原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块土壤污染状况详细调查及风险评估报告

（送审稿）

委托单位：达州市万源生态环境局

编制单位：成都德菲环境工程有限公司

日　　期：2020 年 1 月

原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块土壤污染状况详细调查及风险评估报告

委 托 单 位：达州市万源生态环境局

编 制 单 位：成都德菲环境工程有限公司

参 与 人 员：凌　轩、张　娅、童　赟、孙东越、李　坤、王少飞

项目负责人：黎　冰

编　　制：张　娅

审　　查：童　赟

审　　核：凌　轩

审　　定：李　志

提 交 日 期：2020 年 1 月

提交单位地址：成都市高新区科园南路 9 号附 1 号 1 栋 3 层 3 号

资质等级

证书名称	资质类别	资质等级	证书编号
建筑业企业资质证书	环保工程专业承包	贰级	D251850956
工程设计资质证书	环境工程（水污染防治工程、污染修复工程、固体废物处理处置工程）	乙级	A251023269
四川省环境污染防治工程等级确认证书	水污染治理	甲级	川环证第 660 号
	土壤污染治理	甲级	
	生态修复	甲级	
	固体废物处理处置	乙级	

摘 要

达州市福鑫冶炼有限责任公司前身系原达州市万福钢铁总厂沙滩炼铁厂，万福钢铁总厂于 2001 年 8 月关停。根据《达州市关于利用万福钢铁总厂沙铁片区可用资产实施再就业有关问题的批复》（政府函（2001）186 号）精神，达州市国有资产经营管理公司将原万福沙滩炼铁厂片区资产协议出售给原万福钢铁总厂副厂长兼沙滩炼铁厂厂长余国君，实行民营体质。随后，达州市福鑫冶炼有限责任公司于 2001 年 12 月筹建，2002 年 2 月 1 日正式注册登记，厂区位于万源市沙滩镇五村二社，主要生产经营炼钢、炼铁、冶金机焦等，总占地面积 64277.74m^2，其中钢铁厂占地面积 37135.24m^2，焦化厂占地面积 27142.50m^2。由于企业的炼铁、炼钢、炼焦生产工艺落后，系国家明令淘汰的落后高能耗生产工艺，在 2010~2012 年间一直无法正常生产，加之其亏损严重，企业于 2012 年解散。

根据《沙滩镇总体规划--综合用地规划 2010~2030 年》（见附图 2）可知，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块拟规划为居住用地（R），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地。

为防范达州市福鑫冶炼有限责任公司场地发生次生突发环境事件，确保该场地再开发利用前环境风险得到有效控制，2018 年 9 月达州市万源生态环境局于委托成都德菲环境工程有限公司开展达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂和炼铁厂地块土壤污染状况场地环境初步调查工作，初步调查结论显示：钢铁厂场地土壤环境不存在污染，焦化厂场地土壤环境存在砷、PAHs（多环芳烃：苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘、萘）污染。为进一步调查明确焦化厂关闭地块土壤环境风险水平和修复范围，达州市万源生态环境局于 2019 年 11 月启动了“原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块详细调查及风险评估报告编制服务项目”的竞争性谈判采购工作，我公司于 2019 年 11 月 8 日中标该项目。在此背景下，我公司编制了《原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块详细调查及风险评估报告》，为后续修复工作提供依据。

根据焦化厂的工艺流程、原辅材料、排污环节及初步调查结论等，本次详细调查共布设 42 个土壤采样点，3 个场地外土壤对照监测点，3 口地下水监测井，并采集了 1 个固废样品。检测结果表明，部分土壤样品中砷、PAHs（萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯

并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽）超过《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中第一类用地风险筛选值。地下水DX-2 和 DX-3 样品中铁含量超过 IV 类标准，分别超标 0.47、0.46 倍，铁属于一般化学指标，不属于有毒有害物质，因此，无需进入地下水健康评估阶段。

本次风险评估选取初步调查及详细调查超标污染物的最大浓度值进行风险表征，其中砷最大浓度为 83.1mg/kg，萘最大浓度为 67.4mg/kg，苯并（a）蒽最大浓度为 420mg/kg，苯并（b）荧蒽最大浓度为 454mg/kg，苯并（k）荧蒽最大浓度为 331mg/kg，苯并（a）芘最大浓度为 370mg/kg，茚并（1,2,3-cd）芘最大浓度为 153mg/kg，二苯并（a,h）蒽最大浓度为 79.2mg/kg。按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）进行的风险评估的结果显示，土壤砷的总致癌风险和危害商分别为 9.51E-05 和 9.21E+00，萘的总致癌风险和危害商分别为 4.58E-05 和 4.43E+00，苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘和二苯并（a,h）蒽的总致癌风险分别为 7.78E-05、8.35E-05、6.09E-06、6.81E-04、2.80E-05 和 1.45E-04，砷、萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘和二苯并（a,h）蒽的总致癌风险和危害指数分别超过 1.00E-06 和 1.00E+00 的可接受水平，对人体易产生不良或有害的健康效应，不在人体可接受风险范围内，需要进行土壤修复。

综合分析风险控制值、场地所在区域背景值、国家标准中规定的限值，结合法律法规和技术、经济可行性，提出场地修复目标值为：砷≤20mg/kg，萘≤25mg/kg，苯并（a）蒽≤5.5mg/kg，苯并（b）荧蒽≤5.5mg/kg，苯并（k）荧蒽≤55mg/kg，苯并（a）芘≤0.55mg/kg，茚并（1,2,3-cd）芘≤5.5mg/kg，二苯并（a,h）蒽≤0.55mg/kg。

根据修复目标值划定焦化厂大部分区域土壤污染深度为 1.0m，部分区域土壤污染深度为 2.0m，土壤污染总方量为 12976.5m^3，砷污染土壤为 394.4m^3，PAHs 污染土壤为 9922.9m^3，砷和 PAHs 复合污染土壤为 2659.2m^3。PAHs 中萘污染土壤为 354.5m^3，苯并（a）蒽污染土壤为 4467.8m^3，苯并（b）荧蒽污染土壤为 4672.4m^3，苯并（k）荧蒽污染土壤为 1544.3m^3，苯并（a）芘污染土壤为 12258.1m^3，茚并（1,2,3-cd）芘污染土壤为 3567.4m^3，二苯并（a,h）蒽污染土壤为 3257.9m^3。

目　录

第一章 概述 1
1.1 任务来源 1
1.2 调查目的与原则 2
1.2.1 调查目的 2
1.2.2 调查原则 2
1.3 调查范围及主要工作内容 3
1.3.1 调查范围 3
1.3.2 主要工作内容 4
1.4 编制依据 4
1.4.1 相关政策法规文件 4
1.4.2 标准规范 5
1.4.3 其它资料 6
1.5 调查技术路线 6
第二章 场地概况 9
2.1 地理环境概况 9
2.1.1 地理位置 9
2.1.2 地形地貌 10
2.1.3 气候特征 11
2.1.4 水文情况 12
2.2 自然环境概况 13
2.2.1 土地资源 13
2.2.2 水资源 13
2.2.3 生物资源 14
2.2.4 矿产资源 14
2.3 社会环境概况 14
2.3.1 行政区划 14

2.3.2 人口 15
2.3.3 经济发展 15
2.3.4 交通运输 15
2.3.5 社会事业 16
2.4 场地历史、现状和规划 17
2.4.1 场地历史沿革 17
2.4.2 场地现状 19
2.4.3 场地利用规划 21
2.5 周边相邻场地使用情况 21
第三章 场地污染识别 23
3.1 污染识别目的 23
3.2 企业基本情况 23
3.3 生产工艺及污染情况分析 24
3.3.1 主要原辅材料 24
3.3.2 生产工艺 24
3.3.3 产污情况分析 28
3.4 现场踏勘与人员访谈 29
3.5 污染途径及污染物识别 29
第四章 土壤污染状况初步调查结果回顾 31
4.1 土壤初步采样点布设 31
4.2 土壤检测结果分析与评价 31
4.3 初步调查建议 34
第五章 场地详细调查采样 35
5.1 土壤详细布点方案 35
5.1.1 土壤布点原则 35
5.1.2 土壤采样点位布设 35
5.1.3 土壤监测因子确定 37
5.2 地下水监测井布点方案 43

5.2.1 地下水监测井布点原则.....43
5.2.2 地下水监测井点位布设.....43
5.2.3 地下水监测因子确认.....44
5.3 固体废物监测方案.....44
5.3.1 固废点位布设.....44
5.3.2 固废监测因子确定.....45
5.4 地表水布点方案.....46
5.4.1 地表水点位布设.....46
5.4.2 地表水监测因子确定.....47
5.5 样品采集与保存方法.....48
5.5.1 土壤样品采集.....48
5.5.1.1 土壤采样依据.....48
5.5.1.2 采样前准备.....48
5.5.1.3 土壤采集方法.....48
5.5.2 地下水样品采集.....59
5.5.3 固体废弃物样品采集.....62
5.5.4 地表水样品采集.....63
5.6 样品分析方法.....63
5.7 质量保证与质量控制.....64
5.7.1 采样现场质量控制与管理.....64
5.7.2 样品保存与流转中质量控制.....65
5.7.3 采样过程中二次污染的控制.....66
5.7.4 样品测试分析质量控制.....67
5.8 详细调查采样小结.....68
第六章 详细调查检测结果和评价.....69
6.1 水文地勘结果分析.....69
6.1.1 水位调查结果分析.....69
6.1.2 钻探结果分析.....70

6.2 评价标准选择 73
6.2.1 土壤评价标准的选用 73
6.2.2 地下水评价标准的选用 75
6.2.3 固废评价标准的选用 77
6.2.4 地表水评价标准的选用 78
6.3 检测结果与分析 79
6.3.1 土壤检测结果与分析 79
6.3.1.1 土壤对照监测点检测结果 79
6.3.1.2 场地内土壤调查结果 79
6.3.2 地下水检测结果与分析 110
6.3.3 固废检测结果与分析 112
6.3.4 地表水检测结果与分析 113
6.4 详细调查监测结论 114
第七章 场地风险评估 116
7.1 危害识别 118
7.1.1 关注污染物 118
7.1.2 污染物空间分布 118
7.1.3 敏感受体 119
7.2 暴露评估 119
7.2.1 暴露情景 119
7.2.2 暴露途径 119
7.2.3 暴露评估模型 120
7.2.4 暴露参数 125
7.3 毒性评估 127
7.3.1 污染物理化性质 127
7.3.2 污染物毒性参数 134
7.4 风险表征 136
7.4.1 单一污染物致癌风险值 136

7.4.2 单一污染物危害商 138
7.4.3 危害商和致癌风险计算结果与评价 139
第八章 修复目标及修复范围 141
8.1 风险控制值 141
8.1.1 基于致癌效应的风险控制值 141
8.1.2 基于非致癌风险的土壤风险控制值 143
8.1.3 土壤风险控制值 145
8.2 修复目标值 145
8.2.1 土壤修复目标值的选取原则 145
8.2.2 土壤修复目标值的确定 146
8.3 修复范围 147
8.3.1 修复范围确定原则 147
8.3.2 修复范围及修复方量确定方法 147
8.3.3 修复范围及土方量计算 148
第九章 不确定分析 159
9.1 场地过往历史调查对调查结果带来的不确定性 159
9.2 场地煤矸石等堆存对调查结果的不确定性 159
9.3 风险评估参数选择对风险评估的不确定性 159
第十章 结论与建议 161
10.1 结论 161
10.1.1 场地详细调查结果 161
10.1.2 风险评估结果 162
10.1.3 修复范围及土方量 163
10.2 建议 163
附图 165
附图 1 地理位置 165
附图 2 未来用地规划图 166
附图 3 场地外环境关系图 168

附图 4 详细调查土壤监测点布设图..... 169
附图 5 地下水监测井布设图..... 170
附图 6 地表水监测断面布设图..... 171
附件..... 172
附件 1 踏勘记录表..... 172
附件 2 人员访谈记录表..... 173
附件 3 土壤样品检测报告..... 177
附件 4 地下水样品检测报告..... 247
附件 5 地表水及固废样品检测报告..... 286
附件 6 土工试验报告..... 344
附件 7 危害商和致癌风险结果记录表..... 346
附件 8 风险控制值结果记录表..... 354

第一章 概述

1.1 任务来源

达州市福鑫冶炼有限责任公司位于万源市沙滩镇五村二社，前身系原达州市万福钢铁总厂沙滩炼铁厂，2001 年 8 月万福钢铁总厂沙滩炼铁厂关停后，根据《达州市关于利用万福钢铁总厂沙铁片区可用资产实施再就业有关问题的批复》（政府函（2001）186 号）精神，达州市国有资产经营管理公司将原万福沙滩炼铁厂片区资产协议出售给原万福钢铁总厂副厂长兼沙滩炼铁厂厂长余国君，实行民营体质。随后，达州市福鑫冶炼有限责任公司于 2001 年 12 月筹建，2002 年 2 月 1 日正式注册登记，主要生产经营炼钢、炼铁、冶金机焦等，总占地面积 64277.74m^2，其中焦化厂占地面积 27142.50m^2，钢铁厂占地面积 37135.24m^2。由于企业的炼铁、炼钢、炼焦生产工艺落后，系国家明令淘汰的落后高能耗生产工艺，在 2010~2012 年间一直无法正常生产，加之其亏损严重，企业于 2012 年解散。

《中华人民共和国土壤污染防治法》中明确指出“土壤污染重点监管单位生产经营用地的用途变更或者在其土地使用权收回、转让前，应当由土地使用权人按照规定进行土壤污染状况调查。土地使用权已经被地方人民政府收回，土壤污染责任人为原土地使用权人的，由地方人民政府组织实施土壤污染风险管控和修复”。根据《沙滩镇总体规划--综合用地规划 2010~2030 年》（见附图 2）可知，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂宗地拟规划为居住用地（R），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地。因此，本场地在开发利用为居住用地前必须开展调查评估工作，明确场地污染情况。

为防范达州市福鑫冶炼有限责任公司场地发生次生突发环境事件，确保该场地再开发利用前环境风险得到有效控制，达州市万源生态环境局于 2018 年 9 月委托成都德菲环境工程有限公司开展达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂和炼铁厂场地环境初步调查工作，初步调查结论显示：钢铁厂场地土壤环境不存在污染，焦化厂场地土壤环境存在砷、多环芳烃（苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘、萘）污染。

为进一步调查明确焦化厂关闭地块土壤环境风险水平和修复范围，达州市万源生态环境局于2019年11月启动了“原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块详细调查及风险评估报告编制服务项目”的竞争性谈判采购工作，成都德菲环境工程有限公司于2019年11月8日中标该项目。在此背景下，我公司编制了《原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块详细调查及风险评估报告》，为后续修复工作提供依据。

1.2 调查目的与原则

1.2.1 调查目的

针对达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂场地历史及现状污染情况，结合该区域未来使用发展规划，对调查场地及周边区域开展废渣、土壤、地表水及地下水环境质量详细调查工作，以明确场地主要受污染类型、污染程度及污染范围。通过场地环境健康风险评估，以明确场地的环境健康风险水平，计算场地的修复目标值。根据场地详细调查评估结论，划分场地污染边界，计算修复范围和修复污染土壤方量，为场地污染防控或修复方案提供支撑。

1.2.2 调查原则

（1）针对性原则

根据场地的特征和潜在污染物特征，进行污染物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

严格按照《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》和《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部2017年第72号公告）等技术规范，采用程序化和系统化的方式，规范土壤污染状况调查过程，保证调查过程的科学性和客观性。

（3）可操作性原则

综合考虑调查方法、时间、经费等因素，结合现阶段调查技术发展能力，合理有序开展场地环境调查，逐步降低调查中的不确定性，提高调查的效率和质量，使调查过程切实可行。

1.3 调查范围及主要工作内容

1.3.1 调查范围

本次场地调查范围为福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块，占地面积 27142.50m^2，中心地理坐标为东经 108° 03'26.05"，北纬 31° 55'53.93"，北至沙滩镇五村二社村民聚居区，东至福鑫冶炼有限责任公司钢铁厂，南至白沙河，西至双万公路。调查范围如图 1-1 所示。

图 1-1 场地调查范围

1.3.2 主要工作内容

本场地的调查的工作内容主要包括如下：

（1）场地污染识别：收集场地土地使用、生活生产等资料，现场实地踏勘、人员访谈，对场地过去和现在的情况进行分析，识别和判断场地污染的可能性和污染源。

（2）场地污染确认：开展场地详细现场采样分析，明确场地污染类型、主要污染物、污染程度和范围。

（3）场地修复建议：结合样品分析检测结果、场地土壤特征参数和未来土地利用规划，并针对调查成果、经济技术条件等综合确定场地修复范围，提出修复建议。

1.4 编制依据

1.4.1 相关政策法规文件

(1)《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修正）；

(2)《中华人民共和国土壤污染防治法》（2018 年）；

(3)《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年修正）；

(4)《中华人民共和国水法》（2016 年修正）；

(5)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016 年修正）；

(6)《污染地块土壤环境管理办法》（2016 年）；

(7)《中华人民共和国土地管理法》（2004 年修正）；

(8)《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》（2018 年）；

(9)《环境保护部关于加强工业企业关停、拆迁及原址场地在开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发（2014）66 号）；

(10)《关于保障工业企业场地在再开发利用环境安全的通知》（环发（2012）140 号）；

(11)《废弃危险化学品污染环境防治办法》，原国家环境保护总局令（第 27 号），2005 年 10 月 1 日；

(12)《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（环办（2004）47 号），2004 年 6 月 1 日；

(13)《四川省土壤环境保护和综合治理工作方案》的通知（川环发〔2013〕153 号）；

(14)《四川省人民政府关于印发四川省“十三五”环境保护规划的通知》（川府发〔2017〕14 号）；

(15)《土壤污染防治行动计划四川省工作方案》（川环办发〔2017〕119 号）；

(16)《四川省生态环境厅 四川省经济和信息化厅 四川省自然资源厅 四川省住房和城乡建设厅关于印发四川省污染地块土壤环境管理办法的通知》（川环发〔2018〕90 号）。

1.4.2 标准规范

(1)《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）；

(2)《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；

(3)《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）；

(4)《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；

(5)《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019.9）；

(6)《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；

(7)《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）；

(8)《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；

(9)《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；

(10)《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5-2018）；

(11)《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）；

(12)《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）；

(13)《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20-1998）；

(14)《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2004）；

(15)《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）；

(16)《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（2014 年）；

(17)《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部 2017 年第 72 号公告）；

(18)《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）。

1.4.3 其它资料

(1)《达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂和钢铁厂场地环境初步调查报告》；

(2) 业主提供的其它相关资料。

1.5 调查技术路线

按照生态环境部（原环境保护部）发布的《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）和《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部 2017 年第 72 号公告）等技术文件的要求，一般的土壤污染状况调查工作，应分三阶段进行：

第一阶段（污染识别）：是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段，原则上不进行现场采样分析。若第一阶段调查确认场地内及周围区域当前和历史上均无可能的污染源，则认为地块的环境状况可以接受，调查活动可以结束。

第二阶段（现场采样）：是以采样与分析为主的污染证实阶段，若第一阶段场地环境调查表明场地内或周围区域存在可能的污染源以及由于资料缺失等原因造成无法排除场地内外存在污染源时，作为潜在污染场地进行第二阶段土壤污染状况调查，确定污染物种类、浓度（程度）。本阶段工作内容包含了制定工作计划、现场采样、数据评估和结果分析等

步骤，采样分析工作应根据实际情况分批次实施，逐步减少调查的不确定性，并根据初步采样分析结果，如果污染物浓度均未超过国家和地方等相关标准以及清洁对照点浓度（有土壤环境背景的无机物），并且经过不确定性确认不需要进一步调查后，第二阶段土壤污染状况调查工作可以结束，否则认为可能存在环境风险，须进行下一步的详细调查。

第三阶段（风险评估）：是在前两个阶段基础上，确定场地是否存在潜在人体健康风险，并基于风险评估结果，提出下一步工作建议。

本项目为第二阶段的土壤污染状况调查详细调查与分析。详细调查阶段是在初步调查结果显示场地受到污染的基础上而开展的，以详细采样分析、风险评估、修复范围和方量估算为主的阶段，以确认场地内的污染源、关注污染物、污染范围和深度，最终判定场地的污染程度及修复量。

本次土壤污染状况调查技术路线见图 1-2。

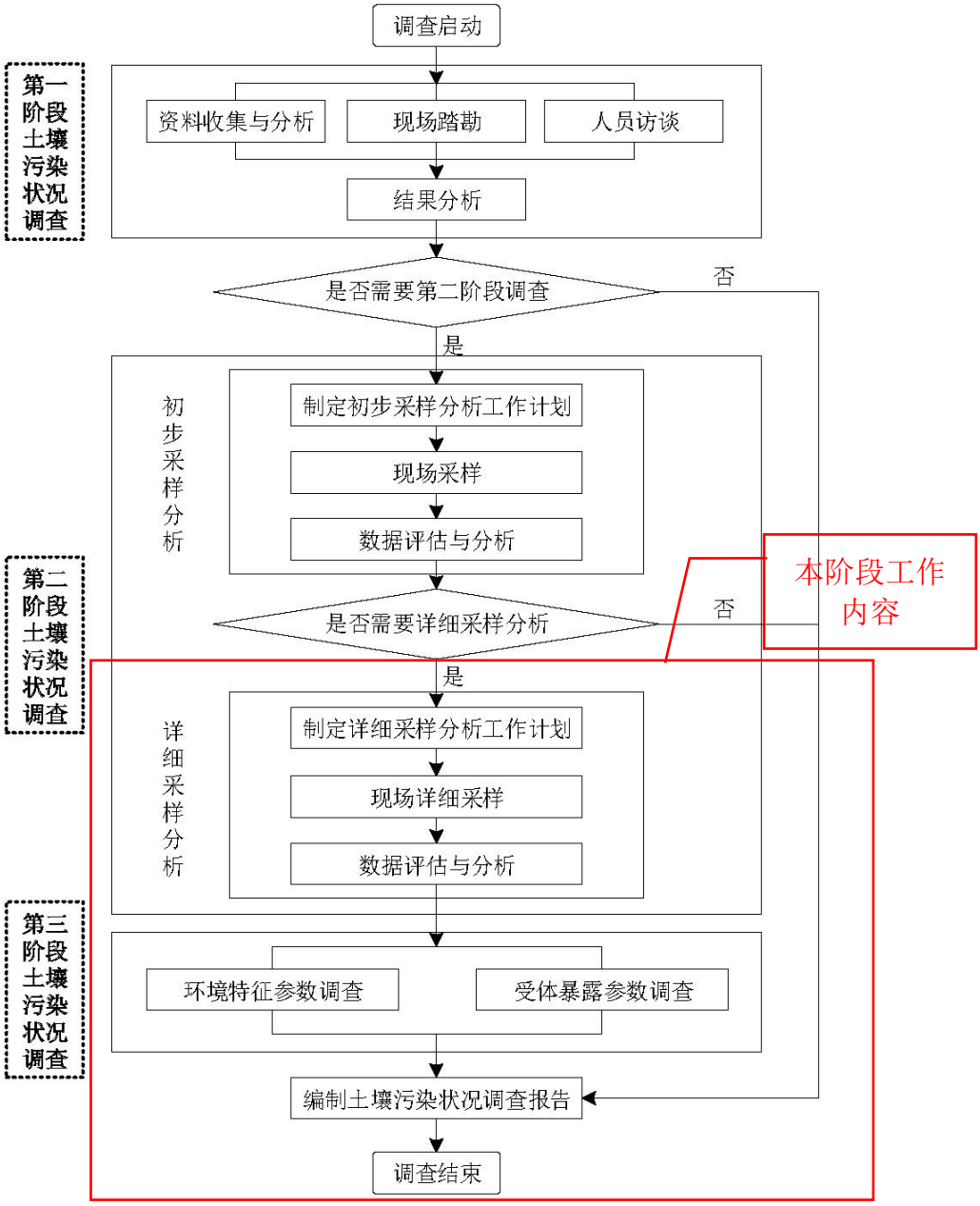


图 1-2 土壤污染状况调查技术路线

第二章 场地概况

2.1 地理环境概况

2.1.1 地理位置

达州地处川渝鄂陕四省市结合部和长江上游成渝经济带，是四川对外开放的“东大门”和四川重点建设的百万人口区域中心城市，达州市幅员面积 16591 平方公里。

万源市隶属于四川省达州市，因地处万顷池和诸水源头而得名，位于四川东北部，大巴山腹心地带，界于北纬 30°39′~32°20′，东经 107°28′~108°31′之间，是中国南北气候的分界线和嘉陵江、汉江的分水岭，地处川、陕、渝三省（市）结合部，7 个县市的交汇处，幅员面积 4065 平方千米。东邻重庆市城口县，南接宣汉县，西抵本省巴中市平昌县、通江县，北倚陕西省镇巴县、紫阳县。万源市于 1993 年 7 月设市，区位优势明显，是四川省陆路交通出川的主要通道，素有“秦川锁钥”之称，襄渝铁路、包茂高速、国道 210 线和 347 线等交通干线过境。万源市素有“万宝之源”的美誉，是中国三大富硒带之一、四川省唯一天然富硒区，富硒农产品享誉秦巴，有萼贝、皮桔、天麻等 1206 种中药材。

沙滩镇位于万源市东南部，镇政府驻地距市中心 30 公里，是四川省“百安示范乡镇”和达州市“30 强乡镇”之一。与本市石塘、长坝、青花和白沙四乡镇接壤，幅员面积 94.12 平方千米。

本项目场址位于万源市沙滩镇五村二社，位于白沙河右岸，东风桥 20m 处，北至沙滩镇五村二社村民聚居区，东至福鑫冶炼有限责任公司钢铁厂，南至白沙河，西至双万公路，距离沙滩镇 2km。场地地理位置见图 2-1。

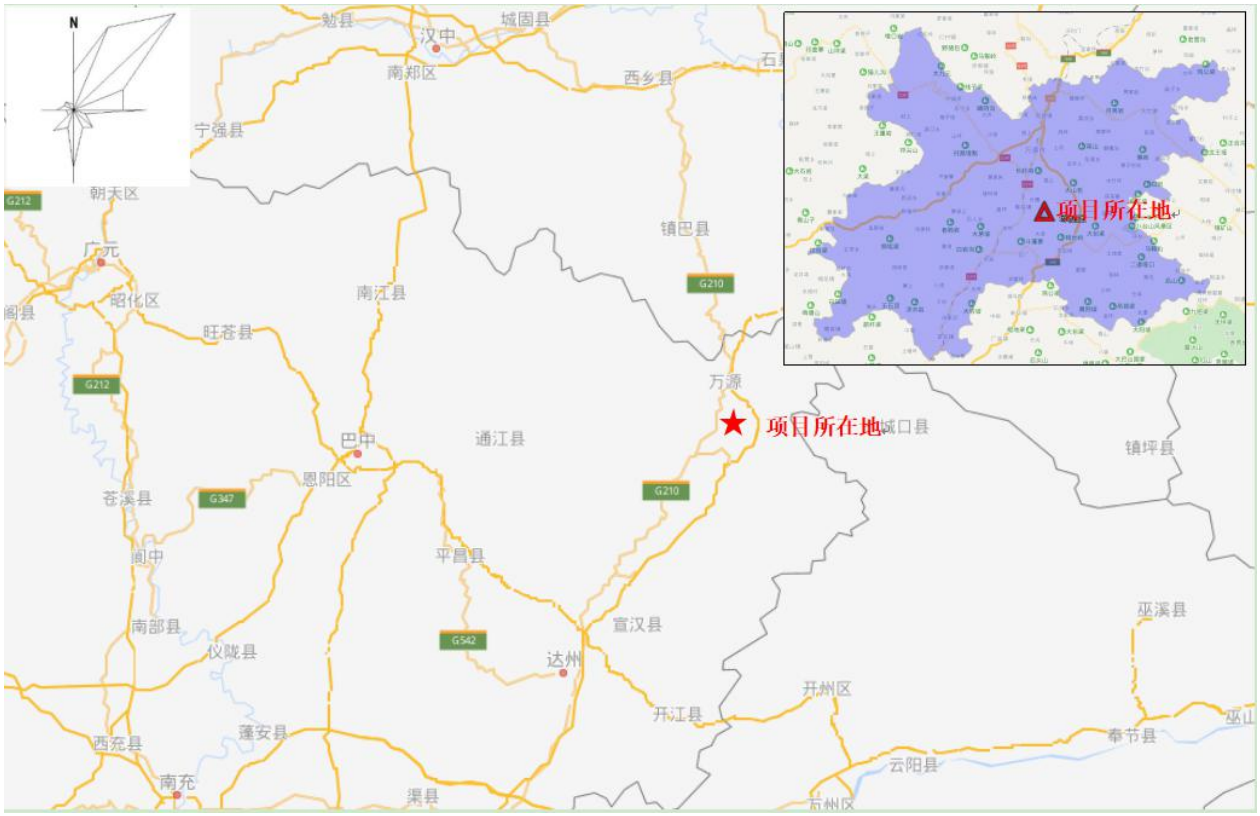


图2-1 场地地理位置图

2.1.2 地形地貌

万源市地处东北边陲大巴山腹心地带，境内峰峦起伏，河流纵横，山势由东北向西南倾斜。北斜山脊与向斜谷地平行排行。南流水系各主干河流，均衡切构造线成许多 V 形山谷，相对高差在 1000 米以上。最低海拔 335 米，最高海拔 2412.9 米，相对高差 2077.9 米，大部分地域海拔 600~1400 米，占幅员面积的 82.99%。东北部石灰岩广泛裸露，山坡陡峭，地面崎岖。西部山势较缓，为主要农作区。

万源市地貌共分为四个类型：东北部为深切割中山峰丛峡谷地貌；东南部为溶蚀、侵蚀中切割中低山带坝地貌；中部及西部为侵蚀、侵蚀中切割单面中山峡谷地貌平；西南部为侵蚀剥蚀阶梯状台地峡谷地貌。

本项目位于 V 形山谷脚下，区域地形地貌情况见图 2-2。

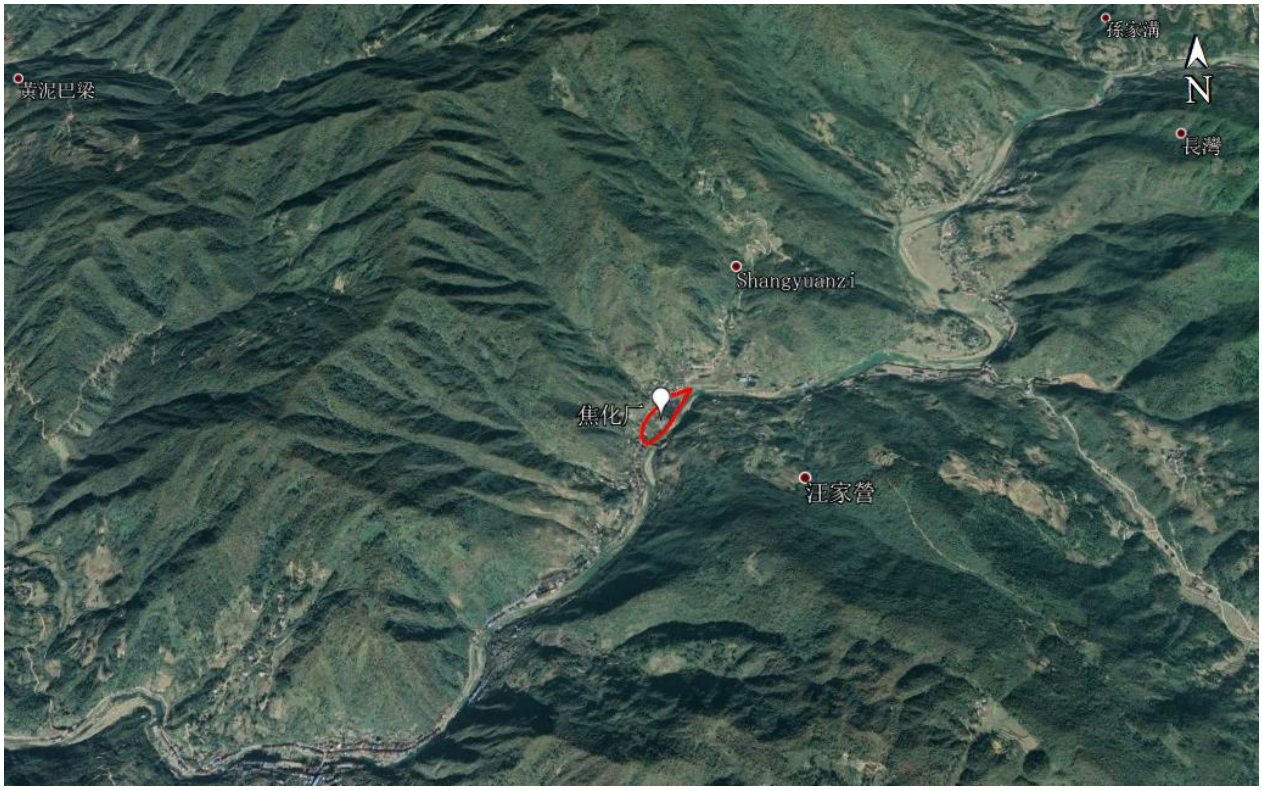


图2-2 调查区域地形地貌图

2.1.3 气候特征

达州市地处北温带，属亚热带湿润季风气候，具有四季分明，热量丰富，雨量充沛，夏天酷署，无霜期长，除山区外，霜雪少见，无霜期长达 290~320 天，春季气温回升快，却不稳定，常有旱涝交错发生。年平均气温 17.3℃，夏天最高 40~42℃，冬天平均气温 5~8℃，最低 0~3℃，气温>20℃的时间出现在 5~9 月份。地面主导风向 NE，主导风速 2.2m/s，年静风频率 21%，历年平均降水量为 1200mm 左右，最高达 1500mm 左右，最低 800mm 左右，降水量主要集中在 6~10 月份，约占降水量的 70%左右。若和川西平原相比，又有气温偏高，春雨比重大的区别。主要气候特征如下：

