

团 体 标 准

T/ACEF XXXX—2024

《有色金属矿山污染场地生态修复工程 建设技术指南》

Technical guidelines for the construction of ecological
restoration projects of contaminated sites left over from non-
ferrous metal mines

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 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	2
4 工程勘查	2
5 工程设计	3
6 工程施工	5
7 工程监理	6
8 工程验收	6

前 言

本文件参照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。

本文件为首次发布。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：桂润环境科技股份有限公司、广西宇宏环保咨询有限公司、新宇达环保科技有限公司、中山大学、广西鸿生源环保股份有限公司、广西环境保护产业协会、江苏大地益源环境修复有限公司、中国地质大学（北京）

本文件主要起草人：涂方祥、李国、覃茜、罗晓红、姚东参、晁元卿、班大金、张燕、覃霞、蓝海浪、韦克任、李淑君、熊虹玮、许爱凤、白洋、刘祺、梁琳、薛天利、孙美娟、单晖峰、崔卫华

《有色金属矿山污染场地生态修复工程建设技术指南》

1 范围

本文件规定了有色金属矿山污染场地生态修复工程建设技术涉及的适用场景、工作程序，规定了有色金属矿山污染场地生态修复工程建设技术的工程勘察、工程设计、工程施工、工程监理、工程验收的要求。

本文件也适用于部分有色金属矿山污染场地的修复工程。

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 2894 安全标志及其使用导则
- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB 5086 固体废物浸出毒性浸出方法
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 15776 造林技术规程
- GB/T 20257.1 国家基本比例尺地图图式
- GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收
- GB/T 38509 滑坡防治设计规范
- GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50026 工程测量标准
- GB 50201 土方与爆破工程施工及验收规范
- GB 55012 生活垃圾处理处置工程项目规范
- GB 55017 工程勘察通用规范
- GB 55018 工程测量通用规范
- GB 50288 灌溉与排水工程设计规范
- HJ 8.3 生态环境档案管理规范 建设项目生态环境保护
- HJ 25.2 场地环境监测技术导则
- 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 964 环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）
- HJ 1282 污染土壤修复工程技术规范
- DB 11/T 1524 地质灾害治理工程实施技术规范
- DB 11/T 1732 矿山地质环境恢复治理工程技术规程
- DB 41/T 1154 矿山地质环境恢复与治理工程施工监理规范
- DB 41/T 1836 矿山地质环境恢复治理工程施工质量验收规范
- DB 43/T 2299 矿山生态保护修复工程质量验收规范
- DB 11/T 1690 矿山植被生态修复技术规范
- DB 11/T 1732 矿山地质环境恢复治理工程技术规程
- DB 32/T 4077 矿山生态修复工程技术规程
- DZ/T 0239 泥石流灾害防治工程设计规范
- DZ/T 0219 滑坡防治工程设计与施工技术规范
- DBJ50/T-029 地质灾害防治工程设计标准
- CJ/T 24 城市绿化和园林绿地用植物材料木本苗
- CJJ/T 287 园林绿化养护标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

有色金属矿山 non-ferrous metal mines

开采除黑色金属（铁、锰、铬）矿产以外的所有金属及其化合物的矿山。

3.2

污染场地 contaminated site

对潜在污染场地进行调查和风险评估后，确认污染危害超过人体健康或生态环境可接受 风险水平的场地。

[来源：HJ 682—2014]

3.3

土壤修复 soil remediation

采用物理、化学或生物的方法固定、转移、吸收、降解或转化地块土壤中的污染物，使其含量降低到可接受水平，或将有毒有害的污染物转化为无害物质的过程。

[来源：HJ 682—2019]

3.4

固化/稳定化 solidification/stabilization

将污染土壤与水泥等胶凝材料或稳定化药剂相混合，通过形成晶格结构或化学键等，将土壤中污染物捕获或者固定在固体结构中，从而降低有害组分的移动性或浸出性的过程。固化通过采用结构完整性的整块固体将污染物密封起来以降低其物理有效性，而稳定化则降低了污染物的化学有效性。

[来源：HJ 1282—2023]

3.5

原位固化/稳定化 in-situ solidification/stabilization

不挖掘土壤，直接在发生污染的位置进行固化/稳定化的过程。

[来源：HJ 1282—2023]

3.6

异位固化/稳定化 ex-situ solidification/stabilization

将受污染的土壤从发生污染的位置挖掘出来，搬运或转移到其他场所或位置进行固化/稳定化的过程。

[来源：HJ 1282—2023]

