



CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

城市水体生态修复工程技术标准

Technical standard for urban water body ecosystem restoration engineering

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

城市水体生态修复工程技术标准

Technical standard for urban water body ecosystem restoration engineering

CECS XXX - 202X

主编单位：广东工业大学建筑规划设计院有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 XX 月 XX 日

中国 XX 出版社

202X 年 北 京

中国工程建设标准化协会公告

第 号

关于发布《城市水体生态修复工程技术标准》的公告

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2020]23 号）的要求，由广东工业大学建筑规划设计院有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司等单位编制的《城市水体生态修复工程技术标准》，经本协会工业固废资源化与生态修复专业委员会组织审查，现批准发布，编号为 CECS XXX-202X，自 202X 年 XX 月 XX 日起施行。

中国工程建设标准化协会

202 年 月 日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2020]23 号）的要求，标准编制组经深入调查研究、广泛收集资料、认真总结实践经验，参考国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分为 10 章和 7 个附录，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、水生态健康评估、城市水系生态格局构建、生态需水调控、水体水质保障、滨水生态空间修复、智慧技术应用及运维、生态修复效果评估。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会工业固废资源化与生态修复专业委员会归口管理，由广东工业大学建筑规划设计院有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送：广东工业大学建筑规划设计院有限公司（地址：广东省广州市越秀区东风东路 729 号 2 号楼，邮编：510062）。

主 编 单 位：广东工业大学建筑规划设计院有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

参 编 单 位：

主要起草人员：

主要审查人员：

目 次

1	总 则	()
2	术 语	()
3	基本规定	()
3.1	一般规定	()
3.2	城市水系生态格局构建目标	()
3.3	生态需水调控目标	()
3.4	水体水质保障目标	()
3.5	滨水生态空间修复目标	()
4	水生态健康评估	()
4.1	一般规定	()
4.2	调查与监测	()
4.3	评估指标体系	()
4.4	水生态健康评估	()
5	城市水系生态格局构建	()
5.1	一般规定	()
5.2	城市水系生态空间范围划定	()
5.3	城市水系连通总体布局	()
5.4	城市水系格局保护与修复	()
5.5	城市水系文化遗产与景观构建	()
6	生态需水调控	()
6.1	一般规定	()
6.2	生态需水计算	()
6.3	生态需水调控	()
7	水体水质保障	()
7.1	一般规定	()
7.2	环境容量测算	()
7.3	截污纳管	()
7.4	面源污染控制	()
7.5	内源治理	()

7.6	原位治理	()
7.7	旁路治理	()
7.8	补水活水	()
8	滨水生态空间修复	()
8.1	一般规定	()
8.2	空间形态塑造	()
8.3	滨岸缓冲带保护与修复	()
8.4	护岸生态化整治	()
8.5	基底修复	()
8.6	生物多样性保护、修复与重构	()
8.7	城市滨水景观塑造	()
9	智慧技术应用与运维	()
9.1	一般规定	()
9.2	智慧管控平台	()
9.3	智慧设计	()
9.4	运行维护	()
9.5	生态监测	()
9.6	科普宣教	()
10	生态修复效果评估	()
附录 A		()
附录 B		()
附录 C		()
附录 D		()
附录 E		()
附录 F		()
附录 G		()
本标准用词说明		()
引用标准名录		()
附：条文说明		()

1 总 则

1.0.1 为规范城市水体生态修复工程技术要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市建成区、规划新建区内的小型河流、小型湖泊（水库）的生态修复，其他河流、湖泊（水库）的生态修复可参照执行。

1.0.3 在实施城市水体生态修复工程前，应以国家及相关部门规划或上位规划为依据，编制城市水体生态修复专项规划。

1.0.4 城市水体生态修复工程除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 汛期污染强度 precipitation pollution intensity

某断面汛期首要污染物浓度与水质目标浓度限值的比值，主要反映监测断面汛期污染程度与水质目标之间的差距。

2.0.2 生态基流 ecological base flow

为维持水生态系统功能而需要保留的底线流量（水量、水位、水深），是基本生态流量过程中的最低值。

2.0.3 敏感期生态流量 sensitive ecological flow

有敏感保护对象的城市水体在敏感期需要的生态流量。

2.0.4 目标生态流量 optimal ecological flow

为维护城市水体良好生态状况而需要保留的水流过程。目标生态流量包括年内不同时段流量(水量、水位、水深)、全年流量（水量、水位、水深）及其过程等表征指标。目标生态流量是确定地表水资源开发利用程度的控制指标。

2.0.5 水环境容量 water environmental capacity

在满足水环境管理目标的前提下，水体容纳污染物的最大负荷量。

2.0.6 污染底泥 contaminated sediment

含有直接或者间接有害于生物体和人体的物质，经过长时间物理、化学及生物等作用及水体传输而沉积于水体底部所形成的黏土、泥沙、有机质及各种矿物的混合物。

2.0.7 旁路治理 bypass purification

在水体之外建设净化设施，实现水流在外部设施净化的技术措施。

2.0.8 生态护岸 ecological revetment

为抵御波浪、水流侵袭与冲刷和在土压力、地下水渗透压力作用下造成的岸坡崩坍，兼顾植物生长、动物栖息、水土交换等要求，修建的岸坡防护设施。

2.0.9 常水位 ordinary water level

在有闸、坝、堰等设施控制水流的河流或湖库中，年均有超过 50% 的时段水位在此高程值 $\pm 0.3\text{m}$ 内的水位。

2.0.10 生境 habitat

生物个体、种群或群落生活地域的环境，生存条件和其他对生物起作用的生态因素的环境。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 城市水体生态修复的总体目标应满足国土空间总体规划、详细规划和专项规划中生态系统保护与修复的目标。

3.1.2 城市水体生态修复应与水系、蓝线保护、防洪防潮、治涝、排水、污水处理、再生水、环境保护、绿地系统等专项规划和建设计划相协调。

3.1.3 城市水体生态修复应遵循自然规律，坚持以自然修复为主、人工措施为辅的原则，充分发挥生态系统的自我修复功能。

3.1.4 应定期开展城市水生态监测与水生态健康评估，以水生态问题为导向，分类确定水生态修复的目标，提出水生态修复工程和非工程措施，以及各项措施的总体时空布局。

3.1.5 城市水体生态修复应以突出生态健康问题划定的水体作为重点实施范围，以城市规划新建区的水体作为重点管控范围，当城市水体范围不能完全覆盖所在流域时，应将所在流域作为研究范围。

3.1.6 应根据城市水体生态修复的目标、措施的布局、修复的范围，因地制宜提出水系生态格局构建、生态需水调控、水质保障、滨水生态空间修复、运维管理等任务。

3.2 城市水系生态格局构建目标

3.2.1 城市水系生态格局的构建应以修复城市水生态系统结构和过程的完整性为目标。

3.2.2 城市水系生态空间范围的划定应以保护和恢复生物多样性为目标。

3.3 生态需水调控目标

3.3.1 生态需水调控应以恢复城市水体的天然水文条件、建立水生态系统的完整性为目标。

3.3.2 生态需水计算应以维系河湖基本形态、满足水生生物生境要求、保障水体自净能力为目标。

3.4 水体水质保障目标

3.4.1 水体水质保障措施的制定应以满足当地水环境管理要求为目标。

3.4.2 合流制排水系统的运行应以削减溢流进入水体的污染物总量为目标。

3.4.3 分流制排水系统的运行应以控制进入水体的面源污染物总量为目标。

【条文说明】3.4.2~3.4.3 城市面源污染产生的来源主要有：大气污染沉降、屋面径流污染、街道径流污染、建筑工地地表径流、排水管渠沉积物污染。降水是清洁大气最有效的途径，因此雨雪中含有对水生态系统有害的污染物，比如酸类、重金属、有机物和氮磷等物质。建筑屋面及庭院在城市下垫面中占有相当大的比例，其污染物主要来源于干沉降和屋面材料的分解物质。城市街道是城市地表径流污染产生的主要来源，交通流量、路面材料、磨损情况、汽车排放情况、街道散乱污作坊、人们的卫生习惯等决定了街道污染物质的累积。在降雨条件下，散落在建筑工地上的泥沙以及生活生产垃圾会随着地表径流进入水体。排水管渠中的沉积物也会随着降雨量的增大，被冲刷至水体中。城市面源污染物的种类主要有：悬浮

固体、富营养化物质、好氧有机物质、有毒有害物质和病原性微生物等。在合流制排水系统中，当雨水径流流速较大时，排水管网中在旱季沉积下来的污染物被冲起，在分流制排水体制中，城市雨水径流污染的主要来源是面源污染。

3.5 滨水生态空间修复目标

- 3.5.1** 滨水形态塑造应以满足各生态要素的良好连通为目标。
- 3.5.2** 滨岸缓冲带保护与修复应以减少人类活动干扰为目标。
- 3.5.3** 护岸生态整治应以生境多样性驱动生物多样性为目标。
- 3.5.4** 基底修复应以给予野生生物提供良好栖息空间为目标。
- 3.5.5** 城市滨水景观塑造应以提升生活空间宜居程度为目标。

4 水生态健康评估

4.1 一般规定

4.1.1 应在调查与监测的基础上开展城市水体生态健康评估,识别水生态系统的主要胁迫因子,分析生态退化程度,明确生态修复目标及措施。

【条文说明】4.1.1 开展城市水体生态健康评估是为了判断城市水生态系统的退化原因,确定生态退化程度,为下一步的生态修复工程措施提供方向,是城市水体生态修复工程实施前的基础工作。

4.1.2 城市水体生态健康调查包括基础信息调查和评估指标调查,评估指标包括水文指标、水环境指标、物理结构指标和生物多样性指标。

4.1.3 调查范围应根据国土空间规划、城市行政区划、水资源分区、生态功能区划、水功能区划、生态红线范围、水系连通调度区域、河道湖泊管理范围等综合确定,时间上宜反映出城市水体的历史演变情况。

4.2 调查与监测

4.2.1 应通过现场调查和资料收集的方式分析城市水体基础信息,可通过相关规划与计划、统计年鉴、地方志、政府公布数据等资料进行辅助调查,对资料缺乏地区可采用卫星遥感、无人机、地理信息系统等技术,并满足下列规定:

1 基础图件主要收集行政区划图、流域水系图、水功能区划图、水资源分区图、涉水工程现状及规划图、土壤类型图、植被类型图、土地利用

图、数字地形图、水下地形图、岸线现状及规划图、水利工程建设图等。

2 社会经济调查内容主要包括人口结构、经济发展水平、产业结构、特色产业等，以及涉水历史文化、古迹、民俗、水文化载体等。

3 水文水资源调查内容主要包括水资源规划及供水用水特征、水质管理目标、流域综合规划、流域防洪规划等。

4 土地资源调查内容主要包括土地开发利用情况、城市下垫面基础数据、土壤背景值等。

5 宜收集 20 世纪 80 年代或以前的岸带状况及流域植被状况遥感数据、生态调查数据、水质及底泥监测数据。

【条文说明】4.2.1 城市水体生态系统历史和现状调查可通过水利、生态环境、自然资源、农业、住建、城管、林业、街道等有关部门进行收集资料，也可采用 GIS、GPS、RS 等技术，对各类监测信息进行实时监测、传输和管理，形成城市水体生态系统实时监测网络体系。检查资料是否满足规划要求和工程要求，当资料不合理或不满足工程要求时，应进行补充调查与监测。

4.2.2 水文调查内容主要包括生态流量满足程度、生态水位满足程度、生态流量变异程度等，水文调查应满足下列规定：

1 应收集流域历史水文监测系列数据，主要内容为流量和水位，其他内容包括汛期、降水、蒸发、水温、含沙量、输沙率、冰期、风浪特征、地下水等。

2 测站定位观测应作为收集水文数据的主要途径，水文调查作为定位观测的补充，调查方法应符合 SL 196 的有关规定。

【条文说明】4.2.2 水文特征是在维持生物多样性和生态系统完整性方面发挥着重要作用。水文调查的目的是评估当前水文过程偏离自然水文过程的程度，识别改变程度较大的水文指标，指导城市水体生态修复工作。

4.2.3 水环境调查内容主要包括水体水质、污染源及分布特征、汛期污染强度，具体规定如下：

1 水质采样、监测项目、监测频次及分析方法应符合 SL 219、HJ 91.1、HJ 493、HJ 494、HJ 495 的有关规定，水质评估应符合 GB 3838 和 SL 395 的有关规定。

2 外源污染调查内容主要包括排水体制、排水管渠资料、排口的位置、数量、排污方式、排污量、污染物种类，排口情况调查应符合 SL 662 的规定。

3 内源污染调查内容主要包括河漫滩沉积物、河床沉积物、湖库沉积物等，并应符合 GB 15618、SL219 的有关规定。

4 汛期污染的监测断面识别与设置、指标选取、监测方法、气象数据关联、强度计算方法等相关技术要求应符合《地表水汛期污染强度检测技术指南》的有关规定。

【条文说明】4.2.3 污染源调查需在排口调查及监测的基础上，统计生态修复实施范围内主要污染物入河湖量，分析污染成因。外源调查内容主要是工业和生活污染源产生的工业废水、城市生活污水及其排口位置、类型、排放方式、污染物种类及数量等。沉积物污染源调查内容主要是污染底泥分布区域、底泥面积、底泥厚度、底泥中的营养元素、重金属及其他污染物质的分布、底泥污染形成原因。

4.2.4 物理结构调查内容主要包括水系特征、岸带植被覆盖度、岸带人工

干扰程度等，并满足下列规定：

1 水系特征调查主要包括水系形态、水系变迁、河流流向、流域面积、干支流分布状况、河湖水系连通情况、河湖地貌特征等，并应符合 GB 50707、SL 383 的相关规定。

2 岸带植被覆盖度的调查可采用踏查法或样方法。采用踏查法时宜进行 3 次踏查，记录植物组成与数量，植物调查应符合 HJ 710.12 的规定。

【条文说明】4.2.4 物理结构调查的尺度以城市水体廊道为主，有条件的可扩展到流域范围。地貌特征调查包括弯道、深潭、浅滩、江心洲、故道、洲滩湿地、河滨带、湖滨带等地貌单元的位置、大小、数量、植被覆盖情况、利用现状等。为直观说明地貌单元特征需进行文字、影像记录。河湖水系连通性调查内容需包括河流纵向、横向、垂直向的连续性和连通性以及河湖之间的联通程度。

4.2.5 生物多样性调查应满足下列规定：

1 大型底栖无脊椎动物的监测方法应符合 HJ 710.8 的规定。

2 鱼类的监测方法应符合 HJ 710.7 的规定。

3 淡水浮游生物的监测方法应符合 SC/T 9402 的规定。

4 水生维管植物的监测方法应符合 HJ 710.12 的规定。

5 岸带哺乳动物、鸟类、爬行动物、两栖动物、蝴蝶、蜂类、大中型土壤动物、大型真菌、陆生维管植物、地衣和苔藓的调查应符合 HJ 710.1~13 的规定。

6 应调查土著、珍稀、特有及濒危物种的种类、分布、数量、种质资源保存及生境状况。

7 应调查外来入侵物种的种类、分布、数量、入侵时间、入侵危害、防治措施及效果。

4.2.6 岸带范围、岸带分区、河流分段及监测点位要求、湖库分区及监测点位要求、调查监测时期、专项勘察、专项监测等应符合 SL/T 793 的有关规定。

4.3 评估指标体系

4.3.1 城市水体生态健康评估指标体系见表 1。

表 1 城市水体生态健康评估指标体系表

目标层 (A)	准则层 (B)	指标层 (C)		
		河流	湖泊	水库
城市水体生态健康综合指数	水文指标	生态流量满足程度	最低生态水位满足程度	下泄生态基流满足程度
		流量过程变异程度	入湖流量变异程度	——
	水环境指标	水质优劣程度	水质优劣程度	水质优劣程度
		底泥污染状况	底泥污染状况	底泥污染状况
		水功能区达标率	水功能区达标率	水功能区达标率
		——	营养状态	营养状态
	物理结构指标	河流纵向连通指数	湖泊连通指数	——
		河岸带植被覆盖度	湖岸带植被覆盖度	库岸带植被覆盖度
		河岸带人工干扰程度	湖岸带人工干扰程度	库岸带人工干扰程度
	生物多样性指标	大型底栖无脊椎动物生物完整性指数	大型底栖无脊椎动物生物完整性指数	大型底栖无脊椎动物生物完整性指数
		鱼类保有指数	鱼类保有指数	鱼类保有指数
		——	浮游植物密度	浮游植物密度
		——	浮游动物生物损失指数	——
		——	大型水生植物覆盖度	——
		——	——	——
	合计 (项)	10	14	10

4.3.2 河流水生态健康评估指标及权重见表 2。

表 2 河流水生态健康评估指标及权重表

目标层 (A)	准则层 (B)	权重 (X)		指标层 (C)	权重 (X)	
		山区河流	平原河流		山区河流	平原河流
河流水生态健	水文指标 (B1)	0.3	0.25	生态流量满足程度 (C1)	0.2	0.15
				流量过程变异程度 (C2)	0.1	0.1

康综合 指数	水环境 指标（B2）	0.3	0.2	水质优劣程度（C3）	0.1	0.1
				底泥污染状况（C4）	0.1	0.05
				水功能区达标率（C5）	0.1	0.05
	物理结构 指标（B3）	0.2	0.15	河流纵向连通指数（C6）	0.1	0.05
				河岸带植被覆盖度（C7）	0.05	0.05
				河岸带人工干扰程度（C8）	0.05	0.05
	生物多样 性指标 （B4）	0.2	0.4	大型底栖无脊椎动物生物完整 性指数（C9）	0.1	0.2
				鱼类保有指数（C10）	0.1	0.2

注：权重值为指导值，可根据当地河流的生态调查历史资料和生态特征，进行生态健康要素重要性评价排序后进行调整。

4.3.3 湖泊水生态健康评估指标及权重见表 3。

表 3 湖泊水生态健康评估指标及权重表

目标（A）	准则层（B）	权重	指标层（C）	权重（X）
湖泊水生态健康综合指数	水文指标（B1）	0.15	最低生态水位满足程度（C1）	0.1
			入湖流量变异程度（C2）	0.05
	水环境指标（B2）	0.3	水质优劣程度（C3）	0.1
			底泥污染状况（C4）	0.05
			水功能区达标率（C5）	0.05
			营养状态（C6）	0.1
	物理结构指标（B3）	0.15	湖泊连通指数（C7）	0.05
			湖岸带植被覆盖度（C8）	0.05
			湖岸带人工干扰程度（C9）	0.05
	生物多样性指标（B4）	0.4	大型底栖无脊椎动物生物完整性指数（C10）	0.1
			鱼类保有指数（C11）	0.1
			浮游植物密度（C12）	0.1
			浮游动物生物损失指数（C13）	0.05
			大型水生植物覆盖度（C14）	0.05

注：权重值为指导值，可根据当地湖泊的生态调查历史资料和生态特征，进行生态健康要素重要性评价排序后进行调整。

4.3.4 水库水生态健康评估指标及权重见表 4。

表 4 水库水生态健康评估指标及权重表

目标层（A）	准则层（B）	权重	指标层（C）	权重（X）
水库水生态健康综	水文指标（B1）	0.1	下泄生态基流满足程度（C1）	0.1
	水环境指标（B2）	0.3	水质优劣程度（C2）	0.1

