

附件 8

江河湖泊生态环境保护专项技术指南系列

湖泊河流环保疏浚工程技术指南

(征求意见稿)

二〇一四年五月

目 录

1 总则	1
1.1 适用范围.....	1
1.2 规范性引用文件.....	1
1.3 术语和定义.....	3
2 环保疏浚工程设计的总体要求	4
2.1 环保疏浚工程设计原则与技术路线.....	4
2.2 环保疏浚工程设计要求.....	6
3 底泥勘测与污染状况调查	8
3.1 底泥勘测与污染状况调查的主要内容.....	8
3.2 底泥层次划分及特征描述.....	9
3.3 采样设备.....	9
3.4 定位设备.....	10
3.5 调查采样点位与布设.....	10
3.6 分析测试项目.....	12
4 污染底泥分类及等级划分	14
4.1 污染底泥分类.....	14
4.2 污染底泥等级划分.....	14
4.3 污染底泥分类环保疏浚要求.....	17
5 环保疏浚范围确定	19
5.1 概述.....	19
5.2 控制指标的选择.....	19
5.3 疏浚范围确定的步骤.....	20
6 环保疏浚控制深度确定	21
6.1 营养盐污染底泥环保疏浚深度确定.....	21
6.2 重金属污染底泥环保疏浚深度确定.....	21

6.3 复合污染底泥环保疏浚深度确定.....	22
7 底泥环保疏浚施工方案	22
7.1 环保疏浚方案制定的基础.....	22
7.2 疏挖区划分.....	22
7.3 疏浚设备.....	23
7.4 疏浚施工方式.....	23
7.5 疏浚施工量计算方法.....	24
疏浚施工量计算宜采用平均水深法，也可采用网格法，微积分法；对于河流和狭长形湖泊也可采用断面法。.....	24
7.6 设计施工水位确定.....	24
7.7 设计允许超深、超宽值的确定.....	24
7.8 环保疏浚施工工艺流程.....	25
7.9 污染底泥输送方式.....	25
8 堆场选择与设计	25
8.1 堆场选择.....	25
8.2 堆场设计.....	26
8.3 堆场外排水通道设计.....	29
8.4 堆场的后处理.....	31
9 堆场的余水处理	31
9.1 余水处理标准确定.....	31
9.2 余水处理设施与措施.....	32
9.3 其他余水处理技术.....	33
10 环保疏浚二次污染防治方案	34
10.1 防细颗粒扩散方案.....	34
10.2 疏浚过程中的防臭.....	35
10.3 堆场的防二次污染措施.....	36
10.4 管理措施.....	37
11 疏浚污泥的无害化与资源化利用	37

11.1 污染底泥无害化技术.....	37
11.2 污染底泥资源化利用技术.....	37
11.3 其他无害化、资源化利用技术.....	38
12 工程监理与环境监测	39
12.1 工程监理.....	39
12.2 环境监测.....	41
12.3 污泥堆场环境监测.....	44
13 工程效益评估	44
13.1 环境效益.....	44
13.2 社会效益.....	44
13.3 经济效益.....	45
14 环保疏浚成本	45
14.1 环保疏浚成本组成.....	45
14.2 环保疏浚特有成本.....	45
14.3 国民经济评价中环保疏浚工程的不确定性分析.....	46
15 工程招投标中的注意事项	47
15.1 招标文件内容特点.....	47
15.2 投标文件内容特点.....	49
15.3 评标方法.....	49

1 总则

1.1 适用范围

本指南主要适用于湖泊/河流局部污染严重底泥的疏浚，如污染河流入湖口、城市污水排放下游水体、矿山废渣排放区、人工水产养殖区以及其他原因引起的湖泊/河流水体底泥重污染区等。

1.2 规范性引用文件

1.2.1 法律法规、标准

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》
- (4) 《中华人民共和国水法》
- (5) 《江河湖泊生态环境保护资金管理办法》(财建[2013]788号)
- (6) 《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)
- (7) 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别标准》(GB 5085.3-2007)
- (8) 《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)
- (9) 《地下水质量标准》(GB/T 14848-93)
- (10) 《土工试验方法标准》(GB/T 50123-1999)
- (11) 《土壤环境质量标准》(GB 15618-1995)
- (12) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)
- (13) 《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)

- (14) 《景观娱乐用水水质标准》(GB 12941-91)
- (15) 《农田灌溉水质标准》(GB 5084-92)
- (16) 《污水综合排放标准》(GB 8978-96)
- (17) 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)
- (18) 《疏浚工程质量检验评定标准》(JTJ 324-96)
- (19) 《疏浚工程土石方计量标准》(JTJ/T 321-96)
- (20) 《疏浚岩土分类标准》(JTJ/T 320-96)

1.2.2 规范性管理文件

- (1) 《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)
- (2) 《疏浚工程施工技术规范》(SL 17-1990)
- (3) 《疏浚工程技术规范》(JTJ 319-99)
- (4) 《疏浚工程用钢丝或织物增强的橡胶软管和软管组合件规范》(HG/T 2490-2011)
- (5) 《疏浚用金属或织物增强橡胶软管和软管总成规范》(ISO 28017-2011)
- (6) 《疏浚与吹填工程设计规范》(JTS 181-5-2012)
- (7) 《水运工程测量规范》(JTJ 203)
- (8) 《航道整治工程技术规范》(JTJ 312)
- (9) 《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335-2002)
- (10) 《水环境监测规范》(SL 219-98)
- (11) 《堤防工程设计规范》(GB 50286-98)
- (12) 《水域纳污能力计算规程》(SL 348-2006)

(13)《抓斗挖泥船疏浚监控系统》(GB/T 28965-2012)

(14)《绞吸/斗轮挖泥船疏浚监控系统》(GB/T 28966-2012)

(15)《耙吸挖泥船疏浚监控系统》(GB/T 29135-2012)

1.3 术语和定义

底泥: 通常是黏土、泥沙、有机质及各种矿物的混合物,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。

湖泊河流内污染源(内源): 是指通过入湖河流、水体养殖、旅游、船舶、水生植物残骸以及大气干湿沉降等方式输入及湖泊本身携带的污染物与泥沙结合在一起形成的污染底泥,通常称为“河流、湖泊(水库)内源”。

环保疏浚: 一种重污染底泥的异位修复技术,是利用工程措施对水体中的污染底泥进行疏挖,以减少底泥中污染物向水体释放,为水生生态系统的恢复创造条件。

吹填: 将挖泥船挖取的底泥,通过排泥管线输送到指定地点进行填筑的作业。

超深: 由于施工误差而在疏浚设计深度之外增加的深度。

计算超深: 按设计或施工安排,计入疏浚工程量的平均超深。

允许超深: 根据工程设计规定的,疏浚施工区内允许出现的疏浚最大超深值。

计算超宽: 与设计要求的底宽相比,由于施工误差而需要增加的平均超挖宽度。

允许超宽：根据工程性质规定竣工验收时，疏浚区底宽允许出现的最大超宽值。

堆场：是疏浚后污染底泥存放的场所。

临时堆场：在施工过程中污染底泥暂时存放的场所，起到临时中转、调节、沉淀等作用。

永久堆场：污染底泥的最终堆存、处理场所。

余水：疏浚工程中泥浆在堆泥场沉淀后通过泄水口排出的上清液称为余水。

总余水量：通过堆场排水管排回湖泊河流的余水的总量。

堆场外排水通道：导引堆场内排出余水流向排放地的通道。

2 环保疏浚工程设计的总体要求

2.1 环保疏浚工程设计原则与技术路线

污染底泥的环保疏浚应坚持局部重点区域重点疏浚的思想；以污染底泥有效去除和水质改善为工程直接目的，以疏浚后促进生态修复为间接目的。在设计环保疏浚方案时，应当同时考虑与其它相关工程措施的协调与配合，综合设计，分步实施。环保疏浚与安全处理处置并重，避免重疏挖、轻处理处置。同时，综合考虑工程效益与投资。