年最高气温：42℃；　　年最低气温：-2.2℃；

年平均气温：17.3℃；　　年平均降水量：1200mm；

最大日降雨量：156.7mm；　　最大降雨：出现在 7 月，为 4738mm；

年最大降雨量：1500mm；　　年平均蒸发量：812.3mm；

平均年日照数：1409 小时；　　平均风速：2.2m/s；

最大风速：19m/s；　　年均相对湿度：79%；

最大风频为北偏东，风频 21%。

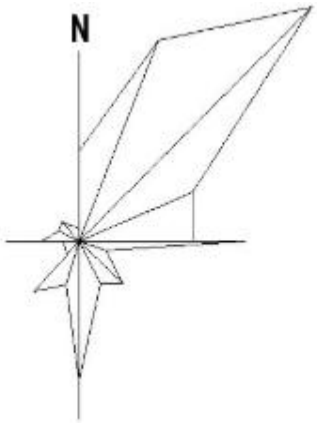


图2-3 全年风向频率玫瑰图

2.1.4 水文情况

（1）地表水

万源市境内溪流遍布，水系发育完善。流域面积在 20 千米以上的河流多达 51 条。河流以花萼山为分水岭，分属两大水系；东北角河流属汉江水系，其余地区属嘉陵江水系，流域面积 3173.4 千米。嘉陵江水系包括后河、中河、澌滩河、月滩河、喜神河、长边河、黄溪河、白沙河、赵塘河等九条河流。汉江水系包括任河、庙子河等两条河流。

白沙河流经沙滩镇，是后河左岸一级支流，是后河流域的主要水源，介于东经 107°55′～108°22′、北纬 31°51′～32°06′之间，控制流域集水面积 491.2km^2，河长 67.4km，河道平均坡降 6.30‰。发源于万源市境内的黄泥坡一带，海拔高程 1960m，由东南流向西北，至曹家乡境内与曹家沟汇合后，折向南流，至关坝、邓家湾一带折向西流，河道蜿延曲折于高山峡谷之间，经白沙镇至水田乡境内折向西南流，经水田、沙滩等乡镇，至长坝乡汇入后河。整个流域地处万源市境内，呈北高南低之势，北部最高点海拔高程 2380m，南部分水

岭高程多在 1500～2000m 之间。

（2）地下水

项目地下水主要接受大气降水和地表水的垂直入渗补给，同时在与碎屑岩接触带，有碎屑岩孔隙裂隙水的侧向径流补给，枯季河水流量减少或断流，地表水的补给量减少。

本项目所在区域的地下水不涉及地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）补给径流区和保护区，当地居民饮用的山泉水。

2.2 自然环境概况

2.2.1 土地资源

万源市土壤类型主要有水稻土、旱地土、紫色土、黄壤土、黄棕壤土和石灰岩土 6 个土类、12 个亚类、29 个土属、60 个土种、88 个变种。区内大多数土壤养分中等偏下。

截至 2005 年末，万源市土地总面积为 404548.89 公顷。其中一级类的农用地面积 352635.99 公顷，占 87.17%；建设用地面积 8829.14 公顷，占 2.18%；未利用地面积 43083.76 公顷，占 10.56%。农用地中，耕地面积 36838.74 公顷，占农用地 10.45%；园地 3864.00 公顷，占 1.10%；林地 278843.99 公顷，占 79.07%；牧草地 5110.42 公顷，占 1.45%；其他农用地 27978.84 公顷，占 7.93%。建设用地中，城乡建设用地面积 7968.75 公顷，占建设用地 90.26%（其中城市用地 415.68 公顷，占 4.71%，建制镇用地 122.66 公顷，占 1.39%；农村居民点用地 6955.82 公顷，占 78.78%；采矿用地面积 474.59 公顷，占 5.38%）；交通水利用地 819.95 公顷，占 9.29%（其中铁、公路用地各为 112.29 公顷和 661.50 公顷，分别占 1.27%、7.49%，水利设施用地 46.15 公顷，占 0.52%）；其他建设用地面积 40.44 公顷，占 0.46%。未利用地中，水域面积 4732.74 公顷，占其他用地 10.98%；滩涂沼泽面积 279.37 公顷，占 0.65%；自然保留地面积 38071.65 公顷，占 88.37%。

2.2.2 水资源

万源市境内溪流遍布，水系发育完善。流域面积在 20 千米以上的河流多达 51 条。河

流以花萼山为分水岭，分属两大水系；东北角河流属汉江水系，其余地区属嘉陵江水系，流域面积 3173.4 千米，嘉陵江水系包括后河、中河、澌滩河、月滩河、喜神河、长边河、黄溪河、白沙河、赵塘河等九条河流。汉江水系包括任河、庙子河等两条河流。

2.2.3 生物资源

万源市水热条件好，生态环境多样，生物资源丰富。2005 年，全市森林面积 2052.82 千米，森林覆盖率为 50.5%。从低山到中山，气候出现由亚热带到温带的变化，天然植被也出现出相应的变化。海拔 700 米以下属北亚热带，地带性植被为常绿、落叶阔叶混交的森林类型；海拔 700~1400 米为暖温带，是常绿针叶林与落叶阔叶林带；海拔 1400 米以上为中温带，是针、阔叶混交林带。

万源市境内动物资源极为丰富，兽类主要有狼、黑熊、豹、獐、狐狸、野猪、猕猴、岩羊、灵猫等近 64 种，鸟类有红腹鸡、白腹锦鸡、环颈椎、金雕、岩鹰、鸳鸯红嘴相思鸟、鹭科鸟类等 96 种；常见爬行类有龟、各种蛇、壁虎、蜥蜴等近 27 种；两栖类有蟾蜍、青蛙等 23 种；境内冷水性鱼类丰富，有细鳞裂腹鱼、紫薄鳅、四川华吸鳅等。

2.2.4 矿产资源

万源市内发现矿产 20 种，探明储量有 15 种。已开采的有 9 种。其中煤炭，油气等资源分布较为广泛储量丰富。煤炭探明储量 30.49 亿吨，已探明天然气储量达 3600 亿立方米。境内其它储量较为丰富的还有毒重石、石膏、铀、砖用页岩、石灰石等。

2.3 社会环境概况

2.3.1 行政区划

截至 2017 年末，万源市辖 23 个镇、29 个乡：太平镇、青花镇、旧院镇、罗文镇、河口镇、草坝镇、竹峪镇、大竹镇、黄钟镇、官渡镇、白沙镇、沙滩镇、八台镇、石窝镇、石塘镇、铁矿镇、大沙镇、魏家镇、白果镇、井溪镇、赵塘镇、长坝镇、鹰背镇、茶垭乡、长石乡、白羊乡、固军乡、堰塘乡、蜂桶乡、花楼乡、曾家乡、秦河乡、庙垭乡、玉带乡、

新店乡、柳黄乡、溪口乡、永宁乡、虹桥乡、康乐乡、钟亭乡、庙子乡、紫溪乡、庙坡乡、梨树乡、皮窝乡、丝罗乡、罐坝乡、石人乡、中坪乡、花萼乡、曹家乡。市人民政府驻太平镇。

2.3.2 人口

截至 2018 年末，万源市总人口 573569 人，比上年下降 0.78%，其中城镇人口 123433 人，乡村人口 450136 人；男性 300941 人，女性 272628 人。男女性别比为 110.39%。全市少数民族人口 315 人。2017 年 10 月至 2018 年 9 月全市人口出生率为 10.47‰，人口死亡率为 5.13‰，自然增长率 5.34‰。

2.3.3 经济发展

2018 年，万源市实现地区生产总值 1413312 万元，比上年增长 7.6%。其中，第一产业增加值 308324 万元，比上年增长 3.7%；第二产业增加值 435590 万元，比上年增长 7.4%，第三产业增加值 669398 万元，比上年增长 9.6%；三次产业比由 2017 年 22.3：30.8：46.9 调整为 2018 年的 21.8：30.8：47.4。第三产业占比提高了 0.5 个百分点；非公有制经济增加值 869200 万元，比上年增长 7.8%，其增加值占全市地区生产总值的比重达 61.5%。

2018 年，万源市地方公共财政收入 44961 万元，比上年增长 14.95%。全年公共财政支出 409286 万元，比上年上升 20%；城镇居民人均可支配收入 27776 元，比上年增长 8.6%；农村居民人均可支配收入 9961 元，比上年增长 10.1%。

2018 年，万源市完成全社会固定资产投资 856914 万元，比上年增长 10%。其中：第一产业完成投资 45292 万元，下降 16.8%；第二产业完成投资 120260 万元，下降 31.29%；第三产业完成投资 691362 万元，增长 25.7%。

2.3.4 交通运输

万源市是北上进出川的主要通道，有襄渝铁路、包茂高速、国道 210 线和 347 线等交通干线，万源火车站是国家二级火车站，每年承接周边县市货运 180 余万吨、中转周边县市人口 190 万。绵阳—巴中—万源高速公路正加快建设，万源通用机场即将开工。

截至 2018 年末，万源市公路总里程 3220.7 公里。其中：高速公路 62.7 公里，国道公路 216.1 公里，县道公路 214.4 公里，乡道公路 505.6 公里，专用车道 11.4 公里。基本形成以襄渝铁路、达陕高速公路为主动脉，国道 210 线、347 线为主骨架，县乡道、专用道以及村道为支线的区域交通网络。

2018 年，万源市公路客运量 483 万人，完成公路客运周转量 14490 万人/公里，比上年下降 26%；公路货运量 327 万吨，完成公路货物周转量 12426 万吨/公里，比上年下降 2%。

2.3.5 社会事业

（1）教育事业

截至 2018 年末，万源市拥有各类学校 250 所，在校学生 67562 人，专任教师 4237 人。其中：普通中学 36 所，在校学生 28026 人，专任教师 2746 人；中等职业教育学校 3 所，在校学生 2849 人，专任教师 254 人；小学 210 所，在校学生 36645 人，专任教师 1459 人。适龄儿童入学率 100%。高中升学率 86.2%。幼儿在园人数 16886 人。

（2）文化事业

截至 2018 年末，万源市将“巴山背二哥”“钱棍”等列入四川省非物质文化遗产保护名录。文艺创作《巴渠儿女谱新篇》、《红色忠魂》、《山沟沟》等佳作多次赴省级其它县市表演荣获佳绩。

（3）医疗卫生

截至 2018 年末，万源市有各类卫生机构 521 个，其中医院 10 个、卫生院 50 个和社区卫生服务中心 2 个，卫生防疫、防治机构 1 个，妇幼保健机构 1 个；卫生机构拥有床位 2815 张，卫生技术人员 2149 人；全市参加农村新型合作医疗保险 491317 人，新农合参合率 85.66%。

2.4 场地历史、现状和规划

2.4.1 场地历史沿革

根据现场踏勘、人员访谈（周边居民介绍回忆）、资料收集及卫星地图历史影像追溯，本项目场地区域历史利用情况及变迁情况如下：

1940 年以前为梯田农用地。

1940 年，因抗日战争需要，万源铁厂、福源铁厂建成；1951 年，人民政府接管后，两厂合并为万福铁厂，于 1999 年停产。本段资料摘自“达州晚报——位老翻砂工记忆中的万福钢铁厂”。

2001 年，为利用万福钢铁总厂沙铁片区可用资产实施再就业，将原万福沙滩炼铁厂片区资产协议出售给原万福钢铁总厂副厂长兼沙滩炼铁厂厂长余国君，实行民营体质。由于该企业所属炼铁、炼钢、炼焦生产工艺落后，系国家明令淘汰的落后高能耗生产工艺，在 2010~2012 年间一直无法正常生产，加之其亏损严重，企业于 2011 年 1 月 5 日至 3 月 28 日拆除。

2012 年—至今为荒地。

场地使用历史变迁情况汇总表如表 2-1 所示，场地历史影像图如图 2-4~2-6 所示。

表 2-1 场地使用历史变迁情况汇总表

企业名称	时间	场地使用方	历史变迁情况
/	1940 年以前	/	梯田农用地
达州市万福钢铁总厂沙滩炼铁厂	1940-1950 年	私营	/
	1951-2001 年	人民政府	国营钢铁厂
达州市福鑫冶炼有限责任公司	2002 年-2012 年	余国君	炼铁、炼钢、炼焦
/	2012 年—至今	/	荒地

图2-4 场地2004年1月卫星历史影像

图2-5 场地2012年12月卫星历史影像

图2-6 场地2018年11月卫星历史影像

注：Google Earth 仅保留区域 2004 年~2019 年卫星照片。

2.4.2 场地现状

调查组于 2019 年 11 月中旬对焦化厂场地进行了现场踏勘，经现场踏勘发现，焦化厂除正门处的办公用房和 2 个焦油槽、中部靠白沙河的办公用房和厕所未拆除外，其余建（构）筑物已基本拆除，当前条件下已无法对原焦化厂平面布置进行有效识别。焦油槽旁边存放有数个未使用过的新环卫垃圾箱；焦油槽前方墙角下堆存了少量河沙；厂区中部区域堆存了少量泥岩和废弃建渣。2018 年底沙滩镇人民政府将场地中东部区域租赁给某企业用作煤矸石（水泥生产原材料）和煤运输中转站，租赁期为 1 年。场地中部北侧墙边现已堆存煤矸石约 10000 吨，场地东侧堆存煤约 4000 吨。由于场地历史生产活动，加之近期堆存了大量的以煤和煤矸石运输车辆来往，场地表面积淀了一层黑色的煤渣，已经无法辨认场地原未拆除的状态。

图2-7 焦化厂场地现状图

2.4.3 场地利用规划

根据《沙滩镇总体规划--综合用地规划 2010~2030 年》（见附图 2）可知，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块拟规划为居住用地（R），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地。

2.5 周边相邻场地使用情况

根据场地及周边现场实地踏勘情况并结合场地卫星图像资料可知，本项目位于 V 形山谷脚下，外环境较简单。焦化厂场地东侧紧邻钢铁厂；东侧 240m 处为原万福发电厂，原万福发电厂建于上世纪五十年代，于 2012 拆除；南侧为白沙河（自东向南流）；场地北侧和西侧 0~300m 为沙滩镇五村二社村民聚居区；西侧 2000m 处为沙滩镇场镇。场地外环境关系图见图 2-9，周边相邻场地使用情况见表 2-2。

表 2-2 周边相邻场地使用情况表

序号	名称	距场界距离	方位	性质	污染源/敏感受体	备注
1	钢铁厂	接壤	东	工业用地	污染源	已拆除
2	万福发电厂	240m	东	工业用地	污染源	已拆除
3	白沙河	接壤	南	河流	敏感受体	
4	沙滩镇五村二社村民聚居区	0~300m	西、北	居民住宅区	敏感受体	
5	沙滩镇	2000m	西	场镇	敏感受体	

图 2-9 场地外环境关系图

第三章 场地污染识别

3.1 污染识别目的

通过资料收集与文件审核、现场踏勘及对相关人员进行访谈等方式，掌握并分析以下信息：场地生产历史、场地周边活动、原厂区功能区布局、主要产品、生产工艺及原辅料、场地管线和沟渠泄漏情况、厂区防渗等。通过对以上信息进行分析，识别潜在的场地污染物质，并总结分析初步调查结果，为场地详细采样布点和分析项目提供依据。

3.2 企业基本情况

达州市福鑫冶炼有限责任公司位于万源市沙滩镇五村二社，前身系原达州市万福钢铁总厂沙滩炼铁厂，2001 年 8 月万福钢铁总厂沙滩炼铁厂关停后，根据《达州市关于利用万福钢铁总厂沙铁片区可用资产实施再就业有关问题的批复》（政府函（2001）186 号）精神，达州市国有资产经营管理公司将原万福沙滩炼铁厂片区资产协议出售给原万福钢铁总厂副厂长兼沙滩炼铁厂厂长余国君，实行民营体质。因此，达州市福鑫冶炼有限责任公司于 2001 年 12 月筹建，2002 年 2 月 1 日正式注册登记，主要生产经营炼钢、炼铁、冶金机焦等，总占地面积 64277.74m^2，其中焦化厂占地面积 27142.50m^2，钢铁厂占地面积 37135.24m^2。由于企业的炼铁、炼钢、炼焦生产工艺落后，系国家明令淘汰的落后高能耗生产工艺，在 2010~2012 年间一直无法正常生产，加之其亏损严重，企业于 2012 年解散。

达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂位于万源市沙滩镇东风桥 20m 处，在钢铁厂之后建成，主要从事冶金焦炭及冶炼焦化产品生产，主要产品为焦炭，副产品为焦油、粗苯、硫铵、焦炉煤气等。

根据《达州市关停万福钢铁总厂现场工作组、达州市万福钢铁总厂关停办公室关于利用原万福沙铁片区可用资产实施再就业有关问题的请示》文件可知，一、二号焦化炉两座 80 孔先后于 1982 年和 1989 年建成，设计冶金机焦生产能力 10 万 t/a，于 1999 年 12 月报废。1995 年扩建了三号焦化炉（WF-88-11 型 32 孔），于 1995 年 12 月投产，设计机焦生

产能力 4.5t/a，实际生产能力 4 万 t/a，于 2001 年元月报废停产。

原达州市万福钢铁总厂沙滩炼铁厂出售给原万福钢铁总厂副厂长兼沙滩炼铁厂厂长余国君，并更名为达州市福鑫冶炼有限责任公司，两者的生产工艺和主体生产设备基本相同。

3.3 生产工艺及污染情况分析

3.3.1 主要原辅材料

炼焦主要原材料为洗精煤，主要辅助原料为氢氧化钠、硫酸等。

3.3.2 生产工艺

达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂建设年代久远，其详细生产工艺资料已经严重缺失，仅能从类似焦化厂环境影响评价推断该焦化厂生产工艺。

1、备煤

炼焦用洗精煤由汽车运入贮煤场，卸入受煤槽内。经叶轮给煤机、带式输送机送至堆取料机主皮带上，由堆取料机进行堆存作业。上煤时由堆取料机取煤，经带式输送机送入配煤仓，配煤仓下的电子自动配料秤将各煤种按相应比例配给到仓下皮带，经除铁器除铁后进入可逆反击锤式破碎机，煤被粉碎至＜3mm 占 90%以上后，送焦炉煤塔内供炼焦用。

2、捣固、装煤

由备煤车间来的精洗煤，由输煤栈桥运入煤塔，装煤车行至煤塔下方，由摇动给料机均匀逐层给料，用移动捣固机分层捣实，然后将捣好的煤饼从机侧装入炭化室开始炼焦。

3、炼焦

炼焦工段由焦炉、煤塔、间台、端台、炉门修理站、推焦杆及煤槽底板更换站、熄焦塔、凉焦台、粉焦沉淀池、烟囱及相应配套的焦炉机械组成。其任务是将捣固煤饼加入焦炉中高温干馏，生产处焦炭和荒煤气。

煤饼在950～1050℃高温下经过～27小时干馏。干馏产生的荒煤气经炭化室顶部、上升管、桥管汇入集气管，在桥管和集气管处用压力为～0.3MPa、温度为～78℃的循环氨水喷洒冷却，使～700℃的荒煤气冷却至约84℃，再经吸气弯管和吸气管抽至煤气净化冷鼓工序。

焦炉加热用的焦炉煤气经预热后送到焦炉地下室。通过下喷管把煤气送入燃烧室立火道底部与由废气交换开闭器进入的空气汇合燃烧，燃烧废气通过立火道顶部跨越孔进入下降气流的立火道，再经过蓄热室，由格子砖把废气的部分显热回收后，经过小烟道、废气交换开闭器、分烟道、总烟道、烟囱，排入大气。

4、熄焦

采用干法熄焦，备用湿熄焦（干熄焦系统检修时）工艺。

干法熄焦工艺：成熟的焦炭被推焦车经拦焦车导焦栅推出落入焦罐，焦罐车由电机车牵引至提升井架下，提升机将装满红焦的焦罐提升并横移至干熄炉炉顶，通过带料钟的装入装置将焦炭装入干熄炉内；在干熄炉中焦炭与惰性气体直接进行热交换，焦炭被冷却至200℃以下，经排焦装置卸到胶带输送机上，经胶带输送机送往筛焦工序。

湿法熄焦工艺：由熄焦车送至熄焦塔喷淋熄焦二次，熄焦后的焦炭由熄焦车送至焦台凉焦后，由刮板放焦机放至皮带送筛焦工序。

5、筛贮焦

由干熄焦装置或焦台运来的混合焦由袋式输送机送入贮焦仓贮存。贮仓下部设置双排卸料口，其中一排卸料口为带式输送机接口，各级焦炭通过电液动扇形闸门放焦卸到带式输送机上按要求外送；另一排卸料口为装汽车槽口，各级焦炭通过电液动颚式闸门放焦装汽车外运。

6、煤气净化

采用冷鼓（先捕后鼓）→脱硫→蒸氨→硫铵→洗脱苯生产工艺。

（1）冷鼓

来自焦炉的焦油氨水与煤气的混合物经气液分离器使煤气、焦油及氨水分离，分离的

粗煤气经横管初冷器冷却后进入电捕焦油器捕集焦油雾滴，再经离心鼓风机加压送往脱硫工序。

从气液分离器分离的焦油氨水与焦油渣去机械化氨水澄清槽澄清。澄清后分离成三层，上层为氨水，中层为焦油，下层为焦油渣。分离的氨水至循环氨水槽，然后用循环氨水泵送至炼焦车间冷却荒煤气。多余的氨水由循环氨水泵抽送剩余氨水槽，用剩余氨水泵送去蒸氨。分离的焦油至焦油中间槽贮存，当达到一定液位时，用焦油泵将其送至罐区焦油槽贮存，分离的焦油渣定期送备煤掺混炼焦。

（2）煤气脱硫及蒸氨

采用焦炉煤气中自身含有的氨为碱源、以 HPF 为催化剂的湿式氧化法脱硫工艺。

从冷鼓来的煤气经横管式预冷塔冷却后进入脱硫塔与脱硫液逆流接触洗涤，经捕雾段除去雾滴后送硫铵工序。脱硫富液送再生塔与压缩空气并流再生，再生的脱硫贫液返回脱硫塔塔顶循环喷淋脱硫。塔顶硫泡沫送至硫泡沫槽，由硫泡沫泵送至离心机生产硫膏。

由冷鼓来的剩余氨水与从蒸氨塔底来的蒸氨废水换热后，加入含 NaOH（40%）的碱液进入蒸氨塔。蒸氨塔底的氨水部分进入再沸器，在再沸器内与低压蒸汽间接换热部分气化后产生蒸汽，汽水混合物进入蒸氨塔底部，与塔上部来的剩余氨水逆流接触进行精馏。蒸出的氨汽进入氨分缩器，冷凝下来的液体进入蒸氨塔顶作回流，未冷凝的含 NH_3（～10%）氨汽进入氨冷凝冷却器冷凝成浓氨水至溶液循环槽作为脱硫补充液。蒸氨废水送生化处理。

（3）硫铵

硫铵工序的任务是用硫酸作吸收剂，脱除煤气中的氨，生成硫铵，得到硫铵产品，将煤气中的氨含量脱至 50mg/Nm^3。

由脱硫送来的煤气进入喷淋式饱和器，煤气在饱和器的上段分两股进入环形室，与循环母液逆流接触，其中的氨被母液中的硫酸吸收，生成硫酸铵。脱氨后的煤气在饱和器的后室合并成一股，经小母液循环泵连续喷洒洗涤后，沿切线方向进入饱和器内旋风式除酸器，分出煤气夹带的酸雾后，送终冷洗苯工序。

在饱和器下段结晶室上部的母液，用循环泵连续抽出送至上段环形喷淋室循环喷洒，喷洒后的循环母液经中心降液管流至饱和器的下段。在饱和器的下段，晶核通过饱和介质向上运动，使晶体长大，并引起晶粒分级。当饱和器下段硫铵母液中晶比达到25~40%（V%）时，用结晶泵将其底部的浆液抽送至结晶槽。

饱和器喷淋室溢流出的母液入满流槽，经小母液循环泵连续抽送至饱和器后室循环喷洒，进一步脱出煤气中的氨。

结晶槽中的硫铵结晶积累到一定程度时，将结晶槽底部的硫铵浆液放入硫铵离心机分离，硫铵结晶从硫铵母液中分离出来，再经螺旋输送机送至振动干燥器干燥冷却后入硫铵贮斗，称重、包装后送入成品库外销。

振动干燥器排出的尾气，首先经干式旋风除尘器除去尾气中夹带的大部分粉尘，再经洗净塔对尾气进行连续循环喷洒，进一步除去尾气中的残留粉尘，最后经捕雾器除去尾气中夹带的液滴后排入大气。

（4）洗脱苯

脱硫煤气进入终冷塔冷却后进入洗苯塔，经贫油洗涤脱苯后送往煤气储柜；塔底富油送至粗苯蒸馏装置脱苯后循环使用。

从终冷洗苯装置送来的富油经贫富油换热器换热后进入管式炉，经管式炉加热至180℃后进入脱苯塔。在脱苯塔内，用蒸汽直接对送入塔内的富油进行汽提和蒸馏。塔顶逸出的粗苯蒸汽经冷凝器冷却后进入油水分离器；分出的粗苯进入粗苯回流槽，部分用粗苯回流泵送至塔顶作为回流，其余进入粗苯中间槽，用泵送至油库粗苯贮槽。

（5）剩余煤气

富余煤气用于自用发电和煤气净化后转入民用燃料。

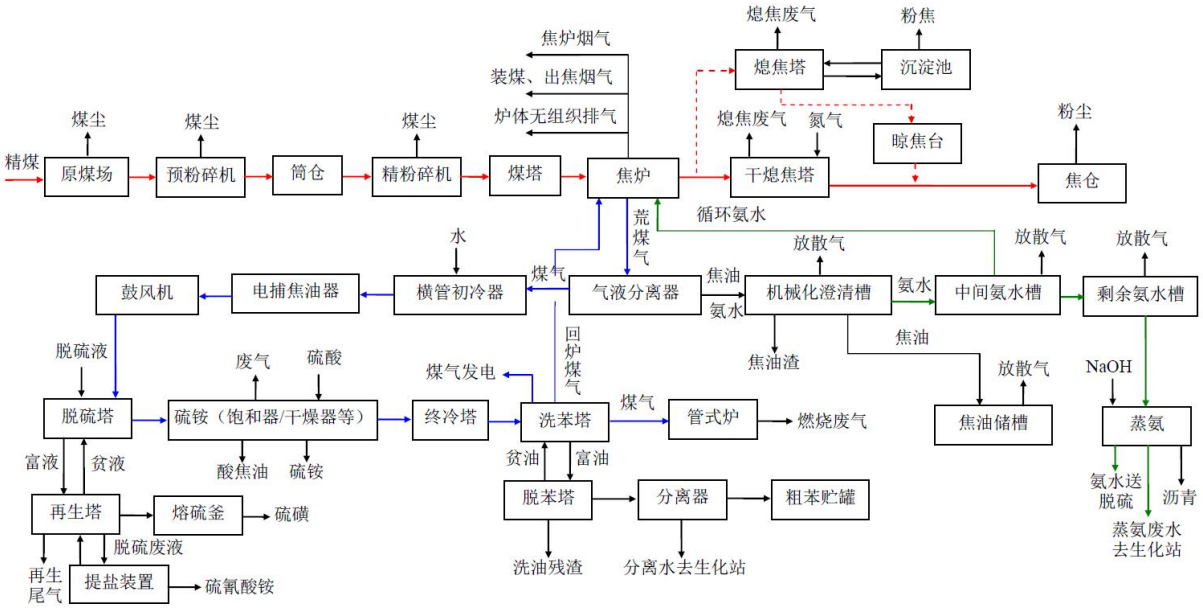


图3-1 炼焦生产工艺流程图

3.3.3 产污情况分析

达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂建设年代久远，其详细生产工艺资料已经严重缺失，仅能从类似焦化厂生产工艺和产污环节推断该焦化厂大致产污情况。

1、大气污染物

（1）备煤废气污染源：精煤贮存、转运、配煤及破碎过程中产生含颗粒物废气。

（2）炼焦废气污染源：装煤产生含颗粒物、SO_2、BaP（苯并[a]芘）等污染物废气；推焦产生含颗粒物、SO_2 等污染物废气；焦炉加热废气主要污染物为颗粒物、SO_2、NOx；炼焦炉逸散含颗粒物、SO2、NOx、BaP（苯并[a]芘）等污染物废气。

（3）熄焦、转运、贮存废气污染源：干熄焦产生含颗粒物、SO_2 等污染物废气；湿熄焦产生含颗粒物、酚、氰化物等污染物废气；焦炭转运、贮存产生含颗粒物废气。

（4）煤气净化废气污染源：主要含 H_2S、NH_3、非甲烷总烃等污染物。

2、废水污染物

（1）煤气上升管水封水：主要含 SS、CODcr、氨氮、BOD_5、石油类、挥发酚、氰化物、硫化物、苯并[a]芘等污染物。

（2）蒸氨废水：主要含 CODcr、氨氮、BOD_5、石油类、挥发酚、氰化物、硫化物、苯并[a]芘、多环芳烃、硫化物等污染物。

（3）生活废水：主要含 SS、CODcr、氨氮、BOD_5 等污染物。

（4）酚氰废水：采用生化处理活性污泥法，生物脱酚工艺，促使氰化物、酚化物的氧化分解。

3、固体废弃物

项目产生固体废物主要有冷凝鼓风机械化氨水澄清槽产生的焦油渣、硫铵工序产生废酸焦油渣、蒸氨塔产生的沥青渣、蒸氨塔产生的沥青渣、沉淀池、干熄焦、筛焦产生的焦粉、各除尘系统回收的粉尘、生化站剩余污泥、煤气精脱硫装置产生的废焦炭、废活性炭。

焦油渣、酸焦油渣、沥青渣一般掺入炼焦煤中炼焦。

3.4 现场踏勘与人员访谈

为明确场地污染情况，需对场地历史生产经营活动情况、场地现状情况和区域信息进行资料收集和分析，并对现场进行踏勘。另外，通过访谈方式进一步了解场地历史生产情况，主要访谈人员包括原企业负责人、原企业职工、周边居民等。现场踏勘与人员访谈记录见附件 1、附件 2。

3.5 污染途径及污染物识别

炼焦厂属于煤炭加工炼焦行业，主要污染源为硫酸、氢氧化钠、焦油槽、粗苯储罐、焦化产生的烟尘、生产废水、危险废弃物（焦油渣、酸焦油渣、沥青渣等）等。

主要污染途径有：（1）各类固态废物存放堆场防渗措施不完善，在雨水淋滤、土壤吸附阻滞等综合作用下，焦油渣、酸焦、沥青渣、废焦炭等中的污染物浸入下层土壤中，造

成土壤污染；（2）原辅材料及产品储存容器、污水收集和排放管道破裂或乱排放，发生污染物泄露，造成周边的土壤污染；（3）生产工艺排放的废气污染物通过大气沉降作用污染表层土壤。

