

广西工业企业重金属污染地块修复技术规范

ICS 13.020.01
Z 05

DB45

广西壮族自治区地方标准

DB 45/T 2144—2020

工业企业重金属污染地块修复技术规范

Specification for heavy-metal contaminated sites of industrial
enterprise

2020-10-12 发布

2020-11-20 实施

广西壮族自治区市场监督管理局

发布

搜狐号@郑州德森环境

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。

本文件由南宁市市场监督管理局提出并宣贯。

本文件起草单位：广西大学、广西博世科环保科技股份有限公司、广西博环环境咨询服务有限公司、广西壮族自治区标准技术研究院。

本文件主要起草人：朱红祥、谢湑、宋海农、张超兰、杨崎峰、周永信、谢鸿、廖长君、熊建华、冯霞、曹斐妹、梁家宇、苏建、黎秋君、莫佳琳、邓杰、詹馥蔓、杜万传、李伯骥、苏莹、杨燕媛、王全永、欧燕芳。

工业企业重金属污染地块修复技术规范

1 范围

本文件规定了重金属污染地块修复的术语和定义、风险管控和治理修复技术选择、修复技术、修复效果评估。

本文件适用于广西境内重金属污染地块修复。

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
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB/T 21010 土地利用现状分类
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 50137 城市用地分类与规划建设用地标准
- HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则
- HJ 25.5 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）
- HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法
- HJ 682 建设用地土壤污染风险管控和修复术语

3 术语和定义

HJ 682界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重金属污染地块 heavy metal contaminated site

从事过涉重行业生产经营活动，并按照相关国家标准导则等确认土壤重金属超过有关土壤环境标准的地块。

3.2

高浸出风险重金属污染土壤 high risk for concentrated leachate from heavy metal contaminated soil

按照HJ 557试验方法，重金属浸出浓度大于GB 8978最高允许排放浓度的污染土壤。

3.3

柔性填埋场 flexible landfill

采用天然材料（如天然粘土）、人工合成材料（如高密度聚乙烯）等柔性材料作为防渗层的填埋场。

3.4

刚性填埋场 concrete landfill

填埋处置设施是采用钢筋混凝土结构构筑基础与外壳的填埋场。

4 风险管控及治理修复技术选择

4.1 风险管控措施

通过切断污染物迁移或暴露途径等工程技术措施降低污染物风险，如固化/稳定化技术、阻隔填埋技术、原位水平阻隔技术等。包括原位和异位处置方式。

4.2 修复技术选择

重金属污染地块修复模式应根据地块用地规划类型并结合地块土壤污染程度、后期开发方式等情况，参考表1进行选择。

表1 修复技术选择

地块用地规划类型		修复技术
农用地	GB/T 21010规定的01耕地、02园地、03林地、04草地	固化/稳定化、阻隔填埋、原位水平阻隔、异位热脱附、异位化学还原、异位土壤淋洗、原位微生物修复
建设用地	第一类用地 GB 50137规定的城市建设用地中居住用地（R）、公共管理与公共服务用地中的中小学用地（A33）、医疗卫生用地（A5）、社会福利设施用地（A6）、公园绿地（G1）中的社区公园或儿童公园用地等。	
	第二类用地 GB 50137规定的工业用地（M）、物流仓储用地（W）、商业服务业设施用地（B）、道路与交通设施用地（S）、公用设施用地（U）、公共管理与公共服务用地（A）（A33、A5、A6 除外）、绿地与广场用地（G）（G1中的社区公园或儿童公园用地除外）等。	固化/稳定化、阻隔填埋、原位水平阻隔
未利用地		
注：原则上不推荐将工业企业重金属污染地块修复为耕地。		

