ICS 27.140
CCS N762

团　　体　　标　　准

T/ACEF □□□－2025

河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范

Technical specification for investigation and assessment of heavy metal pollution in river, lake and reservoir sediments

（征求意见稿）

2025-□□-□□发布　　2025-□□-□□实施

中 华 环 保 联 合 会 发 布

目 次

前 言 II
1 范围 2
2 规范性引用文件 2
3 术语和定义 2
4 评价原则与流程 3
5 现场调查与样品处理 4
6 评价因子 5
7 评价方法 6
8 评价分级与结果 7
附录 A 10
（资料性） 10
重金属评价参照值 10
附录 B 11
（资料性） 11
现场采样记录表示例 11

前　言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主编单位：

本文件参编单位：

本文件主要起草人：

河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范

1 范围

本文件规定了河湖水库底泥重金属污染状况调查与评价的术语和定义、评价原则与流程、现场调查与样品处理、评价因子、评价方法、评价分级与结果等技术要求。

本文件适用于环境监测与评价中的常规监测和污染评估，以及河道清淤、湖泊疏浚和水体生态修复治理等项目中的底泥重金属污染状况评价工作。

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/15618　　土壤环境质量　农用地土壤污染风险管控标准（试行）

HJ/T 166　　土壤环境监测技术规范

SL 219　　水环境监测规范

DZ/T 0295　　土地质量地球化学评价规范

DB37/T 4471-2021　底泥重金属污染状况评价技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

底泥 Sediment

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。

3.2

单因子指数法 single-factor index method

将某种重金属实测浓度与该种重金属的评价标准进行比较以确定底泥某种重金属污染状况的方法。

3.3

潜在生态风险指数法 Potential Ecological Hazard Index Method

根据重金属环境地球化学性质及环境行为特点，以重金属的含量、种类、毒性水平和水生生物对重金属污染的敏感性为基础，对重金属潜在的生态危害进行评估的方法。

3.4

地累计指数法 Geo-accumulation Index Method

综合考虑了人为污染因素、自然成岩作用和地球化学背景值的研究方法，常用作水环境中沉积物重金属污染的定量衡量指标。

4 评价原则与流程

4.1 评价原则

科学性原则：评价方法、指标选取和标准确定应基于科学理论和实验数据，客观反映底泥重金属污染状况及其潜在生态风险。

系统性原则：评价工作应系统考虑资料收集、现场调查、样品分析、数据评价和结论建议等全过程，确保评价工作的完整性和连贯性。

代表性原则：采样点布设应具有代表性，能反映不同水文条件、污染源分布和水域功能区的底泥污染特征。

可操作性原则：评价技术和方法应成熟可靠、经济适用，便于在实际工作中推广和应用。

4.2 工作流程

河湖库底泥污染调查评价工作流程分为初步调查评价、决策及后续调查评价三个环节。首先开展初步调查评价，依次进行资料收集、踏勘与分析，科学布设一般点位并采集样品，经分析检测后开展初步评价；接着判断底泥是否污染，若未污染则直接开展最终评价，若污染则进入详细调查评价阶段，此阶段需加密布设点位，再次采集样品并分析检测，最终完成最终评价。调查评价流程应按照图 1 开展。

图 1　底泥重金属污染评价流程图

5 现场调查与样品处理

5.1 调查准备与资料收集

调查前应收集评价水域的基础资料，包括水系分布、水文特征、历史排污口、周边土地利用、历史监测数据等，并进行现场踏勘，初步掌握底泥淤积、颜色、气味等宏观特征。

5.2 采样点布设

5.2.1 河流采样点布设

河流采样点布设应遵循以下要求：

在国控/省控等考核断面、主要支流汇入口、工业园区及风险排污口下游、水流平缓区、闸坝前等关键位置布设采样断面。

根据河流宽度确定断面内采样点数量。水面宽度≤50m 设 1 个点（中泓线）；50m＜水面宽度≤100m 设 2 个点（左、右岸）；水面宽度＞ 100m 设 3 个点（左、中、右）。

