滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目

详细调查报告

（报批稿）

环境保护部环境规划院

2018 年 12 月

项目基本信息

报告名称：滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目详细调查报告

项目委托单位：滨化集团股份有限公司

项目承担单位：环境保护部环境规划院

项目负责人：孙宁

技术负责人：丁贞玉

项目参与人员及分工：

序号	姓名	职称	任务分工
1	孙宁	研究员	总体负责项目执行
2	丁贞玉	研究员	项目技术负责人
3	周欣	工程师	负责协调及现场调查工作，负责报告编制
4	张宗文	工程师	参与现场调查工作与报告编制
5	张岩坤	助理研究员	参与现场调查工作与报告编制
6	刘锋平	助理研究员	参与现场调查工作与报告编制
7	呼红霞	工程师	参与现场调查工作与报告编制
8	尹惠林	工程师	参与现场调查工作与报告编制

工程咨询甲级资质证书

工程咨询单位资格证书

单位名称：环境保护部环境规划院　　资格等级：甲级

专业	服务范围
生态建设和环境工程	规划咨询、编制项目建议书、评估咨询
市政公用工程(环境卫生)	规划咨询、评估咨询

以上各专业均涵盖了本专业相应的节能减排和环境治理内容。取得编制项目可行性研究报告、项目申请报告资格的单位，具备编制固定资产投资项目节能评估文件的能力；取得评估咨询资格的单位，具备对固定资产投资项目节能评估文件进行评审的能力。

证书编号：工咨甲 20120090002

证书有效期：至 2019 年 08 月 13 日

发证机关

2014 年 08 月 14 日

中华人民共和国国家发展和改革委员会制

专家评审意见

滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目详细调查报告专家评审意见

2018 年 12 月 26 日，滨化集团股份有限公司在北京组织召开了《滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目详细调查报告》（以下简称“详调报告”）专家评审会。参加会议的有滨州市环境保护局滨城分局代表、五位评审专家（名单附后）。与会专家听取了承担单位环境保护部环境规划院项目组对项目主要内容的汇报，查阅了相关资料，经质询与讨论，形成如下意见：

一、项目组在初步调查的基础上，开展了水文地质调查、土壤和地下水采样、实验室检测分析等工作，获得了场地污染数据，编制了详调报告，完成了合同规定的各项成果要求。

二、报告编制思路清晰、内容完整，符合国家污染场地调查相关技术标准和规范的要求，数据详实，方法正确、结论可信。专家组一致同意通过评审。

三、建议完善布点依据，补充质控数据分析与说明。

专家签名：

2018 年 12 月 26 日

滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目

详细调查报告修改说明

专家意见	修改说明
完善布点依据	详细调查阶段点位的布设针对初步调查阶段所识别和确认的污染物种类、浓度和不同生产工艺区域情况展开，同时结合《建设用地土壤环境调查评估技术指南》等相关导则或指南的有关要求，具体见 6.1.1“布点原则”小节；详查采样深度的设计，一方面结合了初步调查阶段所掌握的场地地层分布信息，保证在每个大层及亚层都采集一定数量的土壤样品，另一方面满足《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）中对土壤监测点位采样深度的设计要求，同时结合现场实际快速检测结果，最终能够达到反映土壤中污染物分布的要求。补充内容见 6.1.2.1“详查土壤布点采样设计”小节
补充质控数据分析与说明	本项目在现场采样过程中设定现场质量控制样品，包括现场平行样、相应数量的采样工具清洗空白、运输空白样等，数量满足相关标准要求，通过计算平行双样相对偏差判断采样和实验室测定的精密度，平行样相对差异在标准值范围内，符合相关质量标准。质控相关内容见 6.3.1“现场采样质量控制”、6.3.6“实验室分析质量控制”和 6.3.7“平行样质量控制”小节

专家复核意见

滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目
详细调查报告
专家组长复核意见

专家组长姓名	夏天翔	职称、职务	研究员
所在单位	北京市环境保护科学研究院		

意见：

项目组针对专家提出的意见，编制了修改说明，并对相关内容进行了修改和完善，同意作为下一步工作开展的依据。

签名：夏天翔

2019 年 1 月 8 日

目 录

插图目录

插表目录

摘 要

滨化集团股份有限公司（以下简称“业主单位”）化工分公司老厂区地块（以下简称“老厂区地块”）位于山东省滨州市滨城区黄河五路 560 号，场址位于黄河五路与黄河六路、渤海三路与渤海四路之间区块，占地 204600m^2（约 306.9 亩）。早在上个世纪，滨化集团就在该地块上从事过化工、化肥、农药等生产活动，2014 年前山东滨化集团化工分公司淘汰关闭前，该地块上以氯碱化工为中心，配置了 17 万吨/年离子膜烧碱装置、10 万吨/年环氧丙烷装置、5 万吨/年固片碱等生产装置，从事 32％离子膜液碱、98.5％片碱、环氧丙烷、高纯盐酸等化工产品的生产活动。

随着滨州市的设立及快速发展，化工分公司老厂区周围相继建起了学校、医院等公共设施，根据国家相关环保政策要求，2014 年滨化集团化工分公司老厂区实施了整体搬迁，将整个厂区搬迁至滨州市城东高科技化工项目集中区，老厂区也于 2014 年 7 月 1 日全部进行了关停，并在同年下半年开始陆续对地块内地上、地下建筑物、构筑物进行了拆除。

2018 年 8 月，环境保护部环境规划院（以下简称“规划院”）受滨化集团委托启动了该地块的调查和风险评估任务，同时根据国家《污染地块土壤环境管理办法（试行）》的要求，开展该地块的采样调查。2018 年 9 月开始，规划院在项目业主单位的配合与支持下，先后开展了该地块相关生产和污染排放相关资料的收集，完成了前期 4 个土壤点位 40 个（未包括质控 1 个）土壤样品和 5 个地下水样品的采集与分析，识别出该地块需要关注的污染物，建立起污染概念模型。在此基础上，进一步开展了土壤和地下水的初步调查采样，设置土壤采样点 36 个，采集土壤样品 304 个（未包括质控 19 个），同时完成对前期 5 口地下水监测井水质的复测，采集地下水样品 5 个，项目组以本项目合同确定的《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中一类用地筛选值和《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准为衡量标准，对样品中污染物含量和种类进行了分析，根据分析结果判定该地块为污染地块，需开展详细调查进一步查明确定污染程度与分布范围。

为加快项目进度和满足各类样品的采样需求，详细调查阶段现场采样时同时

采用 Geoprobe 钻机、30 冲击钻机、声频冲击钻机。详查与初查现场采样工作同时进行，启动于 8 月 25 日，结束于 9 月 12 日，共耗时 19 天。详查阶段完成土壤钻孔 209 个，采集土壤样品 1567 个（未包括质控 60 个），另采集 4 个土样送检环氧丙烷，3 个土样送检二噁英，2 个土样进行浸出分析；建立地下水监测井 31 组（背景点 1 组），包括 6 组对井，3 口深井，21 口浅井，共采集地下水样品 36 个（未包括质控 2 个）；采集 3 个地表水/底泥样品和 8 个建筑固废样品；选取土工样采样点 7 个，采集土工样品 25 组；设置背景点一个，采集土壤样品 8 个（未包括质控 1 个），建立对井 1 组，采集地下水样品 2 个；同时为了进一步了解场地水文地质概况，选取 2 组对井进行 2 组共计 4 次提水试验，2 口浅井进行 2 组共计 4 次抽水试验。

详细调查现场工作结束后，通过详细调查阶段现场快速检测与实验室分析数据揭示出的污染分布，证明需开展补充调查采样以进一步判断确定污染物的污染边界。项目组于 11 月 1 日至 11 月 7 日，耗时 7 天时间进行场地补充调查，完成土壤采样点 58 个，采集土壤样品 306 个（未包括质控 13 个），以更加准确的圈定污染物的分布范围，为合理确定修复范围提供可靠依据。

对本场地前期调查、初步调查、详细调查与补充调查四个阶段所得到的全部样品检测数据进行整理分析，分别采用《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中一类/二类用地筛选值和《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准为衡量标准，对污染物含量和种类进行了分析，本场地环境调查结果最终如下：

（1）土壤

场地内存在砷和铅 2 种重金属和六价铬超标情况，重金属污染以砷为主。铅污染仅超出一类用地筛选值，且污染仅存在于 0~1.6m 杂填土中。重金属砷污染最深达到第五-1 层（20.6~26.0m）土壤中，污染分布在原助剂生产区与原三期离子膜电解区，第三-1 层（8.3~12.0m）原农药厂、炼油厂、热电、化水及原锅炉煤场出现大面积超污染分布。

场地内 VOCs 污染主要以苯系物和氯代烃为主，主要分布在重点关注区，且以原环氧丙烷生产区和原助剂生产区为重污染区域。存在超标物质 13 种，其中 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯和甲苯同时超出一类和二类用地筛选值，1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、

邻-二甲苯和 1,2-二溴乙烷仅超出一类用地筛选值。场地受 1,2-二氯丙烷污染严重，从表层（0~1.6m）到第六层（34.0~38.0m）各亚层均可检测到大面积污染分布，苯和 1,4-二氯苯污染最深达到第五-1 层（20.6~26.0m），1,2,3-三氯丙烷、氯仿、1,2-二氯乙烷污染最深达到第五-2 层（26.0~34.0m），其余污染物污染面积较小，且污染多发生于上层土层中。

场地土壤中存在 SVOCs 超标污染物 7 种，分别为萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽和 3,3-二氯联苯胺。其中 3,3-二氯联苯胺和二苯并(a,h)蒽仅超出一类用地筛选标准。苯并(a)芘样品超标率最高，采用一类与二类筛选值对比，样品超标率分别为 2.54%和 1.93%，最大检出浓度 42 mg/kg，分别超标 75.36 倍和 27 倍；采用一类筛选标准，其余污染的样品超标率在 0.10%~0.51%之间，最大超标倍数在 1.46 倍~4.36 倍之间；采用二类用地筛选标准，其余各污染的样品超标率在 0.10%~0.20%之间，最大超标倍数在 0.10 倍~0.97 倍之间。

场地内 TPH 最大检出浓度 39600 mg/kg，分别超出一类和二类用地筛选标准 46.94 倍和 7.80 倍。污染存在于第一层（0~1.6m）、第二-1 层（1.6~3.0m）、第二-2 层（3.0~4.5m）和第三-2 层（12.0~16.7m）土壤中，较集中分布于原炼油厂和原石油裂解隔油池东侧。

土壤中有机农药类污染物仅 β-六六六 1 种检出物质，最大检出浓度 4.31 mg/kg，分别超出一类和二类标准 12.47 和 3.68 倍，且污染主要存在于第一层（0~1.6m）表层杂填土，集中存在于原农药厂东侧。此外，场地内不存在二噁英或环氧丙烷污染。

（2）地下水

本场地地下水中感官及一般化学指标存在色度、溶解性总固体、碘化物、氟化物、硫酸盐、氯化物、耗氧量和钠含量超标现象，且表层地下水超标倍数高于深层地下水。

地下水中存在砷和钼 2 种重金属超标，污染以浅层地下水为主，主要分布在重点关注区，砷污染范围较广，除重点关注区外锅炉/煤场、原固体沥青水池仍存在超标污染。

地下水中存在 11 种 VOCs 污染物超标，分别为苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯和

氯仿。其中 1,2-二氯丙烷污染最为严重，样品超标率 53.33%，最高超标 146166 倍，苯超标倍数次之，最大超标倍数 20749 倍，其次甲苯超标 6956 倍，1,2-二氯乙烷超标 3224 倍；氯苯最高超标 2532 倍；乙苯、间&对-二甲苯分别超标 1092、1089 和 1169 倍；三氯乙烯、1,4-二氯苯和氯仿样品超标率在 4.44%~11.11%之间，分别最多超标 122 倍、569 倍和 612 倍。地下水中 VOCs 污染物主要集中在重点关注区，但 1,2-二氯丙烷在场地东侧疑似污染区存在大量超标浅层地下水点位。

场地内建有 7 口对井，污染物在对井中的浓度分布表明，场地内局部地区的粘土和粉粘互层对污染物的垂直下渗存在一定的阻隔作用，但并不能完全阻隔污染，且苯、甲苯、1,2-二氯丙烷等挥发性有机污染物存在深层浓度含量更高的现象。

该场地地下水存在两种 SVOCs 超标污染，分别为萘和苯并(a)芘，且污染仅存在于浅层地下水中，浅层地下水中萘和苯并(a)芘样品超标率分别为 3.23%和 6.45%，最大检出浓度分别为 2550μg/L 和 2.08μg/L，均超出 3 倍筛选值。深层地下水中未检出苯并(a)芘，萘检出率 20%但未超标。

地下水样品中部分检出 TPH 但未超出对应的筛选值，农药类污染物未检出。

（3）地表水/底泥

地表水样品中未检出挥发性有机物；检出 1 种半挥发有机物邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯；检出重金属 5 种，分别为砷、铜、汞、锌和钼，通过对比《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准限值，均不存在超标。

地表水中一般理化指标存在氟化物、化学需氧量、氨氮、氯化物和硫酸盐超标情况。原固片碱生产区地表水中氟化物、化学需氧量和氨氮含量分别超标 0.07、2.10 和 1.37 倍，原固体沥青水池区域地表水中氯化物含量超标 0.14 倍，原热电、化水车间氯化物含量超标 0.18 倍，且硫酸盐含量超标 1.44 倍。

对 3 个底泥样品进行六价铬、重金属和挥发性有机物的检测，结果表明六价铬与挥发性有机物均未检出。6 种重金属检出率均在 100%，通过与《土壤环境质量建设用地标准》（GB 36600-2018）中一类用地筛选值进行对比，均不存在超标现象。

（4）建筑垃圾

建筑垃圾浸出液中仅有锌和砷两种重金属检出，但含量没有超出《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准对应限值，但 JZLJ1 号样品浸出液 pH 值为

9.24，超出 pH 6~9 范围，该点位位于原固片碱生产车间。

因此场地内其他区域建筑垃圾样品属于 I 类一般工业固体废物，可直接进行填埋；原固片碱生产区域建筑垃圾属 II 类一般工业固体废物，建议处理后填埋。

第1章 概述

1.1 项目背景

滨化集团位于黄河三角洲腹地的滨州市，地处黄河三角洲高效生态经济区、山东半岛蓝色经济区和环渤海经济圈、济南省会城市群经济圈“两区两圈”叠加地带，具有优越的地理位置和发展空间。山东滨化集团股份有限公司（以下简称“滨化集团”）化工分公司老厂区位于山东省滨州市黄河五路 560 号。集团始建于 1968 年，1970 年投产，历经四十多年艰苦奋斗和创新突破，已发展成为主业突出、产业链完整的综合型化工企业集团，产业涵盖盐化工、石油化工、精细化工、热电、口岸仓储、金融等领域，产品覆盖全球 100 多个国家和地区。2017 年，滨化集团总资产 167.51 亿元，实现营业收入 354.48 亿元，实现利税 42.57 亿元，实现利润总额 22.23 亿元。继续保持了稳定、持续、健康发展的良好势头。

随着滨州市的设立及快速发展，化工分公司老厂区周围相继建起了学校、医院等公共设施，已经不能满足环保及安全卫生防护距离的要求。为消除老厂区存在的安全环保隐患、积极响应国家退城入园号召，“十二五”期间滨化集团化工分公司老厂区实施了整体搬迁，将整个厂区搬迁至滨州市城东高科技化工项目集中区。老厂区也于 2014 年 7 月 1 日全部进行了关停，并在同年下半年开始陆续对地块内地上、地下建筑物、构筑物进行了拆除。

按照 2012 年 11 月 27 日环境保护部、工业和信息化部、国土资源部及住房和城乡建设部等 4 部门联合印发的《关于保障工业企业地块再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140 号）、国务院办公厅《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）、《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）、《污染地块土壤环境管理办法》（环保部第 42 号令）等相关国家关于污染地块环境管理的要求，滨化集团计划就化工分公司老厂区地块开展土壤环境调查和风险评估，充分判明该地块目前的污染现状和环境风险状况，为下一步进一步开展该地块治理修复方案编制和实施治理修复工程奠定坚实基础。

2018 年 7 月，滨化集团开展了滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目的邀请招标工作，环境保护部环境规划院成功中标。2018 年 8 月

14 日，滨化集团和环境保护部环境规划院正式完成合同签订。合同提出结合滨化老厂区现状与历史生产情况及设备布局，分析地块各区域、工段潜在污染因子，按照国家发布的污染地块环境调查和风险评估相关技术导则和指南的要求，对滨化老厂区地块开展初步调查、详细调查，绘制地块污染空间分布图，计算地块土壤及地下水风险，确定修复目标值，划定修复范围，提出修复建议，为地块的后期开发利用提供科学依据和指导。

1.2 调查范围

根据合同约定，本项目地块位于山东省滨州市滨城区黄河五路 560 号，场址位于黄河五路与黄河六路、渤海三路与渤海四路之间区块，占地 204600m^2（约 306.9 亩）。该地块调查范围及拐点坐标见图 1-1 和表 1-1 所示。

图 1-1 滨化老厂区地块调查范围

表 1-1 滨化老厂区地块调查范围边界拐点坐标

拐点编号	X	Y
1	118°1'35.509"E	37°23'8.459"N
2	118°1'35.155"E	37°23'8.156"N
3	118°1'35.730"E	37°22'56.181"N

拐点编号	X	Y
4	118°1'36.467"E	37°22'55.652"N
5	118°1'56.673"E	37°22'57.129"N
6	118°1'57.321"E	37°22'57.690"N
7	118°1'56.119"E	37°23'8.528"N
8	118°1'55.093"E	37°23'9.278"N
9	118°1'54.576"E	37°23'9.221"N
10	118°1'54.516"E	37°23'9.755"N

1.3 调查目的

本地块详细调查取样工作将按照《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）、《场地环境监测技术导则》（HJ25.2-2014）、《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）、《污染场地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2014）、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（2018 年 1 月 1 日执行）等相关导则或指南的有关要求，结合地块实际条件和初步调查结果，针对初步调查阶段所识别和确认的污染物种类、浓度和不同生产工艺区域情况展开，在重点关注区和疑似污染区域按照一定布点密度的要求进行布点，根据签订的合同，滨化老厂区环境调查目的主要有以下几方面：

（1）查明各调查单元分区的污染特征及分布，刻画各个区域范围的污染物种类、程度和空间分布范围；

（2）分析污染物在该地块的迁移与归宿等，开展污染风险模型的进一步细化；

（3）获取风险评估所需的场地特征参数，为地块风险评估及土地未来的修复治理及规划利用提供详实的数据支撑。

1.4 调查依据

1.4.1 法律法规

《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日起施行）

《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 6 月 21 日修订）

《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）

《中华人民共和国大气污染防治法》(2015 年 8 月 29 日修订)

《中华人民共和国水污染防治法》(2017 年 6 月 27 日修订)

《中华人民共和国固体废弃物污染环境防治法》(2016 年 11 月 7 日修订)

《中华人民共和国噪声污染防治法》(1996 年 10 月 29 日)

《危险化学品安全管理条例》（2013 年 12 月 7 日修订）

《国家危险废物名录》（部令第 39 号）

《中华人民共和国土壤污染防治法》（主席令[2018]8 号）

1.4.2 政策文件

《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]40 号）

《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》（国办发[2013]7 号）

《国务院办公厅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）

《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）

《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发[2016]31 号）

《工矿用地土壤环境管理办法》（生态环境部 2018 年第 3 号令）

《污染地块土壤环境管理办法》（原环境保护部令第 42 号）

《污染地块土壤治理与修复项目实施方案编制指南（征求意见稿）》（环办土壤函[2016]2309 号）

《山东省土壤污染防治行动计划》（鲁政发[2016]37 号）

《关于印发“山东省清理整顿环保违规建设项目工作方案”的通知》（鲁政办字〔2014〕151 号）

《滨州市土壤污染防治行动计划》（滨政发[2017]7 号）

1.4.3 标准规范

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

《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）

《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）

《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）

《污染场地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2014）

《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（原环境保护部公告2014年第78号）

《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环保部第72号公告）

《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）

《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）

《污水综合排放标准》（GB8978-1996）《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）

《污染场地挥发性有机物调与风险评估技术导则》（DB11/T 1278-2015）

《土壤环境质量评价技术规范》（HJ/T 166-2004）

《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2004）

《建筑工程地质勘探与取样技术规范》（JGJ87-2012）

《岩土工程勘察规范》（GB50021-2009）

《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）

《危险废物鉴别标准 通则》（GB 5085.7-2007）

《危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别》（GB 5085.1-2007）

《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB 5085.3-2007）

《危险废物鉴别技术规范》（HJ/T 298-2007）

1.4.4 场地相关文件

《滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目 场地调查与风险评估工作方案》

《滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目 初步调查报告》

《滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目 补充调查工作方案》

1.5 基本原则

根据国家现阶段场地环境评价内容与管理要求，本次滨化老厂区地块土壤调查和风险评估的工作遵循以下原则：

（1）遵循国家相关法律、技术导则和规范要求

场地风险评价过程遵循我国现行的工业污染场地环境调查和风险评价相关法律、技术导则、规范以及该场地的相关规划，充分查明该地块的污染现状、分布和特点，确保场地风险评价结果的有效性。

（2）科学、高效的推动调查实施

结合该地块的污染特点和调查工作周期需要，采样先进、高效的现场钻孔和地下水建井的仪器设备；充分结合现场快速检测技术（如 PID、XRF）等设备的应用和工作经验，合理确定现场采样密度和采样深度；充分兼顾调查精度的需求和调查经济性两者之间的关系。加强现场采样过程和实验室分析的质量控制，确保数据的准确性和有效性。

（3）基于一类/二类用地分别开展健康风险评价

为确保场地风险评价结果最大程度符合场地实际情况，风险评价中所涉及场地特征参数将采用一类和二类用地情况下相关参数分别进行。科学客观，根据现阶段已获取的场地污染数据、揭露的场地水文地质条件，结合当前场地健康风险评估技术发展水平，评估场地未来再开发情景下各种关注污染物的健康风险，并提出科学、合理的风险控制目标。

1.6 工作内容

（1）样品采集：依据初步调查采样和检测分析的结果展开详细调查布点采样，按照分区方案，在不同的污染区域设置不同的采样密度，在各区域开展钻孔采样，对土壤和地下水样品进行采集与分析；

（2）检测分析：委托相关实验室对需要测定的污染物指标进行分析检测；检测分析项目应以初步调查的结论为依据，并对主要污染物进行重点分析。

（3）污染物空间分布描述：分别以《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB36600-2018）一类/二类用地的筛选值和《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准作为土壤和地下水污染的评价标准，进一步确定土壤、地下水污染物的空间分布状况、污染范围、污染程度。

（4）采集并进行土工样样品检测，开展抽水试验工作，获取场地特征参数，为场地环境风险评估提供技术支持。

1.7 局限性分析

本报告依据国家现有的《污染地块土壤环境管理办法》(环保部第 42 号令)、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部公告 2017 年第 72 号)、《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014)、《场地环境监测技术导则》（HJ25.2-2014）及《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）等相关技术导则，针对调查地块现场实际状况，应用科学原理和专业判断，基于有限的场地资料、数据、工作范围、工作时间以及目前可以获得的调查事实而做出的专业判断。

在现场调查时我们发现如下限制性因素，可能对调查评估结果产生影响：

（1）关于调查评估的工作范围：依据项目招标文件和项目合同的要求，本次场地调查评估工作范围锁定在厂区红线范围以内，针对厂区内土壤、地下水等开展污染调查，对今后厂区范围内活动人群的健康风险进行风险计算，不涉及厂区以外区域，尤其是对于下游区域（如地下水流向的下游）的污染状况，不属于本次调查评估工作范围。

（2）采样点位受到现场实际情况的限制。调查区域已于 2014 年进行了拆除，但现场还遗留有建构筑物、破碎的水泥硬化、大土堆等未移除，现场钻探采样点位受安全管理要求和无法钻探等因素限制，采样点位的布设受到一定的局限性。

（3）因本次调查评估时间紧，而场地面积大，任务重，污染复杂。由于在时间上的严格要求增加了项目组应对的技术难度，对某些特定点位位置或特定样品分析的误差难以再次补充采样分析，增加了调查评估的不确定性。

上述原因均增加了本阶段场地调查的技术难度和不确定性。同时，污染物在自然因素作用下，将持续发生迁移和转化，也可能改变场地中污染的空间分布。因此，从本报告的准确性和有效性角度来看，报告是针对本阶段现场调查状况来展开分析、评估和提出建议的，评估后场地受到的人为扰动可能影响本报告的准确性，同时报告结果具有时效性特征。

1.8 工作程序

根据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环保部第 72 号公告)、《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）的要求，2018 年 8 月 23 日，滨化集团组织

召开了老厂区调查评估工作方案（以下简称“方案”）评审会。专家组听取了项目组关于本次工作方案的汇报，一致同意通过调查工作方案。根据方案，各阶段工作将逐级递进，各阶段的技术路线详见图 1-2。

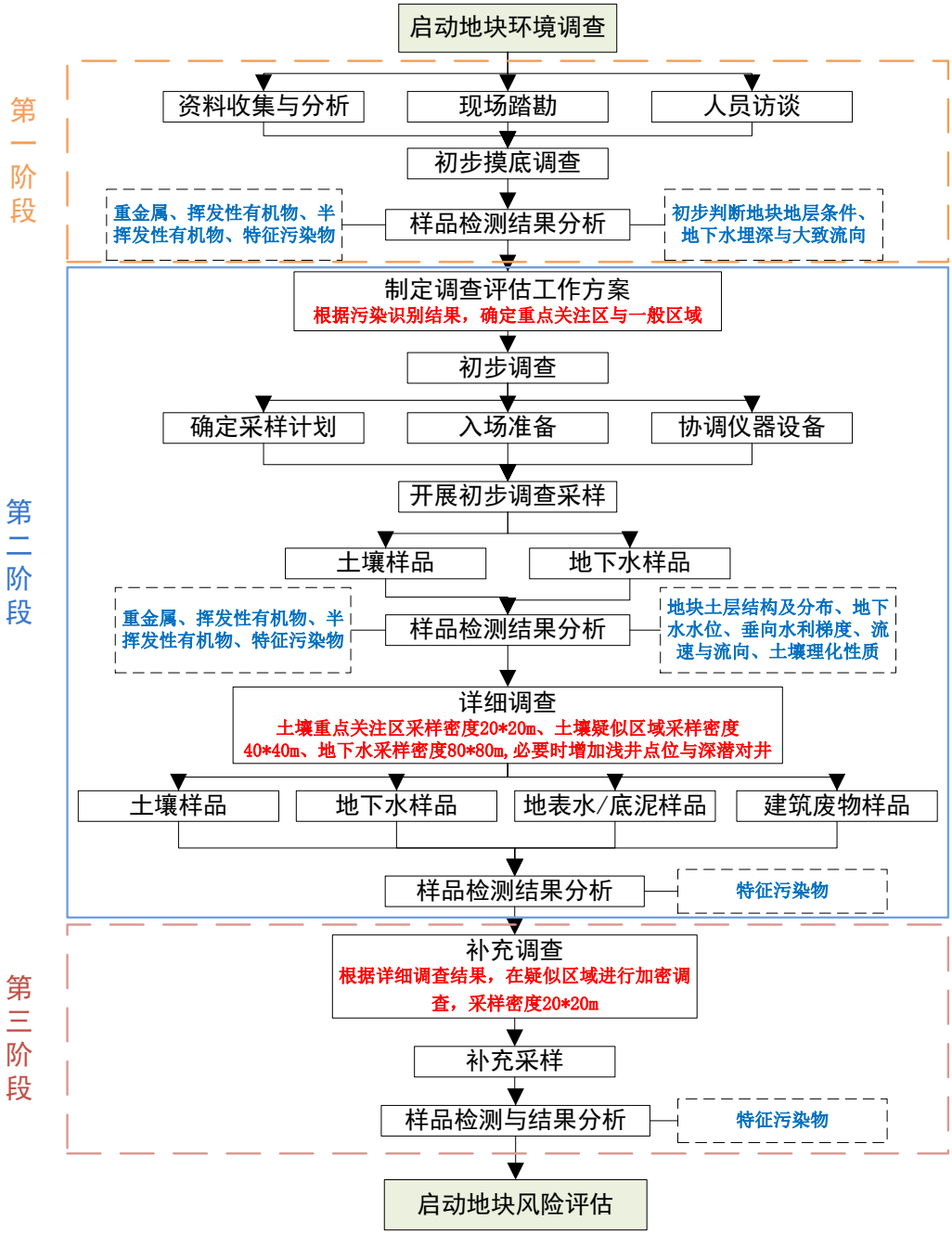


图 1-2 场地环境调查总体工作思路

第2章 区域及地块概况

2.1 区域及地块地理位置

2.1.1 区域地理位置

项目所在滨州市位于山东省北部、黄河三角洲腹地、渤海湾西南岸，北通大海、东临东营市、南连淄博市、西南与济南市交界、西与德州市接壤、西北隔漳卫新河与河北省海兴县、黄骅市相望。全市境域横跨黄河两岸，地理坐标为：北纬 36°41′～38°16′，东经 117°15′～118°37′，东西最大跨径 120km，南北最大跨径 175km，总面积 9453km^2。

图 2-1 区域所在位置示意图

2.1.2 地块地理位置

滨化集团老厂区位于山东省滨州市滨城区黄河五路 560 号，场址位于黄河五路与黄河六路、渤海三路与渤海四路之间。

图 2-2 调查地块地理位置示意图

2.2 区域环境概况

2.2.1 自然环境概况

（1）地形地貌

滨州全境地势大体是南高北低，略向东北倾斜，渐次过度到大海，地面坡降 1/4000～1/8000，其中黄河以北地面自然坡降 1/8000～1/15000。以小清河为界，全境呈现南北两种不同类型的地貌特征。小清河以南的邹平南部长白山脉属泰沂山区北麓的低山丘陵区，海拔高于 20m 的区间在以西董为中心的邹平县西南部，其中大于 500m 的山地在西董西部的摩诃顶（826.8m，是滨州市最高点）——白云山一线，面积约 70hm^2，不到陆地面积的 1%，其余均为山前倾斜平原，地势平缓，间有缓岗与洼地，海拔高程一般在 8～800m。小清河以北为黄河冲积平原，海拔高程一般在 1～20m，总体上地势低平，由于历史上黄河多次改道和决口泛滥，造成沉积物交错分布，加上河流冲刷、海潮内浸、自然侵蚀和人类活动的影响，形成了低岗、缓坡、浅洼相间，微地貌差异明显的大平小不平的地貌特征。海拔低于 3.0m 的潮间带主要在北部秦口河、马颊河口，面积约 300 hm^2。海拔为 20.0～3.0m 的平原约占陆地面积的 96%。

境内山地为泰沂山地余脉，走向近南北，仅邹平县境内有少量山丘地。山丘

岩石多为中基性岩，少数基岩，地表上未见酸性岩石，属长白山脉。根据山峰座落地域分布，长白山脉可分为以摩诃山、白云山、会仙山为主峰的三大峰群落。摩诃山山群是长白山脉中最大山群，主峰摩诃山，海拔 826.8m，山群大体呈东西走向，境内东西长约 12 hm，南关宽约 4 hm，方圆 40 余 hm^2。白云山整个山群南北长约 5.3 hm，东西宽约 10 hm，总面积 50 余 hm^2，主峰海拔 729.6m；会仙山整个山群呈北西南东弧状走向，东西宽约 7.5 hm，南北长约 6.5 hm，总面积约 22.3 hm^2。主峰海拔 590m。

（2）气候特征

滨州市属暖温带亚湿润季风气候，气候温润，四季分明，冬冷夏热，光照充足，降水丰沛，雨热同期。年平均气温在 12-13℃，春、夏、秋、冬四季界线明显。夏季炎热多雨，7 月极端高温可达 40.9℃，冬季寒冷，1 月极端低温可达-22.8℃。春秋两季光照柔和，少雨雪天气，天高气爽，气候宜人。

（3）水系特征

滨州市境内除过境黄河外，以黄河为界，南部为小清河流域，北部为海河流域。各河大致流向东北，注入渤海。

黄河：邹平县西北部的苗家入境，东至博兴县老盖家村附近入东营市。境内河段长 94 公里，南堤长 99.3 公里，北堤长 91.6 公里，两堤间滩区面积为 158.8 平方公里。

小清河水系：有小清河、孝妇河、杏花河、支脉河 4 条主要河流。

海河水系：有徒骇河、德惠新河、马颊河、漳卫新河、秦口河、潮河 6 条主要河流。

滨州市境内有芽庄湖、青沙湖、麻大湖三个平原湖泊。

滨州市地处渤海湾南岸，沿海有无棣县、沾化区，海岸系黄河冲积而成，岸线曲折，东西蜿蜒 238.9 公里，有多条河流在此入海。滨州海岸属典型的泥沙质海岸，无天然良港，但海域内潮间带均为淤泥沉积而成，跨度大，滩涂宽广，平均跨度 10 公里，有滩涂面积 9.37 万公顷，负 15m 浅海面积 20 万公顷。岛屿 50 余个，渔港 5 处。

滨州市境内水资源主要有地表水、地下水和黄河水。滨州市多年平均（1956～2000 年）当地水资源量 11.48 亿 m^3（其中，地表水 5.55 亿 m^3、地下水 5.93 亿 m^3）。人均水资源占有量 310 m^3，占全国人均水资源量的 14%，占山东省人均水

资源量的 93%，属于资源性缺水区。多年平均水资源总量为 26.48 亿 m^3。受地理条件影响，滨州市水资源短缺，特别是地下淡水资源短缺，仅为 5.93 亿 m^3（矿化度小于 2g/L），且埋藏深度大。多年平均降水量为 575.4mm，年际变化较大。客水资源量 5.8 亿 m^3，国家分配的取水许可量为 9.2 亿 m^3。

（4）土壤特征

滨州市土壤共有五个土类，13 个亚类，28 个土属，127 个土种。五个土类分别是潮土、盐土、褐土、砂姜黑土、风砂土。

潮土土类：面积 774 万亩，占土地总面积的 75.2%，广泛分布滨州市各县区，是主要耕作土壤。

盐土土类：面积 165 万亩，占土地总面积的 16%，境内除邹平县外，其余各县区均有分布，其中以无棣、沾化两县面积最大。

褐土土类：面积 86 万亩，占土地总面积的 8.2%，该土类主要分布在邹平县南部山丘及东部山前冲积平原，博兴县南部冲积扇边缘。

砂姜黑土土类：面积 9.6 万亩，占土地总面积的 0.9%，主要分布在博兴县曹王、兴福以及邹平县邹平镇以南至好生乡一带。

风砂土土类：面积 4622 亩，占土地总面积的 0.4%，仅分布在惠民县大年陈西南部。

2.2.2 社会环境概况

2016 年末滨州市常住人口 389.10 万人，其中城镇常住人口 221.12 万人，常住人口城镇化率达到 56.83%，比上年末提高 2.21 个百分点。

2016 年，滨州全年实现生产总值（GDP）2470.10 亿元，增长 7.2%；一般公共预算收入达到 220 亿元，增长 8.2%；固定资产投资完成 2157 亿元，增长 8.5%；规模以上工业增加值增长 6.5%；进出口总额达到 577 亿元，增长 14.8%；城镇、农村居民人均可支配收入达到 30583 元、13736 元，分别增长 7.7%、7.9%。

2.2.3 区域环境质量

（1）总体状况

根据 2017 年滨州市环境监测数据，全市环境空气中主要污染物为细颗粒物。滨州市城区空气质量良好天数为 183 天，占全年的 50.1％，“蓝天白云”天数为

244 天，占全年的 66.8%。滨州市城区全年无酸雨，降水质量较好。全市省控以上 14 条河流的 21 个断面中，其中 18 个断面达到和好于Ⅴ类水质标准，总体水质良好。与去年相比，水质有所好转。全市 13 处生活饮用水水源地有 12 处水质符合国家饮用水水源地水质标准。与去年相比，水质基本持平。4 全市近岸海域水质达到三类海水标准。全市小清河和海河流域 24 个重点河流考核断面中有 8 个断面达到 V 类水质要求。与去年相比,有 16 个断面水质好转。全市 7 县区城市道路交通噪声强度滨城区为二级，处于较好水平；其余 6 县区均为一级，处于好的水平。昼间区域声环境质量沾化区为一级，处于好的水平；惠民县、滨城区、阳信县为二级，处于较好水平；无棣县、博兴县为三级，处于一般水平；邹平县为五级，处于差的水平。1 至 4 类功能区声环境质量昼、夜平均等效声级均达到相应功能区标准。

（2）城区环境空气质量状况

滨州市城区设有 7 个环境空气自动站，城区环境空气质量未达到国家《环境空气质量标准》（GB/T3095-2012）中二级标准要求。可吸入颗粒物浓度为 110μg/ m^3，超二级标准 0.57 倍；细颗粒物浓度为 64μg/ m^3，超二级标准 0.83 倍；二氧化硫浓度为 32μg/ m^3，达到二级标准；二氧化氮浓度为 40μg/ m^3，达到二级标准；与去年相比，可吸入颗粒物、细颗粒物、二氧化硫浓度有所下降，二氧化氮浓度基本持平。滨州市城区空气质量综合指数为 4.93，比去年下降了 9.2%。

滨州市城区空气质量良好以上天数 183 天（其中：优 21 天），占总天数的 50.1%，比去年减少 6 天（主要是由臭氧引起的污染天数增加所致）；轻度污染 118 天，占 32.3%，比去年增加 16 天；中度污染 44 天，占 12.1%，比去年增加 7 天；重度以上污染 20 天，占 5.5%，与去年相比无变化。

细颗粒物作为首要污染物的天数 131 天，占监测总天数的 35.9%，比去年减少 40 天；可吸入颗粒物作为首要污染物的天数 80 天，占 21.9%，比去年减少 19 天；二氧化氮作为首要污染物的天数 13 天，占 3.6%，比去年增加 10 天；臭氧作为首要污染物的天数为 123 天，占 33.7%，比去年增加 47 天。

（3）城区降水

2017 年滨州市城区共采集降水样品 54 个，降水总量为 1035.7mm，未出现酸雨。城区降水 pH 值范围为 6.04～6.88，电导率范围为 1.06～15.73 MS/cm，电导率年均值为 6.37 MS/cm。降水中起致酸作用的阴离子含量由高到低依次是

SO_4^{2-}＞NO_3^-＞Cl^-＞F^-，硫氧化物仍然是我市降水酸化的主要因素；降水中起酸性中和作用的阳离子含量 NH_4^+＞Ca^{2+}＞Na^+＞Mg^{2+}＞K^+，表明来源于碱性颗粒物中钙对酸雨中和作用最大。与 2016 年相比，滨州市城区年降水量增加了 141.8％，电导率年均值减少了 2.6％。

（4）地表水

全市河流水质概况：全市 14 条河流 21 个断面中，Ⅱ类水质断面 3 个，占总断面数的 14.3%；Ⅲ类水质断面 1 个，占 4.8%；Ⅳ类水质断面 10 个，占 47.6%；Ⅴ类水质断面 4 个，占 19.0%；劣Ⅴ类水质断面 3 个，占 14.3%。与去年相比，Ⅲ类断面比例降低 1.1 个百分点，Ⅳ类断面比例升高 12.3 个百分点，Ⅴ类断面比例降低 10.4 个百分点，劣Ⅴ类断面比例降低 15.1 个百分点。总体水质良好；与去年相比，水质有所好转。主要河流水质状况如下：

（1）黄河流域：黄河流域仅监测利津水文站断面，水质达到Ⅱ类水质标准。与去年相比，提升一个水质类别（2016 年水质达到Ⅲ类水质标准）。

（2）海河流域：海河流域 7 条河流 9 个断面中，Ⅱ类水质断面 2 个，占总断面数的 22.2%；Ⅲ类水质断面 1 个，占海河流域断面总数的 11.1%；Ⅳ类水质断面 4 个，占 44.4%；Ⅴ类水质断面 2 个，占 22.2%；无劣Ⅴ类水质断面。与去年相比，水质明显好转；Ⅲ类断面比例降低 8.9 个百分点，Ⅳ类断面比例提升 14.4 个百分点，Ⅴ类断面比例降低 7.8 个百分点。

（3）小清河流域：小清河流域 6 条河流 11 个断面中，Ⅳ类水质断面 6 个，占小清河流域断面总数的 54.5%；Ⅴ类水质断面 2 个，占 18.2%；劣Ⅴ类水质断面 3 个，占 27.3%。与去年相比，水质明显好转；Ⅳ类断面比例提升 17.0 个百分点，Ⅴ类断面比例降低 6.8 个百分点，劣Ⅴ类断面比例降低 10.2 个百分点。

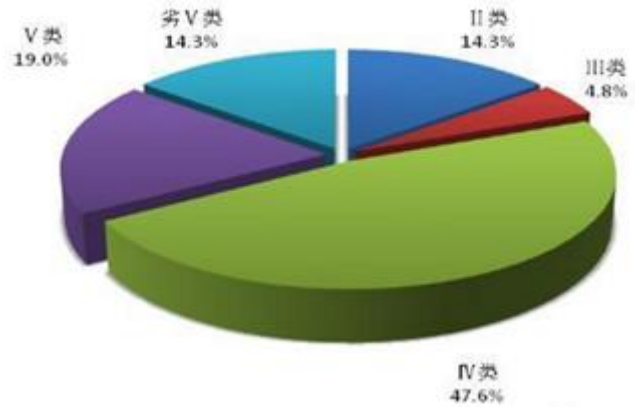


图 2-3 滨州市主要河流水质类别比例

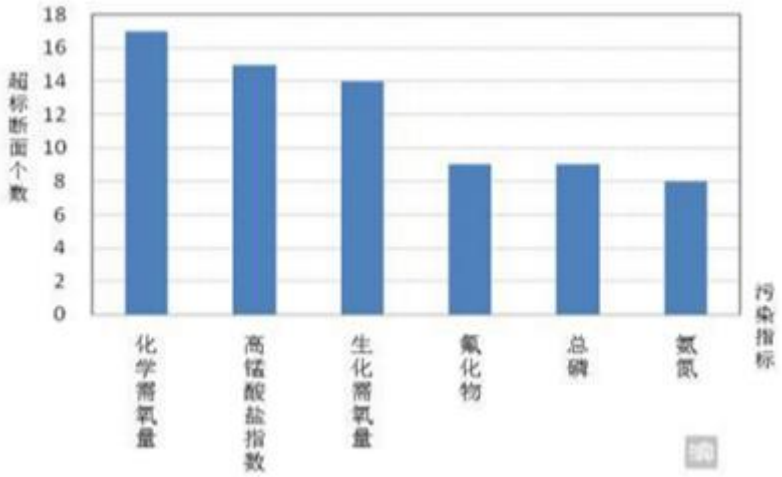


图 2-4 滨州市主要河流污染指标统计

生活饮用水水源地：滨州市 13 处生活饮用水水源地中地表水水源地有 9 处，分别为滨城区的东郊水库和西海水库、惠民县的孙武湖水库、阳信县的幸福水库、无棣县的三角洼水库、月湖水库和芦家河子水库、沾化区的清风湖水库、思源湖水库，9 处地表水水源地均无超标项目检出，水质均符合III类标准。地下水水源地有 4 处，分别为邹平县城南水厂、邹平县黛溪水厂、邹平县月河水厂和博兴县自来水厂，除博兴县自来水厂 6 月份和 12 月份氟化物分别超标 0.3 倍和 0.4 倍外，其他 3 处地下水水源地均无超标项目检出，水质均符合III类标准。综上所述，滨州市 13 处生活饮用水水源地有 12 处水质符合国家饮用水水源地水质标准，与去年相比，水质无明显变化。

重点考核断面水环境：滨州市小清河和海河流域 24 个重点河流考核断面中，有 8 个断面达到达标 V 类水质标准要求。与去年相比，有 16 个断面水质好转，占监测断面总数的 66.7%。与 2016 年相比，化学需氧量年均值降低的断面 19 个，占监测断面总数的 79.2%；升高的断面 5 个，占监测断面总数的 20.8%。与 2016 年相比，氨氮年均值降低的断面 18 个，占监测断面总数的 75.0%；升高的断面 6 个，占监测断面总数的 25.0%。

近岸海域水环境：滨州市近岸海域水质达到三类海水标准，未达到二类海水功能区要求。影响滨州市近岸海域水质的主要污染因子是无机氮。与 2016 年相比，海域水质有所下降。

2.3 地块现状和历史

2.3.1 地块现状情况

目前场地上的建构筑物已全部拆除，地块多处硬化破损，土壤裸露，残留有部分建筑垃圾，场地地面覆有厚度不等的建筑用土。场地部分道路为混凝土路面，厂区内基本情况如图 2-5。

原凉水塔区

原盐场区

原农药厂区

原离子膜电解区

原 PO 生产区

原助剂生产区

图 2-5 地块相关区域现状图

场地东南侧有苫布苫盖的土堆两个，土堆旁有两个深坑，据企业相关人员介

绍，深坑是老厂区关停拆除前计划新增厂房的地基坑，土堆为地基开挖时产生的渣土堆存，后由于新建计划搁置，因此在场地内形成了两个深坑和土堆。

场地内有三个大水池，分别位于场地东南侧原凉水塔区、西北侧原化肥厂区和场地东侧原热电化水区，此外场地内有小面积的积水坑。场地内土堆与水池所在位置与边界范围见图 2-6 所示。

图 2-6 场地内水池与土堆位置与范围

图 2-7 场地内大土堆

图 2-8 场地内大水池

图 2-9 场地内小面积积水坑

场地内可以看到有部分裸露的原排水明渠，据企业相关人员介绍，原明渠分布在厂区道路两侧，主要作用为排降水。

图 2-10 场地内裸露排水明渠

2.3.2 地块历史使用情况

滨化集团始建于 1968 年，1970 年投产，迄今已发展成为主业突出、产业链完整的综合型化工企业集团，是一个以石油化工为中心，氯碱、炼油、精细化工、热电相配套的特大型股份制化工企业。该集团迄今已发展成为主业突出、产业链

完整的综合型化工企业集团，拥有山东滨化东瑞化工有限责任公司、山东滨化热力有限责任公司、滨州通达工程监理有限责任公司、滨州滨化安全咨询服务有限公司、山东滨化安通设备制造有限公司、滨化集团化工设计研究院有限责任公司、山东滨州嘉源环保有限责任公司、山东滨化海源盐化有限公司、山东滨化燃料有限公司等 9 家控股子公司，已形成了石油化工、精细化工、盐化工、氯碱、热电、口岸仓储、投资等良性互动的产业板块，总资产达 82.46 亿元。集团现有员工 2300 名，是全国最大的环氧丙烷及化工助剂供应商、国内最大的三氯乙烯供应商和重要的烧碱产品生产商，是我国最早生产化工助剂的厂商之一。

该集团化工分公司在发展中，先后兼并了滨州化肥厂、滨州第二化工厂等单位，历史上该地块还曾经建设有炼油装置（1977 年-1992 年）、磷肥—硫酸装置（第二化工厂 1975-2002 年）、氨水—碳氨装置（滨州化肥厂 1967-1992 年）（见不同历史时期平面图）。

图 2-11 老厂区地块行政区位置

该地块占地面积约 204600 m^2，关停前主要生产装置包括 17 万吨/年离子膜烧碱装置、12 万吨/年氯醇化法环氧丙烷生产装置、2 万吨/年水质处理剂装置以及安通设备制造车间等。

2014 年下半年开始，该地块上的建构筑物陆续实施拆除工作，图 2-15 为 2017 年该地块的卫星影像图。从 2017 年开始，该地块加快各项拆除工作，并于 2017

年年底基本完成了地上所有建构筑物的拆除工作。该地块 2002-2017 年间部分时期卫星影像图如图 2-12~图 2-15 所示。

图 2-12 2002 年老厂区地块卫星影像图

图 2-13 2012 年老厂区地块卫星影像图

图 2-14 2013 年关停前老厂区地块卫星影像图

图 2-15 2017 年建筑物拆除后老厂区地块卫星影像图

2.4 地块周边环境敏感目标

2.4.1 地块周边敏感点

老厂区地块所在厂址东面为滨化小区、化工加油站；西面为尚座小区，路边有江淮汽车服务站、滨州市商业汽车修理厂、滨州振豪物流等；南面是原滨化集团办公区、出租车服务社区、耿家花苑第二社区、新兴市场部分商品房等；北面是华天商城、化工社区、中海日升加油站、士林教育大厦，金正超市等；在黄河五路、渤海四路交叉口西南角处还存在小学。根据统计，该地块周边 1 km 范围内常住人群总数约为 23892 人。

表 2-1 老厂区周围 1km 范围内敏感点分布情况统计表

序号	名称	方位	距厂界距离（m）	人口数（人）
800m 卫生防护距离内的敏感目标				
1	滨化小区	E	50	3306
2	柴油机厂小区	NW	60	677
3	耿家市场	S	65	80
4	新兴市场	S	75	328
5	耿家	S	120	1343
6	区粮食局	W	150	203
7	第三小学	SW	175	980
8	造纸厂小区	NE	185	2021
9	滨化幼儿园	SE	190	325
10	春晓集团	NW	220	1339
11	建材市场	S	230	128
12	清园小区	NW	285	215
13	区建设局小区	W	340	280
14	活塞厂幼儿园	W	365	316
15	盛世春秋小区	SW	380	327
16	天王堂村	N	420	2014
17	崔付刘村	ESE	435	373
18	济生医院	S	440	88
19	刘承业村	SE	440	680
20	姜家市场	WNW	475	1212
21	领秀华庭小区	NW	510	249
22	第四小学	NNW	520	1236
23	运输公司小区	SW	550	259
24	崔傅刘小区	E	650	1344
25	市立医院	S	660	275
26	胜利油田滨南社区	W	680	3680
1000m 准入条件限制范围较 800m 卫生防护距离新增的敏感目标				
27	天鸿热电	SE	700	288
28	名仕家园	WSW	850	326
1000m 范围涉及的人数				**23892**

场地周边环境使用现状如图 2-16 所示，主要有居民区，商场与物流集散中心。

出租车服务社区　　新兴市场部分商品房

图 2-16 老厂区周边区域照片

2.4.2 地块周边污染源分布情况

通过前期现场踏勘和资料收集，以及现场采样阶段对地块的了解，滨化老厂区周边主要为居民区，仅东侧和北侧分别有两家加油站，分别为中海日升加油站和化工加油站。加油站对滨化地块的潜在影响主要涉及以下两个可能的方面，包括油品跑冒滴漏造成的污染和含油污水排放造成的污染。

但根据所了解和后期测绘的场地地下水流向信息，加油站位于场地的下游方向，因此对场地内环境造成污染的可能性较小。

图 2-17 周边潜在污染源分布

2.4.3 周边地表水分布情况

项目所在地周边分布的地表水：（1）南侧距场地 3 公里的蒲城水库和与其紧邻的工农水库，（2）西侧距场地 5 公里的新立河和 7 公里的中海，（3）东北方向距场地 4 公里的东郊水库，东侧 600m 有秦台干渠流经；（4）黄河位于场地南侧，距离 6 公里左右。滨州城区饮用水主要来自黄河水，地块周边 5 公里内无饮用水源地。

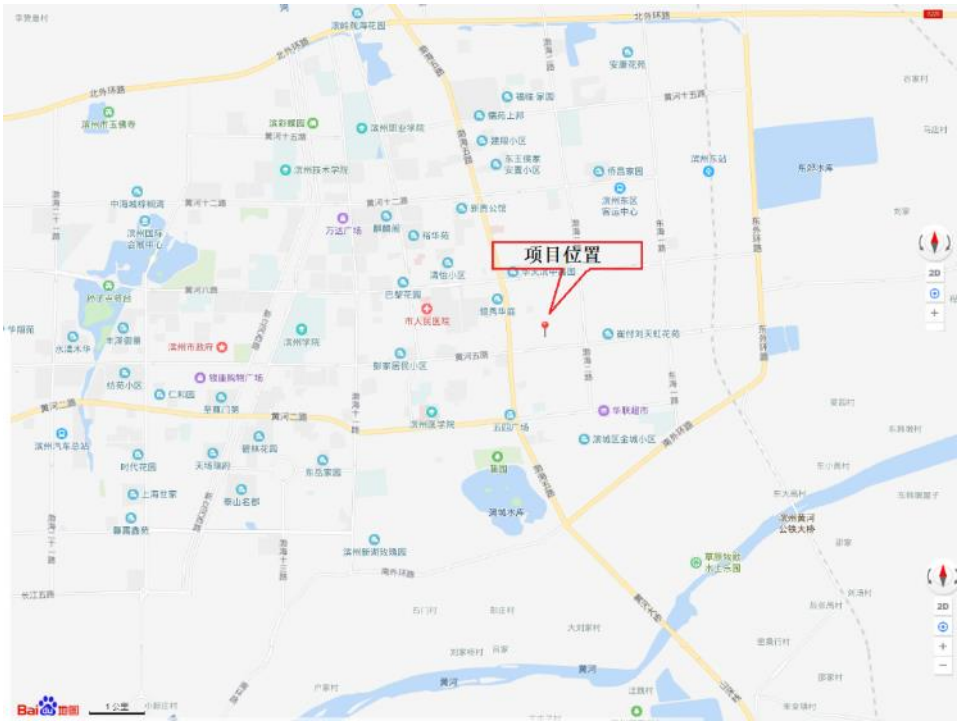


图 2-18 地块周边地表水分布图

2.5 用地未来规划

根据《滨州市城市总体规划（2017-2035 年）》主城区用地规划图，如图 2-19

所示，老厂区地块未来规划分为 3 种用地类型，西南红色区域为商业用地，东北绿色区域为公园绿地，其余黄色区域为居住用地。目前场地详细用地规划并未明确，因此本次将分别按照第一类和第二类用地进行计算。场地内地下水不做开采地下水使用，地下水调查评估将采用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准作为评价标准。

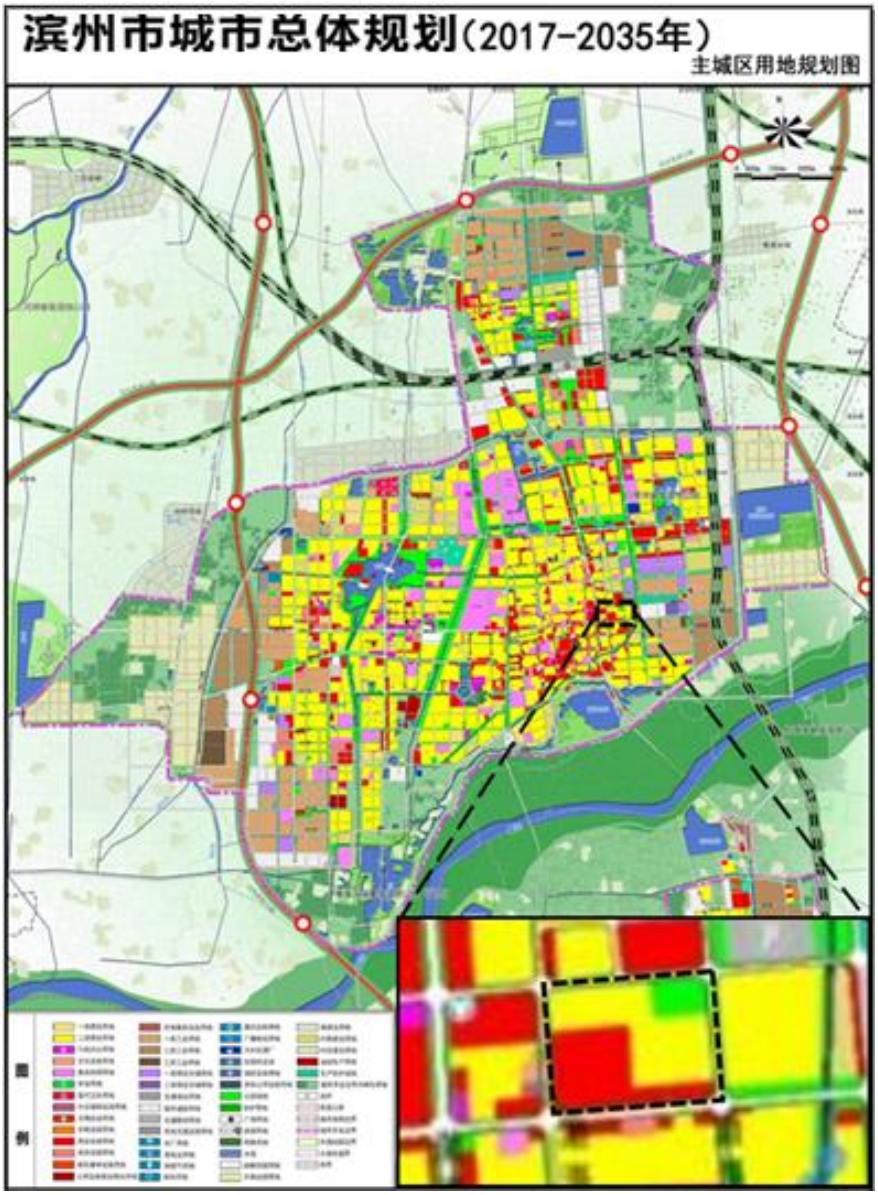


图 2-19 老厂区地块未来规划用地类型示意图

第3章 地块水文地质状况

3.1 区域地质概况

滨州市在区域地质构造上属于济阳下第三系断块凹陷的一部分，济阳凹陷是古生界和前寒武系在中生代发生断块解体的基础上发育起来的中—新生代快速陷落式陆相盆地，盆地内分布着大小不等、高低不同的基岩凸起 9 个，有陷落较深的次级凹陷 10 个。济阳盆地各凹陷广泛接受了巨大的第三系地层沉积，凸起缺失，由于断凹和沉积作用的结果，凹陷不同部位形成了类型多、分布广的构造—断块圈闭、地层圈闭和岩性圈闭，现在已在 4 个凹陷、5 个凸起的不同构造部位发现了多个油田和形态不同、类型多样的油气藏构造。

除邹平南部山区外，滨州市表层大部为第四纪沉积覆盖，小清河以南处于鲁中山区北麓冲积平原的中尾部，是洪积和冲积平原的叠交地带，其洪积冲积地层厚度一般在 100～200m。小清河以北属黄河冲积沉积，厚度多在 200～400m 之间，其中小清河与黄河之间最厚，达 400m。长期以来，济阳拗陷区属沉降地带，地壳一直处在一面下陷，一面为河流冲积物填充的状态，尤其是黄河的多泥沙河流的冲积作用占优势，冲积速度大于地壳沉降速度，形成了广大的冲积平原。

3.2 区域水文地质

3.2.1 区域地下水类型与含水层岩组划分

滨城区地处黄泛冲积平原，地势平坦，坡降平缓，自然地形由西南向东北倾斜，坡降 1/7500，地面高程 9.00~11.00m 之间，微地貌属浅平洼地类型，地貌类型简单。

区域地下含水层为第四纪松散及新第三纪松散层中的孔隙水。含水层组岩性为细砂，含水岩组在垂向上分为潜水——浅层微压含水层，中深层承压含水层及深层承压含水层。潜水——浅层微承压含水层上部为淡水体、下部为咸水体。中深层承压含水层，埋深在 60～250m，含水层岩性为粉砂、细砂，该层地下水皆为碱水，水质矿化度在 20g/L 左右。深层承压含水层顶板埋深大于 250m，岩性以粉砂、细砂为主。层部夹中粗砂，水位埋深 49.82-67.75m，上部为咸水，下部

为深层承压淡水，矿化度为 1-2g/L，氟离子含量在 4.0-4kg/L，水质较差，不宜作为饮用水源。

滨州在山东省北部，属于鲁西北地区，为华北台坳的一部分，新生代以来一直缓慢下降，沉积了巨厚的新近系、古近系和第四系松散堆积层，第四系及新近系含水砂层发育，各地厚度的差异受燕山期运动形成的一系列坳陷和隆断控制。坳陷区沉积厚度大，含水砂层厚，颗粒较粗，为深层孔隙水的富水地带，隆断区地下水的赋存条件相对次之。由于黄河历史上的多次改道和强烈的淤积形成的多条近于平行的条带状砂层集中分布的古河道带为浅部地下水赋存的良好场所，且黄河在山东境内为地上河，地下水除大气降水补给外，还可得到黄河水的大量侧渗补给，形成古河道浅层淡水的富水带。而古河道间带地下水的赋存条件则较差，富水性较弱。莱州湾沿岸、黄河三角洲沿岸及黄河三角洲滨海地带，由于受海洋的影响，沉积有多层海相层，地下水为咸水，莱州湾沿岸赋存了丰富的地下卤水资源。

区域地形平坦，降水量较小，蒸发强烈，地下水运动缓慢，地下水水化学条件复杂，水质一般较差，水化学具有水平分带及垂直分带特征。在水平方向上，由山前冲洪积倾斜平原到冲积平原至滨海平原，浅层地下水矿化度由低到高，水化学类型由简单到复杂。在垂直方向上，有单一结构的全淡水区和全咸水区，也有双层结构的上咸下淡区，大部分地区为淡一咸一淡三层结构区。这种复杂的水化学分带主要与地形、岩性等因素有关。山前地区，含水砂层颗粒粗大，地下径流畅通，富水性强，浅至深层都属于小于 2g/L 的低矿化重碳酸盐型水，即所谓“全淡区”。黄河冲积平原，含水砂层颗粒较细，地面平坦，水力坡度小，地下径流滞缓，在古河道地区出现重碳酸盐氯化物型水、重碳酸硫酸盐型水等多种复杂水化学类型，部分地区出现矿化度大于 2g/L 的岛状咸水区，垂向上出现“突咸缓淡”的特点，即在 20~60m 深底界面下突然出现中层咸水，又在 100~300m 顶界面下逐渐出现深层淡水，形成咸淡水多层结构区。滨海平原区以冲积海积粘性土为主，地下径流滞缓，加之受气候因素影响，在 200~500m 以上均为矿化度大于 2g/L 的咸水，乃至近海地带浅至深层出现高矿化的氯化物型水。

3.2.2 区域地下水补径排条件

区域地下水以接受大气降水的垂直补给为主，黄河附近 5km 范围内常年得

到河水侧向补给，浅层地下水补给、径流、排泄主要受地形、水系、岩性及古河道带的控制。区内地形平坦，含水砂层颗粒细，水力坡度小，径流缓慢，地下水以垂直补排为主，补给来源有大气降水、侧向径流补给及地表水补给。排泄方式主要表现为垂直蒸发及向马颊河、徒骇河等河道排泄或通过人工开采排泄。地下水流向以 0.1~0.4‰的水力坡度由西南向东北缓慢运动，浅层水动态变化与气象变化一致。深层承压水补给条件很差，主要接受东南及西南方向的径流补给，水力坡度很小，地下水流向在天然状态下与浅层地下水流向基本一致，但由于大量开采该地下水，使其形成多个区域降落漏斗，水动力条件发生了较大的变化，地下水动态受人工开采的制约。山前冲洪积平原区，含水层岩性以砂砾石为主，水力坡度较大，径流畅通，地下水补给源充足，除得到山区大量侧向补给外，还有隐伏灰岩裂隙岩溶水的顶托补给。

区域地下水主要依靠大气降水的垂直补给及黄河的侧向补给，排泄方式主要为蒸发及地表径流，地下水位年正常水位升降变化幅度一般在 2m 以内。

根据滨化集团环氧丙烷技改项目环评显示，老厂区地下水类型为第四纪孔隙潜水，地下水水位较高，地下水流向由西南向东北，受大气降水和黄河水的侧渗补给，径流排泄条件较好，地下水水源丰富。

3.3 区域地层岩性

老厂区所在区域地貌不发育，地貌成因类型为黄河冲积平原，根据化工分公司地质勘探资料、土工试验成果，勘察深度范围内场地地层共分为 15 层及 1 个亚层，由上至下分述如下：

1 层素填土（Q4ml）：褐黄，松散，稍湿，成分以粉土为主，含少量粘性土、碎砖块及植物根等，为新近回填土。该层场地普遍分布，层厚 0.50～3.30m，平均 1.47m；层底标高 7.01～9.32m，平均 8.55m。

2-1 层粉质粘土（Q4al）：黄褐～灰黄色，可塑，干强度、韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，局部夹粉土薄层，含少量铁锰氧化物。该层场地局部分布，层厚 0.50～3.40m，平均 1.35m；层底埋深 1.40～4.80m，平均 2.96m；层底标高 4.54～8.55m，平均 6.98m。

2 层粉土（Q4al）：褐黄色，中密，湿，干强度、韧性低，无光泽反应，摇振反应迅速，局部夹含粉质粘土薄层，薄层厚度约 5～20cm。该层场地广泛分布，

局部缺失，层厚 0.40～3.90m，平均 1.91m；层底埋深 0.90～6.00m，平均 4.04m；层底标高 3.98～8.32m，平均 6.00m。

3 层粉质粘土（Q4al）：灰褐色，可塑，局部软塑，干强度、韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，含粉土薄层及少量铁锰氧化物。该层场地广泛分布，层厚 0.40～3.40m，平均 1.60m；层底埋深 3.30～7.00m，平均 5.68m；层底标高 3.08～5.67m，平均 4.34m。

4 层粉土（Q4al）：黄褐色，中密～密实，湿，干强度、韧性低，无光泽反应，摇振反应迅速，含少量铁锰氧化物，局部含粉质粘土薄层。该层场地广泛分布，层厚 0.40～3.20m，平均 1.46m；层底埋深 4.20～9.00m，平均 7.14m；层底标高 1.22～4.59m，平均 2.88m。

5 层粘土（Q4al）：灰褐色，可塑，干强度、韧性高，有光泽，无摇振反应，局部夹含粉质粘土薄层及少量铁锰氧化物及其结核。该层场地广泛分布，层厚 0.60～4.20m，平均 2.06m；层底埋深 7.40～10.50m，平均 9.20m；层底标高-0.92～2.88m，平均 0.82m。

6 层粉土（Q4al）：黄褐色，中密～密实，湿，干强度、韧性低，无光泽反应，摇振反应迅速，局部含粉质粘土薄层及少量铁锰氧化物。该层场地广泛分布，层厚 0.50～3.30m，平均 1.49m；层底埋深 8.80～12.80m，平均 10.69m；层底标高-2.67～1.28m，平均-0.68m。

7 层粉质粘土（Q4al）：黄褐～灰褐色，可塑，干强度、韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，含少量铁锰氧化物。该层场地广泛分布，局部缺失，层厚 0.40～2.70m，平均 1.30m；层底埋深 9.60～13.70m，平均 11.97m；层底标高-3.73～0.52m，平均-1.94m。

8 层粉土（Q4al）：黄褐色，中密～密实，湿，干强度、韧性低，无光泽反应，摇振反应迅速，局部夹含粉质粘土薄层及少量铁锰氧化物。该层场地广泛分布，层厚 0.50～3.90m，平均 1.62m；层底埋深 11.40～14.80m，平均 13.50m；层底标高-5.38～-1.28m，平均-3.48m。

9 层粉质粘土（Q4al）：褐色～褐灰色，可塑，干强度、韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，夹含粉土薄层及少量铁锰氧化物。该层场地广泛分布，层厚 0.40～3.30m，平均 1.39m；层底埋深 13.10～16.00m，平均 14.85m；层底标高-6.48～-3.02m，平均-4.86m。

10 层粉土（Q4al）：灰褐色，中密～密实，湿，干强度、韧性低，无光泽反应，摇振反应迅速，局部夹含粉质粘土薄层。该层场地广泛分布，层厚 0.50～2.30m，平均 1.18m；层底埋深 14.50～17.50m，平均 16.06m；层底标高-7.58～-4.42m，平均-6.07m。

11 层粉质粘土（Q4al）：灰褐色，可塑，干强度、韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，局部夹含粉土薄层及少量铁锰氧化物。该层场地广泛分布，层厚 0.80～2.80m，平均 1.59m；层底埋深 16.00～18.90m，平均 17.65m；层底标高-9.82～-5.92m，平均 7.06m。

12 层粉土（Q4al）：灰褐色，密实，湿，干强度、韧性低，无光泽反应，摇振反应迅速，局部夹含粉砂薄层。该层部分控制孔揭露并揭穿，层厚 1.30～4.00m，平均.88m；层底埋深 19.00～21.60m，平均 20.58m；层底标高-12.12～-9.44m，平均-10.61m。

13 层粉质粘土（Q4al）：黄褐色，可塑，干强度、韧性中等，稍有光泽，无摇振反应，局部夹含粉土薄层及少量铁锰氧化物。该层部分控制孔揭露并揭穿，层厚 0.50～3.10m，平均 1.29m；层底埋深 20.10～23.50m，平均 21.89m；层底标高-13.58～-10.42m，平均-1.91m。

14 层粉砂（Q4al）：黄褐色，中密～密实，饱和，主要矿物成分为石英、长石，亚圆状，颗粒均匀，级配不良，局部含不连续粉土薄层及少量云母碎片。该层部分控制孔揭露并揭穿，层厚 8.90～1.30m，平均 10.02m；层底埋深 31.50～33.80m，平均 32.09m；层底标高-23.67～-21.19m，平均-22.11m。

15 层粉砂（Q4al）：浅黄色，密实，饱和，主要矿物成分为石英、长石，亚圆状，颗粒均匀，级配不良，局部含少量云母碎片及粘性土团块。该层部分控制孔揭露，未揭穿，最大揭露厚度 8.50m，最大揭露埋深 40.00m。

3.4 现场探查土层分布条件

3.4.1 土层岩性及分布特征

3.4.1.1 场地土层分布条件

本次调查共完成 308 个土壤钻孔（前期 4+初查 36+详查 209+补充调查 58+背景点 1），各土孔钻孔柱状图见附件。根据本次勘探所揭示的土层情况，按地层

沉积年代、成因类型，将场地最大勘探深度（38.0m）范围内的地层划分为人工堆积层、第四纪沉积层两大类，按照土层岩性、赋水特征及其物理性质，可自上而下划分进一步划分为 5 个大层及其亚层，按照自上而下的顺序将各土层的岩性及分布特征概述如下：

（1）人工堆积层

该层普遍分布于场区地表，厚度 0.6～6.3m。场区内小部分地区有硬化层，厚度 0.1～0.8m 不等。该层主要为杂填土①层、素填土①$_1$ 层，其中杂填土①层包含各种杂填土及水泥路面、碎石及房渣土等，稍湿～饱和，松散素填土①$_1$ 层包含粉质粘土填土、粘质粉土填土等，稍湿～饱和，松散～中密，含有砖块、煤渣、植物根系等。

（2）第四纪沉积层

分布于人工堆积层之下，其层顶埋深为 0.6～6.30m，主要为粉土、黏土和粉砂层，具体分布及岩性特征如下：

②粉土层

层顶埋深 0.6～6.3m，层底埋深 4.9～14m，层厚 2.3～10.7m，灰黑～褐黄色，稍密～中密，湿～饱和，含云母、氧化铁，部分含有机质，有刺鼻气味。该大层包含四个亚层，粘质粉土②$_1$ 层、砂质粉土②$_2$ 层、粉砂②$_3$ 和粉质黏土②$_4$。粘质粉土②$_1$：褐黄色，稍密～中密，饱和，含云母、氧化铁，部分含有机质；砂质粉土②$_2$ 层，灰～褐黄色，中密，饱和，含云母、氧化铁，部分含有机质；粉砂②$_3$ 层，黄褐～褐黄色，饱和，中密～密实，含云母、氧化铁，部分含有机质；粉质黏土②$_4$，褐黄色，可塑-硬塑，稍湿～湿，含云母、氧化铁。

③粉黏层

层顶埋深为 3.40～14.00m，层底埋深为 17.6～21m，层厚 8～16.1m，灰褐～褐黄色，中密～密实，湿，含云母、氧化铁。该大层包含三个亚层，重粉质黏土③$_1$ 层：黄褐色，中密，可塑-硬塑，湿，含云母、氧化铁：黏土③$_2$ 层：灰褐～褐黄色，中密，可塑-硬塑，稍湿～湿，含云母、氧化铁；粉土③$_3$ 层：灰褐～褐黄色，中密，湿，含云母、氧化铁。

④粉砂层

层顶埋深 17.6～25m，灰褐～褐黄色，中密，饱和，含云母、氧化铁。该大层包含两个亚层，砂质粉土④$_1$ 和粘质粉土④$_2$。砂质粉土④$_1$：褐黄色，中密，饱

和，含云母、氧化铁等；粘质粉土④$_2$：褐黄色，中密，饱和，含云母、氧化铁。

⑤粉粘层

层顶埋深 22.5～36m，该层未揭穿，场区揭露最大深度为 38m，褐黄色，密实，硬塑，湿，含氧化铁。

场地典型地层分布情况见图 3-1 至图 3-3“场地水文地质剖面图”，剖面线位置见图 3-4“剖面线位置示意图”。

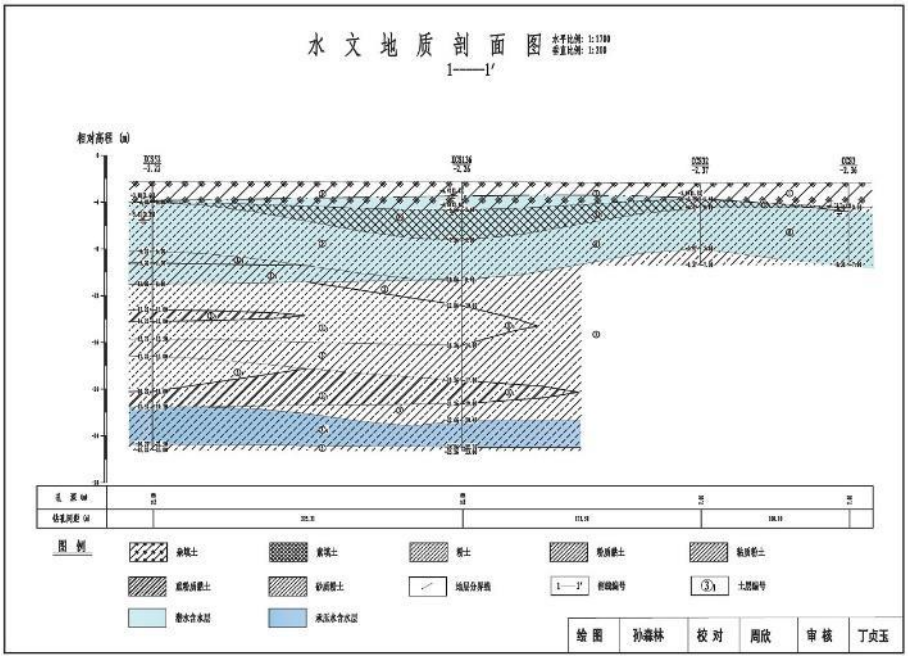


图 3-1 水文地质剖面图 1-1’

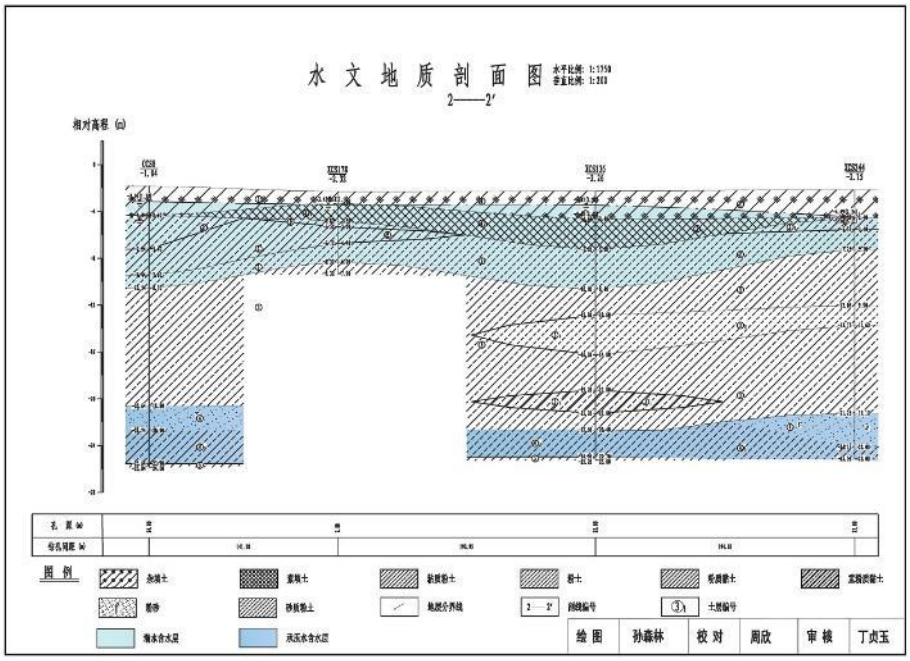


图 3-2 水文地质剖面图 2-2’

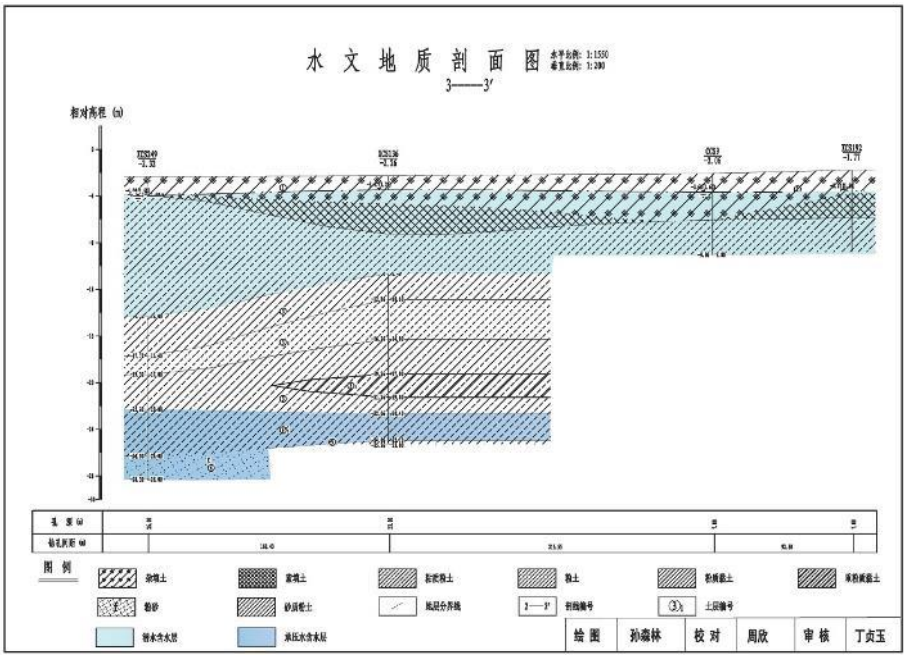


图 3-3 水文地质剖面图 3-3'

图 3-4 剖面线位置示意图

为便于后期分析污染情况、划分风险管控范围，根据前期资料及本次水文地质条件调查结果，统计各层深度及厚度，参考平均值将本场地的地层进行概化分层。需要说明的是，由于本场地粉土和粉砂层较厚，为更好的实现精细调查，使污染范围划分的更加精确，在地层条件基础上，根据现场采样深度，将各大层进一步细分为亚层，最终本场地地层统计如表 3-1 所示。

表 3-1 污染场地概化分层情况

分层情况		范围	厚度（m）	岩性
第一层		0~1.6m	0.9	杂填土
第二层	第二-1 层	1.6~3.0m	1.4	粉土
	第二-2 层	3.0~4.5m	1.5	
	第二-3 层	4.5~8.3m	3.8	
第三层	第三-1 层	8.3~12.0m	3.7	粉黏
	第三-2 层	12.0~16.7m	4.7	
第四层		16.7~20.6m	3.9	粉土
第五层	第五-1 层	20.6~26.0m	5.4	粉砂
	第五-2 层	26.0~34.0m	8.0	
第六层		34.0~38.0m	4.0	粉黏

本场地局部地区建筑垃圾较厚，且大部分区域存在硬化层，硬化层平均厚度 0.67m。

3.4.1.2 重点关注区土层分布条件

通过分析场地内污染物的分布规律，本场地污染主要以苯系物和氯代烃为主，且重污染主要集中在重点关注区的原助剂生产区和原环氧丙烷生产区，如图 3-5 所示。污染物浓度高且污染深度大，以主要污染物 1,2-二氯丙烷为例，该区域内检出 1,2-二氯丙烷最高浓度 2460mg/kg，分别超出一类和二类用地筛选标准 2459 倍和 491 倍，污染最深达到第六层（34.0~38.0m）。

图 3-5 西南重污染区域示意图

综上对场地内该区域进行单独分析，以深入了解重污染区的土层分布规律，为后期更精确地确定风险程度提供依据，同时为提出更加合理的修复/风险管控建议提供参考。

该区域地层分布情况按图 3-6 “剖面线位置示意图”所示位置绘制地层剖面 6 条，具体见图 3-7 至图 3-12。

图 3-6 西南重污染区剖面线位置图

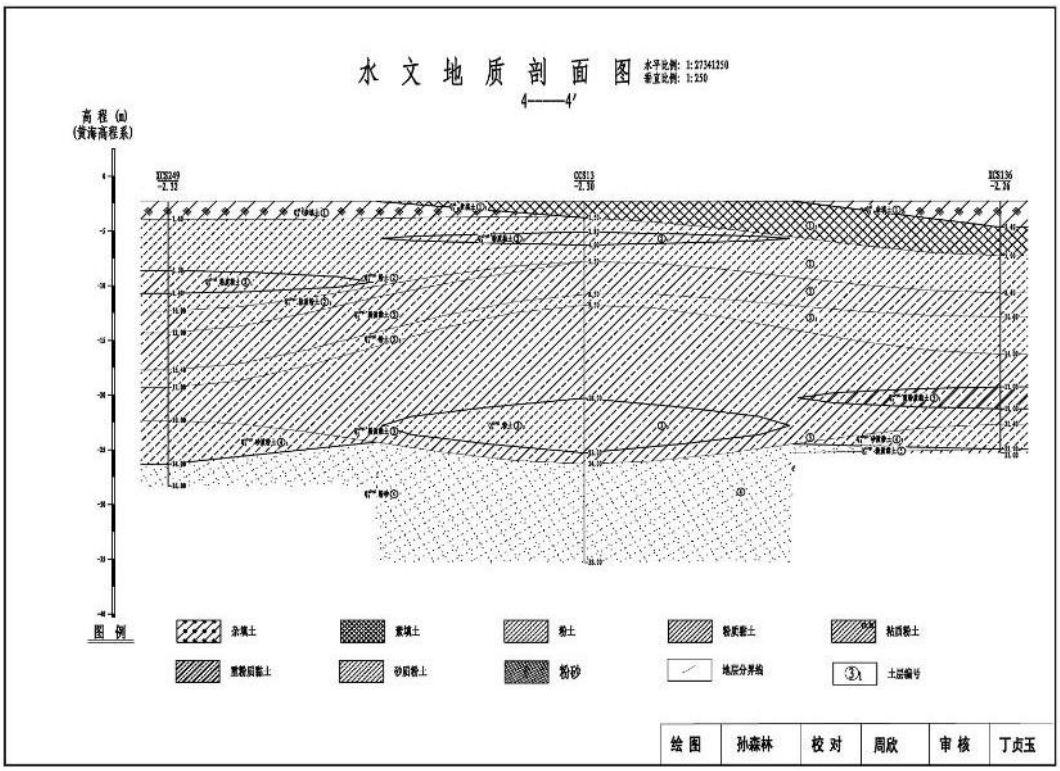


图 3-7 西南重污染区水文地质剖面图 4-4’

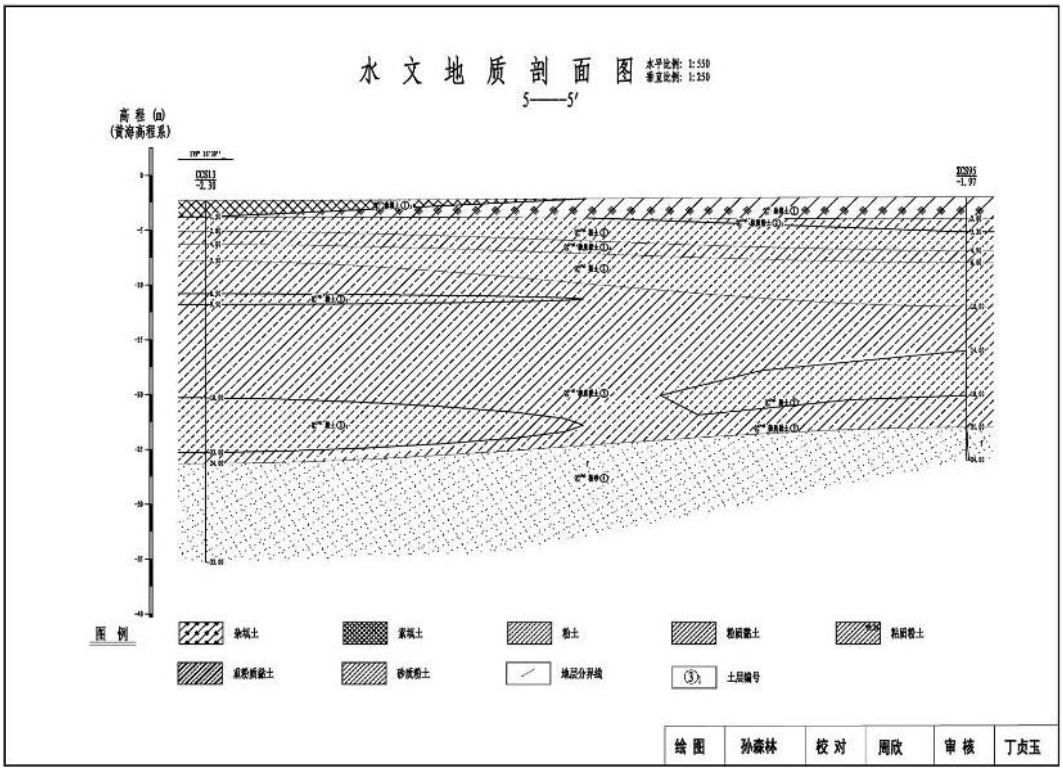


图 3-8 西南重污染区水文地质剖面图 5-5’

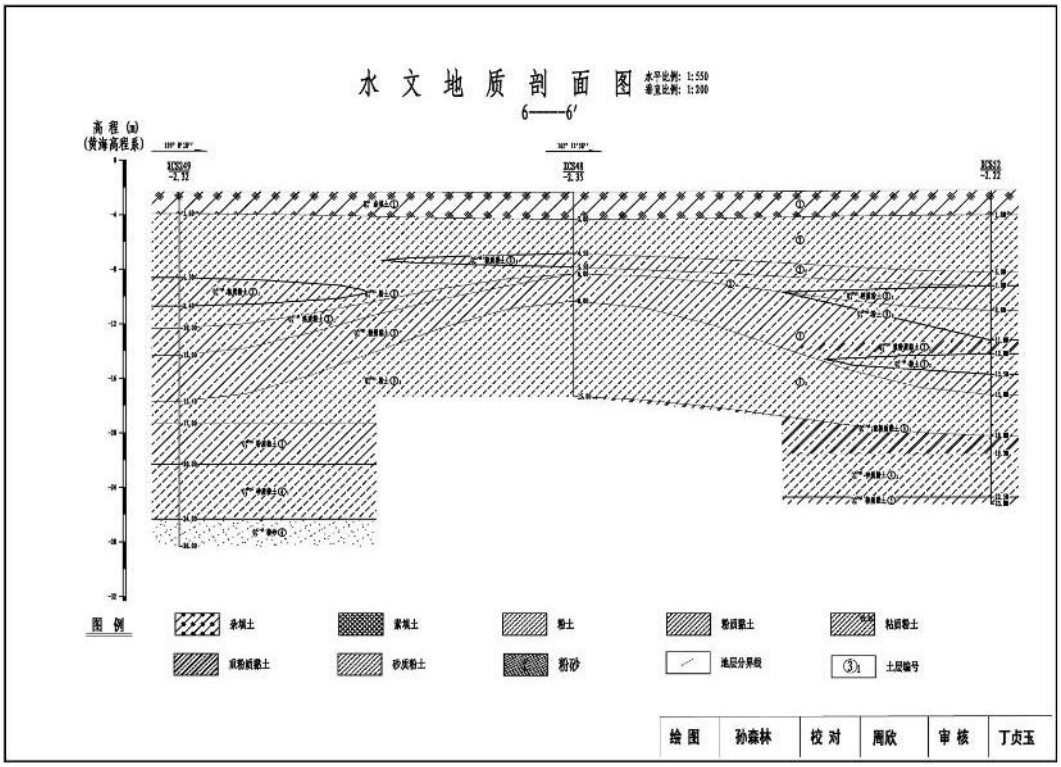


图 3-9 西南重污染区水文地质剖面图 6-6’

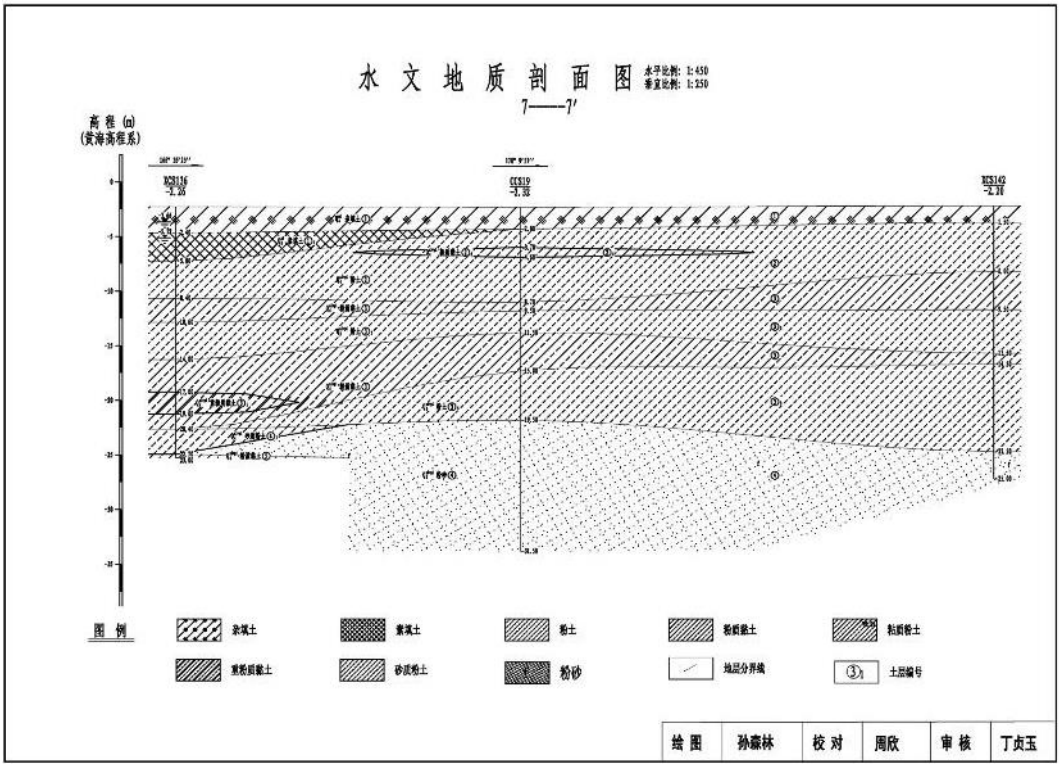


图 3-10 西南重污染区水文地质剖面图 7-7’

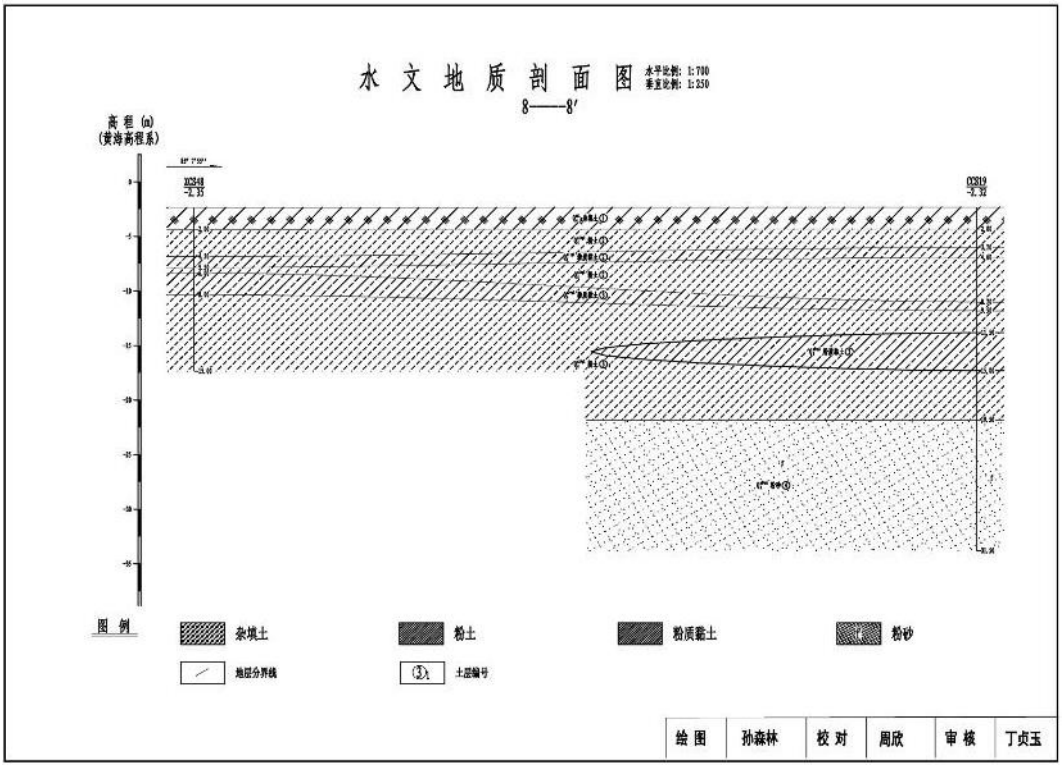


图 3-11 西南重污染区水文地质剖面图 8-8’

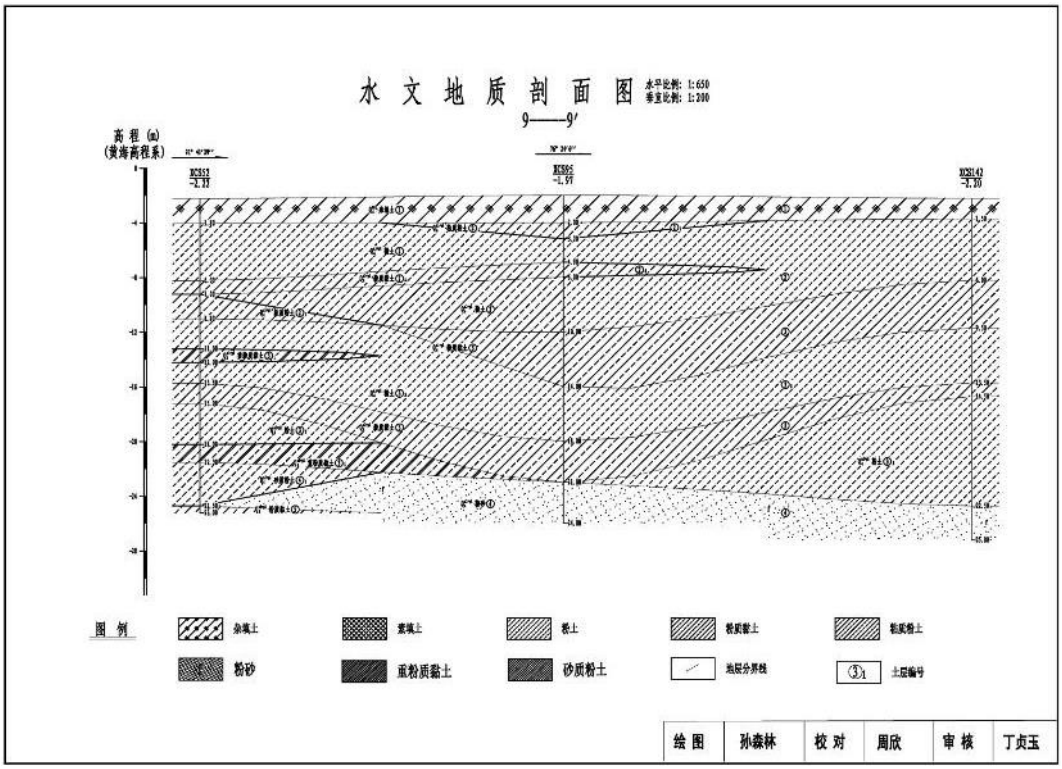


图 3-12 西南重污染区水文地质剖面图 9-9’

3.4.2 地质结构模型建立

本次场地三维地质结构模型建立，以地下水流数值模拟系统 GMS 软件为基

础，选择场地内 10 个深孔钻井数据，建立了该场地的三维地质结构模型，根据场地调查成果，将场地内地层分为人工填土层、粉土层、黏土层以及细砂层。

三维地质模型及典型地质结构剖面图见图 3-13 和图 3-14。

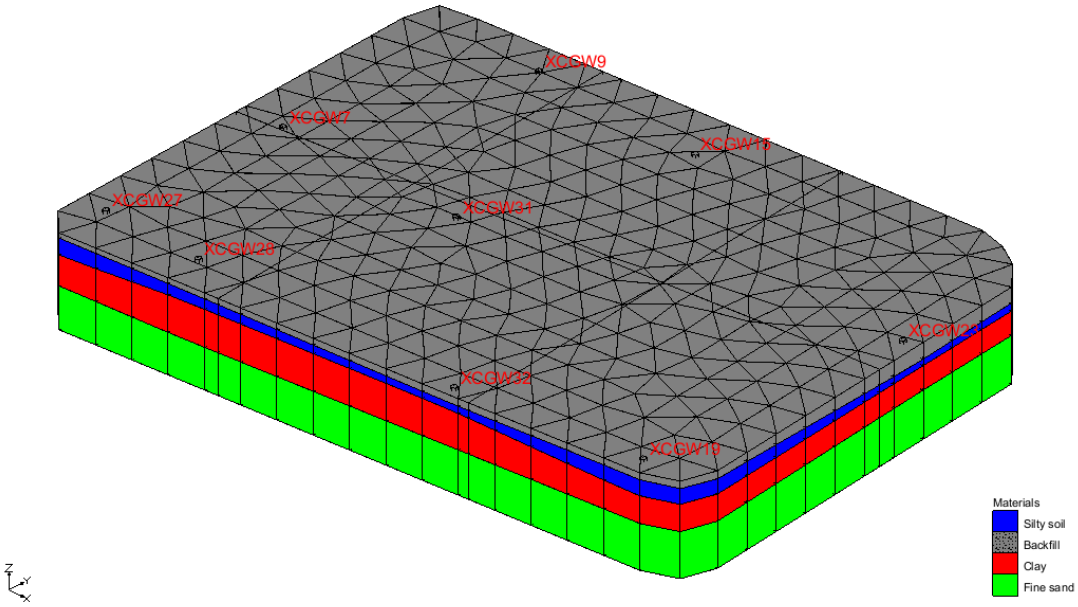
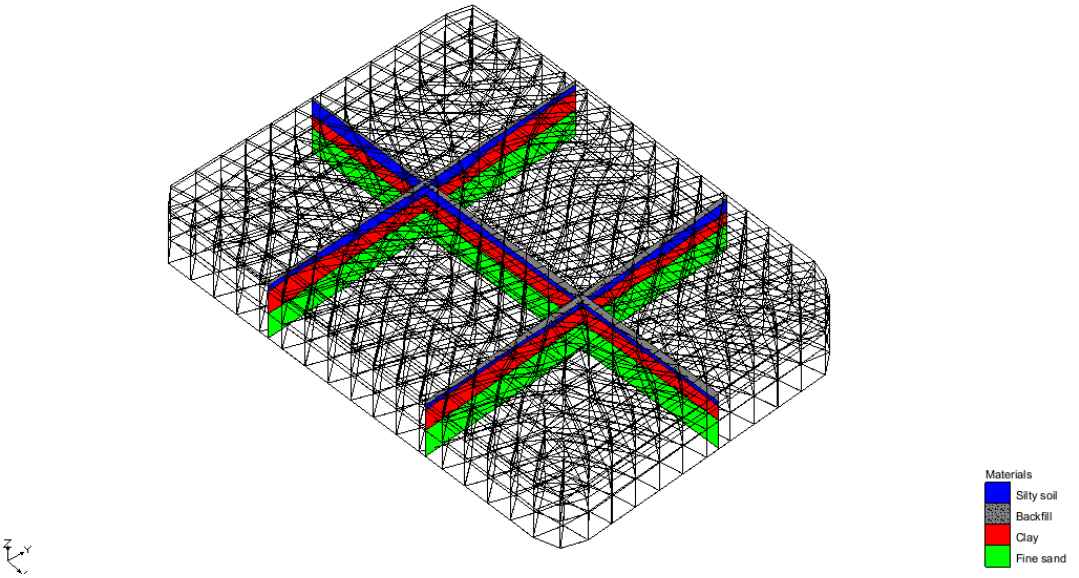


图 3-13 三维地质结构模型



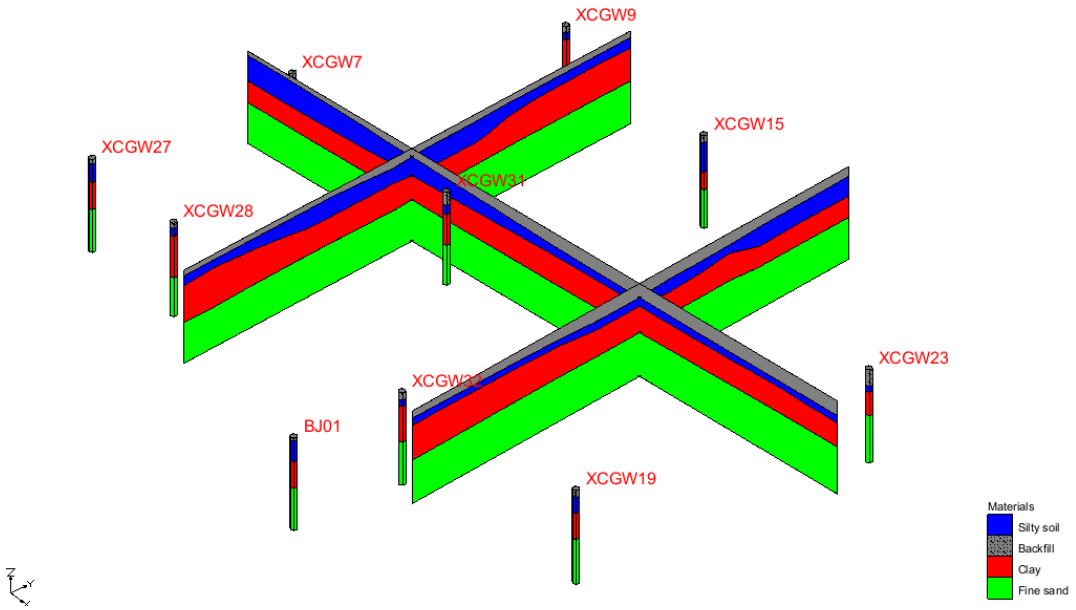


图 3-14 典型地质剖面图

3.5 现场探查地下水分布情况

3.5.1 地下水类型

根据场地勘揭露的地层及地下水分布情况，场地地面以下 38.0m 深度（最大勘探深度）范围内潜水层可分为表层不连续滞水和深层微承压层，均属第一含水层，且地下水流向均为从南向北，具体如下：

（1）表层不连续滞水

主要赋存于层顶埋深 0.6～6.3m、层底埋深 4.9～14m、层厚 2.3～10.7m 的粉土②层，粘质粉土②$_1$层，砂质粉土②$_2$层和粉砂②$_3$层，在场区内普遍分布。2018 年 11 月 6 日于地下水监测井中量测的潜水静止水位埋深 2.222~4.346m，静止水位标高（相对标高）为-5.88~-4.22m。该层地下水水位分布规律见图 3-15。

图 3-15 场区表层不连续滞水流场等值线图

（2）潜水-微承压层

主要赋存于埋深 17.6～25m 以下的粉砂④层，砂质粉土④$_1$层、粘质粉土④$_2$层中，在厂区内普遍分布。2018 年 9 月 11 日于地下水监测井中量测的承压水静止水位埋深为 2.215~3.850m，静止水位标高（相对标高）为-4.35~-5.25m。该层地下水水位分布规律见图 3-16。

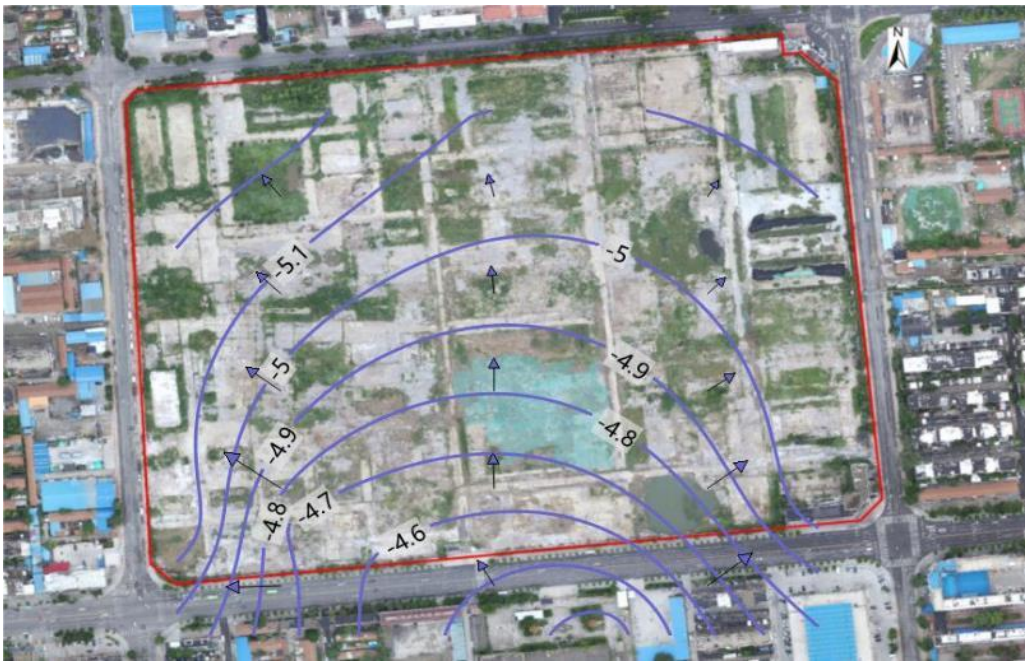


图 3-16 场区潜水-微承压流场等值线图

3.5.2 地下水补径排条件

对于表层不连续滞水，主要依靠大气降水的垂直入渗补给、地表水补给及黄河水的侧向径流补给，排泄方式主要为蒸发、径流及向地表水体泄流；表层不连续滞水含水层对于潜水-微承压层，主要接受侧向径流补给及上层越流补给。

3.5.3 含水层透水性、富水性及对地下水的影响

为了获取场区两个主要含水层的渗透系数，计划在 2 个地下水监测井（井号：XCGW17、XCGW25）进行了 2 组共计 4 次提水试验，在 2 个地下水监测井（井号：XCGW7、XCGW31）进行了 2 组共计 4 次抽水试验。提水实验主要针对潜水含水层，抽水实验主要针对承压含水层。

图 3-17 抽水试验监测井分布

（1）提水试验

1）试验原理

根据 Hvorslev 的分析方法，渗透系数计算公式为：

$$K = \frac{R_c^2 \cdot \ln(L / R_w)}{2LT_0}$$

式中，R_c 为井管半径，L 为滤水管进水段长度，R_w 为滤水管半径，T_0 为基本滞后时间（即$(H-h)/H0 = e^{-1} = 0.37$所对应的时间），详见图 3-18：

