ICS 13.020.40
CCS Z 01

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4617—2023

重金属污染底泥异位处理处置技术指南

Technical guidelines for the ex-situ treatment and disposal of heavy metal contaminated sediments

2023－05－19 发布 2023－06－19 实施

山东省市场监督管理局 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
4　总体原则 2
5　工程选址及处理场平面布置 2
6　底泥贮存及转运 2
7　底泥处理 3
8　底泥利用处置 4
9　废水处理 5
附录A（规范性）　重金属污染底泥异位处理处置工艺选择导图 6
附录B（资料性）　重金属污染底泥异位处理处置工程案例 7
参考文献 8

前　　言

本文件按照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。

本文件由山东省生态环境厅提出并组织实施。

本文件由山东省环保标准化技术委员会归口。

重金属污染底泥异位处理处置技术指南

1 范围

本文件提供了水体重金属污染底泥疏浚后处理处置工程选址及处理场平面布置、底泥贮存及转运、底泥处理、利用处置及废水处理的指导。

本文件适用于指导河流、湖泊、水库、坑塘等水体重金属污染底泥的异位处理处置。

本文件不适用于经鉴别为危险废物的底泥。

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/T 14684 建设用砂

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

GB/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范

GB 50014 室外排水设计标准

CJJ 1 城镇道路工程施工与质量验收规范

HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则

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、化学和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（也可被称为沉积物）。

[来源：DB37/T 4471—2021，3.1]

3.2

底泥异位处理处置 ex-situ treatment and disposal of sediment

将污染底泥收集后再进行处理并最终处置的过程或方式。

3.3

重金属赋存形态 fractions of heavy metals

重金属与环境介质的结合形态。

注：通常采用连续提取技术进行分析。五步连续提取法（Tessier法）将重金属赋存形态分为可交换态、碳酸盐结合态、铁（锰）氧化物结合态、有机及硫化物结合态、残渣态五种形态，三态提取法（BCR法）将其分为弱酸提取态、可还原态、可氧化态、残渣态四种形态。根据重金属在底泥中的稳定程度将残渣态归为稳定态，其他态归为不稳定态。

