

天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目 地块土壤污染风险评估报告

委托单位：天津市泰华园科工贸有限公司

编制单位：天津市环科弘诺环境科技有限公司

编制日期：二〇二二年十二月



报告编制单位营业执照



营 业 执 照

(副 本)

统一社会信用代码
91120116MA05LKYC58

扫描二维码
登录国家企业信
用信息公示系统
查询、记录、备
案、许可、监
管信息

名称 天津市环科弘诺环境科技有限公司

注册资本 壹仟万元人民币

类型 有限责任公司

成立日期 二〇一六年十一月十六日

法定代表人 冯巍

营业期限 2016年11月16日至长期

经营范围 环保技术开发、服务与咨询；环保设备技术开发、技术转让、技术咨询、技术服务、技术推广；新能源环保技术咨询与技术服务；空调制冷设备、电气系统设备、水处理设备、管道材料安装及批发兼零售；机械电器设备、建筑材料、化工原料及产品（危险品、剧毒品、易制毒品除外）批发兼零售；工程勘探设计；建设工程项目管理；环境污染治理设施管理；环保工程施工；吹填工程施工；市政工程；海水淡化工程；园林绿化工程；水利水电工程；民用再生资源回收与批发；岩土工程桩基工程；各种基础处理；水文地质、工程地质、环境地质的技术咨询与技术服务；水土保持技术咨询；水资源管理及保护的技术开发、咨询；环境与生态监测；污泥处理及资源化利用；城市固体废物处理场建设、管理、运营（限分支经营）。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

住 所 天津滨海-中关村科技园荣晟广场4号楼706-22

登记机关

2019 年 08 月 09 日



国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制

水文地质调查单位营业执照

WQ 1713716



营 业 执 照

(副 本)

统一社会信用代码

91120222MA05UAAH5U

名 称 天津环探环保科技有限公司
类 型 有限责任公司(自然人独资)
住 所 天津市武清区京津电子商务产业园宏旺道2号13
号楼258室-10(集中办公区)
法 定 代 表 人 邵秀秀
注 册 资 本 壹佰万元人民币
成 立 日 期 二〇一七年八月四日
营 业 期 限 2017年08月04日至长期
经 营 范 围 环保技术开发、咨询、转让, 环境评估服务, 地质勘查技术
服务, 钻探施工, 环保工程施工, 环境保护监测, 机械设备
租赁, 机械设备及配件销售, 仪器仪表批发兼零售, 会议服
务, 展览展示服务, 企业管理咨询。(依法须经批准的项目,
经相关部门批准后方可开展经营活动)



登 记 机 关

2018 年 07 月 30 日

每年1月1日至6月30日, 应登录公示系统报送年度报告, 逾期列入经营异常名录

企业信用信息公示系统网址: www.tjcredit.gov.cn

中华人民共和国国家工商行政管理总局监制

样品检测实验室营业执照

	
营 业 执 照	
(副 本)	
统一社会信用代码 91120111MA0696FA58	
扫描二维码登录国家企业信用信息公示系统了解更多信息，还可一键上墙监管信息。	
名 称 天津实朴检测技术服务有限公司	注 册 资 本 壹仟伍佰万元人民币
类 型 有限责任公司(法人独资)	成 立 日 期 二〇一七年十二月二十二日
法定代表人 叶琰	营 业 期 限 2017年12月22日至2037年12月21日
经 营 范 围 质检技术服务；环境保护监测。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）	住 所 天津市西青经济技术开发区兴华道与兴华三支路交口东北侧100米F1座401室
登记机关 	
2020年 04 月 01 日	

国家企业信用信息公示系统网址：<http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制

样品检测实验室资质认定证书



检验检测机构 资质认定证书

证书编号: 190212050001

名称: 天津实朴检测技术服务有限公司

地址: 天津市西青经济技术开发区兴华道与兴华三支路交口
东北侧 100 米 F1 座 401 室 (300385)

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

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

许可使用标志



发证日期: 2019 年 01 月 04 日

有效期至: 2025 年 01 月 03 日

发证机关:



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制, 在中华人民共和国境内有效。

《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目 地块土壤污染风险评估报告》评审意见

2022 年 11 月 18 日，天津市环境科学学会受天津市生态环境局委托就报送的《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤污染风险评估报告》（以下简称“风险评估报告”）组织召开了专家评审会，会议邀请了 5 名专家组成专家组（名单附后）。参加会议的有天津市生态环境局、天津市规划和自然资源局、西青区生态环境局、天津市规划和自然资源局西青分局，申请人天津市泰华园科工贸有限公司、报告编制单位天津市环科弘诺环境科技有限公司、勘察单位天津环探环保科技有限公司、检测单位天津实朴检测技术服务有限公司的代表。

专家组及参会代表观看了现场照片、审阅了报告，听取了报告编制单位的工作汇报，对关切的问题进行了问询，对重点问题进行了充分讨论。专家组提出如下评审意见：

一、地块概况

天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块（以下简称“该地块”）位于西青区辛口镇政府东北侧，东至现状空地，南至现状空地，西至现状空地，北至福运道，面积 69048.4m²，

土地使用权人为天津市泰华园科工贸有限公司，规划用地性质主要为一类物流仓储用地。

根据风险评估报告：该地块内土壤中超标的污染物苯和甲苯的风险不可接受，需要进行修复，修复目标值分别为 4mg/kg 和 1200mg/kg，修复面积为 5659.84m²，修复深度为 15m，修复方量为 42254.58m³。地下水中超标的污染物苯的风险不可接受，需要进行修复，修复目标值为 2.77mg/L，修复面积为 3583.64m²。

该地块占地面积（四至范围）、历史现状、土地使用权人、规划用途、有关用地审批和规划许可信息已经规划和自然资源部门进行核实。

二、风险评估程序与方法规范性及调查数据的有效性

风险评估报告依据国家相关地块人体健康风险评估、监测等技术导则和工作指南要求，在《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤环境初步调查报告》、《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤环境详细调查报告》与《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤污染状况补充调查报告》基础上开展风险评估，技术路线正确，土壤污染状况调查的数据满足风险评估要求，风险评估程序与方法符合国家相关标准规范要求。

三、污染风险评估报告内容全面性及目标要求合理性

风险评估报告工作内容较完整，主要污染物状况分析较清晰；针对该地块用地规划确定的暴露情景与公众健康风险分析具有针对性和适用性；有针对性的对地块管理提出了较合理的原则要求及意见。

四、是否需要实施风险管控、修复

该地块土壤和地下水风险不可接受，需要采取修复措施。

五、评审意见及结论

该地块基于建设用地规划用途的风险不可接受。专家组同意通过报告评审，按要求修改完善、经专家组确认后可作为该地块环境管理的依据。

六、专家组意见及建议

1. 细化风险筛选过程，完善风险评估计算参数选取依据，核实地下水修复范围。
2. 完善水文地质信息及地层划分依据。
3. 结合周边地块用地性质及规划情况，完善地块内污染情况对地块外的影响，加强污染物扩散趋势分析，针对界外土壤和地下水环境质量对该地块安全利用的影响，提出修复及效果评估阶段后期环境管理意见。
4. 补充针对地块后期修复及开发利用过程中对地下水的管理要求，完善后期环境管理建议。
5. 完善报告文本、图件及附件编制。

专家组长: 

专家组成员: 李超 吴子涛 张磊 李学宁

附：

参会专家名单

专家组组长：

赵 林	天津大学	教授
-----	------	----

专家组成员：

宋文筠	天津市环鉴环境检测有限公司	正高
李 超	华测生态环境科技（天津）有限公司	正高
吴宇峰	天津市生态环境监测中心	正高
李学宁	天津市地质调查研究院	正高

修改确认单

地块文件名称	天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤污染风险评估报告		
文件编制单位 (公章)	天津市环科弘诺环境科技有限公司		
专家建议	是否 采纳	采纳修改情况或未采纳理由	修改处页码
细化风险筛选过程，完善风险评估计算参数选取依据。	是	①细化危害识别阶段对土壤及地下水污染的筛选过程； ②明确风险评估计算选取参数的依据。	①P114-119； ②P121-122
完善水文地质信息及地层划分依据。	是	依据地块水文地质勘查成果，同时结合土壤污染状况调查工作中超标污染物纵向分布情况，对地块地层进行概化。	P25-27
结合周边地块用地性质及规划情况，完善地块内污染情况对地块外的影响，加强污染物扩散趋势分析，针对界外土壤和地下环境质量对该地块安全利用的影响，提出修复及效果评估阶段后期环境管理建议。	是	①补充 3.8 章节，分析地块污染物对界外的影响； ②补充 6.2 章节，在结论中明确地块内污染对界外的影响； ③建议（3），结合周边地块用地性质及规划情况，明确地块边界点位（B14、B15）的地下水存在污染物超标情况，判断地块内的污染羽已在地下水对流及弥散作用下迁移扩散至地块外部区域，对边界外区域的土壤和地下水造成了污染； ④建议（4），建议防止界外污染向本地块扩散，并做好相应的管控工作； ⑤建议（8）、（9）、（10），提出修复及效果评估阶段后期环境管理建议。	①P104-105； ②P165； ③P166； ④P166； ⑤P167
补充针对地块后期修复及开发利用过程中对地下水的管理要求，完善后期环境管理建议。	是	①补充 6.3 章节（环境管理要求），提出针对地块后期修复与开发利用过程中对地下水的相关环境管理要求； ②建议（5）、（6）、（7），针对地块内地下水在后期修复及开发利用过程中的相关建议。	①P165； ②P167

完善报告文本、图件及附件编制。	是	①补充地块及周边地块用地规划文件； ②完善图 5-3 及表 5-6 土壤污染含量超出第一类用地范围中超出第二类用地筛选值的拐点位置及坐标； ③补充参数敏感性分析； ④完善修复范围的垂向划定原则。	①P33； ②P155，P160； ③P138-139； ④P146-147
-----------------	---	--	---

专家组签字：  李超 吴子军 黎磊 李学宁

2022 年 12 月 5 日

天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目

地块土壤污染风险评估报告

项目单位：天津市泰华园科工贸有限公司

编制单位：天津市环科弘诺环境科技有限公司

项目主要参加人员及负责专题

姓名	负责专题	签字
冯巍	总体思路、报告审定	冯巍
王非易	确定调查方案、制定工作路线、报告编制	王非易
柴浩菊	图件绘制、采样调查数据整理及分析	柴浩菊
孙雅虹	图件绘制、采样调查数据整理及分析	孙雅虹
傅巍	人员访谈、现场踏勘、信息采集、现场指导	傅巍
赵贵成	人员访谈、现场踏勘、信息采集、现场指导	赵贵成

目录

1 概述	1
1.1 项目背景	1
1.2 调查目的和原则	2
1.2.1 调查目的	2
1.2.2 调查原则	2
1.3 工作依据	3
1.3.1 相关政策、法律法规	3
1.3.2 相关技术规范	4
1.3.3 评价标准	5
1.3.4 地块相关资料	5
1.4 调查范围	5
1.5 技术路线	6
2 地块概况	8
2.1 地理位置	8
2.2 区域环境概况	10
2.2.1 地形地貌	10
2.2.2 气候气象特征	11
2.2.3 地下水补径排特征	12
2.3 地块水文地质条件	12
2.3.1 地层分布条件	12
2.3.2 含水层分布特征	15
2.3.3 地下水流场特征	22
2.3.4 一般性物理指标统计	23
2.3.5 渗透试验统计	24
2.3.5 地层概化	25
2.4 地块使用历史与现状	28
2.4.1 地块历史情况	28
2.4.2 地块利用现状	31

2.5 地块未来用地规划	32
2.6 地块周边敏感目标	34
2.7 地块污染识别与分析	36
2.7.1 污染识别	36
(1) 原址企业	36
(2) 生产工艺及产污分析	38
2.7.2 潜在污染源与污染物	41
2.7.3 污染识别结论	42
3 土壤污染状况调查结果	44
3.1 初步调查	44
3.1.1 布点采样情况	44
3.1.2 检测指标	47
3.1.3 样品检测方法	48
3.1.4 风险筛选标准	49
3.1.5 样品分析情况	50
3.2 详细调查	51
3.2.1 布点采样情况	51
3.2.2 检测指标	55
3.2.3 样品检测方法	56
3.2.4 风险筛选标准	57
3.2.5 样品分析情况	57
3.3 前期工作总结	59
3.4 补充调查	65
3.4.1 布点采样情况	65
3.4.2 筛选标准	69
3.4.3 样品分析情况	71
3.5 总体统计说明	72
3.6 土壤调查各超标因子情况及污染成因分析	76
3.7 地下水调查各超标因子情况及污染成因分析	97
3.8 地块内污染情况对地块外的影响分析	104

4 风险评估	105
4.1 风险评估程序	105
4.2 风险评估软件介绍	108
4.3 地块水文地质概况	109
4.4 危害识别	113
4.5 暴露评估	119
4.5.1 暴露情景分析	119
4.5.2 暴露途径	120
4.5.3 暴露模型及参数	120
4.5.4 暴露量计算	123
4.6 毒性评估	128
4.6.1 污染物毒性效应	128
4.6.2 污染物毒性及理化参数	129
4.7 风险表征	132
4.7.1 地下水风险表征计算方法	132
4.7.2 风险表征结果	134
4.8 不确定分析	136
4.8.1 受体参数对结论的影响	136
4.8.2 土壤及地下水中污染物自然衰减的影响	136
4.8.3 暴露途径的不确定性	137
4.8.4 暴露风险贡献率分析	137
4.8.5 参数敏感性分析	138
4.9 风险评估结论	140
5 修复目标及修复范围确定	140
5.1 风险控制值确定	140
5.1.1 风险控制值计算模型	141
5.1.2 风险控制值计算结果	143
5.2 修复目标值确定	144
5.3 修复范围及方量	145
5.3.1 污染物修复范围确定原则	145

5.3.2 污染物修复范围	147
5.3.3 修复方量确定	163
6 结论与建议	164
6.1 风险评估结论	164
6.2 地块内污染物对界外的影响	165
6.3 环境管理要求	165
6.4 建议	166

摘要

天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块位于天津市西青区辛口镇政府东北侧，东至现状空地，南至现状空地，西至现状空地，北至福运道，总面积 69048.4 平方米。地块东南角现存硬化地面，占地面积约 3100m²，历史上作为原企业办公区使用；西北角存在硬化地面，占地面积约 996m²，历史上作为原隆赢化工分装销售区使用；另有两条东西与南北走向的硬化路面，面积约 3036m²，历史上作为道路使用；其它区域均为空地，长满杂草，无其他地上地下建构筑物、设施设备、储罐储槽、管线沟渠。地块内硬化区域目前闲置待拆除，无环境风险；地块内无建筑垃圾、生活垃圾等固体废物和危险废物，无坑塘水渠等地表水体，无污染腐蚀痕迹，无化学品刺激性气味及恶臭等异味，地块现已设置围挡完成封闭管控。

地块规划用地性质主要为一类物流仓储用地。

土壤污染状况调查：地块共布设 104 个土壤监测点位，50 个地下水监测点位；共采集 716 个土壤样品（不含现场平行样），共采集 63 个地下水样品（不含现场平行样）。土壤污染状况调查中土壤共有 18 个点位的 49 个样品超过筛选值，污染物为苯和甲苯，苯超标浓度最大值为 1550 mg/kg，超标倍数为 386.5；甲苯超标浓度最大值为 1810 mg/kg，超标倍数为 0.51。地下水中共有 9 个点位的 11 样品超过标准限值，污染物为**砷、铅、苯、甲苯、1,1,2,-三氯乙烷**。砷的超标浓度最大值为 0.0683 mg/L，超标倍数为 0.37；铅的超标浓度最大值为 0.269 mg/L，超标倍数为 1.69；苯的超标浓度最大值为 181000 ug/L，超标倍数为 1507；甲苯的超标浓度最大值为 178000 ug/L，超标倍数为 127；1,1,2,-三氯乙烷的超标浓度最大值为 87.7 ug/L，超标倍数为 0.46。

风险评估：根据调查结果，结合暴露情景与公众健康风险，确认该地块内土壤中超标的污染物苯和甲苯的风险不可接受，需要进行修复，修复目标

值分别为 4mg/kg 和 1200mg/kg, 修复面积为 5659.84 m², 修复深度为 15m, 修复方量为 42254.58m³。地下水中超标的污染物苯的风险不可接受, 需要进行修复, 修复目标值为 2.77mg/L, 修复面积为 3583.64 m², 修复深度为 3-15m。

1 概述

1.1 项目背景

天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块（以下简称“地块”）位于天津市西青区辛口镇政府东北侧，占地面积 69048.4 平方米。地块内原有企业涉及化工生产经营活动，现在已经停产或完成搬迁，规划用地性质主要为一类物流仓储用地。

依照《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）（“土十条”）、《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环保部第 42 号令）、《天津市人民政府关于印发天津市土壤污染防治工作方案的通知》（津政发〔2016〕27 号）等文件的要求，建设用地在改变用地性质进行再开发利用之前，需进行土壤污染状况调查工作。受天津市泰华园科工贸有限公司委托，天津市环科弘诺环境科技有限公司于 2017 年 12 月至 2022 年 9 月对地块开展多次土壤污染状况调查工作，完成了《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤环境初步调查报告》、《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤环境详细调查报告》与《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤污染状况补充调查报告》。

根据《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤污染状况补充调查报告》调查结果显示地块土壤苯、甲苯的检出浓度超出《建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值，地下水中砷、铅、苯、甲苯、1,1,2-三氯乙烷的检出浓度超出《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中IV类标准。

依照《中华人民共和国土壤污染防治法》（2018 年 8 月 31 日）中“对土壤污染状况调查报告评审表明污染物含量超过土壤污染风险管控标准的建设用土地块，土壤污染责任人、土地使用权人应当按照国务院生态环境主

管部门的规定进行土壤污染风险评估，并将土壤污染风险评估报告报省级人民政府生态环境主管部门”的要求，需开展进一步风险评估工作，评估地块污染的可接受水平，确定是否开展治理修复，并核算治理修复范围及目标，为下一步地块开发利用工作提供依据。

1.2 调查目的和原则

1.2.1 调查目的

污染地块健康风险评估的目的是在特定的土地利用方式下，分析地块土壤和地下水污染物对人群的主要暴露途径，以可接受的健康风险水平和危害商为出发点进行健康风险评价，提出保护人体健康的土壤和地下水的风险控制值，确定场地污染风险是否满足后续使用功能，提出是否需进行治理修复的建议。

1.2.2 调查原则

基于土壤污染状况调查内容及主客观相结合的综合结果，该地块调查应遵循以下原则：

（1）规范性原则：目前我国已出台了与污染地块风险评价有关的法律法规、标准、技术导则和规范。为确保其规范性，本地块的土壤污染状况调查将严格遵循我国现行的相关规定，以科学的观点分析和论述地块中可能存在的相关问题，确保评价结果的规范性和有效性。

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

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

1.3 工作依据

1.3.1 相关政策、法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2018 年 8 月 31 日）；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日）；
- (5) 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年 8 月 26 日）；
- (6) 《天津市水污染防治条例》（2018 年 11 月 21 日修订）
- (7) 《天津市生态环境保护条例》（2019 年 3 月 1 日施行）
- (8) 《天津市土壤污染防治条例》（2020 年 1 月 1 日施行）
- (9) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环保部第 42 号令）；
- (10) 《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）
- (11) 《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）
- (12) 《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）
- (13) 《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》（国办发[2013]7 号）

(14) 《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发[2012]140号）

(15) 《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》（国发[2011]35号）

(16) 《关于进一步加强重金属污染防治工作的指导意见》（国办发[2009]61号）

(17) 《天津市人民政府关于印发天津市土壤污染防治工作方案的通知》（津政发[2016]27号）

(18) 《天津市环保局关于贯彻落实<污染地块土壤环境管理办法（试行）>的通知》（津环保土[2017]192号）

(19) 《关于组织实施<天津市环保局工业企业关停搬迁及原址场地再开发利用污染防治工作实施方案>的通知》（津环保固[2014]140号）

(20) 《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定（试行）》（环办土壤〔2017〕67号）

1.3.2 相关技术规范

(1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）

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

(3) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）

(4) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）

(5) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ25.5-2018）

(6) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682-2019）

(7) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）

(8) 《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）

(8) 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》（HJ 1019-2019）

(9) 《水质采样技术指导》 (HJ 494-2009)

(10) 《水质采样 样品的保存和管理技术规定》 (HJ 493-2009)

1.3.3 评价标准

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

(2) 《地下水质量标准》 (GB/T 14848-2017)

(3) 《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定》 (试行)

1.3.4 地块相关资料

(1) 《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块规划条件通知书》
(天津市规划局西青分局 2017 年 9 月)

(2) 《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤环境初步调查报告》 (天津市环科弘诺环境科技有限公司 2018 年 1 月)

(3) 《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤环境详细调查报告》 (天津市环科弘诺环境科技有限公司 2018 年 6 月)

(4) 《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目地块土壤污染状况补充调查报告》 (天津市环科弘诺环境科技有限公司 2022 年 9 月)

(5) 《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目水文地质勘察报告》
(天津环探环保科技有限公司 2021 年 12 月)

(6) 《天津市西青区辛口镇福运道南侧仓储项目污染物探测成果报告》
(天津市勘察设计院集团有限公司 2021 年 11 月)

1.4 调查范围

地块位于天津市西青区辛口镇,地块总面积为 69048.4 m²。地块四至范围:东至现状空地,南至现状空地,西至现状空地,北至福运道。

地块风险评估范围为地块整体范围，调查范围示意图 1-1。



图 1-1 调查范围示意图

1.5 技术路线

本地块的风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征，以及土壤和地下水风险控制值的计算等。地块风险评估技术路线见图 1-2。

7

2 地块概况

2.1 地理位置

本项目地块位于天津市西青区辛口镇，地块总面积为 69048.4 平方米。地块四至范围：东至现状空地，南至现状空地，西至现状空地，北至福运道。

地块地理位置示意图 2-1。



图 2-1 地理位置示意图

2.2 区域环境概况

2.2.1 地形地貌

天津市的地貌处于燕山山地向滨海平原的过渡地带，北部山区属燕山山地，南部平原属华北平原一部分，东南部濒临渤海湾，总的地势特征北高南低，西北高，东南低，由北部山地向南部滨海平原逐级下降。根据地貌基本形态和成因类型，可将天津市地貌划分为山地丘陵区、堆积平原区（包括山前冲积洪积倾斜平原、洪积冲积平原、冲积平原、海积冲积低平原、海积低平原）及海岸潮间带区三个大的形态类型和九个次级成因形态类型。

本项目地块位于西青区，西青区位于天津市市区西南部，地理坐标为东经 $116^{\circ}51' \sim 117^{\circ}20'$ ，北纬 $38^{\circ}51' \sim 39^{\circ}51'$ ，东与市区及津南区毗邻，东南与大港区相连，南靠独流减河与静海县隔河相望，西与武清区和河北省霸州接壤，北依子牙河，与北辰区交界。西青区自然形成西高东低的地势，地面高程渐次在海拔 5.0~3.0 米之间，洼地为 2.0 米。调查区地处华北冲积平原东北部，在天津市地貌 5.0~3.0 米之间，洼地为 2.0 米。调查区地处华北冲积平原东北部，在天津市地貌分区中属海积冲积低平原区（II4），是地质构造下沉，河流、湖泊、海洋搬运堆积，人为改造等多种因素综合作用形成的。

2.2.2 气候气象特征

天津市地处北温带位于中纬度亚欧大陆东岸，主要受季风环流的支配，是东亚季风盛行的地区，属暖温带半湿润季风性气候。临近渤海湾，海洋气候对天津的影响比较明显。主要气候特征是：四季分明，春季多风，干旱少雨；夏季炎热，雨水集中；秋季气爽，冷暖适中；冬季寒冷，干燥少雪。冬半年多西北风，气温较低，降水也少；夏半年太平洋副热带暖高压加强，以偏南风为主，气温高，降水也多；有时会有春旱。天津的年平均气温约为 14°C ，7月最热，月平均温度 28°C ，历史最高温度是 41.6°C ；1月最冷，月平均温度 -2°C ，历史最低温度是 -17.8°C 。年平均降水量在 $360\sim 970$ 毫米之间（1949~2010 平均值是 600 毫米上下）。

调查区属暖温带半湿润大陆季风型气候，春季多风干旱少雨，夏季炎热雨水集中，秋季温凉气爽宜人，冬季严寒干冷雪稀。年平均气温 $11\sim 12^{\circ}\text{C}$ 。全年最低平均气温在1月份，为 $-4\sim -6^{\circ}\text{C}$ ，极低温值多在2月份，据记载达 -22.9°C 。全年最高平均气温在7月份，为 26°C 以上。极高温值多在6月份，据记载达 42.7°C 。1月与7月温差达 30°C 以上。日温差为 $10\sim 16^{\circ}\text{C}$ 。冬季最长约160天，夏季次之约100天；春季最短约50天，秋季约55天。无霜期180天至209天，平均为204天，有霜期平均161天。冰冻期平均约75天，一般在12月中旬至次年2月中旬。历年降雪自11月下旬至次年3月中旬。年平均降水量为 697mm ，最少为 558mm ，夏季降水集中，占全年总量的75%。冬季降水最少，仅占全年总量的2%。雨季大体在6月底至8月底。年平均水分蒸发量为 $1683\sim 1912\text{mm}$ ，最大为 2673mm ，全年以5月份蒸发量最强。

2.2.3 地下水补径排特征

(1) 浅层地下水

浅层地下水埋藏浅，主要接受大气降水、河渠渗漏、灌溉回归水的入渗等补给，其中大气降水入渗补给量最大。

由于地势平坦，含水砂层颗粒细小，砂层厚度薄、渗透性和导水性差，径流极缓，总体上是由西北流向东南。

浅层地下水的排泄方式以蒸发为主，其次还有人工开采、向深层地下水越流下渗和排入地表水体（河流、洼淀、水库）等排泄途径。

(2) 深层地下水

深层孔隙水由于埋藏较深，不能直接接受降水补给，主要是侧向径流补给和浅层水向深层地下水的越流下渗补给。深层水含水层间的隔水层均为黏土或粉质黏土，渗透性差，越流条件差。因此，侧向径流补给成为地下水的主要补给方式。人工开采是深层地下水的主要排泄途径。地下水总体流向渤海湾，渤海湾是深层地下水的最终排泄带。

2.3 地块水文地质条件

2.3.1 地层分布条件

1、人工填土层（Qml）

全场地均有分布，厚度 0.70~3.90 m，底板标高为 2.93~0.00 m，该层从上而下可分为 2 个亚层。

第一亚层，杂填土(地层编号①₁) 厚度一般为 0.40~1.20 m，呈杂色，松散状态，无层理，含砖块、碎石。

第二亚层，素填土(地层编号①₂) 厚度一般为 0.70~3.90 m，呈褐黄色，软塑状态，无层理，粉质黏土夹砖块。

2、新近沉积层（Q₄^{3N}al）

厚度 1.00~4.00 m，顶板标高为 3.46~0.00 m，该层从上而下可分为 2 个亚层。

第一亚层，粉质黏土(地层编号③₁) 厚度一般为 0.50~2.50 m，呈褐黄色，软塑状态，无层理，含铁质，局部夹粉土透镜体。

第二亚层，粉土(地层编号③₂) 厚度一般为 0.70~2.10 m，呈黄褐色，中密状态，无层理，含铁质。

本层土水平方向上土质尚均匀，分布尚稳定。

3、全新统上组陆相沉积层 (Q₄^{3al})

厚度 3.00~5.70 m，顶板标高为 1.28~-0.54 m，该层从上而下可分为 2 个亚层。

第一亚层，粉质黏土(地层编号④₁) 厚度一般为 1.00~5.70 m，呈灰黄色，可塑状态，无层理，含铁质，局部夹粉土透镜体。

第二亚层，粉土(地层编号④₂) 厚度一般为 1.00~3.00 m，呈灰黄色，中密状态，无层理，含铁质。

本层土水平方向上土质尚均匀，分布尚稳定。

4、全新统中组海相沉积层 (Q₄^{2m})

厚度 5.00~9.10 m，顶板标高为-2.07~-5.20 m，该层从上而下可分为 3 个亚层。

第一亚层，粉质黏土(地层编号⑥₁) 厚度一般为 0.50~4.00 m，呈灰色，可塑状态，有层理，含有机质。

第二亚层，粉土(地层编号⑥₃) 厚度一般为 3.00~9.10 m，呈灰色，中密状态，无层理，含贝壳，大量粉砂。

第三亚层，粉质黏土(地层编号⑥₄) 厚度一般为 1.90~2.00 m，呈灰色，软塑状态，有层理，含贝壳。

本层土水平方向上土质尚均匀，分布尚稳定。

5、全新统下组陆相沉积层 (Q₄^{1al})

本次勘察钻至最低标高-14.04 m，未穿透此层，揭露最大厚度 1.60 m，顶板标高为-11.05~-12.70 m，主要由粉质黏土（地层编号⑧₁）组成，呈灰黄色，可塑状态，无层理，含铁质。

本层土水平方向上土质较均匀，分布稳定。

勘查孔平面布置图见图 2-2。

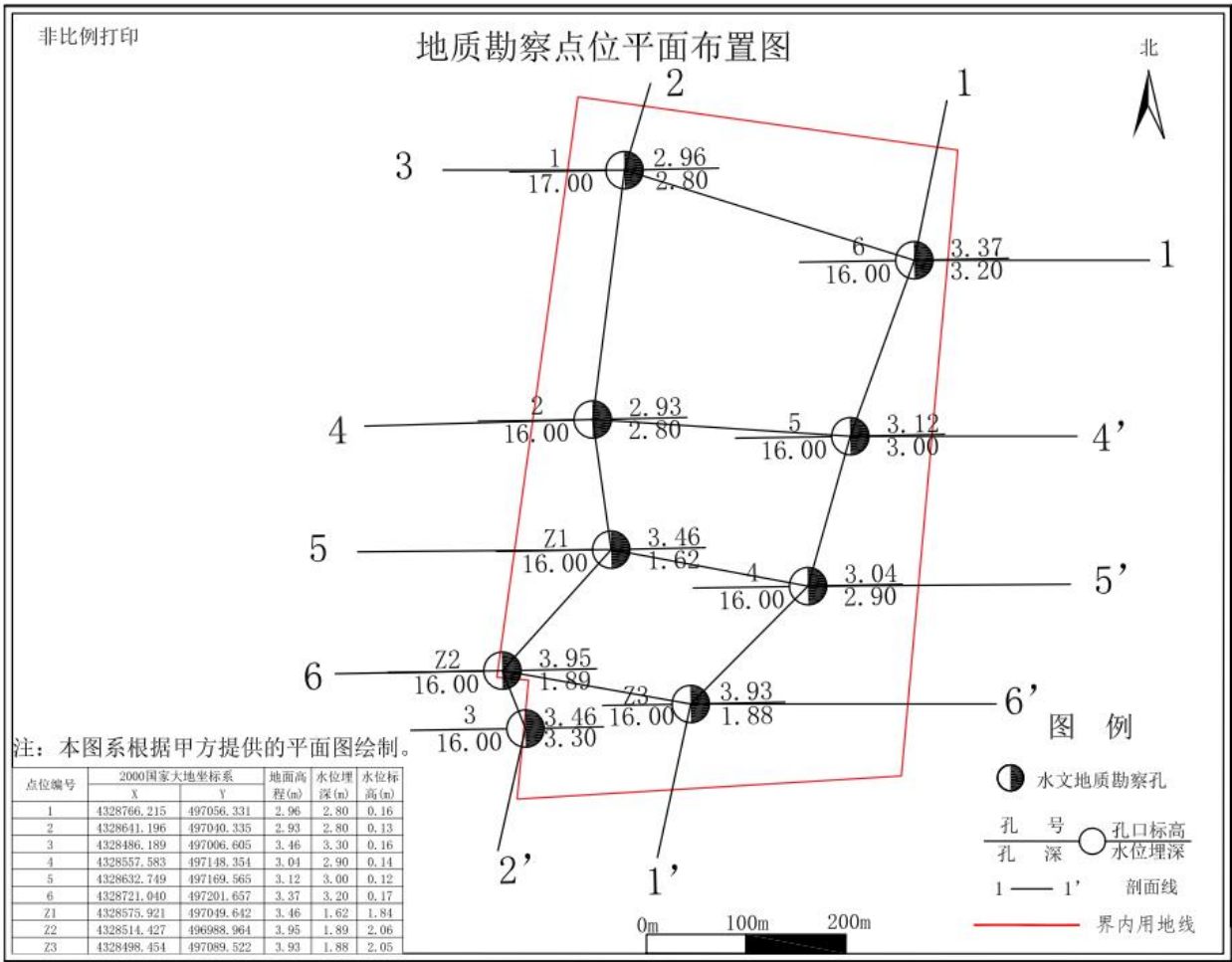


图 2-2 地质勘察点位平面布置图

2.3.2 含水层分布特征

根据地基土的岩性分布、室内渗透试验结果及地块地下水测量情况综合分析，本地块静止水位埋深 1.62~3.96m，包气带地层主要包括人工填土层的杂填土（地层编号①₁）、素填土（地层编号①₂）的顶部。潜水含水层地层主要包括人工填土层的素填土（地层编号①₂）的底部；新近沉积层的粉质黏土（地层编号③₁）、粉土（地层编号③₂）；全新统上组陆相沉积层的粉质黏土（地层编号④₁）；全新统中组海相沉积层的粉质黏土（地层编号⑥₁）、粉土（地层编号⑥₃）、粉砂（地层编号⑥₄）。相对隔水板地层主要包括全新统下组陆相沉积层的粉质黏土（地层编号⑧₁）。地块典型水文地质剖面图见图 2-3。