4.2.1 技术筛选原则

在技术可行、时间充足、经济允许等条件下，筛选可以降低污染物迁移性和切断暴露途径的风险管控技术和降低污染物毒性和含量的成熟的治理修复技术。筛选原则如下：

- 修复技术的筛查与选择应优先考虑充分保护人体健康和生态环境，优先选择环境友好的技术；
- 在技术上，技术筛查与选择应结合场地再开发利用规划和开发方式，选择可以达到目标的最简化的途径或方法，而不单纯追求技术的先进性；
- 在经济上，技术筛查与选择兼顾当前修复费用的实际承受能力和未来经济的发展，使得不仅在当前，而且从较长远来看，技术的选择都是合适的；
- 在可行性上，技术的筛查与选择从整体现状出发，充分考虑现有污染物处置设施的水平以及修复过程造成的影响在公众可接受范围内。

4.2.2 技术选择方法

适用于重金属污染地块的风险管控与治理修复技术各项指标的定性评价结果见表2，技术筛选指标及评价指标见表3。

表2 重金属污染地块的风险管控与治理修复技术各项指标的定性评价

技术类别	固化/稳定化技术	阻隔填埋技术	原位水平阻隔技术	异位热脱附技术	异位化学还原技术	异位土壤淋洗技术	原位微生物修复技术
成熟性	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
可操作性	★	▲	▲	▲	★	●	★
适用土壤渗透性	★	●	▲	●	★	●	●
处理效率	▲	▲	★	▲	★	★	★
修复时间	▲	●	●	★	★	▲	●
二次污染	▲	▲	▲	●	●	●	▲

注：“▲”表示“好”、“★”表示“中”、“●”表示“差”。

表3 重金属污染地块土壤风险管控与治理修复技术筛选指标及评价指标

项目	▲好	★中	●差
成熟性	已成功应用且资料齐全	已有应用但需要改进	处于实验研究阶段
可操作性	掌握相关原理及技术参数	技术参数需要调整	技术参数需要较大改进
适用土壤渗透性	渗透性差	渗透性一般	渗透性良好
污染物去除率或无害化率	>90%	70%~90%	<70%
时间	原位	<1年	1~3年
	异位	<6个月	6个月~12个月
二次污染	小	中等	大

4.3 常用技术组合

常用且有代表性的修复组合技术和适用范围：

- 固化/稳定化+阻隔填埋适用于单一及多种重金属复合污染土壤风险管控；
- 化学还原+固化/稳定化适用于六价铬等污染土壤修复及风险管控；
- 异位土壤淋洗+固化/稳定化适用于含六价铬等多种重金属复合污染土壤修复及风险管控；
- 热脱附+固化/稳定化适用于含汞等多种重金属复合污染土壤修复及风险管控；
- 原位水平阻隔+原位微生物修复适用于后期暂不开发的污染地块重金属污染土壤或后期开发地块的深层重金属污染土壤修复及风险管控。

5 修复技术

5.1 固化/稳定化技术

5.1.1 适用范围

异位固化/稳定化技术适用于不同类型污染地块污染土壤修复，特别适用于污染深度较浅或不宜深度开挖的小型污染地块污染土壤修复；原位固化/稳定化技术适用于深层或大面积污染地块污染土壤修复。

5.1.2 技术原理

通过添加固化剂或稳定剂，将污染土壤固封为结构完整的具有低渗透系数的固化体，或将污染物转化成化学性质不活泼形态。

5.1.3 技术特点

技术特点如下：

- 可处理单一和多种重金属复合污染土壤，修复效率高，适用的 pH 值范围广；
- 固化/稳定化产物具有良好稳定性，且毒性降低，有利于后续处理；
- 操作工艺简单，成本较低；
- 可原位或异位处理，并已有处理设备；
- 不易造成二次污染。

