

### 水体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 in water bodies

(征求意见稿)

本稿完成日期:2021年04月30日

# 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 工程选址及处理场平面布置 .....	2
5 底泥处理 .....	3
6 底泥分类利用处置 .....	5
7 废水处理 .....	5
8 辅助工程 .....	6
9 生产运行管理 .....	6
附录 A（资料性附录） 典型重金属污染底泥异位处理处置工艺路线示例 .....	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。

本文件由山东省生态环境厅提出并监督实施。

本文件起草单位：山东省环境保护科学研究设计院有限公司、山东省环科院环境工程有限公司、中国环境科学研究院、中国科学院烟台海岸带研究所。

# 水体重金属污染底泥异位处理处置技术指南

## 1 范围

本文件提供了清淤后重金属污染底泥异位处理处置工艺设计、工程建设及运行管理的技术指导。

本文件适用于河流、湖泊、水库、坑塘等重金属污染底泥的异位处理处置工程。本文件不适用于经鉴定为危险废物的底泥。

## 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 8978 污水综合排放标准
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则
- GB/T 14684 建设用砂
- GB 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准
- GB/T 17431.1 轻集料及其试验方法 第1部分：轻集料
- GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准
- GB/T 25031 城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质
- GB 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50053 20KV及以下变电所设计规范
- GB 50054 低压配电装置及线路设计规范
- CJ/T 340 绿化种植土壤
- HG/T 20507 自动化仪表选型设计规范
- HG/T 20508 控制室设计规范
- HG/T 20509 仪表供电设计规范
- HG/T 20512 仪表配管配线设计规范
- HG/T 20513 仪表系统接地设计规范
- HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范
- 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

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。

### 3.2

#### 重金属污染底泥 heavy metal contaminated sediment

重金属污染危害超过人体健康或生态环境可接受风险水平的底泥。

### 3.3

#### 底泥异位处理 ex-situ treatment of sediment

将重金属污染底泥通过挖掘或抽吸转运至其他场地后，再进行处理的过程或方式。

### 3.4

#### 重金属赋存形态 occurrence form of heavy metal

重金属在环境中的存在形式、价态、键态、配位位置等物理化学特征。

### 3.5

#### 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组分按粒径进行分离的过程或技术。

### 3.6

#### 底泥淋洗 sediment washing

用清水或化学药剂对底泥进行洗涤，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。

## 4 工程选址及处理场平面布置

### 4.1 工程选址

4.1.1 工程选址应结合工程所在地的区域规划，综合考虑土地性质、地质、地形、地貌、环境、交通、人文情况以及经济等因素来选定。

4.1.2 工程选址宜遵循下列原则：

- a) 宜优先选择可利用的空地或废弃场地；
- b) 宜优先选择运输距离适宜、交通便利的区域；
- c) 宜优先选择地形地质条件良好，便于施工的区域；
- d) 应与敏感保护目标或生态敏感区保持适当距离。

### 4.2 处理场平面布置

4.2.1 处理场应设置围墙或围挡等隔离设施。

- 4.2.2 处理场应根据不同使用功能合理划分功能区，主要为办公区和作业区，办公区宜设置在主导风向的上风向。
- 4.2.3 处理场内道路应根据处理场规模、运输要求、管线布置等要求合理确定，场内道路的设置应满足运输、消防及管线铺设的要求。场区内主要道路的路面宽度应根据工程量核定，一般不宜小于6m，宜设置环形道路。
- 4.2.4 底泥处理场地应进行必要的硬化防渗处理。
- 4.2.5 工程竣工设备拆除后，应对处理场地进行修复，恢复其生态原貌。

## 5 底泥处理

### 5.1 一般规定

- 5.1.1 底泥处理应遵循“减量化、无害化、资源化”的原则。
- 5.1.2 典型的重金属污染底泥处理有预处理、筛分、淋洗、稳定化、脱水及固化等环节，应综合考虑底泥物理特征、污染特性、工程规模以及最终处置途径合理进行处理工艺的选择与设计，示例见附录A。

### 5.2 底泥预处理

- 5.2.1 重金属污染底泥处理时宜设置预处理环节。
- 5.2.2 当底泥中杂物较多时，宜进行垃圾分拣或除铁等预处理，其中：
- a) 底泥中植物残体、废弃塑料制品、玻璃、织物等生活垃圾含量较高时，宜设置垃圾分拣机、格栅等设备；
  - b) 宜设置磁选设备去除底泥中混杂的铁钉、铁丝、铁块等磁性杂物，宜选用电磁除铁器、永磁除铁器等设备。
- 5.2.3 当底泥板结成块时，宜设置破碎装置或水力冲刷装置，提高底泥均匀度。

