特点，统筹考虑水系连通需求与可能性，确定工程规模，进行方案的经济技术比选。

7.5.4 充分利用农田水利基础设施，通过建设物理连通设施和间歇性循环活水措施，打通水域、岸线和农田生态空间。

7.5.5 农业生产区应配套建设导流设施，形成局部内循环、多级梯度净化、水岸统筹的田沟湿塘河生态增效与保育体系。

7.5.6 城市河道的水系连通应纳入城市水系规划，水系规划及连通性建设应符合 GB50513 相关要求。

## 8 河道基底修复技术

### 8.1 一般规定

8.1.1 河道基底修复主要是消除底泥（或沉积物）污染物的释放，同时应兼顾扩容增蓄、基底形态重塑（如微生物）、洪涝防御等需求。

8.1.2 当出现以下河道内源污染负荷或污染风险较大的情形，应进行清淤：

——底泥中污染物浓度超出其本底值 3 倍以上；

——底泥淤积严重，对蓄水净化、行洪排涝产生明显影响。

8.1.3 应编制河道清淤工程技术方案，明确监测评估、清淤方式、清淤量测算、淤泥处置利用方式、堆场和二次污染防治要求等技术内容。

8.1.4 应加强水土流失防治等源头治淤工作，降低频繁清淤对岸坡植被造成的破坏。

### 8.2 基底修复

#### 8.2.1 确定基底修复方案

8.2.1.1 应对河道基底污染源、污染状况、污染物特征、淤积程度和空间分布、河岸结构和植被、水生植被、底栖动物、淤积原因等进行全面调查分析后确定基底修复方案。

8.2.1.2 基底修复措施包括原位修复和异位环保清淤。

#### 8.2.2 原位修复技术

8.2.2.1 应避免过分搅动产生内源污染释放，保证基底层厚度不低于 10 cm~15 cm。如流速增加应适当增加基底厚度。

8.2.2.2 基底厌氧程度较高或含有重金属等物质过多时，应首先进行改良或清除。

8.2.2.3 采用生物、化学等基底改良技术时，应防止二次污染。

8.2.2.4 部分河道水深与透明度满足工艺要求时，建议采用功能材料原位覆盖与水生植物耦合的底泥原位修复技术（如生物炭草毯等），以强化底泥内源负荷削减与生物多样性提升。

#### 8.2.3 环保清淤

8.2.3.1 当基底出现重金属或有机物污染的情况，应制定清淤方案，确定不同层次底泥的污染释放风险和底泥清淤深度。

8.2.3.2 平原地区乡村河段、工业集聚区及其下游 3 km~5 km 范围内河段、城镇建成区河段，宜在完成表层底泥污染调查、淤积厚度和生态风险评价后确定污染类型，计算底泥清淤深度。

8.2.3.3 山地丘陵区河基底主要为碎石、卵石、块石、泥沙、黏土，应清除堰坝等挡水建筑物迎水面淤积的泥质沉积物。如需要对河床进行疏挖时，应避免过度疏挖。

8.2.3.4 环保清淤措施应采取防污染扩散的保护措施，避免对对饮用水源地、自然保护区等敏感水域的水体环境产生影响，并符合 GB 15618、GB 36600、GB 16889、JTJ 319 等的规定。

### 8.3 淤泥资源化

8.3.1 农村地区河道淤泥应优先考虑还田利用。

- 8.3.2 淤泥泥质（污染物安全指标、卫生学指标等）根据 GB/T 23486、CJ/T 309 等标准分类，确定处置、回用方式。
- 8.3.3 淤泥二氧化硅、三氧化二铝等矿物成分含量较高时，可部分代替页岩、粘土用于生产陶粒、砖瓦等建筑材料，当淤泥重金属等污染物安全指标超过 GB/T 23486 标准时，应优先考虑用于该项处置方式。
- 8.3.4 淤泥有机质含量较高且重金属等污染风险较大时，宜优先考虑协同焚烧等热处理方式，或钝化固化处理后填埋。
- 8.3.5 宜对淤泥处置场地和资源化处置方式等进行专项设计，并符合 DB33/T 891 等相关要求。

## 9 河道水质原位强化净化技术

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 应在实现外源污染物控制的前提下，开展河道水质强化净化修复。常用强化净化技术包括人工曝气增氧、生物膜强化净化、生态透水坝、原位生态湿地。
- 9.1.2 应根据河道的污染程度、尺度大小、主体功能和重要度等因素合理选择强化净化工艺技术，不影响河道行洪排涝、通航、生态景观等功能需求。
- 9.1.3 应结合现状环境敏感点，确定强化净化措施应采取的环境保护对策及措施。
- 9.1.4 应优先选用节能低耗、绿色生态的工艺技术，设计可参照 SL 709 和《城市黑臭水体整治工作指南》（建城[2015]130号）等执行。工艺设计、施工与验收、运行与维护等相关要求应符合 GB 50707、DB33/T 614 等相关规定。
- 9.1.5 入河污染较重且短期内难以消除的城市水系景观水体，处理后的水质应符合 GB 3838、GB/T 18921 等相关规定。

### 9.2 人工曝气增氧

#### 9.2.1 适用范围

适用于河网平原区和滨海平原区等水体流动性差、水质不稳定或间歇性恶化、易发生富营养化的城市小微景观水体、平原河网等缓流河道。

#### 9.2.2 曝气

- 9.2.2.1 可采取鼓风曝气、机械曝气、混合曝气及水利设施曝气等方式进行净化，可根据河道主体功能、污染程度、水体流动性、施工条件等因素选择曝气方式。
- 9.2.2.2 当净化河段有行航和景观功能需求、污染较重、需要长期曝气复氧时，宜采用鼓风曝气方式；无行航需求、水体流动性不足时，宜采用推流式机械曝气方式。
- 9.2.2.3 应根据氧转移速率、设备动力效率确定曝气设备的总功率和数量。其中鼓风曝气设备的容量可参考《污水处理工程设计手册》进行计算。

