

# 原沅江市电镀厂土壤治理项目

## 风险评估报告

委托单位：益阳市生态环境局沅江分局

编制单位：湖南中大检测技术集团有限公司

二〇二〇年十一月



# 检验检测机构 资质认定证书

证书编号: 161801060368

名称:湖南中大检测技术集团有限公司

地址:长沙市岳麓区学士街道学士路 755 号

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

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由湖南中大检测技术集团有限公司承担

许可使用标志



161801060368

发证日期: 2019 年 01 月 19 日

有效期至: 2022 年 01 月 28 日

发证机关:



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制, 在中华人民共和国境内有效。

仅限于监督抽查检验评估报告

## 专家组综合评审意见

项目名称	原沅江市电镀厂土壤治理项目风险评估报告
2020年10月22日，受湖南省生态环境厅和湖南省自然资源厅委托，湖南省生态环境事务中心在长沙组织召开了《原沅江市电镀厂土壤治理项目风险评估报告》（以下简称“风评报告”）专家评审会。参加会议的有湖南省生态环境厅、湖南省自然资源厅、益阳市生态环境局、益阳市自然资源和规划局、益阳市生态环境局沅江分局、沅江市自然资源局，编制单位湖南中大检测技术集团有限公司等的代表。会议邀请了5位专家组成专家组（名单附后）。专家和与会代表听取了编制单位的汇报，查阅了相关材料，经充分质询与讨论，形成如下评审意见：	

**一、项目概况**

原沅江市电镀厂位于沅江市琼湖街道，占地约3500m<sup>2</sup>，其中生产区约1900m<sup>2</sup>。原沅江市电镀厂于1988年开办，2004年停止生产，以五金半成品为原料，采用浓酸浸取-电镀工艺镀铬、镀锌，生产镀铬、镀锌工件。根据《沅江市城市总体规划》（2011-2030）以及《沅江市中心城区用地规划图》，原沅江市电镀厂厂址现已纳入县城规划范围，主要为公共管理与公共服务设施用地，并拟作为居住用地。

根据国家相关文件要求，沅江市人民政府于2017年5月委托湖南新九方检测技术有限公司对原沅江市电镀厂地块土壤污染状况调查；原沅江市电镀厂土壤治理项目以EPC形式交由湖南益阳市生态环境局沅江分局与艾布鲁环保科技有限公司。为补充该地块土壤污染状况风险评估工作，2020年7月湖南中大检测技术集团有限公司开展原沅江市电镀厂土壤污染治理项目风险评估工作。

**二、风评结果**

现有风评报告按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019），结合湖南省《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T1165-2016）开展了地块污染识别与污染状况分析，包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征、风险评估不确定性分析等在内的地块风险评估，构建了铅风险计算模型。本次风险评估结果表明，地块土壤中的砷、六价铬、铅、锌和铜在未来地块作为居住用地暴露情景下对居住产生的风险超过可接受水平。在此基础上，本次风

险评估确定了地块表层土壤中特征污染物的修复目标值：砷 20 mg/kg、六价铬 3 mg/kg、铅 400 mg/kg、锌 4970 mg/kg 和铜 2000 mg/kg；深层土壤修复目标值（浸出浓度）砷 0.05mg/L、六价铬 0.05 mg/L、铅 0.05 mg/L、锌 1 mg/L 和铜 1 mg/L。

根据《原沅江市电镀厂土壤治理项目场地环境调查报告》，该地块附近居民井水未超过《地下水质量标准》（GB/T14848-93）III类标准，判定“厂区对地下水并未造成污染”。因此，本风险评估报告未开展地下水风险评估。

### 三、评审结论

风评报告格式基本符合国家相关导则和规范要求，风险评估程序和方法可行。地块土壤污染状况调查及报告基本满足风险评估和国家相关标准规范要求；土壤污染风险评估报告包括的内容基本满足项目建设的修复标准和管理相关要求；项目地块土壤污染风险不可接受，需要实施风险管控或修复；修复目标基本合理。专家组原则上同意通过，修改完善并经专家组复核后可作为下一步工作的依据，并可作为纳入建设用地风险管控、修复名录的依据。

### 四、修改意见

- 1、完善本项目工作的由来；说明该项目原有实施方案建设目标、考核指标要求；明确补充调查内容和污染地块边界。
- 2、完善区域及地块地下水水文地质信息的相关资料。
- 3、根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）要求完善风评报告内容；完善污染地块概念模型、目标污染物环境风险暴露途径分析。
- 4、完善风评参数等指标的取值及其依据；核实风评修复目标值及其工程量。
- 5、完善地块规划证明材料。

专家组：杨运华（组长）、廖柏寒、戴慧敏、黄海军、郭朝晖（执笔）

2020 年 10 月 22 日

专家组综合评审意见修改说明	
1、完善本项目工作的由来；说明该项目原有实施方案建设目标、考核指标要求；明确补充调查内容和污染地块边界。	已完善本项目工作由来，说明该项目原来实施方案建设目标、考核指标要求，并明确补充调查内容和污染地块边界。具体见 3.3 节(P44-P60)。
2、完善区域及地块地下水水文地质信息的相关资料。	已完善区域及地块地下水水文地质信息，具体见 2.1.1.5 节 (P10-P12)。
3、根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3—2019) 要求完善风评报告内容；完善污染地块概念模型、目标污染物环境风险暴露途径分析。	已完善风评报告内容，污染地块概念模型、目标污染物环境风险暴露途径分析，具体见第 4 章 (P61-P97)。
4、完善风评参数等指标的取值及其依据；核实风评修复目标值及其工程量。	已完善风评参数等指标的取值及其依据，并核实风评修复目标值及其工程量，具体见 5.4-5.5 节(P100-115)。
5、完善地块规划证明材料。	已完善地块规划材料，具体见 2.4.5 节 (P23-25)。

# 目录

前言.....	V
---------	---

第1章 概述.....	1
-------------	---

1.1 项目背景.....	1
1.2 编制目的.....	3
1.3 编制原则.....	4
1.4 编制依据.....	4
1.4.1 法律法规.....	4
1.4.2 政策与规定.....	4
1.4.3 标准规范.....	5
1.4.4 其他资料.....	6
1.5 评价对象及范围.....	6
1.6 评估内容.....	7

第2章 地块概况.....	9
---------------	---

2.1 场地概况.....	9
2.1.1 自然环境概况.....	9
2.1.1.1 地理位置.....	9
2.1.1.2 地形与地貌.....	10
2.1.1.3 气候与气象.....	11
2.1.1.4 矿产资源.....	11
2.1.1.5 水文地质特征.....	11
2.1.2 社会经济环境.....	9
2.1.2.1 经济概况.....	9
2.1.2.2 交通概况.....	9
2.2 场地周边概况.....	10
2.3 敏感目标.....	10
2.4 场地使用历史.....	11

2.4.1 原企业发展变迁历程.....	11
2.4.2 原企业重大事故.....	14
2.4.3 原企业污染源分析.....	14
2.4.5 场地利用规划.....	23
<b>第3章 场地污染调查及结论.....</b>	<b>26</b>
3.1 原初步调查.....	26
3.1.1 初步调查布点方案.....	26
3.1.2 初步调查结论.....	28
3.2 原详细调查.....	32
3.2.1 布点原则.....	32
3.2.2 布点方案.....	33
3.2.3 详细调查结论.....	34
3.2.3.1 第一类用地土壤区域.....	34
3.2.3.2 第二类用地土壤区域.....	41
3.3 原实施方案.....	41
3.3.1 原治理与修复范围.....	42
3.3.2 原治理与修复目标.....	42
3.3.3 危险废物清运工程.....	43
3.4 风险评估补充场地调查.....	43
3.4.1 布点原则.....	43
3.4.2 布点方案.....	44
3.4.3 采样方案.....	45
3.4.4 实验室分析.....	47
3.4.4.1. 现场采样质量控制.....	48
3.4.4.2. 实验室分析质量控制.....	49
3.4.5 补充调查结论.....	49
3.5 土壤污染程度统计分析.....	50
3.6 污染物分布情况.....	54
3.7 地块污染成因分析.....	58
3.8 风险评估污染物选择.....	58

## 第4章 建设用地风险评估.....60

4.1 风险评估程序.....	60
4.2 关注污染物及评估浓度.....	62
4.3 暴露评估.....	64
4.4 风险评估模型和计算方法.....	64
4.4.1 暴露评估计算模型.....	64
4.4.1.1 一类用地.....	64
4.4.1.2 二类用地.....	67
4.4.1.3 暴露参数选择及说明.....	69
4.4.2 主要污染物毒理性质.....	77
4.4.3 风险表征计算模型.....	82
4.4.4 评估参数及其赋值说明.....	83
4.4.5 贡献率分析模型.....	84
4.4.6 可接受风险水平.....	85
4.5 地块风险评估结果.....	85
4.5.1 风险评估结果.....	85
4.5.2 部分暴露途径无风险水平数值说明.....	86
4.5.3 不确定性分析.....	90
4.6 铅的风险评估.....	95
4.6.1 风险计算模型.....	96
4.6.2 模型参数取值.....	97
4.6.3 计算结果.....	99
4.6.4 铅的风险控制值.....	101

## 第5章 修复目标值及超修复目标值土壤量估算.....102

5.1 修复标准确定准则.....	102
5.2 基于致癌效应的风险控制值计算模型.....	102
5.3 基于非致癌效应的风险控制值计算模型.....	104
5.4 风险控制值计算结果.....	105
5.5 超修复目标值范围及土方量确定.....	106

5.5.1 修复范围原则确定.....	106
5.5.2 超修复目标值范围与土方量.....	107
5.5.3 超修复目标值土方量汇总.....	117
<b>第 6 章 结论及建议.....</b>	<b>118</b>
6.1 结论.....	118
6.2 风险水平.....	119
6.3 修复目标值.....	119
6.4 超修复目标值方量.....	120
6.5 建议.....	121

## 前言

原沅江市电镀厂位于沅江市琼湖街道，距S204省道仅0.2公里，现属于沅江市城市建设规划范围。原电镀厂厂址占地约3500 m<sup>2</sup>，其中生产区约1900 m<sup>2</sup>。此厂于1988年开办，2004年停止生产，以五金半成品为原料，采用浓酸浸取-电镀工艺镀铬、镀锌，生产镀铬、镀锌工件。原沅江市电镀厂仅对电镀槽进行简单防渗处理，电镀液由沟渠流入废液池中，废液池未做任何防渗处置，含重金属电镀废液一旦装满则任其溢出，电镀废水顺着地表流入厂区围墙外15 m处池塘中。有毒有害污染物随电镀废液渗入厂区周边土壤，不仅影响厂区周边农业生产安全，同时通过生物链的累积放大转化为毒性更强的化合物形态，给电镀厂周边人民生命健康构成严重威胁。企业虽根据国家产业政策已经关闭13年，但沅江市电镀厂历史遗留的重金属污染土壤未得到合理处置，周边居民多次提出治理诉求，百姓生产生活受到严重威胁。

原沅江市电镀厂土壤污染治理项目于2017年由湖南新九方检测技术有限公司编制场地环境调查报告、湖南艾布鲁环保科技有限公司编制实施方案，并于2018年列入国家土壤污染修复项目A类并获得土壤修复专项资金支持，2020年湖南森美思环保有限责任公司通过招投标以EPC形式获得本项目的设计及工程施工的承包单位。鉴于国家土壤法的颁布和国家生态环境部关于土壤污染修复的新的管理要求，本项目需要补充编制环境风险评估报告，并在此基础上修改项目实施方案。值此本公司—湖南中大检测技术集团有限公司受委托于2020年7月2日开始开展原沅江市电镀厂土壤污染治理项目补充风险评估的相关工作。本公司在本项目前期工作的基础上，通过对前期场地环境调查报告内容的分析，对场地中存在污染的主要点位和生产区地块进行补充调查采样分析，然后开展环境风险评价，从而进一步以确定现状场地中现存的主要污染物、污染程度、污染深度、污染边界，土壤污染物修复目标值、修复边界、修复深度、修复土壤方量等，形成补充环境风险评估报告。

前期的场地调查结论：

(1) 土壤中超标污染物为重金属**砷、铅、六价铬、铜、锌**。其中，铅、六价铬铜、锌超标电位较多，污染区域较集中，主要分布在电镀厂厂房与西北侧荒地。结合场地底层岩性和土壤检测结果，将场地划分为四个层次，分别为0-0.5 m、

0.5 m-1 m、1 m-2 m、2 m-3 m。

(2) 厂区内电镀槽中残留大量的废水，对比《污水综合排放标准》(GB8978-1996)，电槽液总铬、六价铬和铜超标严重，其中铬超标3332.3倍，六价铬超标3580倍，铜超标228倍。根据《危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别》(GB5085.1-2007)，pH<2.0时，属于危险废物。由此可见，电镀槽液若不及时进行处理，一旦泄露，会对周边环境造成严重危害。

本次环境风险评估范围主要为益阳原沅江电镀厂厂址地块。根据场地环境调查分析结果，采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管理标准(试行)》(GB36600-2018)进行判定，场地内土壤中的重金属(铅、六价铬、铜、砷)存在超出风险筛选值的情况，选择超过筛选值的污染物作为关注污染物。

通过风险评估计算，土壤中的砷、六价铬、铜、铅在未来场地公园绿地和教育用地的暴露情景下对于场地上居民产生的风险超过可接受水平。其它污染物的致癌和非致癌风险水平均在可接受范围内。

通过风险评估以及项目所在区域背景值、国家及地方相关标准、修复可操作性等因素分析，给出本项目场地公园绿地和教育用地下土壤修复目标建议值，具体数值详见下表所示。

序号	中文名	用地类型	风险控制值	筛选值	管制值	背景值	修复目标值	目标值选择
1	铅	一类用地	418	400	800	180	418	风险控制值
2	铬(VI)	一类用地	8.97	3	30	/	8.97	风险控制值
3	砷	一类用地	0.475	20	120	40	40	背景值
4	铜	一类用地	4860	2000	8000	54.3	4860	风险控制值

经过每层污染的计算，本场地总修复面积约2509.1 m<sup>2</sup>，总污染土方量约3530.05 m<sup>3</sup>。

# 第1章 概述

## 1.1 项目背景

原沅江市电镀厂位于沅江市琼湖街道，地理坐标为N $28^{\circ}48'59.2''$ 、E $112^{\circ}22'42.8''$ ，距S204省道仅0.2公里，属于县城规划范围（图1-1）。原电镀厂厂址占地约3500 m<sup>2</sup>，其中生产区约1900 m<sup>2</sup>。原沅江市电镀厂于1988年开办，2004年停止生产，以五金半成品为原料，采用浓酸浸取-电镀工艺镀铬、镀锌，生产镀铬、镀锌工件。原沅江市电镀厂仅对电镀槽进行简单防渗处理，电镀液由沟渠流入废液池中，废液池未做任何防渗处置，含重金属电镀废液一旦装满则任其溢出，电镀废水顺着地表流入厂区围墙外15m处池塘中。有毒有害污染物随电镀废液渗入厂区周边土壤，不仅影响厂区周边农业生产安全，同时通过生物链的累积放大转化为毒性更强的化合物形态，给电镀厂周边人民生命健康构成严重威胁。企业虽根据国家产业政策已经关闭13年，但沅江市电镀厂历史遗留的重金属污染土壤未得到合理处置，周边居民多次提出治理诉求，百姓生产生活受到严重威胁。

沅江市人民政府将原沅江市电镀厂土壤治理项目2017年由湖南新九方检测技术有限公司编制场地环境调查报告、湖南艾布鲁环保科技有限公司编制实施方案，并于2018年列入国家土壤污染修复项目A类并获得土壤修复专项资金支持，2020年湖南森美思环保有限责任公司通过招投标以EPC形式获得本项目的设计及工程施工单位。鉴于国家土壤法的颁布和国家生态环境部关于土壤污染修复的新的管理要求，本项目需要补充编制环境风险评估报告并在此基础上修改项目实施方案。值此本公司湖南中大检测技术集团有限公司受委托于2020年7月2日开始进行原沅江市电镀厂土壤污染治理项目风险评估的相关工作，本工作为后补环境风险评估。

原沅江市电镀厂土壤治理项目所在地主要涉及原沅江市电镀厂厂区及周边污染土壤。城区内企业关停退出，沅江市进行了新的城市发展及用地规划，原沅江市电镀厂厂址现已纳入沅江市城市规划范围，该地块现主要规划为公共管理与公共服务设施用地，主要为一类建设用地。其中一类用地包括社区公园绿地(G1)和中小学用地(A33)约3000 m<sup>2</sup>，占总面积的85%，其它用地为防护绿地(G2)，约500 m<sup>2</sup>，占总面积15%，属建设用地中的第二类用地。

根据原有场地调查报告和此次环境风险评估补充土壤环境调查结果，在本项目场地第一类用地中，砷、铅、六价铬、铜污染超标，第二类用地中无污染物超标。

调查结果表明，该场地土壤受到不同程度污染，总体污染程度较轻。存在超过《土壤环境质量标准 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB 36600-2018）中第一类、二类用地筛选值污染物，根据GB 36600-2018的要求，通过详细调查确定建设用地土壤中污染物含量等于或者低于风险管制值，应当依据HJ25.3等标准及相关技术要求，开展风险评估，确定风险水平，判断是否需要采取风险管控或修复措施。

GB 36600-2018中同时规定，建设用地污染场地土壤修复目标值主要依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）、《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）等相关技术要求确定，但不得高于管制值。因此基于健康风险评估结果的风险控制值是污染场地土壤修复目标值选择的重要依据。

为了确定场地风险水平，保证场地周边及未来居住人群健康，确定基于保证人群健康的修复目标值，湖南中大检测技术集团有限公司受委托开展本场地的风险评估工作，以评估该场地污染物对人群健康危害、场地修复目标和修复方量等。

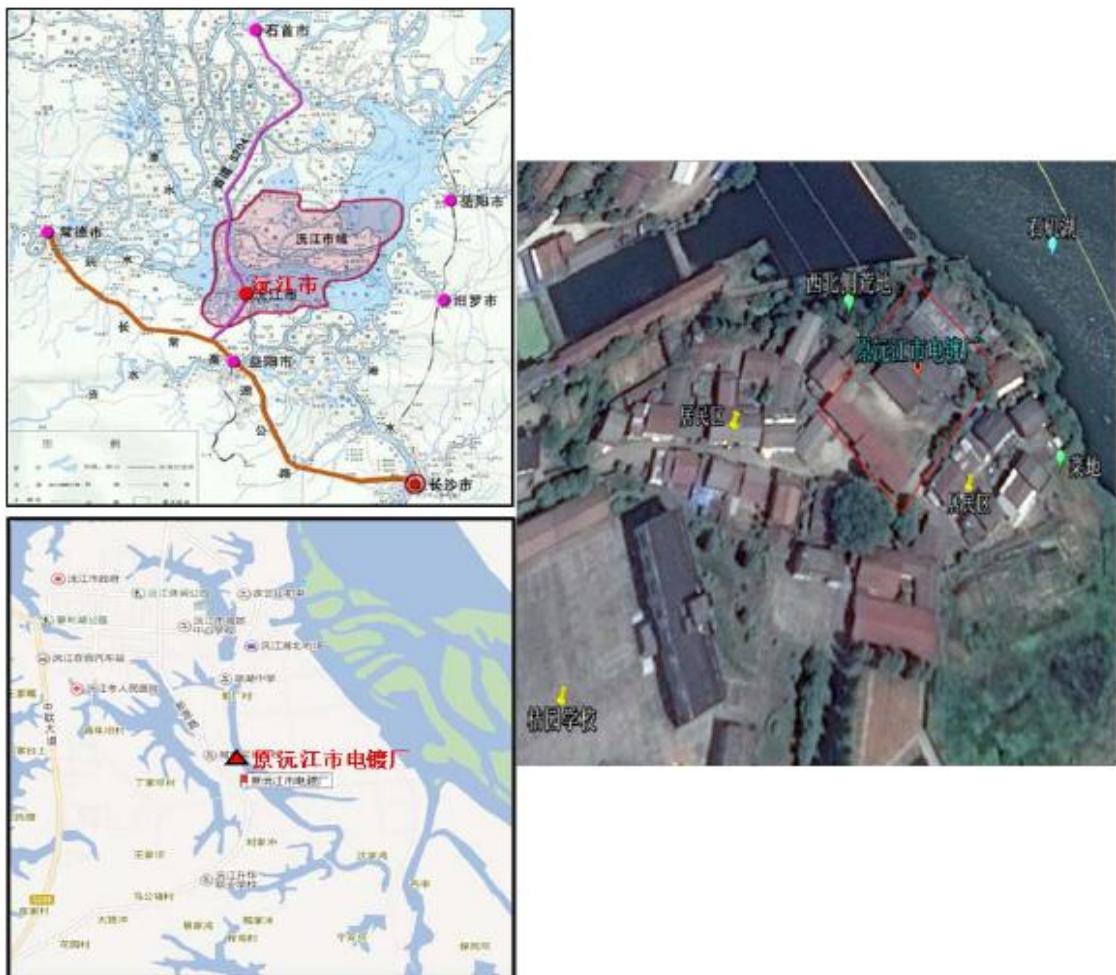


图 1-1 沅江市电镀厂位图

## 1.2 编制目的

由于企业环保意识差，无任何环保处理设施，原沅江市电镀厂生产过程中产生的大量含重金属废液直接外排，产生的污废仍旧堆存于无任何防渗措施的废液池中，重金属等有毒有害物质渗透到土壤中，对土壤造成较严重的污染，影响土壤的利用，并对居民生活和健康带来较大的风险和影响。

本次风险评估的目的是为响应国家土壤法的颁布及国家生态环境部关于土壤污染修复的新要求，通过风险评估旨在计算该场地污染物对场地内未来人群的健康风险，并以此为基础，计算确定该场地污染修复目标和修复范围，为该场地的污染治理和环境管理提供科学依据。具体目的如下：

(1) 根据场地的污染现状、水文地质条件及未来的土地利用规划，对场地进行健康风险评估，确定场地的风险状况；

(2) 根据场地的污染现状和风险评估结果，确定场地污染修复目标值和修复范围；

(3) 为有关部门了解场地环境现状、规划未来土地利用方面提供决策依据，避免场地内遗留污染物造成环境污染和经济损失，保障人民身体健康。

## 1.3 编制原则

本项目的风险评估将遵循以下基本原则：

- (1) 针对性原则：针对土壤的特征污染物及其毒理学参数，进行风险评估，为土壤的治理及环境管理提供依据；
- (2) 规范性原则：采用程序化和系统化的方式规范土壤风险评估过程，保证风险评估结果的科学性和客观性。
- (3) 可操作性原则。综合考虑调查方法、时间和经费等因素，确保原电镀厂场地及周边土壤、水体调查过程切实可行。

## 1.4 编制依据

### 1.4.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015年1月);
- (2) 《中华人民共和国大气污染防治法》(2016年1月1日);
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017年修订);
- (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2005年4月1日);
- (5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(1996年10月29日);
- (6) 《土壤污染防治行动计划》(国发(2016)31号);
- (7) 《中华人民共和国劳动法》(1995年1月1日);
- (8) 《湖南省固体废物污染环境防治条例(征求意见稿)》(2013年)；
- (9) 《污染场地土壤环境管理办法》(环保部令第42号)。
- (10) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2003年9月1日)；

### 1.4.2 政策与规定

- (1) 《土壤污染防治行动计划》（国务院2016年5月）；
- (2)《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)；
- (3) 《关于加强土壤防治工作的意见》，（环发〔2008〕48号）；
- (4)《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》，（环发〔2012〕104号）；
- (5) 《湖南省湘江保护条例》（2013年1月5日）；
- (6)《国务院办公厅转发安全监管总局等部门关于加强企业应急管理工作的意见的通知》（国办发〔2007〕13号）；
- (7) 《湖南省建设项目环境管理规定》（湖南省人民政府第12号令）；
- (8) 国家和省、市有关部门颁布的政策、法规、规定、标准、规范、规程及定额等。

#### **1.4.3 标准规范**

- (1) 《建设用地土壤污染风险管理与修复术语》（HJ 682-2019）；
- (2) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管理标准(试行)》(GB36600-2018);
- (3) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；
- (4) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；
- (5) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；
- (6) 《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T1165-2016）；
- (7) 《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11 T 811-2011）
- (8) 《污水综合排放标准》（GB8979-1996）；
- (9) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (10) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）；
- (11) 《土壤环境质量评价规范》（征求意见稿）；
- (12) 《土壤环境监测技术规范》（HJ T 166-2004）；
- (13) 《危险废物鉴别标准通则》（GB5085.7-2007）；
- (14) 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）；

(15) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001);

#### 1.4.4 其他资料

- (1) 《原沅江市电镀厂土壤治理项目场地调查报告》(2017年)；
- (2) 《沅江市城市总体规划(2011-2030)》；
- (3) 《原沅江市电镀厂土壤治理项目实施方案》(2017年)
- (3) 《沅江市统计年鉴(2016)》；
- (4) 环保机构提供的其他资料；
- (5) 沅江市电镀厂现场勘查照片等；
- (6) 《益阳市重金属污染综合防治“十三五”规划》；
- (7) 《水质较好湖泊生态环境保护总体规划》(2013-2020 年)；

#### 1.5 评价对象及范围

依据“优先调查疑似重污染区域并适度辐射周边”的原则，将原沅江市电镀厂厂区场地作为本次重点调查对象，同时对厂区周边进行辐射调查，主要有厂区西北侧荒地、厂区西北侧池塘、厂区东南侧菜地。中心地理坐标为：N $28^{\circ}48'59.2''$ 、E $112^{\circ}22'42.8''$ ，厂区总面积约为3500 m<sup>2</sup> (图1-2)。



图 1-2 调查评估工作范围

## 1.6 评估内容

人体健康风险评估参照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)开展，评估流程见图1-3。

健康风险评估工作程序包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和土壤和地下水风险控制值的确定。

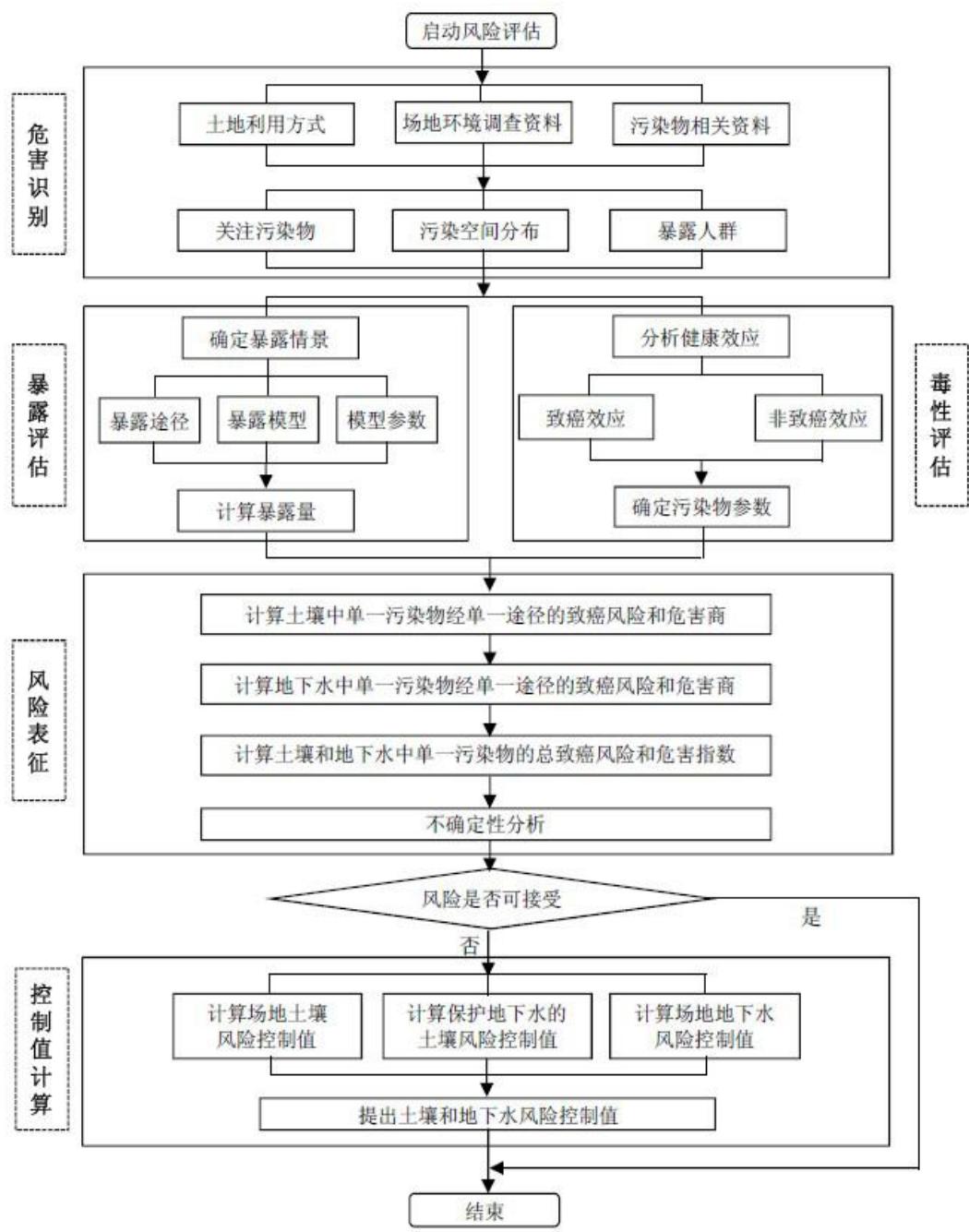


图 1-3 人体健康风险评估工作流程

## 第2章 地块概况

### 2.1 场地概况

#### 2.1.1 自然环境概况

##### 2.1.1.1 地理位置

沅江市地处八百里洞庭腹地，位于湖南省北部，益阳市东北部，以沅水归宿之地而得名。地理坐标为东经 $112^{\circ}14'37''$ - $112^{\circ}56'20''$ ，北纬 $28^{\circ}42'26''$ - $29^{\circ}11'17''$ 。东北与岳阳县交界，东南与汨罗市、湘阴县为邻，西南与益阳市接壤，西与汉寿县相望，北与南县、大通湖区毗连，东西长约67.67公里，南北宽约53.45公里。全市总面积为2019.7平方公里，约占湖南省总面积的1.07%。地域接纳湘、资、沅、澧四水，吞吐长江，河湖相通，连接成网，呈“三分垸田三分洲，三分水面一分丘”的地理格局。世界著名的南洞庭湿地保护区，深藏在沅江这个水乡泽国。

原沅江市电镀厂位于沅江市琼湖街道，地理坐标为N $28^{\circ}48'59.2''$ 、E $112^{\circ}22'42.8''$ ，厂区属于县城规划范围，其距市区新源路仅200 m，距桔园学校直线距离仅850 m，距上琼湖仅530 m，厂区西侧、西南侧及东南侧100m 范围内有居民聚集区，厂区西北、东北侧均为菜地，厂区东侧20 m 为石矶湖，其地理位置分布图如下所示。

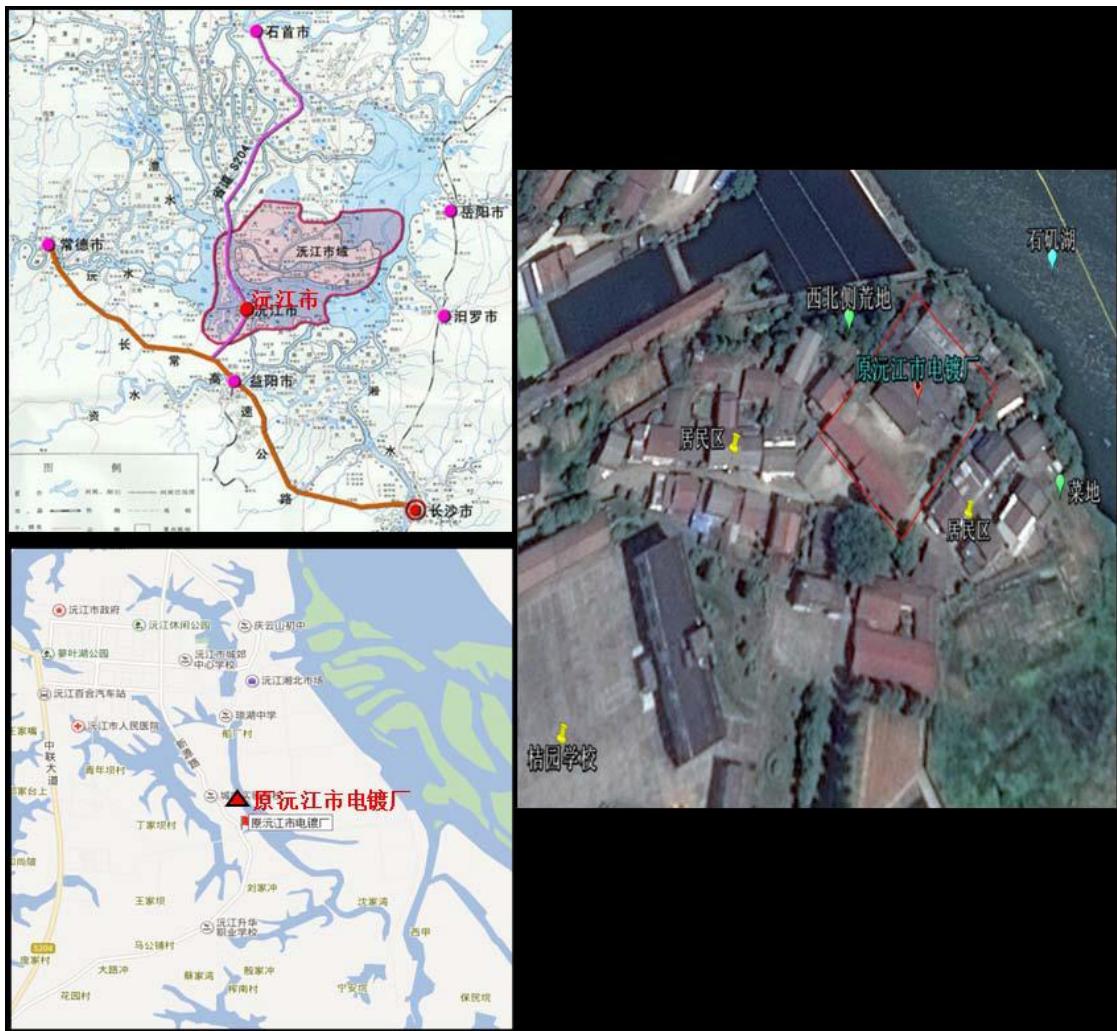


图 2-1 原沅江市电镀厂地理位置图

### 2.1.1.2 地形与地貌

沅江市境内丘、岗、平地貌类型齐全，以平原为主，河网纵横。地势西高东低，西南为环湖岗地，沿湖蜿曲多汊湾，岗岭在海拔100多米上下。沅江市最高点庵子岭海拔115.7米。北部为河湖沉积物形成的平原。低平开阔，沟渠交织，海拔30米左右。东南部为南洞庭湖的一部分。万子湖、东南湖等大小湖泊星罗棋布，淤积洲滩鳞鳞相切。东北部为沼泽芦洲。全境呈“三分水面三分洲，三分垸田一分丘”。最高处赤山，海拔117米。滨湖一带多沼泽、浅滩和洲渚。

沅江市地势自东南向西部递减，形成一个微向洞庭湖盆中心的倾斜面。工程区位于洞庭湖东侧，区域内地貌类型属湖泊堆积阶地地貌。

厂区地形平坦，几乎无起伏。表部为第四系冲洪积层所覆盖，厚度较大，地貌类型单一。整个场地较平整，厂区周边有少许草本和灌木植被。厂区西北侧

地势较低，较厂区相对高程为0.5~3.2 m。西侧及西南侧地势较厂区高，相对高程为0.5~1.2 m。东侧较厂区地势低，相对高程约2 m左右。据调查治理区西侧为原厂区办公区，无其他有价值遗址、文物、自然景观、压覆矿产及矿产开采采空区分布。

#### 2.1.1.3 气候与气象

沅江市气候属亚热带湿润季风气候。具有湖区气候特色。光热充足，降水适中。平均气温16.9℃。1月平均气温4.3℃，7月平均气温29.1℃。年平均日照数为1743.5小时。年平均降水量1322毫米。多集中在4~6月。无霜期276天。

#### 2.1.1.4 矿产资源

沅江市域地层出露不全，古生界和中生界地层大部分缺失，位于燕山运动晚期以来长期下沉的洞庭湖盆地，岩浆活动弱，不具备内生矿藏成矿条件，仅具备外生沉积矿床成矿条件。市域矿产资源贫乏，主要矿种为砖瓦用粘土矿和河道砂石。粘土矿主要来源于第四纪网纹红土和第四纪全新世以来的湖积冲积土。全市有28个工矿点，厚度6~10米，总储量约61.21亿立方米。2001年，全市建筑用砖生产能力为4.57亿砖/年。部分砖瓦制品还销往常德、益阳、长沙等地。

沅江市域河道砂石资源丰富，沉积于200万至180万年前的早更新世和中更新世。随着洞庭盆地不断下沉，河道砂石沉积愈来愈厚，平均厚度达150米，储量约为48亿立方米。质量较好的河道砂石主要分布在漉湖草尾河和蒿竹河一带，生产能力可达307万立方米/年。

#### 2.1.1.5 水文地质特征

##### 1) 水文

沅江市共有水域面积11.68万公顷，占沅江市土地总面积的59.9%。枯水期可以利用捕捞与养殖水面达4.4万公顷；洪水期11.68万公顷。面积之大，种类之多，居全省之首。厂区地表水一般分布于场地地势低洼汇集处，为大气降水补给，水量一般。工程区水文地质条件简单，工程区地下水类型主要为潜水。潜水主要赋存与粉质黏土中，实测稳定水位埋深范围为2.3-3.6 m，高程变化范围为

11.55-13.63m，受大气降水补给，水量较小，水位年变化幅度约为1.0-2.0m，因季节变化而异。



图 2-2 周边地表水系情况

## 2) 地质特征

治理区地层结构较简单，表层为第四系全新统人工填土层，其下伏地层为第四系上-中更新统冲洪积覆盖层，勘察深度内未揭露基岩。覆盖层为第四系上-中更新统冲洪积层，岩土层结构自上而下可分为①人工填土、②粉质粘土、③含砂粉质粘土，其特征分述如下：

①人工填土（废渣及砂砾石及少量建筑垃圾）（ $Q_4^{ml}$ ）：人工堆填，灰黑色、灰色，湿-饱和，松散-稍密，主要成分为废渣、砂砾石、尾矿及建筑垃圾组成。揭露其厚度为0.3~2.5m，平均为0.8m，层顶高程33.18~36.35m，平均层顶高程34.44。该土层主要分布于厂区内外及厂区西北侧地表，具有力学强度差、压缩性差等特征。

②粉质粘土（ $Q_3^{al+pl}$ ）：冲洪积，黄褐色、黄红色，稍湿，硬塑状，含少量2-5mm砾石，见铁锰质结核，摇振无反应，韧性、干强度中等，切面有光滑感，属中等压缩性土。揭露其厚度为5.4~6.3m，平均为5.88m，层顶高程32.58~34.42m，平均层顶高程33.64m。区域该土层所有钻孔均有分布，具有力学强度中等、中等

压缩性等特征。

③含砂粉质粘土 ( $Q_2^{al+pl}$ ) : 冲洪积, 灰黄色, 褐黄色, 湿, 硬塑状, 含中细砂约10-20%, 2-10mm砾石约5-10%, 见铁锰质结核, 摆振无反应, 韧性较低、干强度中等, 切面有光滑感, 属中等压缩性土, 局部见中细砂夹层。治理区揭露其厚度平均为3.78m, 层顶高程26.41~28.75m, 平均层顶高程27.77m。

沅江市地块属新华夏构造体系的第二隆地帶, 工程区域内未见断裂构造及新构造运动痕迹, 地质构造不明显。治理区区域内无基岩出露, 土体厚度大, 地表受断层等构造影响不明显, 地质构造复杂程度属简单类型。

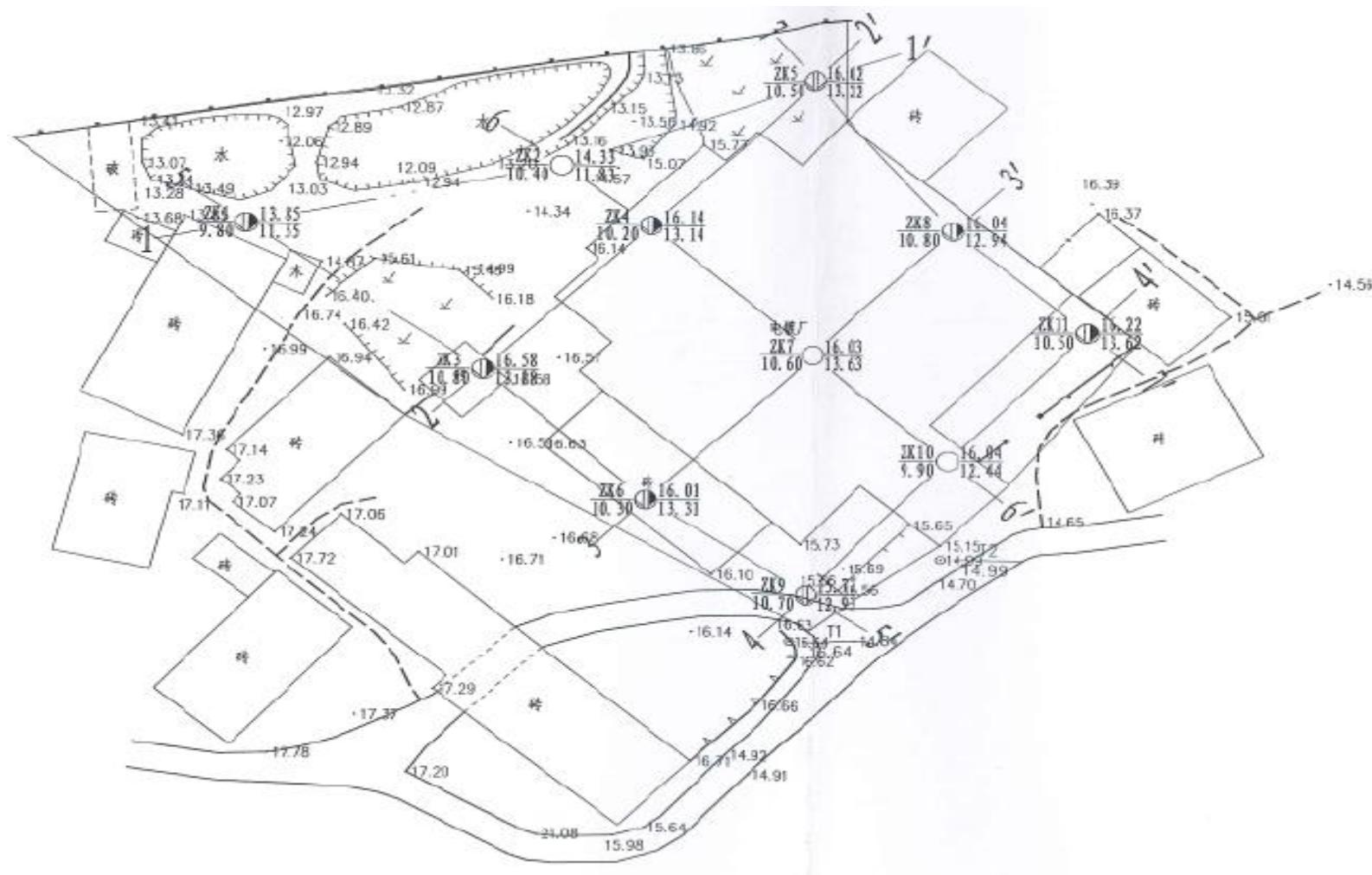


图 2-3 勘探点布置平面

# 工程地质剖面图

水平比例: 1:200  
垂直比例: 1:150

1—1'

