

汨罗市原城郊乡农药厂污染场地 风险评估报告

委托单位：汨罗市生态环境局

编制单位：湖南省环境保护科学研究院

二〇一九年十月

专家评审意见修改说明

专家组综合评审意见

项目名称	汨罗市原城郊乡农药厂污染场地 风险评估报告
<p>2019 年 12 月 6 日，湖南省生态环境事务中心在长沙市组织召开了《汨罗市原城郊乡农药厂污染场地风险评估报告》（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、岳阳市生态环境局、岳阳市自然资源局、岳阳市生态环境局汨罗分局、汨罗市自然资源局，建设单位汨罗市人民政府，编制单位湖南省环境保护科学研究院等。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：</p> <p>（一）项目概况</p> <p>汨罗市原城郊乡农药厂位于汨罗市归义镇上马村，占地面积约 40 亩，于 1985 年建设投产，并于 2005 年被关闭停产，生产经营 20 年。主要产品为甲胺磷、甲基 1605（甲基对硫磷）、叶蝉散、甲甲磷、敌敌畏、扑虱灵、螟蝗星、一片净、纹枯清、三唑磷等农药，其中主要生产甲胺磷，产量约为 1000t/a。生产过程中使用的主要原辅材料是甲胺磷原油（湖南农药厂生产）、甲基 1605 原油（湖南农药厂生产）、甲醇、甲胺基甲酰氯、灭多威肟、N,N-氯甲基-苯基氨基甲酰氯、甲苯、N-特丁基-N'-异丙基硫脲等。2018 年 6 月，汨罗市原城郊乡农药厂旁修建沿江大道市政排水涵施工过程中开挖至汨罗市原城郊乡农药厂地段污染土壤，造成该地段有农药气味的气体扩散，存在较大环境污染风险。汨罗市人民政府采取了应急方案设计 & 施工，及时管控污染扩散。</p> <p>根据国家环境保护部、国土资源部等四部委《关于保障工业企</p>	

业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140号）、《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66号）等相关文件要求，汨罗市人民政府委托广电计量检测（湖南）有限公司开展了场地环境初步调查和详细调查工作，形成成果《汨罗市原城郊乡农药厂场地环境初步调查报告》和《汨罗市原城郊乡农药厂场地环境调查报告》（以下简称“原场地环境调查报告”）。在此基础上，湖南省环境保护科学研究院基于原场地环境调查报告结果进一步开展场地环境风险评估工作。

（二）风评结果

风评报告按照《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014），开展了场地污染识别、场地污染状况分析，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场地风险评估，同时开展了土壤和地下水风险评估工作。在此基础上，提出关注土壤污染物为砷、甲基对硫磷和杀螟硫磷，地下水污染物为甲胺磷、甲基对硫磷、敌敌畏和二氯甲烷；该场地砷同时存在致癌和非致癌风险，甲基对硫磷存在非致癌风险，杀螟硫磷不存在非致癌风险。

风评报告提出土壤污染物修复目标值为：砷 20mg/kg、甲基对硫磷 16.28mg/kg、杀螟硫磷 19.48mg/kg；地下水修复目标值为：二氯甲烷 0.0566 mg/L、甲基对硫磷 0.00358 mg/L、敌敌畏 0.001 mg/L、甲胺磷 0.001 mg/L。基于基坑深度为 0m、5m 和 10m 的评估条件，拟修复的污染场地土壤方量分别为 3547.6m³、9192.19m³ 和 23762.52m³；基于模拟时间为 10 年、20 年和 30 年的评估条件，污染物模拟扩散面积分别为 393.6m²、859.9m²、1420.8m²。

（三）评审结论

土壤污染风险评估及报告格式符合国家相关标准规范要求，报

告内容较全面，提出的风险管控、修复的目标和基本要求较明确，土壤污染状况调查及报告基本能满足风险评估要求。

该场地污染物存在致癌和非致癌风险，需要实施风险管控和修复，可纳入建设用地土壤污染风险管控或修复名录。

（四）修改意见

1、核实现场的规划用地类型和拟开发利用方式；

2、进一步归纳总结原场地环境调查报告主要内容及结论，核实污染因子、污染范围、污染深度判别的依据及合理性，补充布点采样和污染分布等相关附图附件；

3、完善环境风险评估内容，补充汨罗江段饮用水源地与本项目的关系及其与场地的地表水、地下水环境关联性分析，补充周边土壤环境质量状况；

4、进一步核实水文地质调查方案和调查结论，按照相关规范要求，完善地下水环境现状调查分析，明确地下水环境风险评估结论；

5、核实暴露途径及参数等指标的取值及其依据，类比同类调查或研究优化和补充相关参数；

6、核实土壤和地下水修复目标、修复范围及方量核定结果；

7、根据评估结论，优化场地后续治理修复和管控建议。

专家组：杨运华（组长）、陈建成、汤宏、戴慧敏、万大娟（执笔）



日期：2019年12月6日

1.核实场地的规划用地类型和拟开发利用方式。

已核实，该地块拟开发为建设用地，见附件 9.2。

2.进一步归纳总结原场地环境调查报告主要内容及结论，核实污染因子、污染范围、污染深度判别的依据及合理性、补充布点采样和污染分布等相关附图附件。

已归纳总结原场调报告主要内容及结论（P75-P79），进一步核对了污染因子、污染范围、污染深度（P66-P75），补充了相关附件（见附件）。

3.完善环境风险评估内容，补充汨罗江段饮用水源地与本项目的关系及其与场地的地表水、地下水环境关联性分析，补充周边土壤环境质量状况。

已补充汨罗江段饮用水源地与本项目的关系及其与场地地表水、地下水环境关联性分析（P18-P19），补充了周边土壤环境质量状况内容（P78）。

4.进一步核实现水文地质调查方案和结论，按照相关规范要求，完善地下水现状调查分析，明确地下水环境风险评估结论。

已进一步完善地下水现状调查分析（P79），已明确地下水风险评估结论（P121）。

5.核实现暴露途径及参数等指标的取值及其依据，类比同类调查或研究优化和补充相关参数。

本次风险评估参数见 P115 参数说明，其中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数据库（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 Levels）的最新发布数据变化，经查证，本报告关注污染物部分毒理性参数暂未更新。

6.核实现土壤和地下水修复目标、修复范围及方量核定结果。

砷采用红壤背景值作为评估浓度，因此不将其作为风险评估关注污染物，重新核定了土壤污染范围及方量，场地内地下水不存在饮用途径，因此只给出地下水气态污染物暴露途径下的风险水平，经判断均不存在风险。

7.核实现评估结论，优化场地治理修复和管控建议。

已核实现相关评估结论，进一步优化了治理及管控建议。

目录

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
第 2 章场地概况.....	6
2.1 场地环境概况.....	6
2.2 敏感目标.....	16
2.3 场地使用现状和历史.....	18
2.4 场地规划.....	21
第 3 章场地污染识别.....	23
3.1 场地主要生产活动.....	23
3.2 场地环境污染调查.....	31
3.3 场地污染识别结论.....	39
第 4 章场地调查方案及结论.....	42
4.1 初步调查.....	42
4.2 详细调查.....	51
4.3 两次调查结果汇总分析.....	74
第 5 章场地污染概念模型.....	79
5.1 污染源.....	79
5.2 场地水文地质.....	80
5.3 场地污染状况.....	80
5.4 污染迁移途径.....	82
5.5 暴露途径分析.....	82
5.6 可能的污染受体.....	83
第 6 章场地风险评估.....	84
6.1 分层评估必要性分析.....	84
6.2 风险评估程序.....	85

6.3 关注污染物.....	87
6.4 暴露途径分析.....	89
6.5 风险评估模型和计算方法.....	92
6.6 场地风险评估结果.....	117
第 7 章修复范围及方量.....	123
7.1 修复标准确定原则.....	123
7.2 基于致癌效应的风险控制值计算模型.....	123
7.3 基于非致癌效应的风险控制值计算模型.....	125
7.4 风险控制值计算结果.....	129
7.5 修复范围及方量确定.....	130
第 8 章结论及建议.....	140
8.1 土壤.....	140
8.2 地下水.....	141
8.3 建议.....	142
9 附件.....	143
9.1 场调报告专家评审意见.....	143
9.2 区域规划证明.....	144
9.3 土壤采样点位分布图.....	146
9.4 地下水采样点位分布图.....	147
9.5 钻孔柱状图.....	148
9.6 土壤污染分布.....	154

第 1 章概述

1.1 项目背景

汨罗市原城郊乡农药厂位于汨罗市归义镇上马村,占地面积约 40 亩。于 1985 年建设投产,并于 2005 年被关闭停产,生产经营 20 年。主要产品为甲胺磷、甲基 1605 (甲基对硫磷)、叶蝉散、甲甲磷、敌敌畏、扑虱灵、螟蝗星、一片净、纹枯清、三唑磷等农药,其中主要生产甲胺磷,产量约为 1000t/a。

2018 年 6 月汨罗市原城郊乡农药厂旁修建沿江大道市政排水管涵施工中,开挖到汨罗市原城郊乡农药厂地段污染土壤,造成该地段有农药气味的气体扩散,存在较大环境污染风险。汨罗市市政府、市环保局高度重视,要求针对此事故涉及处置约 4000m³污染土壤进行应急措施设计及施工,以便能及时管控此污染扩散,防止对周围村民及汨罗市人民健康造成损害,防止造成二次污染,保证市政排污管涵工程按时完工。

2018 年 11 月,汨罗市环境保护局作为辖区内环境保护主管单位,针对汨罗市原城郊乡农药厂存在的场地环境污染问题,特委托广电计量检测(湖南)有限公司对其进行场地环境初步调查评估。并于 2018 年 11 月 30 日完成了汨罗市原城郊乡农药厂场地环境初步调查报告。

初步调查阶段:设置 11 个土壤采样点、1 个底泥采样点,场地区域的土壤中重金属(砷)、有机磷农药类(甲基对硫磷)最大浓度超过了参考评估标准(其中砷超过《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)中第一类用地筛选值,甲基对硫磷超过了美国 RSL (2016.5) 筛选值),说明场地部分区域土壤受到了污染,另外对硫磷、扑虱灵、杀螟硫磷均有不同程度的检出。

初次场地调查时厂区设置了 3 个地下水监测井(深度约 12m),其中 DX2 地下水中二氯甲烷超过《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类水质标准,特征因子中地下水点位 DX1 区域存在一定范围的甲基对硫磷污染,超过了参考地表水环境质量标准限值要求 0.002mg/L,最高超标倍数为 32 倍,说明农药厂区在生产过程中可能存在一定的生产废水泄漏,造成场地区域内地下水污染。

为进一步明确场地污染情况,汨罗市环境保护局委托广电计量检测(湖南)

有限公司对汨罗市原城郊乡农药厂场地环境进行详细调查,该公司依据相关导则规范,在收集整理前期调查成果、相关资料的前提下,编制详细调查报告,详细调查结果表明:有 2 个点位,共 6 个土壤样品有机磷农药超标,污染因子为甲基对硫磷;设置地下水监测井 6 个,检测结果中 DX9 样品存在污染物超标,主要污染因子为高锰酸盐指数、砷、甲胺磷、甲基对硫磷、敌敌畏;采集底泥样品 6 个,检测结果显示所有底泥样品的机农药类指标除 DN2 扑虱灵有检出外(未超过筛选值),其余指标均未检出;重金属指标砷、铬(六价)与区域背景值相当,基本为酸性土质;在甲胺磷等反应及灌装车间(目前作为污染土壤暂存间)采集污染土壤样品 12 组,检测结果显示污染土壤的主要污染指标为甲基对硫磷、扑虱灵、杀螟硫磷、对硫磷,其余指标甲胺磷、灭多威、敌敌畏均未检出;采集应急处置工程废水样品 5 组,检测结果显示有机磷农药扑虱灵、甲胺磷、甲基对硫磷、杀螟硫磷、对硫磷、敌敌畏均有检出,不满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中一级排放标准对有机磷农药要求(不得检出)的标准。

初步及详细调查结果表明,该场地土壤和地下水均受到不同程度污染,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《污染场地风险评估技术导则》、《污染场地土壤修复技术导则》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,汨罗市生态环境局委托湖南省环境保护科学研究院展开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。

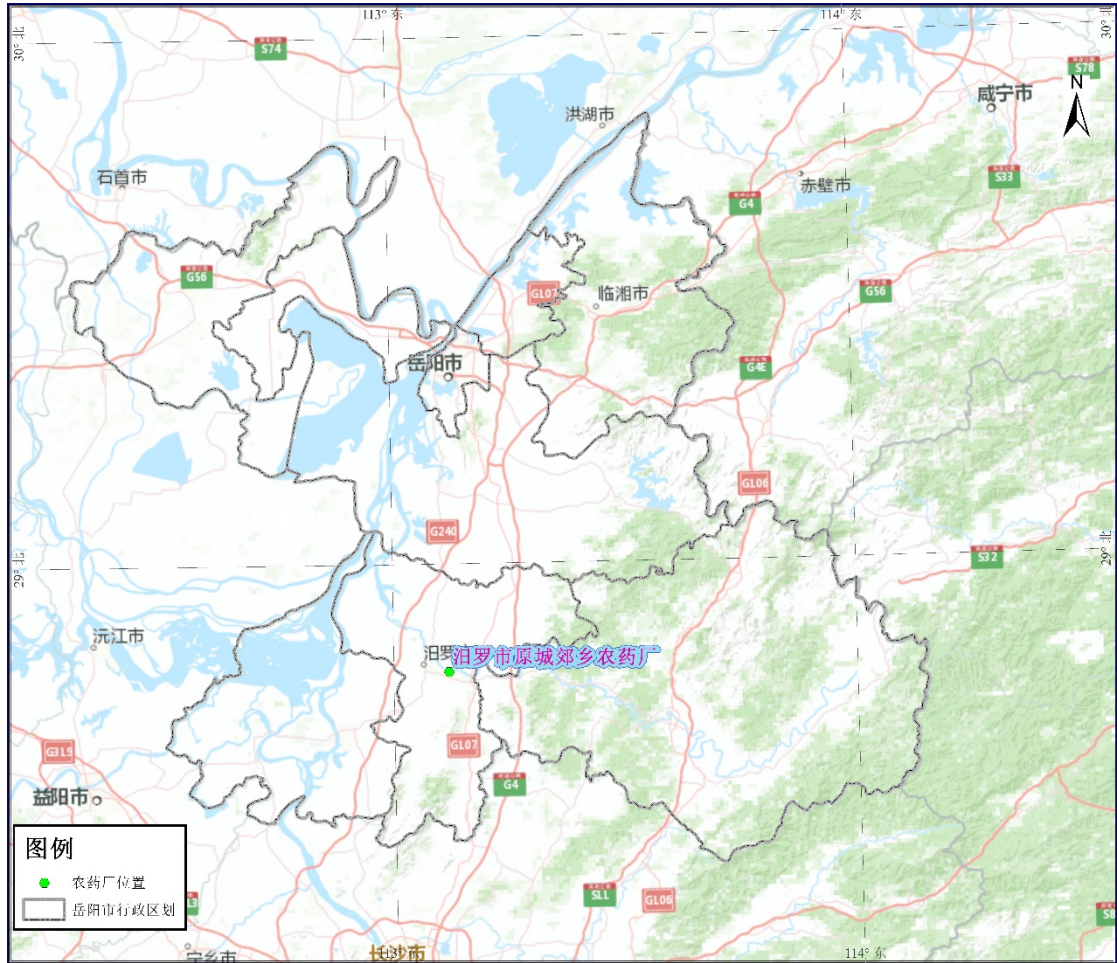


图 1.1-1 汨罗市原城郊乡农药厂位置

1.2 编制目的

该场地所属企业为高污染风险的农药厂，在其长期的生产过程中，污染物的泄漏与排放可能会对环境带来一定的影响，造成场地土壤和地下水的环境污染，并在土地再开发利用过程中危害相关人群健康。因此，本次风险评估的目的旨在计算该场地污染物对未来居住人群的健康风险，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

本场地的风险评估将遵循以下基本原则：

(1) 针对性原则：针对场地的特征污染物及其毒理学参数，进行风险评估，为场地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场地风险评估过程，保证风险评估结果的科学性和客观性。

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》(2014 年 4 月 24 日修订)；
- (2)《建设项目环境保护管理条例》(2017 年 6 月 21 日修订)；
- (3)《土壤污染防治行动计划》(国发〔2016〕31 号)；
- (4)《湖南省土壤污染防治工作方案》(湘政发〔2017〕4 号)；
- (5)《中华人民共和国大气污染防治法》(2018 年 10 月 26 日修订)；
- (6)《中华人民共和国水污染防治法》(2017 年 6 月 27 日修订)；
- (7)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2016 年 11 月 7 日修正)；
- (8)《中华人民共和国噪声污染防治法》(1996 年 10 月 29 日)。

1.4.2 政策与规定

- (1)《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》(国家环境保护总局，环办〔2004〕47 号)；
- (2)《关于加强土壤污染防治工作的意见》(环发〔2008〕48 号)；
- (3)《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〕140 号)；
- (4)《关于推进城区老工业区搬迁改造的指导意见》(国办发〔2014〕9 号)；

(5)《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环保部公告〔2017〕72号)。

1.4.3 技术导则、标准及规范

(1)《污染场地术语》(HJ 682-2014);

(2)《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014);

(3)《污染场地土壤修复技术导则》(HJ 25.4-2014);

(4)《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018);

(5)《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》编制说明;

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

(7)《土壤环境质量评价技术规范(征求意见稿)》(环境保护部, 2015年);

(8)《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004);

(9)《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017);

(10)《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004);

(11)《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002);

(12) 美国 EPA-Regional Screening Levels(2018.5);

(13) 加拿大安大略省环境部 POI 标准(Point of Impingement Limits, POI)和环境空气质量标准(Ambient Air Quality Criteria, AAQC);

(14) 加拿大卫生部《优控物质健康风险评估》(Human Health Risk Assessment for Priority Substances)。

1.4.4 其他资料

(1)《汨罗市土壤污染源、污染地块调查报告》(2017年2月);

(2)《湖南省环境保护厅关于组织开展2018年度土壤污染防治项目储备库建设工作的通知》;

(3)《湖南省汨罗市城区建设规划(2010-2020)》;

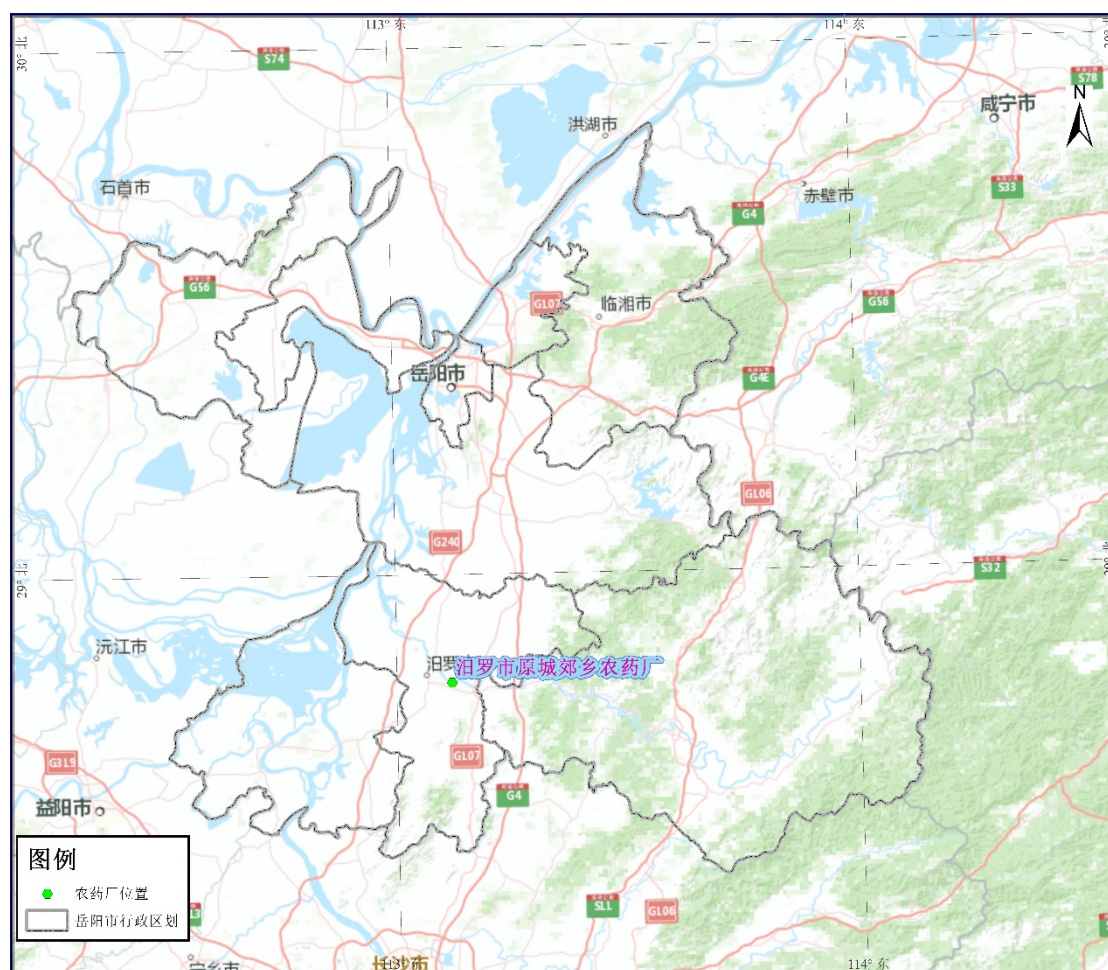
(4)《汨罗市原城郊乡农药厂场地污染状况调查报告》。

第 2 章场地概况

2.1 场地环境概况

2.1.1 地理位置及交通

汨罗位于湖南省东北部,属幕阜山脉与洞庭湖平原的过渡地带,西临洞庭湖。地处东经 112°51'-113°27', 北纬 28°28'-29°27'之间。地势由东南向西北倾斜。汨罗市东与平江相靠,南与长沙、望城两县相携,西与湘阴县、沅江市接壤,北同岳阳县毗邻。最东处为三江镇山阳村的山阳寨,最西处是芦苇场的石湖包,最南端系川山坪镇鹿峰村的陈家湾,最北端是白塘镇汨岳村的汨岳界。南北相距 66.75 公里,东西相距 62.5 公里,全境周长 301.84 公里,总面积 1669.8 平方公里,汨罗市建城区面积 12 平方公里。



本次项目场地位于汨罗市归义镇上马村，中心坐标为北纬 28°47'34.24"、东经 113°07'28.67"，场地北侧 100m 为汨罗江，东、南两面紧挨农田，另外厂区外最近居民聚集区仅 500m 之遥。汨罗市原城郊乡农药厂地理位置如图 2.1.1-1 所示。

2.1.2 气象水文

(1) 气象

亚热带湿润性气候，四季分明。累计年平均气温 17℃，以 1 月、4 月、7 月、10 月分别代表冬、春、夏、秋四季，其平均气温分别为 4.4℃、17.0℃、28.9℃、18.1℃。全年气候是冬冷、春暖、夏热、秋凉。热量充足，雨水集中。累计年平均日照时数为 1650.1 小时，日照百分率为 37%。其中 71.6%集中在主要农作物生长的 7-10 月在全国属多雨地区，65.6%的降水和 70-85%的总辐射集中在 4-10 月，光、热、水三者配合较好，适宜于双季稻生长成熟和亚热带经济林木生长，为农业生产的发展提供良好的气候环境。

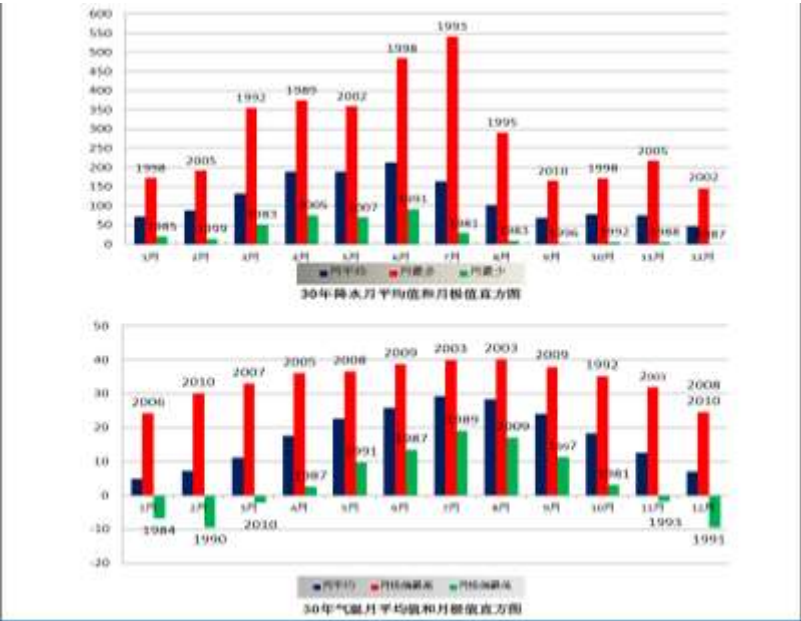


图 2.1.2-1 汨罗市 30 年气象数据图

(2) 水文

汨罗有湘江段及流长 4 公里、流域面积 6.5 平方公里以上的河流 44 条。其中，流域面积在 100 平方公里以上的河流 10 条。属于洞庭湖水系的有汨罗江，是洞庭湖水系中仅次于湘、资、沅、澧的第五大水系。汨罗江的上游称汨水。汨

水发源于江西修水县黄龙山的梨树竭，流经修水的官田桥、龙门厂，平江的长寿街、嘉义、三市、浯口，汨罗的长乐、新市，在大洲湾与罗水汇合。汨罗江流长 253.2 公里，流域面积 5543 平方公里。罗水因源出巴陵罗内而得名。罗水流域跨岳阳、平江、汨罗三县市。罗水干流长 88 公里，流域面积 595 平方公里。汨罗多年平均降水量 1345.4 毫米，降水总量 21.31 亿立方米，地表水资源总量 44.65 亿立方米，尚可利用的地表水资源为 28.43 亿立方米。

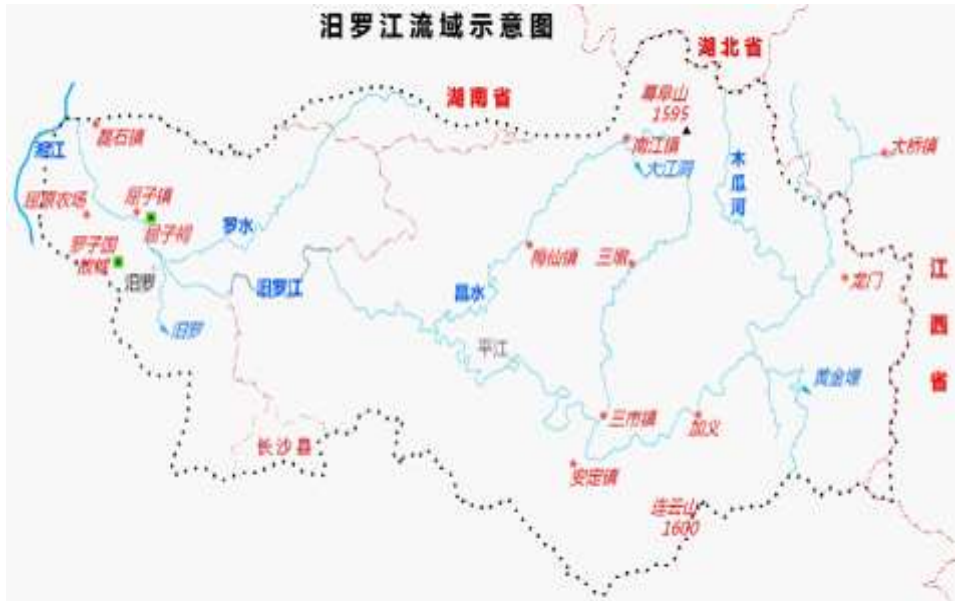


图 2.1.2-2 汨罗江流域水系图

（3）汨罗江水环境状况

根据汨罗市环境质量月报（2018 年 7 月份），通过对全市地表水水质进行了常规监测采样分析。监测结果表明：汨罗市地表水水质均符合地表水环境质量标准（GB 3838-2002）表 1 中 II（二）、III（三）类水质标准。

表 2.1.2-1 2018 年 07 月全月汨罗市地表水水质概况表

断面名称	功能区类型(水质类别)	已达类别	主要污染物(超标倍数)
窑州断面	饮用水源保护区(II)	II（二）类	/
兰家洞水库	饮用水源保护区(II)	II（二）类	/
新市断面	省控断面(III)	III（三）类	/
南渡断面	省控断面(III)	III（三）类	/

2.1.3 地形地貌

汨罗地势东南部高、西北部低，由山地向滨湖平原呈梯降过渡，头枕幕阜，脚踏洞庭。东南部峰岭起伏，连绵成脉，形成天然屏障。其中，东有幕阜山余脉

智峰山，群峰拱岱，岭峦盘结，沟谷回环，犬牙交错，地形险峻。山区还有南岭、米家寨、老山尖、苦岭、乌石尖、冷水尖、从毛山、汉峰山等山峰。南部有飘峰山、神鼎山、隐居山、玉池山、湖鼻山、密岩山等。

汨罗的丘陵多处于岗地与低山过渡地带或山地余脉末梢。海拔一般在110-250米之间。岗地是汨罗分布最广的地貌类型，面积613.51平方公里，占汨罗市总面积39.28%。汨罗的平原位于汨罗江及其支流溪谷两侧，由中部向西北部呈扇形展布敞开，地表物质由河湖的沉积作用形成深厚的冲积物或冲积湖组成。海拔绝大部分在50米以下，平原面积296.01平方公里，平原土质肥沃。

场地地貌属于汨罗江Ⅱ级阶地，地面高程36-40m左右，地形平坦，地面坡降1~3°，地形平坦，高差小于约1~3m。

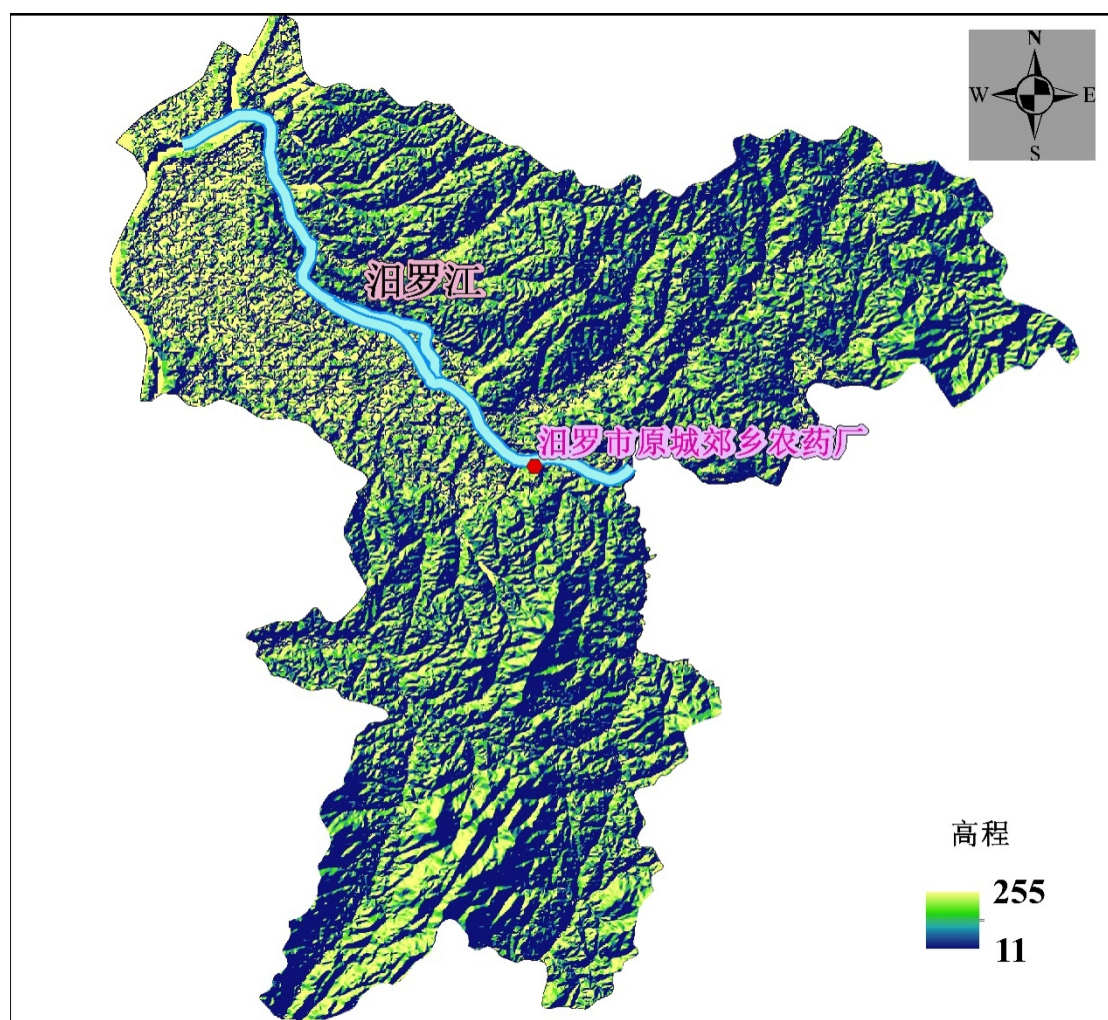


图 2.1.3-1 汨罗市地形图

2.1.4 土壤

岳阳市境内土壤类型主要有人工土壤—水稻土，分布于岳阳县的麻塘乡，汨罗市的范家园镇、白塘乡，华容县的东山镇、梅田园镇，临湘市的白云镇、聂市镇等；菜园土（第四季红色粘土母质），分布于有机含量较高的地区；潮土，分布于汨罗江、新墙河沿岸；红壤，一般 pH 值 4-6，土层深厚，有机质含量 1-2%，广泛分布于汨罗江中下游地区；山地黄壤，自然肥力较高，呈强酸性，分布于岳阳县的大云山、相思山，汨罗市的玉笥山；黄棕壤，有机质积累高，土壤养分丰富，分布于岳阳县大云山、临湘市药姑山；紫色土，紫色砂岩、砾岩发育的土壤砂，疏松透水，保水保肥能力差，矿质养分低，分布于岳阳县杨林乡、中村乡，临湘市的桃林、忠防，汨罗市大荆镇、黄市乡、火天乡。

本次项目位于汨罗市归义镇上马村附近，地表土壤以第四季红色粘土母质为主。地处幕阜山脉与洞庭平原的过渡地带，以丘岗为主，地势起伏不大，土壤主要为第四纪红色粘土和近代江湖冲积物、土壤发育完善。

2.1.5 地质构造

岳阳市位于新华夏系第二沉降带。据资料查明，主要构造有：古弧形构造、华夏式构造、东西向构造，新华夏式构造；境内地层复杂，以元古界冷家溪群、新生界第三系、第四系，中生界白垩系上统等最为广泛。该区现代地貌是在漫长的地质时期经多次地壳运动和长期的侵蚀堆积作用形成的。由于地质构造的复杂性以及气候作用的长期影响，形成了现在的地貌特征。研究区海拔为 19.2-1259.9 m，相对高差 1240.7m；总体看，中、西部海拔较低，东、北面海拔较高，形成由东北部向西南部倾斜的地形地势。境内矿泉水达到饮料标准的近 30 处；达到命名标准的近 10 处，其中温泉 2 处，分布在汨罗、华容。

岳阳市位于新华夏系巨型第二沉降带。根据地表观察，石油钻探、水文地质钻探和物探资料表明，主要构造形式有：古弧形构造、东西向构造、体系不明构造、华夏式构造、新华夏系构造体系等。

2.1.6 地层岩性

（1）区域地层概况

工作区地层出露有元古界冷家溪群、下第三系及新生界第四系，其中冷家溪群为一套灰绿色为主的厚度很大的浅变质岩；第四系为河相、湖相、河湖相、洪积相、残积坡积相松散堆积物。

第四系主要分布于汨罗江流域，主要为一套多韵律的河湖相粘土、砂、砂砾石建造。从南到北厚度逐渐增大，一般厚 40-60m，最厚 105m。根据地貌、古地理、接触关系和沉积物的岩性、结构、成因等特征，区内第四系从老到新划分为：下更新统（Q1n），中更新统（Q2b）；上更新统（Q3b），全新统（Q4）等地层单位。

下更新统汨罗组（Q1n）：出露岩性主要为花岗质砂层，粘土层，部分胶结紧密，半成岩状，厚 138m。

中更新统白沙井组（Q2b）：广泛出露于冲湖积岗地及河谷 3、4 级阶地，上部网纹状红土，下部含砾砂层及砾石层，厚 24m。

上更新统白水江组（Q3b）：主要分布于河流Ⅱ级阶地，上部为黄色粘土，下部为砂质层及砾石层，厚 21m。

全新统（Q4）：分布于西部平原及沟谷中，上部为腐植土、粉砂质粘土，下部砂质层及砾石层。

下第三系（现更名为古近系）地表出露于研究区西南侧的西塘及北面的杨家村。下第三系埋藏于第四系之下，由泥岩建造，膏盐建造和生物沉积岩建造。岩性为深灰色泥岩、泥质白云岩、红棕色泥岩与砂岩互层。

冷家溪群分布在研究区区外正南方以及东北侧，地层岩性基本为变质粉砂岩、泥质板岩、千枚状粉砂质板岩、粉砂质板岩，厚度大于 10328m。

区内岩浆岩主要出露于长乐镇、八景乡及新市镇。主要侵入于冷家溪群岩层中与围岩成侵入接触，接触界线清楚，接触面的产状与围岩的层理（片理）一致，倾向围岩，倾角 45~60°，岩体为二长花岗岩，形成于燕山晚期，多以岩基、岩株、岩脉产生。

项目场地位于岳阳汨罗市归义镇上马村附近，总体位于汨罗江河流的中下游地区，为汨罗江Ⅱ级阶地。厂区在第四系全新统冲积地层上，其地基土自上而下依次为第四系全新统冲积（Q41+al）粘土，亚粘土；第四系上更新统冲积（Q3al）

亚粘土及亚粘土混卵石，以及第四系上更新统冲积（Q2al）亚粘土混卵石，底部为元古界冷家溪风化板岩。

（2）场地地层岩性

本次调查场地位于汨罗市归义镇上马村附近，地貌上属汨罗江河流Ⅱ级阶地。本次初步采样的 11 个点位地面部分经过水泥硬化（主要为生产车间），硬化层厚度 20-30cm，勘探点孔口高程约 36~40m。根据地层钻探结果，调查场地自地表以下 10m 深度范围内的地层主要由人工填土层、一般第四纪冲积的粘性土、粉质粘土以及砂土构成。根据现场钻探情况将场地地层自上而下分述如下：

①层素填土：棕色粘土、粉质粘土为主组成，松散，上部含植物根茎及碎砖石、混凝土层、三合土等，为近 3~100 年新近堆积物。

②层粉质粘土：浅棕色-黄色，灰白色高岭土形成网纹或斑状结构，粉粒为主，粘粒次之，稍湿，呈硬塑—坚硬状态。摇振反应无，光泽反应中，干强度中，韧性中，层厚 2.7~4.4m。

③层砂土：深灰色，以中砂为主，含粘粒，呈稍密—中密状态，层厚 2~4.3m。

④层砂卵石层：以卵石为主，含粗砂，厚度较大。

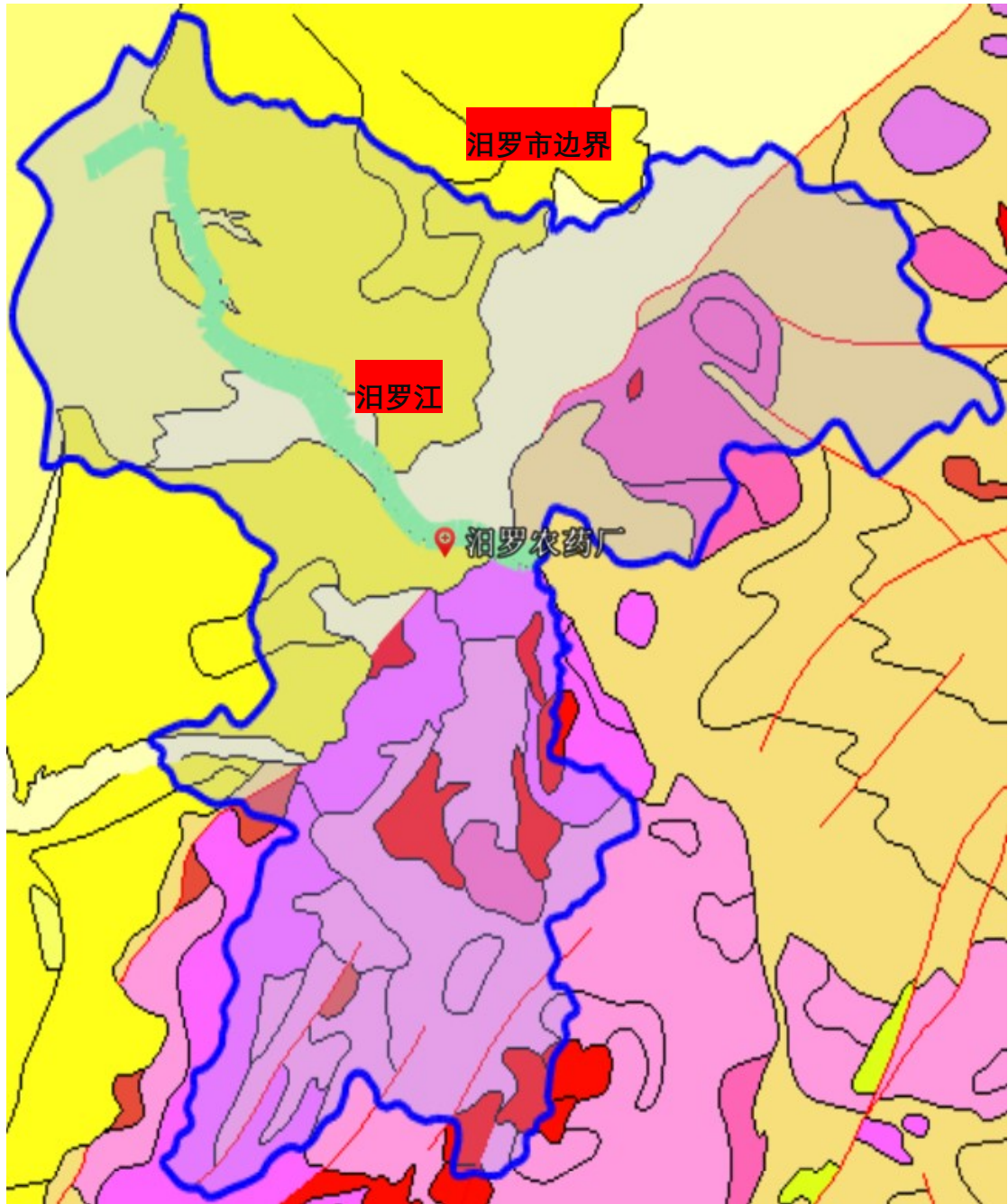


图 2.1.6-1 汨罗市地质图（1:5 万）

2.1.7 水文地质

（1）地下水类型及含水层（组）富水性

根据地下水赋存条件、水理性质及动力特征，将区内地下水划分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水三大类。松散岩类孔隙水按含水层埋藏深度一般以 50m 为界，进一步划分为浅层水和深层水两亚类，各类型地下水基本特征详见下表。

