

团 体 标 准

T/ACEF ×××—××××

锑矿区污染土壤梯度阻隔拦截技术指南

Technical guidelines for gradient barrier and interception of contaminated soil in
antimony mining area

(征求意见稿)

××××-×-×发布

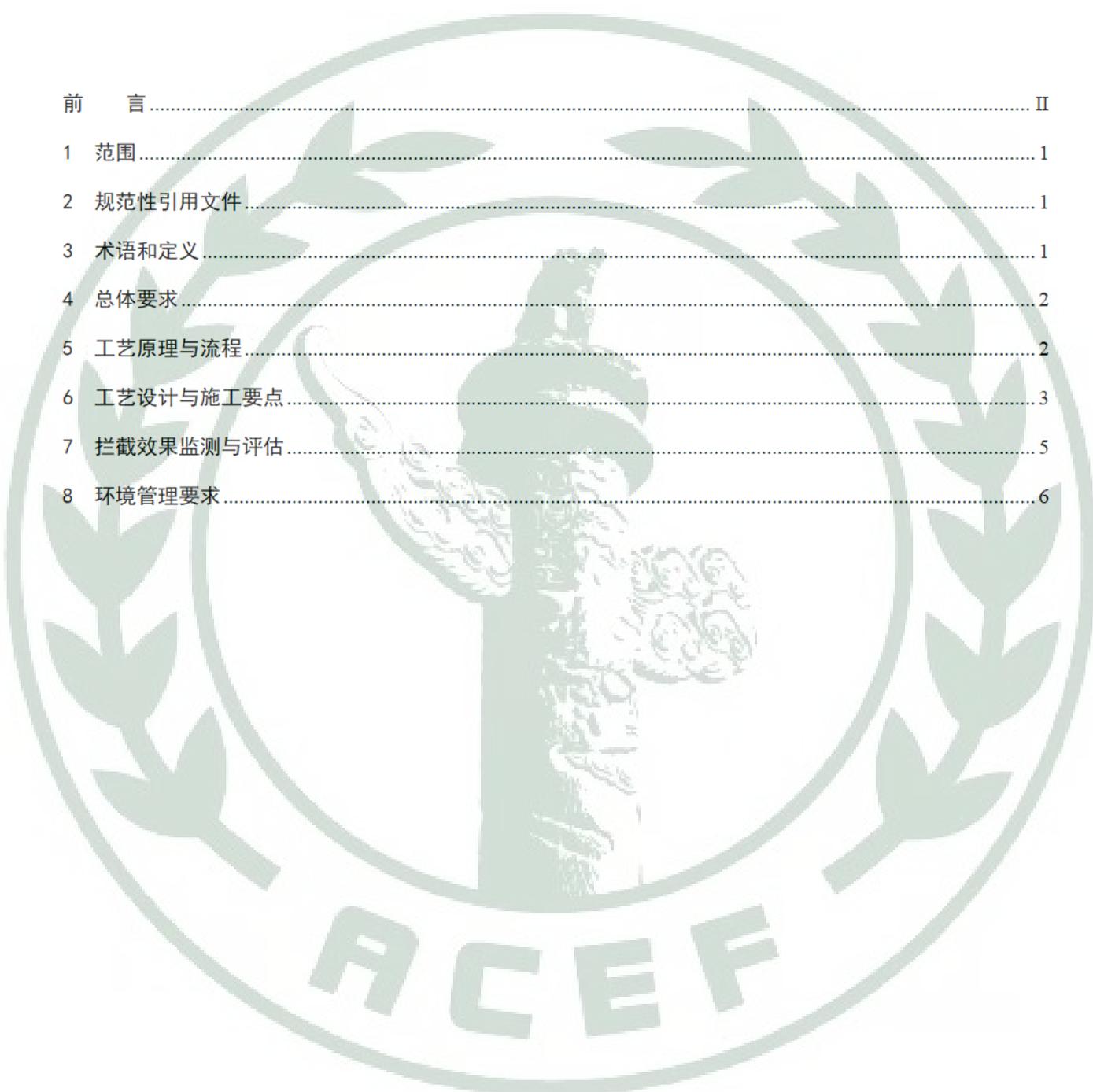
××××-×-×实施

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
4 总体要求	2
5 工艺原理与流程	2
6 工艺设计与施工要点	3
7 拦截效果监测与评估	5
8 环境管理要求	6