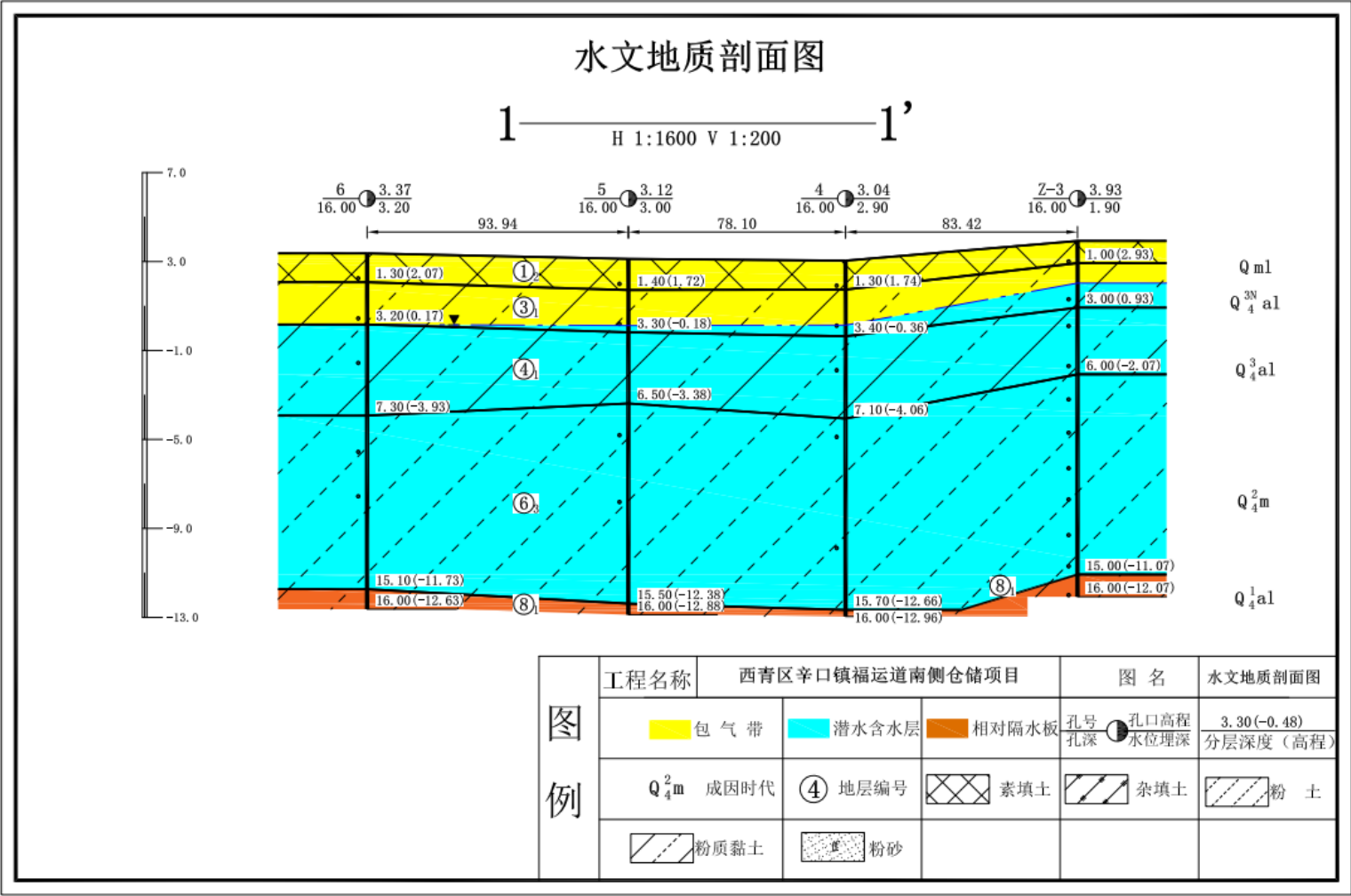


图 2-3 (1) 地块典型水文地质剖面图

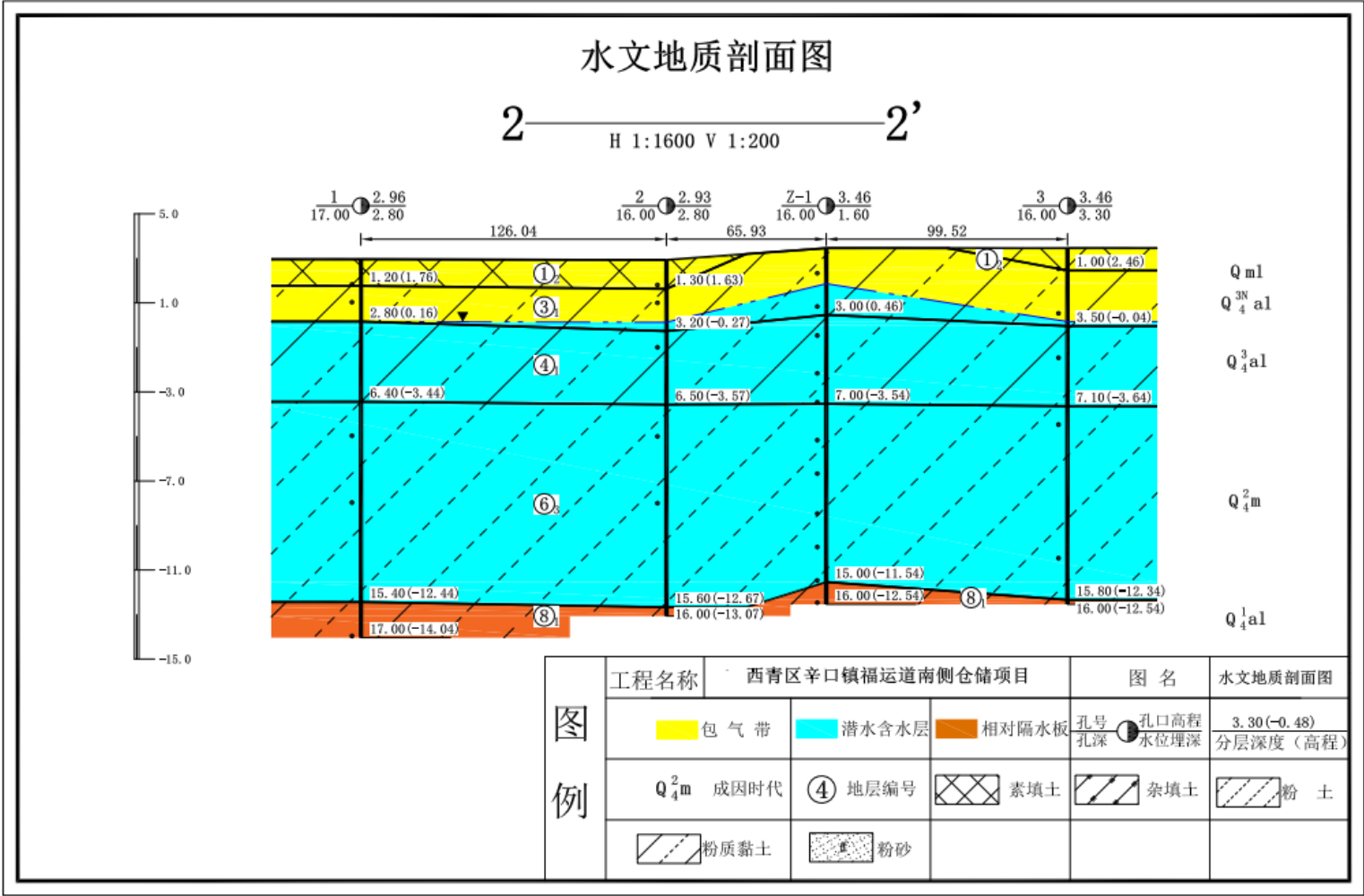


图 2-3（2） 地块典型水文地质剖面图

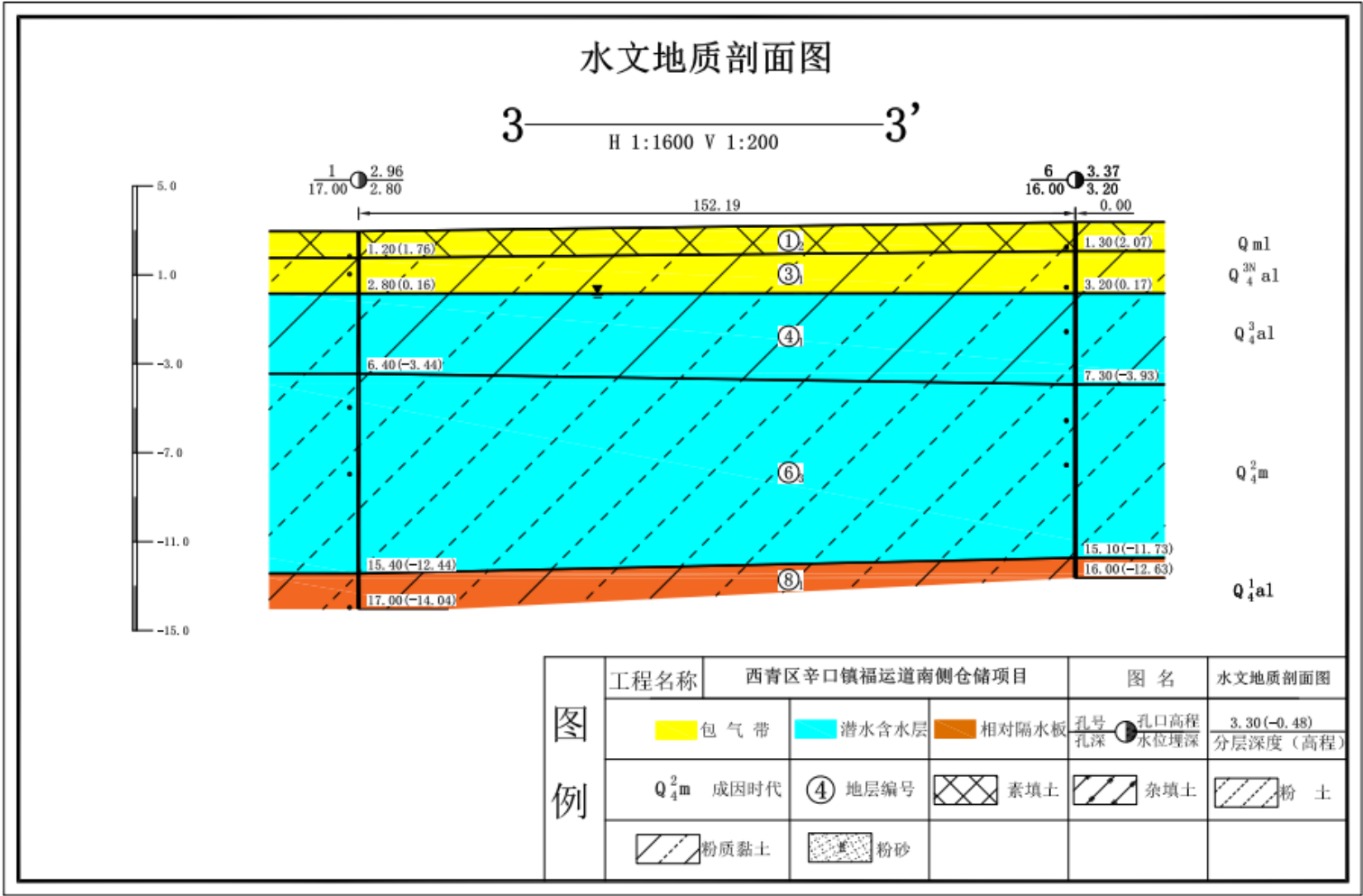


图 2-3（3） 地块典型水文地质剖面图

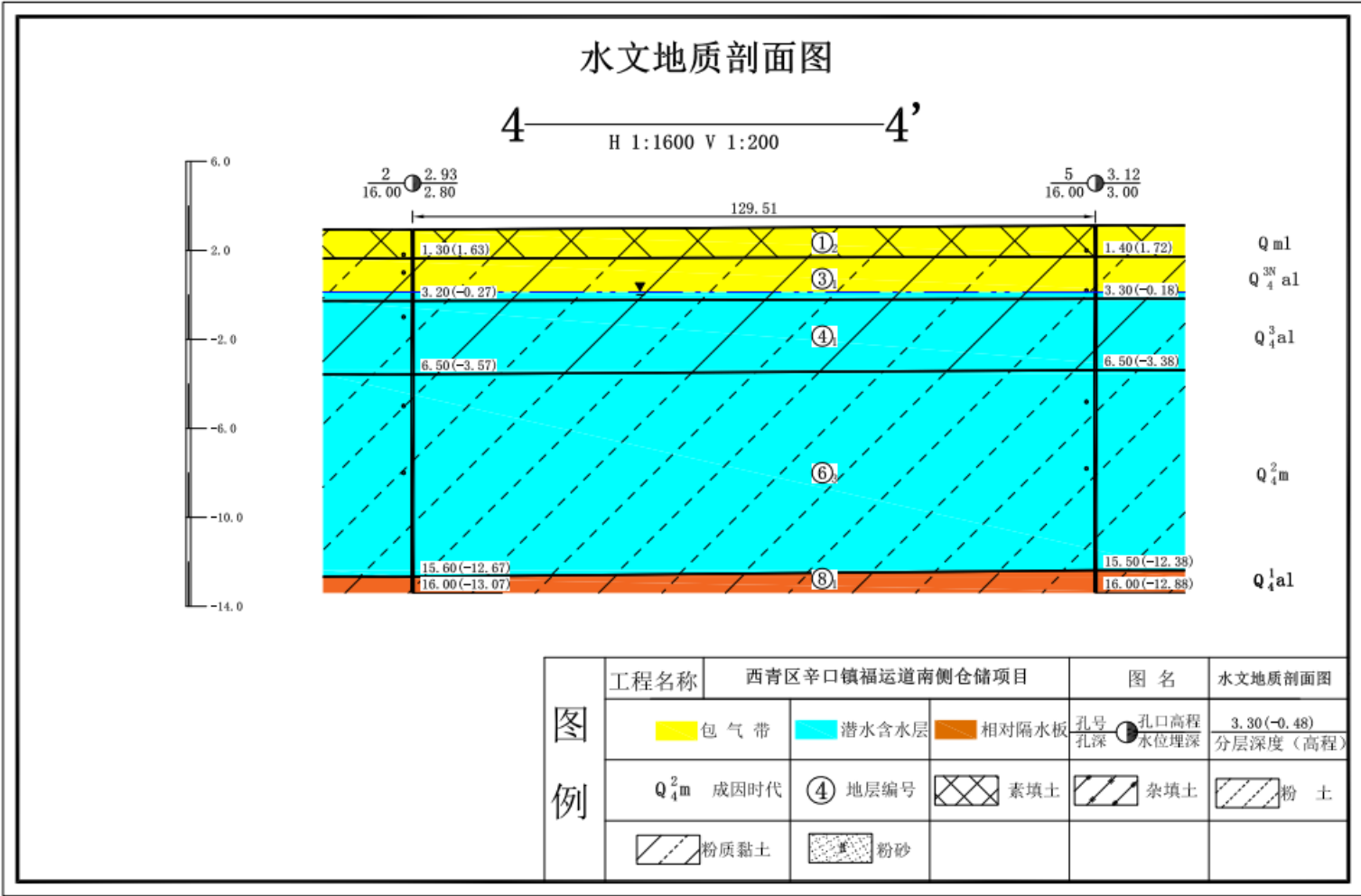


图 2-3（4） 地块典型水文地质剖面图

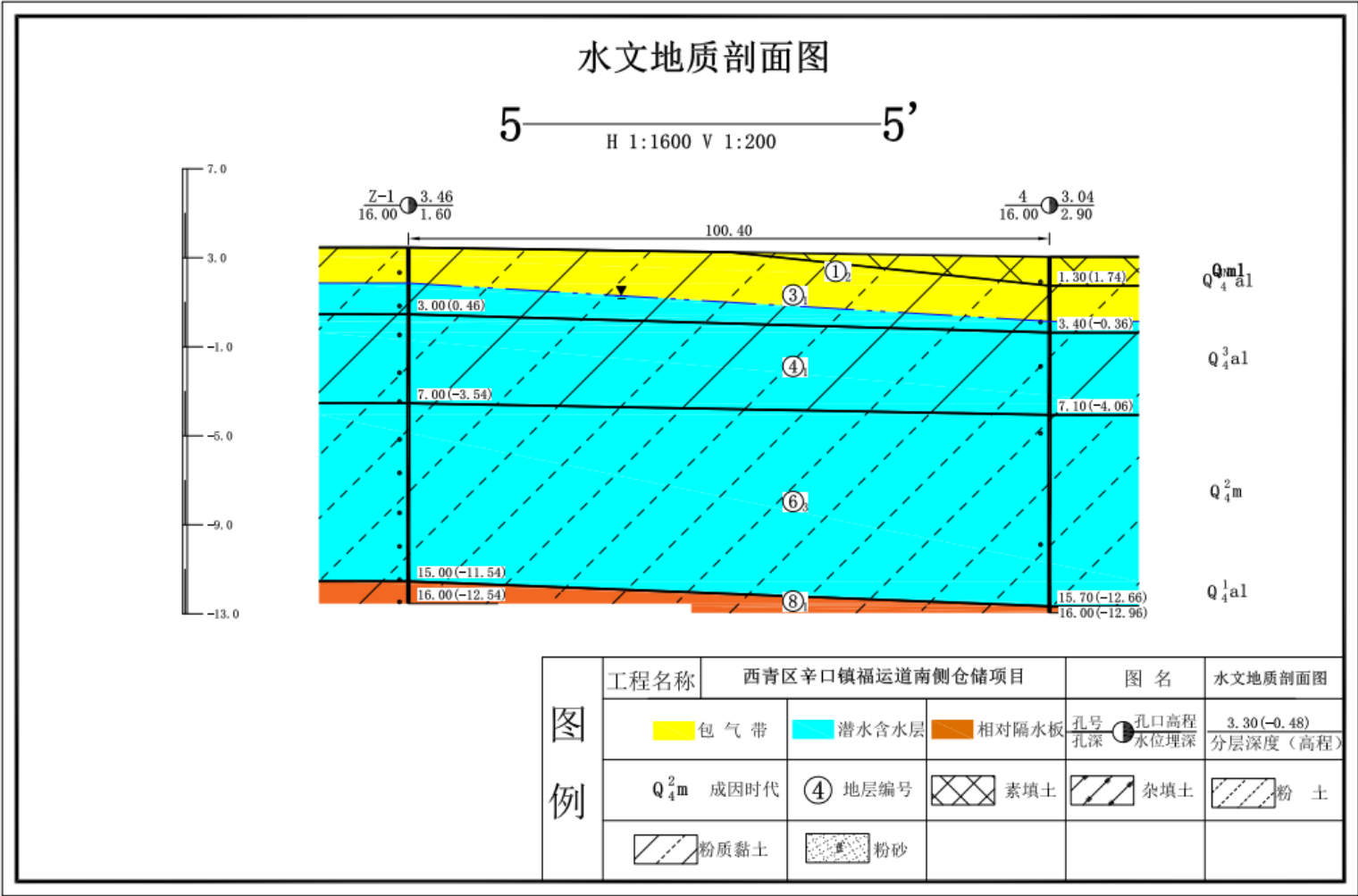


图 2-3 (5) 地块典型水文地质剖面图

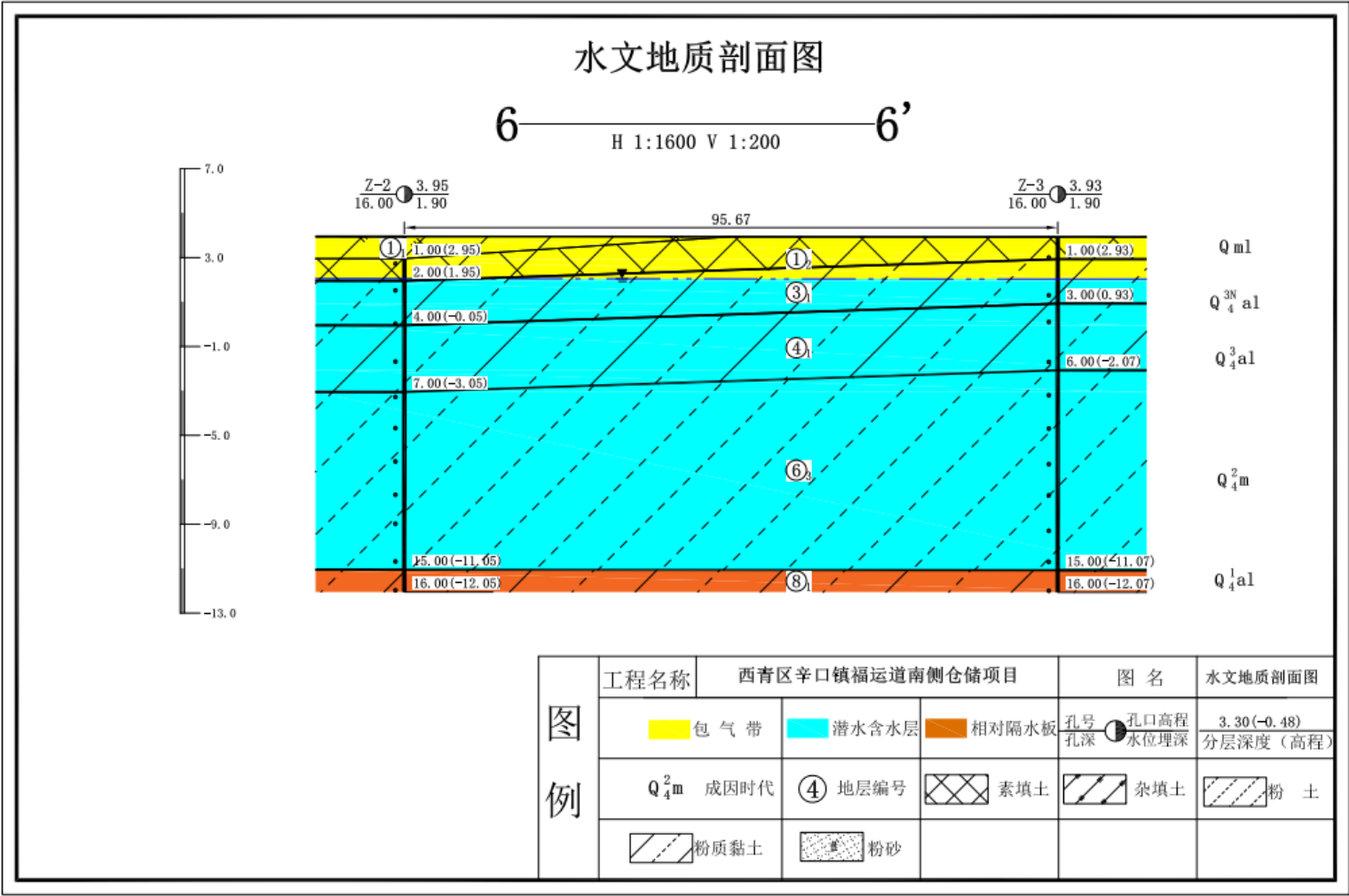


图 2-3（6） 地块典型水文地质剖面图

2.3.3 地下水流场特征

勘察期间地块内监测井静止水位埋深 1.62~3.96m，相当于标高 2.06~0.02m，水力坡度为 0.5‰，地块地下水流向是由西北流向东南。由于地下水水位变化受到很多因素影响，比如受枯水期和丰水期影响，不同时期地下水流场及流向可能不同，人为活动影响也可能引起局部地下水流场及流向变化，本报告中所绘流场仅代表本项目地块调查时期的总体流场。根据地下水水位观测资料并结合区域水文地质条件综合分析，绘制地块内潜水地下水流场图见图 2-4。

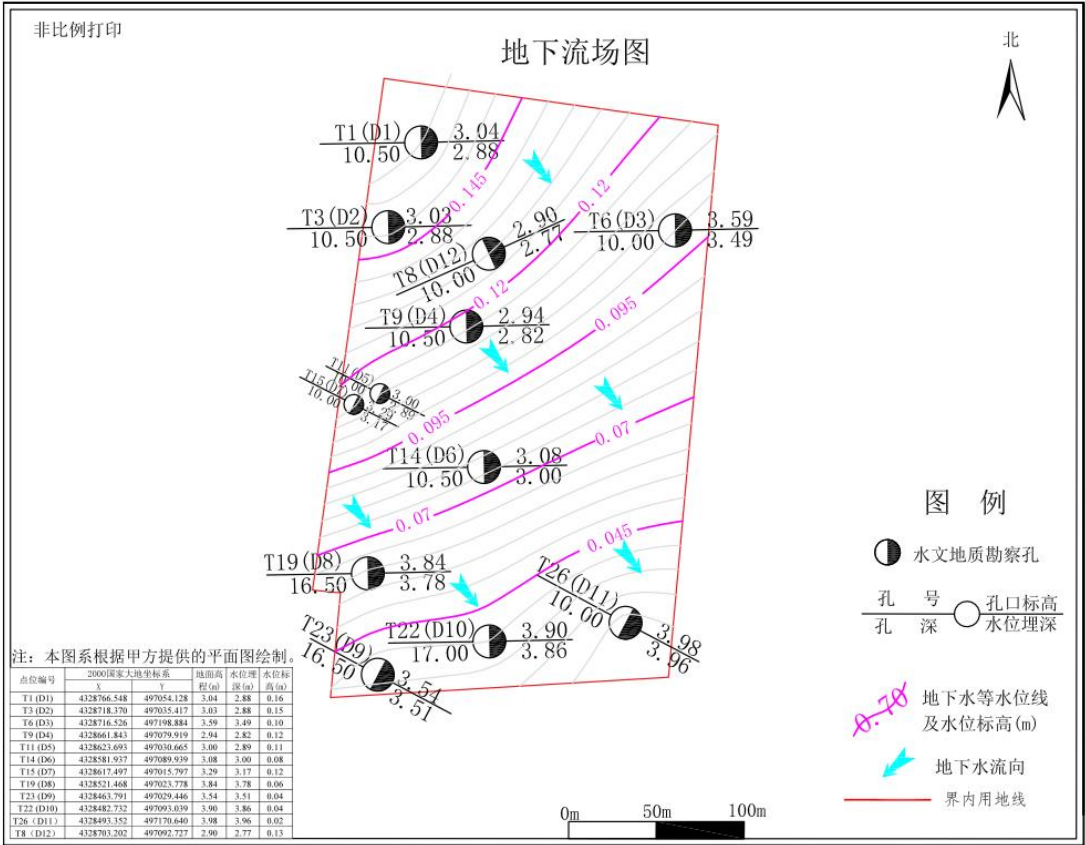


图 2-4 地下水流场图

2.3.4 一般性物理指标统计

污染物在土壤中的扩散受到土壤性质的影响，不同地层土壤性质差别较大。本项目地块水文地质勘察，采集土壤原状样品进行室内试验，得到土壤含水率、土粒比重、干密度、有机质含量及渗透系数等常规物理性质指标的统计数值见表 2-1。

本项目地块风险评估，包气带土壤性质参数取值时，使用素填土①₂层粉质黏土③₁层统计数值的算数平均值。

表 2-1 一般物理性常规指标

地层编号	统计项目	$\omega(\%)$	$r(kN/m^3)$	e	I_p	I_L
① ₂	最大值/最小值	35.2/25.0	19.8/18.5	1.01/0.73	20.5/14.1	0.69/0.40
	平均值	28.4	19.4	0.81	16.4	0.52
	子样数	8	8	8	8	8
③ ₁	最大值/最小值	24.7/21.9	20.3/19.8	0.70/0.63	12.0/8.8	0.63/0.30
	平均值	23.5	19.9	0.67	10.7	0.46
	子样数	7	7	7	7	7
③ ₂	最大值/最小值	28.0/23.6	19.8/19.4	0.77/0.68	16.4/8.2	0.69/0.46
	平均值	26.4	19.5	0.75	11.0	0.61
	子样数	4	4	4	4	4
④ ₁	最大值/最小值	28.9/24.5	20.1/19.2	0.83/0.68	16.7/11.7	0.73/0.50
	平均值	26.5	19.6	0.76	13.9	0.62
	子样数	10	10	10	10	10
⑥ ₁	最大值/最小值	33.9/29.3	19.2/18.7	0.97/0.83	18.3/13.3	0.87/0.68
	平均值	31.1	18.9	0.89	15.3	0.80
	子样数	5	5	5	5	5
⑥ ₃	最大值/最小值	28.6/19.6	20.5/19.0	0.85/0.57	15.1/8.6	0.83/0.60
	平均值	24.3	19.8	0.70	11.9	0.72
	子样数	19	19	19	9	9
⑥ ₄	最大值/最小值	31.6/26.1	19.5/18.8	0.90/0.76	13.6/11.3	1.00/0.77

地层编号	统计项目	$\omega(\%)$	$r(kN/m^3)$	e	I_p	I_L
	平均值	28.3	19.2	0.81	12.3	0.89
	子样数	5	5	5	5	5
⑧ ₁	最大值/最小值	28.2/24.4	19.8/19.2	0.80/0.71	17.0/11.6	0.96/0.32
	平均值	26.5	19.5	0.76	13.7	0.65
	子样数	4	4	4	4	4
包气带取值		25.95	19.65	0.74	13.55	0.49

2.3.5 渗透试验统计

根据本次勘察室内渗透试验结果，各层土的渗透系数及渗透性详见表 2-2。

表 2-2 渗透系数及渗透性表

地层编号	岩性	垂直渗透系数 k_v (cm/s)	水平渗透系数 k_H (cm/s)	渗透性
① ₂	素填土	2.91E-07	4.94E-07	极微透水
③ ₁	粉质黏土	1.01E-06	4.01E-06	微透水
③ ₂	粉土	1.42E-05	2.49E-05	弱透水
④ ₁	粉质黏土	6.14E-07	2.54E-06	极微透水～微透水
⑥ ₁	粉质黏土	4.20E-07	3.70E-06	极微透水～微透水
⑥ ₃	粉土	9.31E-05	1.44E-04	弱透水
⑥ ₄	粉质黏土	2.63E-06	2.26E-05	微透水～弱透水
⑧ ₁	粉质黏土	1.29E-06	7.25E-06	微透水～弱透水

2.3.5 地层概化

本项目地块风险评估，结合地块水文地质勘查成果和超标污染物纵向分布，对项目地块进行地层概化。地层概化示意图见图 2-5，地层概化信息见表 2-2。地层概化结果如下：

(1) 第一层土：埋深 0~3.0m 段，相当于粉质黏土质人工填土层(①₂)和新近冲积层粉质黏土(③₁)上层，为包气带地层；

(2) 第二层土：埋深 3.0~7.0m 段，相当于新近冲积层粉质黏土(③₁)下层和全新统上组陆相冲积层粉质黏土(④₁)，为潜水含水层；

(3) 第三层土：埋深 7.0~15.0m 段，相当于全新统中组海相沉积层粉土(⑥₃)，为潜水含水层；

(5) 第四层土：埋深 15.0m 以深（未揭穿，项目水文地质勘查最大钻探深度为 16.5m，污染监测最大钻探深度为 16.5m），相当于全新统下组陆相冲积层粉质黏土(⑧₁)，为潜水含水层相对隔水底板。

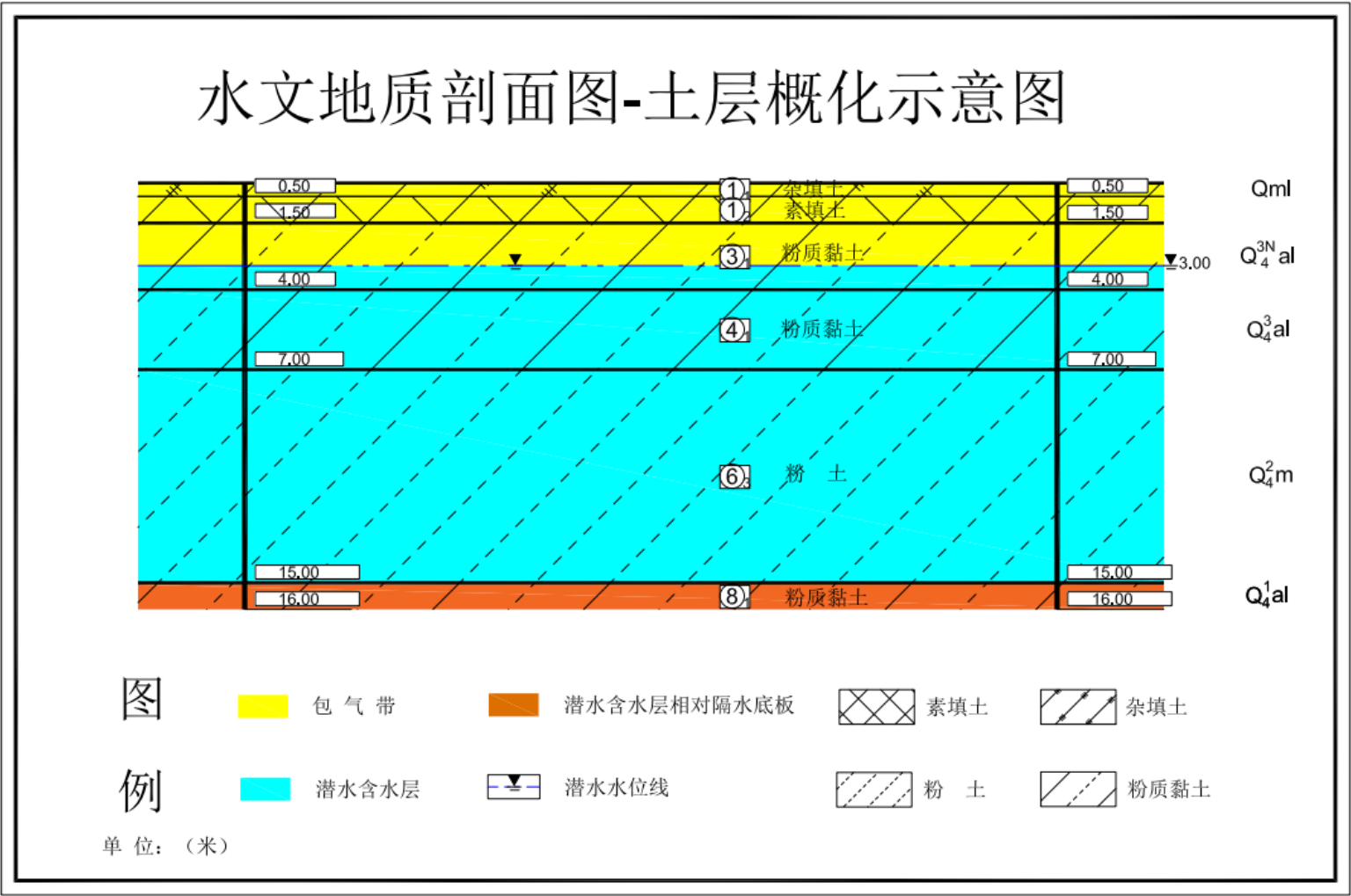


图 2-5 水文地质剖面（地层概化示意图）

表 2-2 地层概化信息表

水文地质勘查结论					土层概化		
土层		岩性	底板标高/埋深范围 (m)	地下水分布	埋深范围 (m)	概化土层	
① ₂	人工填土层 (Q _{ml})	素填土	底板标高 1.63~2.16 底板埋深 1.0~1.4	包气带	0~1.5	第一层土	素填土
③ ₁	新近冲积层 (Q _{4³al})	粉质粘土	底板标高 -0.36~0.17 底板埋深 2.8~3.5		1.5~3.0		粉质粘土
④ ₁	全新统上组陆相 冲积层 (Q _{4³al})	粉质粘土	底板标高 -3.38~-4.06 底板埋深 6.4~7.3	潜水含水层	3.0~7.0	第二层土	粉质粘土
⑥ ₃	全新统中组海相 沉积层 (Q _{4²m})	粉土	底板标高 -11.73~-12.67 底板埋深 15.1~15.8		7.0~15.0	第三层土	粉土
⑧ ₁	全新统下组陆相 冲积层 (Q _{4¹al})	粉质粘土	未揭穿	相对隔水底板	大于 15.0	第四层土	粉质粘土

注：1) 各土层底板标高和埋深数据来自本项目水文地质勘查报告；

2) 高程系采用天津市大沽高程系，2008 年高程；

3) 本项目地块埋深 15.0m 的土壤样品均不超过确定的土壤风险筛选值（超标土壤样品最大深度不超过埋深 15.0m）。

2.4 地块使用历史与现状

2.4.1 地块历史情况

根据项目地块历史卫星影像资料(见图 2-6)和人员访谈得到的信息,本项目地块用地历史情况如下:

1) 地块北部:

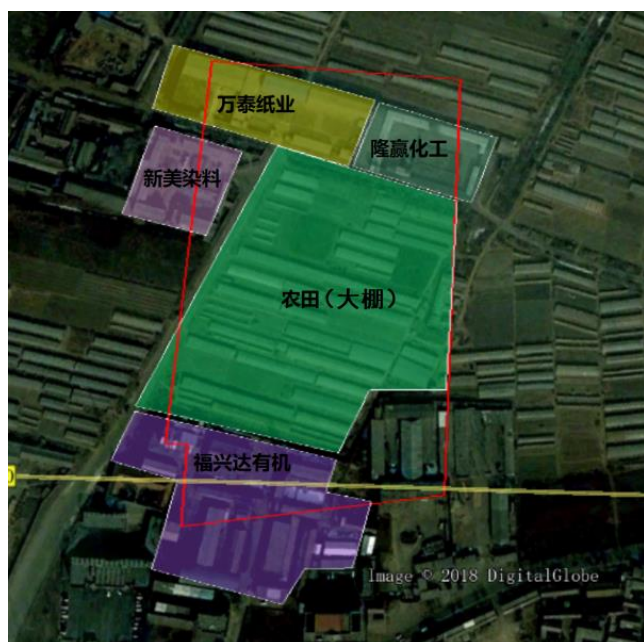
- 2000 年之前为农田;
- 2000 年新美染料化工有限公司在此成立,2014 年停产;同年企业经规范拆除后闲置为空地;
- 2000 年隆赢染料化工有限公司在此成立,2014 年停产;2015 年该企业经规范拆除后闲置为空地;
- 2003 年万泰纸业有限公司在此成立,2014 年停产;同年企业经规范拆除后闲置为空地。

2) 地块中部:

- 2016 年前曾为农田,并大面积使用农业大棚进行过农作物的种植;
- 2017 年起闲置为空地,未存在过工业企业。

3) 地块南部:

- 2000 年之前为农田;
- 2000 年福兴达精细有机化工有限公司在此成立,2014 年停产;2015 年对企业进行拆除,经人员访谈得知其拆除过程较不规范,可能存在污染物倾倒等操作行为,拆除完毕后闲置为空地;
- 2000 年一小型机加工厂房在此搭建;2011 年旭景川宇机械有限公司在此成立,2014 年停产并拆除,2015 年原址搭建工人临时活动房。



2006 年 1 月



2011 年 6 月



2013 年 11 月



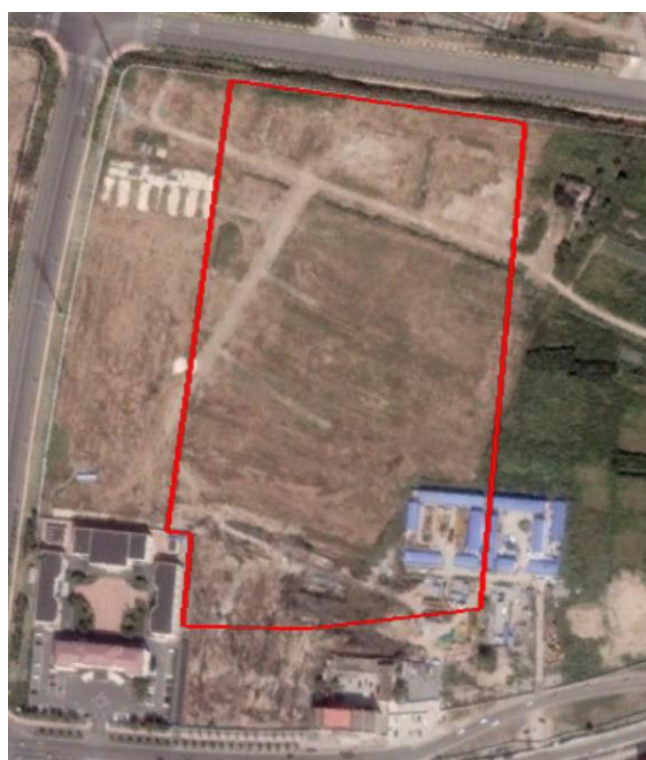
2014 年 7 月



2015 年 4 月



2017 年 2 月



2018 年 6 月



2021 年 10 月

图 2-6 地块历史卫星影像图

2.4.2 地块利用现状

地块东南角现存硬化地面，占地面积约 3100m^2 ，历史上作为原企业办公区使用；西北角存在硬化地面，占地面积约 996m^2 ，历史上作为原隆赢化工分装销售区使用；另有两条东西与南北走向的硬化路面，面积约 3036m^2 ，历史上作为道路使用；其它区域均为空地，长满杂草，无其他地上地下构筑物、设施设备、储罐储槽、管线沟渠。地块内硬化区域目前闲置待拆除，无环境风险；地块内无建筑垃圾、生活垃圾等固体废物和危险废物，无坑塘水渠等地表水体，无污染腐蚀痕迹，无化学品刺激性气味及恶臭等异味，地块现已设置围挡完成封闭管控。



图 2-7 地块现状照片

2.5 地块未来用地规划

根据西青区土地整理中心提供的资料，本项目地块未来用地规划性质为一类物流仓储用地，相关规划文件见图 2-8。

天津市规划局行政许可事项
规划条件通知书
建筑工程

项目总编号: 2017 西青 0135 编号: 2017 西青规条申字 0044

天津市西青区土地整理中心:

你单位 2017 年 09 月 12 日 申报的规划条件申请收悉。经审核,其规划设计条件详见下表:

项目名称	西青区辛口镇福运道南侧仓储项目			项目位置	西青区 辛口镇福运道南侧							
规划范围	东至: 现状地块			项目	东至: 现状地块							
	南至: 现状地块			目	南至: 现状地块							
	西至: 现状地块			范	西至: 现状地块							
	北至: 福运道			围	北至: 福运道							
规划设计条件	总用地面积 (m²)	69048.40		界内使用面积 (m²)	67127.60		界外处理面积 (m²)	1920.80		可建设用地面积 (m²)	67127.60	
	规划用地性质	用地面积 (m²)	容积率	绿地率 (%)	建筑密度 (%)	建筑限高 (m)	建筑面积 (m²)	备注				
	一类物流仓储用地	67127.60	0.8-1.5	20	≥35	36						
	地下空间使用性质				水平投影最大范围 (m²)							
	修建性详细规划阶段编制交通影响评价报告				☐ 是 ☒ 否							
	规划设计要求		内容									
	绿化带规划要求	福运道绿线 10 米;										
	停车泊位要求	机动车、非机动车按照《天津市建设项目配建停车场(库)标准》(DB/T29-6-2010)进行配建;										
	建筑退线要求	建筑退线应满足关于规划、消防、环保、安全等相关规范要求										
	其它要求:											
	1、按照城乡规划法、天津市城市规划管理技术规定等城乡规划方面的法规、标准,本项目城乡规划审核合格,特核发本通知书。其他有关国土、建设、消防、人防、城市配套、水利、绿化、地震、气象、国家安全、文物保护、地质灾害、环境保护、社会稳定、合理用能、安全生产等专业内容,应当严格按照相关行业主管部门要求落实。											
	2、建筑面积应以核定用地面积为准计算;											
	3、该项目严禁存放易燃易爆物品及危险化学品。											
	4、界外地为绿地;											
5、规划和建筑方案须符合《天津市规划建筑导则汇编》和《天津市城市规划管理技术规定》;												
6、建设单位和设计单位必须在报审建设工程设计方案的日景效果图或彩色立面图上明确标注建筑外檐材料的材质及色彩;												
7、若地块内存在测量标志点在办理规划方案审批前应办理相关审批。												
8、此次核发该地块用地性质是对应新的《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011),控规中用地性质对应原《天津市城市用地分类标准》为普通仓库用地。												
9、关于海绵城市、绿色建筑和装配式建筑等有关要求详见附件《关于<关于辛口镇福运道南侧仓储项目征求意见的函>的复函》;												
10、该地块原址属于工业仓储企业用地,可能涉及有色金属矿采选、有色金属冶炼、石油开采、石油加工、化工、焦化、电镀、制革等八类土壤污染重点行业,请根据环保部门意见,按照国发[2016]31号、津政发[2016]27号文件规定,符合本规划条件约定规划性质的用地土壤环境质量要求后,方可进入用地预审等用地程序;												
11、原规划条件 2016 西青规条申字 0047 变更通知书作废,新的核定用地图及核定用地条件图(地卡号:2017-西青三所-007)可有效使用。												
12、本规划条件自核发之日起一年内办理其他相关建设审批手续,逾期未办理或未办理延期审批的,本规划条件失效。												