### 5.3 底泥筛分

- 5.3.1 底泥中砂、石等大粒径组分比例较高时，可选用筛分工艺。
- 5.3.2 底泥筛分通常在流态条件下进行，含水率应满足筛分和提升设备正常运转的要求，通常含水率不低于85%。
- 5.3.3 应根据底泥粒径分布和各粒径组分的重金属含量，并参考GB 14684颗粒级配的要求，合理选择底泥筛分设备种类，合理设置各级筛网孔径尺寸和旋流器分离粒度：
- a) 针对粒径大于4750  $\mu\text{m}$ 的卵石等，可设置粗筛或流筛；
  - b) 针对粒径2360  $\mu\text{m}$ ~4750  $\mu\text{m}$ 的粗砂粒，可设置滚动筛；
  - c) 针对粒径300  $\mu\text{m}$ ~2360  $\mu\text{m}$ 的中砂粒，可设置振动筛。振动筛按组合型式可选用单筛、双联筛和多联筛，按筛网的布置型式可选用单层筛、双层筛和叠层筛；
  - d) 针对粒径38  $\mu\text{m}$ ~300  $\mu\text{m}$ 的细砂粒，可设置振动筛、旋流器及组合设备。
- 5.3.4 应根据底泥筛分处理量和处置目标要求，合理选择各级筛分设备的型号和数量。

### 5.4 底泥淋洗

- 5.4.1 底泥中重金属赋存形态以不稳定态为主时，可选用淋洗工艺。
- 5.4.2 应根据重金属种类、含量及其赋存形态等，通过试验，合理选择淋洗剂种类，确定淋洗的液固比、淋洗时间、淋洗次数和设备选型等。
- 5.4.3 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。

5.4.4 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。

5.4.5 底泥淋洗可选用洗脱搅拌罐、滚筒清洗机等设备。

## 5.5 底泥稳定化

5.5.1 底泥重金属浸出浓度高于处置途径要求时，宜进行稳定化处理，将易迁移、易浸出的不稳定态重金属转化为稳定态重金属。

5.5.2 应根据重金属种类及其赋存形态等，通过试验，合理选择稳定剂种类，确定稳定剂投加量、投加方式、反应时间和设备选型等。

5.5.3 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。

5.5.4 底泥稳定化处理可选用混合搅拌装置等设备。

## 5.6 底泥脱水

5.6.1 底泥含水率不满足处置途径要求时，应进行底泥脱水。

5.6.2 底泥脱水前宜进行有效调理，以降低比阻，提高脱水效率。底泥调理剂可选用无机金属盐类药物、有机高分子类药物、底泥改性剂等。

5.6.3 宜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，合理选择底泥脱水方法，其中：

a) 自然干化：应具备良好的气候条件和充足的场地面积，其设计、建设宜参考GB 50014的相关要求；

b) 土工管袋：应具备充足的场地面积，并做好防渗处理；

c) 机械脱水：应具备良好的供电供水条件，且底泥砂石含量不宜过高。机械脱水可选用离心脱水机、带式脱水机、板框压滤脱水机、螺旋压滤机等。

## 5.7 底泥固化

5.7.1 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。

5.7.2 根据重金属种类及其赋存形态等，通过试验，合理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、养护时间和设备选型等。

5.7.3 固化剂可选用水泥类、石灰类、沥青类、玻璃类等，并可混合使用添加剂来提高固化效果，添加剂可选用磷酸盐、硫化物等。

5.7.4 底泥与固化剂（添加剂）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，养护期内固化体应避免扰动、碾压、浸泡。

