

《河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范》

(征求意见稿)

编制说明

《河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范》编制组

二〇二五年十一月

目 次

1 任务来源	1
2 标准制定必要性、编制依据、编制原则	1
3 主要工作过程	2
4 国内外相关标准研究	3
5 主要技术内容及说明	3
6 标准实施的环境效益与经济技术分析	8
7 标准实施建议	8
8 涉及专利情况	9
9 重大分歧意见	9

《河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范》编制说明

1 任务来源

编制单位于 2023 年 5 月向中华环保联合会《河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范》标准制修订立项申请书。2023 年 7 月 11 日，中华环保联合会组织召开线上专家论证会，对《河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范》进行立项论证，按照专家意见修改后，正式批准立项。

2 标准制定必要性、编制依据、编制原则

2.1 标准制定的必要性

当前，我国河湖库底泥重金属污染问题日益突出，底泥中累积的重金属易通过孔隙水释放、生物富集等途径影响水体生态系统，甚至通过食物链威胁人体健康。然而，现有底泥重金属污染评价工作存在以下关键问题：

评价方法不统一：不同地区、不同项目常采用不同的评价因子、参照标准及计算方法（如部分使用单因子指数法，部分仅采用潜在生态风险指数法），导致监测数据缺乏空间与时间可比性，难以支撑跨区域污染状况研判。

技术流程不规范：采样点布设、样品采集与前处理、测试方法等环节缺乏统一技术指引，部分调查存在“采样代表性不足”“样品污染”“测试精度低”等问题，影响评价结果的科学性与准确性。

应用场景不聚焦：现有相关标准（如土壤类标准、地表水监测标准）未充分考虑河湖库底泥的“水体 - 沉积物交互特性”，难以满足河道清淤、湖泊疏浚、水体生态修复等工程的精准评价需求。

本标准通过明确评价原则、统一技术流程、规范方法体系，可解决上述问题，为环境监测、科研、管理及工程技术人员提供系统可操作的评价工具，助力河湖污染治理与生态保护，具有迫切的现实必要性。

2.2 编制依据

本标准严格依据以下法律法规、标准规范及技术成果编制：

- 1、法律法规：《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》；
- 2、基础标准：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》；

3、引用标准：GB/T 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》；

4、技术成果：国内外河湖底泥重金属污染评价相关研究成果、工程实践经验（如地累积指数法、潜在生态风险指数法的应用验证）。

2.3 编制原则

1、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》的要求进行编写。

2、参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

3 主要工作过程

立项筹备阶段（2023年1月—2023年5月）：编制组（东南大学环境学院丁士明教授团队）收集国内外河湖底泥重金属污染评价相关标准、文献及工程案例，梳理现有技术痛点，完成立项申请书及标准框架初稿。

专家论证与立项阶段（2023年5月—2023年7月）：中华环保联合会组织召开线上专家论证会，邀请生态环境部南京环境科学研究所、中国水利水电科学研究院、河海大学等单位专家参会；编制组根据专家意见（如补充“可评价因子”的选择依据、细化垂向污染评价方法）修改完善材料，获正式立项。

标准起草与技术研讨阶段（2023年7月—2024年7月）：成立由东南大学、某省级环境监测中心、某流域水文水资源监测中心、中科智感（南京）环境科技有限公司等组成的编制组，开展多轮技术研讨，明确“评价因子筛选”“调查阶段划分”“评价结果表达”等核心内容，形成标准草案。

征求意见稿形成阶段（2024年8月—2025年9月）：编制组组织召开2次线上讨论会，邀请环保、水利、科研机构等领域专家对草案进行审查，重点完善“样品测试质量控制”“污染方量估算方法”等内容；经编制单位一致确认，最终形成《河湖底泥重金属污染评价技术规范（征求意见稿）》。

征求意见稿审查会阶段（2025年11月11日）中华环保联合会组织召开了《河湖底泥重金属污染评价规范》团体标准征求意见稿技术审查会，会议邀请7位专家组成专家组（名单附后）。专家组提前审阅了相关材料，听取了编制组汇报，经质询和讨论，专家建议将标准名称修改为《河湖库底泥重金属污染调查与评价技术规范》。

4 国内外相关标准研究

国内外暂无专门针对河湖库底泥重金属污染调查与评价的专项标准，本标准参考了土壤、水环境监测等相关领域的国家标准（如 GB/T 15618、HJ/T 166）、行业标准（如 SL 219、DZ/T 0295）及地方标准（如 DB37/T 4471-2021），填补了该领域专项技术规范空白，确保技术内容既符合我国实际情况，又与相关领域标准有效衔接。

5 主要技术内容及说明

5.1 应用范围

本标准适用于环境常规监测与污染评估（如河湖底泥重金属污染现状调查）、工程专项评价（如河道清淤、湖泊疏浚、水体生态修复项目中的底泥污染状况评价），明确排除深海沉积物、工业废渣堆积区底泥等特殊场景（需另行制定专项规范）。

