**《岩溶山地区金属矿区土壤污染风险管控与修复技术规范》**

**（征求意见稿）**

**编制说明**

贵州大学

中国节能中咨华瑞科技有限公司

中国科学院南京土壤研究所

二O二三 年 六 月

**目录**

[1 工作简况 1](#_Toc28032)

[1.1 任务来源及编制依据 1](#_Toc2410)

[1.1.1 任务来源 1](#_Toc16812)

[1.1.2 编制依据 1](#_Toc3217)

[1.2 标准制定的目的和意义 2](#_Toc18902)

[1.2.1 标准制定的目的 2](#_Toc3421)

[1.2.2 标准制定的意义 2](#_Toc4407)

[1.3 主要工作过程 4](#_Toc6408)

[1.3.1 准备阶段 4](#_Toc2917)

[1.3.2 起草阶段和准备报批稿的形成 4](#_Toc2832)

[1.4 主要参加起草单位和工作组成员所做的工作 4](#_Toc27450)

[2 标准编制原则确定标准的主要依据 4](#_Toc17135)

[2.1 确定标准的主要技术指标的基本原则 4](#_Toc21031)

[2.2 标准编写原则 5](#_Toc9383)

[2.3 主要技术内容 5](#_Toc8983)

[2.3.1 适用范围 5](#_Toc8874)

[2.3.2 规范性引用文件 5](#_Toc23867)

[2.3.3 术语和定义 7](#_Toc17368)

[2.3.4 工作流程 7](#_Toc18049)

[2.3.5 矿区环境调查 7](#_Toc28339)

[2.3.6 风险评估 8](#_Toc10888)

[2.3.7 风险管控和修复 8](#_Toc19195)

[2.3.8 长期监测与综合管理 8](#_Toc23103)

[2.3.9 矿区环境风险管控验收 9](#_Toc21832)

[2.4 解决的主要问题 9](#_Toc14754)

[3 我国有关现行法律、法规和其他强制性标准的关系 9](#_Toc23649)

[3.1 国家标准的基本要求相一致 9](#_Toc21548)

[3.2 是对现有的标准规范的补充和细化 10](#_Toc7777)

[4 重大意见和分歧的处理结果依据 10](#_Toc30193)

[5 预期经济效果 10](#_Toc11239)

[5.1 本标准实施成本分析 10](#_Toc30339)

[5.2 实施效益分析 10](#_Toc10725)

[6 本标准实施的相关建议 11](#_Toc3088)

[6.1 标准执行 11](#_Toc3787)

[6.2 标准完善 11](#_Toc28761)

[6.3 其他建议 11](#_Toc7709)

# 1 工作简况

## 1.1 任务来源及编制依据

### 1.1.1 任务来源

本标准以国家重点研发计划“场地土壤污染成因与治理技术”重点专项项目“西南金属采选场地及周边土壤污染防控与治理技术研发与集成示范”（2018YFC1802600），课题“岩溶山地金属采选场地及周边土壤污染防治技术研发与模式构建”（2018YFC1802602）为依托，开展了岩溶山地区金属矿区土壤污染风险管控与修复技术研究，依据环境调查、风险评价、风险管控和污染修复的工作程序制定技术方案，由贵州大学、中国节能中咨华瑞科技有限公司和中国科学院南京土壤研究所承担起草工作。

### 1.1.2 编制依据

2016年5月，国务院印发《土壤污染防治计划》，明确我国土壤污染防治的基本思路是“坚持预防为主，保护优先，风险管控”。2016年12月，原环保部颁布了《污染地块土壤管理办法（试行）》，明确风险管控应采取“污染隔离、阻断等措施，防止污染扩散；同时开展土壤、地表水、地下水和空气质量监测”。2019年1月，《中国人民共和国土壤污染防治法》正式施行，明确“土壤污染防治应当坚持预防为主、保护优先、分类管理、风险管控、污染担责、公众参与”的原则。