ACEF

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。

本文件由有研资源环境技术研究院（北京）有限公司提出。

本文件由中华环保联合会归口。



锑矿区污染土壤梯度阻隔拦截技术指南

1 范围

本文件规定了锑矿采、选、冶矿区及其周边污染土壤的阻隔拦截技术总体要求、工艺原理与流程、工艺设计与施工要点、拦截效果监测与评估、环境管理等技术内容。

本文件适用于锑矿采、选、冶矿区及其周边土壤中锑、锑砷及锑与其他重金属复合污染的阻隔拦截。

2 规范性引用文件

下列文件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 36600	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准
GB/T 32326	工业固体废物综合利用技术评价导则
HJ 25.2	建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则
HJ 25.5	污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则
HJ/T 415	环保用微生物菌剂环境安全评价导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

梯度阻隔拦截 gradient barrier and interception

根据污染物迁移的主要路径，针对性选择阻隔材料从纵、横向逐级降低污染物浓度，从而达到污染梯度阻隔拦截。

3.2

纵向迁移阻隔 longitudinal migration barrier

选用多种具有阻隔污染物功能的阻隔材料协同使用，构建水平柔性阻隔层，阻隔污染物的纵向迁移。

3.3

横向迁移阻隔 lateral migration barrier

利用具有一定强度和阻隔功能的材料如泥浆墙、灌浆墙、板桩墙、HDPE膜等，自地面至工程要求的阻隔深度构建立面垂直阻隔层，阻隔污染物的横向迁移。

4 总体要求

4.1 镉矿区污染防治遵循科学性、经济性和长效性原则。

4.2 宜结合污染地块情况开展风险管控，土壤中污染物水平不再增长时，可清运堆积矿渣，控制环境风险。

4.3 应针对地块的特征和潜在污染物特性，适度开展污染土壤状况调查，评估污染物潜在暴露途径与风险水平。

4.4 应结合污染物阻隔要求，确定阻隔范围和应达到的相关评估指标，筛选适宜的阻隔技术并制定技术实施方案。

4.5 镉矿区污染土壤在贮存、预处理、利用、清运、回填等过程中应满足生态环境保护的相关要求。包括但不限于对涉及国家安全生产、职业健康、交通运输、消防安全等另行法规及标准规定的，适用其规定。

5 工艺原理与流程

5.1 阻隔原理

5.1.1 镉矿区污染土壤梯度阻隔拦截材料包括但不限于：

——微生物：可通过氧化还原反应固化或吸附镉砷等重金属污染物以降低其毒性；

——矿物基阻隔材料：可通过表面络合、吸附、离子交换、氧化还原等方式固定镉砷等重金属污染物；

——固废基胶凝材料：可通过在胶凝体系中生成含 C-S-H 凝胶和复盐，实现镉砷等重金属污染物的固化。

5.1.2 根据镉矿区污染物主要迁移途径的不同，选择不同组合的阻隔材料，并宜符合以下规定：

——土壤特性、地质条件等导致污染物以纵向迁移为主的区域，宜利用微生物和矿物基阻隔材料实现污染物纵向浓度梯度削减的阻隔；

——地表径流量大、地下水系丰富、地质条件复杂等易导致污染物横向迁移，宜在纵向浓度梯度阻隔的基础上，引入固废基胶凝材料，实现污染物横向浓度梯度削减的阻隔。

5.2 工艺流程

镉矿区污染土壤梯度阻隔拦截技术的工艺流程见图 1。可分为三部分：

——引入微生物和/或矿物基阻隔材料实现污染物纵向迁移阻隔；优先选用低成本的微生物材料，当微生物阻隔效果不足以达到阻隔指标时，协同一种或多种矿物基阻隔材料以提高污染物阻隔率；