合指数			底泥污染状况（C3）	0.1
			水功能区达标率（C4）	0.1
	物理结构指标（B3）	0.2	营养状态（C5）	0.1
			库岸带植被覆盖度（C6）	0.05
			库岸带人工干扰程度（C7）	0.05
	生物多样性指标（B4）	0.4	大型底栖无脊椎动物生物完整性指数（C8）	0.15
			鱼类保有指数（C9）	0.15
			浮游植物密度（C10）	0.1

注：权重值为指导值，可根据当地水库的生态调查历史资料和生态特征，进行生态健康要素重要性评价排序后进行调整。

4.3.5 指标评估方法与赋分标准应符合 SL/T 793 的相关规定。

4.4 水生态健康评估

4.4.1 城市水体生态健康等级分为 3 级：健康、亚健康、不健康，按表 5 的规定执行。

表 5 城市水体生态健康分级标准表

水生态健康等级	水生态健康综合指数
健康	80（包含）~100
亚健康	60（包含）~80
不健康	0~60

4.4.2 城市水体生态健康综合指数应按下列公式计算，并根据河流、湖泊、水库流域内多监测站点水生态健康综合指数算数平均值进行评估。

$$M=\sum_{i=1}^sX_i\times C_i$$

式中：M——水生态健康综合指数；
X_i——第 i 个指标权重；
C_i——第 i 个指标赋分；
S——指标数目。

5 城市水系生态格局构建

5.1 一般规定

5.1.1 城市水系生态格局的构建应包括水系生态空间范围划定、水系连通总体布局、城市水系格局保护修复、水系文化遗产与景观构建等内容。

5.1.2 城市水系生态格局的构建应以水系现状和历史演变状况为基础,综合考虑区域水资源水环境承载能力、水敏感性、城市发展需求等因素,注重水系的自然性、多样性、连续性和系统性。

5.1.3 城市水系生态格局的构建应坚持生态优先,加强河湖生态空间管控,依法划定河湖管理范围,明确水域、岸线等空间范围和用途管制类型,划定并严守水资源利用上线、水环境质量底线、生态保护红线,提出水资源、水环境及水生态等各要素管控目标和措施要求,将各类开发活动限制在水资源、水环境和水生态承载能力之内。

5.1.4 城市水系生态格局的构建应统筹山水林田湖草系统治理,协调防洪、供水、交通建设等与生态保护的关系,合理布局各类生态保护和修复措施,并开展多种方案优化比选,优先选择技术先进适用、生态改善效果良好、工程管理方便、建设成本相对较低的方案。

5.2 城市水系生态空间范围划定

5.2.1 基本要求

1 城市水系生态空间范围应以流域为基本单元合理划定,涉及区域应包括河湖水域、岸线等。

2 河湖水域及岸线是水系生态空间范围的核心，其范围应满足河势稳定、保障河道行洪安全、维护河湖生态等基本要求及河湖管理管控要求。

3 城市水系生态空间范围划定应充分考虑河湖自然属性、生态功能和社会服务功能，统筹防洪、生态保护、河湖整治、航道整治与港口建设、水资源利用与保护、控导和调蓄工程管控空间范围。

4 应统筹考虑自然生态保护的整体性和系统性、河流湖泊生态廊道的连通性要求，对明显不合理的区域进行校验调整。对于难以界定空间范围的局部区域，可通过现场调研分析确定。

5.2.2 河流水域生态空间以水域边界线作为外边线进行合理划定，并符合下列要求：

1 已建或规划建设堤坊、护岸的河流，按堤岸上口之间区域划分为水域生态空间管控范围。

2 无堤防、护岸的河流按地貌形态及所在河段分类划分水域生态空间管控范围。

3 山区型河道宜以防洪设计水位与陆域的交线作为临水边界线；平原河道宜以造床流量或平滩流量对应的水位与陆域的交线或滩槽分界线作为临水边界线；入海河口以防波堤或多年平均高潮位与陆域的交线作为临水边界线，并与海洋功能区划相协调。

5.2.3 湖泊、水库水域生态空间划定应留足调蓄空间，并按下列要求划定：

1 有堤防的湖泊、水库，水域空间应为湖泊周边堤防之间的水体、湖盆、湖洲、湖滩、湖心岛屿、湖水出入口、堤防及堤防背水侧管理范围。堤防管理范围按照 GB 50286 和 SL 171 确定。对已有明确临水控制线的湖泊、水库，可将临水控制线所围成的区域划定为水域生态空间。

2 对无堤防的湖泊，水域生态空间应为湖泊防洪高水位以下的水体、湖盆、湖州、湖滩、湖心岛屿、湖水出入口等水域管理范围。防洪高水位应按照已批复的流域综合规划、流域防洪规划中有关成果确定。没有规划成果的，可根据 GB 50201、SL 44、SL 104 等标准进行推算。

3 对未划定防洪高水位的湖泊，可采用多年平均湖水位与岸边的界限划定为水域生态空间，优先选用水文站资料进行判断，若无水文站资料，可采用近 20 年遥感数据进行反演判断。

4 对有生态补水目标的湖泊，有明确水域范围复苏目标的，可采用规划目标值作为水域空间。未明确水域范围复苏目标但有水位目标的，可根据水位-库容-面积曲线确定适宜面积范围作为水域空间。

5 对已干涸或消失的湖泊，可根据气候条件和水资源保护要求变更水域生态空间。

6 湖泊、水库应留足洪水调蓄空间，其水域生态空间应包括经济社会系统中具有安全保障重要意义的洪泛区、蓄滞洪区、为防御洪水而必须保留的洪水通道、未包含在水域生态空间内的一般洲滩民垸和行洪通道等。

7 对于规划开展退田还湖还湿或有关需求的湖泊，应根据退田还湖还湿要求，确定退田后的湖泊水域范围，结合上述原则划定水域生态空间。

8 不满足上述条件的湖泊可根据具体情况分析确定。

5.2.4 应对湖泊水域生态空间与城市空间进行协调，若湖泊水域生态空间与其它空间范围划定存在重叠问题，应对重叠区域范围的服务功能进行重要性评估分析，合理确定湖泊水域生态空间范围。

5.2.5 河流岸线生态空间以水域边界线和外缘边界线确定的岸线范围进行合理划定，并符合下列要求：

1 对有堤防工程的河段，外缘边界线可采用已划定的堤防工程管理范围的外缘线。参照 SL 171 有关规定及城市规划蓝线，宽度不宜少于 10m。

2 对无堤防工程的河段，以城市河段水域生态空间管控线为基础。根据城市规划发展需求和河段生态空间确定。

5.2.6 湖泊岸线生态空间是湖泊岸线外缘边界线的底线，并根据以下要求划定：

1 对于已规划建设防洪及河势控制工程、水资源利用与保护工程、生态环境保护工程的湖泊，以湖泊堤防工程背水侧的管理范围外边线或湖泊管理单位设定的管理保护范围线作为外缘控制线，对于无防洪要求的湖泊，考虑水文情势、水沙条件及水势演变等因素，宜按洪水位与岸边的交界线作为外缘控制线。

2 根据岸线资源的自然条件和社会功能属性以及不同类型湖泊的功能特点与经济社会发展需要，可将湖泊岸线生态空间分为岸线保护区、岸线保留区、岸线控制利用区和岸线开发利用区。

3 根据水域岸线保护需要和周边开发利用现状，结合城市滨湖景观建设、岸线绿化、面源污染防控等需要，宜向陆域延伸一定距离，纳入湖泊岸线生态空间。

5.3 城市水系连通总体布局

5.3.1 应根据水系连通工程的目标，结合区域相关规划，明确连通工程的功能和定位，综合考虑规划区水系格局、水资源条件、生态环境特点和经济社会发展要求，以骨干河道为基础，结合水系演变规律，提出人水和谐、布局合理、功能完备、调控有序的水系连通总体布局。

5.3.2 总体布局以区域内的重要水源、水系和水利工程为依托，综合考虑水资源配置、防洪减灾、水生态保护等方面的需求，合理确定连通规模、连通方式及其调度运用模式，有效提高水资源调配、水旱灾害防御和水生态保护能力，保障经济社会可持续发展和维护河湖健康。

5.3.3 以水资源配置为主的水系连通工程应统筹水源区和受水区、上下游、干支流、流域和区域的关系，兼顾连通工程对防洪排涝、水生态、水环境的影响，论证水源区水源条件、调入区需调水量、水质保障以及连通工程的利用效率等，合理确定连通方式、工程规模和总体布局。

5.3.4 以防洪减灾为主的水系连通工程应根据流域防洪规划，论证洪涝水蓄泄关系，统筹安排洪涝水出路，分析洪水风险转移的可能影响，合理确定连通方式、工程规模和总体布局。

5.3.5 以水生态保护为主的水系连通工程应根据河湖生态保护与修复目标，结合相关区划与规划，根据连通区域的水生态问题及需求，综合考虑区域水文水资源特征、河湖生态功能定位以及流域开发利用与治理任务，合理确定总体布局，提高连通程度。

5.4 城市水系格局保护与修复

5.4.1 基本要求

1 因人类活动或城市建设引起水系阻隔、河流渠道化和水面萎缩并导致河湖生态系统退化时，应进行城市水系格局保护与修复。

2 缺水地区进行水系格局修复时应避免过度打造水景观或形成过大水面。

3 城市水系格局保护与修复措施应包括水系连通、河道断面多样性修复、城市水系平面形态修复和滨水区生态修复等。

5.4.2 河道断面多样性修复应符合下列规定：

1 河道断面多样性修复应以改善河湖生态系统结构、保护重要水生生物栖息地和生物多样性目标为指导，恢复河流纵断面坡降多样性修复、横断面多样性改善、河道内部深潭浅滩序列布局等。

2 河流纵断面坡降宜采用自然坡比，不宜采用单一坡降，并与河道内栖息地改善措施相结合。

3 河道横断面多样性修复应避免采用规则几何断面，综合考虑河段功能、行洪安全、泥沙冲淤等因素，设置主河槽、河漫滩、河滨带等多种地貌形态。

4 宜在河道或主河槽内结合城市景观合理布设深潭-浅滩序列，深潭-浅滩的布置位置、大小、组合及深度应根据河道水文特性确定。

5.4.3 城市水系平面形态修复应符合下列规定：

1 河流平面形态应根据山丘区、平原区等不同城市河流类型特点，综合考虑河流的水文特性以及行洪、生态、通航等功能要求，宜弯则弯，合理确定河道治导线平面形态参数，修复河流平面形态的蜿蜒性。

2 平面形态参数确定方法可采用复制法、经验关系法、参考河段法、系统分析法及自然恢复法等。

3 城市水系平面形态遭到破坏时，应根据城市所处的山丘区、平原区等不同地域河流特点，在土地利用许可的条件下，合理确定河道治导线平面形态参数，修复河道平面形态蜿蜒特征；如果条件限制，应修复主河槽蜿蜒特征。

4 河流平面形态蜿蜒性修复在主河槽内可通过人工堆石、设置构造物等措施，恢复局部水流的蜿蜒特性，也可在河流的某段区间或整段河道，通过改变河道的平面形状进行大尺度修复。河流平面参数设计方法可参考 SL/T 800 的相关规定。

5.4.4 滨水区生态修复应符合下列规定：

1 应结合流域管理和城市建设规划，明确滨水空间范围，需包含城市水域空间及与之相邻的 1-2 km 陆域空间。划定的滨水空间范围内应加强水环境治理，完善城市污水和废水处理系统；结合城市人文历史和生活需求，构建生态宜居的滨水景观。

2 城市滨水区生态系统可采用生态型护岸进行保护与修复，应根据河道岸坡坡度、水流特点和岸坡土质等因素选取适宜的生态型护岸结构型式，同时合理分析生态型护岸结构在重力、水流拖拽力、坡内渗流作用力和波浪吸力作用下的整体和局部稳定性。

3 城市滨水区生态景观构建应从流域或城市角度统筹规划，综合考虑景观设计的水、建筑等元素对整个滨水空间形态的影响，采用拟自然的手段构建各处景观节点，同时确保在空间和时间尺度上滨水景观的连续性。

5.5 城市水系文化遗产与景观构建

5.5.1 水文化遗产应符合下列规定：

1 应开展流域或区域水文化遗产资源调查评估，分析自然地理、社会变迁以及与治水相关的风土人情、治理工程、治水事迹、诗词文章、民风民俗及水文化典故等，挖掘本土特色的水文化遗产资源，提出水文化保护与传承的内容和要求。

2 应以提升水文化遗产价值、继承传统智慧为重点，系统挖掘、科学保护、适度修复流域或区域内现存水文化遗产资源，合理利用与展示水文化遗产资源，实现水文化永续传承。

3 应结合区域文旅观光、休闲康养、科普宣教等需求，依托水利工程、河湖生态景观资源等，提出水文化设施建设布局与要求，因地制宜建设水情科普宣教设施、水文化展示展陈设施和水文化旅游设施等，推动开展体现当地民俗风情的各类涉水活动，提升区域居民对水情和水文化认知、认同水平。

4 针对受益范围广、社会影响大等综合效益突出的古代和现代水利工程，应充分挖掘其承载的自然生态、科学技术、历史文化、艺术审美价值，通过适度开发拓展观光游赏、文博展示等社会服务功能，丰富水利工程文化内涵，提升水利工程文化品位。

5.5.2 水景观构建应符合下列规定：

1 在严格河湖生态空间用途管控前提下，应按照保障防洪安全、强化河湖保护、维持自然景观、合理且必要建设的原则，以不碍洪为前提，结合人居环境改善和风景名胜区、湿地及游憩公园等建设要求，统筹河湖生态廊道保护、区域水文化保护与传承和滨水景观建设等，以沿江、沿湖为主轴线构建区域水景观建设总体格局，合理布局亲水公共空间，提升滨水景观品质和生活空间宜居程度。

2 明确生态驳岸、步道、滨河公园等亲水公共空间建设的措施和要求，并与周边城乡风貌、历史文化、生态环境和园林绿化等相协调和衔接。

3 严禁建设侵占河湖的实体建筑，步道、滨河公园等建设不得抬高和改变河湖自然滩地高程，不得建设商业开发性质的房屋等建筑。

4 对具有自然生态或历史人文景观保护要求的河段，实施河湖综合治理应充分考虑周边景观资源的合理保护和利用，主要建筑物、构筑物的造型、风格、质感、色彩、尺度比例、植被种类、空间布局等应与周边景观、地域文化相互协调。

6 生态需水调控

6.1 一般规定

6.1.1 应以满足城市防洪排涝要求为前提，根据水资源开发现状及规划，统筹协调生态与社会服务功能，合理确定生态保护目标，计算生态需水量，综合评价生态需水满足情况，选择适宜的生态需水调控措施。

6.1.2 应将生态用水纳入流域水资源配置，对于生态流量不满足要求的水体，应根据水资源情况，优化供水管控，提出水资源综合保障措施。对于水资源短缺、严重挤占生态用水的城市，应逐步退减被挤占的生态用水。

6.2 生态需水计算

6.2.1 应按照城市水体生态保护目标的用水需求计算生态流量；生态保护目标根据生态保护对象确定，生态保护对象包括维持河湖形态、生物栖息地、水体自净能力等生态环境功能。

【条文说明】6.2.1 生态保护目标确定的过程就是选择生态保护对象的过程，通过初步分析得到的保护目标，应与水体的社会服务功能和开发利用程度等因素统筹考虑，综合比选后，作为最终确定的水体生态保护目标。

6.2.2 城市水体生态流量根据需要可用流量、水量、水位、水深、水面面积等指标表示。河流宜用流量、水量等指标，湖泊、水库宜用水位、水面面积等指标。

6.2.3 生态基流设计保证率应不小于 90%；敏感期生态流量保证率应根据敏感对象的功能要求，结合区域水文变化规律和生态特点确定；基本生态流量的年内不同时段值和全年值保证率原则上应不低于 75%；目标生态流量设计保证率原则上不应低于 50%。

【条文说明】6.2.3 生态流量的设计保证率是指河湖生态流量计算使用的来水频率。生态流量应明确设计保证率，设计保证率应根据水文情势和水资源禀赋、生态保护目标重要性、工程调控能力以及设计生态流量保障的可能性等因素合理确定。原则上，生态基流正常情况下应不破坏。

6.2.4 城市水体生态需水计算应符合 SL/T 712 的相关规定。

6.3 生态需水调控

6.3.1 应分析水系格局、水资源禀赋，充分利用现状水利工程体系及自然动能，结合生态问题与生态需水量，提出生态需水调控的措施。

6.3.2 应根据生态需水计算结果，结合水系格局特点，充分利用现状闸泵，按需精准分配水量，必要时增加关键控导措施。

6.3.3 对于水系较复杂的平原河网区域，宜采用河网水动力模型，识别河网关键节点，模拟并优化生态需水调控措施。

6.3.4 应从流域、区域、城区等层面考虑水源，宜采用多水源互为备用、相互补充，考虑雨水调蓄、中水回用等非常规水源，水源水质不应低于城市水体水质考核目标。

7 水体水质保障

7.1 一般规定

7.1.1 应根据水环境现状、城市排水体制和水质管理目标，测算水环境容量，结合水源补给情况，制定水质保障措施。

7.1.2 应对进入城市水体的污染物进行总量控制。

【条文说明】7.1.1~7.1.2 根据水体水质状况调查成果和水质管理目标，确定水体水环境容量，分析污染源与水体水质之间的响应关系，制定污染物总量控制方案，在污染物总量控制方案指导下，按照因地制宜、经济合理的原则，确定水质保障综合措施。

7.1.3 应以截污纳管、面源污染控制、内源污染控制为主要措施，当水体水质与管理目标仍然有差距时，宜采用原位治理、旁路治理、补水活水等辅助措施。

【条文说明】7.1.3 水质净化是水生态修复的前提条件，应优先考虑雨污分流、截污纳管，将污染源截留至周边城市污水管网，由污水处理厂统一处理。在完成控制各项污染源输入的前提下，水质仍然不能满足管理目标时，应采取各类人工强化净化措施开展水体修复，在短时间内解决污染问题，包括自净强化、旁路净化、水动力循环等措施。

7.1.4 应选用易获取、成本低、环境友好的材料；应选择易成活、生长快的本土植物。

7.2 环境容量测算

7.2.1 水环境容量计算应符合 GB/T 25173、SL 613 的相关规定。

【条文说明】7.2.1 水环境容量是在给定的水域范围内和水文条件下，在规定了排污方式和水质目标的前提下，单位时间内该水域的最大允许的纳污量，也称为水体纳污能力。水环境容量既反映了流域的自然属性，也反映了人类对环境的需求。影响水环境容量的因素包括：水域特性、水环境功能目标、污染物质和排污方式。

7.2.2 可建立一维、二维水质模型进行水环境容量计算，对于有重要保护意义的水环境功能区、断面水质横向变化显著的区域，宜采用二维水质模型。

【条文说明】7.2.2 污染物进入水体之后，在水中发生纵向离散、平流输移和横向混合作用，同时污染物与水发生物理、化学和生物作用，水中的污染物质浓度逐渐降低，这一变化过程是复杂的，为了简化并描述水中污染物质的降解规律，可使用数学模型。

