ICS 47.020.99
U 617

中国疏浚协会
CHINA DREDGING ASSOCIATION

团 体 标 准

T/CHIDA 305.4—2021

城市水环境综合治理技术指南

Technical guide for comprehensive treatment of urban water environment

（征求意见稿）

2021-07-29发布 2021-07-30实施

中国疏浚协会 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 6
4 城市水环境调查与问题诊断 8
5 城市水环境综合治理设计 11
6 城市水环境综合治理技术 12
7 城市水环境养护管理 22
8 城市水环境投资费用估算 23
9 城市水环境治理效果评估 24

前　言

本标准按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本标准由中国疏浚协会团体标准专业委员会提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准主要起草单位：武汉二航路桥特种工程有限责任公司、中交基础设施养护集团有限公司、中交第二航务工程局有限公司、中交（天津）生态环保设计研究院有限公司、中国科学院水生生物研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、生态环境部南京环境科学研究所、长江水利委员会长江科学院、长江勘测规划设计研究院、天津科技大学、湖北大学、长江河湖建设有限公司。

本标准主要起草人：乐绍林、曾松亭、柴培宏、陈伟、路洋、王伟、胡保安、刘剑彤、范成新、崔益斌、吴燕、金峰、朱书景、范志强、黄佳音、李毅谦、张曦、王东、金毓、熊伟、马小云。

城市水环境综合治理技术指南

1 范围

为指导城市水环境调查、设计、施工及运行管理等，提高城市水环境综合治理水平，提升城市生态环境，促进城市生态文明建设，编制本指南。

水环境综合治理以水质改善、生态补水、生态修复与景观提升等为目标，包括外源污染控制、内源污染处理、水质改善和生态系统构建等全部或部分项目的建设或改造。

本指南适用于城市（县、市、区及以上）及其周边水环境综合治理的水环境调查与问题诊断、综合治理设计、综合治理技术选取、养护管理、投资费用估算和治理效果评估等，农村、乡镇区域的水环境治理可参照执行。

城市水环境综合治理工程除应符合本指南规定外，尚应符合国家、行业及地方等现行有关标准、规范的规定。

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 4284 农用污泥污染物控制标准
GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则
GB 8978 污水综合排放标准
GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB 18598 危险废物填埋污染控制标准
GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
GB 28235 紫外线消毒器卫生要求
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 50013 室外给水设计标准
GB 50014 室外排水设计标准
GB 50021 岩土工程勘察规范
GB 50026 工程测量标准
GB 50201 防洪标准
GB 50286 堤防工程设计规范
GB 50318 城市排水工程规划规范
GB 50400 建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范
GB 50420 城市绿地设计规范
GB 50500 建设工程工程量清单计价规范
GB 50501 水利工程工程量清单计价规范
GB 50513 城市水系规划规范
GB 50707 河道整治设计规范

GB 50857 市政工程工程量计算规范
GB/T 1.1 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则
GB/T 18919 城市污水再生利用 分类
GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 18921 城市污水再生利用 景观环境用水水质
GB/T 19837 城镇给排水紫外线消毒设备
GB/T 21010 土地利用现状分类
GB/T 23485 城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质
GB/T 25173 水域纳污能力计算规程
GB/T 34678 智慧城市 技术参考模型
GB/T 50594 水功能区划分标准
GB/T 50805 城市防洪工程设计规范
DB31/T 919 城市湿地水生植物应用技术要求
DB32/T 2232 蓝藻机械打捞作业规程
DB32/T 2275 蓝藻高温堆肥技术操作规程
DB32/T 2458 淡水渔用微生物制剂使用技术规范
DB33/T 891 污泥土地利用技术规范
DB42/T 1417 生态浮岛（浮床）植物种植技术规程
SL 17 疏浚与吹填工程技术规范
SL 44 水利水电工程设计洪水计算规范
SL 58 水文测量规范
SL 72 水利建设项目经济评价规范
SL 196 水文调查规范
SL 219 水环境监测规范
SL 223 水利水电建设工程验收规程
SL 383 河道演变勘测调查规范
SL 395 地表水资源质量评价技术规程
SL 489 水利建设项目后评价报告编制规程
SL 613 水资源保护规划编制规程
SL 662 入河排污量统计技术规程
SL 670 水利水电建设工程验收技术鉴定导则
SL 709 河湖生态保护与修复规划导则
SL/T 238 水资源评价导则
SL/T 712 河湖生态环境需水计算规范
SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则
CJJ 6 城镇排水管道维护安全技术规程
CJJ 52 生活垃圾堆肥处理技术规范
CJJ 68 城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程
CJJ 131 城镇污水处理厂污泥处理技术规程
CJJ 181 城镇排水管道检测与评估技术规程
CJJ/T 54 污水自然处理工程技术规程
CJJ/T 210 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规范
CJJ/T 286 土壤固化剂应用技术标准
CJJ/T 287 园林绿化养护标准

JGJ 155 种植屋面工程技术规程
JTS 181-5 疏浚与吹填工程设计规范
JTS 207 疏浚与吹填工程施工规范
HJ 2.1 建设项目环境影响评价技术导则 总纲
HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境
HJ 91.1 污水监测技术规范
HJ 192 生态环境状况评价技术规范
HJ 493 水质采样 样品的保存和管理技术规定
HJ 494 水质 采样技术指导
HJ 495 水质 采样方案设计技术规定
HJ 710.8 生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物
HJ 2005-2010 人工湿地污水处理工程技术规范
HJ 2006-2010 污水混凝与絮凝处理工程技术规范
HJ 2008-2010 污水过滤处理工程技术规范
HJ 2009-2011 生物接触氧化法污水处理工程技术规范
HJ 2010-2011 膜生物法污水处理工程技术规范
SC/T 9402 淡水浮游生物调查技术规范
CECS：114 氧气曝气设计规程
建城[2015]130号 城市黑臭水体整治工作指南
建城函[2016]198号 城市黑臭水体整治—排水口、管道及检查井治理技术指南（试行）
环办[2011]22号 地表水环境质量评价办法（试行）
湖泊河流环保疏浚工程技术指南（试行）
湖滨带生态修复工程技术指南（试行）
湖泊流域入湖河流河道生态修复技术指南（试行）
人工湿地水质净化技术指南
水生生物增殖放流管理规定
T/WEGU 0001 城市河湖水环境治理工程设计阶段划分及工作规定
T/CHIDA 203.3 内河湖库环保疏浚污染土分类分级标准
T/CSES 31 受损河流修复工程运行与维护技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市水环境 urban water environment

城市自然生物赖以生存的水体环境，包括抵御洪涝灾害能力、水资源供给程度、水体质量状况、水利工程景观与周围的和谐程度等。

3.2

水环境综合治理comprehensive treatment of water environment

以水质改善、生态补水、生态修复与景观提升等为目标的水环境综合治理。

3.3

内源污染 internal pollution

进入水体中的污染物一部分沉降至底泥表层并累积，通过物理、化学和生物等作用后，发生向水体释放污染物的现象。

3.4

点源污染 point source pollution

由确定的点源产生的污染。例如污染的工厂的出水（排出污染的工业废水）。

3.5

面源污染 diffused source pollution

地面水或地下水的一种污染源，并非来自单一的点，而是广泛分布，例如来自农田土壤淋溶、降雨径流等。

3.6

环保疏浚 environmental dredging

为江河湖库等水环境改善和生态恢复创造条件，使用挖泥船或其他工具、设备疏挖水下污染土的工程措施。

3.7

底泥处理 sediment treatment

对底泥进行稳定化、减量化和无害化处理的过程，一般包括浓缩（调理）、脱水、厌氧消化、好氧消化、稳定、堆肥、干化和焚烧等。

3.8

水体生境 aquatic habitat

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

3.9

生态修复 ecological remediation

在生态学原理指导下，以生物修复为基础，结合其他技术措施，依靠生态系统的自我恢复能力，使遭到破坏的生态系统逐步恢复并向良性循环方向发展，达到最佳效果和最低耗费的一种综合的修复污染环境的方法。

3.10

营养状态评价 nutritional status evaluation

通过与营养状态有关的一系列指标及指标间相互关系，对营养状态作出判断，评价指标包括叶绿素a（chla）、总磷（TP）、总氮（TN）、透明度（SD）和高锰酸盐指数（CODMn）等5项，采用综合营养状态指数法（TLI（Σ））。

