



161821340643

祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地 风险管控项目

场地环境调查报告

委托单位：祁阳县人民政府

编制单位：湖南有色金属研究院

二〇二〇年九月



检验检测机构 资质认定证书

证书编号：161821340643

名称：湖南有色金属研究院

地址：长沙市芙蓉区亚大路 99 号/410100

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由湖南有色金属研究院承担

许可使用标志



发证日期：2017年10月16日

有效期至：2022年08月04日

发证机关：

161821340643

仅用于祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

《祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地环境调查报告》专家评审意见

2018年5月13日，永州市环境保护局在永州主持召开了《祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地环境调查报告》（以下简称《场调报告》）技术评审会，参加会议的有祁阳县环保局、编制单位湖南有色金属研究院等单位代表，会议邀请了湖南省土壤污染防治专家库4位专家组成技术评审组（名单附后）。评审会上，报告编制单位汇报了《场调报告》主要内容，与会专家和代表经质询、讨论，形成如下评审意见：

一、对《场调报告》的评价

该《场调报告》现场情况介绍基本清楚，采样布点及分析检测流程基本规范，该《场调报告》经修改、补充、完善后方可报审。

二、修改意见

1、核实场地土地利用现状规划，补充用地属性和责任主体的有效支撑材料。

2、核实评价标准，土壤评价标准应结合用地规划，采用土壤环境质量标准中林地标准；用于评判一般I类和一般II类固体废物废渣水浸出结果的评价标准，建议针对特征因子钒补充采用《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）相应限值进行评判。

3、核实调查范围和对象，补充建筑物污染状况调查；核实调查重点。

4、核实土壤采样点位与遗留渣场的关系，细化核实土壤采样方案、土壤采样深度的合理性。

5、根据项目用地规划性质，补充必要的风险评估内容，结合前述内容，重新核实调查评价结果及结论。

专家组：王大娟（组长）、钟振宇、艾美荣、龙加洪

王大娟 钟振宇 艾美荣 龙加洪

2018年5月专家审查意见修改说明

| 项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目 | |
|---|---|
| 专家审查意见 | 修改情况说明 |
| 1、核实地土地利用现状规划，补充用地属性和责任主体的有效支撑材料。 | 针对专家修改意见，核实改场地为福庆村集体所有，核实地土地利用现状规划，根据祁阳县城乡规划局规划，原茅竹镇钒冶炼区地块区域规划为林地。补充了用地属性和责任主体的有效支撑材料。详见附件1、附件2。 |
| 2、核实评价标准，土壤评价标准应结合用地规划，采用土壤环境质量标准中林地标准；用于评判一般I类和一般II类固体废物废渣水浸出结果的评价标准，建议针对特征因子钒补充采用《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）相应限值进行评判。 | 针对专家修改意见，原茅竹镇钒冶炼区地块区域规划为林地。土壤评价标准结合林地规划，本次场调报告土壤中砷、镉、铬采用《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》 $pH \leq 5.5$ 时风险筛选值。钒和铈则参考《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02）中参考限值，其中农用地土壤钒的参考限值暂订 150mg/kg，农用地土壤铈的参考限值暂 3.0mg/kg（详见 6.2.2 土壤评价标准）。本场地特征污染因子为钒重金属，针对特征因子钒，钒浸出浓度采用《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）中表 2 标准限值，详见 6.2.1 固体废物评价标准。钒冶炼废渣重金属浸出浓度超过《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）标准限值。判定茅竹镇原钒冶炼厂场内废渣属于第II类一般工业固体废物，详见 6.3.1 固废检测结果。 |
| 3、核实调查范围和对象，补充建筑物污染状况调查；核实调查重点。 | 针对专家修改意见，补充了建筑物污染状况调查，建筑物信息调查详见 3.4.2 场地使用现状中（2）废弃构筑物；对存在重金属污染可能的建筑物进行检测，检测结果及评价详见 6.3.1 固废检测结果。调查重点为固废及污染土 |

| | |
|---|---|
| | 壤的污染程度、范围及深度。 |
| 4、核实土壤采样点位与遗留渣场的关系，细化核实土壤采样方案、土壤采样深度的合理性。 | 针对专家修改意见，按要求已核实土壤采样点位与遗留渣场的关系，细化核实土壤采样方案、土壤采样深度的合理性。详见第一章 4.1.3 土壤调查采样。 |
| 5、根据项目用地规划性质，补充必要的风险评估内容，结合前述内容，重新核实调查评价结果及结论。 | 针对专家修改意见，根据项目用地规划性质，补充必要的风险评估内容，详见 6.3.9 污染风险评估分析。结合前述内容，重新核实调查评价结果及结论，详见 7.1 结论。 |

2018年6月专家复核意见修改说明

| | |
|------------------------------------|--|
| 项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目 | |
| 专家审查意见 | 修改情况说明 |
| 1、建议进一步核实受污染构筑物方量，完善风险评估内容。 | 针对专家修改意见，进一步核实了受污染构筑物的方量，厂内的废弃构筑物烟囱内炉灰及废弃水池底泥属于第II类一般工业固体废物，炉灰量为 50m ³ ,底泥量为 500m ³ ，详见第六章 6.3.8 污染范围及污染量的确定；完善了风险评估内容，详见第六章 6.3.9 污染风险评估分析。 |

正 2018 年湖南省土壤污染防治项目储备库入库审查

专家初审意见表

项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目

审查意见：

一、场地调查应采用《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》、《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB36600-2018）》等相关标准开展调查和评价。根据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环保部公告 2017 年第 72 号），报告书要求包括调查评估工作方案、调查报告、风险评估报告等主体内容。

二、场地环境调查报告修改建议：

- 1、补充固废布点采样的依据；
- 2、进一步完善风险评估相关内容。

三、实施方案修改建议：

- 1、根据调整标准后的评估结果，重新核定管控范围；
- 2、补充管控区设置的选址条件分析；
- 3、进一步优化资金预算。

专家组签名：

日期：2018.07.27

2018年湖南省土壤污染防治项目储备库入库审查

专家初审意见修改说明

| 项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目 | |
|---------------------------|--|
| 专家审查意见 | 修改情况说明 |
| (1) 补充固废布点采样的依据； | 针对专家意见，固废布点采样是根据《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20-1998）中简单随机法进行采样，补充了相关依据以及固废采样布点图，详见第四章工作计划 4.1.2 固废调查采样，P23-24。 |
| (2) 进一步完善风险评估相关内容。 | 针对专家意见，完善了风险评估内容，从危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征、风险分析结论进行论述。详见第六章检测结果及评价 6.4 污染风险评估分析，P77-85。 |

2018年湖南省土壤污染防治项目储备库入库专家审查

修改意见表

项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目

修改意见：

- 1、根据用地属性和环境敏感性，进一步核实土壤环境质量评价标准；
- 2、进一步核实和细化风险管控目标；
- 3、补充完善风险评估相关内容。

经复核，已基本按专家组意见进行修改。建议进一步扩展管控范围和面积，加强二次污染防治。

专家签名：

王大明 彭克俭

日期：2018.10.29

2018 年湖南省土壤污染防治项目储备库入库专家审查

修改意见修改说明

| 项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目 | |
|---------------------------------|--|
| 专家审查意见 | 修改情况说明 |
| 1、根据用地属性和环境敏感性，进一步核实土壤环境质量评价标准； | 针对专家意见，原茅竹镇钒冶炼区地块区域规划为林地，进一步核对了土壤环境质量评价标准，本次场地的主要污染因子为砷、镉、铬、钒、锑，砷、镉、铬主要采用《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)(GB 15618-2018)》标准限值，(GB 15618-2018)中无钒和锑的相关标准，钒和锑则参考《农用地土壤环境质量标准(三次征求意见稿)》(2016.02)中参考限值。 |
| 3、补充完善风险评估相关内容。 | 针对专家意见，补充完善风险评估相关内容，增加土壤污染物致癌和非致癌综合风险，计算了基于人类健康土壤风险控制。详见 P76-86。 |

2018 年湖南省土壤污染防治项目储备库入库专家审查复核

修改意见修改说明

| 项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目 | |
|---------------------------|---|
| 专家审查意见 | 修改情况说明 |
| 建议进一步核实管控范围和面积。 | 针对专家意见，进一步核实管控范围和面积。详见 5.1 风险管控范围，P48-49（实施方案）。 |
| 加强二次污染防治。 | 针对专家意见，加强了二次污染防治，详见 6.5 二次污染及防治措施。P89-93（实施方案）。 |

目 录

| | |
|-----------------------|----|
| 1 前言..... | 1 |
| 2 概述..... | 2 |
| 2.1 调查目的和原则..... | 2 |
| 2.2 调查范围..... | 2 |
| 2.3 调查依据..... | 4 |
| 2.4 调查方法..... | 5 |
| 2.5 调查内容..... | 5 |
| 2.6 调查程序..... | 6 |
| 3 场地概况..... | 8 |
| 3.1 场地位置..... | 8 |
| 3.2 区域环境概况..... | 9 |
| 3.3 敏感目标..... | 12 |
| 3.4 场地使用现状和历史..... | 15 |
| 3.5 相邻场地的使用现状和历史..... | 21 |
| 3.6 场地利用规划..... | 21 |
| 4 工作计划..... | 22 |
| 4.1 采样方案..... | 22 |
| 4.2 分析检测方案..... | 30 |
| 5 现场采样和实验室分析..... | 35 |
| 5.1 现场探测方法和程序..... | 35 |
| 5.2 采样方法和程序..... | 35 |
| 5.3 实验室分析..... | 46 |
| 5.4 质量保证和质量控制..... | 49 |
| 6 检测结果和评价..... | 52 |
| 6.1 场地地质和水文条件..... | 52 |
| 6.2 评价标准..... | 53 |
| 6.3 监测结果分析与评价..... | 55 |
| 6.4 污染风险评估分析..... | 78 |

| | |
|--------------|----|
| 7 结论和建议..... | 90 |
| 7.1 结论..... | 90 |
| 7.2 建议..... | 91 |
| 8 附件附图..... | 92 |
| 8.1 附件..... | 92 |
| 8.2 附图..... | 92 |

1 前言

祁阳县隶属于湖南省永州市，位于湖南省西南部，湘江中上游，永州市东北部。祁阳县已探明的矿藏有煤、石灰石、铁、锰、铋、锌、钒等 20 多种，享有“有色金属之乡”之称。

祁阳县茅竹镇钒冶炼厂是一家没有环评审批的违法排污小企业。2008 年该项目在未办理任何手续的情况下擅自开工建设，并于同年建成投产。茅竹镇福庆村原钒冶炼厂在非法炼钒过程中，采用钒矿钙化焙烧工艺生产五氧化二钒，生产产生的废水、废气、废渣未经任何污染防治设施处理直接排放。其中，废水主要由浸泡焙烧成球后的钒矿产生，经过厂区内水池沉淀后进行循环使用，少量外排；废气经过山顶一根 50 余米的烟囱直接排放，产生的大量冶炼废渣露天堆积。由于冶炼工艺落后、未采取有效的环境保护措施，生产期间，周边群众投诉不断，祁阳县政府及相关部门接到群众举报后于 2008 年关停了该厂。

祁阳是全国油茶之乡、国家油茶产业发展示范基地和国家级林业科技示范县。场地四周为油茶林，钒冶炼厂遗留场地目前未得到有效的处置，这不仅妨碍了福庆村的发展，更严重威胁着当地人们的身体安全。为了保护周围环境及周边居民的生活健康，钒冶炼厂遗留场地的治理显得尤为迫切。不论是从保护自然生态环境、建设环境友好型社会的角度，还是从保护人民根本利益的角度出发，都有必要对祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地进行场地环境调查。

2018 年 5 月，我司受祁阳县人民政府委托，结合前期的工作，组织专业技术人员对现场进行踏勘，收集了区域内环境调查相关的资料，确定了区域的监测采样点位。通过现场踏勘与采样分析，了解区域土壤是否存在污染以及污染的类型、分布范围及污染程度，对区域土壤进行评价，编制完成《祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目场地环境调查报告》，为政府决策提供科学依据。

2 概述

2.1 调查目的和原则

2.1.1 调查目的

(1) 对祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地内土壤、固废污染情况进行现场调查监测和实验室分析,对该区域环境污染现状及污染程度做出评价,为该区域的治理提供科学的数据。

(2) 查清祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂遗留废渣的污染属性和总量,明确该冶炼厂场地及周边受影响区域土壤污染的深度、范围及总量,查清该地区的地质状况,为后期治理工作的开展提供基础资料。

(3) 查清祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂遗留废渣和污染土壤是否通过雨水冲刷形成的地表径流对周边土壤、水体造成了二次污染,或者污染物是否有横向或纵向扩散转移的趋势,是否对当地人民群众的生产生活造成影响等。

2.1.2 调查原则

采用多种技术方法,力求通过本次环境调查工作,评价祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂污染场地污染程度和范围,为防止污染扩散提供准确的资料。

本次场地环境调查坚持以下原则:

(1) 针对性原则

针对场地的特征和潜在污染物特性,进行污染浓度和空间分布调查,为场地的环境管理提供依据。

(2) 规范性原则

认真贯彻国家与地方的环境保护法律、法规及规定。采用程序化和系统化的方式规范场地环境调查过程,保证调查过程的科学性和客观性。

(3) 可操作性原则

综合考虑场地实际情况、时间、经费等,结合现阶段技术水平和经验,使调查过程切实可行。

2.2 调查范围

调查范围为祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地及周边可能存在污染区域;具体为茅竹镇原钒冶炼厂厂区、堆渣区域及邻近区域,示意图如下:

2.3 调查依据

2.3.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（自 2015 年 01 月 01 日起施行）；
- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008 年 2 月 28 日修订通过，自 2008 年 6 月 1 日起施行）；
- (3) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2015 年 8 月 29 日修订，2016 年 1 月 1 日施行）；
- (4) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（1996 年 10 月 29 日通过，自 1997 年 3 月 1 日起施行）；
- (5) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2004 年 12 月 29 日修订通过，自 2005 年 4 月 1 日起施行）；

2.3.2 标准规范

- (1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）；
- (2) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）；
- (3) 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）；
- (4) 《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T20-1998）；
- (5) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (6) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）；
- (7) 《水质样品的保存和管理技术规定》（HJ493-2009）；
- (8) 《固体废物浸出毒性浸出方法硫酸硝酸法》（HJ/T299-2007）；
- (9) 《固体废物浸出毒性浸出方法水平振荡法》（HJ557-2009）；
- (10) 《地下水污染地质调查评价规范》（DD2008-01）；
- (11) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）
- (12) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (13) 《地下水环境质量标准》（GB/T14848-2017）；
- (14) 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB5085.3—2007）；
- (15) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南》（2014 年 11 月）；
- (16) 《环境监测分析方法标准指定技术导则》（HJ/T168-2010）；
- (17) 《全国土壤污染状况调查土壤样品采集（保存）技术规定》；

- (18) 《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)；
- (19) 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009年版)；
- (20) 《土的工程分类标准》(GB/T50145-2007)；
- (21) 《建设用地区域土壤环境调查评估技术指南》(2017.12)；
- (22) 《环境监测质量管理技术导则》(HJ630-2011)；
- (23) 《土壤环境质量 建设用地区域土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)；
- (24) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)；
- (25) 《全国土壤污染状况调查点位布设技术规定》(环发[2006]129号)；
- (26) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)；
- (27) 《水质采样技术指导》(HJ494-2009)；
- (28) 《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范(试行)》(HJ/T373-2007)；
- (29) 《钒工业污染物排放标准》(GB26452-2011)；
- (30) 《农用地土壤环境质量标准(三次征求意见稿)》(2016.02)。

2.3.3 相关文件

- (1) 《土壤污染防治行动计划》国发〔2016〕31号；
- (2) 《关于组织开展土壤、重金属项目库建设工作的通知》
- (3) 《祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地风险管控项目岩土工程初步勘察报告》，湖南中核岩土工程有限责任公司；
- (4) 项目实测地形图；
- (5) 业主提供的其他资料。

2.4 调查方法

- (1) 本调查的技术方法，原则上按《建设用地区域土壤污染状况调查技术导则》(HJ25.1-2019)中的要求执行，并参照《环境影响评价技术导则》规定的方法。
- (2) 调查分析采用现场调查、现场实测、现场采样、实验室分析和已有的资料分析相结合的方法。
- (3) 工程调查采用“以点为主、点段结合、反馈全线”的方法。

2.5 调查内容

本次场地环境调查工作的内容主要包括以下三方面：

- (1) 污染识别：通过文件审核、现场调查、人员访问等形式，获取场地水文地质

特征、土地利用情况、生产工艺及原辅材料等基本信息，识别和判断场地潜在污染物种类、污染途径、污染介质；

(2) 取样监测：在污染识别的基础上，根据国家现有导则相关标准要求制定调查方案，进行场地调查取样。本调查对厂内疑似污染区域布设了较为全面的监测点位，并在现场取样时根据实际情况适当调整。对有代表性的土壤与废渣样品送实验室检测，通过检测结果分析判断场地实际污染状况；

(3) 结果评价：参考国内现有的评价标准和评价方法，确定该场地是否存在污染，为实施方案提供全面详细的污染范围数据。

2.6 调查程序

根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019），场地环境调查可分为三个阶段。第一阶段场地环境调查是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段；第二阶段场地环境调查是以采样与分析为主的污染证实阶段；当需要进行风险评估或污染修复时，则需要进行第三阶段场地环境调查。第三阶段场地环境调查以补充采样和测试为主，获得满足风险评估及土壤和地下水修复所需的参数。本次场地调查拟先进行第一阶段、第二阶段，暂不涉及风险评估或污染修复。该场地调查工作程序见图 2-3。

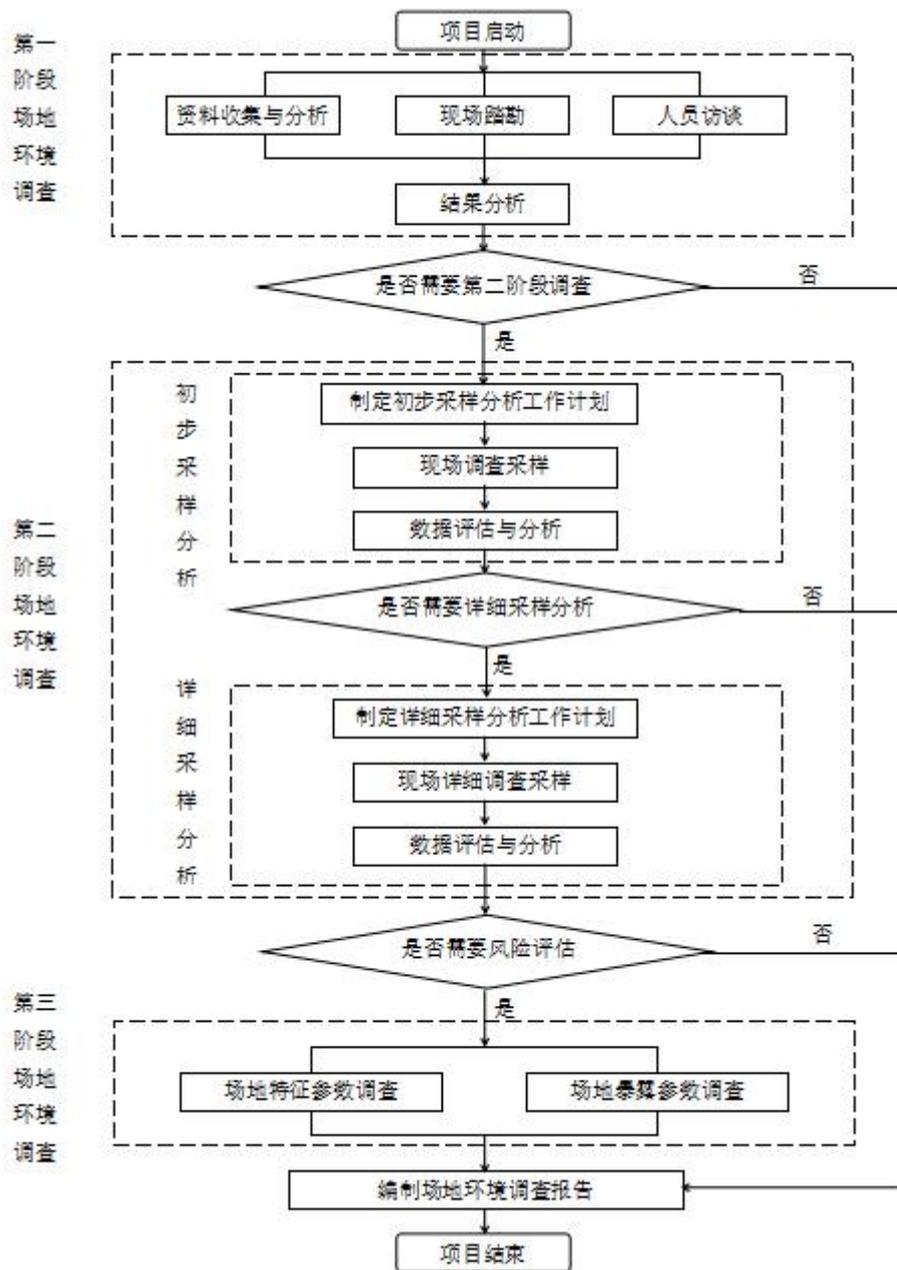


图2-3场地环境调查的工作内容与程序

3 场地概况

3.1 场地位置

茅竹镇位于湖南省永州市祁阳县境中部偏西北边，距县城 11 公里。东与观音滩镇、浯溪镇相邻，南抵三口塘镇，西临冷水滩区，北接大村甸镇、浯溪镇。钒冶炼遗留场地位于茅竹镇福庆村。场地中心位置坐标为：东经 111°46'36.31"，北纬 26°29'0.09"。



图3-1 祁阳县茅竹镇钒冶炼厂场地方位图



图3-2 茅竹镇原钨冶炼厂场地卫星遥感图

3.2 区域环境概况

3.1.1 祁阳县概况

祁阳县位于湖南省西南部，湘江中上游，永州市东北部。西接永州市零陵区和冷水滩区，东抵常宁市，南临新田县、宁远县、双牌县和桂阳县，北连祁东县。地理坐标为东经 110°35'-112°14'，北纬 26°02'-26°51'。祁阳位于“湖广熟，天下足”鱼米之乡的腹地，湘江中上游，永州的北大门。南通粤桂，北抵衡岳，东连浙赣，西接川黔。东西横跨 64.5 公里，南北纵长 90.5 公里，总面积 2538 平方千米，辖 20 个乡镇，3 个农林场所，955 个行政村（居委会），总人口 106 万人。

祁阳历史悠久，人杰地灵，文化底蕴深厚。祁阳因地处祁山之南而得名，因浯溪而闻名。祁阳是一个古老的邑县，始建于三国时期，至今有 1800 多年历史祁阳自然资源丰富，土地肥沃，河流纵横，水源充实，属亚热带季风湿润性气候，四季分明，现已探明的矿藏有煤、石煤、石灰石、铁、锰、锑、锌等 20 多种，享有“有色金属之乡”的美称；用材林有杉、松、樟、楠等，经济林以油茶为主，兼有油桐、乌桕；药材主要有白果、乌梅、杜仲、淮山、丹皮、白芍、香附、乌药、蛇胆等 100 余种。其中烟煤储量 1 亿吨；用材林 6.4 万公顷，林木蓄积量达 300 万立方米；油茶林 40 万亩；柑橘等水果

28 万亩。

祁阳交通便捷，南临桂林、广州，北倚长沙、武汉，是中西部的前沿、沿海的后花园。湘桂铁路、衡昆高速公路、322 国道、M320 线贯穿全境，镇镇通油路，村村通公路；祁阳火车站年货物吞吐量 150 万吨，客运站是全国规模最大的县级站；湘江从县境中心穿过，终年通航，可直下洞庭，通江达海；永州机场距县城仅 30 公里，初步形成了水运、公路、铁路、航空现代化立体交通网络；通讯发达，通移动电话、程控电话和微波电视，高速宽带上网。水资源总量 250 亿立方米，水能蕴藏量 32 万千瓦。建有配套齐全的四大灌区的渠系工程，旱涝保收面积达 90%以上。全县建有大小电站 85 处，总装机容量 6 万千瓦，年发电量 1.6 亿千瓦时，建成了国家、地方电网相连的发供电体系。

祁阳县地理位置优越，区位优势明显，境内丘陵起伏，树木葱郁，土地肥沃、气候温和、光热充足、雨量丰沛，境内水系发达，水利方便，是重要的产粮基地，典型的鱼米之乡。



图3-3祁阳县区位图

3.2.2 自然概况

(1) 地形地貌

地形以山地、岗地、丘陵为主，地势南北高、中部低；南陞阳明山脉重峦叠嶂，北边四明山、祁山山脉起伏连绵。山地约占祁阳县总面积 41.56%，丘陵占 13.84%，岗地占 16.69%，平原占 21.80%，水面占 6.11%，是一个山地居多，平原较次，兼有岗丘的盆地县份。该县整个地势以湘江为基准，南部由南而北倾斜递降，而北部由北向南倾斜递降，其间地势此起彼伏，地貌错综复杂，形成南北高，中部凹形盆地。

祁阳县地貌呈不对称的凹字形盆地景观。阳明山脉横亘于南部，祁山山脉斜峙于东北，四明山余脉绵亘于西北，湘江贯穿中部，形成狭长的河谷平原。境内丘陵、山地、平原错杂，山地面积较为广大。祁阳县位于祁阳山字型前弧南翼，次级构造较为发育。境内分布有寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系等地层类型，奥陶系、泥盆系、石炭系分布较为广泛。土壤主要为黄色和红色粘土。根据国家质量技术监督局 2001 年 2 月发布的《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001）查知：祁阳县地震动峰值加速度不小于 0.5g，地震动反应谱特性周期为 0.35s，建筑物不需抗震设防。值加速度区划图》（GB18306-2001）和《中国地震反应谱特征周期区域图》，本地区地震动峰加速度小于 0.05g，反应谱特征周期 0.35s，对地震基本烈度小于 IV 度，属相对稳定地区。

(2) 气候气象

祁阳县属亚热带季风湿润气候，四季分明。其特点是：春温多变，寒潮频繁；夏多暴雨，易遭洪涝；秋常干旱，气候炎热；冬少严寒，间有冰冻。年平均气温县城 18.2℃。年均日照为 1591.9 小时；无霜期为 293 天。年平均降雨量 1275.7 毫米，最高年份达 1635.9 毫米，最少年份为 1000.3 毫米。祁阳属中亚热带大陆性季风湿润气候区，一年四季比较分明。全县年均气温为 17.6~18.6℃，无霜期 286~311 天，日最低气温 0℃以下的天数只有 8~15 天。多年平均降雪日数为 3~7 天，极端最低气温在 -4.9~-8.4℃之间。

(3) 水文状况

永州境内的水系主要有以下三个特征：一是河流纵横，呈树枝状分布。全市绝大多数河流从西北、中部、南部三大山系发源，穿山绕岭，逐级汇流，形成树枝状流域网，汇集于潇湘二水，最后从零祁盆地东北口流出，注入洞庭湖。二是河流水量大，易涨易涸。全市河流总水量占全省河历年均总水量的 11.1%。其水源主要靠自然降水，因而年内各季的水位变化大。春末夏初的暴雨期，各河流会出现短期洪汛，水位差在 5~18 米，

径流量超过正常值的几倍甚至几十倍。而秋冬枯旱时，河流就会涸浅，有的甚至会断流。三是河床坡降大，谷深流急。南岭山地相对高差大，地势比降达 2.7~20%。穿越这里的河流下切，河道窄而切割深，水流湍急，落差集中。永州的主要河流有湘江、潇水、宁远河、白水、祁水、芦洪江、石期河、永明河等。

祁阳县水系均属湘江及其支流。于大村甸镇的崇山村世瓦皂进入本境，从黄泥塘镇的九洲流入常宁、祁东。境内流程 100.8 公里，流域面积为 23238.5 平方公里，一级支流南有白水、北有祁水，东有清江。湘江从大村甸镇的崇山村入境，从县内中部穿过，流向大致呈东西向，穿经茅竹、浯溪、七里桥、观音滩、潘市、白水、进宝塘、黄泥塘等镇并会祁水、白水两大一级支流及其它一、二、三级支流于梅溪镇龟山村左岸转入祁东县境，右岸从黄泥塘镇转入常宁市境。境内流程 100.8km，落差 18.8m，河面宽度一般为 200~350m，控制流域总面积 23238.5 平方公里。湘江在祁阳境内主要一级支流有白水、祁水，二级支流有清水江。湘江年均流量 624m³/s，最大流量 14700m³/s，最小流量 45.6m³/s。

3.2.3 经济状况

经初步核算，2017 年全县地区生产总值 263.59 亿元，比上年增长 9.1%。其中，第一产业增加值 48.80 亿元，增长 3.3%；第二产业增加值 94.52 亿元，增长 7.3%；第三产业增加值 120.27 亿元，增长 13.4%。全县人均地区生产总值 29998 元，同比增长 9.3%。