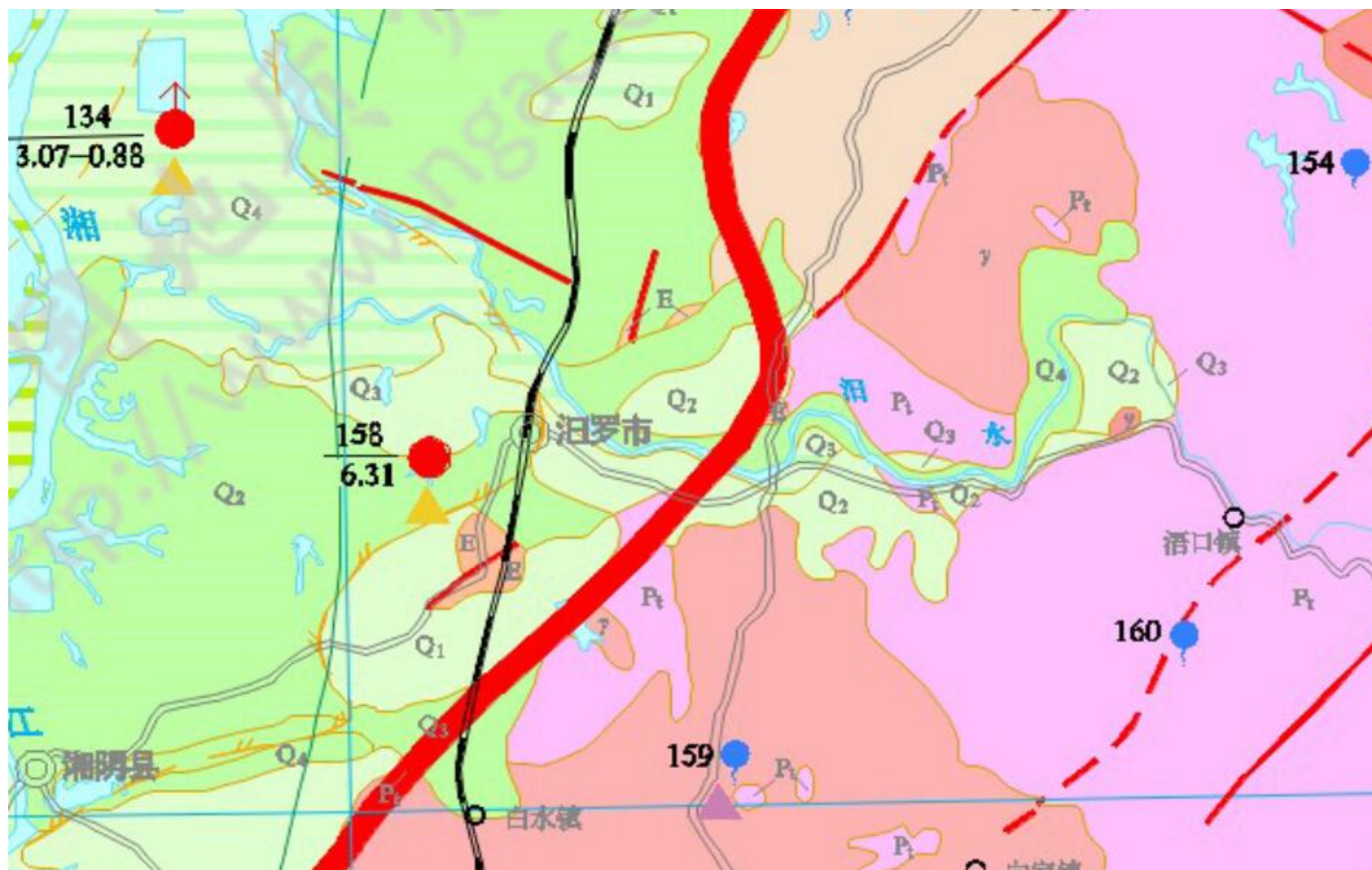


图 2.1.7-1 区域水文地质简图

表 2.1.7-1 区域水文地质

地下水类型			含水层（组） 代号	含水层（组）特征及其富水程度	水化学特征	地下水补迳排及动态变化特征
松 散 岩 类 孔 隙 水	浅 层 地 下 水	水量贫乏	Qh	含水层由第四系全新统粉质粘土，粉土组成单井水量 5~72m³/d，水位埋深 0.5~2.10m，潜水	水化学类型 HCO ₃ —Ca • Mg HCO ₃ —Na • Ca 矿化度 0.3~0.35g/l， 总硬度<1.5mmol/l ， pH 值 6.5~8.1	地下水主要补给来源为降水，地表水及农灌水垂直入渗补给，次为基岩水侧向补给，地下水迳流方向一般与地形一致，区域上由东向西部迳流进入湘江；此外人工开采及蒸发也是排泄途径。地下水动态与降水地表水关系密切，水位年变幅 1~4m，其峰值与降水比较一般滞后 1~2 个月。
		水量中等	Qh Qp³	含水层由第四系全新统、上更新统砂层组成，厚 2m 左右。上部粘土厚 15~18m，地下水位埋 2.10~2.32m，单井水量 200~374 m³/d		
		水量丰富	Qh Qp²	含水层由全新统和中更新统细砂、砂砾石组成厚 6.40~39.15m，含水层顶板为淤泥类土及粘性土组成，厚 14.85~33.52m，水位埋深一般 1~5m，单井水量一般 1200~3000m³/d，最大可达 5985m³/d		
基 岩 裂 隙 水		水量贫乏	Pt η γ ₅ ³	含水层（组）由冷家溪群变质砂岩、板岩、燕山晚期二长花岗岩。常见泉流量 0.04~0.325 L/S，单井水量一般小于 10 m³/d，水量贫乏。局部构造断裂破碎带，水量相对较大，单井水量可达 67~102 m³/d。	水化学类型 HCO ₃ —Ca • Mg HCO ₃ —Ca 矿化度<0.5g/l 总硬度<1mmol/l pH 值 6.5~8.33	地下水补给来源主要为降水，迳流方向与地形基本一致，由高处向低处运移，以泉、开采井、侧向迳流补给相邻含水层形式排泄，地下水动态极不稳定，明显受降水控制，显示为明显的滞型季节性变化，一般滞 40~50 天。

(2) 地下水的补给、径流、排泄条件及动态变化特征

该区内各类地下水的补给区与其分布区基本一致，主要接受边界外的补给，排泄场地西侧下游区域，与汨罗江存在互补现象。

研究区地下水主要来源于大气降水的入渗补给，由于地形、地貌、岩层岩性控制，地下水径流短，基本上是降雨就地入渗补给，就近向下游排泄，地下水水位变化主要受气候控制，每年降雨季节，水位提高大、暴雨时水位迅速抬升，过后水位迅速下降。

河流、水库、堰塘、渠道等地表水体的垂向和岸边侧向补给，是区内地下水的又一重要补给来源。境内松散堆积层孔隙水及基岩裂隙水的径流途径长，水力坡度小，枯水期地下水以隐伏形式排泄于汨罗江，补给地表水，丰水期则为地表水补给地下水。

2.2 敏感目标

2.2.1 居民区

场地周边敏感目标主要为农用地和居民区，如图 2.2.1-1 所示。

根据调查，本项目周边分布有农户 45 户 165 人，场地北面有汨罗江集中式饮用水水源地二级保护区，另外厂区东侧及东南面分布有工厂，无大型集镇、无学校等人口聚集地。

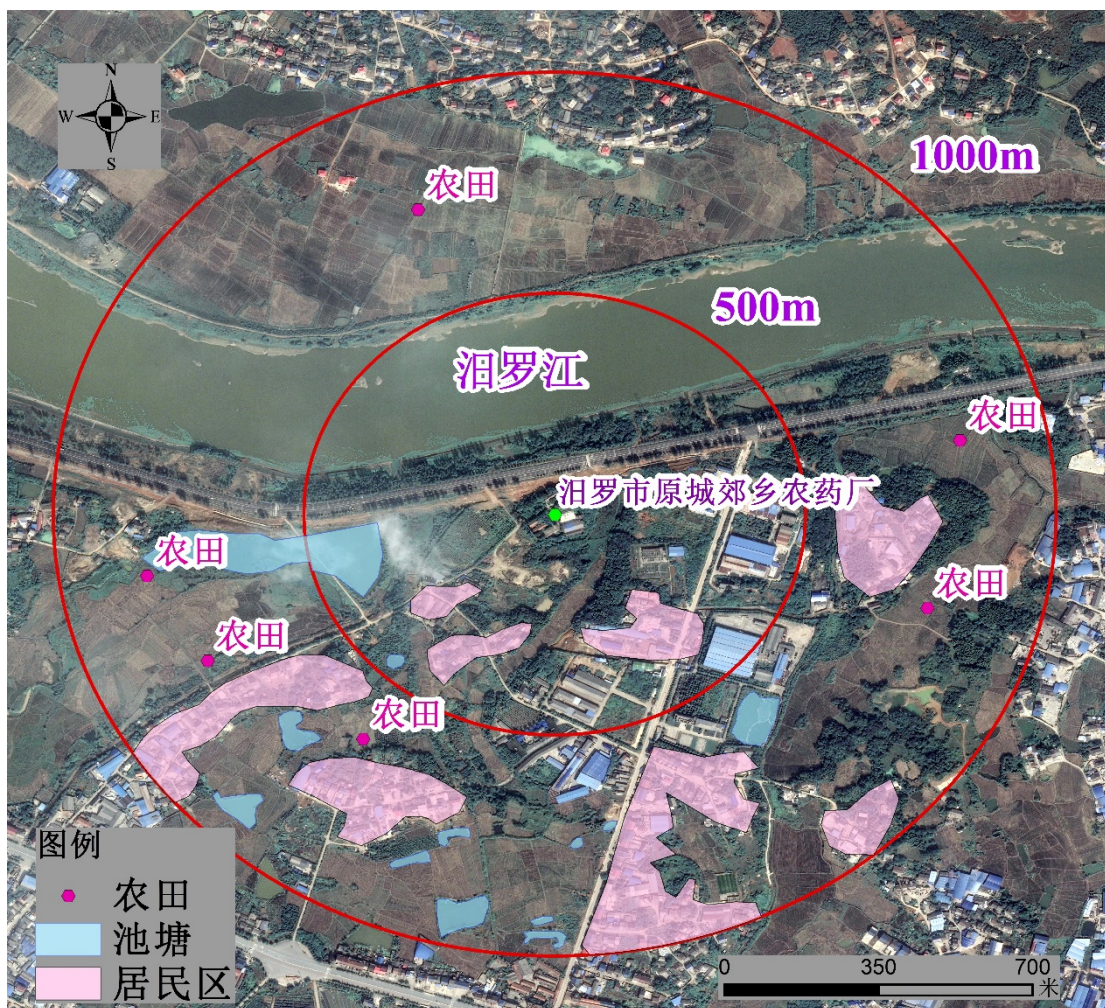


图 2.2.1-1 敏感目标

2.2.2 周边饮用水源分布

汨罗江段水源地为汨罗江城区及白塘乡等地供水水源地，分为一级保护区、二级保护区。一级保护区：取水口上游 1000m 至下游 200m 范围内的河道水域及水域边界至南岸沿江大道北侧、至北岸防洪堤迎水面堤肩之间的陆域。二级保护区：从一级保护区水域上边界上溯 2000m，下边界下延 200 米的河道水域及一、二级保护区水域边界至南岸沿江大道北侧、至北岸防洪堤背水坡堤脚之间的陆域（一级保护区陆域除外）。（来源：湖南省人民政府关于公布湖南省县级以上地表水集中式饮用水水源保护区划定方案的通知，湘政函[2016]176 号）。

汨罗江水源地取水口与本地块距离约为 1.6km，水源地二级保护区位于本地块正北侧。因此，本地块与饮用水源地距离较近，如若地块土壤地下水遭受污染，可能对水源地造成一定的影响。



图 2.2.2-1 岳阳汨罗市汨罗江饮用水水源

2.3 场地使用现状和历史

汨罗市原城郊乡农药厂位于湖南省岳阳汨罗市，占地面积 40 亩，原职工 200 余人，成立于 1985 年，至停产关闭已有 20 多年生产历史，主要生产甲胺磷、甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵等农药，是原汨罗市确定的发展重点企业，2005 年 7 月 3 日起停运关闭。

Googleearth 历史图像仅有 2003-2018 的卫片图，从以下卫片图可以看出汨罗市原城郊乡农药厂在二十年间场地布局变化不大，如图 2.3-1 所示。

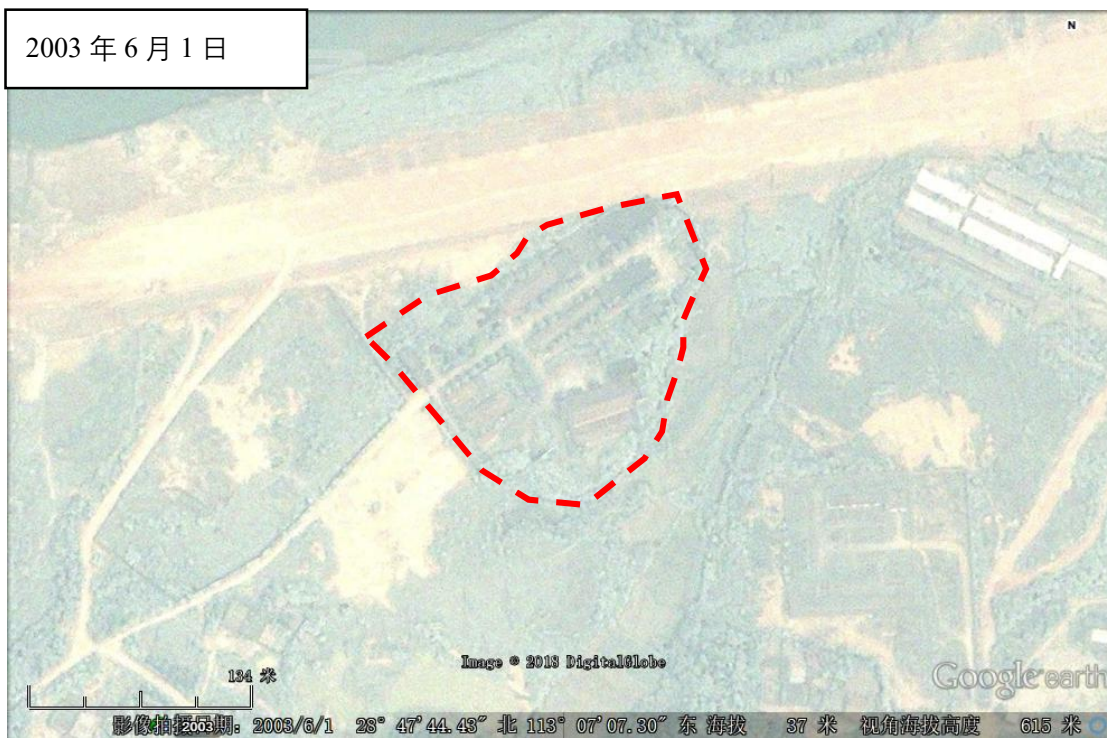
2003 年 6 月影像显示厂区生产布局基本无变化，没有拆迁扰动情况。

2013 年 7 月厂区影像显示厂区扑虱灵车间北面新增了一座羽毛球馆，并利用扑虱灵车间二层部分车间。

2016 年 3 月以后影像显示：此后厂区基本无变化，没有拆迁扰动情况。

至 2018 年 11 月 4 日现场采样时厂区场地布局出现了部分变动，主要为厂区东北角处的灭多威生产车间已经拆除、厂区羽毛球馆也已拆除；同时因为前期市政施工，挖至污水池附近，发现污染土壤，气味扑鼻，造成污水池及其周边土壤、地下水污染，对此启动了农药厂应急处置工程，并在沿江一侧施工防渗墙。

2003 年 6 月 1 日



2013 年 7 月 23 日

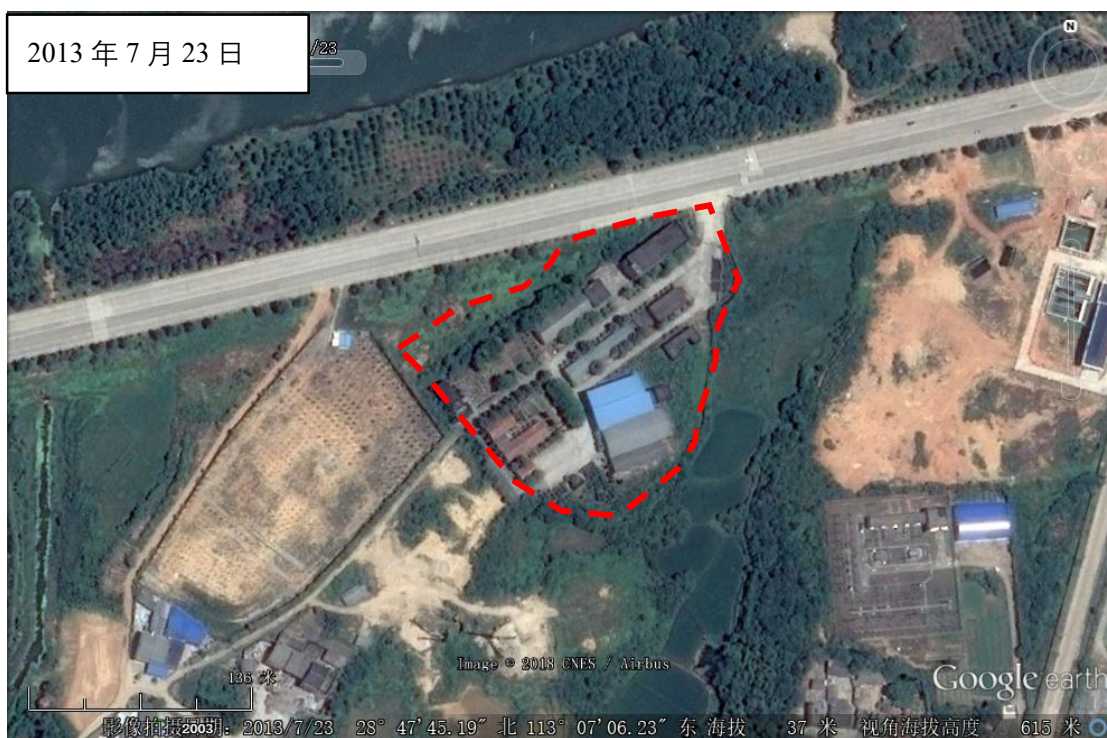




图 2.3-1 汨罗市原城郊乡农药厂场地范围历史卫片图

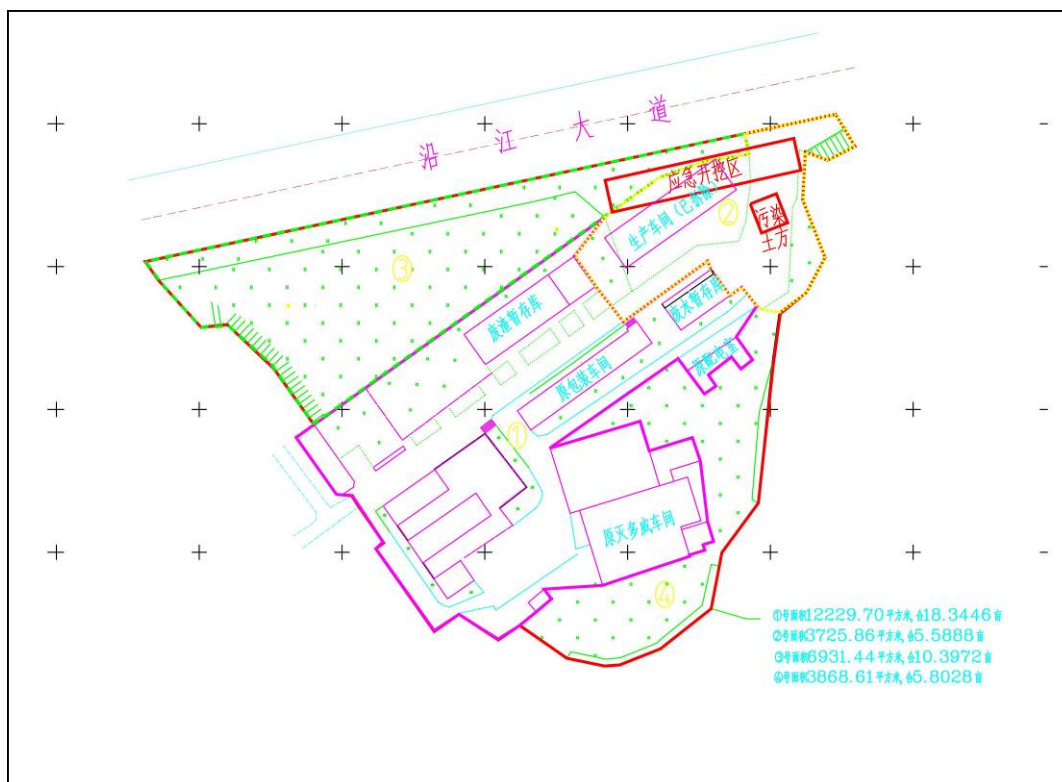


图 2.3-2 汨罗市原城郊乡农药厂场地平面布置图

2.4 场地规划

本场地目前为工业用地，后期的土地利用规划为城市建设用地（居住用地），依据《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）属于敏感用地，故本文将按照敏感模型对场地关注污染物进行风险评估。

岳阳市土地利用总体规划（2006-2020）（2016年修订）

岳阳市土地利用总体规划图

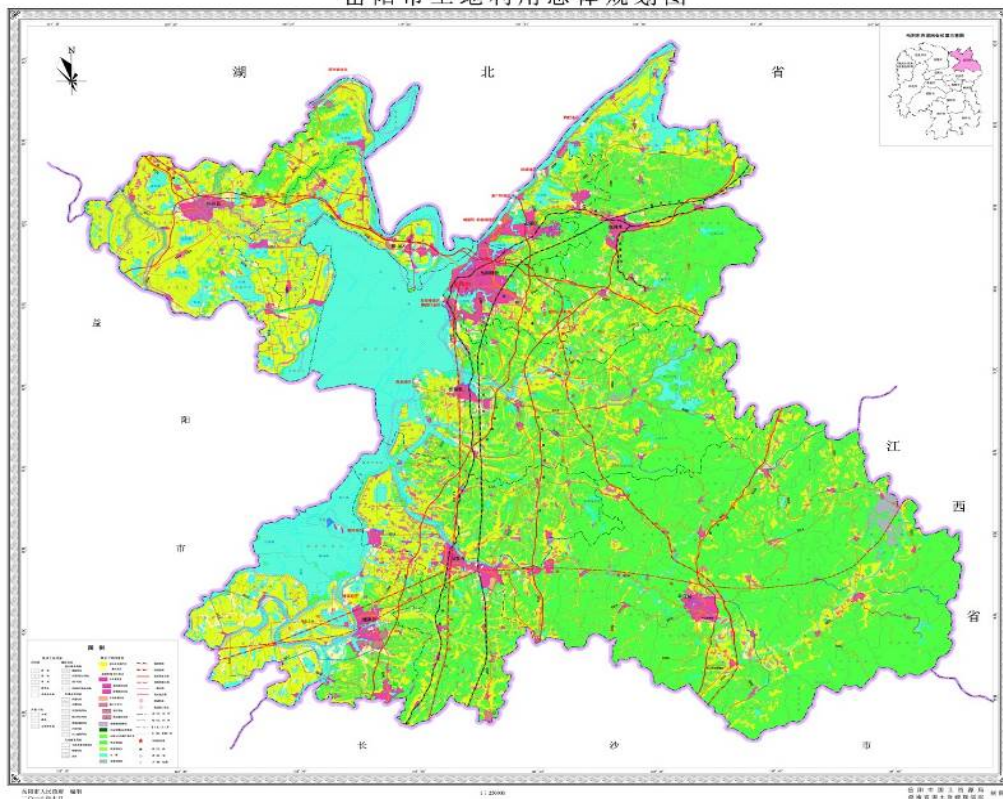


图 2.4-1 岳阳市土地利用总体规划图

汨罗市土地利用总体规划（2006-2020年）（2016年修订版）

汨罗市中心城区土地利用总体规划图

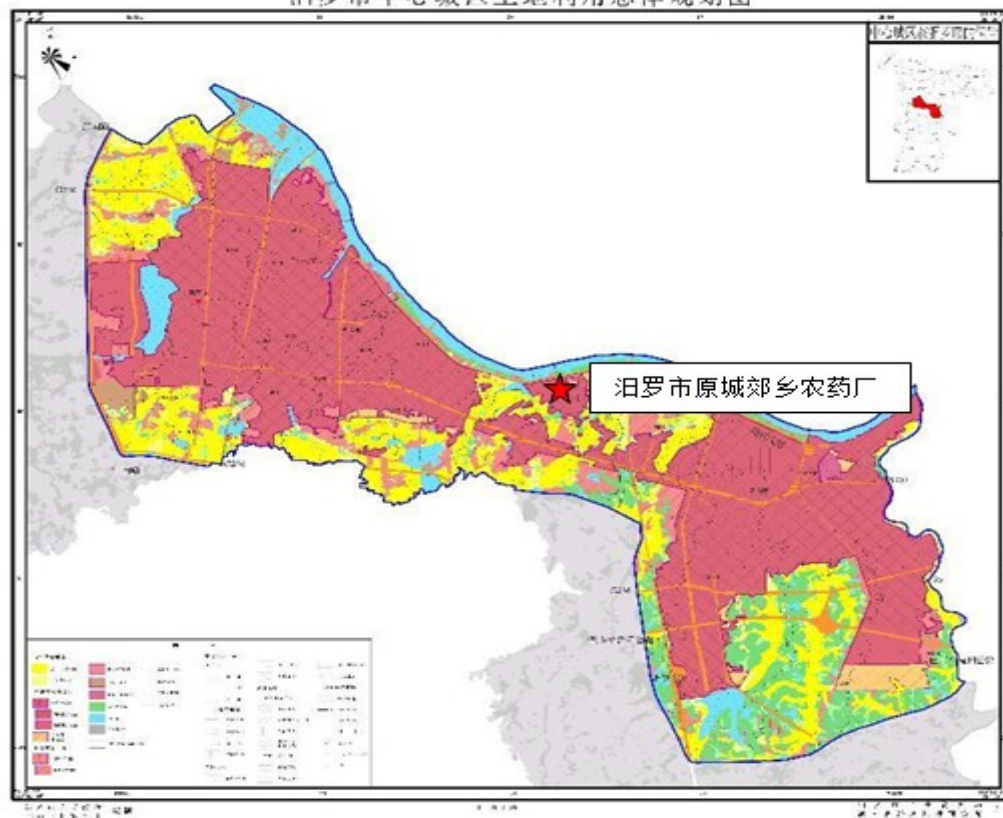


图 2.4-2 汨罗市中心城区土地利用规划图

第 3 章场地污染识别

3.1 场地主要生产活动

3.1.1 场地主要生产活动和主要产品产量

汨罗市原城郊乡农药厂占地面积 40 余亩，主要产品为甲胺磷、甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵等农药，停产之前年产量见表 3.1.1-1。

3.1.1-1 汨罗市原城郊乡农药厂年产量表

产品名称	年均产量（吨）	备注
甲胺磷	300-400	
甲基对硫磷	200	
灭多威	200	
扑虱灵	100	

3.1.2 场地平面布置及主要构筑物

根据文献资料、场地踏勘和人员访谈信息，农药厂按照功能区类型，厂区主要有 5 个主要区域，5 个主要区域为灭多威生产车间、甲胺磷等反应车间、甲胺磷等灌装车间、甲胺磷等包装车间、扑虱灵车间、生活及其他辅助设施。

生活及其他辅助设施主要包括食堂、宿舍、大门及道路等，汨罗市原城郊乡农药厂厂区平面布置示意图见图 3.1.2-1。场地主要建(构)筑物清单见表 3.1.2-1。



图 3.1.2-1 厂区平面布置示意图

表 3.1.2-1 厂区主要建（构）筑物清单

类型	名称	数量和面积	建筑面积 (m ²)	备注
1	化验室	1	115	进行日常普通农药化验实验
2	灭多威生产车间	1	400	进行灭多威农药生产，前期运行过程中遭到附近居民投诉，生产不到半年生产线关闭。
3	扑虱灵生产车间	1	1050	
4	甲胺磷反应车间	1	140	
5	甲胺磷罐装车间	1	1000	
6	甲胺磷包装车间	1	420	
7	甲胺磷原油仓库	1	30	
8	原料库房	1	220	
9	变电房	1	160	

10	锅炉房	1	115	设 1 台锅炉
11	羽毛球馆	1	700	
12	办公室	1	200	
13	厕所	1	20	
14	食堂	1	252	
15	废水收集池	1	15	对生产废水进行收集下渗
16	固体废弃物收集池	1	50	

3.1.3 生产工艺及产污分析

通过对收集资料及人员访谈信息的分析，汨罗市原城郊乡农药厂产品主要是甲胺磷、甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵等农药，其生产过程中使用的主要原辅材料是甲胺磷原油（湖南农药厂生产）、甲基 1605 原油（湖南农药厂生产）、甲醇、甲胺基甲酰氯、灭多威肟、N,N-氯甲基-苯基氨基甲酰氯、甲苯、N-特丁基-N'-异丙基硫脲等，由于场地关停时间较早，可供收集资料微乎其微，因此本次工作未能收集到农药厂原辅材料信息。另外本节叙述的工艺流程为对原厂区管理人员现场访谈、现场调查、对比参照类似农药生产工艺汇总而成，可能与实际生产工艺流程存在一定差异。

农药厂设有锅炉房、变压器房、各生产车间等主要生产车间。

（1）锅炉房：主要生产制备高温水蒸气。

经检验合格后，由专用保温管道输送到各车间，供各车间生产加热及取暖用。

（2）各生产车间：主要生产各种农药，本场所涉及农药中间体基本从原湖南农药厂采购，本身较少涉及农药中间体的生产制造。

（1）甲胺磷

甲胺磷（Methamidophos），是一种有机磷化合物，通常用作农药，在台湾的商品名为达马松、在中国大陆的商品名为多灭灵。由于毒性强，在日本等部分国家已禁用，中国大陆从 2008 年起亦公告停止生产及使用。甲胺磷为白色针状结晶。熔点为 44.5℃，蒸气压为 0.4Pa（30℃）。易溶于水；醇，较易溶于氯仿，苯，醚，在甲苯；二甲苯中的溶解度不超过 10%。在弱酸；弱碱介质中水解不快，在强碱性溶液中易水解。在 100℃ 以上，随温度升高而加快分解，150℃ 以上全部

分解。甲胺磷是一种高效有机磷杀虫剂，杀虫范围广。

甲胺磷是三氯硫磷与过量甲醇在 0℃ 下反应生成二氯化物，然后二氯化物与甲醇在 0℃ 下反应，以碱液（氢氧化钠）作缚酸剂在 0℃ 下反应，生成一氯化物（即二甲基硫代磷酰氯），一氯化物与氨水反应，缓慢加入氨水，待料温升至 20℃ 以上时，冷却，控制温度在 20~30℃，继续滴加氨水至 pH8~9，其摩尔比为 2.2:1，浓度 17~19%，胺化结束后，静置，分取下层粗胺化物。上层水相用甲苯萃取，萃取液并入粗胺化物，然后脱溶，脱去水分，并回收甲苯，得粗胺化物，含量约 85%，收率约 88%。将粗胺化物投入反应釜搅拌下，在 40℃ 开始缓慢滴加硫酸二甲酯，控制温度在 40~60℃ 保温反应 1.5h，得含量 73% 左右的原油，异构化反应收率 80~85%。

甲胺磷生产的主要原料有三氯硫磷、甲醇、液氨、硫酸二甲酯、三乙胺，可由先异构化或后异化两种工艺制备。按 GB 3724-83，甲胺磷原油为浅黄色透明液体，有效成分含量 ≥ 70.0%。原料消耗定额：三氯硫磷 2400kg/t、甲醇 2000kg/t、液碱（折 100%）1700kg/t、氨水（折 100%）500kg/t、硫酸二甲酯 80kg/t。

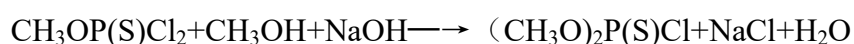
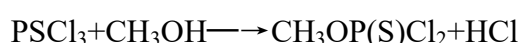
根据人员访谈，汨罗市原城郊乡农药厂所生产的甲胺磷农药主要为：对甲胺磷原油（湖南农药厂生产）进行反应灌装，并不涉及具体原油生产制造过程。

主要工艺流程为：对甲胺磷原油加热熔化兑甲醇和水稀释，将 80%~90% 的甲胺磷原油稀释至 40%，然后灌装、打包。

（2）甲基对硫磷

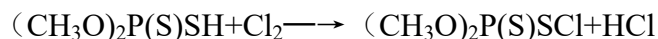
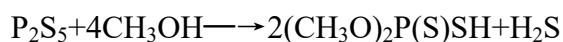
甲基对硫磷是在 1944 年由德国法该公司的 G.施拉德尔合成的，1949 年由该公司开始投产，其后许多国家都有生产。生产方法有两种：

（1）三氯硫磷法将黄磷经氯化再与硫磺反应制得三氯硫磷，然后在低温下慢慢加入到过量甲醇中，反应生成 O-甲基硫代磷酰二氯，分离后再与过量甲醇混合，在低温下滴加液碱，生成 O，O-二甲基硫代磷酰氯，最后在溶剂中将其与对硝基苯酚在铜盐催化剂和纯碱的存在下进行缩合反应，制得甲基对硫磷原药，中间体的反应式为：



（2）五硫化二磷法将黄磷与硫磺反应制得五硫化二磷，再与甲醇反应生成

二甲基二硫代磷酸,然后通氯得到 O,O-二甲基硫代磷酰氯,中间体的反应式为:



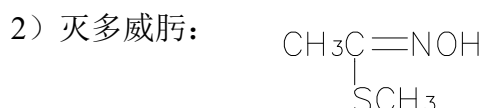
根据人员访谈,汨罗市原城郊乡农药厂所生产的甲基对硫磷农药主要为:对甲基 1605 原油(甲基对硫磷,湖南农药厂生产)进行反应灌装,并不涉及具体原油生产制造过程。

主要工艺流程为:对甲基 1605(甲基对硫磷)加热熔化兑甲醇和水稀释,将 80%~90%的甲基 1605 原油稀释至 40%,然后灌装、打包。

(3) 灭多威

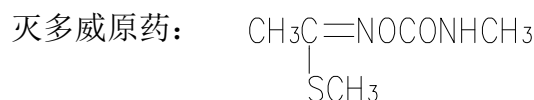
(1) 原料:

1) 甲胺基甲酰氯:



物理性质:强烈臭味,白或红黄晶体,低毒。

(2) 产品



物理性质:白或淡黄晶体,在碱水中分解,略带硫磺臭味,高毒。

(3) 主要化学反应方程式:

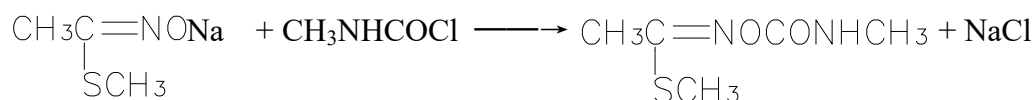
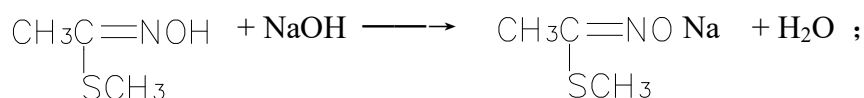


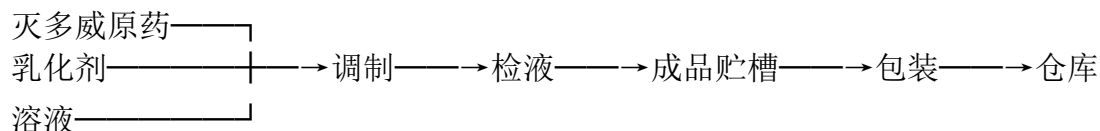


图 3.1.3-1 灭多威原药工艺流程图

20%灭多威乳油

溶剂：甲醇、甲苯。

工艺流程简图：



(4) 扑虱灵

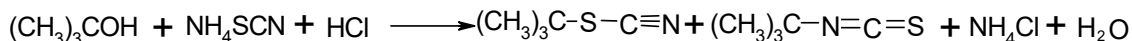
扑虱灵（噻嗪酮）由日本农药株式会社开发的噻二嗪类昆虫生长调节剂，又名灭幼酮，日本商品名优乐得；中文通用名为噻嗪酮，商品名为扑虱灵、稻虱净等，英文通用名为 buprofezin。其化学名为 2-特丁基亚氨基-3-异丙基-5-苯基-1, 3, 5-噻二嗪-4-酮。噻嗪酮是白色晶体(工业品为类白色至浅黄色晶状粉末)。

扑虱灵的合成是以硫氰酸铵为原料与叔丁醇在盐酸存在下反应得到硫氰酸特丁酯与异氰酸特丁酯的混合物(简称混酯)，经转位得到异硫氰特丁酯（简称异酯），再与异丙胺反应，得到 1-异丙基-3-特丁基硫脲(简称硫脲)。另外，以 N-甲基胺与光气反应得 N-甲基-N-苯基氨基甲酰氯，再与氯气反应得 N-氯甲基-N-苯基氨基甲酰氯(简称氯化物)。最后将氯化物与硫脲在碱试剂存下，反应得扑虱灵。

工艺流程说明

(1) 酯化：

在 5000L 酯化釜中加 940 公斤叔丁醇和 850 公斤硫氰酸铵，升温至 75℃，加入少量聚醚类催化剂，搅拌反应一段时间后，滴加盐酸 1400 公斤，滴毕，在此温度下保温 4 小时，停蒸汽。加水 800 公斤水洗，得到混酯。



叔丁醇 硫氰酸铵 硫氰酸叔丁酯 异硫氰酸叔丁酯

(2) 转位:

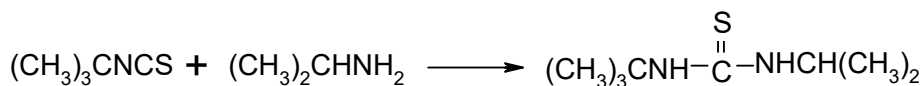
把混酯转移至转位釜，升温至回流，分去水分；降温至 80℃，加入转位催化剂新型磷类催化剂，并在此温度下搅拌反应 2 小时得到异硫氰酸叔丁酯。



硫氰酸叔丁酯 异硫氰酸叔丁酯

(3) 加成:

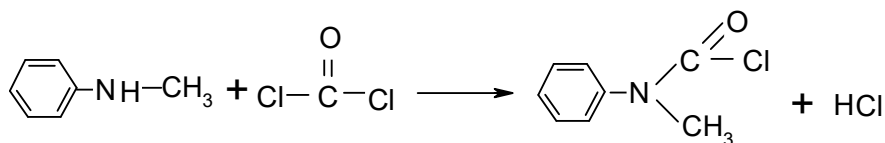
在加成釜中加入氯苯 2000 公斤，开搅拌后，加入异丙胺 300 公斤，而后滴加异硫氰酸叔丁酯 600 公斤，滴毕，继续在 15℃左右反应 4 小时，得到 1-异丙基-3-叔丁基硫脲（简称硫脲）的氯苯溶液。



异硫氰酸叔丁酯异丙胺 1-异丙基-3-叔丁基硫脲

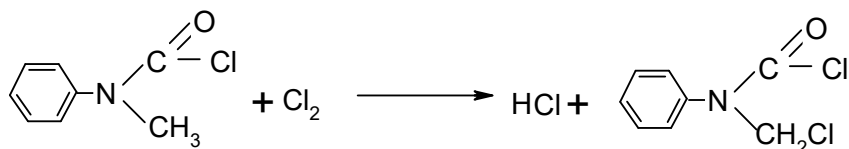
(4) 光氯化:

在 3000L 反应釜中加入氯苯 2000 公斤，开搅拌，加热至 40℃，并在此温度下滴加 N-甲基苯胺 450 公斤的同时缓慢通光气 7 小时。而后稍加热至 60℃，开始缓慢通氯气，直至 N-甲基-N-苯基氨基甲酰氯小于 2%，从而得到 N-氯甲基-N-苯基氨基甲酰氯（简称氯化物）的氯苯溶液。



N-甲基苯胺光气

N-甲基-N-苯基氨基甲酰氯

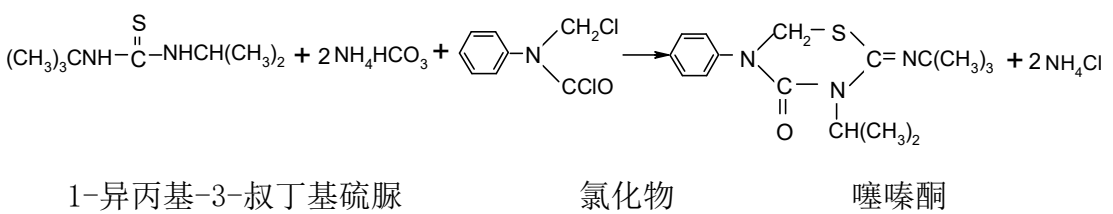


氯气 氯化物

(5) 缩合:

在具有尾气处理的 5000L 缩合釜中加入水 650 公斤，开搅拌后加入碳酸氢铵

875 公斤，和上述所制 1-异丙基-3-叔丁基硫脲的氯苯溶液，滴加 N-氯甲基-N-苯基氨基甲酰氯的氯苯溶液，滴毕继续在室温下反应 4 小时。随后进行过滤、分层、高真空蒸去氯苯，加入甲醇进行结晶、离心、干燥得到噻嗪酮原药。



噻嗪酮生产工艺流程图

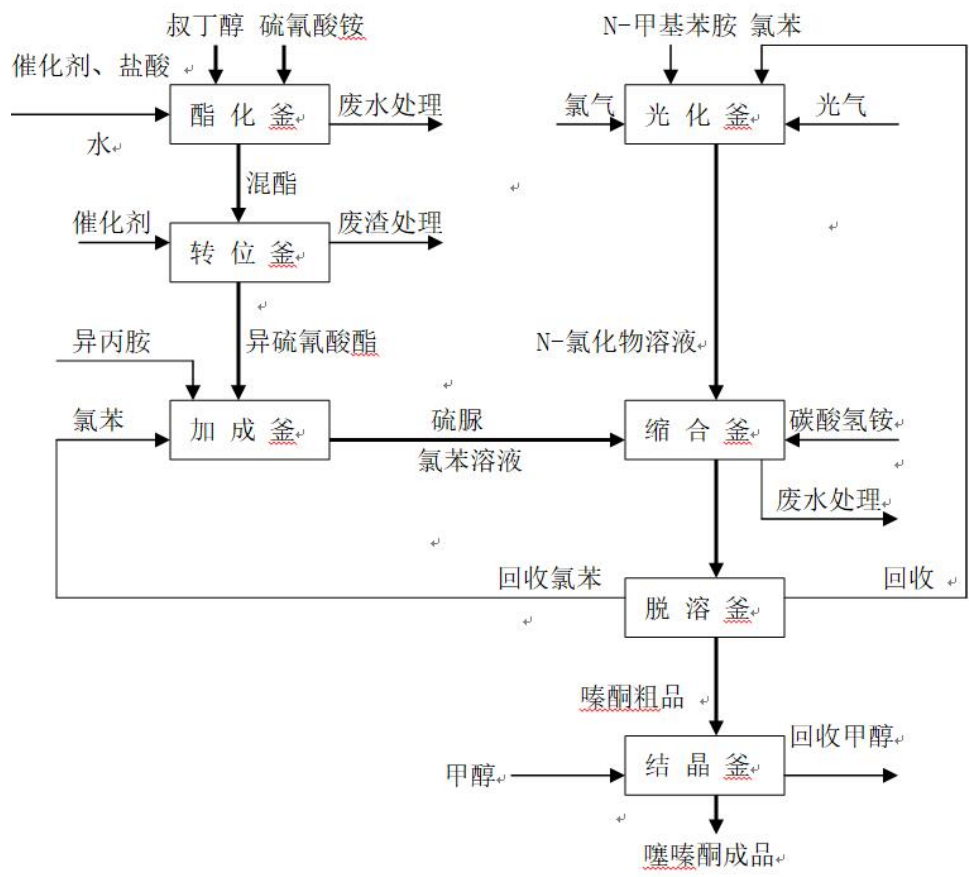


图 3.1.3-2 噻嗪酮生产工艺流程图

3.1.4 “三废” 产生情况

本次农药厂在生产过程中产生的主要污染源有农药生产废水（高浓度 COD 有机废水、设备冲洗废水等）、废气（燃煤锅炉产生的二氧化硫等）、废渣（主要是生产过程中的废弃玻璃瓶）。