注意事项:

2017.9.19
2017年09月19日
业务专用章

图 2-8 地块用地规划文件（1）

规划公布

关于公布西青区11p-07-01单元局部地块控规调整方案的通知

来源：西青区规划分局

时间：2018-08-24 15:38



西青区11p-07-01单元局部地块控规调整方案已经区政府审批通过，按照《中华人民共和国城乡规划法》《天津市城乡规划条例》的有关要求，现将上述控制性详细规划予以公布。

天津市规划局西青区规划分局
2018年8月24日

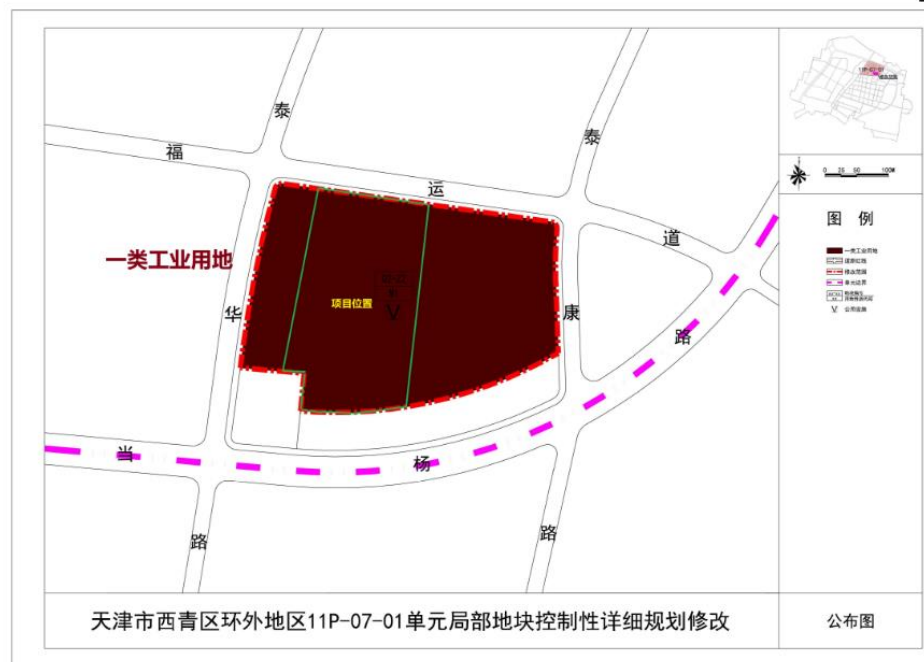


图 2-8 地块用地规划文件（2）

2.6 地块周边敏感目标

经查阅 Google Earth 影像图和人员访谈获得的信息可知，项目地块周边敏感目标主要包括：辛口医院、泰华欣苑别墅、富兴里、泰华公寓、当城中学、上辛园、泰裕园、馨和园、新惠园、新民园、馨和老年公寓、辛口镇小金星幼儿园和辛口镇中心小学。敏感目标在地块周围分布情况见图 2-9，敏感目标距地块的距离及方位见表 2-3。

表 2-3 地块周边敏感目标

编号	敏感目标	位置	距离（m）
1	辛口医院	地块南侧	300
2	泰华欣苑别墅		560
3	富兴里		314
4	泰华公寓		230
5	当城中学		700
6	上辛园		160
7	泰裕园		400
8	馨和园		407
9	新惠园		535
10	新民园		725
11	馨和老年公寓		730
12	辛口镇小金星幼儿园		700
13	辛口镇中心小学		760



图 2-9 敏感目标分布示意图

2.7 地块污染识别与分析

2.7.1 污染识别

(1) 原址企业

通过前期调查资料收集与人员访谈了解到，地块内中部历史上主要作为西青区辛口镇农用地使用，地块内原有 5 家企业，包括：万泰纸业、隆赢化工、新美染料、福兴达有机化工原料厂以及旭景机械，分布情况见图 2-10 和表 2-4。



图 2-10 地块原企业分布示意图

表 2-4 地块历史布局情况（总面积：69048.4m²）

序号	地块分区		占地面积（m ² ）	存续时间	历史用地功能
1	农田		36906	2016 之前	农业生产
2	道路		3036	2015 之前	-
3	企业	福兴达精细有机化工有限公司	9224	2000-2015	储存、使用化工原料(危险化学品及易制毒化学品除外);
		新美染料化工有限公司	3200	2000-2014	染料生产
		隆赢染料化工有限公司	2966	2000-2015	染料销售
		万泰纸业有限公司	6048	2003-2014	纸箱加工
		旭景川宇机械有限公司	4487	2011-2015	汽车零配件制造
4	其他空地		3181	-	-

(2) 生产工艺及产污分析

依据人员访谈、现场踏勘和相关资料收集的结论，对地块内潜在污染区域的污染物排放情况进行分析，以便判断地块内潜在污染源的分布。

地块内企业涉及染料化工、精细化工、纸箱加工和汽车配件加工等经营活动；2000~2010 年之间成立，2015 年左右搬迁。

(1) 染料化工企业

天津市新美染料化工有限公司主要进行直接黄 11 的生产，天津市隆赢染料化工有限公司主要进行直接黄 11 的分装和销售。

直接黄 11#为棕色粉末。溶于水呈红光黄色，微溶于溶纤维素，不溶于其他有机溶剂。有比较强烈的光敏脆损作用。直接黄 11 的物质信息见表 2-5。

表 2-5 直接黄 11#物质信息表

名称	CAS 号	化学式	分子量
直接黄 11、直接黄 R、太阳黄、姜黄类	1325-37-7	$C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$	452

以对硝基甲苯磺酸为原料，将其在氢氧化钠水溶液中加热，即发生自缩合反应得产物。由于氢氧化钠浓度、反应温度、反应时间不同，可得各种不同的黄色染料或染料混合物。

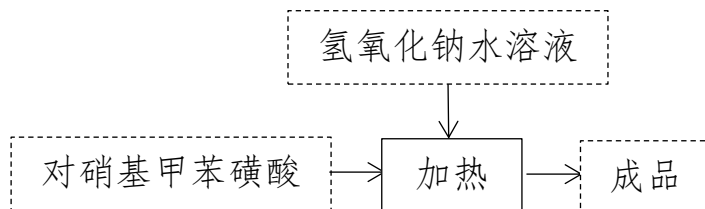


图 2-11 直接黄 11 生产工艺流程图

经比对化学品全球统一分类和标签制度（GHS）和高度关注物质（SVHC）可知，对硝基甲苯磺酸和直接黄 11 等物质均不属于危险废物和高度关注物质，且均无致癌性。

染料化工厂在分装、储存过程中，可能存在原料和溶剂的撒漏进入土壤；运输过程中可能存在汽油、柴油的撒漏进入土壤，存在造成地块土壤和地下水中有有机物和石油烃污染的可能。

（2）精细有机化工企业

经人员访谈与资料信息的查阅得知，福兴达精细有机化工有限公司主要作为有机化工原料的仓库使用，存放酸碱溶液、苯、甲苯、乙苯、二甲苯等有机原料、以及苯乙烯、氯仿等有机溶剂。

在储存和使用过程中，可能存在化工原料与有机溶剂的撒漏进入土壤；在化工原料运输过程中，可能存在汽油、柴油的撒漏进入土壤，存在造成地块土壤和地下水中有有机物和石油烃污染的可能。

（3）纸箱加工企业

万泰纸业有限公司主要经营纸箱加工的业务。经人员访谈与资料信息的查阅得知，纸箱加工流程为：将纸张加热处理后，通过制形、黏糊、裁切和印制成纸箱成品，详见图 2-12。

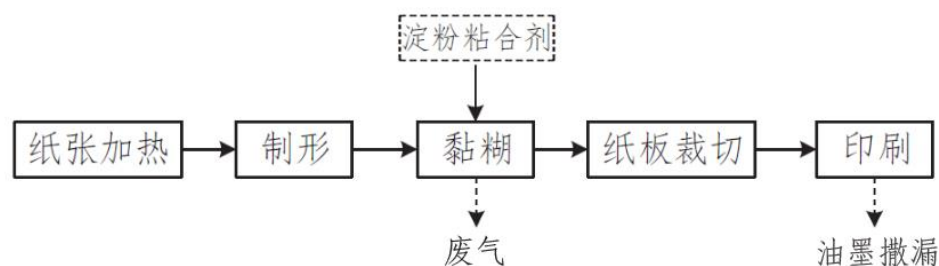


图 2-12 万泰纸业工艺流程图

纸箱加工厂在纸箱黏糊过程中，除废气外，可能存在胶黏剂经挥发再沉降进入土壤；在纸箱印刷过程中，可能存在油墨的撒漏进入土壤，存在造成地块土壤和地下水中铅、汞等重金属和苯、甲苯等有机物污染的可能。

(4) 旭景川宇机械（天津）有限公司

企业主要进行汽车零部件的加工与制造，其主要加工方式为冲压工艺，不发生化学反应，冲压工艺简述如下：

1) 冲裁：使板料实现分离的冲压工序（包括冲孔、落料、修边、剖切等）；

2) 弯曲：将板料沿弯曲线成一定的角度和形状的冲压工序；

3) 拉伸：将平面板料变成各种开口空心零件，或把空心件的形状、尺寸作进一步改变的冲压工序；

4) 局部成形：用各种不同性质的局部变形来改变毛坯或冲压形成工序（包括翻边、胀形、校平和整形工序等）。

冲压工艺流程及产污环节示意图见图 2-13。

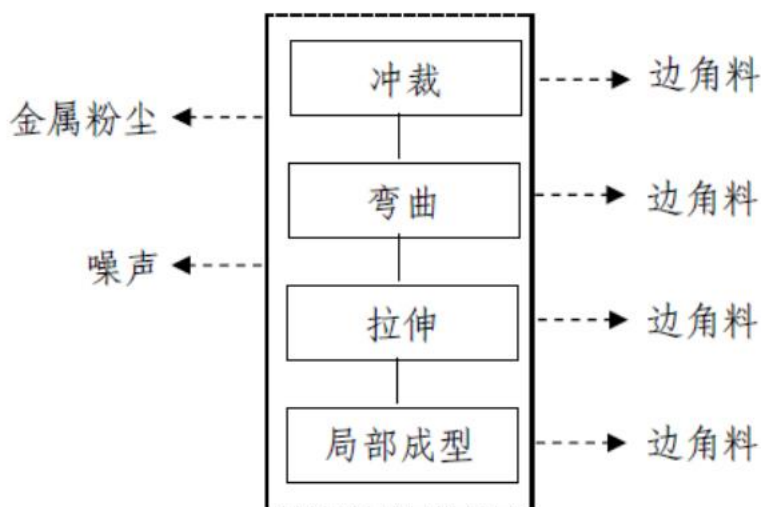


图 2-13 冲压工艺流程及产污环节示意图

汽车配件厂的冲压过程中，除金属粉尘与噪声外，地块内中转搬运货物时，叉车和运输车辆的使用，车辆维修，设备机械的运行维修等，均可能造成地块的石油烃污染。冲压过程结束后可能会涉及清洗脱脂工序，早期常见的脱脂剂为溶剂型脱脂剂，溶剂型脱脂剂的主要成分为三氯乙烯等卤代烃类。

2.7.2 潜在污染源与污染物

综合前期与补充调查的污染识别成果，对地块内外所从事生产经营情况的分析，对地块内外的潜在污染源及污染物分析如下：

（1）地块内原工业企业区域

原天津市隆赢染料化工有限公司和原天津市新美染料化工有限公司，在染料的生产和储存过程中，存在化学原料及有机溶剂的撒漏进入土壤的可能；原料等在运输过程中存在汽油、柴油等撒漏进入土壤的可能。

原天津市万泰纸业有限公司，纸箱粘合、印刷等加工过程中，粘合剂和油墨中所含有的有机溶剂，存在挥发后沉降进入土壤并造成污染的可能。

原旭景川宇机械（天津）有限公司，在汽车配件加工生产过程中，金属粉尘、金属颗粒可能进入土壤并造成污染；在机械设备的使用中，会存在机械机油滴落进入土壤并造成污染的可能。存在过工业企业等生产经营活动区域，潜在污染物包括：挥发性有机物、重金属和石油烃等。

原天津市福兴达精细有机化工有限公司，作为化工原料的仓库使用，主要存放苯、甲苯、乙苯等有机溶剂，仓库在使用过程中可能存在原料泄漏的情况，从而造成土壤和地下水的有机污染。同时，原料等在运输过程中也存在化工原料、汽油或柴油等撒漏进入土壤的可能。

（2）地块内原农田区域

该区域污染源主要来自农用地使用过程中施用的农药与化肥，可能对地块内的土壤和地下水造成污染。调查地块内所关注的潜在污染物主要为铅、镉等重金属、石油烃以及六六六、滴滴涕等有机物污染物。

（3）地块外原工业企业区域

紧邻地块西南侧的原天津市福兴达精细有机化工有限公司，作为化工原料的仓库使用，主要存放苯、甲苯、乙苯等有机溶剂，仓库在使用过程中

可能存在原料泄漏的情况，从而造成土壤和地下水的有机污染，根据地块的地下水流向，对地块造成污染的风险较高。

(4) 地块外道路

地块外北侧为现状道路（福运道），往来汽车行驶过程中产生的尾气可能通过大气传输等方式对本场地的土壤造成石油烃、多环芳烃以及铅污染，但路面车流量较小，对地块造成污染的风险较低。

2.7.3 污染识别结论

前期调查结果表明，地块内原天津市福兴达精细有机化工有限公司所在区域内的土壤及地下水中存在苯、甲苯污染超标的情况；原农田区域地下水中存在铅、砷的污染超标情况。自前期调查工作结束至补充调查开始期间，地块内已进行相应的风险管控措施，结合补充调查重新收集的水文地质勘察资料，判断调查地块内的土壤及地下水仍然存在污染的可能性较高，应开展第二阶段环境调查工作，查明污染物迁移情况与污染扩散范围。地块污染概念模型见表 2-6。

表 2-6 地块污染概念模型

识别范围	现状	潜在污染源	污染介质	潜在污染物	传输途径	污染风险	敏感受体
地块内	空地	原天津市福兴达精细有机化工有限公司	土壤、地下水	苯、甲苯、乙苯、间 &对二甲苯、苯乙烯、氯仿等有机溶剂	土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	高	成人
	空地	原天津市新美染料化工有限公司	土壤、地下水	苯乙烯、石油烃	土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	低	
	空地	原天津市隆赢染料化工有限公司	土壤、地下水	石油烃	土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	低	
	空地	原天津市万泰纸业有限公司	土壤、地下水	铅、汞、甲苯、 石油烃	土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	低	
	空地 (硬化)	原旭景川宇机械(天津)有限公司	土壤、地下水	石油烃、 三氯乙烯等卤代烃	大气沉降 土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	低	
	空地	原农田	土壤、地下水	铅、砷、有机农药 石油烃	土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	低	
地块外	道路	福运道	大气 土壤、地下水	铅、多环芳烃、 石油烃	大气沉降 土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	低	
	空地	原天津市福兴达精细有机化工有限公司	土壤、地下水	苯、甲苯、乙苯、间 &对二甲苯、苯乙烯、氯仿等有机溶剂	土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	高	
	物流园	宇培天津西青物流园 普洛斯西青辛口物流园	大气 土壤、地下水	铅、多环芳烃、 石油烃	大气沉降 土壤淋滤和入渗 地下水弥散和扩散	低	
	加油站	中国石化加油站	地下水	石油烃	地下水弥散和扩散	低	

3 土壤污染状况调查结果

3.1 初步调查

3.1.1 布点采样情况

(一) 土壤

(1) 点位布设

利用地块污染识别的成果,综合考虑地块原工业企业的历史布局情况、历史生产活动情况以及布点条件等因素,采用分区加判断布点法进行本项目土壤监测点位的布设。共布设 27 个土壤监测点,各监测点的布设情况见表 3-1,监测点平面分布情况见图 3-1。

表 3-1 初步调查土壤监测点布设情况

区域	点位	取样类型	布点依据
福兴达有机化工	T19 (D8)、T20 (D15)、T22 (D10)、T23 (D9)	土壤+地下水	判断化工厂原料储存、运输过程中是否对土壤造成污染
	T21、T24	土壤	
新美染料化工	T3、T4	土壤	判断染料生产、运输过程中是否对土壤造成污染
隆赢染料化工	T6 (D3)	土壤+地下水	判断染料分装、储存、运输过程中是否对土壤造成污染
	T5	土壤	
旭景川宇机械	T26 (D11)	土壤+地下水	判断部件冲压、加工过程中是否对土壤造成污染
	T25、T27	土壤	
万泰纸业	T1(D1)	土壤+地下水	判断纸箱黏糊、印刷过程中是否对土壤造成污染
	T2	土壤	

农田	T8 (D12)、T9 (D4)、T11 (D5)、T12 (D13)、T14 (D6)、T15 (D7)、T16 (D14)	土壤+地下水	判断周边企业对农田污染迁移情况
	T7、T10、T13、T17、T18	土壤	



图 3-1 土壤监测点平面位置图

(2) 钻孔取样深度

进行水文地质勘察点位并同时建地下水监测井点位，钻探深度进入潜水含水层隔水底板内 0.5~1m，现场钻探深度范围为 16~17m；其他同时建地下水监测井点位，钻探深度至地下水位线 5m 以下，进入第 I 海相层中部，现场钻探深度范围为 10~10.5m；单取土壤样品点位，钻探深度进入第 I 海相层顶部，现场钻探深度为 6m。同一监测点不同位置的取样深度，结合地块土层结构，不同性质的土层至少取一个土壤样品。

(二) 地下水

结合地下水流向、地块历史生产活动情况及场地布设条件等因素，采用分区加判断布点法，进行地下水监测井的布设，共布设 12 口地下水监测井，目标含水层为潜水含水层，采样位置位于潜水含水层上部。地下水监测井钻探深度与同位置土壤监测点钻探深度相同。各监测井的布设情况见表 3-2，各监测井平面分布情况见图 3-2。

表 3-2 初步采样各区域地下水监测井布设情况

序号	区域	地下水监测井编号	建井深度 (m)	筛管深度 (m)
1	万泰纸业	D1	10.5	1.7-9.5
2	隆赢化工	D3	10	1.7-9.5
3	新美染料	D2	10.5	1.7-9.5
4	旭景川宇机械	D11	10	1.7-9.5
5	福兴达精细有机化工	D8、D9、D10	16 - 17	1.7-15.5
6	农田	D4、D5、D6、D7、 D12	10 - 10.5	1.7-9.5

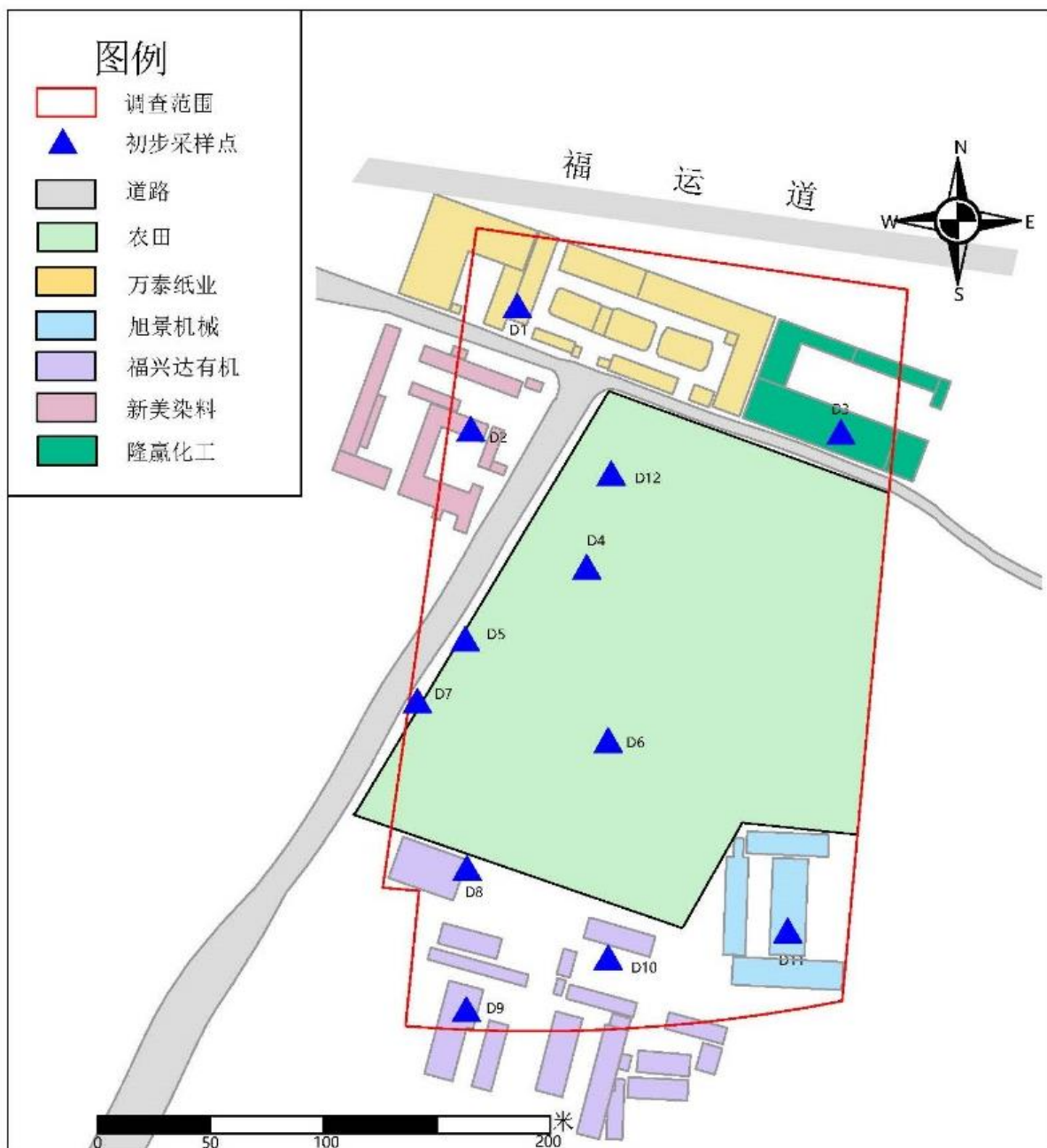


图 3-2 地下水初步采样调查监测点位平面布置

3.1.2 检测指标

(1) 土壤

根据污染识别结论、《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011) 及《EPA 区域筛选值》(RSL-2017) 确定土壤监测指标, 需要监测的土壤指标如下:

砷、镉、铬、铜、铅、汞、镍、锌、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）、有机磷农药、有机磷农药、pH 等指标。

（2）地下水

根据《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）及《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）确定地下水监测指标，需要监测的地下水指标如下：

砷、镉、铬、铜、铅、汞、镍、锌、挥发性有机物（VOCs）、半挥发性有机物（SVOCs）、有机磷农药、有机氯农药、pH 等指标。

3.1.3 样品检测方法

（1）土壤样品检测方法

根据《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）以及当时的导则《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）、《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）等相关技术规范中所列检测方法进行，土壤样品检测方法详见表 3-3。

表 3-3 实验室检测分析方法

类别	检测指标	分析方法	方法依据
土壤	pH	电极法	USEPA 9045D-2004
	半挥发性有机物	气相色谱/质谱法	USEPA 8270D-2014
	干重	重量法	HJ 613-2011
	镉、铬、镍、铅、砷、铜、锌	电感耦合等离子体质谱法	USEPA 200.8-1994
	汞	原子荧光法	GB/T 22105.1-2008
	挥发性有机物	气相色谱/质谱法	USEPA 8260C-2006
	总石油烃	气相色谱法	USEPA 8015D-2003

(2) 地下水样品检测方法

根据《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）及《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020）等标准和规范中规定的方法进行，地下水样品检测方法详见表 3-4。

表 3-4 实验室检测分析方法

类别	检测指标	分析方法	方法依据
地下水	pH	玻璃电极法	GB/T 5750.4-2006（5.1）
	半挥发性有机物	气相色谱/质谱法	USEPA 8270D-2014
	镉、铬、镍、铅、 砷、铜、锌、汞	生活饮用水标准检验方法 金属指标	GB/T 5750.6-2006
	挥发性有机物	气相色谱/质谱法	USEPA 8260C-2006
	总石油烃	气相色谱法	USEPA 8015D-2003

3.1.4 风险筛选标准

(1) 土壤

地块规划用地性质为一类物流仓储用地，属于二类用地，因此选择《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）工业用地类限值及《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）工业用地限值，若以上标准中均不存在对应限值时，则通过 HERA 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险筛选值。

(2) 地下水

本项目地块所在区域浅层地下水不涉及饮用水源地补给径流区和保护区，因此选择《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类限值及《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）中保护饮用水限值，若以上标准中均不存在对应限值时，则通过 HERA 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险筛选值。

3.1.5 样品分析情况

(1) 土壤

重金属：共检出 8 种重金属，铜、铬、镍、锌、铅、镉、砷和汞检出率均为 100%，检出浓度均未超过《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中工业用地的限值规定。

有机物：共检出 6 种有机物，分别为苯、间&对-二甲苯、苯乙烯、三氯乙烯、氯苯和 1,2,3-三氯苯。其中苯的检出率为 1.3%，检出浓度超出了《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中工业用地的限值规定，超标点位分别位于 T19-7.5 和 T19-10.0。其他指标检出率为 0.65%，检出浓度均未超出相应风险筛选值。

TPH：TPH<C16 和 TPH>C16 的检出浓度均未超过《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中工业用地的限值规定。

(2) 地下水

重金属：共检出 7 种重金属，分别为铜、铬、镍、锌、铅、镉和砷，铜的检出率为 75%，铬的检出率为 50%，其余物质检出率均为 100%。铅和砷的检出浓度超出了《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 IV 类标准限值，其余重金属未超标。铅的超标点位位于 D4 和 D7，超标数值分别为 269 $\mu\text{g/L}$ 和 151 $\mu\text{g/L}$ ；砷的超标点位位于 D4，超标数值为 68.3 $\mu\text{g/L}$ 。

有机物：共检出 8 种有机物，分别为：苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、邻-二甲苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,2-二氯乙烷和氯苯，氯苯的检出率为 16.7%，其余指标检出率均为 8.3%。其中苯的检出浓度超出了《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 IV 类标准限值，其余有机物均未超标。苯的超标点位位于 D8，超标数值为 43600 $\mu\text{g/L}$ 。

TPH：检测了 TPH<C16 和 TPH>C16，仅 TPH<C16 指标有检出，见表 3-6。TPH<C16 的超标地下水样品（D8）位于原天津市福兴达精细有机化工

有限公司所在区域。TPH 指标在《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 没有相应限值，详细采样调查阶段对其分别按芳香族和脂肪族进行监测。

3.2 详细调查

3.2.1 布点采样情况

(一) 土壤

(1) 点位布设

结合污染识别和土壤初步采样调查的结果，采用网格加密布点方法，每个土壤监测点代表采样单元面积不大于 400m^2 ，进行土壤详细调查监测点的布设。共布设 22 个土壤监测点，各监测点的布设情况见表 3-5、监测点平面分布情况见图 3-3。

表 3-5 详细调查土壤监测点布设情况

区域	点位	布点依据	重点关注 污染物
一次布设			
福兴达	T29（D18）、T30（D19）、T32	围绕初步采样超标点位 T19 布设	苯
农田	T28（D17）、T31（D20）		苯
二次布设			
福兴达	T40、T43、T44、T46、T47、T49	围绕超标点位根据系统布 点法布设	苯
农田	T33、T34（D21）、T35、T36（D22）、T37、T38、T39、T41、T42（D23）、T45（D24）、T48（D25）		苯

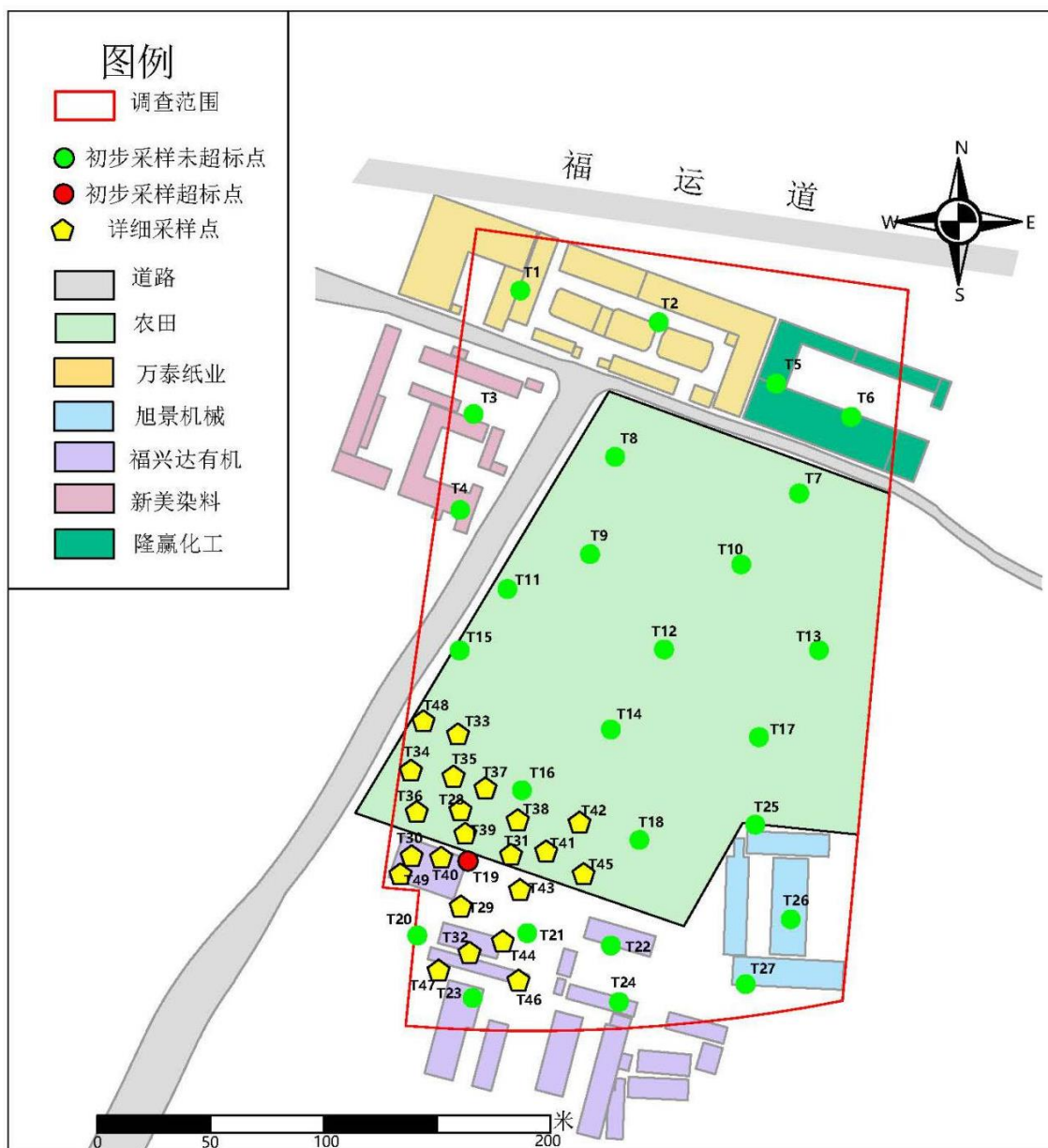


图 3-3 土壤详细调查监测点平面布置图

（2）钻探取样深度

监测点垂直方向的钻探取样深度，根据初步采样调查结果、地块水文地质条件和现场快速检测结果进行判断设置。现场钻探深度范围为 9~15m。

同一监测点不同位置取样深度确定原则同初步采样调查，各监测点位采样深度信息见表 3-6。

表 3-6 详细调查土壤监测点位采样信息表

序号	监测点位	布点区域	钻探深度 (m)	采样点深度 (m)
1	T28 (D17)	农田	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
2	T29 (D18)	福兴达	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
3	T30 (D19)	福兴达	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
4	T31 (D20)	农田	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
5	T32	福兴达	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
6	T33	农田	10.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5
7	T34 (D21)	农田	15	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5/15.0
8	T35	农田	12	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0
9	T36 (D22)	农田	15	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5/15.0
10	T37	农田	12	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0
11	T38	农田	15	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5/15.0
12	T39	农田	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
13	T40	福兴达	15	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5/15.0
14	T41	农田	15	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5/15.0
15	T42 (D23)	农田	9	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0
16	T43	福兴达	15	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5/15.0
17	T44	福兴达	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
18	T45 (D24)	农田	9	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0
19	T46	福兴达	10.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5

序号	监测点位	布点区域	钻探深度 (m)	采样点深度 (m)
20	T47	福兴达	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
21	T48 (D25)	农田	13.5	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0/13.5
22	T49	福兴达	12	0.5/1.5/3.0/4.5/6.0/7.5/9.0/10.5/12.0

注：D17、D18、D19、D20、D21、D22、D23、D24、D25 均为地下水监测井。

(二) 地下水

(1) 点位布设及建井深度

结合污染识别和地下水初步采样调查的结果，采用系统布点方法对地下水详细调查监测井进行布设，共布设 17 口地下水监测井，地下水建井深度根据同孔土壤钻探深度确定。各监测井的布设情况见表 3-7，各监测井平面分布情况见图 3-4。

表 3-7 地下水监测情况

监测点位	建井深度 (m)	筛管深度 (m)
D8 (T19) (初步采样调查监测井)	8	2-7.5
D13 (T12)	8	2-7.5
D14 (T16)	8	2-7.5
D15 (T20)、D16 (T21)	8	2-7.5
D17 (T28)、D18 (T29)、D19 (T30)、D20 (T31)	8	2-7.5
D21 (T34)、D22 (T36)、D23 (T42)、D24 (T45)	8	2-7.5
D25 (T48)、D26、D27、D28、D29	8	2-7.5

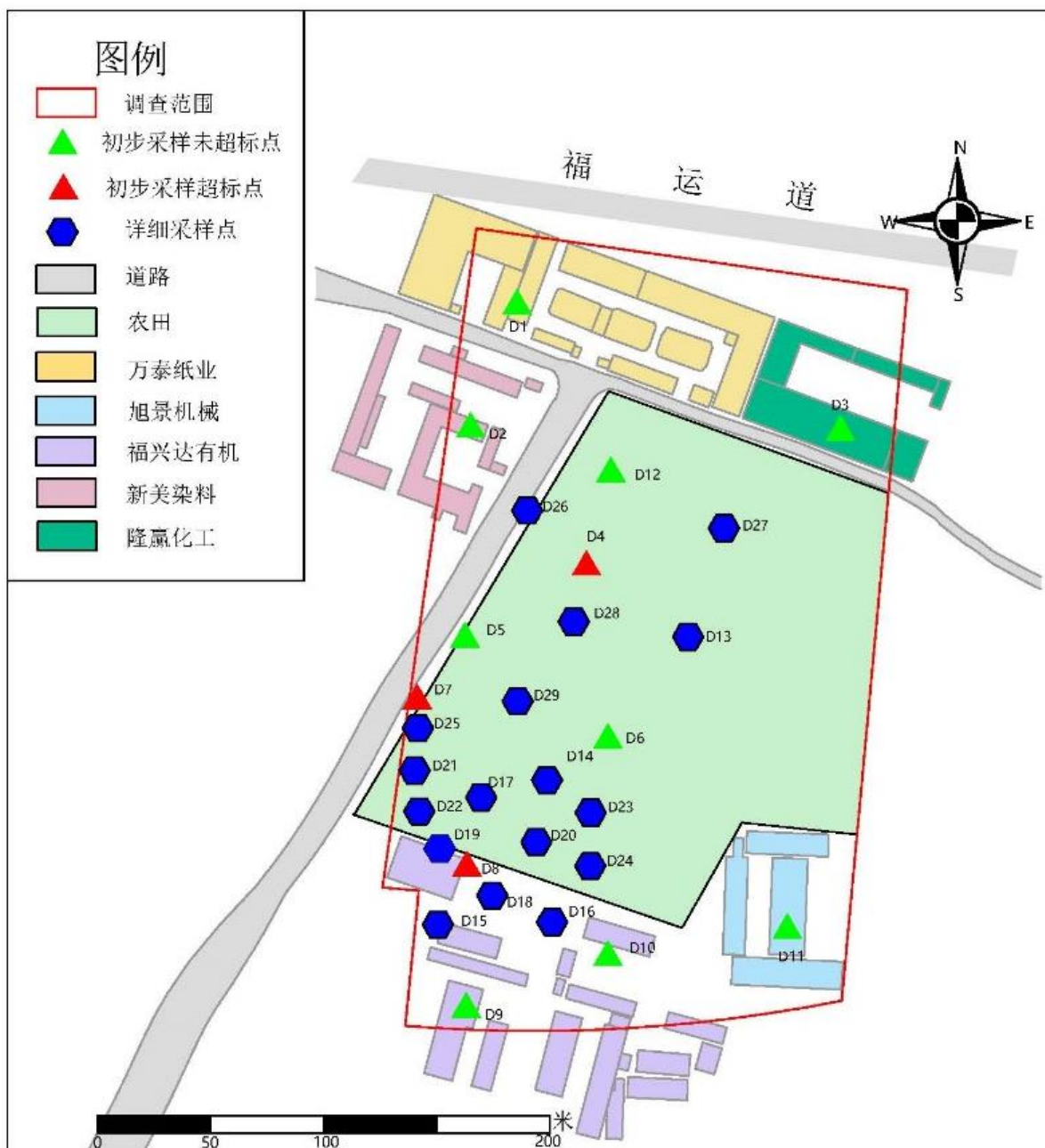


图 3-4 地下水详细调查监测点位平面布置图

3.2.2 检测指标

(1) 土壤

根据地块初步调查结论，土壤样品中苯的浓度超过相应筛选值，故详细采样调查中，重点关注单环芳烃。

(2) 地下水

根据地块初步调查结论，地下水样品中铅、砷、苯的浓度超过相应标准限值。故详细采样调查中，重点关注铅、砷、单环芳烃及 TPH 等指标。

3.2.3 样品检测方法

(1) 土壤样品检测方法

根据《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）以及当时的导则《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）、《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）等相关技术规范中所列检测方法进行，土壤样品检测方法详见表 3-8。