高程 (m)  
(1985国家高程基准)

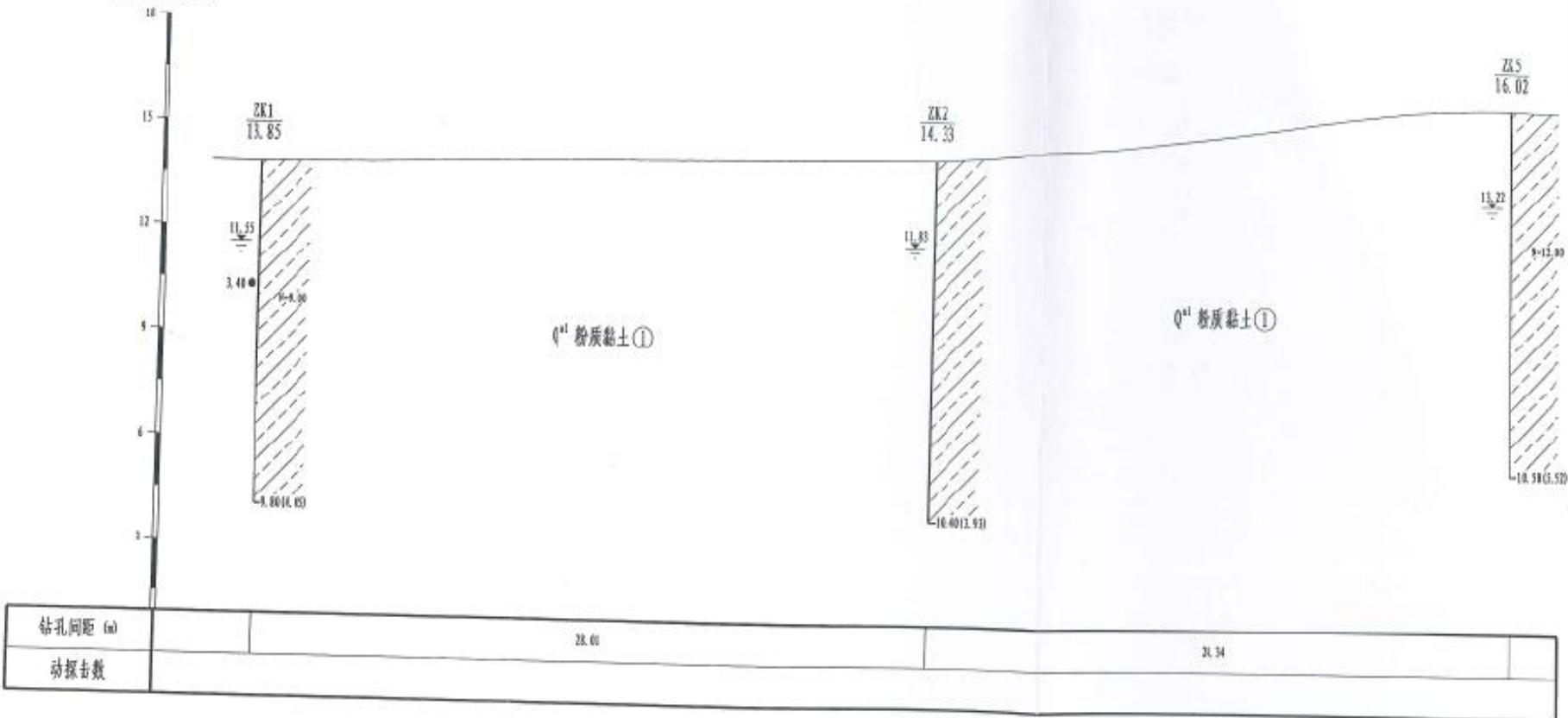


图 2-4 场地工程地质剖面图 (1-1')

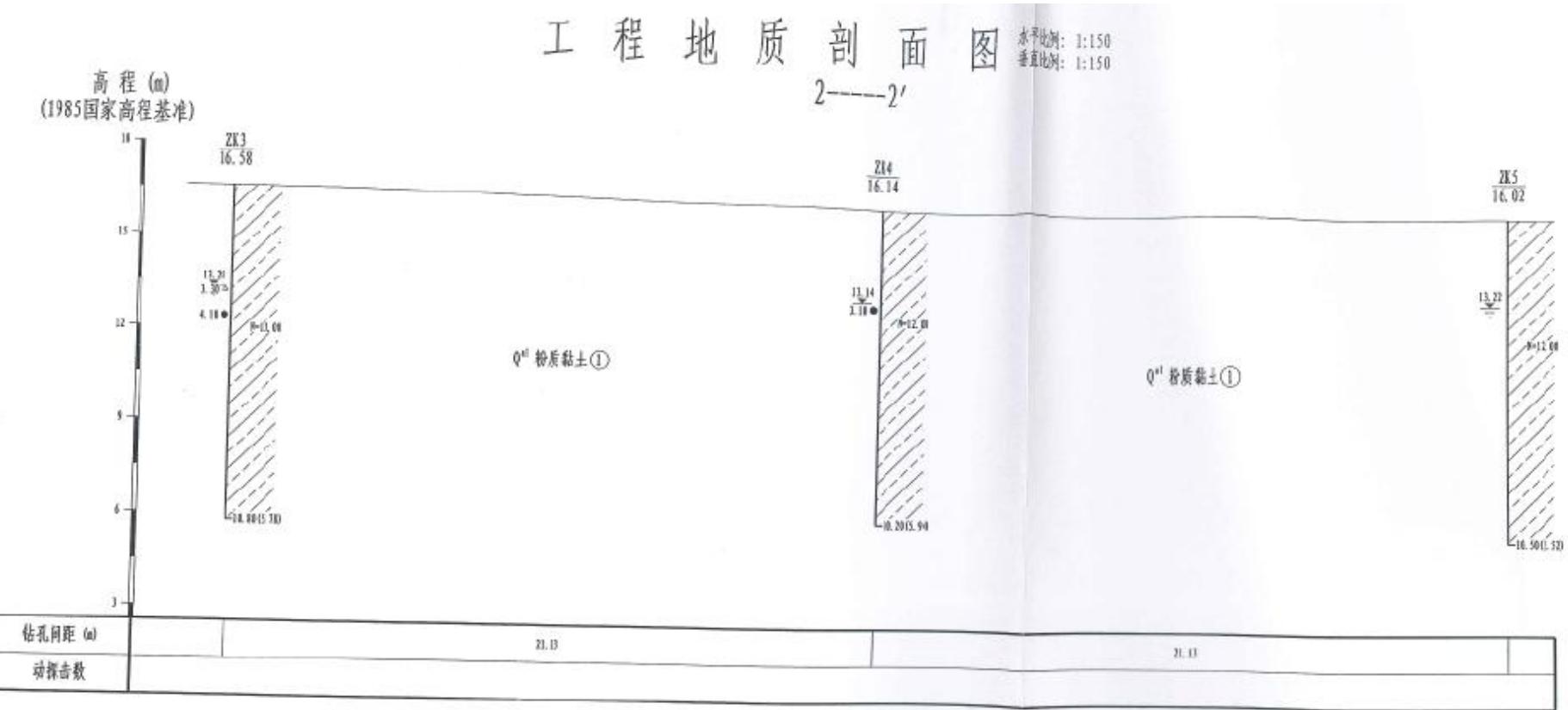


图 2-5 场地工程地质剖面图 (2-2')

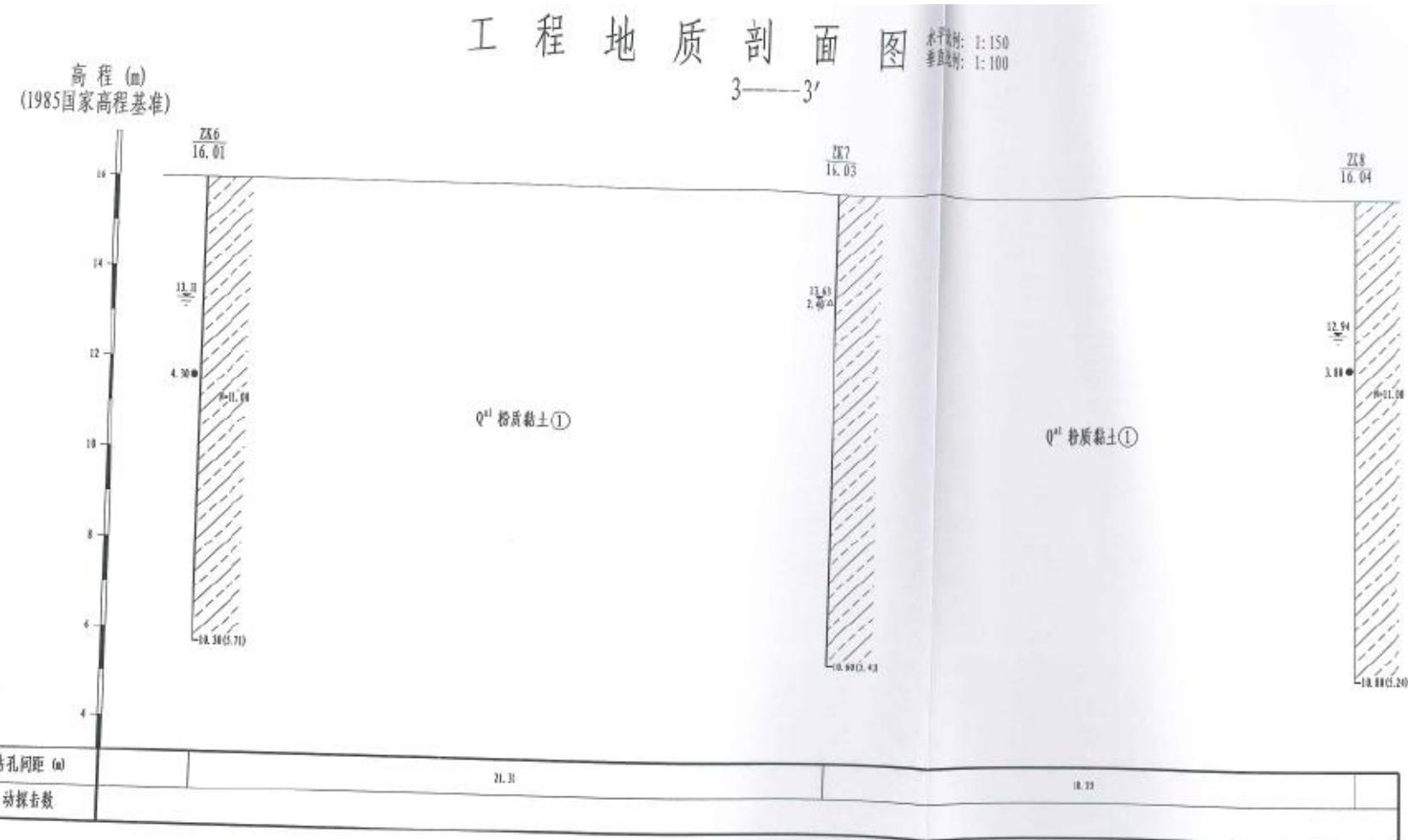


图 2-6 场地工程地质剖面图 (3-3')

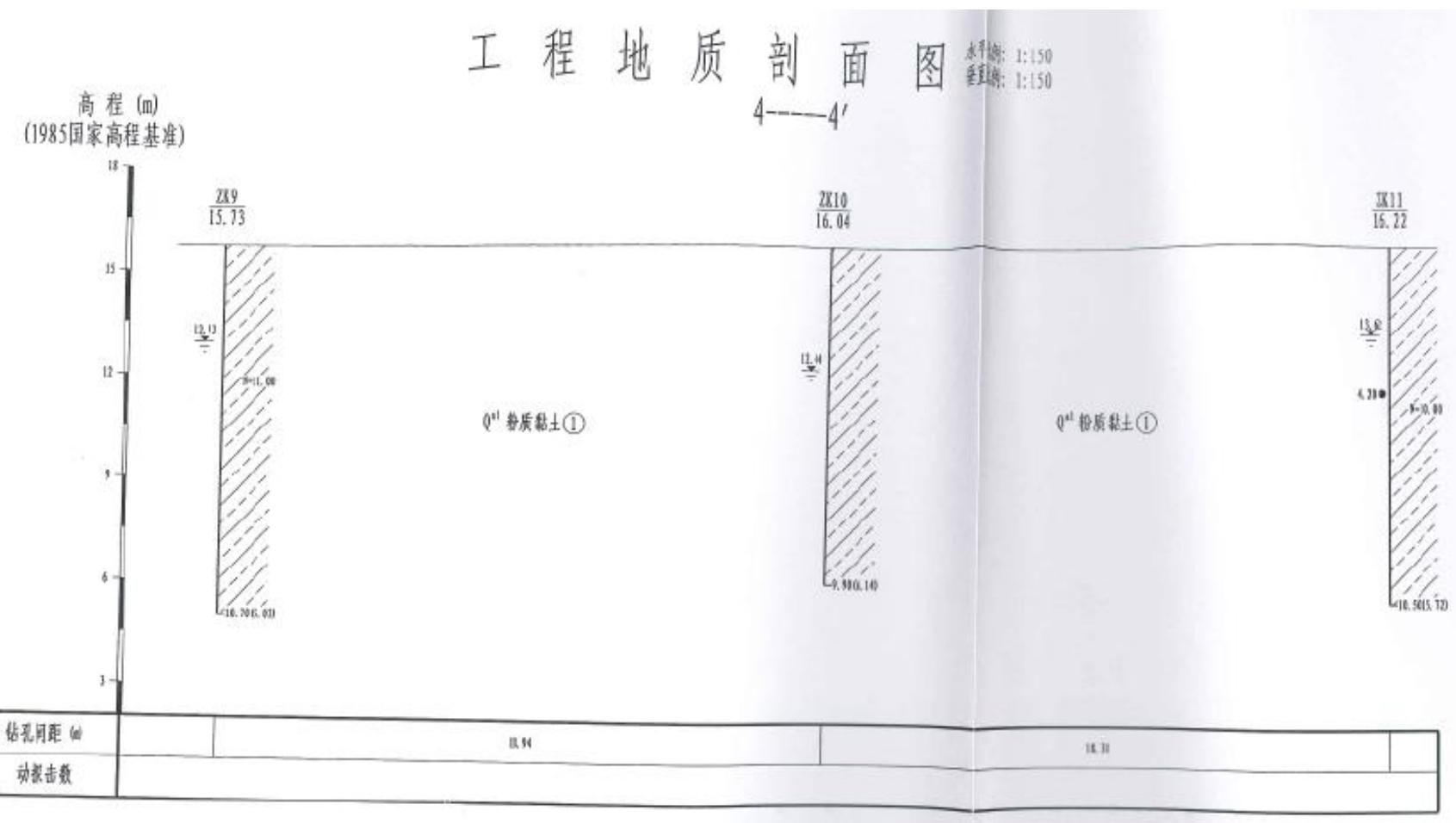


图 2-7 场地工程地质剖面图 (4-4')

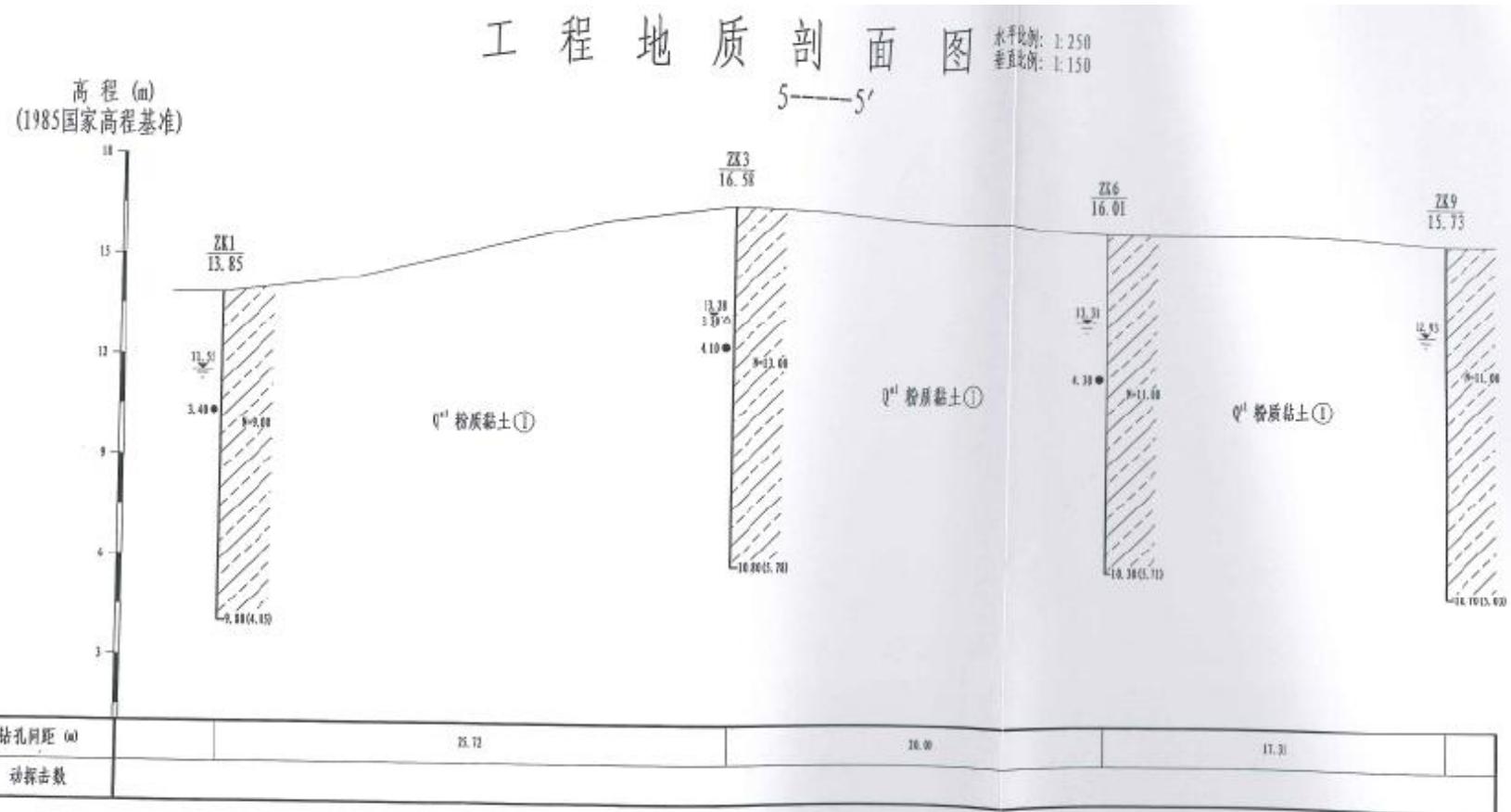


图 2-8 场地工程地质剖面图 (5-5')

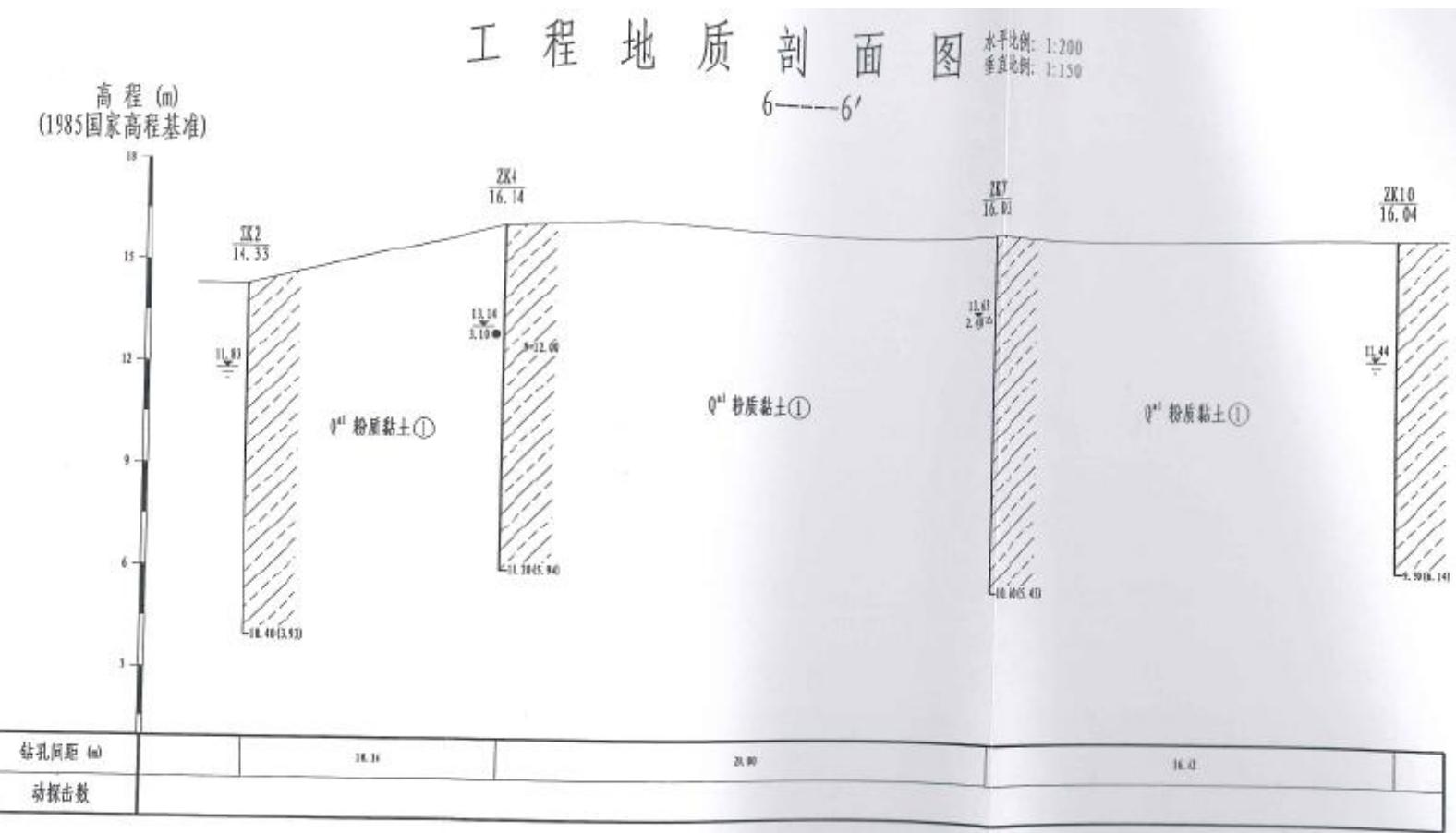


图 2-9 场地工程地质剖面图 (6-6')

# 工程地质剖面图

水平比例: 1:150

垂直比例: 1:150

7—7'

高程 (m)  
(1985国家高程基准)

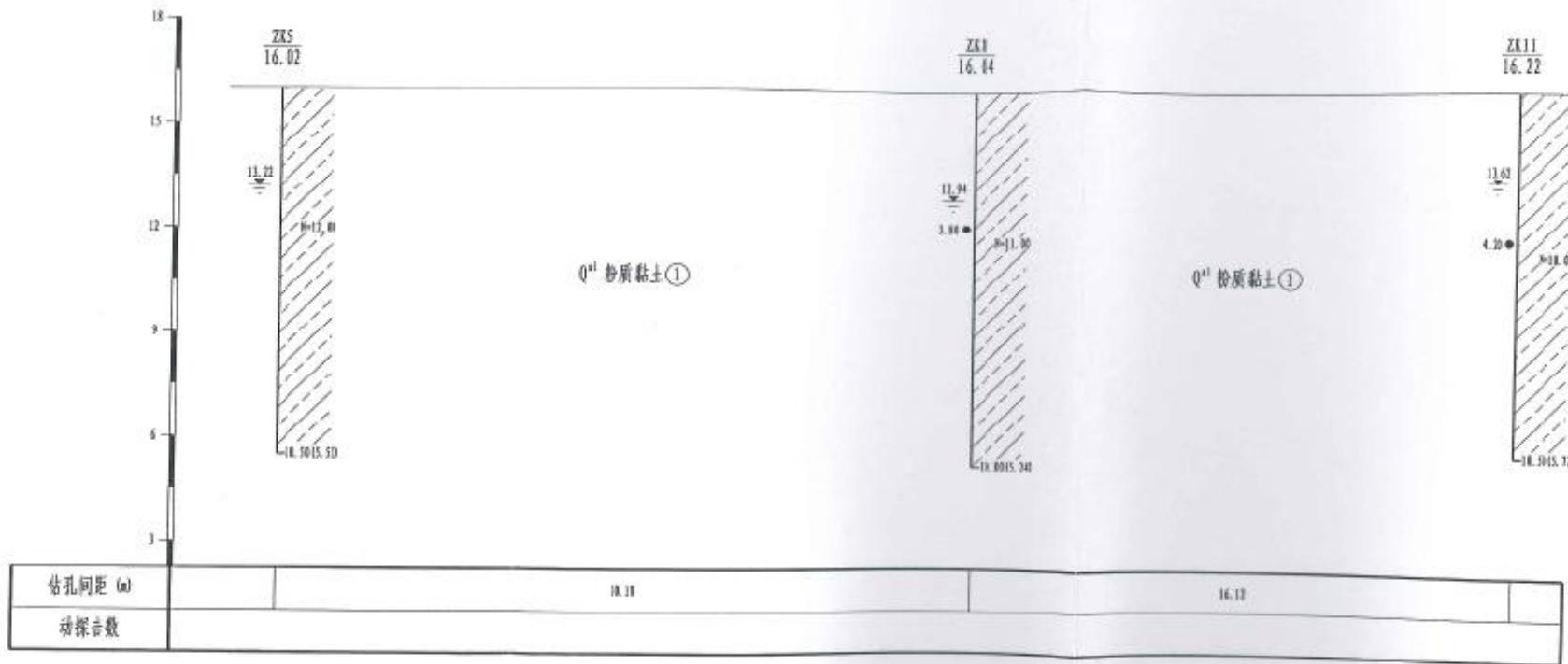


图 2-10 场地工程地质剖面图 (7-7')

## **2.1.2 社会经济环境**

### **2.1.2.1 经济概况**

2016 年，沅江市全市实现地区生产总值（GDP）255.51亿元，比上年增长7.3%。其中：第一产业增加值57.17亿元，增长3.6%；第二产业增加值96.88亿元，增长6.2%；第三产业增加值101.46亿元，增长10.5%。按年均常住人口测算，全市人均GDP 为36998元，比上年增长6.8%。三次产业结构由上年的22.2: 39.2: 38.6 调整为22.4: 37.9: 39.7，第三产业比重提高1.1个百分点，三次产业对经济增长的贡献率分别为10.9%、33.3%、55.8%。

2016年，全市完成工业增加值90.07亿元，同比增长6.1%。对经济增长的贡献率为30.8%，占GDP的比重达到35.3%。农业产业化水平加快提升。2016年新发展专业合作社125家，工商注册的农民专业合作组织达698个。农业产业化龙头企业81家（其中省级9家，2016年新增1家；益阳市级72家，2016年新发展5家）。建立了80多个农业产业化基地。成功组织8家芦笋加工企业参加了2016年农博会，其中有7家芦笋企业荣获“2016年中国中部国际农博会产品金奖”。“沅江芦笋”荣获2016湖南十大农业品牌。城镇建设步伐加快。主动对接“大益阳城市圈”，致力打造“生态水城”。完成景观风貌带建设，改造沿线民居254栋。2016年城市化率为50.25%，比上年提高1.01个百分点。

### **2.1.2.2 交通概况**

2016 年沅江市交通运输业稳步发展。益南高速、沅宁线、河南线顺利推进；益沅一级公路路面改造完工；漉湖特大桥、沅共大桥、通用机场申报顺利。2016年末全市民用车辆拥有量达10.13万辆，比上年增长8.3%。拥有汽车4.14万辆，增长13.7%。机动车驾驶员10.95万人，增长10.2%，其中汽车驾驶员6.28万人，增长18.9%。



图 2-11 沔江市交通示意图

## 2.2 场地周边概况

原沅江市电镀厂位于沅江市刘家冲琼湖街道，地理坐标为 N $28^{\circ}48'59.2''$ 、E $112^{\circ}22'42.8''$ ，厂区总面积约 3500 m<sup>2</sup>。原沅江市电镀厂西、南、东侧均有居民楼密集分布，与厂区距离最近不超过 5m，厂区东北侧 20m 为石矶湖，石矶湖为洞庭湖泥沙长期淤积后形成的内湖，厂区西北侧现为居民菜地，距厂区直线距离 80 m 处为沅江市桔园学校。

## 2.3 敏感目标

原沅江市电镀厂地块周边用地主要为公园绿地和教育用地，在场地中心位置 100m 范围内，原沅江市电镀厂环境敏感点位如下图与表所示。



图 2-12 环境敏感点分布图

表 2-1 本项目敏感点分布一览表

序号	敏感点名称	与本场地关系	最近距离(m)
1	石矶湖	场地东北侧	20
2	桔园学校	场地西南侧	80
3	居民楼	场地东侧	5
4	池塘	场地北侧	17

## 2.4 场地使用历史

调查场地属原沅江市电镀厂，厂区紧邻城市道路新源路，位于省道204东侧2.3 km，处于石矶湖西岸。

### 2.4.1 原企业发展变迁历程

原沅江市电镀厂前身为琼湖造船厂，造船厂于1958年开办，1987年停产，主要生产木质船舶，采用传统手工制作木船，据调查分析，几乎不会带来土壤环境的污染，原厂区占地面积约1900 m<sup>2</sup>。

1988年，沅江市琼湖街道小河咀村村民组组建集体企业，原琼湖造船厂改成立沅江市电镀厂，对原船厂厂房进行加盖修整，厂区面积扩大至约3500 m<sup>2</sup>，厂区建设完成后不再制造木质船舶，开始对五金半成品进行加工，主要生产内容为铬镀炼及锌镀炼。电镀厂镀铬生产工艺主要为CrO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>电镀铬，镀锌工艺主要为氰化钠-镀锌。厂区内无地下管线及罐槽，主生产车间内布置有8个电镀槽，2个硫酸池，4个碱液池，1个氰化钠池，一个废液池。生产过程中，电镀槽内废液携带污泥通过明渠排入废液池中，废液池中废液储存到一定量时，废液直接排入厂区外池塘。电镀工艺产生的废槽液和废水处理污泥等，在《国家危险废物名录》中，属于HW17类的危险废物。由于经济和环保等原因，根据国家政策，原沅江市电镀厂于2004年被关闭。企业关闭时，电镀槽、废液池中含铬废水及沉积物未得到有效清理。

原沅江市电镀厂生产区三个厂房相连，占地约1900 m<sup>2</sup>，高约7 m。其中主要生产车间占地约800 m<sup>2</sup>，电镀槽、碱液池、废液池等主要集中在此，左右两边厂房为原材料堆存库及成品堆存车间。厂区西侧为原电镀厂办公楼，占地面积约为660 m<sup>2</sup>。

场地位现地势相对西北侧稍高，较西侧较低，厂房基本结构保存较为完好，屋项及墙壁破败，地面基本硬化，厂区仍残留许多危险废物，主要为废槽液和电镀槽等。电镀槽内有残留的深黄色废液，废液池中残留有大量污废水，厂区围墙与废液池紧连，墙外现为菜地及居民楼，氰化纳池边墙体呈黄色，厂区无任何环保处理设施。厂房多处墙体脱落，屋顶破败，下雨时雨水直接落入厂房中，电镀废液有溢出的风险。

厂区无刺鼻性气味，未发现没有封闭或发生损坏的储存容器，无地上储存设施，电镀车间有一条废水明渠，电镀槽中深黄色电镀废液未处置，厂区废液池中污泥及废水亦未得到安全处置。厂区无原材料堆积，现存容器主要为电镀槽、碱液池、酸液池、废液池。



图 2- 13 原电镀厂厂房内现状

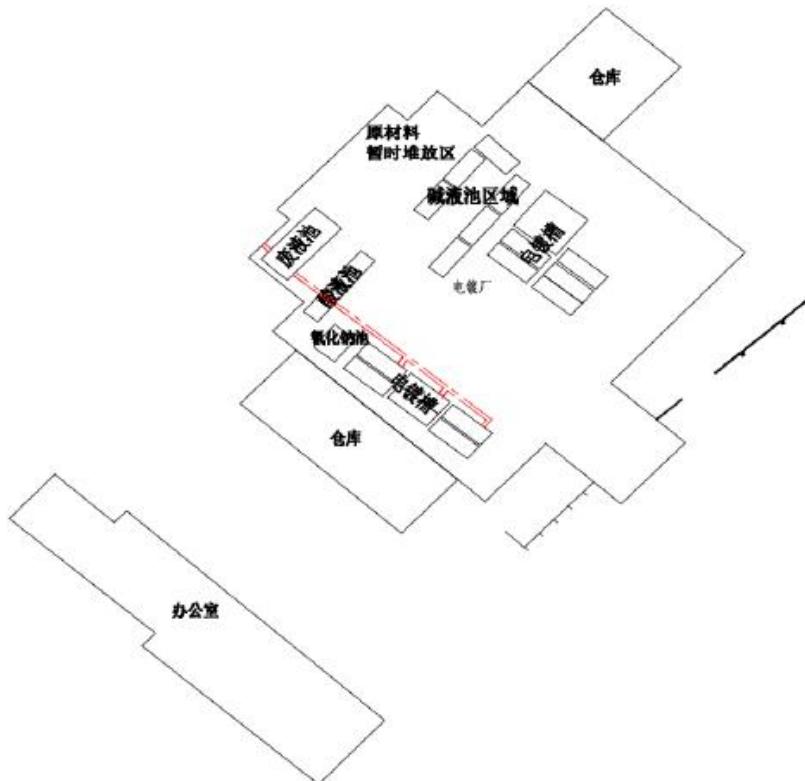


图 2- 14 原厂区平面图 (红色线条为排污渠)

## 2.4.2 原企业重大事故

据原电镀厂工作人员介绍，在电镀厂工作的两年期间以至离职后三年，一到夏天手便会奇痒无比，脱皮并长红色铬疮，痛苦难堪，其实质为铬慢性中毒。其原因可能是由于镀铬溶液的阴极效率很低，工业生产仅为13.18%，生产时会产生大量的氢气等气体，加之温度高，产生了严重危害工人健康的铬雾，而原沅江市电镀厂无任何排风机和铬雾回收装置，导致铬毒素进入人体血液。原沅江市电镀厂无任何环保处理设施，生产过程中产生的电镀废水中铬等重金属含量非常高，电镀废液贮存池存满后未经处理溢流直接由管道排入厂区外西北侧池塘，造成池塘水体及周边土壤受到污染，重金属因淋溶、迁移等作用向周围环境扩散并在土壤中积累，造成池塘中鱼类死亡。

## 2.4.3 原企业污染源分析

### (1) 原企业生产原辅材料

场地所属企业历史以来开始为木质船舶制作企业，后为镀锌铬的电镀企业，生产设施简陋。木质船制作工艺简单，以松木等为原材料，采用传统手工工艺制作，原辅材料对环境污染较少，本次仅以原沅江市电镀厂的生产作为污染分析。

原沅江市电镀厂电镀生产中，镀铬工艺所用原辅材料包括铬酸盐、硫酸等，镀锌工艺所用原辅材料包括氧化锌、氰化钠、氢氧化钠。镀锌及镀铬原辅材料及化学成分如表2-2及表2-3所示。

表 2-2 原电镀厂镀铬原辅材料

类别	名称	化学组分
原材料	阴极	五金半成品
	镀铬液	$\text{CrO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Cr}^{3+}$
辅料	阳极	铅锑合金

表 2-3 原电镀厂镀锌原辅材料

类别	名称	化学组分
原材料	阴极	五金半成品
	镀锌液	ZnO、NaOH、氰化钠
辅料	阳极	Zn
	水	H <sub>2</sub> O

## (2) 原企业生产工艺流程

原沅江市电镀厂以铬镀炼及锌镀炼为主，其中镀铬生产工艺流程 CrO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-电镀铬，镀锌工艺为氰化钠-镀锌，原理如下(图2-15):

### 1) 镀铬生产工艺

#### ①除油

金属表面易沾有油污，这对电镀液在金属表面的覆盖是有害的，为保持镀片表面清洁，需要对镀片进行除油，将五金半成品在NaOH碱液池中浸泡，再用清水洗净晾干。

#### ②浸蚀

铬电镀对杂质特别敏感，其主要有害物质有Zn<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>、Cu<sup>2+</sup>、Pb<sup>2+</sup>等。因此，需将五金半成品在电镀之前，置于H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>中浸泡，使镀层能在镀片表面较容易生成。

#### ③电镀铬：

以五金半成品为阴极，铅锑合金为阳极，硫酸及铬酸盐为镀铬液，同时在电镀过程中不断的补充铬酸酐，通过电解过程使铬不断在阴极表面沉积。阴极反应[(1)]和阳极反应[(2)(3)]如下：



一般五金半成品零件镀铬工艺流程为：工件机械处理（抛光、吹砂）→空气吹扫→人工擦拭→上挂具→化学脱脂→热水洗→电解脱脂→热水洗→冷水洗→酸洗→冷水洗→弱酸洗→冷水洗（2 级）→电镀铬→回收→热水洗→冷水洗→出光→冷水洗→钝化→冷水洗→封闭→热水洗→烘干→下挂具→除氢→后加工。

## 2) 镀锌生产工艺

### ①除油

金属表面易沾有油污，这对电镀液在金属表面的覆盖是有害的，为保持镀片表面清洁，需要对镀片进行除油，将五金半成品在NaOH碱液池中浸泡，再用清水洗净晾干。

### ②浸蚀

随氰化钠的降低，氰化镀液对杂质的敏感性会持续增加。因此，需将五金半成品在电镀之前，置于H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>中浸泡，使镀层能在镀片表面较容易生成。

### ③电镀锌：

以五金半成品为阴极，优质锌为阳极，锌、氧化锌、氢氧化钠、氰化钠以一定配比制成的溶液为镀锌液，同时在电镀过程中不断的补充锌粉，通过电解过程使锌不断在阴极表面沉积。

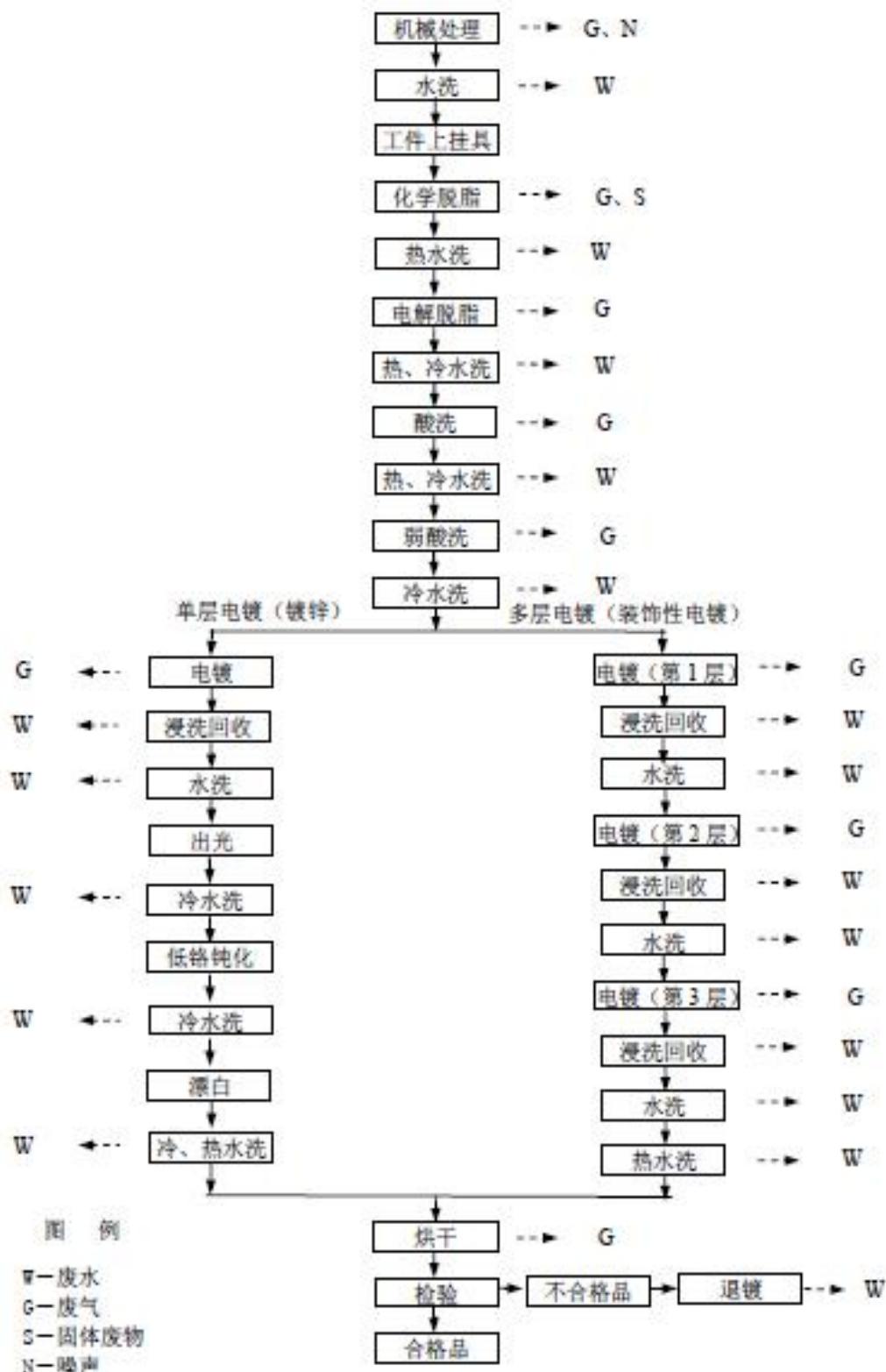


图 2-15 电镀生产工艺及产物环节示意图

### (3) 主要车间及设备

调查场地占地约 1900 m<sup>2</sup>，所属企业原生产车间主要有电镀液配制车间、五

金件半成品清洗车间、电镀车间。主要设备有电镀槽、碱液池、酸液池及氰化钠池。

#### 2.4.4 相邻场地的使用现状

原沅江市电镀厂相邻场地现状如下图(图2-15、2-16)所示。厂区西北侧场地现为荒地，部分被居民开垦做菜地，另有两个鱼池（由于电镀厂废水曾经排入池塘，居民不再投放鱼苗）；厂区东北侧、东侧为石矶湖；厂区西侧和南侧为密集的居民楼，对本场地无环境影响。场地周边主要被居民住房包围，一些居民家中有水井，虽现在居民家中都已接入自来水，但仍有居民使用井水洗衣、洗手等。场地西南侧约70米为桔园学校，位于G204道路旁。



