

丹江口市神龙化工有限责任公司地块 土壤污染风险评估报告

(备案稿)

委托单位：丹江口市神龙化工有限责任公司管理人

调查单位：武汉中地大环境地质研究院有限公司

日期：二〇二二年二月

项 目 名 称： 丹江口市神龙化工有限责任公司地块

土壤污染风险评估项目

编 制 单 位： 武汉中地大环境地质研究院有限公司

法定代表人： 于吉顺

项目负责人： 申徐果

技术负责人： 方晓菲

编制人员责任表

序号	姓名	职称	项目职务	签字
1	申徐果	中级工程师	项目负责人	申徐果
2	方晓菲	工程师	技术负责人	方晓菲
3	王朝	工程师	现场调查	王朝
4	李丽萍	工程师	报告编制	李丽萍
5	吕倩	工程师	报告编制	吕倩

丹江口市神龙化工有限责任公司管理人文件

神龙化工文[2021]001 号

签发人：方胜强

关于评审丹江口市神龙化工有限责任公司地块 土壤污染风险评估报告的请示

湖北省生态环境厅：

根据国家环境保护相关法律、法规，我单位委托武汉中地大环境地质研究院有限公司编制完成了《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》。

根据《建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审指南》（环办土壤[2019]63 号），现向贵单位申请对《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》进行评审。

专此请示，请予支持。

附件：1.（取得管理权的文件）

2. 评审申请表

3. 申请人承诺书

4. 报告出具单位承诺书

丹江口市神龙化工有限责任公司管理人

2021年12月17日

（联系人：聂霞；联系电话：15327999900）

丹江口市神龙化工有限责任公司管理人 2021年12月17日印发

湖北省丹江口市人民法院

决定书

(2018)鄂0381破4号

2018年5月11日，本院根据湖北丹江电力有限公司的申请，裁定受理丹江口市神龙化工有限责任公司破产清算一案。依照《中华人民共和国企业破产法》第二十二条第一款规定，指定湖北遇真律师事务所、湖北昌泰祥破产清算服务有限公司十堰分公司共同担任丹江口市神龙化工有限责任公司管理人，管理人的负责人为方胜强，公民身份号码：422601197402035013。

管理人应当勤勉尽责，忠实执行职务，履行《中华人民共和国企业破产法》规定的管理人的各项职责，向人民法院报告工作，并接受债权人会议和债权人委员会的监督。管理人职责如下：

- (一) 接管债务人的财产。印章和账簿、文书等资料；
- (二) 调查债务人的财产状况，制作财产状况报告；
- (三) 决定债务人的内部管理事务；
- (四) 决定债务人的日常开支和其他必要开支；
- (五) 在第一次债权人会议召开之前，决定继续或者停止债务人的营业；
- (六) 管理和处分债务人的财产；
- (七) 代表债务人参加诉讼、仲裁或者其他法律程序；
- (八) 提议召开债权人会议；
- (九) 本院认为管理人应当履行的其他职责。

二〇一八年五月十五日



附件 1

建设用地土壤污染状况调查、风险评估、 风险管控及修复效果评估报告评审申请表

项目名称	丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估项目				
报告类型	☐ 土壤污染状况调查 ☒ 土壤污染风险评估 ☐ 土壤污染风险管控效果评估 ☐ 土壤污染修复效果评估				
联系人	聂霞	联系电话	15327999900	电子邮箱	598935167@qq.com
地块类型	☒ 经土壤污染状况普查、详查、监测、现场检查等方式，表明有土壤污染风险 ☐ 用途变更为住宅、公共管理、公共服务用地，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查的地块				
土地使用权取得时间 (地方人民政府以及有关部门申请的，填写土地使用权收回时间)	1997 年 11 月 10 日	前土地使用权人		丹江口市浪河镇小店子村	
建设用地地点	__湖北__省(区、市) __十堰市__地区(市、州、盟) __丹江口市__县(区、市、旗) __浪河__乡(镇) __小店子村 316 国道旁__街(村) 经度: __111.26731__° 纬度: __32.41285__° ☒ 项目中心 ☐ 其他(简要说明)				
四至范围	东至东侧居民区,南至丹江宇航两家企业,西至西侧居民区,北至 316 国道(拐点见附图)		占地面积 (m ²)	18838.3	
行业类别(现状为工矿用地的填写该栏)	☐ 有色金属冶炼 ☐ 石油加工 ☐ 化工 ☐ 焦化 ☐ 电镀 ☐ 制革 ☐ 危险废物贮存、利用、处置活动用地 ☒ 其他__化学原料和化学制品制造业__				
有关用地审批和规划许可情况	☐ 已依法办理建设用地审批手续 ☐ 已核发建设用地规划许可证 ☐ 已核发建设工程规划许可证				
规划用途	☐ 第一类用地: 包括 GB50137 规定的 ☐ 居住用地 R ☐ 中小学用地 A33 ☐ 医疗卫生用地 A5 ☐ 社会福利设施用地 A6 ☐ 公园绿地 G1 中的社区公园或者儿童公园用地 ☐ 第二类用地: 包括 GB50137 规定的 ☐ 工业用地 M ☐ 物流仓储用地 W ☐ 商业服务业设施用地 B ☐ 道路与交通设施用地 S ☐ 公共设施用地 U ☐ 公共管理与公共服务用地 A (A33、A5、A6 除外) ☐ 绿地与广场用地 G (G1 中的社区公园或者儿童公园用地除外) ☒ 不确定				

	本次污染地块风险评估污染源为历史污染的土壤与地下水，评估范围主要针对神龙化工地块及周边范围可能受到污染的土壤与地下水区域，风险评估对象为神龙化工地块周边可能受到污染的土壤及地下水影响的受体人群，包括：施工单位人员、周边住宅区居民等。 地下水中关注污染物是汞、铁、锰、氟化物、总磷，主要暴露途径为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、皮肤接触地下水、饮用地下水四种途径。采用导则推荐的模式对地下水污染物的致癌风险和非致癌危害商进行计算，结果表明，污染物汞、总磷和锰的非致癌危害商存在大于1的点位，超过可接受的风险水平，需要进一步计算风险控制值。 土壤中的关注污染物为氟化物和总磷。其中氟化物不存在致癌风险并且非致癌危害商处于可接受范围内，可进一步计算风险控制值。总磷考虑生态环境风险，经评估总磷污染情况严重。场地内土壤污染范围有限，且黏土层具有良好的阻隔作用，可对填土底部土壤进行防渗处理后封场，封闭之后，切断了污染源与污染受体之间的暴露途径，几乎不会对受体人群产生影响。 计算风险控制值后，从环境安全、控制风险管控及处置成本角度考虑，结合国内风险筛选值和其他类似污染场地进行修正，将本场地铁的地下水风险控制目标值确定为 $3.00 \times 10^{-1} \text{mg/L}$，氨氮的地下水风险控制目标值确定为 $5.00 \times 10^{-1} \text{mg/L}$，总磷的地下水风险控制目标值确定为 $2.00 \times 10^{-1} \text{mg/L}$，汞的地下水风险控制目标值确定为 $2.80 \times 10^{-3} \text{mg/L}$，锰的地下水风险控制目标值确定为 $1.00 \times 10^{-1} \text{mg/L}$，氟化物的地下水风险控制目标值确定为 $5.72 \times 10^{-1} \text{mg/L}$，土壤氟化物风险控制目标值确定为 650mg/kg。																														
报告主要结论																															
附：地块四至范围及拐点图	 <table><tr><th>拐点</th><th>V</th><th>X</th></tr><tr><td>A</td><td>524402.7800</td><td>528001.4336</td></tr><tr><td>B</td><td>524000.6553</td><td>5287987.8382</td></tr><tr><td>C</td><td>524656.1748</td><td>5287909.9726</td></tr><tr><td>D</td><td>524497.5424</td><td>5287938.2258</td></tr><tr><td>E</td><td>524578.1960</td><td>5287796.0930</td></tr><tr><td>F</td><td>524586.1459</td><td>5287857.0609</td></tr><tr><td>G</td><td>524511.9390</td><td>5287862.7970</td></tr><tr><td>H</td><td>524536.8325</td><td>5287897.4912</td></tr><tr><td>I</td><td>524579.7140</td><td>5287859.4579</td></tr></table> 图例 地块范围 0 25 50m	拐点	V	X	A	524402.7800	528001.4336	B	524000.6553	5287987.8382	C	524656.1748	5287909.9726	D	524497.5424	5287938.2258	E	524578.1960	5287796.0930	F	524586.1459	5287857.0609	G	524511.9390	5287862.7970	H	524536.8325	5287897.4912	I	524579.7140	5287859.4579
拐点	V	X																													
A	524402.7800	528001.4336																													
B	524000.6553	5287987.8382																													
C	524656.1748	5287909.9726																													
D	524497.5424	5287938.2258																													
E	524578.1960	5287796.0930																													
F	524586.1459	5287857.0609																													
G	524511.9390	5287862.7970																													
H	524536.8325	5287897.4912																													
I	524579.7140	5287859.4579																													

申请人：（申请人为单位的盖章，申请人为个人的签字）



申请日期： 年 月 日

附：调查地块四至范围及拐点图



申请人承诺书

本单位（或个人）郑重承诺：

我单位（或本人）对申请材料的真实性负责；为报告出具单位提供的相应资料、全部数据及内容真实有效，绝不弄虚作假。

如有违反,愿意为提供虚假资料和信息引发的一切后果承担全部法律责任。

承诺单位：（公章）



法定代表人（或申请个人）：（签名）胡胜强

2021年12月17日

报告编制单位承诺书

本单位郑重承诺：

我单位对《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》报告的真实性、准确性、完整性负责。

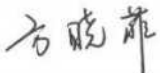
本报告的直接负责的主管人员是：

姓 名： 申徐果 身份证号： 654125198712022667

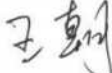
负责篇章： 全文 签 名： 

本报告的其他直接责任人员包括：

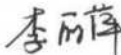
姓 名： 方晓菲 身份证号： 342426199706150024

负责篇章： 全文 签 名： 

姓 名： 王朝 身份证号： 429004199406203696

负责篇章： 第1章~第3章 签 名： 

姓 名： 李丽萍 身份证号： 422201199104291825

负责篇章： 第5、6、8章 签 名： 

姓 名： 吕倩 身份证号： 42108319890912642X

负责篇章： 第4章 签 名： 

如出具虚假报告，愿意承担全部法律责任。

承诺单位：（公章）

法定代表人：（签名）



2021年12月17日

《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》技术评审会专家组评审意见

湖北省生态环境工程评估中心于2022年1月6日在丹江口市组织召开《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》（以下简称《风险评估报告》）技术评审会。参加会议的有湖北省生态环境厅、湖北省自然资源厅、十堰市生态环境局、十堰市自然资源和规划局、十堰市生态环境局丹江口分局、丹江口市自然资源和规划局、丹江口市神龙化工有限责任公司管理人（申请人）、武汉中地大环境地质研究院有限公司（编制单位）等单位代表共18人。会议邀请3名专家（名单附后）负责《风险评估报告》技术评审工作。

评审会期间，与会代表和专家进行了现场踏勘，审阅了《风险评估报告》，查阅了《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染状况详细调查报告》，听取了申请单位对地块有关情况的介绍，风险评估单位对《风险评估报告》的汇报，经认真讨论和质询，形成专家组技术评审意见如下：

一、土壤污染状况调查的数据能够满足风险评估的要求；土壤风险评估程序与方法基本符合国家相关标准规范要求；

二、该地块风险不可接受，需要采取修复措施；

三、报告通过但需修改。

修改要求如下：

1、补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，核算修复目标值；

2、细化地块土壤污染空间分布，核算修复范围；

3、补充水文地质资料（地下水含水层结构、地下水流场等），分析地下水与地表水的水力联系及影响；

4、进一步明确地块内现存固废的位置及规模。

专家组：

郑川 李俊峰 赵文

2022年1月6日

《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》

专家意见修改说明

1、补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，核算修复目标值；

修改说明：已根据专家意见在报告中补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，补充了风险评估过程中的计算过程截图，并核算了修复目标值。详见 7.2 节，P59-60；8.2.2 节，P66；9.1~9.2 节，P68-74。

2、细化地块土壤污染空间分布，核算修复范围；

修改说明：已根据专家意见，对地块土壤污染空间分布进行细化，核算修复目标值后对地块修复范围进行了进一步核算，并补充了地块修复范围拐点坐标。详见 10.2 节，P81-82，12.2 节，P91-103。

3、补充水文地质资料（地下水含水层结构、地下水流场等），分析地下水与地表水的水力联系及影响；

修改说明：已在评估报告中补充地块水文地质资料，对地块的地下水含水层结构以及地下水流场，地下水的补径排条件进行了描述，同时分析了地下水与地表水的水力联系和影响。详见 4.4 节，P48-51。

4、进一步明确地块内现存固废的位置及规模。

修改说明：已在评估报告中对地块内现存固废的位置进行标识，对存量进行了描述，并对地块内原水池、黄磷炉等风险区域进行了标识，详见 3.4.2 节，P22-26。

5、专家与与会代表其他意见已修改。

《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》

专家意见回复单

1、补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，核算修复目标值；

修改说明：已根据专家意见在报告中补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，补充了风险评估过程中的计算过程截图，并核算了修复目标值。详见 7.2 节，P59-60；8.2.2 节，P66；9.1~9.2 节，P68-74。

2、细化地块土壤污染空间分布，核算修复范围；

修改说明：已根据专家意见，对地块土壤污染空间分布进行细化，核算修复目标值后对地块修复范围进行了进一步核算，详见 10.3 节，P84-86，12.2 节，P92-97。

3、补充水文地质资料（地下水含水层结构、地下水流场等），分析地下水与地表水的水力联系及影响；

修改说明：已在评估报告中补充地块水文地质资料，对地块的地下水含水层结构以及地下水流场，地下水的补径排条件进行了描述，同时分析了地下水与地表水的水力联系和影响。详见 4.4 节，P48-51。

4、进一步明确地块内现存固废的位置及规模。

修改说明：已在评估报告中对地块内现存固废的位置进行标识，对存量进行了描述，并对地块内原水池、黄磷炉等风险区域进行了标识，详见 3.4.2 节，P22-26。

5、专家与与会代表其他意见已修改。

专家组： 郑明

《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》

专家意见回复单

1、补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，核算修复目标值；

修改说明：已根据专家意见在报告中补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，补充了风险评估过程中的计算过程截图，并核算了修复目标值。详见 7.2 节，P59-60；8.2.2 节，P66；9.1~9.2 节，P68-74。

2、细化地块土壤污染空间分布，核算修复范围；

修改说明：已根据专家意见，对地块土壤污染空间分布进行细化，核算修复目标值后对地块修复范围进行了进一步核算，详见 10.3 节，P84-86，12.2 节，P92-97。

3、补充水文地质资料（地下水含水层结构、地下水流场等），分析地下水与地表水的水力联系及影响；

修改说明：已在评估报告中补充地块水文地质资料，对地块的地下水含水层结构以及地下水流场，地下水的补径排条件进行了描述，同时分析了地下水与地表水的水力联系和影响。详见 4.4 节，P48-51。

4、进一步明确地块内现存固废的位置及规模。

修改说明：已在评估报告中对地块内现存固废的位置进行标识，对存量进行了描述，并对地块内原水池、黄磷炉等风险区域进行了标识，详见 3.4.2 节，P22-26。

5、专家与与会代表其他意见已修改。

专家组：

吴俊峰

2022.1.22

《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染风险评估报告》

专家意见回复单

1、补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，核算修复目标值；

修改说明：已根据专家意见在报告中补充风险评估计算过程中参数的选取来源和依据，补充了风险评估过程中的计算过程截图，并核算了修复目标值。详见 7.2 节，P59-60；8.2.2 节，P66；9.1~9.2 节，P68-74。

2、细化地块土壤污染空间分布，核算修复范围；

修改说明：已根据专家意见，对地块土壤污染空间分布进行细化，核算修复目标值后对地块修复范围进行了进一步核算，并补充了地块修复范围拐点坐标。详见 10.3 节，P84-86，12.2 节，P92-104。

3、补充水文地质资料（地下水含水层结构、地下水流场等），分析地下水与地表水的水力联系及影响；

修改说明：已在评估报告中补充地块水文地质资料，对地块的地下水含水层结构以及地下水流场，地下水的补径排条件进行了描述，同时分析了地下水与地表水的水力联系和影响。详见 4.4 节，P48-51。

4、进一步明确地块内现存固废的位置及规模。

修改说明：已在评估报告中对地块内现存固废的位置进行标识，对存量进行了描述，并对地块内原水池、黄磷炉等风险区域进行了标识，详见 3.4.2 节，P22-26。

5、专家与与会代表其他意见已修改。

专家组：



2022年2月6日

另建议修改：

1. 该地块为两低山冲沟狭窄地带，含水层为上部冲填层，属局部上层滞水，与周围地层不具广泛联系，与地表水无直接联系。
2. 地下水点 DX01 汞含量为 0.0014 mg/L ，大于地表水类标准，但小于 II 类标准，且该点位于本地块上游，其下游各点地块均小于 II 类地下水标准值。
3. 鉴于上述二点，该地块地下水判断为不存在风险。

目 录

1. 前言.....	1
2. 概述.....	3
2.1. 评估目的.....	3
2.2. 评估原则.....	3
2.3. 评估范围.....	3
2.4. 评估内容及程序.....	4
2.5. 编制依据.....	6
2.5.1. 法律法规、政策文件.....	6
2.5.2. 技术导则、标准规范.....	6
2.5.3. 其他文件.....	7
3. 地块概况.....	8
3.1. 区域环境概况.....	8
3.1.1. 地理位置.....	8
3.1.2. 地形地貌.....	9
3.1.3. 区域构造.....	10
3.1.4. 气候气象.....	10
3.1.5. 水文水系.....	11
3.1.6. 土壤.....	13
3.2. 区域社会概况.....	13
3.2.1. 行政区划.....	13
3.2.2. 经济发展水平.....	13
3.3. 周边环境及敏感目标.....	14
3.3.1. 敏感目标.....	14
3.4. 地块使用现状及历史.....	15
3.4.1. 地块使用历史.....	15
3.4.2. 地块现状.....	19
3.5. 相邻地块使用现状及历史.....	27
3.5.1. 相邻地块使用现状.....	27

3.5.2. 相邻地块历史.....	29
3.6. 用地规划.....	32
4. 土壤污染状况调查情况.....	33
4.1. 地块土壤污染状况调查评价标准.....	33
4.1.1. 土壤污染物筛选值.....	33
4.1.2. 地下水评价标准.....	35
4.2. 初步采样调查.....	37
4.2.1. 污染识别.....	37
4.2.2. 采样点布设.....	38
4.2.3. 初步调查检测结果.....	41
4.2.4. 初步调查结论.....	43
4.3. 详细采样调查.....	44
4.3.1. 采样点布设.....	44
4.3.2. 详细调查检测结果.....	46
4.3.3. 详细调查结论.....	47
4.4. 地块地下水情况.....	48
4.4.1. 地下水赋存.....	48
4.4.2. 地下水补径排条件.....	49
4.5. 土壤污染状况调查情况结论.....	52
4.5.1. 地块污染成因分析.....	52
4.5.2. 土壤污染状况调查小结.....	52
5. 场地污染及风险识别.....	53
5.1. 场地风险评估流程.....	53
5.2. 地块污染状况及地块环境调查结论.....	53
5.2.1. 土壤污染现状.....	53
5.2.2. 地下水污染现状.....	54
5.2.3. 环境调查结论.....	55
5.3. 风险识别.....	55
6. 危害识别.....	56

6.1. 地块污染识别.....	56
6.2. 确定关注污染物.....	56
7. 暴露评估.....	58
7.1. 暴露情景分析.....	58
7.2. 暴露途径.....	59
7.2.1. 土壤暴露途径.....	60
7.2.2. 地下水暴露途径.....	60
7.3. 经口摄入土壤途径暴露量计算.....	61
7.3.1. 致癌效应.....	61
7.3.2. 非致癌效应.....	61
7.4. 吸入土壤颗粒物途径暴露量计算.....	62
7.4.1. 致癌效应.....	62
7.4.2. 非致癌效应.....	63
7.5. 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径暴露量计算.....	63
7.5.1. 致癌效应.....	63
7.5.2. 非致癌效应.....	63
7.6. 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径暴露量计算.....	64
7.6.1. 致癌效应.....	64
7.6.2. 非致癌效应.....	64
8. 毒性评估.....	65
8.1. 污染物毒性效应分析.....	65
8.2. 污染物相关参数确定.....	65
8.2.1. 致癌效应毒性参数.....	65
8.2.2. 非致癌效应毒性参数.....	66
9. 风险表征.....	68
9.1. 场地土壤污染风险计算.....	68
9.1.1. 土壤中单一污染物致癌风险.....	69
9.1.2. 土壤中单一污染物危害商.....	70
9.2. 场地地下水污染风险计算.....	72

9.2.1. 地下水中单一污染物致癌风险.....	73
9.2.2. 地下水中单一污染物危害商.....	74
9.3. 风险结果表达.....	75
9.3.1. 土壤中氟化物的非致癌危害指数.....	75
9.3.2. 污染物和暴露途径风险贡献率分析.....	79
9.3.3. 风险评估结果.....	79
10. 风险控制值计算.....	81
10.1. 计算地块土壤风险控制值.....	81
10.2. 提出风险控制值.....	82
10.3. 不确定性分析.....	82
10.3.1. 调查评估不确定性分析.....	82
10.3.2. 应急工作.....	83
11. 总磷生态环境风险评估.....	86
11.1. 土壤中总磷生态环境风险评价.....	86
11.2. 地下水中总磷生态环境风险评价.....	90
12. 地块修复目标及范围建议.....	91
12.1. 建议修复目标值.....	91
12.2. 修复范围及方量.....	91
12.3. 污染修复技术建议.....	103
13. 结论与建议.....	106
13.1. 结论.....	106
13.2. 建议.....	106
附件.....	108
附件一 丹江口市自然资源和规划局情况说明文件.....	108
附件二 地块拆除工作危废转移联单.....	109
附件三 土工试验检测报告.....	110
附件四 地块调查阶段专家意见及修改情况.....	111

1.前言

丹江口市神龙化工有限公司地块位于湖北省十堰市丹江口市浪河镇小店子村 316 国道以南，占地面积 18838.3m²。地块历史上为浪河铸锅厂、丹江口磷化工有限公司以及丹江口市神龙化工有限责任公司使用，2014 年丹江口市神龙化工有限责任公司停产后地块闲置至 2020 年，2020 年 9 月至 12 月由湖北卧龙天固建筑实业有限公司对地块遗留构筑物进行了拆除、遗留废水及磷泥进行了处置。根据浪河镇人民政府以及丹江口市自然资源和规划局，地块目前无相关用地规划。

根据《中华人民共和国土壤污染防治法》、《污染地块土壤环境管理办法》（环境保护部令第 42 号）、《湖北省土壤污染防治条例》、《省政府关于印发湖北省土壤污染防治行动计划工作方案》（鄂政发〔2016〕85 号），要求严格执行国家建设用地土壤环境调查评估技术规范，建立符合全市要求的调查评估制度。自 2017 年起，对拟收回土地使用权的有色金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革等行业企业用地，以及作为居住、公共管理与服务、商业服务用地等使用的土地，由土地使用权人负责开展土壤环境状况调查评估。土地使用权已经收回的地块，由所在县（市、区）政府、开发区管委会负责开展调查评估，未按照规定进行评估或者经评估认定可能损害人体健康的建设用地，禁止作为居住、公共管理与服务、商业服务用地使用，国土部门不得办理审批手续。同时，《十堰市 2021 年土壤污染防治行动计划实施方案》中指出，要加强污染地块动态管理，排查并动态更新疑似污染地块和污染地块名单，推进开展地块土壤环境调查、风险评估、风险管控或治理修复等活动，并且开展高风险地块跟踪调度，对异地迁建、关闭退出的危化品生产企业腾退地块和沿江化工企业关改搬转情况全面跟踪调度，督促开展土壤调查和风险评估。

在此基础上，2020 年 12 月，丹江口市神龙化工有限责任公司管理人委托武汉中地大环境地质研究院有限公司对地块开展了土壤污染状况调查工作，经土壤污染状况初步调查，丹江口市神龙化工有限责任公司地块存在土壤和地下水污染。因此，2021 年 9 月对丹江口市神龙化工有限责任公司地块进行了土壤污染状况详细调查工作，并编制完成了《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染状况详细调查报告》，详查结果表明，地块土壤及地下水中污染物超出相关国家标准，土壤主要污染物为总磷、氟化物，地下水主要污染物为：氨氮、耗氧量、铁、

锰、汞、黄磷、总磷、氟化物。本次调查地块属于污染地块，该地块需进一步进行风险评估工作。因此，丹江口市神龙化工有限责任公司管理人委托武汉中地大环境地质研究院有限公司对神龙化工地块进行土壤风险评估工作。