5.1.4 技术路线

按处置位置的不同，分为原位和异位固化/稳定化技术。污染土壤原位固化/稳定化技术路线见图1，污染土壤异位固化/稳定化技术路线见图2。常用修复药剂见附录A。

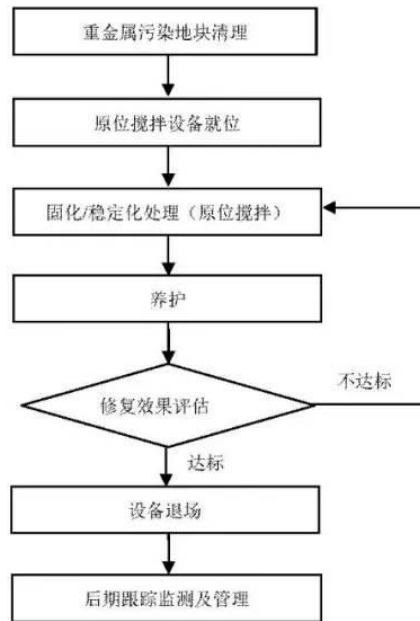


图1 重金属污染土壤原位固化/稳定化技术路线图

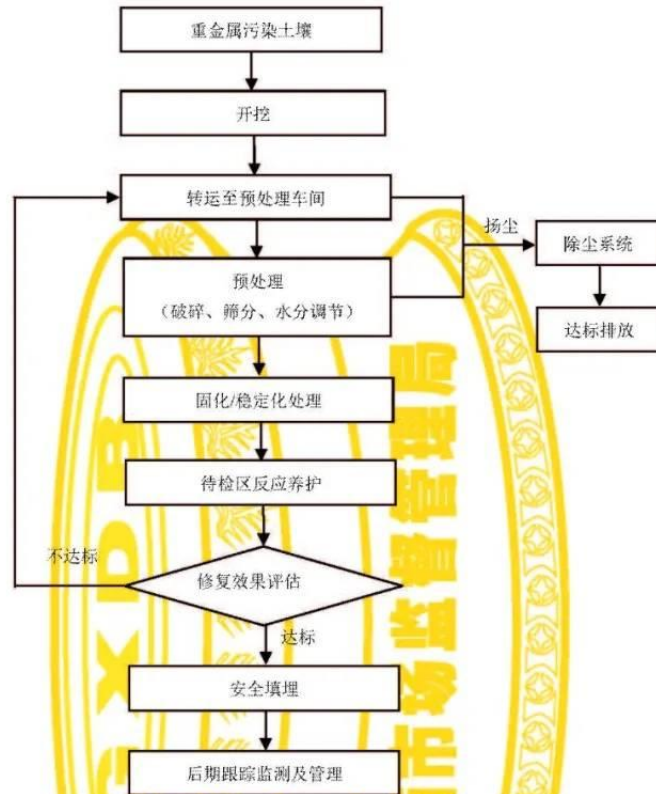


图2 重金属污染土壤异位固化/稳定化修复技术路线图

5.2 阻隔填埋技术

5.2.1 适用范围

柔性阻隔填埋技术适用于低含水率的重金属污染土壤填埋，不适用于喀斯特连片分布区域；刚性阻隔填埋技术适用于高浸出风险污染土壤处置，如历史遗留砷霜厂污染地块的处置。

5.2.2 技术原理

将污染土壤或经过处理后的土壤置于柔性或刚性阻隔填埋场内，阻断土壤中污染物迁移扩散的途径，使污染介质与周围环境隔离。

5.2.3 技术特点

技术特点如下：

- 技术成熟可靠，常与固化/稳定化技术联合使用；
- 处置周期短，清挖或处理后的污染土壤只需运输到填埋区域进行填埋处置；

- 处置及运行成本低；
- 适用性高，对土壤的质地、污染物种类及浓度等要求较低。

5.2.4 技术路线

根据阻隔材料不同，阻隔填埋技术可分为柔性阻隔填埋技术和刚性阻隔填埋技术。污染土壤柔性阻隔填埋技术路线见图3，污染土壤刚性填埋技术路线见图4。

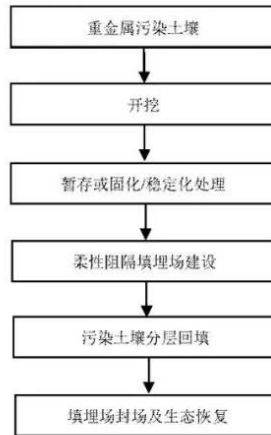


图3 重金属污染土壤柔性阻隔填埋技术路线图