图 2- 16 相邻场地使用现状



图 2-17 周边相邻区域现状图

#### 2.4.4.1 场地东北侧石矶湖水环境现状

厂区东北侧约20 m即为石矶湖，石矶湖是洞庭湖由于长期的湖泊淤积过程而形成的内湖。沅江市地表水共有三个国控监测断面和1个省控断面，分别为南嘴、小河嘴、万子湖、后江湖。因此，石矶湖并不属于国控或省控断面。

本次评价采用2017年6月6日沅江市环境监测站对石矶湖的监测数据。监测项目主要有：pH值、化学需氧量、五日生化需氧量、总氮、总磷、氨氮、粪大肠菌群等。监测结果见表2-4。

表 2- 4 石矶湖水环境质量监测结果

监测点位	分析项目及结果(mg/L) (pH 无量纲)						
石矶湖	pH	COD <sub>cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	氨氮	总氮	总磷	粪大肠菌群
	7.49	16.0	3.0	0.38	0.61	0.141	1700
《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的III类	6-9	20	4	1.0	≤1.0	0.2	≤10000

从监测结果可知，石矶湖监测断面除总氮超标外其他各监测因子均达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准，石矶湖地表水环境良好(图2-18)。



图 2- 18 石矶湖现状

#### 2.4.4.2 厂区南侧场地现状调查

##### (1) 厂区南侧场地现状

厂区南侧大门紧连水泥马路，马路对面为居民住宅。距房屋主人介绍，在沅江电镀厂还未建立之前，他们已在此居住。沅江电镀厂的前身琼湖造船厂便是这

附近居住居民共同建造。厂区南侧现状如下图2-18所示。



图 2- 19 厂区南侧场地现状

## (2) 厂区南侧场地风险分析

为调查厂区南侧马路对面居民家是否受到沅江电镀厂的污染影响,对该户家中井水(水样1#)进行了采样送检,检测结果表明,居民家中井水未受到污染。此外,根据现场钻孔情况来看,厂区南侧点位钻孔达到8 m深时,亦未见地下水。这可能是由于厂区南侧和西侧相较而言地势高,且沅江电镀厂所在区域为丘陵地,土壤为粘土土质,有天然防渗作用所致。综上,厂区南侧居民家受到沅江电镀厂污染的可能性小。

### 2.4.4.3 厂区西侧场地现状调查

#### (1) 厂区西侧场地现状

厂区西侧为水泥硬化地面,约距厂区10 m开外为琼湖街道办小河咀社区居委会的办公楼。厂区西侧现状如下图所示。



图 2-20 厂区西侧场地现状

#### (2) 厂区西侧场地风险分析

为调查厂区西侧平地土壤是否受到沅江电镀厂的污染影响,对西侧平地土壤进行了检测,数据显示未超标。此外,根据11#孔位的检测结果(详见表 ),厂区西侧点位土壤水浸未超过《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中IV类标准。推测可能是由于西侧平面地表硬化,且厂区西侧地势较高所致。因此,沅江电镀厂对西侧环境风险较小。

#### 2.4.4.4 厂区东南侧场地现状调查

##### (1) 厂区东南侧场地现状

厂区东南侧为水泥硬化路面,距离厂区3 m处为一栋居民住宅。厂区东南侧现状如下图所示。



图 2-21 厂区东南侧场地现状

## (2) 厂区东南侧场地风险分析

为调查厂区东南侧居民家是否受到沅江电镀厂的污染影响,对该户家中井水(水样4#)进行了采样送检。检测结果表明,居民家中井水未受到污染。此外,根据现场钻孔情况来看,厂区南侧点位钻孔达到8 m深时,亦未见地下水。所以,厂区南侧居民家受到沅江电镀厂污染的可能性小。

### 2.4.5 场地利用规划

原沅江市电镀厂治理项目实地地点为琼湖琼道办事处原万子湖船厂。经核对《湖南省沅江市城市总体规划(2011-2030)》,该处位于规划枫杨路北侧,用地性质大部分为公园绿地(G1),其他为防护绿地(G2)和教育用地(A33)(附件3)。

其中公园绿地(G1)(服务于中小学)和中小学用地(A33)属于《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管理标准(试行)》(GB36600-2018)中的第一类用地,约3000m<sup>2</sup>,占总面积的85%;防护绿地(G2)属于《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管理标准(试行)》(GB36600-2018)中的第二类用地,约500m<sup>2</sup>,占总面积15%。本项目场地红线范围内建设用地类型划分具体情况如下图所示(粉色、青绿色区域为第一类用地,深绿色为第二类用地),见图2-23。

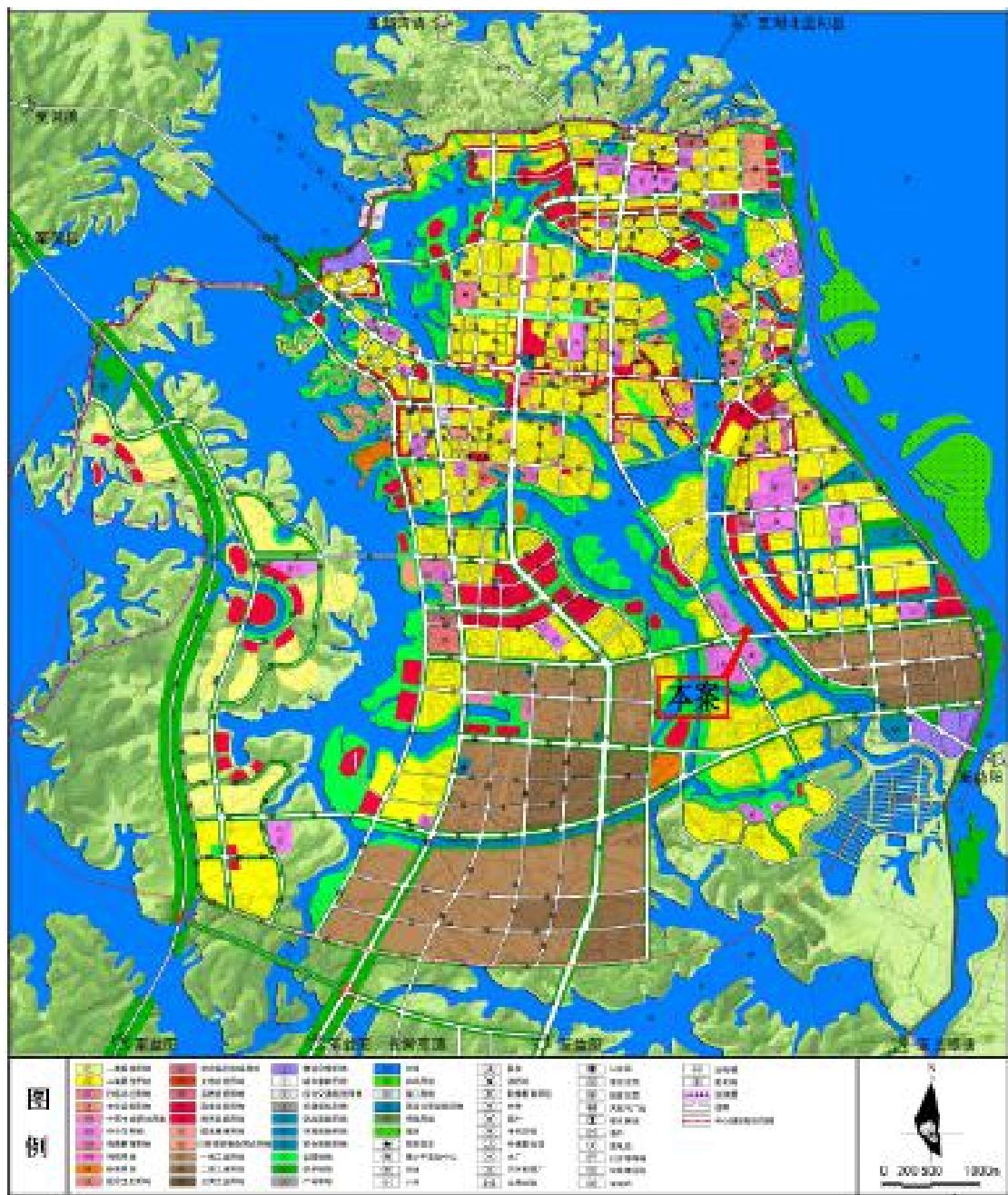


图 2-22 用地规划示意图（一）

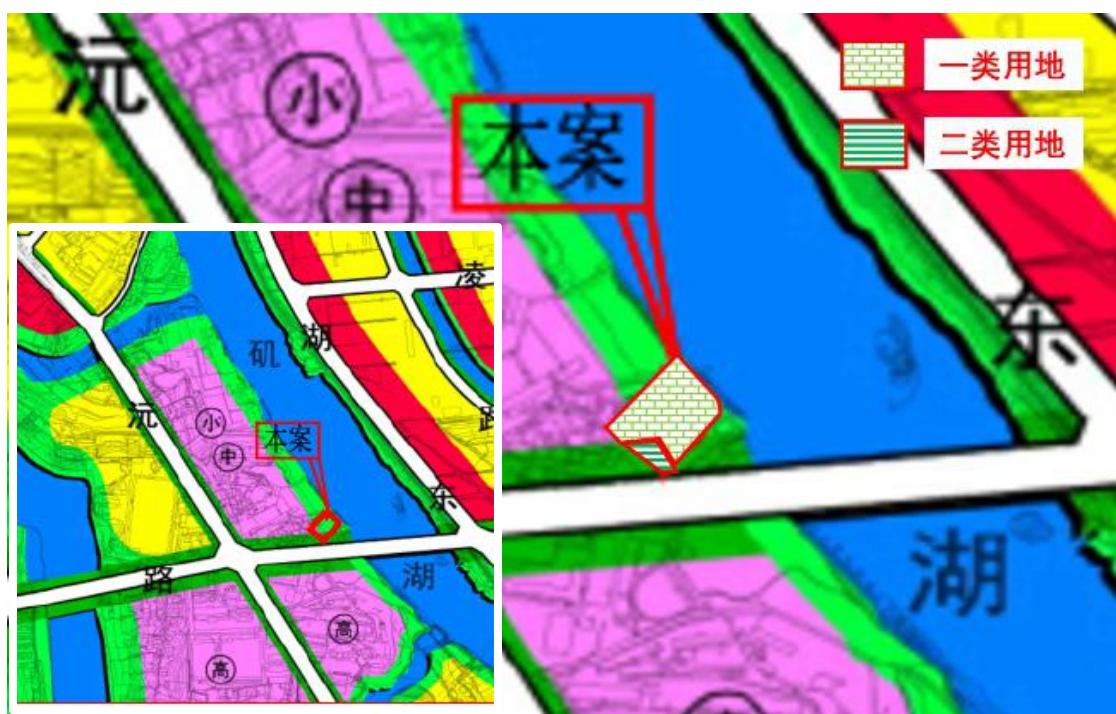


图 2-23 用地规划示意图（二）

## 第3章 场地污染调查及结论

原沅江市电镀厂污染场地于2017年由湖南新九方检测技术有限公司开展场地调查，经初步调查和详细调查编制了《原沅江市电镀厂土壤污染治理项目场地调查报告》（2017年），鉴于国家土壤法的颁布和国家生态环境部关于土壤污染修复的新的管理要求需要补充编制环境风险评估报告。为满足补风险评估报告编制的要求，在以前的污染场地调查成果的基础上，针对主要污染区域进行补充调查，汇总分析前后的调查结果形成调查结论。

### 3.1 原初步调查

#### 3.1.1 初步调查布点方案

初步调查共设土壤监测点16个（表3-1），初步确定场地污染范围。再进一步确定场地污染程度、污泥和土壤的属性。初步检测区域位置图如图3-1、图3-2。其中位于第一类用地区域内的点位有：1、2、3、4、5、7、8、9、10、12、13、14、15、16，共计14处点位。位于第二类用地区域内的点位有：6、11，共计两个点位。



图 3-1 厂区周边初步检测区域位置示意图

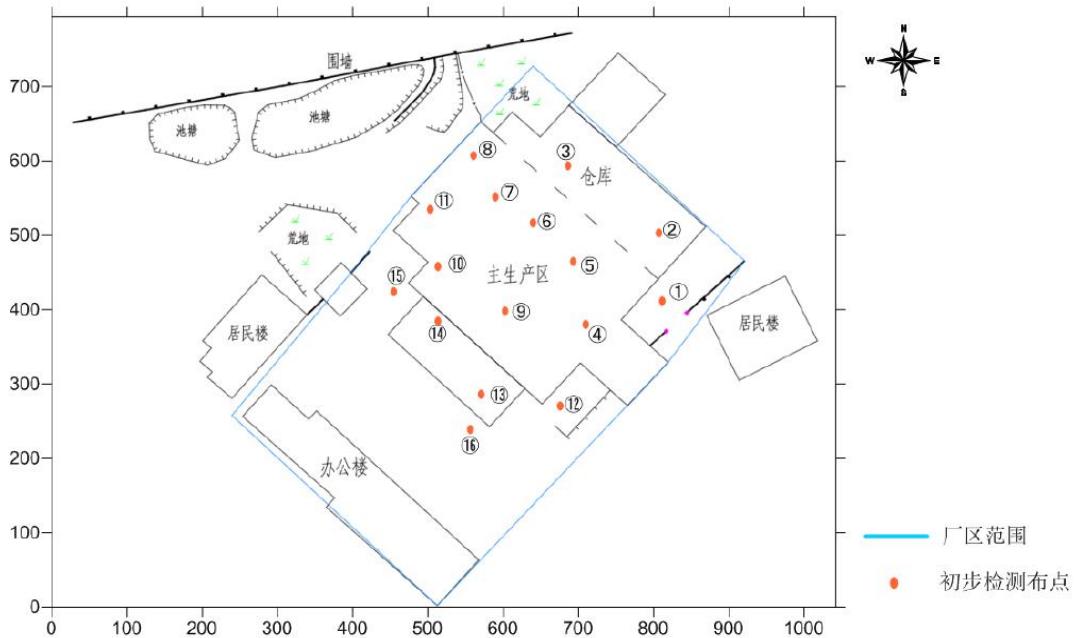


图 3-2 厂区初步检测布点图

表 3-1 厂区初步检测布点坐标

采样点名称	坐标	
	经度	纬度
①	112°22'43.240"E	28°48'59.367"N
②	112°22'43.157"E	28°48'59.788"N
③	112°22'42.772"E	28°49'0.104"N
④	112°22'42.741"E	28°48'59.282"N
*⑤	112°22'42.860"E	28°48'59.545"N
⑥	112°22'42.726"E	28°48'59.666"N
⑦	112°22'42.584"E	28°48'59.782"N
⑧	112°22'42.443"E	28°48'59.951"N
⑨	112°22'42.393"E	28°48'59.237"N
*⑩	112°22'42.068"E	28°48'59.433"N
*⑪	112°22'42.079"E	28°48'59.703"N
⑫	112°22'42.632"E	28°48'58.749"N
⑬	112°22'42.136"E	28°48'58.928"N
⑭	112°22'42.018"E	28°48'59.223"N

*⑯	112°22'41.672"E	28°48'59.335"N
⑯	112°22'42.107"E	28°48'58.772"N

### 3.1.2 初步调查结论

为了确定场地土壤的重金属含量浓度，对现场表层土壤进行送测，初步确定场地土壤中重金属含量，并取场地深层土壤样品进行重金属检测，以初步确定污染深度。

对厂区及厂区周边土壤进行检测，发现厂区土壤存在重金属超标现象。根据《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T1165-2016）和《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》，本场地修复目标用地类型为公园绿地、教育绿地与防护绿地，检测结果如表3-2所示。

表 3-2 原沅江市电镀厂厂区布点检测结果

序号	深度 (m)	样品状态	检测结果 (mg/L)				
			Pb	Cr	Cu	Zn	As
①	表层	土壤	35	44	18	45	<LOD
②	表层	土壤	49	52	23	140	8
	1.0	土壤	22	52	26	67	17
	2.0	土壤	14	48	22	54	12
③	表层	土壤	46	48	32	47	11
④	表层	土壤	153	254	368	289	15
*⑤	表层	土壤	146	531	1312	948	21
	1.0	土壤	86	348	821	870	25
	2.0	土壤	58	184	784	645	7
	3.0	土壤	36	78	315	252	10
⑥	表层	土壤	74	448	735	289	22
⑦	表层	土壤	81	254	368	789	9
⑧	表层	土壤	319	330	261	725	16
⑨	表层	土壤	355	476	776	412	11

*(10)	表层	土壤	2125	765	896	2580	8
	1.0	土壤	1013	595	548	947	13
	2.0	土壤	437	479	465	435	9
	3.0	土壤	204	345	324	358	<LOD
*(11)	表层	土壤	299	584	1056	1851	252
	1.0	土壤	103	433	823	894	44
	2.0	土壤	146	224	536	601	13
	3.0	土壤	104	181	158	229	15
(12)	表层	土壤	225	256	483	458	12
(13)	0.5	土壤	206	480	218	721	9
	1.0	土壤	48	95	35	80	11
	2.0	土壤	15	66	25	78	13
(14)	表层	土壤	67.08	438	31	88	11
*(15)	表层	土壤	54	53	36	79	9
	1.0	土壤	35	<LOD	75	165	29
	2.0	土壤	64	64	29	73	15
(GB36600-2018) 第一类用地筛选值			400	-	2000	-	40

备注: 1)原场调报告中评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2018) 中的居住用地标准;

2) “<LOD”表示未检出, 即含量低于检测限;

3) \*为钻孔点位。

原沅江市电镀厂场调报告中, 评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2016), Pb、As、Cr、Cu、Zn 存在超标。在风险评估报告中, 评价标准为《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管理标准》(GB36600-2018)中的第一类、第二类用地筛选值, Pb、As 存在超标情况, 总 Cr 不计入污染物项目中, Cr(VI)需要进行检测, Cu、Zn 没有污染超标点位。

0.5m 处, (5)、(6)、(11)点处 As 超标 , 最高超标 3.2 倍; Pb 仅(10)超标, 超标 4.3 倍。

1m 处, Pb 仅⑩超标, 超标 1.53 倍; As 仅⑬超标, 超标 0.45 倍。

2m 处, Pb 仅⑩超标, 超标 0.1 倍。

### (1) 厂区西北侧荒地

由于厂区西北侧荒地较厂区地势低, 有必要对西北侧荒地进行土样检测。检测结果如下表所示。

表 3-3 原沅江市电镀厂西北侧荒地布点检测结果

序号	坐标	检测结果(mg/kg)				
		Pb	As	Zn	Cr	Cu
1-1	28°49'0.04" N, 112°22'41.19"E	8998	/	1.67×10 <sup>4</sup>	2.07×10 <sup>4</sup>	5681
1-2	28°49'0.46"N 112°22'40.65"E	186	7	395	296	265
重金属污染场地土壤修复标准 (DB43 T1165-2016)		280	50	500	400	300
(GB36600-2018) 第一类用地 筛选值		400	40	-	-	2000

从现场检测结果可以看出, 厂区西北侧荒地3-1号检测点位Pb、Zn、Cr和Cu超标, 其中Pb超标31.14倍, Zn超标32.40倍, Cr超标50.75倍, Cu超标17.93倍。因此, 有必要对厂区西北侧荒地土壤污染情况进行详细调查, 将其纳入此次土壤污染治理区域。

### (2) 厂区东南侧菜地现场探测

厂区东南侧菜地距厂区直线距离仅15 m, 有必要对东南侧菜地进行土样检测。检测结果如下表。

表 3-4 原沅江市电镀厂东南侧菜地布点检测结果

序号	坐标	检测结果(mg/kg)				
		Pb	As	Zn	Cr	Cu
2-1	28°42'15.97"N, 112°53'39.71"E	54	11	68	74	185
(GB36600-2018) 第一类用地筛选值		400	20	-	-	2000

备注: 评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43 T1165-2018) 中的居住用地标准;

从现场检测结果可以看出, 厂区东南侧菜地土壤重金属未超标。不属于本次土壤污染治理区域。

### (3) 厂区西侧平地现场探测

厂区西侧紧邻水泥硬化地面，10 m开外为社区居委会办公楼，有必要对厂区西侧土壤进行检测。

表 3-5 原沅江市电镀厂东南侧菜地布点检测结果

序号	坐标	检测结果(mg/kg)				
		Pb	As	Zn	Cr	Cu
2-1	28°42'15.97"N, 112°53'39.71"E	54	11	68	74	185
(GB36600-2018)第一类用地筛选值		400	20	-	-	2000

备注：评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43 T1165-2016) 中的居住用地标准；

从现场检测结果可以看出，厂区西侧土壤重金属未超标。不属于本次土壤污染治理区域。本次土壤污染治理区域确定为原沅江市电镀厂厂区以及地势相对较低的西北侧荒地，土壤修复范围边界如下所示。

本次土壤污染治理区域确定为原沅江市电镀厂厂区以及地势相对较低的西北侧荒地，土壤修复范围边界如下所示。

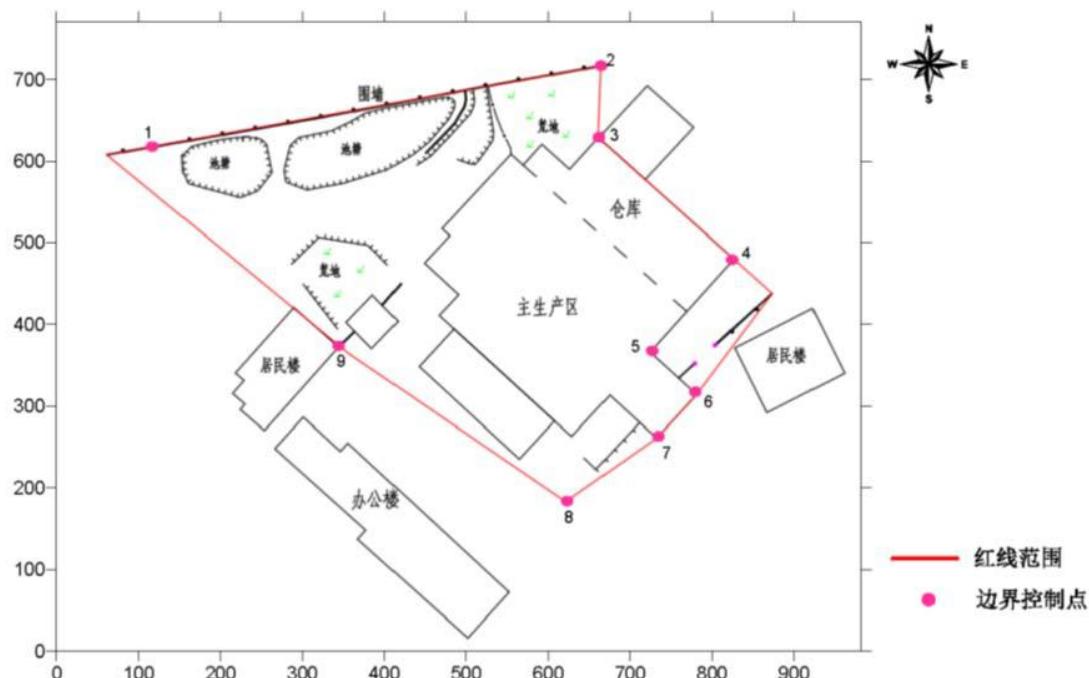


图 3-3 土壤修复范围边界控制点（1~9）

表 3-6 污染土壤修复范围边界控制点坐标

编号	经度	纬度
1	E 112°22'40.04"	N 28°49'0.37"
2	E 112°22'42.55"	N 28°49'0.84"
3	E 112°22'42.75"	N 28°49'0.44"
4	E 112°22'43.43"	N 28°48'59.87"
5	E 112°22'43.05"	N 28°48'59.53"
6	E 112°22'43.20"	N 28°48'59.36"
7	E 112°22'42.74"	N 28°48'58.98"
8	E 112°22'42.19"	N 28°48'58.69"
9	E 112°22'41.21"	N 28°48'59.40"

## 3.2 原详细调查

### 3.2.1 布点原则

根据《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），详细调查阶段采样点布设原则如下：

(1) 对于污染较均匀的地块（包括污染物种类和污染程度）和地貌严重破坏的地块（包括拆迁性破坏、历史变更性破坏），可采用系统布点法划分工作单元，在每个工作单元的中心采样；

(2) 如地块不同区域的使用功能或污染特征存在明显差异，则可根据土壤污染状况调查获得的原使用功能和污染特征等信息，采用分区布点法划分工作单元，在每个工作单元的中心采样；

(3) 单个工作单元的面积可根据实际情况确定，原则上不应超过1600m<sup>2</sup>；

(4) 对于每个工作单元，表层土壤和下层土壤垂直方向层次的划分应综合考虑污染物迁移情况、构筑物及管线破损情况、土壤特征等因素确定。采样深度应扣除地表非土壤硬化层厚度，原则上应采集0~0.5 m 表层土壤样品，0.5 m

以下下层土壤样品根据判断布点法采集，建议0.5~6 m土壤采样间隔不超过

2m；不同性质土层至少采集一个土壤样品。同一性质土层厚度较大或出现明显污染痕迹时，根据实际情况在该层位增加采样点。

(5) 一般情况下，应根据地块土壤污染状况调查阶段性结论及现场情况确定下层土壤的采样深度，最大深度应直至未受污染的深度为止。

### 3.2.2 布点方案

#### (1) 土壤

本项目污染因子、污染区域很明确，因此采用专业判断布点法，详细调查阶段设置土壤调查点10个。进一步确定场地污染程度、污泥和土壤的属性。初步检测区域位置图如图3-1、图3-2。其中位于第一类用地区域内的点位有：1、3、4、5、7、8、9、10、，共计8处点位。位于第二类用地区域内的点位有：6、11，共计2个点位。

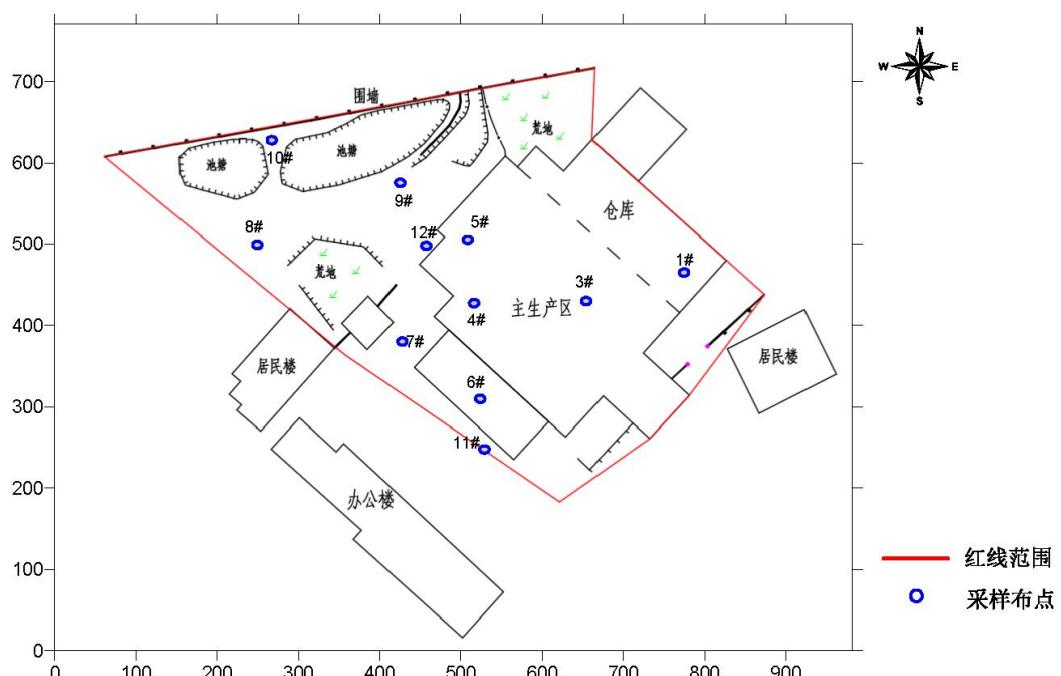


图 3- 4 污染场地钻孔取样布点图

表 3- 7 采样点位坐标信息一览表

采样点名称	坐标
1#	N 28°48'59.83", E 112°22'43.01"
3#	N 28°48'59.59", E 112°22'42.71"

4#	N 28°48'59.38", E 112°22'42.16"
5#	N 28°48'59.62", E 112°22'41.91"
6#	N 28°48'59.17", E 112°22'41.92"
7#	N 28°48'59.43", E 112°22'41.36"
8#	N 28°48'59.95", E 112°22'40.94"
9#	N 28°49'0.24", E 112°22'41.58"
10#	N 28°49'0.17", E 112°22'40.78"
11#	N 28°48'58.89", E 112°22'41.89"

## (2) 地下水

初步调查中未对本项目地下水是否受到污染进行检测。详细调查阶段对重点关注的敏感目标(原电镀厂)内的池塘水、池塘底泥，以及周边居民家中的井水进行补充取样调查，对污染进行判断。

### 3.2.3 详细调查结论

#### 3.2.3.1 第一类用地土壤区域

第一类用地范围内布设土壤取样点8个，送检场地8个点位土壤样品共26个，东南侧距厂区15米土壤1个，检测铅、铜、总铬、锌、砷、六价铬6个指标。由于3#点位0.5m处、4#点位0.5m和2m处、5#点位0.5m、1m和3.0m处、9#点位0.5m处土壤样品采集分量不足，因此在第三阶段场地环境调查过程中，对上述位置进行了补充采样，共采集土壤样品7个，补充检测指标Cr<sup>6+</sup>。对第一类用地范围内的关注污染物进行分析，结果如下：

表 3-8 第一类用地土壤样品检测结果

布点	样品标识	深度 (m)	检测结果 (mg/kg)					
			铅	砷	锌	六价铬	铬	铜
1#	沅江①	0.5	188	16.4	275	10	100	51
	沅江②	1.0	46.7	20.1	116	<2	82	56
	沅江③	2.0	40.8	13.8	134	<2	100	44

3#	土样 3#	0.5	2280	/	59000	235	30400	18800
	沅江 7	1.0	203	15.9	836	<2	357	2870
	沅江 8	2.0	128	13.9	258	27	161	1320
	沅江 9	3.0	34.7	14.7	148	3	121	297
4#	土样 2#	0.5	30100	/	8650	<2	9230	531
	沅江 11	1.0	45.4	14.7	178	10	130	68
	沅江 12	2.0	29.2	12.8	102	<2	82	52
5#	土样 1#	0.5	9300	8.42	4420	<2	8360	607
	5#土样	1.0	117	17.6	2330	<2	1510	775
	沅江 15	2.0	48	16	234	9	532	142
	沅江 16	3.0	45.2	14.9	111	<2	69	49
8#	土样 7#	0.5	122	19	294	<2	108	104
	沅江 23	1.0	44.7	15.1	165	<2	124	82
	沅江 24	2.0	46.3	14.7	265	<2	86	77
9#	4#土样	0.5	461	21.7	2760	3	3820	1700
	沅江 26	1.0	174	18.1	1040	24	1610	898
	沅江 27	2.0	51.3	16.6	243	<2	218	137
背景点	沅江 0#		21.9	17.7	80.5	<2	82	28
	沅江 00#		24.3	15.5	84.7	<2	84	28
(GB36600-2018) 第一类用地筛选值			400	20	-	3	-	2000

备注：原场调报告中评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2016) 中居住用地标准。

表 3-9 厂区东南侧土壤样品总量检测结果

样品标识	深度(m)	检测结果 (mg/kg)
------	-------	--------------

		铅	砷	锌	铬	铜
土样 8#	0.2	232	23.5	491	123	94
(GB36600-2018)第一类用地筛选值	<b>400</b>	<b>20</b>	-	-	<b>2000</b>	

备注：本表评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2016)中居住用地标准。

原沅江市电镀厂场调报告中，评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2018)，Pb、Cr、Cr(VI)、Zn、Cu 超标，As 未超过标准。在风险评估报告中，评价标准为《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018)中的第一类用地筛选值，Pb、As、Cr(VI)、Cu 超过筛选值，其中：

0.5m 处深度土壤中，Pb、As、Cr(VI)、Cu 存在超标现象，Pb 最高超标 74.25 倍，最低超标 0.15 倍；As 最高超标 0.085 倍；Cr(VI)最高超标 77.3 倍，最低超标 2.3 倍；Cu 最高超标 8.4 倍。

1.0m 处深度土壤中，As、Cr(VI)、Cu 存在超标现象，As 最大超标 0.005 倍；Cr(VI)最高超标 7 倍，最低超标 2.3 倍；Cu 超标 0.435 倍。

2.0m 处深度土壤中，仅 Cr(VI)存在超标现象，最大超标 8 倍，最低超标 2 倍。

### (1) 场地土壤镉污染情况核实

为掌握原沅江市电镀厂土壤是否受到镉污染，对3#-0.5m、4#-0.5m、4#-2m、5#-0.5m、5#-1.0m、8#-0.5和9#-0.5m处土壤中重金属镉进行了总量和水浸分析，检测结果如表3-10所示。将总量检测结果比对《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2016) 中居住用地标准、水浸检测结果比对《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV类可知，场地土壤并未受到镉污染。

表 3- 10 Cd 总量检测结果

样品标识	点位	深度 (m)	检测结果 (mg/kg)
			镉

BC-1	3#	0.5	0.35
BC-2	4#	0.5	<0.05
BC-3	4#	2.0	0.10
BC-4	5#	3.0	0.10
BC-5	5#	1.0	0.79
BC-6	5#	0.5	0.72
BC-7	9#	0.5	0.10
<b>(GB36600-2018) 第一类用地筛选值</b>			<b>20</b>

备注：本表评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2018) 中居住用地标准。

## (2) 场地氰化物污染情况核实

为掌握原沅江市电镀厂主生产车间土壤氰化物污染情况，对电镀槽边（3#）、氰化钠池边（4#）、废液池边（5#）土壤中氰化物进行了酸浸和水浸分析，检测结果如表3-11和3-12所示。将酸浸检测结果比对《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB 5085.3-2007）中浓度限值、水浸检测结果比对《污水综合排放标准》》（GB 8978-1996）可知，场地土壤并未受到氰化物污染。

同时，为确定水体氰化物污染情况，补充采集了电镀槽废液样品1个和池塘水体1个。将电镀槽液检测结果比对《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）可知电镀槽液中氰化物未超标。将池塘水体比对《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）可知池塘水体中氰化物也未超标。

表 3- 11 采集土壤样品中氰化物酸浸检测结果

样品标识	点位	深度 (m)	检测结果 (mg/L)
			氰化物
BC-1	3#	0.5	0.005
BC-2	4#	0.5	0.004
BC-6	5#	3.0	0.041
《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)			<b>5</b>

备注：本表评价标准为《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB 8978-1996)。

表 3- 12 采集土壤样品中氰化物水浸检测结果

样品标识	点位	深度 (m)	检测结果 (mg/L)
			氰化物
BC-1	3#	0.5	<0.004
BC-2	4#	0.5	<0.004
BC-6	5#	3.0	<0.004
地表水环境质量标准			<b>0.2</b>

备注：本表评价标准为《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) IV 类标准。

表 3- 13 采集水体样品中氰化物水浸检测结果

样品标识	类型	检测结果 (mg/L)
		氰化物
BC-水样-1#	电镀槽液	<0.02
污水综合排放标准		<b>0.5</b>
BC-水样-2#	池塘水	0.005
地表水环境质量标准		<b>0.2</b>

备注：本表评价标准为《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 和《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)。

### (3) 水体检测结果分析

#### ① 电镀槽液检测

厂区电镀槽中依然残留大量电镀废水，从检测结果(表3-14)可以看出，比对《污水综合排放标准》(GB8978-1996)，电槽液总铬、六价铬和铜超标严重，其中铬超标3332.3倍，六价铬超标3580倍，铜超标228倍。根据《危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别》(GB5085.1-2007)，按照GB/T 15555.12-1995制备的浸出液，

当pH<2.0时，属于危险废物。由此可见，电镀槽液若不及时进行处理，一旦泄露，会对周边环境造成严重危害。

表 3- 14 电镀槽液检测结果

样品标识	采集类型	检测项目及结果 (mg/L)							
		pH 值	铅	砷	锌	铬	六价铬	铜	氰化物
电镀厂水样 2#	电镀槽液	1.5	<0.05	0.18	4.97	$5.00 \times 10^3$	$1.79 \times 10^3$	229	<0.02
污水综合排放标准 (GB 8978-1996)		6-9	1.0	0.5	5.0	1.5	0.5	1.0	0.5

备注：本表评价标准为污水综合排放标准（GB 8978-1996）。

## ②地表水及地下水检测

厂区西北侧池塘水样送检结果表明，池塘水体中铬、铜、砷、铅、锌含量较低，并未超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV类标准，推测是由于厂区停产多年，经多年降雨稀释冲刷，池塘中的重金属浓度已被稀释。

通过对厂区附近居民家井水进行检测，发现水体并未超过《地下水质量标准》（GBT 14848-93）III类标准。说明厂区对地下水并未造成污染。

表 3- 15 水样检测结果

样品标识	采集类型	检测项目及结果 (mg/L)					
		pH	铬	铜	砷	铅	锌
水样 1#	井水	6.5	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05	0.006
水样 4#	井水	6.9	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05	0.015
《地下水质量标准》 (GBT 14848-93)		6.5~8.5	≤0.05	≤1.0	≤0.05	≤0.1	≤1.0
水样 2#	池塘水	7.3	<0.01	<0.01	<0.0003	<0.05	0.317
《地表水环境质量标准》 (GB3838-2002)		6~9	≤0.05	≤1.0	≤0.1	≤0.05	≤2.0

### ③底泥检测结果分析

据村民介绍，原沅江市电镀厂生产期间所产生的废水最终都排入了厂区北侧池塘，有必要对池塘底泥进行检测。结果表明池塘底泥并没有超标现象。

表 3- 16 池塘底泥总量检测结果

样品标识	采集类型	检测项目及结果 (mg/kg)					
		pH	六价铬	铜	铬	铅	锌
泥 34#	底泥	6.3	<2	86	181	43.7	213
(GB36600-2018) 第一类用地筛选值		-	3	2000	-	400	-

备注：本表评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2016) 中居住用地标准。

### ④场地污染统计

原沅江市电镀厂污染分布较为分散，主要污染区域为原沅江市电镀厂房及厂区西北侧荒地。样品送检结果表明，场地土壤污染深度除电镀车间为2米外，其余场地污染深度在1米左右。

废液池中残留有大量污泥及废水，总计约111t；电镀槽中也残留许多电镀废液，总计约48t；电镀槽拆除后约为60t，危险废物储量共计约为219t。

表 3- 17 污染统计表

类别	污染范围	深度 (m)	面积 (m <sup>2</sup> )	体积 (m <sup>3</sup> )	重量 (t)	性质
污染土壤	厂区及厂区西北荒地	0.5	3725	3725	/	土壤
		1.0	3126	3126	/	土壤
		2.0	1830	1830	/	土壤
危险废物	废液池	4	15	60	96	废水处理污泥
		1	15	15	15	废液
	电镀槽	2	24	48	48	槽液
	电镀槽	/	/	40	60	生产设备

### 3.2.3.2 第二类用地土壤区域

第二类用地范围内布设土壤取样点2个，送检场地2个点位土壤样品共6个，检测铅、铜、总铬、锌、砷、六价铬6个指标。对第二类用地范围内的关注污染物进行分析，结果如下：

表 3- 18 第二类用地土壤样品检测结果

布点	样品标识	深度 (m)	检测结果 (mg/kg)					
			铅	砷	锌	六价铬	铬	铜
6#	土样 9#	0.5	71.2	17.1	694	<2	478	354
	沅江 17	1.0	26.5	13.4	113	<2	72	36
	沅江 18	2.0	34.6	17.5	94.9	<2	75	26
11#	沅江 31	0.5	56.3	19	114	<2	60	56
	沅江 32	1.0	112	46.2	304	<2	85	1140
	沅江 33	2.0	63.7	15.5	133	<2	79	64
背景点	沅江 0#		21.9	17.7	80.5	<2	82	28
	沅江 00#		24.3	15.5	84.7	<2	84	28
(GB36600-2018) 第二类用地筛选值		800	60	-	5.7	-	18000	

备注：本表评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2016) 中居住用地标准。

原沅江市电镀厂场调报告中，评价标准为《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1125-2018)，在第二类用地区域中，仅 Cu 超标。在风险评估报告中，评价标准为《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管理标准》(GB36600-2018) 中的第二类用地筛选值，没有超标的污染物。

### 3.3 原实施方案

### 3.3.1 原治理与修复范围

原沅江市电镀厂区调查发现，场地土壤各类重金属中铅、锌、铬、六价铬、铜5种重金属均超过《重金属污染土壤修复标准》(DB43/T 1125-2016)。

根据调查结果，原项目治理与修复范围确定为原沅江市电镀厂受污染厂区及厂区西北侧场地土壤，如下图所示。

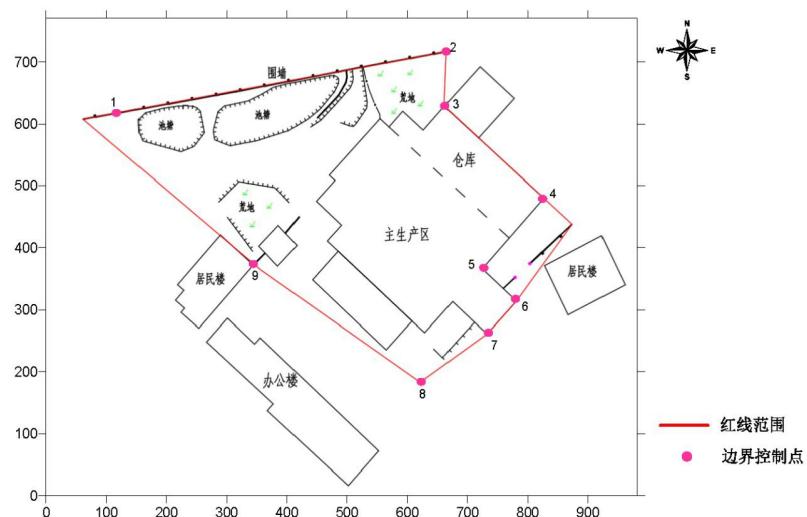


图3-5 土壤修复范围边界控制点(1-9)