以贵州为中心的西南喀斯特地区是全球最大的连片喀斯特地貌区域，是以碳酸盐岩为地质背景的典型山地，区域生态环境脆弱、环境地质问题突出。喀斯特山地区矿产资源丰富，其中中、低温热液汞、砷、锑、铊、铅、锌等的层控矿床广泛发育，随着矿业活动的加快，金属矿山环境问题严重。矿山环境问题主要包括矿山废水和废渣排放，采矿场、排渣场、尾矿库占用和破坏土地资源，其中部分矿山破坏地下水系统，造成地表水、地下水和土壤酸化和重金属污染，早期的不规范开采和土法冶炼引发的大气沉降也导致了土壤重金属污染，严重威胁生态环境安全和居民心身健康。目前岩溶山地区金属矿区土壤污染风险管控和治理技术相关规范和标准不够完善，为了提高土壤污染风险管控和治理技术的可操作性和有效性，有必要制定出更加科学、系统和实用的技术规范和标准，为今后的土壤污染治理工作提供有力支撑。

## 1.2 标准制定的目的和意义

### 1.2.1 标准制定的目的

本标准针对岩溶山地金属采选场，特别适用于中、低温热液汞、砷、锑、铊、铅、锌等层控矿床发育的矿集区，区域具有地形复杂、四季、早晚温差大、地质高背景与复合性重金属污染叠加、矿山废弃物酸化严重等特点，重金属对生态环境和人体健康产生了不良影响。提出一套可运用于岩溶山地区金属矿区土壤污染风险管控与修复的技术标准，可以规范污染治理和修复行为，保障生态环境和公众健康的安全。

### 1.2.2 标准制定的意义

（1）标准制定的必要性

岩溶山地区金属矿山矿床的成因类型多为中温热液矿床，矿石矿物以汞铊矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿等硫化物矿物为主，脉石矿物以石榴子石、辉石、角闪石等硅酸盐矿物为主。区域内大多矿床开采过程中的选矿方法主要采用浮选方法，尾矿中残留大量黄铁矿和脉石矿物，尾矿大部分在原地堆放，其中含有大量的重金属如Hg、As、Sb、Tl、Ag、Cd、Cu、Pb、Zn和Au等，由于大多为历史遗留矿山，缺少隔离管控措施，容易向周边迁移，成为矿区及周边环境的污染源，进而污染周边的土壤。此外，西南岩溶区域的矿石中大多含硫，由于含硫矿物非常不稳定，矿山在采选过程中形成的金属硫化矿裸露围岩和尾矿废渣，在生物和非生物因子（雨水、空气、微生物和铁离子等）作用下，矿体围岩表面因持续氧化而侵蚀崩塌，致使大量高毒性重（类）金属离子和酸性物质持续释放，形成含多金属离子的酸性矿山废水复合污染。重（类）金属离子在酸性物质协同下发生迁移转化，经雨水淋滤、地表径流、风力传送、下渗等方式进入矿区周边土壤、溪流及其沉积物环境。鉴于岩溶地区金属矿山污染特征和环境污染的源-径-汇关系，目前我国缺乏专门针对岩溶山地区金属矿区污染地块污染土壤管控和修复的相关标准，不利于确保各项风险管控措施的质量，也不利于生态环保部门和农业部门的监督管理。结合西南岩溶山地区污染土壤管理需求，制定岩溶山地区金属矿区土壤污染风险管控与修复技术规范具有必要性。

（2）标准制定的重要意义

标准制定可推动西南岩溶山地区金属采矿行业周边地块土壤加强风险管控的治理力度，推进该区域金属行业的健康发展。本标准的制定及实施为区域环境管理部门的管理工作提供依据。

1）落实国家相关政策，提高环保意识

《中华人名共和国污染防治法》和《土壤污染防治行动计划》均已明确“风险管控”是我国土壤污染防治工作的重要原则。为此，制定有关污染地块的风险管控标准积极响应了国家有关政策。