祁阳县被国家林业局授予“中国油茶之乡”殊荣。祁阳县历来以盛产优质茶油闻名全国，素有湘南“天然油库”之美称；是湖南省茶油主产区之一，全县现有油茶林面积 42.77 万亩。

3.3 敏感目标

3.3.1 敏感目标定义

(1) 需特殊保护地区：国家法律、法规、行政规章及规划确定或经县级以上人民政府批准的需要特殊保护的地区，如饮用水水源保护区、自然保护区、风景名胜区、生态功能保护区、基本农田保护区、水土流失重点防治区、森林公园、地质公园、世界遗产地、国家重点文物保护单位、历史文化保护地等。

(2) 生态敏感与脆弱区：沙尘暴源区、荒漠中的绿洲、严重缺水地区、珍稀动植物栖息地或特殊生态系统、天然林、热带雨林、红树林、珊瑚礁、鱼虾产卵场、重要湿地和天然渔场等。



场地西北角 50 米处大理石工厂



场地北侧紧邻鸡鸭舍



场地四周遍布油茶林



场地 100 米处湖南助农生态科技公司



离龙门寺一级饮用水水源保护区 500 米



场地 300 米处灌溉水渠

图3-5祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地周边部分敏感点

3.4 场地使用现状和历史

3.4.1 场地使用历史

二十世纪九十年代，国际市场上钒价格猛涨，钒冶炼行业成为暴利行业，永州市涌现出许多小型钒冶炼厂。其中，祁阳县茅竹镇福庆村原钒冶炼厂规模较大，污染较重的地方。

茅竹镇福庆村原钒冶炼厂是一家没有环评审批的违法排污企业。2008年，该项目在未办理任何手续的情况下擅自开工建设，并于同年建成投产。由于冶炼工艺落后，钒转化率不高，生产中产生大量废渣。投入生产后，因其未采取有效的污染防治措施，废气通过场地内一座50米高的烟囱直接排放，废水只经简单处理后排放，废渣也是直接超标排放至周边环境，对当地的生态环境和人体健康造成极大的污染和危害，人民群众多次上访投诉后被政府2008年责令关停。关停后，含重金属的冶炼废渣和污染土壤未经任何处理长期露天堆放在厂区及周边。经淋溶后，重金属钒、砷、铬等污染因子可能进入周边环境，对周边土壤和水体造成污染，影响社会和谐稳定。

本场地识别环境污染的潜在可能，通过会谈、场地访问以及填写调查表等方式调查生产状况、原辅材料使用种类、运输及贮存方式、生产工艺、生产车间布置情况、工业固废、工业粉尘处置方式等基础上，综合分析生产活动中排污环节，污染土壤途径、污染因子，定性分析各污染因子对场地的污染程度及范围，提出场地污染监测技术方案，为下阶段重金属污染修复方案提供基础数据。主要根据企业生产产品、主要生产工艺，使用原辅材料种类、性质、环保特性等进行定性分析。

3.4.2 生产原料分析

石煤是一种含碳少、发热值低的劣质无烟煤，又是一种低品位多金属共生矿。生成于古老地层中，由菌藻类等生物遗体在浅海、泻湖、海湾条件下经腐泥化作用和煤化作用转变而成。外观像石头，肉眼不易与石灰岩或碳页岩相区别，高灰分（一般大于60%）深变质的可燃有机矿物。

含碳量较高的优质石煤呈黑色，具有半亮光泽，杂质少。相对密度为1.7~2.2。含碳量较少的石煤，呈偏灰色，暗淡无比，夹杂有较多的黄铁矿、石英脉和磷、钙质结核、相对密度在2.2~2.8之间，石煤发热量不高，在3.5~10.5MJ/kg之间，是一种低热值燃料。热值偏高的石煤，在改进燃烧技术后，可用作火力发电的燃料，石煤也可用作烧制水泥、制造化肥。灰渣制碳化砖等。伴生有钒的石煤，可提取五氧化二钒。

石煤形成于早元古代和早古生代的一种沉积的可燃有机岩。呈黑色或黑灰色。大多具有高灰、高硫、低发热量和硬度大的特点。石煤是一种高变质的腐泥煤或藻煤。其成分除含有机碳外，还有氧化硅、氧化钙和少量的氧化铁、氧化铝和氧化镁等。石煤有各种不同的分类。按灰分和发热量，可分为一般石煤和优质石煤：一般石煤的灰分为40%~90%，发热量在16.7千焦/克以下；优质石煤的灰分为20%~40%，发热量为16.7~27.1千焦/克。

参照祁阳县环保局委托有关单位做的前期调查监测结果，根据对钒冶炼厂原材料石煤原矿化学成分分析结果表明，石煤矿中硅、铝、铁含量较高，原矿石煤中的重金属为钒、砷、铬、锑、镉。

在项目调查前期污染物识别过程中，采用 i-Raman 便携式拉曼光谱仪对对场地内的废渣，以及焙烧炉内的炉灰浸出液的多环芳烃进行快速分析，未检出多环芳烃，本次调查未将多环芳烃作为特征污染物检测。

3.4.3 场地原生产工艺及产排污节点

茅竹镇福庆村原钒冶炼厂生产工艺为钠化焙烧冶炼五氧化二钒，属淘汰落后生产工艺，以食盐或苏打为添加剂，通过焙烧将多价态的钒转化为水溶性五价钒的钠盐，如 $\text{Na}_2\text{O}\cdot y\text{V}_2\text{O}_5$ 和 NaVO_3 ，再对钠化焙烧产物直接水浸，可得到含钒及少量铝杂质的浸取液，然后加入铵盐制得偏钒酸铵沉淀，经焙烧得到粗 V_2O_5 ，再经碱溶、除杂并用铵盐二次沉钒得偏钒酸铵，焙烧后可得到纯度大于98%的 V_2O_5 。该方法在生产的过程中不仅会产生大量 HCl 和 Cl_2 等有毒有害气体及富含大量盐分的废水。根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）以及现场踏勘情况，由于茅竹镇原钒冶炼厂已关闭多年，根据现场走访和查阅资料，确定该厂生产工艺流程图如下图 3-6 所示，该厂产排污节点图如图 3-7 所示。

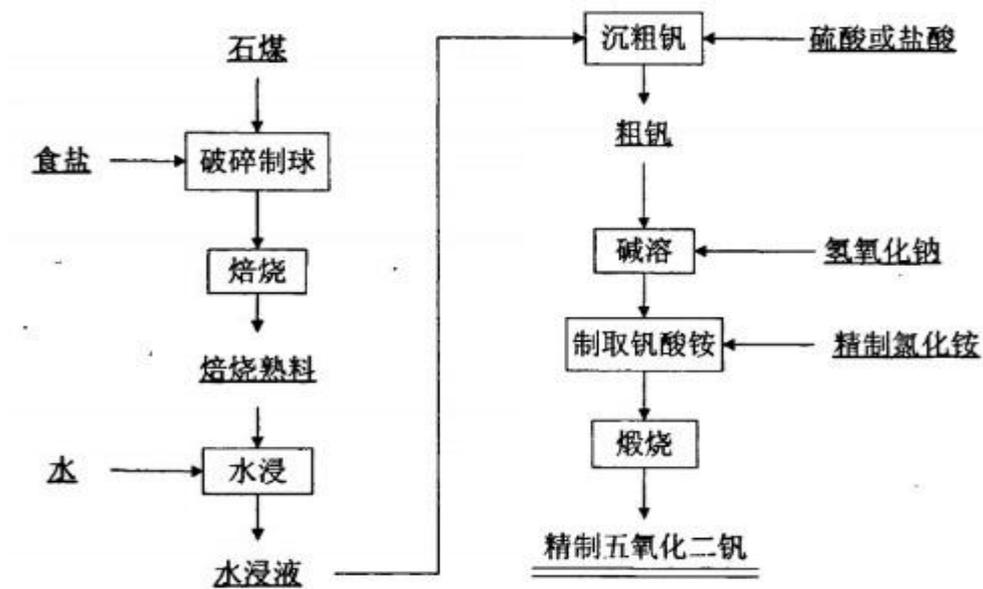


图3-6工艺流程图

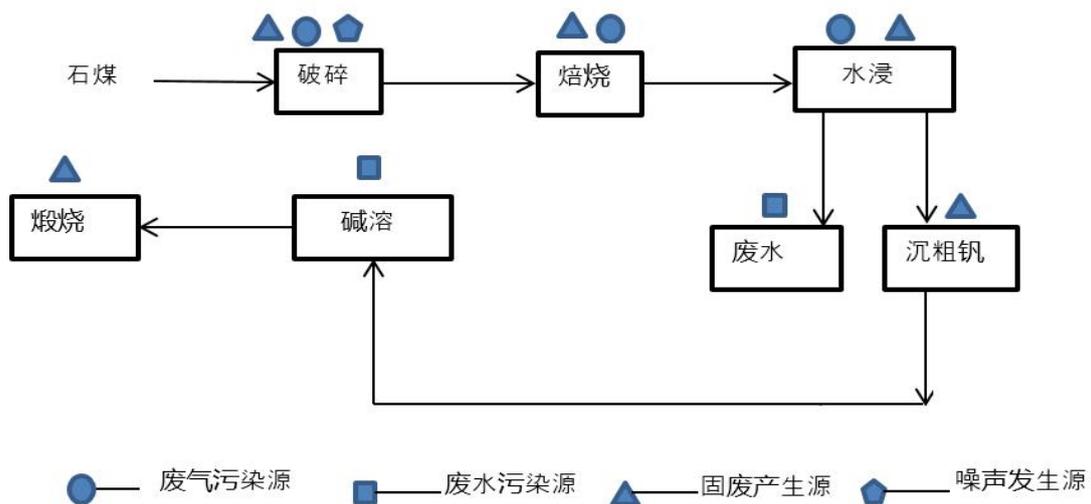


图3-7工艺产排污节点图

3.4.4 场地使用现状

根据现场踏勘情况，目前，原生产厂房已经废弃，建筑垃圾散乱堆积在场内；原水浸池和污水池中遗留有大量的废水，产生的大量冶炼废渣露天堆积，未得到妥善处置；同时，原生产过程中排放废气的烟囱未拆除，该烟囱位于山顶，烟囱内还有烟灰等残留物因年代久远存在一定的安全隐患。所以厂房场地现在闲置未被利用，场地周边有大片油茶林，周围居民迫切希望解决茅竹镇原钒冶炼厂场地历史遗留问题，还他们绿水青山和良好的农业生产环境。

(1) 遗留的废渣

祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地内 2 个大的渣堆，一个位于场内北侧的渣堆面积为

2280m²，平均深度为 3.5 米，一个位于场地西侧的渣堆面积为 470m²，平均深度为 1.5 米。场地堆渣场无遮雨以及防渗等措施，地表雨水进入冲刷钒渣，造成其渗滤液含有钒、镉、铬、砷、等金属因子，可能造成西侧及南侧区域污染。场区的多处堆放散落的废渣。



图 3-8 祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地内堆积的废渣

(2) 废弃构筑物

场地内构筑物主要为五氧化二钒生产厂房和办公厂房，包括焙烧炉、烟囱、废水池、办公室以及配套的设施。建（构）筑物因废弃年限久远，大多极为破败，摇摇欲坠，存在严重安全风险。历史时期生产的五氧化二钒炉灰，沾附于焙烧炉和烟囱等表面，致使构筑物等受到一定污染，具备较高的环境风险。

废弃建（构）筑物主要为砖块、混凝土块、木头，粉尘以及部分焙烧渣，详细信息见表 3-1。

表3-1 主要废弃建（构）筑物污染信息一览

| 序号 | 名称 | 面积 (m ²) | 数量 (m ³) | 污染情况 |
|----|------|----------------------|---|--------------------|
| 1 | 焙烧炉 | 200 | 600 | 焙烧尘埃附着于墙内面。 |
| 2 | 烟囱 | 直径 6m 高 50m | 建筑物 450m ³ , 炉灰 50m ³ | 焙烧尘埃附着于烟囱内衬。 |
| 3 | 废水池 | 500 | 废水池 500m ³ 底泥 500m ³ , | 废水贮存于内; 池底沉积较厚的底泥。 |
| 4 | 办公室 | 150 | 100 | 种植户临时占用 |
| 5 | 生产车间 | 200 | 400 | 破损不堪, 砖块混凝土块到处洒落 |
| 合计 | | | 2550 | |



图 3-9 祁阳县茅竹镇钒冶炼厂场地内废弃的构筑物

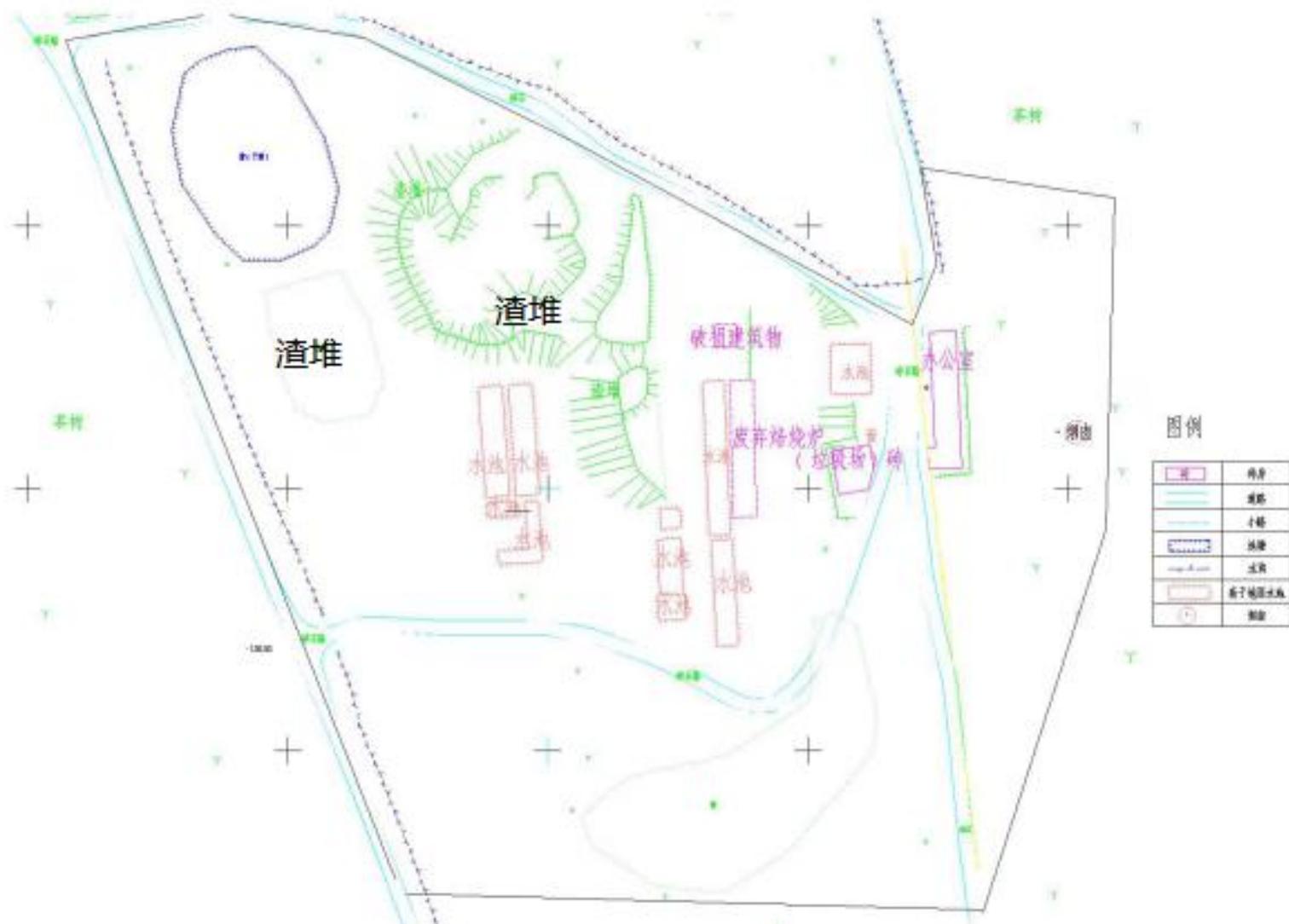


图3-10祁阳县茅竹镇钒冶炼厂废弃构筑物及废渣分布图

3.5 相邻场地的使用现状和历史

祁阳县茅竹镇冶炼厂场地地理坐标为中心经度：E111°46'36.31"，中心纬度：N26°29'0.09"，地处福庆村，属于村集体用地，属山地地貌，场地周围区域为耕地和山林，部分区域零散居住有居民。

(1) 距离冶炼厂最近的居民住宅仅隔 200m，冶炼厂场地东北侧 500 米 322 国道有零散居住居民一百多户，西北 500 米有大量的居民。

(2) 场地西北面下游 100 米处为小型石板加工厂，有生产人员 20 名。

(3) 场地西北 10 米处有水塘，水塘边有 100m² 鸡鸭舍，

(4) 场地四周紧邻油茶种植基地。

3.6 场地利用规划

根据祁阳县国土资源局出具证明，原祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地的土地利用性质为林地。（详见附件 2）

4 工作计划

4.1 采样方案

4.1.1 采样工作原则

根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）等相关导则或指南要求，同时结合前期勘查结果，针对该场地布设采样点，编制调查方案。方案编制后，提交给业主或业主委托单位认可后实施。实施过程将严格按照采样计划与调查方案执行，直至完成采样与送检分析工作并形成样品数据分析成果。

场地调查评估的目的是为了确定污染的程度、范围和污染物，并且为确定场地治理策略提供技术基础，同时获取风险评估所需的场地特征参数。项目实施过程中确保获取污染特征和风险评估所必需的样品数量，同时防止过多采样而导致不必要的成本增加，本单位将严格依据国家相关规定，调查采用专业判断和网格布点法相结合的方式进行布点。

（1）采样点布设密度

1) 土壤布点密度

场地定量评估阶段应准确划定污染边界及范围。根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）中的相关要求，对于需要划定污染边界范围的区域，采样单元面积不大于 1600 m²（40 m×40 m 网格）。

2) 固体废物采样点

严格按照《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ20-1998）和《固体化工产品采样通则》（GB/T6679-2003）的相关规定以及踏勘获得的基础数据布设固体废物样品采样点。

（2）采样点布置

采样点布设方法包括：系统随机布点法、专业判断布点法、分区布点法、系统布点法。根据现场踏勘结果，本次采用系统网格布点与专业判断布点相结合方式进行采样点布设。调查方案中确定的采样点位与样品分析指标应能够充分反映现场污染特征及污染范围。

1) 固体废物采样点布置

祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地目前已经停产，场地内堆存有原来生产的建筑垃圾、废渣、矿石等固体废物，需采样分析判断污染情况，为后续固体废物的处理提供参考。这些固体废物没有任何苫盖，直接堆存于地表，在疑似重污染功能区或明显污染迹象的固体废物堆处采集样品。

2) 土壤采样点布置

布设土壤采样点时，一方面应确保采样点覆盖场地全部面积，即至少满足 40m×40m 网格密度要求；另一方面，应在现场查明有污染但未确定污染边界的区域进行加密布点，以进一步明确污染边界。

3) 废水采样点布置

场地内部有生产时遗留下来的十几个沉淀池，沉淀池中有大量滞水，因此，在这个区域布设废水采样点，以了解废水污染情况。

4) 地表水采样点布置

场地区域内有一个水塘，因此，在这个区域布设合理数量的地表水采样点，以了解地表水污染情况。

5) 地下水采样点布置

地下水采样点分布主要是调查分析地块内是否存在地下水污染，以及地下水污染的概况。结合资料分析所获得的可能污染物和水文地质结果，在污染源（或重污染区）处建立地下水永久监测井。根据《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》

（HJ25.2-2019）“监测目的、所处含水层类型及其埋深和相对厚度来确定监测井的深度，且不穿透浅层地下水底板”，地下水采样深度根据场地实际水文地质及可能污染情况而定。

（3）采样深度设计

根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）中相关要求，土壤采样深度应根据污染源位置、迁移和地层结构以及水文地质等进行判断设置。采样深度应达到无污染区域，如对污染物有较强阻滞作用的弱透水层以下。实际采集样品的深度可根据现场水文地质调查结果进行设置与调整。

原则上，需在每个采样点每一层至少采集一个土壤样品，取样时，同时还要根据采样点地质特征、土壤颜色与气味等感官性状、现场 X 射线荧光快速检测仪（XRF）等快速检测设备的检测结果最终确定取样深度，以辅助筛选采集具有代表性的土壤样品。

（4）点位调整原则

现场采样时如发现采样点不具代表性，或遇障碍物设备无法采集样品时可根据现场情况适当调整采样点。现场点位调整后要对电子地图网格所布点位进行调整，记录调整原因和调整结果，确定新的调查点位地理属性，校正原调查点位。最终形成区域内实际需要实施调查的点位集。

4.1.2 固废调查采样

(1) 采样方法的选定

祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地已经停产，目前场地内堆存有原来的冶炼废渣、建筑垃圾、矿石等固体废物。为判断这些固体废物的情况，需进行采样分析，以便后续进行管理。

根据《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20-1998）（以下简称“规范”）中的规定，工业固体废物是指在工业、交通等生产活动中产生的固体废物。对于工业固体废物的特性鉴别、环境污染监测、综合利用及处置等所需样品需按照该规范采集。

该规范中规定采样方法分为以下几种：

1) 简单随机采样法

对于一批废物，当对其了解很少，且采取的份样比较分散也不影响分析结果时，对这一批废物不做任何处理，不进行分类也不进行排队，而是按照其原来的状况从批废物中随机采取分样。具体可分为抽签法和随机数字表法。

2) 系统采样法

一批按一定顺序排列的废物，按照规定的采样间隔，每隔一个间隔采取一个份样，组成小样或大样。在一批废物以运送带、管道等形式连续排出的移动过程中，按一定的质量或时间间隔采份样。

3) 分层采样法

根据对一批废物已有的认识，将其按照有关标志分若干层，然后在每层中随机采取份样。一批废物分次排出或某生产工艺过程的废物间歇排出过程中，可分 n 层采样，根据每层的质量；按比例采取份样。同时，必须注意粒度比例，使每层所采份样的粒度比例与该层废物粒度分布大致相符。

4) 两段采样法

简单随机采样、系统采样、分层采样都是一次就直接从批废物中采取份样，称为单阶段采样。当一批废物由许多车、桶、箱、袋等容器盛装时，由于各容器件比较分散，所以要分阶段采样。

5) 权威采样法

由对被采批工业固体废物非常熟悉的个人来采取样品而置随机性于不顾。这种采样法，其有效性完全取决于采样者的知识。尽管权威采样有时也能获得有效的数据，但对大多数采样情况，建议不采用这种采样方法。

本项目场地内的固体废物大多数零散分布在场地各处，并没有明显地按一定顺序排列、分层，并且已经停产，相关工作人员也已遣散，因此，本项目采集固体废物是采用简单随机采样法。

(2) 采样布点设计

对于采样点布设，规范中指出：

1) 对于堆存、运输中的固态废物和大池（坑、塘）中的液体工业固体废物，可按对角线型、梅花型、棋盘型、蛇型等点分布确定采样点（采样位置）；

2) 对于粉末状、小颗粒的工业固体废物，可按垂直方向、一定深度的部位确定采样点（采样位置）；

3) 对于容器内的工业固体废物，可按上部（表面下相当于总体积的 1/6 深处）、中部（表面下相当于总体积的 1/2 深处）、下部（表面下相当于总体积的 5/6 深处）确定采样点（采样位置）；

4) 根据采样方式（简单随机采样、分层采样、系统采样、两段采样等）确定采样点（采样位置）。

本项目采集固体废物时，按照简单随机采样法，按照堆存的固体废物原来的状况随机从固体废物堆中采集样品。本项目共计设置 7 个固体废物取样点，分别为废渣 1#堆，其中 1#渣堆和废渣 2#堆，烟囱粉尘、焙烧炉炉灰以及废水池底泥，其中废渣 2#取样 3 个，编号为废渣 2#-1、废渣 2#-2 和废渣 2#-3，其余点位取样一个。

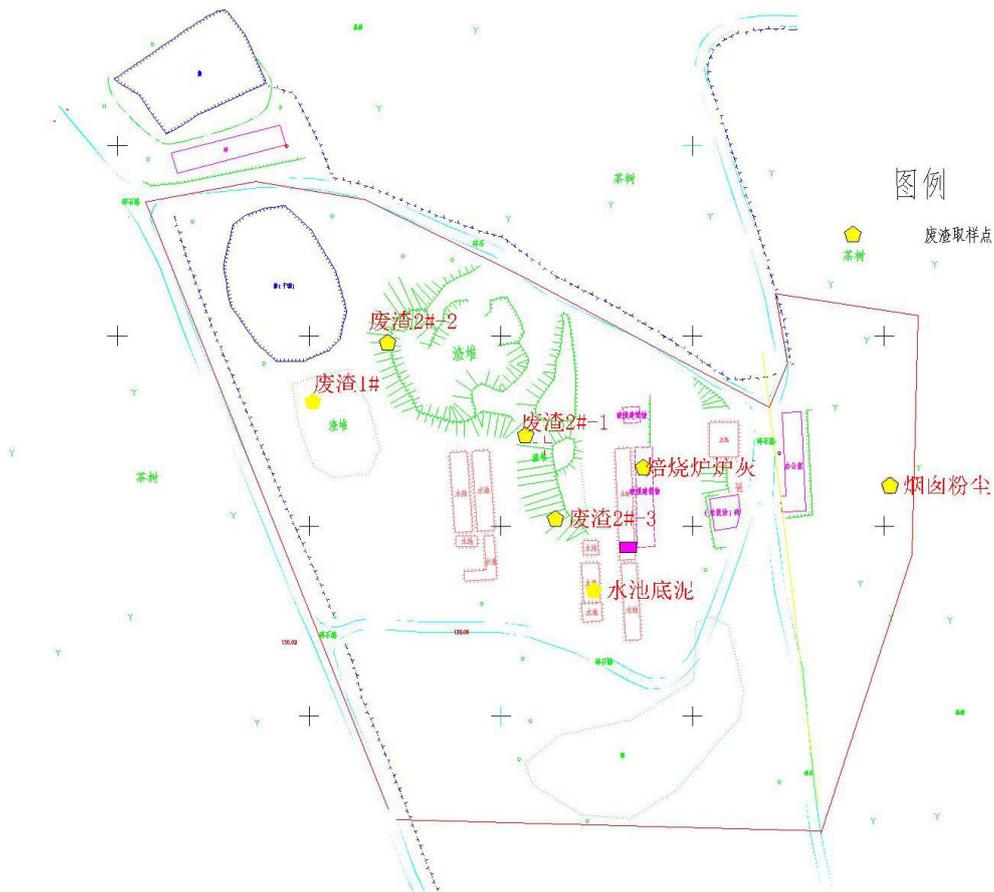


图4-1 祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂污染场地风险管控项目场地环境调查废渣取样布点图

4.1.3 土壤调查采样

土壤采样点位布设一般要遵循以下原则：全面性、代表性、客观性、可行性、连续性。布点方法则有系统随机布点法、专业判断布点法、分区布点法、系统布点法。其中系统随机布点法是指把监测区域分成面积相等的几部分（网格划分），每网格内布设一采样点。分区布点法是指如果调查区的土壤有明显的几种类型，可将区域分成几块，然后将每块作为一个监测单元，在每个监测单元内再随机布点。

| 布点方法 | 适用条件 |
|---------|----------------------------------|
| 系统随机布点法 | 适用于污染分布均匀的场地。 |
| 专业判断布点法 | 适用于潜在污染明确的场地。 |
| 系统布点法 | 适用于各类场地情况，特别是污染分布不明确或污染分布范围大的情况。 |
| 分区布点法 | 适用于污染分布不均匀，并获得污染分布情况的场地。 |

根据人员访谈和现场踏勘结果，祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地边界清晰，整个场地分为三个平台，最低平台主要为冶炼后废渣倾倒区；中间平台主要生产区间；最高的平台上主要为烟囱。

为确定地块内的污染物种类和污染位置，采用系统网格布点法、专业判断布点法相结合的方式，分重点区域的方式进行采样点设置。祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地面积21150m²，按导则中的有关要求，采样点数量不低于14个。在重点疑似污染区域，如生产车间、废矿石堆积区等区域设置土壤采样点，同时非生厂区也设置采样点，分析判断场地内污染位置以及污染物种类。本次一共设置14个土壤采样点。

根据祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地地块地层，土壤采样钻探编号分别为M1、M2、M3、M4、M5、M6、M7、M8、M9、M10、M11、M12、M13及M14。