为查明地块内污染状况、污染物浓度及空间分布条件，为后期科学合理的制定污染土壤的治理设计、施工方案提供依据，我公司在前期调查工作的基础上，分析污染土壤、地下水中污染物对人群的主要暴露途径，评估污染物对人体健康的致癌风险或危害水平，明确地块内的土壤污染体量，确定土壤污染的治理范围与工程量，最终编制形成本报告。

2.概述

2.1.评估目的

本项目风险评估的目的主要包括：

(1) 综合地块水文地质、污染物空间分布及其理化特征等调查结果，构建地块污染概念模型。在此基础上，结合该地块未来用地功能、暴露情景、主要暴露受体等地块特征因子，开展定量的健康风险评估，确定地块关注污染物的健康风险。

(2) 针对风险超过可接受水平的污染物，计算可接受风险水平条件下的风险控制目标，结合其污染空间分布，确定地块应采取风险控制措施的区域，估算相应的面积及其方量。

2.2.评估原则

(1)针对性原则：污染地块的风险评价过程及其结果具有特定性。因此，本项目的风险评价将建立基于本地块的风险评价体系，采用本地块的相关技术参数，使本项目的风险评价结果能最大限度接近地块实际污染情况所产生的风险，确保其风险评价结果的针对性，而且该评价结果也只适用于该特定地块。

(2)规范性原则：我国已出台了部分与污染地块环境评价有关的法律法规、标准、技术导则和规范。为确保其规范性，本地块的风险评价将严格遵循我国现行的相关规定。

(3)技术可行性原则：地块的用地规划对地块的风险评价具有明显影响。因此，本地块的风险评价将结合地块的未来土地用途进行，确保其地块的风险评价结果符合我国环境管理及土地利用规划风险控制的要求，保证地块评价结果的技术可行性。

2.3.评估范围

本次评估地块位于丹江口市浪河镇小店子村 316 国道旁，地块用地面积约 18838.3m²，本次调查范围与该地块范围一致，调查范围及拐点坐标如下图和下表所示：



图 2.3-1 评估范围红线图

表 2.3-1 评估范围拐点坐标

序号	Y	X
A	524602.7090	3588014.6346
B	524668.6551	3587987.8332
C	524658.1764	3587909.9526
D	524607.5424	3587838.2258
E	524578.1060	3587796.0030
F	524504.1458	3587837.0669
G	524511.9350	3587862.5970
H	524536.6325	3587897.0912
I	524579.7160	3587959.0579

2.4.评估内容及程序

针对地块土壤污染状况调查查明的土壤及地下水关注污染物启动人体健康风险评估，评估内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征，由此得到关注污染物的风险值，如果该值超过人体健康可接受的致癌风险（ 10^{-6} ）和非致癌危害商（1），则进一步计算其风险控制值，最后根据筛选值和风险控制值选择合适的修复目标值，并确定关注污染物修复区域的边界和深度，估算理论修复方量。

污染地块土壤健康风险评估程序如图 2.4-1 所示。

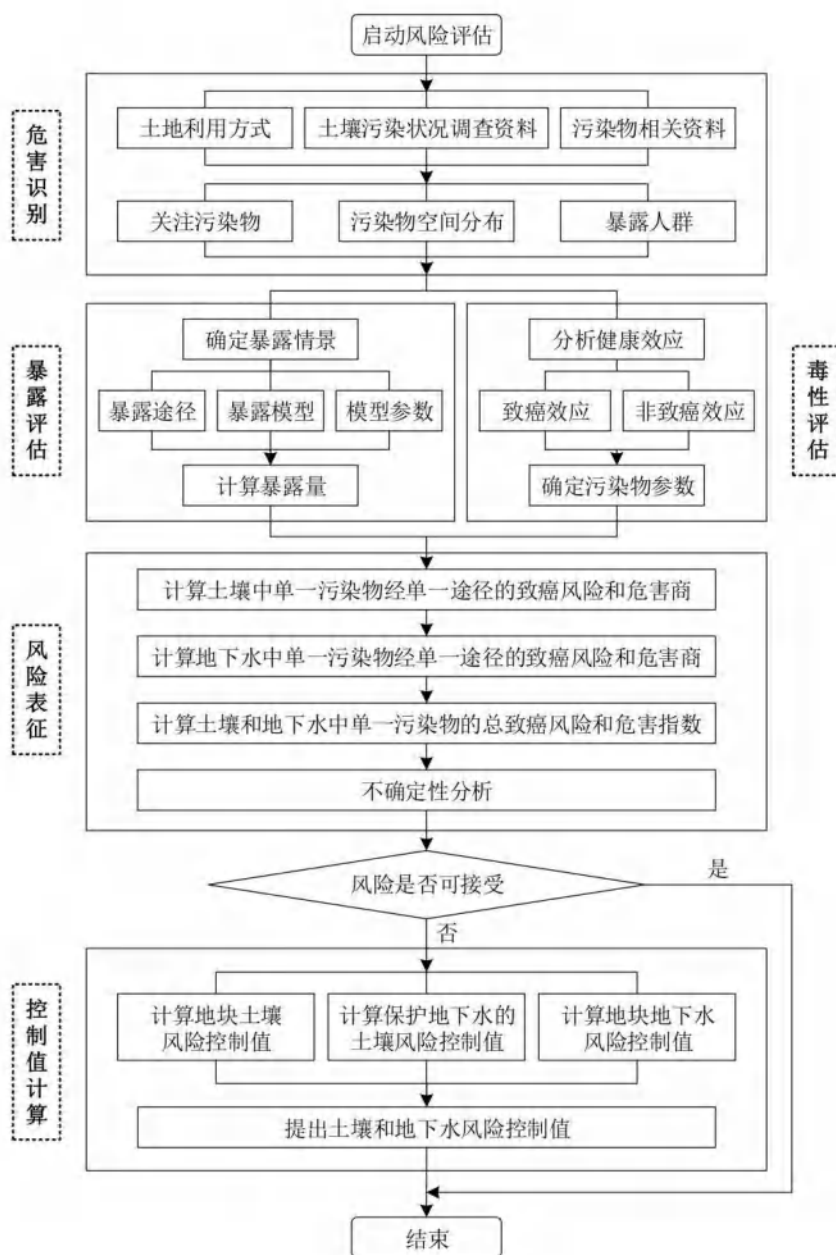


图 2.4-1 土壤污染风险评估程序与内容（摘自 HJ 25.3）

2.5.编制依据

2.5.1.法律法规、政策文件

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日起施行）；
- (2) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修正）；
- (3) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日施行）；
- (4) 《湖北省土壤污染防治条例》（2016 年 10 月 1 日）；
- (5) 《水污染防治行动计划》（国发[2015]17 号）；
- (6) 《土壤污染防治行动计划》（国发[2016]31 号）；
- (7) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（部令第 42 号）；
- (8) 《省人民政府关于印发湖北省土壤污染防治行动计划工作方案》（鄂政发〔2016〕85 号）；
- (9) 《省人民政府办公厅关于印发南水北调中线工程丹江口水库饮用水水源保护区（湖北辖区）划分方案的通知》（鄂政办发[2015]8 号）。

2.5.2.技术导则、标准规范

- (1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；
- (2) 《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）；
- (3) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；
- (4) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；
- (5) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5-2019）；
- (6) 《污染地块地下水修复与风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）
- (7) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（生态环境部 2017 年第 72 号文）；
- (8) 《环境监测质量管理技术导则》（HJ 630-2011）；
- (9) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682-2019）；
- (10) 《全国土壤污染状况评价技术规范》（环发[2008]39 号）；
- (11) 《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）；
- (12) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）；

- (13) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- (14) 《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2020）；
- (15) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- (16) 《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）；
- (17) 《土壤环境质量评价技术规范》（二次征求意见稿）。

2.5.3.其他文件

- (1) 《丹江口市神龙化工有限责任公司浪河分公司 3#黄磷炉建设项目竣工环保验收监测报告》（2009 年 3 月）；
- (2) 《丹江口市神龙化工有限责任公司拆除活动污染防治方案与环境应急预案》（2020 年 10 月）；
- (3) 《丹江口磷化工有限公司生产许可证》（2005 年 8 月）；
- (4) 《丹江口磷化工有限公司资产转让合同》（2007 年 4 月）；
- (5) 《丹江口市神龙化工有限责任公司租用土地协议书》（2007 年 4 月）；
- (6) 《丹江口市神龙化工有限责任公司疑似污染地块土壤环境状况初步调查报告》（2021 年 4 月）；
- (7) 《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染状况详细调查报告》（2021 年 12 月）。

3.地块概况

3.1.区域环境概况

3.1.1.地理位置

丹江口市位于湖北省西北部、汉江中上游。地处襄阳、十堰、南阳“小三角”的中央。东与老河口市交界，南与房县接壤，东南与谷城县相连，西与十堰市城区、西北与郧县相接，东北与河南省淅川县为邻。地理位置坐标为东经 $110^{\circ}47'53''\sim 110^{\circ}34'47''$ ，北纬 $32^{\circ}14'10''\sim 32^{\circ}58'10''$ 之间。

丹江口市神龙化工有限责任公司坐落在丹江口市浪河镇小店子村 316 国道南侧，地块东侧、西侧为山坡，坡上为居民区，北侧为 316 国道以及居民区，南侧为两家企业。地块大门地理坐标为经度： 111.26145° ，纬度： 32.41583° 。地块位置如下图所示：



图 3.1-1 评估地块地理位置图

同时，根据《省人民政府办公厅关于印发南水北调中线工程丹江口水库饮用水水源保护区（湖北辖区）划分方案的通知》（鄂政办发〔2015〕8号）文件，本次评估地块位于丹江口水库饮用水水源准保护区内，属于丹江口水库库区上游：

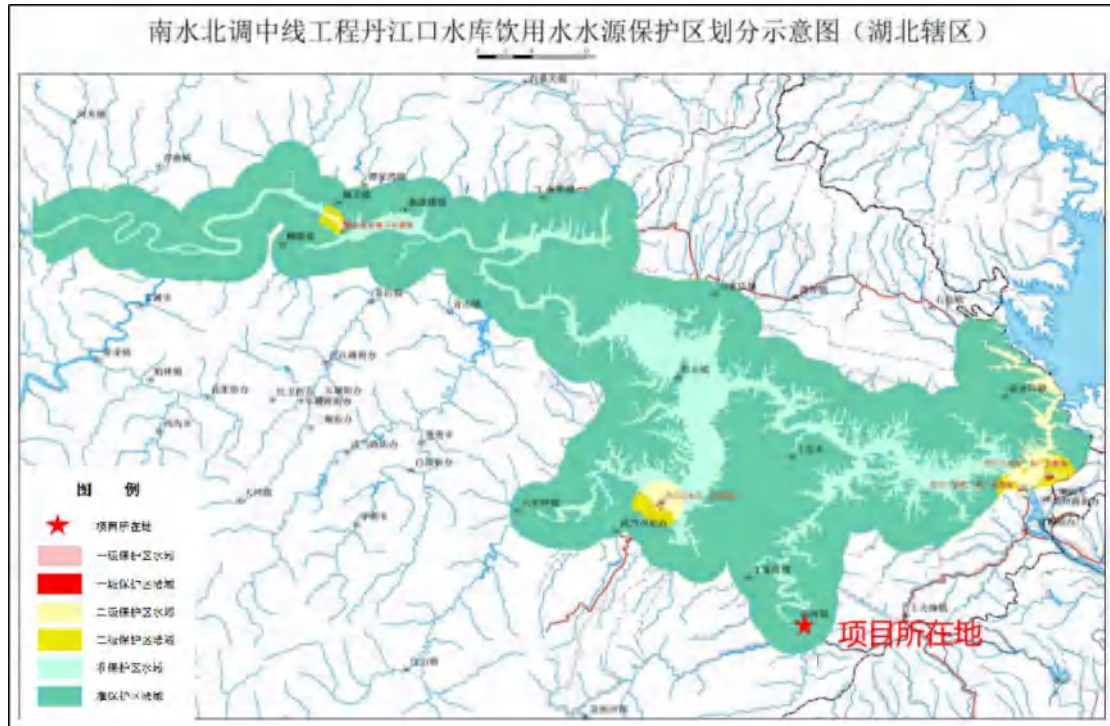


图 3.1-2 评估地块相对于丹江口水库饮用水水源地保护区位置图

3.1.2.地形地貌

丹江口市地处秦岭山系武当山隆起与大横山余脉之间，地势高低悬殊，山地、河谷、丘陵地貌单元众多，多种类型均有分布，山地之中有丘陵，山丘之中有盆地。根据各地貌单元的海拔高度、营力作用方式、分布范围，大致可将其分为三大地形地貌单元区：南部武当山中高山区、中部丘陵河谷区（丹江口水库贯穿本区）、北部大横山低山区。主要山脉有两条：一为绵亘在汉水以南的武当山。此山为秦岭山系的大巴山支脉，自西北向东南走向，方圆 400 平方千米。70 余座山峰，分布在官山镇、六里坪镇、武当山旅游经济特区、盐池河镇、浪河镇和三官殿办事处。其中千米以上的山峰 31 座。一为汉水北部的大横山。属秦岭山系伏牛山脉东端的余脉。由西北向东南走向，分布在江北的习家店、蒿坪、柳河口、薛桥、凉水河等地。平均海拔 500 米，长 60 千米，面积 200 平方千米。最高峰铜锣寨海拔 1049.3 米，主要山段有方山岭、马头山、风洞山、乌头山、江寨、天地垭、八里寨、王山、菊花山、寺山、羊山。其中方山岭面积最大，四周 15 千米，包括霸王寨、回子山和方山。最高点方山，海拔 478 米，长约 1 千米。

丹江口市神龙化工有限责任公司地块位于 316 国道旁，地势南高北低，两侧均为山体，地块处于两个山坡之间的沟谷处。

3.1.3.区域构造

区域地处南秦岭印支造山带，十堰-丹江剪切带夹持于公路断裂和两郧断裂之间的强变形带，地质构造十分复杂。历经晋宁运动、加里东期韧-脆性再造作用，印支-燕山晚期逆冲推覆，燕山期-喜山期以伸展塌陷为主的脆性改造等诸次变形，广泛发育中深层次至浅表层次各种面理、线理、褶皱、断层、韧-脆性剪切带等构造形迹。基本构造格局为北西（西）向韧-脆性剪切（带）网结系统与北西（西）向同斜倒转褶皱及逆冲推覆断层共同发育的“双峰式”图像。本区的构造形态主要为面理、线理、褶皱、韧-脆性剪切带、断层等。

区域发育大量的层理、劈理、及剪切带等面理。褶皱主要分为三期：一期以胡荻岗露头最为典型，涉及岩性主要为变质岩，形态不完整，北东侧被基性侵入体破坏，南西侧被胡荻岗韧-脆性剪切带围限，次级褶皱发育；二期褶皱系印支-燕山晚期逆冲推覆运动形成的以分层异理或复合面理为形面的同斜紧闭倒转褶皱。三期褶皱系指轴迹近东西向宽缓开阔褶皱，轴面直立，枢纽水平，不发育轴面劈理。韧-脆性剪切带是显生宙和前寒武纪碰撞造山带最重要的变形特征之一，区内广泛发育顺层韧-脆性剪切系统和北西向韧-脆性剪切系统。断层大致分为北西（西）向韧-脆性逆冲推覆断层和脆性断层两类。北西（西）向韧-脆性逆冲推覆断层系印支-燕山晚期逆冲推覆造山的产物，走向 $285\sim 325^{\circ}\sim 105\sim 145^{\circ}$ ，倾向北东，倾角一般为 $30\sim 56^{\circ}$ ，断层带宽约 $10\sim 30\text{cm}$ ，带内共同发育糜棱岩系及碎裂岩系为特征，旁侧牵引构造发育；脆性断层在本区较发育，主要展布方向为北西向、北东向、北东东向、北南向、近东西向、近南北向，多属晚期浅表层次脆性变形的产物。

3.1.4.气候气象

丹江口市属北亚热带季风气候。夏季酷热，降水量集中；冬季严寒少雨雪；春秋气候温和。大陆占 57.60%。四季分配：冬长于夏，春秋相近。具有降水充足，热量丰富，四季分明的特点。年日照数 1950 小时，日照率 44%，每平方厘米土地全年接收 104.8 千卡辐射能。平均气温为摄氏 $15.6\sim 16.0$ 度，年较差 24.7 度。最高气温是 7 月，平均气温摄氏 27.8 度，极端值 41.5 度；最低气温是 1 月，平均气温摄氏 3.1 度，极端值零下 12.4 度。全市无霜期最长达 277 天，最短 219 天。海拔每升高 100 米，终霜期推迟 2.6 天，初霜期提前 3.4 天，无霜期缩短 6

天。丹江口库区无霜期 254 天，武当山金顶 163 天。年均降水量为 750~900 毫米，年际间降水差别甚大。武当山东坡的盐池河、浪河，经牛河跨丹江口水库到凉水河为西南-东北向多雨带，年降水量 850-900 毫米，官山、习家店和鬲川为少雨中心；多雨带轴线附近比少雨中心降雨量多 120~130 毫米。降雨量随海拔高度的增高而增加，600 米以下每升高 100 米降雨量增加 25 毫米。夏季降水量为年降水量的 30%~49%；冬季仅占 4%~6%；春季、秋季降水量相近，各占年降水量的 26%和 30%；一年中七至九月降水占年降水量的 46.60%。

3.1.5.水文水系

丹江口市境内常流河 57 条，其中，内流河 55 条。流域面积 2136 平方千米，总长度 1888 千米。流域面积 100 平方千米以上的河流有浪河、官山河、黑沟河、安乐河；流域面积在 50—90 平方千米的河流有东河、茯苓河、石鼓河、白石河、绵羊沟河等；流域面积 10 平方千米以上的河流 20 余条，这些河流大都位于陡峭的山峡之中，河道窄，礁石多，落差大，河床石底裂缝伏流多，平时水量小，水位低，遇暴雨容易泛滥。长江最大的支流汉江为该市的过境河，境内流长 105 千米。

丹江口市平均降水总量为 26.04 亿方，正常年为 25.5 亿方，枯水年为 21.43 亿方，特枯水年为 16.39 亿方。地面径流深年平 310.6 毫米，径流总量 9.66 亿立方米（不包括客水）。全市地下水少，但客水丰富，丹江口水利枢纽建成后，上游水位升高，为提水灌溉提供便利。全市亩均水量虽高于全省平均值，但径流分布不均，年际变化大。丹江口水库总库容 339.1 亿立方米，水面面积 1050 平方千米，在该市水面 346.7 平方千米，加上河流和水利工程面积约 512 平方千米。市内有中型水库 2 处。其中，官山水库承水面积 406 平方千米，总库容 2280 万立方米；浪河水库承雨面积 289.3 平方千米，总库容 3840 万立方米。两座水库以防洪、发电、工农业供水为主，兼有养鱼等综合利用的水利工程。截至 2016 年，全市小（二）型以上水库 103 座（含武当山旅游特区），其中，中型水库 2 座，小（一）型水库 14 座，小（二）型水库 87 座，总库容 0.964 亿立方米。

本次调查地块周边主要水系为浪河和四道河。浪河自地块南侧由东南向西北流动至地块西北侧后转为由西南向东北流，绕浪河镇北侧后流入丹江口水库中，同时地块东侧四道河自南向北汇入浪河，最终一起汇入丹江口水库。



图 3.1-3 地块周边水系分布图

同时，地块东侧、北侧、西侧存在与地块相邻的河沟，河沟顺应地势流动，东侧和西侧河沟自南向北流动，北侧河沟自西向东流动，河沟流至地块北侧后均转至地下。



图 3.1-4 地块相邻地表水分布图

3.1.6.土壤

根据国家土壤信息服务平台“中国 1 公里发生分类土壤图”可知，神龙化工地块土壤类型为“黄棕壤性土”。

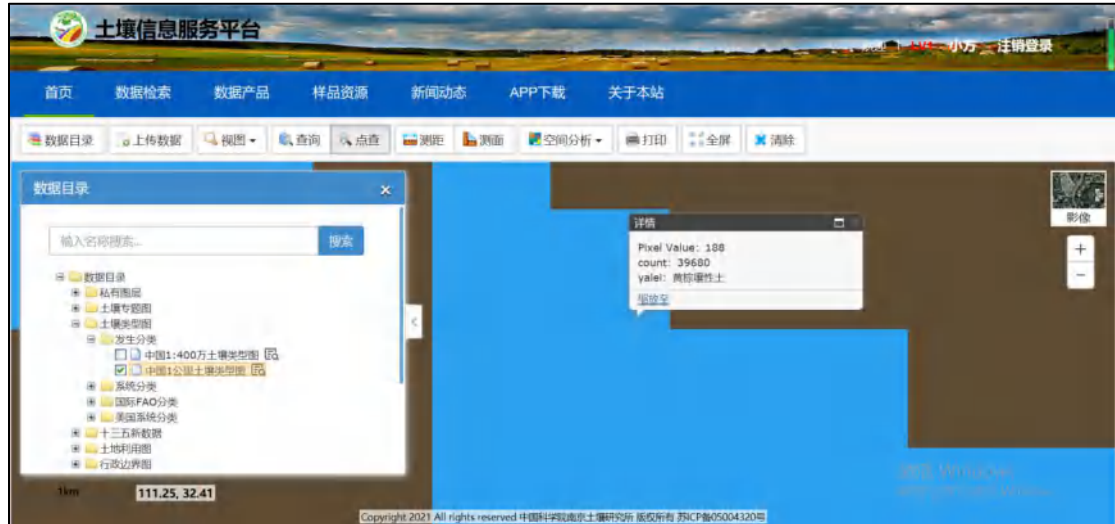


图 3.1-5 国家土壤信息服务平台“中国 1 公里发生分类土壤图”

3.2.区域社会概况

3.2.1.行政区划

2020 年，丹江口市辖 12 个镇、4 个街道办事处、3 个林业开发管理区、1 个经济开发管理处和 1 个旅游经济特区，共有 42 个社区（居委会）、226 个村。即习家店镇、蒿坪镇、均县镇、六里坪镇、土关垭镇、凉水河镇、石鼓镇、浪河镇、丁家营镇、盐池河镇、官山镇、龙山镇、三官殿街道办事处、丹赵路街道办事处、大坝路街道办事处、均州路街道办事处、大沟林业开发管理区、牛河林业开发管理区、白杨坪林业开发管理区、新港经济开发管理处、武当山旅游经济特区。

3.2.2.经济发展水平

著名企业东风公司、汉江集团、农夫山泉在此投资兴业。全市现有规模以上企业 171 家，上市企业 1 家，形成了汽车及装备制造、水资源及农副产品加工、新能源新材料、生物医药、轻工纺织服装、电子信息等为主的产业格局，是湖北省重要的汽车零部件工业集散地，国内唯一氮氧传感器自主品牌企业在此落户，汽车传动轴生产能力位列全国第二，是全国最大的甾体激素中间体生产基地。

2020 年，全市完成地区生产总值 270.1 亿元；规模以上工业总产值、增加值分别达到 343.9 亿元、88.7 亿元；完成固定资产投资 93.7 亿元；实现社会消费品零售总额 85.7 亿元；地方公共财政预算收入 9.1 亿元；城镇、农村常住居民人均可支配收入分别达 31221 元、13078 元。

3.3.周边环境及敏感目标

3.3.1.敏感目标

地块周边主要敏感受体包括居民区、农田、学校、幼儿园、地表水体及地下水井。周边敏感受体分布范围如下图和下表所示：



图 3.3-1 地块周边敏感受体分布图

表 3.3-1 地块周边主要敏感目标统计表

敏感受体名称	敏感受体类型	方位	距地块距离/m
/	居民区	东	30
/	居民区	东	358
/	居民区	北	100
/	居民区	西北	517
/	居民区	西北	857
/	居民区	西	112

敏感受体名称	敏感受体类型	方位	距地块距离/m
/	居民区	西	269
小浪花幼儿园	幼儿园	西	76
浪河小学	学校	东北	232
浪河中学	学校	北	961
浪河	地表水	西-北	671
民井	地下水井	东	20
民井	地下水井	东	25
/	农田	东	678
/	农田	东北	284
/	农田	北	500
/	农田	西	269
/	林地	西南	462

3.4.地块使用现状及历史

3.4.1.地块使用历史

根据人员访谈情况了解到，地块最早生产使用单位为丹江口市浪河铸锅厂，后转让给丹江口磷化工有限公司，后由丹江口市神龙化工有限责任公司使用生产。

丹江口市浪河铸锅厂于 1997 年获得土地使用证，用地面积 1461 平方米，根据人员访谈信息，丹江口市浪河铸锅厂主要使用位置为目前地块办公区，办公区遗留办公楼即为丹江口市浪河铸锅厂所建，铸锅厂未在地块进行生产活动。

丹江口磷化工有限责任公司于 2000 年成立，主要生产经营范围为食品添加剂磷酸、工业磷酸和黄磷，但根据人员访谈了解到，企业并无磷酸生产设备及生产线，未进行过磷酸生产。丹江口磷化工有限责任公司于 2004 年建成 1#、2#黄磷炉并在 8 月完成环保验收，开始投产使用，同时开始建设 3#黄磷炉，于 2005 年 3 月建成投入试运行，2007 年丹江磷化工有限公司将房屋建筑物、所有黄磷生产线包括生产机械设备及所有辅助设备、房屋所有权及各种黄磷生产资质证照等资产转让给丹江口市神龙化工有限责任公司，其主要生产工艺及场区功能区分布与丹江口市神龙化工有限责任公司一致。