3.4

底泥筛分 sediment sieving

以粒径分布为依据，采用一种或多种筛分设备将底泥（3.1）组分按粒径进行分离的过程。

注：粒径小于75 μm为泥，粒径介于75μm～4 750 μm为砂，粒径大于4 750 μm为石。

3.5

底泥淋洗 sediment washing

用清水或化学药剂对底泥（3.1）进行洗涤，将附着在底泥颗粒表面的重金属洗脱、溶解、螯合、分离的过程或技术。

3.6

底泥重金属稳定化 sediment stabilization

通过添加稳定剂，改变底泥（3.1）中重金属的赋存形态或化学组成形式，从而降低其溶解性、迁移性及毒性的过程。

3.7

底泥固化 sediment solidification

通过添加固化剂，将污染底泥转变为不可流动固体或低渗透性的紧密固体的过程。

4 总体原则

4.1 底泥异位处理处置遵循“减量化、资源化、无害化”的原则，并符合相应的标准和管理规定。

4.2 底泥处理工艺的选择与设计宜综合考虑底泥物理特征、污染特性、工程规模以及利用处置条件，工艺选择导图宜见附录A。相关工程案例见附录B。

5 工程选址及处理场平面布置

5.1 工程选址

5.1.1 工程选址结合工程所在地的区域规划，综合考虑土地性质、水文地质、地形、地貌、环境、交通、人文情况以及经济等因素选定。

5.1.2 工程选址宜遵循下列原则：

a) 优先选择可利用的空地或废弃场地；

b) 优先选择运输距离适宜、交通便利的区域；

c) 优先选择地形、地质、水源等条件良好，便于施工的区域；

d) 与敏感保护目标保持适当距离，防护距离依据环境影响评价文件确定。

5.2 处理场平面布置

5.2.1 处理场设置围墙或围挡等隔离设施。

5.2.2 处理场根据不同使用功能划分功能区，主要为办公区、作业区和贮存区，办公区宜设置在主导风向的上风向，贮存区分为处理前底泥贮存区和处理后底泥贮存区。

5.2.3 处理场内道路设计满足安装、检修、运输、消防的需要。主要道路宽度根据工程量核定，一般不宜小于6 m，宜设置环形道路。

5.2.4 处理场内设置降尘措施，出口设置车辆清洗设施。

5.2.5 工程竣工设备拆除后，对处理场地进行修复，恢复其生态原貌。

6 底泥贮存及转运

6.1　底泥进入处理场时，根据含水率选择密闭车辆、密闭驳船及管道等运输方式，加强运输过程的监控和管理。

6.2　底泥贮存堆场或贮存池做好防水、排水、防渗、防溢流措施。

6.3　处理场内底泥转运时，根据含水率选择泵管、铲车、皮带输送机等转运方式。

6.4　底泥经处理后，杂物、砂、泥、固化体等组分宜分别暂存至独立的贮存区域，并及时清运、处置，车辆运输尽量避开交通高峰期。

7　底泥处理

7.1　底泥预处理

7.1.1　底泥处理宜设置预处理环节。

7.1.2　底泥中杂物较多时，进行杂物清除预处理。底泥中植物残体、废弃塑料制品、玻璃、织物、砖块、混凝土块等杂物含量较高时，可设置垃圾分拣机、格栅等设备；底泥中混杂的铁钉、铁丝、铁块等磁性杂物较多时，可设置电磁除铁器、永磁除铁器等磁选设备。

7.1.3　底泥板结成块时，设置破碎装置或水力冲刷装置，提高底泥均匀度。

7.2　底泥筛分

7.2.1　底泥中砂、石组分比例较高时，宜进行筛分处理。

7.2.2　底泥筛分在流态条件下进行，含水率满足筛分和提升设备正常运转的要求。

7.2.3　根据底泥筛分处理量和利用处置途径要求，选择各级筛分设备的类型、型号和数量，筛分设备可选用粗筛、流筛、滚动筛、振动筛、旋流器及组合设备等。

7.2.4　根据底泥粒径分布、粘度等物理性质，以及各粒径组分的重金属含量等污染性质，设置各级筛网孔径尺寸和旋流器分离粒度，尺寸和粒度宜参考 GB/T 14684 颗粒级配的要求。

7.3　底泥淋洗

7.3.1　底泥中重金属赋存形态以不稳定态为主时，宜进行淋洗处理。

7.3.2　根据重金属种类、含量及其赋存形态等，通过试验选择淋洗剂种类，确定淋洗液固比、淋洗时间、淋洗次数以及设备型号、搅拌转速等。

7.3.3　淋洗剂可选用清水或增效淋洗剂，增效淋洗剂可选用酸洗剂、螯合剂等化学试剂或生物制剂。

7.3.4　当一次淋洗未达到淋洗目标时，可设置多级淋洗或循环淋洗。

7.3.5　底泥淋洗可选用洗脱搅拌罐、滚筒清洗机等设备。

7.4　重金属稳定化

7.4.1　底泥重金属浸出液浓度无法直接满足利用处置要求时，宜进行稳定化处理。

7.4.2　根据重金属种类及其赋存形态等，通过试验选择稳定剂种类，确定稳定剂投加量、投加方式、反应时间和设备型号等。

7.4.3　稳定剂可选用碱性物质类、磷酸盐类、硫化物类、铁盐类、硅酸盐类、矿物质类、生物炭类等，当底泥存在多种重金属污染时，宜选择复合型稳定剂。

7.4.4　底泥重金属稳定化处理可选用双轴搅拌机、单轴螺旋搅拌机等混合搅拌设备，也可与筛分、脱水等环节同步进行。

7.5　底泥脱水

7.5.1　底泥在利用处置前，宜进行脱水处理。

7.5.2 底泥可通过调理降低比阻，提高脱水效率。调理剂可选用无机金属盐类药剂、有机高分子类药剂、底泥改性剂等。

7.5.3 根据底泥的物理性质和含水率目标，结合工程工期、场地面积等条件，选择底泥脱水工艺，主要包括：

a) 自然干化法：设计、建设宜参考 GB 50014 的相关要求；
b) 土工管袋法：依据底泥利用处置途径和底泥粒径等因素，确定土工管袋的尺寸和孔径尺寸；
c) 机械设备法：机械脱水可选用离心脱水机、带式脱水机、板框压滤机、螺旋压滤机等，宜参考 GB 50014 的相关要求。

7.6 底泥固化

7.6.1 底泥固化处理前宜进行水分调节、杂质筛除、泥块破碎等预处理，使底泥含水率、颗粒粒径、颗粒均匀度等满足固化要求。

7.6.2 根据重金属种类及其赋存形态等，通过试验选择固化剂和添加剂的种类，确定固化剂和添加剂的投加量、投加方式、反应时间、养护时间和设备型号等。

7.6.3 固化剂可选用水泥类和石灝类等材料，如硅酸盐水泥、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅粉等。