根据炼焦厂原辅材料使用情况、生产工艺流程、三废产生情况及主要污染源，判断场地的主要特征污染物类别是 pH、重金属、氰化物、多环芳烃、石油烃（C_{10}-C_{40}）等。

第四章 土壤污染状况初步调查结果回顾

4.1 土壤初步采样点布设

本场地土壤污染状况初步调查工作于 2018 年底完成。初步调查阶段在焦化厂内采用系统布点法布设了 7 个土壤采样点，初步调查土壤采样点见图 4-1。

图4-1 土壤初步采样布点图

4.2 土壤检测结果分析与评价

该场地未来规划为居住用地，属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地。本项目场地调查土壤污染物评价选用国家现行标准，即《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）第一类用地风险筛选值作为本次调查评价标准，如表 4-1。

表 4-1 土壤污染评价风险筛选值（第一类用地）

单位：mg/kg

重金属类							
监测指标	铜	镍	铅	六价铬	砷	汞	镉
筛选值	2000	150	400	3.0	20	8	20

苯系物类					
监测指标	苯	甲苯	乙苯	对二甲苯+间二甲苯	邻二甲苯
筛选值	1	1200	7.2	163	222

多环芳烃类								
监测指标	苯并[a]蒽	苯并[a]芘	苯并[b]荧蒽	苯并[k]荧蒽	二苯并[a,h]蒽	茚并[1,2,3-cd]芘	萘	䓛
筛选值	5.5	0.55	5.5	55	0.55	5.5	25	490

场地初步调查阶段共送检土壤样品 15 个（含 1 个对照点），土壤样品检测结果见表 4-2~4-4。

表 4-2 土壤样品重金属检测结果统计表

单位：mg/kg

检测指标 / 筛选值 / 编号		铜	镍	铅	六价铬	砷	汞	镉	pH
		2000	150	400	3.0	20	8	20	-
TB1-1	0-0.5m	20.0	26.2	9.4	ND	9.97	0.041	0.27	8.0
WY1-1	0-0.5m	19.1	21.8	6.1	ND	7.43	0.064	0.13	7.8
WY1-2	0.5-1m	21.2	26.0	8.6	ND	8.33	0.075	0.16	7.5
WY2-1	0-0.5m	29.3	26.0	4.7	ND	10.3	0.157	0.27	7.7
WY2-2	0.5-1m	56.9	21.1	3.5	ND	13.8	0.117	0.28	8.7
WY3-1	0-0.5m	48.4	26.7	7.4	ND	11.6	0.176	0.35	8.1

检测指标 / 筛选值 / 编号		铜	镍	铅	六价铬	砷	汞	镉	pH
		2000	150	400	3.0	20	8	20	-
WY3-2	0.5-1m	56.4	28.4	3.9	ND	16.9	0.097	0.28	9.0
WY4-1	0-0.5m	40.8	19.2	41.3	ND	11.0	0.153	0.38	8.9
WY4-2	0.5-1m	27.0	24.6	8.3	ND	11.8	0.142	0.27	7.9
WY5-1	0-0.5m	32.6	26.9	5.2	ND	10.2	0.129	0.36	8.0
WY5-2	0.5-1m	55.8	28.3	7.9	ND	12.9	0.223	0.32	8.1
WY6-1	0-0.5m	75.6	23.4	4.8	ND	20.6	0.141	0.24	9.0
WY6-2	0.5-1m	71.8	26.4	4.6	ND	18.5	0.162	0.38	8.6
WY7-1	0-0.5m	30.1	31.8	27.0	ND	8.88	0.762	0.19	8.2
WY7-2	0.5-1m	77.3	24.3	4.1	ND	20.6	0.148	0.24	8.9

注：“ND”表示污染物未检出。

表 4-3 土壤样品苯系物检测结果统计表

单位：mg/kg

检测指标 / 筛选值 / 编号		苯	甲苯	乙苯	间二甲苯、对二甲苯	邻二甲苯
		1	1200	7.2	163	222
WY1-1	0-0.5m	ND	ND	ND	ND	ND
WY2-1	0-0.5m	ND	ND	ND	ND	ND
WY3-1	0-0.5m	ND	ND	ND	ND	ND
WY7-1	0-0.5m	ND	ND	ND	ND	ND

注：“ND”表示污染物未检出。

表4-4 多环芳烃类

单位：mg/kg

检测指标 / 筛选值 / 编号		苯并[a]蒽	苯并[a]芘	苯并[b]荧蒽	苯并[k]荧蒽	二苯并[a,h]蒽	茚并[1,2,3-cd]芘	萘	䓛
		5.5	0.55	5.5	55	0.55	5.5	25	490
WY1-1	0-0.5m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
WY2-1	0-0.5m	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
WY3-1	0-0.5m	**21.8**	**15.6**	**33.7**	3.17	**4.42**	**9.95**	4.66	13.2
WY7-1	0-0.5m	**27.3**	**33.1**	**40.8**	14.1	**11.3**	3.32	**67.4**	6.46

注：“ND”表示污染物未检出。

通过上述的检测结果显示，场地内所取得的土壤样品存在苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘、萘超标现象，超标点位为 WY3-1、WY7-1，两点均位于原焦化厂焦化炉附近。

其中苯并[a]蒽最大超标 5 倍，苯并[a]芘最大超标 60 倍，苯并[b]荧蒽最大超标 7.4 倍，二苯并[a,h]蒽最大超标 20.5 倍，茚并[1,2,3-cd]芘最大超标 1.8 倍，萘最大超标 2.7 倍。

4.3 初步调查建议

（1）根据场地调查评估，场地土壤存在多环芳烃污染，污染主要集中在焦化厂焦化炉附近。初步调查报告建议尽快开展下一阶段的详细调查工作，开展污染修复工作，消除污染。

（2）同时建议开展下一步的详细调查工作时细化对焦化厂场内土壤的监测方案，同时补充对场内地下水和场外地表水的监测。

第五章 场地详细调查采样

5.1 土壤详细布点方案

5.1.1 土壤布点原则

根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》要求，点位布设分为土壤对照监测点位和场地土壤监测点位，具体布设原则和方法如下：

1、土壤对照监测点位

①场地外部区域设置土壤对照监测点位；②对照监测点位选取在场地外部区域上风向。如因地形地貌、土地利用方式、污染物扩散迁移特征等因素致使土壤特征有明显差别或采样条件受到限制时，监测点位根据实际情况进行调整；③对照监测点位尽量选择在一定时间内未经外界扰动的裸露土壤。

2、场地土壤监测点位

结合初步调查结论，对重点污染区域加密布点。①监测点位选择地块的中央或有明显污染的部位，如生产车间、污水管线、废弃物堆放处等。②对于污染较均匀的场地（包括污染物种类和污染程度）和地貌严重破坏的场地（包括拆迁性破坏、历史变更性破坏），根据场地的形状采用系统随机布点法，在每个地块的中心采样。③监测点位的数量与采样深度根据场地面积、污染类型及不同使用功能区域等调查结论确定。④对于每个监测地块，表层土壤和深层土壤垂直方向层次的划分综合考虑污染物迁移情况、构筑物及管线破损情况、土壤特征等因素确定。⑤根据场地环境调查结论及现场情况确定深层土壤的采样深度，最大深度直至未受污染的深度或基岩为止。

5.1.2 土壤采样点位布设

1、土壤对照监测点位

在场地外部区域的东北方向（上风向）选择外界扰动较小的区域布设了 3 个土壤对照监测点位，以便与调查场地内土壤质量进行比照，采样深度为 0.2m。土壤对照监测点位图见图 5-1。

图 5-1 土壤对照监测点位图

2、场地土壤监测点位

本次场地详细调查土壤监测布点主要采取系统布点法，在初步调查确定的重点污染区域加密布设，其他区域尽量覆盖所有疑似污染重点区域及各生产功能区域。

（1）布点依据

本调查场地占地面积 27142.50m^2，其中重点污染区域按照不超过 20m×20m 网格布点，其他区域按照不超过 40m×40m 网格布点。本次详细调查共布设土壤监测点位 42 个，满足

《建设用地土壤环境调查评估技术指南》布点要求，土壤监测点位布设见图 5-2。

（2）采样深度

本项目为场地详细调查阶段，目的是为了确定土壤污染的范围和深度，划定污染修复范围。根据初步调查阶段土壤采样钻探情况可知，焦化厂地块土壤层较薄，靠近北侧边界最稀薄，靠近白沙河稍厚。

基于场地地层结构特点，本次详细调查土壤采样深度划分原则为：重点区域最大采样深度为钻到基岩截止，除去表面硬化层后，在 0.2m、0.7m、1.5m、2.5m 深度各采集一个样品，分别代表 0-0.5m、0.5-1.0m、1.0-2.0m、2.0-3.0m 土壤深度层；在其它区域按照 0.2m、0.7m 深度各采集一个样品，现场对于垂直方向不同特征的土壤，视现场钻探情况适当调整土壤样品间隔。

5.1.3 土壤监测因子确定

详细调查阶段土壤监测因子根据现场踏勘和资料分析，同时结合初步调查结果，对厂区以往历史监测数据进行汇总，将初步调查土壤监测中曾发现超标的因子作为本次详细调查重点关注因子，在全厂区各点位进行采样监测。本次土壤详细调查主要监测指标为：pH、砷、SVOCs。初步调查报告中未对《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）表 1 中所列 45 项进行全项检测，为了避免场地污染物识别的遗漏，本次详查选择 4 个土壤监测点位样品进行全项检测。详细调查阶段在初步调查基础上还识别出了氰化物（详见第三章 3.5 污染识别 章节），故本次在氰化物疑似污染区域采集的土壤还需检测氰化物。

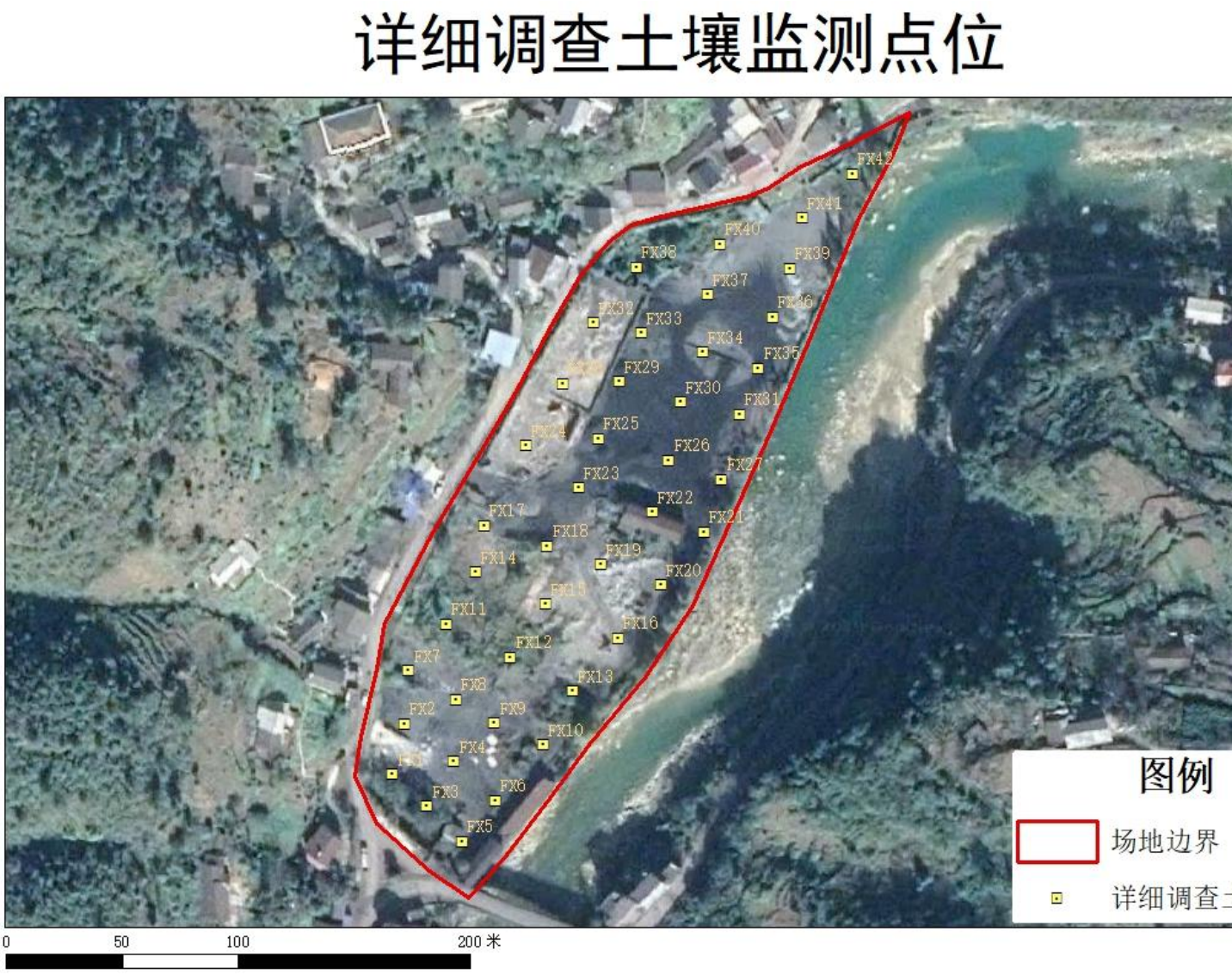


图 5-2 详细调查土壤监测点位布设图

表 5-1 土壤监测点位及监测项目

点位编号	点位坐标		监测项目
	经度	纬度	
FX1	108°03'23.34"	31°55'50.44"	pH、砷、SVOCs、氰化物
			pH、砷、SVOCs
FX2	108°03'23.50"	31°55'51.13"	pH、砷、SVOCs、氰化物（C10-C40）
			pH、砷、SVOCs

点位编号	点位坐标		监测项目
	经度	纬度	
FX3	108°03'23.82"	31°55'50.02"	pH、砷、SVOCs、氰化物（C10-C40）
			pH、砷、SVOCs
FX4	108°03'24.20"	31°55'50.62"	pH、砷、SVOCs、氰化物（C10-C40）
			pH、砷、SVOCs
FX5	108°03'24.27"	31°55'49.54"	pH、砷、SVOCs、氰化物（C10-C40）
			pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
FX6	108°03'24.72"	31°55'50.12"	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
			pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
			pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
FX7	108°03'23.57"	31°55'51.83"	pH、砷、SVOCs、氰化物
			pH、砷、SVOCs
FX8	108°03'24.24"	31°55'51.45"	pH、砷、SVOCs、氰化物
			pH、砷、SVOCs
FX9	108°03'24.77"	31°55'51.14"	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
			pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
FX10	108°03'25.41"	31°55'50.83"	pH、砷 GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
			pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX11	108°03'24.08"	31°55'52.46"	pH、砷、SVOCs

点位编号	点位坐标		监测项目
	经度	纬度	
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX12	108°03'24.94"	31°55'52.03"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX13	108°03'25.79"	31°55'51.59"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX14	108°03'24.51"	31°55'53.16"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX15	108°03'25.48"	31°55'52.74"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX16	108°03'26.36"	31°55'52.32"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX17	108°03'24.62"	31°55'53.78"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX18	108°03'25.51"	31°55'53.52"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX19	108°03'26.26"	31°55'53.26"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
FX20	108°03'26.97"	31°55'53.01"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
FX21	108°03'10.82"	31°56'01.02"	pH、砷、SVOCs
			pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
FX22	108°03'10.09"	31°56'01.28"	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项

点位编号	点位坐标		监测项目
	经度	纬度	
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX23	108°03'09.07"	31°56'01.62"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX24	108°03'25.20"	31°55'54.85"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX25	108°03'09.35"	31°56'02.28"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX26	108°03'10.32"	31°56'01.99"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX27	108°03'11.06"	31°56'01.73"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
FX28	108°03'25.73"	31°55'55.68"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX29	108°03'09.63"	31°56'03.04"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX30	108°03'10.48"	31°56'02.77"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX31	108°03'11.24"	31°56'02.55"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs
FX32	108°03'26.15"	31°55'56.49"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX33	108°03'09.93"	31°56'03.69"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX34	108°03'10.79"	31°56'03.44"	pH、砷、SVOCs

点位编号	点位坐标		监测项目
	经度	纬度	
			pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
FX35	108°03'11.57"	31°56'03.22"	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX36	108°03'28.57"	31°55'56.60"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX37	108°03'27.62"	31°55'56.89"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX38	108°03'26.75"	31°55'57.24"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX39	108°03'28.81"	31°55'57.23"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX40	108°03'27.84"	31°55'57.58"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX41	108°03'29.12"	31°55'57.86"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
FX42	108°03'29.77"	31°55'58.50"	pH、砷、SVOCs
			pH、砷、SVOCs、氰化物
TRB-1	108°3'12.78"	31°56'13.78"	pH、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍
TRB-2	108°3'27.26"	31°56'11.24"	
TRB-3	108°3'28.89"	31°55'59.70"	

5.2 地下水监测井布点方案

5.2.1 地下水监测井布点原则

地下水采样点的布设应考虑地下水的流向、水力坡降、含水层渗透性、埋深和厚度等水文地质条件，结合污染源、污染物迁移转化等因素，力求以最低的采样频次，取得最有时间代表性的样品，达到全面反映区域地下水质状况、污染原因和规律的目的。对于场地内或临近区域内的现有地下水监测井，如果符合地下水环境监测技术规范，则可以作为地下水的取样点或对照点。

5.2.2 地下水监测井点位布设

本次详细调查地下水监测在焦化厂区域内实地钻探 2 口地下水监测井，并在钢铁厂原有地下水监测井中采集了 1 组水样，共采集 3 组地下水样品，地下水监测井布设图见图 5-3。

图 5-3 地下水监测井布设图

5.2.3 地下水监测因子确认

地下水监测因子主要参考《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的常规指标与场地污染识别出的相关指标。

表 5-2 地下水监测点位及监测项目

点位编号	取样位置	经度	纬度	监测项目
DX-1	焦化厂场地内	108°3'8.18"	31°55'58.90"	pH、耗氧量、总硬度、溶解性总固体、挥发酚、氰化物、硫化物、氟化物、氨氮、六价铬、铁、锰、铜、汞、铅、镍、砷、镉、锌、石油类、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）
DX-2	焦化厂场地内	108°3'12.17"	31°56'5.27"	
DX-3	钢铁厂场地内	108°3'20.95"	31°56'8.67"	

5.3 固体废物监测方案

5.3.1 固废点位布设

经现场踏勘发现，场地租赁企业现已在场地中部北侧边界围墙内堆存煤矸石约 10000 吨。根据工业和信息化部《国家工业固体废物资源综合利用产品目录》，煤矸石属于工业固体废物。由于不同矿区的煤矸石的污染因子种类和含量差异较大，为判断场地内堆存的煤矸石是否有造成场地土壤污染的可能，本次详细调查在场地内布设 1 个固废采样点，固体废弃物监测点位设图见图 5-4。

图 5-4 固体废物监测点位设图

5.3.2 固废监测因子确定

根据煤矸石的特点，依据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001），确定的煤矸石监测因子为铬、镍、铅、镉、砷、汞和六价铬的浸出毒性以及 pH。

表 5-3 固废监测点位及监测项目

点位编号	取样位置	经度	纬度	监测项目
GF-1	煤矸石堆场	108° 3'8.20"	31°56'1.46"	pH、铬、镍、铅、镉、砷、汞、六价铬（浸出毒性）

5.4 地表水布点方案

5.4.1 地表水点位布设

白沙河在场地东侧自东北向西南流过，有因场地历史生产、土壤污染、地下水污染和当前固体废物堆存等原因造成该河流地表水污染的可能，因此本次详细调查需对场外的白沙河地表水进行取样监测。按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）布点要求，河流水质监测需布设入境断面、控制断面、出境断面，白沙河地表水监测断面布设图见图5-5。

图 5-5 地表水监测断面布设图

每个监测断面上设置的采样垂线数与各垂线上的采样点数应符合表 5-4 和表 5-5。经现场测量，白沙河河面宽度 25~40m（小于 50m），水深＜5m，因此在每个监测断面的中泓

线处采集 1 组水样。

表 5-4 采样垂线数的设置

水面宽	垂 线 数	说 明
≤50m	一条（中泓）	1.垂线布设应避开污染带，要测污染带应另加垂线。 2.确能证明该断面水质均匀时，可仅设中泓垂线。 3.凡在该断面要计算污染物通量时，必须按本表设置垂线。
50m～100m	二条（近左、右岸有明显水流处）	
＞100m	三条（左、中、右）	

表 5-5 采样垂线上的采样点数的设置

水深	垂 线 数	采样点位数	说 明
≤5m		一点（水面下 0.5m 处）	1.分层是指湖水温度分层状况。 2.水深不足 1m，在 1/2 水深处设置测点。 3.有充分数据证实垂线水质均匀时，可酌情减少测点。
5m～10m	不分层	二点（水面下 0.5m，水底上 0.5m）	
	分层	三点（水面下 0.5m，1/2 斜温层，水底上 0.5m）	
＞100m		除水面下 0.5m，水底上 0.5m 处外，按每一斜温分层 1/2 处设置	

5.4.2 地表水监测因子确定

地表水监测因子主要参考《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中的常规指标与场地污染识别出的相关指标。

表 5-6 地表水监测点位及监测项目

断面编号	水面宽	水深	采样点位数	监测项目
断面1（入境断面）	40m	1.2m	1个	pH、化学需氧量、硫化物、挥发酚、氰化物、氟化物、氨氮、六价铬、铜、锰、锌、铅、铁、镉、砷、汞、半挥发性有机物（SVOCs）
断面2（控制断面）	30m	0.8m	1个	
断面3（出境断面）	30m	0.8m	1个	

5.5 样品采集与保存方法

5.5.1 土壤样品采集

5.5.1.1 土壤采样依据

依据《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）和《土壤检测 第 1 部分：土壤样品的采集、处理和贮存》（NY/T 1121.1-2006）进行本项目土壤样品采集工作。

5.5.1.2 采样前准备

根据布点方案，制定采样计划表，准备定位仪器、现场探测设备、调查信息记录表、取样设备、样品保存装置、安全防护用品等。

本次现场采样工作准备材料清单见表 5-7。

表 5-7 材料准备清单

类别	名称
工具类	XY-1A 型钻机、手持式风钻、铲车、手工钻、洛阳铲、VOCs 采样管、木勺等
器材类	GPS、相机、卷尺、皮尺、红外测距仪、棕色广口瓶（重金属、SVOCs）、棕色小瓶（有机物）、样品标签、透明胶带、样品保温箱等
文具类	调查信息记录表、采样等记录表、文具盒、档案袋、记号笔等
安全防护用品	工作服、工作鞋、安全帽、雨衣、手套、口罩、简单常用药品等

5.5.1.3 土壤采集方法

1、现场定位

根据采样计划，采用卷尺、GPS 卫星定位仪等定位仪器对监测点进行现场定位测量，并标记。

当布设点位现场受限，不具备采样条件时，采样点位置可以根据现场判断进行适当调整。

2、土壤钻孔

土壤样品取样采用 XY-1A 型钻机，钻探方法全孔钻进，先使用手持式风钻破碎表层硬化层，再利用冲击钻头向下钻探，由于本场地几乎所有样品均需检测有机物，因此使用钻头进行下探采样时，在到达要求采样深度时，快速用取土器将未扰动的土壤取上地面，并立刻测量土壤温度，温度无异常时方可采集样品。

备注：因场地中东部煤堆存方量较大，不便于钻孔取样，需先使用铲车将取样点堆存的煤转移到周边再按上述方案钻孔取样。

3、土壤样品采集方法

土壤挥发性有机物样品采样：VOCs 样品用手持 VOCs 取土器直接在取出的岩心上进行采样，先使用不锈钢铲剥除岩心表层，再进行采样，每采完一个样品随时另一只专用取样器，并清洗前一次采样器。

土壤半挥发性有机物样品采样：用不锈钢铲或木铲采集原状土样品，取样之前在不锈钢铲和木铲之外套一次性塑封袋，取完一个点位样品后随时更换塑封袋，以保证取样器清洁，土壤样品不会相互污染。

土壤重金属样品采样：采取约 1kg 未与土壤采样器接触的土壤，样品用塑料袋盛装。

4、土壤样品保存

现场采集的样品统一放入泡沫保温箱，内部放入足够量冷冻好的蓝冰进行保温，使其内部温度恒定维持在 4ºC 以下。样品采集工作完成后，指定专人将当天样品进行记录与整理，即将样品逐件与样品登记表、样品标签和采样记录单核对，并在样品记录单上签字确认，核对无误后，将样品分类、整理和包装后放于冷藏柜中。

5、现场采样记录

土壤采样时需进行现场记录，主要内容包括：样品名称和编号、气象条件、采样时间、采样位置、采样深度、样品质地、样品的颜色和气以及采样记录人员等。填写已做好的采

样记录表及相应的样品登记表，记录好每个点位的经纬度、高程和轨迹，每个点位拍摄近景照片 1 张，反映样品现场采集状况；远景照片 2 张，反映采样点周边环境状况。GPS 照片 1 张，做好土壤性状描述等基本信息的登记。

现场土壤样品采集过程如下：

图 5-6 XY-1A 型钻机

图 5-7 手持式风钻破碎硬化层

图 5-8 铲车（使用铲车将取样点堆存的煤转移到周边）

图 5-9 挥发性有机物样品瓶

图 5-10 半挥发性有机物样品瓶

图 5-11 挥发性有机物样品采集

图 5-12 半挥发性有机物样品采集

图 5-13 样品照

根据现场采样钻探或地下水钻孔情况，场地内大部分区域土壤层厚度约为 1.0m，部分采样点位土壤层厚度达到 2.0m 或 3.0m。本次详细调查在场地内共采集 90 个土壤样品，场地外共采集 3 个土壤对照监测点样品。土壤采样情况统计表见下表：

表 5-8 土壤采样情况统计表

点位编号	点位坐标		土层厚度（m）	采样深度（m）	样品数量（个）	样品性状	监测项目
	经度	纬度					
FX1	108°03'23.34"	31°55'50.44"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX2	108°03'23.50"	31°55'51.13"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX3	108°03'23.82"	31°55'50.02"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX4	108°03'24.20"	31°55'50.62"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX5	108°03'24.27"	31°55'49.54"	≤2.0	0.2	3	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				1.5		黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX6	108°03'24.72"	31°55'50.12"	≤3.0	0.2	4	灰褐色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物

点位编号	点位坐标		土层厚度（m）	采样深度（m）	样品数量（个）	样品性状	监测项目
	经度	纬度					
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
				1.5		黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				2.5		黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX7	108°03'23.57"	31°55'51.83"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX8	108°03'24.24"	31°55'51.45"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX9	108°03'24.77"	31°55'51.14"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
FX10	108°03'25.41"	31°55'50.83"	≤2.0	0.2	3	灰褐色、黏土、潮	pH、砷 GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
				1.5		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX11	108°03'24.08"	31°55'52.46"	≤1.0	0.2	2	棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX12	108°03'24.94"	31°55'52.03"	≤2.0	0.2	3	棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs

点位编号	点位坐标		土层厚度（m）	采样深度（m）	样品数量（个）	样品性状	监测项目
	经度	纬度					
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				1.5		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX13	108°03'25.79"	31°55'51.59"	≤1.0	0.2	2	棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX14	108°03'24.51"	31°55'53.16"	≤1.0	0.2	2	棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX15	108°03'25.48"	31°55'52.74"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX16	108°03'26.36"	31°55'52.32"	≤2.0	0.2	3	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				1.5		黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX17	108°03'24.62"	31°55'53.78"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX18	108°03'25.51"	31°55'53.52"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX19	108°03'26.26"	31°55'53.26"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs

点位编号	点位坐标		土层厚度（m）	采样深度（m）	样品数量（个）	样品性状	监测项目
	经度	纬度					
FX20	108°03'26.97"	31°55'53.01"	≤1.0	0.2	2	棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX21	108°03'10.82"	31°56'01.02"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
FX22	108°03'10.09"	31°56'01.28"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX23	108°03'09.07"	31°56'01.62"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX24	108°03'25.20"	31°55'54.85"	≤1.0	0.2	2	黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX25	108°03'09.35"	31°56'02.28"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX26	108°03'10.32"	31°56'01.99"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX27	108°03'11.06"	31°56'01.73"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs

点位编号	点位坐标		土层厚度（m）	采样深度（m）	样品数量（个）	样品性状	监测项目
	经度	纬度					
FX28	108°03'25.73"	31°55'55.68"	≤1.0	0.2	2	黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX29	108°03'09.63"	31°56'03.04"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX30	108°03'10.48"	31°56'02.77"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX31	108°03'11.24"	31°56'02.55"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
FX32	108°03'26.15"	31°55'56.49"	≤1.0	0.2	2	黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		黄棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX33	108°03'09.93"	31°56'03.69"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX34	108°03'10.79"	31°56'03.44"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项、氰化物
FX35	108°03'11.57"	31°56'03.22"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、GB 36600-2018 表 1 中 45 项
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物

点位编号	点位坐标		土层厚度（m）	采样深度（m）	样品数量（个）	样品性状	监测项目
	经度	纬度					
FX36	108°03'28.57"	31°55'56.60"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX37	108°03'27.62"	31°55'56.89"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX38	108°03'26.75"	31°55'57.24"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX39	108°03'28.81"	31°55'57.23"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX40	108°03'27.84"	31°55'57.58"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX41	108°03'29.12"	31°55'57.86"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		棕色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
FX42	108°03'29.77"	31°55'58.50"	≤1.0	0.2	2	灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs
				0.7		灰褐色、黏土、潮	pH、砷、SVOCs、氰化物
TRB-1	108°3'12.78"	31°56'13.78"	/	0.2	1	棕色、黏土、潮	pH、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍
TRB-2	108°3'27.26"	31°56'11.24"	/	0.2	1	棕色、黏土、潮	
TRB-3	108°3'28.89"	31°55'59.70"	/	0.2	1	棕色、黏土、潮	

5.5.2 地下水样品采集

地下水样品采集按照 HJ 25.1、HJ 25.2、HJ/T 164、HJ 1019 要求进行。监测过程分为监测井成井、监测井洗井和地下水采样这三个步骤，详细的监测井地下水采样作业流程如下：

（1）建井

采用 XY-1A 型钻机，钻进方式为回转式钻机，监测井的建设符合 HJ 25.1、HJ 25.2、HJ/T 164 等相关要求。

（2）洗井

洗井一般分二次，即建井后的洗井和采样前的洗井。

1）建井后洗井

监测井建设完成后，至少稳定 8h 后开始成井洗井。采用成井洗井设备，通过超量抽水、汲取等方式进行洗井，不得采用反冲、气洗方式，至少洗出约 3 倍井体积的水量。使用便携式水质测定仪对出水进行测定，当浊度小于或等于 10NTU 时，可结束洗井；当浊度大于 10NTU 时，应每间隔约 1 倍井体积的洗井水量后对出水进行测定，结束洗井应同时满足以下条件：a）浊度连续三次测定的变化在 10%以内；b）电导率连续三次测定的变化在 10%以内；c）pH 连续三次测定的变化在±0.1 以内。

2）采样前洗井

取样前的洗井在第一次洗井 24 小时后开始，其洗出的水量要达到井中储水体积的 3 倍之上，同时要求 pH 值、电导率、氧化还原电位、溶解氧、浊度、水温等水质参数值稳定，但原则上洗出的水量不高于井中储水体积的 5 倍。

（2）采样方法

地下水采样在采样前的洗井完成后 2 小时内完成。取水使用一次性贝勒管，要求一井

一管，并做到一井一根提水用的尼龙绳。

优先采集用于测定挥发性有机物的地下水样品，贝勒管在井中的移动应力求缓缓上升或下降，以避免造成扰动，造成气提或气曝作用。用于测定 VOCs 的水样应采集贝勒管内的中段水样，使用流速调节阀使水样缓慢流入地下水样品瓶中，避免冲击产生气泡，一般不超过 100ml/min；将水样在地下水样品瓶中过量溢出，形成凸面，拧紧瓶盖，颠倒地下水样品瓶，观察数秒，确保瓶内无气泡，如有气泡应重新采样。采样前，除五日生化需氧量、有机物监测项目外，先用采样水荡洗采样器和水样容器 2~3 次。测定五日生化需氧量、硫化物、石油类、重金属等项目的水样应分别单独采样。pH 尽量现场测定，其余项目均采集回实验室进行分析，水质采样容器以及保存剂、保存期的要求按照 HJ/T 91-2002 开展。