7.2.3 应根据水环境功能区划或水质敏感点位置确定水环境容量计算边界。

7.3 截污纳管

7.3.1 排水系统的完善应符合下列规定：

1 排水体制应满足城市总体规划的要求，并结合实际情况因地制宜确定，除干旱地区外，新建地区的排水体制应采用分流制。

2 既有合流制排水系统，应考虑工程可行性，经技术经济比较后，实施雨水、污水分流改造；暂不具备改造条件的，应根据水质管理目标和水环境容量，采取截流等综合措施，严格控制溢流污染。

3 排水系统雨污混接、外水入渗、水体倒灌的调查及治理应符合 T/CECS 758 的相关规定。

【条文说明】7.3.1 因雨污混错接、管道功能性损坏和结构性损坏造成的污染，应在管网调查的基础上，开展混错接整治及缺陷修复，保障排水系统的完善和健康运行。

7.3.2 严禁将任何未经处理或处理不达标的污废水直排水体。

7.3.3 对无法截污的污废水排口，应采用净化设施将污废水就地处理达标后利用或排放。

【条文说明】7.3.2~7.3.3 污废水收集处理设施覆盖范围内的工业废水和生活污水，不应另外再单独设置排污口，污废水收集处理设施覆盖范围外的工业废水和生活污水需要设置排污口时，应进行论证，确保达标排放，实施规范管理。

7.4 面 源 污 染 控 制

7.4.1 应根据面源污染物向水体输移规律，采取雨水控制、初期雨水弃流、末端集中处理、植被缓冲带、生态沟渠、人工湿地等措施削减面源污染物。

【条文说明】7.4.1 雨水径流污染是在降雨作用下，大气沉积物被雨水淋洗带到地面或地面累积污染物被径流冲刷，经由排水系统收集、输送，最终排入河流、湖泊等受纳水体而形成的水污染。城市雨水径流污染具有随机性强、面积广、成分复杂等特点。过去，我国水污染防治工作重点针对城市生产和生活污水等点源污染，对于城市雨水径流污染防治应给予足够的重视。我国在点源污染治理方面取得了显著的成绩，而城市雨水径流污

染对水环境污染的贡献正在逐渐增高。生态沟渠是指种有植被的地表沟渠，用于拦截降雨后初期径流污染。可利用原有排水沟渠进行改造，适用于城市滨河道路两侧、公园绿地等区域，通常作为生物滞留设施的预处理设施，衔接河流、绿地和城市雨水管渠系统等。也可作为雨水后续处理的预处理措施，与其他径流污染控制措施联合使用，与其他处置措施自然连接。人工湿地一般由基质和生长在基质上的水生植物组成，利用湿地中填料、水生植物和微生物之间的相互作用，通过物理、化学及生物过程实现对面源污染物的净化。人工湿地选址及布置要求应充分结合水文、地质条件，选择面积适宜、对流态影响较小的区域布置，避免因选址不当导致的湿地裂损、倒灌、排水不畅等问题。

7.4.2 新建、改扩建的市政及建筑工程应采用源头控制措施来达到当地海绵城市规划目标，优先利用绿地、闲置洼地作为滞蓄空间。

7.4.3 应按国土空间规划要求设置城市滨水生态缓冲带降低面源污染负荷。

7.4.4 建设项目场地的竖向设计应符合下列规定：

- 1** 应有利于雨水汇入源头控制设施。
- 2** 应满足排除雨水的需求，并与城市防洪排涝系统有效衔接。
- 3** 绿地宜设置为下沉式，将雨水径流有组织引入下沉绿地内进行控制。

【条文说明】7.4.4 下沉绿地是一种高程低于周围路面或地面标高、可积蓄下渗自身和周边雨水径流的绿地，利用开放空间承接和贮存雨水，达到减少径流外排的作用。下沉绿地内部植物多以本土草本为主，通过植物和土壤的物理、化学和生物作用净化雨水径流，起到削减径流污染物及调节

径流的作用。

7.4.5 建设项目场地的平面布局应遵循生态优先的原则，并符合下列规定：

- 1 应优先保留并利用现状自然水体。
- 2 不应破坏场地原有水文条件。

7.4.6 建设项目的水土流失防治措施应符合 GB/T 50434 的相关规定；种植化肥流失防治措施应符合 HJ 555 的相关规定。

7.4.7 雨水控制措施应符合 GB 50400 的规定，并满足下列要求：

- 1 应将超出雨水控制设施滞蓄能力的雨水以溢流方式与市政雨水管渠衔接。
- 2 产生特殊污染的场地，应采用雨水净化设施处理达标后排放。
- 3 雨水进入景观水体前宜采用植草沟转输，并宜设置前置塘等预处理设施。
- 4 车行道初期雨水应经净化后排入道路绿带，并应采取措施避免下渗雨水对道路基础的强度和稳定性造成破坏。
- 5 应根据调蓄目的、排水体制、管网布置、溢流管下游水位和地形地势等因素综合确定雨水调蓄池位置；径流源头宜布置雨水调蓄池。

7.4.8 初雨弃流措施应符合下列规定：

- 1 径流源头宜布置初雨弃流设施。
- 2 不应将弃流初雨直接排入市政污水管道，宜调蓄弃流初雨，雨后缓慢排入绿地等生态入渗设施或市政污水管道。
- 3 用于面源污染控制的雨水调蓄池，应采用与排水管渠并联的形式。
- 4 初雨径流弃流量应按下垫面收集雨水的污染物实测浓度确定。当无

资料时，屋面弃流径流厚度可采用 2mm~3mm，地面弃流可采用 3mm~5mm。

7.4.9 宜在雨水排口处设置面源污染控制设施，可根据适用条件采用强化沉淀、水力旋流分离、高效过滤、人工湿地等措施，人工湿地构建应符合 HJ 2005 的相关规定。

7.4.10 合流制溢流污染控制应符合下列规定：

- 1** 应采取源头控制措施减少进入合流制系统的雨水径流量及污染物质。
- 2** 超出截流管和污水处理厂能力的合流污水，宜在溢流井附近设置调蓄池储存溢流污水，雨后缓慢排入市政污水管道。
- 3** 溢流污水可根据适用条件采用强化沉淀、水力旋流分离、高效过滤、人工湿地等措施进行处理达标后利用或排放。
- 4** 应在旱季周期性冲洗合流制管道，将沉积物输送至污水处理厂处理。

【条文说明】7.4.10 合流制溢流污染的产生、输送、负荷及其分配受到降雨特点、下垫面条件、管道拓扑及溢流井分布、截流倍数、污水处理厂处理能力及工艺等诸多因素的综合影响。合流制溢流污染水质水量变化较大、随机性较强。在不同截流倍数和降雨条件下，合流制溢流污染发生的位置和时间、污染物排放总量都会有所不同。为了高效的控制合流制溢流污染，需科学地构建包含从源头到末端的合流制溢流污染控制系统。

7.4.11 应调查暗涵本体特征、排口、检查井及隐患等，制定暗涵处理措施，并满足下列要求：

- 1** 具备条件时，应将暗涵型河道恢复为开敞型河道。

- 2 应将接入暗涵的污水直排口、雨污混接排口进行雨污分流改造，不具备改造条件时应采取截污措施。
- 3 应在旱季进行清淤作业，并做好导流和应急排水措施。
- 4 宜根据适用条件采用机器人、装载机、移动式吸泥泵等清淤方式。
- 5 对于长距离、全封闭的暗涵，应增设检查井和通风口。
- 6 在暗涵调查和改造过程中，应做好安全保障措施，并制定应急预案。

7.5 内源治理

7.5.1 应对底泥的物理、化学等特性指标进行检测，底泥特性指标应符合表 7.5.1 的规定。

表 7.5.1 底泥特性指标

序号	检测项	检测内容
1	含水率	含水率
2	挥发性固体	挥发性固体含量
3	无机元素及化合物	铜、镉、汞、铬、铅、锌、砷、镍、银、砷、硒、无机氟化物、氰化物
4	有机物	邻苯二甲酸酯类（PAEs）、多环芳烃（PAHs）、多氯联苯（PCBs）
5	肥分	总磷、总氮、总钾
6	农药类	有机氯、有机磷农药

7.5.2 底泥勘察应全柱状采样，采样的底面应至正常层以下 20cm~50cm；初勘阶段垂直采样间距 30cm~50cm，每个柱状取芯不宜少于 1 个采样点；详勘阶段垂直采样间距 10cm~30cm，每个柱状取芯不宜少于 3 个采样点。

7.5.3 城市河道宜优先借自然做功，综合气象、水文、底泥特性等因素，在满足生态基流的前提下降低运行水位，日光可透射至河道底部，采用底泥自然修复方法。

【条文说明】7.5.3 受传统观念影响，为了维持水景观、提升水环境容量，

城市河流通常保持高水位运行。然而，高水位运行时，河道复氧能力低，底泥长期处于厌氧状态，易发黑发臭；水下光照强度低，沉水植物和浮游植物无法生长，难以构建完整生物链。低水位运行方式应用于珠三角河道有着明显效果，其理论基础：一是低水位运行将带来水体物理、化学指标的直接变化，如光照、流速和溶解氧等指标的快速改善；二是可激发表层底泥污染物的好氧硝化，驱动深层底泥的厌氧反硝化，实现污染底泥的自然修复；三是低水位运行有助于营造洲-滩-槽多样化生境，构建“沉水植物、挺水植物、小型鱼类、虾、螺、藻类、微生物、水鸟”等组成的复杂生态系统。广州市率先在猎德涌、沙河涌、车陂涌、南岗河等 100 多条城市河流开展了低水位运行实践，在控源截污、清污分流等源头治理的基础上，采取了“降水位+少清淤+不调水”的做法进行水生态恢复，让淤泥见阳光，中间走活水，形成河底湿地，促进了水质和生态双修复，营造“深潭浅滩”生态环境。实践证明，在运行短短几个月的时间内，河流水生态环境显著改善：河流水环境质量提升至Ⅲ~Ⅴ类地表水标准；污染底泥开始减量、泥质逐渐沙化、恶臭现象渐渐消失，底泥由明显黑臭状态逐渐变为黄色无臭无味状态，自上至下呈黄色（0~10cm）-灰色（10~15cm）-黑色（15cm 以下）分布，底泥表层（0~10cm）氧化还原电位由-180mV 提升至 40~60mV，有效去除了底泥中致黑致臭污染物。

7.5.4 当城市河道不具备底泥原位处理条件时，宜采用精度高的异位生态清淤法，并满足下列规定：

1 对于清淤量较小、河道较窄、河水较浅的河段或湖泊，宜采用挖掘机清淤。

2 对于清淤量较小、河道较宽、河水较深且不能断流的河道，宜采用

气力泵清淤。

3 对于清淤量较大、河道较宽、河水较深、泥质较硬或含大量杂质的河道，宜采用环保抓斗式挖泥船清淤。

4 对于清淤量较大、河道较宽、河水较深且泥质较软的河道，宜采用环保绞吸式挖泥船清淤，应配备挖深测定仪，精准定位挖掘深度及施工精度。

5 不应应对河势、边坡及堤身的稳定性造成影响。

【条文说明】7.5.4 本条规定了生态清淤应遵循的原则。目前市场上的清淤设备种类较多，近年来也出现了越来越多的更新、更环保、更高效的设备，具体的清淤方案可因地制宜，结合设备技术发展予以综合考虑确定。比如城市河道两侧居民区较多的，尽量采取对周边居民影响小的清淤方案，通航河段清淤及底泥输送可采用绞吸式挖泥船，挖掘机、水陆两用绞吸泵及吸泥泵等环保清淤方式配合输泥管输送方案；非通航河段可采用水陆两用搅吸泵、挖掘机及吸泥泵等环保清淤方式配合输泥管输送方案。

7.5.5 应在满足水利、通航、供水及渔业安全的前提下，考虑工程基本条件及设备适用条件，明确氮磷、重金属、有机污染物超标的区域，综合确定清淤范围。

7.5.6 氮、磷含量超标区域应按下列方法确定：

1 应通过吸附--解析平衡实验分别求出底泥中氮、磷的吸附--解析平衡点，实验过程应符合附录 B 的规定。

2 应根据底泥中氮、磷含量与平衡点的对应关系，通过内插法计算出水体达到水质管理目标时的氮、磷含量，即为底泥中氮、磷的控制含量。

3 底泥中的氮、磷含量大于控制含量的区域，确定为氮、磷含量超标

区域。

7.5.7 应对底泥中的重金属潜在生态风险指数进行分析，潜在生态风险指数达到中等及以上的确定为重金属含量超标区域，计算方法应符合附录 C 的规定。

7.5.8 有机污染物含量超标区域的确定应符合下列规定：

1 应对底泥中邻苯二甲酸酯进行生态风险评估，确定邻苯二甲酸二丁酯含量超 $0.7\mu\text{g/g}$ 和邻苯二甲酸二辛酯含量超 $1.0\mu\text{g/g}$ 的区域。

2 应对底泥中多氯联苯进行生态风险评估，确定多氯联苯含量超 180ng/g 的区域。

3 应对底泥中多环芳烃进行生态风险评估，确定多环芳烃任一组分或总量超过效应区间中值的区域，多环芳烃生态风险评估指标应符合附录 D 的规定。

4 应对底泥中邻苯二甲酸酯、多氯联苯、多环芳烃含量进行空间插值分析，确定底泥中有机污染物含量大于等于本条第 1 款、第 2 款、第 3 款中规定阈值的区域，叠加所得结果即为有机污染物超标区域。

【条文说明】7.5.8 沉积物中的有机污染物主要包括邻苯二甲酸酯、多氯联苯、多环芳烃化合物。采用毒性效应区间低值（生物有害效应百分率低于 10%）、毒性效应区间中值（生物有害效应百分率大于 50%）评估沉积物中有机污染物的生态风险。若污染物浓度大于毒性效应区间中值，表示经常产生负面效应，若污染物浓度介于两者之间，表示偶尔产生负面效应。我国自然水体中邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二辛酯含量较高，沉积物中不同邻苯二甲酸酯同系物中邻苯二甲酸二辛酯含量较大，因此选择邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二辛酯作为沉积物中邻苯二甲酸酯污染的标

志物。

7.5.9 应在满足水环境管理目标、水生生物生长、河床湖床规划标高的基础上，以污泥中氮磷、重金属和有机污染物含量超标的区域为依据，综合确定清淤深度，并满足下列要求：

1 应测定各分层底泥中的氮磷含量，对大于氮磷控制含量的底泥深度即为氮磷污染清淤深度。

2 应测定各分层底泥中的重金属含量，重金属潜在生态风险达到中等及以上的最大深度即为重金属污染清淤深度。

3 应测定各分层底泥中的邻苯二甲酸酯类、多环芳烃、多氯联苯含量，按生态风险评估出的有机污染物超标深度即为有机污染物清淤深度。

4 应综合比较氮磷污染清淤深度、重金属污染清淤深度和有机污染物清淤深度的最大值，即为污染底泥清淤深度。

7.5.10 底泥可采用管道、汽车以及船舶等方式输送，不应在输送过程中发生底泥泄露，并满足下列规定：

1 对于含水率大于 90%的底泥，当输送距离较长、输泥量较大时，宜采用管道输送。

2 对于含水率大于 90%的底泥，当输送距离较短、输泥量较小时，宜采用密闭罐车输送。

3 对于采用挖掘机清淤的底泥，当含水量小于 60%时，宜采用渣土车运输。

4 对于采用抓斗式挖泥船清淤的底泥，宜采用船舶输送。

5 对于采用湿法清淤的、密闭罐车输送的底泥，宜对底泥先脱水、后装车。

7.5.11 应根据物理、化学和生物特性，按照“减量化、稳定化、无害化、资源化”的原则处置污染底泥，宜优先采用机械脱水干化工艺。

【条文说明】6.5.11 污染底泥的减量化、无害化处理方法主要包括：固化剂固化螯合搅拌脱水法、机械脱水干化法、物理脱水固结法、热处理法等。

7.5.12 底泥资源化包括土壤化利用、建材化利用，并满足下列要求：

1 重金属指标满足回用标准的底泥经处理后，可用于生态边坡构建、园林绿化、制砖等，并符合 GB/T 23486、GB/T 25031 的规定。

2 应对污染底泥进行洗脱，河沙、砾石等大颗粒可作为生境营造材料。

7.5.13 宜在工程区就近设置底泥脱水场，选址应符合国土空间规划、当地环境保护规定。

7.5.14 应及时清理沿岸垃圾和水面漂浮物；落叶等污染应在腐烂前清理。

7.6 原位治理

7.6.1 原位治理措施不应影响通航、行洪等水体功能，并应与景观和生境相协调。

7.6.2 原位治理措施包含增氧法、生物膜法、生态浮床法、水生植物法等，宜以单独或组合的方式原位削减水体污染物。

7.6.3 增氧法可采用跌水、喷泉、射流、曝气等方式，并应符合下列规定：

1 宜结合水体水位调控进行跌水增氧。

2 增氧装置应具有节能、运行稳定、便于维护、抗冲刷能力强等条件。

3 射流和喷泉式增氧措施的水柱高度不宜超过 1.0m 米；

4 黑臭水体不应采用射流和喷泉式增氧措施。

【条文说明】7.6.3 增氧法适用于严重有机污染和水环境整治后城市水体的水质保持。向水体中充入空气，加速水体复氧过程，提高水体溶氧水平，恢复和增强好氧微生物的活力，促进有机污染物的降解速度，改善受污染水体的水质。该方法机动灵活，操作方便，效果好，对消除水质黑臭、抑制藻类的生长繁殖有着良好的效果。人工增氧作为阶段性措施，可有效提升局部水体的溶解氧水平，并加大区域水体流动性。射流和喷泉的水柱喷射高度不宜超过 1m，否则容易形成气溶胶或水雾，对周边环境造成一定的影响。

7.6.4 生物膜法可采用生态石、水下生物滤床等方式，并应符合下列规定：

- 1 宜采用高比表面积、表面附着性强、耐磨损、耐腐蚀、生物化学稳定性好、易挂膜、脱膜更新快的材质。
- 2 宜在开展原位治理之前进行小型模拟试验和场地模拟实验。
- 3 宜在污染场地筛选出高效的土著微生物作为功能菌剂。

【条文说明】7.6.4 生物膜法结合河道污染特点及土著微生物类型和生长特点，培养适宜的条件使微生物固定生长或附着生长在固体填料载体的表面，形成胶质相连的生物膜。通过水的流动和空气的搅动，生物膜表面不断和水接触，污水中的有机污染物和溶解氧为生物膜所吸收从而使生物膜上的微生物生长壮大。国内用于净化河流的生物膜技术主要有弹性立体填料-微孔曝气富氧生物接触氧化法、生物活性炭填充柱净化法、悬浮填料移动床、强化生物接触氧化等技术。在生物膜法中，填料作为微生物赖以栖息的场所是关键因素之一，其性能直接影响着处理效果和投资费用。生物填料的选择依据是：附着力强、水力学特性好、造价成本低等。理想的

填充材料应该是具有多孔及大的比表面积。借助于挂膜介质，当污染的河水经过生物膜时，水和滤料或载体上附着生长的菌胶团开始接触，菌胶团表面由于细菌和胞外聚合物的作用，絮凝或吸附了水中的有机物，与介质中的有机物浓度形成一种动态的平衡，使菌胶团表面既附有大量的活性细菌，又有较高浓度的有机物，成为细菌繁殖活动的适宜场所。由于这种有利条件，菌胶团表层的细菌迅速繁殖，很快消耗水中有机物。整个膜处于增长、脱落和更新的生态系统。微生物的生长代谢将污水中的有机物作为营养物质，从而使污染物得到降解。另外，在生物膜上还可能大量出现丝状菌、轮虫、线虫等，从而使生物膜净化能力大大增强。