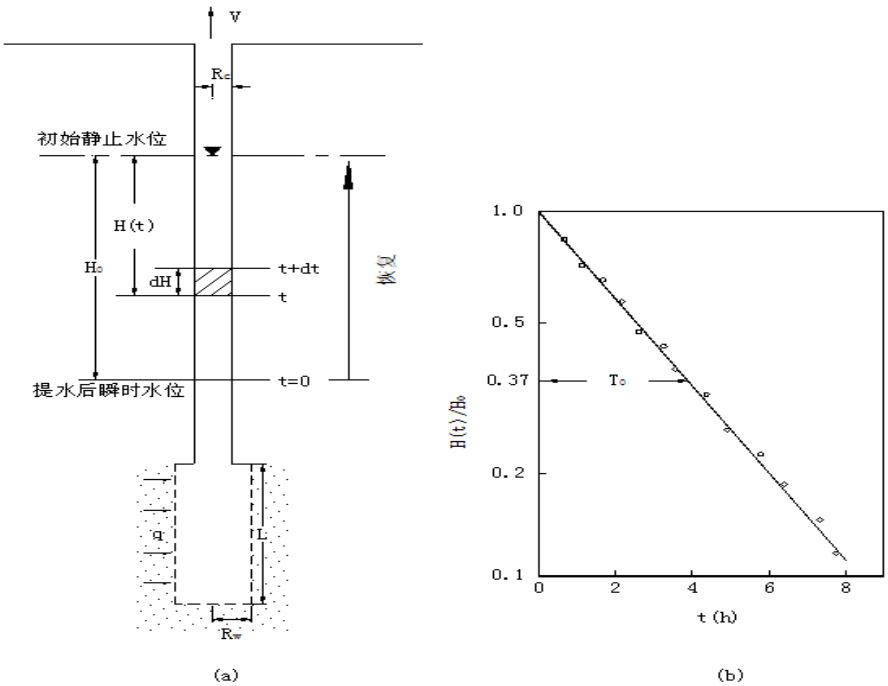


图 3-18 Hvorslev 提水试验模型及其分析法示意图

2）测试方法

本次提水试验工作采用加拿大 Solinst 公司 429 型点源贝勒管地下水采样器进行提水，采用荷兰高精度袖珍潜水仪 Mini-Diver 水位/水温两参数自动记录仪及其配套数据处理软件 Diver office，进行试验过程中的恢复水位的观测和记录，鉴于实验中水位下降速度较快，量测频率设置为 1s。

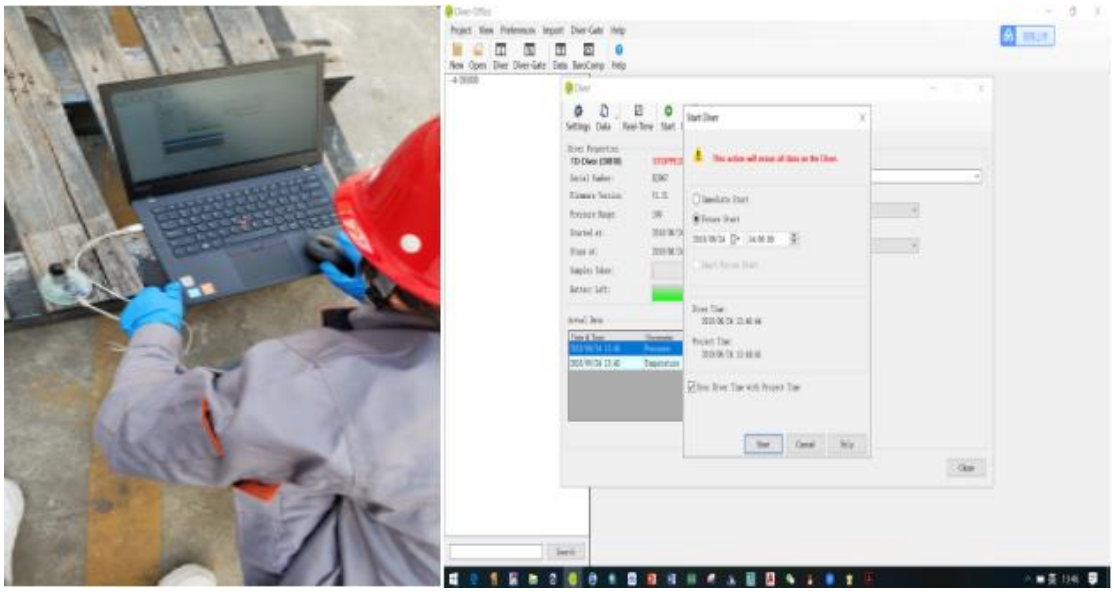


图 3-19 Diver-office 数据处理图

（2）抽水试验计算

1）试验原理：

本次实验选用的是单井稳定流抽水实验，实验中对两口井的承压含水层进行了抽水实验，实验监测井均为非完整井，公式为：

承压非完整井：

当 M>150r；L/M>0.1 时，

$$K = \frac{Q}{2\pi SM}\left(\ln\frac{R}{r} + \frac{M-L}{L}\ln\frac{1.12M}{r}\right)$$

$$R = 10S\sqrt{K}$$

当过滤器位于含水层的顶部或底部时，

$$K = \frac{Q}{2\pi SM}\left[\ln\frac{R}{r} + \frac{M-L}{L}\ln\left(1+0.2\frac{M}{r}\right)\right]$$

$$R = 10S\sqrt{K}$$

公式中：k——渗透系数(m/d)；Q——抽水井涌水量(m^3/d)；M——含水层厚度(m)；S——抽水井水位下降值(m)；R——影响半径(m)；r——抽水井半径(m)；L——过滤器的长度(m)。

抽水试验示意图如下：

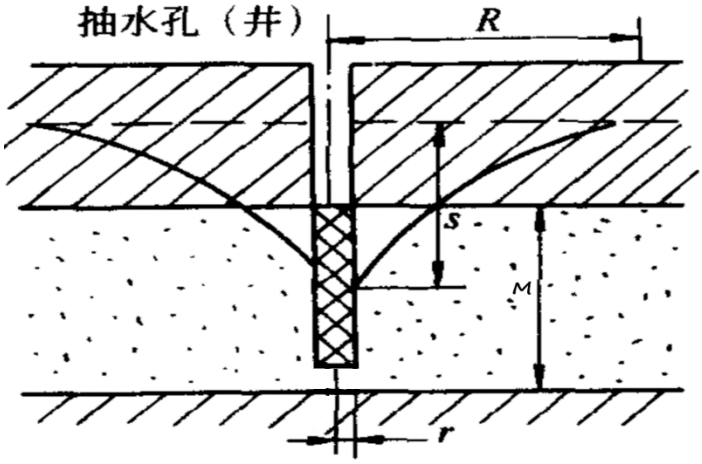


图 3-20 抽水试验示意图

2）测试方法：

采用荷兰高精度袖珍潜水仪 Mini-Diver 水位/水温两参数自动记录仪及其配套数据处理软件 Diver office，进行试验过程中的恢复水位的观测和记录，量测频率根据含水层岩性和富水性设置为 1s。

图 3-21 本项目抽水试验现场工作

通过利用 2018 年 11 月 6 日于本次设置的地下水监测井中量测水位数据绘制场地地下水水位流场等值线图（图 3-15、图 3-16），从图中可以看出，场地表层不连续滞水总体流向为自东南向西北（局部受各种因素影响，流向略有偏差），平均水力梯度约为 4‰；场地潜水-微承压层水总体流向为自南向北（局部受各种因素影响，流向略有偏差），平均水力梯度约为 3‰ 。

地下水流速依据达西定律，计算公式为 V=KI。其中 K 为渗透系数。依据上述渗透试验结果并结合相关工程经验，场地表层不连续滞水含水层岩性主要为粉土，渗透系数为 1.2E-03cm/s；水力坡度 I 为 4‰。因此，表层不连续滞水平均渗透流速 V= 4.8E-06cm/s；场地潜水-微承压层岩性主要为粉砂，渗透系数为 2.3E-03cm/s；水力梯度 I 为 3‰。因此，潜水-微承压层地下水平均渗透流速 V= 6.9E-06cm/s。

3.6 土壤理化性质

本次针对场地不同层位、不同岩性的土样进行了室内渗透试验和颗分试验。为查明工作区土层的基本物理性质及渗透性，本次工作针对场区各主要粘土、粉土层取样进行了室内渗透性试验和常规物理性质参数试验，共设计 7 个土工样采样点，采样点基本均匀分布于调查区域内，共完成 25 个土样的测试，调查阶段具体分布如图 3-22 所示。为获取场地水文地质等参数，以进行场地后期风险评价工作。

图 3-22 土工样品采样点位分布图

土工样品检测指标定为为如表 3-2 所示。具体采样深度根据实际土层情况调整。

表 3-2 室内土工试验项目统计表

序号	试验项目	试验目的及主要指标
1	物理性质常规试验	获取土的物理性质指标 (w、Gs、e、wp、Ip、IL、Wu 等)
2	渗透试验	提供细粒土的渗透性试验参数
3	颗分试验(粘性土、粉土)	提供粘性土、粉土颗粒级配及定名

土工样试验结果见地勘报告“土分析成果报告表”，各土层渗透系数室内试验及土工试验结果平均值统计表见表 3-3。

针对该深度内的砂类土采取扰状土样进行了颗分试验，在取得的颗粒分析试验成果的基础上，利用如下经验公式计算其渗透系数：

$$k = Cd_{10}^{2}(0.7 + 0.03t)$$

式中：k——渗透系数（m/d）；

C——常数，粉土和粉质粘土 500~700，本次计算取值 700；

d_{10}——颗粒的有效粒径（mm）；

t ——水温（°C），本次计算取值 25°C。

将试验数据代入上式，计算得出各土层的渗透系数见表 3-4。

表 3-3 土工试验结果平均值统计表

层号	岩性	天然含水率（%）	天然密度（g/cm³）	土粒比重	饱和度	孔隙比	干密度（g/cm³）	垂直渗透系数（cm/s）	水平渗透系数（cm/s）
②	粉土	22.9	1.96	2.70	0.89	0.69	1.60	3.14E-05	2.66E-05
③	粉质黏土	23.3	2.04	2.72	0.98	0.65	1.65	5.22E-07	9.50E-07
$③_2$	黏土	33.8	1.87	2.70	0.98	0.94	1.40	8.64E-08	1.35E-07
$③_3$	粉土	24.3	1.98	2.70	0.95	0.69	1.60	4.27E-06	4.88E-06
$④_1$	粉土	18.1	2.14	2.70	1.00	0.49	1.81	5.71E-06	1.28E-05

表 3-4 室内颗分试验计算渗透系数结果统计列表

土孔编号	采样编号	岩性	层号	采样深度(m)	渗透系数（cm/s)	渗透系数平均值(cm/s)
CCS27	TG1-1	粉土	②	2	8.39E-06	3.55E-05
CCS27	TG1-3	粉土		6.8	8.39E-06	
XCS197	TG2-1	粉土		6.3	5.96E-05	
XCS192	TG3-1	粉土		2.6	1.34E-04	
XCS192	TG3-2	粉土		6.8	3.35E-05	
CCS3	TG4-1	粉土		3	2.33E-05	
CCS3	TG4-2	粉土		5	8.39E-06	
XCS161	TG6-2	粉土		5	8.39E-06	
XCS249	TG7-2	粉土		8.4	1.49E-05	
XCS249	TG7-3	粉质黏土	③	12.7	2.66E-06	4.33E-06
XCS249	TG7-5	粉质黏土		17	5.99E-06	
CCS27	TG1-2	黏土	$③_2$	5	2.66E-06	2.66E-06
XCS197	TG2-2	黏土		6.8	2.66E-06	
CCS3	TG4-3	黏土		7	2.66E-06	
XCS52	TG5-1	黏土		6	2.66E-06	
XCS161	TG6-1	黏土		2.8	2.66E-06	
XCS161	TG6-3	黏土		8.8	2.66E-06	
XCS161	TG6-4	黏土		10	2.66E-06	
XCS249	TG7-1	黏土		6.5	2.66E-06	
XCS249	TG7-4	黏土		15.1	2.66E-06	
XCS52	TG5-2	粉土	$③_3$	11	1.66E-05	1.11E-05
XCS52	TG5-3	粉土		13.5	1.06E-05	
XCS161	TG6-5	粉土		12.7	5.99E-06	
XCS52	TG5-4	粉土	$④_1$	20.3	1.06E-05	1.73E-05
XCS161	TG6-6	粉土		19.8	2.40E-05	

第4章 污染识别

4.1 地块使用情况

4.1.1 早期生产状况

滨州化工分公司建厂于 1968 年，随着公司发展壮大，经过合并收购等扩大厂区至目前范围。早期（上个世纪 90 年代前）该地块曾分布有炼油、农药、化肥等生产装置以及锅炉发电装置，经与业主多方访谈和查询企业生产历史档案材料，确认早期的生产车间分布情况如图 4-1 所示，但目前企业缺乏这些生产车间的生产工艺的档案资料，项目组将结合一般经验开展早年生产工艺的分析。

图 4-1 地块早期生产车间分布示意图

4.1.2 关停前企业生产情况

关停前化工分公司原有产品上下游关系见图 4-2，图中所示物料量为主要原料年消耗量以及主要产品年产量。

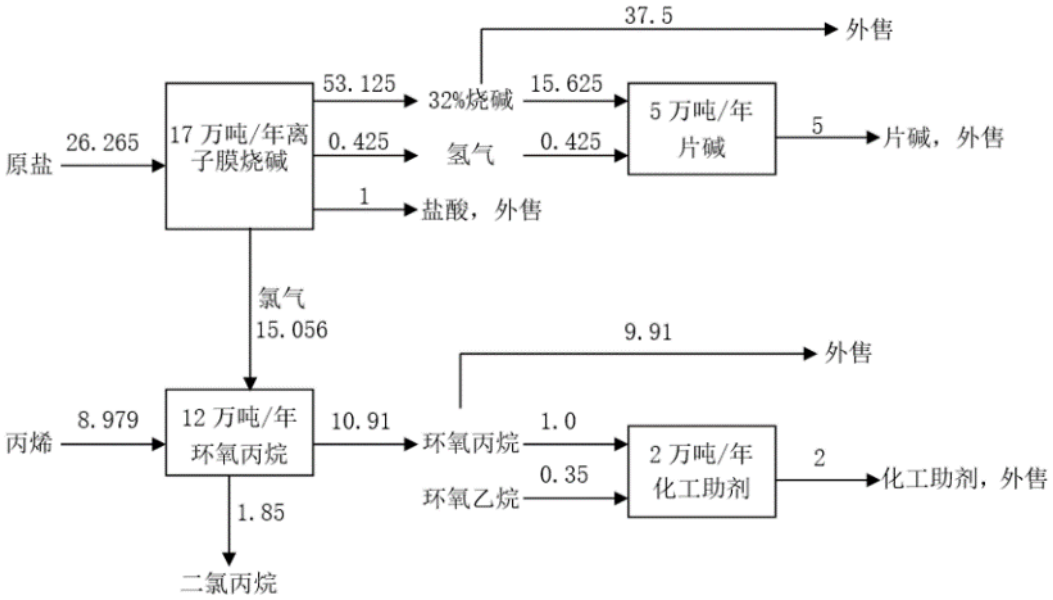


图 4-2 老厂区关停前的原料和产品上下游关系图 (单位：万吨/年)

老厂区拆除前主要工艺平面布置与主要生产车间的分布如图 4-3 和图 4-4 所示。

图 4-3 老厂区关停前不同生产车间平面布置图

图 4-4 主要生产功能区分布图

山东滨化集团化工分公司淘汰关闭前，该企业以氯碱化工为中心，**配置 17 万吨/年离子膜烧碱装置、10 万吨/年环氧丙烷装置、5 万吨/年固片碱装置等生产装置**，主要产品有 **32%离子膜液碱、98.5%片碱、环氧丙烷、高纯盐酸等**。原有工程建设情况情况具体见表 4-1。

表 4-1 化工分公司老厂区拆除前主要工程装置基本情况表

项目名称	主要组成	具体内容
主体工程	17 万吨/年离子膜烧碱装置	三套，一套 5 万吨/年，两套各 6 万吨/年，配套建设有高纯盐酸装置和事故氯处理装置
	5 万吨/年固片碱装置	一套，采用二效降膜蒸发、单效浓缩
	12 万吨/年环氧丙烷装置	两套，一套 4 万吨/年、一套 8 万吨/年。环氧丙烷装置，分别设氯醇化、皂化、精馏等，共用一套石灰乳制备系统
	2 万吨/年化工助剂装置	一套，设有聚合反应、交链反应设备等
辅助工程	办公、化验、控制	设有公司办、技术科、安保科、调度科、设备科等职能科室，综合办公楼三层。化验车间分为 PO、氯碱中控、氯碱成品、污水化验等；设有电器、仪表车间统一负责各装置电仪控制
储运工程	原盐堆场	一座，位于一次盐水南侧，80m×40m，面积 3200m^2，可储存原盐 4500～5000 吨
	丙烯缓冲罐	一台卧式罐，容积为 50m^3
	环氧丙烷储罐	2 台球罐，直径 12300mm，容积达 2×1000m^3
	二氯丙烷储罐	4 台立式罐，规格为 2 台 5000×1000mm，2 台 5800×5800mm
	环氧乙烷储罐	2 台卧式储罐，容积为 2×50m^3

<table>
<tr><th>项目名称</th><th colspan="2">主要组成</th><th>具体内容</th></tr>
<tr><td rowspan="9">公用工程</td><td colspan="2">新鲜水</td><td>工业用水来自集团自备龙憩湖水库，日供水能力 34000m^3，厂区新鲜水用量 630.71m^3/h(15137.04m^3/d)</td></tr>
<tr><td colspan="2">循环水</td><td>厂区内建有 4 套循环水系统，循环水量达 6000m^3/h</td></tr>
<tr><td colspan="2">纯水</td><td>由集团热力公司提供，使用量 36t/h</td></tr>
<tr><td colspan="2">电</td><td>由滨化集团热力公司提供，分动力电、交流电，其中动力电用量在 8500-8800kwh，交流电 50000-50600kwh</td></tr>
<tr><td colspan="2">蒸汽</td><td>由滨化集团热电公司提供，设有蒸汽包，蒸汽用量为 50.27t/h</td></tr>
<tr><td colspan="2">制冷</td><td>建有 2 套制冷装置，制冷剂是氨</td></tr>
<tr><td colspan="2">空压</td><td>5 台 40m^3/min 无油螺杆空气压缩机，供全厂仪表用风、工艺用风、动力风</td></tr>
<tr><td colspan="2">制氮</td><td>5 台空分制氮机，供厂区生产装置使用</td></tr>
<tr><td colspan="2">消防</td><td>集团设有专职消防队，7 部执勤消防车。厂区内供设有 806 个灭火器，10 个消防栓，2 台固定式高压水炮。</td></tr>
<tr><td rowspan="15">环保设施</td><td rowspan="2">离子膜烧碱装置</td><td>氯化氢尾气</td><td>盐酸合成时部分尾气经水吸收后，通过 25m 排气筒放空</td></tr>
<tr><td>事故氯尾气</td><td>正常生产时不排放，事故氯气（其中氯气 99%，氧气和氮气等 1%）经碱洗后，吸收率为 99.9%，经 18m 排气筒排空</td></tr>
<tr><td rowspan="2">片碱装置</td><td>熔盐炉烟气</td><td>采用氢气作为清洁燃料，21m 高空排放</td></tr>
<tr><td>包装尾气</td><td>6m 排气筒排空</td></tr>
<tr><td rowspan="4">环氧丙烷装置</td><td>碱洗尾气</td><td>经二级碱洗后，22m 高排空</td></tr>
<tr><td>皂化不凝气</td><td>经冷凝、水封后，21m 高排空</td></tr>
<tr><td>脱轻不凝气</td><td>经冷凝后，25m 高排空</td></tr>
<tr><td>精馏不凝气</td><td>经冷凝后，21m 高排空</td></tr>
<tr><td>化工助剂装置</td><td>真空尾气处理设施</td><td>将尾气通过水洗、活性炭吸附后，10m 排气筒排放</td></tr>
<tr><td colspan="2">废水</td><td>主要来自环氧丙烷、氯碱及化工助剂装置，现有废水排放量 764.58m^3/h，全部管线输送到滨化集团污水处理厂处理达标后排入秦台河</td></tr>
<tr><td colspan="2">固体废物</td><td>主要包括环氧丙烷装置皂化残渣、烧碱装置产生盐泥等，皂化残渣送东瑞厂区内制砖装置作原料，盐泥送回盐场筑坝</td></tr>
<tr><td colspan="2">噪声</td><td>主要是机泵、空压、透平机等设备噪音，采取隔音、消声等降噪措施</td></tr>
<tr><td colspan="2">事故水池</td><td>化工分公司厂区内设有 3500m^3 事故水池、2 个事故缓冲罐，容积为 3200m^3</td></tr>
</table>

4.2 生产工艺分析

根据 4.1.2 的分析，该企业在关停前主要有四大生产工序，下面分别进行阐述。

4.2.1 离子膜烧碱生产工艺

烧碱以离子膜工艺为主，按流程顺序分为一次盐水、二次盐水精制、电解、淡盐水脱氯、Cl_2 处理、H_2 处理等工序，核心工序是二次盐水精制和电解部分。

盐水一次精制的主要目的是控制悬浮物(SS)与各种杂质离子的含量在要求

的范围内，为盐水二次精制作准备。盐水二次精制最主要部分是螯合树脂塔，使粗盐水经过树脂塔后除去二价阳离子。部分工艺在二次精制中盐水进螯合树脂塔之前设置碳素管或其它类型过滤器，以进一步降低盐水中的悬浮物的含量。电解部分是烧碱制备流程的关键工序，符合电解要求指标的精制盐水流经电解槽时，在一定直流电作用下，离子经离子交换膜的发生迁移，最终在阴极液相形成烧碱，阳极液相产生淡盐水，阴极气相生成 H_2，阳极气相生成 Cl_2。

精制的饱和食盐水进入阳极室；纯水（加入一定量的 NaOH 溶液）加入阴极室，通电后 H_2O 在阴极表面放电生成 H_2，Na^+则穿过离子膜由阳极室进入阴极室，此时阴极室导入的阴极液中含有 NaOH；Cl^-则在阳极表面放电生成 Cl_2。电解后的淡盐水则从阳极室导出，经添加食盐增加浓度后可循环利用。

阴极室注入纯水而非 NaCl 溶液的原因是阴极室发生反应为 $2H^++2e^-=H_2\uparrow$；而 Na^+则可透过离子膜到达阴极室生成 NaOH 溶液，但在电解开始时，为增强溶液导电性，同时又不引入新杂质，阴极室水中往往加入一定量 NaOH 溶液。

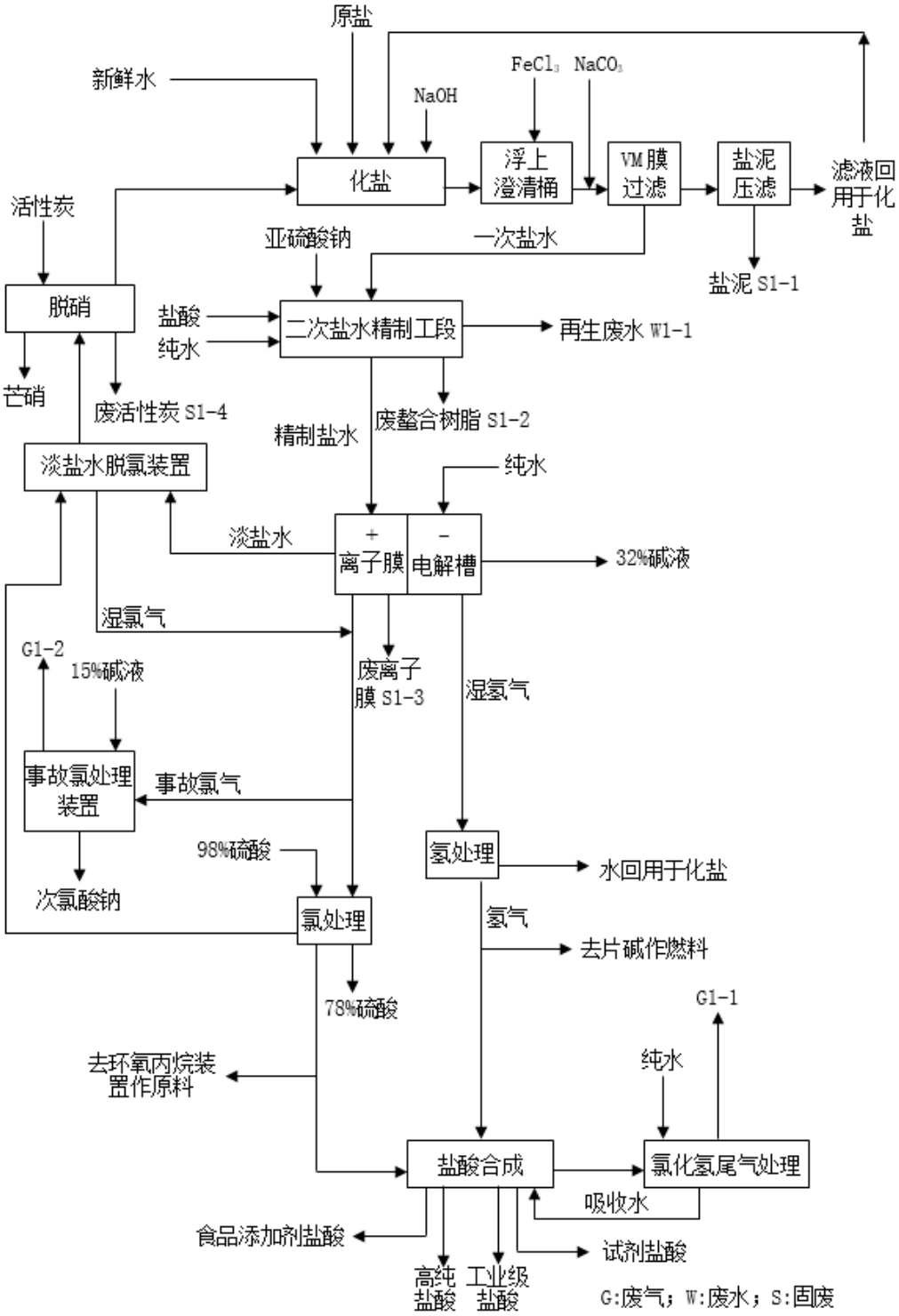


图 4-5 离子交换膜法电解制碱生产流程示意图

离子膜烧碱工艺废气产生主要为事故氯处理装置与氯化氢尾气处理装置排出尾气，根据厂区相关环评资料，离子膜烧碱工艺废气均能达到相关排放标准。

离子膜烧生产过程中产生的废水主要为淡盐水、滤液，氢氯工段冷凝水，再生废水，生活、地面冲洗及化验水，机泵冷却、密封水，循环排污水。针对产生

的各类废水的水质，采取不同的处理措施和回用方式：淡盐水、滤液，氢氯工段冷凝水较为清洁，回用于化盐工序，循环排污水比较清洁，只是含有较多的盐分，因而对其不进行处理直接回用环氧丙烷装置，再生废水所受污染较重，生、地面冲洗及化验水，机泵冷却、密封水含有较多的有机物、悬浮物等，通过污水管道排至滨化集团污水处理厂处理后排入潮河。

根据化工分公司提供的统计资料，离子膜装置年排各类固体废物共计约8671.25t，其中盐泥 8640t、废螯合树脂 8t、废膜 1.65t、废活性炭 2t、废包装物4.6t、生活垃圾 15t。盐水精制过程中产生的盐泥液汇集到盐泥池中，然后用盐泥泵将盐泥液输送到厢式压滤机进行压滤，压滤过程中产生的滤液回收用作化盐水，压滤完成后关闭进料阀，打开压缩空气阀门向压滤机内吹入空气约 30 分钟后滤饼中的含水量达到 50%左右，主要成份为 $CaCO_3$、$Mg(OH)_2$、NaCl、H_2O。盐泥液经压滤后的滤饼直接运送山东滨化海源盐化有限公司盐场筑坝。其余废螯合树脂、废活性炭属于危险废物，委托青岛新天地固体废物综合处置有限公司处理；废膜、废包装物则外售综合利用。

4.2.2 氯醇法制环氧丙烷生产工艺

滨化集团化工分公司是国内为数不多的生产聚醚的 PO 厂家，该企业于 2005 年底扩产到 10 万吨/年，其产品全部外销，成为我国 PO 主要供应商之一。氯醇法生产环氧丙烷的主要原料为氯气、丙稀、石灰乳，生产工艺分为三个部分：即氯醇化、皂化及精制。氯醇法生产机理如下：

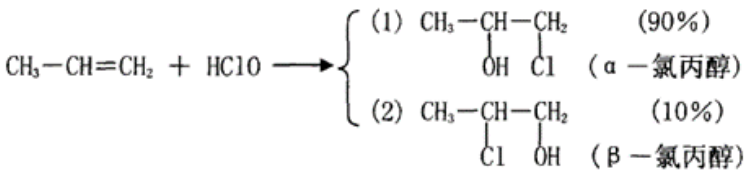
1）氯醇化反应

氯醇化是将烯烃与溶解于水中氯气反应生成氯醇的过程，同样的装置可适用于乙烯和丙烯两种不同原料。

氯醇化反应

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HClO$$

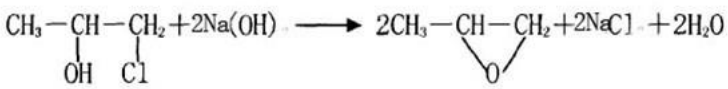
氯醇化副反应

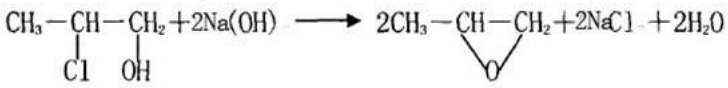


2）皂化反应

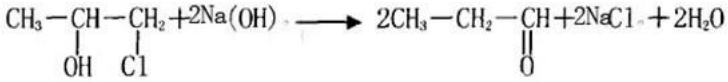
皂化是氯醇与碱反应制取环氧化物的过程。

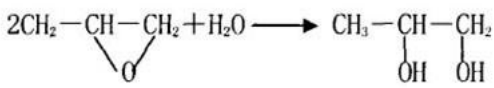
$$HCl + Na(OH) = NaCl + H_2O$$

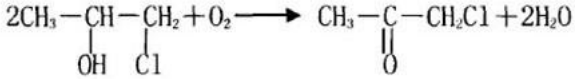




■ 皂化副反应







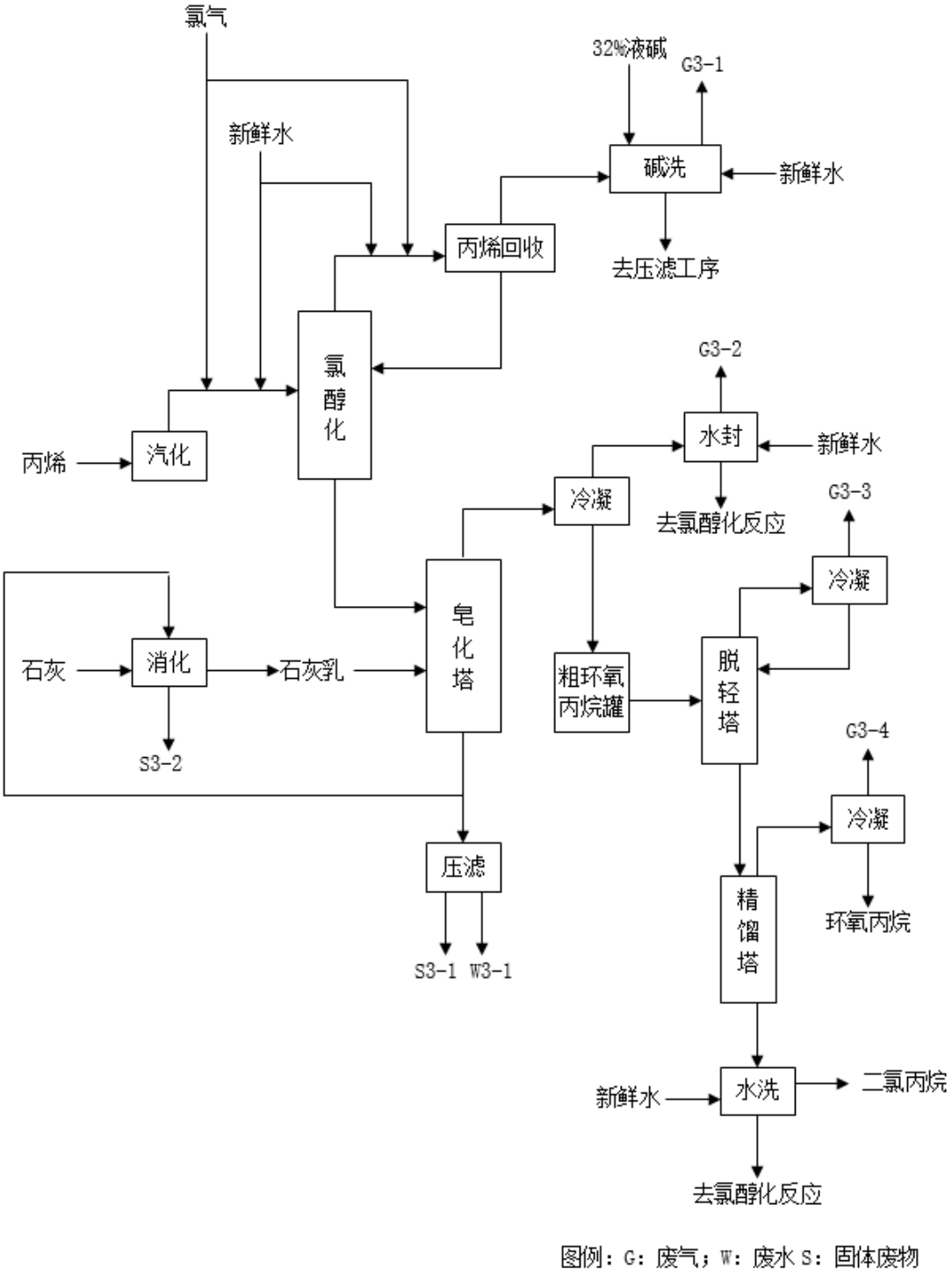


图 4-6 氯醇法制环氧丙烷工艺生产流程示意图

环氧丙烷生产工艺废气产生主要为碱洗废气、皂化塔不凝气、脱轻塔不凝气、精馏塔不凝气。碱洗尾气：丙烯回收反应器内未完全反应的丙烯和氯气、反应生成的氯化氢进入二级碱洗塔吸收氯气和氯化氢，氯气和氯化氢吸收效率达 99%，丙烯及少量未被吸收的氯气、氯化氢由 30m 高排空。皂化塔不凝气：环氧丙烷、二氯丙烷等经 3 级水冷、4 级深冷、水封后流入粗环氧丙烷罐，不凝气主要含环

氧丙烷，由水封罐顶约 30m 高放空。脱轻塔不凝气：轻组分经二级水冷和一级深冷，冷凝液回流至脱轻塔，不凝气主要含环氧丙烷，由 30m 高排空。精馏塔不凝气：精馏分离后塔顶气相经二级水冷和一级深冷得成品环氧丙烷，不凝气主要含环氧丙烷，由 30m 高排空。

环氧丙烷装置生产过程产生的废水主要是皂化废水，产生量 754.63m^3/h，主要污染物 PH：11～12、COD：1300mg/L、氨氮 8mg/L、SS：400mg/L，送滨化集团污水处理厂处理。皂化废水通过污水管道排至滨化集团污水处理厂处理后排入潮河。

产生的固体废物主要有皂化残渣、消化残渣氯丙烯装置产生的失活氧化铝、失活铝胶，以及生活垃圾等。根据现场踏勘，一般固废皂化残渣送滨化建材有限公司作制砖原料，消化残渣外售，失活氧化铝和失活铝胶由生产厂家回收，职工生活垃圾由环卫部门统一清运。化工新材料装置至今所产固体废物均全部合理处理处置或综合利用，尚未出现临时存放的问题。

4.2.3 固片碱生产工艺

由离子膜烧碱来的 32%碱液首先进入烧碱缓冲贮槽，再用泵送至Ⅰ效降膜蒸发器，在Ⅰ效降膜蒸发器内被Ⅱ效降膜蒸发器来的水蒸汽加热，蒸发至 36.5%后，再由过料泵打入板式换热器中，由Ⅲ效降膜蒸发器来的 50%液碱和蒸汽冷凝液再次加热后，进入Ⅱ效降膜蒸发器内。在Ⅱ效降膜蒸发器内被Ⅲ效降膜蒸发器来的水蒸汽加热，蒸发至 42%后，再由过料泵打入板式换热器中，由Ⅲ效降膜蒸发器来的 50%液碱和蒸汽冷凝液再次加热后，进入Ⅲ效降膜蒸发器内。在Ⅲ效降膜蒸发器内被外界来的水蒸汽加热蒸发至 50%液碱送往预浓缩器，由最终浓缩器来的水蒸汽加热，蒸发至 62%后进入最终浓缩器蒸发为 98.5%的熔融碱，最终浓缩器由熔盐炉提供热量，熔盐炉采用天然气和氢气作燃料，熔盐炉烟气(G1-1)由 30m 高排气筒排空。熔融碱经过分配器靠重力自流进入两个特殊设计的结片机中，在低温下熔融碱成为片碱，送包装工序包装，包装过程含尘尾气(G1-2)采用水洗除尘由 15m 高排气筒排空，水洗废水(W1-2)去同期建设的离子膜烧碱装置化盐。片碱生产过程中产生的污冷凝水(W1-1)和蒸汽冷凝水全部去同期建设的离子膜烧碱装置化盐。

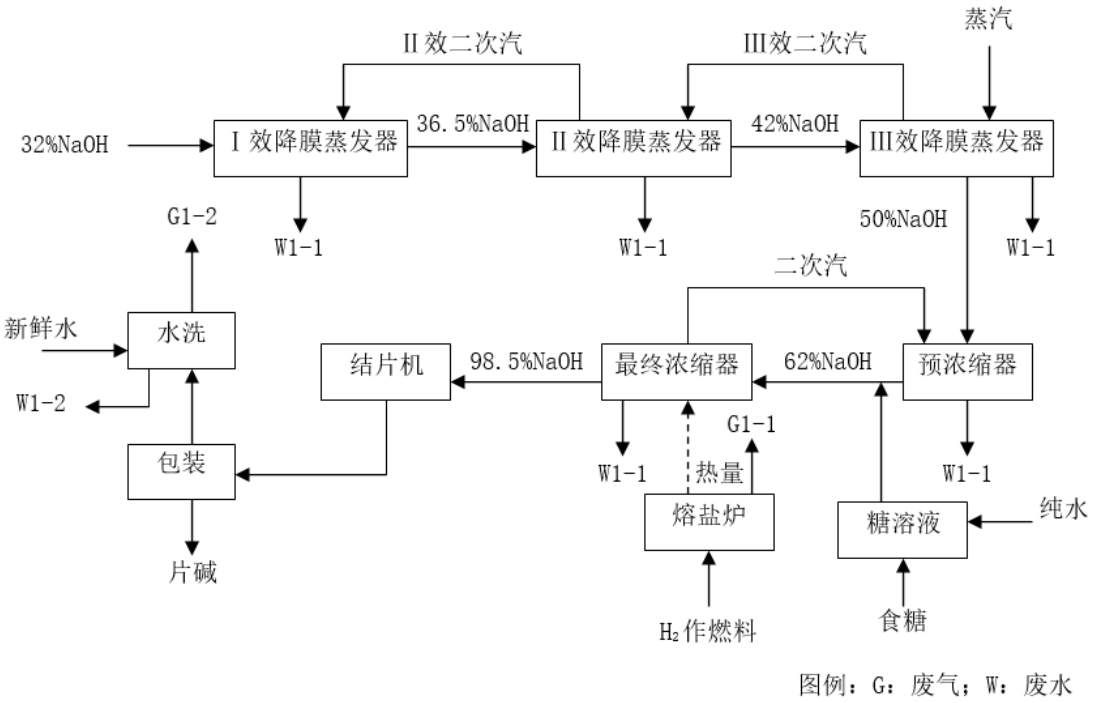


图 4-7 固片碱工艺生产流程示意图

固片碱生产工艺废气产生主要为溶盐炉烟气和包装废气，熔盐炉烟气：熔盐炉燃料采用氢气和天然气，属清洁燃料，燃烧后主要为 H_2O 和 CO_2，燃烧后烟气经 30m 高烟囱排放，主要污染物为 SO_2、NOx，浓度、含量很低。包装尾气：片碱包装过程产生的粉尘采用水洗方式治理，效率以 50%计，未被吸收的粉尘由 15m 高排气筒排空。

产生的废水主要为片碱装置生产过程产生的废水主要是片碱蒸发浓缩产生的污冷凝水和水洗废水，废水主要回用于环氧丙烷装置化盐。

如上图所示，该过程不产生废渣。

4.2.4 化工助剂生产工艺

该企业还利用环氧丙烷生产部分油溶性破乳剂和水溶性破乳剂等工业副产品，主要生产工艺如图 4-8 所示。

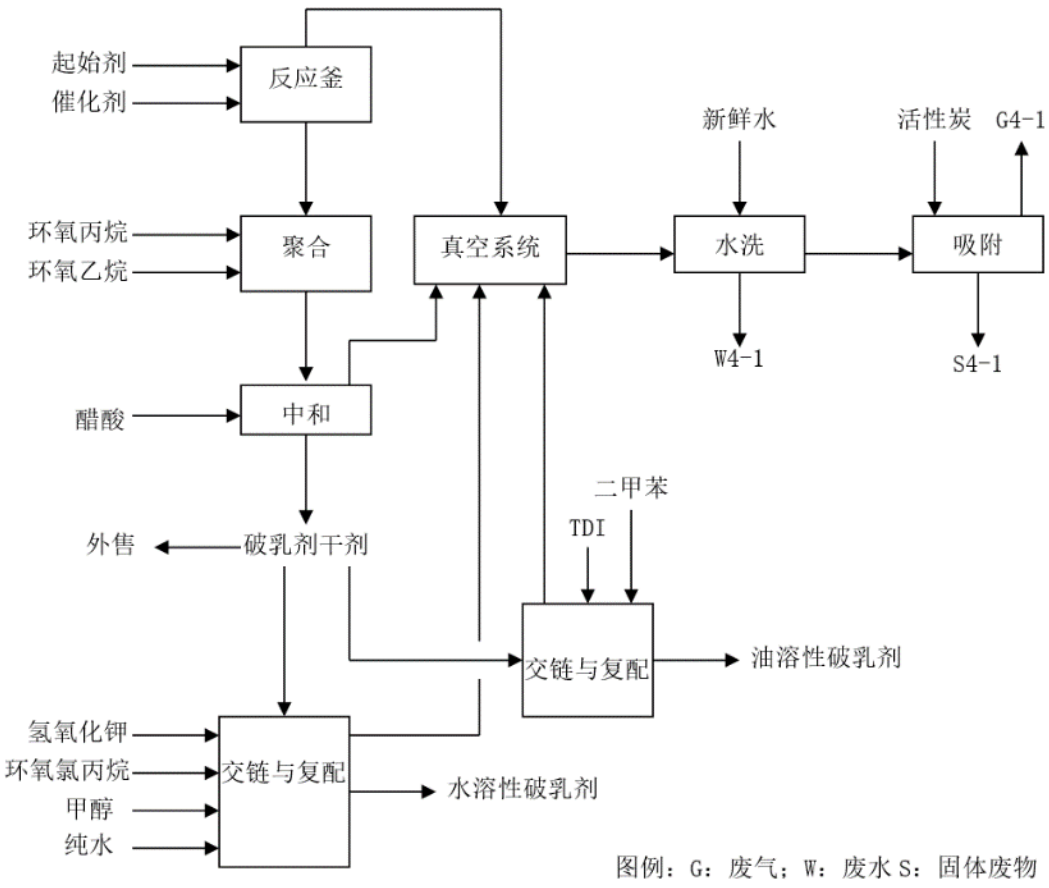


图 4-8 原有助剂生产工艺生产流程示意图

助剂生产产生的废气主要为真空废气，主要含量为二甲苯与甲醇，水洗后经 21m 高烟囱排出。产生的水洗废水通过污水管道排至滨化集团污水处理厂（不在调查范围内）处理后排入潮河。产生的废活性炭属于危险废物，委托青岛新天地固体废物综合处置有限公司进行处理。

4.3 污染产生分析

4.3.1 污染物产生和排放分析

根据相关资料，老厂区“三废”产生、治理与排放情况如表 4-2 所示。

表 4-2 原有工程各装置废气产生、治理及排放情况一览表

污染因素	名称		产生量	治理措施	排放量	排放规律	组成特性	排放去向	达标情况
废气	离子膜烧碱装置	盐酸合成尾气(G1-1)	$4\times10^6m^3/a$	水洗，吸收效率99.9%	$4\times10^6m^3/a$	连续	**HCl：0.043kg/h、86mg/m³**	25m 排空	达标
		事故氯尾气(G1-2)	$17.5m^3$/次	碱洗，吸收效率99.9%	$17.5m^3$/次	正常不排放	**Cl_2：0.00075kg/次、42.9mg/m³**	18m 排空	浓度达标，排放高度不达标
	片碱装置	熔盐炉烟气(G2-1)	$6\times10^7m^3/a$	采用氢气作燃料	$6\times10^7m^3/a$	连续	**水蒸气**	21m 排空	达标
		包装尾气(G2-2)	$4.8\times10^7m^3/a$	水洗	$4.8\times10^7m^3/a$	连续	**粉尘：0.0625kg/h、10.4mg/m³**	6m 排空	达标
	4 万吨/年环氧丙烷装置	碱洗尾气(G3-1)	$1.12\times10^7m^3/a$	二级碱洗，氯气、氯化氢吸收效率 99%	$1.12\times10^7m^3/a$	连续	**氯气：0.08kg/h、57.1mg/m³；氯化氢：0.046kg/h、32.9mg/m³；丙烯：0.1625kg/h、116.1mg/m³**	25m 排空	达标
		皂化不凝气(G3-2)	$2.24\times10^6m^3/a$	三级水冷、四级深冷、水封	$2.24\times10^6m^3/a$	连续	**环氧丙烷：0.15kg/h、535.7mg/m³**	21m 排空	-
		脱轻不凝气(G3-3)	$2.4\times10^5m^3/a$	二级水冷、一级深冷	$2.4\times10^5m^3/a$	连续	**环氧丙烷：0.019kg/h、633.3mg/m³**	25m 排空	-
		精馏不凝气(G3-4)	$2.0\times10^5m^3/a$	二级水冷、一级深冷	$2.0\times10^5m^3/a$	连续	**环氧丙烷：0.0125kg/h、500mg/m³**	21m 排空	-
	8 万吨/年环氧丙烷装置	碱洗尾气(G3-1)	$2.24\times10^7m^3/a$	二级碱洗，氯气、氯化氢吸收效率 99%	$2.24\times10^7m^3/a$	连续	**氯气：0.16kg/h、57.1mg/m³；氯化氢：0.094kg/h、33.6mg/m³；丙烯：0.325kg/h、116.1mg/m³**	25m 排空	达标
		皂化不凝气(G3-2)	$4.48\times10^6m^3/a$	三级水冷、四级深	$4.48\times10^6m^3/a$	连续	**环氧丙烷：0.3kg/h、535.7mg/m³**	21m 排空	-

				冷、水封					
		脱轻不凝气(G3-3)	$4.8\times10^5m^3/a$	二级水冷、一级深冷	$4.8\times10^5m^3/a$	连续	**环氧丙烷：0.0375kg/h、625mg/m³**	25m 排空	-
		精馏不凝气(G3-4)	$4.0\times10^5m^3/a$	二级水冷、一级深冷	$4.0\times10^5m^3/a$	连续	**环氧丙烷：0.025kg/h、500mg/m³**	21m 排空	-

表 4-3 原有工程各装置废水产生、治理及排放情况一览表

污染因素	名称		产生量	治理措施	排放量	排放规律	组成特性	排放去向	达标情况
废水	片碱装置	污冷凝水	$111200m^3/a$	回用于化盐	0	连续	PH：10，COD：100mg/L	回用于化盐	-
		水洗废水	$320m^3/a$		0	连续	PH：10，COD：100mg/L		-
	离子膜烧碱装置	再生酸性废水(W1-1)	$25600m^3/a$	送滨化集团污水处理厂处理	$25600m^3/a$	间断	PH：5-7，COD：<100mg/L，SS：200mg/L	经滨化集团污水处理厂处理达标后排入秦台河	满足《山东省海河流域水污染物综合排放标准》（DB37/675-2007）二级标准及鲁质监标发[2011]35 号文
	环氧丙烷装置	皂化废水(W3-1)	$6000320m^3/a$		$6024320m^3/a$	连续	PH：11-12，COD：1300mg/L，氨氮 8mg/L、SS：400mg/L		
	化工助剂装置	水洗废水(W4-1)	$16000m^3/a$		$16000m^3/a$	连续	PH：7.5，COD：1500mg/L，氨氮：12.5mg/L		
	生活污水、地面冲洗和化验水		$50400m^3/a$		$50400m^3/a$	连续	COD：200mg/L、SS：200mg/L		
	机泵冷却、密封水		$24320m^3/a$		$24320m^3/a$	连续	COD：250mg/L		
	循环水系统排污		$268800m^3/a$	送 PO 氯醇化用	0	连续	COD：50mg/L，盐类	氯醇化回用	-

表 4-4 原有工程各装置固体废物产生、治理及排放情况一览表

污染因素	名称		产生量	治理措施	排放量	排放规律	组成特性	排放去向	达标情况
固体废物	离子膜烧碱装置	盐泥(S1-1)	4300t/a	盐场筑坝	0	连续	NaCl：4%、SS：7%、$CaCO_3$：29%、H_2O：50%、$Mg(OH)_2$：10%	山东滨化海源盐化有限公司	-
		废螯合树脂(S1-2)	4t/a	10 年一换，厂家回收	0	间断	胺基膦酸基为活性基的离子交换树脂	厂家回收	送有危废处理资质单位处理
		废膜	0.83t/a	4 年一换，厂家回收	0	间断	聚四氟乙烯	厂家回收	-
		废活性炭(S1-4)	1.0t/a	4 年一换，厂家回收	0	间断	活性炭	厂家回收	送有危废处理资质单位处理
	环氧丙烷装置	皂化残渣(S3-1)	231000t/a	作制砖原料	0	连续	含水率 40%，主要成分为 $Ca(OH)_2$	滨化新型建材有限公司	-
		消化残渣(S3-2)	19250t/a	外售	0	连续	主要是碳酸钙、砂、石	文斗运输公司	-
	化工助剂装置	废活性炭(S4-1)	17t/a	厂家回收	0	连续	活性炭	厂家回收	送有危废处理资质单位处理

4.3.2 污染物种类及分布

现场踏勘与人员访谈阶段收集到的资料显示，场地没有地下排污管线。

结合生产工艺流程图，对滨化老厂区停产前生产过程中的污染产生种类及污染可能出现的区域进行分析。

（1）氯碱生产

氯碱工业排放的再生废水污染较重，包括机泵冷却、密封水等，其中含有较多的有机物、悬浮物等可能产生有机物污染，且氯碱工业过程中排出的酸性废水（主要是盐酸、硫酸和有机酸废水）可能造成酸污染。生产过程中所产生的盐泥可能产生二噁英污染。

（2）环氧丙烷生产

滨化集团化工分公司于 2005 年底扩产到 10 万吨/年，环氧丙烷沸点为 34.24°C，因此生产与储存区存在环氧丙烷污染物的可能较小，但其生产过程中用到大量石灰和苯乙烯，在生产过程可能产生挥发和半挥发性有机物污染。

（3）农药生产

通过分析农药厂生产过程中所用到的原辅材料，原农药厂区可能存在挥发性有机物污染。且农药产品生产和储存过程中若存储不当，可能导致农药产品遗撒造成有机氯农药污染。

（4）磷肥生产

我国磷矿石常常伴生砷矿石，且滨化地区降水量 564.8mm，重金属可能通过雨水淋融作用进入土壤和地下水，因此原料库房可能存在重金属砷的污染。

（5）锅炉和煤场

炉渣和烟气中可能存在低含量的重金属，滨化老厂区建厂较早，推测对锅炉和烧煤尾气处理效果不佳，且了解到滨州市风向冬季以偏北风为主，夏季以偏南风为主，年平均风速 2.7m/s，烟气中的灰尘表面附着重金属，重金属可能随排放的尾气迁移至下风向区域。

（6）炼油生产

炼油厂生产过程中所使用的生产装置机械泵冷却水、油气冷凝水、油品以及油气水洗水、有关油品切水、油罐设备清洗水等废水可能造成污水储存区和处理区 TPH 污染物含量过高。催化裂解过程中所使用的原油可能产生硫化物、氰化

物、苯、甲苯和挥发酚等类型的污染。

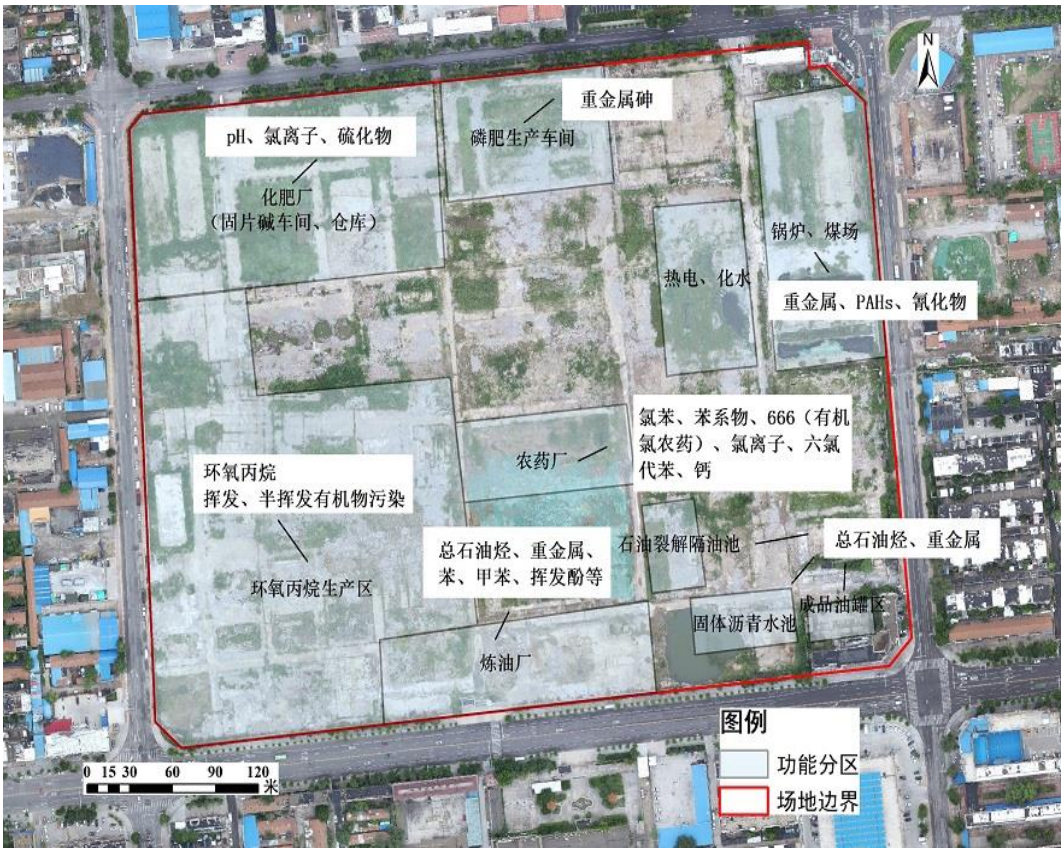


图 4-9 历史上不同生产区域可能存在的污染物种类示意图

4.3.3 无组织排放特征污染物

为了解老厂区厂界无组织排放废气达标情况，该公司整体搬迁及综合技术改造项目（化工新材料装置）环评时，2011 年 7 月曾经委托过滨州市环境监测站对厂区厂界无组织排放特征污染物以及噪声进行了监测，监测结果如下。

表 4-5 2011 年 7 月老厂区无组织排放监测结果

采样时间	2011.7.15			标准 (mg/m^3)	达标情况
监测项目	1#上风向	2#下风向	3#下风向		
丙烯	未检出	0.2	0.8	15	达标
环氧丙烷	未检出	未检出	0.3	5.0	达标
环氧乙烷	未检出	未检出	未检出	1.5	达标
氯气	0.03	0.08	0.12	0.40	达标
氯化氢	0.04	0.12	0.18	0.20	达标

注：丙烯、环氧丙烷、环氧乙烷无厂界标准，根据《大气污染物综合排放标准编制说明》，采用“前苏联居民区大气中有害物质的最大允许浓度”的 5 倍值。

由表中可见，现有厂区厂界无组织排放特征污染物均不超标。

4.3.4 周边污染源对地块影响分析

通过前期现场踏勘和资料收集，以及现场采样阶段对地块的了解，滨化老厂区周边主要为居民区，但东侧和北侧分别有两家加油站，分别为中海日升加油站和化工加油站。加油站对滨化地块的影响主要涉及的以下两个方面，包括油品跑冒滴漏造成的污染和含油污水排放造成的污染。

通过对滨化老厂区所在区域地下水流向进行分析，该区域地下水流向主要为西南到东北，滨化老厂区主要位于上游，因此加油站潜在污染对项目区域内影响可能性较小。

4.4 前期调查分析

4.4.1 前期调查采样点位的布设

2018 年 8 月 1~6 日，项目组对现场进行了试探，分别选择了 3 个重点区域相对较中心位置和疑似污染区地下水下游位置，共计 4 个点位进行了钻孔探测。总进尺超过 70m，最深钻孔 28m，共计采集 40 个（未包括质控 1 个）土壤样品和 5 个地下水样品（建设了一组对井），具体采样点分布见图 4-10。

图 4-10 老厂区前期调查阶段的采样点位分布图

4.4.2 检测指标

（1）土壤检测指标

前期调查实验室送检土壤样品分析的检测指标为《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600—2018）中确定的 45 项“基本项目”指标、40 项“其他项目”中除甲基汞、多溴联苯、二噁英等 3 项指标以外的 37 项指标，以及实验室分析中 VOCs 及 SVOCs 全指标检测中不在前述指标范围内的相应指标。

（2）地下水检测指标

地下水样品分析的指标为《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中“常规指标”项目中除微生物、辐射指标以外的 35 项指标，以及“非常规指标”中除 2,4-滴、克百威、涕灭威、草甘膦、百菌清、绣去津等有机农药以外的 48 项指标。

4.4.3 检测结果

4.4.3.1 土壤

（1）污染物检出情况

此次调查中，实验室检出的污染物指标包括：

①重金属类：钒、铜、镍、锑、铅、镉、铍、砷、钴、汞；

②石油烃：C10-C40；

③挥发性有机物：**苯**、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、苯乙烯、邻-二甲苯、**1,2-二氯丙烷**、1,2-二氯乙烷、**1,2,3-三氯丙烷**、氯苯，1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、氯仿；

④半挥发性有机物：萘、苯并(a)蒽、䓛、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘。

其余重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、多氯联苯以及有机农药类均未检出。

（2）污染物超标情况

具体统计情况如表 4-6 所示，污染分布如图 4-11 所示。实验室检测数据表明，超出《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB36600-2018）中一类用地筛选值指标的污染物是（41 个土壤样品）：

①重金属：砷。砷超标 1 个样品，最大超标 1.1 倍；

②挥发性有机物：苯、1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷。

◆ 苯：超标 8 个样品，最大超标 19.9 倍；

◆ 1,2-二氯丙烷：超标 10 个样品，最大超标 143 倍；

◆ 1,2,3-三氯丙烷：超标 6 个样品，最大超标 16.63 倍。

表 4-6 老厂区前期调查土壤样品超标统计表（n=41）

序号	金属	单位	筛选值	检出数	超标数	最大浓度	最大超标倍数	CAS
1	铜 (Cu)	mg/kg	2000	41	0	39.49	0.02	7440-50-8
2	镍 (Ni)	mg/kg	150	41	0	54.06	0.36	7440-02-0
3	铅 (Pb)	mg/kg	400	41	0	32.76	0.08	7439-92-1
4	镉 (Cd)	mg/kg	20	41	0	0.41	0.02	7440-43-9
5	铍 (Be)	mg/kg	15	41	0	2.77	0.18	7440-41-7
6	砷 (As)	mg/kg	20	41	1	21.96	1.10	7440-38-2
7	汞 (Hg)	mg/kg	8	41	0	1.98	0.25	7439-97-6
8	锑 (Sb)	mg/kg	20	41	0	1.28	0.06	7440-36-0
9	钴(Co)	mg/kg	20	41	0	17.87	0.89	7440-48-4
10	钒(V)	mg/kg	165	41	0	55.39	0.34	7440-62-2
11	苯	μg/kg	1000	26	8	19900	19.90	71-43-2
12	甲苯	μg/kg	1200000	16	0	393.80	0.00	108-88-3
13	乙苯	μg/kg	7200	14	0	1200.00	0.17	100-41-4
14	间&对-二甲苯	μg/kg	163000	12	0	282.88	0.00	108-38-3; 106-42-3
15	苯乙烯	μg/kg	1290000	2	0	64.70	0.00	100-42-5
16	邻-二甲苯	μg/kg	222000	15	0	437.43	0.00	95-47-6
17	正-丙苯*	μg/kg	3800000	4	0	59.07	0.00	103-65-1
18	1,3,5-三甲基苯*	μg/kg	270000	4	0	43.60	0.00	108-67-8
19	1,2,4-三甲基苯*	μg/kg	300000	3	0	45.01	0.00	95-63-6
20	1,2-二氯丙烷	μg/kg	1000	12	10	143000	143.00	78-87-5
21	1,2-二氯乙烷	μg/kg	520	1	0	60.37	0.12	107-06-2
22	1,2,3-三氯丙烷	μg/kg	50	6	6	831.68	16.63	96-18-4
23	氯苯	μg/kg	68000	18	0	4750.00	0.07	108-90-7
24	2-氯甲苯*	μg/kg	1600000	17	0	4970.00	0.00	95-49-8
25	4-氯甲苯*	μg/kg	1600000	15	0	2450.00	0.00	106-43-4
26	1,3-二氯苯*	μg/kg	-	6	-	1720.00	-	541-73-1
27	1,4-二氯苯	μg/kg	5600	16	0	2470.00	0.44	106-46-7
28	1,2-二氯苯	μg/kg	560000	17	0	1850.00	0.00	95-50-1
29	1,2,4-三氯苯*	μg/kg	24000	5	0	3140.00	0.13	120-82-1
30	1,2,3-三氯苯*	μg/kg	63000	3	0	130.13	0.00	87-61-6
31	氯仿	μg/kg	300	3	0	151.57	0.51	67-66-3
32	萘	μg/kg	25000	5	0	7710.00	0.31	91-20-3

序号	金属	单位	筛选值	检出数	超标数	最大浓度	最大超标倍数	CAS
33	苯并(a)蒽	mg/kg	5500	5	0	0.03	0.00	205-99-2
34	䓛	mg/kg	490000	6	0	0.03	0.00	218-01-9
35	苯并(b)荧蒽	mg/kg	5500	5	0	0.03	0.00	205-99-2
36	苯并(k)荧蒽	mg/kg	55000	6	0	0.03	0.00	207-08-9
37	苯并(a)芘	mg/kg	550	5	0	0.02	0.00	50-32-8
38	茚并(1,2,3-cd)芘	mg/kg	5500	3	0	0.03	0.00	193-39-5
39	石油烃：C10-C40	mg/kg	826	9	0	224.0	0.27	-

注：*为非 GB36600-2018 中的指标，本次送检进行了 VOCs 及 SVOCs 全指标检测，故检出。

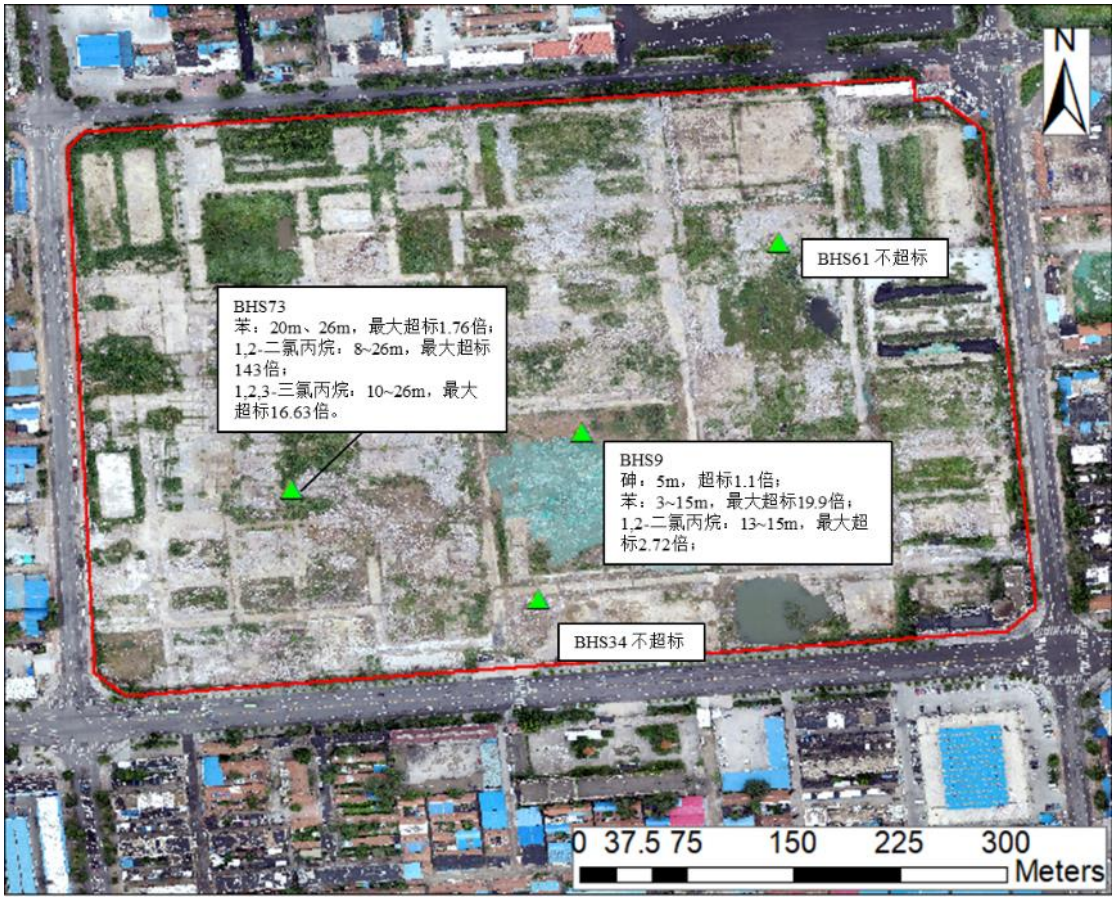


图 4-11 前期调查污染土壤分布图

可以看出土壤污染主要分布于 BHS73（A1 环氧丙烷区）和 BHS9（A2 原农药厂区）两个点位。BHS73（A1 环氧丙烷区）主要污染物为 1,2-二氯丙烷（最大超标 143 倍）和 1,2,3-三氯丙烷（最大超标 16.63 倍），污染深度集中在 8 m~26 m；其次为苯（最大超标 1.76 倍），污染深度集中在 20m 和 26m。BHS9（A2 原农药厂区）主要污染物为苯（最大超标 19.9 倍）和 1,2-二氯丙烷（最大超标 2.72 倍），污染深度集中在 3~15m；其次为砷（超标 1.1 倍），污染深度为 5m。

从本次前期调查实验室分析结果来看，土壤污染物主要为挥发性有机物苯、1,2-二氯丙烷和 1,2,3-三氯丙烷，这三者为常用的化工溶剂，主要用于各类化工产品的反应，很可能由于早期生产跑冒滴漏造成，且污染很可能随地下水迁移至下游区域。土壤砷超标为个别现象且超标程度较轻，还需通过进一步调查分析以探明地块土壤是否存在砷污染。

4.4.3.2 地下水

本次地下水样品检测指标包括《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中常规指标中除微生物指标与放射性指标外的 35 项指标，非常规指标中除 2,4-滴、克百威、涕灭威、草甘膦、百菌清、绣去津外的 48 项指标。

（1）污染物检出情况

此次前期调查地下水样品中检出指标如下：

pH、臭和味、肉眼可见物、浊度、色度、溶解性总固体、总硬度、挥发酚、阴离子表面活性剂、碘化物、硫酸盐、亚硝酸盐氮、氟化物、氯化物、硝酸盐、氨氮、耗氧量、铜、锰、镍、银、锑、铅、铁、钠、砷、硒、钼、钴、硼、钡、苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、苯乙烯、邻-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、氯苯、1,4-二氯、1,2-二氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2,3-三氯苯、氯仿共计 46 项。

其余指标均未检出。

（2）污染物超标情况

本次前期调查超出《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准的污染物包括：碘化物、硫酸盐、氟化物、氯化物、钠、砷、钼、苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、氯苯、氯仿（常规指标除外），具体统计情况如表 4-7 所示，污染分布如图 4-12 所示。

表 4-7 老厂区前期调查地下水样品超标统计（n=5）

序号	分析指标	单位	筛选值	检出数	超标数	最大值	最大超标倍数
1	pH	无量纲	<5.5 或>9	5	1	9.52	-
2	臭和味	-	-	0	5	0.00	-
3	肉眼可见物	-	-	0	5	0.00	-
4	浊度	NTU	10	5	5	413.00	41.30
5	色度	度	5	5	5	875.00	175.00
6	溶解性总固体	mg/L	2000	5	4	37800.00	18.90

序号	分析指标	单位	筛选值	检出数	超标数	最大值	最大超标倍数
7	总硬度	mg/L	650	5	2	833.00	1.28
8	挥发酚	mg/L	0.03	3	0	0.02	0.67
9	阴离子表面活性剂	mg/L	0.3	5	1	0.44	1.48
10	碘化物	mg/L	0.5	5	4	1.54	3.08
11	硫酸盐	mg/L	350	5	3	1120.00	3.20
12	亚硝酸盐氮	mg/L	4.8	5	0	0.13	0.03
13	氟化物	mg/L	2	5	1	5.46	2.73
14	氯化物	mg/L	350	5	4	23900.00	68.29
15	硝酸盐	mg/L	30	5	0	9.74	0.32
16	氨氮	mg/L	1.5	5	2	5.95	3.97
17	耗氧量	mg/L	10	5	3	72.00	7.20
18	铜	μg/L	1500	5	0	31.60	0.02
19	锰	μg/L	1500	5	0	837.00	0.56
20	镍	μg/L	100	5	0	59.30	0.59
21	锌	μg/L	5000	1	0	3.43	0.00
22	银	μg/L	100	2	0	0.07	0.00
23	锑	μg/L	10	5	0	2.69	0.27
24	铅	μg/L	100	1	0	1.23	0.01
25	铁	μg/L	2000	1	0	54.00	0.03
26	钠	μg/L	400000	5	4	14100000.00	35.25
27	砷	μg/L	50	5	1	507.00	10.14
28	硒	μg/L	100	5	0	7.91	0.08
29	钼	μg/L	150	5	1	184.00	1.23
30	钴	μg/L	100	5	0	5.21	0.05
31	硼	μg/L	2000	5	0	584.00	0.29
32	钡	μg/L	4000	5	0	476.00	0.12
33	苯	μg/L	120	4	2	1630.00	13.58
34	甲苯	μg/L	1400	2	0	138.00	0.10
35	乙苯	μg/L	600	2	0	60.60	0.10
36	间&对-二甲苯	μg/L	1000	1	0	25.30	-
37	邻-二甲苯	μg/L		1	0	45.30	-
38	苯乙烯	μg/L	40	1	0	3.20	0.08
39	1,2-二氯丙烷	μg/L	60	5	2	27400.00	456.67
40	1,2-二氯乙烷	μg/L	40	3	1	100.00	2.50
41	氯苯	μg/L	600	4	1	888.00	1.48
42	1,4-二氯苯	μg/L	600	5	0	301.00	0.50
43	1,2-二氯苯	μg/L	2000	5	0	302.00	0.15
44	1,2,4-三氯苯	μg/L	180	1	0	7.60	0.04
45	1,2,3-三氯苯	μg/L		1	0	6.30	-
46	氯仿	μg/L	50	3	1	207.00	4.14

图 4-12 前期调查地下水污染分布图

如图 4-12 所示，可以得出老厂区地块地下水受到不同程度污染，根据结果显示，深层地下水亦受到污染。超标的污染物有挥发性有机物苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、氯苯、氯仿等，重金属有钠、砷和钼，此外还有总溶解性固体超标等现象。其中苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、氯苯、氯仿等为化工生产过程中主要溶剂，且苯、1,2-二氯丙烷与土壤中污染物相同，但 1,2-二氯乙烷、氯苯、氯仿等在本次土壤检测中未超标还需进一步调查关注。本次调查毕竟点位深度有限，相关其他污染物来源及污染情况及污染原因还需进一步调查和分析。

4.5 地块初步污染概念模型

4.5.1 场地应关注的污染物种类

结合该地块拆除前工艺与地块早期生产、老厂区地块上从事生产活动中消耗的主要原辅料及产品种类情况，项目组认为不同原辅材料和产品类型下的关注污染物的判断如表 4-8 所示。

表 4-8 关注污染因子分析表

原辅材料类型	产品类型	污染分区	应关注的污染物
苯、氯气、石灰	有机氯农药	农药厂	氯代烃、苯系物、有机氯农药
丙烯、石灰	环氧丙烷	环氧丙烷生产区	环氧丙烷、烯烃、氯代烃等有机物
环氧乙烷、环氧丙烷、甲醇、二甲苯、环氧氯丙烷、KOH、冰醋酸、丙二醇、丙三醇、四乙烯五胺、氯丙稀稀、三甲胺溶液	破乳剂	化工助剂生产区	酸、碱、氯代烃、环氧丙烷、醇类、苯系物、四乙烯五胺、氯丙稀、三甲胺等
原油	炼油、沥青	炼油厂	总石油烃、挥发性有机物、半挥发性有机物、重金属
氯丙稀、二甲胺、环氧丙烷、环氧乙烷、氢氧化钾、氢氧化钠	水处理剂	环氧丙烷生产区	氯代烃、二甲胺、环氧丙烷等
原盐	烧碱	固片碱车间	酸、碱、氯代烃、重金属、硫化物
硫酸、磷矿石	磷肥	磷肥厂	酸、硫酸盐、全磷、重金属

其地块污染源，主要为以往各个历史生产时期的生产装置、地上（地下）储罐、原辅材料库、污水处理厂、雨水管网等。从生产历史来看，本地块涉及的污染物种类繁多，初步估计主要污染物包括酸碱、重金属、有机氯农药、挥发性有机污染物、半挥发性有机污染物、总石油烃等。

4.5.2 场地潜在污染区域

结合历史卫星影像、历史平面布局图及工艺流程信息，滨化老厂区地块的污染可能主要集中在环氧丙烷生产区、农药厂和炼油厂的原料仓库、生产车间、成品库房等区域。此外化肥厂、磷肥厂、固片碱生产区和储存区也可能存在重金属或有机物污染。

4.5.3 污染物特征及其在环境介质中的迁移分析

4.5.3.1 污染物特征

该场地可能存在的有毒有害化学品的种类及其理化性质和毒性如表 4-9 所示：

表 4-9 潜在污染物理化性质及毒性分析

序号	污染物	理化性质	毒性分析
1	铬	银白色金属，质极硬，耐腐蚀。密度 7.20g/cm^3。熔点 1857±20°C，沸点 2672°C。化合价$^{+2}$、$^{+3}$ 和$^{+6}$。电离能为 6.766 电子伏特。金属铬在酸中一般以表面钝化为其特征。一旦去钝化后，即易溶解于几乎所有的酸中。熔点为 419.58°C，沸点为 907°C。	铬是人体必需的微量元素。三价的铬是对人体有益的元素，而六价铬是有毒的。铬的毒性与其存在的价态有关，六价铬比三价铬毒性高 100 倍，并易被人体吸收且在体内蓄积，三价铬和六价铬可以相互转化。
2	汞	在正常大气压力的常温下唯一以液态存在的金属。熔点 -38.87°C，沸点 356.6°C，密度 13.59g/cm^3。银白色液体金属。内聚力很强，在空气中稳定。蒸气有剧毒。溶于硝酸和热浓硫酸，但与稀硫酸、盐酸、碱都不起作用。能溶解许多金属。化合价为$^{+1}$ 和$^{+2}$。	汞中毒以慢性为多见，主要发生在生产活动中，长期吸入汞蒸气和汞化合物粉尘所致。以精神-神经异常、齿龈炎、震颤为主要症状。大剂量汞蒸气吸入或汞化合物摄入即发生急性汞中毒。对汞过敏者，即使局部涂沫汞油基质制剂，亦可发生中毒。大鼠～吸入 TCL_O：890ng/m^3/24h。
3	砷	一种以有毒著名的类金属，并有许多的同素异形体，黄色（分子结构，非金属）和几种黑、灰色的（类金属）是一部份常见的种类。其中灰色晶体具有金属性，脆而硬，具有金属般的光泽，并善于传热导电，易被捣成粉沫。密度 5.727g/ cm^3。熔点 817°C（28 大气压），加热到 613°C，便可不经液态，直接升华，成为蒸气，砷蒸气具有一股难闻的大蒜臭味。化合价$^{+3}$、$^{+5}$。	砷的毒性与化合物有关，无机砷氧化物及含氧酸是最常见的砷中毒的原因。通过尿砷检测可确定是否中毒，肠胃道、肝脏、肾脏毒性：肠胃道症状通常是在食入砷或经由其它途径大量吸收砷之后发生。肠胃道血管的通透率增加，造成体液的流失以及低血压。肠胃道的黏膜可能会进一步发炎、坏死造成胃穿孔、出血性肠胃炎、带血腹泻。砷的暴露会观察到肝脏酵素的上升。慢性砷食入可能会造成非肝硬化引起的门脉高血压。急性且大量砷暴露除了其它毒性可能也会发现急性肾小管坏死，肾丝球坏死而发生蛋白尿。
4	苯	分子式：C_6H_6，分子量：78.11，在常温下为一种无色、有甜味的透明液体，并具有强烈的芳香气味。，密度: 0.8786 g/mL (25°C)，熔点:278.65K (5.51°C)，沸点: 353.25 K (80.1 °C)，在水中的溶解度 0.18 g/ 100 ml 水。本身作为有机溶剂，也是一种石油化工基本原料。	低毒，半数致死量(大鼠，经口) 3800mg/kg。侵入途径：吸入、食入、经皮吸收。
5	乙苯	外观与性状：无色液体，有芳香气味。熔点-94.9°C，沸点 136.2°C，相对密度(水=1) 0.87，相对蒸气密度(空气=1) 3.66，饱和蒸气压 1.33 kPa (25.9°C)，临界温度 343.1°C，临界压力 3.70 MPa	对皮肤、粘膜有较强刺激性，高浓度有麻醉作用。急性中毒：轻度中毒有头晕、头痛、恶心、呕吐、步态蹒跚、轻度意识障碍及眼和上呼吸道刺激症状。重者发生昏迷、抽搐、血压下降及呼吸循环衰竭。可有肝损害。直接吸入本品液体可致化学性肺炎和肺水肿。慢性影响：眼

序号	污染物	理化性质	毒性分析
			及上呼吸道刺激症状、神经衰弱综合征。皮肤出现粘糙、皲裂、脱皮。
6	氯仿	无色透明液体。有特殊气味。味甜。高折光，不燃，质重，易挥发。纯品对光敏感，遇光照会与空气中的氧作用，逐渐分解而生成剧毒的光气（碳酰氯）和氯化氢。可加入 0.6%～1%的乙醇作稳定剂。能与乙醇、苯、乙醚、石油醚、四氯化碳、二硫化碳和油类等混溶、25℃时 1ml 溶于 200ml 水。相对密度 1.4840。凝固点-63.5°C。沸点 61～62°C。折光率 1.4476。低毒，半数致死量（大鼠，经口）1194mg/kg。	主要作用于中枢神经系统，具有麻醉作用，对心、肝、肾有损害。急性中毒：吸入或经皮肤吸收引起急性中毒。初期有头痛、头晕、恶心、呕吐、兴奋、皮肤湿热和粘膜刺激症状。以后呈现精神紊乱、呼吸表浅、反射消失、昏迷等，重者发生呼吸麻痹、心室纤维性颤动。同时可伴有肝、肾损害。误服中毒时，胃有烧灼感，伴恶心、呕吐、腹痛、腹泻。以后出现麻醉症状。液态可致皮炎、湿疹，甚至皮肤灼伤。慢性影响：主要引起肝脏损害，并有消化不良、乏力、头痛、失眠等症状，少数有肾损害及嗜氯仿癖。
7	氯苯	氯苯为无色透明液体，具有苦杏仁味。沸点 132.2°C，熔点-45.2°C，相对密度（水=1）：1.10。由于氯苯具有很强的挥发作用，通常在水和土壤中的氯苯会很快的挥发到空气中，因此水和土壤中的氯苯会很快降低到很低的水平。氯苯在空气中的光解速度在 20 小时之内会降低一半，在水中的氯苯将产生水解作用。因此，受氯苯污染的水和土壤能较快地得到恢复。	对中枢神经系统有抑制和麻醉作用；对皮肤和粘膜有刺激性。急性中毒：接触高浓度可引起麻醉症状，甚至昏迷。脱离现场，积极救治后，可较快恢复，但数日内仍有头痛、头晕、无力、食欲减退等症状。液体对皮肤有轻度刺激性，但反复接触，则起红斑或有轻度表浅性坏死。慢性中毒：常有眼痛、流泪、结膜充血；早期头痛、失眠、记忆力减退等神经衰弱症状；重者引起中毒性肝炎，个别可发生肾脏损害。
8	有机氯农药	有机氯农药是用于防治植物病、虫害的组成成分中含有有机氯元素的有机化合物。主要分为以苯为原料和以环戊二烯为原料的两大类。前者如使用最早、应用最广的杀虫剂 DDT 和六六六，以及杀螨剂三氯杀螨砜、三氯杀螨醇等，杀菌剂五氯硝基苯、百菌清、道丰宁等；后者如作为杀虫剂的氯丹、七氯、艾氏剂等。此外以松节油为原料的莰烯类杀虫剂、毒杀芬和以萜烯为原料的冰片基氯也属于有机氯农药。	中毒者有强烈的刺激症状，主要表现为头痛、头晕、眼红充血、流泪怕光、咳嗽、咽痛、乏力、出汗、流涎、恶心、食欲不振、失眠以及头面部感觉异常等，中度中毒者除有以上述症状外，还有呕吐、腹痛、四肢酸痛、抽搐、紫绀、呼吸困难、心动过速等；重度中毒者除上述症状明显加重外，尚有高热、多汗、肌肉收缩、癫痫样发作、昏迷。甚至死亡。
9	环氧丙烷	环氧丙烷在常温常压下为无色透明低沸易燃液体，具有类似醚类气味；环氧丙烷工业产品为两种旋光异构体的外消旋混合物。凝固点-112.13°C，沸点 34.24°C，相对密度（20/20°C）0.859，折射率(nD)1.3664，粘度（25°C）0.28 mPa·S。与水部分混溶[20°C 时水中溶解度 40.5%（重量）；水在环氧丙烷中的溶解度 12.8%，与乙醇、乙醚混溶，并与二氯甲烷、戊烷、戊烯、环戊烷、环戊烯等形成二元共沸物。	有毒，对粘膜和皮肤有刺激性，可损伤眼角膜和结膜，引起呼吸系统疼痛，皮肤灼伤和肿胀，甚至组织坏死。液态的环氧丙烷会引起皮肤及眼角膜的灼伤，其蒸汽有刺激和轻度麻醉作用，长时间吸入环氧丙烷蒸汽会导致恶心、呕吐、头痛、眩晕和腹泻等症状。
10	二甲胺	二甲胺在室温下是气体。有类似氨的气味。相对密度 0.680（0°C）。熔点-96°C。沸点 7°C。易溶于水，溶于乙醇和乙醚。	健康危害：该品对眼和呼吸道有强烈的刺激作用。皮肤接触液态二甲胺可引起坏死，眼睛接触可引起角膜损伤、混浊。

序号	污染物	理化性质	毒性分析
		易燃烧。有弱碱性，与无机酸生成易溶于水的盐类。	
11	环氧乙烷	环氧乙烷（EO）为一种最简单的环醚，属于杂环类化合物，是重要的石化产品。环氧乙烷在低温下为无色透明液体，在常温下为无色带有醚刺激性气味的气体，气体的蒸汽压高，30°C 时可达 141kPa，这种高蒸汽压决定了环氧乙烷熏蒸消毒时穿透力较强。	是一种中枢神经抑制剂、刺激剂和原浆毒物。急性中毒：患者有剧烈的搏动性头痛、头晕、恶心和呕吐、流泪、呛咳、胸闷、呼吸困难；重者全身肌肉颤动、言语障碍、共济失调、出汗、神志不清，以致昏迷。还可见心肌损害和肝功能异常。抢救恢复后可有短暂精神失常，迟发性功能性失音或中枢性偏瘫。皮肤接触迅速发生红肿，数小时后起泡，反复接触可致敏。液体溅入眼内，可致角膜灼伤。慢性影响：长期少量接触，可见有神经衰弱综合征和植物神经功能紊乱。
12	1,2-二氯丙烷	无色液体。凝固点-100°C，沸点 95-96°C，相对密度 1.156（20/4°C），折射率 1.4388，闪点 4°C，能与有机溶剂混溶，微溶于水。易燃。有氯仿气味。	吸入、摄入或经皮肤吸收后对身体有害。1，2-二氯丙烷对中枢神经系统有抑制作用；可使皮肤干燥，脱屑和皲裂；对粘膜有刺激作用；可引起肝、肾和心肌脂肪性变。
13	1,2-二氯乙烷	无色透明油状液体，味甜，易挥发，质重。能与乙醇、氯仿和乙醚混溶，溶于约 120 份水。相对密度（d204）1.2569，凝固点-40°C，沸点 83～84°C，折光率（n20D）1.4443，闪点（闭杯）13°C，易燃，高毒（1,1-二氯乙烷属微毒），半数致死量(大鼠，经口）670mg/kg。	对眼睛及呼吸道有刺激作用；吸入可引起肺水肿；抑制中枢神经系统、刺激胃肠道和引起肝、肾和肾上腺损害。皮肤与液体反复接触能引起皮肤干燥、脱屑和裂隙性皮炎。液体和蒸气还能刺激眼，引起严重操作，角膜混浊。吸入高浓度的蒸气能刺激粘膜，抑制中枢神经系统，引起眩晕、恶心、呕吐、精神错乱，有的可致肺水肿。还能刺激胃肠道，引起肝和肾的脂肪性病变，严重的直至死亡。
14	环氧氯丙烷	环氧氯丙烷为无色油状液体，有刺激性如醚和氯仿的气味，易燃，易挥发，有毒性和麻醉性。相对密度 1.1812，熔点 -25.6°C，沸点 117.9°C，与乙醇、丙醇、乙醚、氯仿、丙酮、三氯乙烯及四氯化碳等许多有机溶剂混溶，易溶于苯，微溶于水，由于分子结构中含有活泼的氯原子和环氧基，所以化学性活泼，水解时先生成 α-氯甘油，再生成甘油。	环氧氯丙烷主要经呼吸道进入人体，也可经皮肤吸收。有强烈的刺激作用及致敏作用，并有轻度麻醉及原浆毒作用。高浓度液体和蒸气对眼和呼吸道粘膜有强烈刺激作用，可引起眼刺痛、流泪、咽干、咳嗽、喘息性支气管炎以及肝肾损害，严重患者可引起粘膜坏死脱落性气管炎、支气管周围炎、肺水肿和急性肾脏损害。液体污染皮肤，可出现灼伤、大疱形成及湿疹。长期吸入低浓度的蒸气，可引起四肢肌肉酸痛、腓肠肌压痛、腿软无力、全身乏力及头晕、失眠、多梦等。严重者可发生多发性神经炎。

4.5.3.2 迁移分析

经分析，本地勘土壤和地下水的污染途径主要包括以下三个方面：

（1）污染物遗撒和渗漏引起的水平和垂直迁移造成的污染

主要包括生产过程的跑、冒、滴、漏，原料和产成品储存过程及固体废弃物临时存放过程的遗撒和渗漏，污水输送管线和污水处理设施的渗漏等过程。污染物的遗撒和渗漏会造成场地表层土壤的污染，然后再通过雨水的淋溶下渗，向下

迁移至深层土壤和地下水，造成土壤和地下水的污染。地下水中的污染物还会在水流作用下通过弥撒、扩散等迁移造成污染范围的扩大。

（2）大气污染物干湿沉降造成的污染

厂区的生产过程中会产生大气污染物的无组织排放和组织排放，这些污染物因干湿沉降会降落至下风向地面，长此以往将引起地表土壤污染，再通过污染物的垂直迁移污染深层土壤和地下水。

（3）土壤和地下水中挥发性污染物的扩散

在场地受到挥发性有机污染物污染情况下，场地局部区域的污染物会因其挥发作用产生水平和纵向迁移，造成污染范围的进一步扩大或再分布，或重新逸出地表。对于砂层和地下水中的挥发性有机物的分布尤为如此。

4.5.4 受体分析

项目地块位于市区内，东面为滨化小区、化工加油站；西面为尚座小区，路边有江淮汽车服务站、滨州市商业汽车修理厂、滨州振豪物流等；南面是原滨化集团办公区、出租车服务社区、耿家花苑第二社区、新兴市场部分商品房等；北面是华天商城、化工社区、中海日升加油站、士林教育大厦，金正超市等；在黄河五路、渤海四路交叉口西南角处还存在小学。

地块周围环境敏感目标较多，根据统计，该地块周边 1 km 范围内常住人群总数约为 23892 人。且由于本场地未来土地用途主要为居住，因此其未来规划使用条件下污染物的主要受体应是场地及周围的居民

4.5.5 暴露途径分析

《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）中规定了 9 种主要暴露途径和暴露评估模型，包括经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物共 6 种土壤污染物暴露途径和吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水共 3 种地下水污染物暴露途径。周边居民直接使用市政统一供水，因此不考虑饮用地下水的影响。由于本场地未来土地用途主要为居住，因此其未来规划使用条件下污染物的主要受体应是场地及周围的居民，应具有以下风

险暴露途径：

①皮肤接触：生活在场地上的人员通过直接接触污染土壤（皮肤接触）引起污染物暴露。

②经口摄入：生活在该场地上的人员意外摄取（如吞食）含污染物的土壤引起污染物暴露。

③颗粒物经口吸入：生活在该场地上的人员通过吸入含污染土壤粉尘引起污染物暴露。

④室外蒸汽吸入：生活在该场地上的人员通过吸入室外空气中来自表层和下层土壤、地下水的挥发性污染物气体引起污染暴露。

⑤室内蒸汽吸入：生活在该场地上的人员通过吸入下层土壤和地下水挥发侵入室内空气中的挥发性污染物气体引起污染暴露。

因此老厂区地块场地概念模型如图 4-13 所示：

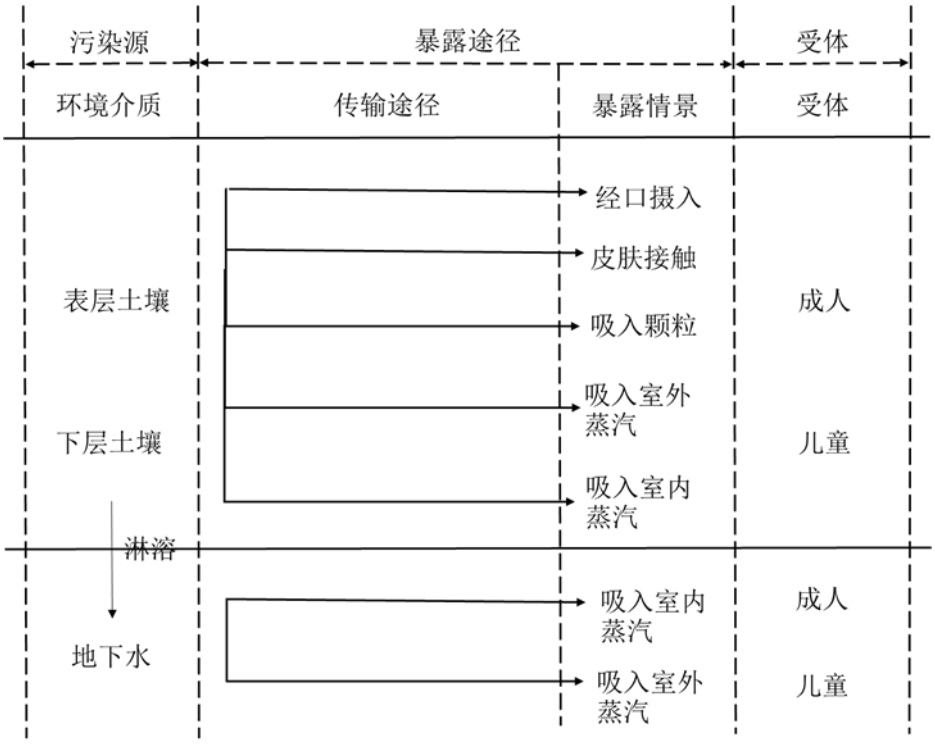


图 4-13 老厂区土壤污染物场地暴露概念模型

4.6 污染识别结论

4.6.1 疑似污染物情况

通过对滨化集团化工分公司老厂区污染场地生产历史、主要原辅材料利用、

生产工艺、污染物排放和处理等资料的分析，初步确认该场地存在疑似污染。

（1）主要污染源及污染物：场地各生产时期的生产装置、储罐、原辅材料库、污水处理厂、雨水管网、变电站、固废临时堆放场；从生产历史来看，本地块涉及的污染物种类繁多，初步估计主要污染物包括重金属、有机氯农药、挥发性有机污染物、半挥发性有机污染物、总石油烃等。

（2）主要污染途径包括：历史各个时期物料储存、运输、加工过程中的跑、冒、滴、漏，固体废物的堆放过程的淋溶，雨水管线和污水处理设施的渗漏，大气污染物的干湿沉降等过程。该过程可能造成场地表层土壤的污染，然后通过污染物的纵向迁移污染深层土壤和地下水。

（3）主要污染介质：主要为土壤和地下水，由于污染物在土壤中的垂向迁移作用，企业生产时地面或是表层土壤中的污染物会逐渐进入深层和地下水中，导致深层土壤和地下水的污染。

4.6.2 疑似污染区

根据本项目前期调查、现场踏勘及污染识别结果，根据厂区生产工艺情况与地块早期生产设施的分布，将地块分为重点关注区和疑似污染区两种类型：

（1）重点关注区

计划将老厂区内西南部的环氧丙烷相关生产区域划定为重点关注区 A1，将老厂区内中部曾经从事过农药生产的相关区域划定为重点关注区 A2，将老厂区内南部曾经从事过炼油生产的相关区域划定为重点关注区 A3；三个区域的面积合计为 65300m^2（约 98 亩）。

（2）疑似污染区

调查范围内剩余的其他区域划定为疑似污染区。该区域面积为 139200 m^2（约 208.9 亩）。不同区域的面积如表 4-10 所示。

图 4-14 老厂区地块调查分区示意图

表 4-10 不同区域的面积统计表

	重点关注区			疑似污染区
	A_1	A_2	A_3	
面积（m^2）	48700	6100	10500	139200
面积（亩）	73.1	9.2	15.8	208.9

第5章 初步调查结果

2018 年 9 月开始，我院在项目业主单位的配合与支持下，先后开展了该地块相关生产和污染排放相关资料的收集，完成了前期 4 个土壤点位 41 个土壤样品和 5 个地下水样品的采集与分析，识别出该地块需要关注的污染物，建立起污染概念模型。在此基础上，进一步开展了土壤和地下水的初步采样，设置土壤采样点 36 个，包括重点关注区域内 23 个土壤钻孔点位和疑似污染区域内 13 个钻孔点位，点位数量满足《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（2018 年 1 月 1 日起执行）要求的至少 6 个点位的要求；采集土壤样品 304 个和平行样品 19 个，同时设置 5 个地下水监测井（3 口浅井，1 对深浅井），采集地下水样品 5 个。其中土壤采样深度范围为 0-33m，浅井最大井深为 9m，深井最大井深为 27m。以《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中一类用地筛选值和《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准为衡量标准，对样品中污染物含量和种类进行了分析。

本次初步调查过程及详细分析情况请详见《滨化集团股份有限公司化工分公司老厂区场地调查修复项目初步调查报告（报批稿）》，该报告已于 2018 年 10 月通过专家函审并提交业主单位。因此，本章仅对初步调查结果及结论进行介绍。

5.1 土壤调查结果

5.1.1 土壤采样方案

初步调查阶段共计设置土壤采样点 40 个（其中 CCS36-CCS39 为前期土壤采样点位，故初查阶段实际钻孔 36 个），点位分布如图 5-1 所示。初查阶段土壤点调查深度范围为 0～33m，土壤点采样深度为 0.5m、1.5m、3.0m、4.5 m、7.0 m、9.0 m、12.0 m、15.0 m、18.0 m、21.0 m、24.0 m、27.0 m、31.0 m、33.0m。土壤采样点根据采钻深和污染情况，采样深度略有差异，平均每个土壤点采集 8 至 9 个土壤样品，共计采集样品 304 个（未包括质控样 19 个）。

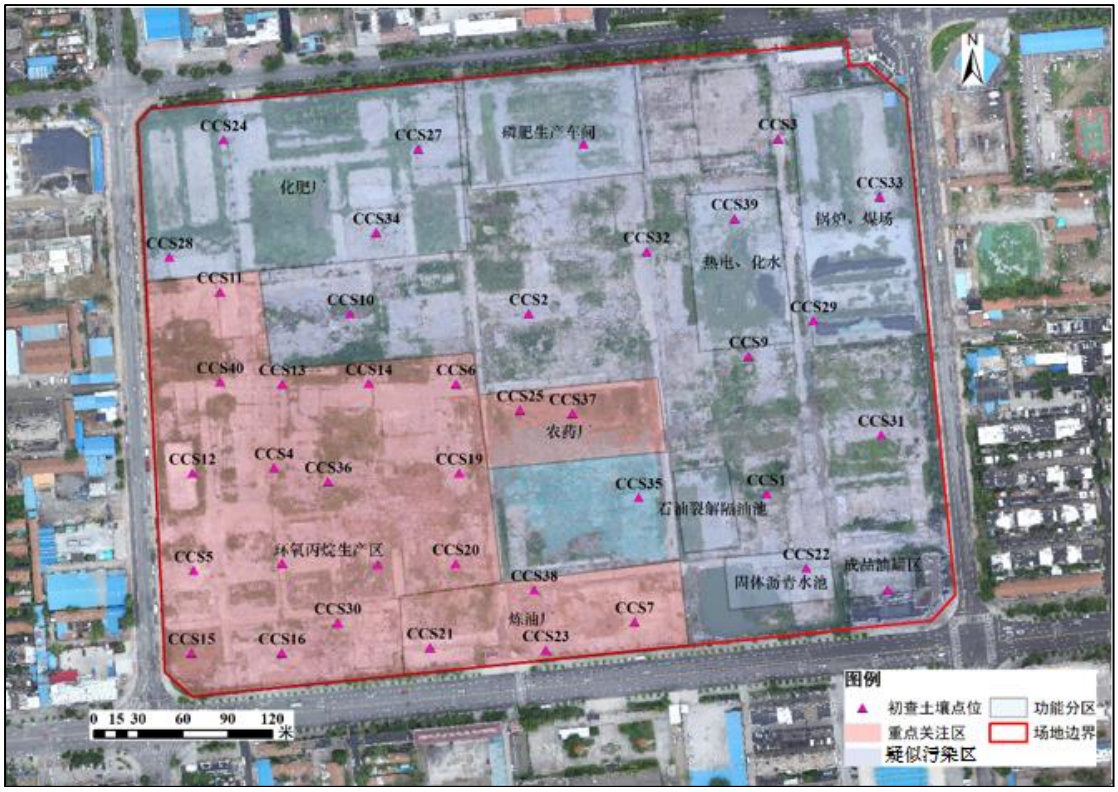


图 5-1 初步调查土壤采样点分布图

5.1.2 土壤筛选值选取

依据本项目初步调查阶段的实验室检测项目，按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（试行）(GB36600—2018)规定，本次初步调查阶段采用建设用地土壤污染风险筛选值，具体指标如表 5-1 所示。

表 5-1 初步调查阶段土壤样品实验室检测项目筛选值

基本项目				其他项目			
序号	污染物	筛选值	管制值	序号	污染物	筛选值	管制值
		一类用地				一类用地	
重金属							
1	砷	20①	120	5	铅	400	800
2	镉	20	47	6	汞	8	33
3	铬（六价）	3	30	7	镍	150	600
4	铜	2000	8000				
挥发性有机物							
7	一溴二氯甲烷	0.29	2.9	21	1,1,1-三氯乙烷	701	840
8	溴仿	32	320	22	1,1,2-三氯乙烷	0.6	5
9	二溴氯甲烷	9.3	93	23	三氯乙烯	0.7	7
8	四氯化碳	0.9	9	24	1,2,3-三氯丙烷	0.05	0.5

基本项目				其他项目			
序号	污染物	筛选值	管制值	序号	污染物	筛选值	管制值
		一类用地				一类用地	
9	氯仿	0.3	5	25	氯乙烯	0.12	1.2
10	氯甲烷	12	21	26	苯	1	10
11	1,1-二氯乙烷	3	20	27	氯苯	68	200
12	1,2-二氯乙烷	0.52	6		1,2-二氯苯	560	560
13	1,1-二氯乙烯	12	40	29	1,4-二氯苯	5.6	56
14	顺-1,2-二氯乙烯	66	200	30	乙苯	7.2	72
15	反-1,2-二氯乙烯	10	31	31	苯乙烯	1290	1290
16	二氯甲烷	94	300	32	甲苯	1200	1200
17	1,2-二氯丙烷	1	5	33	间二甲苯+对二甲苯	163	500
18	1,1,1,2-四氯乙烷	2.6	26				
19	1,1,2,2-四氯乙烷	1.6	14	34	邻二甲苯	222	640
20	四氯乙烯	11	34				
半挥发性有机物							
35	硝基苯	34	190	11	六氯环戊二烯	1.1	2.3
36	苯胺	92	211	12	2,4-二硝基甲苯	1.8	18
37	2-氯酚	250	500	13	2,4-二氯酚	117	234
38	苯并[a]蒽	5.5	55	14	2,4,6-三氯酚	39	78
39	苯并[a]芘	0.55	5.5	15	2,4-二硝基酚	78	156
40	苯并[b]荧蒽	5.5	55	16	五氯酚	1.1	12
41	苯并[k]荧蒽	55	550	17	邻苯二甲酸二(2-乙基己基）酯	42	420
42	䓛	490	4900	18	邻苯二甲酸丁基苄酯	312	3120
43	二苯并[a, h]蒽	0.55	5.5	19	邻苯二甲酸二正辛酯	390	800
44	茚并[1,2,3-cd]芘	5.5	55	20	3,3'-二氯联苯胺	1.3	13
45	萘	25	255				
有机农药类							
21	阿特拉津	2.6	26	29	七氯	0.13	1.3
22	氯丹②	2	20	30	α-六六六	0.09	0.9
23	p,p'-滴滴滴	2.5	25	31	β-六六六	0.32	3.2
24	p,p'-滴滴伊	2	20	32	γ-六六六	0.62	6.2
25	滴滴涕③	2	21	33	六氯苯	0.33	3.3
26	敌敌畏	1.8	18	34	灭蚁灵	0.03	0.3
27	乐果	86	170				
28	硫丹④	234	470				
石油烃类							
40	C_{10}-C_{40}	826	5000				

5.1.3 样品超标情况分析

根据现场土层分布情况，调查深度范围内分为 6 个土层来进行污染分析，其

中第一层土壤深度范围为 0～1.6m，杂填土；第二层土壤深度范围为 1.6～8.3m，粉土；第三层土壤深度范围为 8.3～16.7m，粉粘；第四层土壤深度范围为 16.7～20.6m，粉土；第五层土壤深度范围为 20.6～26.0m，粉砂；第六层土壤深度范围为 26.0～33.0m，粉粘。

5.1.3.1 重金属污染

初查送检的 344 个土壤样品（未包括质控样），对其中的砷（As）、镉（Cd）铜（Cu）、铅（Pb）、镍（Ni）等 6 种重金属和六价铬（Cr^{6+}）含量进行检测分析，结果表明，7 种重金属均 100%检出，其中砷和铅超筛选值。

表 5-2 重金属分层检出超标统计表（单位 mg/kg）

内容	第一层（0~1.6m）		第二层（1.6~8.3m）	第三层（8.3~16.7m）
	铅	砷	砷	砷
检出限	0.1	0.01	0.01	0.01
筛选值	400	20	20	20
样品数	66	66	130	111
检出率	100%	100%	100%	100%
超标样品数	2	1	3	5
超标率	3%	2%	2%	5%
最大值	531	24.2	24.5	24
最小值	4.2	3.37	2.64	2.03
平均值	38.28	9.99	10.28	10.72
最大超标倍数	0.33	0.21	0.23	0.20

铅超标点 2 个，超标率为 1%，最大检出浓度为 531 mg/kg，最大超标 0.33 倍，主要存在于 0~1.6m 土壤中，分布在原炼油厂和原热电车间附近，点位分布见图 5-2。

图 5-2 第一层（0~1.6m）铅超标点位示意图

砷超标率为 3%，最大检出浓度为 24.5mg/kg，最大超标 0.23 倍。砷主要存在于 0~15m 土层中。① 第一层 1 点位砷超标，位于原热电车间附近，与该层铅超标点重合；② 第二层 2 个点位砷超标，位于原农药厂及周围；③ 第三层 5 个点位砷超标，分布较散，位于原磷肥生产车间、原锅炉煤场、原环氧丙烷生产区和原炼油厂。

图 5-3 第一层（0~1.6m）砷超标点位示意图

图 5-4 第二层（1.6~8.3m）砷超标点位示意图

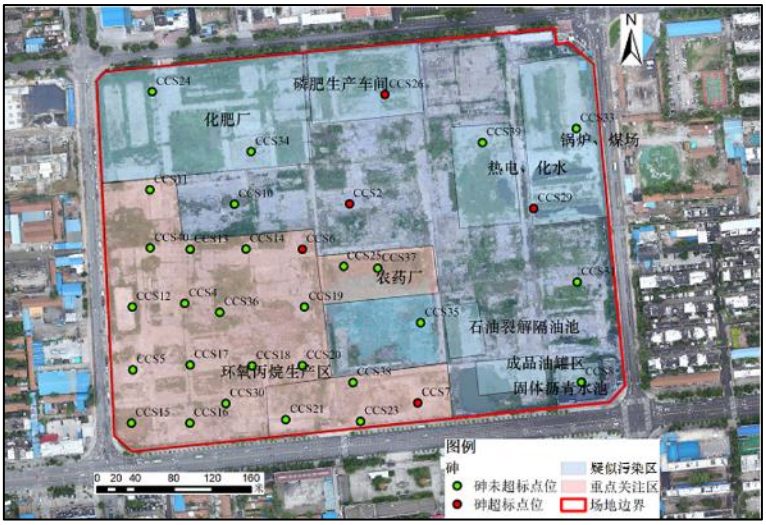


图 5-5 第三层（8.3~16.7m）砷超标点位示意图

5.1.3.2 VOCs 污染

初查送检的 344 个土壤样品均对 VOCs 进行检测分析，结果表明土壤中苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷和氯仿 8 种污染物超标，检出及超标情况详见表 5-4。1,2-二氯丙烷样品超标率最高为 14%，且超标倍数最大为 421 倍；苯和 1,2,3-三氯丙烷的样品超标率次之，分别为 9%和 6%，；乙苯和氯仿的样品超标率均为 2%；二甲苯、1,2-二氯乙烷和三氯乙烯的样品超标率小于 1%。

三氯乙烯超标仅存在于表层土壤；乙苯、间&对-二甲苯超标污染主要存在于 0~15m 土层中；苯污染表层浓度较高，随深度增加污染减轻，但在深层仍可检测到苯超标存在；氯仿超标污染仅存在于深层土壤；1,2-二氯丙烷和 1,2,3-三氯丙烷污染分布范围较广，表层至深层均可检测到超标污染存在。

表 5-3 VOCs 检出超标统计表（单位 mg/kg）

分析物类别	苯	乙苯	间&对-二甲苯	1,2-二氯丙烷	1,2-二氯乙烷	三氯乙烯	1,2,3-三氯丙烷	氯仿
检出限	1.9	1.2	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.1
筛选值	1	7.2	163	1	0.52	0.7	0.05	0.3
样品数	344	344	344	344	344	302	344	344
检出数	120	71	73	163	15	6	32	24
检出率	35%	21%	21%	48%	4%	2%	9%	7%
超标样品数	30	7	3	49	2	1	20	7
样品超标率	9%	2%	1%	14%	1%	0.33%	6%	2%
最大值	172	119	367	422	0.97	2.33	4.01	5.98
最小值	0.08	0.05	0.08	0.04	0.58	0.03	0.24	0.72
平均值	4.52	5.24	16.207	9.97	0.20	0.53	0.50	0.42
中位数	49.80	60.51	83.91	98.00	80.47	421.02	84.52	52.06
最大超标倍数	171.00	15.53	1.25	421.00	0.86	2.33	79.20	18.93