3.1.5 “三废”治理措施

（1）废水治理措施

汨罗市原城郊乡农药厂厂区雨水、生活污水、化验室废水经排水沟收集后汇入废水收集池，然后通过土壤下渗进入厂区东面农田。甲胺磷罐装车间、甲胺磷反应车间等生产车间废水通过原先设计的地下暗沟排入厂区废水收集池。厂区原先并未设立污水处理站，无污水处理工艺。

（2）废气治理措施

农药厂废气主要来自于锅炉燃烧废气，无车间工艺废气，锅炉废气是由于煤燃烧造成，其排放的污染物主要有二氧化硫、烟尘、氮氧化物等，烟尘并未采取相关环保设施进行处理。

（3）固体废物治理措施

通过对农药厂工作人员访谈获悉，在农药厂区东北侧为原回填玻璃碎渣的固废收集池。因此农药厂主要固体废弃物为生产车间在生产过程中因操作不当打碎的玻璃瓶，厂区对固体废物进行统一收集，并存放于厂区东侧的固废收集池。待固体废弃物累计量达 10t 左右时，通过汽车运输至江西省萍乡市玻璃厂回收。由于农药厂倒闭已久，本次调查访问未能查清历史固体废物处置量的情况。

根据现场调查结果，目前固废收集池填埋玻璃碎渣已转运完毕，现场可见原挖方过程中遗留坑洞。

表 3.1.5-1 固体废物处置情况见表

序号	废物类别	废物名称	废物来源	2005 年以前年产生量	处置及排放情况
1	一般固废	玻璃碎块	生产车间	/	设有固定堆放场所，回收利用给江西萍乡玻璃厂

3.2 场地环境污染调查

3.2.1 场地构筑物、设施设备现状

1) 建筑物及设备现状

2018 年 11 月，现场踏勘发现，场地内目前已经停产关闭近 10 余年。场地厂界紧邻汨罗江，建构筑物基本完好（除羽毛球馆已经拆除完毕），生产设备已经全部拆除完毕。



锅炉房



甲胺磷等包装车间及仓库



甲胺磷等罐装车间（危废堆存间）



变电房



原料仓库



羽毛球馆（已拆除）



食堂



扑虱灵车间

图 3.2.1-1 场地建筑物及设备概况

(2) 罐、槽、池等储存设施的分布及现状

根据资料收集及现场踏勘，目前汨罗市原城郊乡农药厂无罐、槽储存设施。原有污水池在市政工程施工时破坏，导致污水泄漏污染场地周边土壤地下水。在原料仓库内储存有应急处置工程遗留废水 90m³（数据来源为现场调查及前期应急处置工程报告资料，堆存间利用规格为 5t/储存罐的塑料罐暂存）。



图 3.2.1-2 场地罐、槽概况

(3) 沟渠、管网的分布及现状

由于厂区建厂较早，厂区内沟渠未严格实行雨污分流，生产车间和办公室等生活区虽分区隔离，但排水沟渠均汇至厂区东北侧污水暂存池。高环境风险的污水主要来自于甲胺磷等反应车间、甲胺磷等灌装车间的冲洗废水，生产工段的污水排放均为沟渠（部分区域上覆盖预制板进行封盖处理），难以判断沟渠的损坏泄漏情况。



污水池附近排水暗渠



扑虱灵车间沟渠

图 3.2.1-3 排放沟渠

3.2.2 现场明显污染痕迹情况

在项目组踏勘期间，汨罗市原城郊乡农药厂已经关闭有 10 余年，未发现有明显污染痕迹情况（除甲胺磷反应及灌装车间已作为危险废物暂存间，未能实地调查），根据前期农药厂应急处置工程资料，在甲胺磷反应及灌装车间外地下沟渠存在农药污染严重现象。

3.2.3 参与废弃物情况

在项目组踏勘期间，现场未发现厂房有残余废弃物如废边角料堆存现象。目前甲胺磷等反应车间以及甲胺磷等灌装车间已经封闭处理，内堆存有大量原农药厂污水池泄露受污染土壤。污水池废水通过应急处理工程，暂存于厂区原料车间。

3.2.4 污染事故及投诉

在汨罗市原城郊乡农药厂灭多威生产期间，由于当时环保措施未能及时更上，散发的农药气味严重，被当地居民投诉，致使灭多威生产线仅仅生产数月就停产关闭。

农药厂在生产期间未发生过其他污染事故。但在 2018 年汨罗市沿江大道市政排水管涵施工过程中，开挖到原农药厂受污染土壤，导致有机农药类挥发，造成厂区附近环境污染问题。

3.2.5 应急处置工程

汨罗市政府及环保局高度重视原农药厂土壤污染事故，委托湖南爱一环保针对此次事故进行应急处置，对 4000 多方污染土壤进行应急方案设计及施工，防止二次污染。应急处置工程主要包括：

1、在原城郊乡农药厂地段管涵建设开挖区域两端（东西向）建临时混凝土墙，防止开挖区域废水外排造成二次污染；

2、在开挖区域内的相对低洼位置建临时蓄水池，蓄水池底部及侧壁采取防渗措施，用于收集开挖区域的废水并用泵抽入废水收集桶暂存；

3、用土壤修复专用气味抑制剂对开挖区域和开挖出的土壤进行泡沫覆盖隔离；

4、用 HDPE 防渗膜对已用土壤修复专用气味抑制剂泡沫覆盖的区域进行再次覆盖隔离，防止农药气味扩散；

5、对原城郊乡农药厂灌装车间进行清理，作为污染土壤的暂存区。用砖砌方式对暂存区厂房大门以外的区域进行封闭，在厂房地面铺设 HDPE 防渗膜，防渗膜上安装穿孔管作为渗滤液导流管，导流管出口端建设渗滤液收集池，导流管周围填充粗砂，上方铺设土工布；

6、将开挖出的污染土壤运送至暂存区堆放，用土壤修复专用气味抑制剂对污染土壤暂存区进行泡沫覆盖，其上方再铺设 HDPE 防渗膜进行隔离临时封存；

7、对修建管涵还需继续开挖的土壤疑似污染区域采取分段、分层开挖，分段处理的方法，使用便携式 PID 检测仪跟踪检测土壤中挥发性有机污染物浓度，将污染土壤运送至暂存区堆放，直到纵向开挖至非污染土壤层止；

8、在管涵建设区域一侧（东西向）建设防渗隔离墙，进行污染阻隔，并客土回填，直至达到排污管涵施工条件。

通过以上措施，原农药厂此次污染得到有效管控，市政排污管涵工程按时完工。

应急处置工程暂存间农药污染土壤方量为 1753m³。



3.2.6 与污染物迁移相关的环境因素

(1) 场地地形

场地地貌属于汨罗江Ⅱ级阶地，由北向南微倾，地面高程 36-40m 左右，地形平坦，地面坡降 $1\sim 3^\circ$ ，地形平坦，相对高差小于约 1~3m。场地浅表地层渗透性不强，容易形成地表径流。

(2) 区域主导风向

岳阳汨罗市地处亚热带，属典型的大陆性湿润季风气候，年最大风速 13m/s，年平均风速 2.6m/s，夏季风向偏南，冬季风向偏北，年主导风向 NNW。

(3) 场地地层

根据区域地层分布和现场踏勘及访谈的情况，汨罗市原城郊乡农药厂场地建厂之前为荒地，场地上部有少量的杂填土，结合现场采样揭露的地层情况，场地浅表地层主要分四层：杂填土层、粉质粘土、砂土层和砂卵石层。其中杂填土层含碎石、建渣、卵（砾）石等，砂土层以砂为主、含有少量粘粒，卵石层以卵石为主，含砂粒、砾石、漂石。

(4) 场地水文地质

场地地下水类型为松散岩类孔隙潜水，其主要含水层为第四系全新统冲积层（ Q_4^{al} ）及第四系上更新统冲积层（ Q_3^{al} ），补给途径主要为大气降水补给。地下水水位埋深约为 6~9m，包气带渗透性较差（主要上覆粉质粘土层），污染物较难迁移至地下水含水层。

（5）地面硬化缺陷和土壤裸露情况

场地生产区基本已硬化，裸露土壤较少。

3.2.7 周围环境对场地的污染影响分析

汨罗市原城郊乡农药厂东侧为湖南汨罗工业园重金属污水提质处理厂地块（如图 3.2.5-1），目前正常运行，可能对汨罗市原城郊乡农药厂造成相应的环境影响，如重金属污染。另外场地南东面的汨罗市天骏有色金属有限公司、汨罗市绿岩金属有限公司也可能对汨罗市原城郊乡农药厂造成相应的重金属污染的环境影响。



湖南金一电气有限公司



湖南汨罗工业园重金属污水提质处理厂



汨罗市窑洲 110kv 变电站铭牌



汨罗市天骏有色金属有限公司



汨罗市绿岩金属有限公司



原汨罗市长江铜业有限公司

图 3.2.5-1 场地周边环境

表 3.2.5-1 汨罗市原城郊乡农药厂厂区周边企业概况

序号	名称	现状	厂区相对位置
1	湖南汨罗工业园重金属污水提质处理厂	正常运行	东侧 180m
2	汨罗市窑洲 110kv 变电站铭牌	正常运行	东南侧 100m
3	岷江	河流	南侧
4	农田	农田	南侧
5	汨罗市天骏有色金属有限公司	正常运行	南侧 180m
6	原汨罗市罗成气体有限公司	已关闭	南侧 200m
7	宏海石业	正常运行	南东侧 300m



图 3.2.5-2 厂区场地周边关系

3.3 场地污染识别结论

通过对该场地生产工艺、生产历史、污染物的排放和处理方式等相关资料分析及现场踏勘和人员访谈，确认该场地部分区域土壤存在污染的可能性，主要污染途径为汨罗市原城郊乡农药厂在生产过程中污染物的跑冒滴漏，原、辅材料的遗撒及三废排放与处理过程所致。

本场地的潜在污染区域和潜在污染物分析如表 3.3-1 所示。

表 3.3-1 潜在污染区域和潜在污染物分析

序号	名称	主要功能	潜在污染物	备注
1	甲胺磷罐装车间	经过反应加工处理后成甲胺磷农药成品，进行瓶装罐装	酸、碱、甲胺磷、甲基对硫磷	灌装车间排污渠排放冲洗废水含有机磷农药成分
2	甲胺磷反应车间	经甲胺磷反应车间加工，制作成成品甲胺磷农药	酸、碱、甲胺磷、甲基对硫磷	甲胺磷等反应车间排污渠排出污水含有机磷农药成分
3	污水池	污水池	甲胺磷、甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵、酸、碱、COD、苯系物	主要生产及生活过程中产生的废水；可能存在事故性下渗排放，生产过程中会产生一定量的废水排放，事故性下渗排放会污染周边区域的农田等范围
4	固废临时堆场	生产过程中产生的固体废弃物的临时堆存点	甲胺磷、甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵、酸、碱	存放生产过程中产生的废玻璃瓶等，
5	锅炉房	为各车间提供热水和蒸汽	砷	原锅炉房使用期间燃煤可能存在重金属砷污染
6	办公楼	工作人员办公	无	用于办公，一般不产生明显的有毒有害污染物

3.3.1 污染重点可疑区域及其潜在污染物

根据上述对场地生产工艺、排污特点、三废处理措施的分析及我单位对场地调查的经验，农药厂场地土壤污染的主要途径来自于生产阶段污染物及原辅材料跑冒滴漏或事故排放、污水池等引起的污染，因此场地的重点污染区域为甲胺磷罐装、甲胺磷反应车间及其周围区域、污水下渗池、固体废弃物堆存及其周边区域，另外甲胺磷等灌装、反应车间的地下废水暗渠也为本次调查重点关注对象。主要污染物则为甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵、杀螟硫磷、对硫磷等。主要

污染介质为土壤。下一步工作需结合具体污染物可能污染区域及初步场地环境调查结果，进行土壤详细调查取样与实验室分析检测，判断场地土壤是否受到污染及可能污染程度。

3.3.2 污染物迁移途径

根据水文地质资料和前述分析，本场地土壤若存在污染物，其污染扩散途径包括为：

- （1）污染物垂直向下迁移：落地的污染物在外部降雨或自身重力垂直向下迁移，在迁移过程中吸附在土壤介质表面或溶解于降水进而影响土壤。
- （2）污染物水平迁移：落地污染物随雨水、风力等的水平迁移扩散。

3.3.3 场地污染初步概念模型

场地概念模型是综合描述场地污染源释放的污染物通过土壤、水、空气等环境介质进入人体，并对场地周边及场地未来居住、工作人群的健康产生影响的关系模型。场地概念模型包括污染源、污染物的迁移途径、人体接触污染的介质和方式等，一般随着调查和评估的深入逐步完善和细化。

场地污染概念模型包括：

（1）场地应关注的污染物种类：根据生产工艺、原辅材料、产品种类、“三废”等情况，以及残留的原生污染物受物理化学过程影响产生的次生污染物，分析场地可能存在的污染物种类。

（2）场地潜在污染区域：根据场地生产装置、各种管线、危险化学品及石油产品储存设施、污染物排放方式、现场污染痕迹、污染物的迁移特性等，分析场地潜在污染区域。

（3）水文地质条件分析：结合污染物特征，分析场地地层分布情况、地下水分布特征等影响污染物在环境介质中迁移转化的水文地质条件。

（4）污染物特征及其在环境介质中的迁移分析：①原辅材料和产品运输过程中，由于泄漏、挥发和事故进入周边环境；②生产过程中产生的废气和烟（粉）尘通过大气扩散至生产设施周边甚至厂房以外；③废水排放沟渠破裂时进入土壤和地下水；④废物堆存点污染物经雨水淋洗并随地表径流扩散进入附近河流；⑤废物堆存点污染物或污染土壤经降雨淋滤进入地下水，并随地下径流在地下水流

方向迁移。

（5）受体分析：根据污染场地未来用地规划，分析确定未来受污染场地影响的人群。

（6）暴露途径分析：根据未来人群的活动规律和污染在环境介质的迁移规律，分析和确定未来人群接触污染物的暴露点，分析和建立暴露途径。

（7）危害识别：在前述分析的基础上，初步进行场地污染物危害识别。若第一阶段场地环境调查认为场地未受到污染，则场地环境调查结束，并编制第一阶段调查报告；若第一阶段场地环境调查认为场地可能受到污染，则进行第二阶段场地环境调查。

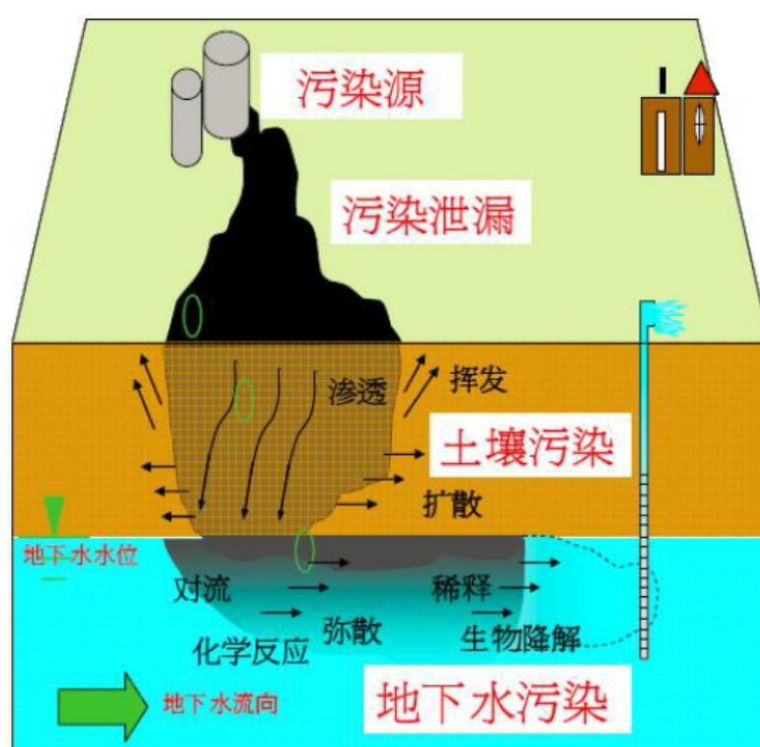


图 3.3.3-1 场地污染概念模型示例

第 4 章场地调查方案及结论

4.1 初步调查

4.1.1 土壤采样点布设

场地环境初步调查工作由广电计量检测（湖南）有限公司完成，共设置土壤点位 11 个（TR1~TR11），具体采样点布设情况见表 4.1-1 和图 4.1-1。

表 4.1-1 场地环境初步调查土壤监测点位布设情况

序号	采样点 编号	样品数量 (个)	采样深度 (m)	监测对象
1	TR01	3	1.0; 3.0; 5.0	污水池
2	TR02	3	1.0; 5.0; 8.0; 10.0	固体废弃物池
3	TR03	2	1.0; 3.0; 5.0; 7.0; 9.0	灭多威生产车间
4	TR04	2	0.2; 0.8; 1.5	原料仓库
5	TR05	2	1.0; 3.0; 5.0; 7.0; 9.0	甲胺磷反应车间
6	TR06	2	1.0; 3.0; 5.0; 7.0; 9.0	甲胺磷灌装车间
7	TR07	3	0.2; 1.5	甲胺磷包装及仓库
8	TR08	4	0.2; 0.8; 1.5	化验室
9	TR09	4	1.0; 4.0; 7.0; 10.0	扑虱灵生产车间
10	TR10	3	0.2; 0.8; 1.5	锅炉房
11	TR11	3	0.2; 1.5	场外背景点
合计		39		

4.1.2 地下水采样点布设

在资料收集分析及现场踏勘的基础上，开展了地下水环境监测井建设工作。监测井的建设考虑一孔多用，既能用于地下水水质监测，又能对水文地质勘察起到补充作用。场地初步调查中，共计布设 3 口地下水监测井。

监测井使用 XY-100 型钻机，冲击钻进；开孔孔径 147mm，钻至砂卵石层变径 127，一径到底。钻探完成后，下入外径 110mm 的 PVC-U 管，下部回填砾石，上部回填隔水，统一使用水泥砌井台，放入潜水泵抽水洗井至水清砂净，地下水监测井点位布设情况见表 4.1-2。

表 4.1-2 地下水监测井统计表

点位编号	经度	纬度	井口 高程 (m)	监测点位置	监测点 用途	静止水位高程/ 水位埋深
DX-1	113°07'6.56"	28°47'44.30"	41.33	扑虱灵车间西北面 15m	污染扩散 监测井	32.34 /8.99
DX-2	113°07'6.56"	28°47'44.30"	38.58	甲胺磷反应车间北 侧 1m	污染扩散 监测井	32.75 /5.83
DX-3	113°07'6.56"	28°47'44.30"	38.32	厂区西北角	污染扩散 监测井	32.86 /5.46

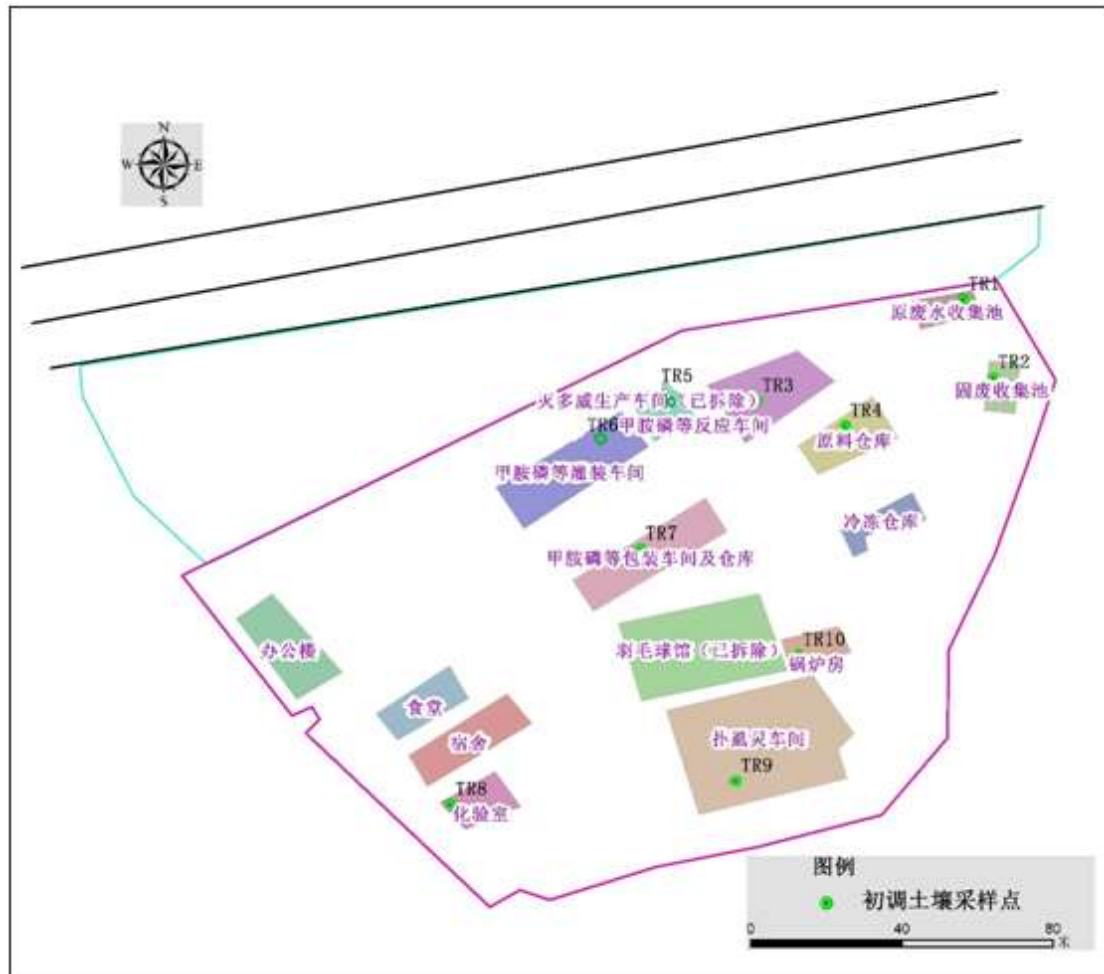


图 4.1-1 场地环境初步调查土壤布点

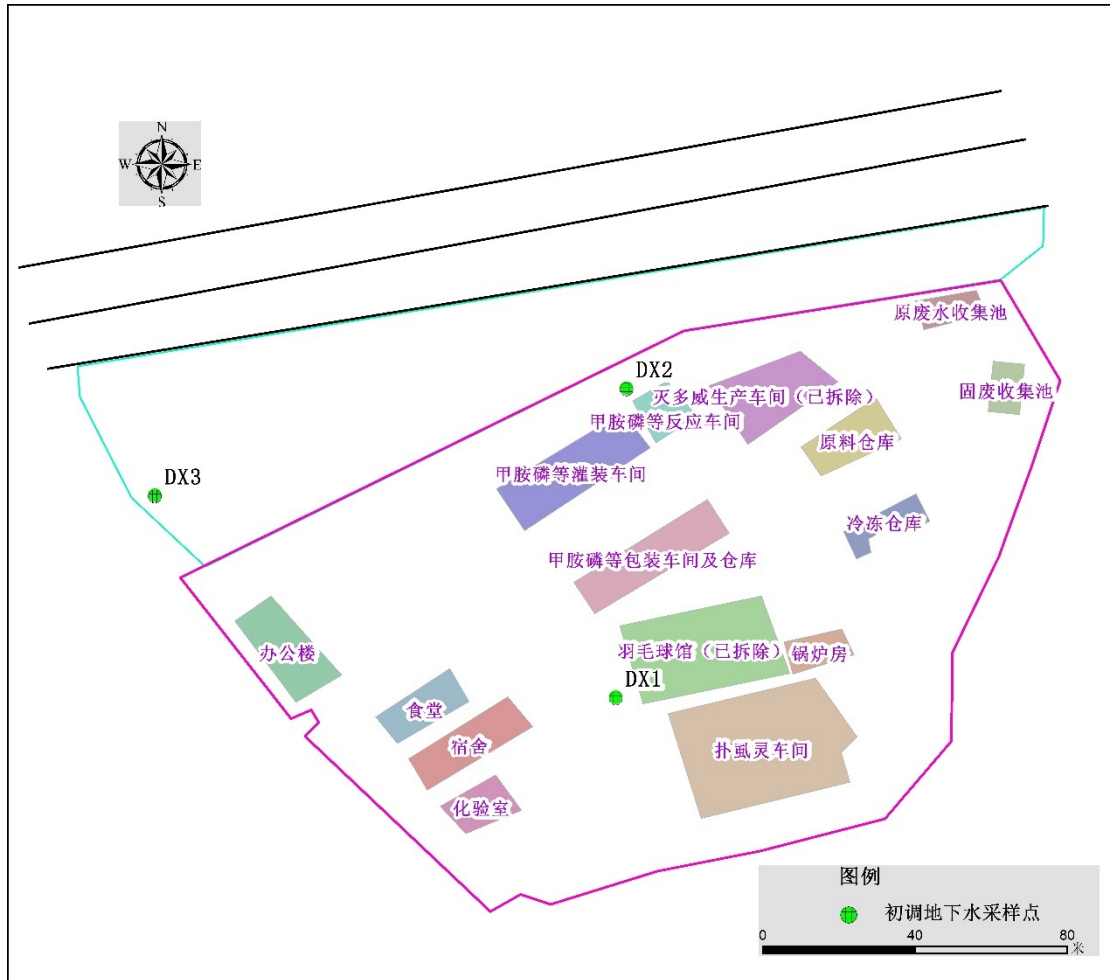


图 4.1-2 场地环境初步调查地下水布点

4.1.3 污染物筛选标准

(1) 土壤评估标准

本场地目前为工业用地，后期的土地利用规划为城市建设用地（居住用地），因此本次按照敏感用地方式进行土壤风险筛选。

场地调查阶段筛选标准以《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）作为主要参考评估标准，必要时参考美国 RSL（2016.5）。本场地样品检出污染物的参考筛选值（住宅类用地）如表 4.1.3-1 所示。

基于保守性原则，在实际的评估工作中，将以土壤样品污染物检测结果中的最大值与所选择的参考筛选值进行单因子评价对比，若场地中所有检测污染物的浓度均小于参考筛选值时，则认为场地土壤不存在人体健康风险，不进入风险评估程序；若场地中某一种污染物的浓度大于参考筛选值时，则认为该场地土壤中对应的污染物类型存在潜在人体健康风险，需针对其进行风险评估。

表 4.1.3-1 本项目参考的土壤筛选值单位：mg/kg

顺序	污染物	筛选值	参考来源
1	砷	20	《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）第一类用地筛选值
2	镉	20	
3	六价铬	3	
4	铜	2000	
5	铅	400	
7	镍	150	
7	汞	8	
8	四氯化碳	0.9	
9	氯仿	0.3	
10	氯甲烷	12	
11	1,1-二氯乙烷	3	
12	1,2-二氯乙烷	0.52	
13	1,1-二氯乙烯	12	
14	顺-1,2-二氯乙烯	66	
15	反-1,2-二氯乙烯	10	
16	二氯甲烷	94	
17	1,2-二氯丙烷	1	
18	1,1,1,2-四氯乙烷	2.6	
19	1,1,2,2-四氯乙烷	1.6	
20	四氯乙烯	11	
21	1,1,1-三氯乙烷	701	
22	1,1,2-三氯乙烷	0.6	
23	三氯乙烯	0.7	
24	1,2,3-三氯丙烷	0.05	
25	氯乙烯	0.12	
26	苯	1	
27	氯苯	68	
28	1,2-二氯苯	560	
29	1,4-二氯苯	5.6	
30	乙苯	7.2	
31	苯乙烯	1290	
32	甲苯	1200	
33	对二甲苯	163	
33	间-二甲苯	163	
34	邻-二甲苯	222	
35	硝基苯	34	
36	苯胺	92	
37	2-氯酚	250	
38	苯并[a]蒽	5.5	
39	苯并[a]芘	0.55	

40	苯并[b]荧蒽	5.5	
41	苯并[k]荧蒽	55	
42	蒽	490	
43	二苯并[a,h]蒽	0.55	
44	茚并[1,2,3,-cd]芘	5.5	
45	蔡	25	
46	甲胺磷	3.2	美国 RSL (2016.5)
47	甲基对硫磷	16	
48	灭多威	1500	
49	扑虱灵	/	/
50	α -六六六	0.09	《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)第一类用地筛选值
51	β -六六六	0.32	
52	γ -六六六	0.62	
53	δ -六六六	/	
54	p,p'-DDE	2	
55	p,p'-DDD	2.5	
56	o,p'-DDT	2	
57	p,p'-DDT	2	
58	杀螟硫磷	/	/
59	对硫磷	370	美国 RSL (2016.5)

(2) 地下水评估标准

目前我国现有的地下水环境质量标准有：

- 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)；

可以参考的其它水质标准还包括：

- 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)；
- 《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)；
- 美国 EPA 《区域筛选值-自来水标准》(2016-5)。

以《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中以人体健康基准值为依据的 III 类质量标准限值为主（适用于集中式生活饮用水水源及工农业用水），对于《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中缺失的污染物，参考以上其它标准。参考的优先顺序依次为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)、《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)；对于国内标准中缺失的污染物，则参考-美国 EPA 《区域筛选值-自来水标准》(2016-5) 进行评价。

若地下水中所有检测污染物的浓度均小于评价标准时，则认为不需要对场地地下水进行风险评估，否则将建议基于场地地下水利用规划，结合控制后期开发利用的人群健康风险的根本角度考虑，对地下水开展风险评价。

表 4.1.3-2 地下水环境质量评价参考的标准

顺序	污染物	筛选值 (mg/L)	参考来源
1	砷	0.01	《地下水质量标准》 (GB/T14848-2017)
2	镉	0.005	
3	六价铬	0.05	
4	铜	1	
5	铅	0.01	
7	镍	0.02	
7	汞	0.001	
8	四氯化碳	0.002	
9	氯仿	0.3	
10	氯甲烷	/	
11	1,1-二氯乙烷	/	
12	1,2-二氯乙烷	0.03	
13	1,1-二氯乙烯	0.03	
14	顺-1,2-二氯乙烯	0.05	
15	反-1,2-二氯乙烯	0.05	
16	二氯甲烷	0.02	
17	1,2-二氯丙烷	0.005	
18	1,1,1,2-四氯乙烷	/	
19	1,1,2,2-四氯乙烷	/	
20	四氯乙烯	0.04	
21	1,1,1-三氯乙烷	2	
22	1,1,2-三氯乙烷	0.005	
23	三氯乙烯	0.07	
24	1,2,3-三氯丙烷	/	
25	氯乙烯	0.005	
26	苯	0.01	
27	氯苯	0.3	
28	1,2-二氯苯	1	
29	1,4-二氯苯	0.3	
30	乙苯	0.3	
31	苯乙烯	0.02	
32	甲苯	0.7	
33	对二甲苯	0.5	
33	间-二甲苯	0.5	
34	邻-二甲苯	0.5	
35	硝基苯	/	
36	苯胺	/	
37	2-氯酚	/	
38	苯并[a]蒽	/	
39	苯并[a]芘	0.00001	

顺序	污染物	筛选值 (mg/L)	参考来源
40	苯并[b]荧蒽	0.004	
41	苯并[k]荧蒽	/	
42	蒽	/	
43	二苯并[a,h]蒽	/	
44	茚并[1,2,3,-cd]芘	/	
45	苯	0.1	
46	甲胺磷	0.001	美国 RSL (2016.5) Tapwater
47	甲基对硫磷	0.002	地表水环境质量标准 (GB3838-2002)
48	灭多威	0.5	美国 RSL (2016.5) Tapwater
49	扑虱灵	/	/
50	α -六六六	5	《地下水质量标准》 (GB/T14848-2017)
51	β -六六六	5	
52	γ -六六六	2	
53	δ -六六六	5	
54	p,p'-DDE	1	
55	p,p'-DDD	1	
56	o,p'-DDT	1	
57	p,p'-DDT	1	
58	杀螟硫磷	0.003	日本地下水质量标准
59	对硫磷	0.086	美国 RSL (2016.5) Tapwater

4.1.4 初步调查检测结果

4.1.4.1 土壤调查结果

(1) 重金属

通过对比所选择的评估标准可知，农药厂区土壤中指标砷超过评估标准，39个土壤样品中砷超过评估标准的样品个数为4个，分别为T2-1、T6-1、T6-2、T8-2，超标倍数分别为：1.3倍、2.02倍、1.89倍、1.02倍。超标点位于化验室旁空地、固废收集池、甲胺磷等灌装车间，推测可能是原厂区生产过程中含砷的农药辅料发生跑冒漏滴所致。

铬（六价）检出浓度均低于检出限2 mg/kg，本场地所有点位铬（六价）检出浓度均满足本场地土壤风险筛选标准。

表 4.1.4-1 重金属超标情况

污染物	评估标准 mg/kg	超标样品	超标深度 (m)	总深度 (m)	所属区域	检出浓度 (mg/kg)	超标倍数
砷	20	T2-1	1.0	5	固体废弃物池	26	1.3
		T6-1	7.0	10	甲胺磷灌装车间旁排水沟	40.4	2.02
		T6-2	9.0	10	甲胺磷灌装车间旁排水沟	37.8	1.89
		T8-2	0.8	3	化验室	20.4	1.02

(2) 有机农药类

土壤中有机农药类共有 1 种污染物超过了参考的评估标准要求, 超标污染物为甲基对硫磷, 涉及的超标点位为 TR02 (固废收集池)、TR05 (甲胺磷等反应车间), 这些点位代表的区域土壤环境存在有机农药类环境风险, 这主要可能与原农药厂生产过程中农药成品及原辅材料的跑冒滴漏等成因造成, 尤其是甲胺磷等反应车间北侧地下排污暗渠问题较为严重, 这些点位周边土壤存在一定的环境风险。

另外在 TR01 (污水池)、TR02 (固废收集池)、TR05 (甲胺磷等反应车间) TR06 (甲胺磷等灌装车间)、TR07 (甲胺磷等包装车间)、TR09 (扑虱灵车间) 不同程度的有检出灭多威、扑虱灵、杀螟硫磷、对硫磷, 其中灭多威、对硫磷均未超过本次筛选值。

表 4.1.4-2 有机农药类评价结果统计

污染物	评估标准 mg/kg	超标样品	超标深度 (m)	总深度 (m)	所属区域	检出浓度 (mg/kg)	超标倍数
甲基对硫磷	15	TR02	4m	10	固废收集池	33.8	1.25
		TR02	1m	10	固废收集池	58.1	2.87
		TR05	9m	10	甲胺磷等反应车间	49.3	2.29
		TR05	7m	10	甲胺磷等反应车间	421	27.07
		TR05	5m	10	甲胺磷等反应车间	820	53.67
		TR05	1m	10	甲胺磷等反应车间	10300	685.67
		TR05	3m	10	甲胺磷等反应车间	1620	107.00
扑虱灵	/	TR01	1m	5	污水收集池	0.251	/
		TR01	5m	5	污水收集池	0.254	/
		TR01	3m	5	污水收集池	0.265	/
		TR02	10m	10	固废收集池	0.266	/
		TR02	4m	10	固废收集池	0.301	/
		TR02	7m	10	固废收集池	0.314	/
		TR02	1m	10	固废收集池	0.371	/
		TR05	9m	10	甲胺磷等反应车间	0.406	/

		TR05	7m	10	甲胺磷等反应车间	1.50	/
		TR05	5m	10	甲胺磷等反应车间	8.78	/
		TR05	3m	10	甲胺磷等反应车间	18.0	/
		TR05	1m	10	甲胺磷等反应车间	18.2	/
		TR07	0.2m	3	甲胺磷等包装车间	0.212	/
		TR07	1.5m	3	甲胺磷等包装车间	0.228	/
		TR09	10m	10	扑虱灵车间	0.350	/
		TR09	4m	10	扑虱灵车间	0.415	/
		TR09	7m	10	扑虱灵车间	0.425	/
		TR09	1m	10	扑虱灵车间	0.492	/
杀螟硫 磷	0.231	TR02	1m	10	固废收集池	2.75	/
		TR02	4m	10	固废收集池	0.975	/
		TR05	5m	10	甲胺磷等反应车间	12.3	/
		TR05	7m	10	甲胺磷等反应车间	15.8	/
		TR05	9m	10	甲胺磷等反应车间	2.67	/
		TR05	1m	10	甲胺磷等反应车间	301	/
		TR05	3m	10	甲胺磷等反应车间	17.4	/
		TR06	1m	10	甲胺磷等灌装车间	0.960	/
		TR06	3m	10	甲胺磷等灌装车间	0.952	/
		TR06	5m	10	甲胺磷等灌装车间	0.735	/
		TR07	0.2m	3	甲胺磷等包装车间及仓库	0.586	/
		TR07	1.5m	3	甲胺磷等包装车间及仓库	0.677	/

4.1.4.2 地下水调查结果

仅针对地下水样品中检出的污染物进行地下水环境质量评价，其中，DX1 的甲基对硫磷超标 32 倍；DX2 二氯甲烷超标 2.34 倍。场地地下水的环境质量总体较差，可能存在一定的环境风险。

3 个地下水样品均位于场地地下水流向的中下游方向，其中 DX2 靠近原甲胺磷等反应车间，考虑有可能为车间污水暗渠内废水泄漏。针对 DX1 甲基对硫磷指标的超标，推测可能为场地中存在泄漏污染，通过地下水径流运移扩散导致场地中下游监测点 DX1 存在污染。

4.1.4.3 地表水调查结果

在原厂区东侧农田下渗退水区采集地表水样品 1 组，根据实验室分析结果，本次农田退水指标除 pH 值外均未超过地表 III 类水环境标准及相关参考标准限值。

地表水 DB1 样品 pH 值浓度超过地表水环境质量 III 类标准，为 4.81。

4.1.4.4 底泥调查结果

本次初步调查共采集厂区东面原污水下渗农田底泥样品 1 组，经实验室分析，底泥样品 DN1 仅甲基对硫磷有检出，且未超过筛选值。

4.2 详细调查

4.2.1 土壤采样点布设

详细调查阶段采样根据现场踏勘和资料分析，同时结合初步调查结果，厂区内共设计 17 个土壤采样点，重点针对初步调查阶段有污染的区域固废收集池、甲胺磷等反应车间、甲胺磷灌装车间进行重点布点，以查明污染范围。

在初步调查未涉及的疑似污染区的变压器房、原油仓库等进行补充采样。

厂区内总体布点满足《场地环境评价技术导则》(HJ25.1-2014)中全面布点的要求(不大于 $40\text{m} \times 40\text{m}$)、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(涉嫌污染区域土壤采样点位数每 400m^2 不少于 1 个，其他区域每 1600m^2 不少于 1 个)，本厂区总面积 26666.67m^2 ，其中涉嫌污染区域 5000m^2 左右，其他区域 21666.67m^2 土壤内插法计算为 27 个样品，采样点位编号为 TR+数字。监测指标主要为：pH、砷、铬(六价)、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏。

(1) 场地北侧甲胺磷等反应车间排污暗渠等区域：根据初步调查结果，该区域超标污染物主要为甲基对硫磷，且污染深度主要分布于 $0.5\sim 10\text{m}$ 深度范围，该区域面积约 450m^2 。详细调查阶段，该区域垂直方向取样深度保证 10m (具体分层采样结合现场 PID 检测数据)，取至未污染深度范围或含水层，且该区域监测点与周边加密点位共 4 个，已达到 $20 \times 20\text{m}^2$ 密度要求。

(2) 场地东北侧区域原固体废弃物堆放池区域：根据初步调查结果，该区域污染物主要为甲基对硫磷、砷，其中重金属砷污染深度主要分布于 1.0m 区域，甲基对硫磷主要分布于 1m 、 4.0m 等深度区域，该部分区域面积约为 200m^2 。详细调查阶段，该区域垂直方向上取样深度最深至 $9.0\sim 11\text{m}$ 深度区域。由于场地实际条件限制，取样点位在满足密度要求，且能划定污染范围的基础上进行适当偏

移。

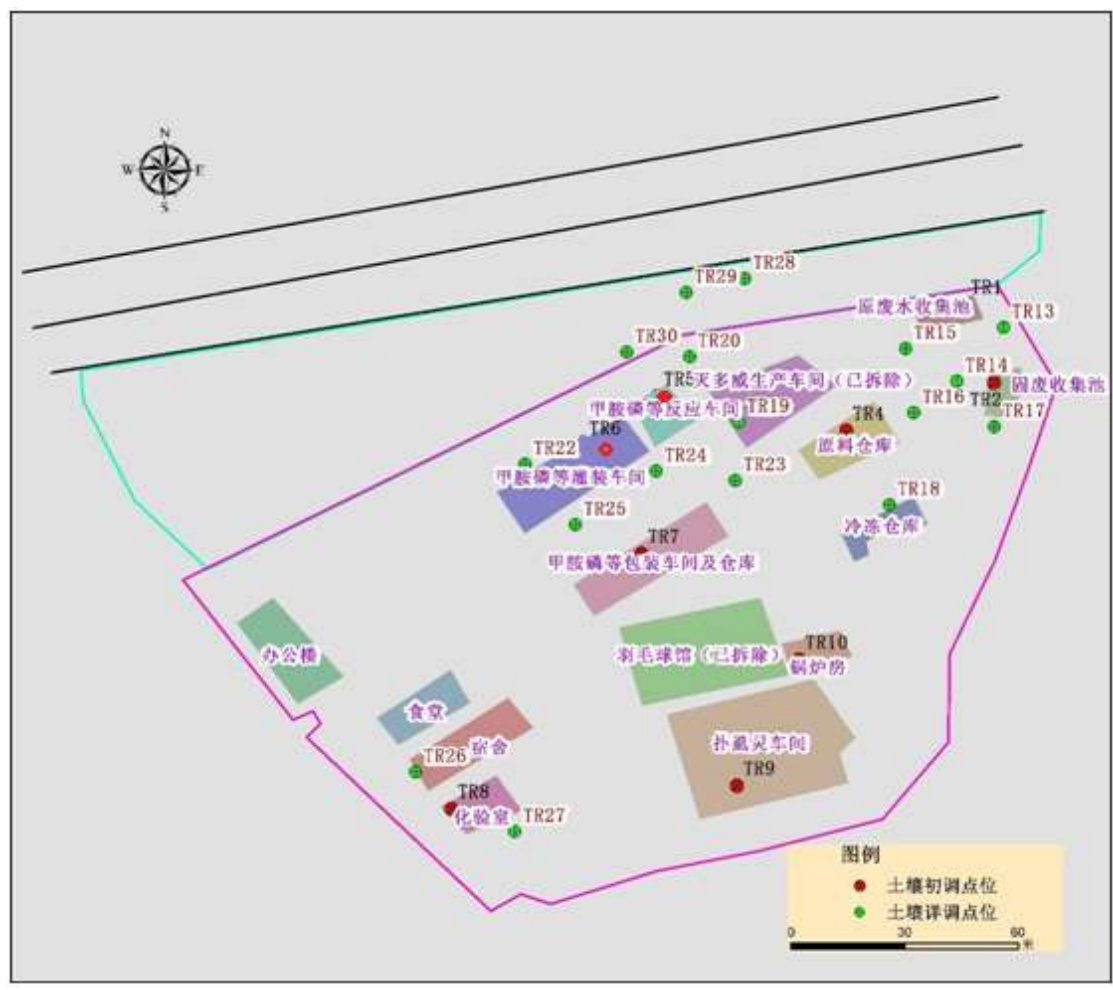


图 4.2.1-1 土壤详查监测点位布设图

4.2.2 取样深度设计

该场地前期调查深度为 3.0~10.0m，个别土壤点位（TR05）在地下 10.0m 处还存在甲基对硫磷超标，未摸清污染深度范围，因场地属于沿江Ⅱ级阶地，毗邻汨罗江，卵石层不深，卵石层厚度不大（根据初步场地调查地勘资料显示：卵石层埋深在 9m 左右），在 PID 现场检测结果不超标情况下，大部分钻探到卵石层停止钻进，深度在 11m 左右，另外其他一般区域钻探至 3m 左右。