7.6.4 底泥与固化剂充分搅拌混合后，宜放入固结池或其他模具中铺平、压实进行养护，养护期内固化体避免扰动、碾压及浸泡。

8 底泥利用处置

8.1 杂物处置

8.1.1 废弃塑料制品、玻璃、织物等生活垃圾宜运送至生活垃圾填埋场或生活垃圾焚烧厂进行处置。

8.1.2 卵石、砖块、混凝土块等建筑垃圾可采用以下方式进行利用处置：

a) 破碎、分选，再深加工成再生骨料、砌块、墙板、地砖等；
b) 用作一般场地、道路、绿地等基础回填材料；
c) 无法实现资源化利用时，按 GB 18599 要求进行贮存和填埋。

8.2 砂处置

8.2.1 砂组分宜优先用于建材制造、建设用地或河道回填等。

8.2.2 砂组分满足 GB/T 14684 的要求时，可用作混凝土骨料、普通砂浆用砂等，其重金属含量和浸出液浓度宜参考 GB/T 30760 的要求。

8.2.3 砂组分满足 GB 36600 的要求时，可用于建设用地回填；根据 DB37/T 4471 评价为轻微生态危害的，可用于回填河道。

8.3 泥处置

8.3.1 泥组分宜在安全环保的基础上，进行资源化利用处置。处置方式综合考虑项目所在地的处置条件，并经技术经济论证后确定。

8.3.2 泥质满足 CJ/T 340 的要求时，可用于园林绿化等土地利用途径。

8.3.3 泥质满足 GB/T 30760 和 HJ 662 的要求时，可用于生产水泥。

8.3.4 泥组分用于生产砖瓦、轻骨料、路基材料等建筑材料时，宜参考 HJ 1091、GB/T 30760 的要求和相关标准执行。

8.3.5 泥组分无法实现资源化利用时，宜按 GB 18599 要求进行贮存和填埋。

8.4 固化体处置

底泥固化产生的固化体用作建筑材料、公路路基时，固化体的重金属含量和浸出液浓度需参考GB/T 30760的要求，用作公路路基时，物理性质、渗透性能等宜满足CJJ 1中相应等级道路路基用土要求。