7.6.5 生态浮床法应符合下列规定：

- 1** 宜采用水上植物、水面浮体、水下挂膜的立体浮床。
- 2** 浮床的框架、床体、固定和连接装置应采用坚固、耐腐蚀的材质。
- 3** 应采用耐污能力强、根系发达、不易倒伏、净化效果好的本地水生植物。
- 4** 浮床各单元应采用柔性连接；浮床应能随水体整体上下浮动；浮床应具有抵抗风浪、水流冲击的能力。
- 5** 当水体主体功能以行洪、通航为主时，不应采用浮床法。

【条文说明】7.6.5 由于城市水体的开发、渠化、硬化工程，许多天然生态岛消失，水体自净能力下降，氮、磷等营养物质含量超标，水体透明度下降，处于光补偿点光照强度以下的水生植物无法存活。生态浮床法是对水域生态系统自净能力的一种强化，是绿化技术和漂浮技术的结合体，利用植物在生长过程中对水体中氮、磷等富营养化元素的吸收及其植物根系和浮床、基质等对水体中悬浮物的吸附作用，富集水体中的有害物质；同

时，植物根系释放能加速有机污染物分解的分泌物。岛上的植物可供鸟类等休息和筑巢，下部植物形成鱼类和水生昆虫等生息环境，同时能吸收引起富营养化的氮和磷。

7.6.6 水生植物法应符合下列规定：

- 1 应根据不同类型水生植物对水位波动的适应性进行空间组合配置。
- 2 沉水植物适宜种植在水深为 0.5 m~2.5m 的透明度高的静水或缓流区域。
- 3 挺水植物适宜种植在水深为 0 m~0.4 m 的水位变动带或浅水处。
- 4 浮叶植物适宜种植在水深为 0.5 m~1.5m 的静水或缓流区域。
- 5 初次种植密度不宜过高，应考虑种植成活率和植物蔓延的影响。
- 6 水生植物法应与水生动物操纵相结合，构建动态平衡的水生态系统。

【条文说明】7.6.6 水生植物法宜遵循生态系统自身的演替规律，构建生态系统结构，实现植被的自然演替。水位变幅区植物群落应基于水流条件，确保植物群落修复后的稳定性。水生植被种类主要包括沉水植物、浮叶植物、挺水植物。通过人工配置沉水植物群落形成水下森林用于深度净化水体，直接地吸收水体中污染物，削减营养物质，提高溶解氧浓度，抑制藻类生长，增强水体自净能力。若水体浊度较高，需在前期辅以措施降低浊度，改善水体透明度，以满足沉水植物生长所需光照等条件。此外，还应考虑草食性动物对沉水植物的破坏影响，应按比例合理投放鱼虾螺贝等土著水生动物进行食物链调节，促进水生态系统的稳定，不应投放入侵物种。水生植物种植的最佳时间一般是春季或者初夏，设计时应考虑各种配置植物的物候期和繁殖特征。

表 水生植物种植要点

序号	植物类型	种植要点	限制要素
1	挺水植物	采用扦插、籽播方式种植，种植密度根据不同种类控制在 10 株/m ² ~ 25 株/m ²	具有较强无性繁殖能力物种宜采取定植措施加以控制
2	浮叶植物	采用扦插、穴埋方式种植，种植密度根据不同种类控制在 1 株/m ² ~ 10 株/m ²	易蔓延物种宜采取定植措施加以控制
3	沉水植物	采用扦插、籽播或芽体定投方式种植，种植密度根据不同种类控制在 15 丛/m ² ~ 35 丛/m ²	水体透明度低、流速快、水深较浅时不宜种植

7.7 旁路治理

7.7.1 旁路治理措施包含人工湿地或净化设备等，宜以单独或组合的方式旁路削减水体污染物。

【条文说明】7.7.1 净化设备可分类为地上式、地埋式和移动式，也可分类为一体式和分体式等，通常采用传统活性污泥法、生物接触氧化法、快速过滤、曝气生物滤池、膜生物反应器或其他污水处理工艺，宜按国家现行标准《污水处理设备安全技术规范》GB 28742 和《小型生活污水处理成套设备》CJ/T 355 的相关规定执行。

7.7.2 应建立水体的水质、水量耦合模型，对治理工艺、处理规模、设施布局、出水标准等进行分析，确保旁路治理后的水体水质满足管理目标。

7.7.3 旁路治理措施应与周边景观有效融合，与生境相协调。

7.7.4 旁路湿地构建应符合 HJ 2005 的相关规定，并满足下列要求：

- 1 场址宜选择在沿岸的湿地或闲置土地上。
- 2 宜充分利用地形地势使进出水能重力自流，条件不具备时可采用闸、坝、堰等措施控制水位，但不应影响行洪、通航等水体功能。
- 3 湿地面积应根据进水污染负荷、水力负荷和水质净化率确定。

【条文说明】7.7.4 旁路湿地即指湿地修建在水体周边，利用地势高低或机械动力将水部分引入湿地净化系统中，水经净化后，再次回到原水体的一种处理方法。优点：投资费用低，建设、运行成本低；处理过程能耗低；水处理效果稳定可靠；水处理系统的组合具有多样性和针对性，减少或减缓外界因素对处理效果的影响；可以和城市景观建设紧密结合，起到美化环境作用，改善相邻地区的景观。

7.7.5 当湿地构建无法满足水质管理目标时，可采用以下强化措施：

- 1 出水对总磷要求严格时，宜在湿地配置除磷效果好的填料及植物。
- 2 出水对氨氮和化学需氧量要求严格时，宜提高湿地内部溶解氧水平。
- 3 出水对总氮要求严格时，宜在湿地内部营造有氧与缺氧交替的环境。
- 4 进水的污染物浓度较高时，宜在湿地前端设置混凝沉淀设施以及增大湿地填料的比表面积。
- 5 对于启动时间要求短的湿地，宜投加环保用微生物菌剂，采用的微生物菌剂应对生态环境安全，并符合 HJ/T 415 的要求。

【条文说明】7.7.5 环保用微生物菌剂是指由一种或多种从自然界分离纯化，通过自然或人工选育（未经基因改造）所获得微生物菌种（株）所组成的，应用于生态环境保护和污染防治的微生物菌剂。

7.7.6 当不具备构建湿地条件时应采用旁路净化设备，并满足下列要求：

- 1 选择对水质适应强、排泥少、维护方便的工艺技术及组合。
- 2 混凝沉淀技术适用于污染物浓度较高水体的前期强化处理。
- 3 磁分离技术适用于去除难以沉降的细小悬浮物及总磷。

- 4 生物处理技术适用于出水水质标准要求高的水体。
- 5 应妥善处理设备产生的污泥，并应有臭气控制措施。

7.8 补水活水

- 7.8.1** 应建立水体的水质、水量耦合模型，对补水水质、补水规模、补水点布置、补水线位、补水时间等进行分析，确保实施补水活水后的水体水质满足管理目标。
- 7.8.2** 不应采用清洁源水稀释法作为主要措施来达到水质管理目标。
- 7.8.3** 补水活水措施不应以将污染物转移至水体下游为目的。
- 7.8.4** 补水活水措施不应影响水源区域的生产、生活及生态环境用水。
- 7.8.5** 补水水源的使用应符合下列规定：
- 1 宜优先采用再生水、雨水作为补水水源。
 - 2 水源水质应满足水体水质管理要求，宜采用湿地等生态净化措施进一步提高水源水质。
 - 3 补水规模应结合生态需水量和景观需水量进行水量平衡计算。
 - 4 补水位置宜靠近水体上游；不应远距离调水。
 - 5 补水量大、岸线长时宜分散补水；补水线位宜沿河或沿路敷设。
- 7.8.6** 补水口的设置不应对河床或湖底造成冲刷。
- 7.8.7** 对于流动性较差、藻类密度较高的封闭或半封闭水体，应经充分评估论证后，可实施水动力循环工程。
- 7.8.8** 受潮汐动力影响的城市水体，应充分利用潮汐动能，采取闸门调控等措施，加大净泄流量，将潮汐往复流改变为单向流动。

8 滨水生态空间修复

8.1 一般规定

8.1.1 受人类活动干扰大、生境条件恶化、生态系统失衡的城市水体，应进行滨水生态空间修复。因地制宜，从河湖形态塑造、滨岸带保护与修复、护岸生态化整治、基底修复、生物多样性保护修复与重构和滨水景观塑造等方面修复生境多样性。

8.1.2 滨水生态空间修复应综合实施工程措施和非工程措施，充分利用生态系统的自调节与自修复功能，实现生态修复的目标。

8.1.3 城市水体空间形态塑造包括平面形态修复和河床断面多样性修复。

8.1.4 滨水生态空间修复不得影响城市水体原有的防洪、排涝、供水、通航等功能，技术条件复杂的应采用物理模型或数学模型进行多方案比选。

8.1.5 涉及濒危、珍稀、特有物种的区域，应遵从上位规划和生态保护红线的管控要求。

8.2 空间形态塑造

8.2.1 平面形态修复应根据地域特点、河流类型、水系格局、行洪排涝、通航、水环境、水生态、城市景观、供水、用地规划及开发情况等，遵循“宜宽则宽”、保留或恢复河流平面形态蜿蜒性的原则，综合确定河流治导线平面形态参数、河床宽度。

【条文说明】8.2.1 平面形态参数可采用复制法、经验关系法、系统分析法、自然恢复法、参考河段法等确定。

8.2.2 应根据河床演变历史，维持和修复城市河流原有的弯道、急流、跌水、沙洲等地貌自然形态和生境多样性。

8.2.3 应维护城市水体与周边滩涂、湿地、红树林等生态要素的良好连通和衔接，在野生动物廊道、鱼类洄游通道等空间连续和水、气、土等物质交换上不应受阻隔。

8.2.4 宜通过新建连通水系、拆除改造闸坝、建设过鱼设施等措施，改善城市水体纵向连通，保证水流通畅。

【条文说明】8.2.4 水系连通程度可用水系连通度表示。水系连通度计算方法可采用定性或定量分析。定量分析可根据水域空间尺度选择适宜的水系连通度指标进行计算。河湖横向、纵向连通性和垂向渗透性中断引起水体栖息地条件恶化、水生生物多样性下降等现象时，应进行河湖生态连通性修复。

8.2.5 河床断面多样性修复内容主要包括纵断面坡降、横断面多样性、深潭浅滩序列等，应符合下列规定：

1 应结合现状河床地貌特征、水力条件等因素，顺应自然走势，分段确定河床纵坡，不宜全河段按同一坡比设计。可设置人工落差减缓坡降、形成一定的渐变空间，提高河床形态多样性。当采用多级跌水调整纵向坡降时，平原地区单级跌水高度不宜超过 0.3m。单级跌水高度根据地形地貌因地制宜确定。

2 横断面多样性修复应综合考虑河段功能、防洪排涝、平面特征、水生态空间、滨水景观等因素，维持和恢复主河槽、河漫滩、过渡带等多种自然地貌形态，因地制宜采用复合河床断面。

3 根据河道平面特征、水流特点、发展形态、地质地貌等条件，综合

确定深潭浅滩的位置、控制断面宽度和深度、河床基质等。

【条文说明】8.2.5 岸坡断面形式应根据河湖底部、岸滩的天然形态，营造坡、岸、滩、槽、洲、潭等多样化的自然或仿自然生境，避免将河道底部、岸滩等平整化，自然形态河道断面如图 1 所示。



图 1 自然形态河道断面示意图

2 渠道化河道蜿蜒性修复断面设计示意图如图 2、图 3。

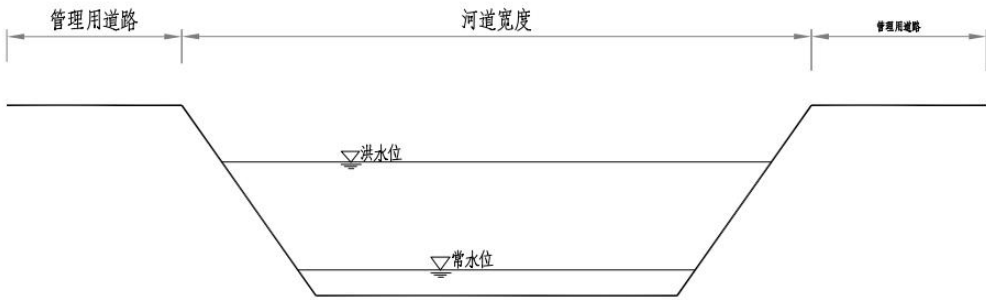


图 2 渠化混凝土衬砌标准断面

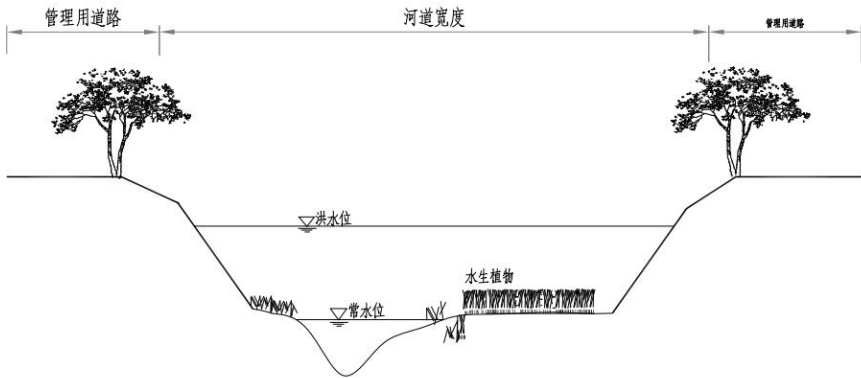


图 3 渠化混凝土衬砌修复断面

8.3 滨岸缓冲带保护与修复

8.3.1 河滨缓冲带保护与修复适宜宽度为单侧 10m~100m，宽度应根据城市河流类型、等级、尺度、保护级别、城市用地规划等确定。

8.3.2 湖滨缓冲带宽度不宜小于 30m~50m，宽度应根据湖的类型、湖体规模、保护级别、城市用地规划等确定。湖滨带保护与修复应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，以自然保育为主，人工修复为辅，遵循湖滨生态自然演变的规律。

8.3.3 城市水体滨岸缓冲带保护与修复宜配合生态拦截沟渠、绿篱隔离带、下凹式绿地、生物滞留带等措施强化缓冲带功能。各类缓冲带强化措施应符合以下规定：

1 生态拦截沟渠应综合考虑区域特性、经济发展水平、气象水文条件、土壤地形、地下水埋深、种养结构等方面的实际情况，宜利用原有排水沟渠进行改造和提升，适用于城市滨河道路两侧、湖滨绿地等区域。生态拦截沟渠适用于小流量，最大流速不超过 0.8m/s，植物高度为 100-150mm。

2 城市水体缓冲带宜采用隔离性较好的履绿篱植被，由小灌木构成，高度为 1.2m-1.6m。

3 下凹式绿地植物宜选用耐涝、耐旱的品种。下凹式绿地低于周边原地面，下凹深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能确定，宜为 100-200mm，下凹坡度宜为 1:5~1:10，有效水深宜为 50mm~150mm，雨水滞留时间不应大于 24h。下凹式绿地内应设置溢流口，溢流口顶部标高应高于绿地 50-100mm。

4 生物滞留设施的蓄水层深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能

确定，宜为 200-300mm，并应设 100mm 的超高；生物滞留设施内应设置溢流设施，溢流设施顶宜低于汇水面 100mm。生物滞留设施宜分散布置且规模不宜过大，生物滞留设施面积与汇水面面积之比宜为 5%-10%。

【条文说明】8.3.3 生态拦截沟渠指利用沟渠表面的基质-植物-微生物系统拦截、净化径流等低污染水，发挥水质净化功能的沟渠系统。

2 河湖生态缓冲带指陆地生态系统与河湖水域生态系统之间的连接带和过渡区，包括从河湖多年平均最低水位线向陆域延伸一定距离的空间范围，其主要功能是隔离人为干扰对河湖负面影响、保护河湖生物多样性、减少面源污染。（来自《河湖生态缓冲带保护修复技术指南》）

3 下凹式绿地具有狭义和广义之分，狭义的下凹式绿地指低于周边铺砌地面或道路在 200mm 以内的绿地；广义的下凹式绿地泛指具有一定的调蓄容积（在以径流总量控制为目标进行目标分解或设计计算时，不包括调节容积），且可用于调蓄和净化径流雨水的绿地，包括生物滞留设施、渗透塘、湿塘、雨水湿地、调节塘等。

4 生物滞留设施指在地势较低的区域，通过植物、土壤和微生物系统蓄渗、净化径流雨水的设施。生物滞留设施分为简易型生物滞留设施和复杂型生物滞留设施，按应用位置不同又称作雨水花园、生物滞留带、高位花坛、生态树池等。生物滞留设施应满足以下要求：

（1）对于污染严重的汇水区应选用植草沟、植被缓冲带或沉淀池等对径流雨水进行预处理，去除大颗粒的污染物并减缓流速；应采取弃流、排盐等措施防止融雪剂或石油类等高浓度污染物侵害植物。

（2）生物滞留设施宜分散布置且规模不宜过大，生物滞留设施面积与汇水面面积之比宜为 5%-10%。

(3) 复杂型生物滞留设施结构层外侧及底部应设置透水土工布，防止周围原土侵入。如经评估认为下渗会对周围建（构）筑物造成塌陷风险，或者拟将底部出水进行集蓄回用时，可在生物滞留设施底部和周边设置防渗膜。

(4) 生物滞留设施的换土层介质类型及深度应满足出水水质要求，还应符合植物种植及园林绿化养护管理技术要求；为防止换土层介质流失，换土层底部一般设置透水土工布隔离层，也可采用厚度不小于 100mm 的砂层（细砂和粗砂）代替；砾石层起到排水作用，厚度一般为 250-300mm，可在其底部埋置管径为 100-150 mm 的穿孔排水管，砾石应洗净且粒径不小于穿孔管的开孔孔径；为提高生物滞留设施的调蓄作用，在穿孔管底部可增设一定厚度的砾石调蓄层（来自《海绵城市建设技术指南（试行）》）。

8.3.4 植物配置应优先采用本土植物，不宜引用外来物种，宜选用对城市水体生态环境适应性强、有利于改善河道水环境且维护成本合理的植物，应综合考虑岸坡稳定、城市河岸景观提升、植物造景效果等因素，合理配置植物，增加植物种类，选择乔木、灌木、草本、藤本合理搭配，加大植株年龄跨度，植物应与种植基的性质相适应。