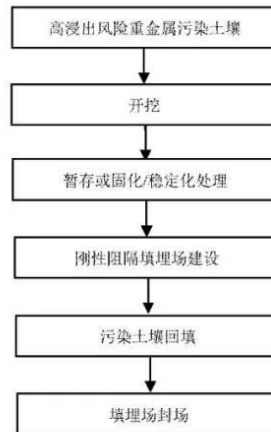


图4 高浸出风险重金属污染土壤刚性填埋技术路线图

5.3 原位水平阻隔技术

5.3.1 适用范围

原位水平阻隔技术适用于受地下水干扰较少、暂不开发的地块。

5.3.2 技术原理

在整平压实的污染地块区域上方水平敷设阻隔层（HDPE土工膜、黏土等），构建水平阻隔屏障，使污染土壤有效控制在安全屏障范围内。

5.3.3 技术特点

技术特点如下：

- 处置成本低，阻隔材料主要包含混凝土、黏土和柔性材料，廉价易得；
- 施工周期短、易操作，只需在污染区域上方铺设阻隔材料，对污染土壤几乎不扰动；
- 二次污染风险低。

5.3.4 技术路线

污染土壤原位水平阻隔技术路线见图5。



图5 污染土壤原位水平阻隔技术路线图

5.4 异位热脱附技术

5.4.1 适用范围

异位热脱附技术适用于汞污染地块污染土壤修复。

5.4.2 技术原理

通过直接或间接热交换，将污染土壤加热至重金属汞的沸点以上，通过控制系统温度和物料停留时间有选择地促使汞气化挥发，使汞与土壤颗粒分离、去除。

5.4.3 技术特点

技术特点如下：

- 设备自动化程度高，可通过调节加热温度和停留时间等方式有选择地使污染物相态转化；
- 修复效率高、技术成熟、设备可移动；
- 修复成本受土壤含水率影响较大，一般要求含水率不超过 20%，高黏湿土壤可通过添加吸水剂（如生石灰）等预处理方式降低含水率；
- 热脱附系统配套尾气处理系统，含有污染物的尾气进行冷凝、收集等处理达标后排放。

