

ICS 13.020.40

CCS N77

团 体 标 准

T/ACEF 261—2026

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

2026-01-28 发布

2026-02-01 实施

中华环保联合会 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	1
3.1 底泥 sediment	1
3.2 单因子指数法 single-factor index method	1
3.3 地累积指数法 geo-accumulation index method	2
3.4 潜在生态风险指数法 potential ecological hazard index method	2
4 评价原则与流程	2
4.1 评价原则	2
4.2 工作流程	2
5 初步调查	3
5.1 资料收集与现场踏勘	3
5.2 采样点布设	3
5.3 样品采集	4
5.4 分析检测	4
6 初步评价	4
6.1 评价方法	5
6.2 评价分级	6
6.3 结果判定	7
7 详细调查	7
7.1 加密点位布设	7
7.2 样品采集	8
7.3 分析检测	8
8 最终评价	8
8.1 评价方法	8
8.2 评价分级	8
8.3 结果判定	8
9 评价报告	9
附录 A（资料性）重金属评价参照值	10
附录 B（资料性）河湖库底泥取样现场记录表示例	11
附录 C（资料性）底泥重金属污染评价结果统计表示例	12
参考文献	13

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：河海大学、浙江省水利河口研究院(浙江省海洋规划设计研究院)、杭州国泰环保科技股份有限公司、长江水利委员会水文局、生态环境部南京环境科学研究所

本文件参编单位：东南大学、长江勘测规划设计研究有限责任公司、湖南省水利水电科学研究所、河南省第一地质矿产调查院有限公司、上海海洋大学、水利部牧区水利科学研究所、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、江西省水利科学院、太湖流域水文水资源监测中心（太湖流域水环境监测中心）、重庆市大足区水利局、中华环保联合会水环境治理专业委员会

本文件主要起草人：孙琴、王立新、丁士明、王燕、陈柏校、何小瑜、彭恋、石林、熊光城、傅雷、肖建辉、陈俊豪、张燕飞、戴国飞、刘云、詹艳慧、吴东浩、李晓慧、罗希、许琪、韩振华、黄斌、甯光莉、陈翔、焦瑞、李代军、任彧仲、王润涛、夏玉坤、王成、沈飞凯、温春云、张兰婷、刘心愿、乐颖、刘聚涛、罗春辉、姚雷、刘愿军、李伟

河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范

1 范围

本文件规定了河湖库底泥重金属污染状况调查与评价的评价原则与流程、现场调查与样品处理、评价因子、评价方法、评价分级与结果。

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 3838 地表水环境质量标准

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

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 632 土壤 总磷的测定 碱熔-钼锑抗分光光度法

HJ 717 土壤质量 全氮的测定 凯氏法

HJ 1315 土壤和沉积物 19种金属元素总量的测定 电感耦合等离子体质谱法

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

地累积指数法 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。

3.4

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。

4 评价原则与流程

4.1 评价原则

4.1.1 科学性

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。

4.1.2 系统性

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。

4.1.3 代表性

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。

4.1.4 可操作性

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、初步评价、详细调查和最终评价四个阶段：

- a) 初步调查：依次进行资料收集和现场踏勘，科学布设点位并采集样品，经分析检测后开展初步评价；
- b) 初步评价：根据初步调查结果，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；
- c) 详细调查：此阶段需加密布设点位，再次采集样品并分析检测；
- d) 最终评价：根据详细调查的结果对底泥进行最终污染等级判定。