采集水样后，立即将水样容器瓶盖紧，密封、贴好标签，标签包括采样日期（时间）、监测井的名称、编号，监测项目，采样人等。

采样结束前，对采样记录、时间、监测项目等进行确认，若出现错采或漏采的情况，应及时补采。

（4）样品运输及保存

水样运输前应将容器的外（内）盖盖紧。装箱时用泡沫塑料等分隔，以防破损，并在箱子内放置冰盒。运输前应检查所采水样是否已全部装箱。

地下水钻井及采样情况见下图：

图 5-14 地下水钻探过程与岩心

图 5-15 地下水样品采集

经过现场踏勘了解，发现钢铁厂现有 1 口地下水井符合相应地下水监测技术规范的水井，因此直接在相应水井使用专用的采样器进行采样。

在抽汲 2 倍于井内水体积的水后，使用专用的采样器在地下水水面 0.5m 以下进行采样，以保证水样能代表地下水水质。

5.5.3 固体废弃物样品采集

固体废物采集按照《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20-1998）要求执行，采用随机采样法对每堆固体废物采集多个分样并混合为一个样品。采样工具为木勺，采集约 1kg 左右样品用塑料袋盛装。

固废样品采样情况见下图：

图 5-16 固废样品采集

5.5.4 地表水样品采集

地表水样品的采集、流转、保存、质量控制参照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）执行。采样时应在自然状态下进行，既不能在雨天进行，也不应扰动水体底部沉积物。除油等测定用水样外，地表水容器在装入水样前，应先用该采样点水样冲洗三次。地表水样品采集情况如下图所示：

图 5-17 地表水样品采集

5.6 样品分析方法

本项目所有样品委托具备中国计量认证 CMA 资质的第三方检测机构进行检测，具体分析方法详见各检测报告。

5.7 质量保证与质量控制

5.7.1 采样现场质量控制与管理

样品采集过程严格按照《建设用地土壤污染风险管控和修复》（HJ 25.2-2019）、《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2004）、《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）中的技术规范进行操作。

调查采样点布设，由具备专业知识背景、专业技术和工作经验的工程师根据第一阶段调查的相关结论确定的地理位置及场地边界条件，确定布点范围，根据工作指南要求，结合现场情况，科学布点，确定土壤和地下水采样点位置、深度等参数，制定详细的采样方案，并严格执行。

1、土壤采样质量保证措施如下：

（1）为防止采样过程中的交叉感染，手工钻采样过程中，在第一个钻孔开孔前要进行设备清洗；进行连续多次钻孔的钻探设备应进行清洗；同一手工钻在不同深度采样时，应对钻探设备、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。一般情况下可用清水清理，也可用带材土壤或清洁土壤进行清洗；必要时或特殊情况下，可采用无磷去垢剂溶液、高压自来水、去离子水（蒸馏水）或 10%硝酸进行清洗。

（2）所用采样工具、设备和器材应齐备并事先检查干燥、洁净和完好程度，且不与待采样品发生任何反应，确保不会造成样品污染。

（3）测定重金属的土壤样品，尽量用竹铲、竹片直接采取样品，或用铁铲、土钻挖掘后，用竹片刮去与金属采样器接触的部分，再用竹片采取样品。

（4）每个 VOCs 样品均取 2 份，其中一个作为平行样；同一样品批次内，放置一个空白样。

（5）采样现场质量控制样是现场采样和实验室质量控制的重要手段。质量控制样一般包括平行样、空白样及运输样，质控样品的分析数据可从采样到样品运输、贮存和数据分

析等不同阶段反应数据质量。

（6）采样操作时，每个点位的经纬度、高程和轨迹，每个点位拍摄的近景照片 1 张，反映样品现场采集状况；远景照片 1 张，反映采样点周边环境状况；采样样品编号 1 张，反应样品编号情况。GPS 照片 1 张，做好样品性状描述等基本信息的登记。

（6）现场采样记录、现场监测记录可使用表格描述土壤特征、可以物质或异常现象等，同时应保留现场相关影像记录，其内容、页码、编号要齐全便于核查，如有改动应注明修改人及时间。

2、地下水采样质量保证措施如下：

（1）采样人员必须通过岗前培训、持证上岗，切实掌握地下水采样技术，熟知采样器具的使用和样品固定、保存、运输条件。

（2）用于水样采集的聚乙烯瓶由于重复利用，在每次使用结束后必须先用水清洗干净，再用 20%稀硝酸溶液浸泡 24 小时以上，再用蒸馏水冲洗干净，且每批需抽样加 2%硝酸浸泡半小时后测量重金属空白，确认瓶子无残留才可用于采样。

（3）采样过程中采样人员不应有影响采样质量的行为，如使用化妆品，在采样时、样品分装时及样品密封现场吸烟等。汽车应停放在监测点（井）下风向 50m 以外处。

（4）水样采集完成后，严格按照要求添加固定剂。保存剂必须优级纯级别，并使用一次性滴管，必须使用广泛 pH 试纸、或 pH 笔或 pH 计来确定保存剂的加入量。

（5）同一监测点（井）应有两人以上进行采样，注意采样安全，采样过程要相互监护，防止中毒及掉入井中等意外事故的发生。

5.7.2 样品保存与流转中质量控制

（1）现场交接

样品采集后，指定专人将样品从现场送往临时整理室，到达临时整理室后，送样者和

接样者同时清点样品，即将样品逐件与样品登记表、样品标签和采样记录单核对，并在样品流转单（Chain Of Custody Record - COC）上签字确认，COC 由送样方和接样方各存一份备查。样品统一放入泡沫保温箱，内部放入足够量冷冻好的蓝冰进行保温，使其内部温度恒定维持在 4°C 以下，同时应确保样品的密封性和包装的完整性。

（2）邮寄流转

核对无误后，将样品分类、整理和包装后放于冷藏柜中，于当天或第二天发往检测单位。样品运输过程中均采用保温箱保存，内置低温蓝冰，以保证保温箱温度不高于 4℃。同时严防样品的损失、混淆和沾污，直至最后到达检测单位分析实验室，完成样品交接。

（3）实验室流转

待检测结构收到样品后，需要对收样单进行核对，同时发送邮件和取样方确认。

现场采集的样品装入由采样容器中后，对采样日期、采样地点等进行记录，并在容器表面标签上用无二甲苯等挥发性化学品的记号笔进行标识，标识后的样品现场立即放入低温保存箱。

5.7.3 采样过程中二次污染的控制

为避免采样过程中钻机的交叉污染，每个钻孔采样前需要对钻探设备进行清洁；同一钻孔在不同深度采样时，对钻探设备和取样装置也要进行清洗；与土壤接触的其它采样工具，在重复使用时也要进行清洗。具体情况如下：

（1）采样过程中采样人员不应有影响采样质量的行为，不得在采样时、样品分装时及样品密封的现场吸烟，不得随意丢弃采样过程中产生的垃圾以及可能影响土壤及地下水环境质量的物品等。

（2）采集土壤或土柱原状保留，待取样结束后统一回填。

（3）每完成一个样品的采集应更换采样手套并清洁采样工具，采样人员佩戴的手套、口罩等统一收集，集中处理。

5.7.4 样品测试分析质量控制

1、实验室环境要求。

（1）实验室应保持整洁、安全的操作环境，通风良好、布局合理，相互有干扰的监测项目不在同一实验室内操作，测试区域应与办公场所分离；

（2）监测过程中有废雾、废气产生的实验室和试验装置，应配置合适的排风系统；

（3）产生刺激性、腐蚀性、有毒气体的实验操作应在通风柜内进行；

（4）分析天平应设置专室，安装空调、窗帘，做到避光、防震、防尘、防潮、防腐蚀性气体和避免空气对流，环境条件满足规定要求；

（5）化学试剂贮藏室必须防潮、防火、防爆、防毒、避光和通风，固体试剂和酸类、有机类等液体试剂应隔离存放；

（6）监测过程中产生的“三废”应妥善处理，确保符合环保、健康、安全的要求。

2、实验室内环境条件控制。

（1）监测项目或监测仪器设备对环境条件有具体要求和限制时，应配备对环境条件进行有效监控的设施；

（2）当环境条件可能影响监测结果的准确性和有效性时，必须停止监测。一般分析实验用水电导率应小于 3.0μs/cm。特殊用水则按有关规定制备，检验合格后使用。应定期清洗盛水容器，防止容器玷污而影响实验用水的质量；

（3）根据监测项目的需要，选用合适材质的器皿，必要时按监测项目固定专用，避免交叉污染。使用后应及时清洗、晾干、防止灰尘玷污；

（4）应采用符合分析方法所规定等级的化学试剂。取用试剂时，应遵循“量用为出、只出不进”的原则，取用后及时盖紧试剂瓶盖，分类保存，严格防止试剂被玷污。固体试剂不宜与液体试剂或试液混合贮存。经常检查试剂质量，一经发现变质、失效，应及时废弃。

3、实验室测试要求。

（1）空白样：所有的目标化学物在空白样中不可检出；

（2）检测限：每一种化学物的方法检测限满足要求；

（3）替代物的回收率：每种替代物回收率满足要求；

（4）加标样回收率：每种化学物的加标样回收率满足要求；

（5）重复率：重复样间允许的相对百分比误差满足要求；

（6）实验室仪器满足相应值要求；

（7）具备在规定时间内分析本项目大量样品的能力。

为确保样品分析质量，本项目所有土壤、地下水等样品检测分析工作均选择具有“实验室认可（CNAS）”，“IS0900I 认证”和“计量资质认定证书（CMA）认证资质”的实验室进行分析监测。样品的分析测试方法应优先选用国家或行业标准分析方法，尚无国家或行业标准分析方法的监测项目，可选用行业统一分析方法或行业规范。

5.8 详细调查采样小结

1、土壤：在初步调查污染重点污染区域按照不超过 20m×20m 网格布点，其他区域按照不超过 40m×40m 网格布点，共布设了土壤监测点位 42 个，在场地上风向布设了 3 个土壤对照监测点位。

2、地下水：在场地内布设了 3 口地下水监测井，采集了 3 组地下水样品。

3、固废：在场地中部北侧墙边煤矸石堆体处采集了 1 个固废样品。

4、地表水：根据初步调查建议需对场外白沙河地表水进行取样监测。按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）布点及采样要求，在白沙河布设了 1 个入境断面、1 个控制断面、1 个出境断面，共采集了 3 组地表水样品。

第六章 详细调查检测结果和评价

6.1 水文地勘结果分析

6.1.1 水位调查结果分析

本次详细调查在场地内布设了 3 口地下水监测井，地下水监测井基本情况见表 6-1。

表 6-1 地下水监测井基本情况一览表

点位编号	监测点位置	经度	纬度	井口高程（m）	静止水位（m）	地下水埋深（m）	备注
DX1	焦化厂场地内	108°3'8.18"	31°55'58.90"	570	566.8	3.20	
DX2	焦化厂场地内	108°3'12.17"	31°56'5.27"	574	568.8	5.20	
DX3	钢铁厂场地内	108°3'20.95"	31°56'8.67"	578	569.7	8.30	

场地区域地下水流向见图 6-1。利用“三点法”*对地下水流向的进行判断，可知该区域内地下水主导流向是东北向西南。

*三点法确定地下水流向：选择不在一条直线上的三个井点，分别测定井的高程，分别测出地下水位埋深（井口到水面距离）。井口高程-地下水位埋深=地下水位高程。将三个井点准确定位在地形图上，三点连线做出一个三角形，在每条线上插高程数值。相等高程值连成线即等水位线。垂直等水位线方向由高水位到低水位即是地下水流向。

图 6-1 地下水流向图（长箭头为地下水流向）

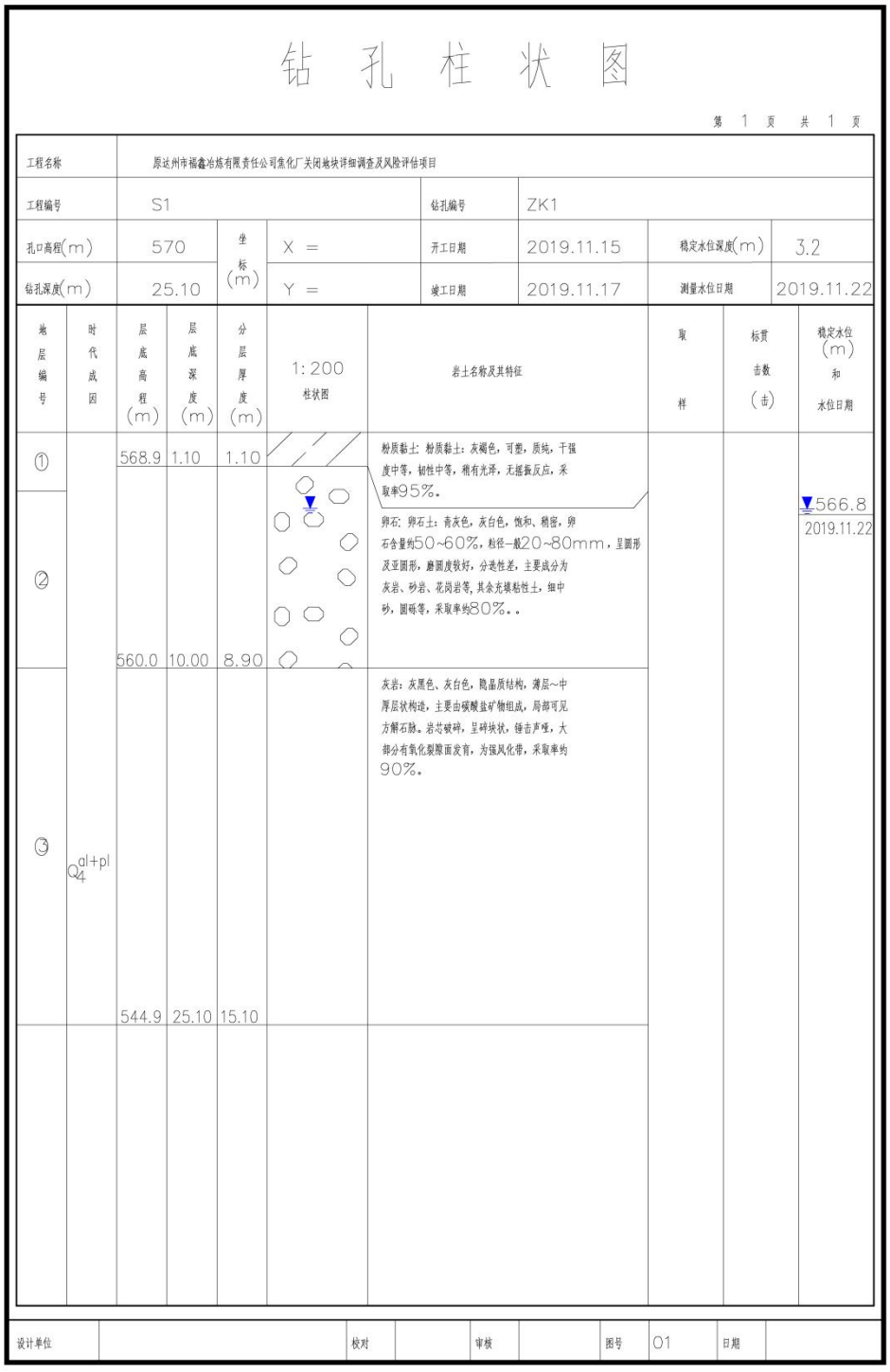
6.1.2 钻探结果分析

根据地下水监测井建井钻孔揭示，场地地质主要分为 3 个层次，粉质黏土（Q_4^{dl+pl}）、卵石（Q_4^{dl+pl}）、灰岩（Q_4^{dl+pl}），详细地层情况分述如下：

①粉质黏土（Q_4^{dl+pl}）：粉质黏土，灰褐色，可塑，质纯，干强度中等，韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，层厚 1.00～2.0m。

②卵石（Q_4^{dl+pl}）：卵石土，青灰色，灰白色，稍密，卵石含量约 50～60%，粒径一般 20～80mm，呈圆形及亚圆形，磨圆度较好，分选性差，主要成分为灰岩、砂岩、花岗岩等，其余充填黏性土，细中砂石，圆砾等，层厚 6.0～8.9m。

③灰岩（Q_4^{dl+pl}）：灰黑色、灰白色，隐晶质结构，薄层~中厚层状构造，主要由碳酸盐矿物组成，局部可见方解石脉。岩芯破碎，呈碎块状，锤击声哑，大部分有氧化裂隙面发育，为强风化带，层厚 15.10～17.30m。



钻 孔 柱 状 图

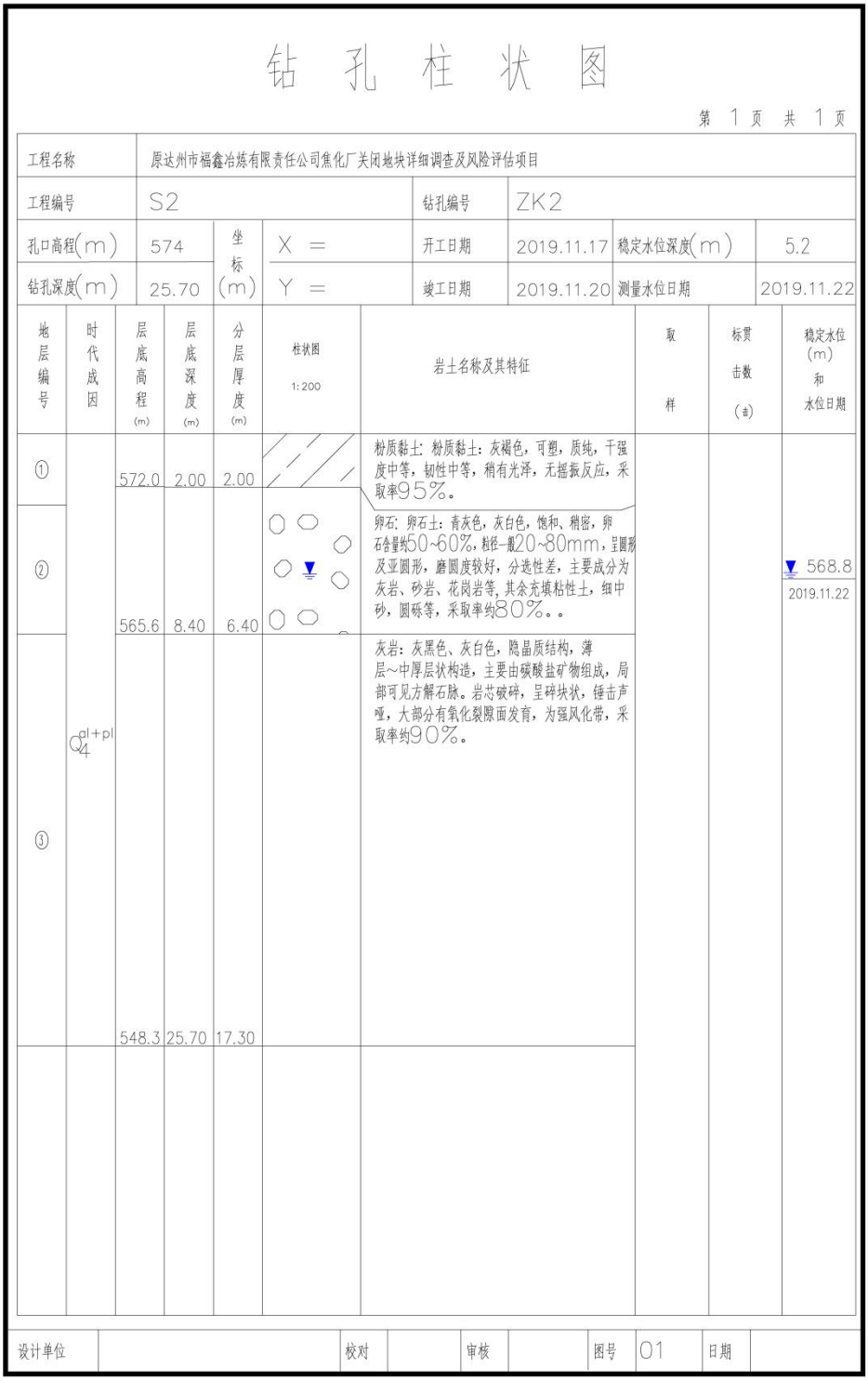
第 1 页 共 1 页

工程名称	原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块详细调查及风险评估项目						
工程编号	S1			钻孔编号	ZK1		
孔口高程(m)	570	坐标(m)	X =	开工日期	2019.11.15	稳定水位深度(m)	3.2
钻孔深度(m)	25.10		Y =	竣工日期	2019.11.17	测量水位日期	2019.11.22

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	1:200 柱状图	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)	稳定水位(m)和水位日期
①		568.9	1.10	1.10		粉质黏土：粉质黏土：灰褐色，可塑，质纯，干强度中等，韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，采取率95%。			▼566.8 2019.11.22
②		560.0	10.00	8.90		卵石：卵石土：青灰色，灰白色，饱和、稍密，卵石含量约50~60%，粒径一般20~80mm，呈圆形及亚圆形，磨圆度较好，分选性差，主要成分为灰岩、砂岩、花岗岩等，其余充填粘性土，细中砂，圆砾等，采取率约80%。。			
③	Q_4^{al+pl}	544.9	25.10	15.10		灰岩：灰黑色、灰白色，隐晶质结构，薄层~中厚层状构造，主要由碳酸盐矿物组成，局部可见方解石脉。岩芯破碎，呈碎块状，锤击声哑，大部分有氧化裂隙面发育，为强风化带，采取率约90%。			

设计单位		校对		审核		图号	01	日期	

图 6-2 地下水监测井 ZK1 钻孔柱状图



钻 孔 柱 状 图

第 1 页 共 1 页

工程名称	原达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块详细调查及风险评估项目						
工程编号	S2			钻孔编号	ZK2		
孔口高程(m)	574	坐标(m)	X =	开工日期	2019.11.17	稳定水位深度(m)	5.2
钻孔深度(m)	25.70		Y =	竣工日期	2019.11.20	测量水位日期	2019.11.22

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:200	岩土名称及其特征	取样	标贯击数(击)	稳定水位(m)和水位日期
①		572.0	2.00	2.00		粉质黏土：粉质黏土：灰褐色，可塑，质纯，干强度中等，韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，采取率95%。			
②		565.6	8.40	6.40		卵石：卵石土：青灰色，灰白色，饱和、稍密，卵石含量约50~60%，粒径一般20~80mm，呈圆形及亚圆形，磨圆度较好，分选性差，主要成分为灰岩、砂岩、花岗岩等，其余充填粘性土，细中砂，圆砾等，采取率约80%。。			▼ 568.8 2019.11.22
③	Q_4^{al+pl}	548.3	25.70	17.30		灰岩：灰黑色、灰白色，隐晶质结构，薄层~中厚层状构造，主要由碳酸盐矿物组成，局部可见方解石脉。岩芯破碎，呈碎块状，锤击声哑，大部分有氧化裂隙面发育，为强风化带，采取率约90%。			

设计单位		校对		审核		图号	01	日期	

图 6-3 地下水监测井 ZK2 钻孔柱状图

6.2 评价标准选择

6.2.1 土壤评价标准的选用

根据《沙滩镇总体规划--综合用地规划 2010~2030 年》（见附图 2）可知，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块拟规划为居住用地（R），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地。

本项目场地调查土壤污染物评价选用国家现行标准，即《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）第一类用地风险筛选值作为本次调查评价标准，如表 6-1。

表6-2 土壤污染评价风险筛选值

单位：mg/kg

序号	污染物项目	第一类用地风险筛选值	第一类用风险管控值	备注
1	砷	20*	120	
2	镉	20	47	
3	六价铬	3.0	30	
4	铜	2000	8000	
5	铅	400	800	
6	汞	8	33	
7	镍	150	600	
8	石油烃	826	5000	
9	四氯化碳	0.9	9	
10	氯仿	0.3	5	
11	氯甲烷	12	21	
12	1,1-二氯乙烷	3	20	
13	1,2-二氯乙烷	0.52	6	

序号	污染物项目	第一类用地风险筛选值	第一类用风险管控值	备注
14	1,1-二氯乙烯	12	40	
15	顺-1,2-二氯乙烯	66	200	
16	反-1,2-二氯乙烯	10	31	
17	二氯甲烷	94	300	
18	1,2-二氯丙烷	1	5	
19	1,1,1,2-四氯乙烷	2.6	26	
20	1,1,2,2-四氯乙烷	1.6	14	
21	四氯乙烯	11	34	
22	1,1,1-三氯乙烷	701	840	
23	1,1,2-三氯乙烷	0.6	5	
24	三氯乙烯	0.7	7	
25	1,2,3-三氯丙烷	0.05	0.5	
26	氯乙烯	0.12	1.2	
27	苯	1	10	
28	氯苯	68	200	
29	1,2-二氯苯	560	560	
30	1,4-二氯苯	5.6	56	
31	乙苯	7.2	72	
32	苯乙烯	1290	1290	
33	甲苯	1200	1200	
34	间二甲苯+对二甲苯	163	500	
35	邻二甲苯	222	640	
36	硝基苯	34	190	
37	苯胺	92	211	
38	2-氯酚	250	500	

序号	污染物项目	第一类用地风险筛选值	第一类用风险管控值	备注
39	苯并[a]蒽	5.5	55	
40	苯并[a]芘	0.55	5.5	
41	苯并[b]荧蒽	5.5	55	
42	苯并[k]荧蒽	55	550	
43	䓛	490	4900	
44	二苯并[a,h]蒽	0.55	5.5	
45	茚并[1,2,3-cd]芘	5.5	55	
46	萘	25	255	
47	氰化物	22	44	

备注：①第一类用地：包括 GB 50137 规定的城市建设用地中的**居住用地（R）**，公共管理与公共服务用地中的中小学用地（A33）、医疗卫生用地（A5）和社会福利设施用地（A6），以及公园绿地（G1）中的社区公园或儿童公园用地等。

②第二类用地：包括 GB 50137 规定的城市建设用地中的工业用地（M），物流仓储用地（W），商业服务业设施用地（B），道路与交通设施用地（S），公用设施用地（U），公共管理与公共服务用地（A）（A33、A5、A6 除外），以及绿地与广场用地（G）（G1 中的社区公园或儿童公园用地除外）等。

*《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定：具体地块土壤中污染物检测含量超过筛选值，但等于或者低于土壤环境背景值水平的，不纳入污染地块管理。土壤背景值可参见附录 A。

6.2.2 地下水评价标准的选用

本项目所在区域的地下水不涉及地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）补给径流区和保护区，因此，选用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的 IV 类标准规定的限值作为地下水污染物评价标准。该标准中无石油类相关限值，在工业场地的地下水评价中，一般采用保守算法，按照生活饮用水石油烃标准限值 0.3mg/L 来评价。

根据《地下水污染健康风险评估工作指南（试行）》（2019.9），地下水有毒有害指

标超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的 IV 类标准、《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）等相关标准时，启动地下水污染健康风险评估工作。

地下水污染物评价标准值见表 6-3 所示。

表6-3 地下水污染评价标准值

单位：mg/L

序号	污染物项目	IV类标准值	备注
1	pH	5.5～6.5 8.5～9.0	《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的 IV 类
2	耗氧量	10.0	
3	总硬度	650	
4	溶解性总固体	2000	
5	挥发酚	0.01	
6	氰化物	0.1	
7	硫化物	0.10	
8	氟化物	2.0	
9	氨氮	1.50	
10	六价铬	0.10	
11	铁	2.0	
12	锰	1.50	
13	铜	1.50	
14	汞	0.002	
15	铅	0.10	
16	镍	0.10	
17	砷	0.05	
18	镉	0.01	
19	锌	5.00	

序号	污染物项目	Ⅳ类标准值	备注
20	挥发性有机物（VOCs）	--	
21	半挥发性有机物（SVOCs）	---	
22	石油类	0.3	《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）

6.2.3 固废评价标准的选用

根据工业和信息化部《国家工业固体废物资源综合利用产品目录》，煤矸石属于工业固体废物，为判断场地内堆存的煤矸石是否有造成场地土壤污染的可能，选用《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）对第 I 类和第 II 类一般工业固体废物的评价标准，即“按照 GB 5086 规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中，任何一种污染物浓度均未超过 GB 8978 最高允许排放浓度，且 pH 值在 6～9 范围之内的一般工业固体废物，为 I 类一般工业固体废物；有一种或一种以上的污染物浓度超过 GB 8978 最高允许排放浓度，或者是 pH 值在 6～9 范围之外的一般工业固体废物，为 II 类一般工业固体废物”，对场地内临时堆存的煤矸石性质进行评价。

表6-4 固废类别判断评价标准

单位：mg/L

序号	污染物项目	Ⅰ类固废标准值	备注
1	pH	6~9（无量纲）	
2	铬	1.5	
3	镍	1.0	
4	铅	1.0	
5	镉	0.1	
6	砷	0.5	
7	汞	0.05	

序号	污染物项目	I类固废标准值	备注
8	六价铬	0.5	

6.2.4 地表水评价标准的选用

本项目选用《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中的 III 类标准规定的限值作为地表水污染物评价标准。地表水污染物评价标准值见表 6-5 所示。

表6-5 地表水污染评价标准值

单位：mg/L

序号	污染物项目	III类标准值	备注
1	pH	6~9（无量纲）	
2	化学需氧量	20	
3	硫化物	0.2	
4	挥发酚	0.005	
5	氰化物	0.2	
6	氟化物	1.0	
7	氨氮	1.0	
8	六价铬	0.05	
9	铜	1.0	
10	锰	0.1	
11	锌	1.0	
12	铅	0.05	
13	铁	0.3	
14	镉	0.005	
15	砷	0.05	
16	汞	0.0001	

序号	污染物项目	III类标准值	备注
17	半挥发性有机物	--	

6.3 检测结果与分析

6.3.1 土壤检测结果与分析

6.3.1.1 土壤对照监测点检测结果

本次详细调查共采集 3 个土壤对照监测点样品，检测结果见表 6-6。对照监测点土壤样品 pH 平均值为 7.76，呈碱性；砷平均值为 10.53mg/kg，镉平均值为 0.34mg/kg，铜平均值为 27mg/kg，铅平均值为 111mg/kg，汞平均值为 0.33mg/kg，镍平均值为 28mg/kg，六价铬未检出，均未超过建设用地第一类用地风险筛选值。

表6-6 土壤对照点样品检测结果统计表

单位：mg/kg

筛选值 / 检测指标	编号	pH	砷	镉	铜	铅	汞	镍	六价铬
		--	20	20	2000	400	8	150	3.0
1	TRB-1	8.00	11.0	0.23	23	58.8	0.12	30	ND
2	TRB-2	7.90	12.1	0.67	38	191	0.43	31	ND
3	TRB-3	7.38	8.50	0.11	19	83.0	0.43	23	ND
平均值		7.76	10.53	0.34	27	111	0.33	28	ND

备注：ND 表示未检出，即检测结果低于方法检出限。

6.3.1.2 场地内土壤调查结果

1、pH

本次详细调查共送检 90 个土壤样品检测 pH 值，检测结果见表 6-7。

表6-7 土壤样品pH值检测结果统计表

序号	样品编号	pH	序号	样品编号	pH	序号	样品编号	pH
1	FX1-1	7.35	31	FX13-2	6.08	61	FX28-1	8.16
2	FX1-2	7.79	32	FX14-1	8.70	62	FX28-2	8.10
3	FX2-1	8.14	33	FX14-2	8.52	63	FX29-1	8.60
4	FX2-2	8.16	34	FX15-1	8.79	64	FX29-2	8.65
5	FX3-1	8.31	35	FX15-2	8.61	65	FX30-1	8.66
6	FX3-2	8.26	36	FX16-1	8.82	66	FX30-2	8.64
7	FX4-1	8.35	37	FX16-2	8.90	67	FX31-1	8.72
8	FX4-2	8.34	38	FX16-3	8.95	68	FX31-2	8.75
9	FX5-1	8.28	39	FX17-1	8.89	69	FX32-1	8.73
10	FX5-2	8.08	40	FX17-2	8.78	70	FX32-2	8.77
11	FX5-3	8.05	41	FX18-1	8.68	71	FX33-1	8.80
12	FX6-1	8.11	42	FX18-2	8.58	72	FX33-2	8.90
13	FX6-2	8.13	43	FX19-1	8.59	73	FX34-1	8.95
14	FX6-3	7.92	44	FX19-2	8.61	74	FX34-2	8.86
15	FX6-4	7.80	45	FX20-1	8.48	75	FX35-1	8.94
16	FX7-1	8.40	46	FX20-2	8.38	76	FX35-2	8.93
17	FX7-2	8.38	47	FX21-1	8.32	77	FX36-1	8.96
18	FX8-1	8.50	48	FX21-2	8.22	78	FX36-2	8.89
19	FX8-2	8.46	49	FX22-1	8.20	79	FX37-1	8.85
20	FX9-1	8.16	50	FX22-2	8.13	80	FX37-2	8.75
21	FX9-2	8.15	51	FX23-1	8.52	81	FX38-1	8.90
22	FX10-1	8.58	52	FX23-2	8.22	82	FX38-2	8.97