同时保守起见，部分疑似重污染区，通过钻机钻探至含水层，并在可采样区域（有土壤层次）进行采样（在疑似重污染区设置地下水水井，此点位土水同孔，上层取土样，验证污染物是否泄漏至该土层），详细布点情况见表 4.2.2-1。

表 4.2.2-1 厂区土壤监测点位分层采样计划

采样点编号	样品数量 (个)	采样深度 (m)	监测对象
TR13	5	1; 3; 5; 7; 9	固体废弃物池
TR14	9	0.2; 1; 2; 3; 5; 6; 7; 8; 9	固体废弃物池
TR15	5	1; 3; 5; 7; 9	固体废弃物池污染扩散
TR16	5	1; 3; 5; 7; 9	固体废弃物池污染扩散
TR17	5	1; 3; 5; 7; 9	固体废弃物池
TR18	3	1; 3; 5	变电房
TR19	6	1; 3; 6; 8; 10; 12	甲胺磷反应车间污染扩散
TR20	7	1; 2; 3; 6; 7; 9; 12	地下储罐管道
TR22	4	1; 4; 7; 9	甲胺磷灌装车间
TR23	3	1; 3; 5	甲胺磷原油仓库
TR24	4	1; 3; 6; 10	甲胺磷灌装车间
TR25	4	1; 4; 7; 10	甲胺磷灌装车间
TR26	2	1; 4	实验室污染扩散
TR27	2	1; 4	实验室污染扩散
TR28	5	1; 3; 5; 7; 9	地下储罐污染扩散
TR29	5	1; 3; 5; 7; 9	甲胺磷反应车间、地下储罐污染扩散
TR30	7	1; 2; 3; 5; 7; 9; 11	甲胺磷反应车间污染扩散
合计	81		

4.2.3 土工样点位布设

在厂区内疑似污染区域布设土工实验点位，对不同土层土壤渗透系数、有机质含量等物理性质指标进行测定，为分析污染物迁移与风险评估相关参数确定提供科学依据，具体采样规程参考《建筑工程地质勘探与取样技术规程》（JGJ/T87-2012）。

调查阶段在农药厂区中 TR17（固废收集池）、TR20（甲胺磷反应车间东侧地下排水渠）、TR28（甲胺磷反应车间北侧）分别根据土壤分层岩性对不同取样深度的土壤进行土工试验。

表 4.2.3-1 汨罗市原城郊乡农药厂厂区场地土工试验点位信息表

名称	经度	纬度	深度(m)	检测因子	所属具体功能区
TR17	113°07'7.20"	28°47'46.66"	3-3.2; 4.2-4.4	含水率 w、密度 ρ 密、干密度 ρ 干、比重 G_s 、孔隙比 e 、饱和度 S_r 、颗粒粒径、渗透系数(垂直)、渗透系数(水平)、有机质含量、液限、塑限、塑性指数、液性指数、颗粒分析	固废填埋区
TR20	113°07'27.00"	28°47'47.26"	4.2-4.4		甲胺磷反应车间 东侧
TR28	113°07'6.66"	28°47'47.30"	3-3.2		甲胺磷反应车间 东北面

土工样品检测指标为含水率 w、密度 ρ 密、干密度 ρ 干、比重 G_s 、孔隙比 e 、

饱和度 S_r 、颗粒粒径、渗透系数（垂直）、渗透系数（水平）、有机质含量、液限、塑限、塑性指数、液性指数、颗粒分析。

4.2.4 底泥及地表水采样点位

由于原先厂区生产污水通过场地沟渠均排至污水池，并通过污水池下渗进入厂区东侧农田。因此在厂区东侧农田处采集农田底泥样品 4 组、池塘底泥样品 1 组（初步调查已采集 1 组农田底泥样品），采集地表水水样 3 组；另外在厂区下游方向补采池塘底泥样品 1 组。

监测因子如表 4.2.4-1 所示。

表 4.2.4-1 监测因子

序号	监测点位	监测因子	监测对象
1	底泥 2	ph、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏	原污水池下渗农田
2	底泥 3	ph、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏	原污水池下渗农田
3	底泥 4	phr、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏	原污水池下渗农田
4	底泥 5、地表水	ph、COD _{Cr} （地表水）、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏	原污水池下渗农田
5	底泥地表水 1	ph、COD _{Cr} （地表水）、氨氮、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏	厂区东面池塘
6	底泥地表水 2	ph、COD _{Cr} （地表水）、氨氮、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏	厂区西面池塘



图 4.2.4-1 底泥及地表水布点图

4.2.5 堆存废物采样设计

(1) 厂区堆存危险废物采样

本方案将采样法选择为系统采样法和分层采样法相结合，分别从平面浓度分布和垂向浓度分布对农药厂暂存应急处置工程污染土壤特性进行调查。

将暂存间按长边四等分，得到 4 个网格，垂向上分 3 层，每个分层分别在各个网格中心采样。共采集 12 个样品。

监测指标主要为：pH、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏。

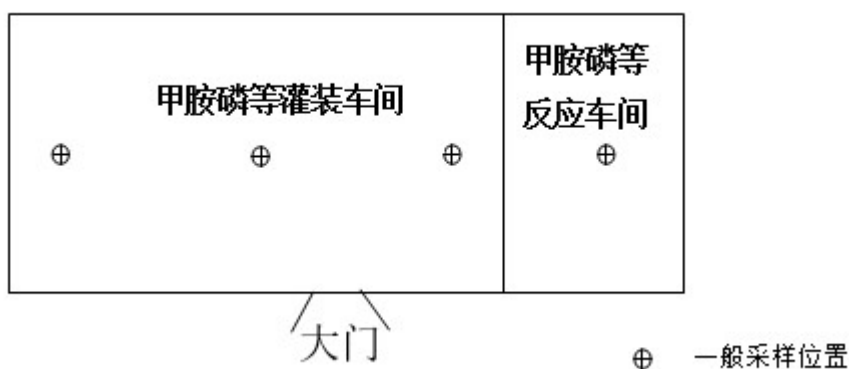


图 4.2.5-1 污染土壤暂存间采样点位示意图

(2) 厂区废水采样

本次针对厂区原应急处置工程所暂存应急处置废水进行采样分析，根据前期调查可知，厂区共有暂存废水桶 18 个，每个容量为 5 吨，共计约有废水 90 吨，根据随机布点法对本次暂存废水进行采样分析，共计采集 5 组废水样品。

厂区废水监测指标：pH、氨氮、COD_{cr}、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏。

4.2.6 地下水采样点位布设

详细调查阶段设置 6 口地下水监测井（其中 4 口为新建地下水监测井，2 口为利用已有简易监测井），编号为 DX4~DX9，建井原则是根据初步场地调查结果在地下水井有污染区域四周布井，以确定污染范围，同时在初步调查未覆盖的场地区域分上游、下游适当布设监测井，在此基础上兼顾在疑似重污染区布设监测井。监测井详细信息详见表 4.2.6-1。

表 4.2.6-1 监测井布设一览表

点位编号	监测点位置	经度	纬度	井口高程 m	静止水位 m	水位埋深 m	监测点用途
DX4	场地下游区域	113°7'4.78"	28°47'43.78"	40.28	31.89	8.39	疑似污染区及下游监测井
DX5	甲胺磷等反应车间北侧 30m	113°7'7.20"	28°47'47.89"	36.91	32.79	4.12	疑似污染区及二氯甲烷超标范围控制
DX6	场地上游区域	113°7'9.80"	28°47'48.31"	38.68	32.92	5.76	疑似污染区及上游监测井
DX7	固体废弃物填埋池西面 20m	113°7'9.09"	28°47'46.81"	38.58	33.18	5.4	疑似污染区及场地内监测井
DX8	甲胺磷等反应车间东南侧 30m	113°7'7.78"	28°47'46.40"	38.77	32.79	5.98	疑似污染区及场地内监测井
DX9	甲胺磷等反应车间东北侧 5m	113°7'7.75"	28°47'46.35"	38.75	32.67	5.93	疑似污染区及场地内监测井

地下水检测指标对初次场地环境调查超标指标重点关注，重点关注指标为 pH、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏、耗氧量， K^+Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{2-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、总硬度（以

CaCO₃ 计)、溶解性总固体。

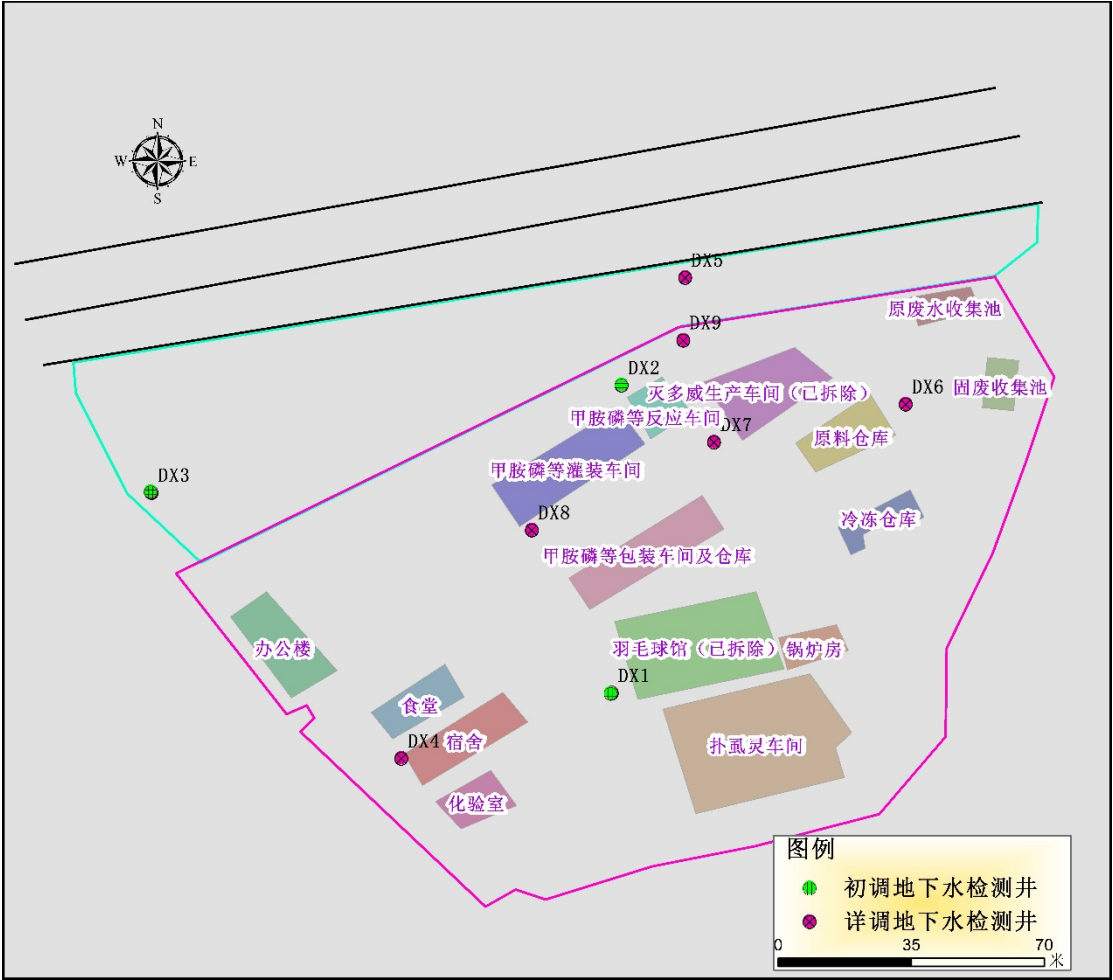


图 4.2.6-1 地下水检测井点位分布

4.2.7 详查阶段检测指标及方法

4.2.7.1 土壤

土壤及地下水样品相关指标的检测方法优先选用对应的评价导则里面推荐的检测方法，对于评价导则中未明确的评价方法，优先采用国家标准和环境标准进行检测，检测方法如下。

表 4.2.7-1 土壤分析及检出限

分析指标	检测方法	报告限	单位	对应筛选值导则推荐方法
pH	《土壤检测第 2 部分：土壤 pH 的测定》电位法 NY/T 1121.2-2006	-	-	-

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	2	mg/kg	《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）
砷	《土壤质量总砷的测定原子荧光法》GB/T 22105.2-2008		mg/kg	《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）
甲胺磷	参照《水、土中有机磷农药测定的气相色谱法》GB/T 14552-2003《蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定》NY/T 761-2008	0.25	mg/kg	美国 RSL（2016.5）
甲基对硫磷		0.038	mg/kg	美国 RSL（2016.5）
杀螟硫磷		0.047	mg/kg	-
对硫磷		0.5	mg/kg	美国 RSL（2016.5）
扑虱灵	参照《水果和蔬菜中 500 种农药及相关化学品残留量的测定气相色谱-质谱法》GB 23200.8-2016	-	mg/kg	-
灭多威	《灭多威和灭多威肟的测定液相色谱法》HJ 851-2017	-	mg/kg	美国 RSL（2016.5）
敌敌畏	-	0.18	mg/kg	《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）

4.2.7.2 地下水

地下水检测指标对初次场地环境调查超标指标重点关注，重点关注指标为 pH、砷、铬（六价）、甲基对硫磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏、化学需氧量、 K^+Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{2-} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、总硬度（以 $CaCO_3$ 计）、溶解性总固体。

表 4.2.7-2 地下水分析及检出限

顺序	分析指标	检测方法	报告限	单位
1	pH	GB/T 6920-1986	-	-
2	砷	HJ 694-2014	0.3	μg/L
3	铬（六价）	GB/T 7467-1987	0.004	mg/L
4	甲基对硫磷	USEPA 8260C-2006	0.5	μg/L
5	杀螟硫磷	GB/T 14552-2003/ NY/T 761-2008/ GB/T 13192-1991	0.04744	μg/L
6	扑虱灵	GB 23200.8-2016	0.00010	mg/L
7	灭多威	HJ 851-2017	1	μg/L
8	对硫磷	GB/T 14552-2003/ NY/T 761-2008/ GB/T 13192-1991	0.000108	mg/L

9	敌敌畏	/	/	/
10	耗氧量	/	/	/
11	$K^+ + Na^+$	/	/	/
12	Ca^{2+}	/	/	/
13	Mg^{2+}	/	/	/
14	CO_3^{2-}	/	/	/
15	HCO_3^{2-}	/	/	/
16	Cl^-	GB/T 11896-1989	10	mg/L
17	SO_4^{2-}	HJ/T342-2007	5	mg/L
18	总硬度（以 $CaCO_3$ 计）	/	/	/
19	溶解性总固体	/	/	/

4.2.8 场地地层调查结果

4.2.8.1 场地地层条件

本报告所述场地层条件，是依据现调查钻探期间的观察和记录来进行描述的。本次调查最大钻探深度为 13 米，钻探揭露的地层依次为杂填土、粉质粘土、砂土、砂卵石层，结合收集的地质勘查资料，最下层的砂卵石层厚度约在 4 米。

本厂区详细调查钻探工作由中盐院完成，根据现场勘查情况，场地地层主要分为 4 层，杂填土、粉质粘土、砂土、卵石。详细地层情况分述见表 4.2.8-1。

表 4.2.8-1 场地地层岩性分布情况一览表

层号	土层岩性	层顶标高 (m)	层厚 (m)	平均层厚 (m)	地层描述
①	杂填土	35.00~36.50	0.2~1.8	1.5	杂色，以松散状为主，主要由建筑垃圾、碎石、卵石等组成，充填着褐色粘性土、粉质粘土，土质不均匀，为人工活动及拆迁堆填而成，填土块碎石级配不均，粒径为 0.3~10cm，土石比约 6:4，为人工回填堆积。
②	粉质粘土	31.40~34.00	2.5~4.1	3.6	褐色，褐黄色，可塑，干强度中等，韧性中等，刀切面光滑，无摇晃反应，部分地段含砾石，约占 2%~5%。
③	砂土	30.50~33.00	0.5~2.1	1.6	灰、褐色，松散，稍湿~很湿。以长石、石英为主，含少量云母片，底部不均匀混少量卵砾石，主要分布于卵石层之上
④	卵石	~28.5	/	>5	杂色，矿物成分主要为石英砂岩等，松散一中密，粒径一般在 1~4cm，最大约 11cm，卵石含量占 40%~60%，级配较差，磨圆度一般，呈圆形、亚圆形形状，卵石中的孔隙

					由粘粒及中细砂充填，砂约占 35%~50%，黏粒约占 2%~5%，属洪冲积物。
--	--	--	--	--	---

4.2.8.2 场地水文地质条件

(1) 地下水类型及其富水性

场地区上覆第四系人工杂填土厚度较薄，含建渣，结构松散，透水性良好，对场地水文地质条件影响不大，本次主要描述场地的第四系全新统冲积层(Q_4^{al})和第四系更新统冲积层(Q_3^{al})砂砾卵石层。

①第四系全新统(Q_4^{al})砂砾卵石层孔隙潜水

为场地区沿江一侧上部主体含水层，富水性较为单一，含水层厚度变化不大，一般 0-8.5m，动态稳定，水量中等。该层单井出水量一般为 100~1000m³/d，给水度(μ)小于 0.1。场地北部紧邻汨罗江，渗透性能相对较好，单井出水量可达 1000m³/d。

②第四系上更新统(Q_3^{al})砂砾卵石层孔隙潜水

为场地区南侧上部主体含水层，富水性较为单一，含水层厚度变化不大，一般 5-10.5m，动态稳定，水量中等。该层单井出水量一般为 160~435m³/d，给水度(μ)小于 0.1。场地北面为汨罗江。

(2) 地下水补径排特征

场地地下水主要接受降雨、江河(汨罗江)及农灌水入渗补给，同时接受来自东面的第四系松散岩类孔隙潜水的侧向补给。场地地下水水流方向由东北向西南与地表水流向基本一致，水力坡度与地形坡度趋于一致。由于河流切割的影响，地面河道不同程度切入含水层，形成地面水和地下水在不同季节和不同有部分互补现象。

(3) 地下水化学特征

场地附近的地下水类型主要为重碳酸钙型，矿化度多小于 0.5g/L，属于低矿化度淡水。

(4) 地下水动态特征

根据场地勘察，项目场地附近地下水水位埋深普遍为 5.8~8.9m，地下水水位年变化幅度较小，一般小于 2.0 m。

(5) 水位调查结果

详细调查阶段共设立 6 口地下水监测井，地下水井设置情况见“4.2.8-2 地下水采样点位布设”，同时通过初步调查设置的 3 口地下水井进行综合分析，可知厂区地下水主导流向是东北向西南，初厂区地下水位等值线图见图 4.2.8-1。

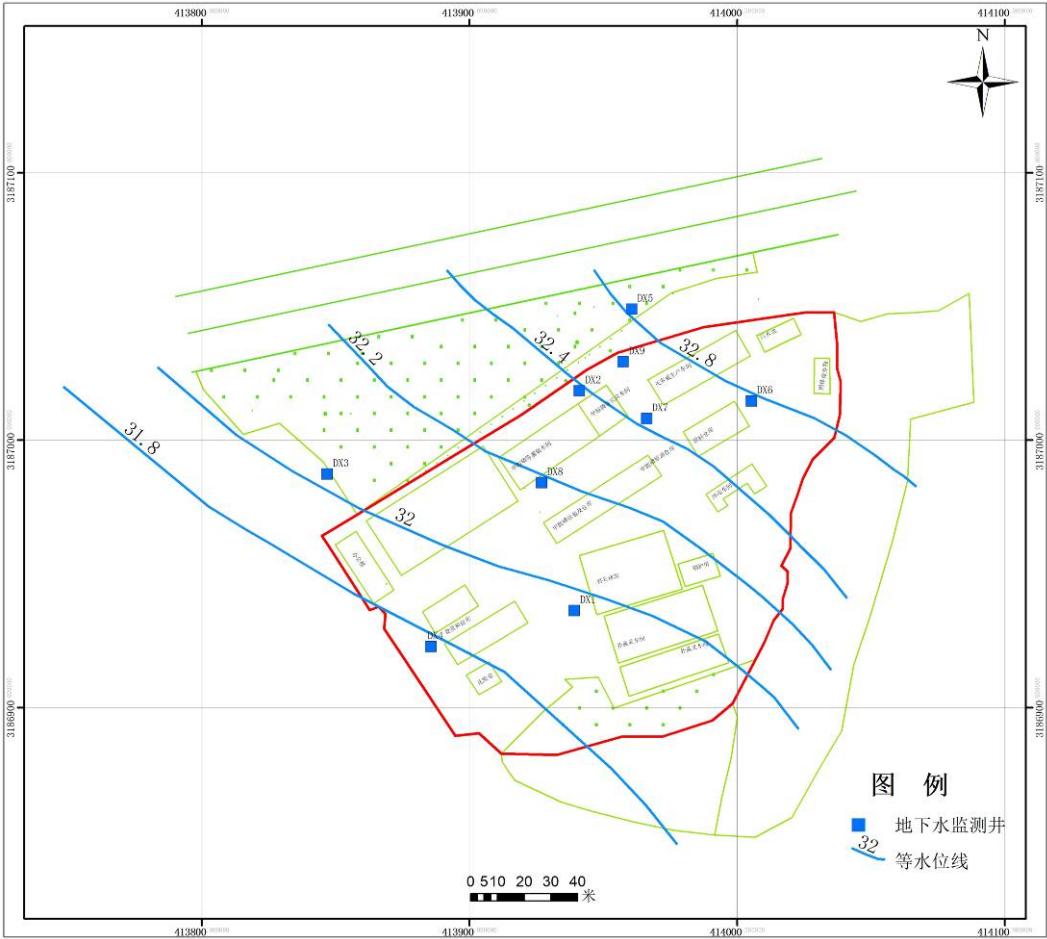


表 4.2.8-1 地下水等水位线

表 4.2.8-2 初步调查及详细调查地下水井基本情况一览表

调查阶段	点位编号	监测点位置	经度	纬度	井口高程 m	静止水位/埋深 m	井深 m	监测点说明
详细调查阶段	DX-4	场地下游区域	113°7'4.78"	28°47'43.78"	40.28	31.89/8.39	15	疑似污染区及下游监测井
	DX-5	甲胺磷等反应车间北侧 30m	113°7'7.20"	28°47'47.89"	36.91	32.79/4.12	12	疑似污染区及二氯甲烷超标范围 控制
	DX-6	场地上游区域	113°7'9.80"	28°47'48.31"	38.68	32.92/5.76	12	疑似污染区及上游监测井
	DX-7	固体废弃物填埋池西面 20m	113°7'9.09"	28°47'46.81"	38.58	33.18/5.4	12	疑似污染区及场地内监测井
	DX-8	甲胺磷等反应车间东南 侧 30m	113°7'7.78"	28°47'46.40"	38.77	32.79/5.98	12	疑似污染区及场地内监测井
	DX-9	甲胺磷等反应车间东北 侧 5m	113°7'7.75"	28°47'46.35"	38.75	32.67/5.93	12	疑似污染区及场地内监测井
初步调查阶段	DX-1	扑虱灵车间西北面 15m	113°07'6.56"	28°47'44.30"	38.26	31.91/6.35	10	疑似污染区及上游监测井
	DX-2	甲胺磷反应车间北侧 1m	113°07'6.56"	28°47'44.30"	36.45	30.61/5.84	12	污染扩散监测井
	DX-3	厂区西北角	113°07'6.56"	28°47'44.30"	36.74	31.54/5.20	12	污染扩散监测井及下游监测区域

4.2.8.3 土工试验结果

由土工试验结果可知，项目区粉质粘土层的垂直渗透系数为 $3.84 \times 10^{-6} \sim 5.74 \times 10^{-6}$ cm/s，水平渗透系数为 $1.14 \times 10^{-6} \sim 2.39 \times 10^{-6}$ cm/s；粗砂层土工样品垂直渗透系数为 8.65×10^{-2} cm/s，水平渗透系数为 3.84×10^{-2} cm/s，厂区粉质粘土层最厚区域约 7.5m，平均厚度为 5.3m，根据《环境影响评价技术导则地下水环境》（HJ 610-2016）包气带防污性能分级，该区域粉质粘土层包气带防污性能为弱，对迁移性污染物阻隔作用较好，土工试验结果见表 4.2.8-3。

表 4.2.8-3 研究区土工试验成果表

来 样 编 号	取 样 深 度 (m)	土 样 名 称	土 样 状 态	物理及力学性质													
				含 水 率 ω (%)	密 度 ρ (g/cm ³)	干 密 度 ρ_d (g/cm ³)	比 重 G_s	孔 隙 比 e	孔隙 率 n (%)	饱 和 度 S_r (%)	可塑性试验				有机质含 量 O.M.(%)	平均垂直渗透系数 κ_{20} (cm/s)	
											液 限 ω_L (%)	塑 限 ω_p (%)	塑 性 指 数 I_p	液 性 指 数 I_L		横向	纵向
TR18	3.0-3.2	粉质粘土	原状	25.1	1.94	1.55	2.71	0.748	42.792	91	34.2	23.1	11.1	0.18	<5	4.14×10^{-6}	1.52×10^{-6}
TR18	4.2-4.4	粗砂	原状	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<3	8.65×10^{-2}	3.84×10^{-2}
TR28	3.0-3.2	粉质粘土	原状	23.8	2.01	1.62	2.73	0.681	40.512	95	34.3	22.4	11.9	0.12	<5	3.84×10^{-6}	1.14×10^{-6}
TR20	4.2-4.4	粉质粘土	原状	27.2	1.95	1.53	2.72	0.774	43.63	96	37.1	24.3	12.8	0.23	<5	5.74×10^{-6}	2.39×10^{-6}

注：“—”代表因样品原因无法检测

4.2.9 场地污染调查结果

4.2.9.1 土壤调查结果

根据本地块土壤风险筛选值进行评价，具体表现如下：

(1) pH

详细调查阶段共对 81 组土壤样品 pH 值进行了检测，检测结果统计情况如表 4.2.9-1 所示。场地土壤整体偏酸性。

表 4.2.9-1 pH 值检测结果统计情况

最小值	最大值	平均值	标准差	pH 值<7	pH 值>7	pH 值>8
4.95	8.72	6.29	0.74	70 个	8 个	3 个

(2) 有机农药类

场地环境详细调查阶段，有机农药类共分析监测 81 个样品，监测因子甲胺磷、甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵、杀螟硫磷、对硫磷、敌敌畏等共 7 种有机物。监测点位主要分布在生产车间及场地内污水池、固体收集池等区域。

通过监测结果可以看出，甲基对硫磷、扑虱灵、杀螟硫磷、对硫磷、敌敌畏有机农药类在本场地土壤中均有检出，TR20 号监测点位的（甲胺磷等反应车间旁）农药类指标甲基对硫磷超过了本次场地筛选值，表明场地内此区域土壤已经受到有机农药类污染物污染。

表 4.2.9-2 有机农药类污染物检出结果统计情况（单位：mg/kg）

监测项目	筛选值	总数	检出数	检出率	超标数	超标率	最大检出浓度
甲胺磷	3.2	81	0	0.00	/	/	0
甲基对硫磷	16	81	49	60.49	141.67	7.41	2140
灭多威	1500	81	0	0.00	/	/	0
扑虱灵	/	81	11	13.58	/	/	1.22
杀螟硫磷	/	81	16	19.75	/	/	310
对硫磷	370	81	4	4.94	/	/	212
敌敌畏		81	1	1.23			0.0026

表 4.2.9-3 有机农药类检出汇总表（未检出暂时按照 0 代替、单位：mg/kg）

采样点位	深度（m）	甲胺磷	甲基对硫磷	灭多威	扑虱灵	杀螟硫磷	对硫磷	敌敌畏
TR13-1	1	0	0.271	0	0	0.0065	0	0
TR13-3	3	0	0.0137	0	0	0	0	0
TR13-5	5	0	0	0	0.267	0	0	0
TR13-7	7	0	0	0	0.379	0	0	0

TR13-9	9	0	0	0	0.023	0	0	0
TR14-1	1	0	0.0052	0	0	0	0	0
TR14-2	2	0	0.0052	0	0	0	0	0
TR14-3	3	0	0.0052	0	0	0	0	0
TR14-5	5	0	0.0055	0	0	0	0	0.0026
TR14-6	6	0	0.0744	0	0	0	0	0
TR14-7	7	0	0.0052	0	0	0.0069	0	0
TR15-1	1	0	0.0058	0	0	0	0	0
TR15-3	3	0	0.0052	0	0	0	0	0
TR16-3	3	0	0.0827	0	0	0	0	0
TR16-7	7	0	0.341	0	0	0.0074	0	0
TR16-9	9	0	2.49	0	0	0.0094	0	0
TR17-1	1	0	1.58	0	0	0.0146	0	0
TR17-3	3	0	0.968	0	0	0.0094	0	0
TR17-5	5	0	0.01	0	0	0	0	0
TR17-7	7	0	0.0271	0	0	0	0	0
TR18-1	1	0	5.52	0	0	0.01	0	0
TR18-3	3	0	2.10	0	0.011	0.0066	0	0
TR18-5	5	0	0.63	0	0	0.0189	0	0
TR19-1	1	0	16.9	0	0.016	0.014	0	0
TR19-3	3	0	1.73	0	0.064	0.103	0.296	0
TR19-6	6	0	0.401	0	0	0.006	0	0
TR19-8	8	0	1.74	0	0	0.012	0	0
TR19-12	12	0	0.384	0	0	0	0	0
TR20-1	1	0	2140	0	1.22	0	212	0
TR20-2	2	0	1860	0	0.341	0	35.7	0
TR20-3	3	0	151	0	0	0	0	0
TR20-6	6	0	52.4	0	0	0.325	0.205	0
TR20-7	7	0	50.1	0	0	0	0	0
TR20-9	9	0	0.491	0	0	0	0	0
TR20-12	12	0	0.14	0	0	0	0	0
TR22-1	1	0	0.228	0	0	0	0	0
TR22-4	4	0	0.202	0	0	0	0	0
TR22-7	7	0	0.239	0	0	0	0	0
TR22-9	9	0	1.60	0	0	0	0	0
TR23-1	1	0	0.0558	0	0	0	0	0
TR23-3	3	0	0.0487	0	0	0	0	0
TR23-5	5	0	0.0809	0	0.118	0	0	0
TR24-1	1	0	0.863	0	0	0	0	0
TR24-3	3	0	0.433	0	0	0	0	0
TR24-6	6	0	0.124	0	0.022	0	0	0
TR24-10	10	0	0.526	0	0	0	0	0
TR25-1	1	0	0.303	0	0.014	0.0061	0	0

TR25-4	4	0	0.0332	0	0	0.0055	0	0
TR25-7	7	0	0.233	0	0	0	0	0
TR25-10	10	0	0.037	0	0	0	0	0
TR27-4	4	0	0.036	0	0	0	0	0
TR28-7	7	0	0.338	0	0	0	0	0

1) 甲基对硫磷

厂区内土壤样品中检测到甲基对硫磷的点位较多，除 TR26、TR29、TR30 外，其他样品均有检出甲基对硫磷。其中样品检测到的甲基对硫磷浓度范围在 0.0052-2140 mg/kg，其中检出点位 TR19-1、TR20-1、TR20-2、TR20-3、TR20-6、TR20-7 监测值均超过本次筛选值。

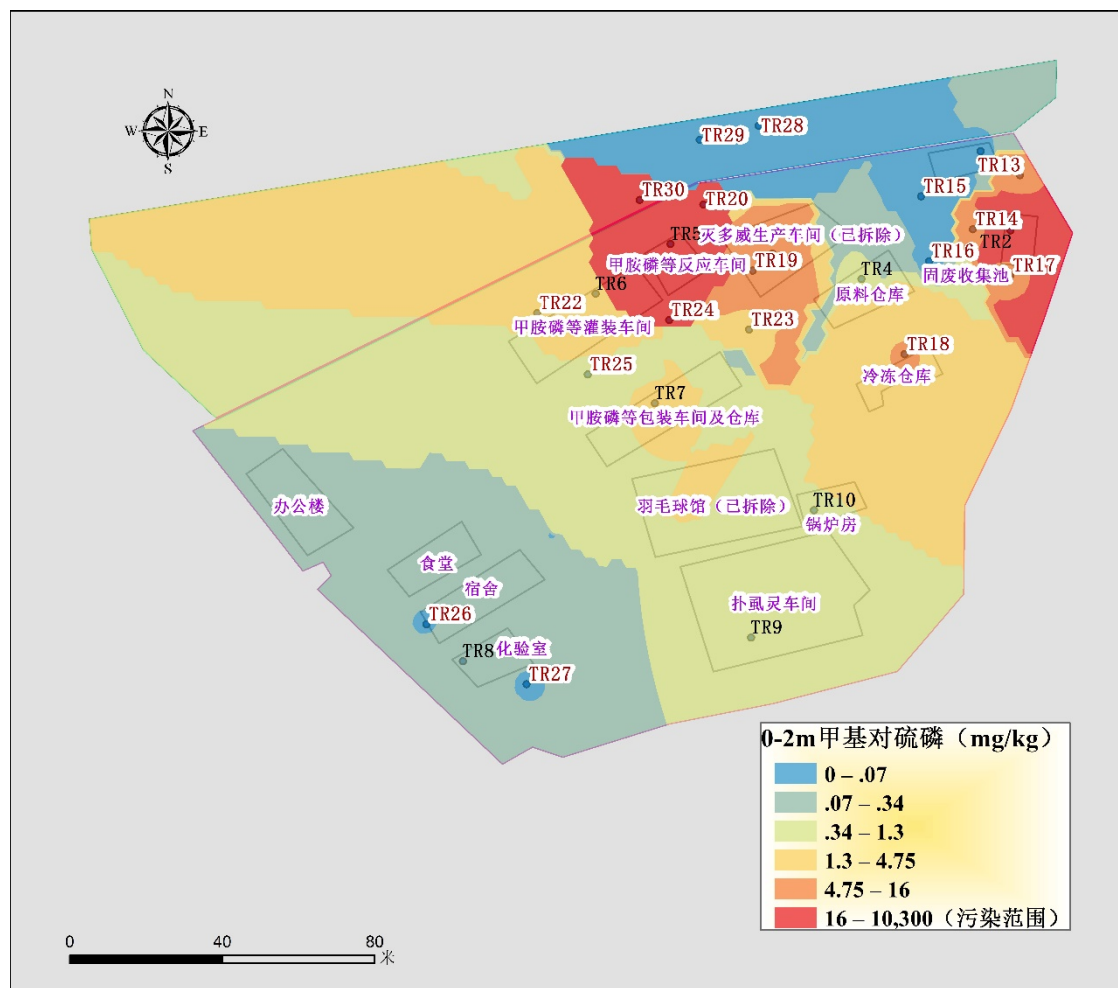
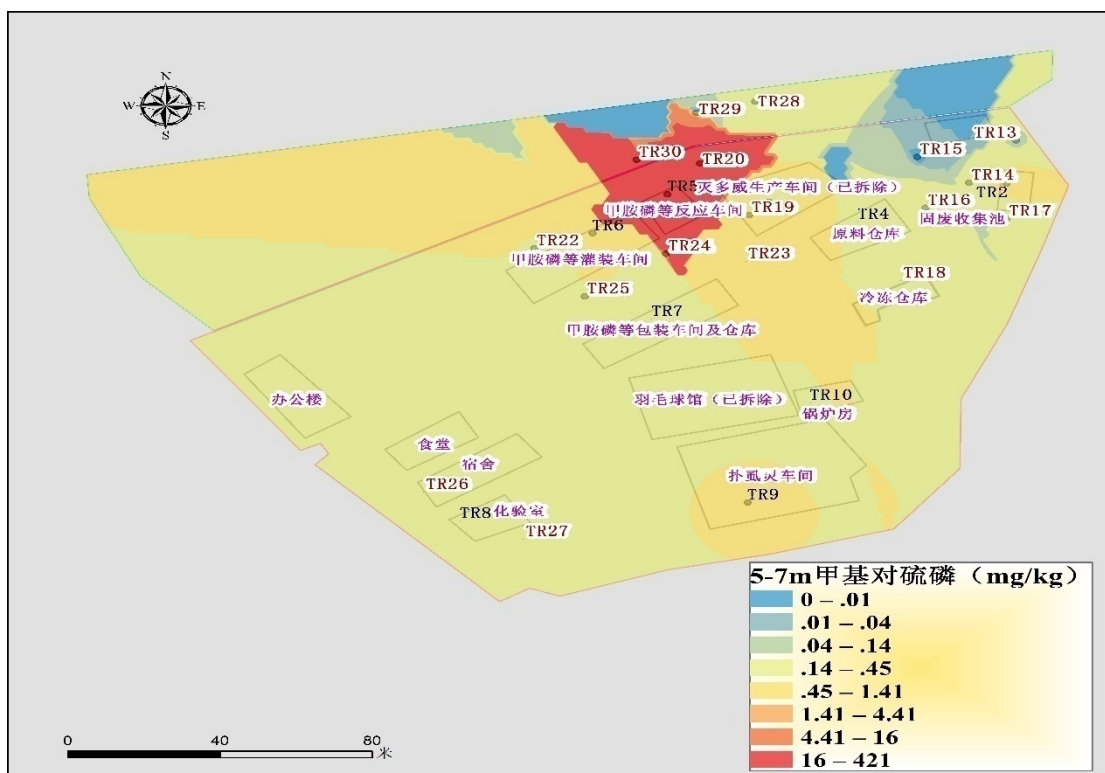
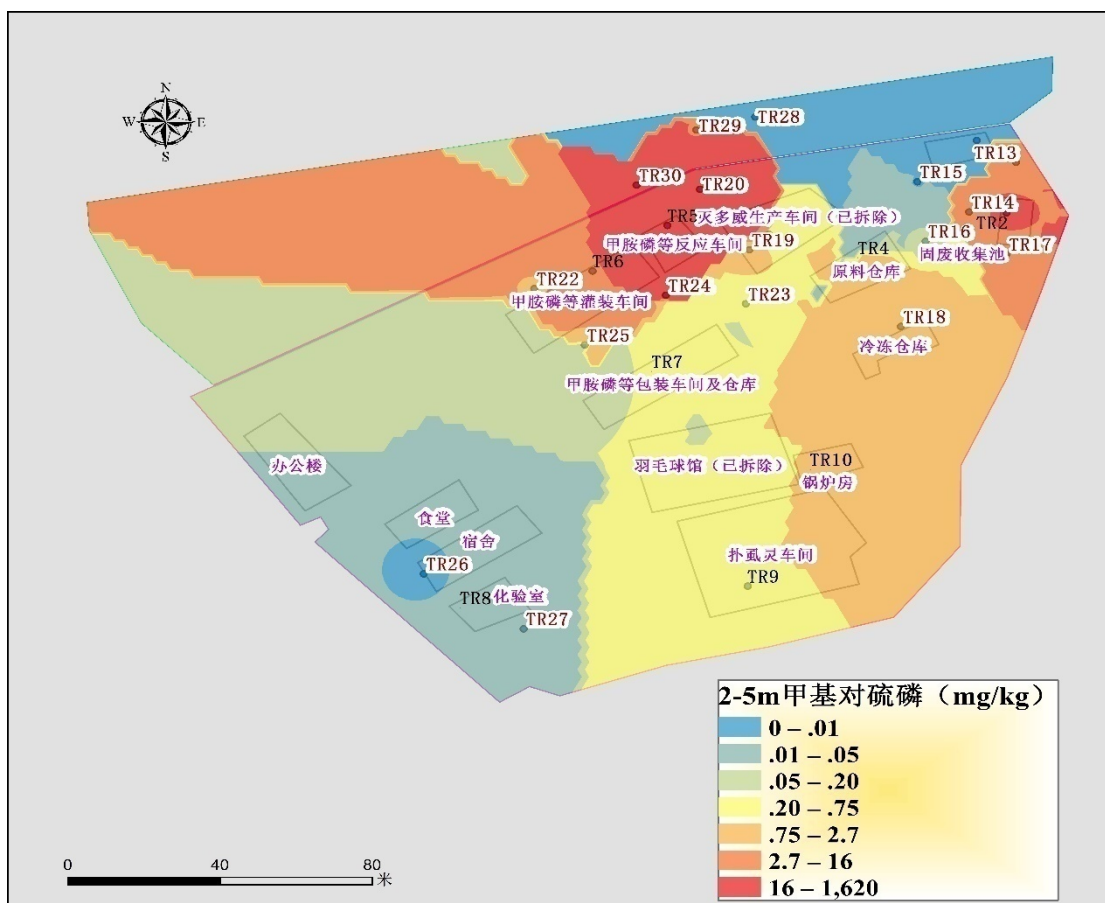