表 5-4 各层土壤中 VOCs 超标统计表

分层	范围	岩性	样品数	超标污染物	超标位置
第一层	0~1.6m	杂填土	66	苯、乙苯、二甲苯、1,2-二氯丙烷、三氯乙烯	化肥厂、环氧丙烷生产区、磷肥生产车间
第二层	1.6~8.3m	粉土	130	苯、乙苯、二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿	环氧丙烷生产区、农药厂、热电化水
第三层	8.3~16.7m	粉黏	111	苯、乙苯、二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿	环氧丙烷生产区、农药厂
第四层	16.7~20.6m	粉土	11	苯、1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿	环氧丙烷生产区
第五层	20.6~26.0m	粉砂	15	苯、1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿	环氧丙烷生产区
第六层	26.0~33.0m	粉黏	5	苯、1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷	环氧丙烷生产区

（1）三氯乙烯

三氯乙烯仅 1 个超标点，仅第一层 0~1.6m 超标，位于原化肥厂区。

（2）间&对-二甲苯

二甲苯在原环氧丙烷生产区第一、第二和第三层均超标。① 第一层仅 1 个点超标，位于原环氧丙烷生产区；② 第二层仅 1 个点超标，位于原环氧丙烷生产区，与第一层超标点不重合；③ 第三层仅 1 个点超标，位于原环氧丙烷生产区，与第二层污染重合。因此间&对-二甲苯污染主要位于原环氧丙烷生产区。

图 5-6 第一层（0~1.6m）间&对-二甲苯超标点位示意图

图 5-7 第二层（1.6~8.3m）间&对-二甲苯超标点位示意图

图 5-8 第三层（8.3~16.7m）间对二甲苯超标点位示意图

（3）苯

本场地 6 层土层均存在苯污染超标情况。 第一层仅 1 个点超标，位于原环氧丙烷生产区东南角；② 第二层 6 个点位超标，4 个点位于原环氧丙烷生产区与农药厂，另外 2 个点分布于原热电车间周围；③ 第三层 4 个点超标，全部位于重点关注区，其中 3 个点位于原环氧丙烷生产区，1 个位于原农药厂；④ 第四层 4 个点超标，全部位于重点关注区的环氧丙烷生产区；⑤ 第五层 1 个点超标，位于原环氧丙烷生产区；⑥ 第六层存 2 个点超标，全部位于原环氧丙烷生产区。

可见苯污染分布较为集中，主要在重点关注区域，尤其是环氧丙烷生产区，且污染深度大，苯污染分布见图 5-9 至图 5-14。

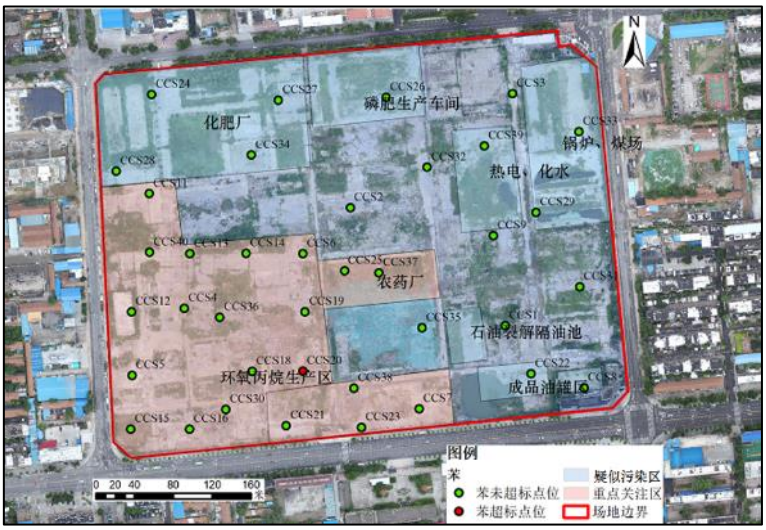


图 5-9 第一层（0~1.6m）苯超标点位示意图

图 5-10 第二层（1.6~8.3m）苯超标点位示意图

图 5-11 第三层（8.3~16.7m）苯超标点位示意图

图 5-12 第四层（16.7~20.6m）苯超标点位示意图

图 5-13 第五层（20.6~26.0m）苯超标点位示意图

图 5-14 第六层（26.0~33.0m）苯超标点位示意图

（3）1,2-二氯丙烷

本场地 6 层土层均存在 1,2-二氯丙烷污染超标情况。① 第一层 2 个点超标，位于原环氧丙烷生产区东南角和原磷肥生产车间；② 第二层 6 点超标， 5 个位于重点关注区的原环氧丙烷生产区，1 个位于原环氧丙烷生产区与化肥厂中间；③ 第三层 9 个点超标， 8 个位于重点关注区，1 个位于原环氧丙烷生产区与化肥厂中间，与第二层污染点重合；④ 第四层 3 个点超标，都位于重点关注区的环氧丙烷生产区；⑤ 第五层存 4 个点超标，都位于原环氧丙烷生产区；⑥ 第六层 2 个点超标，都位于原环氧丙烷生产区。

因此 1,2-二氯丙烷污染分布较集中，主要在重点关注区域，且污染深度较大，1,2-二氯丙烷污染分布见图 5-15 至图 5-20。

图 5-15 第一层（0~1.6m）1,2-二氯丙烷超标点位示意图

图 5-16 第二层（1.6~8.3m）1,2-二氯丙烷超标点位示意图

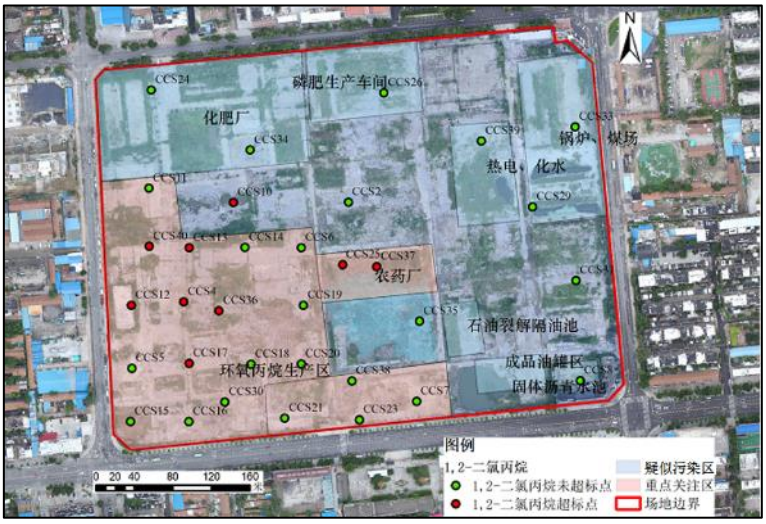


图 5-17 第三层（8.3~16.7m）1,2-二氯丙烷超标点位示意图

图 5-18 第四层（16.7~20.6m）1,2-二氯丙烷超标点位示意图

图 5-19 第五层（20.6~26.0m）1,2-二氯丙烷超标点位示意图

图 5-20 第六层（26.0~33.0m）1,2-二氯丙烷超标点位示意图

（4）乙苯

乙苯在第一层、第二层与第三层超标。第一层仅 1 个点超标，位于重点关注区的原环氧丙烷生产区；② 第二层 3 个点超标， 2 个位于环氧丙烷生产区，1 个位于原热电厂附近；③ 第三层 1 个点超标，位于环氧丙烷厂区。因此乙苯污染主要存在重点关注区，且污染深度较深。

图 5-21 第一层（0~1.6m）乙苯超标点位示意图

图 5-22 第二层（1.6~8.3m）乙苯超标点位示意图

图 5-23 第三层（8.3~16.7m）乙苯超标点位示意图

（5）1,2,3-三氯丙烷

除第一层外，该场地每层均有 1,2,3-三氯丙烷超标。① 第二层 1 个点超标，位于原环氧丙烷生产区西南角；② 第三层 4 个点超标，都位于原环氧丙烷生产区；③ 第四层 2 个点超标，全部位于原环氧丙烷生产区；④ 第五层 2 个点超标，都位于原环氧丙烷生产区；⑤ 第六层 1 点超标，位于原环氧丙烷生产区。

因此，1,2,3-三氯丙烷污染较集中，主要分布在重点关注区的环氧丙烷生产区，且污染深度较深。

图 5-24 第二层（1.6~8.3m）1,2,3-三氯丙烷超标点位示意图

图 5-25 第三层（8.3~16.7m）1,2,3-三氯丙烷超标点位示意图

图 5-26 第四层（16.7~20.6m）1,2,3-三氯丙烷超标点位示意图

图 5-27 第五层（20.6~26.0m）1,2,3-三氯丙烷超标点位示意图

图 5-28 第六层（26.0~33.0m）1,2,3-三氯丙烷超标点位示意图

（6）1,2-二氯乙烷

1,2-二氯乙烷污染存在于场地第二层与第三层，每层只有 1 个点超标，都位于重点关注区域，第二层超标点位于原环氧丙烷生产区，第三层超标点位于原农药厂。

图 5-29 第二层（1.6~8.3m）1,2-二氯乙烷超标点位示意图

图 5-30 第三层（8.3~16.7m）1,2-二氯乙烷超标点位示意图

（7）氯仿

氯仿超标污染位于场地第二层至第六层，且每层只有 1 个超标点位 CCS17，位于重点关注区的环氧丙烷生产西南角，污染深度较大。

图 5-31 第二层（1.6~8.3m）氯仿超标点位示意图

图 5-32 第三层（8.3~16.7m）氯仿超标点位示意图

图 5-33 第四层（16.7~20.6m）氯仿超标点位示意图

图 5-34 第五层（20.6~26.0m）氯仿超标点位示意图

5.1.3.3 SVOCs 污染

送检的 344 个土壤样品（未包括质控样）对其中 SVOCs 进行分析，检测结果表明，土壤中存在萘、菲、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘和二苯并(a,h)蒽共 5 种污染物超标，各污染物检出超标情况见表 5-5。苯并(a)芘样品超标率最高为 14%，最大检出浓度 9.43mg/kg，超标 16.15 倍；其余污染物样品超标率小于 1%，最大超标倍数在 0.12~2.16 之间。

SVOCs 污染物仅存在于第一层（0~1.6m）表层土壤中，第一层以下不存在 SVOCs 污染物超标情况。

表 5-5 SVOCs 检出超标统计表（单位 mg/kg）

分析物类别	萘	菲	苯并(b)荧蒽	苯并(a)芘	二苯并(a,h)蒽
检出限	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
检出样品数	36	36	19	18	15
样品检出率	11%	20%	6%	6%	5%
超标样品数	1	1	1	5	1
样品超标率	**0.29%**	**1%**	**0.33%**	**2%**	**0.33%**
样品数	342	180	302	302	302
最大值	**78.9**	**13.7**	**6.18**	**9.43**	**1.29**
最小值	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
平均值	3.27	0.93	0.69	1.02	0.19
中位数	0.17	0.1	0.1	0.2	0.08
筛选值	25	5	5.5	0.55	0.55
最大超标倍数	**2.16**	**1.74**	**0.12**	**16.15**	**1.35**

（1）菲

场地内仅有菲超标点位 1 个，位于重点关注区的原环氧丙烷生产区。

图 5-35 第一层（0~1.6m）菲超标点位示意图

（2）二苯并(a,h)蒽

场地内仅有二苯并(a,h)蒽超标点位 1 个，位于重点关注原炼油厂。

图 5-36 第一层（0~1.6m）二苯并(a,h)蒽超标点位示意图

（3）苯并(b)荧蒽

场地内仅有二苯并(a,h)蒽超标点位 1 个，位于重点关注原炼油厂，与二苯并(a,h)蒽超标点位重合。

图 5-37 第一层（0~1.6m）苯并(b)荧蒽超标点位示意图

（4）苯并(a)芘

场地内存在苯并(a)芘超标点位 5 个，其中 4 个存在于重点关注区范围内，且 3 个属于原环氧丙烷生产区，1 个属于原炼油厂，另 1 个超标点位于一般区域的石油裂解隔油池附近。

图 5-38 第一层（0~1.6m）苯并(a)芘超标点位示意图

（5）萘

场地内存在萘超标点位 1 个，位于重点关注区的原环氧丙烷生产区，与苯并(b)荧蒽和二苯并(a,h)蒽超标点位重合。

图 5-39 第一层（0~1.6m）萘超标点位示意图

5.1.3.4 TPH 污染

送检的 85 个土壤样品中，进行 TPH（C10~C40）有机物的检测，样品检测结果表明，TPH 有机物检出率为 45%，样品超标率为 4%，最大检出浓度 5730mg/kg，最大超标 5.94 倍。超标点分别位于原炼油厂和原成品油罐区。

TPH 超标情况存在于第一层（0~1.6m）和第二层（1.6~8.3m）土层中，第一层和第二层分别送检 17 和 33 个土壤样品，样品检出率分比为 65%和 39%，样品超标率均为 6%，最大检出浓度分别为 5730mg/kg 和 2650mg/kg，分别超标 5.94

和 2.21 倍。

表 5-6 TPH 分层检出超标统计表（单位 mg/kg）

	第一层（0~1.6m）	第二层（1.6~8.3m）
检出样品数	11	13
样品检出率	65%	39%
超标样品数	**1**	**2**
样品超标率	6%	6%
样品数	17	33
最大值	5730	2650
最小值	18.9	11.1
平均值	619.17	312.82
中位数	62	26.4
筛选值	826	826
最大超标倍数	5.94	2.21

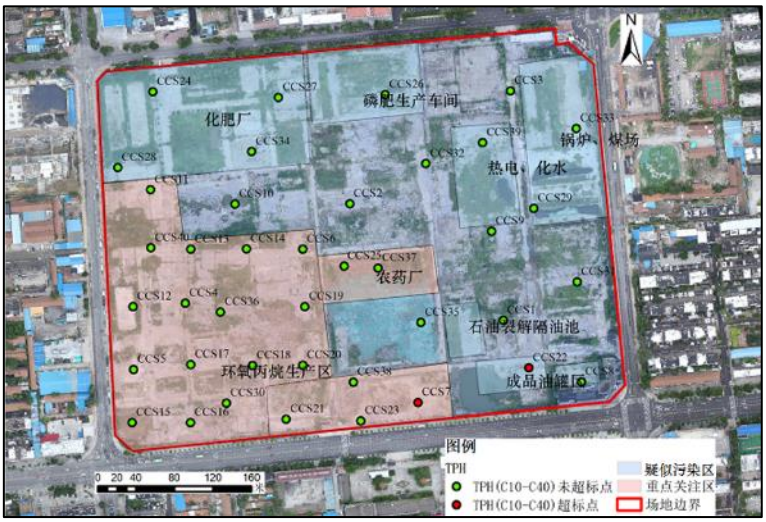


图 5-40 第二层（1.6~8.3m）TPH（C10-C40）超标点位示意图

5.1.3.5 农药类污染物

初步调查阶段在原农药生产区域设置土壤采样点，共送检 9 个土壤样品（未包括质控样），进行土壤中有机磷农药与有机氯农药的检测，检测结果均为未检出，说明本项目场地不存在农药超标情况。

5.1.4 土壤调查结果分析

（1）重金属

调查范围内土壤中存在 2 种重金属铅、砷超标情况，超标倍数较低，检测样品最大超标倍数仅分别为 0.33 倍和 0.23 倍。重金属污染主要存在于表层土壤中，

铅污染主要分布在锅炉煤场周围，而砷污染分布范围较广，包括磷肥生产车间、锅炉煤场邻近区域和炼油厂，我国磷矿石常常伴生砷矿石，且滨化地区降水量564.8mm，重金属可能通过雨水淋融作用进入土壤，可能由此导致磷肥生产车间产生砷污染。锅炉和煤场位于场地东北角，炉渣和烟气中可能存在低含量的重金属，滨化老厂区建厂较早，推测对锅炉和烧煤尾气处理效果不佳，且了解到滨州市风向冬季以偏北风为主，夏季以偏南风为主，年平均风速 2.7m/s，烟气中的灰尘表面附着重金属，重金属可能随排放的尾气迁移至下风向区域，导致锅炉煤场周围存在重金属污染。

（2）VOCs

调查范围内土壤中存在苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷和氯仿 8 种挥发性有机物超标情况，最大超标倍数分别为：1,2-二氯丙烷（421 倍）、苯（171 倍）、1,2,3-三氯丙烷（79.2 倍）、氯仿（18.93 倍）、乙苯（15.53 倍）、三氯乙烯（2.33 倍）、间&对-二甲苯（1.25 倍）和 1,2-二氯乙烷（0.86 倍）。

其中苯、1,2-二氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷和氯仿污染深度较深，表层至深层均有超标情况，其余污染物最大污染深度在第三层土层以内。VOCs 污染主要分布在重点关注区的环氧丙烷生产区，这可能和生产原辅材料、中间产物和最终产物中含有大量的有机物质，由于生产过程中的跑冒滴漏、地面无防渗等原因，污染物伴随着生产过程中的各种原料、中间产物和产品等进入到土壤中污染土壤。

（2）SVOCs

土壤中存在萘、菲、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘和二苯并(a,h)蒽共 5 种 SVOCs 污染物超标，苯并(a)芘的样品超标率和超标倍数最大，样品最大超标 16.15 倍，其余污染物的超标倍数在 0.12~2.16 之间。

SVOCs 污染物均存在于第一层表层土壤中，且除苯并(a)芘有 5 个超标点外，其余污染物仅存在单个超标点位，且所有超标点位均位于重点关注区域。污染产生原因可能是由于该区域主要为环氧丙烷的生产车间，原辅材料与生产产品由于没有进行完好的遮挡且地面没有防渗措施，被雨水冲刷后或直接进入土壤使土壤受到污染。而项目地块大部分下部地层均存在粉粘和粘粉互层，存在一定的阻隔能力，使点位超标多发生在表层。

（4）TPH

土壤中存在 TPH 超标点位，最大超标 5.94 倍。场地内第一层没有 TPH 超标点位，TPH 超标污染仅存在于场地第二层，共 2 个超标点位，分别位于原炼油厂和原成品油罐区。

炼油厂生产过程中所使用的生产装置机械泵冷却水、油气冷凝水、油品以及油气水洗水、有关油品切水、油罐设备清洗水等废水可能造成污水储存区和处理区 TPH 污染物含量过高，而成品油储罐区可能由于产品遗撒或跑冒滴漏，造成存储区 TPH 污染。

（5）土壤污染垂直与水平分布情况

综上，深层土壤污染主要以 VOCs 为主，最深达到第六层（26.0~33.0m），污染分布上来看主要集中在重点关注区且污染较深，其他区域存在个别超标点位且超标现象集中在浅层（第一、二层）。

5.2 地下水调查结果

5.2.1 地下水采样方案

初步调查对前期 5 口监测井进行复测，采集样品 5 个，地下水点位如图 5-41 所示，其中 CCGW4 为对井，点位坐标见表 5-7。

图 5-41 初步调查阶段监测井实际布设点位图

表 5-7 初步调查阶段监测井实际点位布设

点位编号	位置	坐标		水位/m	井深/m
		N	E		
CCGW1	热电、化水	37°23’5.96826”N	118°01’51.36468”E	1.33	9.82
CCGW2	原农药厂	37°23’1.66206”N	118°01’46.86822”E	0.83	8.11
CCGW3	原炼油厂	37°22’57.84846”N	118°01’45.88440”E	0.84	8.32
CCGW4-深	原环氧丙烷生产区	37°23’0.34446”N	118°01’40.26394”E	3.02	24.60
CCGW4-浅		37°23’0.35106”N	118°01’40.26756”E	0.87	5.45

5.2.2 地下水筛选值选取

初步调查地下水筛选值采用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准。对于《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中没有给出的检出物质，采用 EPA 中的标准进行分析。

表 5-8 地下水筛选值

序号	项目	筛选值	序号	项目	筛选值
1	浊度（NTU）	10		挥发性有机物（μg/L）	
2	色度（度）	25	33	苯	120
	一般化学指标（mg/L）		34	甲苯	1400
3	溶解性总固体	2000	35	乙苯	600
4	总硬度	650	36	间&对-二甲苯	1000
5	挥发酚	0.01	37	邻-二甲苯	
6	阴离子表面活性剂	0.3	38	苯乙烯	40
7	碘化物	0.5	39	异丙基苯*	450
8	氟化物	2.0	40	正-丙苯*	660
9	硫酸盐	350	41	1,3,5-三甲基苯 *	60
10	亚硝酸盐氮	4.8	42	1,2,4-三甲基苯 *	56
11	氯化物	350	43	正-丁苯 *	1000
12	硝酸盐氮	30	44	1,2-二氯丙烷	60
13	氨氮	1.5	45	反-1,3-二氯丙烯*	0.47
	耗氧量	10.0	46	氯乙烯	90
	金属（μg/L）		47	1,1-二氯乙烯	60
14	铜	1500	48	反-1,2-二氯乙烯*	360
15	锰	1500	49	顺-1,2-二氯乙烯*	36
16	镍	100	50	1,2-二氯乙烷	40
17	锌	5000	51	1,1,2-三氯乙烷	60
18	银	100	52	1,3-二氯丙烷*	370
19	锑	10	53	1,2-二溴-3-氯丙烷*	0.00033
20	铅	100	54	氯苯	600
21	铁	2000	55	2-氯甲苯*	240
22	钠	400000	56	1,4-二氯苯	600
23	镉	10	57	1,2-二氯苯	2000
24	铍	60	58	1,2,3-三氯苯*	7
25	砷	50	59	氯仿	300
26	硒	100	60	溴二氯甲烷 *	0.13

27	钼	150		半挥发性有机物	
28	钴	100	61	萘	600
29	铝	500	62	2-甲基萘*	36
30	硼	2000	63	二(2-氯乙基)醚*	0.014
31	钡	4000	64	二(2-氯异丙基)醚*	710
	总石油烃				
32	C10-C40	1000 Δ			

注：*为 EPA 2108 中 tapwater 筛选值，Δ为地表水环境质量标准 GB3838-2002 五类标准

5.2.3 样品超标情况分析

初步调查阶段地下水样品超出《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准的污染物包括：挥发酚、碘化物、氟化物、硫酸盐、氯化物、氨氮、镍、锑、钠、砷、钼、苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷。其中 1,2-二氯丙烷的超标倍数最高，最大检出浓度 25500μg/L，超出标准 424 倍，氯化物的超标倍数次之，最大检出浓度 20500mg/L，超标 57.57 倍；钠、砷和 1,2-二氯乙烷的超标倍数同样较高，最大检出浓度分别为 11500000μg/L、1760μg/L 和 669g/L，分别超出标准 27.75、34.20 和 15.73 倍，其余物质的超标倍数在 0.03~12.27 之间。

对于《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中没有的检出物质，采用 EPA 中的标准进行分析，结果表明，超出响应标准的污染物有：反-1,3-二氯丙烯、1,2-二溴-3-氯丙烷、1,2,3-三氯苯、溴二氯甲烷、二(2-氯乙基)醚。其中二(2-氯乙基)醚的超标倍数最高，最大检出浓度 1750μg/L，超出标准 124999 倍，1,2-二溴-3-氯丙烷超标倍数次之，最大检出浓度 2.2μg/L，超出标准 6665.67 倍，溴二氯甲烷最大检出浓度 44.2μg/L，超出标准 339 倍，其余物质的超标倍数在 2.19~19.56 倍之间。

地下水中污染物分布情况见图 5-42 所示。

图 5-42 地下水污染分布示意图

（1）点位 CCGW1 位于一般区域，地下水检测结果表明，该点位不存在重金属或有机物超标情况，仅碘化物和氯化物超出响应标准，分别超标 0.57 和 0.23 倍。

（2）点位 CCGW2 位于原农药厂，检测结果表明，地下水中存在 5 种重金属超标，分比为镍、锑、钠、砷、钼，其中砷和钠超标倍数较高，分别超标 34.20 和 27.75 倍，其余重金属超标倍数在 0.59~1.10 之间。氟化物、硫酸盐和氯化物分别超标 6.40、0.03 和 52.14 倍，该点位不存在有机物超标情况，但该点位地下水 pH 值较高，pH 超标 0.13 倍。

（3）点位 CCGW3 位于原炼油厂，该点位重金属钠超标 27.50 倍，有机物苯超标 3.16 倍，此外还存在碘化物、硫酸盐、氯化物等指标超标 0.12~57.57 倍。

（4）点位 CCGW4 位于原环氧丙烷生产区，该点位分深层与浅层地下水分别采样，检测结果表明：① 浅层地下水仅存在碘化物超标情况，超出标准 0.90 倍；② 深层地下水污染相对严重，重金属钠超标 0.59 倍，还存在有机物超标情况，1,2-二氯丙烷和 1,2-二氯乙烷分别超标 424 倍和 15.73 倍。

5.2.4 地下水调查结果分析

（1）重金属

地下水存在着镍、锑、钠、砷、钼的重金属超标污染，土壤中各种重金属检出率均为 100%，可能是由于土壤中淋溶的重金属迁移至地下水中导致地下水重金属浓度超标。

（2）有机物

地下水中存在 3 种超标有机污染物，分别是苯、1,2-二氯丙烷和 1,2-二氯乙烷，浅层地下水中仅存在苯污染，点位位于原炼油厂，最大超标 3.16 倍，深层地下水污染相对严重，苯、1,2-二氯丙烷和 1,2-二氯乙烷分别超标 8.33、424 倍和 15.73 倍。

深层地下水中的有机污染可能是土壤中污染物淋溶下渗导致的，同时老厂区污水处理设施可能较为落后，排水渠或管道可能存在老旧破损的现场，导致污染物随废水进入到地下水中，造成污染。

（3）无机物

场地地下水中存在碘化物、氯化物超标情况，最大超标倍数 57.57，据资料分析了解到，地下水的矿物质成分因地理位置的不同而差异较大。冲积扇的上部平原以含氯化物-硫酸或硫酸盐-氯化物为主，其地下水含盐量在 3~5g/L 左右；接近滨海带的冲积、沉积低洼平原区，地下水主要以氯化物为主，可能成为场地地下水氯化物含量过高的主要原因。

5.3 初步调查结论及建议

5.3.1 初步调查结论

初步调查阶段场地调查范围内，存在重金属污染 2 种：铅和砷；VOCs 污染 8 种：苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷和氯仿；SVOCs 污染 5 种：萘、菲、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘和二苯并(a,h)蒽。

一、土壤调查结论

（1）重金属

地块存在铅、砷 2 种重金属污染。重金属污染主要存在于表层土壤中，铅污染主要分布在锅炉煤场周围，而砷污染分布范围较广，包括磷肥生产车间、锅炉

煤场邻近区域和炼油厂。重金属铅主要分布在表层 0~1.6m 表层土中，重金属砷污染存在于 0~16.7m 土层中。

（2）VOCs

地块受苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷和氯仿 8 种挥发性有机物污染，且 1,2-二氯丙烷、苯和氯仿污染范围广且污染程度大，苯、1,2-二氯丙烷和 1,2,3-三氯丙烷的污染深度可达到第六土层（26.0~33.0m），超标点位分布上来看主要集中在重点关注区（环氧丙烷生产区、炼油厂和农药厂）且污染较深，其他区域存在个别超标点位且超标现象集中在浅层（第一、二层）。

（2）SVOCs

地块受萘、菲、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘和二苯并(a,h)蒽 5 种 SVOCs 污染。SVOCs 污染物均存在于第一层（0~1.6m）杂填土层中，且除苯并(a)芘有 5 个超标点外，其余污染物仅存在单个超标点位，所有超标点位均位于重点关注区域。

（4）TPH

送检的 85 个土壤样品中，TPH 有机物检出率为 45%，样品超标率为 4%，最大检出浓度 5730mg/kg，最大超标 5.94 倍。超标范围较为集中，主要集中在原炼油厂和原成品油罐区 0~8.3m 的上层土层中。

二、地下水调查结论

（1）重金属

地下水受重金属镍、锑、钠、砷、钼污染，污染主要集中在原农药厂区域。

（2）有机物

地下水受到 3 种有机污染，分别是苯、1,2-二氯丙烷和 1,2-二氯乙烷，浅层地下水中仅存在苯污染，点位位于原炼油厂，重点关注区深层地下水污染相对严重，尤其是 1,2-二氯丙烷最大超标倍数达到 424 倍。

（3）无机物

场地地下水中存在碘化物、氯化物超标情况，最大超标倍数 57.57，可能由于场地地理位置与地下水的矿物质成分导致。

5.3.2 初步调查建议

经过对滨化老厂区地块初步调查结果分析，判定地块为污染地块，需开展详细调查进一步查明污染程度与分布范围。详查工作需满足《建设用地土壤环境调查评估技术指南》的要求。指南规定：（1）“详查工作包括详细调查采样布点方案制定、水文地质调查、现场采样、样品检测、数据分析与评估、调查报告编制等。详细调查应当进一步确定土壤污染物的空间分布状况及其范围，以及对土壤、地表水、地下水、空气污染的影响情况，分析污染物在该地块的迁移与归宿等，为风险评估、风险管控或者治理与修复等提供支撑。详细调查不能满足上述要求的，或需要进一步精细测算治理与修复范围时，则应当补充调查，收集更多信息”。（2）“详细调查阶段，对于根据污染识别和初步调查筛选的涉嫌污染的区域，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。地下水采样点位数每 6400m^2 不少于 1 个”。

据此，本项目初步调查后的建议如下：

（1）初步调查超标点位主要集中在重点关注区且污染较深，详细调查阶段布点采样要能满足查明污染边界的要求，因此建议加密到 20m*20m 的布点密度。地下水采样点位数 6400m^2 不少于 1 个

（2）土壤存在重金属砷和铅污染，铅污染为个别点位，主要位于表层杂填土层，但考虑到重金属迁移及淋溶，建议将铅和砷列为详细调查土壤中的关注污染物。

（3）土壤中存在有机污染 13 种，包括苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷和氯仿 8 种挥发性有机物污染，萘、菲、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘和二苯并(a,h)蒽 5 种半挥发有机物污染，且存在 TPH 超标情况，建议将以上有机污染物列为详细调查土壤中的关注污染物。

（4）地下水中存在镍、锑、钠、砷、钼 5 种重金属超标，苯、1,2-二氯丙烷和 1,2-二氯乙烷 3 种有机物超标，深层地下水比浅层地下水污染更严重，因此建议将上述 8 种污染物列为关注污染物，同时加强对深层地下水的调查。

（5）详细调查工作结束后，依据详细调查结果，分析详查布点密度和采样深度能否满足污染边界和污染深度确定的要求，建议根据需要开展补充调查工作。

第6章 场地环境详细调查方案

6.1 详细调查方案

6.1.1 布点原则

本地块详细调查取样工作将按照《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）、《场地环境监测技术导则》（HJ25.2-2014）、《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）、《污染场地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2014）、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（2018 年 1 月 1 日执行）等相关导则或指南的有关要求，结合地块实际条件和初步调查结果，针对初步调查阶段所识别和确认的污染物种类、浓度和不同生产工艺区域情况展开，在重点关注区和疑似污染区域按照一定布点密度的要求进行布点。在初步调查基础上，详细调查遵循如下要求：

（1）详细调查布点采样要依据初步调查采样和检测分析的结果展开，要针对主要污染物及其分布范围实施，全厂区土壤点位数需满足 40m*40m 的布点要求，地下水采样点位数为 6400m^2 不少于 1 个；

（2）重点关注区：布点数量和密度要能满足进一步准确圈定污染区域和范围的要求，在本次调查中直接加密到 20m*20m 的布点；

（3）采集样品的检测分析项目应以初步调查的结论为依据，并对主要污染物进行重点分析。

6.1.2 详查布点采样设计

6.1.2.1 土壤

1. 点位布设计划

根据上述确定的布点原则及本场地的污染识别结果，详细调查阶段共设置土壤采样点位共计 209 个，其中重点关注区域 141 个，疑似污染区 68 个。点位总体分布情况见图 6-1。

图 6-1 详细调查土壤点位布设

2. 采样深度确定

初步调查阶段掌握的场地地层分布的基本信息可知，本场地地层可划分为人工堆积层、第四纪沉积层两大类，按照土层岩性、赋水特征及其物理性质，可自上而下划分进一步划分为 5 个大层及其亚层：人工堆积层、粉土层、粉粘层、粉砂层和粉黏层，同时根据场地初步概化分层结果，场地可初步概化分为杂填土、粉土层、粉黏层、粉土层、粉砂层和粉黏层。

详细调查阶段在采样深度的设计上，一方面参考场地实际的地层分布情况，另一方面以为《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）中对土壤监测点位采样深度要求为主要依据，最终设计详细调查阶段土壤采样深度如下：

浅层土壤取样：计划按照 0.5 m、1.0 m、3.0 m、5.0 m、7.0 m 深度取样。

深层土壤取样：计划按照 0.5 m、1.0 m、3.0 m、5.0 m、7.0 m、10.0 m、13.0 m、16.0 m、19.0 m、23.0 m 深度取样。当现场速测结果导致钻孔深度超出预期时，每个土层（大层）应至少采集一个土壤样品，在同一土层中，应通过现场监测和现场判断采集污染较重位置的土壤样品，如同一土层厚度超过 3 m，为确定其垂直分布，每 2-3 m 应采集一个土壤样品。

此次采样深度的设计根据工作方案与专家意见，一方面结合了初步调查阶段

所掌握的场地地层分布信息，保证在每个大层及亚层都采集一定数量的土壤样品，另一方面满足《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）中对土壤监测点位采样深度的设计要求，同时结合现场实际快速检测结果，最终能够达到反映土壤中污染物分布的要求。

6.1.2.2 监测井

根据地下水采样点位数为每 6400m^2 不少于 1 个的总体要求，详细调查阶段原计划新建 31 口地下水监测井。采样过程中将根据现场情况选择 7 个点位建立深浅对井，由此地下水监测井总数不低于 40 口，地下水监测井计划点位布设见图 6-2。

图 6-2 详细调查阶段地下水监测井点位布设

6.1.2.3 地表水/底泥

地表水与底泥的样品采集为明确厂区建筑及生产设施拆除后遗留的低洼积水区是否受到地块生产活动影响，为此计划在地块内布设 3 个地表水采样点，同时采集相应的底泥样品，采样点位示意图见图 6-3。

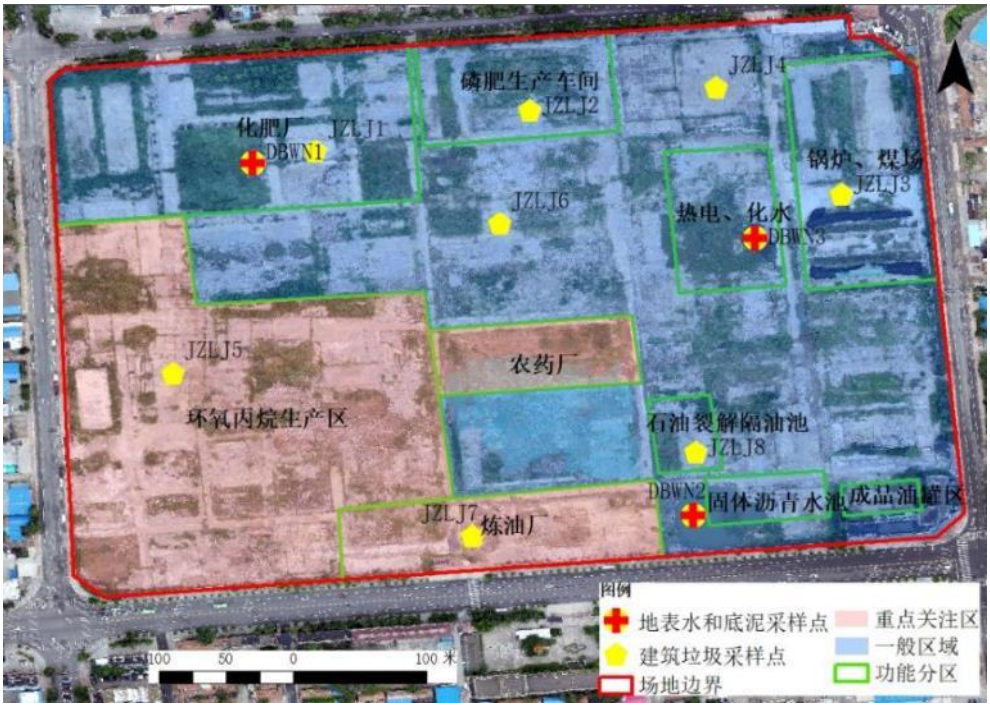


图 6-3 详细调查阶段地表水/底泥采样点位布设

6.1.2.4 建筑垃圾

本项目场地内建筑物已经完成拆除和搬迁，但地面仍然有遗撒的建筑垃圾碎块以及渣土堆，为判断这些渣土和建筑垃圾的污染情况，需进行采样分析，以便后续进行相应的管理。本项目根据污染识别情况，计划设置 8 个渣土及建筑垃圾采样点，编号为 JZLJ1 至 JZLJZ8，采样点分布如图 6-3 所示。

6.1.3 放点及钻探

6.1.3.1 采样点放点

进场后，采用 GPS 确定土壤探孔位置，并如图 6-4 所示做好标记，整个采样过程中场地封闭，不会有外来无关人员移动标记位置，且钻机钻孔前，采样人员对点位进行再次确认。

图 6-4 现场放点

场地内存在混凝土硬化层，在钻机钻孔前对点位上层硬化进行破碎处理。

图 6-5 点位表层硬化破碎

6.1.3.2 钻探设备及方法

现场共采用三种土孔钻探方式，分别为 30 钻机，Geoprobe 专业钻机和声频钻机。钻探过程优先选用 Geoprobe 专业钻机采用直推方式采样，在钻探过程中，发现部分区域除表面硬化层外，下层仍存在水泥硬化薄层，对于这些不适用 Geoprobe 钻探的区域选择声频钻或 30 钻机。

Geoprobe

30 钻机

声频钻

图 6-6 钻孔现场照片

6.1.3.3 钻探要求

土孔钻探按照钻机架设、开孔、钻进、取样、封孔、点位复测的流程进行，各环节严格按照相应技术要求规范操作：

（1）根据钻探设备实际需要清理钻探作业面，架设钻机，设立警示牌或警戒线。

（2）开孔直径应大于正常钻探的钻头直径，开孔深度应超过钻具长度。

（3）每次钻进深度在 50cm~150cm 范围内，岩芯平均采取率一般不小于 70%，其中，粘性土及完整基岩的岩芯采取率不应小于 85%，砂土类地层的岩芯采取率

不应小于 65%，碎石土类地层岩芯采取率不应小于 50%，强风化、破碎基岩的岩芯采取率不应小于 40%。

（4）钻孔过程采用无浆液钻进，全程套管跟进，防止钻孔坍塌和上下层交叉污染；不同样品采集之间应对钻头和钻杆进行清洗，清洗废水应集中收集处置；钻进过程中揭露地下水时，要停钻等水，待水位稳定后，测量并记录初见水位及静止水位；土壤岩芯样品应按照揭露顺序依次放入岩芯箱，对土层变层位置进行标识。

（5）钻孔过程中要求填写土壤钻孔采样记录单，对采样点、钻进操作、岩芯箱、钻孔记录单等环节进行拍照记录；

钻孔拍照要求：应体现钻孔作业中开孔、套管跟进、钻杆更换和取土器使用、原状土样采集等环节操作要求，每个环节至少 1 张照片；

岩芯箱拍照要求：体现整个钻孔土层的结构特征，重点突出土层的地质变化和污染特征，每个岩芯箱至少 1 张照片；

其他照片还包括钻孔照片（含钻孔编号和钻孔深度）、钻孔记录单照片等。

（5）钻孔结束后，对于不需设立地下水采样井的钻孔应立即封孔并清理恢复作业区地面。

（6）钻孔结束后，使用全球定位系统（GPS）对钻孔的坐标进行复测，记录坐标和高程。

（7）钻孔过程中产生的污染土壤统一回填处理，对废弃的一次性手套、口罩等个人防护用品应按照一般固体废物处置要求进行收集处置。

6.1.3.4 监测井建井

本项目地下水采样井以调查潜水层为主。根据地下水采样目的，合理对采样井结构进行了设计，具体包括井管、滤水管、填料等，相关技术路线与采样井结构见图 6-7。

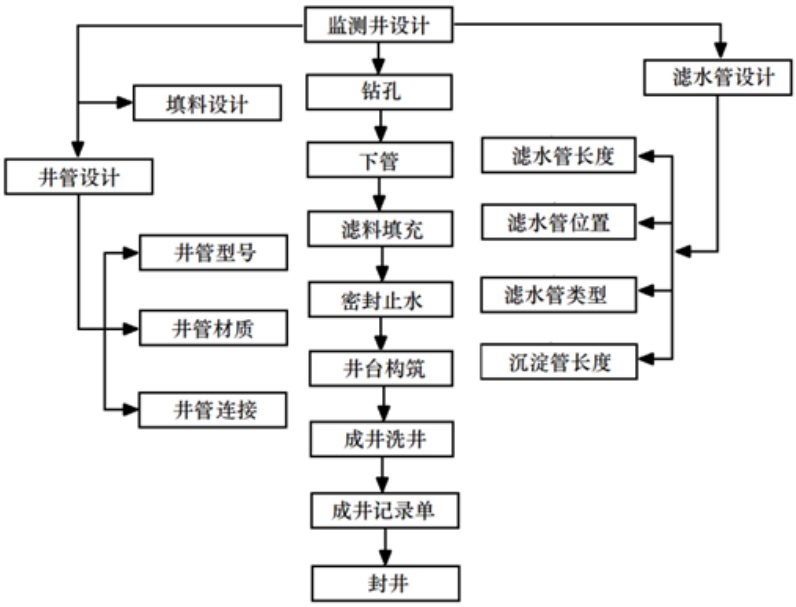


图 6-7 地下水采样井建井技术路线

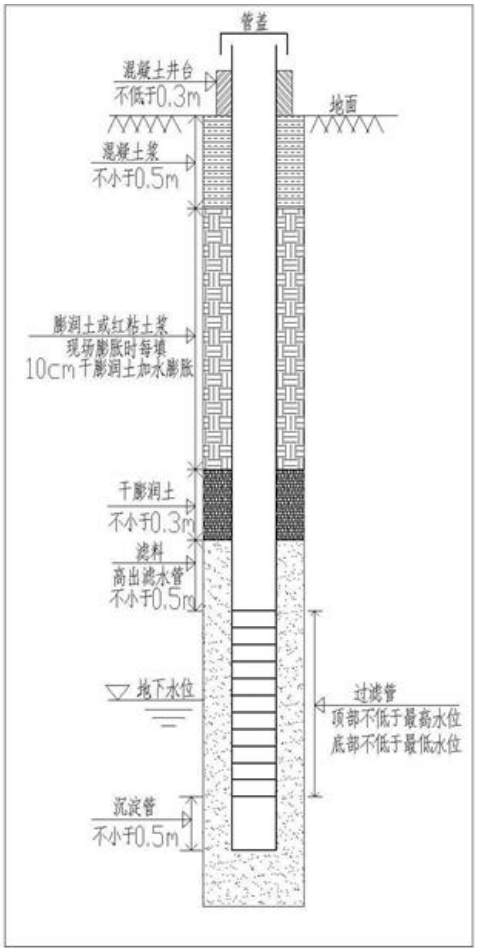


图 6-8 地下水采样井建井结构示意图

（1）井管设计

地下水采样井井管的内径要求不小于 50mm。考虑到井管内径过大会导致地

下水紊流，容易使土壤颗粒进入地下水中，故应在满足洗井和样品采集要求的前提下，尽量选择小口径井管。本项目监测井内径为 50mm。

地下水采样井井管选择坚固、耐腐蚀、不会对地下水水质造成污染的材料制成。当地下水检测项目为有机物或地下水需要长期监测时，宜选择不锈钢材质井管；当检测项目为无机物或地下水的腐蚀性较强时，宜选择聚氯乙烯（PVC）材质管件，井管材质选择具体参照表 6-1。

表 6-1 井管材质选择要求

污染物	第一选择	第二选择	禁用材质
金属	聚四氟乙烯（PTFE）	优先序：丙烯腈-苯乙烯-丁二烯共聚物（ABS）＞硬聚氯乙稀（UPVC）＞PVC	不锈钢
有机物	304 不锈钢 316 不锈钢	优先序：PTFE＞ABS＞UPVC＞PVC	无
金属和有机物	无	优先序：PTFE＞ABS＞UPVC＞PVC	不锈钢

本项目井管连接采用螺纹进行连接，没有使用粘合剂，并避免连接处发生渗漏。井管连接后，保持各井管轴心线一致。

（2）滤水管设计

滤水管的型号、材质等与井管匹配，按以下设计要求选择：

①滤水管长度：为了避免钻穿含水层底板，地下水水位以下的滤水管长度不宜超过 3m，地下水水位以上的滤水管长度根据地下水水位动态变化确定。

②滤水管位置：滤水管应置于拟取样含水层中以取得代表性水样。若地下水中可能或已经发现存在低密度非水相液体（LNAPL），滤水管位置应达到潜水面处；若地下水中可能或已经发现存在高密度非水相液体（DNAPL），滤水管应达到潜水层的底部，但应避免穿透隔水层。

③滤水管类型：宜选用缝宽 0.2mm~0.5mm 的割缝筛管或孔隙能够阻挡 90%的滤层材料的滤水管，割缝筛管具体选择依据见表 6-2。滤水管钻孔直径不超过 5mm，钻孔之间距离在 10mm~20mm，滤水管外以细铁丝包裹和固定 3 层的 40 目尼龙网。

表 6-2 割缝筛管选择要求

割缝筛管类型	含水层类型		
	均匀的中粗砂	非均匀的	
		中砂	粗砂
包网割缝筛管	δ=(1.5~2) d50	δ= d40~ d50	δ= d30~ d40

割缝筛管类型	含水层类型		
	均匀的中粗砂	非均匀的	
		中砂	粗砂
缠丝割缝筛管或其他割缝筛管	δ=(1~1.5) d50		
注：δ为滤缝宽度；d30、d40、d50 分别为含水层试样在筛分时能通过筛眼的颗粒累计重量占试样全重分别为 30%、40%、50%时的筛眼直径。			

本项目所使用的井管和滤水管如图6-9所示，井管材质为PVC，直径50mm，滤水管为成品滤水管，连接处采用螺纹进行连接，无需使用粘合剂。

图 6-9 本项目使用井管与滤水管

（3）填料设计

地下水采样井填料从下至上依次为滤料层、止水层、回填层，各层填料要求如下：

①滤料层应从沉淀管（或管堵）底部一定距离到滤水管顶部以上 50cm。滤料层超出部分可容许在成井、洗井的过程中有少量的细颗粒土壤进入滤料层。

滤料层材料宜选择球度与圆度好、无污染的石英砂，使用前应经过筛选和清洗，避免影响地下水水质。滤料的粒径根据目标含水层土壤的粒度确定，一般以1mm~2mm 粒径为宜，具体可参照表 6-3。

②止水层主要用于防止滤料层以上的外来水通过滤料层进入井内。止水部位应根据钻孔含水层的分布情况确定，一般选择在隔水层或弱透水层处。

止水层的填充高度应达到滤料层以 50cm。为了保证止水效果，建议选用直径 20mm~40mm 球状膨润土分两段进行填充，第一段从滤料层往上填充不小于30cm 的干膨润土，然后采用加水膨润土或膨润土浆继续填充至距离地面 50cm 处。

③回填层位于止水层之上至采样井顶部，宜根据场地条件选择合适的回填材料。优先选用膨润土作为回填材料，当地下水含有可能导致膨润土水化不良的成分时，宜选择混凝土浆作为回填材料。使用混凝土浆作为回填材料时，为延缓固化时间，可在混凝土浆中添加 5%~10%的膨润土。

表 6-3 滤料直径的选择

含水层类型	砂土类含水层	碎石土类含水层	
	η1<10	d20<2 mm	d20≥2 mm
滤料的尺寸（D）	D50=（6~8）d50mm	D50=（6~8）d20mm	D=10~20mm
滤料的 η2 要求	η2<10		
注：①表中 η1 和 η2 分别为含水层和滤料的不均匀系数。即 η1=d60/d10；η2=D60/D10。②d10,d20,d50,d60 和 D10,D50,D60 分别为含水层试样和滤料试样在筛分时能通过筛眼的颗粒累计重量占筛样全重依次为 10%,20%,50%,60%时的筛眼直径。			

监测井建设方法如下：

地下水监测井建设过程包括钻孔、下管、填充滤料、密封止水、井台构筑（长期监测井需要）、成井洗井、封井等步骤，没步均按照相应技术规范操作：

（1）钻孔

钻孔直径应至少大于井管直径 50mm。钻孔达到设定深度后进行钻孔掏洗，以清除钻孔中的泥浆和钻屑，然后静置 2h~3h 并记录静止水位。

（2）下管

下管前应校正孔深，按先后次序将井管逐根丈量、排列、编号、试扣，确保下管深度和滤水管安装位置准确无误。井管下放速度不宜太快，中途遇阻时可适当上下提动和转动井管，必要时应将井管提出，清除孔内障碍后再下管。下管完成后，将其扶正、固定，井管应与钻孔轴心重合。

（3）滤料填充

使用导砂管将滤料缓慢填充至管壁与孔壁中的环形空隙内，应沿着井管四周均匀填充，避免从单一方位填入，一边填充一边晃动井管，防止滤料填充时形成架桥或卡锁现象。

滤料填充过程应进行测量，确保滤料填充至设计高度。

（4）密封止水

密封止水应从滤料层往上填充，直至距离地面 50cm。若采用膨润土球作为止水材料，每填充 10cm 需向钻孔中均匀注入少量的清洁水，填充过程中应进行

测量，确保止水材料填充至设计高度，静置待膨润土充分膨胀、水化和凝结（具体根据膨润土供应厂商建议时间调整），然后回填混凝土浆层。

（5）井台构筑

若地下水采样井需建成长期监测井，则应设置保护性的井台构筑。井台构筑通常分为明显式和隐藏式井台，隐藏式井台与地面齐平，适用于路面等特殊位置。在产企业地下水采样井应建成长期监测井。

明显式井台地上部分井管长度应保留 30cm~50cm，井口用与井管同材质的管帽封堵，地上部分的井管应采用管套保护（管套应选择强度较大且不宜损坏材质），管套与井管之间注混凝土浆固定，井台高度应不小于 30cm。

井台应设置标示牌，需注明采样井编号、负责人、联系方式等信息。

（6）成井洗井

地下水采样井建成至少 24h 后（待井内的填料得到充分养护、稳定后），才能进行洗井。

洗井时一般控制流速不超过 3.8L/min，成井洗井达标直观判断水质基本上达到水清砂净（即基本透明无色、无沉砂），同时监测 pH 值、电导率、浊度、水温等参数值达到稳定（连续三次监测数值浮动在±10%以内），或浊度小于 50NTU。避免使用大流量抽水或高气压气提的洗井设备，以免损坏滤水管和滤料层。

洗井过程要防止交叉污染，贝勒管洗井时应一井一管，气囊泵、潜水泵在洗井前要清洗泵体和管线，清洗废水要收集处置。

（7）成井记录单

成井后测量记录点位坐标及管口高程，填写成井记录单、地下水采样井洗井记录单；成井过程中对井管处理（滤水管钻孔或割缝、包网处理、井管连接等）、滤料填充和止水材料、洗井作业和洗井合格出水、井台构筑（含井牌）等关键环节或信息应拍照记录，每个环节不少于 1 张照片，以备质量控制。

（8）封井

采样完成后，非长期监测的采样井应进行封井。封井应从井底至地面下 50cm 全部用直径为 20mm~40mm 的优质无污染的膨润土球封堵。

膨润土球一般采用提拉式填充，将直径小于井内径的硬质细管提前下入井中（根据现场情况尽量选择小直径细管），向细管与井壁的环形空间填充一定量的膨润土球，然后缓慢向上提管，反复抽提防止井下搭桥，确保膨润土球全部落入

井中，再进行下一批次膨润土球的填充。

全部膨润土球填充完成后应静置 24h，测量膨润土填充高度，判断是否达到预定封井高度，并于 7 天后再次检查封井情况，如发现塌陷应立即补填，直至符合规定要求。

将井管高于地面部分进行切割，按照膨润土球填充的操作规程，从膨润土封层向上至地面注入混凝土浆进行封固。

6.1.4 样品采集

6.1.4.1 土壤样品采集

土壤样品采集过程遵照以下原则进行：

（1）用于检测 VOCs 的土壤样品应单独采集，不允许对样品进行均质化处理，也不得采集混合样。

（2）取土器将柱状的钻探岩芯取出后，先采集用于检测 VOCs 的土壤样品，具体流程和要求如下：用刮刀剔除约 1cm~2cm 表层土壤，在新的土壤切面处快速采集样品。针对检测 VOCs 的土壤样品，应用非扰动采样器采集不少于 5 g 原状岩芯的土壤样品推入加有 10 mL 甲醇（色谱级或农残级）保护剂的 40 mL 棕色样品瓶内，推入时将样品瓶略微倾斜，防止将保护剂溅出；检测 VOCs 的土壤样品应采集双份，一份用于检测，一份留作备份。

（3）用于检测含水率、重金属、SVOCs 等指标的土壤样品，可用采样铲将土壤转移至广口样品瓶内并装满填实。

（4）采样过程应剔除石块等杂质，保持采样瓶口螺纹清洁以防止密封不严。

（5）土壤采样完成后，样品瓶需用泡沫塑料袋包裹，随即放入现场带有冷冻蓝冰的样品箱内进行临时保存。

（6）土壤平行样应不少于总样品数的 5%。平行样应在土样同一位置采集，两者检测项目和检测方法应一致，在采样记录单中标注平行样编号及对应的土壤样品编号。

（7）土壤样品采集拍照记录。土壤样品采集过程应针对采样工具、采集位置、VOCs 和 SVOCs 采样瓶土壤装样过程、样品瓶编号、盛放柱状样的岩芯箱、现场检测仪器使用等关键信息拍照记录，每个关键信息至少 1 张照片，以备质量控制。

（8）土壤采样过程中应做好人员安全和健康防护，佩戴安全帽和一次性的口罩、手套，严禁用手直接采集土样，使用后废弃的个人防护用品应统一收集处置；采样前后应对采样器进行除污和清洗，不同土壤样品采集应更换手套，避免交叉污染；采样过程应填写土壤钻孔采样记录单。

6.1.4.2 地下水样品采集

（1）建井及洗井

监测井建成后，采用螺杆自吸泵洗井，本场地监测井回水较快，连续泵抽 15~20min 后，静置 10min 左右，再开始下一个循环，反复洗井 5-7 次，直至出水中无明显泥沙被抽出，成井洗井过程如图 6-10 所示。

图 6-10 螺杆自吸泵洗井

成井洗井结束前出水如图 6-11 所示，可以见到泥沙明显减少。

图 6-11 成井洗井结束前出水

（2）采样前洗井

采用气囊泵进行采样前洗井，洗井过程如图 6-12 所示，采样前洗井按照以下要求进行：

（1）采样前洗井应至少在成井洗井 48h 后开始。

（2）采样前洗井应避免对井内水体产生气提、气曝等扰动。本项目选用气囊泵进行采样前洗井，泵体进水口应置于水面下 1.0m 左右，抽水速率应不大于 0.3L/min，洗井过程应测定地下水位，确保水位下降小于 10cm。若洗井过程中水位下降超过 10cm，则需要适当调低气囊泵或低流量潜水泵的洗井流速。

（3）洗井前对 pH 计、溶解氧仪、电导率和氧化还原电位仪等检测仪器进行现场校正，校正结果填入“地下水采样井洗井记录单”。

开始洗井时，以小流量抽水，记录抽水开始时间，同时洗井过程中每隔 5 分钟读取并记录 pH、温度（T）、电导率、溶解氧（DO）、氧化还原电位（ORP）及浊度，连续三次采样达到以下要求结束洗井：

a）pH 变化范围为±0.1；

b）温度变化范围为±0.5°C；

c）电导率变化范围为±3%；

d）DO 变化范围为±10%，当 DO＜2.0mg/L 时，其变化范围为±0.2mg/L；

e）ORP 变化范围±10mV；

f）10NTU＜浊度＜50NTU 时，其变化范围应在±10%以内；浊度＜10NTU 时，其变化范围为±1.0NTU；若含水层处于粉土或粘土地层时，连续多次洗井后的浊度≥50NTU 时，要求连续三次测量浊度变化值小于 5NTU。

（4）若现场测试参数无法满足（3）中的要求，或不具备现场测试仪器的，则洗井水体积达到 3~5 倍采样井内水体积后即可进行采样。

（5）采样前洗井过程填写地下水采样井洗井记录单。

（6）采样前洗井过程中产生的废水，应统一收集处置。

图 6-12 采样前气囊泵洗井

（3）样品采集

地下水采样前利用水位界面测量仪（可用型号 Solinst Model 122）测定地下水稳定水位；可用多参数水质监测仪型号 HORIBA W-20 XD 测定抽出地下水水质；浊度仪（可用型号 Lamotte 2020），用于测定地下水浊度。当抽出水各项现场水位和水质监测参数（pH、电导率、溶解氧、水温、氧化还原电位、浊度）到达稳定后进行水样采集。判定标准是连续至少 3 组检测读数满足要求后进行水样采集。采样深度应在地下水水面 0.5 m 以下。采样时水样注满容器，上部不留空隙。

6.1.5 样品检测分析

6.1.5.1 现场快速检测

一、快速检测设备及操作

现场快速检测包括应用 X 射线荧光快速检测仪（XRF）、光离子化检测仪（PID）以及生物毒性现场检测等方式，针对对采集衬管内土样进行迅速的剖开检测，并详细记录在现场钻探与采样记录单中。

（1）X 射线荧光快速检测仪（XRF）

XRF 用于土壤重金属快速定性及其含量的半定量检测。XRF 利用 X 射线管产生入射 X 射线（初级 X 射线），激发被测样品。受激发的样品中的每一种元素会放射出次级 X 射线，并且不同的元素所放射出的次级 X 射线具有特定的能量特性或波长特性。探测系统测量这些放射出来的次级 X 射线的能量及波长。仪器软件将探测系统所收集到的信息转换成样品中各种元素的种类及含量。

现场应用便携式 X 射线荧光光谱法进行野外检测土壤和底泥中的重金属污染物浓度时，严格依照美国 EPA 出台的完整的现场操作技术规范（EPA method 6200）里对于 XRF 现场检测土壤样品重金属浓度的各个步骤的详细规定和要求。其主要的工作程序如下所示：

XRF 开机预热与校准：开机，保持至少 15 min 预热，保证仪器达到最佳工作状态。每个工作日开展现场样品采集前，即进行仪器校准，记录校准数据；

现场样品采集与制备：现场工程师分别针对每个采样点进行不同层次样品的采集，采集好的样品置于样品容器中（垫有一次性塑料桌布或一次性 PE 手套等）；挑去样品中含有的石块、植物根系、建筑垃圾等杂物，再对样品进行磨细操作，然后充分混匀；现场判断所采集样品中水分的含量大小，若判断水分含量超过 20%，则对样品进行一定的晾干后再进行仪器检测，若低于 20%时，则可立即进行样品检测；

现场快速检测：将制备好的土壤样品水平放置（保证样品厚度超过 2 cm），并在样品上面平铺一层一次性 PE 手套，保证样品检测表面水平并有一个超过 4 cm^2 的水平面用于检测，将 XRF 前探测窗垂直对准目标土壤样品（置于 PE 手套上），按下 XRF 扫描按键，保持 60s，记录重金属的扫描结果；

检测结果记录：每次测量前为了防止交叉污染均需更换一次性 PE 手套，为了减小测量误差，同时在采样时间充裕的情况下，同一土壤样品可以重复测量 2-3 次，取其平均值作为最终记录结果；

实验室结果验证：对于 XRF 现场检测的样品，挑选其中 5%有代表性的样品送入实验室检测分析，对比 XRF 检测结果，进行相关性分析，只要满足相关性系数大于 0.7 以上的，即表明现场 XRF 数据可用于现场污染状况的表征。

图 6-13 现场 XRF 快速检测

（2）光离子化检测仪（PID）

PID 用于土壤中 VOCs 快速检测，PID 利用紫外光灯的能量离子化有机气体，再加以探测的仪器。其工作原理是利用每一种化合物都具有特定的游离能和游离效率，探测化合物游离后所长生的电流大小来进行半定量分析。

图 6-14 现场 PID 快速检测

二、现场快速检测结果分析

详细调查与补充调查阶段的所有土壤样品均采用现场快速检测设备（PID）进行土壤中 VOCs 快速检测。考虑到重金属随雨水下渗的迁移性，和前期勘察对场地污染的初步判断，对表层 0~7m 土壤样品进行了 XRF 重金属快速检测。根据现场快速检测结果可知，滨化老厂区地块重金属污染可能性较小，深层有机污较严重。

三、快速检测设备校准

在每天使用 PID 进行土壤 VOCs 快速检测前，采用手动标定对仪器进行标定校准，将纯净空气（零点气体）通过气体标定罩导入“检测气体进气口”，启动自动标定程序，使 PID 自动完成整个标定校准过程。

在使用 XRF 对土壤样品进行重金属快速检测之前，每天进行仪器的系统自检，以保证快速检测设备的正常运行，同时每天进行对 XRF 标样的快速测定，以保证检测结果的准确性。

XRF 机器进行定期校正。由表 6-4 可见，检测结果表示铬、砷、铅的偏差均小于 10%，镉的偏差均小于 20%，因此重点污染物的现场快速检测结果较为可靠。

表 6-4 XRF 系统自检

日期	铬	砷	硒	镉	铅
标准样(mg/kg)	500	500	500	500	500
2018/8/28	481.94	442.17	406.57	434.06	472.85
2018/8/29	509	477	389	440	482
2018/8/30	480.38	450.61	396.37	410.35	470.97
2018/8/31	476.97	489.86	485.61	558.87	487.39
2018/9/1	480.97	475.85	469.75	/	469.35
2018/9/2	492.55	469.3	462.87	/	477.25
2018/9/3	530.97	473.44	483.37	/	444.13
2018/9/4	492.4	471.38	458.62	/	495.01
2018/9/5	470.47	482.6	455.88	397.43	448.71
2018/9/6	487.96	468.31	466.55	/	457.26
2018/11/1	451.69	459.89	465.19	460.45	468.87
2018/11/2	467.52	478.62	466.18	469.73	460.03
2018/11/3	470.61	474.2	462.78	461.76	469.44
2018/11/4	463.92	475.18	464.16	456.74	466.24
2018/11/5	460.55	454.97	472.27	478.97	461.38
2018/11/6	478.28	461.03	458.9	465.3	478.84
2018/11/7	479.87	465.83	453.8	470.38	471.41

四、实验室检测与现场快速检测结果对比分析

本场地以铅、砷两种重金属为例，实验室样品数据与 XRF 检测样品结果相关性分析见图 6-15。从中可以看出，铅的现场快速检测结果与实验室分析结果相关性较高 R^2 值等于 0.48，砷的相关性 R^2 值等于 0.32。依照美国 EPA 出台的现场操作技术规范（EPA method 6200），对于 XRF 现场检测的样品，挑选其中 5% 有代表性的样品送入实验室检测分析，现场检测与实验室数据相关性系数大于 0.7 以上的，即表明现场 XRF 数据可用于现场污染状况的表征。

可见砷的快速检测结果与实验室分析详查较大，但本项目场地调查阶段全部

土壤样品都进行了重金属砷的实验室检测分析，因此 XRF 作为辅助表征手段，在本项目中的表征结果可接受。

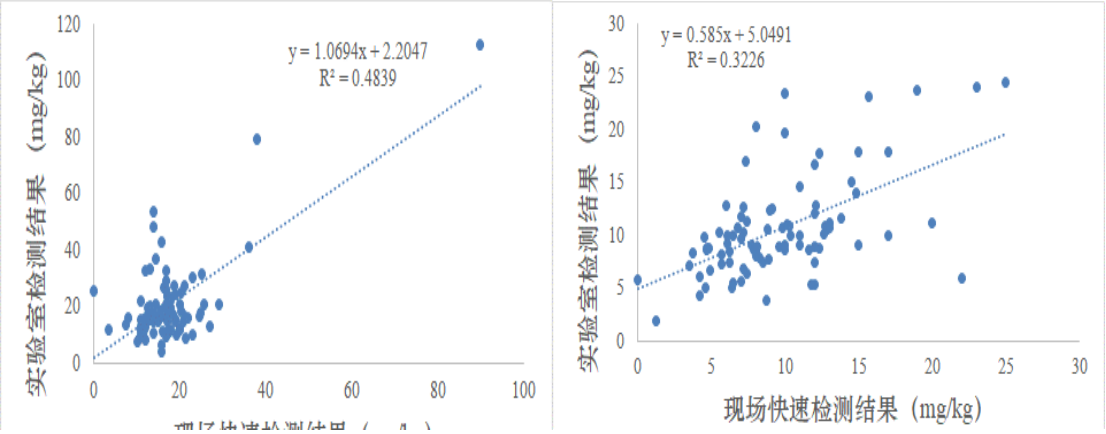


图 6-15 实验室样品数据与 XRF 检测样品结果相关性分析

6.1.5.2 实验室检测

一、土壤/底泥/建筑垃圾检测指标

由于工期及成本的原因，初查与详查同时进行，详细调查阶段在土壤检测指标上进行进一步细化，具体如下。相关底泥与建筑固废物检测指标同土壤，另外加测相关重金属浸出。**以 GB36600-2018 确定的 45 项基本指标+GB36600-2018 确定的挥发性和半挥发性污染物指标+各个区域的特征污染物为重点关注指标**，进行分析测试。具体见表 6-5。

表 6-5 各个区域的土壤污染物检测指标

分区		实验室分析检测指标
重点关注区	环氧丙烷生产区域	pH 45 项“基本指标”中重金属砷及现场疑似指标+“基本指标与其他指标”中挥发性有机物 31 项+“基本指标与其他指标”中半挥发性有机物 20 项
	原农药生产区	pH 45 项“基本指标”中重金属砷及现场疑似指标+“基本指标与其他指标”中挥发性有机物 31 项+部分样品抽查“基本指标与其他指标”中半挥发性有机物 20 项 特征性指标：有机氯农药
	原炼油生产区	pH 45 项“基本指标”中重金属砷及现场疑似指标+“基本指标与其他指标”中挥发性有机物 31 项+部分样品抽查“基本指标与其他指标”中半挥发性有机物 20 项 特征性指标：石油烃（C_{10}-C_{40}）

分区		实验室分析检测指标
疑似污染区	疑似污染区的东南角	pH 45 项“基本指标”中重金属砷及现场疑似指标+“基本指标与其他指标”中挥发性有机物 31 项+部分样品抽查“基本指标与其他指标”中半挥发性有机物 20 项 特征性指标：石油烃（C_{10}-C_{40}）
	其他疑似污染区	pH 5 项“基本指标”中重金属砷及现场疑似指标+“基本指标与其他指标”中挥发性有机物 31 项+部分样品抽查“基本指标与其他指标”中半挥发性有机物 20 项

土壤各种污染物的检测分析方法世行，优先选择《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）内推荐的国标且有资质的方法。对于没有国标方法或者没有资质的污染物，采用有资质的“EPA 方法”替代。

表 6-6 土壤检测方法列表

检测项目	检测方法	方法名称
pH	NY/T 1121.2-2006	土壤 pH 的测定电极法
半挥发性有机物	HJ 834-2017	土壤和沉积物半挥发性有机物的测定气相色谱-质谱法
半挥发性有机物,有机磷农药	USEPA 8270D-2014	半挥发性有机物气相色谱-质谱法
二噁英	HJ77.4-2008	土壤和沉积物二恶英类的测定同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法
干物质	HJ 613-2011	土壤干物质和水分的测定重量法
镉,铅	GB/T 17141-1997	土壤质量铅、镉的测定石墨炉原子吸收分光光度法
挥发性有机物	HJ 605-2011	土壤和沉积物挥发性有机物的测定吹扫捕集气相色谱-质谱法
六价铬	USEPA 3060A-1996 & USEPA 7196A-1992	土壤中 Cr6+ 分析分光光度法
镍	GB/T 17139-1997	土壤质量镍的测定火焰原子吸收分光光度法
砷	HJ 680-2013	土壤和沉积物土壤和沉积物汞、砷、硒、铋、锑的测定微波消解/原子荧光法
铜,锌	GB/T 17138-1997	土壤质量铜、锌的测定火焰原子吸收分光光度法
有机氯农药	HJ 835-2017	土壤和沉积物有机氯农药的测定气相色谱-质谱法
总石油烃	ISO16703:2011	土壤中石油烃类的测定

二、地下水/地表水检测指标

根据前期调查与初步调查阶段地下水检测结果，挑选超标与特征性的指标进行详细调查阶段地下水/地表水实验室检测，具体如表 6-7。

表 6-7 详细调查阶段地下水/地表水样品检测指标

项目	实验室分析检测指标
常规	pH、溶解性总固体、色度、耗氧量
重金属	砷、六价铬、钼、钠
无机盐	碘化物、氟化物、氯化物、硫酸盐
有机物	挥发性有机物、半挥发性有机物、总石油烃

检测方法上，优先选择《地下水质量标准》内推荐的国标且有资质的方法。对于没有“国标方法”或者没有资质的污染物，采用有资质的“EPA 方法”替代。

表 6-8 地下水检测方法列表

分析指标	方法
pH	GB/T 5750.4-2006（5.1）生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标玻璃电极法
氨氮	HJ 535-2009 水质氨氮的测定纳氏试剂分光光度法
半挥发性有机物	USEPA 8270D-2014 半挥发性有机物气相色谱-质谱法
钡,镉,钴,锰,钼,镍,铍,铅,砷,铊,锑,铜,硒,锌,银	HJ 700-2014 水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法
碘化物	GB/T 5750.5-2006(11.2)生活饮用水标准检验方法无机非金属指标
氟化物	GB 7484-87 水质氟化物的测定离子选择电极法
	GB/T 5750.5-2006（3.1）生活饮用水标准检验方法无机非金属指标
汞	HJ 694-2014 水质汞、砷、硒、铋和锑的测定原子荧光法
耗氧量	GB/T 5750.7-2006 生活饮用水标准检验方法有机物综合指标
挥发酚	HJ 503-2009 水质挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法
挥发性有机物	HJ 639-2012 水质挥发性有机物的测定吹扫捕集/气相色谱-质谱法
硫化物	GB/T 16489-1996 水质硫化物的测定亚甲基蓝分光光度法
硫酸盐	GB/T 5750.5-2006(1.3)生活饮用水标准检验方法无机非金属指标
	HJ/T 342-2007 水质硫酸盐的测定铬酸钡分光光度法（试行)
六价铬	GB/T 5750.6-2006(10.1)生活饮用水标准检验方法金属指标
铝,钠,硼,铁	HJ 776-2015 水质 32 种元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法
氯化物	GB/T 5750.5-2006（2.1）生活饮用水标准检验方法无机非金属指标
氰化物	GB/T 5750.5-2006（4.1）生活饮用水标准检验方法无机非金属指标
溶解性总固体	GB/T 5750.4-2006(8.1)生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标
肉眼可见物	GB/T5750.4-2006(4.1)生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标
色度	GB/T 5750.4-2006(1.1)生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标
硝酸盐氮	GB/T 5750.5-2006(5.2)生活饮用水标准检验方法无机非金属指标
嗅和味	GB/T5750.4-2006(3.1)生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标
亚硝酸盐氮	GB/T 5750.5-2006(10.1)生活饮用水标准检验方法无机非金属指标
阴离子表面活性剂	GB/T 5750.4-2006（10.1）生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标
浊度	GB/T 5750.4-2006(2.1)生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标
总石油烃	HJ 894-2017 水质可萃取性石油烃（C10-C40）的测定气相色谱法
总硬度	GB/T 5750.4-2006(7.1)生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标

三、其它特征指标

由于滨化老厂区生产历史久远，为进一步探明该地块受污染情况，经咨询专家意见，还设置了 4 个环氧丙烷和 3 个二噁英土壤样品检测，均分布于相关生产

区且 PID 速测读数较高处。

6.2 补充调查方案

6.2.1 调查目的及原则

结合地块初步调查和详细调查结果，**对疑似污染区内进行土壤加密布点**，旨在进一步查明调查区的污染特征及边界，为地块风险评估及土地未来的修复治理及利用提供详实的数据支撑。

此阶段工作的主要目标是针对前阶段调查所识别和确认的污染物种类、浓度及其分布范围和区域重点展开，在污染物分布种类多、浓度大的区域补充布点，进一步确定污染物的种类和浓度，更加准确的圈定污染物的分布范围，进一步明确污染边界与污染深度，为合理确定修复范围提供可靠依据。

补充调查遵循如下工作原则：

- 通过增设采样点，清晰界定土壤污染范围与地块边界的关系；
- 加密边界划定遵循 40*40m 网格划分，即以疑似区超标点位相近不超标点位为加密边界；
- 现有的反距离法、泰森多边形法等，插值结果均受点位分布影响，部分边界不合理易导致污染范围扩大，需通过增适采样点，精准刻画污染范围；
- 由于本地块面积大、污染类型复杂、数据的空间变异和不确定性，可通过科学有效方法，通过增设少量监测点位，最大程度降低修复范围的不确定性。
- 前期调查、初步调查和详细调查已包含相关地下水、地表水/底泥和建筑固废物且基本能够满足相关要求，故本次补充调查主要以土壤调查为主。

依据环境保护部公告（公告 2017 年第 72 号）《建设用地土壤环境调查评估技术指南》要求，“对于根据污染识别和初步调查筛选的涉嫌污染的区域,**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。地下水采样点位数每 6400m^2 不少于 1 个。”

6.2.2 调查依据

6.2.2.1 现场快速检测结果

由初步调查可知，该地块主要存在还是有机污染，而主要污染物以挥发性有

机物（VOCs）为主，可见进行 PID 现场快速检测可以辅助进行地块污染初步判断，对场地挥发性有机物污染状况进行初步分析，对下一步补充调查提供一定数据支撑。

相关现场 PID 数据统计分析如表 6-9 所示，现场 PID 读数大于 10 ppm 样品数为 889 个，占比 43.39%，整个场地 PID 检测结果最大值出现在环氧丙烷生产区（4425 ppm），其次是炼油厂（2548 ppm）、农药厂（850 ppm）、疑似污染区（555ppm）。分析地块点位 PID 读数最大值如表 6-9 所示，读数较高的点位还是集中于重点关注区内，尤其是环氧丙烷生产车间附近。此外，疑似污染区东南侧原油罐区、西北侧原固片碱生产区、中部原一二期电解区、原农药厂东侧部分区域 PID 读数也存在较高现象，在详查数据还不充分的前提下可以支撑下一步补充调查工作的开展，可以看出初步估计以上区域需要开展补充调查，

表 6-9 现场 PID 数据统计（mg/kg）

分区	样品个数	最大值	平均值
环氧丙烷生产区	1076	4425	73.72
农药厂	132	850	105.68
炼油厂	286	2548	140.27
疑似区	555	1300	6.26
总计	2049	4425	66.78

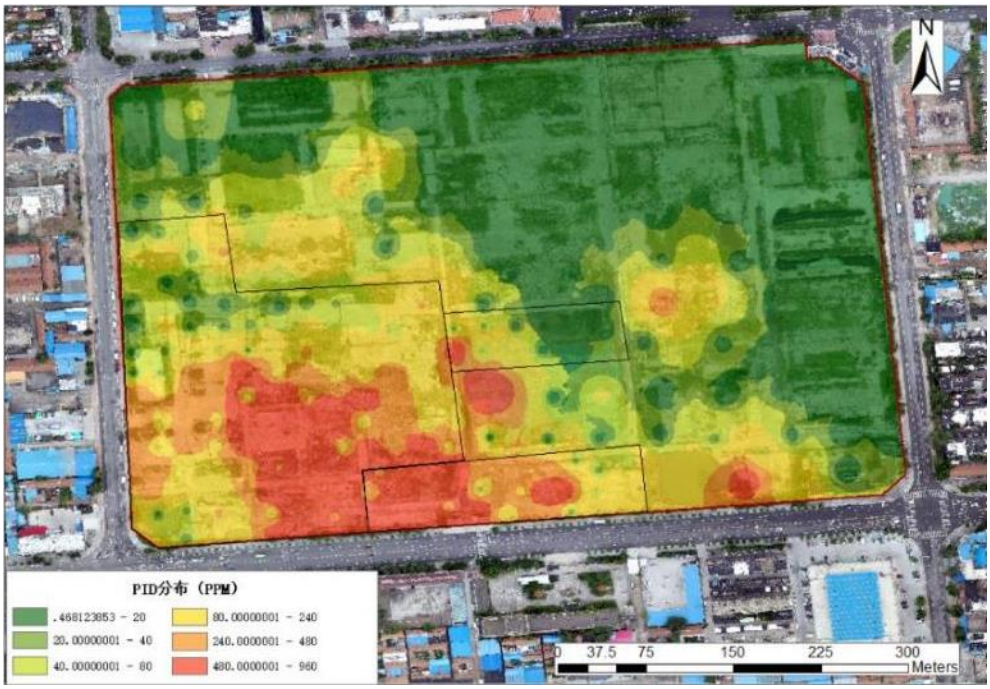


图 6-16 滨化老厂区地块 PID 数据初步分析

6.2.2.2 实验室数据初步分析

在实验室完成样品分析检测工作后，我们对前期+初查+详查阶段的数据进行了初步分析，分析结果表明超标点位多集中于重点关注区，但疑似污染区还是存在超标现象，分布及污染物种类情况如图 6-17 所示。由图只统计了疑似区有机污染物超标情况，重金属只有砷超标较为普遍且污染严重点位主要集中在重点关注区，故未纳入本次评估。可见疑似污染区超标点位主要集中在老厂区东侧 PO 罐区与氯碱维修区，以及中部离子膜电解区，其余则较为分散。污染种类也主要以挥发性有机物为主，半挥发性有机物与总石油烃只存在个别点位。污染深度上较重点关注区浅，最深位于离子膜电解区至 15 m，其余为 0.5~9 m 不等。

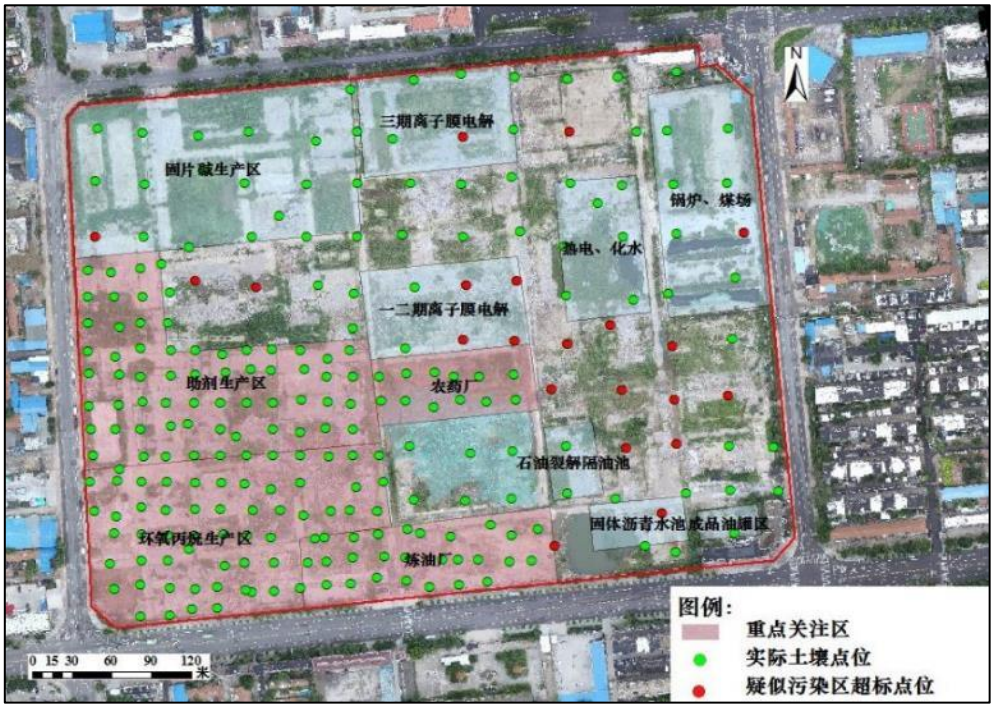


图 6-17 疑似污染区点位超标情况示意图

6.2.3 补充调查及采样

6.2.3.1 点位分布

结合地块初步调查和详细调查结果，对疑似污染区内进行土壤加密布点，旨在进一步查明调查区的污染特征及边界，为地块风险评估及土地未来的修复治理及利用提供详实的数据支撑。此阶段工作的主要目标是针对前阶段调查所识别和确认的污染物种类、浓度及其分布范围和区域重点展开，在污染物分布种类多、浓度大的区域补充布点，进一步确定污染物的种类和浓度，更加准确的圈定污染

物的分布范围，进一步明确污染边界与污染深度，为合理确定修复范围提供可靠依据。

基于以上，根据目前阶段数据所反应的场地超标污染物空间分布特点，本次加密调查阶段共布设土壤采样点 55 个。其中，疑似污染区主要在超标点位周边进行进一步加密调查；重点关注区域在详细调查布点网格已经基本达到 20m*20m 的要求，因此本阶段只设置一个 38m 土壤钻孔，以进一步明确该区域污染深度。具体如图 6-18 所示。

图 6-18 补充调查土壤点位分布图

6.2.3.2 深度设置

1、总体要求

本次补充调查考虑控制成本和节约时间因素，补充调查点位主要集中在疑似污染区超标点位周围，深度设置参考超标点位最大污染深度，至少超过最大污染深度。

3、取样深度

本次取样深度同详细调查，浅孔按照 0.5 m、1.0 m、3.0 m、5.0 m、7.0 m 深度取样，深孔按照 0.5 m、1.0 m、3.0 m、5.0 m、7.0 m、10.0 m、13.0 m、16.0 m、19.0 m、23.0 m 深度取样。在实际取样过程中，结合现场快速检测结果，在读数较高、有明显颜色或异味的深度，多加一个样品，当现场速测结果导致钻孔深度

超出预期时，每个点位的终孔采集一个土壤样品。

6.2.3.3 检测指标

补充调查考虑重金属只有砷超标较为普遍，其余重金属在疑似区只存在个别超标详细且不严重，故重金属只检测砷。挥发性有机物 VOCs 按照 GB36600-2018“基本指标与其他指标”中挥发性有机物 31 项检测。半挥发性有机物 SVOCs 按照 GB36600-2018 “基本指标与其他指标”中半挥发性有机物 20 项检测。其余有机农药与石油烃 C_{10}-C_{40} 均按照 GB36600-2018 相关指标进行检测，检测方法同详细调查。具体点位检测指标见表 6-10。

表 6-10 补充调查终孔深度与检测指标

点位编号	终孔（m)	检测指标	点位编号	终孔（m)	检测指标
BCS1	38	As、VOCs	BCS30	9	As、VOCs
BCS2	7.5	As、VOCs	BCS31	9	As、VOCs 有机农药
BCS3	7.5	As、VOCs	BCS32	9	As、VOCs
BCS4	7.5	As、VOCs	BCS33	9	As、VOCs
BCS5	7.5	As、VOCs	BCS34	9	As、VOCs、SVOCs
BCS6	16.5	As、VOCs	BCS35	9	As、VOCs
BCS7	3	As、VOCs	BCS36	9	As、VOCs
BCS8	3	As、VOCs	BCS37	9	As、VOCs
BCS9	3	As、VOCs	BCS38	9	As、VOCs
BCS10	12	As、VOCs	BCS39	10.5	As、VOCs
BCS11	12	As、VOCs	BCS40	10.5	As、VOCs
BCS12	12	As、VOCs	BCS41	1.5	As、VOCs、SVOCs
BCS13	12	As、VOCs	BCS42	1.5	As、VOCs、SVOCs
BCS14	15	As、VOCs	BCS43	1.5	As、VOCs、SVOCs
BCS18	15	As、VOCs	BCS44	4.5	As、VOCs、C_{10}-C_{40}
BCS19	15	As、VOCs	BCS45	4.5	As、VOCs
BCS20	15	As、VOCs	BCS46	4.5	As、VOCs
BCS21	15	As、VOCs	BCS47	3	As、VOCs、C_{10}-C_{40}
BCS22	15	As、VOCs	BCS48	3	As、VOCs、C_{10}-C_{40}
BCS23	15	As、VOCs	BCS49	3	As、VOCs、C_{10}-C_{40}
BCS24	15	As、VOCs、有机农药	BCS50	3	As、VOCs、C_{10}-C_{40}
BCS25	6	As、VOCs	BCS51	3	As、VOCs
BCS26	6	As、VOCs	BCS52	3	As、VOCs
BCS27	9	As、VOCs	BCS53	3	As、VOCs
BCS28	12	As、VOCs	BCS54	3	As、VOCs
BCS29	6	As、VOCs	BCS55	10.5	As、VOCs

6.2.3.4 工作量统计

本次补充调查计划钻取土壤点位 55 个，总进尺共计 455m，计划送检土壤样品 292 个。

6.3 质量控制与保障

6.3.1 现场采样质量控制

（1）样品采集过程检查

样品采集过程检查分为采样现场检查和采样文件资料检查，详见表 6-11。

表 6-11 采样质量检查内容

检查类别	检查内容	检查要点
现场检查	采样点	样点的代表性与合理性、采样位置的正确性、GPS 航迹图等
	采样方法	采样深度、多点混合采样方法等
	采样记录	样品编号、样点坐标、样品特征、采样点环境描述的真实性、完整性等
	样品	样品组成、样品重量和数量、样品标签、样品防玷污措施、记录表一致性等
	样品交接	样品交接程序、交接单填写是否规范、完整等
文件资料	采样点位图	样点的合理性、实际采样位置相比计划点位位移情况、实际采样点位图与 GPS 航迹的一致性
	记录表	记录表填写内容完整性和正确性、纸质记录表的装订情况
	样品贮存	样品存放防玷污、防腐、防虫等措施、样品入库管理措施等

每个采样小组应指定 1 名兼职质量检查员，负责对本小组采样工作进行自检，每个采样单位应指定至少 1 名专职的采样质量监督员，负责对本单位采样工作质量进行检查。采样小组开展自检，应达到 100%；采样单位采样文件资料的检查应达到总工作量的 100%。对检查中发现的问题，质量监督检查人员应及时向有关责任人指出，并根据问题的严重程度督促其采取适当的纠正和预防措施。各级质量检查均应填写相应的检查记录表，采样现场检查结果和采样文件资料检查结果应分别记录于详查采样现场检查登记表和采样文件资料检查登记表。质量检查人员应依据采样质量检查情况对样品采集工作质量进行综合评述。

（2）现场记录与样品质量要求

现场采样时详细填写现场观察的记录单，对于土壤样品：记录土层深度、土壤质地、气味、气象条件等；对于地下水样品：记录水井的深度、地下水的颜色、气味、周边的其它环境影响因子；以便为场地水文地质、污染现状等分析工作提供依据。

样品采集完成后，在样品瓶上标明编号等采样信息，并做好现场记录。所有样品采集后放入装有蓝冰的低温保温箱中，并及时送至实验室进行分析。在样品

运送过程中，要确保保温箱能满足样品对低温的要求。

（3）样品质量控制要求

为确保采集、运输、贮存过程中的样品质量，本项目在现场采样过程中设定现场质量控制样品，包括现场平行样、相应数量的采样工具清洗空白、运输空白样等。在采样过程中，参照国内外相关技术规范采集相应的土壤样品，采集不低于 5%的平行样（样品总数不足 20 个时设置 1 个平行样；超过 20 个时，每 20 个样品设置 1 个平行样）。

（4）人员内部质量控制

指定作风严谨、工作认真、具有污染地块调查经验的专业技术人员为项目负责人，职称上项目负责人具有环境类的正高级职称参与。同时人员在职称结构上、人员数量上完全满足本项目开展需求。项目团队内部保证分工明确、责任到人、保障有力；项目团队内安排 2 名质量检查员，对信息采集工作质量进行自审。质量监督检查员负责对本单位信息采集工作质量进行内审。

6.3.2 样品现场保存

（1）样品保存方法

土壤样品保存方法参照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）和全国土壤污染状况详查相关技术规定执行，地下水样品保存方法参照《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）和《全国土壤污染状况详查地下水样品分析方法技术规定》执行。样品保存应遵循以下原则进行：

①根据不同检测项目要求，应在采样前向样品瓶中添加一定量的保护剂，在样品瓶标签上标注检测单位内控编号，并标注样品有效时间。

②样品现场暂存。采样现场需配备样品保温箱，内置冰冻蓝冰。样品采集后应立即存放至保温箱内，样品采集当天不能寄送至实验室时，样品需用冷藏柜在 4°C 温度下避光保存。

③样品流转保存。样品应保存在有冰冻蓝冰的保温箱内寄送或运送到实验室，样品的有效保存时间为从样品采集完成到分析测试结束。

（2）样品质量检查

投标人将配备样品管理员，样品管理员应对样品标识、包装容器、样品状态保存环境条件监控等进行监督检查并予以记录。对检查中发现的问题，质量检查

人员应及时向有关责任人指出，并根据问题的严重程度督促其采取适当的纠正和预防措施。当在样品采集、制备、流转和检测过程发现但不限于下列严重质量问题时，应重新开展相关工作：

①未按规定的保存方法保存样品；

②未采取有效的环境条件控制措施防止样品在保存过程被玷污。

表 6-12 土样与水样保存方法

介质	检测项目	容器	容积(mL)	注意事项	保存条件	保留时间
土样	重金属 SVOCs TPH	直口透明玻璃瓶	250	装样时土壤与瓶口形状匹配 填满瓶子，少留空气	有蓝冰保温箱约 4°C	<28 天
	VOCs	装有 10mL 甲醇保护液的玻璃瓶(配聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖)	40×2	装入约 5g 土样并立即密封 严禁保护液溢出		<7 天
水样	重金属	装有 1mLHNO_3保护液（使 pH<2）塑料瓶	500	装满容器后立即密封 防止气泡，严禁保护液溢出		<28 天
	SVOCs TPH	玻璃瓶(配聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖)	1000	装满容器后立即密封 防止气泡		<7 天
	VOCs	装有 1mLHCl（使 pH<2）保护液的玻璃瓶(配聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖)	40×2	装满容器后立即密封 防止气泡，严禁保护液溢出		<14 天

6.3.3 样品流转过程

（1）装运前核对

样品管理员和质量检查员负责样品装运前的核对，要求样品与采样记录单进行逐个核对，检查无误后分类装箱，并填写“样品保存检查记录单”。如果核对结果发现异常，应及时查明原因，由样品管理员向组长进行报告并记录。

样品装运前，填写“样品运送单”，包括样品名称、采样时间、样品介质、检测指标、检测方法和样品寄送人等信息，样品运送单用防水袋保护，随样品箱一同送达样品检测单位。

样品装箱过程中，要用泡沫材料填充样品瓶和样品箱之间空隙。样品箱用密封胶带打包。

（2）样品运输

样品流转运输应保证样品完好并低温保存，采用适当的减震隔离措施，严防样品瓶的破损、混淆或沾污，在保存时限内运送至样品检测单位。

样品运输应设置运输空白样进行运输过程的质量控制，一个样品运送批次设置一个运输空白样品。

（3）样品接收

投标人负责将样品发送至检测实验室，在样品交接过程中，应对接收样品的质量状况进行检查，检查内容主要包括：样品标识、样品重量、样品数量、样品包装容器、保存温度、样品应送达时限等。

在样品交接过程，检测实验室如发现送交样品有下列严重质量问题，投标人应重新采集问题样品或采取补救措施：

①样品无编号或编号混乱或有重号；

②样品在运输过程中受到破损或玷污；

③样品重量或数量不符合规定要求；

④样品采集后保存时间已超出规定的送检时间；

⑤样品交接时的保存温度等不符合规定要求。

若出现上述情况，样品检测单位的实验室负责人应在“样品运送单”中“特别说明”栏中进行标注，并及时与采样工作组组长沟通。

上述工作完成后，样品检测单位的实验室负责人在纸版样品运送单上签字确认并拍照发给采样单位。样品运送单应作为样品检测报告的附件。

样品检测单位收到样品后，按照样品运送单要求，立即安排样品保存和检测。

6.3.4 现场采样过程环境管理

本项目工业场地调查类工作，现场主要的施工活动为现场土壤钻探采样、建井及样品采集等，运行的主要机械为 Geoprobe 钻机和 SH-30 钻机。虽然钻机工作面积较小，但若不按要求操作，仍可能对周围生态环境造成二次污染，主要环节为使用钻机采样的过程以及机械进出场的过程。

在本项目开展过程中，钻机等机械进出场或运行时有可能会激起扬尘或者将尘土带出厂外，有时会产生噪声。扬尘飘落在周围环境可能对周围环境造成污染。为避免扬尘和噪声对周围生态环境或者居民环境造成污染，项目组在项目进行过程中采取了以下措施减小和避免污染：

（1）扬尘污染：所有设备（钻机、硬化破碎机等）在场地内降低行驶速度，避免激起扬尘，设备在离场前都需要进行去污处理，主要为去除设备上残留附着

土，主要按照下述要求进行去污：1）去除设备上肉眼可见的污染物（比如油污、污染土附着等）；2）用刷子清洗设备；3）对设备进行冲洗；4）肉眼观察是否还有残留污染物。

（2）噪声污染：使用钻机等机械会产生超过一定分贝范围（85dB）的噪音，当正常谈话距离难以听清他人讲话时，噪音等级即为接近或超过 85dB，所以本项目通过合理安排调查取样的时间，尽量避免夜间施工以减少噪声对周边环境的污染。本项目没有受到噪声扰民的投诉事件发生。

（3）现场采样过程中遗弃的废弃物，如手套、塑料袋等集中收集统一处理，不能直接遗弃在场地，钻进取出的土壤在取样结束后进行回填处理，GP 钻进所使用的塑料管，取样结束后统一收集在回收点，由钻机队进行每日回收处理。

图 6-19 使用后废旧 GP 管存放点

6.3.5 现场安全健康防护措施

本项目组人员在从事项目活动时佩戴呼吸防护器材，按照以下步骤和导则来佩戴过滤式呼吸器，并遵守呼吸防护计划。

（1）所有要求使用该器材的员工应首先学习如何正确佩戴呼吸器以达到面罩和面部的密封要求。影响面部密封的情况有：胡须，鬓角，眼镜和上/下假牙。

（2）在现场项目工作中应选择使用混合有机气体和颗粒物（P-100）的过滤式呼吸器滤盒，这些滤盒应能够防御已知浓度的污染物。

（3）在滤盒被穿透前或至少每天更换滤盒。当员工感到吸入阻力开始增加或化学指示特性开始穿透时，也应更换滤盒。

（4）呼吸器和其它非一次性器材应被彻底清洁后置于洁净的存储区域。至少每天清洁一次呼吸器。将面罩拆卸下来，扔掉滤盒，将所有其它部件置于清洗液中。在浸泡适当的时间后，取出部件再放入自来水中。

（5）面罩可自然风干，然后置于无菌袋内，存放于洁净区域。

此外，通过进场前培训使场地调查过程中，个人安全防护需要注意以下几点：

（1）污染气体的个人防护

员工在从事项目活动时若周围空气污染物浓度超标，必须佩戴呼吸防护器材（采用 3M 系列产品）。需要在这些区域工作的人员应按照以下步骤和导则来佩戴过滤式呼吸器，并遵守呼吸防护计划。所有要求使用该器材的员工应首先学习如何正确佩戴呼吸器以达到面罩和面部的密封要求。

在现场项目工作中使用重金属滤毒盒，这种滤盒应能够防御已知浓度的污染物。

（2）进入现场应正确佩戴安全帽

①领用安全帽后对安全帽根据自己情况调整，帽衬顶端与帽壳内顶保持 20-50mm 的空间，形成一个能量吸收缓冲系统，将冲击力分布在头盖骨的整个面积上，减轻对头部的伤害。

②戴正安全帽，必须扣好下颚带。

③安全帽在使用前，要进行外观检查，发现帽壳与帽衬有异常损伤、裂痕就不能再使用，而应当更换新的安全帽。

④安全帽如果较长时间不用，则需存放在干燥通风的地方，远离热源，不受日光的直射。

⑤佩戴安全帽的颜色要求：项目管理层人员佩戴红色

安全帽；一般管理人员佩戴黄色安全帽；一般施工人员佩戴蓝色安全帽；安全检查人员佩戴白色安全帽。

（3）作业人员的脚部防护

根据场地地质条件，现场可能有较多的建筑废渣，废渣跌落会对现场人员脚部造成伤害，为防止废渣、碎石等对人员造成伤害，也为雪天防滑。为作业人员配备安全鞋。

图 6-20 现场采样与钻探人员安全防护

6.3.6 实验室分析质量控制

实验室质量控制包括实验室内的质量控制（内部质量控制）和实验室间的质量控制（外部质量控制）。前者是实验室内部对分析质量进行控制的过程，后者是指由第三方或技术组织通过发放考核样品等方式对各实验室报出合格分析结果的综合能力、数据的可比性和系统误差做出评估的过程。

为确保样品分析质量，本项目土壤样品检测单位选择上海实朴检测技术服务有限公司，该公司已获得计量认证合格（CMA）以及国家认可委员会认可的（CNAS）资质。能够保证分析样品的准确性，仪器按照规定定期校正，在进行样品分析时能对各环节进行质量控制，随时检查和发现分析测试数据是否受控（主要通过标准曲线、精密度、准确度等）。样品测定过程中，每 20 个样品设置 1 个质量保护样（双样，任选一个样品进行同样的编号，同样的测定）。

实验室质控样：除现场平行样外，实验室需具有其内部质控要求，这些实验室质控样品包括：方法空白，实验室控制样，实验室平行样，基质加标样品及基质加标平行样品的检测分析对检测质量进行控制。根据《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004），质控描述、目的和频次见下表 6-13。

表 6-13 实验室质控方案

项目类别	描述	频次
检查校准 (CC)	标准曲线核查 目的：确认标准曲线是否有偏离	1 个/10 个样品
方法空白 （MB）	在样品处理时与样品同时处理的相同基质的空白样 目的：确认实验过程中是否存在污染，包括玻璃器皿，试剂等	1 个/20 个样品
实验室控制样	将目标化合物加入到空白基质中，与每批样品经完全相同的	1 个/20

（LCS)	步骤进行处理和分析； 目的：确认目标化合物是否能够准确检出	个样品
实验室平行样（DUP）	在每批样品中随机选择其中的一个样品，按分析所需量取两份，与其他样品同样处理； 目的：确认实验室对于该类基质测试的稳定性	1 个/20 个样品
基质加标样品（MS)	每批样品中选择其中的一个样品，按分析所需量取两份，加入目标化合物，然后与样品一起，经完全相同的步骤进行处理和分析； 目的：确认样品基质对于目标化合物的影响及其稳定性	2 个/20 个样品
基质加标平行样（MSD)		

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

加标回收率的测定：当选测的项目无标准物质或质控样品时，可用加标回收实验来检查测定准确度。

加标率：在一批试样中，随机抽取 10％～20％试样进行加标回收测定。样品数不足 10 个时，适当增加加标比率。每批同类型试样中，加标试样不应小于 1 个。

加标量：加标量视被测组分含量而定，含量高的加入被测组分含量的 0.5～1.0 倍，含量低的加 2～3 倍，但加标后被测组分的总量不得超出方法的测定上限。加标浓度宜高，体积应小，不应超过原试样体积的 1%，否则需进行体积校正。

合格要求：加标回收率应在加标回收率允许范围之内。当加标回收合格率小于 70%时，对不合格者重新进行回收率的测定，并另增加 10％～20％的试样作加标回收率测定，直至总合格率大于或等于 70%以上。

土壤标准样品：土壤标准样品是直接用土壤样品或模拟土壤样品制得的一种固体物质。土壤标准样品具有良好的均匀性、稳定性和长期的可保存性。土壤标准物质可用于分析方法的验证和标准化，校正并标定分析测定仪器，评价测定方法的准确度和测试人员的技术水平，进行质量保证工作，实现各实验室内及实验室间，行业之间，国家之间数据可比性和一致性。

我国已经拥有多种类的土壤标准样品，如 ESS 系列和 GSS 系列等。使用土壤标准样品时，选择合适的标样，使标样的背景结构、组分、含量水平应尽可能与待测样品一致或近似。如果与标样在化学性质和基本组成差异很大，由于基体

干扰，用土壤标样作为标定或校正仪器的标准，有可能产生一定的系统误差。

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

6.3.7 平行样质量控制

为确保采集、运输、贮存过程中的样品质量，本项目在现场采样过程中设定现场质量控制样品，包括现场平行样、相应数量的采样工具清洗空白、运输空白样等。在采样过程中，参照国内外相关技术规范采集相应的土壤样品，采集不低于 5%的平行样（样品总数不足 20 个时设置 1 个平行样；超过 20 个时，每 20 个样品设置 1 个平行样）。

通过计算平行双样相对偏差判断采样和实验室测定的精密度，相对偏差计算方法如下，原则上现场质量控制样不少于总样品数的 20%。一般要求土壤样品无机物平行样的相对偏差≤35%，SVOCs/VOCs 样品平行样的相对偏差≤50%，且仅分析平行双样均有检出的样，检测结果见表 6-14。从结果中可以看出，重金属平行样相对偏差在 0.00%~33.92%之间，符合≤35%的标准，TPH、VOCs 和 SVOCs 平行样相对偏差在 3.13%~50.00%之间，满足≤50%的标准。

$$\text{相对偏差}(\%) = \frac{|A - B|}{A+B} \times 100\%$$

式中，A、B 为同一样品两次平行测定的结果。

表 6-14 土壤密码平行样质量控制

	铜	镍	锌	铅	镉	砷	TPH	VOCs	SVOCs
最小值	0.20%	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%	0.10%	3.13%	0.10%	11.11%
最大值	21.16%	20.81%	15.78%	9.90%	18.94%	33.92%	33.65%	48.69%	50.00%

第7章 详细调查结果分析

7.1 工作量统计

本次调查现场工作（前期、初步、详细、补充阶段）共采集 5 类样品，包括土壤、地下水、地表水/底泥、建筑垃圾和土工样样品。其中：

（1）土壤钻孔总进尺 4420m，地下水监测井建井 520m；

（2）土壤：完成土壤钻孔 307 个，采集土壤样品 2319 个（含质控样）；

（3）地下水：建立地下水监测井 31 组（背景点 1 组），包括 7 组对井，3 口深井，21 口浅井，共采集地下水样品 50 个（含质控样）；

（4）建筑垃圾：共采集 8 个建筑垃圾样品；

（5）土工样：设置 7 个土工样采样点，每个点采集 2~6 个土工样品，共计采集 25 个土工样品；

（6）地表水/底泥：共采集 3 个地表水/底泥样品。具体如表 7-1 所示。

表 7-1 现场工作量总结

项目	总进尺(m)		样品个数（平行样个数）							
	土孔	监测井	土壤	二噁英	环氧丙烷	土壤浸出	地下水	土工样	地表水/底泥	建筑垃圾
前期	63	78	40(1)	/	/	/	5	/	/	/
初查	603	/	304(19)	/	/	/	5	/	/	/
详查	3251	409	1567(60)	3	4	2	36(2)	25	3	8
补充	479	/	306(13)	/	/	/	/	/	/	/
背景点	24	33	8(1)	/	/	/	2	/	/	/
合计	4420	520	2319	3	4	2	50	25	3	8

注：样品个数未包含括号中的质控样品数

7.1.1 土壤

7.1.1.1 采样点位

按详查布点方案，实际土壤样品采集过程中没有增加或删减点位，实际建立土壤探孔 209 个。虽然场地地上构筑物已全部拆除，但仍有部分区域残留建筑垃圾，场地地面被厚度不等的建筑用土覆盖，导致钻机无法在原定点位钻孔，因此结合现场实际情况，对实际钻孔位置进行了适当调整，实际土壤采样点位及调整情况见图 7-1 所示。

图 7-1 详细调查土壤点位分布图

补充调查计划增加土孔 55 个，实际土壤样品采集过程中根据现场快速检测结果，将点位增加至 58 个。同样根据场地实际条件对点位位置进行微调，补充调查阶段实际土壤点位及调整情况见图 7-2 所示。

图 7-2 补充调查土壤点位分布图

7.1.1.2 钻探

详细调查阶段现场共采用三种土孔钻探方式，分别为 30 钻机，Geoprobe 专业钻机和声频钻机。钻探过程优先选用 Geoprobe 专业钻机采用直推方式采样，在钻探过程中，发现部分区域除表面硬化层外，下层仍存在水泥硬化薄层，对于这些不适用 Geoprobe 钻探的区域选择声频钻或 30 钻机。详细调查阶段土壤点位成孔方式见表 7-2。补充调查阶段全部 58 个土孔均采用 Geoprobe 钻机。

表 7-2 详查阶段土壤成孔方式统计表

点位编号	成孔方式	点位编号	成孔方式	点位编号	成孔方式	点位编号	成孔方式
XCS41	GP	XCS94	GP	XCS147	GP	XCS200	GP
XCS42	GP	XCS95	30 钻机	XCS148	30 钻机	XCS201	GP
XCS43	GP	XCS96	GP	XCS149	GP	XCS202	GP
XCS44	GP	XCS97	GP	XCS150	GP	XCS203	GP
XCS45	GP	XCS98	30 钻机	XCS151	GP	XCS204	GP
XCS46	GP	XCS99	GP	XCS152	GP	XCS205	GP
XCS47	GP	XCS100	GP	XCS153	GP	XCS206	GP
XCS48	GP	XCS101	GP	XCS154	GP	XCS207	GP
XCS49	GP	XCS102	30 钻机	XCS155	GP	XCS208	GP
XCS50	GP	XCS103	30 钻机	XCS156	GP	XCS209	GP
XCS51	GP	XCS104	GP	XCS157	30 钻机	XCS210	30 钻机
XCS52	30 钻机	XCS105	GP	XCS158	GP	XCS211	GP
XCS53	GP	XCS106	GP	XCS159	GP	XCS212	30 钻机
XCS54	GP	XCS107	GP	XCS160	GP	XCS213	GP
XCS55	30 钻机	XCS108	GP	XCS161	30 钻机	XCS214	30 钻机
XCS56	GP	XCS109	30 钻机	XCS162	GP	XCS215	GP
XCS57	GP	XCS110	GP	XCS163	GP	XCS216	GP
XCS58	GP	XCS111	GP	XCS164	GP	XCS217	GP
XCS59	GP	XCS112	GP	XCS165	GP	XCS218	GP
XCS60	30 钻机	XCS113	GP	XCS166	GP	XCS219	GP
XCS61	GP	XCS114	GP	XCS167	GP	XCS220	GP
XCS62	GP	XCS115	30 钻机	XCS168	GP	XCS221	GP
XCS63	GP	XCS116	GP	XCS169	GP	XCS222	GP
XCS64	GP	XCS117	GP	XCS170	GP	XCS223	GP
XCS65	30 钻机	XCS118	GP	XCS171	GP	XCS224	GP
XCS66	GP	XCS119	GP	XCS172	GP	XCS225	GP
XCS67	GP	XCS120	GP	XCS173	GP	XCS226	GP
XCS68	声频钻	XCS121	GP	XCS174	GP	XCS227	GP
XCS69	GP	XCS122	GP	XCS175	30 钻机	XCS228	GP

XCS70	GP	XCS123	GP	XCS176	GP	XCS229	GP
XCS71	GP	XCS124	声频钻	XCS177	GP	XCS230	GP
XCS72	GP	XCS125	GP	XCS178	30 钻机	XCS231	GP
XCS73	GP	XCS126	GP	XCS179	GP	XCS232	GP
XCS74	GP	XCS127	GP	XCS180	GP	XCS233	GP
XCS75	声频钻	XCS128	GP	XCS181	GP	XCS234	GP
XCS76	GP	XCS129	GP	XCS182	GP	XCS235	GP
XCS77	GP	XCS130	GP	XCS183	GP	XCS236	GP
XCS78	30 钻机	XCS131	GP	XCS184	GP	XCS237	30 钻机
XCS79	GP	XCS132	30 钻机	XCS185	GP	XCS238	GP
XCS80	GP	XCS133	GP	XCS186	GP	XCS239	GP
XCS81	30 钻机	XCS134	GP	XCS187	30 钻机	XCS240	30 钻机
XCS82	GP	XCS135	GP	XCS188	GP	XCS241	GP
XCS83	GP	XCS136	30 钻机	XCS189	GP	XCS242	GP
XCS84	GP	XCS137	GP	XCS190	GP	XCS243	GP
XCS85	GP	XCS138	GP	XCS191	GP	XCS244	30 钻机
XCS86	GP	XCS139	30 钻机	XCS192	30 钻机	XCS245	30 钻机
XCS87	GP	XCS140	GP	XCS193	GP	XCS246	GP
XCS88	GP	XCS141	GP	XCS194	GP	XCS247	GP
XCS89	GP	XCS142	30 钻机	XCS195	GP	XCS248	GP
XCS90	GP	XCS143	GP	XCS196	GP	XCS249	30 钻机
XCS91	GP	XCS144	30 钻机	XCS197	30 钻机		
XCS92	GP	XCS145	GP	XCS198	GP		
XCS93	GP	XCS146	GP	XCS199	30 钻机		