3.7

植物修复 phytoremediation

根据植物可耐受或超积累某些特定化合物的特性，利用植物及其共生微生物提取、转移、吸收、分解、转化或固定地块土壤和地下水中的有机或无机污染物，从而达到移除、削或稳定污染物，或降低污染物毒性等目的。

[来源：HJ 682—2019]

3.8

阻隔填埋 soil barrier and land fill

指将污染土壤或经过治理后的土壤置于防渗阻隔填埋场内，或通过敷设阻隔层阻断土壤中污染物迁移扩散的途径，使污染土壤与四周环境隔离，避免污染物与人体接触或随土壤、水迁移进而对人体和周围环境造成危害。

4 工程勘查

4.1 一般规定

4.1.1 有色金属矿山污染场地勘查主要以基础资料的搜集、工程测量、实地调查及样品采集为主，通过深入调查与分析，评价有色金属矿山污染场地对生态环境的影响程度。

4.1.2 基础资料的搜集主要包括有色金属矿山基本信息、地形地质条件、气象水文、及污染物调查等，明确污染场地的危害程度、生态修复的难易程度及优先等级。

4.1.3 工程测量主要对有色金属矿山污染场地及其附近地段进行地形图测量，地形图测量必须对污染场地进行实地核实和边界勘定，并对污染场地已有资料进行搜集、整理和分析。

4.1.4 实地调查及样品采集主要查明有色金属矿山生态环境问题的类型和分布等，对于有色金属矿山场地存在的重大和典型的环境污染问题应进行详细的专项调查。

4.2 工程地形测量

有色金属矿山污染场地地形图测绘范围宜超过污染场地外不小于50m，对受到严重生态环境影响和破坏的污染场地，应扩至污染场地外300m。地形图测量按照GB 50026及GB/T 20257.1有关规定执行，测量成果按GB/T 24356相关规定进行审签、验收。

4.3 工程地质勘查

地质勘查主要探明有色金属矿山污染场地的地形地貌、存在的地质灾害及地质灾害特点，分析污染场地地质的稳定性及潜在风险因素，提出地质治理措施建议。不良地质作用发育、水文地质条件复杂的污染场地宜采用遥感技术进行工程地质测绘。有色金属矿山污染场地勘查相关步骤和要求可按照GB 50021及GB 55017有关规定执行。

4.4 污染场地调查

对有色金属矿山污染场地存在的水土污染，应进行水土污染状况调查，查明污染场地土壤、地下水和地表水中主要污染物及污染范围，为污染场地修复提供依据。污染场地调查及风险评估可参照DB 32/T 4077及HJ 25.5有关规定执行。

5 工程设计

5.1 一般规定

有色金属矿山污染场地生态修复工程设计应与当地社会、经济、环境相适应，且符合相关政策。

5.2 地质灾害治理工程

5.2.1 有色金属矿山污染场地主要存在崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害，一般采用的工程治理措施有截排水、挡土墙和格构锚固等多种形式，也可多种手段结合使用。

5.2.2 有色金属矿山污染场地崩塌治理工程具体设计可参照DBJ50/T-029有关规定执行。

5.2.3 有色金属矿山污染场地滑坡治理工程具体设计可参照GB/T 38509有关规定执行。

5.2.4 有色金属矿山污染场地泥石流治理工程具体设计可参照DZ/T 0239及DBJ50/T-029有关规定执行。

5.3 地形整治工程

5.3.1 地形整治包括削坡、平整、清理、回填等土石方工程，污染场地应分区进行地形整治，需优先治理污染土壤再回填，严禁采用污染土壤进行回填。

5.3.2 污染场地的生活垃圾处置应符合GB 55012相关要求，污染土石方堆砌、转运需做好防护，避免二次污染。

5.4 工程辅助措施

5.4.1 截排水工程

5.4.1.1 根据有色金属矿山污染场地边坡的实际情况科学的布置截排水设施，以及时的将地表积水、地下水排出，减少水土流失，增强边坡稳定性，为场地修复创造立地条件。

5.4.1.2 污染场地四周应设置截排水设施，避免污染场地外地表径流冲刷，截排水设施宜采用永久性设施，截排水设施修建完毕后应对其进行定期的维护，确保排水的通畅性。

5.4.1.3 应对施工过程中产生的污水进行收集和处理，未经处理的污水不得直接排放，排放污水应符合GB 8978及相关行业和地方标准要求。

5.4.1.4 截排水工程应根据污染场地实际情况合理地选定设计标准，截排水工程设计可参照GB 50288相关规定。

5.4.2 挡土墙工程

有色金属矿山污染场地一般采用重力式挡墙进行支挡，也可以根据使用要求、地形、地质和施工条件等综合考虑确定支挡类型。挡土墙设计荷载及计算参数参照DB 32/T 4077执行。