#### 9.2.3 增氧

- 9.2.3.1 机械增氧设备包括水车式、叶轮式、射流式或推流式曝气机等类型。
- 9.2.3.2 机械增氧设备宜根据增氧能力、能耗、安装与维护的便利性、造流需求等因素进行选型。
- 9.2.3.3 根据水体类型、水质以及预期目标确定需氧量，计算方法有组合推流式反应器模型、箱式模型和耗氧特性曲线法。
- 9.2.3.4 宜采用太阳能等可再生能源驱动的曝气充氧技术。
- 9.2.3.5 山区河流可利用小型闸门、跌水、急流槽、人工溪涧等具有高差的水利设施进行曝气增氧。

### 9.3 生物膜强化净化

- 9.3.1 净化有机污染物和氨氮的生物膜强化净化技术适用范围为：  
——河网平原区和滨海平原区的雨污分流不充分河段的入河排放口处；  
——弃流雨水较为集中的河段污染。
- 9.3.2 生物填料选择应考虑比表面积、生物亲和性和造价成本等因素。

- 9.3.3 无机填料宜选用碎石、火山石等天然材料，粒径范围为 15 mm~40 mm。
- 9.3.4 采用弹性填料、软性填料、复合填料等有机填料时，施工和运行维护过程中应避免填料缠结、水位下降导致填料外露干化等问题。
- 9.3.5 宜与曝气增氧技术组合使用，如缺氧河段中增加曝气增氧，可提高生物膜的污染净化效率。
- 9.3.6 宜在固定式生物膜设施的表面设置生态浮床，或在生态浮床下悬挂有机生物填料。

#### 9.4 生态透水坝

- 9.4.1 适用于山地丘陵区无行航需求、渠化硬化的小流域河道，尤其适用于农田退水和村落生活污染比较严重、具有建坝引水灌溉需求的乡村地区河道。
- 9.4.2 在透水坝上游建立缓冲区，延长水力停留时间，促进水中泥砂和营养盐的沉降，同时利用水生植物和透水滤料进一步吸附拦截污染物。
- 9.4.3 应顺应河势建设透水坝，要求透水坝下泄水流不冲淘坝基和其他建筑物的基础及岸坡，透水坝流态和冲淤不影响其他建筑物的使用。
- 9.4.4 坝体轴线宜布置成直线；地形和地质条件不容许时，也可布置成折线或曲线。坝体布局应满足泄洪、供水、灌溉、排沙、排漂、过鱼等需要。
- 9.4.5 坝体结构应根据坝的受力条件以及坝址的地形地质、水文气象、建筑材料等条件确定。
- 9.4.6 兼顾农田引水灌溉时，应对坝体下层的迎水面进行防渗处理。可采用混凝土防渗面板或浆砌条石防渗层。
- 9.4.7 兼有生产路通行时，宜在坝顶建简易桥板。
- 9.4.8 坝体断面应采用梯形或复合梯形，坝高不宜高出 1.2 m，主体宜采用块石或生态石笼构筑。
- 9.4.9 背水坡宜采用块石铺筑，坡比宜为 1: (3~8)，块石缝内宜填充植生基质，建植本地适宜性水湿生植物。

#### 9.5 原位生态湿地

- 9.5.1 以下范围适用原位生态湿地修复技术：
- 山地丘陵区：适用于河道两侧滨水带河滩地、河口湿地、低洼沼泽地等水域生态空间。
  - 平原区：适用于河网断头河两侧滨水带、河漾区、低洼沼泽地等水域生态空间。
- 9.5.2 应综合考虑土地条件、场地空间格局、入河污染特征、水质状况、改善目标以及气候条件、植被类型等因素，确定适宜的工艺方案：
- 山地丘陵区，宜选用低影响的表面流生态湿地工艺；
  - 平原河网区，宜选用潜流式湿地工艺，并确保河道排涝行洪安全；
- 9.5.3 工程的选址和布局应充分尊重和利用地形地貌、原有植被、基底等自然本底生境条件，采用自然或近自然的生态措施，避免片面追求人为造景。
- 9.5.4 工程应符合排水通畅、能耗较低和土方平衡的要求，系统内水流宜采用重力流，如需要提升时，宜一次提升。
- 9.5.5 工艺设计应满足以下要求：
- a) 设计水量应综合考虑可利用土地面积、水体水质改善需求、水文特征、汇水面积、湿地耐冲击负荷能力等因素。
  - b) 湿地污染削减量测算宜基于入河污染时间分布、水质时间变化、工艺类型、处理水量及其变化等因素，通过试验或参照类似湿地的运行经验数据确定。无试验或类似工程运行数据时，可参考表 3 取值。

表 3 湿地污染削减负荷取值参考

生态湿地类型	污染削减负荷参考值, g/(m <sup>2</sup> .d)		
	氨氮	总氮	总磷
表面流湿地	0.05~0.3	0.08~1.0	0.02~0.1
潜流式湿地	1.5~3.5	1.2~7.0	0.05~0.25