环保疏浚工程设计的技术路线图，见图 2-1。

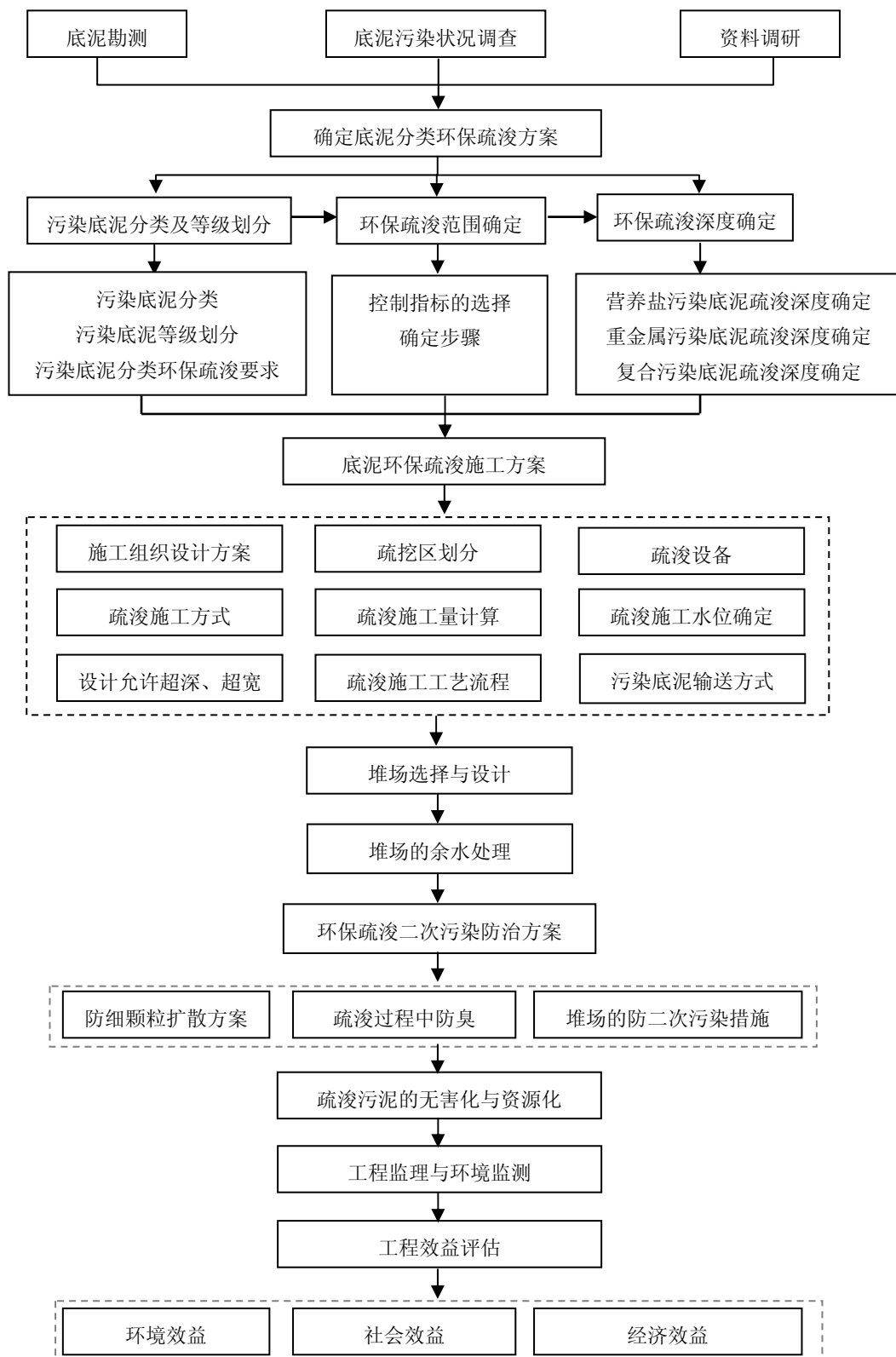


图 2-1 污染底泥环保疏浚工程方案设计技术路线图

2.2 环保疏浚工程设计要求

2.2.1 环保疏浚工程阶段划分

环保疏浚工程项目实施分为项目建议书、可行性研究、初步设计、施工图设计、施工招投标、项目施工、交工验收、后评估及竣工验收九个阶段。对于纳入中央财政支持范围的良好湖泊，在省政府批复的总体方案中已有相关内容的，可不编制项目建议书。

2.2.2 项目建议书阶段的具体要求和内容

项目建议书一般应包括：项目名称、执行单位、编写单位；项目背景；项目实施的必要性分析；项目实施的可行性；污染底泥环保疏浚及处置工程初步方案；投资估算、资金筹措方案设想；工程组织机构初步设想；项目进度安排；工程效益评价；环境影响评价；结论；附件。

2.2.3 可行性研究阶段的具体要求和内容

可行性研究报告一般包括：总论；自然环境和社会经济概况；项目区域污染底泥成因和分布状况；项目实施的必要性分析；自然条件和项目实施条件论证；疏浚范围、疏浚工程量确定；堆场选址和方案；污染底泥疏挖与输送方案论证；污染底泥干化脱水方案论证；余水处理和排放方案论证；污染底泥处置利用方案论证；环境监测方案；项目外部协作条件；环境保护；劳动保护与卫生防疫；安全和节能；工程组织机构；招投标；项目实施周期及工程进度计划；总投资估算及资金来源；国民经济评价；环境效益和社会效益；研究结论；问题和

建议；附图和附件。

2.2.4 初步设计阶段的具体要求和内容

初步设计文件由“设计说明书”、“主要设备与材料”、“工程概算”和“设计图纸”四篇组成。

设计说明书包括：总论；自然条件；污染底泥疏浚工程量确定；总体布置方案设计；污染底泥疏挖与输送设计；堆场设计；余水处理和排放方案设计；环境监测方案设计；附属工程设计；环境保护；安全和节能；工程量汇总；施工条件、方法和进度；环境效益和社会效益；存在问题与建议。初步设计文件应附有批准的可行性研究报告批复及规划、土地等相关部门的批准文件。

主要设备与材料包括：疏浚、输送、余水处理、堆放、环境监测、环境保护等所需采用的设备和材料。主要设备应说明其名称、型号、规格和数量等，对非标设备应专门说明。主要材料应按单项、单位工程分别列出数量。

工程概算包括：“编制说明”、“工程概算表”两部分内容。

设计图纸包括：设计图纸目录；地理位置图；总平面布置图；污染底泥分布图；疏挖区设计图；堆场平面及围埝标准断面设计图；污染底泥输送、余水处理及排放设计图；附属工程布置及主体结构设计图；其他图纸。

2.2.5 施工图设计阶段的具体要求和内容

施工图设计文件以图纸为主，还包括说明书、主要设备材料表。

图纸包含： 图纸目录；地理位置图；总平面布置图；污染底泥分布图；疏挖区设计详图；污染底泥输送工艺设计图，输送管线路图、过路管设计详图，接力泵站设计详图，转运场设计详图；堆场平面图，围埝断面设计详图；堆场余水处理及排放工艺设计图、平面布置图及泄水口设计等细部详图；辅助与附属工程平面布置及结构设计详图；其他图纸。

说明书包括： 工程概况；设计依据和技术标准；平面和高程基准系统；气象资料；水文、泥沙资料；项目区域工程地质条件；项目区域污染底泥特点和分布；项目设计方案和主要参数；施工工艺流程；各个施工工序、施工技术和工序衔接要求；施工注意事项；环境保护和监测要求；施工质量要求；项目验收标准和验收方法。

主要设备材料表： 应列出各施工工序所使用的设备和材料详细清单，主要设备和材料应说明其名称、型号、规格和数量等，对非标设备应专门说明。主要材料应按单项、单位工程分别列出数量。

3 底泥勘测与污染状况调查

3.1 底泥勘测与污染状况调查的主要内容

对工程区底泥进行物理、化学指标分析，查明工程区内底质土层性质。物理指标包括：底泥常规的物理力学性质；化学指标包括：底泥物理状态、营养盐、重金属及有机类污染物的含量及分布规律等，以了解工程区底质的污染程度和污染底泥的分布情况，为工程区污染底泥疏浚范围、疏浚深度、以及疏挖量等的确定提供基础资料。

3.2 底泥层次划分及特征描述

底泥从垂直方向根据污染程度一般分为污染底泥层（A）、污染过渡层（B）和正常湖泥层（C）。

污染底泥层（A层）：污染最为严重的一层。一般情况下，在有机质及营养盐严重污染地区，该层颜色为黑色至深黑色，其上部为稀浆状，下部呈流塑状，有臭味。本层沉积年代新，为近年来人类活动的产物，是湖泊内源污染物的主要蓄积库。

污染过渡层（B层）：污染较轻的一层。正常湖泥层到污染底泥层的渐变层，一般情况下，在有机质及营养盐污染地区，该层颜色多灰黑色，软塑-塑状，较A层密实。

正常湖泥层（C层）：未被污染的底泥层。其颜色保持未被污染的当地土质正常颜色，一般无异味，质地较密实。

3.3 采样设备

目前污染底泥的采样方式一般分为人力与机械二种。对于工程区底泥物理力学指标测定所需样品的采集主要采用机械采样方式，采样设备包括工程钻机及污染底泥快速取土装置。对于工程区底泥物理化学指标测定所需样品的采集，在风浪较小，环境条件较好，而且水深浅、污染底泥厚度较薄的湖泊河流可采用人力方式采样，由采样人使用安装在连接杆上的采样器进行采样。人力方式底泥采样器主要有抓斗和柱状采样器两种。抓斗取样深度一般为表层 10cm，主要用于疏浚工程区重点疏浚区域确定；柱状采样器可以采集不同深度底泥样

品，主要用于底泥垂直污染特征研究，确定工程区污染底泥的疏挖深度。

3.4 定位设备

3.4.1 平面定位方式与设备

平面定位方式包括：全球定位系统（Global Positioning System, GPS）方式和常规测量方式，如前方交会、后方交会、极坐标法等。

主要设备有：全站仪、经纬仪、测距仪等。

3.4.2 垂直控制方式与设备

垂直控制方式有：RTK - DGPS 定位系统、水面高程传递法和全站仪。

3.5 调查采样点位与布设

3.5.1 平面勘探线、点的布置

可行性研究阶段，河流地区线上勘探点间距 $\leq 150\text{m}$ ，且总数不小于3个；湖泊地区块状水域按100~200m网格状或交错梅花状布置，不规则状水域根据实际情况按上述间距确定原则布置。

工程设计阶段勘探线、点布置间距见表3-1。

表 3-1 污染底泥环保疏浚工程设计阶段勘探线、勘探点间距

区域	性质	勘探线间距 (m)		勘探点间距 (m)	
		初步设计阶段	施工图设计阶段	初步设计阶段	施工图设计阶段
河流	复杂	50~75	20~50	50~75	20~50
	一般	75~100	50~75	75~100	50~75
	简单	100~150	75~100	100~150	75~150