7.1.1.3 采样深度

根据专家论证通过的原详查采样计划，疑似污染区浅孔原计划按照 0.5 m、1.0 m、3.0 m、5.0 m、7.0 m 深度取样，重点关注区深孔原计划按照 0.5 m、1.0 m、3.0 m、5.0 m、7.0 m、10.0 m、13.0 m、16.0 m、19.0 m、23.0 m 深度取样。在实际取样过程中，结合现场快速检测结果，在读数较高、有明显颜色或异味的深度，多加一个样品，当现场速测结果导致钻孔深度超出预期时，每个点位的终孔采集一个土壤样品。

详查土壤点位实际采样深度与终孔深度见表 7-3 所示。

表 7-3 详查土壤采样深度统计表

点位编号	采样深度	终孔深度
XCS41	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS42	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS43	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.5	13.5
XCS44	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0

点位编号	采样深度	终孔深度
XCS45	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS46	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0	12.0
XCS47	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0	9.0
XCS48	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0	15.0
XCS49	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0	15.0
XCS50	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0	15.0
XCS51	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS52	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、23.0	23.0
XCS53	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS54	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0	15.0
XCS55	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS56	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS57	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS58	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS59	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS60	0.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS61	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS62	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS63	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS64	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS65	1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、20.0	20.0
XCS66	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS67	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS68	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS69	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS70	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS71	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0	15.0
XCS72	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0	15.0
XCS73	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS74	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0	15.0
XCS75	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、22.0	22.0
XCS76	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS77	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS78	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、20.0	20.0
XCS79	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS80	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS81	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、20.0	20.0
XCS82	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、11.0、13.0 、15.0 、17.0 、19.5	19.5
XCS83	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS84	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS85	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS86	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS87	4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0

点位编号	采样深度	终孔深度
XCS88	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS89	3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS90	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS91	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS92	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS93	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS94	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS95	0.5、1.0、3.0、5.0、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、22.0	22.0
XCS96	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS97	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS98	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、21.0、25.0	25.0
XCS99	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS100	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS101	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS102	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、22.0	22.0
XCS103	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS104	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS105	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS106	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS107	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS108	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS109	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、17.5 、21.0 、25.0 、 29.0 、 34.0 、 37.5	37.5
XCS110	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS111	1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、22.0	22.0
XCS112	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS113	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS114	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS115	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、22.0、25.0	25.0
XCS116	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS117	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS118	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS119	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS120	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS121	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS122	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS123	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS124	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、21.0	21.0
XCS125	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS126	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS127	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS128	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS129	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS130	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5

点位编号	采样深度	终孔深度
XCS131	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS132	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS133	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS134	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS135	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS136	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、23.0	23.0
XCS137	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS138	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS139	3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、22.0 、25.0	25.0
XCS140	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS141	4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、19.5	19.5
XCS142	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、21.0、25.0	25.0
XCS143	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS144	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS145	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS146	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS147	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS148	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、21.0、25.0	25.0
XCS149	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0	18.0
XCS150	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS151	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS152	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS153	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS154	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS155	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS156	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS157	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS158	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS159	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0 、19.5	19.5
XCS160	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS161	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、24.0	24.0
XCS162	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS163	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS164	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS165	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS166	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS167	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS168	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS169	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS170	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、16.5	16.5
XCS171	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0
XCS172	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0 、12.0 、15.0 、18.0	18.0
XCS173	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5 、9.0 、12..0、15.0	15.0

点位编号	采样深度	终孔深度
XCS174	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5	7.5
XCS175	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS176	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5	7.5
XCS177	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5	7.5
XCS178	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS179	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.5	7.5
XCS180	0.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS181	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS182	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS183	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS184	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS185	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS186	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS187	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS188	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS189	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS190	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS191	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS192	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS193	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS194	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS195	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS196	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS197	0.5、1.5、4.5、7.0	7.0
XCS198	0.5、1.5、4.5、7.0	7.0
XCS199	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、22.0	22.0
XCS200	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS201	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS202	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS203	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0	9.0
XCS204	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0 、9.0	9.0
XCS205	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0
XCS206	0.5、1.5、4.5、7.0	7.0
XCS207	0.5、1.5、3.0、4.5、7.5	7.5
XCS208	0.5、1.5、3.0、4.5、7.5	7.5
XCS209	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、6.0 、7.5	7.5
XCS210	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS211	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS212	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS213	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS214	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS215	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS216	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、11.0、13.0、15.0	15.0

点位编号	采样深度	终孔深度
XCS217	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS218	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS219	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS220	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS221	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS222	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS223	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、6.0 、7.5	7.5
XCS224	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS225	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS226	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS227	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS228	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS229	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS230	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS231	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS232	0.5、1.5、3.0、4.5、7.5	7.5
XCS233	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS234	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0	9.0
XCS235	1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS236	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS237	1.5、3.0、4.5、7.5、、、0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS238	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS239	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS240	1.0、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、21.0、24.0	24.0
XCS241	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS242	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS243	0.5 、1.5 、3.0 、4.5 、7.0	7.0
XCS244	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、23.0	23.0
XCS245	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0	7.0
XCS246	1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、16.5	16.5
XCS247	0.5、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、17.0、19.5	19.5
XCS248	0.5、1.5、3.0、4.5、7.5、9.0、12.0、15.0	15.0
XCS249	0.5、1.0、1.5、3.0、4.5、7.0、9.0、12.0、15.0、18.0、22.8	23.0

补充调查阶段土壤点位实际采样深度与终孔深度见表 7-4 所示。

表 7-4 补充调查土壤采样深度统计表

点位编号	采样深度(m)	终孔深度(m)
BCS1	1.5、3、4.5、7、9、12、15、18、21、25、29、33、38	38
BCS2	0.5、1.5、3、4.5、7.5	7.5
BCS3	0.5、1.5、3、4.5、7.5	7.5
BCS4	0.5、1.5、3、4.5、7.5	7.5
BCS5	0.5、1.5、3、4.5、7.5	7.5

点位编号	采样深度(m)	终孔深度(m)
BCS6	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12、15、18、19.5	9.5
BCS7	1.5、3	3
BCS8	0.5、1.5、3	3
BCS9	0.5、1.5、3	3
BCS10	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12	12
BCS11	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12	12
BCS12	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12	12
BCS13	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12	12
BCS14	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12、15	15
BCS15	0.5、1.5、3、4.5、7、9	79
BCS16	1.5、3、4.5	4.5
BCS17	0.5、1.5、3、4.5、6	6
BCS18	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0、15.0	5.0
BCS19	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0、15.0	5.0
BCS20	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0、13.5	3.5
BCS21	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0、15.0	5.0
BCS22	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0、15.0	5.0
BCS23	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0、15.0	5.0
BCS24	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0、15.0	5.0
BCS25	0.5、1.5、3、4.5、6	6
BCS26	0.5、1.5、3、4.5、6	6
BCS27	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS28	0.5、1.5、3、4.5、7、9、12.0	2.0
BCS29	0.5、1.5、3、4.5、6	6
BCS30	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS31	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS32	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS33	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS34	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS35	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS36	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS37	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS38	0.5、1.5、3、4.5、7、9	9
BCS39	0.5、1.5、3、4.5、7、9、10.5	0.5
BCS40	0.5、1.5、3、4.5、7、9、10.5	0.5
BCS41	0.5、1.5	1.5
BCS42	0.5、1.5	1.5
BCS43	0.5、1.5	1.5
BCS44	0.5、1.5、3、4.5	4.5
BCS45	0.5、1.5、3	53
BCS46	0.5、1.5、3、4.5	4.5
BCS47	0.5、1.5、3	3
BCS48	0.5、1.5、3	3
BCS49	0.5、1.5、3	3
BCS50	0.5、1.5、3	3
BCS51	0.5、1.5、3	3
BCS52	0.5、1.5、3	3
BCS53	0.5、1.5、3	3

点位编号	采样深度(m)	终孔深度(m)
BCS54	0.5、1.5、3	3
BCS55	1.5、3、4.5、7、9、10.5	0.5
BCS56	0.5、1.5	1.5
BCS57	0.5、1.5	1.5
BCS58	0.5、1.5	1.5

7.1.1.4 样品数量

详细调查阶段共 209 个土壤点位，采集样品 1567 个（未包括 60 个质控样），补充调查阶段共 58 个土壤点位，采集样品 306 个（未包括 13 个质控样），此外，前期和初查阶段共 40 个土壤点位，采集样品 344 个（未包括 20 个质控样）。全部平行样及其对应样品编号如表 7-5 所示。

由于本项目样品检测由两家 CMA 实验室分别进行，因此在重点关注区随机选择 XCS124 号点位，采集的 9 个土壤样品同时送两家实验室检测，以做好实验室检测质量控制。

表 7-5 初查/详查/补充调查阶段土壤点位平行样统计表

样品编号	平行样编号	样品编号	平行样编号
CCS4-7.0	DUP-0903-Y1	CCS17-7.0	DUP-0905-Z1
CCS4-15.0	DUP-0904-Z1	CCS17-15.0	DUP-0905-Z2
CCS5-7.0	DUP-0905-Y1	CCS18-7.0	DUP-0903-Y1
CCS5-15.0	DUP-0905-Y2	CCS18-15.0	DUP-0903-Y2
CCS8-4.5	DUP-0901-X1	CCS21-7.0	DUP-0903-Y3
CCS8-12.0	DUP-0901-X2	CCS22-4.5	DUP-0829-X3
CCS11-7.0	DUP-0907-Y3	CCS28-4.5	DUP-0831-X5
CCS15-12.0	DUP-0904-Y5	CCS30-15.0	DUP-0904-Y1
CCS16-7.0	DUP-0904-Y3	CCS30-22.0	DUP-0904-Y2
CCS16-15.0	DUP-0904-Y4	XCS249-12.0	DUP-0831-X4
XCS52-3.0	DUP-0830-Y1	XCS139-7.0	DUP-0908-Y3
XCS52-23.0	DUP-0830-Y2	XCS142-4.5	DUP-0911-Y4
XCS55-4.5	DUP-0831-X2	XCS142-12.0	DUP-0911-Y5
XCS65-7.0	DUP-0905-Y3	XCS142-21.0	DUP-0911-Y6
XCS65-15.0	DUP-0905-Y4	XCS144-4.5	DUP-0830-Y4
XCS66-7.0	DUP-0907-Y2	XCS148-4.5	DUP-0911-Y1
XCS75-7.0	DUP-0907-Z1	XCS148-12.0	DUP-0911-Y2
XCS75-15.0	DUP-0907-Z2	XCS148-21.0	DUP-0911-Y3
XCS78-7.0	DUP-0905-Y5	XCS157-4.5	DUP-0828-Y1
XCS78-15.0	DUP-0906-Y1	XCS175-4.5	DUP-0829-X1
XCS81-9.0	DUP-0910-Y4	XCS161-15.0	DUP-0830-X1
XCS81-12.0	DUP-0910-Y5	XCS161-18.0	DUP-0830-X2
XCS81-18.0	DUP-0910-Y6	XCS161-24.0	DUP-0830-X3

XCS95-9.0	DUP-0829-Y4	XCS178-4.5	DUP-0829-X2
XCS95-15.0	DUP-0829-Y5	XCS187-7.0	DUP-0829-Y2
XCS98-7.0	DUP-0910-Y2	XCS192-7.0	DUP-0829-Y1
XCS98-15.0	DUP-0910-Y3	XCS197-1.5	DUP-0830-Y5
XCS102-7.0	DUP-0908-Y1	XCS199-7.0	DUP-0828-Y2
XCS102-15.0	DUP-0908-Y2	XCS199-15.0	DUP-0828-Y3
XCS103-4.5	DUP-0831-X1	XCS210-4.5	DUP-0831-Y4
XCS109-7.0	DUP-0905-Y5	XCS212-4.5	DUP-0831-Y3
XCS109-15.0	DUP-0906-Y1	XCS214-4.5	DUP-0901-Y3
XCS111-15.0	DUP-0907-Y1	XCS240-7.0	DUP-0831-Y5
XCS115-7.0	DUP-909-Y3	XCS240-12.0	DUP-0831-Y6
XCS115-15.0	DUP-0910-Y1	XCS244-7.0	DUP-0901-Y1
XCS124-4.5	DUP-0906-Z1	XCS244-15	DUP-0901-Y2
XCS124-15.0	DUP-0906-Z2	XCS245-4.5	DUP-0901-Y4
XCS132-4.5	DUP-0830-X5	XCS249-4.5	DUP-0831-X3
XCS136-7.0	DUP-0831-Y1	BCS30-9.0	DUP-1103-X2
XCS136-18.0	DUP-0831-Y2	BCS26-6.0	DUP-1103-X3
BCS15-9.0	DUP-1103-X5	BCS32-9.0	DUP-1103-X4
BCS8-3.0	DUP-1101-X1	BCS11-12.0	DUP-1101-X6
BCS10-7.0	DUP-1101-X2	BCS13-12.0	DUP-1101-X4
BCS12-12.0	DUP-1101-X5	BCS36-9.0	DUP-1102-X3
BCS40-10.5	DUP-1102-X2	BCS38-9.0	DUP-1102-X1
BCS28-12.0	DUP-1101-X3	BCS30-9.0	DUP-1103-X2
BCS15-9.0	DUP-1103-X5		

7.1.2 地下水

7.1.2.1 建井分布

根据区域水文地质条件与本场地实际情况，本场地第一层潜水层分表层不连续滞水层与深层微承压层，为探究污染物在表层与深层地下水中的分布特征与二者之间的水力联系，详细调查阶段共建立地下水监测井 31 组（背景点 1 组），其中包括 7 组对井，3 口深井，21 口浅井，共采集地下水样品 38 个（未包括 2 个质控样品）。地下水监测井分布情况如图 7-3 所示。

初步调查阶段通过资料收集、初步采样分析，进一步明确了场地原有功能分区，因此在专家论证通过的原采样计划基础上，采用专业判断布点法，将个别疑似污染区点位调整至重点关注区。此外，由于场地地表残留建筑垃圾，场地地面被厚度不等的建筑用土覆盖，导致钻机无法在原定点位钻孔，因此结合现场实际情况，对实际井位进行了适当调整，实际地下水监测井点位调整情况见图 7-3 所示。

图 7-3 详细调查地下水监测井分布图

7.1.2.2 建井深度

按原布点方案，场地内浅井设计井深 7.0m，深井设计井深 24.0m，钻探过程中根据实际揭露的地层情况进行调整，实际建井深度如表 7-6 所示。

表 7-6 详查地下水监测井建井深度统计表

井号	井深(m)	地下水层位	井号		井深(m)	地下水层位
XCGW10	7	不连续滞水	XCGW6		7	不连续滞水
XCGW11	7		XCGW8		7	
XCGW12	7		XCGW15		26	微承压层
XCGW13	7		XCGW19		24	
XCGW14	8		XCGW28		23	
XCGW16	7		BJ01	-Q	9	不连续滞水
XCGW17	7			-S	24	微承压层
XCGW18	7		XCGW7	-Q	7	不连续滞水
XCGW20	7			-S	26	微承压层
XCGW21	7		XCGW9	-Q	7	不连续滞水
XCGW22	7			-S	23	微承压层
XCGW24	7		XCGW23	-Q	7	不连续滞水
XCGW25	7			-S	22	微承压层
XCGW26	7		XCGW27	-Q	7	不连续滞水
XCGW29	7			-S	23	微承压层
XCGW30	7		XCGW31	-Q	7	不连续滞水
XCGW33	7			-S	24	微承压层

井号	井深(m)	地下水层位	井号		井深(m)	地下水层位
XCGW34	7		XCGW32	-Q	7	不连续滞水
XCGW5	7			-S	24	微承压层

7.1.3 土工样

为获取地块特征参数，为地块内污染物风险评估提供依据，在进行地块采样时，结合现场土壤和地下水采样情况在较深钻孔位置设置土工样点 7 个，每个土工采样点在关注深度内每个土层至少采集 1 个土工样，共采集土工样品 25 个，土工样品样品统计情况见表 7-7。

表 7-7 土工样品采集统计表

点位编号	TG1	TG2	TG3	TG4	TG5	TG6	TG7	
采样深度(m)	2.0-2.2	6.3-6.5	2.6-2.8	3.0-3.2	6.0-6.2	2.8-3.0	6.5-6.7	合计
	5.0-5.2	6.8-7.0	6.8-7.0	5.0-5.2	11.0-11.2	5.0-5.2	8.4-8.6	
	6.8-7.0			7.0-7.2	13.5-13.7	8.8-9.0	12.7-12.9	
					20.3-20.5	10.0-10.2	15.1-15.3	
						12.7-12.9	17.0-17.2	
						19.8-20.0		
样品个数	3	2	2	3	4	6	5	25

图 7-4 土工样品采集

7.1.4 地表水/底泥

详细调查阶段分别采地表水和底泥样品各 3 个。

7.1.5 建筑垃圾

详细调查阶段采集建筑垃圾样品 8 个，样品所在区域如表 7-8 所示。

表 7-8 建筑垃圾样品采集统计表

样品编号	所在区域
JZLJ1	固片碱生产区
JZLJ2	三期离子膜电解
JZLJ3	锅炉、煤场
JZLJ4	北门门前空地
JZLJ5	助剂生产区
JZLJ6	一二期离子膜电解
JZLJ7	炼油厂
JZLJ8	石油裂解隔油池

7.2 筛选值选取

7.2.1 土壤

土壤样品分别采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》GB36600-2018 中一类/二类用地筛选值作为其评价标准。对土壤中二噁英污染的判定采用 GB36600-2018 中二噁英类（总毒性当量）一类用地筛选值 10^{-5} mg/kg。

由于环氧丙烷沸点仅 34°C，常温下难以定量分析，对场地内土壤环氧丙烷含量测试样品采用吹扫捕集/气相色谱-质谱法 HJ 605 进行定性分析，以判断场地土壤内是否残留环氧丙烷污染。

对进行危险废物鉴别的土壤样品，按照 HJ/T299 制备的固体废物浸出液中任何一种危害成分含量超过《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》（GB5085.3 -2007）中所规定的浓度限值，则判定该固体废物是具有浸出毒性特征的危险废物。

7.2.2 地下水

地下水调查评估将采用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类标准作为评价标准。GB 14848-2017 中没有给出地下水中 TPH 浓度限值，因此地下水样中总石油烃参考《污水综合排放标准》（GB8978-2002）的石油类三级排放标准（15 mg/L）。

7.2.3 地表水/底泥

地表水样品基本项目采用《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中 IV 类标准限值作为其筛选值；其他项目采用 GB3838-2002 中规定的集中式生活饮用水源地补充项目和特定项目标准限值；碘化物含量采用（GB14848-2017）中 IV 类标准限值

底泥样品采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB36600-2018 中一类用地筛选值。

7.2.4 建筑垃圾

第一类一般工业固体废物指样品按照 GB5086 规定方法进行重金属浸出毒性检测，浸出液中，任何一种污染物的浓度均未超过《污水综合排放标准》

（GB8978-1996）一级标准对应限值，且 pH 值在 6~9 范围之内的一般工业固体废物；第二类一般工业固体废物指按照 GB5086 规定方法进行浸出试验而获得的浸出液中，有一种或一种以上的污染物的浓度均未超过 GB8978 最高允许排放浓度，或者是 pH 值在 6~9 范围之外的一般工业固体废物。

7.3 土壤调查结果

为从整体上判断分析本项目场地的污染情况，本次详查调查结果分析的同时也一并考虑前期调查、初步调查和补充调查的结果。

7.3.1 重金属调查结果

7.3.1.1 重金属调查结果统计

本次调查共送检 2319 个土壤样品（包括质控样），对其中的砷（As）、镉（Cd）、铜（Cu）、铅（Pb）、镍（Ni）等 6 种重金属和六价铬（Cr^{6+}）含量进行分析。检测结果表明，除六价铬样品检出率仅为 0.09%外，其余 6 种重金属均 100%检出。

通过与一类用地筛选值对比得知，该地块存在六价铬和铅、砷 2 种重金属超标情况。砷的样品超标率最大，为 3.07%，其最大检出浓度为 517mg/kg，最大超标倍数 24.85 倍；铅的样品超标率次之，为 0.49%，其最大检出浓度为 531 mg/kg，对应的最大超标倍数为 0.33 倍；六价铬样品超标率最低，为 0.05%，仅 1 个样品存在六价铬超标，超标倍数 3.30 倍。

与二类用地筛选值对比，该地块仅存在六价铬和重金属砷超标情况，重金属铅含量未超出二类用地筛选值。砷的样品超标率为 0.77%，其最大检出浓度 517mg/kg 超标 7.62 倍；六价铬样品超标率为 0.05%，最大检出浓度 12.90 mg/kg 超标 1.26 倍。各种重金属的检出超标情况见表 7-9。

表 7-9 重金属检出情况统计表（mg/kg）

	六价铬	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	0.5	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	2	408	408	367	408	408	2349
样品检出率	0.09%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	2152	408	408	367	408	408	2319
最大值	12.90	326.00	70.00	540.00	531.00	1.17	517.00
最小值	0.50	7.00	12.00	30.30	4.20	0.01	0.01
平均值	6.70	24.09	34.28	70.10	22.35	0.13	11.74

中位数	6.70	21.00	34.00	63.90	16.80	0.11	9.50
一类用地							
筛选值	3	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	1	0	0	0	2	0	72
样品超标率	**0.05%**	0.00%	0.00%	0.00%	**0.49%**	0.00%	**3.07%**
最大超标倍数	**3.30**	0	0	0	**0.33**	0	**24.85**
二类用地							
筛选值	5.7	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	1	0	0	0	0	0	18
样品超标率	**0.05%**	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**0.77%**
最大超标倍数	**1.26**	0	0	0	0	0	**7.62**

（1）第一层（0~1.6m）

共送检 532 个土壤样品，除六价铬样品检出率仅为 0.21%外，其余 6 种重金属均 100%检出。场地第一层重金属检出超标情况见表 7-10。

通过与一类用地筛选值对比得知，该场地第一层存在六价铬和铅、砷 2 种重金属超标情况。砷的样品超标率最大，为 3.76%，其最大检出浓度为 517mg/kg，最大超标倍数 24.85 倍；铅的样品超标率次之，为 2.67%，其最大检出浓度为 531 mg/kg，对应的最大超标倍数为 0.33 倍；六价铬样品超标率最低，为 0.21%，仅 1 个样品存在六价铬超标，超标倍数 3.30 倍。

与二类用地筛选值对比结果表明，第一层除六价铬外，仅重金属砷超标。仅存在 1 个六价铬超标样品，最大检出浓度 12.90 mg/kg 超标 1.26 倍；砷的样品超标率最大，为 2.26%，其最大检出浓度 517mg/kg 超标 7.62 倍。

表 7-10 第一层（0~1.6m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	六价铬	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	0.5	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	1	75	75	68	75	75	532
样品检出率	0.21%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	475	75	75	68	75	75	532
最大值	12.90	326.00	67.00	540.00	531.00	1.17	517.00
最小值	0	9.00	16.00	43.25	4.20	0.01	0.01
平均值	0.8	33.91	36.36	84.37	37.25	0.15	13.98
中位数	1.0	24.20	35.00	71.33	19.10	0.09	9.22
一类用地							
筛选值	3	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	1	0	0	0	2	0	20
样品超标率	**0.21%**	0.00%	0.00%	0.00%	**2.67%**	0.00%	**3.76%**
最大超标倍数	**3.30**	0	0	0	**0.33**	0	**24.85**
二类用地							
筛选值	5.7	18000	900	10000	800	65	60

超标样品数	1	0	0	0	0	0	12
样品超标率	**0.21%**	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**2.26%**
最大超标倍数	**1.26**	0	0	0	0	0	**7.62**

（2）第二层（1.6~8.3m）

第二层共送检 890 个土壤样品，仅第二-3 层检出六价铬，样品检出率仅为 0.36%，但不存在超标现象；各亚层 6 种重金属均 100%检出，且仅存在重金属砷同时超出一类和二类用地筛选值。场地第二层重金属检出超标情况见表 7-11 至表 7-13。

第二-1 层共送检土壤样品 304 个，重金属砷最大检出浓度 204 mg/kg，与一类和二类筛选值对比，样品超标率分别为 1.64%和 0.99%，分别超标 9.20 和 2.40 倍；第二-2 层共送检土壤样品 286 个，重金属砷最大检出浓度 222 mg/kg，与一类和二类筛选值对比，样品超标率分别为 1.75%和 0.70%，分别超标 10.10 和 2.70 倍；第二-3 层共送检土壤样品 300 个，重金属砷最大检出浓度 88.10mg/kg，与一类和二类筛选值对比，样品超标率分别为 3.00%和 0.33%，分别超标 3.41 和 0.47 倍。

表 7-11 第二-1 层（1.6~3.0m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	49	49	41	49	49	304
样品检出率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	49	49	41	49	49	304
最大值	65.00	61.00	95.60	113.00	0.54	204.00
最小值	10.00	16.44	32.57	6.70	0.04	2.16
平均值	22.16	34.21	61.22	20.41	0.12	11.49
中位数	20.54	33.00	63.40	15.90	0.10	9.73
一类用地						
筛选值	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	5
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**1.64%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	**9.20**
二类用地						
筛选值	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	3
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**0.99%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	**2.40**

表 7-12 第二-2 层（3.0~4.5m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	铜	镍	锌	铅	镉	砷

检出限	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	41	41	41	41	41	286
样品检出率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	41	41	41	41	41	286
最大值	150.00	50.00	169.00	44.00	0.28	222.00
最小值	8.00	18.00	38.90	9.33	0.06	3.86
平均值	23.26	34.67	67.56	18.25	0.12	12.24
中位数	17.34	36.00	60.60	15.80	0.10	10.16
一类用地						
一类筛选值	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	5
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**1.75%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	**10.10**
二类用地						
二类筛选值	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	2
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**0.70%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	**2.70**

表 7-13 第二-3 层（4.5~6.0m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	六价铬	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	0.5	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	1	54	54	45	54	54	300
样品检出率	0.36%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	280	54	54	45	54	54	300
最大值	0.50	44.00	70.00	134.57	48.29	0.41	88.10
最小值	0.50	8.00	14.00	34.80	9.30	0.05	3.80
平均值	0.50	23.34	36.28	68.38	17.54	0.13	11.37
中位数	0.50	23.00	36.86	64.50	15.48	0.11	9.86
一类用地							
筛选值	3	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	0	9
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**3.00%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0	**3.41**
二类用地							
筛选值	5.7	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	0	1
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**0.33%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0	**0.47**

（3）第三层（8.3~16.7m）

第三层共送检 639 个土壤样品，检测结果表明除六价铬未检出外，其余 6 种重金属均 100%检出。场地第三层重金属检出超标情况见表 7-14 和表 7-15。

第三-1 层和三-2 层分别送检土壤样品 403 和 236 个，两个亚层均仅存在重金属砷超出一类用地筛选值，第三-1 层重金属砷样品超标率为 6.70%，最大检出

浓度 37.30 mg/kg，最大超标倍数 0.87 倍；第三-2 层重金属砷样品超标率 1.69%，最大检出浓度 50.76 mg/kg，最大超标倍数 1.54 倍。

采用二类用地筛选值进行对比，第三层不存在重金属超标现象。

表 7-14 第三-1 层（8.3~12.0m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	75	75	66	75	75	403
样品检出率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	75	75	66	75	75	403
最大值	43.76	65.00	246.50	44.98	0.30	37.30
最小值	7.00	12.00	32.60	7.25	0.04	2.03
平均值	21.86	33.77	73.92	18.93	0.12	11.47
中位数	19.64	32.47	66.99	16.50	0.11	10.30
一类用地						
筛选值	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	27
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**6.70%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	**0.87**
二类用地						
筛选值	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	0
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0

表 7-15 第三-2 层（12.0~16.7m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	50	50	46	50	50	236
样品检出率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	50	50	46	50	50	236
最大值	40.83	64.00	112.73	43.72	0.29	50.76
最小值	8.00	16.00	30.30	8.70	0.03	3.79
平均值	22.92	37.17	66.63	18.87	0.14	10.33
中位数	22.50	36.89	63.45	16.80	0.13	9.46
一类用地						
筛选值	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	4
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**1.69%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	**1.54**
二类用地						
筛选值	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	0
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0

（4）第四层（16.7~20.6m）

第四层共送检 110 个土壤样品，除六价铬未检出外，其余 6 种重金属检出率均为 100%，但不存在重金属超标情况，场地第四层重金属检出超标情况见表 7-16。

表 7-16 第四层（16.7~20.6m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	19	19	17	19	19	110
样品检出率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	19	19	17	19	19	110
最大值	23.20	43.00	67.59	27.63	0.21	14.80
最小值	10.00	14.00	38.50	9.30	0.04	0.01
平均值	17.32	26.52	51.95	17.82	0.11	8.06
中位数	17.19	23.56	50.70	18.10	0.08	7.70
一类用地						
筛选值	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	0
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0
二类用地						
筛选值	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	0
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0

（5）第五层（20.6~34.0m）

第五-1 层共送检 48 个土壤样品，检测结果表明六价铬未检出，其余 6 种重金属均 100%检出。仅存在砷一种重金属超出一类用地筛选值，样品超标率 2.08%，其最大检出浓度为 33mg/kg，最大超标倍数 0.65 倍。

第五-2 层共送检 7 个土壤样品，除六价铬未检出外，6 种重金属检出率均为 100%，但不存在超标现象。

场地第五层重金属检出超标情况见表 7-17 和表 7-18。

表 7-17 第五-1 层（20.6~26.0m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	20	20	18	20	20	48
样品检出率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	20	20	18	20	20	48
最大值	30.25	47.00	96.11	34.21	0.21	33.00
最小值	8.00	15.55	34.80	12.50	0.02	3.65

平均值	16.74	27.30	62.40	19.25	0.12	9.20
中位数	14.01	25.80	61.80	17.20	0.11	8.33
一类用地						
筛选值	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	1
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	**2.08%**
最大超标倍数	0	0	0	0	0	**0.65**
二类用地						
筛选值	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	0
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0

表 7-18 第五-2 层（26.0~34.0m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

	铜	镍	锌	铅	镉	砷
检出限	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
检出样品数	3	3	3	3	3	7
样品检出率	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
样品数	3	3	3	3	3	7
最大值	16.00	33.00	49.80	14.00	0.24	10.90
最小值	10.00	25.00	34.40	10.60	0.18	2.31
平均值	13.67	29.67	44.13	12.67	0.21	7.63
中位数	15.00	31.00	48.20	13.40	0.22	9.41
一类用地						
筛选值	2000	150	3500	400	20	20
超标样品数	0	0	0	0	0	0
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0
二类用地						
筛选值	18000	900	10000	800	65	60
超标样品数	0	0	0	0	0	0
样品超标率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	0	0	0	0	0	0

（6）第六层（34.0~38.0m）

共送检 2 个土壤样品，对其中的重金属砷含量进行检测，检测结果表明该层不存在重金属砷超标情况，场地第六层砷检出超标情况见表 7-19。

表 7-19 第六层（34.0~38.0m）重金属检出情况统计表（mg/kg）

检出限	0.01
检出样品数	2
样品检出率	100.00%
样品数	2
最大值	13.36
最小值	9.19
平均值	11.27

中位数		11.27	
一类用地		**二类用地**	
筛选值	20	筛选值	60
超标样品数	0	超标样品数	0
样品超标率	0.00%	样品超标率	0.00%
最大超标倍数	0	最大超标倍数	0

7.3.1.2 重金属垂直分布特征

土壤存在六价铬和铅、砷 2 种重金属超标现象，污染物垂直分布见图 7-5。

重金属砷含量同时超出一类和二类用地筛选值，污染主要集中在表层，与一类筛选值相比，污染最深达到 23m 左右，与二类筛选值相比，最大污染深度在 7m 左右。

六价铬仅存在一个超标样品，样品深度在表层（0~1.6m）土壤中，但含量较高，同时超出一类和二类用地筛选值。

重金属铅污染主要分布在表层（0~1.6m）土壤中，且仅超出一类用地筛选值。

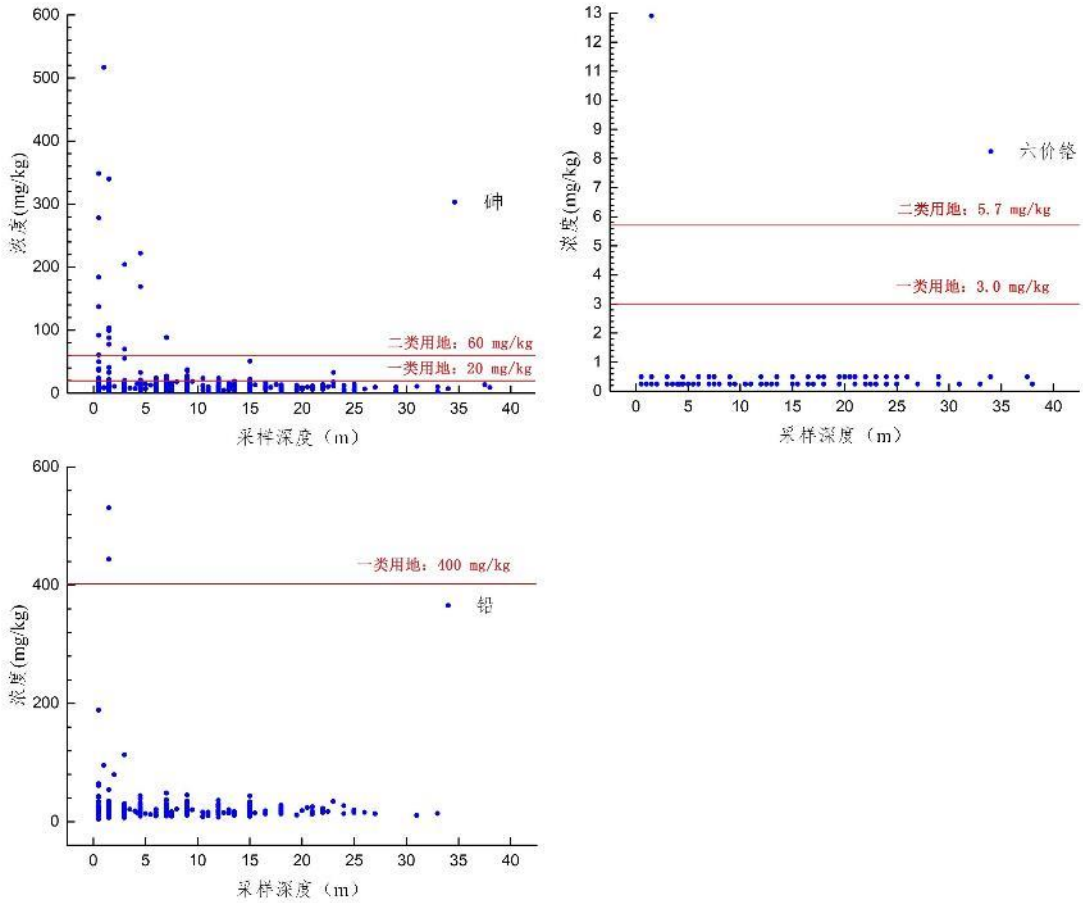


图 7-5 土壤中重金属垂直分布

7.3.1.3 重金属污染水平分布特征

（1）砷

场地内重金属污染以砷为主，砷污染最深达到第五-1 层（20.6~26.0m）土壤中。

第一层砷污染主要集中在原助剂生产区与原三期离子膜电解区，在原热电、化水车间南侧和原石油裂解隔油池东侧也存在小面积轻度砷污染区域，该层砷重度污染主要集中在原助剂生产区西侧，临近厂区边界。与采用一类用地筛选值相比，二类用地筛选值下砷污染范围面积较小，且分布更加集中，重金属砷污染在第一层的分布情况见图 7-6。

第二层砷污染主要集中在原助剂生产区北侧，污染范围较小且范围集中，且存在同时超出一类与二类用地的污染区域，重金属砷在第二层及其各亚层的污染分布见图 7-7 至图 7-9。

第三层重金属砷污染仅超出一类用地筛选值，第三-1 层（8.3~12.0m）污染范围较大，且分布较分散，在原炼油厂、原农药厂、原一二期离子膜电解车间、原助剂生产区、原热电化水车间和原锅炉煤场均有分布。第三-2 层（12.0~16.7m）污染范围小且集中，主要分布在原炼油厂和原固片碱生产区小面积区域。若采用二类用地筛选值，该层不存在重金属砷污染。第三层重金属砷污染分布见图 7-10 和图 7-11。

第五层中，仅五-1 亚层（20.6~26.0m）存在重金属砷污染，超标区域位于原助剂生产区东北角，范围较小且仅超出一类用地筛选值。若采用二类用地筛选值，该层不存在重金属砷污染。第五层重金属砷污染分布见图 7-12。

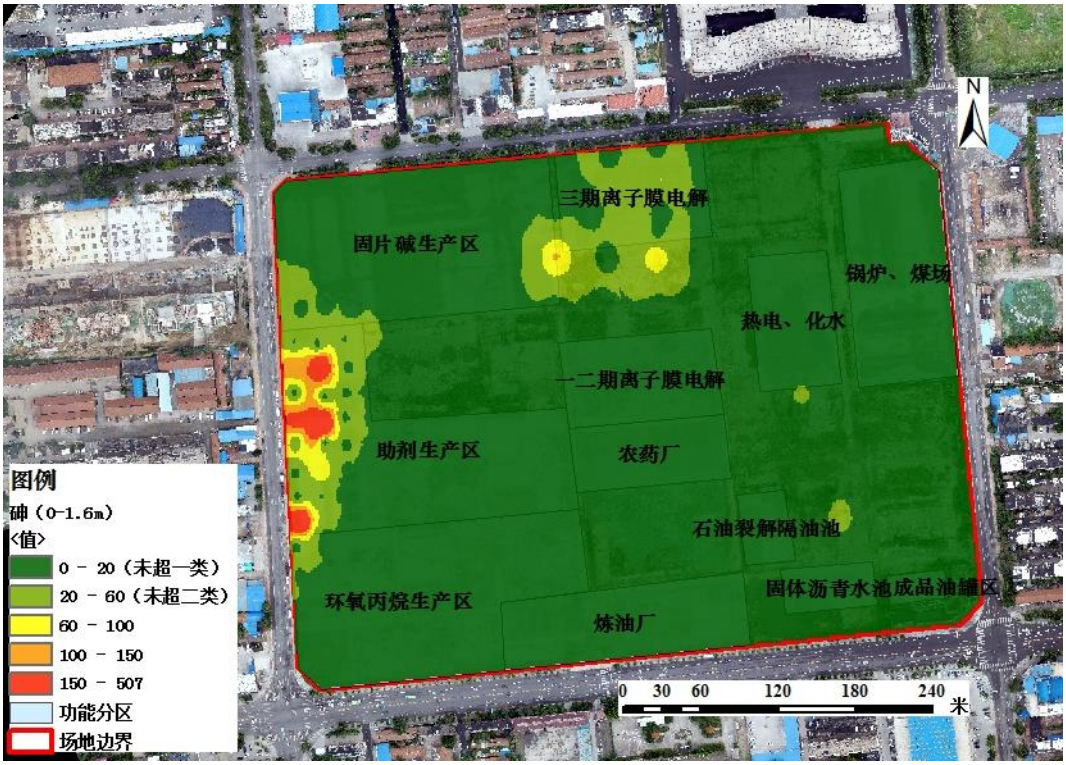


图 7-6 第一层（0~1.6m）污染分布

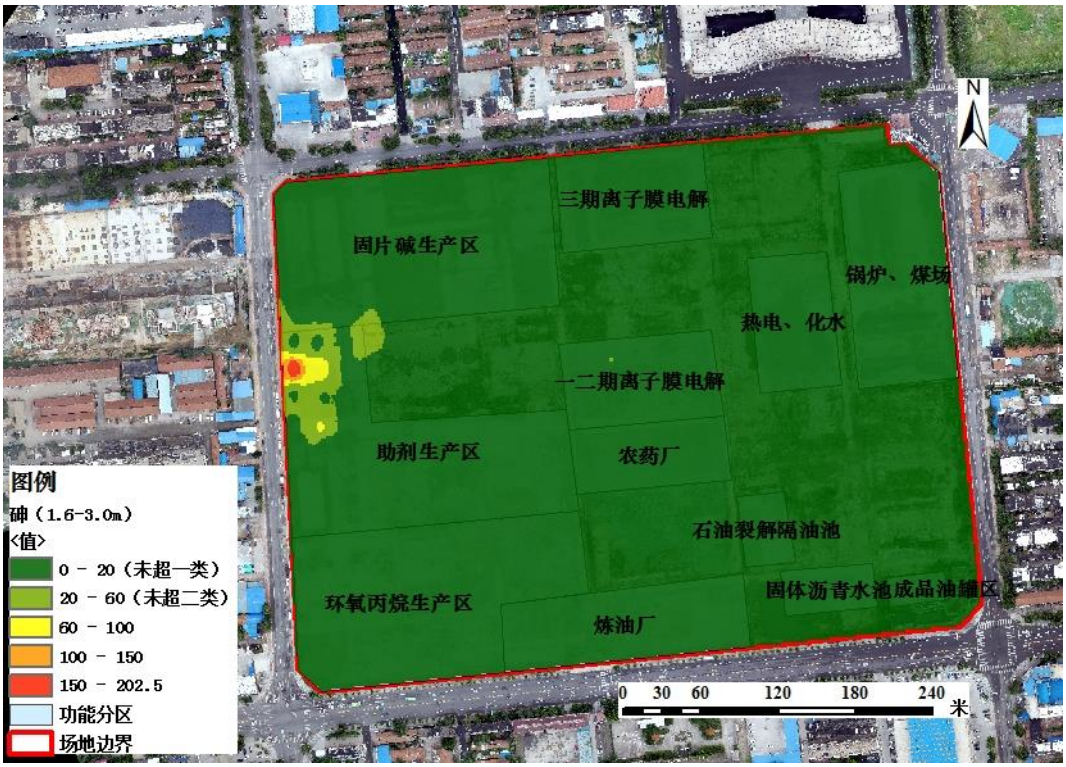


图 7-7 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

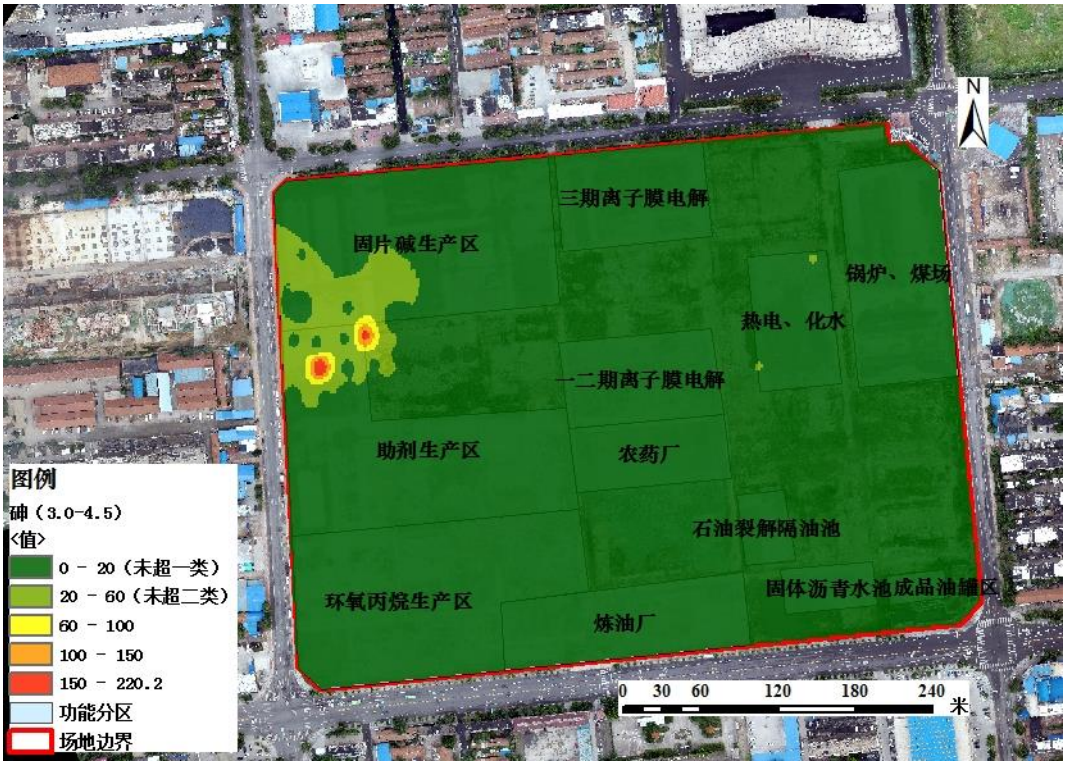


图 7-8 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

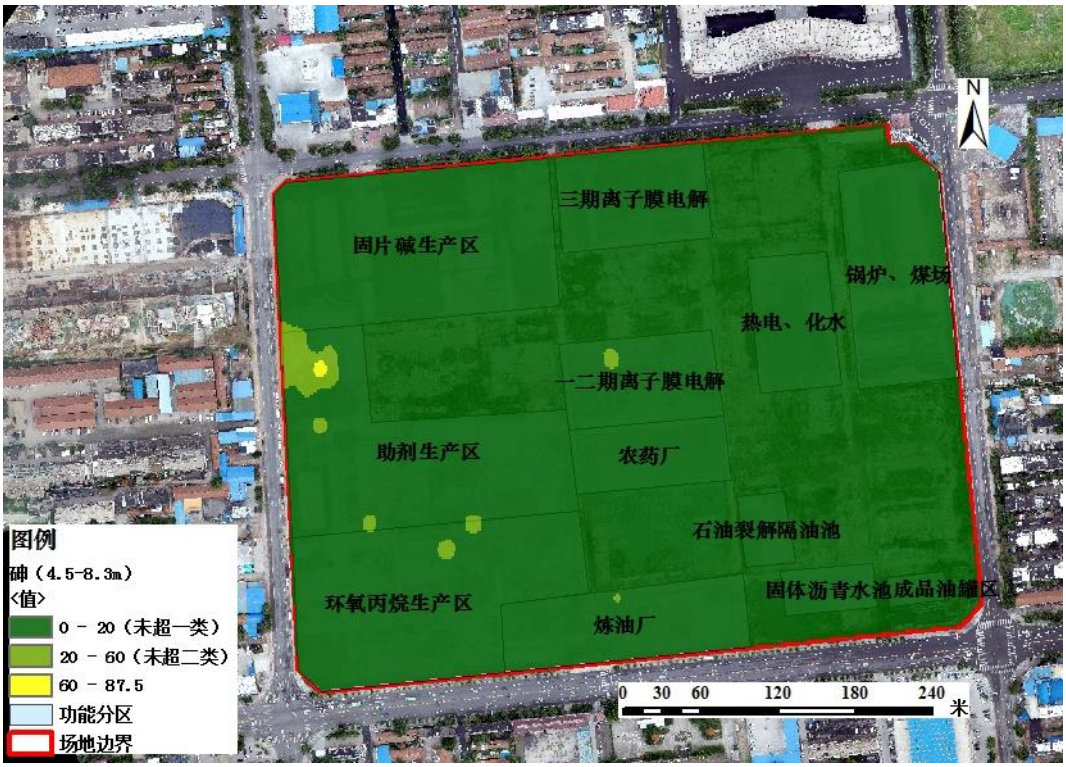


图 7-9 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

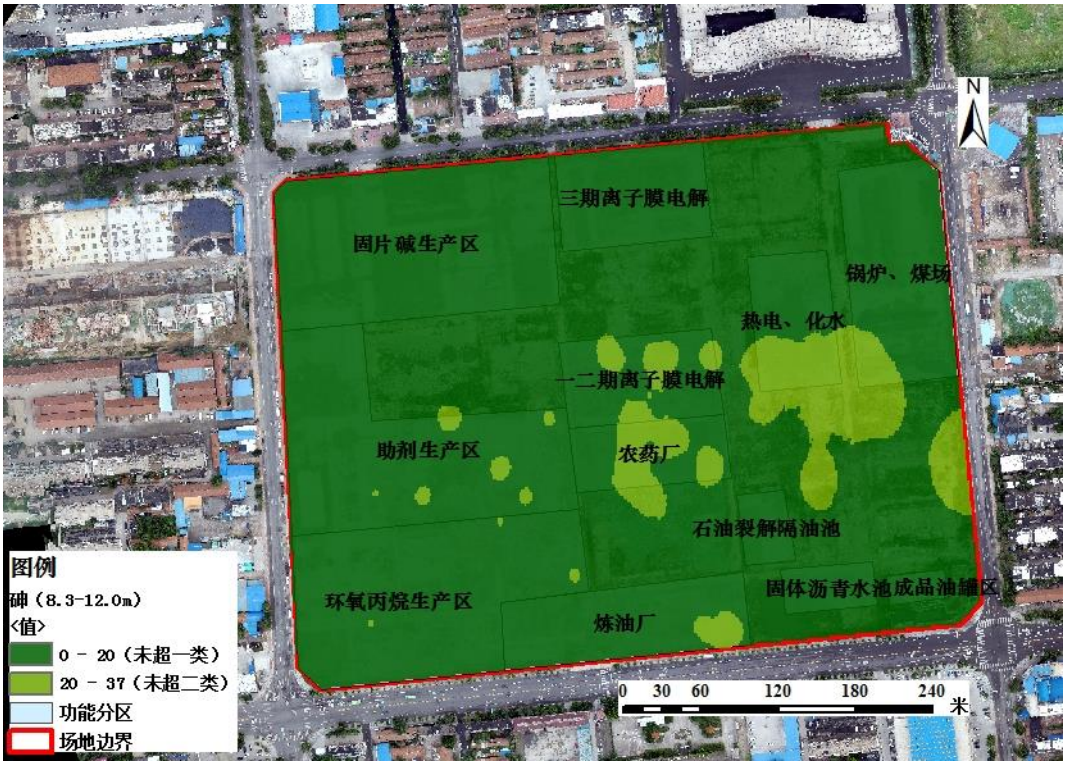


图 7-10 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

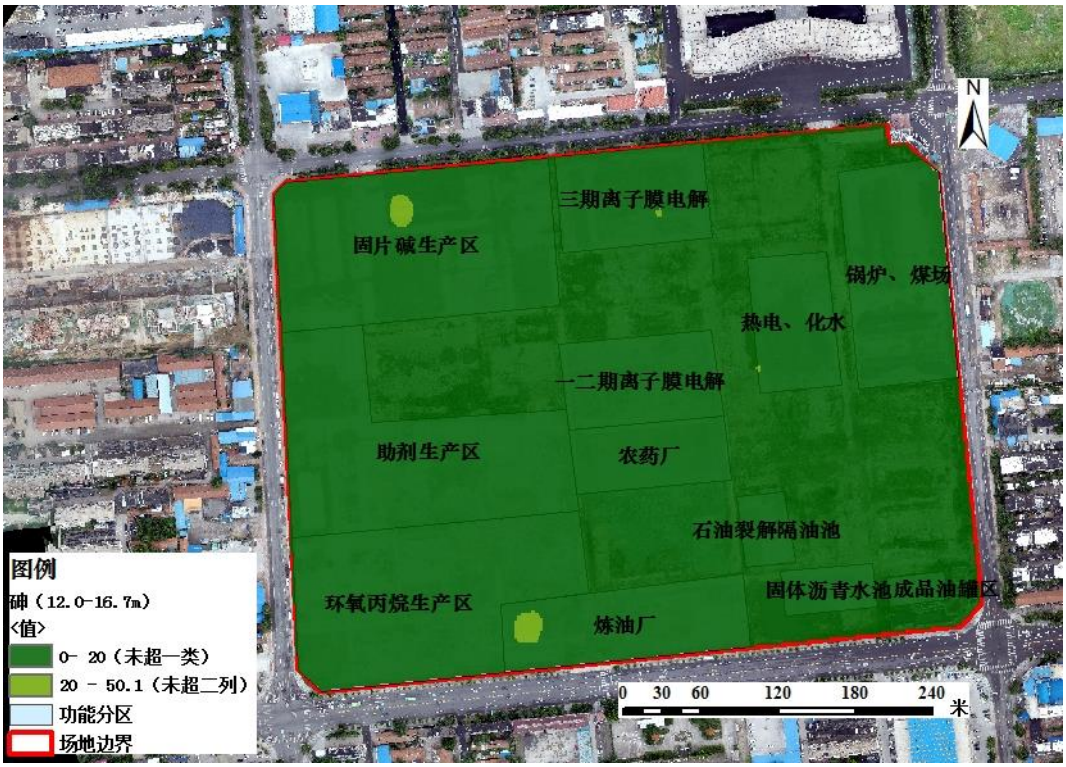


图 7-11 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

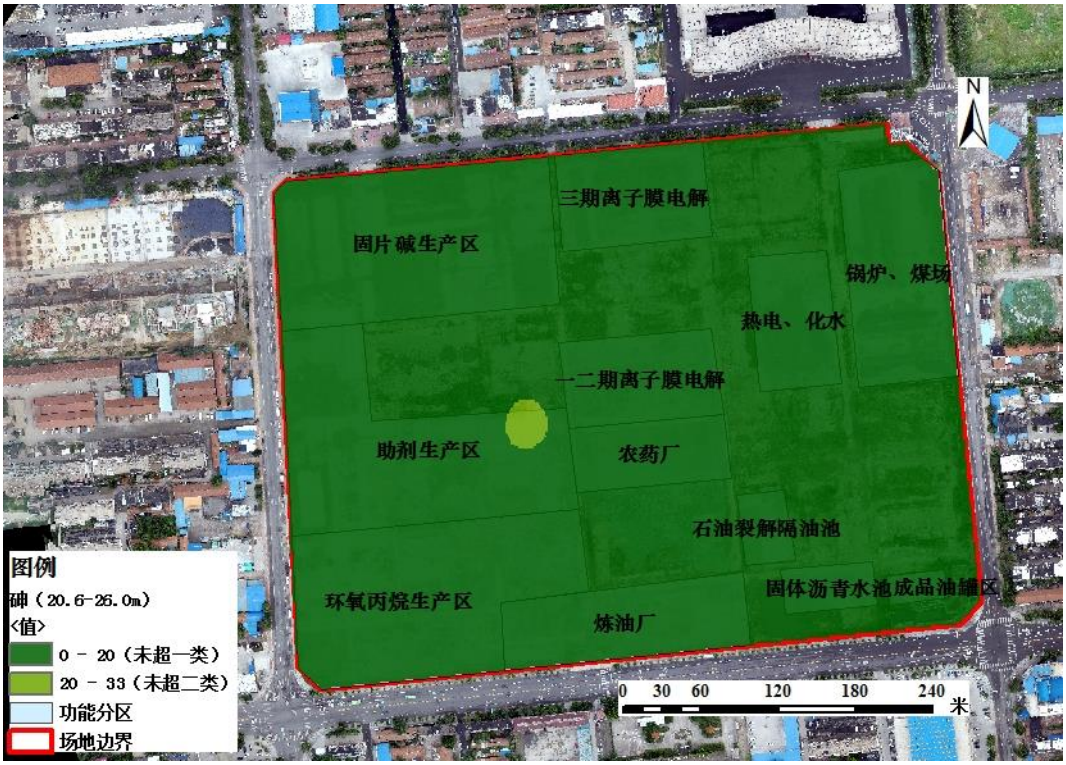


图 7-12 第五-1 层（20.6~26.0m）污染分布

（2）铅

铅污染仅存在第一层（0~1.6m）杂填土中，位于原热电化水车间南侧和炼油厂东侧小范围区域，仅超出一类用地筛选值。重金属铅污染分布见图 7-13。

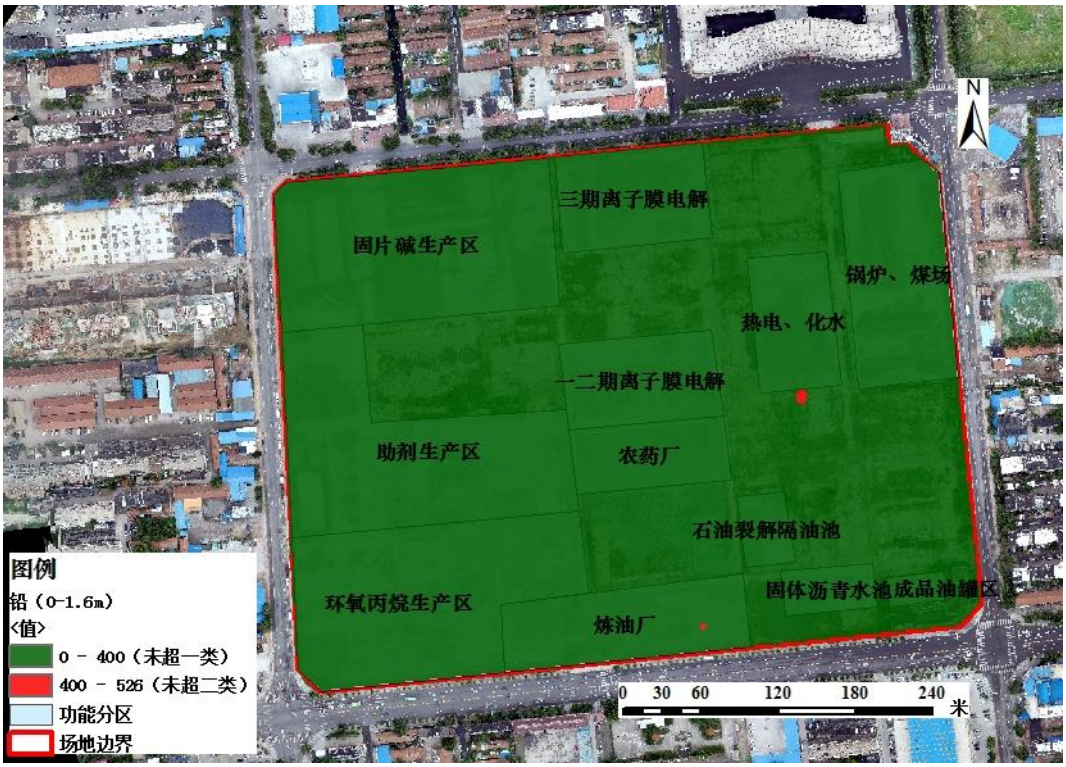


图 7-13 第一层（0~1.6m）污染分布

（3）六价铬

六价铬污染仅存在第一层（0~1.6m）杂填土中，位于原热电、化水车间西北角，该区域同时存在超出一类和二类用地筛选值污染区域，污染分布见图 7-14。

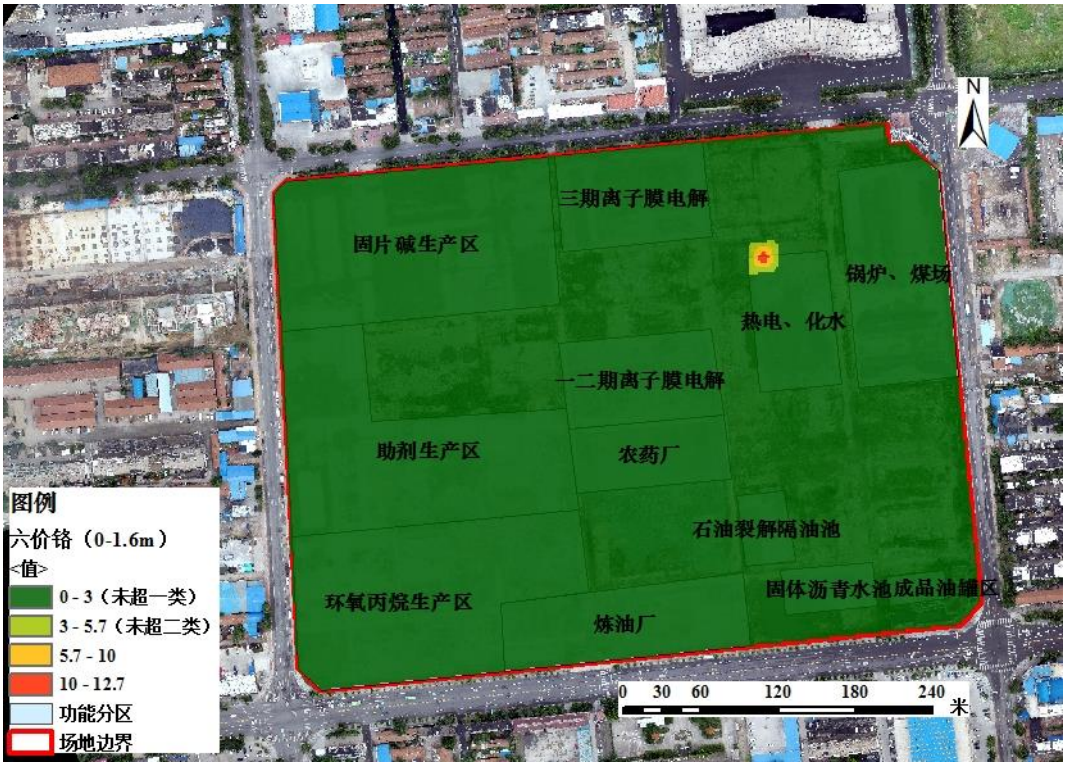


图 7-14 第一层（0~1.6m）污染分布

7.3.1.4 重金属污染三维分布特征

根据以上分析，由于重金属铅和六价铬污染主要集中在第一层杂填土中，仅存在个别超标点位，污染较轻且范围较小，因此本次仅构建老厂区土壤重金属砷污染三维分布图，如图 7-15 所示。

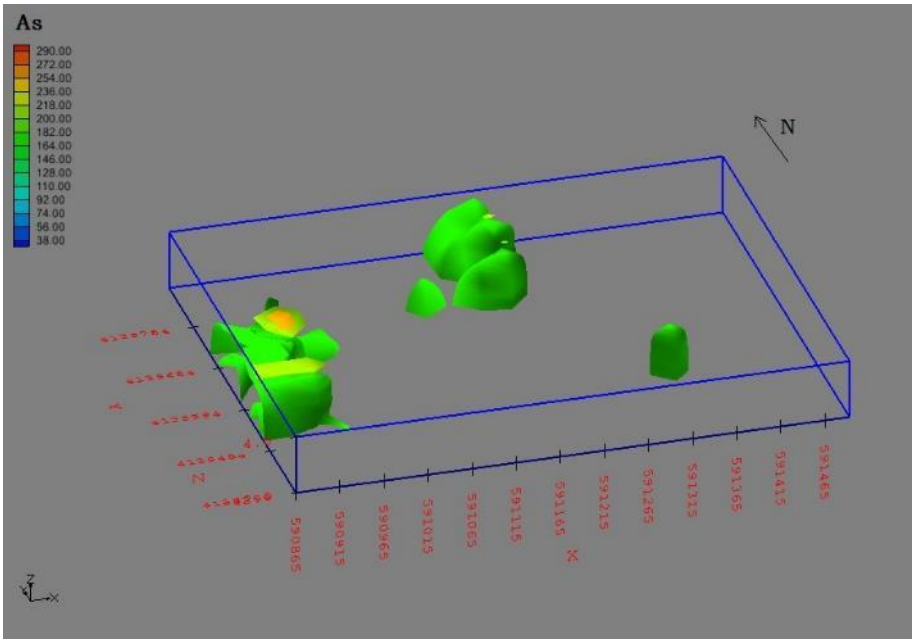


图 7-15 土壤重金属 As 污染三维分布图

7.3.2 VOCs 调查结果

7.3.2.1 VOCs 污染调查结果统计

本次调查共送检 2319 个土壤样品（包括质控样）对其进行 52 种 VOCs 分析，检测结果表明，共检出挥发性有机物 23 种，样品检出率在 0.04%~45.51%之间。通过与一类用地筛选值对比，存在超标物质 13 种，分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯、甲苯、1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、邻-二甲苯和 1,2-二溴乙烷；与二类用地筛选值对比，存在超标物质 9 种，即上述污染物中除 1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、邻-二甲苯和 1,2-二溴乙烷在内的其余 9 种挥发性有机物。

与一类用地筛选值对比，1,2-二氯丙烷的样品超标率最高为 28.44%，且 1,2-二氯丙烷的样品超标倍数也最大，最大检出浓度 2460mg/kg，最高超标 2459 倍；苯和 1,2,3-三氯丙烷的样品超标率次之，分别为 13.28%和 12.81%，最大检出浓度分别为 172mg/kg 和 47.5mg/kg，分别超标 171 和 949 倍；氯仿的样品超标率为 6.00%，最大检出浓度 204mg/kg，最大超标 679 倍；乙苯、1,4-二氯苯和 1,2-二氯乙烷的样品超标率较低，在 1.19%~2.04%之间，最大检出浓度分别为 367mg/kg、71.9mg/kg 和 6.65mg/kg，分别超标 49.97、11.84 和 11.79 倍；间&对-二甲苯和甲苯的样品超标率分别仅为 0.30%和 0.09%，超标倍数分别为 2.99 倍

和 1.30 倍。

与二类用地筛选值相比，1,2-二氯丙烷的样品超标率最高，为 19.80%，且 1,2-二氯丙烷的样品超标倍数也最大，最大检出浓度 2460mg/k 超标 491 倍；1,2,3-三氯丙烷和苯的样品超标率次之，分别为 8.43%和 4.98%，最大检出浓度分别为 47.5mg/kg 和 172mg/kg，分别超标 94 和 42 倍；氯仿的样品超标率为 4.04%，最大检出浓度 204mg/kg 超标 225.67 倍；乙苯的样品超标率为 1.02%，最大检出浓度 367mg/kg 超标 12.11 倍，1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯和甲苯的样品超标率较低，在 0.04%~0.34%之间，最大超标倍数在 0.14~2.60 倍之间。

场地内 VOCs 检出超标情况见表 7-20。

（1）第一层（0~1.6m）

共送检 530 个土壤样品，通过与各自筛选值对比得知，存在 10 种挥发性有机物超出一类用地筛选值，分别为 1,2-二氯丙烷、苯、乙苯、1,2,3-三氯丙烷、1,4-二氯苯、氯仿、间&对-二甲苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和 1,1,2,2-四氯乙烷，其中 6 种污染物同时超出二类用地筛选值，即上述污染物中除间&对-二甲苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和 1,1,2,2-四氯乙烷在内的其余 6 种挥发性有机物。

其中 1,2-二氯丙烷污染最为严重，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 9.81%和 5.47%，最大检出浓度 473 mg/kg，分别超标 471.71 和 93.54 倍；氯仿污染次之，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 0.94%和 0.38%，最大检出浓度 48.7 mg/kg，分别超标 161.33 倍和 53.11 倍；苯最大检出浓度 172 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 4.53%超标 171 倍（一类用地）和 2.64%超标 42 倍（二类用地）；1,2,3-三氯丙烷最大检出浓度 6.60 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 2.64%超标 131 倍（一类用地）和 0.94%超标 12.20 倍（二类用地）；乙苯最大检出浓度 205 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 3.40%超标 27.47 倍（一类用地）和 1.89%超标 6.32 倍（二类用地）；1,4-二氯苯最大检出浓度 29.7 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 1.16%超标 4.30 倍（一类用地）和 0.39%超标 0.49 倍（二类用地）。

间&对-二甲苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和 1,1,2,2-四氯乙烷污染仅超出一类用地筛选值，样品超标率在 0.19%~0.38%之间，最大超标倍数在 0.12~2.76 倍之间。

场地内第一层 VOCs 检出超标情况见表 7-21。

（2）第二层（1.6~8.3m）

第二-1 层（1.6~3.0m）共送检土壤样品 303 个，通过与各自筛选值对比得知，存在 9 种挥发性有机物污染，分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、苯、乙苯、氯仿、间&对-二甲苯、甲苯、1,4-二氯苯和邻-二甲苯。除 1,4-二氯苯和邻-二甲苯污染仅超出一类用地筛选值外，其余 7 种污染物同时超出一类和二类用地筛选值，场地内第二-1 层 VOCs 检出超标情况见表 7-22。

其中 1,2-二氯丙烷污染最重，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 11.88%和 7.26%，最大检出浓度 1035 mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 1034 和 205.95 倍；1,2,3-三氯丙烷污染次之，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 4.95%和 3.63%，最大检出浓度 21.80 mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 435 和 42.60 倍；苯最大检出浓度 54.50mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 6.27%超标 53.50 倍（一类用地）和 3.30%超标 12.63 倍（二类用地）；乙苯最大检出浓度 367 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 4.29%超标 49.97 倍（一类用地）和 2.31%超标 12.11 倍（二类用地）；氯仿最大检出浓度 10.60 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 1.65%超标 34.33 倍（一类用地）和 0.99%超标 10.78 倍（二类用地）；间&对-二甲苯和甲苯的最大检出浓度分别为 651 mg/kg 和 2580 mg/kg，与一类用地筛选值相比，超标率分别为 0.99%和 0.33%，分别超标 2.99 倍和 1.15 倍，与二类用地筛选值相比，超标率均为 0.33%，分别超标 0.14 倍和 1.15 倍。

1,4-二氯苯和邻-二甲苯为仅超出一类用地筛选值的污染物，样品超标率分别为 1.35%和 0.33%，最大检出浓度分别为 14.80 mg/kg 和 386 mg/kg，分别超标 1.64 倍和 0.74 倍。

第二-2 层（3.0~4.5m）共送检土壤样品 286 个，通过与各自的筛选值对比得知，存在 7 种挥发性有机物超标污染，分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯、1,4-二氯苯和 1,2-二氯乙烷，且 1,2-二氯乙烷为仅超出一类用地筛选值的污染物，场地内第二-2 层 VOCs 检出超标情况见表 7-23。

其中 1,2-二氯丙烷污染最重，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 18.53%和 12.94%，最大检出浓度 2460mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 2459 和 491 倍；1,2,3-三氯丙烷污染次之，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 7.34%和 5.59%，最大检出浓度 30.50 mg/kg 分别超出一类和二

类用地筛选值 609 和 60 倍；氯仿最大检出浓度 17.00 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 3.15%超标 55.67 倍（一类用地）和 1.75%超标 17.89 倍（二类用地）；苯最大检出浓度 51.30mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 6.99%超标 50.30 倍（一类用地）和 3.15%超标 11.83 倍（二类用地）；乙苯和 1,4-二氯苯的最大检出浓度分别为 47.80 mg/kg 和 25.30 mg/kg，与一类用地筛选值相比，超标率分别为 2.10%和 1.79%，分别超标 5.64 倍和 3.52 倍，与二类用地筛选值相比，超标率分别为 1.40%和 1.07%，分别超标 0.71 倍和 0.27 倍。

1,2-二氯乙烷为仅超出一类用地筛选值的污染物，样品超标率为 0.35%，最大检出浓度 0.78 mg/kg，最高超标 0.49 倍。

第二-3 层（4.5~8.3m）共送检土壤样品 300 个，通过与一类用地筛选值对比得知，存在超标 VOCs 污染物 8 种，分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、苯、氯仿、三氯乙烯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷和乙苯，与二类用地筛选值对比结果表明，存在超标污染物 4 种，即上述污染物中的 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、苯和氯仿，场地内第二-3 层 VOCs 检出超标情况见表 7-24。

其中 1,2-二氯丙烷污染最重，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 27.33%和 17.67%，最大检出浓度 784mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 783 和 155.8 倍；1,2,3-三氯丙烷污染次之，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 12.00%和 7.67%，最大检出浓度 27 mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 547 和 53.80 倍；苯最大检出浓度 104mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 11.33%超标 103 倍（一类用地）和 5.00%超标 25 倍（二类用地）；氯仿最大检出浓度 17.60 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 4.33%超标 57.67 倍（一类用地）和 2.67%超标 18.56 倍（二类用地）。

三氯乙烯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷和乙苯为仅超出一类用地筛选值的污染物，样品超标率在 0.33%~1.67%之前，最大超标倍数在 0.86~1.90 倍之间。

（3）第三层（8.3~16.7m）

第三-1 层（8.3~12.0m）共送检土壤样品 403 个，与各自的筛选值对比得知，存在 VOCs 超标污染物 10 种，分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯、1,2-二溴乙烷、三氯乙烯和 1,4-二氯苯，其中 6 种污染物同时超出一类和二类用地筛选值，分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯和 1,2-二氯乙烷，场地内第三-1 层 VOCs 检出超标情况

见表 7-25。

其中 1,2-二氯丙烷污染最重，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 46.90%和 34.49%，最大检出浓度 491mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 490 和 97.20 倍；1,2,3-三氯丙烷污染次之，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 23.08%和 13.90%，最大检出浓度 8.78mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 174.6 和 16.56 倍；氯仿最大检出浓度 47 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 10.92%超标 155.67 倍（一类用地）和 6.70%超标 51.22 倍（二类用地）；苯最大检出浓度 49.50mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 20.10%超标 48.50 倍（一类用地）和 7.20%超标 11.38 倍（二类用地）；乙苯和 1,2-二氯乙烷的最大检出浓度分别为 92.40 mg/kg 和 5.66 mg/kg，与一类用地筛选值相比，超标率均为 0.99%，分别超标 11.83 倍和 9.88 倍，与二类用地筛选值相比，超标率分别为 0.50%和 0.25%，分别超标 2.30 倍和 0.13 倍。

间&对-二甲苯、1,2-二溴乙烷、三氯乙烯和 1,4-二氯苯仅超出各自的一类用地筛选标准，样品超标率在 0.25%~0.51%之间，最大超标倍数在 0.28~0.71 倍。

第三-2 层（12.0~16.7m）共送检土壤样品 235 个，通过与各自的筛选值对比得知，存在 VOCs 超标污染物 7 种，分别为 1,2,3-三氯丙烷、1,2-二氯丙烷、氯仿、苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷和乙苯，其中 1,2-二氯乙烷和乙苯为仅超出一类用地筛选值的 2 种超标污染物，场地内第三-2 层 VOCs 检出超标情况见表 7-26。

其中 1,2,3-三氯丙烷污染最重，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 19.57%和 12.34%，最大检出浓度 47.50mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 949 和 94 倍；1,2-二氯丙烷污染次之，与一类和二类用地筛选值相比，样品超标率分别为 48.51%和 32.34%，最大检出浓度 376mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 375 和 74.2 倍；氯仿最大检出浓度 44.6 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 7.66%超标 147.67 倍（一类用地）和 5.53%超标 48.56 倍（二类用地）；苯最大检出浓度 36.1mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 31.91%超标 35.1 倍（一类用地）和 11.49%超标 8.03 倍（二类用地）；1,4-二氯苯的最大检出浓度为 71.9 mg/kg，样品超标率和最大超标倍数分别为 1.75%超标 11.84 倍（一类用地）和 0.87%超标 2.60 倍（二类用地）。

1,2-二氯乙烷和乙苯仅超出各自的一类用地筛选标准，样品超标率分别为 3.40%和 0.43%，最大超标倍数分别为 6.63 倍和 0.24 倍。

（4）第四层（16.7~20.6m）

第四层共送检 107 个土壤样品，其中检出挥发性有机物 13 种，存在超标物质 6 种分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、苯、氯仿、1,2-二氯乙烷和 1,4-二氯苯，且 6 种污染物均同时超出一类和二类用地筛选标准。场地内第四层 VOCs 检出超标情况见表 7-27。

分别与各自的一类和二类用地筛选值相比，1,2-二氯丙烷污染最重，样品超标率分别为 62.62%和 45.79%，最大检出浓度 1070mg/kg，分别超标 1069 倍和 213 倍；氯仿样品超标率分别为 20.56%和 15.89%，最大检出浓度 196mg/kg，分别超标 652.33 倍和 216.78 倍；1,2,3-三氯丙烷样品超标率分别为 34.58%和 27.10%，最大检出浓度 28.2mg/kg，分别超标 563 倍和 55.40 倍；苯样品超标率分别为 32.71%和 8.41%，最大检出浓度 37.7mg/kg，分别超标 36.70 倍和 8.43 倍；1,2-二氯乙烷样品超标率分别为 6.54%和 1.87%，最大检出浓度 6.65mg/kg，分别超标 11.79 倍和 0.33 倍；1,4-二氯苯污染较轻，样品超标率分别为 2.86%和 0.95%，最大检出浓度 24mg/kg，分别超标 3.29 倍和 0.20 倍。

（5）第五层（20.6~34.0m）

第五-1 层（20.6~26.0m）共送检土壤样品 48 个，检测结果表明共检出挥发性有机物 13 种，存在超标物质 6 种分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、1,2-二氯乙烷和 1,4-二氯苯，且除 1,2-二氯乙烷和 1,4-二氯苯外，其余 4 种污染物均同时超出一类用地和二类用地筛选标准。场地内第五-1 层 VOCs 检出超标情况见表 7-28。

分别与各自的一类和二类用地筛选值相比，1,2,3-三氯丙烷污染最重，样品超标率分别为 37.50%和 25.00%，最大检出浓度 37.60mg/kg，分别超标 751 倍和 74.20 倍；氯仿污染次之，样品超标率分别为 27.08%和 20.83%，最大检出浓度 204mg/kg，分别超标 679 倍和 225.67 倍；1,2-二氯丙烷样品超标率分别为 58.33%和 52.08%，最大检出浓度 611mg/kg，分别超标 610 倍和 121.20 倍；苯样品超标率分别为 18.75%和 2.08%，最大检出浓度 5.97mg/kg，分别超标 4.97 倍和 0.49 倍。

1,2-二氯乙烷和 1,4-二氯苯仅超出各自的一类用地筛选标准，样品超标率分别为 6.25%和 6.52%，最大超标倍数分别为 4.60 倍和 1.55 倍。

第五-2 层（26.0~34.0m）共送检土壤样品 7 个，共检出 VOCs 污染物 9 种，

超标物质 4 种，其中 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷和氯仿同时超出各自一类和二类用地筛选标准，1,2-二氯乙烷仅超出一类用地筛选值。场地内第五-2 层 VOCs 检出超标情况见表 7-29。

污染较重的为 1,2-二氯丙烷，与一类和二类用地筛选值比较，样品超标率分别为 100%和 71.43%，最大检出浓度 61.80 mg/kg，分别超标 60.80 倍和 11.36 倍；1,2,3-三氯丙烷和氯仿污染较轻，与一类用地筛选值比较，样品超标率均为 28.57%，最大检出浓度分别为 0.90 mg/kg 和 1.38 mg/kg，分别超标 16.94 倍和 3.60 倍，与二类用地筛选值比较，样品超标率分别为 14.29%和 28.57%，分别超标 0.79 倍和 0.53 倍。

1,2-二氯乙烷仅超出一类用地筛选标准，样品超标率为 14.29%，最大检出浓度 1.28 mg/kg 超标 1.46 倍。

（6）第六层（34.0~38.0m）

共送检 2 个土壤样品，仅检出 1,2-二氯丙烷 1 种挥发性有机污染物，与一类和二类用地筛选值比较，样品超标率均为 50.00%，最大检出浓度 14.80 mg/kg，分别超标 13.80 倍和 1.96 倍。

场地内第六层 VOCs 检出超标情况见表 7-30。

表 7-20 VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	1069	45.51	2319	2460	0.00	33.57	2.83	1	668	**28.44**	**2459.00**	5	465	**19.80**	**491.00**
1,2,3-三氯丙烷	313	13.32	2319	47.50	0.01	2.49	0.89	0.05	301	**12.81**	**949.00**	0.5	198	**8.43**	**94.00**
氯仿	209	8.90	2319	204	0.00	5.74	0.62	0.3	141	**6.00**	**679.00**	0.9	95	**4.04**	**225.67**
苯	964	41.04	2319	172	0.00	2.62	0.43	1	312	**13.28**	**171.00**	4	117	**4.98**	**42.00**
乙苯	612	26.05	2319	367	0.00	3.87	0.14	7.2	48	**2.04**	**49.97**	28	24	**1.02**	**12.11**
1,4-二氯苯	572	24.35	2319	71.9	0.00	1.44	0.30	5.6	32	**1.36**	**11.84**	20	8	**0.34**	**2.60**
1,2-二氯乙烷	86	3.66	2319	6.65	0.00	0.72	0.25	0.52	28	**1.19**	**11.79**	5	3	**0.13**	**0.33**
间&对-二甲苯	596	25.37	2319	651	0.00	7.96	0.21	163	7	**0.30**	**2.99**	570	1	**0.04**	**0.14**
甲苯	892	37.97	2319	2760	0.00	9.82	0.22	1200	2	**0.09**	**1.30**	1200	2	**0.09**	**1.30**
1,1,2,2-四氯乙烷	3	0.13	2319	6.01	0.22	2.17	0.29	1.6	1	**0.04**	**2.76**	6.8	0	0	0
三氯乙烯	18	0.77	2319	2.33	0.03	0.45	0.29	0.7	3	**0.13**	**2.33**	2.8	0	0	0
邻-二甲苯	555	23.63	2319	386	0.00	3.35	0.13	222	1	**0.04**	**0.74**	640	0	0	0
1,2-二溴乙烷	1	0.04	2319	0.12	0.12	0.12	0.12	0.07	1	**0.04**	**0.71**	0.24	0	0	0
苯乙烯	190	8.09	2319	383	0.00	3.48	0.11	1290	0	0	0	1290	0	0	0
反-1,2-二氯乙烯	8	0.34	2319	0.22	0.01	0.13	0.15	10	0	0	0	54	0	0	0
顺-1,2-二氯乙烯	12	0.51	2319	3.08	0.15	1.08	0.54	66	0	0	0	596	0	0	0
四氯化碳	4	0.17	2319	0.33	0.00	0.13	0.09	0.9	0	0	0	2.8	0	0	0
1,1,2-三氯乙烷	3	0.13	2319	0.40	0.00	0.21	0.23	0.6	0	0	0	2.8	0	0	0

四氯乙烯	31	1.32	2319	0.44	0.01	0.08	0.07	11	0	0	0	53	0	0	0
1,1,1,2-四氯乙烷	2	0.09	2319	0.12	0.00	0.04	0.01	2.6	0	0	0	10	0	0	0
氯苯	717	30.52	2319	56.5	0.00	1.56	0.46	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	580	24.69	2319	55.7	0.00	1.13	0.23	560	0	0	0	560	0	0	0
三溴甲烷	1	0.04	2319	0.27	0.27	0.27	0.27	32	0	0	0	103	0	0	0

表 7-21 第一层（0~1.6m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	141	26.60	530	473	0.00	9.39	0.51	1	52	**9.81**	**471.71**	5	29	**5.47**	**93.54**
氯仿	11	2.08	530	48.7	0.00	4.35	0.16	0.3	5	**0.94**	**161.33**	0.9	2	**0.38**	**53.11**
苯	134	25.28	530	172	0.00	2.51	0.15	1	24	**4.53**	**171.00**	4	14	**2.64**	**42.00**
1,2,3-三氯丙烷	15	2.83	530	6.60	0.01	1.17	0.15	0.05	14	**2.64**	**131.00**	0.5	5	**0.94**	**12.20**
乙苯	131	24.72	530	205	0.00	6.98	0.17	7.2	18	**3.40**	**27.47**	28	10	**1.89**	**6.32**
1,4-二氯苯	50	9.65	518	29.7	0.00	2.24	0.08	5.6	6	**1.16**	**4.30**	20	2	**0.39**	**0.49**
1,1,2,2-四氯乙烷	3	0.57	530	6.01	0.22	2.17	0.29	1.6	1	**0.19**	**2.76**	6.8	0	0	0
三氯乙烯	4	0.75	530	2.33	0.04	0.73	0.28	0.7	1	**0.19**	**2.33**	2.8	0	0	0
间&对-二甲苯	142	26.79	530	444	0.00	11.51	0.27	163	2	**0.38**	**1.72**	570	0	0	0
1,2-二氯乙烷	7	1.32	530	0.58	0.04	0.15	0.08	0.52	1	**0.19**	**0.12**	5	0	0	0
甲苯	167	31.51	530	899	0.00	7.43	0.19	1200	0	0	0	1200	0	0	0
苯乙烯	46	8.68	530	166	0.00	5.05	0.11	1290	0	0	0	1290	0	0	0
邻-二甲苯	125	23.58	530	141	0.00	4.95	0.10	222	0	0	0	640	0	0	0

反-1,2-二氯乙烯	2	0.38	530	0.17	0.03	0.10	0.10	10	0	0	0	54	0	0	0
顺-1,2-二氯乙烯	4	0.75	530	2.64	0.16	0.85	0.30	66	0	0	0	596	0	0	0
四氯化碳	2	0.38	530	0.33	0.14	0.24	0.24	0.9	0	0	0	2.8	0	0	0
1,1,2-三氯乙烷	1	0.19	530	0.4	0.00	0.20	0.20	0.6	0	0	0	2.8	0	0	0
四氯乙烯	10	1.89	530	0.14	0.01	0.07	0.08	11	0	0	0	53	0	0	0
1,1,1,2-四氯乙烷	2	0.38	530	0.12	0.00	0.04	0.01	2.6	0	0	0	10	0	0	0
氯苯	56	10.57	530	13.7	0.00	1.17	0.05	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	48	9.06	530	33.4	0.00	2.32	0.09	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-22 第二-1 层（1.6~3.0m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	80	26.40	303	1035	0.00	37.80	0.74	1	36	11.88	1034	5	22	7.26	205.95
1,2,3-三氯丙烷	15	4.95	303	21.80	0.08	4.18	2.02	0.05	15	4.95	435	0.5	11	3.63	42.60
苯	76	25.08	303	54.50	0.00	2.97	0.27	1	19	6.27	53.50	4	10	3.30	12.63
乙苯	68	22.44	303	367	0.00	11.59	0.49	7.2	13	4.29	49.97	28	7	2.31	12.11
氯仿	10	3.30	303	10.60	0.10	2.11	0.34	0.3	5	1.65	34.33	0.9	3	0.99	10.78
间&对-二甲苯	68	22.44	303	651	0.00	25.13	0.51	163	3	0.99	2.99	570	1	0.33	0.14
甲苯	76	25.08	303	2580	0.00	45.22	0.32	1200	1	0.33	1.15	1200	1	0.33	1.15
1,4-二氯苯	35	11.78	297	14.80	0.00	1.81	0.25	5.6	4	1.35	1.64	20	0	0	0
邻-二甲苯	64	21.12	303	386	0.00	10.88	0.42	222	1	0.33	0.74	640	0	0	0
苯乙烯	32	10.56	303	383	0.00	12.46	0.19	1290	0	0	0	1290	0	0	0

反-1,2-二氯乙烯	1	0.33	303	0.22	0.22	0.22	0.22	10	0	0	0	54	0	0	0
顺-1,2-二氯乙烯	2	0.66	303	3.08	0.28	1.68	1.68	66	0	0	0	596	0	0	0
四氯化碳	1	0.33	303	0.04	0.04	0.04	0.04	0.9	0	0	0	2.8	0	0	0
1,2-二氯乙烷	2	0.66	303	0.30	0.05	0.17	0.17	0.52	0	0	0	5	0	0	0
三氯乙烯	3	0.99	303	0.42	0.05	0.25	0.29	0.7	0	0	0	2.8	0	0	0
四氯乙烯	3	0.99	303	0.12	0.05	0.08	0.07	11	0	0	0	53	0	0	0
氯苯	36	11.88	303	56.50	0.00	2.52	0.16	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	37	12.21	303	10.70	0.00	1.20	0.17	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-23 第二-2 层（3.0~4.5m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	100	34.97	286	2460	0.00	45.94	1.32	1	53	**18.53**	**2459**	5	37	**12.94**	**491.00**
1,2,3-三氯丙烷	22	7.69	286	30.5	0.04	3.13	1.27	0.05	21	**7.34**	**609**	0.5	16	**5.59**	**60.00**
氯仿	14	4.90	286	17	0.06	2.60	0.48	0.3	9	**3.15**	**55.67**	0.9	5	**1.75**	**17.89**
苯	76	26.57	286	51.3	0.00	2.30	0.30	1	20	**6.99**	**50.30**	4	9	**3.15**	**11.83**
乙苯	61	21.33	286	47.8	0.00	3.62	0.33	7.2	6	**2.10**	**5.64**	28	4	**1.40**	**0.71**
1,4-二氯苯	44	15.71	280	25.3	0.00	2.46	0.21	5.6	5	**1.79**	**3.52**	20	3	**1.07**	**0.27**
1,2-二氯乙烷	4	1.40	286	0.78	0.05	0.28	0.15	0.52	1	**0.35**	**0.49**	5	0	0	0
间&对-二甲苯	60	20.98	286	145	0.00	6.69	0.70	163	0	0	0	570	0	0	0
苯乙烯	25	8.74	286	1.35	0.00	0.36	0.20	1290	0	0	0	1290	0	0	0
邻-二甲苯	61	21.33	286	45.4	0.00	2.86	0.25	222	0	0	0	640	0	0	0

甲苯	75	26.22	286	192	0.00	6.54	0.19	1200	0	0	0	1200	0	0	0
反-1,2-二氯乙烯	2	0.70	286	0.21	0.16	0.18	0.18	10	0	0	0	54	0	0	0
顺-1,2-二氯乙烯	2	0.70	286	2.98	1.31	2.15	2.15	66	0	0	0	596	0	0	0
三氯乙烯	5	1.75	286	0.59	0.13	0.35	0.30	0.7	0	0	0	2.8	0	0	0
四氯乙烯	6	2.10	286	0.44	0.01	0.12	0.09	11	0	0	0	53	0	0	0
氯苯	51	17.83	286	29.5	0.00	1.87	0.17	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	46	16.08	286	27.1	0.00	2.14	0.16	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-24 第二-3 层（4.5~8.3m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	138	46.00	300	784	0.00	24.25	2.06	1	82	**27.33**	**783**	5	53	**17.67**	**155.80**
1,2,3-三氯丙烷	36	12.00	300	27	0.05	2.56	0.94	0.05	36	**12.00**	**547**	0.5	23	**7.67**	**53.80**
苯	120	40.00	300	104	0.00	3.54	0.20	1	34	**11.33**	**103**	4	15	**5.00**	**25.00**
氯仿	25	8.33	300	17.60	0.03	1.70	0.33	0.3	13	**4.33**	**57.67**	0.9	8	**2.67**	**18.56**
三氯乙烯	3	1.00	300	1.64	0.03	0.57	0.04	0.7	1	**0.33**	**1.34**	2.8	0	0	0
1,4-二氯苯	101	34.35	294	12.30	0.00	1.06	0.30	5.6	4	**1.36**	**1.20**	20	0	0	0
1,2-二氯乙烷	6	2.00	300	0.97	0.02	0.33	0.22	0.52	2	**0.67**	**0.86**	5	0	0	0
乙苯	76	25.33	300	20.90	0.00	1.35	0.22	7.2	5	**1.67**	**1.90**	28	0	0	0
甲苯	106	35.33	300	34.10	0.00	2.15	0.17	1200	0	0	0	1200	0	0	0
间&对-二甲苯	76	25.33	300	28.90	0.00	2.19	0.37	163	0	0	0	570	0	0	0
苯乙烯	29	9.67	300	3.16	0.00	0.44	0.21	1290	0	0	0	1290	0	0	0

邻-二甲苯	74	24.67	300	17.80	0.00	1.26	0.22	222	0	0	0	640	0	0	0
反-1,2-二氯乙烯	2	0.67	300	0.12	0.01	0.07	0.07	10	0	0	0	54	0	0	0
顺-1,2-二氯乙烯	2	0.67	300	0.68	0.30	0.49	0.49	66	0	0	0	596	0	0	0
四氯化碳	1	0.33	300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.9	0	0	0	2.8	0	0	0
1,1,2-三氯乙烷	1	0.33	300	0.24	0.24	0.24	0.24	0.6	0	0	0	2.8	0	0	0
四氯乙烯	3	1.00	300	0.09	0.06	0.08	0.08	11	0	0	0	53	0	0	0
氯苯	103	34.33	300	12.90	0.01	1.06	0.31	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	103	34.33	300	9.51	0.00	0.75	0.24	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-25 第三-1 层（8.3~12.0m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	271	67.25	403	491	0.00	34.63	5.74	1	189	**46.90**	**490**	5	139	**34.49**	**97.20**
1,2,3-三氯丙烷	96	23.82	403	8.78	0.03	1.42	0.62	0.05	93	**23.08**	**174.60**	0.5	56	**13.90**	**16.56**
氯仿	62	15.38	403	47.00	0.05	3.08	0.66	0.3	44	**10.92**	**155.67**	0.9	27	**6.70**	**51.22**
苯	244	60.55	403	49.50	0.00	2.42	0.54	1	81	**20.10**	**48.50**	4	29	**7.20**	**11.38**
乙苯	155	38.46	403	92.40	0.00	1.42	0.08	7.2	4	**0.99**	**11.83**	28	2	**0.50**	**2.30**
1,2-二氯乙烷	20	4.96	403	5.66	0.02	0.56	0.19	0.52	4	**0.99**	**9.88**	5	1	**0.25**	**0.13**
间&对-二甲苯	146	36.23	403	279	0.00	3.21	0.17	163	1	**0.25**	**0.71**	570	0	0	0
1,2-二溴乙烷	1	0.25	403	0.12	0.12	0.12	0.12	0.07	1	**0.25**	**0.71**	0.24	0	0	0
三氯乙烯	2	0.50	403	0.91	0.04	0.47	0.47	0.7	1	**0.25**	**0.30**	2.8	0	0	0

1,4-二氯苯	203	51.92	391	7.18	0.00	0.76	0.41	5.6	2	**0.51**	**0.28**	20	0	0	0
苯乙烯	36	8.93	403	0.74	0.00	0.14	0.07	1290	0	0	0	1290	0	0	0
邻-二甲苯	141	34.99	403	93.00	0.00	1.28	0.07	222	0	0	0	640	0	0	0
甲苯	218	54.09	403	61.50	0.00	1.43	0.22	1200	0	0	0	1200	0	0	0
四氯乙烯	5	1.24	403	0.08	0.01	0.05	0.07	11	0	0	0	53	0	0	0
氯苯	217	53.85	403	15.20	0.00	1.21	0.57	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	210	52.11	403	5.65	0.00	0.58	0.30	560	0	0	0	560	0	0	0
三溴甲烷	1	0.25	403	0.27	0.27	0.27	0.27	32	0	0	0	103	0	0	0

表 7-26 第三-2 层（12.0~16.7m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2,3-三氯丙烷	49	20.85	235	47.5	0.03	2.73	0.69	0.05	46	**19.57**	**949**	0.5	29	**12.34**	**94.0**
1,2-二氯丙烷	170	72.34	235	376	0.01	26.67	4.31	1	114	**48.51**	**375**	5	76	**32.34**	**74.2**
氯仿	27	11.49	235	44.6	0.04	5.42	0.81	0.3	18	**7.66**	**147.67**	0.9	13	**5.53**	**48.56**
苯	154	65.53	235	36.1	0.00	3.24	0.94	1	75	**31.91**	**35.10**	4	27	**11.49**	**8.03**
1,4-二氯苯	59	25.76	229	71.9	0.00	2.54	0.33	5.6	4	**1.75**	**11.84**	20	2	**0.87**	**2.60**
1,2-二氯乙烷	23	9.79	235	3.97	0.00	0.66	0.32	0.52	8	**3.40**	**6.63**	5	0	0	0
乙苯	70	29.79	235	8.96	0.00	0.60	0.09	7.2	1	**0.43**	**0.24**	28	0	0	0
甲苯	124	52.77	235	22.40	0.00	1.14	0.27	1200	0	0	0	1200	0	0	0
间&对-二甲苯	63	26.81	235	14.30	0.00	0.72	0.09	163	0	0	0	570	0	0	0
苯乙烯	11	4.68	235	5.46	0.00	0.83	0.08	1290	0	0	0	1290	0	0	0
邻-二甲苯	57	24.26	235	7.81	0.00	0.47	0.08	222	0	0	0	640	0	0	0

三氯乙烯	1	0.43	235	0.03	0.03	0.03	0.03	0.7	0	0	0	2.8	0	0	0
1,1,2-三氯乙烷	1	0.43	235	0.21	0.21	0.21	0.21	0.6	0	0	0	2.8	0	0	0
四氯乙烯	4	1.70	235	0.18	0.07	0.10	0.08	11	0	0	0	53	0	0	0
氯苯	129	54.89	235	26.90	0.00	1.73	0.65	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	59	25.11	235	55.70	0.00	1.91	0.28	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-27 第四层（16.7~20.6m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	81	75.70	107	1070	0.04	59.85	12.90	1	67	**62.62**	**1069**	5	49	**45.79**	**213**
氯仿	31	28.97	107	196	0.06	10.44	1.50	0.3	22	**20.56**	**652.33**	0.9	17	**15.89**	**216.78**
1,2,3-三氯丙烷	39	36.45	107	28.2	0.03	3.57	1.78	0.05	37	**34.58**	**563.00**	0.5	29	**27.10**	**55.40**
苯	79	73.83	107	37.7	0.00	2.52	0.87	1	35	**32.71**	**36.70**	4	9	**8.41**	**8.43**
1,2-二氯乙烷	12	11.21	107	6.65	0.01	1.86	0.62	0.52	7	**6.54**	**11.79**	5	2	**1.87**	**0.33**
1,4-二氯苯	31	29.52	105	24.00	0.00	1.67	0.18	5.6	3	**2.86**	**3.29**	20	1	**0.95**	**0.20**
甲苯	60	56.07	107	22.90	0.01	1.51	0.25	1200	0	0	0	1200	0	0	0
乙苯	19	17.76	107	3.37	0.00	0.41	0.13	7.2	0	0	0	28	0	0	0
间&对-二甲苯	17	15.89	107	7.43	0.00	0.76	0.17	163	0	0	0	570	0	0	0
苯乙烯	4	3.74	107	4.70	0.00	0.98	0.34	1290	0	0	0	1290	0	0	0
邻-二甲苯	14	13.08	107	4.01	0.00	0.43	0.11	222	0	0	0	640	0	0	0
氯苯	54	50.47	107	29.90	0.00	2.15	0.62	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	30	28.04	107	21.00	0.00	1.25	0.15	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-28 第五-1 层（20.6~26.0m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2,3-三氯丙烷	18	37.50	48	37.6	0.07	4.92	2.81	0.05	18	**37.50**	**751**	0.5	12	**25.00**	**74.20**
氯仿	14	29.17	48	204	0.10	20.85	3.31	0.3	13	**27.08**	**679**	0.9	10	**20.83**	**225.67**
1,2-二氯丙烷	31	64.58	48	611	0.22	90.47	31.00	1	28	**58.33**	**610**	5	25	**52.08**	**121.20**
苯	33	68.75	48	5.97	0.00	0.99	0.59	1	9	**18.75**	**4.97**	4	1	**2.08**	**0.49**
1,2-二氯乙烷	8	16.67	48	2.91	0.07	0.81	0.41	0.52	3	**6.25**	**4.60**	5	0	0	0
1,4-二氯苯	21	45.65	46	14.30	0.03	1.73	0.18	5.6	3	**6.52**	**1.55**	20	0	0	0
甲苯	27	56.25	48	5.88	0.03	0.72	0.19	1200	0	0	0	1200	0	0	0
乙苯	8	16.67	48	0.66	0.03	0.18	0.12	7.2	0	0	0	28	0	0	0
间&对-二甲苯	6	12.50	48	1.82	0.06	0.53	0.16	163	0	0	0	570	0	0	0
苯乙烯	2	4.17	48	0.07	0.05	0.06	0.06	1290	0	0	0	1290	0	0	0
邻-二甲苯	6	12.50	48	0.53	0.02	0.17	0.12	222	0	0	0	640	0	0	0
氯苯	29	60.42	48	22.60	0.04	2.65	0.70	68	0	0	0	270	0	0	0
1,2-二氯苯	20	41.67	48	12.40	0.03	1.06	0.19	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-29 第五-2 层（26.0~34.0m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	7	100.00	7	61.80	1.49	17.71	8.30	1	7	**100.00**	**60.80**	5	5	**71.43**	**11.36**
1,2,3-三氯丙烷	3	42.86	7	0.90	0.03	0.47	0.48	0.05	2	**28.57**	**16.94**	0.5	1	**14.29**	**0.79**
氯仿	2	28.57	7	1.38	0.98	1.18	1.18	0.3	2	**28.57**	**3.60**	0.9	2	**28.57**	**0.53**
1,2-二氯乙烷	2	28.57	7	1.28	0.21	0.75	0.75	0.52	1	**14.29**	**1.46**	5	0	0	0
苯	5	71.43	7	0.45	0.14	0.28	0.26	1	0	0	0	4	0	0	0

甲苯	5	71.43	7	0.18	0.05	0.09	0.06	1200	0	0	0	1200	0	0	0
氯苯	5	71.43	7	0.80	0.11	0.33	0.18	68	0	0	0	270	0	0	0
1,4-二氯苯	2	28.57	7	0.29	0.12	0.20	0.20	5.6	0	0	0	20	0	0	0
1,2-二氯苯	2	28.57	7	0.23	0.10	0.17	0.17	560	0	0	0	560	0	0	0

表 7-30 第六层（26.0~38.0m）VOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	2	100.00	2	14.80	0.30	7.55	7.55	1	1	50.00	13.80	5	1	50.00	1.96

7.3.2.2 VOCs 垂直分布特征

土壤中存在苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、邻-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二溴乙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙、1,4-二氯苯、氯仿 13 种挥发性有机物超标情况。场地内土壤中 VOCs 污染垂直分布如图 7-16 所示。

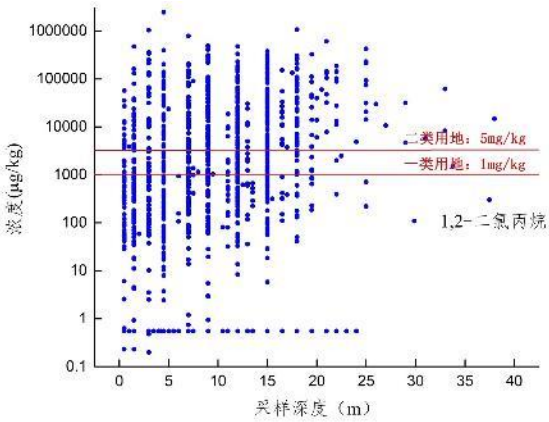
有 9 种污染物同时超出一类用地和二类用地筛选标准，分别为 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯和甲苯，有 4 种污染物仅超出一类用地筛选值，分别为 1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、邻-二甲苯和 1,2-二溴乙烷。

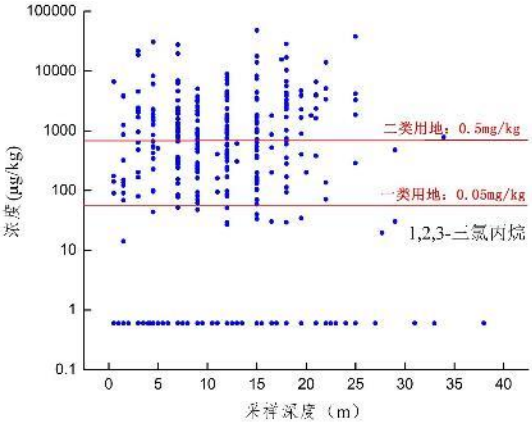
从污染物垂直分布情况来看，1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、苯和氯仿污染较重，采用一类或二类筛选标准均存在大量超标点位，且污染深度较大，最深可达到 35m 左右，污染物浓度随深度变化规律不明显。

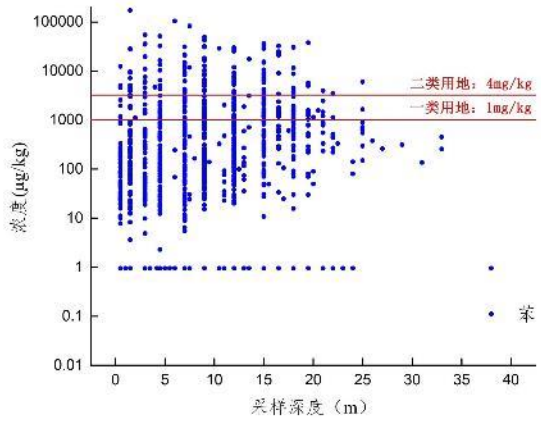
采用一类用地筛选标准时，乙苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯和 1,4-二氯苯超标点位较多，最大污染深度可达到 25~30m 左右，而采用二类用地筛选值时，超标点位数量大幅度减少，且最大污染深度减轻。

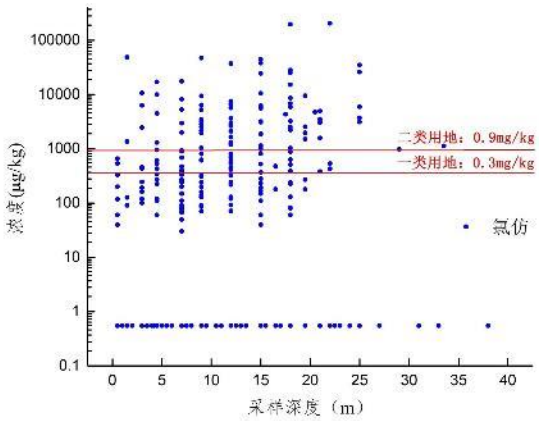
甲苯的一类和二类用地筛选值均为 1200mg/kg，仅存在 1 个超标点位，超标点位深度在 5m 左右。

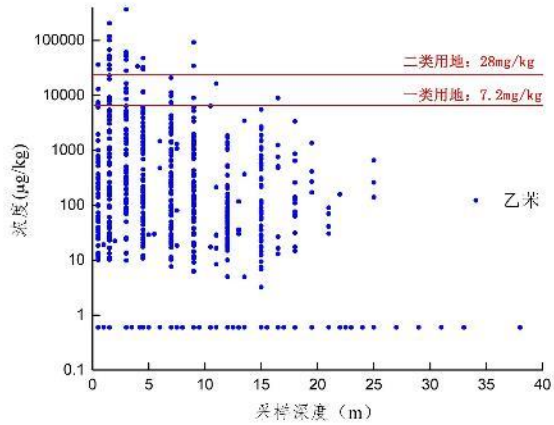
1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、邻-二甲苯和 1,2-二溴乙烷仅存在单个点位超出一类用地筛选标准，污染较轻，且采用二类用地筛选标准时场地将不存在超标情况。