5.4.4 技术路线

污染土壤异位热脱附技术路线见图6。

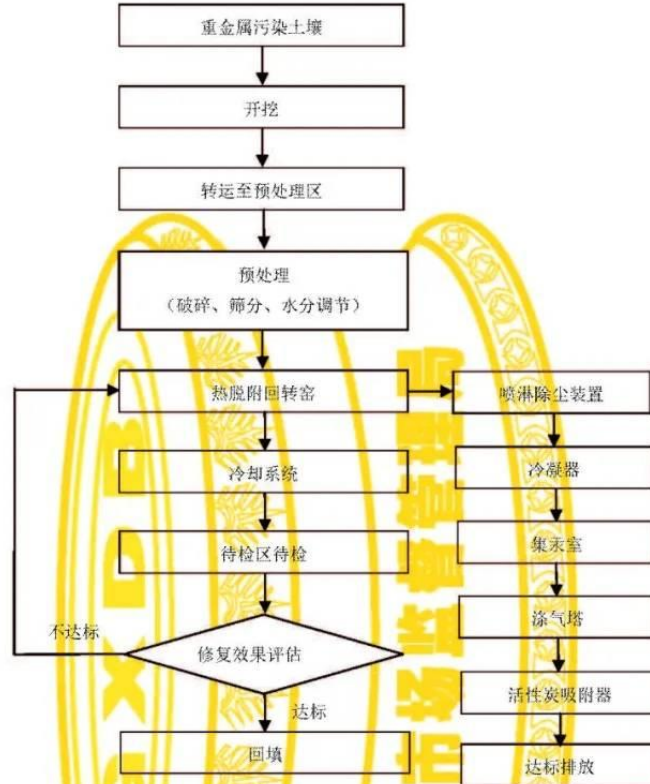


图6 污染土壤异位热脱附技术路线图

5.5 异位化学还原技术

5.5.1 适用范围

异位化学还原技术适用于六价铬污染地块污染土壤修复。

5.5.2 技术原理

向污染土壤添加还原剂，通过还原作用，使土壤中的污染物转化为无毒或者相对毒性较小的物质。

5.5.3 技术特点

技术特点如下：

- 修复效率高；
- 操作工艺简单，成本较低；
- 可原位或异位处理，并已有处理设备；
- 不易造成二次污染。

5.5.4 技术路线

污染土壤异位化学还原技术见图7。常用修复药剂见附录A。

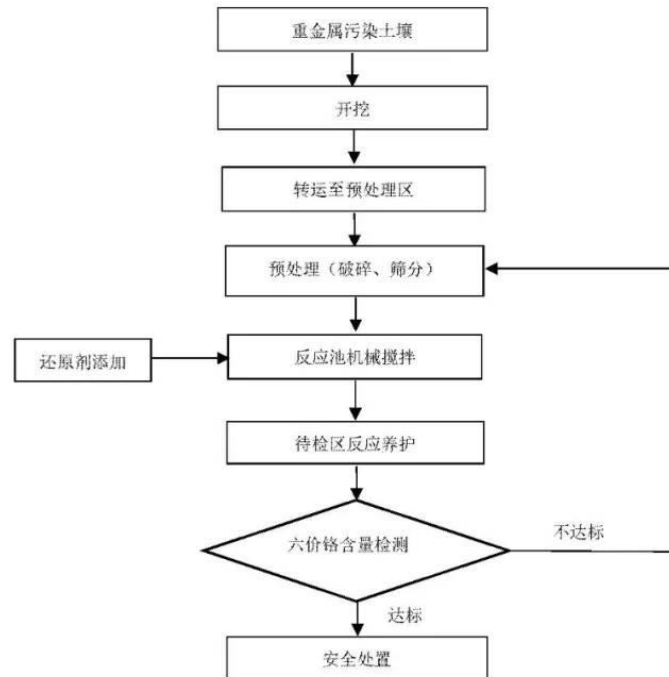


图7 污染土壤化学还原技术路线图

5.6 异位土壤淋洗技术

5.6.1 适用范围

异位土壤淋洗技术主要适用于多孔隙、易渗透的土壤，一般来说渗透系数大于 10^{-3} cm/s 的土壤处理效果较好。粘粒含量超过 25% 的粘质土壤不宜采用该技术。