表3-19 污染土壤修复范围边界控制点坐标

编号	经度	纬度
1	E 112°22'40.04"	N 28°49'0.37"
2	E 112°22'42.55"	N 28°49'0.84"
3	E 112°22'42.75"	N 28°49'0.44"
4	E 112°22'43.43"	N 28°48'59.87"
5	E 112°22'43.05"	N 28°48'59.53"
6	E 112°22'43.20"	N 28°48'59.36"
7	E 112°22'42.74"	N 28°48'58.98"
8	E 112°22'42.19"	N 28°48'58.69"
9	E 112°22'41.21"	N 28°48'59.40"

### 3.3.2 原治理与修复目标

原项目总体目标为：通过实施原沅江市电镀厂土壤治理项目，恢复场地的使用功能，使治理修复后的污染场地满足沅江的规划用地要求。具体包括：

(1) 场地 0-0.5m 上层土壤中铬、六价铬、锌、铅、铜的总量浓度和水浸浸出浓度分别满足《重金属污染场地土壤修复标准》(DB43/T 1165-2016)居住用地标准和《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV类标准。

(2) 场地0.5m以下的下层土壤中六价铬、锌、铅、铜的水浸浸出浓度满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV类标准。

### 3.3.3 危险废物清运工程

本项目涉及危险废物主要为HW17类的电镀槽、废水处理污泥、电镀废液等，拟拆除相关设施后，运至长沙市危险废物处置中心。对电镀槽及废液池中积水进行就地投加絮凝剂处理，产生的污泥作为危险废物一同外运处置(附件4)。

## 3.4 风险评估补充场地调查

通过对前期本项目场地环境调查报告等材料的分析，结合现场实际现状，考虑前期调查时间已近两年，且场地内危废进行了清理装袋，在危废清理过程中对生产区的电镀槽、废液池等的设备设施构筑物进行了清挖，鉴于以上原因可能存在土壤中污染物浓度的变化等情形，在此次风险评估前针对原场地环境调查报告中所确定的重要污染区域，主要集中在生产区，进行了补充调查采样和分析。

### 3.4.1 布点原则

根据《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)，以及原场地环境调查报告的采样布点情况，采取专家经验判别法，开展此次补充调查，详细调查阶段采样点布设原则如下：

(1) 补充场地污染调查在分析原场地调查报告的布点与分析结果的基础上，通过加密和补充未充分考虑到的疑似污染区域，既保证场地污染调查的充分性需求，又不过度布点采样和检测；

(2) 对于污染较均匀的地块（包括污染物种类和污染程度）和地貌严重破坏的地块（包括拆迁性破坏、历史变更性破坏），可采用系统布点法划分工作单元，在每个工作单元的中心采样；

(3) 如地块不同区域的使用功能或污染特征存在明显差异，则可根据土壤污染状况调查获得的原使用功能和污染特征等信息，采用分区布点法划分工作单元，在每个工作单元的中心采样；

(4) 单个工作单元的面积可根据实际情况确定，原则上不应超过 $1600\text{m}^2$ ；

(5) 对于每个工作单元，表层土壤和下层土壤垂直方向层次的划分应综合考虑污染物迁移情况、构筑物及管线破损情况、土壤特征等因素确定。采样深度应扣除地表非土壤硬化层厚度，原则上应采集 $0\sim0.5\text{ m}$  表层土壤样品， $0.5\text{ m}$  以下下层土壤样品根据判断布点法采集，建议 $0.5\sim6\text{m}$ 土壤采样间隔不超过 $2\text{m}$ ；不同性质土层至少采集一个土壤样品。同一性质土层厚度较大或出现明显污染痕迹时，根据实际情况在该层位增加采样点。

(6) 一般情况下，应根据地块土壤污染状况调查阶段性结论及现场情况确定下层土壤的采样深度，最大深度应直至未受污染的深度为止。

### 3.4.2 布点方案

根据《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019），以及原场地环境调查报告的采样布点情况，采取专家经验判别法，开展此次补充调查。在充分分析原场地调查报告的布点与检测结果的基础上，通过加密和补充未充分考虑到的疑似污染区域，既保证场地污染调查的充分性需求，又不过度布点采样和检测，补充了四个调查点，即补3#、补4#、补5#、补9#，补充调查点位具体分布见图3-5；

本项目污染因子、污染区域很明确，因此采用专业判断布点法，详细调查阶段设置土壤调查点10个。进一步确定场地污染程度、污泥和土壤的属性。检测区域位置图如图3-5。其中位于第一类用地区域内的点位有：1、3、4、5、7、8、9、10、补3、补4、补5、补9，共计12处点位。位于第二类用地区域内的点位有：6、11，共计2个点位。

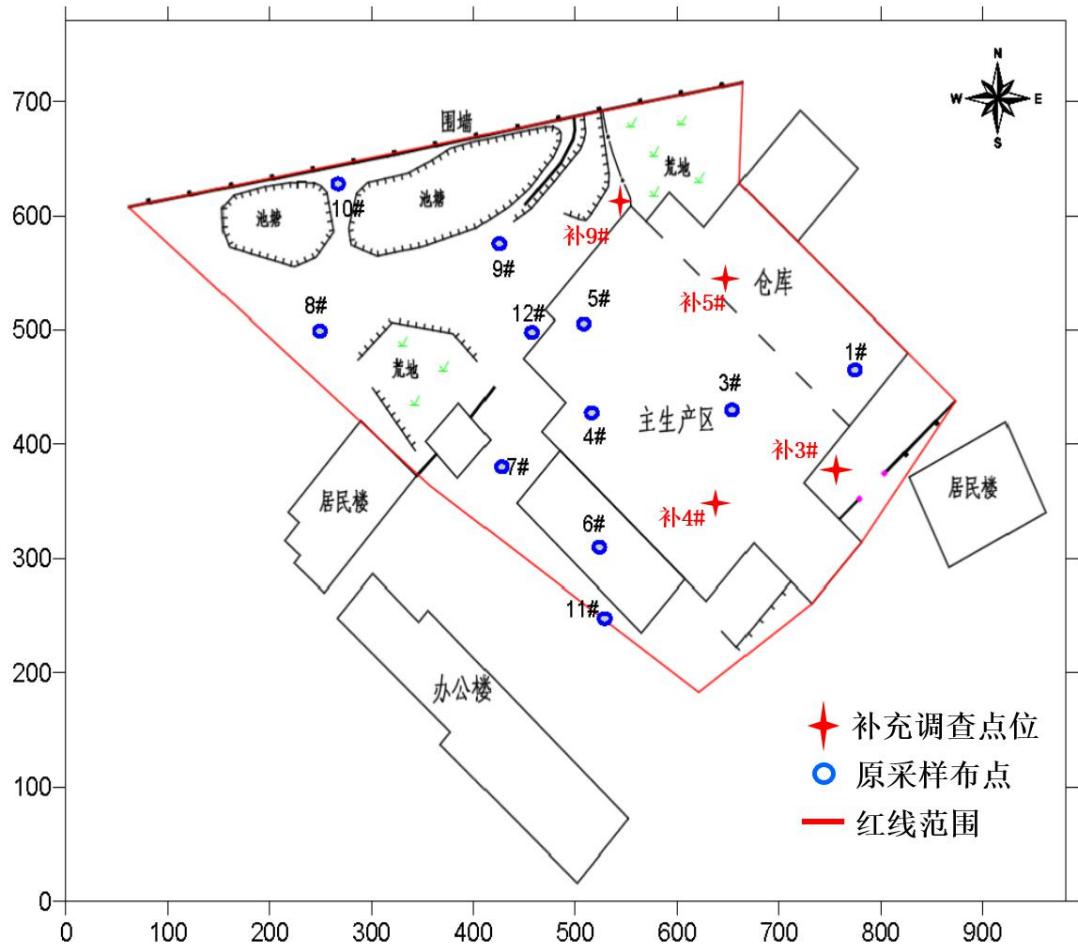


图 3-6 补充场地调查采样布点点位分布图

### 3.4.3 采样方案

#### (1) 样品采集

样品采集一般按三个阶段进行：

前期采样：根据背景资料与现场考察结果，采集一定数量的样品分析测定，用于初步验证污染物空间分异性和判断土壤污染程度，为制定监测方案（选择布点方式和确定监测项目及样品数量）提供依据，前期采样可与现场调查同时进行。

正式采样：按照监测方案，实施现场采样。

补充采样：正式采样测试后，发现布设的样点没有满足总体设计需要，则要进行增设采样点补充采样。面积较小的土壤污染调查和突发性土壤污染事故调查可直接采样。

#### (2) 采样深度与规格

采样深度应综合考虑场地地层结构、污染物迁移途径和迁移规律、地面扰动深度等因素。若对场地信息了解不足，难以合理判断采样深度，可依据《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)的要求设置采样点；在实际调查过程中可结合现场实际情况进行确定。

采样点可采表层样或土壤剖面。一般监测采集表层土，采样深度0~20cm，特殊要求的监测（土壤背景、环评、污染事故等）必要时选择部分采样点采集剖面样品。剖面的规格一般为长1.5m，宽0.8m，深1.2m。挖掘土壤剖面要使观察面向阳，表土和底土分两侧放置。一般每个剖面采集A、B、C三层土样。地下水位较高时，剖面挖至地下水出露时为止。

### **(3) 采样方案确定**

本污染评估根据原沅江市电镀厂场地实际情况，调查范围以原沅江市电镀厂场地为主，适当兼顾四周潜在污染区。采样布点以科学性和具有代表性为原则，力求以相对较少的采样点获取最具代表性的样品，全面、真实、客观地反映该场地区域污染物污染程度和污染物空间分布状况及特征。

根据《场地环境调查技术规范(报批稿)》、《污染场地环境监测技术导则(送审稿)》、《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004)、《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)、《地下水环境监测技术规范》和《污染场地风险评估技术导则(报批稿)》等文件的相关要求，并结合潜在污染区域和潜在污染物的识别结果，以及该地块场地初步调查结果对场地内土壤和地表水进行布点采样监测。

### **(4) 采样程序确定**

正式采样：根据现场检测数据的分析结果，对确定的污染边界范围内的污染区域制定布点方案，并根据布点方案进行钻孔取样。采集的土壤样品送至实验室进行检测。

对步骤(1)中样品的结果进行分析，若采集样品数据满足判断场地污染情况的要求，则不再进行采样。若步骤(2)采集样品不足以判断本项目污染情况，则增设采样点补充采样。

### **(5) 样品采集**

表层土壤样品的采集一般采用挖掘方式进行，本项目采用铁镐、铲子、锄头等工具进行采集。土壤采样过程中遵循尽量减少土壤扰动，保证土壤样品在采样过程不被二次污染的原则。对于土壤混合样，将等量各点采集的土壤样品充分混

拌后四分法取得土壤混合样。

深层土壤的采集以钻孔取样为主，也可采用槽探的方式进行采样。本项目以机械钻孔方式对深层土壤进行采集。为防止交叉污染，不同点位的土壤取样前需清洗钻头，用自来水和纯净水各清洗一遍后方能再次取样。

在采集每个土样前，对所有钻探设备和采样工具进行清洗，以防止交叉污染。土样采集根据场地性质和实际情况采用合适的设备完成，按规定采样深度取出土壤供采样，在取样过程中，工作人员每采一个土样都要更换新的乳胶手套，并记录土层结构、土壤颜色、气味等污染迹象。土壤样品及时送至实验室分析。

#### 3.4.4 实验室分析

##### (1) 样品送检与测试指标

根据第一、二阶段污染调查和污染识别，确定原沅江市电镀厂场地主要污染物质主要为厂区内地表水、废液池沉积物。以此确定本场地补充调查的分析指标如下：土壤样品：根据对厂区工艺等资料的搜集结合前期现场检测分析结果，对场区内4个土壤样品进行总量和水浸分析，分析指标为铅、六价铬、锌、铜、砷及pH。

##### (2) 检测指标

土壤样品检测指标包括铅、六价铬、锌、铜、砷。土壤检测分析标准方法见表3-19。

表 3- 20 土壤检测分析标准方法

污染物名称	标准方法代号	方法名称	使用仪器名称及型号	检出限 mg/kg
铅	GB/T 17140-1997	土壤质量铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.2
铬	HJ 491-2009	土壤总铬的测定火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 ZA-3300	5
六价铬	HJ 687-2014	碱消解/火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 ZA-3300	2
砷	GB/T 22105.2-2008	土壤质量总汞、总砷、总铅的测定原子荧光法	原子荧光光度计 PF3-2	0.01
锌	GB/T 17138-1997	土壤质量铜、锌的测定火焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.5

铜	GB/T 17138-1997	土壤质量铜、锌的测定火 焰原子吸收分光光度法	原子吸收分光光 度计 ZA-3300	0.5
---	--------------------	---------------------------	-----------------------	-----

### 3.1.1. 质量保证和质量控制

质量保证和质量控制的目的是为了保证调查结果具有代表性、准确性、精密性、可比性和完整性。质量控制涉及场地调查的全部过程。在样品的采集、保存、运输、交接等过程应建立完整的管理程序。为避免采样设备及外部环境条件等因素影响样品，应注重现场采样过程中的质量保证和质量控制。本次场地调查的质量控制与管理分现场采样的质量控制与管理，以及实验室分析的质量控制与管理两个部分。

#### 3.4.4.1. 现场采样质量控制

本次采样工作由湖南中大检测技术集团有限公司负责，严格按照《土壤监测技术规范》（HJ/T 166-2004）、《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2004）等标准规范采集样品，保证样品具有代表性、完整性。

现场采样时详细填写采样记录表，土壤采样记录样品编号、检测项目、采样点位及经纬度、样品份数、样品重量、采样深度、土壤性状（颜色、质地、根系含量、砂砾含量、土壤湿度）、采样时间、天气状况、采样人员、复核人员、样品现场处理情况等信息。以便为场地水文地质、污染现状等分析工作提供依据。

采样过程中采样员佩戴一次性PE手套，每次取样后进行更换，采样器具及时清洗，具体操作如下：

- ① 先用不含磷的清洗剂清洗
- ② 用刷子刷洗
- ③ 自来水冲洗干净
- ④ 蒸馏水润洗 2 次
- ⑤ 清洗后用滤纸擦干

样品采集完成后，在样品瓶上标明编号等采样信息，并做好现场记录。所有样品采集后放入装有蓝冰的低温保温箱中，为保证从样品采集到测定这段时间间

隔内，样品待测组分不产生任何变异或使发生的变化控制在最小程度，在样品保存、运输等各个环节都严格遵守有关规定并针对水样、土样的不同情况和待测物特性实施保护措施，力求缩短运输时间，尽快送实验室进行分析。

#### 3.4.4.2. 实验室分析质量控制

湖南中大检测技术集团有限公司执有CMA证书。本次实验室分析质量控制由平行双样实验控制和有证标准物质实验控制。

#### 3.4.5 补充调查结论

在补充调查点位中，补 3#、补 4#、补 5#、补 9#点位全部都位于第一类用地范围内，对比《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，对补充调查点位的关注污染进行分析，结论如下：

表 3-21 补充土壤样品检测结果

布点	样品标识	深度 (m)	检测结果 (mg/kg)					
			铅	砷	锌	六价铬	铬	铜
补 3#	土样 3#	0.5	149	17.9	196	2.96	244	44.9
	沅江 7	1.0	68.1	14.8	121	40.4	207	29.7
	沅江 8	2.0	44.6	16.7	216	239	465	45.5
	沅江 9	3.0	63.2	17.0	245	445	947	94.0
补 4#	土样 2#	0.5	1660	20.2	756	452	2671	344
	沅江 11	1.0	38.4	19.6	114	32.4	148	30.5
	沅江 12	2.0	46.2	14.7	170	75.3	337	38.4
	沅江 13	3.0	41.8	14.7	111	240	489	33.5
补 5#	土样 1#	0.5	108	16.7	167	2.01	97.2	43.5
	5#土样	1.0	39.6	17.5	152	50.2	236	67.1
	沅江 15	2.0	60.2	16.9	156	73.5	1219	66.4

	沅江 16	3.0	47.8	17.5	965	<b>12.6</b>	802	72.8
补 9#	4#土样	0.5	81.9	18.7	345	0.5	250	223
	沅江 26	1.0	95.9	12.1	422	0.5	286	207
	沅江 27	2.0	140	15.1	789	<b>4.88</b>	967	584
	沅江 28	3.0	55.5	17.6	305	0.5	219	140
(GB36600-2018) 第一类 用地筛选值			<b>400</b>	<b>20</b>	-	<b>3</b>	-	<b>2000</b>

对检测结果分析可知,原沅江市电镀厂厂区内地土壤中铅、砷、六价铬超过《土壤环境质量 标准建设用地污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018),其中:

0.5m 处土壤中, Pb、As、Cr(VI)超标, Pb 超标 3.15 倍; As 超标 0.01 倍;  
Cr(VI)超标 149.7 倍。

1m 处土壤中, Cr(VI)超标, 最高超标 15.7 倍, 最低超标 9.8 倍。

2m 处土壤中, Cr(VI)超标, 最高超标 78.7 倍, 最低超标 0.63 倍。

3m 处土壤中, Cr(VI)超标, 最高超标 147.3 倍, 最低超标 3.2 倍。

### 3.5 土壤污染程度统计分析

结合《原沅江市电镀厂土壤治理场地环境调查报告》(2017 年)的调查结果和此次补风险评估的补充场地环境调查结果汇总如表 3-21:

表 3-22 土壤样品检测结果

布点	样品标识	深度 (m)	检测结果 (mg/kg)					
			铅	砷	锌	六价铬	铬	铜
1#	沅江①	0.5	188	16.4	275	<b>10</b>	100	51
	沅江②	1.0	46.7	20.1	116	<2	82	56
	沅江③	2.0	40.8	13.8	134	<2	100	44
3#	土样 3#	0.5	<b>2280</b>	/	59000	<b>235</b>	30400	<b>18800</b>

	沅江 7	1.0	203	15.9	836	<2	357	<b>2870</b>
	沅江 8	2.0	128	13.9	258	<b>27</b>	161	1320
	沅江 9	3.0	34.7	14.7	148	3	121	297
4#	土样 2#	0.5	<b>30100</b>	/	8650	<2	9230	531
	沅江 11	1.0	45.4	14.7	178	<b>10</b>	130	68
	沅江 12	2.0	29.2	12.8	102	<2	82	52
5#	土样 1#	0.5	<b>9300</b>	8.42	4420	<2	8360	607
	5#土样	1.0	117	17.6	2330	<2	1510	775
	沅江 15	2.0	48	16	234	<b>9</b>	532	142
	沅江 16	3.0	45.2	14.9	111	<2	69	49
6#	土样 9#	0.5	71.2	17.1	694	<2	478	354
	沅江 17	1.0	26.5	13.4	113	<2	72	36
	沅江 18	2.0	34.6	17.5	94.9	<2	75	26
8#	土样 7#	0.5	122	19	294	<2	108	104
	沅江 23	1.0	44.7	15.1	165	<2	124	82
	沅江 24	2.0	46.3	14.7	265	<2	86	77
9#	4#土样	0.5	<b>461</b>	21.7	2760	3	3820	1700
	沅江 26	1.0	174	18.1	1040	<b>24</b>	1610	898
	沅江 27	2.0	51.3	16.6	243	<2	218	137
11#	沅江 31	0.5	56.3	19	114	<2	60	56
	沅江 32	1.0	112	46.2	304	<2	85	1140
	沅江 33	2.0	63.7	15.5	133	<2	79	64
补 3#	土样 3#	0.5	149	17.9	196	2.96	244	44.9
	沅江 7	1.0	68.1	14.8	121	<b>40.4</b>	207	29.7
	沅江 8	2.0	44.6	16.7	216	<b>239</b>	465	45.5

	沅江 9	3.0	63.2	17.0	245	<b>445</b>	947	94.0
补 4#	土样 2#	0.5	<b>1660</b>	20.2	756	<b>452</b>	2671	344
	沅江 11	1.0	38.4	19.6	114	<b>32.4</b>	148	30.5
	沅江 12	2.0	46.2	14.7	170	<b>75.3</b>	337	38.4
	沅江 13	3.0	41.8	14.7	111	<b>240</b>	489	33.5
补 5#	土样 1#	0.5	108	16.7	167	2.01	97.2	43.5
	5#土样	1.0	39.6	17.5	152	<b>50.2</b>	236	67.1
	沅江 15	2.0	60.2	16.9	156	<b>73.5</b>	1219	66.4
	沅江 16	3.0	47.8	17.5	965	<b>12.6</b>	802	72.8
补 9#	4#土样	0.5	81.9	18.7	345	0.5	250	223
	沅江 26	1.0	95.9	12.1	422	0.5	286	207
	沅江 27	2.0	140	15.1	789	<b>4.88</b>	967	584
	沅江 28	3.0	55.5	17.6	305	0.5	219	140
背景 点	沅江 0#	21.9	17.7	80.5	<2	82	28	
	沅江 00#	24.3	15.5	84.7	<2	84	28	
(GB36600-2018) 第一类用地筛选值		<b>400</b>	<b>20</b>	-	<b>3</b>	-		<b>2000</b>
(GB36600-2018) 第二类用地筛选值		<b>800</b>	<b>60</b>	-	<b>5.7</b>	-		<b>18000</b>

通过对汇总数据的分析，本场地主要污染因子为铅、砷、六价铬、铜，主要集中在3、4、5、9、补3、补4、补5、补9，污染深度0-3 m，综上所述，结合第二阶段场地调查土壤检测结果与补充调查结果，得到汇总数据。

表 3- 23 第一类用地重金属指标统计分析一览表

项目	铅	砷	铬(VI)	铜
筛选值 (mg/kg)	400	20	3	2000
平均值 (mg/kg)	417.3	17.02	15.86	771.43

最大值 (mg/kg)	30100	21.7	452	18800
最大超标倍数 (筛选值)	74.25	0.085	149.7	8.4
超筛选值比例 (%)	11.9	7.1	40.47	4.76
管制值 (mg/kg)	800	120	30	8000
最大超标倍数 (管制值)	36.625	/	14.1	1.35
超管制值比例 (%)	74.25	/	23.8	4.76

### 3.6 污染物分布情况

(1) 铅

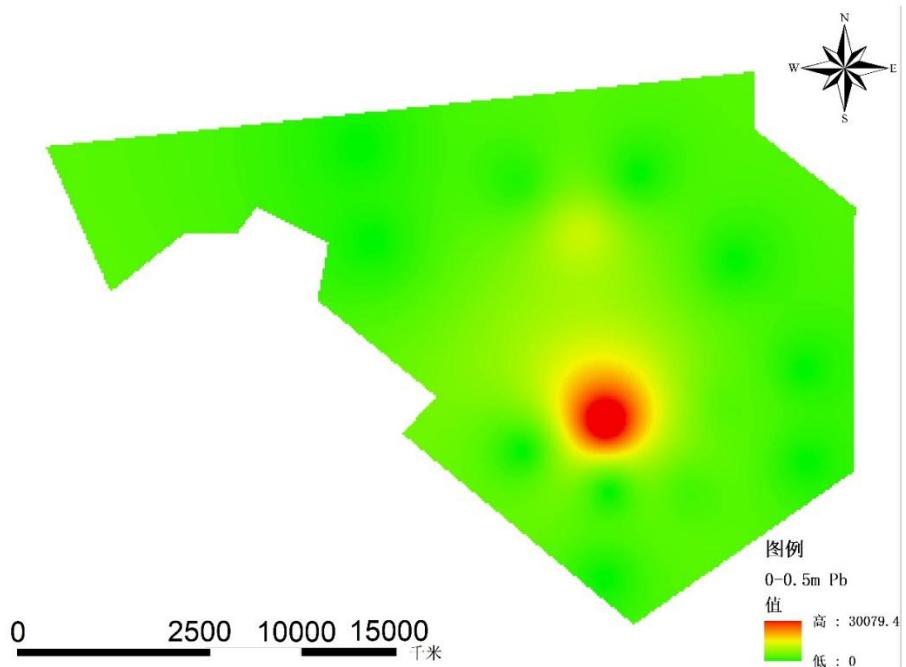


图 3-7 场地 0-0.5m 铅插值浓度分布图

(2) 砷

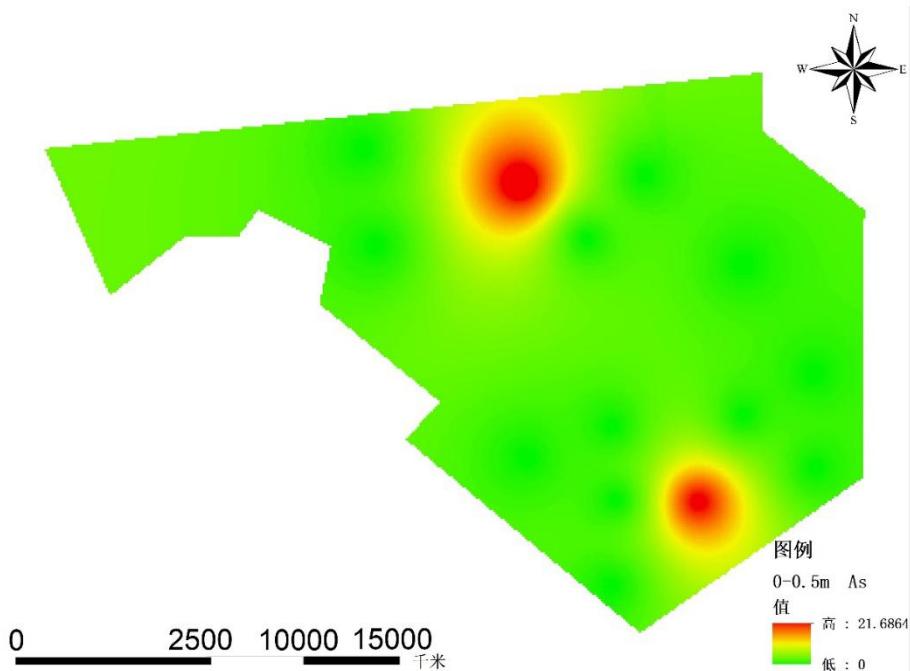


图 3-8 场地 0-0.5m 砷插值浓度分布图

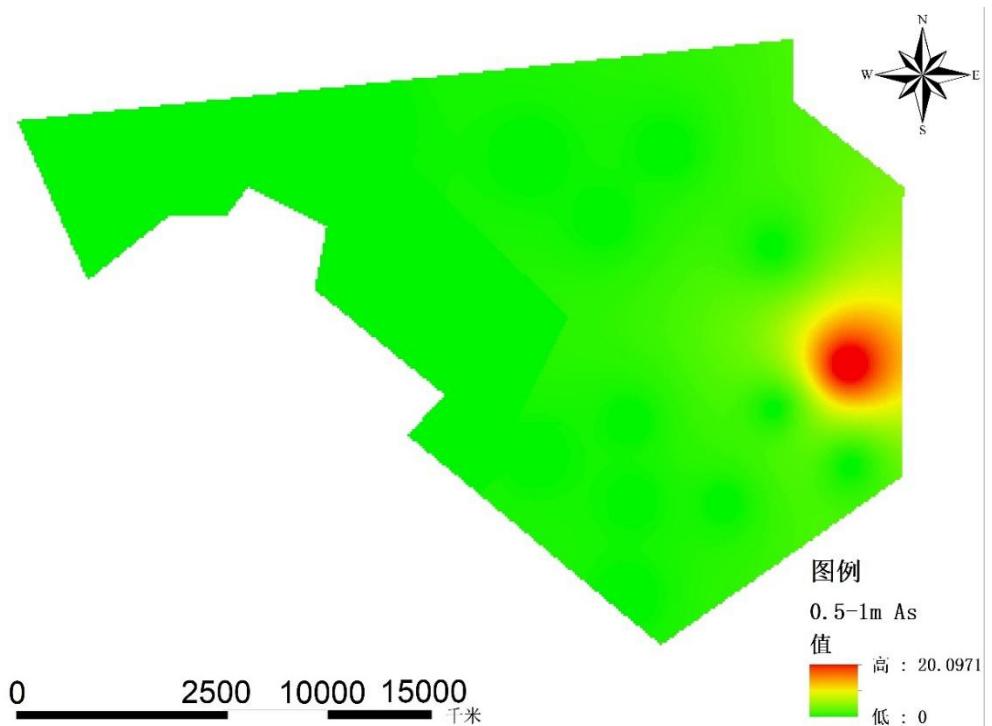


图 3-9 0.5-1m 砷插值浓度分布图

### (3) 六价铬

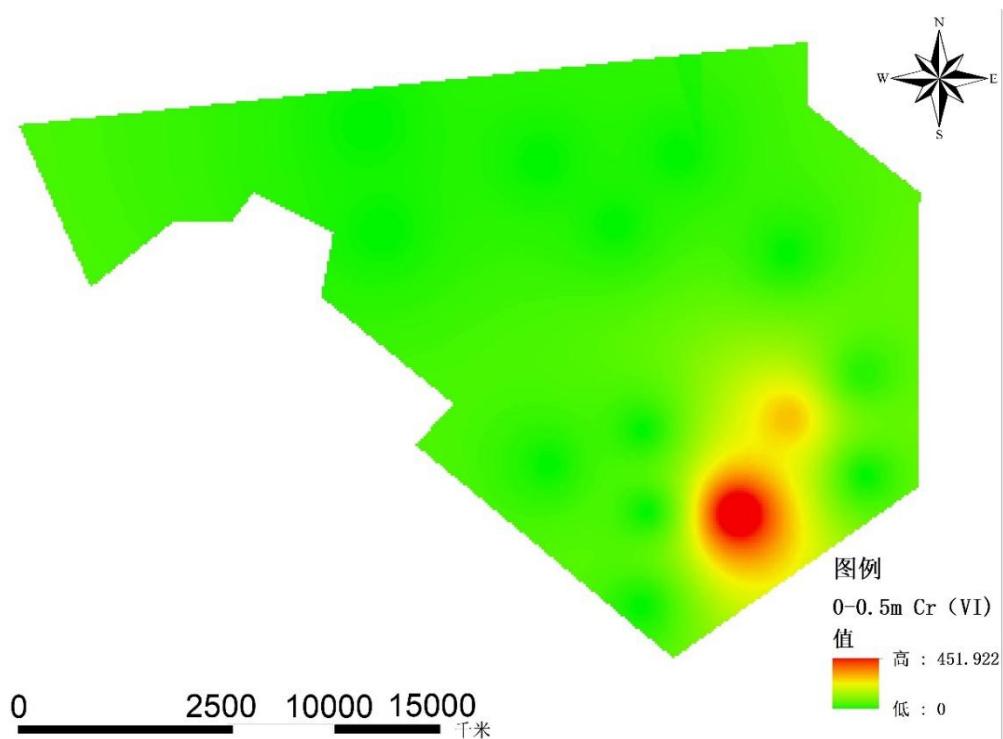


图 3-10 场地 0-0.5m 六价铬插值浓度分布图

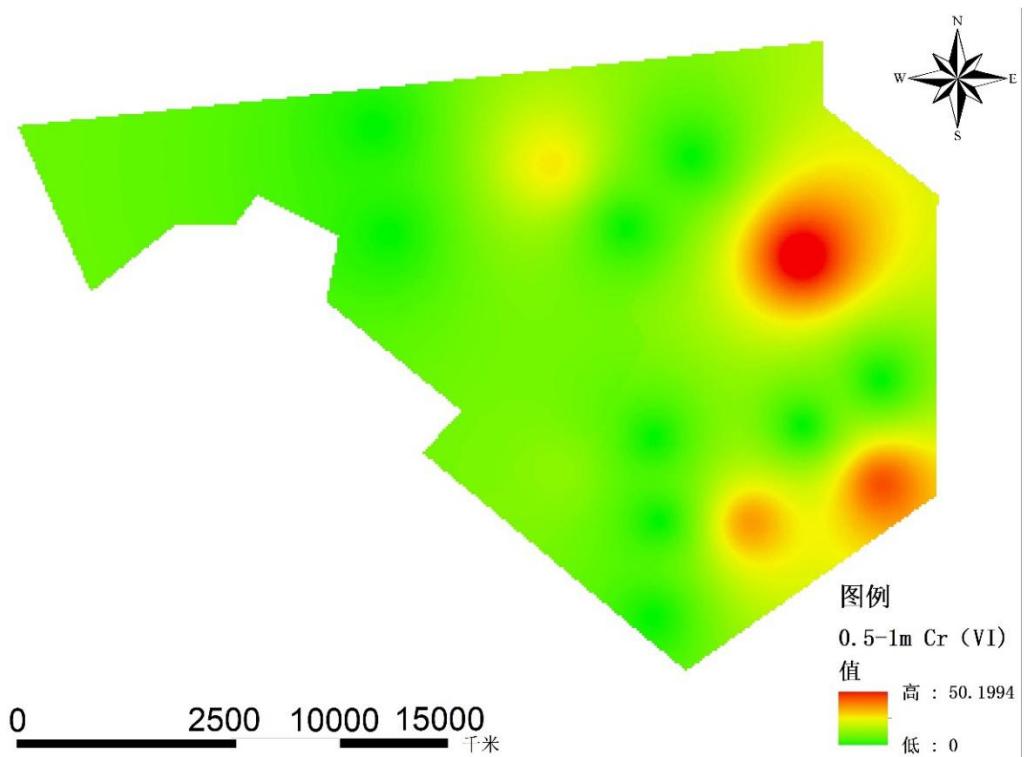


图 3- 11 场地 0.5-1m 六价铬插值浓度分布图

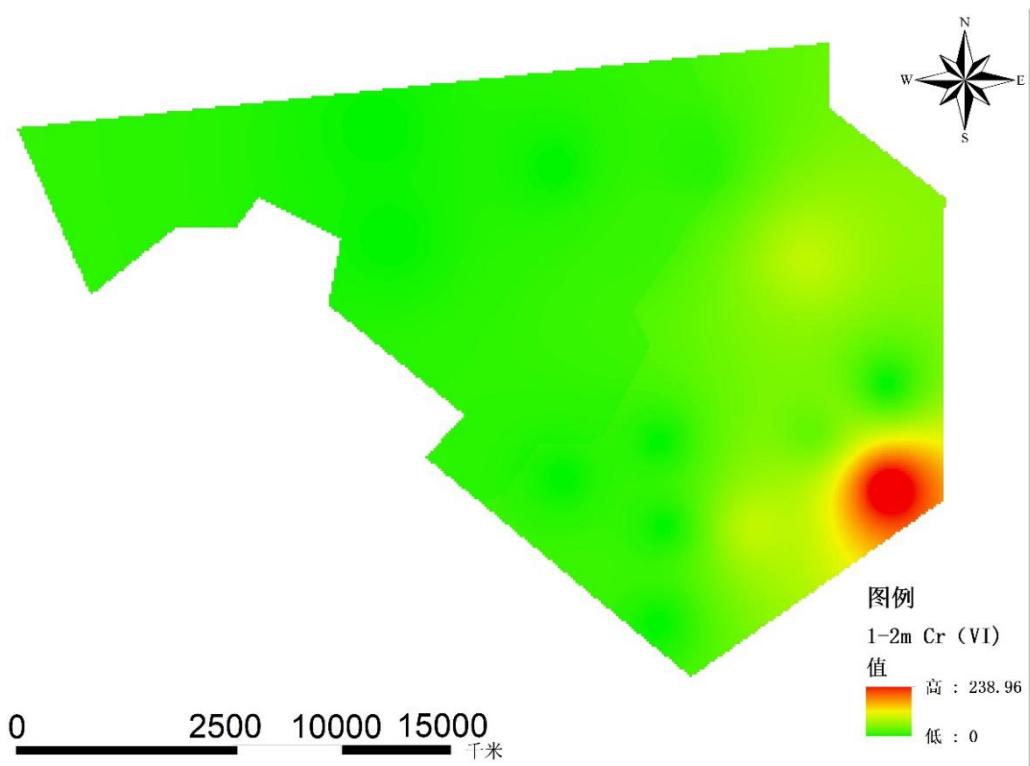


图 3- 12 场地 1-2m 六价铬插值浓度分布图

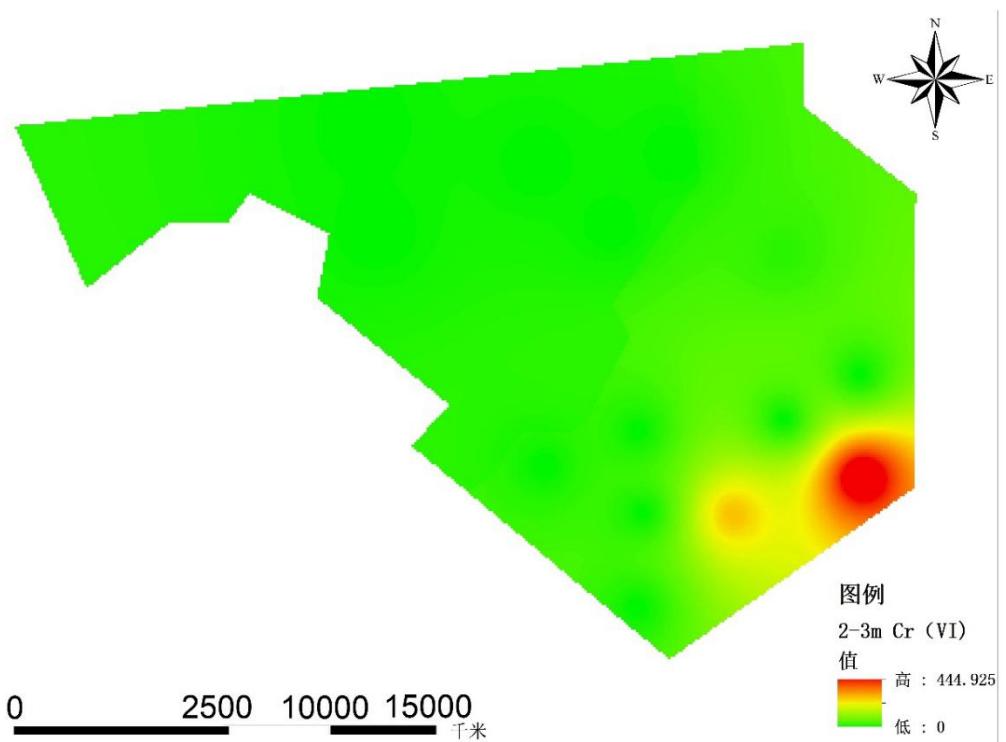


图 3- 13 场地 2-3m 六价铬插值浓度分布图

(4) 铜

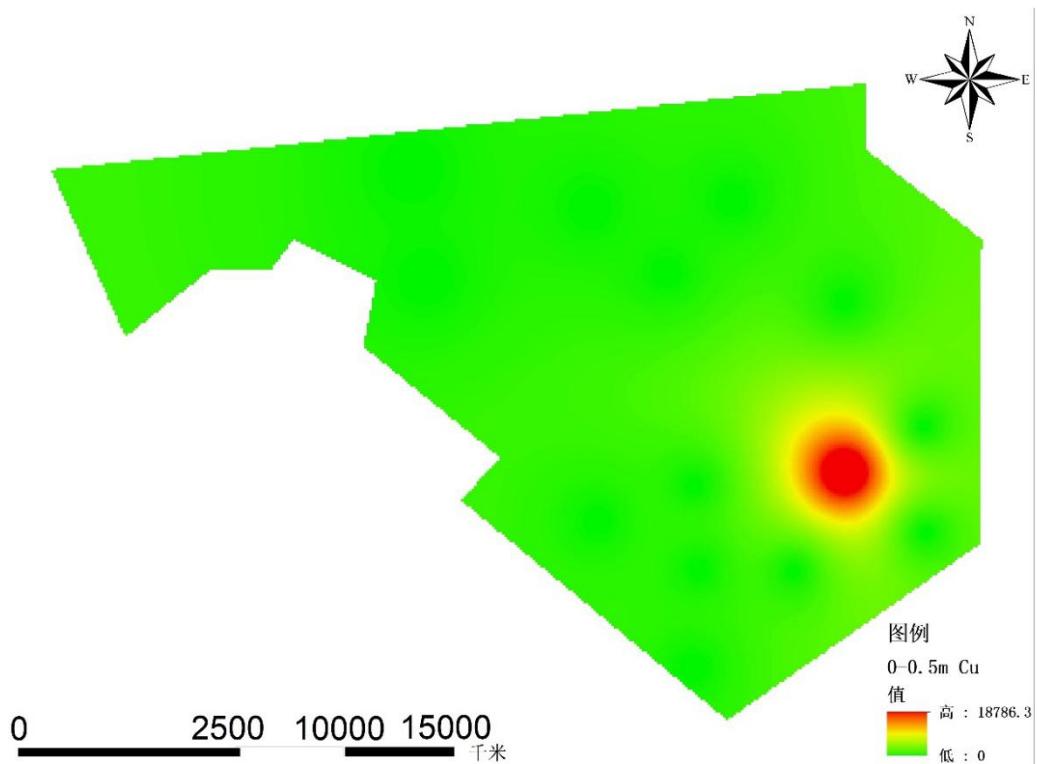


图 3- 14 场地 0-0.5m 铜插值浓度分布图

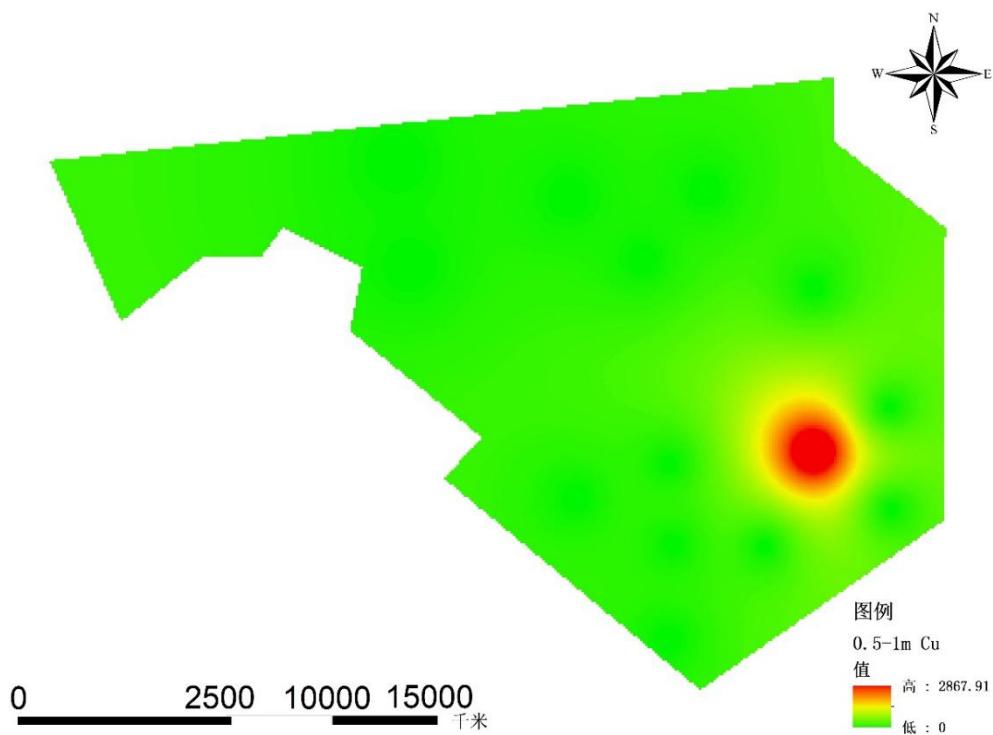


图 3-15 场地 0.5-1m 铜插值浓度分布图

### 3.7 地块污染成因分析

根据本项目初步调查、详细调查及补充调查检测结果分析与评价可知，该场地土壤主要受到重金属铅、六价铬、铜、砷污染，地下水与地表水未受到污染。

原沅江市电镀厂的环境污染主要源于电镀生产，污染产生情况为：厂区无污泥处置设备，生产中产生的污泥直接流向废液池，一部分随着废液流入厂区下游鱼塘及菜地；厂区无污水处设施，含Pb、Zn、Cr<sup>6+</sup>、Cu等重金属的电镀废水直接流向地势较低的西北侧池塘及荒地。