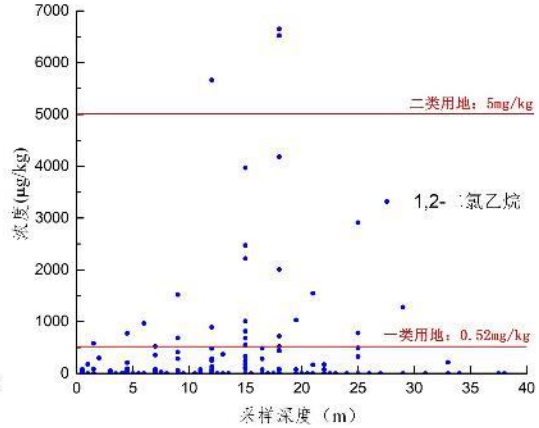


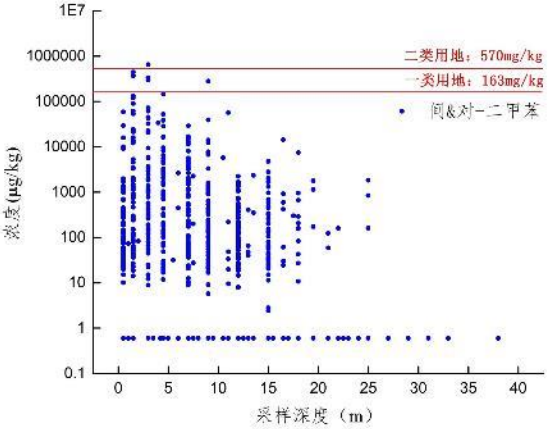


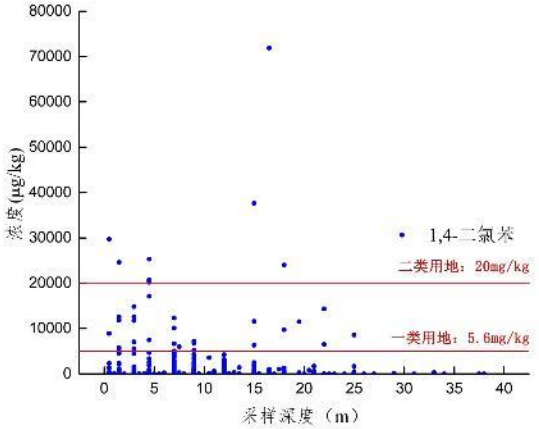

二类用地：4mg/kg
一类用地：1mg/kg
苯
浓度(μg/kg)
采样深度（m）

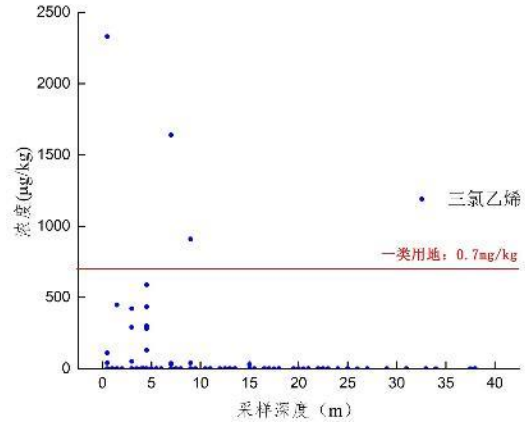

二类用地：0.9mg/kg
一类用地：0.3mg/kg
氯仿
浓度(μg/kg)
采样深度（m）

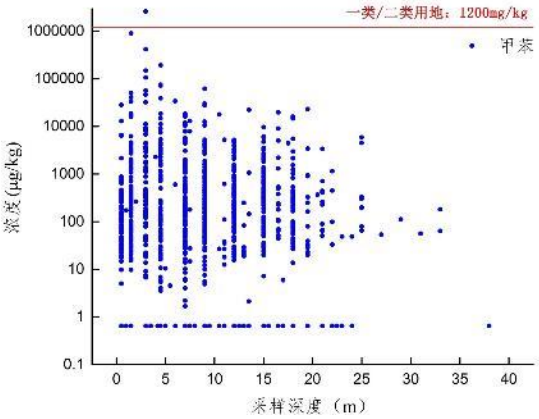

二类用地：28mg/kg
一类用地：7.2mg/kg
乙苯
浓度(μg/kg)
采样深度（m）


二类用地：5mg/kg
1,2-二氯乙烷
一类用地：0.52mg/kg
浓度(μg/kg)
采样深度（m）


二类用地：570mg/kg
一类用地：163mg/kg
间&对-二甲苯
浓度(μg/kg)
采样深度（m）


1,4-二氯苯
二类用地：20mg/kg
一类用地：5.6mg/kg
浓度(μg/kg)
采样深度（m）


三氯乙烯
一类用地：0.7mg/kg
浓度(μg/kg)
采样深度（m）


一类/二类用地：1200mg/kg
甲苯
浓度(μg/kg)
采样深度（m）

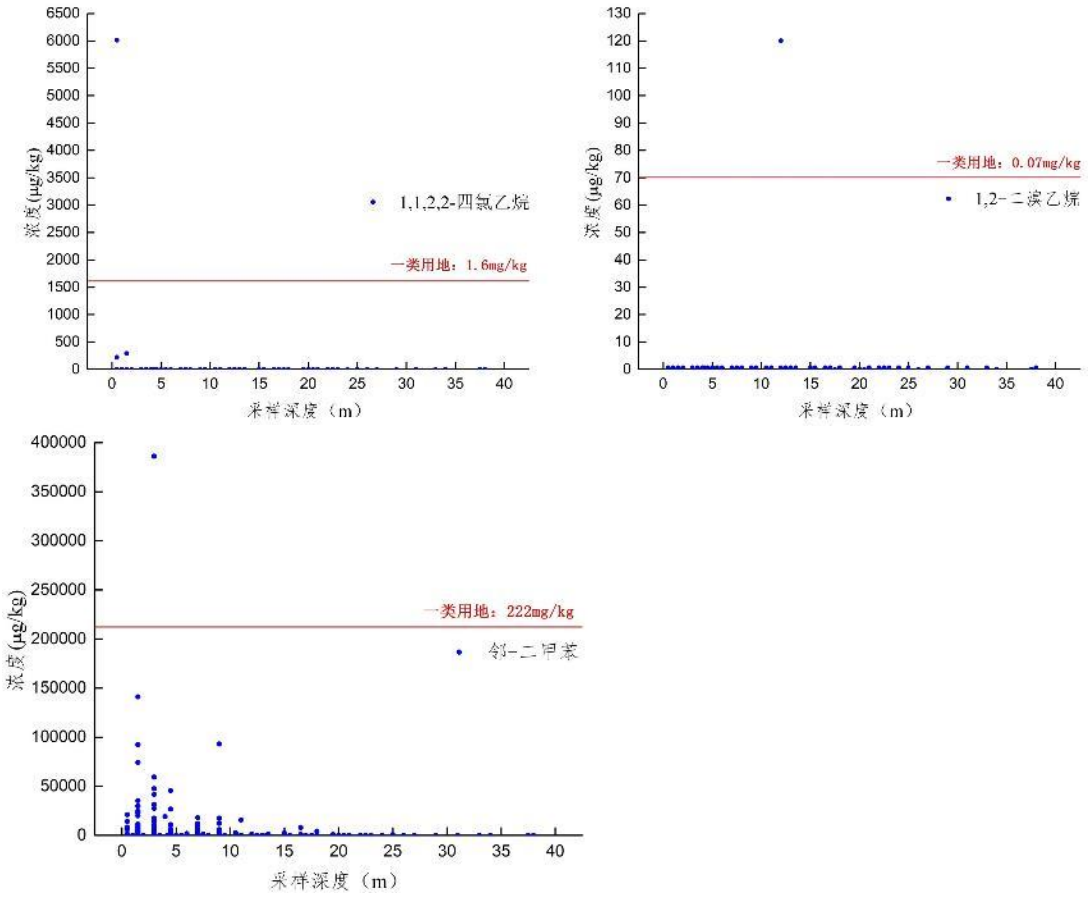


图 7-16 土壤中 VOCs 垂直分布

7.3.2.3 VOCs 水平分布特征

（1）苯

场地内受苯污染较重，苯超标污染范围较广且从表层（0~1.6m）到深层第五-1 层（20.6~26.0m）均可检测到污染分布。苯重度污染主要分布在原环氧丙烷生产区东南侧与炼油厂西北侧相邻区域。在第一层（0~1.6m）、第二-1 层（1.6~3.0m）和第三-1 层（8.3~12.0m），原热电、化水车间南侧和原石油裂解隔油池北侧也存在大面积的污染区域。

与一类用地相比，二类用地标准下苯污染分布更为集中，一类与二类用地筛选标准下，苯污染在土壤中各层分布情况见图 7-17 至图 7-24。

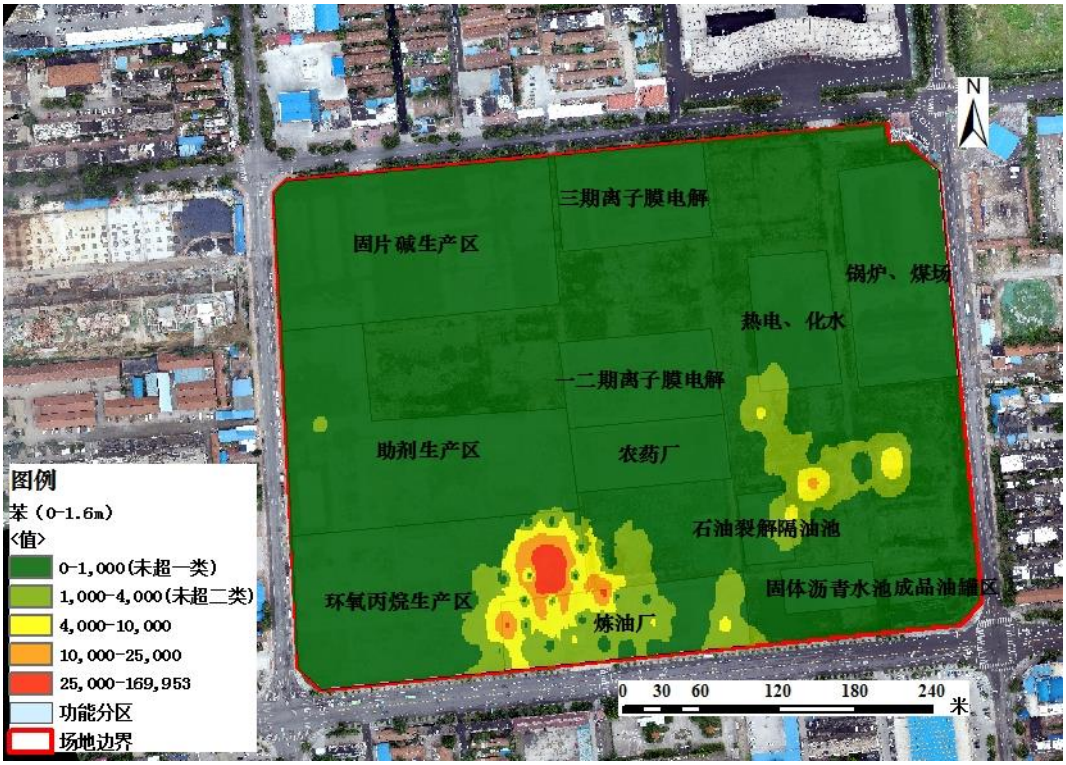


图 7-17 第一层（0~1.6m）污染分布

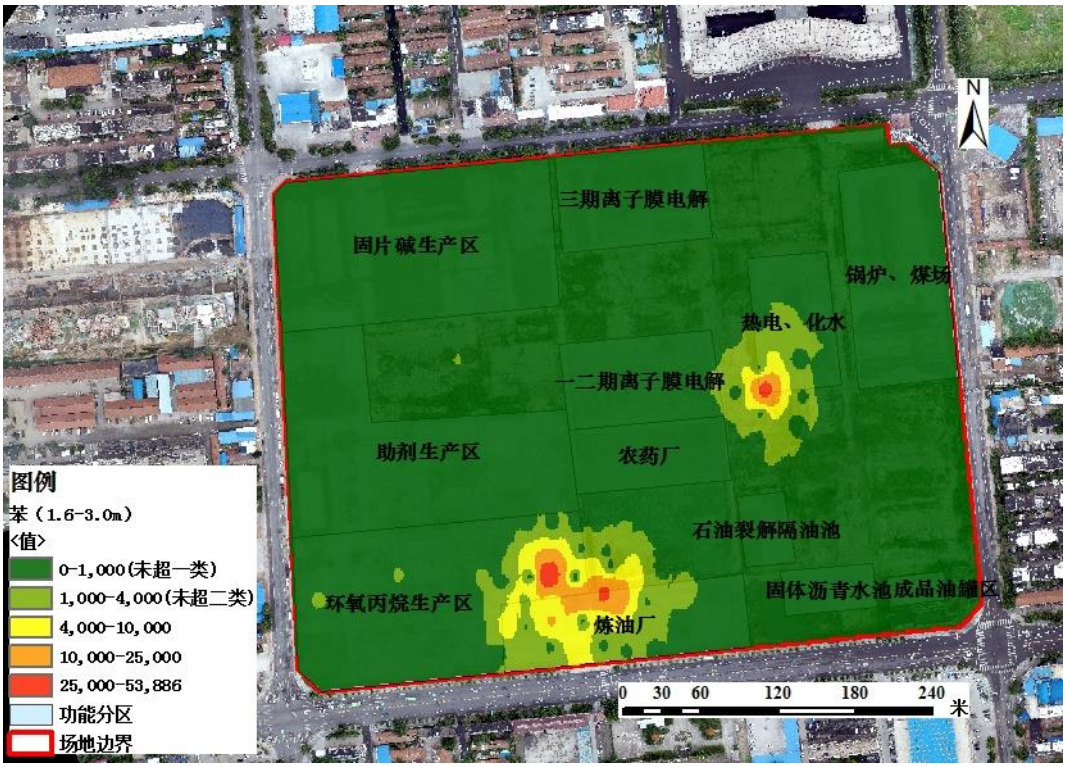


图 7-18 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

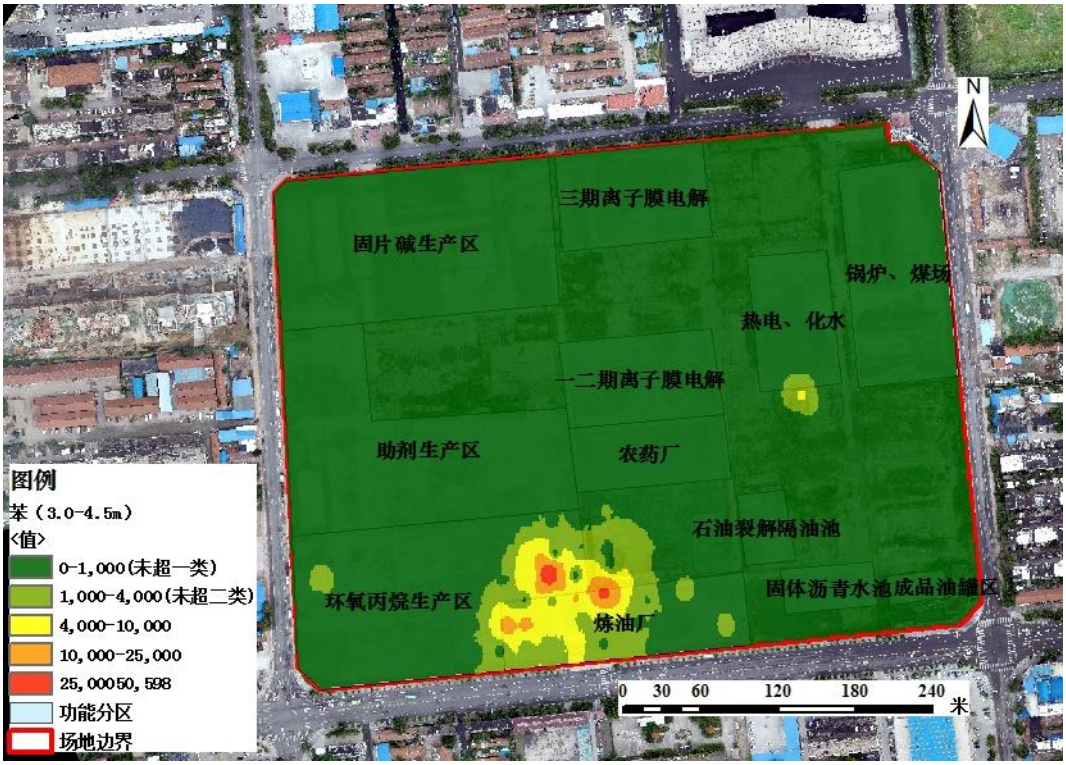


图 7-19 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

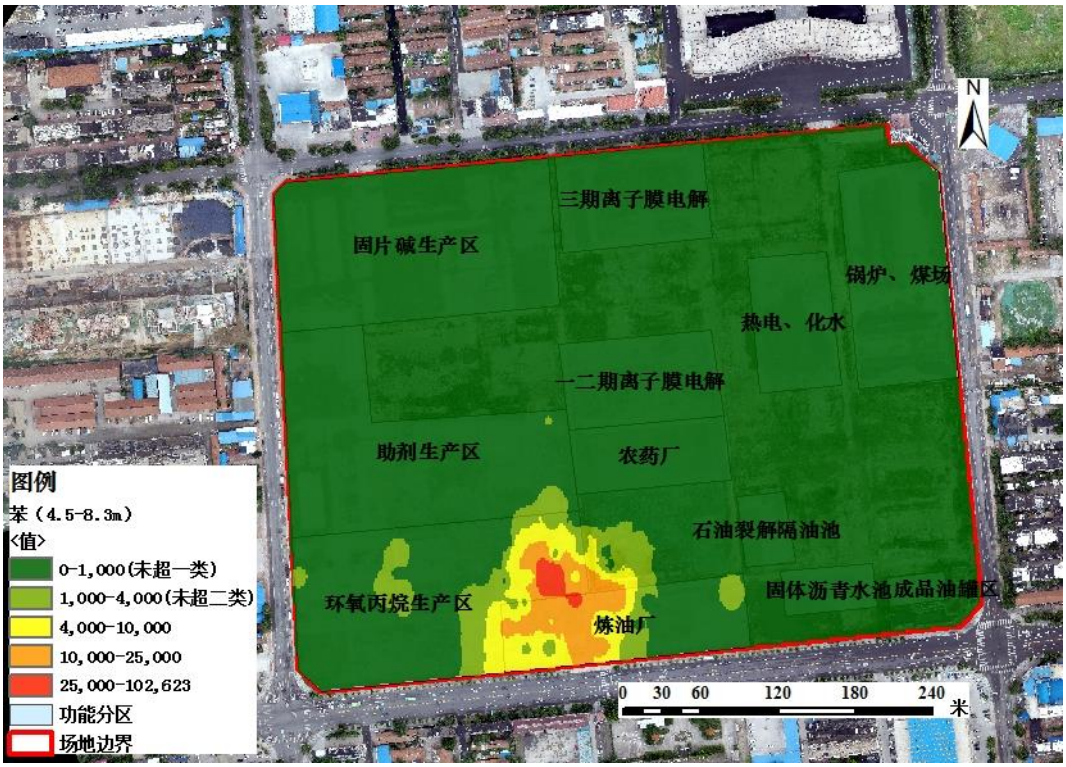


图 7-20 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

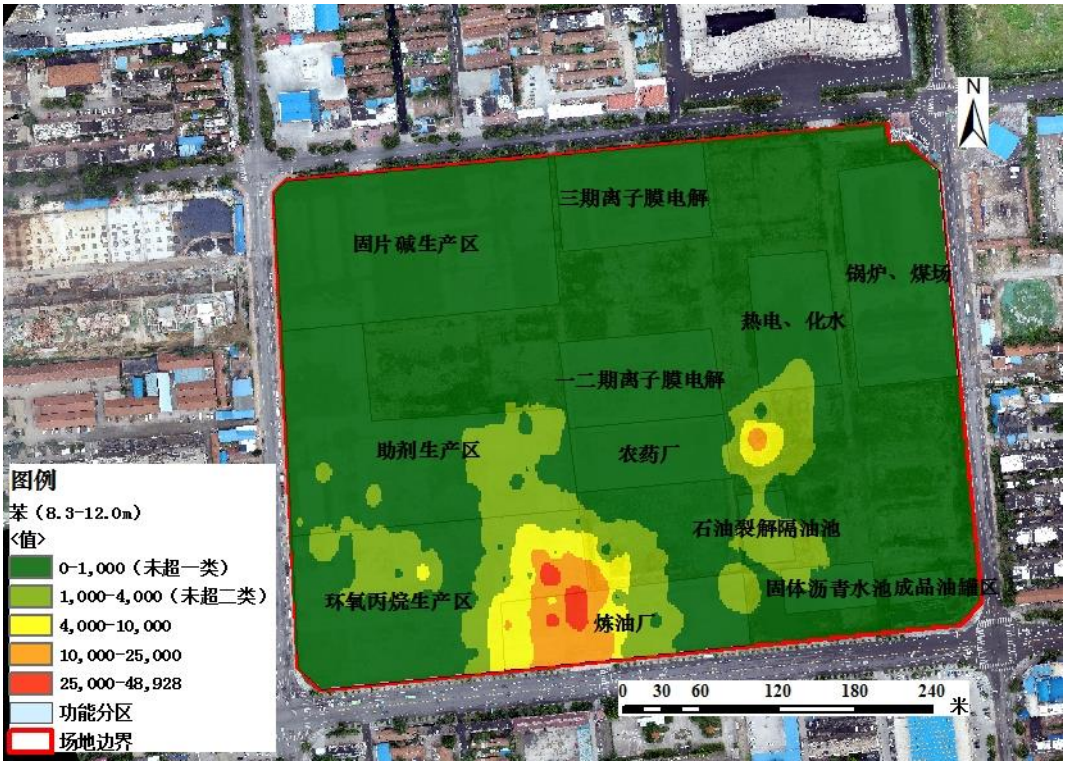


图 7-21 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

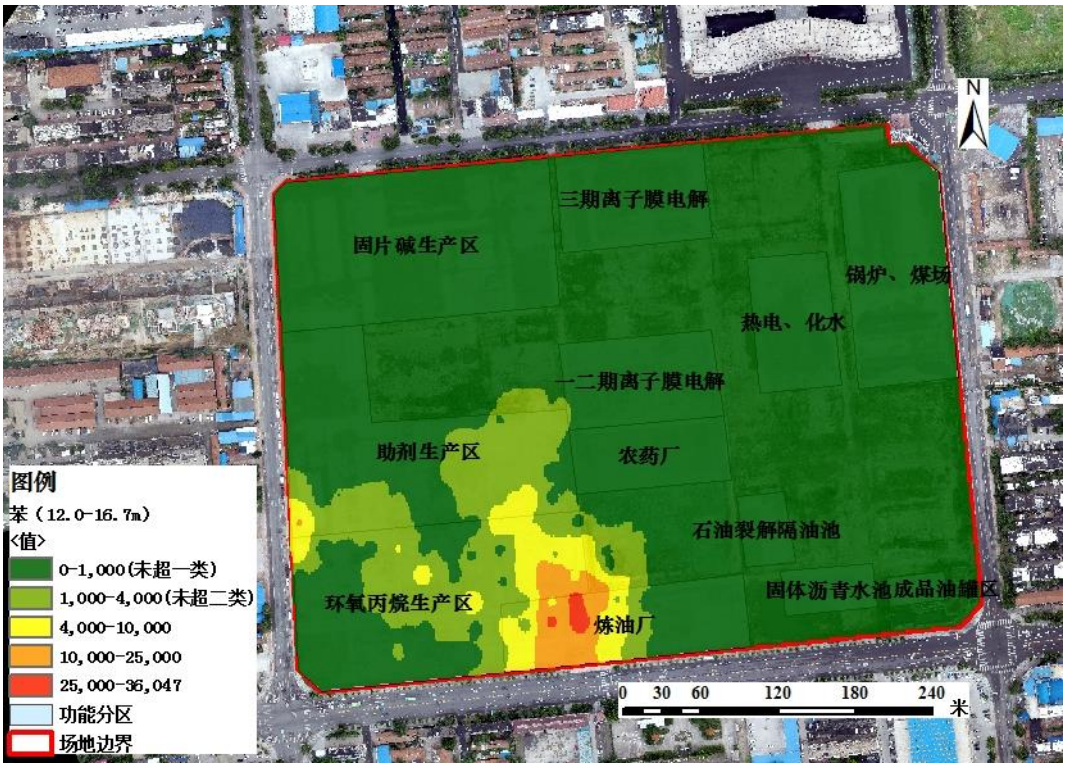


图 7-22 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

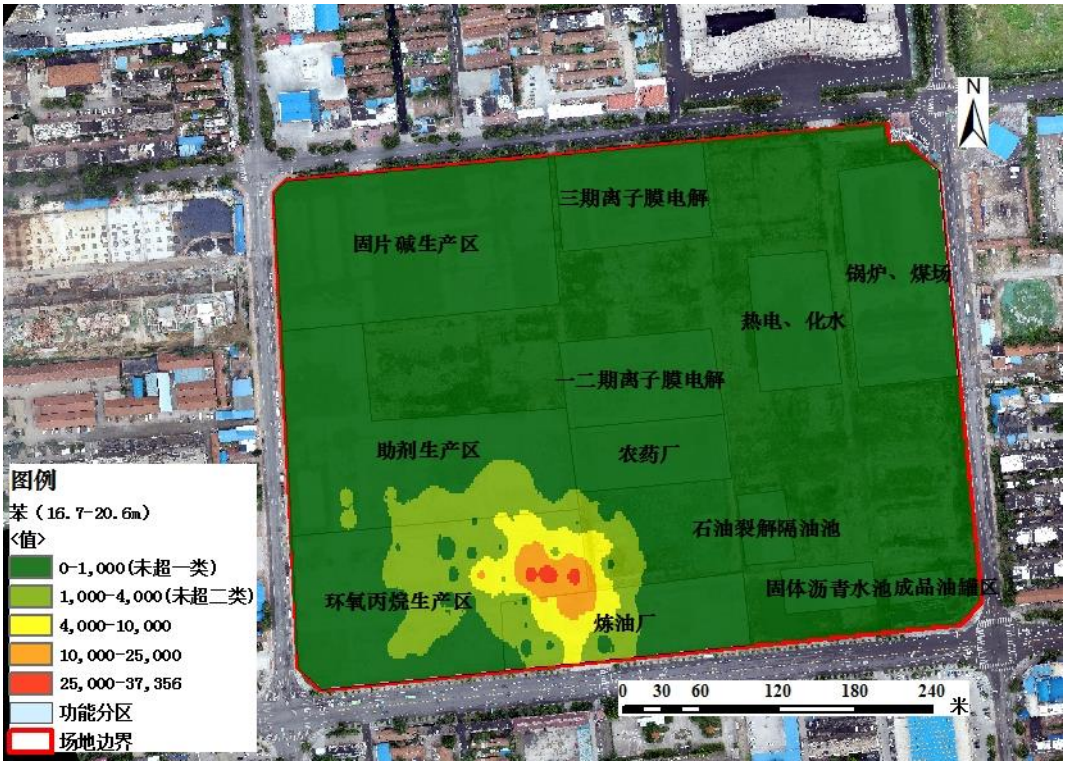


图 7-23 第四层（16.7~20.6m）污染分布

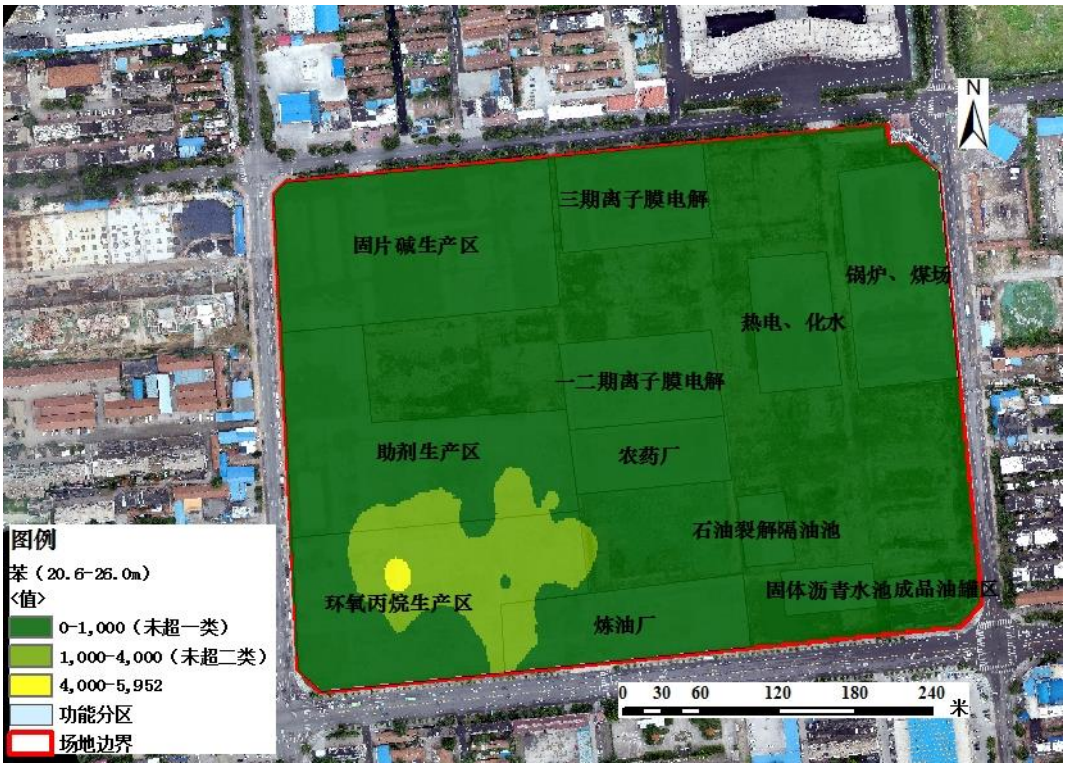


图 7-24 第五-1 层（20.6~26.0m）污染分布

（2）1,2-二氯丙烷

场地内受1,2-二氯丙烷污染严重，从表层（0~1.6m）到深层第六层（34.0~38.0m）的每个亚层均可检测到大面积污染分布。1,2-二氯丙烷重度污染主要分布在原环

氧丙烷生产区、原炼油厂和原助剂生产区。若采用二类用地标准，原三期离子膜电解车间、原锅炉煤场将不存在超标污染。

场地从第二-3 层（4.5~8.3m）至第五-1 层（20.6~26.0m）的 1,2-二氯丙烷污染几乎覆盖整个环氧丙烷生产区和原助剂生产区。第二-3 层（4.5~8.3m）原热电化水车间南侧和原农药厂西侧存在大面积污染区域。需要说明的是，第六层只存在一个点位 1,2-二氯丙烷超标现象且该点位在第六层中超标随深度增加而减小，因第六层涉及点位较少，故在插值第六层 1,2-二氯丙烷污染时用到了上层已经不超标的钻孔点位进行辅助，在后续风险评估时也会保守估计这一层中 1,2-二氯丙烷的管控范围。1,2-二氯丙烷污染在土壤中各层分布情况见图 7-25 至图 7-34。

从 1,2-二氯丙烷污染分布推测，污染主要来自于场地原有氯醇法制环氧丙烷生产过程中所使用的含氯有机原辅材料或中间产物的“跑、冒、滴、漏”，下渗到土壤中，从而对土壤造成一定污染。此外炼油厂、成品油罐区所出现的污染可能来自于原油天然存在的含氯有机化合物，或炼厂使用的大量化学助剂中可能存在的有机氯组分，即原油一次及二次加工中的有机氯污染。

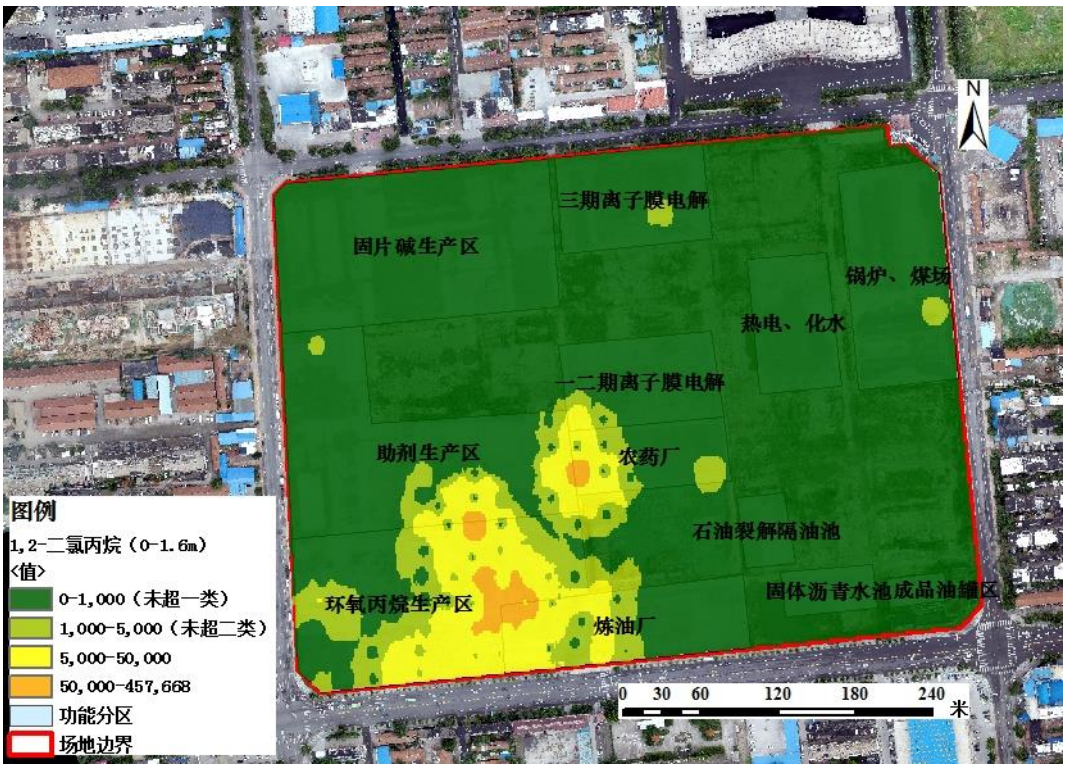


图 7-25 第一层（0~1.6m）污染分布

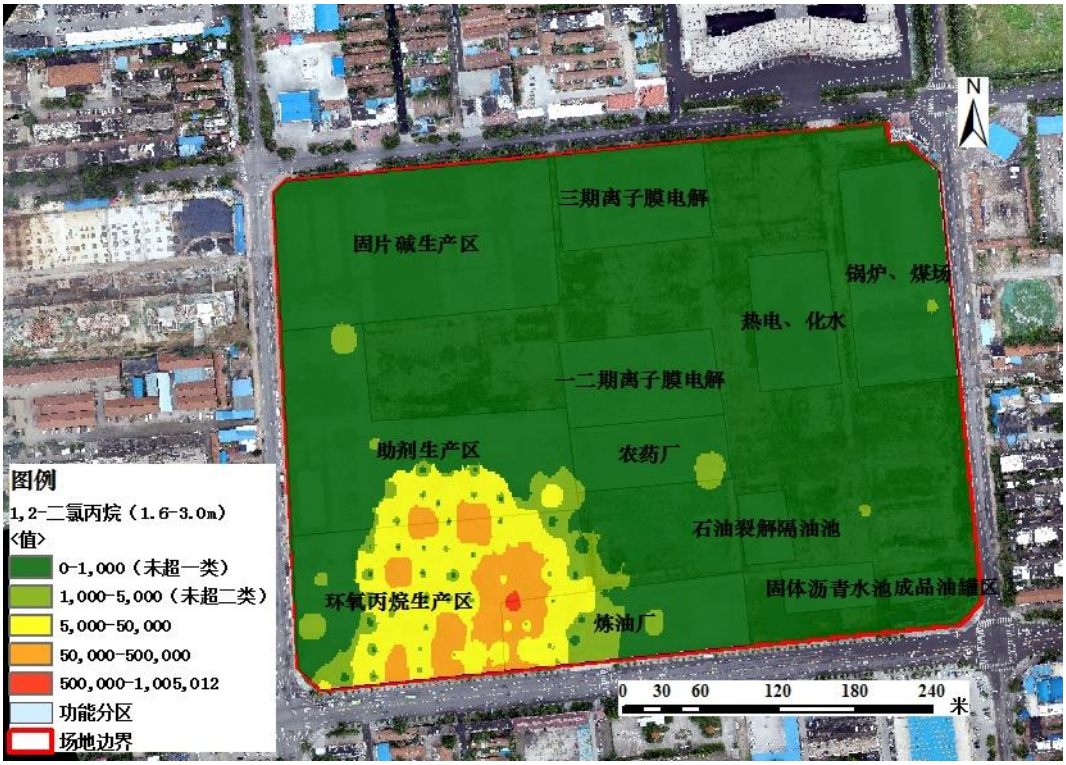


图 7-26 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

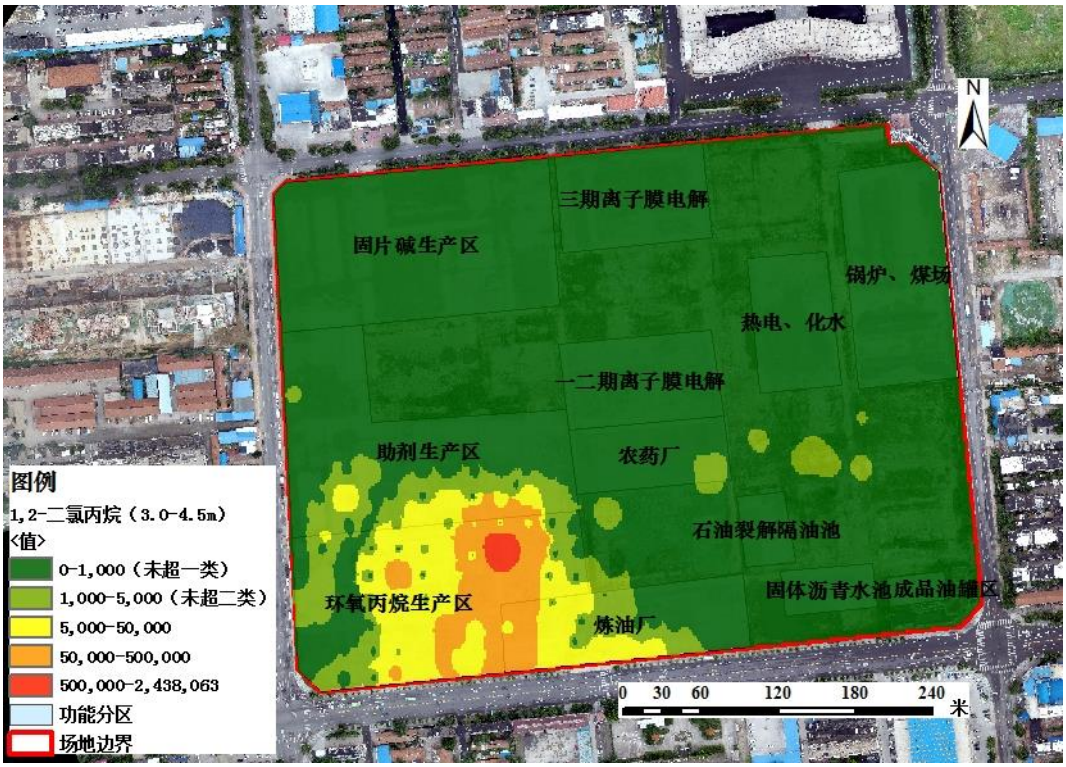


图 7-27 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

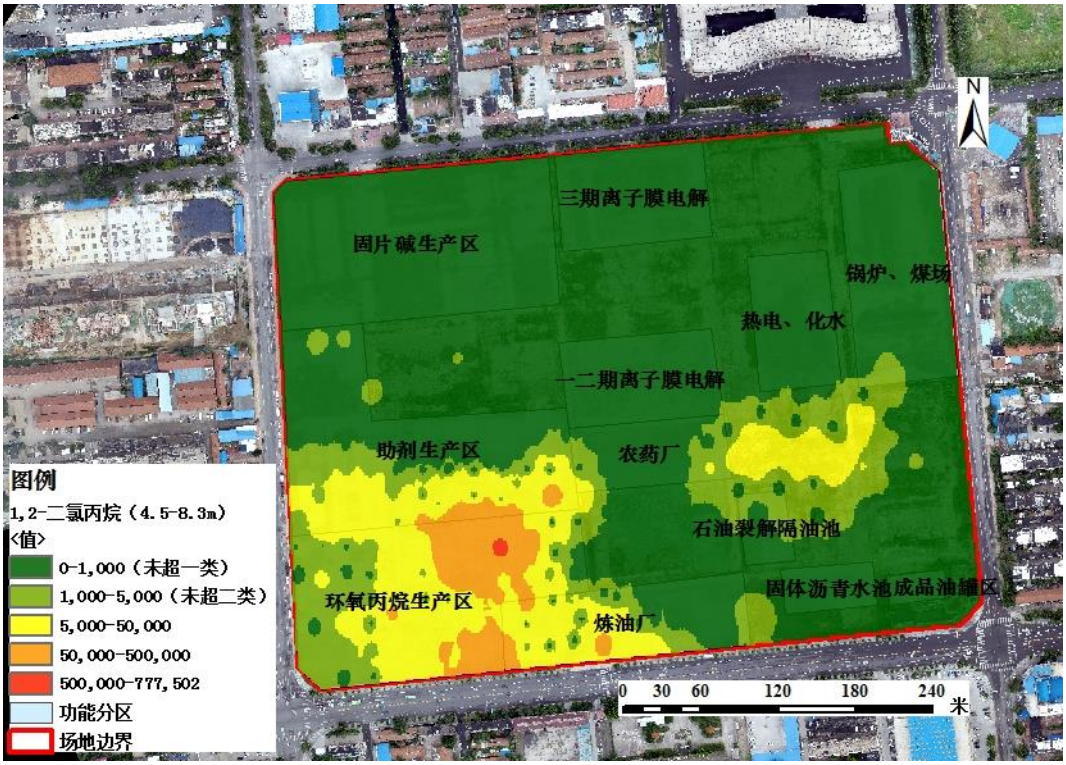


图 7-28 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

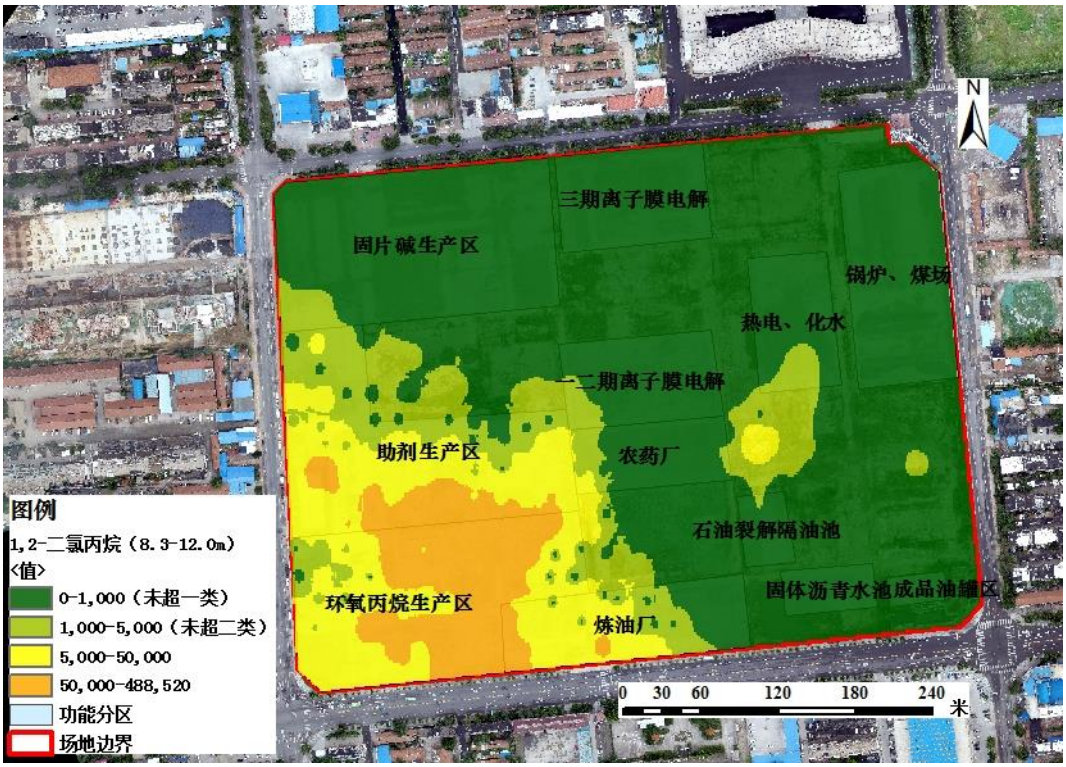


图 7-29 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

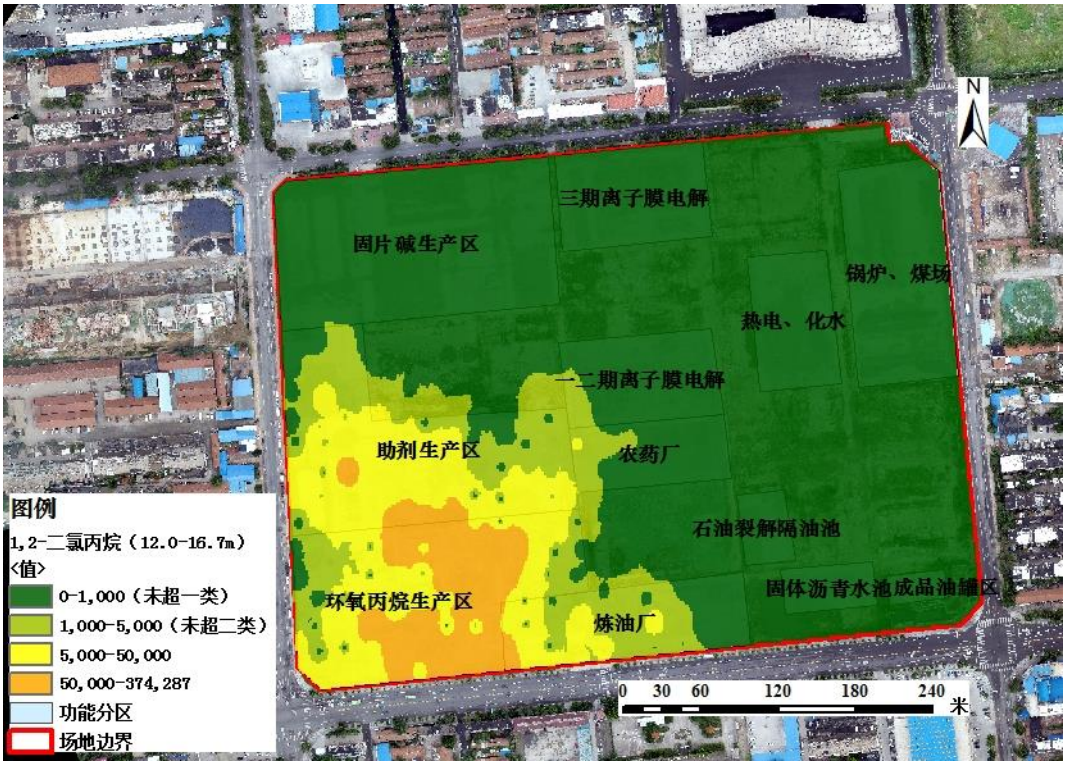


图 7-30 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

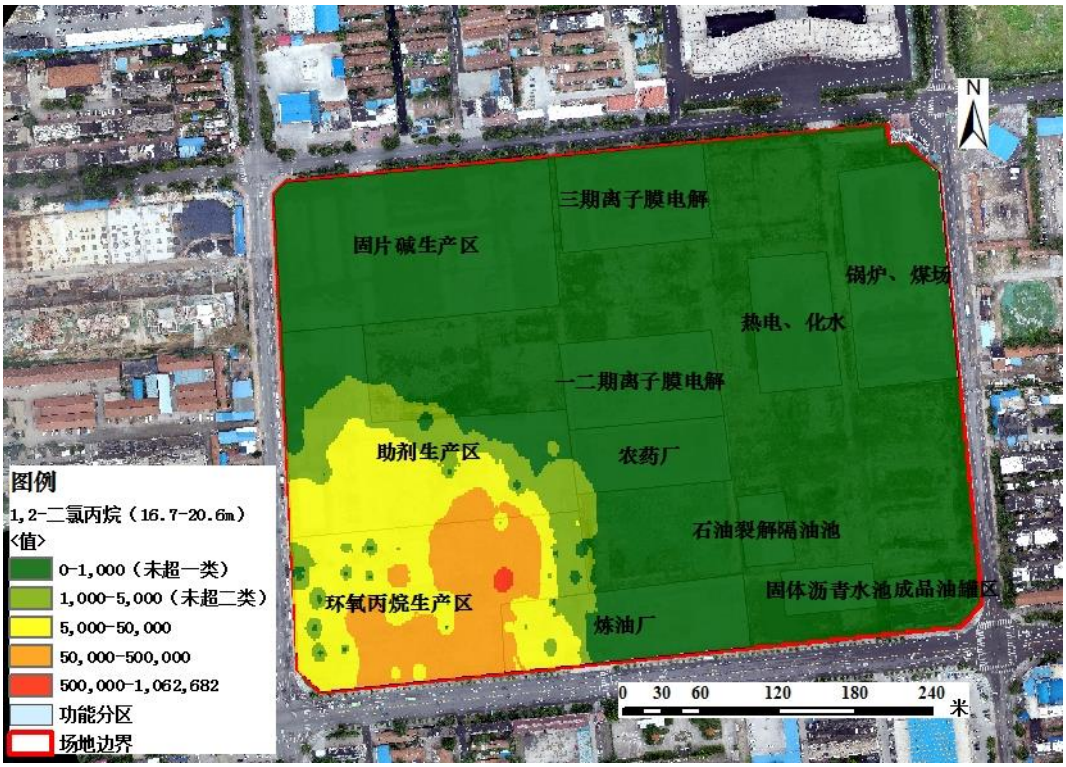


图 7-31 第四层（16.7~20.6m）污染分布

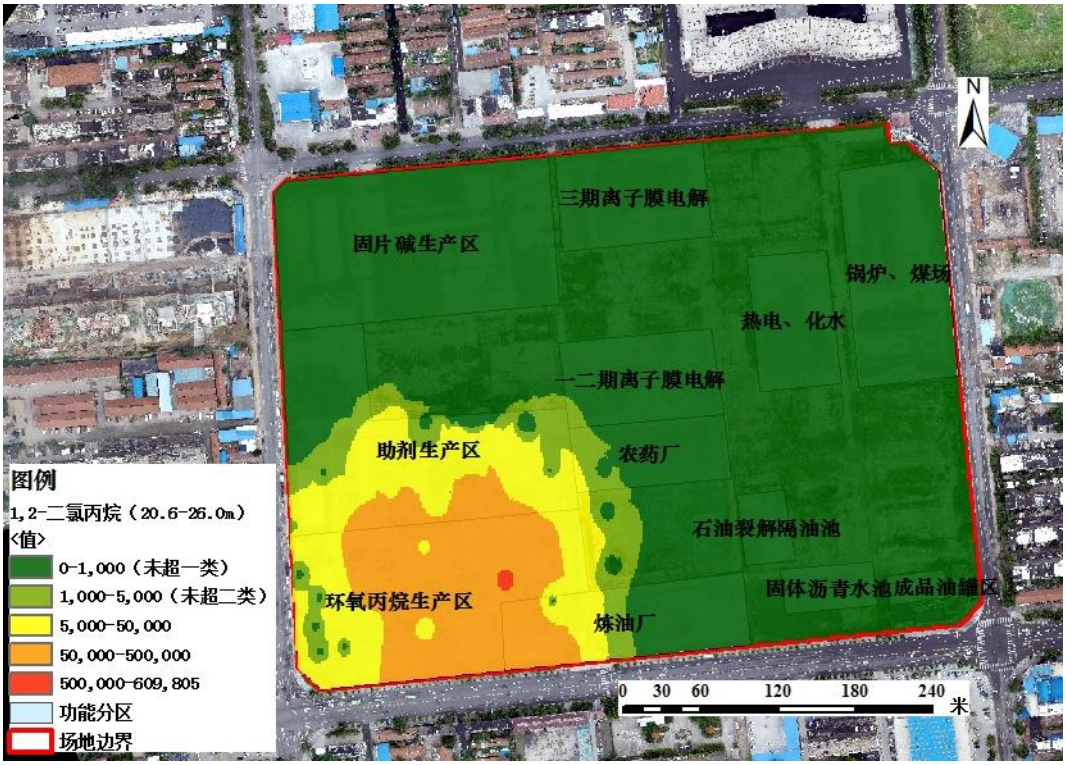


图 7-32 第五-1 层（20.6~26.0m）污染分布

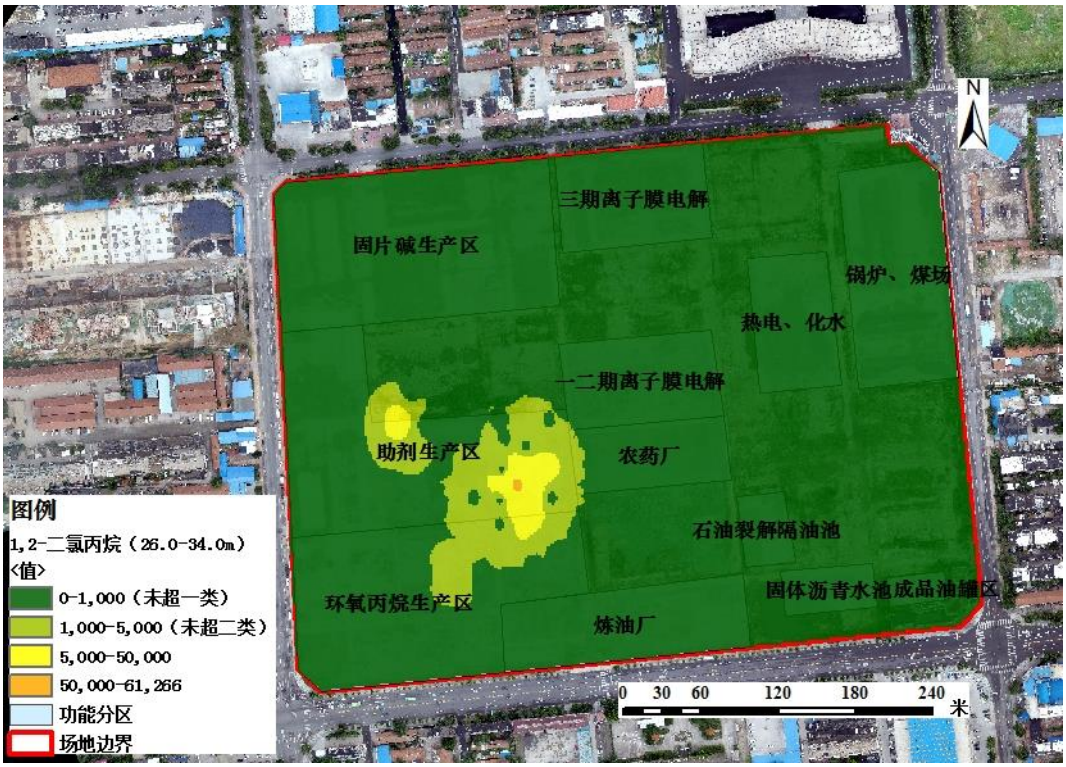


图 7-33 第五-2 层（26.0~34.0m）污染分布

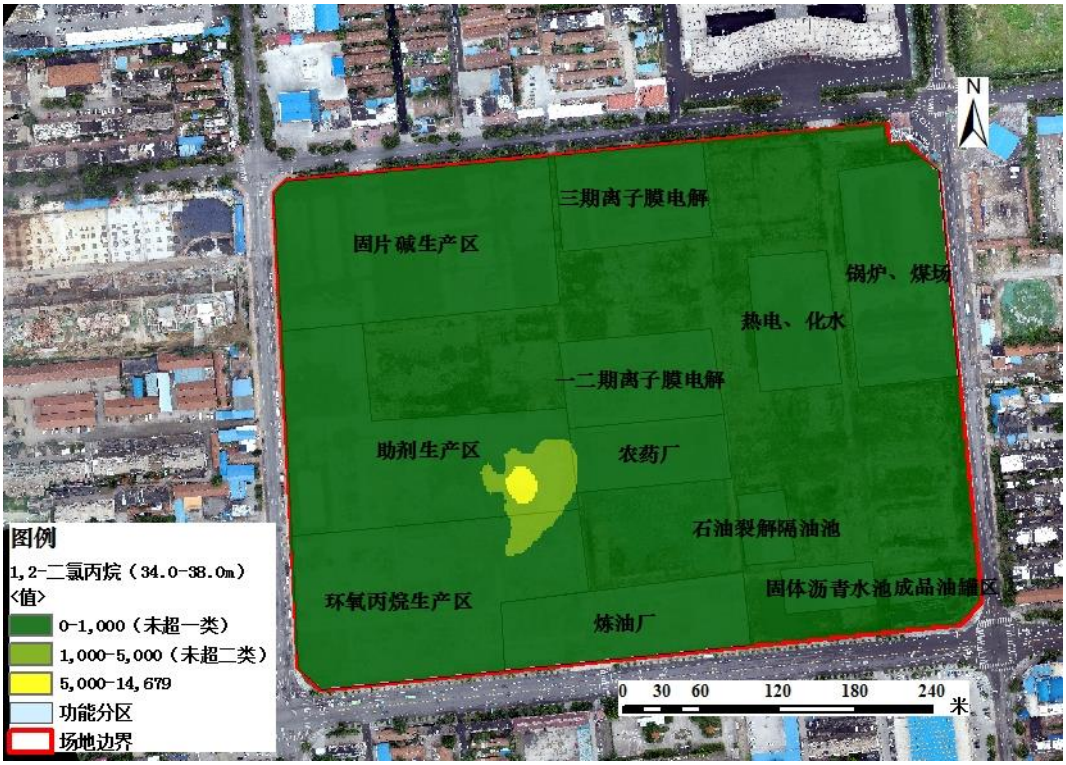


图 7-34 第六层（34.0~38.0m）污染分布

（3）1,2,3-三氯丙烷

1,2,3-三氯丙烷污染较重，污染物从第一层（0~1.6m）至第五-2 层（26.0~34.0m）的每个亚层均有大面积分布。重度污染中心范围主要集中分布于原环氧丙烷生产区，污染范围同时包括原助剂生产区北侧和原炼油厂西侧，与原环氧丙烷生产区相邻区域。

第一层（0~1.6m）污染范围较小，污染范围随着深度增加不断扩大，第三-1 层（8.3~12.0m）和第五-1 层（20.6~26.0m）的污染分布几乎覆盖整个原环氧丙烷生产区，第五-2 层（26.0~34.0m）污染范围较小，仅集中分布于原助剂生产区东侧小面积区域。在一类与二类筛选标准下，1,2,3-三氯丙烷在土壤中各层分布情况见图 7-35 至图 7-43。

该场地原有主要工艺为氯醇法制环氧丙烷生产工艺，氯醇化是将烯烃与溶解于水中氯气反应生成氯醇的过程，其原料氯气、丙烯或是反应过程中烯醇化中间体不稳定，易发生其他氯代副反应，加上滨化生产历史较为久远，早期生产或管理粗放，造成一定程度“跑、冒、滴、漏”可能产生 1,2,3-三氯丙烷等含氯单链有机物污染物的原因。此外，成品油罐区北侧所出现的污染可能来自于原油天然存在的含氯有机化合物，或炼厂使用的大量化学助剂中可能存在的有机氯组分，即

原油一次及二次加工中的有机氯污染。

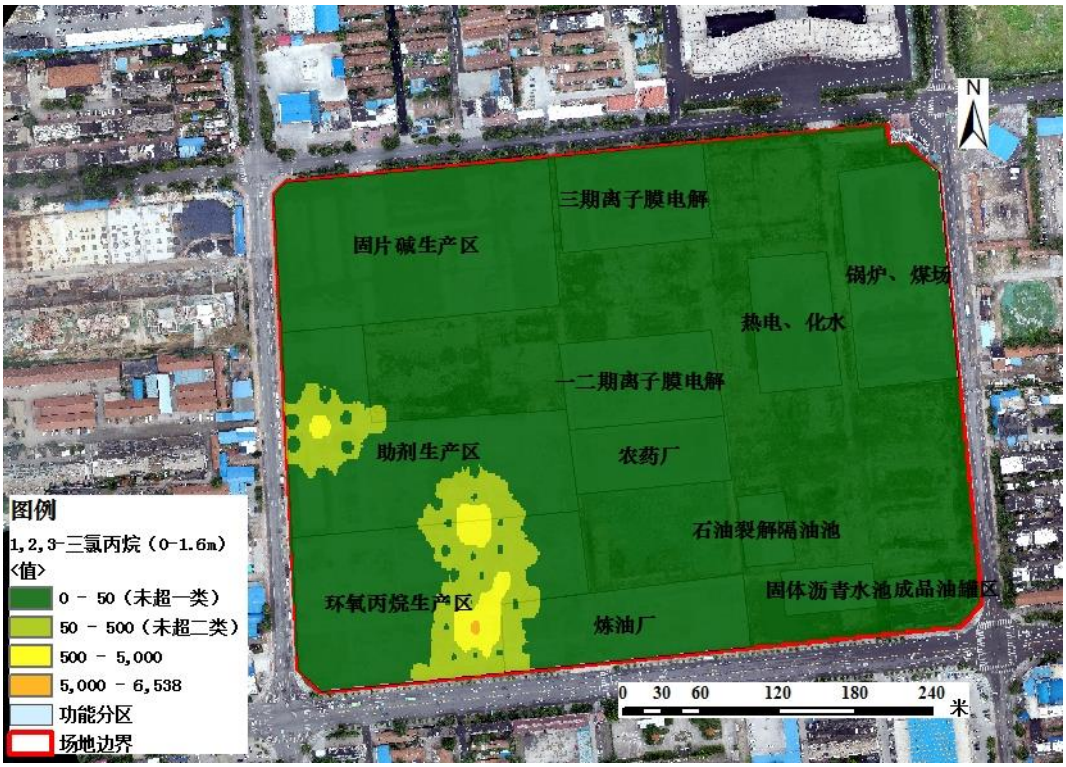


图 7-35 第一层（0~1.6m）污染分布

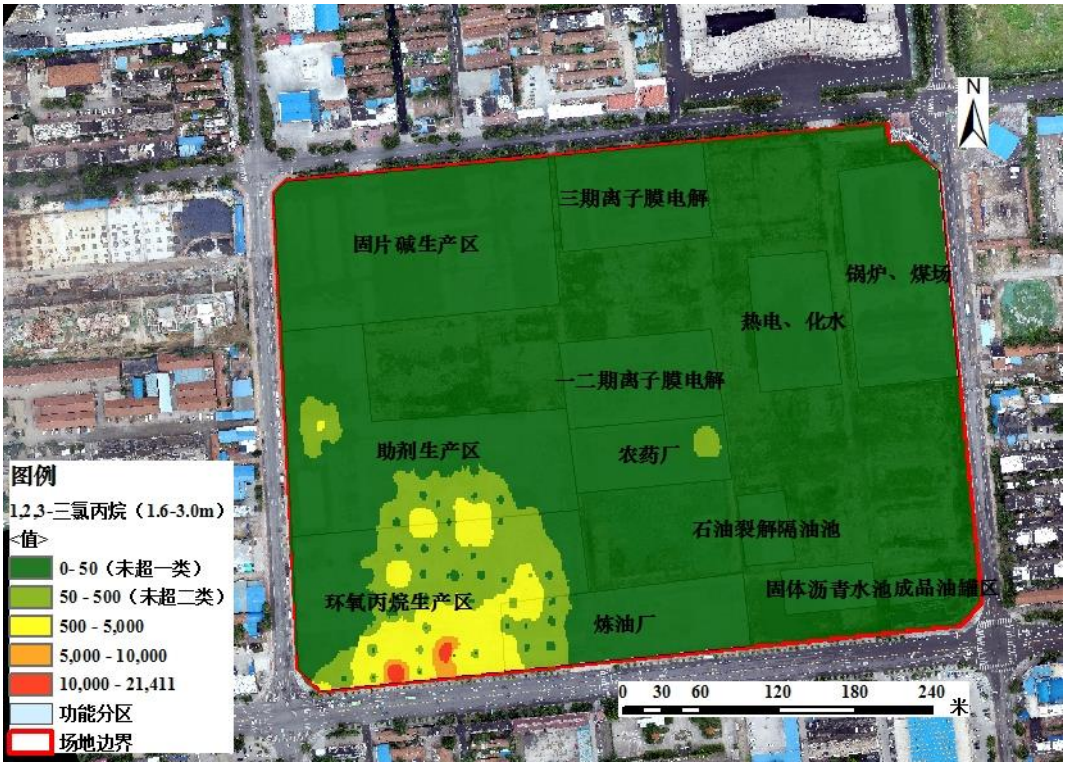


图 7-36 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

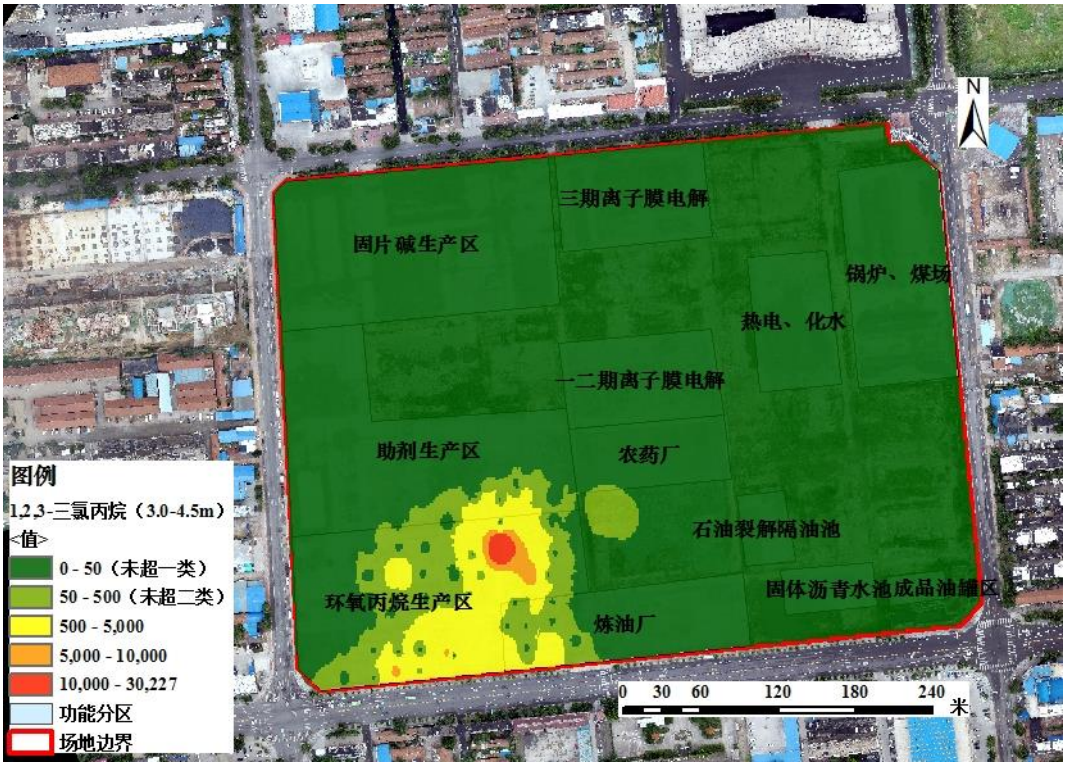


图 7-37 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

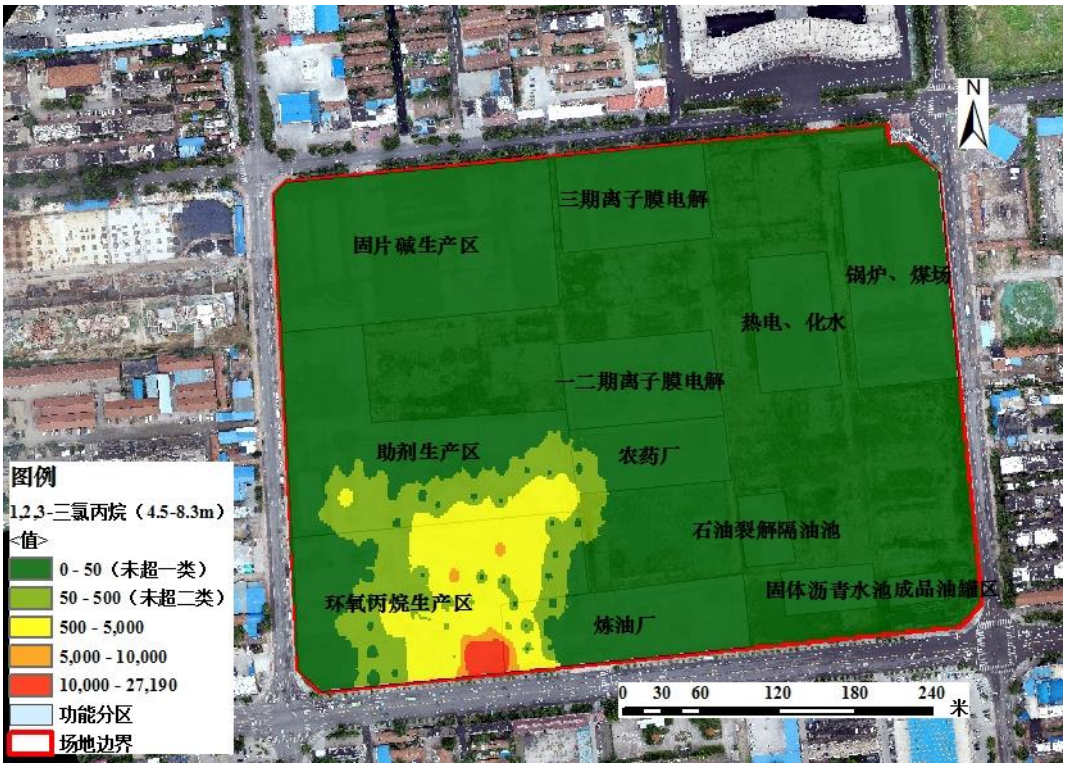


图 7-38 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

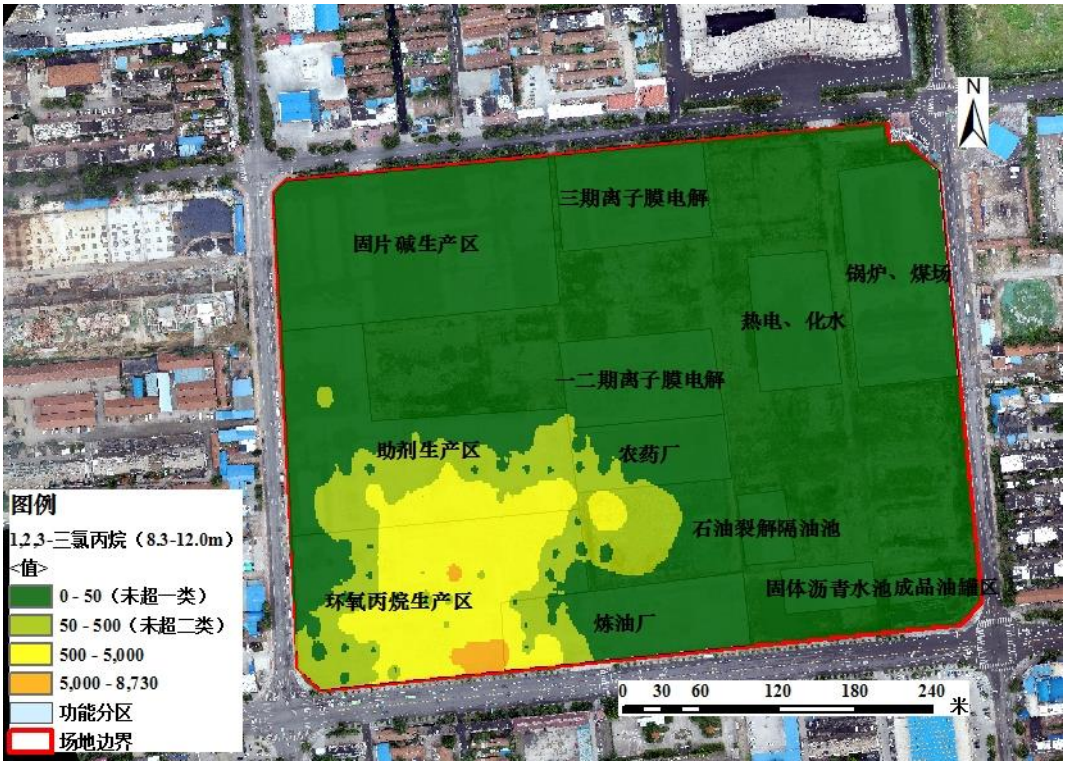


图 7-39 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

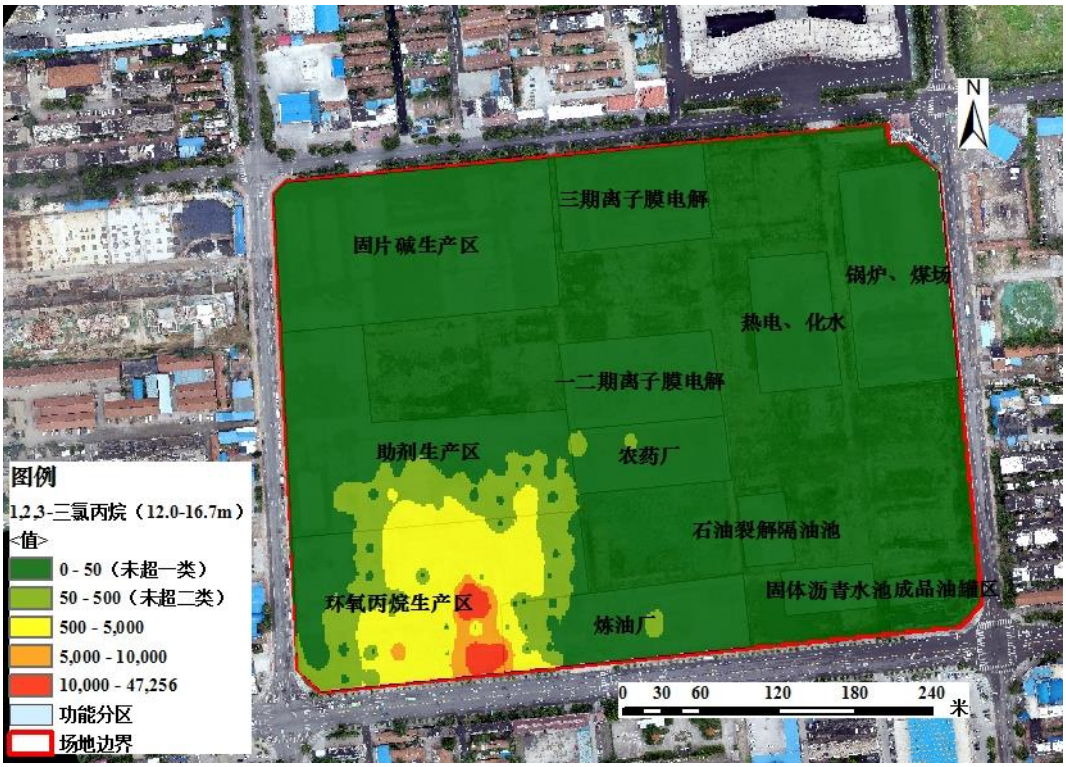


图 7-40 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

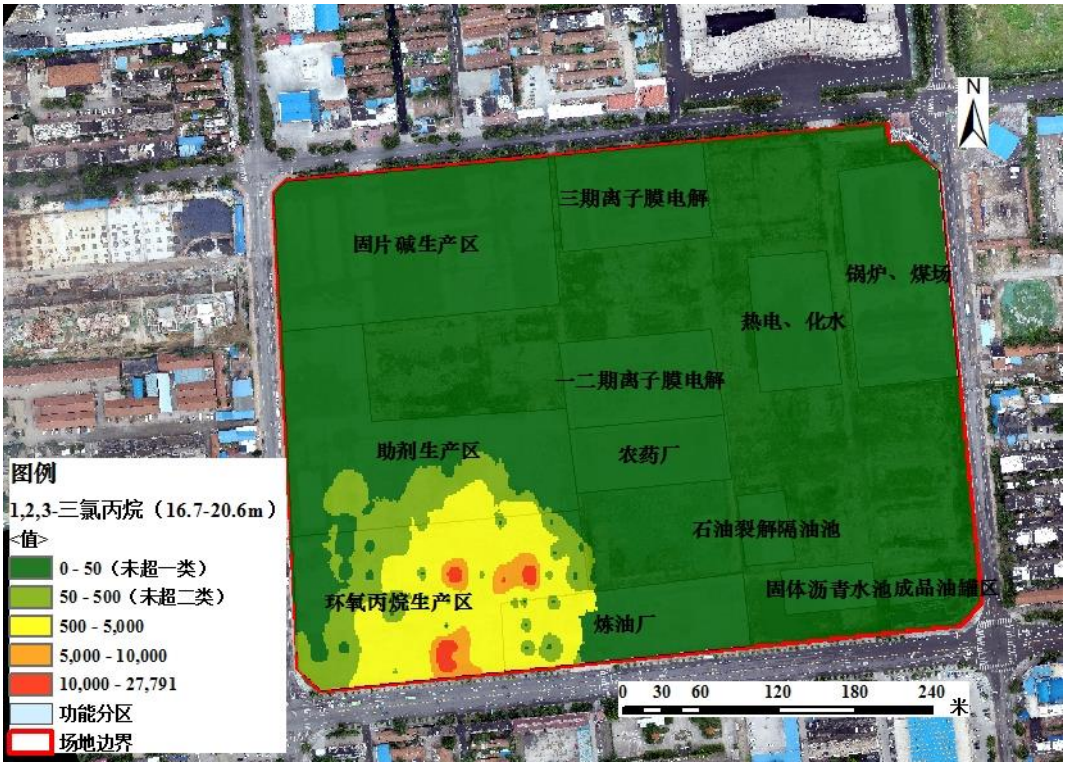


图 7-41 第四层（16.7~20.6m）污染分布

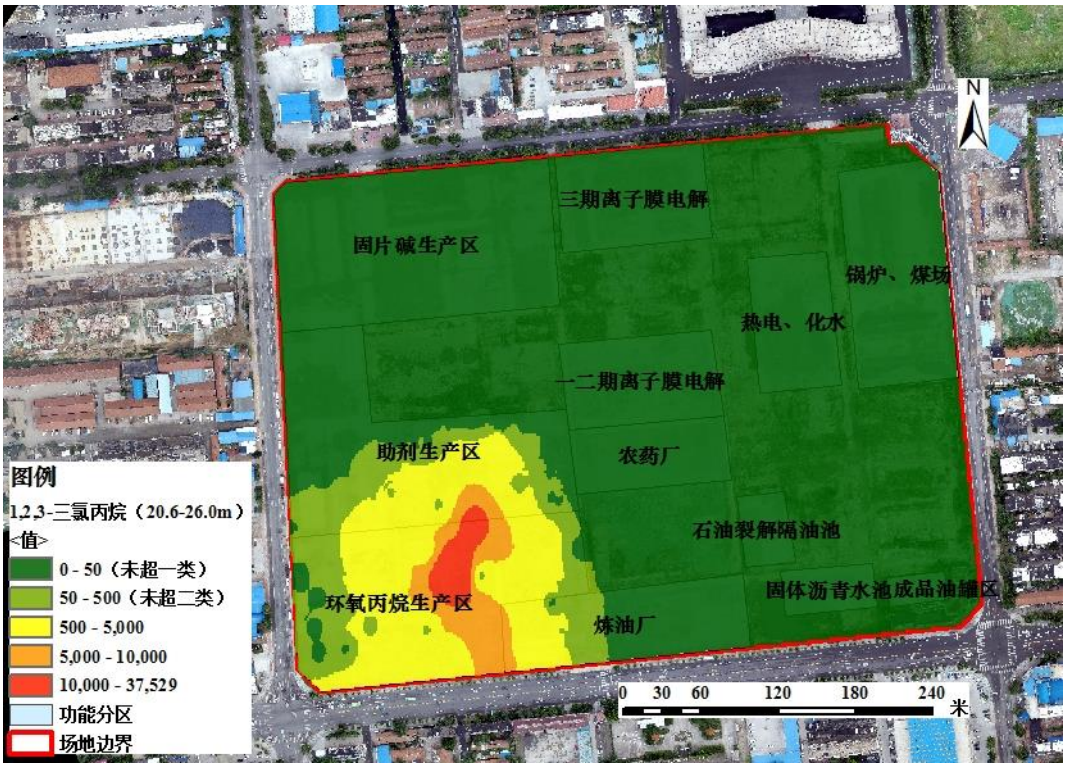


图 7-42 第五-1 层（20.6~26.0m）污染分布

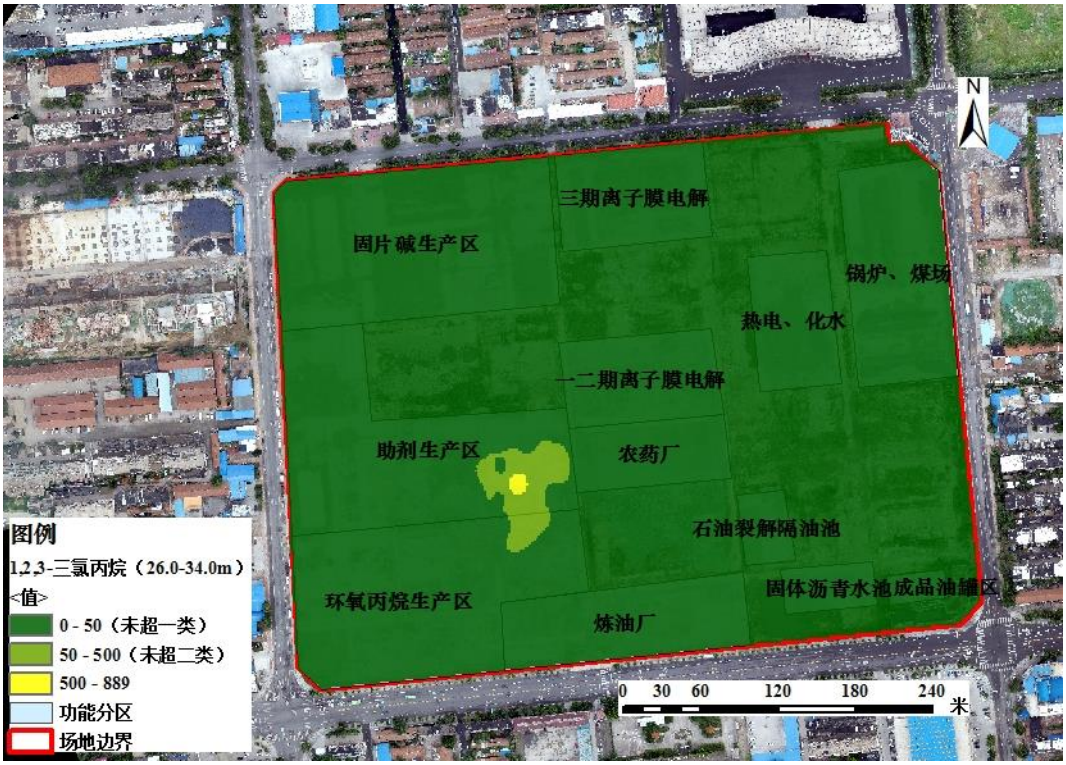


图 7-43 第五-2 层（26.0~34.0m）污染分布

（4）氯仿

场地受氯仿污染较重，从表层（0~1.6m）至第五-2 层（26.0~34.0m）各亚层均存在大面积污染分布，但第六层未出现超标现象。

氯仿污染主要大面积分布在重点关注区的原环氧丙烷生产区内，且从图中可以看出，不同土层的重度污染范围大致相同，集中在原环氧丙烷生产区东侧。除原环氧丙烷生产区所存在的较重氯仿污染外，第一层（0~1.6m）、第三-1 层（8.3~12.0m）和第三-2 层（12.0~16.7m）原一二期离子膜电解车间也存在小面积氯仿超标污染。一类和二类用地筛选标准下，氯仿污染在土壤中各层分布情况见图 7-44 至图 7-52。

氯仿污染可能与原环氧丙烷生产过程中其原料氯气、丙烯或是反应过程中烯醇化中间体不稳定，易发生其他氯代副反应，产生的此类含氯单链有机物污染物有关。

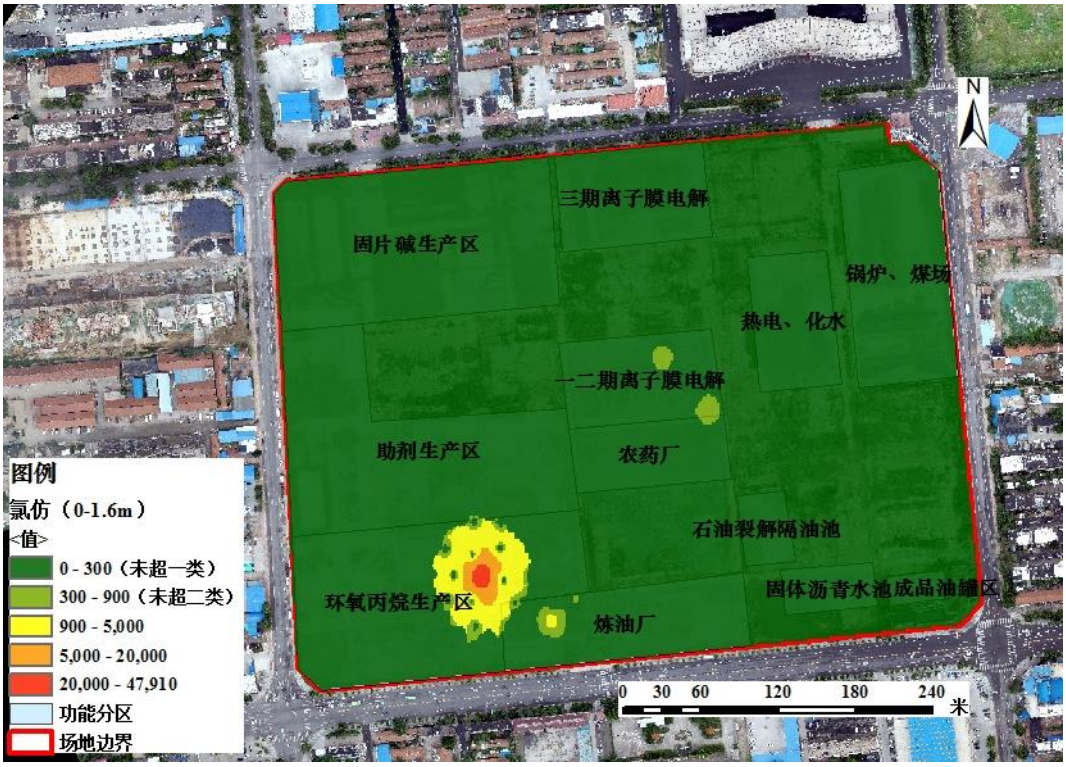


图 7-44 第一层（0~1.6m）污染分布

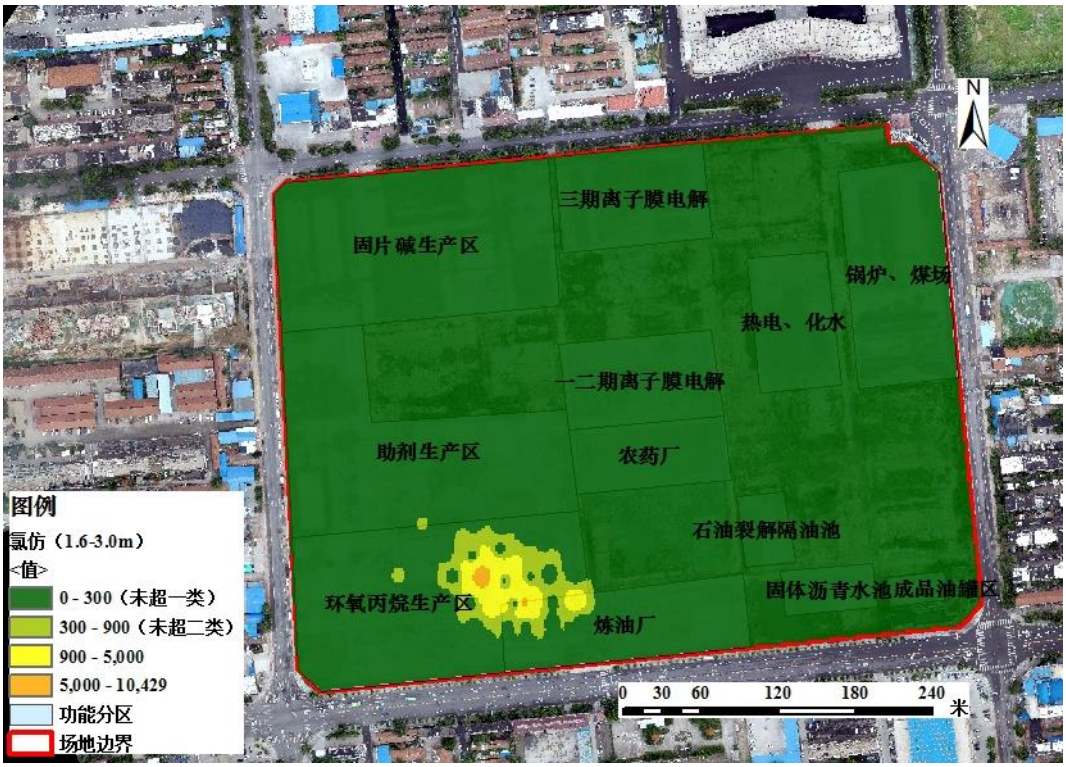


图 7-45 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

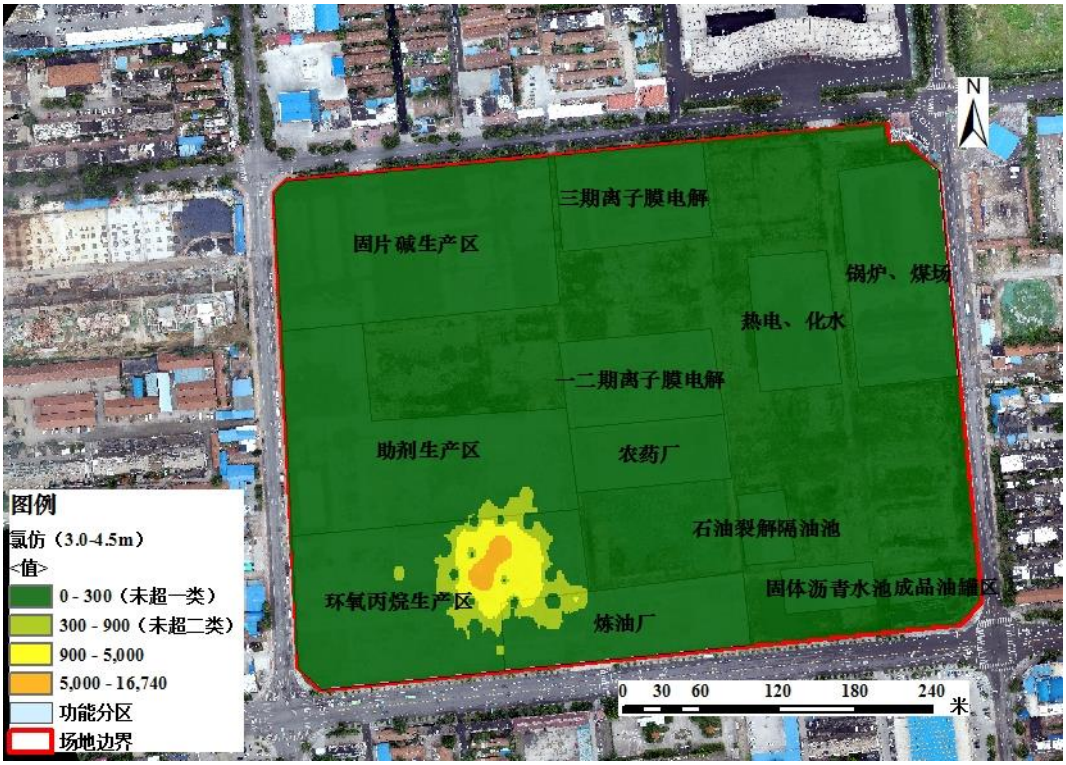


图 7-46 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

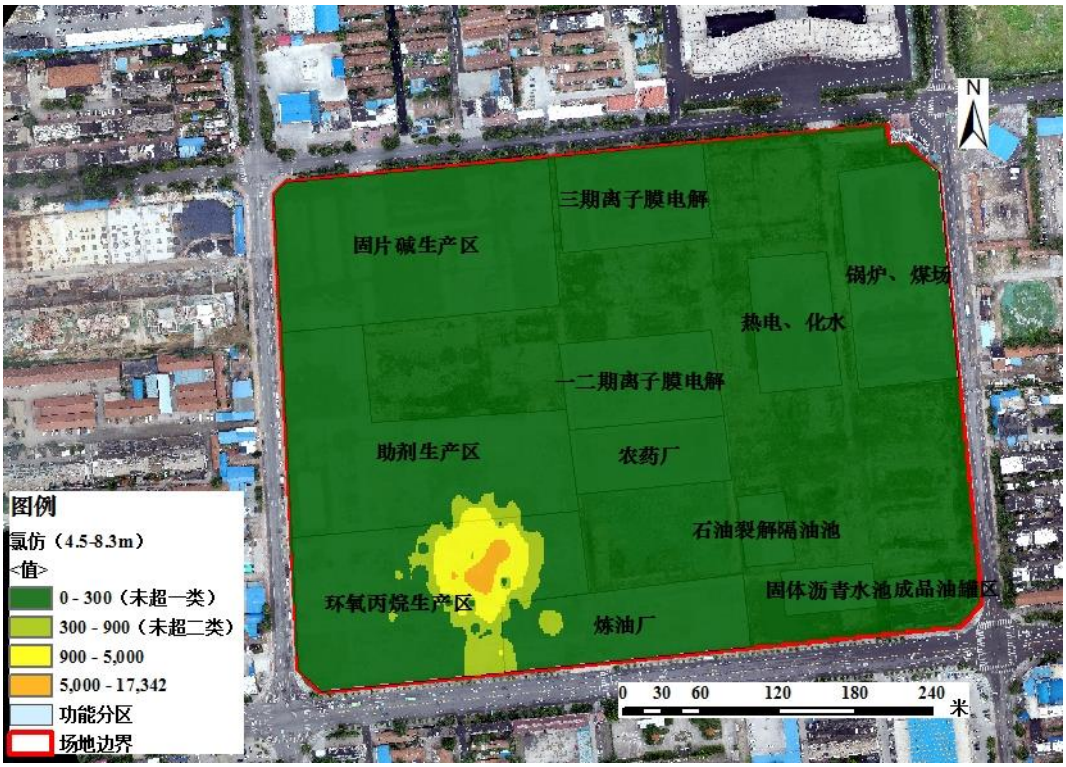


图 7-47 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

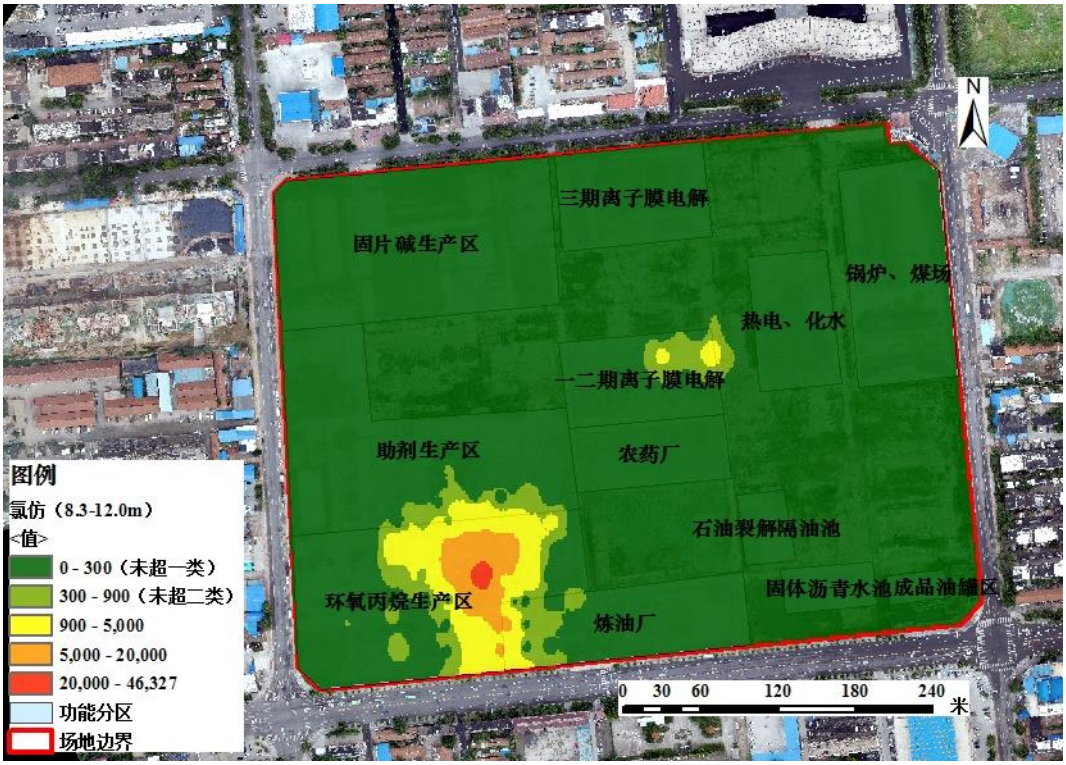


图 7-48 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

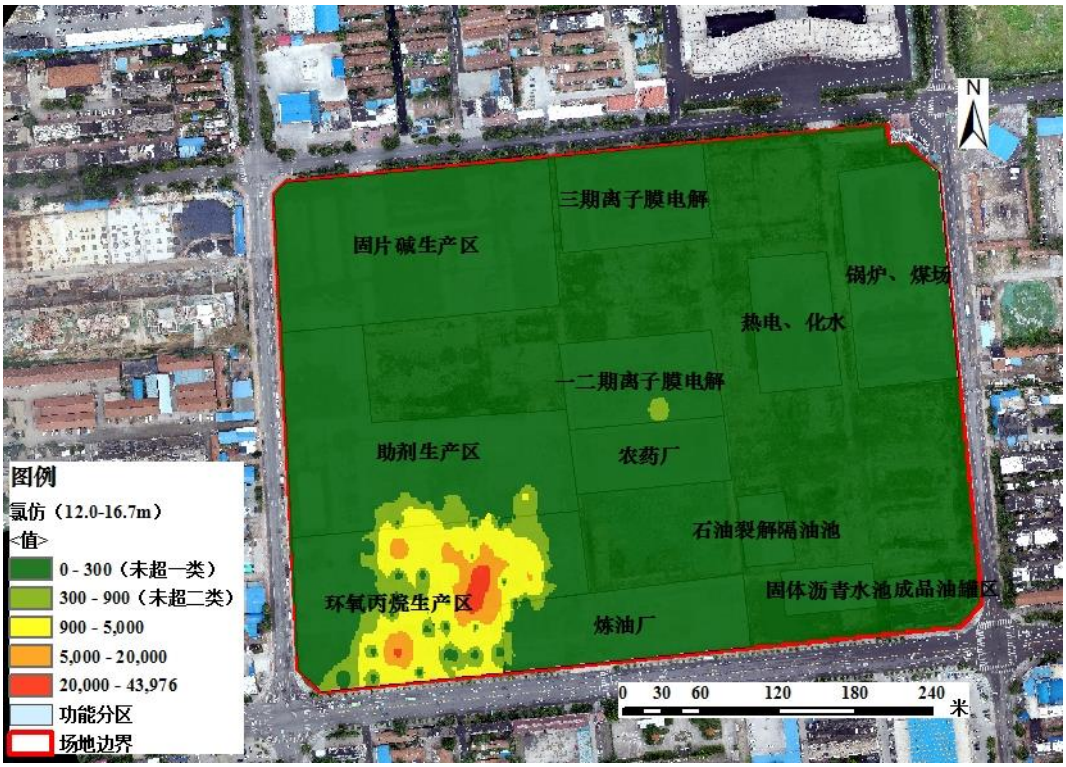


图 7-49 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

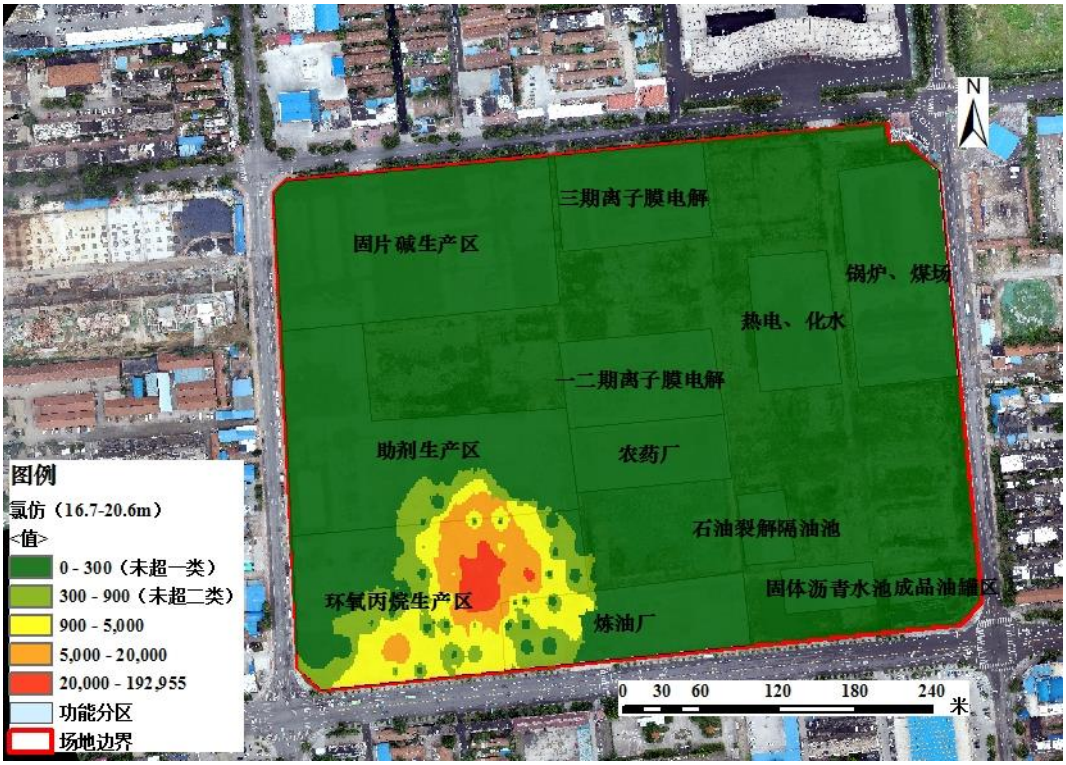


图 7-50 第四层（16.7~20.6m）污染分布

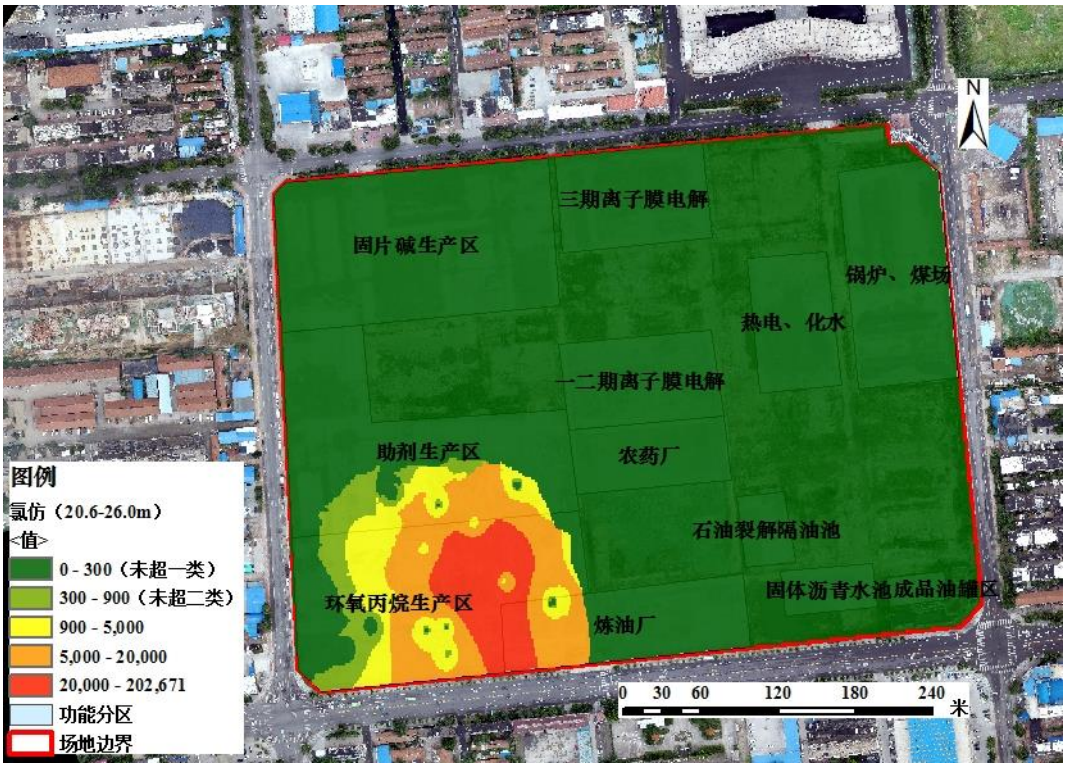


图 7-51 第五-1 层（20.6~26.0m）污染分布

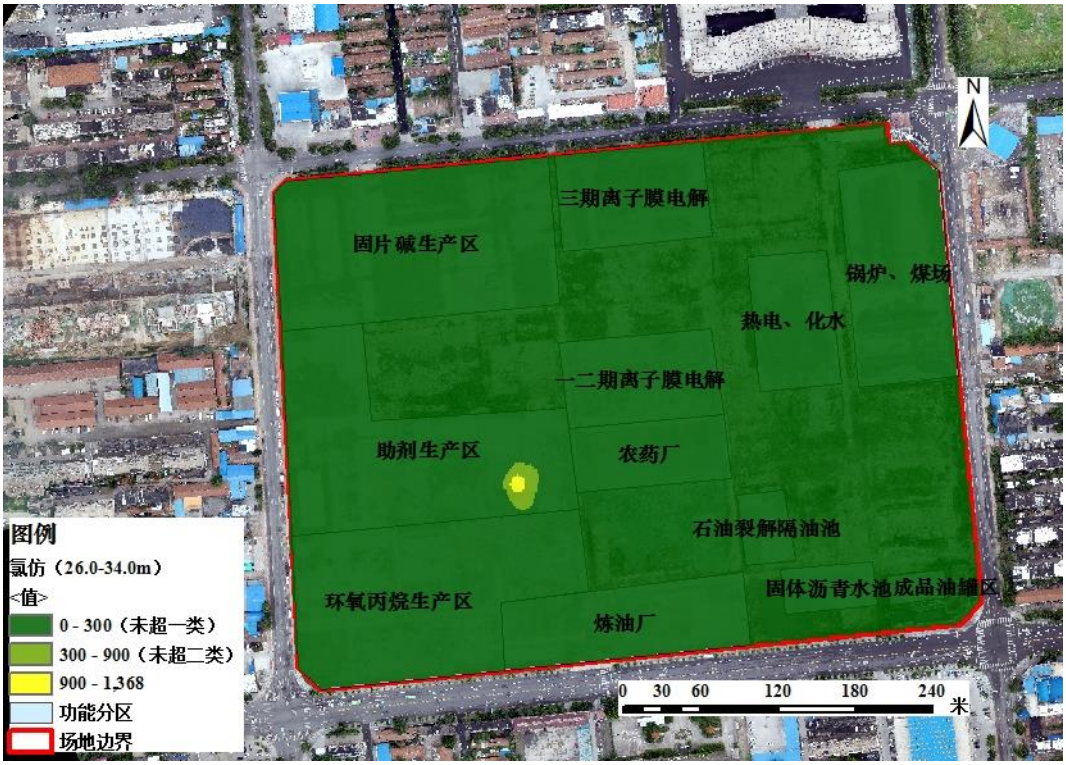


图 7-52 第五-2 层（26.0~34.0m）污染分布

（5）1,2-二氯乙烷

1,2-二氯乙烷污染深度较大，最深可达到第五-2 层（26.0~34.0m）土壤中。第一层（0~1.6m）、第二-2 层（3.0~4.5m）和第二-3 层（4.5~8.3m）污染范围较小，仅存在于原环氧丙烷生产区和原助剂生产区小面积区域，且仅超出一类用地筛选标准。第五-1 层（20.6~26.0m）和第五-2 层（26.0~34.0m）污染全部集中分布于原环氧丙烷生产区，且仅超出一类用地筛选标准。

随着深度增加，污染范围逐渐增大，可能是由于滨化老厂区关停时间较长，上层挥发性有机物污染物已挥发到空气中，导致下层污染较上层严重。一类与二类用地筛选标准下，1,2-二氯乙烷污染在土壤中各层分布情况见图 7-53 至图 7-60。