序号	样品编号	pH	序号	样品编号	pH	序号	样品编号	pH
23	FX10-2	8.35	53	FX24-1	8.50	83	FX39-1	8.86
24	FX10-3	8.21	54	FX24-2	8.37	84	FX39-2	8.76
25	FX11-1	7.81	55	FX25-1	8.27	85	FX40-1	8.67
26	FX11-2	6.90	56	FX25-2	8.18	86	FX40-2	8.43
27	FX12-1	6.50	57	FX26-1	8.28	87	FX41-1	8.28
28	FX12-2	6.34	58	FX26-2	8.30	88	FX41-2	8.29
29	FX12-3	6.41	59	FX27-1	8.23	89	FX42-1	8.15
30	FX13-1	6.10	60	FX27-2	8.13	90	FX42-2	8.13

经数理统计分析，本次调查土壤样品 pH 值检测结果显示：pH 最大值为 8.97，最小值为 6.08，平均值为 8.31，整体偏碱性。

2、砷

本次详细调查共送检 90 个土壤样品检测砷，检测结果见表 6-8。

表6-8 土壤样品砷检测结果统计表

单位：mg/kg

序号	样品编号	砷	序号	样品编号	砷	序号	样品编号	砷
1	FX1-1	16.1	31	FX13-2	5.92	61	FX28-1	8.24
2	FX1-2	6.40	32	FX14-1	5.41	62	FX28-2	6.51
3	FX2-1	16.2	33	FX14-2	6.89	63	FX29-1	19.9
4	FX2-2	9.23	34	FX15-1	5.61	64	FX29-2	9.30
5	FX3-1	15.5	35	FX15-2	8.75	65	FX30-1	13.6
6	FX3-2	6.82	36	FX16-1	7.70	66	FX30-2	9.03
7	FX4-1	**40.6**	37	FX16-2	5.51	67	FX31-1	9.91

序号	样品编号	砷	序号	样品编号	砷	序号	样品编号	砷
8	FX4-2	7.36	38	FX16-3	6.61	68	FX31-2	11.4
9	FX5-1	8.31	39	FX17-1	**25.2**	69	FX32-1	4.86
10	FX5-2	9.77	40	FX17-2	8.01	70	FX32-2	6.87
11	FX5-3	7.24	41	FX18-1	19.6	71	FX33-1	**46.2**
12	FX6-1	8.63	42	FX18-2	7.86	72	FX33-2	10.2
13	FX6-2	7.20	43	FX19-1	17.0	73	FX34-1	56.9
14	FX6-3	5.72	44	FX19-2	7.81	74	FX34-2	9.83
15	FX6-4	6.66	45	FX20-1	9.93	75	FX35-1	**83.1**
16	FX7-1	**34.8**	46	FX20-2	9.77	76	FX35-2	10.8
17	FX7-2	7.37	47	FX21-1	9.41	77	FX36-1	9.00
18	FX8-1	19.2	48	FX21-2	8.28	78	FX36-2	9.21
19	FX8-2	6.20	49	FX22-1	8.45	79	FX37-1	10.4
20	FX9-1	6.56	50	FX22-2	8.92	80	FX37-2	18.8
21	FX9-2	6.90	51	FX23-1	4.82	81	FX38-1	11.0
22	FX10-1	6.91	52	FX23-2	6.85	82	FX38-2	**42.8**
23	FX10-2	5.48	53	FX24-1	4.48	83	FX39-1	11.2
24	FX10-3	6.97	54	FX24-2	7.93	84	FX39-2	7.58
25	FX11-1	6.94	55	FX25-1	7.65	85	FX40-1	10.4
26	FX11-2	4.84	56	FX25-2	6.87	86	FX40-2	9.80
27	FX12-1	6.40	57	FX26-1	7.94	87	FX41-1	10.9
28	FX12-2	5.49	58	FX26-2	5.36	88	FX41-2	9.82
29	FX12-3	4.85	59	FX27-1	6.27	89	FX42-1	8.84
30	FX13-1	6.06	60	FX27-2	7.70	90	FX42-2	9.62

表 6-9 砷检测结果分析表

污染物	筛选值（mg/kg）	检测样品数（个）	检出样品数（个）	最大值	最小值	检出平均值	检出率	超标率（检出样品）	超标率（所有样品）
				mg/kg			%		
砷	20	90	90	83.1	4.48	11.79	100	6.7	6.7

经数理统计分析，本次调查土壤样品砷检测结果显示：砷最大值为 83.1mg/kg，最小值为 4.48mg/kg，平均值为 11.79mg/kg。有 6 个土壤样品砷含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标点位位于 FX4-1、FX7-1、FX17-1、FX33-1、FX35-1、FX38-2，超标率为 6.7%，最大超标倍数 3.16 倍，但均未超过第一类建设用地风险管控值。土壤样品砷超标统计分析表见表 6-10，砷 0-0.5m、0.5-1.0m 土壤层污染分布图分别见图 6-4 和 6-5。

表 6-10 土壤样品砷超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	砷（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX4-1	0.2	40.6	1.03	筛选值：20mg/kg 管控值：120mg/kg
2	FX7-1	0.2	34.8	0.74	
3	FX17-1	0.2	25.2	0.26	
4	FX33-1	0.2	46.2	1.31	
5	FX35-1	0.2	83.1	3.16	
6	FX38-2	0.7	42.8	1.14	

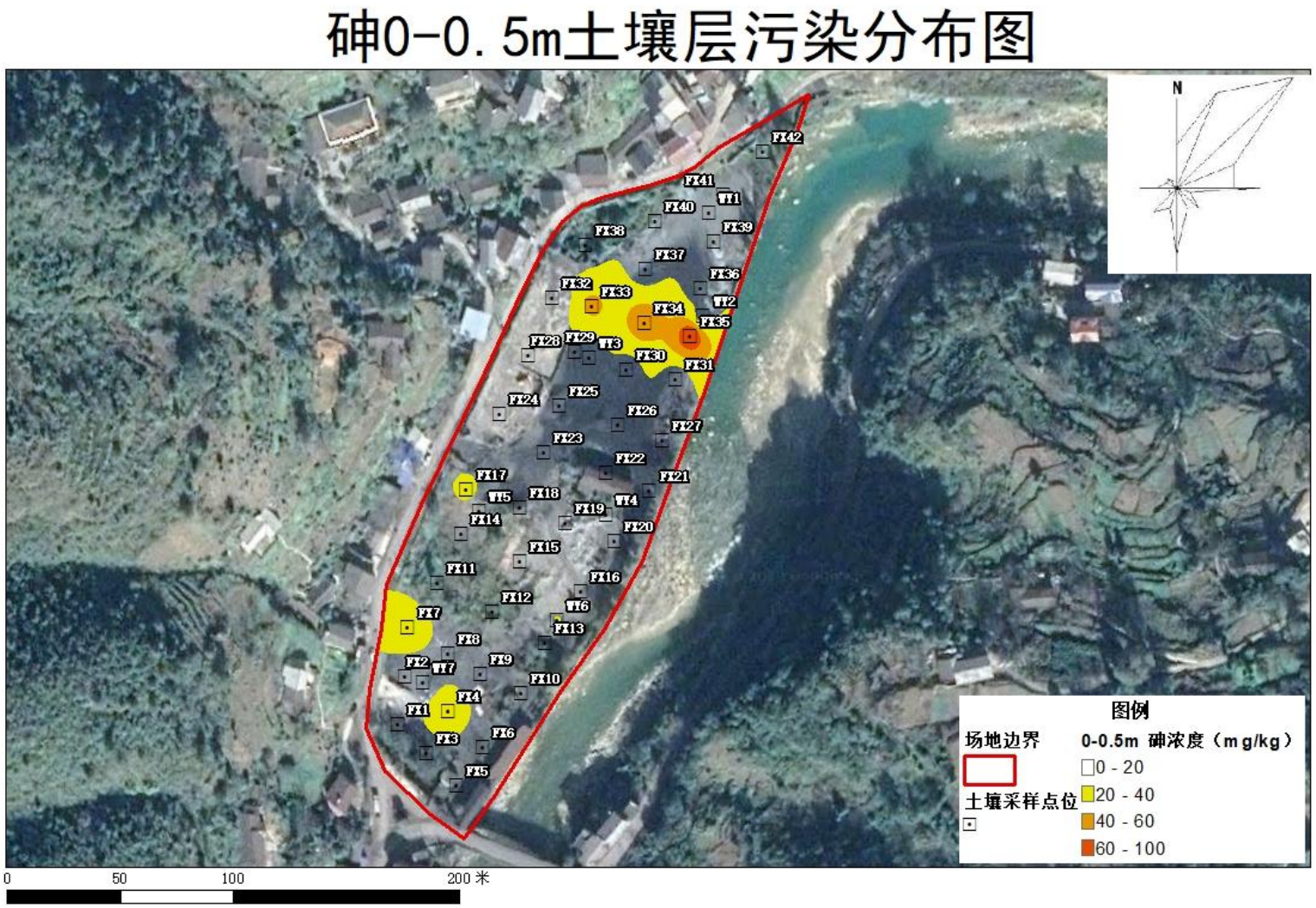


图 6-4 砷 0-0.5m 土壤层污染分布图

图 6-5 砷 0.5-1.0m 土壤层污染分布图

3、氰化物

本次详细调查共送检 38 个土壤样品检测氰化物，检测结果见表 6-11。

表6-11 土壤样品氰化物检测结果统计表

单位：mg/kg

序号	样品编号	氰化物	序号	样品编号	氰化物	序号	样品编号	氰化物
1	FX1-1	ND	14	FX14-1	ND	27	FX30-1	0.05
2	FX2-1	0.06	15	FX15-1	ND	28	FX31-1	0.05
3	FX3-1	ND	16	FX16-1	ND	29	FX33-1	0.05
4	FX4-1	0.63	17	FX17-1	0.06	30	FX34-1	ND
5	FX5-1	0.05	18	FX18-1	0.10	31	FX35-1	ND
6	FX6-1	0.09	19	FX19-1	ND	32	FX36-1	0.05
7	FX7-1	0.26	20	FX22-1	ND	33	FX37-1	ND
8	FX8-1	0.29	21	FX23-1	0.10	34	FX38-1	0.05
9	FX9-1	0.07	22	FX24-1	0.10	35	FX39-1	ND
10	FX10-1	0.04	23	FX25-1	0.05	36	FX40-1	ND
11	FX11-1	0.05	24	FX26-1	0.09	37	FX41-1	ND
12	FX12-1	0.06	25	FX27-1	0.06	38	FX42-1	ND
13	FX13-1	ND	26	FX29-1	ND			

备注：ND 表示未检出，即检测结果低于方法检出限。

表 6-12 氰化物检测结果分析表

污染物	筛选值（mg/kg）	检测样品数（个）	检出样品数（个）	最大值	最小值	检出平均值	检出率	超标率（检出样品）	超标率（所有样品）
				mg/kg			%		
氰化物	22	38	22	0.63	0.04	0.11	57.89	0	0

经数理统计分析，本次调查土壤样品氰化物检测结果显示：氰化物最大值为 0.63mg/kg，最小值为 0.04mg/kg，检出平均值为 0.11mg/kg。所有土壤样品氰化物含量均未超过第一类建设用地风险筛选值，对人体的健康风险可以忽略。

4、半挥发性有机物（SVOCs）

本次详细调查共送检 90 个土壤样品检测半挥发性有机物（SVOCs），所有样品均未检出苯胺、2-氯酚、硝基苯、2,4-二氯酚、六氯环戊二烯、2,4,6-三氯酚、2,4-二硝基苯酚、2,4-二硝基甲苯、五氯酚、邻苯二甲酸丁苄酯、邻苯二甲酸二（2-乙基己基）酯、邻苯二甲酸二正辛酯、3,3'-二氯联苯胺，其它半挥发性有机物指标有检出的结果统计表见表 6-13。

表6-13 土壤样品半挥发性有机物检测结果统计表

单位：mg/kg

检测指标 / 筛选值 / 编号		萘	苯并（a）蒽	䓛	苯并（b）荧蒽	苯并（k）荧蒽	苯并（a）芘	茚并（1,2,3-cd）芘	二苯并（a,h）蒽
		25	5.5	490	5.5	55	0.55	5.5	0.55
1	FX1-1	5.51	**38.6**	33.8	**29.2**	33.0	**32.7**	**13.1**	**4.7**
2	FX1-2	ND	0.6	0.6	0.8	0.6	**0.7**	ND	ND
3	FX2-1	ND	2.8	2.6	2.9	2.6	**2.8**	1.1	ND
4	FX2-2	0.42	1.4	1.2	1.4	1.4	**1.4**	0.7	ND
5	FX3-1	2.36	**11.5**	11.9	**12.0**	12.5	**12.5**	3.6	ND
6	FX3-2	ND	2.0	1.9	2.1	2.0	**2.0**	1.0	ND
7	FX4-1	**58.0**	**420**	428	**454**	**331**	**370**	**153**	**79.2**
8	FX4-2	1.76	**14.6**	14.6	**18.1**	16.2	**14.1**	**7.3**	ND
9	FX5-1	ND	ND	ND	0.6	ND	ND	ND	ND
10	FX5-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	FX5-3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	FX6-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

检测指标 / 筛选值 / 编号		萘	苯并（a）蒽	䓛	苯并（b）荧蒽	苯并（k）荧蒽	苯并（a）芘	茚并（1,2,3-cd）芘	二苯并（a,h）蒽
		25	5.5	490	5.5	55	0.55	5.5	0.55
13	FX6-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	FX6-3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	FX6-4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	FX7-1	13.2	**176**	180	**271**	**176**	**184**	**94.2**	**39.6**
17	FX7-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18	FX8-1	20.9	**241**	244	**281**	**213**	**232**	**134**	**56.2**
19	FX8-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	FX9-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	FX9-2	ND	1.8	1.9	2.4	1.7	**2.1**	1.1	ND
22	FX10-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23	FX10-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24	FX10-3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25	FX11-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
26	FX11-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
27	FX12-1	ND	3.4	3.2	4.1	3.4	**3.8**	2.5	ND
28	FX12-2	ND	0.3	0.3	0.4	ND	0.4	ND	ND
29	FX12-3	ND	0.4	0.4	0.5	ND	0.4	ND	ND
30	FX13-1	ND	0.5	0.4	0.6	ND	**0.6**	ND	ND
31	FX13-2	ND	0.4	0.4	0.5	ND	0.4	ND	ND
32	FX14-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
33	FX14-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
34	FX15-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

检测指标 / 筛选值	编号	萘	苯并（a）蒽	䓛	苯并（b）荧蒽	苯并（k）荧蒽	苯并（a）芘	茚并（1,2,3-cd）芘	二苯并（a,h）蒽
		25	5.5	490	5.5	55	0.55	5.5	0.55
35	FX15-2	ND	ND	ND	0.4	ND	0.4	ND	ND
36	FX16-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
37	FX16-2	ND	0.7	0.7	1.0	ND	**0.9**	0.5	ND
38	FX16-3	ND	0.8	0.8	1.3	ND	**1.2**	0.7	ND
39	FX17-1	0.87	**26.9**	28.7	**39.0**	31.4	**37.3**	**23.0**	**5.1**
40	FX17-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
41	FX18-1	3.42	**57.5**	60.8	**77.6**	**67.4**	**74.0**	**37.1**	ND
42	FX18-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
43	FX19-1	1.34	**36.3**	37.8	**59.0**	42.3	**49.3**	**24.6**	ND
44	FX19-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
45	FX20-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
46	FX20-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
47	FX21-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
48	FX21-2	ND	0.9	1.0	1.5	1.2	**1.3**	0.9	ND
49	FX22-1	ND	0.7	0.7	0.9	ND	0.8	0.4	ND
50	FX22-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
51	FX23-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
52	FX23-2	ND	ND	ND	0.6	ND	0.5	ND	ND
53	FX24-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
54	FX24-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
55	FX25-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
56	FX25-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

检测指标 / 筛选值 / 编号		萘	苯并（a）蒽	䓛	苯并（b）荧蒽	苯并（k）荧蒽	苯并（a）芘	茚并（1,2,3-cd）芘	二苯并（a,h）蒽
		25	5.5	490	5.5	55	0.55	5.5	0.55
57	FX26-1	0.53	0.9	1.4	1.7	ND	**1.3**	0.8	ND
58	FX26-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
59	FX27-1	ND	ND	0.7	0.8	ND	0.4	ND	ND
60	FX27-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
61	FX28-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
62	FX28-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
63	FX29-1	ND	1.5	1.7	2.1	1.3	**1.7**	0.9	ND
64	FX29-2	1.54	5.2	5.7	**6.8**	5.4	6.1	3.3	ND
65	FX30-1	0.46	1.7	2.1	2.8	ND	**2.1**	1.2	ND
66	FX30-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
67	FX31-1	ND	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	ND	ND
68	FX31-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
69	FX32-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
70	FX32-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
71	FX33-1	1.17	2.5	3.2	3.9	2.3	**2.8**	1.6	ND
72	FX33-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
73	FX34-1	1.27	2.6	3.2	3.6	2.0	**2.9**	1.6	ND
74	FX34-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
75	FX35-1	ND	2.1	2.2	2.7	ND	**2.4**	1.4	ND
76	FX35-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
77	FX36-1	1.02	2.3	2.7	3.2	ND	**2.7**	1.4	ND
78	FX36-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

检测指标 / 筛选值 / 编号		萘	苯并（a）蒽	䓛	苯并（b）荧蒽	苯并（k）荧蒽	苯并（a）芘	茚并（1,2,3-cd）芘	二苯并（a,h）蒽
		25	5.5	490	5.5	55	0.55	5.5	0.55
79	FX37-1	ND	2.0	2.3	2.8	2.2	**2.6**	1.4	ND
80	FX37-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
81	FX38-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
82	FX38-2	0.64	0.5	1.3	1.1	ND	0.6	0.4	ND
83	FX39-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
84	FX39-2	ND	ND	ND	0.6	ND	ND	ND	ND
85	FX40-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
86	FX40-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
87	FX41-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
88	FX41-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
89	FX42-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
90	FX42-2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

备注：ND 表示未检出，即检测结果低于方法检出限。未列入表中的样品和指标表示 SVOCs 均未检出。

表6-14 半挥发性有机物检测结果分析表

污染物	筛选值（mg/kg）	检测样品数（个）	检出样品数（个）	最大值	最小值	检出平均值	检出率	超标率（检出样品）	超标率（所有样品）
				mg/kg			%		
萘	25	90	17	58	0.42	6.73	18.89	5.89	1.11
苯并（a）蒽	5.5	90	34	420	0.3	31.20	37.78	26.47	10.00
䓛	490	90	35	428	0.28	30.93	38.89	0	0
苯并（b）荧蒽	5.5	90	39	454	0.4	33.22	43.33	25.64	11.11
苯并（k）荧蒽	55	90	22	331	0.4	43.15	24.44	10.26	4.44

污染物	筛选值（mg/kg）	检测样品数（个）	检出样品数（个）	最大值	最小值	检出平均值	检出率	超标率（检出样品）	超标率（所有样品）
				mg/kg			%		
苯并（a）芘	0.55	90	37	370	0.4	28.42	41.11	72.97	30.0
茚并（1,2,3-cd）芘	5.5	90	28	153	0.4	18.31	31.11	28.57	8.89
二苯并（a,h）蒽	0.55	90	5	79.2	4.7	36.96	5.56	100	5.56

经数理统计分析，本次调查土壤样品半挥发性有机物检测结果显示：

（1）萘：共有 17 个样品检出，检出率为 18.89%，检出最大值为 58mg/kg，检出最小值 0.42mg/kg，检出平均值 6.73mg/kg。有 1 个土壤样品萘含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标点位位于 FX4-1，超标率（所有样品）为 1.11%，超标倍数 1.32 倍，但未超过第一类建设用地风险管控值。土壤样品萘超标点位、深度及倍数统计分析表见表 6-15，萘 0-0.5m 土壤层污染分布图见图 6-6。

（2）苯并（a）蒽：共有 34 个样品检出，检出率为 37.78%，检出最大值为 420mg/kg，检出最小值 0.3mg/kg，检出平均值 31.20mg/kg。有 9 个土壤样品苯并（a）蒽含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标点位位于 FX1-1、FX3-1、FX4-1、FX4-2、FX7-1、FX8-1、FX17-1、FX18-1、FX19-1，超标率（所有样品）为 10.0%，最大超标倍数 75.36 倍。土壤样品苯并（a）蒽超标点位、深度及倍数统计分析表见表 6-16，苯并（a）蒽 0-0.5m、0.5-1.0m 土壤层污染分布图见 6-6，苯并（a）蒽 0-0.5m、0.5-1.0m 土壤层污染分布图分别见图 6-7 和 6-8。

（3）䓛：共有 35 个样品检出，检出率为 38.89%，检出最大值为 428mg/kg，检出最小值 0.28mg/kg，检出平均值 30.93mg/kg。所有土壤样品䓛含量均未超过第一类建设用地风险筛选值，对人体的健康风险可以忽略。

（4）苯并（b）荧蒽：共有 39 个样品检出，检出率为 43.33%，检出最大值为 454mg/kg，

检出最小值 0.4mg/kg，检出平均值 33.22mg/kg。有 10 个土壤样品苯并（b）荧蒽含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标点位位于 FX1-1、FX3-1、FX4-1、FX4-2、FX7-1、FX8-1、FX17-1、FX18-1、FX19-1、FX29-2，超标率（所有样品）为 11.11%，最大超标倍数倍 81.55 倍。土壤样品苯并（b）荧蒽超标点位、深度及倍数统计分析表见表 6-17，苯并（b）荧蒽 0-0.5m、0.5-1.0m 土壤层污染分布图分别见图 6-9 和 6-10。

（5）苯并（k）荧蒽：共有 22 个样品检出，检出率为 24.44%，检出最大值为 331mg/kg，检出最小值 0.4mg/kg，检出平均值 43.15mg/kg。有 4 个土壤样品苯并（k）荧蒽含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标点位位于 FX4-1、FX7-1、FX8-1、FX18-1，所有超标样品均为 0-0.5m 土壤层样品，超标率（所有样品）为 4.44%，最大超标倍数倍 5.02 倍，但未超过第一类建设用地风险管控值。土壤样品苯并（k）荧蒽超标点位、深度及倍数统计分析表见表 6-18，苯并（k）荧蒽 0-0.5m 土壤层污染分布图见图 6-11。

（6）苯并（a）芘：共有 37 个样品检出，检出率为 41.11%，检出最大值为 370mg/kg，检出最小值 0.4mg/kg，检出平均值 28.42mg/kg。有 27 个土壤样品苯并（a）芘含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标率（所有样品）为 30.0%，最大超标倍数 671.73 倍，。土壤样品苯并（a）芘超标点位、深度及倍数统计分析表见表 6-19，苯并（a）芘 0-0.5m、0.5-1.0m、1.0-2.0m 土壤层污染分布图分别见图 6-12、6-13 和 6-14。

（7）茚并（1,2,3-cd）芘：共有 28 个样品检出，检出率为 31.11%，检出最大值为 153mg/kg，检出最小值 0.4mg/kg，检出平均值 18.31mg/kg。有 8 个土壤样品茚并（1,2,3-cd）芘含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标点位位于 FX1-1、FX4-1、FX4-2、FX7-1、FX8-1、FX17-1、FX18-1、FX19-1，超标率（所有样品）为 8.89%，最大超标倍数倍 26.82 倍。土壤样品苯茚并（1,2,3-cd）芘超标点位、深度及倍数统计分析表见表 6-20，茚并（1,2,3-cd）芘 0-0.5m、0.5-1.0m 土壤层污染分布图分别见图 6-15 和 6-16。

（8）二苯并（a,h）蒽：共有 5 个样品检出，检出率为 5.56%，检出最大值为 79.2mg/kg，检出最小值 4.7mg/kg，检出平均值 36.96mg/kg。有 5 个土壤样品二苯并（a,h）蒽含量超过第一类建设用地风险筛选值，超标点位位于 FX1-1、FX4-1、FX7-1、FX8-1、FX17-1，所

有超标样品均为 0-0.5m 土壤层样品，超标率（所有样品）为 5.56%，最大超标倍数倍 143.00 倍。土壤样品二苯并（a,h）蒽超标点位、深度及倍数统计分析表见表 6-21，二苯并（a,h）蒽 0-0.5m 土壤层污染分布图见图 6-17。

表 6-15 土壤样品萘超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	萘（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX4-1	0.2	58.0	1.32	筛选值：25mg/kg 管控值：255mg/kg

表 6-16 土壤样品苯并（a）蒽超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	苯并（a）蒽（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX1-1	0.2	38.6	6.02	筛选值：5.5mg/kg 管控值：55mg/kg
2	FX3-1	0.2	11.5	1.09	
3	FX4-1	0.2	420	75.36	
4	FX4-2	0.7	14.6	1.65	
5	FX7-1	0.2	176	31.00	
6	FX8-1	0.2	241	42.82	
7	FX17-1	0.2	26.9	3.89	
8	FX18-1	0.2	57.5	9.45	
9	FX19-1	0.2	36.3	5.60	

表 6-17 土壤样品苯并（b）荧蒽超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	苯并（b）荧蒽（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX1-1	0.2	29.2	4.31	筛选值：5.5mg/kg 管控值：55mg/kg
2	FX3-1	0.2	12.0	1.18	
3	FX4-1	0.2	454	81.55	
4	FX4-2	0.7	18.1	2.29	

序号	样品编号	取样深度（m）	苯并（b）荧蒽（mg/kg）	超标倍数	备注
5	FX7-1	0.2	271	48.27	
6	FX8-1	0.2	281	50.09	
7	FX17-1	0.2	39.0	6.09	
8	FX18-1	0.2	77.6	13.11	
9	FX19-1	0.2	59.0	9.73	
10	FX29-2	0.7	6.8	0.24	

表 6-18 土壤样品苯并（k）荧蒽超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	苯并（k）荧蒽（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX4-1	0.2	331	5.02	筛选值：55mg/kg 管控值：550mg/kg
2	FX7-1	0.2	176	2.20	
3	FX8-1	0.2	213	2.87	
4	FX18-1	0.2	67.4	0.23	

表 6-19 土壤样品苯并（a）芘超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	苯并（a）芘（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX1-1	0.2	32.7	58.45	筛选值：0.55mg/kg 管控值：5.5mg/kg
2	FX1-2	0.7	0.7	0.27	
3	FX2-1	0.2	2.8	4.09	
4	FX2-2	0.7	1.4	1.55	
5	FX3-1	0.2	12.5	21.73	
6	FX3-2	0.7	2.0	2.64	
7	FX4-1	0.2	370	671.73	

序号	样品编号	取样深度（m）	苯并（a）芘（mg/kg）	超标倍数	备注
8	FX4-2	0.7	14.1	24.64	
9	FX7-1	0.2	184	333.55	
10	FX8-1	0.2	232	420.82	
11	FX9-2	0.7	2.1	2.82	
12	FX12-1	0.2	3.8	5.91	
13	FX13-1	0.2	0.6	0.09	
14	FX16-2	0.7	0.9	0.64	
15	FX16-3	1.5	1.2	1.18	
16	FX17-1	0.2	37.3	66.82	
17	FX18-1	0.2	74.0	133.55	
18	FX19-1	0.2	49.3	88.64	
19	FX21-2	0.7	1.3	1.36	
20	FX26-1	0.2	1.3	1.36	
21	FX29-1	0.2	1.7	2.09	
22	FX30-1	0.2	2.1	2.82	
23	FX33-1	0.2	2.8	4.09	
24	FX34-1	0.2	2.9	4.27	
25	FX35-1	0.2	2.4	3.36	
26	FX36-1	0.2	2.7	3.91	
27	FX37-1	0.2	2.6	3.73	

表 6-20 土壤样品茚并（1,2,3-cd）芘超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	茚并（1,2,3-cd）芘（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX1-1	0.2	13.1	1.38	筛选值：5.5mg/kg 管控值：55mg/kg
2	FX4-1	0.2	153	26.82	
3	FX4-2	0.7	7.3	0.33	
4	FX7-1	0.2	94.2	16.13	
5	FX8-1	0.2	134	23.36	
6	FX17-1	0.2	23.0	3.18	
7	FX18-1	0.2	37.1	5.75	
8	FX19-1	0.2	24.6	3.47	

表 6-21 土壤样品二苯并（a,h）蒽超标点位、深度及倍数统计分析表

序号	样品编号	取样深度（m）	二苯并（a,h）蒽（mg/kg）	超标倍数	备注
1	FX1-1	0.2	4.7	7.55	筛选值：0.55mg/kg 管控值：5.5mg/kg
2	FX4-1	0.2	79.2	143.00	
3	FX7-1	0.2	39.6	71.00	
4	FX8-1	0.2	56.2	101.18	
5	FX17-1	0.2	5.1	8.27	