### 3.8 风险评估污染物选择

原沅江市电镀厂地块规划用途为公园绿地(G1)，中小学用地(A33)和防护绿地(G2)。其中一类用地包括社区公园绿地(G1)和中小学用地(A33)约3000m<sup>2</sup>，其它用地为防护绿地(G2)，约500m<sup>2</sup>，属建设用地中的第二类用地。

依据建设用地类型调查结果表明：第一类用地区域中铅、砷、六价铬、铜超

过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018),第二类用地区域中,没有污染物检测结果超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)。

通过对厂区西北侧池塘水样送检,发现水体中铬、铜、砷、铅含量较低,推测是由于厂区停产多年,经多年降雨稀释冲刷,池塘中的无机污染物浓度已被稀释。井水水样检测结果表明,水体并未超过《地下水质量标准》(GB/T 14848-1993),厂区对地下水并未造成污染。

对厂区内土壤中重金属镉,氰化物进行测定,检测结果表明场地内土壤并未受到镉、氰化物污染。对场地池塘水体及电镀槽中废液进行补充采样送检,检测指标为氰化物。检测结果表明场地内地表水体未受到氰化物污染。

综上,土壤中镉、砷及氰化物污染程度低,其影响可以忽略,因此本报告针对土壤风险评估关注污染物为铅、砷、铜、六价铬。

## 第4章 建设用地风险评估

通过该场地环境调查报告分析，确定场地土壤主要污染物为六价铬、砷、铅、铜，依据《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管理标准（试行）》《建设用地土壤污染风险管理标准（试行）》（GB36600-2018）中的论述“通过详细调查确定建设用地土壤中污染物含量等于通过详细调查确定建设用地土壤中污染物含量等于或者低于风险管制值，应当依据或者低于风险管制值，应当依据 HJ25.3 等标准及相关技术要求，开展风险评估等标准及相关技术要求，开展风险评估确定风险水平，判断是否需要采取风险管控或修复措施”，需要开展健康风险评估。本文健康风险评估的关注污染物六价铬、砷、铅属于世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单初步整理参考中，因此，本报告兼顾其非致癌风险，重点分析六价铬、砷、铅的致癌风险及其致癌风险控制值，本报告最终修复目标值的选择同样基于污染物的致癌风险考虑。

污染场地健康风险评估是在分析污染场地土壤和地下水中污染物通过不同暴露途径进入人体的基础上，定量估算致癌污染物对人体健康产生危害的概率或非致癌污染物的危害水平。主要内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和风险控制值的确定。

### 4.1 风险评估程序

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)，土壤环境污染风险评估的主要流程见图，各部分主要内容如下：

(1) 危害识别：根据场地环境调查获取的资源，结果场地土地的规划利用方式，确定污染产地的关注污染物、场地内污染物的空间分布和可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

(2) 暴露评估：在危害识别的工作基础上，分析场地土壤中关注污染物进入并危害敏感受体的情景，确定场地土壤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，确定与场地污染状况、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。

污染物暴露途径主要分为两大类：一为直接暴露途径，主要包括经口摄入和皮肤接触；二为空气暴露途径，主要包括吸入土壤颗粒物，室外蒸汽入侵（表层和下层土壤），室内蒸汽入侵（下层土壤），本地块污染物主要为重金属，因此只需考虑经口摄入、皮肤接触和吸入土壤颗粒物途径。具体见图4-1。

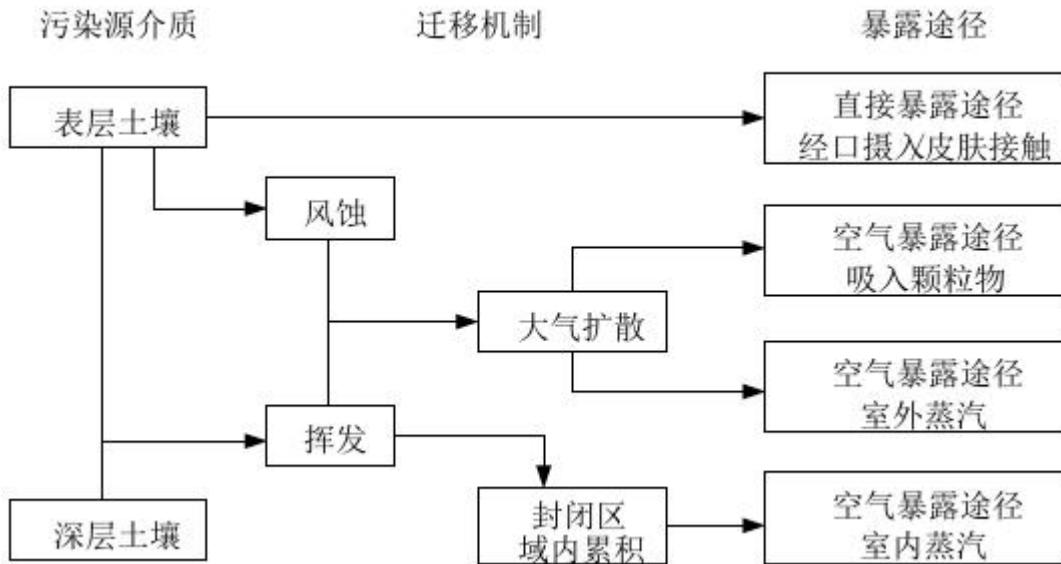


图 4-1 土壤污染物迁移机制

(3) 毒性评估：在危害识别的工作基础上，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毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。确定污染浓度水平与健康反应之间的关系。

(4) 风险表征：在暴露评估和毒性评估的工作基础上，采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物经所有暴露途径的风险值、所有污染物经所有暴露途径的风险值；进行不确定性分析。

(5) 风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值、所有关注污染物的总致癌风险值、单一污染物的危害商（非致癌风险值）和多个关注污染物的危害商（非致癌风险值）。

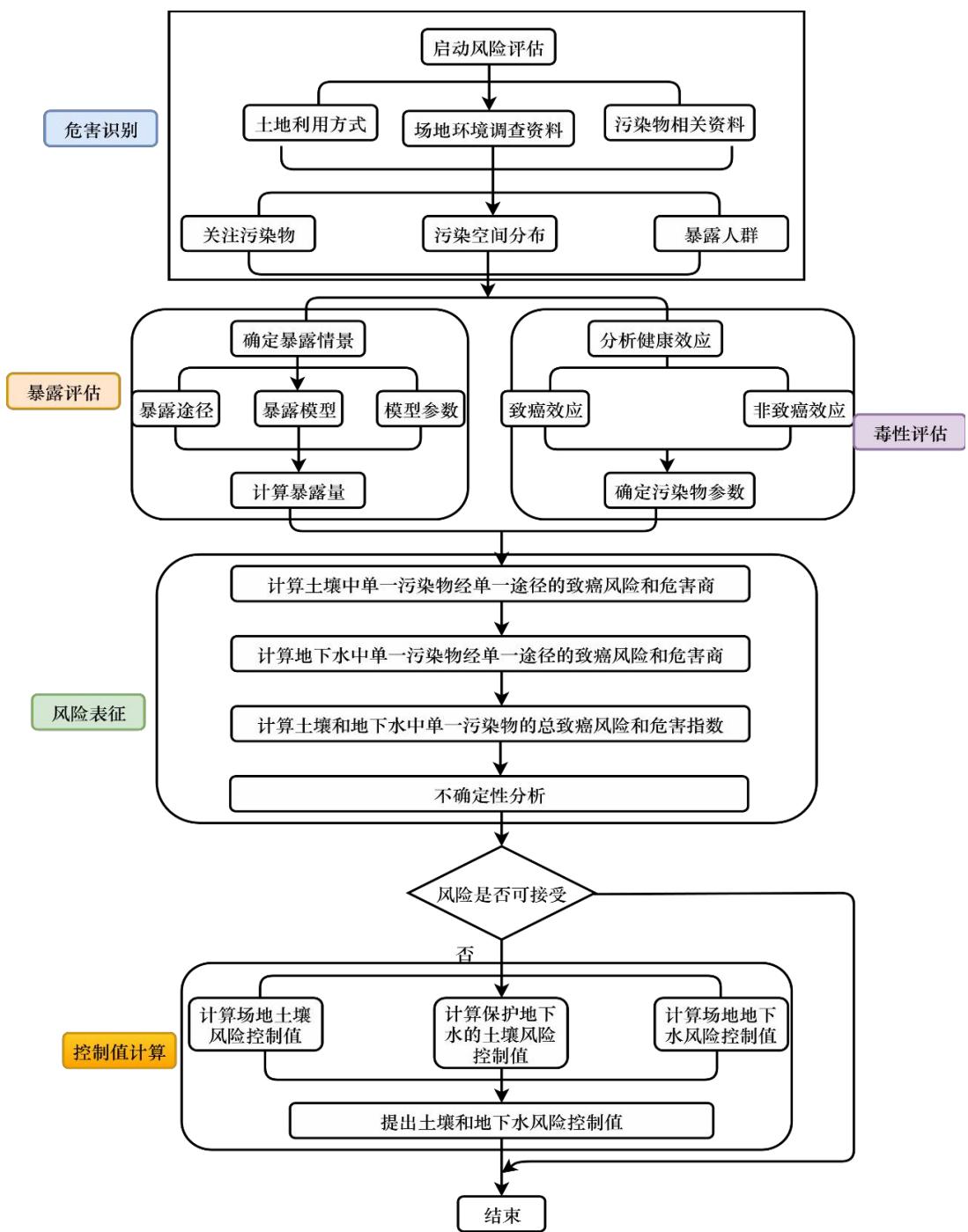


图 4-2 地块风险评估程序与内容

## 4.2 关注污染物及评估浓度

本地块土壤中污染物主要为铅、六价铬、砷、铜。暴露途径主要考虑为经口摄入、皮肤接触和吸入土壤颗粒物，考虑到地块后期开发建筑物建设扰动下层土壤，因此评估浓度的选择采用全部采样数据进行统计分析。

根据所搜集的场地历史资料，并结合场地环境调查结果分析可得，本次关注的污染物种类主要为重金属铅、砷、铜和六价铬。使用《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB36600-2018）、《重金属污染场地土壤修复标准》（湖南省 DB43/T1165-2016）和《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）中III类水标准进行判定，场地内土壤中的重金属（铅、砷、铜和六价铬）存在超标情况，选择所有超过标准值的污染物作为关注污染物。考虑到风险评估的全面性，本次评估以最大值超过相应筛选标准的因子作为关注污染物，并以该因子在相应情景下的最大值作为暴露浓度。其中，浅层土壤为地面下0-1m的土壤，深层土壤为1m以下的土壤。由于场地内存在不同规划用地性质的区域，使用阶段居住用暴露情景下的关注因子和暴露浓度筛选如表4-1所示。

**表4-1 公园绿地和教育用地范围内土壤关注污染物和超标情况表**

关注 污染物	单位	第一类用地 筛选值	第二类用地 筛选值	一类用地 最高浓度	二类用地 最高浓度
六价铬	mg/kg	3	5.7	452	无
砷	mg/kg	20	60	21.7	无
铅	mg/kg	400	800	30100	无
铜	mg/kg	2000	18000	18800	无

### 4.3 暴露评估

确定场地环境污染的暴露途径和暴露对象是场地健康风险评价的关键步骤。暴露途径是场地土壤和浅层地下水中污染物迁移到达和暴露与人体的方式。受体处于污染环境中可能通过3种土壤暴露途径，包括经口摄入表层土壤、皮肤接触表层土壤、吸入表层土壤颗粒物。

由于本项目地块的污染源为受污染土壤，且用地性质分为敏感和非敏感用地，因此需考虑污染土壤在不同用地性质条件下的暴露途径。

结合场地概念模型分析以及场地特征污染物的性质，在敏感用地条件下，该场地的暴露途径主要考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物。在非敏感用地条件下，该场地的暴露途径主要考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物。

综合以上讨论，针对场地不同利用时期，本项目场地内污染源、受体和暴露途径分析详见表4-2。

表 4-2 污染源、受体、暴露途径分析表

暴露途径	本地块污染物暴露途径
经口摄入表层土壤	√
皮肤接触表层土壤	√
吸入表层土壤颗粒物	√
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下层土壤的气态污染物	✗

### 4.4 风险评估模型和计算方法

#### 4.4.1 暴露评估计算模型

##### 4.4.1.1 一类用地

本项目的风险评估采用《污染场地风险评估电子表格》。该软件的评估模型

包含了美国《基于风险的矫正行动标准指南》(ASTM)以及我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)中的主要模型。

### (1) 经口摄入土壤途径

经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用如下公式计算，主要考虑儿童期和成人的终身暴露危害。

$$OISER_{ca} = \frac{\left(\frac{OSIR_c \times ED_c \times EF_c}{BW_c} + \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a}{BW_a}\right) \times ABS_0}{AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad (4-1)$$

式中：

$OISER_{ca}$ : 经口摄入土壤暴露量(致癌效应),  $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$

$OSIR_c$ : 儿童每日摄入土壤量,  $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ ;

$ED_c$ : 儿童暴露期, a;

$ED_a$ : 成人暴露期, a;

$EF_c$ : 儿童暴露频率,  $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$ ;

$EF_a$ : 成人暴露频率,  $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$ ;

$BW_c$ : 儿童体重, kg;

$BW_a$ : 成人体重, kg;

$ABS_a$ : 经口摄入吸收效率因子, 无量纲;

$AT_{ca}$ : 致癌效率平均时间。

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, 经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式(4-2)计算:

$$OISER_{ac} = \frac{OSIR_c \times ED_c \times EF_c \times ABS_0}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad (4-2)$$

式中：

$OISER_{nc}$ : 经口摄入土壤暴露量(非致癌效应),  $\text{kg} (\text{土壤}) / \text{kg}^{-1} (\text{体重}) \text{ d}^{-1}$ ;

$AT_{nc}$ : 非致癌效应平均时间, d;

$OSIR_c$ 、 $ED_c$ 、 $EF_c$ 、 $ABS_0$  和  $BW_c$  的参数含义同式(4-1)

### (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身危害, 皮肤接触土壤途径土壤暴露量采用如下公式计算:

$$\text{DCSER}_{ca} = \frac{SAE_c \times SSAR_c \times EF_c \times ED_c \times E_v \times ABS_d}{BW_c \times AT_{ca}} \times 10^{-6} + \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad (4-3)$$

式中：

**DCSER<sub>ca</sub>**: 皮肤接触途径的土壤暴露量(致癌效应), kg 土壤 · kg<sup>-1</sup> 体重 · d<sup>-1</sup>;

**SAE<sub>c</sub>**: 儿童暴露皮肤表面积, cm<sup>2</sup>;

**SAE<sub>a</sub>**: 成人暴露皮肤表面积, cm<sup>2</sup>;

**SSAR<sub>c</sub>**: 儿童皮肤表面土壤粘附系数, mg · cm<sup>-2</sup>;

**SSAR<sub>a</sub>**: 成人皮肤表面土壤粘附系数, mg · cm<sup>-2</sup>;

**ABS<sub>d</sub>**: 皮肤接触吸收效率因子, 无量纲;

**E<sub>v</sub>**: 每日皮肤接触时间频率, 次 · d<sup>-1</sup>

公式 (4-3) 中 EF<sub>c</sub>、ED<sub>c</sub>、BW<sub>c</sub>、AT<sub>ca</sub>、EF<sub>a</sub>、ED<sub>a</sub> 和 BW<sub>a</sub> 参见公式 (4-1)。SAE<sub>c</sub> 和 SAE<sub>a</sub> 的参数值分别采用如下公式计算:

$$SAE_c = 239 \times H_c^{0.417} \times BW_c^{0.517} \times SER_c \quad (4-4)$$

$$SAE_a = 239 \times H_a^{0.417} \times BW_a^{0.517} \times SER_a \quad (4-5)$$

公式(4-3)和(4-4)中：

**H<sub>c</sub>**: 儿童平均身高, cm;

**H<sub>a</sub>**: 成人平均身高, cm;

**SER<sub>c</sub>**: 儿童暴露皮肤所占面积比, 无量纲;

**SER<sub>a</sub>**: 成人暴露皮肤所占面积比, 无量纲。

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, 皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用公式 (4-6) 计算:

$$\text{DCSER}_{nc} = \frac{SAE_c \times SSAR_c \times EF_c \times ED_c \times E_v \times ABS_d}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad (4-6)$$

式中：

**DCSER<sub>nc</sub>**: 皮肤接触的土壤暴露量(非致癌效应), kg (土壤)/kg<sup>-1</sup>(体重) · d<sup>-1</sup>

SAE<sub>c</sub>、SSAR<sub>c</sub>、Ev 和 ABS<sub>d</sub> 的参数含义同式(4-3), EF<sub>c</sub>、ED<sub>c</sub> 和 BW<sub>c</sub> 的参数见公式(4-1)。

### (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身危害,

吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用如下公式计算：

$$\text{PISER}_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c \times fspi \times EFI_c)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} + \\ \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a \times fspi \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad (4-7)$$

式中：

PISER<sub>ca</sub>: 吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（致癌效应）kg土壤<sup>-1</sup>体重<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>；

PM<sub>10</sub>: 空气中可吸入颗粒物含量, mg·m<sup>-3</sup>;

DAIR<sub>a</sub>: 成人每日空气呼吸量, m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>;

DAIR<sub>c</sub>: 儿童每日空气呼吸量, m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>;

PIAF: 吸入土壤颗粒物在体内滞留比例, 无量纲;

f<sub>spi</sub>: 室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲;

f<sub>spo</sub>: 室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲;

EFI<sub>a</sub>: 成人室内暴露频率, d·a<sup>-1</sup>;

EFI<sub>c</sub>: 儿童室内暴露频率, d·a<sup>-1</sup>;

EFO<sub>a</sub>: 成人的室外暴露频率, d·a<sup>-1</sup>;

EFO<sub>c</sub>: 儿童的室外暴露频率, d·a<sup>-1</sup>;

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式(4-8)计算：

$$\text{PISER}_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c \times fspi \times EFI_c)}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad (4-8)$$

式中：

PISER<sub>nc</sub>= 吸入土壤颗粒物的土壤暴露量(非致癌效应)kg土壤<sup>-1</sup>体重<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>；

#### 4.4.1.2 二类用地

##### (1) 经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终身危害，经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式(4-9)计算：

$$\text{OISER}_{ca} = \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

(4-9)

公式(4-9)中,OISER<sub>ca</sub>、OSIR<sub>a</sub>、ED<sub>a</sub>、EF<sub>a</sub>、ABS<sub>o</sub>、BW<sub>a</sub>和AT<sub>ca</sub>的参数含义见公式(4-1)。

对于单一污染物的非致癌效应,考虑人群在成人期的暴露危害,经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式(4-10)计算:

$$OISER_{nc} = \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

(4-10)

公式(4-10)中,OSIR<sub>a</sub>、ED<sub>a</sub>、EF<sub>a</sub>、ABS<sub>o</sub>、BW<sub>a</sub>的参数含义见公式(4-1),OISER<sub>nc</sub>和AT<sub>nc</sub>的参数含义见公式(4-2)。

## (2) 皮肤接触土壤途径

对于单一污染物的致癌效应,考虑人群在成人期暴露的终身危害,皮肤接触土壤途径的土壤暴露量采用公式(4-11)计算:

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

(4-11)

公式(4-11)中,DCSER<sub>ca</sub>、SAE<sub>a</sub>、SSAR<sub>a</sub>、E<sub>v</sub>和ABS<sub>d</sub>的参数含义见公式(4-3),BW<sub>a</sub>、ED<sub>a</sub>、EF<sub>a</sub>和AT<sub>ca</sub>的参数含义见公式(4-1)。

对于单一污染物的非致癌效应,考虑人群在成人期的暴露危害,皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用公式(4-12)计算:

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

(4-12)

公式(4-12)中,DCSER<sub>ca</sub>的参数含义见公式(4-6),SAE<sub>a</sub>、SSAR<sub>a</sub>、E<sub>v</sub>和ABS<sub>d</sub>的参数含义见公式(4-3),AT<sub>nc</sub>的参数含义见公式(4-2),BW<sub>a</sub>、ED<sub>a</sub>、EF<sub>a</sub>的参数含义见公式(4-1)。

## (3) 吸入土壤颗粒物

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终身危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式(4-13)计算：

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

(4-13)

公式(4-13)中，PISER<sub>ca</sub>、PM<sub>10</sub>、DAIR<sub>a</sub>、PIAF、fspo、fspi、EFO<sub>a</sub>和EFI<sub>a</sub>的参数含义见公式(4-7)，BW<sub>a</sub>、ED<sub>a</sub>和AT<sub>ca</sub>的参数含义见公式(4-1)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式(4-14)计算：

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a \times fspi \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

(4-14)

公式(4-14)中，PISER<sub>nc</sub>的参数含义见公式(4-8)，PM<sub>10</sub>、DAIR<sub>a</sub>、PIAF、fspo、fspi、EFO<sub>a</sub>和EFI<sub>a</sub>的参数含义见公式(4-7)，AT<sub>nc</sub>的参数含义见公式(4-2)，BW<sub>a</sub>、ED<sub>a</sub>的参数含义见公式(4-1)。

#### 4.4.1.3 暴露参数选择及说明

本次风险评估的暴露量主要根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 中推荐的暴露评估模型进行计算。

参数的选值优先选择场地环境调查实测数据和资料定值的参数或参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 附录G中的推荐值。

本地块开发利用存在一类用地和二类用地，因此针对特定用地类型选取暴露参数。

表 4-3 暴露参数取值

符号	含义	单位	一类用地	二类用地	参数来源
EDa	成人暴露期	a	24	25	HJ 25.3
EDc	儿童暴露期	a	6	-	HJ 25.3
EFa	成人暴露频率	d • a <sup>-1</sup>	350	250	HJ 25.3
EFc	儿童暴露频率	d • a <sup>-1</sup>	350	-	HJ 25.3
EFIa	成人室内暴露频率	d • a <sup>-1</sup>	262.5	187.5	HJ 25.3
EFIc	儿童室内暴露频率	d • a <sup>-1</sup>	262.5	-	HJ 25.3
EF0a	成人室外暴露频率	d • a <sup>-1</sup>	87.5	62.5	HJ 25.3

EFOc	儿童室外暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	87.5	-	HJ 25.3
BWa	成人平均体重	kg	61.75	61.75	资料查询
BWc	儿童平均体重	kg	22.215	-	资料查询
Ha	成人平均身高	cm	164.03	164.03	资料查询
Hc	儿童平均身高	cm	123.25	-	资料查询
DAIRa	成人每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	16	16	资料查询
DAIRc	儿童每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	8.9	-	资料查询
GWCRa	成人每日饮用水量	$L \cdot d^{-1}$	1	1	HJ 25.3
GWCRC	儿童每日饮用水量	$L \cdot d^{-1}$	0.7	0.7	HJ 25.3
OSIRa	成人每日摄入土壤量	$mg \cdot d^{-1}$	100	100	HJ 25.3
OSIRC	儿童每日摄入土壤量	$mg \cdot d^{-1}$	200	-	HJ 25.3
Ev	每日皮肤接触事件频率	$次 \cdot d^{-1}$	1	1	HJ 25.3
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例	无量纲	0.8	0.8	HJ 25.3
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物比例	无量纲	0.5	0.5	HJ 25.3
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例(SVOCs 和重金属)	无量纲	0.5	0.5	HJ 25.3
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例(SVOCs 和重金属)	无量纲	0.5	0.5	HJ 25.3
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.32	0.18	HJ 25.3
SERC	儿童暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.36	-	HJ 25.3
SSARA	成人皮肤表面土壤粘附系数	$mg \cdot cm^{-2}$	0.07	0.2	HJ 25.3
SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数	$mg \cdot cm^{-2}$	0.2	-	HJ 25.3
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	无量纲	0.75	0.75	HJ 25.3
ABSo	经口摄入吸收因子	无量纲	1	1	HJ 25.3
ACR	单一污染物可接受致癌风险	无量纲	0.000001	0.000001	HJ 25.3
AHQ	单一污染物可接受危害熵	无量纲	1	1	HJ 25.3
ATca	致癌效应平均时间	d	27740	27740	HJ 25.3
ATnc	非致癌效应平均时间	d	2190	9125	HJ 25.3
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33	0.33	HJ 25.3

WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33	0.33	HJ 25.3
-----	-----------------------	-----	------	------	---------

(1) 成人暴露期 (ED<sub>a</sub>, a)

一类用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值24; 工业类二类用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值25。

(2) 儿童暴露期 (ED<sub>c</sub>, a)

一类用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值6。

(3) 成人暴露频率 (EF<sub>a</sub>, d/a)

一类用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值350; 二类用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值250。一类用地推荐值为保守值; 二类用地方式下, 成人每星期工作5 d, 全年按照52 周计, 去掉全年法定假日约10 d, EF<sub>a</sub> = 5 d/周 × 52 周/a - 10 d/a = 250 d/a。

(4) 儿童暴露频率 (EF<sub>c</sub>, d/a)

一类用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值350。

(5) 成人室内暴露频率 (EF<sub>Ia</sub>, d/a)

通过分析人群活动特征, 假设成人75%的时间在室内活动, 一类用地方式下推荐值为 $350 \times 0.75 = 262.5$ , 二类用地方式下推荐值为 $250 \times 0.75 = 187.5$ 。

(6) 儿童室内暴露频率(EFI<sub>c</sub>, d/a)

通过分析儿童活动特征, 假设儿童75%的时间在室内活动, 一类用地方式下推荐值为 $350 \times 0.75 = 262.5$ 。

(7) 成人室外暴露频率 (EFO<sub>a</sub>, d/a)

通过分析人群活动特征, 假设成人25%的时间在室外活动, 二类用地方式下推荐值为 $250 \times 0.25 = 62.5$ 。

(8) 儿童室外暴露频率(EFO<sub>c</sub>, d/a)

通过分析儿童活动特征, 假设儿童25%的时间在室外活动, 一类用地方式下推荐值为 $350 \times 0.25 = 87.5$ 。

(9) 成人平均体重 (BW<sub>a</sub>, kg)

根据《中国居民营养与慢性病状况报告（2015年）》, 该参数采用61.75。

(10) 儿童平均体重 (BW<sub>c</sub>, kg)

根据《中国居民营养与慢性病状况报告（2015年）》, 该参数采用22.215。

(11) 成人平均身高 (Ha, cm)

导则推荐使用《中国居民营养与健康状况监测报告（2010-2013）》参数161.5cm，本报告采用《中国居民营养与慢性病状况报告（2015年）》湖南省成人平均身高164.03。

(12) 儿童平均身高 (Hc, cm)

根据《中国居民营养与慢性病状况报告（2015年）》，该参数采用123.25。

(13) 成人每日摄入土壤量 (OSIRa, mg/d)

采用HJ 25.3-2019 推荐值100。

(14) 儿童每日摄入土壤量 (OSIRc, mg/d)

采用HJ 25.3-2019 推荐值200。

(15) 经口摄入吸收因子 (ABSo, 无量纲)

采用HJ 25.3-2019 推荐值1。

(16) 成人每日空气呼吸量 (DAIRa, m<sup>3</sup>/d)

参考《中国人群暴露参数手册》中湖南当地的相应参数16 m<sup>3</sup>/d。

(17) 儿童每日空气呼吸量 (DAIRc, m<sup>3</sup>/d)

参考《中国人群暴露参数手册》中湖南当地的相应参数8.9 m<sup>3</sup>/d。

(18) 室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例 (fspi, 无量纲)

采用HJ 25.3-2019 推荐值0.8。

(19) 室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例 (fspo, 无量纲)

采用HJ 25.3-2019 推荐值0.5。

(20) 吸入土壤颗粒物在体内滞留比例 (PIAF, 无量纲)

采用HJ 25.3-2019 推荐值0.75。

(21) 成人体表暴露皮肤所占面积比 (SERa, 无量纲)

住宅类敏感用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值0.32，工业类非敏感用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值0.18。

(22) 儿童体表暴露皮肤所占面积比 (SERc, 无量纲)

住宅类敏感用地方式下采用HJ 25.3-2019 推荐值0.36。

(23) 成人皮肤表面土壤粘附系数 (SSARa, mg/cm<sup>2</sup>)

住宅类敏感用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值0.07，工业类非敏感用地方式采用HJ 25.3-2019 推荐值0.2。

(24) 儿童皮肤表面土壤粘附系数 (SSARc, mg/cm<sup>2</sup>)

采用HJ 25.3-2019 推荐值0.2。

(25) 每日皮肤接触事件频率 (Ev, 次/d)

采用HJ 25.3-2019推荐值1。

(26) 致癌效应平均时间 (ATca, d)

考虑到污染物的致癌效应的具有终身危害性, 按照人群平均寿命计算致癌效应平均时间。据世界卫生组织(WHO)公布的《2017 年世界卫生统计报告》, 中国平均寿命为76 岁, 按照76 年计算致癌效应平均时间, 即: ATca=365 d/a×76 a=27740 d。

(27) 非致癌效应平均时间 (ATnc, d)

住宅类敏感用地方式下, 按照儿童的暴露周期 (6 a) 计算非致癌效应平均时

间, 即: ATnc = 6 a×365 d/a= 2190 d; 工业类非敏感用地方式下, 按照成人的暴露周期 (25 a) 计算非致癌效应平均时间, 即ATnc = 25 a×365 d/a= 9125 d。

(28) 暴露于土壤的参考剂量分配比例 (SAF, 无量纲)

在计算筛选值时, 该参数取值考虑了土壤、饮水、呼吸空气、食物、其他消耗品五条途径可能接触污染物, 其中土壤作为主要污染来源, 影响超过50%时, 应该被作为污染地块, 对于大部分污染物取值0.5。挥发性污染物由于挥发性较强, 土壤污染同时必然伴随着较高的呼吸接触污染物暴露, 挥发性污染物该参数取值0.33。

在计算管制值时, 不考虑其他途径的可能接触, 仅以土壤作为污染来源。此时该参数取值1。

#### 4.4.1.4 暴露量计算

本次风险评估的暴露量主要根据《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 中推荐的暴露评估模型进行计算。未来公园绿地情景下敏感受体包括在场地内居住和活动的儿童和成人, 分别根据附录A中的敏感用地和非敏感用地暴露评估模型进行计算。由于《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 不适用于铅的风险评估, 铅的风险评估在后文用其它模型单独计算说明。

本次暴露评估过程中涉及的参数主要为人体暴露参数和场地环境特征参数。人体暴露致癌效应参数包括经口摄入土壤的暴露量（OISERca）、皮肤接触土壤的暴露量（DCSERca）、吸入土壤颗粒物的暴露量（PISERca）、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物（IOVERca3）和吸入室内空气中来自地下水的气态污染物（IIVERca2），人体暴露非致癌效应参数包括经口摄入土壤的暴露量（OISERnc）、皮肤接触土壤的暴露量（DCSERnc）、吸入土壤颗粒物的暴露量（PISERnc）、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物（IOVERnc3）和吸入室内空气中来自地下水的气态污染物（IIVERnc2）。场地环境特征参数包括场地土壤特征参数、场地地下水特征参数、建筑物特征参数及空气参数。土壤特征参数选用②粉质粘土层土壤特征参数的平均值，粉质粘土层为浅层地下水暴露的主要土层。

参数的选值优先选择场地环境调查实测数据和资料定值的参数或参考《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录G中的推荐值。

特别地，针对不同情景，考虑到不同情景下的暴露期和致癌/非致癌效应平均作用时间，公园绿地、教育用地使用期间，人体暴露参数和场地其他暴露参数的取值及来源见4.4.1.3节。

根据上述暴露评估模型和参数选值，场地内儿童和成人在敏感用地的暴露量计算结果如下表所示。



表 4-4 一类用地方式不同暴露途径的暴露量计算结果

污染物	介质	受体	致癌/ 非致癌 效应	暴露量						
				经口摄入土壤 kg 土壤·kg <sup>-1</sup> 体重·d <sup>-1</sup>	皮肤接触土壤 kg 土壤·kg <sup>-1</sup> 体重·d <sup>-1</sup>	吸入土壤颗粒 kg 土壤·kg <sup>-1</sup> 体重·d <sup>-1</sup>	吸入室外空气中来自 地下水的气态污染物 L·kg <sup>-1</sup> 体重·d <sup>-1</sup>	吸入室内空气中来 自地下水的气态污 染物L·kg <sup>-1</sup> 体重·d <sup>-1</sup>	饮用地下 水	
六价铬	土壤	成人	致癌	1.28E-06	-	6.51E-09	-	-	7.66E-03	
		成人	非致癌	9.99E-06	-	2.42E-08	-	-	3.50E-02	
砷		成人	致癌	1.28E-06	1.23E-07	6.51E-09	-	-	7.66E-03	
		成人	非致癌	9.99E-06	8.53E-07	2.42E-08	-	--	3.50E-02	
铜		成人	致癌	1.28E-06	-	6.51E-09	-	-	7.66E-03	
		成人	非致癌	9.99E-06	-	2.42E-08	-	--	3.50E-02	

注：“-”表示无暴露途径；

“/”表示无毒性参数。

## 4.4.2 主要污染物毒理性质

### 4.4.2.1 污染物毒性参数获取

毒性评估是人体健康风险评估的第三个阶段，主要工作是获取关注污染物的人体致癌及非致癌毒性参数，支持致癌风险及非致癌风险的计算。

污染物人体毒性数据的获取采取以下原则：

- (1) 优先参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中给定的污染物的理化参数及毒性参数；
- (2) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中未包括的污染物，其理化参数及毒性参数主要通过参考国外权威机构建立的数据库获取。

目前国际上认可度较高、较权威的数据库有以下几个：

美国环保署综合风险信息系统（IRIS, Integrated risk information system）；  
美国风险评估信息系统（RAIS, Risk assessment Information System）；  
美国RBCA 软件数据库（RBCA, Risk based corrective action）；  
世界卫生组织简明国际化学评估文件（CICAD）；  
国际癌症研究机构（IARC）。

本报告涉及的毒性参数见下表，其中，呼吸吸入致癌斜率因子（SF<sub>i</sub>）、皮肤接触致癌斜率因子（SF<sub>d</sub>）、呼吸吸入参考剂量（RfDi）和皮肤接触参考剂量（RfD<sub>d</sub>），需通过毒性参数外推公式计算得出。

表 4-5 评估涉及毒性参数

参数名称	参数符号
口摄入致癌斜率因子	S <sub>Fo</sub>
呼吸吸入单位致癌因子	IUR
呼吸吸入致癌斜率因子	S <sub>fi</sub>
皮肤接触致癌斜率因子	S <sub>Fd</sub>
非致癌效应毒性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
皮肤接触参考剂量	RfD <sub>d</sub>

### 4.4.2.2 致癌性判定

(1) IARC 依据致癌性资料将化学物质分为以下 4 类：

第一类：致癌物，对人类的致癌性证据充分。

第二类：对人类可能或很可能是致癌物。第二类又分为2A和2B两个小类。

2A：对人类很可能是致癌物，指对人类致癌性证据有限，对实验动物致癌性证据充分。

2B：对人类可能是致癌物，指对人类致癌性证据有限，对实验动物致癌性证据不充分；或对人类致癌性证据不足，对实验动物致癌性证据充分。

第三类：现有的证据不能对人类致癌性进行分类。

第四类：对人类很可能不致癌。

(2) IRIS 依据现有的毒性资料，将化学物质的致癌性分为五大类：

A：对人类为致癌物质。

B1：根据有限的人体毒性资料与充分的动物实验数据，极可能为人类致癌物。

B2：根据充分的动物实验资料，极可能为人类致癌物。

C：可能为人体致癌物。

D：尚无法分类。

E：已证实为非致癌物质。关注污染物致癌毒性判断表

表 4-6 关注污染物致癌毒性判定表

关注污染物	CAS 号	致癌性分类		是否具有致癌风险
		IARC	IRIS	
铅	7439-92-1	2B	A	是
六价铬	7440-47-3	1	B1	是
砷	7440-38-2	1	A	是
铜	7440-50-8	-	-	否

#### 4.4.2.3 污染物毒性参数计算模型

(1) 呼吸吸入致癌斜率因子和参考剂量外推模型公式

呼吸吸入致癌斜率因子（SF<sub>i</sub>）和呼吸吸入参考剂量（RfDi），分别采用以下公式计算：

$$SF_i = \frac{IUR \times BW_a}{R_a} \quad (4-15)$$

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

式中：

SFi: 呼吸吸入致癌斜率因子：(mg 污染物 · kg (土壤) /kg<sup>-1</sup> (体重) .d-1)<sup>-1</sup>

RfDi: 呼吸吸入参考剂量，mg 污染物 · kg (土壤) /kg<sup>-1</sup> (体重) .d-1

IUR: 呼吸吸入单位致癌因子，m<sup>3</sup> · mg<sup>-1</sup>。

RfC: 呼吸吸入参考浓度，mg · m<sup>-3</sup>。

其他见上所述

## (2) 皮肤接触致癌斜率因子和参考剂量外推模型公式

皮肤接触致癌斜率系数和参考剂量分别采用以下公式计算：

$$SF_d = \frac{SF_0}{ABS_{gi}} \quad (4-16)$$

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

式中：

SFd: 皮肤接触致癌斜率因子，(mg 污染物·kg<sup>-1</sup>体重·d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>;

Sfo: 经口摄入致癌斜率因子，(mg 污染物·kg<sup>-1</sup>体重·d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>;

RfDo: 经口摄入参考剂量，mg 污染物·kg<sup>-1</sup>体重·d<sup>-1</sup>;

RfDd: 皮肤接触参考剂量，mg 污染物·kg<sup>-1</sup>体重·d<sup>-1</sup>;

ABSGi: 消化道吸收效率因子，无量纲。

表 4-7 主要污染物毒性参数

中文名	CAS 编号	Sfo (mg/kg·d) <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	数据来 源	RfDo mg/kg <sup>-d</sup>	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无 量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
六价铬	18540-29-9	0.5	C	2.3	T	0.003	T	0.00022	T	0.025	RSLs	0.01	-
砷	7440-38-2	1.5	I	0.15	T	0.0003	I	0.000015	RSLs	1	RSLs	0.03	RSLs
铜	7440-50-8	-	-	-	T	0.097	T	-	-	1	RSLs	-	-

注：1. ABS<sub>gi</sub>: 消化道吸收因子； ABS<sub>d</sub>: 皮肤吸收效率因子。

2. SF<sub>i</sub>、SF<sub>d</sub>、Rf<sub>Di</sub> 和 Rf<sub>Dd</sub> 通过《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）外推公式计算得出。

3. 总石油烃毒性数据来源为美国Texas Risk Reduction Program (TRRP)中的“TPH, TX1005, >C12-C35”数据。



#### 4.4.3 风险表征计算模型

风险表征是在总结了暴露评估和毒性评估的工作基础上,进行污染场地人体健康风险评估的最后一步,并定量计算污染场地污染物质非致癌危害指数和致癌风险的大小,并对计算的风险结果进行解释说明及分析风险评估结果中存在的不确定因素。同时风险表征是把污染场地风险评估与风险管理联系在一起的纽带,风险管理者可依据风险表征的内容结合经济技术可行性及相关法律法规等对污染场地做出合理的决策。

单一目标污染物致癌风险表征的计算如下:

(1) 经口摄入土壤途径的致癌风险计算公式:

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \quad (4-17)$$

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,  $mg \cdot kg^{-1}$ ; 根据场地调查获得参数值;

$OISER_{ca}$ : 经口摄入土壤暴露量(致癌效应),  $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ;

$SF_o$ : 经口摄入致癌斜率因子,  $(mg \text{ 污染物} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1})$ 。

(2) 皮肤接触土壤途径的致癌风险计算公式:

$$CR_{des} = DCSER_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \quad (4-18)$$

式中:

$CR_{des}$ : 皮肤接触土壤途径的致癌风险, 无量纲;

$DCSER_{ca}$ : 皮肤接触土壤暴露量(致癌效应),  $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ;

$SF_d$ : 皮肤接触致癌斜率因子,  $(mg \text{ 污染物} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1})$ 。

(3) 吸入土壤颗粒物途径的致癌风险计算公式:

$$CR_{pis} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \quad (4-19)$$

式中:

$CR_{pis}$ : 吸入土壤颗粒物途径的致癌风险, 无量纲;

$PISER_{ca}$ : 吸入土壤颗粒物暴露量(致癌效应),  $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ;

$SF_i$ : 吸入土壤颗粒物致癌斜率因子,  $(mg \text{ 污染物} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1})$ 。

(4) 土壤中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险计算公式:

$$CR_n = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{pis} \quad (4-20)$$

式中:

CR<sub>n</sub>: 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。

土壤中单一污染物危害熵

① 经口摄入土壤途径的危害熵

$$HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_0 \times SAF} \quad (4-21)$$

式中:

HQ<sub>ois</sub>= 经口摄入土壤途径的危害熵, 无量纲;

SAF: 暴露于土壤的参考剂量分配系数, 无量纲;

C<sub>sur</sub>= 表层土壤中污染物浓度, mg/kg;

RfDo: 经口摄入参考剂量, mg 污染物•kg<sup>-1</sup>体重•d<sup>-1</sup>。

② 皮肤接触土壤途径的危害熵

$$HQ_{dcs} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF} \quad (4-22)$$

式中:

HQ<sub>dcs</sub>= 皮肤接触土壤途径的危害熵, 无量纲;

C<sub>sur</sub>= 表层土壤中污染物浓度, mg/kg;

RfDd= 皮肤接触参考剂量, mg 污染物•kg<sup>-1</sup>体重•d<sup>-1</sup>;

SAF= 暴露于土壤的参考剂量分配系数, 无量纲。

③ 吸入土壤颗粒物途径的危害熵

$$HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad (4-23)$$

式中:

HQ<sub>pis</sub>= 吸入土壤颗粒物途径的危害熵, 无量纲;

C<sub>sur</sub>= 表层土壤中污染物浓度, mg/kg;

RfDi= 呼吸吸入参考剂量, mg 污染物•kg<sup>-1</sup>体重•d<sup>-1</sup>;