9 废水处理

9.1 增效淋洗废水、底泥脱水滤液、车辆冲洗废水等宜处理后进行回用。

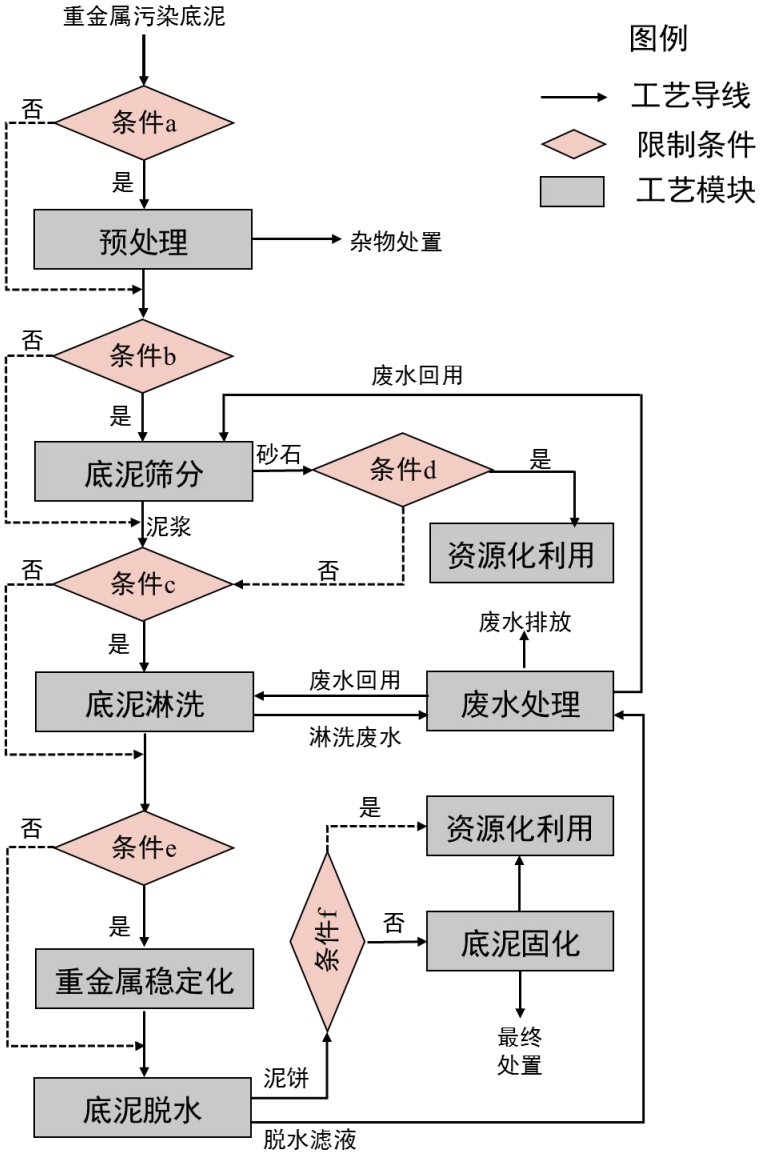
9.2 废水排入水体时，应满足国家和地方污染物排放标准要求。

9.3 废水处理可选用物理法、化学法及生物法等方法。

9.4 废水处理环节产生的污泥，经鉴定为一般工业固体废物的，宜参照 8.3 进行处置；经鉴定为危险废物的，应按照危险废物的要求进行处理处置。

附　录　A
（规范性）
重金属污染底泥异位处理处置工艺选择导图

图A.1给出了重金属污染底泥异位处理处置工艺选择。



条件a：底泥中杂物较多或底泥板结成块。
条件b：底泥中砂、石组分比例较高。
条件c：底泥中重金属赋存形态以不稳定态为主。
条件d：筛分后砂石重金属含量和浸出浓度满足资源化利用相关标准要求。
条件e：底泥重金属浸出液浓度无法直接满足利用处置条件；
条件f：底泥脱水后满足资源化利用相关标准要求。

图 A.1 重金属污染底泥异位处理处置工艺选择导图

附 录 B
（资料性）
重金属污染底泥异位处理处置工程案例

该案例为山东省东部某重金属污染河流底泥处理处置及生态修复工程。

工程规模：工程河段全长约6 km，污染底泥量约20万m^3（水下方），临时处理场占地11 000 m^2。

工艺路线：该河流底泥中砂石含量较高，经检测泥质组分中重金属的含量远高于砂石组分。该河流底泥清淤后选择“**预处理—同步淋洗筛分—脱水处理—泥组分固化处理—无害化处置**”的工艺路线，具体内容为：

a) 预处理环节选用滚筒洗石机，实现石块等杂物的筛除；

b) 同步淋洗筛分环节选用螺旋洗砂机、多级筛分装置，实现砂组分表面重金属洗脱，以及石、砂、泥组分的分离；

c) 脱水处理环节选用离心脱水机，实现泥组分含水率的降低；

d) 泥组分固化处理选用水泥石灰组合固化剂，经混合搅拌、养护，并检测达标后，运送至一般工业固体废物填埋场进行填埋；

e) 卵石及砂组分经检测合格后回填原河道；

f) 废水经一体化水处理设备处理达标后回用或排放；

g) 工程竣工后，对临时处理场地进行生态修复。

主要技术指标：

a) 工程河道底泥重金属含量：

Cu 192 mg/kg～2 739 mg/kg， Zn 186 mg/kg～2 397 mg/kg， As 5.0 mg/kg～63.6 mg/kg， Cd 5.09 mg/kg～21.8 mg/kg，Hg 3.67 mg/kg～16.5 mg/kg。

pH为6.5～7.5。

b) 底泥粒度分布（以重量计）：

＜75 μm（2.4 %）、75 μm～150 μm（6.47 %）、150 μm～300 μm（13.03 %）、300 μm～600 μm（19.12 %）、600 μm～4 750 μm（58.98 %）、＞4 750 μm（不计入）。

c) 砂石组分重金属含量：

砂石组分重金属含量满足GB 15618—1995中二级标准，并回填河道，即：Cu＜100 mg/kg，Zn＜300 mg/kg，As＜20 mg/kg，Cd＜0.6 mg/kg，Hg＜1.0 mg/kg。

d) 固化体重金属浸出液浓度：

泥饼固化处理后，浸出液中任何一种重金属含量不超过GB 5085.3—2007中表1中所列的浓度限值，固化体作为一般工业固体废物进行填埋，即：

Cu≤100 mg/L，Zn≤100 mg/L，As≤1 mg/L，Cd≤5 mg/L，Hg≤0.1 mg/L。

e) 废水处理排放：

工程废水经处理后，回用至底泥同步淋洗筛分环节或排放河道。处理后废水中污染物满足DB37/ 676—2007中一级标准（此处仅列举本项目特征污染物浓度），即：

总Cu＜0.5 mg/L，总Zn＜2 mg/L，总As＜0.2 mg/L，总Cd＜0.05 mg/L，总Hg＜0.005 mg/L。

参 考 文 献

[1] GB 5085.3—2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
[2] GB 15618—1995 土壤环境质量标准
[3] GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
[4] CJ/T 340 绿化种植土壤
[5] HJ 662 水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范
[6] DB37/ 676—2007 山东省半岛流域水污染物综合排放标准
[7] DB37/T 4471 底泥重金属污染状况评价技术指南