当发现污染点位时，应采用二分法在其上下游加密布点，以确定污染边界。

5.2.2 湖泊、水库采样点布设

湖泊、水库采样点布设应遵循以下要求：

在入湖/库口、出湖/库口、湖心区、深水区、养殖区及水质异常等功能区设置采样点。

主体水域宜采用网格布点法。湖泊面积≥100km^2，采样点不宜少于 20 个；10km^2≤湖泊面积＜100km^2，不宜少于 10 个；湖泊面积＜10km^2，不宜少于 3 个。

当发现污染点位时，应在其周边采用网格法加密布点，以确定污染边界。

5.3 样品采集与保存

样品采集与保存应严格按照 HJ/T 166 的要求执行，防止样品污染和性质改变。

5.3.1 表层样采集

使用抓斗式或彼得森采泥器采集表层（通常为 0-10 cm 或 0-20 cm）的沉积物。采集时应避免扰动，样品应去除石块、植物残体等杂物，现场混匀后装入洁净的聚乙烯自封袋中。

5.3.2 柱状样采集与分层

使用重力式或活塞式柱状采泥器垂直采集底泥样品，以保持沉积物的原始层理结构。采样深度应覆盖污染层，并进入未污染的正常底泥一定深度（如 20-50 cm）。采集后，应现场对柱状样进行分层，通常按 1-2 cm 或 5-10 cm 的间隔进行切割，也可根据颜色、质地等可见变化进行按需分层。

5.3.3 记录与标识

现场需详细记录采样点位、时间、水深、底泥颜色、气味、质地等信息（参见附录 B），并为每个样品贴上牢固、防水的标签。

5.3.4 保存与运输

样品应密封、低温（4℃）冷藏保存，并尽快送至实验室进行分析。

6 评价因子

6.1 必测因子

必测的重金属污染评价因子应包括：

镉（cd）、汞（Hg）、砷（As）、铅（Pb）、铬（Cr）、铜（Cu）、镍（Ni）、锌（Zn）。这 8 种元素是国内外底泥和土壤环境评价中普遍关注的重金属。

6.2 辅助因子

可根据研究区域的工业特征、污染源类型及管理需求，增测其他金属元素，如锑（Sb）、

钴（Co）、钒（V）等。

6.3 样品测试

样品测试应由具备相应资质的实验室完成，并建立严格的质量控制体系。

前处理：样品需进行冷冻干燥、研磨、过筛（通常为 100 目或 200 目尼龙筛）等前处理步骤。

重金属总量分析：采用酸消解法（如 HNO_3-HF-$HClO_4$）处理样品，使用原子吸收光谱法（AAS）、电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）或原子荧光光谱法（AFS 用于 As、Hg）等进行测定。

形态分析：为深入研究重金属的生物有效性和潜在风险，可对代表性样品采用连续提取法（如 Tessier 法或 BCR 法）分析其不同形态（如可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态、有机结合态和残渣态）的含量。

理化性质分析：同时应测定底泥的 pH、有机质（OM）、粒度等基本理化性质，因为这些性质会显著影响重金属的迁移和转化。

7 评价方法

7.1 单因子污染指数法

该方法通过将重金属实测浓度与评价标准进行比较，直观反映单一重金属的污染程度。计算公式如下：

$$P_i=C_i/C_s$$

式中：

P_i—污染物 i 的单项污染指数；

C_i—污染物 i 的实测浓度 (mg/kg)；

C_s—污染物 i 的评价标准值(mg/kg)。

背景值（C_s）优先采用研究区域的底泥背景值；若无背景值数据，可参照表附录 A。

7.2 地累积指数法

地累积指数法，它是利用一种重金属的总含量与其地球化学背景值的关系，定量评价沉积物中的重金属污染程度，其计算方法如下式。

$$I_{geo}=log_2\left(\frac{C_i}{k\times Bi}\right)$$

式中：

I_{geo}—重金属 i 的地累积指数；

C_i—重金属 i 的实测浓度 (mg/kg)；

B_i—该区域的地球化学背景值 (mg/kg)（见附录 A）；

k—为考虑各地差异可能引起背景值变动而设定的常数，通常取 1.5。

7.3 潜在生态风险指数法 (RI)

