

溧水区晶桥镇原观山化工园 B 地块
(含原晶云化工、华鑫化工、观山水务、晶
桥香料等企业用地区域)
土壤污染风险评估报告

委 托 单 位：南京市溧水区晶桥建设开发有限公司

主持编制机构：江苏润环环境科技有限公司

二 零 二 二 年 四 月

摘 要

江苏润环环境科技有限公司有限公司（简称“江苏润环”）受南京市溧水区晶桥建设开发有限公司的委托，对溧水区晶桥镇原观山化工园 B 地块（含原晶云化工、华鑫化工、观山水务、晶桥香料等企业用地区域）（以下简称“本地块”）进行土壤污染调查与评估。本地块面积约 213000m²，本地块属于原观山工业集中区，地块内历史上主要为化工企业，2013 年全部关停，企业包括溧水县晶云化工有限公司、溧水县华鑫化工有限公司、南京月亮塑料增白有限公司、溧水县晶鑫再生铜业有限公司、溧水县浩泉再生资源利用有限公司、南京晶桥香料有限公司、南京观山水务有限公司等。土壤污染状况调查结果显示，土壤超二类筛选值的因子有：镉、镍、铅、砷、铜、1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、苯、苯并(a)蒽、甲苯、间/对二甲苯、氯仿、萘、石油烃、乙苯，其中砷、铅、石油烃、1,2-二氯乙烷、萘、苯、氯仿超过相应管制值。地下水超出对应限值的因子有：石油烃、二氯甲烷、氯仿、乙苯、苯乙烯、砷、氟化物、挥发酚。可能存在环境风险，须启动风险评估工作。

1、前期工作总结

调查地块所属于观山工业集中区，该工业区初建于 1985 年，相继建成投产各化工、精细化工企业。因环境问题于 2006 年被省环境主管部门挂牌督办整改，部分企业先后被关停。2011 年开始，南京实施“三高两低”整治，化工企业陆续关停，到 2013 年底全部退出。园区部分企业的原厂房改为新引入的非化工企业使用。截至调查时，园区内企业均已关停。

（1）历史调查情况

2018 年南京市溧水区晶桥镇人民政府委托江苏省有色金属华东地质勘察局地球化学勘察与海洋地质调查研究院对观山化工园区区域开展了土壤环境调查与评价工作，并编制了《原观山化工园区区域土壤环境调查与评价成果报告》，本次调查地块属于原观山化工园园区的一部分。

本地块位于观山铜铅锌多金属矿区，受矿藏地质影响区域土壤砷、铅本底含量较高，历史调查砷、铅超标点位数较多。受化工企业生产影响，调查地块内部分区域土壤有机物超出第二类用地筛选值，超标污染物有：乙苯、氯仿、1,2,3-三氯苯、间/对-二甲苯、砷、铅、2-氯甲苯、苯并(a)蒽、苯酚、苯、甲苯、六氯

苯、苯并(a)芘、四氯化碳、氯苯。

(2) 初步采样调查

2020年8月，溧水区晶桥镇人民政府委托江苏润环环境科技有限公司对本次调查B地块范围内的拟复垦区域（面积106371.78m²）开展了土壤和地下水环境调查工作。初步采样阶段，调查地块内共布设土壤监测点48个，地块外布设了9个土壤对照采样点（其中2个采集柱状样，7个采集表层样品）。地块内共布设9口监测井，在地块外布设了1口对照检测井。针对地块内分布的积水塘和小水沟，共采集5个地表水样品，5个底泥样品。除平行样，共计送检了146个土壤样品，9个土壤对照点样品（其中表层土壤对照7个，柱状样对照2个），9个地下水样品，1个地下水对照样品，5个地表水样品，5个底泥样品。

检测结果显示：①部分土壤样品的砷、铅、镉、镍、石油烃、苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2,3-三氯苯、三氯甲烷(氯仿)、萘的浓度超过GB36600中第二类用地筛选值。其中部分样品的砷、铅、石油烃、1,2-二氯乙烷、萘、苯、氯仿超出第二类用地管制值。②送检的地下水样品中部分样品挥发酚和氟化物超出《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类限值，部分地下水样品石油烃超出上海第二类用地筛选值。③送检的底泥样品中有3个样品砷超过《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）中第二类用地筛选值。④送检的地表水样品中有1个样品氟化物超出《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的IV类限值。