表 3-8 实验室检测分析方法

类别	检测指标	分析方法	方法依据
土壤	pH	电极法	USEPA 9045D-2004
	干重	重量法	HJ 613-2011
	挥发性有机物	气相色谱/质谱法	USEPA 8260C-2006

(2) 地下水样品检测方法

根据《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）及《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020）等标准和规范中规定的方法进行，地下水样品检测方法详见表 3-9。

表 3-9 实验室检测分析方法

类别	检测指标	分析方法	方法依据
地下水	pH	玻璃电极法	GB/T 5750.4-2006（5.1）
	铅、砷	电感耦合等离子体质谱法	GB/T 5750.6-2006
	挥发性有机物	气相色谱/质谱法	USEPA 8260C-2006

类别	检测指标	分析方法	方法依据
	总石油烃	气相色谱法	USEPA 8015D-2003

3.2.4 风险筛选标准

(1) 土壤

地块规划用地性质为一类物流仓储用地，属于二类用地，因此选择《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）工业用地类限值及《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）工业用地限值，若以上标准中均不存在对应限值时，则通过 HERA 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险筛选值。

(2) 地下水

本项目地块所在区域浅层地下水不涉及饮用水源地补给径流区和保护区，因此选择《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类限值及《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）中保护饮用水限值，若以上标准中均不存在对应限值时，则通过 HERA 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险筛选值。

3.2.5 样品分析情况

(1) 土壤

单环芳烃：共检出 7 种有机物，分别为苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、邻-二甲苯、1,2,4 三甲基苯和对-异丙基甲苯。苯的检出率为 58%，甲苯的检出率为 17%，乙苯的检出率为 1.4%，间&对-二甲苯的检出率为 2.8%，邻-二甲苯的检出率为 1.9%，1,2,4 三甲基苯和对-异丙基甲苯的检出率为 0.5%。

苯的检出浓度超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中工业用地的限值规定，其余 6 种有机物的检出浓度均未超出相应风险筛选值。

(2) 地下水

重金属：铅和砷的检出浓度均未超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 IV 类标准限值。

单环芳烃：共检出 5 种有机物，分别为苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯和苯乙烯。苯的检出率为 69%，甲苯的检出率为 31%，乙苯、苯乙烯的检出率为 7.7%，间&对-二甲苯的检出率为 15.4%。其中苯和甲苯的检出浓度超出了《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 IV 类标准限值，其余有机物均未超标。苯的超标率为 33%，甲苯的超标率为 25%，苯的超标点位位于 D8、D19 和 D20，苯超标数值最大为 **181mg/L**，超标倍数为 **1508 倍**，位于 D19；甲苯的超标点位位于 D20，超标数值为 **1.77mg/L**，超标倍数为 **1.26 倍**。

TPH：检测指标为 TPH-Aliph>C5-C6、TPH-Aliph>C6-C8、TPH-Aliph>C8-C10、TPH-Aliph>C10-C12、TPH-Aliph>C12-C16、TPH-Aliph>C16-C21、TPH-Aliph>C21-C34、TPH-Arom>C5-C7、TPH-Arom>C7-C8、TPH-Arom>C8-C10、TPH-Arom>C10-C12、TPH-Arom>C12-C16、TPH-Arom>C16-C21、TPH-Arom>C21-C35。检出指标为 TPH-Arom>C5-C7 和 TPH-Arom>C7-C8，检出的 TPH-Arom>C5-C7 与 TPH-Arom>C7-C8 指标中均有 2 个样品的检出浓度超出了《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）中保护饮用水的限值规定。其中，TPH-Arom>C5-C7 的超标点位位于 D19 和 D20；TPH-Arom>C7-C8 的超标点位位于 D8 和 D20。

3.3 前期工作总结

(1) 检测指标

经与《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）比对，土壤、地下水中六价铬、一溴二氯甲烷、溴仿、3,3-二氯联苯胺、阿特拉津、灭蚁灵、石油烃（C₁₀~C₄₀）在前期调查中并未进行检测，其余指标均满足《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）及《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）中需检测的土壤指标。

(2) 检测方法

两次调查土壤样品检测分析方法对比见表 4-10。

表 4-10 土壤样品检测分析方法对比

检测指标	前期调查		补充调查	
重金属				
pH	USEPA 9045D-2004	电极法	HJ 962-2018	电位法
铜、镍、铅	USEPA 200.8-1994	电感耦合等离子 体质谱法	HJ 491-2019	火焰原子吸收分 光光度法
铬 （补充调查 检测指标为 六价铬）	GB/T 5750.6- 2006		HJ 1082-2019	碱溶液提取-火焰 原子吸收分光光 度法
锌	GB/T 5750.6- 2006		-	-
砷	USEPA 200.8-1994		HJ 680-2013	原子荧光法
镉	USEPA 200.8-1994		GB/T 17141- 1997	石墨炉原子吸收 分光光度法
汞	GB/T 22105.1-2008	原子荧光法	HJ 680-2013	原子荧光法
有机物				

检测指标	前期调查		补充调查	
挥发性有机物	USEPA 8260C-2006	气相色谱/质谱法	HJ 605-2011	气相色谱/质谱法
半挥发有机物	USEPA 8270D-2014	气相色谱/质谱法	HJ 834-2017	气相色谱/质谱法
总石油烃				
石油烃	USEPA 8015D-2003	气相色谱法	HJ1021-2019	气相色谱法

将两次调查的检测方法进行对比，有机物及石油烃指标的检测方法未发生改变，重金属的检测方法虽不一致，但前期调查中大多数采用国标的办法，故前期调查检测方法基本有效，可能存在一定的不确定性。

两次调查地下水样品检测分析方法对比见表 4-11。

表 4-11 地下水样品检测分析方法对比

检测指标	前期调查		补充调查	
重金属				
pH	GB/T 5750.4-2006	玻璃电极法	HJ 1147-2020	电极法
铜、镍、铅、镉	GB/T 5750.6-2006	生活饮用水标准 检验方法 金属 指标	HJ 700-2014	电感耦合等离子 体质谱法
砷、汞	GB/T 5750.6-2006		HJ 694-2014	原子荧光法
铬（补充调查检测指标为六价铬）	GB/T 5750.6-2006		GB/T 5750.6-2006	生活饮用水标准 检验方法 金属指 标
锌	GB/T 5750.6-2006		-	-
有机物				
挥发性有机物	USEPA 8260C-2006	气相色谱/质谱法	HJ 639-2012	气相色谱/质谱法
半挥发有机物	USEPA 8270D-2014	气相色谱/质谱法	USEPA 8270E-2018	气相色谱/质谱法
总石油烃				

检测指标	前期调查		补充调查	
石油烃	USEPA 8015D-2003	气相色谱法	HJ894-2017	气相色谱法

将两次调查的检测方法进行对比，有机物及石油烃指标的检测方法未发生改变，重金属的检测方法虽不一致，但前期调查中均采用国标的方法，故前期调查检测方法有效。

（3）风险筛选标准

由于标准更新，前期调查部分筛选标准已被替代，表 4-12 列出前期调查与现阶段风险筛选标准比对情况。

表 4-12 前后筛选标准比对

	18 年标准	22 年标准
土壤	• 《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）工业用地类限值； • 《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）工业用地限值； • HERA 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险筛选值	• 《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地的限值
地下水	• 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类限值； • 《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）中保护饮用水限值； • HERA 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险筛选值	• 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类限值； • 《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》中第二类用地筛选值

（4）样品检出情况

1) 初步调查土壤

重金属：共检出 8 种重金属，铜、镍、铅、镉、砷和汞检出浓度均未超出《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地的限值，铬、锌在《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）无对应限值。

有机物：共检出 6 种有机物，分别为苯、间&对-二甲苯、苯乙烯、三氯乙烯、氯苯和 1,2,3-三氯苯。苯超过《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地的限值，其余有机物均未超标。

TPH：检测指标为 TPH<C16 和 TPH>C16，检出浓度未超过当时的筛选值，目前阶段筛选值及监测指标已更新，石油烃（C₁₀~C₄₀）代替了碳链，故无法用新标准进行评判。

将土壤中检出指标分别与《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中工业用地的限值规定和《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地的限值进行列表比对，结果见表 4-13、4-14。

表 4-13 土壤重金属与两次筛选值比对超标情况

检测指标	检出限	最大检出浓度 (mg/kg)	前期调查 筛选值	超标情况	补充调查 筛选值	超标情况
铜	0.1	119	10000*	未超标	18000**	未超标
铬	0.1	44	2500*	未超标	无标准	-
镍	0.1	40	300*	未超标	900**	未超标
锌	0.5	127	10000*	未超标	无标准	-
铅	0.1	27	1200*	未超标	800**	未超标
镉	0.01	0.28	150*	未超标	65**	未超标
砷	0.5	19.3	20*	未超标	60**	未超标
汞	0.1	0.23	14*	未超标	38**	未超标

注：“*”是指《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中工业用地的限值规定。“**”是指《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地限值。

由上表可知，土壤重金属指标中除铬、锌在《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）无对应限值，其他物质的检出浓度均未超过《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中工业用地的限值规定和《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地的限值。

表 4-14 土壤检出有机物与两次筛选值比对超标情况

检测指标	检出限	最大检出浓度 (mg/kg)	前期调查筛选值	超标情况	补充调查筛选值	超标情况
苯	0.05	18.2	1.4*	超标	4**	超标
间&对-二甲苯	0.05	0.25	100*	未超标	570**	未超标
苯乙烯	0.05	0.09	2700*	未超标	1290**	未超标
三氯乙烯	0.05	0.11	9.2*	未超标	2.8**	未超标
氯苯	0.05	0.18	64*	未超标	270**	未超标
1,2,3-三氯苯	0.05	0.34	930*	未超标	930***	未超标

注：“*”是指《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)中工业用地的限值规定；“**”是指《建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)第二类用地限值；“***”是指《EPA2017》中工业用地限值。

虽然以上检出指标分别与《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)中工业用地的限值规定和《建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)第二类用地的限值进行对标,但是通过与现阶段检测方法的对比,前期调查中土壤及地下水的检测分析方法与现阶段不一致,现阶段的检测方法已有更新,使得检测结果存在一定的不确定性。

2) 详细调查土壤

单环芳烃:共检出7种有机物,分别为苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、邻-二甲苯、1,2,4三甲基苯和对-异丙基甲苯。苯与甲苯超过《建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)第二类用地限值,其余有机物均未超标。

将土壤中检出指标分别与《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)中工业用地的限值规定和《建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)第二类用地的限值进行列表比对,结果见表4-15。

表 4-15 土壤有机物与两次筛选值比对超标情况

检测指标	检出限	最大检出浓度 (mg/kg)	前期调查 筛选值	超标情况	补充调查 筛选值	超标情况
苯	0.05	1550	1.4*	超标	4***	超标
甲苯	0.05	1810	3300*	未超标	1200***	超标
乙苯	0.05	1.31	860*	未超标	280***	未超标
间&对-二甲苯	0.05	2.93	100*	未超标	570***	未超标
邻-二甲苯	0.05	0.41	100*	未超标	640***	未超标
1,2,4-三甲基苯	0.05	0.07	1800*	未超标	无标准	-
对-异丙基甲苯	0.05	0.29	1600**	未超标	无标准	-

注：“*”是指《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)中工业用地的限值规定；“**”是通过 HERA 风险评估软件按照敏感用地计算相应的风险筛选值。“***”是指《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB36600-2018)第二类用地限值。

虽然以上检出指标分别与《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)中工业用地的限值规定和《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》(GB36600-2018)第二类用地的限值进行对标，但是通过与现阶段检测方法的对比，前期调查中土壤及地下水的检测分析方法与现阶段不一致，现阶段的检测方法已有更新，使得检测结果存在一定的不确定性。

3.4 补充调查

3.4.1 布点采样情况

（一）土壤

（1）布点依据

根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环发[2014]78 号）、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（原环境保护部公告 2017 年第 72 号）中要求的，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 400m² 不少于 1 个，其他非污染区域每 1600m² 不少于 1 个。并结合本项目初步调查和详细调查时期的污染调查结果以及本次采用的污染物探测成果报告，确定补充调查阶段地块调查采样布点方案。

本次补充调查共布设 55 个土壤监测点位，土壤监测点平面分布见图 3-5。

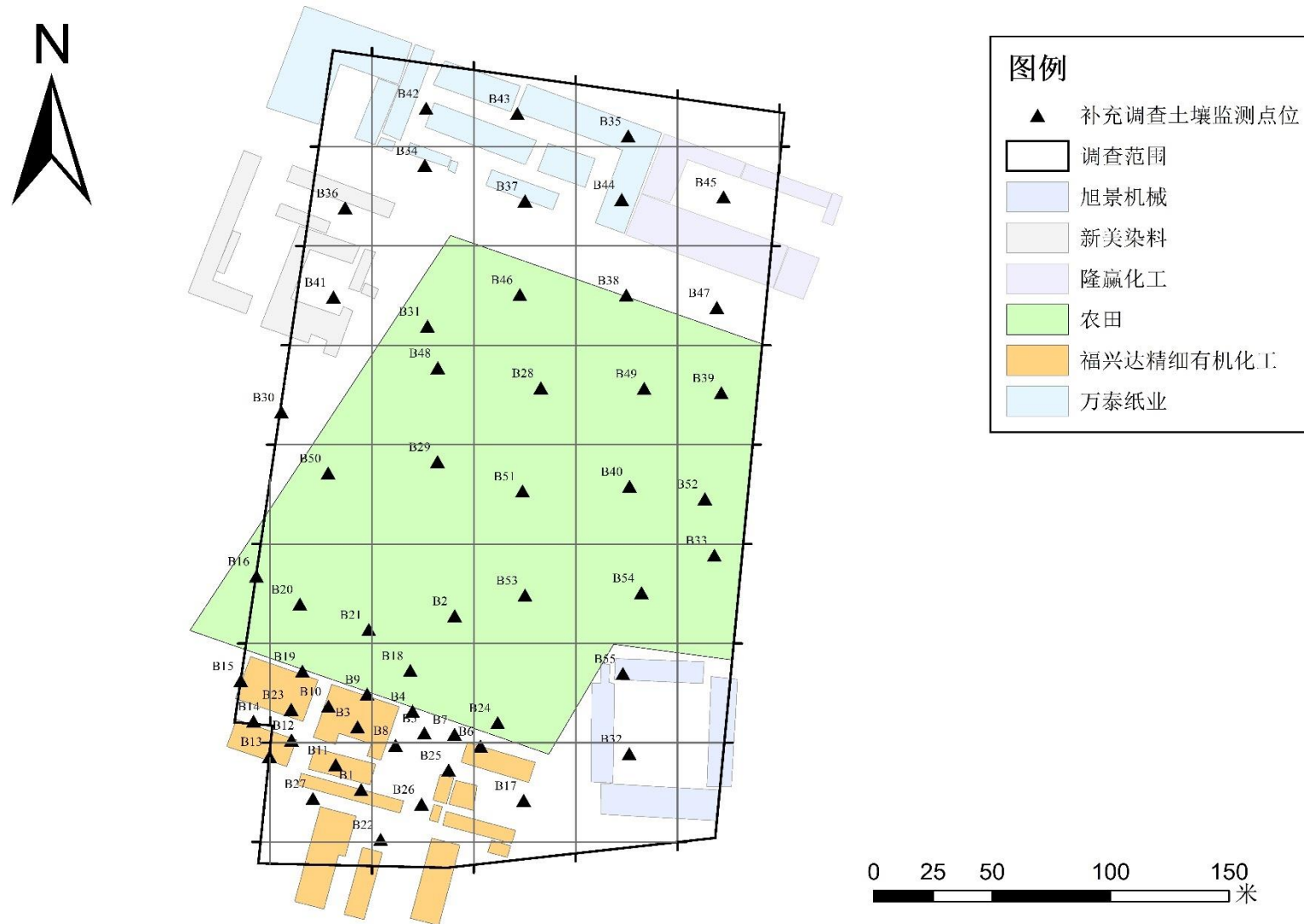


图 3-5 补充调查土壤监测点平面分布图

（3）钻探及采样深度

为保证每个土壤监测点位最大采样深度直至未受污染的深度为止，补充调查阶段钻探深度主要为超筛深度向下钻探 1-1.5m。根据初步调查和详细调查结论，超筛最深深度为 13.5m，故本次钻探深度最深为 15m。

采样深度原则遵守表层土壤样品在 0-0.2m 范围内采集，建议 0.2m 以下的土壤采样间隔不超过 2m，不同性质土层至少采集一个土壤样品；同一性质土层厚度较大或出现明显污染痕迹时，根据实际情况在该层位增加采样点。采样深度根据前期调查结果分析而定，补充调查中土壤纵向采样密度大于前期调查采样密度，同时结合现场 PID、XRF 等快筛数据确定，表层以下每隔 1.5m 处分别进行取样。

（4）监测指标

根据前期调查中的不足，本次将进行指标的全面检测。由于筛选值及监测指标已更新，参考《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ 25.1-2019) 附录 B 的内容，本次检测因子包含了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的 45 项基本项、选测项中的有机物及石油烃（C₁₀~C₄₀），上述指标已包含前期调查中检出的全部指标。

（二）地下水

（1）监测点布设

地下水监测点位布设原则如下，共布设 21 个地下水监测点位（其中 12 个点位为组井），监测井平面分布情况见图 3-6。

（2）监测井深度

本次地下水采样监测的目标为潜水含水层的上层（粉质黏土层④₁）与下层（粉土层⑥₃），且均未穿透隔水底板，地下水监测井深度分别设置为 1.5-4m 与 9-12m，以分别确定其在潜水含水层上层与下层的水平扩散与垂直迁移情况，并划定其污染边界。

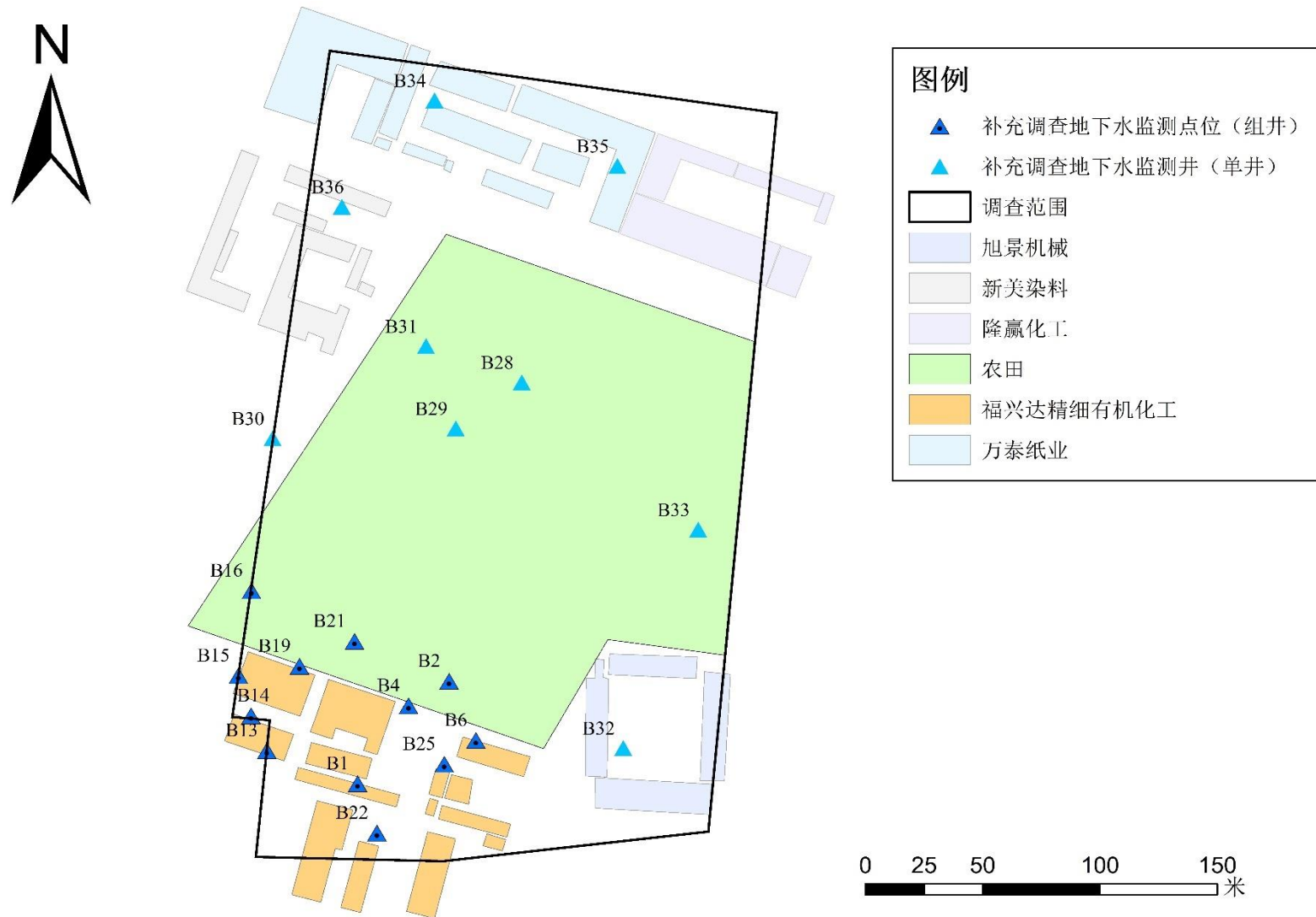


图 3-6 地下水监测点位平面布置图

(3) 监测指标

由于筛选值及监测指标已更新，石油烃（ $C_{10}\sim C_{40}$ ）替代了碳链，根据前期调查中的不足，本次将进行指标的全面检测，参考《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）附录 B 的内容，本次检测因子包含了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的 45 项基本项、选测项中的有机物及石油烃（ $C_{10}\sim C_{40}$ ），上述指标已包含前期调查中检出的全部指标。

3.4.2 筛选标准

(1) 土壤

依据规划文件，本地块规划用地性质为一类物流仓储用地。根据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中建设用地分类，一类物流仓储用地属于第二类用地，本次筛选标准均选取第二类用地标准。土壤环境风险筛选值选取标准为：

《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值。

检测项目	CAS 号	筛选值 (第二类用地)	单位	备注
重金属				
铜	7440-50-8	18000	mg/kg	GB36600-2018
镍	7440-02-0	900	mg/kg	GB36600-2018
铅	7439-92-1	800	mg/kg	GB36600-2018
镉	7440-43-9	65	mg/kg	GB36600-2018
砷	7440-38-2	60	mg/kg	GB36600-2018
汞	7439-97-6	38	mg/kg	GB36600-2018
六价铬	18540-29-9	5.7	mg/kg	GB36600-2018
挥发性有机物				
苯	71-43-2	4	mg/kg	GB36600-2018
甲苯	108-88-3	1200	mg/kg	GB36600-2018
乙苯	100-41-4	28	mg/kg	GB36600-2018

检测项目	CAS 号	筛选值 (第二类用地)	单位	备注
间&对-二甲苯	108-38-3&106-42-3	570	mg/kg	GB36600-2018
半挥发性有机物				
萘	91-20-3	70	mg/kg	GB36600-2018
石油烃				
石油烃 (C10~C40)	E1790668	4500	mg/kg	GB36600-2018

(2) 地下水

本地块所在区域浅层地下水不涉及饮用水源地补给径流区和保护区，地下水环境风险评价标准的优先次序为：

《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中IV类标准；

《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》中第二类用地筛选值。

检测项目	CAS 号	标准限值	单位	备注
重金属				
铜	7440-50-8	1.5	mg/L	GB/T14848-2017 IV类
镍	7440-02-0	0.1	mg/L	GB/T14848-2017 IV类
铅	7439-92-1	0.1	mg/L	GB/T14848-2017 IV类
镉	7440-43-9	0.01	mg/L	GB/T14848-2017 IV类
砷	7440-38-2	0.05	mg/L	GB/T14848-2017 IV类
汞	7439-97-6	0.002	mg/L	GB/T14848-2017 IV类
六价铬	18540-29-9	0.1	mg/L	GB/T14848-2017 IV类
挥发性有机物				
苯	71-43-2	120	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
甲苯	108-88-3	1400	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
乙苯	100-41-4	600	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
间&对-二甲苯	108-38-3&106-42-3	1000	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
苯乙烯	100-42-5	40	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
氯苯	108-90-7	600	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	60	μg/L	GB/T14848-2017 IV类

检测项目	CAS 号	标准限值	单位	备注
氯仿	67-66-3	300	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
1,2-二氯丙烷	78-87-5	60	μg/L	GB/T14848-2017 IV类
石油烃				
石油烃 (C ₁₀ ~C ₄₀)	E1790668	1.2	mg/L	《上海市建设用地土壤污染状况调查补充规定（试行）》中第二类用地筛选值

3.4.3 样品分析情况

补充调查共布设土壤采样点 55 个，地下水采样点共布设 21 个（其中 12 个为组井）。送检土壤样品 384 个（含 36 个平行样），送检地下水样品 37 个（含 4 个平行样）。土壤和地下水分别检测重金属（铜、镍、铅、镉、砷、汞、六价铬）、VOC（单环芳烃、重蒸剂、卤代脂肪烃、卤代芳烃、三卤甲烷）、SVOC（半挥发性有机物（苯酚类、多环芳烃类、酞酸酯类、硝基芳烃及环酮类、卤代烃、苯胺类和联苯胺类）、石油烃（C₁₀-C₄₀）和 pH。

（1）土壤

重金属：共检出 6 种重金属，铜、镍、铅、镉、砷、汞检出浓度均未超出《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值。

有机物：共检出 6 种有机物，超过筛选值的有机物有 1 种，为苯。超标点位为 B3、B9、B15、B18、B23，最大超标浓度为 149 mg/kg，超标 36.3 倍，位于 B9-7.5m 处。由于苯具有致癌性，对人体伤害较大，故需对超标物质苯进行风险评估。

石油烃（C₁₀~C₄₀）：检出浓度未超出《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值。

（2）地下水

重金属：共检出 5 种重金属，铜、镍、铅、镉、砷检出浓度均未超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中IV类标准。

有机物：共检出 9 种有机物，超出标准限值的有机物为苯、甲苯、1,1,2-三氯乙烷。苯的超标点位分别位于 BW14-2、BW15-1、BW15-2、BW19-1、BW19-2，甲苯超标点位为 BW15-2，其中 BW15-2 中苯与甲苯浓度最大，分别为 30200 ug/L 和 178000 ug/L，超标倍数分别达到 250.7 和 126.1 倍。1,1,2-三氯乙烷超标点位为 BW22-1，超标浓度为 87.7ug/L，超标倍数为 0.5 倍。由于卤代烃、苯具有致癌性，对人体伤害较大，故对其进行风险评估。

石油烃（C₁₀~C₄₀）：检出浓度未超过《上海市建设用土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》中第二类用地筛选值。

3.5 总体统计说明

本次地块土壤污染状况调查包括前期调查（初步调查、详细调查）和补充调查，于 2017 年 12 月~2022 年 9 月实施，地块共布设 104 个土壤监测点位，50 个地下水监测点位，共采集 716 个土壤样品（不含现场平行样），共采集 63 个地下水样品（不含现场平行样）。采样点布设统计如表 3-16 所示。

表 3-16 地块土壤污染状况调查采样点位统计表

类型	初步调查		详细调查		补充调查		合计	
	点位数	样品数量	点位数	样品数量	点位数	样品数量	点位数	样品数量
土壤	27	153	22	215	55	348	104	716
地下水	12	12	17	18	21	33	50	63

两次调查中土壤共有 18 个点位的 49 个样品超过筛选值，污染物为苯和甲苯，苯超标浓度最大值为 1550 mg/kg，超标倍数为 386.5；甲苯超标浓度最大值为 1810 mg/kg，超标倍数为 0.51。两次调查土壤超标点位详见图 3-7。

两次调查中地下水中共有 9 个点位的 11 个样品超过标准限值，污染物为砷、铅、苯、甲苯、1,1,2,-三氯乙烷。砷的超标浓度最大值为 0.0683 mg/L，超标倍数为 0.37；铅的超标浓度最大值为 0.269 mg/L，超标倍数为 1.69；苯的超标浓度最大值为 181000 ug/L，超标倍数为 1507；甲苯的超标浓度最大值为 178000 ug/L，超标倍数为 127；1,1,2,-三氯乙烷的超标浓度最大值为 87.7 ug/L，超标倍数为 0.46。两次调查地下水超标点位详见图 3-8。

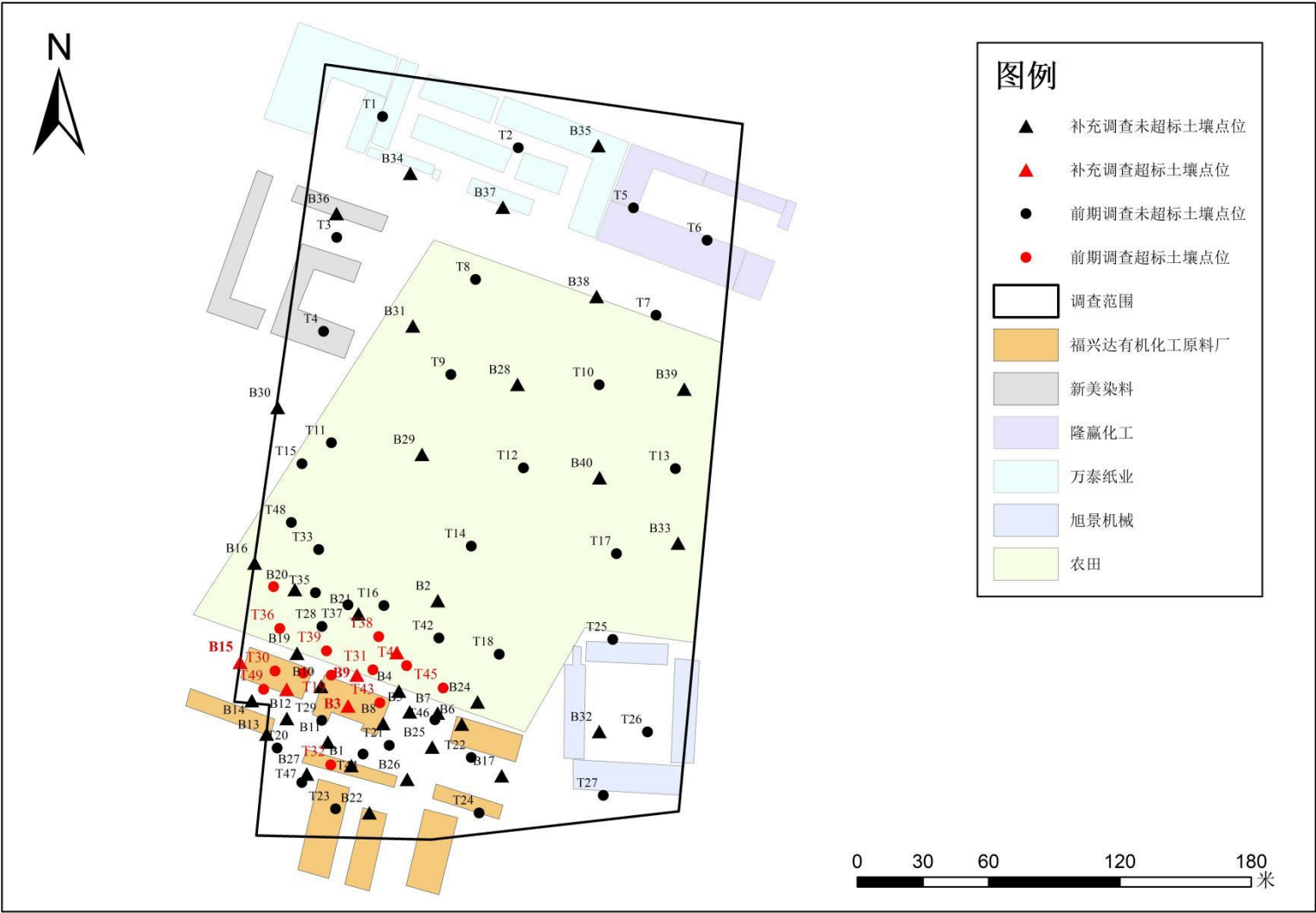


图 3-7 两次调查土壤超标点位分布图

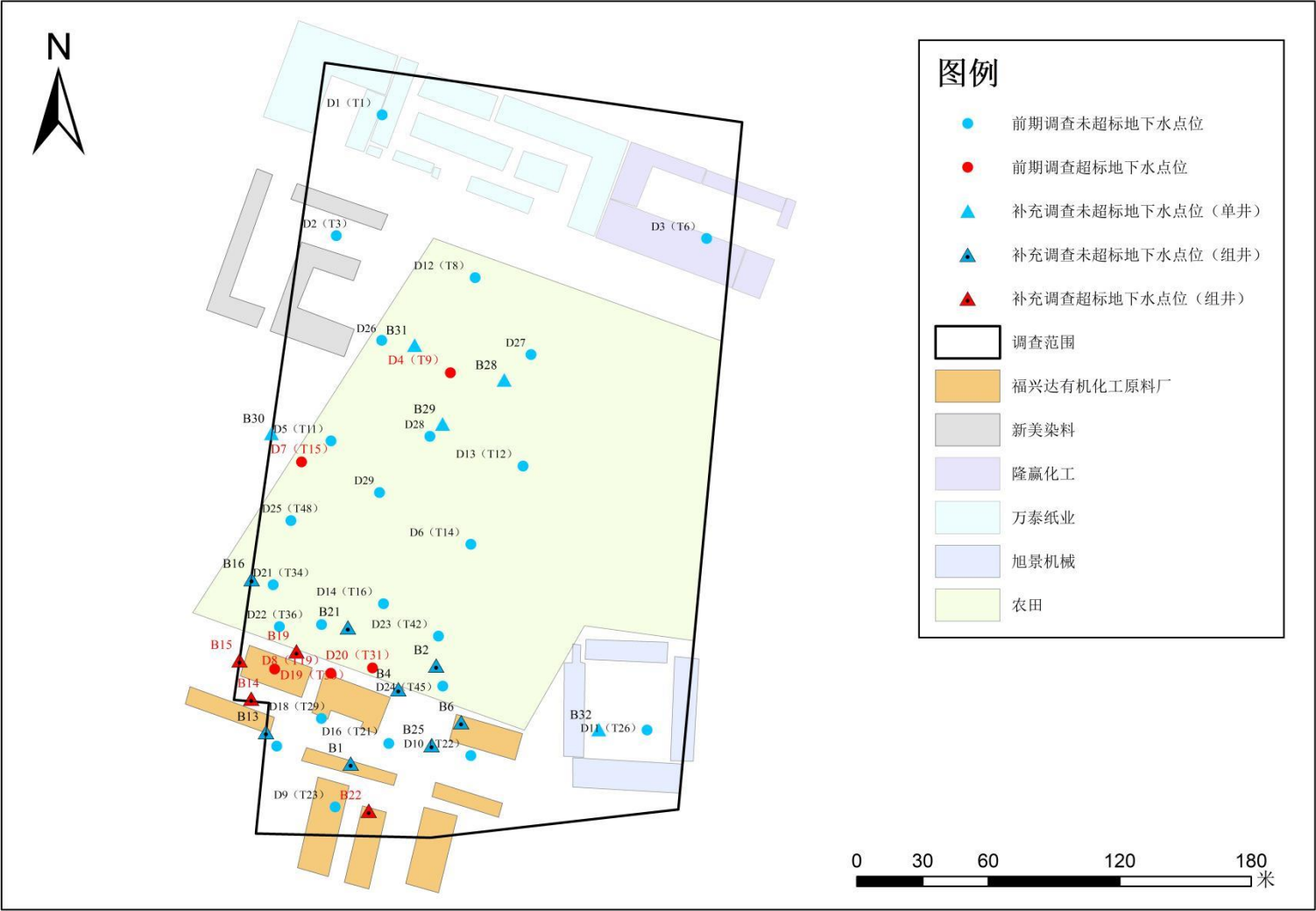


图 3-8 两次调查地下水超标点位分布图

3.6 土壤调查各超标因子情况及污染成因分析

两次调查结果中超标的因子主要有苯和甲苯。以下对其各因子超标情况、污染成因及其污染空间分布情况进行详细的介绍。

(1) 苯

两次调查实验室分析检测结果显示，此次调查地块内土壤中部分点位的苯浓度超过了《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）第二类用地风险筛选值（4 mg/kg），后期需开展风险评估，以确定其是否存在健康风险。

两次调查该地块共检测苯样品 671 个，超标点位 18 个，超标样品 49 个，超标率 0.07%，检出范围 ND~1550 mg/kg，超标浓度最高点为 T30-1.5m，位于福兴达精细有机化工厂。

I 超标原因分析

超标点位横向迁移情况与土壤深度之间无明显规律，超标点位主要集中在原天津市福兴达精细有机化工有限公司与原农田相接的区域。根据调查前期的人员访谈可知地块原企业在拆除过程中化学原料的不规范倾倒行为，可能导致地块内部分区域出现苯与甲苯污染超标的情况。

II 空间分布情况

苯超标浓度垂向分布情况见图 3-9，苯的污染范围见图 3-10，空间分布情况详见表 3-17。

由苯浓度污染范围图可以看出，地块内污染最重区域位于 T30 点位，由该点位中心向四周扩散，浓度有减小的趋势。地块边界点位（B14、B15）仍存在超标情况，由此推测污染已扩散至地块外。

通过对图表的分析可知，苯的超标样品在各个土层均有出现，且随着埋深的增加浓度有递减趋势，超标浓度最高的样品位于包气带粉质黏土层，苯污染最深至 13.5m，污染范围未超过潜水含水层相对隔水底板。调查阶段在

垂向分布上看,该超标因子已全部兜底。地块地下水样品中也有苯超标现象,分析其分布特征可知,污染在包气带(填土、粉质黏土)、含水层(粉质黏土、粉土)均有分布,污染在水位线附近最严重,推测是污染已下渗至含水层,随地下水发生扩散。