- 9.5.6 湿地填料设计应满足以下要求：

- a) 潜流式湿地建设的填料应尽量选用土壤、砾石、碎石、卵石、火山岩、石灰石、沸石、蛭石或钢渣等材料，如使用建筑垃圾再生料应符合 DB11/T 1975 的要求；
- b) 填料层宜采用组合填料，填料充填应平整且保持不低于 35 % 的孔隙率，其中初始孔隙率宜控制在 35 %~50 %；
- c) 填料层厚度应大于植物根系所能达到的最深处，但不宜超过 1.5 m；
- d) 填料充填时应按横向不同种类（或规格）填料的设计分区设置临时分界线，应避免损坏湿地床体的配水、集水系统。集水系统底部的填料应采用人工充填，避免管道底部出现悬空。

#### 9.5.7 湿地植物设计应满足以下要求：

- a) 在城镇建成区建设湿地时，湿地植物选择和配置应兼顾城市园林景观建设和周边环境的融合。
- b) 在乡村地区建设湿地时，应选用包括水湿生乔灌木在内的本地乡土种，并充分考虑与周边农业空间的融合，避免过度湿地园林化和生态景观同质化。
- c) 应根据湿地水深、水文特征等因素合理配植挺水植物、浮水植物、沉水植物和水湿生乔灌木，配置多种不同类型和生活习性的植物，增加其多样性和植被系统的稳定性。
- d) 宜选择成活率高、耐污能力强、根系发达、茎叶茂密、输氧能力强、水质净化效果好的湿生植物，如美人蕉、水葱、灯芯草、再力花、水芹、黄菖蒲、水莎草等。
- e) 禁止选择凤眼莲（水葫芦）、喜旱莲子草（水花生）、水盾草、大大米草、互花米草等恶性外来入侵物种。本土优势种芦竹和千屈菜应谨慎选用。

#### 9.5.8 生态湿地的进出水系统设计应满足以下要求：

- a) 应保证布水和集水的均匀性和可调性，设置防止水量冲击的溢流或分流设施；
- b) 当湿地需要进行分区时，应设置分水井、分水闸门、溢流堰等分流设施。
- c) 应在出水处设置可调节水位的弯管、阀门。
- d) 表面流人工湿地可采用单点、多点和溢流堰布水；水平潜流人工湿地采用多点布水，可采用穿孔管或穿孔墙方式布水。
- e) 进出水设施与集水管等附属结构符合 GB 50141、GB 50334 的有关规定。

#### 9.5.9 其他设计可参照 HJ 2005 的规定。

## 10 河流生物多样性恢复技术

### 10.1 基本要求

10.1.1 应坚持“保护优先，修复保育并举；自然恢复为主、人工重建为辅”的原则，充分结合现状调查、水生态环境问题诊断结果、水生生物多样性保护修复目标，采取保护保育、自然恢复、辅助再生、生态重建为主的修复策略。

10.1.2 首先构建生境适宜的先锋水生植物群落，再不断优化水生动植物群落结构，促进水生态系统群落正向演替进程。

10.1.3 应充分尊重水生生物及其生态系统的自然属性，经过调查分析，从流域角度统筹岸上岸下、上下游，确定重建恢复方案。在调查分析内容包括：

- 水文气候条件；
- 地貌形态；
- 基底特征；
- 水质状况和水体透明度；
- 本地关键物种、先锋物种等重要物种的种类、数量及分布情况。

10.1.4 制定重建恢复方案时应兼顾水质保护提升、水生生态产品供给、亲水景观营建、水资源开发利用等现实需求。

### 10.2 水下森林构建

10.2.1 适用于流速缓慢、水深不超过 4 m（最佳深度为 1.5 m~2.5 m）、岸线复杂性较高的河段。

10.2.2 应根据河道水深、水流、基底、水体透明度等生境条件选择水下植被。

10.2.3 水下植被的选择应在确保生境适宜和无生态风险的前提下，考虑不同类型水下植被对水体污染物吸收能力的差异。具体设计示意图见图 5。

10.2.4 确定定植优势物种的种类和生长时期。

10.2.5 严禁栽种水盾草等恶性入侵类水生植物，严格控制粉绿狐尾藻、香菇草、伊乐藻等外来种的种植规模，对菹草等易扩散蔓延的乡土种进行根控处理。

10.2.6 应适当配置本土大型底栖动物和不同食性的鱼类，形成较为完整的食物链，实现氮磷营养物质的食物链转化和吸收利用。

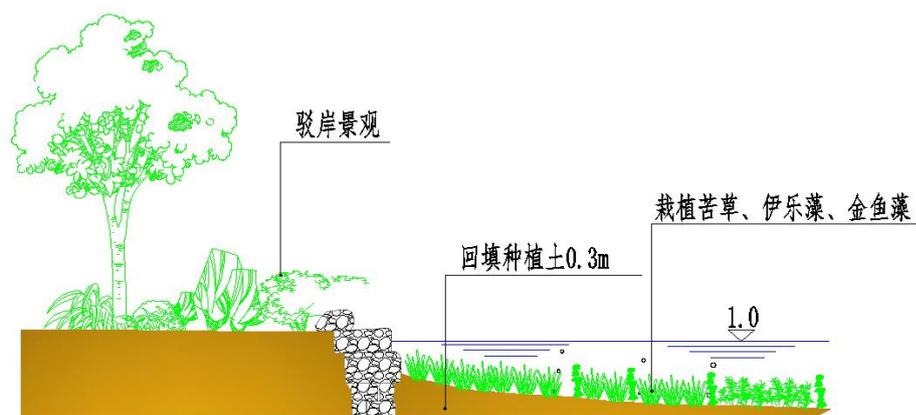


图5 水下森林设计剖面示意图

### 10.3 水生动物群落恢复

10.3.1 水生动物群落恢复应遵循从低等向高等的进化缩影修复原则。

10.3.2 应根据当地水生动物物种的配置结构，利用肉食性鱼类—滤食性鱼类—浮游动物—藻类—营养物质的食物链关系所产生的生态学效应，设计水生动物的放养模式（种类、数量、雌雄比、个体大小、食性、生活习性、放养季节、放养顺序等），使各种群生物量和生物密度达到营养水平。