5.4.3 格构锚固工程

有色金属矿山污染场地存在滑坡，坡面岩土体易风化、剥落且有浅层崩滑、蠕滑等现象，以及需要对坡面进行绿化美化时，宜采用格构锚固进行综合治理。格构锚固工程加固类型的选择和详细设计参数可参照GB/T 38509执行。

5.4.4 防护标识工程

污染场地易发生崩塌、坠石、坠落、有毒有害等存在安全隐患的区域，应设置防护栏杆和警示标识。防护栏杆设置应符合GB 4053.3相关要求，标识牌设置要求应符合GB 2894相关要求。

5.5 土壤固化/稳定化

5.5.1 有色金属矿山污染场地土壤修复宜选择固化/稳定化工艺，固化/稳定化工艺包括原位固化/稳定化工艺和异位固化/稳定化工艺。

5.5.2 原位固化/稳定化工艺适用于不宜进行土壤挖掘、缺乏储存和作业空间或污染区域无开发利用的地块，一般用于深层（>5m）污染土壤的处理，尤其是含有地下水层的污染土壤。

5.5.3 异位固化/稳定化工艺适用于固化/稳定化质量控制要求高或污染区域需要开发利用的地块，一般用于浅层（<5m）土壤的处理。

5.5.4 固化/稳定化工艺技术参数和设计内容应通过现场调查、小试、中试等方式确定，选用的固化/稳定化材料和药剂对污染物的固定应有效、环保。

5.5.5 固化胶凝材料可采用水泥、粉煤灰、高炉渣、石灰等，有色金属矿山污染场地固化胶凝材料宜采用水泥+粉煤灰或水泥+石灰+粉煤灰组合材料。

5.5.6 有色金属矿山污染场地稳定化药剂应根据重金属污染成分进行选择，并根据试验结果选择最佳配比，重金属污染土壤常用稳定化药剂参考HJ1 282相关内容。

5.5.7 复合重金属污染场地宜采用多类型稳定化药剂进行修复，减少单种稳定化药剂的投加量，确保污染场地修复后可以在复杂环境中实现长期稳定性。

5.5.8 有色金属矿山污染场地采用碱性材料稳定化修复后，土壤及地下水的pH值宜保持在接近6~9范围内。

5.5.9 固化/稳定化处理工程实施过程中应对土壤修复效果进行检测，检测不达标的固化/稳定化土壤需重新处理达标或采取额外补救措施。

5.5.10 为管控固化/稳定化修复后场地土壤重金属的潜在风险，确保固化/稳定化修复效果，应通过铺设阻隔层阻断土壤介质中污染物迁移扩散途径。

5.6 植物修复工程

5.6.1 植物修复工程宜选择适应当地的土壤条件，耐水耐旱、稳定性好、抗性强的植物，应按有色金属污染轻重程度选取超累积植物或耐重金属植物。

5.6.2 富含铅、镉、汞和砷的复合重金属污染场地，宜种植垂枝榕、菩提树、凤凰木和南洋杉等对该类重金属有强富集能力的植物。

5.6.3 富含镉、锌、铅和砷的复合重金属污染场地，宜种植盐柳、拐枣、大叶桉和樟树等对该类重金属有强富集能力的植物。

5.6.4 富含铜、铅和镉的复合重金属污染场地，宜种植苦楝、女贞、梧桐、桂花和刺槐等对该类重金属有强富集能力的植物。

5.6.5 富含单一重金属的污染场地，植物种植种类可参照复合污染场地的植物种类，也可参照前人研究成果选取最佳种类的植物。

- 5.6.6 污染场地应选取乔、灌、藤、草等各类植物相结合，丰富生物多样性，构建立体生态防护体系，更贴近自然景色。
- 5.6.7 种植植物应根系发达、生长茁壮、无病虫害，规格及形态应符合设计要求。苗木挖掘、包装应符合CJ/T 24相关规定。
- 5.6.8 条件允许时，可要求先进行小规模试种，确认适宜性较好的品种后再进行大规模推广。各类植物应优先使用当地品种。
- 5.6.9 污染场地边坡植被恢复技术可采用挂网客土喷播、普通喷播和台阶复绿等方式。
- 5.6.10 污染场地修复为林地应满足LY/T 1607及GB/T 15776的相关要求。
- 5.6.11 植物养护管理技术措施和要求可参照CJJ/T 287相关规定执行。