## 5.8 底泥贮存及转运

5.8.1 底泥贮存堆场或贮存池应做好防渗、防溢流措施。

5.8.2 底泥在处理场内各设备之间的转运途径应根据不同工艺进行设计，通常泥浆宜通过泵管输送，非流态的泥沙宜通过铲车、皮带输送机、螺旋输送机等进行转运。

5.8.3 应对贮存堆场内底泥采取覆盖等降尘措施，散落路面的底泥应及时清理，处理场出口设置车辆清洗设施。

5.8.4 应对暂时贮存的底泥采取棚遮和覆盖等防雨措施，避免雨水冲刷。

5.8.5 底泥经处理后应及时清运、处置，车辆运输应尽量避免避开交通高峰期。

## 6 底泥分类利用处置

底泥处理过程中产生的泥组分、砂组分、固化体以及垃圾等，宜优先选择相应的资源化利用处置途径。

### 6.1 泥处置

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

6.1.1 用于园林绿化、土地改良时，泥质应满足 CJ/T 340 的要求。

6.1.2 利用底泥生产水泥、砖瓦、轻骨料等产品应满足 HJ 1091 的要求：

a) 用于生产水泥时，泥质应满足 GB 30760 的要求；

b) 用于生产砖瓦时，泥质应满足 GB/T 25031 的要求；

c) 用于生产轻骨料、集料时，泥质应满足 GB/T 17431.1 的要求。

6.1.3 泥组分无法实现资源化利用时，应进行卫生填埋，填埋入一般工业固体废物填埋场时应满足 GB 18599 的要求。

### 6.2 砂处置

底泥处理过程中分离出的砂组分宜优先用作建筑材料、建设用地用土或回填河道等。

6.2.1 细度模数符合建造要求的砂，或不同粒径的砂进行合理级配后得到所需细度模数的混合砂，可用作混凝土骨料、普通砂浆用砂、制砖用砂等。砂的质量和级配方法要求应符合 GB/T 14684 的规定，重金属指标参考 GB 30760 的要求。

6.2.2 砂组分用于建设用地用土或回填河道时，其污染物指标应符合 GB 36600 中的相应要求。

6.2.3 砂组分无法实现资源化利用时，应进行卫生填埋，填埋入一般工业固体废物填埋场时应满足 GB 18599 的要求。

### 6.3 固化体处置

6.3.1 底泥固化产生的固化体宜用作建筑材料，其重金属含量和浸出浓度应满足 GB 30760 的要求。

6.3.2 固化体无法实现资源化利用时，应进行卫生填埋，填埋入一般工业固体废物填埋场时应满足 GB 18599 的要求。

### 6.4 垃圾处置

6.4.1 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进行处置。

6.4.2 卵石、砖块、混凝土块等建筑垃圾的处置应符合当地建筑垃圾管理规定或建设部《城市建筑垃圾管理规定》，可采用以下方式进行利用处置：

a) 宜进行破碎、分选，再深加工成再生骨料、砌块、墙板、地砖等；

b) 经当地主管部门核准后，可用作一般场地、道路、绿地等基础回填材料；

c) 无可资源化利用途径时，宜运送至一般固体废物填埋场进行安全填埋，并应满足 GB 18599 的要求。

## 7 废水处理

7.1 底泥脱水滤液、车辆冲洗废水等经过处理后宜进行工程回用或达标排放，废水排入功能水体时，应满足国家和地方污染物排放相关标准要求。



- 7.2 增效淋洗废水宜经过处理去除水中重金属并调节 pH 后，再进行淋洗回用。
- 7.3 废水处理可选用重金属捕集法、絮凝沉淀法等方法。
- 7.4 废水处理产生的污泥脱水后，宜运送至一般固体废弃物填埋场处置。

## 8 辅助工程

### 8.1 电气与自控

- 8.1.1 处理场内供配电设施应符合 GB 50052、GB 50053、GB 50054 等相关要求。
- 8.1.2 处理场内自控仪表设施应符合 HG/T 20507、HG/T 20508、HG/T 20509、HG/T 20512、HG/T 20513 等相关要求。

### 8.2 消防与安全

- 8.2.1 处理场内消防设施应符合国家现行的防火规范要求。
- 8.2.2 处理场内消防器材的设置应符合 GB 50016 相关要求。
- 8.2.3 处理场内道路布置考虑消防车辆出入方便，各建、构筑物之间距离严格按规范要求进行布置，确保防火间距。
- 8.2.4 应高度重视劳动安全和职业卫生，根据 GB/T 12801 的有关规定采取相应的措施，消除事故隐患，防治事故发生。
- 8.2.5 项目场地内噪声应满足的 GB 12523 相关要求。

## 9 生产运行管理

### 9.1 运行管理

- 9.1.1 应制定底泥处理设施运行及维护的规章制度，主要设备的运行、维护和操作规程。设备的运行和维护应符合设备说明书和相关技术规范的规定。
- 9.1.2 应制定健全的技术操作规程、安全操作规程及岗位责任等制度。
- 9.1.3 生产运行管理、操作和维护人员应掌握处理工艺和设施、设备的运行、维护要求及技术指标。
- 9.1.4 能源和材料的消耗应准确计量，并做好各项生产指标的统计，进行成本核算。
- 9.1.5 应对接收底泥和处置底泥进行有效计量，并填写运行记录。