根据《重金属污染场地土壤修复标准》对上层土壤的定义，位于场地土壤的最上部，从地面至地下一定深度的土壤层，主要指场地中与人体直接接触和易于随雨水和大气迁移扩散的土层。根据场地边界1000m内人口密度确定上层土壤的深度，即人口密度≤25人/km²，上层取0-0.2m；人口密度>25人/km²，上层取0-0.5m。本次祁阳钒冶炼厂1000m内存在大量的居民，人口密度超过25人/km²，因此上层取0-0.5m。根据《环境监测质量管理技术导则》（HJ 630-2011）对于每一个监测地块，表层土壤和深层土壤垂直方向层次的划分应综合考虑污染物迁移情况，构筑物及管线破损情况、土壤特征等因素。采样深度应扣除地表非土壤硬化层的厚度，原则上建议3m以内深层土壤采样间隔为0.5m，3-6m采样间隔为1m，6m至地下水采样间隔为2m，具体间隔可根据实际情况适当调整。因此，确定土壤样品采样深度分别为0~0.5m、0.5~1m、1~1.5m、1.5~2m、及2-2.5m土壤样品，本次共计采集14个点71个土壤样品。以M1为例，土壤样品各层分别编号为M1-1、M1-2、M1-3、M1-4及M1-5。

场地四个方位采集用人工挖掘方式采集4个土壤表层样品作为背景点，分别为背景点东、背景点南、背景点西、背景点北。

为采集最具代表性的土样，在实际采样时，可根据实际情况对采样深度进行微调。采样时可根据不同深度土壤的颜色，以及现场X射线荧光快速检测仪（XRF）等快速设备的检测结果选择可能污染最严重的样品，确保采集的土壤样品最具代表性。当钻至岩石层时，停止钻探。

4.1.4 废水采样方案

场地内冶炼所用的沉淀池，在这个区域布设废水采样点，以了解废水污染情况。

4.1.5 地表水采样方案

祁阳原钒冶炼厂西北侧有一个池塘，在这个区域布设地表水采样点，以了解地表水污染情况。

4.1.6 地下水采样方案

根据《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）“监测目的、所处含水层类型及其埋深和相对厚度来确定监测井的深度，且不穿透浅层地下水底板”，地下水采样深度根据场地实际水文地质及可能污染情况而定。

根据《祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂遗留场地风险管控项目岩土工程初步勘察报告》得知，根据勘察区的地层岩性及地下水含水介质的赋存特征，地下水类型主要为第四系松散岩类孔隙水，主要赋存于第四系填土层及坡积层粉质黏土中，透水性较弱，主要受大气降水的补给，水量受季节影响较大，由高向低径流，在低洼处呈下降泉排泄。根据地下水的水理性质和埋藏条件，勘察区水位受季节性变化影响较大，丰水季节水量较大，枯水季节一般无稳定水位。勘察期间未测得稳定水位。

一般情况下采样深度应在监测井水面下 0.5m 以下。对于低密度非水溶性有机物污染，监测点位应设置在含水层顶部；对于高密度非水溶性有机物污染，监测点位应设置在含水层底部和不透水层顶部。

本次调查区域有居民饮用地下水，采集 1 个地下水样品，以了解地下水污染情况。

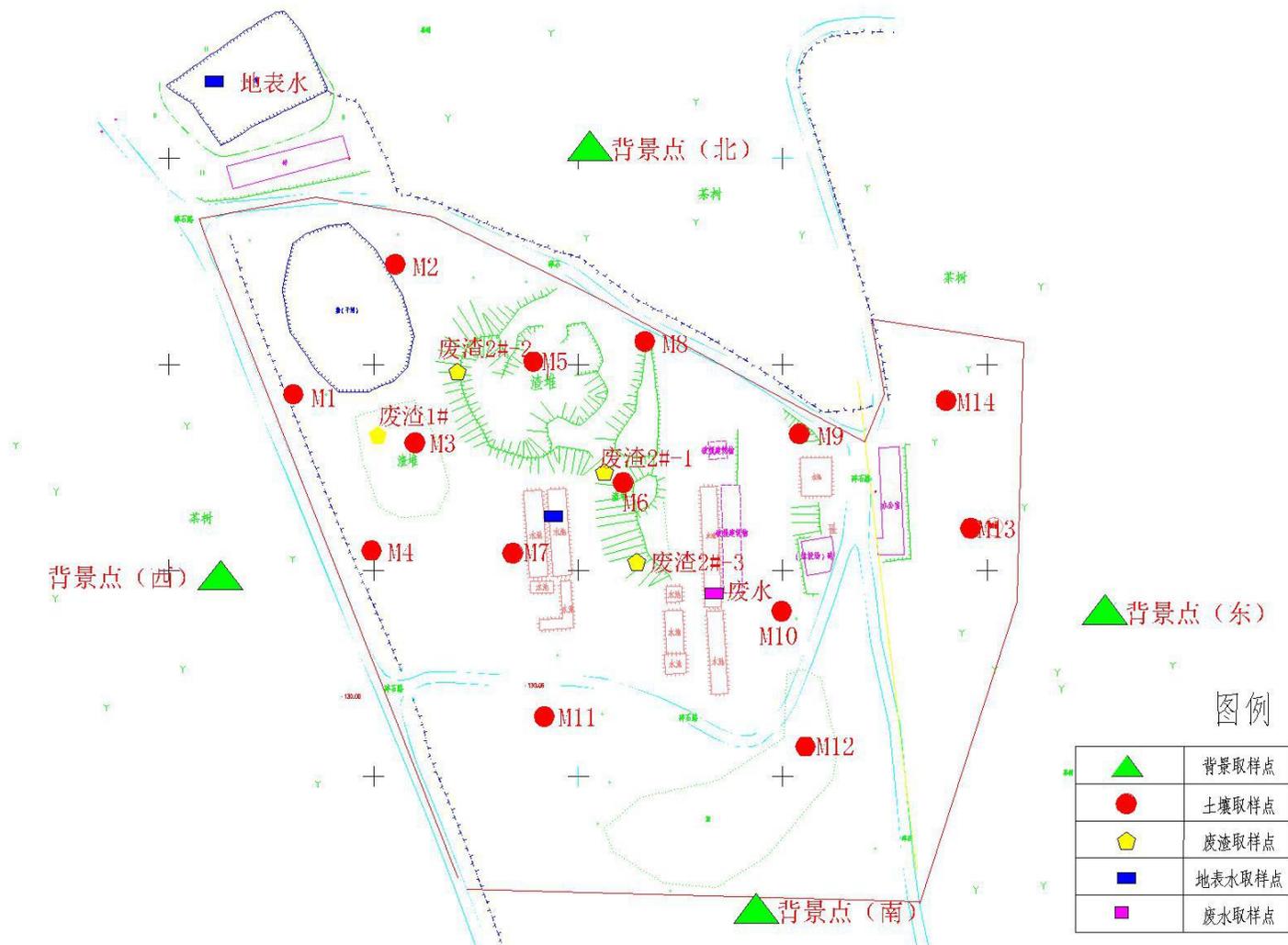


图4-2 祁阳县茅竹镇原钨冶炼厂污染场地风险管控项目场地环境调查打孔取样布点图

4.2 分析检测方案

4.2.1 检测指标及鉴别方法

根据《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》、《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（DB43/T1165-2016）、《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB 5085.3-2007）等标准要求，参照祁阳县环保局委托有关单位做的前期调查监测结果，结合钒冶炼生产工艺所产生的污染因子，综合考虑后，确定重点监测项目如表 4-3 所示。

表4-3检测项目

| 序号 | 类别 | 检测因子 |
|----|----------|--------------------|
| 1 | 场地土壤 | 钒、砷、铬、镉、镉 |
| 2 | 遗留废渣 | pH 值、钒、砷、铬、镉、镉（水浸） |
| | | 钒、砷、铬、镉、镉（酸浸） |
| 3 | 场地周围背景土壤 | 钒、砷、铬、镉、镉（总量） |
| | | pH 值、钒、砷、铬、镉、镉（水浸） |
| 4 | 地表水 | pH 值、钒、砷、铬、镉、镉 |
| 5 | 地下水 | pH 值、钒、砷、铬、镉、镉 |

（1）固体废物鉴别方法

固体废物鉴别计划如下：

1) 首先，判别固体废物是否属于危险废物。按照《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》（GB5085.1-2007）和《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）进行分析测试。pH 测定按照《固体废物腐蚀性测定-玻璃电极法》CB15555.12-1999 进行， $pH \geq 12.5$ ，或者 $pH \leq 2.0$ ，则属于危险废物，须由具有危废处置资质的单位处理；此外，在进行分析测试时，应该按照《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）规定的 HJ/T 299 硫酸-硝酸法进行浸出。

2) 其次，当固体废物判断不属于危废时，则根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599-2001)判别废渣或建筑垃圾属于 I 类或 II 类一般工业固体废弃物。其浸出液 pH、砷、镉、铬及镉的标准值参照《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准执行，超过 GB8978-1996 的一级标准限值为第 II 类一般工业固体废弃物，钒为场地特征污染因子，钒浸出采用《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2010）中表 2 标准标准执行，处置后进行填埋时须进行防渗处理。反之属于第 I 类一般工业固体废弃物，即处置后可直接进

行填埋。浸出方法应按照《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法 HJ557-2009》规定采用的纯水浸出方法。

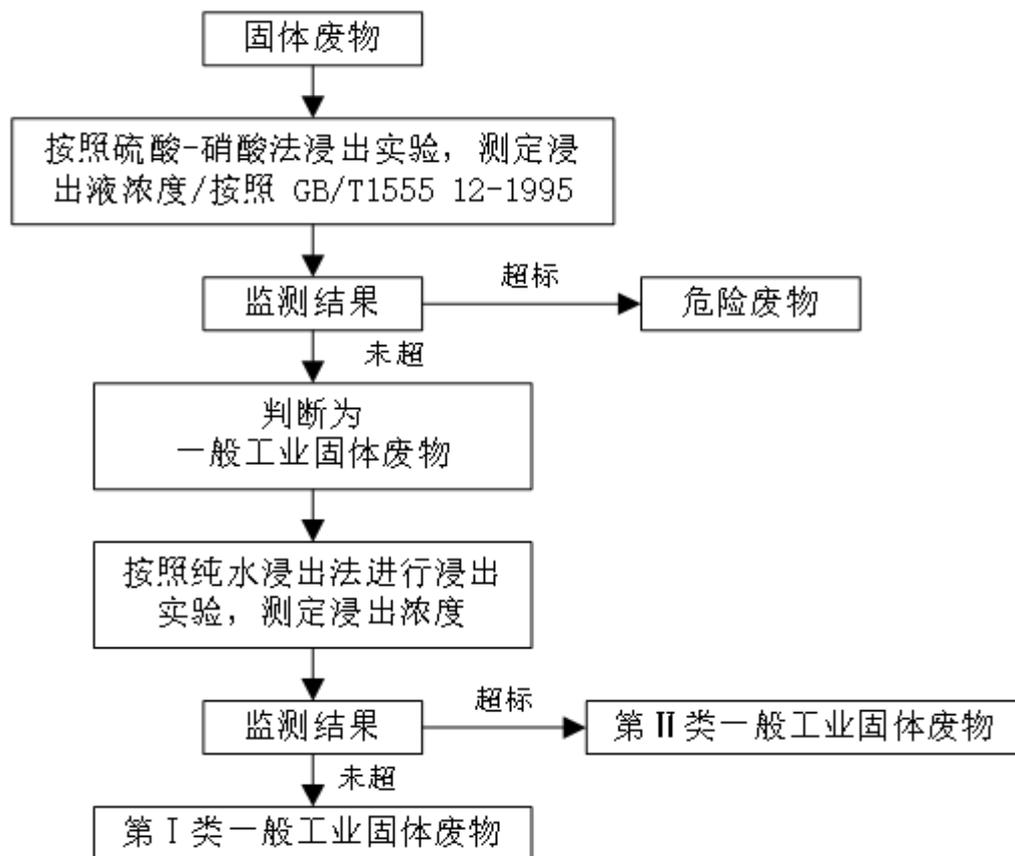


图 4-2 固体废物种类判别工作流程图

本场地共计 5 个取样点，主要分布在固废堆积存放区域，为判断固体废物的类别，首先检测 pH 指标，pH 测定方法按照《固体废物腐蚀性测定-玻璃电极法》CB15555.12-1999 进行。

然后检测固体废物 pH、钒、砷、锑、铬及镉浸出指标。浸出液 pH、钒、砷、锑、铬及镉浸出方法应按照《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)规定的 HJ/T 299 硫酸-硝酸法进行浸出，然后按照《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法 HJ557-2009》规定采用的纯水浸出方法。

场地废渣与建筑垃圾危废鉴别标准参考《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》(GB5085.1-2007) 标准。浸出液中有害成分超过《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007) 中的浓度限值则鉴定为危险废物。否则，再采用《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》(HJ557-2009) 检测浸出液中有害成分是否超过《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准，钒浸出是否超过《钒工业污染物排放标准》(GB26452-2010)

中表 2 标准限值，超过标准限值为 II 类一般工业固体废物，反之属于 I 类一般工业固体废物。

(2) 土壤样品检测指标

根据本项目场地的使用历史、生产工艺以及初步调查所获得的数据和分析结果，判断本场地的主要关注污染物为 5 种重金属（钒、砷、锑、铬及镉）和 pH（国标），因此土壤样品的检测指标主要包括 5 种重金属和 pH。

(3) 地表水检测指标

地表水样品检测指标为主要关注的 5 种重金属（钒、砷、锑、铬及镉）和 pH（国标）。

(4) 地下水检测指标

地下水样品检测指标为主要关注的 5 种重金属（钒、砷、锑、铬及镉）和 pH（国标）。

4.2.2 具体检测方法

表4-4 土壤、废渣和水样检测方法

| 检测类别 | 检测项目 | 分析方法 | 使用仪器 | 检出限 |
|------|------|----------------|----------------------------|------------|
| 水质 | pH | GB/T 6920-1986 | 雷磁 PHS-3E pH 计 | / |
| | 钒 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.01mg/L |
| | 砷 | HJ 694—2014 | AFS-230E 原子荧光光度计 | 0.0003mg/L |
| | 镉 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.05mg/L |
| | 锑 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.06mg/L |
| | 铬 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.02mg/L |
| 固废总量 | 钒 | HJ 781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 1 mg/kg |
| | 砷 | HJ 680-2013 | AFS-230E 原子荧光光谱仪 | 0.01 mg/kg |
| | 镉 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.1mg/kg |
| | 锑 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.5mg/kg |

| 检测类别 | 检测项目 | 分析方法 | 使用仪器 | 检出限 |
|------|------|------------------------------|----------------------------|------------|
| | 铬 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.5mg/kg |
| 土壤水浸 | pH | HJ 557-2010 GB/T6920-1986 | 雷磁 PHS-3E pH 计 | / |
| | 钒 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.01mg/L |
| | 砷 | HJ 557-2010 HJ 694—2014 | AFS-230E 原子荧光光度计 | 0.0003mg/L |
| | 镉 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.05mg/L |
| | 铈 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.06mg/L |
| | 铬 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.02mg/L |
| 固废酸浸 | 钒 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.01mg/L |
| | 砷 | HJ694-2014 | AFS230E 原子荧光光谱仪 | 0.0003mg/L |
| | 镉 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.05mg/L |
| | 铈 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.06mg/L |
| | 铬 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.02mg/L |

4.2.3 检测标准和规范

本次检测需遵循下表标准和规范。见表 4-5。

表4-5 检测标准及规范

| 序号 | 标准代号 | 标准名称 |
|----|-------------------|----------------------------|
| 1 | HJ/T 91-2002 | 《地表水和污水监测技术规范》 |
| 2 | HJ/T166-2004 | 《土壤环境监测技术规范》 |
| 3 | GB 3838-2002 | 《地表水环境质量标准》 |
| 4 | DB43/T1165-2016 | 《重金属污染场地土壤修复标准》湖南省地方标准 |
| 5 | HJ577-2009 | 《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》 |
| 6 | GB 5085.6— 2007 | 《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别》 |
| 7 | GB 5085.3— 2007 | 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》 |
| 8 | HJ 630-2011 | 《环境监测质量管理技术导则》 |
| 9 | HJ25.2-2014 | 《场地环境监测技术导则》 |
| 10 | 2016.02 | 《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》 |
| 11 | 2017.12 | 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》 |
| 12 | 2018.8 | 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》 |
| 13 | 2018.8 | 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》 |
| 14 | （GB/T 14848-2017） | 《地下水质量标准》 |

5 现场采样和实验室分析

5.1 现场探测方法和程序

5.1.1 探测方法

采用卷尺，GPS，经纬仪，水准仪等工具确定采样点的具体位置和标高，并标明；采用探地雷达探测采样点下障碍物，确保采样位置避开采样点下电缆、管沟、管线等。

5.1.2 探测程序

- (1) 根据计划的采样布点图或卫星图、地形图等资料确定初步位置；
- (2) 采用GPS、经纬仪等确定具体位置，并记录点位坐标；
- (3) 采用水准仪测定采样点标高；
- (4) 采用探地雷达探明采样点地下情况；
- (5) 如采样点地下无障碍物，该点位确定为取样点；
- (6) 如采样点地下有障碍物，采用探地雷达探明障碍物的范围，调整位置避开障碍物，并用卷尺测量新点位与原点位的距离，并记录；
- (7) 重新测量新点位的坐标及标高，并调整点位布置图。

5.2 采样方法和程序

5.2.1 采样方法

根据《土壤环境检测技术规范》（HJ/T164-2004）及《场地环境检测技术导则》（HJ25.2-2014），土壤样品的采集方法采样方法为钻孔取样与人工取样两种相结合的方式。

手工钻探采样的设备包括螺纹钻、管钻、管式采样器、锄头或竹片等，主要针对机械无法施工钻探的位置进行取样。钻孔取样可采用机械钻孔方式取样，机械钻探包括实心螺旋钻、中空螺旋钻、套管钻等。钻探一般采用机械掘进采样孔，然后将采样孔中取得岩芯利用采样铲或采样刀进行分层采样。采样点位根据场地类型、面积确定采样数量。

5.2.2 采样程序

采样基本程序为：现场踏勘→制定场地调查方案→进场准备→现场采样→样品前处理→样品分析→数据处理→结果分析→编制调查报告。

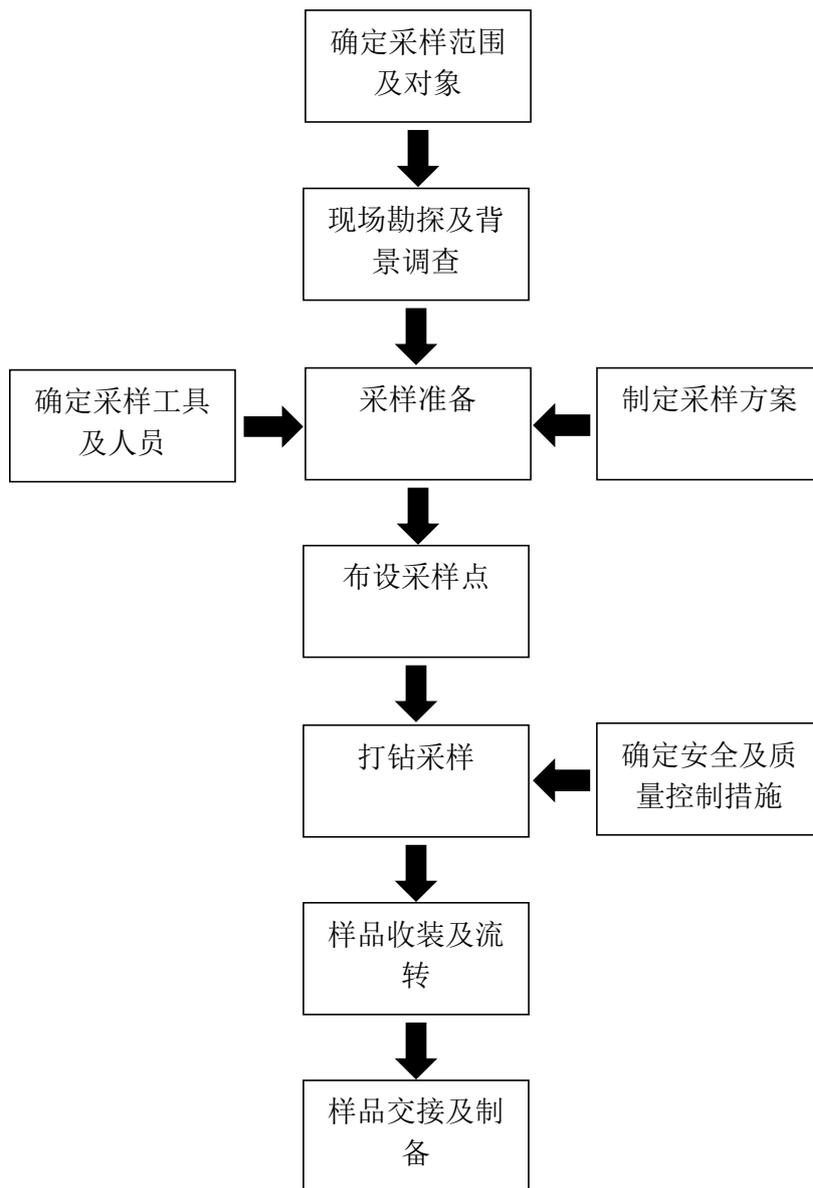


图5-1 祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂污染场地风险管控项目场地采样基本程序图

(1) 采样准备

1) 由具有上岗证且掌握相关采样技术规程的专业技术人员组成采样组，采样前组织学习有关技术文件，了解监测技术规范。

2) 进行资料收集，包括监测区域的交通图、大比例尺地形图、土壤信息资料、区域气候资料、水文资料、土壤污染事故的主要污染物的毒性与稳定性及消除等资料。

3) 现场调查，将调查得到的信息进行整理，确定采样点位、经纬度、采样频次、样品数量和采样时间。

4) 根据现场调查与方案准备采样器具，包括工具、器材、文具、安全防护用品、采样车辆等。

（2）现场采样

1) 采样人员按照监测方案以及检测项目的标准规定方法进行采样。

2) 采样时须了解采样目的、时间、地点、天气注意事项等情况，并填写对应项目的“采样原始记录表”。记录包含样品名称、样品编号、采样日期、采样数量、采样部位及位置分布图、采样人、核对人等信息。

2) 样本确定后，进行现场检测并填写有关项目的采样原始记录单。

3) 按照标准规定的取样方法取样，将样品妥善放置于盛样器或试样密封袋中，并进行标记。

4) 采样人员不能少于 2 人，一人取样，一人核对，并对样品的代表性负责。

5) 为使样品免受玷污，必须对采样容器进行洗涤，洗涤方法应根据监测项目和分析要求选用适当的洗涤剂 and 洗涤方法；需固定的样品应在采样后立即固定，按要求进行封样、达到检验项目要求。

6) 应在现场对样品进行唯一性标识，避免样品之间发生混淆。样品标识包括编号、登记、加贴标识项目、地点、采样时间等。

（3）样品收装及流转

1) 在采样现场，样品必须逐件与采样原始记录表、样品标签进行核对，核对无误后分类装箱。

2) 运输过程中严防样品的损失、混淆和沾污，对光敏感的样品应有避光外包装。

3) 由送样员将样品送到实验室，送样员和接样员双方同时清点核实样品，并在样品交接单上签字确认。

（4）样品交接及制备

1) 制样者与样品管理员应同时核实清点，交接样品，并在样品交接单上签字确认。

2) 在通风良好、整、无尘、无易挥发性化学物质的工作室进行制样。

3) 土壤样品在风干室风干后，进行粗磨，粗磨后样品采用四分法取其两份，一份交留样室存放，一份做样品的细磨用。用于细磨的样品再用四分法分成两份，一份研磨过 0.25mm（60 目）筛，一份研磨过 0.15mm（100 目）筛。固废样品经粉碎、筛分、混合、缩分后待检。

4) 研磨混匀后的样品应分别装于样品袋里，并填写标签，袋内一份袋外贴一份。

5) 在制样过程中应将标签与样品始终放一起，严禁混淆，样品名称和编码始终不变；制样工具每处理一份样后应擦抹干净，严防交叉污染。

(5) 现场采样情况

表5-1 祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地环境调查打孔取样布点一览表

| 序号 | 样品种类 | 样品编号 | 经度 | 纬度 | 取样深度 |
|----|-------------|-------|---------------|----------------|---------------------------------------|
| 1 | 土壤 | M1 | 26°29'0.87"北 | 111°46'33.89"东 | 0.2m、0.7m、1.2m、 1.7m、2.2m |
| 2 | | M2 | 26°29'1.80"北 | 111°46'34.60"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m、 2.7m |
| 3 | | M3 | 26°29'0.32"北 | 111°46'34.91"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 4 | | M4 | 26°28'59.27"北 | 111°46'34.69"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 5 | | M5 | 26°29'0.57"北 | 111°46'36.26"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 6 | | M6 | 26°28'59.79"北 | 111°46'37.03"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 7 | | M7 | 26°28'59.53"北 | 111°46'35.98"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 8 | | M8 | 26°29'0.92"北 | 111°46'37.41"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 9 | | M9 | 26°29'0.38"北 | 111°46'38.26"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 10 | | M10 | 26°28'58.96"北 | 111°46'37.62"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 11 | | M11 | 26°28'58.21"北 | 111°46'35.86"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 12 | | M12 | 26°28'58.03"北 | 111°46'38.22"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 13 | | M13 | 26°28'59.64"北 | 111°46'39.92"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 14 | | M14 | 26°29'0.26"北 | 111°46'39.59"东 | 0.2m、0.7m、 1.2m、1.7m、2.2m |
| 11 | 土壤对照 监测点 | 北 | 26°29'1.97"北 | 111°46'37.05"东 | 0.5m |
| 13 | | 东 | 26°28'59.51"北 | 111°46'40.41"东 | 0.5m |
| 14 | | 南 | 26°28'57.02"北 | 111°46'37.11"东 | 0.5m |
| 15 | | 西 | 26°29'0.09"北 | 111°46'33.16"东 | 0.5m |
| 17 | 固废采样 | 废渣 1# | 26°29'0.32"北 | 111°46'34.68"东 | 0.5m |

| 序号 | 样品种类 | 样品编号 | 经度 | 纬度 | 取样深度 |
|----|------|---------|---------------|----------------|------|
| 18 | 对照点 | 废渣 2#-1 | 26°29'0.54"北 | 111°46'36.39"东 | 0.5m |
| | | 废渣 2#-2 | 26°29'1.15"北 | 111°46'35.77"东 | 0.5m |
| | | 废渣 2#-3 | 26°28'59.45"北 | 111°46'36.96"东 | 0.5m |
| | | 烟囱粉尘 | 26°28'59.66"北 | 111°46'40.00"东 | |
| | | 废水池底泥 | 26°28'58.99"北 | 111°46'36.13"东 | |
| | | 焙烧炉炉灰 | 26°29'0.11"北 | 111°46'37.71"东 | |
| 20 | 地表水 | 地表水 | 26°29'2.97"北 | 111°46'33.36"东 | 0.5m |
| 21 | 废水 | 废水池废水 | 26°28'59.11"北 | 111°46'36.09"东 | 0.5m |
| 22 | 地下水 | 地下水 | 26°29'7.28"北 | 111°46'30.96"东 | 20m |

















图 5-2 祁阳县茅竹镇原钨冶炼厂遗留场地现场打孔图

5.3 实验室分析

5.3.1 样品分析

在资质范围内按现行有效的国家标准、行业标准、地方标准和国家有关规定的要求进行样品分析。

5.3.2 分析数据与报告

(1) 应在原始记录表上用碳素墨水笔详实填写分析记录，字迹要清楚，需要更正时，应在错误数据（文字）上划一横线，在其上方写上正确内容，并在所划横线上签字以示负责。一页纸上更正不能超过 3 处。

(2) 记录数据采用法定计量单位，只保留一位可以数字，有效数字的位数应根据计量器具的精度及分析仪器的示值确定，不得所以增添或删除。

(3) 有效数字的计算修约规则按 GB8170 执行。采样、运输、储存、分析失误造成的利群数据应剔除。

(4) 平行样的测定结果用平均数表示，低于分析方法检出限的测定结果以“检出限+L”表示未检出。

(5) 检测报告按国家质检总局 2015 年第 163 号令对检测报告的要求出具检测报告。

(6) 检测数据与报告一律属于公司保密资料，未经公司负责人同意，不允许对外拷

贝。

结合本项目实际情况，主要针对土壤样品、地表水样品以及固体废物样品的实验室分析过程进行详细介绍，其余样品的分析均参考相关技术规范及要求。

(1) 土壤

对采集来的土壤样品于室内进行预处理。具体方法如下：土壤样品送到实验室后，每个样品置于一张锡箔纸上，压细样品，除去样品中的杂物，置于避光、通风的地方进行风干。当成半干状态时把土块压碎，除去砖砾、砖渣、植物等杂物，铺成薄层，经常翻动，使其慢慢风干。土壤样品风干后，利用四分法将样品缩小至 100 克，然后用玛瑙研磨机进行研磨，过 200 目的尼龙筛后备用。其余留作副样以备重查分析。

根据主要污染物测试方法，对预处理后的土样进行实验室分析，包括土壤样品的消解、定容，标准品的制备及标准曲线的绘制校正，平行样及质控样品的准备，最终上机测试，并对检测结果进行精密度及准确度分析，以检验数据的可靠性。