3.11

水域纳污能力 permissible pollution bearing capacity of water bodies

在设计水文条件下，满足计算水域的水质目标要求时，该水域所能容纳的某种污染物的最大数量。

3.12

生态环境需水 ecological flow

为维系水生态系统的结构与功能，需要保留在水体中符合水质要求的流量（水量、水位、水深）及其过程，也可成为生态流量，分为基本生态流量和目标生态流量。

3.13

生态浮床 ecological floating beds

运用无土栽培技术，将植物种植于浮于水面的床体上，利用植物根系吸收和附着微生物的降解作用来净化水质的技术。

3.14

滨岸带 riparian

是陆生生态系统与水生生态系统间的过渡带，核心范围是最高水位线和最低水位线之间的水位变幅区，依据水-陆生态系统的作用特征，其范围可分别向陆向和水向辐射一定的距离。

3.15

城市污水再生利用 urban sewage recycling

以城市污水为再生水源，经再生工艺净化处理后，达到可用的水质标准，通过管道输送或现场使用方式予以利用的全过程。

4 城市水环境调查与问题诊断

4.1 一般规定

4.1.1 城市水环境调查的目的是甄别城市水环境生态退化因子及其作用强度，为城市水环境治理提供技术支撑。

4.1.2 调查范围宜结合行政区划、水资源分区、主体功能区划、生态功能区划、水功能区划、生态红线范围、水系连通调度区域等合理确定，时间上应反映出城市水环境历史演变情况，水功能区划应符合 GB/T 50594 的有关规定。

4.1.3 城市水环境调查工作应通过资料收集、现场调查等方式，获得工程建设区及周边影响区的自然环境和社会环境等方面的基本情况，对资料缺乏地区可采用卫星遥感、无人机、地理信息系统等方法进行必要的现场调查和监测 。

4.1.4 应在对调查分析基础上，结合历史资料对比分析，进行城市水环境问题诊断，识别城市水环境生态系统的演变趋势，为水环境综合治理设计提供依据。

4.2 城市水环境调查

4.2.1 城市水环境调查应包括工程建设区及周边影响区的自然环境和社会环境等方面的内容。

4.2.2 自然环境调查包括水文水资源调查、地质地貌调查、水质调查、污染源调查和生物调查等。

4.2.2.1 水文水资源调查应重点调查工程段范围内的气候气象、水文信息、泥沙和水资源等内容，调查测量应符合 GB 50026 和 SL 58 的有关规定。

a) 气候气象资料调查应包括调查地区的常年主导风向、风速、气温、气压、日照时间、温度的垂直梯度、年平均降雨量、年平均蒸发量、降水量年分布状况和蒸发量年分布状况等。
b) 水文信息采集内容应包括水位、流量、水质、泥沙、降水、蒸发、水温、冰凌和地下水等要素，并应符合 SL 196 的有关规定。
c) 泥沙调查应采用含沙量和输沙率来定量描述悬移质状况，必要时宜进行泥沙颗粒分析和级配曲线绘制。
d) 水资源调查应包括地表水资源、地下水资源、水资源总量及水资源开发利用状况，其中水资源开发利用状况应包括生活、生产、生态用水状况、总用水量、人均用水量、万元 GDP 用水量及水资源开发利用程度等，应符合 SL/T 238 的有关规定。

4.2.2.2 地质地貌调查包括底质、水系概况、地貌特征和岸线及其利用情况。

a) 底质调查应在地质勘查资料基础上，对底质淤积层厚度、底质组成及级配、渗透性等开展调查及分析，应符合 GB 50021 的有关规定。
b) 水系概况应包括水系形态、河网密度、水系连通状况、演变情况等，应符合 GB 50707、SL 383 的相关规定。
c) 地貌特征调查应包括分级分类、平面形态、横断面和纵剖面特征、水域面积、容积、水位变幅、水力停留时间等。
d) 岸线及岸线利用情况调查应包括岸线现状长度、功能类别划分、岸线利用率等。

4.2.2.3 水质调查应包括分析项目、采样点数量、采样点布置方法和采样频率等，应符合 HJ 493、HJ 494 和 HJ 495 的要求。

a) 水质分析指标应包括水温、水深、pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、氨氮、总磷（TP）、透明度和浊度等指标，应符合 GB 3838 和 SL 395 的要求。
b) 水质调查的点位及采样频次与水文调查一致，应覆盖整个治理范围，采样点数量、断面布置及采样方法应符合 SL219、HJ 91.1、HJ 494 和 HJ 495 等的相关规定。进行水质调查时，可结合使用人工采样、在线分析和遥感监测等技术。

4.2.2.4 污染源调查主要包括外源污染调查和内源污染调查两个方面。

a) 外源污染可分为点源污染和面源污染。点源污染调查内容包括不限于污染物来源、排放口位置、污染物类型、排放浓度及排放量，以及上述指标的时间、空间变化特征，调查应符合 SL 662 的相关规定。面源污染调查内容包括不限于城市降雨量、雨水水质及时空变化规律，水体周边汇水面积、下垫面种类、初期雨水形成过程及主要污染物浓度等，调查应符合 GB 50400 的相关规定。
b) 内源污染调查内容包括底泥厚度、颜色、嗅味、含水率、氧化还原状况、总氮、总磷、有机质、重金属及其他污染物特征等，调查应符合 GB 15618 和 SL 219 的有关规定。

4.2.2.5 生物调查针对生物多样性保护目标展开，应包括水生生物分布、岸线生物分布和外来物种情况等。根据范围内生物状况，对城市水环境生态系统生物完整性状况进行评估，根据评估结果确定生物状况。

a) 水生生物分布调查应包括范围内浮游动植物、水生植物、鱼类和底栖动物的种类组成和生物量。浮游动植物的采集、保存、浓缩处理、物种鉴定、密度和生物量计算，应符合 SC/T 9402 的相关规定。鱼类可涉水河流采用主动收集法（围网）；不可涉水河流采用主动收集法（拖网、多孔刺网）和被动收集法（地笼、渔获物调查）相结合。底栖动物定性样品采用 D-型网采集，定量样品采用索伯网或彼得逊采泥器采集，采集方法和样品处理应符合 HJ 710.8 的相关规定。

b) 岸线生物分布调查应包括范围内植物种类组成和盖度、两栖动物、爬行动物、水禽的种类组成、数量等，以植被调查为主，主要调查乔木、灌木、陆生草本植物、水生植物等，采用陆生-水生断面调查，每个植被类型区分别布点调查植物种类、生物量、盖度等。

c) 外来物种情况调查应包括范围内主要外来物种的种类、分布、资源量、入侵时间、入侵危害、防治措施及效果等。

4.2.3 社会环境调查内容应包括治理范围内的行政区划及人口、经济水平和历史文化等，可利用相关规划与计划、官方公布数据、统计年鉴、地方志及相关数据库等资料辅助开展相关调查。

4.2.3.1 行政区划及人口调查应包括治理范围行政区的划分、人口结构及变化情况、主要指标包括人口总数、常住人口、流动人口、城镇人口、农业人口、自然增长率、城镇化率等。

4.2.3.2 经济水平调查应包括治理范围内国内生产总值（GDP）、GDP 增长率、人均年收入、各产业 GDP 贡献比重等。

4.2.3.3 历史文化调查应包括水历史文化、水景观、已建的水利工程、相关的基础设施等。

4.3 问题诊断

4.3.1 问题诊断的目的是根据现状调查和评价结果，筛选和识别城市水环境的主要胁迫因子，分析存在的主要问题，明确治理的方向，宜包括水质评价、生物评价、生态状况分级、健康评价和水域纳污能力计算等，应符合 SL 709 和 HJ 192 的有关规定。

4.3.2 水质评价应根据应实现的水域功能类别，选取相应类别标准，进行单因子评价，评价结果应说明水质达标情况，超标的应说明超标项目和超标倍数，丰、平、枯水期特征明显的水域，应分水期进行水质评价，应符合 GB 3838 和 SL 395 的有关规定。

4.3.3 生物评价方法包括指示生物法、生物指数法、多样性指数法。

4.3.3.1 指示生物法根据对水体中污染物质敏感的或有较高耐量的生物种类的存在或缺失，指示水体中污染物质的含量及污染程度，静水中主要用底栖动物或浮游生物，流水中主要用着生生物。

4.3.3.2 生物指数法将水质污染对生物群落的生态效应用数学方法进行群落结构定量分析。美国环保署（EPA）的快速生物评价协议（Rapid Bioassessment Protocols，RBPs）提供了河流着生藻类、大型无脊椎动物以及鱼类的监测及评价方法标准。