6 工程施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 施工前，编制施工组织设计、专项施工方案、防灾与抢险应急预案等方案；参照HJ 8.3开展资料管理工作；参照GB 55018开展工程测量工作。
- 6.1.2 施工过程控制参照DB 43/T 2299相关规定执行，确保工程质量合格。

6.2 地形整治工程

- 6.2.1 对原地貌进行清理，按照相关规范要求对清理的固体废物进行处理处置，不得随意堆放。
- 6.2.3 开挖和回填一般土方，参照GB 50201的相关规定执行。
- 6.2.2 开挖和运输污染土方，应视为危废转移，按照《危险废物转移管理办法》的相关规定执行。
- 6.2.4 回填材料应符合设计要求，回填前应监测砷、铅等重金属指标，确保土壤满足环境标准。

6.3 截排水工程

- 6.3.1 截排水工程可采用浆砌石、现浇混凝土、预制U型槽等形式。
- 6.3.2 截排水设施靠污染场地一侧应修筑不渗水的边沟。
- 6.3.3 截排水工程平曲线处施工时，沟底纵坡应与曲线前后沟底纵坡平顺衔接。

6.4 挡土墙工程

- 6.4.1 浆砌石挡墙砌筑时分层错缝搭叠，并用小石子填满缝隙，两面勾缝，不应出现垂直通缝，避免过长的水平通缝，防止渗漏。
- 6.4.2 现浇混凝土挡墙基础可根据现场地质情况和施工条件原槽浇筑，应按挡墙伸缩缝或沉降缝一次性连续浇筑。
- 6.4.3 挡土墙工程其他施工要求，参照DB 32/T 4077的相关规定执行。

6.5 格构锚固工程

- 6.5.1 根据设计要求，在需要加固的区域进行钻孔，并选择合适的锚杆和灌浆材料。
- 6.5.2 格构锚固工程施工，参照DZ/T 0219的相关规定执行。

6.6 土壤固化/稳定化修复工程

- 6.6.1 原位固化/稳定化
 - 6.6.1.1 不开挖土壤，采用搅拌桩机原地原位搅拌施工工艺，将固化/稳定化药剂直接注入污染土内，搅拌工艺参数符合设计要求。
 - 6.6.1.2 采用的固化/稳定化药剂的调配以处理超标重金属污染物为主，按设计要求选用。
 - 6.6.1.3 原位固化/稳定化处理后进行阻隔填埋。
- 6.6.2 异位固化/稳定化
 - 6.6.2.1 开挖土壤，使用混合设备将药剂与开挖出的土壤混合均匀，采用的固化/稳定化药剂的调配以处理超标重金属污染物为主，按设计要求选用。
 - 6.6.2.2 转运至处置场进行异位固化/稳定化处理，处理后运至暂存区进行养护暂存，达到养护时间取样进行监测，监测达标后进行阻隔填埋。

6.6.2.3 处置场、临时中转区和养护区底部用水泥混凝土硬化阻隔，厚度符合设计要求，并达到工程防渗阻隔要求。

6.7 植物修复工程

6.7.1 按设计要求选用植株，种植位置要准确，种植密度要适宜。

6.7.2 植物种植要求，参照DB 11/T 1690的相关规定执行。

6.8 阻隔工程

6.8.1 阻隔工程主要包括表层阻隔和垂直阻隔。

6.8.2 表层阻隔是在土壤固化/稳定化修复实施完成后，在土壤表层设置阻隔层封场，阻隔层材料包括粘土、土工复合材料等防渗材料。

6.8.3 垂直阻隔是按设计要求在污染场地四周设置垂直阻隔层，垂直阻隔层包括土-膨润土隔离墙、水泥-膨润土隔离墙、HDPE土工膜隔离墙、水泥帷幕灌（注）浆墙、高压喷射灌浆墙、水泥搅拌桩墙、渗透反应墙等，按设计要求及现场实际条件进行选用。

6.8.4 阻隔工程施工可参照《污染地块阻隔工程技术指南》的相关内容实施。

7 工程监理

工程监理规划、监理实施细则、工程监理职责、监理工作程序及监理工作方法等按《矿山地质环境恢复与治理工程施工监理规范》（DB 41/T 1154）相关规定执行。

8 工程验收

工程类别划分、工程质量验收标准、工程质量验收程序、分部分项验收记录等按《矿山地质环境恢复治理工程施工质量验收规范》（DB 41/T 1836）及《矿山生态保护修复工程质量验收规范》（DB 43/T 2299）的相关规定执行。