10.3.3 沉水植物生态修复和多样性恢复后，优先修复水生昆虫、螺类、贝类、杂食性虾类和小型杂食性蟹类，并开展水系现存物种调查。

10.3.4 投放的水生生物应以各地土著种类为主，不应投放入侵水生动物。

10.3.5 应减少草食性鱼类对水生植被牧食破坏，减少杂食性鱼类的牧食行为生活习性导致沉积物的再悬浮。

10.3.6 可投放或培养对水体中藻类的生长有很好的抑制作用的“溞类”。

### 10.4 微生物群落恢复

10.4.1 应保证水体及基底中的溶解氧浓度，处于好氧状态满足大部分微生物生长需求。

10.4.2 水体的 pH 宜控制在 6.5~8.5。

10.4.3 应优先选用本区域水体中的土著型微生物群落，避免破坏原有生态平衡。

### 10.5 藻类调控

#### 10.5.1 调控方式

河流中藻类调控方式主要有生物法和物理法，即生物操纵和超声波控藻。

#### 10.5.2 生物操纵

10.5.2.1 利用微生物以及各种滤食动物（如溞、浮游植物食性鱼类和双壳类）进行调控。可通过科学调控滤食性的鱼类鲢、鳙养殖密度，控制藻类生物量。

10.5.2.2 根据藻类分布情况，在局部水体进行鱼类控藻，应采用围隔控制范围。

10.5.2.3 在浅水水体中鲢、鳙与大型沉水植物共同作用，可提高藻类控制效果。

#### 10.5.3 超声波控藻

- 10.5.3.1 利用太阳能的浮标式低频率超声波控藻系统,可远程调控超声波频率、作用时间等参数,实现最佳控藻效果。
- 10.5.3.2 适用于流速不大于 2.0 m/s、水深不低于 1.5 m 的平原河网河道。
- 10.5.3.3 日照强度应不低于 200 W/m<sup>2</sup>,并实时调控超声波控藻系统输出功率,构建属地化参数。
- 10.5.3.4 应根据河道水深、水流速度、水体浊度、蓝藻浓度合理设置超声波控藻系统密度与功率。
- 10.5.3.5 定期对超声波控藻系统传感电极进行保养维护,保障其对蓝藻浓度的敏感性与精准度。

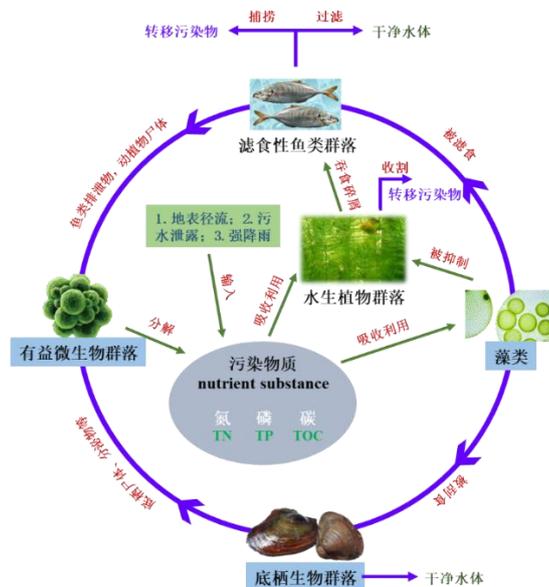


图6 河道生物多样性恢复技术示意图

## 11 面源污染滞留拦截净化技术

### 11.1 一般规定

11.1.1 应在农田面源污染、农村生活污水调查分析基础上,结合农田水利设施建设、高标准农田建设、全域土地综合整治与生态修复、节水灌溉、排涝治渍、水土流失、绿色防控、生态田园建设、生活污水处理等农业农村工作,统筹制定农田退水和农村生活污染治理方案。

11.1.2 应充分利用农田排水沟渠、坑塘池塘、沼泽湿地等小微水域和水利设施用地,尽量不影响农田排涝和农户田间水分管理,有关设施建设需满足《土地管理法》等相关条例要求。

11.1.3 城市面源污染治理总体设计应与城市水系、给水、排水、竖向、道路、园林等相关专项规划相衔接,并统筹考虑城市建设与城市水安全、水环境、水资源、水生态等因素。

11.1.4 针对水质不稳定易反弹、生态功能受损、城市内涝等问题,应按照“源头减排、过程控制、系统治理”的原则,统筹衔接截污纳管、合流制污水溢流污染控制、生态修复等措施,制定面源污染治理方案。

11.1.5 各类设施应采取保障公众安全的防护措施,不应对建筑、绿地、道路、广场的安全和正常使用功能造成负面影响。

### 11.2 生态沟渠拦截

#### 11.2.1 适用范围

适用于农田退水及水产养殖尾水污染的拦截净化处理。经合理规划和增设沟通导流设施,也可用于农村生活污水或其处理终端尾水的净化处理。

#### 11.2.2 建设要求

11.2.2.1 宜建于直接汇入承纳水体的排水干沟，综合考虑沟底、沟墙、沟埂沟顶、田间排水口等物理结构单元进行整体设计。

11.2.2.2 排水功能分为排涝、治渍和防治盐碱化三类，各标准均根据当地或邻近类似地区排水试验资料 and 实践经验，按照治理区的作物种类、土壤特性、水文地质等因素，通过技术经济论证确定。