5.6.2 技术原理

通过向污染土壤中加入淋洗剂，使其与污染物发生吸附、螯合或络合等物理化学反应，将重金属污染物从固相土壤转移到淋洗剂中，在固液分离后分别进行处理。

5.6.3 技术特点

技术特点如下：

- 修复效率高；
- 无机淋洗剂具有成本低、效果好、速度快等优点，但易导致土壤肥力下降；人工螯合剂价格昂

贵，生物降解性差，且淋洗过程易造成二次污染；
——可实现污染土壤的减量化，淋洗液净化后可回收再利用。

5.6.4 技术路线

重金属污染土壤异位淋洗技术路线见图8。常用修复药剂见附录A。

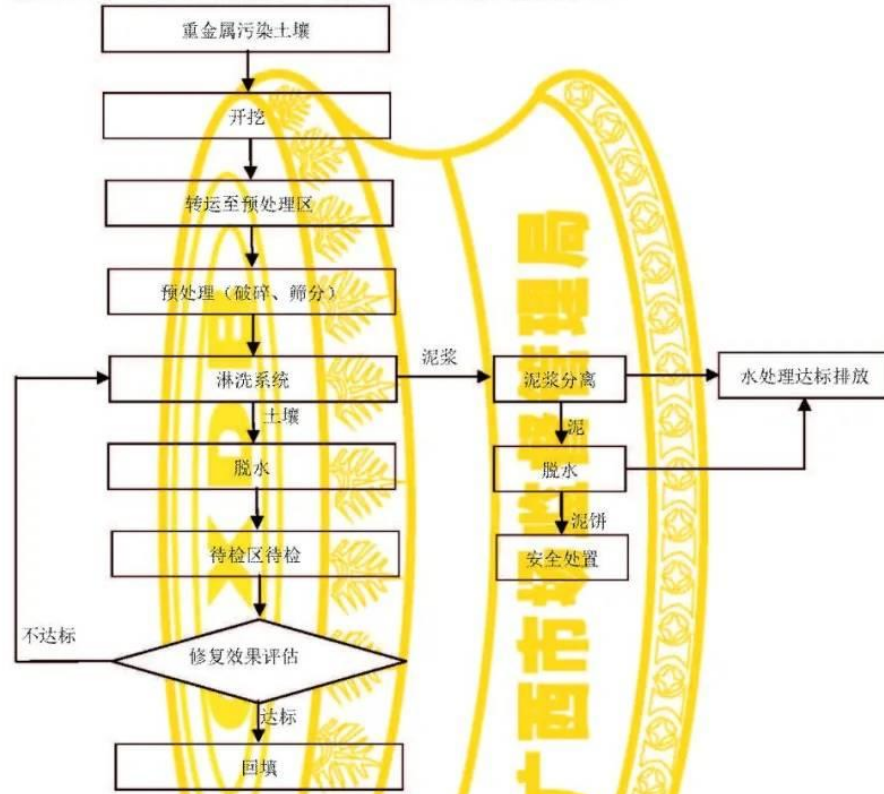


图8 重金属污染土壤异位淋洗技术路线图

5.7 原位微生物修复技术

5.7.1 适用范围

原位微生物修复技术适用于大面积重金属污染地块土壤修复，特别适用于六价铬污染地块土壤的修复。

5.7.2 技术原理

利用特定功能微生物生命代谢活动对重金属的固定、转化等作用，降低土壤中重金属毒性。

5.7.3 技术特点

技术特点如下：

- 具有操作简便、费用低、效果好、无二次污染、易于就地处理；
- 修复效率受污染物性质、土壤微生物生态结构、土壤性质等多种因素的影响，且对土壤养分等条件要求较高。

5.7.4 技术路线

重金属污染土壤原位微生物修复技术路线见图9。常用修复药剂见附录A。

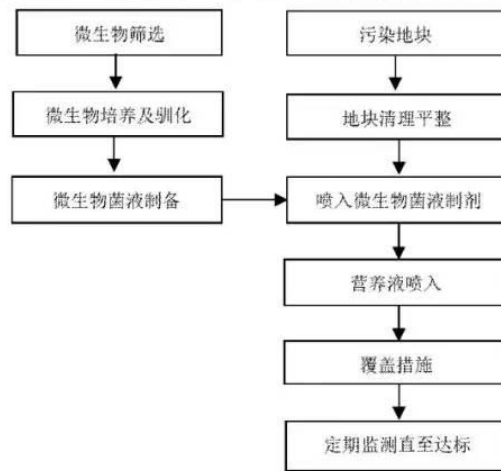


图9 重金属污染土壤原位微生物修复技术路线图

6 修复效果评估

修复效果评估参照HJ 25.5执行。

附录 A
(资料性)
常用修复药剂

表A.1给出了常用修复药剂。

表A.1 常用修复药剂

修复技术	常用修复药剂类型	可行性评估
固化/稳定化	水泥、石灰、粉煤灰、铁盐、镁盐、铝盐、木质纤维基材料等	参照 HJ 25.4 执行
异位化学还原	亚铁盐、硫化物等	
异位土壤淋洗	(1) 无机淋洗剂，如水、盐、酸、碱等； (2) 人工螯合剂，如乙二胺四乙酸 (EDTA)、乙二胺-N,N'-二琥珀酸 (EDDS) 等； (3) 天然有机酸，如柠檬酸、草酸等； (4) 表面活性剂，包括化学/生物表面活性剂等	
原位微生物修复	硫酸盐还原菌、硫还原菌等	

参 考 文 献

- [1] HG/T 5542—2019 镍铬盐污染场地处理方法
 - [2] 污染地块环境管理办法（试行）（环保部42号令）
 - [3] 污染场地修复技术目录（第一批）（环保部公告〔2014〕第75号）
-

中华人民共和国广西地方标准
工业企业重金属污染地块修复技术规范
DB 45/T 2144—2020
广西壮族自治区市场监督管理局统一印刷
版权专有 侵权必究

搜狐号@郑州德森环境