经初步采样调查，调查区域内存在土壤和地下水超标情况，属于污染地块。

(3) 详细采样调查

2021年7月南京市溧水区晶桥建设开发有限公司委托江苏润环环境科技有限公司对本地块（面积213000m²）开展土壤和地下水环境调查工作。详细采样调查阶段，共计布设了132个土壤采样点，26个地下水采样点，10个地表水采样点，10个底泥采样点。除平行样，共计采集送检了353个土壤样品，25个地下水样品，3个底泥样品。

检测结果显示：①部分土壤样品的砷、铅、铜、石油烃、苯、氯仿、萘超出第二类用地筛选值。其中部分样品的砷、铅、石油烃、氯仿超出第二类用地管制值。②地下水样品中部分样品氯仿、乙苯、苯乙烯超出GB14848-2017中IV类限值，石油烃超出上海第二类用地筛选值。③送检的地表水样品中氯仿超出

GB14848-2017 中 IV 类限值。

经详细采样调查，指明了两个污染区域：一个集中在原晶云化工和原晶鑫化工用地区域的西侧，主要涉及企业的污水池、废水蒸馏装置，超标污染物以苯系物、石油烃类为主，与区域内原企业化工生产信息相关。另一个集中在晶桥香料的北部固废堆场区域，该企业生产过程中使用大量有机溶剂氯仿，因此该区域氯仿超标严重。

（4）补充采样调查

2021 年 9 月，对调查 B 地块开展了第二阶段调查补充采样分析工作，共计布设了 11 个土壤点位，14 个地下水点位。除平行样，共计采集送检了 47 个土壤样品，14 个地下水样品，3 个底泥样品。

检测结果显示：①部分土壤样品的苯超出第二类用地筛选值。②送检的地下水样品中挥发酚、石油烃、二氯甲烷、氯仿、苯、乙苯、苯乙烯超出了 GB14848-2017 中 IV 类限值。

经补充采样调查，进一步明确了土壤和地下水中有机污染物的污染范围及深度。

（5）小结

综合初步采样调查、详细采样调查、补充采样调查结果，地块内土壤污染物类型包含重金属和有机物。其中重金属有：镉、镍、铅、砷、铜；有机物有：1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、苯、苯并(a)蒽、甲苯、间&对二甲苯、氯仿、萘、石油烃、乙苯。

地块内地下水超标污染物包含有机物：石油烃、二氯甲烷、氯仿、乙苯、苯乙烯；重金属：砷；其他因子：氟化物、挥发酚。

地块内部分地表水存在氟化物、氯仿超标情况。

2、风险评估

根据《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日）第六十条要求，本地块需开展土壤污染风险评估，工作包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征、土壤及地下水风险控制值的确定。根据本地块土壤污染状况调查结果，识别出风险评估的指标有土壤中镉、镍、铅、砷、铜、1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、苯、苯并(a)蒽、甲苯、间&对二甲苯、氯仿、萘、石油烃和乙苯，以及地下水中石油烃、二氯甲烷、氯仿、乙苯、苯乙烯、砷、氟

化物和挥发酚。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）（以下简称《导则》）开展风险评估，采用中国科学院南京土壤研究所尧一骏博士和生态环境部南京所陈橦开发的《污染场地风险评估电子表格》（2021年12月）计算出土壤中1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、苯、氯仿、萘、铜和地下水中氯仿超过《导则》规定的单一污染物的可接受水平，推导出保护人体健康的土壤和地下水风险控制值，并根据《导则》要求，合理提出了土壤和地下水中目标污染物的修复目标值。

3、结论与建议

本地块根据《导则》要求，开展风险评估，模拟出土壤中1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、苯、甲苯、乙苯、氯仿、萘、铜和砷地下水中氯仿超过《导则》规定的单一污染物的可接受水平，并推导出保护人体健康的土壤和地下水风险控制值。综合经济技术可行性与国内现行的相应的筛选值，最终确定了地块本地块的推荐修复目标值。对比推荐修复目标值，重金属污染土壤方量约656025m³，建议修复面积约148746m²，最大污染深度10.5m；有机物污染土方量约21576m³，建议修复面积叠加后约7411m²，最大污染深度5m。地下水污染物为氯仿，模拟出的修复范围约24551.21m²，最大修复深度至风化岩层。