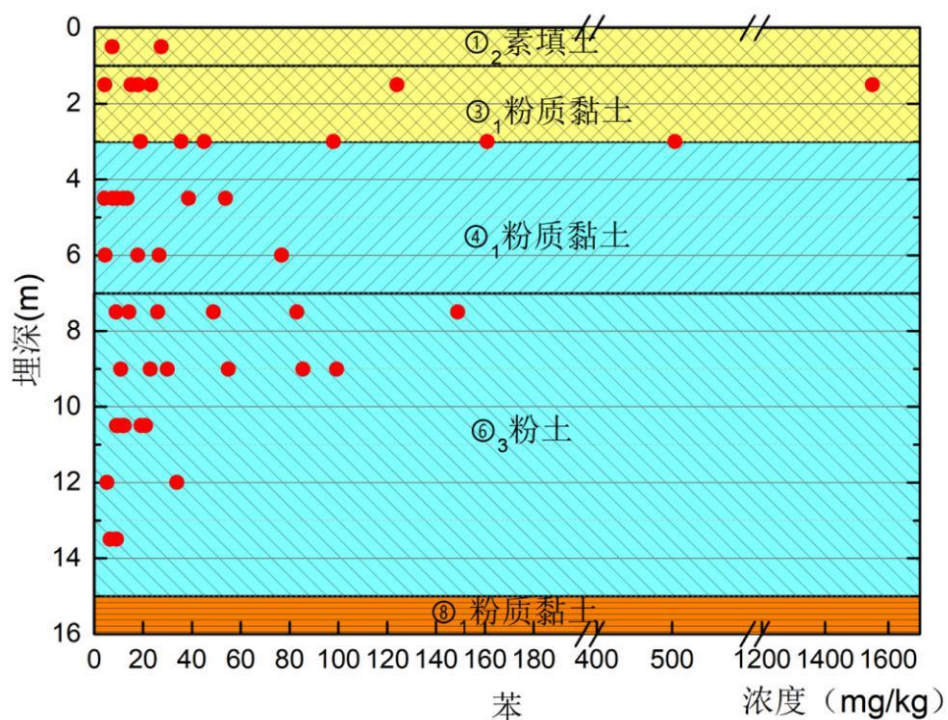


图 3-9 土壤中苯超标浓度垂向分布图

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
前期调查苯检测结果（单位：mg/kg，检出限 0.05）													
T1（D1）	10.5 m	0.5m	1.5m	2.5m	4.5m	6.5m	-	8.5m					
		ND	ND	ND	ND	ND	-	ND					
T2	6.0 m	0.7m	1.8m	3.5m	-	6.0m							
		ND	ND	ND	-	ND							
T3（D2）	10.5 m	0.5m	1.5m	2.5m	4.5m	6.6m	-	8.5m					
		ND	ND	ND	ND	ND	-	ND					
T4	6.0 m	-	1.0m	2.0m	4.0m	6.0m							
		-	ND	ND	ND	ND							
T5	6.0 m	0.5m	1.8m	3.5m	-	6.0m							
		ND	ND	ND	-	ND							
T6（D3）	10.0 m	0.6m	1.7m	3.2m	-	6.7m	-	8.0m	10.0m				
		ND	ND	ND	-	ND	-	ND	ND				
T7	6.0 m	0.5m	1.5m	3.5m	-	6.0m							

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
		ND	ND	ND	-	ND							
T8 (D12)	10.0 m	0.6m	1.7m	3.2m	-	6.7m	-	8.0m	10.0m				
		ND	ND	ND	-	ND		ND	ND				
T9 (D4)	9.0 m	0.6m	1.8m	3.0m	-	6.0m	7.5m	9.0m					
		ND	ND	ND	-	ND	ND	ND					
T10	6.0 m	0.5m	1.5m	3.5m	-	6.0m							
		ND	ND	ND	-	ND							
T11 (D5)	10.0 m	0.5m	1.5m	3.5m	-	5.6m	-	8.0m	10.0m				
		ND	ND	ND	-	ND	-	ND	ND				
T12 (D13)	6.0 m	0.5m	1.5m	3.5m	-	6.0m							
		ND	ND	ND	-	ND							
T13	6.0 m	0.5m	1.5m	3.6m	-	6.0m							
		ND	ND	ND	-	ND							
	10.0 m	0.5m	1.5m	-	3.8m	6.5m	7.5m	-	10.0m				

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
T14 (D6)		ND	ND	-	ND	ND	ND	-	ND				
T15 (D7)	9.0 m	1.0m	2.2m	3.5m	-	6.0m	7.5m	9.0m					
		ND	ND	ND	-	ND	ND	ND					
T16 (D14)	10.0 m	0.5m	1.5m	3.5m	-	6.0m	8.1m	-	10.0m				
		ND	ND	ND	-	ND	ND	-	ND				
T17	6.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	-	6.0m							
		ND	ND	ND	-	ND							
T18	10.0 m	0.6m	1.5m	3.5m	-	5.5m	7.7m	9.5m					
		ND	ND	ND	-	ND	ND	ND					
T19 (D8)	16.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	-	6.0m	7.5m	-	10.0m	-	13.0m	-	16.5m
		ND	ND	ND	-	ND	9.01	-	18.2	-	ND	-	ND
T20 (D15)	17.0 m	-	1.2m	2.1m	3.9m	6.6m	-	8.5m	10.0m	-	-	-	17.0m
		-	ND	ND	ND	ND	-	0.025	ND	-	-	-	ND

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
T21 (D16)	16.5 m	0.9m	2.0m	3.5m	-	6.5m	8.0m	-	10.0m	-	13.5m	-	16.5m
		ND	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	-	ND	-	ND
T22 (D10)	17.0 m	0.7m	2.0m	-	4.0m	6.2m	8.1m	-	10.5m	-	-	15.5m	17.0m
		ND	ND	-	ND	ND	ND	-	ND	-	-	ND	ND
T23 (D9)	16.0 m	0.8m	2.0m	3.5m	-	6.5m	8.0m	-	10.0m	-	-	-	16.0m
		ND	ND	ND	-	ND	ND	-	ND	-	-	-	ND
T24	10.0 m	0.6m	1.9m	3.6m	-	5.5m	7.5m	-	10.0m				
		ND	ND	ND	-	ND	ND	-	ND				
T25	10.0 m	0.7m	1.6m	-	3.8m	6.5m	-	8.5m	10.0m				
		ND	ND	-	ND	ND	-	0.025	ND				
T26 (D11)	10.0 m	0.6m	1.7m	3.6m	-	5.8m	7.8m	-	10.0m				
		ND	ND	0.025	-	ND	0.025	-	ND				
T27	10.0 m	-	1.0m	2.8m	4.8m	-	7.5m	-	10.0m				
		-	ND	0.025	ND	-	0.025	-	ND				

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
T28 (D17)	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m		
		ND	ND	1.45	ND	ND	ND	2.68	0.68	ND	1.7		
T29 (D18)	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m		
		0.27	0.47	0.025	ND	0.85	0.44	0.69	0.21	ND	0.39		
T30 (D19)	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		27.4	1550	504	0.17	0.3	2.42	0.22	0.09	ND			
T31 (D20)	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m		
		ND	0.25	19	53.8	26.6	48.8	29.9	19.2	5.26	0.05		
T32	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m		
		ND	0.63	ND	ND	3.2	0.1	10.9	7.91	1.63	ND		
T33	10.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		ND	ND	ND	ND	0.13	0.24	ND	ND				
T34 (D21)	15 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	ND	ND	ND	0.07	0.12	0.3	9.11	1.58	6.48	0.27	

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
T35	12.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		0.16	0.67	ND	ND	ND	ND	ND	0.7	ND			
T36 (D22)	15.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	ND	ND	0.07	ND	0.13	3.91	21.1	1.31	1.78	0.3	
T37	12.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		ND	ND	ND	2.04	1.43	0.74	1.1	0.13	0.07			
T38	15 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15m	
		ND	0.46	0.26	4.11	0.25	0.1	0.22	ND	0.16	ND	ND	
T39	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m		
		ND	ND	3.03	9.27	1.6	0.025	1.1	0.05	1.17	ND		
T40	15.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		7.42	15.1	45	7.54	17.8	83	99.3	1.52	1.86	0.19	ND	
T41	15.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	5.75	ND	ND	ND	0.68	ND	12.3	33.9	9.11	ND	

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
T42 (D23)	9.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m					
		ND	0.14	ND	ND	0.7	ND	0.08					
T43	15.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		0.5	124	161	13.5	4.45	14.2	23	0.38	0.84	0.025	0.06	
T44	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m		
		1.33	0.56	ND	ND	0.83	ND	0.75	ND	0.06	0.1		
T45 (D24)	9.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m					
		ND	23.2	ND	ND	ND	ND	ND					
T46	10.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.11				
T47	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m		
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
T48 (D25)	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	13.5			
		ND	1.79	ND	ND	ND	0.41	0.46	0.7	0.72			

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
T49	12.0 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		1.85	4.37	0.07	ND	ND	0.59	0.61	2.54	1.32			
补充调查苯检测结果（单位：mg/kg，检出限 0.0019）													
B1	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
B2	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
B3	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		0.0172	0.197	98	12.1	0.0276	0.0929	0.253	ND				
B4	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
B5	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
B6	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B7	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
B8	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
B9	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		0.0626	0.0135	0.0264	38.6	76.8	149	85.5	ND	ND	ND	ND	
B10	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		0.0382	0.0091	0.0488	ND	ND	ND	0.0359	1.74	0.0153			
B11	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
B12	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
B13	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
B14	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		0.0809	0.0245	0.0159	ND	ND	ND	ND	ND				
B15	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		0.859	0.101	18.9	0.748	0.018	0.0204	ND	ND				
B16	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		0.0128	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
B17	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B18	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0591	11.6	1.13	2.01	0.0072	
B19	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
B20	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.19			
B21	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
B22	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
B23	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		0.0275	17.9	35.6	0.331	0.0474	26	55	0.252				
B24	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B25	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
B26	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
B27	12.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
B28	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B29	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B30	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B31	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B32	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B33	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B34	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						

表 3-17 土壤样品苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 4.0）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B35	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		0.0118	ND	ND	ND	ND	ND						
B36	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		ND	ND	ND	ND	ND	ND						
B37	4.0m	0.2	1.8		4.0								
		ND	ND										
B38	4.0m	0.2	1.0		4.0								
		ND	ND		ND								
B39	4.0m	0.2	2.0		4.0								
		ND	ND		ND								
B40	3.0m	0.2	1.5	3.0									
		ND	ND	ND									

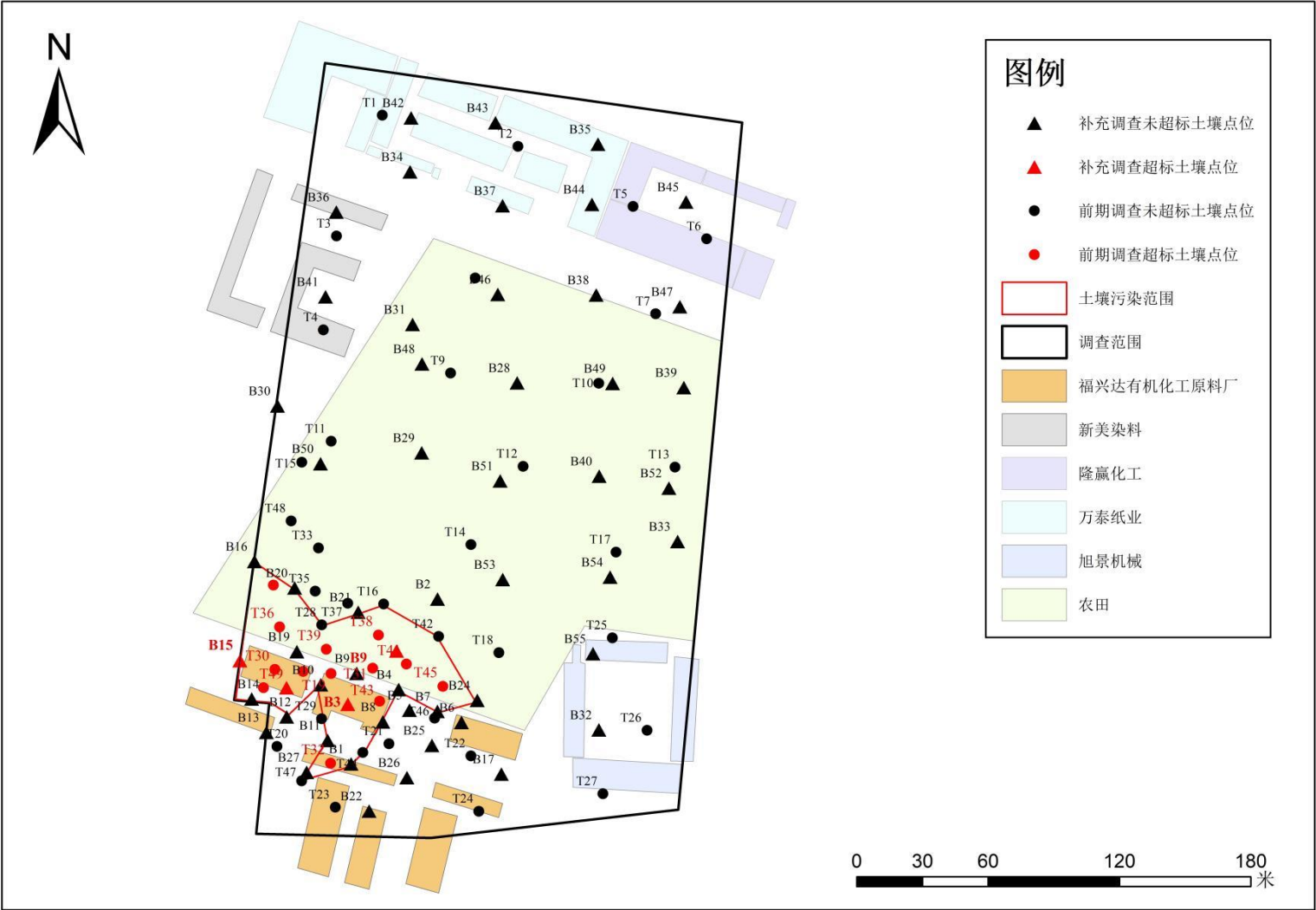


图 3-10 土壤污染范围图

(2) 甲苯

两次调查分析检测结果显示，地块内土壤中部分点位的甲苯浓度超过了《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）第二类用地风险筛选值（1200 mg/kg），后期需开展风险评估，以确定其是否存在健康风险。

两次调查该地块共检测甲苯样品 671 个，超标点位 1 个，超标样品 1 个，超标率 0.001%，检出范围 ND~1810 mg/kg，检出浓度最高点为 T30-1.5m，位于福兴达精细有机化工厂。甲苯超标点位分布见图 3-11。

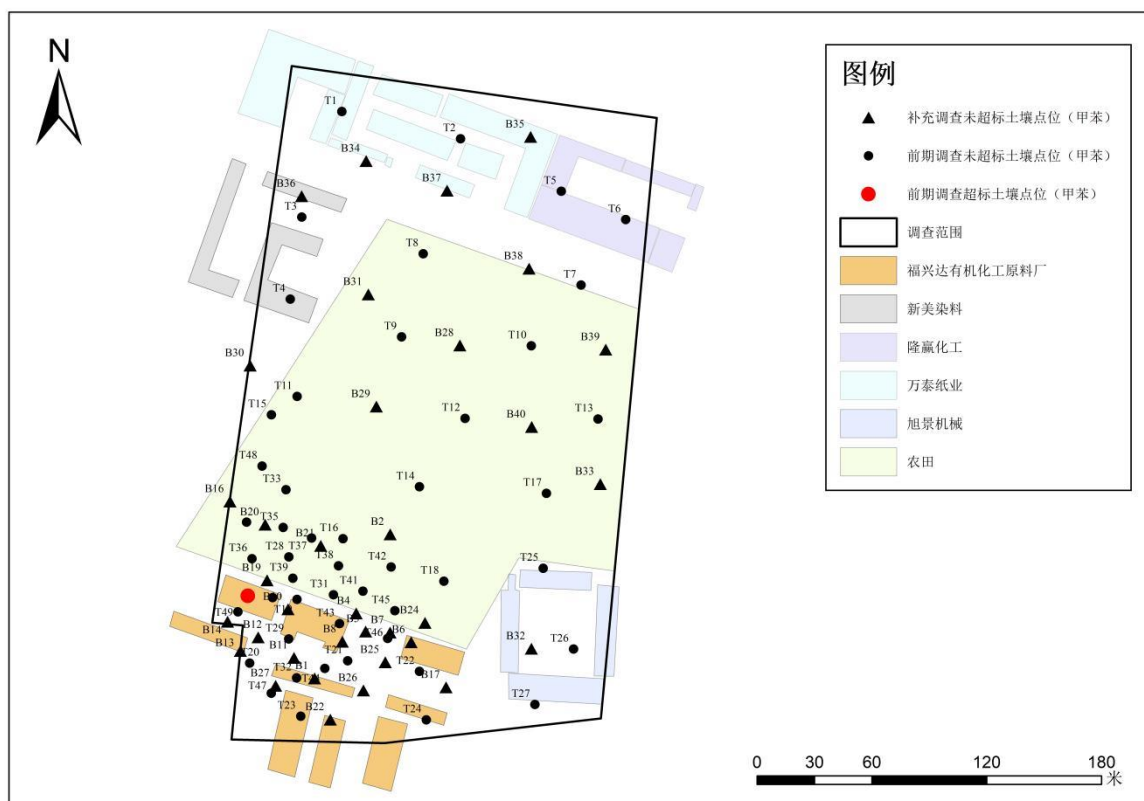


图 3-11 土壤中甲苯超标点位分布图

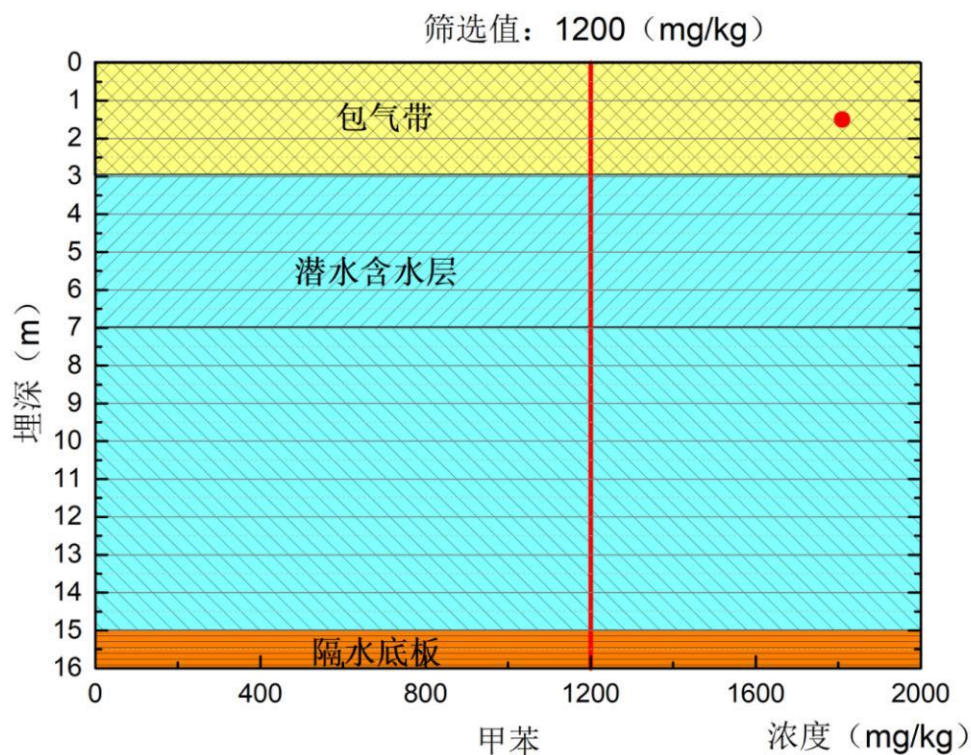


图 3-12 土壤中甲苯浓度垂向分布图

I 超标原因分析

地块内甲苯仅一个样品超标，位于天津市福兴达精细有机化工有限公司，根据调查前期的人员访谈可知地块原企业在拆除过程中存在的化学原料的不规范倾倒行为，导致地块内部分区域出现苯与甲苯污染超标的情况。

II 空间分布情况

甲苯的空间分布情况详见表 3-18，甲苯的超标浓度垂向分布见图 3-12。通过对图表的分析可知，甲苯仅有一个超标样品在包气带中出现，污染最深至 1.5m，污染范围未超过包气带，调查阶段在垂向分布上看，该超标因子已全部兜底。

表 3-18 土壤样品甲苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 1200）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板	
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m	
前期调查甲苯检测结果（单位：mg/kg，检出限 0.05）														
T28	13.5 m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m			
		ND	ND	0.34	ND	ND	ND	0.98	0.17	ND	0.30			
T29	13.5m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m			
		0.08	0.13	ND	ND	0.21	0.14	0.29	0.09	ND	0.15			
T30	13.5m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m			
		42.3	1810	138	ND	0.57	0.92	0.27	0.21	0.11	1.50			
T31	13.5m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15m		
		ND	0.11	0.08	0.97	ND	ND	ND	1.02	1.39	ND	ND		
T32	13.5m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m			
		ND	0.16	ND	ND	1.00	ND	3.04	2.74	0.53	ND			
T41	15m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15m		
		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.09	ND		

表 3-18 土壤样品甲苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 1200）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
T43	15m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15m	
		ND	0.07	0.09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
T45	9.0m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m					
		ND	0.25	ND	ND	ND	ND	ND					
T49	12m	0.5m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m			
		1.72	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			
补充调查甲苯检测结果（单位：mg/kg，检出限 0.0013）													
B9	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	
		ND	ND	ND	ND	0.0198	0.0383	0.0138	ND	ND	ND	ND	
B14	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		0.0395	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
B15	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		3.31	0.921	1.84	0.0199	ND	ND	ND	ND				
B16	15.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m	12.0m	13.5m	15.0m	

表 3-18 土壤样品甲苯空间分布情况（单位：mg/kg，筛选值 1200）

监测点位	钻探深度	包气带			潜水含水层								隔水板
		0-3.0m			3-7.0m		7.0-11.0m			11.0-15.0 m			>15.0m
		0.049	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
B23	10.5m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	7.5m	9.0m	10.5m				
		0.0708	0.0179	0.0814	ND	ND	ND	ND	ND				
B35	8.0m	0.2m	1.5m	3.0m	4.5m	6.0m	8.0m						
		0.0385	ND	ND	ND	ND	ND						

3.7 地下水调查各超标因子情况及污染成因分析

两次调查结果中超标的因子主要有铅、砷、苯、甲苯、1,1,2-三氯乙烷。以下对其各因子超标情况、污染成因情况进行详细的介绍。

地下水超标因子浓度情况见表 3-19，地下水各物质超标点位分布见图 3-13。

表 3-19 地下水超标因子浓度情况表 (ug/L)

点位	铅	砷	苯	甲苯	1,1,2-三氯乙烷
地下水IV类标准	100	50	120	1400	60
前期调查检测结果 (单位: ug/L, 检出限 0.05)					
D4	269	68.3			
D7	151				
D8 (初勘)			42600		
D8 (详勘)			12700		
D19			181000		
D20			4790	1770	
补充调查检测结果 (单位: ug/L, 检出限 0.05)					
BW14	BW14-1		2.6	18.8	-
	BW14-2		328	4.5	-
BW15	BW15-1		292	1060	-
	BW15-2		30200	178000	-
BW19	BW19-1		1760	9.5	-
	BW19-2		351	-	-
BW22	BW22-1		2.3	24.3	87.7
	BW22-2		1.7	17.2	-

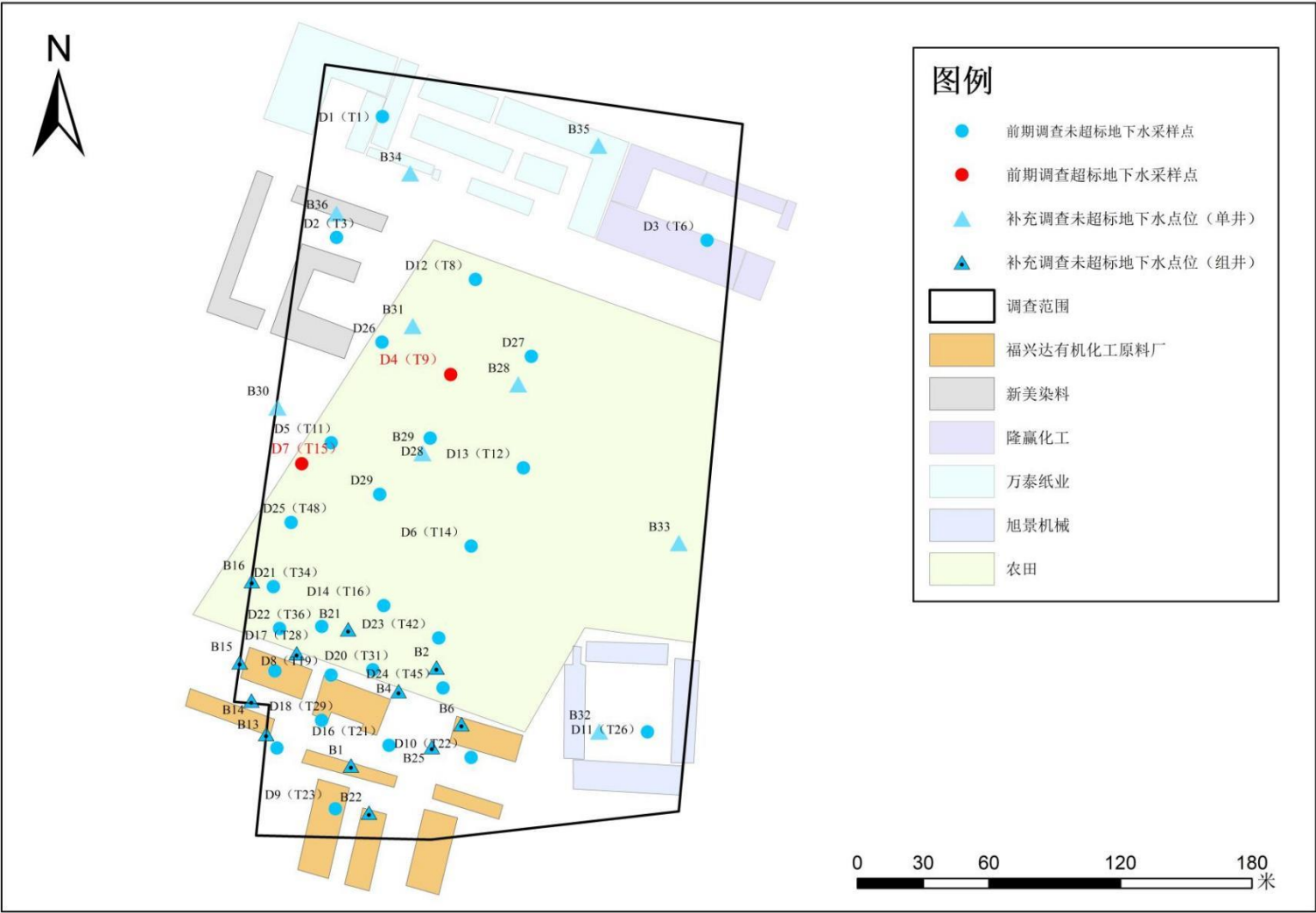


图 3-13（1） 地下水中铅超标点位分布图

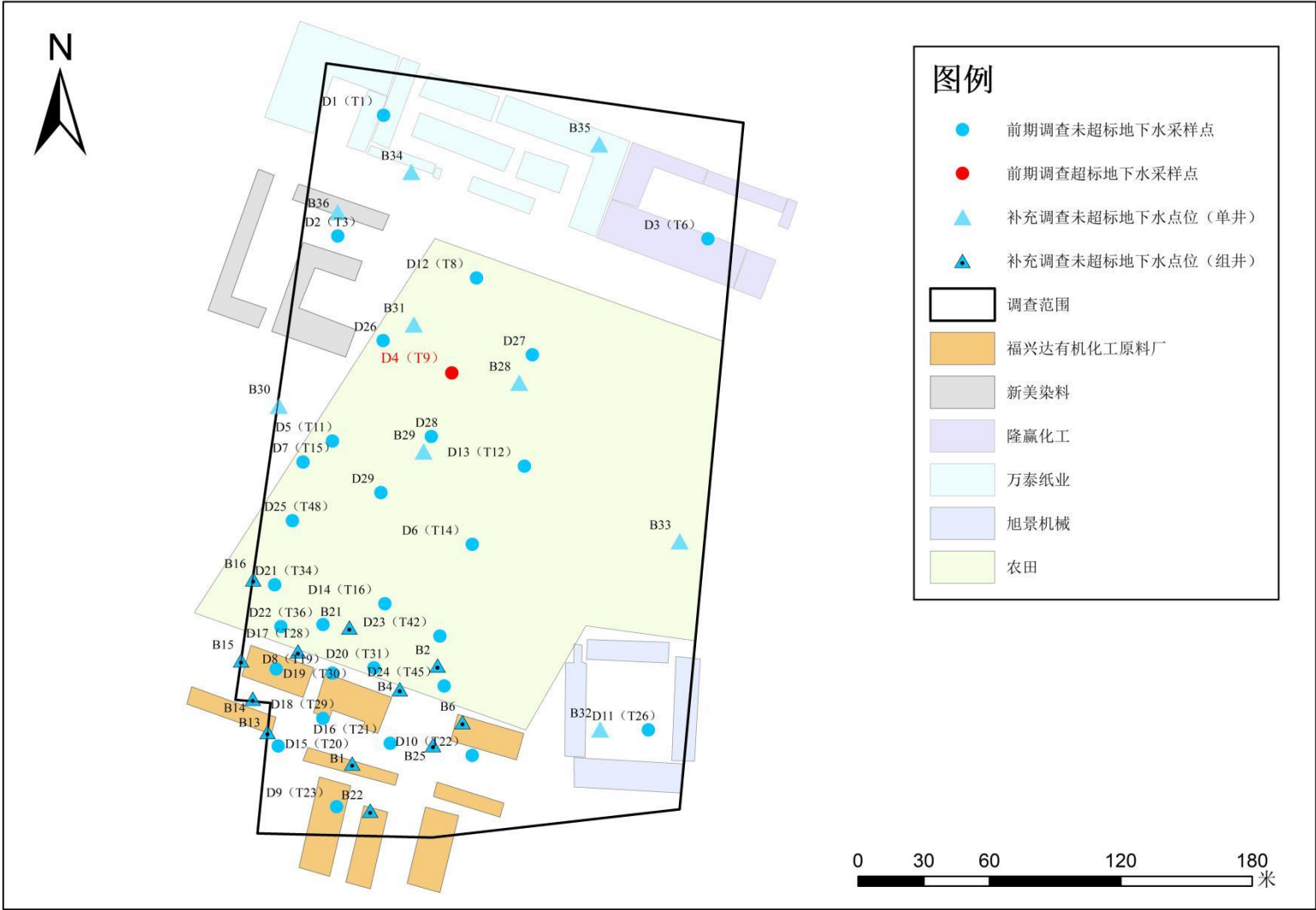


图 3-13（2） 地下水中砷超标点位分布图

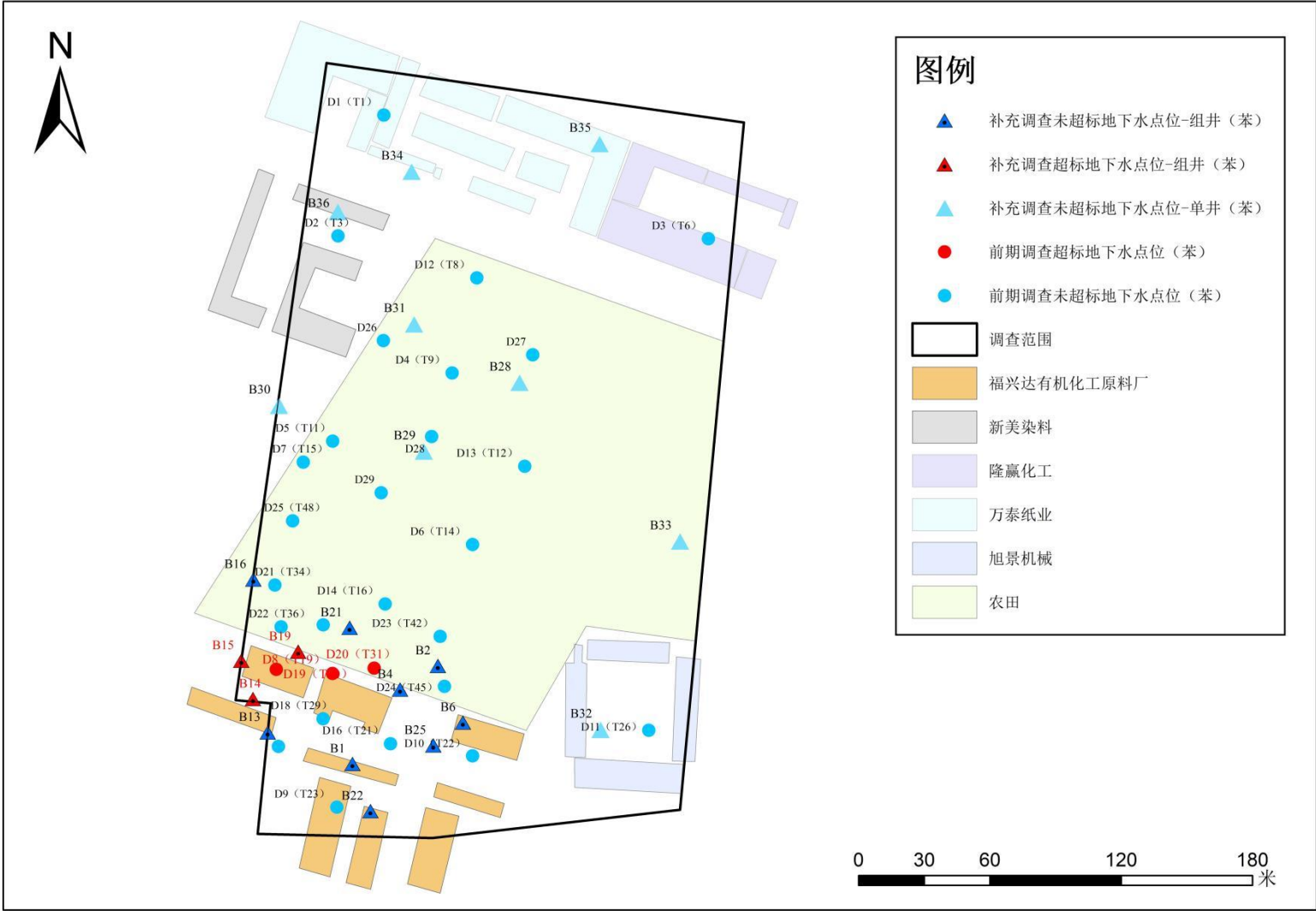


图 3-13（3）地下水中苯超标点位分布图

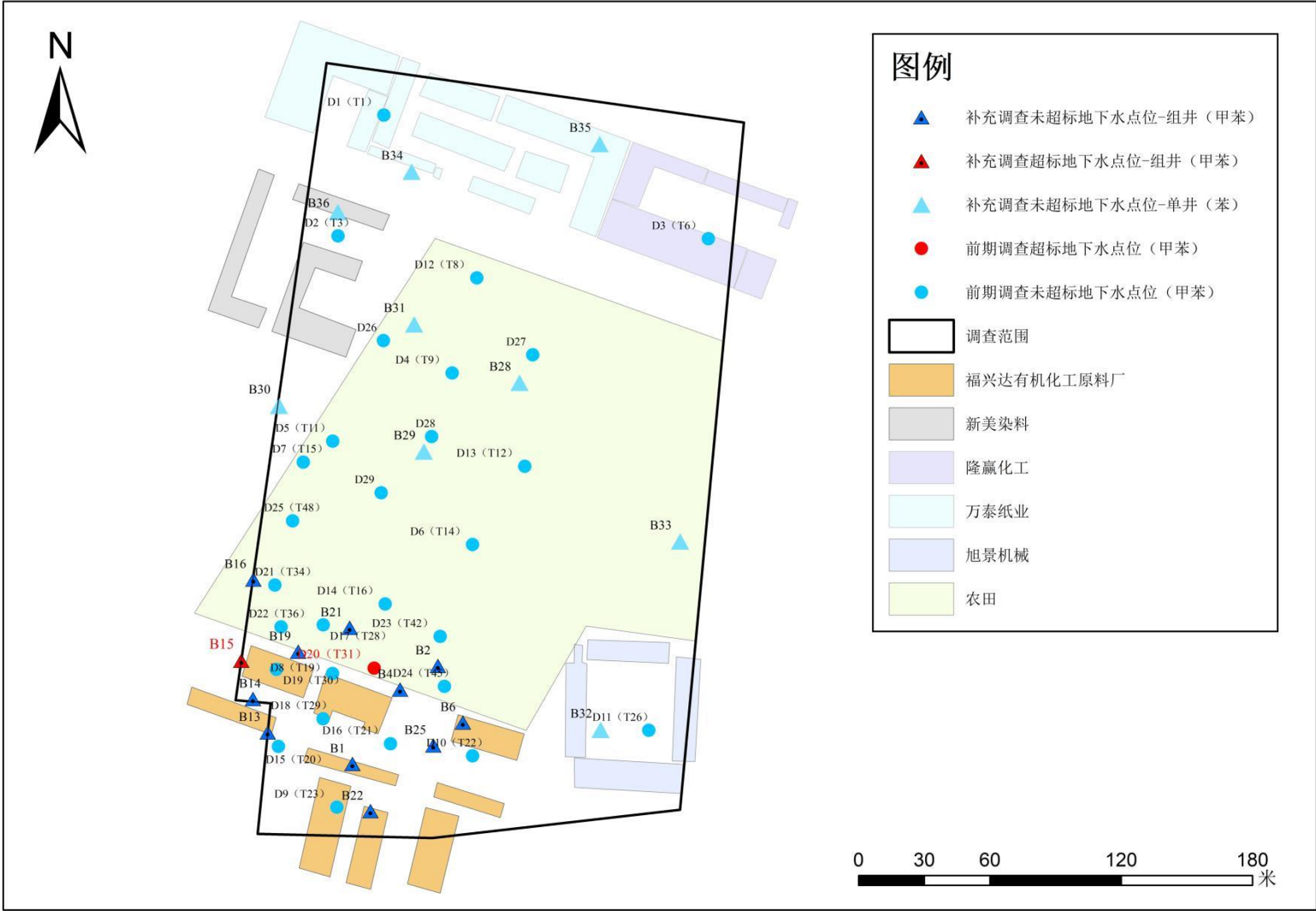


图 3-13（4） 地下水中甲苯超标点位分布图

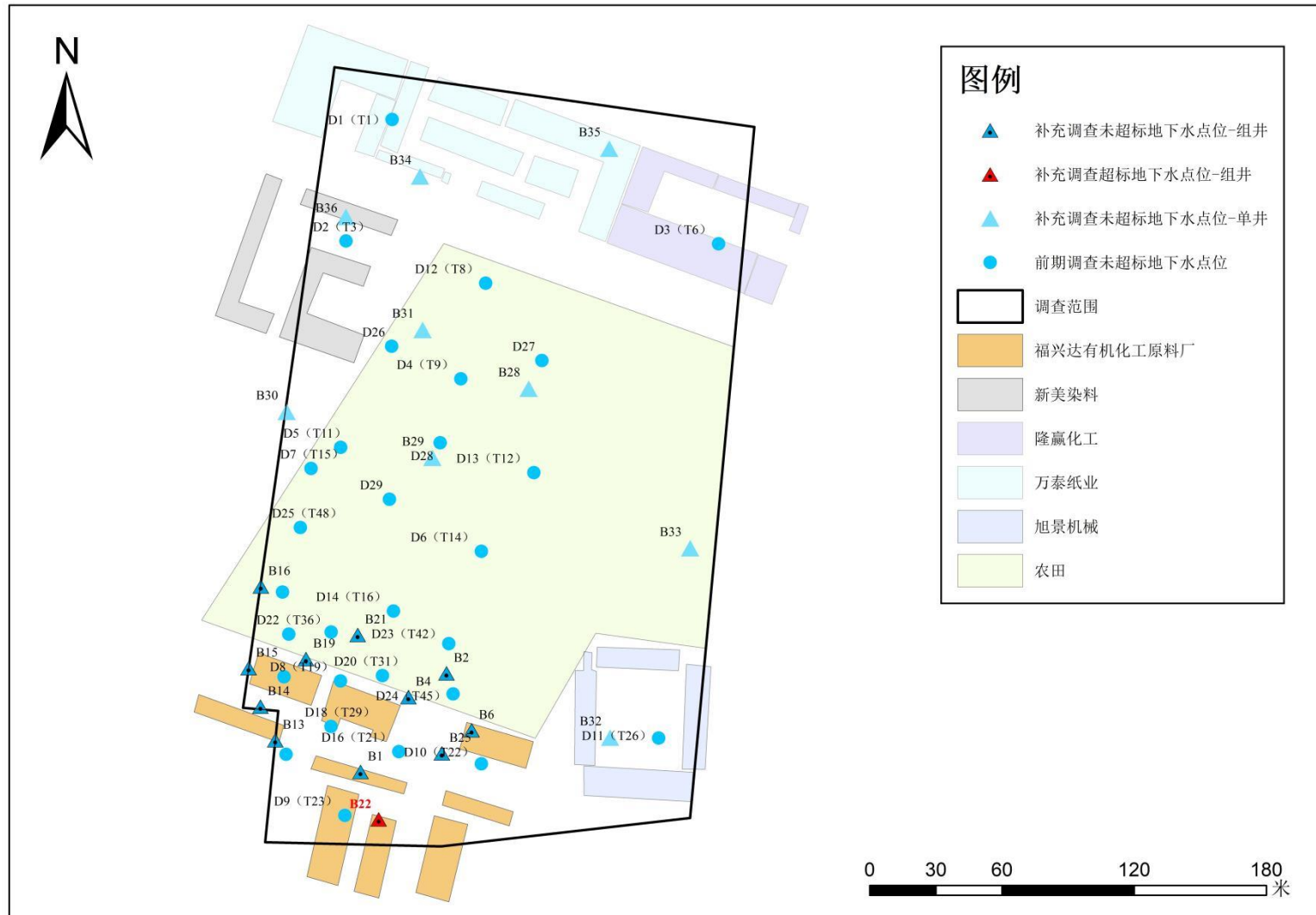


图 3-13 (4) 地下水中 1,1,2-三氯乙烷超标点位分布图

(1) 铅、砷

由图 3-21 (1) 与 3-21 (2) 可知, 初步调查地下水中铅、砷的超标点位 (D4 和 D7) 位于原农田区域, 根据地层概化, D4、D7 取含水层上层水。详细调查与补充调查期间, 在 D4、D7 周围分别设置采样点位, 均取上层地下水进行检测, 均未发现铅、砷的超标情况。