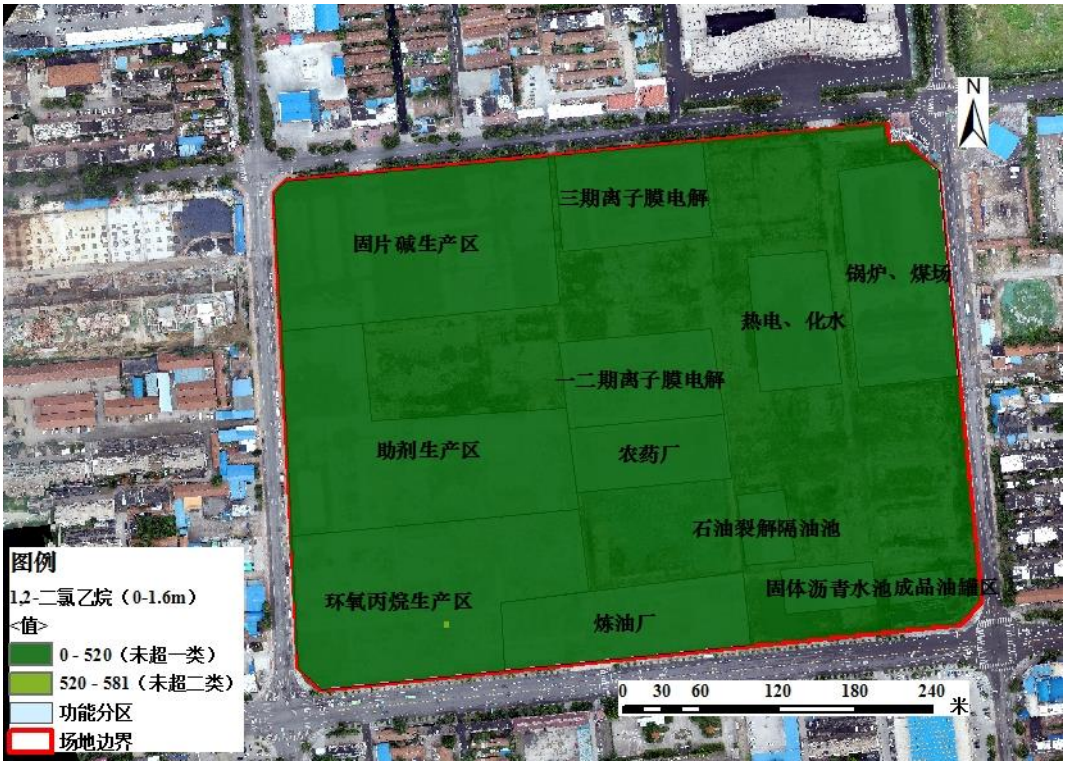


图 7-53 第一层（0~1.6m）污染分布

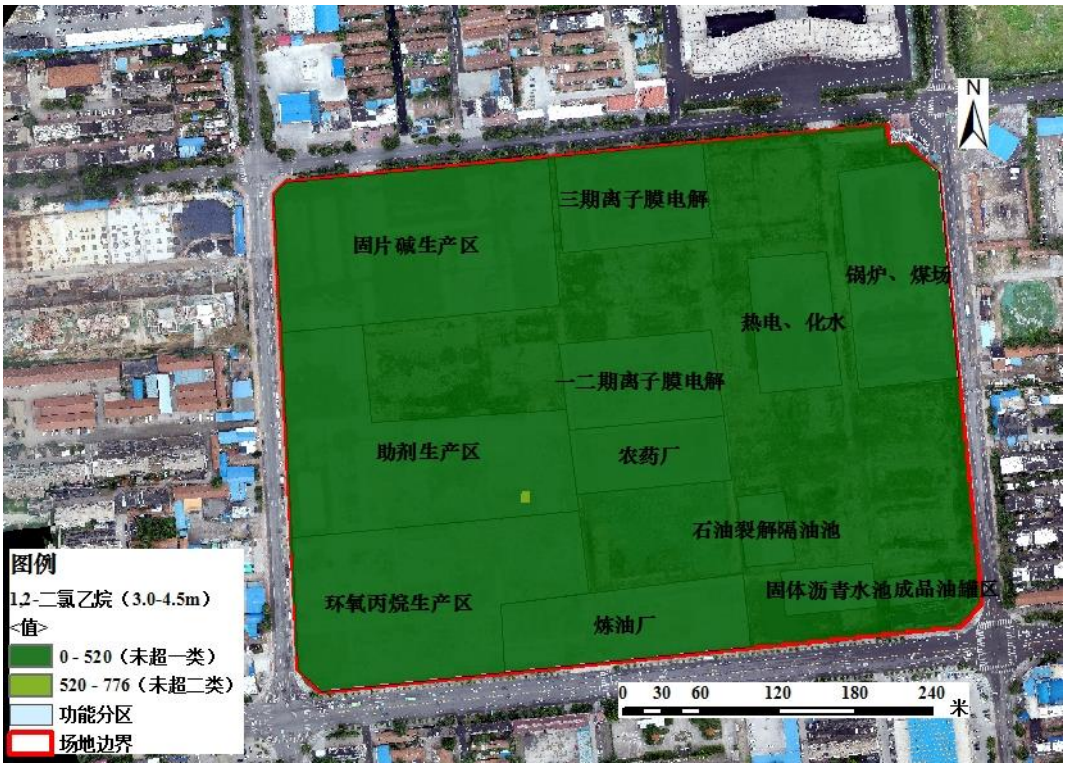


图 7-54 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

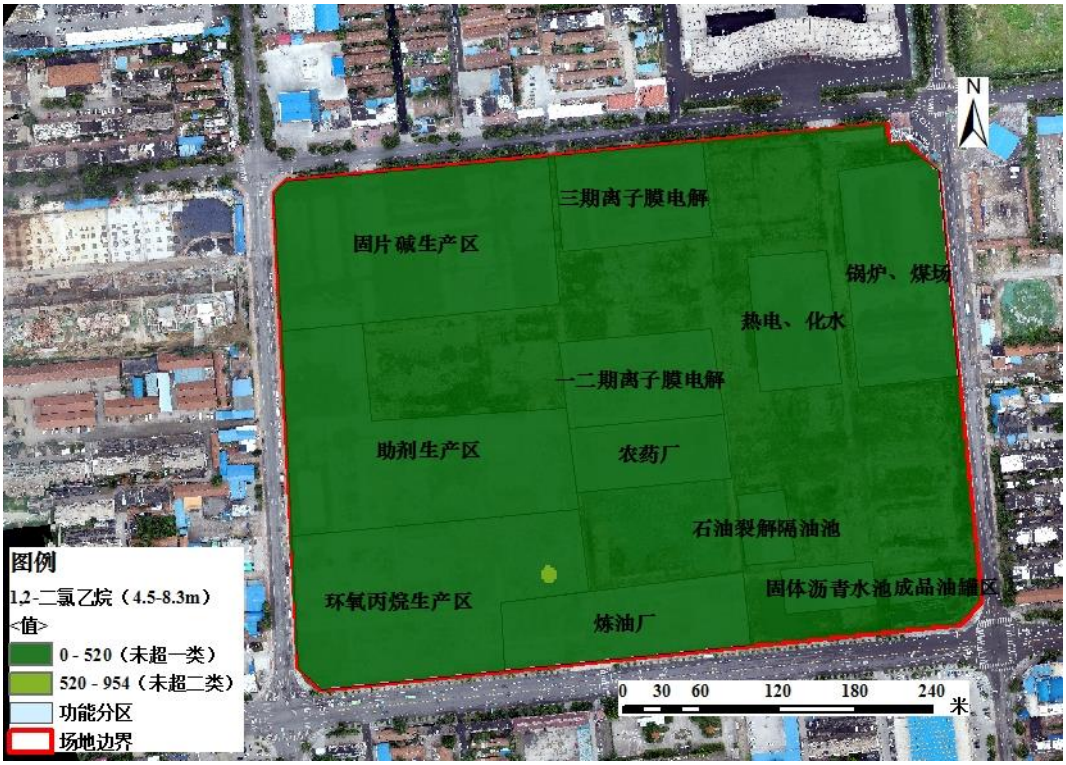


图 7-55 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

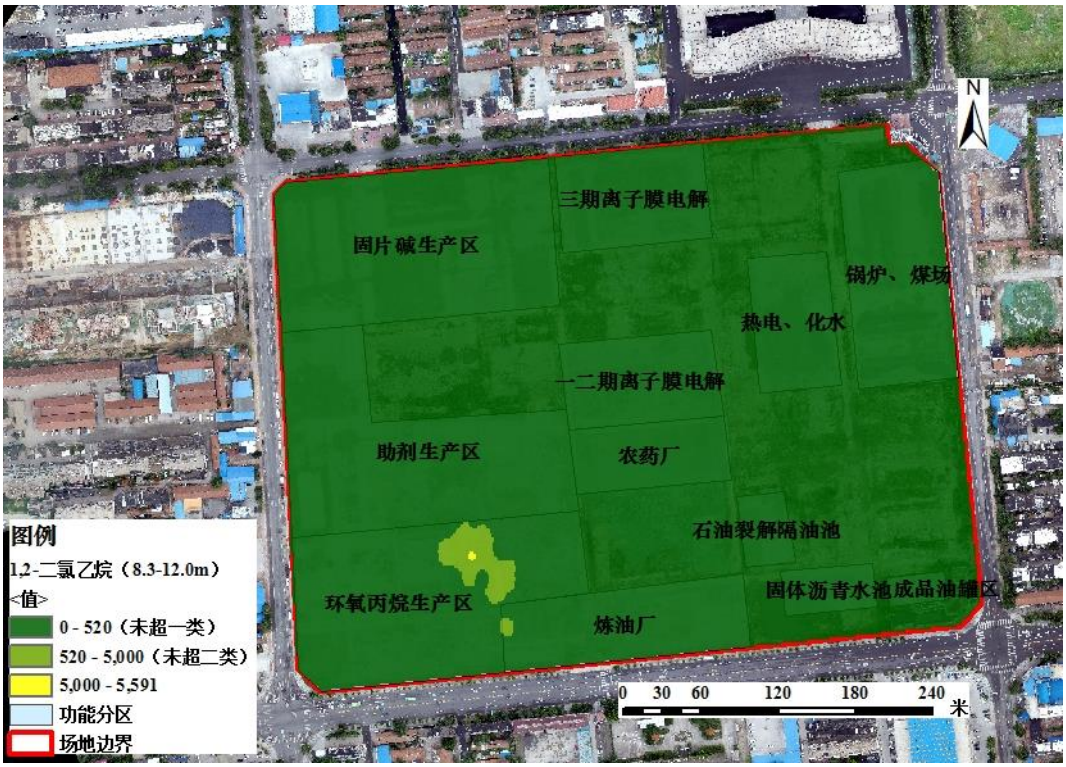


图 7-56 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

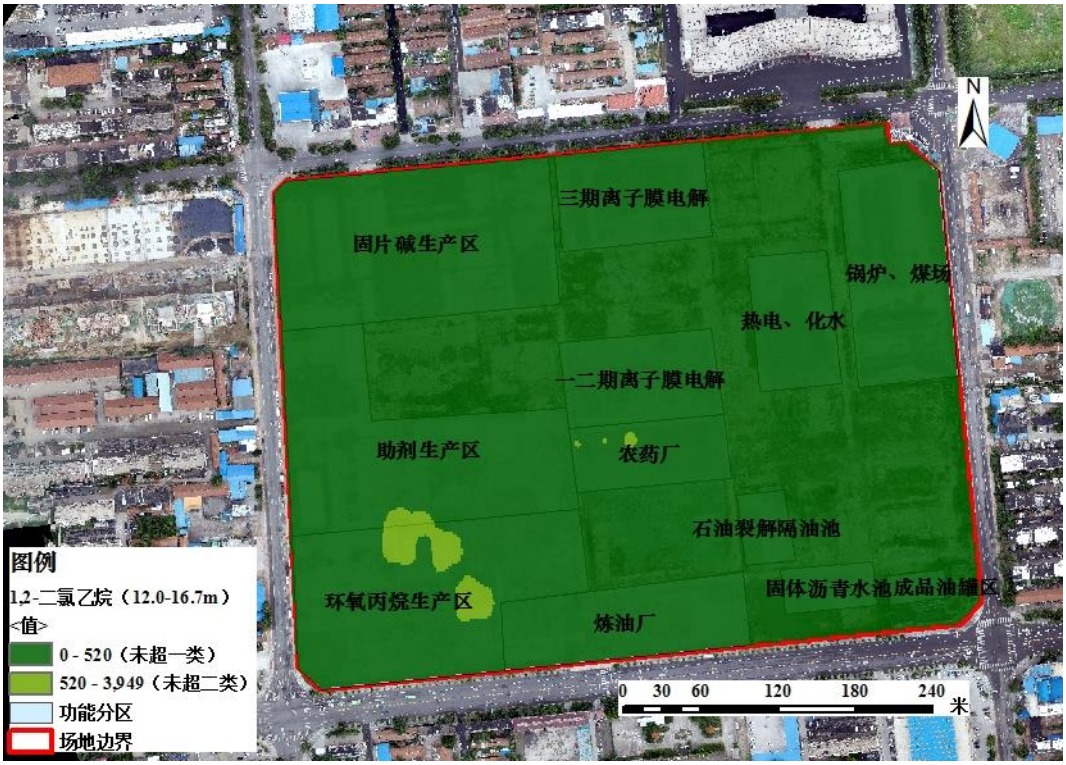


图 7-57 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

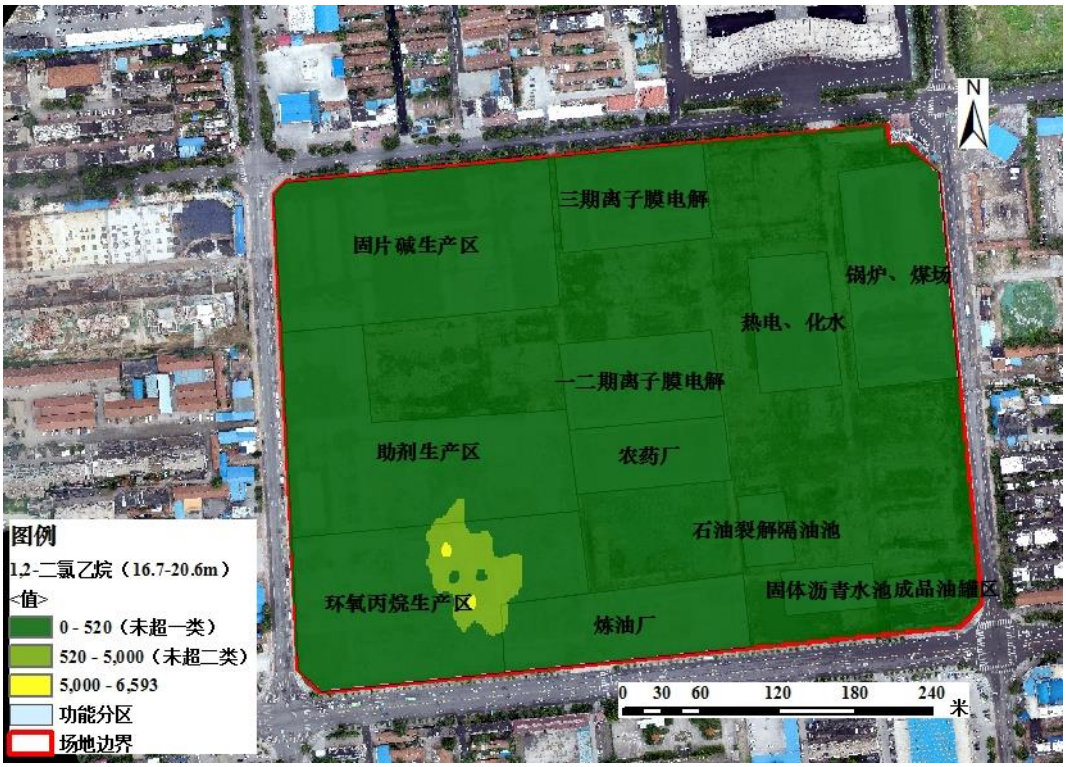


图 7-58 第四层（16.7~20.6m）污染分布

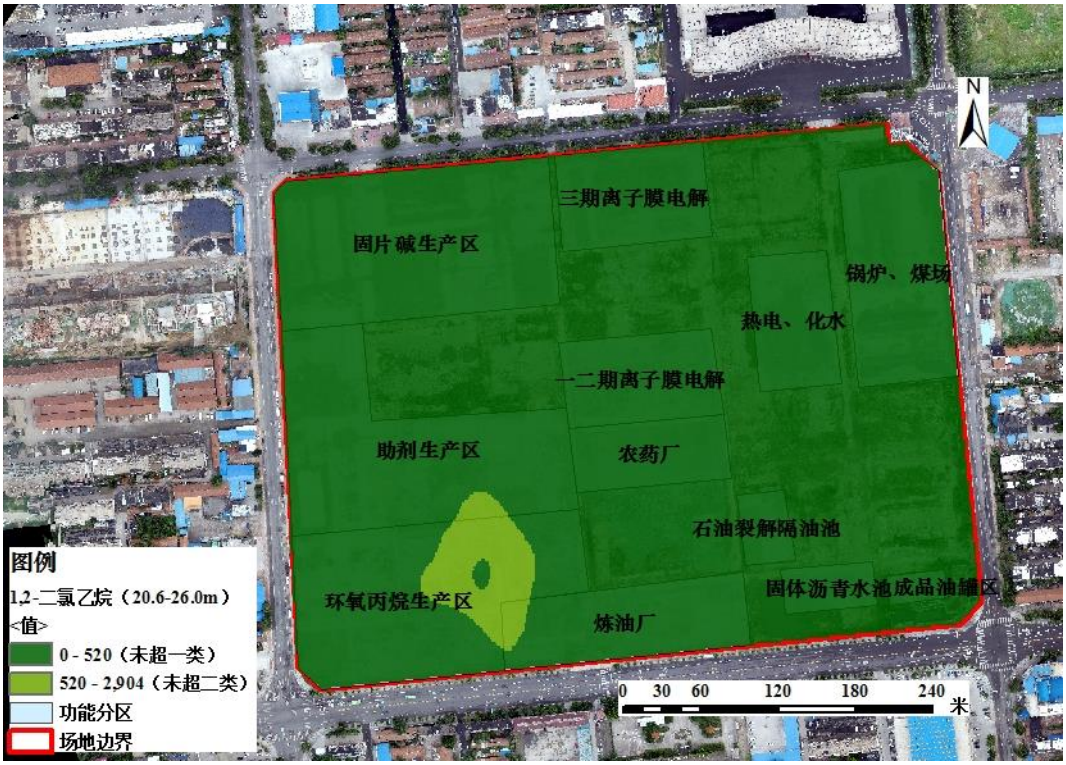


图 7-59 第五-1 层（20.6~26.0m）污染分布

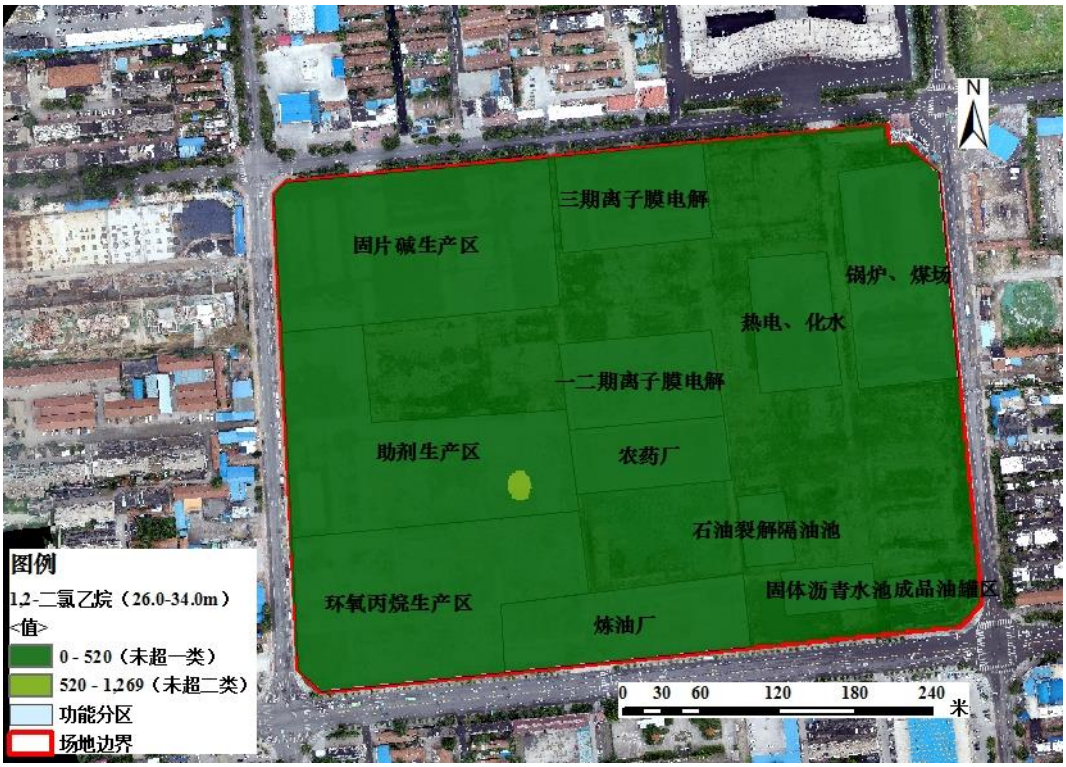


图 7-60 第五-2 层（26.0~34.0m）污染分布

（6）1,4-二氯苯

1,4-二氯苯污染范围较小，但污染深度最深可达到第五-1 层（20.6~26.0m）。超标点位分布较为分散，上层污染范围包括原环氧丙烷生产区、原助剂生产区和

原农药厂南侧。第三-1 层（8.3~12.0m）以下的污染主要集中分布在重点关注区内，但仅存在小面积区域内。污染在土壤中各层分布情况见图 7-61 至图 7-68。

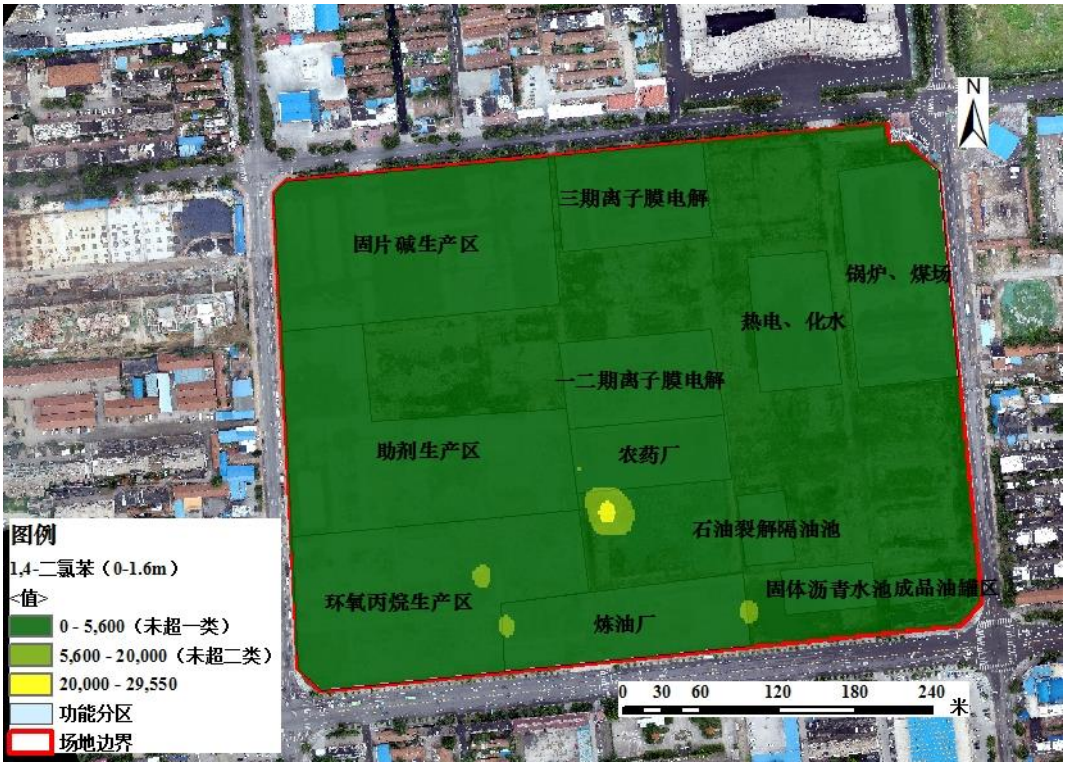


图 7-61 第一层（0~1.6m）污染分布

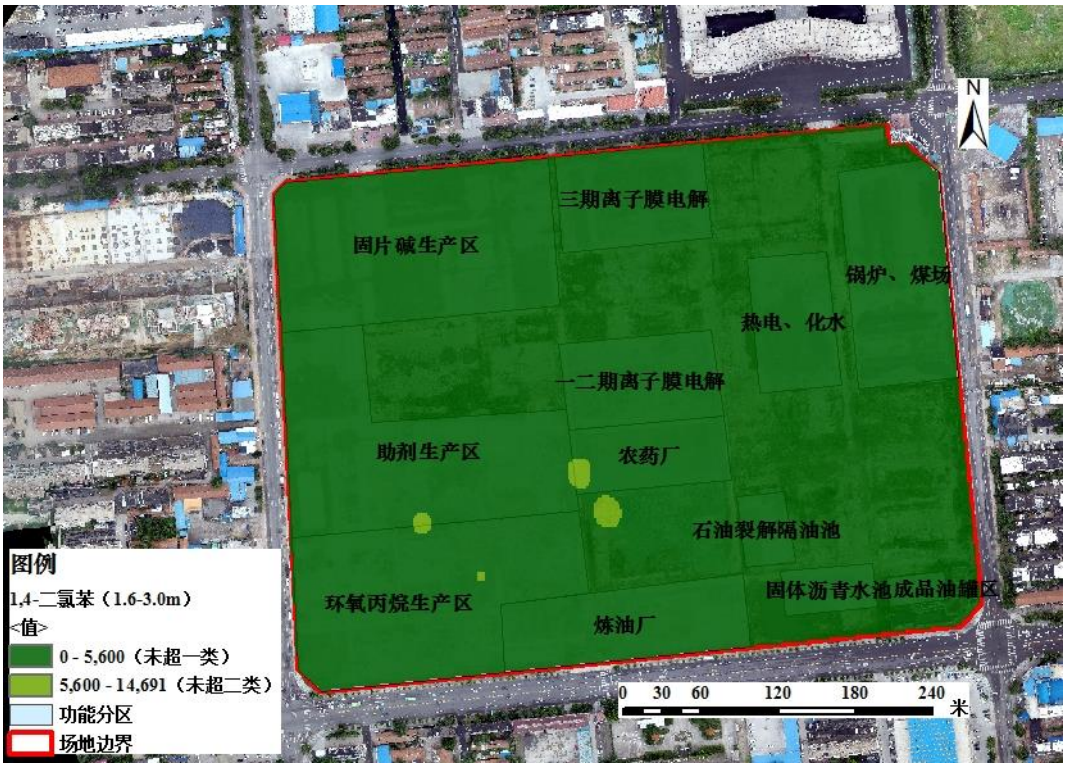


图 7-62 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

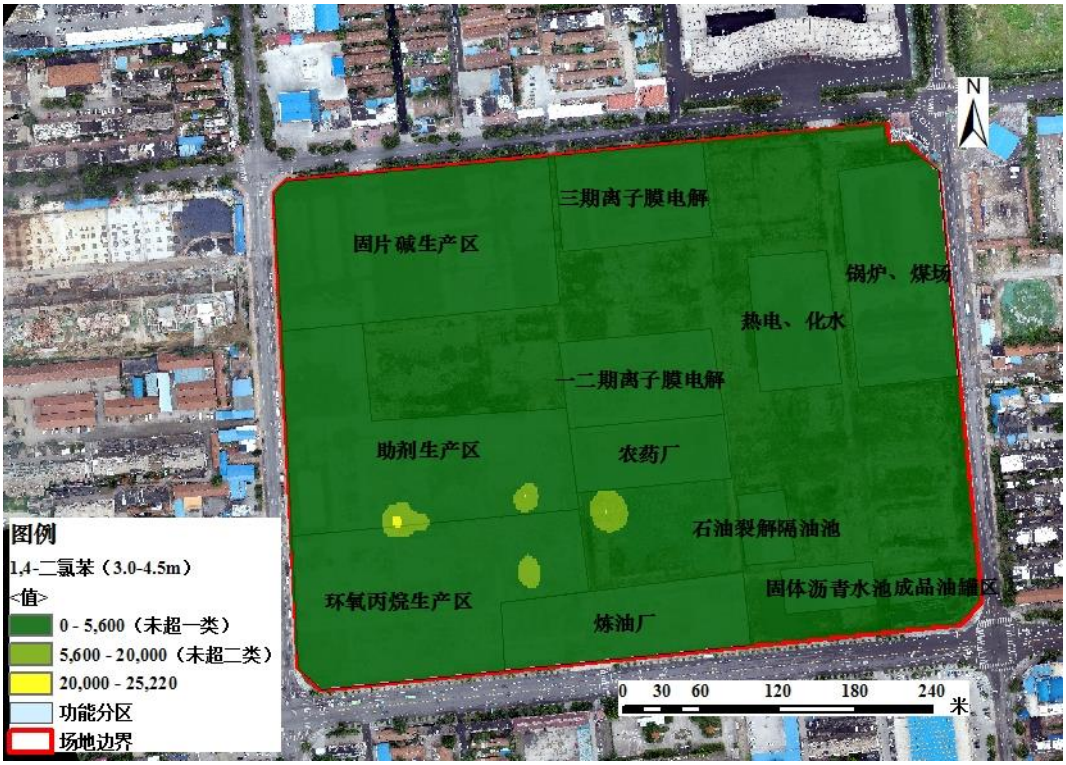


图 7-63 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

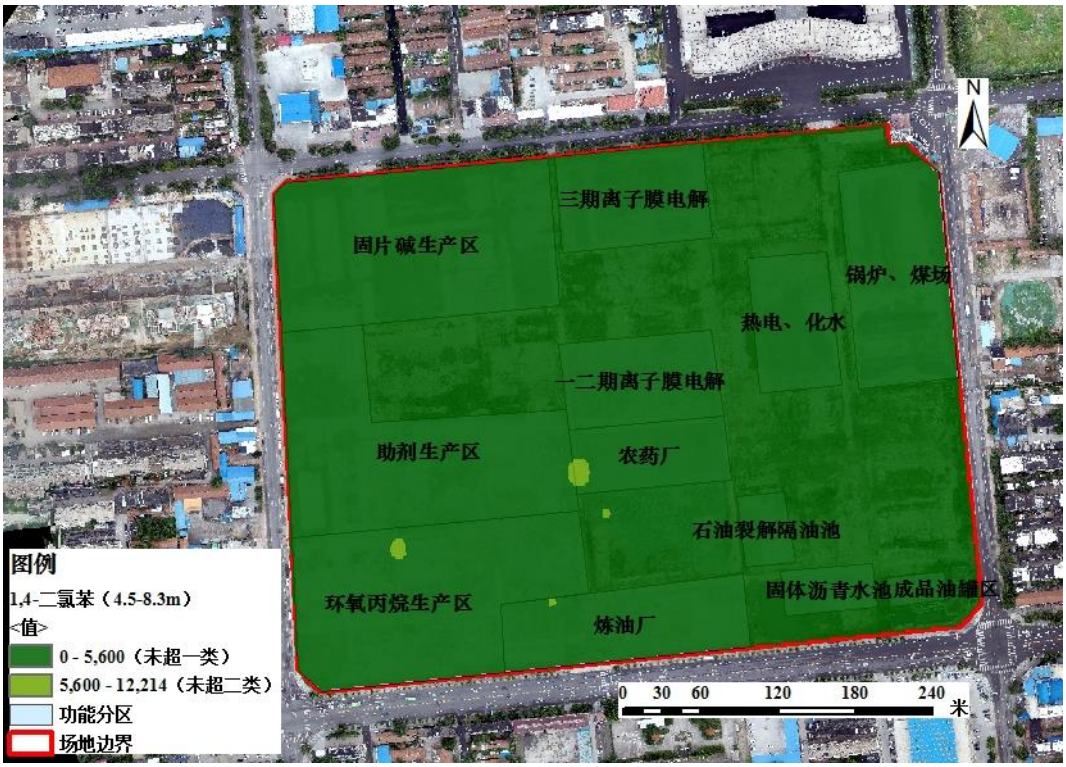


图 7-64 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

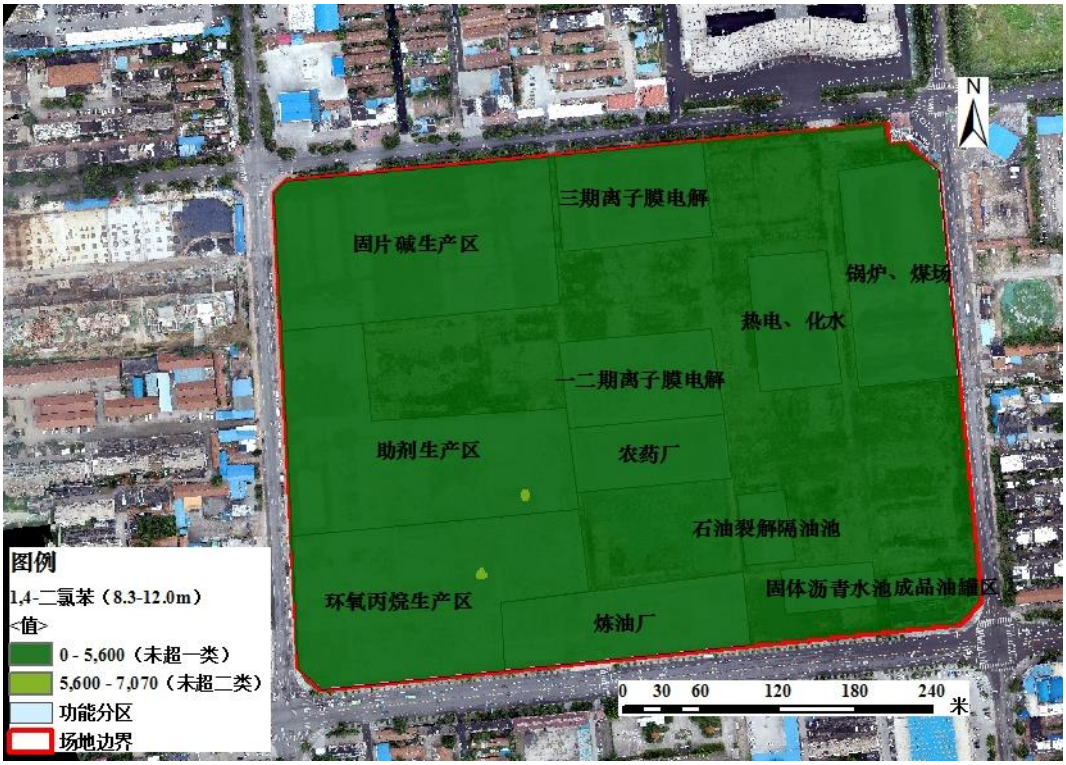


图 7-65 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

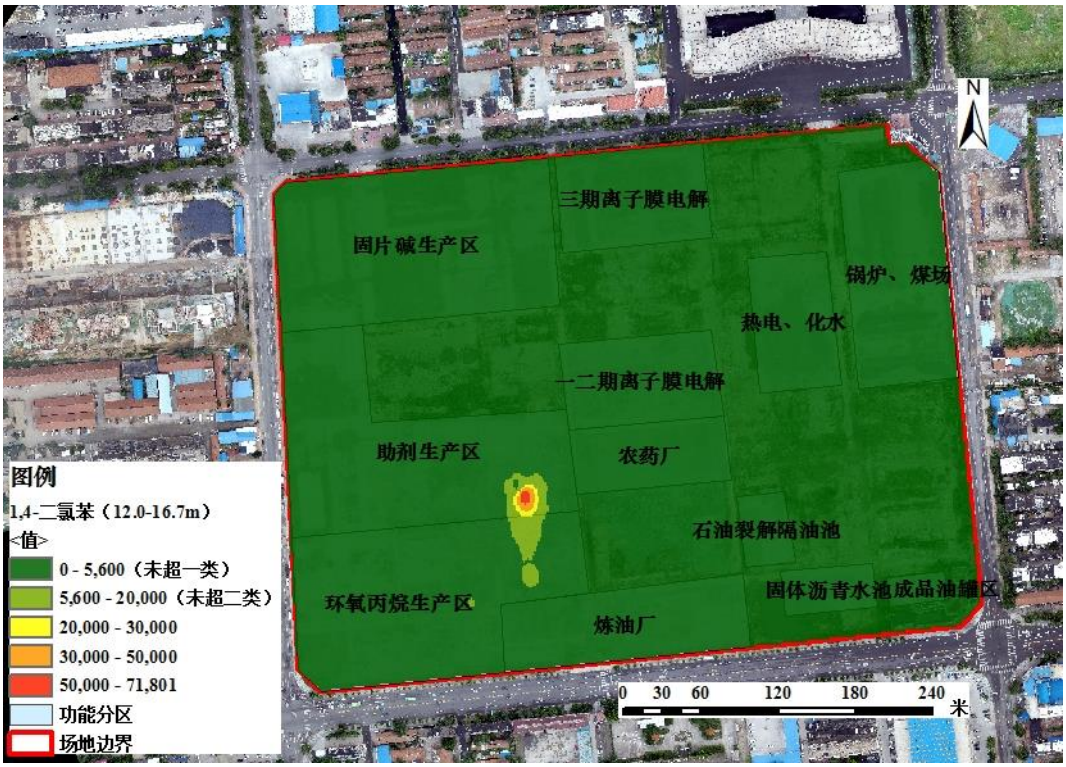


图 7-66 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

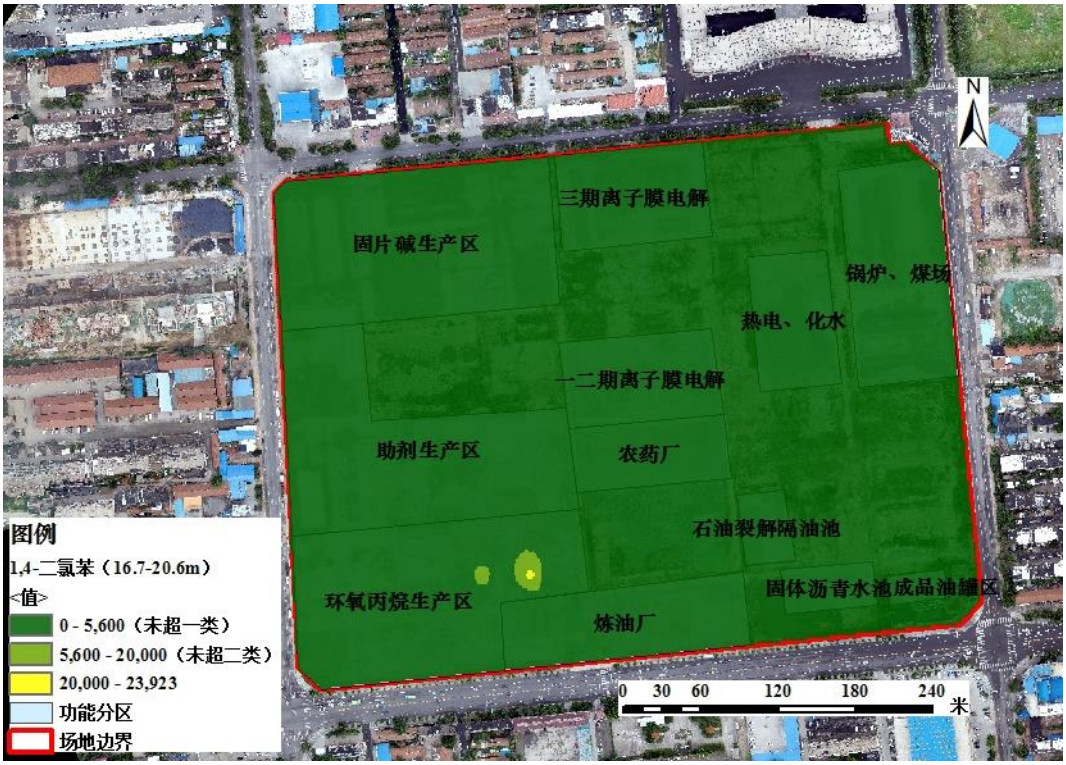


图 7-67 第四层（16.7~20.6m）污染分布

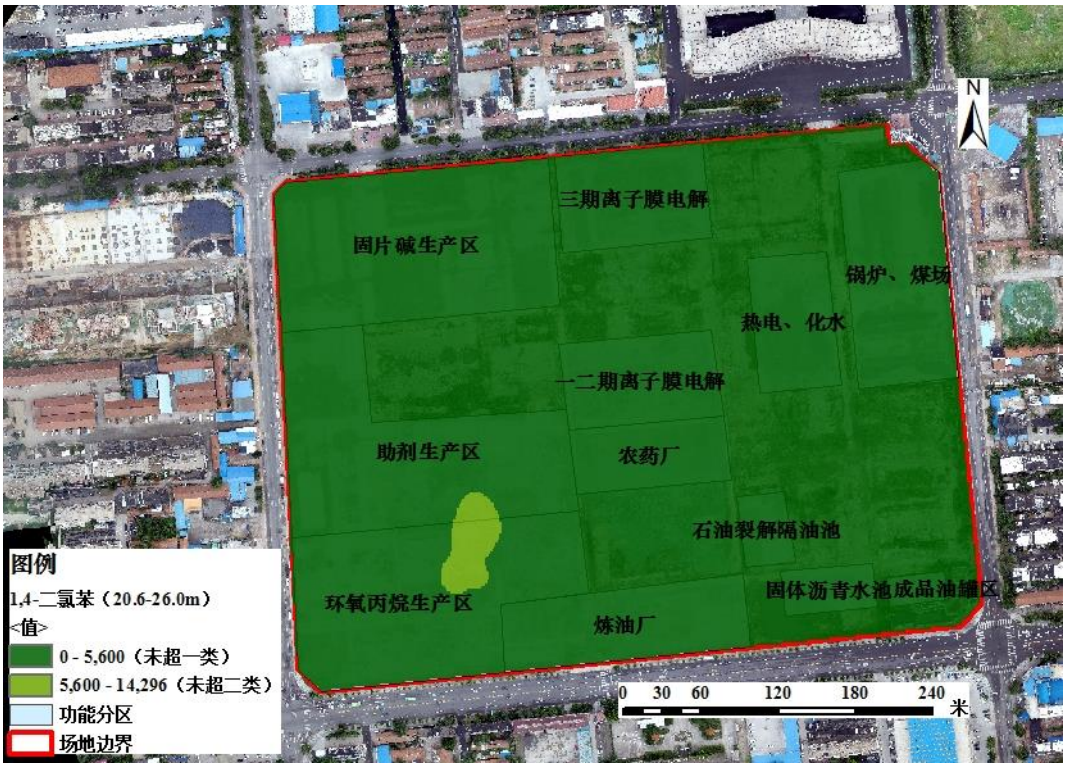


图 7-68 第五-1 层（20.6~26.0m）污染分布

（7）乙苯

场地内乙苯污染主要存在于第一、第二和第三层（0~16.7m）范围内土壤中。

① 第一层（0~1.6m）表层杂填土，乙苯超标点位分布较为分散，存在于原助剂

生产区、原环氧丙烷生产区和原炼油厂区域；② 第二层（1.6~8.3m）乙苯污染主要存在原炼油厂、原热电化水厂区和原环氧丙烷生产区；③ 第三层（8.3~16.7m）乙苯污染主要存在原石油裂解隔油池北侧和原环氧丙烷生产区。一类与二类用地筛选标准下，乙苯污染在土壤中各层分布情况见图 7-69 至图 7-74。

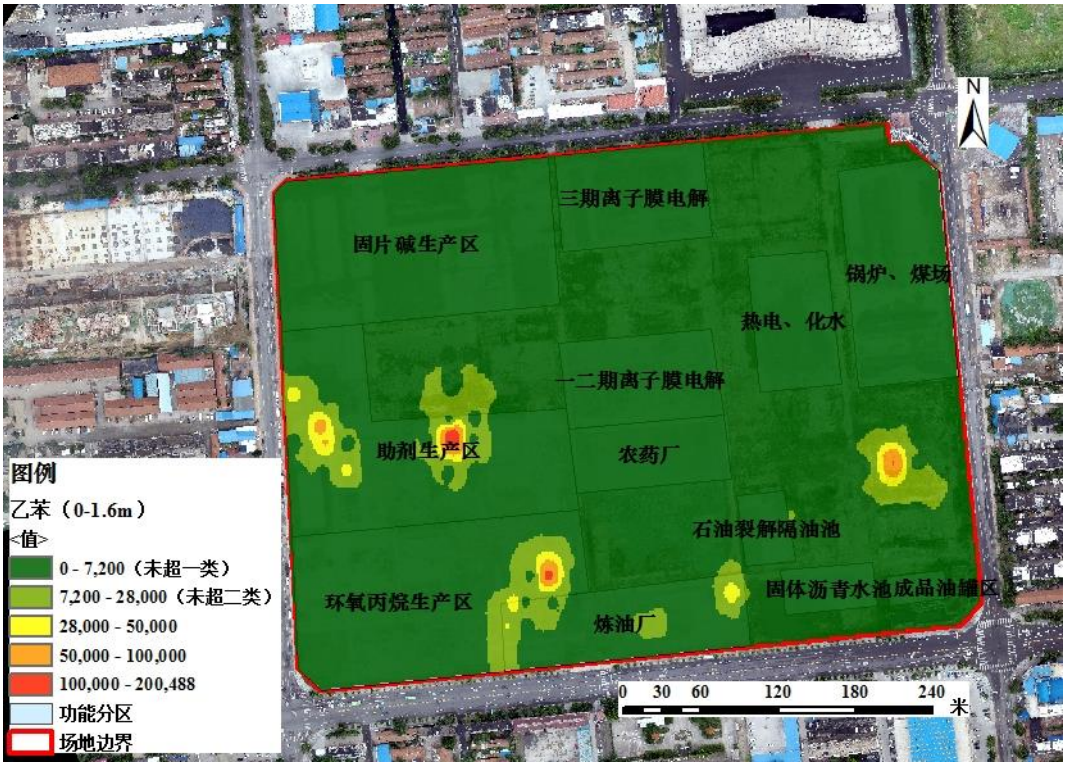


图 7-69 第一层（0~1.6m）污染分布

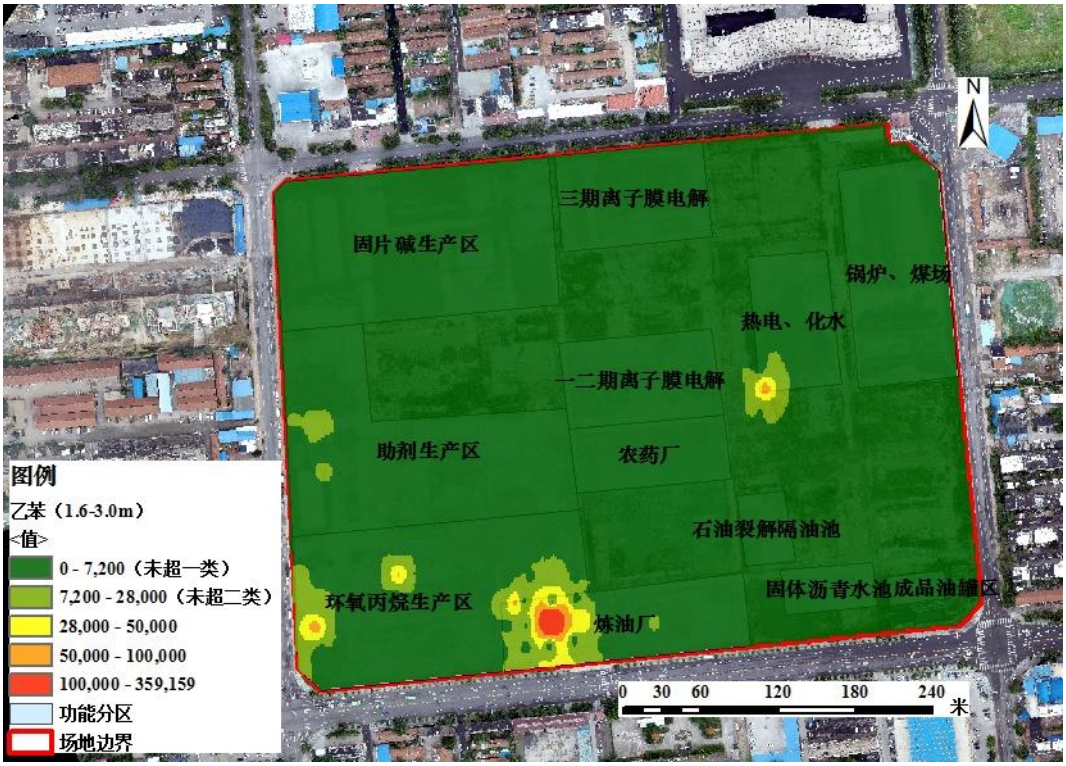


图 7-70 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

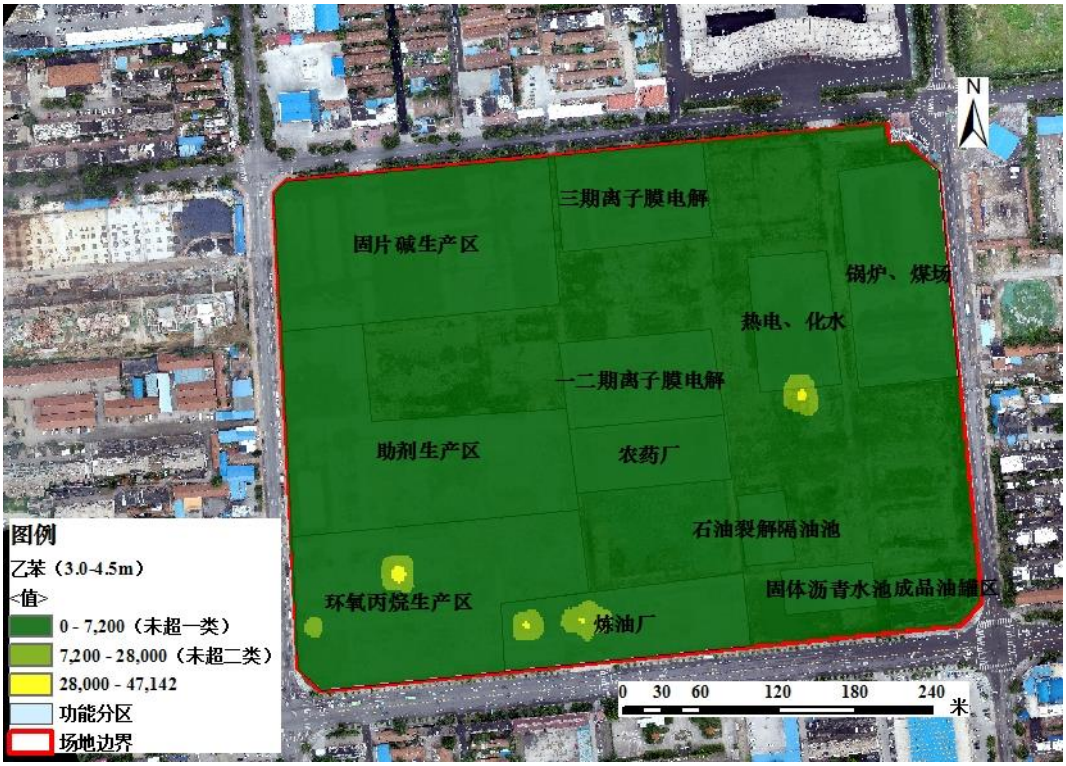


图 7-71 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

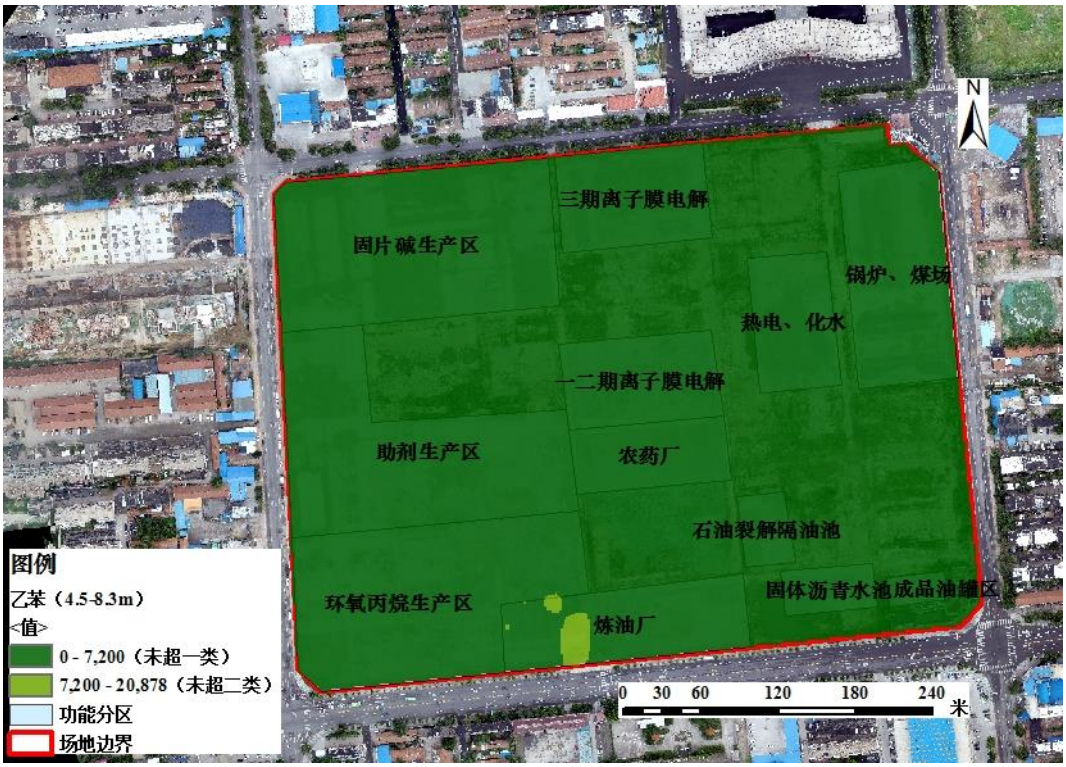


图 7-72 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

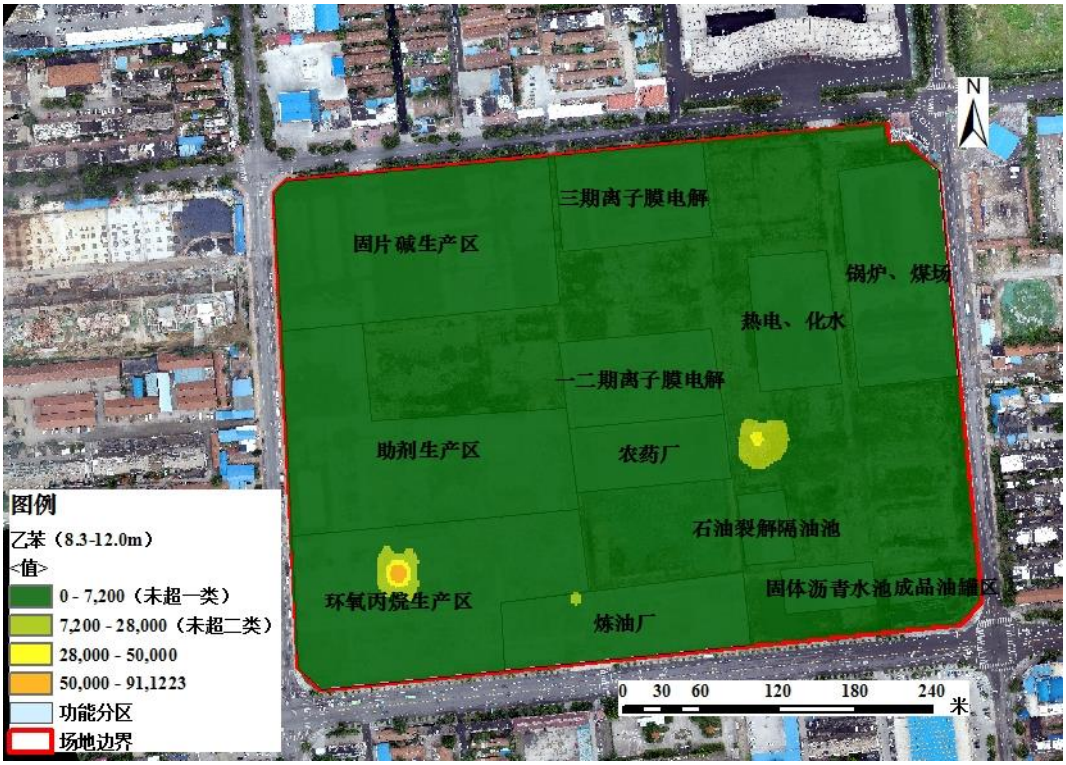


图 7-73 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

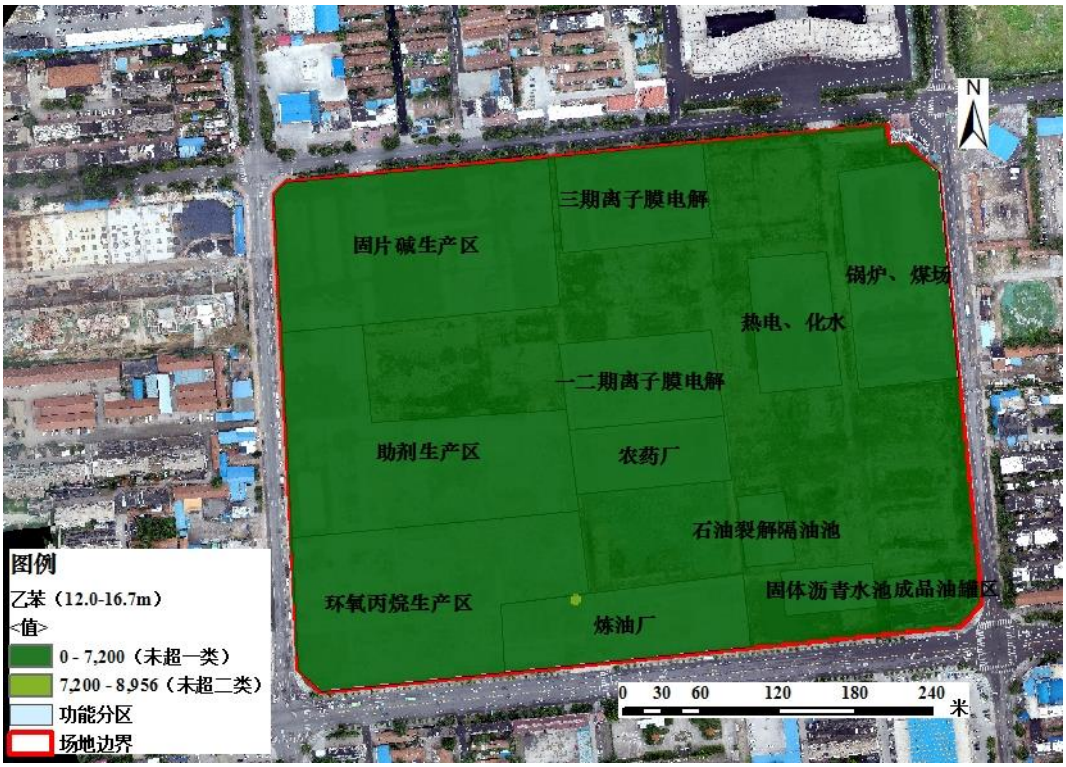


图 7-74 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

（8）间&对-二甲苯

间&对-二甲苯污染深度达到第三-1 层（8.3~12.0m）土层内，但污染范围较小，主要集中分布在原炼油厂、原环氧丙烷生产区和原助剂生产区小范围区域内。

上层污染较重，含量同时超出一类和二类用地筛选值，第三-1 层（8.3~12.0m）土壤中，间&对-二甲苯污染仅超出一类用地筛选标准。

间&对-二甲苯污染在土壤中各层分布情况见图 7-75 至图 7-77 所示。

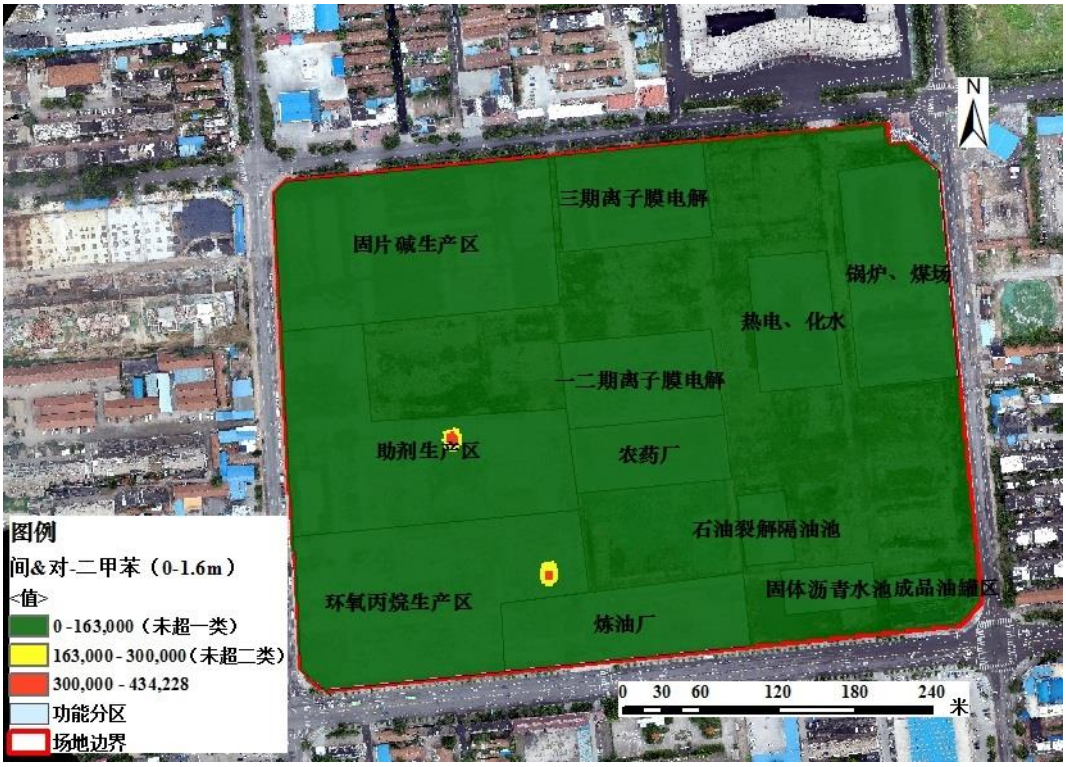


图 7-75 第一层（0~1.6m）污染分布

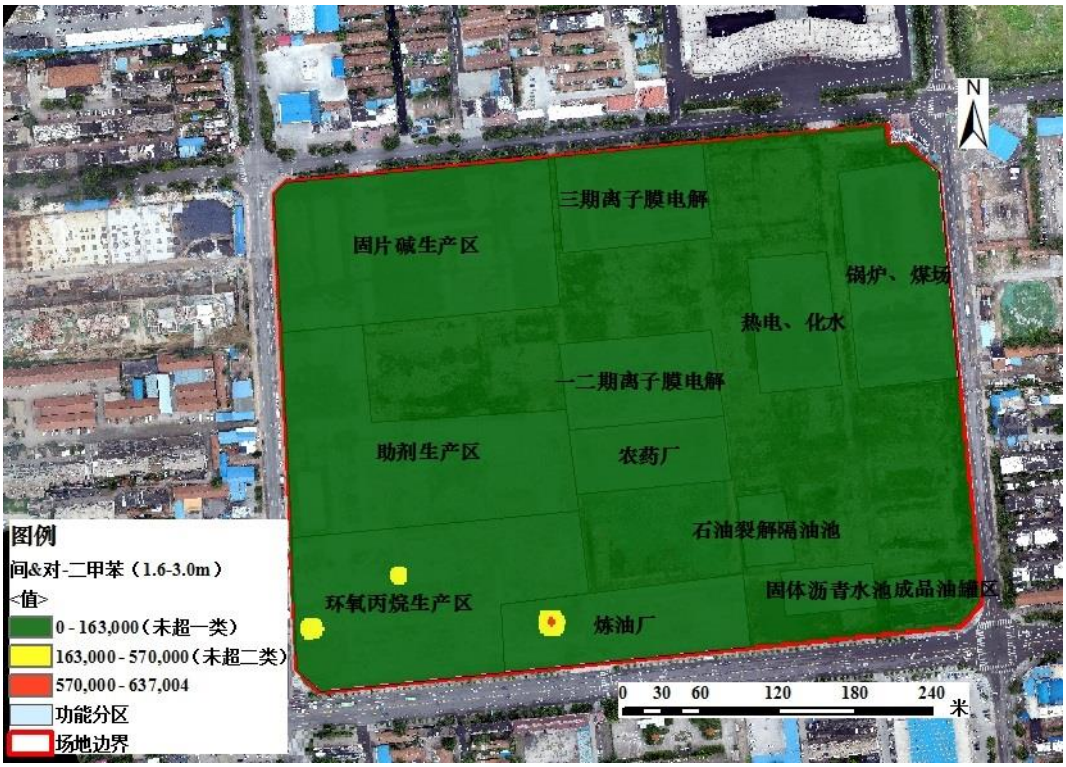


图 7-76 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

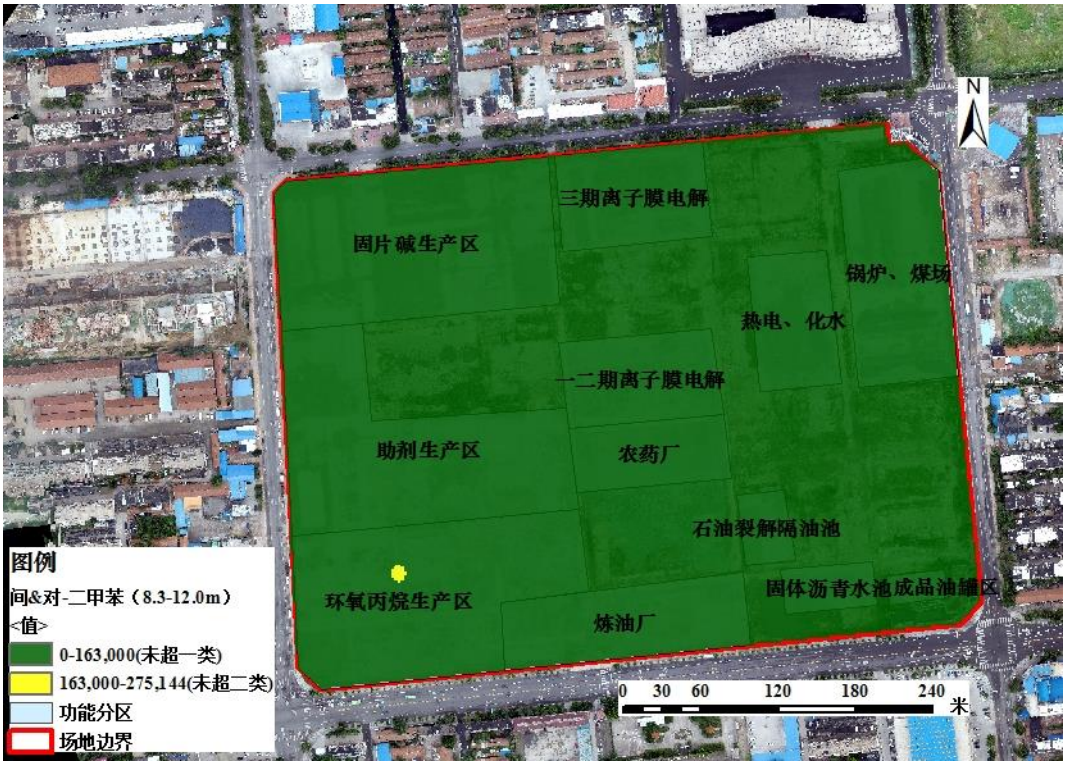


图 7-77 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

（9）三氯乙烯

场地内三氯乙烯污染范围较小，仅包括原固片碱生产区、原环氧丙烷生产区南侧的小面积区域，且污染浓度仅超出一类用地筛选标准。

三氯乙烯作为氯醇法制环氧丙烷的产物之一，由原盐生产氯碱的副产氯气产生，污染可能由于生产或储存区“跑、冒、滴、漏”导致。污染在土壤中各层分布情况见图 7-78 至图 7-74。

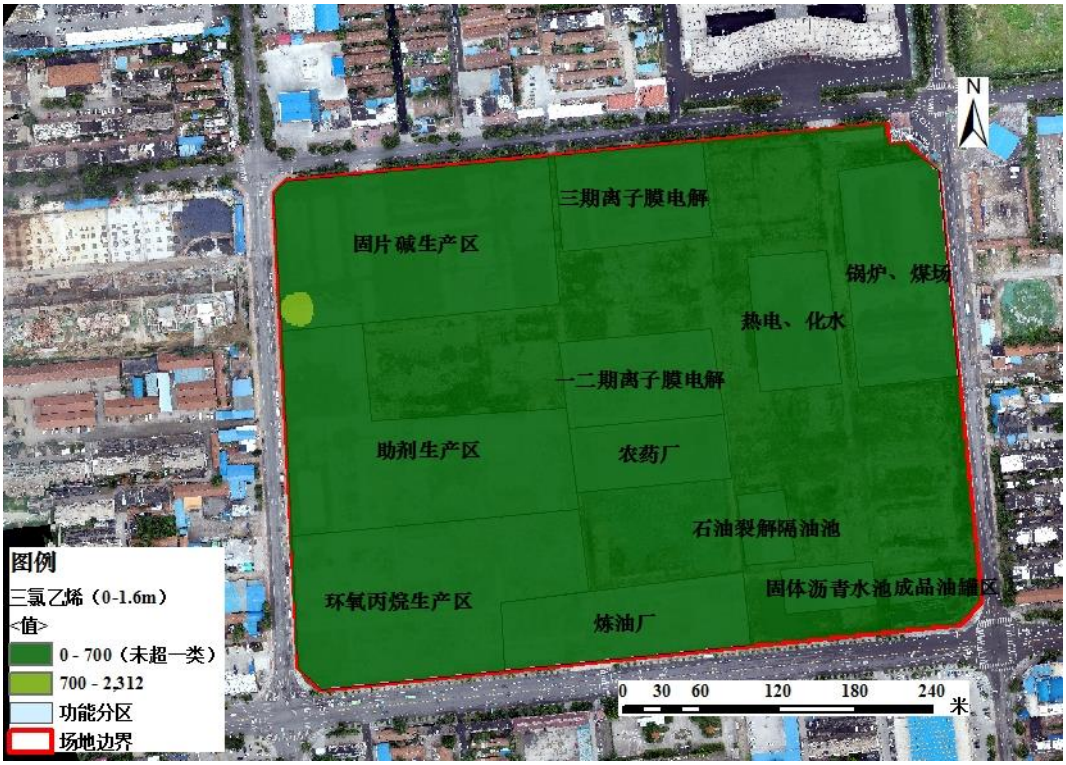


图 7-78 第一层（0~1.6m）污染分布

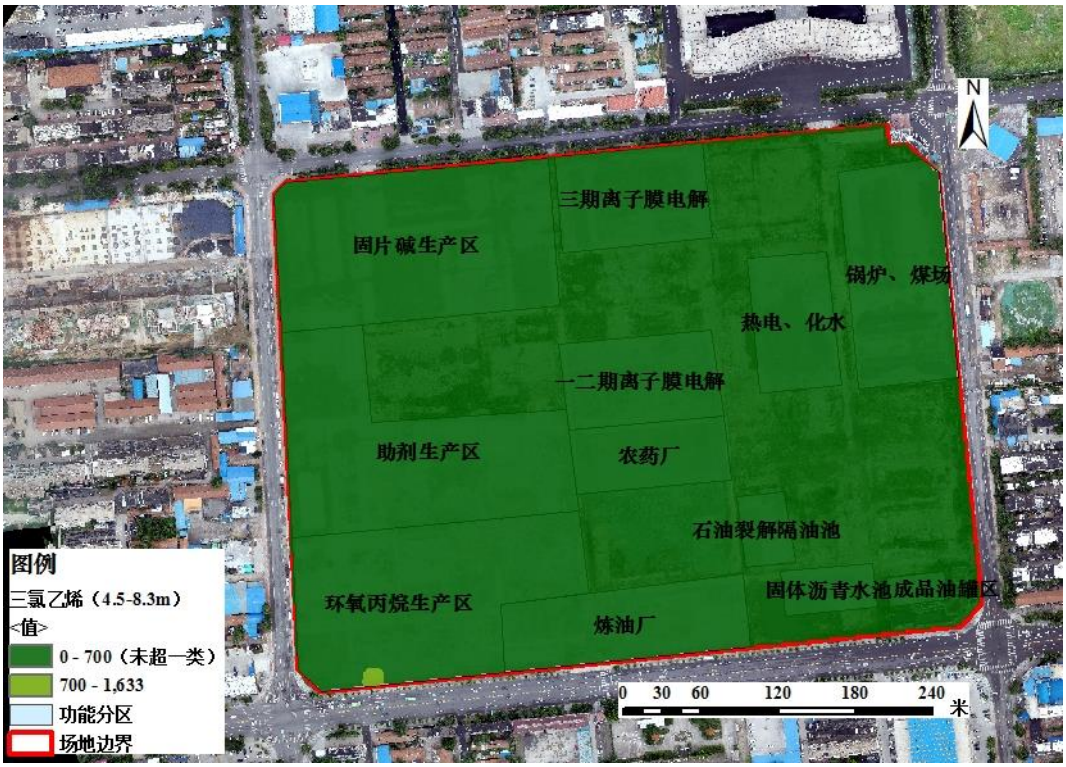


图 7-79 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

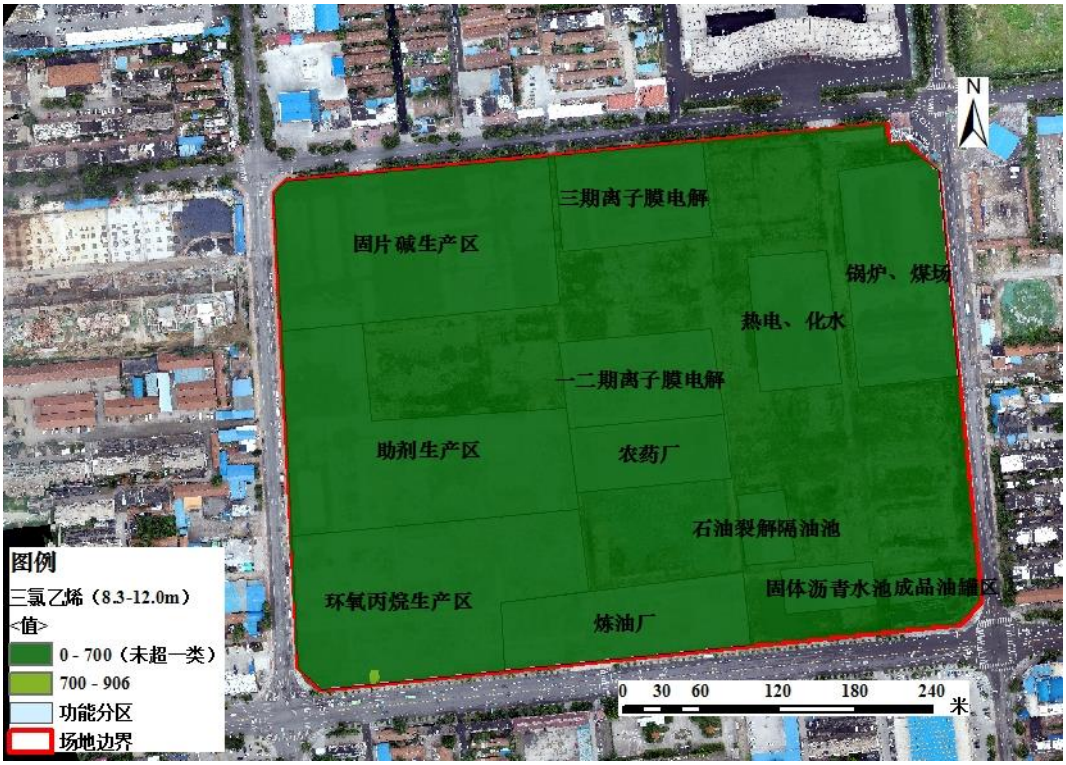


图 7-80 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

（10）甲苯

场地内甲苯污染范围较小，仅存在第二-1 层（1.6~3.0m）土壤中，位于原环氧丙烷生产区西南角。甲苯污染在该层分布情况如图 7-81 所示。

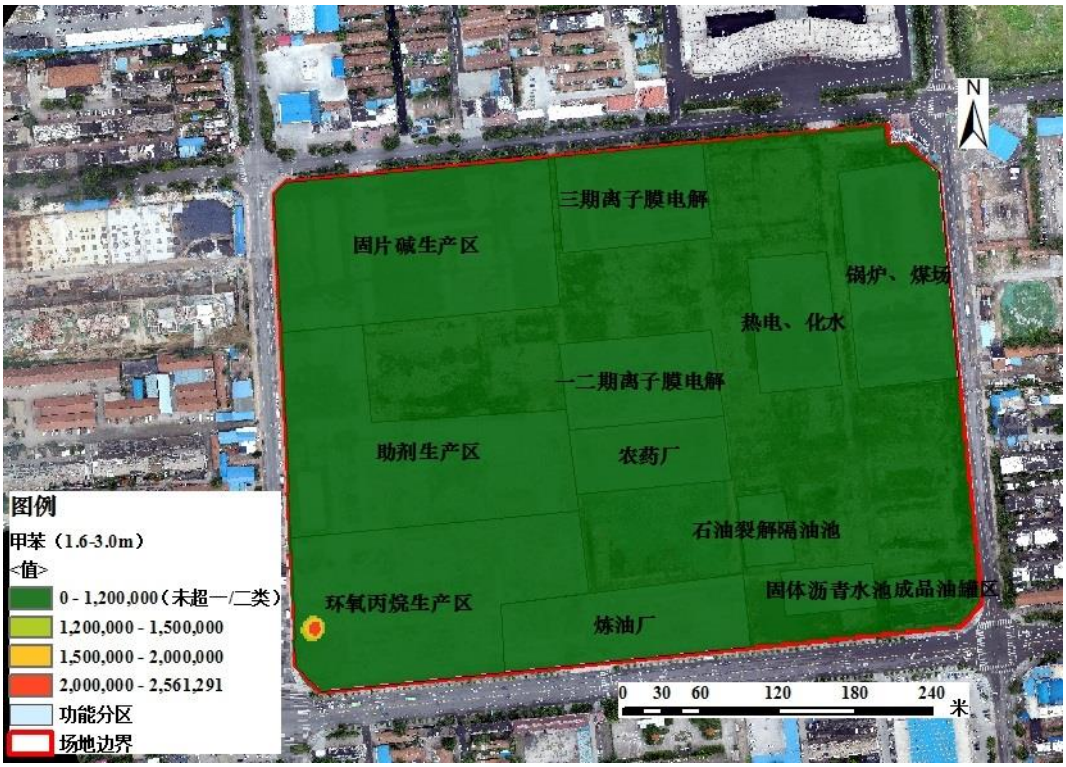


图 7-81 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

（11）邻-二甲苯

邻-二甲苯污染范围较小，且污染深度较浅，仅存在原炼油厂西北侧第二-1 层（1.6~3.0m）土层小范围区域。邻-二甲苯污染在该层分布情况见图 7-82。

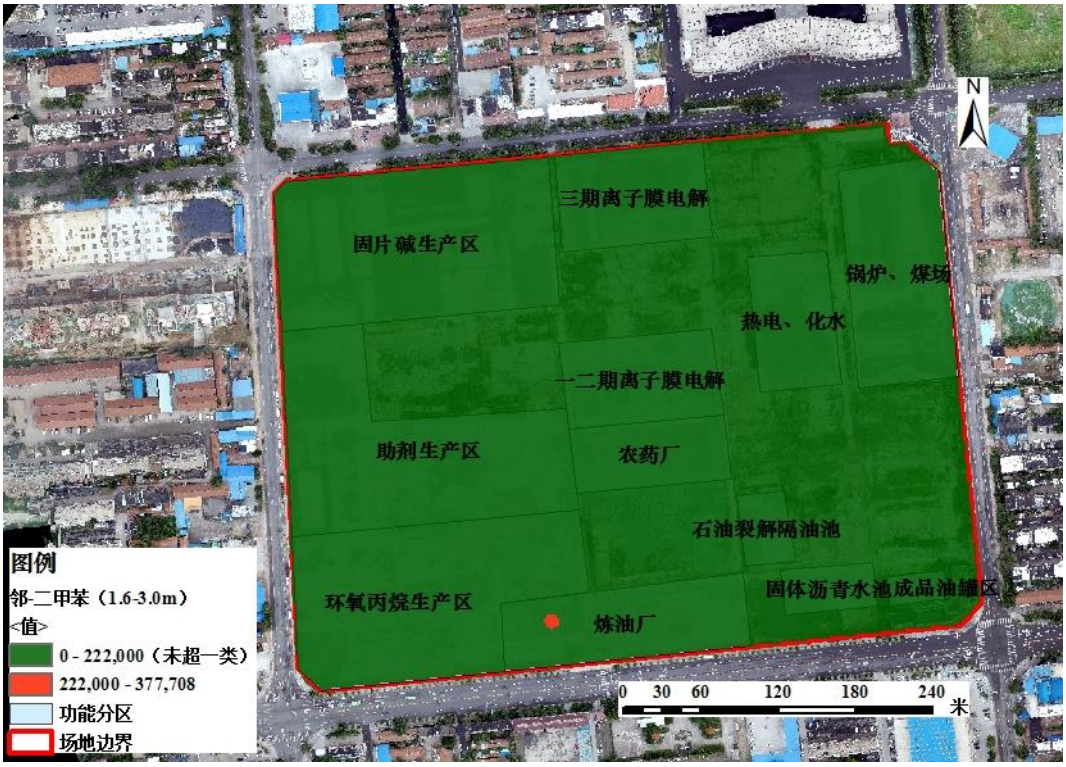


图 7-82 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

（12）1,2-二溴乙烷

场地内 1,2-二溴乙烷污染范围较小，仅存在于原炼油厂第三-1 层（8.3~12.0m）小范围区域内，且仅超出一类用地筛选标准。12-二溴乙烷污染在该层分布情况见图 7-83。

（13）1,1,2,2-四氯乙烷

1,1,2,2-四氯乙烷污染仅存在于原环氧丙烷生产区西侧表层（0~1.6m）土壤中，污染面积较小，且仅超出一类用地筛选标准。污染在土壤中各层分布情况见图 7-84。

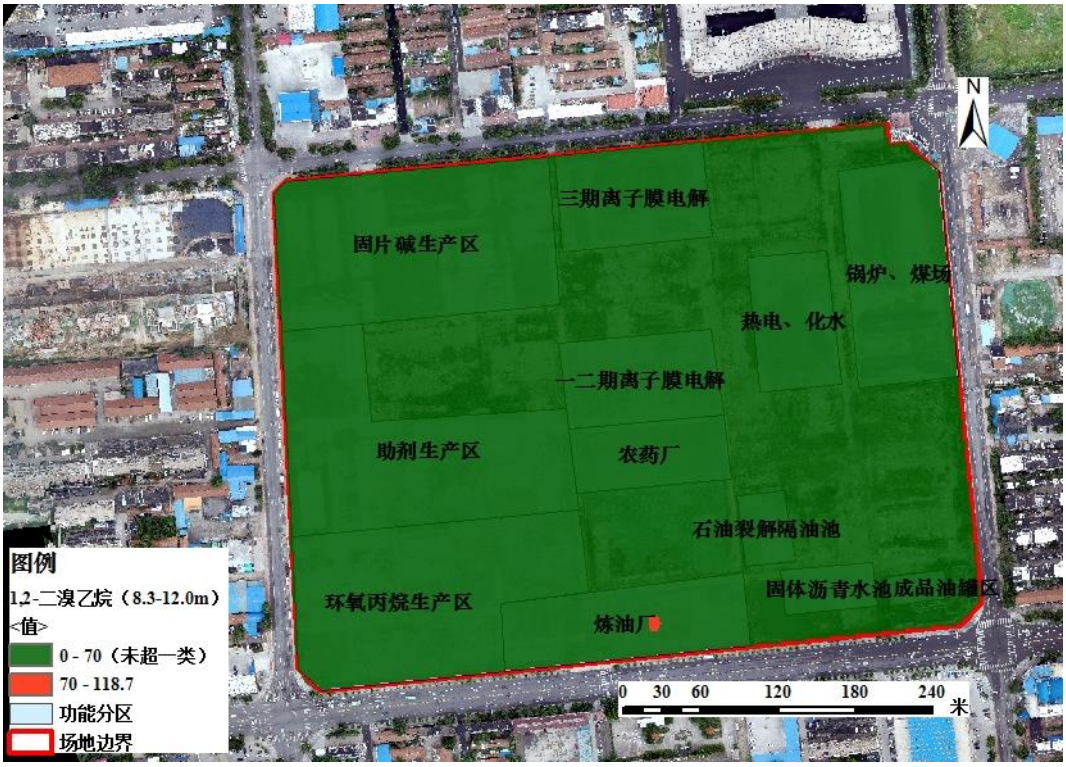


图 7-83 第三-1 层（8.3~12.0m）污染分布

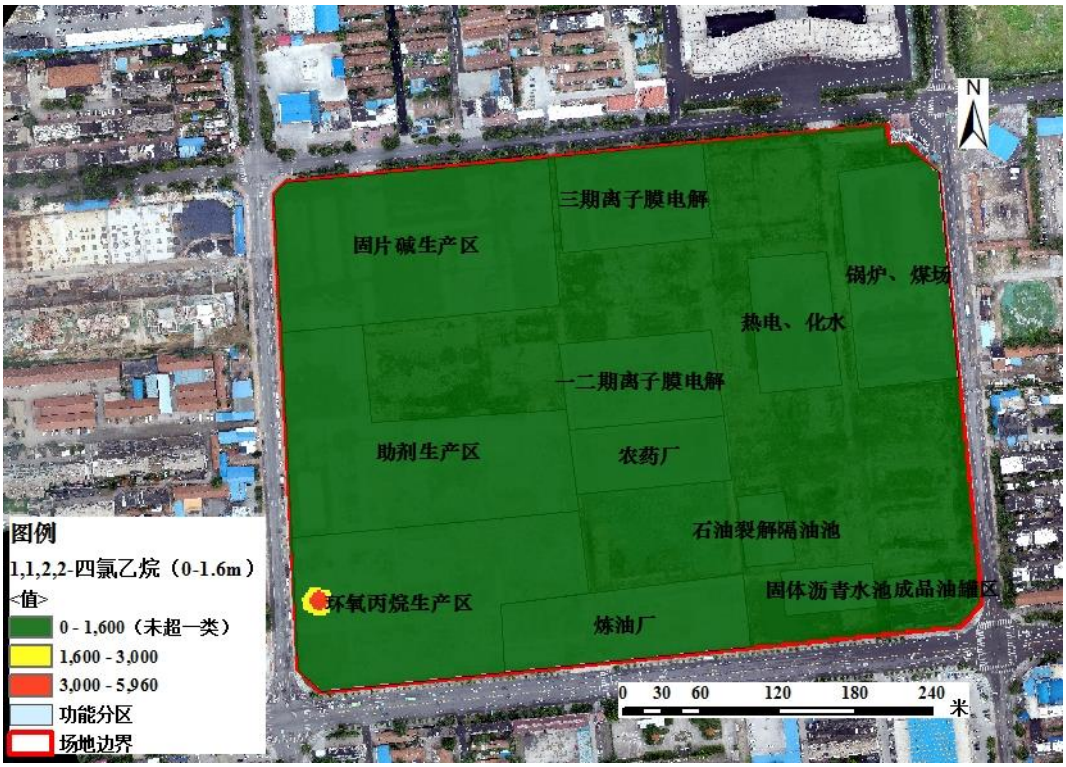


图 7-84 第一层（0~1.6m）污染分布

7.3.2.1 VOCs 污染三维分布特征

场地内 VOCs 污染主要以**氯代烃**为主，且由调查可知 1,2-二氯丙烷是该地块

主要污染物之一，污染范围广且深度大。因此本次构建老厂区土壤 1,2-二氯丙烷污染三维分布图，如图 7-85 所示。

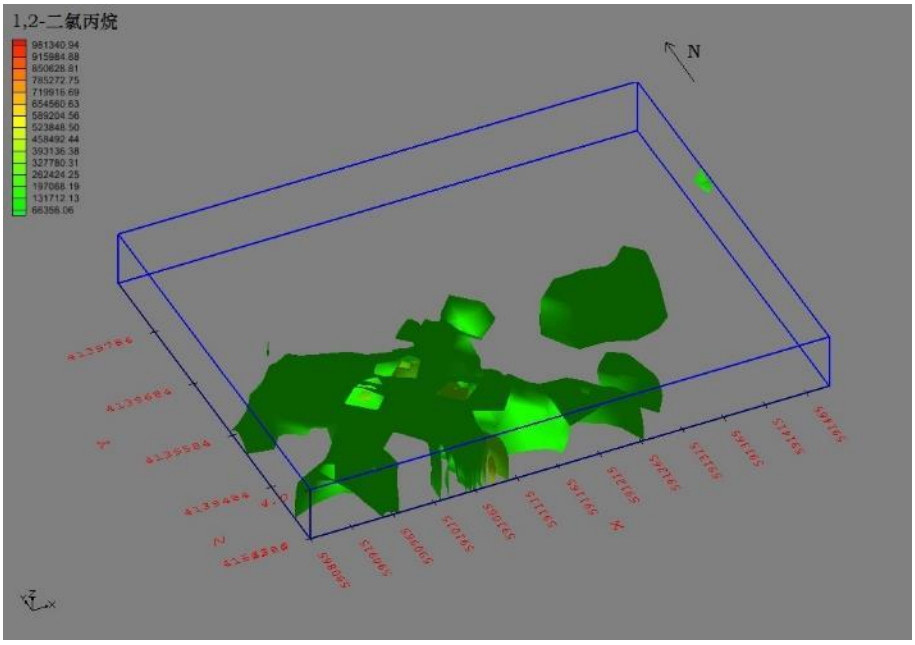


图 7-85 土壤主要 VOCs 污染物 1,2-二氯丙烷污染三维分布图

为了显示 1,2-二氯丙烷在地层中的污染分布情况，在西南重污染区域绘制两条剖面，剖面线位置及污染情况见图 7-88 和图 7-89。

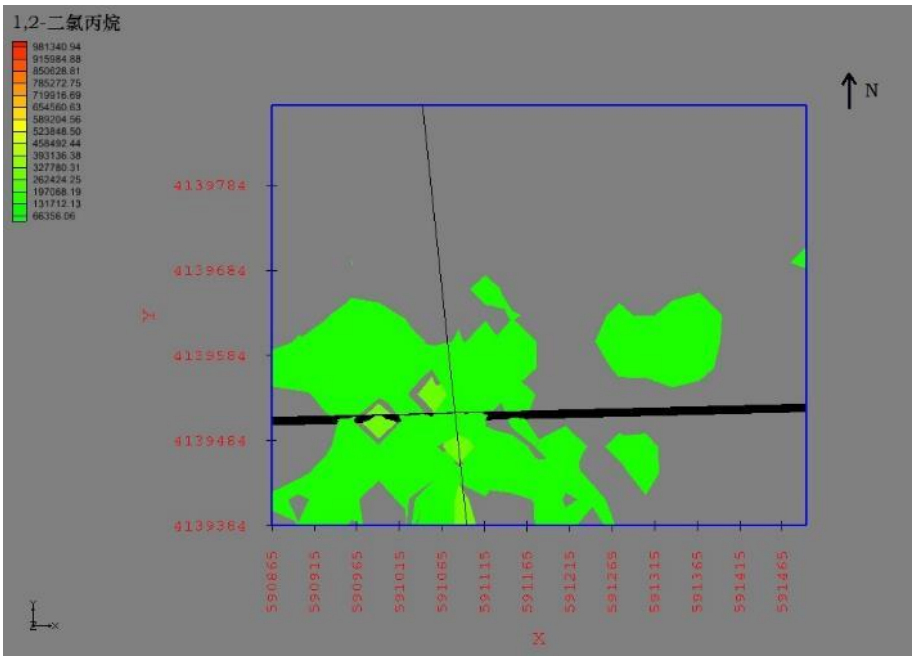


图 7-86 1,2-二氯丙烷污染三维分布剖面位置示意图

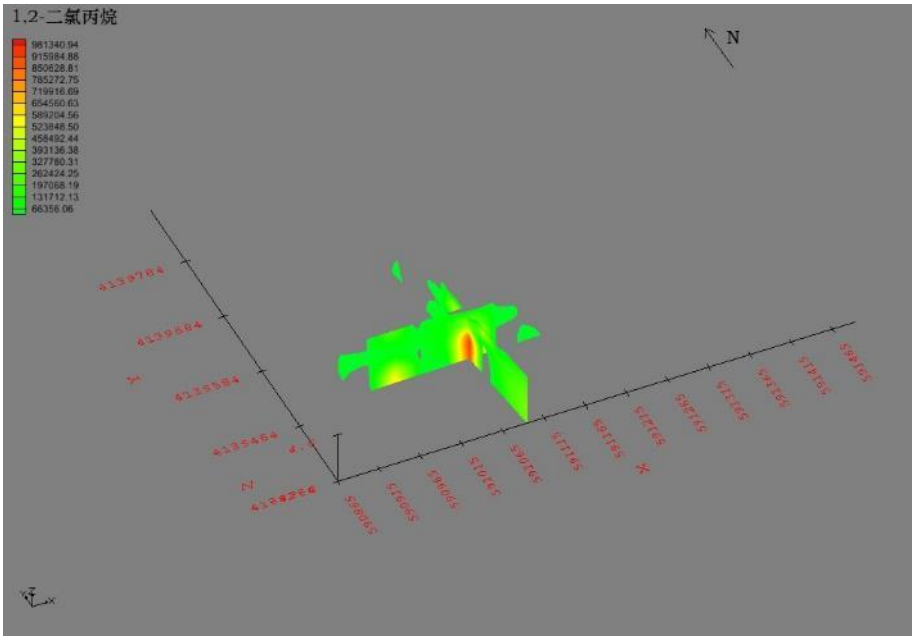


图 7-87 1,2-二氯丙烷污染三维分布剖面图

7.3.3 SVOCs 调查结果

7.3.3.1 SVOCs 污染调查结果统计

本次送检 984 个土壤样品（包括质控样）对 64 种 SVOCs 进行分析，检测结果表明，共检出 11 种半挥发性有机物，分别为萘、苯并(a)蒽、䓛、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)、苯胺和 3,3-二氯联苯胺，样品检出率在 0.10%（3,3-二氯联苯胺）~9.35%（邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)）之间。

其中超标污染物 7 种，分别为萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽和 3,3-二氯联苯胺。其中 3,3-二氯联苯胺和二苯并(a,h)蒽仅超出一类用地筛选标准。

苯并(a)芘样品超标率最高，采用一类与二类筛选值对比，样品超标率分别为 2.54%和 1.93%，最大检出浓度 42 mg/kg，分别超标 75.36 倍和 27 倍；采用一类筛选标准，其余污染的样品超标率在 0.10%~0.51%之间，最大超标倍数在 1.46 倍~4.36 倍之间；采用二类用地筛选标准，其余各污染的样品超标率在 0.10%~0.20%之间，最大超标倍数在 0.10 倍~0.97 倍之间。

可见该场地 SVOCs 污染以苯并(a)芘为主，场地内 SVOCs 检出超标情况见表 7-31。

（1）第一层（0~1.6m）

送检土壤样品 230 个，共检出 11 种半挥发性有机物，分别为萘、苯并(a)蒽、䓛、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)、苯胺和 3,3-二氯联苯胺，样品检出率在 0.43%（3,3-二氯联苯胺）~21.30%（䓛）之间。

其中超标污染物 7 种，分别为萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽和 3,3-二氯联苯胺。其中 3,3-二氯联苯胺和二苯并(a,h)蒽仅超出一类用地筛选标准。

苯并(a)芘样品超标率最高，采用一类与二类筛选值对比，样品超标率分别为 6.09%和 4.35%，最大检出浓度 42 mg/kg，分别超标 75.36 倍和 27 倍；采用一类筛选标准，其余污染的样品超标率在 0.43%~1.30%之间，最大超标倍数在 1.35 倍~4.36 倍之间；采用二类用地筛选标准，其余各污染的样品超标率均为 0.43%，最大超标倍数在 0.10 倍~0.97 倍之间。场地内第一层 SVOCs 检出超标情况见表 7-32。

（2）第二层（1.6~8.3m）

第二-1 层（1.6~3.0m）共送检土壤样品 130 个，存在苯并(a)芘和萘 2 种 SVOCs 超标污染，且均同时超出一类和二类用地筛选标准。苯并(a)芘样品超标率最高，采用一类与二类筛选值对比，样品超标率均为 3.85%，最大检出浓度 8.7 mg/kg，分别超标 14.82 倍和 4.8 倍；萘的样品超标率次之，采用一类与二类筛选值对比，样品超标率分别为 1.54%和 0.77%，最大检出浓度 86.10 mg/kg，分别超标 2.44 倍和 0.23 倍。该层 SVOCs 污染物检出超标情况见表 7-33。

第二-2 层（3.0~4.5m）共送检土壤样品 118 个，仅存在苯并(a)芘 1 种超标污染物，且同时超出一类和二类用地筛选标准。该层苯并(a)芘最大检出浓度 3.24 mg/kg，一类用地筛选标准下，苯并(a)芘样品超标率为 2.54%，最大超标 4.88 倍，二类用地筛选标准下，样品超标率 0.85%，最大超标 1.16 倍。该层 SVOCs 污染物检出超标情况见表 7-34。

第二-3 层（4.5~8.3m）共送检土壤样品 132 个，存在苯并(a)芘和二苯并(a,h)蒽 2 种污染物超标现象，其中苯并(a)芘同时超出一类和二类用地筛选标准，最大检出浓度 3.02 mg/kg，一类用地筛选标准下，样品超标率 1.52%，超标 4.48 倍，二类用地筛选标准下，样品超标率 1.52%，最大超标 1.01 倍。二苯并(a,h)蒽仅超

出一类用地筛选标准，样品超标率 0.76%，最大检出浓度 0.95 mg/kg，超标 0.73 倍。该层 SVOCs 污染物检出超标情况见表 7-35。

（3）第三层（8.3~16.7m）

第三-1 层（8.3~12.0m）共送检土壤样品 171 个，检出 SVOCs 污染 8 种，样品检出率在 1.75%（苯并(a)芘）~6.43%（萘）之间，不存在超标现象。该层 SVOCs 污染物检出情况见表 7-36。

第三-2 层（12.0~16.7m）共送检土壤样品 104 个，检出 SVOCs 污染 8 种，样品检出率在 0.96%（茚并(1,2,3-cd)芘）~3.85%（苯并(k)荧蒽）之间，不存在超标现象。该层 SVOCs 污染物检出情况见表 7-37。

（4）第四层（16.7~20.6m）

送检土壤样品 38 个，与第三层相同，检出半挥发性污染物 8 种，分别为萘、苯并(a)蒽、䓛、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘和邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)，检出率在 2.63%~5.26%之间。

存在 2 种超标物质，分别为苯并(a)芘和苯并(a)蒽。其中苯并(a)芘同时超出一类和二类用地筛选标准，最大检出浓度 5.19 mg/kg，一类用地筛选标准下，样品超标率 2.63%，超标 8.44 倍，二类用地筛选标准下，样品超标率 2.63%，最大超标 2.46 倍。苯并(a)蒽仅超出一类用地筛选标准，样品超标率 2.63%，最大检出浓度 9.04 mg/kg，超标 0.64 倍。场地内第四层 SVOCs 检出超标情况见表 7-38。

（5）第五层（20.6~34.0m）

第五-1 层（20.6~26.0m）共送检土壤样品 26 个，仅萘一种检出物质，且不存在超标，场地内第五-1 层 SVOCs 检出情况见表 7-39。

值得说明的是，第五-2 层（26.0~34.0m）和第六层（34.0~38.0）不存在 SVOCs 检出情况。

表 7-31 SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标样品数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标样品数	超标率%	最大超标倍数
苯并(a)芘	59	6.00	984	42.00	0.01	3.22	0.48	0.55	25	**2.54**	**75.36**	1.5	19	**1.93**	**27.00**
苯并(b)荧蒽	34	3.46	984	29.50	0.01	1.46	0.20	5.5	2	**0.20**	**4.36**	15	1	**0.10**	**0.97**
萘	92	9.35	984	86.10	0.01	4.67	0.49	25	5	**0.51**	**2.44**	70	2	**0.20**	**0.23**
苯并(a)蒽	59	6.00	984	18.80	0.01	1.53	0.30	5.5	4	**0.41**	**2.42**	15	1	**0.10**	**0.25**
茚并(1,2,3-cd)芘	28	2.85	984	16.50	0.01	1.02	0.17	5.5	1	**0.10**	**2.00**	15	1	**0.10**	**0.10**
3,3-二氯联苯胺	1	0.10	984	3.20	3.20	3.20	3.20	1.3	1	**0.10**	**1.46**	3.6	0	0	0
二苯并(a,h)蒽	20	2.03	984	1.29	0.01	0.25	0.08	0.55	3	**0.30**	**1.35**	1.5	0	0	0
䓛	82	8.33	984	38.10	0.01	2.57	0.39	490	0	0	0	1293	0	0	0
苯并(k)荧蒽	39	3.96	984	12.60	0.01	0.62	0.05	55	0	0	0	151	0	0	0
邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)	92	9.35	984	16.90	0.10	1.11	0.40	42	0	0	0	121	0	0	0
苯胺	1	0.10	984	0.70	0.70	0.70	0.70	92	0	0	0	260	0	0	0

表 7-32 第一层（0~1.6m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
苯并(a)芘	36	15.65	230	42.00	0.01	4.12	0.49	0.55	14	**6.09**	**75.36**	1.5	10	**4.35**	**27.00**
苯并(b)荧蒽	18	7.83	230	29.50	0.01	2.56	0.47	5.5	2	**0.87**	**4.36**	15	1	**0.43**	**0.97**
苯并(a)蒽	35	15.22	230	18.80	0.01	1.80	0.41	5.5	3	**1.30**	**2.42**	15	1	**0.43**	**0.25**
萘	39	16.96	230	78.90	0.01	6.54	0.59	25	3	**1.30**	**2.16**	70	1	**0.43**	**0.13**

茚并(1,2,3-cd)芘	19	8.26	230	16.50	0.02	1.41	0.30	5.5	1	**0.43**	**2.00**	15	1	**0.43**	**0.10**
3,3-二氯联苯胺	1	0.43	230	3.20	3.20	3.20	3.20	1.3	1	**0.43**	**1.46**	3.6	0	0	0
二苯并(a,h)蒽	15	6.52	230	1.29	0.01	0.25	0.09	0.55	2	**0.87**	**1.35**	1.5	0	0	0
䓛	49	21.30	230	38.10	0.01	2.65	0.30	490	0	0	0	1293	0	0	0
苯并(k)荧蒽	19	8.26	230	12.60	0.02	1.14	0.20	55	0	0	0	151	0	0	0
邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)	43	18.70	230	16.90	0.10	1.30	0.40	42	0	0	0	121	0	0	0
苯胺	1	0.43	230	0.70	0.70	0.70	0.70	92	0	0	0	260	0	0	0

表 7-33 第二-1 层（1.6~3.0m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
苯并(a)芘	9	6.92	130	8.70	0.01	2.83	1.60	0.55	5	**3.85**	**14.82**	1.5	5	**3.85**	**4.80**
萘	16	12.31	130	86.10	0.02	9.29	1.03	25	2	**1.54**	**2.44**	70	1	**0.77**	**0.23**
苯并(a)蒽	7	5.38	130	5.27	0.01	0.87	0.19	5.5	0	0	0	15	0	0	0
䓛	12	9.23	130	21.00	0.01	3.71	0.40	490	0	0	0	1293	0	0	0
苯并(b)荧蒽	5	3.85	130	0.22	0.01	0.08	0.02	5.5	0	0	0	15	0	0	0
苯并(k)荧蒽	5	3.85	130	0.08	0.01	0.04	0.02	55	0	0	0	151	0	0	0
茚并(1,2,3-cd)芘	2	1.54	130	0.10	0.07	0.09	0.09	5.5	0	0	0	15	0	0	0
二苯并(a,h)蒽	3	2.31	130	0.08	0.02	0.05	0.04	0.55	0	0	0	1.5	0	0	0
邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)	13	10.00	130	8.70	0.10	2.00	1.30	42	0	0	0	121	0	0	0

表 7-34 第二-2 层（3.0~4.5m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样	样品检出	样品	最大	最小	平均	中位	一类用地	二类用地

	品数	率%	数	值	值	值	数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
苯并(a)芘	6	5.08	118	3.24	0.10	0.96	0.55	0.55	3	**2.54**	**4.88**	1.5	1	**0.85**	**1.16**
萘	8	6.78	118	4.93	0.18	1.27	0.64	25	0	0	0	70	0	0	0
苯并(a)蒽	8	6.78	118	3.20	0.01	0.74	0.43	5.5	0	0	0	15	0	0	0
䓛	7	5.93	118	4.15	0.40	1.27	0.90	490	0	0	0	1293	0	0	0
苯并(b)荧蒽	2	1.69	118	1.45	0.01	0.73	0.73	5.5	0	0	0	15	0	0	0
苯并(k)荧蒽	2	1.69	118	1.28	0.01	0.65	0.65	55	0	0	0	151	0	0	0
茚并(1,2,3-cd)芘	1	0.85	118	0.10	0.10	0.10	0.10	5.5	0	0	0	15	0	0	0
二苯并(a,h)蒽	1	0.85	118	0.06	0.06	0.06	0.06	0.55	0	0	0	1.5	0	0	0
邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)	9	7.63	118	2.00	0.30	0.97	0.60	42	0	0	0	121	0	0	0

表 7-35 第二-3 层（4.5~8.3m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
苯并(a)芘	2	1.52	132	3.02	1.70	2.36	2.36	0.55	2	**1.52**	**4.48**	1.5	2	**1.52**	**1.01**
二苯并(a,h)蒽	1	0.76	132	0.95	0.95	0.95	0.95	0.55	1	**0.76**	**0.73**	1.5	0	0	0
萘	12	9.09	132	1.64	0.03	0.52	0.31	25	0	0	0	70	0	0	0
苯并(a)蒽	2	1.52	132	5.06	0.70	2.88	2.88	5.5	0	0	0	15	0	0	0
䓛	4	3.03	132	10.65	0.02	3.24	1.15	490	0	0	0	1293	0	0	0
苯并(b)荧蒽	1	0.76	132	1.60	1.60	1.60	1.60	5.5	0	0	0	15	0	0	0
苯并(k)荧蒽	2	1.52	132	0.70	0.04	0.37	0.37	55	0	0	0	151	0	0	0
茚并(1,2,3-cd)芘	1	0.76	132	1.30	1.30	1.30	1.30	5.5	0	0	0	15	0	0	0
邻苯二甲酸二(2-乙	11	8.33	132	2.40	0.10	0.64	0.50	42	0	0	0	121	0	0	0

基己酯)															

表 7-36 第三-1 层（8.3~12.0m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地筛选值	二类用地筛选值
萘	11	6.43%	171	1.11	0.02	0.36	0.28	25	70
苯并(a)蒽	4	2.34%	171	0.31	0.01	0.11	0.06	5.5	15
䓛	5	2.92%	171	0.51	0.02	0.18	0.16	490	1293
苯并(b)荧蒽	4	2.34%	171	0.06	0.01	0.03	0.03	5.5	15
苯并(k)荧蒽	6	3.51%	171	0.03	0.01	0.03	0.03	55	151
苯并(a)芘	3	1.75%	171	0.09	0.02	0.04	0.02	0.55	1.5
茚并(1,2,3-cd)芘	3	1.75%	171	0.03	0.02	0.02	0.02	5.5	15
邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)	10	5.85%	171	1.10	0.10	0.38	0.30	42	121

表 7-37 第三-2 层（12.0~16.7m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地筛选值	二类用地筛选值
萘	3	2.88%	104	0.66	0.03	0.24	0.04	25	70
苯并(a)蒽	1	0.96%	104	0.20	0.20	0.20	0.20	5.5	15
䓛	3	2.88%	104	0.25	0.01	0.12	0.10	490	1293
苯并(b)荧蒽	3	2.88%	104	0.03	0.01	0.02	0.02	5.5	15
苯并(k)荧蒽	4	3.85%	104	0.03	0.01	0.02	0.02	55	151
苯并(a)芘	2	1.92%	104	0.03	0.02	0.03	0.03	0.55	1.5
茚并(1,2,3-cd)芘	1	0.96%	104	0.02	0.02	0.02	0.02	5.5	15
邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)	5	4.81%	104	0.20	0.10	0.15	0.15	42	121