8.4 护岸生态化整治

8.4.1 护岸生态化整治可分为新建生态护岸和既有护岸生态化改造。

8.4.2 新建生态护岸应在满足防洪（潮）排涝等工程主体功能的前提下，根据区位因素、水文气象、水系格局、地形地质等条件选用适宜的生态护岸类型。

8.4.3 生态护岸按结构形式可分为坡式护岸、墙式护岸、混合式护岸；按

材料属性，可分为植物式、柔式、块体式、组合式、整体式。

【条文说明】8.4.3 常用生态护岸类型可按结构形式及材料属性进行归类，见表 1。

表 8.4.3 生态护岸类型分类表

主要结构形式		材料属性				
		植物式	柔式	块体式	组合式	整体式
坡式护岸	缓坡	草皮护坡、灌草护坡、竹木护坡、柴排、土工植物枕、软体排等	土工网（三维土工网）植草护坡、抗冲植草垫护坡、土工格室植草护坡、蜂巢植草护坡、植生袋植草护坡	自然抛石护坡、干砌块石护坡、多孔植草砖护坡、瓶孔砖护坡	连锁式多孔植草砖护坡、石笼护坡	生态混凝土护坡、无砂混凝土护坡
	陡坡					
墙式护岸	直立式	木桩	蜂巢植草护岸、土工管袋植草护岸、石笼土箱护岸	干砌石护岸、生态框（槽）护岸、鱼巢式生态框、植草式生态框、堆砌式生态框、箱式生态框、平铺式生态框护岸	石笼护岸、栅栏板护岸	生态板桩护岸、多孔透水混凝土
	陡墙式	柴排			加筋生态框（槽）护岸、加筋鱼巢式生态框、植草式生态框、加筋生态砌块	多孔透水混凝土
混合式护岸	直斜	草皮护坡、灌草护坡	蜂巢植草护岸、土工管袋植草护岸、石笼土箱护岸	干砌石护岸、生态框（槽）护岸、鱼巢式生态框、植草式生态框、堆砌式生态框、箱式生态框、平铺式生态框护岸	石笼护岸、加筋生态框（槽）护岸、加筋鱼巢式生态框、植草式生态框、加筋生态砌块护岸	多孔透水混凝土、生态板桩
	多级复合式	防护林、红树林、草皮				

注：按照结构外观形态分类，生态效果从坡式、混合式、墙式依次减弱；按照材料属性分类，生态效果从植物式、柔式、块体式、组合式、整体式依次减弱。

8.4.4 生态岸坡结构在满足防洪安全、抗冲抗刷及稳定要求的前提下，尽量选用草皮护坡、灌草护坡、土工网（三维土工网）植草护坡、抗冲植草垫护坡、土工格室植草护坡、蜂巢植草护坡、植生袋植草护坡、自然抛石护坡、干砌块石护坡、多孔植草砖护坡、瓶孔砖护坡、连锁式多孔植草砖护坡、格宾石笼护坡、雷诺护坡、生态混凝土护坡、无砂混凝土护坡、格

宾石笼护岸、加筋生态框（槽）护岸、加筋鱼巢箱护岸、加筋生态砌块护岸、生态板桩护岸等。常用生态护岸材料、特性及适用条件见附录 E。

8.4.5 护岸断面形式的选择应充分考虑水体分类、功能、用地条件、护岸高度、水位变化、糙率变化、流量及流速等因素，满足过流能力、护岸安全、生境多样性、滨水景观、亲水性等要求，经技术经济比较后确定。

【条文说明】8.4.5 岸坡断面形式应因地制宜设计，不同岸别、不同岸段的断面形式宜差异化，同时应做好不同断面形式之间的平顺衔接处理。

8.4.6 护岸断面宜采用坡式、复合式等自然形式的生态护岸；条件允许时，可采取地形重塑等方式建设隐形堤岸，形成自然界面。生态护岸断面形式及适用条件见附录 F。

8.4.7 现状堤后用地较为充足的斜坡式、陡坡式、直立式堤岸断面形式改造措施可采用在堤岸迎水坡中增设或加宽亲水平台以增强生态性和亲水性。推荐改造方式见附录 G。

8.4.8 现状坡式硬质护坡结构改造应结合河涌水流流速条件、护坡所处高程、现状护坡状况综合考虑。

1 对于水体流速不大于 5.0m/s 的硬质护坡，可拆除硬质护坡后采用生态护坡，生态护坡的材料选择参考附录 E；

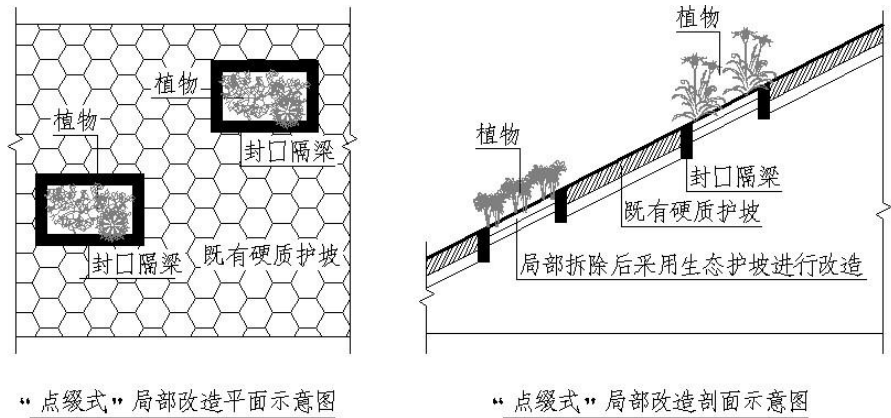
2 对于水体流速不大于 5.0m/s 的硬质护坡，可在既有硬质护坡上增设生态混凝土护坡、生态袋护坡等生态护坡措施。应确保新旧护坡之间的连接，应分析植物根系与现有硬质护岸的水土交互，宜增设植物生长基质的保湿和灌溉措施。

3 对于水体流速大于 5.0m/s 的硬质护坡，可在非迎流顶冲段采用“点缀式”局部拆除改造提升生态性；采用该方式时应做好既有护坡改造口四

周的防护。

4 对于现状为干砌条石等具有历史属性的硬质护坡，宜采用“点缀式”局部拆除改造提升生态性。

【条文说明】8.4.8 硬质护坡结构“点缀式”改造示意图见图 4。



“点缀式”局部改造平面示意图 “点缀式”局部改造剖面示意图

图 4 硬质护坡结构“点缀式”改造示意图

8.4.9 现状堤后用地紧张的硬质护岸应结合既有护岸的结构稳定性、水位情况、水流条件、使用功能、经济条件等因素综合考虑改造方案。

1 老化、存在安全隐患等问题的既有护岸，宜整体拆除后按生态护岸形式进行改造。

2 既有护岸自身无安全隐患等问题，且河涌常水位不大于 1.2m 时，可在墙脚设置水生植物种植平台的方式进行改造，种植平台顶面宜略低于常水位 0.2m～0.3m。

3 既有护岸自身无安全隐患等问题，且河涌常水位大于 1.2m 时，在确保安全的前提下可在墙体外挂种植槽或在墙体中开植生洞，种植槽顶面或植生洞填土面宜略低于常水位 0.2m～0.3m。

4 当因景观等需求对既有护岸进行提升时，可结合提升将既有护岸上部结构部分拆除后采用生态挡墙结构。

5 河涌水面开阔的河段既有护岸可在现状斜墙、直墙式硬质护岸外侧增设格宾石笼墙、生态框(箱)墙以改善生境，但应确保新旧岸墙的连接安全。

【条文说明】8.4.9 现状陡坡式、直立式硬质护岸应结合既有护岸的结构稳定性、行洪要求、水位情况、水流条件、使用功能、经济条件等综合考虑改造方案。

2 既有护岸自身无安全隐患等问题，且河涌常水位不大于 1.2m 时，可在墙脚设置水生植物种植平台的方式进行改造，种植平台可根据地基情况选用图 5 所示的方式，种植平台顶面宜略低于常水位 0.2m~0.3m。

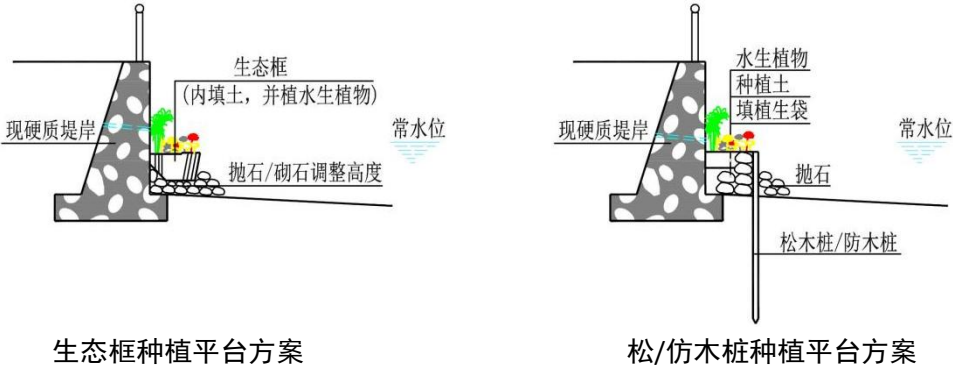


图 5 墙脚增设水生植物种植平台方式

3 既有护岸自身无安全隐患等问题，且河涌常水位大于 1.2m 时，可在墙体外挂种植槽或在墙体中开植生洞，如图 6 所示，种植槽顶面或植生洞填土面宜略低于常水位 0.2m~0.3m。采用本方式时，应评估改造措施对既有护岸安全性的影响，确保其安全。

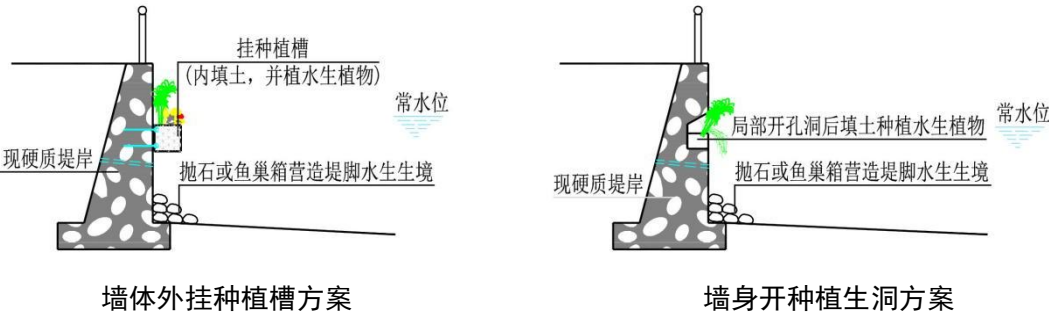


图 6 墙体局部增加生境改造方式

4 当因景观等需求对既有护岸进行提升时，可结合提升将既有护岸上部结构部分拆除后采用生态挡墙结构，如图 7 所示。

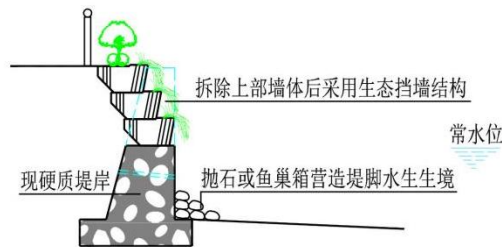


图 7 墙体上部结构改造方式

5 河涌水面开阔的涌段既有护岸可在现状斜墙、直墙式硬质护岸外侧增设格宾石笼墙、生态框(箱)墙以改善生境，如图 8 所示，但应确保新旧岸墙的连接安全。

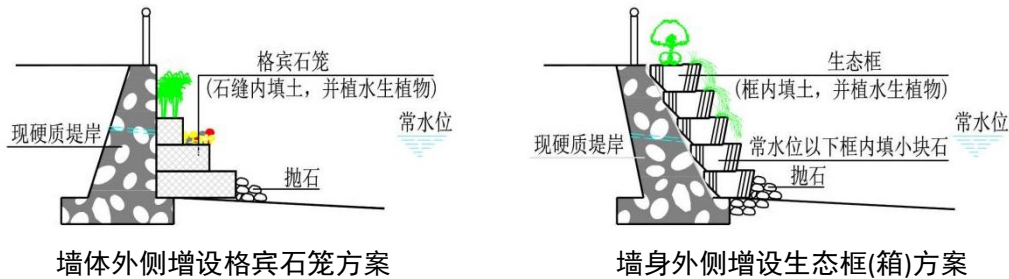


图 8 墙体外部增设生态墙方式

8.5 基底修复

8.5.1 宜采用复式断面进行河道清淤，清淤后的行洪断面按满足畅泄相应设计洪峰流量要求确定，枯水河槽断面按枯季多年平均流量设计。

【条文说明】8.5.1 本条清淤对象是指河道内由于洪水影响、河流运移或人为因素形成的堆积在河道中的淤泥、砂石、渣土、杂物等污染小无需无害化处理的堆积物。清淤顺序应因地制宜，山丘区河道应遵循先上游、后下游、先支流、后干流的原则；平原区河道应考虑集中连片水网整体清淤；感潮河道应根据涨落潮流对底泥冲刷作用的大小确定清淤顺序。

8.5.2 自然河床不应硬底化，条件允许时，应对已硬化河床进行近自然化改造。

8.5.3 结合河床地貌特点，宜在合适位置增设砾石、翼型导流设施、堆石堰和鱼巢等结构，河床地貌单元生态重建应符合 SL/T 800 的相关规定。

8.5.4 蓄水能力较差的河段，在充分论证其生态影响基础上可采用增强滞蓄水体措施。

8.6 生物多样性保护、修复与重构

8.6.1 应对重要水生生物的生活习性、产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道进行调查，对濒危、珍稀、特有水生生物及维持其生存繁衍所需的水文、水质、底质、植被等生境条件进行识别。

8.6.2 重要水生生物生境及生物多样性保护应符合下列规定：

1 应采取就地保护为主、迁地保护为辅的原则，在流域内统筹，保留天然生境河段。

2 应通过地形塑造、植被建设、人为活动管控、改善底质结构多样性、保障水文条件等方式，营造目标物种觅食、繁育、休憩、避险所需生境。

3 产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道的保护与恢复，鱼类、两栖动物、爬行动物、鸟类的多样性保护，增殖放流等措施应符合 SL/T 800 的相关规定。

8.6.3 滨岸带生物多样性的保护应符合下列规定：

1 应坚持保护优先、系统完整、因地制宜、统筹实施的原则，确定需要保护和恢复的生物种类，按生物的休息、觅食、繁殖等习性，对光线、温度、噪音等要素的不同需求，营造差异化、多样化的生境条件。

2 应保护滨岸带生境的完整性、连续性，避免生境破碎化，营造有利于物种基因交换的廊道，打通动植物栖息地斑块，充分考虑水生生物、两栖动物、爬行动物、鸟类以及昆虫的繁衍、迁徙需求。

8.6.4 滨岸植物群落的修复措施应符合下列规定：

1 应重点保护古树名木，宜保留场地内原有生长良好的乡土植物。

2 应选择抗逆性强、根系发达、耐淹性好、污染物去除能力强的物种。

3 优先使用乡土物种，慎用外来物种，控制扩繁能力强的物种，严禁使用入侵物种。

4 宜采用乔草型、灌草型、乔灌草型等多种配置方式，采用多层次、多季相、多色彩的植物组合，常绿树种与落叶树种相结合，深根系植物和浅根系植物相搭配，植物的选择应符合 GB/T 38360 的相关规定。

5 宜配置枝叶茂密、叶色偏绿较深、树形高大的乔木供鸟类隐蔽、繁殖筑巢，保持较高植被密度，构成覆盖度大的植被群落，宜种植可被鸟类和昆虫取食的花果类植物，花果期应涵盖不同季节。

6 灌草带宜以彩叶灌木、花灌木为主，采用孤植、丛植和行列栽植。

8.6.5 水生植物群落的修复措施应符合下列规定：

1 城市水体有行洪排涝要求时，不宜种植沉水植物、浮叶植物和大型木本植物，植物群落不能影响行洪能力，

2 合理布设水生植物的种植范围，水深不满足要求的，可塑造水下平台、潜岛等微地形以满足植物生长需要。

3 对蔓延性过强的植物，可通过设置平台、槽沟、种植盆等进行根控。

【条文说明】8.6.5 常见水生植物如下：

表 8.6.5.1 常见沉水植物表

种类	拉丁名	所属科	图片	生物特性
马来眼子菜	<i>Potamogeton malaianus</i> Miq.	眼子菜科		多年生沉水或浮叶草本，地下茎发达。仅有沉水叶，先端急尖，叶缘波状，具有不规则的锯齿，叶柄长 2~5cm。穗状花序顶生或假腋生。喜生地质较硬的湖泊、池塘、河道、水沟及水流缓慢的淡水中，在我国南方湖区最为普遍。
菹草	<i>Potamogeton crispus</i> Linn.	眼子菜科		多年生沉水草本植物。茎扁圆形，具有分枝。叶披针形，先端钝圆，叶缘波状并具锯齿。花序穗状。秋季发芽，冬春生长，4~5 月开花结果，夏季 6 月后逐渐衰退腐烂，同时形成鳞枝（冬芽）以度过不适环境。冬芽坚硬，边缘具有齿，形如松果，在水温适宜时在开始萌发生长。叶条形，无柄。可作绿肥并可净化水质。
篦齿眼子菜	<i>Potamogeton pectinatus</i>	眼子菜科		又称红线草，沉水草本。根茎发达，白色，直径 1-2 毫米，具分枝，常于春末夏初至秋季之间在根茎及其分枝的顶端形成长 0.7-1 厘米的小块茎状的卵形休眠芽体。茎 50-200 厘米，叶线形，长 2-10 厘米，穗状花序顶生，花果期 5-10 月。本种生态幅相当宽，在淡水与咸水中均可繁茂生长。
狐尾藻	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	小二仙草科		多年生沉水草本。根状茎发达，在水底泥中蔓延，节部生根。茎圆柱形，多分枝。叶互生，裂片较宽。秋季于叶腋中生出棍棒状冬芽而越冬。
轮叶黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i> (Linn. f.) Royle	水鳖科		多年生沉水植物，茎直立细长，长 50~80 厘米，叶带状披针形。花白色，较小。秋末开始无性生殖，在枝尖形成特化的营养繁殖器官鳞状芽苞。冬季为休眠期，水温 10 的以上时，芽苞开始萌发生长，形成新的植株。待植株长成后可以断枝再植。

苦草	<i>Vallisneria natans</i> (Lour.) Hara	水鳖科		多年生无茎沉水草本，有匍匐枝。叶基生，线形，长 30-50 厘米，无柄。雌雄异株，雄花小，多数，生于叶腋。种植水深 60-150 cm，植株水下生活，净水，草食性鱼类喜食。4 月底发芽，10 月份死亡。
水毛茛	<i>Batrachium bungei</i> (Steud.) L. Liou	毛茛科		多年生沉水草本。茎长 30 厘米以上。叶有短或长柄，叶片轮廓近半圆形或扇状半圆形，叶柄长 0.7 上。厘米。花期 5 月至 8 月。
金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i> Linn.	金鱼藻科		悬浮于水中的多年水生草本植物，植物体从种子发芽到成熟均没有根。叶轮生，边缘有散生的刺状细齿；茎平滑而细长，可达 60 厘米左右。群生于淡水池塘、水沟、稳水小河、温泉流水及水库中。为世界广布种。