——引入固废基胶凝材料实现污染物横向迁移阻隔；

——拦截效果监测与评估。

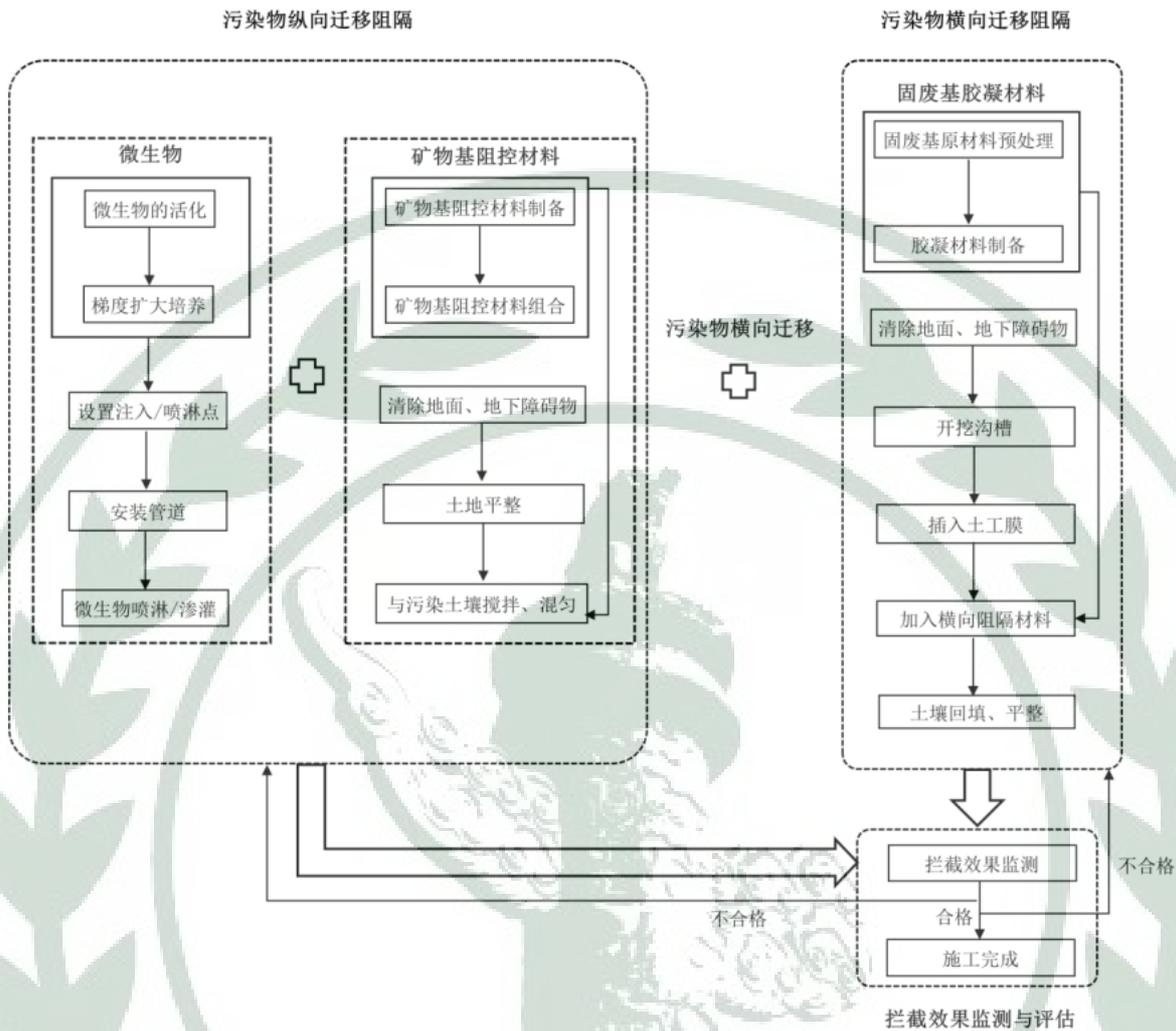


图 1 铅矿区污染土壤梯度阻隔拦截技术工艺流程图

6 工艺设计与施工要点

6.1 一般规定

6.1.1 阻隔区域范围的划定宜涵盖土壤污染需阻隔的区域，实施阻隔措施可降低污染物对周边环境影响。

6.1.2 宜综合考虑阻隔层的渗透性能、土壤性质、施工费用、治理手段的可操作性等因素，且确保阻隔材料与环境具有良好的相容性，不引起环境二次污染风险。

6.1.3 宜结合施工环境及地理条件，提高横向迁移阻隔层强度，减轻地基不均匀沉降或土壤形变压力对横向迁移阻隔层的破坏。

6.2 铅砷复合污染阻隔材料的选择与工艺设计

6.2.1 微生物阻隔材料的选择应考虑以下因素：

a) 微生物宜选用具有阻隔铅、砷迁移功能的菌剂。根据土壤中铅的价态及污染深度分布，选用铅氧化功能菌（如假单胞菌属、丛毛单胞菌属、不动杆菌属等）或铅还原功能菌（如硫酸盐还原菌等）。砷固