区域	性质	勘探线间距 (m)		勘探点间距 (m)	
		初步设计阶段	施工图设计阶段	初步设计阶段	施工图设计阶段
湖泊	复杂	50~75	20~50	50~75	20~50
	一般	75~100	50~100	75~100	50~75
	简单	100~150	75~100	100~150	75~100

在疏浚设计深度内遇有污染分布状况、地形，岩土性质变化较大时应加密勘探点，小区域、孤立区域的勘探点不得少于 3 个。河流入湖口、湖湾区、水源地、重要旅游区域及水污染较重水域酌情加密布设勘探点。

3.5.2 勘探点的垂直采样间距

环保疏浚勘探采样要求全柱状采样，全柱状采样的底面应至正常层下 20~50cm。勘探孔钻进深度一般宜达到设计疏浚深度以下 1~2m。采集样品的要求见表 3-2。

表 3-2 环保疏浚底泥勘测采样类别与采样要求

采样类别		取样间距 (m)	土样质量	说明
化学分析试样	A 层	0.1~0.2	扰动	
	B 层	0.1~0.5		
	C 层	0.5~1.0		
物理、力学分析试样		1.0	原状	土样类别有变化时加密

3.5.3 采样精度

采样的具体精度要求见表 3-3。

表 3-3 环保疏浚勘探定位精度要求

阶段	平面位置		高程 (m)	
	河流	湖泊	河流	湖泊
可行性研究阶段	≤ 图上 2mm	≤ 1.0m	≤ 0.1	≤ 0.1
工程设计阶段	≤ 图上 1mm	≤ 0.5m	≤ 0.05	≤ 0.05

3.6 分析测试项目

3.6.1 底泥勘测物理力学指标

底泥勘测需测定的物理力学指标、测定方法和使用设备详见表 3-4 和表 3-5。

表 3-4 环保疏浚工程区底泥勘测物理力学指标

岩土类别	岩土名称	标贯 击数	重度	颗粒 分析	比 重	天然含水 量	界限含 水量	抗剪 强度	相对 密度	附着 力
有机质土及 泥炭	有机质土 及泥炭		△		△	△				
淤泥土类	浮泥		△	✓	✓	△				
	流泥		△	✓	✓	△				
	淤泥	△	△	✓	✓	△	△	△		✓
	淤泥质土	△	△	✓	✓	△	△	△		✓
粘性土类	黏土	△	△	✓	✓	△	△	△		✓
	粉质黏土	△	△	✓	✓	△	△	△		✓
粉土类	粘质粉土	△	△	△	✓	△	△	△		✓
	砂质粉土	△	△	△	✓	△	△	△		✓
砂土类	粉砂	△	△	△	✓	✓			△	
	细砂	△	△	△	✓	✓			△	
	中砂	△	△	△	✓	✓			△	
	粗砂	△	△	△	✓	✓			△	
	砾砂	△	△	△	✓	✓			△	

注：△—必须做 ✓—根据情况选做

表 3-5 环保疏浚底泥勘测物理力学指标试验方法及设备

序号	试验名称	现场试验	室内试验	主要仪器设备	采用标准
1	含水量 试验		烘干法	电热烘箱（控制温度 为 105~110℃）、电子 天平（最小 0.01g）	《土工试验方法标准》 （GB/T 50123-1999）
2	重度试 验	灌水法（用 于原状砂砾 质土）	环刀法（用于粘性土）	环刀、电子天平（最 小 0.01g）	《土工试验方法标准》 （GB/T 50123-1999）
3	比重实 验	不适宜	根据颗粒大小采用比重 瓶法、浮秤法、虹吸筒法。	比重瓶、恒温水槽（± 1℃）、砂浴电炉等	《土工试验方法标准》 （GB/T 50123-1999）
4	颗粒分 析实验	目测度量法 （用于碎石 土）	筛析法（粒径≤60mm） 比重计法（粒径 <0.075mm）	分析筛、电子天平（最 小 0.01g）、比重计等	《土工试验方法标准》 （GB/T 50123-1999）
5	界限含	不适宜	液限（76g液限仪）塑限	液、塑限联合测定仪、	《土工试验方法标准》

序号	试验名称	现场试验	室内试验	主要仪器设备	采用标准
	水量试验		(搓条法粒径<0.5mm) 液、塑限联合测定法	电子天平(最小 0.01g)	(GB/T 50123-1999)
6	相对密度试验	宜现场测取砂土的天然重度、含水量	用漏斗法或量筒法测,取最小干密度;用振动叉击锤测最大干密度	量筒、漏斗、金属圆筒、振动叉、击锤	《土工试验方法标准》 (GB/T 50123-1999)
7	抗剪强度试验	不适用	应变控制式直剪仪(用于渗透系数<10 ⁻⁵ cm/s的粘性土),疏浚底泥分类一般可采用快剪试验	应变控制式直剪仪	《土工试验方法标准》 (GB/T 50123-1999)
8	附着力试验		弹簧秤附着力仪法	弹簧秤附着力仪	《疏浚岩土分类标准》 (JTJ/T 320-96)
9	标准贯入试验	原位测试	不适用	标准贯入锤、贯入器等	《岩土工程勘察规范》 (GB 50021-2001)

3.6.2 底泥污染状况调查的物理化学指标

工程区底泥污染状况调查需测定的物理化学指标及分析方法详见表 3-6。

表 3-6 环保疏浚工程区底泥污染状况调查测定项目及方法

类型	类别	测定项目	测定方法	依据标准
上覆水	物理性状	水温	温度计法或颠倒温度计测定法	GB13195-91
		溶解氧(DO)	便携式溶解氧仪法	《水和废水监测分析方法》
		pH	便携式 pH 计法	《水和废水监测分析方法》
		透明度	塞氏盘法	《水和废水监测分析方法》
		氧化还原电位(ORP)	铂电极法	《水和废水监测分析方法》
		叶绿素 a(Chla)	分光光度法	《水和废水监测分析方法》
	营养成分	TN	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	GB11894-1989
		TP	钼酸铵分光光度法	GB11893-1989
		氨氮(NH ₄ ⁺ -N)	纳氏试剂分光光度法	HT535-2009
		总有机碳(TOC)	非分散红外吸收法	GB 13193-91
间隙水	物理性状	pH	便携式 pH 计法	《水和废水监测分析方法》
		ORP	便携式 ORP 计法	《水和废水监测分析方法》
	营养成分	TN	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	GB11894-1989
		TP	钼酸铵分光光度法	GB11893-1989
		TOC	非分散红外吸收法	GB13193-91
		NH ₄ ⁺ -N	纳氏试剂分光光度法	HT535-2009

类型	类别	测定项目	测定方法	依据标准
柱状沉积物	即测	NH ₄ ⁺ -N	KCl 提取-纳氏试剂分光光度法	HT535-2009
	物理性状	含水率	烘干法	《沉积物质量调查评估手册》
		粒径	筛分析法与消光法	SL42-92
	营养成分	有机质	油浴外加热-重铬酸钾容量法	《土壤元素的近代分析方法》
		TP	SMT 总磷测定法	
		TN	半微量开氏法	GB7173-1987
	重金属	Hg	硝酸-盐酸消解, 原子荧光法	GB17378.5-2007
		As	王水消解, 原子荧光法	GB17378.5-2007
		Pb	硝酸-高氯酸消解, 火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
		Cu	硝酸-高氯酸消解, 火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
		Ni	盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸消解, 火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
		Zn	硝酸-高氯酸消解, 火焰原子吸收法	GB17378.5-2007
		Cr	硝酸-高氯酸消解, 无火焰原子吸收分光光度法	GB/T17137-1997
		Cd	硝酸-高氯酸消解, 火焰原子吸收分光光度法	GB17378.5-2007
	有毒有害有机物	有机磷农药	气相色谱法	GB/T14552-2003
		有机氯农药	气相色谱法	GB/T14550-2003
PAHs		气相色谱-质谱法	《水和废水监测分析方法》	
PCBs		气相色谱-质谱法	《水和废水监测分析方法》	

4 污染底泥分类及等级划分

4.1 污染底泥分类

根据底泥中污染物类型和含量情况, 大致可以将污染底泥分为营养盐污染底泥、重金属污染底泥和有毒有害有机污染底泥三类。

4.2 污染底泥等级划分

4.2.1 划分原则

工程区污染底泥的等级划分应与相关环境保护政策法规、技术导

则和标准指标体系相结合；充分考虑我国环保疏浚工程的实际需求，在充分调查的基础上，重点解决关键问题，尽量保证评估结果的可比性；保证用于底泥环保疏浚的污染底泥划分技术方法具有科学性、合理性和可操作性。

4.2.2 营养盐污染底泥环保疏浚控制值确定

高氮磷污染底泥疏浚控制值采用吸附-解吸平衡法。具体步骤为：测定工程区底泥中总氮、总磷、氨氮及易解吸无机磷含量，通过吸附-解吸实验求出底泥的吸附-解吸平衡点，在数据质量达到要求的情况下建立营养盐含量与平衡点之间的回归方程，根据工程区水质等级要求（如不劣于 III 类）或水体功能区划，计算出水体达到相应地表水质标准或水体功能区划所要求水质时底泥中氮、磷含量，并与湖泊流域本底氮、磷含量做对比验证，进而确定工程区高氮磷污染底泥环保疏浚控制值。