4.3.3.3 群落中种的多样性是群落生态独特的生物学特性。群落中种的多样性指标可以用来评价水质，其表达方式有种密度、Gleason 多样性指数、物种均一度等，最常用的是 Shannon-Wiener 生物多样性指数。

4.3.4 城市水环境生态状况分级系统有现状评估、辅助识别关键胁迫因子和定量治理目标等三个功能，分为要素层、指标层和等级层三个层次。

4.3.5 健康评价指标体系主要基于层次分析法，分为 3 个层次：目标层、准则层和指标层，涉及生物物理、社会经济、人类健康等方面，以及一定的时间、空间属性。根据评价原理可分为预测模型法和多指标评价法。

4.3.6 水域纳污能力计算方法主要有两大类: 污染负荷计算法和数学模型计算法，应符合 GB/T 25173 和 SL 613 的有关规定。

4.3.6.1　污染负荷计算法是根据水功能区水质的陆域范围内入河排污口、污染源和经济社会状况，计算污染物入河量，确定水域纳污能力的方法，可分为实测法、调查统计法和估算法。

4.3.6.2　数学模型计算法是根据水域特性、水质状况、设计水文条件和水功能区水质目标值，应用数学模型计算水域纳污能力的方法，可分为河流数学模型计算法和湖（库）数学模型计算法。

5　城市水环境综合治理设计

5.1　一般规定

5.1.1　应根据不同地域的自然环境特点、水体特征、人文社会环境条件和区域经济发展水平，兼顾近远期目标，结合水环境治理目标和工程实施条件，提出水环境治理任务和措施要求。

5.1.2　坚持生态优先，统筹山水林田湖草系统治理，综合考虑防洪、供水、交通等城市水体功能，合理布局各类措施，优先选择技术先进适用、生态改善效果好、经济效益好的实施方案。

5.1.3　应遵循自然规律，充分发挥生态系统自我修复功能，通过适度人工措施，改善水环境质量，并应做好排污管控、水生态保护监督考核和责任追责、水环境监测预警机制等工作，促进城市水环境健康良性发展。

5.1.4　城市水环境综合治理设计阶段宜划分为综合规划设计、可行性研究、初步设计和施工图设计四个阶段。对于技术要求简单、方案明确的小型工程项目，经主管部门批准，工程设计阶段可适当简化或合并。

5.2　综合规划设计

5.2.1　城市水环境综合治理规划设计应明确设计基本原则和设计治理目标，在进行目标可行性分析的基础上，提出工程规划设计布局，初步建立工程和非工程措施的体系。

5.2.2　城市水环境综合治理规划设计基本原则如下：

5.2.2.1　科学分析，因地制宜。根据城市水环境的特点及设计目标，科学诊断潜在的问题，有针对性、有重点的采取措施解决污染问题，改善水环境质量。

5.2.2.2　系统规划，生态治理。尊重自然生态规律，整体性解决问题，以自然修复为主，人工修复为辅，构建具有较强的自我维持及稳定的水生态系统。

5.2.2.3　经济可行，提升品质。结合当地经济发展情况，制定经济可行的目标，注重节能、节材，并尽可能采用新技术、新材料、新设备，达到优良的性价比；赋予水环境景观亲切宜人的艺术感召力，通过美化生活环境，提升城市居住品质。

5.2.2.4　标本兼治，长效保持。综合应用相关措施，利用物联网、大数据和云计算技术实现智能监管，长期改善人居环境质量，建立水体水质监测、预警联动机制，实现日常养护的智能化发展。

5.2.3　设计治理目标以一定历史时期的生态特征为参考，在综合考虑防洪、供水、交通等城市水体功能的基础上，结合当地城市总体规划，确定城市水环境治理目标，治理考核指标应包括水质指标，也可结合工程具体情况，增加生物指标、景观指标和管理目标等，具体指标要清晰、可量化、可考核。

5.2.4 目标可行性分析主要分析污染物削减程度，污染物削减程度应结合工程范围内水文条件、水质状况、污染物排放、生物状况等多种因素，基于模型模拟，预测工程实施后水质目标可行性。

5.2.4.1 模型模拟包括数学模型和物理模型，宜选用数学模型。数学模型是定量描述污染物在水环境中迁移转化规律及其影响因素之间相互关系的数学描述。物理模型是在评价等级为一级且有特殊要求时选用，应遵循水工模型试验技术规程等要求。

5.2.4.2 数学模型包括面源污染负荷估算模型、水动力模型、水质（包括水温及富营养化）模型等，根据预测的需要选择，优先选用国家生态环境保护主管部门发布的推荐模型，应符合 HJ 2.3 的有关规定。

5.2.5 综合规划设计应根据规划设计目标，提出工作进度及管理要求，提出拟安排的重点工程的顺序、实施计划和远期安排意见，工作深度应满足开展可行性研究的需要。

5.2.6 综合规划设计应提交规划设计报告（或者项目建议书）、投资估算、配套图纸及相关附件等。配套图纸应主要包括水系分布图、总体布局图、分项设计布局图等。相关附件应包括相关审批文件、会议纪要文件、专家评审意见等，必要时附专题研究成果。

5.3 可行性研究

5.3.1 可行性研究应在规划设计的基础上，对项目经济合理性、技术可行性、对环境的影响等进行综合性研究和论证，对不同方案进行比较分析，提出推荐方案。可根据行业审批要求，进行总体项目或分项项目的可行性研究工作。

5.3.2 可行性研究应确定工程建设规模，工作深度应满足项目立项决策、审批要求和初步设计的需要。

5.3.3 可行性研究文件应包括可行性研究报告、投资估算、配套图纸及相关附件等。配套图纸主要包括工程位置图、水系图、工艺流程图、工程布置图等，必要时附专题成果。

5.4 初步设计

5.4.1 初步设计应以审批通过的可行性研究成果为基础，深化工程总体或专项设计，编制完成工程的初步设计文件及设计概算，提出工程实施建议。

5.4.2 初步设计应能控制工程投资，满足工程招标或施工图设计、确定土地征地范围和数量、既有管线迁改与保护范围及方案及施工准备的需要。

5.4.3 初步设计文件应包括水环境治理工程初步设计报告、设计图纸、概算书及其他相关附件。

5.5 施工图设计

5.5.1 施工图设计应根据批准的初步设计文件，进行详细设计、计算，完成主体和各附属工程的施工图设计，并办理施工图审查合格证。

5.5.2 施工图设计深度应满足施工招标、材料设备订货、非标设备制作加工、设备安装及现场施工、编制施工图预算、合同计量和完工检验等要求。

5.5.3 施工图设计成果应包含设计总说明、相关专业分册、施工图预算等。如与初步设计阶段发生较大变更的，应附设计变更说明及批复意见。

6 城市水环境综合治理技术

6.1 一般规定

6.1.1　城市水环境综合治理技术应按照“外源污染控制、内源污染处理、水质改善提升、生态系统构建”的基本技术路线分阶段实施。

6.1.2　外源污染控制和内源污染处理是水质改善和生态系统构建的基础和前提，水质改善为生态系统构建提供良好的生存环境，生态系统构建可长期保持水质改善效果和实现生态系统的自我良性循环。

6.2　外源污染控制

6.2.1　外源污染控制主要包括点源污染控制和面源污染控制。

6.2.2　点源污染控制主要是做好陆域污染源控制，是城市水环境治理最有效的措施，也是采取其他措施的前提，包括雨污分流、截流式合流和初期径流弃流。

6.2.2.1　除干旱地区外，城市新建地区和旧城改造地区的排水系统应采用分流制，通过建设和改造污水管道，将其就近接入敷设到污水管道系统中，转输至城市污水处理厂集中处理。新建污水处理厂应含污水再生系统，处理规模应按规划远期污水量和需接纳的初期雨水量确定，应符合 GB 50013、GB 50014 和 GB 50318 的相关规定。

6.2.2.2　不具备改造条件的合流制地区可采用截流式合流制排水体制，合流制排水系统截流倍数宜采用 2-5，具体数值根据受纳水体的环境保护要求确定，应符合 GB 50318 的相关规定。

a）合流制排水系统的溢流污水，可采用调蓄后就地处理或送至污水厂处理等方式，处理达标后利用或排放，就地处理应结合空间条件选择旋流分离、人工湿地等处理措施。

b）合流制排水系统调蓄设施的规模，应根据当地降雨特征、合流水量和水质、管道截流能力、汇水面积、场地空间条件和排放水体的水质要求等因素综合确定，参照 GB 50014 的相关规定执行，占地面积应根据调蓄容量和有效水深确定。