丹江口市神龙化工有限责任公司于 2007 年受让丹江口磷化工有限公司所有房屋建筑物及生产线等，同时向丹江口市浪河镇小店子村村委会租用本地块开始进行黄磷生产。于 2009 年委托丹江口市环境监测站对 3#黄磷炉进行环保验收工作。丹江口市神龙化工有限责任公司自 2007 年在本地块进行生产至 2014 年，2014 年 6 月，由于企业经营不善、生产污染较严重等问题正式关停，2018 年正式进入破产清算程序。地块闲置至 2020 年 8 月，由丹江口市神龙化工有限责任公司管理人对地块剩余生产设备、厂房等拆除残余价值进行拍卖，湖北卧龙天固建筑实业有限公司中标后于 2020 年 9 月-12 月对地块内生产设备及构筑物等进行了拆除，目前已拆除完毕。

地块历史影像图如下：



2003 年 10 月

17



2017年11月



2018年2月



2020 年 4 月

图 3.4-1 调查地块历史影像图

表 3.4-1 地块生产历史情况一览表

序号	生产时段	生产状态	产品	地块变迁情况
1	1997~2004	未生产	/	1997~2000 年丹江口市浪河铸锅厂使用办公区所在区域，未进行生产活动；2000~2004 年丹江口磷化工有限公司获得地块土地使用权，拟新建黄磷厂；地块内大面积水田，周边居民在此种植水稻
2	2004~2007	生产	黄磷	丹江口磷化工有限公司生产使用，生产黄磷
3	2007~2014	生产	黄磷	丹江口市神龙化工有限责任公司受转让后进行生产活动，生产黄磷
4	2014 年~2020 年	闲置	/	丹江口市神龙化工有限责任公司破产，地块闲置
5	2020 年 9 月-12 月	拆除	/	湖北卧龙天固建筑实业有限公司对地块内建筑物、生产设备等进行了拆除

3.4.2.地块现状

3.4.2.1.初查踏勘现场情况

本企业已于 2014 年停产，2020 年 9 月现场踏勘时，企业已停产 6 年，地块处于闲置状态，所有构筑物及设备在地块中，准备进行拆除。地块北部矿石堆场

西北角有少量砂石堆放，区域地面硬化有裂隙，有植被生长；硅石原料仓库内无硅石原料堆放，仓库内有杂物堆放；三个黄磷炉生产区及二次提炼炉生产设备除表面有锈蚀痕迹外保存较完好；厂区内磷渣池、循环水池及冷却池等构筑物内均遗留有积水，磷冷却池池底有灰黑色的磷泥沉淀，水面有藻类植物生长。厂区内露天区域范围地面虽有硬化但存在裂缝，裂缝隙间有植物生长；其他非露天区域地面也进行了硬化但无破损无裂隙。



办公区



磷矿石堆场



硅石堆放区



3#烘干车间



锅炉房



3#黄磷炉上料设备



3#黄磷炉



3#磷冷却池



3#磷渣池



黄磷储罐



二次提炼区



污水循环池



堆煤区



1#、2#黄磷炉上料设备



1#黄磷炉



2#黄磷炉



1#磷渣池



2#磷渣池

图 3.4-1 2020 年 9 月地块现场踏勘

3.4.2.2.地块拆除工作情况

2020 年 12 月现场踏勘时，厂区内构筑物及设备已进行了拆除，厂区内所有水池已经进行了填埋；目前仅剩余硅石原料仓库一侧及办公生活区建筑未拆除，厂区内剩余少量建筑垃圾以及磷泥未清理。2021 年 4 月，地块内剩余建筑垃圾及磷泥进行了外运处理。遗留危废共计 29.035 吨交由华新（南漳）再生资源利用有限公司接收处置。地块拆迁产生的废弃物经专业回收公司回收后处理。转移联单详见附件。





图 3.4-2 2021 年 4 月地块遗留磷泥处置现场

3.4.2.3.详查现场情况

本次调查现场踏勘时，厂区内所有构筑物及设备已进行了拆除，厂区内所有水池已经进行了拆除填埋，填埋区域上有杂草生长，厂区地面遗留有少量拆除后未清理的碎石块。



原 3#磷冷却池



原 1#、2#炉生产区



原 1#、2#炉上料区



原企业大门口



调查地块北侧现状



调查地块南侧现状

图 3.4-2 详细调查地块现状图

3.4.2.4.地块拆除工作遗留固废位置及存量分析

地块拆除工作完成后，2021 年 9 月进行详查工作时，现场原拆除工作产生的固废及磷泥已经清运，原地块内半地上式的水池和黄磷炉所在区域已有填土覆盖，上覆有植物生长，其尺寸如表 3.4-2 所示；地块西北侧原办公室、食堂所在区域地面遗留有拆除剩余的建筑垃圾，厚度在 20~40cm；地块南侧靠近围墙处地面有少量固废堆放，厚度在 20cm 左右。

表 3.4-2 地块内原水池尺寸

废水位置	数量（个）	池体尺寸	体积（m³）
3#磷渣池	1	4.8m×6.5m×2m	64.2
2#磷渣池	1	4.8m×6.5m×2m	64.2
1#磷渣池	1	4.8m×6.5m×2m	64.2
磷冷却池	1	（6m×7.2m×1.1m+3.8m×6m×1.1m）	72.6
污水循环池	8	5m×7m×1.2m	336



调查地块北侧遗留固废位置



地块南侧遗留固废及填土区域

图 3.4-3 调查地块遗留固废及风险区域标识

3.5.相邻地块使用现状及历史

3.5.1.相邻地块使用现状

丹江口市神龙化工有限责任公司地块位于区域低地势处，地块东西两侧为山地及居民区，地块北侧紧邻 316 国道，国道另一侧为居民区，地块南侧为丹江口宇航服装有限责任公司及湖北楚坤新能源有限公司，其中丹江口宇航商贸有限公司经营范围包括煤炭、石灰销售；服装生产、销售；电子元件生产、销售；普通货物运输；房屋租赁。（涉及许可经营项目，应取得相关部门许可后方可经营）；湖北楚坤新能源有限公司经营范围包括数码产品锂离子电池、移动电源、五金配件、充电器及配件电池、动力电池组、储能电池组的加工、研发、设计、组装、销售及售后服务；锂电池二次资源利用技术的研究、开发及转让；货物及技术进出口（国家限定公司经营或禁止进出口的商品和技术除外）。经对企业管理人员访谈了解到，地块南侧企业主要进行服装缝纫加工以及电子元件组装，两家企业均不涉及工业产排污。



调查地块东侧居民区



调查地块南侧企业



调查地块西侧居民区



调查地块北侧 316 国道及居民区

图 3.5-2 相邻地块使用现状

3.5.2.相邻地块历史

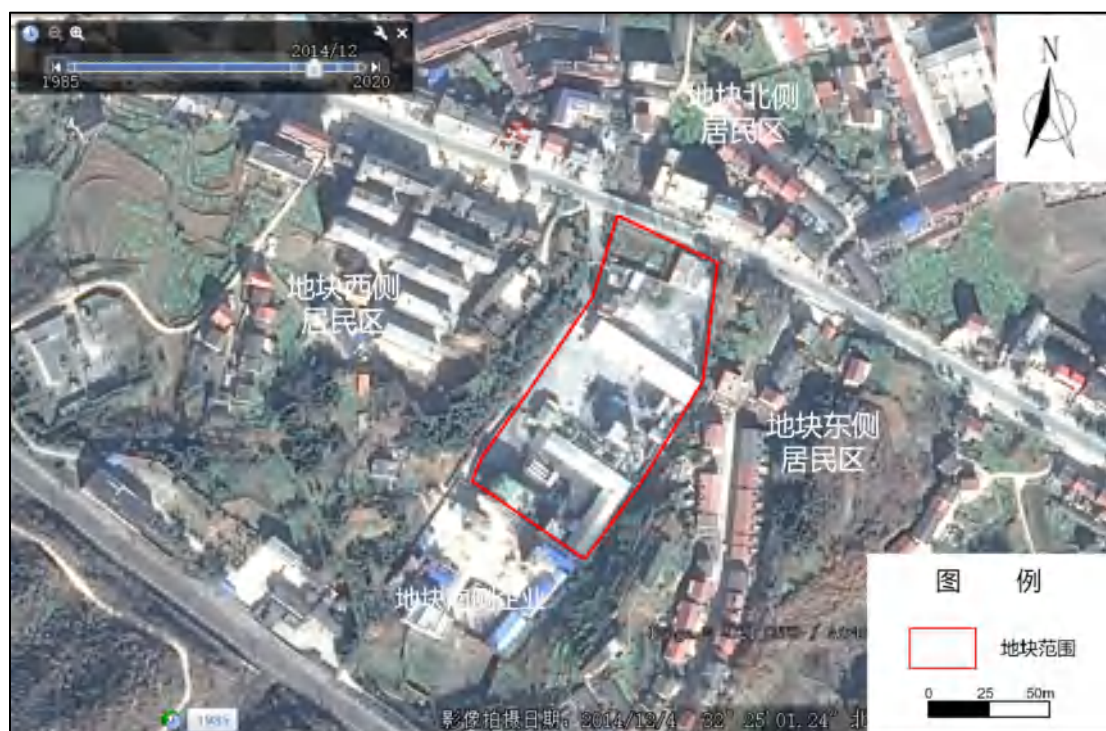
调查地块东侧、西侧及北侧均为居民区，南侧为丹江口宇航商贸有限公司及湖北楚坤新能源有限公司生产使用。



2003 年 10 月



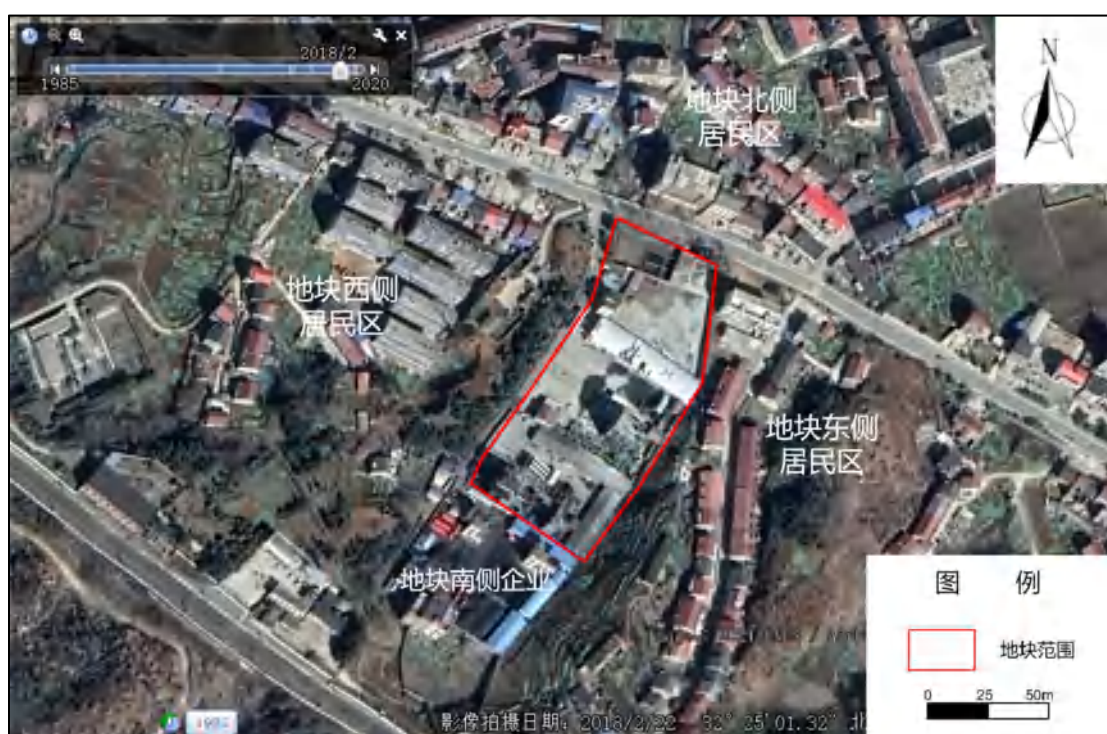
2012年9月



2014年12月



2017年11月



2018年2月



2020 年 4 月

图 3.5-1 周边地块历史影像图

3.6.用地规划

根据丹江口市浪河镇人民政府及丹江口市自然资源与规划局,本次调查地块目前无具体规划用途,相关证明文件详见附件一。

4.土壤污染状况调查情况

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》（公告 2017 年第 72 号），土壤污染状况调查分三个阶段开展，分别为第一阶段土壤污染状况调查、第二阶段土壤污染状况调查、第三阶段土壤污染状况调查。

第一阶段土壤污染状况调查是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段。第二阶段土壤污染状况调查包括水文地质调查、初步采样分析和详细采样分析三部分内容。初步采样是通过现场初步采样和实验室检测进行风险筛选。详细采样分析是在初步采样分析的基础上，进一步采样和分析，确定土壤污染程度和范围。水文地质调查目的为获得该地块地层分布、含水层富水性、渗透系数等参数，同时为第三阶段土壤污染状况调查提供参数依据。

4.1.地块土壤污染状况调查评价标准

4.1.1.土壤污染物筛选值

根据《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 5.3.1 要求：建设用地规划用途为第一类用地的，适用表 1 和表 2 中第一类用地的筛选值和管制值；规划用途为第二类用地的，适用表 1 和表 2 中第二类用地的筛选值和管制值。规划用途不明确的，适用表 1 和表 2 中第一类用地的筛选值和管制值。

本次调查采用第一类用地风险筛选值对地块土壤污染状况进行评价，为地块后期管理提供相关依据。同时选取北京地标《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）中工业/商服用地标准评价在国内无相应评价标准的检测项，若均无相关标准值，则将地块内土壤测定值与对照点土壤测定值进行比较。

表 4.1-1 土壤污染物筛选值

单位：mg/kg

序号	污染物项目	CAS 编号	筛选值	
			第一类用地	第二类用地
1	砷（As）	7440-38-2	20	60
2	镉（Cd）	7440-43-9	20	65

序号	污染物项目	CAS 编号	筛选值	
			第一类用地	第二类用地
3	铬（六价）（Cr）	18540-29-9	3	5.7
4	铜（Cu）	7440-50-8	2000	18000
5	铅（Pb）	7439-92-1	400	800
6	汞（Hg）	7439-97-6	8	38
7	镍（Ni）	7440-02-0	150	900
8	四氯化碳	56-23-5	0.9	2.8
9	氯仿	67-66-3	0.3	0.9
10	氯甲烷	74-87-3	12	37
11	1,1-二氯乙烷	75-34-3	3	9
12	1,2-二氯乙烷	107-06-2	0.52	5
13	1,1-二氯乙烯	75-35-4	12	66
14	顺-1,2-二氯乙烯	156-59-2	66	596
15	反-1,2-二氯乙烯	156-60-5	10	54
16	二氯甲烷	75-09-2	94	616
17	1,2-二氯丙烷	78-87-5	1	5
18	1,1,1,2-四氯乙烷	630-20-6	2.6	10
19	1,1,2,2-四氯乙烷	79-34-5	1.6	6.8
20	四氯乙烯	127-18-4	11	53
21	1,1,1-三氯乙烷	71-55-6	701	840
22	1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	0.6	2.8
23	三氯乙烯	79-01-6	0.7	2.8
24	1, 2, 3-三氯丙烷	96-18-4	0.05	0.5
25	氯乙烯	75-01-4	0.12	0.43
26	苯	71-43-2	1	4
27	氯苯	108-90-7	68	270
28	1, 2-二氯苯	95-50-1	560	560
29	1, 4-二氯苯	106-46-7	5.6	20
30	乙苯	100-41-4	7.2	28
31	苯乙烯	100-42-5	1290	1290
32	甲苯	108-88-3	1290	1290
33	间二甲苯+对二甲苯	108-38-3,	163	570

序号	污染物项目	CAS 编号	筛选值	
			第一类用地	第二类用地
		106-42-3		
34	邻二甲苯	95-47-6	222	640
35	硝基苯	98-95-3	34	76
36	苯胺	62-53-3	92	260
37	2-氯酚	95-57-8	250	2256
38	苯并[a]蒽	56-55-3	5.5	15
39	苯并[a]芘	50-32-8	0.55	1.5
40	苯并[b]荧蒽	205-99-2	5.5	15
41	苯并[k]荧蒽	207-08-9	55	151
42	蒽	218-01-9	490	1293
43	二苯并[a, h]蒽	53-70-3	0.55	1.5
44	茚并[1,2,3-cd]芘	193-39-5	5.5	15
45	萘	91-20-3	25	70
46	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	-	826	4500
47	pH	/	/	/
48	黄磷	/	/	/
49	总磷	/	/	/
50	氟化物 ^①	/	650 (住宅用地)	2000 (工业/商服用地)

①：氟化物含量评价标准参考《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）中住宅用地和工业/商服用地筛选值》

4.1.2.地下水评价标准

根据《省人民政府办公厅关于印发南水北调中线工程丹江口水库饮用水水源保护区（湖北辖区）划分方案的通知》（鄂政办发〔2015〕8号）文件，本次调查区域位于丹江口水库饮用水水源准保护区内，参考此文件，本次调查地块地下水环境状况评价标准参考《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）中Ⅲ类水标准，对于《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）之外的指标，可参考《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅰ类、Ⅱ类及Ⅲ类水标准。地下水中黄磷含量在国内无相应标准值，在本报告中将与对照点黄磷检出值进行比较，若地块内地下水部分或全部检测指标超过相应标准值，黄磷含量显著高于背景值，则可

认为地下水受到了污染。

表 4.1-2 地下水评价标准

序号	检测项目	单位	I类	II类	III类	IV类	V类
1	色	/	≤5	≤5	≤15	≤25	>25
2	嗅和味	/	无	无	无	无	无
3	浑浊度	NTU	≤3	≤3	≤3	≤10	>10
4	肉眼可见物	/	无	无	无	无	无
5	pH	无量纲	6.5≤pH≤8.5			5.5≤pH<6.5 8.5<pH≤9.0	pH<5.5 或 pH>9.0
6	溶解性总固体	mg/L	≤300	≤500	≤1000	≤2000	>2000
7	总硬度	mg/L	≤150	≤300	≤450	≤650	>650
8	氨氮	mg/L	≤0.02	≤0.10	≤0.50	≤1.5	>1.5
9	耗氧量	mg/L	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤10.0	>10.0
10	汞	mg/L	≤0.0001	≤0.0001	≤0.001	≤0.002	>0.002
11	砷	mg/L	≤0.001	≤0.001	≤0.01	≤0.05	>0.05
12	铁	mg/L	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤2.0	>2.0
13	锌	mg/L	≤0.05	≤0.5	≤1.00	≤5.00	>5.00
14	锰	mg/L	≤0.05	≤0.05	≤0.10	≤1.50	>1.50
15	铜	mg/L	≤0.01	≤0.05	≤1.00	≤1.50	>1.50
16	铝	mg/L	≤0.01	≤0.05	≤0.20	≤0.50	>0.50
17	钠	mg/L	≤100	≤150	≤200	≤400	>400
18	硫酸盐	mg/L	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
19	氯化物	mg/L	≤50	≤150	≤250	≤350	>350
20	硝酸盐氮	mg/L	≤2.0	≤5.0	≤20.0	≤30.0	>30.0
21	氟化物	mg/L	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤0.1	>0.1
22	碘化物	mg/L	≤0.04	≤0.04	≤0.08	≤0.50	>0.50
23	硫化物	mg/L	≤0.005	≤0.01	≤0.02	≤0.10	>0.10
24	亚硝酸盐氮	mg/L	≤0.01	≤0.10	≤1.00	≤4.80	>4.80
25	氰化物	mg/L	≤0.001	≤0.01	≤0.05	≤0.1	>0.1

序号	检测项目	单位	I类	II类	III类	IV类	V类
26	阴离子表面活性剂	mg/L	不得检出	≤0.1	≤0.3	≤0.3	>0.3
27	挥发酚	mg/L	≤0.001	≤0.001	≤0.002	≤0.01	>0.01
28	硒	mg/L	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.1	>0.1
29	镉	mg/L	≤0.0001	≤0.001	≤0.005	≤0.01	>0.01
30	铅	mg/L	≤0.005	≤0.005	≤0.01	≤0.10	>0.10
31	六价铬	mg/L	≤0.005	≤0.01	≤0.05	≤0.10	>0.10
32	三氯甲烷	μg/L	≤0.5	≤6	≤60	≤300	>300
33	四氯化碳	μg/L	≤0.5	≤0.5	≤2.0	≤50.0	>50.0
34	苯	μg/L	≤0.5	≤1.0	≤10.0	≤120	>120
35	甲苯	μg/L	≤0.5	≤140	≤700	≤1400	>1400
36	石油类 ^②	mg/L	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.5	≤0.1
37	总磷（以P计） ^②	mg/L	≤0.02	≤0.1	≤0.2	≤0.3	≤0.4
38	黄磷	μg/L	/	/	/	/	/

注：②为参考《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中相应检测项标准值。

4.2.初步采样调查

4.2.1.污染识别

在对地块收集到的基础资料进行分析的基础上，结合地块现状调查的结果和地块内设备、构筑物的拆除情况，采用判断布点法的方法进行布点。

根据调查区域内地块功能区的差异，对地块内各区域进行污染识别，识别出疑似污染区域如下表所示：

表 4.2-1 疑似污染区域识别一览表

潜在污染区域	污染物	关注原因
磷矿石堆场	重金属	企业在产时，区域内露天堆放大量矿石，矿石中含有各种重金属，在现场踏勘时发现区域地面硬化不完整，存在污染物经雨水淋滤进入地下的风险。
3#黄磷炉生产区	总磷、黄磷、氟化物、重金属	企业在产时，此区域为黄磷主要生产区域，在生产及输送过程中可能存在污染物的跑冒滴漏，通过淋滤进入土壤和地下水中。

潜在污染区域	污染物	关注原因
锅炉房	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)、苯 并[a]芘	企业在产时锅炉房燃煤产生的石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)、苯并[a]芘进入土壤和地下水中导致污染。
黄磷储罐	总磷、黄磷	在产时储存成品黄磷，容积 50m ³
3#磷渣池	总磷、黄磷、氟 化物、重金属	黄磷炉反应产生的磷泥及水淬后分离出的磷泥经二次提炼精制后剩余的磷泥进入磷渣池中，由水封存，池中磷泥在储存、外运等过程中及雨水进入水池中导致污水外溢均可能会有污染物渗漏导致土壤和地下水污染。
3#磷冷却池	总磷、黄磷、氟 化物	水淬过程中含磷炉气中的黄磷及少量杂质进入水淬池中，使得水淬池中含有黄磷、总磷、氟化物等污染物，在池内水淬水及水淬渣的储存、处理等过程中及雨水进入水池中导致污水外溢均可能发生跑冒滴漏导致污染物经地面裂缝进入土壤及地下水中。
二次提炼炉	总磷、黄磷	黄磷炉气经水淬第一次分离出精纯黄磷后，水淬上部的泥磷进入二次提炼炉中再次进行精制加工，在生产及输送过程中可能会有污染物的跑冒滴漏导致污染物迁移下渗，对土壤和地下水造成污染。
黄磷成品堆放区	总磷、黄磷	露天堆放成品黄磷罐，堆放后统一外运，储罐露天堆放，区域地面硬化有裂隙，若发生成品黄磷罐破损泄露，则易发生污染物迁移下渗污染土壤和地下水。
污水循环池	总磷、黄磷、氟 化物、重金属	所有含磷污水进入污水循环池中，后回用于黄磷生产系统。
堆煤区	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	区域在企业生产时堆放过大量燃煤，污染物可通过淋滤作用迁移至土壤或地下水中。
1#、2#炉生产区	总磷、黄磷、氟 化物、重金属	企业在产时，此区域为黄磷主要生产区域，在生产及输送过程中可能存在污染物的跑冒滴漏，通过淋滤进入土壤和地下水中。
1#、2#磷渣池	总磷、黄磷、氟 化物、重金属	水淬后分离出的磷泥经二次提炼精制后剩余的磷泥进入磷渣池中，由水封存，池中磷泥在储存、外运等过程中及雨水进入水池中导致污水外溢均可能会有污染物渗漏导致土壤和地下水污染。
1#、2#磷冷却池	总磷、黄磷、氟 化物	水淬过程中含磷炉气中的黄磷及少量杂质进入水淬池中，使得水淬池中含有黄磷、总磷、氟化物等污染物，在池内水淬水及水淬渣的储存、处理等过程中及雨水进入水池中导致污水外溢均可能发生跑冒滴漏导致污染物经地面裂缝进入土壤及地下水中。