底泥氮磷吸附-解吸实验步骤和方法为：首先研究现有情况下工程区水体中氮、磷污染现状，同时应包括富营养化阈值浓度。用磷酸二氢钾配制磷的系列浓度：0mg/L, 0.01mg/L, 0.02mg/L, 0.025mg/L, 0.05mg/L, 0.1mg/L, 0.2mg/L, 0.4mg/L, 0.8mg/L。按水土比 100:1 加入底泥和不同浓度的含磷溶液。在 25℃ 下恒温振荡 48h，离心（10000 rpm, 10 min），取上清液过 0.45 μ m 纤维滤膜后用钼锑抗分光光度法测定可溶性无机磷浓度。以上处理设 3 个平行，相对误差小于 5%。用氯化铵分别配置氮的系列浓度：0mg/L, 0.15mg/L, 0.2mg/L, 0.5mg/L, 1mg/L, 1.5mg/L, 2mg/L, 4mg/L, 8mg/L。按水土比 100:1

加入底泥和不同浓度的含氮溶液。在 25℃ 下恒温振荡 2h，离心（10000rpm，10min），取上清液过 0.45μm 纤维滤膜后用纳氏试剂法测定氨氮浓度。以上处理设 3 个平行，相对误差小于 5%。

4.2.3 底泥重金属污染等级划分

重金属污染底泥鉴别评估标准的制定可参照潜在生态风险指数法。

单个污染物潜在风险指数：

$$C_f^i = C_D^i / C_R^i \quad (4.1)$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i \quad (4.2)$$

多种金属潜在生态风险指数：

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i \quad (4.3)$$

式中： C_f^i 为单一污染物污染系数； C_D^i 为底泥中重金属的实测含量； C_R^i 为计算所需的参比值； E_r^i 为单一污染物潜在生态风险系数； T_r^i 为单个污染物的毒性响应参数；RI 为多种金属的潜在生态风险指数。潜在生态风险指数计算所需沉积物毒性参数及其污染等级划分见表 4-1 和表 4-2。

表 4-1 计算潜在生态风险指数所需的重金属毒性响应参数

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

表 4-2 污染指标和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 (8 种重金属)
-------------------	-----------------------	----------------------

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
$1 = C_f^i < 3$	中等污染	$40 = E_r^i < 80$	中风险	$150 = RI < 300$	中风险
$3 = C_f^i < 6$	较高污染	$80 = E_r^i < 160$	较高风险	$300 = RI < 600$	高风险
$C_f^i \geq 6$	很高污染	$160 = E_r^i < 320$	高污染	$600 = RI < 1200$	很高风险
		$E_r^i \geq 320$	很高污染	$RI \geq 1200$	极高风险

4.3 污染底泥分类环保疏浚要求

4.3.1 营养盐污染底泥环保疏浚技术要求

营养盐污染底泥环保疏浚前需制定必要的环境监测方案，对全湖底泥污染状况进行鉴别和勘测，确定该类底泥的疏浚区域、面积、深度。考虑到疏浚过程中污染底泥因扰动产生的再悬浮、泥浆输送过程中各种泄漏问题，应采取相应的防污染扩散的保护措施。

底泥堆场应采取隔离措施防止污染物质渗透而产生二次污染。采用绞吸挖泥船等泵类设备清淤时，堆场余水需进行收集处理，其处理工艺应简单可行，经济有效，适合大流量的泥浆操作，处理后余水需达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中规定的二级排放标准。疏浚后的底泥经过脱水干化处理，可用于农田、菜地、果园基肥，或用于道路、土建基土等资源化途径。疏浚后的底泥堆场可结合周边的整体景观规划，建设成景观绿地或湿地。

4.3.2 重金属及有毒有害有机污染底泥环保疏浚技术要求

重金属及有毒有害有机污染底泥环保疏浚前应当采取严格的环境监测措施。除营养盐污染底泥所必须注意的问题外，监测方案的制定应综合考虑，还应包括：堆场污泥余水下渗污染地下水问题，污泥

中有害物质扩散及污染问题，堆场再利用中潜在的生态风险防范等。

环保疏浚前应进行细致、周密的调查和勘测，对污染物进行必要的现场调查、样品分析和室内外的模拟研究，确定污染物的种类、含量、特性（挥发性及溶解性）、准确分布范围及其可能的生态环境效应，并对其进行生态风险评估。疏浚时应采用先进的低扰动、高固含率的底泥疏浚技术进行疏浚。在运输过程中应采取严格的防泄漏措施，以避免重金属及有毒有害有机污染细颗粒物的扩散和底泥中这部分污染物的解吸。在环保疏浚底泥输送过程中，对于含有易挥发性污染物的底泥应采取必要的防护措施，全程密闭输送。

堆场应建在远离人类活动、不易发生地质灾害、远离水体的区域，同时要避免选址在地下水丰富的区域，以免对周围环境产生危害。堆场应采用严格的防渗措施及建造必要的防冲刷设施；对于有毒有害有机污染底泥，还要建造必要的防臭设施。同时，应设置明显的安全警示标志。余水经集中收集处理后水质应达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中规定的二级排放标准。脱水后底泥应迅速进行安全填埋或无害化处理处置，处理后底泥的毒性浸出值低于《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）中的相应规定。在可能的情况下，无害化处理技术与底泥综合利用相结合，但是不得用于农作物种植。疏浚后应采取必要的土壤修复对堆场进行快速恢复。

5 环保疏浚范围确定

5.1 概述

疏浚范围的确定以工程区底泥调查结果为基础，利用底泥污染物的分类标准对底泥的污染状况进行全面评估，同时从经济可行性以及安全性的角度进一步确定环保疏浚范围。

5.2 控制指标的选择

5.2.1 重点考虑因素

(1) 底泥污染特征。反映底泥污染特征、对工程区水质及富营养化有重大影响的指标是决定疏浚范围和疏浚先后的主要因素。

(2) 代表性和可操作性。控制指标必须能够有效的表达底泥的基本特征信息，同时应有较多的实际调查和监测资料作基础。

(3) 功能性和安全性。环保疏浚应确保湖泊功能的实现，确保湖泊的各种功能不受到伤害。优先考虑重点功能区域：污染淤积严重，重要城市的供水水源地取水口，重点风景旅游区，现状和规划调水入湖区，对湖泊生态系统影响大的湖区，鱼类繁殖场，水生植物基因库区，污染淤积严重的入湖河口及有特殊需要必须疏浚的地区。

5.2.2 控制指标取值

(1) 底泥营养盐含量

工程区水体达到相应地表水质标准或水体功能区划所要求水质时底泥中氮、磷含量。不同湖泊河流高氮磷底泥环保疏浚控制值根据

实际有所不同。例如，太湖高氮磷底泥环保疏浚范围控制值为 $TN \geq 1627 \text{ mg/kg}$ ， $TP \geq 625 \text{ mg/kg}$ 。

(2) 底泥重金属生态风险

工程区重金属污染底泥的疏浚控制值为重金属潜在生态风险指数 ≥ 300 。

(3) 底泥厚度

根据工程区底泥分布特征和疏浚工程的施工技术条件确定，水下疏浚施工经济性可控精度为 10cm 左右。例如，太湖环保疏浚底泥厚度建议值为 $\geq 10\text{cm}$ 。

(4) 工程性安全指标

根据相关的法律法规和管理规定要求，与水利工程措施、水源地取水口、养殖区保持一定的安全距离。例如，太湖与太湖大堤等水利工程措施的安全距离和养殖区安全距离为 200m，与水源地取水口的安全距离为 500m。

5.3 疏浚范围确定的步骤

运用疏浚控制指标对工程区进行评判，同时结合水质功能区划，具体步骤如下：

(1) 对工程区底泥中总氮进行空间插值分析，确定总氮含量大于等于营养盐污染底泥疏浚氮控制值的区域。

(2) 对工程区底泥中总磷进行空间插值分析，确定总磷含量大于等于营养盐污染底泥疏浚磷控制值的区域。

(3) 对工程区底泥中重金属生态风险指数进行分析，确定重金

属生态风险指数 ≥ 300 的区域。

(4) 对使用总氮、总磷、重金属所控制区域进行叠加，控制指标为总氮、总磷和重金属生态风险指数的所控制区域的并集。

(5) 采用空间插值分析，扣除底泥厚度 $< 10\text{cm}$ 的区域。

(6) 根据安全性控制指标，扣除水利工程实施、取水口以及重要渔业养殖场周围的安全规划保护区域。

经过上述步骤得到的区域即为工程区域污染底泥环保疏浚范围。

6 环保疏浚控制深度确定

6.1 营养盐污染底泥环保疏浚深度确定

本指南规定的营养盐污染底泥环保疏浚深度确定采用分层释放速率法。具体步骤包括：①对各分层底泥中氮、磷含量进行测定，了解氮、磷含量随底泥深度的垂直变化特征，重点考虑氮磷含量较高的底泥层；②进行氮、磷吸附-解吸实验，了解各分层底泥氮、磷释放风险大小，找出氮、磷吸附-解吸平衡浓度大于上覆水中相应氮、磷浓度的底泥层；③确定氮、磷含量高，且释放氮、磷风险大的底泥层作为疏浚层次，相应的底泥厚度作为疏浚深度。

6.2 重金属污染底泥环保疏浚深度确定

本指南规定的重金属污染底泥环保疏浚深度确定主要采用分层-生态风险指数法，主要分为两个步骤：①对污染底泥进行分层；②根据 Hankanson 指数，确定不同层次的底泥释放风险，确定重金属污染底泥所处层次，从而确定重金属污染底泥疏浚深度。

6.3 复合污染底泥环保疏浚深度确定

针对营养盐污染和重金属污染的交叉地带，疏浚深度应综合考虑，取两者中深度较深者作为复合污染区的疏浚深度。

7 底泥环保疏浚施工方案

环保疏浚工程施工组织设计方案主要包括以下内容：编制依据；工程概要；施工条件；工程项目、规格、工程量；施工的组织管理机构；施工准备工作计划；施工监测；疏浚设备的选择与配备；施工方法与工艺；工程进度计划；施工质量管理；安全文明施工；环境保护；各项资源需求、供应计划；施工预算；交工验收；附件。