图 6-6 萘 0-0.5m 土壤层污染分布图

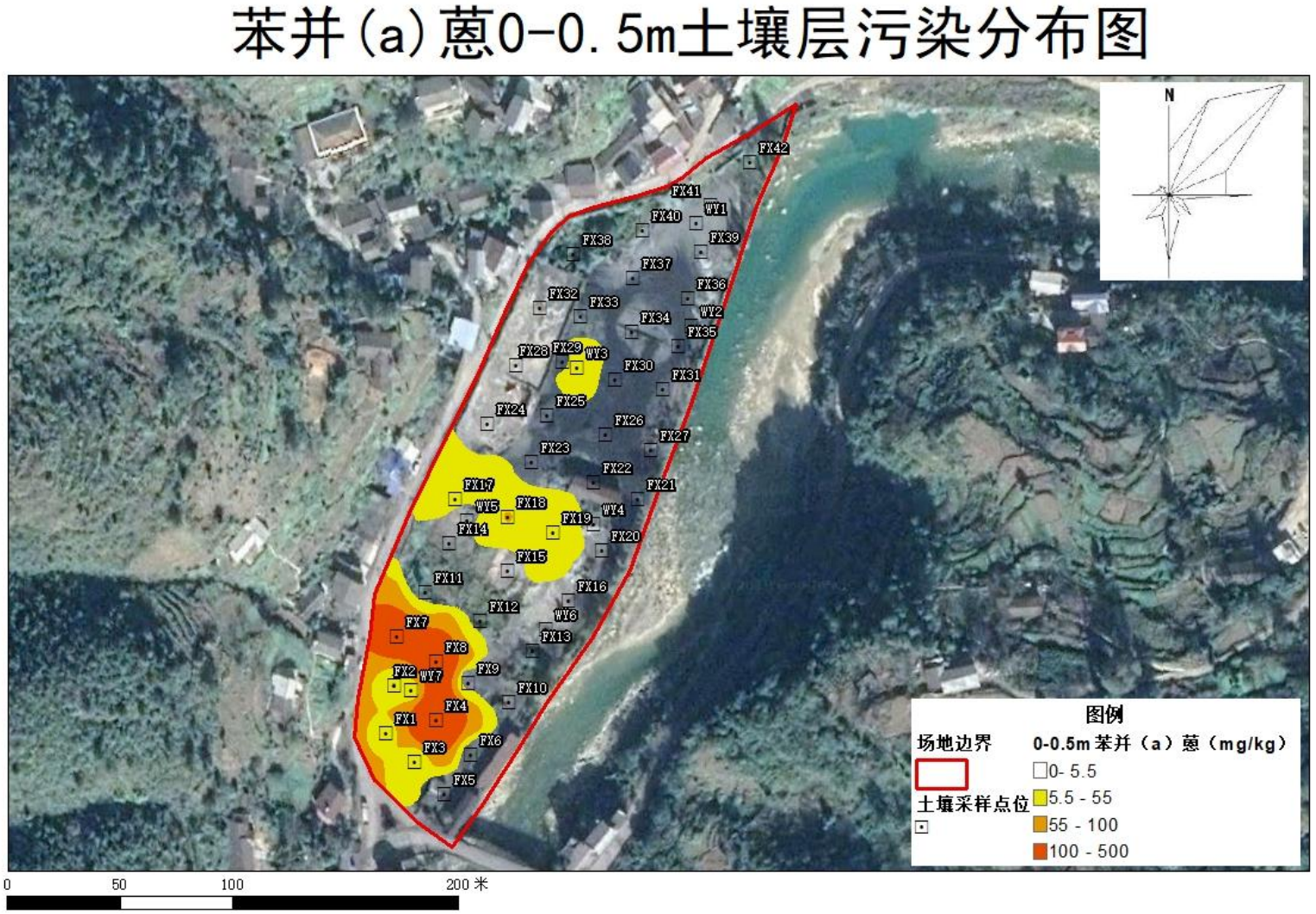


图 6-7 苯并(a)蒽 0-0.5m 土壤层污染分布图

图 6-8 苯并(a)蒽 0.5-1.0m 土壤层污染分布图

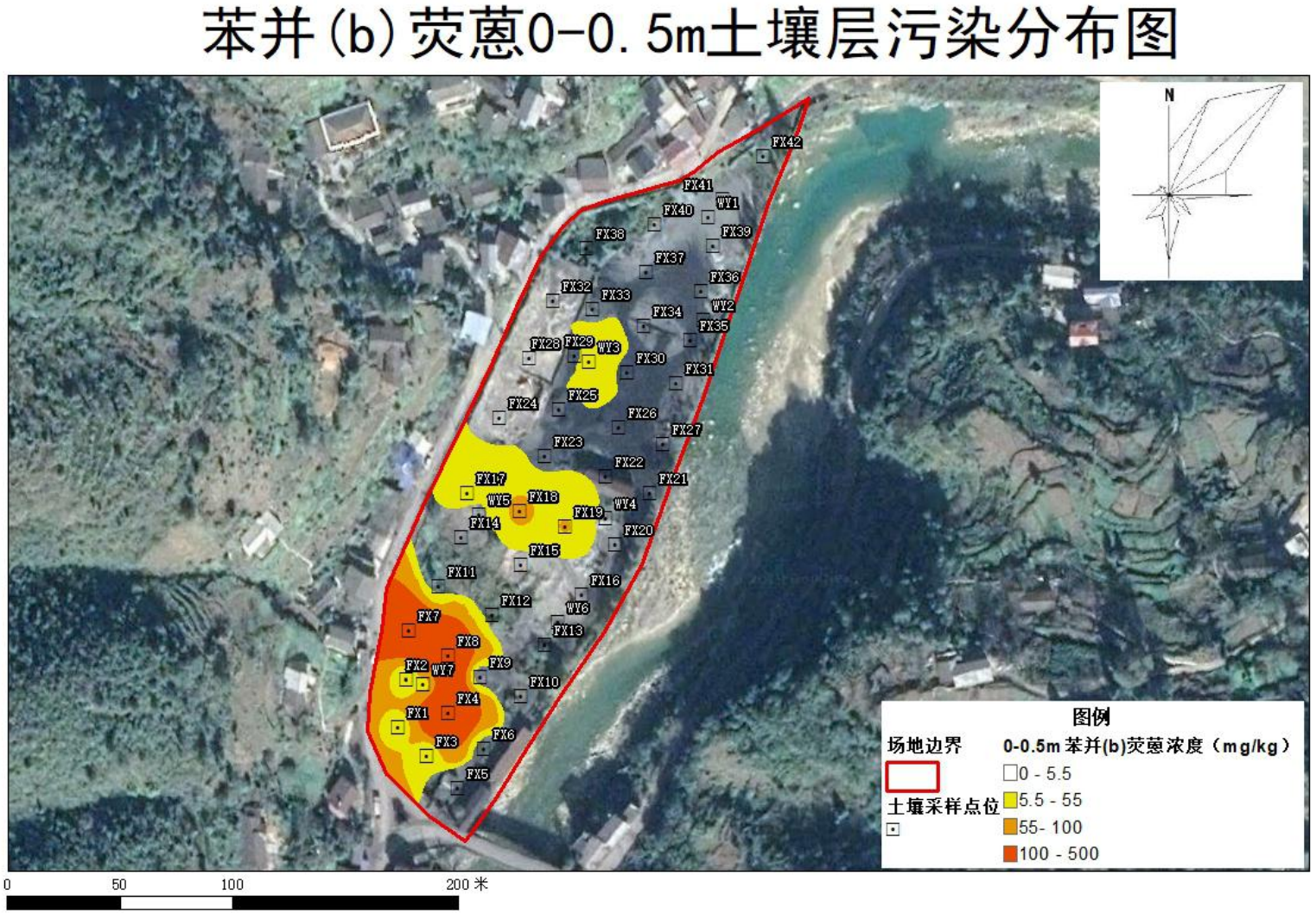


图 6-9 苯并(b)荧蒽 0-0.5m 土壤层污染分布图

图 6-10 苯并(b)荧蒽 0.5-1.0m 土壤层污染分布图

图 6-11 苯并(k)荧蒽 0-0.5m 土壤层污染分布图

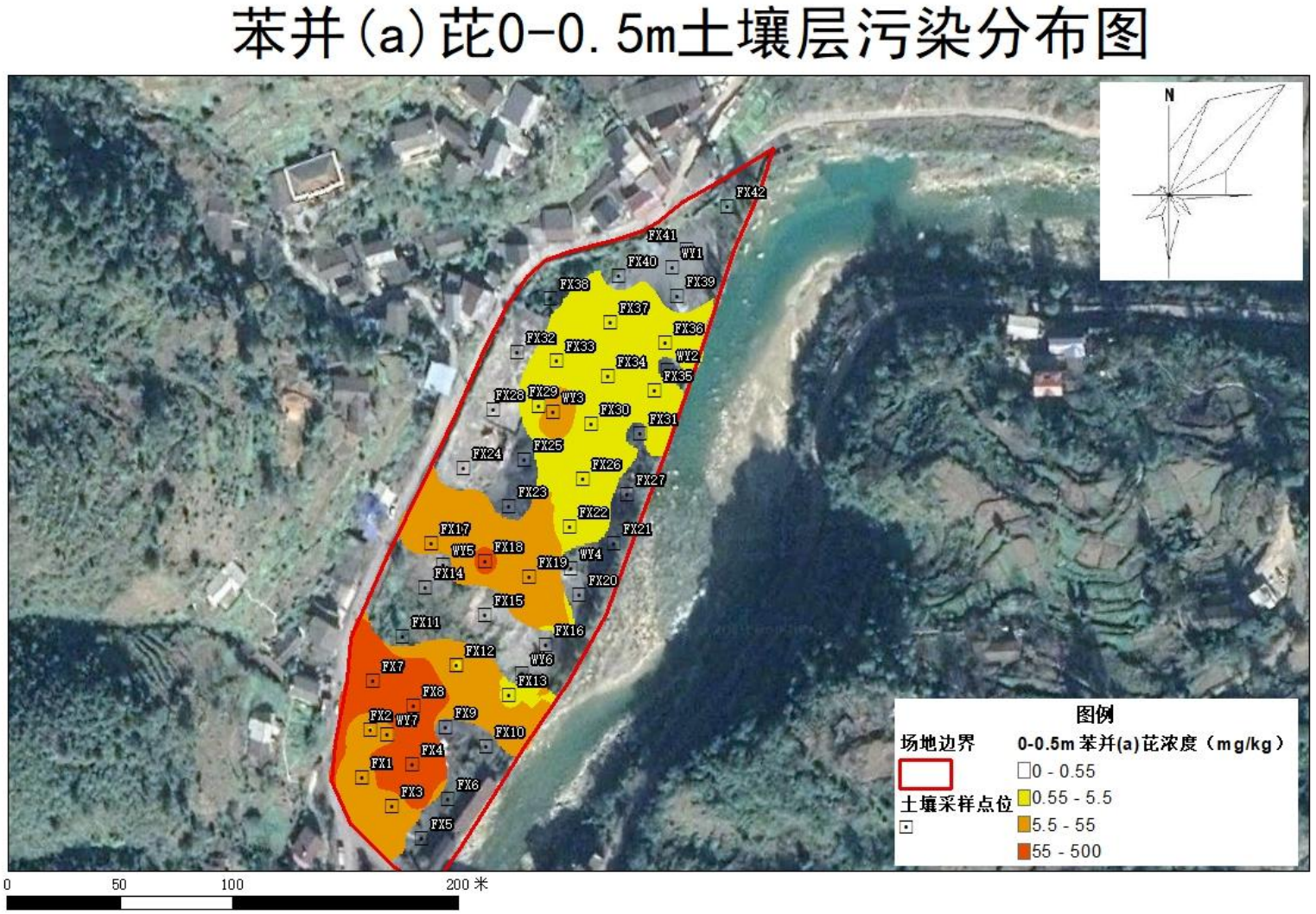


图 6-12 苯并(a)芘 0-0.5m 土壤层污染分布图

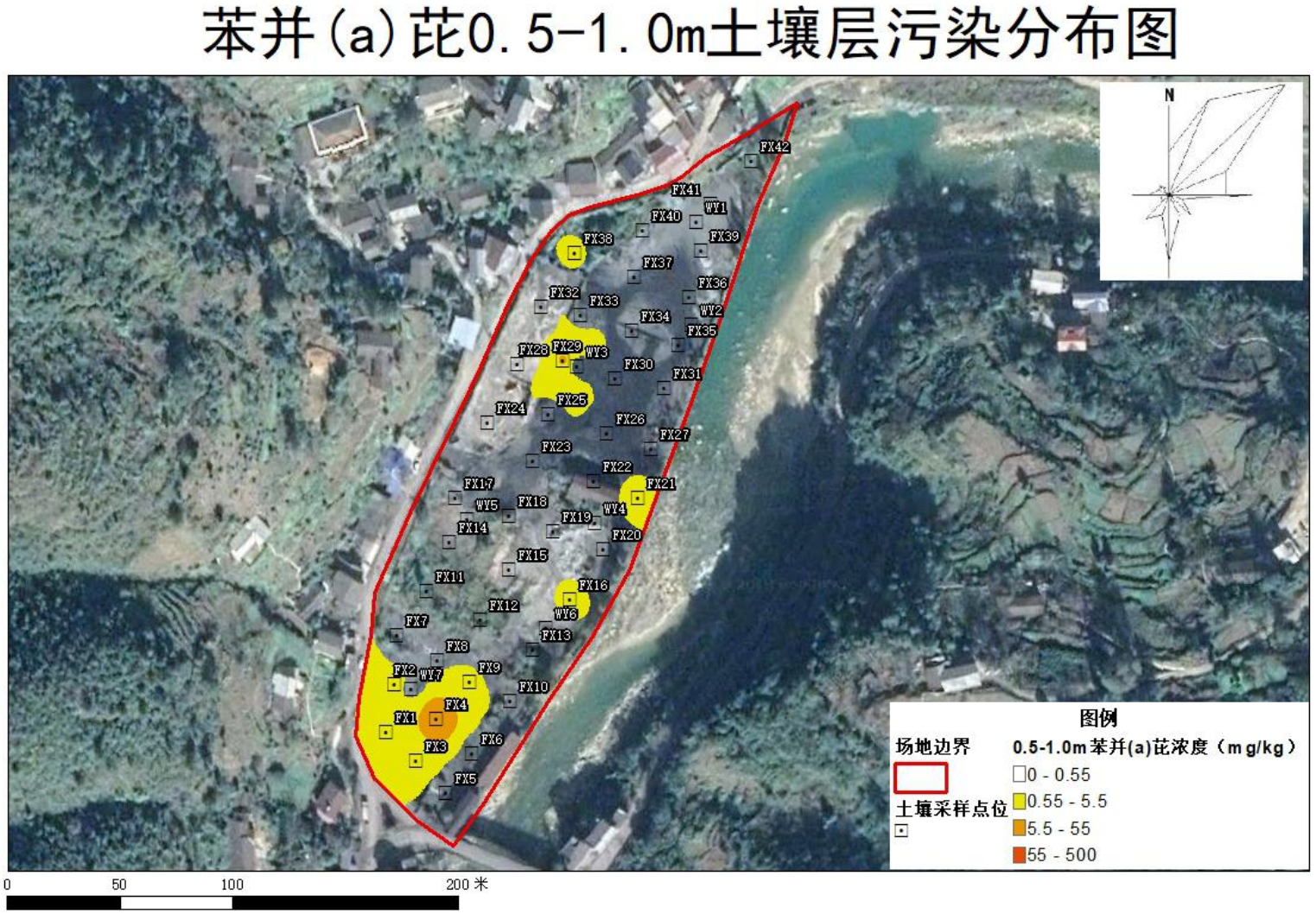


图 6-13 苯并(a)芘 0.5-1.0m 土壤层污染分布图

图 6-14 苯并(a)芘 1.0-2.0m 土壤层污染分布图

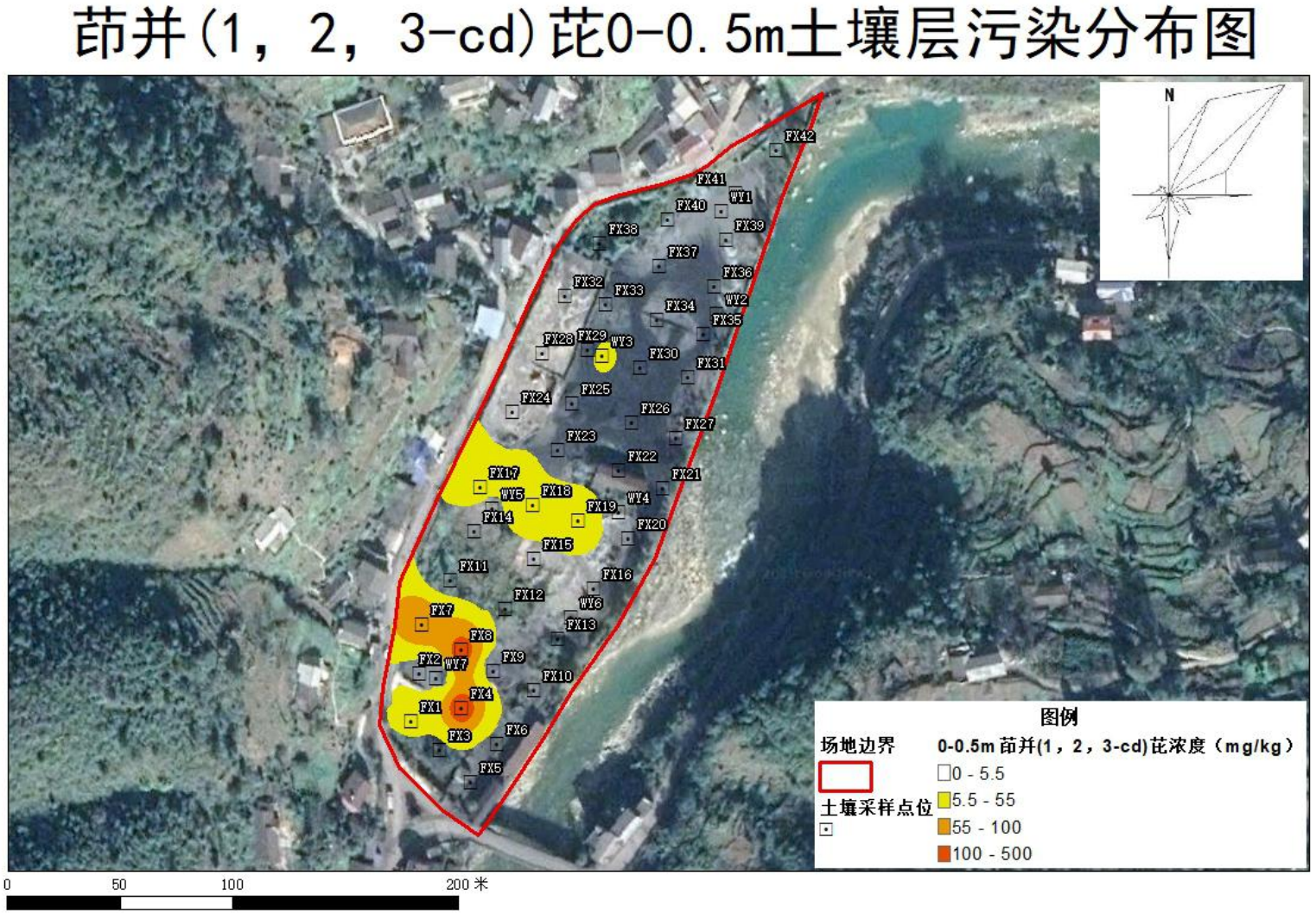


图 6-15 萘并(1，2，3-cd)芘 0-0.5m 土壤层污染分布图

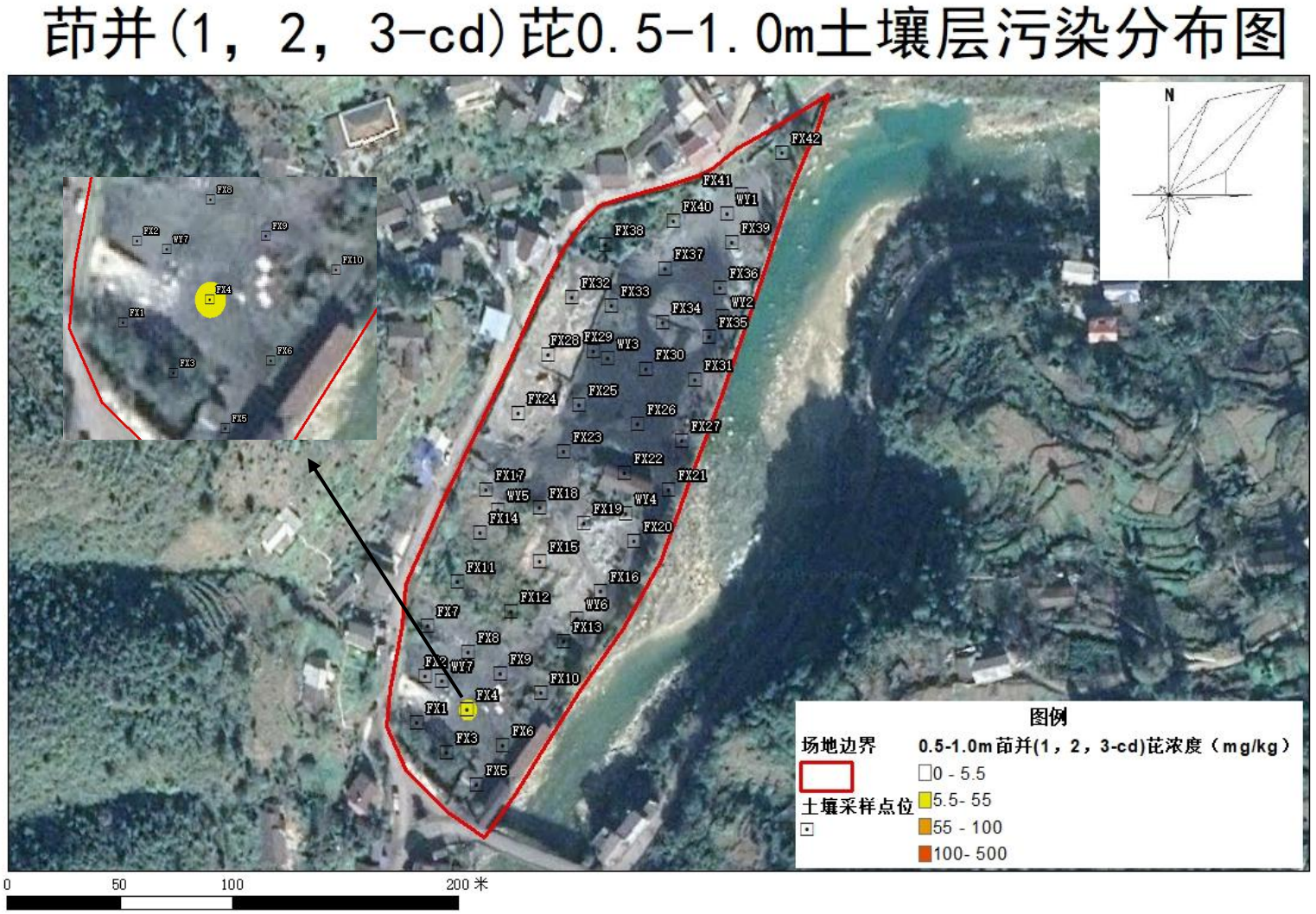


图 6-16 苘并(1，2，3-cd)芘 0.5-1.0m 土壤层污染分布图

图 6-17 茚并二苯并（a,h）蒽 0-0.5m 土壤层污染分布图

5、其它

因初步调查报告中未对《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）表 1 中所列 45 项污染物进行全项检测，为了避免场地污染物识别的遗漏，本次详细调查选择 8 个样品进行了 GB 36600-2018 表 1 中所列 45 项污染物全项检测。

因此，除上述检测结果外，FX6-1、FX6-2、FX9-1、FX9-2、FX10-1、FX10-2、FX22-1、FX22-2 还检测了重金属（铜、汞、六价铬、镉、镍、铅）和挥发性有机物。检测结果显示：该 8 个样品中重金属（铜、汞、六价铬、镉、镍、铅）和挥发性有机物含量均未超过第一类建设用地风险筛选值，送检样品不存在砷、萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽以外的超标因子。

6.3.2 地下水检测结果与分析

本次调查共送检了 3 组地下水样品，检测结果见表 6-22。

表 6-22 地下水样品检测结果

单位：mg/L

序号	污染物项目	Ⅳ类标准值	DX-1	DX-2	DX-3
1	pH	5.5～6.5 8.5～9.0	7.68	7.82	7.82
2	耗氧量	10.0	1.5	5.6	ND
3	总硬度	650	232	478	496
4	溶解性总固体	2000	343	720	717
5	挥发酚	0.01	ND	ND	ND
6	氰化物	0.1	ND	ND	ND
7	硫化物	0.10	ND	ND	ND
8	氟化物	2.0	0.21	0.38	0.42
9	氨氮	1.50	ND	0.036	ND

序号	污染物项目	IV类标准值	DX-1	DX-2	DX-3
10	六价铬	0.10	ND	ND	ND
11	铁	2.0	1.15	**2.94**	**2.91**
12	锰	1.50	0.079	0.0201	0.00364
13	铜	1.50	0.00137	0.00068	0.00019
14	汞	0.002	ND	ND	ND
15	铅	0.10	0.0411	0.0158	ND
16	镍	0.10	0.00159	0.00102	0.00027
17	砷	0.05	ND	0.00083	ND
18	镉	0.01	ND	ND	ND
19	锌	5.00	0.0232	0.00971	0.00459
20	石油类	0.3	ND	ND	ND
21	挥发性有机物（VOCs）	--	ND	ND	ND
22	半挥发性有机物（SVOCs）	--	ND	ND	ND

备注：ND 表示未检出，即检测结果低于方法检出限。

经数理统计分析，本次调查地下水检测结果显示：

（1）pH：地下水 DX-1、DX-2 和 DX-3 样品中 pH 值未超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 III 类标准（6.5≤pH≤8.5）。

（2）铁：地下水 DX-2 和 DX-3 样品中铁含量分别为 2.94、2.91mg/L，超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准（≤2.0mg/L），分别超标 0.47、0.46 倍。根据“6.1 水文地勘结果分析”可知，地下水 DX-3 位于场地地下水上游，据此可推断场地地下水 DX-2 样品铁含量较高可能与区域地下水背景值有关。

（3）石油类：地下水 DX-1、DX-2 和 DX-3 样品中均未检出石油类。

（4）挥发性有机物（VOCs）和半挥发性有机物（SVOCs）：地下水 DX-1、DX-2 和 DX-3 样品中均未检出 VOCs 和 SVOCs。

（5）其余检测指标均未超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准。

6.3.3 固废检测结果与分析

本次调查共送检 1 个固废样品，检测结果见表 6-23。

表 6-23 固废样品检测结果

单位：mg/L

序号	污染物项目	I类固废标准值	GF-1
1	pH	6~9（无量纲）	8.06
2	铬	1.5	0.23
3	镍	1.0	ND
4	铅	1.0	ND
5	镉	0.1	ND
6	砷	0.5	ND
7	汞	0.05	ND
8	六价铬	0.5	ND

备注：ND 表示未检出，即检测结果低于方法检出限。

依据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）采用《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）对固废样品进行评价，样品的重金属指标均未超过污染物最高允许排放浓度，样品的 pH 值在 6~9 的范围之内。根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）中第 I 类一般工业固体废物的定义，送检固废样品属于第 I 类一般工业固体废物。

6.3.4 地表水检测结果与分析

本次调查共检测了 3 组地表水样品，检测结果见表 6-24。

表 6-24 地表水样品检测结果

单位：mg/L

序号	污染物项目	III类标准值	断面1	断面2	断面3
1	pH	6~9（无量纲）	7.94	7.90	7.91
2	化学需氧量	20	ND	**24**	**21**
3	硫化物	0.2	ND	ND	ND
4	挥发酚	0.005	ND	0.0004	ND
5	氰化物	0.2	ND	ND	ND
6	氟化物	1.0	0.38	0.39	0.39
7	氨氮	1.0	ND	ND	ND
8	六价铬	0.05	ND	ND	ND
9	铜	1.0	0.00013	0.00012	0.00014
10	锰	0.1	0.00173	0.00191	0.00176
11	锌	1.0	0.00562	0.00250	0.00545
12	铅	0.05	ND	ND	ND
13	铁	0.3	ND	ND	ND
14	镉	0.005	ND	ND	ND
15	砷	0.05	0.00015	0.00020	0.00021
16	汞	0.0001	ND	ND	ND
17	半挥发性有机物（SVOCs）	--	ND	ND	ND

备注：ND 表示未检出，即检测结果低于方法检出限。

经数理统计分析，本次调查地下水检测结果显示：

（1）化学需氧量：地表水断面 2 和断面 3 样品中化学需氧量含量分别为 24mg/L、21mg/L，超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中 III 类标准（≤20mg/L），分别超标 0.2、0.05 倍，但未超过Ⅳ类标准（≤30mg/L）。入境断面 1 样品中未检出化学需氧量，可见化学需氧量含量较高与入境水质无直接关系。根据现场踏勘情况，白沙河沿岸两边分布少量的居民，有将生活污水直接排入白沙河中的现象，推断断面 2 和断面 3 样品中化学需氧量偏高与此有关。

（2）半挥发性有机物（SVOCs）：地表水断面 1、断面 2 和断面 3 样品中均未检出 SVOCs。

（3）其余检测指标均未超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中 III 类标准。

6.4 详细调查监测结论

本次详细调查共布设 42 个土壤采样点，3 个背景点，3 口地下水监测井，1 个固废样品。根据《沙滩镇总体规划--综合用地规划 2010~2030 年》（见附图 2）可知，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块拟规划为居住用地（R），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地，故第一类建设用地风险筛选值对场地土壤环境进行评价。根据检测结果，得到如下结论：

1、土壤

送检的 90 个土壤样品中有 32 个样品超标，超标污染物为砷、PAHs（萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽），对人体健康存在风险，需要进行风险评估。

2、地下水

场地地下水 DX-1、DX-2 和 DX-3 样品中的 pH、耗氧量、总硬度、溶解性总固体、挥发酚、氰化物、硫化物、氟化物、氨氮、六价铬、锰、铜、汞、铅、镍、砷、镉、锌、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）含量均未超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准。地下水 DX-1、DX-2 和 DX-3 样品中均未检出石油类。

地下水 DX-2 和 DX-3 样品中铁含量超过 IV 类标准，分别超标 0.47、0.46 倍。铁属于一般化学指标，不属于有毒有害物质，因此，无需进入地下水健康评估阶段。

3、固废

依据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）采用《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）对固废样品进行评价，样品的重金属指标均未超过污染物最高允许排放浓度，样品的 pH 值在 6~9 的范围之内。根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）中第 I 类一般工业固体废物的定义，送检固废样品属于第 I 类一般工业固体废物。

4、地表水

地表水断面 1、断面 2 和断面 3 样品中的 pH、硫化物、挥发酚、氰化物、氟化物、氨氮、六价铬、铜、锰、锌、铅、铁、镉、砷、汞、半挥发性有机物（SVOCs）含量均未超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中 III 类标准。

地表水断面 2 和断面 3 样品中化学需氧量含量超过 III 类标准，但未超过Ⅳ类标准。入境断面 1 样品中未检出化学需氧量，可见化学需氧量含量较高与入境水质无直接关系。根据现场踏勘情况，白沙河沿岸两边分布少量的居民，有将生活污水直接排入白沙河中的现象，推断化学需氧量偏高与此有关。

第七章 场地风险评估

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）相关要求，污染场地健康风险的评估主要包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和风险控制值的计算。地块风险评估程序见图 7-1。

（1）危害识别：收集土壤污染状况调查阶段获得的相关资料和数据，掌握地块土壤和地下水中关注污染物的浓度分布，明确规划土地利用方式，分析可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

（2）暴露评估：在危害识别的基础上，分析地块内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定地块土壤和地下水污染物的主要暴露途径和暴露评估模型，确定评估模型参数取值，计算敏感人群对土壤和地下水中污染物的暴露量。

（3）毒性评估：在危害识别的基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等。

（4）风险表征：在暴露评估和毒性评估的基础上，采用风险评估模型计算土壤和地下水中单一污染物经单一途径的致癌风险和危害商，计算单一污染物的总致癌风险和危害指数，进行不确定性分析。

（5）土壤和地下水风险控制值的计算：在风险表征的基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如地块风险评估结果未超过可接受风险水平，则结束风险评估工作；如地块风险评估结果超过可接受风险水平，则计算土壤、地下水中关注污染物的风险控制值；如调查结果表明，土壤中关注污染物可迁移进入地下水，则计算保护地下水的土壤风险控制值；根据计算结果，提出关注污染物的土壤和地下水风险控制值。

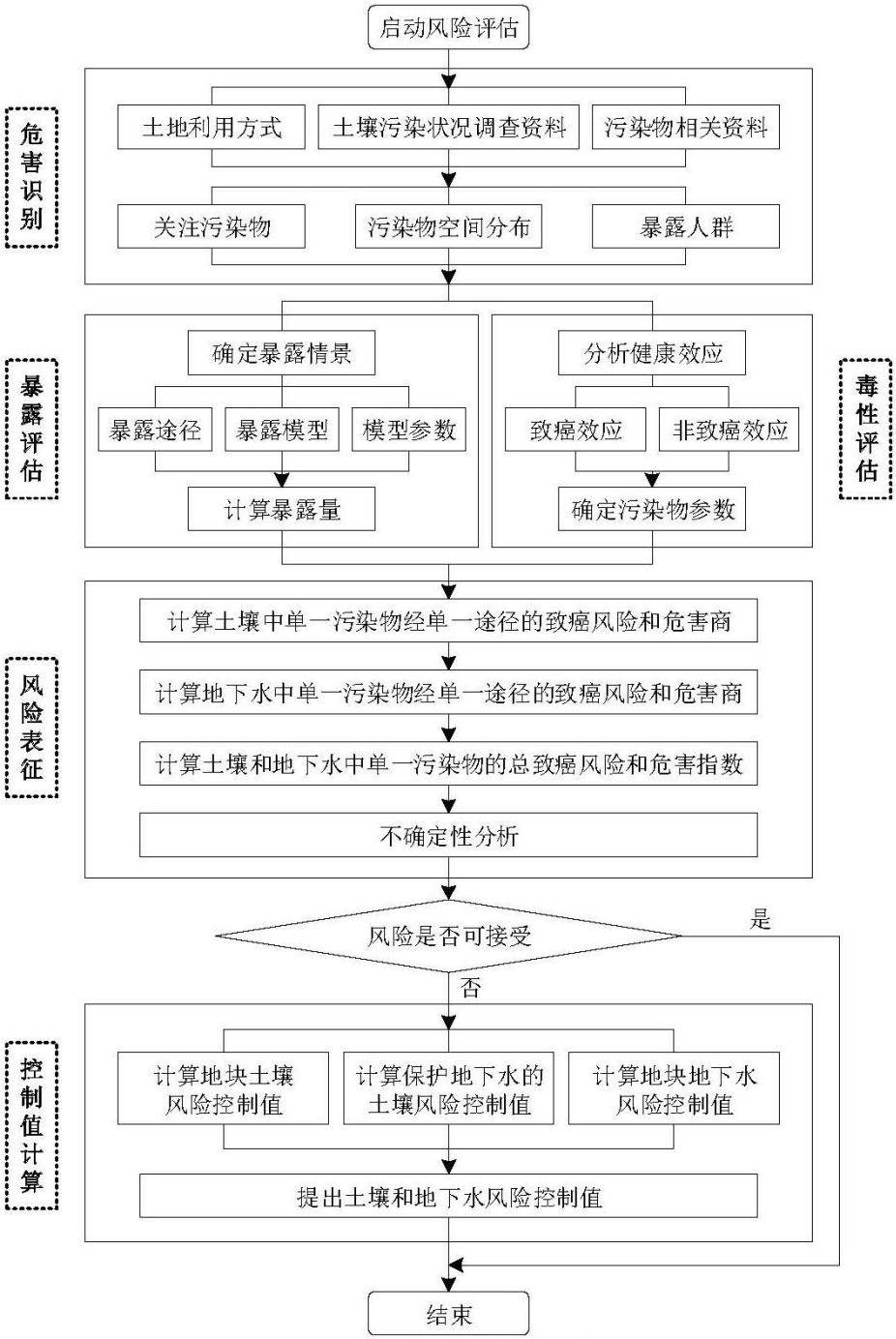


图 7-1 污染场地风险评估工作程序

7.1 危害识别

7.1.1 关注污染物

根据初步及详细调查监测结论，场地土壤存在砷、PAHs（萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽）污染物超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中的第一类用地风险筛选值。地下水耗氧量、总硬度、铁含量超过 III 类标准，耗氧量、总硬度、铁属于一般化学指标，不属于有毒有害物质，因此，本场地地下水无关注污染物。