6.2.2.3　排水口、排水管道与检查井的建设和维护不当会削弱污染控制效果，应做好排水口改造、排水管道建设和完善、排水管道及检查井各类缺陷修复、雨污混接改造、排水设施管理强化等措施，应符合 CJJ 6、CJJ 68、CJJ 181 和 CJJ/T 210 的相关规定

6.2.2.4　初期径流弃流应在对弃流水量和水质分析基础上，进行弃流装置的工程设计。

a）　初期径流弃流量应按下垫面实测收集雨水的 COD、SS、色度等污染物浓度确定，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。屋面初期径流弃流后的水质，应根据当地实测资料确定，当无实测资料时，可采用下列经验值：COD 70 mg/L -100mg/L，SS 20 mg/L -40mg/L，色度 10 度-40 度。

b）　弃流装置及其设置应便于清洗和运行管理，弃流装置应能自动控制弃流。截流的初期径流宜排入绿地等地表生态入渗设施，也可就地入渗，当雨水弃流排入污水管道时，应确保污水不倒灌至弃流装置内，后续雨水不进入污水管道，应符合 GB 50400 的相关规定。

6.2.3　面源污染控制的工程量大、影响范围广、系统性强，常受当地城市交通、用地类型、城市管理能力等因素制约，应融入海绵城市理念，提高对雨水的渗透、调蓄、净化、利用和排放能力。

6.2.3.1　降雨量应根据当地近期 20 年以上降雨量资料确定，当缺乏资料时应符合 GB 50400 的相关规定，年雨水径流总量控制率及相应的设计降雨量应符合当地海绵城市规划控制指标要求，并应符合 GB 50201、GB/T 50805 和 SL 44 的相关规定。

6.2.3.2　面源污染控制应采用雨水入渗系统、收集回用系统、调蓄排放系统中的单一系统或多种系统组合。

6.2.3.3　雨水入渗系统可采用下沉式绿地、透水铺装、植草沟、生物滞留设施、渗透管沟、入渗井、入渗池、渗透管-排放系统等，宜优先采用下沉式绿地、透水铺装和植草沟等地面入渗方式，应设置溢流设施，雨水进入设施之前应经沉沙和漂浮物拦截处理。

6.2.3.4　收集回用系统应设雨水收集、储存、处理和回用水管网等设施，调蓄排放系统应设置雨水收集、调蓄设施和排放管道等设施。

a）屋面雨水收集时应采用对雨水无污染或污染较小的材料，有条件时宜采用绿色屋顶，绿色屋顶应符合 JGJ 155 的相关规定，屋面雨水宜采用断接方式排至地面雨水资源化利用生态设施，当排向建筑散水面进入下凹绿地时，散水面宜采取消能防冲刷措施。

b）雨水收集回用系统的雨水储存设施应采用景观水体、雨水湿地、旱溪、蓄水池、蓄水罐等。景观水体和雨水湿地宜设前置区，并能沉淀径流中大颗粒污染物，雨水进入蓄水池、蓄水罐前，应进行泥沙分离或粗过滤。

c）雨水收集回用系统处理工艺宜采用物理法、化学法或多种工艺组合等。雨水用于景观水体时，宜采用：雨水→初期径流弃流→景观水体或雨水湿地，用于绿地和道路浇洒时，宜采用：雨水→初期径流弃流→沉沙→雨水蓄水池沉淀→过滤→消毒→浇洒。

6.2.3.5　雨水调蓄排放系统用于应对超过设计标准的雨水径流，景观水体、洼地均可作为雨水调蓄设施，当条件不满足时，宜建造调蓄池。调蓄池设于机动车行道下方时，宜采用钢筋混凝土池，设于非机动车行道下方时，宜采用装配式模块拼装组合水池。

6.3　内源污染处理

6.3.1　内源污染处理主要为底泥处理，包括底泥原位处理和底泥异位处理。应首先根据底泥调查分析，明确污染底泥清淤范围和深度，然后确定采用底泥原位或异位处理，底泥调查应符合 SL 17 和 JTS 181-5 的相关规定。

6.3.2　底泥原位处理常用技术有物理覆盖、化学处理和生物处理等，应根据处理对象的特点，合理选择处理方法，避免产生二次污染。

6.3.2.1　底泥原位物理覆盖是在不移动底泥的前提下在底泥上方覆盖一层或多层覆盖物，防止底泥污染物向上覆水扩散。覆盖物包括砂砾、碎石、灰渣、土工织物或一些复杂的人造地基材料等。

6.3.2.2　底泥原位化学处理原理是化学试剂与污染物发生氧化、还原、沉淀、水解、络合、聚合等反应，使污染物从底泥中分离、转化成低毒或无毒形态。目前常用的化学药剂有铝盐、铁盐、生石灰、高锰酸盐、双氧水、硝酸钙等。

6.3.2.3　底泥原位生物处理是利用植物、动物和微生物的一类或几类对底泥污染物进行吸附、转化及降解，对水体影响较小，宜辅助底质改良技术，但处理周期较长，适用于轻度污染地区。

6.3.3　底泥异位处理包括底泥疏浚、脱水干化、脱水底泥处置和疏浚余水处理等，可快速降低水体的内源污染负荷，减少底泥污染物向水体的释放，但产生水体扰动，施工期水质变差。

6.3.3.1　底泥疏浚前应掌握底泥分布特征、理化性质、污染风险、沉积规律，为确定工程区污染底泥疏浚范围、疏浚深度以及疏浚量等提供基础资料，主要工作内容包括水下地形测量、底泥勘探、底泥分类分级评价、污染底泥清淤计算等。

a) 底泥物理指标主要包括比重、粒径分析、抗剪强度、底泥含水率等，化学指标主要包括营养盐、重金属及有机类污染物的含量及分布规律等。根据污染程度，底泥沿垂直方向一般分为污染底泥层、污染过渡层和正常底泥层，依据污染物类型和影响途径，环保疏浚污染土分为营养盐污染土、重金属污染土、有毒有害有机物污染土、复合污染土。

b) 疏浚厚度确定方法主要有视觉分层法、拐点法、背景值法、标准偏差倍数法、生态风险指数法、分层释放法、吸附解析法等。

6.3.3.2 底泥疏浚方式以机械施工为主，根据地形条件、水域水深、交通条件等条件，对于高氮、磷污染底泥，宜选用环保绞吸挖泥船，也可选用气力泵等环保疏浚设备；对于含重金属污染底泥，宜选用环保绞吸挖泥船，也可选用气力泵和环保抓斗等环保疏浚设备；对于含有毒有害有机物的污染底泥，宜选用环保抓斗挖泥船，底泥疏浚施工应符合 SL 17 和 JTS 207 的相关规定。

6.3.3.3 清淤后的底泥可通过堆场脱水、机械脱水、预压脱水、电渗析法等方法实现底泥减量化。

a) 按照底泥堆存方式，可分为常规堆场和土工管袋堆场两种。常规堆场宜利用现成的封闭低洼地、废弃的鱼塘等作为堆场。土工管袋堆场由基础和高强度土工布织成的大型管、副坝等组成，污染底泥直接存储在土工管袋中，底部应铺设防渗材料，管袋底部防渗层上铺设导滤排水层，以利于管袋底部排水通畅。

b) 机械脱水与药剂絮凝脱水结合使用，使泥浆混合体系中某些固相聚在一起形成絮团，实现泥水分离，常见设备有板框压滤机、带式压滤机、卧式螺旋离心机和叠螺式离心机。

c) 预压脱水通过外加压力的方法加快底泥堆场中内部水份的脱除，包括真空预压和堆载预压两类方法，真空预压属于真空预压排水软土地基加固技术，堆载排水预压以土料、块石、砂料或建筑物本身作为荷载，对堆场底泥预压。

d) 电渗析技术利用外加直流电场增加土料脱水能力原理，去除土中的自由水和部分弱结合水，特别适合于处理粘土质等，由于其能耗较高，可与其他脱水方法如预压脱水联合应用。