图 4.2.9-1 甲基对硫磷在 0-2m 土层污染分布



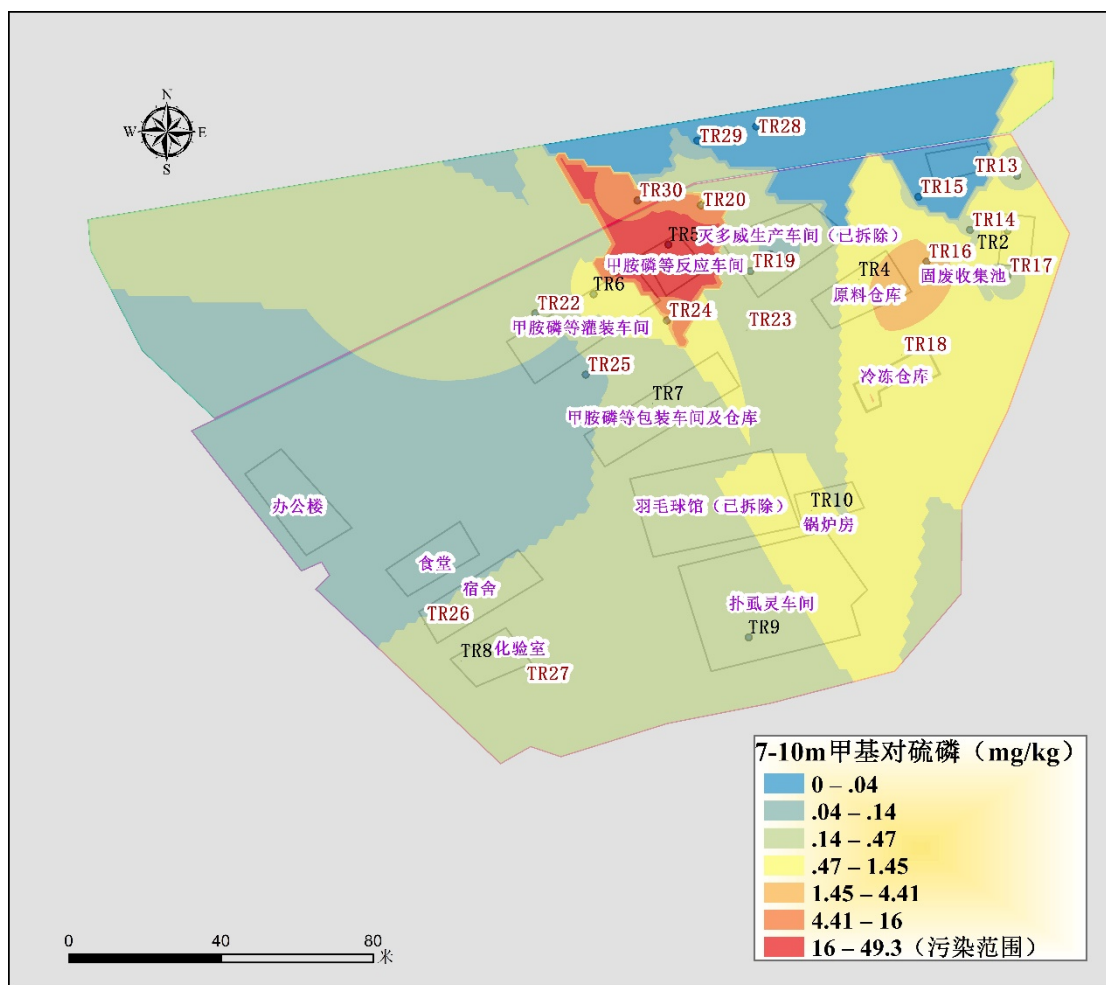


图 4.2.9-4 甲基对硫磷在 7-10m 土层污染分布

2) 灭多威

本次土壤样品中未检测到灭多威。

3) 扑虱灵

土壤样品中检测到扑虱灵的点位有 TR13、TR18、TR19、TR20、TR23、TR24、TR25，检测到的扑虱灵浓度范围在 0.011-1.22 mg/kg。

4) 杀螟硫磷

土壤样品中检测到杀螟硫磷的点位有 TR13、TR14、TR16、TR17、TR18、TR19、TR20、TR25，检测到的杀螟硫磷浓度范围在 0.0055-301 mg/kg。

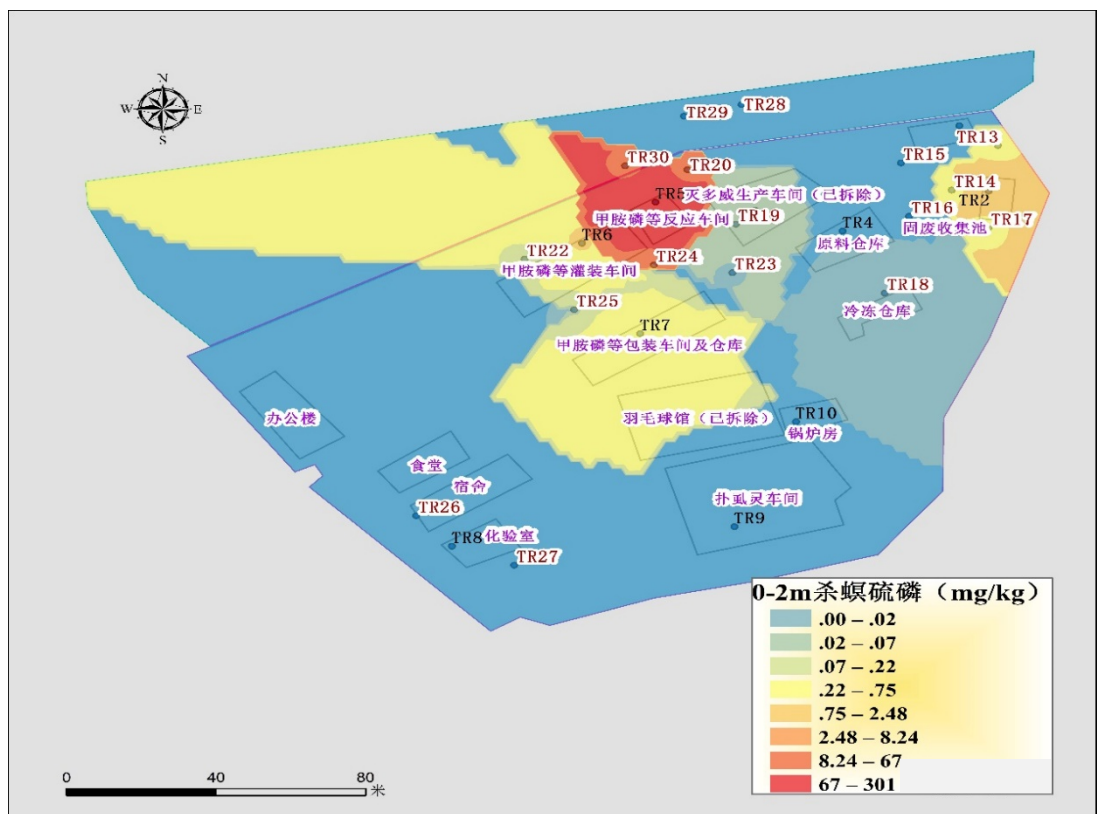


图 4.2.9-5 杀螟硫磷在 0-2m 土层分布

5) 对硫磷

土壤样品中检测到对硫磷的点位有 TR19、TR20，检测到的对硫磷浓度范围在 0.205-35.7mg/kg，检出点位监测值均未超过本次筛选值。

6) 敌敌畏

厂区土壤样品中检测到敌敌畏的点位有 TR14，检测到的浓度值为 0.0026mg/kg，检出点位监测值均未超过本次筛选值。

表 4.2.9-4 超筛选值土壤样品汇总

污染物	评估标准 mg/kg	超标样品	超标深度 (m)	总深度 (m)	所属区域	检出浓度 (mg/kg)	超标 倍数
甲基对 硫磷	15	TR19-1	1	12	甲胺磷等反应车间东南面	16.9	0.06
		TR20-1	1	12	甲胺磷等反应车间东侧	2140	132.75
		TR20-2	2	12	甲胺磷等反应车间东侧	1860	115.25
		TR20-3	3	12	甲胺磷等反应车间东侧	151	8.44
		TR20-6	6	12	甲胺磷等反应车间东侧	52.4	2.28
		TR20-7	7	12	甲胺磷等反应车间东侧	50.1	2.13

(3) 重金属

详细调查阶段，重金属因子主要包括砷、铬（六价）2项指标，检测样品总数 81 个。以上 2 种重金属在调查场地内均有检出，重金属检测结果统计见下表 4.2.9-5。

表 4.2.9-5 重金属检出结果统计情况（单位：mg/kg）

污染物		筛选值	污染物浓度				检出率 (%)	超标率 (%)	最大超 标倍数
			最大值	平均值	中位值	最小值			
重金属	砷	20	39.83	13.25	12.9	1.83	100	7.41	0.99

注：①——取自《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）中第一类用地保护人体健康的建设用地土壤污染风险筛选值，单位为 mg/kg。

以第一类用地保护人体健康的建设用地土壤污染风险筛选值作为参考评价标准时，土壤样品中的重金属砷明显偏高，其中砷检出与区域背景值有关，部分点位存在砷超标 1 倍的情况，其原因可能为锅炉房的燃煤所致及农药药剂生产过程中的跑冒滴漏。

铬（六价）检出浓度均低于 2 mg/kg，本场地所有点位铬（六价）检出浓度均符合本场地土壤风险筛选标准。

砷检出浓度范围为 1.83~39.8mg/kg，有 6 个点位砷检出浓度高于本场地土壤风险筛选标准，超标点位于 TR13 固体废弃物收集池旁空地、TR15 灭多威车间南侧、TR28 灭多威车间北侧 15m、TR30 甲胺磷等反应车间北面，其中灭多威车间北侧 15m 区域 TR28 点位 7.0m 深度土壤中砷检出浓度最高（39.8mg/kg），最大超标倍数 0.99。

调查中砷的最大浓度值为 40.4mg/kg，依据 GB36600 红壤背景值 40mg/kg，本次风险评估不建议将砷作为关注污染物。

4.2.9.2 底泥调查结果

在农药厂厂房东侧污水下渗农田区域共采集地表水样品 1 组（DB2）和底泥样品 4 组（DN2、DN3、DN4、DN5），在厂区东侧 50m 处池塘采集地表水样品 1 组（DB3）和底泥样品 1 组（DN6），位于厂区西面 280m 处池塘采集地表水样品 1 组（DB4）和底泥样品 1 组（DN7）。

共取 6 个底泥样品进行实验室分析，检测结果显示所有底泥样品的机农药类

指标除 DN2 扑虱灵有检出外（未超过筛选值），其余指标均未检出。重金属指标砷、铬（六价）与区域背景值相当，底泥基本为酸性土质。

4.2.9.3 地表水调查结果

在农药厂厂房东侧污水下渗农田区域共采集地表水样品 1 组（DB2），在厂区东侧 50 处池塘采集地表水样品 1 组（DB3），位于厂区西面 280m 处池塘采集地表水样品 1 组（DB4）。经实验室分析检测，所有地表水样品的有机农药类指标仅有 DB4 甲基对硫磷、DB2 对硫磷、DB3 对硫有检出外（未超过筛选值），其余指标均未检出。重金属指标砷、铬（六价）均在标准限值范围之内，水质 pH 为偏酸性。

4.2.9.4 地下水调查结果

详细调查阶段补充了 6 个地下水监测点（其中 4 口监测井为新建，2 口为利用已有简易监测井）：DX4~DX9 监测井，场地内共采集下水样品 6 组。

（1）地下水 pH

场地地下水样品 pH 值检测结果见表 4.2.9.4-1。

从表中可知，调查地块内的 6 个监测井地下水样品的 pH 值均能达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）I 类水标准。

表 4.2.9.4-1 地下水 pH 值检测结果

地下水样	pH 值	备注
DX4	6.39	/
DX5	6.56	/
DX6	6.65	/
DX7	6.55	/
DX8	7.38	/
DX9	/	/

（2）基本水质因子

本次详细采样分析阶段有 6 个监测井，地下水样品均检测了硫酸盐、氯化物、溶解性总固体、高锰酸盐指数、砷、六价铬、总硬度等基本水质因子。

检测结果表明：DX4-DX8 所有检测因子均能达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类水标准；DX9 高锰酸盐指数超过本次评价标准、砷检测值也略超本次标准限值，其余指标基本能达到 III 类水标准。

(3) 有机农药类

地下水检测有机农药类包括：甲胺磷、甲基对硫磷、杀螟硫磷、灭多威、对硫磷、敌敌畏、扑虱灵 7 项指标。

检测结果表明：DX4-DX8 所有检测因子均能达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类水标准及本次筛选值要求；DX9 甲胺磷、甲基对硫磷敌敌畏超过本次评价筛选值，其他检测的有机物仅有 DX7 检出扑虱灵。

地下水检测结果见表 5.2.8-2。

表 5.2.8-2 地下水样品检测结果统计(详细采样分析)

检测项目	单位	地下水质量标准 (GB14848-2017)	DX4	DX5	DX6	DX7	DX8	DX9
pH 值	无量纲	6-9	6.39	6.56	6.65	6.55	7.38	6.39
碳酸盐碱度	mg/L	/	0	0	0	0	0	0
重碳酸盐碱度	mg/L	/	54.9	82	36.4	57.2	83.6	168
硫酸盐	mg/L	250	59.1	1.56	1.21	19.8	9.12	6.48
氯化物	mg/L	250	33.4	18.6	81.8	6.9	1.12	17.2
溶解性总固体	mg/L	1000	155	138	201	103	170	256
高锰酸盐指数	mg/L	3	1.51	1.33	1.24	1.82	2.53	52.5
砷	mg/L	0.01	/	/	/	/	/	0.0142
六价铬	mg/L	0.05	/	/	/	/	/	ND
钾	mg/L	/	1.77	1.08	2.14	1.57	2.75	1.9
钠	mg/L	/	16.4	10.6	6.14	6.65	1.38	14.7
钙	mg/L	/	18.8	24.7	29.3	11.4	28.8	18.2
镁	mg/L	/	11	5.97	14.4	4.48	3.34	14.5
总硬度	mg/L	450	120	102	164	78.2	127	172
甲胺磷	mg/L	0.001	/	/	/	/	/	0.0034
甲基对硫磷	mg/L	0.002	ND	ND	ND	ND	ND	35.2
杀螟硫磷	mg/L	0.003	ND	ND	ND	ND	ND	ND
灭多威	mg/L	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
对硫磷	mg/L	0.086	ND	ND	ND	ND	ND	ND
敌敌畏	mg/L	0.001	ND	ND	ND	ND	ND	0.0055
扑虱灵	mg/L	/	ND	ND	ND	7.6×10^{-4}	ND	ND
二氯甲烷	mg/L	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	/

4.2.9.5 详细调查总结

对汨罗市原城郊乡农药厂厂区土壤和地下水环境进行详细调查检测，共采集土壤样品 81 组，地下水样品 6 组，样品分析检测项目主要包括 pH，重金属砷、铬（六价），有机磷农药指标等。

检测结果发现：

（1）详细调查阶段有 2 个点位，共 6 个土壤样品有机磷农药超标，超标因子为甲基对硫磷，超标污染因子需要根据场地用地规划进行健康风险评估，以确定污染物风险水平。

（2）详细调查阶段共设置地下水监测井 6 个，检测结果中 DX9 样品存在污染物超标。地下水中主要污染因子为高锰酸盐指数、砷、甲胺磷、甲基对硫磷敌敌畏。

（3）详细调查阶段采集底泥样品 6 个，检测结果显示所有底泥样品的有机农药类指标除 DN2 扑虱灵有检出外（未超过筛选值），其余指标均未检出。

（4）详细调查阶段在甲胺磷等反应及灌装车间（目前作为污染土壤暂存间）采集污染土壤样品 12 组，检测结果显示污染土壤的主要污染指标为甲基对硫磷、扑虱灵、杀螟硫磷、对硫磷，其余指标甲胺磷、灭多威、敌敌畏均未检出。

4.3 两次调查结果汇总分析

4.3.1 场地内土壤调查结果

在 40 亩的建筑区域，两期共布设 28 个点位，采集分析土壤样品 120 个，检测指标主要包括重金属、SVOCs、有机农药类等。

经过实验室分析共有 4 个样品超过筛选值，2 种污染物超过筛选值：砷、甲基对硫磷，杀螟硫磷（控制值）根据后续健康风险计算核实控制值。超标样品超标点位见图 4.3-1。



图 4.3-1 超标点位分布图

单一因子分析时，按照场地自然土层特性及现场超标样品位置结果主要分 4 层进行采集。具体分层情况如下：0m~2.0m 为第一层；2.0m~5.0m 为第二层；5.0~7.0m 为第三层，7.0~10.0m 为第四层。按照土层分层分析，并且针对超标因子进行详细分析。

表 4.3-1 两期调查土壤超标结果分析

检测项目	筛选值 mg/kg	含量范围 (mg/kg)	检出率 (%)	超标率 (%)	最高含量点位-深度(m)	最大值超标倍数
砷 As	20	1.83-40.4	100	8.33	TR06-7	1.02
甲基对硫磷	16	0-10300	62.5	11.67	TR05-1	642.75
杀螟硫磷		0-301	23.33		TR05-1	

注：/表示未获得初次调查数据，无法进行统计

表 4.3-2 两期调查超标污染因子信息一览表

调查阶段	污染物	评估标准 (mg/kg)	超标样品	超标深度 (m)	总深度 (m)	所属区域	浓度 (mg/kg)	超标倍数
初步调查	砷	20	T2-1	1	5	固体废弃物池	26	0.3
			T6-1	7	10	甲胺磷灌装车间旁排水沟	40.4	1.02
			T6-2	9	10	甲胺磷灌装车间旁排水沟	37.8	0.89
			T8-2	0.8	3	化验室	20.4	0.02
	甲基对硫磷	16	TR2-1	1m	10	固废收集池	58.1	2.87
			TR2-4	4m	10	固废收集池	33.8	1.25
			TR5-1	1m	10	甲胺磷等反应车间	10300	685.67
			TR5-3	3m	10	甲胺磷等反应车间	1620	107
			TR5-5	5m	10	甲胺磷等反应车间	820	53.67
			TR5-7	7m	10	甲胺磷等反应车间	421	27.07
			TR5-9	9m	10	甲胺磷等反应车间	49.3	2.29
	杀螟硫磷		TR5-1	1m	10	甲胺磷等反应车间	301	3.49
详细调查	砷	20	TR13-7	7m	9	固体废弃物池北侧	22.7	0.14
			TR15-7	7m	9	灭多威生产车间	37.1	0.86
			TR28-1	1m	9	灭多威生产车间北侧	21.8	0.09
			TR28-7	7m	9	灭多威生产车间北侧	39.8	0.99
			TR28-9	9m	9	灭多威生产车间北侧	31.0	0.55
			TR30-1 1	11m	11	甲胺磷等反应车间北面	20.4	0.02
	甲基对硫磷	16	TR19-1	1m	11	甲胺磷等反应车间东南面	16.9	0.06
			TR20-1	1m	11	甲胺磷等反应车间东北侧	2140	132.75
			TR20-2	2m	11	甲胺磷等反应车间东北侧	1860	115.25
			TR20-3	3m	11	甲胺磷等反应车间东北侧	151	8.44
			TR20-6	6m	11	甲胺磷等反应车间东北侧	52.4	2.28
			TR20-7	7m	11	甲胺磷等反应车间东北侧	50.1	2.13

(1) 砷

两期调查砷送检样品共 120 个，检出样品个数为 120 个，检出率为 100%。其中有 10 个样品检出浓度超标，分别是位于固体废弃物收集池的 TR2-1，甲胺磷灌装车间旁排暗渠的 TR6-1、TR6-2，化验室的 TR8-2，砷的超标率为 8.33%。检出浓度最高点编号是 TR6-1 (40.4mg/kg)，位于甲胺磷灌装车间旁排水暗渠，说明本区域附近土壤可能存在重金属砷的污染，需进行场地情况进行人体健康风险评价，评价其风险状况。超标点位检测结果详见表 4.3-2。

(2) 甲基对硫磷

两期调查 甲基对硫磷送检样品共 120 个，检出样品个数为 75 个，检出率为 62.5%。其中有 14 个样品检出浓度超标，分别是位于固体废弃物收集池的 TR2-1、TR2-4，甲胺磷灌装车间旁排暗渠的 TR5-1、TR5-3、TR5-5、TR5-7、TR5-9，甲胺磷等反应车间东南面的 TR19-1，甲胺磷等反应车间东北侧的 TR20-1、TR20-2、TR20-3、TR20-6、TR20-7。检出浓度最高点编号是 TR5-1 (10300mg/kg)，位于甲胺磷灌装车间旁排水暗渠，说明本区域厂房范围附近土壤存在甲基对硫磷污染严重现象，需要进行人体健康风险评价，评估其风险状况。超标点位检测结果详见表 4.3-2。

(3) 杀螟硫磷

两期调查 杀螟硫磷送检样品共 120 个，检出样品个数为 28 个，检出率为 23.33%。检出浓度最高点编号是 TR5-1 (301mg/kg)，位于甲胺磷反应车间旁排水暗渠，说明本区域厂房范围附近土壤存在杀螟硫磷污染，需要进行人体健康风险评价，评估其风险状况。

经过场地初步调查与详细调查，确定场地土壤中存在重金属砷、甲基对硫磷、杀螟硫磷(超过风险控制值)超筛选值现象。其中砷最大浓度值为 40.4mg/kg，参考 GB36600 红壤背景值 40mg/kg，不建议将其纳入风险评估关注污染物，因子针对土壤风险评估的关注污染物主要有甲基对硫磷、杀螟硫磷，通过风险评估确定超标污染物对人体健康风险状况。

4.3.2 周边土壤调查结果

在厂区四周无污染的区域采集 12 个背景点，采样深度在 0.2~1.0m，检测指标为 pH、重金属（砷、铬（六价））和有机农药类（甲基对硫磷、甲胺磷、杀螟硫磷、扑虱灵、灭多威、对硫磷、敌敌畏），作为本次项目当地的背景值，

由检测结果可知，当地砷含量范围在 13~40.4mg/kg；铬（六价）含量均低于 2mg/kg；pH 范围在 4.5-7.27mg/kg，平均值为 5.6mg/kg，区域土壤偏酸性。

4.3.2 地下水

初步调查过程中，DX1 的甲基对硫磷超标 32 倍；DX2 二氯甲烷超标 2.34 倍。场地地下水的环境质量总体较差，可能存在一定的环境风险。

3 个地下水样品均位于场地地下水流向的中下游方向，其中 DX2 靠近原甲胺磷等反应车间，考虑有可能为车间污水暗渠内废水泄漏。针对 DX1 甲基对硫磷指标的超标，推测可能为场地中存在泄漏污染，通过地下水径流运移扩散导致场地中下游监测点 DX1 存在污染。

详细调查过程中，DX4-DX8 所有检测因子均能达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类水标准及本次筛选值要求；DX9 甲胺磷、甲基对硫磷敌敌畏超过本次评价筛选值，其他检测的有机物仅有 DX7 检出扑虱灵。

第 5 章场地污染概念模型

场地概念模型是污染场地上污染源、污染运移路径和污染受体的一个信息集合体。模型包含了通过场地调查所获得的关于场地的所有已知信息，该模型是动态的，是随着调查的深入和信息的增加而不断修正的。建立场地概念模型有利于辨识缺失的数据、降低污染场地调查和修复决策过程中的不确定性。

5.1 污染源

5.1.1 场地历史

汨罗市原城郊乡农药厂位于湖南省岳阳汨罗市，占地面积 40 亩，原职工 200 余人，成立于 1985 年，至停产关闭已有 20 多年生产历史，主要生产甲胺磷、甲基对硫磷、灭多威、扑虱灵等农药，其中甲胺磷产量约为 1000t/a。2005 年 7 月 3 日起停运关闭。

5.1.2 潜在污染源

综合前期场地调查评估成果，汨罗农药厂甲胺磷等反应车间、甲胺磷等灌装车间、固体废弃物收集池、地下污水暗渠为主要污染源。

5.1.3 关注污染物

经过场地调查，确定场地土壤中存在重金属砷、甲基对硫磷、杀螟硫磷超筛选值现象。其中砷最大浓度值为 40.4mg/kg，参考 GB36600 红壤背景值 40mg/kg，不建议将其纳入风险评估关注污染物，因子针对土壤风险评估的关注污染物主要有甲基对硫磷、杀螟硫磷，通过风险评估确定超标污染物对人体健康风险水平。

地下水关注污染物为甲胺磷、甲基对硫磷、敌敌畏、二氯甲烷。

5.1.4 释放机理

根据调查和分析，场地土壤和地下水污染可能来自于以下原因：

- (1) 生产区域跑冒滴漏。
- (2) 污水管线泄漏：调查取样过程中发现该场地甲胺磷等反应车间的地下

排水暗渠深度在 0.5~0.8m 之间，污水管线分布其中，车间生产过程中排出的污染物可能通过污水管线泄漏至附近区域的土壤中。

(3) 通过水体发生垂直或水平迁移。

(4) 随意倾倒存在大量随意丢弃的包装原料、半成品或成品。

(5) 废物填埋。

5.2 场地水文地质

(1) 地层概况

场地地层自上而下分为填土、粉质粘土、砂层及砂卵石层，填土层平均厚度约 1.1m，粉质粘土层平均厚度约 4.0m，粗砂层平均厚度约为 3.5m，砂卵石层揭露平均深度约 8.5m。

(2) 水文地质条件

本次工作区域地下水主要为第四系松散岩类孔隙潜水。依据汨罗区域水文地质资料及本次场地内监测井的水位数据，本场地内地下水流向为自东北流向西南。场地地下水埋深 5.85~9.0m，平均埋深 6.3m；根据抽水试验结果，浅层地下水含水层水平渗透系数约 15m/d，场地水力梯度约 2.66‰。

场地地下水主要靠大气降雨和侧向径流补给及汨罗江江水补给，主要排泄方式为蒸发和侧向径流。

5.3 场地污染状况

5.3.1 土壤

(1) 有机磷农药，关注污染物主要为甲基对硫磷、杀螟硫磷。甲胺磷等反应车间附近甲基对硫磷污染至砂卵石层；固体废弃物填埋池填土层、粉质粘土层也普存在甲基对硫磷污染。杀螟硫磷可能污染主要区域为甲胺磷等反应车间北侧地下排水暗渠浅层土壤。对甲基对硫磷进行 Voxler 分析结果见图 5.3.1-1 至 5.3.1-2。

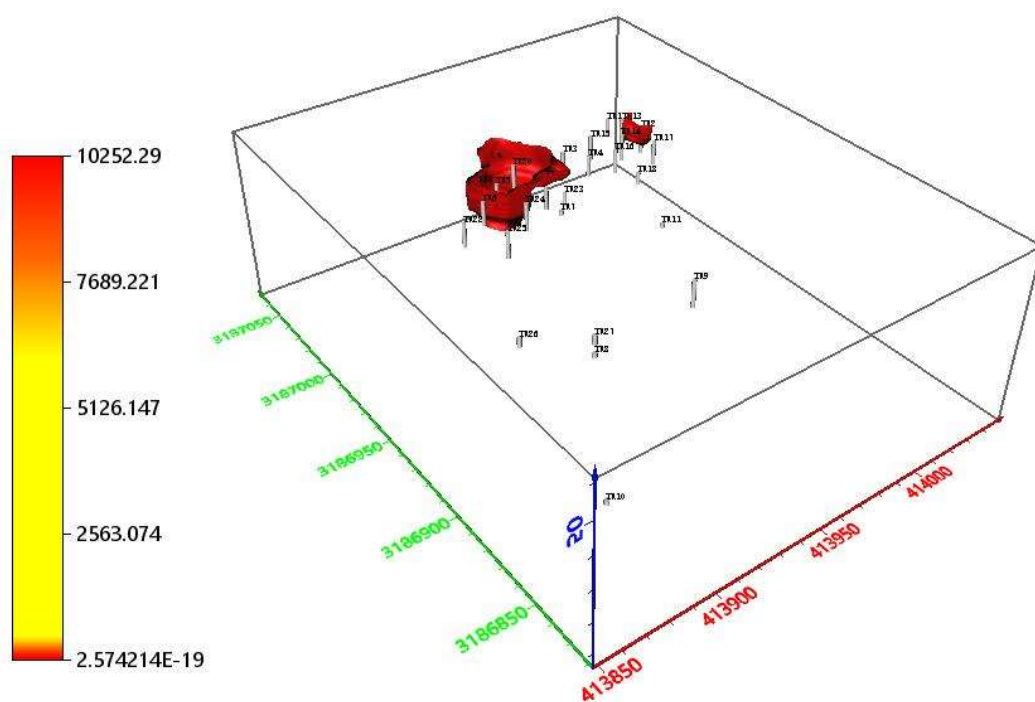


图 5.3.1-1 甲基对硫磷污染图 (>16mg/kg 范围)

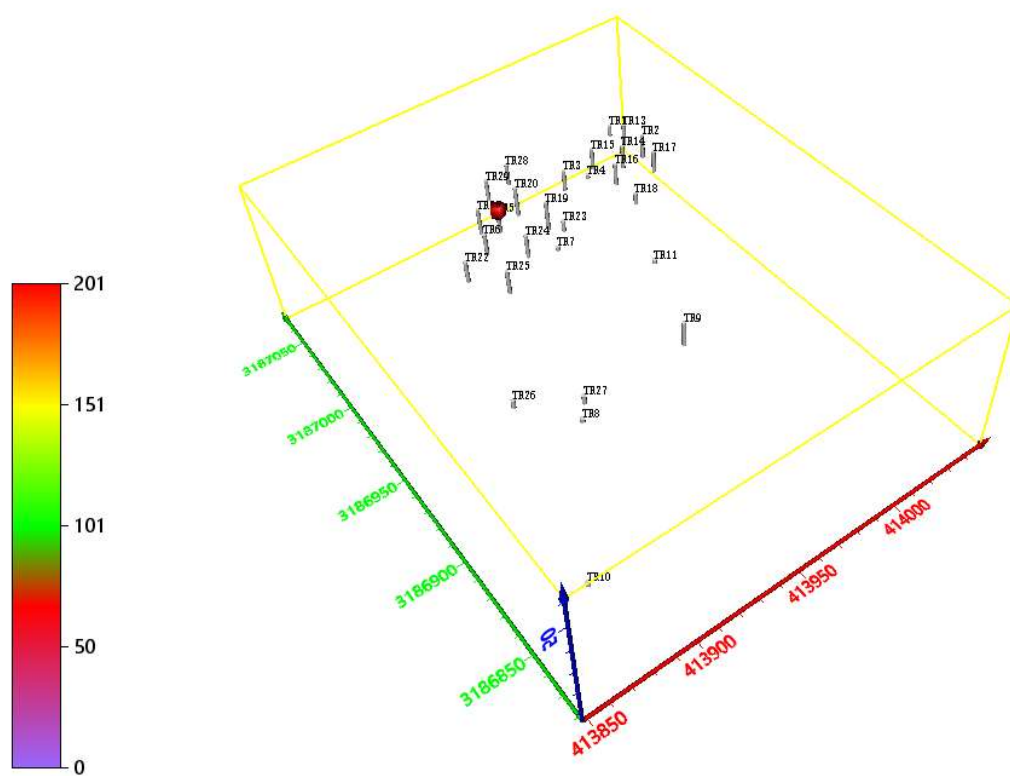


图 5.3.1-2 杀螟硫磷污染图

5.3.2 地下水

原生产区域地下水局部区域受到了有机农药类不同程度的影响，且与产品生产历史直接相关；

原甲胺磷等反应车间北侧区域地下水（DX2、DX9）主要受二氯甲烷、甲基对硫磷影响。

5.4 污染迁移途径

根据调查和前述分析，本场地土壤和地下水污染可能来自于以下原因：

（1）地表土壤污染物水平迁移

污染物可能通过跑冒滴漏等途径进入土壤，后随地表径流或粉尘扩散等方式进行水平的迁移，在迁移路径上污染物吸附于土壤介质。部分生产区域填土层污染可能是由于地表土壤污染物水平迁移导致。

（2）污染物垂直向下迁移

进入土壤的污染物在外部降雨或自身重力垂直向下迁移，进入下层土壤和地下水；在迁移过程中吸附在土壤介质表面，又会随挥发、解吸附等途径向外释放。部分生产区域粉质粘土层污染可能是由于污染物垂直向下迁移导致。

（3）污染物随地下水水平和垂直向下迁移

区域浅层地下水污染可能是由于污染物随地下水水平迁移导致；部分深层地下水样品受到一定程度影响可能是由于污染物垂直向下迁移或者随地下水垂直向下迁移导致。

5.5 暴露途径分析

土壤污染常通过以下途径对人类健康和生态环境产生影响：

（1）污染土壤进口摄入、皮肤接触、粉尘摄入

污染物进入土壤后，被土壤颗粒稳定吸附而固定在土壤介质中。工作或生活在表层土壤被污染的场地上的人员可能通过直接接触该土壤（皮肤接触）或意外摄取（如吞食）而暴露于污染物。另外，被污染的表层土壤可能以颗粒物形式进行长距离迁移，人体可能通过吸入污染粉尘而暴露于污染物。

（2）挥发成分进入室内和室外空气

场地土壤中的有机农药类有三种可能的存在状态：溶解于液相、挥发为气相和吸附于固相。如果土壤受到有机农药类污染，有机农药类污染物会随土壤气体进入室内和室外环境，影响室内室外气体质量，人体可能通过呼吸而暴露于污染物。

5.6 可能的污染受体

（1）未来使用阶段

汨罗市城郊乡农药厂位于汨罗江南侧地带，根据《汨罗市城市总体规划》，农药厂区将用城市建设用地（存在一、二类居住用地）。因此本场地在未来规划使用条件下的主要污染受体将是场地上的居民、及周围人群等，主要暴露途径包括经口摄入、皮肤接触、颗粒物吸入及室内外蒸汽吸入等。

（2）未来场地修复阶段

在场地建筑拆除和修复施工阶段，建筑拆除工人和场地修复工人将是主要的污染受体，主要暴露途径包括经口摄入、皮肤接触、颗粒物吸入及室外蒸汽吸入。

第 6 章场地风险评估

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甲基对硫磷、杀螟硫磷，依据《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”，需要开展健康风险评估。场地地下水污染物主要为甲胺磷、甲基对硫磷、敌敌畏和二氯甲烷，需要对场地中地下水进行风险评估。

针对土壤中的污染物，为了从整体上反应场地致癌风险，对场地土壤进行分层评估，所谓分层评估是指若该层土壤位于基于建筑物设计开挖深度以上部分，采用保守原则考虑其全部暴露途径，若位于开挖深度以下，则只考虑其关于下层土壤暴露的几种途径（具体见暴露途径分析），浓度采用每层的 95%UCL。若后期实际建设过程中开挖深度存在变更，开挖出的土壤修复目标值参考全暴露途径土壤修复目标值的选择；通过调查，确定该场地地下水不存在饮用途径，因此针对地下水污染物考虑吸入室外来自地下水气态污染物、吸入室内来自地下水气态污染物暴露途径。

6.1 分层评估必要性分析

对于重金属或部分挥发性很低的半挥发性污染物，若以整体进行评估，则模型只会计算表层污染土壤风险（默认值为 0.5m），涉及的暴露途径一般只有 3 种：经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物，这种评估模式通常情况下只适合基本不会进行开挖的规划项目，如规划为生态林地（通常考虑防渗和生态恢复），一般根据此三种暴露途径反推的修复目标值或风险管控值进行处理（修复到目标值；管控以阻隔暴露途径为主）。

对于存在挥发性气态污染物的污染场地，所需考虑的暴露途径为经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入室外、室内来自下层土壤气态污染物、吸入室外来自表层土壤气态污染物。若以传统评估模式，模型同样视表层土壤厚度为 0.5m（通常选择该层污染物浓度的 95%UCL 作为整体评估浓度），0.5m 至最深

污染土层为下层（将 0.5m 至最深污染土层污染物浓度的 95%UCL 作为整体评估浓度）。

传统评估模式的弊端有二：一是与场地规划和建筑物设计规范的结合不够。现实中，绝大部分污染场地治理后都会得到开发利用，一般为居住用地、商业用地、工业用地，由于地基、地下室等建筑物都会有开挖情况，一旦存在开挖情况，下层土壤的暴露情景就会发生变化，尤其是对于重金属或半挥发性有机物，下层开挖出的土壤同样会存在经口摄入、皮肤接触和吸入土壤颗粒物的可能；二是评估浓度代表性的问题。例如某污染场地最深污染土层达到 8m，传统评估模式视 0-0.5m 为表层，0.5-8m 为下层，则下层评估浓度的选择一般为某污染物在 0.5-8m 所有浓度数据的 95%UCL，若考虑到由于建筑物方案的开挖问题，如开挖 5m，分层评估的浓度取值模式为将拟开挖的 5m 以上土壤的 0-0.5m 视为表层（浓度取该层 95%UCL），0.5-5m 视为开挖出土壤的下层进行评估（浓度取该层 95%UCL），5m 以下则只考虑涉及下层气态污染物的暴露途径（浓度取 5-8m 95%UCL），显然更符合实际情况。

本次拟将开挖深度设为不开挖（开挖 0m、即传统模式）、开挖 5m 和开挖 10m 进行分层评估。

6.2 风险评估程序

根据《污染场地风险评估技术导则》，土壤环境污染风险评估的主要流程见图 6.2-2，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料，结合场地土地的规划利用方式，确定污染场地的关注污染物、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），具体见图 6.2-1。

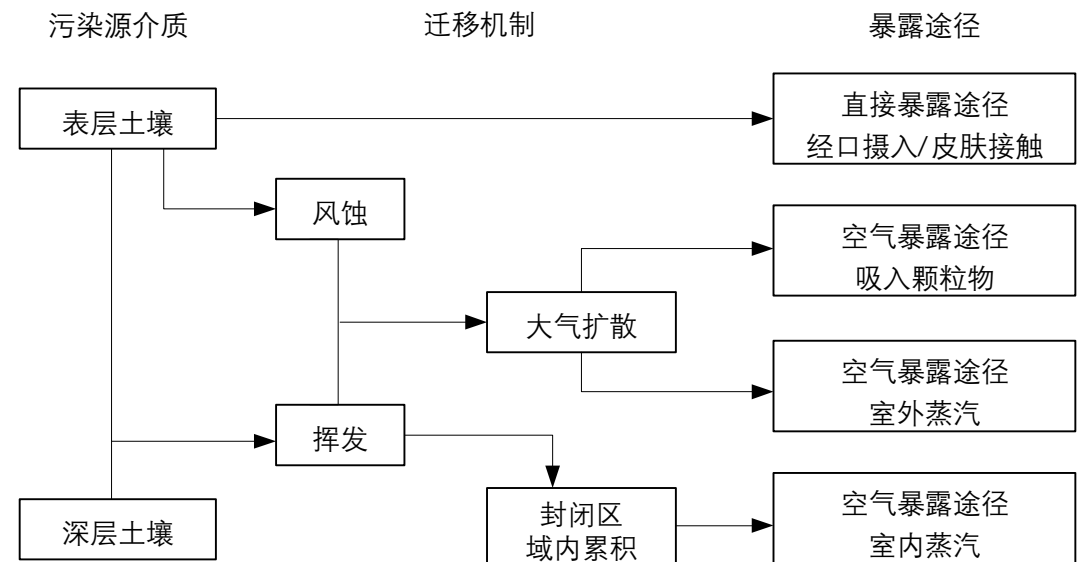


图 6.2-1 土壤污染物迁移机制

（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）。

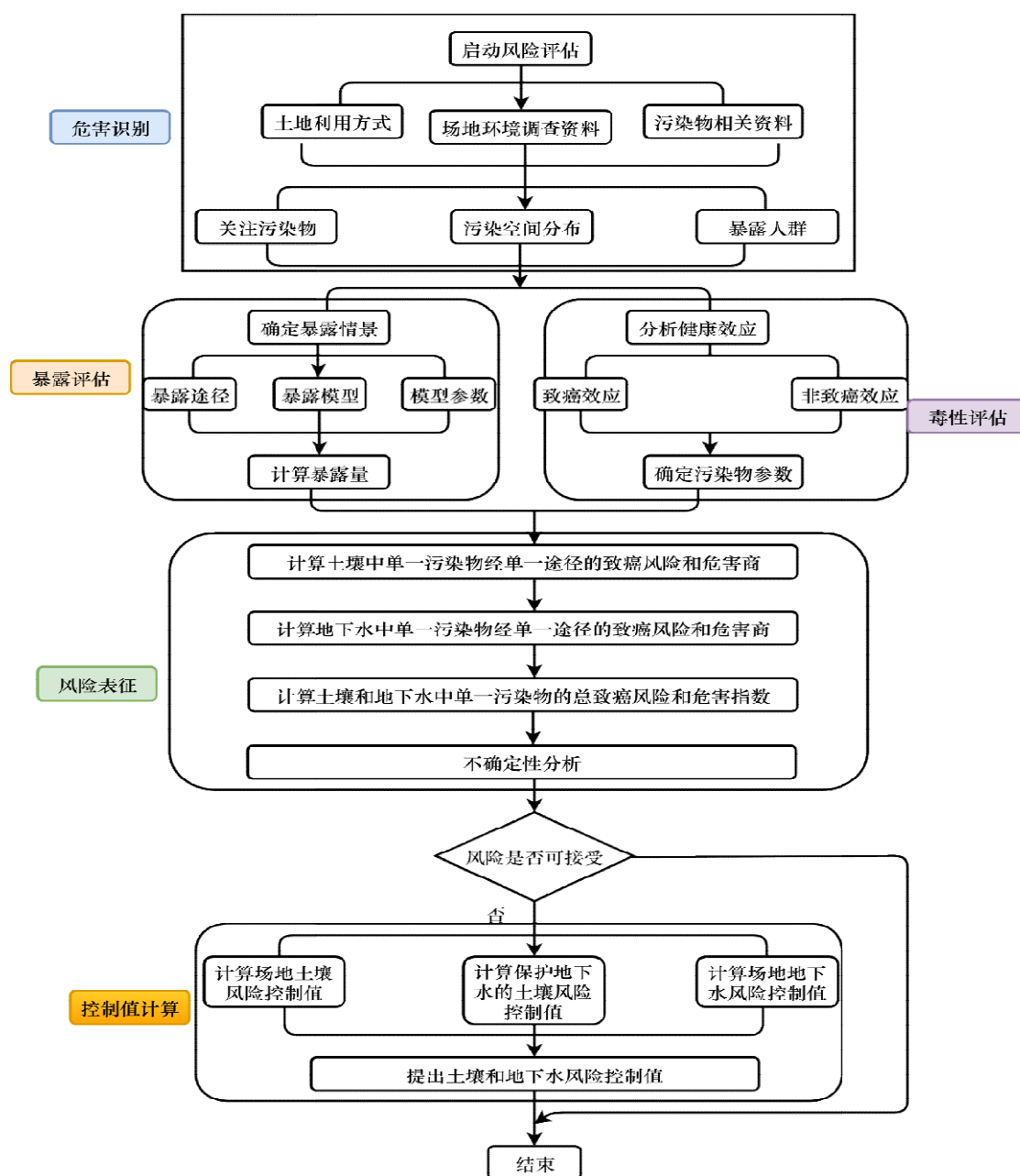


图 6.2-2 风险评估流程

6.3 关注污染物

根据第四章分析，本场地土壤中污染物主要为甲基对硫磷和杀螟硫磷（《污染场地风险评估技术导则》污染物数据库中不存在杀螟硫磷，参考治螟磷毒性数据评估）；地下水中污染物为甲胺磷、甲基对硫磷、敌敌畏和二氯甲烷。

由于污染物浓度垂直分布的不同，常规健康风险评估模式忽略了污染物随埋深加大到达受体的暴露途径减少、相同暴露途径的暴露量减少，评估结果确定的土壤修复目标值偏于保守，造成后期治理成本增加的问题。针对该问题本场地土

层依据建筑物基坑深度分别设定为 0m、5m 和 10m，其保守程度依次增加。为整体上反应该场地风险水平，每层采用 95%UCL（upper confidence level，置信区间上限值）进行评估，通过软件 Pro-UCL 计算，得到每层土壤污染物风险评估参考浓度数据，若该层浓度数据不足以计算 95%UCL 则采用最大值。基坑 0m，设定表层土壤厚度为 0-0.5m。

基坑 5m 设定清挖出的土壤全部暴露，在软件计算过程中设定为挖出的上层土壤厚度时，软件根据计算模型同样会设定一个表层土壤厚度，本次依据《污染场地风险评估技术导则》推荐表层土壤厚度，统一设定为 0.5m，即本次依据建筑物设计规范假定的上层开挖土壤本身在评估过程中会存在一个表层与下层的 关系，例如开挖深度为 5m，那么 5m 以上考虑全部暴露途径（包括表层和下层暴露途径），因此设定 0-0.5m 作为上层土壤的表层厚度，0.5-5m 为上层开挖土壤的下层厚度。基坑 10m 情况类似。

表 6.3-1 场地土壤风险评估土壤分层及浓度取值

开发利用条件	污染物	单位	0-0.5m	0.5-12m
			浓度取值	浓度取值
基坑 0m	甲基对硫磷	mg/kg	570.2	146.21
	杀螟硫磷	mg/kg	17.67	2.58
开发利用条件	污染物	单位	0-5m	5-12m
			浓度取值	浓度取值
基坑 5m	甲基对硫磷	mg/kg	284.8	54.64
	杀螟硫磷	mg/kg	4.66	2.14
开发利用条件	污染物	单位	0-10m	10-12m
			浓度取值	浓度取值
基坑 10m	甲基对硫磷	mg/kg	76.68	0.14
	杀螟硫磷	mg/kg	2.686	0

针对地下水中污染物，采用该场地地下水污染物浓度最大值，根据调查，该场地地下水埋深 5.85~9.0m，平均埋深 6.3m，因此地下水埋深取值为 6.3m。

表 6.3-2 地下水污染物浓度取值 (mg/L)

地下水	甲胺磷	甲基对硫磷	敌敌畏	二氯甲烷
DX1	-	0.066	-	-
DX2	-	-	-	0.0671
DX9	0.0034	35.2	0.0055	-
注：“-”代表未检出。				

6.4 暴露途径分析

土壤暴露途径包括经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入室内外空气中来自表层土壤气态污染物的暴露途径,下层污染土壤考虑吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物和吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物的暴露途径;由于对该地块居住用地情景具体规划不详,因此本次风险评估暴露途径的选择分两种模式:

第一为考虑基于建筑物设计的基坑深度为 5m,现阶段,我国住宅建筑设计一般为高层住宅小区,与欧美国家带草坪与花园的住宅不同,最底层居住性质的室内底部通常为地下车库,假定该场地地下车库开挖深度为 5m^[1-2],即 5m 以下不进行开挖。所谓建筑物基坑为该部分土壤由于建筑物的建设需清挖,且治理后不回填的土壤,基于保守考虑,假设该部分土壤未来全部暴露,即其主要考虑暴露途径为经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入表层、下层土壤气态污染物暴露途径(包括室内、室外),若 5m 以下土壤在综合分析其暴露途径后,不存在致癌或非致癌风险,则无需进行治疗。第二种为基于建筑物设计的基坑深度为 10m。本评估同时给出基坑深度为 0m 的评估模式,因为风险评估报告编制单位没有该场地作为居住用地的详细规划资料及建筑物设计方案,将基坑作为场地整体清挖深度进行评估。

针对地下水风险的评估,地下水埋深按平均埋深 6.3m 计,给出不饮用地下水的评估模式。土壤和地下水污染物具体暴露途径选择见表 6.4-1。

[1]钟茂生,姜林,张丽娜,等. VOCs 污染场地风险管理策略的筛选及评估[J]. 环境科学研究, 2015, 28(4):596-604.