4.2.2.采样点布设

基于地块现状，本次调查采用专业判断布点法在地块内布设 12 个土壤监测点，根据企业历史规划平面布置图，对比企业生产规划布置结合现场踏勘情况，最终确定点位分别布置于磷矿石堆场 (S001)、堆煤车间 (S002)、3#黄磷炉

生产区（S003）、锅炉房（S004）、黄磷储罐与磷冷却池（S005）、二次提炼区（S006）、3#磷渣池（S007）、黄磷成品罐区（S008）、污水循环池（S009）、1#磷渣池与2#磷渣池（S010）、1#、2#生产区（S011）、1#、2#冷却池（S012）。由于本次调查地块位于区域地势最低处，故在调查地块东侧直线距离约20m处设置一个土壤对照点（DZS），对照点所在区域为周边居民家菜地旁，地势高于调查地块且无工业生产历史，采样点处也未种植蔬菜，符合对照点布设要求。布点位置分布情况分别如下表 and 下图所示。

表 4.2-2 土壤采样点位置一览表

序号	点位编号	布点区域名称	布点区域筛选理由
1	S001	磷矿石堆场	企业在产时，区域内露天堆放大量含重金属的矿石，在现场踏勘时发现区域地面硬化不完整，存在污染物经雨水淋滤进入地下的风险，因此在此处布设一个土壤采样点。
2	S002	堆煤车间	企业在产时车间内曾大量堆放燃煤，其中的石油烃等污染物易通过地面硬化裂隙下渗污染土壤和地下水，因此在此处布设一个土壤采样点。
3	S003	3#黄磷炉生产区	此区域为企业生产黄磷时间最长的区域，现场踏勘时发现地面硬化有破损，在原料输送进黄磷炉及产生的磷渣外排进入冷却池的过程中可能发生跑冒滴漏，造成重金属、黄磷等污染物进入土壤和地下水中造成污染，因此在此处布设一个土壤采样点。
4	S004	锅炉房	燃烧煤的过程中产生大量污染物若发生渗漏，易污染土壤和地下水，此处布设1个土壤采样点。
5	S005/GW001	黄磷储罐与磷冷却池	黄磷储罐是储存成品黄磷的罐体，在成品输送进入储罐及输出包装时可能存在黄磷的洒落；磷冷却池中含有黄磷、总磷、氟化物等污染物，在池内水淬水及水淬渣的储存、处理等过程中可能发生跑冒滴漏，停产后露天的冷却池可能会下雨导致水池中的水溢出，通过地面硬化破损处进入土壤及地下水中；两个区域距离较近，因此合并布设一个土壤采样点位。
6	S006	二次提炼区	黄磷炉产生的泥磷在进过水淬后上部的泥磷进入二次提炼炉中进行提炼，泥磷中的重金属、黄磷等污染物在进入炉中及提炼后进入磷渣池的过程中都可能发生洒落，存在进入土壤和地下水中的风险，因此在此区域布设一个土壤采样点。
7	S007/GW002	3#磷渣池	水淬后进行二次提炼完成的磷泥进入磷渣池中用水封存，磷渣池露天摆放，在下雨时池中的水可能会溢出流至地面处，地面存在硬化破损裂隙，污染物可能会通过裂隙进入土壤和地下水中造成污染，因此在此区域布设一个土壤采样点。

序号	点位编号	布点区域名称	布点区域筛选理由
8	S008	黄磷成品堆放区	露天堆放成品黄磷罐，堆放后统一外运，储罐露天堆放，区域地面硬化有裂隙，若发生成品黄磷罐破损泄露，则易发生污染物迁移下渗污染土壤和地下水，因此在此处布设一个土壤采样点。
9	S009/GW003	污水循环池	所有含磷污水进入污水循环池中，回用于生产系统，停产后区域房屋发生破损，有雨水进入循环池中，可能会导致池中水溢出水池，导致污水渗漏造成污染，同时在产时污水输送管线可能会有滴漏造成污染，因此在此区域布设一个土壤采样点。
10	S010/GW004	1#磷渣池与 2#磷渣池	水淬后进行二次提炼完成的磷泥进入磷渣池中用水封存，磷渣池露天摆放，在下雨时池中的水可能会溢出流至地面处，地面存在硬化破损裂隙，污染物可能会通过裂隙进入土壤和地下水中造成污染，两个磷渣池距离较近，因此在此区域布设一个土壤采样点。
11	S011	1#、2#生产区	此区域涉及两个黄磷炉的生产，现场踏勘时发现地面硬化有破损，在原料输送进黄磷炉及产生的磷渣外排进入冷却池的过程中可能发生跑冒滴漏，造成重金属、黄磷等污染物进入土壤和地下水中造成污染，因此在此处布设一个土壤采样点。
12	S012/GW005	1#、2#冷却池	磷冷却池中含有黄磷、总磷、氟化物等污染物，在池内水淬水及水淬渣的储存、处理等过程中可能发生跑冒滴漏，停产后露天的冷却池可能会下雨导致水池中的水溢出，通过地面硬化破损处进入土壤及地下水中，因此布设一个土壤采样点位。
13	DZS	土壤对照点	对照点位于地块东侧，地块是区域地势最低处，对照点地势较高，且无工业生产历史，采样点布设在菜地一侧未种植蔬菜处。
14	DZW	地下水对照点	地下水对照点设置在地块东侧一民井，井深 5m，井水水位 4m 左右，为一潜水井，民井所在位置地势高于调查地块，因此作为本次调查地下水对照点。



图 4.2-1 初步调查点位布设图

4.2.3.初步调查检测结果

4.2.3.1.土壤检测结果

初步调查土壤检测指标为《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）中表 1 的 45 项+pH+石油烃（C₁₀-C₄₀）+特征污染物黄磷、总磷、氟化物。

(1)pH: 土壤 pH 值范围为 7.24~8.04, 地块土壤中性偏碱;

(2)重金属: 土壤中六价铬均未检出, 6 项重金属（砷、镉、铜、铅、汞、镍）均有检出, 其中 S007（4.5-5m）、S012（1.5-2.0m）两个点位的重金属铅未检出。所有点位各重金属检测项检出值均低于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值;

(3)VOCs 和 SVOCs: 地块土壤中 27 项挥发性有机物均未检出; 土壤中 11 项半挥发性有机物中 S009（0.1-0.5m）点位苯并[a]蒽、蒽、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘、茚并[1,2,3-cd]芘有检出, 但均未超过《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）中第一类用地筛选值和第二类用地筛选值, 其他点位均未检出。

(4)石油烃(C₁₀-C₄₀): 地块内土壤各点位的石油烃(C₁₀-C₄₀)均有检出, 检出值在 11~199mg/kg, 但均未超过《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)中第一类用地筛选值和第二类用地筛选值。

(5)黄磷: 土壤中背景点黄磷未检出, 地块内除位于磷矿石堆场的 S001 点位三个深度样品未检出黄磷外, 其余 11 个点位均有黄磷检出, 其中 S004(2.5-3m)、S004(3.8-4m)、S010(1.5-2.0m)、S010(2.5-3m)、S011(2.5-3m)的 5 个样品未检出黄磷, 其他各采样点位所有深度均有不同浓度的黄磷检出, 地块内黄磷检出值在 0.07~49.2mg/kg 之间;

(6)总磷: 土壤背景点总磷检出值为 209mg/kg, 地块内总磷检出值在 142~5.74×10³mg/kg 之间。除 S012(1.5-2.0m) 1 个样品检出值低于背景点外, 其他 35 个样品检出值均超过背景值;

(7)氟化物: 土壤背景点氟化物检出值为 330mg/kg, 地块内氟化物检出值在 237~4.42×10³mg/kg 之间。参考北京市地标《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811-2011), 其中住宅用地筛选值为 650mg/kg, 工业/商服用地土壤筛选值为 2000mg/kg。其中本次调查 S003(1.0-1.5m)、S004(1.5-2.0m)、S004(2.5-3m)、S005(1.0-1.5m)、S006(0.5-1.0m)、S007(2.0-2.5m)、S008(1.5-2.0m)、S012(0.5-1.0m)、S007(0.5-1.0m)、S010(0.5-1.0m)以及 S012(0.5-1.0m) 11 个土壤样品个样品氟化物检出值超出住宅用地筛选值, S007(0.5-1.0m)和 S010(0.5-1.0m) 2 个土壤样品氟化物检出值超过工业/商服用地土壤筛选值; 其他各样品氟化物检出值均未超标。

4.2.3.2.地下水检测结果

初步调查地下水检测指标为《地下水质量标准》(GB 14848-2017)中 35 项(除微生物和放射性指标)+黄磷+总磷+石油类。

pH: GW003 点位地下水 pH 为 3.40, 超过地下水V类限值; GW001、GW002、DZW 三个点位地下水 pH 超III类水限值。

浊度和肉眼可见物: 均超过地下水III类水限值。

总硬度: GW003 点位超地下水III类水限值。

溶解性总固体: GW002 点位超过地下水V类限值, GW004 点位超过地下水III类水限值。

耗氧量、氨氮：地块内地下水监测点均超过地下水Ⅲ类水限值，其中 GW001、GW002、GW004 点位超过地下水Ⅴ类水限值。

铁：仅有 GW003 点位检出，检出值超过地下水Ⅴ类水限值。

锰：GW001、GW003、GW005、GW005 四个点位均超过地下水Ⅲ类水限值，其中 GW003 超过地下水Ⅴ类限值。

汞：GW001、GW002、GW003、GW004 四个点位均超过地下水Ⅲ类水限值，其中 GW002、GW003、GW004 超过地下水Ⅴ类限值。

氟化物：地下水 6 个监测指标氟化物均超过地下水Ⅴ类限值。

硫酸盐：GW004 点位地下水硫酸盐超过地下水Ⅲ类水限值。

硒：GW002 点位硒超过地下水Ⅴ类限值。

挥发酚：GW001、GW003 点位有挥发酚检出，检出值均超过地下水Ⅴ类限值。

铜、锌、铝、硫化物、氰化物、碘化物、铅、镉、铬（六价）、三氯甲烷、四氯化碳、苯、甲苯、石油类均未检出。

其他各项指标检出值均未超过地下水Ⅲ类水限值。

调查背景点黄磷未检出，而地块内地下水样品均有不同浓度黄磷检出，检出值在 1.4~710 $\mu\text{g/L}$ 之间，其中 3#磷渣池（GW003）和 1#、2#冷却池（GW005）两处地下水污染物含量较高，分别为 710 $\mu\text{g/L}$ 、100 $\mu\text{g/L}$ ；

地下水总磷背景点样品未检出，地块内样品总磷均有不同浓度的检出，其中 GW001、GW002、GW003、GW005 四个地下水样品均超过地表水Ⅴ类标准限值，GW004 点位地下水样品超过地表水Ⅳ类标准限值。

4.2.4.初步调查结论

初步调查共计采集 42 个土壤样品（含 5 个平行样），包括 12 个地块点 36 个样品和 1 个背景点 1 个样品；土壤监测指标共计 50 项：pH、六价铬、重金属 6 项、挥发性有机物 27 项、半挥发性有机物 11 项、石油烃（ $\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$ ）、氟化物、总磷、黄磷。共计采集 7 个地下水样品（包括 1 个平行样），包括 5 个地块点的 5 个地下水样品和 1 个背景点的 1 个地下水样品；检测指标共计 38 项：感官性状及一般化学指标 20 项、毒理学指标 15 项、黄磷、总磷、石油类。

根据分析测试结果可知，地块土壤呈碱性，地块内土壤 7 项重金属、27 项

VOCs、11 项 SVOCs 及石油烃 (C₁₀-C₄₀) 均未超过《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) 中第一类用地筛选值。地块内特征污染物黄磷除 S001 三个样品及 S004 (2.5-3m)、S004 (3.8-4m)、S010 (1.5-2.0m)、S010 (2.5-3m)、S011 (2.5-3m) 共 8 个样品未检出外, 其他样品污染物浓度均超过作为超标的判断依据的背景点检出值; 总磷除 S012 (1.5-2.0m) 1 个样品检出值低于背景点外, 其他所有样品污染物浓度均超过背景点; S003 (1.0-1.5m)、S004 (1.5-2.0m)、S004 (2.5-3m)、S005 (1.0-1.5m)、S006 (0.5-1.0m)、S007 (2.0-2.5m)、S008 (1.5-2.0m)、S012 (0.5-1.0m)、S007 (0.5-1.0m)、S010 (0.5-1.0m) 以及 S012 (0.5-1.0m) 11 个土壤样品氟化物检出值超出住宅用地筛选值, S007 (0.5-1.0m) 和 S010 (0.5-1.0m) 2 个土壤样品氟化物检出值超过工业/商服用地土壤筛选值; 其他各样品氟化物检出值均未超标。

根据地下水分析测试结果可知, 地块内 GW001 点位 pH、锰、汞, GW002 点位 pH、硒, GW003 点位总硬度、耗氧量、氨氮, GW004 点位浑浊度、溶解性总固体、耗氧量、氨氮、锰、硫酸盐, GW005 点位耗氧量、氨氮、锰超过地下水 GB 14848-2017 中 III 类水标准, 但满足 GB 14848-2017 中 IV 类水标准; 地块内 GW001 点位浑浊度、肉眼可见物、耗氧量、氨氮、氟化物、挥发酚, GW002 点位浑浊度、肉眼可见物、溶解性总固体、耗氧量、氨氮、汞、氟化物, GW003 点位 pH、浑浊度、肉眼可见物、铁、锰、汞、氟化物、挥发酚, GW004 点位肉眼可见物、氨氮、汞、氟化物以及 GW005 点位浑浊度、肉眼可见物、氟化物超过 GB 14848-2017 中 V 类水标准; 参考《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 评价的总磷和石油类中, GW001、GW002、GW003、GW005 四个地下水样品均超过地表水 V 类标准限值, GW004 点位地下水样品超过地表水 IV 类标准限值, 石油类均未检出; 地块内各点位地下水中黄磷均有检出, 而对照点黄磷未检出, 因此可认为地块地下水黄磷全部超标。

4.3. 详细采样调查

4.3.1. 采样点布设

详细调查共进行两次布点采样, 第一次在地块内在初步调查超筛选值区域以 20*20m 网格法加密布点, 其他区域按 40*40m 网格法布点, 共布设 31 个土壤取

样点，初步设定在素填土层以及土壤性质发生变化的变层处进行采样，若厚度较大则间隔分 4 层采样。在地块东侧、西侧山地各布设一个土壤背景点；在地块内布设 3 口地下水监测井，在地块外设置两个地下水背景点和两个地下水扩散点。第二次调查在第一次调查的基础上加密和加深布设了 14 个土壤采样点。采样点位布局图如图 4.3-1 所示：



详查第一次布点图



详查第二次布点图

图 4.3-1 详查点位布设图

4.3.2.详细调查检测结果

4.3.2.1.土壤分析测试结果

详细调查第一次调查土壤分析测试指标为重金属（砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍）、石油烃（C₁₀-C₄₀）、黄磷、总磷、氟化物；第二次调查土壤检测指标为总磷和氟化物。

综合两次调查结果，地详细调查的 45 个钻孔中，有 44 个钻孔超筛选值（151 个样品有 142 个样品超筛选值），超标率为 94.04%，超筛选值的污染物为总磷和氟化物。综合地块初步调查、详细调查两次采样检测结果，超标污染物为黄磷、总磷、氟化物。总磷最大超标深度为 8.0 米，最大超标浓 18.65 倍，总磷超对照点值区域为全场；氟化物超筛选值区域主要为 3#黄磷炉生产区。地块总磷污染分布最深最广，氟化物污染主要在 3#黄磷炉生产区。

4.3.2.2.地下水分析测试结果

详细调查地下水检测指标主要为初查检测超标的指标：pH、总硬度、浑浊

度、肉眼可见物、溶解性总固体、耗氧量、氨氮、硫酸盐、挥发酚、氟化物、铁、锰、汞、硒、黄磷、总磷、石油类共计 17 项。超标指标如下：

氨氮：含量范围在 0.38~1.581mg/L 之间，平均值为 0.947mg/L；

耗氧量：含量范围在 1.3~10.4mg/L 之间，平均值为 4.97mg/L；

氟化物：含量范围在 0.168~23.2mg/L 之间，平均值为 8.349mg/L；

铁：含量范围在 0.112~4.3mg/L 之间，平均值为 1.647mg/L；

锰：含量范围在 0.539~5.4mg/L 之间，平均值为 2.566mg/L；

汞：含量范围在 0.23~1.64μg/L 之间，平均值为 0.867μg/L；

黄磷：仅 DX02 点位检出，检出值为 110μg/L；

总磷：含量范围在 0.42~46.5mg/L 之间，平均值为 16.54mg/L。

4.3.3.详细调查结论

综合两次调查结果，本地块详细调查的 45 个钻孔中，有 44 个钻孔超筛选值（151 个样品有 142 个样品超筛选值），超标率为 94.04%，超筛选值的污染物为总磷和氟化物。综合地块初步调查、详细调查两次采样检测结果，超标污染物为黄磷、总磷、氟化物。总磷最大超标深度为 8.0 米，最大超标浓 18.65 倍，总磷超对照点值区域为全场；氟化物超筛选值区域主要为 3#黄磷炉生产区。地块总磷污染分布最深最广，氟化物污染主要在 3#黄磷炉生产区。

同时根据地块内边界控制点及地块外土壤样品采集分析测试结果，地块外存在总磷污染。

由于本次调查地块位于丹江口水库饮用水源地准保护区内，本次调查地块内地下水评价标准为《地下水质量标准》（GB 14848-2017）中的Ⅲ类地下水限值，主要超标指标为氨氮、耗氧量、铁、锰、汞、黄磷、总磷、氟化物。其中总磷最大超标倍数为 232.5 倍，氟化物最大超标倍数为 23.2 倍。

由于本地块氟化物浓度超过相应规划为住宅用地的筛选值，总磷浓度超对照点检出值，同时地下水氨氮、耗氧量、铁、锰、汞、黄磷、总磷、氟化物等指标存在超标情况，因此需对地块污染土壤及地下水进行风险评估，确定修复目标值以及修复范围、修复土方量。

4.4.地块地下水情况

4.4.1.地下水赋存

调查地块水文地质条件较简单，根据地块地下水含水介质、赋存条件、水理性质及水动力特征，地下水主要为赋存于地表的上层滞水和基岩裂隙水两种类型。

本地块上层滞水主要赋存于第四系松散地层中，水量大小随季节变化，无统一自由水位，水量与周边排泄条件关系密切。地块处于东西两侧山体之间，北侧地势较高，三个方向的地下水均向地块方向汇集。现场调查期间测得地下水位埋深为 0.80~2.80m，相对高程为 154.35~158.48m。主要接受大气降水补给，以蒸发以及向地势低洼地段侧向渗流的方式排泄，水位、水量与地形关系密切。根据现场钻孔显示的地块地层情况，地块内地下水自南向北迁移的同时自东西两侧向中间迁移，其流向大致如图 4.4-3 所示。

现场调查显示地块内淤泥质粘土在场区范围内分布不均匀，地块上层赋存于素填土中的潜水与下部粉质黏土中的水存在水力联系，在本次调查工作中视为同一含水层进行调查，设置地下水监测井。同时调查期间地块上层滞水存在溢出地块地表的情况，调查区域污染物可能随着地下水进行串层迁移。

综上所述，地块内填土层为主要含水层，其中杂填土层主要成份为碎块石、粘性土，偶含少量建筑垃圾，为场平时填筑料，在地块内均可见到，层厚为 0.6~2.8m，平均厚度为 1.5m；素填土主要由粘性土组成，偶夹角砾，为场平时填筑的填筑料，在地块内均可见到，层厚为 0.2~2.2m，平均厚度为 0.93m。填土层土壤渗透系数较大，在 1.5~2.0cm/s。

填土下部粉质黏土和淤泥质粘土视为相对隔水层。其中粉质黏土以可塑为主，局部软塑，偶夹角砾，韧性中等，干强度较高，层厚为 0.3~2.7m，平均厚度为 1.73m，地块内均可见到；淤泥质粘土含腐殖质，有臭味，干强度中等，在局部见到，厚度为 0.3~2.7m，在场内分布不均匀，主要在地块南部及中部可见，粉质黏土及淤泥质粘土渗透系数相较于上层的填土以及下层的含碎石粘土较小，为 5.0×10^{-5} 和 2.0×10^{-5} cm/s。

再下层含碎石粘土层为含水层，呈稍密状，主要成份为混碎石，碎石粒径 2~5cm，含量 5~15%不等，局部夹角砾及砾砂。层厚 0.3~2.1m，平均厚度为 1.18m。地块内均可见到，本层土壤渗透系数 3.0×10^{-2} cm/s。

含碎石粘土层下部黏土层为隔水层，此层较厚，粘土呈灰绿色，硬塑，局部为可塑，偶夹角砾，韧性中等，干强度较高，层厚为 0.2~4.0m，平均厚度为 1.36m，地块内均有分布；下部为粉质黏土，杂色，稍湿，硬塑，夹碎石及角砾，夹风化碎块，极不均匀，底部可见风化基岩。粘土隔水效果较好，渗透系数约 $2 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。

调查地块东侧和西侧山体均有基岩出露，根据两侧基岩及地块内钻探情况，得到调查工作剖面图如下，由于两侧山体基岩出露位置较浅，受到基岩的阻隔，地块内污染物不易向地块两侧迁移，地块污染范围主要控制在地块边界范围内。



地块西侧山体出露基岩



地块东侧山体出露基岩

图 4.4-1 地块两侧山体基岩出露情况

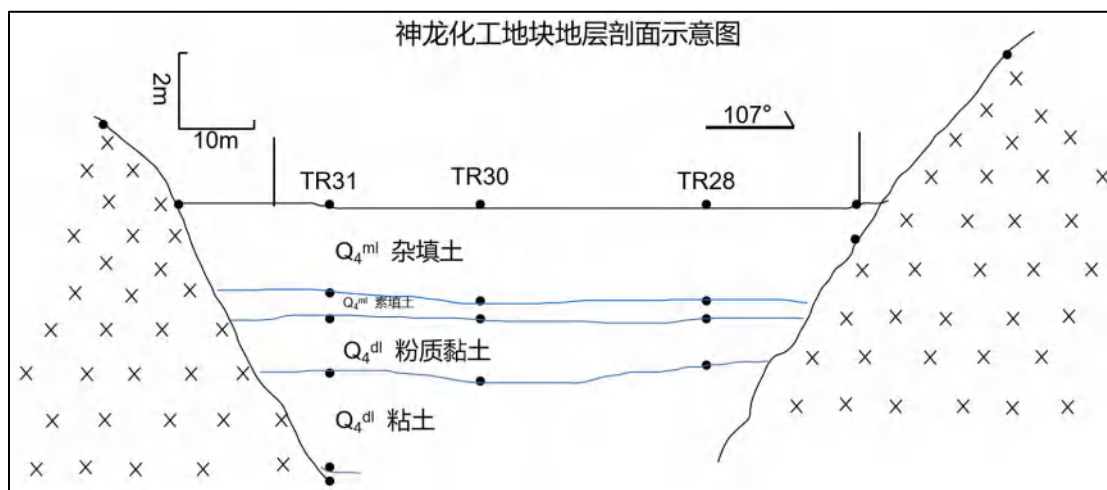


图 4.4-2 地块东西走向剖面示意图

4.4.2.地下水补径排条件

地下水的循环受气象、水文、地形地貌、地下水埋藏条件及人为因素的制约，地块地下水系统总体上为一开放系统，大气降水入渗是地下水的主要补给源。

(1) 地下水补给

大气降水入渗为地下水的主要补给源。地块地势较平缓，降水直接通过地表硬化裂隙进入地下，形成上层滞水，地块北侧部分区域降雨后存在积水，联通地表及地下，积水经温度升高后蒸发排泄。除接受大气降水的补给外，地块上层滞水和下部的基岩裂隙水同时接受地块东西两侧山体的基岩裂隙水侧向径流补给。同时地块南侧山体也会径流补给地块地下水。

（2）地下水径流

根据地下水流场特征分析，地块地下水向地块北侧水沟方向径流，出场区范围后向东北方向扩散径流。根据区域的地质情况及地形地貌分析，区域上层地下水的流动主要受重力的影响，其径流方向与区域地势降低基本一致，地块南高北低，东西两侧高，属于东、西、北三侧的汇水面，地下水汇集后向北侧流动，出地块后，西侧可见一分水岭，东侧、北侧地势逐渐降低，因此判断地块地下水出场区后向东北方向流动。

（3）地下水排泄

在调查地块周围未发现区域地下水排泄点，地块地下水通过蒸发以及以地下径流的形式补给径流过程中的松散岩类孔隙水进行消耗与排泄，最终和径流路上的地下水一同排泄至北侧四道河中，四道河向西北方向汇入浪河，后汇入丹江口水库中。地块地下水距离排泄点四道河距离较远，约 500m，在径流过程中通过水岩（土）交互作用以及径流过程中地下水的补充与稀释，污染物浓度逐渐降低，在地下水进入河流与地表水混合后污染物进一步稀释，地块污染地下水与地表水无直接联系，对地表水的影响较小。