表 7-38 第四层（16.7~20.6m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

	检出样品数	样品检出率%	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地				二类用地			
								筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数	筛选值	超标数	超标率%	最大超标倍数
苯并(a)芘	1	2.63	38	5.19	5.19	5.19	5.19	0.55	1	2.63	8.44	1.5	1	2.63	2.46
苯并(a)蒽	1	2.63	38	9.04	9.04	9.04	9.04	5.5	1	2.63	0.64	15	0	0	0
萘	2	5.26	38	4.53	0.05	2.29	2.29	25	0	0	0	70	0	0	0
䓛	2	5.26	38	13.47	0.02	6.74	6.74	490	0	0	0	1293	0	0	0
苯并(b)荧蒽	1	2.63	38	0.01	0.01	0.01	0.01	5.5	0	0	0	15	0	0	0
苯并(k)荧蒽	1	2.63	38	0.02	0.02	0.02	0.02	55	0	0	0	151	0	0	0
茚并(1,2,3-cd)芘	1	2.63	38	0.01	0.01	0.01	0.01	5.5	0	0	0	15	0	0	0
邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)	1	2.63	38	0.21	0.21	0.21	0.21	42	0	0	0	121	0	0	0

表 7-39 第五-1 层（20.6~26.0m）SVOCs 检出情况统计表（单位 mg/kg）

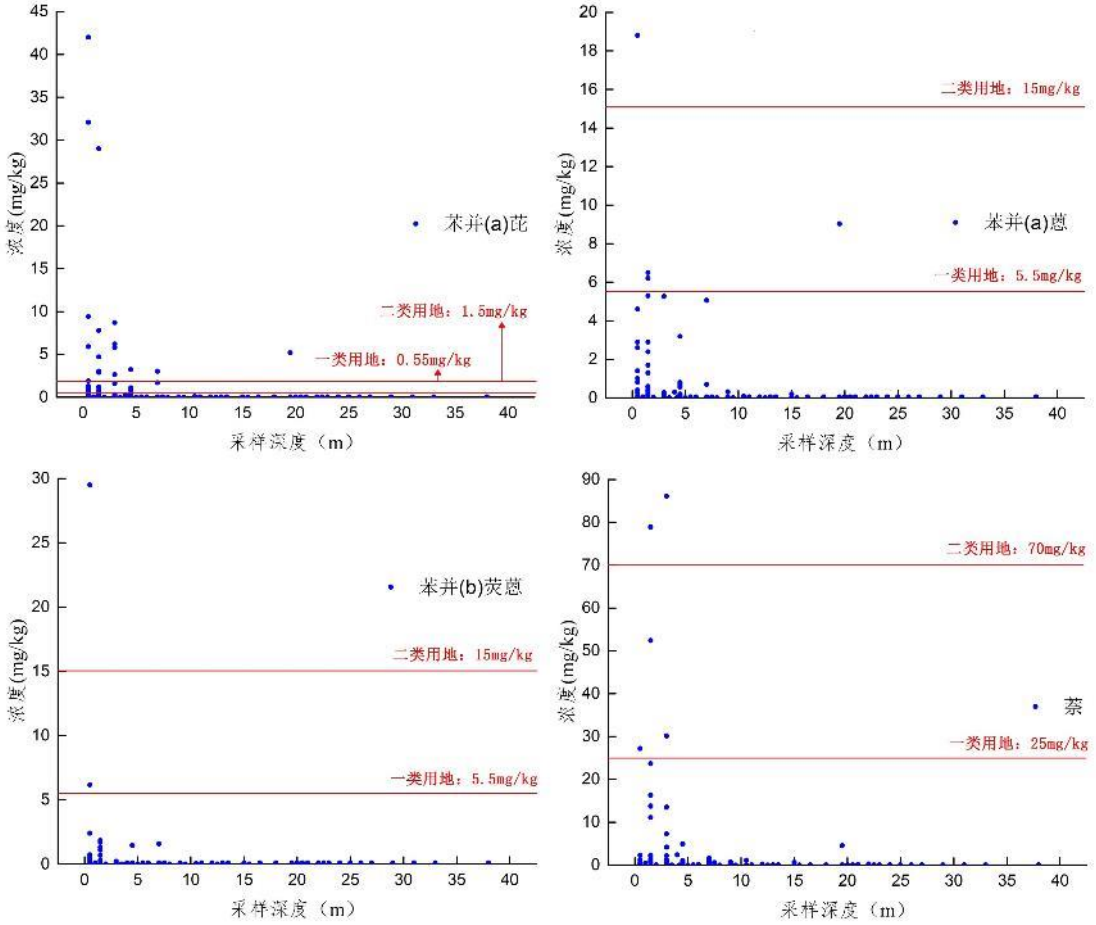
	检出样品数	样品检出率	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	一类用地筛选值	二类用地筛选值
萘	2	7.69%	26	0.24	0.12	0.18	0.18	25	70

7.3.3.2 SVOCs 垂直分布特征

土壤中存在萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、3,3-二氯联苯胺 7 种半挥发性有机物超标情况。其中除 3,3-二氯联苯胺和二苯并(a,h)蒽仅超出一类用地筛选值外，其余污染物均同时超出一类和二类用地筛选标准。

SVOCs 超标污染主要分布在表层，深层土壤中各污染物均有不同程度的检出，但未超过相应的筛选值。苯并(a)芘污染较重，超出筛选值倍数较高，苯并(a)蒽、苯并(a)芘超标污染主要分布在表层杂填土层中，但都在 20m 深度左右出现单个样品超出一类筛选值，采用二类用地筛选标准时，苯并(a)芘仍在深层存在单个超标样品，而苯并(a)蒽则不存在深层污染现象。

场地内土壤中 SVOCs 污染垂直分布如图 7-88 所示。



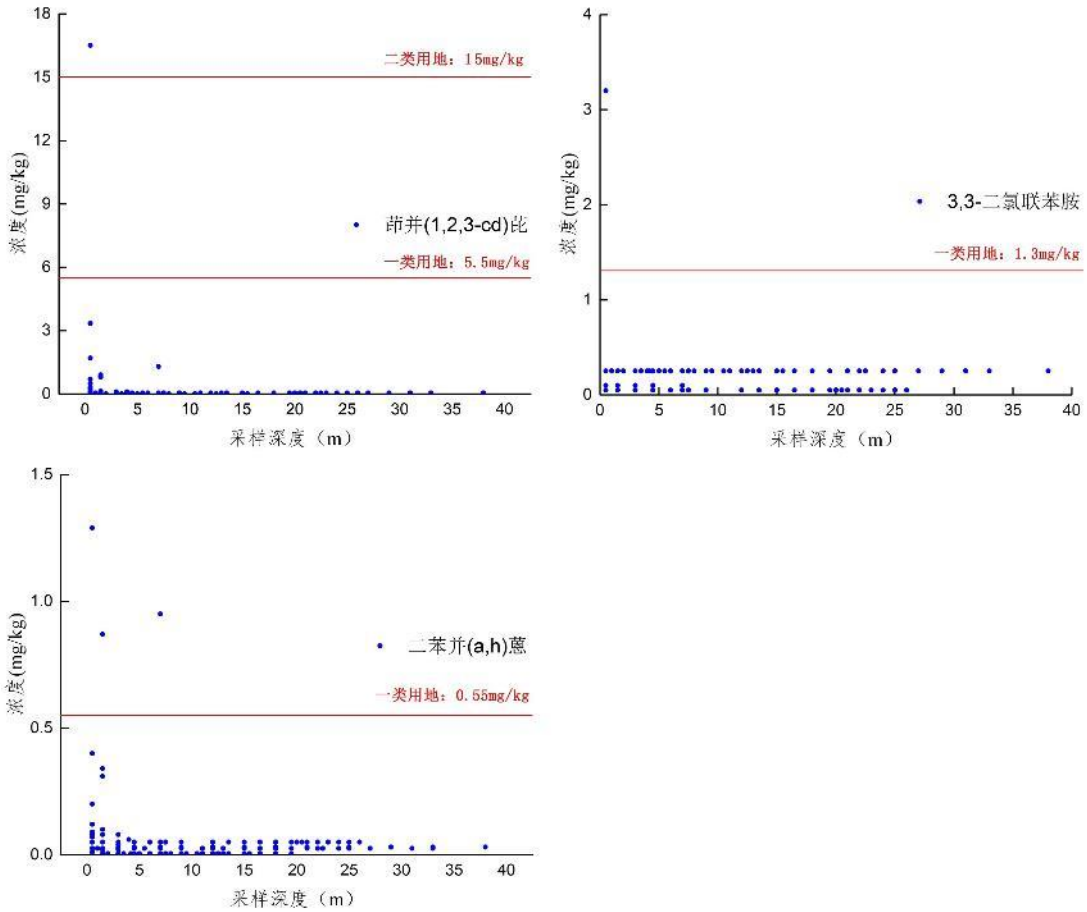


图 7-88 土壤中 SVOCs 垂直分布

7.3.3.3 SVOCs 水平分布特征

SVOCs 污染物未达到深层土壤，且除苯并(a)芘污染面积范围较大外，其余污染物仅存在小面积污染。

（1）苯并(a)芘

与其他 SVOCs 污染物相比，苯并(a)芘污染污染较重，污染最深达到第四层（16.7~20.6m）。第一层（0~1.6m）污染范围较广，包括原环氧丙烷生产区东侧、原炼油厂西侧和东侧、原石油裂解隔油池东北侧大面积区域。第二-1 层（1.6~3.0m）和二-2 亚层（3.0~4.5m）污染分布相对集中，主要集中分布于原炼油厂西侧，但第二-3 层（4.5~8.3m）土壤在场地北门南侧发现小面积污染。第三层未出现苯并(a)芘污染，第四层（16.7~20.6m）污染主要集中分布于原炼油厂西侧。

一类与二类用地筛选标准下，苯并(a)芘污染在土壤中各亚层分布情况见图 7-89 至图 7-93。

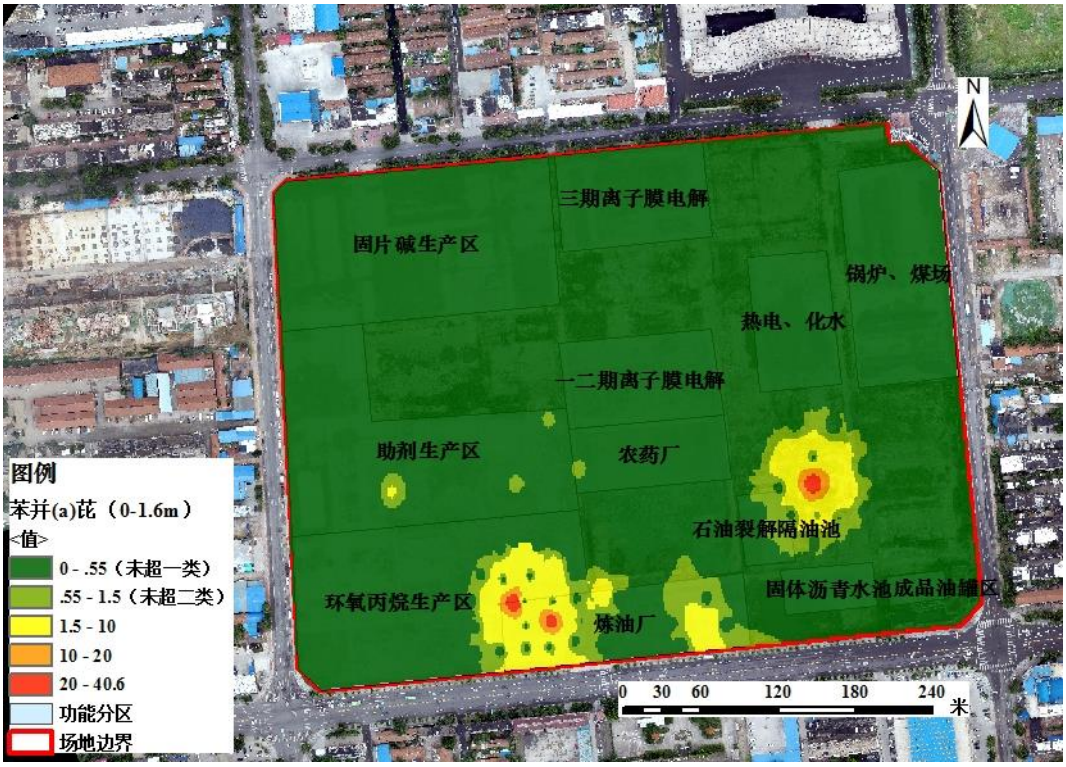


图 7-89 第一层（0~1.6m）污染分布

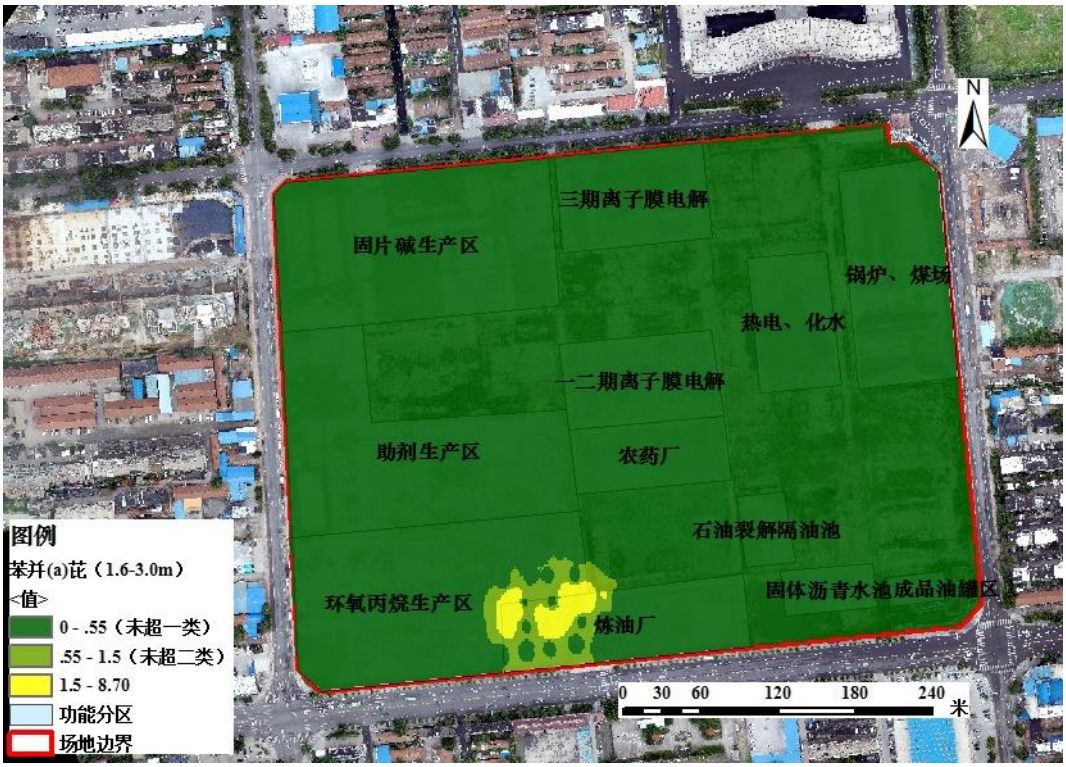


图 7-90 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

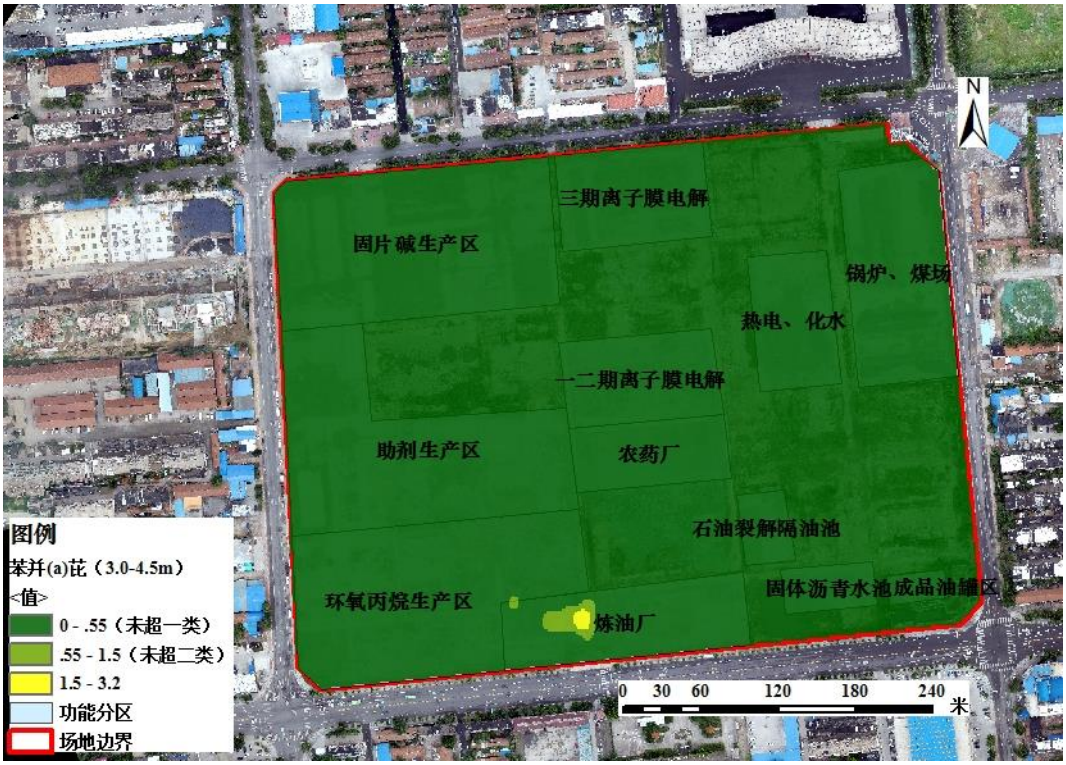


图 7-91 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

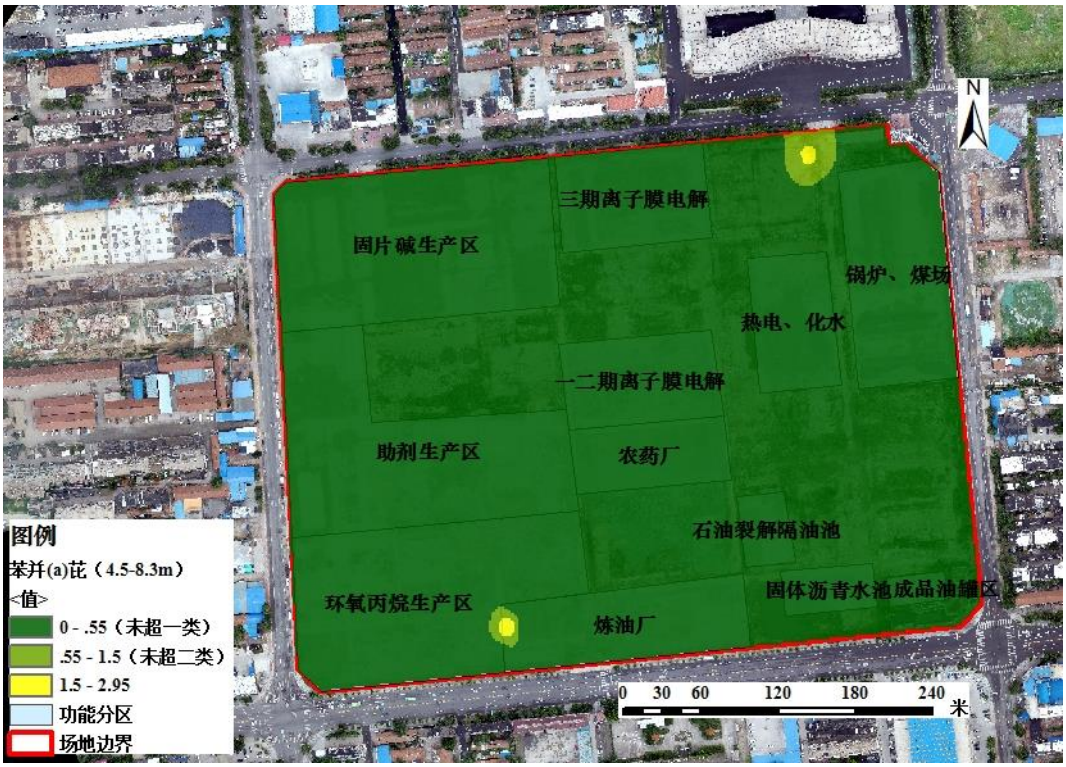


图 7-92 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

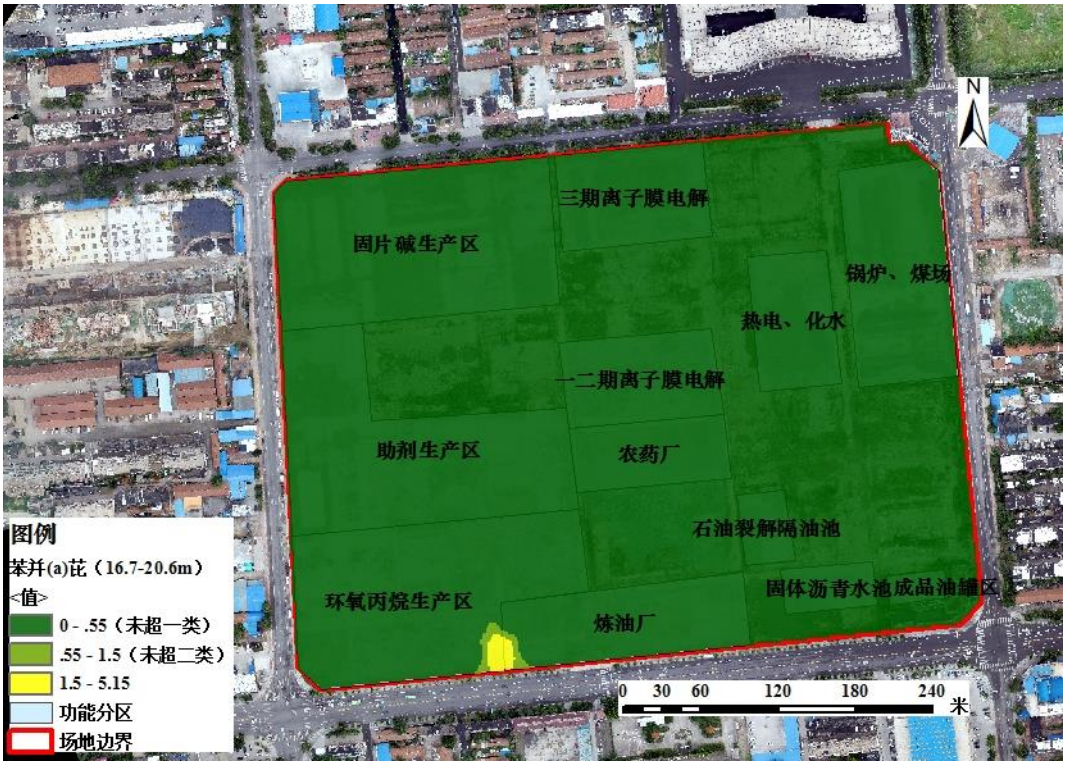


图 7-93 第四层（16.7~20.6m）污染分布

（2）苯并(a)蒽

苯并(a)蒽污染仅存在于第一层（0~1.6m）和第四层（16.7~20.6m）土壤中，污染面积小，仅在原石油裂解隔油池东北侧与原炼油厂西侧小范围区域内。且第四层（16.7~20.6m）污染浓度仅超出一类用地筛选标准。

一类与二类用地筛选标准下，苯并(a)蒽在土壤中各层分布情况见图 7-94 至图 7-95 所示。

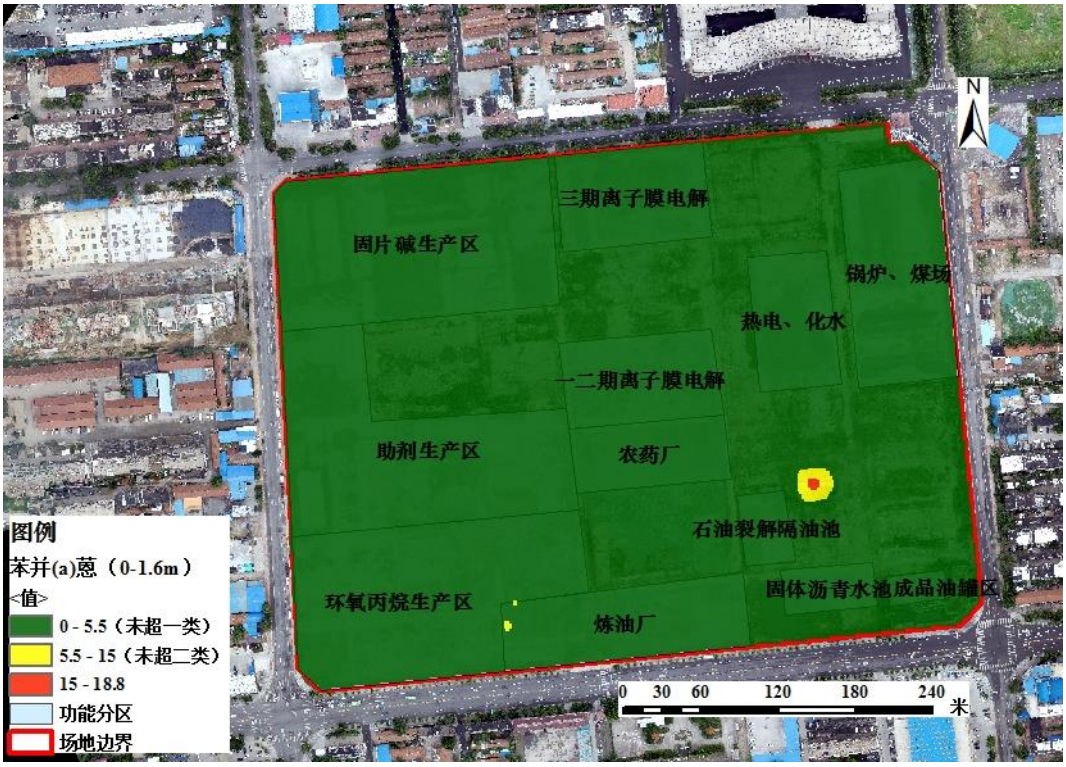


图 7-94 第一层（0~1.6m）污染分布

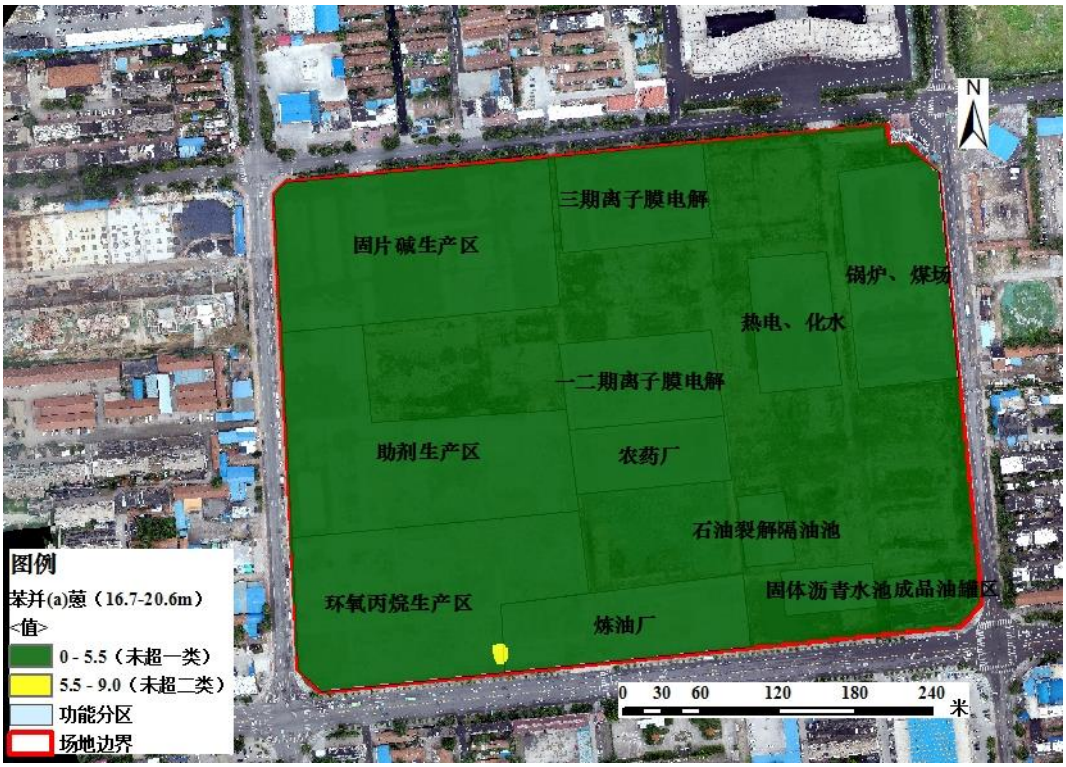


图 7-95 第四层（16.7~20.6m）污染分布

（3）萘

萘污染存在于第一层（0~1.6m）和第二-1 层（1.6~3.0m）表层土壤中，污染面积小，仅在原环氧丙烷生产区东侧与原炼油厂西侧小范围区域内。萘污染在土

壤中各层分布情况见图 7-96 和图 7-97。

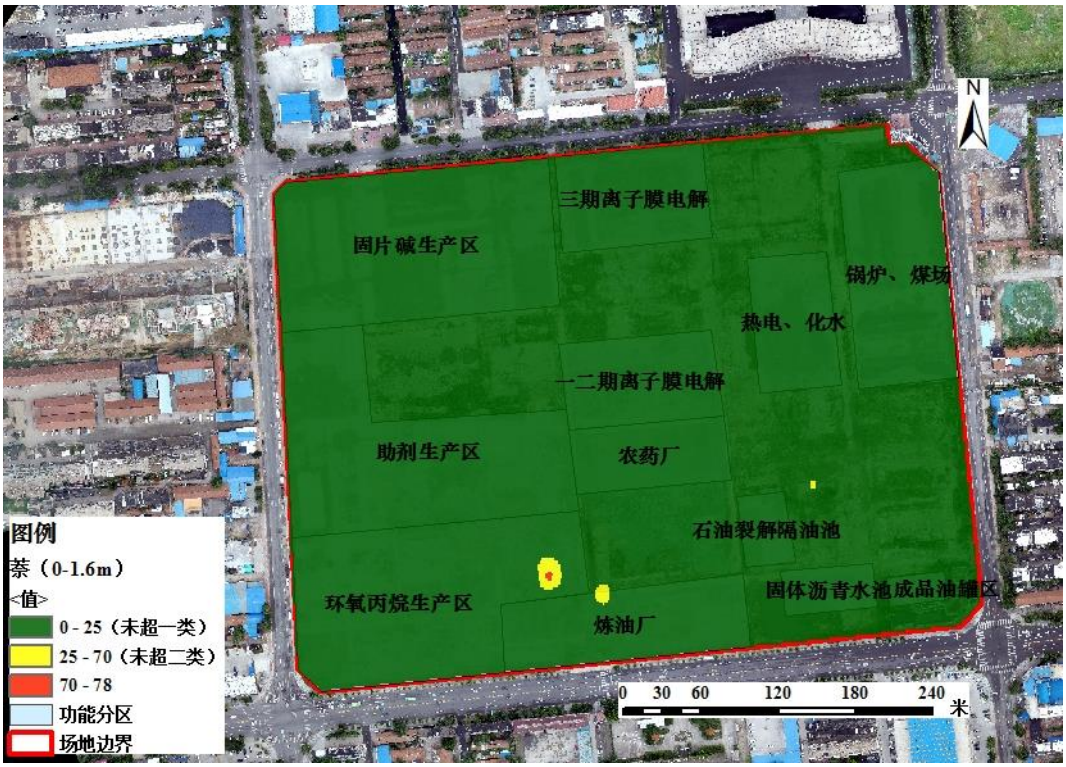


图 7-96 第一层（0~1.6m）污染分布

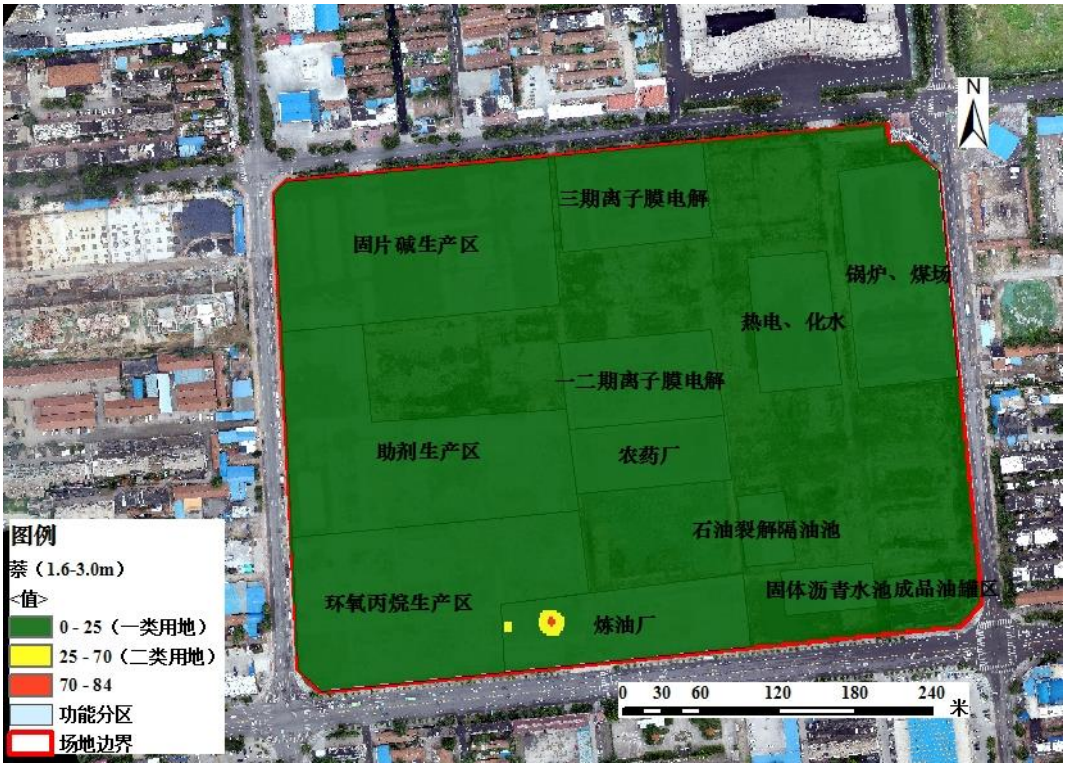


图 7-97 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

（4）苯并(b)荧蒽

苯并(b)荧蒽污染仅存在于表层（0~1.6m）杂填土层中，污染集中在原石油裂解隔油池东北侧区域，污染面积较小，且与苯并(a)蒽表层污染范围基本重合。苯并(b)荧蒽污染在土壤中各层分布情况见图 7-98。

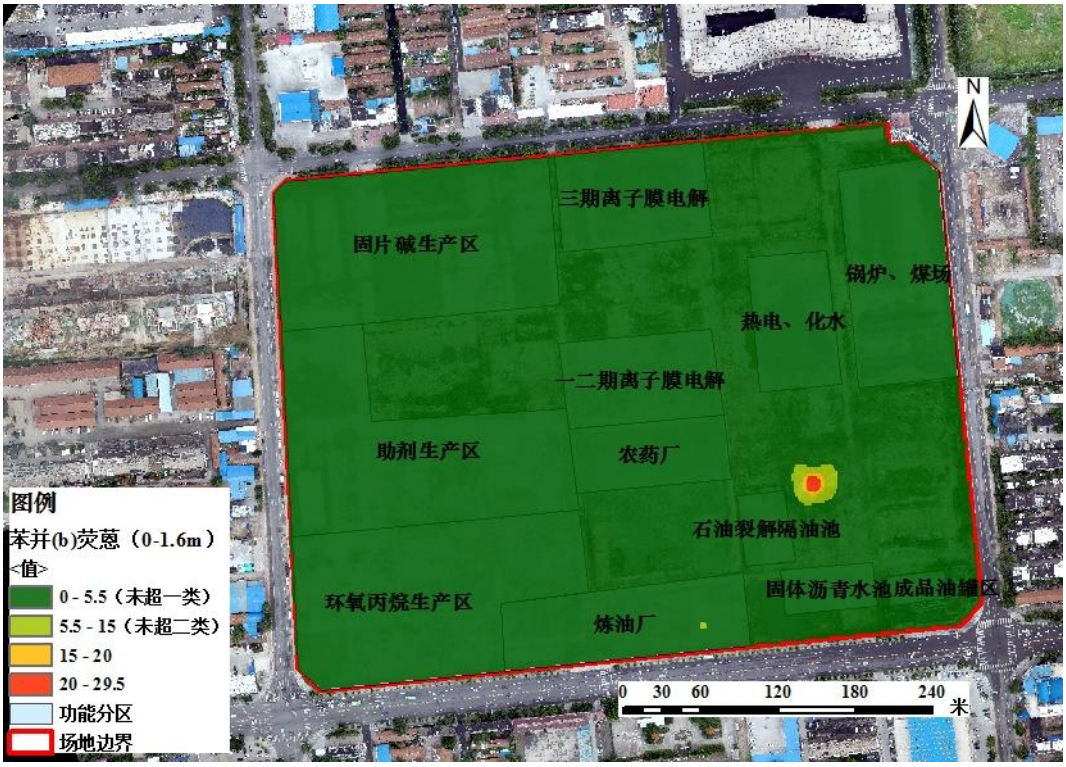


图 7-98 第一层（0~1.6m）污染分布

（5）二苯并(a,h)蒽

二苯并(a,h)蒽污染范围较小，最深达到第二-3 层（4.5~8.3m）土壤中，且仅超出一类用地筛选标准。

第一层（0~1.6m）污染主要集中在炼油厂东侧和原农药厂西侧小面积区域，第二-3 层（4.5~8.3m）污染则主要集中在锅炉煤场北侧小面积区域，第二层其余 2 个亚层不存在超标现象。污染在土壤中各层分布情况见图 7-99 和图 7-100。

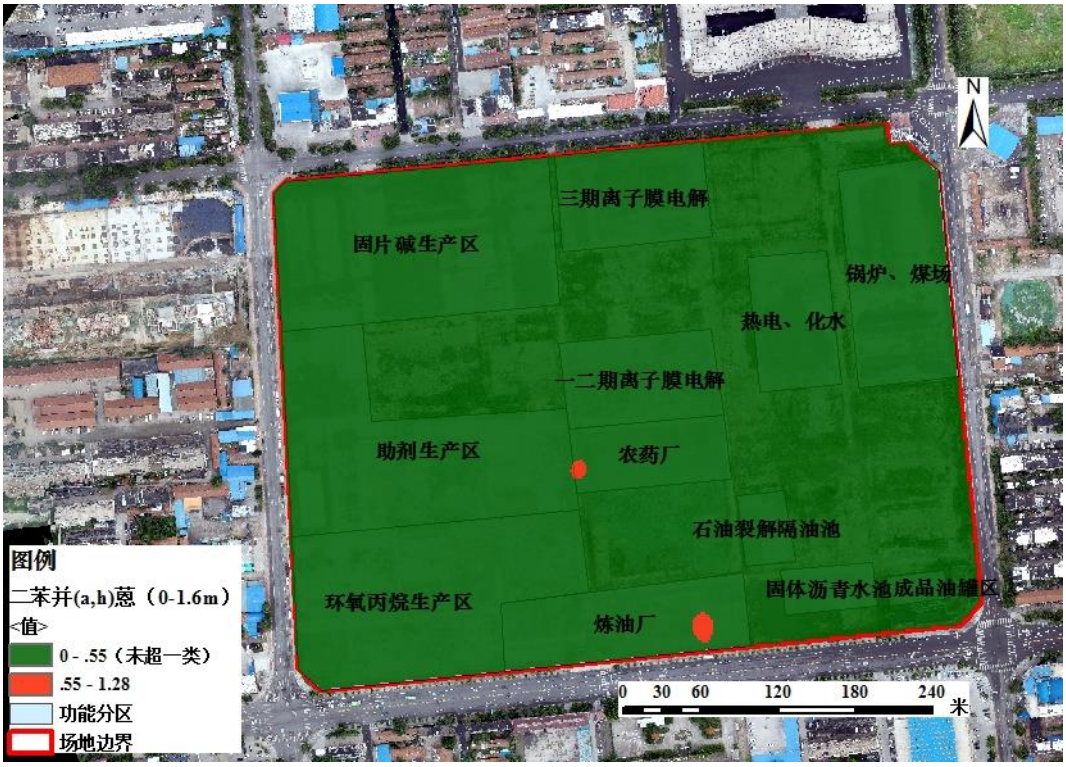


图 7-99 第一层（0~1.6m）污染分布

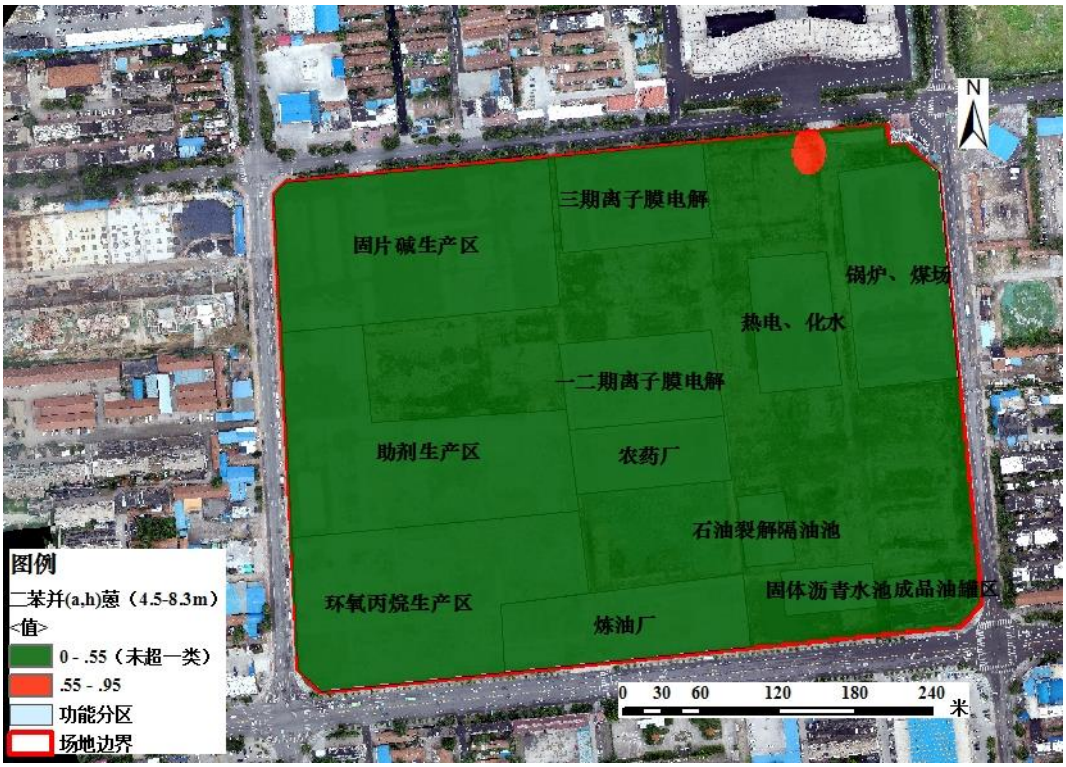


图 7-100 第二-3 层（4.5~8.3m）污染分布

（6）3,3-二氯联苯胺

场地内 3,3-二氯联苯胺超标污染主要存在于原炼油厂表层（0~1.6m）土壤中，污染范围较小且仅超出一类用地筛选标准。3,3-二氯联苯胺污染在土壤中各层分

布情况见图 7-101 所示。

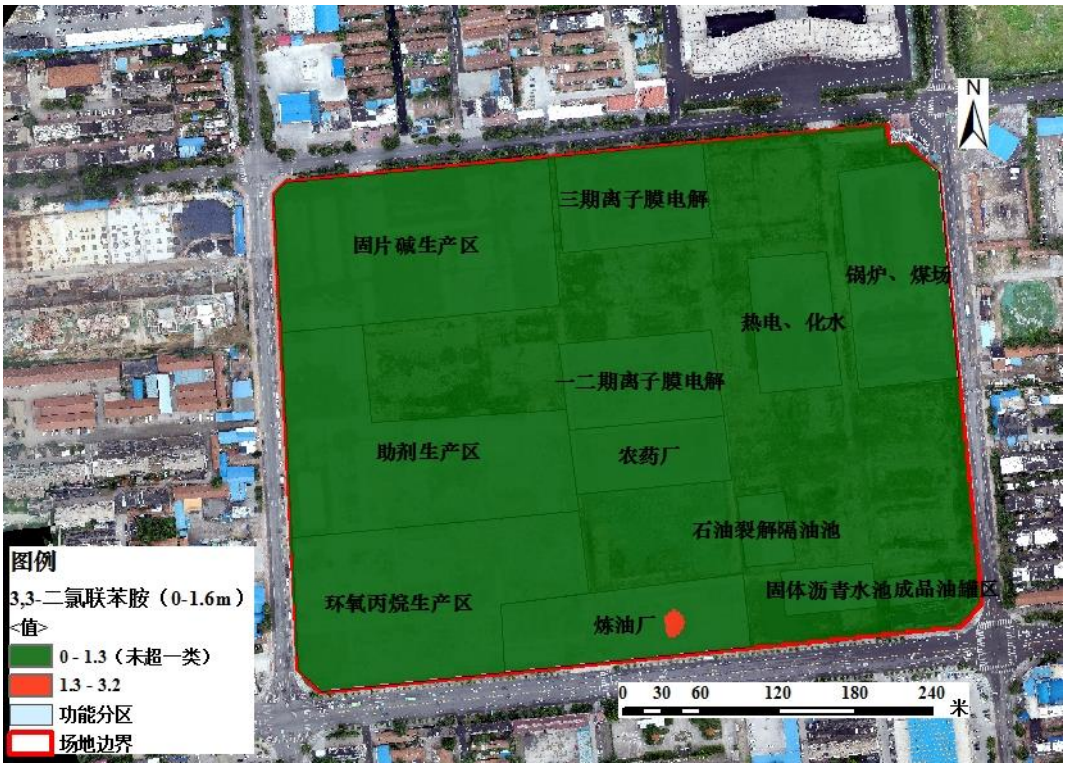


图 7-101 第一层（0~1.6m）污染分布

7.3.3.1 SVOCs 污染三维分布特征

本场地 SVOCs 污染中，苯并(a)芘污染污染较重，从第一层至第四层（0~20.6m）均出现污染分布。因此本次仅构建老厂区土壤苯并(a)芘污染三维分布图，如图 7-102 所示。

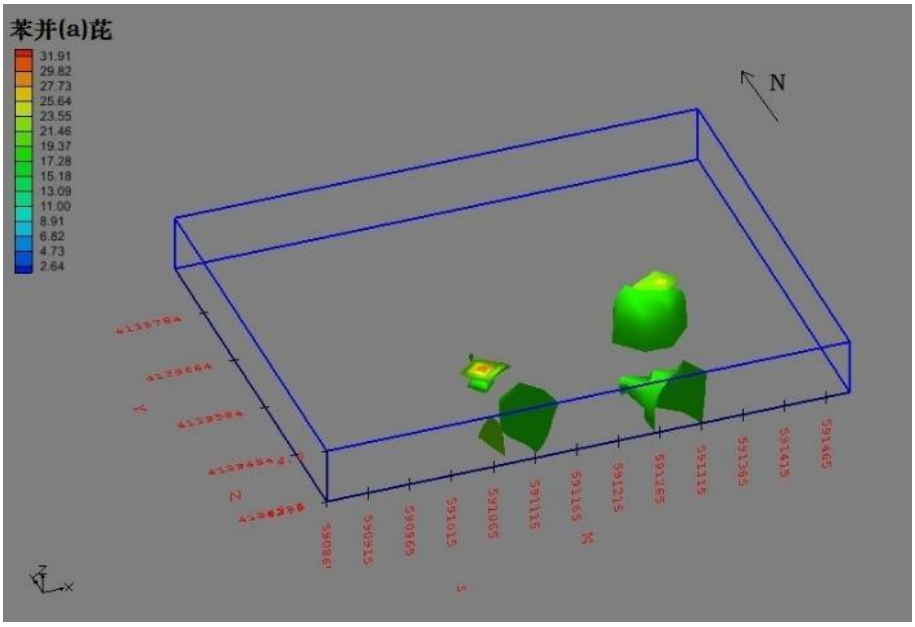


图 7-102 土壤主要 SVOCs 污染物苯并(a)芘污染三维分布图

7.3.4 TPH 调查结果

7.3.4.1 TPH 污染调查结果统计

本次共送检 344 个土壤样品进行 TPH（C10~C40）有机物的检测，样品检出率为 55.52%，最大检出浓度 39600 mg/kg，TPH 同时超出一类和二类用地筛选标准，一类筛选标准下，样品超标率为 4.65%，最大超标 46.94 倍；二类筛选标准下，样品超标率 2.03%，最大超标 7.80 倍。该场地 TPH 检出超标情况见表 7-40。

表 7-40 TPH 检出统计表（mg/kg）

		TPH C10-C40	
检出限		10	
检出样品数		191	
样品检出率		55.52%	
样品数		344	
最大值		39600	
最小值		10.30	
平均值		610.60	
中位数		38.00	
一类用地		**二类用地**	
筛选值	826	筛选值	4500
超标样品数	16	超标样品数	7
样品超标率	**4.65%**	样品超标率	**2.03%**
最大超标倍数	**46.94**	最大超标倍数	**7.80**

TPH 超标情况存在于第一层（0~1.6m）、第二-1 层（1.6-3.0m）、第二-2 层（3.0-4.5m）和第三-2 层（12.0-16.7m）土壤中。场地内各层 TPH 检出超标情况见表 7-41。

第一层（0~1.6m）送检 92 个土壤样品，最大检出浓度 39600 mg/kg，一类用地筛选标准下，TPH 样品超标率为 11.96%，最大超标 46.94 倍；二类筛选标准下，TPH 样品超标率 2.03%，最大超标 7.80 倍。

第二-1 层（1.6-3.0m）共送检土壤样品 51 个，TPH 仅超出一类用地筛选标准，样品超标率 5.88%，最大检出浓度 2650 mg/kg，最大超标 2.21 倍。

第二-2 层（3.0-4.5m）共送检土壤样品 39 个，最大检出浓度 5250 mg/kg，一类用地筛选标准下，TPH 样品超标率为 2.56%，最大超标 5.36 倍；二类筛选标准下，TPH 样品超标率 2.56%，最大超标 0.17 倍。

第三-2 层（12.0-16.7m）共送检土壤样品 29 个，TPH 仅超出一类用地筛选标准，样品超标率 3.45%，最大检出浓度 1610 mg/kg，最大超标 0.95 倍。

表 7-41 TPH 分层检出统计表（mg/kg）

	第一层	**第二-1 层**	**第二-2 层**	**第二-3 层**	**第三-1 层**	**第三-2 层**	**第四层**	**第五-1 层**
深度	0-1.6m	1.6-3.0m	3.0-4.5m	4.5-8.3m	8.3-12.0m	12.0-16.7m	16.7-20.6m	20.6-26.0m
检出限	10	10	10	10	10	10	10	10
检出样品数	75	27	18	20	23	12	3	5
样品检出率	81.52%	52.94%	46.15%	45.45%	46.00%	41.38%	27.27%	50.00%
样品数	92	51	39	44	50	29	11	10
最大值	39600	2650	5250	130	89	1610	70	82
最小值	13.40	12.80	10.50	10.80	10.30	10.70	22.40	26.40
平均值	1309.57	279.37	358.64	43.11	36.03	162.05	41.70	51.50
中位数	95.00	35.80	26.95	32.50	29.40	22.70	32.70	42.00
一类筛选值	826							
超标样品数	11	3	1	0	0	1	0	0
样品超标率	**11.96%**	**5.88%**	**2.56%**	0.00%	0.00%	**3.45%**	0.00%	0.00%
最大超标倍数	**46.94**	**2.21**	**5.36**	0	0	**0**	0	0
二类筛选值	4500							
超标样品数	6	0	1	0	0	0	0	0
样品超标率	**6.52%**	0.00%	**2.56%**	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
最大超标倍数	**7.80**	0	**0.17**	0	0	0	0	0

7.3.4.2 TPH 污染垂直分布

TPH 污染主要存在于上层土壤中，15m 深度左右出现单个点位污染超出一类用地筛选标准，污染垂直分布见图 7-103 所示。

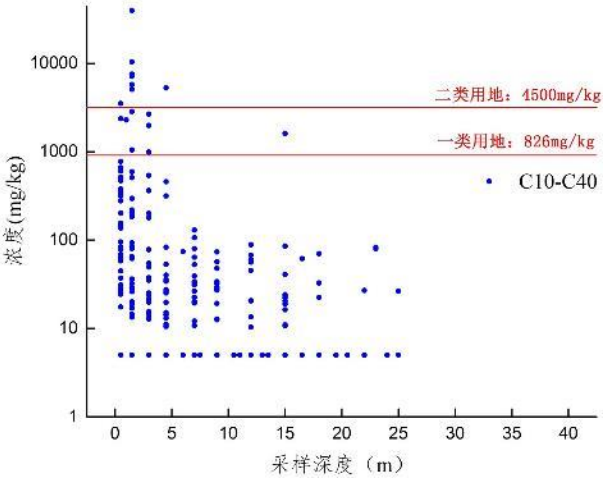


图 7-103 土壤中 TPH 垂直分布

7.3.4.3 TPH 污染水平分布

TPH 污染主要存在于第一层（0~1.6m）、第二-1 层（1.6~3.0m）、第二-2 层（3.0~4.5m）和第三-2 层（12.0~16.7m）土壤中，第一层（0~1.6m）污染范围较大，包括原炼油厂东侧和原石油裂解隔油池东侧、成品油罐区北侧大面积区域。下层 TPH 污染分布集中，主要位于炼油厂东侧，污染面积较上层范围缩小，第三-2 层（12.0~16.7m）TPH 污染仅小面积存在于原助剂生产区北侧，且仅超出一类用地筛选标准。

一类和二类筛选标准下，TPH 污染在土壤中各层分布情况见图 7-104 至图 7-107。

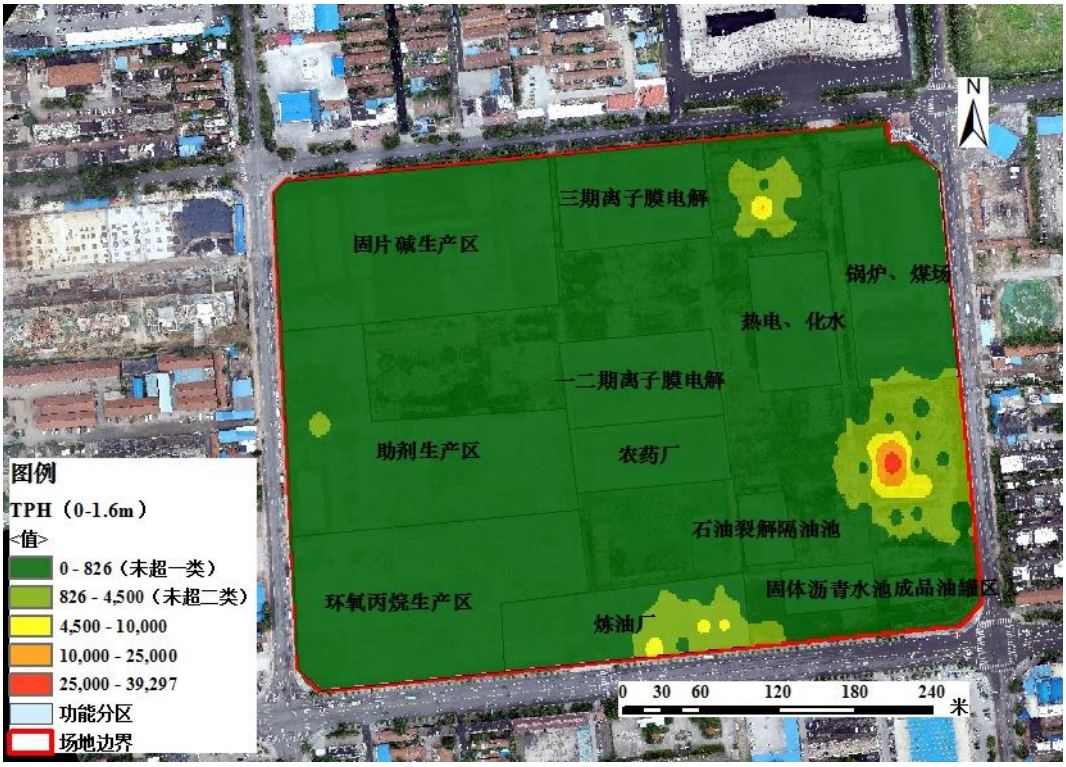


图 7-104 第一层（0~1.6m）污染分布

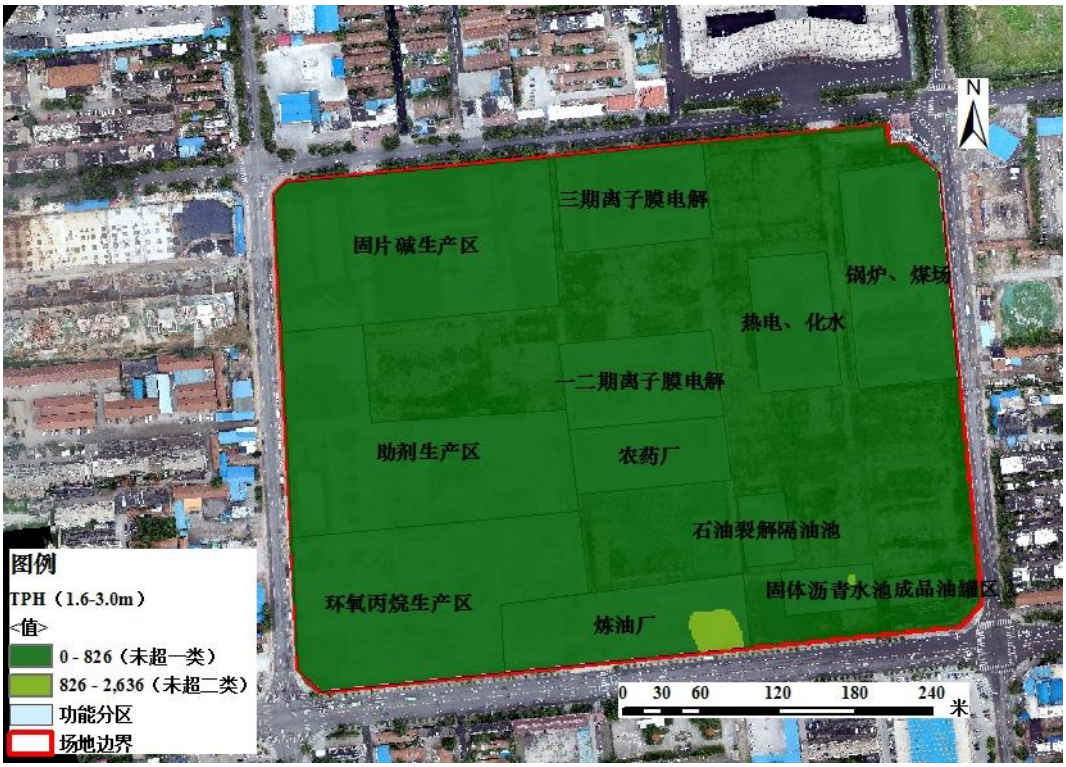


图 7-105 第二-1 层（1.6~3.0m）污染分布

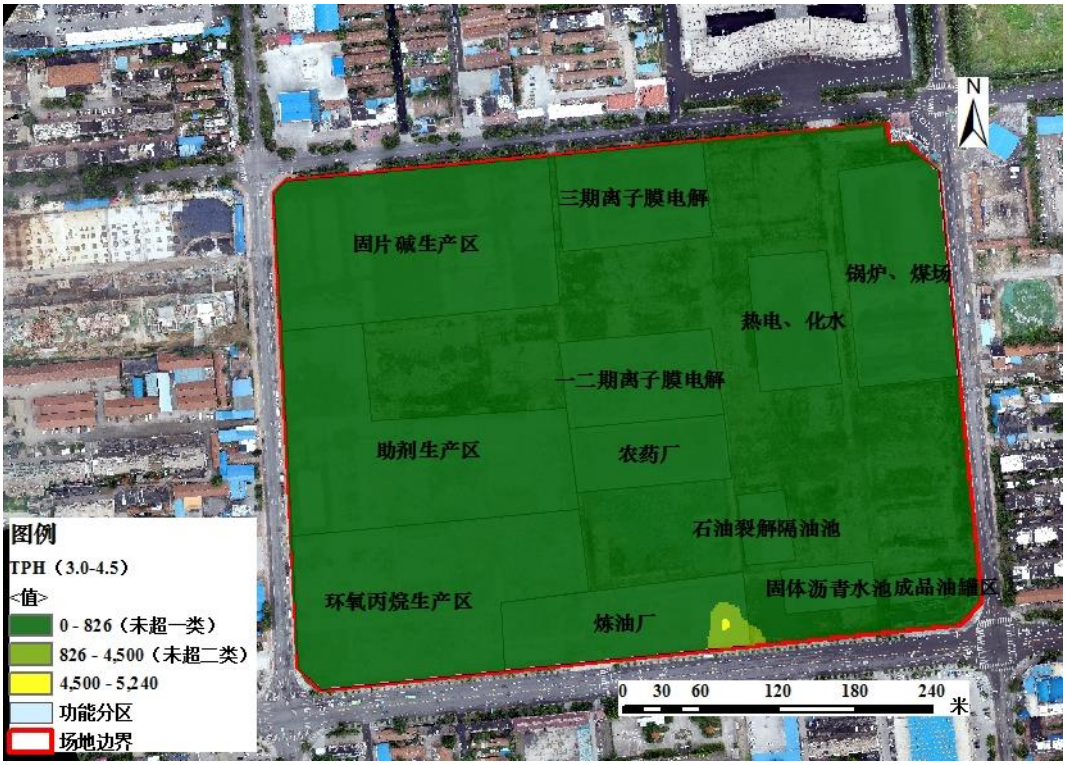


图 7-106 第二-2 层（3.0~4.5m）污染分布

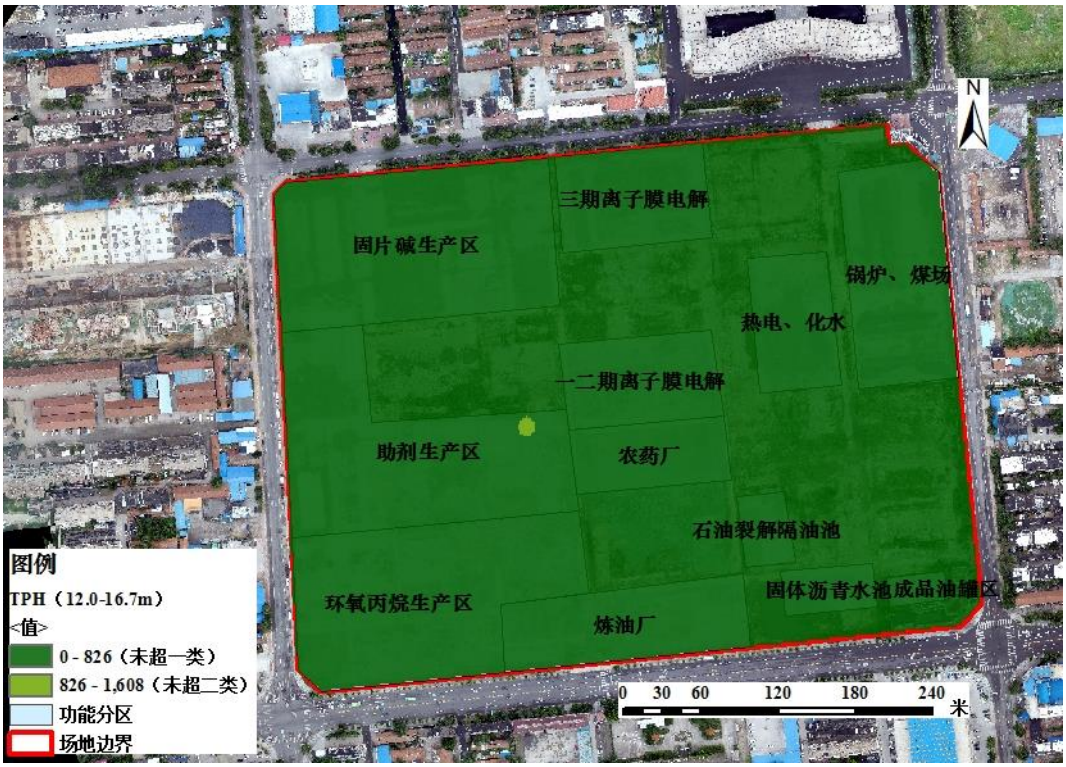


图 7-107 第三-2 层（12.0~16.7m）污染分布

7.3.4.1 TPH 污染三维分布特征

本次仅构建老厂区土壤 TPH 污染三维分布图，如图 7-108 所示。

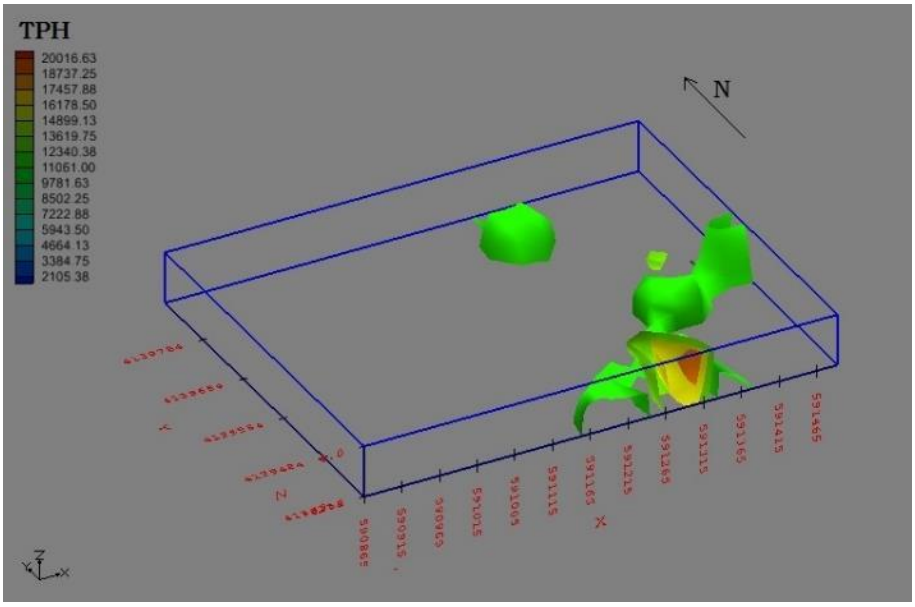


图 7-108 TPH 污染三维分布特征

7.3.5 农药类调查结果

7.3.5.1 农药类污染调查结果统计

本次共送检 160 个土壤样品进行农药类污染物的检测，检测项目包括 α-六六六、p,p'-滴滴依、异狄氏剂酮等在内的 20 种有机氯农药，包括敌敌畏、久效磷、甲基谷硫磷等在内的 17 种有机磷农药。

样品检测结果表明，仅 β-六六六 1 种农药类检出物质，样品检出率 4.38%，最大检出浓度 4.31 mg/kg，分别超出一类和二类标准 12.47 和 3.68 倍，且污染主要存在于第一层（0~1.6m）表层杂填土，第二-1 层 β-六六六虽有检出但不超标（检出率 4.35%）。场地土壤农药类污染物分层检出超标情况见表 7-42。

表 7-42 农药类污染物分层检出超标统计表（mg/kg）

	总检出超标情况	第一层	第二-1 层
深度		0-1.6	1.6-3.0
检出限	0.06	0.06	0.06
检出样品数	7	6	1
样品检出率	4.38%	17.14%	4.35%
样品数	160	35	23
最大值	4.31	4.31	0.29
最小值	0.29	0.40	0.29
平均值	2.24	2.56	0.29
中位数	2.28	2.43	0.29
一类筛选值	**0.32**		
超标样品数	6	6	0

样品超标率	**3.75%**	**17.14%**	0.00%
最大超标倍数	**12.47**	**12.47**	0
二类筛选值	**0.92**		
超标样品数	5	5	0
样品超标率	**3.13%**	**14.29%**	0.00%
最大超标倍数	**3.68**	**3.68**	0

7.3.5.1.1 农药类污染物垂直分布

β-六六六超标污染仅存在于表层，污染垂直分布见图 7-109 所示。从图中可以看出，污染同时超出一类和二类用地筛选标准。

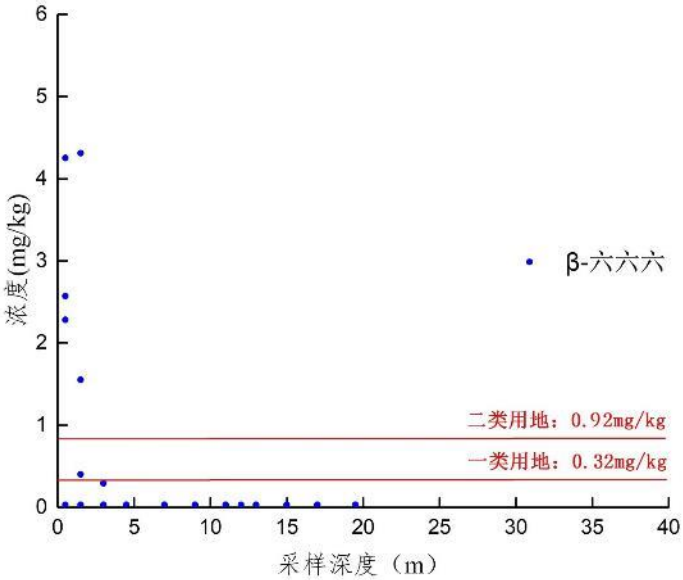


图 7-109 土壤中有机农药污染垂直分布

7.3.5.1.2 农药类污染水平分布

有机氯农药检测包括 α-六六六、p,p'-滴滴依、异狄氏剂酮等在内的 20 种有机氯农药，和敌敌畏、久效磷、甲基谷硫磷等在内的 17 种有机磷农药。样品检测结果表明，仅 β-六六六 1 种检出物质并存在超标现场，污染集中存在于原农药厂东侧。

污染在土壤中各层分布情况见图 7-110。从图中可以看出，当采用一类用地筛选标准时，污染超出农药厂边界范围较大，当采用二类筛选标准时，污染几乎未超出原农药厂边界。

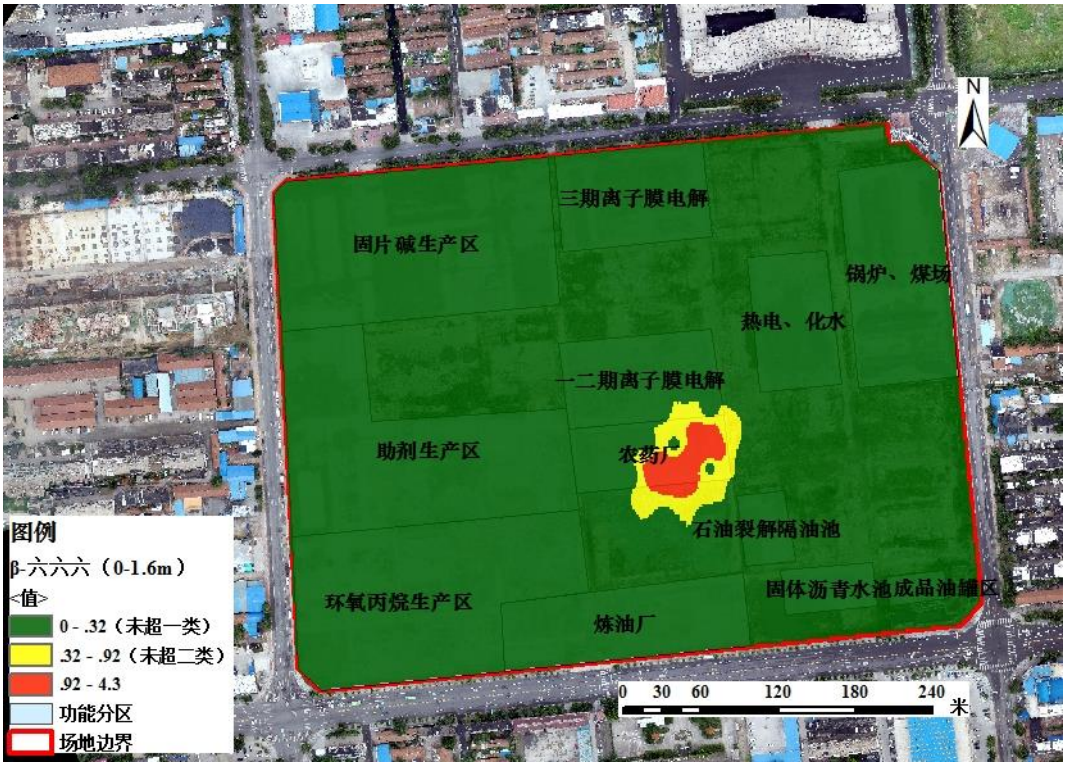


图 7-110 第一层（0~1.6m）污染分布

7.3.6 二噁英污染调查结果

经人员访谈得知厂区原生产过程中产生的盐泥基本是当天转运至其他厂区进行处理，老厂区地块基本不涉及盐泥的堆放与处理，故本次只在可能涉及的电解车间区域进行二噁英的定性检测。本次共送检了 3 个土壤样品进行二噁英的检测，分布与离子膜电解一期、二期和三期区域，检测结果表明二噁英类总毒性当量在 0.38~1.1ng/kg，远低于 GB36600-2018 中二噁英类（总毒性当量）一类用地筛选值 10^{-5}mg/kg（二类用地筛选值 4×10^{-5}mg/kg），以此判断场地内不存在二噁英污染情况，具体见表 7-43。

表 7-43 土壤中二噁英污染检测情况

样品编号	分析指标	检测方法	实测浓度(ng/kg)	I-TEQ(ng/kg)
XCS240-3.0	二噁英总量(PCDD+PCDFs)	HJ77.4-2008	7.7	0.57
XCS201-3.0			6.7	0.38
CCS40-4.5			20	1.1

注：1 ng=10^{-9} g；(I-TEQ)表示毒性当量

7.3.7 环氧丙烷污染调查结果

由于环氧丙烷沸点仅 34°C，常温下难以定量分析，因此通过专业判断法，

在最有可能受环氧丙烷污染物原生产区采集 4 个土壤样品，采用吹扫捕集/气相色谱-质谱法 HJ 605 进行定性分析，以判断场地土壤内是否残留环氧丙烷污染物，检测结果如图 7-111 所示。

从图中可以检出，横坐标为保留时间，保留时间指的是被分离样品组分从进样开始到柱后出现该组分浓度极大值时的时间，也即从进样开始到出现某组分色谱峰的顶点时为止所经历的时间。保留时间是由色谱过程中的热力学因素所决定，在一定的色谱操作条件下，任何一种物质都有一确定的保留时间，有着类似于比移值相同的作用，可作为色谱定性分析的依据。

从环氧丙烷参照样品中可以看出，环氧丙烷保留时间在 6.0 左右，而土壤样品在该保留时间下没有出现环氧丙烷特征峰，因此场地内土壤不存在环氧丙烷污染物。

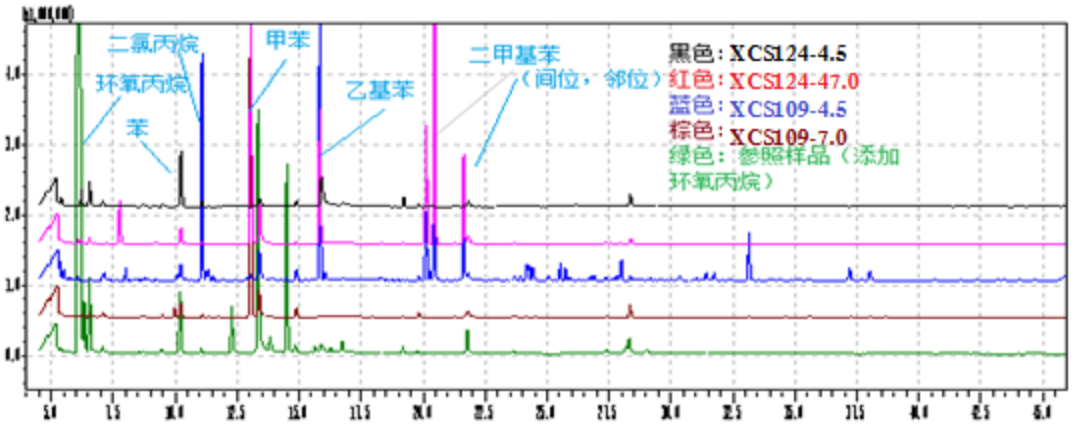
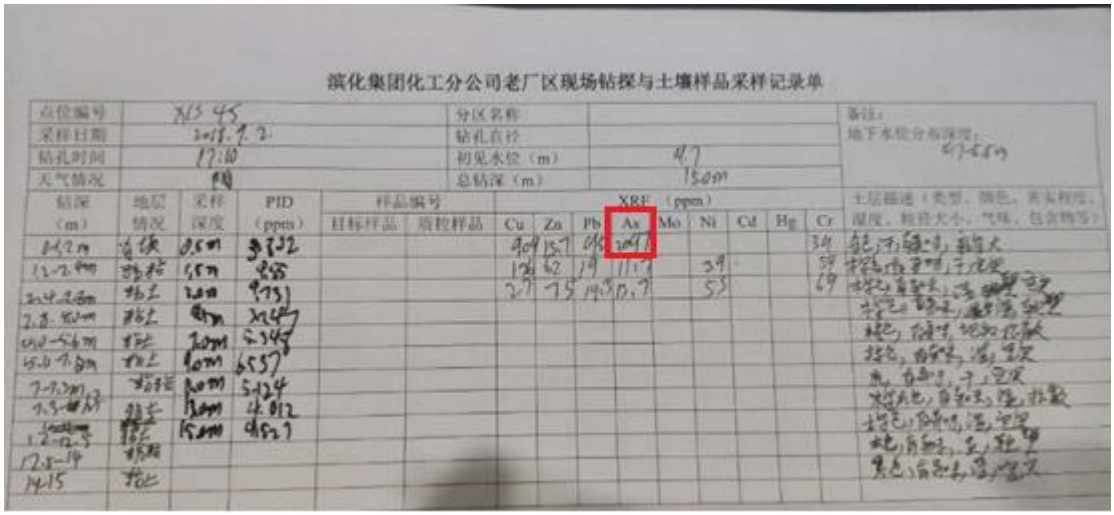


图 7-111 土壤样品气相色谱-质谱法谱图

7.3.8 土壤样品浸出检测结果

现场 XRF 快速检测结果表明，XCS45 点位土壤砷含量在 0.5m 深度达到 2097ppm，远超出 GB 36600-2018 一类用地筛选值 20mg/kg，和二类用地筛选值 60 mg/kg，因此采集该点位表层土壤送实验室进行浸出检测，以探究该点位土壤是否为危险废物。XCS45 号土壤点位采样记录单见图 7-112，浸出检测结果如表 7-44 所示。从酸浸含量可以看出，该点位土壤不属于危险废物。


滨化集团化工分公司老厂区现场钻探与土壤样品采样记录单

点位编号	XCS 45	分区名称		备注：
采样日期	2018.7.2	钻孔直径		地下水位分布深度：
钻孔时间	17:10	初见水位（m）	4.7	
天气情况	晴	总钻深（m）	15.0m	

钻深（m）	地层情况	采样深度	PID（ppm）	样品编号 目标样品	样品编号 质控样品	XRF（ppm） Cu	Zn	Pb	As	Mo	Ni	Cd	Hg	Cr	土层描述（类型、颜色、黄染程度、湿度、粒径大小、气味、包含物等）
0-1.2m	浅黄	0.5m	3732			904	157	0.9	2047					34	黄色，干燥，粘土
1.2-2.0m	棕褐	1.5m	9255			126	62	19	11.7		39			59	棕褐色，重黏，干燥
2.0-2.8m	棕红	2.0m	9731			37	75	19.3	0.7		53			69	棕红，重黏土，湿
2.8-5.0m	棕红	4.0m	3245												棕红，重黏土，湿
5.0-6.0m	棕红	5.0m	5345												棕红，粘土，湿
6.0-7.8m	棕红	6.0m	6557												棕红，重黏土，湿
7-7.3m	棕红	7.0m	5124												黄，重黏土，干，坚实
7.3-10.2m	棕红	8.0m	4012												灰褐色，重黏土，湿，坚实
10.2-12.3	棕红	9.0m	4527												棕红，重黏土，湿，坚实
12.3-14	棕褐														棕色，重黏土，湿，坚实
14-15	棕红														黄色，重黏土，湿，坚实

图 7-112 XCS45 号点位土壤采样记录单

表 7-44 土壤浸出检测结果

点位编号	前处理	pH	六价铬	铜	镍	锌	铅	镉	砷
		无量纲	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
XCS45-0.5	(1)	7.50	<0.004	<2.5	5.8	39.9	<4.2	<1.2	4.1
XCS45-1.5		7.64	<0.004	3.8	<3.8	41.1	<4.2	<1.2	2.1
筛选值〔2〕			5	100000	5000	100000	5000	1000	5000

注：〔1〕HJ/T 299-2007 固体废物浸出毒性浸出方法　硫酸硝酸法；
〔2〕《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》（GB5085.3 -2007）

7.4 建筑垃圾污染调查结果

本次共采集 8 建筑垃圾样品，按照《固体废物浸出毒性浸出方法-水平振荡法》（HJ/T 557-2010）方法进行重金属浸出毒性检测，鉴别其一般工业固体废物类别，检测结果如表 7-45 所示。

结果表明建筑垃圾浸出液中仅有锌和砷两种重金属检出，但含量没有超出《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准对应限值，但 JZLJ1 号样品浸出液 pH 值为 9.24，超出 pH 6~9 范围，该点位位于原固片碱生产车间，固片碱生产过程最高需用到浓度 98.5%的 NaOH 溶液，生产过程中高浓度 NaOH 溶液的遗撒、泄露，或固片碱产品粗放式生产和堆放都可能导致该区域土壤受到碱污染。

因此场地内其他区域建筑垃圾样品属于 I 类一般工业固体废物，可直接进行填埋；原固片碱生产区域建筑垃圾属 II 类一般工业固体废物，建议处理后填埋。

表 7-45 建筑垃圾检测结果统计表

序号	样品编号	采样位置	浸出含量（μg/L）							
			六价	镍	铜	锌	镉	铅	砷	pH 值

			铬							
最高允许排放浓度			**500**	**1000**	**500**	**2000**	**100**	**1000**	**500**	**6~9**
1	JZLJ1	固片碱生产区	<0.004	<3.8	<2.5	10.2	<1.2	<4.2	12.8	**9.24**
2	JZLJ2	三期离子膜电解	<0.004	<3.8	<2.5	12.3	<1.2	<4.2	2.6	8.40
3	JZLJ3	锅炉、煤场	<0.004	<3.8	<2.5	14.4	<1.2	<4.2	4.2	8.18
4	JZLJ4	大门	<0.004	<3.8	<2.5	<6.4	<1.2	<4.2	5.0	8.28
5	JZLJ5	助剂生产区	<0.004	<3.8	<2.5	14.7	<1.2	<4.2	4.6	7.30
6	JZLJ6	一二期离子膜电解	<0.004	<3.8	<2.5	14.4	<1.2	<4.2	3.4	8.54
7	JZLJ7	炼油厂	<0.004	<3.8	<2.5	21.9	<1.2	<4.2	2.4	8.60
8	JZLJ8	石油裂解隔油池	<0.004	<3.8	<2.5	<6.4	<1.2	<4.2	2.1	8.67

图 7-113 建筑垃圾污染物分布示意图

7.5 地下水调查结果

本次调查地下水除感官性状及一般化学指标外，检出指标 66 种分别为：六价铬、砷、钼、苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、苯乙烯、邻-二甲苯、异丙基苯、正-丙苯、1,3,5-三甲基苯 、1,2,4-三甲基苯 、对-异丙基甲苯、正-丁苯 、1,2-二氯丙烷 、顺-1,3-二氯丙烯、反-1,3-二氯丙烯、氯乙烯、1,1-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1-二氯丙烯 、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯 、1,1,2-三氯乙烷 、1,3-二氯丙烷、四氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷、1,2-二溴-3-氯丙烷、氯苯、

2-氯甲苯、4-氯甲苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯、1,2,3-三氯苯、氯仿、溴二氯甲烷 、苯酚、2-氯苯酚、2-甲基苯酚、3&4-甲基苯酚、2,4-二氯苯酚、萘、2-甲基萘、2-氯萘、苊烯、苊、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并(a)蒽、䓛、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)苝、邻苯二甲酸二(2-乙基己酯)、二(2-氯乙基)醚、二(2-氯异丙基)醚、二苯并呋喃、咔唑，其余物质及农药类污染物未检出。

7.5.1 感官性状及一般化学指标

本场地地下水中感官及一般化学指标存在色度、溶解性总固体、碘化物、氟化物、硫酸盐、氯化物、耗氧量和钠含量超标现象，且表层地下水超标倍数高于深层地下水，具体见表 7-46 和表 7-47。

表 7-46 浅层地下水感官及一般化学指标超标情况统计表

	色度	溶解性总固体	碘化物	氟化物	硫酸盐	氯化物	耗氧量	钠
检出限	5	5	0.025	0.05	8	1.0	0.05	30
单位	度	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L
检出样品数	32	32	32	32	32	32	32	32
样品检出率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
超标样品数	8	22	11	4	21	23	12	19
样品超标率	25.00%	68.75%	34.38%	12.50%	65.63%	71.88%	37.50%	59.38%
样品数	32	32	32	32	32	32	32	32
最大值	5000	81200	4.5	14.8	1680	42300	329	24200000
最小值	5	612	0.051	0.32	116	89.8	1.71	63400
平均值	184.1	9752.9	0.7	1.4	593.8	4223.8	24.2	2505887.5
中位数	10	2690	0.406	0.58	501.5	560	8.05	540000
筛选值	25	2000	0.5	2.0	350	350	10	400000
最大超标倍数	199	39.6	8	6.4	3.8	120	32	60

表 7-47 深层地下水感官及一般化学指标超标情况统计表

	色度	溶解性总固体	碘化物	氟化物	硫酸盐	氯化物	耗氧量	钠
检出限	5	5	0.025	0.05	8	1.0	0.05	30
单位	度	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L
检出样品数	11	11	11	11	11	11	11	11
样品检出率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
超标样品数	3	7	3	1	6	9	3	7
样品超标率	27.27%	63.64%	27.27%	9.09%	54.55%	81.82%	27.27%	63.64%
样品数	11	11	11	11	11	11	11	11
最大值	350	37500	3.22	2.51	930	18400	32	10400000
最小值	5	636	0.063	0.57	91	113	2.67	110000
平均值	43.2	5517.8	0.6	1.2	473.9	2277.0	9.8	1398727.3

中位数	5	2450	0.19	1.22	474	453	4.62	631000
筛选值	25	2000	0.5	2.0	350	350	10	400000
最大超标倍数	13	17.75	5.44	0.26	1.66	52	2	25

7.5.2 重金属污染调查结果

7.5.2.1 重金属/无机物污染检测分析

共送检地下水样品 45 个，结果表明地下水中存在砷和钼 2 种重金属和六价铬离子含量超标。样品超标率分别为 17.78%、4.44%和 2.22%，最大检出浓度分别为 1760μg/L、315μg/L 和 36.6μg/L，分别超标 31、和 1 倍和 365 倍，具体见表 7-48。

表 7-48 地下水中重金属超标情况统计表（μg/L）

	砷	钼	六价铬
检出限	0.12	0.06	0.004
检出样品数	45	45	1
样品检出率	100%	100%	2%
超标样品数	8	2	1
样品超标率	**17.78%**	**4.44%**	**2.22%**
样品数	45	45	45
最大值	1760	315	36.6
最小值	1.07	2.78	36.6
平均值	79.0	32.4	36.6
中位数	5.76	13.1	36.6
筛选值	50	150	0.1
最大超标倍数	**34**	**1**	**365**

地下水中重金属污染主要存在于浅层地下水中，浅层与深层重金属砷样品超标率分别为 16.13%和 20.00%，最大检出浓度分别为 1760μg/L 和 92.1μg/L，分别超标 34 倍和 0.84 倍。重金属钼污染仅存在于表层地下水中，样品超标率 6.45%，最大检出浓度 315μg/L，超标 1 倍，六价铬污染主要存在深层潜水中，样品超标率 10%，最大检出浓度 36.6μg/L，超标 365 倍数。分层检出超标情况见表 7-49。

表 7-49 地下水中重金属分层超标情况统计表（μg/L）

	砷		钼		六价铬	
	表层滞水	潜水	表层滞水	潜水	表层滞水	潜水
检出限	0.12		0.06		0.04	
检出样品数	31	10	31	10	0	1
样品检出率	100%	100%	100%	100%	0	10%
超标样品数	5	2	2	0	0	1
样品超标率	**16.13%**	**20.00%**	**6.45%**	0.00%	0.00%	**10.00%**

样品数	31	10	31	10	33	10
最大值	1760	92.1	315	42.7	0	36.6
最小值	1.07	3.4	2.78	4.71	0	36.6
平均值	98.4	23.2	40.3	17.1	0.0	36.6
中位数	4.33	6.93	16.1	12.75	0	36.6
筛选值	50		150		0.1	
最大超标倍数	**34**	**0.84**	**1**	0	0	**365**

7.5.2.2 重金属/无机物污染分布特征

（1）六价铬

六价铬超标污染仅发生在深层地下水中，超标点位位于原环氧丙烷生产厂区，临近厂区边界，超标监测井位分布见图 7-114。

图 7-114 地下水中六价铬污染分布

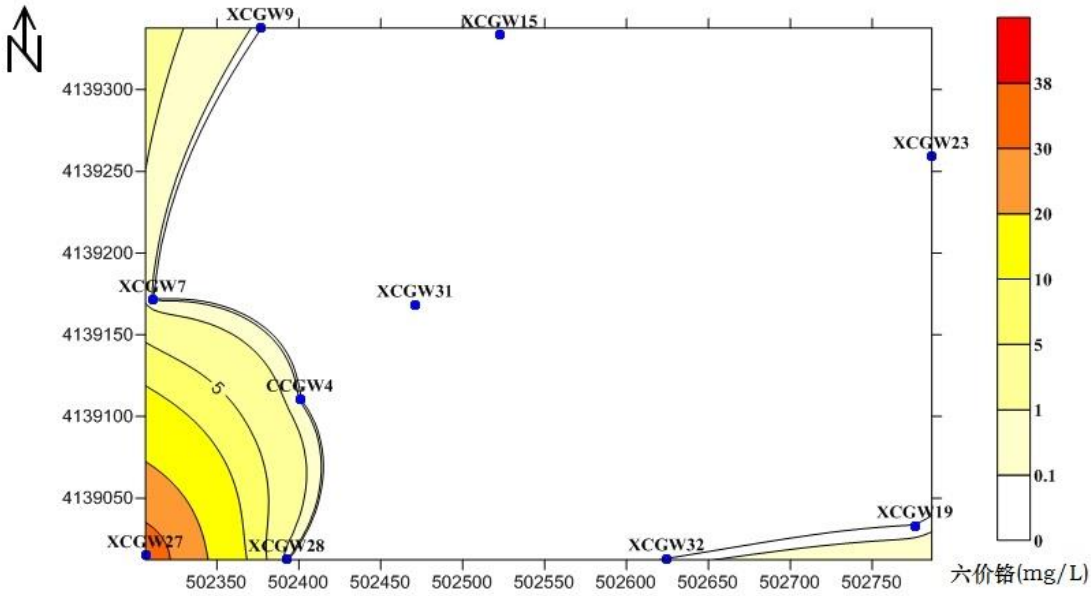


图 7-115 地下水中六价铬浓度分布（微承压潜水层）

（2）钼

地下水中重金属钼污染仅发生在浅层地下水中，超标点位位于原固片碱生产区和原农药厂，本场地地下水流向由南向北，重金属钼浓度由南向北有降低趋势，监测井超标点位分布见图 7-116。

图 7-116 地下水中重金属钼污染分布

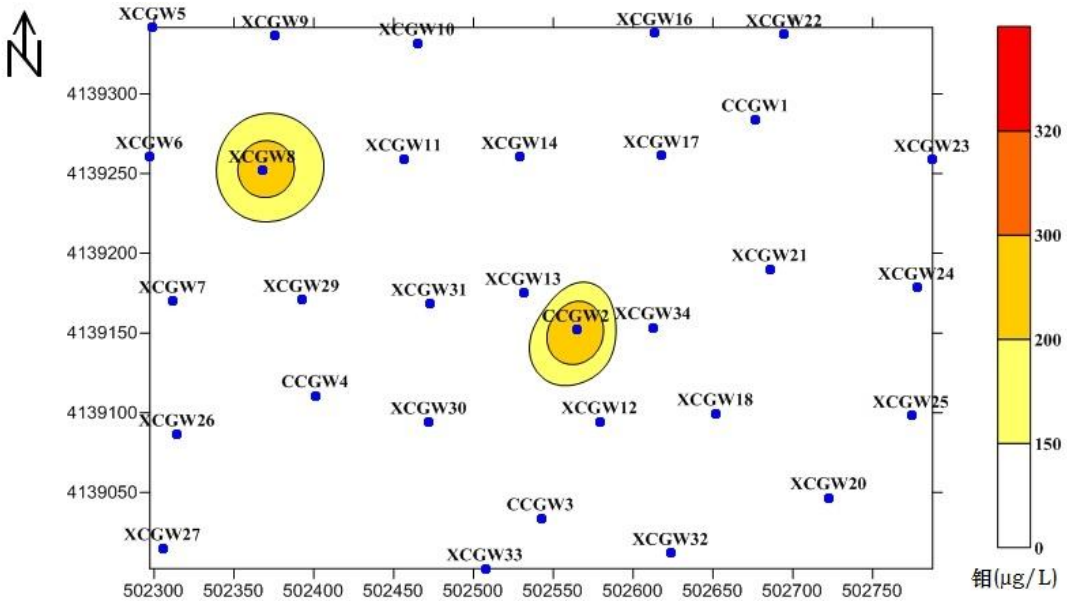


图 7-117 地下水中重金属钼浓度分布（表层不连续滞水）

（3）砷

浅层与深层地下水中均存在重金属砷超标污染，浅层砷污染主要存在于原环氧丙烷生产区、原炼油厂、原农药厂和原固体沥青水池，且农药厂污染最为严重。深层地下水中重金属砷污染主要存在于原锅炉/煤场和原炼油厂东侧，砷含量小于 100μg/L，远低于表层砷浓度。通过建立监测井对井，发现 2 处深层地下水砷超标点位 XCGW23 和 XCGW32，浅层地下水没有超标。监测井超标点位分布见图 7-118。

图 7-118 地下水中重金属砷污染分布

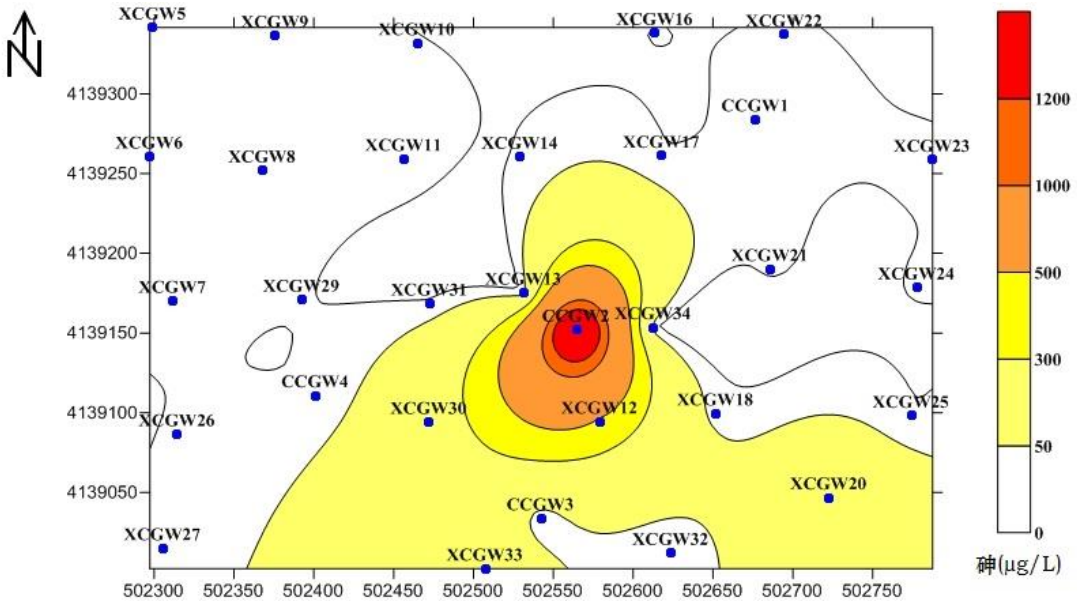


图 7-119 地下水中重金属砷浓度分布（表层不连续滞水）

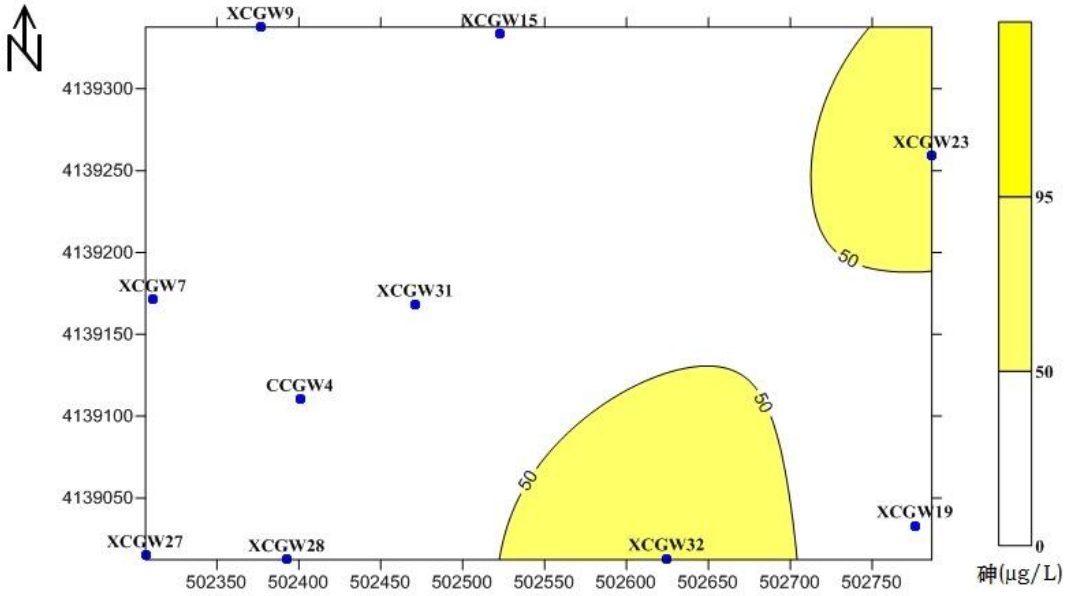


图 7-120 地下水中重金属砷浓度分布（微承压潜水）

7.5.3 VOCs 污染调查结果

7.5.3.1 VOCs 污染检测分析

地下水中存在 11 种 VOCs 污染物超标，分别为苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯和氯仿。

地下水中 1,2-二氯丙烷污染最为严重，样品超标率 53.33%，最大检出浓度 8770000μg/L，超标 146166 倍；苯超标倍数次之，样品超标率 33.33%，最大检出

浓度 2490000μg/L，超标 20749 倍；其次甲苯超标率 13.33%，最大检出浓度 9740000μg/L，超标 6956 倍；1,2-二氯乙烷样品超标率 11.11%，最大检出浓度 129000μg/L，超标 3224 倍；氯苯样品超标率 11.11%，最大检出浓度 1520000g/L，超标 2532 倍数；乙苯、间&对-二甲苯样品超标率均为 13.33%，1,2-二氯苯样品超标率 4.444%，这三种污染物最大检出浓度分别为 656000μg/L、1090000μg/L 和 234000μg/L，分别超标 1092、1089 和 1169 倍；三氯乙烯、1,4-二氯苯和氯仿样品超标率在 4.44%~11.11%之间，最大检出浓度分别为 25900μg/L、3420000μg/L 和 184000μg/L，分别超标 122 倍、569 倍和 612 倍，地下水中 VOCs 超标情况统计见表 7-50。

① 1,2-二氯丙烷在第一层地下水表层和深层污染程度相近，表层与深层地下水中 1,2-二氯丙烷样品超标率分别为 51.61%和 50.00%，最大超标倍数分别为 146166 倍和 142332 倍；

② 苯在表层污染程度明显高于深层，表层与深层地下水中苯样品超标率分别为 25.81%和 40.00%，但最大超标倍数分别为 20749 倍和 1990 倍；

③ 氯苯、氯仿、乙苯和间&对-二甲苯的污染程度表现为表层高于深层，表层与深层地下水样品最大超标倍数分别为 2532 倍和 1266 倍（氯苯）、612 倍和 446 倍（氯仿）、1092 倍和 677 倍（乙苯）、1089 倍和 604 倍（间&对-二甲苯）；

④甲苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,4-二氯苯和 1,2-二氯苯表现为深层地下水污染程度大于表层地下水，尤其三氯乙烯，深层地下水超标倍数 122 倍，表层地下水仅超标 8 倍，其余污染物深层与表层地下水最大超标倍数分别为 6956 倍和 5699 倍（甲苯）、3224 倍和 2874 倍（1,2-二氯乙烷）、569 倍和 352 倍（1,4-二氯苯）、1169 倍和 899 倍（1,2-二氯苯）。

表层与深层地下水污染物超标情况分别见表 7-51 和表 7-52。

表 7-50 地下水中 VOCs 污染物超标情况统计表（μg/L）

	检出限	检出样品数	样品检出率	超标样品数	样品超标率	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	筛选值	最大超标倍数
1,2-二氯丙烷	1.2	39	87%	24	53.33%	45	8770000	2.2	450660.8	189	60	146166
苯	1.4	29	64%	15	33.33%	45	2490000	1.4	199430.5	180	120	20749
甲苯	1.4	30	67%	6	13.33%	45	9740000	1.5	707284.5	22.85	1400	6956
1,2-二氯乙烷	1.4	19	42%	5	11.11%	45	129000	1.5	12887.7	5.5	40	3224
氯苯	1.0	29	64%	5	11.11%	45	1520000	1	82288.7	39.2	600	2532
1,2-二氯苯	0.5	18	40%	2	4.44%	45	234000	0.7	23055.6	37	200	1169
乙苯	0.8	28	62%	6	13.33%	45	656000	0.8	70414.8	13.8	600	1092
间&对-二甲苯	2.2	27	60%	6	13.33%	45	1090000	2.5	133265.9	25.7	1000	1089
三氯乙烯	1.2	12	27%	5	11.11%	45	25900	1.8	2496.2	5.4	210	122
1,4-二氯苯	0.5	24	53%	4	8.89%	45	342000	0.7	23762.9	34.35	600	569
氯仿	1.4	10	22%	2	4.44%	45	184000	1.8	31831.9	22.25	300	612

表 7-51 表层滞水中 VOCs 污染物超标情况统计表（μg/L）

	检出限	检出样品数	样品检出率	超标样品数	样品超标率	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	筛选值	最大超标倍数
苯	1.4	19	61%	8	25.81%	31	2490000	1.4	172717.4	45.9	120	20749
甲苯	1.4	19	61%	3	9.68%	31	7980000	1.5	525788.8	20	1400	5699
乙苯	0.8	19	61%	3	9.68%	31	656000	1.2	52934.2	13.8	600	1092
间&对-二甲苯	2.2	18	58%	3	9.68%	31	1090000	2.5	118608.9	22.05	1000	1089
1,2-二氯丙烷	1.2	27	87%	16	51.61%	31	8770000	2.2	331635.9	76.2	60	146166
1,2-二氯乙烷	1.4	11	35%	1	3.23%	31	115000	1.5	10460.2	4.6	40	2874
三氯乙烯	1.2	8	26%	3	9.68%	31	1950	1.8	317.5	5.4	210	8
氯苯	1.0	22	71%	3	9.68%	31	1520000	1	71758.0	14.55	600	2532
1,4-二氯苯	0.5	17	55%	2	6.45%	31	212000	0.7	13034.8	36.4	600	352
1,2-二氯苯	0.5	14	45%	1	3.23%	31	180000	0.7	12916.6	37	200	899
氯仿	1.4	8	26%	1	3.23%	31	184000	1.8	23013.0	14.2	300	612

表 7-52 潜水中 VOCs 污染物超标情况统计表（μg/L）

	检出限	检出样品数	样品检出率	超标样品数	样品超标率	样品数	最大值	最小值	平均值	中位数	筛选值	最大超标倍数
苯	1.4	5	50%	4	40.00%	10	239000	19.8	49988.6	983	120	1990.67
甲苯	1.4	6	60%	2	20.00%	10	9740000	2	1644700.9	100.55	1400	6956.14
乙苯	0.8	5	50%	2	20.00%	10	407000	0.8	82968.6	29.2	600	677.33
间&对-二甲苯	2.2	4	40%	2	20.00%	10	605000	5.3	155786.1	9069.6	1000	604.00
1,2-二氯丙烷	1.2	7	70%	5	50.00%	10	8540000	16.8	1225004.7	398	60	142332.33
1,2-二氯乙烷	1.4	6	60%	2	20.00%	10	129000	1.7	21512.3	4.9	40	3224.00
三氯乙烯	1.2	2	20%	1	10.00%	10	25900	2.3	12951.2	12951.15	210	122.33
氯苯	1.0	5	50%	1	10.00%	10	760000	2.5	152058.6	8.2	600	1265.67
1,4-二氯苯	0.5	5	50%	1	10.00%	10	342000	1	68405.3	3.7	600	569.00
1,2-二氯苯	0.5	3	30%	1	10.00%	10	234000	4.7	78008.3	20.3	200	1169.00
氯仿	1.4	2	20%	1	10.00%	10	134000	7.9	67004.0	67003.95	300	445.67

7.5.3.1 VOCs 污染分布特征

（1）苯

浅层与深层地下水中均存在苯超标污染，污染主要分布在重点关注区的原环氧丙烷生产区、助剂生产区、原炼油厂和原农药厂，且环氧丙烷生产区和炼油厂区内浅层地下水监测井中苯含量全部超标。

浅层地下水中，位于环氧丙烷生产区的 XCGW30 点位苯污染最重，浓度达到 742000μg/L。深层地下水，苯污染有随地下水流向由南向北逐渐降低的趋势，位于原炼油厂区的 XCGW33 号监测井污染最重，苯浓度达到 2490000μg/L，该点位西侧的 XCGW28 号监测井苯浓度为 239000μg/L，而北侧原助剂生产区两口深井中苯浓度分别为 1120μg/L 和 983μg/L。

XCGW27、XCGW32 和 XCGW31 三组对井中，浅井与深井苯含量全部超标，但 XCGW27 和 XCGW31 两口对井深层苯污染较浅层更重。位于原助剂生产区的 CCGW4 号对井中，苯超标污染仅存在于深层地下水中。