2）完善相关标准体系，提升相关部门的管理水平

上世纪80年代，我国西南岩溶山地区开展了大规模的金属采选和冶炼活动，由于工艺落后和缺乏管理，导致矿山及周边的土壤重金属污染严重。目前我国已经实施了《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019），但岩溶山地区环境复杂，已经施行的标准不具备针对性，对岩溶地区金属矿山开采和冶炼行业的指导性缺乏，不利于区域相关行业和地区的发展。

3）聚焦目标污染物，科学合理制定风险管控和修复措施

重金属是岩溶矿山地区的主要污染物。相比于其他污染物，土壤重金属不易被微生物降解，具有长期性、隐蔽性、积累性和不可逆性等特点。土壤重金属影响土壤性质，还可能转化为毒性更大的烷基化合物，被植物吸收、转运和富集，进而通过食物链在人体内富集，直接影响人体健康。近年来，我国在重金属污染土壤修复治理方面已经取得了显著效果，但仍然缺乏中、低温热液成矿的汞、砷、锑、铊、铅、锌等土壤重金属针对性强的风险管控和修复的技术，标准制定对聚焦目标污染物，科学合理制定风险管控和修复措施具有重要意义。

## 1.3 主要工作过程

### 1.3.1 准备阶段

2020 年 1 月至 9 月开始查阅文献，搜集国家和行业的标准、规范以及其他发达国家制定土壤环境质量标准的相关技术导则。2020年12月，根据岩溶山地区金属采选场地及周边土壤污染防治技术研发与模式构建项目，初步总结和凝练了岩溶山地区金属矿区土壤污染管控和防治的经验，并形成初步思路。

### 1.3.2 起草阶段和准备报批稿的形成

2021年10月在贵阳召开标准制定启动会，2022年1月10月，形成标准的工作组讨论稿。2022年12月在贵阳召开工作组讨论会，并根据研讨会形成的结论修改标准工作组讨论稿，形成标准征求意见稿，并编写标准的编制说明。

## 1.4 主要参加起草单位和工作组成员所做的工作

由贵州大学、中国节能中咨华瑞科技有限公司和中国科学院南京土壤研究所相关研究人员组成标准制定工作组共同完成相关工作。其中贵州大学负责调查材料准备和标准的起草，中国节能中咨华瑞科技有限公司负责总结项目工程实施经验提出主要技术内容，中国科学院南京土壤研究所负责标准申报、标准研讨会议的组织工作，3家单位共同负责对标准的技术性内容进行审查和修改。

# 2 标准编制原则确定标准的主要依据

## 2.1 确定标准的主要技术指标的基本原则

本标准为西南岩溶山地区金属矿区土壤污染风险管控与修复提供技术支持，突出了科学性、完整性、统一性和协调性。

（1）科学性原则。标准的编制结合重金属污染特征，科学规范了相关风险管控措施要求和工程要求，确保风险管控措施的实施合理可行。

（2）完整性原则。指南系统规定了岩溶矿山周边土壤污染地块环境风险管控和修复要求等内容，预防优先的管理理念。

（3）统一性原则。该指南与已经发布或正在编制污染地块环境保护相关的管理文件、技术政策、排放标准、技术指南和规范等文件保持一致。

（4）协调性原则。该指南与其他同类型环保标准是互相联系、互相衔接和补充的。

## 2.2 标准编写原则

本标准参考我国及其他地方现行土壤环境质量标准及指导性文件等，并考虑我国岩溶山地区现有的土壤环境质量监测能力和实际情况，确保标准的科学性、可行性和可操作性。

## 2.3 主要技术内容

本指南主要分为九章，包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、工作流程、矿区环境调查、风险评估、风险管控和修复、长期监测与综合管理和矿区环境风险管控验收。