地块地下水流向及周边水系关系如下图所示：



图 4.4-3 地块地下水及周边地表水关系图

4.5.土壤污染状况调查情况结论

4.5.1.地块污染成因分析

结合两次土壤污染状况调查情况，对地块内污染情况分析如下：

1、初步调查显示地块内主要土壤污染物为黄磷、总磷、氟化物，详细调查采样分析土壤污染物为总磷和氟化物，两次调查工作地块内土壤黄磷含量差异较大，分析其原因可能是在初步调查阶段，地块内拆除工作未及时将磷泥清运走，同时地块内存在积水，在钻机工作过程中可能将地块表面含黄磷物质裹挟进入土壤样品中，导致初查样品中土壤黄磷检出；在详查阶段，地块内磷泥经过清运以及地块表面的进一步暴露，地块内残留少量黄磷经过氧化，故详查阶段土壤黄磷污染物检出量减少；

2、地块内土壤氟化物来源是原生产工艺中原材料磷矿石中伴生的氟化物；总磷主要为含磷废水中的总磷通过地表裂隙渗入土壤和地下水中；

3、地块内地下水污染物铁、锰、汞、总磷、氟化物污染主要来源于生产时矿石、煤和焦炭中伴生的重金属及氟化物；

4、地块内地下水氨氮污染来源可能是地块周围居民生活污水直排，由于地块东西两面环山，南侧地势较高，其地理位置属于区域的小型汇水面，周边居民生活污水可能汇集至区域地势低洼处，导致地下水氨氮超标。

4.5.2.土壤污染状况调查小结

对丹江口市神龙化工有限责任公司地块的土壤污染状况初步调查和详细调查结果显示，地块土壤和地下水均存在污染，其中，土壤主要污染因子为总磷和氟化物；地下水主要污染因子为氨氮、铁、锰、汞、总磷、氟化物，根据调查报告的结论，结合国家的相关政策与规定，建议对该地块进一步开展地块土壤污染风险评估工作。

5.场地污染及风险识别

5.1.场地风险评估流程

本项目风险评估工作中暴露评估的暴露量、风险表征和风险控制值的计算等均采用浙江大学环境健康研究所和生态环境部南京环境科学研究所开发的《污染场地风险评估电子表格》软件来进行。软件可以计算不同污染地块的风险控制值和筛选值,为污染地块筛选和修复提供指导,适用于污染地块人体健康风险评估、污染场地筛选值的查询和土壤和地下水风险控制值的确定。

本次污染地块风险评估污染源为神龙化工地块历史污染的土壤与地下水,评估范围主要针对丹江口市神龙化工有限责任公司地块及周边范围可能受到污染的土壤与地下水区域。本次地块风险评估具体流程为:

①收集相关历史资料,对现场及周边进行勘察,进行初步的现场污染情况摸底;

②根据初查和详查结果对照《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)和《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)的标准限值进行筛选,筛选出超标的区域作为可能存在风险的区域,并筛选出有潜在风险的关注污染物;

③根据地块调查阶段的结果,划定风险不可接受的污染区域,计算各关注污染物的风险控制值。

5.2.地块污染状况及地块环境调查结论

5.2.1.土壤污染现状

初步调查和详细调查结果显示,地块土壤重金属、有机物各污染物含量均未超过《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)表1中的筛选值。土壤主要污染物为氟化物、总磷,由于氟化物、总磷指标没有相应的评价标准故将各点位总磷浓度与土壤背景值作比较,各点位氟化物浓度与北京市地标《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811-2011)中氟化物筛选值比较。

柱状土壤样品中,氟化物共有11个点位15个样品超标,主要超标深度为0~3m,少数深度点位轻微超标,超标点位为TR02-04、TR05-03、TR07-01、TR09-02、

TR14-04、TR15-04、TR18-01，最大浓度为 $2.22 \times 10^3 \text{mg/kg}$ ，最大超标倍数为 3.42 倍，超标率为 12.1%。总磷最大浓度为 $3.52 \times 10^3 \text{mg/kg}$ 。这些数据也证实地块对周边土壤环境影响最大的污染物是总磷和氟化物，污染物影响的最大深度为 5.0m。

(1) 各钻孔剖面不同深度土壤中主要特征污染元素含量随深度变化而增加的特点表明，下部土壤已经造成污染，但大部分区域影响的深度有限，土壤表层影响比较明显。

(2) 各钻孔土壤剖面垂向上的污染深度基本限制在上部的残积物层或上部的上层滞水中，污染组分在深度与浓度的变化趋势与沉积物的岩性结构有直接关系，坡洪积层中含砂砾石粘性土具有一定的透水性，而残积成因的致密性粘土则很好地阻滞污染物垂向运移；

(3) 对周边土壤的采样分析表明，外部的土壤污染程度并不严重，说明周边土壤的污染范围有限，污染程度也十分有限。

5.2.2.地下水污染现状

采取水样包括钻孔、民井等，共 8 组地下水水样。根据黄磷生产工艺分析出特征污染组分作为地下水污染特征因子进行比较分析。除背景样以外，其余水样分析评价均以《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）的 III 类标准值为参考，其中总磷在《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中没有标准，故采用《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中 III 类和 IV 类标准进行评价。

测试数据显示，DX01 水样中的汞、锰、氟化物浓度超《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）的 III 类标准值，锰和铁含量特别高，超过了地下水质量标准的 IV 类标准值，总磷含量超过了地表水环境标准的 IV 类标准值；DX02 水样中的锰、氟化物含量超地下水质量标准的 III 类标准值，氨氮、氟化物和总磷含量特别高，氨氮、氟化物超过了地下水质量标准的 IV 类标准值，总磷含量超过了地表水质量标准的 IV 类标准值；DX03 水样中氨氮、铁浓度超地下水质量标准的 III 类标准值，锰含量特别高，超过了地下水质量标准的 IV 类标准值；

地下水污染的主要污染物为氨氮、汞、铁、锰、氟化物和总磷，其中总磷污染最为严重，DX01、DX02 和 DX03 点位均超过地表水质量 IV 类标准；氨氮、锰、氟化物污染较为严重，DX01 和 DX03 点位浓度均超过了地下水质量标准的

IV类标准值，DX02 点位超过了地下水质量标准的 III 类标准值；氟化物污染也偏重，DX02 点位浓度超过地下水质量标准的IV类标准值，DX01 点位浓度超过了地下水质量标准的 III 类标准值，除此之外其他点位和污染物均未出现超标情况。

5.2.3.环境调查结论

地块环境调查的结论如下：

（1）土壤重金属含量均未超过一类建设用地管控值，所有 VOCs 和 SVOCs 均未检测到超标。且污染物的污染深度有限，填土下部粘性土对污染物有较好的阻隔作用。土壤主要污染物为氟化物、总磷，由于氟化物、总磷指标没有相应的评价标准，故将各点位总磷浓度与土壤背景值作比较，各点位氟化物浓度与北京市地标《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）中氟化物的筛选值做比较。地块内土壤总磷全场超标，氟化物主要超标位置位于原 3#黄磷炉生产区。

（2）参照地下水质量标准的 III 类标准值（GB/T 14848-2017），在地块及周边地区采取一批水样进行地下水环境质量评价，地下水中的锰含量大部分高于IV类水限值，部分点位存在氟化物和汞污染物超标的情况。地下水中的污染组分主要为锰、汞、氟化物、铁、氨氮等。

5.3.风险识别

查阅相关资料，此次风险评估的区域为工业用地。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）和《地下水污染健康风险评估工作指南》（HJ 25.6-2019），将用地方式分为第一类用地和第二类用地。本次评估地块目前无明确规划，周边主要是居民区，距离最近的学校相距约为两三百米。与地块相邻的东北西侧都是居民区，地下水往北侧流，并且该地块位于丹江口饮用水源地准保护区，处于丹江口水库库区上游，可能对于水源保护区造成一定的污染，需要对于污染物浓度进行控制。

在一类用地方式下，主要敏感人群为为化工厂周边居民和施工期的施工人员。因此本工程评估范围内的风险主要分为以下几类：因土壤污染物超标导致的对施工期工作人员及周边人群的健康风险；因目前周边居民接触或饮用可能受到污染的地下水而导致的健康风险。

6.危害识别

危害识别即根据地块环境调查获取的资料，结合地块土地的规划利用方式，确定污染地块的关注污染物、地块内污染物的空间分布和可能的敏感受体，如儿童、成人及地下水体等

6.1.地块污染识别

根据查阅相关资料结果，此次风险评估的神龙化工区域为工业用地。对照《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）对地块及周边土壤环境进行评估，对照《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）对地块及周边地下水环境进行评估。根据标准级别对评估级别进行分析。

对照《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）一类建设用地标准进行分析，场内除氟化物和总磷含量超过对照点（TR-DZS）的检出值外，其余重金属元素均未超过筛选值。所有 VOCs 和 SVOCs 土样均未检测到超标。通过前期地块调查得出地块土壤主要的关注污染物为氟化物、总磷。对照《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III 和IV类标准值进行分析，地下水中的锰（Mn）、铁（Fe）、氟化物含量大部分高于IV类水限值，部分点位氨氮高于IV类水限值，一个点位汞高于III类水限值，污染超标程度并不严重。

通过查找各污染物的毒理性质，其主要污染物的毒性描述见导则附录 A。

6.2.确定关注污染物

根据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）的适用范围，该导则不适用于铅、放射性物质、致病性生物污染以及农用地土壤污染的风险评估。氟化物和总磷为主要污染物并且没有相应的评价标准，其中总磷存在个别点位浓度超过背景值的情况但是并不存在于《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）中，通常判定为对人体的危害较小。而氟化物没有相应国标筛选值，选用北京市地标作为标准进行判别，存在个别点位超标的情况，故土壤的关注污染物选取为氟化物和总磷。其中总磷的人体健康风险较小，并且对周边环境的影响相对较大，故不考虑总磷致癌因子和非致癌因子评估，另作环境风险评估。

表 6.2-1 土壤关注污染物筛选

编号	污染物名称	检测最高浓度 (mg/L)	住宅用地筛选值 (mg/kg)	是否列为关注污 染物
1	氟化物	2.22×10^3	650	是
2	总磷	3.52×10^3	/	是

参照《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）的 III 类标准值，在地块及周边地区采取一批水样进行地下水环境质量评价，地下中的锰（Mn）、铁（Fe）、氟化物含量大部分高于IV类水限值，部分点位氨氮高于IV类水限值，部分点位汞高于III类水限值，总磷在《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中没有标准，故采用《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中III类和IV类标准进行评价，并且总磷浓度超过IV类标准。根据污染物超标率和超标倍数，敏感受体的具体暴露特征及前期调查结果分析，评估范围内地下水的关注污染物为汞、锰、铁、氨氮、氟化物、总磷。具体见表 6.2-2。

表 6.2-2 地下水关注污染物筛选

编号	污染物名称	检测最高浓度 (mg/L)	III类水标准 (mg/L)	IV类水标准 (mg/L)	是否列为关 注污染物
1	汞	0.00164	≤ 0.001	≤ 0.002	是
2	锰	5.4	≤ 0.1	≤ 1.5	是
3	铁	4.3	≤ 0.3	≤ 2.0	是
4	氨氮	1.581	≤ 0.1	≤ 1.5	是
5	氟化物	23.2	≤ 2.0	≤ 3.0	是
6	总磷	46.5	≤ 0.2	≤ 0.3	是

7. 暴露评估

在危害识别的工作基础上，分析地块土壤和地下水中关注污染物进入并危害敏感受体的情景，确定地块土壤和地下水污染物对敏感人群的暴露途径，确定污染物在环境介质中的迁移模型和敏感人群的暴露模型，确定与地块污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，计算敏感人群摄入来自土壤和地下水的污染物所对应的土壤和地下水的暴露量。

7.1. 暴露情景分析

根据其理化性质、有毒化学品名单以及我国划定的有毒有害水污染物名录，本次关注的汞、锰、氟化物均属于有毒污染物。其中，汞是重金属污染中毒性最大的元素，食入后直接沉入肝脏，对大脑、神经、视力破坏极大；天然水每升水中含 0.01 毫克，就会导致人中毒，水中的汞对健康有对人体的伤害极大，伤害主要器官为肾脏、中枢神经系统。饮用水中锰含量超标，可引起食欲不振，呕吐，腹泻，胃肠道紊乱，大便失常；锰超标会影响人的中枢神经，过量摄入对智力和生殖功能有影响，急性锰中毒和慢性锰中毒都对人体产生一定的健康影响。氟化物对于人体也有一定的危害，如果持续过量摄入就会引发氟中毒；而氟骨症早期则会出现四肢、脊柱骨骼和全身各关节疼痛、全身乏力等症状，如果得不到有效的控制和治疗，可能造成肢体功能发生障碍，全身骨骼和关节变形，甚至瘫痪。此次评估的关注污染物中，汞，氟化物，锰均为非致癌性，本报告评估其非致癌危害。

由于地块目前无明确用地规划，后续丹江口市自然资源和规划局和浪河镇人民政府将根据地块情况以及需求进行调规，因此，根据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）等文件，本次评估将按照第一类用地提出各污染物的暴露量并进行评估。

在第一类用地方式下，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.暴露途径

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定，污染物的暴露途径分为土壤污染物暴露途径和地下水暴露途径，其中土壤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共 5 种，地下水暴露途径包括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、皮肤接触地下水共 3 种。

健康 暴露 途径	☒ ☐ 摄入土壤颗粒物
	☒ 皮肤接触土壤颗粒物
	☒ 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
	☐ 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物
	☐ 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物
	☐ 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物
	☐ 皮肤接触地下水
	☐ 饮用地下水

地块土壤暴露途径选取

健康 暴 露 途 径	☐ 摄入土壤颗粒物
	☐ 皮肤接触土壤颗粒物
	☐ 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
	☒ 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物
	☐ 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物
	☒ 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物
	☒ 皮肤接触地下水
	☐ 饮用地下水

地块地下水暴露途径选取

图 7.2-1 地块暴露模型选取

7.2.1.土壤暴露途径

此次土壤风险评估区域为工业用地，污染源为受到污染的下部土壤，污染受体为地块周边居民和施工人员。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），由于土壤中气态污染物并未超标，所以需要考虑的暴露途径主要为以下 3 种：经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物。其中氟化物不存在皮肤接触土壤暴露途径，故只考虑经口摄入土壤、吸入土壤颗粒物两种暴露途径的暴露量。

7.2.2.地下水暴露途径

根据地块环境调查结果和监测结果，地块及周边地下水环境中地下水中超过 GB/T 14848-2017 三级标准的污染物为汞、锰、氟化物等。其中，汞、锰均属于重金属污染物，根据其理化性质，均为非挥发性重金属。所以不需要考虑吸入室外空气中来自下层地下水的气态污染物和吸入室内空气中来自地下水的气态污染物这两种暴露途径。在后续过程中，可能受污染物影响的敏感人群主要为地块周边居民。而氟化物具有一定挥发性，故应将各种暴露途径均考虑在内。

综上所述，此次地下水风险评估范围为调查地块及周边区域可能受到影响的

地下水。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）和《地下水污染健康风险评估工作指南》（HJ 25.6）将用地方式分为第一类用地和第二类用地，污染源为受到污染的地下水，污染受体为地块周边居民和施工人员，且地块地下水不做饮用。所需要考虑的暴露途径为以下 3 种：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、皮肤接触地下水。

7.3.经口摄入土壤途径暴露量计算

第一类用地方式下，人群可因经口摄入土壤而暴露于污染土壤。对于各污染物的致癌效应和非致癌效应，采用导则附录 A 公式 A.21 和公式 A.22 进行土壤暴露量计算。

7.3.1.致癌效应

单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量计算公式如下：

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

式中：OSIR_a、OSIR_c：成人、儿童每日摄入土壤量，mg/d；推荐值见附录 G 表 G.1，取值分别为 100mg/d、200mg/d；

EF_a、EF_c：成人、儿童暴露频率，d/a；推荐值见附录 G 表 G.1，取值为 350；

ABS_o：经口摄入吸收效率因子，无量纲；推荐值见附录 G 表 G.1，取值为 1。

BW_a、BW_c：成人、儿童平均体重，kg，推荐值见附录 G 表 G.1，取值分别为 61.8 和 19.2。

AT_{ca}：致癌效应平均时间，d，推荐值见附录 G 表 G.1，取值为 27740。

7.3.2.非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期的暴露危害，经口摄入途径对应的土壤暴露量计算公式如下：

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

AT_{nc}：非致癌效应平均时间，d；推荐值见附录 G 表 G.1，取值为 2190。

表 7.3-1 污染物经口摄入土壤途径暴露量（单位：kg 土壤/kg 体重·d）

用地类型	致癌效应暴露量	非致癌效应暴露量
第一类用地类型	1.28E-06	9.99E-06

7.4.吸入土壤颗粒物途径暴露量计算

在第一类用地方式下，人群可因吸入空气中来自土壤的颗粒物而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应，采用导则（HJ 25.3-2019）附录 A 公式 A.25 和公式 A.26 进行土壤暴露量计算。

7.4.1.致癌效应

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计算公式如下：

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c + fspl \times EFl_c)}{BW_c \times AT_{ca}} \times 10^{-6} + \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspl \times EFl_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

式中： PM_{10} ：空气中可吸入颗粒物含量， mg/m^3 ；推荐值见导则（HJ 25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值为 $0.119 mg/m^3$ 。

$DAIR_a$ 、 $DAIR_c$ ：成人、儿童每日空气呼吸量， m^3/d ；推荐值见导则（HJ25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值分别为 $14.5 m^3/d$ 、 $7.5 m^3/d$ 。

$PIAF$ ：吸入土壤颗粒物在体内滞留比例，无量纲；推荐值见导则（HJ 25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值为 0.75；

$fspo$ ：室外空气中来自土壤颗粒物所占比例，无量纲；推荐值见导则（HJ25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值为 0.5；

EFO_a 、 EFO_c ：成人、儿童的室外暴露频率， d/a ；推荐值见导则（HJ 25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值为 87.5；

$fspl$ ：室内空气中来自土壤颗粒物所占比例，无量纲；推荐值见导则（HJ25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值为 0.8；

EFl_a 、 EFl_c ：成人、儿童的室内暴露频率， d/a ；推荐值见导则（HJ 25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值为 262.5。

7.4.2.非致癌效应

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期的暴露危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量计算公式如下：

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

式中：AT_{nc}：非致癌效应平均时间，d；推荐值见导则（HJ 25.3-2019）附录 G 表 G.1，取值为 2190。

表 7.4-2 污染物经吸入土壤颗粒物途径暴露量（单位：kg 土壤/kg 体重·d）

用地类型	致癌效应暴露量	非致癌效应暴露量
第一类用地类型	6.51E-09	2.42E-08

7.5.吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径暴露量计算

第一类用地方式下，周边居民可因吸入室外空气中来自地下水的气态污染物而暴露地下水污染物。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，采用导则（HJ 25.3-2019）附录 A 公式 A.13 和公式 A.14 进行计算。

7.5.1.致癌效应

单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量计算公式如下：

$$IOVER_{ca3} = VFgwoa \times \left(\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right)$$

式中：IOVER_{ca3}：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（致癌效应），L 地下水，kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

VFgwoa：地下水中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，L·m。

7.5.2.非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期的暴露危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量计算公式如下：

$$IOVER_{nc3} = VFgwoa \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_a \times AT_{nc}}$$

式中：IOVER_{nc3}：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（非致癌效应），L 地下水，kg⁻¹ 体重·d⁻¹。

AT_{nc} : 非致癌效应平均时间, d; 推荐值见附录 G 表 G.1。

表 7.5-1 污染物吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径途径暴露量

(单位: L 地下水/kg 体重·d)

用地类型	致癌效应暴露量	非致癌效应暴露量
第一类用地类型	4.18E-07	1.55E-06

7.6.吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径暴露量计算

第一类用地方式下, 周边居民可因吸入室内空气中来自地下水的气态污染物而暴露地下水污染物。对于单一污染物的致癌和非致癌效应, 采用导则 (HJ 25.3-2019) 附录 A 公式 A.17 和公式 A.18 进行计算。

7.6.1.致癌效应

单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量计算公式如下:

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

式中: $IOVER_{ca2}$: 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量 (致癌效应), L 地下水, kg^{-1} 体重·d⁻¹;

VF_{gwoa} : 地下水中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, L·m

7.6.2.非致癌效应

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在儿童期的暴露危害, 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量计算公式如下:

$$IOVER_{nc2} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_a \times AT_{nc}}$$

式中: $IOVER_{nc2}$: 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量 (非致癌效应), L 地下水, kg^{-1} 体重·d⁻¹。

AT_{nc} : 非致癌效应平均时间, d; 推荐值见附录 G 表 G.1。

表 7.7-1 污染物吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径暴露量

(单位: L 地下水/kg 体重·d)

用地类型	致癌效应暴露量	非致癌效应暴露量
第一类用地类型	2.77E-05	1.03E-04

8.毒性评估

8.1.污染物毒性效应分析

根据其理化性质、有毒化学品名单以及我国划定的有毒有害水污染物名录，本次关注的汞、氟化物、锰均属于有毒污染物。其中，氟化物具有一定的毒性，其对胃肠有刺激性，在体内能干扰多种酶活性，影响代谢，尤使钙磷代谢紊乱，引起低钙血症和骨损害。还可直接损害神经系统、心脏和肾脏；锰中毒分为急性和慢性锰中毒，急性锰中毒症状主要是消化道为主，慢性锰中毒症主要是神经系统受损为主；过量摄入金属汞、无机汞和有机汞中的汞元素引起机体理化损伤，汞中毒主要分为急性汞中毒和慢性汞中毒。前者表现为口内金属味、头晕、恶心、腹泻，严重者情绪激动、失眠甚至抽搐、昏迷，后者表现为神经衰弱、情绪和性格改变、口腔炎、震颤等。

根据 HJ 25.3-2019 和 HJ 25.6 附录中给定的参数，关注污染物均不含有致癌性，均只考虑各污染物危害商，汞、氟化物、锰非致癌效应参数包括呼吸吸入参考浓度（RfC）、呼吸吸入参考剂量（RfDi）、经口摄入参考剂量（RfDo）和皮肤接触参考剂量（RfDd）。在本次评估中，关注污染物仅采用参考剂量来表述其非致癌性的危害商。污染物参数的确定采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）和《地下水污染健康风险评估工作指南》（HJ 25.6）附录中的公式计算得出。

8.2.污染物相关参数确定

8.2.1.致癌效应毒性参数

致癌效应毒性参数包括呼吸吸入单位致癌因子（IUR）、呼吸吸入致癌斜率因子（SF_i）、经口摄入致癌斜率因子（SF_o）和皮肤接触致癌斜率因子（SF_d）。其中，SF_i 和 SF_d 的计算公式如下：

$$SF_i = \frac{IUR \times BW_a}{DAIR_a}$$
$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_{gi}}$$

式中：IUR：呼吸吸入单位致癌因子，m³/mg，推荐值见导则（HJ 25.3-2019）附录 B 表 B.1；

SF₀: 经口摄入致癌斜率因子, (mg 污染物/kg 体重·d)⁻¹, 推荐值见导则 (HJ 25.3-2019) 附录 B 表 B.1。

ABS_{gi}: 消化道吸收效率因子, 无量纲, 推荐值见导则 (HJ 25.3-2019) 附录 B 表 B.1。

8.2.2.非致癌效应毒性参数

非致癌效应参数包括呼吸吸入参考浓度 (RfC)、呼吸吸入参考剂量 (RfDi)、经口摄入参考剂量 (RfDo) 和皮肤接触参考剂量 (RfDd)。其中 RfDi 和 RfDd 的计算公式如下:

$$RfD_i = \frac{RfC \times DAIR_a}{BW_a}$$

$$RfD_d = RfD_o \times ABS_{gi}$$

式中: RfC: 呼吸吸入参考浓度, mg/m³, 推荐值见导则 (HJ 25.3-2019) 附录 B 表 B.1。

RfDo: 经口摄入参考剂量, mg 污染物/kg 体重·d, 推荐值见导则 (HJ 25.3-2019) 附录 B 表 B.1。

物质名称		CAS No.	物理性质	化学性质	物理性质	化学性质	物理性质	化学性质	物理性质	化学性质	物理性质	化学性质	物理性质	化学性质
1	453-35-7	Phenol	108-95-2	0.00008	PHYSICOP	0.2309411	ER9 (U.S. EPA)	0.000023	ER9 (U.S. EPA)	3.09029433	TC19	48.000	PHYSICOP	
2	100-00-0	Mercury, inorganic	7439-97-6	0.122	EPI	0.0107	WATER9	0.000000	WATER9	22	8.000000	6900	PHYSICOP	
3	507-06-6	Manganese	7439-96-3											
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														
44														
45														
46														
47														
48														
49														
50														
51														
52														
53														
54														
55														
56														
57														
58														
59														
60														
61														
62														
63														
64														
65														
66														
67														
68														
69														
70														
71														
72														
73														
74														
75														
76														
77														
78														
79														
80														
81														
82														
83														
84														
85														
86														
87														
88														
89														
90														
91														
92														
93														
94														
95														
96														
97														
98														
99														
100														