图 7-121 地下水中苯污染分布

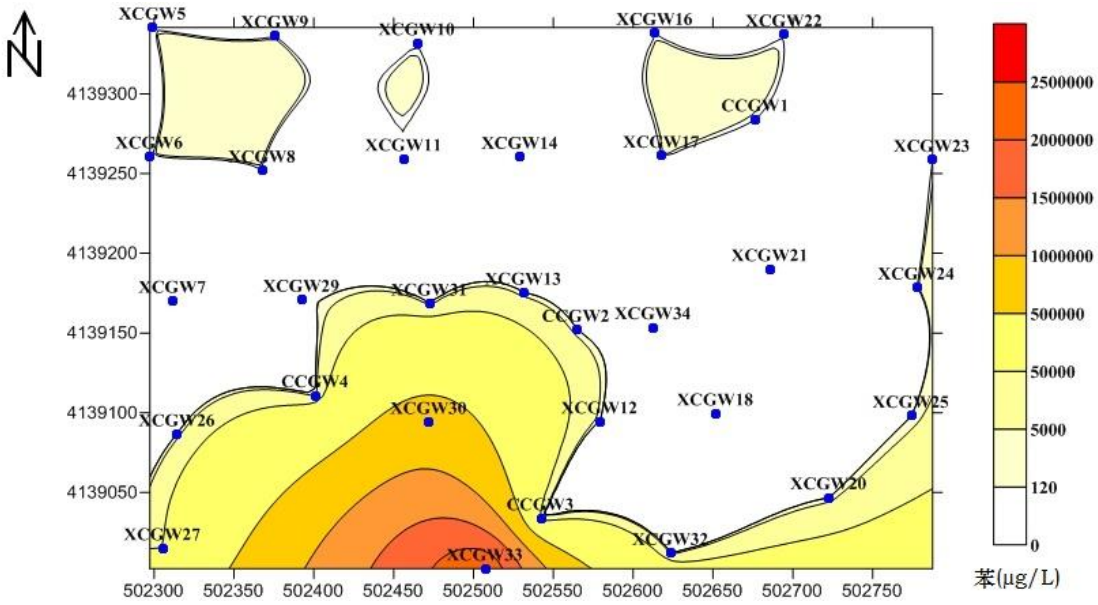


图 7-122 地下水中苯浓度分布（表层不连续滞水）

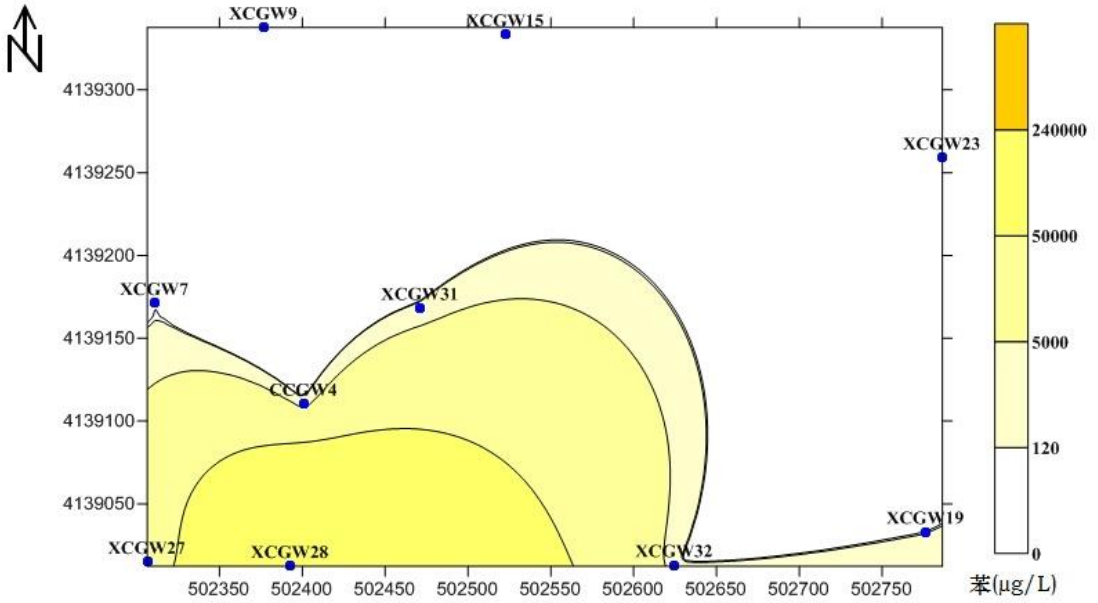


图 7-123 地下水中苯浓度分布（微承压潜水）

（2）甲苯

地下水中甲苯超标污染点位分布较为集中，3 口监测井位于原环氧丙烷生产区，1 口位于原炼油厂区西侧。甲苯最大检出浓度存在位于原环氧丙烷生产区厂区边界的 XCGW27 号监测井深层地下水中，浓度为 9740000 μg/L。

图 7-124 地下水中甲苯污染分布

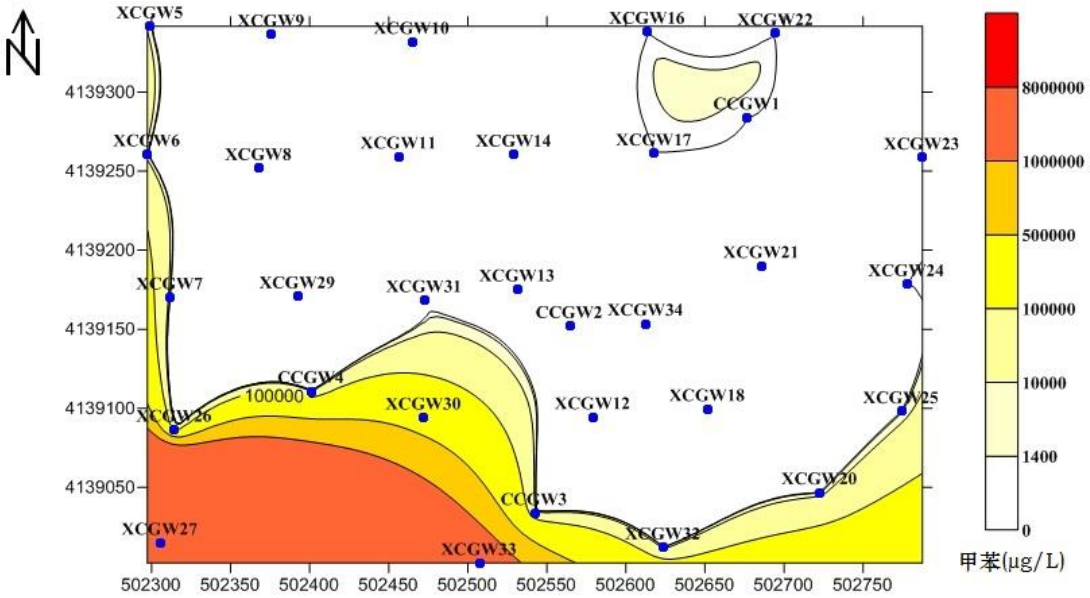


图 7-125 地下水中甲苯浓度分布（表层不连续滞水）

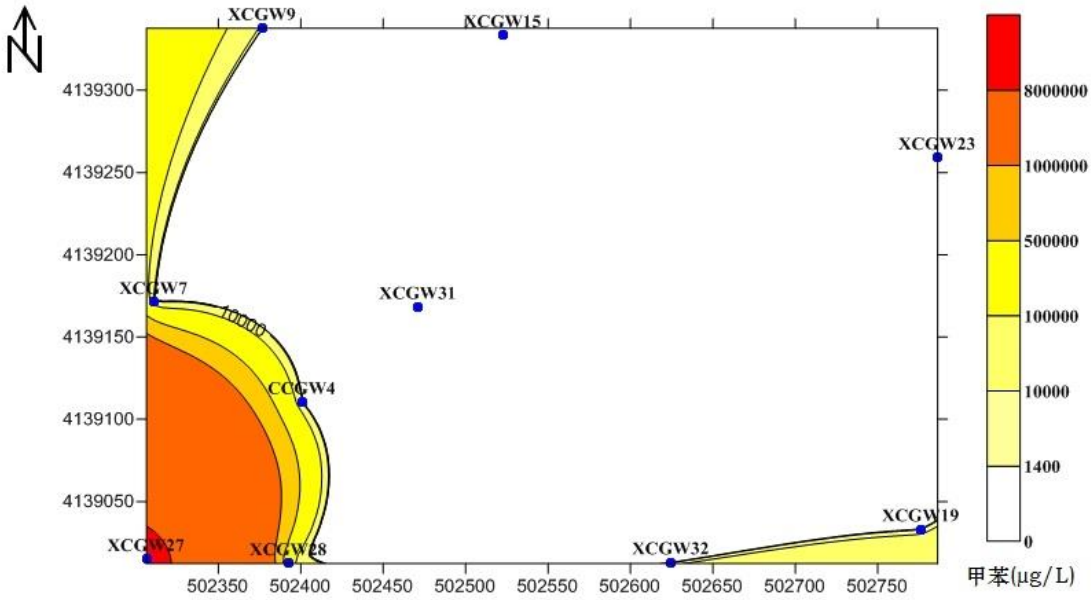


图 7-126 地下水中甲苯浓度分布（微承压潜水）

（3）乙苯

地下水中乙苯超标污染点位分布与甲苯完全相同，3 口监测井位于原环氧丙烷生产区，1 口位于原炼油厂区西侧。但乙苯最大检出浓度存在位于原炼油厂的 XCGW33 号监测井浅层地下水中，浓度为 6560000 μg/L。

图 7-127 地下水中乙苯污染分布

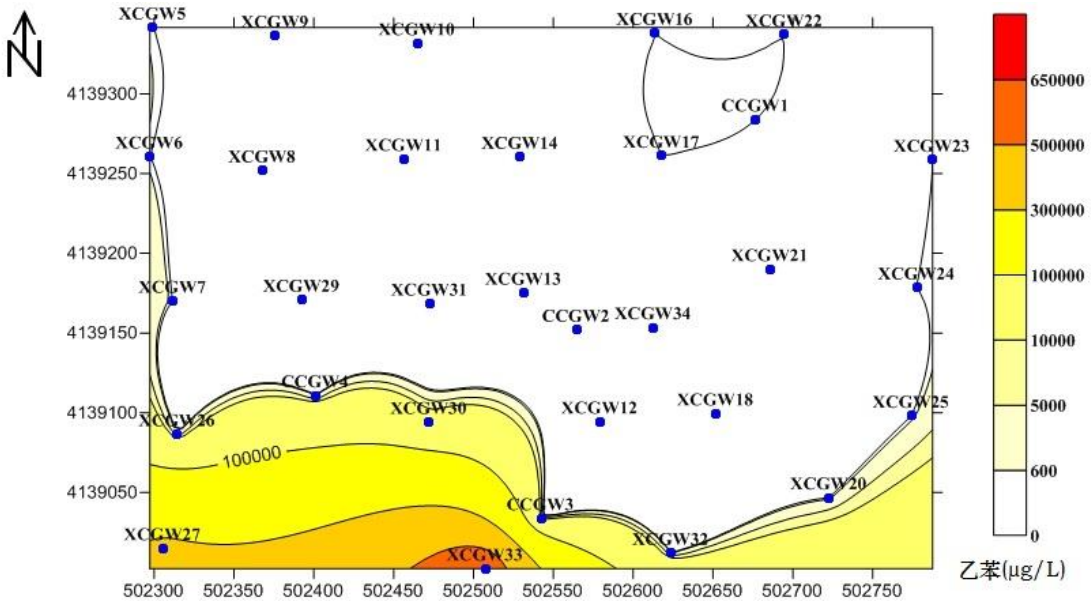


图 7-128 地下水中乙苯浓度分布（表层不连续滞水）

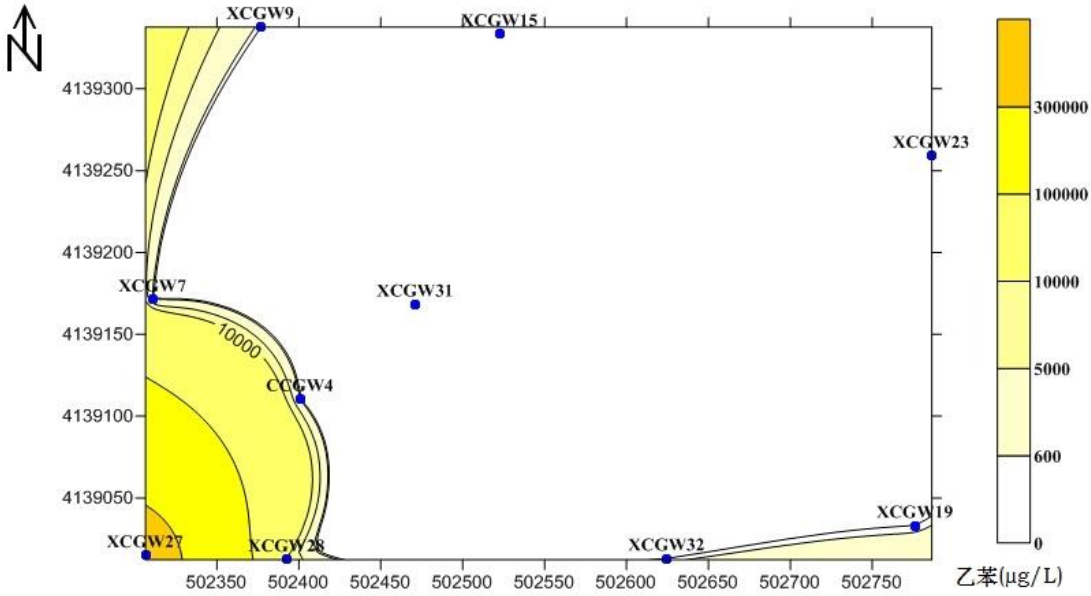


图 7-129 地下水中乙苯浓度分布（微承压潜水）

（4）间&对-二甲苯

地下水中间&对-二甲苯超标污染点位分布与甲苯、乙苯完全相同，3 口监测井位于原环氧丙烷生产区，1 口位于原炼油厂区西侧。最大检出浓度存在位于原环氧丙烷生产区厂区边界的 XCGW27 号监测井浅层地下水中，浓度为 1090000 μg/L。

图 7-130 地下水中间&对-二甲苯污染分布

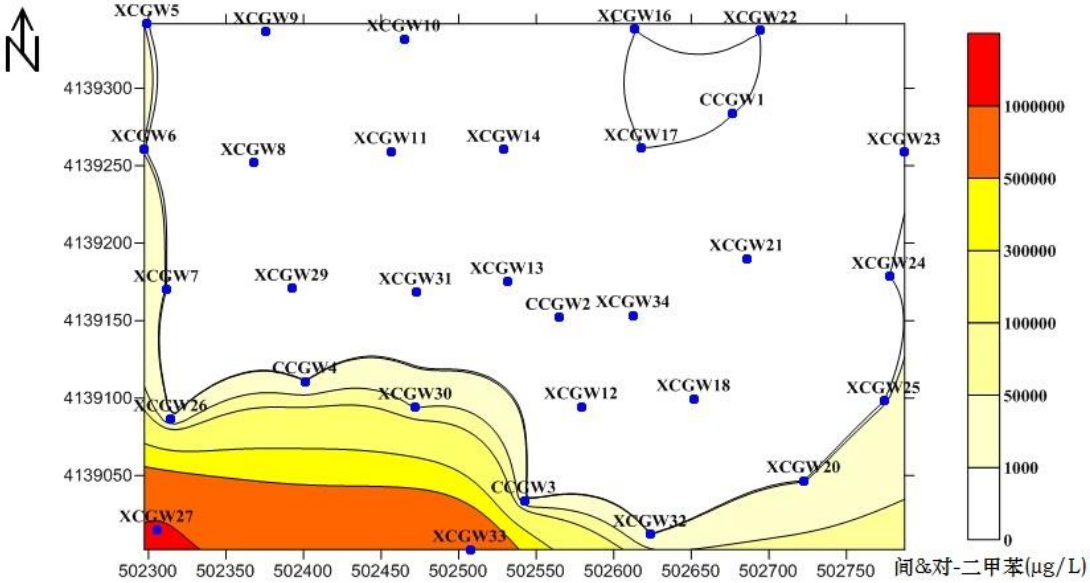


图 7-131 地下水中间&对-二甲苯浓度分布（表层不连续滞水）

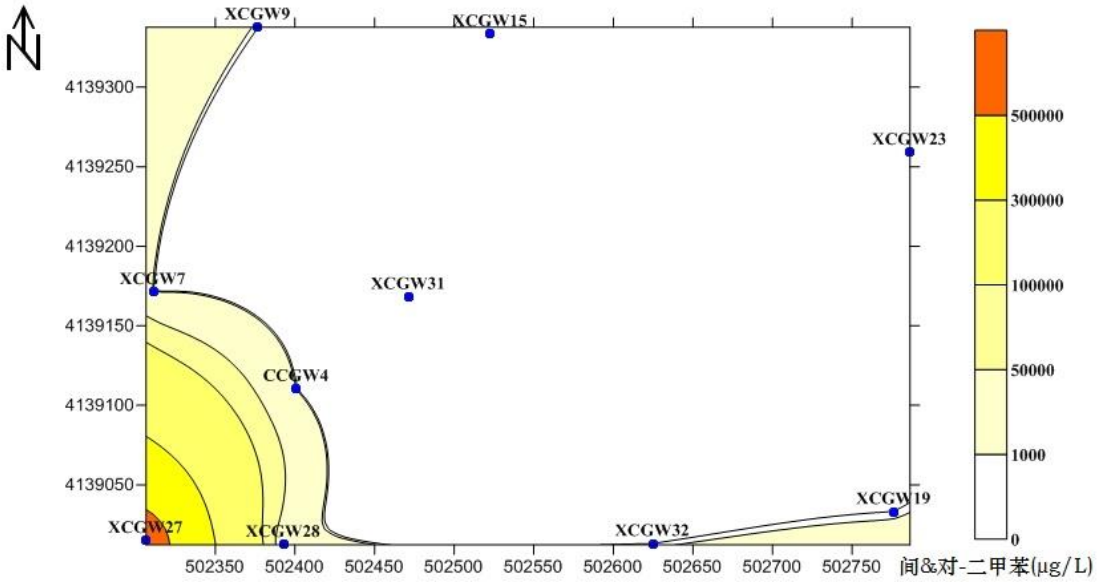


图 7-132 地下水中间&对-二甲苯浓度分布（微承压潜水）

（5）1,2-二氯丙烷

场地内地下水受 1,2-二氯丙烷污染最为严重，原环氧丙烷生产区内 5 口监测井中 1,2-二氯丙烷含量全部超标，包括 3 口浅井和 2 口深井，且污染物最高检出浓度位于该区域 XCGW30 号浅井（8770000μg/L）和 XCGW28 号深井（8540000μg/L）中。

原助剂生产区 2 组对井和 1 口深井 1,2-二氯丙烷超标，原三期离子膜电解车间 1 口深井超标，该监测井临近场地北侧边界，但浓度较低，仅为 79.7μg/L。

其余超标污染均存在于浅井中，包括原固片碱生产区 3 口浅井最高检出浓度 426μg/L；原炼油厂 1 口浅井最高检出浓度 26000μg/L；原农药厂 1 口浅井最高检出浓度 333μg/L；原锅炉/煤场临近场地东侧边界 1 口浅井超标浓度 639μg/L；原固体沥青水池 1 口浅井超标浓度 69.7μg/L，以及该功能区北侧 3 口浅井，最高浓度为 1380μg/L。

图 7-133 地下水中 1,2-二氯丙烷污染分布

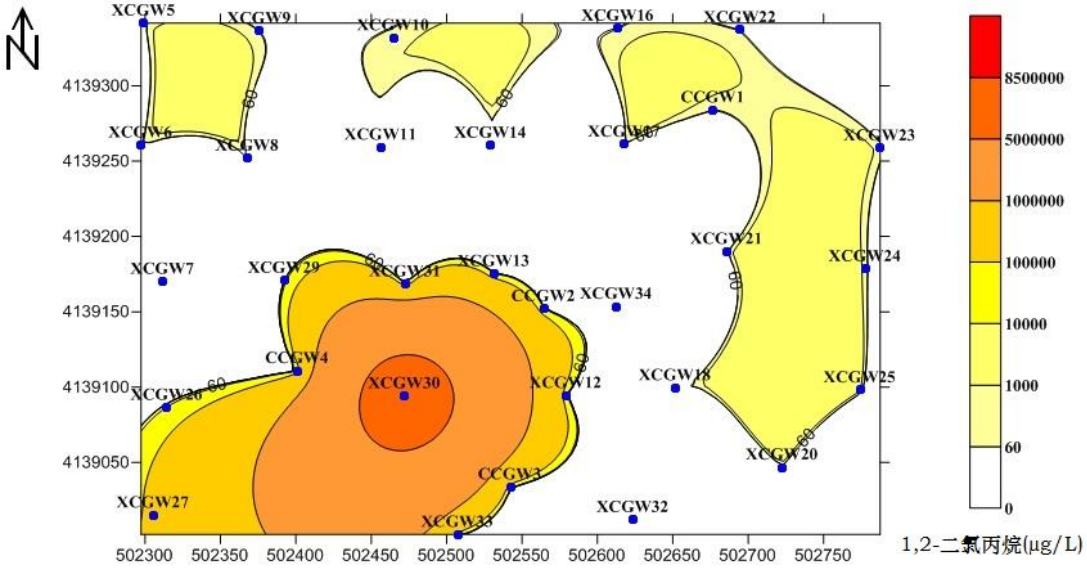


图 7-134 地下水中 1,2-二氯丙烷浓度分布（表层不连续滞水）

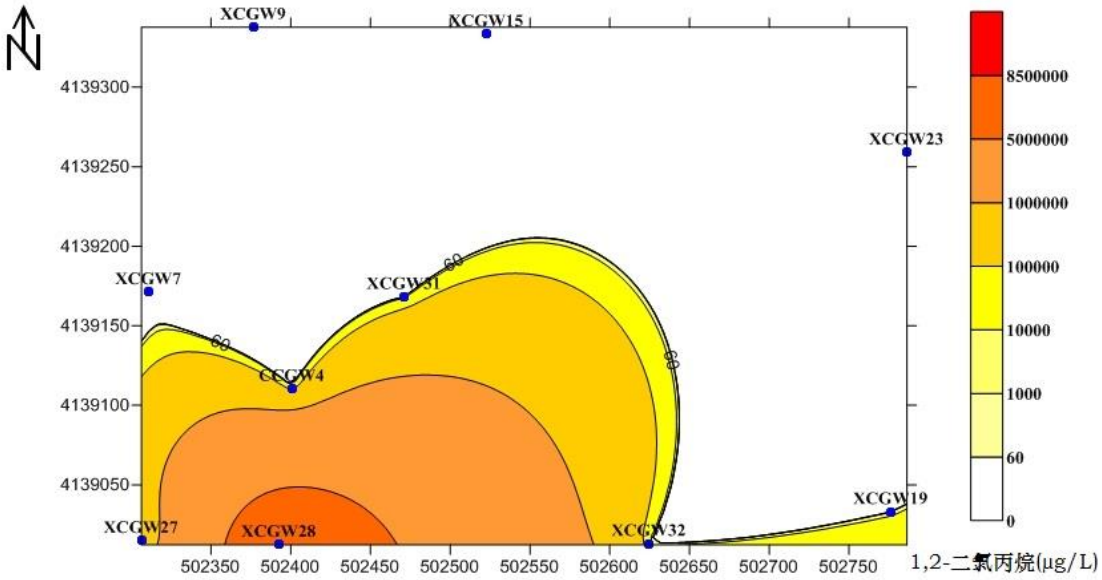


图 7-135 地下水中 1,2-二氯丙烷浓度分布（微承压潜水）

（6）1,2-二氯乙烷

场地内共 7 口监测井 1,2-二氯乙烷超标，其中包含位于原环氧丙烷生产区场地西南边界的一组对井（XCGW27），其余 2 口浅层监测井分别位于原炼油厂和原环氧丙烷生产区，3 口深井位于原环氧丙烷生产区和原助剂生产区。1,2-二氯乙烷最高检出浓度 129000μg/L，出现在原环氧丙烷生产区 XCGW28 号深层监测井中，其次为 XCGW30 号浅井浓度 115000μg/L。位于原助剂生产区的两口深井，其浅层地下水中 1,2-二氯乙烷浓度并未超出标准。

图 7-136 地下水中 1,2-二氯乙烷污染分布

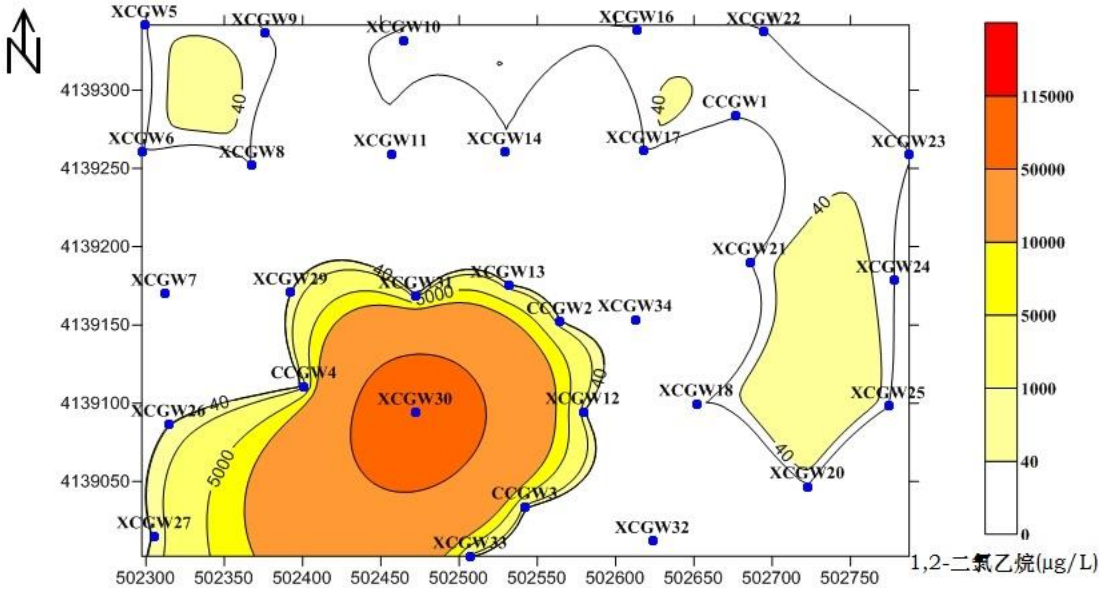


图 7-137 地下水中 1,2-二氯乙烷浓度分布（表层不连续滞水）

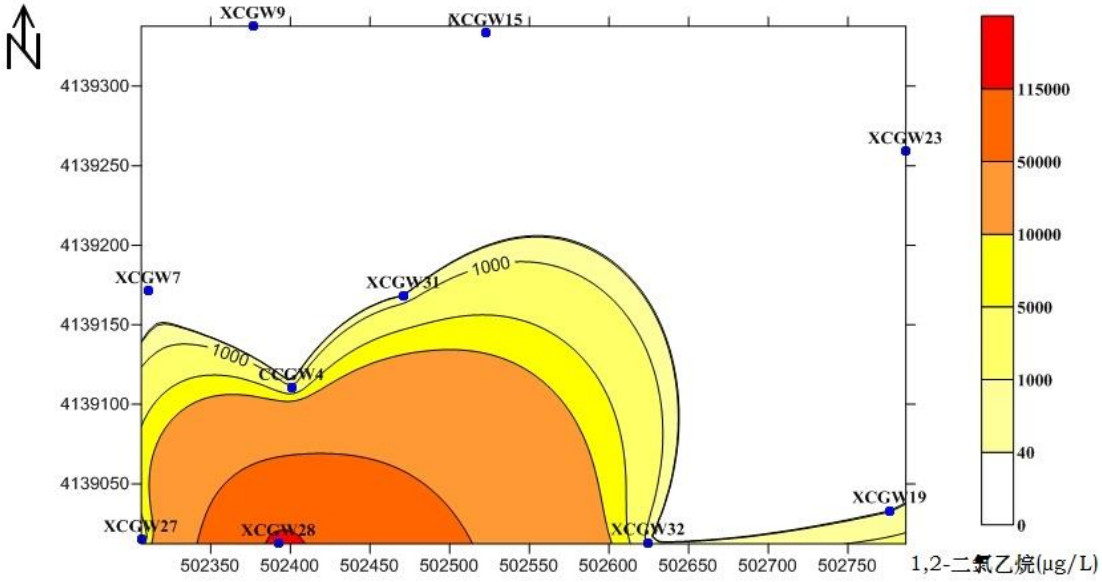


图 7-138 地下水中 1,2-二氯乙烷浓度分布（微承压潜水）

（7）三氯乙烯

监测井中共 4 个三氯乙烯超标点位，3 口浅层监测井分别位于原炼油厂、原环氧丙烷生产区和原固片碱生产区，1 口深层监测井位于原环氧丙烷生产区。污染物最高检出浓度 25900μg/L，出现在原环氧丙烷生产区 XCGW28 号深层监测井中。

图 7-139 地下水中三氯乙烯污染分布

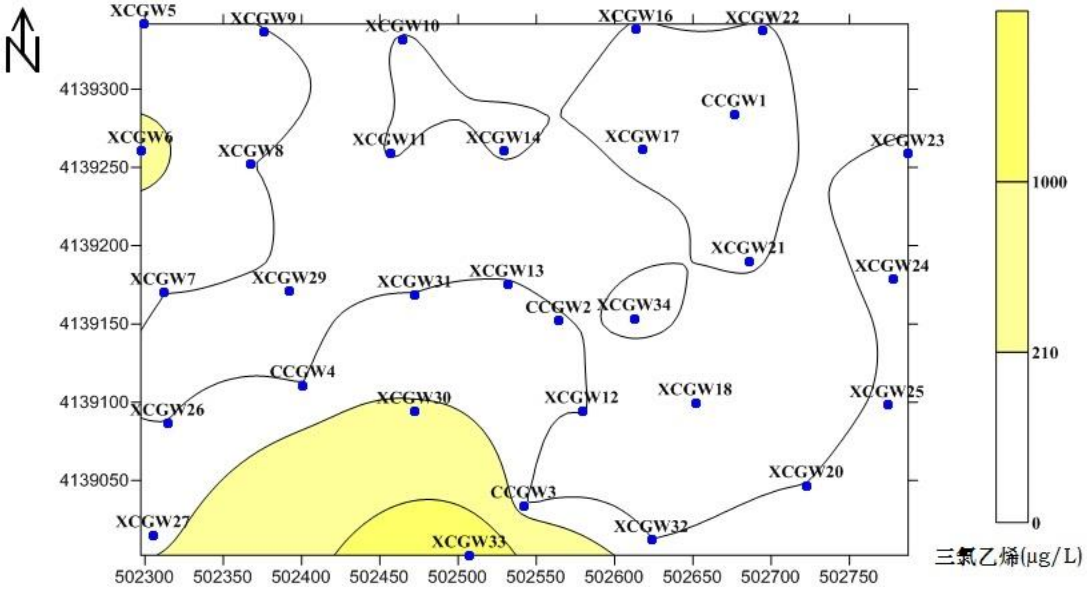


图 7-140 地下水中三氯乙烯浓度分布（不连续滞水）

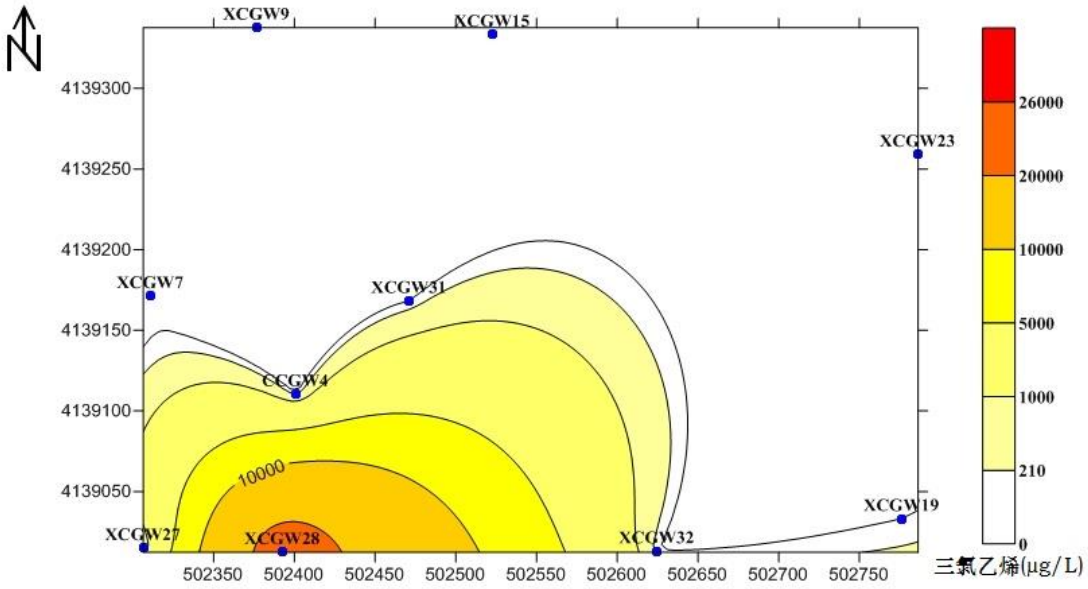


图 7-141 地下水中三氯乙烯浓度分布（微承压潜水）

（8）氯苯

监测井中共 4 个氯苯超标点位，3 口浅层监测井分别位于原炼油厂、原环氧丙烷生产区和原助剂生产区，1 口深层监测井位于原环氧丙烷生产区。污染物最高检出浓度 1520000μg/L，出现在原环氧丙烷生产区 XCGW30 号浅层监测井中。

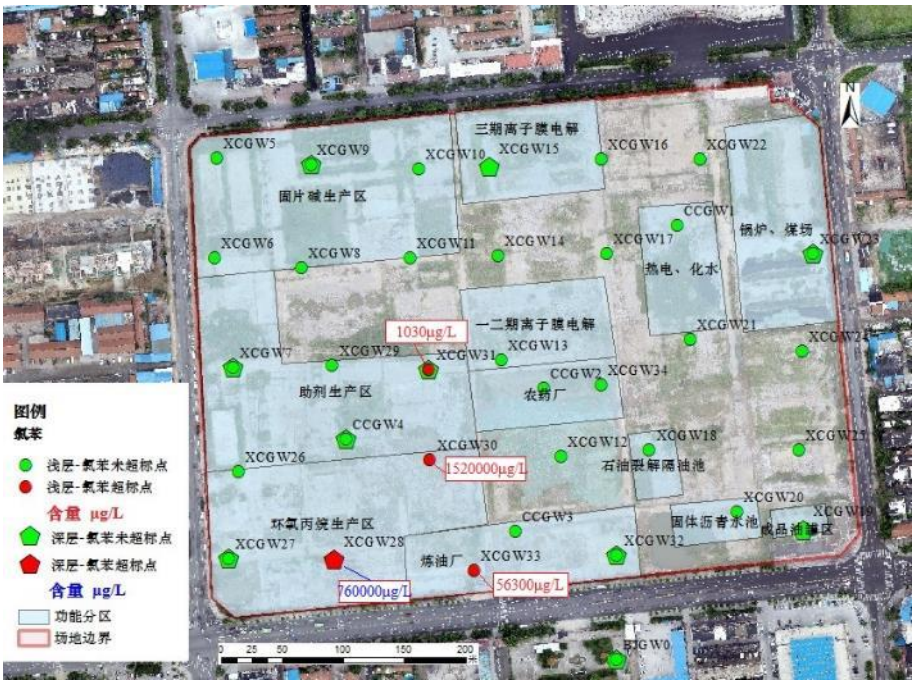


图 7-142 地下水中氯苯污染分布

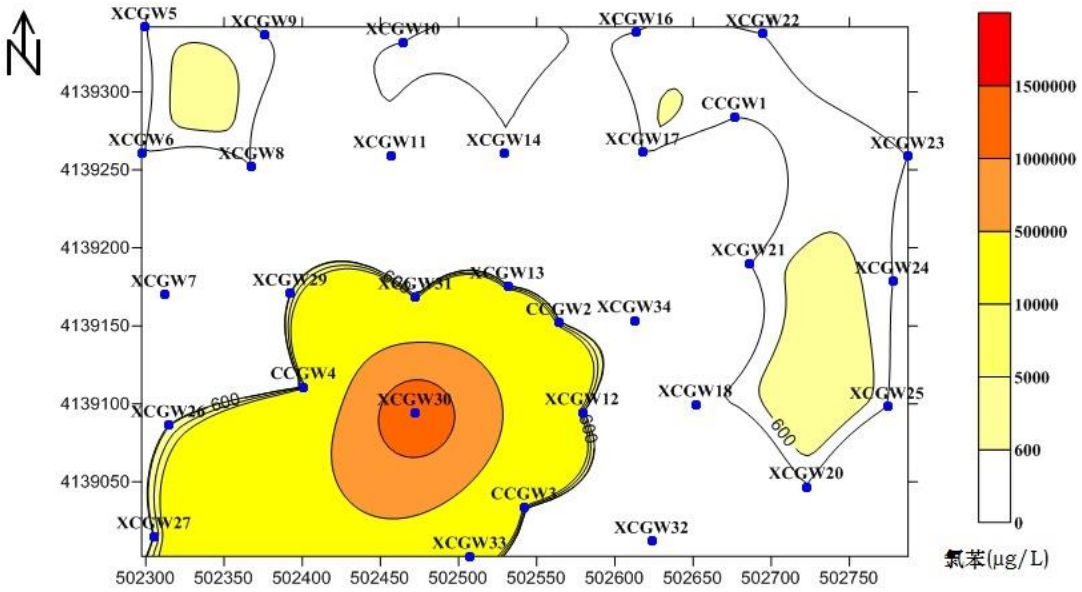


图 7-143 地下水中氯苯浓度分布（不连续滞水）

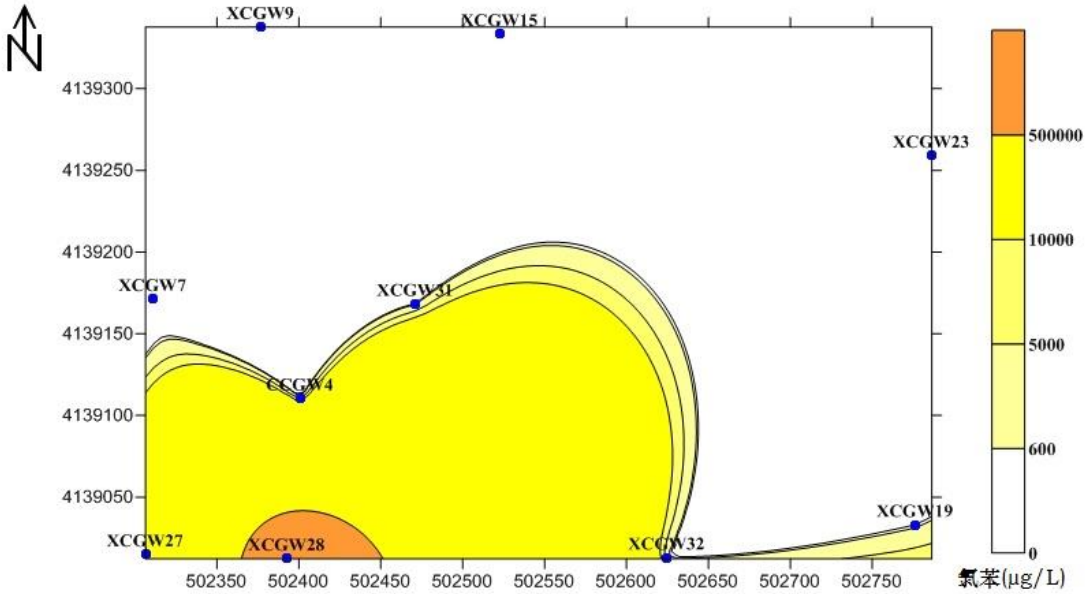


图 7-144 地下水中氯苯浓度分布（微承压潜水）

（9）1,4-二氯苯

场地内存在 3 个地下水中 1,4-二氯苯超标点位，位于原环氧丙烷生产区和原炼油厂区。最大检出浓度为 342000μg/L，位于 XCGW28 号点位深层地下水中。

图 7-145 地下水中 1,4-二氯苯污染分布

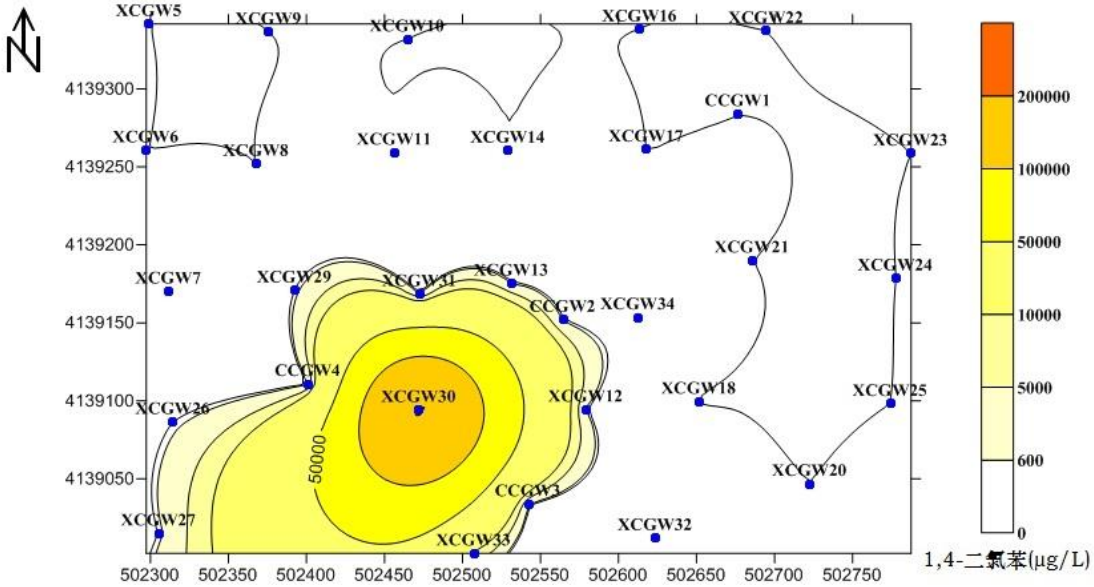


图 7-146 地下水中 1,4-二氯苯浓度分布（不连续滞水）

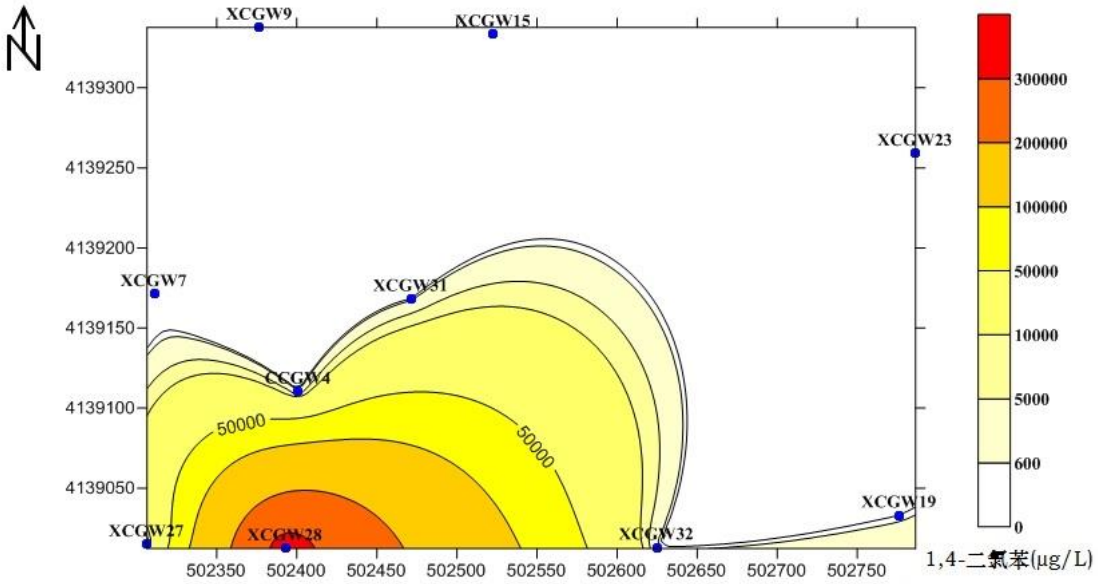


图 7-147 地下水中 1,4-二氯苯浓度分布（微承压潜水）

（10）1,2-二氯苯

地下水中 2 个 1,2-二氯苯超标污染点位全部位于原环氧丙烷生产区，深层与浅层地下水中 1,2-二氯苯浓度分别为 213000μg/L 和 180000μg/L。

图 7-148 地下水中 1,2-二氯苯污染分布

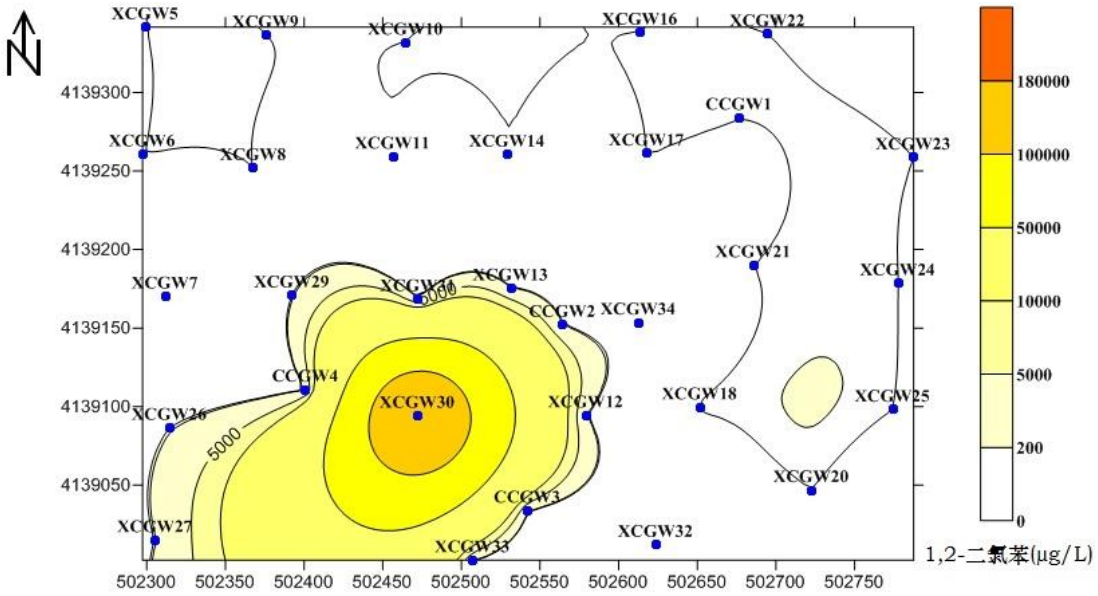


图 7-149 地下水中 1,2-二氯苯浓度分布（不连续滞水）

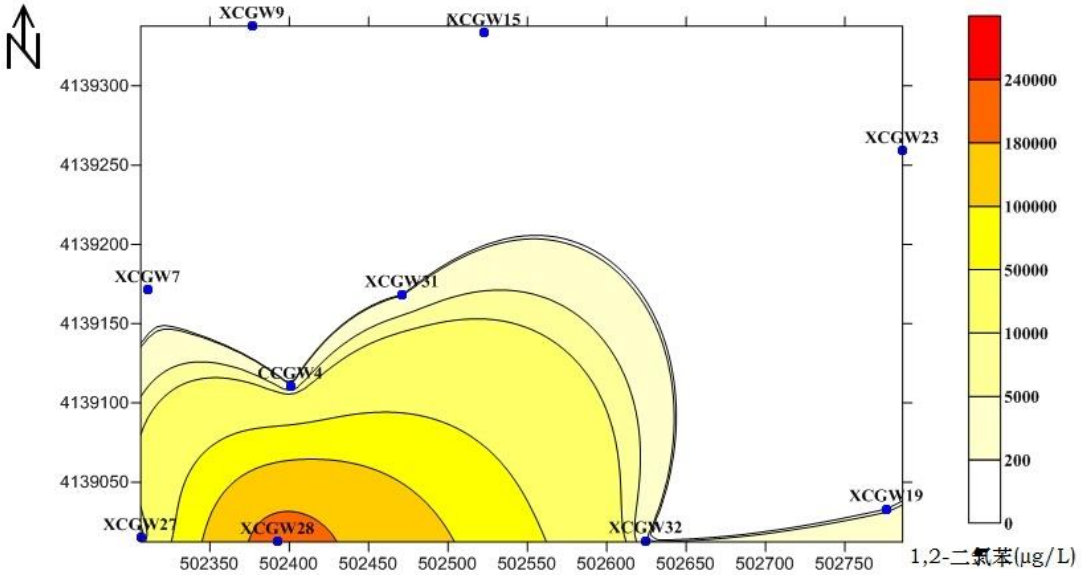


图 7-150 地下水中 1,2-二氯苯浓度分布（微承压潜水）

（11）氯仿

地下水中 2 个氯仿超标污染点位分布与 1,2-二氯苯污染点位分布完全相同，全部位于原环氧丙烷生产区，深层与浅层地下水中氯仿浓度分别为 134000μg/L 和 184000μg/L。

图 7-151 地下水中氯仿污染分布

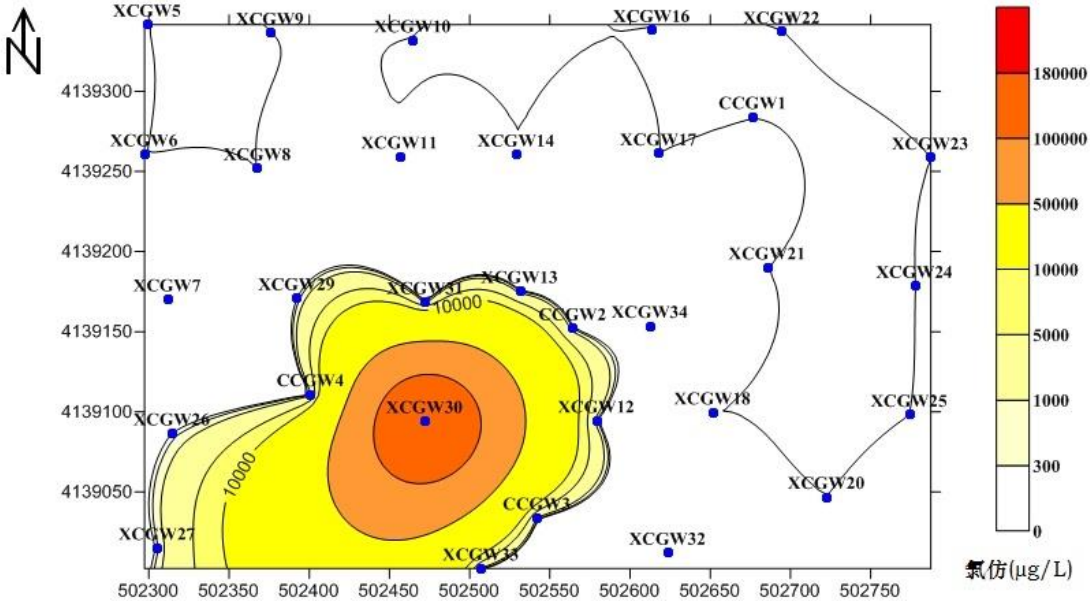


图 7-152 地下水中氯仿浓度分布（不连续滞水）

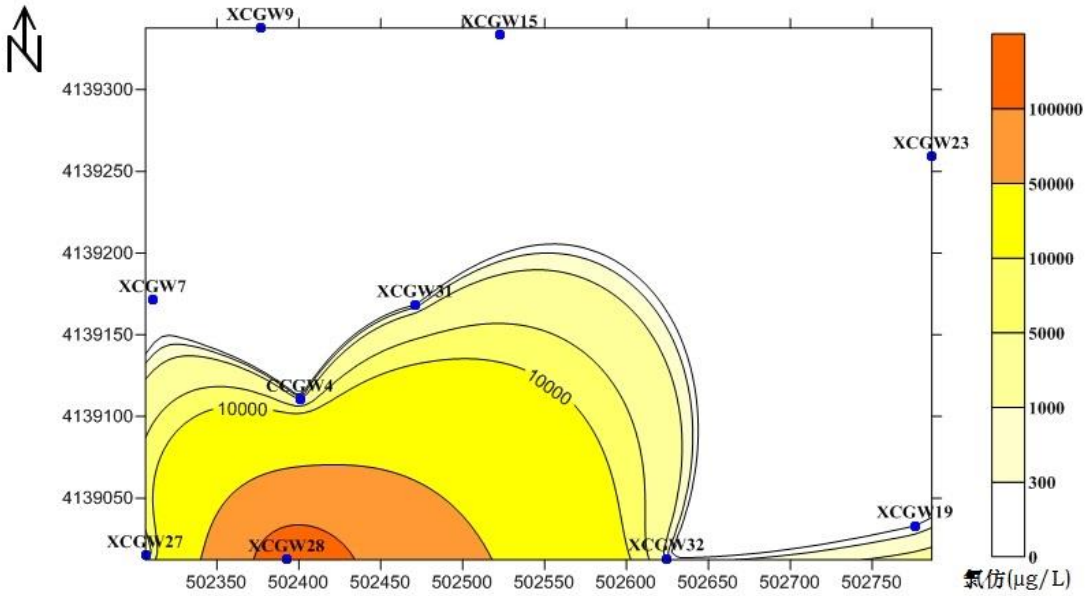


图 7-153 地下水中氯仿浓度分布（微承压潜水）

7.5.4 SVOCs 污染调查结果

7.5.4.1 SVOCs 污染检测分析

该场地地下水存在两种 SVOCs 超标污染，分别为萘和苯并(a)芘，且污染仅存在于浅层地下水中，浅层地下水中萘和苯并(a)芘样品超标率分别为 3.23%和 6.45%，最大检出浓度分别为 2550μg/L 和 2.08μg/L，均超出 3 倍筛选值。深层地下水中未检出苯并(a)芘，萘检出率 20%但未超标，具体见表 7-53。

地块大部分下部地层均存在粉粘和粘粉互层，说明存在一定的阻隔能力，使污染没有迁移到深层地下水中。

表 7-53 地下水中 SVOCs 污染物超标情况分层统计表（μg/L）

	萘		苯并(a)芘	
	表层滞水	潜水	表层滞水	潜水
检出限	0.5	0.5	0.05	0.05
检出样品数	9	2	3	0
样品检出率	29%	20%	10%	0%
超标样品数	1	0	2	0
样品超标率	**3.23%**	0.00%	**6.45%**	0.00%
样品数	31	10	31	10
最大值	2550	3.4	2.08	0
最小值	0.9	1.9	0.06	0
平均值	307.5	2.7	1.1	0.0
中位数	24.1	2.65	1.16	0
筛选值	600	600	0.5	0.5
最大超标倍数	**3**	0	**3**	0

7.5.4.1 SVOCs 污染分布特征

（1）萘

场地内地下水监测井仅 1 个萘超标点位，位于原炼油厂区的浅层地下水中，污染物浓度 2550μg/L。

图 7-154 地下水中萘污染分布

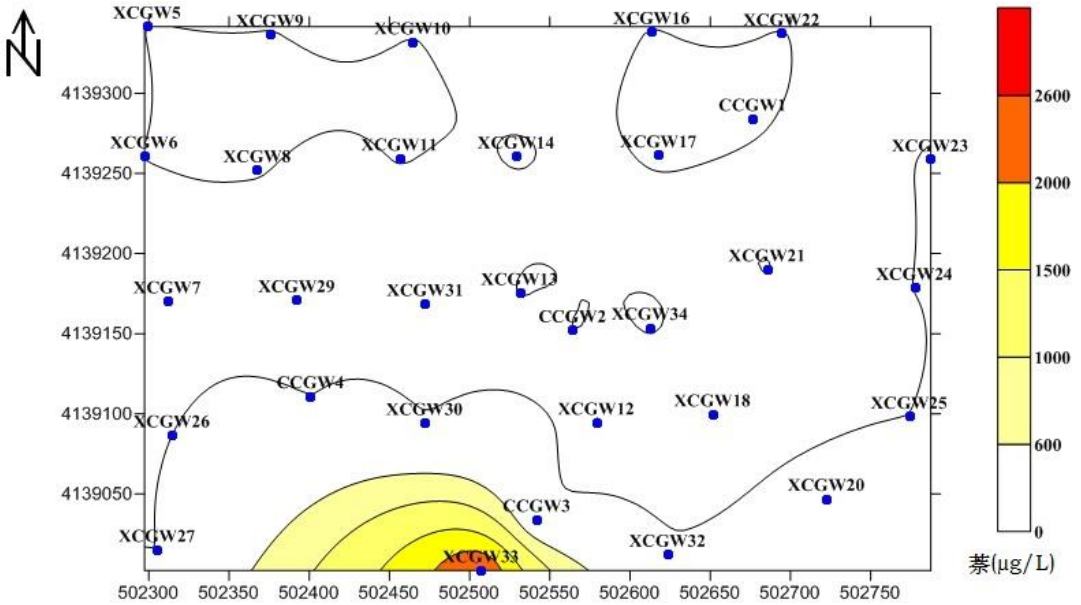


图 7-155 地下水中萘浓度分布（表层不连续滞水）

（2）苯并(a)芘

场地内地下水存在 2 个苯并(a)芘超标点位，2 个浅层污染点位分别位于原炼

油厂和原固体沥青水池区域，苯并(a)芘含量分别为 1.16μg/L 和 2.08μg/L。

图 7-156 地下水中苯并(a)芘污染分布

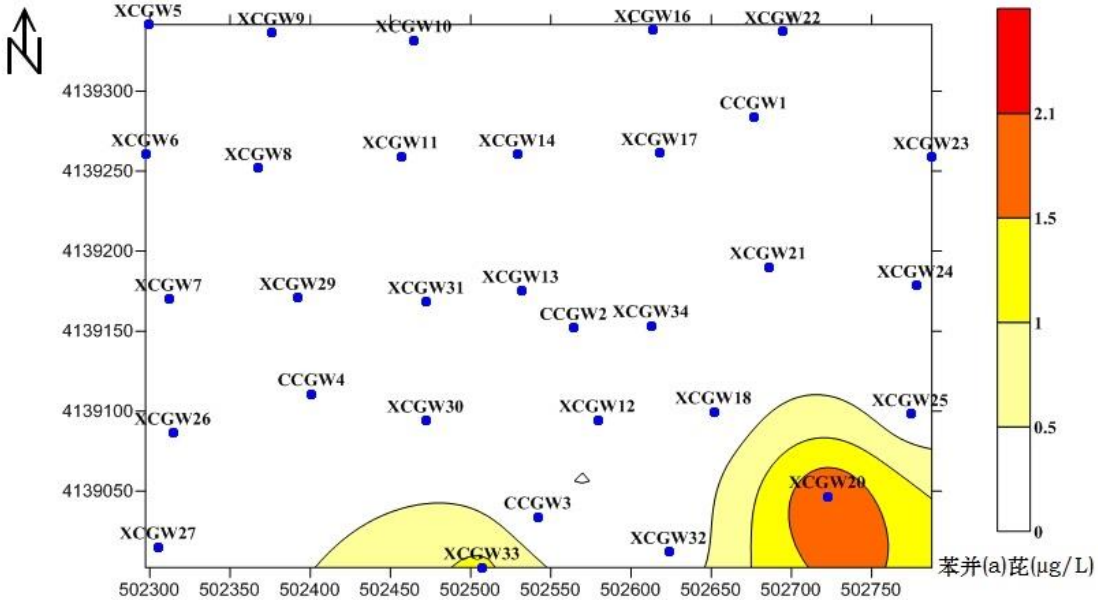


图 7-157 地下水中苯并(a)芘浓度分布（表层不连续滞水）

7.5.5 TPH 污染调查结果

GB 14848-2017 中没有给出地下水中 TPH 浓度限值，因此地下水样中总石油烃参考《污水综合排放标准》(GB8978-2002)的石油类三级排放标准（15 mg/L）。场地内地下水 TPH（C10-C40）样品检出率为 62%，最大检出浓度 12.1 mg/L，没有超出相应标准，具体见表 7-54。

表 7-54 地下水中 TPH 超标情况统计表（mg/L）

	TPH（C10-C40）
检出限	10
检出样品数	28
样品检出率	62%
超标样品数	0
样品超标率	0.00%
样品数	45
最大值	12.1
最小值	0.127
平均值	1.90
中位数	0.46
筛选值	15000
最大超标倍数	0

7.5.6 农药类污染调查结果

地下水样品进行阿特拉津和有机氯农药灭蚁灵的检测，检测结果表明地下水中未检出农药类污染物。

7.5.7 地下水模拟

7.5.7.1 典型污染物空间分布

在构建三维地质模型基础之上，将污染物 1,2-二氯丙烷在空间三维浓度分布情况进行插值分析，分析结果见图 7-158。

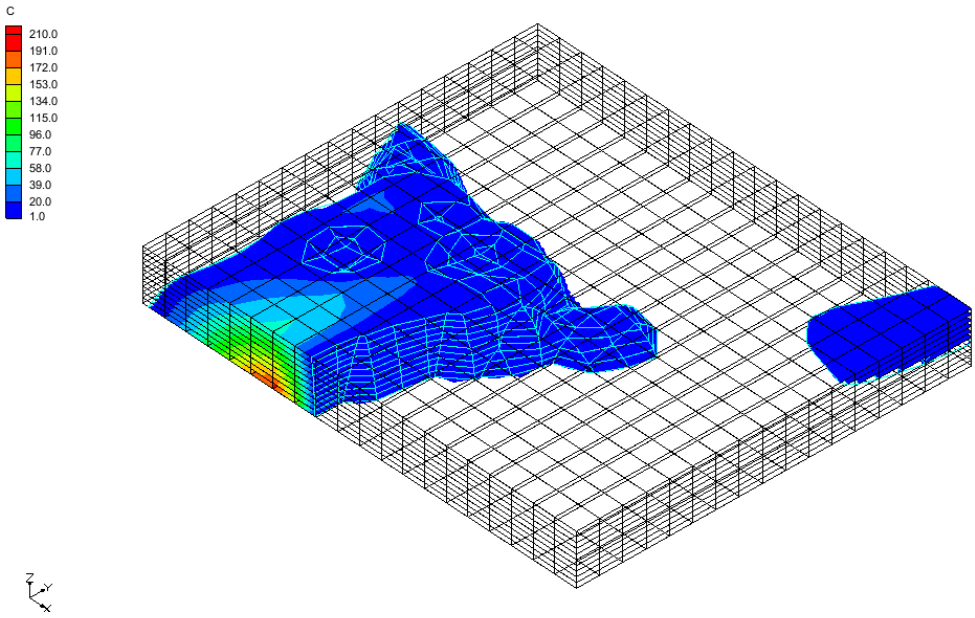


图 7-158 1,2-二氯丙烷空间三维浓度分布图

7.5.7.2 地下水水流数值模拟

本次地下水水流数值模拟主要针对目的含水层为深层含水层，建模以 GMS 软件中 Modflow 模块为基础，概化拟合场地水文地质条件，对模型进行含水层结构、边界条件等概化，建立三维稳定流模型，模拟场地现状下地下水流场，利用监测水位进行水位拟合，拟合效果见图 7-159。可以看出，拟合效果良好，基本可以反映场地深层地下水流场情况。

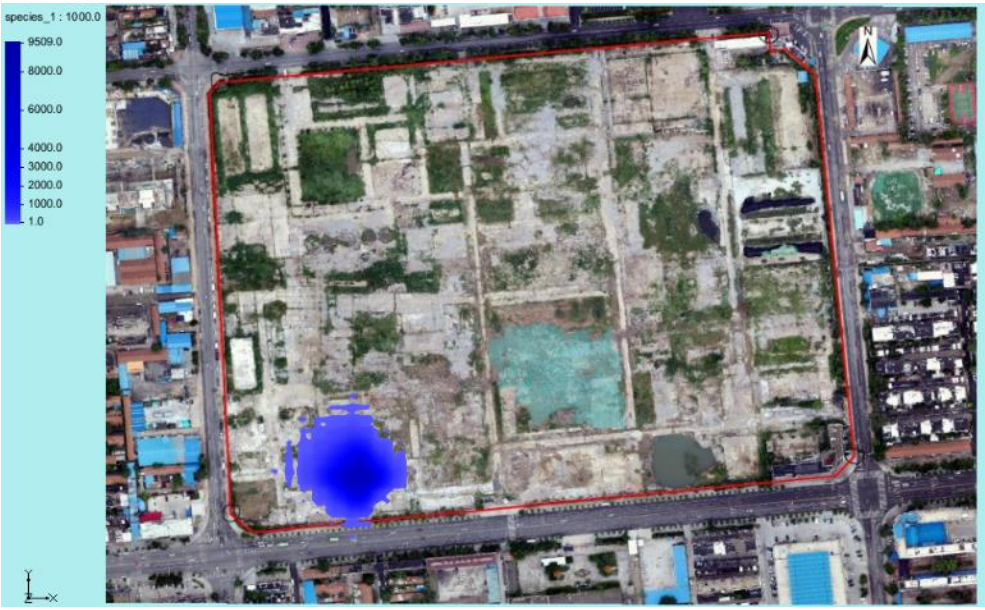
图 7-159 地下水流场拟合效果图

7.5.7.3 地下水溶质运移模拟

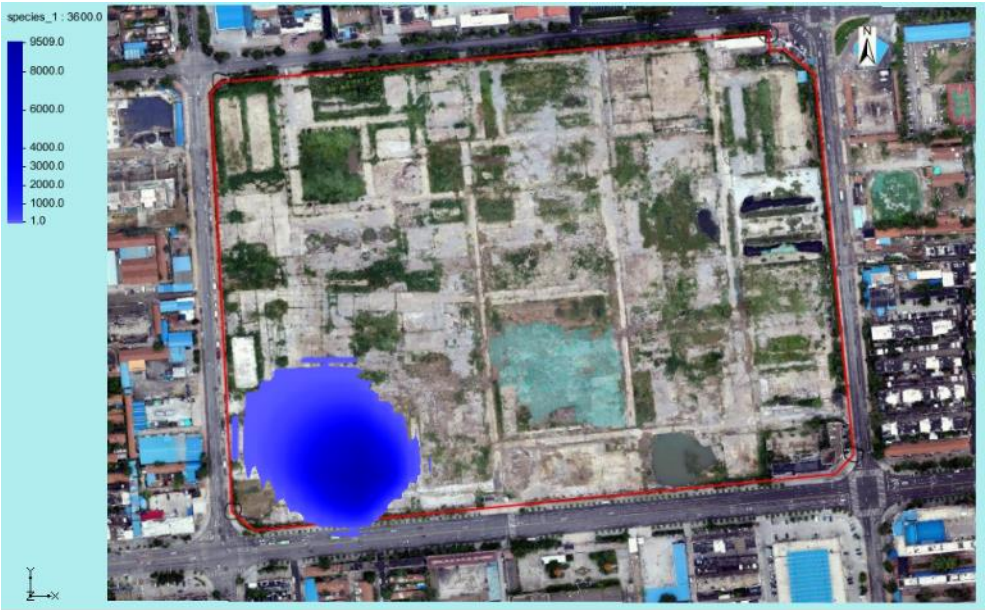
利用 GMS 中 MT3D 模块，根据仅考虑对流弥散作用下污染物的迁移途径，污染物纵向弥散系数取值 10m。利用 XCGW28 孔（1,2 二氯丙烷浓度最大值），给定浓度 8540mg/L 作为污染源，模拟污染物进入深层地下水之后可能造成的污染范围，模拟结果见图 7-160。


species_1 : 100.0
9509.0
8000.0
6000.0
4000.0
3000.0
2000.0
1000.0
1.0
N

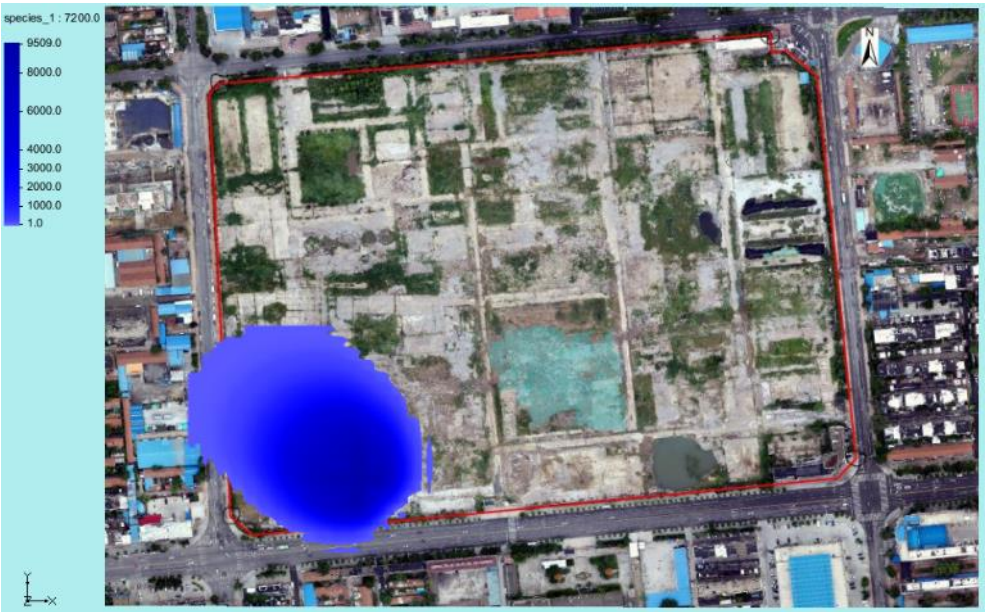
（100d）


species_1 : 1000.0
9509.0
8000.0
6000.0
4000.0
3000.0
2000.0
1000.0
1.0
N

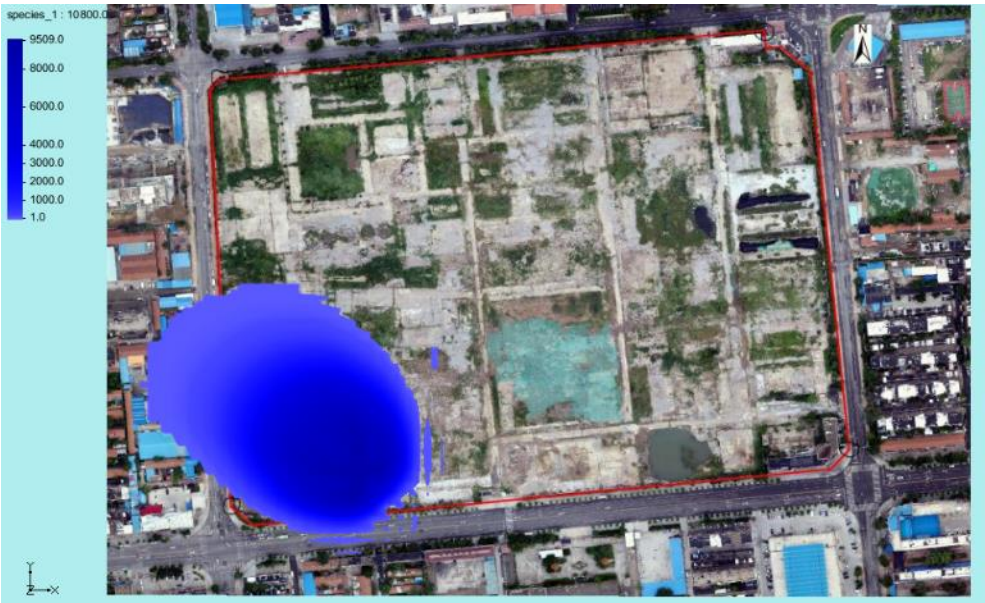
（1000d）


species_1 : 3600.0
9509.0
8000.0
6000.0
4000.0
3000.0
2000.0
1000.0
1.0

（3600d）


species_1 : 7200.0
9509.0
8000.0
6000.0
4000.0
3000.0
2000.0
1000.0
1.0

（7200d）



（10800d）

图 7-160 1,2 二氯丙烷深层地下水扩散示意图

由图可以看出，在污染物进入到含水层 20 年后，其污染范围可能超过了场地边界。

7.6 背景点调查结果

7.6.1 土壤背景点监测结果

检测结果表明，背景点土壤中六价铬、农药类、总石油烃、挥发及半挥发有机物均未检出，土壤中铜、镍、锌、铅、镉和砷 6 种重金属均 100%检出，但不存在超标情况。土壤中各指标检出情况见表 7-55 所示。

表 7-55 背景点检测结果（mg/kg）

点位编号	采样深度	pH	铜	镍	锌	铅	镉	砷
BJS0-0.5	0.5	8.09	20.01	22.98	65.11	29.20	0.07	10.50
BJS0-3.0	3.0	8.21	20.48	27.83	71.18	26.79	0.08	10.64
BJS0-6.0	6.0	7.89	24.06	30.01	70.47	29.42	0.11	12.45
BJS0-9.0	9.0	8.37	9.21	16.37	94.33	21.16	0.05	3.27
BJS0-12.0	12.0	7.99	16.23	20.41	98.42	23.49	0.04	5.53
BJS0-15.0	15.0	7.72	27.78	33.09	79.81	33.68	0.11	18.99
BJS0-18.0	18.0	7.81	18.55	26.97	74.54	27.43	0.07	11.36
BJS0-24.0	24.0	7.82	20.72	27.62	70.25	26.61	0.06	9.09

此外，山东地区土壤重金属背景统计量如表 7-56 所示。

表 7-56 背景地区土壤重金属背景统计量

物质名称	土层	顺序统计量									算术		几何		基于 95%值 A 层、C 层平均值
		最小值	5%值	10%值	25%值	中位值	75%值	90%值	95%值	最大值	平均值	标准差	平均值	标准差	
锌	A 层	14.6	30.9	37	48.8	61.9	73.6	87.9	98.9	97	63.5	18.2	60.9	1.34	118.45
	C 层	11.3	30.1	36.7	51.4	61.8	79.3	114.5	138	191.1	71.4	32.51	65.4	1.51	
镉	A 层	0.021	0.029	0.033	0.054	0.079	0.105	0.129	0.157	0.204	0.084	0.0391	0.0745	1.6601	0.167
	C 层	0.011	0.019	0.031	0.049	0.074	0.099	0.161	0.177	0.287	0.083	0.0497	0.0692	1.8643	
铅	A 层	4.7	10	15.5	19.9	24.3	29.7	35.7	43	81.4	25.8	8.59	24.5	1.38	44.55
	C 层	6.7	13.3	14.9	18.7	22.9	27.8	41.1	46.1	159.4	25.3	10.48	23.6	1.44	
砷	A 层	2.8	5.2	5.9	7	8.7	10.6	13.5	14.8	18.6	9.3	2.86	8.9	1.35	15.3
	C 层	1.6	2.7	3.6	6.8	9	11.4	14.6	15.8	48.7	9.3	3.72	8.4	1.6	
铜	A 层	1	9.2	13.6	17.7	21.7	27.8	35.2	39.3	118	24	9.79	22.3	1.46	42.75
	C 层	3.6	8.2	11.2	17.2	22.6	28.7	35.6	46.2	185.7	24.5	11.93	22	1.61	
镍	A 层	2.5	7.3	14.2	18.8	23	29.1	39.4	48.3	156.4	25.8	9	24.4	1.39	51.1
	C 层	0.3	7.6	10.5	22.6	27.5	36.5	43	53.9	215.7	29.4	13.42	26.5	1.62	
汞	A 层	0.004	0.007	0.008	0.011	0.016	0.024	0.034	0.042	0.204	0.019	0.0122	0.0163	1.7549	0.044
	C 层	0.011	0.005	0.005	0.008	0.011	0.016	0.027	0.046	0.07	0.015	0.0125	0.0121	1.8959	
备注：	A（0-20cm），犁底层														
	C 层（50-120cm）,母质层														

7.6.2 地下水背景点监测结果

背景点位于场地上游，建对井 1 对，检测结果表明，深井中硫酸盐和氯化物含量分别超出 IV 类标准 0.35 和 0.06 倍，浅井中硫酸盐含量超标 0.03 倍。

表 7-57 一般项目检出超标情况（mg/L）

	pH	色度	溶解性总固体	碘化物	氟化物	硫酸盐	氯化物	六价铬	耗氧量
BJ-深井	7.8	5	1420	0.076	1.22	**474**	**372**	0.004	2.67
BJ-浅井	7.85	10	1080	0.228	0.61	**361**	159	0.004	2.17
筛选值		25	2000	0.5	2.0	350	350	0.1	10

已知场地内地下水存在砷和钼 2 种重金属超标，萘和苯并(a)芘 2 种半挥发性有机物超标，苯、12-二氯丙烷等 11 种挥发性有机物超标，而背景点地下水中不存在超标污染物。

表 7-58 背景点污染物含量统计表

	砷	1,2-二氯乙烷	TPH	1,4-二氯苯	乙苯	间&对-二甲苯	苯	甲苯
BJ-深井	2.57	5.5	211	0.5	6.4	10.8	9.6	9.4
BJ-浅井	3.42	1.4	138	0.5	2.8	5.1	3.7	4.4
筛选值	50	40	15000	600	600	1000	120	1400
	钼	三氯乙烯	氯苯	1,2-二氯苯	氯仿	1,2-二氯丙烷	萘	苯并(a)芘
BJ-深井	18	1.2	1	0.5	1.4	30.8	0.7	0.05
BJ-浅井	12.7	1.2	1	0.5	1.4	37.4	0.5	0.05
筛选值	150	210	600	200	300	60	600	0.5

7.7 地表水/底泥污染调查结果

7.7.1 地表水调查结果

地表水中一般理化指标存在氟化物、化学需氧量、氨氮、氯化物和硫酸盐超标情况，超标情况见表 7-59，污染分布如图 7-161 所示。

表 7-59 地表水中一般理化指标检测结果分析

	pH	氟化物	COD_{Cr}	氨氮	总磷	挥发酚	石油类	氯化物	碘化物	硫酸盐
单位	无量纲	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
检出限	/	0.05	4	0.025	0.01	0.0003	0.01	1	0.05	0.018
DBW-1	7.29	**1.6**	**93**	**3.56**	0.575	0.0004	0.18	34.8	0.39	150
DBW-2	7.31	0.8	21	0.123	0.402	0.0006	0.15	**284**	<0.05	120
DBW-3	7.59	1.21	28	0.097	0.047	<0.0003	0.12	**295**	<0.05	**611**

	pH	氟化物	COD_{Cr}	氨氮	总磷	挥发酚	石油类	氯化物	碘化物	硫酸盐
筛选值	6~9	1.5	30	1.5	1.5	0.01	0.5	250	0.5	250

注：基本项目采用《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准限值；其他项目采用 GB3838-2002 中规定的集中式生活饮用水源地补充项目和特定项目标准限值；碘化物含量采用 GB14848-2017 IV 类标准限值

原固片碱生产区地表水中氟化物、化学需氧量和氨氮含量分别超标 0.07、2.10 和 1.37 倍，原固体沥青水池区域地表水中氯化物含量超标 0.14 倍，原热电、化水车间氯化物含量超标 0.18 倍，且硫酸盐含量超标 1.44 倍。

图 7-161 地表水中污染物分布示意图

地表水样品中未检出挥发性有机物；检出 1 种半挥发有机物邻苯二甲酸二(2-乙基已基)酯；检出重金属 5 种，分别为砷、铜、汞、锌和钼，地表水中不存在重金属和有机物超标情况，检测结果见表 7-60。

表 7-60 地表水重金属/有机物检测结果分析

	砷	铜	汞	锌	钼	邻苯二甲酸二(2-乙基已基)酯
单位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L
检出限	0.0003	0.01	0.00004	0.01	0.00006	0.5
DBW-1	0.0919	0.25	0.00061	0.01	0.0463	1.5
DBW-2	0.0076	<0.01	<0.00004	<0.01	0.0113	<0.5
DBW-3	0.0074	<0.01	<0.00004	<0.01	0.0382	<0.5
筛选值	0.1	1.0	0.001	2.0	0.07	8

注：采用《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准限值

7.7.2 底泥调查结果

对 3 个底泥样品进行六价铬、重金属和挥发性有机物的检测，结果表明六价铬与挥发性有机物均未检出，6 种重金属检出率均在 100%，但不存在超标现象，底泥的检测结果见表 7-61。

表 7-61 底泥污染检测结果分析

	pH	**铜**	**镍**	**锌**	**铅**	**镉**	**砷**
检出限	-	1	5	0.5	0.1	0.01	0.01
单位	无量纲	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
DN-1	8.08	469.96	34.25	127.80	9.99	0.16	9.65
DN-2	8.31	85.81	29.71	88.90	12.33	0.15	8.96
DN-3	8.28	18.15	28.13	69.18	10.71	0.21	14.84
筛选值	-	2000	150	3500	400	20	20

注：采用《土壤环境质量建设用地标准》（GB 36600-2018）一类用地筛选值

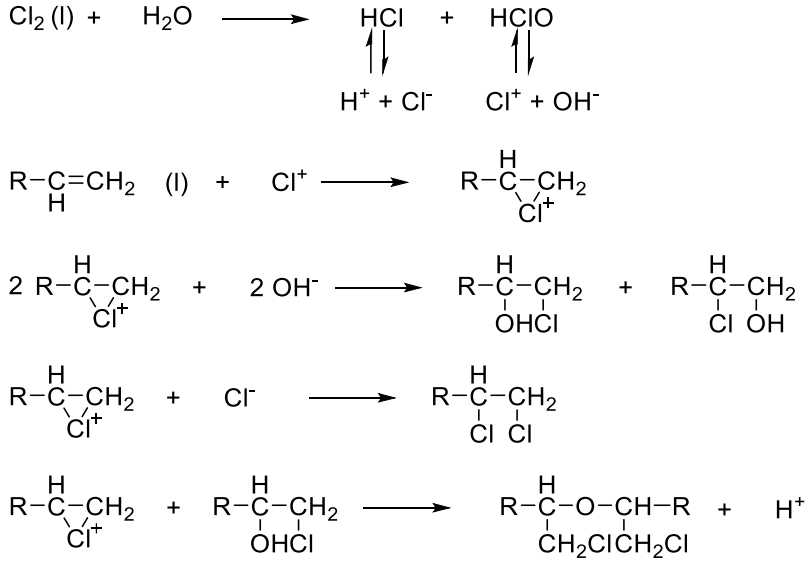
7.8 污染成因分析

综合以上土壤及地下水特征污染物所述情况，重金属主要以砷超标为主，挥发性有机物以苯、乙苯等苯系物，1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、氯仿、1,2,3-三氯丙烷等氯代烃为主，半挥发性有机物主要以苯并(a)芘为主，此外还存在 β-六六六和 TPH（C_{10}-C_{40}）污染。

重金属砷超标点位较为普遍，但超标程度较高点位并不多且主要位于重点关注区。三期离子膜电解区曾为磷肥厂，我国磷矿石常常伴生砷矿石，重金属可能通过雨水淋融作用进入土壤，可能由此导致原磷肥生产车间产生砷污染。此外，场地内原存在硫酸生产工艺，硫铁矿同样伴生重金属砷，因此生产区可能存在重金属砷污染。有资料显示，炉渣和烟气中可能存在低含量的砷，滨化老厂区建厂较早，推测对锅炉和烧煤尾气处理效果不佳，且了解到滨州市风向冬季以偏北风为主，夏季以偏南风为主，烟气中的灰尘表面附着一定污染物，污染物可能随排放的尾气迁移至下风向区域，导致地块范围内存在一定量砷的轻微超标。部分较重点位可能由于早期燃煤堆放或是其他原因造成。

场地内 VOCs 污染主要以**氯代烃**为主，且由调查可知氯代烃是该地块主要污染物之一。滨化集团化工分公司是国内为数不多的生产 PO 厂家，主要工艺为氯醇法制环氧丙烷生产工艺，由于地块生产历史较为久远，其中氯醇化是将烯烃与溶解于水中与氯气反应生成氯醇的过程，其原料氯气、丙烯或是反应过程中烯醇

化中间体不稳定，易发生其他氯代副反应，可能产生以上含氯单链有机物污染物。可能发生的副反应如下所示：



此外炼油厂、石油裂解隔油池、沥青水池附近存在大面积氯代烃污染，原油中的有机氯污染这可能来自于①天然存在的含氯有机化合物浓缩在胶质和沥青质中；②采油过程中添加的含氯油田化学助剂。部分油田采用了含有氯代烃的降凝剂、清蜡剂、水处理剂、减黏剂等采油助剂，因此使原油中存在了含氯有机化合物，而这些含氯有机化合物用电脱盐装置不容易被脱除。部分亲油性或者油溶性的化学药剂将随着原油进入到炼油厂的加工装置；③原油中的含氯有机化合物也有可能来自炼厂内部。炼厂使用的大量化学助剂中可能存在有机氯组分，均会导致原油一次及二次加工的污染。由于早期生产条件简陋或管理粗放，造成一定程度“跑、冒、滴、漏”，下渗到土壤中，从而对土壤和地下水造成一定污染。

部分苯系物和多环芳烃污染主要集中于原 PO 生产区、炼油和石油沥青相关区。苯系物和多环芳烃污染可能来自于原生产区所使用的原辅材料与生产产品由于没有进行完好的遮挡且地面没有防渗措施，被雨水冲刷后或直接进入土壤使土壤受到污染。同时炼油厂和石油裂解隔油池附近的苯和多环芳烃污染可能作为煤焦油分馏或石油的裂解产物产生的。而项目区大部分下部地层均存在粉粘和粘粉互层，存在一定的阻隔能力，使点位超标多发生在上层。

炼油厂生产过程中所使用的生产装置机械泵冷却水、油气冷凝水、油品以及油气水洗水、有关油品切水、油罐设备清洗水等废水可能造成污水储存区和处理区 TPH 污染物含量过高，而成品油储罐区可能由于产品遗撒或跑冒滴漏，造成

存储区 **TPH 污染**。

β-六六六主要集中于原农药生产区，滨化老厂区建厂较早，推测由于早期生产或管理粗放，导则部分原辅材料或产物遗撒、泄露最终下渗到土壤当中，而项目地块大部分下部地层均存在粉粘和粘粉互层，存在一定的阻隔能力，使污染集中在表层土壤中。

此外，地块改扩建过程中，废渣的随意填埋和化工产品装卸过程中残夜的随意倾倒，也都可能导致土壤喝地下水的污染。

7.9 详细调查结论

本次共计调查了 5 中类型环境介质，调查结果表明，场地内土壤和地下水受不同程度的污染，需进行下一步风险评估，具体如下。

（1）土壤

场地内存在砷和铅 2 种重金属和六价铬超标情况，重金属污染以砷为主。铅污染仅超出一类用地筛选值，且污染仅存在于 0~1.6m 杂填土中。重金属砷污染最深达到第五-1 层（20.6~26.0m）土壤中，污染分布在原助剂生产区与原三期离子膜电解区，第三-1 层（8.3~12.0m）原农药厂、炼油厂、热电、化水及原锅炉煤场出现大面积超污染分布。

场地内 VOCs 污染主要以苯系物和氯代烃为主，主要分布在重点关注区，且以原环氧丙烷生产区和原助剂生产区为重污染区域。存在超标物质 13 种，其中 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯和甲苯同时超出一类和二类用地筛选值，1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、邻-二甲苯和 1,2-二溴乙烷仅超出一类用地筛选值。场地受 1,2-二氯丙烷污染严重，从表层（0~1.6m）到第六层（34.0~38.0m）各亚层均可检测到大面积污染分布，苯和 1,4-二氯苯污染最深达到第五-1 层（20.6~26.0m），1,2,3-三氯丙烷、氯仿、1,2-二氯乙烷污染最深达到第五-2 层（26.0~34.0m），其余污染物污染面积较小，且污染多发生于上层土层中。

场地土壤中存在 SVOCs 超标污染物 7 种，分别为萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽和 3,3-二氯联苯胺。其中 3,3-二氯联苯胺和二苯并(a,h)蒽仅超出一类用地筛选标准。苯并(a)芘样品超标率最高，采用一类与二类筛选值对比，样品超标率分别为 2.54%和 1.93%，最大检出浓度

42 mg/kg，分别超标 75.36 倍和 27 倍；采用一类筛选标准，其余污染的样品超标率在 0.10%~0.51%之间，最大超标倍数在 1.46 倍~4.36 倍之间；采用二类用地筛选标准，其余各污染的样品超标率在 0.10%~0.20%之间，最大超标倍数在 0.10 倍~0.97 倍之间。

场地内 TPH 最大检出浓度 39600 mg/kg，分别超出一类和二类用地筛选标准 46.94 倍和 7.80 倍。污染存在于第一层（0~1.6m）、第二-1 层（1.6-3.0m）、第二-2 层（3.0-4.5m）和第三-2 层（12.0-16.7m）土壤中，较集中分布于原炼油厂和原石油裂解隔油池东侧。

土壤中有机农药类污染物仅 β-六六六 1 种检出物质，最大检出浓度 4.31 mg/kg，分别超出一类和二类标准 12.47 和 3.68 倍，且污染主要存在于第一层（0~1.6m）表层杂填土，集中存在于原农药厂东侧。

此外，场地内不存在二噁英或环氧丙烷污染情况。

（2）地下水

地下水中存在砷和钼 2 种重金属超标，污染以浅层地下水为主，主要分布在重点关注区，砷污染范围较广，除重点关注区外锅炉/煤场、原固体沥青水池仍存在超标污染。

地下水中存在 11 种 VOCs 污染物超标，分别为苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯和氯仿。其中 1,2-二氯丙烷污染最为严重，样品超标率 53.33%，最高超标 146166 倍，苯超标倍数次之，最大超标倍数 20749 倍，其次甲苯超标 6956 倍，1,2-二氯乙烷超标 3224 倍；氯苯最高超标 2532 倍；乙苯、间&对-二甲苯分别超标 1092、1089 和 1169 倍；三氯乙烯、1,4-二氯苯和氯仿样品超标率在 4.44%~11.11%之间，分别最多超标 122 倍、569 倍和 612 倍。地下水中 VOCs 污染物主要集中在重点关注区，但 1,2-二氯丙烷在场地东侧疑似污染区存在大量超标浅层地下水点位。

场地内建有 7 口对井，污染物在对井中的浓度分布表明，场地内局部地区的粘土和粉粘互层对污染物的垂直下渗存在一定的阻隔作用，但并不能完全阻隔污染，且苯、甲苯、1,2-二氯丙烷等挥发性有机污染物存在深层浓度含量更高的现象。

该场地地下水存在两种 SVOCs 超标污染，分别为萘和苯并(a)芘，且污染仅存在于浅层地下水中，浅层地下水中萘和苯并(a)芘样品超标率分别为 3.23%和

6.45%，最大检出浓度分别为 2550μg/L 和 2.08μg/L，均超出 3 倍筛选值。深层地下水中未检出苯并(a)芘，萘检出率 20%但未超标。

地下水样品中部分检出 TPH 但未超出对应的筛选值，农药类污染物未检出。

（3）地表水/底泥

地表水样品中未检出挥发性有机物；检出 1 种半挥发有机物邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯；检出重金属 5 种，分别为砷、铜、汞、锌和钼，通过对比《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）IV 类标准限值，均不存在超标。

地表水中一般理化指标存在氟化物、化学需氧量、氨氮、氯化物和硫酸盐超标情况。原固片碱生产区地表水中氟化物、化学需氧量和氨氮含量分别超标 0.07、2.10 和 1.37 倍，原固体沥青水池区域地表水中氯化物含量超标 0.14 倍，原热电、化水车间氯化物含量超标 0.18 倍，且硫酸盐含量超标 1.44 倍。

对 3 个底泥样品进行六价铬、重金属和挥发性有机物的检测，结果表明六价铬与挥发性有机物均未检出。6 种重金属检出率均在 100%，通过与《土壤环境质量建设用地标准》（GB 36600-2018）中一类用地筛选值进行对比，均不存在超标现象。

（4）建筑垃圾

建筑垃圾浸出液中仅有锌和砷两种重金属检出，但含量没有超出《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准对应限值，但 JZLJ1 号样品浸出液 pH 值为 9.24，超出 pH 6~9 范围，该点位位于原固片碱生产车间。

因此场地内其他区域建筑垃圾样品属于 I 类一般工业固体废物，可直接进行填埋；原固片碱生产区域建筑垃圾属 II 类一般工业固体废物，建议处理后填埋。

第8章 详细调查结论和建议

8.1 土壤调查结论

（1）重金属和无机物

场地内存在砷和铅 2 种重金属和六价铬超标情况，重金属污染以砷为主。铅污染仅超出一类用地筛选值，且污染仅存在于 0~1.6m 杂填土中。重金属砷污染深度最深达到第五-1 层（20.6~26.0m）土壤中，污染分布在原助剂生产区与原三期离子膜电解区，第三-1 层（8.3~12.0m）原农药厂、炼油厂、热电、化水及原锅炉煤场出现大面积超污染分布。

三期离子膜电解区曾为磷肥厂，已知我国磷矿石常常伴生砷矿石，且滨化地区降水量 564.8mm，重金属可能通过雨水淋融作用进入土壤，可能由此导致原磷肥生产车间产生砷污染。且场地内原存在硫酸生产工艺，硫铁矿同样伴生重金属砷，因此生产区可能存在重金属砷污染。有资料显示，炉渣和烟气中可能存在低含量的砷，滨化老厂区建厂较早，推测对锅炉和烧煤尾气处理效果不佳，且了解到滨州市风向冬季以偏北风为主，夏季以偏南风为主，烟气中的灰尘表面附着一定污染物，污染物可能随排放的尾气迁移至下风向区域，导致地块范围内存在一定量砷的轻微超标。部分较重点位可能由于早期燃煤堆放或是其他原因造成。

（2）VOCs

场地内 VOCs 污染主要以苯系物和氯代烃为主，主要分布在重点关注区，且以原环氧丙烷生产区和原助剂生产区为重污染区域。存在超标物质 13 种，其中 1,2-二氯丙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、苯、乙苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯乙烷、间&对-二甲苯和甲苯同时超出一类和二类用地筛选值，1,1,2,2-四氯乙烷、三氯乙烯、邻-二甲苯和 1,2-二溴乙烷仅超出一类用地筛选值。场地受 1,2-二氯丙烷污染严重，从表层（0~1.6m）到第六层（34.0~38.0m）各亚层均可检测到大面积污染分布，最高检出浓度 2460mg/kg 分别超出一类和二类用地筛选值 2459 倍和 491 倍。苯和 1,4-二氯苯污染最深达到第五-1 层（20.6~26.0m），1,2,3-三氯丙烷、氯仿、1,2-二氯乙烷污染最深达到第五-2 层（26.0~34.0m），其余污染物污染面积较小，且污染多发生于上层土层中。

VOCs 污染主要分布在重点关注区，且以原环氧丙烷生产区为重污染区域。

滨化集团化工分公司是国内为数不多的生产 PO 厂家，主要工艺为氯醇法制环氧丙烷生产工艺，由于地块生产历史较为久远，其中氯醇化是将烯烃与溶解于水中氯气反应生成氯醇的过程，其原料氯气、丙烯或是反应过程中烯醇化中间体不稳定，易发生其他氯代副反应，可能产生以上含氯单链有机物污染物此外，由助剂生产工艺可知，主要进行破乳剂的聚合反应，过程可能发生副反应生成二（2-氯异丙基）醚和二（2-氯异丙基）醚等有机污染物，且这些污染物集中于原助剂生产区。由于早期生产或管理粗放，造成一定程度“跑、冒、滴、漏”，下渗到土壤中，从而对土壤和地下水造成一定污染。

此外炼油厂、石油裂解隔油池、沥青水池附近存在大面积氯代烃污染，原油中的有机氯污染这可能来自于①天然存在的含氯有机化合物浓缩在胶质和沥青质中；②采油过程中添加的含氯油田化学助剂。部分油田采用了含有氯代烃的降凝剂、清蜡剂、水处理剂、减黏剂等采油助剂，因此使原油中存在了含氯有机化合物，而这些含氯有机化合物用电脱盐装置不容易被脱除。部分亲油性或者油溶性的化学药剂将随着原油进入到炼油厂的加工装置；③原油中的含氯有机化合物也有可能来自炼厂内部。炼厂使用的大量化学助剂中可能存在有机氯组分，均会导致原油一次及二次加工的污染。

（3）SVOCs

场地土壤中存在 SVOCs 超标污染物 7 种，分别为萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽和 3,3-二氯联苯胺。其中 3,3-二氯联苯胺和二苯并(a,h)蒽仅超出一类用地筛选标准。苯并(a)芘样品超标率最高，采用一类与二类筛选值对比，样品超标率分别为 2.54%和 1.93%，最大检出浓度 42 mg/kg，分别超标 75.36 倍和 27 倍；采用一类筛选标准，其余污染的样品超标率在 0.10%~0.51%之间，最大超标倍数在 1.46 倍~4.36 倍之间；采用二类用地筛选标准，其余各污染的样品超标率在 0.10%~0.20%之间，最大超标倍数在 0.10 倍~0.97 倍之间。

SVOCs 超标污染主要分布在表层，深层土壤中各污染物均有不同程度的检出，但未超过响应的筛选值。且除苯并(a)芘污染面积范围较大外，其余污染物仅存在小面积污染。污染产生原因可能是由于该区域主要为环氧丙烷的生产车间，原辅材料与生产产品由于没有进行完好的遮挡且地面没有防渗措施，被雨水冲刷后或直接进入土壤使土壤受到污染。而项目地块大部分下部地层均存在粉粘和粘

粉互层，存在一定的阻隔能力，使点位超标多发生在上层。

（4）TPH

场地内 TPH 最大检出浓度 39600 mg/kg，分别超出一类和二类用地筛选标准 46.94 倍和 7.80 倍。污染存在于第一层（0~1.6m）、第二-1 层（1.6-3.0m）、第二-2 层（3.0-4.5m）和第三-2 层（12.0-16.7m）土壤中，较集中分布于原炼油厂和原石油裂解隔油池东侧。

炼油厂生产过程中所使用的生产装置机械泵冷却水、油气冷凝水、油品以及油气水洗水、有关油品切水、油罐设备清洗水等废水可能造成污水储存区和处理区 TPH 污染物含量过高，而成品油储罐区可能由于产品遗撒或跑冒滴漏，造成存储区 TPH 污染。

（5）农药类污染物

场地调查阶段共送检 119 个土壤样品进行农药类污染物的检测，检测项目包括 α-六六六、p,p'-滴滴依、异狄氏剂酮等在内的 20 种有机氯农药，和包括敌敌畏、久效磷、甲基谷硫磷等在内的 17 种有机磷农药。结果表明有机农药类污染物仅 β-六六六 1 种检出物质，最大检出浓度 4.31 mg/kg，分别超出一类和二类标准 12.47 和 3.68 倍，且污染主要存在于第一层（0~1.6m）表层杂填土，集中存在于原农药厂东侧。

（6）二噁英

送检重点关注区 3 个土壤样品进行二噁英的检测，检测结果表明二噁英类总毒性当量在 0.38~1.1ng/kg，远低于 GB36600-2018 中二噁英类（总毒性当量）一类用地筛选值 10^{-5}mg/kg，以此判断场地内不存在二噁英污染情况。

（7）环氧丙烷

由于环氧丙烷沸点仅 34°C，常温下难以定量分析，因此通过专业判断法，在最有可能受环氧丙烷污染物原生产区采集 4 个土壤样品，采用吹扫捕集/气相色谱-质谱法 HJ 605 进行定性分析，结果表明土壤样品不存在环氧丙烷特征峰，因此判断场地内土壤不存在环氧丙烷污染物。

8.2 地下水调查结论

（1）重金属

地下水中存在砷和钼 2 种重金属超标，污染以浅层地下水为主，主要分布在

重点关注区，砷污染范围较广，除重点关注区外锅炉/煤场、原固体沥青水池仍存在超标污染。

（2）VOCs

地下水中存在 11 种 VOCs 污染物超标，分别为苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、氯苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯和氯仿。

其中 1,2-二氯丙烷污染最为严重，样品超标率 53.33%，最高超标 146166 倍，苯超标倍数次之，最大超标倍数 20749 倍，其次甲苯超标 6956 倍，1,2-二氯乙烷超标 3224 倍；氯苯最高超标 2532 倍；乙苯、间&对-二甲苯分别超标 1092、1089 和 1169 倍；三氯乙烯、1,4-二氯苯和氯仿样品超标率在 4.44%~11.11%之间，分别最多超标 122 倍、569 倍和 612 倍。

地下水中 VOCs 污染物主要集中在重点关注区，但 1,2-二氯丙烷在场地东侧疑似污染区存在大量超标浅层地下水点位。甲苯、间&对-二甲苯最大超标浓度分别存在于原环氧丙烷生产区临近边界的 XCGW27 号对井的深层、浅层地下水中；苯、乙苯最大超标浓度分别存在于原炼油厂区 XCGW33 号对井的深层、浅层地下水中；苯、氯苯和 1,2-二氯丙烷最大超标浓度都位于原环氧丙烷生产区 XCGW30 号浅层地下水中；1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和 1,4-二氯苯最大超标浓度都位于原环氧丙烷生产区 XCGW28 深层地下水中。

场地内建有 7 口对井，污染物在对井中的浓度分布表明，场地内局部地区的粘土和粉粘互层对污染物的垂直下渗存在一定的阻隔作用，但并不能完全阻隔污染，且苯、甲苯、1,2-二氯丙烷等挥发性有机污染物存在深层浓度含量更高的现象。

（3）SVOCs

该场地地下水存在两种 SVOCs 超标污染，分别为萘和苯并(a)芘，且污染仅存在于浅层地下水中，浅层地下水中萘和苯并(a)芘样品超标率分别为 3.23%和 6.45%，最大检出浓度分别为 2550μg/L 和 2.08μg/L，均超出 3 倍筛选值。深层地下水中未检出苯并(a)芘，萘检出率 20%但未超标。

地块大部分下部地层均存在粉粘和粘粉互层，说明存在一定的阻隔能力，使污染没有迁移到深层地下水中。

（4）其他

地下水样品中部分检出 TPH 但未超出对应的筛选值，农药类污染物未检出。

8.3 地表水/底泥调查结论

地表水样品中未检出挥发性有机物；检出 1 种半挥发有机物邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯；检出重金属 5 种，分别为砷、铜、汞、锌和钼，通过对比《地表水环境质量标准》（GB3838-2002） IV 类标准限值，均不存在超标。

地表水中一般理化指标存在氟化物、化学需氧量、氨氮、氯化物和硫酸盐超标情况。原固片碱生产区地表水中氟化物、化学需氧量和氨氮含量分别超标 0.07、2.10 和 1.37 倍，原固体沥青水池区域地表水中氯化物含量超标 0.14 倍，原热电、化水车间氯化物含量超标 0.18 倍，且硫酸盐含量超标 1.44 倍。

对 3 个底泥样品进行六价铬、重金属和挥发性有机物的检测，结果表明六价铬与挥发性有机物均未检出。6 种重金属检出率均在 100%，通过与《土壤环境质量建设用地标准》（GB 36600-2018）中一类用地筛选值进行对比，均不存在超标现象。

8.4 建筑垃圾调查结论

建筑垃圾浸出液中仅有锌和砷两种重金属检出，但含量没有超出《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准对应限值，但 JZLJ1 号样品浸出液 pH 值为 9.24，超出 pH 6~9 范围，该点位位于原固片碱生产车间，固片碱生产过程最高需用到浓度 98.5%的 NaOH 溶液，生产过程中高浓度 NaOH 溶液的遗撒、泄露，或固片碱产品粗放式生产和堆放都可能导致该区域土壤受到碱污染。

因此场地内其他区域建筑垃圾样品属于 I 类一般工业固体废物，可直接进行填埋；原固片碱生产区域建筑垃圾属 II 类一般工业固体废物，建议处理后填埋。

8.5 水文地质调查结论

8.5.1 地层岩性

本次调查共完成 308 个土壤钻孔（前期 4+初查 36+详查 209+补充调查 58+背景点 1），根据本次勘探所揭示的土层情况，按地层沉积年代、成因类型，将场地最大勘探深度（38.0m）范围内的地层划分为人工堆积层、第四纪沉积层两大

类，按照土层岩性、赋水特征及其物理性质，可自上而下划分进一步划分为 5 个大层及其亚层，按照自上而下的顺序将各土层的岩性及分布特征概述如下：

（1）人工堆积层

该层普遍分布于场区地表，厚度 0.6～6.3m。场区内小部分地区有硬化层，厚度 0.1～0.8m 不等。该层主要为杂填土①层、素填土①$_1$ 层，其中杂填土①层包含各种杂填土及水泥路面、碎石及房渣土等，稍湿～饱和，松散素填土①$_1$ 层包含粉质粘土填土、粘质粉土填土等，稍湿～饱和，松散～中密，含有砖块、煤渣、植物根系等。

（2）第四纪沉积层

分布于人工堆积层之下，其层顶埋深为 0.6～6.30m，主要为粉土、黏土和粉砂层，具体分布及岩性特征如下：

②粉土层

层顶埋深 0.6～6.3m，层底埋深 4.9～14m，层厚 2.3～10.7m，灰黑～褐黄色，稍密～中密，湿～饱和，含云母、氧化铁，部分含有机质，有刺鼻气味。该大层包含四个亚层，粘质粉土②$_1$ 层、砂质粉土②$_2$ 层、粉砂②$_3$ 和粉质黏土②$_4$。粘质粉土②$_1$：褐黄色，稍密～中密，饱和，含云母、氧化铁，部分含有机质；砂质粉土②$_2$ 层，灰～褐黄色，中密，饱和，含云母、氧化铁，部分含有机质；粉砂②$_3$ 层，黄褐～褐黄色，饱和，中密～密实，含云母、氧化铁，部分含有机质；粉质黏土②$_4$，褐黄色，可塑-硬塑，稍湿～湿，含云母、氧化铁。

③粉黏层

层顶埋深为 3.40～14.00m，层底埋深为 17.6～21m，层厚 8～16.1m，灰褐～褐黄色，中密～密实，湿，含云母、氧化铁。该大层包含三个亚层，重粉质黏土③1 层：黄褐色，中密，可塑-硬塑，湿，含云母、氧化铁：黏土③$_2$ 层：灰褐～褐黄色，中密，可塑-硬塑，稍湿～湿，含云母、氧化铁；粉土③$_3$ 层：灰褐～褐黄色，中密，湿，含云母、氧化铁。

④粉砂层

层顶埋深 17.6～25m，灰褐～褐黄色，中密，饱和，含云母、氧化铁。该大层包含两个亚层，砂质粉土④$_1$ 和粘质粉土④$_2$。砂质粉土④$_1$：褐黄色，中密，饱和，含云母、氧化铁等；粘质粉土④$_2$：褐黄色，中密，饱和，含云母、氧化铁。

⑤粉粘层

层顶埋深 22.5～36m，该层未揭穿，场区揭露最大深度为 38m，褐黄色，密实，硬塑，湿，含氧化铁。

8.5.2 水文条件

根据场地勘揭露的地层及地下水分布情况，场地地面以下 38.0m 深度（最大勘探深度）范围内潜水层可分为表层不连续滞水和深层微承压层，均属第一含水层，且地下水流向均为从南向北，具体如下。

（1）表层不连续滞水

主要赋存于层顶埋深 0.6～6.3m、层底埋深 4.9～14m、层厚 2.3～10.7m 的粉土②层，粘质粉土②$_1$层，砂质粉土②$_2$层和粉砂②$_3$层，在场区内普遍分布。2018 年 11 月 6 日于地下水监测井中量测的潜水静止水位埋深 2.222~4.346m，静止水位标高（相对标高）为-5.88~-4.22m。场地第一层表层地下水总体流向为自东南向西北（局部受各种因素影响，流向略有偏差），平均水力梯度约为 4‰，平均渗透流速 V= 4.8E-06cm/s。

（2）潜水-微承压层

主要赋存于埋深 17.6～25m 以下的粉砂④层，砂质粉土④$_1$层、粘质粉土④$_2$层中（见附图 6“场地水文地质剖面图”），在厂区内普遍分布。2018 年 9 月 11 日于地下水监测井中量测的承压水静止水位埋深为 2.215~3.850m，静止水位标高（相对标高）为-4.35~-5.25m。该层地下水总体流向为自南向北（局部受各种因素影响，流向略有偏差），平均水力梯度约为 3‰，平均渗透流速 V= 6.9E-06cm/s。

8.6 建议

详细调查结果表明场地内土壤和地下水存在不同程度的重金属和有机污染，建议根据本场地未来用地规划与合同相关约定，依据《污染地块环境风险评估技术导则》（HJ25.3-2014）和《工业企业地块环境调查评估与修复工作指南（试行）》等要求，开展风险评估工作，提出合理的风险评估技术方法；开展具体的风险评估，评估场地土壤污染风险，确定风险污染物种类和风险程度；根据风险评估结论，计算并确定管控或修复目标值，估算修复/风险管控范围和工程量，并提出合理的修复技术建议供业主单位参考。

附件

附件 1 地块核定用地图（红线范围图）

附件 2 土壤采样工作记录

附件 3 地下水采样工作记录

附件 4 样品实验室检测报告