表 8.6.5.2 常见浮叶植物表

种类	拉丁名	所属科	图片	生物特性
睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i> Georgi	睡莲科		根茎平生或直立；叶浮于水面，圆形或卵形，花大而美丽，颜色多样，浮水或突出水面；种植水深 50-200 厘米，观花，花期长，5-11 月，花色丰富。
芡实	<i>Euryale ferox</i> Salisb. ex DC	睡莲科		观叶植物。叶片背面和叶柄、花梗多刺。种植水深以 80-120 厘米为宜，最深不可超过 2 米。果实可食用。
荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i> (Gmel.) O. Kuntze	龙胆科		叶卵形，长 3-5 厘米。花黄色，种植水深 100-200 厘米，植株浮于水面花黄色，3 月份发芽，3 月底开花。容易蔓延生长。

表 8.6.5.3 常见挺水植物表

种类	拉丁名	所属科	图片	生物特性
再力花	<i>Thalia dealbata</i> <i>Fraser</i>	竹芋科		多年生挺水草本，植株高 100~250 cm，复总状花序，花小呈紫堇色，全株附有白粉，观叶为主；种植水深 30-40 cm。
泽泻	<i>Alisma</i> <i>plantago-aquatica</i> <i>Linn.</i>	泽泻科		多年生沼生植物，高 50-100 厘米。地下有块茎，球形，叶根生，叶柄长达 50 厘米，叶片宽椭圆形至卵形，长 5-18 厘米，花期 6-8 月，果期 7-9 月。
慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i> <i>Linn. var. sinensis</i> <i>(Sims) Makino</i>	泽泻科		多年生挺水植物。高 50-100 厘米，根状茎横生，较粗壮，顶端膨大成球茎，可食用。基生叶簇生，叶形变化极大。多数为狭箭形，通常顶裂片短于侧裂片。7-10 月开花，10-11 月结果，同时形成地下球茎。种子褐色。霜冻后地上部分枯死。
黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus</i> <i>Linn.</i>	鸢尾科		多年生湿生或挺水宿根草本植物，植株高大，根茎短粗。叶子茂密，基生，绿色，长剑形，长 60--100 厘米。花黄色，花期 4-6 月，绿叶期达 11 个月左右。种植水深 20-30 cm，植株高度 50-60cm。
西伯利亚鸢尾	<i>Iris sibirica</i> Linn	鸢尾科		多年生草本。根状茎粗壮，须根黄白色绳索状。叶灰绿色，条形，顶端渐尖。花蓝紫色，蒴果卵状圆柱形。花期 4-5 月，果期 6-7 月。既耐寒又耐热，在浅水、湿地、林荫、旱地或盆栽均能生长良好。
梭鱼草	<i>Pontederia</i> <i>cordata</i> L.	雨久花科		多年生挺水草本，叶柄绿色，圆筒形，叶片光滑，呈橄榄色，倒卵状披针形。穗状花序顶生；花白色或紫色；种植水深 20 cm，植株高度 50-80cm。

种类	拉丁名	所属科	图片	生物特性
东方香蒲	<i>Typha orientalis Presl</i>	香蒲科		多年生草本。地下根状茎粗壮，有节；叶线形，基生，基部鞘状，抱茎，具白色膜质边缘。穗状花序圆锥状，雄花序与雌花序彼此连接，雄花序在上，较细，长 3~5 厘米，雌花序在下，长 6~15 厘米。花果期 5 月。月，种植水深 10-80cm，植株高度 100-200cm，常见植物。特别容易蔓延，应考虑根控。
狭叶香蒲	<i>Typha angustifolia L.</i>	香蒲科		植株基部的地上茎短缩，并从其叶腋间抽生地下匍匐茎，匍匐茎在土中水中延伸，长 30-60 厘米，宽度 60-80 厘米，每株有 6-13 片叶。叶箭形，全缘，叶色浓绿，叶肉组织为中空长方形孔格，是湿生结构，叶片下部的叶鞘长达 50-60 厘米，层层互相抱合成假茎。
菖蒲	<i>Acorus calamus Linn.</i>	天南星科		多年生草本植物，全株有特殊香气。具横走粗壮而稍扁的根状茎，径 0.5-2cm，上生有多数须根。叶基生，叶片剑状线形，长 50-120cm。6-9 月开花，佛焰苞长 20-40cm，肉穗花序圆柱形，黄绿色。种植水深 15-20 cm，植株高度 40-70cm。
莲	<i>Nelumbo nucifera Gaertn..</i>	睡莲科		叶圆盾形，高出水面，有长叶柄，具刺。花单生在花梗顶端，直径 10~20 厘米；花色呈白、红、黄、粉等，观花为主，花期 6-8 月；种植水深 40-60 cm，淤泥质水底为宜；植株高度 100-150cm。
旱伞草	<i>Cyperus alternifolius Linn. subsp. flabelliformis (Rottb.) Kukenth.</i>	莎草科		多年生湿生、挺水植物，高 40~160cm。茎秆粗壮，直立生长，茎近圆柱形，丛生，花果期为夏秋季节。种植水深 10~20cm。

种类	拉丁名	所属科	图片	生物特性
水葱	<i>Scirpus validus Vahl</i>	莎草科		多年生宿根挺水草本，匍匐根状茎粗壮，具许多须根。秆高大，圆柱状，平滑。花果期 6～9 月。种植水深 20-40 厘米，植株高度 100-120 厘米。易折断，易倒伏。
铜钱草	<i>Hydrocotyle chinensis (Dunn) Craib</i>	伞形科		性喜温暖潮湿，栽培处以半日照或遮荫处为佳，忌阳光直射，栽培土不拘，以松软排水良好的栽培土为佳，或用水直接栽培，最适水温 22～28 度。耐阴、耐湿，稍耐旱，适应性强。铜钱草生性强健，种植容易，繁殖迅速，水陆两栖皆可。
千屈菜	<i>Lythrum salicaria Linn.</i>	千屈菜科		多年生挺水草本，根茎粗壮，茎直立多分枝，全株青绿色，略被粗毛或密被绒毛，枝通常具 4 棱；花期 7-10 月；种植水深 20-40 cm，植株高度 60-120cm。种子容易萌发，注意蔓延。
水生美人蕉	<i>Canna glauca L.</i>	美人蕉科		多年生大型草本植物，株高 1～2m。花呈黄色、红色或粉红色。花期 4～10 月份，地上部分在温带地区的冬季枯死，根状茎进入休眠期。耐水淹，在 20 cm 深的水中能正常生长。生性强健，适应性强，喜光，怕强风，适宜于潮湿及浅水处生长，肥沃的土壤或沙质土壤都可生长良好。
花叶芦竹	<i>Arundo donax Linn. var. versicolor Stokes</i>	禾本科		多年生挺水草本观叶植物。株高 1.5~2.0m。宿根，地下根状茎粗而多结，属于禾本科芦竹属，其类别是多年生挺水草本观叶植物，喜光、喜温、耐水湿，也较耐寒，不耐干旱和强光，喜肥沃、疏松和排水良好的微酸性沙质土壤。
茭草	<i>Zizania latifolia (Griseb.) Stapf</i>	禾本科		叶片扁平而宽广，长 30-100 厘米，锥花序大型，长 30-60 厘米。

种类	拉丁名	所属科	图片	生物特性
芦苇	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	禾本科		植株高大，地下有发达的匍匐根状茎。茎秆直立，秆高 1~3 米，节下常生白粉。叶长 15-45 厘米，圆锥花序长 10-40 厘米，具长、粗壮的匍匐根状茎，以根茎繁殖为主。

8.6.6 促进浅滩与边滩的发育，保护沙洲，营造草滩、泥滩、石滩、沙洲、沼泽、林地、灌丛、水域等多样化的生境类型，营造陡缓、阴阳、干湿等自然环境，岸线应尽量曲折丰富，增大水陆交界面。

8.6.7 浅滩坡度应缓于 1:5，宽度不宜小于 10m，对于季节性的浅滩，水深宜控制在 0.3m 以内，北方地区水深需适当加大，浅滩表面宜为裸露的泥或沙石，适当种植挺水植物。

8.6.8 滨岸带鸟类栖息地修复应符合下列规定：

1 对于游禽，应配置高大挺水植物为主的水生植物群落，营造具有较强隐蔽性、干扰少的浅滩、边滩、生态浮岛、生境岛作为栖息地，栖息地周边应有开阔的、无干扰、丰富食物资源的觅食场所。

2 对于涉禽，应营造稳定的适宜水位、开阔的、无干扰的、丰富食物资源的觅食场所，以沼泽、浅滩为主，浅滩面积的 30%控制在 0.5m 水深、浅滩面积的 70%控制在 0.3m 水深，营造部分较深水域，深水区、浅水区之间宜平滑过度。营造具有较强隐蔽性、干扰少的生境岛或植物群落作为栖息地。

3 对于其他鸟类，通过配置郁闭度不小于 85%的乔灌木密植区，营造具有较强隐蔽性、干扰少的植物群落作为栖息地，边缘以灌丛为主，中部

以高大乔木为主，大乔木、小乔木、大灌木、小灌木、草地之间平滑过度。

4 生境岛应与人类活动区域隔离，水体达最高水位时，生境岛露出水面的高度不应小于 1.0 m，岸带坡度宜缓于 1:5，可设置多种形式的鸟桩，并种植较强隐蔽性的植物群落。

5 必要时可通过悬挂人工巢箱、投放食物等方法对鸟类进行招引，人工巢箱、木质栖台和投食区等，应符合鸟类习性。

8.6.9 动物栖息地范围内附属设施应符合下列规定：

1 建构筑物外围护的颜色宜使用黄褐色或绿色，或采用立体绿化等措施使其与周边自然环境融合，营造适宜鸟类栖息的屋檐、屋顶花园等环境。

2 不宜使用人工照明，必要采用人工照明时，照度、色谱、照明方式等应满足动物保护要求。

3 宜在显著位置设置标志牌，介绍生物群落、赋存情况、生物习性和注意事项，提升公众对栖息地的保护意识。

4 科普宣教设施应与周边自然环境协调，材料应符合环保要求。

8.7 城市滨水景观塑造

8.7.1 构建城市滨水景观应在严格管控城市水体空间用途的前提下，满足城市水体防洪排涝功能的基础上，统筹水生态、水环境、水资源，结合城市规划对人居环境改善的要求，衔接城市建设风貌，传承历史文化，充分利用周边景观资源，按照充分尊重自然的原则，打造城市水景观整体格局，合理布局亲水公共空间。

8.7.2 应充分调查、挖掘与保护城市中的水文化遗产资源，将水文化与水生态、水景观深度融合，因地制宜建设水文化展览、旅游、科普宣教设施。

【条文说明】8.7.2 充分保护和修复区域内的古桥、古井、古渠、古闸、古堰、古渡口、古代治水工具和古代治水人物祠堂、庙宇等历史文化遗产等。

8.7.3 不应填埋或侵占城市水体进行景观营造，景观建设不应改变滨水缓冲地带的自然竖向高程。

8.7.4 控制构筑物及其它人工设施的空间布局、数量、体量、占地面积、高度、色彩、与栖息地间隔的直线距离，不应影响滨水生态系统。

9 智慧技术应用与运维

9.1 一般规定

9.1.1 城市水体生态修复工程智慧技术应用包括建立智慧管控平台、工程智慧设计。应采用成熟的软件和模型赋能城市水体生态修复工程的规划、设计、建设、运维全生命周期各阶段。

【条文说明】9.1.1 城市水体生态修复工程各阶段可以采用模型模拟和监测数据对规划、设计、建设、运维阶段的方案、实施过程和成果进行评价。城市水体生态修复工程运维包括日常巡查、水面保洁、水生植物收割补植、设施设备维护、水毁工程修复和智慧管控平台的定期运维。

9.1.2 城市水体生态修复工程应包含信息化系统建设，建立智慧管控平台。在水体生态修复工程中应采用智慧设计手段。

9.1.3 城市水体生态修复工程智慧管控平台建设过程中宜优先采用国产化的操作系统、数据库等支撑系统。

9.2 智慧管控平台

9.2.1 智慧管控平台包括数据资源管理、智慧业务平台、智慧能力平台、移动终端应用系统。

【条文说明】9.2.1 智慧管控平台以建设数字孪生水利为目标，数据资源管理主要是对基础数据资源进行统一管理。智慧业务平台从建设工程管理，OA管理和流程等方面满足综合管理应用。智慧能力平台主要从在线监测预报预警、模型模拟仿真预演、预案应急调度、分析评价等方面构建。

9.2.2 智慧管控平台应以 B/S 架构和移动端应用为主，以模型及 GIS 系统为主要构建体系，具有维护性、扩展性、兼容性和迭代性，满足城市水体生态修复智慧管理模块化的需求。平台架构应包括物联感知层、网络层、数据层、应用层和展示层，并以数据为中心。

9.2.3 智慧管控平台应具有权限分配和控制规则，可根据不同的用户权限进行分级管理，各项功能可用一个账号统一登录，允许同一账号多平台和多终端同时登录。用户权限宜分为管理者、运维人员、公众三个层面，根据实际需求细分层级。

9.2.4 智慧管控平台应有足够的数据存储空间，硬件及监测设备应满足精度、可靠、传输、安全等要求，能保障数据传输与存储安全，在不同物理空间具有数据安全备份系统。软件应操作便捷，满足运维人员日常业务应用。

9.2.5 数据资源管理应符合下列规定：

1 智慧管控平台应加载城市水体的基础数据、地理信息数据、工程数据、生态监测数据、巡检运维数据和健康评估数据，应具有数据日志功能，记录数据输入、输出、更新、删除等方面的操作记录。

2 应对各项操作进行安全日志记录，主要包括对敏感关键数据的操作记录、运维人员的所有登录日志和操作记录、数据库系统的登录日志和库表结构的变更记录、重大网络攻击事件记录等。

3 应基于地理信息技术开展数据的采集、录入、校核、使用和更新，地理信息数据格式宜为 Shapefile、MDB 或其他满足数据建库的格式，宜共享气象、水务、水利、住建、生态环境等部门已建立的相关数据。

9.2.6 智慧业务平台应满足行政主管部门、运维人员、公众的查询、维护等管理功能，并符合下列规定：

1 宜建立项目全过程资料管理模块，将规划、审批、设计、采购、实施、监理、竣工与验收等资料进行管理，便于质量追溯和管控。

2 应具备网页端和手机移动端的行政管理应用，具有一张图、数据统计、报警信息提醒、许可、审批、监管等功能，关联生态修复成果，结合地理信息应用，方便查看所有许可、审批分布，结合手机移动端，现场核对修复成果是否与事前审批一致，实现事后监管。

3 应基于 GIS 展示水体分布、蓝绿格局分布、污染源分布、监测设施分布、生态修复工程范围等，采用图表、文字、地图、GIS 等方式在系统中展示各项数据，并具有按既定模板生成报表、图表、报告的功能。

4 应基于 GIS 建立城市水体设施巡检运维管理，建立城市水体巡检养护辅助应用，实现工单上报、派发、接收、审批、巡检养护成果上报及验收功能。巡检运维方式包括无人机巡检和人工巡检，巡检运维数据包括水体巡查数据、管网巡查数据、近岸巡查数据等。

9.2.7 智慧能力平台应具备分析、监测、预警、应急调度、生态健康评价、实施效果评估、建立知识库、预测等能力，并符合下列规定：

1 应具备城市水体生态联系间的拓扑关系，利用水质、水量等物联监测数据，通过模型分析，对生态污染事件进行溯源。

2 应具有监测预警、应急调度应用，通过一张图显示各类监测点位分布和报警点位，通过建立多部门协作的应急调度模式，实现协同调度指挥，利用可视化大屏进行综合展示、分析和指令下达，应具备对物联网监测设备运行状况诊断和主动报警的功能。

3 应具备对城市水体生态健康状况评价及生态修复实施效果评估功能，通过水质水量模型、物联网、GIS+BIM、大数据分析等联合应用，进行

不同工况下生态修复效果预测，优化工程设计。

4 应具备建立知识库的功能，对运维过程与结果纳入智慧管控，建立数字档案库，形成可快速查询、可精准溯源的数字化运维“病例”，为运维评估及方案优化提供依据和参照。

5 宜采用数字孪生技术，构建城市水体数字场景，借助历史数据、实时数据、算法模型等，实现城市水体的预报、预警、预演、预案，提升城市水体生态修复治理管理能力。

9.2.8 移动终端应用系统包括 APP、微信、手机浏览器等，并符合下列规定：

1 应具备物联网监测设备信息查询、实时及历史数据查询、数据上传、短信报警、预警信息接收等信息管理系统的主要功能，但不能修改系统中的内容，应按权限分别满足行政主管部门、运维人员、公众的需求。

2 应结合地理信息，可查看物联网监测设备分布、运维事件分布及上报等功能，上报功能应支持定位、文字、图片、视频、语音等内容及格式，应具备定位及导航功能，根据生态分布、物联监测设备分布、运维及报警事件等定位及导航至相应位置。

3 应具有数据统计功能，包括生态状况统计、监测设备统计、报警事件统计、运维事件统计等，统计成果以柱状图、折线图、雷达图、数据表等方式表达。

9.3 智慧设计

9.3.1 智慧设计包括数据在线监测和水环境模型，应根据相关法律法规和实际需求制定，确保技术方案具备可行性，宜采用新技术、新方法、新材料和新设备，鼓励使用数据的在线采集和水环境模型，为智慧设计和智慧管理

提供有效决策。

【条文说明】9.3.1 基于 GIS 地理信息系统基础信息，结合源头、排口、管网、水体等水量、水质、压力、水位运行数据，构建城市水体水环境、水力模型，实现雨水、污水等输送过程模拟仿真，为生态修复工程决策分析提供模型计算依据。

9.3.2 数据在线监测应符合下列规定：

1 在线监测设备应便于现场安装，选择的点位要求具有较好的流态，安装前应进行实地踏勘，找出关键节点，避免点位布置偏离实际所需，根据现场实际情况采用可充电锂电池、太阳能或市政电源等供电模式，通过现代网络技术与云平台链接，进行实时在线数据传输。

2 在线数据尽可能覆盖“厂、站、网、河/湖”等系统要素，监测设备应具备液位、流量、水质特征因子等监测功能，对于关键节点宜布设视频监控设备。

9.3.3 城市水体生态修复的规划、设计宜采用“厂、站、网、河/湖”系统要素模型进行模拟，水环境模型包括雨情分析、动态模拟、优化设计、多方案比选、生态修复效果预测等主要功能，水环境模型应符合下列规定：

1 应建立一维、二维水质模型进行水环境容量计算，对于有重要保护意义的水环境功能区、断面水质横向变化显著的区域，宜采用二维水质模型。

2 应具备水文、水动力和水质动态模拟引擎，实现降雨、地面径流、管道径流、河道径流模拟功能，可对满管重力流、非满管重力流和压力流模拟，能直接应用中国暴雨强度公式的雨情场景，对降雨径流及污染物进行源头、过程和末端全过程模拟，能为海绵城市规划设计提供支撑。

3 应建立与水动力模型相衔接的动态水质模型，通过污染负荷分布、

水文资料、水质实测数据对水质模型参数进行率定和验证，得出可靠的水质模型参数，重点优化排口，排口可与二维、三维的水文-水动力-水质模型进行耦合模拟。

4 宜建立水生态模型，将水生态模型与 GIS 结合，模拟水质、水文、水动力作用等对生态系统的影响，对环境因子和生境斑块特征进行多工况模拟，合理优化水生植物的群落布置、种植密度、种植间距，以及底质状况。