[2]李鹏,廖晓勇,阎秀兰,等. 热强化气相抽提对不同质地土壤中苯去除的影响[J]. 环境科学, 2014(10):3888-3895.

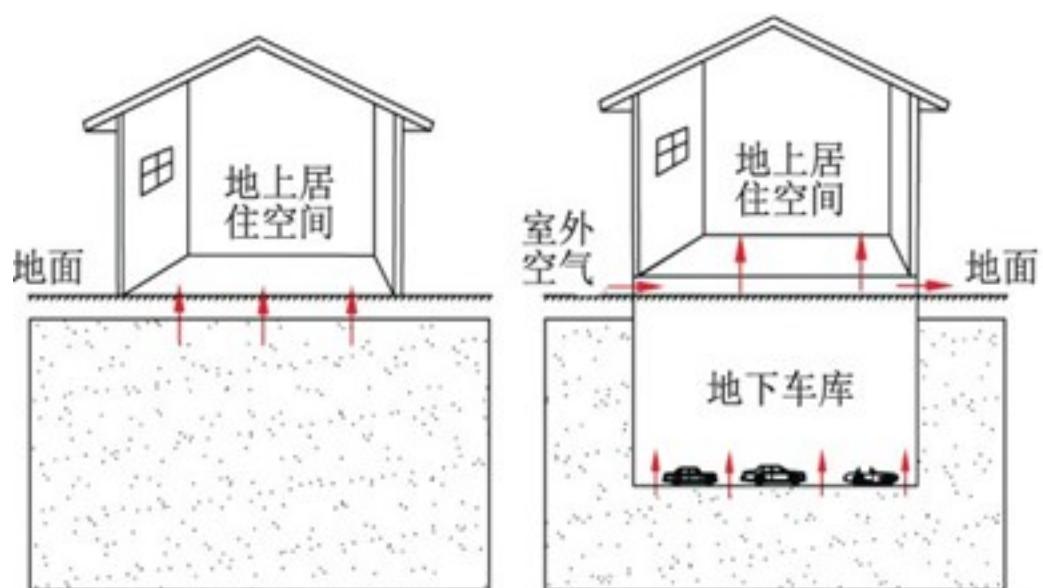


图 6.4-1 国内外居住用地室内暴露途径异同

表 6.4-1 本场地居住用地下土壤暴露途径选择

基坑类别	埋深	暴露途径选择
基坑 0m（传统评估模式）	表层以 0.5m 计	经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入室内外空气中来自表、下层土壤气态污染物
	下层以 0.5-12m 计	吸入室外空气中来自下层土壤气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤气态污染物
基坑 5m	表层 0-0.5m；下层 0.5-4.5m	经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入室内外空气中来自表、下层土壤气态污染物
	下层 5-12m	吸入室外空气中来自下层土壤气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤气态污染物
基坑 10m	表层 0-0.5m，下层 0.5-10m	经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、吸入室内外空气中来自表、下层土壤气态污染物
	下层 10-12m	吸入室外空气中来自下层土壤气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤气态污染物
地下水	地下水平均埋深 6.3m	吸入室外空气中来自地下水污染物、吸入室内空气中来自地下水污染物
		吸入室外空气中来自地下水污染物、吸入室内空气中来自地下水污染物、饮用地下水

6.5 风险评估模型和计算方法

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《污染场地风险评估技术导则》中的主要模型。

6.5.1 暴露评估计算模型

(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, 由于场地未来规划为居住用地, 因此主要考虑儿童期和成人期的终身暴露危害。

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

式中:

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

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

ED_c : 儿童暴露期, a;

ED_a : 成人暴露期, a;

EF_c : 儿童暴露频率, $d \cdot a^{-1}$;

EF_a : 成人暴露频率, $d \cdot a^{-1}$;

BW_c : 儿童体重, kg;

BW_a : 成人体重, kg;

ABS_o : 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 (6-2) 计算:

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

式中:

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

AT_{nc} : 非致癌效应平均时间, d;

$OSIR_c$ 、 ED_c 、 EF_c 、 ABS_o 和 BW_c 的参数含义同式 (6-1)

(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：

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

式中：

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

SAE_c ：儿童暴露皮肤表面积， cm^2 ；

SAE_a ：成人暴露皮肤表面积， cm^2 ；

$SSAR_c$ ：儿童皮肤表面土壤粘附系数， $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ ；

$SSAR_a$ ：成人皮肤表面土壤粘附系数， $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ ；

ABS_d ：皮肤接触吸收效率因子，无量纲；

E_v ：每日皮肤接触时间频率， $\text{次} \cdot \text{d}^{-1}$

公式（6-3）中 EF_c 、 ED_c 、 BW_c 、 AT_{ca} 、 EF_a 、 ED_a 和 BW_a 参见公式（6-1）。 SAE_c 和 SAE_a 的参数值分别采用如下公式计算：

$$SAE_c = 239 \times H_c^{0.417} \times BW_c^{0.517} \times SER_c \quad (6-4)$$

$$SAE_a = 239 \times H_a^{0.417} \times BW_a^{0.517} \times SER_a \quad (6-5)$$

公式（6-3）和（6-4）中：

H_c ：儿童平均身高， cm ；

H_a ：成人平均身高， cm ；

SER_c ：儿童暴露皮肤所占面积比，无量纲；

SER_a ：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（6-6）计算：

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

式中：

$DCSER_{nc}$ ：皮肤接触的土壤暴露量（非致癌效应）， $\text{kg (土壤)} / \text{kg}^{-1} (\text{体重}) \cdot \text{d}^{-1}$

SAE_c 、 $SSAR_c$ 、 E_v 和 ABS_d 的参数含义同式（3-3）， EF_c 、 ED_c 和 BW_c 的参数见公式（6-1）。

(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：

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c + fspl \times EFL_c)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} + \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspl \times EFL_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad (6-7)$$

式中：

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

PM_{10} ：空气中可吸入颗粒物含量， $mg \cdot m^{-3}$ ；

$DAIR_a$ ：成人每日空气呼吸量， $m^3 \cdot d^{-1}$ ；

$DAIR_c$ ：儿童每日空气呼吸量， $m^3 \cdot d^{-1}$ ；

$PIAF$ ：吸入土壤颗粒物在体内滞留比例，无量纲；

$fspl$ ：室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例，无量纲；

$fspo$ ：室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例，无量纲；

EFL_a ：成人室内暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；

EFL_c ：儿童室内暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；

EFO_a ：成人的室外暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；

EFO_c ：儿童的室外暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；

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（6-8）计算：

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c + fspl \times EFL_c)}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad (6-8)$$

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

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

$$IOVER_{ca} = VF_{suroa} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad (6-9)$$

式中：

$IOVER_{ca1}$ ：吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

VF_{suroa} ：表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子， $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；

公式（6-6）中 $DAIR_c$ 、 $DAIR_a$ 、 EFO_c 、 EFO_a 参数含义见公式（6-5）， ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式（6-1）。

参数 VF_{suroa} 计算公式如下：

$$VF_{suroa1} = \frac{\rho_b}{DF_{oa}} \times \sqrt{\frac{4 \times D_s^{eff} \times H'}{\pi \times \tau \times 31536000 \times K_{sw} \times \rho_b}} \times 10^3 \quad (6-10)$$

$$VF_{suroa} = \frac{d \times \rho_b}{DF_{oa} \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad (6-11)$$

$$VF_{suroa} = \text{MIN}(VF_{suroa1}, VF_{suroa}) \quad (6-12)$$

式中：

VF_{suroa} ：表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法一）， $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；

VF_{suroa2} ：表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法一）， $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；

τ ：气态污染物入侵持续时间，a；

d ：表层污染土壤层厚度，cm；

31536000：时间单位转换系数， $31536000 \text{s} \cdot \text{a}^{-1}$

H' ：无量纲亨利常数， $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ；

D_s^{eff} ：土壤中气态污染物的有效扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；

ρ_b ：土壤容重， $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ；

K_{sw} ：土壤-水中污染物分配系数， $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ；

DF_{oa} ：室外空气中气态污染物扩散因子， $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}) / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ 。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期的暴露危害，吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量，采用公式（6-13）计算：

$$IOVER_{nc1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \quad (6-13)$$

式中：

$IOVER_{nc1}$: 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg (土壤) / kg^{-1}(体重) \cdot d^{-1}$;

VF_{suroa} 的参数含义见公式(3-12), $DAIR_c$ 和 EFO_c 的参数含义见公式(6-7), AT_{nc} 的参数含义见公式 (3-2), BW_c 和 ED_c 的参数含义见公式 (6-1)。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在儿童期和成人期暴露的终身危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途对应的暴露量采用如下公式计算:

$$IOVER_{ca} = VF_{suboa} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad (6-14)$$

式中:

$IOVER_{ca2}$: 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (致癌效应), $kg 土壤 \cdot kg^{-1} 体重 \cdot d^{-1}$;

VF_{suboa} : 下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, $kg \cdot m^{-3}$;

$DAIR_c$ 、 $DAIR_a$ 、 EFO_c 和 EFO_a 的参数含义见公式 (6-5), ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式 (6-1)。

参数 VF_{suboa} 计算公式如下:

$$VF_{sub} = \frac{1}{\left(1 + \frac{DF_{oa} \times L_s}{D_s^{eff}} \right) \times \frac{K_{sw}}{H^I}} \times 10^3 \quad (6-15)$$

如下层土壤污染厚度已知, 污染物进入室外空气的挥发因子采用如下公式计算:

$$VF_{suboa2} = \frac{d_s \times \rho_b}{DF_{oa} \times \tau \times 31536000} \quad (6-16)$$

$$VF_{suboa} = MIN(VF_{suboa}, VF_{suboa2}) \quad (6-17)$$

式中:

VF_{suboa1} : 下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子(算法一), $kg \cdot m^{-3}$;

VF_{suboa2} : 下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子(算法二), $kg \cdot m^{-3}$;

L_s : 下层污染土壤上表面到地表距离, cm ;

d_s : 下层污染土壤厚度, cm 。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在儿童期的暴露危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量, 采用公式(6-18)计算:

$$IOVER_{nc2} = VF_{suboa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \quad (6-18)$$

式中：

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

VFsuboa 的参数含义见公式(12)，DAIRc 和 EFOc 的参数含义见公式(6-7)，ATnc 的参数含义见公式（2），BWc 和 EDc 的参数含义见公式（6-1）。

（6）吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径

在《导则》中对于吸入室内空气中来自下层土壤气态污染物采用的暴露模型为 J&E，主要为目前使用较普遍的 1-D 筛选模型，由于土壤质地室内蒸汽入侵的重要性，该模型土壤毛细管厚度的计算方法对于表征水分在土壤中的分布存在较大误差。

$$IIVER_{ca1} = VF_{subia} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad (6-19)$$

式中：

IIVER_{ca1}：吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

VF_{subia}：下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子，kg·m⁻³；

EFI_c、EFI_a、DAIR_c、DAIR_a的参数含义见公式（6-5），其余参数参见公式（6-1）。

建筑物下方土壤中污染物进入室内空气的挥发因子，采用如下公式计算：

Q_s=0 时，

$$VF_{subia1} = \frac{1}{\frac{K_{sw}}{H'} \times \left(1 + \frac{D_s^{eff}}{DF_{ia} \times L_s} + \frac{D_s^{eff} \times L_{crack}}{D_s^{eff} \times L_s \times \gamma} \right) \times \frac{DF_{ia} \times L_s}{D_s^{eff} \times L_s}} \times 10^3 \quad (6-20)$$

Q_s>0 时，

$$VF_{subia1} = \frac{1}{\frac{K_{sw}}{H'} \times \left(e^\epsilon + \frac{D_s^{eff}}{DF_{ia} \times L_s} + \frac{D_s^{eff} \times A_b}{Q_s \times L_s} \times (e^\epsilon - 1) \right) \times \frac{DF_{ia} \times L_s}{D_s^{eff} \times e^\epsilon}} \times 10^3 \quad (6-21)$$

$$\epsilon = \frac{Q_s \times L_{crack}}{A_b \times D_{crack}^{eff} \times \gamma} \quad (6-22)$$

如下层污染土壤厚度已知，污染物进入室内空气的挥发因子采用如下公式计算：

$$VF_{subia2} = \frac{d_s \times \rho_b}{DF_{ia} \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad (6-23)$$

$$VF_{subia} = \min(VF_{subia1}, VF_{subia2}) \quad (6-24)$$

式中：

VF_{subia1} ：下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法一）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；

VF_{subia2} ：下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法二）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；

L_{crack} ：室内地基或墙体厚度， cm ；

ϵ ：土壤污染物进入室内挥发因子计算过程参数。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期的暴露危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式(6-25)计算：

$$IIVER_{nc1} = VF_{subia} \times \frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \quad \text{式 (6-25)}$$

式中：

$IIVER_{nc1}$ ：吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应）， $\text{kg（土壤）}/\text{kg}^{-1}(\text{体重})\cdot\text{d}^{-1}$ ；

VF_{subia} 的参数含义见公式(6-19)， $DAIR_c$ 和 EFI_c 的参数含义见公式(6-7)， AT_{nc} 的参数含义见公式（6-2）， BW_c 和 ED_c 的参数含义见公式（6-1）。

表 6.5-1 暴露参数取值

符号	含义	单位	敏感用地
EDa	成人暴露期	a	24
EDc	儿童暴露期	a	6
EFa	成人暴露频率	$\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$	350
EFc	儿童暴露频率	$\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$	350
EF1a	成人室内暴露频率	$\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$	262.5
EF1c	儿童室内暴露频率	$\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$	262.5
EFOa	成人室外暴露频率	$\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$	87.5

EFOc	儿童室外暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	87.5
BWa	成人平均体重	kg	61.8
BWc	儿童平均体重	kg	19.2
Ha	成人平均身高	cm	161.5
Hc	儿童平均身高	cm	113.15
DAIRa	成人每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	14.5
DAIRc	儿童每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	7.5
GWCRa	成人每日饮用水量	$L \cdot d^{-1}$	1
GWCRc	儿童每日饮用水量	$L \cdot d^{-1}$	0.7
OSIRa	成人每日摄入土壤量	$mg \cdot d^{-1}$	100
OSIRc	儿童每日摄入土壤量	$mg \cdot d^{-1}$	200
Ev	每日皮肤接触事件频率	$次 \cdot d^{-1}$	1
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例	无量纲	0.8
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物比例	无量纲	0.5
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
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
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.32
SERc	儿童暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.36
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数	$mg \cdot cm^{-2}$	0.07
SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数	$mg \cdot cm^{-2}$	0.2
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	无量纲	0.75
ABSo	经口摄入吸收因子	无量纲	1
ACR	单一污染物可接受致癌风险	无量纲	0.000001

AHQ	单一污染物可接受危害熵	无量纲	1
ATca	致癌效应平均时间	d	27740
ATnc	非致癌效应平均时间	d	2190
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33

6.5.2 主要污染物毒理性性质

(1) 甲基对硫磷

甲基对硫磷纯品是白色针状晶体。有臭味。难溶于水和石油，易溶于苯、二甲苯、氯苯、二氯乙烷等。25℃时水中溶解度为 55~60mg/L。

急性毒性：LD₅₀：14~42 mg/kg(大鼠经口)；18.3~32.1 mg/kg(小鼠经口)；300~400 mg/kg(兔经皮)。LC₅₀：120 mg/m³，4 h(大鼠吸入)。

慢性毒性：曾给 5 名志愿者口服甲基对硫磷约 4 周，发现甲基对硫磷的最小中毒剂量为每人每天 30 mg 或者约 0.43 mg/(kg·d)。

致癌性：IARC 致癌性评论：动物和人类均缺乏证据。

(2) 杀螟硫磷

杀螟硫磷(杀螟松)属有机磷杀虫剂。毒性中等，对人畜低毒，大鼠急性经口 LD₅₀ 为 400~800 毫克/千克，大鼠急性经皮 LD₅₀ 为 1200 毫克/千克。杀螟硫磷具触杀和胃毒作用，无内吸和熏蒸作用，残效期中等，杀虫谱广，对鳞翅目幼虫有特效，也可防治半翅目、鞘翅目等害虫。该药剂对光稳定，遇高温易分解失效，碱性介质中水解，铁、锡、铝、铜等会引起该药分解，玻璃瓶中可贮存较长时间。

健康危害：人口服最低中毒剂量为 800mg/kg。中毒后出现恶心、呕吐、腹泻和呼吸困难。急性中毒表现有头痛、头昏、恶心、呕吐、腹痛、腹泻、流涎等。重度中毒者出现肺水肿。昏迷等。

急性毒性：LD₅₀250mg/kg(大鼠经口)；LD₅₀700mg/kg(大鼠经皮)；狗经口 40mg/kg/日×98 日，有明显中毒反应；鲤鱼 LC₅₀8.2mg/L，48 小时。

亚急性和慢性毒性：大鼠经口 80~160ppm×16 周，胆碱酯酶活性有明显降低。

(3) 二氯甲烷

二氯甲烷无色透明、有刺激芳香气味、易挥发的液体，吸入有毒。二氯甲烷微溶于水，与绝大多数常用的有机溶剂互溶。

急性毒性：LD50 1600~2000mg/kg(大鼠经口)；LC50 56.2g/m³，8 小时(小鼠吸入)；小鼠吸入 67.4g/m³×67 分钟，致死；人经口 20~50ml，轻度中毒；人经口 100~150ml，致死；人吸入 2.9~4.0g/m³，20 分钟后眩晕。

慢性毒性：大鼠吸入 4.69g/m³，8 小时/天，75 天，无病理改变。暴露时间增加，有轻度肝萎缩、脂肪变性和细胞浸润。

致癌性：IARC 致癌性评论：动物阳性，人类不明确。关于病人是否应把二氯甲烷视为动物和人的致癌物，动物实验数据和人类流行病学数据尚不充分。然而，鉴于最近在对大鼠和小鼠的吸入研究中的发现，且这些数据在任务组会议之后已可加以应用，故应将二氯甲烷视为一种对人类潜在的致癌物。

6.5.3 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_i) 和呼吸吸入参考剂量 ($RfDi$)，分别采用以下公式计算：

$$SF_i = \frac{IUR \times BW_a}{DAIR_a}$$

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

式中：

SF_i ：呼吸吸入致癌斜率因子：(mg 污染物·kg (土壤)/kg⁻¹ (体重)·d⁻¹)⁻¹

$RfDi$ ：呼吸吸入参考剂量，mg 污染物·kg (土壤)/kg⁻¹ (体重)·d⁻¹

IUR ：呼吸吸入单位致癌因子，m³·mg⁻¹。

RfC ：呼吸吸入参考浓度，mg·m⁻³。

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：

$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_{gi}}$$

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

式中：

SF_d: 皮肤接触致癌斜率因子, (mg 污染物•kg⁻¹ 体重•d⁻¹)⁻¹;

SF_o: 经口摄入致癌斜率因子, (mg 污染物•kg⁻¹ 体重•d⁻¹)⁻¹;

RfD_o: 经口摄入参考剂量, mg 污染物•kg⁻¹ 体重•d⁻¹;

RfD_d: 皮肤接触参考剂量, mg 污染物•kg⁻¹ 体重•d⁻¹;

ABS_{gi}: 消化道吸收效率因子, 无量纲。

6.5.3-1 主要污染物毒性参数

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da(c m2/s)	数据来源	Dw(c m ² /s)	数据来源	Koc(c m3/g)	数据来源	S (mg/L)	数据来源	Sfo(mg/k g-d) ⁻¹	数据来源	IUR(mg/ m3) ⁻¹	数据来源	RfDo(mg /kg-d)	数据来源	RfC(m g/m ³)	数据来源	ABSgi(无 量纲)	数据来源	ABSd(无 量纲)	数据来源
1	43-二氯甲烷	Dichloromethane	75-09-2	1.33E-01	EPI	9.99E-02	WATER9	1.25E-05	WATER9	2.17E+01	EPI	1.30E+04	EPI	0.002	I	1.0E-05	I	0.006	I	0.6	I	1	R369		
2	115-敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.30E-05	EPI	2.79E-02	WATER9	7.33E-06	WATER9	5.40E+01	EPI	8.00E+03	EPI	0.29	I	8.3E-02	R369	0.0005	I	0.0005	I	1	R369	0.1	R369
3	514-甲胺磷	Methamidophos	10265-92-6	3.5E-08	PHYSP ROP	6.0E-02	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	9.2E-06	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	5.4E+00	EPI	1.0E+06	PHYSP ROP					5.0E-05	I			1		0.1	
4	529-甲基对硫磷	Methyl Parathion	298-00-0	4.1E-06	PHYSP ROP	2.5E-02	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	6.4E-06	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	7.3E+02	EPI	3.8E+01	PHYSP ROP					2.5E-04	I			1		0.1	
5	756-治螟磷	Tetraethyl Dithiopyrophosphate	3689-24-5	1.8E-04	EPI	2.1E-02	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	5.3E-06	WATER9 (U.S. EPA, 2001)	2.7E+02	EPI	3.0E+01	PHYSP ROP					5.0E-04	I			1		0.1	

6.5.4 风险表征计算模型

(1) 土壤

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:

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \quad (6-26)$$

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, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 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), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

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) 皮肤接触土壤途径的致癌风险计算公式:

$$CR_{dcs} = DCSE_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \quad (6-27)$$

式中:

CR_{dcs} : 皮肤接触土壤途径的致癌风险, 无量纲;

$DCSE_{ca}$: 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) 吸入土壤颗粒物途径的致癌风险计算公式:

$$CR_{pis} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \quad (6-28)$$

式中:

CR_{dcs} : 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), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

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) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物的致癌风险计算公式:

$$CR_{iov1} = IOVER_{cal} \times C_{sur} \times SF_i \quad (6-29)$$

式中:

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

$IOVER_{cal}$: 吸入室外空气中来自表层土壤气态污染物暴露量 (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, $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ 。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物的致癌风险计算公式:

$$CR_{iov2} = IOVER_{ca} \times C_{sub} \times SF_i \quad (6-30)$$

式中:

CR_{iov2} : 吸入室外空气中来自下层土壤气态污染物途径的致癌风险, 无量纲;

C_{sub} : 下层土壤中污染物浓度, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 根据场地调查获得参数值;

$IOVER_{ca2}$: 吸入室外空气中来自下层土壤气态污染物暴露量 (致癌效应),
 $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

(6) 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物的致癌风险计算公式:

$$CR_{iiv1} = IIVER_{ca1} \times C_{sub} \times SF_i \quad (6-31)$$

式中:

CR_{iiv1} : 吸入室内空气中来自下层土壤气态污染物途径的致癌风险, 无量纲;

$IIVER_{ca1}$: 吸入室内空气中来自下层土壤气态污染物暴露量 (致癌效应),
 $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

(7) 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:

$$CR_n = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{pis} + CR_{iov1} + CR_{iov2} + CR_{ii} \quad (6-32)$$

式中:

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。

(3) 土壤中单一污染物危害熵

① 经口摄入土壤途径的危害熵

采用公式（6-33）计算：

$$HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_0 \times SAF} \quad (6-33)$$

式中：

HQois：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；

OISERnc 的参数含义见公式（6-2）；

Csur：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⁻¹ 体重·d⁻¹。

②皮肤接触土壤途径的危害熵

采用公式（6-34）计算：

$$HQ_{dcs} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF} \quad (6-34)$$

式中：

HQdcs：皮肤接触土壤途径的危害熵，无量纲；

DCSERnc 的参数含义见公式（6-6）；

Csur：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⁻¹ 体重·d⁻¹；

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

采用公式（6-35）计算：

$$HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad \text{式 (6-35)}$$

式中：

HQpis：吸入土壤颗粒物途径的危害熵，无量纲；

PISERnc 的参数含义见公式（6-8）；

Csur：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⁻¹ 体重•d⁻¹;

SAF: 暴露于土壤的参考剂量分配系数, 无量纲。

④吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的危害熵

采用公式 (6-36) 计算:

$$HQ_{iov1} = \frac{IOVER_{nc1} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad (6-36)$$

式中:

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

IOVER_{nc1} 的参数含义见公式 (6-13),

C_{sur}: 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⁻¹ 体重•d⁻¹;

SAF: 暴露于土壤的参考剂量分配系数, 无量纲。

⑤吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害熵

$$HQ_{iov2} = \frac{IOVER_{nc2} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \quad (6-37)$$

式中:

HQ_{iov2}: 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害熵, 无量纲;

IOVER_{nc2}: 参数含义见式 (6-18);

C_{sub}: 参数含义见式 (6-25);

RfD_i: 呼吸吸入参考剂量, mg 污染物•kg⁻¹ 体重•d⁻¹;

SAF: 参数含义见式 (6-21)。

⑥吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径的危害熵

$$HQ_{iiv1} = \frac{IIVER_{nc1} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \quad (6-38)$$

式中:

HQ_{iiv1}: 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径的危害熵, 无量纲;

IIVER_{nc1}: 参数含义见式 (6-20);

Csub: 参数含义见式 (6-25);

RfD i: 呼吸吸入参考剂量, mg 污染物·kg⁻¹ 体重·d⁻¹;

SAF: 参数含义见式 (6-21)。

● 土壤中单一污染物所有暴露途径的危害熵

$$HI_n = HQ_{ois} + HQ_{dcs} + HQ_{pis} + HQ_{iov1} + HQ_{iov2} + HQ_{iiv1} \quad (6-39)$$

式中:

HI_n: 土壤中单一污染物 (第 n 种) 经所有暴露途径的危害指数, 无量纲。

(2) 地下水

根据《污染场地风险评估技术导则》中地下水的评估模型, 选择敏感用地作为本次地下水风险评估的模型, 调查区域居民饮用市政供水, 水源来自地表水(汨罗江水), 当地居民不饮用地下水, 本次风险评估基于安全考虑分为两种评估模式, 第一为室内吸入、室外吸入地下水气态污染物; 第二为室内吸入、室外吸入地下水气态污染物, 同时考虑地下水饮用途径, 并给出相应的风险控制值。

① 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害。吸入室外空气中来自地下水中的气态污染物对应的地下水暴露量, 采用《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014) 附录 A 公式 (A.13) 计算。

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad \dots (A.13)$$

公式(A.13)中,

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

VF_{gwoa}—地下水中污染物进入室外空气的挥发因子, L·m⁻³; 根据附录 F 公式 (F.21) 计算:

$$VF_{gwoa} = \frac{1}{\left(1 + \frac{DF_{oa} \times L_{gw}}{D_{gws}^{eff}}\right) \times \frac{1}{H_u}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.21)$$

公式 (F.21) 中:

VF_{gwoa}—地下水中污染物进入室外空气的挥发因子, L·m⁻³;

L_{gw}—地下水埋深，cm；必须根据场地调查获得参数值；

H_u—无量纲亨利常数，cm³·cm⁻³；推荐值见表 B.2；

D_{Foa}—室外空气中气态污染物扩散因子，采用公式(F.11)计算：

$$D_{Foa} = \frac{U_{air} \times W \times \delta_{air}}{A} \dots\dots\dots (F.11)$$

公式(F.11)中：

D_{Foa}—室外空气中气态污染物扩散因子，(g·cm⁻²·s⁻¹)/(g·cm⁻³)

U_{air}—混合区大气流速风速，cm·s⁻¹；

A—污染源区面积，cm²；

W —污染源区宽度，cm²；

δ_{air}—混合区高度，cm；

D_{effgws}—地下水到表层土壤的有效扩散系数，cm²·s⁻¹；根据公式 F.7 计算：

$$D_{gws}^{eff} = \frac{L_{gw}}{\frac{h_{cap}}{D_{cap}^{eff}} + \frac{h_v}{D_s^{eff}}} \dots\dots\dots (F.7)$$

D_{effgws}—地下水到表层土壤的有效扩散系数，cm²·s⁻¹；

h_{cap}—地下水土壤交界处毛细管层厚度，cm；推荐值见表 G.1；

h_v—非饱和土层厚度，cm；优先根据场地调查数据确定，推荐值见表 G.1

D_{effcap}—毛细管层中气态污染物的有效扩散系数，采用公式（F.6）计算：

$$D_{cap}^{eff} = D_a \times \frac{D_{acap}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{wcap}^{3.33}}{H_u \times \theta^2} \dots\dots\dots (F.6)$$

公式（F.6）中

D_{effcap}—毛细管层中气态污染物的有效扩散系数，cm²·s⁻¹；

θ_{acap}—毛细管层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；推荐值见表 G.1；

θ_{wcap}—毛细管层土壤中孔隙水体积比，无量纲；推荐值见表 G.1。

D_a —空气中扩散系数，cm²·s⁻¹；推荐值见表 B.2；

D_w —水中扩散系数，cm²·s⁻¹；推荐值见表 B.2；

H_u—无量纲亨利常数，cm³·cm⁻³；推荐值见表 B.2；

D_{effs}—土壤中气态污染物的有效扩散系数，采用公式（F.1）计算；

$$D_s^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{as}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{ws}^{3.33}}{H_u \times \theta^2} \dots\dots\dots (F.1)$$

公式(F.1)中：

θ —非饱和土层土壤中总孔隙体积比，无量纲；根据公式（F.2）计算：

$$\theta = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

公式（F.2）中：

ρ_b —土壤容重， $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ；推荐值见表 G.1；

ρ_s —土壤颗粒密度， $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ，推荐值见表 G.1；

θ_{ws} —非饱和土层土壤中孔隙水体积比，无量纲；根据公式（F.3）计算：

$$\theta_{ws} = \frac{\rho_b \times P_{ws}}{\rho_w} \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

公式（F.3）中：

p_{ws} —土壤含水率， kg 水/kg 土壤 ，推荐值见表 G.1；

ρ_w —水的密度， $1 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$ 。

θ_{as} —非饱和土层土壤中空气体积比，无量纲；根据公式（F.4）计算：

$$\theta_{as} = \theta - \theta_{ws} \quad \dots\dots\dots (F.4)$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露的终生危害。吸入室外空气中来自地下水中的气态污染物对应的地下水暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）附录 A 公式（A.14）计算。

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \quad \dots\dots\dots (A.14)$$

②吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害。吸入室内空气来自地下水中的气态污染物对应的地下水暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）附录 A 公式（A.17）计算。

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad \dots\dots (A.17)$$

公式(A.17)中，

$IIVER_{ca2}$ —吸入室内空气来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（致癌效应）， $\text{L 地下水}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ 体重}\cdot\text{d}^{-1}$ ；

VF_{gwia} —地下水中污染物进入室内空气的挥发因子， $\text{L}\cdot\text{m}^{-3}$ ；根据附录 F 公式(F.27)计算；

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露的终生危害。吸入室内空气中来自地下水中的气态污染物对应的地下水暴露量，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）附录 A 公式（A.18）计算。

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_c \times EFl_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.18)$$

公式(A.18)中，

IIVERnc2—吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（致癌效应），L 地下水·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

ATnc—非致癌效应平均时间，d；推荐值见表 G.1；

VFgwia 一地下水中污染物进入室内空气的挥发因子，L·m⁻³；根据附录 F 公式(F.27、F.28、F.29)计算；

Qs=0 或趋于为 0 时，

$$VF_{gwia1} = \frac{1}{\frac{1}{H_u} \times (1 + \frac{D_{gws}^{eff}}{DF_{ia} \times L_{gw}} + \frac{D_{gws}^{eff} \times L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \times L_{gw} \times \eta}) \times \frac{DF_{ia}}{D_{gws}^{eff}} \times L_{gw}} \times 10^3 \dots (F.27)$$

Qs>0 时，

$$VF_{gwia1} = \frac{1}{\frac{1}{H_u} \times (e^\xi + \frac{D_{gws}^{eff}}{DF_{ia} \times L_{gw}} + \frac{D_{gws}^{eff} \times A_b}{Q_s \times L_{gw}} \times (e^\xi - 1)) \times \frac{DF_{ia} \times L_{gw}}{D_{gws}^{eff} \times e^\xi}} \times 10^3 \dots (F.28)$$

$$VF_{gwia} = \text{MIN}(VF_{gwia1}, VF_{gwia2}) \dots\dots\dots (F.29)$$

公式（F.27）、（F.28）和（F.29）中，

Hu—无量纲亨利常数，cm³·cm⁻³；推荐值见表 B.2；

Lcrack—室内地基或墙体厚度，cm；推荐值见表 G.1；

Lgw—地下水埋深，cm；必须根据场地调查获得参数值；

ξ 一土壤污染物进入室内挥发因子计算过程参数；通过公式（F.24）计算

$$\xi = \frac{Q_s \times L_{crack}}{A_b \times D_{crack}^{eff} \times \eta} \dots (F.24)$$

Deffcrack—气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数，采用公式（F.5）计算：

$$D_{crack}^{eff} = D_a \times \frac{D_{acrack}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{wcrack}^{3.33}}{H_u \times \theta^2} \quad \dots\dots\dots (F.5)$$

$D_{effcrack}$ —气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；

θ_{acrack} —地基裂隙中空气体积比，无量纲；推荐值见表 G.1；

θ_{wcrack} —地基裂隙中水体积比，无量纲；推荐值见表 G.1。

公式 (F.5) 中，

D_a —空气中扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；推荐值见表 B.2；

D_w —水中扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；推荐值见表 B.2；

H_u —无量纲亨利常数， $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ；推荐值见表 B.2；

θ —非饱和土层土壤中总孔隙体积比，无量纲；根据公式 (F.2) 计算；

DF_{ia} —室内空气中气态污染物扩散因子采用公式 (F.12) 计算：

$$DF_{ia} = L_B \times ER \times \frac{1}{86400} \quad \dots\dots\dots (F.12)$$

公式 (F.12) 中：

DF_{ia} —室内空气中气态污染物扩散因子， $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}) / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$

ER —室内空气交换速率， $\text{次} \cdot \text{d}^{-1}$ ；推荐值见表 G.1

L_B —室内空间体积与气态污染物入渗面积比， cm ；推荐值见表 G.1；

86400：时间单位转换系数， $86400 \text{ s} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

Q_s 、 A_b 和的参数采用公式 (F.13) 和 (F.14) 计算：

$$Q_s = \frac{2 \times \pi \times dP \times K_v \times X_{crack}}{\mu_{air} \times \ln\left(\frac{2 \times Z_{crack}}{R_{crack}}\right)} \quad \dots\dots\dots (F.13)$$

$$R_{crack} = \frac{A_b \times \eta}{X_{crack}} \quad \dots\dots\dots (F.14)$$

公式 (F.13) 和 (F.14) 中：

Q_s —流经地下室地板裂隙的对流空气流速， $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ；

π —圆周率常数，3.14159；

dP —室内和室外大气压力差， $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ ；

k_v —土壤透性系数， cm^2 ；

X_{crack} —地下室内地板（裂隙）周长， cm ；

μ_{air} —空气粘滞系数， $1.81 \times 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ；

Z_{crack}—地下室地面到地板底部厚度，cm；

R_{crack}—室内裂隙宽度，cm；

A_b—地下室内地板面积，cm²；

η—地基和墙体裂隙表面积占室内地表面积比例，无量纲；推荐值见表 G.1；

6.5.5 评估参数及其赋值

(1) 参数取值

风险评估模型参数的选择依照《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)和《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》编制说明。场地的部分土壤参数通过土工样实测，具体见表 6.5.5-1。此外，场地的建筑物参数见表 6.5.5-2。

表 6.5.5-1 土壤参数

符号	含义	单位	敏感用地
f _{om}	土壤有机质含量	g·kg ⁻¹	2.5*
ρ _b	土壤容重	kg·dm ⁻³	1.57*
P _{ws}	土壤含水率	kg·kg ⁻¹	0.2537*
ρ _s	土壤颗粒密度	kg·dm ⁻³	1.97*
PM ₁₀	空气中可吸入颗粒物含量	mg·m ⁻³	0.043*
U _{air}	混合区大气流速风速	cm·s ⁻¹	200
δ _{air}	混合区高度	cm	200
W	污染源区宽度	cm	4000
h _{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度	cm	5
h _v	非饱和土层厚度	cm	295
θ _{acap}	毛细管层孔隙空气体积比	无量纲	0.038
θ _{wcap}	毛细管层孔隙水体积比	无量纲	0.342
U _{gw}	地下水达西（Darcy）速率	cm·a ⁻¹	2500
δ _{gw}	地下水混合区厚度	cm	200
I	土壤中水的入渗速率	cm·a ⁻¹	142*
备注：“*”代表实测值。			

表 6.5.5-2 建筑物参数

符号	含义	单位	敏感用地
θ_{acrack}	地基裂隙中空气体积比	无量纲	0.26
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比	无量纲	0.12
L_{crack}	室内地基厚度	cm	35
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比	cm	220
ER	室内空气交换速率	次·d ⁻¹	12
η	地基和墙体裂隙表面积所占面积	无量纲	0.0005
τ	气态污染物入侵持续时间	a	30
dP	室内室外气压差	g·cm ⁻¹ ·s ²	0
K_v	土壤透性系数	cm ²	1.00E-08
Z_{crack}	室内地面到地板底部厚度	cm	35
X_{crack}	室内地板周长	cm	3400
Ab	室内地板面积	cm ²	700000

(2) 参数说明

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 Levels) 的最新发布数据变化, 相对于原 HJ25.3-2014, 对于污染物的毒性参数进行了数据更新。毒性数据以综合风险信息系统 (USEPA Integrated Risk Information System) 作为最优先。

暴露参数推荐值按照《土壤环境建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018) 中筛选值的计算参数进行了调整。具体进行修改的推荐参数取值来源如下:

①表层污染土壤层厚度 (d, cm)、下层污染土壤层埋深 (L_s, cm)、下层污染土壤层厚度 (d_{sub}, cm):

推荐值采用了《土壤环境建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018) 中筛选值的计算参数。

②污染源区面积* (A , cm^2):

《场地环境调查技术导则》(HJ 25.1-2014)中规定详细调查阶段一个调查单元最大为 $40\text{ m} \times 40\text{ m}$, 据此该参数默认值设置为 16000000。

③土壤有机质含量* (f_{om} , g/kg):

采用本次地勘实测数据 2.5g/kg 。

④土壤含水率* (P_{ws} , kg 水/kg 土壤):

采用本次地勘实测数据 0.2537kg/kg 。

⑤空气中可吸入颗粒物含量* (PM_{10} , $\text{mg 土壤} \cdot \text{m}^{-3}$):

PM_{10} 参考岳阳市 2018 年平均值 (气象局查询) $0.043\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

⑥污染源区宽度* (W , cm):

《场地环境调查技术导则》(HJ 25.1-2014)中规定详细调查阶段一个调查单元最大为 $40\text{ m} \times 40\text{ m}$, 据此该参数默认值设置为 4000。

⑦室内地基厚度 (L_{crack} , cm):

采用 35cm 。《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008 中 4.1.6 和 4.1.7 条款地下要求防水混凝土结构的混凝土垫层厚度不应小于 100mm , 混凝土结构厚度不应小于 250mm , 按照最低要求计算, 总计 35cm 。

⑧室内空间体积与气态污染物入渗面积比 (LB , cm):

采用敏感用地 220 cm , 非敏感用地 300 cm 。《住宅设计规范》(GB 50096-2011)规定, 普通住宅层高不宜高于 2.8 m , 卧室、起居室的室内净高不应低于 2.4 m 。地下室作为车库, 根据《汽车库建筑设计规范》, 净高不小于 2.2 m ; 地下室作为人防建筑, 根据《民用建筑设计通则》, 净高不小于 3.6 m 。综上所述, 该参数敏感用地取最小值 2.2 m 。

⑨地基和墙体裂隙表面积所占比例 (η , 无量纲)

该参数的取值为 0.0005 。《地下工程防水技术规范》GB 50108-2008 中 4.1.7 条款要求地下防水混凝土结构的裂缝宽度不得大于 0.2mm , 并不得贯通。保守考虑 0.2mm 的贯穿裂缝, 假设参考建筑为 $3\text{m} \times 3\text{m}$, 可得该比例为 0.00027 。该理论值与《Users Guide for Evaluating VI into Buildings》(USEPA 2002)中引用的 Nazaroff (1992), Revzan et al. (1991), and Nazaroff et al. (1985)基于蒸气入侵率反算的范围一致 (在 0.0001 到 0.001 之间)。综上所述, 考虑一定的保守性, 推荐

该参数取值 0.0005。

⑩室内地面到地板底部厚度 (Z crack , cm):

采用 35cm。同室内地基厚度 (L crack)。

⑪成人平均体重 (BWa, kg):

根据《中国居民营养与健康状况调查报告》(2013)，该参数采用 61.8。

⑫儿童平均体重 (BWc, kg):

根据《中国居民营养与健康状况调查报告》(2013)，该参数采用 19.2。

⑬成人平均身高 (Ha, cm):

根据《中国居民营养与健康状况调查报告》(2013)，该参数采用 161.5。

⑭儿童平均身高 (Hc, cm):

根据《中国居民营养与健康状况调查报告》(2013)，该参数采用 113.15。

⑮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。

⑯暴露于地下水的参考剂量分配比例 (WAF, 无量纲):

同暴露于土壤的参考剂量分配比例 (SAF)，计算筛选值时，对于大部分污染物取值 0.5。挥发性污染物该参数取值 0.33。

⑰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： $ATca=365 \text{ d/a} \times 76 \text{ a} = 27740 \text{ d}$ 。