11.2.2.3 断面设计应满足输水能力、水位控制、上下级沟道和建筑物的水位衔接、边坡稳定、生态修复、水土流失防治、绿色防控等要求，并符合 DB33/T 2329 等相关技术规定。

11.2.2.4 土质沟渠应进行衬砌防护，衬砌材料选用具备植生空间的生态砌块，土质沟渠断面选择按如下情况确定：

a) 当沟渠深度 $\leq 3$  m 时，宜采用梯形断面，最小边坡系数应大于 0.8；

b) 当沟渠深度 $> 3$  m 时，宜采用复合断面。

11.2.2.5 硬质沟渠采用复合生态毯等毯式植生材料，并定植水湿生草本植物，也可采用挂壁式植物篮。

11.2.2.6 植物配置应考虑植被阻水、后期维护等因素，分在沟底、沟壁和沟埂种植与其生境相匹配的植物，沟埂宜种植波斯菊、香根草等绿色防控植物，沟底、沟壁宜种植石菖蒲、鸢尾、狗牙根等植物。

11.2.2.7 农田小微生态环保设施宜在农田排水口处的田埂上设置水位调节沉泥池，在沟底设置一定数量的沉砂池和生物蓄存池，分段设置数座低位生态过滤坝，确保生态水位。

### 11.3 小微封闭水域修复增效

11.3.1 适用于河网平原区和滨海平原区乡村地区农田退水污染治理、池塘水产养殖尾水治理以及农村生活污水的处理。

11.3.2 河网平原区可利用断头河浜、沼泽湿地进行修复增效和水路沟通。

11.3.3 滨海平原区可对坑塘池塘、沼泽湿地进行生态化改造和水路沟通。

11.3.4 汇排路径应根据地势高差、汇水区域土地利用方式、现状农田水利设施、泄排水去向等因素优化，不影响农田和村落排水安全。

11.3.5 池塘、坑塘等小微封闭水域修复扩容为生态净化塘，应增设集汇水和泄排水设施、清淤拓深、塘埂加高培厚、生态护坎、建植乡土水生植物、放流大型底栖动物和土著鱼类等措施，并与农田排水沟渠沟通。

11.3.6 可采用导流疏水、建植乡土水湿生乔灌木、种植绿色防控植物等措施将沼泽湿地修复增效为生态湿地

11.3.7 可采用河床清淤拓深、岸坡加固、硬质堤岸生态化改造、种植水生植物、岸线汇水沟通、建设生态透水坝、节点水文化和水景观提升等措施将断头河浜修复增效为生态河浜。

### 11.4 退水导流和河漫滩协同净化

11.4.1 适用于山区乡村地区削减农业农村入河污染，宜根据河漫滩分布、河流和地面坡降、村落分布、汇水面积等情况进行分区分块建设。

11.4.2 考虑流域内河流水文过程、生态流量及其过程、水质改善、水系纵向和横向连通格局、河流整体生态功能等因素，分析建设规模与污染削减需求、成本和生态环境效益后，确定方案。

11.4.3 优先选择面积较大、发育成熟稳定、生态服务功能面临退化的河漫滩湿地作为退水承接与拦截净化区。

11.4.4 宜将退水经导流管渠引流至滩体湿地系统内的地势较高处，并设置数条配水沟进行布水，布水沟宜沿河流纵向布置。

11.4.5 其他设计应符合 DB33/T 973 的相关要求。

### 11.5 城市降雨初期径流截留和净化

包括绿色屋顶、下沉式绿地、生物滞蓄设施、湿塘、雨水湿地、调节塘、植草沟、初期雨水弃流与截流储存设施、弃流雨水分布式净化处理等技术，适用范围见表 4。

表 4 城市降雨初期径流截留和净化技术适用范围

序号	城市降雨初期径流截留和净化技术	适用范围	备注
1	绿色屋顶	符合屋顶荷载、防水等条件的平屋顶建筑和坡度 $\leq 15^\circ$ 的坡屋顶建筑	
2	下沉式绿地	建筑与小区内建筑、道路及停车场的周边绿地，以及城市道路绿化带等城市绿地	
3	生物滞留设施		
4	湿塘		
5	雨水湿地		
6	调节塘		
7	植草沟		建筑与小区内道路，广场、停车场等不透水面的周边，以及城市道路及绿地等区域
8	初期雨水弃流与截流储存设施	屋面雨水的雨落管、径流雨水的集中入口等低影响开发设施的前端，以及需要控制城市面源污染、削减合流制排水系统溢流污染、防治城市内涝等场合	
9	弃流雨水分布式净化处理	采用合流制排水系统、污水管网或污水处理厂仍不能满足弃流雨水和溢流雨污水输送、处理要求的城市区域	

## 11.5.1 绿色屋顶设计应满足以下要求：

- 分为简易式和花园式两种类型。
- 绿色屋顶的基层、绝热层、找坡（找平）层、防水层、保护层、排水/蓄水层和过滤层、种植土层、植被层建设应符合 GB 50400、GB 55020、GB/T 50290、GB/T 35468、JGJ 155 的要求。

## 11.5.2 下沉式绿地设计应满足以下要求：

- 应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定下沉式绿地的下凹深度，宜控制在 100 mm ~200 mm；
- 其内部应设置溢流口，溢流口顶部标高宜高于绿地 50 mm ~100 mm。
- 下沉式绿地结构示意图见图 7。