土壤样品处理及实验室分析现场照片详见下图。



研磨



过筛



称量



样品处理



微量元素测量



重金属分析

图 5-3 土壤样品处理及实验室分析

(2) 地表水

地表水样品采样后应立即现场测定 pH 等常规参数，如无法测定应保存到 2-5°C 冷藏。对采集来的水样分析前应进行前处理，具体方法如下：对于悬浮物较多的水样，分析前酸化并消化有机物；同时测定溶解态金属前，将水样通过 0.45 μm 滤膜，去除 0.45 μm 以上的颗粒，随后对水样进行消解、富集和分离。如不能及时对水样进行分析，要在水样中添加相应保存剂，如对于测定铅、镉等重金属的水样可以加硝酸酸化使水样 pH<2，可保存时间约 1 个月。

地表水样品实验室分析现场照片详见下图。



理化处理



理化分析



分光光度



消解

图 5-4 地表水样品实验室分析

5.4 质量保证和质量控制

5.4.1 采样、制样质量控制

(1) 样品采集质量控制

1) 应防止采样过程中的交叉污染。在采样过程中，同种采样介质，应该采集至少一个现场重复样和一个设备清洗样。前者是从相同的源收集并单独封装分别进行分析的两个单独样品；后者是采样前用于清洗采样设备并与分析无关的样品，以确保设备不污染样品。

2) 现场采样时详细填写现场观察的记录单，比如土层深度、土壤质地、气味，气象条件等，以便为分析工作提供依据。同时应防止采样过程中的交叉污染。钻机采样过程中，在两个钻孔之间的钻探设备应进行清洁，同一钻机不同深度采样时对钻探设备、取样装置进行清洗，与土壤接触的其他采样工具重复利用时也应清洗。

3) 为确保采集、运输、贮存过程中的样品质量，在现场采样过程中设定现场质量控制样品，包括现场平行样、空白样。在采样过程中，平行样的数量主要遵循以下原则：样品总数不足 20 个时设置一个平行样；超过 20 个时，每 20 个样品设置一个平行样。

(2) 样品流转质量控制

1) 装运前核对，在采样现场样品必须逐件与样品登记表、样品标签和采样记录进行核对，核对无误后分类装箱；

2) 运输中防损，运输过程中严防样品的损失、混淆和玷污。

3) 样品的交接，由专人将土壤样品送到实验室，送样者和接样者双方同时清点核实样品，并在样品交接单上签字确认，样品交接单由双方各存一份备查。

4) 不得将现场测定后的剩余水样作为实验室分析样品送往实验室，水样装箱前应将

水样容器内外盖盖紧，对装有水样的玻璃磨口瓶应用聚乙烯薄膜覆盖瓶口并用细绳将瓶塞与瓶颈系紧。装箱时应用泡沫塑料或波纹纸板垫底和间隔防震。样品运输过程中应避免日光照射，气温异常偏高或偏低时还应采取适当保温措施。样品送交实验室后，由样品管理员接收。样品管理员在接收时应对样品外观、采样记录单进行检查，如有异样，应向送样人员或采样人员询问。样品流转过程中，除样品唯一性标识需转移和样品测试状态需标识外，任何人、任何时候都不得随意更改样品唯一性编号。

(3) 样品制备质量控制

1) 制样过程中采样时的土壤标签与土壤始终放在一起，严禁混错，样品名称和编码始终不变；水样采用样品唯一性标识，该标识包括唯一性编号和样品测试状态标识组成，实验室测试过程中由测试人员及时做好分样、移样的样品标识转移，并根据测试状态及时作好相应的标记。

2) 制样工具每处理一份样品后擦抹（洗）干净，严防交叉污染。

(4) 样品保存质量控制

1) 样品保存按样品名称、编号和粒径分类保存。

2) 新鲜样品，用密封的聚乙烯或玻璃容器在 4℃以下避光保存，样品要充满容器。

3) 预留样品在样品库造册保存。

4) 分析取用后的剩余样品，待测定全部完成数据报出后，也移交样品库保存。

5) 分析取用后的剩余样品一般保留半年，预留样品一般保留 2 年。

5.4.2 实验室质量控制

(1) 精密度控制

1) 测定率：每批样品每个项目分析时均须做 20%平行样品；当 5 个样品以下时，平行样不少于 1 个。

2) 测定方式：由分析者自行编入的明码平行样，或由质控员在采样现场或实验室编入的密码平行样。

3) 合格要求：平行双样测定结果的误差在允许误差范围之内者为合格。允许误差范围参《土壤环境质量评价技术规范》（HJ/T 166-2004）中的表 13-1 规定值。对未列出允许误差的方法，当样品的均匀性和稳定性较好时，参考《土壤环境质量评价技术规范》（HJ/T 166-2004）中的表 13-2 的规定。

4) 当平行双样测定合格率低于 95%时，除对当批样品重新测定外再增加样品数 10%~20%的平行样，直至平行双样测定合格率大于 95%。

(2) 准确度控制

使用标准物质或质控样品，在例行分析中，每批均带测质控平行双样，在测定的精密度合格的前提下，质控样测定值必须落在质控样保证值（在 95%的置信水平）范围之内，否则本批结果无效，需重新分析测定。

(3) 质量控制图

每批所带质控样的测定值落在中心附近、上下警告线之内，则表示分析正常，此批样品测定结果可靠；如果测定值落在上下控制线之外，表示分析失控，测定结果不可信，检查原因，纠正后重新测定；如果测定值落在上下警告线和上下控制线之间，虽分析结果可接受，但有失控倾向，应予以注意。

(4) 土壤标准样品

选择合适的标样，使标样的背景结构、组分、含量水平应尽可能与待测样品一致或近似。如果与标样在化学性质和基本组成差异很大，由于基体干扰，用土壤标样作为标定或校正仪器的标准，有可能产生一定的系统误差。

(5) 检测过程中受到干扰时的处理

检测过程中受到干扰时，按有关处理制度执行。一般要求如下：停水、停电、停气等，凡影响到检测质量时，全部样品重新测定；仪器发生故障时，可用相同等级并能满足检测要求的备用仪器重新测定。无备用仪器时，将仪器修复，重新检定合格后重测。

6 检测结果和评价

6.1 场地地质和水文条件

6.1.1 场地地质条件

祁阳县地貌呈不对称的凹字形盆地景观。阳明山脉横亘于南部，祁山山脉斜峙于东北，四明山余脉绵亘于西北，湘江贯穿中部，形成狭长的河谷平原。境内丘陵、山地、平原错杂，山地面积较为广大。祁阳县位于祁阳山字型前弧南翼，次级构造较为发育。境内分布有寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系等地层类型，奥陶系、泥盆系、石炭系分布较为广泛。土壤主要为黄色和红色粘土。根据国家质量技术监督局 2001 年 2 月发布的《中国地震动参数区划图》（GB18306-2001）查知：祁阳县地震动峰值加速度不小于 0.5g，地震动反应谱特性周期为 0.35s，建筑物不需抗震设防。值加速度区划图》（GB18306-2001）和《中国地震反应谱特征周期区域图》，本地区地震动峰加速度小于 0.05g，反应谱特征周期 0.35s，对地震基本烈度小于 IV 度，属相对稳定地区。

根据勘察结果，场地内分布的地层主要有第四系填土层、坡积层。按从上至下的顺序，现将各地层岩性特征描述为：

（1）第四系填土（ Q^{4ml} ）人工填土①（①为地层编号，下同）：褐黑、褐灰色等杂色，组成物由生活垃圾及粘性土中的一种或几种混合组成，成份不均，回填时间不等，呈松散状态。

（2）第四系坡积（ Q^{al} ）粉质黏土②：褐黄色，主要由粘性土组成，无摇振反应，干强度及韧性中等，切面稍有光泽，硬塑，稍湿。

6.1.2 场地水文条件

祁阳县水系均属湘江及其支流。于大村甸镇的崇山村世瓦皂进入本境，从黄泥塘镇的九洲流入常宁、祁东。境内流程 100.8 公里，流域面积为 23238.5 平方公里，一级支流南有白水、北有祁水，东有清江。湘江从大村甸镇的崇山村入境，从县内中部穿过，流向大致呈东西向，穿经茅竹、浯溪、七里桥、观音滩、潘市、白水、进宝塘、黄泥塘等镇并会祁水、白水两大一级支流及其它一、二、三级支流于梅溪镇龟山村左岸转入祁东县境，右岸从黄泥塘镇转入常

宁市境。境内流程 100.8km，落差 18.8m，河面宽度一般为 200~350m，控制流域总面积 23238.5 平方公里。湘江在祁阳境内主要一级支流有白水、祁水，二级支流有清水江。湘江年均流量 624m³/s，最大流量 14700m³/s，最小流量 45.6m³/s。

6.2 评价标准

6.2.1 固体废物评价标准

废渣酸性浸出采用《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）中标准限值，水浸采用《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准限值，钒为污染特征因子，因此钒浸出采用《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）中表 2 标准限值，标准限值详见表 6-1。

表6-1固体废物标准一览表

单位：mg/L

| 序号 | 类别 | 污染因子 | 浓度限值 | 执行标准 |
|----|------|---------|------|---|
| 1 | 酸性浸出 | 总钒 | / | 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007） |
| 2 | | 总锑 | / | |
| 3 | | 总砷 | 5 | |
| 4 | | 总镉 | 1 | |
| 5 | | 总铬 | 5 | |
| 7 | 水浸 | pH（无量纲） | 6~9 | 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准限值 |
| 8 | | 总砷 | 0.5 | |
| 9 | | 总镉 | 0.1 | |
| 10 | | 总铬 | 1.5 | |
| 11 | | 总钒 | 1.0 | 《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）中表 2 标准限值 |
| 12 | | 总锑 | 0.3 | 《锡、锑、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）中表 2 标准限值 |

6.2.2 土壤评价标准

由于本项目为钒冶炼厂冶炼废渣场地，污染控制因子主要为钒、砷、锑、镉和铬等重金属，场地规划为林地，《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》适用于除农田其他农用地的砷、镉、铬的土壤标准值，但无钒和锑的标准值，本次场调报告土壤中砷、镉、铬采用《土壤

环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB15618-2018）》中的 pH ≤5.5 时风险筛选值（场地背景 pH 值 ≤5.5）。钒和锑则参考《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02）中参考限值，其中农用地土壤钒的参考限值暂订 150mg/kg，农用地土壤锑的参考限值暂 3.0mg/kg。标准限值详见表 6-2。

表6-2 土壤标准一览表

| 序号 | 污染因子 | 标准限值 (mg/kg) | | 执行标准 |
|----|------|---------------|---------------|---|
| 1 | 总钒 | 150 | | 《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02） |
| 2 | 总锑 | 3 | | |
| 序号 | 污染因子 | 风险筛选值 (mg/kg) | 风险管控值 (mg/kg) | 执行标准 |
| 3 | 总砷 | 40 | 200 | 《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB15618-2018）》 pH≤5.5 其他农用地 |
| 4 | 总铬 | 150 | 800 | |
| 5 | 总镉 | 0.3 | 1.5 | |

6.2.3 场地废水评价标准

场地废水采用《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准限值，钒为污染特征因子，因此钒采用《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）中表 2 标准限值，标准限值详见表 6-3。

表6-3场地废水标准一览表

| 序号 | 污染因子 | 浓度限值 (mg/L) | 执行标准 |
|----|---------|-------------|---|
| 1 | pH（无量纲） | 6~9 | 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准限值 |
| 2 | 总砷 | 0.5 | |
| 3 | 总镉 | 0.1 | |
| 4 | 总铬 | 1.5 | |
| 5 | 总钒 | 1.0 | 《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）中表 2 标准限值 |
| 6 | 总锑 | 0.3 | 《锡、锑、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）中表 2 标准限值 |

6.2.5 地表水评价标准

由于项目周边有油茶林，故本项目地表水执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）表 1 中Ⅲ类标准限值，具体标准限值详见表 6-4。

表6-4 地表水环境质量标准一览表

| 序号 | 污染因子 | 浓度限值 (mg/L) | 执行标准 |
|----|----------|-------------|--|
| 1 | pH (无量纲) | 6~9 | 《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002) 表 1 中Ⅲ类标准限值及表 3 中标准限值 |
| 2 | 钒 | 0.05 | |
| 3 | 锑 | 0.005 | |
| 4 | 铬 | 0.05 | |
| 5 | 砷 | 0.05 | |
| 6 | 镉 | 0.005 | |

6.2.6 地下水评价标准

地下水执行《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017) 中Ⅲ类标准限值，具体标准限值详见表 6-5。

表6-5 地下水环境质量标准一览表

| 序号 | 污染因子 | 浓度限值 (mg/L) | 执行标准 |
|----|----------|-------------|--------------------------------------|
| 1 | pH (无量纲) | 6.5~8.5 | 《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017) 中Ⅲ类标准限值 |
| 2 | 钒 | - | |
| 3 | 锑 | 0.005 | |
| 4 | 砷 | 0.01 | |
| 5 | 铬 | 0.05 | |
| 6 | 镉 | 0.005 | |

6.3 监测结果分析与评价

6.3.1 固废检测结果

表 6-6 固废重金属酸浸分析监测结果

| 样品编号 | 监测项目 (单位 mg/L) | | | | |
|----------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|
| | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) |
| 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007) | / | 5 | 5 | - | 1 |
| 废渣 1# | 8.83 | 0.133 | 0.09 | 0.06L | 0.05L |
| 废渣 2#-1 | 5.62 | 0.089 | 0.03 | 0.06L | 0.05L |
| 废渣 2#-2 | 1.60 | 0.045 | 0.019 | 0.06L | 0.007 |
| 废渣 2#-3 | 1.74 | 0.038 | 0.026 | 0.06L | 0.004 |
| 烟囱底部粉尘 | 5.79 | 0.050 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |
| 废水池底泥 | 2.08 | 0.077 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |

| 样品编号 | 监测项目（单位 mg/L， | | | | |
|----------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | 钒（V） | 砷（As） | 铬（Cr） | 锑（Sb） | 镉（Cd） |
| 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB 5085.3-2007） | / | 5 | 5 | - | 1 |
| 焙烧炉炉灰 | 2.07 | 0.08 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |

根据废渣及废弃构筑物的毒性浸出（酸浸）试验结果，参照《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB 5085.3-2007），检测结果均在浸出毒性鉴别标准值范围内，根据上述标准，可判定该废渣、烟囱底部粉尘、废水池底泥、焙烧炉炉灰物均不属于危险废物，属于一般工业固废。

表6-7 废渣重金属水浸分析监测结果

| 样品编号 | 监测项目（单位 mg/L，砷的单位为μg/L pH 值无量纲） | | | | | |
|---------|---------------------------------|-------|-------|-------|--------------------------------|----------------------------|
| | 《污水综合排放标准》（GB8978-1996） | | | | 《锡、锑、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014） | 《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011） |
| 因子 | pH | 砷（As） | 铬（Cr） | 镉（Cd） | 锑（Sb） | 钒（V） |
| 标准限值 | 6-9 | 500 | 1.5 | 0.1 | 0.3 | 1 |
| 废渣 1# | 7.48 | 31.55 | 0.04 | 0.05L | 0.06L | 6.03 |
| 废渣 2#-1 | 7.24 | 21.75 | 0.02L | 0.05L | 0.06L | 3.84 |
| 废渣 2#-2 | 8.48 | 30.1 | 0.02L | 0.05L | 0.06L | 1.82 |
| 废渣 2#-3 | 7.91 | 20.6 | 0.03 | 0.05L | 0.06L | 1.15 |
| 烟囱炉灰 | 6.93 | 31.55 | 0.04 | 0.05L | 0.06L | 10.53 |
| 废水池底泥 | 7.27 | 37.95 | 0.02 | 0.05L | 0.06L | 1.15 |
| 焙烧炉炉灰 | 7.10 | 69.42 | 0.06 | 0.05L | 0.06L | 0.78 |

按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）的相关要求，废渣浸出（水浸）检测结果砷、镉、铬及 pH 各检测因子检测值未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）标准限值，锑浸出浓度未超过《锡、锑、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）中锑的标准限值，但钒浸出浓度超过《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）标准限值。因此，判定茅竹镇原钒冶炼厂场内废渣属于第II类一般工业固体废物。

烟囱底部炉灰、废水池底泥、焙烧炉炉灰浸出（水浸）检测结果砷、镉、铬及 pH 各检测因子检测值未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）标准限值，锑浸出浓度未超过《锡、锑、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）

中锑的标准限值，但废水池底泥和烟囱底部炉灰中重金属钒浸出浓度超过《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）标准限值。焙烧炉炉灰浸出（水浸）检测结果砷、镉、铬、钒、锑及 pH 各检测因子检测值未超过标准限值，因此，判定厂内的废弃构筑物烟囱内炉灰及废弃水池底泥属于第II类一般工业固体废物，判定厂内的焙烧炉炉灰属于第I类一般工业固体废物。

6.3.2 污染土壤分析检测结果

表6-8 土壤总量检测结果汇总表

| 点位编号 | 样品编号 | 取样深度 | 监测项目（单位 mg/kg） | | | | | | | |
|---|------|----------|----------------|--------|-----|-------|-----|-------|-------|-----|
| | | | 钒（V） | 砷（As） | | 铬（Cr） | | 锑（Sb） | 镉（Cd） | |
| 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》/《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02） | | | 150 | 筛选值 | 管控值 | 筛选值 | 管控值 | 3 | 筛选值 | 管控值 |
| | | | | 40 | 200 | 150 | 800 | | 0.3 | 1.5 |
| M1 | M1-1 | 0-0.5m | 1367 | 37.82 | | 374 | | 0.5L | 3 | |
| | M1-2 | 0.5-1.0m | 1660 | 35.30 | | 432 | | 0.5L | 4 | |
| | M1-3 | 10-1.5m | 1158 | 26.76 | | 314 | | 0.5L | 4 | |
| | M1-4 | 1.5-2.0m | 114 | 15.70 | | 86 | | 0.5L | 0.1L | |
| | M1-5 | 2.0-2.5m | 136 | 19.43 | | 112 | | 0.5L | 0.1L | |
| M2 | M2-1 | 0-0.5m | 417 | 127.43 | | 218 | | 0.5L | 0.1L | |
| | M2-2 | 0.5-1.0m | 1264 | 193.27 | | 330 | | 0.5L | 4 | |
| | M2-3 | 10-1.5m | 1810 | 269.96 | | 355 | | 0.5L | 5 | |
| | M2-4 | 1.5-2.0m | 1154 | 56.07 | | 288 | | 0.5L | 3 | |
| | M2-5 | 2.0-2.5m | 1617 | 91.97 | | 235 | | 0.5L | 3 | |
| | M2-6 | 2.5-3.0m | 78 | 19.93 | | 54 | | 0.5L | 0.1L | |
| M3 | M3-1 | 0-0.5m | 1867 | 43.33 | | 472 | | 0.5L | 3 | |
| | M3-2 | 0.5-1.0m | 455 | 17.08 | | 117 | | 0.5L | 0.1L | |
| | M3-3 | 10-1.5m | 89 | 64.61 | | 68 | | 0.5L | 0.1L | |
| | M3-4 | 1.5-2.0m | 109 | 14.16 | | 95 | | 0.5L | 0.1L | |
| | M3-5 | 2.0-2.5m | 130 | 17.84 | | 96 | | 0.5L | 0.1L | |
| M4 | M4-1 | 0-0.5m | 1530 | 134.67 | | 409 | | 0.5L | 3 | |
| | M4-2 | 0.5-1.0m | 1479 | 28.53 | | 402 | | 0.5L | 3 | |
| | M4-3 | 10-1.5m | 1487 | 37.39 | | 405 | | 0.5L | 4 | |
| | M4-4 | 1.5-2.0m | 1700 | 21.70 | | 116 | | 0.5L | 0.1L | |
| | M4-5 | 2.0-2.5m | 207 | 33.49 | | 173 | | 0.5L | 0.1L | |

| 点位编号 | 样品编号 | 取样深度 | 监测项目 (单位 mg/kg) | | | | | | | |
|---|-------|----------|-----------------|--------|-----|--------|------|--------|--------|-----|
| | | | 钒 (V) | 砷 (As) | | 铬 (Cr) | | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) | |
| 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB 15618-2018) / 《农用地土壤环境质量标准 (三次征求意见稿)》(2016.02) | | | 150 | 筛选值 | 管控值 | 筛选值 | 管控值 | 3 | 筛选值 | 管控值 |
| | | | | 40 | 200 | 150 | 800 | | 0.3 | 1.5 |
| M5 | M5-1 | 0-0.5m | 1960 | 82 | 372 | 0.5L | 5.6 | | | |
| | M5-2 | 0.5-1.0m | 1777 | 77 | 341 | 0.5L | 4.4 | | | |
| | M5-3 | 10-1.5m | 1189 | 42 | 109 | 0.5L | 1.6 | | | |
| | M5-4 | 1.5-2.0m | 133 | 14.64 | 84 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M5-5 | 2.0-2.5m | 176 | 18.47 | 189 | 0.5L | 2 | | | |
| M6 | M6-1 | 0-0.5m | 1872 | 87 | 436 | 0.5L | 4.0 | | | |
| | M6-2 | 0.5-1.0m | 1578 | 62 | 354 | 0.5L | 3.7 | | | |
| | M6-3 | 10-1.5m | 281 | 21.38 | 100 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M6-4 | 1.5-2.0m | 152 | 28.56 | 121 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M6-5 | 2.0-2.5m | 151 | 160.09 | 109 | 0.5L | 0.1L | | | |
| M7 | M7-1 | 0-0.5m | 1651 | 37.76 | 453 | 0.5L | 3 | | | |
| | M7-2 | 0.5-1.0m | 280 | 18.05 | 109 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M7-3 | 10-1.5m | 103 | 16.17 | 75 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M7-4 | 1.5-2.0m | 160 | 26.28 | 137 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M7-5 | 2.0-2.5m | 128 | 22.83 | 112 | 0.5L | 0.1L | | | |
| M8 | M8-1 | 0-0.5m | 916 | 20.36 | 175 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M8-2 | 0.5-1.0m | 1334 | 23.80 | 433 | 0.5L | 2 | | | |
| | M8-3 | 10-1.5m | 172 | 35.78 | 140 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M8-4 | 1.5-2.0m | 150 | 38.05 | 118 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M8-5 | 2.0-2.5m | 183 | 52.64 | 130 | 0.5L | 0.1L | | | |
| M9 | M9-1 | 0-0.5m | 1338 | 32.17 | 268 | 323 | 6 | | | |
| | M9-2 | 0.5-1.0m | 118 | 26.82 | 109 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M9-3 | 10-1.5m | 145 | 32.44 | 128 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M9-4 | 1.5-2.0m | 157 | 31.29 | 116 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M9-5 | 2.0-2.5m | 121 | 28.87 | 100 | 0.5L | 0.1L | | | |
| M10 | M10-1 | 0-0.5m | 165 | 54.47 | 423 | 0.5L | 4 | | | |
| | M10-2 | 0.5-1.0m | 187 | 39.73 | 117 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M10-3 | 10-1.5m | 203 | 35.50 | 134 | 0.5L | 0.1L | | | |
| | M10-4 | 1.5-2.0m | 151 | 14.56 | 127 | 0.5L | 0.1L | | | |

| 点位编号 | 样品编号 | 取样深度 | 监测项目 (单位 mg/kg) | | | | | | | |
|---|-------|----------|-----------------|-----------|------------|------------|------------|--------|------------|------------|
| | | | 钒 (V) | 砷 (As) | | 铬 (Cr) | | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) | |
| 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB 15618-2018) / 《农用地土壤环境质量标准 (三次征求意见稿)》(2016.02) | | | 150 | 筛选值 40 | 管控值 200 | 筛选值 150 | 管控值 800 | 3 | 筛选值 0.3 | 管控值 1.5 |
| | M10-5 | 2.0-2.5m | 118 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| M11 | M11-1 | 0-0.5m | 196 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M11-2 | 0.5-1.0m | 162 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M11-3 | 10-1.5m | 107 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M11-4 | 1.5-2.0m | 136 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M11-5 | 2.0-2.5m | 186 | | 46.23 | | 173 | 0.5L | | 0.1L |
| | M12 | M12-1 | 0-0.5m | 118 | | | | | 0.5L | |
| M12-2 | | 0.5-1.0m | 160 | | | | | 0.5L | | 4 |
| M12-3 | | 10-1.5m | 113 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| M12-4 | | 1.5-2.0m | 124 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| M12-5 | | 2.0-2.5m | 139 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| M13 | M13-1 | 0-0.5m | 152 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M13-2 | 0.5-1.0m | 171 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M13-3 | 10-1.5m | 151 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M13-4 | 1.5-2.0m | 166 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M13-5 | 2.0-2.5m | 180 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| M14 | M14-1 | 0-0.5m | 5997 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M14-2 | 0.5-1.0m | 5883 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M14-3 | 10-1.5m | 5784 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M14-4 | 1.5-2.0m | 189 | | | | | 0.5L | | 0.1L |
| | M14-5 | 2.0-2.5m | 144 | | | | | 0.5L | | 0.1L |

场地土壤总量检测结果钒超标点位统计表如表 6-9 所示。场地土壤总量检测结果砷超标点位统计表如表 6-10 所示。场地土壤总量检测结果铬超标点位统计表如表 6-11 所示。场地土壤总量检测结果镉超标点位统计表如表 6-12 所示。

表6-9 场地土壤钒总量结果超标点位统计表

| 点位 | 取样深度 | 检测值 | 标准 | 超标倍数 | 点位位置 |
|------|--------|-------------|-------------|------|------|
| | | (单位: mg/kg) | (单位: mg/kg) | | |
| M1-1 | 0-0.5m | 1367 | 150 | 8.11 | 场区西边 |

| | | | | | |
|-------|----------|------|-----|-------|--------|
| M1-2 | 0.5-1.0m | 1660 | 150 | 10.07 | 场区西边 |
| M1-3 | 10-1.5m | 1158 | 150 | 6.72 | 场区西边 |
| M2-1 | 0-0.5m | 417 | 150 | 1.78 | 场区西北角 |
| M2-2 | 0.5-1.0m | 1264 | 150 | 7.43 | 场区西北角 |
| M2-3 | 10-1.5m | 1810 | 150 | 11.07 | 场区西北角 |
| M2-4 | 1.5-2.0m | 1154 | 150 | 6.69 | 场区西北角 |
| M2-5 | 2.0-2.5m | 1617 | 150 | 9.78 | 场区西北角 |
| M3-1 | 0-0.5m | 1867 | 150 | 11.45 | 1#堆渣下方 |
| M3-2 | 0.5-1.0m | 455 | 150 | 2.03 | 1#堆渣下方 |
| M4-1 | 0-0.5m | 1530 | 150 | 9.20 | 场区西边 |
| M4-2 | 0.5-1.0m | 1479 | 150 | 8.86 | 场区西边 |
| M4-3 | 10-1.5m | 1487 | 150 | 8.91 | 场区西边 |
| M4-4 | 1.5-2.0m | 1700 | 150 | 10.33 | 场区西边 |
| M4-5 | 2.0-2.5m | 207 | 150 | 0.38 | 场区西边 |
| M5-1 | 0-0.5m | 1960 | 150 | 12.07 | 2#渣堆下方 |
| M5-2 | 0.5-1.0m | 1777 | 150 | 10.85 | 2#渣堆下方 |
| M5-3 | 10-1.5m | 1189 | 150 | 6.93 | 2#渣堆下方 |
| M5-5 | 2.0-2.5m | 176 | 150 | 0.17 | 2#渣堆下方 |
| M6-1 | 0-0.5m | 1872 | 150 | 11.48 | 2#渣堆下方 |
| M6-2 | 0.5-1.0m | 1578 | 150 | 9.52 | 2#渣堆下方 |
| M6-3 | 10-1.5m | 281 | 150 | 0.87 | 3#渣堆下方 |
| M6-4 | 1.5-2.0m | 152 | 150 | 0.01 | 4#渣堆下方 |
| M6-5 | 2.0-2.5m | 151 | 150 | 0.01 | 5#渣堆下方 |
| M7-1 | 0-0.5m | 1651 | 150 | 10.01 | 沉淀池下方 |
| M7-2 | 0.5-1.0m | 280 | 150 | 0.87 | 沉淀池下方 |
| M7-4 | 1.5-2.0m | 160 | 150 | 0.07 | 沉淀池下方 |
| M8-1 | 0-0.5m | 916 | 150 | 5.11 | 厂区北边 |
| M8-2 | 0.5-1.0m | 1334 | 150 | 7.89 | 厂区北边 |
| M8-3 | 10-1.5m | 172 | 150 | 0.15 | 厂区北边 |
| M8-5 | 2.0-2.5m | 183 | 150 | 0.22 | 厂区北边 |
| M9-1 | 0-0.5m | 1338 | 150 | 7.92 | 厂区北边 |
| M9-4 | 1.5-2.0m | 157 | 150 | 0.05 | 厂区北边 |
| M10-1 | 0-0.5m | 165 | 150 | 0.10 | 厂区南边 |
| M10-2 | 0.5-1.0m | 187 | 150 | 0.25 | 厂区南边 |
| M10-3 | 10-1.5m | 203 | 150 | 0.35 | 厂区南边 |
| M10-4 | 1.5-2.0m | 151 | 150 | 0.01 | 厂区南边 |
| M11-1 | 0-0.5m | 196 | 150 | 0.31 | 厂区南边 |
| M11-2 | 0.5-1.0m | 162 | 150 | 0.08 | 厂区南边 |
| M11-5 | 2.0-2.5m | 186 | 150 | 0.24 | 厂区南边 |

| | | | | | |
|-------|----------|------|-----|-------|------|
| M12-2 | 0.5-1.0m | 160 | 150 | 0.07 | 厂区南边 |
| M13-1 | 0-0.5m | 152 | 150 | 0.01 | 烟囱附近 |
| M13-2 | 0.5-1.0m | 171 | 150 | 0.14 | 烟囱附近 |
| M13-3 | 10-1.5m | 151 | 150 | 0.01 | 烟囱附近 |
| M13-4 | 1.5-2.0m | 166 | 150 | 0.11 | 烟囱附近 |
| M13-5 | 2.0-2.5m | 180 | 150 | 0.20 | 烟囱附近 |
| M14-1 | 0-0.5m | 5997 | 150 | 38.98 | 烟囱附近 |
| M14-2 | 0.5-1.0m | 5883 | 150 | 38.22 | 烟囱附近 |
| M14-3 | 10-1.5m | 5784 | 150 | 37.56 | 烟囱附近 |
| M14-4 | 1.5-2.0m | 189 | 150 | 0.26 | 烟囱附近 |