6.5.6 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：

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

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。

6.5.7 可接受风险水平

根据环保部发布的《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014），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。

6.6 场地风险评估结果

6.6.1 评估结果

本场地土壤健康风险评估结果见表 6.6-1。

表 6.6-1 土壤污染健康风险评价结果

开发利用条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值 (mg/kg)		风险计算结果	
				表层	下层	致癌风险	非致癌
不考虑开挖	甲基对硫磷	mg/kg	-	570.2	146.21		58.54
	杀螟硫磷	mg/kg	-	17.67	2.58		0.86
开发利用条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值 (mg/kg)		风险计算结果	
				表层	下层	致癌风险	非致癌
基坑 5m	甲基对硫磷	mg/kg	-	284.8	54.64		29.24
	杀螟硫磷	mg/kg	-	4.66	2.14		0.24
开发利用条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值 (mg/kg)		风险计算结果	
				表层	下层	致癌风险	非致癌
基坑 10m	甲基对硫磷	mg/kg	-	76.68	0.14		7.87
	杀螟硫磷	mg/kg	-	2.686	0		0.14

注：《污染场地风险评估技术导则》污染物数据库中缺少杀螟硫磷参数，本次该污染物风险评估参数参考治螟磷。

甲基对硫磷、杀螟硫磷没有致癌斜率因子参数，因此无法评估其致癌风险，根据拟定的清挖深度风险评估结果，甲基对硫磷存在非致癌风险，其非致癌风险值分别为 58.54、29.24、7.87。杀螟硫磷不存在非致癌风险，《污染场地风险评估技术导则》中缺少杀螟硫磷参数，本次该污染物风险评估参数参考治螟磷。

6.6.2 贡献率分析

土壤中污染物致癌和非致癌风险贡献率计算结果见表 6.5-2，从表中可知，主要致癌或非致癌暴露途径为经口摄入，其次为皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径导致风险最低。

对于甲基对硫磷和杀螟硫磷（参考治螟磷）来说，《污染场地风险评估技术导则》中没有该污染物的 IUR ：呼吸吸入单位致癌因子， $m^3 \cdot mg^{-1}$ ，因此无法计算出污染物的 SFi ：呼吸吸入致癌斜率因子： $(mg \text{ 污染物} \cdot kg \text{ (土壤)} / kg^{-1} \text{ (体重)} \cdot d^{-1})^{-1}$ ，而关于吸入的暴露途径致癌风险如吸入土壤颗粒物、室内蒸汽入侵（包括表层和下层）、室外蒸汽入侵等涉及到吸入的暴露途径致癌风险均需要该参数，且由于两种污染物亦不存在经口摄入致癌斜率因子 SFo ，无法根据外推公式计算其皮肤接触致癌风险，因此两种污染物不存在致癌风险计算过程。

对于非致癌风险、甲基对硫磷和杀螟硫磷（参考治螟磷）缺乏 RfC ：呼吸吸入参考浓度， $mg \cdot m^{-3}$ 参数，因此涉及到吸入的暴露途径如吸入土壤颗粒物、室内外蒸汽入侵的非致癌风险均无法计算。

表 6.6-2 单一暴露途径分析

			总风险水平	途径 1	途径 2	途径 3	途径 4	途径 5	途径 6
基坑 0m	甲基对硫磷	非致癌	58.541	45.56	12.98	-	-	-	-
	杀螟硫磷	非致癌	0.856	0.67	0.19	-	-	-	-
基坑 5m	甲基对硫磷	非致癌	29.239	22.76	6.48	-	-	-	-
	杀螟硫磷	非致癌	0.239	0.19	0.05	-	-	-	-
基坑 10m	甲基对硫磷	非致癌	7.872	6.13	1.75	-	-	-	-
	杀螟硫磷	非致癌	0.138	0.11	0.03	-	-	-	-

注：途径 1、2、3、4、5、6 分别代表：经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物、室外表层土壤气态污染物、室外下层土壤气态污染物、室内下层土壤气态污染物；“-”代表该污染物没有该暴露途径参数或缺失相关毒性参数，无法计算。

6.5.3 地下水评估结果

经过计算，各地下水关注污染物不同暴露途径下的致癌风险和非致癌危害商计算结果见表 6.6.3-1，通过调查，该场地地下水不存在饮用途径，因此只考虑室内外吸入地下水气态污染物暴露途径。

根据表 6.6.3-1 风险表征的结果，不考虑饮用水途径，地下水中二氯甲烷、敌敌畏均不存在风险，其中甲基对硫磷和甲胺磷由于缺少参数无法计算其风险，但其均为半挥发性有机污染物，甲胺磷和甲基对硫磷在土壤中的风险控制值分别为 1.95mg/kg、9.74mg/kg，且地下水中污染物挥发暴露需经过土壤层，甲胺磷土壤安全浓度大于地下水最大浓度值，因此甲胺磷在不饮用条件下不存在风险，根据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 Levels）的最新发布数据变化，甲基对硫磷尚不存在气态污染物暴露途径，因此考虑甲基对硫磷不存在地下水气态污染物挥发途径，经上述分析，该场地地下水在不饮用条件下，不存在健康风险。

表 6.6.3-1 地下水风险评估结果—不考虑饮用途径

编号	污染物名称	地下水井	
		风险值	危害商
1	二氯甲烷	1.63E-10	5.21E-04
2	甲基对硫磷	-	-
3	敌敌畏	5.59E-12	2.5E-06
4	甲胺磷	-	-

6.6.4 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《污染场地风险评估技术导则》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，主要有四个方面：

（1）模型的不确定性：我国对于污染场地风险评估模型的研究几乎为空白，《污染场地风险评估技术导则》中的模型基本参考美国、英国和荷兰的模型，国外的暴露情景与国内区别很大，比如对于挥发性有机物或部分半挥发性有机物，《导则》中直接参考了适用于国外居住用地情景的 J&E 模型，此模型假设三个阶段：①污染物扩散到建筑物底部土壤；②污染物从建筑物底部土壤通过扩散对流等作用进入建筑物内部；③污染物进入室内后与外部空气交换，并在室内混合

均匀^[3]。该模型假设扩散建筑物地基处的污染物全部侵入室内环境，并忽略地基的阻碍作用。有研究表明，通过 J&E 模型预测室内蒸汽入侵过程引起的风险误差最为普遍^[4]，根据美国环保局对室内蒸汽指南数据库的研究发现，土壤蒸汽从污染源扩散至室内过程中，其浓度衰减高达 6-7 个数量级，但依据 J&E 模型，同过程的污染物浓度的衰减因子只有 3-5 个数量级^[5-6]，说明 J&E 模型的预测结果明显过于保守，放大了风险评估计算结果而导致致癌风险或非致癌风险控制值计算过小，增加场地修复成本。

现阶段，我国住宅建筑设计一般为高层住宅小区，与欧美国家带草坪与花园的住宅不同^[7]，最底层居住性质的室内底部通常为地下车库，室内并不与地下车库直接联通，所以在该情景下，简单使用《导则》中 J&E 模型评估室内蒸汽入侵暴露途径致癌风险并不符合实际情况。但是报告编制人员只能按照《导则》中模型进行计算，因此会产生不确定性。

（2）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。

（3）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。

（4）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。

[3] Johnson P C , Ettinger R A . Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings[J]. Environmental Science & Technology, 1991, 25(8):1445-1452.

[4] Hers I, Zapf-Gilje R, Evans D, et al. Comparison, Validation, and Use of Models for Predicting Indoor Air Quality from Soil and Groundwater Contamination[J]. Journal of Soil Contamination, 2002, 11(4):491-527.

[5] Yao Y, Shen R, Pennel K G, et al. A numerical investigation of oxygen concentration dependence on biodegradation rate laws in vapor intrusion[J]. Environ Sci Process Impacts, 2013, 15(12):2345-2354.

[6] Yao Y, Pennell K G, Suuberg E M. Simulating the effect of slab features on vapor intrusion of crack entry[J]. Building & Environment, 2013, 59(3):417-425.

[7]李宏伟. 污染场地风险评价的模型修正研究与应用[D]. 大连理工大学, 2014.

第 7 章修复范围及方量

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，建设用地污染场地土壤修复目标值主要依据《污染场地风险评估技术导则》、《污染场地土壤修复技术导则》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场地土壤修复目标值选择的重要依据。

7.1 修复标准确定原则

本场地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）第一类用地的管制值（地下水无管制值）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，选用筛选值作为该污染物修复目标值。

（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。

7.2 基于致癌效应的风险控制值计算模型

《导则》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 7.2-1。

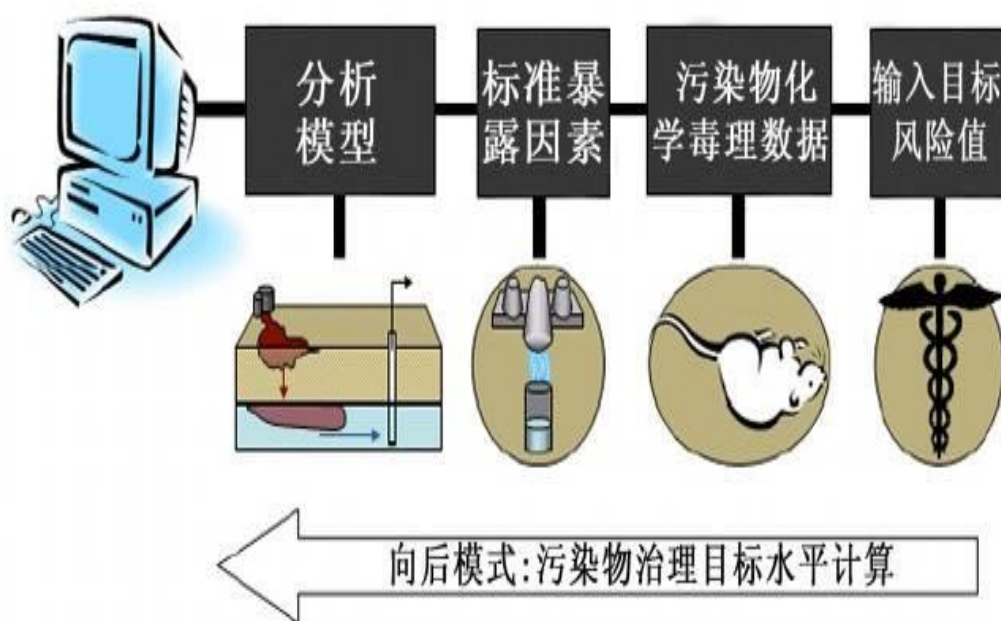


图 7.2-1 场地污染物风险控制值的计算流程

(1) 基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o} \quad (7-1)$$

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:

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d} \quad (7-2)$$

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:

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i} \quad (7-3)$$

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) 基于吸入室外空气中来自表层土壤途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$PCVS_{iov1} = \frac{ACR}{IOVER_{ca1} \times SF_i} \quad (7-4)$$

式中:

$PCVS_{iov1}$: 基于吸入室外空气中来自表层土壤途径致癌效应的土壤风险控制值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;

$IOVER_{ca1}$: 吸入室外空气中来自表层土壤暴露量 (致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

(5) 基于吸入室外空气中来自下层土壤途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$RCVS_{io} = \frac{ACR}{IOVER_{ca2} \times SF_i} \quad (7-5)$$

式中:

$RCVS_{io}$: 基于吸入室外空气中来自下层土壤途径致癌效应的土壤风险控制值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;

$IOVER_{ca2}$: 吸入室外空气中来自下层土壤暴露量 (致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

(6) 基于吸入室内空气中来自下层土壤途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$PCVS_{iiv} = \frac{ACR}{IIVER_{ca1} \times SF_i} \quad (7-6)$$

式中:

$PCVS_{iiv}$: 基于吸入室内空气中来自下层土壤途径致癌效应的土壤风险控制值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;

$IIVER_{ca1}$: 吸入室内空气中来自下层土壤暴露量 (致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

(7) 基于 6 种暴露途径致癌效应的土壤风险控制值:

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSE_{ca} \times SF_d + (PISER_{ca} + IOV_{ca1} + IOVE_{ca2} + IIVE_{ca1}) \times SF_i} \quad (7-7)$$

式中参数含义参考上述公式。

7.3 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（E.8）计算：

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_o \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}} \quad \dots\dots (E.8)$$

公式（E.8）中：

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

AHQ — 可接受危害商，无量纲；取值为 1。

公式（E.8）中， RfD_o 的参数含义见公式（B.4）， $OISER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.2）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

E2.2 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（E.9）计算：

$$HCVS_{dcs} = \frac{RfD_d \times SAF \times AHQ}{DCSER_{nc}} \quad \dots\dots (E.9)$$

公式（E.9）中：

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

公式（E.9）中， AHQ 的参数含义见公式（E.8）， $DCSER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.6）， RfD_d 的参数含义见公式（B.4）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

E2.3 基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（E.10）计算：

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}} \quad \dots\dots (E.10)$$

公式（E.10）中：

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

公式（E.10）中， RfD_i 的参数含义见公式（B.2）， AHQ 的参数含义见公式（E.8）， $PISER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.8）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

E2.4 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（E.11）计算：

$$HCVS_{iov1} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc1}} \quad \dots\dots (E.11)$$

公式（E.11）中：

$HCVS_{iov1}$ — 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式(E.11)中， $RfDi$ 的参数含义见公式(B.2)， AHQ 的参数含义见公式(E.8)， $IOVER_{nc1}$ 的参数含义分别见公式（A.12）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

E2.5 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（E.12）计算：

$$HCVS_{iov2} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc2}} \quad \dots\dots (E.12)$$

$HCVS_{iov2}$ — 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式(E.12)中， $RfDi$ 的参数含义见公式(B.2)， AHQ 的参数含义见公式(E.8)， $IOVER_{nc2}$ 的参数含义分别见公式（A.13）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

E2.6 基于吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（E.13）计算：

$$HCVS_{iiv} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IIVER_{nc1}} \quad \dots\dots (E.13)$$

公式（E.13）中：

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

公式(E.12)中， $RfDi$ 的参数含义见公式(B.2)， AHQ 的参数含义见公式(E.8)， $IIVER_{nc1}$ 的参数含义见公式（A.17）。

E2.7 基于6种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（E.14）计算：

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISER_{nc}}{RfDo} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc} + IOVER_{nc1} + IOVER_{nc2} + IIVER_{nc1}}{RfDi}} \quad \dots (E.14)$$

公式（E.14）中：

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

公式(E.14)中， AHQ 的参数含义见公式(E.8)， $OISER_{nc}$ 、 $DCSER_{nc}$ 、 $PISER_{nc}$ 、 $IOVER_{nc1}$ 、 $IIVER_{nc1}$ 的参数含义分别见公式（A.2）、公式（A.6）、公式（A.8）、公式（A.12）和公式（A.17）， $RfDo$ 和 RfD_d 的参数含义见公式（B.4）， $RfDi$ 的参数含义见公式（B.2）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

E2.6 基于吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（E.13）计算：

$$HCVS_{iiv} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{IIVER_{nc1}} \quad \dots\dots (E.13)$$

公式（E.13）中：

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

公式（E.12）中， RfD_i 的参数含义见公式（B.2）， AHQ 的参数含义见公式（E.8）， $IIVER_{nc1}$ 的参数含义见公式（A.17）。

E2.7 基于6种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（E.14）计算：

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc} + IOVER_{nc1} + IOVER_{nc2} + IIVER_{nc1}}{RfD_i}} \quad \dots (E.14)$$

公式（E.14）中：

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

公式（E.14）中， AHQ 的参数含义见公式（E.8）， $OISER_{nc}$ 、 $DCSER_{nc}$ 、 $PISER_{nc}$ 、 $IOVER_{nc1}$ 、 $IIVER_{nc1}$ 的参数含义分别见公式（A.2）、公式（A.6）、公式（A.8）、公式（A.12）和公式（A.17）， RfD_o 和 RfD_d 的参数含义见公式（B.4）， RfD_i 的参数含义见公式（B.2）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

HCVG_{ioy} —基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.20)中, RfD_i的参数含义见公式(B.2), AHQ的参数含义见公式(E.8), IOVER_{nc3}的参数含义分别见公式(A.14), WAF的参数含义见公式(C.21)。

E5.2 基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值, 采用公式(E.21)计算:

$$HGCV_{itv} = \frac{RfDi \times WAF \times AHQ}{IIVER_{nc2}} \quad \dots\dots (E.21)$$

公式(E.21)中:

HCVG_{itv} —基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.21)中, RfD_i的参数含义见公式(B.2), AHQ的参数含义见公式(E.8), WAF的参数含义见公式(C.21), IIVER_{nc2}的参数含义见公式(A.18)。

E5.3 基于饮用地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值, 根据公式(E.22)计算

$$HCVG_{cgw} = \frac{RfDo \times WAF \times AHQ}{CGWER_{nc}} \quad \dots\dots (E.22)$$

公式(E.22)中:

HCVG_{cgw} —基于饮用地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.22)中, CGWER_{nc}的参数含义见公式(A.20), RfD_o的参数含义见公式(B.4), AHQ的参数含义见公式(E.8), WAF的参数含义见公式(C.21)。

E5.4 基于3种地下水暴露途径综合非致癌效应的地下水风险控制值, 采用公式(E.23)计算:

$$HCVG_n = \frac{AHQ \times WAF}{\frac{IOVER_{nc3} + IIVER_{nc2}}{RfD_i} + \frac{CGWER_{nc}}{RfD_o}} \quad \dots\dots (E.23)$$

公式(E.23)中:

HCVG_n —单一污染物(第n种)基于3种地下水暴露途径综合非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.23)中, AHQ的参数含义见公式(E.8), WAF的参数含义见公式(C.21), IOVER_{nc3}、IIVER_{nc2}的参数含义分别见公式(A.14)和公式(A.18), RfD_o参数含义见公式(B.4), RfD_i的参数含义见公式(B.2), CGWER_{nc}的参数含义见公式(A.20)。

7.4 风险控制值计算结果

基于保守考虑, 若同时存在致癌风险和非致癌风险, 风险控制值计算结果以致癌风险为准, 若不存在致癌风险, 风险控制值主要考虑非致癌风险。土壤污染物风险控制值计算结果见表7.4-1。

开发利用条件不同，但风险控制值计算结果相同主要有两个原因：第一为污染物的风险控制值主要取决于污染物暴露途径的选择，与污染物浓度、毒性参数并无关系（由风险控制值计算公式可知）；第二为由于参数的缺失，导致土壤中甲基对硫磷和杀螟硫磷不存在关于室内蒸汽和室外蒸汽入侵暴露途径的计算结果（具体分析见 6.5.2 节），从而导致不同开发利用条件下风险控制值计算结果一致。

甲基对硫磷的风险控制为 16.28mg/kg，根据美国 RSL（2016.5）标准，其筛选值为 16mg/kg，为防止过度修复，甲基对硫磷的修复目标值定为 16.28mg/kg；由于《污染场地风险评估技术导则》污染物数据库中缺少杀螟硫磷的相关参数，本次评估参考治螟磷进行，其风险控制值计算结果为 19.48mg/kg，因此将其风险控制值计算结果作为其修复目标值，即 19.48mg/kg。

表 7.4-1 土壤污染物风险控制计算结果

开发利用条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值（mg/kg）		风险计算结果		
				表层	下层	致癌风险	非致癌	风险控制值
基坑 0m	甲基对硫磷	mg/kg	-	570.2	146.21		58.54	16.28
	杀螟硫磷	mg/kg	-	17.67	2.58		0.86	19.48
开发利用条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值（mg/kg）		风险计算结果		
				表层	下层	致癌风险	非致癌	风险控制值
基坑 5m	甲基对硫磷	mg/kg	-	284.8	54.64		29.24	16.28
	杀螟硫磷	mg/kg	-	4.66	2.14		0.24	19.48
开发利用条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值（mg/kg）		风险计算结果		
				表层	下层	致癌风险	非致癌	风险控制值
基坑 10m	甲基对硫磷	mg/kg	-	76.68	0.14		7.87	16.28
	杀螟硫磷	mg/kg	-	2.686	0		0.14	19.48

7.5 修复范围及方量确定

7.5.1 修复范围确定原则

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“关于切实做好企业关闭停产后的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，由于本场地规划为居住用地，因此按照一类用地标准划分修复范围。

(2) 不同的污染物种类应分别划分修复范围。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。在本场地具有风险的土层范围内主要涉及到四个土层,应分层确定修复范围。

(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作为起始零点进行计算,不应包括场地地面以上的堆积物。

(5) 对于地下水,结合地下水流场,针对污染物扩散状态辅助污染物治理修复工作。

7.5.2 土壤修复范围与方量

本次污染场地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 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,分别对土壤(0-2m、2-5m、5-7m、7-10m)土壤污染物浓度最大值进行插值分析,确定污染范围。

需要注意的是,通过场地调查及风险评估得出的场地修复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。

(1) 一层(0-2m)

一层各污染物污染范围见图7.5.2-1,总污染范围及折点见7.5.2-2,折点经纬度见表7.5.2-1,该部分需修复面积为 1758.68m²,修复方量为3517.36m³。

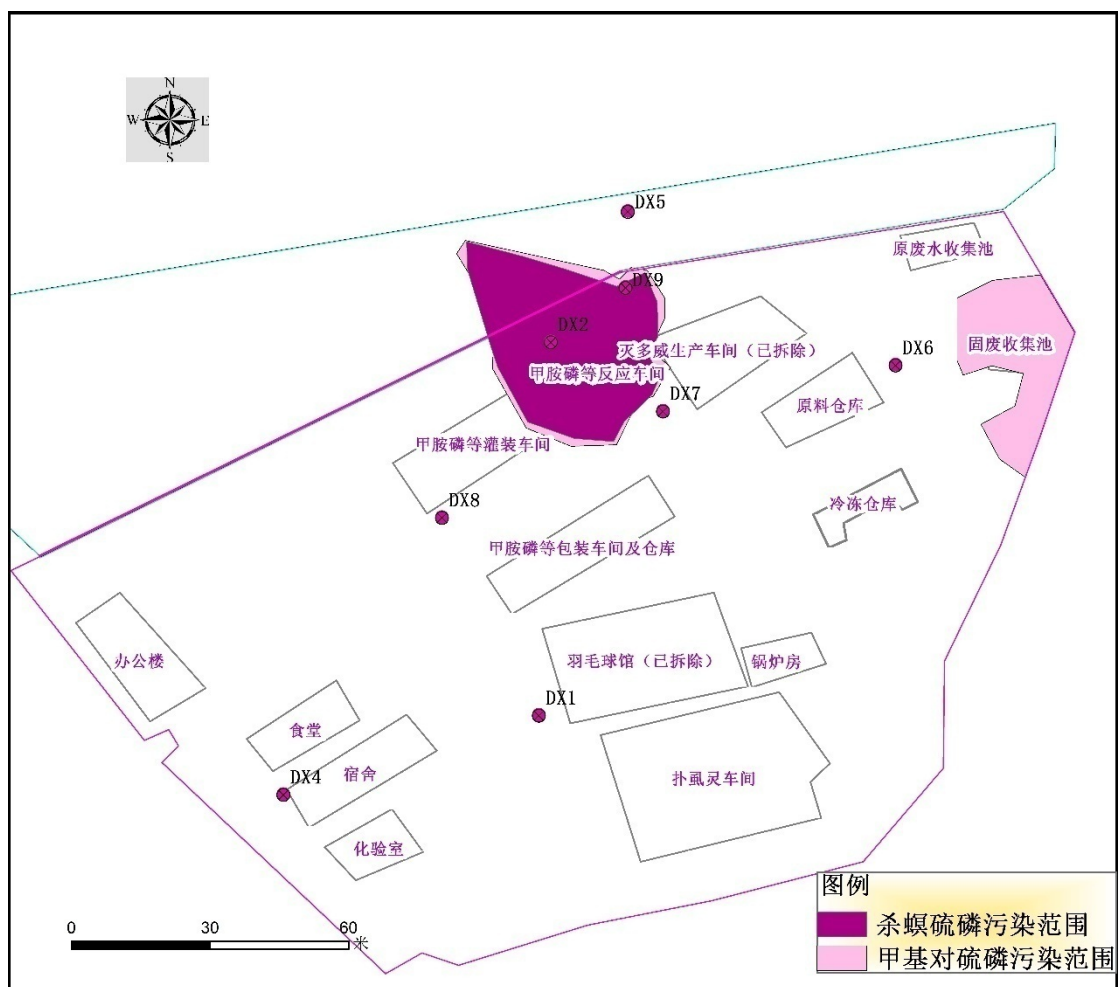


图 7.5.2-1 一层主要污染物污染范围图

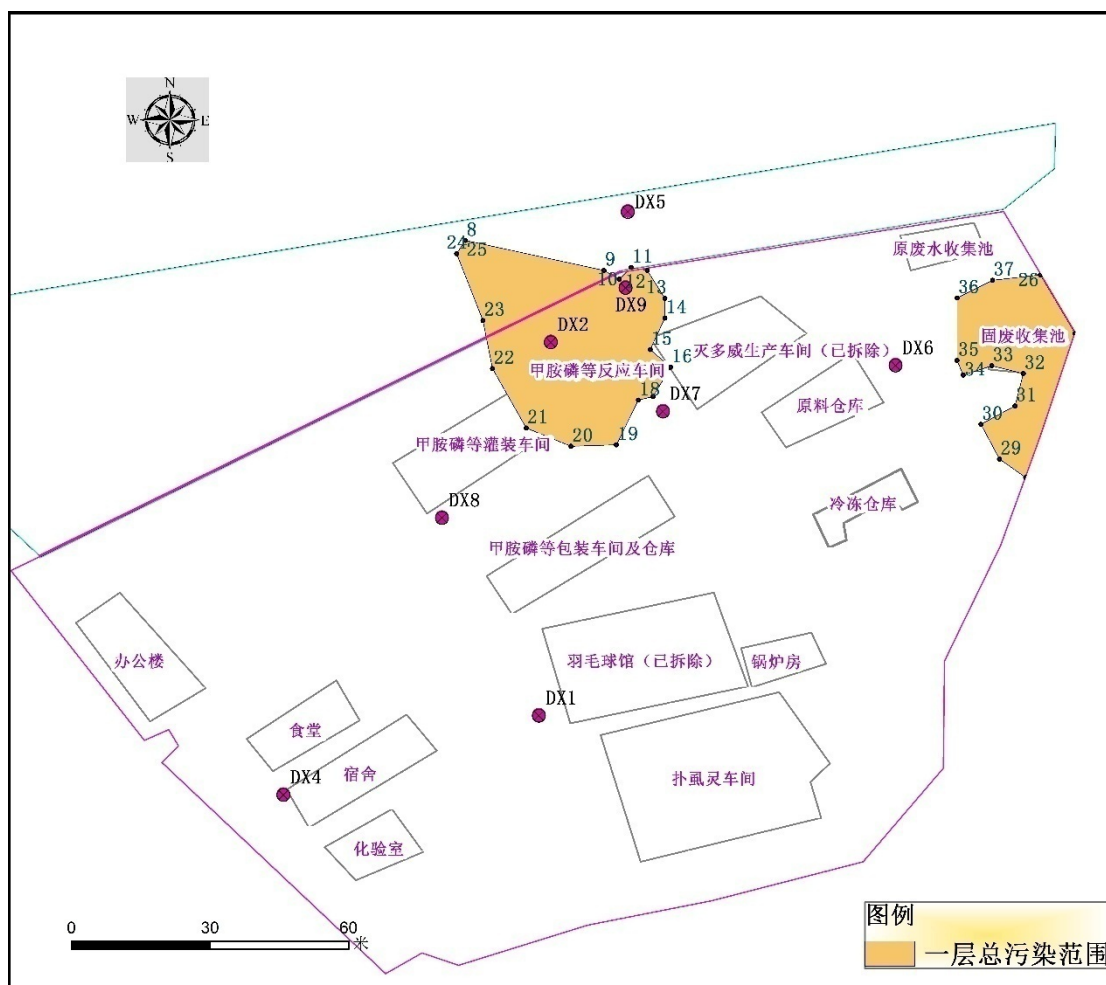


图 7.5.2-2 一层总污染范围图

表 7.5.2-1 一层总污染范围折点经纬度

折点	x	y
8	113.1183487092	28.7965733367
9	113.1186191300	28.7965146739
10	113.1186491763	28.7964975041
11	113.1186720695	28.7965203972
12	113.1187035466	28.7965146739
13	113.1187378854	28.7964603036
14	113.1187378854	28.7964216723
15	113.1187092699	28.7963601479
16	113.1187493320	28.7963258091
17	113.1187149932	28.7962685771
18	113.1186863768	28.7962614230
19	113.1186434530	28.7961741447
20	113.1185547439	28.7961712831
21	113.1184674656	28.7962070527
22	113.1184016487	28.7963229474
23	113.1183829887	28.7964168762
24	113.1183315403	28.7965475819

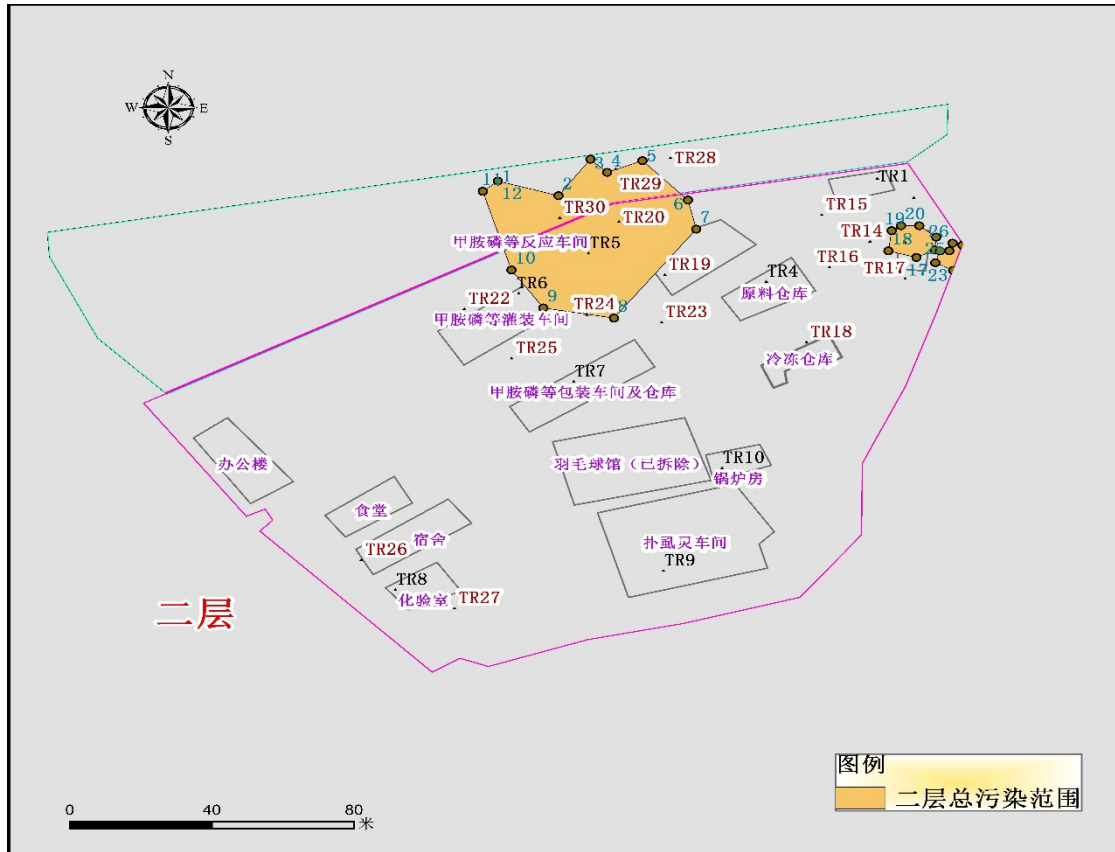


图 7.5.2-4 二层总污染范围图

表 7.5.2-2 二层总污染范围折点经纬度

折点	x	y
1	113.1183599750	28.7965773333
2	113.1185133148	28.7965347387
3	113.1185942439	28.7966412247
4	113.1186368385	28.7966028893
5	113.1187262869	28.7966369655
6	113.1188412922	28.7965219602
7	113.1188625899	28.7964367710
8	113.1186538762	28.7961769443
9	113.1184749794	28.7962067613
10	113.1183940503	28.7963175065
11	113.1183216396	28.7965475172
12	113.1183599750	28.7965773333
13	113.1193812694	28.7964468569
14	113.1194275719	28.7964468569
15	113.1194703140	28.7964136135
16	113.1194667518	28.7963756207
17	113.1194204484	28.7963542501
18	113.1193492131	28.7963732465
19	113.1193575237	28.7964326099
20	113.1193812694	28.7964468569

21	113.1195368000	28.7963898678
22	113.1195130552	28.7963162583
23	113.1194679389	28.7963388160
24	113.1194798117	28.7963732465
25	113.1195035574	28.7963732465
26	113.1195118681	28.7963958042
27	113.1195368000	28.7963898678

(3) 三层 (5-7m)

三层各污染物污染范围见图7.5.2-5，总污染范围及折点见7.5.2-6，折点经纬度见表7.5.2-3，该部分需修复面积为 1845.36m²，修复方量为 3690.72m³。

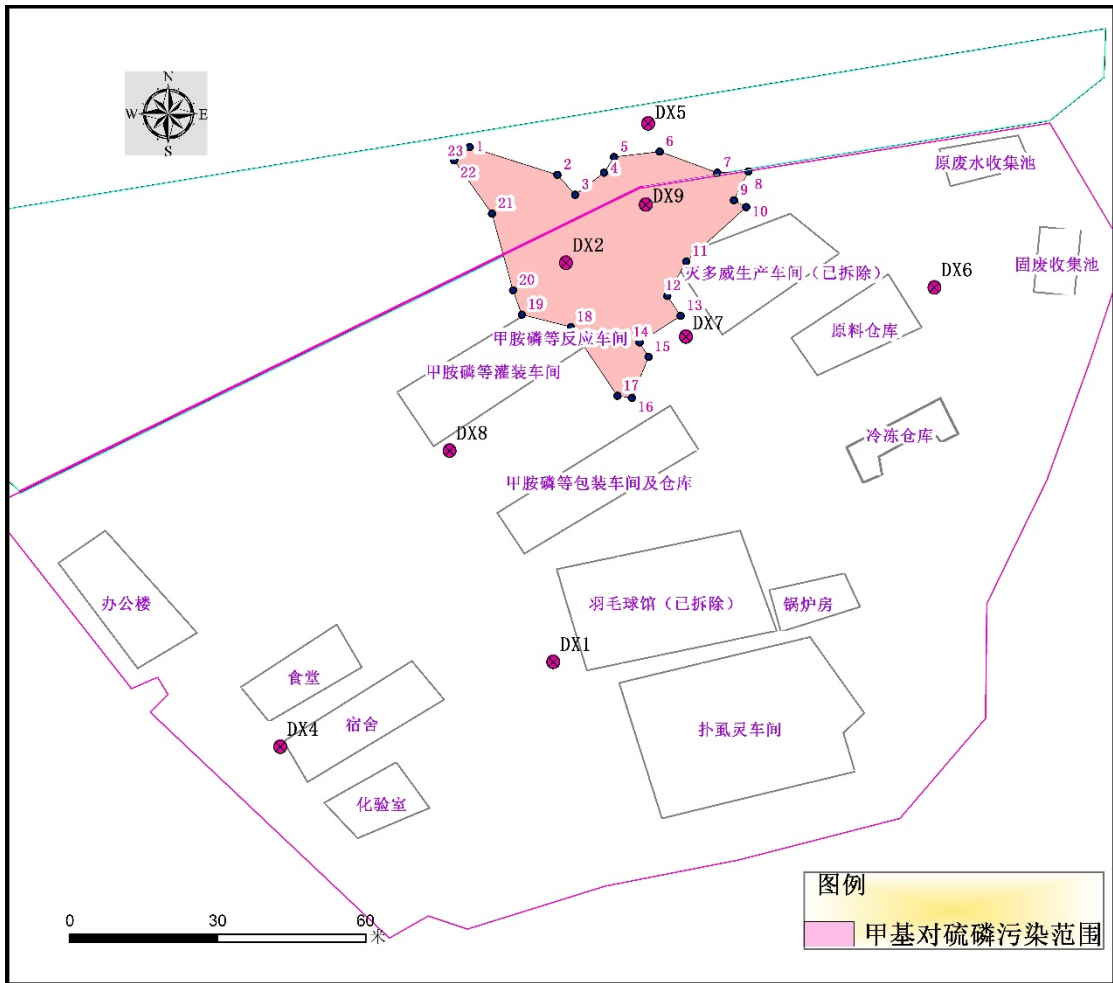


图 7.5.2-5 三层主要污染物污染范围图

表 7.5.2-3 三层总污染范围折点经纬度

折点	x	y
1	113.118340	28.796586
2	113.118500	28.796535
3	113.118532	28.796499
4	113.118585	28.796539
5	113.118603	28.796568

6	113.118686	28.796578
7	113.118792	28.796539
8	113.118848	28.796541
9	113.118822	28.796489
10	113.118844	28.796477
11	113.118735	28.796377
12	113.118701	28.796314
13	113.118725	28.796278
14	113.118650	28.796229
15	113.118666	28.796203
16	113.118636	28.796128
17	113.118609	28.796132
18	113.118524	28.796258
19	113.118435	28.796280
20	113.118419	28.796324
21	113.118380	28.796464
22	113.118311	28.796562
23	113.118340	28.796586

(4) 四层 (7-10m)

四层各污染物污染范围见图7.5.2-7，总污染范围及折点见7.5.2-8，折点经纬度见表7.5.2-4，该部分需修复面积为 528.07m²，修复方量为1584.21m³。

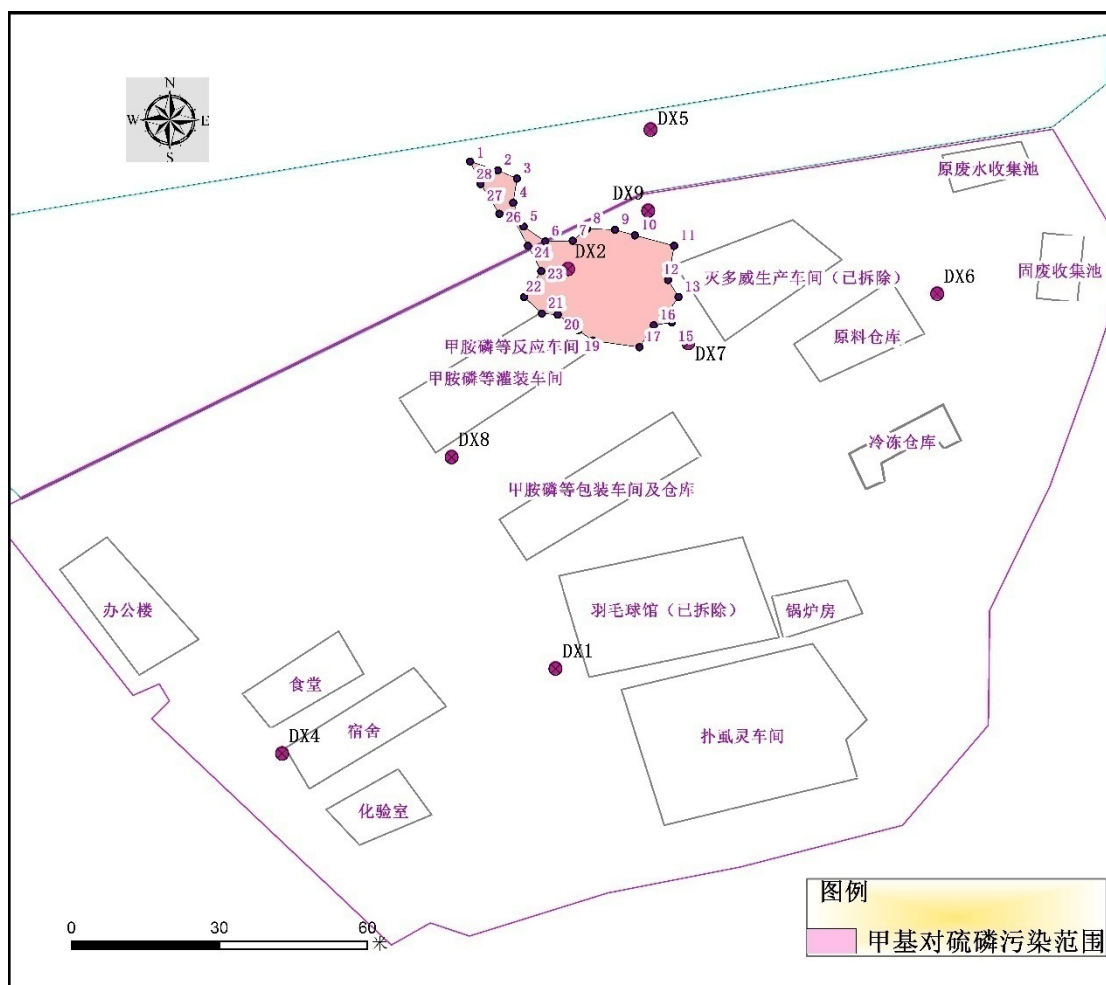


图 7.5.2-7 四层主要污染物污染范围图

表 7.5.2-4 四层总污染范围折点经纬度

折点	x	y
1	113.118337	28.796571
2	113.118387	28.796555
3	113.118422	28.796540
4	113.118415	28.796496
5	113.118434	28.796452
6	113.118473	28.796425
7	113.118524	28.796426
8	113.118550	28.796448
9	113.118601	28.796446
10	113.118637	28.796436
11	113.118709	28.796417
12	113.118698	28.796355
13	113.118717	28.796324
14	113.118695	28.796293
15	113.118705	28.796277
16	113.118671	28.796272
17	113.118645	28.796232

18	113.118560	28.796244
19	113.118534	28.796263
20	113.118497	28.796292
21	113.118467	28.796294
22	113.118435	28.796324
23	113.118466	28.796371
24	113.118442	28.796417
25	113.118410	28.796476
26	113.118390	28.796475
27	113.118356	28.796530
28	113.118337	28.796571

该场地土壤中污染物为重金属和半挥发性污染物，主要暴露途径为经口摄入、皮肤接触和吸入土壤颗粒物，模型默认表层厚度为0.5m，鉴于本场地0.5-2m土层污染仍较重，若存在开挖深度小于2m区域，建议修复深度达到2m。若实际开挖深度非本报告拟定深度，清挖土壤修复目标值以本报告所确定的全暴露途径风险控制值为准。

表 7.5.2-5 场地土壤修复方量

修复土层	埋深 (m)	方量 (m ³)
一层	0-2	3517.36
二层	2-5	5644.59
三层	5-7	3690.72
四层	7-10	1584.21
共计	0-10	14436.88

第 8 章结论及建议

8.1 土壤

(1) 风险评估结果

表 8.1-1 土壤污染健康风险评价结果

开发利用 条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值 (mg/kg)		风险计算结果	
				表层	下层	致癌风险	非致癌
基坑 0m	甲基对硫磷	mg/kg	-	570.2	146.21		58.54
	杀螟硫磷	mg/kg	-	17.67	2.58		0.86
开发利用 条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值 (mg/kg)		风险计算结果	
				表层	下层	致癌风险	非致癌
基坑 5m	甲基对硫磷	mg/kg	-	284.8	54.64		29.24
	杀螟硫磷	mg/kg	-	4.66	2.14		0.24
开发利用 条件	污染物	单位	筛选值	浓度取值 (mg/kg)		风险计算结果	
				表层	下层	致癌风险	非致癌
基坑 10m	甲基对硫磷	mg/kg	-	76.68	0.14		7.87
	杀螟硫磷	mg/kg	-	2.686	0		0.14