6.3.3.4 重金属污染底泥和有毒有害有机污染底泥处置之前应首先进行无害化处理，主要通过物理化学法和生物工艺来完成。无害化处理后底泥通常采用卫生填埋、土地利用、建筑材料和工程用土等处置措施。

a) 重金属污染底泥可以利用植物修复、磁分离技术、膜分离法、浮选法等去除重金属，有毒有害有机物污染底泥可以利用微生物修复、植物修复技术、热解、表面活性剂洗脱等去除有机物。对于重金属及有毒有害有机污染物含量较高的污染底泥，采用玻璃化法等固定技术将污染物永久固定，并进行卫生填埋。

b) 卫生填埋含水率低于 60%，浸出液中有害成分浓度应符合 GB 5085.3、GB 5085.7、GB 18598 和 GB/T 23485 的相关规定。

c) 土地利用是将处理后的产品用作营养土、基质土的辅助原料或土壤改良材料，可用于 GB/T 21010 中规定的林地、苗木园林、其他草地，也可用于园林绿化和道路边坡修复（复绿）及垃圾填埋场封场、矿山覆盖土等土壤改良，但不适用于耕地、果园、茶园及其他生产食用植物的园林利用，应符合 GB 4284 的相关规定。处理工艺包括脱水干化、稳定化和堆肥处理等方式，堆肥设计与施工应符合 CJJ 52 的相关规定。

d) 疏浚底泥可用于制造成陶粒以及其他建工材料，如利用疏浚底泥制砖、利用水泥回转窑处理污泥，燃烧后的残渣可成为水泥熟料的一部分。
e) 底泥在脱水干化和稳定化后进行固化处理后可用于工程用土。固化剂通过与基土、水、空气的物理或化学反应，改善基土工程性能，底泥固化作为路基土的施工方法包括路拌法和厂拌法，固化处理后的指标应符合 GB 36600 的相关规定。

6.3.3.5 目前国内已实施的以氮、磷为主要污染物的环保疏浚工程的余水水质标准以悬浮物（SS）为主要控制项目；对于重金属污染的底泥，除控制 SS 指标外，还需控制水体中溶解态重金属的浓度，疏浚余水宜采用堆场自然沉淀和化学絮凝沉淀，可结合现场情况进行其他技术选择。

a) 根据余水排放受纳水体和回用要求制定标准，应分别符合 GB 3838、GB 8978、GB 18918、GB/T 18920 或 GB/T 18921 的相关规定。
b) 堆场自然沉淀主要通过控制余水停留时间、水深、流速等达到去除污染物的目的，有条件时尽量利用现有土坝、塘埂等进行改造，是目前排泥场余水处理普遍采用的净化方法，但自然沉淀停留时间长、占地面积大。
c) 化学絮凝沉淀通过混合、絮凝、沉淀，降低疏浚余水污染物的含量，投药方式包括输泥管投药和堆场溢流口投药。
d) 含重金属的疏浚余水宜采用中和沉淀法，使重金属离子变成不溶性物种从水中沉淀分离处理，转移至固相物质与干化淤泥合并处理。
e) 含有毒有害难降解有机物的余水宜采用物理法、化学法、物化法、生物法及其相互之间的组合技术等，首先采用高级氧化技术将有毒难降解物质进行氧化，转化为低毒、易生物降解的低分子有机物，再采用其他方法进行深度处理。
f) 含重金属和有毒有害难降解有机物的余水宜采用组合技术分级去除目标污染物，首先采用高级氧化技术将有毒难降解物质进行氧化，在通过中和沉淀或混凝等技术从水中去除重金属，再采用其他方法进行深度处理。

6.4 水质改善

6.4.1 水质改善根据净化机理可分为物理、化学和生态三种主要方法。

6.4.2 水质改善的物理方法主要有补水活水、人工曝气、机械过滤、机械打捞和紫外线消毒等。

6.4.2.1 补水水量应根据城市水环境的水资源条件、开发利用现状及需求、生态环境保护要求等，确定生态环境需水量，补水可快速改善水质，但需要消耗大量优质水资源，不适合水资源相对紧张地区。活水通过水利设施、水系循环连通、喷泉设施等方式，提升水体流动性，增加水体溶氧。

a) 生态环境需水量的计算方法大致有水文学法、水力学法、栖息地模拟法、整体分析法等类型。水文学法常用的代表方法有 Tennant 法和 Qp 法等，水力学法主要有湿周法和 R2-Cross 法等，栖息地模拟法中 IFIM 法较为常用，整体分析法以 BBM 法为代表，应符合 SL/T 712 的相关规定。
b) 可采用城市再生水、雨水和清水等作为水体的补充水源，增加水体流动性和环境容量，城市再生水水质应符合 GB/T 18919 的相关规定。
c) 活水工程建设和运行成本相对较高，需持续运行维护，水系连通前应进行生态风险评估。

6.4.2.2 人工曝气设备简单、见效快、安全可靠、操作方便、适应性强、对水系生态不会造成二次污染，但运行成本较高，适合中小型河道的治理。

a) 人工曝气的增氧量受处理规模、水质状况和治理目标等因素影响，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等，可参照 CECS：114 的相关规定。

b) 曝气设备主要分为鼓风曝气和机械曝气两大类。鼓风曝气系统由进风空气过滤器、鼓风机、空气输配管系统和扩散器组成。机械曝气在表面曝气的设备有叶轮式增氧机、水车式增氧机、喷水式增氧机等，水下曝气设备有射流曝气机和泵式曝气机等。

6.4.2.3 机械过滤用于各种水量、较低浓度悬浮物的分离，主要分离去除水中细小悬浮物、脱稳胶体等物质。当用于深度处理如活性炭吸附、膜技术、离心交换等的预处理时，进水 SS＜10mg/L，当过滤工艺用于直接过滤（微絮凝接触过滤），进水 SS 可适当放宽，如 SS＜60mg/L。应符合 HJ 2008-2010 的相关规定。

a) 常见的过滤型式有普通快滤池及其衍变形式（双阀滤池、翻板滤池和双层滤池）、V 型滤池、重力式无阀滤池、压力滤池、转盘滤池等。

b) 滤料应有足够的机械强度和抗腐蚀性能，宜采用石英砂、无烟煤、陶粒和瓷砂等，也可采用聚丙烯塑料珠、纤维球等合成材料。

c) 滤池冲洗主要包括气冲和水冲，方式选择应根据滤料层组成、配水配气系统型式，通过试验或参照相似条件下已有滤池的经验确定。

6.4.2.4 机械打捞可快速有效地消除水华爆发，但不能从根本上防止水华爆发，为应急处置措施。

a) 根据水体中藻密度，可分为低浓度（藻密度＜3×10^8 个/L）、中浓度（≥3×10^8 个/L，而＜3×10^9 个/L）和高浓度蓝藻（≥3×10^9 个/L）。

b) 高浓度蓝藻机械打捞作业流程：蓝藻打捞船采集→管网输送→储藻运输船储存→指定地点集中处置，中低浓度蓝藻机械打捞作业流程：围网拦截浓聚→蓝藻打捞船采集→管网输送→储藻运输船储存→指定地点集中处置。

c) 打捞的蓝藻集中处置宜采用高温堆肥，形成无害、稳定的腐殖物质，工艺如下：蓝藻打捞脱水→蓝藻藻泥→添加辅料→接种腐熟剂→一次高温发酵→翻堆→二次堆肥→堆肥腐熟→粉碎过筛→蓝藻有机肥，打捞脱水至含水率≤92%的蓝藻藻泥作为高温堆肥原料。

6.4.2.5 紫外线消毒利用病原微生物吸收波长在 200nm-280nm 之间的紫外线能量后，其遗传物质发生突变导致细胞不再分裂繁殖，达到杀灭病原微生物目的的消毒方式，卫生要求应符合 GB 28235 的相关规定。

a) 根据使用方式分为管式紫外消毒设备和渠式紫外线消毒设备，根据灯管类型可分为低压和中压紫外线消毒设备。

b) 渠式紫外线消毒设备应至少包括紫外灯模块组、模块支架、配电中心、系统控制中心、水位控制系统、紫外线剂量在线监测系统，管式紫外消毒设备应至少包括紫外线反应器、配电中心、系统控制中心及紫外线剂量在线监测系统。

c) 紫外线消毒用于污水消毒时，消毒后的污水符合 GB 18918 规定的一级标准的 A 标准，紫外线有效剂量不应低于 20mJ/cm2；用于城市污水再生利用时，紫外线有效剂量不应低于 80mJ/cm2，设备测试、监测及日常管理应符合 GB/T 19837 的相关规定。