表6-10场地土壤砷总量结果超标点位统计表

| 点位 | 采样深度 | 检测值 | 标准 | 对比筛选值 超标倍数 | 点位位置 |
|-------|----------|----------------|----------------|---------------|--------|
| | | (单位: mg/kg) | (单位: mg/kg) | | |
| M2-1 | 0-0.5m | 127.43 | 40 | 2.19 | 场区西北角 |
| M2-2 | 0.5-1.0m | 193.27 | 40 | 3.83 | 场区西北角 |
| M2-3 | 10-1.5m | 269.96 | 40 | 5.75 | 场区西北角 |
| M2-4 | 1.5-2.0m | 56.07 | 40 | 0.40 | 场区西北角 |
| M2-5 | 2.0-2.5m | 91.97 | 40 | 1.30 | 场区西北角 |
| M4-1 | 0-0.5m | 134.67 | 40 | 2.37 | 场区西边 |
| M5-1 | 0-0.5m | 82 | 40 | 1.05 | 2#渣堆下方 |
| M5-2 | 0.5-1.0m | 77 | 40 | 0.93 | 2#渣堆下方 |
| M5-3 | 10-1.5m | 42 | 40 | 0.05 | 2#渣堆下方 |
| M6-1 | 0-0.5m | 87 | 40 | 1.18 | 2#渣堆下方 |
| M6-2 | 0.5-1.0m | 62 | 40 | 0.55 | 2#渣堆下方 |
| M6-4 | 1.5-2.0m | 160.09 | 40 | 3.00 | 2#渣堆下方 |
| M8-4 | 1.5-2.0m | 52.64 | 40 | 0.32 | 场区北边 |
| M10-1 | 0-0.5m | 54.47 | 40 | 0.36 | 场区南边 |
| M14-1 | 0-0.5m | 118.45 | 40 | 1.96 | 烟囱附近 |
| M14-2 | 0.5-1.0m | 91.11 | 40 | 1.28 | 烟囱附近 |

| | | | | | |
|-------|---------|-------|----|------|------|
| M14-3 | 10-1.5m | 94.17 | 40 | 1.35 | 烟囱附近 |
|-------|---------|-------|----|------|------|

表 6-11 场地土壤铬总量结果超标点位统计表

| 点位 | 采样深度 | 检测值 | 标准 | 对比筛选值 超标倍数 | 点位位置 |
|-------|----------|----------------|----------------|---------------|--------|
| | | (单位: mg/kg) | (单位: mg/kg) | | |
| M1-2 | 0.5-1.0m | 432 | 150 | 1.88 | 场区西边 |
| M2-1 | 0-0.5m | 218 | 150 | 0.45 | 场区西北角 |
| M2-4 | 1.5-2.0m | 288 | 150 | 0.92 | 场区西北角 |
| M2-5 | 2.0-2.5m | 235 | 150 | 0.57 | 场区西北角 |
| M3-1 | 0-0.5m | 472 | 150 | 2.15 | 1#堆渣下方 |
| M4-1 | 0-0.5m | 409 | 150 | 1.73 | 场区西边 |
| M4-2 | 0.5-1.0m | 402 | 150 | 1.68 | 场区西边 |
| M4-3 | 1.0-1.5m | 405 | 150 | 1.70 | 场区西边 |
| M4-5 | 2.0-2.5m | 173 | 150 | 0.15 | 场区西边 |
| M5-1 | 0-0.5m | 372 | 150 | 1.48 | 2#渣堆下方 |
| M5-2 | 0.5-1.0m | 341 | 150 | 1.27 | 2#渣堆下方 |
| M5-5 | 2.0-2.5m | 189 | 150 | 0.26 | 2#渣堆下方 |
| M6-1 | 0-0.5m | 436 | 150 | 1.91 | 2#渣堆下方 |
| M6-2 | 0.5-1.0m | 354 | 150 | 1.36 | 2#渣堆下方 |
| M7-1 | 0-0.5m | 453 | 150 | 2.02 | 沉淀池下方 |
| M8-1 | 0-0.5m | 175 | 150 | 0.17 | 场区北边 |
| M8-2 | 0.5-1.0m | 433 | 150 | 1.89 | 场区北边 |
| M9-1 | 0-0.5m | 268 | 150 | 0.79 | 场区北边 |
| M10-1 | 0-0.5m | 423 | 150 | 1.82 | 场区南边 |
| M11-1 | 0-0.5m | 185 | 150 | 0.23 | 场区南边 |
| M11-5 | 2.0-2.5m | 173 | 150 | 0.15 | 场区南边 |
| M14-1 | 0-0.5m | 477 | 150 | 2.18 | 烟囱附近 |
| M14-2 | 0.5-1.0m | 440 | 150 | 1.93 | 烟囱附近 |

| | | | | | |
|-------|----------|-----|-----|------|------|
| M14-3 | 1.0-1.5m | 432 | 150 | 1.88 | 烟囱附近 |
|-------|----------|-----|-----|------|------|

表 6-12 场地土壤镉总量结果超标点位统计表

| 点位 | 取样深度 | 检测值 | 标准 | 对比筛选值 超标倍数 | 点位位置 |
|-------|----------|----------------|----------------|---------------|---------|
| | | (单位: mg/kg) | (单位: mg/kg) | | |
| M1-1 | 0-0.5m | 3 | 0.3 | 9 | 场区西边 |
| M1-2 | 0.5-1.0m | 4 | 0.3 | 12.33 | 场区西边 |
| M1-3 | 10-1.5m | 4 | 0.3 | 12.33 | 场区西边 |
| M2-2 | 0.5-1.0m | 4 | 0.3 | 12.33 | 场区西北角 |
| M2-3 | 10-1.5m | 5 | 0.3 | 15.67 | 场区西北角 |
| M2-4 | 1.5-2.0m | 3 | 0.3 | 9.00 | 场区西北角 |
| M2-5 | 2.0-2.5m | 3 | 0.3 | 9.00 | 场区西北角 |
| M4-1 | 0-0.5m | 3 | 0.3 | 9.00 | 场区西边 |
| M4-2 | 0.5-1.0m | 3 | 0.3 | 9.00 | 场区西边 |
| M4-3 | 10-1.5m | 4 | 0.3 | 12.33 | 场区西边 |
| M5-1 | 0-0.5m | 5.6 | 0.3 | 17.67 | 废渣 2#下方 |
| M 5-2 | 0.5-1.0m | 4.4 | 0.3 | 13.67 | 废渣 2#下方 |
| M 5-3 | 10-1.5m | 1.6 | 0.3 | 4.33 | 废渣 2#下方 |
| M5-5 | 2-2.5m | 2 | 0.3 | 5.67 | 废渣 2#下方 |
| M6-1 | 0-0.5m | 4 | 0.3 | 12.33 | 废渣 2#下方 |
| M6-2 | 0.5-1.0m | 3.7 | 0.3 | 11.33 | 废渣 2#下方 |
| M7-1 | 0-0.5m | 3 | 0.3 | 9.00 | 沉淀池下方 |
| M8-2 | 0.5-1m | 2 | 0.3 | 5.67 | 场区北边 |
| M9-1 | 0-0.5m | 6 | 0.3 | 19.00 | 场区北边 |
| M10-1 | 0-0.5m | 4 | 0.3 | 12.33 | 场区南边 |
| M12-2 | 0.5-1.0m | 4 | 0.3 | 12.33 | 厂区南边 |

根据上表检测结果，祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂污染土壤采样点 M1、M2、M3、M4、M6、M7、M8、M9、M10、M11、M12、M13 和 M14 重金属钒的检

测值超过《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02）中参考限值 150mg/kg，最大超标倍数达到 38.98 倍，场地内 14 个点位中 14 个点位样品存在超标，超标率达到了 100%。

采样点 M2、M4、M6、M8、M10 和 M14 重金属砷浓度《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》pH≤5.5 时除农田其他农用地风险筛选值 40mg/kg，最大超标倍数为 5.75 倍，场地内 14 个点位中 7 个点位样品存在超标，超标率达到了 50.00%。

采样点 M1、M2、M3、M4、M5、M6、M7、M8、M9、M10、M11 和 M14 重金属铬浓度《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB15618-2018）》pH≤5.5 时除农田其他农用地风险筛选值，最大超标倍数为 2.18 倍，场地内 14 个点位中 12 个点位样品铬存在超标，超标率达到了 85.71%。

采样点 M1、M2、M4、M5、M7、M8、M9、M10 和 M12 重金属镉浓度《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》pH≤5.5 时除农田其他风险筛选值 0.3mg/kg 的限值，最大超标倍数为 19 倍，场地内 14 个点位中 9 个点位样品存在超标，超标率达到了 64.28%以上。

6.3.3 场地周边土壤检测结果

表 6-13 场地周边土壤（总量）检测结果汇总表

| 点位编号 | 监测项目（单位 mg/kg） | | | | | | |
|--|----------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | 钒（V） | 砷（As） | | 铬（Cr） | | 锑（Sb） | 镉（Cd） |
| 《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》/《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见 | 标准 限值 | 筛选 值 | 管控 值 | 筛选 值 | 管控 值 | 标准 限值 | 标准 限值 |
| | | 150 | 40 | 200 | 150 | 800 | 3 |
| 背景点东 | 103 | 13.24 | | 85 | | 0.5L | 0.1L |
| 背景点南 | 88 | 10.33 | | 73 | | 0.5L | 0.1L |
| 背景点西 | 105 | 17.67 | | 82 | | 0.5L | 0.1L |
| 背景点北 | 125 | 19.21 | | 110 | | 0.5L | 0.1L |

场地周边土壤作为项目背景点，采样地点为场地四周油茶林内，采用《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB15618-2018）》风险筛选值和《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02）作为评价

标准。由上表数据分析可知：场地周围重金属（总量）检测结果中各项指标均在《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB15618-2018）》pH≤5.5 时除农田其他农用地风险筛选值和《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02）参考标准值范围内。

6.3.4 场地废水检测结果

表 6-14 场地废水检测结果汇总表

| 样品名称 | 监测项目（单位 mg/L，砷的单位为μg/L，pH 值无量纲） | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 钒（V） | 砷（As） | 铬（Cr） | 锑（Sb） | 镉（Cd） | pH 值 |
| 《污水综合排放标准》/《钒工业污染物排放标准》 | 1 | 500 | 1.5 | 0.3 | 0.1 | 6~9 |
| 场地废水 | 0.244 | 7.52 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 7.44 |

场地废水池废水总砷、总铬、总镉均未超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准限值，钒为污染特征因子，废水中的总钒未超过《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）。经过长时间的雨水冲刷，原有的生产废水早已流失到厂内土壤内，水池中的积累的雨水也常被油茶种植户用来浇灌，目前的废水池里的水为近期积累的雨水，因此废水中各项检测指标均未超标。

6.3.5 场地周边地表水检测结果

表 6-15 场地地表水检测结果汇总表

| 样品名称 | 监测项目（单位 mg/L，砷的单位为μg/L，pH 值无量纲） | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 钒（V） | 砷（As） | 铬（Cr） | 锑（Sb） | 镉（Cd） | pH 值 |
| 《地表水环境质量标准（GB3838-2002）III类 | 0.05 | 50 | 0.05 | 0.005 | 0.005 | 6~9 |
| 地表水 | 0.035 | 44.17 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 7.59 |

根据监测结果，对比《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准，祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地内地表水钒、锑、砷、铬、镉均不超标，结果表明场地周边地表水目前还没有受到污染。

6.3.6 场地地下水检测结果

表 6-16 场地地下水检测结果汇总表

| 样品名称 | 监测项目（单位 mg/L，砷的单位为μg/L，pH 值无量纲） | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | 钒（V） | 砷（As） | 铬（Cr） | 锑（Sb） | 镉（Cd） | pH 值 |
| 《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）中Ⅲ类标准限值 | - | 10 | 0.05 | 0.005 | 0.005 | 6.5~8.5 |
| 地下水 | 0.01L | 0.85 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 7.12 |

根据监测结果，对比《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准，祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂场地内地下水钒、锑、砷、铬、镉均不超标，结果表明场地地下水目前还没有受到污染。

6.3.7 污染程度分析

(1) 土壤污染程度等级

从土壤污染现状与潜在风险的不同角度，采用土壤环境质量现状评估与生态风险评估相结合的方法对污染土壤进行评估，把传统的化学指标与生态毒理指标结合起来，更能够准确地衡量土壤的污染程度。

土壤环境质量现状评估。土壤污染程度采用单项污染指数和内梅罗污染指数进行评价，根据《土壤环境监测技术规范》中对土壤的等级划分，采用内梅罗污染指数划定污染等级。

污染土壤的分级结合污染场地的再利用要求，提出将土壤的污染程度分为三个等级。

1级：土壤基本无污染或轻度污染，土壤不必处理可以利用(非农业用途)。判别方法：急毒性与遗传毒性都在3级以下，同时污染物浓度达到轻度污染以下。

2级：土壤中度污染或轻度污染，需作适当处理或可选择性利用。判别方法：急毒性与遗传毒性都在2~3级之间，同时污染物浓度也在中度污染以下。

3级：土壤为重度污染，必须处理后方可利用。在未处理前，该污染场地应作为红线区考虑。判别方法：急毒性与遗传毒性只要其中有一项为1级，或者某个污染物浓度达到重度污染。

(2) 评价方法

根据《全国土壤污染状况评价技术规定》，土壤环境质量状况评价、土壤背景点环境评价和重点区域土壤污染环境质量评价可采用单项污染指数法。

单项污染指数法的计算公式，详述如下。

$$P_{ip}=C_i/S_{ip}$$

式中：

P_{ip} —土壤中污染物 i 的单项指数；

C_i —调查点位土壤中污染物 i 的实测浓度；

S_{ip} —污染物 I 的评价标准值或参考值

根据 P_{ip} 值的大小，可将土壤污染程度划分为五级，详见下表。

表6-17土壤环境治理评价分级表

| 序号 | 等级 | P_{ip} 值大小 | 污染评价 | 备注 |
|----|-----|---------------------|------|----|
| 1 | I | $P_{ip} \leq 1$ | 无污染 | |
| 2 | II | $1 < P_{ip} \leq 2$ | 轻微污染 | |
| 3 | III | $2 < P_{ip} \leq 3$ | 轻度污染 | |
| 4 | IV | $3 < P_{ip} \leq 5$ | 中度污染 | |
| 5 | V | $P_{ip} > 5$ | 重度污染 | |

(3) 评价结论

表 6-18 场地重金属总量污染程度及分布表

| 样品编号 | 采样深度 | 监测项目 (单位 mg/kg) | | | | | | | | | | | |
|------|--------|-----------------|-------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|-------|------|
| | (m) | 钒 (V) | Pip | 评价 | 砷 (As) | Pip | 评价 | 铬 (Cr) | Pip | 评价 | 镉 (Cd) | Pip | 评价 |
| M1-1 | 0-0.5m | 1367 | 9.11 | 重度污染 | 37.82 | 0.95 | 无污染 | 374 | 2.49 | 轻度污染 | 3 | 10 | 重度污染 |
| M1-2 | 0.5-1m | 1660 | 11.07 | 重度污染 | 35.3 | 0.88 | 无污染 | 432 | 2.88 | 轻度污染 | 4 | 13.33 | 重度污染 |
| M1-3 | 1-1.5m | 1158 | 7.72 | 重度污染 | 26.76 | 0.67 | 无污染 | 314 | 2.09 | 轻度污染 | 4 | 13.33 | 重度污染 |
| M1-4 | 1.5-2m | 114 | 0.76 | 无污染 | 15.7 | 0.39 | 无污染 | 86 | 0.57 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M1-5 | 2-2.5m | 136 | 0.91 | 无污染 | 19.43 | 0.49 | 无污染 | 112 | 0.75 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M2-1 | 0-0.5m | 417 | 2.78 | 轻度污染 | 127.43 | 3.19 | 重度污染 | 218 | 1.45 | 轻微污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M2-2 | 0.5-1m | 1264 | 8.43 | 重度污染 | 193.27 | 4.83 | 重度污染 | 330 | 2.20 | 轻度污染 | 4 | 13.33 | 重度污染 |
| M2-3 | 1-1.5m | 1810 | 12.07 | 重度污染 | 269.96 | 6.75 | 重度污染 | 355 | 2.37 | 轻度污染 | 5 | 16.67 | 重度污染 |
| M2-4 | 1.5-2m | 1154 | 7.69 | 重度污染 | 56.07 | 1.4 | 轻微污染 | 288 | 1.92 | 轻微污染 | 3 | 10 | 重度污染 |
| M2-5 | 2-2.5m | 1617 | 10.78 | 重度污染 | 91.97 | 2.3 | 轻度污染 | 235 | 1.57 | 轻微污染 | 3 | 10 | 重度污染 |
| M2-6 | 2.5-3m | 78 | 0.52 | 无污染 | 19.93 | 0.5 | 无污染 | 54 | 0.36 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M3-1 | 0-0.5m | 1867 | 12.45 | 重度污染 | 43.33 | 1.08 | 轻微污染 | 472 | 3.15 | 中度污染 | 3 | 10 | 重度污染 |
| M3-2 | 0.5-1m | 455 | 3.03 | 重度污染 | 17.08 | 0.43 | 无污染 | 117 | 0.78 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|------|--------|------|------|-----|------|------|------|-------|------|
| M3-3 | 1-1.5m | 89 | 0.59 | 无污染 | 64.61 | 1.62 | 轻微污染 | 68 | 0.45 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M3-4 | 1.5-2m | 109 | 0.73 | 无污染 | 14.16 | 0.35 | 无污染 | 95 | 0.63 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M3-5 | 2-2.5m | 130 | 0.87 | 无污染 | 17.84 | 0.45 | 无污染 | 96 | 0.64 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M4-1 | 0-0.5m | 1530 | 10.2 | 重度污染 | 134.67 | 3.37 | 重度污染 | 409 | 2.73 | 轻度污染 | 3 | 10 | 重度污染 |
| M4-2 | 0.5-1m | 1479 | 9.86 | 重度污染 | 28.53 | 0.71 | 无污染 | 402 | 2.68 | 轻度污染 | 3 | 10 | 重度污染 |
| M4-3 | 1-1.5m | 1487 | 9.91 | 重度污染 | 37.39 | 0.93 | 无污染 | 405 | 2.70 | 轻度污染 | 4 | 13.33 | 重度污染 |
| M4-4 | 1.5-2m | 1700 | 11.33 | 重度污染 | 21.7 | 0.54 | 无污染 | 116 | 0.77 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M4-5 | 2-2.5m | 207 | 1.38 | 轻微污染 | 33.49 | 0.84 | 无污染 | 173 | 1.15 | 轻微污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M5-1 | 0-0.5m | 1960 | 13.07 | 重度污染 | 82 | 2.05 | 轻度污染 | 372 | 2.48 | 轻度污染 | 5.6 | 18.67 | 重度污染 |
| M5-2 | 0.5-1m | 1777 | 11.85 | 重度污染 | 77 | 1.93 | 轻微污染 | 341 | 2.27 | 轻度污染 | 4.4 | 14.67 | 重度污染 |
| M5-3 | 1-1.5m | 1189 | 7.93 | 重度污染 | 42 | 1.05 | 轻微污染 | 109 | 0.73 | 无污染 | 1.6 | 5.33 | 重度污染 |
| M5-4 | 1.5-2m | 133 | 0.89 | 无污染 | 14.64 | 0.37 | 无污染 | 84 | 0.56 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M5-5 | 2-2.5m | 176 | 1.17 | 轻微污染 | 18.47 | 0.46 | 无污染 | 189 | 1.26 | 轻微污染 | 2 | 6.67 | 重度污染 |
| M6-1 | 0-0.5m | 1872 | 12.48 | 重度污染 | 87 | 2.18 | 轻度污染 | 436 | 2.91 | 轻度污染 | 4 | 13.33 | 重度污染 |
| M6-2 | 0.5-1m | 1578 | 10.52 | 重度污染 | 62 | 1.55 | 轻微污染 | 354 | 2.36 | 轻度污染 | 3.7 | 12.33 | 重度污染 |
| M6-3 | 1-1.5m | 281 | 1.87 | 轻微污染 | 21.38 | 0.53 | 无污染 | 100 | 0.67 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|------|--------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| M6-4 | 1.5-2m | 152 | 1.01 | 轻微污染 | 28.56 | 0.71 | 无污染 | 121 | 0.81 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M6-5 | 2-2.5m | 151 | 1.01 | 轻微污染 | 160.09 | 4 | 重度污染 | 109 | 0.73 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M7-1 | 0-0.5m | 1651 | 11.01 | 重度污染 | 37.76 | 0.94 | 无污染 | 453 | 3.02 | 中度污染 | 3 | 10 | 重度污染 |
| M7-2 | 0.5-1m | 280 | 1.87 | 轻微污染 | 18.05 | 0.45 | 无污染 | 109 | 0.73 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M7-3 | 1-1.5m | 103 | 0.69 | 无污染 | 16.17 | 0.4 | 无污染 | 75 | 0.50 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M7-4 | 1.5-2m | 160 | 1.07 | 轻微污染 | 26.28 | 0.66 | 无污染 | 137 | 0.91 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M7-5 | 2-2.5m | 128 | 0.85 | 无污染 | 22.83 | 0.57 | 无污染 | 112 | 0.75 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M8-1 | 0-0.5m | 916 | 6.11 | 重度污染 | 20.36 | 0.51 | 无污染 | 175 | 1.17 | 轻微污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M8-2 | 0.5-1m | 1334 | 8.89 | 重度污染 | 23.8 | 0.6 | 无污染 | 433 | 2.89 | 轻度污染 | 2 | 6.67 | 重度污染 |
| M8-3 | 1-1.5m | 172 | 1.15 | 轻微污染 | 35.78 | 0.89 | 无污染 | 140 | 0.93 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M8-4 | 1.5-2m | 150 | 1 | 无污染 | 38.05 | 0.95 | 无污染 | 118 | 0.79 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M8-5 | 2-2.5m | 183 | 1.22 | 轻微污染 | 52.64 | 1.32 | 轻微污染 | 130 | 0.87 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M9-1 | 0-0.5m | 1338 | 8.92 | 重度污染 | 32.17 | 0.8 | 无污染 | 268 | 1.79 | 轻微污染 | 6 | 20 | 重度污染 |
| M9-2 | 0.5-1m | 118 | 0.79 | 无污染 | 26.82 | 0.67 | 无污染 | 109 | 0.73 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M9-3 | 1-1.5m | 145 | 0.97 | 无污染 | 32.44 | 0.81 | 无污染 | 128 | 0.85 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M9-4 | 1.5-2m | 157 | 1.05 | 轻微污染 | 31.29 | 0.78 | 无污染 | 116 | 0.77 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-----|------|------|-------|------|------|-----|------|------|------|-------|------|
| M9-5 | 2-2.5m | 121 | 0.81 | 无污染 | 28.87 | 0.72 | 无污染 | 100 | 0.67 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M10-1 | 0-0.5m | 165 | 1.1 | 轻微污染 | 54.47 | 1.36 | 轻微污染 | 423 | 2.82 | 轻度污染 | 4 | 13.33 | 重度污染 |
| M10-2 | 0.5-1m | 187 | 1.25 | 轻微污染 | 39.73 | 0.99 | 无污染 | 117 | 0.78 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M10-3 | 1-1.5m | 203 | 1.35 | 轻微污染 | 35.5 | 0.89 | 无污染 | 134 | 0.89 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M10-4 | 1.5-2m | 151 | 1.01 | 轻微污染 | 14.56 | 0.36 | 无污染 | 127 | 0.85 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M10-5 | 2-2.5m | 118 | 0.79 | 无污染 | 13.92 | 0.35 | 无污染 | 100 | 0.67 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M11-1 | 0-0.5m | 196 | 1.31 | 轻微污染 | 25.61 | 0.64 | 无污染 | 185 | 1.23 | 轻微污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M11-2 | 0.5-1m | 162 | 1.08 | 轻微污染 | 20.88 | 0.52 | 无污染 | 147 | 0.98 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M11-3 | 1-1.5m | 107 | 0.71 | 无污染 | 20.12 | 0.5 | 无污染 | 90 | 0.60 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M11-4 | 1.5-2m | 136 | 0.91 | 无污染 | 29.6 | 0.74 | 无污染 | 114 | 0.76 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M11-5 | 2-2.5m | 186 | 1.24 | 轻微污染 | 46.23 | 1.16 | 轻微污染 | 173 | 1.15 | 轻微污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M12-1 | 0-0.5m | 118 | 0.79 | 无污染 | 14.01 | 0.35 | 无污染 | 97 | 0.65 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M12-2 | 0.5-1m | 160 | 1.07 | 轻微污染 | 26.19 | 0.65 | 无污染 | 141 | 0.94 | 无污染 | 4 | 13.33 | 重度污染 |
| M12-3 | 1-1.5m | 113 | 0.75 | 无污染 | 24.59 | 0.61 | 无污染 | 90 | 0.60 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M12-4 | 1.5-2m | 124 | 0.83 | 无污染 | 37.82 | 0.95 | 无污染 | 103 | 0.69 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M12-5 | 2-2.5m | 139 | 0.93 | 无污染 | 38.98 | 0.97 | 无污染 | 103 | 0.69 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|------|--------|------|------|-----|------|------|------|---|-----|
| M13-1 | 0-0.5m | 152 | 1.01 | 轻微污染 | 8.96 | 0.22 | 无污染 | 131 | 0.87 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M13-2 | 0.5-1m | 171 | 1.14 | 轻微污染 | 29.03 | 0.73 | 无污染 | 133 | 0.89 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M13-3 | 1-1.5m | 151 | 1.01 | 轻微污染 | 29.35 | 0.73 | 无污染 | 142 | 0.95 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M13-4 | 1.5-2m | 166 | 1.11 | 轻微污染 | 27.59 | 0.69 | 无污染 | 142 | 0.95 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M13-5 | 2-2.5m | 180 | 1.2 | 轻微污染 | 22.13 | 0.55 | 无污染 | 146 | 0.97 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M14-1 | 0-0.5m | 5997 | 39.98 | 重度污染 | 118.45 | 2.96 | 轻度污染 | 477 | 3.18 | 中度污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M14-2 | 0.5-1m | 5883 | 39.22 | 重度污染 | 91.11 | 2.28 | 轻度污染 | 440 | 2.93 | 轻度污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M14-3 | 1-1.5m | 5784 | 38.56 | 重度污染 | 94.17 | 2.35 | 轻度污染 | 432 | 2.88 | 轻度污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M14-4 | 1.5-2m | 189 | 1.26 | 轻微污染 | 26.61 | 0.67 | 无污染 | 136 | 0.91 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |
| M14-5 | 2-2.5m | 144 | 0.96 | 无污染 | 20.25 | 0.51 | 无污染 | 113 | 0.75 | 无污染 | 0.1L | - | 无污染 |

(4) 污染深度确定

通过本次勘察和实验报告结果，确定场地钻孔污染土深度见表 6-19。

表 6-19 各孔位污染深度

| 孔位编号 | 取样深度 (m) | 污染土壤 (m) | | | | 污染因子 |
|------|-------------|----------|------|------|-----|---------|
| | | 重度污染 | 中度污染 | 轻度污染 | 合计 | |
| M1 | 2.5 | 1.5 | 0 | 0 | 1.5 | 钒、砷、镉、铬 |
| M2 | 3 | 2.5 | 0 | 0 | 2.5 | 钒、砷、镉、铬 |
| M3 | 2.5 | 1 | 0 | 0.5 | 1.5 | 钒、砷、镉、铬 |
| M4 | 2.5 | 2 | 0 | 0.5 | 2.5 | 钒、砷、镉、铬 |
| M5 | 2.5 | 1.5 | 0 | 0 | 1.5 | 钒、砷、镉、铬 |
| M6 | 2.5 | 1 | 0 | 1.5 | 2.5 | 钒、砷、镉、铬 |
| M7 | 2.5 | 0.5 | 0 | 1.5 | 2 | 钒、砷、镉、铬 |
| M8 | 2.5 | 1 | 0 | 1.5 | 2 | 钒、砷、镉、铬 |
| M9 | 2.5 | 0.5 | 0 | 1.5 | 2 | 钒、镉 |
| M10 | 2.5 | 0.5 | 0 | 1.5 | 2 | 钒、砷、镉、铬 |
| M11 | 2.5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 钒、砷、铬 |
| M12 | 2.5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 钒、镉 |
| M13 | 2.5 | 0 | 0 | 2.5 | 2.5 | 钒 |
| M14 | 2.5 | 1.5 | 0 | 0.5 | 2 | 钒、砷、铬 |