SAF= 暴露于土壤的参考剂量分配系数, 无量纲。

#### 4.4.4 评估参数及其赋值说明

#### 4.4.4.1 参数取值

风险评估模型参数的选择依照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 和《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管理标准(试行)》编制说明。场地的部分土壤参数通过土工样实测, 具体见下表。本地风险评估关注污染物为重金属, 因此不考虑建筑物参数。

表 4-8 土壤参数

符号	含义	单位	一类用地	二类用地	参数来源
$f_{om}$	土壤有机质含量	$g \cdot kg^{-1}$	15	15	HJ 25.3
$\rho_b$	土壤容重	$kg \cdot dm^{-3}$	1.7	1.7	实测
$P_{ws}$	土壤含水率	$kg \cdot kg^{-1}$	0.23	0.23	实测
$\rho_s$	土壤颗粒密度	$kg \cdot dm^{-3}$	2.65	2.65	HJ 25.3
$PM_{10}$	空气中可吸入颗粒物含量	$mg \cdot m^{-3}$	0.21	0.21	实测
$U_{air}$	混合区大气流速风速	$cm \cdot s^{-1}$	260	260	实测
$\delta_{air}$	混合区高度	cm	200	200	HJ 25.3
$W$	污染源区宽度	cm	4000	4000	HJ 25.3
$h_{cap}$	土壤地下水交界处毛管层厚度	cm	5	5	HJ 25.3
$h_v$	非饱和土层厚度	cm	295	295	HJ 25.3
$\theta_{acap}$	毛细管层孔隙空气体积比	无量纲	0.038	0.038	HJ 25.3
$\theta_{wcap}$	毛细管层孔隙水体积比	无量纲	0.342	0.342	HJ 25.3
$U_{gw}$	地下水达西(Darcy)速率	$cm \cdot a^{-1}$	2500	2500	HJ 25.3
$\delta_{gw}$	地下水混合区厚度	cm	200	200	HJ 25.3
$I$	土壤中水的入渗速率	$cm \cdot a^{-1}$	30	30	HJ 25.3

#### 4.4.5 贡献率分析模型

暴露途径的风险贡献率表征不同暴露途径的危害程度, 为场地的防护和修复提供科学依据。

单一污染物经不同暴露途径致癌风险贡献率计算公式如下:

$$PCR_i = \frac{CR_i}{CR_n} \times 100\% \quad (4-24)$$

式中:

$PCR_i$ = 单一污染物经第*i* 种暴露途径致癌风险贡献率, 无量纲;

$CR_i$ = 单一污染物经第*i* 种暴露途径致癌风险, 无量纲;

$CR_n$ = 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。

#### 4.4.6 可接受风险水平

美国环保局（USEPA-TBD, 1996）将单一污染物或暴露途径的可接受致癌风险水平设定为 $10^{-6}$ 。美国密苏里州、新墨西哥等州环保局在制订基于风险评估的土壤筛选值时，均采用致癌风险 $10^{-5}$ 作为可接受风险水平；荷兰住房空间规划和环境部在制定基于健康风险评估的土壤标准时，以 $10^{-4}$ 作为可接受致癌风险。综上分析，结合我国现阶段污染场地环境管理需求，推荐以 $10^{-6}$ 致癌风险作为污染物（经所有暴露途径）的可接受致癌风险。

美国联邦及各州环保局、荷兰环境部等均设定单一污染物的可接受危害商为1。在进行风险表征时，当在多种污染物的毒性终点或毒性机理类似时，可进行危害风险加和分析。国内污染场地案例调查表明，大多数污染场地的关注污染物的种类少于10，所以规定单个致癌污染物的可接受风险水平 $\leq 10^{-6}$ ，能保证场地所有致癌污染物的风险水平 $\leq 10^{-5}$ 。

根据生态环境部发布的《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致癌风险水平小于 $10^{-6}$ ，非致癌风险可接受水平为1。

### 4.5 地块风险评估结果

#### 4.5.1 风险评估结果

鉴于本地块存在一类和二类用地区域，为了更有针对性的评估一类、二类用地区域风险水平，将采样浓度数据分为一类用地区域和二类用地区域，分别进行风险水平计算。

风险评估结果表明，一类用地情境下，六价铬在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径下的致癌风险水平分别为 $2.89E-04$ 、-、 $2.88E-05$ ，表明六价铬在两种暴露途径存在致癌风险； 砷在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径下的致癌风险水平分别为 $4.16E-05$ 、 $3.99E-06$ 、 $9.03E-08$ ，表明砷在两种暴露途径存在致癌风险； 铜在一类用地情境下无致癌风险。

一类用地情景下，六价铬在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径下的非致癌风险水平分别为 $2.91E+00$ 、-、 $4.24E-01$ ，表明六价铬只在经口摄入

暴露途径存在非致癌风险；砷在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物下的非致癌风险分别为 1.45E+00、1.23E-01、2.99E-01，表明砷在经口摄入途径存在非致癌风险；铜在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物下的非致癌风险分别为 3.87E+00、-、-，表明铜只在经口摄入途径存在非致癌风险。

风险计算结果表明该地块需经修复治理或风险管理后方可开发利用。

#### 4.5.2. 部分暴露途径无风险水平数值说明

风险评估中，关注污染物的毒性参数主要包括：

- 1) 经口摄入致癌斜率因子 SFo , (mg 污染物 • kg<sup>-1</sup> 体重 • d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>;
- 2) 呼吸吸入致癌斜率因子 SFi , (mg 污染物 • kg<sup>-1</sup> 体重 • d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>;
- 3) 皮肤接触致癌斜率因子 SFd , (mg 污染物 • kg<sup>-1</sup> 体重 • d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>;
- 4) 经口摄入参考剂量 RfDo , mg 污染物 • kg<sup>-1</sup> 体重 • d<sup>-1</sup>;
- 5) 呼吸吸入参考剂量 RfDi , mg 污染物 • kg<sup>-1</sup> 体重 • d<sup>-1</sup>;
- 6) 皮肤接触参考剂量 RfDd , mg 污染物 • kg<sup>-1</sup> 体重 • d<sup>-1</sup>;
- 7) 呼吸吸入致癌斜率因子 URF, m<sup>-3</sup> • mg<sup>-1</sup> 污染物;
- 8) 呼吸吸入参考浓度 RfC, mg • m<sup>-3</sup>;
- 9) 皮肤接触吸收效率因子 ABS<sub>d</sub> , 无量纲;
- 10) 消化道吸收效率因子, ABS<sub>gi</sub> , 无量纲。

本次风险评估污染物毒性参数和理化参数参照美国环保局综合风险信息系统（USEPA Integrated Risk Information System）、临时性同行审定毒性数据（The Provisional Peer Reviewed Toxicity Values）和区域筛选值（Regional Screening Levles）的最新发布数据，《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）编制说明》中将风险评估参数分为三大类，分别为优先根据场地调查获得的参数、采用《导则》推荐值的参数、优先根据场地调查获得，亦可采用推荐值的参数，污染物毒性数据通过大量动物实验获得，为优先使用推荐值参数范畴，若采用不同污染物毒性参数进行类比，无科学性，且污染物风险控制值计算模型与风险水平计算模型相匹配，若进行类比计算，会出现污染物的风险控制值远远小于其相应用地类型筛选值的情况，按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ

25.3-2019)既定模型对污染物进行风险评估,已满足GB36600要求,因此本报告不针对特定缺失参数污染物的风险水平进行类比计算。

呼吸吸入致癌斜率因子(SFi)计算模型:

$$SF_i = \frac{IUR \times BW_a}{DAIR_a} \quad (4-25)$$

式中:

SF<sub>i</sub>=呼吸吸入致癌斜率因子:(mg 污染物•kg(土壤)/kg<sup>-1</sup>(体重).d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>

IUR=呼吸吸入单位致癌因子,m<sup>3</sup>•mg<sup>-1</sup>。

皮肤接触致癌斜率因子(SFd)计算模型:

$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_{gi}} \quad (4-26)$$

式中:

SF<sub>d</sub>:皮肤接触致癌斜率因子,(mg 污染物•kg<sup>-1</sup>体重•d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>;

SF<sub>o</sub>:经口摄入致癌斜率因子,(mg 污染物•kg<sup>-1</sup>体重•d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>;

ABS<sub>gi</sub>=消化道吸收效率因子,无量纲。



表 4-9 表层土壤关注污染物对敏感用地居民的致癌风险及非致癌危害商计算结果表

	污染物	评估浓度 (mg/kg)	经口摄入土壤		皮肤接触土壤		吸入土壤颗粒物		土壤中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险	
			致癌	非致癌	致癌	非致癌	致癌	非致癌	致癌	非致癌
			CRois	HQois	CRdcs	HQdcs	CRpis	HQpis	CRn	HQn
一类用地	六价铬	452	2.89E-04	2.91E+00	-	-	2.88E-05	4.24E-01	3.18E-04	3.34E+00
	砷	21.7	4.16E-05	1.45E+00	3.99E-06	1.23E-01	9.03E-08	2.99E-01	4.57E-05	1.87E+00
	铜	18800	-	3.87E+00	-	-	-	-	-	3.87E+00

注:

-: 表示关注污染物不通过该暴露途径对人体产生风险，或没有相关的毒性参数可供参考；

风险评估结果表明，一类用地情境下，六价铬在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径下的致癌风险水平分别为 2.89E-04、-、2.88E-05，表明六价铬在两种暴露途径存在致癌风险；砷在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径下的致癌风险水平分别为 4.16E-05、3.99E-06、9.03E-08，表明砷只在经口摄入、皮肤接触暴露途径存在致癌风险。

一类用地情景下，六价铬在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径下的非致癌风险水平分别为 2.91E+00、-、4.24E-01，表明六价铬只在两种暴露途径存在非致癌风险；砷在经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径下的非致癌风险为 1.45E+00、1.23E-01、2.99E-01，表明砷只在经口摄入暴露途径下存在非致癌风险；铜在经口摄入、皮肤接触、吸附土壤颗粒物暴露途径下的非致癌风险为 3.87E+00、-、-，说明铜只在经口摄入暴露途径下存在非致癌风险。

风险计算结果表明该地块需经修复治理或风险管理后方可开发利用。

### 4.5.3 不确定性分析

按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)的要求，应分析造成地块风险评估结果不确定性的主要来源，包括暴露情景假设、评估模型的适用性、模型参数取值等多个方面。

#### 4.5.3.1 贡献率分析

关注污染物各暴露途径致癌和非致癌风险计算结果见下表，六价铬、砷的致癌风险主要来自于经口摄入，在一类用地情境下贡献率分别为90.92%、91.07%。六价铬、砷、铜的非致癌风险同样主要来自于经口摄入暴露途径，在一类用地情境下贡献率分别为87.28%、77.38%、100%。

由下表可知，在三种暴露途径下均有污染物存在致癌风险，表明该地块健康危害较高，需进行修复或管控后才可进行开发利用。



表 4-10 风险贡献率计算表

污染物	经口摄入土壤	皮肤接触土壤		吸入土壤颗粒物			
		致癌	非致癌	致癌	非致癌		
		CRois	HQois	CRdcs	HQdcs		
一类用地	六价铬	90.92%	87.28%	-	-	9.08%	12.72%
	砷	91.07%	77.38%	8.74%	6.61%	0.2%	16.01%
	铜	100%	-	-	-	-	-

六价铬、砷、铜的致癌风险主要来自于经口摄入，在一类用地的情境下贡献率分别为 90.92%、91.07%、100%。六价铬、砷的非致癌风险全部来自于经口摄入途径，贡献率分别为 87.29%、77.38%。

#### 4.5.3.2 参数敏感性分析

当单一暴露途径风险贡献率超过20%时，应进行人群和与该途径相关参数的敏感性分析。参数敏感性可用敏感性比值表示，公式如下，敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响也越大。进行模型参数敏感性分析应综合考虑参数的实际取值范围确定参数值的变化范围。

$$SR = \frac{\frac{X_2 - X_1}{X_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}} \times 100\% \quad (4-27)$$

其中：

SR—模型参数敏感性比例，无量纲；

P1—模型参数P 变化前的数值；

P2—模型参数P 变化后的数值；

X1—按P1计算的致癌风险或危害商，无量纲；

X2—按P2计算的致癌风险或危害商，无量纲。

表 4-11 六价铬经口摄入途径参数敏感性分析

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人平均体重	BWa	kg	61.75	64.89	2.89E-04	2.84E-04	-34.02
儿童平均体重	BWc	kg	22.215	26	2.89E-04	2.42E-04	-95.42
成人暴露期	EDa	a	24	25.2	2.89E-04	2.94E-04	34.6
儿童暴露期	EDc	a	6	6.3	2.89E-04	2.98E-04	62.28
成人暴露频率	EFa	d/a	350	365	2.89E-04	2.94E-04	40.4
儿童暴露频率	EFc	d/a	350	365	2.89E-04	2.97E-04	64.6
成人每日摄入土壤量	OSIR <sub>a</sub>	g/d	100	105	2.89E-04	2.94E-04	34.6
儿童每日摄入土壤量	OSIR <sub>c</sub>	g/d	200	210	2.89E-04	2.98E-04	62.28
致癌效应平均时间	ATca	d	27740	29127	2.89E-04	2.75E-04	-96.8

由表4-11可知，对六价铬经口摄入途径风险影响较大的参数包括儿童平均体重、儿童暴露期、儿童暴露频率、儿童每日摄入土壤量、致癌效应平均时间。正值表示致癌风险与参数呈同向变化，当该参数增大时，暴露风险也增大，负值相

反，敏感性比值均大于50%。

表 4-12 砷经口摄入途径参数敏感性分析

参数名称	符号	单 位	P1	P2	X1	X2	SR(%)
成人平均体重	BWa	kg	61.75	64.89	4.16E-05	4.09E-05	-32.9
儿童平均体重	BWc	kg	22.215	26	4.16E-05	3.49E-05	-94
成人暴露期	EDa	a	24	25.2	4.16E-05	4.24E-05	38.4
儿童暴露期	EDc	a	6	6.3	4.16E-05	4.29E-05	62.5
成人暴露频率	EFa	d/a	350	365	4.16E-05	4.23E-05	39.2
儿童暴露频率	EFc	d/a	350	365	4.16E-05	4.27E-05	66.26
成人每日摄入土壤量	OSIR <sub>a</sub>	g/d	100	105	4.16E-05	4.24E-05	38.4
儿童每日摄入土壤量	OSIR <sub>c</sub>	g/d	200	210	4.16E-05	4.29E-05	62.5
致癌效应平均时间	ATca	d	27740	29127	4.16E-05	3.96E-05	-96.2

由表 4-12 可知，对砷经口摄入途径风险影响较大的参数包括儿童平均体重、儿童暴露期、儿童暴露频率、儿童每日摄入土壤量、致癌效应平均时间。正值表示致癌风险与参数呈同向变化，当该参数增大时，暴露风险也增大，负值相反，敏感性比值均大于 50%。

#### 4.5.3.3 其他不确定性分析

这里所说的不确定性并不代表报告编制人员计算错误，该计算过程严格按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）进行，此处的不确定性分析主要为不受报告编制人员控制的不确定性，主要有三个方面：

(1) 毒性评估参数的不确定性：毒性数据主要通过动物试验获得，由急性毒性外推到慢性毒性，再由动物外推到人体，存在很多的不确定性。部分毒性数据如皮肤接触的参考剂量是通过其他暴露途径的毒性数据外推而来，这一过程也增加了评价结果的不确定性。

(2) 污染物浓度数据的不确定性：重金属污染物真正能够对人体产生不良毒性的基本为生物可利用性部分，但目前风险评估过程中均采用全量作为浓度数据；其次，对于挥发性有机物或部分半挥发性有机物，《导则》中推荐致癌效应评估周期为 76 年，用一次场地调查的污染物浓度数据作为 76 年致癌效应周期的评估

浓度显然是不合适的，但是目前，风险评估结合污染物浓度衰减模型的评估模式研究还处于空白阶段，报告编制人员只能按照相关要求进行评估。

(3) 风险表征阶段：由于多种污染物同时作用的情况下，对生物和人体的效应并非独立，可能产生拮抗和协同作用。因此，风险估算采用单风险加和也有失真实。

## 4.6 铅的风险评估

由于《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）中指出所用计算模型不适用于铅的风险评估计算，因此铅的计算模型采用其他方法单独评价。

铅（Pb）虽然被公认为非致癌物质，但是缺乏其非致癌效应的相关毒理参数，即参考剂量R<sub>fd</sub>。同时，研究表明，人如果长期暴露在Pb 含量较高的环境中并进而摄入过多铅，有可能导致人体血铅超标，最终将影响人的认识能力及智力发育。对于胎儿及儿童而言，体内血铅超标引起的负面健康效应更明显。因此，美国EPA 与CDC（疾病控制与预防中心，Center for disease control and prevention）限定儿童的血铅浓度应在10 $\mu\text{g}/\text{dL}$  以下。EPA对于污染场地的风险削减目标是考虑儿童在所有暴露途径（包括饮食摄入、呼吸含铅气体、皮肤接触含铅水体等）下血铅浓度超过10 $\mu\text{g}/\text{dL}$  的概率不高于5%。如果概率高于5%，则需要对污染场地介质中的铅进行适当修复。

血铅浓度可以与暴露及负面健康效应进行联系。EPA 推荐使用（1）暴露于铅环境污染中儿童（0~84 个月）血铅的预测模型IEUBK（Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead），用于住宅用地儿童血铅浓度预测；及（2）成人铅暴露评估模型ALM（Adult Lead Methodology），用于商业/工业用地成人及婴儿血铅浓度预测；（3）并评估对于儿童、成人及婴儿的血铅浓度以及血铅浓度超过10 $\mu\text{g}/\text{dL}$  的概率。

在前期场地环境调查的分析结果得到，在第一类用地范围内，土壤中的铅浓度最高为 30100 mg/kg，超过了《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB36600-2018) 中第一类用地筛选值，最大超标倍数为 75.25 倍。因此，有必要对该场地的中铅的人体健康风险做进一步详细评估。

#### 4.6.1 风险计算模型

##### 一、IEUBK 模型

IEUBK 模型主要用于预测儿童（0~84个月）环境铅暴露后血铅浓度水平（PbB），采用四个相互关联的模块（暴露模块、吸收模块、生物动力学模块和概率分布），采用毒理动力学模型与统计相结合的方法，将不同途径和来源的环境铅暴露与儿童群体血铅水平关联起来。模型假设儿童群体血铅的分布类型近似几何正态分布，根据收集到的儿童暴露信息预测儿童群体中的血铅水平几何均值，进一步估算儿童群体血铅超过某一临界浓度 $10 \mu\text{g/dL}$ 的概率。

IEUBK 模型中的铅的来源包括土壤、室内外灰尘、饮用水、空气和饮食等。由于进入人体呼吸和肠胃系统（GI）的铅，只有一部分最终进入血液循环系统而产生毒性，因此IEUBK 模型假设从不同环境介质进入人体的铅，其生物有效性不同，且不同的铅摄入水平，其吸收效率也有差异。

###### （1）暴露模块

IEUBK 采用吸收速率（IN）模型描述儿童对环境介质中铅的吸收。

$$IN_{soil} = C_{soil} \times WF_{soil} \times IR_{soil+dust}$$

[1]

$$IN_{dust} = C_{dust} \times (1 - WF_{soil}) \times IR_{soil+dust}$$

[2]

$$IN_{air} = C_{air} \times VR$$

[3]

$$IN_{water} = C_{water} \times IR_{water}$$

[4]

式中， $IN_{soil}$ 、 $IN_{dust}$ 、 $IN_{air}$ 、 $IN_{water}$  分别表示儿童对于室外土壤、灰尘、空气和饮用水中铅的摄入量，单位为  $\mu\text{g/d}$ ；

$C_{soil}$ 、 $C_{dust,resid}$ 、 $C_{air}$ 、 $C_{water}$  分别表示土壤、居住地灰尘、空气和饮用水中铅的浓度，单位为  $\text{mg/kg}$ 、 $\mu\text{g/m}^3$ 、 $\mu\text{g/m}^3$ 、 $\mu\text{g/L}$ ；

$WF_{soil}$  表示儿童摄入土壤总量中直接摄入土壤所占比例；

$IR_{soil+dust}$ 、 $IR_{water}$  分别表示儿童对土壤、灰尘、饮用水每日摄入量，单位为  $\text{mg/d}$ 、 $\text{L/d}$ ；

VR 表示儿童每日空气吸入量，单位为  $\text{m}^3/\text{d}$ 。

### (2) 吸收模块

不同途径摄入铅的可吸收效果不同，IEUBK 模型默认设定来自土壤及灰尘、饮食、饮用水、空气中铅的可吸收率分布为 30%、40~50%、60%、25~45%。

$$\begin{aligned} UP_{poten} = & ABS_{diet} \times IN_{diet} + ABS_{dust} \times IN_{dust} + ABS_{soil} \times IN_{soil} + ABS_{air} \times \\ & IN_{air} + \\ & ABS_{water} \times IN_{water} + ABS_{other} \times IN_{other} \end{aligned} \quad [5]$$

式中， $UP_{poten}$  表示进入儿童体内具有潜在被吸收可能的铅总量； $ABS_{media}$  表示各环境介质来源铅的潜在吸收系数。根据儿童体内铅的浓度水平不同，将其吸收过程分为被动吸收 ( $UP_{passive}$ ) 和主动吸收 ( $UP_{active}$ ) 过程：

( $UP_{active}$ ) 过程：

$$UP_{passive} = PAF \times UP_{poten} \quad [6]$$

$$UP_{active} = \frac{(1-PAF) \times UP_{poten}}{1 + \frac{UP_{poten}}{SAT_{uptake}}} \quad [7]$$

式中， $PAF$  表示被动吸收占铅吸收总量的比例； $SAT_{uptake}$  表示主动吸收过程到达最大值半数的  $UP_{poten}$  值。

### (3) 生物动力学模块

IEUBK 模型的生物动力学模块采用机制模型表述铅在人体内转运的生理-生化过程，将铅的吸收效率与人体各器官的铅含量尤其是血铅浓度变化联系起来。但是由于儿童自身行为、家庭行为以及个体类型的差异，在同样的环境铅浓度条件下，儿童群体血铅浓度有较大的变异性，采用几何标准偏差 (GSD) 进行描述。

#### 4.6.2 模型参数取值

IEUBK 模型及 ALM 模型的参数取值如下表 4-13 所示：

表 4-13 各模型取值

模型参数	参数符号	参数单位	数值	取值来源
<b>IEUBK</b>				
室外土壤中铅浓度	$C_{soil}$	mg/kg	30100	实测最大值
居住地灰尘中铅浓度	$C_{dust,resid}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200	推荐值
室外空气中铅浓度	$C_{air}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.25	注 1
食品中铅的摄入量	$IN_{diet}$	$\mu\text{g}/\text{d}$	1.95~2.26	推荐值
饮用水中铅浓度	$C_{water}$	$\mu\text{g}/\text{L}$	4	推荐值
几何标准差	GSD	/	1.6	推荐值
摄入土壤总量中直接摄入 土壤所占比例	$WF_{soil}$	%	45	推荐值
土壤/灰尘摄入量	$IR_{soil+dust}$	mg/d	85~135	推荐值
每日空气吸入量	VR	$\text{m}^3/\text{d}$	2~7	推荐值
肺吸收率	/	%	32	推荐值
室外暴露时间	/	h	1~4	推荐值
饮用水每日摄入量	$IR_{water}$	L/d	0.2~0.59	推荐值
土壤中铅的潜在吸收系数	$ABS_{soil}$		30	推荐值
灰尘中铅的潜在吸收系数	$ABS_{dust}$	%	30	推荐值
水中铅的潜在吸收系数	$ABS_{water}$	%	50	推荐值
食物中铅的潜在吸收系数	$ABS_{diet}$	%	50	推荐值
孕妇血铅浓度背景值	/	( $\mu\text{g}/\text{dL}$ )	4.79	注 2
<b>ALM</b>				
土壤中铅浓度	PbS	mg/kg	30100	实测值
未暴露于铅污染土壤的成人(育 龄妇女)的血铅浓度背景值	$PbB_{adult,0}$	$\mu\text{g}/\text{dL}$	2.2	推荐值
平均接触时间	AT	d	365	推荐值
生物动力学斜率因子	BKSF	$(\mu\text{g}/\text{dL})/(g/\text{d})$	0.4	推荐值
室外和室内土壤粉尘的摄入率	$IR_s$	g/d	0.1	推荐值

肠胃对摄入体内铅的吸收率	AFs	/	0.12	推荐值
暴露频率	EFs	d/a	250	注 2
育龄妇女血铅浓度的几何标准差	GSD <sub>i,adult</sub>	/	1.9	推荐值
婴儿血铅浓度与母体血铅浓度比值	R <sub>fetal,maternal</sub>	/	0.9	推荐值

注:

- 邹天森 等, 中国部分城市空气环境铅含量及分布研究, [J] 中国环境科学, 2015, 35 (1)。参考湖南省衡阳市的空气铅含量。
- 张红振, 骆永明, 章海波, 等. 基于人体血铅指标的区域土壤环境铅基准值[J]. 环境科学, 2009, 30(10):3036-3042.
- 部分参数取值给范围的, 例如食品中铅的摄入量为“1.95~2.26μg/L”, 基于年龄具有不同的取值。

#### 4.6.3 计算结果

##### (1) 敏感用地儿童血铅浓度

基于检测结果, 选取土壤中铅的最大值 30100 mg/kg, 通过 IEUBK 计算得到不同年龄段的儿童对于不同暴露来源中铅的摄入量及血铅浓度, 如下表 4-14 所示。

表 4-14 不同年龄段的儿童对于不同暴露来源中铅的摄入量、贡献率、及血铅浓度

年龄	儿童对于空气、食物、饮用水、土壤及灰尘中铅的摄入量及总摄入量(μg/d)						血铅浓度 (μg/dL)
	IN <sub>air</sub>	IN <sub>diet</sub>	IN <sub>water</sub>	IN <sub>soil+dust</sub>	(μg/dL)	IN <sub>total</sub>	
.5-1	0.021	0.317	0.112	179.840	79.0	180.291	79.0
1-2	0.034	0.261	0.267	271.597	89.3	272.160	89.3
2-3	0.062	0.295	0.288	282.355	85.2	283.001	85.2
3-4	0.067	0.295	0.306	294.256	83.6	294.924	83.6
4-5	0.067	0.323	0.364	249.501	73.6	250.254	73.6

5-6	0.093	0.366	0.414	242.437	65.7	243.310	65.7
6-7	0.093	0.417	0.444	240.994	60.6	241.949	60.6

由此得到的儿童不同血铅浓度概率密度分布以及血铅浓度累积概率分布如下图 4-3 和图 4-4。

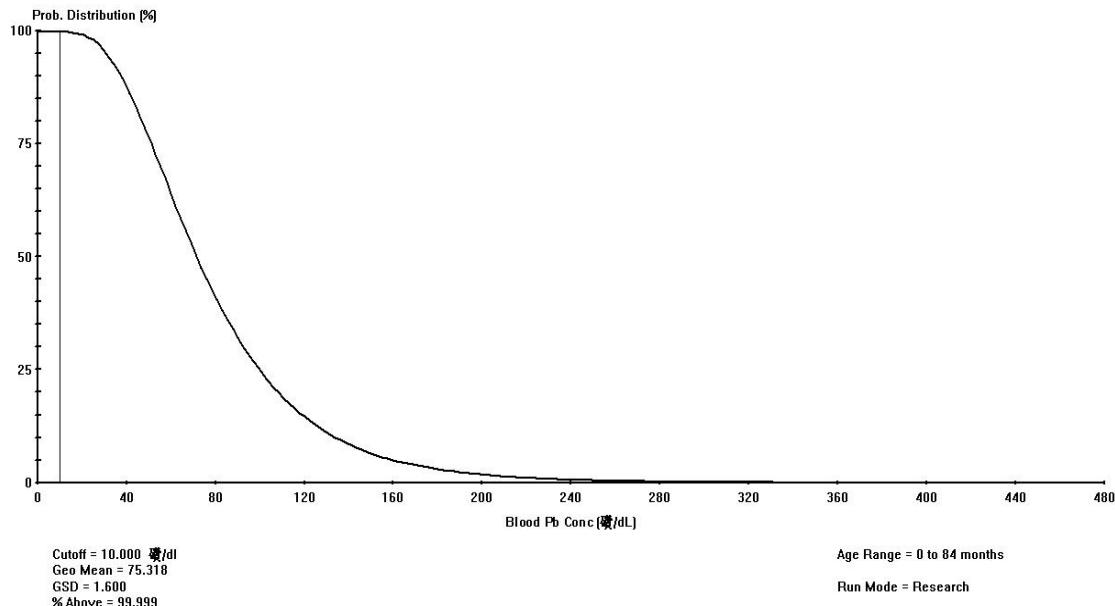


图 4-3 一类用地范围内儿童血铅浓度累积概率分布（血铅单位： $\mu\text{g}/\text{dL}$ ）

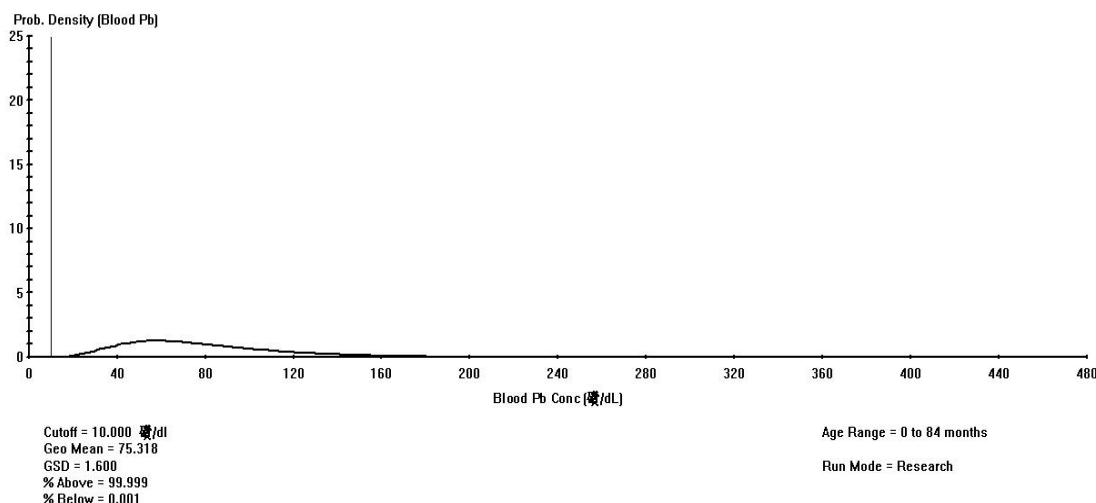


图 4-4 一类用地类型范围内儿童血铅含量概率分布（血铅单位： $\mu\text{g}/\text{dL}$ ）

儿童血铅超过  $10 \mu\text{g}/\text{dL}$  的比例为 99.999%，血铅平均几何值  $12.856 \mu\text{g}/\text{dL}$ 。可见，在所设定的参数条件下，0-7岁儿童血铅含量处理较高的风险。

按照以上默认参数及设定的除土壤以外的铅含量，以0-7岁儿童为对象，儿童血铅超过  $10 \mu\text{g}/\text{dL}$  的比例低于 5%，儿童血铅几何标准偏差 1.6，推算土壤中铅

的允许含量。假设规划后，场地饮用水达到生活饮用水标准：10  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、空气达到环境空气质量标准：1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,那么土壤中铅应达到的标准为418  $\text{mg}/\text{L}$ 。

#### 4.6.4 铅的风险控制值

根据4.6.3节中的计算结果，可分别计算居住和道路用地类型所在区域土壤中Pb的最高允许浓度（即风险控制值），其中公园绿地、教育用地类型范围浅层土壤中Pb的最高允许浓度为418  $\text{mg}/\text{kg}$ 。

## 第5章 修复目标值及超修复目标值土壤量估算

生态环境部2018年颁布的《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）根据用地类型提出了筛选值与管制值的概念，并规定“建设用地土壤中污染物含量等于或者低于风险筛选值的，土壤污染风险一般情况下可以忽略”、“建设用地土壤中污染物含量高于风险管制值，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施”。标准中同时规定，建设用地污染地块土壤修复目标值主要依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》等相关技术要求确定，但不得高于管制值。因此基于健康风险评估结果的风险控制值是污染地块土壤修复目标值选择的重要依据。

### 5.1 修复标准确定准则

本地块土壤修复标准的确定将遵循以下原则：

- (1) 当本项目计算得到的污染物风险控制值大于本项目的筛选值、小于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）第一、二类用地的管制值时，选用本项目计算得到的风险控制值作为该污染物的修复目标值；当本项目计算得到的污染物风险控制值小于等于本项目的筛选值时，参考背景值、地标等选择合适的目标值。
- (2) 如必要，本项目计算得到的风险控制值还应与各种污染物的分析方法检出限、当地背景值、或国内成功案例场地的修复目标值等相关因素进行比较和校正，最终确定本场地土壤污染物的修复标准。
- (3) 在参考相关资料进行校正时应以国内资料为主，国外相关资料为辅。

### 5.2 基于致癌效应的风险控制值计算模型

《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）中规定，单一污染物致癌风险控制值限值为 $10^{-6}$ ，若致癌风险超过该值，则存在不可接受的致癌风险，需计算关注污染物基于致癌风险的控制值。具体计算流程见图5-1。

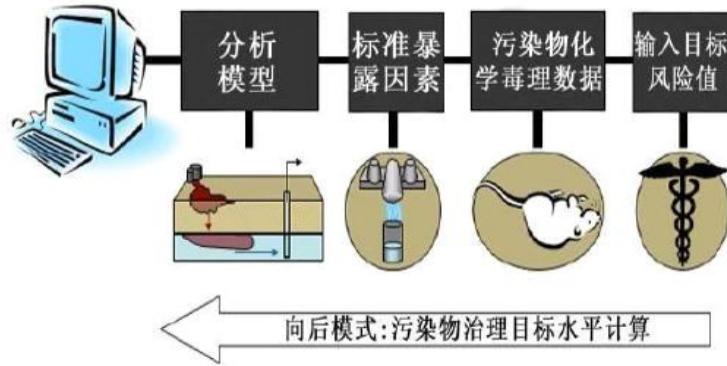


图 5-1 场地污染物风险控制值的计算流程

(1) 基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o} \quad (4-28)$$

式中:

$RCVS_{ois}$ = 基于经口摄入途径致癌效应的土壤风险控制值,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$ACR$ : 可接受致癌风险, 无量纲; 取值为 $10^{-6}$ ;

$OISER_{ca}$ = 经口摄入土壤暴露量(致癌效应),  $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ;

$SF_o$ = 经口摄入致癌斜率因子,  $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ 。

(2) 基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d} \quad (4-29)$$

式中:

$RCVS_{dcs}$ : 基于皮肤接触途径致癌效应的土壤风险控制值,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$DCSER_{ca}$ : 皮肤接触土壤暴露量(致癌效应),  $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ;

$SF_d$ = 皮肤接触致癌斜率因子,  $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ 。

(3) 基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i} \quad (4-30)$$

式中:

$RCVS_{pis}$ = 基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值,  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$PISER_{ca}$ = 吸入土壤颗粒物暴露量(致癌效应),  $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ;

$SF_i$ = 吸入土壤颗粒物致癌斜率因子,  $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ 。

(4) 基于 6 种暴露途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o \times DCSER_{ca} \times SF_d \times PISER_{ca} \times SF_i} \quad (4-31)$$

式中参数含义参考上述公式。

### 5.3 基于非致癌效应的风险控制值计算模型

基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式：

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_0 \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}} \quad (4-32)$$

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， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

$AHQ$ =可接受危险商，无量纲；取值为1。

$RfD_0$ 的参数含义见公式4-16， $OISER_{nc}$ 的参数含义见公式4-2， $SAF$ 的参数含义见公式4-21。

基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式(4-33)：

$$HCVS_{dcs} = \frac{RfD_d \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}} \quad (4-33)$$

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， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

$AHQ$ 的参数含义见公式(4-32)， $DCSER_{nc}$ 的参数含义见公式(4-6)， $RfD_d$ 的参数含义见公式(4-16)， $SAF$ 的参数含义见公式(4-21)。

基于吸附土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式(4-34)：

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}} \quad (4-34)$$

式中：

$HCVS_{pis}$ =基于吸附土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

$RfD_i$ 的参数含义见公式(4-15)， $AHQ$ 的参数含义见公式(4-32)， $PISER_{nc}$ 的参数含义见公式(4-8)， $SAF$ 的参数含义见公式(4-21)。

## 5.4 风险控制值计算结果

根据下表，铅、六价铬、砷、铜在一类用地情景下的风险控制值的计算结果分别为418mg/kg、8.97mg/kg、0.475mg/kg、4860mg/kg。

风险评估过程中，存在部分因子，其反推计算的风险控制值远小于政策要求的筛选值，如六价铬。造成这种情况的原因主要是风险评估使用的计算模型过于保守。而针对这些特殊因子，在建议修复目标值时，还需综合考虑区域土壤中背景值、社会经济性、修复可行性以及国家与地方相关政策等。

关注因子六价铬、砷是比较特殊的污染物，在对其进行评估时需考虑场地所在地区土壤中六价铬、砷的参考含量，避免过高评估可能产生的风险或提出可能导致过度修复的目标值。现国内外使用的人体健康风险评估模型中，在人体经口腔、皮肤接触过程中对暴露途径的设定中，是假设经口腔及皮肤吸收土壤中的六价铬为完全吸收的，未考虑土壤中的六价铬、砷对人体的生物有效性，是最为保守的假设情景。故而使用上述保守情境下计算的六价铬与砷，即使在背景浓度下，对人体健康风险也已经超过可接受水平，而在此情景下计算的土壤中六价铬、砷的风险控制值也远远小于其在土壤自然环境中背景浓度。若要求清理修复至最保守情景下计算的、远低于区域背景值的允许含量时，显然会存在过度修复、浪费社会资源的情况。并且，按照目前的修复技术，几乎不可能通过修复技术手段达到反推得出的允许含量，况且这与居民可在土壤砷背景含量情景下能够正常生活的实际情况也不相符。

基于以上原因，GB36600-2018 在综合考量后，选择标准附录中土壤背景参考值下限作为第一类用地风险筛选值，上限作为第二类用地风险筛选值；选择各种分类统计获得的背景值95%分位数的上限作为第一类用地风险管理值，调整为基于 $10^{-4}$ 的致癌风险水平的计算值作为第二类用地风险管理值。

由于湖南省为六价铬、砷背景值含量较高区域，本报告针对土壤中六价铬、砷的修复目标值没有参考全国土壤背景值统计分析中的下限和上线值分别作为本地块一类用地、二类用地的修复目标值，而是参考GB36600土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（第一类用地六价铬为3 mg/kg、砷为20 mg/kg；第二类用地六价铬为5.7 mg/kg，砷为60 mg/kg），而考虑到若选取第一类筛选值作为砷的控制值，会存在过度修复的问题，以砷的土壤背景值40 mg/kg作为参考

对象，可以又考虑了湖南省实际情况，避免过度修复，又符合国家要求（目标值介于风险筛选值与管制值之间），综合上述分析，本报告基于人群安全与避免过度修复考虑，一类用地区域分别选择土壤中六价铬的修复目标值为8.97 mg/kg，砷的修复目标值为40 mg/kg。

根据以上分析，本报告建议六价铬、砷、铅、铜一类用地情境下的目标值分别为 8.97 mg/kg、40 mg/kg、418 mg/kg、4860 mg/kg。

**表 5-1 场地污染风险控制值计算结果 (mg/kg)**

序号	中文名	用地类型	风险控制值	筛选值	管制值	背景值	修复目标值	目标值选择
1	铅	一类用地	418	400	800	180	418	风险控制值
2	铬(VI)	一类用地	8.97	3	30	/	8.97	风险控制值
3	砷	一类用地	0.475	20	120	40	40	背景值
4	铜	一类用地	4860	2000	8000	54.3	4860	风险控制值

## 5.5 超修复目标值范围及土方量确定

### 5.5.1 修复范围原则确定

目前，我国尚没有正式制定有关污染场地修复范围确定方面的技术导则。根据国外惯例及国家环境保护总局“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），确定该场地修复范围划定原则：

(1)不同土地规划用途类型应分别划分修复范围，由于本地块规划大部分为公园绿地（G1），其他为教育用地（A33）、防护绿地（B），且由污染分析可知第二类用地区域没有污染，因此按照一类用地标准划分超修复目标值范围。

(2)不同的污染物种类应分别划分超修复目标值范围。对于场地土壤中不同种类的污染物，将来都有可能采用不同的修复技术和修复方案，因此应分别划分修复范围。

(3)不同的土壤层次应分别划定修复范围。

(4)本场地污染土壤修复体积的计算应以本场地污染调查阶段原地面（水泥硬化地面除外）作为起始零点进行计算，不包括场地地面以上的堆积物。

## 5.5.2 超修复目标值范围与土方量

本次污染地块修复过程中修复区域的划定是采用《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）筛选值进行判别，出于保护人体健康的考虑，充分考虑各种不利因素，同时在建立暴露评估及毒性评估模型过程中做了大量保守性的假设，确保该修复目标值能够充分起到保护人体健康的目的。因此本项目将根据风险评估计算的修复目标值为标准，通过ArcGIS、Voxler 软件交叉验证对比几种判断浓度分布的插值方法，如反距离权重法、普通克里金法和样条函数法平均误差（ME）和均方根误差（RMSE），确定反距离权重法对于污染物浓度预测更精确，分别对存在超目标值土层（0-0.5m、0.5-1m、1-2m、2-3m）土壤污染物浓度最大值进行插值分析，确定超修复目标值范围。本报告关注污染物超修复目标值范围划定严格按照一类用地区域划分。

需要注意的是，通过场地调查及风险评估得出的地块超修复目标值范围是基于最大覆盖率的保守值，是由场地调查中确定的超标采样点外推至网格布点中与之相邻的所有未超标采样点的全部面积组成，可能会大于实际污染区域，精确的场地修复范围需要在下一阶段的修复工程中在本次确定的修复范围基础上通过进一步加密布点的方式确定。