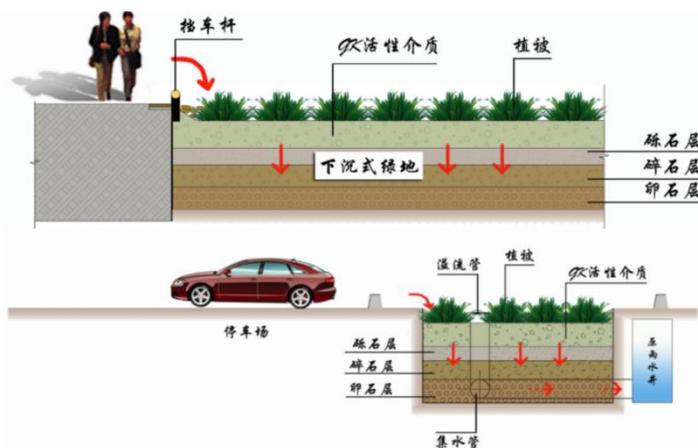


图 7 下沉式绿地结构示意图

## 11.5.3 生物滞留设施设计应满足以下要求：

- a) 宜分散布置，其占地一般为汇水面积的 5%~10%；
  - b) 宜与下沉式绿地合建，在绿地内利用或塑造浅洼地形（深约 30 mm~450 mm），敷设表面雨水滞留层、种植土层、砂滤层，结合景观种植当地湿生植物；
  - c) 应设置溢流设施，溢流设施顶宜低于汇水面 100 mm。
- 11.5.4 雨水湿地和湿塘设计应满足以下要求：
- a) 宜利用城市小微景观水体进行建设。
  - b) 包括进水口、前置塘、雨水湿地、主塘、溢流出水口、护坡及驳岸和维护通道；
  - c) 雨水湿地系统应设置沼泽净化区和出水池；沼泽区水深不宜超过 0.5 m，出水池水深宜为 0.8~1.2 m；
  - d) 应设置护栏、警示牌等安全防护与警示措施。
- 11.5.5 调节塘设计应满足以下要求：
- a) 由进水口、调节区、出口设施、护坡及堤岸构成；
  - b) 设计时应考虑增强渗透功能，强化补充地下水和净化雨水的作用；
  - c) 调节区深度一般为 0.6 m~3 m，并种植水生植物以增强雨水净化效果；
  - d) 出水设施宜设计成多级出水口形式，控制调节塘水位，增加雨水水力停留时间（一般≤24 h）。
- 11.5.6 植草沟设计应满足以下要求：
- a) 断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形，边坡坡度不宜大于 1:3，纵坡不应大于 4%；
  - b) 最大流速应<0.8 m/s，沟内植被高度宜控制在 100 mm~200 mm；
- 11.5.7 初期雨水弃流与截流储存设施设计应满足以下要求：
- a) 屋面初期雨水弃流装置宜采用容积式，宜设于室外；
  - b) 地面弃流装置宜采用渗透弃流井或弃流池方式。
  - c) 初期雨水弃流管应根据弃流量要求确定，进口处可局部封堵缩小过水断面；当与污水系统相接时，应避免污水倒流入雨水系统中。
  - d) 截流井宜采用槽式。当堰式或槽堰结合设计时，应先进行水力计算；截流井位置应根据截流干管位置、合流管渠位置、溢流管下游水位高程以及周边环境等因素确定；
  - e) 调蓄池应尽量利用现有设施，其位置应根据调蓄目的、排水体制、溢流管下游水位高程以及周边环境等因素确定；
  - f) 初雨调蓄池应设置清洗、排气、除臭等附属设施和检修通道，出水应接入污水管网。当污水管网不能满足调蓄池放空要求时，应增设调蓄池出水净化处理设施。
- 11.5.8 弃流雨水分布式净化处理设计应满足以下要求：
- a) 可采用物化、生化或组合工艺，设计时应考虑收集处理的弃流雨水的水量、水质、污泥量以及出水用途和水质要求等因素。
  - b) 场地选址应有利于初期雨水的收集、储存和处理。
  - c) 总平面布置满足构筑物施工、设备安装检修、运行调试、管道敷设及维护管理的要求，应留有发展及设备更换余地，并应考虑最大设备的进出要求。
  - d) 设计应满足主要处理环节运行观察、水量计量、水质取样化验监（检）测要求。
  - e) 应设置给水、排水、通风、照明、降噪、减振等设施，设计施工符合现行相关国家标准的规定。
  - f) 处理设施出水进行回用时，应进行消毒处理，回用于绿地和道路浇洒以及景观水体时，可采用紫外线消毒和氯消毒。如采用氯消毒，处理设施处理规模≤100 m<sup>3</sup>/d 时，可选用氯片消毒；处理设施处理规模>100 m<sup>3</sup>/d 时，可选用次氯酸钠消毒。
  - g) 雨水收集净化装置结构示意图见图 8。