灌溉废水中化肥和农药是造成地块地下水中铅污染的主要原因, 灌溉废水中杀虫剂、杀菌剂和除草剂等残留物是造成地块地下水中砷污染的主要原因。

(2) 苯、甲苯、1,1,2-三氯乙烷

图 3-21 (3)、3-21 (4)、3-21 (5) 可知, 苯的超标点位位于 D8、D19、D20、BW14、BW15、BW19, 超标浓度最大点位位于 D19; 甲苯的超标点位位于 D20、BW15, 超标浓度最大点位位于 B15。以上超标点位均位于福兴达精细有机化工厂及附近农田区域, 企业在拆除过程中化学原料的不规范倾倒行为以及生产废水的不当处置通过沟渠排放至农田, 可能导致农田区域出现苯与甲苯污染超标的情况。

地块土壤、地下水样品中均有苯超标现象, 污染在水位线附近最严重, 污染已下渗至含水层, 随地下水发生扩散。D8、D19、D20、BW14、BW15、BW19 点位, 上层地下水存在超标情况, BW15、D8、BW19 点位, 上层与下层地下水均存在超标情况, 说明在这两个点位污染已随地下水扩散至深层。

1,1,2-三氯乙烷超标点位位于 BW22, 位于福兴达精细有机化工厂内, 下层地下水存在超标情况, 历史生产过程中使用过溶剂, 由于现有资料有限, 无法准确的获取其历史生产过程中使用过的有机氯化物清单。三氯乙烷挥发性较强, 有机氯化物通过废水下渗再经微生物分解转化生成多种有机氯化物副产物。

3.8 地块内污染情况对地块外的影响分析

调查结果表明，地下水中主要的超标污染物为苯，在多个地下水监测井中均存在不同程度的超标情况，根据图 3-13 与表 3-19 所示，两次调查所建立的地下水井当中，苯在 D19（T31）点位的污染物超标倍数最高，且该点位也是土壤中污染物超标倍数最高的点位，因此判断该点位所在区域可能为污染源，D19（T31）点位下游各地下水井的污染浓度，沿地下水流向呈递减趋势，已经形成了一个污染羽，其展布的趋势与地下水流向一致，在地下水对流作用下，存在继续向下游迁移扩散的风险。

尽管位于污染源上游区域，但地块西侧边界处（BW14、BW15）存在地下水中苯超标的情况，根据地下水中浓度差异而产生扩散（沿浓度梯度）影响与纵向迁移过程中产生横向弥散的影响，判断地块边界外区域的地下水已受到污染，并存在继续向调查边界外扩散的趋势，地下水污染羽迁移扩散示意图见图 3-14。

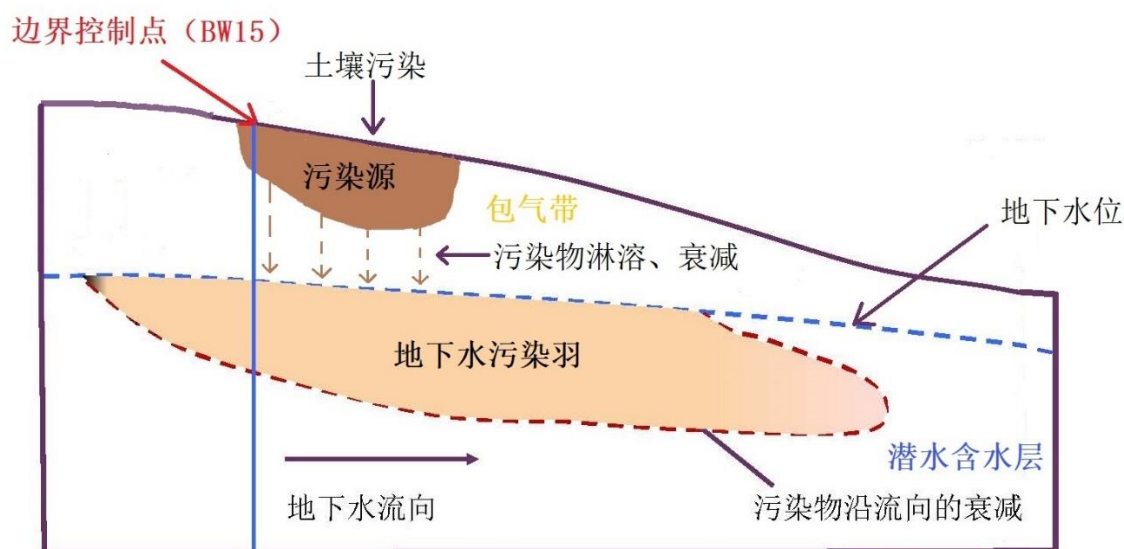


图 3-14 地下水污染羽迁移扩散示意图

通常情况下，保守型污染物在地下含水层中的运动主要以对流、弥散为主，有机污染物在地下含水层的迁移过程涉及一系列复杂的物理、化学和生物过程。本地块地下水中有有机污染物苯在毛细带形成一非混溶的透镜体并沿地下水水面平铺，在淋滤作用或地下水流经透镜体时，会形成一个溶解的污染羽状体，沿地下水流向在潜水含水层中迁移。在迁移过程中，存在生物降解作用、相与相之间的物质转移，如气体或液体的溶解（气相或非混溶相—水相的转移）、液体的挥发（液相—气相的转移）和溶解在水中的液体的吸附（水相—固相的转移），使得地下水中苯的浓度在生物降解和土壤吸附等作用下，逐渐衰减。

4 风险评估

4.1 风险评估程序

本项目人体健康风险评估采用国家《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定的方法，具体工作程序包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和风险控制值计算。

污染场地风险评估是分析污染场地土壤和地下水中污染物，通过不同暴露途径，对人体健康产生危害的概率，计算基于风险的土壤和地下水修复限值的过程。风险评估方法主要依据国家《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）。由本项目土壤污染状况调查结果可知，地块土壤超标污染物苯、甲苯两种污染物的含量均超出《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中对应的第二类用地管制值，依据该文件中的相关要求，“通过详细调查确定建设用地土壤中污染物含量高于风险管制值，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施”，故无需对土壤污染物苯、甲苯进行风险计算。

风险评估基本上是由危害识别、暴露评估以及毒性评估、风险表征和确定风险控制值四步组成，具体风险评估流程见图 4-1 所示。

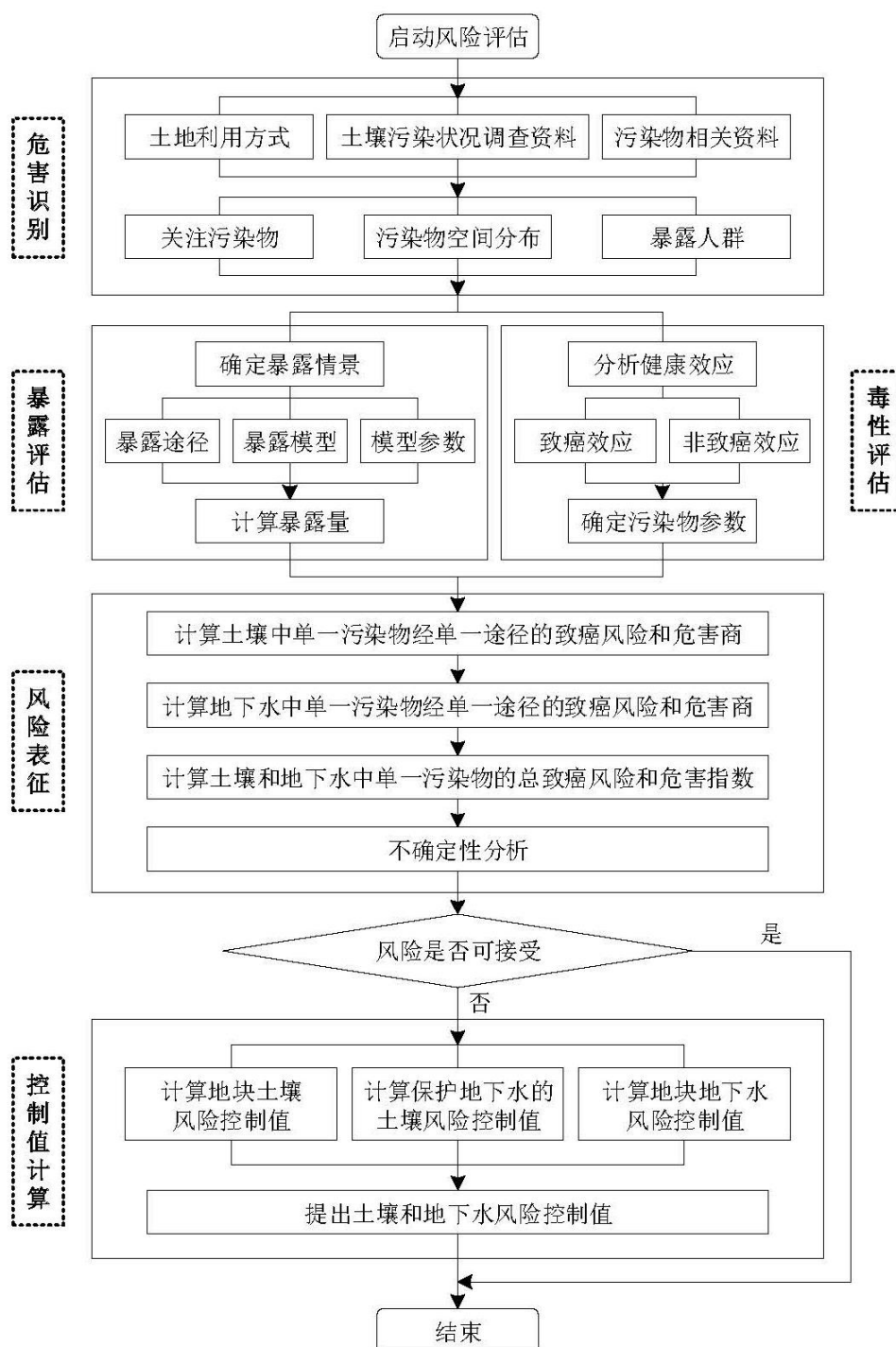


图 4-1 地块风险评估程序与内容

（1）危害识别

危害识别是风险评估的第一个阶段，其过程包含了人体健康风险评估过程中三个主要构成要素，也即污染物、暴露途径和受体的筛选。其目的在于根据场地环境调查获取的资料，结合场地土地的规划利用范式，建立场地概念模型，分析污染场地的关注污染物空间分布、迁移途径和可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

（2）暴露评估

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

（3）毒性评估

在危害识别的工作基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

（4）风险表征

在暴露评估和毒性评估的工作基础上，采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物经所有暴露途径的风险值、所有污染物经所有暴露途径的风险值；进行不确定性分析，包括对关注污染物经不同暴露途径产生健康风险的贡献率和关键参数取值的敏感性分析；根据需要进行风险的空间表征。

（5）风险控制值计算

在风险表征的基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如地块风险评估结果未超过可接受风险水平，则结束风险评估工作；如

地块风险评估结果超过可接受风险水平，则计算土壤、地下水中关注污染物的风险控制值。

4.2 风险评估软件介绍

本次风险评估依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定的开展建设用地土壤污染风险评估的原则、内容、方法和技术要求，采用尧一骏博士基于导则主要模型开发的可视化污染场地风险评估电子表格，可以正向计算污染物风险值或危害商，反向计算污染物筛选值或控制值。计算不同污染场地的风险控制值和筛选值，为污染场地筛选和修复提供指导。

《污染场地风险评估电子表格》的最新版本（2022-05-31 更新版）中，集成了 EPA 血铅计算模型：ALM 和 the IEUBK Model，分别可用来进行第二类 and 第一类用地的铅污染风险评估。另外，作为严格按照中华人民共和国国家环境保护标准《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）进行风险计算的评估软件，《污染场地风险评估电子表格》增加了污染物物理化和毒性参数、暴露量、各暴露路径风险及其贡献率和风险控制值等结果展示。



图 4-2 《污染场地风险评估电子表格》（2022-05-31 更新）操作界面

4.3 地块水文地质概况

详细内容详见 2.3 节，主要参数及地层概化如下：

污染物在土壤中的扩散受到土壤性质的影响，不同地层土壤性质差别较大。本项目地块水文地质勘察，采集土壤原状样品进行室内试验，得到土壤含水率、土粒比重、干密度、有机质含量及渗透系数等常规物理性质指标的统计数值见表 4-1。

本项目地块风险评估，包气带土壤性质参数取值时，使用素填土①₂层粉质黏土③₁层统计数值的算数平均值。

表 4-1 土壤性质参数统计表

土层	含水率 (%)	土粒比重	干密度 (g/cm ³)	有机质含量 (g/kg)	垂直渗透系数 (cm/s)
素填土① ₂	28.4	2.74	1.60	6.05	2.91E-07
粉质黏土③ ₁	23.5	2.73	1.57	4.28	1.01E-06
粉质黏土④ ₁	26.5	2.72	1.55	5.22	6.14E-07
粉土⑥ ₃	22.8	2.71	1.58	9.51	9.31E-05
粉质黏土⑧ ₁	25.2	2.74	1.58	10.04	1.29E-06
包气带取值	26.0	2.735	1.59	5.17	6.51E-07

注：以上数据来自本项目水文地质勘查报告。

本项目地块风险评估，结合地块水文地质勘查成果和超标污染物纵向分布，对项目地块进行地层概化。地层概化示意图见图 4-2，地层概化信息见表 2-2。地层概化结果如下：

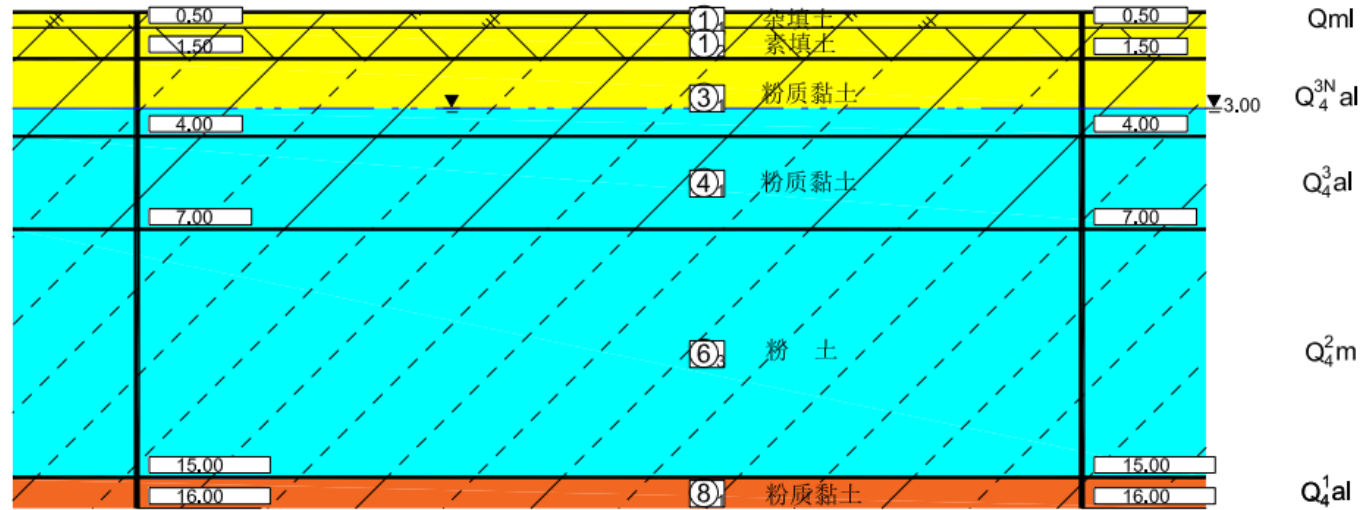
(1) 第一层土：埋深 0~3.0m 段，相当于粉质黏土质人工填土层(①₂)和新近冲积层粉质黏土(③₁)上层，为包气带地层；

(2) 第二层土：埋深 3.0~7.0m 段，相当于新近冲积层粉质黏土(③₁)下层和全新统上组陆相冲积层粉质黏土(④₁)，为潜水含水层；

(3) 第三层土：埋深 7.0~15.0m 段，相当于全新统中组海相沉积层粉土(⑥₃)，为潜水含水层；

(5) 第四层土：埋深 15.0m 以深（未揭穿，项目水文地质勘查最大钻探深度为 17m，污染监测最大钻探深度为 17m），相当于全新统下组陆相冲积层粉质黏土(⑧₁)，为潜水含水层相对隔水底板。

水文地质剖面图-土层概化示意图



图

包气带

潜水含水层相对隔水底板

素填土

杂填土

例

潜水含水层

潜水水位线

粉土

粉质黏土

单位：(米)

图 4-2 水文地质剖面（地层概化示意图）

表 4-2 地层概化信息表

水文地质勘查结论					土层概化		
土层		岩性	底板标高/埋深范围 (m)	地下水分布	埋深范围 (m)	概化土层	
① ₂	人工填土层 (Qml)	素填土	底板标高 1.63~2.16 底板埋深 1.0~1.4	包气带	0~1.5	第一层土	素填土
③ ₁	新近冲积层 (Q ₄ ³ al)	粉质粘土	底板标高-0.36~0.17 底板埋深 2.8~3.5		1.5~3.0		粉质粘土
④ ₁	全新统上组陆相 冲积层 (Q ₄ ³ al)	粉质粘土	底板标高-3.38~-4.06 底板埋深 6.4~7.3	潜水含水层	3.0~7.0	第二层土	粉质粘土
⑥ ₃	全新统中组海相 沉积层 (Q ₄ ² m)	粉土	底板标高-11.73~-12.67 底板埋深 15.1~15.8		7.0~15.0	第三层土	粉土
⑧ ₁	全新统下组陆相 冲积层 (Q ₄ ¹ al)	粉质粘土	未揭穿	相对隔水底板	大于 15.0	第四层土	粉质粘土

注：1) 各土层底板标高和埋深数据来自本项目水文地质勘查报告；

2) 高程系采用天津市大沽高程系，2008 年高程；

3) 本项目地块埋深 15.0m 的土壤样品均不超过确定的土壤风险筛选值（超标土壤样品最大深度不超过埋深 15.0m）。

4.4 危害识别

危害识别是人体健康风险评估过程的第一个步骤, 主要根据搜集调查的污染基本信息和污染物监测信息, 依据相关原则筛选出该污染区域中关切污染物; 假设片区未来可能的利用方式、分析不同用地方式下受体活动等信息。本部分的主要工作为:

- ①筛选关注污染物;
- ②明确规划土地利用方式;
- ③分析可能的敏感受体。

(1) 筛选关注污染物

地块关注污染物即需要进行风险评估的污染物。地块风险评估工作中一般认为污染物浓度低于筛选值, 无污染危害风险, 无需进行修复管理; 污染物浓度高于筛选值时可能具有潜在污染危害, 但是否有实际污染危害, 尚需要进一步风险评估与确定。

• 土壤关注污染物

1) 根据土壤污染状况调查和监测结果, 将对人群等敏感受体具有潜在风险需要进行风险评估的污染物, 确定为关注污染物。《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018) 明确指出: “建设用地土壤中污染物含量等于或者低于风险筛选值的, 建设用地土壤污染风险一般情况下可以忽略”。

2) 根据地未来用地规划, 本场地风险评估按第二类用地评估, 对土壤调查(初步调查、详细调查和补充调查)中所有超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018) 二类用地筛选值的污染物直接列为关注污染物;

3) 将初步调查与详细调查阶段检出,且在《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600-2018)内无对应筛选值的指标,铬、锌,参照《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)中的工业用地标准进行评价,1,2,4 三甲基苯参照《EPA 区域筛选值》(RSL-2017)工业用地标准限值进行评价,对-异丙基甲苯采用 **HERA** 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险筛选值进行评价。评估中将地块内超过相应标准中工业用地标准的污染物直接列为关注污染物。

表 4-3 土壤污染风险评估关注污染物筛选表 (mg/kg)

序号	检出物	检出限	最大值	GB36600 二类用地筛选值	相关 筛选值	超标 情况
初步调查						
1	铜	0.1	119	18000		否
2	镍	0.1	40	900		否
3	铅	0.1	27	800		否
4	镉	0.01	0.28	65		否
5	砷	0.5	19.3	60		否
6	汞	0.1	0.23	14		否
7	铬	0.1	44	-	2500*	否
8	锌	0.5	127	-	10000*	否
9	苯	0.05	18.2	4		是
10	间&对二甲苯	0.05	0.25	570		否
11	苯乙烯	0.05	0.09	1290		否
12	三氯乙烯	0.05	0.11	2.8		否
13	氯苯	0.05	0.18	270		否
14	1,2,3-三氯苯	0.05	0.34	930		否
15	TPH>C16	20	181	-	10000*	否
16	TPH<C16	10	15	-	620*	否
详细调查						
1	苯	0.05	1550	4		是
2	甲苯	0.05	1810	1200		是
3	乙苯	0.05	1.31	280		否

4	间&对二甲苯	0.05	2.93	570		否
5	邻-二甲苯	0.05	0.41	640		否
6	1,2,4-三甲基苯	0.05	0.07	-	1800**	否
7	对-异丙基甲苯	0.05	0.29	-	1600***	否
补充调查						
1	铜	1	75	18000		否
2	镍	3	41	900		否
3	铅	0.1	45	800		否
4	镉	0.01	0.2	65		否
5	砷	0.4	19	60		否
6	汞	0.002	0.476	38		否
7	苯	0.0019	149	4		是
8	甲苯	0.0013	3.31	1200		否
9	乙苯	0.0012	0.304	28		否
10	间&对二甲苯	0.0012	0.548	570		否
11	邻二甲苯	0.0012	0.0616	640		否
12	萘	0.09	0.33	70		否
13	石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	6	894	4500		否

注：“*”为《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）中的工业用地标准限值，“**”为《EPA 区域筛选值》（RSL-2017）工业用地标准限值，“***”为 HERA 风险评估软件按照非敏感用地计算相应的风险标准限值；

依据土壤污染状况调查结果，土壤中的超标污染物为苯、甲苯，且其污染物含量均超出第二类用地中对应的管制值，见下表。

表 4-4 土壤超标污染物浓度比对一览表（mg/kg）

序号	污染物	最大浓度	第二类用地 筛选值	第二类用地管 制值
1	苯	1550	4	40
2	甲苯	1810	1200	1200

根据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)中的相关要求,“通过详细调查确定建设用地土壤中污染物含量高于风险管制值,对人体健康通常存在不可接受风险,应当采取风险管控或修复措施”,故无需对土壤超标污染物苯、甲苯进行相应的风险计算。

• 地下水关注污染物

由于本地块地下水不作为饮用水,地下水污染羽亦不涉及地下水饮用水源(在用、备用、应急、规划水源)补给径流区和保护区。因此,本次地下水风险评估采用《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)中 IV 类标准值与《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定(试行)》(2020 年 4 月印发)中第二类用地筛选值作为地下水污染物风险评估筛选条件。

表 4-5 地下水污染风险评估关注污染物筛选表 (mg/L)

序号	检出物	检出限	最大值	《地下水质量标准》IV 类标准值	相关筛选值	超标情况
初步调查						
1	铜	0.00009	0.0134	1.5		否
2	镍	0.00007	0.00489	0.1		否
3	铅	0.00007	0.269	0.1		是
4	镉	0.0006	0.00304	0.01		否
5	砷	0.00009	0.068	0.05		是
6	铬	0.00009	0.00024	22		否
7	锌	0.0008	0.128	5		否
8	苯	0.0005	43.6	0.12		是
9	甲苯	0.0005	0.0239	1.4		否

序号	检出物	检出限	最大值	《地下水质量标准》IV类标准值	相关筛选值	超标情况
10	乙苯	0.0005	0.0049	0.6		否
11	间&对二甲苯	0.0005	0.002	1		否
12	邻二甲苯	0.0005	0.0019	1		
13	顺-1,2-二氯乙烯	0.0005	0.0018	0.06		否
14	1,2-二氯乙烷	0.0005	0.0019	0.04		否
15	氯苯	0.0005	0.0013	0.6		否
详细调查						
1	铅	0.00007	0.00323	0.1		否
2	砷	0.00009	0.00767	0.05		否
3	苯	0.0005	181	4		是
4	甲苯	0.0005	1.77	1.4		是
5	乙苯	0.0005	0.0027	0.6		否
6	间&对二甲苯	0.0005	0.0014	1		否
7	苯乙烯	0.0005	0.0006	0.04		否
补充调查						
1	镍	0.00006	0.0497	0.1		否
2	铜	0.00008	0.0115	1.5		否
3	砷	0.0003	0.0088	0.05		否
4	铅	0.00009	0.0134	0.1		否
5	镉	0.00005	0.00038	0.01		否

序号	检出物	检出限	最大值	《地下水质量标准》IV 类标准值	相关筛选值	超标情况
6	苯	0.0014	30.2	0.12		是
7	甲苯	0.0014	178	1.4		是
8	乙苯	0.0008	0.277	0.6		否
9	间&对二甲苯	0.0022	0.302	1		否
10	苯乙烯	0.0006	0.038	0.04		否
11	1,2-二氯丙烷	0.0012	0.007	0.06		否
12	1,1,2-三氯乙烷	0.0015	0.0877	0.06		是
13	氯苯	0.001	0.0014	0.6		否
14	氯仿	0.0014	0.146	0.3		否
15	石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	0.01	0.49	-	1.2*	否

注：“*”为《上海市建设用土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》（2020年4月印发）中第二类用地筛选值。

表 4-6 地下水污染风险评估关注污染物清单（mg/L）

序号	污染物	类型	CAS	最大浓度
1	铅	重金属	7439-92-1	0.269
2	砷		7440-38-2	0.068
3	苯	挥发性有机物	71-43-2	181
4	甲苯		108-88-3	178
5	1,1,2-三氯乙烷		79-00-5	0.0877

根据《地下水污染健康风险评估工作指南》保守考虑，地下水采用地下水中各超标污染物的浓度最大值进行风险计算。

（2）土地利用方式

根据地块规划条件通知书,该地块规划用地性质为一类物流仓储用地(W),属于第二类用地。因此,本次风险评估计划根据《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)的相关要求,按照第二类用地(非敏感用地类型)进行评价。

（3）敏感受体

物流仓储用地主要的敏感受体是在此处进行工作的成人。

4.5 暴露评估

4.5.1 暴露情景分析

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019),不同土地利用方式下人群的活动模式一般分为2种典型的暴露情景,即以住宅用地为代表的第二类用地和以工业用地为代表的第二类用地的暴露情景。根据地块前期调查资料分析可知,本项目未来规划为一类物流仓储用地,因此本地块按照第二类用地类型进行评估。

根据地块用地规划属于第二类用地,在该用地方式下,成人的暴露期长、暴露频率高,一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌效应和非致癌效应。本次评估过程基于地块的用地规划,采用第二类土地利用方式,开展风险计算。第二类土地利用风险评估主要考虑成人暴露,对于致癌效应,根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险;对于非致癌效应,根据成人暴露来评估污染物的非致癌危害效应。

在第二类用地情景下,不仅要考虑场地现状,而且要考虑场地开发利用过程中,污染的土壤开挖对人体的危害,因此在后续评估过程中,保守起见,根据污染物最大值浓度评估建设可能扰动至各深度的风险水平。

4.5.2 暴露途径

《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019 年 9 月）中规定了吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、皮肤接触地下水和饮用地下水共 4 种地下水污染物暴露途径。

项目地块位于天津市西青区辛口镇，不涉及天津市已划定的集中式饮用水水源地保护区（于桥水库、南水北调中线天津段、宁河供水站、宁河北水源地、蓟州城关区、武清下伍旗镇、王庆坨水库、北塘水库、杨庄水库、尔王庄水库），项目地块地下水未来不作为饮用水开发利用，不存在饮用地下水暴露途径，故不考虑饮用地下水的地下水污染物暴露途径。

因此，确定地块地下水污染物的暴露途径包括：①吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径；②吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径；③皮肤接触地下水。

4.5.3 暴露模型及参数

本次暴露评估过程中涉及的参数主要为人体暴露参数和地块特征参数，因土壤超标污染物苯与甲苯的最大浓度均已超出相应管制值，对人体健康通常存在不可接受风险，无需计算风险，因此不需要考虑相关土壤参数的取值。相关暴露参数与地下水参数的选值优先选择地块环境调查实测数据和资料定值的参数或参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）附件 G 中的推荐值与《地下水污染健康风险评估工作指南》附件 G 中的推荐值。另外，还参考了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》编制说明中对部分参数取值的更新。风险特征相关参数取值见表 4-9、表 4-10、表 4-11 与表 4-12。

表 4-9 污染区参数取值

符号	参数名称	单位	取值	来源
A	污染源区面积	cm ²	50388800	实测 (未超标点位连线区)
L _{gw}	地下水埋深	cm	300	实测 (包气带厚度)

表 4-10 土壤参数取值

符号	参数名称	单位	取值	来源
fom	土壤有机质含量	g·kg ⁻¹	5.17	实测 (包气带均值)
ρ _b	土壤容重	kg·dm ⁻³	1.54	实测 (包气带均值)
P _{ws}	土壤含水率	kg·kg ⁻¹	0.228	实测 (粉土含水率)
ρ _s	土壤颗粒密度	kg·dm ⁻³	2.735	实测 (包气带均值)
PM ₁₀	空气中可吸入颗粒物含量	mg·m ⁻³	0.119	推荐值
U _{air}	混合区大气流速风速	cm·s ⁻¹	200	推荐值
δ _{air}	混合区高度	cm	200	推荐值
W	污染源区宽度	cm	4000	推荐值
h _{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度	cm	5	推荐值
h _v	非饱和土层厚度	cm	295	推荐值
θ _{acap}	毛细管层孔隙空气体积比	无量纲	0.038	推荐值
θ _{wcap}	毛细管层孔隙水体积比	无量纲	0.342	推荐值
U _{gw}	地下水达西 (Darcy) 速率	cm·a ⁻¹	2500	推荐值
δ _{gw}	地下水混合区厚度	cm	200	推荐值
I	土壤中水的入渗速率	cm·a ⁻¹	30	推荐值

表 4-11 建筑物参数取值

符号	含义	单位	取值	来源
θ_{crack}	地基裂隙中空气体积比	无量纲	0.26	推荐值
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比	无量纲	0.12	推荐值
L_{crack}	室内地基厚度	cm	35	推荐值
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比	cm	300	推荐值
ER	室内空气交换速率	次·d ⁻¹	20	推荐值
η	地基和墙体裂隙表面积所占面积	无量纲	0.0005	推荐值
τ	气态污染物入侵持续时间	a	25	推荐值
dP	室内室外气压差	g·cm ⁻¹ ·s ²	0	推荐值
K_v	土壤透性系数	cm ²	1×10 ⁻⁸	推荐值
Z_{crack}	室内地面到地板底部厚度	cm	35	推荐值
X_{crack}	室内地板周长	cm	3400	推荐值
Ab	室内地板面积	cm ²	700000	推荐值

表 4-12 暴露参数取值

符号	含义	单位	取值	来源
Eda	成人暴露期	a	25	推荐值
Efa	成人暴露频率	d·a ⁻¹	250	推荐值
EF _{Ia}	成人室内暴露频率	d·a ⁻¹	187.5	推荐值
EF _{Oa}	成人室外暴露频率	d·a ⁻¹	62.5	推荐值
B _{wa}	成人平均体重	kg	61.8	推荐值
H _a	成人平均身高	cm	161.5	推荐值
DAIR _a	成人每日空气呼吸量	m ³ ·d ⁻¹	14.5	推荐值
GWCR _a	成人每日饮用水量	L·d ⁻¹	1	推荐值
OSIR _a	成人每日摄入土壤量	mg·d ⁻¹	100	推荐值
Ev	每日皮肤接触事件频率	次·d ⁻¹	1	推荐值

fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例	无量纲	0.8	推荐值
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物比例	无量纲	0.5	推荐值
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例(SVOCs 和重金属)	无量纲	0.5	推荐值
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例(SVOCs 和重金属)	无量纲	0.5	推荐值
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.18	推荐值
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数	mg·cm ⁻²	0.2	推荐值
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	无量纲	0.75	推荐值
ABSo	经口摄入吸收因子	无量纲	1	推荐值
ACR	单一污染物可接受致癌风险	无量纲	0.000001	推荐值
AHQ	单一污染物可接受危害熵	无量纲	1	推荐值
Atca	致癌效应平均时间	d	27740	推荐值
Atnc	非致癌效应平均时间	d	9125	推荐值
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33	推荐值
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例(VOCs)	无量纲	0.33	推荐值
tc	儿童次经皮肤接触的时间	h	0.5	推荐值
ta	成人次经皮肤接触的时间	h	0.5	推荐值

4.5.4 暴露量计算

根据上述场地暴露途径分析，选择合适的暴露量计算公式以及暴露参数：第二类用地类型下致癌物质和非致癌物质的暴露量计算。具体计算公式简述如下，公式的选择参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）与《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019）。

（1）吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

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

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}}$$

式中：

$IOVER_{ca3}$ —吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应地下水的暴露量（非致癌效应）， L 地下水· kg^{-1} ·体重· d^{-1} ；

Vf_{gwoa} —地下水中污染物扩散进入室外空气中的挥发因子， $L \cdot m^{-3}$ ；

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

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}}$$

式中：

$IOVER_{nc3}$ —吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应地下水的暴露量（非致癌效应）， L 地下水· kg^{-1} ·体重· d^{-1} ；

（2）吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径

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

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}}$$

式中：

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

VF_{gwia} —地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子， $L \cdot m^{-3}$ ；

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

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}}$$

式中：

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

（3）皮肤接触地下水途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害。用受污染的地下水日常洗澡、游泳或清洗，计算皮肤接触地下水途径对应的地下水暴露剂量（致癌效应）采用公式如下：

$$DGWER_{ca} = \frac{SAE_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times DA_{ca}}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

式中：

$DGWER_{ca}$ —皮肤接触途径的地下水暴露剂量（致癌效应），（ mg 污染物 kg^{-1} 体重 d^{-1} ）；

E_v —每日洗澡、游泳、清洗等事件发生频率（次· d^{-1} ）；

SAE_a —成人暴露皮肤表面积， cm^2 ；

DA_{ca} —成人皮肤接触吸收剂量， $mg \cdot cm^{-2}$ ，无机物根据一下公式

计算：

$$DA_{ea} = K_p \times C_{gw} \times t_a \times 10^{-3}$$

K_p —皮肤渗透系数 (cm/h)；

C_{gw} —地下水中污染物浓度 (mg/l)；

t_a —成人次经皮肤接触的时间 (h)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害。计算皮肤接触地下水途径对应的地下水暴露剂量采用公式如下：

$$DGWER_{nc} = \frac{SAE_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times DA_{ea}}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