7.1 环保疏浚方案制定的基础

水下环保疏浚方案的制定主要依据污染底泥在湖泊中的分布情况、底泥堆积厚度以及对水质水生态的危害程度。同时，污染底泥环保疏浚必须与生态恢复有机结合，才能达到较好的净化效果。一般来说，疏浚需要考虑的生态修复条件有：适当的水深条件、适宜的底质与地形条件、以及适宜的光照与透明度条件。

7.2 疏挖区划分

局部重点区域重点疏浚，即在确定疏挖区域时，并非全面实施疏挖，而是在污染底泥调查勘测的基础上，根据污染底泥种类和危害程度、污染治理和水质改善不同阶段的目标，进行重点区域的环保疏浚。

7.2.1 划分原则

尽可能地完全清除污染底泥层，减少对正常底泥层的破坏；考虑环保疏浚设备的挖泥操作性能限制；从湖泊生态综合治理角度，为植物自然恢复创造必要的生长条件。

7.2.2 划分方法

疏挖区划分方法包括网格法和等值线法，其中网格法较为简单，一般仅适合于钻孔数量少的小型湖泊河流；等值线法适合于大中型湖泊河流。

7.3 疏浚设备

应根据工程的施工环境、工程条件和环保要求，通过技术经济论证，综合比较，选择环保性能优良、挖泥精度高、施工效率高的疏浚设备。

对于氮磷污染底泥，一般选用环保绞吸挖泥船，也可选用气力泵等环保疏浚设备；对于含有重金属污染底泥，一般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。

7.4 疏浚施工方式

选定了疏浚施工设备后，一般情况下根据不同条件采用分段、分层、分条施工方法。

对于环保绞吸式挖泥船，当挖槽长度大于挖泥船浮筒管线有效伸

展长度时应分段施工；当挖泥厚度大于绞刀一次最大挖泥厚度时应分层施工；当挖槽宽度大于挖泥船一次最大挖宽时应分条施工。

对于环保斗式挖泥船，当挖槽长度大于挖泥船抛一次主锚所能提供的最大挖泥长度时应分段施工；当挖泥厚度大于泥斗一次有效挖泥厚度时应分层施工；当挖槽宽度大于挖泥船一次最大挖宽时应分条施工。

对环保疏浚工程，应先疏挖完上层流动浮泥后再疏挖下层污染底泥。对于近岸水域部分，为保护岸坡稳定，可采用“吸泥”方式施工。

7.5 疏浚施工量计算方法

疏浚施工量计算宜采用平均水深法，也可采用网格法，微积分法；对于河流和狭长形湖泊也可采用断面法。

7.6 设计施工水位确定

设计施工水位应满足疏浚设备正常施工的最低水位要求。若水位仍不满足船舶施工要求时，需与当地有关部门协商确定。当在中小型湖泊使用泵类挖泥船施工时，应考虑因疏浚施工使湖水水位降低，从而导致对施工水位的影响。必要时，需专门考虑湖泊河流水源补充问题。

7.7 设计允许超深、超宽值的确定

根据交通部现行《疏浚工程技术规范》（JTJ 319-99），当绞刀直径 $<1.5\text{m}$ 时，设计允许超深值取 0.3m ，当绞刀直径 $<2.5\text{m}$ 时，设计允许超深值取 0.4m 。考虑到环保疏浚使用的挖泥船定位、定深精度

较高，一般推荐方案设计允许超深值取 0.15-0.2m，设计允许超宽取 1.5-2.0m。

7.8 环保疏浚施工工艺流程

当选用环保绞吸式挖泥船施工时，其主要施工工艺流程根据输送距离长短分为两种：（1）短距离输送：挖泥船挖泥—>排泥管道输送—>泥浆进入堆场—>泥浆沉淀—>余水处理—>余水排放；（2）长距离输送：挖泥船挖泥—>排泥管道输送—>接力泵输送—>排泥管道输送—>泥浆进入堆场—>泥浆沉淀—>余水处理—>余水排放。

当选用环保斗式挖泥船施工时，其主要施工工艺流程根据输送方式分为两种：（1）陆上输送：挖泥船挖泥—>泥驳运输—>污泥卸驳上岸—>封闭自卸汽车运送—>污泥倒入堆场或二次利用；（2）水上输送：挖泥船挖泥—>泥驳运输—>泥驳卸驳—>堆场存放。

7.9 污染底泥输送方式

污染底泥输送方式包括管道输送、汽车输送、以及船舶输送。

8 堆场选择与设计

8.1 堆场选择

8.1.1 选择原则

符合国家现行有关法律、法规和规定；符合地方总体规划和湖泊河流总体治理规划要求；符合环境保护要求；满足工程要求，包括堆场面积和容积是否满足工程要求，堆场排水是否可行等；尽量选择低洼地、废弃的鱼塘等，少占用耕地；尽量选择具有渗透系数小或对污

染物有吸附作用土层的场地。

8.1.2 确定步骤

(1) 初步估算污染底泥工程量和所需堆场容积；

(2) 收集可能的堆场信息资料。一般通过在当地小比例地形图或卫星图片上进行查找，向当地土地管理、城市规划部门咨询的方式获得；

(3) 对可能的堆场信息资料逐个进行实地调查，从堆场使用和地质灾害等角度进行筛选，编写堆场调查报告；

(4) 组织相关部门召开堆场选址专题工作会，初步确定堆场选取先后次序；

(5) 对初选的堆场进行必要的勘测和地质调查，进行堆场选址方案比选，确定堆场场址，形成堆场选址专题报告。

8.2 堆场设计

8.2.1 堆场型式

按照底泥堆存方式，可分为常规堆场和大型土工管袋堆场两种。常规堆场是通过建造围埝而形成的堆泥场，一般宜尽量利用现成的封闭低洼地、废弃的鱼塘等作为污染底泥的堆放场地，以减小围埝高度和降低围埝建造成本。土工管袋堆场由基础、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大型土工管袋中。堆场底部应铺设防渗材料。

8.2.2 堆场容积

设计堆场容积一般根据经验进行估算，计算公式为：

$$V_{堆} = K \times V_{吹} + (hA + hf) \times S \quad (8.1)$$

式中： $V_{吹}$ 为设计疏浚工程量（ m^3 ）； hA 为安全超高（ m ），一般取 0.2-0.4m； hf 为泥浆沉淀所需水深（ m ），一般取 0.3-0.5m； S 为堆场内底面积（ m^2 ）； K 为搅松系数，因土质不同而异，一般来讲，污染底泥主要为淤泥， K 值一般取 1.1-1.4，如果堆存较高或采取固结排水措施， K 值也可小于 1。

8.2.3 围埝设计

围埝断面型式一般采用斜坡式，根据埝体建造材料可分为编织袋装土围埝、碾压土石围埝等，围埝内侧应铺设防渗材料。

围埝顶高程一般按式 8.2 计算确定：

$$h = hT + hC + hf + hA \quad (8.2)$$

式中： h 为围埝顶标高（ m ）； hT 为堆场设计吹填泥面标高（ m ）； hC 为预留沉降量（ m ），根据吹填土及地基土质计算确定； hf 为泥浆沉淀所需水深（ m ）； hA 为安全超高（ m ）。

围埝稳定性计算包括抗滑稳定计算、沉降计算、渗流及渗透稳定计算。

8.2.4 堆场排水口设计

排水口布设要求：排水口距离堆场内排泥出口位置越远越好；宜布设在堆场的死角位置，使堆场存泥空间得以充分利用；要结合堆场

容泥量、面积、几何形状、排泥管线的设置、堆场外排水通道等因素综合考虑；应满足余水监测和对不符合排放要求的余水进行应急处理的需要。

排水口的一般结构型式为：溢流堰式、闸式排水口、闸箱管式排水口。

排水口高程、溢流埝泄水能力、堆场排水流量分别按式 8.3、8.4、8.5 计算：

$$h = h_T + h_C + h_f - H \quad (8.3)$$

$$Q_{\text{泄}} = \delta_s \delta_a m b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (8.4)$$

$$Q_{\text{排}} = KQ(1 - P) \quad (8.5)$$

式中： h 为排水口高程 (m)； h_T 为堆场设计吹填泥面标高 (m)； h_C 为预留沉降量 (m)； h_f 为泥浆沉淀所需水深 (m)； H 为堰顶水深，一般取为 0.05-0.1m； $Q_{\text{泄}}$ 为溢流堰泄水流量 (m^3/s)； δ_s 为侧收缩系数，溢流堰式一般取 0.96，泄水闸式取 1.0； δ_a 为淹没系数，当下游水位不影响泄流能力时，取 1.0； m 为流量系数，一般溢流堰取 0.36，泄水闸式取 0.49； b 为溢流堰总净宽 (m)； g 为重力加速度 (m/s^2)； H_0 为堰前水头， $H_0 = H + v^2/2g$ ，因 v 极小，可忽略不计， $H_0 = H$ ； $Q_{\text{排}}$ 为堆场排水流量 (m^3/s)； K 为修正系数，考虑降雨等影响； Q 为泥浆总流量 (m^3/s)； P 为泥浆浓度 (%)。

根据公式 8.4、8.5，取 $Q_{\text{排}} = Q_{\text{泄}}$ ，则可确定溢流堰总净宽 b 。根据实际情况，若需分设多个排水口，当这些排水口高程一致时，只需保证各个分排水口的净宽总和不小于总净宽 b 即可。