7.1.2 污染物空间分布

场地土壤中砷、PAHs（萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽）关注污染物各层浓度最大值见下表：

表 7-1 场地土壤风险评价关注污染物种类及其各层浓度最大值

单位：mg/kg

序号	污染物名称	风险筛选值	风险管控值	深度 0~0.5m	深度 0.5~1.0m	深度 1.0~2.0m
1	砷	20	120	83.1	42.8	/
2	萘	25	255	67.4	/	/
3	苯并（a）蒽	5.5	55	420	14.6	/
4	苯并（b）荧蒽	5.5	55	454	18.1	/
5	苯并（k）荧蒽	55	550	331	/	/
6	苯并（a）芘	0.55	5.5	370	14.1	1.2
7	茚并（1,2,3-cd）芘	5.5	55	153	7.3	/
8	二苯并（a,h）蒽	0.55	5.5	79.2	/	/

7.1.3 敏感受体

根据《沙滩镇总体规划--综合用地规划 2010~2030 年》（见附图 2）可知，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块拟规划为居住用地（R），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）暴露评估技术要求，本场地属于以住宅用地为代表的第一类用地，敏感受体主要为成人和儿童。

7.2 暴露评估

7.2.1 暴露情景

本场地拟规划为居住用地（R），根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）暴露评估技术要求，本场地属于以住宅用地为代表的第一类用地。第一类用地方式下，儿童和成人均可能会长时间暴露于地块污染而产生健康危害。对于致癌效应，考虑人群的终生暴露危害，一般根据儿童期和成人期的暴露来评估污染物的终生致癌风险；对于非致癌效应，儿童体重较轻、暴露量较高，一般根据儿童期暴露来评估污染物的非致癌危害效应。

7.2.2 暴露途径

《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定了 9 种场地污染物暴露途径，包括经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物共 6 种土壤污染物暴露途径，以及吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物和饮用地下水共 3 种地下水污染物暴露途径。

根据场地地下水调查监测结果，地下水耗氧量、总硬度、铁含量超过 III 类标准，耗氧量、总硬度、铁属于一般化学指标，不属于有毒有害物质，因此不考虑地下水污染物暴露

途径。

综上所述，本次风险评估只考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物等 6 种途径。场地污染暴露概念模型图见图 7-2。

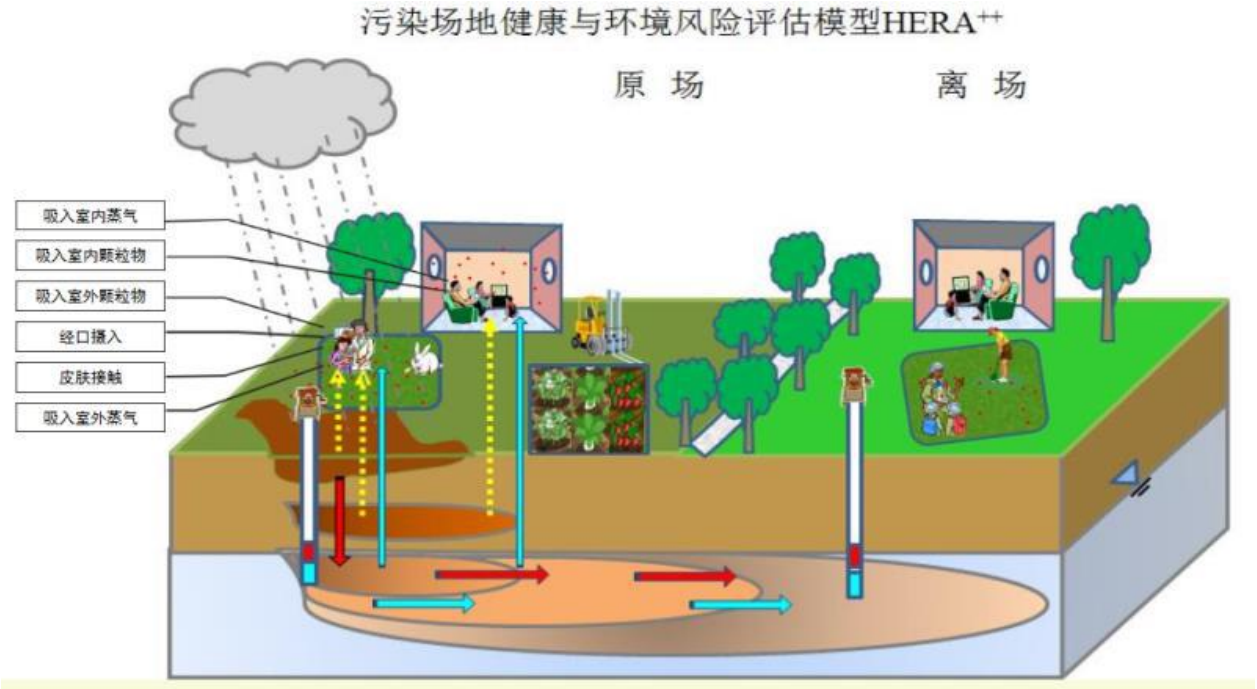


图 7-2 场地污染暴露概念模型图

7.2.3 暴露评估模型

1、经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用以下公式计算：

$$OISER_{ca} = \frac{\left(\frac{OSIR_c \times ED_c \times EF_C}{BW_c} + \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a}{BW_a}\right) \times ABS_o}{AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量以下公式计算：

$$OISER_{nc} = \frac{OSIR_c \times ED_c \times EF_C \times ABS_o}{BW_C \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

公式中：

OISERca—经口摄入土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

OISERnc—经口摄入土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}。

2、皮肤接触土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，皮肤接触土壤途径土壤暴露量采用以下公式计算：

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_c \times SSAR_C \times EF_C \times ED_C \times E_V \times ABS_d}{BW_c \times AT_{ca}} \times 10^{-6} + \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用以下公式计算：

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_c \times SSAR_c \times EF_c \times ED_c \times E_v \times ABS_d}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

公式中：

DCSERca—皮肤接触途径的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

DCSERnc—皮肤接触的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

$SAEc = 239 \times Hc^{0.417} \times BWc^{0.517} \times SERc$；儿童暴露皮肤所占面积比，无量纲；

$SAEa = 239 \times Ha^{0.417} \times BWa^{0.517} \times SERa$；－成人暴露皮肤所占面积比，无量纲。

3、吸入土壤颗粒物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用以下公式计算：

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c + fspi \times EFI_c)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

$$+ \frac{\mathrm{PM_{10}} \times \mathrm{DAIR_a} \times \mathrm{ED_a} \times \mathrm{PIAF} \times (\mathrm{fspo} \times \mathrm{EFO_a} + \mathrm{fspi} \times \mathrm{EFI_a})}{\mathrm{BW_a} \times \mathrm{AT_{ca}}} \times 10^{-6}$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用以下公式计算：

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c + fspi \times EFI_c)}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

公式中：

PISERca－吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

PISERnc－吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}。

4、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用以下公式计算：

$$IOVER_{ca1} = VF_{suroa} \times (\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}})$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用以下公式计算：

$$IOVER_{nc\,1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}}$$

表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，采用以下公式计算确定：

$$VF_{suroa\,1} = \frac{\rho_b}{DF_{oa}} \times \sqrt{\frac{4 \times D_s^{eff} \times \mathrm{H'}}{\pi \times \tau \times 31536000 \times K_{sw} \times \rho_b}} \times 10^3$$

$$VF_{suroa\,2} = \frac{d \times \rho_b}{DF_{oa} \times \tau \times 31536000} \times 10^3$$

$$VF_{suroa} = MIN\left(VF_{suroa\,1},\ VF_{suroa\,2}\right)$$

公式中：

IOVERca1－吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

IOVERnc1－吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

VFsuroa1－表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法一），kg·m^{-3}；

VFsuroa2－表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法二），kg·m^{-3}；

VFsuroa－表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法一和算法二中的较小值），kg·m^{-3}；

d－表层污染土壤层厚度，cm；必须根据场地调查获得参数值；

31536000－时间单位转换系数，31536000s·a^{-1}。

5、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室外

空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用以下公式计算：

$$IOVER_{ca2} = VF_{suboa} \times (\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}})$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用以下公式计算：

$$IOVER_{nc2} = VF_{suboa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}}$$

公式中：

IOVERca2－吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

IOVERnc2－吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

VFsuboa－下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，kg·m^{-3}。

6、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用以下公式计算：

$$IIVER_{ca1} = VF_{subia} \times (\frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}})$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用以下公式计算：

$$IIVER_{nc1} = VF_{subia} \times \frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}}$$

公式中：

IIVERca1－吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

IIVERnc1－吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg^{-1} 体重·d^{-1}；

VFsubia－下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子，kg·m^{-3}。

7.2.4 暴露参数

参数的取值主要参考我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）及风险评估软件 HERA，并结合用地实际情况进行适当修改，场地受体暴露参数与土壤特征参数见下表：

表 7-2 暴露受体参数

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值
BWc	儿童平均体重	kg	19.2
BWa	成人平均体重	kg	61.8
Hc	儿童平均身高	cm	113.15
Ha	成人平均身高	cm	161.5
EDc	儿童暴露周期	a	6
EDa	成人暴露周期	a	24
EFc	儿童暴露频率	$d\cdot a^{-1}$	350
EFa	成人暴露频率	$d\cdot a^{-1}$	350
EFOc	儿童室外暴露频率	$d\cdot a^{-1}$	87.5
EFOa	成人室外暴露频率	$d\cdot a^{-1}$	87.5
EFIc	儿童室内暴露频率	$d\cdot a^{-1}$	262.5
EFIa	成人室内暴露频率	$d\cdot a^{-1}$	262.5

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值
OSIRc	儿童每日摄入土壤量	$mg \cdot d^{-1}$	200
OSIRa	成人每日摄入土壤量	$mg \cdot d^{-1}$	100
DAIRc	儿童每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	7.5
DAIRa	成人每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	14.5
Ev	每日皮肤接触事件频率	$次 \cdot d^{-1}$	1
fspi	室内空气中来自场地土壤的颗粒物所占比例	无量纲	0.8
fspo	室外空气中来自场地土壤的颗粒物所占比例	无量纲	0.5
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例	无量纲	0.33（挥发性有机物）/0.5（其它污染物）
SERc	儿童暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.36
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.32
SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数	$mg \cdot cm^{-2}$	0.2
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数	$mg \cdot cm^{-2}$	0.07
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	无量纲	0.75
ABSo	经口摄入吸收效率因子	无量纲	1
ACR	单一污染物可接受致癌风险	无量纲	10^{-6}
AHQ	可接受危害商	无量纲	1
TSP	空气中总悬浮颗粒物含量	$mg \cdot m^{-3}$	0.30
ATca	致癌效应平均时间	d	27740
ATnc	非致癌效应平均时间	d	2190

表 7-3 土壤特征参数

参数符号	参数名称	单位	参数取值	参数来源
ρ_b	土壤容重	kg/dm^3	1.59	实测值

参数符号	参数名称	单位	参数取值	参数来源
Pws	土壤含水率	kg/kg	0.234	实测值
ρ_s	土壤颗粒密度	kg/dm^3	2.65	推荐值
θ	包气带土层土壤中总孔隙体积比	无量纲	0.4	实测值
θws	包气带土层土壤中孔隙水体积比	无量纲	0.37	实测值
θas	包气带土层土壤中孔隙空气体积比	无量纲	0.03	实测值
$\theta wcap$	毛细管层空隙水体积比	无量纲	0.342	推荐值
$\theta acap$	毛细管层空隙空气体积比	无量纲	0.038	推荐值
d	表层污染土层厚度	m	0.5	实测值
dsub	下层污染土层厚度	m	1.5	实测值
Ls	下层污染土壤层顶部埋深	m	0.5	实测值
Wdw	平行于风向的土壤污染源宽度	m	40	推荐值
Wgw	平行于地下水流向的土壤污染源宽度	m	40	推荐值
foc	包气带土壤有机碳含量	无量纲	0.00122	实测值
Kv	土壤渗透系数	m^2	1.00×10^{-12}	推荐值

注：实测值来源土工试验报告，见附件 6。

7.3 毒性评估

7.3.1 污染物理化性质

本场地关注污染物为砷、萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽，关注污染物理化性质如下：

1、砷

砷（Arsenic）是一种类金属物质。广泛分布于自然界中，主要存在矿石中。砷与其化合物被运用在除草剂、杀虫剂、合金中。氧化二砷有剧毒，但是少量的砷对身体有益。砷的理化性质见 7-4。

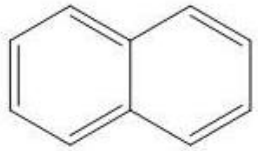
表 7-4 砷的毒理特性表

化学名称	砷		
化学式	As		
分子量	75		
CAS 号	7440-38-2		
密度	1.97g/cm^3	亨利常数 H’	--
颜色	灰白色	空气扩散系数 Da	--
气味	砷蒸汽有大蒜臭味	水中扩撒系数 Dw	--
熔点	613℃	土壤-有机碳分配系数 Koc	--
沸点	17℃	溶解性 S	--
急性毒性	LD50:口服-大鼠 763mg/kg		
	LD50:口服-小鼠 145mg/kg		
	人体在砷化氢浓度 1mg/L 下，呼吸 5～10 分钟，可发生致命性中毒。		
亚急性和慢性毒性	大量意外地砷接触可导致急性中毒，长期少量吸入或口服可产生慢性中毒。		
致癌性	人皮肤癌与摄入砷和接触砷有关，肺癌与吸入砷尘有关。		

2、萘

萘（naphthalene）是一种稠环芳香烃，无色，有毒，易升华并有特殊气味的片状晶体。从炼焦的副产品煤焦油和石油蒸馏中大量生产，主要用于合成邻苯二甲酸酐等。暴露的萘与溶血性贫血，导致肝脏和神经系统损伤、白内障和视网膜出血。萘的合理预期是人类的致癌物，并且可能与喉癌和大肠癌的风险增加有关。萘的理化性质见表 7-5。

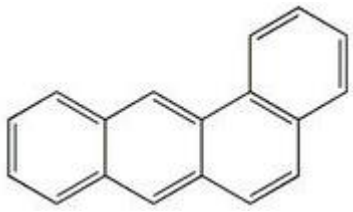
表 7-5 萘的毒理特性表

化学名称	萘	化学结构	
化学式	$C_{10}H_8$		
分子量	128.17		
CAS 号	91-20-3		
密度	1.162g/cm^3	亨利常数 H’	1.80E-02
颜色	白色	空气扩散系数 Da	6.05E-02
气味	有特殊气味	水中扩撒系数 Dw	8.38E-06
熔点	80.5℃	土壤-有机碳分配系数 Koc	1.54E+03
沸点	217.9℃	溶解性 S	3.10E+01
毒性	低毒		
	LD50:490mg/kg（大鼠经口）；人经口 5g，白内障及肾损害；人经口 5～15g，致死；儿童经口 2.0g/2 日，致死。		
致癌性	2B 类致癌物		

3、苯并（a）蒽

苯并（a）蒽（Benz[a]anthracene）是一种四环多环芳香烃类，结晶为白色或浅黄色固体，存在于煤焦油、煤焦油沥青、杂酚油中，炼焦、各种烧煤烟道气、汽车发动机排气以及碳水化合物、氨基酸和酯肪酸在 700℃热解均有苯并（a）蒽存在。苯并（a）蒽的理化性质见表 7-6。

表 7-6 苯并（a）蒽的毒理特性表

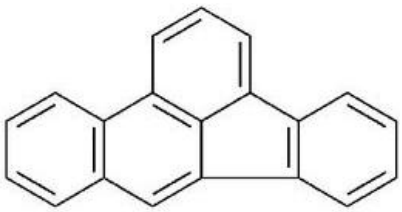
化学名称	苯并（a）蒽	化学结构	
化学式	$C_{18}H_{12}$		
分子量	228.29		
CAS 号	56-55-3		
密度	1.283g/cm^3	亨利常数 H’	4.91E-04

颜色	白色或浅黄色	空气扩散系数 Da	2.61E-02
气味		水中扩撒系数 Dw	6.75E-06
熔点	160.5℃	土壤-有机碳分配系数 Koc	1.77E+05
沸点	435℃	溶解性 S	9.40E-03
毒性	小鼠皮下最小中毒剂量 2mg/kg 阳性；小鼠非肠道最小中毒剂量 8mg/kg 阳性；小鼠种植最小中毒剂量 80mg/kg 阳性；小鼠经皮最小中毒剂量 240mg/kg（5 周）阳性。		
致癌性	2B 类致癌物		

4、苯并（b）荧蒽

苯并（b）荧蒽（Benzo[b]fluoranthene）又称 3,4-苯并荧蒽，无色晶体。可通过吸入其气溶胶和经皮肤吸收到体内。对人体的主要危害部位是呼吸道和皮肤。如果长期处于苯并[b]荧蒽污染的环境中，可引起急性或慢性伤害。苯并（b）荧蒽的理化性质见表 7-7。

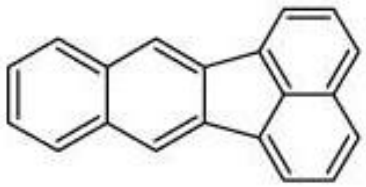
表 7-7 苯并（b）荧蒽的毒理特性表

化学名称	苯并（b）荧蒽	化学结构	
化学式	$C_{20}H_{12}$		
分子量	252.31		
CAS 号	205-99-2		
密度	1.32g/cm^3	亨利常数 H’	2.69E-05
颜色	无色	空气扩散系数 Da	4.76E-02
气味		水中扩撒系数 Dw	5.56E-06
熔点	168℃	土壤-有机碳分配系数 Koc	5.99E+05
沸点	481℃	溶解性 S	1.50E-03
毒性	苯并[b]荧蒽对小白鼠有全身反应。如同时受日光作用，可加快小白鼠死亡。当苯并[b]荧蒽质量浓度为 0.01mg/L 时，小白鼠条件反射活动有显著变化。		
致癌性	2B 类致癌物		

5、苯并（k）荧蒽

苯并（k）荧蒽（Benzo[k]fluorathene）又称二苯并[b,j,k]芴、8,9-苯并荧蒽，结晶为黄色固体。主要来源于煤和石油的燃烧，也可来自垃圾焚烧或森林大火。可通过呼吸和皮肤吸收进入体内。苯并（k）荧蒽的理化性质见表 7-8。

表 7-8 苯并（k）荧蒽的毒理特性表

<table>
<tr><td>化学名称</td><td>苯并（k）荧蒽</td><td rowspan="4">化学结构</td><td colspan="2" rowspan="4">  </td></tr>
<tr><td>化学式</td><td>$C_{20}H_{12}$</td></tr>
<tr><td>分子量</td><td>252.31</td></tr>
<tr><td>CAS 号</td><td>207-08-9</td></tr>
<tr><td>密度</td><td>1.32g/cm^3</td><td colspan="2">亨利常数 H’</td><td>2.39E-05</td></tr>
<tr><td>颜色</td><td>黄色</td><td colspan="2">空气扩散系数 Da</td><td>4.76E-02</td></tr>
<tr><td>气味</td><td></td><td colspan="2">水中扩撒系数 Dw</td><td>5.56E-06</td></tr>
<tr><td>熔点</td><td>217℃</td><td colspan="2">土壤-有机碳分配系数 Koc</td><td>5.87E+05</td></tr>
<tr><td>沸点</td><td>480℃</td><td colspan="2">溶解性 S</td><td>8.00E-04</td></tr>
<tr><td colspan="2">毒性</td><td colspan="3">苯并（k）荧蒽对小白鼠有全身反应。如同时受日光作用，可加快小白鼠死亡。当多环芳烃质量浓度为 0.01mg/L 时，小白鼠条件反射活动有显著变化。</td></tr>
<tr><td colspan="2">致癌性</td><td colspan="3">2B 类致癌物</td></tr>
</table>

6、苯并（a）芘

苯并(a)芘（Benzoapyrene）是一种五环多环芳香烃类，结晶为黄色固体。这种物质是在 300 到 600 种五之间的不完全燃烧状态下产生。苯并芘存在于煤焦油中，而煤焦油可见于汽车废气（尤其是柴油引擎）、烟草与木材燃烧产生的烟，以及炭烤食物中。苯并芘为一种突变原和致癌物质，从 18 世纪以来，便发现与许多癌症有关。在体内的代谢物二羟环氧苯并芘，产生致癌性的物质。苯并(a)芘的理化性质见表 7-9。

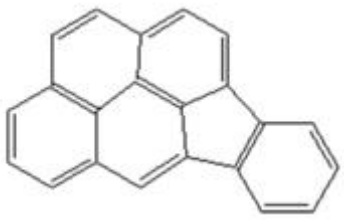
表 7-9 苯并(a)芘的毒理特性表

化学名称	苯并(a)芘	化学结构	
化学式	$C_{20}H_{12}$		
分子量	252.31		
CAS 号	50-32-8		
密度	1.35g/cm^3	亨利常数 H’	1.87E-05
颜色	无色至淡黄色、针状、晶体（纯品）	空气扩散系数 Da	4.76E-02
气味	无味	水中扩撒系数 Dw	5.56E-06
熔点	179℃	土壤-有机碳分配系数 Koc	5.87E+05
沸点	475℃	溶解性 S	1.62E-03
毒性	高毒		
	急性毒性：皮下-大鼠 LD50:50 毫克/公斤；腹腔-小鼠 LDL0：500 毫克/公斤。		
致癌性	是多环芳烃中毒性最大的一种强烈致癌物。		

7、茚并（1,2,3-cd）芘

茚并（1,2,3-cd）芘（Indeno[1,2,3-cd]Pyrene）又称邻亚苯基芘、2,3-亚苯基芘。环境中的茚并[1,2,3-cd]芘主要来源于煤和石油的燃烧，也可来自垃圾焚烧或森林大火。其生成量同燃烧设备和燃烧温度等因素有关，如大型锅炉生成量很低，家用煤炉生成量很高。柴油和汽油机的排气中，以及炼油厂、煤焦油加工厂和沥青加工厂等排出的废气和废水中都含有茚并[1,2,3-cd]芘。茚并（1,2,3-cd）芘的理化性质见表 7-10。

表 7-10 茚并（1,2,3-cd）芘的毒理特性表

化学名称	茚并（1,2,3-cd）芘	化学结构	
化学式	$C_{22}H_{12}$		
分子量	276.33		
CAS 号	193-39-5		

密度	g/cm^3	亨利常数 H’	1.42E-05
颜色	出黄色片状或针状结晶，有淡绿色荧光	空气扩散系数 Da	4.48E-02
气味		水中扩撒系数 Dw	5.23E-06
熔点	179℃	土壤-有机碳分配系数 Koc	1.95E+06
沸点	475℃	溶解性 S	1.90E-04
毒性		/	
致癌性		2B 类致癌物	

8、二苯并（a,h）蒽

二苯并（a,h）蒽（Dibenz[a,h]anthracene）又称二苯并三苯 1,2:5,6-二苯并蒽，二苯并（a,h）蒽的理化性质见表 7-11。

表 7-11 二苯并（a,h）蒽的毒理特性表

化学名称	二苯并（a,h）蒽	化学结构	
化学式	C22H14		
分子量	278.35		
CAS 号	53-70-3		
密度	1.232g/cm^3	亨利常数 H’	5.76E-06
颜色		空气扩散系数 Da	4.46E-02
气味		水中扩撒系数 Dw	5.21E-06
熔点	266℃	土壤-有机碳分配系数 Koc	1.94E+06
沸点	524℃	溶解性 S	2.49E-03
毒性		/	
致癌性		2A 类致癌物	

7.3.2 污染物毒性参数

污染物毒性参数主要参考我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）及风险评估软件 HERA，污染物毒性参数如下表：

表 7-12 场地关注污染物毒性参数

污染物名称	英文	经口摄入致癌斜率因子 SFo(mg/kg-d)$^{-1}$	呼吸吸入单位致癌风险 IUR(mg/m^3)$^{-1}$	经口摄入参考剂量 RfDo（mg/kg-d）	呼吸吸入参考浓度 RfC（mg/m^3）	消化道吸收效率因子 ABSgi 无量纲
砷	Arsenic	1.50E+00	4.30E+00	3.00E-04		0.15
萘	Naphthalene		3.40E-02	2.00E-02	3.00E-03	0.13
苯并（a）蒽	Benz-a-anthracene	1.00E-01	6.00E-02			0.13
苯并（b）荧蒽	Benzo-b-fluoranthene	1.00E-01	6.00E-02			0.13
苯并（k）荧蒽	Benzo-k-fluoranthene	1.00E-02	6.00E-02			0.13
苯并（a）芘	Benzo-a-pyrene	1.00E+00	6.00E-01	3.00E-04	2.00E-06	0.13
茚并（1,2,3-cd）芘	Indeno(1，2，3-cd)pyrene	1.00E-01	6.00E-02			0.13
二苯并（a,h）蒽	Dibenz[a,h]anthracene	1.00E+00	6.00E-01			0.13

7.4 风险表征

风险表征的主要工作内容包括单一污染物的致癌和非致癌风险的计算、所有关注污染物的致癌和非致癌风险计算。

风险表征主要工作内容是采用风险评价模型，根据剂量—反应关系，计算场地关注污染物致癌风险和危害商，包括土壤中单一污染物单一途径的致癌风险和危害商和土壤中单一污染物的总致癌风险和危害指数。

风险表征得到的场地污染物的致癌风险和危害商，可作为确定场地污染范围的重要依据。计算得到单一污染物的致癌风险值超过 10^{-6} 或危害商超过 1 的采样点，其代表的场地区域应划定为风险不可接受的污染区域。

7.4.1 单一污染物致癌风险值

1、经口摄入土壤途径的致癌风险采用以下公式计算：

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o$$

公式中：

CRois：经口摄入土壤暴露于单一污染物的致癌风险，无量纲；

Csur：表层土壤中污染物浓度，$mg \cdot kg^{-1}$；本项目统一选用最大值进行计算；

SFo：经口摄入致癌斜率因子，$(mg/kg\text{-}d)^{-1}$。

2、皮肤接触土壤途径的致癌风险，采用以下公式计算：

$$CR_{dcs} = DCSER_{ca} \times C_{sur} \times SF_d$$

公式中：

CRdcs：皮肤接触土壤暴露单一污染土壤的致癌风险，无量纲；

SFd：皮肤接触致癌斜率因子，$(mg/kg\text{-}d)^{-1}$。

3、吸入土壤颗粒物途径的致癌风险，采用以下公式计算：

$$CR_{pis} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i$$

公式中：

CRpis：吸入土壤颗粒物暴露于单一污染物致癌风险，无量纲；

SFi：呼吸吸入致癌斜率因子，$(mg/kg\text{-}d)^{-1}$。

4、吸入室外空气中来自表层土壤的单一气态污染物的致癌风险，采用以下公式计算：

$$CR_{iov1} = IOVER_{cal} \times C_{sur} \times SF_i$$

公式中：

CR_{iov1}：吸入室外空气中来自表层土壤气态污染物途径的致癌风险，无量纲。

5、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用以下公式计算：

$$CR_{iov2} = IOVER_{ca\,2} \times C_{sub} \times SF_i$$

公式中：

CRiov2－吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险，无量纲。

6、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用以下公式计算：

$$CR_{iiv1} = IIVER_{ca\,1} \times C_{sub} \times SF_i$$

公式中：

CRiiv1－吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险，无量纲。

7、土壤中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险采用以下公式计算：

$$CR_n = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{pis} + CR_{iov1} + CR_{iov2} + CR_{iiv1}$$

公式中：

CRn－土壤中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的总致癌风险，无量纲。

7.4.2 单一污染物危害商

1、经口摄入土壤途径的危害商采用以下公式计算：

$$HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_o \times SAF}$$

公式中：

HQois：经口摄入土壤暴露于单一污染物的非致癌危害商，无量纲；

SAF：暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲；

RfDo：经口摄入参考剂量，mg/kg-d。

2、皮肤接触土壤途径的危害商采用以下公式计算：

$$HQ_{dcs} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF}$$

公式中：

HQdcs：皮肤接触土壤暴露单一污染物的非致癌危害商，无量纲；

RfDd：皮肤接触参考剂量，mg/kg-d。

3、吸入土壤颗粒物途径的危害商采用以下公式计算：

$$HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF}$$

公式中：

HQpis：吸入土壤颗粒物暴露于单一污染物的非致癌危害商，无量纲；

RfDi：呼吸吸入参考剂量，mg/kg-d。

4、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的危害商采用以下公式计算：

$$HQ_{iov1} = \frac{IOVER_{nc1} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF}$$

公式中：

HQ_{iov1}：吸入室外空气中来自表层土壤中的气态污染物途径的危害商，无量纲；

5、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商采用以下公式计算：

$$HQ_{iov2} = \frac{IOVER_{nc2} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF}$$

公式中：

HQiov2－吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商，无量纲。

6、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商采用以下公式计算：

$$HQ_{iiv1} = \frac{IIVER_{nc1} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF}$$

HQiiv1：吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商，无量纲。

7、土壤中单一污染物经所有暴露途径的危害指数采用以下公式计算：

$$HI_n = HQ_{ois} + HQ_{dcs} + HQ_{pis} + HQ_{iov1} + HQ_{iov2} + HQ_{iiv1}$$

公式中：

HIn：土壤中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的危害指数，无量纲。

7.4.3 危害商和致癌风险计算结果与评价

依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），按照相应的暴露途径对关注污染物进行健康风险评估，污染物致癌风险与危害商评估结果见表 7-13，详细计算过程及结果见附件 7。

表 7-13 关注污染物致癌风险及危害商

关注污染物	总致癌风险	总危害商
砷	9.51E-05	9.21E+00
萘	4.58E-05	4.43E+00
苯并（a）蒽	7.78E-05	--
苯并（b）荧蒽	8.35E-05	--
苯并（k）荧蒽	6.09E-06	--
苯并（a）芘	6.81E-04	--
茚并（1,2,3-cd）芘	2.80E-05	--
二苯并（a,h）蒽	1.45E-04	--

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）可接受风险水平相关规定，单一污染物经所有暴露途径的致癌风险可接受水平为 10^{-6}，单一污染物经所有暴露途径的危害商可接受水平为 1。

根据风险评估结果，污染物砷、萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽致癌风险大于 10^{-6}，砷、萘危害商大于 1。

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定，总的致癌风险超过（1.00E-06）或危害指数超过（1.00E+00）的区域，对人体易产生不良或有害的健康效应，不在人体可接受风险范围内，需要进行土壤修复。根据风险表征结果，场地土壤砷、萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽风险评估结果超过风险可接受水平，需进行治理修复。