6.4.3 化学方法主要包括化学混凝沉淀、化学除藻和电化学等。

6.4.3.1 化学混凝沉淀可短期快速改善水质，但处理效果受水体环境变化的影响较大，宜作为临时应急措施使用。混凝与絮凝工艺的工艺设计、设备选型、检测和控制、运行管理的相关技术要求应符合 HJ 2006-2010 的相关规定。

a) 常用的混凝剂有铝盐、铁盐、聚合盐类如聚合氯化铝和聚合硫酸铁等，絮凝剂有聚丙烯酰胺（PAM）、活化硅酸、骨胶等，最常用的是 PAM，活化硅酸用于低温低浊度水体，骨胶一般和三氯化铁混合使用，助凝剂可选择氯、石灰、氢氧化钠等。
b) 混凝与絮凝处理工艺宜设置调节、隔油等预处理装置，后续工艺应设置沉淀或气浮池等。当采用接触过滤时，混凝应直接连接滤池。完成混凝反应的 pH 值根据药品与药量有较大差别，最佳值应为 7.0-8.5。
c) 药剂混合设备的选择应根据污水量、污水性质、pH 值、水温等条件综合分析后决定，投配方式宜采用液体投加方式，常用的混合设备有管式混合器、机械混合器、水泵混合装置等。
d) 絮凝反应池常用竖流折板反应池、网格（栅条）反应池、机械反应池，竖流折板反应池应用较广泛，网格（栅条）反应池和机械反应池适用于中小水量污水絮凝处理。

6.4.3.2 化学除藻常见药剂有硫酸铜、高锰酸盐、液氯、二氧化氯、臭氧等，可在短时间内取得明显的除藻效果，但不能从根本上解决水体富营养化，只能作为应急除藻措施。

6.4.3.3 电化学方法是指在化学反应器内，利用外加电场的作用，通过化学、物理反应过程，产生大量自由基，利用自由基的强氧化性对废水中的污染物进行降解，常见方法有电凝聚-气浮法、电化学氧化法、电沉积法、内电解法、电渗析法、电吸附法。

6.4.4 生态技术主要包括膜生物法、生物接触氧化法、人工湿地、稳定塘、生态浮床和滨岸带构建等。

6.4.4.1 膜生物法（membrane biological process，MBR）是把生物反应与膜分离相结合，以膜为分离介质替代常规重力沉淀固液分离获得出水，并能改变反应过程和提高反应效率的处理方法。

a) 膜生物法以膜组器为基本单元，包括膜组件、供气装置、集水装置、框架等组成，根据膜组器与生物反应池的位置，可分为浸没式膜生物处理系统和外置式膜生物处理系统，设计与施工应符合 HJ 2010-2011 的相关规定。
b) 膜生物反应池进水水质应符合下列限制：COD＜500mg/L，BOD_5＜300mg/L，SS＜150mg/L，氨氮＜50mg/L，pH=6-9，对于不符合水质的污水应进行预处理，对出水磷有严格要求的，应增加除磷装置，对出水的除臭和脱色有严格要求的，应增设活性炭吸附或化学氧化处理，对出水微生物有严格要求时，应增设氯化、紫外线或臭氧消毒。

6.4.4.2 生物接触氧化法是一种好氧生物膜污水处理方法，由浸没水中的填料、填料表面生物膜、曝气系统和反应池等组成，在有氧条件下，污水与固着在填料表面的生物膜充分接触，通过生物降解作用去除污染物，设计与施工应符合 HJ 2009-2011 的相关规定。

a) 生物接触氧化法当进水 COD＞2000mg/L 时，应增加厌氧法预处理，BOD_5/COD＜0.3 时，应增加水解酸化预处理，当 SS＞500mg/L 时，应增加沉淀池预处理，含油量＞50mg/L，应增加隔油池，进水水温不低于 12℃，不超过 37℃，超出范围时，应设置加热或冷却装置。

b） 生物接触氧化法的基本工艺流程由接触氧化池和沉淀池两部分组成，可根据进水水质和处理效果选用一级接触氧化或多级接触氧化，单独使用时可用做碳氧化和硝化，脱氮时应在接触氧化池前设置缺氧池，除磷时应组合化学除磷工艺。

c） 曝气供气量宜用气水比对计算的供气量进行校核，对于生活污水、城镇污水或类似的工业废水，最小气水比不宜小于 2:1-3:1，最大气水比不宜超过 15:1-20:1，工业废水的气水比参数宜通过试验或参照相似工程确定。

d） 填料包括悬挂式填料、悬浮式填料和固定式填料等，应根据污水处理要求确定接触氧化池所需的总生物量和填料附着生物量，填料材质应对微生物无毒害、易挂膜，并具有质量轻、强度高、材质抗老化、比表面积大和不宜结垢等性能。

e） 悬挂式填料的组装需两端固定，一般采用横拉梅花式和直拉均匀式，设置两侧悬挂支架，底层支架应高于曝气头 200mm 以上。浮挂式填料仅需底部固定，宜直接固定在池底预埋钩或膨胀螺栓吊钩上。悬浮填料底层和进出口采用格网，格网的网孔应小于填料的外形尺寸。

6.4.4.3 人工湿地按照填料和水的位置关系，分为表面流人工湿地和潜流人工湿地，潜流人工湿地按照水流方向，分为水平潜流人工湿地和垂直流人工湿地。

a） 人工湿地进水水质应符合 HJ 2005-2010 的相关规定，当进水的 BOD_5/COD＜0.3 时，应增加水解酸化预处理，当 SS＞100mg/L 时，应增加沉淀池预处理，含油量＞50mg/L，应增加隔油池，进水溶氧＜1.0mg/L 时，应增加曝气措施。

b） 人工湿地湿地的表面积应根据化学需氧量、氨氮、总氮和总磷等主要污染物削减符合和表面水力负荷计算，并取上述计算结果的最大值，同时应满足水力停留时间要求。

c） 人工湿地可由一个或多个人工湿地单元组成，湿地单元包括配水装置、集水装置、基质、防渗层、水生植物及通气装置等。

d） 水平潜流人工湿地单元面积不宜大于 2000 ㎡，长宽比宜小于 3:1，长度宜取 20m-50m，水深宜为 0.6m-1.6m，水力坡度宜取 0-0.5%。垂直潜流人工湿地单元的面积宜小于 1500 ㎡，长宽比宜为 1:1-1:3，水深宜为 0.8m-2.0m。表面流人工湿地单元的面积不宜大于 3000 ㎡，长宽比宜大于 3:1，水深一般为 0.3m-2.0m。

e） 人工湿地基质应具有较强的机械强度，较大的孔隙率、比表面积以及良好的生物和化学稳定性，可采用碎石、沸石、陶粒和炉渣等，可采用单一材质或多种材质组合，粒径可采用单一规格或多种规格搭配，基质层的初始孔隙率宜控制在 35%-40%。

f） 人工湿地植物宜选择适应当地自然条件、成活率高、耐污能力强、景观效果好的本土植物，禁止选择凤眼莲、水花生等外来入侵物种。根据湿地水深合理配植挺水植物、浮水植物（浮叶植物和漂浮植物）和沉水植物，挺水植物种植密度宜为 9 株/㎡-25 株/㎡，浮水植物密度度宜为 1 株/㎡-9 株/㎡，沉水植物密度宜为度宜为 16 株/㎡-36 株/㎡。

g） 对于渗透系数不大于 10^{-6}m/s 且厚度大于 50cm 的黏土层，可直接作为人工湿地的防渗层。人工湿地防渗可采用黏土碾压法、三合土碾压法、土工膜法和混凝土法等，应符合 CJJ/T 54 和 HJ 2005-2010 的相关规定。

6.4.4.4 稳定塘以塘为主要构筑物，主要依靠水域自然生态系统净化污水，根据稳定塘的水中溶解氧含量，分为好氧塘、兼性塘和厌氧塘，采用机械充氧的塘为曝气塘，以水生植物为主要生物种群的塘为水生植物塘，根据处理后达到的水质标准，又分为常规处理塘和深度处理塘。

a) 稳定塘由于处理效果不稳定、占地面积大、夏季易产生恶臭、孳生蚊蝇等缺点，一般用于常规二级处理后的深度处理，并可采取设置生物载体填料增加其处理效果。当有机物浓度较高时，宜在前端设置厌氧塘和兼性塘，后端设置好氧塘、水生植物塘，在人口密集区域或环境敏感区域，不得采用厌氧塘。

b) 稳定塘有效表面积与有效容积可采用污染物负荷法计算确定，兼性塘、好氧塘、曝气塘、水生植物塘宜按 BOD_5 面积负荷计算，厌氧塘宜按 BOD_5 容积负荷计算，设计结果应满足水力停留时间的要求。

c) 稳定塘宜建在自然坡度≤2%的场地，好氧塘的单塘面积不宜超过 60000 ㎡，厌氧塘的单塘面积不宜超过 8000 ㎡，其他类型塘的单塘面积不宜超过 20000 ㎡，当单塘长宽比＜3:1 或不规则时，应设置避免短流、滞流现象的导流设施。

d) 好氧塘应建在光照充分、通风条件良好的地方，可设置充氧机械设备、种植水生植物和养鱼等强化措施，也可采取处理水回流形式，回流比宜≤40%。厌氧塘可采取设置生物膜载体填料、塘面覆盖等强化措施，兼性塘可采取设置生物膜载体填料、增加水生植物、增加曝气等强化措施，循环率≤5%。