8.2.5 余水应急净化处理设施

目前余水应急处理方法主要包括设立事故储水池、设立应急加药设备等方法。

在场地条件允许的情况下，在堆场附近设立应急事故储水池，储水池的容积根据施工地点的具体条件，设计为可储存 2-4 小时的余水量，储水池也应采取一定的防渗措施，以此作为事故或紧急情况下未达标余水应急储存及处理的地点。场地条件不允许的情况下应储备余水应急处理的絮凝剂以及投药设备，以备紧急情况下增加投药量所需。

8.3 堆场外排水通道设计

8.3.1 排水通道选线原则

尽量利用现成沟渠，少占用农田耕地；尽量减少穿越公路、河道次数，避免出现翻山和架桥；考虑下游沟渠、河道因增加水流流量而对泄洪能力的影响；考虑排出的水流对下游区域污染影响。

8.3.2 结构型式

排水通道一般采用明渠或管道方式，明渠断面常采用矩形、梯形、半圆形等型式，管道常采用钢管、混凝土管、聚乙烯 PVC 管等。

8.3.3 排水通道流量计算

排水明渠流量一般按照明渠恒定均匀流公式计算，若明渠槽深长直、底坡不变，横断面形状尺寸沿程不变，其公式如下：

$$Q=A \times v \quad (8.6)$$

$$v=C\sqrt{Ri}=AR^{2/3}\sqrt{i}/n \quad (8.7)$$

式中：Q 为明渠断面流量，不应小于堆场排出余水流量；A 为明渠过水断面面积；v 为明渠断面平均流速，不应大于渠床冲刷流速；C 为谢才系数；i 为明渠底坡；n 为渠道糙率，土渠为 0.0225~0.035，砌石为 0.015~0.0425，混凝土 0.012~0.025；R 为明槽水力半径，即明渠过水断面面积与湿周之比。

多数情况下，排水管采用无压流方式，其计算方法与排水明渠相同。但堆场余水需采用泵送排水时，可采用有压流方式，若管道出口水流流入大气（即自由出流）时，管道流量按下式计算：

$$Q=\frac{l}{\sqrt{l+\lambda\frac{l}{d}+\sum\zeta}}A\sqrt{2gH_0}=\mu_c A\sqrt{2gH_0} \quad (8.8)$$

$$H_0=H+\frac{\alpha v_0^2}{2g} \quad (8.9)$$

$$\mu_c=\sqrt{l+\lambda\frac{l}{d}+\sum\zeta} \quad (8.10)$$

式中： μ_c 为管道系统流量系数；A 为管道断面面积；d 为管道内径；l 为管道计算段长度； V_0 为管道入口前的行近流速； H_0 为排水所需的总水头；H 为不含行近流速水头的作用水头，包括水位高差和泵排送水头； λ 为沿程水头损失系数； $\sum\zeta$ 为管道计算段中各局部水头损失系数之和。

8.4 堆场的后处理

8.4.1 堆场快速脱水

堆场底泥快速脱水方法包括：表面排水和渐进开沟排水法、砂井堆载预压法、塑料排水带堆载预压法、真空预压法、机械脱水法、以及管道投药快速脱水干化法。

8.4.2 堆场快速植草

筛选草种时优先选择工程区内符合条件的本土草种，同时考虑草种生长及污染修复问题，并综合考虑经济问题、景观生态问题、外来物种与本土物种冲突问题等现实制约因素。几种快速生长的草种有黑麦草、白三叶、苇状羊茅、象草、串叶松香草、紫花苜蓿。

根据牧草种类、土壤和气候条件确定具体播种方式。播种方式一般可分为条播、点播和撒播。

9 堆场的余水处理

9.1 余水处理标准确定

9.1.1 主要控制污染物

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均以 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。

9.1.2 余水处理建议标准

目前我国对污泥堆场排放的余水没有统一的水质标准，由当地环保部门根据余水排放受纳水体的水质情况和水质目标自行制定标准，设计单位和施工单位按该标准执行。表 9-1 是我国部分环保疏浚工程余水排放的水质标准。

表 9-1 我国部分环保疏浚工程排放余水的水质标准

工程名称	受纳水体		排放余水水质指标 (mg/L)		
	名称	水质目标 (类)	SS	NH ₃ -N	TP
滇池草海污染底泥疏浚一期工程	滇池草海	IV	300	—	—
滇池草海污染底泥疏浚继续工程	滇池草海	IV	300	—	—
滇池污染底泥疏浚二期工程	滇池外海	III	70	15	0.1
巢湖污染底泥疏浚一期工程	巢湖	IV	300	—	—
合肥污染底泥疏浚一期工程	巢湖	IV	300	—	—
太湖 863 项目示范工程	太湖五里湖	IV	200	—	—

9.2 余水处理设施与措施

9.2.1 余水处理量确定

总余水量可以通过挖泥船上排泥管总流量与泥浆中固体物总量、渗漏与蒸发量、堆场淤泥含水量等计算求出。在总余水量中，有一部分可以靠自然沉淀即能达标排放，而另一部分则需经过处理才能达标。

影响余水处理量的因素还有堆场形状、结构、以及疏挖作业模式。在一项疏挖工程中，需要处理的余水的量受诸多因素的影响，难于事先进行计算，需根据疏挖工程情况在现场确定。

9.2.2 余水处理的堆场结构与疏浚作业合理安排方法

堆场结构。在计算堆场容积时必须保证沉淀所需要的空间，堆场

结构应有利于污泥沉降，出水口应尽量远离泥浆进出口，合理设计溢流堰和排水管。有条件时可尽量利用现有土坝、塘埂等进行改造，以强化堆场自然沉淀条件，延长水流路径，防止短流。

疏浚作业。输泥管口的位置应尽量远离泄水口，以延长泥浆在堆场的流径，增加污泥的沉淀时间，强化沉淀效果，有利余水水质控制。在疏浚后期应尽可能减少泥浆输送量，以延长泥浆在堆场内的停留时间，保证一定的沉淀效果。当其他措施不能保证余水达标时，挖泥船可采取间歇作业方式，暂停对该堆场输泥，留出一定时间令泥浆静态沉降并排出清液，形成一定的堆场空间后再恢复作业。

二次自然沉淀。为了使污泥颗粒有稳定的沉淀条件，可以在堆场沉淀的基础上，使堆场排放的余水进行二次沉淀。

9.2.3 余水投药促沉方法

水处理中常用的絮凝剂类别包括无机絮凝剂、有机高分子絮凝剂、以及复配絮凝剂。投药方式包括输泥管投药和堆场溢流口投药。

9.2.4 余水处理构筑物设计

余水处理构筑物主要包括加药设备、混合池、絮凝反应池和沉淀池。在环保疏浚余水处理中加药设备通常采用湿投法。

9.3 其他余水处理技术

9.3.1 含重金属的余水处理技术

现阶段最合适的处理技术是中和沉淀法，包括中和沉淀法、硫化

物沉淀法、铁氧体共沉淀法、化学还原法、电化学还原法和高分子重金属捕集剂法等。

9.3.2 含有毒有害难降解有机物的余水处理技术

主要有物理法、化学法、物化法、生物法及其相互之间的组合技术等。其基本思路是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，而后再根据实际情况采用生物处理技术将其矿化。

9.3.3 含重金属和有毒有害难降解有机物复合污染的余水处理技术

可以结合两类废水的处理特点，采用组合技术分级去除目标污染物。如先采用高级氧化技术对复合污染余水进行处理，去除其中的有毒有害难降解有机物，然后再通过中和沉淀或者混凝处理等技术途径从水相中去除重金属，沉淀物与干化后的疏浚底泥一并处理。

10 环保疏浚二次污染防治方案

10.1 防细颗粒扩散方案

10.1.1 防细颗粒的扩散工艺与设备

底泥疏挖过程中扩散的产生主要包括船体与设备的移动、绞刀头的作业等，在这一阶段细颗粒防扩散方式包括：选择专用的环保疏浚设备，采用环保绞刀头；优化疏浚施工工艺，当疏浚浮泥层时，采取

只吸不挖的方法；利用泥浆泵直接吸取浮泥，可减小挖掘头的扰动作用；对于较厚的泥层，采取分层挖的方法，减小一次挖泥厚度，避免过多被搅起的底泥不能完全被挖泥船泥泵吸走而引起扩散；在疏浚作业中，由设计挖泥标高的高处向低处施工；围栏单侧疏浚或改造优化绞刀吸口位置。另外，间歇作业是施工后期用以解决因堆场沉淀时间不足而使余水水质不能达标的一种补救方法。

10.1.2 防细颗粒扩散效果检测

施工过程的细颗粒扩散监测可采用目测和设备监测相结合的方法。对有一定能见度的水域可先目测扩散范围和趋势，再布置设备监测点。设备监测布点可根据疏浚工艺不同而不同：对环保绞吸疏浚工艺，以绞刀运动弧线为基点，向外扇形布置监测点；对环保抓斗疏浚工艺，以抓斗落点为圆心，向外圆形或椭圆形布置监测点。各监测点沿深度方向分层监测或取样。监测点布置还应考虑施工区域水深、水流、风、浪等气象水文条件和绞刀刀型、防扩散装置、绞刀转速、泥泵流量、抓斗斗容、施工频度、密封程度等工艺条件。