### 5.5.2.1 一类用地区域

#### (1) 0-0.5m

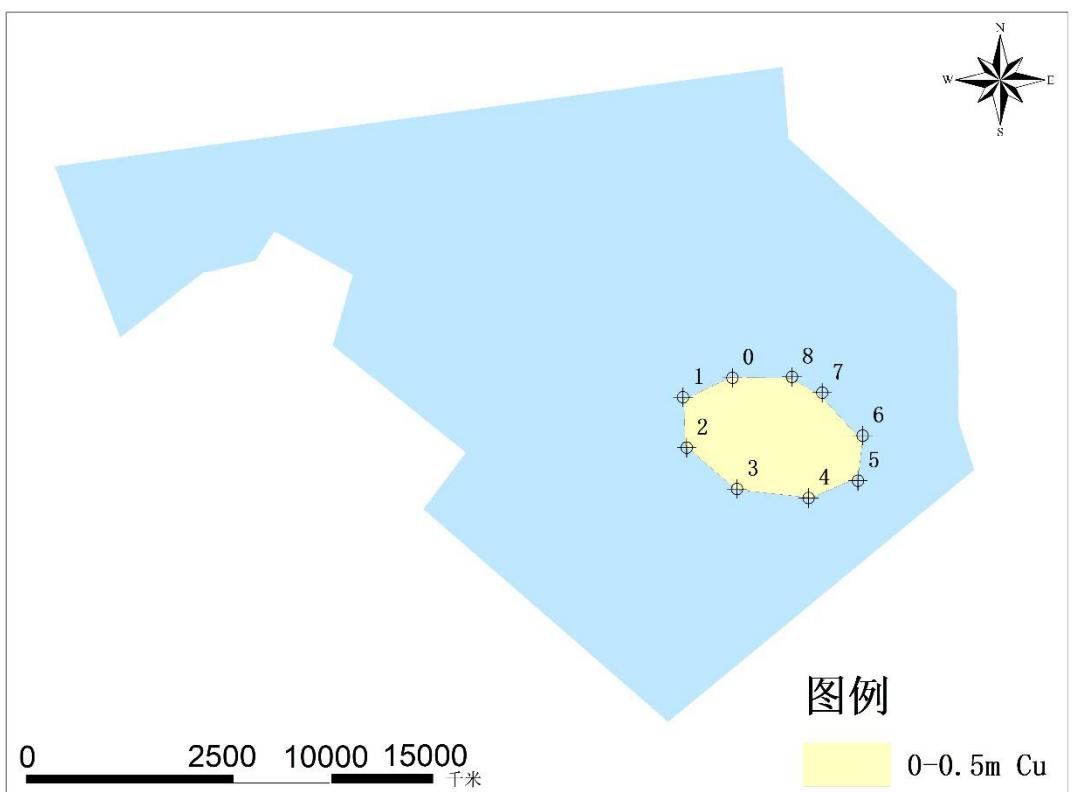
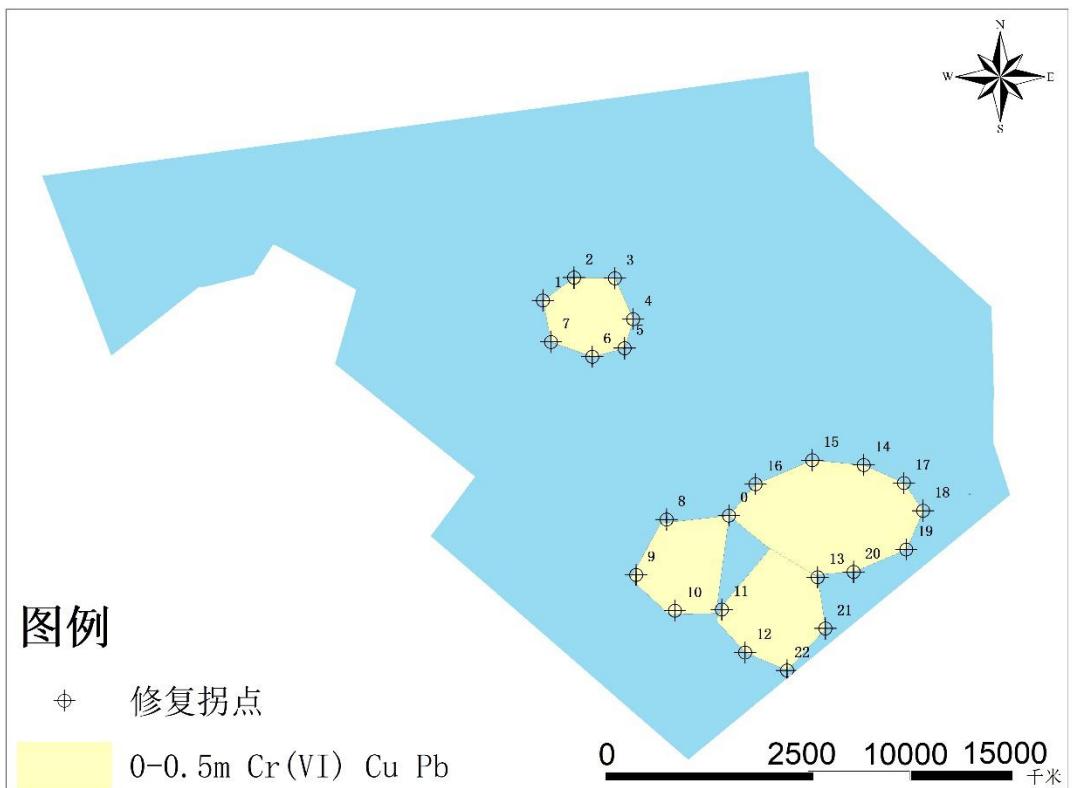
本地块一类用地区域规划大部分为公园绿地，其他为教育用地和防护绿地，用地性质敏感，建议表层土壤以修复为主。表层修复面积  $640.9\text{ m}^2$ ，方量约为  $320.45\text{ m}^3$ ，具体拐点坐标见下表 5-2，修复范围见图 5-2。

风险评估人员一般不会考虑场地外的修复边界问题，因为场地调查阶段，对于场地周边区域的调查一般只作为背景点的调查，布点密度较小，采样数据较少，浓度数据不足以形成一定的线性关系，基于插值结果的污染范围往往远远大于（或小于）实际情况，周边区域布点及采样个数与场地内不对称，不足以说明周边区域的污染范围。修复土层现场施工阶段场地边界以外主要以基坑侧壁过程检测数据为准进行外延，实际修复方量可能大于本报告。

表 5-2 0-0.5m 层一类用地区域超目标值范围拐点坐标

深度范	修复面	层厚	修复方量	拐点	x	y
-----	-----	----	------	----	---	---

围	积(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )	编号		
0-0.5m	640.9	0.5	320.45	0	634503.0716	3188426.395
				1	634482.665	3188450.01
				2	634486.0897	3188452.513
				3	634490.5692	3188452.443
				4	634492.5536	3188447.945
				5	634491.6275	3188444.77
				6	634488.0656	3188443.819
				7	634483.5577	3188445.431
				8	634496.2302	3188425.968
				9	634492.8861	3188419.898
				10	634497.1522	3188415.957
				11	634502.2892	3188416.089
				12	634504.8357	3188411.376
				13	634512.1997	3188432.48
				14	634505.982	3188429.835
				15	634522.2539	3188429.967
				16	634505.982	3188429.835
				17	634522.2539	3188429.967
				18	634524.3706	3188426.924
				19	634522.5185	3188422.691
				20	634516.7528	3188420.219
				21	634513.661	3188414.011
				22	634509.4458	3188409.4



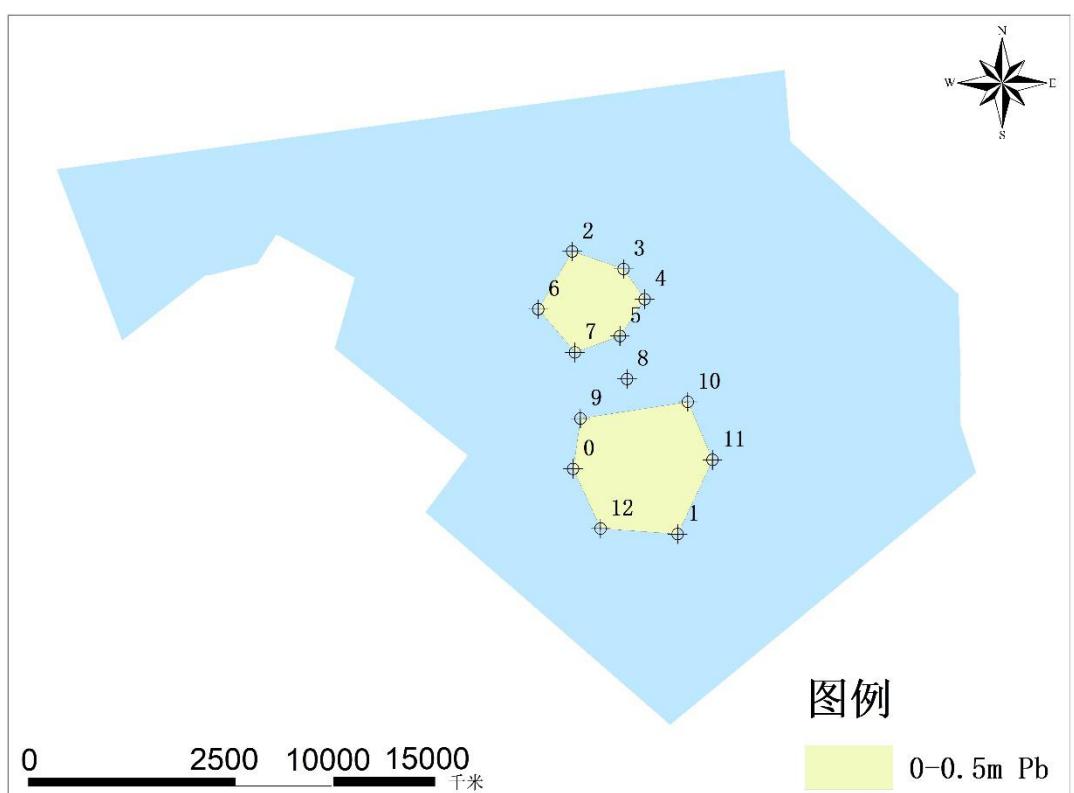
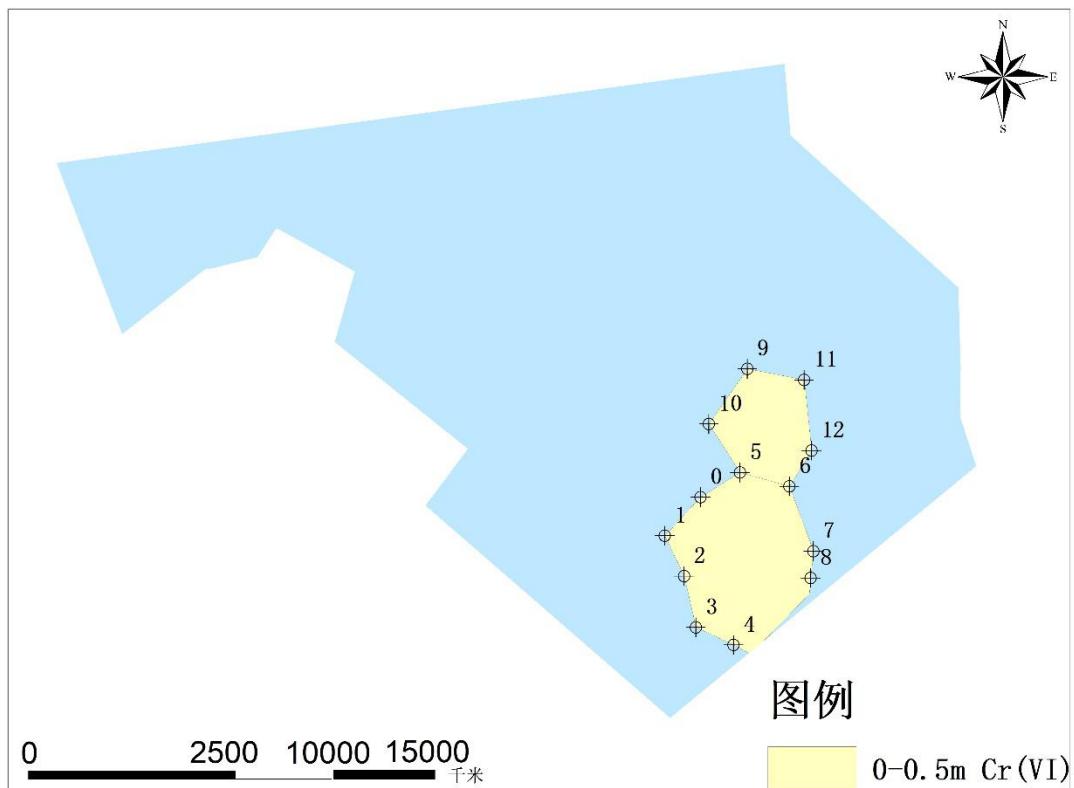


图 5-2 各污染物在场地 0-0.5 m 土壤修复范围图

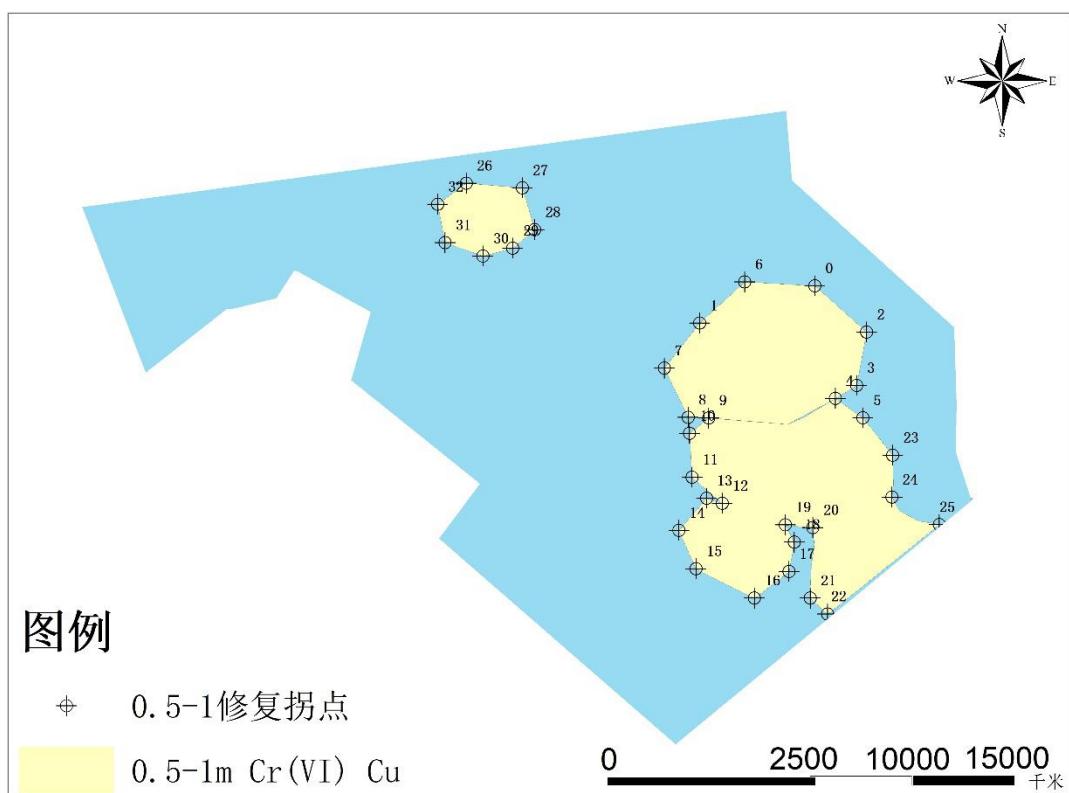
## (2) 0.5-1m

本地块一类用地区域规划大部分为公园绿地，其他为教育用地和防护绿地，用地性质敏感，建议表层土壤以修复为主。表层修复面积  $1047.4\text{m}^2$ ，方量约为  $1047.4\text{m}^3$ ，具体拐点坐标见下表 5-3，修复范围见图 5-4。

**表 5-3 0.5-1m 层一类用地区域超目标值范围拐点坐标**

深度范 围	修复面 积( $\text{m}^2$ )	层厚 (m)	修复方量 ( $\text{m}^3$ )	拐点 编号	x	y
0.5-1m	1047.4	1	1047.4	0	634515.1985	3188454.273
				1	634501.4329	3188449.85
				2	634521.369	3188448.769
				3	634520.1802	3188442.403
				4	634517.648	3188440.874
				5	634520.9287	3188438.545
				6	634506.8057	3188454.751
				7	634497.2109	3188444.462
				8	634500.0623	3188438.601
				9	634502.5138	3188438.515
				10	634500.2207	3188436.7
				11	634500.5375	3188431.472
				12	634504.1356	3188428.361
				13	634502.2626	3188428.966
				14	634498.9536	3188425.136
				15	634501.0128	3188420.542
				16	634507.9828	3188417.057
				17	634512.1014	3188420.225
				18	634512.735	3188423.71
				19	634511.6605	3188425.788
				20	634514.9526	3188425.453
21	634514.6358	3188417.057				

		22	634516.6952	3188415.156
		23	634524.4888	3188434.072
		24	634524.383	3188429.098
		25	634530.0327	3188425.822
		26	634473.5832	3188466.52
		27	634480.2672	3188465.962
		28	634481.7417	3188460.972
		29	634479.121	3188458.777
		30	634475.559	3188457.827
		31	634471.0512	3188459.439
		32	634470.1584	3188464.018



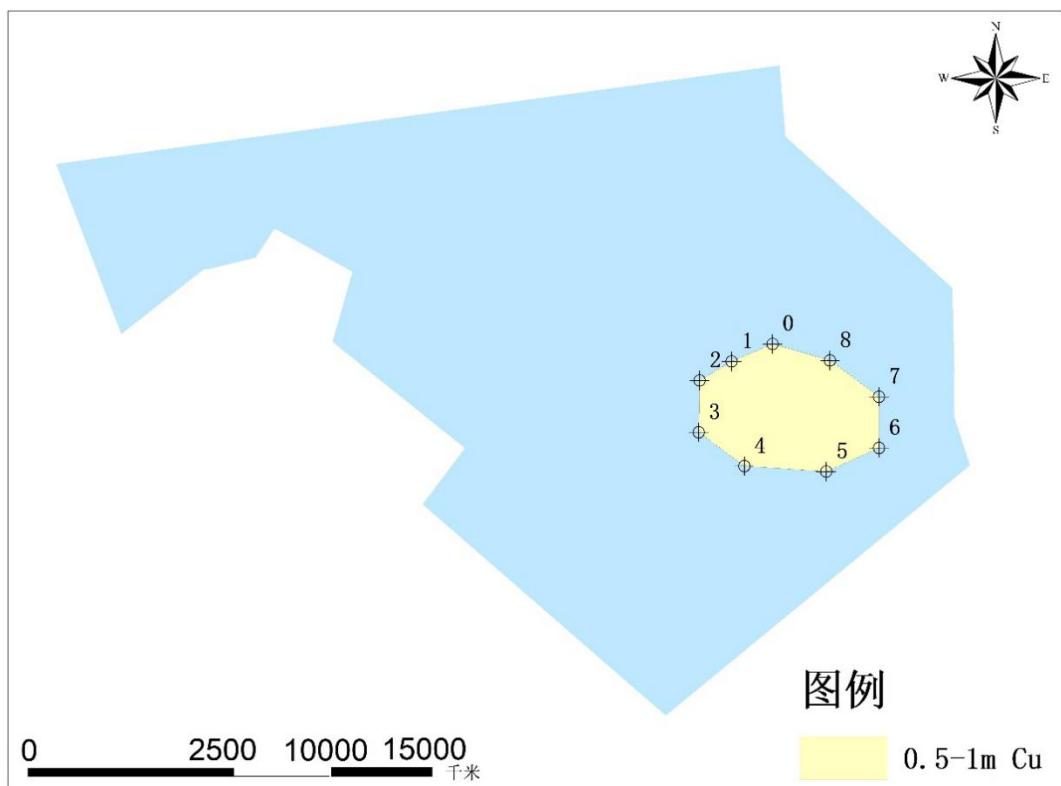
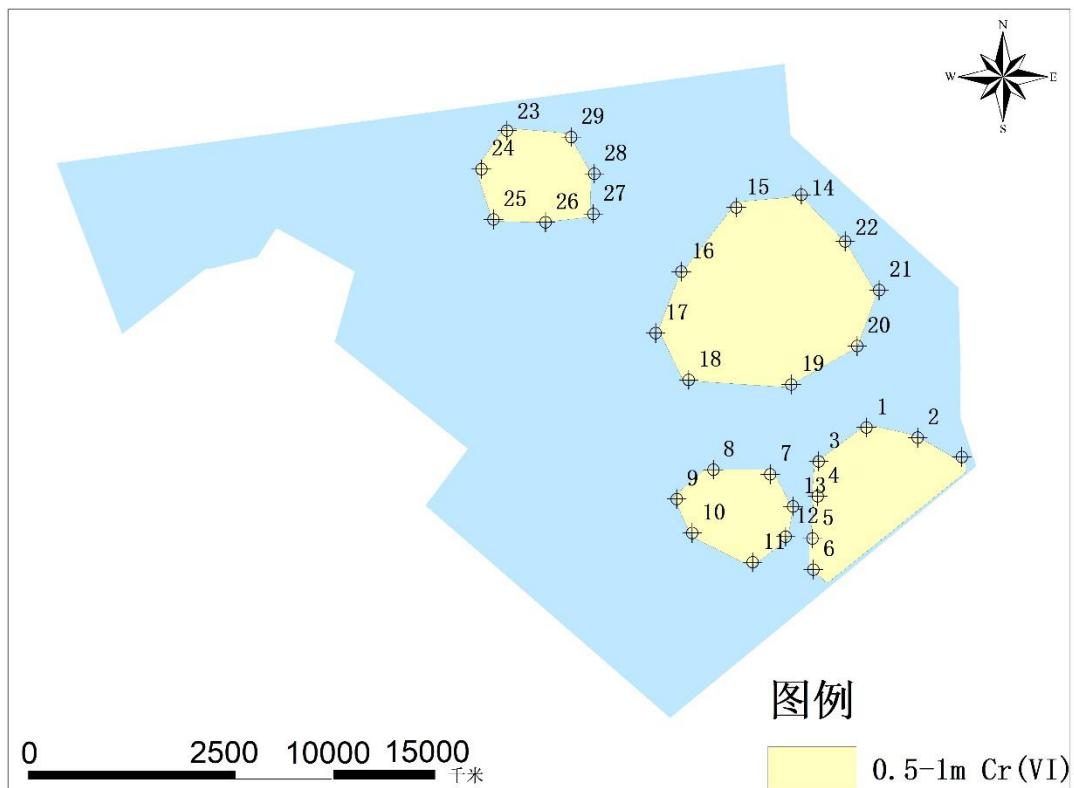


图 5-3 各污染物在场地 0.5-1m 土壤修复范围图

(3) 1-2m

本地块一类用地区域规划大部分为公园绿地，其他为教育用地和防护绿地，用地性质敏感，建议表层土壤以修复为主。表层修复面积 360.2m<sup>2</sup>，方量约为 720.4m<sup>3</sup>，具体拐点坐标见下表 5-4，修复范围见图 5-4。

**表 5-4 1-2m 层一类用地区域超目标值范围拐点坐标**

深度 范围	修复面 积(m <sup>2</sup> )	层厚 (m)	修复方量 (m <sup>3</sup> )	拐点 编号	x	y
1-2m	360.2	2	720.4	0	634532.2529	3188428.915
				1	634523.5746	3188433.148
				2	634515.9545	3188432.936
				3	634512.3562	3188431.031
				4	634510.2395	3188427.645
				5	634511.827	3188421.93
				6	634511.5095	3188416.955
				7	634511.192	3188414.415
				8	634505.477	3188422.141
				9	634500.1853	3188419.39
				10	634499.9737	3188416.109
				11	634502.1962	3188412.193
				12	634507.8054	3188412.828
				13	634509.0754	3188418.225
				14	634514.8962	3188448.917
				15	634508.2287	3188445.954
				16	634509.3929	3188442.567
				17	634515.3195	3188437.381
				18	634521.6696	3188438.122
				19	634521.6696	3188444.895
20	634520.1879	3188447.859				

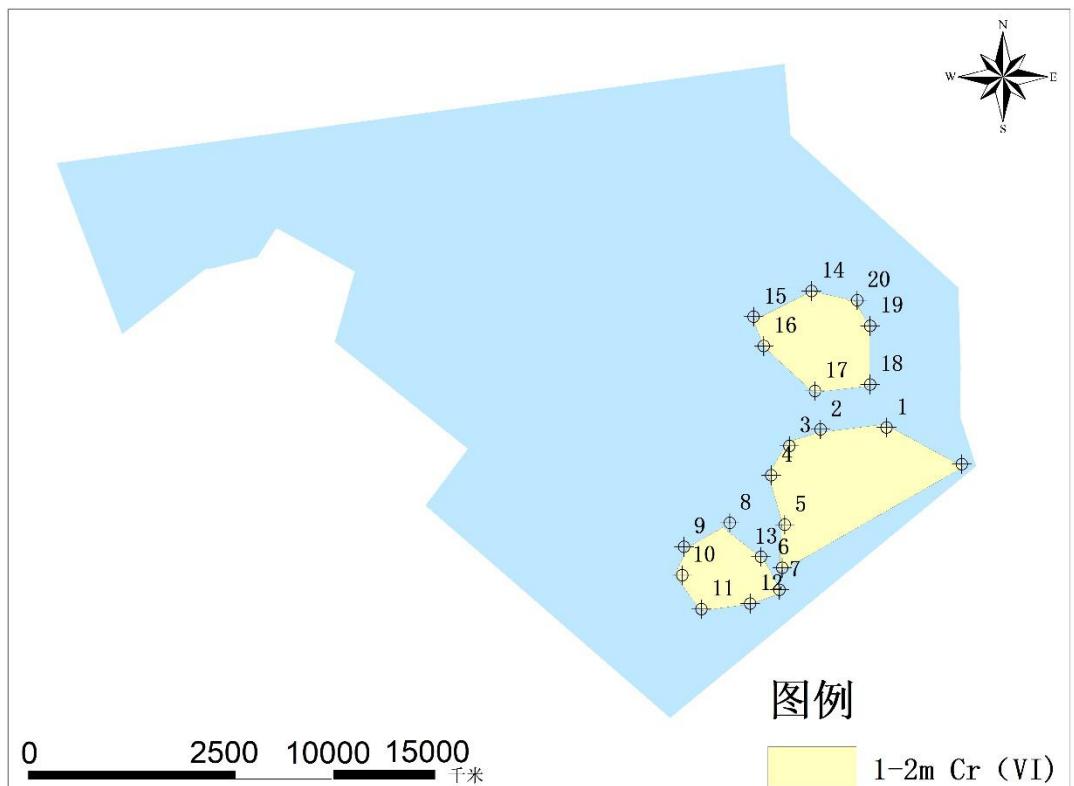


图 5-4 场地 1-2m 土壤修复范围图

#### (4) 2-3m

本地块一类用地区域规划大部分为公园绿地，其他为教育用地和防护绿地，用地性质敏感，建议表层土壤以修复为主。表层修复面积  $480.6\text{m}^2$ ，方量约为  $1441.8\text{m}^3$ ，具体拐点坐标见下表 5-5，修复范围见图 5-5。

表 5-5 2-3m 层一类用地区域超目标值范围拐点坐标

深度范 围	修复面 积( $\text{m}^2$ )	层厚 (m)	修复方量 ( $\text{m}^3$ )	拐点 编号	x	y
2-3m	480.6	3	1441.8	0	634532.1471	3188429.655
				1	634524.2096	3188433.995
				2	634514.6845	3188434.841
				3	634507.382	3188430.714
				4	634508.652	3188422.67
				5	634508.4404	3188413.675
				6	634509.6045	3188410.605

7	634500.1853	3188425.21
8	634492.9887	3188426.48
9	634490.0253	3188423.305
10	634492.777	3188418.437
11	634495.8462	3188414.839
12	634501.1378	3188416.109
13	634503.1487	3188420.236
14	634502.302	3188422.67

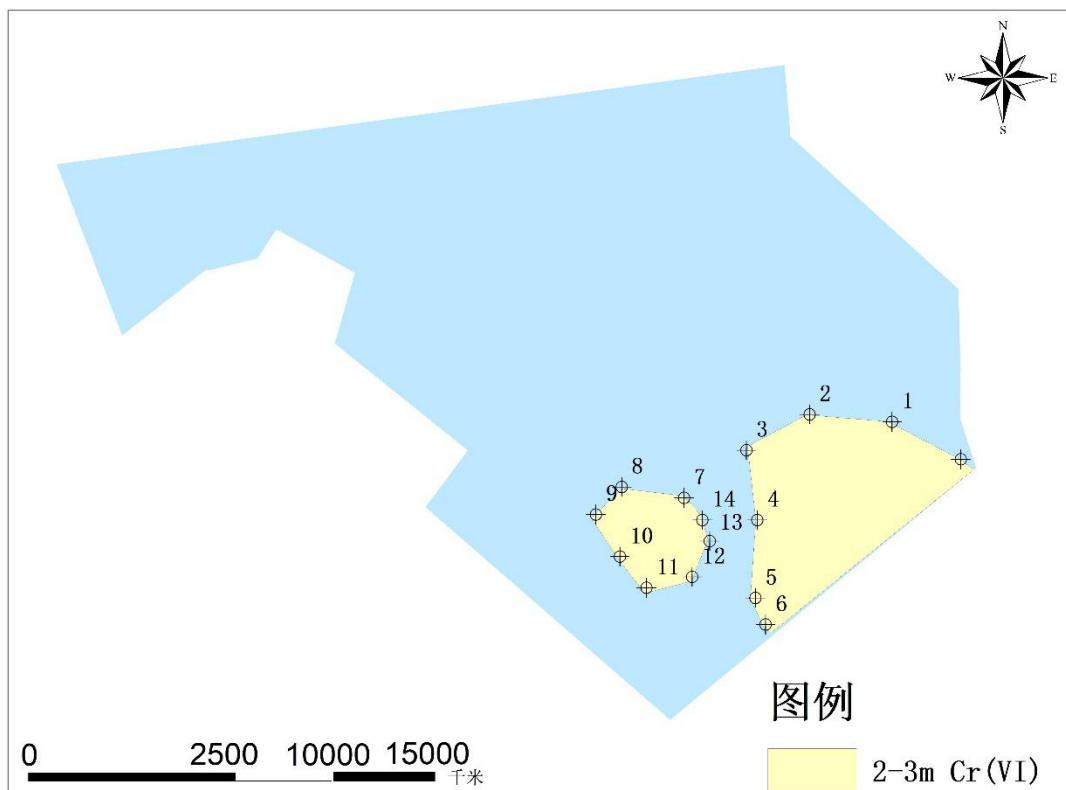


图 5-5 场地 2-3m 土壤修复范围

### 5.5.3 超修复目标值土方量汇总

经计算,本地块一类用地区域总修复总面积为 2509.1 m<sup>2</sup>, 总方量为 3530.05 m<sup>3</sup>。详细计算表和每层污染土壤面积如下表5-6所示。

表 5-6 土壤修复量估算表

污染深度分层	修复面积	层厚 (m)	修复方量 (m <sup>3</sup> )
0-0.5 m	640.9	0.5	320.45
0.5-1 m	1047.4	1	1047.4
1-2 m	360.2	2	720.4
2-3 m	480.6	3	1441.8

## 第6章 结论及建议

### 6.1 结论

原沅江市电镀厂土壤治理项目于2017年由湖南新九方检测技术有限公司编制场地环境调查报告、湖南艾布鲁环保科技有限公司编制实施方案，并于2018年列入国家土壤污染修复项目A类并获得土壤修复专项资金支持，2020年湖南森美思环保有限责任公司通过招投标以EPC形式获得本项目的设计及工程施工单位。鉴于国家土壤法的颁布和国家生态环境部关于土壤污染修复的新的管理要求，本项目需要补充编制环境风险评估报告并在此基础上修改项目实施方案。至此湖南中大检测技术集团有限公司受委托于2020年7月2日开始开展原沅江市电镀厂土壤污染治理项目补充风险评估的相关工作，在本项目前期工作的基础上，进一步对该地块进行了场地环境调查。根据前后期场地环境调查结果，场地的土壤中铅、砷、铬(VI)等污染超出《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)筛选值，因此需要对超标参数进行风险评估工作，确定土壤污染物的修复目标值，确定土壤的修复范围和修复方量。

前期的场地调查结论：

(1) 土壤中超标污染物为重金属铅、铬、六价铬、铜、锌。其中，铅、铜、锌超标比例较多，污染区域较集中，主要分布在电镀厂厂房与西北侧荒地。结合场地底层岩性和土壤检测结果，将场地划分为四个层次，分别为0-0.5 m、0.5 m-1 m、1 m-2 m、2 m-3 m。

(2) 厂区内电镀槽中残留大量的废水，对比《污水综合排放标准》(GB8978-1996)，电槽液总铬、六价铬和铜超标严重，其中铬超标3332.3倍，六价铬超标3580倍，铜超标228倍。根据《危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别》(GB5085.1-2007)，pH<2.0时，属于危险废物。由此可见，电镀槽液若不及时进行处理，一旦泄露，会对周边环境造成严重危害。

本次风险评估范围主要为益阳沅江电镀厂原厂址地块，总面积约3500平方米，折合为5.25亩。根据场地环境调查分析结果，使用《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)和《地下水环境质量标准》(GB/T 14848-2017)中III类水标准进行判定，场地内土壤中的重金属(铅、六价铬、铜

和锌)存在超标情况,选择所有超过标准值的污染物作为关注污染物。

## 6.2 风险水平

风险评估结果表明,六价铬、砷在一种评估模式下存在较明显的致癌风险,采用一类用地区域六价铬与砷的最大浓度最为评估浓度,六价铬、砷的致癌风险分别为 $3.18\text{E-}04$  和 $4.57\text{E-}05$ 。

一类用地区域六价铬、砷、铜的非致癌风险分别为3.34、1.87、3.87。计算结果表明,在敏感用地方式下,两种污染物均存在致癌风险。

## 6.3 修复目标值

铅、六价铬、砷、铜在一类用地情景下的风险控制值的计算结果分别为418 mg/kg、8.97 mg/kg、0.475 mg/kg、4860 mg/kg。

风险评估过程中,存在部分因子,其反推计算的风险控制值远小于政策要求的筛选值,如砷。造成这种情况的原因主要是风险评估使用的计算模型过于保守。而针对这些特殊因子,在建议修复目标值时,还需综合考虑区域土壤中背景值、社会经济性、修复可行性以及国家与地方相关政策等。

关注因子六价铬、砷是比较特殊的污染物,在对其进行评估时需考虑场地所在地区土壤中六价铬、砷的参考含量,避免过高评估可能产生的风险或提出可能导致过度修复的目标值。现国内外使用的人体健康风险评估模型中,在人体经口腔、皮肤接触过程中对暴露途径的设定中,是假设经口腔及皮肤吸收土壤中的六价铬为完全吸收的,未考虑土壤中的六价铬对人体的生物有效性,是最为保守的假设情景。故而使用上述保守情境下计算的六价铬与砷,即使在背景浓度下,对人体健康风险也已经超过可接受水平,而在此情景下计算的土壤中六价铬、砷的风险控制值也远远小于其在土壤自然环境中背景浓度。若要求清理修复至最保守情景下计算的、远低于区域背景值的允许含量时,显然会存在过度修复、浪费社会资源的情况。并且,按照目前的修复技术,几乎不可能通过修复技术手段达到反推得出的允许含量,况且这与居民可在土壤六价铬、砷背景含量情景下能够正常生活的实际情况也不相符。

基于以上原因,GB36600-2018 在综合考量后,选择标准附录中土壤背景参

考值下限作为第一类用地风险筛选值，上限作为第二类用地风险筛选值；选择各种分类统计获得的背景值95%分位数的上限作为第一类用地风险管理值，调整为基于 $10^{-4}$ 的致癌风险水平的计算值作为第二类用地风险管理值。

由于湖南省为六价铬、砷背景值含量较高区域，本报告针对土壤中六价铬、砷的修复目标值没有参考全国土壤背景值统计分析中的下限和上线值分别作为本地块一类用地、二类用地的修复目标值，而是参考GB36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（第一类用地六价铬为3 mg/kg、砷为40 mg/kg；第二类用地六价铬为5.7 mg/kg，砷为60 mg/kg），而考虑到若选取第一类筛选值作为砷的控制值，会存在过度修复的问题，以砷的土壤背景值40 mg/kg作为参考对象，可以又考虑了湖南省实际情况，避免过度修复，又符合国家要求（目标值介于风险筛选值与管制值之间），综合上述分析，本报告基于人群安全与避免过度修复考虑，一类用地区域分别选择土壤中六价铬的修复目标值为8.97 mg/kg，砷的修复目标值为40 mg/kg。

根据以上分析，本报告建议六价铬、砷、铅、铜一类用地情境下的目标值分别为 8.97 mg/kg、40 mg/kg、418 mg/kg、4860 mg/kg。

**表 6-1 场地污染物风险控制值计算结果 (mg/kg)**

序号	中文名	用地类型	风险控制值	筛选值	管制值	背景值	修复目标值	目标值选择
1	铅	一类用地	418	400	800	180	418	风险控制值
2	铬(VI)	一类用地	8.97	3	30	/	8.97	风险控制值
3	砷	一类用地	0.475	20	120	40	40	背景值
4	铜	一类用地	4860	2000	8000	54.3	4860	风险控制值

## 6.4 超修复目标值方量

经计算，本地块一类用地区域各土层超目标值总面积为 2509.1 m<sup>2</sup>，总方量为 3530.05 m<sup>3</sup>。

**表 6-2 地块超修复目标值土方量汇总**

污染深度分层	修复面积	层厚 (m)	修复方量 (m <sup>3</sup> )
0-0.5 m	640.9	0.5	320.45
0.5-1 m	1047.4	1	1047.4

1-2 m	360.2	2	720.4
2-3 m	480.6	3	1441.8

## 6.5 建议

场地环境调查和风险评估结果表明，本项目场地土壤中的重金属污染程度超过公园绿地、教育用地可接受风险水平，建议进行场地修复工作，故对场地相关事宜作出以下建议。

(1) 从本报告的准确性和有效性来说，本报告是针对目前场地现状进行的调查与采样进行的分析、评估及提出的修复建议。后期若有人为的扰动会改变污染物的分布情况，或进行施工导致污染土壤造成人体健康风险。因此，应尽快的制定并实施修复有利于控制污染物的扩散，保证不造成人体健康风险或污染迁移。修复施工过程中需对施工工人做好安全防护措施。

(2) 根据场地污染情况，本项目场地中主要存在土壤重金属污染超过风险控制值，场地未来用地规划中，将作为公园绿地、中小学用地、防护绿地。建议选择合适的修复技术，对污染土壤和地下水进行治理和修复，将场地的人体健康风险降低至可接受水平，修复验收时检测因子与该区域的调查污染因子相对应。针对土壤中重金属总量超风险筛选值的土壤通过一定的稳定处理水浸达标后，污染的后期处置建议可采用作为道路修建路基填方土方，或采用原地或异地进行安全填埋，以达到减少污染物传输能力，尽量截断污染物传输途径，以达到安全管控的目的。

此外，本报告中的修复范围划定和土方量估算表是在地方政府提供规划用地的基础上进行的。若后期本场地内规划发生变化，修复范围和土方量需进行核定。

(3) 本场地道路用地类型规划范围内部分无需修复的土壤仍存在超过GB36600-2018第一类用地筛选值的情况，因此，若后期场地开发需对这些土壤挖掘，建议开挖后的土壤不在GB36600-2018 中定义的第一类用地类型的场地中进行综合利用。

(4) 场地内残余废弃物及场地外围池塘及河道的清理应按照国家和湖南省法律法规要求进行及时清理。

(5) 建议针对本场地的污染特征，制定场地修复技术方案。

附件1 调查检测报告

 湖南新九方检测技术有限公司 <b>检测报告</b> 湘 XJF (2017)第 010 号	 有效期至 2017年12月
<p>项目名称: <u>原沅江市电镀厂土壤治理项目</u></p> <p>委托单位: <u>沅江市环保局</u></p> <p>委托单位地址: /</p> <p>检测日期: <u>2017年01月13日至2017年01月18日</u></p> <p>报告日期: <u>2017年01月21日</u></p> <p style="text-align: center;">新九方检测 NEW WORLD TESTING</p>	
<p>联系地址: 株洲市中小企业促进园 邮政编码: 412000 联系电话: (0731)22266120 传 真: (0731)22266129</p>	

## 报告编制说明



- 1、本报告只能作为实现本次检测目的的依据。
- 2、本报告只对来样或自采样负分析或检测技术责任。未经本公司同意，委托人不得擅自使用检验结果进行宣传。如对分析或检测结果有疑问，请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意要求复检，请在接到本报告后十五天内向本公司市场部提出申请。对于不可保存的样品，恕不受理复检申请。
- 3、本报告涂改、复印无效。
- 4、本报告及数据不得作商品广告使用，违者必究。
- 5、本报告无本公司业务专用章、骑缝章及MA章无效。
- 6、未经本公司书面批准盖章，不得部分复制本报告。
- 7、报告无编制、审核、签发人签字无效。

## 检测报告

### 一、检测概况

委托单位	沅江市环保局		
单位地址	/		
联系人	/		联系方式 /
样品类别	样品个数	样品状态	检测项目
地下水	1 个	澄清透明液体	pH 值、铅、砷、锌、铬、铜
废水	1 个	红色液体	
土壤	1 个	黄色、褐色	pH 值、铅、砷、锌、铬、铜总量；pH 值、铅、砷、锌、铬、铜水浸出浓度
	2 个	块状固体	pH 值、铅、锌、铬、铜总量；pH 值、铅、锌、铬、铜水浸出浓度
送样时间	2017 年 01 月 13 日		

**新力检测**

NEW WORLD TESTING

## 二、分析方法及仪器

表 1 分析方法及仪器

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称及型号	检出限
pH 值	水质 pH 值的测定 玻璃电极法 GB/T 6920-1986	pH 计 PHS-3C	/
铅	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方法》(第三篇,第四章,十六(八)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
砷	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方法》(第三篇,第四章,三(四)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
锌	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方法》(第三篇,第四章,十九(六)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.006mg/L
铬	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方法》(第三篇,第四章,九(二)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L
铜	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方法》(第三篇,第四章,十(八)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L
pH 值	土壤 pH 值的测定 NY/T 1377-2007	pH 计 PHS-3C	/
铅	土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17140-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.2mg/kg
砷	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 GB/T 22105.2-2008	原子荧光光度计 PF3-2	0.01mg/kg

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称及型号	检出限
锌	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17138-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.5mg/kg
铬	土壤 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法 HJ 491-2009	原子吸收分光光度计 ZA-3300	5mg/kg
铜	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17138-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	1mg/kg
pH 值	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 （附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法）GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	/
铅	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 （附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法）GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
砷	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 （附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法）GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
锌	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 （附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法）GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.006mg/L
铬	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 （附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法）GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L
铜	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 （附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法）GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L



### 三、检测结果

表 2 检测结果表 (地下水)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	pH 值	铅	砷	锌	铬	铜
原沅江市电镀厂 水样 1#	6.5	<0.05	<0.05	0.006	<0.01	<0.01

注: pH 值无量纲。

表 3 检测结果表 (废水)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	pH 值	铅	砷	锌	铬	铜
沅江市电镀厂水 样 2#	1.5	<0.05	0.18	4.97	$5.00 \times 10^3$	229

注: pH 值无量纲。

表 4 检测结果表 (土壤: 总量)