定功能微生物宜选用砷氧化功能菌（如无色杆菌属、土壤杆菌属、产碱菌属等）；

- b) 微生物宜同时满足耐受锑砷，菌群可共存生长；
- c) 当选用锑还原功能菌时，宜结合矿物基阻控材料固定砷；
- d) 微生物的安全性应符合 HJ/T 415 对生物安全的要求。

6.2.2 矿物基阻隔材料的选择应考虑以下因素：

- a) 适用于锑污染的矿物基阻控材料应考虑经济性、易获取性及环境安全性，包括但不限于：蒙脱石、沸石等天然或改性矿物材料及粉煤灰（去活性）等固体废弃物；适用于砷固定化的矿物基阻控材料包括但不限于：矿物基的铁、锰基改性材料以及其他含铁、锰矿物材料。材料间应无相互排异作用；
- b) 矿物基阻控材料应对微生物的生长无毒害作用；
- c) 应重点考察的施工工艺参数为材料配比、组合施加方式、施加周期等。

6.2.3 固废基胶凝材料的原材料选择应考虑以下因素：

- a) 因地制宜选取胶凝材料原料，主要考虑经济性、易获取性及环境安全性因素；
- b) 选用的胶凝材料原料应符合 GB/T 32326 的要求，且不引入二次污染；
- c) 原料宜满足充分利用多种固废的协同效应，促进生成具有一定结构强度及锑砷固定能力的胶凝物质，优先考虑引入锑尾矿渣、锑冶炼渣为胶凝材料组分，实现锑砷污染物阻隔，选用其他原材料还包括但不限于：粉煤灰、钢渣、水淬高炉渣、脱硫石膏等。

6.2.4 锑砷复合污染纵向迁移梯度阻隔工艺设计应考虑以下因素：

- a) 当阻隔锑、砷迁移功能微生物联合使用时，需根据微生物好氧、厌氧的生长特性确定微生物喷淋、渗灌的施加方式和施加深度；
- b) 当微生物与矿物基材料联合使用时考虑优先施加矿物材料，缓冲土壤锑、砷污染物对微生物的毒性；
- c) 纵向迁移阻隔层铺设深度的确定应考虑工程地质与水文地质条件、污染特征、风险管控要求等因素；
- d) 纵向迁移阻隔层中微生物菌液的最大下渗深度宜大于污染深度。菌液的添加应能防止污染物继续向下迁移；
- e) 纵向迁移阻隔层铺设矿物基阻控材料的数量、种类、厚度以及微生物矿化菌剂的喷洒量以阻隔层能完全抑制污染物的纵向迁移为准；
- f) 为了保证微生物的正常下渗，加入矿物基阻控材料后阻隔层土壤的渗透系数宜高于 1.0×10^{-6} cm/s。

6.2.5 锑砷复合污染横向迁移梯度阻隔工艺设计应考虑以下因素：

- a) 宜根据土壤环境污染状况、铺设材料的类型、成本等因素综合设计横向迁移阻隔层的厚度，结合土壤工程地质与水文地质条件、污染特征、风险管控要求等因素综合调整横向迁移阻隔层的深度，横向迁移阻隔层的深度需大于污染深度；
- b) 横向迁移阻隔层渗透系数宜小于 1.0×10^{-6} cm/s；
- c) 阻隔层材料强度至少满足邻近建（构）筑物和地下管线地质形变的控制要求；
- d) 现场浇筑阻隔层材料时，入孔坍落度宜取为 150 mm~200 mm，扩展度宜为 340 mm~400 mm，且初凝时间不应小于 6 h，终凝时间不应大于 24 h；