5.2 核心数据来源说明

5.2.1 背景值数据来源

区域专项调查数据：优先采用评价区域内已完成的底泥背景值专项调查成果，例如地方生态环境部门组织开展的“流域底泥环境质量背景调查”“未受污染河段/湖库底泥基线监测”等专项工作形成的数据报告，确保背景值与评价区域的自然地理、水文地质条件高度匹配。

权威文献与数据库数据：若评价区域无专项背景调查数据，可引用国内核心期刊发表的相关研究成果、学术专著中记载的同类型水域（如同一气候带、同一流域类型）底泥背景值数据，或国家生态环境监测总站、中科院相关研究所建立的全国/区域底泥环境质量数据库中的公开数据。

历史监测数据追溯：收集评价水域及周边长期积累的底泥监测数据，筛选其中未受明显污染影响时期（如污染源未建成运行、人类活动干扰较小阶段）的有效数据，经统计分析后确定背景值范围。

5.2.2 评价参比值数据来源

重金属背景值：以《中国土壤元素背景值》（中国环境监测总站编著，1990年）为基础数据源，结合全国多区域河湖库底泥实测背景值数据（编制组实测数据及文献汇总数据）进行整合修正。针对不同 pH 条件下重金属迁移转化特性的差异，参考 DZ/T 0295《土地质量地球化学评价规范》中关于 pH 分区的划分标准，将底泥 pH 划分为 ≤ 5.5 、 $5.5 < \text{pH} \leq 6.5$ 、 $6.5 < \text{pH} \leq 7.5$ 、 $\text{pH} > 7.5$ 四个区间，分别统计各区间内未受明显人为污染的底泥重金

属含量均值 ± 标准差，取 95% 置信区间上限值作为对应 pH 区间的背景值参照值（详见附录 A 表 A.1）。

农用地土壤污染风险筛选值与管制值：风险值引用 GB/T 15618《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》中的核心数据（详见附录 A 表 A.2）。该标准是我国土壤污染风险管控的基础性标准，其筛选值、管制值的确定基于全国大范围土壤调查数据、农作物质量安全数据及生态毒理试验数据，经过多轮专家论证和实地验证，具有广泛的适用性和权威性。

5.2.3 分级标准数据来源

单因子污染指数分级数据：基于单因子指数法的核心原理，结合编制组获取的全国多区域底泥重金属实测数据分布特征确定。通过对 1200 余组实测数据的统计分析，计算不同污染程度下（无污染、轻微污染、轻度污染、中度污染、重度污染）重金属实测浓度与背景值的比值范围，结合国内外同类评价标准（如 DB37/T 4471-2021）的分级区间，经专家论证后确定最终分级阈值（详见附录 A 表 A.3）。

地累积指数分级数据：基于重金属的累积效应与生态毒性研究，参考《沉积物重金属地累积指数分级方法优化》与《地累积指数法在流域底泥污染评价中的应用范式》中关于“重金属人为累积与污染程度关联”的研究数据，结合本标准适用场景优化分级区间（详见标准表 2）。

潜在生态风险分级数据：基于重金属的生态毒性响应与复合污染效应研究，参考《沉积物重金属潜在生态风险评价方法改进》与《流域底泥重金属污染生态风险分级标准》中关于“重金属生物有效性与生态危害关联”的研究数据，确定分级标准（详见标准表 3）。

5.2.4 毒性响应系数数据来源

重金属毒性响应系数（Tri）主要参考瑞典科学家 Hakanson 提出的潜在生态风险指数法中推荐的毒性响应系数基础数据，该系数是基于重金属的环境地球化学性质、生物毒性试验数据（如鱼类、底栖生物的急性毒性 LD50 值）及生态危害案例总结得出，是国际上广泛认可和应用的核心参数（详见附录 A 表 A.4）。

5.3 主要技术内容

5.3.1 术语与定义

明确底泥、单因子指数法、潜在生态风险指数法、地累积指数法 4 项核心术语（见标准第 3 章），其中：

“底泥”定义强调“物理、化学及生物作用”与“水体传输沉积”特性，区别于土壤；三种评价方法的定义均明确其核心原理（如潜在生态风险指数法强调“重金属毒性水平、水生生物敏感性”），为后续方法应用奠定基础。

5.3.2 评价原则与因子

评价原则：确立 4 项核心原则（见标准第 4 章）：

科学性原则：反映底泥重金属污染状况及其潜在生态风险。

系统性原则：确保评价工作的完整性和连贯性。

代表性原则：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。

评价原则：

评价因子：采用“必选+辅助”模式（见标准第 6 章）：

必选因子：镉（Cd）、汞（Hg）、砷（As）、铅（Pb）、铬（Cr）、铜（Cu）、镍（Ni）、锌（Zn）8 种元素（基于国内外普遍关注、对生态与人体健康风险高的特性筛选）；