甲基对硫磷、杀螟硫磷没有致癌斜率因子参数，因此无法评估其致癌风险，甲基对硫磷存在非致癌风险，杀螟硫磷不存在非致癌风险，《污染场地风险评估技术导则》中缺少杀螟硫磷参数，本次该污染物风险评估参数参考治螟磷。

主要致癌或非致癌暴露途径为经口摄入，其次为皮肤接触、吸入土壤颗粒物暴露途径导致风险最低。

对于甲基对硫磷和杀螟硫磷（参考治螟磷）来说，《污染场地风险评估技术导则》中没有该污染物的 IUR ：呼吸吸入单位致癌因子， $m^3 \cdot mg^{-1}$ ，因此无法计算出污染物的 SFi ：呼吸吸入致癌斜率因子： $(mg \text{ 污染物} \cdot kg \text{ (土壤)} / kg^{-1} \text{ (体重)} \cdot d^{-1})^{-1}$ ，而关于吸入的暴露途径致癌风险如吸入土壤颗粒物、室内蒸汽入侵（包括表层和下层）、室外蒸汽入侵等涉及到吸入的暴露途径致癌风险均需要该参数，且由于两种污染物亦不存在经口摄入致癌斜率因子 SFo ，无法根据外推公式计算其皮肤接触致癌风险，因此两种污染物不存在致癌风险计算过程。

对于非致癌风险、甲基对硫磷和杀螟硫磷（参考治螟磷）缺乏 RfC ：呼吸吸入参考浓度， $mg \cdot m^{-3}$ 参数，因此涉及到吸入的暴露途径如吸入土壤颗粒物、室内外蒸汽入侵的非致癌风险均无法计算。

(2) 风险控制值计算结果

甲基对硫磷的风险控制为 16.28mg/kg，根据美国 RSL（2016.5）标准，其筛选值为 16mg/kg，为防止过度修复，甲基对硫磷的修复目标值定为 16.28mg/kg；由于《污染场地风险评估技术导则》污染物数据库中缺少杀螟硫磷的相关参数，本次评估参考治螟磷进行，其风险控制值计算结果为 19.48mg/kg，因此将其风险控制值计算结果作为其修复目标值，即 19.48mg/kg。

(3) 土壤需修复方量

该场地土壤中污染物为重金属和半挥发性污染物，主要暴露途径为经口摄入、皮肤接触和吸入土壤颗粒物，模型默认表层厚度为0.5m，鉴于本场地0.5-2m土层污染仍较重，若存在开挖深度小于2m区域，建议修复深度达到2m。若实际开挖深度非本报告拟定深度，清挖土壤修复目标值以本报告所确定的全暴露途径风险控制值为准，各层污染土壤方量见下表。

表 8.1-4 场地土壤修复方量

修复土层	埋深（m）	方量（m ³ ）
一层	0-2	3517.36
二层	2-5	5644.59
三层	5-7	3690.72
四层	7-10	1584.21
应急处置工程		1753
共计	0-10	16189.88

8.2 地下水

不考虑饮用水途径，地下水中二氯甲烷、敌敌畏均不存在风险，其中甲基对硫磷和甲胺磷由于缺少参数无法计算其风险，但其均为半挥发性有机污染物，甲胺磷和甲基对硫磷在土壤中的风险控制值分别为 1.95mg/kg、9.74mg/kg，且地下水中污染物挥发暴露需经过土壤层，甲胺磷土壤安全浓度大于地下水最大浓度值，因此甲胺磷在不饮用条件下不存在风险，根据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 Levels) 的最新发布数据变化, 甲基对硫磷尚不存在气态污染物暴露途径, 因此考虑甲基对硫磷不存在地下水气态污染物挥发途径, 经上述分析, 该场地地下水在不饮用条件下, 不存在健康风险。

表 8.2-1 地下水风险评估结果—不考虑饮用途径

编号	污染物名称	地下水井	
		风险值	危害商
1	二氯甲烷	1.63E-10	5.21E-04
2	甲基对硫磷	-	-
3	敌敌畏	5.59E-12	2.5E-06
4	甲胺磷	-	-

8.3 建议

(1) 该场地土壤中污染物以半挥发性污染物为主, 主要暴露途径为经口摄入、皮肤接触, 模型默认表层厚度为 0.5m, 鉴于本场地 0.5-2m 土层污染仍较重, 若存在开挖深度小于 2m 区域, 建议修复深度达到 2m。若实际开挖深度非本报告拟定深度, 清挖土壤修复目标值以本报告所确定的修复目标值为准。

(2) 经判断场地地下水在不饮用的条件下, 不存在健康风险, 不建议将地下水作为主要修复对象, 建议以土壤修复切断地下水污染源为主。

(3) 根据场地污染物风险水平, 建议将该地块纳入 2020 年湖南省土壤污染防治项目储备库。

(4) 场地修复过程中要进行跟踪观测, 修复后要有验收。在场地开挖取土过程中, 需要观察是否有在调查阶段中没有被发现的污染, 一经发现, 需要相关专业人员及时处理, 并调整修复范围。另外, 在开挖过程中需要进行质量控制, 确保分类开挖和开挖到位。在开挖边界和底部要有取样监测, 确保污染土壤如数清除。

(5) 场地修复中要有安全环保措施。场地大规模的挖掘活动不仅会改变土壤污染物的分布特性, 造成污染物进一步扩散, 还会对施工人员、场地周围居民及场地其他工作人员的身体健康和安全生产产生不利影响。因此, 在进行场地修复施工前, 要进行安全环保培训, 特别是防止化学品和污染土壤毒害的培训, 确保施工安全进行。施工之前要制定包括运输在内的安全环保方案, 为施工提供指导并要求施工人员遵照执行。

(6) 避免场地在拆迁工程中的再污染。在场地地上建筑物的拆除过程中, 应确保被拆除的建筑物已经经过无害化处理, 应选择有经验、具相关资质的化工

设施拆除单位进行拆除，并及时清运建筑垃圾，避免产生新的污染。此外，在其地基清挖过程中，应尽量减少扰动污染土壤，更不要随意堆放，避免造成场地的二次污染。

9 附件

9.1 场调报告专家评审意见

汨罗市原城郊乡农药厂场地环境调查报告 专家评审意见

2019年11月8日，岳阳市生态环境局会同岳阳市自然资源和规划局在汨罗市组织召开了《汨罗市原城郊乡农药厂场地环境调查报告》（以下简称《场地调查报告》）专家评审会。参加会议的有岳阳市生态环境局汨罗分局、汨罗市楚之晟公司、编制单位广电计量检测（湖南）有限公司等单位的领导和代表。会议邀请了5位专家组成评审组（名单附后）。会前，与会专家与代表实地察看了项目现场，会上，汨罗市城建投对场地情况进行了介绍，编制单位对场地调查报告的内容进行了汇报。经评审和讨论，形成如下评审意见：

一、报告质量

场地调查报告内容较全面，场地环境调查数据基本可信，符合相关技术规范要求，经进一步补充完善后可作为下一步的工作依据。

二、修改建议

1、完善场地环境调查背景情况说明，核实原生产工艺情况、应

急工程相关情况，完善污染因子识别分析。

2、完善场地下水调查方法说明，细化水文地质情况、地下水流向说明。

3、完善采样深度合理性分析，细化暂存土壤调查分析。

4、进一步完善调查结论，核实污染范围、污染方量及下一步工作建议。

5、补充监测井洗井等相关附件材料。

专家组：程育芝（组长）、方潭、陈灿、王红、陈亮（执笔）

2019年11月8日

9.2 区域规划证明

汨罗市规划局

汨规函（2018）107 号

关于出具汨罗市城郊乡农药厂污染地块土地利用规划证明的复函

市环境保护局：

贵局关于出具汨罗市原城郊乡农药厂污染地块土地利用规划证明的函我局已收悉：经现场踏勘，该地块位于汨罗江大道南侧。根据现行汨罗市城市总体规划（2001-2020）及汨罗市端午城控制性详细规划，该地块用途为城市建设用地。



汨罗市人民政府

汨罗市人民政府 关于汨罗市原城郊乡农药厂生产厂区 污染责任主体已灭失的说明

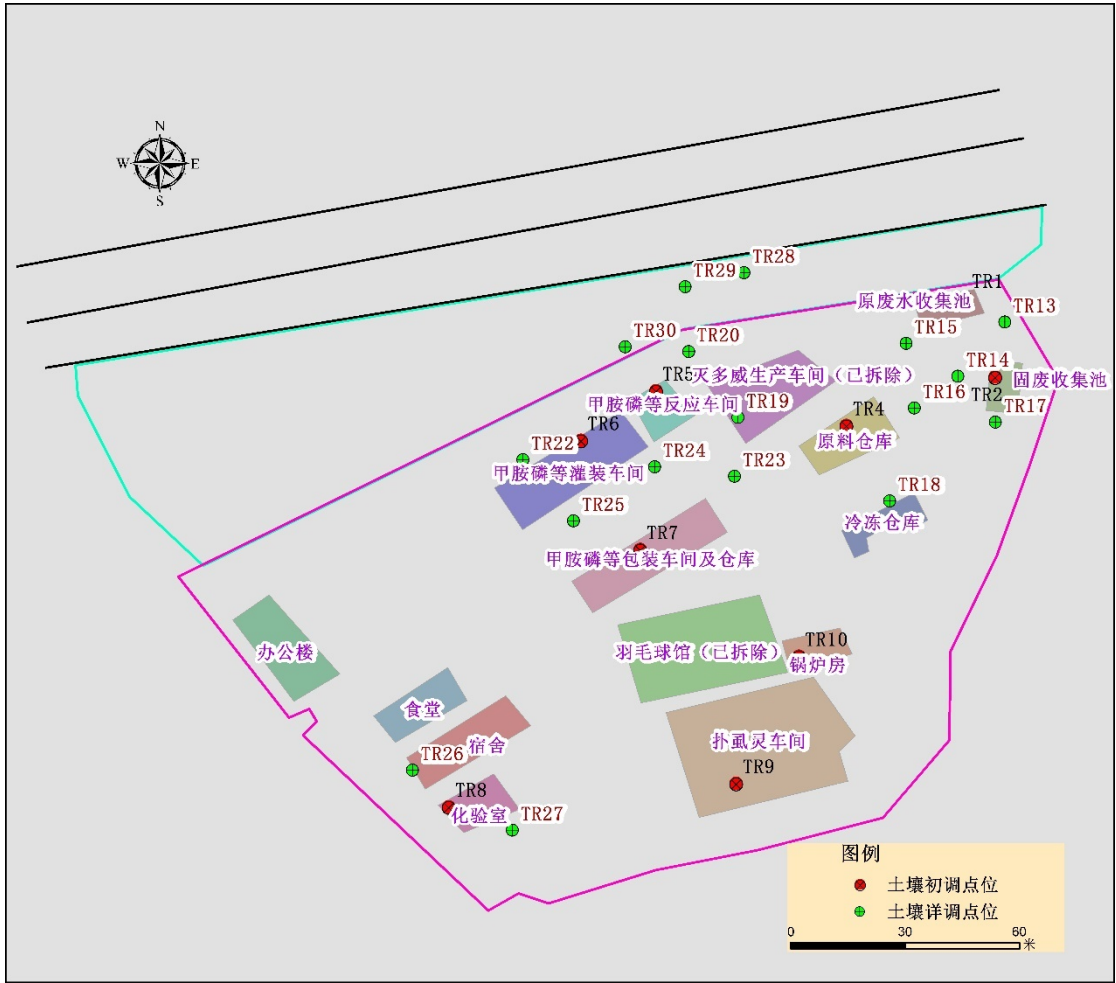
汨罗市原城郊乡农药厂位于汨罗市归义镇上马村，中心经度 113° 07' 28.67"，中心纬度 28° 47' 34.24"。该厂是我市原乡镇集体企业，该厂组建于 1985 年，由于在生产过程中缺乏有效管理及环境保护措施，导致厂区内甲基对硫磷、杀螟硫磷等有机物超标，引起当地群众多次上访投诉，于 2005 年 7 月被迫关闭停产。对汨罗市原城郊乡农药厂厂区地块环境调查结果表明，该地块土壤污染严重，迫切需要进行修复治理，以保护地块及周边的生态环境，保障附近群众的人身安全。

汨罗市原城郊乡农药厂厂区地块，企业已关闭停产，企业解散后，地块一直闲置，污染未得到有效治理，污染责任主体已灭失。

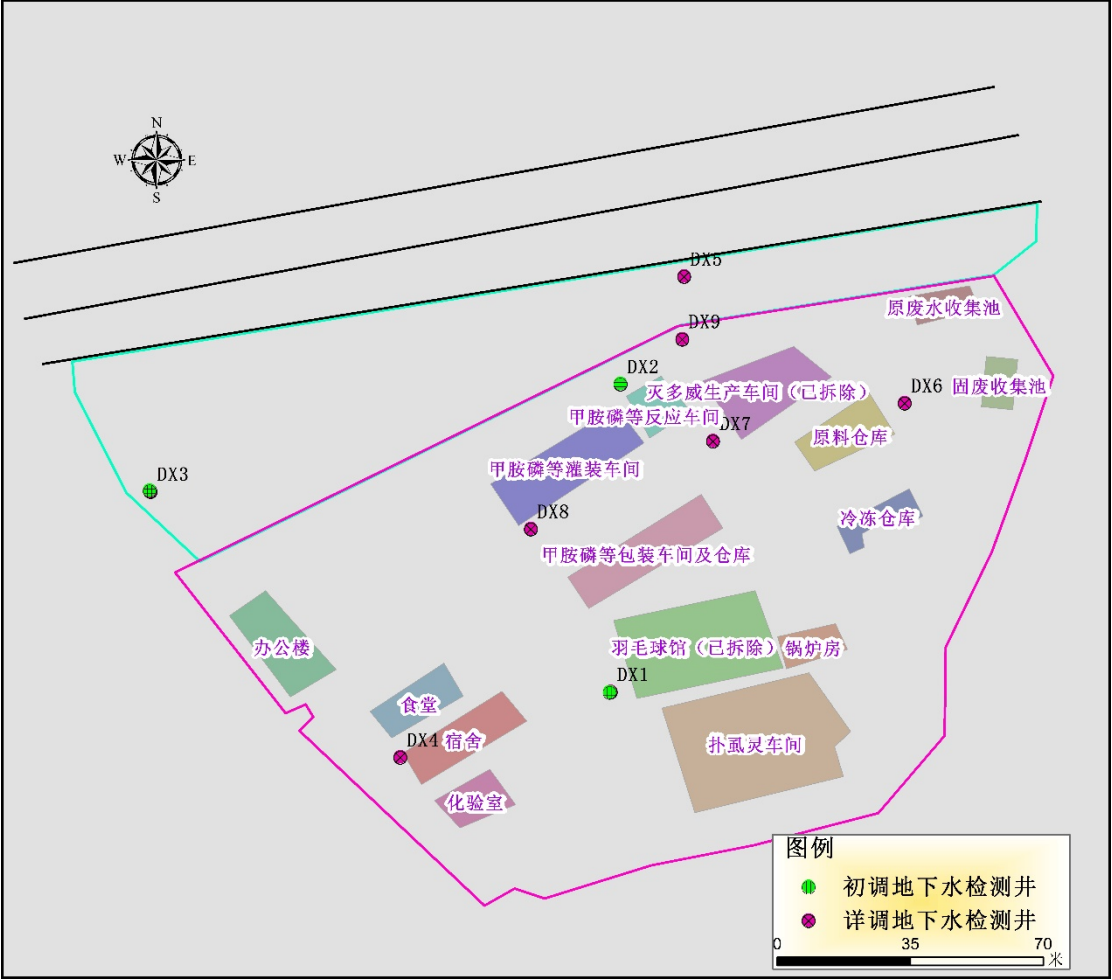
特此说明。



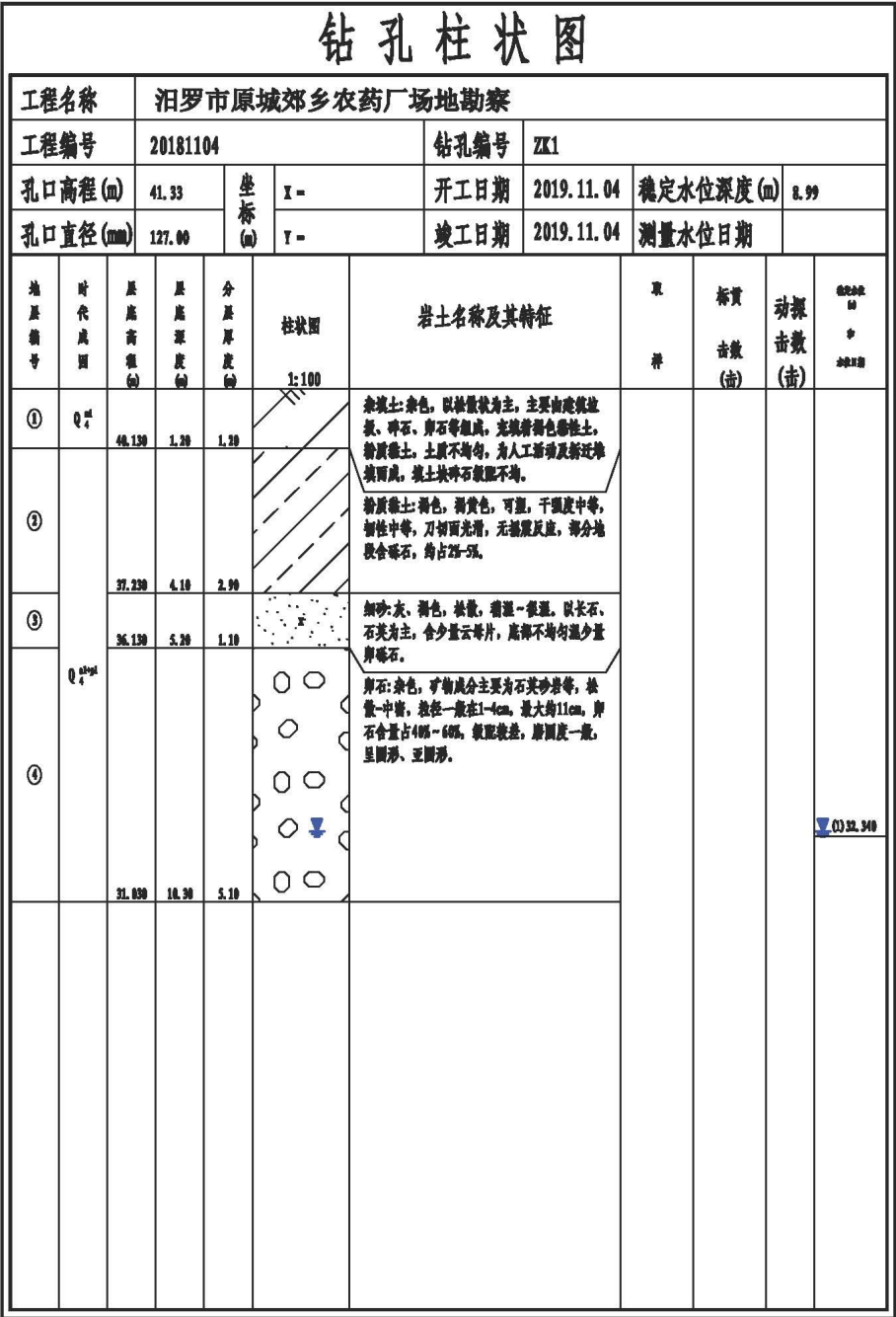
9.3 土壤采样点位分布图





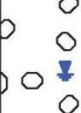

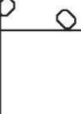
9.4 地下水采样点位分布图






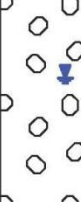
9.5 钻孔柱状图






钻孔柱状图

工程名称		汨罗市原城郊乡农药厂场地勘察												
工程编号		20181104					钻孔编号		ZX2					
孔口高程(m)		38.58		坐标 (m)	X =		开工日期		2019.11.04		稳定水位深度(m)		5.83	
孔口直径(mm)		127.00			Y =		竣工日期		2019.11.04		测量水位日期			
地层 编号	时 代 成 因	层 底 高 程 (m)	层 底 深 度 (m)	分 层 厚 度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征			取 样	标贯 击数 (击)	动探 击数 (击)	备注		
①	Q ₄ ^{al}	37.680	0.90	0.90		杂填土: 杂色, 以建筑垃圾为主, 主要由建筑垃圾、碎石、卵石等组成, 充填着褐色粘性土、粉质粘土。土质不均匀, 为人工新填及拆迁堆填而成。填土块碎石粒径不均。								
②						粉质粘土: 褐色, 褐黄色, 可塑, 干强度中等, 韧性中等, 刀切面光滑, 无摇震反应, 部分地段含砾石, 约占2%-5%。								
③		35.480	3.10	2.10		细砂: 灰、褐色, 松散, 稍湿~很湿。以长石、石英为主, 含少量云母片, 底部不均匀混少量卵石。								
④		34.480	4.10	1.00		卵石: 杂色, 矿物成分主要为石英砂岩等, 块量~中量, 粒径一般在1~4cm, 最大均11cm, 卵石含量占40%~60%, 级配较差, 磨圆度一般, 呈圆形、亚圆形。								
		29.280	9.10	5.10										

钻孔柱状图

工程名称		汨罗市原城郊乡农药厂场地勘察												
工程编号		20181104				钻孔编号		ZK3						
孔口高程(m)		38.32		坐标 (m)	X =		开工日期		2019.11.04		稳定水位深度(m)		5.46	
孔口直径(mm)		127.00			Y =		竣工日期		2019.11.04		测量水位日期			
地层 编号	时 代 成 因	层 底 高 程 (m)	层 底 深 度 (m)	分 层 厚 度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征			取 样	标贯 击数 (击)	动探 击数 (击)	备注 备注		
①	Q ₄ ^{al}	37.520	0.80	0.80		<div>杂填土:杂色,以建筑垃圾为主,主要由建筑垃圾、碎石、卵石等组成,充填着褐色粘性土,粉质粘土。土质不均匀,为人工新填及拆迁堆填而成。填土块碎石数量不均。</div> <div>粉质粘土:褐色,褐黄色,可塑,干强度中等,韧性中等,刀切面光滑,无摇震反应,部分地夹含砾石,约占2%-5%。</div> <div>细砂:灰、褐色,松散,稍湿~很湿,以长石、石英为主,含少量云母片,底部不均匀混少量卵石。</div> <div>卵石:杂色,矿物成分主要为石英砂岩等,块量~中量,粒径一般在1~4cm,最大均11cm,卵石含量占40%~60%,级配较差,磨圆度一般,呈圆形、亚圆形。</div>								
②		36.720	1.60	0.80										
③		35.920	2.40	0.80										
④		34.220	8.10	5.70										





钻孔柱状图

工程名称		汨罗市原城郊乡农药厂场地勘察									
工程编号		20181104					钻孔编号		ZX4		
孔口高程(m)		40.28	坐标 (m)	X =		开工日期		2019.11.04	稳定水位深度(m)		8.39
孔口直径(mm)		127.00		Y =		竣工日期		2019.11.04	测量水位日期		
地层 编号	时代 成因	层底 高程 (m)	层底 深度 (m)	分 层 厚 度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (击)	动探 击数 (击)	备注 说明
①	Q ₄ ^{al}	39.880	8.40	8.40		<p>杂填土: 杂色, 以建筑垃圾为主, 主要由建筑垃圾、碎石、卵石等组成, 充填着褐色粘性土, 粉质粘土。土质不均匀, 为人工新填及邻近堆填而成。填土块碎石数量不均。</p> <p>粉质粘土: 褐色, 褐黄色, 可塑, 干强度中等, 韧性中等, 刀切面光滑, 无摇震反应, 部分地段含砾石, 约占2%-5%。</p> <p>细砂: 灰、褐色, 极微, 稍湿~很湿。以长石、石英为主, 含少量云母片, 底部不均匀混少量卵石。</p> <p>卵石: 杂色, 矿物成分主要为石英砂岩等, 块量~中量, 粒径一般在1~4cm, 最大均11cm, 卵石含量占40%-60%, 级配较差, 磨圆度一般, 呈圆形、亚圆形。</p>					
②		38.380	1.50	1.50							
③		36.880	1.50	1.50							
④	Q ₄ ^{gl}	32.780	7.58	4.18							
											<p>▽ (3) 31.899</p>

钻孔柱状图

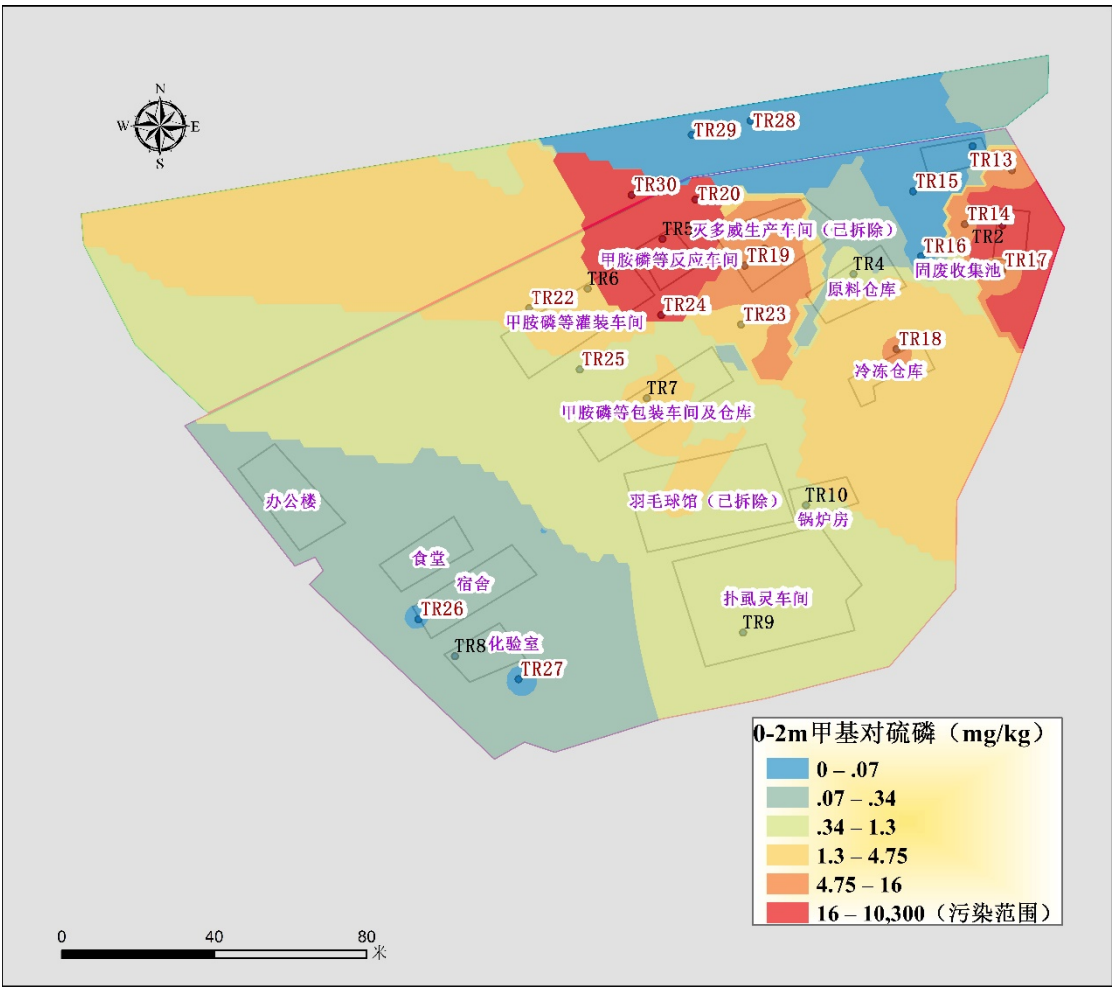
工程名称		汨罗市原城郊乡农药厂场地勘察											
工程编号		20181104				钻孔编号		ZK5					
孔口高程(m)		36.91		坐标 (m)	X =	开工日期		2019.11.04		稳定水位深度(m)		4.12	
孔口直径(mm)		127.00			Y =	竣工日期		2019.11.04		测量水位日期			
地层 编号	时 代 成 因	层 底 高 程 (m)	层 底 深 度 (m)	分 层 厚 度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (击)	动探 击数 (击)	备注 含水率 饱和度		
①	Q ₄ ^{al}	35.410	1.50	1.50		杂填土:杂色,以建筑垃圾为主,主要由建筑垃圾、碎石、卵石等组成,充填着褐色粘性土、粉质粘土,土质不均匀,为人工新填及邻近堆填而成,填土块碎石数量不均。							
②		32.810	4.10	2.60		粉质粘土:褐色,褐黄色,可塑,干强度中等,韧性中等,刀切面光滑,无摇震反应,部分地段含砾石,约占2%-5%。							
③	Q ₄ ^{pl}	32.810	4.90	0.80		细砂:灰、褐色,松散,稍湿~很湿。以长石、石英为主,含少量云母片,底部不均匀少量粗砾石。							
④		28.810	8.10	3.20		卵石:杂色,矿物成分主要为石英砂岩等,块状~中块,粒径一般在1-4cm,最大约11cm,卵石含量占40%-60%,嵌距较差,磨圆度一般,呈圆形、亚圆形。							

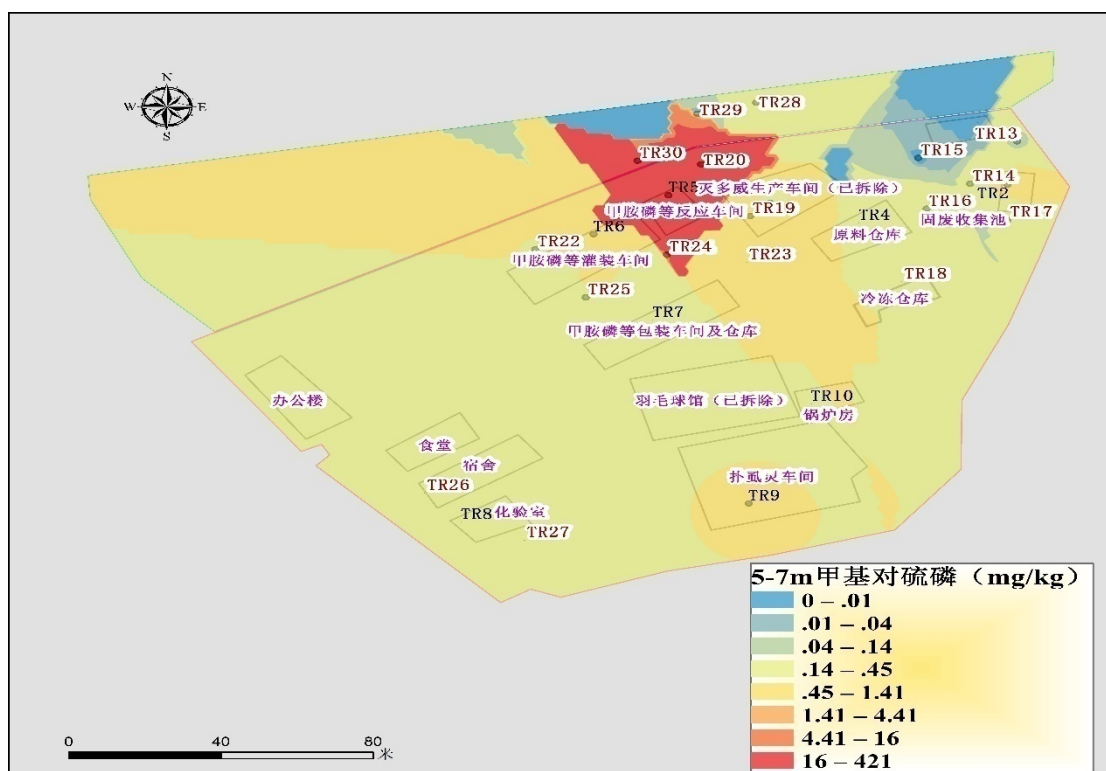
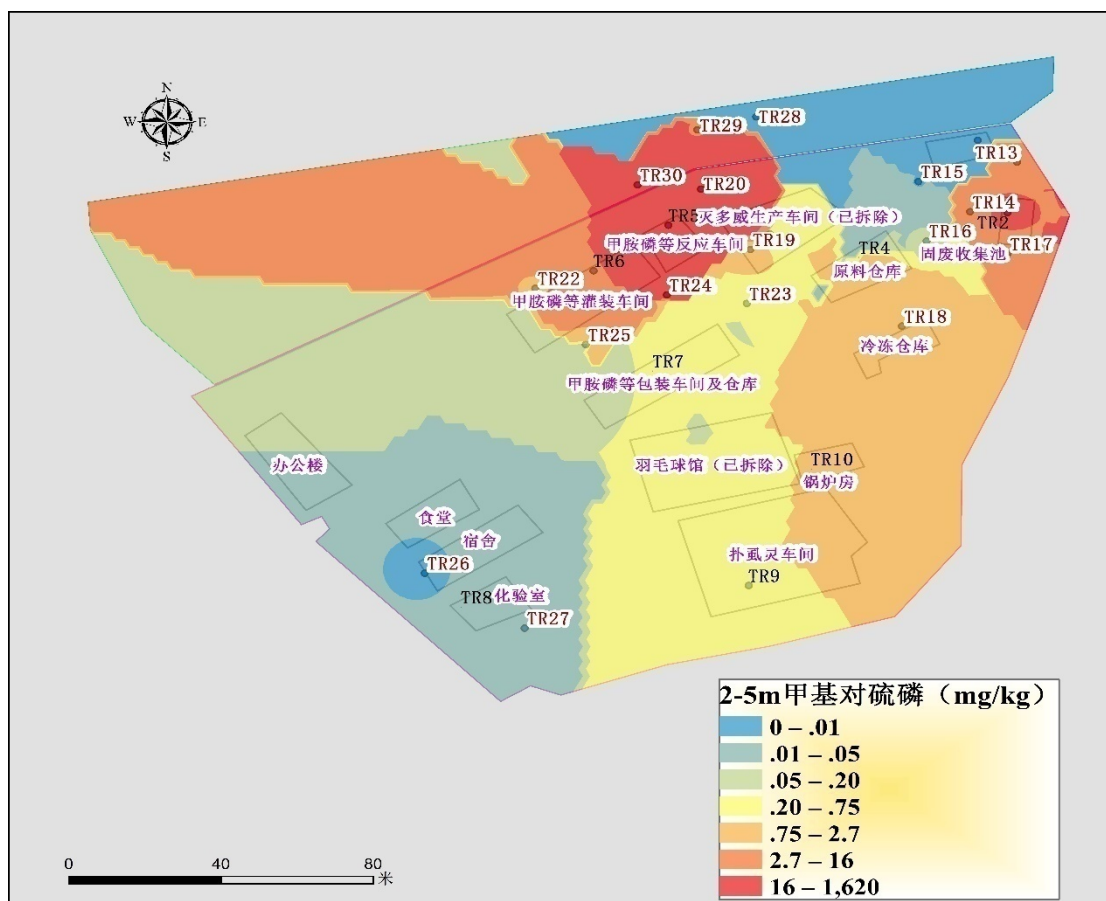
钻孔柱状图

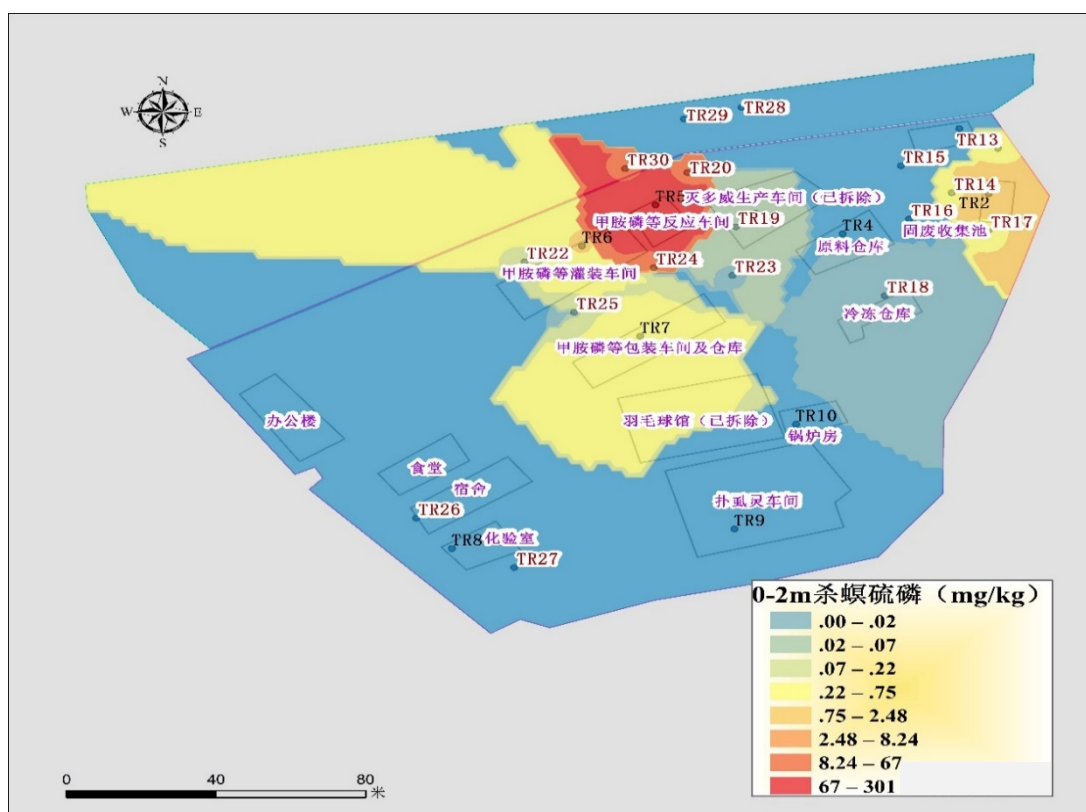
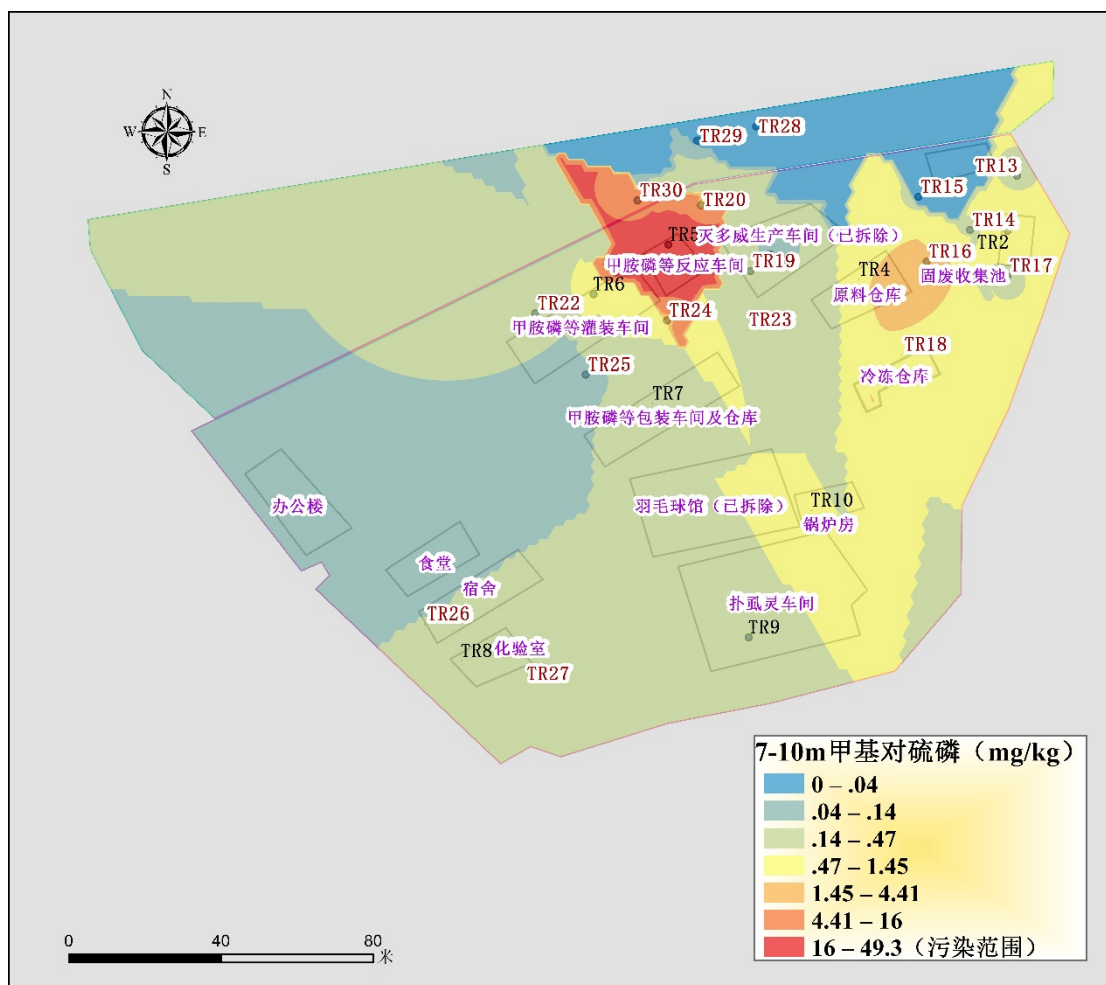
工程名称		汨罗市原城郊乡农药厂场地勘察												
工程编号		20181104				钻孔编号		ZK6						
孔口高程(m)		38.68		坐标 (m)	X =		开工日期		2019.11.04		稳定水位深度(m)		5.76	
孔口直径(mm)		127.00			Y =		竣工日期		2019.11.04		测量水位日期			
地层 编号	时代 成因	层底 高程 (m)	层底 深度 (m)	分 层 厚 度 (m)	柱状图 1:100	岩土名称及其特征			取 样	标贯 击数 (击)	动探 击数 (击)	备注		
①	Q ₄ ^{al+pl}	37.280	1.40	1.40		杂填土: 杂色, 以建筑垃圾为主, 主要由建筑垃圾、碎石、卵石等组成, 充填着褐色粘性土、粉质粘土, 土质不均匀, 为人工新填及新近堆填而成, 填土块碎石粒径不均。								
②		34.880	3.80	2.40		粉质粘土: 褐色, 褐黄色, 可塑, 干强度中等, 韧性中等, 刀切面光滑, 无摇震反应, 部分地夹含砾石, 约占2%-5%。								
③		33.280	5.40	1.60		细砂: 灰、褐色, 松散, 稍湿~很湿, 以长石、石英为主, 含少量云母片, 底部不均匀混少量卵石。								
④		29.580	9.10	3.70		卵石: 杂色, 矿物成分主要为石英砂岩等, 块径~中密, 粒径一般在1-4cm, 最大均11cm, 卵石含量占40%-60%, 胶结较差, 磨圆度一般, 呈圆形、亚圆形。								

Y (1) 32, 320

9.6 土壤污染分布







9.7 评审专家签到表

汨罗市原城郊乡农药厂污染场地风险评估报告评审会专家组签字表

项目名称：汨罗市原城郊乡农药厂污染场地风险评估

日期：2019 年 月 日

姓名	职务/职称	单位	联系电话	评审分工	签名
杨文峰	高级工程师	湖南省有色金属地质研究院	1507311848		杨文峰
方大明	教授	湖南师范大学	13787115411		方大明
汤磊	工程师	长沙市建筑设计院	13973117269		汤磊
戴基成	工工	湖南湘中机械集团有限公司	13508479467		戴基成
王. 王	高工	湘阴县法院	13875009862		王. 王