该方法综合考虑了重金属浓度、毒性水平、多元素协同作用以及环境敏感性，是目前应用最广的重金属生态风险评价方法之一。

单种重金属的潜在生态风险系数 (Er(i)) 和多种重金属的综合潜在生态风险指数 (RI) 计算公式如下：

$$C_f^i = C_D^i / C_R^i$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i$$

$$RI = \sum_{i=1}^{n} E_r^i$$

式中：

C_f^i—重金属 i 的污染系数；

C_D^i—重金属 i 的实测浓度 (mg/kg)；

C_R^i—重金属 i 的参比值 (mg/kg) ，通常采用当地土壤背景值（见附录 A）；

E_r^i—单种重金属 i 的潜在生态风险系数；

T_r^i—重金属 i 的毒性响应系数（见附录 A）；

RI—多种重金属的综合潜在生态风险指数。

8 评价分级与结果

8.1 单因子污染指数法

根据单因子污染指数（Pi）的大小，判定单个污染物的污染等级，见表 1。

表 1 单因子污染指数评价分级

单因子指数 (P_i)	污染等级	污染等级表示方式
$P_i \leq 1.0$	无污染	I
$1.0 < P_i \leq 2.0$	轻微污染	II
$2.0 < P_i \leq 3.0$	轻度污染	III
$3.0 < P_i \leq 5.0$	中度污染	IV
$P_i > 5.0$	重度污染	V

8.2 地累积指数法

根据地累积指数（I_{geo}）的大小，判定底泥重金属的污染等级，见表 2。

表 2 地累积指数污染评价分级

I_{geo}值	污染等级	级别
≤ 0	无污染	0
0 < I_{geo} ≤ 1	无—中度污染	1
1 < I_{geo} ≤ 2	中度污染	2
2 < I_{geo} ≤ 3	中—强度污染	3
3 < I_{geo} ≤ 4	强度污染	4
4 < I_{geo} ≤ 5	强—极强度污染	5
> 5	极强度污染	6

8.3 潜在生态风险指数法 (RI)

根据单种重金属的潜在生态风险系数 (Er(i)) 和多种重金属的综合潜在生态风险指数 (RI) 的大小，判定底泥重金属的污染等级，见表 3。

表 3 潜在生态风险评价分级

指数类型	指数范围	生态危害程度
Eri	< 40	轻微生态危害
	≥ 40	中等及以上生态危害
RI	< 150	轻微生态危害
	≥ 150	中等及以上生态危害

8.4 污染评价结果

8.4.1 综合评价原则

在对单个采样点进行综合质量评价时，应遵循“从劣不从优”的原则。即当一个采样点有多个评价指标或多个层次时，该点的最终污染等级由所有指标或层次中最差的等级确定。

8.4.2 平面污染评价

根据计算结果，确定每个表层采样点的污染等级。对于整个研究区域的总体评价，可采用以下方式：

主导等级法：以出现频率最高的污染等级作为区域的主导污染等级。

从严原则法：以区域内最高污染等级作为该区域的总体污染等级，适用于风险管控要求较高的场景。

面积加权法：对于大面积水域，结合地理信息系统（GIS）空间插值等技术，绘制底泥重金属污染等级分布图，计算不同污染等级区域的面积及占比，进行综合评估。

8.4.3 垂向污染评价

垂向污染评价是确定污染深度和污染方量的关键，对柱状样品需进行分层评价。

1.分层评价：对柱状样中每一个分层的样品，单独采用上述评价方法进行污染等级判定。

2.确定污染深度：从表层向下，将所有被判定为存在污染（如轻度、中度、重度污染）的连续层次的总厚度，定义为该采样点的污染深度。污染的下界面即为最后一个污染层与第一个未污染层之间的界面。