样品标识	检测项目及结果 (mg/kg)					
	pH 值	铅	砷	锌	铬	铜
沅江电镀厂土样 1#	7.5	$9.30 \times 10^3$	8.42	$4.42 \times 10^3$	$8.36 \times 10^3$	607
沅江电镀厂土样 2#	9.0	$3.01 \times 10^4$	/	$8.65 \times 10^3$	$9.23 \times 10^3$	531
沅江电镀厂土样 3#	7.7	$2.28 \times 10^3$	/	$5.90 \times 10^4$	$3.04 \times 10^4$	$1.88 \times 10^4$

注: pH 值无量纲。

表 4 续 检测结果表 (土壤: 水浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	pH 值	铅	砷	锌	铬	铜
沅江电镀厂土样 1#	8.0	<0.05	<0.05	9.14	24.5	0.02
沅江电镀厂土样 2#	8.9	<0.05	/	0.626	4.56	0.04
沅江电镀厂土样 3#	8.3	<0.05	/	0.775	0.08	0.02

注: pH 值无量纲。

#### 四、质控报告

表 5 质控结果表

检测项目		pH 值 (土壤)		pH 值 (地下水)	
平行样	测定值	7.5	7.5	6.5	6.5
	绝对差值/相对偏差	绝对差值: 0.0		绝对差值: 0.0	
	是否合格	合格		合格	

表 5 续 质控结果表

检测项目		砷 (地下水)		铬 (地下水)	
平行样	测定值	<0.05mg/L	<0.05mg/L	<0.01mg/L	<0.01mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0%		相对偏差: 0%	
	是否合格	合格		合格	

表 5 续 质控结果表

检测项目		铜 (地下水)		铅 (地下水)	
平行样	测定值	<0.01mg/L	<0.01mg/L	<0.05mg/L	<0.05mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0%		相对偏差: 0%	
	是否合格	合格		合格	



表 5 续 质控结果表

检测项目		锌 (地下水)	
平行样	测定值	0.006mg/L	0.006mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0%	
	是否合格	合格	

表 5 续 质控结果表

检测项目		砷 (水浸)		铬 (水浸)	
平行样	测定值	<0.05mg/L	<0.05mg/L	0.09mg/L	0.07mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0%		相对偏差: 9.0%	
	是否合格	合格		合格	

表 5 续 质控结果表

检测项目		铜 (水浸)		铅 (水浸)	
平行 样	测定值	0.02mg/L	0.02mg/L	<0.05mg/L	<0.05mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0%			相对偏差: 0%
	是否合格	合格			合格

表 5 续 质控结果表

检测项目		锌 (水浸)	
平行 样	测定值	0.763mg/L	0.775mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 1.6%	
	是否合格	合格	

表 5 续 质控结果表

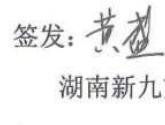
检测项目		砷 (总量)		铬 (总量)	
平行 样	测定值	8.12mg/kg	8.72mg/kg	$8.35 \times 10^3$ mg/kg	$8.38 \times 10^3$ mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 3.6%		相对偏差: 0.2%	
	是否合格	合格		合格	

表 5 续 质控结果表

检测项目		铜 (总量)		铅 (总量)	
平行 样	测定值	608mg/kg	606mg/kg	$9.28 \times 10^3$ mg/kg	$9.32 \times 10^3$ mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.1%		相对偏差: 0.2%	
	是否合格	合格		合格	

表 5 续 质控结果表

检测项目		锌 (总量)	
平行 样	测定值	$4.43 \times 10^3$ mg/kg	$4.41 \times 10^3$ mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.1%	
	是否合格	合格	

编制:  审核:  签发: 

湖南新九方检测技术有限公司

2017 年 01 月 21 日

## 附加说明

抽样方案 (需要时填写)	无
偏离信息 (需要时填写)	无
非标方法 (需要时填写)	无 <b>新九方检测</b> NEW WORLD TESTING
分包情况 (需要时填写)	无
其它说明的情况 (需要时填写)	1、各项目的检测方法及检出限见本报告“表 1 分析方法及仪器”。 2、样品的水浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》 HJ 557-2010 执行。

湖南新九方检测技术有限公司

## 检 测 报 告

湘 XJF (2017)第 081 号



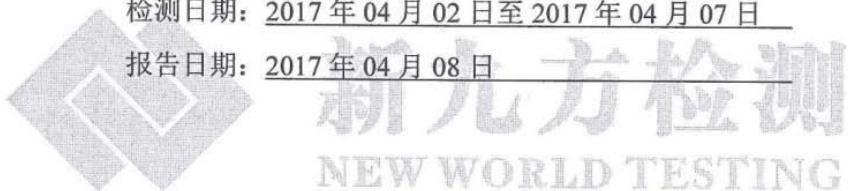
项目名称: 原沅江市电镀厂土壤治理项目

委托单位: 沅江市环保局

委托单位地址: /

检测日期: 2017 年 04 月 02 日至 2017 年 04 月 07 日

报告日期: 2017 年 04 月 08 日



联系地址: 株洲市中小企业促进园

邮政编码: 412000

联系电话: (0731)22266120

传 真: (0731)22266129

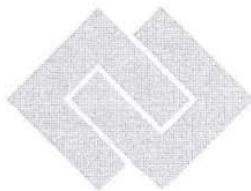
## 报告编制说明

- 1、本报告只能作为实现本次检测目的的依据。
- 2、本报告只对来样或自采样负分析或检测技术责任。未经本公司同意，委托人不得擅自使用检验结果进行宣传。如对分析或检测结果有疑问，请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意要求复检，请在接到本报告后十五天内向本公司市场部提出申请。对于不可保存的样品，恕不受理复检申请。
- 3、本报告涂改、复印无效。
- 4、本报告及数据不得作商品广告使用，违者必究。
- 5、本报告无本公司业务专用章、骑缝章及MA章无效。
- 6、未经本公司书面批准盖章，不得部分复制本报告。
- 7、报告无编制、审核、签发人签字无效。

## 检测报告

### 一、检测概况

委托单位	沅江市环保局		
联系人	/		联系方式 /
样品类别	样品个数	样品状态	检测项目
土壤	2 个	黑色块状固体	铅、砷、锌、铬、铜总量；pH 值、铅、砷、锌、铬、铜水浸出浓度
地表水	1 个	黄色有杂质液体	pH 值、铅、砷、锌、铬、铜
送样时间	2017 年 04 月 02 日		



新九方检测  
NEW WORLD TESTING



## 二、分析方法及仪器

表 1 分析方法及仪器

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称及型号	检出限
锌	固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ 766-2015	电感耦合等离子体质谱仪 ICAP Q 系列	3.2mg/kg
铅	土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17140-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.2mg/kg
铜	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17138-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	1mg/kg
砷	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 GB/T 22105.2-2008	原子荧光光度计 PF3-2	0.01mg/kg
铬	土壤 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法 HJ 491-2009	原子吸收分光光度计 ZA-3300	5mg/kg
pH 值	固体废物 腐蚀性测定 玻璃电极法 GB/T 15555.12-1995	pH 计 PHS-3C	/
锌	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别(附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.006mg/L
铅	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别(附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
砷	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别(附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
铜	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别(附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L
铬	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别(附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L

pH 值	水质 pH 值的测定 玻璃电极法 GB/T 6920-1986	pH 计 PHS-3C	/
锌	ICP-AES 法《水和废水监测分析方法》(第三篇, 第四章, 十九(六)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.006mg/L
铅	ICP-AES 法《水和废水监测分析方法》(第三篇, 第四章, 十六(八)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
铜	ICP-AES 法《水和废水监测分析方法》(第三篇, 第四章, 十(八))(第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L
砷	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	原子荧光光度计 PF3-2	0.0003mg/L
铬	ICP-AES 法《水和废水监测分析方法》(第三篇, 第四章, 九(二)) (第四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L

新九方检测  
NEW WORLD TESTING



### 三、检测结果

表 2 检测结果表 (土壤: 总量)

样品标识	检测项目及结果 (mg/kg)				
	铅	锌	铜	砷	铬
4#土样	461	$2.76 \times 10^3$	$1.70 \times 10^3$	21.7	$3.82 \times 10^3$
5#土样	117	$2.33 \times 10^3$	775	17.6	$1.51 \times 10^3$

表 2 续 检测结果表 (土壤: 水浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	pH 值	铅	锌	铜	砷	铬
4#土样	5.7	<0.05	0.085	0.02	<0.05	0.03
5#土样	6.4	<0.05	0.069	0.03	<0.05	0.04

注: pH 值无量纲。

表 3 检测结果表 (地表水)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	pH 值	铅	锌	铜	砷	铬
3#水样	7.3	<0.05	0.317	<0.01	<0.0003	<0.01

### 四、质量控制报告

表 4 质控结果表

检测项目		pH 值 (地表水)		pH 值 (水浸)	
平行样	测定值	7.3	7.3	5.7	5.7
	绝对差值/相对偏差	绝对差值: 0.0		绝对差值: 0.0	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		砷(地表水)	
平行样	测定值	<0.0003mg/L	<0.0003 mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格	

表 4 质控结果表

检测项目		铬(地表水)		铜(地表水)	
平行样	测定值	<0.01 mg/L	<0.01 mg/L	<0.01 mg/L	<0.01mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格		合格	

表 4 质控结果表

检测项目		铅(地表水)		锌(地表水)	
平行样	测定值	<0.05 mg/L	<0.05 mg/L	0.318 mg/L	0.315 mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 0.5%	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		砷(总量)	
质控样	测定值	27.9mg/kg	
	标准值(扩展不确定度)	(28.5±2.0) mg/kg	
	是否合格	合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		铜(总量)	
质控样	测定值	37mg/kg	132mg/kg
	标准值(扩展不确定度)	(38±2) mg/kg	
	是否合格	合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		铅(总量)	铬(总量)
质控样	测定值	61mg/kg	90mg/kg
	标准值(扩展不确定度)	(61±2) mg/kg	(94±5) mg/kg
	是否合格	合格	合格

表 4 续 质控结果表

检测项目		砷(总量)	
平行样	测定值	21.1mg/kg	22.3mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 2.8%	
	是否合格	合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		铜(总量)		铅(总量)	
平行样	测定值	776mg/kg	774mg/kg	117mg/kg	117mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.1%		相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		铬(总量)		锌(总量)	
平行样	测定值	1.51×10 <sup>3</sup> mg/kg	1.51×10 <sup>3</sup> mg/kg	2.3410 <sup>3</sup> mg/kg	2.32×10 <sup>3</sup> mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 0.4%	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		砷(水浸)	
平行样	测定值	<0.05mg/L	<0.05mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		铜 (水浸)		铅 (水浸)	
平行样	测定值	0.03 mg/L	0.03 mg/L	<0.05mg/L	<0.05mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格		合格	

4 续 质控结果表

检测项目		铬 (总量)		锌 (总量)	
平行样	测定值	0.04 mg/L	0.04 mg/L	0.064 mg/L	0.074 mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 6.7%	
	是否合格	合格		合格	

编制:  审核:  签发:   
 湖南新九方检测技术有限公司  
 NEW WORLD INSPECTION CO., LTD.  
 2017 年 04 月 08 日

  
 新九方检测  
业务专用章  
4302000003419

### 附加说明

抽样方案 (需要时填写)	无
偏离信息 (需要时填写)	无
非标方法 (需要时填写)	无 新九方检测 NEW WORLD TESTING
分包情况 (需要时填写)	无
其它说明的情况 (需要时填写)	1、各项目的检测方法及检出限见本报告“表 1 分析方法及仪器”。 2、样品的水浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》 HJ 557-2010 执行。

湖南新九方检测技术有限公司



## 检 测 报 告

湘 XJF (2017) 第 149 号



委托项目: 原沅江市电镀厂

委托单位: 沅江市环境保护局

委托单位地址: /

检测日期: 2017 年 05 月 10 日至 2017 年 05 月 17 日

报告日期: 2017 年 05 月 19 日

NEW WORLD TESTING

联系地址: 株洲市中小企业促进园

邮政编码: 412000

联系电话: (0731)22266120

传 真: (0731)22266129

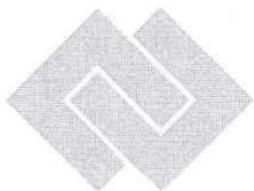
## 报告编制说明

- 1、本报告只能作为实现本次检测目的的依据。
- 2、本报告只对来样或自采样负分析或检测技术责任。未经本公司同意，委托人不得擅自使用检验结果进行宣传。如对分析或检测结果有疑问，请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意要求复检，请在接到本报告后十五天内向本公司市场部提出申请。对于不可保存的样品，恕不受理复检申请。
- 3、本报告涂改、复印无效。
- 4、本报告及数据不得作商品广告使用，违者必究。
- 5、本报告无本公司业务专用章、骑缝章及MA章无效。
- 6、未经本公司书面批准盖章，不得部分复制本报告。
- 7、报告无编制、审核、签发人签字无效。

## 检测报告

### 一、检测概况

委托单位	沅江市环境保护局		
联系人	/	联系方式	15084802315
样品类别	样品个数	样品状态	检测项目
土壤	21 个	褐色块状固体	六价铬总量; 六价铬水浸出浓度
送样时间	2017 年 05 月 10 日		



新九方检测  
NEW WORLD TESTING



## 二、分析方法及仪器

表 1 分析方法及仪器

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称及型号	检出限
六价铬	固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法 HJ 687-2014	原子吸收分光光度计	2mg/kg
六价铬	固体废物 六价铬的测定 二苯碳酰二阱分光光度法 GB/T 15555.4-1995	可见分光光度计 VIS-723N	0.004mg/L

## 三、检测结果

表 2 检测结果表 (土壤)

样品标识	检测项目及结果	
	六价铬 (mg/kg)	六价铬 (水浸: mg/L)
沅江①	10	<0.004
沅江②	<2	<0.004
沅江③	<2	<0.004
沅江 23	<2	<0.004
沅江 24	<2	<0.004
沅江 26	24	<0.004
沅江 27	<2	<0.004
沅江 31	<2	<0.004
沅江 32	<2	<0.004
沅江 33	<2	<0.004
沅江⑦	<2	0.084
沅江⑧	27	0.087
沅江⑨	3	0.108

样品标识	检测项目及结果	
	六价铬 (mg/kg)	六价铬 (水浸: mg/L)
沅江 11	10	0.348
沅江 12	<2	<0.004
沅江 14	4	<0.004
沅江 15	9	<0.004
沅江 17	<2	<0.004
沅江 18	<2	<0.004
土样 7#	<2	<0.004
土样 9#	<2	<0.004

#### 四、质控报告

表 3 质控结果表

检测项目		六价铬 (水浸)		六价铬 (水浸)	
平行样	测定值	<0.004mg/L	<0.004mg/L	<0.004mg/L	<0.004mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%			相对偏差: 0.0%
	是否合格	合格		合格	

表 3 续 质控结果表

检测项目		六价铬 (总量)	
平行样	测定值	4mg/kg	4mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格	

编制:  审核:  签发: 

湖南新九方检测技术有限公司

2017 年 05 月 19 日



## 附加说明

抽样方案 (需要时填写)	无
偏离信息 (需要时填写)	无
非标方法 (需要时填写)	无  新九方检测 NEW WORLD TESTING
分包情况 (需要时填写)	无
其它说明的情况 (需要时填写)	1、各项目的检测方法及检出限见本报告“表 1 分析方法及仪器”。 2、样品的水浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》 HJ 557-2010 执行。

# 湖南新九方检测技术有限公司

## 检 测 报 告

湘 XJF (2017)第 140 号



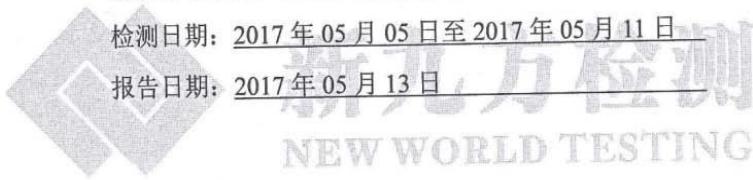
委托项目: 原沅江市电镀厂土壤治理项目

委托单位: 沅江市环境保护局

委托单位地址: /

检测日期: 2017 年 05 月 05 日至 2017 年 05 月 11 日

报告日期: 2017 年 05 月 13 日



联系地址: 株洲市中小企业促进园

邮政编码: 412000

联系电话: (0731)22266120

传 真: (0731)22266129

## 报告编制说明

- 1、本报告只能作为实现本次检测目的的依据。
- 2、本报告只对来样或自采样负分析或检测技术责任。未经本公司同意，委托人不得擅自使用检验结果进行宣传。如对分析或检测结果有疑问，请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意要求复检，请在接到本报告后十五天内向本公司市场部提出申请。对于不可保存的样品，恕不受理复检申请。
- 3、本报告涂改、复印无效。
- 4、本报告及数据不得作商品广告使用，违者必究。
- 5、本报告无本公司业务专用章、骑缝章及MA章无效。
- 6、未经本公司书面批准盖章，不得部分复制本报告。
- 7、报告无编制、审核、签发人签字无效。

## 检测报告

### 一、检测概况

委托单位	沅江市环境保护局		
联系人	/	联系方式	/
样品类别	样品个数	样品状态	检测项目
土壤	2 个	褐色块状固体	pH 值、铅、砷、锌、铬、六价铬、铜总量; pH 值、铅、砷、锌、六价铬、铜水浸出浓度
送样时间	2017 年 05 月 05 日		



新九方检测  
NEW WORLD TESTING



## 二、分析方法及仪器

表 1 分析方法及仪器

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称及型号	检出限
铅	土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17140-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.2mg/kg
锌	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17138-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.5mg/kg
铜	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17138-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	1mg/kg
砷	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 GB/T 22105.2-2008	原子荧光光度计 PF3-2	0.01mg/kg
铬	土壤 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法 HJ 491-2009	原子吸收分光光度计 Za-3000	5mg/kg
六价铬	固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法 HJ 687-2014	原子吸收分光光度计 Za-3000	2mg/kg
六价铬	固体废物 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 15555.4-1995	可见分光光度计 VIS-723N	0.004mg/L
pH 值	土壤 pH 值的测定 NY/T 1377-2007	pH 计 PHS-3C	/
pH 值	固体废物 腐蚀性测定 玻璃电极法 GB/T 15555.12-1995	pH 计 PHS-3C	/
锌	固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ 766-2015	电感耦合等离子体质谱仪 ICAP Q 系列	0.0064mg/L
砷	固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ 766-2015	电感耦合等离子体质谱仪 ICAP Q 系列	0.0010mg/L
铜	固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ 766-2015	电感耦合等离子体质谱仪 ICAP Q 系列	0.0012mg/L
铅	固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ 766-2015	电感耦合等离子体质谱仪 ICAP Q 系列	0.0021mg/L

### 三、检测结果

表 2 检测结果表 (土壤: 总量)

样品标识	检测项目及结果 (mg/kg)						
	pH 值	铅	砷	锌	铬	六价铬	铜
沅江 0#	4.8	21.9	17.7	80.5	82	<2	28
沅江 00#	5.0	24.3	15.5	84.7	84	<2	28

注: pH 值无量纲。

表 2 续 检测结果表 (土壤: 水浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	pH 值	铅	砷	锌	铬	铜
沅江 0#	5.7	<0.0021	<0.0010	<0.0064	<0.004	<0.0012
沅江 00#	6.1	<0.0021	<0.0010	0.0093	<0.004	<0.0012

注: pH 值无量纲。

### 四、质量控制报告

表 3 质控结果表

检测项目		pH 值		pH 值 (水浸)	
平行样	测定值	4.8	4.8	5.7	5.7
	绝对差值/相对偏差	绝对差值: 0.0		绝对差值: 0.0	
	是否合格	合格		合格	

表 3 续 质控结果表

检测项目		铬		铜	
平行样	测定值	82 mg/kg	82 mg/kg	28 mg/kg	27 mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 1.8%	
	是否合格	合格		合格	

表 3 续 质控结果表

检测项目		铅		锌	
平行样	测定值	21.9 mg/kg	21.9 mg/kg	80.7 mg/kg	80.3 mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 0.2%	
	是否合格	合格		合格	

表 3 续 质控结果表

检测项目		砷		六价铬	
平行样	测定值	15.5 mg/kg	15.4 mg/kg	<2 mg/kg	<2 mg/kg
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.2%		相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格		合格	

表 3 续 质控结果表

检测项目		铬		铜	
质控样	测定值	91 mg/kg	<2 mg/kg		38 mg/kg
	标准值(扩展不确定度)	(94±5) mg/kg		(38±2) mg/kg	
	是否合格	合格		合格	

表 3 续 质控结果表

检测项目		铅		锌	
质控样	测定值	61 mg/kg	<2 mg/kg		132 mg/kg
	标准值(扩展不确定度)	(61±2) mg/kg		(134±2) mg/kg	
	是否合格	合格		合格	

表 3 续 质控结果表

检测项目		砷	六价铬
质控 样	测定值	27.8 mg/kg	35.1 μg/L
	标准值（扩展不确定度）	(28.5±2.0) mg/kg	(35.0±2.9) μg/L
	是否合格	合格	合格

编制:  审核:  签发: 

湖南新九方检测技术有限公司

2017 年 05 月 13 日



新九方检测  
NEW WORLD TESTING



## 附加说明

抽样方案 (需要时填写)	无
偏离信息 (需要时填写)	无
非标方法 (需要时填写)	无  新九方检测 NEW WORLD TESTING
分包情况 (需要时填写)	无
其它说明的情况 (需要时填写)	1、各项目的检测方法及检出限见本报告“表 1 分析方法及仪器”。 2、样品的水浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》 HJ 557-2010 执行。

湖南新九方检测技术有限公司

检 测 报 告

湘 XJF (2017)第 103 号



委托单位: 沅江市环保局

委托单位地址: /

检测日期: 2017 年 04 月 17 日至 2017 年 04 月 24 日

报告日期: 2017 年 04 月 24 日



联系地址: 株洲市中小企业促进园

邮政编码: 412000

联系电话: (0731)22266120

传 真: (0731)22266129

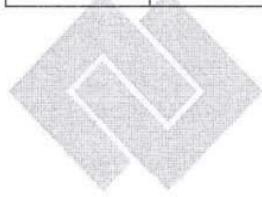
## 报告编制说明

- 1、本报告只能作为实现本次检测目的的依据。
- 2、本报告只对来样或自采样负分析或检测技术责任。未经本公司同意，委托人不得擅自使用检验结果进行宣传。如对分析或检测结果有疑问，请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意要求复检，请在接到本报告后十五天内向本公司市场部提出申请。对于不可保存的样品，恕不受理复检申请。
- 3、本报告涂改、复印无效。
- 4、本报告及数据不得作商品广告使用，违者必究。
- 5、本报告无本公司业务专用章、骑缝章及 MA 章无效。
- 6、未经本公司书面批准盖章，不得部分复制本报告。
- 7、报告无编制、审核、签发人签字无效。RLD TESTING

## 检测报告

### 一、检测概况

委托单位	沅江市环保局		
联系人	/		联系方式 /
样品类别	样品个数	样品状态	检测项目
土壤	3 个	褐色颗粒状固体	铜、铅、锌、铬、砷总量; pH 值、铜、铅、锌、铬、砷水浸
固废	1 个	黄色颗粒状固体	铜、铅、锌、铬、砷酸浸; pH 值、铜、铅、锌、铬、砷水浸
地下水	1 个	澄清透明液体	pH 值、铜、铅、锌、铬、砷
送样时间	2017 年 04 月 17 日		



新九方检测  
NEW WORLD TESTING



## 二、分析方法及仪器

表 1 分析方法及仪器

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称及型号	检出限
铅	土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17140-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.2mg/kg
锌	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17138-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	0.5mg/kg
铜	土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17138-1997	原子吸收分光光度计 ZA-3300	1mg/kg
铬	土壤 总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法 HJ 491-2009	原子吸收分光光度计 ZA-3300	5mg/kg
砷	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 GB/T 22105.2-2008	原子荧光光度计 AFS-230E	0.01mg/L
pH 值	固体废物 腐蚀性测定 玻璃电极法 GB/T 15555.12-1995	pH 计 PHS-3C	/
铅	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
锌	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.006mg/L
砷	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称及型号	检出限
铬	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.001mg/L
铜	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (附录 A 固体废物 元素的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱 法) GB 5085.3-2007	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.001mg/L
pH 值	水质 pH 值的测定 玻璃电极法 GB/T 6920-1986	pH 计 PHS-3C	/
铅	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方 法》(第三篇, 第四章, 十六(八)) (第四版 增补版 国家环境保护总 局 2002 年)	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L
锌	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方 法》(第三篇, 第四章, 十九(六)) (第四版 增补版 国家环境保护总 局 2002 年)	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.006mg/L
铬	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方 法》(第三篇, 第四章, 九(二)) (第 四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L
铜	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方 法》(第三篇, 第四章, 十(八)) (第 四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发射 光谱仪 iCAP7200	0.01mg/L
砷	ICP-AES 法 《水和废水监测分析方 法》(第三篇, 第四章, 三(四)) (第 四版 增补版 国家环境保护总局 2002 年)	电感耦合等离子体发 射光谱仪 iCAP7200	0.05mg/L



### 三、检测结果

表 2 检测结果表 (土壤)

样品标识	检测项目及结果 (mg/kg)				
	锌	铜	砷	铅	铬
土样 7#	294	104	19.0	122	108
土样 8#	491	94	23.5	232	123
土样 9#	694	354	17.1	71.2	478

表 2 续 检测结果表 (土壤: 水浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	锌	铜	砷	铅	铬	pH 值
土样 7#	<0.006	<0.01	<0.05	<0.05	<0.01	8.7
土样 8#	0.012	<0.01	<0.05	<0.05	<0.01	8.0
土样 9#	0.025	0.01	<0.05	<0.05	0.02	8.1

注: pH 值无量纲。

表 3 检测结果表 (固废: 酸浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)				
	锌	铜	砷	铅	铬
沙子	16.3	0.10	<0.05	1.04	3.90

表 3 续 检测结果表 (固废: 水浸)

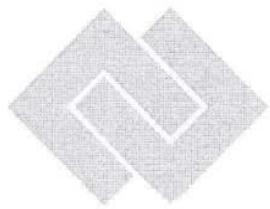
样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	锌	铜	砷	铅	铬	pH 值
沙子	18.1	0.10	<0.05	1.20	4.19	2.5

注: pH 值无量纲。

表 4 检测结果表 (地下水)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)					
	锌	铜	砷	铅	铬	pH 值
水样 4#	0.015	<0.01	<0.05	<0.05	<0.01	6.9

注: pH 值无量纲。



新九方检测  
NEW WORLD TESTING



#### 四、质量控制报告

表 4 质控结果表

检测项目		pH 值 (水浸)		pH 值 (地表水)	
平行样	测定值	8.7	8.7	6.9	6.9
	绝对差值/相对偏差	绝对差值: 0.0		绝对差值: 0.0	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

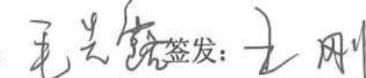
检测项目		砷 (总量)
质控样	测定值	27.4 mg/kg
	标准值 (扩展不确定度)	(28.5 ± 2.0) mg/kg
	是否合格	合格

表 4 续 质控结果表

检测项目		铜 (总量)	锌 (总量)
质控样	测定值	36 mg/kg	132 mg/kg
	标准值 (扩展不确定度)	(38 ± 2) mg/kg	
	是否合格	合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		铅 (总量)	铬 (总量)
质控样	测定值	61 mg/kg	90 mg/kg
	标准值 (扩展不确定度)	(61 ± 2) mg/kg	
	是否合格	合格	

编制:  审核:  签发: 

湖南新九方检测技术有限公司

2017 年 04 月 24 日



## 附加说明

抽样方案 (需要时填写)	无
偏离信息 (需要时填写)	无
非标方法 (需要时填写)	无
分包情况 (需要时填写)	无
其它说明的情况 (需要时填写)	<p>1、各项目的检测方法及检出限见本报告“表 1 分析方法及仪器”。</p> <p>2、样品的硫酸硝酸法浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》 HJ/T 299-2007 执行。</p> <p>3、样品的水浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》 HJ 557-2010 执行。</p>



# 检测报告

湘 XJF (2017) 第 279 号



20141814340  
有效期至2017年12月

项目名称: 原沅江市电镀厂土壤治理项目检验报告

委托单位: 沅江市环保局

委托单位地址: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

检测日期: 2017年06月26日至2017年07月04日

报告日期: 2017年07月04日

## NEW WORLD TESTING

联系地址：株洲市天元区中小企业促进园公租房 9 楼

邮政编码：412000

联系电话: (0731)2226610

传 真: (0731)2226619

## 报告编制说明

- 1、本报告只能作为实现本次检测目的的依据。
- 2、本报告只对来样或自采样负分析或检测技术责任。未经本公司同意，委托人不得擅自使用检验结果进行宣传。如对分析或检测结果有疑问，请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意要求复检，请在接到本报告后十五天内向本公司市场部提出申请。对于不可保存的样品，恕不受理复检申请。
- 3、本报告涂改、复印无效。
- 4、本报告及数据不得作商品广告使用，违者必究。
- 5、本报告无本公司业务专用章、骑缝章及 MA 章无效。
- 6、未经本公司书面批准盖章，不得部分复制本报告。
- 7、报告无编制、审核、签发人签字无效。

## 检测报告

### 一、检测概况

委托单位	沅江市环保局		
联系人	古姗思		联系方式 /
样品类别	样品个数	样品状态	检测项目
土壤	5 个	黄褐色 块状固体	镉、六价铬总量；镉、六价铬水浸出浓度 BC-16 另测氰化物酸浸出浓度及水浸出浓度
废水	2 个	黄色液体	六价铬、氰化物
送样时间	2017 年 06 月 26 日		



**新九方检测**  
NEW WORLD TESTING

## 二、分析方法及仪器

表 1 分析方法及仪器

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称	检出限
六价铬	固体废物 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 15555.4-1995	可见分光光度计	0.004 mg/L
六价铬	固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法 HJ 687-2014	原子吸收分光光度计	2 mg/kg
六价铬	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 7467-1987	可见分光光度计	0.004 mg/L
氯化物	水质 氯化物的测定 容量法和分光光度法 HJ 484-2009	可见分光光度计	0.004 mg/L
镉	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 (附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法) GB 5085.3-2007	原子吸收分光光度计	0.005 mg/L
镉	土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17140-1997	原子吸收分光光度计	0.05 mg/kg

## 三、检测结果

表 2 检测结果表 (土壤: 总量)

样品标识	检测项目及结果 (mg/kg)	
	六价铬	镉
BC-3	<2	0.10
BC-4	<2	0.10
BC-5	<2	0.79
BC-6	<2	0.72
BC-7	3	0.10

表 2 续 检测结果表 (土壤: 水浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)		
	六价铬	镉	氟化物
BC-3	0.004	<0.005	-
BC-4	<0.004	<0.005	-
BC-5	<0.004	<0.005	-
BC-6	0.022	<0.005	<0.004
BC-7	0.025	<0.005	-

表 2 续 检测结果表 (土壤: 酸浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)	
	氟化物	
BC-6	0.041	

表 3 检测结果表 (废水)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)	
	六价铬	氟化物
BC-水样-1#	$1.79 \times 10^3$	<0.2 ↑
BC-水样-2#	<0.004	0.005

注: “↑” 由于样品基质影响, 检出限相应提高。



#### 四、质量控制报告

表 4 质控结果表

检测项目		镉 (土壤: 总量)		氰化物 (废水)	
平行样	测定值	0.10mg/kg	0.10mg/kg	<0.2mg/L	<0.2mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		六价铬	镉 (土壤: 总量)
质控样	测定值	36.4μg/L	0.53 mg/kg
	标准值 (扩展不确定度)	(35±2.9) μg/L	(0.52±0.03) mg/kg
	是否合格	合格	合格

编制:

审核:

签发: 湖南新九方检测技术有限公司

2017 年 07 月 04 日



湖南新九方检测技术有限公司

## 检测报告

湘 XJF (2017) 第 275 号

IMA  
2014.1.7-2017.12.31  
有效期至 2017年12月

项目名称: 原沅江市电镀厂土壤治理项目检验报告

委托单位: 沅江市环保局

委托单位地址: \_\_\_\_\_ /

检测日期: 2017 年 06 月 26 日至 2017 年 07 月 04 日

报告日期: 2017 年 07 月 04 日

湖南新九方检测  
NEW WORLD TESTING

联系地址: 株洲市天元区中小企业促进园公租房 9 楼

邮政编码: 412000

联系电话: (0731)2226610

传 真: (0731)2226619

## 附加说明

抽样方案 (需要时填写)	无
偏离信息 (需要时填写)	无
非标方法 (需要时填写)	无
分包情况 (需要时填写)	无
其它说明的情况 (需要时填写)	<p>1、各项目的检测方法及检出限见本报告“表 1 分析方法及仪器”。</p> <p>2、样品的硫酸硝酸法浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》 HJ/T 299-2007 执行。</p> <p>3、样品的水浸出浓度前处理依据《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》 HJ 557-2010 执行。</p>

## 报告编制说明

- 1、本报告只能作为实现本次检测目的的依据。
- 2、本报告只对来样或自采样负分析或检测技术责任。未经本公司同意，委托人不得擅自使用检验结果进行宣传。如对分析或检测结果有疑问，请向本公司市场部查询，来函来电请注明报告编号。如对结果有疑意要求复检，请在接到本报告后十五天内向本公司市场部提出申请。对于不可保存的样品，恕不受理复检申请。
- 3、本报告涂改、复印无效。
- 4、本报告及数据不得作商品广告使用，违者必究。
- 5、本报告无本公司业务专用章、骑缝章及MA章无效。
- 6、未经本公司书面批准盖章，不得部分复制本报告。
- 7、报告无编制、审核、签发人签字无效。

## 检测报告

### 一、检测概况

委托单位	沅江市环保局		
联系人	古姗思		联系方式 /
样品类别	样品个数	样品状态	检测项目
土壤	7 个	黄褐色 块状固体	镉、六价铬总量；镉、六价铬水浸出浓度 BC-1、BC-2、BC-16 另测氰化物酸浸出浓 度及水浸出浓度
废水	2 个	黄色液体	六价铬、氰化物
送样时间	2017 年 06 月 26 日		



**新九方检测**  
NEW WORLD TESTING

新九方检测

## 二、分析方法及仪器

表 1 分析方法及仪器

检测项目	分析方法及依据	使用仪器名称	检出限
六价铬	固体废物 六价铬的测定 二苯碳酰二阱分光光度法 GB/T 15555.4-1995	可见分光光度计	0.004mg/L
六价铬	固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法 HJ 687-2014	原子吸收分光光度计	2mg/kg
六价铬	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二阱分光光度法 GB/T 7467-1987	可见分光光度计	0.004mg/L
氯化物	水质 氯化物的测定 容量法和分光光度法 HJ 484-2009	可见分光光度计	0.004mg/L
镉	危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别(附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法) GB 5085.3-2007	原子吸收分光光度计	0.005mg/L
镉	土壤质量 铅、镉的测定 KI-MIBK 萃取火焰原子吸收分光光度法 GB/T 17140-1997	原子吸收分光光度计	0.05mg/kg

## 三、检测结果

表 2 检测结果表 (土壤: 总量)

样品标识	检测项目及结果 (mg/kg)	
	六价铬	镉
BC-1	235	0.35
BC-2	<2	<0.05
BC-3	<2	0.10
BC-4	<2	0.10
BC-5	<2	0.79
BC-6	<2	0.72
BC-7	3	0.10

表 2 续 检测结果表 (土壤: 水浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)		
	六价铬	镉	氟化物
BC-1	9.37	<0.005	<0.004
BC-2	0.006	<0.005	<0.004
BC-3	0.004	<0.005	-
BC-4	<0.004	<0.005	-
BC-5	<0.004	<0.005	-
BC-6	0.022	<0.005	<0.004
BC-7	0.025	<0.005	-

表 2 续 检测结果表 (土壤: 酸浸)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)	
	氟化物	NEW WORLD TESTING
BC-1	0.005	
BC-2	0.004	
BC-6	0.041	

表 3 检测结果表 (废水)

样品标识	检测项目及结果 (mg/L)	
	六价铬	氟化物
BC-水样-1#	$1.79 \times 10^3$	<0.2 ↑
BC-水样-2#	<0.004	0.005

注: “↑” 由于样品基质影响, 检出限相应提高。

#### 四、质量控制报告

表 4 质控结果表

检测项目		六价铬		氯化物 (土壤)	
平行样	测定值	0.005mg/L	0.006mg/L	<0.004mg/L	<0.004mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 9.1%		相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		镉 (水浸)		氯化物 (土壤: 酸浸)	
平行样	测定值	<0.005mg/L	<0.005mg/L	0.005mg/L	0.005mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%		相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格		合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		氯化物 (废水)	
平行样	测定值	<0.2mg/L	<0.2mg/L
	绝对差值/相对偏差	相对偏差: 0.0%	
	是否合格	合格	

表 4 续 质控结果表

检测项目		六价铬	镉 (土壤: 总量)
质控样	测定值	36.4μg/L	0.53 mg/kg
	标准值 (扩展不确定度)	(35±2.9) μg/L	(0.52±0.03) mg/kg
	是否合格	合格	

编制: 袁群 审核: 毛先富 签发: 王刚

湖南新九方检测技术有限公司

2017 年 07 月 04 日

## 附加说明

抽样方案 (需要时填写)	无
偏离信息 (需要时填写)	无
非标方法 (需要时填写)	无
分包情况 (需要时填写)	无
其它说明的情况 (需要时填写)	1、各项目的检测方法及检出限见本报告“表 1 分析方法及仪器”。

新九方检测  
NEW WORLD TESTING



附件 2 检测报告(补充)



报告编号: G2020-TR1-169

中大检测

# 检 测 报 告

## Test Report

项目名称 : 原沅江市电镀厂土壤治理项目

委托单位 : 沅江市生态环境局

样品类型 : 土壤

签发日期 : 2020 年 07 月 15 日

湖南中大检测技术集团有限公司  
Hunan Zhongda Testing Technology Group Co., Ltd



# 注意事项

- 1、报告无“检测报告专用章”无效；
- 2、复制报告未重新加盖“检测报告专用章”无效；
- 3、报告无检测、审核、批准人签字无效，无骑缝章无效；
- 4、报告涂改无效，部分提供和部分复制检测报告无效；
- 5、委托方及相关各参建单位提供的关于该工程的勘察、设计、施工、检测等相关资料的真实、合法、有效性，均由委托方和各资料出具单位负责，若因资料失实造成检测结果有误，本单位不承担与此有关的任何责任；
- 6、对于送样检测，仅对来样的检测数据负责，不对来样所代表的批量产品的质量负责；
- 7、本报告中所有“建议”部分带有检测方的主观判断，不属于本单位CMA资质认定范围，请慎重采用；
- 8、对检测报告若有异议，应于本报告发出之日起十五天内向本单位提出，逾期不予受理。

### 一、基础信息

委托单位	沅江市生态环境局		
受检单位地址	沅江市琼湖街道小河咀村		
检测类别	委托检测		
检测内容及项目	见表 2-1		
采样单位	湖南中大检测技术集团有限公司		
采样点位	3#、4#、5#、9#	0.31	0.31
委托单号	G2020233	100	100
采样日期	2020.07.02	分析日期	2020.07.02~2020.07.13
备注	采样气象参数 07月02日 天气: 阴; 温度: 28.4°C; 气压: 100.8 kPa		

### 二、检测分析方法及仪器

表 2-1 检测方法及使用仪器

样品类型	检测项目	检测方法及方法来源	使用仪器	检出限
土壤	六价铬	《土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法》 HJ 1082-2019	ICP 3500 (ZDJC-1832)	0.5 mg/kg
	砷	《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第二部分：土壤中总砷的测定》 GB/T 22105.2-2008	AFS-230E (ZDJC-1844)	0.01 mg/kg
	铅	《土壤和沉积物 12 种金属元素的测定 王水提取-电感耦合等离子体质谱法》 HJ 803-2016	ICAP RQ (ZDJC-1833)	2 mg/kg
	铬	《土壤和沉积物 12 种金属元素的测定 王水提取-电感耦合等离子体质谱法》 HJ 803-2016	ICAP RQ (ZDJC-1833)	2 mg/kg
	铜	《土壤和沉积物 12 种金属元素的测定 王水提取-电感耦合等离子体质谱法》 HJ 803-2016	ICAP RQ (ZDJC-1833)	0.5 mg/kg
	锌	《土壤和沉积物 12 种金属元素的测定 王水提取-电感耦合等离子体质谱法》 HJ 803-2016	ICAP RQ (ZDJC-1833)	7 mg/kg

### 三、检测结果

土壤检测结果见表 3-1。

表 3-1 土壤检测结果

布点	样品标识	样品 编号	深度 (m)	检测结果 (mg/kg)					
				铅	砷	锌	六价铬	铬	铜
3#	土样 3#	T3-1	0.5	149	17.9	196	2.96	244	44.9
	沅江 7	T3-2	1.0	68.1	14.8	121	40.4	207	29.7
	沅江 8	T3-3	2.0	44.6	16.7	216	239	465	45.5
	沅江 9	T3-4	3.0	63.2	17.0	245	445	947	94.0
4#	土样 2#	T4-1	0.5	1660	20.2	756	452	2671	344
	沅江 11	T4-2	1.0	38.4	14.7	114	32.4	148	30.5
	沅江 12	T4-3	2.0	46.2	14.7	170	75.3	337	38.4
	沅江 13	T4-4	3.0	41.8	17.5	111	240	489	33.5
5#	土样 1#	T5-1	0.5	108	16.7	167	2.01	97.2	43.5
	5# 土样	T5-2	1.0	39.6	17.5	152	50.2	236	67.1
	沅江 15	T5-3	2.0	60.2	16.9	156	73.5	1219	66.4
	沅江 16	T5-4	3.0	47.8	17.5	965	12.6	802	72.8
9#	4# 土样	T9-1	0.5	81.9	18.7	345	0.5L	250	223
	沅江 26	T9-2	1.0	95.9	12.1	422	0.5L	286	207
	沅江 27	T9-3	2.0	140	15.1	789	4.88	967	584
	沅江 28	T9-4	3.0	55.5	17.6	305	0.5L	219	140

重金属污染场地土壤复标准	280	50	500	5	400	300
(GB36600-2018)第一类用地筛选值	400	20	/	3	/	2000

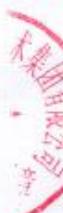
注: 检测结果小于检出限报最低检出限加(L)。

报告编制: 王雨晴 审核: 方XX

签发:

签发日期: 2020年07月15日

(本页以下无正文)



### 附件3 规划用地

#### 关于原沅江市电镀厂规划情况说明

益阳市生态环境局沅江分局

原沅江市电镀厂土壤治理项目实施地点为琼湖琼道办事处原万子湖船厂。经核对《湖南省沅江市城市总体规划(2011~2030)》，该处位于规划枫杨路北侧，用地性质大部分为公园绿地(G1)，其它为防护绿地(G2)和教育用地(A33)。



附件 4



## 证 明

本公司同意接收消纳《原沅江市电镀厂土壤治理项目》场内残留危险废物，危险废物为 HW17 类，包括电镀废水处理污泥、电镀槽、槽液等，共计 324 吨。

兹证明。

湖南瀚洋环保科技有限公司