### 9.2 设施运行

- 9.2.1 筛分设备运行前应检查筛网有无松动，筛网是否完好。发现筛面结块、跑浆应停止给料，及时清除结块、清除堵塞后方可继续运行。
- 9.2.2 应定期采集检测淋洗设备出料的污染物含量，据此调整进料量、淋洗剂用量、淋洗时间等参数。
- 9.2.3 应定期采集检测脱水滤液的含固率和出料的含水率，据此调整脱水调理剂投加量、进料量。
- 9.2.4 脱水机带负荷运行前，应空载运转数分钟，脱水工作完成后，设备应冲洗干净。
- 9.2.5 应按期对各类设备、管道进行检修，杜绝跑、冒、滴、漏现象。
- 9.2.6 土工管袋在充灌过程中，应有专人监督，防止过度充填爆裂。
- 9.2.7 应根据底泥重金属含量、浸出毒性、机械强度等底泥处置控制指标及时调整稳定剂、固化剂用量。

### 9.3 运行控制

9.3.1 建设单位应委托有资质单位进行工程监测，形成检测报告，并存档备案，检测内容包括：

a) 各处理环节（含机械脱水）出料口处的底泥：应检测其重金属含量和重金属浸出浓度，检测频次宜为1次/班次，干化场和土工管袋的干化底泥检测频次宜为1次/脱水周期；

b) 固化体：应检测其无侧限抗压强度、渗透系数和重金属的浸出浓度，检测频次宜为1次/批；

c) 外排废水：应根据其排放标准要求进行检测，检测频次宜为1次/天；

d) 采样点设置和采样方法可参考HJ/T 20。

9.3.2 工程生产运行过程中，施工单位应加强工程质量自检，形成自检报告，并存档备案。

a) 定期检测内容同9.3.1；

b) 宜使用X射线荧光光谱分析仪(XRF)、粒度分析仪等快速检测仪不定时抽测各处理环节出料口处的底泥的重金属含量以及筛分后底泥的粒径分布；

c) 场区内宜设置空气质量和噪声的实时监测设备。

#### 9.4 安全生产

9.4.1 操作人员在现场开、停设备时，应按操作规程进行，设备工况稳定后，方可离开。

9.4.2 各类设备维修前应断电，并应在开关处悬挂维修和禁止合闸的标识牌，经检查确认无安全隐患后方可操作。

9.4.3 冬季应对外露的管道、闸阀、设备等采取防冻措施。

9.4.4 应确保护栏及扶梯牢固可靠，设施护栏不得低于 1.2m。

9.4.5 运行维护人员应按要求巡视检查设施、设备的运行情况并做好记录。

9.4.6 应对工程运行中可能发生的有关环境污染事故和安全事故制定应急预案，明确相关的风险防范措施，并组织施工人员进行应对风险发生的培训和演练。

**附 录 A**  
**(资料性附录)**  
**典型重金属污染底泥异位处理处置工艺路线示例**

本附录给出典型重金属污染底泥异位处理处置工艺路线示例的目的,在于帮助标准使用者理解本文件第5章和第6章的相关规定,示例的技术内容不保证是最佳的和准确的。

#### A.1 示例 1

某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砾组分。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。

其中:(1)预处理环节选用滚筒洗石机,实现石块等杂物的筛除;(2)同步淋洗筛分环节选用多级筛分装置,实现底泥上赋存的重金属的清洗,以及清洁砂组分与污染泥组分的分离;(3)脱水处理环节选用离心脱水机,实现底泥含水率和体积的降低;(4)泥组分固化处理选用水泥石灰组合固化剂和混合搅拌装置,搅拌、养护、检测达标后,运送至一般工业固体废弃物填埋场进行安全填埋;(5)砂组分经检测合格后一部分回填原河道,一部分用作烧砖的原材料,作建材利用。(6)淋洗废水处理采用铁盐+碱沉淀的方法去除水中重金属,加酸回调后回用。

#### A.2 示例 2

某湖泊底泥中掺杂较多塑料袋、渔网、玻璃瓶等垃圾,底泥中重金属多以不稳定态存在。该湖泊底泥清淤后选择“预处理—化学增效淋洗—脱水处理—无害化处置”的工艺路线。

其中:(1)预处理环节选用粗细格栅,实现垃圾组分的清除;(2)化学增效淋洗环节选用洗脱搅拌罐,实现底泥上重金属的洗脱和淋洗液的收集回用;(3)脱水处理环节选用带式脱水机,实现底泥含水率和体积的降低;(4)通过处理后的底泥经检测合格后,用作陶粒烧制的原材料,作建材利用。(5)淋洗液处理采用重金属补集剂去除重金属,并回用。

---