3.绘制剖面图：可沿河流或湖库的关键断面，绘制垂向污染剖面图，直观展示污染层在垂直方向上的分布和厚度变化。

4.估算污染方量：结合平面污染范围和各采样点的垂向污染深度，采用地质块段法、断面法或三维建模等方法，估算污染底泥的总体积，为清淤等修复工程提供数据支持。

8.5 评价报告

评价报告需系统清晰的呈现底泥污染调查评价成果，应包含以下核心内容：明确项目基础信息（名称、评价区域及分布图、委托单位、承担单位、周期、人员），确保可溯源；说明评价背景、依据、目的，简述评价水域及周边基础特征；详述采样布点、采样操作、现场记录，以及样品前处理、评价因子测试方法与实验室质量控制措施；以表格呈现底泥基础理化性质及污染因子浓度数据，标注异常值并说明原因；统计单因子与综合污染等级的点位占比、区域面积占比，附 GIS 空间分布图、柱状样垂向分布图、污染等级分区图，且图表标注清晰；总结总体污染状况、重点污染区域、关键超标因子及污染方量（若涉及），提出污染治理、污染源管控、后续监测及生态修复建议；附录需包含现场采样记录、实验室原始数据、评价参比值或背景值来源、图表说明及异常数据处理说明。

附录 A
（资料性）
重金属评价参照值

表 A.1 重金属背景值参照表（mg/kg）

污染物项目	pH ≤ 5.5	5.5 < pH ≤ 6.5	6.5 < pH ≤ 7.5	pH > 7.5
镉 (Cd)	0.3	0.4	0.6	0.8
汞 (Hg)	0.5	0.5	0.6	1.0
砷 (As)	30	30	25	20
铅 (Pb)	80	100	140	240
铬 (Cr)	250	250	300	350
铜 (Cu)	150	150	200	200
镍 (Ni)	60	70	100	190
锌 (Zn)	200	200	250	300

表 A.2 农用地土壤污染风险筛选值与管制值（mg/kg）

评价因子	风险筛选值	风险管制值
镉 (Cd)	0.6	3.0
汞 (Hg)	0.6	4.0
砷 (As)	25	120
铅 (Pb)	140	700
铬 (Cr)	300	1000
铜 (Cu)	100	800
镍 (Ni)	100	400
锌 (Zn)	250	1000

表 A.3 单因子污染指数（Pi）评价分级标准

单因子指数 (P_i)	污染等级	污染等级表示方式
$P_i \leq 1.0$	无污染	I
$1.0 < P_i \leq 2.0$	轻微污染	II
$2.0 < P_i \leq 3.0$	轻度污染	III
$3.0 < P_i \leq 5.0$	中度污染	IV
$P_i > 5.0$	重度污染	V

表 A.4 重金属毒性响应系数(Tri)

评价因子	汞 (Hg)	镉 (Cd)	砷 (As)	铅 (Pb)	铜 (Cu)	镍 (Ni)	铬 (Cr)	锌 (Zn)
毒性响应系数（T_r^i）	40	30	10	5	5	5	2	1

附录 B
（资料性）
现场采样记录表示例

为保证现场调查信息的完整性和可追溯性，推荐使用标准化的记录表。表示例见表 A.1。

表 B.1 河流、湖泊、水库底泥取样现场记录表

<table>
<tr><td colspan="4">记录人：　　校核人：　　日期：</td></tr>
<tr><td>河流/湖泊名称</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>采样编号</td><td></td><td>采样地点（坐标）</td><td>东经：　　北纬：</td></tr>
<tr><td>高程记录</td><td>水面高程(m)：</td><td>泥面高程(m)：</td><td>淤积厚度(cm)：</td></tr>
<tr><td rowspan="2">柱状样描述</td><td colspan="3">颜色：</td></tr>
<tr><td colspan="3">气味：</td></tr>
<tr><td colspan="3">质地（如：淤泥质、砂质、黏土质）</td><td></td></tr>
<tr><td>分层情况</td><td colspan="3">第1层（0-5cm）第2层（5-10cm）</td></tr>
<tr><td>现场照片编号</td><td></td><td>备注</td><td></td></tr>
</table>