### 2.3.1 适用范围

本标准规定了岩溶山地区金属矿区土壤重金属污染风险管控和污染修复治理相关的术语和定义、环境调查、风险评价、风险管控和污染修复的工作程序。

本文件适用于我国岩溶山地区金属矿山场地及周边地区土壤重金属污染风险管控和污染修复，特别适用于低温热液汞、砷、锑、铊、铅、锌等的层控矿床，其它类似地区可参照执行。

### 2.3.2 规范性引用文件

标准按照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。在标准中引用了下列文件：

GB 3838 地表水环境质量标准：标准定义了地表水环境质量的指标体系，包括水质类别、水质指标及其限值和目标值、水样采集及分析方法等；指定了常规水质指标和污染物指标；对水样采集、保存、分析等要求进行了规定，为保证测试结果的准确性提供了技术保障；标准为矿区地表水采样分析、污染风险评估和修复效果评价提供了依据。

GB 5085.1 危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别：包括危险废弃腐蚀性鉴别的定义、分类以及鉴别方法等方面内容，为鉴别金属矿山废弃物腐蚀性提供了依据。

GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别：包括危险废物浸出毒性定义、分类及鉴别方法等内容，为鉴别金属矿山废弃物浸出毒性提供了依据。

GB 8978 污水综合排放标准：主要包括废水排放标准、地区污染防治要求、污水排放许可证管理规定、废水排放总量控制要求、控制与追溯要求和排污费用管理等方面内容。为制定水环境修复治理目标和修复效果评估提供了依据。

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准：包括基本要求、污染控制技术要求、填埋后管理、监测和评价等方面，旨在确保工业固体废物处置过程的环境安全和公共安全等内容。为矿山废弃物修复治理目标的制订和修复效果评估提供了依据。

HJ/T 20 工业固体废弃物采样制样技术规范：在金属矿山固体废弃物采样制样过程中，该标准对采样制样的具体方法和技术要求做出了规范，以确保采样制样的准确性和可靠性，对于废物处理的各个环节具有重要的意义。

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则：该导则为矿区污染地块土壤污染状况调查提供了技术指导，明确了调查的目的、原则、方法、内容和报告要求等方面的规定。

HJ/T 91.1 污水监测技术规范：该标准规定了污水监测的技术要求和分析方法，包括质量保证、采样、制样、分析和计算等方面的规定，为矿山水环境质量管理提供了基础数据和科学依据。

HJ/T 91.2 地表水环境质量监测技术规范：标准规范了地表水环境质量监测的技术要求和分析方法，包括监测质量保证、采样、制备、分析和计算等方面的内容。为保护金属矿山地表水环境、评估水环境质量和合理利用水资源提供了科学依据。

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范：标准规范了土壤环境监测的技术要求和实施方法，包括监测内容和指标、监测设备、采样方案、样品制备和保存、分析方法、计算和结果评价等。该标准为金属矿山及周边土壤环境保护和土壤资源合理利用提供了科学依据和基础数据。

HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法：标准规定了用水平振荡法测定固体废物浸出液中化学物质的毒性的试验方法，包括适用范围、试验原理、试验步骤和结果计算和评价等方面的内容。

NY/T 395 农田土壤环境质量监测技术规范：标准规范了农田土壤环境质量监测的技术要求和实施方法，包括监测指标、监测设备和方法、采样方案、样品处理和保存、分析方法和结果评价等方面的内容。该标准为矿山周边农田土壤环境监测提供了科学依据。

环境保护部公告 第72号 建设用地土壤环境调查评估技术指南：该指南规范了建设用地土壤污染调查和风险评估的技术要求和实施方法，为矿区土壤环境调查与评估提供了技术指导。

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准：该标准主要包括农用地土壤污染管控原则和方法、农用地土壤污染物监测和评价标准、风险评估和管控等内容，为科学制定土壤污染风险管控目标和修复效果评价提供了依据。