注：本表的污染土壤中砷、镉、铬采用《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》pH≤5.5 时除农田外其他农用地风险筛选值。钒和镉则参考《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02）中参考限值，土壤任何一种指标未达到标准的土壤。

6.3.8 污染范围及污染量的确定

(1) 废渣渣量确定

根据本项目岩土工程方量勘察报告，现场废渣主要分两个渣堆堆放，主要堆积在原厂区废料堆放在场地北侧低洼区域和水浸池周围，分别标记为 1#渣堆、2#渣堆。同时，根据现场测绘地形图，通过方格网方量算法对废渣进行估算，废渣遗留总面积 2750m²，遗留废渣总量 8685.3m³，具体渣量统计如表 6-20 所示。

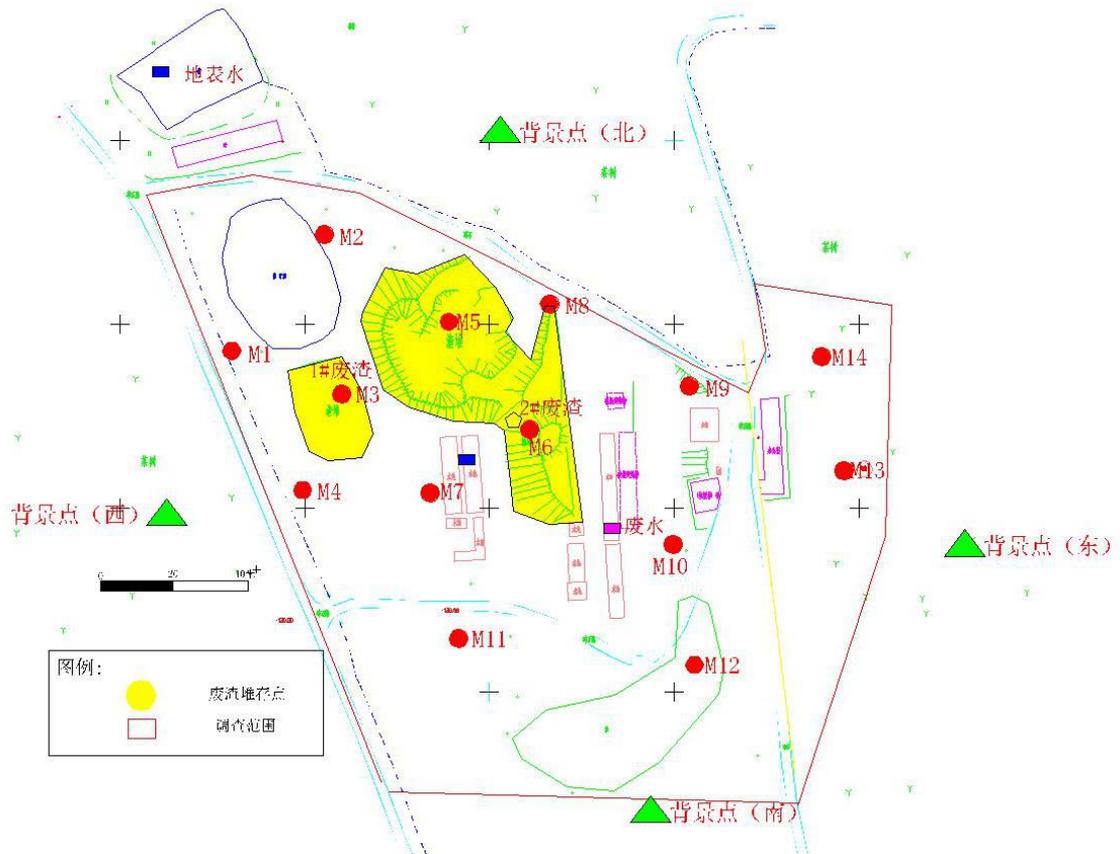


图 6-1 现场渣堆分布图

表 6-20 各渣堆钻孔废渣厚度统计表

| 序号 | 废渣面积 (m ²) | 废渣量 (m ³) |
|------|------------------------|-----------------------|
| 1#渣堆 | 470 | 705 |
| 2#渣堆 | 2280 | 7980.3 |
| 合计 | 2750 | 8685.3 |

(2) 炉灰和底泥总量确定

场地内构筑物主要为五氧化二钒生产厂房和办公厂房，还包括焙烧炉、烟囱、废水池、办公室以及配套的设施。历史时期生产的五氧化二钒炉灰，沾附于焙烧炉和烟囱等表面，致使构筑物等受到一定污染，经检测，废水池底泥和烟囱底部炉灰中重金属钒浸出浓度超过《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）标准限值，判定厂内的废弃构筑物烟囱炉灰及废弃水池底泥属于第II类一般工业固体废物，总量为 550m³。

表6-21主要废弃建（构）筑物第II类一般工业固体废物一览

| 序号 | 名称 | 面积 (m ²) | 数量 (m ³) | 固废种类 |
|----|-------|----------------------|----------------------|--------------|
| 1 | 烟囱炉灰 | 直径 6m 高 50m | 50 | 第II类一般工业固体废物 |
| 2 | 废水池底泥 | 500 | 500 | |
| 合计 | | | 550 | |

(3) 土壤污染范围和污染量确定

土壤污染深度的确定：综合分析超标污染因子钒、砷、铬和镉的污染深度。土壤污染面积的确定：首先，根据污染土壤及周边背景值监测结果和场地地形情况，确定场地不超标范围；然后，根据超标点位超标值和附近不超标点位背景值，采用内插法确定超标点位边界点，最后，根据内插法确定的边界点，采用平滑曲线将确定的点连接起来，确定场地污染范围。根据内插法，最终确定场地污染土壤面积 17145m²。

由本次采样检测结果综合分析得知，茅竹镇原钒冶炼厂场地内水浸和总量超标为整个调查区域，超标污染因子为钒、砷、铬和镉，场内土壤分层超标情况如图 6-2、图 6-3、图 6-4、图 6-5、图 6-6 所示。

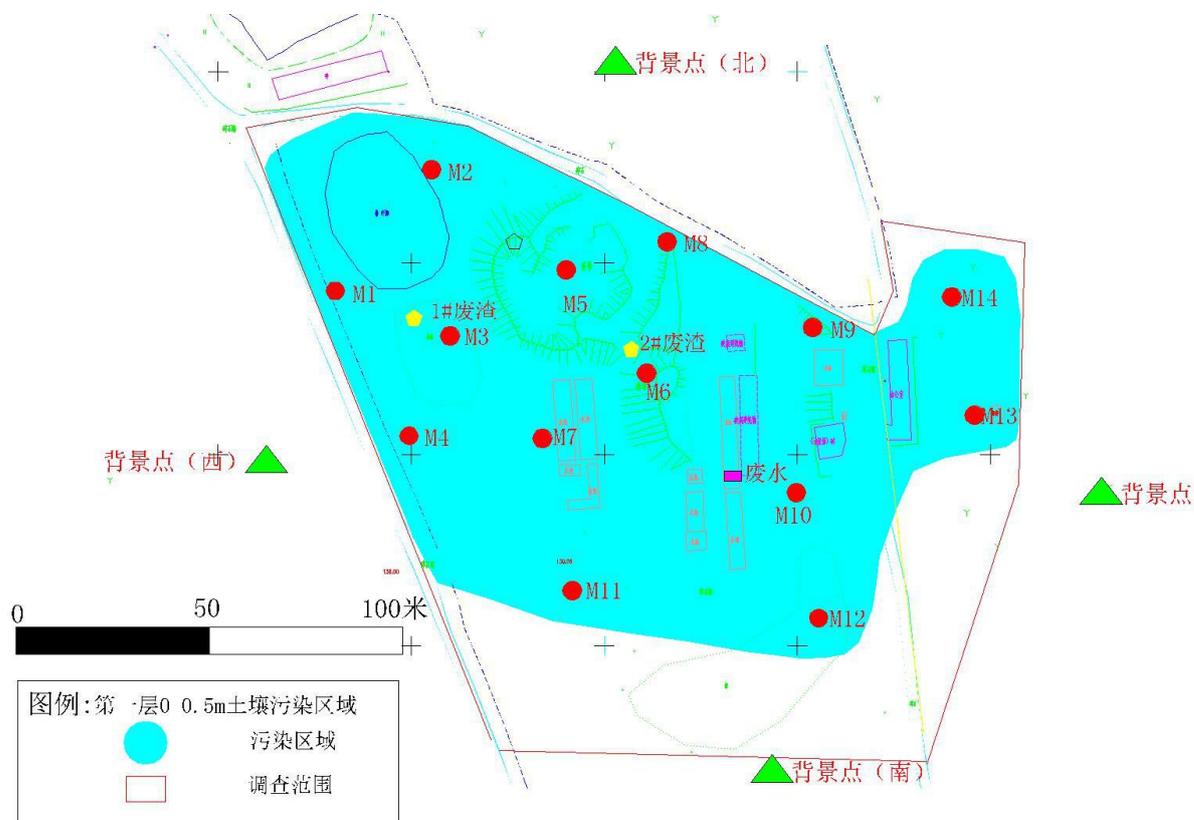


图 6-2 场地内 0-0.5m 土壤污染区域

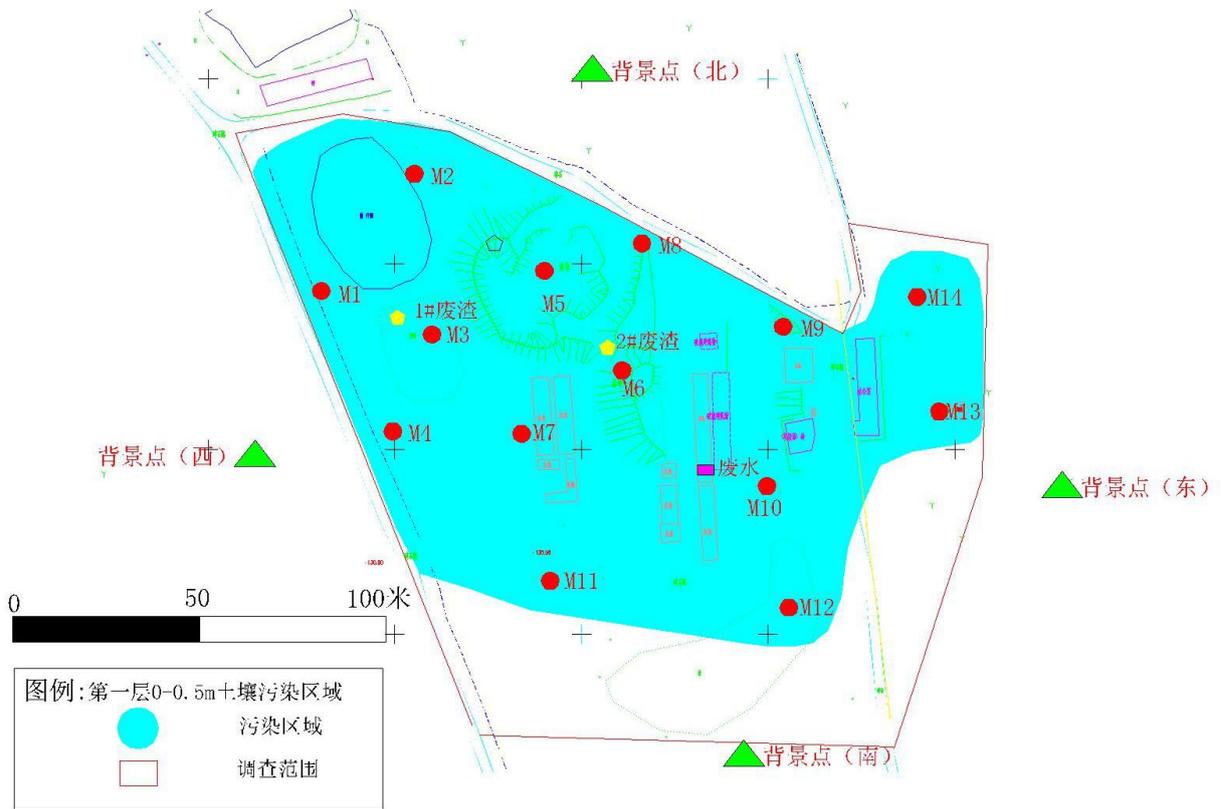


图 6-3 场地内 0.5-1m 土壤污染区域

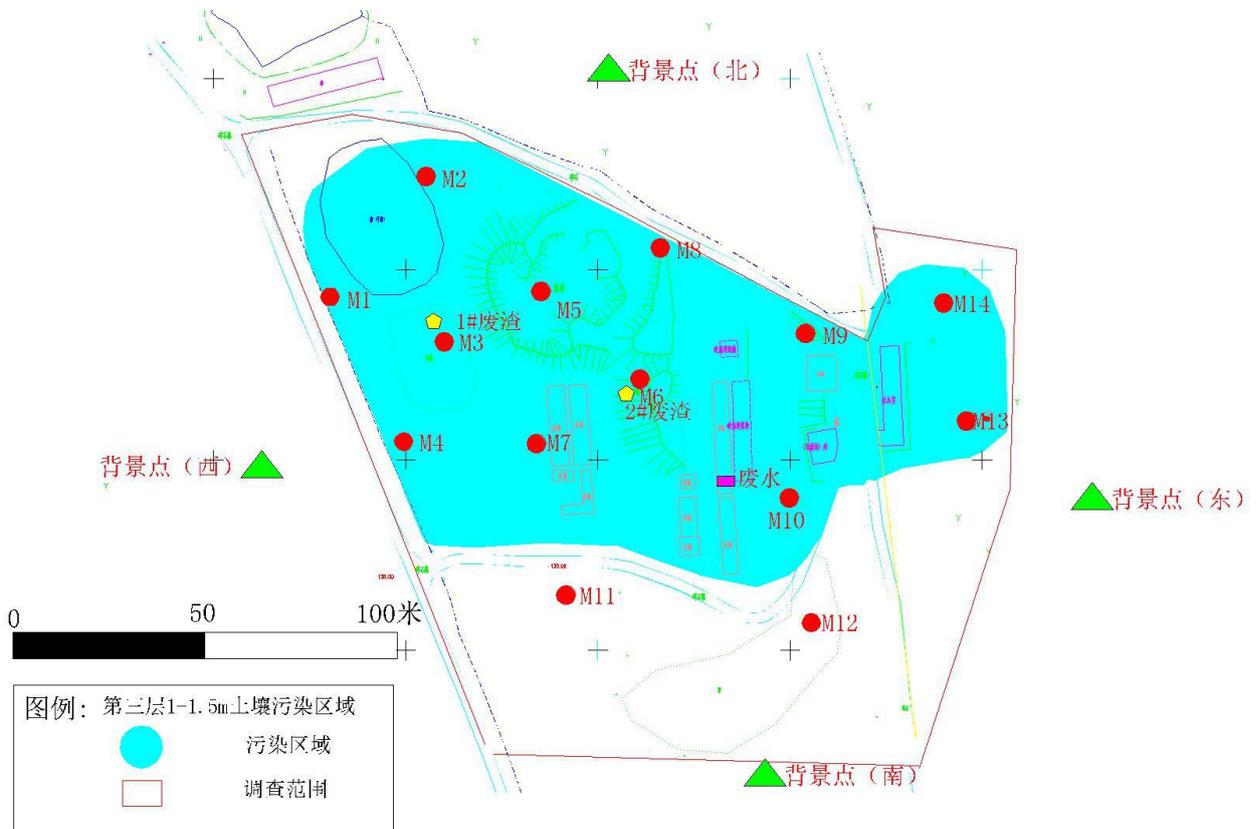


图 6-4 场地内 1-1.5m 土壤污染区域

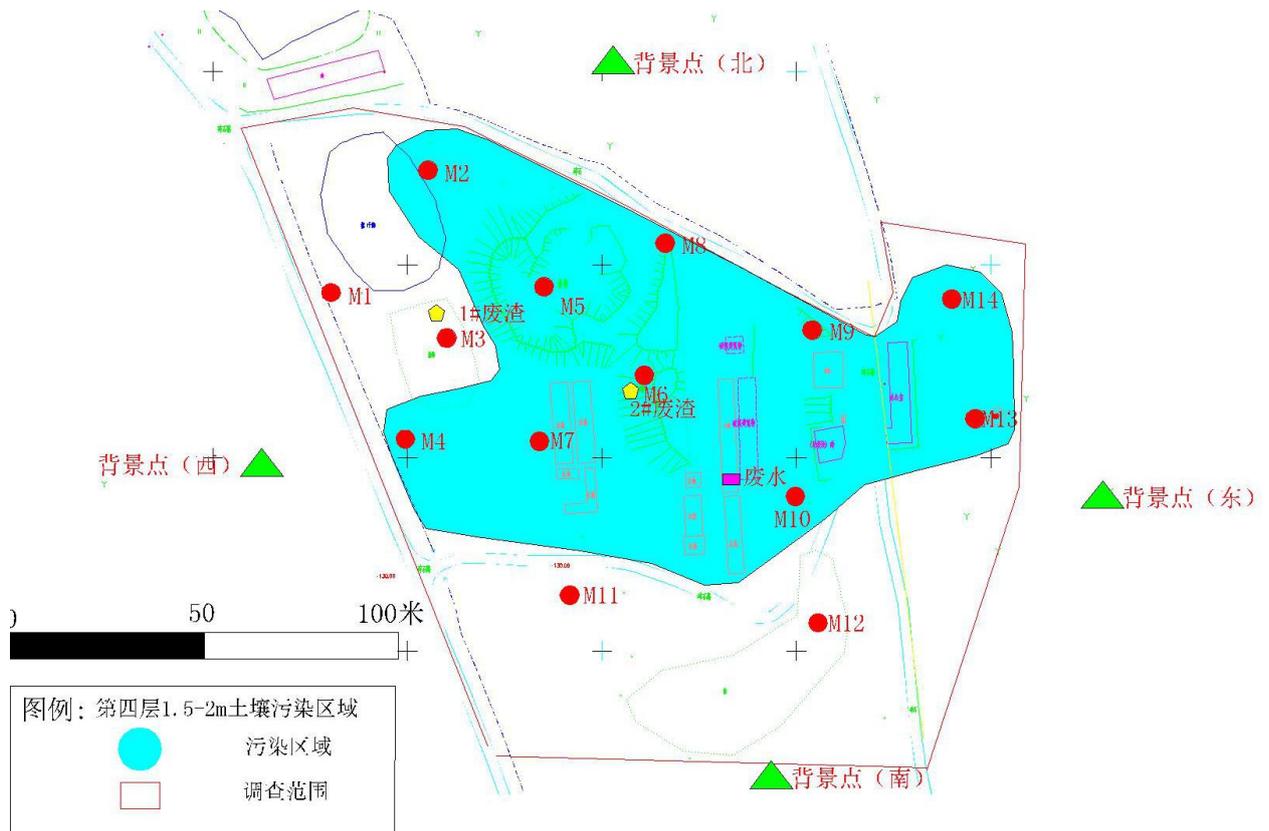


图 6-5 场地内 1.5-2m 土壤污染区域

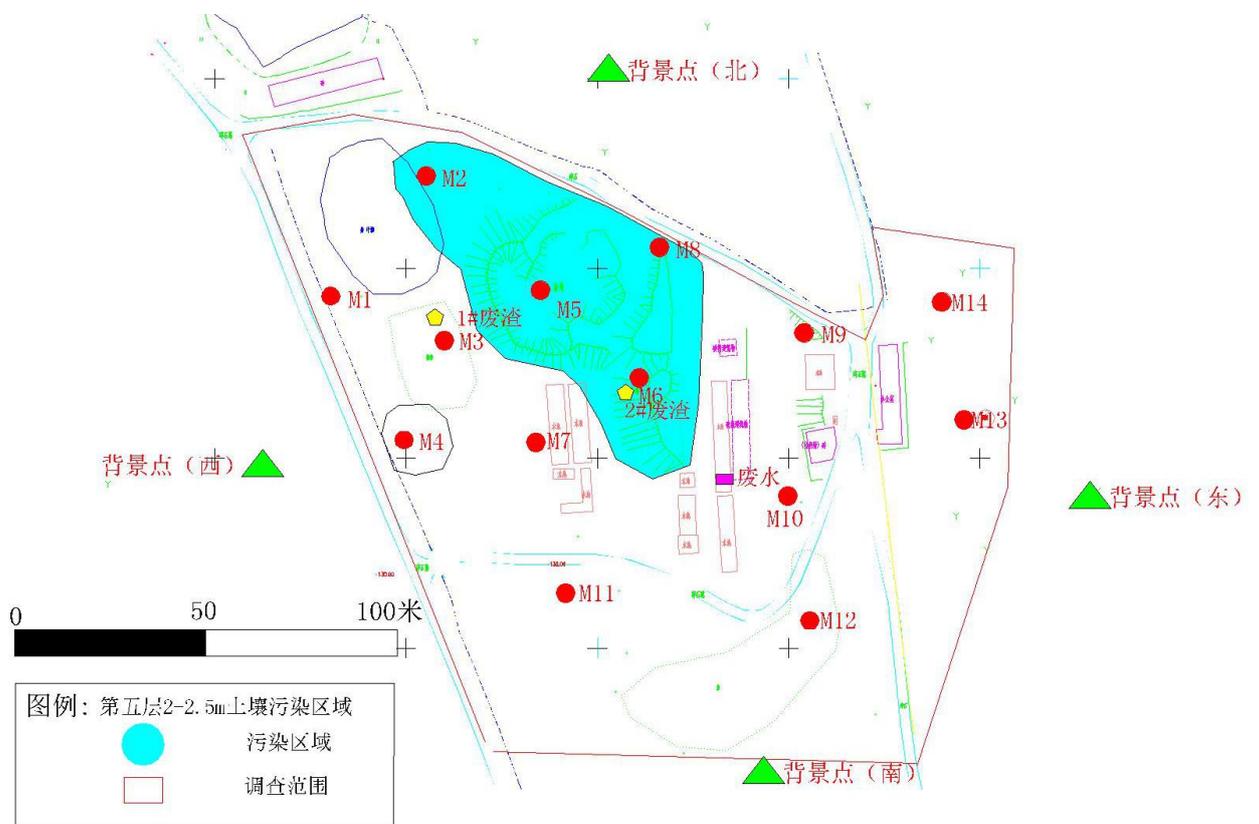


图 6-6 场地内 2-2.5m 土壤污染区域

根据地勘报告，结合检测数据及对比相关标准，确定受污染土壤分布点位，分层计算了受污染土壤污染面积及深度，估算场地内受污染土壤总量如表 6-22 所示。

表 6-22 场地内受污染土壤污染范围、深度及污染方量估算一览表

| 深度 | 土壤污染面积 (m ²) |
|----------|--------------------------|
| 0-0.5m | 17145 |
| 0.5-1.0m | 15360 |
| 1.0-1.5m | 13410 |
| 1.5-2.0m | 11255 |
| 2-2.5m | 3800 |
| 合计 | 17145 |

由上表可知，场地内钒、砷、镉和铬超标的土壤污染面积为 17145m²。

6.4 污染风险评估分析

6.4.1 危害识别

本场地识别场地环境污染的潜在可能，通过场地访问以及填写调查表等方式调查生产状况、原辅材料使用种类、运输及贮存方式、生产工艺、生产车间布置情况、工业固废、工业粉尘处置方式等基础上，综合分析生产活动中排污环节，污染土壤途径、污染因子，定性分析各污染因子对场地的污染程度及范围。经过采样调查，分析表明该场地为典型复合型重金属污染场地，主要污染因子为 V、As、Cr、Cd。目前场地内存在历史堆存钒冶炼废渣情况，经降雨淋滤的影响，已经造成区域内更大范围内及深度的土壤污染，受遗留废渣污染扩散的影响，场地内植被稀少。

(1) 废渣污染风险

钒为本次场地污染的特征因子，废渣、废水池底泥和烟囱底部炉灰中钒浸出浓度超过《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）标准限值，祁阳县茅竹镇钒冶炼厂第Ⅱ类一般工业固体废物总量为 9235.3m³，其中废渣量为 8685.3m³，烟囱炉灰和水池底泥为 550m³。

茅竹镇钒冶炼厂废渣直接暴露在空气当中，也无相应的防护措施。在下雨天气情况下冶炼厂场内重金属污染会随雨水冲刷经地表径流带走，并流向周围农田及水域，污染有一定的扩散风险。废渣堆存高度大，疏松裸露，强降雨天气易造成坍塌、滑坡等地质灾害，造成污染扩散。

(2) 土壤污染风险

根据场调监测结果，本次祁阳县茅竹镇钒冶炼厂土壤污染面积为 17145m²，场地污染土壤总量监测结果重金属钒超标严重，并且场地土壤砷、铬和镉超标现象。因此，场地重金属污染物会随着雨水冲刷进入周边环境，使得周边的土壤受到的严重的污染，目前还存在一定的扩散风险。

(3) 地表水及地下水污染风险分析

岩土工程初步勘察报告可知，由于钒冶炼厂的下方为低洼地带，场地内的地表径流都汇集到厂区下方低洼处，地下水埋藏较深，目前还没有影响到场地外围的地表水和地下水，地表水和地下水暂未受到污染，但是土壤中重金属钒、砷和铬的水浸浓度超标严重，说明这三个因子可迁移性强，在春夏季节雨水较多时，极有可能随着时间的推移，重金属被雨水从废渣中淋溶析出，进入地表水和地下水中造成污染。

6.4.2 暴露评估

(1) 暴露评估概念模型

建立概念模型的目的是为了更清晰、直观的表现出污染区内污染物以何种介质、通过何种途径到达或接触各种暴露情景（生活或工作）下的受体。便于确定研究区居民的暴露途径，选择合适的暴露计算模型和参数计算暴露剂量。

为便于了解厂区在土地规划前后、不同用地方式下，厂区内居民接触危害元素的变化，绘制现状用地方式下以及规划用地方式下居民的暴露概念模型（图 6-7、图 6-8）。

由于厂区内土地基本闲置，现状用地方式下，居民有可能通过吸入流动空气过程以及日常生活中口腔接触或皮肤接触混入厂区地面径流的水体过程暴露接触污染物，对人体产生危害。

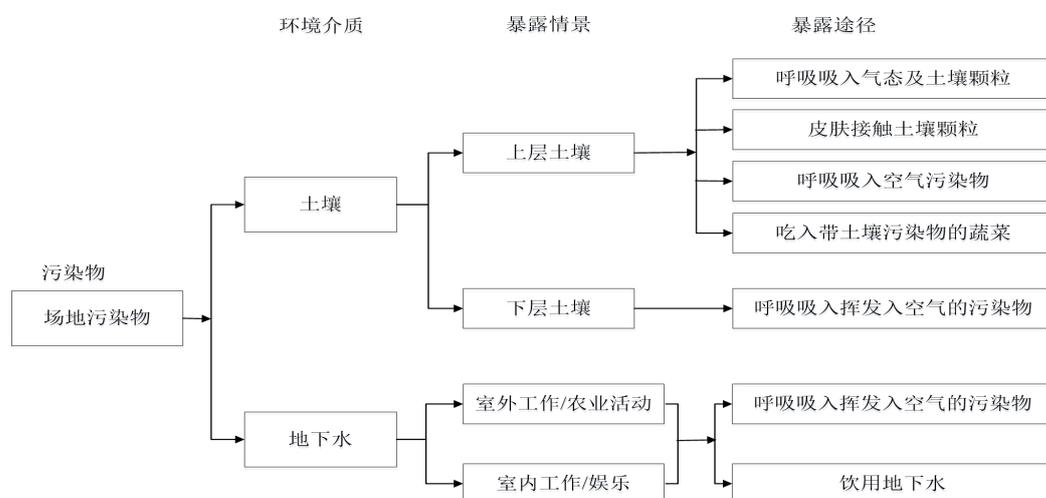


图 6-7 场地污染暴露途径



图6-8暴露途径模型

(2) 暴露途径

根据建立的厂区人体健康概念模型，确定公共绿地下的暴露途径为：1) 口腔摄入土壤；2) 皮肤接触土壤；3) 呼吸吸入土壤颗粒物；4) 呼吸吸入室外空气中污染物蒸汽；5) 呼吸吸入室内空气中污染物蒸汽。