调查评价流程应按照图 1 开展。

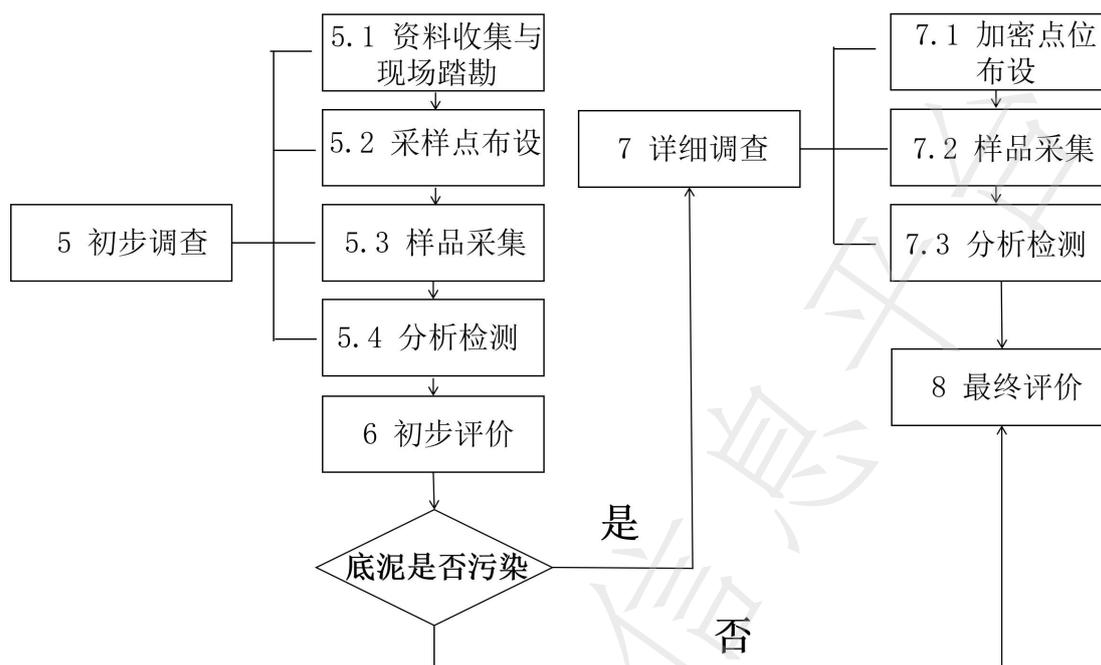


图 1 底泥重金属污染评价流程

5 初步调查

5.1 资料收集与现场踏勘

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

采样点布设按照 HJ 494 和 HJ495 的规定执行。

5.2.1 河流采样点布设

河流采样点布设应符合以下要求：

a) 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。

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

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：

a) 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。

b) 主体水域宜采用网格布点法。湖泊面积 $\geq 100\text{km}^2$ ，采样点不宜少于 20 个； $10\text{km}^2 \leq$ 湖泊面积 $< 100\text{km}^2$ ，不宜少于 10 个；湖泊面积 $< 10\text{km}^2$ ，不宜少于 3 个。

5.3 样品采集

5.3.1 表层样采集

样品采集与保存应按照 HJ/T 166 的规定执行，防止样品污染和性质改变。使用抓斗式或彼得森采泥器采集表层（通常为 0cm-10 cm 或 0cm-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 20cm-50 cm）。采集后，应现场对柱状样进行分层，通常按 1cm-2 cm 或 5cm-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

现场应详细记录采样点位、时间、水深、底泥颜色、气味、质地等信息（参照附录表 B 给出了河湖库底泥取样现场记录表的示例），并为每个样品贴上牢固、防水的标签。

5.3.4 保存与运输

样品采集与保存应按照 HJ 493 的规定执行，样品应密封、低温（4℃）冷藏保存，并尽快送至实验室进行分析。

5.4 分析检测

5.4.1 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）。

5.4.2 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，增测其他重金属元素，如锑（Sb）、钴（Co）、钒（V）等。

5.4.3 样品测试

a) 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；

b) 重金属总量分析：重金属的测定按 HJ 1315 执行；

c) 重金属形态分析：重金属形态分析参照 ISO 11466 Tessier 法或 BCR 法执行。

6 初步评价

6.1 评价方法

6.1.1 单因子指数法

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。

单因子指数按公式（1）计算：

$$P_i = C_i / C_s \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_i —重金属污染物 i 的单项污染指数；

C_i —重金属污染物 i 的实测浓度，单位为毫克每千克（mg/kg）；

C_s —重金属污染物 i 的评价标准值，单位为毫克每千克（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.1。

6.1.2 地累积指数法

地累积指数法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。地累积指数按公式（2）计算：

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_i}{k \times B_i} \right) \dots\dots\dots (2)$$

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，单位为毫克每千克（mg/kg）；

B_i —该区域的重金属背景值，单位为毫克每千克（mg/kg），参照表附录 A.1；

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。

6.1.3 潜在生态风险指数法

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。潜在生态风险指数按公式（3）计算：

单种重金属的潜在生态风险系数 E_r^i 按公式（4），多种重金属的综合潜在生态风险指数

RI 按公式（5）计算：

$$C_r^i = C_D^i / C_R^i \dots\dots\dots (3)$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_r^i \dots\dots\dots (4)$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i \dots\dots\dots (5)$$

式中：

C_i^i —重金属 i 的污染系数；

C_D^i —重金属 i 的实测浓度，单位为毫克每千克（mg/kg）；

C_R^i —重金属 i 的参比值，单位为毫克每千克（mg/kg），参照表附录 A.1；

E_i^i —单种重金属 i 的潜在生态风险系数；

T_i^i —重金属 i 的毒性响应系数，参照表附录 A.2；

RI —多种重金属的综合潜在生态风险指数。

6.2 评价分级

6.2.1 单因子污染指数法

根据单因子污染指数（ P_i ）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

6.2.2 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
$0 < I_{geo} \leq 1$	无—中度污染	1
$1 < I_{geo} \leq 2$	中度污染	2
$2 < I_{geo} \leq 3$	中—强度污染	3
$3 < I_{geo} \leq 4$	强度污染	4
$4 < I_{geo} \leq 5$	强—极强度污染	5
> 5	极强度污染	6

6.2.3 潜在生态风险指数法

根据 E_i^i 和 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
------	------	--------

E_r^i	< 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

6.3 结果判定

根据上述污染等级的结果统计（参照附录表 C 底泥重金属污染评价结果统计表示例），判定底泥是否受污染：

- a) 单因子污染等级为I级且地累积指数 (I_{geo}) 介于 0~1 之间，判定为不受污染；
 - b) 单因子污染等级为I级，但地累积指数 (I_{geo}) 大于 1 的底泥，或者地累积指数 (I_{geo}) 小于 1 但单因子污染等级为II级及以上的底泥，判定为受污染；
 - c) 单因子污染等级II级及以上，或地累积指数 (I_{geo}) 大于 1 的底泥，判定为受污染；
- 判定为不受污染的底泥，此结果作为最终评价结果；判定为受污染的底泥，进行后续详细调查评价。