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准：该标准主要包括建设用地土壤污染管控原则和方法、土壤污染物监测和评价标准、风险评估和管控等内容，为科学制定金属矿区污染地块土壤污染风险管控目标和修复效果评价提供了依据。

### 2.3.3 术语和定义

结合指南主要内容的需要，本标准术语和定义中纳入了“高浸出风险污染土壤”和“低浸出风险污染土壤”。主要是根据土壤中的重金属污染特征，参考《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》中“第I类、II类一般工业固体废物”定义，锑参照GB 30770，同时参考水体生态风险评估风险控制计算值，将污染土壤浸出风险分级为低风险和高风险，为不同风险污染土壤分类处置提供数据支撑。标准涉及的其他相关术语和定义，因在其他相关的国家、行业标准规范中已有定义，固本标准中不再赘述。

### 2.3.4 工作流程

本章节结合《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5-2018）要求和国家土壤污染治理与修复技术应用试点项目实施经验，制定了《岩溶山地区金属矿区土壤污染风险管控与修复技术规范》工作流程。主要包括污染识别、矿区分别、矿区分级、矿区技术体系四个阶段。

### 2.3.5 矿区环境调查

本章节具体给出了岩溶山地区金属矿区周边污染地块开展“环境调查”工作的要求，重点对污染源、污染物迁移途径和污染受体开展采样调查。同时对监测点布设、样品采集及其他过程进行了说明。

### 2.3.6 风险评估

本章节介绍岩溶山地区金属矿区周边土壤的分区分级风险评估。土壤、农作物、水体、固体废弃物质量评价标准执行国内现行标准，给出了矿区环境风险级别判定方法、风险等级划分和整体风险等级划分方法。

### 2.3.7 风险管控和修复

结合《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5-2018）与国家土壤污染治理与修复技术应用试点项目实施经验，经技术经济性、可行性及可操作性综合比选，基于污染土壤浸出浓度，该章节明确了风险管控路线。通过分析实施后的风险程度和风险因子，将高风险地块逐级转化为中、低风险地块。

### 2.3.8 长期监测与综合管理

长期监测与综合管理主要由基本原则、目标、系统设计思路和长期监测与综合管理内容几个方面。长期监测与综合管理的目标以管控和修复效果为核心，以实时的过程数据为支撑，建立可评估、可追溯的智慧管控平台及考核评估体系，支撑项目的过程监管、考核评估与综合管理。在项目实施阶段，对监测数据进行采集、存储、对比与分析，实现土壤管控和修复全过程监控，评估是否达到预期效果。在运营维护阶段，充分发挥智慧监控平台在科学决策、信息发布与管控等方面作用，实现工程措施与非工程措施的“动态感知”相结合，实现项目预期效果与考核目标“对标管理”。设计思路分别包括：

（1）构建一体化在线监测网络

构建集土壤、水质、水位、流量于一体的在线监测网络，辅助以人工采集方式，实现管控与修复建设项目动态数据采集和远程传输，并为土壤修复信息化管控平台的开发提供数据支撑；

（2）建立智慧环保管控平台

实现智慧环保一张图可视化展示、监测数据集成显示、考核指标动态评估、智慧环保项目信息管理、现场运行情况采集等功能，实现信息的协同与互动，支持智慧环保建设管理和智慧环保的考核评估；

（3）实现全生命周期管理

开展采选矿区全方位、长期有效的过程监测，以土壤环境综合治理工程建设运营数据为基础，建设绩效指标计算评价管理系统，形成以指标为核心的运营对标决策管理体系，对已建项目进行工程效益自评估与内部考核。本指南基坑清理、异位管控后土壤、原位管控后土壤评估采样节点、布点数量与位置及效果评估方法参照HJ 25.5执行。