由于厂区需要关注污染物主要为非挥发性重金属，因此不存在污染物蒸汽问题，主要考虑前三种暴露途径。

(3) 暴露剂量计算模型及参数

本项目所在地土壤污染主要为表层，所以计算不同用地方式下表层土壤对人体致癌及非致癌污染物摄入量，计算模型如下：

1) 口腔摄入土壤致癌及非致癌暴露剂量计算

$$\text{致癌暴露剂量计算: } CDI_{ca-oral} = \left(\frac{OSIRc \times EDc \times EFc}{BWc} + \frac{OSIRa \times EDa \times EFa}{BWa} \right) \times \frac{10^{-6}}{ATca}$$

$$\text{非致癌暴露剂量计算: } CDI_{nc-oral} = \frac{OSIRc \times EDc \times EFc}{BWc} \times \frac{10^{-6}}{ATnc}$$

2) 皮肤接触土壤致癌及非致癌暴露剂量计算

致癌暴露剂量计算：

$$CDI_{ca-dermal} = \left(\frac{SAEc \times SSARc \times EFc \times EDc \times Ev}{BWc} + \frac{SAEa \times SSARa \times EFa \times EDa \times Ev}{BWa} \right) \times \frac{10^{-6}}{ATca}$$

非致癌暴露剂量计算：

$$CDI_{nc-dermal} = \frac{SAEc \times SSARc \times EFc \times EDc \times Ev}{BWc} \times \frac{10^{-6}}{ATnc}$$

3) 呼吸吸入土壤颗粒物致癌及非致癌暴露剂量计算

考虑呼吸吸入土壤颗粒时，需考虑人体在室内和室外活动时吸入的土壤颗粒物。

致癌暴露剂量：

$$CDI_{ca-inhparticle} = TSP \times PIAF \times \left(\frac{DAIRc \times EDc \times (fspo \times EFOc + fspl \times EFic)}{BWc} + \frac{DAIRa \times EDa \times (fspo \times EFOa + fspl \times EFla)}{Bwa} \right) \times \frac{10^{-6}}{ATca}$$

非致癌暴露剂量：

$$CDI_{nc-inhparticle} = TSP \times PIAF \times \frac{DAIRc \times EDc \times (fspo \times EFOc + fspl \times EFic)}{BWc} \times \frac{10^{-6}}{ATnc}$$

由于本次场地环境调查的时间和资金有限，以上模型中参数取值无实测数据，均采用导则推荐值，参数含义及具体取值见表 6-23。

表 6-23 暴露剂量计算模型参数含义及农用地的取值

| 参数 | 含义及取值 | 参数 | 含义及取值 |
|-------------------|--|-------------------|--|
| ATca | 致癌效应平均时间，26280 天 | EDc | 儿童暴露周期，农用地为 6 年 |
| ATnc | 非致癌效应平均时间，农用地为 2190 天 | EFa | 成人暴露频率，农用地为 87.5 天/年（仅考虑室外） |
| BWc | 儿童体重，15.9kg | EFc | 儿童暴露频率，农用地为 87.5 天/年 |
| BWa | 成人体重，55.9kg | Ev | 每天皮肤接触土壤的次数，默认为 1 |
| CDIca-oral | 经口腔摄入致癌暴露剂量，kg(土壤)·kg ⁻¹ ·d ⁻¹ | OSIR _a | 成人每日摄入土壤量，100mg·d ⁻¹ |
| CDInc-oral | 经口腔摄入非致癌暴露剂量，kg(土壤)·kg ⁻¹ ·d ⁻¹ | OSIR _c | 儿童每日摄入土壤量，200mg·d ⁻¹ |
| CDIca-dermal | 经皮肤接触土壤致癌暴露剂量，kg(土壤)·kg ⁻¹ ·d ⁻¹ | PIAF | 颗粒物在体内的滞留比例，默认值为 0.75 |
| CDInc-dermal | 经皮肤接触土壤非致癌暴露剂量，kg(土壤)·kg ⁻¹ ·d ⁻¹ | SAEc | 儿童皮肤有效接触面积，计算详见《导则》附录 E |
| CDIca-inhparticle | 经呼吸吸入土壤颗粒物致癌暴露剂量，kg(土壤)·kg ⁻¹ ·d ⁻¹ | SAEa | 成人皮肤有效接触面积，计算详见《导则》附录 E |
| CDInc-inhparticle | 经呼吸吸入土壤颗粒物非致癌暴露剂量，kg(土壤)·kg ⁻¹ ·d ⁻¹ | SSAR _c | 儿童皮肤黏附土壤系数，mg·cm ⁻² ，农用地默认为 0.2 |
| DIARc | 儿童每日呼吸空气量，7.5m ³ /天 | SSAR _a | 成人皮肤黏附土壤系数，kg·cm ⁻² ，农用地默认为 0.07， |
| DIARa | 成人每日呼吸空气量，15m ³ /天 | TSP | 空气中总悬浮颗粒物，默认 0.3mg/m ³ |
| EDa | 成人暴露周期，年，农用地为 24 年 | fspo | 室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例，0.5 |

6.4.3 毒性评估

(1) 主要污染物毒性效应

进行风险的定量计算时，考虑到不同污染物毒性累加效应，出于保守原则，将 4 种主要污染物全部考虑在内，计算 4 种污染物对人体健康引起的风险。4 种污染物的毒性效应分析见表 6-24。

表6-24 主要污染物的人体毒性效应

| 污染物 | 毒性效应 | | 靶器官 | 致癌效应 | 备注 |
|--------|---|-----------------------------------|--|---|---|
| | 急性中毒 | 慢性中毒 | | | |
| 砷 (As) | 急性胃肠炎、心血管损害、中毒性肝病、迟发性神经病、皮肤及附件改变 | 皮肤损害、皮炎、溃疡、皮肤癌；脑衰弱综合征、胃肠功能障碍、肝脏肿大 | 肝脏、肾脏、造血功能器官 | 具有致畸、致癌、致突变效应；IARC 列为 1 类人体致癌物 | 儿童长期饮用砷含量 >0.1mg/L 的水会影响智力发育；长期吸入浓度 >100ng/m ³ 的砷导致死亡 |
| 镉 (Cd) | 肠胃道刺激、休克、急性肾功能衰竭 | 肾小管功能障碍、骨质疏松、骨质软化（痛痛病） | 主要蓄积器官为肝、肾；经口摄入主要对肝、肾引起毒性；吸入可对肺造成损伤；均可引起高血压和贫血 | 具有生殖毒性，有致突变、致癌效应；I 类致癌物，即人体致癌物（IARC） | FAO/WHO 议定每人每周所摄入的 Cd 最大可忍受量为 0.4-0.5mg；40-60 岁的正常人体内镉含量约 30mg，其中 10mg 存在于肾，4.1mg 存于肝 |
| 铬 (Cr) | 胃腐蚀、痉挛、惊厥、癫痫、肝功能异常、急性化学性呼吸道炎、眼结膜炎、哮喘 | 慢性结膜炎、哮喘、皮疹、变形性接触性皮炎、黄疸、肝功能异常 | 肺、皮肤 | 动物实验表明具有致畸、致突变、致癌效应；IARC 将三价铬列为 3 类致癌物，对人体不具致癌性，六价铬列为 1 类致癌物，对人体具有致癌性 | |
| 钒 (v) | 可引起鼻、咽、肺部刺激症状，接触者出现眼烧灼感、流泪、咽痒、干咳、胸闷、全身不适、倦怠等表现，重者出现支气管炎或支气管肺炎。皮肤高浓度接触可致皮炎，剧烈瘙痒。 | 长期接触可引起慢性支气管炎、肾损害、视力障碍等。 | 气管、皮肤 | 致畸、致癌、致突变效应；IARC 列为 2B 类， | 每天摄入 10mg 以上或每克食物中含钒 10-20 微克，可发生中毒。 |

(2) 污染物的毒性参数

主要污染物的毒性参数见表 6-25。

表 6-25 主要污染物致癌及非致癌毒性参数

| 污染物 | RfD-oral (mg/kg/day) | RfD-dermal (mg/kg/day) | RfD-inhala(mg/kg/day) | SF-oral (1/(mg/kg/day)) | SF-dermal (1/(mg/kg/day)) | SF-inhala1 (1/(mg/kg/day)) | 致癌 等级* |
|-----|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------|
| 镉 | 0.001 | 0.001 | - | | | 7.2 | B1 |
| 砷 | 0.0003 | 0.0003 | - | 1.5 | 1.5 | 17.2 | A |
| 铬 | 1.5 | 1.5 | 0.005 | | | - | NA |
| 钒 | 1 | 1 | 0.05 | | | | B2 |

*: 致癌等级的划分, 按照美国 IRIS 污染物致癌等级划分: A (确定为人类致癌物质, 有充足的动物致癌毒性试验资料, 人体致癌毒性资料比较充分)、B1 (动物实验致癌毒性资料充分, 人体毒性资料不充分的污染物)、B2 (根据充分的动物致癌毒性资料, 极可能为人类致癌物的污染物)、C (动物致癌毒性资料不是十分充分的人体可疑致癌物)、D (无法分类)、E (已证实为非人类致癌物)。NA (RBCA 软件数据库将其定为致癌污染物, 但认为资料仍需要进一步补充的污染物。)

6.4.4 风险表征

(1) 土壤中致癌污染物风险分析

厂区土壤中检出的污染物中有 3 种污染物具有致癌效应: 镉、钒、砷。其中镉、钒仅通过呼吸吸入时对人体会产生致癌效应, 砷通过口腔、皮肤、呼吸均会对人体产生致癌效应。

目前国际上普遍接受的致癌风险水平 10^{-6} ~ 10^{-4} , 而国内多采用 10^{-6} ~ 10^{-5} ; 非致癌效应 (危害商) 国内外均采用 1 作为可接受水平。本项目风险评价时选定致癌风险水平 10^{-6} 、危害商 1 作为评估依据。为了解本场地实际情况, 本次评价时土壤采用 95%置信上限 (95%UCL) 和最大浓度相结合的方式进行评估。

表 6-26 场地风险评估关注污染物统计表 (单位: mg/kg)

| 序号 | 土壤污染物 | 最大浓度 | 95%UCL |
|----|--------|--------|--------|
| 1 | 砷 (无机) | 269.96 | 81.2 |
| 2 | 铬 | 477 | 356 |
| 3 | 钒 | 5997 | 485 |
| 4 | 镉 | 5.6 | 3.4 |

根据评估结果表明, 表层大部分点位的致癌风险均超过 10^{-6} , 致癌风险绝大部分均来自于钒, 钒引起的致癌风险最大。整体来看, 在该用地方式下厂区表层大部分区域致癌风险较大, 越往下层, 整体风险水平有较大幅度降低。

(2) 超风险非致癌污染物及点位

对各污染物引起的非致癌风险进行评估，按照设定的单一污染物及所有污染物总可接受非致癌风险商，筛选出非致癌风险商超过1的点位及污染物，结果见表6-27。

表6-27非致癌风险商超过1的点位及污染物结果

| 样品编号 | 深度 (m) | 风险商 | | | | 总风险商 |
|------|-----------|-------|--------|--------|--------|------|
| | | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 镉 (Cd) | |
| M1-1 | 0-0.5m | 2.82 | 0.47 | 1.05 | 0.88 | 5.22 |
| M1-2 | 0.5-1m | 3.42 | 0.43 | 1.21 | 1.18 | 6.25 |
| M1-3 | 1-1.5m | 2.39 | 0.33 | 0.88 | 1.18 | 4.78 |
| M1-4 | 1.5-2m | 0.24 | 0.19 | 0.24 | 0.03 | 0.70 |
| M1-5 | 2-2.5m | 0.28 | 0.24 | 0.31 | 0.03 | 0.86 |
| M2-1 | 0-0.5m | 0.86 | 1.57 | 0.61 | 0.03 | 3.07 |
| M2-2 | 0.5-1m | 2.61 | 2.38 | 0.93 | 1.18 | 7.09 |
| M2-3 | 1-1.5m | 3.73 | 3.32 | 1.00 | 1.47 | 9.52 |
| M2-4 | 1.5-2m | 2.38 | 0.69 | 0.81 | 0.88 | 4.76 |
| M2-5 | 2-2.5m | 3.33 | 1.13 | 0.66 | 0.88 | 6.01 |
| M2-6 | 2.5-3m | 0.16 | 0.25 | 0.15 | 0.03 | 0.59 |
| M3-1 | 0-0.5m | 3.85 | 0.53 | 1.33 | 0.88 | 6.59 |
| M3-2 | 0.5-1m | 0.94 | 0.21 | 0.33 | 0.03 | 1.51 |
| M3-3 | 1-1.5m | 0.18 | 0.80 | 0.19 | 0.03 | 1.20 |
| M3-4 | 1.5-2m | 0.22 | 0.17 | 0.27 | 0.03 | 0.70 |
| M3-5 | 2-2.5m | 0.27 | 0.22 | 0.27 | 0.03 | 0.79 |
| M4-1 | 0-0.5m | 3.15 | 1.66 | 1.15 | 0.88 | 6.84 |
| M4-2 | 0.5-1m | 3.05 | 0.35 | 1.13 | 0.88 | 5.41 |
| M4-3 | 1-1.5m | 3.07 | 0.46 | 1.14 | 1.18 | 5.84 |
| M4-4 | 1.5-2m | 3.51 | 0.27 | 0.33 | 0.03 | 4.13 |
| M4-5 | 2-2.5m | 0.43 | 0.41 | 0.49 | 0.03 | 1.35 |
| M5-1 | 0-0.5m | 4.04 | 1.01 | 1.04 | 1.65 | 7.74 |
| M5-2 | 0.5-1m | 3.66 | 0.95 | 0.96 | 1.29 | 6.86 |
| M5-3 | 1-1.5m | 2.45 | 0.52 | 0.31 | 0.47 | 3.75 |
| M5-4 | 1.5-2m | 0.27 | 0.18 | 0.24 | 0.03 | 0.72 |
| M5-5 | 2-2.5m | 0.36 | 0.23 | 0.53 | 0.59 | 1.71 |
| M6-1 | 0-0.5m | 3.86 | 1.07 | 1.22 | 1.18 | 7.33 |
| M6-2 | 0.5-1m | 3.25 | 0.76 | 0.99 | 1.09 | 6.10 |
| M6-3 | 1-1.5m | 0.58 | 0.26 | 0.28 | 0.03 | 1.15 |
| M6-4 | 1.5-2m | 0.31 | 0.35 | 0.34 | 0.03 | 1.03 |
| M6-5 | 2-2.5m | 0.31 | 1.97 | 0.31 | 0.03 | 2.62 |
| M7-1 | 0-0.5m | 3.40 | 0.47 | 1.27 | 0.88 | 6.02 |
| M7-2 | 0.5-1m | 0.58 | 0.22 | 0.31 | 0.03 | 1.14 |
| M7-3 | 1-1.5m | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.03 | 0.65 |

| | | | | | | |
|-------|--------|-------|------|------|------|-------|
| M7-4 | 1.5-2m | 0.33 | 0.32 | 0.38 | 0.03 | 1.07 |
| M7-5 | 2-2.5m | 0.26 | 0.28 | 0.31 | 0.03 | 0.89 |
| M8-1 | 0-0.5m | 1.89 | 0.25 | 0.49 | 0.03 | 2.66 |
| M8-2 | 0.5-1m | 2.75 | 0.29 | 1.22 | 0.59 | 4.85 |
| M8-3 | 1-1.5m | 0.35 | 0.44 | 0.39 | 0.03 | 1.22 |
| M8-4 | 1.5-2m | 0.31 | 0.47 | 0.33 | 0.03 | 1.14 |
| M8-5 | 2-2.5m | 0.38 | 0.65 | 0.37 | 0.03 | 1.42 |
| M9-1 | 0-0.5m | 2.76 | 0.40 | 0.75 | 1.76 | 5.67 |
| M9-2 | 0.5-1m | 0.24 | 0.33 | 0.31 | 0.03 | 0.91 |
| M9-3 | 1-1.5m | 0.30 | 0.40 | 0.36 | 0.03 | 1.09 |
| M9-4 | 1.5-2m | 0.32 | 0.39 | 0.33 | 0.03 | 1.06 |
| M9-5 | 2-2.5m | 0.25 | 0.36 | 0.28 | 0.03 | 0.92 |
| M10-1 | 0-0.5m | 0.34 | 0.67 | 1.19 | 1.18 | 3.38 |
| M10-2 | 0.5-1m | 0.39 | 0.49 | 0.33 | 0.03 | 1.23 |
| M10-3 | 1-1.5m | 0.42 | 0.44 | 0.38 | 0.03 | 1.26 |
| M10-4 | 1.5-2m | 0.31 | 0.18 | 0.36 | 0.03 | 0.88 |
| M10-5 | 2-2.5m | 0.24 | 0.17 | 0.28 | 0.03 | 0.73 |
| M11-1 | 0-0.5m | 0.40 | 0.32 | 0.52 | 0.03 | 1.27 |
| M11-2 | 0.5-1m | 0.33 | 0.26 | 0.41 | 0.03 | 1.03 |
| M11-3 | 1-1.5m | 0.22 | 0.25 | 0.25 | 0.03 | 0.75 |
| M11-4 | 1.5-2m | 0.28 | 0.36 | 0.32 | 0.03 | 0.99 |
| M11-5 | 2-2.5m | 0.38 | 0.57 | 0.49 | 0.03 | 1.47 |
| M12-1 | 0-0.5m | 0.24 | 0.17 | 0.27 | 0.03 | 0.72 |
| M12-2 | 0.5-1m | 0.33 | 0.32 | 0.40 | 1.18 | 2.22 |
| M12-3 | 1-1.5m | 0.23 | 0.30 | 0.25 | 0.03 | 0.82 |
| M12-4 | 1.5-2m | 0.26 | 0.47 | 0.29 | 0.03 | 1.04 |
| M12-5 | 2-2.5m | 0.29 | 0.48 | 0.29 | 0.03 | 1.09 |
| M13-1 | 0-0.5m | 0.31 | 0.11 | 0.37 | 0.03 | 0.82 |
| M13-2 | 0.5-1m | 0.35 | 0.36 | 0.37 | 0.03 | 1.11 |
| M13-3 | 1-1.5m | 0.31 | 0.36 | 0.40 | 0.03 | 1.10 |
| M13-4 | 1.5-2m | 0.34 | 0.34 | 0.40 | 0.03 | 1.11 |
| M13-5 | 2-2.5m | 0.37 | 0.27 | 0.41 | 0.03 | 1.08 |
| M14-1 | 0-0.5m | 12.36 | 1.46 | 1.34 | 0.03 | 15.19 |
| M14-2 | 0.5-1m | 12.13 | 1.12 | 1.24 | 0.03 | 14.52 |
| M14-3 | 1-1.5m | 11.93 | 1.16 | 1.21 | 0.03 | 14.33 |
| M14-4 | 1.5-2m | 0.39 | 0.33 | 0.38 | 0.03 | 1.13 |
| M14-5 | 2-2.5m | 0.30 | 0.25 | 0.32 | 0.03 | 0.89 |

从表 6-27 中统计来看，非致癌风险都主要来自于钒。绝大部分点位风险均超过可接受水平，并且总风险均超过 1；部分点位单一污染物的风险均低于 1，总风险超过了可接受风险，污染物综合叠加效应也导致了样品总风险商超过 1。从统计表中来看，高风险点位

都来自表层，未超风险的样品大多位于下层样品。最高风险出位于 M14-1，总风险商最高达到 15.19。

6.4.5 土壤污染物致癌和非致癌综合风险

通过上述对厂区未来用地方式下致癌和非致癌风险结果的分析，基本上可筛选出高风险分布的区域及贡献率大的污染物。上述分析表明，在致癌钒是贡献率最大的污染物，由于致癌风险绝大部分来自于钒，故不单独分析；在非致癌风险中钒和砷是贡献率最大的两个污染物，将它们与其他污染物分开分析其风险的空间分布。

砷、钒与其他几种污染物在农业用地用地下的非致癌风险分布的比较来看，若将土壤中的砷和钒除去则可消除绝大部分的风险。总体来看，厂区内砷、钒的高风险区主要分布原有烟囱、废渣堆附近。相对于砷和镉，其他重金属的非致癌风险商低很多，农业用地方式下高风险区域分布较少，但最高风险商也超过了 1。

由于本地区的砷和钒背景浓度较低，以砷、钒背景浓度计算获得的致癌和非致癌风险与导则规定的可接受风险相差不大，因此在所有元素均以导则规定可接受风险为准。污染物风险等级的划分见表 6-28。

表6-28风险等级划分

| 项目 | | 农业用地 | | |
|-----|------|-----------|-----------------|----------|
| | | 低风险 | 中风险 | 高风险 |
| 致癌 | | < 1.0E-06 | 1.0E-06~1.0E-03 | ≥1.0E-03 |
| 非致癌 | 砷 | < 1 | 1~3 | ≥ 3 |
| | 钒 | < 1 | 1~3 | ≥ 3 |
| | 无砷无钒 | < 1 | 1~3 | ≥ 3 |

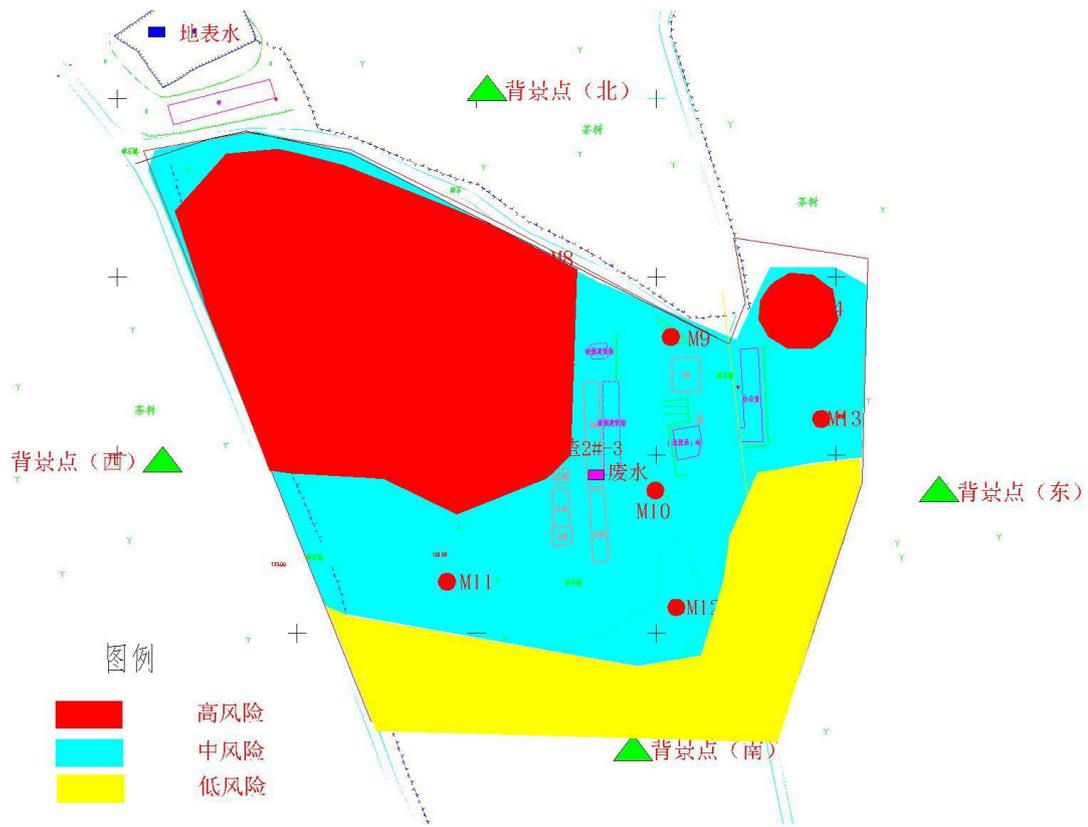


图6-9综合风险分布

表6-29综合风险区域面积统计 单位: m²

| 类别 | 低风险区域 | 中风险区域 | 高风险区域 | 总计 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 综合风险 | 4005 | 8645 | 8500 | 21150 |

从表 6-29 中统计可以看出，农业用地方式下厂区高风险区域面积总计为 8500m²，占厂区面积的 40.19%。

6.4.6 基于人体健康风险的风险控制值

(1) 基于人体健康风险的风险控制值的计算方法

风险控制值为基于设定的可接受风险水平，经反推获得的土壤中污染物的允许含量水平。风险控制值的计算是风险计算的反算过程，此值在国际、国内未有统一名称。我国《污染场地风险评估技术导则》中称为“土壤修复建议目标值”，美国环保署称为土壤筛选值

(SSL)，美国 3 区、6 区、9 区统一制定的数值称为基于风险的筛选值 (RSL)；荷兰称为干涉值 (intervention value)。

(1)、基于控制非致癌风险的土壤中污染物风险控制值计算

①基于经口摄入土壤非致癌风险控制值计算

$$RCV_{oral} = \frac{TR \times RfD_{oral}}{CDI_{oral}}$$

②基于经皮肤接触土壤非致癌风险控制值计算

$$RCV_{dermal} = \frac{TR \times RfD_{dermal}}{CDI_{dermal}}$$

③基于经呼吸吸入土壤颗粒非致癌风险控制值计算

$$RCV_{inhalation} = \frac{TR \times RfD_{inhalation}}{CDI_{inhalation}}$$

④基于所有暴露途径土壤非致癌风险控制值计算

$$RCV_{total} = \frac{TR}{\frac{CDI_{oral}}{RfD_{oral}} + \frac{CDI_{dermal}}{RfD_{dermal}} + \frac{CDI_{inhalation}}{RfD_{inhalation}}}$$

式中：RCV：风险控制值，mg/kg；TR：目标风险值，即设定的可接受风险值；其他参数与暴露评估、毒性评估部分含义相同。

(2)、基于控制致癌风险的土壤中污染物风险控制值计算

①基于经口摄入土壤致癌风险控制值计算

$$RCV_{oral} = \frac{TR}{CDI_{oral} \times SF_{oral}}$$

②基于经皮肤接触土壤致癌风险控制值计算

$$RCV_{dermal} = \frac{TR}{CDI_{dermal} \times SF_{dermal}}$$

③基于经呼吸吸入土壤颗粒致癌风险控制值计算

$$RCV_{inhalation} = \frac{TR}{CDI_{inhalation} \times SF_{inhalation}}$$

④基于所有暴露途径土壤致癌风险控制值计算

$$RCV_{total} = \frac{TR}{CDI_{oral} \times SF_{oral} + CDI_{dermal} \times SF_{dermal} + CDI_{inhalation} \times SF_{inhalation}}$$

式中：RCV：风险控制值，mg/kg；TR：目标风险值，即设定的可接受风险值；其他参数与暴露评估、毒性评估部分含义相同。

(2)土壤污染物风险控制值

按照上述污染物风险控制值计算方法，计算在规划用地方式下厂区土壤中优先关注污染物的风险控制值。为便于后期确定污染土壤清理行动值，分别计算 Cd、As、Cr 和 Zn 在规划用地方式下，基于不同可接受致癌水平（1.0E-06）经单一暴露途径和所有暴露途径的风险控制值，和 Cd、As、V 基于可接受非致癌风险商经单一和所有暴露途径的风险控制值。

土壤污染物风险控制值结果见表 6-30。

表 6-30 Cd、As、V 风险控制值（计算值） 单位：mg/kg

| 污染物 | 农业用地 | 背景值 | 建议风险控制值 |
|-----|------|------|---------|
| Cd | 0.4 | 0.1L | 0.3 |
| As | 11.3 | 20 | 40 |
| V | 230 | 125 | 200 |
| Cr | 175 | 110 | 150 |

综合考虑钒、铬和镉经单一和所有暴露途径致癌风险、经单一和所有暴露途径非致癌风险，风险控制值分别为 200mg/kg，150mg/kg 和 0.3mg/kg。基于人体健康的土壤砷风险控制值农业用地计算值分别为 11.3mg/kg，风险控制值远远低于表层土壤砷背景值的平均值 20mg/kg，且场地中存在土壤砷达到 20mg/kg 左右的区域地下水并未超过标准。因此，认为基于保护地下水的土壤砷筛选值计算值过于保守，不予采信。本报告建议采用《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB15618-2018）》中的 pH≤5.5 时风险筛选值 40mg/kg 作为本场地土壤砷的风险控制值。

（3）土壤污染风险控制范围

根据场地环境调查及人体健康风险评估结果，场地土壤中的砷、钒、铬和镉可能会对农业场地工人带来不可接受风险。结合风险评估和国内相关的土壤筛选值，建议场地土壤砷的风险控制值为 40mg/kg。钒、铬和镉风险控制值分别为 200mg/kg，150mg/kg 和 0.3mg/kg。对照每个监测点土壤检出浓度，对土壤需要进行风险管控的范围进行了计算。土壤污染的风险控制估计的范围约为 17145m²。

7 结论和建议

7.1 结论

本场地环境调查针对祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地的特征和潜在的污染物特性，通过现场踏勘、现场采样、实验室分析等，得出如下结论：