图 8.2-1 污染物相关参数

根据以上公式及参数,呼吸吸入参考剂量 (RfDi) 和皮肤接触参考剂量 (RfDd) 的计算结果见表。

表 8.2-1 各污染物相关参数

中文名	经口摄入致 癌斜率因子	呼吸吸入单 位致癌因子	经口摄入参 考剂量	呼吸吸入参 考浓度	消化道吸收 效率因子	皮肤吸收 因子
	SFo (mg/kg-d)-1	IUR (mg/m3)-1	RfDo (mg/kg-d)	RfC (mg/kg-d)	ABSgi (无量纲)	ABSd (无量纲)
汞	/	/	0.0003	0.0003	0.07	/
氟化物	/	/	0.04	0.013	1	/
锰	/	/	0.14	0.00084	1	/
铁	/	/	0.7	/	1	/
氨氮	/	/	/	0.5	1	/
总磷	/	/	0.00002	/	/	/

9.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。本标准计算基于致癌效应的土壤和地下水风险控制值时,采用的单一污染物可接受致癌风险为 10^{-6} ;计算基于非致癌效应的土壤和地下水风险控制值时,采用的单一污染物可接受的危害商为1。

由于调查用地目前无相应规划文件,故对于地块做一类用地风险评估。

9.1.场地土壤污染风险计算

根据建立的暴露概念模型及确定的暴露途径和模型参数,在第一类用地方式下,分别计算风险评估关注污染物的最大检出浓度对人体健康产生的致癌风险和非致癌风险(危害商),从而确定地块内的高风险污染物。

健康 暴露 途径	☒ ☐ 摄入土壤颗粒物
	☒ 皮肤接触土壤颗粒物
	☒ 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
	☐ 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物
	☐ 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物
	☐ 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物
	☐ 皮肤接触地下水
	☐ 饮用地下水

勾选暴露途径

污染区参数				
符号	含义	单位	敏感用地	非敏感用地
d	表层污染土壤厚度	cm	50	50
L _s	下层污染土壤厚度	cm	50	50
d _{sub}	下层污染土壤厚度	cm	100	100
A	污染源区面积	cm ²	4000000	16000000
L _{gw}	地下水埋深	cm	130	和敏感用地一致(毛细层+非饱和层)
土壤参数				
符号	含义	单位	敏感用地	非敏感用地
E _{oc}	土壤有机质含量	g kg ⁻¹	1.208455696	和敏感用地一致
P _b	土壤容重	kg dm ⁻³	1.5	和敏感用地一致
P _m	土壤含水量	kg kg ⁻¹	0.280511392	和敏感用地一致
ρ _s	土壤颗粒密度	kg dm ⁻³	2.72	和敏感用地一致
PM ₁₀	空气中可吸入颗粒物含量	mg m ⁻³	0.119	和敏感用地一致
U _{air}	混合区气流速度	cm s ⁻¹	200	和敏感用地一致
δ _{air}	混合区高度	cm	200	和敏感用地一致
W	污染源区宽度	cm	4000	和敏感用地一致
h _{cap}	土壤地下水交界处毛细管厚度	cm	5	和敏感用地一致
h _r	非饱和土厚度	cm	130	和敏感用地一致
B _{cap}	毛细管孔隙空气饱和度	无量纲	0.038	和敏感用地一致
B _{macp}	毛细管孔隙空气饱和度	无量纲	0.342	和敏感用地一致
U _{gw}	地下水达西(Darcy)速率	cm s ⁻¹	2500	和敏感用地一致
δ _{gw}	地下水混合区厚度	cm	200	和敏感用地一致
I	土壤介质的入渗速率	cm a ⁻¹	30	和敏感用地一致

输入相应参数

第一类用地-风险				土壤						
				经口摄入土壤颗粒	经皮肤接触土壤颗粒	吸入土壤颗粒	吸入室外空气中来自表层土壤的颗粒物	吸入室外空气中来自下层土壤的颗粒物	吸入室内空气中来自下层土壤的颗粒物	合计
序号	中文名	英文名	CAS编号	CR _{ois}	CR _{des}	CR _{pit}	CR _{inv1}	CR _{inv2}	CR _{av1}	CR _{av}
1	423-总氟化物	Fluoride	16984-48-8	-	-	-	-	-	-	-
2				-	-	-	-	-	-	-
3				-	-	-	-	-	-	-
4				-	-	-	-	-	-	-
5				-	-	-	-	-	-	-
6				-	-	-	-	-	-	-
7				-	-	-	-	-	-	-
8				-	-	-	-	-	-	-
9				-	-	-	-	-	-	-
10				-	-	-	-	-	-	-
11				-	-	-	-	-	-	-
12				-	-	-	-	-	-	-
13				-	-	-	-	-	-	-
				非敏感						
序号	中文名	英文名	CAS编号	HQ _{ois}	HQ _{des}	HQ _{pit}	HQ _{inv1}	HQ _{inv2}	HQ _{av1}	HIn
1	423-总氟化物	Fluoride	16984-48-8	1.11E+00	-	3.53E-02	-	-	-	1.14E+00
2				-	-	-	-	-	-	-
3				-	-	-	-	-	-	-
4				-	-	-	-	-	-	-
5				-	-	-	-	-	-	-
6				-	-	-	-	-	-	-
7				-	-	-	-	-	-	-
8				-	-	-	-	-	-	-
9				-	-	-	-	-	-	-
10				-	-	-	-	-	-	-
11				-	-	-	-	-	-	-
12				-	-	-	-	-	-	-
13				-	-	-	-	-	-	-

获得相应风险表征计算结果

图 9.1-1 土壤污染风险计算

9.1.1.土壤中单一污染物致癌风险

地块污染土壤中污染物的致癌风险可通过暴露剂量与对应土层中污染物浓度、致癌风险斜率因子的乘积得出。

1.经口摄入土壤途径的致癌风险

CR_{ois} = OISER_{ca} × C_{sur} × SF_o

式中：CR_{ois}：经口摄入土壤途径的致癌风险，无量纲；

C_{sur}：表层土壤中污染物浓度，mg/kg，根据地块调查获得参数值。

2.皮肤接触土壤途径的致癌风险

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

式中： CR_{dcs} ：皮肤接触土壤途径的致癌风险，无量纲。

3.吸入土壤颗粒物途径的致癌风险

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

式中： CR_{pis} ：吸入土壤颗粒物途径的致癌风险，无量纲。

4.土壤中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险

$$CR_n = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{pis}$$

式中： CR_n ：土壤中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险，无量纲。

9.1.2.土壤中单一污染物危害商

1.经口摄入土壤途径的危害商

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

式中： HQ_{ois} ：经口摄入土壤途径的危害商，无量纲；

SAF：暴露于土壤的参考计量分配系数，无量纲，取值为 0.5。

2.吸入土壤颗粒物途径的危害商

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

式中： HQ_{pis} ：吸入土壤颗粒物途径的危害商，无量纲。

4.土壤中单一污染物经所有暴露途径的危害指数

$$HI_n = HQ_{ois} + HQ_{pis}$$

式中： HI_n ：土壤中单一污染物经所有暴露途径的危害指数，无量纲。

计算结果如下表所示。

表 9.1-1 第一类用地氟化物污染物土壤非致癌危害商（单位：kg 土壤/kg 体重·d）

点位编号	非致癌危害商		
	口摄入土壤颗粒物	吸入土壤颗粒物	合计
TR01	3.09E-01	9.84E-03	3.19E-01
TR02	3.28E-01	1.04E-02	3.39E-01
TR03	2.85E-01	9.07E-03	2.94E-01
TR04	2.85E-01	9.07E-03	2.94E-01
TR05	3.34E-01	1.06E-02	3.45E-01

点位编号	非致癌危害商		
	口摄入土壤颗粒物	吸入土壤颗粒物	合计
TR06	2.94E-01	9.36E-03	3.04E-01
TR07	3.94E-01	1.25E-02	4.06E-01
TR08	2.76E-01	8.79E-03	2.85E-01
TR09	3.46E-01	1.10E-02	3.57E-01
TR10	2.53E-01	8.04E-03	2.61E-01
TR11	2.63E-01	8.36E-03	2.71E-01
TR12	2.56E-01	8.14E-03	2.64E-01
TR13	2.77E-01	8.80E-03	2.85E-01
TR14	3.28E-01	1.04E-02	3.38E-01
TR15	3.49E-01	1.11E-02	3.60E-01
TR16	2.91E-01	9.27E-03	3.00E-01
TR17	2.91E-01	9.27E-03	3.00E-01
TR18	2.92E-01	9.30E-03	3.01E-01
TR19	3.37E-01	1.07E-02	3.48E-01
TR20	5.59E-01	1.78E-02	5.77E-01
TR21	3.22E-01	1.03E-02	3.32E-01
TR22	3.01E-01	9.57E-03	3.10E-01
TR23	3.16E-01	1.00E-02	3.26E-01
TR24	1.11E+00	3.53E-02	1.14E+00
TR25	2.87E-01	9.12E-03	2.96E-01
TR26	3.18E-01	1.01E-02	3.28E-01
TR27	3.56E-01	1.13E-02	3.67E-01
TR28	2.76E-01	8.79E-03	2.85E-01
TR29	2.59E-01	8.25E-03	2.67E-01
TR30	2.69E-01	8.55E-03	2.77E-01
TR31	2.69E-01	8.55E-03	2.77E-01
S001	2.54E-01	8.09E-03	2.62E-01
S002	2.41E-01	7.66E-03	2.48E-01
S003	1.76E-01	5.59E-03	1.81E-01
S004	1.76E-01	5.59E-03	1.81E-01
S005	3.92E-01	1.25E-02	4.05E-01
S006	2.40E-01	7.63E-03	2.47E-01
S007	3.03E-01	9.63E-03	3.12E-01
S008	2.42E-01	7.69E-03	2.49E-01
S009	2.71E-01	8.61E-03	2.79E-01
S010	4.81E-01	1.53E-02	4.96E-01
S011	2.17E-01	6.90E-03	2.24E-01
S012	2.08E-01	6.61E-03	2.14E-01
S013	1.91E-01	6.07E-03	1.97E-01
S014	1.66E-01	5.28E-03	1.71E-01

9.2.场地地下水污染风险计算

根据建立的暴露概念模型及确定的暴露途径和模型参数,在第一类用地方式下,针对筛选确定的风险评估关注污染物,分别计算其检出最大浓度对人体健康产生的致癌风险和非致癌风险(危害商),从而确定地块内的高风险污染物。

健康
暴露
途径

☐ 摄入土壤颗粒物

☐ 皮肤接触土壤颗粒物

☐ 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

☒ 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物

☐ 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物

☒ 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物

☒ 皮肤接触地下水

☐ 饮用地下水

勾选暴露途径

污染物浓度参数				
	污染物种类	地表浓度 mg·kg ⁻¹	下层土壤浓度 mg·kg ⁻¹	地下水浓度 mg·L ⁻¹
1	184-氨			0.38
2	10-汞(无机)			0.00164
3	475-铁			4.3
4	503-锰(Non-diet)			1.76
5	21-氟化物(可溶性)			1.68
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				

输入相应污染物对应浓度值

污染区参数				
符号	含义	单位	敏感用地	非敏感用地
d	表层污染土壤厚度	cm	50	50
L _s	下层污染土壤厚度	cm	50	50
d _{sub}	下层污染土壤厚度	cm	100	100
A	污染源面积	cm ²	4000000	16000000
L _{gw}	地下水埋深	cm	130	和敏感用地一致(毛细层+非饱和层)
土壤参数				
符号	含义	单位	敏感用地	非敏感用地
E _{om}	土壤有机质含量	g kg ⁻¹	1.208455696	和敏感用地一致
P _b	土壤容重	kg dm ⁻³	1.5	和敏感用地一致
P _m	土壤含水量	kg kg ⁻¹	0.280511392	和敏感用地一致
ρ _s	土壤颗粒密度	kg dm ⁻³	2.72	和敏感用地一致
PM ₁₀	空气中可吸入颗粒物含量	mg m ⁻³	0.119	和敏感用地一致
U _{air}	混合区空气流速	cm s ⁻¹	200	和敏感用地一致
δ _{air}	混合区高度	cm	200	和敏感用地一致
W	污染源宽度	cm	4000	和敏感用地一致
h _{cap}	土壤地下水交界处毛细管厚度	cm	5	和敏感用地一致
h _r	非饱和土厚度	cm	130	和敏感用地一致
B _{cap}	毛细管孔隙空气饱和度	无量纲	0.038	和敏感用地一致
B _{cap}	毛细管孔隙空气饱和度	无量纲	0.342	和敏感用地一致
U _{gw}	地下水达西(Darcy)速率	cm s ⁻¹	2500	和敏感用地一致
σ _{gw}	地下水混合区厚度	cm	200	和敏感用地一致
I	土壤介质的入渗速率	cm a ⁻¹	30	和敏感用地一致

输入相应参数

第一类用地(工业)				第二类用地(居住)											
名称	化学名	CAS No.	分子量	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}	土壤吸附系数K _{oc}
1	汞	Ammonia	78.07	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	砷	Mercury	200.59	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	锰	Iron	55.85	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
4	氟化物(氟化氢)	Hydrogen fluoride	20.01	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
5	氯	Sulfur Dioxide	64.06	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	铬														
7	铜														
8	镍														
9	钒														
10	钴														
11	钼														
12	铀														
13	镉														
14	铊														
15	钡														
16	锶														
17	钇														
18	铈														
19	镧														
20	铈														
21	镧														
22	铈														
23	镧														
24	铈														
25	镧														
26	铈														
27	镧														
28	铈														
29	镧														
30	铈														
31	镧														
32	铈														
33	镧														
34	铈														
35	镧														
36	铈														
37	镧														
38	铈														
39	镧														
40	铈														
41	镧														
42	铈														
43	镧														
44	铈														
45	镧														
46	铈														
47	镧														
48	铈														
49	镧														
50	铈														
51	镧														
52	铈														
53	镧														
54	铈														
55	镧														
56	铈														
57	镧														
58	铈														
59	镧														
60	铈														
61	镧														
62	铈														
63	镧														
64	铈														
65	镧														
66	铈														
67	镧														
68	铈														
69	镧														
70	铈														
71	镧														
72	铈														
73	镧														
74	铈														
75	镧														
76	铈														
77	镧														
78	铈														
79	镧														
80	铈														
81	镧														
82	铈														
83	镧														
84	铈														
85	镧														
86	铈														
87	镧														
88	铈														
89	镧														
90	铈														
91	镧														
92	铈														
93	镧														
94	铈														
95	镧														
96	铈														
97	镧														
98	铈														
99	镧														
100	铈														

获得相应风险表征计算结果

图 9.2-1 地块地下水污染风险计算

9.2.1.地下水中单一污染物致癌风险

饮用地下水途径的致癌风险采用公式计算获得：

CR_{cgw} = CGWER_{ca} × C_{gw} × SF_o

式中：CR_{cgw}：饮用地下水途径的致癌风险，无量纲；

C_{gw}：地下水中污染物浓度，mg/L；区域地下水污染物浓度由前期调查获得。

汞、锰、氟化物均不存在致癌风险，对于人体不存在致癌效应，故地下水位所产生的致癌危害在可以接受的范围内，只需略微控制汞，锰，氟化物等污染物的浓度。

9.2.2.地下水中单一污染物危害商

吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商由以下公式计算获得：

$$HQ_{iov3} = \frac{IOVER_{nc3} \times C_{gw}}{RfD_i \times WAF}$$

式中： HQ_{iov3} ：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商，无量纲。

吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商由以下公式计算获得：

$$HQ_{iiv2} = \frac{IIVER_{nc2} \times C_{gw}}{RfD_i \times WAF}$$

式中： HQ_{iiv2} ：吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商，无量纲。

计算结果如下表所示：

表 9.2-1 第一类用地下氮氮污染物地下水非致癌危害商（单位：L 地下水/kg 体重·d）

点位 编号	非致癌危害商			
	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	皮肤接触地下水	合计
DX01	6.87E-07	1.02E-05	/	1.09E-05
DX02	2.86E-06	4.23E-05	/	4.52E-05
DX03	1.59E-06	2.36E-05	/	2.52E-05

表 9.2-2 第一类用地下汞污染物地下水非致癌危害商（单位：L 地下水/kg 体重·d）

点位 编号	非致癌危害商			
	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	皮肤接触地下水	合计
DX01	2.60E-06	4.43E-03	/	4.43E-03
DX02	1.16E-06	1.97E-03	/	1.97E-03
DX03	3.64E-07	6.21E-04	/	6.21E-04

根据计算结果：作为一类用地时，地下水污染物非致癌危害商均小于 1，风险水平均可以接受。

9.3.风险结果表达

9.3.1.土壤中氟化物的非致癌危害指数

由土壤中第一类用地氟化物的非致癌危害指数表可知，地块及周边土壤中氟化物污染严重的地区集中在地块中部和东部，其中 TR24 点位土壤氟化物非致癌危害商大于 1，地块内土壤氟化物存在非致癌危害商大于 1 的点位，关注污染物的危害商超过了可接受的风险水平，需要进一步计算风险控制值。

表 9.3-3 第一类用地土壤中各点位氟化物的非致癌危害指数表

点位	高程	经度	纬度	口摄入土壤颗粒物非致癌危害指数	吸入土壤颗粒物非致癌危害指数	合计
TR01	159.095	524574.456	3587813.591	3.09E-01	9.84E-03	3.19E-01
TR02	159.081	524557.185	3587820.219	3.28E-01	1.04E-02	3.39E-01
TR03	159.222	524545.132	3587828.562	2.85E-01	9.07E-03	2.94E-01
TR04	159.355	524531.556	3587842.682	2.85E-01	9.07E-03	2.94E-01
TR05	159.281	524517.762	3587854.549	3.34E-01	1.06E-02	3.45E-01
TR06	159.214	524530.275	3587867.227	2.94E-01	9.36E-03	3.04E-01
TR07/DX01	159.171	524542.305	3587860.991	3.94E-01	1.25E-02	4.06E-01
TR08	159.087	524558.034	3587847.133	2.76E-01	8.79E-03	2.85E-01
TR09	159.072	524569.75	3587839.309	3.46E-01	1.10E-02	3.57E-01
TR10	159.104	524588.905	3587826.517	2.53E-01	8.04E-03	2.61E-01
TR11	159.077	524595.098	3587838.474	2.63E-01	8.36E-03	2.71E-01
TR12	159.126	524581.519	3587849.205	2.56E-01	8.14E-03	2.64E-01
TR13	159.114	524568.046	3587862.153	2.77E-01	8.80E-03	2.85E-01
TR14	159.29	524549.743	3587871.086	3.28E-01	1.04E-02	3.38E-01
TR15	158.568	524573.213	3587878.357	3.49E-01	1.11E-02	3.60E-01

点位	高程	经度	纬度	口摄入土壤颗粒物非致癌危害指数	吸入土壤颗粒物非致癌危害指数	合计
TR16/DX02	158.534	524591.831	3587872.087	2.91E-01	9.27E-03	3.00E-01
TR17	158.219	524615.618	3587858.043	2.91E-01	9.27E-03	3.00E-01
TR18	158.13	524621.577	3587873.733	2.92E-01	9.30E-03	3.01E-01
TR19	158.128	524610.101	3587889.595	3.37E-01	1.07E-02	3.48E-01
TR20	158.14	524588.806	3587898.175	5.59E-01	1.78E-02	5.77E-01
TR21	158.333	524563.076	3587905.214	3.22E-01	1.03E-02	3.32E-01
TR22	158.104	524596.598	3587923.239	3.01E-01	9.57E-03	3.10E-01
TR23	158.073	524619.614	3587902.957	3.16E-01	1.00E-02	3.26E-01
TR24	158.051	524629.652	3587895.314	1.11E+00	3.53E-02	1.14E+00
TR25	158.257	524639.956	3587910.756	2.87E-01	9.12E-03	2.96E-01
TR26	158.205	524622.929	3587921.637	3.18E-01	1.01E-02	3.28E-01
TR27	158.335	524584.65	3587946.784	3.56E-01	1.13E-02	3.67E-01
TR28	157.31	524640.736	3587948.65	2.76E-01	8.79E-03	2.85E-01
TR29	157.148	524651.178	3587965.858	2.59E-01	8.25E-03	2.67E-01
TR30	157.212	524616.809	3587958.281	2.69E-01	8.55E-03	2.77E-01
TR31/DX03	157.342	524604.686	3587976.421	2.69E-01	8.55E-03	2.77E-01

点位	高程	经度	纬度	口摄入土壤颗粒物非致癌危害指数	吸入土壤颗粒物非致癌危害指数	合计
S001	/	524512.302	3587861.777	2.54E-01	8.09E-03	2.62E-01
S002	/	524585.354	3587807.201	2.41E-01	7.66E-03	2.48E-01
S003	/	524591.831	3587872.087	1.76E-01	5.59E-03	1.81E-01
S004	/	524563.076	3587905.214	1.76E-01	5.59E-03	1.81E-01
S005	/	111.267328	32.413792	3.92E-01	1.25E-02	4.05E-01
S006	/	524604.686	3587976.421	2.40E-01	7.63E-03	2.47E-01
S007	/	111.266857	32.413350	3.03E-01	9.63E-03	3.12E-01
S008	/	111.266573	32.413022	2.42E-01	7.69E-03	2.49E-01
S009	/	111.266326	32.412642	2.71E-01	8.61E-03	2.79E-01
S010	/	524634.072	3587997.459	4.81E-01	1.53E-02	4.96E-01
S011	/	111.268002	32.413018	2.17E-01	6.90E-03	2.24E-01
S012	/	111.267850	32.412697	2.08E-01	6.61E-03	2.14E-01
S013	/	111.267556	32.412250	1.91E-01	6.07E-03	1.97E-01
S014	/	111.267179	32.411840	1.66E-01	5.28E-03	1.71E-01

9.3.2. 污染物和暴露途径风险贡献率分析

本次风险评估氟化物污染物经不同暴露途径的致癌风险贡献率采用的计算公式如下：

$$PCR_i = \frac{CR_i}{CR_n} \times 100\%$$

式中： CR_i ：单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险，无量纲；

PCR_i ：单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险贡献率，无量纲。

氟化物污染物经不同暴露途径的非致癌风险贡献率采用的计算公式如下：

$$PHQ_i = \frac{HQ_i}{HI_n} \times 100\%$$

式中： HQ_i ：单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险，无量纲；

PHQ_i ：单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险贡献率，无量纲。

表 9.4-1 土壤中非致癌风险贡献率(单位：无量纲)

污染物	第一类用地		
	口摄入土壤颗粒物	皮肤接触土壤颗粒物	吸入土壤颗粒物
氟化物	96.92%	/	3.08%

表 9.4-2 地下水中非致癌风险贡献率(单位：无量纲)

污染物	第一类用地		
	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	皮肤接触地下水
氨氮	6.32%	93.68%	/
汞	0.06%	99.94%	/

据以上分析，土壤中，经口摄入土壤暴露途径对于总非致癌风险的贡献率较高，为氟化物污染物提供总非致癌风险值的贡献率更大。地下水中，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物暴露途径对于总非致癌风险的贡献率较高。

因此，制定地块土壤污染风险管理和修复方案过程中，考虑非致癌效应方面，应重视经口摄入土壤途径及氟化物污染物的影响。

9.3.3. 风险评估结果

1、土壤

土壤中氟化物是最主要的污染物，存在一定的非致癌危害商，且氟化物的危害商超过可接受的风险水平，需要进一步计算氟化物的风险控制值。

2、地下水

根据以上计算结果，第一类用地方式下关注污染物汞、锰、氟化物在超标情况下均为非致癌物，不存在致癌风险，对于人体的危害不算很大，故地下水位所产生的致癌危害在可以接受的范围内；在第一类用地方式下，关注污染物的仅有氨氮和汞存在非致癌危害商，且危害商均低于可接受的风险水平，故地下水位所产生的非致癌危害在可以接受的范围内。

结合地块实际情况，该地块为两低山冲沟狭窄地带，含水层为上部杂填土层，属局部上层滞水，与周围地层不具广泛联系，与地表水无直接联系；地下水存在非致癌危害的污染物中，有毒污染物汞超标点位 DX01 含量为 0.00164mg/L，大于地下水Ⅲ类标准，但小于Ⅳ类标准，且该点位于本地块上游，其下游各点地下水均小于Ⅲ类地下水标准值；鉴于此两点，该地块地下水判断不存在风险。

综上，本次评估将进一步计算土壤风险控制值。

表 9.3-1 (a) 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物致癌风险及危害指数计算结果最大值

污染物	第一类用地	
	致癌效应	非致癌效应
汞	/	2.60E-06
氨氮	/	2.86E-06

表 9.3-1 (b) 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物致癌风险及危害指数计算结果最大值