10.2 疏浚过程中的防臭

10.2.1 臭味成分的测定

测定方法包括嗅觉测定法和仪器分析法。

10.2.2 臭气的控制

原则上在堆场的选择要求远离居民区，必要时需从输送和堆置两

个环节进行控制。在疏浚底泥输送过程中，全程封闭，采用压力管道密闭输送，同时，可考虑在管道中投加强氧化剂，在密闭管道系统中进行混合反应，将还原态臭味物质氧化去除，达到完全或者部分消除臭味的效果。另外，在临时堆场构建时，可以考虑多组并行，尽量减少底泥与外界大气环境的接触面积和接触时间。在其中一格或者数格底泥堆置工作完成后，尽可能快地在堆置底泥顶部种植当地草本植物，减少底泥中残余的挥发性臭味外泄。

目前，臭气的处理方法主要有3种：物理脱臭法、化学除臭法以及生物脱臭法。在环保疏浚中采用较多的是氧化法、吸收法、吸附法与中和脱臭法。

10.3 堆场的防二次污染措施

10.3.1 堆场围堰防侧渗

围堰防渗可参照堤坝防渗的做法。目前常用的防渗方法包括构筑黏土夹心墙、铺设土工膜等。

10.3.2 堆场底部防渗

建设在透水地基上的污染底泥堆场必须有效防止底部渗漏。底部防渗措施必须具有经济性和实用性，因地制宜利用当地天然材料防渗应作为首选方案。

10.3.3 堆场顶部防冲刷

堆场顶部防冲刷措施主要有：生态防冲刷；植树种草，覆盖地面；

混凝土喷射机防冲刷。

10.4 管理措施

包括制定余水排放标准，控制排放水质；施工中加强人员环保意识和责任教育；加强污染底泥利用管理。

11 疏浚污泥的无害化与资源化利用

11.1 污染底泥无害化技术

污染底泥无害化可通过物理化学法和生物工艺来完成。营养盐疏浚污泥无害化主要采用植物修复技术，依靠植物的吸收、同化，转化为植物体，然后被直接收割或被草食动物进一步同化。重金属疏浚污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；有机物疏浚污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疏浚污泥，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。

11.2 污染底泥资源化利用技术

11.2.1 制造建工材料技术

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。

11.2.2 土地利用技术

土地利用技术包括堆肥与农用技术和生态湖滨带营建技术。

需注意的是，底泥农用时必须严格控制底泥的有毒有害物质及病原微生物，使其达到国家标准，并严格控制底泥用量，当达到限度时，底泥农用应暂停一段时间，同时整个利用区应该建立严密的使用、管理、监测和监控体系，关注区域内的土壤、地下水、地表水、作物等相关因子的状态和变化，并根据发生的变化做出相应的调整，保障底泥农用更加安全有效。

11.3 其他无害化、资源化利用技术

经过脱水浓缩预处理后的污泥通常采用投海、堆肥、填埋、干式热处理、工业化回用等几种处理处置措施。疏浚后的底泥还可用于填地造景，开发旅游资源。利用疏浚底泥还可以修复严重扰动的土地。

12 工程监理与环境监测

12.1 工程监理

12.1.1 疏浚监理

疏浚监理内容主要包括：

(1) 承包单位应提交《主要施工设备（仪器）进场报审表》供监理单位审查。

(2) 承包单位进场后首先须编制测量定位放样专项方案，其次要对业主移交的测量控制点和水准点进行复核并填报《施工测量放样报验表》交监理审核，复核无误后，将控制点和水准点引测至施工现场作为临时控制点和临时水准点，同时对其进行保护，根据临时控制点和临时水准点以及施工图纸进行施工测量放样工作，还要检查承包单位专职测量人员的岗位证书及测量仪器检定证书。

(3) 承包单位应根据合同要求及施工进度计划做好工程开工的各项准备工作，包括办妥开工前的各种手续。

(4) 疏浚开工前，应对排泥管线做水密性试验，确定管线是否渗漏。

(5) 施工过程中的投药量应满足余水排放水质要求，应严密监视余水排放水质情况，并根据现场化验、监测结果决定投药参数和是否采用应急投药措施。

(6) 环保疏浚工程，不允许欠挖，疏浚区必须达到设计深度，同时要严格控制超深工程量，监理工程师在施工单位进行浚后测量时

要对测量设备进行检查，并对测量进行旁站监测。

(7) 施工单位应向监理工程师提交“绞吸挖泥船工作旬报”；每月工作进度月报与工程小结。

(8) 在工程完成后，由施工单位按照合同完成的设计文件内容，符合设计文件要求和国家验收规范要求及强制规定，经施工单位自检合格后，报请监理进行预验收。监理预验合格后，由项目总监理工程师作出评估报告，施工单位按要求汇总资料，协助建设单位报质检站进行备案。

12.1.2 堆场监理

工程报告。承包单位应向监理工程师提交开工报告、测量报告、试验报告、材料检验报告、各类工程（分项及隐蔽工程）自检报告、工程进度报告、竣工报告、工程事故报告以及监理工程师指定的其他报告等。承包单位在部分（分项）工程开工前，向监理工程师提交的开工报告应包括：工程部位、现场负责人名单、施工组织与劳力安排、材料供应、机械、设备到场情况、材料试验与质量检查手段、水电供应、临时工程修建、施工进度计划以及其他需要说明的事项等，经监理工程师同意后，才能开工。

施工测量。工程开工前，承包方应根据图纸和监理工程师提供的书面测量资料和测量标志进行基点和基线的布设及轴线和各施工控制点的测设。承包方必须使用合格的测量仪器和设备，测量人员的资质应取得监理工程师的认可。

试验。工程开工前承包方应委托经监理工程师认可的质检试验

室，试验室的工作应接受监理工程师的监督。在取样与试验作业中，承包方应为监理工程师免费提供所需的一切协助。

工程检验。承包方应配备各类专职或兼职的质量检验人员，对施工中的每道工序或分项按技术标准的要求进行自检。自检合格后，填写工程检验报告单，向监理工程师申请检验，经监理工程师签认合格后才能进行下道工序的作业。在环保疏浚堆场监理中要重点做好围埝结构和防渗、以及排水管沟的监理工作，确保工程的质量。

竣工资料。工程验收时承包方应提供：施工综合记录、工程施工总结、隐蔽工程验收记录、乙方在施工现场设置的永久测量标志、工程质量评定资料、设计变更通知单及施工中重大问题的处理文件、施工中所要求进行的各项质量检验资料、竣工图。

12.2 环境监测

12.2.1 设计阶段的环境监测

目的是了解施工区水域污染程度、范围，以便为疏浚工程实施过程中的疏浚地点、疏浚量及工程造价提供详细的资料。同时也应对底泥堆场进行环保监测，以便了解堆场的本底值。环境监测主要内容包
括见表 12-1。

表 12-1 环保疏浚设计阶段环境监测主要内容

监测区域	监测项目	监测点布设	监测指标	监测频率
疏浚区环境监测	水质监测	参考环保疏浚工程设计图纸布设疏浚区监测点，并在非疏浚区布设对照监测点	透明度、悬浮物、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、叶绿素 a、重金属等	不少于两次
	底泥回淤监测	参考环保疏浚工程设计图纸在疏浚区和非疏浚区交界处两侧布设监测点	淤泥厚度、透明度、悬浮物、总磷、总氮、重金属等	施工后监测不少于一次

监测区域	监测项目	监测点布设	监测指标	监测频率
	水生生物监测 (与非疏浚区对比)	参考环保疏浚工程设计图纸布设疏浚区监测点,并在非疏浚区布设对照监测点	高等水生植物、浮游生物与底栖生物的种类、数量、分布及施工前后变化	不少于一次
污泥堆场 环境监测	排放量及水质监测	每个堆场排水口	水量、悬浮物、浊度、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、重金属等,重点监测项目为当地环保部门规定的该工程余水排放控制指标	施工中跟踪监测
	渗漏及地下水污染监测	每个堆场围埝外沿地下水下游方向 30~40m 布设监测井点,同时在地下水上游方向布设一眼对照监测井	水位、pH、电导率、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、重金属等	施工前、中、后各监测不少于两次;长期定期监测,应每年的丰水期、枯水期、平水期各监测一次
	空气恶臭监测	每个堆场围埝上及周边敏感处	恶臭	施工中跟踪监测
	污泥主要污染物含量监测	每个堆场按 100m×100m 网格均匀布设	含水率、有机质、重金属等	施工后监测一次
	植被中污染物累积监测	重点监控堆场植被中有毒有机物及重金属累积情况,具体方法按《生物监测技术规范》执行		

12.2.2 施工期间的环境监测

目的是了解施工过程中对水质的变化及对堆场的环境状况,避免对环境造成二次污染,并为环保疏浚施工过程的效果评价提供定量化的科学依据。环保疏浚施工期间环境监测主要内容见表 12-2。

表 12-2 环保疏浚施工期间环境监测主要内容

监测区域	监测项目	监测点布设	监测指标	监测频率
疏浚区 环境监测	水质监测	参考环保疏浚工程设计图纸布设疏浚区监测点,并在非疏浚区布设对照监测点	透明度、悬浮物、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、叶绿素 a、重金属等	施工前、施工中、施工后各监测不少于两次
	疏浚作业污染监控	根据使用的挖泥船类型,以挖掘头为圆心,分别以 5m、10m、30m 为半径做同心圆,在东、南、西、北四个方位分上、下水层布设监测点	悬浮物、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、重金属等	施工中跟踪监测不少于两次,必要时在非疏浚区布设对照监测点