e) 宜采用合理措施避开或绕过施工中无法清除的下底障碍物，确保阻隔层的连续性和完整性。

6.3 镉及其他重金属复合污染阻隔材料的选择与工艺设计

6.3.1 微生物阻隔材料的选择应考虑以下因素：

a) 镉固定化功能菌剂宜优先选用具有镉还原功能的菌剂；

b) 镉固定化功能菌的选择宜避免对土壤中其他重金属的影响（如迁移性增强）；

c) 其他重金属污染阻隔宜选用对重金属有固化作用的非氧化类微生物，且宜与镉固定化功能菌剂共存，如硫酸盐还原菌、芽孢杆菌等。

6.3.2 镉及其他重金属复合污染固定化功能菌协同的矿物基阻隔材料包括但不限于，蒙脱石、埃洛石、沸石及其非氧化类改性材料。

6.3.3 镉及其他重金属复合污染梯度阻隔拦截工艺设计参照镉砷复合污染梯度阻隔拦截相关要求。

6.4 梯度阻隔拦截技术实施要点

6.4.1 纵向迁移梯度阻隔拦截的实施要点如下：

a) 菌液的注入方式包括表面喷淋法和深层渗管法，应依据对土壤不同深度渗透系数检测结果，选择较为适宜的方法；

b) 喷头或渗管及配套设施的布设应依据注入方式、喷淋面积、作业周期和喷淋半径等要求，菌液喷头或渗管垂直于地面且管道高度宜高出地面 0.1~0.2 m；

c) 宜就近设置菌液培养装置，将菌种连续梯度扩大培养，菌液体积达到喷淋需求量；

d) 整地并开挖至修复设计深度，污染土壤横断面宜尽量平整；

e) 破碎筛分污染土壤至作用要求颗粒度，与矿物基阻隔材料按比例混匀，分层回填；

f) 定期喷洒或注入微生物菌液，并宜依据阻隔效果，调整菌剂的添加周期和施加量；

g) 应妥善处理施工完成后的污染土壤及回填料，避免导致二次环境污染。

6.4.2 横向迁移梯度阻隔拦截的实施要点如下：

a) 宜采用开挖—回填法构筑横向迁移阻隔层，沿平面布置的线路方向安装导墙；

b) 应利用开槽设备开挖沟槽至设计深度；

c) 浇筑固废基胶凝材料料浆，且应等待胶凝材料完全凝固。

7 拦截效果监测与评估

7.1 拦截效果监测宜采集土壤、土壤渗滤液、地表水、地下水等样品，采样点布点数量和位置应符合 HJ25.2 及 HJ25.5 的规定，且采样点的位置和深度覆盖整个阻隔范围及其边界。

7.2 地下水监测井设置应满足监测拦截效果目的，还应考虑地块规划用途及用地红线范围。

7.3 阻隔期间的取样周期宜满足及时反应阻隔效果便于调整阻隔材料用量的要求和时限，阻隔拦截效果满足地块阻隔要求后视为阻隔工程结束。阻隔工程完成后 0-6 个月采样监测周期宜 1 个月 1 次，完成 6-12 个月后 1 季度 1 次，完成 1 年后视为进入长期监测期，长期监测宜 1-2 年 1 次。阻隔前污染程度严重区域、表层土壤扰动较大的区域、阻隔边界区域作为重点监测区域，宜 1 年 1-2 次。

7.4 通过对拦截效果监测结果的分析，评估镉矿区阻隔后的污染物水平现状，且宜与预先设置的参数指标（如浸出毒性等）比较。未达要求的，应采用局部重点加强的方式继续阻隔，直至全部地块达到预先

T/ACEF ×××—××××
设置。

8 环境管理要求

8.1 环境监测

8.1.1 环境监测的对象宜包括但不限于：土壤、地下水及地表水等。阻隔区域外存在潜在污染隐患的区域或设施周边的土壤、地下水也应列入环境监测重点对象。

8.1.2 气象环境条件（降雨、冻融、侵蚀等）变化及可能人为因素，所产生的阻隔层开裂等是判定阻隔层完整性的重点监测内容。

8.1.3 环境监测采样的深度不应低于阻隔深度；检测项目宜根据土壤污染状况调查、拦截效果等确定，包括但不限于：水、土的 pH、电导率等基本理化性质指标、镭、砷及其他重金属等土壤目标污染物浓度等。

8.2 环境管理

8.2.1 施工现场应加强环境管理，施工过程中产生的污水、扬尘、生活垃圾、施工固废等需做好管理与处置工作。

8.2.2 需建立铈矿区污染环境管理监测台账。

8.2.3 定期/不定期开展铈矿区土壤和地下水监测，并协助相关行政管理机构，按照规定公开环境污染治理的相关信息。