长期监测与综合管理主要由智慧集成监测和管理系统组成。

### 2.3.9 矿区环境风险管控验收

本标准规定矿区环境风险管控验收执行的标准，后续长期监测方案和数据分析与集成验收方法，其中，后续监测包括对土壤环境和水环境的监测。

土壤分为工业场地土壤、农用地土壤，待检特征污染物可根据项目关注污染物确定，具体取样方式、监测频次可参照《工业场地治理与修复技术体系》11.2监测要求及《重金属污染农田治理与安全利用技术体系》10.2监测要求；水环境监测因子主要包括As、Cd、Sb、Pb、Zn及其它特征污染物、COD、氨氮、pH值、电导率等参数；具体取样方式、监测频次可参照《河道治理与修复技术体系》10.2监测要求。

## 2.4 解决的主要问题

本标准通过识别确定污染区，对土壤风险进行评价，进一步对土壤风险进行管控和筛选修复技术，并进行实施和长期监测管理。对岩溶山地区金属采选场周边土壤的管控和修复具有良好的针对性，能够为管理部门和从业人员提供技术参考。

# 3 我国有关现行法律、法规和其他强制性标准的关系

3.1 国家标准的基本要求相一致

本标准主要依据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部公告第72号）、《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（ HJ 25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（ HJ 25.2-2019）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（ HJ 25.3-2019）、《建设用地土壤修复技术导则》（ HJ 25.4-2019）和《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（ HJ 25.5-2018）等相关规范，涉及的术语定义、环境调查、风险评估和风险管控方式等均与国家基本相一致。

3.2 是对现有的标准规范的补充和细化

现行的建设用地土壤污染状况调查、风险评估以及风险管控等有一系列的技术导则文件基本已经满足现有的管理需求。然而由于岩溶山地区金属矿区存在其特殊性，以往的标准对于某些矿区可能不适用。因此，本标准是对现有相关标准和指南的进一步细化和补充。

# 4 重大意见和分歧的处理结果依据

在标准制定过程中出现的重大意见和分歧时，在符合相关的法律法规的基础上，进一步与相关标准、导则和技术指南进行比较，然后编制组通过会议讨论形成统一意见后，向相关领域的专家咨询，最终形成修改意见，完善本技术规范。

# 5 预期经济效果

## 5.1 本标准实施成本分析

在经济性方面，根据已有的应用案例可知，与治理修复技术相比，采用工程阻隔等风险管控措施可使土壤污染防治成本大大降低，具有良好的经济性。

## 5.2 实施效益分析

风险管控采用的工程阻隔措施在国内外均有较为广泛的应用，结合长期监测措施和制度控制措施的使用，可全面保证风险管控的效果，确保周边居民与地表水、地下水等敏感受体的安全，实现环境效益，具有极强的技术可行性。

# 6 本标准实施的相关建议

## 6.1 标准执行

加强标准的贯彻实施，通过多渠道、多形式加大宣传与推广力度，让更多从业者和管理人员及时了解和掌握标准的内容与意，并经得起实践的检验。

## 6.2 标准完善

标准是在实践中不断完善的，所以在标准试行时应建立标准问题受理机制和机构及标准信息交流与反馈网络平台，一要建立标准问题受理机制和机构，使标准编制者、使用者或其他工作者发现问题时，能通过合理有效的反馈机制在第一时间将问题反馈于受理部门，并得到及时处理；二要建标准信息交流与反馈网络平台，新标准投入实践后，及时掌握反馈信息，了解实际应用效果；通过信息平台集思广益，汲取研究者、使用者等的意见、建议及行业、企业内等先进合理的技术、方法等，多法遴选，不断完善标准，提高标准的制定效率、编制质量、适用性及时效性等。

## 6.3 其他建议

要适时适当修改标准，缩短标准修订期限。对于存有内容错误或技术质量问题的标准应及时修订，并根据反馈及时对标准进行完善和补充。同时注重标准的高瞻远瞩，确保标准的有效性和广泛认可性。