污染物	第一类用地	
	致癌效应	非致癌效应
汞	/	4.43E-03
氨氮	/	4.23E-05

表 9.3-2 (a) 口摄入土壤颗粒物途径的致癌风险及危害指数计算结果最大值

污染物	第一类用地	
	致癌效应	非致癌效应
氟化物	/	1.11E+00

表 9.3-2 (b) 吸入土壤颗粒物途径的致癌风险及危害指数计算结果最大值

污染物	第一类用地	
	致癌效应	非致癌效应
氟化物	/	3.53E-02

10.风险控制值计算

10.1.计算地块土壤风险控制值

1、基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值

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

式中: $HCVS_{ois}$: 基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值, mg/kg;

RfD_o : 经口摄入参考剂量, mg 污染物·kg⁻¹ 体重·d⁻¹;

AHQ: 可接受危害商, 无量纲, 取值为 1;

SAF: 暴露于土壤的参考剂量分配系数, 无量纲;

$OISER_{nc}$: 经口摄入土壤暴露量 (非致癌效应), kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻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

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

式中: $HCVS_{dcs}$: 基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值, mg/kg;

RfD_d : 皮肤接触参考剂量, mg 污染物·kg⁻¹ 体重·d⁻¹;

$DCSER_{nc}$: 皮肤接触的土壤暴露量 (非致癌效应), kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻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

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

式中: $HCVS_{pis}$: 基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值, mg/kg;

RfD_i : 呼吸吸入参考剂量, mg 污染物·kg⁻¹ 体重·d⁻¹;

$PISER_{nc}$: 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、基于以上 3 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值

$$HCVS_n = \frac{SAF \times AHQ}{\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc}}{RfD_i}}$$

式中: $HCVS_n$: 基于经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物途径综合非致癌效应的土壤风险控制值, mg/kg。

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

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

$$\text{HCVS}_{\text{pis}} = \frac{\text{RfD}_i \times \text{SAF} \times \text{AHQ}}{\text{PISER}_{\text{nc}}}$$

$$\text{HCVS}_{\text{pis}} = \frac{\text{RfD}_i \times \text{SAF} \times \text{AHQ}}{\text{PISER}_{\text{nc}}}$$

10.2.提出风险控制值

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），单一污染物的可接受的致癌风险水平为 10^{-6} ，可接受的非致癌危害商为 1，计算氟化物第一类用地基于非致癌效应的风险控制值为 1940mg/kg。

考虑到神龙化工地块位于丹江口水库饮用水源地保护区准保护范围内，且位于丹江口水库上游的特殊条件，为保障丹江口水库饮用水源地安全，本次评估对地块土壤情况以严格的标准进行要求。氟化物第一类用地基于非致癌效应的风险控制值为 1940mg/kg，高于一类用地的筛选值，从环境安全、控制风险管控及处置成本等多角度共同考虑，结合国内风险筛选值和其他类似污染地块进行修正后，将本地块土壤中氟化物的风险控制目标值确定为 650 mg/kg。

表 10.3-1 土壤各污染物风险控制值（单位：mg/kg）

污染物名称	一类用地			土壤风险控制目标值
	致癌效应风险控制值	非致癌效应风险控制值	筛选值	
氟化物	/	1940	650	650

10.3.不确定性分析

10.3.1.调查评估不确定性分析

本项目开展的污染地块人体健康风险评估是在对地块污染情况进行详细调查的基础上进行的。评估过程中考虑了土地利用方式、土地规划、受体活动方式（暴露情景）等。基本上比较全面、准确定量的评估了不同规划条件下地块污染对人体健康的风险，筛选出了在本次调查基础上需要优先关注的污染物，并计算出了这些优先关注污染物的风险控制值。由于调查的局限性，评估计算中所需要的片区特征参数信息不够完善，进行评估和风险控制值计算时采用的模型参数较多的采用默认参数，因此评估结果也存在一定的不确定性。不确定性主要来源于以下几个方面：

（1）模型参数：评估中采用的模型参数大多采用默认参数，默认参数的设

定均考虑的为最保守的状态（即最严格控制风险），评估出的风险区域有可能过高，而计算的优先控制污染物的风险控制值可能比较严格；

（2）人群活动方式：人群活动方式决定着人群的暴露频次、暴露周期、暴露量等主要参数，本次评估中人群活动方式信息按照导则通用参数进行推测，由此也对最终评估结果也会产生一定的不确定性。

（3）地块土壤及地下水中污染物浓度随时间的自然衰减：人体健康风险评估针对的是人体长期微量自环境中摄入化学品产生的危害，以风险的形式进行表征。进行风险评估是以尽可能保守的思路，对人体在整个生命周期中可能的暴露情景、暴露途径及产生的暴露量进行评估，因此对所评估的土壤及地下水中污染物在所评估的人体整个暴露周期期间的自然衰减并未进行考虑。由此可能会过高估计对人体健康产生的风险，但不至于遗漏或忽略对人体可能产生的危害。

（4）降雨等自然环境因素：评估过程中未考虑人体整个暴露周期内降雨等对土壤及地下水中污染物的冲刷作用以及降水导致地块上层滞水水位升高溢出地表导致的污染扩散。

（5）食物链暴露：土壤中污染物通过食物链对人体也会产生很大的伤害，但本次评估中主要针对的是土壤污染物直接接触、进入人体的情况，这些假设的基础是规划后片区内不再种植水稻、蔬菜或进行生物养殖等情况的存在，则也会导致评估结果存在一定的不确定性。

（6）由于地块生产年代较久远，且破产后无相关工作人员可询问，地块调查阶段点位布设存在一定的局限性，故地块内可能存在偷埋情况，可能存在有调查阶段未发现的含黄磷土壤存在，这也会导致评估结果存在一定的不确定性。

10.3.2.应急工作

由于地块生产时间较长，年代较久远，且自 2014 年破产后闲置时间较长，目前已无相关生产及管理人员可联系；且在调查阶段点位布设存在一定的局限性，地块内可能存在潜在未探明的污染源，结合同期类似地块的情况，本地块可能存在地下偷埋磷渣的情况。

黄磷是一种易自燃的物质，其着火点为 40℃，但因摩擦或缓慢氧化而产生的热量有可能使局部温度达到 40℃ 而燃烧，其自燃过程中会产生大量有异味的白烟，其主要成分为五氧化二磷（烟）和五氧化二磷与空气中水结合生成的磷酸

（雾），烟气吸入后会产生恶心、头晕等不适感。人的黄磷中毒剂量为 15mg，致死量为 50mg。皮肤被磷灼伤面积达 7%以上时，可引起严重的急性溶血性贫血，以至死于急性肾功能衰竭。长期吸入磷蒸气，可导致气管炎、肺炎及严重的骨骼损害。急性吸入中毒表现有呼吸道刺激症状、头痛、头晕、全身无力、呕吐、心动过缓、上腹疼痛、黄疸、肝肿大等，重症会出现急性肝坏死、中毒性肺水肿等情况。黄磷可致皮肤灼伤，磷经灼伤皮肤吸收引起中毒，重者发生中毒性肝病、肾损害、急性溶血等，以致死亡；慢性中毒可导致神经衰弱综合征、消化功能紊乱、中毒性肝病等。

地块内可能存在的黄磷有导致安全事故的风险以及对生态环境产生危害，因此在开挖污染土壤进行治理工作前，为防止开挖过程中造成污染事故，避免危害人群健康的事件发生，应做好污染防治与应急预案并提交地方生态环境主管部门备案。

地块修复工作污染防治与应急预案须包括以下内容：

（1）在地块进行修复施工前，应对相关施工工作人员进行安全培训，包括但不限于对应急预案的学习和应急处置措施的实施程序；对可能发生的事故，在紧急情况下如何进行紧急处理和避险、报警方法；对现场安全和应急装备的使用等；尤其是当发现地块内存在偷埋的含黄磷土壤时，存在易燃危险以及有毒烟气，需对施工人员进行应对发现黄磷污染物的安全培训，做好相应防护；

（2）地块修复过程中，承担修复工作单位应建立完善的环境污染管理组织和制度，确定专人负责地块修复过程中环境保护工作，防止二次污染发生；

（3）加强对地块修复施工过程的监督与管理，环保主管部门参与并监督地块的开发施工，定期到地块指导和巡视施工现场；

（4）针对地块修复过程中可能出现的环保投诉问题，应做好相应防护措施，并对地块周边人员进行安全和环保宣传活动，以免发生投诉导致修复工期延长；

（5）在地块修复施工过程中，一旦发现有“地下掩埋物”或疑似“地下掩埋物”等局部污染或明显非水相液体存在时，比如发现冒烟的含黄磷土壤，应立即停止施工，根据应急预案及人员培训内容做好相应防护措施，同时地块环境保护责任人立即向环境保护主管部门报告，并委托有相应资质的检测机构开展监测工作，明确污染物的种类及污染程度，以便确定处置方案。

针对后期修复工作列出各相关单位的联系方式如下：

表 10.3-1 各单位联系方式

序号	单位	联系方式	备注
1	丹江口市浪河镇政府	0719-5619312 15872706927	
2	十堰市生态环境局丹江口分局	0719-5223140	
3	十堰市生态环境局	0719-8654304	
4	湖北省安监局	027-87001166	
5	丹江口市浪河镇派出所	0719-5619333	应急单位
6	丹江口市消防大队	119	应急单位
7	丹江口市公安局指挥中心	110	应急单位
8	丹江口市卫生局	0719-5619329	应急单位
9	丹江口市应急管理局	0719-5212078	应急单位
10	武汉中地大环境地质研究院有限公司	027-59223306	风险评估报告编制单位

11.总磷生态环境风险评估

基于加拿大安大略省环境和能源部(1992 年)制定的环境质量评价指南标准进行的单因子污染指数评价法,该方法简明直观,关系式表达为:

$$P_i = C_i / C_s$$

式中: P_i 为单项评价指数或标准指数

C_i 为评价因子 i 的实测值

C_s 为评价因子 i 的评价标准值(本文地下水采用III类标准值 0.3mg/L 作为标准值;土壤采用地块周边土壤背景值 264mg/kg 作为标准值)。

一般按照指数值 P_i 的大小将评价风险等级结果分为四级,具体如表所示:

表 11-1 单因子污染指数评价标准

风险级别	TP	污染程度
I	$P_{TP} < 0.5$	清洁
II	$0.5 \leq P_{TP} < 1$	轻度污染
III	$1 \leq P_{TP} < 1.5$	中度污染
IV	$1.5 \leq P_{TP}$	重度污染

11.1.土壤中总磷生态环境风险评价

由表 11.1-1 地块总磷污染物土壤生态环境风险评价可知,地块及周边土壤中总磷污染较为严重。其中点位 S003 和 S013 两个点位为轻度污染点位,点位 TR05、TR10、S004 和 S011 四个点位为中度污染点位。

根据计算结果可知,总磷各点位均值全部超标,最大浓度为 $3.52 \times 10^3 \text{mg/kg}$,土壤总磷总体污染程度较为严重。

表 11.1-1 地块土壤总磷污染物土壤生态环境风险评价

点位	高程	经度	纬度	P _{TP}	污染程度
TR01	159.095	524574.456	3587813.591	2.223484848	重度污染
TR02	159.081	524557.185	3587820.219	2.256325758	重度污染
TR03	159.222	524545.132	3587828.562	2.008522727	重度污染
TR04	159.355	524531.556	3587842.682	2.981060606	重度污染
TR05	159.281	524517.762	3587854.549	1.464015152	中度污染
TR06	159.214	524530.275	3587867.227	1.62375	重度污染
TR07	159.171	524542.305	3587860.991	1.536628788	重度污染
TR08	159.087	524558.034	3587847.133	1.991477273	重度污染
TR09	159.072	524569.75	3587839.309	3.574507576	重度污染
TR10	159.104	524588.905	3587826.517	1.360795455	中度污染
TR11	159.077	524595.098	3587838.474	1.649621212	重度污染
TR12	159.126	524581.519	3587849.205	2.479166667	重度污染
TR13	159.114	524568.046	3587862.153	2.431818182	重度污染
TR14	159.29	524549.743	3587871.086	2.071022727	重度污染
TR15	158.568	524573.213	3587878.357	2.407840909	重度污染

点位	高程	经度	纬度	P _{TP}	污染程度
TR16	158.534	524591.831	3587872.087	2.315340909	重度污染
TR17	158.219	524615.618	3587858.043	2.560606061	重度污染
TR18	158.13	524621.577	3587873.733	4.537878788	重度污染
TR19	158.128	524610.101	3587889.595	5.90530303	重度污染
TR20	158.14	524588.806	3587898.175	1.793560606	重度污染
TR21	158.333	524563.076	3587905.214	1.795454545	重度污染
TR22	158.104	524596.598	3587923.239	1.672348485	重度污染
TR23	158.073	524619.614	3587902.957	2.015151515	重度污染
TR24	158.051	524629.652	3587895.314	5.051780303	重度污染
TR25	158.257	524639.956	3587910.756	1.873106061	重度污染
TR26	158.205	524622.929	3587921.637	1.980113636	重度污染
TR27	158.335	524584.65	3587946.784	1.980113636	重度污染
TR28	157.31	524640.736	3587948.65	2.356060606	重度污染
TR29	157.148	524651.178	3587965.858	1.629734848	重度污染
TR30	157.212	524616.809	3587958.281	1.8125	重度污染
TR31	157.342	524604.686	3587976.421	1.902462121	重度污染

点位	高程	经度	纬度	P _{TP}	污染程度
S001	/	524512.302	3587861.777	1.678674242	重度污染
S002	/	524585.354	3587807.201	2.950757576	重度污染
S003	/	524591.831	3587872.087	0.990530303	轻度污染
S004	/	524563.076	3587905.214	1.098484848	中度污染
S005	/	111.267328	32.413792	7.007575758	重度污染
S006	/	524604.686	3587976.421	2.329545455	重度污染
S007	/	111.266857	32.413350	3.143939394	重度污染
S008	/	111.266573	32.413022	2.287878788	重度污染
S009	/	111.266326	32.412642	2.450757576	重度污染
S010	/	524634.072	3587997.459	14.64015152	重度污染
S011	/	111.268002	32.413018	1.170454545	中度污染
S012	/	111.267850	32.412697	2.382575758	重度污染
S013	/	111.267556	32.412250	0.700757576	轻度污染
S014	/	111.267179	32.411840	2.121212121	重度污染

11.2.地下水中总磷生态环境风险评价

表 11.2-1 地块地下水总磷污染物土壤生态环境风险评价

点位	P_{TP}	污染程度
DX01	9	重度污染
DX02	155	重度污染
DX03	1.4	中度污染

由上表 11.2-1 地块总磷污染物地下水生态环境风险评价可知,地块及周边地下水中总磷污染较为严重。其中点位 DX03 点位为中度污染点位,点位 DX01 和 DX02 两个点位为重度污染点位。

根据计算结果可知,总磷各点位均值全部超标,最大浓度为 46.5mg/L,地下水总磷总体污染程度较为严重。

12. 地块修复目标及范围建议

12.1. 建议修复目标值

污染地块土壤的修复目标值将基于风险评估模型计算的风险控制值作为主要参考值，在实际应用中，还会考虑关注污染物的检出限、对照点、国内相关地方标准筛选值设定情况，地块规划、资金投入及施工要求等情况综合选定。

考虑到神龙化工地块位于丹江口水库饮用水源地保护区准保护范围内，且位于丹江口水库上游的特殊条件，为保障丹江口水库饮用水源地安全，本次评估对地块土壤以更严格的标准进行要求，选取更严格的修复与管控目标值。参考氟化物第一类用地基于非致癌效应的风险控制值，同时从区域环境安全、控制风险管控及处置成本等多角度共同考虑，结合国内风险筛选值和其他类似污染地块进行修正后提出本地块土壤中氟化物的修复目标值。

表 12.1-1 地块土壤修复目标值（单位：mg/kg）

污染物名称	一类用地筛选值	土壤风险控制目标值	修复目标值
氟化物	650	1940	650

12.2. 修复范围及方量

土壤中污染物浓度大于或等于修复目标值的区域，需要进行修复。通过修复目标值确定每个污染物最终的修复范围。本报告中修复范围主要是基于调查过程中的检测数据，结合软件模拟，模拟确定最终的修复范围。

其中软件模拟主要是将采样检测的结果通过软件来预测采样点位周边超标污染物浓度。结合不同插值方法的优缺点，最终选择克里金插值来预测土壤中超标污染物的浓度范围。根据软件预测的污染物超标范围圈定修复范围，由于软件模拟的超标范围多为不规则的边界，为了便于工程后续施工，将其进行规则化处理，其规则化处理的原则为：通过截弯取直将不规则形状圈定成规则形状，并且确定是其为规则化最小圈定面积。

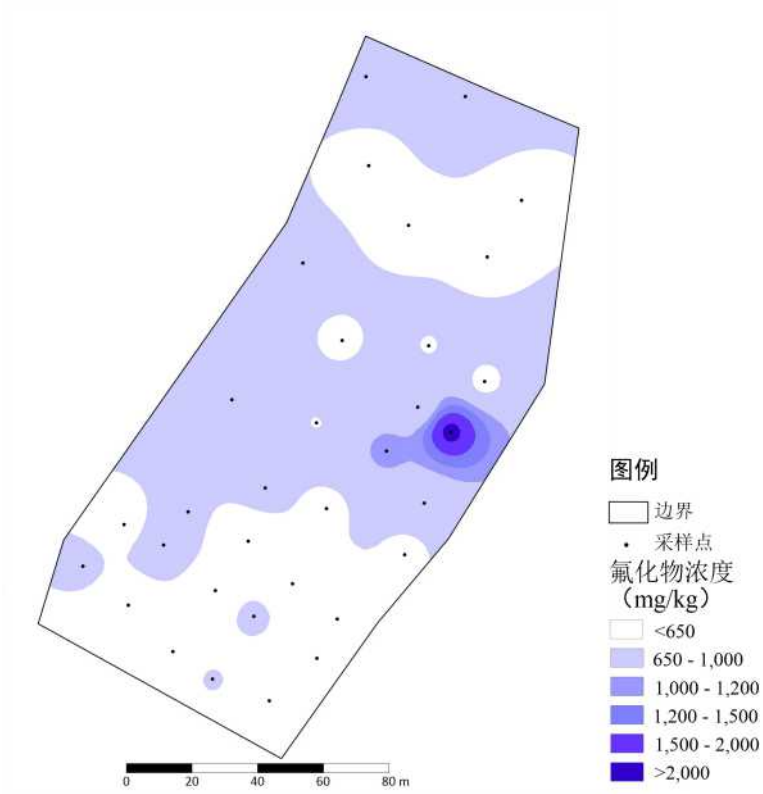
由于调查阶段现场采样是根据现场土壤性质变化及地下水含水层分布情况进行判断和样品采集，故实际现场时各个点位采样深度未保持一致，因此，为划定修复层位以及确定修复土方量，便于后续修复工程进行施工，将地块土壤按照采样时大部分采样点位深度的区间进行划分，分别为：第一层 0-1.5m，第二层

1.5-3.1m，第三层 3.1-4.6m，第四层 4.6-6.0m。

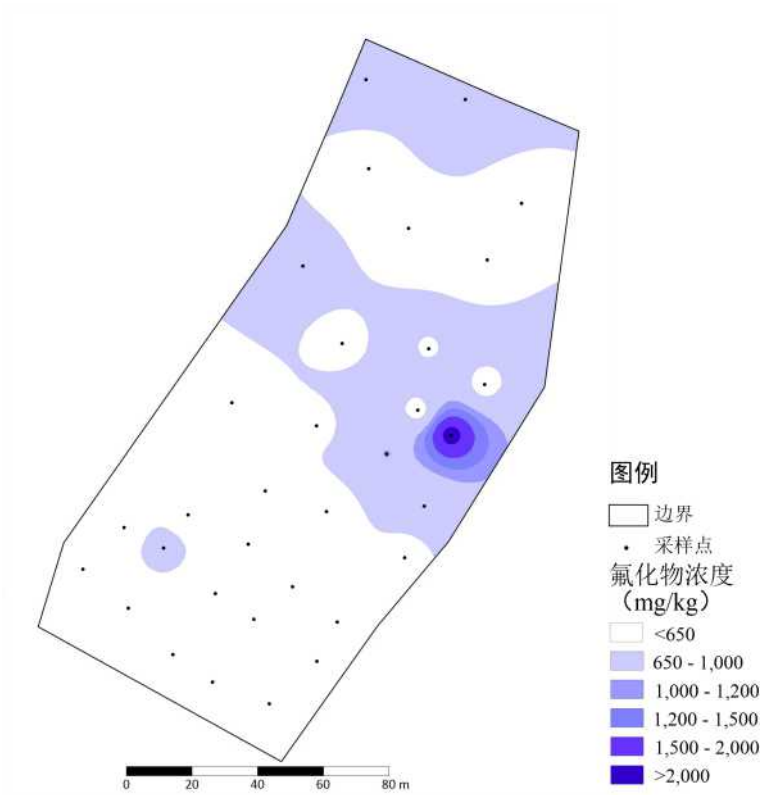
土壤总修复方量为 12571m³，土壤污染分层第一层 0-1.5m 氟化物污染面积约 6641m²，第二层 1.5-3.1m 氟化物污染面积约 1435m²，第三层 3.1-4.6m 氟化物污染面积约 88m²，第四层 4.6-6.0m 氟化物污染面积约 129m²，综合可得氟化物污染总方量约为 12571m³，氟化物污染范围模拟图如下：



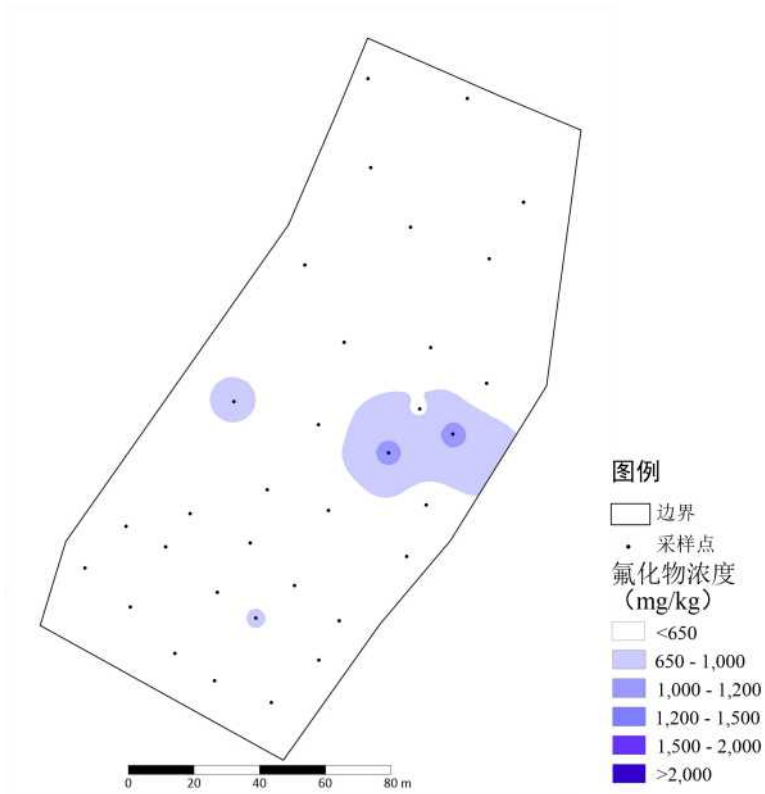
调查地块土壤氟化物超标点位图



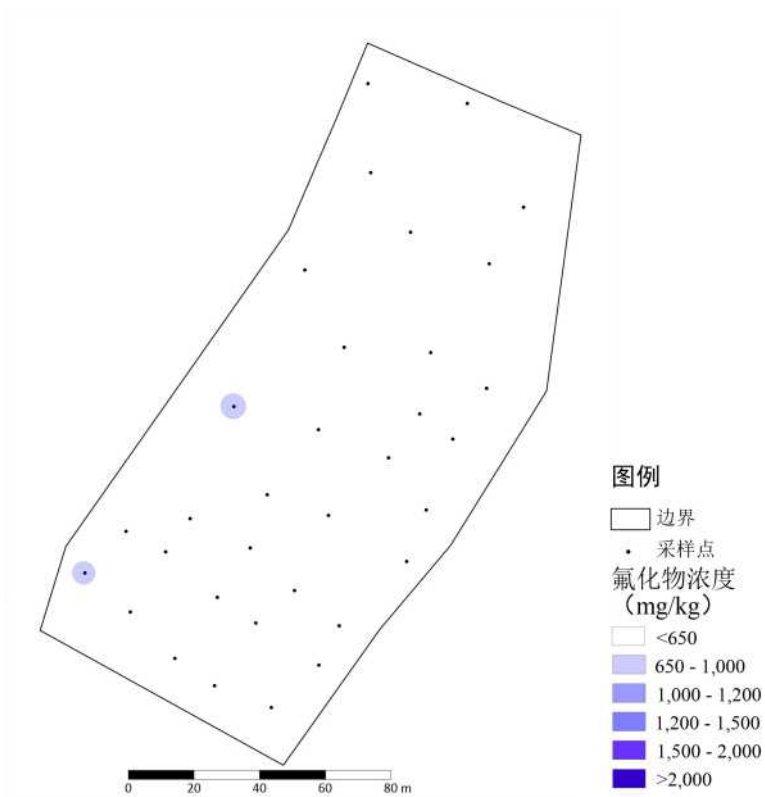
调查地块土壤氟化物超标范围图



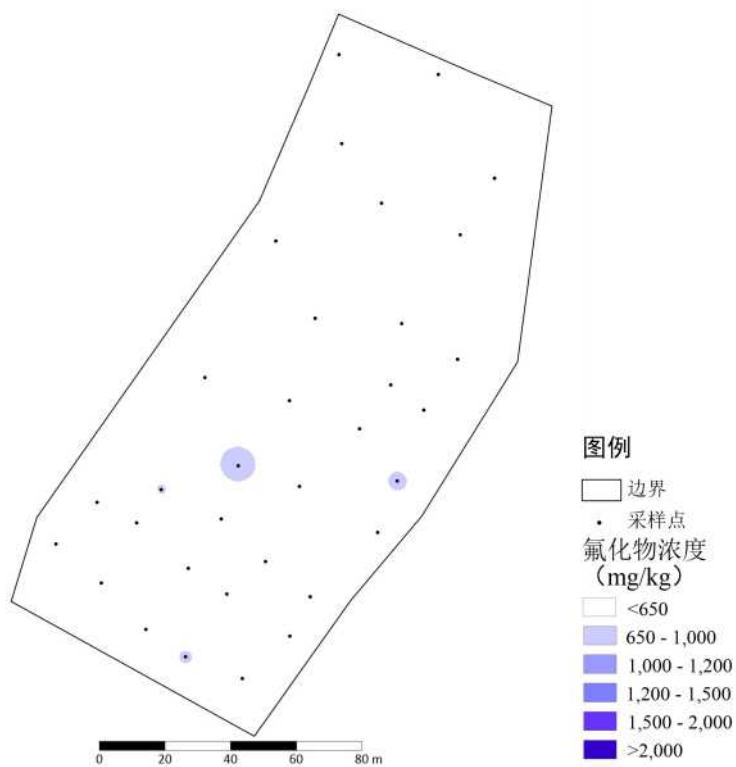
调查地块土壤第一层（0~1.5m）氟化物超标范围图



调查地块土壤第二层（1.5~3.1m）氟化物超标范围图



调查地块土壤第三层（3.1~4.6m）氟化物超标范围图



调查地块土壤第四层（4.6~6.0m）氟化物超标范围图

图 12.2-1 氟化物污染范围图

表 12.2-1 土壤污染物分层修复面积及方量

污染层位	深度/m	面积/m ²	方量/m ³
第一层	0-1.5	6641	9962
第二层	1.5-3.1	1435	2296
第三层	3.1-4.6	88	132
第四层	4.6-6.0	129	181
合计	/	/	12571