式中：

$DGWER_{nc}$ —皮肤接触的地下水暴露剂量（非致癌效应），mg 污染物·kg-1 体重·d-1；

E_v —每日洗澡、游泳、清洗等事件发生频率（次·d-1）；

SAE_a —成人暴露皮肤表面积，cm²；

$Daea$ —成人皮肤接触吸收剂量，mg·cm-2；

Efa —成人暴露频率，d·a-1；

Eda —成人暴露期，a；

Bwa —成人体重，kg；

$Atnc$ —非致癌效应平均时间，d；

表 4-13 地下水不同暴露途径暴露量（致癌）

序号	中文名	英文名	CAS 编号	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	皮肤接触地下水
1	铅	Lead	7439-92-1	-	-	1.32E-12
2	砷	Arsenic, inorganic	7440-38-2	-	-	1.32E-11
3	苯	Benzene	71-43-2	3.99E-07	1.05E-05	1.97E-10
4	甲苯	Toluene	108-88-3	4.09E-07	1.08E-05	4.08E-10
5	1,1,2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	6.70E-08	1.24E-06	-

表 4-14 地下水不同暴露途径暴露量（非致癌）

序号	中文名	英文名	CAS 编号	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	皮肤接触地下水
1	铅	Lead	7439-92-1	-	-	1.67E-11
2	砷	Arsenic, inorganic	7440-38-2	-	-	1.67E-10
3	苯	Benzene	71-43-2	1.21E-06	3.18E-05	2.50E-09
4	甲苯	Toluene	108-88-3	1.24E-06	3.29E-05	5.17E-09
5	1,1,2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	2.04E-07	3.77E-06	-

4.6 毒性评估

在危害识别和暴露评估的基础上，毒性评估的工作内容是分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定关注污染物的相关参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子、单位致癌风险等毒性参数以及亨利常数、扩散系数、分配系数、溶解度等理化参数。

4.6.1 污染物毒性效应

污染物毒性参数主要有以下六种：经口摄入致癌斜率因子（ Sf_o ），呼吸吸入单位致癌风险（ IUR ），经口摄入参考剂量（ Rfd_o ），呼吸吸入参考浓度（ RfC ），消化道吸收因子（ ABS_{gi} ），皮肤接触吸收效率因子（ ABS_d ），见表 4-10。

（1）呼吸吸入致癌斜率因子和参考剂量外推模型公式

呼吸吸入致癌斜率因子（ Sf_i ）和呼吸吸入参考剂量（ RfD_i ），分别采用以下公式计算：

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

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

式中：

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

-1

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

IUR ：呼吸吸入单位致癌因子，m³·mg⁻¹；

RfC: 呼吸吸入参考浓度, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

(2) 皮肤接触致癌斜率因子和参考剂量外推模型公式

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

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

式中:

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

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

RfD_o : 经口摄入参考剂量, $\text{mg 污染物}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ 体重}\cdot\text{d}^{-1}$;

RfD_d : 皮肤接触参考剂量, $\text{mg 污染物}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ 体重}\cdot\text{d}^{-1}$;

ABS_{gi} : 消化道吸收效率因子, 无量纲。

4.6.2 污染物毒性及理化参数

风险评估中所需要的污染物理化性质参数包括无量纲亨利常数(H)、空气中扩散系数(Da)、水中扩散系数(Dw)、土壤-有机碳分配系数(Koc)、水中溶解度(S)。污染物其他相关参数包括消化道吸收因子(ABS_{gi})、皮肤吸收因子(ABS_d)和经口摄入吸收因子(ABS_o)等。根据《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)和《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)确定本项目污染物毒性和理化参数。

表 4-15 污染物的毒性参数

毒理性质			经口摄入致癌斜率因子		呼吸吸入单位致癌因子		经口摄入参考剂量		呼吸吸入参考浓度		消化道吸收效率因子		皮肤吸收因子	
序号	中文名	CAS 编号	Sfo (mg/kg-d)-1	数据来源	IUR (mg/m3)-1	数据来源	RfDo (mg/kg-d)	数据来源	RfC (mg/m3)	数据来源	ABSgi(无量纲)	数据来源	ABSd(无量纲)	数据来源
1	铅	7439-92-1	0.0085	C	0.015	C	0.004	WHO	0.0123	WHO	1	WHO	-	-
2	砷	7440-38-2	1.5	I	4.3	I	0.0003	I	0.000015	RSL	1	RSL	0.03	RSL
3	苯	71-43-2	0.055	I	0.0078	I	0.004	I	0.03	I	1	RSL	-	-
4	甲苯	108-88-3	-	-	-	-	0.08	I	5	I	1	RSL	-	-
5	1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	0.057	I	0.016	I	0.004	I	0.0002	RSL	1	RSL	-	-

备注：

(1) SF₀：经口摄入致癌斜率因子；IUR：呼吸吸入单位致癌风险；RfD₀：经口摄入参考剂量；RfC：呼吸吸入参考浓度；ABS_{gi}：消化道吸收因子；ABS_d：皮肤吸收效率因子。

(2) “I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统（USEPA Integrated Risk Information System）”；“P”代表数据来自美国环保局“临时性同行审定毒性数据（The Provisional Peer Reviewed Toxicity Values）”；“RSL”代表数据来自美国环保局区域筛选值“区域筛选值（Regional Screening Levels）总表”污染物毒性数据（2018 年 5 月发布）。

(3) “C”代表数据来自 California Office of Environmental Health Hazard Assessment. Chemicals: lead and lead compounds [EB/OL]

表 4-16 污染物的理化性质参数

理化性质			亨利常数		空气中扩散系数		水中扩散系数		土壤有机碳/土壤孔隙水分配系数		水溶解度		皮肤渗透系数
序号	中文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da (cm ² /s)	数据来源	Dw (cm ² /s)	数据来源	Koc (cm ³ /g)	数据来源	S (mg/L)	数据来源	Kp (cm/hr)
1	铅	7439-92-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0001
2	砷	7440-38-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.001
3	苯	71-43-2	0.227	EPI	0.0895	WATER9	0.0000103	WATER9	145.8	EPI	1790	EPI	0.015
4	甲苯	108-88-3	0.271	EPI	0.0778	WATER9	0.0000092	WATER9	234	EPI	526	EPI	0.031
5	1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	0.0337	EPI	0.0669	WATER9	0.00001	WATER9	60.7	EPI	4590	EPI	-

备注：

(1) H：无量纲亨利常数；Da：空气中扩散系数；Dw：水中扩散系数；Koc：土壤-有机碳分配系数；S：水溶解度。

(2) “EPI”代表美国环保局“化学品性质参数估算工具包（EstimationProgram Interface Suite）”数据；“WATER9”代表美国环保局“废水处理模型（Wastewater Treatment Model）”数据；“RSL”代表数据来自美国环保局“区域筛选值（Regional Screening Levles）总表”污染物毒性数据（2018年5月发布）。

(3) 表中无量纲亨利常数等理化性质参数为常温条件下的参数值。

4.7 风险表征

地下水中每一种致癌物质的风险可通过经口、经皮肤、呼吸吸入等途径的摄入量与其致癌风险斜率因子的乘积相加后得出。地下水中的非致癌污染物的风险采用危害商进行表述，它是由不同途径摄入量与毒理学参考剂量的比值。当某种污染物的浓度超过这种物质的毒理学参考剂量时，可能对地块人群产生非致癌性的伤害。

根据关注污染物的暴露浓度计算污染物的致癌风险和非致癌危害商进行风险表征，单一污染物的致癌风险超过 10^{-6} 或危害商超过 1 即可认为该污染物的风险不可接受。

4.7.1 地下水风险表征计算方法

(1) 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

致癌风险：

$$CR_{iov3} = IOVER_{ca3} \times C_{gw} \times SF_i$$

危害商：

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

式中：

CR_{iov3} —吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的致癌风险，无量纲；

C_{gw} —地下水中污染物浓度， $mg \cdot L^{-1}$ ；必须根据场地调查获得参数值。

SF_i —呼吸吸入致癌斜率因子， $(mg \text{ 污染物} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1})^{-1}$ ；

HQ_{iov3} 一吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商，无量纲；

RfD_i —呼吸吸入参考剂量， mg 污染物· kg^{-1} 体重· d^{-1} ；

WAF —暴露于地下水的参考剂量分配比例，无量纲

(2) 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

致癌风险：

$$CR_{iiv2} = IIVER_{ca2} \times C_{gw} \times SF_i$$

危害商：

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

式中：

CR_{iiv2} —吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径的致癌风险，无量纲；

HQ_{iiv2} 一吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商，无量纲。

(3) 皮肤接触地下水污染物途径

致癌风险：

$$CR_{d_{gw}} = DGWER_{ca} \times SF_d$$

危害商：

$$HQ_{d_{gw}} = \frac{DGWER_{nc}}{RfD_d}$$

式中：

CR_{dgw} —皮肤接触地下水暴露单一地下水污染物的致癌风险，无量纲；

HQ_{dgw} —皮肤接触地下水暴露单一污染物的非致癌危害商，无量纲。

(4) 地下水中单一污染物所有暴露途径风险

致癌风险：

$$CR_n = CR_{iiv2} + CR_{iov3} + CR_{dgw}$$

危害商：

$$HQ_n = HQ_{iiv2} + HQ_{iov3} + HQ_{dgw}$$

式中：

CR_n —地下水中单一污染物所有途径的致癌风险，无量纲；

HQ_n —地下水中单一污染物所有途径的危害商，无量纲。

4.7.2 风险表征结果

地下水中铅、砷、苯、甲苯、1,1,2-三氯乙烷的风险评估结果见表 4-17、表 4-18。

表 4-17 地下水中污染物致癌风险结果汇总

污染物	吸入室外空气中 来自地下水的气 态污染物	吸入室内空气中 来自地下水的气 态污染物途径	皮肤接触 地下水	总致癌风险	风险是否 可接受
铅	-	-	1.26E-15	1.26E-15	可接受
砷	-	-	1.34E-12	1.34E-12	可接受
苯	2.40E-06	6.29E-05	1.97E-09	6.53E-05	不可接受
甲苯	-	-	-	-	-
1,1,2-三氯乙烷	4.00E-10	7.42E-09	-	7.82E-09	可接受

表 4-18 地下水中污染物非致癌危害商结果汇总

污染物	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径	皮肤接触地下水	总非致癌危害商	风险是否可接受
铅	-	-	2.51E-13	2.51E-13	可接受
砷	-	-	3.78E-08	3.78E-08	可接受
苯	9.45E-02	2.48E+00	1.13E-04	2.57E+00	不可接受
甲苯	5.71E-04	1.51E-02	1.15E-05	1.57E-02	可接受
1,1,2-三氯乙烷	1.15E-03	2.14E-02	-	2.25E-02	可接受

由表 4-17、表 4-18 可知，地块地下水关注污染物：

- a) 苯的总致癌风险均为 $6.53E-05$ ，超过人体可接受水平 (10^{-6})；苯的非致癌危害商为 $2.57E+00$ ，超过人体可接受水平 (1)。
- b) 1,1,2-三氯乙烷的总致癌风险为 $7.82E-09$ ，未过人体可接受水平 (10^{-6})；1,1,2-三氯乙烷的非致癌危害商为 $2.25E-02$ ，未超过人体可接受水平 (1)。
- c) 砷的总致癌风险为 $1.34E-12$ ，未过人体可接受水平 (10^{-6})；砷的非致癌危害商为 $3.78E-08$ ，未超过人体可接受水平 (1)。
- d) 甲苯的非致癌危害商为 $1.57E-02$ ，未超过人体可接受水平 (1)；甲苯无致癌风险。
- e) 铅的总致癌风险为 $1.26E-15$ ，未过人体可接受水平 (10^{-6})；铅的非致癌危害商为 $2.51E-13$ ，未超过人体可接受水平 (1)。

4.8 不确定分析

污染地块风险评估过程中的不确定性假设情景、参数定值、评估模型的偏差等密切相关。不确定性可以定量地采用测定参数变化对评估结果的影响程度来表示。不确定性（缺乏关于准确值的了解，例如特定的暴露估计）分析必须与多样性（不同个体的不同暴露水平）相区别。由于土壤的不均质性、处于地下不可见状态和风险评价环境的复杂性，本风险评价中也存在较大的不确定性因素，这些不确定因素会对评价结果造成较大的影响。

4.8.1 受体参数对结论的影响

受体参数的针对性。受体参数采用《中国居民营养与健康状况调查报告》（2013）《2017 年世界卫生统计报告》和美国材料和测试标准化协会（ASTM）等推荐值，主要选取的是一个均值，因此要更准确的评价某一场地的风险，还需要实地调研当地暴露人群的有关情况。当地人群的活动方式决定着人群的暴露频次、暴露周期、暴露量等主要参数，本次评估中人群活动方式信息按照导则通用参数进行推测，由此也对最终评估结果也会产生一定的不确定性。

4.8.2 土壤及地下水中污染物自然衰减的影响

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

4.8.3 暴露途径的不确定性

在风险评估过程中，由于我国各地地形地貌、气候气象各异，场地条件不尽相同，不同地区的暴露途径不尽相同。本项目主要遵从《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）与《地下水污染健康风险评估工作指南》中明确的地下水暴露途径进行评估。

4.8.4 暴露风险贡献率分析

分别采用以下公式计算单一污染物经不同暴露途径的致癌风险和危害商贡献率，贡献率越大表示特定暴露途径对总风险的贡献率越高：

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

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

式中：

PCR_i —单一污染物经第 i 种暴露途径致癌的风险贡献率，无量纲；

PHQ_i —单一污染物经第 i 种暴露途径非致癌的风险贡献率，无量纲；

CR_i —单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险，无量纲；

CR_n —土壤中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的总致癌风险，无量纲；

HQ_i —单一污染物经第 i 种暴露途径的危害商，无量纲；

HI_n —地下水中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的危害指数，无量纲。

表 4-19 地下水污染物致癌风险评估各暴露途径贡献率（%）

关注污染物	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径	皮肤接触地下水	总贡献率
苯	3.67	96.32	0.00	100.00

表 4-20 地下水污染物非致癌风险评估各暴露途径贡献率（%）

关注污染物	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径	皮肤接触地下水	总贡献率
苯	3.67	96.32	0.00	100.00

由表 4-19 与表 4-20 可知，在第二类用地暴露情景下，地下水中苯的致癌与非致癌风险中贡献率较高的暴露途径主要为吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径。地下水中风险不可接受的污染物为苯，对该类挥发性有机污染地块，其关注污染物的主导暴露途径为吸入室内蒸气，对总风险的贡献率超过 96%。在对地块进行后期开发利用与管理时，应优先考虑减少呼吸吸入室内蒸气的暴露途径。

4.8.5 参数敏感性分析

选定需要进行敏感性分析的参数（P）一般应是对风险计算结果影响较大的参数，如人群相关参数（体重、暴露期、暴露频率等）、与暴露途径相关的参数（每日摄入土壤量、皮肤表面土壤粘附系数、每日吸入空气体积、室内空间体积与蒸气入渗面积比等）。本项目选取采用地块实际值的参数进行敏感性分析。模型参数的敏感性可用敏感性比值来表示，敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响也越大。模型参数（P）的敏感性比值可采用以下公式计算：

$$SR = \frac{\frac{X_2 - X_1}{X_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}}$$

式中：

SR—模型参数敏感性比例，无量纲；

P_1 —模型参数 P 变化前的数值（实际值）；

P_2 —模型参数 P 变化后的数值（推荐值）；

X_1 —按 P_1 计算的致癌风险或危害商，无量纲；

X_2 —按 P_2 计算的致癌风险或危害商，无量纲。

表 4-21 模型参数敏感比例计算结果

模型参数	单位	P_1	P_2	SR_{CRn} (%)	SR_{HI_n} (%)
土壤有机质含量	$g \cdot kg^{-1}$	5.17	15	0	0
土壤容重	$kg \cdot dm^{-3}$	1.54	1.5	475.68	475.67
土壤含水率	$kg \cdot kg^{-1}$	0.228	0.2	168.93	168.93
土壤颗粒密度	$kg \cdot dm^{-3}$	2.735	2.66	466.65	466.65
污染源区面积	cm^2	50388800	16000000	2.59	2.59

土壤有机质含量、土壤容重、土壤含水率、土壤颗粒密度、污染源区面积的参数敏感性比例的计算结果见表 4-21。根据以上的分析结果可知调查地块地下水中苯的致癌风险（ CR_n ）和危害商（ HI_n ）对所选参数的敏感性一致，其中敏感性较大的参数为土壤容重与土壤颗粒密度，所选取的 5 个参数对地下水苯的风险水平影响排序为土壤容重＞土壤颗粒密度＞土壤含水率＞污染源区面积，其中没有影响的参数为土壤有机质含量。

4.9 风险评估结论

依据以上风险评估的结果，可以得到如下结论：

对存在健康风险的地下水污染物进行风险评估，在未来用地为第二类用地条件（非敏感）的暴露情景下的风险表征结果表明：

地块土壤超标污染物苯、甲苯的浓度均超出第二类用地中规定的对应管制值，无需进行风险计算，可在确定相应的修复目标值后开展修复工作。

不直接饮用情景下，地块地下水关注污染物中，苯的总致癌风险均为 $6.53E-05$ ，超过人体可接受水平（ 10^{-6} ）；苯的非致癌危害商为 $2.57E+00$ ，超过人体可接受水平（1），风险不可接受，需要进行地下水修复。

不直接饮用情景下，地块地下水关注污染物中，铅、砷、甲苯、1,1,2-三氯乙烷对人体健康风险可接受。铅的总致癌风险为 $1.26E-15$ ，未超过人体可接受水平（ 10^{-6} ）；铅的非致癌危害商为 $2.51E-13$ ，未超过人体可接受水平（1）。砷的总致癌风险为 $1.34E-12$ ，未过人体可接受水平（ 10^{-6} ）；砷的非致癌危害商为 $3.78E-08$ ，未超过人体可接受水平（1）。甲苯的非致癌危害商为 $1.57E-02$ ，未超过人体可接受水平（1）；甲苯无致癌风险。1,1,2-三氯乙烷的总致癌风险为 $7.82E-09$ ，未过人体可接受水平（ 10^{-6} ）；1,1,2-三氯乙烷的非致癌危害商为 $2.25E-02$ ，未超过人体可接受水平（1）。

因此，地块地下水中的苯污染存在较大风险，超过可接受水平，需确定其修复目标值，采取相应的修复措施。

5 修复目标及修复范围确定

5.1 风险控制值确定

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019），基于保护人体健康的角度，本次项目中致癌目标物风险水平为 10^{-6} ，非致癌目标物危害商为 1 进行风险评估修复目标的计算，从而确定初步场地修复目标值，

再综合考虑国家导则标准以及国内外其他标准，确定本项目的最终修复目标值。

5.1.1 风险控制值计算模型

● 基于致癌风险的地下水风险控制值

(1) 基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值计算公式如下：

$$RCVG_{iov} = \frac{ACR}{IOVER_{ca3} \times SF_i}$$

式中：

$RCVG_{iov}$ 一基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

(2) 基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值计算公式如下：

$$RCVG_{iiv} = \frac{ACR}{IIVER_{ca2} \times SF_i}$$

式中：

$RCVG_{iiv}$ 一基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

(3) 基于皮肤接触地下水途径致癌效应的地下水风险控制值地下水风险控制值计算公式如下：

$$RCVG_{dgw} = \frac{ACR}{DGWER_{ca} \times SF_d}$$

式中：

$RCVG_{dgw}$ — 基于皮肤接触致癌效应的地下水风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

(4) 基于 3 种地下水暴露途径综合致癌效应的地下水风险控制值计算公式如下：

$$RCVG_n = \frac{ACR}{(IOVER_{ca3} + IIVER_{ca2}) \times SF_i + DGWER_{ca} \times SF_d}$$

式中：

$RCVG_n$ — 单一污染物（第 n 种）基于 3 种地下水暴露途径综合致癌效应的地下水风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

● 基于非致癌风险的地下水风险控制值

(1) 基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值计算公式如下：

$$HCVG_{iov} = \frac{RfD_i \times WAF \times AHQ}{IOVER_{nc3}}$$

式中：

$HCVG_{iov}$ — 基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水 风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

(2) 基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值计算公式如下：

$$HCVG_{iiv} = \frac{RfD_i \times WAF \times AHQ}{IIVER_{nc2}}$$

式中：

$HCVG_{iiv}$ 一基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

(3) 基于皮肤接触地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值计算公式如下：

$$HCVG_{dgw} = \frac{RfD_d \times AHQ}{DGWER_{nc}}$$

式中：

$HCVG_{dgw}$ 一基于皮肤接触非致癌效应的地下水风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

(4) 基于 3 种地下水暴露途径综合非致癌效应的地下水风险控制值计算公式如下：

$$HCVG_n = \frac{AHQ \times WAF}{\frac{IOVER_{nc3} + IIVER_{nc2}}{RfD_i} + \frac{DGWER_{nc}}{RfD_d}}$$

式中：

$HCVG_n$ 一单一污染物（第 n 种）基于 3 种地下水暴露途径综合非致癌效应的地下水风险控制值， $mg \cdot L^{-1}$ 。

5.1.2 风险控制值计算结果

根据土壤污染状况调查结果，土壤超标污染物苯、甲苯的含量均超出第二类用地中对应的管制值，对人体健康通常存在不可接受的风险，故无需计算进行相应的风险控制值。

根据风险评估结果，分别基于目标污染物的致癌效应和非致癌效应，计算风险控制值：

表 5-2 地下水风险控制值计算结果（单位：mg/L）

污染物	致癌风险控制值	非致癌风险控制值	综合风险控制值
苯	2.77	70.4	2.77

由表 5-2 可知：

根据相关导则要求，采用污染场地风险评估电子表格计算了本项目地块地下水污染物苯，在第二类用地暴露情景下基于致癌效应和非致癌效应的风险控制值。

本地块地下水污染物苯，在第二类用地暴露情景下基于致癌效应的风险控制值均为 2.77 mg/L，基于非致癌效应的风险控制值均为 70.4 mg/L，最终确定地下水中苯基于保护人体健康的综合风险控制值为 2.77 mg/L。

5.2 修复目标值确定

国家导则和技术指南对于修复目标值的相关规定如下：

（1）《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）规定，建设用地若需采取修复措施，其修复目标应当依据 HJ 25.3、HJ 25.4 等标准及相关技术要求确定，且应当低于风险管制值。

（2）《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）的规定，修复目标值确定的依据为：分析比较按照 HJ 25.3 计算的土壤风险控制值、GB36600 规定的筛选值和管制值、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及国家和地方有关标准中规定的限值，结合污染物形态与迁移转化规律等，合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

（3）《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》的规定：初步修复目标值，是根据场地可接受污染水平、场地背景值或本底值、经济技术条件和修复方式（修复和工程控制）、当地社会经济发展水平等因素综合确定的、场地土壤和地下水中的污染物修复后需要达到的限值。我国为发展中国家，经济和土壤、地下水修复技术水平相对欧美国家较落后。因此，

在提出场地修复目标时，应综合考虑实际修复技术的可达性及当地经济的承受水平等因素，参考风险控制值及可接受风险水平，合理确定场地建议修复目标值。

根据导则要求和项目的实际情况，本项目土壤修复目标值的设置原则为：采用第二类用地筛选值作为修复目标值。

土壤污染物修复目标值具体结果见表 5-3。

表 5-3 土壤污染物修复目标值（单位：mg/kg）

污染物	检出限	筛选值	修复目标值
苯	0.0019	4	4
甲苯	0.0012	1200	1200

注：筛选值来自于《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值。

地下水中修复目标值的选定按照《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）中规定，不具有工业和农业用水等使用功能的地下水污染区域，采用风险评估的方法计算风险控制值作为修复目标值。

地下水污染物修复目标值具体结果见表 5-4。

表 5-4 地下水污染物修复目标值（单位：mg/L）

污染物	检出限	风险控制值	标准值	修复目标值
苯	0.0014	2.77	0.12*	2.77

注：*代表该标准值来自于地下水质量标准（GB/T14848-2017）中 IV 类标准限制。

5.3 修复范围及方量

5.3.1 污染物修复范围确定原则

在本报告中污染地块的修复是指通过物理、化学或生物的转化过程，将地块中的高浓度污染物消除、降解或移出，使得地块土壤中的污染物浓度符合标准要求或采取控制暴露途径的措施，使环境风险降低到可以接受的水平。

根据环境保护部 2019 年发布的《建设用地土壤修复技术导则》(HJ 25.4-2019) 中的规定, 结合国家环境保护总局“关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知”(环办[2004]47 号) 以及《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) 等相关文件精神, 确定以下地块修复范围划定原则:

本项目地块修复管理后需保证敏感受体安全。根据地块未来用地规划及业主要求, 该地块按照二类用地进行评价。

具体划定原则如下:

(1) 修复范围采用无污染点位连线法进行确定。

(2) 如果污染范围在边界附近, 且边界无控制点, 则以垂直于边界进行范围确定。

(3) 在垂直方向上, 为便于修复量计算, 根据地块土壤层次, 同时结合各污染点位的垂向采样区间分层划定修复范围, 分层图示, 明确分层污染土方量。将地块土壤修复深度分为 6 层, 分别为第一层 (0-2m, 主要为填土层)、第二层 (2-4.5m, 主要为粉质粘土层)、第三层 (4.5-6m, 主要为粉质粘土层)、第四层 (6-9m, 主要为粉土层)、第五层 (9-12m, 主要为粉土层)、第六层 (12-15m, 主要为粉土层)。当层界所在深度存在某一点位污染物浓度超出修复目标值时, 该点位应分别计入上下两层的修复范围, 确保每一层划定的修复范围均以该层所在垂向采样区间内检出污染物浓度均不超出修复目标值的点位作为清洁点位进行划定。