辅助因子：辅助因子：锑（Sb）、钴（Co）、钒（V）等（根据区域工业特征、污染源类型补充，如锑矿周边区域增测 Sb）。

5.3.3 调查与测试技术规程

1、调查准备与资料收集（见标准第 5.1 节）：

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。

2、采样点布设（见标准第 5.2 节）：

河流：按水面宽度确定断面采样点数量（ $\leq 50\text{m}$ 设 1 个， $50\sim 100\text{m}$ 设 2 个， $> 100\text{m}$ 设 3 个），污染区域采用“二分法”加密；

湖泊（水库）：采用网格布点法（面积 $\geq 100\text{km}^2$ 设 ≥ 20 个点， $10\sim 100\text{km}^2$ 设 ≥ 10 个点， $< 10\text{km}^2$ 设 ≥ 3 个点），污染区域周边加密。

3、样品采集（见标准第 5.3 节）：

表层样：用抓斗式/彼得森采泥器采集 0~10cm 或 0~20cm 样品，去除杂物后混匀保存；

柱状样：用重力式/活塞式采泥器采集（覆盖污染层 + 未污染层 20~50cm），按 1~2cm 或 5~10cm 分层切割，单独包装。

4、样品测试（见标准第 6.3. 节）：

前处理：冷冻干燥、研磨、过 100 目 / 200 目尼龙筛；

总量分析：酸消解法（HNO₃-HF-HClO₄）+ 原子吸收光谱法（AAS）/ 电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）/原子荧光光谱法（AFS，用于 As、Hg）；

形态分析：连续提取法（Tessier 法或 BCR 法）分析重金属形态（可交换态、碳酸盐结合态等）；

理化性质：同步测定 pH、有机质（OM）、粒度（影响重金属迁移转化）。

5.3.4 评价方法体系

推荐“多方法综合评价”（见标准第 7 章、第 8 章），三种核心方法的技术要点如下：

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。

$$P_i = C_i / C_s$$

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。

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

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。

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

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 —为考虑各地岩石差异可能引起背景值变动而设定的常数，通常取 1.5。

地累积指数污染等级划分见下表：

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

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 (E_r^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。

潜在生态风险等级划分见下表：

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

5.2.5 评价结果分类与表达

综合评价原则：“从劣不从优”（单个采样点的最终等级由最差指标/层次确定）；

平面污染评价：结合 GIS 空间插值绘制污染等级分布图，明确清洁、轻度/中度/重度污染区域范围；

垂向污染评价：分层评价柱状样，确定污染深度（连续污染层总厚度），绘制垂向剖面图，采用地质块段法/断面法估算污染方量（支撑清淤工程）。

6 标准实施的环境效益与经济技术分析

6.1 环境效益

提升污染管控精准度：统一评价方法可明确污染范围与程度，避免“过度治理”或“治理不足”（如精准圈定清淤区域，减少对未污染底泥的扰动）；

保护水生态系统：通过垂向评价与形态分析，识别高风险重金属（如可交换态 Cd），为针对性修复提供依据，降低重金属释放对水生生物的危害；

保障人体健康：减少重金属通过食物链富集的风险（如控制底泥污染，降低鱼类重金属含量）。

6.2 经济与技术效益

降低调查成本：统一技术流程避免重复调查（如不同项目可共享采样点位与背景值数据），减少人力、物力投入；

节省工程费用：精准估算污染方量可优化清淤方案（如避免超量清淤导致的工程成本增加），据测算可降低清淤工程费用 10%—20%；

提升技术统一性：不同地区、不同单位的评价数据可比，为跨区域污染联防联控（如流域尺度治理）提供数据支撑，同时推动科研成果转化（如统一方法便于评价新技术的修复效果）。

7 标准实施建议

适用范围推广：建议优先在国控/省控河湖库监测断面、重点流域（如长江、太湖）清淤工程、国家生态文明建设示范区创建中的底泥评价工作中应用，逐步推广至县级河湖库治理项目；

涉及部门协同：建议环保、水利、自然资源、住建等部门将本标准纳入相关工作手册（如环保部门的“环境监测技术指南”、水利部门的“河湖疏浚工程技术要求”），推动多部门

协同应用；

培训与宣贯：建议中华环保联合会联合编制单位开展标准宣贯培训（针对环境监测机构、第三方检测公司、工程单位技术人员），重点讲解采样操作、评价方法计算、结果应用等实操要点；

动态修订：建议标准实施后每 3-5 年开展一次修订评估，结合新技术（如原位监测技术）、新法规（如新版《水污染防治法》配套要求）更新内容，确保标准时效性。

8 涉及专利情况

本标准不涉及任何已有的专利内容，与国家及行业其他标准无知识产权和专利冲突。

9 重大分歧意见

本标准起草过程中没有重大分歧意见。