6.4.4.5 生态浮床充分利用水域面积、不受水位限制和费用低，但处理效果有限，且对行洪有一定影响。

a) 生态浮床由若干个浮床单元组成，单元边长为 1m-5m，根据需要设计成三角形、四方形或者圆形等形状。根据不同水域形式和景观配置，通过植物的色彩、线条以及姿态来组景、造景。

b) 植物种植前应进行彻底清洗和杀菌处理，根部必须穿管种植介质，保证植物根系与水面接触良好，种植前期应在根部周围进行配重，增加稳定性，防止植物倾倒。

c) 岸边的浮床可采用锚钩或绳索牵拉式进行固定，离岸较远的浮床采用锚钩或沉水重物牵拉式固定。

d) 浮床养护管理主要包括补植、日常养护、病虫害防治和定期收割，定期收割水生植物避免造成水体二次污染，选择植物开始枯萎时进行。

6.4.4.6 滨岸带构建主要包括生境营造设计、陆域植物群落构建、水生植物群落构建等，应符合 GB 50286、GB 50420 和 GB 50513 的相关规定。

a) 根据坡度可将滨岸带分为缓坡型和陡坡型，缓坡型平均坡度＜20°，陡坡型平均坡度＞20°。缓坡型滨岸带构建模式有滩地型、堤防型、码头型等，陡坡型滨岸带构建模式以路基型为主。

b) 滩地型地势较为平缓，宜按陆生生态系统向水生生态系统逐渐过渡的演替系列设计，并可增加水生动物设计，堤防型陆上可种植乔灌木和草本植物，水中可采用抛石消浪或生态堤岸改造，以沉水植物为主，码头型应尽量减少硬化面，未硬化部分构建植被，路基型以护岸功能为主，可实施消浪、生态岸坡和栖息地构建等。

c) 根据岸坡坡度、水流特点和岸坡土质等因素选择适宜的生态型护岸结构，主要有天然植物类、石笼类、木材-块石类、多孔透水混凝土构件、组合式等不同型式。

d) 对于现有的硬质化护岸工程，可结合生态保护和景观建设要求，采用覆土工法、原位植生等技术进行生态化改造，并适当采取加强措施。

6.5 生态系统构建

6.5.1 生态系统构建主要包括微生物群落构建、水生植物群落构建、水生动物群落构建等。

6.5.2 微生物群落构建主要通过投放微生物制剂，调节水质和底质，改善水体环境，促进水系生态系统健康发展。

6.5.2.1　微生物制剂的使用应以不危害人类健康和破坏生态环境为基本原则，对水环境的调控以预防为主。

6.5.2.2　微生物制剂常见品种有光合细菌制剂、芽孢杆菌制剂、乳酸菌制剂和复合 EM 菌（Effective Microorganisms）制剂，其中复合 EM 菌制剂由光合细菌、乳酸菌、酵母菌和放线菌为主的多种微生物组成。

6.5.2.3　光合细菌制剂可兑水后直接泼洒、活化后使用或附着基质（如沸石粉）后使用，芽孢杆菌制剂、乳酸菌制剂和复合 EM 菌制剂可兑水后直接泼洒或活化后泼洒。

6.5.2.4　微生物制剂现场施工水温应在 15℃以上，光合细菌制剂宜在弱碱性水体使用，芽孢杆菌制剂和复合 EM 菌制剂使用时应实时增氧，无增氧设备、底泥淤积严重的水体谨慎使用芽孢杆菌制剂，禁止与杀菌药剂同时使用，间隔前后 3d-5d。

6.5.3　水生植物群落构建为其他群落生存提供生境，建设和运行成本低，易于周围环境相结合，但净化效果有限，日常管理要求高。

6.5.3.1　水生植物是指光合作用部分永久地或至少一年中有数月沉没水中或浮在水面的植物，主要包括挺水植物、浮叶植物、漂浮植物和沉水植物。

6.5.3.2　挺水植物在常水位 1m 水深以内的区域，浮叶植物在常水位 0-2m 水深的区域，沉水植物在常水位 0.8-3m 水深的区域。水体透明度＜0.5m 时，不宜种植沉水植物。水体流速＜0.1m/s 时，可种植沉水、浮叶和挺水植物，流速＞0.9m/s 时，不宜种植沉水植物和浮叶植物。

6.5.3.3　根据水域深度、设计需要，从水体的深水区到陆地沿岸带，应按照沉水植物、浮叶植物、挺水植物、乔灌木进行空间配置，浮叶类水生植物覆盖水体的面积不得超过水体总面积的 1/3。

6.5.3.4　水生植物最佳种植时间根据具体品种的生态习性而定，宜在每年的 3-7 月份，挺水植物宜采用裸根移植或盆栽移植方法，浮叶植物宜采用先浅水后移栽到深水方法，沉水植物宜采用播种、扦插、包埋或生物毯等方式，植物种植早期应做好防浪和鱼类隔离等。

6.5.3.5　春末及夏季为水生植物虫害高发期，应做好防控，及时清除杂草，4-9 月份控制繁殖能力较强的黑藻、狐尾藻等沉水植物，打捞入侵植物如凤眼莲等，冬季及时清除枯萎植物，防止二次污染。

6.5.4　水生动物群落构建利用生物操纵原理，通过调控水体中生物之间的食物链关系以使得藻类生物量下降，有利于构建健康的水系生态系统，应符合 SL/T 800 的相关规定。

6.5.4.1　生物操纵是通过对水生生物群落及其栖息地的一系列调节，促使藻类特别是蓝藻类的生物量的下降，以改善水质为目的的控制水生生物群落管理，包括经典生物操纵和非经典生物操纵。

a）经典生物操纵通过放养凶猛性鱼类或通过直接捕杀的方式来控制食浮游动物鱼类，借此壮大浮游动物种群来遏制藻类生长。

b）非经典生物操纵系指控制凶猛鱼类及放养食浮游生物的滤食性鱼类（鲢、鳙）来抑制藻类，防止藻类过度繁殖。

6.5.4.2　水生动物投放前应按照规定报渔业行政主管部门审批，组织实施时必须对水生动物的质量进行技术鉴定与检疫，禁止投放转基因种、外来物种或其他存在生态风险的品种，投放前应选择在晴天进行，投放时应对水生动物进行彻底消毒。

6.5.4.3　水生动物选择品种时充分考虑到该物种完成生活史的生境需求，通过前期投放形成一定的初始种群规模，能够在天然水体中自行生长、发育达到性成熟，最终自然繁殖，形成具有一定生态功能的水生生物种群。

6.5.4.4 依据水生动物的生态习性及水域饵料生物资源状况，确定投放种类，以充分利用饵料资源，搭配投放不同生态类型的种类，充分利用水生态系统各类生物资源，从而达到改善水生生物群落结构，加速物质循环和能量流动，维持生态系统健康的作用。

7 城市水环境养护管理

7.1 总体要求

7.1.1 在进行生态环境监测的基础上，建立科学的管理机制，通过日常管理，并加强基于物联网的水环境在线监测系统，进行水环境的智慧养护，实现水系生态系统的自我循环。

7.1.2 根据生态系统保护和恢复的目标、指标综合确定，结合水文情势、水环境和生物群落多样性等方面，制定生态监测计划，应符合 SL 492 的相关规定。

7.1.3 根据监测内容形成监测指标体系，并建设生态监测站网，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，水质应符合 GB 3838 和 GB/T 18921 的相关规定，与城市水利设施和给排水管网等城市基础设施的运行管理相结合，生物多样性监测应符合 SC/T 9102.3 的相关规定。

7.2 日常养护管理

7.2.1 日常养护管理应符合国家相关法律、法规、规章及标准的有关规定，并满足当地总体发展规划和生态环境保护专项规划要求，应结合不同地域城市水环境治理的功能需求，开展技术创新、科研推广和实践应用，并通过多学科交叉、多行业合作和多部门协同共同进行养护管理。