第八章 修复目标及修复范围

8.1 风险控制值

土壤风险控制值是根据场地未来用地方式、暴露情景和可接受风险水平，采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定的风险评估方法和土壤污染状况调查获得的相关数据，计算获得土壤中污染物的含量限值。

风险控制值的计算是风险评估逆过程，先假设可接受水平再根据暴露评价公式和迁移模型反推得该风险水平下的污染物浓度即为风险控制值。

8.1.1 基于致癌效应的风险控制值

1、基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$RCVS_{ois}=\frac{ACR}{OISER_{ca}\times SF_{o}}$$

式中：

RSCVois－基于经口摄入致癌效应的土壤风险控制值，$mg\cdot kg^{-1}$；

ACR－可接受致癌风险，无量纲，取值为 10^{-6}。

2、基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$RCVS_{dcs}=\frac{ACR}{DCSER_{ca}\times SF_{d}}$$

式中：

RSCVdcs：基于皮肤接触致癌效应的土壤风险控制值，$mg\cdot kg^{-1}$。

3、基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$RCVS_{pis}=\frac{ACR}{PISER_{ca}\times SF_{i}}$$

式中：

RSCVpis：基于吸入土壤颗粒物致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg^{-1}。

4、基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$RSCV_{iov1} = \frac{ACR}{IOVER_{ca1} \times SF_i}$$

公式中：

RSCViov1：基于吸入室外气态污染物致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg^{-1}。

5、基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$RCVS_{iov2} = \frac{ACR}{IOVER_{ca2} \times SF_i}$$

公式中：

RCVSiov2－基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg^{-1}。

6、基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，根据以下公式计算：

$$RCVS_{iiv} = \frac{ACR}{IIVER_{ca1} \times SF_i}$$

公式中：

RCVSiiv－基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg^{-1}。

7、基于 6 种暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_0 + DCSER_{ca} \times SF_d + \left(PISER_{ca} + IOVER_{ca1} + IVOER_{ca2} + IIVER_{ca1}\right) \times SF_i}$$

式中：

RCVSn－单一污染物（第 n 种）基于 6 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$。

8.1.2 基于非致癌风险的土壤风险控制值

1、基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_o \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}}$$

公式中：

HCVSois－基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$；

AHQ－可接受危害商，无量纲；取值为 1。

2、基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$HCVS_{dcs} = \frac{RfD_d \times SAF \times AHQ}{DCSER_{nc}}$$

公式中：

HCVSdcs－基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$。

3、基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值的计算：

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}}$$

公式中：

HCVSpis－基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$。

4、基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$HCVS_{iov1} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc1}}$$

公式中：

HCVSiov1－基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$。

5、基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$HCVS_{iov2} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc2}}$$

公式中：

HCVSiov2－基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$。

6、基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$HCVS_{iiv} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IIVER_{nc1}}$$

公式中：

HCVSiiv－基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$。

7、基于 6 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，采用以下公式计算：

$$HCVS_{\mathrm{n}} = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc} + IOVER_{nc1} + IOVER_{nc2} + IIVER_{nc1}}{RfD_i}}$$

公式中：

HCVSn－单一污染物（第 n 种）基于 6 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，$mg \cdot kg^{-1}$。

8.1.3 土壤风险控制值

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），最终的土壤风险控制值为分析比较基于致癌效应的风险控制值与基于非致癌效应的风险控制值中，选择较小值作为地块的土壤风险控制值。各因子的致癌效应、非致癌效应控制值计算结果和地块土壤风险控制值见表 8-1。

表 8-1 土壤风险控制值计算结果

单位：mg/kg

污染物	土壤风险控制值（致癌效应）	土壤风险控制值（非致癌效应）	风险控制值
砷	4.50E-01	4.65E+00	4.50E-01
萘	4.47E+00	4.47E+00	4.47E+00
苯并（a）蒽	5.40E+00	--	5.40E+00
苯并（b）荧蒽	5.44E+00	--	5.44E+00
苯并（k）荧蒽	5.43E+01	--	5.43E+01
苯并（a）芘	5.44E-01	--	5.44E-01
茚并（1,2,3-cd）芘	5.46E+00	--	5.46E+00
二苯并（a,h）蒽	5.45E-01	--	5.45E-01

8.2 修复目标值

8.2.1 土壤修复目标值的选取原则

《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）中修复目标值要求，分析比较按照 HJ 25.3 计算的土壤风险控制值、GB 36600 规定的筛选值和管制值、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及国家和地方有关标准中规定的限值，结合目标污染物形态与迁移转化规律等，合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》的规定：初步修复目标

值，是根据场地可接受污染水平、场地背景值或本底值、经济技术条件和修复方式（修复和工程控制）、当地社会经济发展水平等因素综合确定的、场地土壤和地下水中的污染物修复后需要达到的限值。

我国为发展中国家，经济和土壤、地下水修复技术水平相对欧美国家较落后。因此，在提出场地修复目标时，应综合考虑实际修复技术的可达性及当地经济的承受水平等因素，参考风险控制值及可接受风险水平，合理确定场地建议修复目标值。

综上所述，本项目土壤修复目标值的设置原则如下：

（1）原则上用风险控制值作为修复目标值，风险控制值低于筛选值，则采用筛选值作为修复目标值；修复目标值应低于国家风险管制值。

（2）如当地背景值高于筛选值和风险控制值，则选取背景值作为修复目标值。

8.2.2 土壤修复目标值的确定

综合分析风险控制值、场地所在区域背景值、其他相关标准中规定的限值，结合法律法规和技术、经济可行性，合理提出场地修复目标值，详见下表：

表 8-2 土壤修复目标值及相关参考值

单位：mg/kg

污染物	第一类用地筛选值	风险控制计算值	本底值均值	建议修复目标值
砷	20	4.50E-01	10.53	20
萘	25	4.47E+00	--	25
苯并（a）蒽	5.5	5.40E+00	--	5.5
苯并（b）荧蒽	5.5	5.44E+00	--	5.5
苯并（k）荧蒽	55	5.43E+01	--	55
苯并（a）芘	0.55	5.44E-01	--	0.55
茚并（1,2,3-cd）芘	5.5	5.46E+00	--	5.5
二苯并（a,h）蒽	0.55	5.45E-01	--	0.55

8.3 修复范围

8.3.1 修复范围确定原则

根据相关法律法规和技术导则要求，确定如下修复范围划定原则：

（1）不同土壤层次分别划定修复范围：根据本场地土层特征，在本场地具有风险的土层范围内划分需修复层位，对污染物修复范围、修复土方量进行分层统计。

（2）不同污染物类型分别叠加，给出修复范围：针对土壤中不同的污染物先分别划定单一污染物的修复范围，然后再进行叠加合并，得出综合考虑各种污染物后每一层需要修复的范围。

（3）详细划定修复范围拐点：对修复区域设置拐点坐标，方便进行土壤修复时准确范围的确定。

（4）以场地实际合理修正：在场地实际中，由于场地地形、建（构）筑物分布、场地地层结构等因素，会造成污染物迁移路径的变化和修复范围的变化。因此，场地实际修复范围需结合土壤采样点位置、建（构）筑物分布情况以及场地地形、地质特征进行合理修正。

8.3.2 修复范围及修复方量确定方法

根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南》：“采用浓度插值等方法将第二阶段和第三阶段的采样检测分析结果绘制成等值线图，与场地修复目标值相对照，可以初步确定出修复区域”。

常用的空间插值法主要为 Ordinary Kriging（普通克里格插值法）和 Inverse Distance（距离加权反比插值法）。

（1）Ordinary Kriging 插值法

该方法是建立在变异函数理论及结构分析基础上，根据有限领域（或待估块段）已测点的数据，结合半方差分析所提供的空间自相关程度的信息来进行插值，因此可以对未采样点给出最优无偏估计，而且能同时提供估计值的误差和精确度。也即它是

利用已知点的数据去估计未知点的数值，其实质是一个实行局部估计的加权平均值：

$$Z(X_0)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i Z(X_i)$$

上式中，Z（X_0）是未经观测点 X_0 上的内插估计值，Z（X_i）是在 X_0 点附近的若干点上获得的实测值。λ_i 是考虑了半方差图中表示空间权重，所以，Z（X_0）值的估计应该是无偏的，因为：$\sum_{i=1}^{n}\lambda_i=1$，估计偏差时最小的，并可有下列方程求出：

$$\sigma_d^2=b^T\left|\frac{\lambda}{\mu}\right|$$

上式中，b 是被估计点与其它点之间的半方差矩阵，μ 为拉格朗日参数。

（2）Inverse Distance to a Power 插值法

反距离加权插值法的基本原理是设平面上分布一系列离散点，已知其坐标(Xi，Yi)和属性，Zi(i=1,2,…,n)，P(x，y)为任一格网点，根据周围离散点的属性值，通过距离加权插值求 P 点属性值。距离加权插值法综合了泰森多边形的邻近点法和多元回归法的渐变方法的长处，它假设 P 点的属性值是在局部邻域内中所有数据点的距离加权平均值，可以进行确切的或者圆滑的方式插值。

本次评估选择 Ordinary Kriging（普通克里格插值法）对本项目场地土壤中各层污染物的修复范围进行初步划定。当确定修复范围后，修复方量即为修复范围内的面积与修复深度的乘积。

8.3.3 修复范围及土方量计算

本次评估采用 ARCGIS 计算软件对监测数据进行模拟计算，结合场地现状地形条件，得到评估场地的污染物等值线图。

本次评估以修复目标值等值线为基准范围边界，同时结合地块厂界、高程边界和场地天然地质条件（如泥岩等天然纵向边界），得到本场地的最终建议修复范围。

分析图 6-4 至 6-17 可知，8 种污染物在每一层的污染范围均存在复合关系，但砷属于重金属，需单独修复。除砷以外的 7 种污染物均为有机污染物，实际修复过可不单独进行某种污染物土壤的修复，而是将所有类型污染土壤统一开挖、统一修复。因此，建议将各深度层的 7 种有机污染物修复范围进行叠加，形成各深度层最终的建议修复范围，再结合各深度层厚度，计算各层需修复土壤方量。

复合修复范围图（含拐点）见图 8-1~8-8，修复区域面积及方量统计见表 8-3。

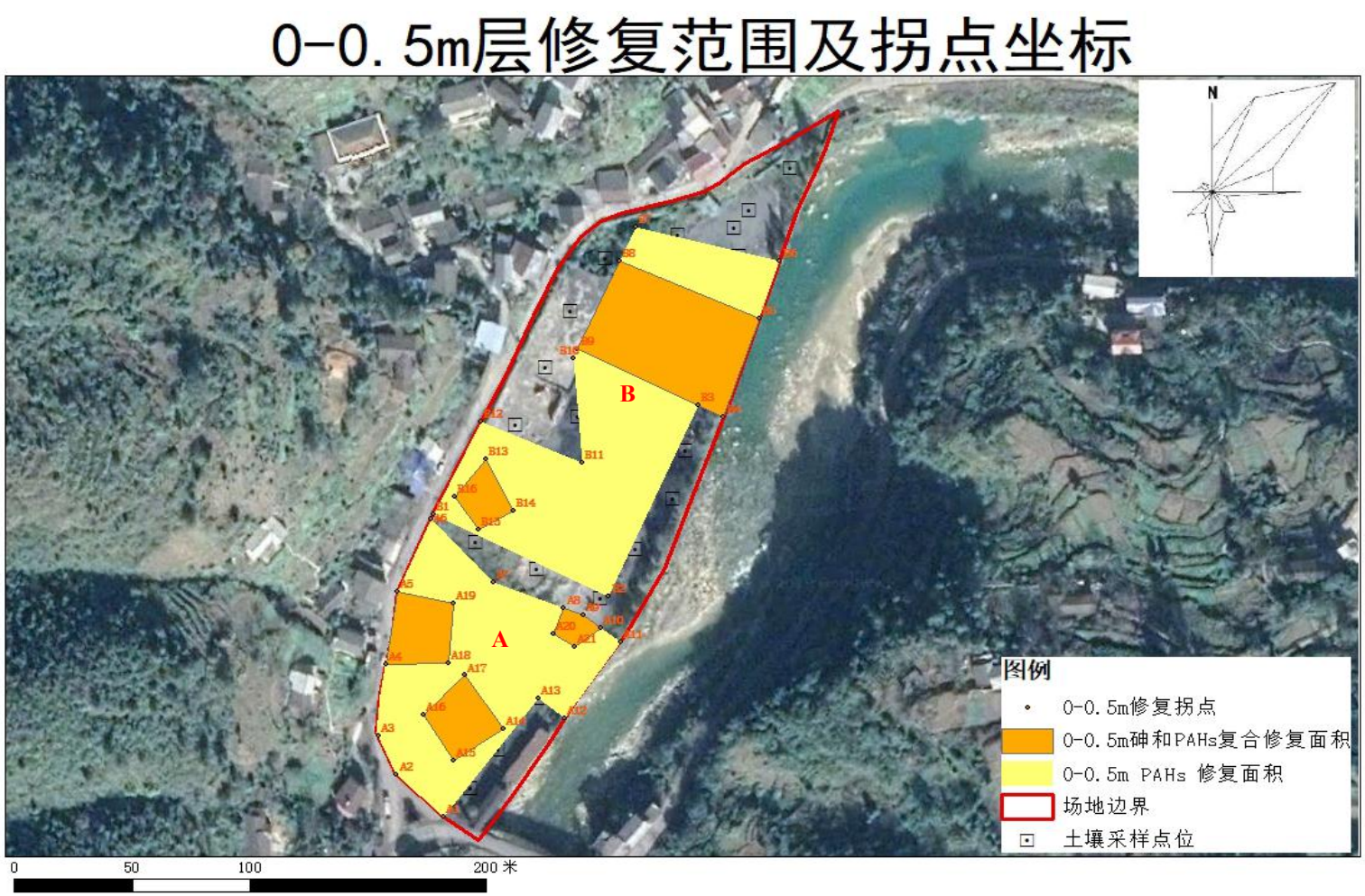


图 8-1 0-0.5m 层修复范围

拐点编号	X 坐标	Y 坐标
A1	788664.1134	3538483.822
A2	788644.3054	3538503.028
A3	788636.3984	3538520.392
A4	788639.7962	3538552.389
A5	788644.5104	3538585.455
A6	788658.8666	3538618.042
A7	788685.359	3538589.631
A8	788715.0976	3538577.985
A9	788723.1945	3538574.814
A10	788730.6411	3538569.244
A11	788739.0693	3538562.939
A12	788715.3597	3538528.184
A13	788704.4317	3538537.198
A14	788689.7246	3538523.617
A15	788668.2272	3538509.396
A16	788655.6594	3538529.901
A17	788673.1881	3538547.761
A18	788666.2428	3538553.052
A19	788668.2272	3538580.172
A20	788710.5606	3538566.282
A21	788719.4903	3538560.659

图 8-2 0-0.5m 层修复范围及拐点坐标（A 区域）

拐点编号	X 坐标	Y 坐标
B1	788659.9639	3538620.533
B2	788734.1086	3538583.347
B3	788772.1474	3538669.337
B4	788782.8224	3538664.412
B5	788798.0412	3538708.664
B6	788806.6435	3538734.68
B7	788745.4857	3538750.035
B8	788738.7133	3538734.865
B9	788720.972	3538695.124
B10	788719.0273	3538690.768
B11	788722.7315	3538643.672
B12	788680.0778	3538661.945
B13	788682.1178	3538644.995
B14	788693.6934	3538622.175
B15	788679.1413	3538613.576
B16	788668.8886	3538628.128

图 8-3 0-0.5m 层修复范围及拐点坐标（B 区域）

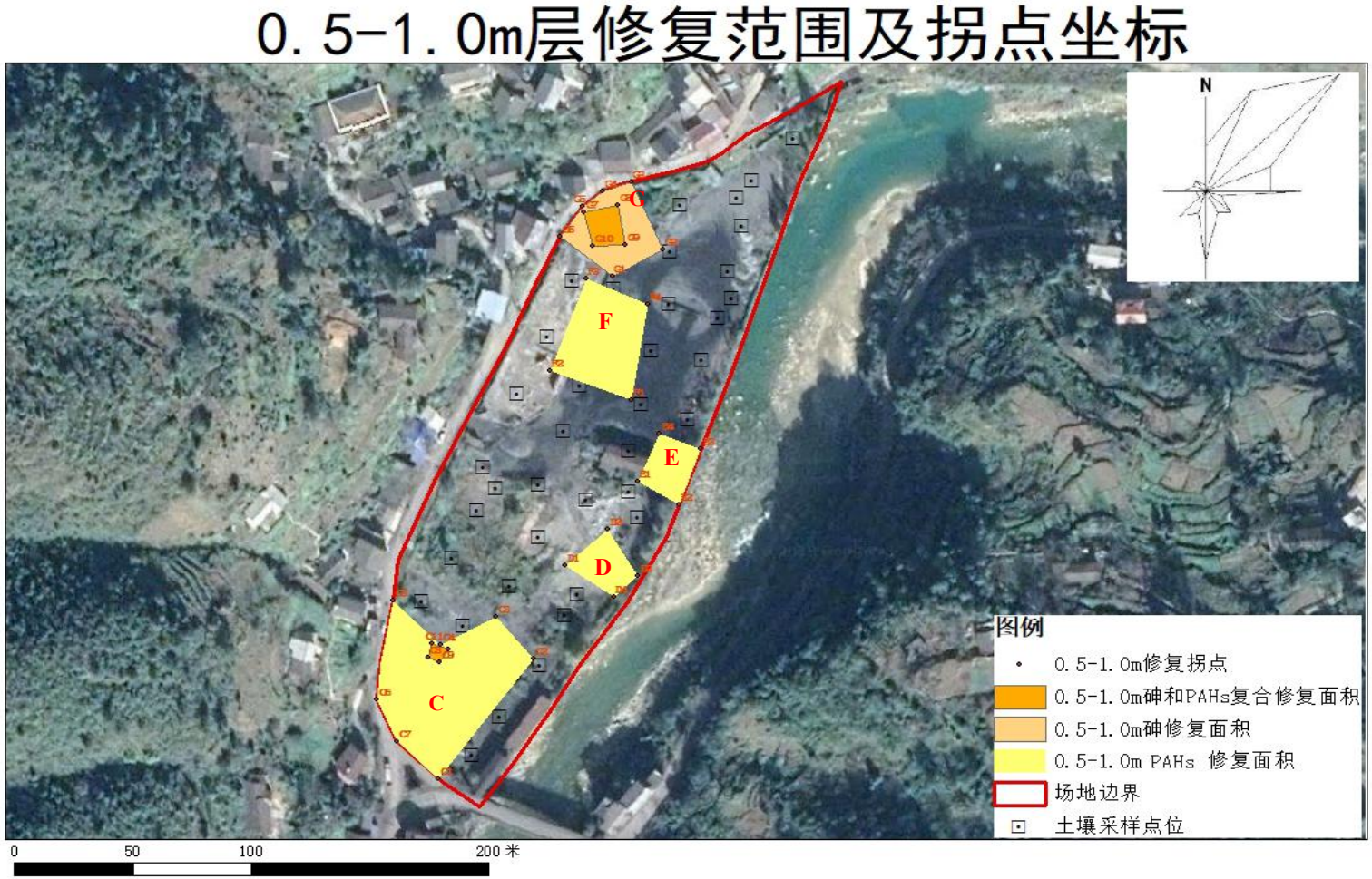


图 8-4 0.5-1.0m 层修复范围

拐点编号	X 坐标	Y 坐标
C1	788661.7583	3538486.105
C2	788701.9286	3538540.449
C3	788686.0536	3538559.499
C4	788662.5585	3538546.799
C5	788642.5063	3538566.694
C6	788635.657	3538522.021
C7	788644.3054	3538503.028
C8	788657.3105	3538540.783
C9	788662.073	3538538.878
C10	788665.7242	3538544.593
C11	788658.7392	3538547.45
D1	788715.16	3538582.532
D2	788733.1517	3538599.359
D3	788745.64	3538578.087
D4	788735.48	3538568.244
E1	788745.3998	3538620.777
E2	788762.9017	3538610.184
E3	788772.0743	3538635.498
E4	788754.766	3538642.526

图 8-5 0.5-1.0m 层修复范围及拐点坐标（C、D、E 区域）

拐点编号	X 坐标	Y 坐标
F1	788742.8068	3538657.819
F2	788708.4109	3538671.048
F3	788723.7568	3538712.852
F4	788749.686	3538701.475
G1	788734.9487	3538713.91
G2	788756.38	3538726.081
G3	788742.8781	3538757.067
G4	788730.7837	3538752.778
G5	788722.6177	3538745.741
G6	788712.8707	3538731.836
G7	788722.9895	3538742.962
G8	788737.1183	3538746.454
G9	788740.2933	3538728.357
G10	788726.482	3538727.563

图 8-6 0.5-1.0m 层修复范围及拐点坐标（F、G 区域）

图 8-7 1.0-2.0m 层修复范围

拐点编号	X 坐标	Y 坐标
H1	788735.3168	3538567.055
H2	788744.7624	3538574.199
H3	788738.2536	3538600.710
H4	788712.6155	3538583.407

图 8-8 1.0-2.0m 层修复范围及拐点坐标（H 区域）

表 8-3 基于修复目标值的污染土壤修复面积及方量表

序号	污染物	分层修复面积（m^2）			污染物修复方量（m^3）
		0-0.5m	0.5-1.0m	1.0-2.0m	
1	砷	/	788.8	/	394.4
2	PAHs	13581.8	5193.0	535.5	9922.9
3	砷和 PAHs	5034.7	283.7	/	2659.2
4	总方量合计（m^3）	12976.5			

综合以上，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂大部分区域土壤污染深度为 1.0m，部分区域土壤污染深度为 2.0m，土壤污染总方量为 12976.5m^3，砷污染土壤为 394.4m^3，PAHs 污染土壤为 9922.9m^3，砷和 PAHs 复合污染土壤为 2659.2m^3。

表 8-4 PAHs 污染土壤修复面积及方量表

序号	污染物	分层修复面积（m^2）			污染物修复方量（m^3）
		0-0.5m	0.5-1.0m	1.0-2.0m	
1	萘	708.0	/	/	354.5
2	苯并（a）蒽	8470.2	465.4	/	4467.8
3	苯并（b）荧蒽	8708.5	636.3	/	4672.4
4	苯并（k）荧蒽	3088.6	/	/	1544.3
5	苯并（a）芘	16986.0	6459.2	535.5	12258.1
6	茚并（1,2,3-cd）芘	6986.6	148.2	/	3567.4
7	二苯并（a,h）蒽	6515.8	/	/	3257.9

PAHs 中萘污染土壤为 354.5m^3，苯并（a）蒽污染土壤为 4467.8m^3，苯并（b）荧蒽污染土壤为 4672.4m^3，苯并（k）荧蒽污染土壤为 1544.3m^3，苯并（a）芘污染土壤为 12258.1m^3，茚并（1,2,3-cd）芘污染土壤为 3567.4m^3，二苯并（a,h）蒽污染土壤为 3257.9m^3。

第九章 不确定分析

9.1 场地过往历史调查对调查结果带来的不确定性

焦化厂从1982年开始前期筹建工作，2012年拆除，场地生产运营周期近30年。企业生产运营和拆除情况资料缺失，尤其是环境资料，导致对相关污染源历史信息的掌握不完全或不准确。以上情况会对本场地内土壤污染来源的判断带来不确定性。

9.2 场地煤矸石等堆存对调查结果的不确定性

调查期间发现，由于处于无人看管的废弃状态，场地堆积了河沙、岩泥、新环卫垃圾箱等杂物。场地自2012年荒废自今，期间是否堆存过其他对场地环境可能造成污染的物质存在不确定性。

场地中东部区域自2018年底起租赁给某企业用作煤矸石（水泥生产原材料）和煤运输中转站，租赁期为1年，目前仍处于租赁期间。煤矸石堆积方量较大，土壤监测点位布设受到一定程度的限制，因此，场地内的污染程度、污染范围的确定存在一定程度的不确定性，煤矸石和煤堆积及运输过程是否会加深场地的污染存在不确定性。

9.3 风险评估参数选择对风险评估的不确定性

（1）污染物迁移过程的不确定性

本项目的风险评估模型中的污染物迁移过程来源于风险评估技术导则，但模型的拟合程度与场地的实际情况（如水文地质情况、地层结构等）拟合情况如何，还无从验证，其评价过程与评价结果仍存在一些不确定性因素。

（2）暴露参数的不确定性

本项目尽量采用实测数据（如场地土壤理化性质参数、水文地质参数、气候参数等）和国家导则中的默认参数（如暴露受体参数），但由于我国相关基础研究仍相对匮乏（如对暴露参数和建构筑物参数的统计），且地区参数与国家导则中推荐的默认参数也存在一定的差异性。因此，模型根据国家导则计算目标场地的风险控制值、风险或危害商，并不能完全反应目标场地的实际情况。

（3）场地风险评估工作是基于业主提供的相关资料、场地污染识别及现场采样检测结果开展的，本次风险评估结果仅适用于当前场地地下水利用方式下且未来土地利用方式为居住用地（R）的情景，若未来场地发生大的扰动或改变场地规划用途，将为计算结果带来极大不确定性。

第十章 结论与建议

10.1 结论

10.1.1 场地详细调查结果

本次详细调查共布设 42 个土壤采样点，3 个背景点，3 口地下水监测井，1 个固废样品。根据《沙滩镇总体规划--综合用地规划 2010~2030 年》（见附图 2）可知，达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂关闭地块拟规划为居住用地（R），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中规定的第一类建设用地，故第一类建设用地风险筛选值对场地土壤环境进行评价。根据检测结果，得到如下结论：

1、土壤

送检的 90 个土壤样品中有 32 个样品超标，超标污染物为砷、PAHs（萘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘、二苯并（a,h）蒽），对人体健康存在风险，需要进行风险评估。

2、地下水

场地地下水 DX-1、DX-2 和 DX-3 样品中的 pH、耗氧量、总硬度、溶解性总固体、挥发酚、氰化物、硫化物、氟化物、氨氮、六价铬、锰、铜、汞、铅、镍、砷、镉、锌、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）含量均未超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准。地下水 DX-1、DX-2 和 DX-3 样品中均未检出石油类。

地下水 DX-2 和 DX-3 样品中铁含量超过 IV 类标准，分别超标 0.47、0.46 倍。铁属于一般化学指标，不属于有毒有害物质，因此，无需进入地下水健康评估阶段。

3、固废

依据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）采用《污水

综合排放标准》（GB 8978-1996）对固废样品进行评价，样品的重金属指标均未超过污染物最高允许排放浓度，样品的 pH 值在 6~9 的范围之内。根据《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）中第 I 类一般工业固体废物的定义，该固废属于第 I 类一般工业固体废物。

4、地表水

地表水断面 1、断面 2 和断面 3 样品中的 pH、硫化物、挥发酚、氰化物、氟化物、氨氮、六价铬、铜、锰、锌、铅、铁、镉、砷、汞、半挥发性有机物（SVOCs）含量均未超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中 III 类标准。

地表水断面 2 和断面 3 样品中化学需氧量含量超过 III 类标准，但未超过IV类标准。入境断面 1 样品中未检出化学需氧量，可见化学需氧量含量较高与入境水质无直接关系。根据现场踏勘情况，白沙河沿岸两边分布少量的居民，有将生活污水直接排入白沙河中的现象，推断化学需氧量偏高与此有关。

10.1.2 风险评估结果

本次风险评估选取详细超标污染物的最大浓度值进行风险表征，其中砷最大浓度为 83.1mg/kg，萘最大浓度为 67.4mg/kg，苯并（a）蒽最大浓度为 420mg/kg，苯并（b）荧蒽最大浓度为 454mg/kg，苯并(k)荧蒽最大浓度为 331mg/kg，苯并(a)芘最大浓度为 370mg/kg，茚并（1,2,3-cd）芘最大浓度为 153mg/kg，二苯并（a,h）蒽最大浓度为 79.2mg/kg。根据风险评估结果，砷的总致癌风险和危害商分别为 9.51E-05 和 9.21E+00，萘的总致癌风险和危害商分别为 4.58E-05 和 4.43E+00，苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（k）荧蒽、苯并（a）芘、茚并（1,2,3-cd）芘和二苯并（a,h）蒽的总致癌风险分别为 7.78E-05、8.35E-05、6.09E-06、6.81E-04、2.80E-05 和 1.45E-04，总的致癌风险超过（1.00E-06）和危害指数超过（1.00E+00），对人体易产生不良或有害的健康效应，不在人体可接受风险范围内，需要进行土壤修复。

10.1.3 修复范围及土方量

（1）修复目标值

综合分析风险控制值、场地所在区域背景值、国家标准中规定的限值，结合法律法规和技术、经济可行性，提出场地修复目标值：砷≤20mg/kg，萘 ≤25mg/kg，苯并（a）蒽≤5.5mg/kg，苯并（b）荧蒽≤5.5mg/kg，苯并（k）荧蒽≤55mg/kg，苯并（a）芘≤0.55mg/kg，茚并（1,2,3-cd）芘≤5.5mg/kg，二苯并（a,h）蒽≤0.55mg/kg。

（2）修复范围

本场地不同污染因子修复范围详见“8.3.3 修复范围及土方量计算”内容。考虑复合污染后的修复范围见图 8-1 至图 8-8。

（3）修复方量

达州市福鑫冶炼有限责任公司焦化厂大部分区域土壤污染深度为 1.0m，部分区域土壤污染深度为 2.0m，土壤污染总方量为 12976.5m^3，砷污染土壤为 394.4m^3，PAHs 污染土壤为 9922.9m^3，砷和 PAHs 复合污染土壤为 2659.2m^3。

PAHs 中萘污染土壤为 354.5m^3，苯并（a）蒽污染土壤为 4467.8m^3，苯并（b）荧蒽污染土壤为 4672.4m^3，苯并（k）荧蒽污染土壤为 1544.3m^3，苯并（a）芘污染土壤为 12258.1m^3，茚并（1,2,3-cd）芘污染土壤为 3567.4m^3，二苯并（a,h）蒽污染土壤为 3257.9m^3。

10.2 建议

（1）场地残留 2 个曾用于盛装煤焦油的焦油槽，应严格按照国家相关法律法规及技术规范要求拆除，并进行安全处置。

（2）根据场地初步调查报告，场地表面残留一层混杂有焦油渣、沥青渣、煤渣的灰渣，但由于近期堆存了大量的煤矸石、煤，加之大型运输车辆来往，场地表面覆盖了一层煤灰，已经无法辨认场地原拆除的状态。建议对场地表面的灰渣进行统一收集，并进行安全处置。

（3）按照《污染地块土壤环境办法（试行）》（环境保护部令第 42 号）的要求，污染地块土地使用权人应当根据风险评估结果，并结合污染地块相关开发利用计划，有针对性地实施风险管控。

（4）场地未来开发利用前，应按照国家相关法律法规及技术规范要求编制场地修复实施方案，开展场地修复工作，修复工程开展过程中做好人员健康防护及环境保护。

编号		1	2	3	4	5	6	7	8
污染物（中文）		砷（无机）	萘	苯并(a)蒽	苯并(b)荧蒽	苯并(k)荧蒽	苯并(a)芘	茚并(1，2，3-cd)芘	二苯并(a，h)蒽
污染物（英文）		Arsenic	Naphthalene	Benz-a-anthracene	Benzo-b-fluoranthene	Benzo-k-fluoranthene	Benzo-a-pyrene	Indeno(1，2，3-cd)pyrene	Dibenz-a，j-acridine
	$HCVS^{sl\text{-}TOX}$								
	$HCVS^{mig\text{-}TOX}$								
	$HCVS^{hea}$	4.65E+00	2.26E+01	-	-	-	-	-	-
控制值(保护健康)	CVS^{hea}	4.50E-01	4.47E+00	5.40E+00	5.44E+00	5.43E+01	5.44E-01	5.46E+00	5.45E-01
控制值(保护水环境)	$CVS^{sl\text{-}MCL}$								
	$CVS^{mig\text{-}MCL}$								
	CVS^{env}								
综合控制值	CVS^{int}	4.50E-01	4.47E+00	5.40E+00	5.44E+00	5.43E+01	5.44E-01	5.46E+00	5.45E-01
国家管制值		1.20E+02	2.55E+02	5.50E+01	5.50E+01	5.50E+02	5.50E+00	5.50E+01	5.50E+00
项目控制值		4.50E-01	4.47E+00	5.40E+00	5.44E+00	5.43E+01	5.44E-01	5.46E+00	5.45E-01