(1) 该场地为典型复合型重金属污染场地，主要污染因子为 V、As、Cr、Cd。依据搜集的文献资料及现场勘查调查成果，场地内存在历史堆存钒冶炼废渣情况，经降雨淋滤的影响，造成区域内更大范围内及深度的土壤污染。

(2) 本次场地环境调查面积为 21150m²。共完成固废采样点为 5 个，污染土壤采样点 14 个，土壤背景值采样点 4 个，采集土壤样品共 75 个，检测因子为 As、Cd、Sb、Cr、V 这 5 项重金属。

(3) 钒为本次场地污染的特征因子，废渣、废水池底泥和烟囱底部炉灰中钒浸出浓度超过《钒工业污染物排放标准》（GB26452-2011）标准限值，判定茅竹镇原钒冶炼厂场内废渣、废水池底泥和烟囱炉灰属于第Ⅱ类一般工业固体废物。祁阳县茅竹镇钒冶炼厂第Ⅱ类一般工业固体废物总量为 9235.3m³，其中废渣量为 8685.3m³，烟囱炉灰和水池底泥为 550m³。

(4) 本次场调报告土壤中砷、镉、铬采用《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》pH≤5.5 时风险筛选值。钒和铈则参考《农用地土壤环境质量标准（三次征求意见稿）》（2016.02）中参考限值，本次祁阳县茅竹镇钒冶炼厂土壤污染面积为 17145m²。

(5) 因场地内存在历史堆存钒冶炼废渣情况，经降雨淋溶的影响，已经造成区域内大范围内及深度的土壤污染。重金属钒总量检测值最大超标倍数达到 38.98 倍，超标率达到了 100%；金属砷浓度超过最大超标倍数为 5.75 倍，超标率达到了 50%以上；重金属铬最大超标倍数为 2.18 倍，超标率达到了 85.71%。重金属镉最大超标倍数为 19 倍，超标率达到了 64.28%。

(6) 背景土壤样品检测结果显示，钒、砷、铬、铈、镉检测值均较低，总量检测结果未超标，未超过《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）（GB 15618-2018）》pH≤5.5 时除农田其他农用地风险筛选值。

(7) 地表水样品检测结果显示，钒、砷、铬、铈、镉检测值低于《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准限值，地表水暂未受到污染。

(8) 根据地下水监测结果,《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准,场地周边地下水钒、锑、砷、铬、镉均不超标,场厂地污染暂未影响到地下水。

(9) 结合风险评估和国内相关的土壤筛选值,建议场地土壤砷的风险控制值为40mg/kg。钒、铬和镉风险控制值分别为200mg/kg,150mg/kg和0.3mg/kg。土壤污染的风险控制估计的范围约为17145m²。

7.2 建议

祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂调查区域内废渣和污染土壤中钒、砷、铬和镉等重金属含量已超过相应的环境质量标准限值。含重金属的冶炼废渣未经任何处理长期露天堆放在冶炼厂周边,经降雨淋溶的影响,已经造成区域内更大范围内及深度的土壤污染,大部分区域污染深度达到2m,污染最深达2.5m,污染面积为17145m²。受遗留废渣污染扩散的影响,场地内植被稀少。废渣集群式堆放、堆滞点地面无任何处理。废渣的堆放覆盖大量的土地,废渣裸露易造成粉尘飞扬,雨水冲刷易造成废渣或渗滤液污染环境。部分废渣堆积成高陡边坡,遇到暴雨极易造成边坡失稳,产生崩塌、滑坡,污染范围内的生态已经遭到了严重的破坏。如不进行治理将加速污染钒、砷、铬和镉等污染重金属元素的扩散,极有可能对周边环境造成破坏,严重影响周边居民人身安全。污染场地经雨水淋滤逐渐流入附近水体或渗入影响地下水,对周围环境造成很大程度的污染隐患。

本报告作出如下建议:

(1) 该场地存在历史含钒废渣,废渣中重金属钒、砷、镉和铬超标,在清理之前须做好防雨措施,以免表面雨水冲刷或淋滤造成更大范围及更深层次土壤污染。

(2) 该场地及污染区域属于复合型重金属污染,污染隐患大。建议尽快开展废渣清理和重金属治理工作,移除重金属污染源,消除或减小土壤污染事故风险,保障附近居民的土壤和水环境安全。

(3) 为了保护周围环境及周边居民的生活健康,本场地的治理显得尤为迫切。不论是从保护自然生态环境、建设环境友好型社会的角度,还是从保护人民根本利益的角度出发,都有必要对祁阳县茅竹镇原钒冶炼厂遗留场地进行治理,从而将环境污染风险控制到最低。

8 附件附图

8.1 附件

附件 1 土地所有权证明

附件 2 土地用地性质证明

8.2 附图

附图1 场地打孔布点图

附图 2 污染分布图

附图 3 场地地形图

祁阳县人民政府

祁阳县人民政府 关于祁阳县茅竹镇原炼矾厂 遗留场地风险管控项目的情况说明

省环境保护厅：

祁阳县茅竹镇原炼矾厂已于 2008 年被我县依法取缔，该厂遗留冶炼五氧化二钒场一处（位于茅竹镇福庆村 15 组，中心经度 $111^{\circ} 46' 38.38''$ ，中心纬度 $26^{\circ} 28' 59.72''$ ，占地面积约 23 亩），目前该场地内废渣处于无人管理状态，土地所有权属福庆村集体所有。

特此说明。



祁阳县国土资源局

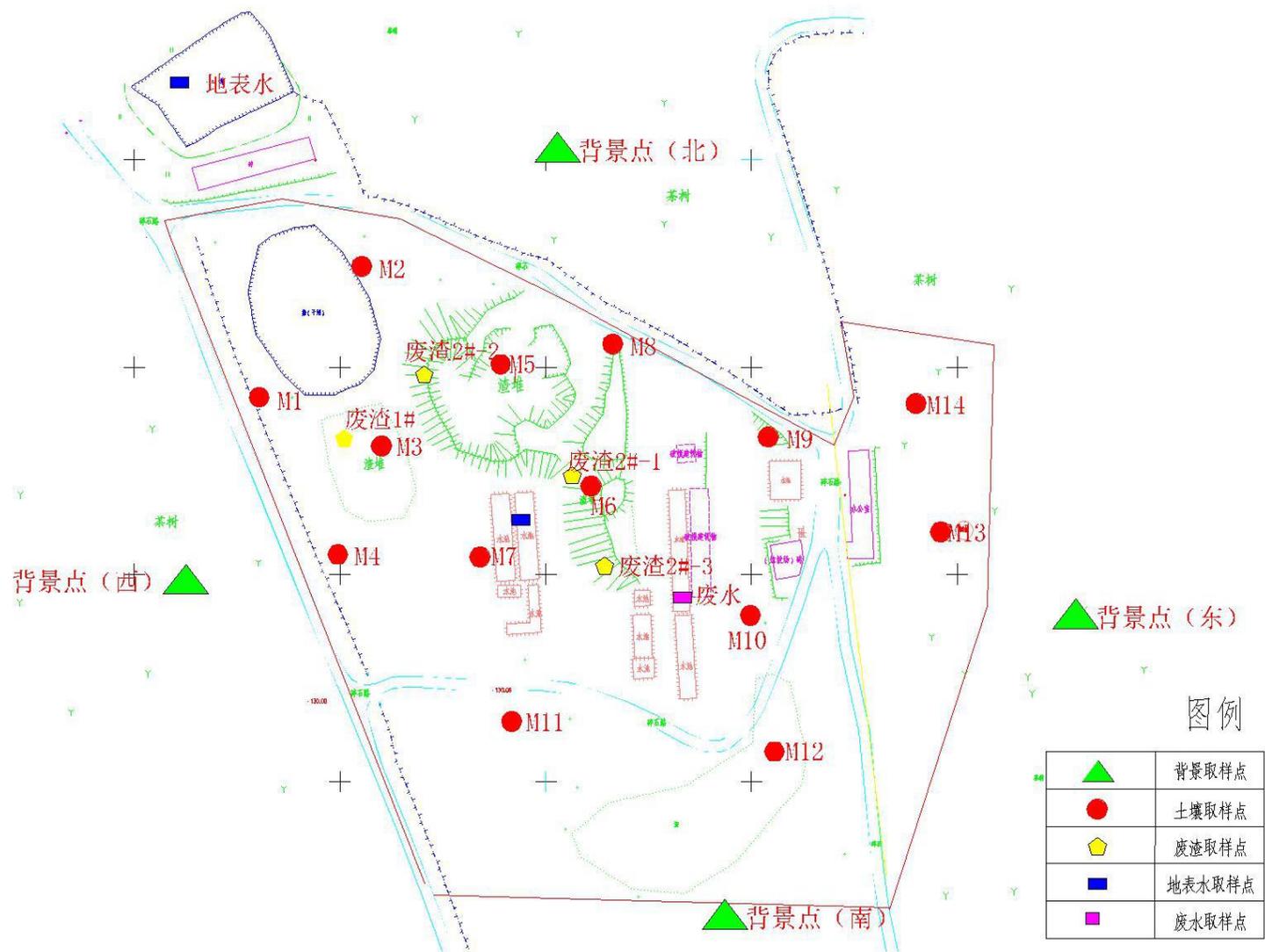
关于祁阳县茅竹镇原炼矾厂遗留场地风险管控项目 土地利用性质的说明

湖南省环境保护厅：

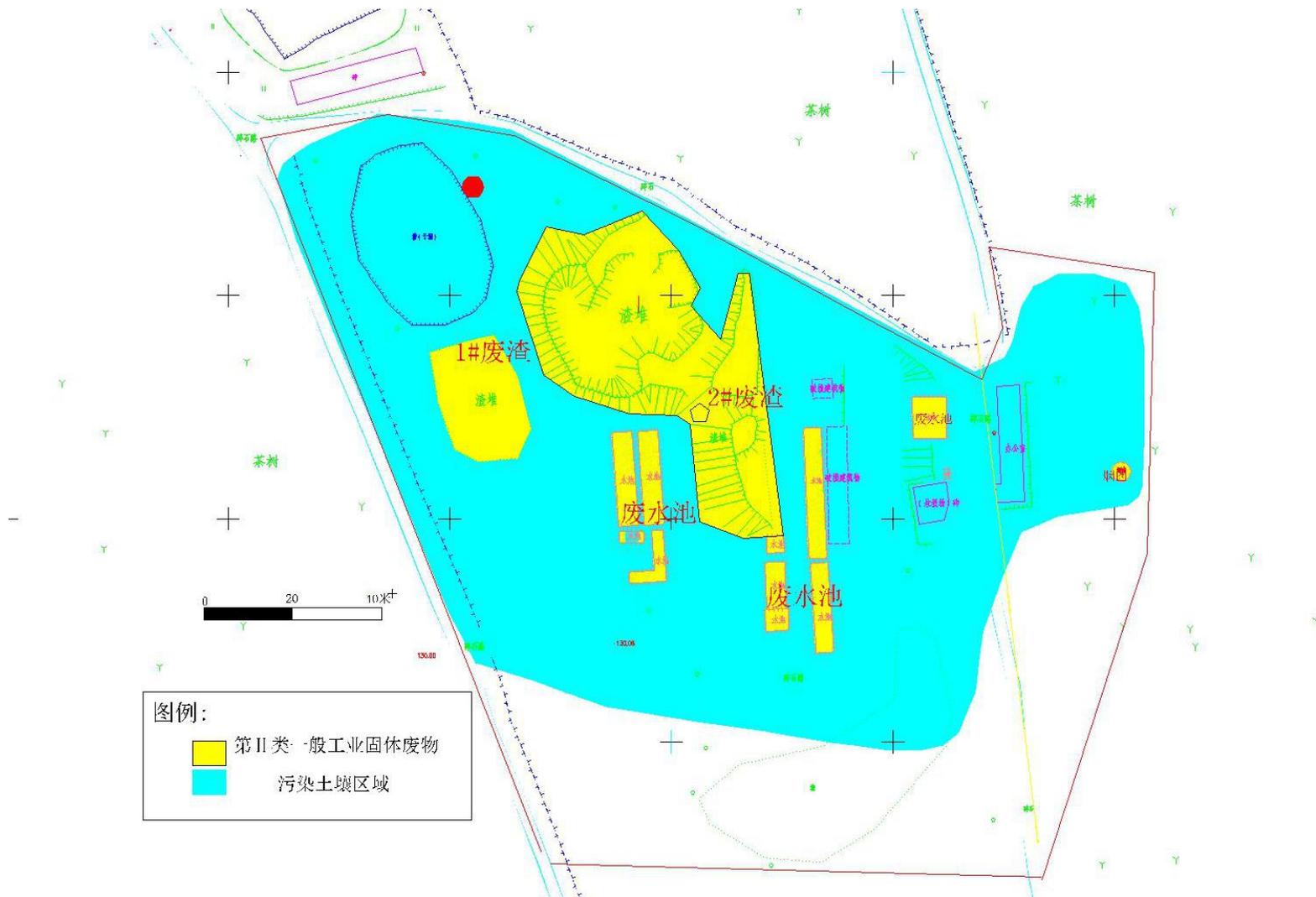
祁阳县茅竹镇原炼矾厂遗留场地位于祁阳县茅竹镇原吉庆村 4 组境内（现为合并后的福庆村 15 组），原冶炼五氧化二钒场一处，中心经度 $111^{\circ} 46' 38.38''$ ，中心纬度 $26^{\circ} 28' 59.72''$ ，占地面积约 23 亩。根据祁阳县茅竹镇土地利用现状图与我局现场勘查核实，该地块地类为林地。特此说明！



附图1 场地打孔布点图



附图2 污染分布图





湖南有色金属研究院 检测报告

有色院委监字[2018]第 008 号

检测类别：委托检测

项目名称：祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地调查

检测项目

委托单位：祁阳县人民政府

编制单位：湖南有色金属研究院

二〇一八年十一月



| | |
|-----------|-----------|
| 承 担 单 位 | 湖南有色金属研究院 |
| 报 告 编 写 人 | 刘慧芳 |
| 审 核 | 杨 彬 |
| 签 发 | 朱江波 |

监测报告说明：

- 1、本报告无本公司公章、计量认证专用章及骑缝章无效。
- 2、报告内容需填写齐全，无审核、签发者签字无效。
- 3、报告需填写清楚，涂改无效；除签名外，其余内容手写无效。
- 4、监测委托方如对监测报告有异议，须于收到本监测报告之日起十五日内向我公司提出，逾期不予受理。
- 5、本报告未经同意不得用于广告宣传。
- 6、复制本报告中的部分内容无效。

湖南有色金属研究院

电话：0731 85239278

传真：0731 85239276

邮编：410100

地址：湖南长沙芙蓉区亚大路 99 号



检验检测机构 资质认定证书

证书编号：161821340643

名称：湖南有色金属研究院

地址：长沙市芙蓉区亚大路 99 号/410100

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由湖南有色金属研究院承担

许可使用标志



发证日期：2017年10月16日

有效期至：2022年08月04日

发证机关：

161821340643

仅用于祁阳县茅竹镇钒冶炼厂遗留场地调查来样检测项目

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

一、项目基本情况

| | |
|------|--|
| 送样时间 | 2018 年 4 月 23 日 |
| 分析时间 | 2018 年 4 月 23 日~30 日 |
| 样品量 | 75 个土壤样品, 7 个固废样品, 3 个水样 |
| 备注 | 1) 检测结果的不确定度: 无 2) 偏离标准方法情况: 无 3) 本次检测点位、检测项目、检测频次均由委托单位指定 |

二、分析方法及使用仪器

| 检测类别 | 检测项目 | 分析方法 | 使用仪器 | 检出限 |
|------|------|----------------|----------------------------|------------|
| 水质 | pH | GB/T 6920-1986 | 雷磁 PHS-3E pH 计 | / |
| | 钒 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.01mg/L |
| | 砷 | HJ 694—2014 | AFS-230E 原子荧光光度计 | 0.0003mg/L |
| | 镉 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.05mg/L |
| | 铋 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.06mg/L |
| | 铬 | HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.02mg/L |
| 固废总量 | 钒 | HJ 781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 1 mg/kg |
| | 砷 | HJ 680-2013 | AFS-230E 原子荧光光谱仪 | 0.01 mg/kg |
| | 镉 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.1mg/kg |
| | 铋 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.5mg/kg |
| | 铬 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等离子体光谱发生仪 | 0.5mg/kg |

| 检测类别 | 检测项目 | 分析方法 | 使用仪器 | 检出限 |
|------|------|------------------------------|--------------------------------|------------|
| 土壤水浸 | pH | HJ 557-2010 GB/T6920-1986 | 雷磁 PHS-3E pH 计 | / |
| | 钒 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.01mg/L |
| | 砷 | HJ 557-2010 HJ 694—2014 | AFS-230E 原子荧光光度 计 | 0.0003mg/L |
| | 镉 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.05mg/L |
| | 锑 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.06mg/L |
| | 铬 | HJ 557-2010 HJ 776—2015 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.02mg/L |
| 固废酸浸 | 钒 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.01mg/L |
| | 砷 | HJ694-2014 | AFS230E 原子荧光光谱 仪 | 0.0003mg/L |
| | 镉 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.05mg/L |
| | 锑 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.06mg/L |
| | 铬 | HJ781-2016 | Varian715-ES 电感耦合等 离子体光谱发生仪 | 0.02mg/L |

三、检测结果

表 3-1 土壤重金属总量检测数据统计表

| 点位编号 | 样品编号 | 采样深度 (m) | 监测项目 (单位 mg/kg) | | | | |
|------|------|-------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) |
| M1 | M1-1 | 0-0.5m | 1367 | 37.82 | 374 | 0.5L | 3 |
| | M1-2 | 0.5-1m | 1660 | 35.30 | 432 | 0.5L | 4 |
| | M1-3 | 1-1.5m | 1158 | 26.76 | 314 | 0.5L | 4 |
| | M1-4 | 1.5-2m | 114 | 15.70 | 86 | 0.5L | 0.1L |
| | M1-5 | 2-2.5m | 136 | 19.43 | 112 | 0.5L | 0.1L |

| 点位编号 | 样品编号 | 采样深度 (m) | 监测项目 (单位 mg/kg) | | | | |
|------|------|-------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) |
| M2 | M2-1 | 0-0.5m | 417 | 127.43 | 218 | 0.5L | 0.1L |
| | M2-2 | 0.5-1m | 1264 | 193.27 | 330 | 0.5L | 4 |
| | M2-3 | 1-1.5m | 1810 | 269.96 | 355 | 0.5L | 5 |
| | M2-4 | 1.5-2m | 1154 | 56.07 | 288 | 0.5L | 3 |
| | M2-5 | 2--2.5m | 1617 | 91.97 | 235 | 0.5L | 3 |
| | M2-6 | 2.5-3m | 78 | 19.93 | 54 | 0.5L | 0.1L |
| M3 | M3-1 | 0-0.5m | 1867 | 43.33 | 472 | 0.5L | 3 |
| | M3-2 | 0.5-1m | 455 | 17.08 | 117 | 0.5L | 0.1L |
| | M3-3 | 1-1.5m | 89 | 64.61 | 68 | 0.5L | 0.1L |
| | M3-4 | 1.5-2m | 109 | 14.16 | 95 | 0.5L | 0.1L |
| | M3-5 | 2-2.5m | 130 | 17.84 | 96 | 0.5L | 0.1L |
| M4 | M4-1 | 0-0.5m | 1530 | 134.67 | 409 | 0.5L | 3 |
| | M4-2 | 0.5-1m | 1479 | 28.53 | 402 | 0.5L | 3 |
| | M4-3 | 1-1.5m | 1487 | 37.39 | 405 | 0.5L | 4 |
| | M4-4 | 1.5-2m | 1700 | 21.70 | 116 | 0.5L | 0.1L |
| | M4-5 | 2-2.5m | 207 | 33.49 | 173 | 0.5L | 0.1L |
| M5 | M5-1 | 0-0.5m | 1960 | 82 | 372 | 0.5L | 5.6 |
| | M5-2 | 0.5-1m | 1777 | 77 | 341 | 0.5L | 4.4 |
| | M5-3 | 1-1.5m | 1189 | 42 | 109 | 0.5L | 1.6 |
| | M5-4 | 1.5-2m | 133 | 14.64 | 84 | 0.5L | 0.1L |
| | M5-5 | 2-2.5m | 176 | 18.47 | 189 | 0.5L | 2 |
| M6 | M6-1 | 0-0.5m | 1872 | 87 | 436 | 0.5L | 4.0 |
| | M6-2 | 0.5-1m | 1578 | 62 | 354 | 0.5L | 3.7 |
| | M6-3 | 1-1.5m | 281 | 21.38 | 100 | 0.5L | 0.1L |
| | M6-4 | 1.5-2m | 152 | 28.56 | 121 | 0.5L | 0.1L |
| | M6-5 | 2-2.5m | 151 | 160.09 | 109 | 0.5L | 0.1L |
| M7 | M7-1 | 0-0.5m | 1651 | 37.76 | 453 | 0.5L | 3 |

| 点位编号 | 样品编号 | 采样深度 (m) | 监测项目 (单位 mg/kg) | | | | |
|------|-------|-------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) |
| | M7-2 | 0.5-1m | 280 | 18.05 | 109 | 0.5L | 0.1L |
| | M7-3 | 1-1.5m | 103 | 16.17 | 75 | 0.5L | 0.1L |
| | M7-4 | 1.5-2m | 160 | 26.28 | 137 | 0.5L | 0.1L |
| | M7-5 | 2-2.5m | 128 | 22.83 | 112 | 0.5L | 0.1L |
| M8 | M8-1 | 0-0.5m | 916 | 20.36 | 175 | 0.5L | 0.1L |
| | M8-2 | 0.5-1m | 1334 | 23.80 | 433 | 0.5L | 2 |
| | M8-3 | 1-1.5m | 172 | 35.78 | 140 | 0.5L | 0.1L |
| | M8-4 | 1.5-2m | 150 | 38.05 | 118 | 0.5L | 0.1L |
| | M8-5 | 2-2.5m | 183 | 52.64 | 130 | 0.5L | 0.1L |
| M9 | M9-1 | 0-0.5m | 1338 | 32.17 | 268 | 323 | 6 |
| | M9-2 | 0.5-1m | 118 | 26.82 | 109 | 0.5L | 0.1L |
| | M9-3 | 1-1.5m | 145 | 32.44 | 128 | 0.5L | 0.1L |
| | M9-4 | 1.5-2m | 157 | 31.29 | 116 | 0.5L | 0.1L |
| | M9-5 | 2-2.5m | 121 | 28.87 | 100 | 0.5L | 0.1L |
| M10 | M10-1 | 0-0.5m | 165 | 54.47 | 423 | 0.5L | 4 |
| | M10-2 | 0.5-1m | 187 | 39.73 | 117 | 0.5L | 0.1L |
| | M10-3 | 1-1.5m | 203 | 35.50 | 134 | 0.5L | 0.1L |
| | M10-4 | 1.5-2m | 151 | 14.56 | 127 | 0.5L | 0.1L |
| | M10-5 | 2-2.5m | 118 | 13.92 | 100 | 0.5L | 0.1L |
| M11 | M11-1 | 0-0.5m | 196 | 25.61 | 185 | 0.5L | 0.1L |
| | M11-2 | 0.5-1m | 162 | 20.88 | 147 | 0.5L | 0.1L |
| | M11-3 | 1-1.5m | 107 | 20.12 | 90 | 0.5L | 0.1L |
| | M11-4 | 1.5-2m | 136 | 29.60 | 114 | 0.5L | 0.1L |
| | M11-5 | 2-2.5m | 186 | 46.23 | 173 | 0.5L | 0.1L |
| M12 | M12-1 | 0-0.5m | 118 | 14.01 | 97 | 0.5L | 0.1L |
| | M12-2 | 0.5-1m | 160 | 26.19 | 141 | 0.5L | 4 |
| | M12-3 | 1-1.5m | 113 | 24.59 | 90 | 0.5L | 0.1L |

| 点位编号 | 样品编号 | 采样深度 (m) | 监测项目 (单位 mg/kg) | | | | |
|------|--------------------------|-------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) |
| | M12-4 | 1.5-2m | 124 | 37.82 | 103 | 0.5L | 0.1L |
| | M12-5 | 2-2.5m | 139 | 38.98 | 103 | 0.5L | 0.1L |
| M13 | M13-1 | 0-0.5m | 152 | 8.96 | 131 | 0.5L | 0.1L |
| | M13-2 | 0.5-1m | 171 | 29.03 | 133 | 0.5L | 0.1L |
| | M13-3 | 1-1.5m | 151 | 29.35 | 142 | 0.5L | 0.1L |
| | M13-4 | 1.5-2m | 166 | 27.59 | 142 | 0.5L | 0.1L |
| | M13-5 | 2-2.5m | 180 | 22.13 | 146 | 0.5L | 0.1L |
| M14 | M14-1 | 0-0.5m | 5997 | 118.45 | 477 | 0.5L | 0.1L |
| | M14-2 | 0.5-1m | 5883 | 91.11 | 440 | 0.5L | 0.1L |
| | M14-3 | 1-1.5m | 5784 | 94.17 | 432 | 0.5L | 0.1L |
| | M14-4 | 1.5-2m | 189 | 26.61 | 136 | 0.5L | 0.1L |
| | M14-5 | 2-2.5m | 144 | 20.25 | 113 | 0.5L | 0.1L |
| 背景点 | 背景点东 | / | 103 | 13.24 | 85 | 0.5L | 0.1L |
| | 背景点南 | / | 88 | 10.33 | 73 | 0.5L | 0.1L |
| | 背景点西 | / | 105 | 17.67 | 82 | 0.5L | 0.1L |
| | 背景点北 | / | 125 | 19.21 | 110 | 0.5L | 0.1L |
| 备注 | 送检样品, 只对样品数据负责, 不对样品来源负责 | | | | | | |

表 3-2 土壤重金属水浸量检测数据统计表

| 点位编号 | 样品编号 | 采样深度 (m) | 监测项目 (单位 mg/L, 砷的单位为 ug/L pH 值无量纲) | | | | | |
|------|--------------------------|-------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|
| | | | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) | pH 值 |
| 背景点 | 背景点东 | / | 0.01L | 0.57 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 4.93 |
| | 背景点南 | / | 0.01L | 0.43 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 4.36 |
| | 背景点西 | / | 0.01L | 0.40 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 5.23 |
| | 背景点北 | / | 0.01L | 0.47 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 4.43 |
| 备注 | 送检样品, 只对样品数据负责, 不对样品来源负责 | | | | | | | |

表 3-3 固废重金属酸浸检测数据统计表

| 样品编号 | 监测项目 (单位 mg/L, 砷的单位为 ug/L) | | | | |
|---------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) |
| 废渣 1# | 8.83 | 133.0 | 0.09 | 0.06L | 0.05L |
| 废渣 2#-1 | 5.62 | 89.0 | 0.03 | 0.06L | 0.05L |
| 废渣 2#-2 | 1.60 | 0.045 | 0.019 | 0.06L | 0.007 |
| 废渣 2#-3 | 1.74 | 0.038 | 0.026 | 0.06L | 0.004 |
| 烟囱底部粉尘 | 5.79 | 49.63 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |
| 废水池底泥 | 2.08 | 77.32 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |
| 焙烧炉炉灰 | 2.07 | 80.35 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |
| 备注 | 送检样品, 只对样品数据负责, 不对样品来源负责 | | | | |

表 3-4 固废重金属水浸检测数据统计表

| 样品编号 | 监测项目 (单位 mg/L, 砷的单位为 ug/L pH 值无量纲) | | | | |
|---------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) |
| 废渣 1# | 6.03 | 31.55 | 0.04 | 0.06L | 0.05L |
| 废渣 2#-1 | 3.84 | 21.75 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |
| 废渣 2#-2 | 1.85 | 30.1 | 0.02L | 0.06L | 0.05L |
| 废渣 2#-3 | 1.15 | 20.6 | 0.03 | 0.06L | 0.05L |
| 烟囱底部粉尘 | 10.53 | 31.55 | 0.04 | 0.06L | 0.05L |
| 废水池底泥 | 1.15 | 37.95 | 0.02 | 0.06L | 0.05L |
| 焙烧炉炉灰 | 0.78 | 69.42 | 0.06 | 0.06L | 0.05L |
| 备注 | 送检样品, 只对样品数据负责, 不对样品来源负责 | | | | |

表 3-5 地表水/地下水检测数据统计表

| 样品名称 | 监测项目 (单位 mg/L, 砷的单位为 ug/L, pH 值无量纲) | | | | | |
|------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|
| | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) | pH 值 |
| 地表水 | 0.035 | 44.17 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 7.59 |
| 场地废水 | 0.244 | 7.52 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 7.44 |
| 地下水 | 0.01L | 0.85 | 0.02L | 0.06L | 0.05L | 7.12 |

| 样品名称 | 监测项目 (单位 mg/L, 砷的单位为 ug/L, pH 值无量纲) | | | | | |
|------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|
| | 钒 (V) | 砷 (As) | 铬 (Cr) | 锑 (Sb) | 镉 (Cd) | pH 值 |
| 备注 | 送检样品, 只对样品数据负责, 不对样品来源负责 | | | | | |

-----报告结束-----