7.2.2 应针对所采用的措施建立养护管理手册，持续进行后期的管理工作，确保治理工程发挥最大效益，将治理工程的工艺流程图、安全操作规程、各岗位的任务职责等安装在明显部位，工艺设施和主要设备应编入台账。

7.2.3 养护管理人员应经过相关专业培训，熟悉工程工艺和设施设备的运行要求、技术指标、维修规定，熟练掌握工程中各机械和电气设备使用方法，特种设备应持证上岗，应佩戴好防护用具，做好安全防范工作。

7.2.4 应于工程段内明显位置、主要设施及易燃易爆区域配备防护救生用品与消防器材，并定期检查和更换。在工程段内设置相应的警示标志，应利用广播、宣传牌、宣传单等多种形式进行环境保护的宣传，提高广大群众环保意识。

7.2.5 城市水环境养护管理主要包括植物养护管理和设备设施管理两个方面。

7.2.5.1 植物养护管理主要内容包括整形修剪、灌溉与排水、施肥、有害生物防治等。

a) 整形修剪前应制定技术方案，包括修剪时间、人员安排、岗前培训、工具准备、时间安排、垃圾处理及现场安全等，做到因地制宜，因时修剪。
b) 灌溉用水应满足植物生长发育要求，不得使用含有融雪剂的积雪和含有洗涤液的冲洗液，应采用节水灌溉设备和措施，并根据季节与气温条件确定灌溉量与灌溉时间，暴雨后应及时排除植物根部周围的积水。
c) 施肥应根据植物生长需要和肥力情况进行施肥，每年宜施肥至少 1 次，春秋两季宜为重点施肥时期，应使用卫生、环保、长效的肥料，以有机肥料为主，应根据肥料种类、施肥方式等确定施肥用量。
d) 有害生物防治宜采用生物防治手段，及时有效地采取物理防治手段，采用化学防治时，应选择符合环保要求及对有益生物影响小的农药，应及时对因干旱、水涝、冷冻、高温、飓风、缺肥等所致生理性病害进行防治。

7.2.5.2　设备设施管理主要技术内容应包括附属设施养护、技术档案及应急安全保护等。应保持附属设施外观整洁，构件和各项设施完好无损，给排水设施应保持管理畅通，防汛、消防、应急避险等设备应保持完好，满足功能要求，输配电及照明设备应定期检测，并保持运转正常，各类管线设施应保持完整安全，应确保安全警示标志位于明显位置。

7.2.6　技术档案应制定年度、月度管理计划，并及时收集相关资料，建立完整的技术档案，每年整理装订成册，分类归档，主要内容包括建设基本情况、养护过程的动态情况、技术措施、日常养护管理日志、养护管理过程中的重大事件及其处理效果。

7.2.7　应加强治理工程在超标洪水、极端气温、严重干旱、突发水污染事故等特殊条件下的应急安全管理能力，按照《突发事件应急预案管理办法》等相关规定，制定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。

7.3　智慧养护管理

7.3.1　应推进数据物联网在线监测系统，根据监测和评估的结果开展适应性管理，不断优化和改进措施和方案，实现水环境智慧养护管理。

7.3.2　智慧养护管理系统应包括物联网感知层、网络通信层、计算与存储层和智慧应用层，应符合 GB/T 34678 的相关规定。

7.3.2.1　物联网感知层主要以物联网技术为核心，通过在线监测设备实现污水流量监测、水样采集、水样分析及数据统计与传输，包括感知设备、执行设备，感知设备主要包括水质自动监测仪、流量监测仪、水质自动采样器等，执行设备是进行水环境改善的相关配套设备，如曝气机、水泵等。

7.3.2.2　网络通信层连接感知设备和应用终端，分为公共网络和专用网络，应部署简单，支持自动上线和配置，实时管理和维护，采用高可靠性设计，支持设备的远程维护，构建绿色通信网络。

7.3.2.3　计算与存储层由软件资源、计算资源和存储资源三部分构成。这三部分为智慧城市提供数据存储和计算以及相关软件环境资源，从而保障上层对于数据的相关需求。软件资源为能够支撑城市水环境长期治理效果所需要的基础软件，包括数据分析、数据预测和设备联动反馈等，计算资源应具有计算资源间的互相操作、数据共享交换的相关协议、计算资源的接入及管理等能力，存储资源应支持常见存储方式和存储资源的管理。

7.3.2.4　智慧应用层对公众服务、设备运行等活动的各种需求做出智能的响应，能够接入和利用物联感知层、网络通信层、计算与存储层所提供的资源和服务。

8　城市水环境投资费用估算

8.1　一般规定

8.1.1　根据主体专业设计阶段和深度，结合行业的特点，以及国家及地区、行业或部门相关投资估算基础资料和数据进行建设项目投资估算。应充分考虑拟建项目设计的技术参数和投资估算所采用的估算系数、估算指标在质和量方面所综合的内容，遵循口径一致原则。

8.1.2　所采用的估算系数和估算指标价格、费用水平应与项目建设所在地及投资估算编制年的实际水平一致，投资估算精度应满足控制初步设计概算要求，并减少投资估算的误差。

8.1.3　应做到工程内容和费用构成齐全，计算合理，不重复计算，不提高或者降低估算标准，不漏项、不少算，建设工程工程量清单编制应符合 GB 50500 的相关规定，水利工程

工程量清单编制应符合 GB 50501 的相关规定，市政工程工程量清单编制应符合 GB 50857 的相关规定。

8.2 主要方法

8.2.1 投资费用估算主要包括估算指标法和概算指标法。

8.2.2 估算指标法以独立的建设项目、单项工程或单位工程为对象，综合项目全过程投资和建设中的各类成本和费用，反映出其扩大的技术经济指标，具有较强的综合性和概括性。投资估算指标分为建设项目综合指标、单项工程指标和单位工程指标三种。

8.2.3 概算指标法以成套设备装置或整个建筑物或构筑物的建筑面积、体积为计量单位而规定的人工、材料、机械台班的消耗量标准和造价指标，需要详细的工程量资料、材料价格和工程费用指标，工作量较大，相对准确度较高。

8.3 费用组成及落实

8.3.1 投资估算主要包括建设投资、建设期利息等内容。建设投资包括建筑安装工程费、设备及工器具购置费、工程建设其他费用、基本预备费及涨价预备费。其中，建筑工程费、设备及工器具购置费、安装工程费直接形成实体固定资产，被称为工程费用。工程建设其他费用是指建设投资中除建筑工程费、设备购置费、安装工程费以外的，为保证工程建设顺利完成和交付使用后能够正常发挥效用而发生的各项费用。

8.3.2 业主单位应明确经费来源，并将有关费用纳入预算管理，可采取政府购买服务、政府与社会资本合作、社会资本等方式，应建立以整治和养护绩效为主要依据的服务费用拨付机制。

9 城市水环境治理效果评估

9.1 评估程序

9.1.1 业主单位应在城市水环境综合治理方案制定期间，确定具有相关资质的评估机构。评估机构或相关监测单位需对治理工程实施前的基本情况做摸底调查，并全程跟踪工程实施进展情况，为工程实施效果评估提供依据。

9.1.2 工程实施单位应于工程完工后 1 个月内向业主单位提交工程竣工报告，业主单位应于工程完工后向评估机构下达评估通知，评估机构按照合同约定完成评估工作，有关部门应当加强指导和监督。

9.2 评估内容

9.2.1 城市水环境综合治理评估报告的主要内容和依据应包括专业机构监测报告、工程实施影像材料等。具有计量认证资质的第三方监测机构受地方人民政府或有关部门委托，按照合同要求，根据工程实施前后有关理化性质的变化，进行整治效果评估，作为第三方评估或专家评议的主要依据。

9.2.2 工程实施单位或有关部门应系统整理水体整治工程实施记录及水体整治前后的相关影像材料，作为第三方评估的重要辅助材料。监测报告的内容应根据治理目标确定，针对具体目标制定检测计划。

9.3 评估方法

9.3.1　评估应在城市水环境现状调查评价基础上进行，根据不同工程类型的特点开展工程评估，宜参照 HJ2.1、SL72 和 SL 489 的相关规定执行。

9.3.2　工程在分部、单元、合同工程验收及相关阶段验收工作完成后，以施工期和合同工程验收时的综合监测结果作为本底值进行治理效果专项验收，然后再进行竣工验收，宜参照 SL 223、SL 670 的相关规定。