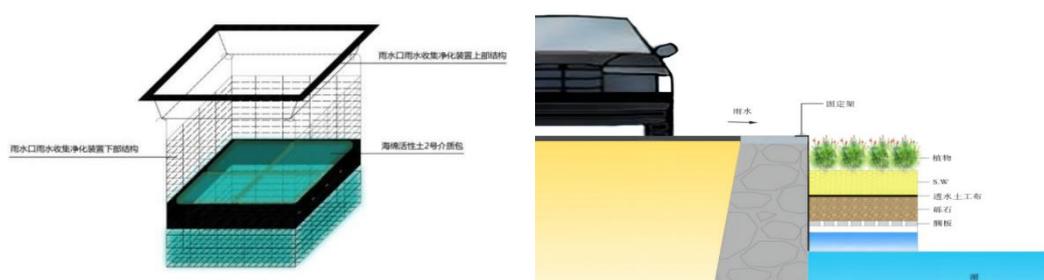


图8 雨水收集原位净化装置结构示意图

## 12 工程实施

### 12.1 施工要求

12.1.1 施工单位应满足但不限于以下要求：

- 具有相应的施工资质，施工过程应符合国家、行业、地方相关标准和规范要求；
- 应严格按设计文件组织施工，工程变更应在取得主管部门对设计变更的批复后进行；
- 应采取有效污染控制措施及安全技术措施；
- 应建立质量管理体系，对施工全过程实行质量控制

12.1.2 施工前应提供完整的设计文件和施工图样、批准的施工方案及施工组织设计、工程地质勘察资料、必要的试验资料等。

12.1.3 构筑物施工建设应按照 SL/T 4—2020 中 4.2 明沟工程的相关规定进行施工；防渗应按照 SL 18 的规定执行；灌排管道的安装应按照 GB 50288 和 GB/T 20203 的规定进行施工。

12.1.4 雨季施工应制定防汛预案，冬季施工应对渠、塘、池、管道等部位采取防冻措施。

12.1.5 管材、管件的规格和性能应符合国家相关标准的要求，且有产品出厂合格证。

12.1.6 验收后，设计或施工单位应向运行管理单位提供运行维护说明书。

### 12.2 生态监测与后评估

#### 12.2.1 生态监测

12.2.1.1 应根据生态系统保护和修复的目标和监测指标，制定河道生态监测计划，监测内容包括但不限于水文情势、水环境、地貌多样性和生物群落多样性。

12.2.1.2 生态监测应结合生态修复设计范围水生态特点和实际情况提出方案，包括生态水量及生态水位、重要栖息地及标志性水生生物、水系连通性及形态，湿地面积及重要生物等内容。

12.2.1.3 生态监测应在施工过程中和施工完成后进行，施工后的监测周期应不少于三年。

12.2.1.4 应根据监测指标建设生态监测站网。生态监测站网布设包括连续定位观测站点、临时监测站点。

12.2.1.5 水文情势监测内容包括生态流量、水位及其变化过程。应制定生态流量跟踪监测计划，持续开展生态流量和生物群落响应的监测与研究，对工程生态流量泄放过程进行动态调整。

12.2.1.6 水环境监测的监测断面布设、监测项目、监测频次和监测方法等应符合 HJ 494、HJ/T 91 的规定。

12.2.1.7 地貌多样性监测内容包括对河流内深潭、浅滩、故道、洲滩等地貌单元变化情况、河湖水系连通情况进行定期监测，应符合 SL 383、SL 257 相关规定。

12.2.1.8 生物群落多样性监测应符合 SL 167 相关规定，监测内容和监测时期应考虑和重要水生生物栖息地与生物多样性保护措施的对对应性。

#### 12.2.2 评估

12.2.2.1 应在生态监测和调查基础上，分析河流生态系统演替趋势分析，进行项目评估工作。

12.2.2.2 评估内容包括工程施工前后对照评估、工程实施目标实现程度评估和趋势分析评估三部分。

12.2.2.3 根据评估的结果，对工程设计方案、管理措施等进行调整。

### 12.3 植物配置引导

12.3.1 应根据岸坡稳定、生态修复、生长环境和自然景观要求等因素进行河流水生态修复的植物配置。

12.3.2 宜按照工程类型及环境特征，构建河岸带植物缓冲区、防护林带等绿色廊道。

12.3.3 植物景观风貌营造宜综合考虑工程所处区域社会发展情况、植物养护成本、本土植物特点等因素。位于乡村的工程不宜配置名贵树种、大草坪；位于城镇的工程宜体现自然野趣，同时兼顾绿化景观品质。

12.3.4 植物修复措施要充分调查分析行洪影响、洪水冲刷浸没情况等，不得影响行洪安全和堤岸安全。

12.3.5 应清除修复区域内已有的有害外来品种，引入新的外来品种应经过生态安全论证；应种植有利于水源涵养和保护的品种；宜采用本土种类，恢复原生生态多样性。

12.3.6 缺水环境的植物应选用耐贫瘠品种，水位变动区的植物应选用可适应干、湿环境的品种，海水、感潮环境的植物应选用耐盐碱、抗风品种。

12.3.7 植物浇灌宜结合雨水收集利用自动化系统。

## 13 水文化传承与营造

13.1 水生态修复工程在规划、设计、建设、管理中宜融入当地水文化要素，提现当地元素自然保护体系的文化内涵。

13.2 水文化宣传题材应突出“各美其美”、“美美与共”以及“上善若水”的水文化精髓，倡导珍惜水资源、保护水环境、修复水生态，敬畏自然、尊重自然，追求“鱼、虫、草、贝、鸟”人与自然的和谐、人水和谐的价值取向。

13.3 水生态修复工程建设和设计中，宜增加地方文化配套设施建设的投入，设置具有区域特色、时代特征减污降碳的概念景观或水文化展示。

13.4 利用“生态景观化、景观生态化”的理念和现代公共艺术、环境艺术设计思路与手段开展水生态修复工程，有条件的地区可建设水生态修复文化馆、文化廊亭等水文化设施，展示具有不同地域特色的水生态修复经验、人文历史、风俗民情。