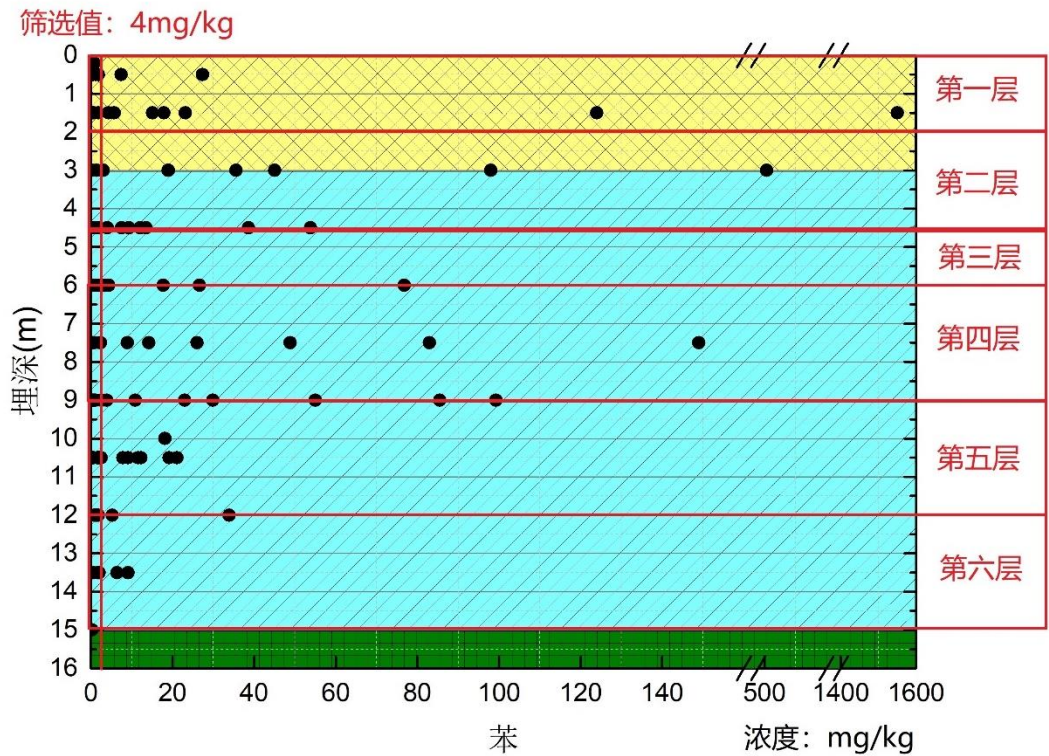


图 5-1 垂向分层示意图

5.3.2 污染物修复范围

(1) 土壤

根据上述污染物修复范围确定原则，得到本地块土壤中不同土层污染土壤的修复范围见图 5-2，拐点坐标见表 5-5。

地块内存在土壤中污染物含量超出第一类用地筛选值但未超出第二类用地筛选值的区域，该区域范围见图 5-3，拐点坐标见表 5-6。

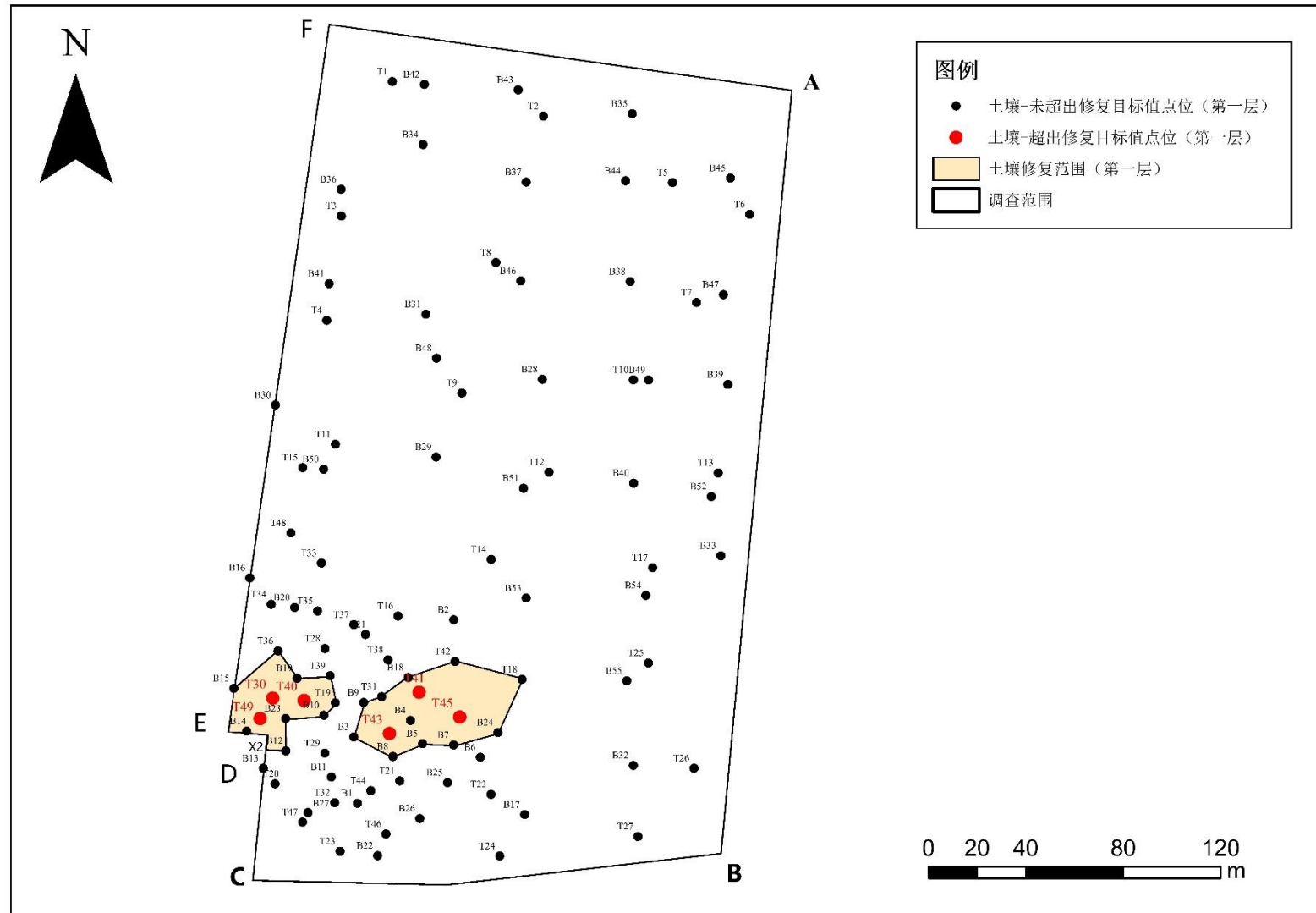


图 5-2（1）第一层土（0-2m）土壤修复范围

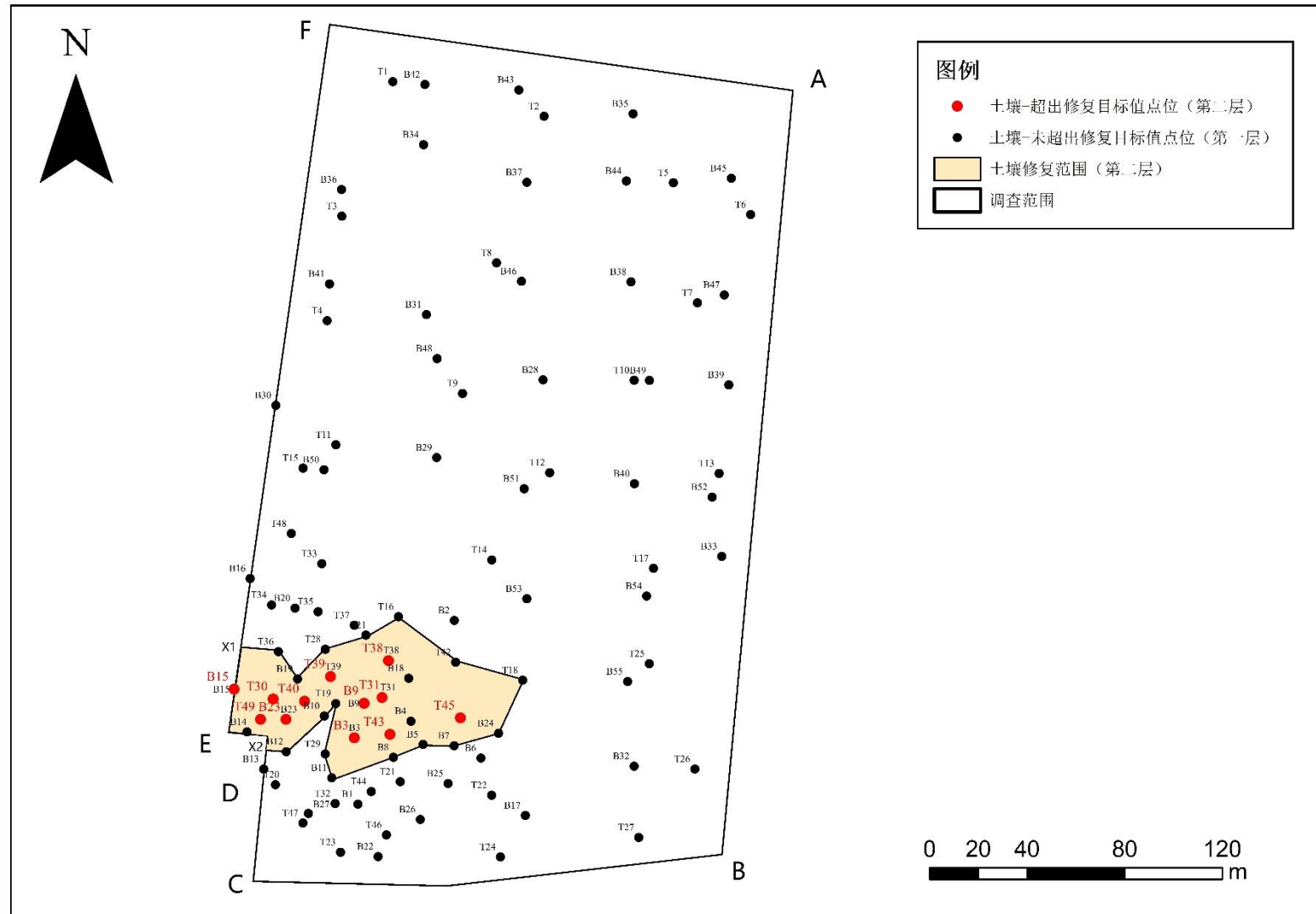


图 5-2（2）第二层土（2-4.5m）土壤修复范围

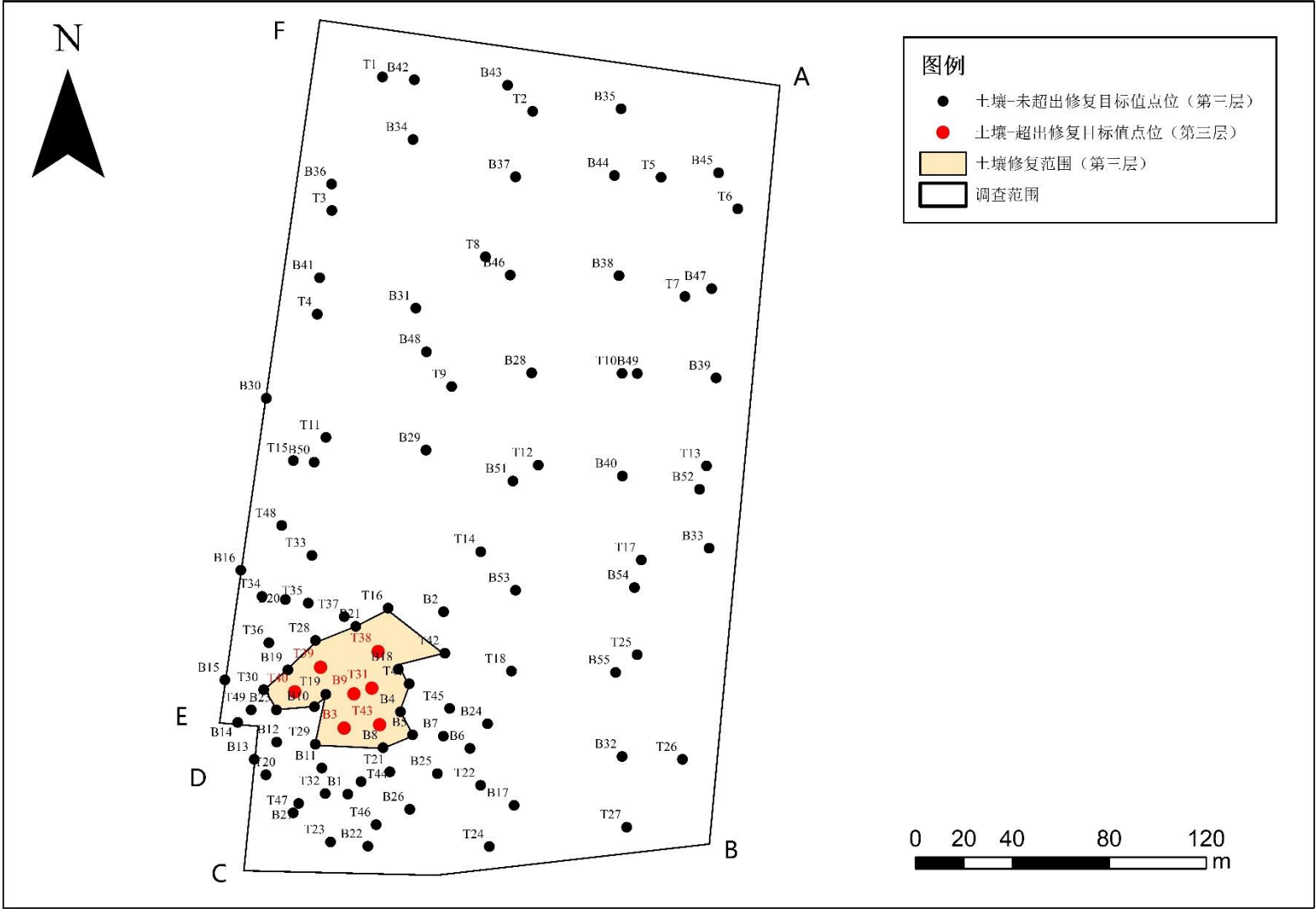


图 5-2（3）第三层土（4.5-6m）土壤修复范围

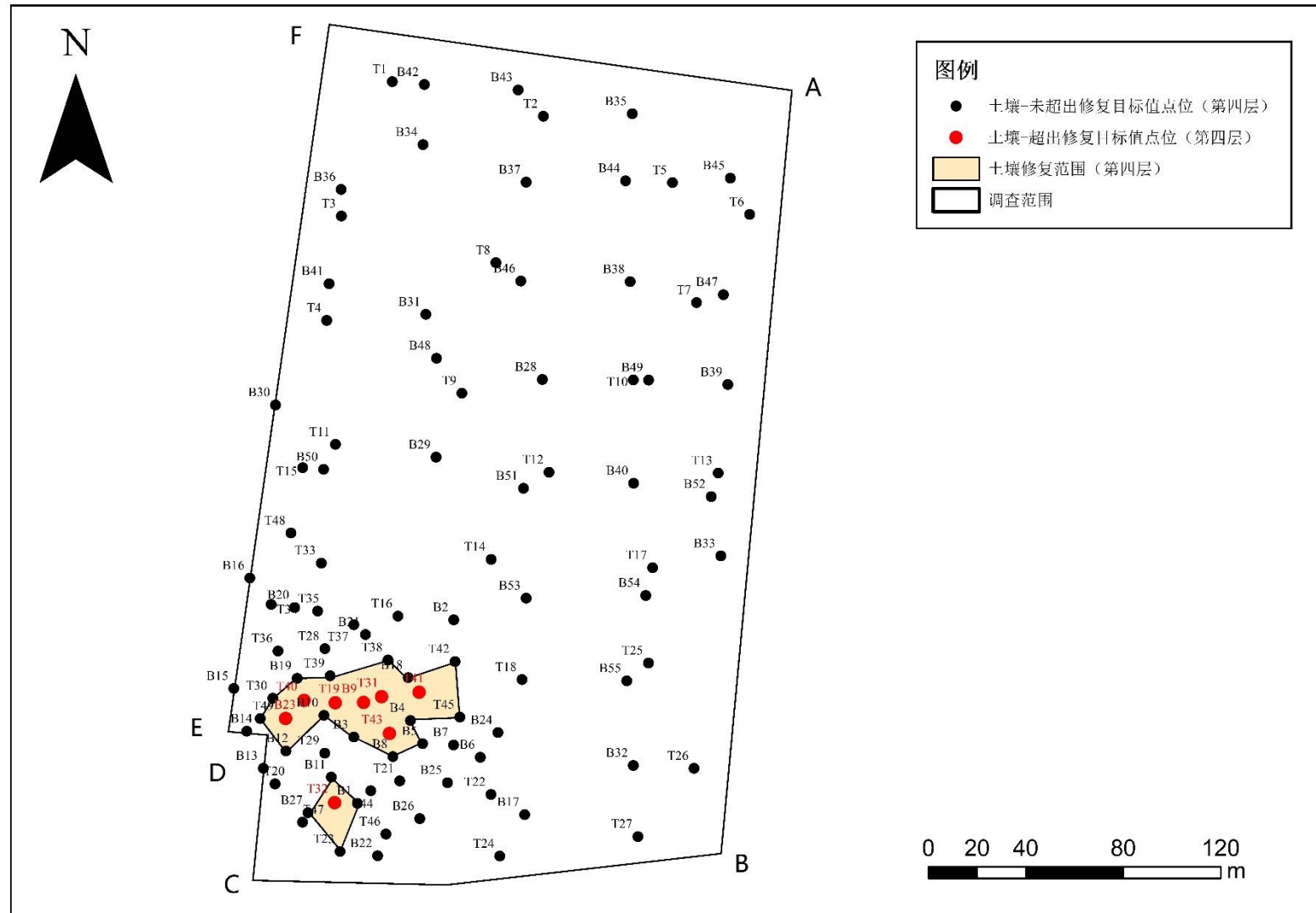


图 5-2（4）第四层土（6-9m）土壤修复范围

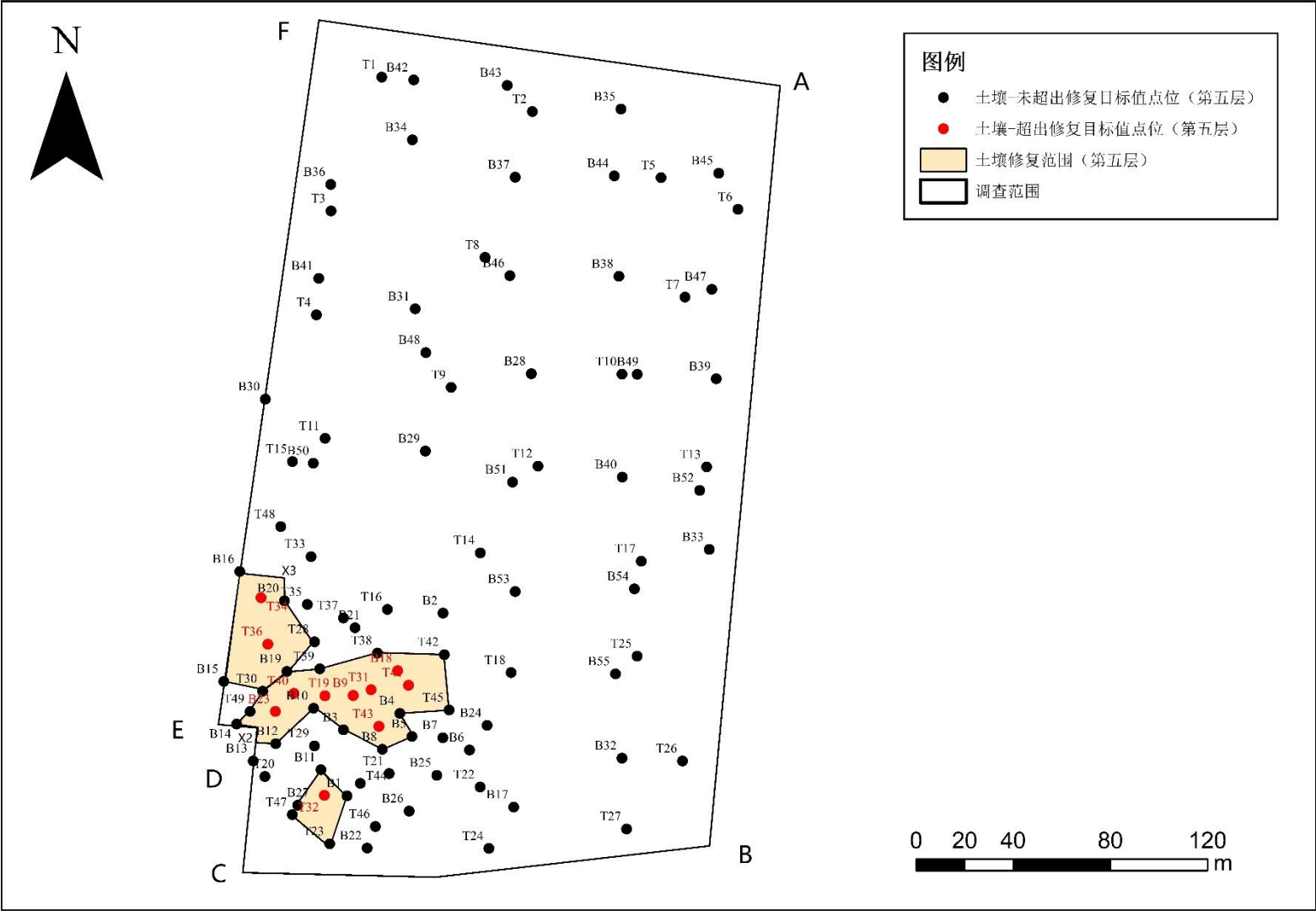


图 5-2（5）第五层土（9-12m）土壤修复范围

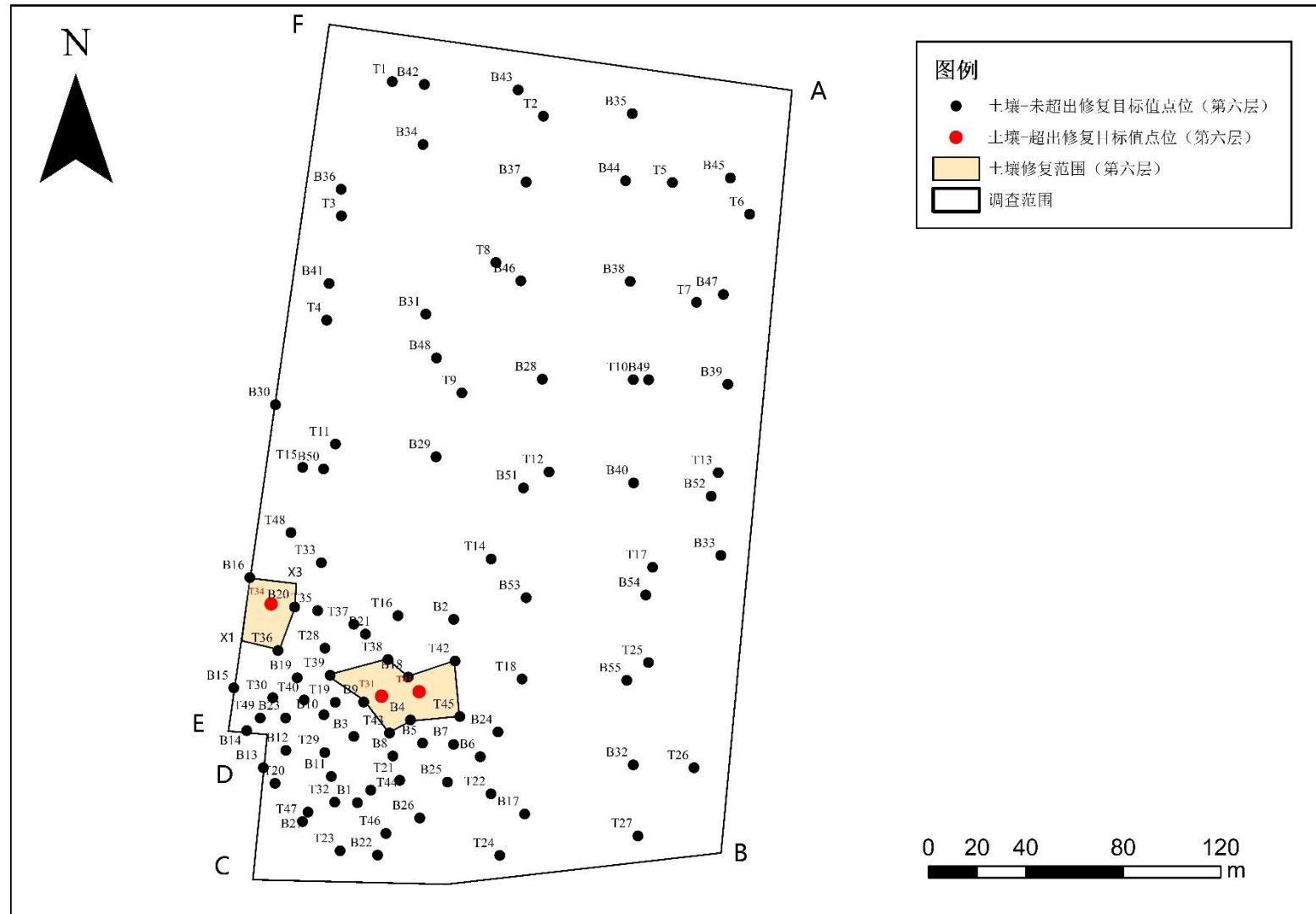


图 5-2（6）第六层土（12-15m）土壤修复范围

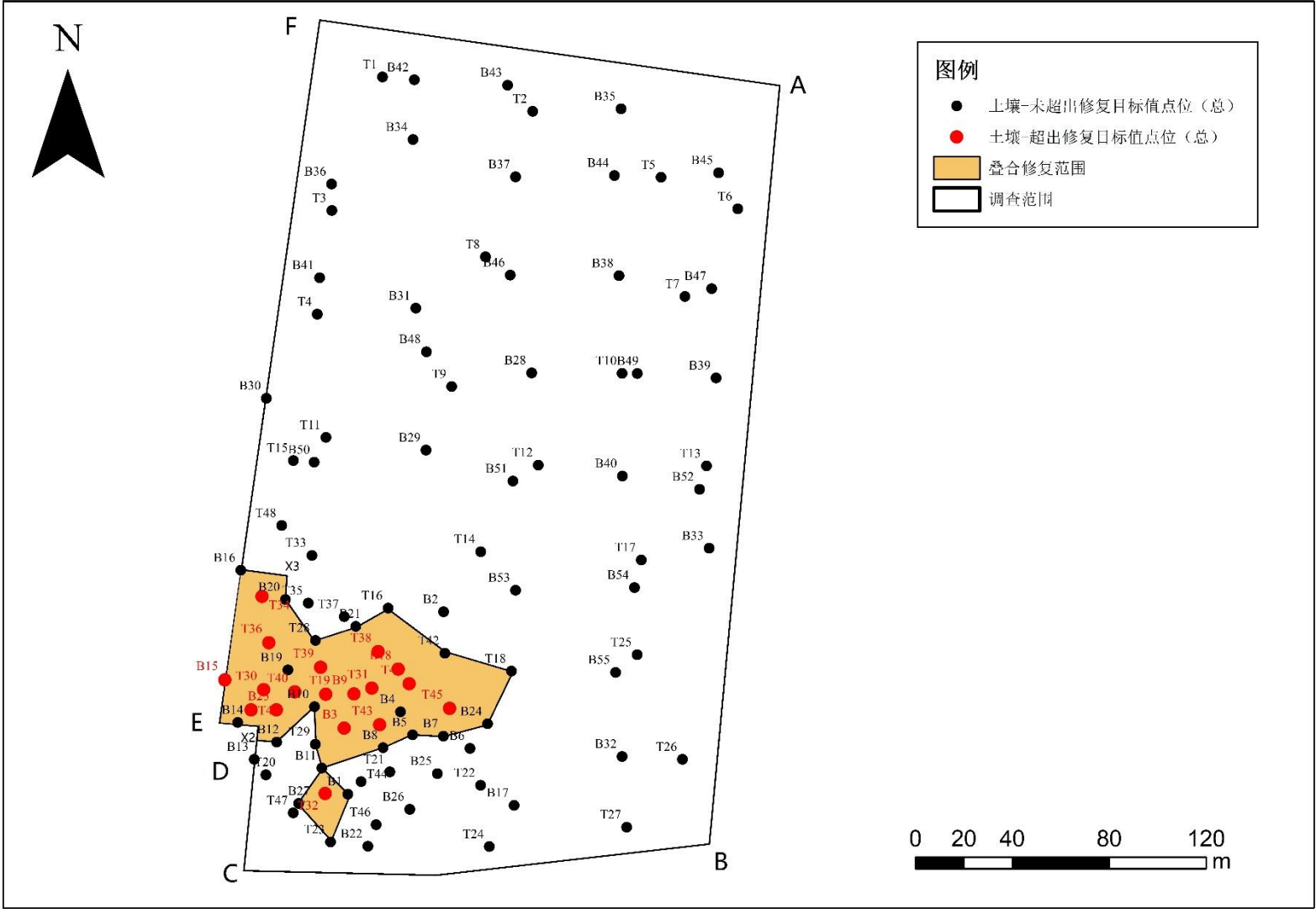


图 5-2（7）土壤修复叠合范围

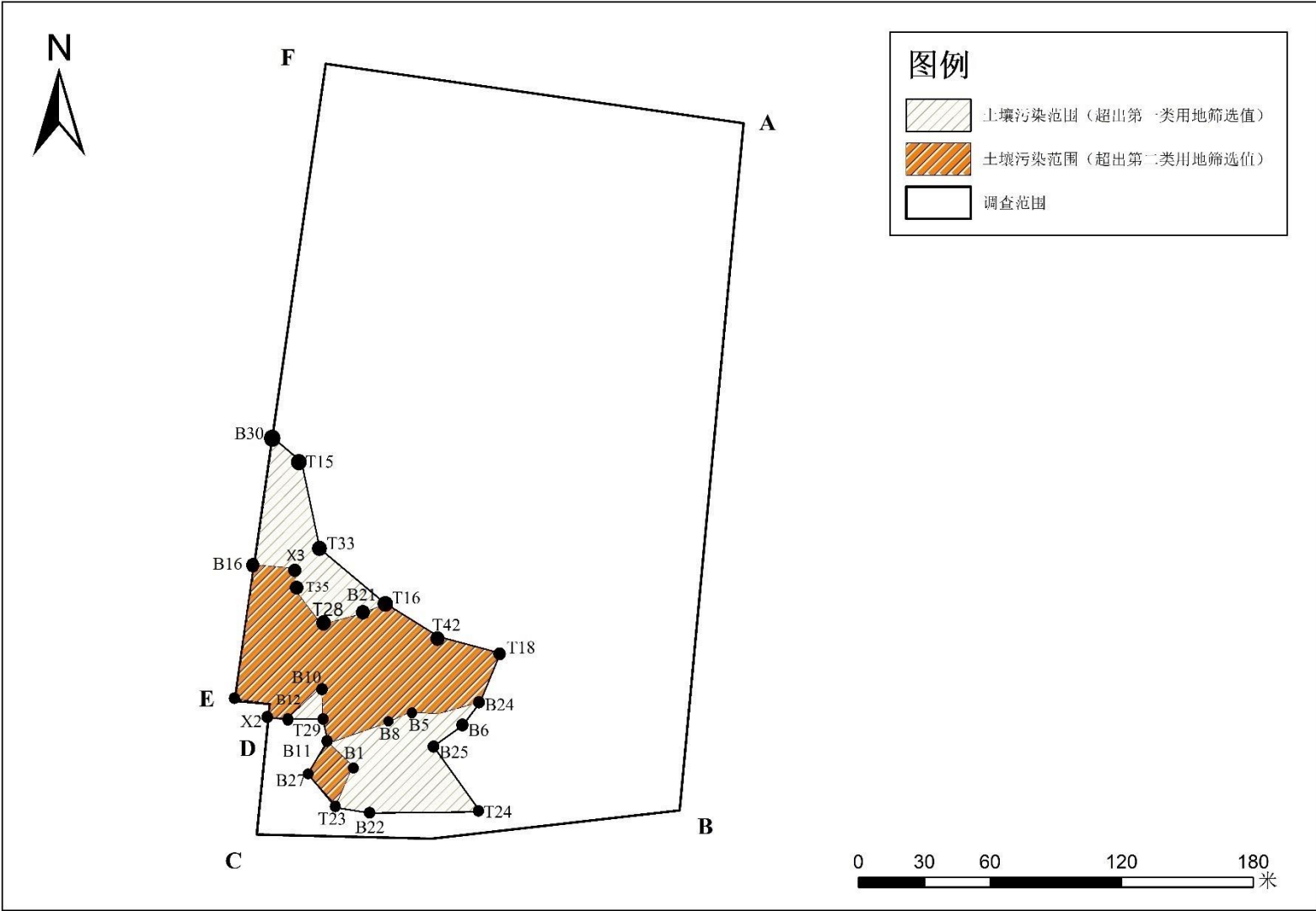


图 5-3 土壤污染含量超出第一类用地范围

表 5-5 各层土壤修复范围拐点坐标

编号	点位	X	Y
第一层			
1	B15	496987.418	4328526.26
2	T36	497005.5833	4328541.666
3	B19	497013.405	4328530.405
4	T39	497026.9681	4328531.481
5	T19	497029.1268	4328520.379
6	B10	497024.394	4328515.211
7	B23	497008.689	4328513.883
8	B12	497008.789	4328500.615
9	X2	497000.1360	4328501.0499
10	拐点 D	497000.7635	4328506.8207
11	拐点 E	496984.7886	4328508.2465
12	B15	496987.418	4328526.26
13	B3	497036.701	4328506.313
14	B9	497040.768	4328520.468
15	T31	497048.1133	4328522.839
16	B18	497059.02	4328530.716
17	T42	497078.159	4328537.321
18	T18	497105.7934	4328529.91
19	B24	497095.908	4328508.14
20	B7	497077.687	4328503.059
21	B5	497064.912	4328503.61
22	B8	497052.763	4328498.291
第二层			
1	X1	496989.8597	4328543.8335
2	T36	497005.5833	4328541.666
3	B19	497013.405	4328530.405
4	T28	497024.8094	4328542.584
5	B21	497041.467	4328548.415
6	T16	497053.171	4328552.133
7	T42	497078.159	4328537.321
8	T18	497105.7934	4328529.91
9	B24	497095.908	4328508.14

编号	点位	X	Y
10	B7	497077.687	4328503.059
11	B5	497064.912	4328503.61
12	B8	497052.763	4328498.291
13	B11	497027.448	4328489.871
14	T29	497027.6771	4328499.718
15	T19	497029.1268	4328520.379
16	B10	497024.394	4328515.211
17	B12	497008.789	4328500.615
18	X2	497000.1360	4328501.0499
19	拐点 D	497000.7635	4328506.8207
20	拐点 E	496984.7886	4328508.2465
第三层			
1	T30	497003.413	4328522.239
2	B19	497013.405	4328530.405
3	T28	497024.8094	4328542.584
4	B21	497041.467	4328548.415
5	T16	497053.171	4328552.133
6	T42	497078.159	4328537.321
7	B18	497059.02	4328530.716
8	T41	497063.4946	4328524.683
9	B4	497059.955	4328513.113
10	B5	497064.912	4328503.61
11	B8	497052.763	4328498.291
12	T29	497027.6771	4328499.718
13	T19	497029.1268	4328520.379
14	B10	497024.394	4328515.211
15	B23	497008.689	4328513.883
第四层			
1	T49	496998.1227	4328513.915
2	T30	497003.413	4328522.239
3	B19	497013.405	4328530.405
4	T39	497026.9681	4328531.481
5	T38	497050.7625	4328537.948

编号	点位	X	Y
6	B18	497059.02	4328530.716
7	T42	497078.159	4328537.321
8	T45	497080.3135	4328514.5
9	B4	497059.955	4328513.113
10	B5	497064.912	4328503.61
11	B8	497052.763	4328498.291
12	B3	497036.701	4328506.313
13	B10	497024.394	4328515.211
14	B12	497008.789	4328500.615
15	B11	497027.448	4328489.871
16	B1	497038.209	4328479.102
17	T23	497031.0264	4328459.319
18	B27	497017.894	4328475.246
第五层			
1	B16	496994.019	4328571.605
2	X3	497011.7931	4328568.9258
3	B20	497012.393	4328559.51
4	T28	497024.8094	4328542.584
5	B19	497013.405	4328530.405
6	T39	497026.9681	4328531.481
7	T38	497050.7625	4328537.948
8	T42	497078.159	4328537.321
9	T45	497080.3135	4328514.5
10	B4	497059.955	4328513.113
11	B5	497064.912	4328503.61
12	B8	497052.763	4328498.291
13	B3	497036.701	4328506.313
14	B10	497024.394	4328515.211
15	B12	497008.789	4328500.615
16	X2	497000.1360	4328501.0499
17	拐点 D	497000.7635	4328506.8207
18	B14	496992.735	4328508.74
19	T49	496998.1227	4328513.915

编号	点位	X	Y
20	T30	497003.413	4328522.239
21	B15	496987.418	4328526.26
22	B11	497027.448	4328489.871
23	B1	497038.209	4328479.102
24	T23	497031.0264	4328459.319
25	B27	497017.894	4328475.246
第六层			
1	B16	496994.019	4328571.605
2	X3	497011.7931	4328568.9258
3	B20	497012.393	4328559.51
4	T36	497005.5833	4328541.666
5	X1	496989.8597	4328543.8335
6	T39	497026.9681	4328531.481
7	T38	497050.7625	4328537.948
8	B18	497059.02	4328530.716
9	T42	497078.159	4328537.321
10	T45	497080.3135	4328514.5
11	B4	497059.955	4328513.113
12	T43	497051.2318	4328507.727
13	B9	497040.768	4328520.468

表 5-6 土壤污染物含量超一类用地筛选值范围拐点坐标

编号	点位	X	Y
1	B30	497004.562	4328642.654
2	T15	497015.7054	4328616.907
3	T33	497023.3808	4328577.74
4	T16	497053.171	4328552.133
5	T42	497078.159	4328537.321
6	T18	497105.7934	4328529.91
7	B24	497095.908	4328508.14
8	B6	497088.662	4328498.013
9	B25	497075.188	4328487.571
10	T24	497096.6344	4328457.444
11	B22	497046.486	4328457.552
12	T23	497031.0264	4328459.319
13	B27	497017.894	4328475.246
14	B11	497027.448	4328489.871
15	T29	497027.6771	4328499.718
16	B10	497024.3184	4328515.138
17	B12	497008.6919	4328500.65
18	X2	497000.1360	4328501.0499
19	拐点 D	497000.7635	4328506.8207
20	拐点 E	496984.7886	4328508.2465
21	B1	497038.2435	4328479.052
22	B8	497052.763	4328498.291
23	B5	497064.912	4328503.61
24	B21	497036.8251	4328541.346
25	T28	497024.8094	4328542.584
26	T35	497021.9314	4328558.004
27	X3	497011.7931	4328568.9258
28	B16	496994.019	4328571.605

表 5-7 土壤污染物超一类用地筛选值与超二类用地筛选值面积统计表

编号	区域	面积 (m ²)
1	土壤污染物超一类用地筛选值	9921.31
2	土壤污染物超二类用地筛选值	5659.84
3	超一类用地筛选值但未超二类用地筛选值	4261.47

(2) 地下水

将地下水中苯浓度超过风险筛选标准的区域确定为地下水需治理修复的污染区域。根据相应监测井中地下水样品苯的检测结果,划定项目地块地下水需要治理修复的范围。地块地下水需治理修复面积为 3583.64 m²,地下水治理修复范围示意图见图 5-4。

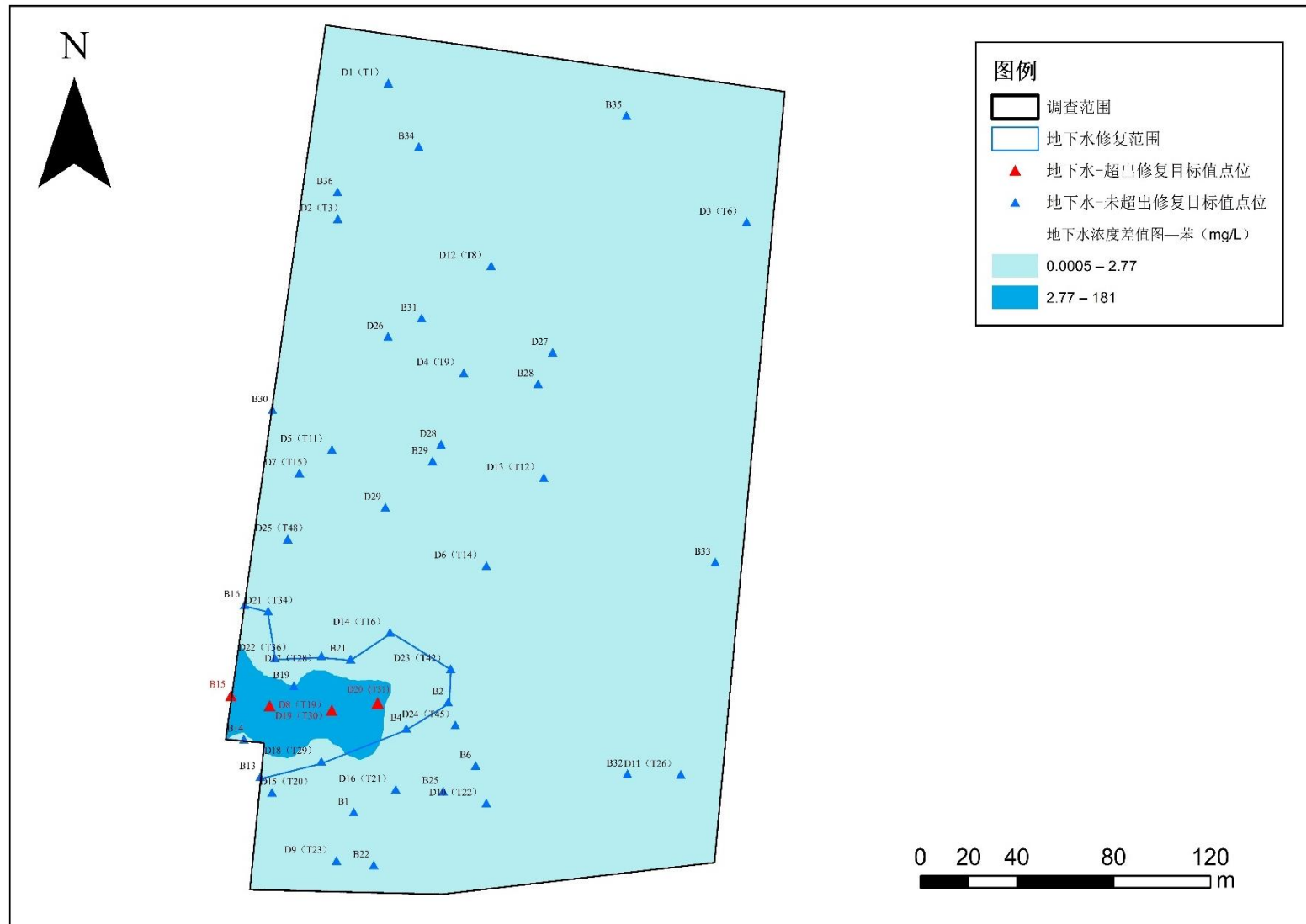


图 5-4 地下水修复范围

根据水文地质勘察的地层概化结果,本场地埋深约 3.00~15.00m 为潜水含水层地层。潜水含水层主要包含新近沉积层的粉质黏土(地层编号③₁)、全新统上组陆相沉积层的粉质黏土(地层编号④₁)和全新统中组海相沉积层的粉土(地层编号⑥₃),故本项目风险评估含水层厚度参数取值为 12m,实际地下水治理修复处理量,以现场开挖抽水量为准。

5.3.3 修复方量确定

地块各层修复污染土壤范围及方量见表 5-10。

表 5-10 各层土壤修复范围及修复方量

分层	修复范围 (m ²)	修复方量 (m ³)
第一层 (0-2m)	2722.05	5444.1
第二层 (2-4.5m)	4532.61	11331.53
第三层 (4.5-6m)	2286.45	3429.68
第四层 (6-9m)	2252.69	6758.07
第五层 (9-12m)	3652.81	10958.43
第六层 (12-15m)	1444.26	4332.78
总计	5659.84 (投影叠合面积)	42254.58

根据不同深度的污染面积及厚度,得到调查区域内土壤叠合污染修复面积为 5659.84 m²,总修复土方量 42254.58 m³。其中第一层土壤(0~2m)的治理修复面积为 2722.05 m²,土方量为 5444.1 m³;第二层土壤(2-4.5m)的治理修复面积为 4531.61 m²,土方量为 11331.53 m³;第三层土壤(4.5-6m)的治理修复面积为 2286.45 m²,土方量为 3429.68 m³;第四层土壤(6-9m)的治理修复面积为 2252.69 m²,土方量为 6758.07 m³;第五层土壤(9-12m)的治理修复面积为 3652.81 m²,土方量为 10958.43 m³;第六层土壤(12-15m)的治理修复面积为 1444.26 m²,土方量为 4332.78 m³。

6 结论与建议

6.1 风险评估结论

根据土壤污染状况调查成果，地块共布设 104 个土壤监测点位，50 个地下水监测点位；共采集 716 个土壤样品（不含现场平行样），共采集 63 个地下水样品（不含现场平行样）。调查中土壤共有 18 个点位的 49 个样品超过筛选值，污染物为苯和甲苯，苯超标浓度最大值为 1550 mg/kg，超标倍数为 386.5；甲苯超标浓度最大值为 1810 mg/kg，超标倍数为 0.51。地下水中共有 9 个点位的 11 个样品超过标准限值，污染物为砷、铅、苯、甲苯、1,1,2,-三氯乙烷。砷的超标浓度最大值为 0.0683 mg/L，超标倍数为 0.37；铅的超标浓度最大值为 0.269 mg/L，超标倍数为 1.69；苯的超标浓度最大值为 181000 ug/L，超标倍数为 1507；甲苯的超标浓度最大值为 178000 ug/L，超标倍数为 127；1,1,2,-三氯乙烷的超标浓度最大值为 87.7 ug/L，超标倍数为 0.46。

根据调查结果，结合暴露情景与公众健康风险，确认该地块内土壤中超标的污染物苯和甲苯的风险不可接受，需要进行修复，修复目标值分别为 4mg/kg 和 1200mg/kg，修复面积为 5659.84 m²，修复深度为 15m，修复方量为 42254.58m³。地下水中超标的污染物苯的风险不可接受，需要进行修复，修复目标值为 2.77mg/L，修复面积为 3583.64 m²，修复深度为 3-15m。

6.2 地块内污染物对界外的影响

地块西侧边界处（BW14、BW15）存在地下水中苯超标的情况，根据地下水中浓度差异而产生扩散（沿浓度梯度）影响与纵向迁移过程中产生横向弥散的影响，判断地块边界外区域的地下水已受到污染，并存在继续向调查边界外扩散的趋势。根据地块周边规划文件，地块外西侧拟规划为一类工业用地（M1），按照《建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）中建设用地的分类要求，与调查地块均属于第二类用地，因此判断调查范围西侧地块可能存在地下水污染物超标的情况。

6.3 环境管理要求

地下水环境风险管理：尽管项目地块内地下水中甲苯、1,1,2-三氯乙烷、铅、砷等污染物经风险评估计算的风险可接受，但均不同程度超出《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中的 IV 类标准限值；地下水中风险不可接受的污染物苯，最终确定的修复目标值也超出《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中的 IV 类标准限值。因此，在修复与后期开发利用过程中，应禁止在地块边界范围内对其地下水进行利用或作为饮用水。此外，应做好抽出地下水的达标处理，在修复与后期开发过程中，污染土壤修复区域进行污染源清除技术修复过程中降水时抽出的地下水以及需治理修复的地下水，也应进行检测并通过处理使其达到国家和天津市相关外排标准。

6.4 建议

(1) 本次风险评估工作是以该地块现有使用规划为基础进行的，根据企业提供的后期开发规划，本次按照二类用地进行的风险评估及修复目标值的制定，若未来用地规划发生变更，则需要按照新的规划，重新开展风险评估工作。

(2) 在自然过程作用下，土壤中的污染物会发生迁移和转化。因此，本次评估后应加快地块后续的修复工作，避免长期搁置造成地块中污染物迁移及修复范围的变化。

(3) 应委托专业第三方机构编制治理修复方案。结合本项目地块的土壤污染状况调查与风险评估成果，地块边界点位（B14、B15）的地下水存在污染物超标情况，判断地块内的污染羽已在地下水对流及弥散作用下迁移扩散至地块外部区域，对边界外区域的土壤和地下水造成了污染。边界外为现为辛口镇政府用地、与未利用地（规划为一类工业用地）。建议后期应对边界地块外区域开展必要的调查与监测，明确地块外土壤及地下水的污染程度及污染范围，编制整体风险管控与治理修复方案，避免本地块治理修复完成后边界外的污染回迁。

(4) 应防止界外污染向本地块扩散。地块位于污染界外区域的地下水下游，界外污染物可能随地下水迁移至本地块，土壤中的有机污染物可能随大气扩散或人类活动将污染土壤运至本地块。现阶段未进行污染土壤修复前，甲方单位应做好污染土壤的管理工作，继续做好地块的封闭管理，按照《天津市暂不开发利用污染地块风险管控技术指南（试行）》做好污染土壤的管控工作，避免敏感受体（未成年人）进入地块，降低扰动产生污染扩散

的风险；为防止界外地下水污染迁移扩散，建议对地块边界采取有效的阻隔，例如止水帷幕等措施。

（5）地块土壤和地下水样品中分别存在超出《建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值和超出《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类标准的情况。建议管理部门加强对地块内土壤和地下水的管理，建议就地进行消化利用，避免外运到第一类用地区域中，地下水不得作为集中式生活饮用水。如果确需离场使用，应按有关规定进行风险评估，以确保接收地的地下水 and 环境安全。

（6）本地块地下水埋深较浅，在修复施工、开发建设施工过程中若地块内涉及开挖等可能扰动地下水的情况，须重点关注地块开挖过程中产生的基坑水和排水，施工工人必须装备必要的防护用具，避免皮肤直接接触到地下水和吸入地下水中的挥发性有机物。

（7）本次风险评估结论仅代表调查时期地块土壤和地下水环境质量现状，如在下一步工作前，地块内发生较大扰动（包括外来土石方进入翻挖、地块内开展生产加工活动、地块周边区域发生环境污染突发事件可能对本地块造成污染影响等情况），则应对扰动区域重新开展调查评估，明确扰动区域污染范围是否发生变化。

（8）治理修复过程应及时进行跟踪观测。在开挖取土过程中，需要观察是否有在调查阶段中没有发现的污染，例如地下埋藏物、地下罐体、地下管线和有明显特殊气味的地方，如果发现需要相关专业人员及时处理，并扩大修复范围。

（9）治理修复过程应制定环境管理计划。做好修复过程安全和环保措

施，制定相关的环境安全应急预案。施工应避开雨季，防止污染物随降雨污染到周边区域环境。此外，在基坑清挖过程中，应尽量减少扰动污染土壤，更不要随意堆放，避免造成地块的二次污染。

(10) 治理修复工程完成后要进行效果评估。通过文件审核、现场勘查、现场采样和检测分析等，进行修复效果评估。在开挖边界和底部要有取样检测，确保开挖到位，确保污染土壤如数清除和达到治理修复目标。