监测区域	监测项目	监测点布设	监测指标	监测频率
	底泥回淤监测	参考环保疏浚工程设计图纸在疏浚区和非疏浚区交界处两侧布设监测点	淤泥厚度、透明度、悬浮物、总磷、总氮、重金属等	施工后监测不少于一次
	水生生物监测 (与非疏浚区对比)	参考环保疏浚工程设计图纸布设疏浚区监测点,并在非疏浚区布设对照监测点	高等水生植物、浮游生物与底栖生物的种类、数量、分布及施工前后变化	不少于一次
污泥堆场 环境监测	排放水量及水质监测	每个堆场排水口	水量、悬浮物、浊度、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、重金属等,重点监测项目为当地环保部门规定的该工程余水排放控制指标	施工中跟踪监测
	渗漏及地下水污染监测	每个堆场围埝外沿地下水下游方向 30~40m 布设监测井点,同时在地下水上游方向布设一眼对照监测井	水位、pH、电导率、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、重金属等	施工前、施工中、施工后各监测不少于两次;对于长期定期监测,应根据当地的降雨分布情况,在每年的丰水期、枯水期、平水期各监测一次
	空气恶臭监测	每个堆场围埝上及周边敏感处	恶臭	施工中跟踪监测
	污泥主要污染物含量监测	每个堆场按 100m×100m 网格均匀布设	含水率、有机质、重金属等	施工后监测一次
	植被中污染物累积监测	重点监控堆场植被中有毒有机物及重金属累积情况,具体方法按《生物监测技术规范》执行		

12.2.3 施工结束后的环境监测

目的是对环保疏浚工程的效果评价提供定量化的科学依据。环保疏浚施工结束后环境监测内容见表 12-3。

表 12-3 环保疏浚施工结束后环境监测主要内容

监测项目	监测点布设	监测指标	监测频率
水质监测	参考环保疏浚工程设计图纸布设疏浚区监测点,并在非疏浚区布设对照监测点	透明度、悬浮物、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、叶绿素 a、重金属等	施工后监测不少于两次
底泥回淤监测	参考环保疏浚工程设计	淤泥厚度、透明度、	施工后监测不少于

监测项目	监测点布设	监测指标	监测频率
	图纸在疏浚区和非疏浚区交界处两侧布设监测点	悬浮物、总磷、总氮、重金属等	一次
水生生物监测 (与非疏浚区对比)	参考环保疏浚工程设计图纸布设疏浚区监测点,并在非疏浚区布设对照监测点	高等水生植物、浮游生物与底栖生物的种类、数量、分布及施工前后变化	不少于一次

12.3 污泥堆场环境监测

污泥堆场环境监测项目及监测内容见表 12-4。

表 12-4 环保疏浚污泥堆场环境监测主要内容

监测项目	监测点布设	监测指标	监测频率
地下水污染监测	个堆场围埝外沿地下水下游方向 30~40m 布设监测井点,同时在地下水上游方向布设一眼对照监测井	水位、pH、电导率、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮、重金属等	施工后监测不少于两次;对于长期定期监测,应根据当地的降雨分布情况,在每年的丰水期、枯水期、平水期各监测一次
污泥主要污染物含量监测	每个堆场按 100m×100m 网格均匀布设	含水率、有机质、重金属等	施工后监测一次
植被中污染物累积监测	重点监控堆场植被中有毒有机物及重金属累积情况,具体方法按《生物监测技术规范》执行		

13 工程效益评估

13.1 环境效益

通过污染底泥环保疏浚,可以大幅度地削减水体中的内源污染物数量,对水质改善或水华控制的作用。同时,可以改善湖泊生态环境,为湖泊生态系统健康的稳定维持及恢复奠定基础。

13.2 社会效益

环保疏浚所产生的社会效益包括:改善生态质量,增强城市形象;防洪减灾;改善农业生态效益;确保饮用水安全,维护社会稳定。

13.3 经济效益

环保疏浚所产生的经济效益包括：促进旅游业发展，带动地区经济增长；带动其他产业发展；为环保事业的发展提供物质和技术保障。

14 环保疏浚成本

14.1 环保疏浚成本组成

环保疏浚的成本包括疏浚费用、堆场费用及余水处理费用。其中，疏浚费用包括直接工程费、间接费、计划利润、税金和专项费用五个部分。预算定额可根据工程管理要求，参照交通部及水利部相关规定进行核算。

14.2 环保疏浚特有成本

专利费用：承包单位在进行环保疏浚工程时，为保证工程质量和环保要求而采用的专利或技术而支付的专利转让费或技术使用费。

环保措施费：施工中为避免或减轻对周围环境的不利影响而采取的工程措施费用。一般包括：（1）为减少疏挖产生的污染物扩散而加装的防污染扩散装置发生的费用，该部分费用主要通过防扩散装置设备费用体现；以及为控制污染物扩散引起降低施工效率而导致的疏浚单价提高；（2）为防止输送过程污染底泥泄漏而采取的专用密封措施费用，该部分费用主要是通过输送管线的材料费和使用费体现；（3）为防止堆场污染底泥对地下水的影响而采取的堆场内部与围埝防渗漏工程费用，该部分费用主要是通过堆场底部与侧面防渗设施的材料

费和施工费体现；（4）为防止堆场污染底泥因雨水冲刷造成二次污染而采取的堆场覆盖工程费用，该部分费用通过覆盖材料费和施工费体现；（5）为准确清除污染底泥、减少超挖的底泥工程量和余水处理量，采取的高精度定位控制费用，该部分费用通过高精度监控系统的设备费体现；（6）其他环保措施费。

余水处理费：为保证余水达标排放，利用投加絮凝剂装置投加促凝剂和泥浆混合，加速泥浆沉淀，所发生的人工、材料、设备等费用。

应急措施费用：由于偶发因素导致在疏挖、输送、堆存过程中造成的环境影响而采取的临时补救性应急措施所产生的费用。

14.3 国民经济评价中环保疏浚工程的不确定性分析

14.3.1 不确定性产生的原因

一般情况下，环保疏浚工程产生不确定性的主要原因包括：通货膨胀、技术进步及其他外部影响因素。

14.3.2 不确定性分析的内容和方法

常用的不确定性分析方法有盈亏平衡分析、敏感性分析、概率分析。考虑到环保疏浚工程的特殊性，一般只进行国民经济评价，无需进行财务评价，因此一般采用敏感性分析方法。

14.3.3 敏感性分析

敏感性分析有单因素敏感性分析和多因素敏感性分析。环保疏浚工程一般采用单因素敏感性分析。环保疏浚工程成本敏感性分析中，

一般将效益、材料价格、工程投资作为主要变动因素进行分析。

单敏感性分析首先确定分析指标，选择需要分析的不确定性因素；然后分析每个不确定性因素的波动程度及其对分析指标可能带来的增减变化情况；最后确定敏感性因素。

15 工程招投标中的注意事项

15.1 招标文件内容特点

招标文件主要包括：投标邀请书，投标须知，合同通用条款，合同专用条款，技术规格书，投标文件，评标原则、标准和方法以及相关资料、图纸。这些内容与普通疏浚工程招标文件基本相同，但也有其特点。

15.1.1 考核内容

环保疏浚工程除普通疏浚工程所考核的投标人资质、疏浚设备、人员构成、工程业绩和社会信誉等内容外，更重要的是考核其在环保疏浚工程方面已经开展工作的实施效果，以及所拥有的环保疏浚设备。

15.1.2 验收标准

目前我国还没有环保疏浚行业验收标准，鉴于环保疏浚的目的和特点，通常情况下在参照现行交通水运行业规范标准的基础上，针对疏挖区超挖及堆场余水排放等制定专用验收标准，通常情况下其标准如下：

(1) 污染底泥疏挖区必须达到设计深度，不允许有欠挖；

(2) 污染底泥疏挖区允许平均超深不大于 0.15 m，允许最大超深不大于 0.3 m；

(3) 余水排放水质其标准一般以悬浮物 SS 值为考核指标；同时结合环保疏浚目标，提出余水中所能允许的污染物的最高含量，其数值视具体工程确定。

15.1.3 计量方式

环保疏浚工程采用实测下方（水下方）计量方式，工程数量和其他有关的计量单位，均以我国法定计量单位计量。

15.1.4 设备要求

疏浚设备应选用环保型或经环保改造的设备，施工方法要体现环保疏浚的特点，满足环保疏浚的要求。疏浚设备要配备高精度的平面和垂直定位系统，其精度分别为 ± 0.2 m 和 ± 0.1 m；施工船舶要安装油水分离器。

为使余水达标排放，施工单位要提供余水处置的工艺及设备，该设备应能够很好的完成余水处理要求。

15.1.5 工程量清单的编制要求

工程量清单除普通疏浚工程内容外，还应包括：使用的专利名称，环保措施项目名称及数量，余水处理量等。

15.2 投标文件内容特点

环保疏浚工程施工投标文件一般由商务和技术两部分组成，投标文件主要包含：投标书及投标书附录，投标保证金银行保函，授权委托书，工程量清单与报价表，技术标书主要包括初步施工组织设计，辅助资料表，资格审查表，企业资质及荣誉材料等。

在编写投标文件时，除应当响应招标文件提出的实质性要求和条件外，还需要注意：应对拟投入环保疏浚设备有一定的介绍、施工组织设计中要有环保疏浚施工技术保证措施、应阐明在施工中为满足招标文件要求的平均允许超深、余水排放标准所采取的技术措施、要包含本单位所具有的环保专利技术情况、说明本单位以往所实施过的湖泊治理项目业绩、单位所拥有的有关专利。

15.3 评标方法

评标的方法包括经评审的最低投标价法、综合评估法或者法律、行政法规允许的其他评标方法。