5 宜以水文模型、水动力模型、水质模型为基础，进行河段底泥需氧量模拟以及污染负荷消减模拟，针对不同污染源特征将各类生态修复措施布局在城市水体不同的控制单元上，分别通过水环境模型与水环境容量计算，对生态修复措施效果进行预测和评估。

6 使用水环境模型时应全面考虑水文、行洪安全、水资源、地形地貌、底质特征、工程材料、河床生境、生物多样性等多因素对模拟结果的综合影响。

【条文说明】9.3.3 可分阶段建立不同模型，服务于城市水体生态修复工程的生态需水调控、环境容量测算、面源污染控制等工程。

9.4 运行维护

9.4.1 应对物联网监测设备、网络传输设备、生态修复设施、智慧管控平台、水面保洁、水生生态、设施设备维护、水体生态修复工程进行维护，可采用无人机巡检、电子计算机自动化巡检和人工巡检等多种作业方式，做好记录台账，并定期对运维单位进行评估，对运维管理体系进行监督、评审。

9.4.2 应对物联网监测设备开展周期性现场巡检、维护工作，及时处理故障隐患，对易老化的设备部件应每月进行一次全面检查，发现老化设备部件

应及时更换或维修，当设备遭遇被盗、损毁等异常时，应详细记录、及时处理、恢复正常监测。

9.4.3 应对网络传输设备的健康状况、整体运行状态、各项硬件资源开销状况进行检查和评价，对服务器电源、CPU、内存、硬盘、网络端口工作情况进行检查和评价，对存储设备控制器、电源、数据存储介质、接口卡工作情况及读写速率、读写命中率情况进行检查和评价。

9.4.4 智慧管控平台运维应遵循以下规定：

1 应定期维护智慧管控平台软件，根据管理需求及时更新软件功能，定期对数据进行备份，包括应用数据、业务数据、操作日志和平台升级维护日志等。

2 应定期更新智慧管控平台数据，确保数据的时效性，定期检查数据的完整性、安全事件，对数据的产生、存储、备份、分发、应用过程进行管控，数据格式应满足行业相关技术标准。

9.4.6 水面环境巡查养护应遵循以下规定：

- 1 应沿途设置分类垃圾桶。
- 2 定期打捞水面漂浮垃圾，收集散落垃圾，并运至垃圾堆放处。
- 3 应在径流入口处设置格栅，定期清理垃圾，水生植物残体。

9.4.6 设施设备巡查养护应遵循以下规定：

- 1 应定期开展水生态设施设备巡查养护和维修工作，发现设施存在缺失、移位、倾斜、破损时，应采取相应措施及时修补，并做好记录。
- 2 应定期开展水生态设施清淤、疏通等工作，确保水生态健康运行。
- 3 应在重要位置设置告示牌、警示牌、宣传牌等。宣传牌、警示牌等标志标牌放置合理、醒目、规范，无松动，无变形，外观完好，字迹清晰，

无油漆和涂料脱落、斑驳、生锈等影响感观现象。

4 对损坏水生态相关设施行为及时制止。

9.4.7 水生生态巡查养护应遵循以下规定：

1 应对水生植物病虫害、水生植物长势、有无枯黄枝及折断枝、落叶、杂草生长情况、有无垃圾杂物等进行日常巡检。

2 应对水生植物长势不良情况，给予必要的人工干预，以保持生态平衡；定期开展挺水植物收割，漂浮植物、浮叶根生植物打捞，沉水植物修剪及疏移工作。及时清除枯黄、枯死和倒伏植株，防止枯萎腐烂。

3 应定期观察水体中底栖动物、虾类及鱼类的种类与数量，形成监测数据与评估报告；应考虑对种群规模不足的水生动物进行资源补充，对于大型鱼类进行捕捞，轮捕轮换；应加强对水体中草食性/滤食性鱼类种群的数量、规模、优势度的控制，具体规模依据河湖生态系统初级生产力、次级生产力而定。

4 应加强水生动物疾病、虫害等防控，做好病害预防，对病残水生动物及时救治或捕捞。

5 应通过捕捞或适当投放肉食鱼类等，调节草食性鱼类的数量，减少草食性鱼类对沉水植物的过渡摄食，维持沉水植物合理密度；应控制对底泥扰动强烈的大型水生动物的投放。

6 应加强水生动物种类管控，以当地水生动物资料作为依据，优先考虑本土物种，严禁投放入侵动物。

7 涉及水生野生动物“三场一通道”（即产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道）重要栖息地，应加强“三场一通道”的保护。

8 严格控制外来入侵物种。加强范围内随意放生、遗弃外来物种等行

为的管理。

9 对水体现有生物多样性进行定期巡查保护，对于随意电击、捕捞、砍伐、采收等违规违法行为，及时制止。

9.4.7 水体生态修复工程巡查应遵循以下规定：

1 水体生态修复工程竣工验收后应建立日常运营维护的保障措施，持续进行后期的养护、保育等工作，保障系统正常运行和工艺环节及对系统有重要影响的指标，确保水体生态修复工程可靠有效运行，发挥最大效益。

2 应加强河湖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监控能力，制定特殊水情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。

9.5 生态监测

9.5.1 城市水体生态监测的内容应根据生态修复目标、生态健康评估指标综合确定，主要包括物理结构、水文水资源、水环境、生物多样性等，物理结构监测应符合 SL 383、SL 257 的相关规定，水文情势监测应符合 SL 58 的相关规定，水环境监测应符合 SL 219 的相关规定，生物多样性监测应符合 SC/T 9102.3 的相关规定。

9.5.2 生态监测应在施工、运维期间连续进行，生态修复工程竣工后应保持连续 3 年的监测时间，应对重要的生态调度进行全过程专项生态监测。

9.5.3 城市水体生态修复工程应在生态修复效果专项验收通过后，再进行工程竣工验收，并应符合 SL 223、SL 670 的相关规定。

9.6 科 普 宣 教

9.6.1 应定期开展城市水体生态修复相关宣传、舆论引导工作，并在城市水体相应位置设立科普栏、宣传栏。

9.6.2 宜通过移动终端 APP、小程序、公众号等方式进行新闻推送、满意度调查、接收公众提出的意见和建议等。

9.6.3 应在重要水体、工程设施旁建立标识标配系统进行宣传，标识标配系统可采用二维码及文字介绍方式。

10 生态修复效果评估

10.0.1 在施工期间、运维期间应连续进行跟踪监测，工程实施后应保持连续 3 年的监测时间，并对重要的生态调度进行全过程专项生态监测。

10.0.2 跟踪监测宜结合 AI 视频分析摄像，对工程实施后的河道污染、岸边垃圾、人员行为进行智能判断，及时发现处理。

10.0.3 生态修复工程实施后，应进行效果评估，评估方法应符合本标准第 4 章及 SL/T 793 的有关规定。

【条文说明】10.0.3 生态修复效果评估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。根据生态修复效果评估，对设计方案、管理措施等进行调整，确保生态修复工程达到良好效果。

10.0.4 应根据生态修复效果评估结果，不断优化生态保护措施及运维管养方案。

10.0.5 应在生态修复效果评估的前提下，生态修复效果专项验收通过后，方可进行工程竣工验收，并应符合 SL 223、SL 670 的相关规定。

附录 A 调查表样

表 A.1 河道地貌特征调查表

河段_____桩号_____年____月____日

调查 项目	地貌特征								备注
	深潭	浅滩	边滩	沙洲	回水区	牛轭湖	河漫滩	其他	
位置									
大小									
数目									

表 A.2 河道平面形态调查表

河段_____桩号_____年____月____日

曲率半径 (m)	中心角 (°)	河湾幅度 (m)	河湾跨度 (m)	弯曲段长度 (m)	弯曲系数	备注

表 A.3 洲滩形态特征勘测调查表

河段_____洲滩_____桩号_____年____月____日

位置	类别	面积 (km ²)	洲顶高程(m)	洲滩组成	植被覆盖情况	备注

表 A.4 河流-湖泊连通性调查表

湖泊名称	面积	容积*	连通特征（历史/现状）									阻隔原因		
			湖泊面积	湖泊容积	进水通道	出水通道	连通方向			连通延时		换水周期	自然	人为
							单	双	网	常年	间歇			

*湖泊容积等于湖泊各深度容积之和

表 A.5 河流水系动态格局调查表

时期	干流流量	湖泊			湿地				河滩		
		水位	面积	连通状况	水位	地下水位	面积	连通状况	水位	水域面积	连通状况
丰水期											
枯水期											
变化率											

表 A.6 入河排污口调查表

序号	排污口名称	排污口位置	经度	纬度	排污单位	排入河流	下一级河流	排污口类型	入河方式	排放方式	污水量	主要污染物排放浓度(mg/L)					备注
											m3/d	COD	氨氮	TN	TP	...	

注：1. 排污口类型主要包括：工业、城镇生活、污水处理厂尾水、混合等；
2. 入河方式：明渠、暗管、泵站、涵闸等；
3. 排放方式：连续、间歇。

填表：

校核：

调查日期：

表 A.7 底泥监测调查表

水域 名称	调查区域 (河段)	底泥面积 (km2)	底泥厚度 (cm)	底泥监测指标					备注
				有机质 (%)	TN	TP	重金属	...	
					(mg/kg)				

填表：校核：调查日期：

表 A.8 水生生物分布调查表

水域名称	调查区域	经纬度	浮游植物		浮游动物		着生藻类		底栖动物		大型水生维管束植物		鱼类		备注
			优势种	生物量	优势种	生物量	优势种	密度	优势种	生物量	优势种	生物量	优势种	渔获量	
			密度 %	mg/L	密度 %	mg/L	密度 %	cells/m2	密度 %	g/m2	密度 %	g/m2	密度 %	Kg	

填表：校核：调查日期：

表 A.9 水体沿岸带生物分布调查表

水域名称	调查区域	经纬度	植被		湿地鸟类			其他重要生物			备注
			优势种		种类	数量	栖息范围	种类	数量	栖息范围	
			(密度%)			(只)	(经纬度)		(只)	(经纬度)	

填表：校核：调查日期：

附录 B 底泥的吸附—解析平衡实验

B.0.1 磷的吸附—解析实验应符合下列规定：

- 1 用磷酸二氢钾配制磷的系列浓度的含磷溶液：0mg/L、0.01mg/L、0.02mg/L、0.025mg/L、0.05mg/L、0.10mg/L、0.20mg/L、0.40mg/L、0.80mg/L。
- 2 按水土比 100：1 加入底泥和不同浓度的含磷溶液。
- 3 在 25℃ 下恒温振荡 48h，以 10000r/min 的转速进行离心处理 10min，取上清液过 0.45μm 纤维滤膜后，用钼锑抗分光光度法测定其可溶性无机磷浓度。
- 4 找出含磷溶液浓度不变化的最临近值，即为该底泥的磷吸附-解析平衡点。
- 5 以上处理设置 3 个平行，相对误差小于 5%。

B.0.2 氮的吸附—解析实验应符合下列规定：

- 1 用氯化铵分别配置氮的系列浓度的含氮溶液：0mg/L、0.15mg/L、0.20mg/L、0.50mg/L、1.00mg/L、1.50mg/L、2.00mg/L、4.00mg/L、8.00mg/L。
- 2 按水土比 100：1 加入污泥和不同浓度的含氮溶液。
- 3 在 25℃ 下恒温振荡 2h，以 10000r/min 的转速进行离心处理 10min，取上清液过 0.45μm 纤维滤膜后，用纳氏试剂法测定其氨氮浓度。
- 4 找出含氮溶液浓度不变化的最临近值，即为该底泥的氮吸附-解析平衡点。
- 5 以上处理设置 3 个平行，相对误差小于 5%。

附录 C 潜在生态风险指数法

C.0.1 计算潜在生态风险指数所需的重金属毒性响应参数应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 重金属毒性响应参数

重金属	Hg	Cd	As	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
沉积学毒性参数	40	30	10	5	5	1	2	5

C.0.2 单一污染物潜在生态风险指数应按照下列公式计算：

$$C_f^i = C_D^i / C_R^i \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中： C_f^i ——单一污染物污染系数；

C_D^i ——污泥中重金属的实测含量（mg/kg）；

C_R^i ——计算所需的参比值（mg/kg），宜采用评价地区的土壤环境背景值；

E_r^i ——单一污染物潜在生态风险系数；

T_r^i ——单一污染物的毒性响应参数，其取值应符合表 C.0.1 的规定。

C.0.3 多种金属潜在生态风险指数应按照下列公式计算：

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i \quad (\text{C.0.3})$$

式中： RI —— 多种金属的潜在生态风险指数；

E_r^i ——单一污染物潜在生态风险系数。

C.0.4 重金属潜在生态风险指标等级划分应符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4 重金属潜在生态风险指标等级划分

单一污染物污染系数 C_f^i		单一污染物潜在生态风险系数 E_r^i		潜在生态风险指数 RI	
阈值区间	程度分级	阈值区间	程度分级	阈值区间	程度分级
$C_f^i < 1$	低污染	$E_r^i < 40$	低风险	$RI < 150$	低风险
$1 \leq C_f^i < 3$	中等污染	$40 \leq E_r^i < 80$	中风险	$150 \leq RI < 300$	中风险
$3 \leq C_f^i < 6$	较高污染	$80 \leq E_r^i < 160$	较高风险	$300 \leq RI < 600$	高风险
$C_f^i \geq 6$	很高污染	$160 \leq E_r^i < 320$	高污染	$600 \leq RI < 1200$	很高风险
—	—	$E_r^i \geq 320$	很高污染	$RI \geq 1200$	极高风险

注： RI 为本规范表 C.0.1 中所列 8 种金属的潜在生态风险指数值。

附录 D 多环芳烃化合物生态风险评价指标

表 D 多环芳烃生态风险评价指标 (ng/g)

类别	风险评价低值 ERL	风险评价中值 ERM
萘 (Ace)	16	500
萘烯 (Acy)	44	640
蒽 (Ant)	85.3	1100
芘 (Flu)	19	540
2- 甲基萘 (2-Methyl-Nap)	70	670
萘 (Nap)	160	2100
菲 (Phe)	240	1500
低分子量多环芳烃	552	3160
苯并[a]蒽 (BaA)	261	1600
苯并[a]芘 (BaP)	430	1600
蒽 (Chr)	384	2800
二苯并[a,h]蒽 (DahA)	63.4	260
荧蒽 (Fla)	600	5100
芘 (Pyr)	665	2600
高分子量多环芳烃	1700	9600
多环芳烃总量	4022	44792

注：表中的评价指标结果是在污泥干重状态下检测得到。

附录 E 常用生态护岸材料、特性及适用条件

E.1 常用生态护岸材料及特征详见表 E.1。

表 E.1 常用生态护岸材料及特性表

序号	类型	图样	特性
1	植草垫		植草垫采用椰纤维制作，内嵌加筋土工格栅，抗冲流速不大于 3.0m/s。 一般尺寸为：2000mm×2000mm×7.5mm（长×宽×厚）。 优点：生态性、景观性、适用性、固土植物生长条件好，且经济环保。 缺点：抗水流、风浪冲刷能力一般，迎流顶冲段慎用。
2	三维土工网		土工三维网植草护岸通过植物强大的根系生长结合土工合成材料的固土作用，对边坡进行绿化和加固的一种护坡新技术。 优点：生态性、景观性、适用性、固土植物生长条件好，抗冲刷能力较强，且经济环保。 缺点：受植物生长影响，抗暴雨冲刷能力一般，在水位变幅区及水位以下植生效果较差。
3	土工格室		土工格室利用聚并烯、高密度聚乙烯等片状材料，经热熔粘接成蜂窝状的网片整体，在蜂窝状单元中填土植草，实现固土护坡作用。 土工格室一般尺寸如下：高度 150mm，焊距 800mm，板材厚度 1.2mm，展开后网格尺寸为 400mm×400mm×150mm（长×宽×高）。 优点：有较强抗冲刷能力，能有效防止河岸垮塌；耐久性好，经济、易于施工。 缺点：当土工格室裸露时，经太阳暴晒，其耐久性减弱明显，部分聚丙烯材料的土工格室遇火能燃烧，运行管理要求较高。

续表 E.1 常用生态护岸材料及特性表

序号	类型	图样	特性
4	植生袋		植生袋具有透水不透土的过滤功能以及良好的固土功能，植物种子可通过袋体自由生长，根系进入工程基层土壤，形成自然锚固作用。 优点：结构整体安全度高，植生条件好，易施工，易管理。 缺点：易老化，植物再生条件差，耐久性较差，植物枯萎后，因水土流失易造成边坡失稳等。
5	土工管袋		土工管袋采用 100%PP 有纺织物制作，内部填充沙土，填土压实度不小于 90%。 单个管袋体积较大，适用于护岸空间较大的岸坡，叠放方式有平铺式和台阶式两种。 优点：可塑性强，且可堆叠，运输方便。 缺点：景观效果一般。
6	生态砌块		生态砌块材料为钢筋混凝土，混凝土强度等级不小于 C20，一般尺寸为：400mm×300mm×150mm（长×宽×高）。 该护岸型式在仰斜角大于 45 度（与水平面夹角小于 45 度）时，是溢水土结构，具有自挡土功能，与土工格栅组合使用，一般不需要设置反滤层。 优点：短期防冲刷能力强，对基础适应性强，景观及生态性较好，易施工； 缺点：长期运行，若墙后泥土被水流带走，易导致墙体垮塌；该类护岸主要适用于平直河道，弯度太大的河道不适用于此护岸，适用范围较小。
7	连锁式植草砖		连锁式植草砖护岸由多个植草砖连锁布置，构成整体的连锁结构，槽孔内填土植草。砖尺寸为 500mm×300mm×120mm（长×宽×高）。 该护岸型式施工便捷，无需砂浆勾缝等工序，直接安装即可。 优点：形式多样，景观性及植生性均较好，易施工。 缺点：要求河堤坡度不能过大，坡度足够平顺、密实，否则易滑落、凹陷地带成片损坏； 成本较高，且不适合砂质土层，不适合河岸弯曲较多的河道。