7 详细调查

7.1 加密点位布设

7.1.1 河流污染点位加密布点一二分法

- a) 在已发现的污染点位上下游各设置 1 个初步排查点，根据河流流速、水量确定间距，常规间距 50-200m，流速快、水量大时可适当扩大间距至 200-500m，判断污染是否向上下游扩散。
- b) 若上游初步排查点检测结果显示受污染，则以污染点位与上游排查点为区间，取中点设置加密点。下游加密流程与上游一致，以此类推迭代加密。
- c) 当连续 2 个相邻加密点检测结果出现“污染/未污染”的明显分界时，在分界处再增设 1 个验证点，验证点检测结果与未污染点一致时，即可确定该分界处为污染边界。
- d) 若污染点位所在断面水面宽度超过 50m，除沿流向加密外，还需在断面内按原有布点规则（50m<宽度 \leq 100m 设左、右岸 2 点，宽度>100m 设左、中、右 3 点）加密点位，排查污染在断面内的横向扩散范围。

7.1.2 湖泊、水库污染点位加密布点一网格法

- a) 以污染点位为中心，划定加密区域，加密区域范围初始可按半径 500-1000m 确定，小型湖泊/水库可缩小至 300-500m，大型湖泊/水库可扩大至 1000-2000m。将加密区域划分

为均匀网格，网格边长根据污染程度调整，轻度污染网格边长设 200-300m，中度污染设 100-200m，重度污染设 50-100m。

b) 在每个网格的交点处设置加密采样点，同时在网格中心增设 1 个补充点位，确保无监测盲区。若加密区域涉及入湖/库口、出湖/库口、养殖区、深水区等功能区，需在功能区边界额外增设 2-3 个加密点，重点排查功能区与污染区域的关联性。

c) 采集所有加密点位样品检测后，根据检测结果绘制污染浓度分布图，以检测结果达标与超标临界点为依据，确定污染边界。对边界模糊区域，缩小网格边长（原边长的 1/2）再次加密验证，直至明确污染范围。

d) 若湖泊/水库水深超过 5m，除水面加密点外，还需在污染点位及边界区域按水深分层采样，按照表层水面下 0.5m、中层水深 1/2 处；底层距水底 0.5m 布点，排查污染在垂直方向的扩散情况。

7.2 样品采集

同上述 5.3 样品采集。

7.3 分析检测

同上述 5.4 分析检测。

8 最终评价

8.1 评价方法

同上述 6.1 评价方法。

8.2 评价分级

同上述 6.2 评价分级。

8.3 结果判定

8.3.1 单个采样点评价结果判定

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。

8.3.2 区域评价结果判定

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：

a) 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。

b) 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。

c) 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。

8.3.3 垂向评价结果判定

垂向评价结果按以下方法进行判定：

a) 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。

b) 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。

利用上述判定结果，可绘制底泥污染的剖面图，估算污染方量。

9 评价报告

评价报告应系统清晰地呈现底泥污染调查评价成果，包括但不限于以下内容：

a) 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；

b) 说明评价背景、依据、目的，简述评价水域及周边基础特征；

c) 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；

d) 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；

e) 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 A
(资料性)
重金属评价参照值

表 A.1 给出了重金属参照背景值

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 给出了重金属毒性响应系数

表 A.2 重金属毒性响应系数(T_i)

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_i)	40	30	10	5	5	5	2	1

附录 B

(资料性)

河湖库底泥取样现场记录表示例

表 B 给出了河湖库底泥取样现场记录表的示例。

表 B 河流、湖泊、水库底泥取样现场记录表

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

附录 C
(资料性)

底泥重金属污染评价结果统计表示例

表 C 给出了底泥重金属污染评价结果统计表的示例。

表 B 底泥重金属污染评价结果统计表示例

采样点1	坐标:							
评价因子	汞 (Hg)	镉 (Cd)	砷 (As)	铅 (Pb)	铜 (Cu)	镍 (Ni)	铬 (Cr)	锌 (Zn)
实测浓度(mg/kg)								
单项污染指数								
地累积指数								
潜在生态风险指数								
污染等级								

参考文献

- [1] GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准
- [2] SL 219 水环境监测规范
- [3] HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
- [4] T/CHES 117—2023 城市河湖底泥污染状况调查评价技术导则
- [5] DB37/T 4471-2021 底泥重金属污染状况评价技术指南
- [6] Rauret, G., López-Sánchez, J.F., Sahuquillo, A., et al. (1999). Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. *Journal of Environmental Monitoring*, 1(1), 57-61.
<https://doi.org/10.1039/a807854h>
- [7] ISO 11466:1995. Soil quality — Extraction of trace elements soluble in aqua regia. International Organization for Standardization, Geneva. ISO
-