根据 Sufer 软件预测的污染物超标范围圈定修复范围后，对各层的修复范围拐点坐标统计如下：

表 12.2-2 土壤修复范围拐点坐标

污染范围	Y	X
第一层-1	3587984.8504	524595.2965
	3587986.9388	524604.5222
	3587986.9388	524609.6745

污染范围	Y	X
	3587985.9307	524614.2888
	3587983.2673	524618.3964
	3587976.1163	524625.7889
	3587973.0776	524631.6158
	3587973.0776	524638.4789
	3587979.8711	524653.3806
	3587981.3910	524661.1517
	3587981.3910	524666.0251
	3587980.2952	524671.3823
	3587987.8332	524668.6551
	3588014.6346	524602.7090
第一层-2	3587967.8306	524587.9922
	3587953.8695	524600.9669
	3587944.9466	524606.2273
	3587941.4938	524609.3984
	3587939.3355	524614.5848
	3587938.1842	524627.2634
	3587937.1528	524631.8976
	3587935.5007	524635.9568
	3587934.2018	524641.1176
	3587934.2018	524650.9269
	3587936.0092	524656.6684
	3587941.0630	524666.0820
	3587909.2416	524661.8975
	3587857.1774	524628.4419
	3587859.5977	524626.9873
	3587861.8881	524624.7613
	3587863.7166	524622.1908

污染范围	Y	X
	3587864.5715	524618.7664
	3587864.5715	524612.4926
	3587866.0636	524610.7505
	3587866.6365	524609.8794
	3587872.6373	524606.3042
	3587874.3859	524605.5811
	3587885.9812	524594.7044
	3587888.8533	524594.7044
	3587890.5775	524595.6466
	3587891.8498	524596.7596
	3587896.5772	524598.6071
	3587899.5737	524598.6071
	3587904.6475	524596.0053
	3587908.7820	524590.5570
	3587916.3271	524583.3466
	3587929.3101	524563.6541
	3587957.8097	524583.6854
第一层-3	3587866.4922	524544.2149
	3587866.1236	524547.0330
	3587863.5123	524550.8531
	3587860.4659	524552.8998
	3587858.1222	524552.8998
	3587855.8784	524551.8921
	3587853.9033	524549.8824
	3587852.8985	524547.7361
	3587852.8985	524545.5243
	3587853.3682	524543.4777
	3587854.4395	524541.5335

污染范围	Y	X
	3587856.8500	524539.6880
	3587859.8630	524539.2534
	3587863.1104	524540.6624
	3587865.6884	524542.6066
第二层-1	3587894.9818	524652.7345
	3587906.1318	524634.9548
	3587907.7772	524631.2230
	3587907.7772	524628.2967
	3587907.1388	524625.0687
	3587906.6692	524624.7328
	3587905.4257	524624.7328
	3587903.6127	524625.4388
	3587901.6310	524625.4388
	3587900.0522	524623.7564
	3587900.4552	524621.7724
	3587902.1350	524620.5284
	3587905.3258	524620.5284
	3587906.9712	524619.1336
	3587906.9712	524612.7772
	3587904.0413	524606.5689
	3587901.5588	524604.0554
	3587890.1812	524599.7941
	3587887.3134	524599.7941
	3587884.2592	524600.9242
	3587881.2516	524602.9965
	3587876.2278	524608.2711
	3587875.0776	524611.7240
	3587875.4717	524616.0024

污染范围	Y	X
	3587877.8054	524619.9506
	3587879.8427	524624.0667
	3587879.8427	524629.6915
	3587877.9698	524633.4433
	3587876.2078	524637.9323
	3587875.3807	524640.7618
第二层-2	3587911.6253	524565.4702
	3587911.6253	524567.5937
	3587911.6253	524568.3993
	3587910.7326	524570.1016
	3587909.1383	524571.9091
	3587907.3342	524573.1189
	3587906.0030	524573.5402
	3587903.6305	524573.5402
	3587902.3360	524573.1844
	3587900.9670	524572.5553
	3587900.5296	524571.8977
	3587899.7847	524571.4565
	3587898.9520	524570.4261
	3587898.1915	524568.4876
	3587897.8651	524566.7426
	3587898.6134	524563.2869
	3587900.6839	524561.2687
	3587903.3141	524559.7771
	3587906.1165	524559.7771
	3587908.7564	524560.9157
	3587910.4506	524562.7005
第二层-3	3587839.6400	524570.7307

污染范围	Y	X
	3587840.979	524572.2194
	3587841.34	524572.7887
	3587841.484	524573.6228
	3587841.386	524574.5934
	3587839.16	524576.7227
	3587837.564	524576.7227
	3587835.944	524575.2595
	3587835.475	524574.4511
	3587835.475	524572.746
	3587837.177	524570.8388
	3587839.6400	524570.7307
第三层-1	3587908.1558	524566.0111
	3587908.1558	524567.5624
	3587907.6284	524568.7494
	3587906.7069	524569.8368
	3587905.2140	524570.5940
	3587903.3818	524570.5940
	3587901.9663	524569.9678
	3587900.8460	524568.6498
	3587900.4452	524567.9358
	3587900.4452	524565.8488
	3587901.3068	524564.2006
	3587902.1639	524563.4748
	3587903.2139	524562.8485
	3587905.4579	524562.8286
	3587907.2310	524564.1823
	3587908.1558	524566.0111
第三层-2	3587857.1618	524520.1330

污染范围	Y	X
	3587857.1618	524522.2651
	3587856.1948	524523.9332
	3587854.5490	524524.9010
	3587852.8108	524524.9380
	3587852.0226	524524.6505
	3587850.6792	524523.3240
	3587850.0708	524521.8352
	3587850.0708	524520.8674
	3587850.6970	524519.5580
	3587851.7361	524518.5190
	3587853.4370	524517.7817
	3587854.2786	524517.7817
	3587855.4610	524518.3197
	3587856.5534	524519.1111
	3587857.1618	524520.1330
第四层-1	3587883.1723	524576.1249
	3587883.1723	524578.1773
	3587882.0387	524580.3463
	3587881.2938	524581.0096
	3587879.3187	524582.2222
	3587876.4154	524582.2137
	3587874.3426	524580.9584
	3587873.8226	524580.6434
	3587872.8460	524578.2342
	3587872.8460	524575.7805
	3587873.9685	524573.7366
	3587875.0909	524572.5126
	3587876.9272	524571.7953

污染范围	Y	X
	3587879.1721	524571.7953
	3587880.9407	524572.7147
	3587882.1276	524573.5174
	3587883.1723	524576.1249
第四层-2	3587875.5972	524624.8524
	3587875.5972	524626.2700
	3587874.3782	524627.6562
	3587873.0592	524628.4504
	3587871.7736	524628.1202
	3587870.0372	524626.4408
	3587870.2107	524624.1254
	3587872.0956	524622.5410
	3587873.4922	524622.5353
	3587874.9333	524623.4462
	3587875.5972	524624.8524
第四层-3	3587871.7203	524553.1389
	3587871.7203	524554.3088
	3587871.0860	524555.2311
	3587869.5487	524555.1229
	3587868.8159	524554.4170
	3587868.8159	524553.4122
	3587869.8740	524552.3248
	3587871.1648	524552.3248
	3587871.7203	524553.1389
第四层-4	3587821.4513	524560.0817
	3587821.4513	524562.2308
	3587820.3066	524563.1873
	3587818.5414	524563.1873

污染范围	Y	X
	3587817.3479	524561.8494
	3587817.3479	524560.5115
	3587818.5647	524559.2448
	3587820.3066	524559.2448
	3587821.4513	524560.0817

12.3.污染修复技术建议

根据检测分析及未来不同用地规划条件下的人体健康风险分析，确定丹江口市神龙化工有限责任公司地块部分区域土壤存在污染，其中土壤中的氟化物污染需要进一步的修复；同时考虑到初步调查时地块内多处土壤检测出黄磷，详查时也有土壤和地下水点位有黄磷检出，因此同时需要考虑土壤中可能有残存有少量黄磷污染物存在，在修复过程中需注意地块土壤中可能存在的含黄磷土壤。建议对已知风险超标的区域尽快进行修复治理，以满足后期开发再利用的要求。

地块土壤中可能存在的黄磷可以通过基坑开挖氧化的方式，将土壤中的黄磷单质氧化为磷氧化物，降低其危险性；地块内总磷含量较高的土壤经过雨水淋滤后是地下水总磷的污染源，可以通过阻隔的方式切断土壤和地下水的水力联系，从而切断地下水的污染源，同时此类土壤可作为绿化土壤在后期地块规划利用时进行再利用，因此，需要对总磷污染土壤进行管控；根据表 12.3-1 中的修复方法比选，氟化物可以采用固化稳定化的处理方式，将氟化物浓度超过修复目标值的土壤进行稳定化处理，从而达到对地块土壤的修复处理，同时需要对地块修复开挖过程中基坑内的废水以及清洗等产生的废水进行及集中收集后处理与处置，不能直接排放，需控制基坑废水的污染物浓度，处理达标后再排放或再利用。

表 12.3-1 土壤修复技术比选

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			技术优势或地块适应性分析	地块应用局限性分析	应用建议
			技术成熟度	修复时间	资金投入			
1	化学氧化	通过注入/注射或原位搅拌技术将化学氧化剂/还原剂注入土壤中，目标是将污染物质氧化成二氧化碳和水，或转化为低毒、稳定的化合物。	技术成熟，国内有应用	较短	一般	① 可有效去除地块目标污染物 ① 修复周期较短 ② 可避免基坑开挖且可有效避免异味问题	① 土质以粘土为主，渗透性一般，影响修复效果 ② 处理过程可能产生不完全氧化产物或中间污染物； ③ 处理高浓度的污染物需要大量的氧化还原剂，修复成本一般	建议进行小试或中试实验，确定后使用化学氧化修复技术
2	土壤淋洗	借助能够促进土壤环境中污染物溶解或迁移作用的溶剂，通过将溶剂与污染土壤混合，然后再把包含有污染物的液体从土壤中抽提出来，进行分离处理。	技术成熟，国内有应用	一般	较高	① 无需污染土壤进行挖掘、运输； ② 适用于包气带和饱水带多种污染物去除	① 方法适用于处理大粒径污染土壤，而本项目勘察情况显示多为黏土，土壤淋洗技术有很大局限性，洗脱效果不佳。 ② 冲洗废水量巨大，需对废水进行二次处理。	不建议采用
3	水泥窑协同处置技术	挖掘土壤、运输土壤到水泥厂，和水泥生料一起进入回转窑，控制污染土壤的配比	技术成熟，国内有应用	较短	较高	① 处理范围较广； ② 修复工艺相对简单	① 不适用于处理含爆炸物污染物的土壤； ② 涉及污染土壤的挖掘或远距离运输，可能会产生二次污染； ③ 需进行危险废物属性鉴别，周期较长。	可作为备选方案

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			技术优势或地块适应性分析	地块应用局限性分析	应用建议
			技术成熟度	修复时间	资金投入			
4	固化/稳定化技术	将污染土壤与黏结剂混合形成凝固体而达到物理封锁或发生化学反应形成固体沉淀物，从而达到降低污染物迁移性和活性的目的	技术成熟，国内有大量应用	一般	一般	① 成本和运行费用较低 ② 适用性较强 ③ 原位异位均可使用。	① 该技术主要应用于处理无机物污染的土壤； ② 降低了污染物可溶性和迁移性，但并没有减少土壤中污染物总量，药剂投加反而可能增加了污染土壤的容重，也可能导致土壤的pH值变化，影响土壤后续用途； ③ 后续需要进行长期监测，效果评估时间较长	建议选用

13.结论与建议

13.1.结论

本报告为神龙化工地块的风险评估,本次污染地块风险评估污染源为历史污染的土壤与地下水,评估范围主要针对神龙化工地块及周边范围可能受到污染的土壤与地下水区域,风险评估对象为神龙化工地块周边可能受到污染的土壤及地下水影响的受体人群以及生态环境,包括:施工单位人员、周边住宅区居民等。

本次土壤中的关注污染物为氟化物和总磷。其中氟化物不存在致癌风险并且非致癌危害商处于不可接受范围,需进一步计算风险控制值,对土壤氟化物进行修复。总磷进行生态环境风险评估显示地块内总磷污染情况比较严重,且土壤中总磷会成为地下水中总磷的污染来源,应当对土壤中的总磷进行处置,切断其与地下水的水力联系,从而降低地下水总磷污染风险。

地下水中关注污染物是汞、铁、锰、氟化物、总磷,主要暴露途径为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、皮肤接触地下水三种途径。采用导则推荐的模式对地下水污染物的致癌风险和非致癌危害商进行计算,结果表明,锰、汞、氟化物三种污染物均不存在致癌风险,且污染物的非致癌危害商不存在大于1的点位,处于可接受的风险水平,因此地块地下水不需要修复。

根据建议的土壤修复目标污染物及目标值,结合土壤污染情况,提出地块土壤氟化物的修复目标值为650mg/kg,需修复的土壤面积为8293m²,修复土方量为12571m³。

13.2.建议

(1) 尽快进行处置、修复工作并在之前保护地块不被扰动:尽快进行修复,避免地块扰动。在自然过程作用下,土壤中的污染物会发生迁移和转化。如降雨和地下水流动会使污染物发生迁移和转化等。特别是雨季降雨量大,易造成污染物进一步转移到地下水,造成地块地下水污染。此外,尽快实施修复有利于控制污染物的扩散,减少和控制被污染土壤的分布范围,降低修复成本。针对土壤污染建议采用开挖氧化和固化稳定化的方式进行修复;

(2) 地块处置、修复过程中要注重质量控制:在地块开挖取土过程中,需

要观察是否有在调查阶段中没有被发现的污染，例如地下埋藏物和有明显特殊气味的地方，一经发现，需要相关专业人员及时处理，并调整修复范围。另外，在修复过程中需要进行质量控制，确保修复到位；

（3）工程实施中要配备安全环保措施：地块的大规模挖掘活动不仅会改变土壤污染物的分布特征，造成污染物进一步扩散，还会对施工人员、地块周围居民及地块其他工作人员的身体健康和安全生产产生不利影响。因此，在进行施工前，要进行具有针对性的安全环保培训，特别是防治化学品和污染土壤毒害的培训，确保施工安全进行。施工之前要制定包括运输在内的安全环保方案，为施工提供指导并要求施工人员遵照执行；

（4）建议修复方案实施与开发建筑工程有机结合，包括开发顺序和基坑深度、土方平衡等，最大程度的降低工程投资成本，对整体工程包括污染土壤修复和后期开发建设工程进行最优化组合；

（5）鉴于地块调查的不确定性，从人群健康角度考虑，地块修复与开发建设过程中应做好应急方案，对于发现严重异味、发现地块内存在偷埋的含黄磷物质或者原地块内水池内遗留磷泥等物质未清除干净等异常情况作出应急预案，发生突发情况时应立即停止施工、按照应急预案进行处理并征询主管部门意见。

附件

附件一 丹江口市自然资源和规划局情况说明文件

情况说明

丹江口市神龙化工有限责任公司地块，位于丹江口市浪河镇小店子村 316 国道旁，占地面积 18838.3m²。由于乡镇国土空间规划正在编制，目前地块无明确规划用途。

特此说明。

丹江口市自然资源和规划局

2022 年 1 月 18 日



附件二 地块拆除工作危废转移联单

联单详情

×

已派遣

已出库

已运输

运输中

已办结

基本信息

转移联单编号	2021420000141816	
转移计划编号		
联单填领时间	2021-04-16 09:24:24	

产废企业信息

移出时间	2021-04-19 15:09:51		
单位名称	十堰市生态环境局丹江口分局	统一社会信用代码	
行政区划	湖北省 / 十堰市 / 丹江口市	单位地址	武当大道
联系人	李蕊	联系人手机	13986908625

运输单位信息

运输时间	单位名称	行政区划	单位地址	车牌号	联系人	联系人手机	司机姓名	司机电话
2021-04-19 15:09:51	襄阳捷顺达物流有限公司	湖北省 / 襄阳市 / 襄州区	襄阳市襄州区伙牌工业园四季青农贸城五区1号	鄂FNE795	邢鹏	13972078895	董波	13797469306

接收单位信息

办结时间	2021-04-21 17:23:33		
单位名称	华新(南漳)再生资源利用有限公司	经营许可证号	S42-06-24-0104
行政区划	湖北省 / 襄阳市 / 南漳县	单位地址	城关镇南背村华新大道1号
联系人	杨全涛	联系人电话	13995756782
是否存在重大差异	否		

废物信息

接收时间	废物名称	废物代码	危险废物	性质	形态	实际出库量	实际接收量	计量单位	包装类型	包装个数	利用处置方式	处理意见
2021-04-21 17:23:01	除农药以外其他有机磷化合物生产过程中产生的废水处理污泥	261-063-37	除农药以外其他有机磷化合物生产过程中产生的废水处理污泥	易燃性、毒性	S固态	29.035	29.035	吨	圆桶	89	S贮存	接收

补充说明

实际转出方	襄阳卧龙天固建筑实业有限公司
备注	
附件	 行政代处置说明.docx

109

工程名称:丹江口市神化化工有限公司地块土壤污染状况详查项目

[illegible]

执行标准: GB/T50194-2016

Signature: _____

報告責任人:

中國地產大學（武漢）分析測試中心

附件四 地块调查阶段专家意见及修改情况

1.初步调查报告专家意见及修改回复单

丹江口市神龙化工有限责任公司疑似污染地块 土壤环境状况初步调查报告专家评审意见

2021年4月21日，十堰市生态环境局会同十堰市自然资源和规划局主持召开了《丹江口市神龙化工有限责任公司疑似污染地块土壤环境状况初步调查报告》（以下简称“报告”）专家评审会。专家组由3名专家组成（名单附后）。参加会议的有十堰市生态环境局丹江口分局、丹江口市自然资源和规划局、丹江口市人民法院、丹江口市神龙化工有限责任公司（业主单位）、湖北遇真律师事务所（业主单位管理人）、武汉中地大环境地质研究院有限公司（报告编制单位）等单位代表共19人。与会代表和专家踏勘了现场，并听取了报告编制单位的汇报。经认真讨论与质询，形成评审意见如下：

一、总体意见

专家组评审认为，该报告编制规范，提供的资料齐全，内容较全面，该地块确定为污染地块的结论可信。专家组一致同意通过报告评审。

二、修改建议

- 1、补充完善地块拆除与处置相关资料；
- 2、完善对照点的情况介绍。

专家组：



2021年04月21日

《丹江口市神龙化工有限责任公司疑似污染地块土壤环境状况

初步调查报告》专家意见修改说明

1.补充完善地块拆除与处置相关资料。

修改说明：已在报告中补充地块拆除工作中废水和危废处理与处置资料，地块遗留的废水由湖北氮磷净化环保科技有限公司使用 Fenton 法进行处理，处理后的出水由湖北欧凯检测技术有限公司检测并加盖 CMA 公章，检测报告详见附件二；地块遗留危废共计 29.035 吨，交由华新（南漳）再生资源利用有限公司接收处置，转移联单详见附件二。修改内容详见 5.2 节，P34-37；5.4 节，P39-40；附件二，P111-115。

2.完善对照点的情况介绍。

修改说明：已在报告中补充对照点的情况介绍，对照点均选择在地块东侧地面高程大于本次调查地块的居民区处。土壤对照点位于居民区一菜地旁，采样处没有进行过蔬菜种植活动，采集表层样品作为土壤对照点；地下水采样点位于居民区一民房前，为一口民井，井深 5m 左右，内有井水深约 1m，从居民处了解到此处地下水井不做用途，因此作为本次调查地下水对照点。修改内容详见 7.1 节，P44-49。

2.详细调查报告专家意见及修改回复单

丹江口市神龙化工有限责任公司地块 土壤污染状况详细调查报告专家评审意见

2021年11月19日,十堰市生态环境局会同十堰市自然资源和规划局在丹江口市主持召开了《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染状况详细调查报告》专家评审会。专家组由3名专家组成(名单附后)。参加会议的有十堰市生态环境局丹江口分局、丹江口市自然资源和规划局、丹江口市浪河镇政府、丹江口市神龙化工有限责任公司管理人(业主单位)、武汉中地大环境地质研究院有限公司(报告编制单位)等单位代表。与会代表和专家踏勘了现场,并听取了报告编制单位的汇报。经认真讨论与质询,形成意见如下:

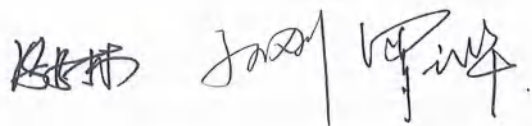
一、总体意见

专家组评审认为,报告编制较规范,提供的资料较齐全,数据翔实,结论可信。建议根据专家意见修改完善后通过,经专家复核后可作为下一步的工作依据。

二、修改建议

- 1、完善对地块水文地质条件的描述、水系图以及初步调查专家意见落实情况;
- 2、补充现场质控措施情况;
- 3、进一步核实污染边界范围;
- 4、完善调查结论。

专家组:



2021年11月19日

《丹江口市神龙化工有限责任公司地块土壤污染状况详细调查报告》

专家意见修改说明

1.完善对地块水文地质条件的描述、水系图以及初步调查专家意见落实情况；

修改说明：已根据专家意见补充对地块的水文地质条件的描述以及地块地下水和周边地表水的水系图示意图，详见 7.1.3 节，P62-64。同时补充了初步调查专家意见以及专家意见回复单，详见附件一，P93-94。

2.补充现场质控措施情况；

修改说明：已在调查报告正文中补充现场质控措施情况以及质控结果，经对现场平行样的分析测试结果的相对偏差的计算，其偏差均在控制范围内，表明现场采样质量控制措施有效，同时全程序空白样品分析测试结果均为未检出，本次调查现场采样符合要求；通过对运输空白样品的测试结果均为未检出，表明样品运输过程中未受到污染；同时实验室质控结果表明实验室检测过程质控措施有效，检测结果可靠。详见 6.1.2 节和 8.1.3 节，P56-58、P78-79。

3.进一步核实污染边界范围；

修改说明：通过对调查地块边界以及地块外山体样品采集分析测试，结果显示地块外存在总磷污染，地块外污染主要存在于表层土壤中，详见 8.2.2 节，P78-79。

4.完善调查结论

修改说明：已根据专家意见对调查结论进行修改补充。详见 9.1 节，P80-86。

5.专家的其他意见已修改。

专家组组长复核签名：