续表 E.1 常用生态护岸材料及特性表

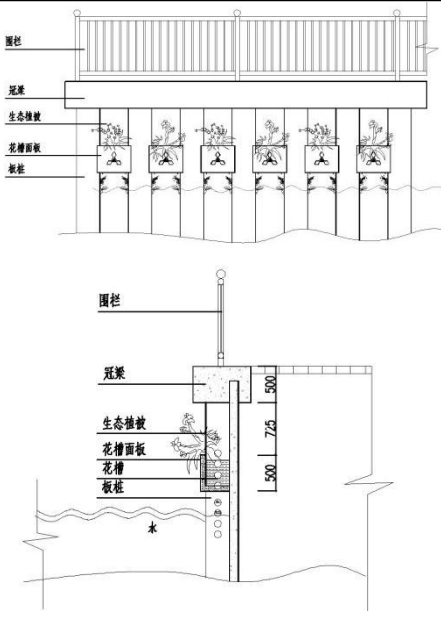
序号	类型	图样	特性
8	瓶孔砖		瓶孔砖材料为混凝土，混凝土强度等级不小于 C20，一般尺寸为：500mm×500mm×400mm（长×宽×高）。砖两侧布置自嵌凸缘结构，砖体均匀布置 9 个小孔，孔口直径为 75mm，孔剖面为瓶子状，底部铺设碎石层。 该护岸型式既固化岸坡，又留出植物通道，基层土壤的植物可穿过碎石层由孔口长出。 优点：自嵌式的设计可增强铺装后护坡的整体性，增强护坡的抗冲刷能力。在孔内种植植物，使护坡面得到绿化，砖孔也可成为海岸洞居动物的洞穴，将提升护坡的生态性及景观性。 缺点：费用较高，种植生长期需要加强管理。
9	鱼巢式生态框、植草式生态框		鱼巢式生态框、植草式生态框材料为钢筋混凝土，混凝土强度等级不小于 C30。一般尺寸为：2000mm×500mm×500mm（长×宽×高）。 构件安装采用 M12 热浸镀锌螺栓连接。 该护岸型式设计水位以下部分构件内部填充 $\phi 200\text{mm}$ 的卵石或碎石；设计水位以上部分构件内底部填充排水用碎石，然后回填土砂，种植观赏性植物。 优点：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。块体间的空隙和生长起来的植物体系将形成天然的鱼巢，促进水体生态环境的平衡。体本身、水生植物体系、鱼虾等水生动物同组建生态景观。便于施工。 缺点：费用高，单块重量重，施工安装较费工费时。
10	阶梯式生态框		阶梯式生态框材料为钢筋混凝土，混凝土强度等级不小于 C30。一般尺寸为：2000mm×1000mm×500mm（长×宽×高）。单个阶梯式生态框约重 60kg。 该护岸型式设计水位以下部分构件内部填充 $\phi 200\text{mm}$ 的卵石或碎石；设计水位以上部分构件内底部填充排水用碎石，然后回填种植土，种植观赏性植物。 优点：使用碎石和沙土作为填充物且有预留空间，方便水中生物筑巢及生长从而达到绿化并促进环保生态的形成；可以利用施工场所产生的土沙等进行填充，有利于植被快速恢复生长。 缺点：费用高，单块重量重，施工安装较费工费时。

续表 E.1 常用生态护岸材料及特性表

序号	类型	图样	特性
11	堆砌式生态框		堆砌式生态框材料为钢筋混凝土，混凝土强度等级不小于 C30。一般尺寸为： $1000\text{mm} \times 1000\text{mm} \times 1000\text{mm} / 2000\text{mm} \times 1000\text{mm} \times 1000\text{mm} / 3000\text{mm} \times 1000\text{mm} \times 1000\text{mm}$（长×宽×高）。单个生态框约重 650/1350/1910kg。该护岸型式设计水位以下部分构件内部填充$\phi 200\text{mm}$的片石、卵石或碎石，然后回填种植土，种植观赏性植物。 优点：使用碎石和沙土作为填充物且有预留空间，有利于植被快速恢复生长，方便水中生物筑巢及生长从而达到绿化并促进环保生态的形成。 缺点：费用高，单块重量重，施工安装较费工时。
12	箱式生态框		箱式生态框材料为钢筋混凝土，混凝土强度等级不小于 C30。一般尺寸为： $1500\text{mm} \times 1000\text{mm} \times 1000\text{mm} / 1500\text{mm} \times 1400\text{mm} \times 1000\text{mm}$（长×宽×高）。单个生态框约重 1210/1345kg。该护岸型式设计水位以下部分构件内部填充$\phi 200\text{mm}$的片石、卵石或碎石，然后回填种植土，种植观赏性植物。 优缺点与堆砌式生态框类同。
13	平铺式生态框		平铺式生态框材料为钢筋混凝土，混凝土强度等级不小于 C30。一般尺寸为： $1080\text{mm} \times 1080\text{mm} \times 300\text{mm} / 1080\text{mm} \times 1080\text{mm} \times 500\text{mm}$（长×宽×高）。单个生态框约重 165/273kg。该护岸型式设计水位以下部分构件内部填充$\phi 200\text{mm}$的片石、卵石或碎石，然后回填种植土，种植观赏性植物。 优点：施工周期短、抗冲能力强，生态效果明显 缺点：费用高，单块重量重，施工安装需要起重吊装。

续表 E.1 常用生态护岸材料及特性表

序号	类型	图样	特性
14	石笼		石笼材料可选用有 PVC 覆层或无 PVC 覆层的经热镀工艺进行抗腐处理的低碳钢丝。一般尺寸为：1000mm×1000mm×1000mm（长×宽×高）。 填充石料要求坚硬不易风化的块石或者卵石。 优点：具有较强的整体性、透水性、抗冲刷性、生态适宜性；适应地基的变化，生态性好；经济实惠，运输方便。 缺点：由于该护坡主体以石块填充为主，需要大量的石材，因此在石材缺乏地区的经济适用性不强； 在局部护岸破损后需要及时补救，以免内部石材泄露，影响岸坡的稳定性。后期运行管理不便，容易形成生物陷阱。
15	多孔透水混凝土(生态混凝土)		多孔透水混凝土由粗骨料、混有高炉炉渣和硅灰的水泥、适量的细料组成，是植被型生态混凝土的骨架。保水材料常用无机人工土壤、吸水性高分子材料、苔泥炭及其混合物。 生态混凝土强度等级不小于 C15，孔隙率 25%~30%，混凝土用石子粒径要求 20~40mm，优选 20~30mm，渗透系数为 1×10⁻¹cm/s，环境水 PH 值控制在 7~8。 优点：植物性好、抗冲刷性能好、孔隙率高，为动物及微生物提供繁殖场所；高透气性在很大程度上保证了被保护土与空气间的湿热交换能力。 缺点：需做降碱处理，降碱问题若处理不好，会影响植物的生长；相比于其他护岸类型，该类型的护岸价格偏高，但比混凝土护岸要低。

序号	类型	图样	特性
16	生态板桩		生态板桩是一种桩体具有孔隙,可满足护岸两侧水体渗透,并提供生物栖息和生长空间的悬臂式直立式护岸型式。板桩主要外形有平板形、圆形、弧线型、方形、U形,波浪形等。生态板桩一般适用于护岸空间不足,且场地地质条件较好堤岸段。桩长根据边坡稳定性计算确定,桩顶设置冠梁,桩身可根据需要布置花槽,种垂挂植物,提升护岸美观性。 优点: 工程占地少,基本不需要施工导流,施工速度快,景观效果及生态效果一般。 缺点: 高边坡适用需要论证分析,工程施工对周边建筑及环境有一定影响。

E.2 常用生态护岸材料适用条件及适用范围详见表 E.2。

表 E.2 常用生态护岸材料适用条件选用表

结构材料属性	材料类型	适用条件	适用范围
植物式	草皮	可用于流速不大于 1.5m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	灌草	可用于流速不大于 1.5m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	竹木	可用于流速不大于 2.0m/s；坡度缓于 1:1.5	坡式护岸
	防护林/红树林	河阔、滩涂缓/南方地区沿海滩涂区	坡式、墙式护岸的护堤地
柔式	土工网植草垫	可用于流速不大于 2.0m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	抗冲植草垫	可用于流速不大于 2.5m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	土工格室植草垫	可用于流速不大于 2.5m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	蜂槽植草垫	可用于流速不大于 2.5m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	植生袋植草护坡	可用于流速不大于 1.5m/s；坡度缓于 1:1.0	坡式护岸
	防冲固坡土工袋	可用于流速不大于 2.5m/s；坡度缓于 1:1.0	坡式护岸
	柔性充砂管排	可用于流速不大于 2.5m/s；坡度缓于 1:1.0	坡式护岸
	生态加筋植草垫	可用于流速不大于 2.0m/s；坡度缓于 1:1.0	坡式护岸
	石笼土箱	对坡比、流速适应强，适用水流不大于 2.0m/s	坡式、墙式护岸
块体式	抛石	坡度缓于 1:1.5（依流速选用相应粒径）	坡式、墙式护岸护脚
	干砌条石	对坡比、流速适应强，适用水流较大，岸坡渗水较多河段。	坡式、墙式护岸
	叠石（景石）	对坡比、流速适应强，适用水流较大，岸坡渗水较多河段。	坡式、墙式护岸
	多孔植草砖	可用于流速不大于 4.0m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	瓶孔砖	可用于流速不大于 4.0m/s；坡度缓于 1:2.0	坡式护岸
	生态框	可用于流速不大于 3.5m/s，岸坡渗水较多	坡式、墙式护岸
块体式	鱼槽、植草箱	流速不大于 3.5m/s，岸坡渗水较多，坡度缓于 1:1.0	墙式护岸
	堆砌式生态框	对坡比、流速适应强，适用水流较大，岸坡渗水较多河段。	坡式、墙式护岸
	箱式生态框	对坡比、流速适应强，适用水流较大，岸坡渗水较多河段。	坡式、墙式护岸
	平铺式生态框	对坡比、流速适应强，适用水流较大，岸坡渗水较多河段。	坡式护岸
	生态混凝土块	流速不大于 3.5m/s，岸坡渗水较多，坡度缓于 1:1.0	坡式护岸
组合式	连锁式多孔植草砖	可用于流速不大于 3.5m/s；	坡式、墙式护岸
	石笼	可用于流速不大于 3.5m/s；	坡式、墙式护岸
	加筋生态框（槽）、加筋鱼巢式生态框、植草式生态框、加筋生态砌块等	可用于流速不大于 3.5m/s；	墙式护岸
整体式	生态混凝土	流速不大于 3.0m/s；坡度缓于 1:2.0。	坡式护岸
	多孔透水混凝土	可用于坡式护岸流速不大于 5.0m/s；坡度缓于 1:2.0。 墙式护岸适用水流较大，岸坡渗水较严重、生境营造要求高的河道。	坡式、墙式护岸
	生态板桩	适用水流较大，岸坡渗水较多、生境营造要求高的河道。	墙式、混合式护岸

注 1：表中适用流速与坡度在工程应用时应结合护岸土质特征、水流状态等因素进行修正。

注 2：生态护岸工程应结合结构设计设置垫层、滤层或土工织物保护护岸基底泥土的稳定性。

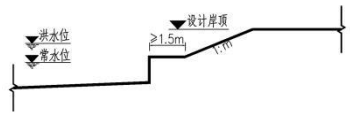
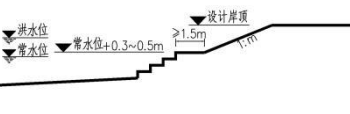
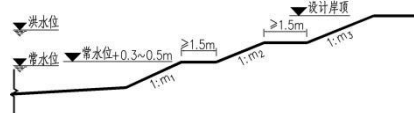
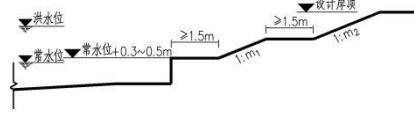
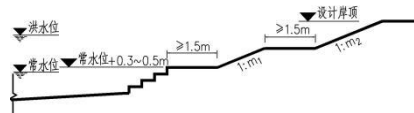
附录 F 生态护岸断面形式适用条件

F.1 生态护岸断面形式推荐适用条件详见表 F.1。

表 F.1 生态护岸断面形式推荐适用条件表

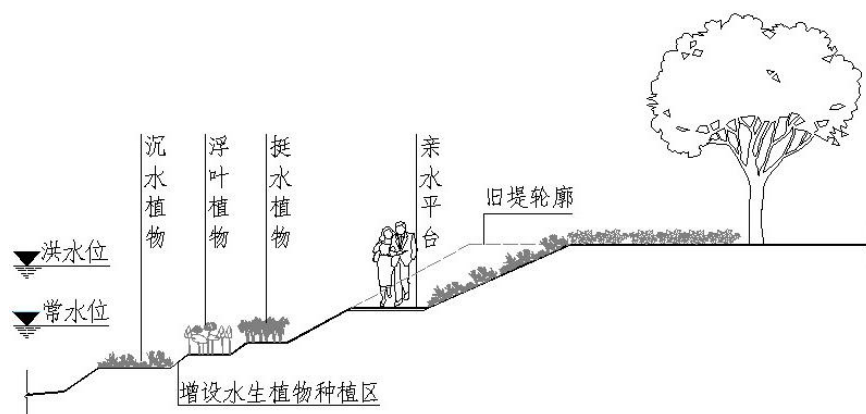
岸坡级数	岸坡形式	断面示意图	是否推荐	适用条件
单级	单级斜坡式岸坡		推荐	生态性一般、空间层次较差；适用于护岸高度小（高度不大于 6m）、用地条件不充裕的情况。
	单级直墙式岸坡		不宜采用	生态性差、空间层次差；适用于用地受限平原区河道或迎流顶冲段等防冲要求高的山区性河道。采用此形式时，宜在坡脚营造生境以弥补生态性的不足。
	单级陡墙式岸坡		不宜采用	生态性较差、空间层次较差；适用于用地受限平原区河道或防冲要求较高的山区性河道。
两级	两级斜坡式岸坡		推荐	生态性好、空间层次较好；适用条件广，一般堤防可选用。
	两级直墙式岸坡		不宜采用	生态性差、空间层次较好；适用于用地受限但有亲水需求；或现有直立式护岸改造为两级护岸，但场地受限二级难以采用斜坡时。采用此形式时，宜在坡脚营造生境以弥补生态性的不足。
	两级复式岸坡		不宜采用	生态性一般、空间层次较好；适用于现有一级斜坡式改造为两级，但场地受限二级难以采用斜坡时；或现状为斜坡式，但需加高且用地受限时。

续表 F.1 生态护岸断面形式推荐适用条件表

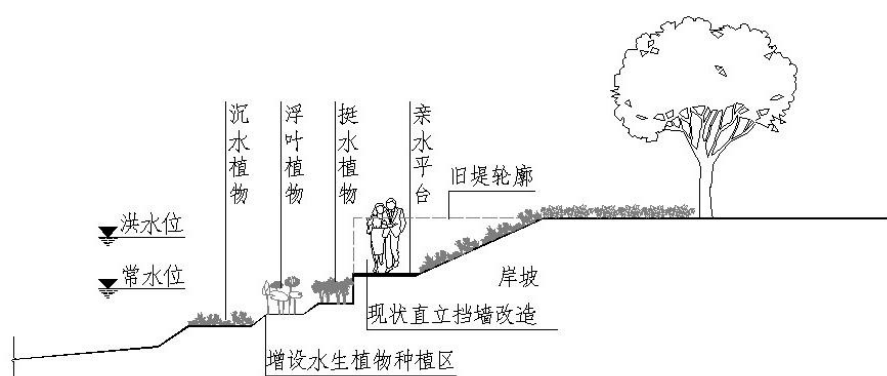
岸坡级数	岸坡形式	断面示意图	是否推荐	适用条件
两级	两级复式岸坡		推荐	生态性较差、空间层次较好；适用条件广，一般护岸可选用。采用此形式时，宜在坡脚营造生境以弥补生态性的不足。
	两级复式岸坡		推荐	生态性好、空间层次好；适用条件广，一般护岸可选用
多级	多级斜坡式堤		有条件推荐	生态性好、空间层次好；适用于当护岸高度较大用地不受限制时可采用。
	多级复式堤		有条件推荐	生态性较差、空间层次好；适用于当护岸高度较大，用地受限时可采用。采用此形式时，宜在坡脚营造生境以弥补生态性的不足。
	多级复式堤		有条件推荐	生态性好、空间层次好；适用于当护岸高度较大用地受限时可采用。

附录 G 既有护岸生态改造

G.1 现状堤后用地较为充足的硬质堤岸断面改造可采用在堤岸迎水坡中增设或加宽亲水平台以增强生态性和亲水性，推荐断面改造方式见图 G.1。



(a) 坡式断面改造示意图



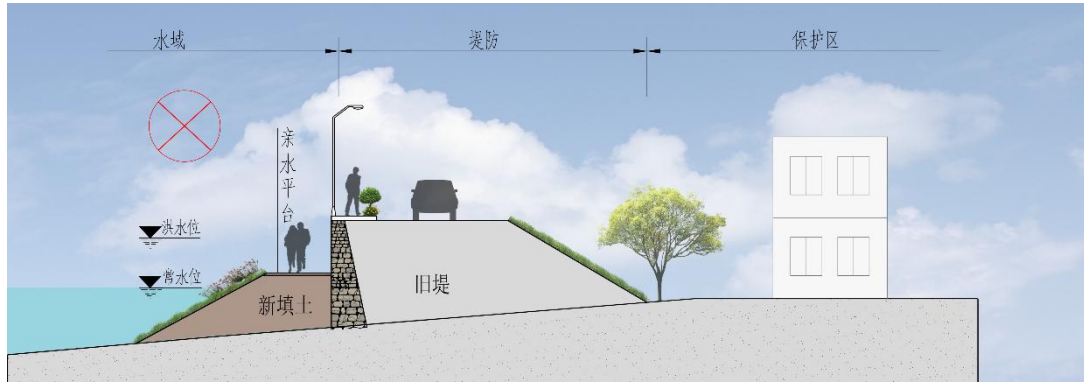
(b) 陡坡式、直立式断面改造示意图

图 G.1 推荐断面改造方式示意图

G.2 不应采用侵占河道的改造方式，如图 G.2



(a) 斜坡式断面不应采用的改造方式



(b) 陡坡式、直立式断面不应采用的改造方式
图 G.2 不应采用的断面改造方式示意图

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《地表水环境质量标准》GB 3838
- 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》GB 15618
- 《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》GB 50400
- 《堤防工程设计规范》GB 50286
- 《城市绿地设计规范》GB 50420
- 《城市水系规划规范》GB 50513
- 《河道整治设计规范》GB 50707
- 《城市防洪规划规范》GB 51079
- 《公园设计规范》GB 51192
- 《城市污水再生利用 景观环境用水水质》GB/T 18921
- 《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》GB/T 23486
- 《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》GB/T 25031
- 《水域纳污能力计算规程》GB/T 25173
- 《农村生活污水处理导则》GB/T 37071
- 《裸露坡面植被恢复技术规范》GB/T 38360
- 《生物多样性观测技术导则（合订本）》HJ 710.1~13
- 《生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类》HJ 710.7
- 《生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物》HJ 710.8
- 《生物多样性观测技术导则 水生维管植物》HJ 710.12
- 《污水监测技术规范》HJ 91.1

《水质 样品的保存和管理技术规定》 HJ 493

《水质 采样技术指导》 HJ 494

《水质 采样方案设计技术规定》 HJ 495

《外来物种环境风险评估技术导则》 HJ 624

《人工湿地污水处理工程技术规范》 HJ 2005

《污水自然处理工程技术规程》 CJJ/T 54

《城镇排水管道混接调查及治理技术规程》 T/CECS 758

《淡水浮游生物调查技术规范》 SC/T 9402

《水电工程过鱼设施设计规范》 NB/T 35054

《水文调查规范》 SL 196

《水环境监测规范》 SL 219

《水利水电建设工程验收规程》 SL 223

《水道观测规范》 SL 257

《河道演变勘测调查规范》 SL 383

《地表水资源质量评价技术规程》 SL 395

《河湖生态需水评估导则》 SL/Z 479

《水利水电工程鱼道设计导则》 SL 609

《水资源保护规划编制规程》 SL 613

《入河排污量统计技术规程》 SL 662

《水利水电建设工程验收技术鉴定导则》 SL 670

《河湖生态环境需水计算规范》 SL/Z 712

《河湖健康评估技术导则》 SL/T 793

《河湖生态系统保护与修复工程技术导则》 SL/T 800

中国工程建设标准化协会标准

城市水体生态修复工程技术标准

CECS XXX - 202X

条文说明