13.5 河流整治和水生态修复工程，规划中宜挖掘沿河文物古迹、人文历史以及地方民风民俗，加强古闸、古堤、古渡、古桥、古堰、古埠头等水文化遗迹保护和修复工作，增加展示传说、人文历史、地方民俗等的配套设置。

## 14 工程运行维护

### 14.1 植物管护

14.1.1 应加强对植物生长的管理，及时补种缺苗和死苗，勤除杂草，清除枯枝落叶。

14.1.2 定期收割植物，根据建群种特性，每年初夏、深秋、冬季轮流对各水生植物收割2次~3次。

14.1.3 及时控制病虫害，不宜使用除草剂和杀虫剂。在春季、夏季、建立植物床的前三个月期间，可采用生态灭草法控制杂草。在杂草生长较为严重时，可采用人工拔草的方式除草。

14.1.4 通过水位变化、定时植物收割等措施保障沉水、漂浮、浮叶、挺水等不同生活型水生植物的生长。

14.1.5 分蘖能力较强的水生植物，应根据植株的密度及时分株；

14.1.6 同一水面栽植的各类植物，应定期疏除繁殖速度过快的种类，防止因植株密度过高影响其他植物的生长。

14.1.7 水域面积较大时应考虑配置植物自动收割等装置。

14.1.8 建设初期需定期移除外来入侵种。

14.1.9 通过种植水生植物，投放滤食性、寡食性动物，以及商品抑藻剂等措施控制藻类。还可通过增强水体流动性控制藻类的生长。

14.1.10 收割的植物由运行维护单位统一收集处理，不得任意遗弃在湿地及周边区域。

### 14.2 监督管理

14.2.1 人工湿地的管理单位可选择适宜的管理模式对生态净化型项目进行自行运行或委托第三方运营。

14.2.2 运营单位负责对湿地植物、布水管道、提升泵站、湿地填料等进行管理和维护，保持生态净化型项目基本不断流、水面无漂浮垃圾，防止出现短流、堵塞等现象，保证水质净化效果显著的湿地植物密度不低于设计种植密度的80%，保障人工湿地的正常运行。

14.2.3 生态净化型项目应进行标桩定界，并设置工程运行监督牌、方向指示牌、提示警告牌等。

14.2.4 运营单位应加强生态净化型项目运营档案管理，制定岗位责任制，由专人负责生态净化型项目各项基础设施维护和日常运营工作。

### 14.3 综合管理

14.3.1 建立生态系统保护与修复工程全过程管理机制，根据生态监测和评估的结果，调整工程的各项管理措施。

14.3.2 生态保护与修复工程竣工验收后应建立日常运营维护制度，持续进行后期的管护、养护、保育等工作。

14.3.3 制定河道生态保护与修复工程在汛期、极端气温、干旱时期、突发水污染事故等特殊条件下的应急预案和应对措施，建立人员、物资储备机制和技术保障体系，提高应急能力建设。

14.3.4 应建立完善的管理机构，配备专职管理人员，建立稳定的资金投入机制，定期培训技术人员，加强执法监督，提升综合管理能力。

### 14.4 应急管护

14.4.1 对危险源进行调查摸底，确定可能发生的危害。应制定突发情况应急预案，工程项目管理应急管理小组。

14.4.2 应对事故情况进行分级，针对不同级别制定不同的应急措施。

14.4.3 应明确环境应急监测的组织机构、主要任务、工作程序和工作分工、质量保证等内容。

14.4.4 应急监测仪器优先选用便携式仪器，做好应急仪器的维护、保养工作。

14.4.4.1 组织专家组进行事故定性，确定污染物性质、污染范围及程度，预测事故发展趋势，选择和确定应急监测与处理方案，提出合理的恢复期限。

附录 A  
(资料性)  
常见生态湿地构建

A.1 浅水旁路湿地构建示意图



图 A.1 浅水旁路湿地构建示意图

A.2 河口湿地构建示意图

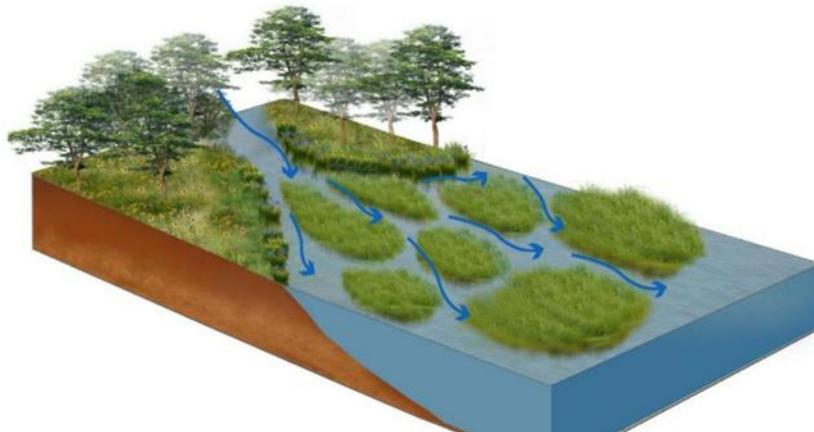


图 A.2 河口湿地构建示意图

A.3 尾水湿地构建示意图



图 A.3 尾水湿地构建示意图

### 参 考 文 献

- [1] 河湖生态缓冲带保护修复技术指南（中华人民共和国生态环境部）
  - [2] 城市黑臭水体整治工作指南（中华人民共和国住房和城乡建设部）
  - [3] 浙江省河流生态缓冲带划定与生态修复技术指南（试行）（浙江省生态环境厅、浙江省治水办（河长办））
-