结合地块本地块污染特征，针对地块内土壤重金属和有机污染物，同时结合周边环境，修复模式可选化学氧化/还原技术（原位）或者水泥窑协同处置；针对地块地下水修复模式，可选用化学氧化技术（原位）或多相抽提技术（原位）对本地块氯仿污染地下水进行修复。

考虑到地块后期仍为工业用地，且地块重金属普遍超管制值，面积和方量较大，如果对地块内污染土壤进行修复，实际修复费用远超地块后期工业利用带来的经济效益，因此，从实际角度出发，建议采取制度管控+工程管控措施（有机污染土壤水泥窑协同处置、地下水污染区域水平阻隔和垂直阻隔、地下水长期监测），对本地块进行精准风险管控，有效防范土壤和地下水中污染物对环境的危害，防止污染扩散。除可采用上述推荐修复和风险管控技术外，其它可去除地块污染物且对周边敏感目标及环境不产生不利影响的相关技术亦可使用。但无论采取何种修复和风险管控技术，具体技术方案均需经专家论证。

前 言

本次调查评估地块原为观山化工园用地，地块北至白明线，东西南分别至园区现状道路，南侧临近新山里村。评估地块面积约 213000m²。

地块属于观山工业集中区，该工业区初建于 1985 年，相继建成投产各化工、精细化工企业。因环境问题于 2006 年被省环境主管部门挂牌督办整改，部分企业先后被关停。2011 年开始，南京实施“三高两低”整治，化工企业陆续关停，到 2013 年底全部退出。地块内历史上涉及用地的生产企业有：溧水县晶云化工有限公司、溧水县华鑫化工有限公司、南京月亮塑料增白有限公司、溧水县晶鑫再生铜业有限公司、溧水县浩泉再生资源利用有限公司、南京晶桥香料有限公司、南京观山水务有限公司。地块后期规划仍为工业用地。

历史调查资料表明，地块内存在土壤污染。根据《中华人民共和国土壤污染防治法》第五十九条第一款规定，“对土壤污染状况普查、详查和监测、现场检查表明有土壤污染风险的建设用地地块，地方人民政府生态环境主管部门应当要求土地使用权人按照规定进行土壤污染状况调查。”同时，根据《关于做好 2021 年度土壤污染防治重点项目建设工作的通知》，观山工业园区地块为南京市 2021 年度土壤污染防治重点项目之一，明确其 2021 年工作任务的落实土壤污染风险管控措施。

我单位于 2020 年 7 月接受委托，依据《建设用地土壤污染状况调查技术导则（发布稿）》（HJ 25.1-2019）等技术要求，开展地块土壤污染状况调查和风险评估工作。通过对地块所在地及周边区域开展现场踏勘、资料收集、人员访谈等工作，识别地块潜在污染情况。同时结合历史调查结果，分阶段开展初步采样调查、详细采样调查工作，在地块布设土壤、地下水、地表水、底泥采样点位，对检测结果进行分析，明确土壤污染程度和范围。土壤污染状况调查结果显示，本地块土壤超二类筛选值的因子有：镉、镍、铅、砷、铜、1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、苯、苯并(a)蒽、甲苯、间&对二甲苯、氯仿、萘、石油烃、乙苯，其中砷、铅、石油烃、1,2-二氯乙烷、萘、苯、氯仿超过相应管制值。地下水超出对应限值的因子有：石油烃、二氯甲烷、氯仿、乙苯、苯乙烯、砷、氟化物、挥发酚。因此，在土壤污染状况调查基础上，我单位开展了本地块土壤污染风险评估工作。

1 项目概述

本次调查地块为溧水区晶桥镇白明线以南原观山化工园 D 区（原江苏海正药业化工有限公司剩余区域），调查面积为 133624m²，约 200 亩；调查地块未来规划仍为工业用地，调查评估范围见图 2。

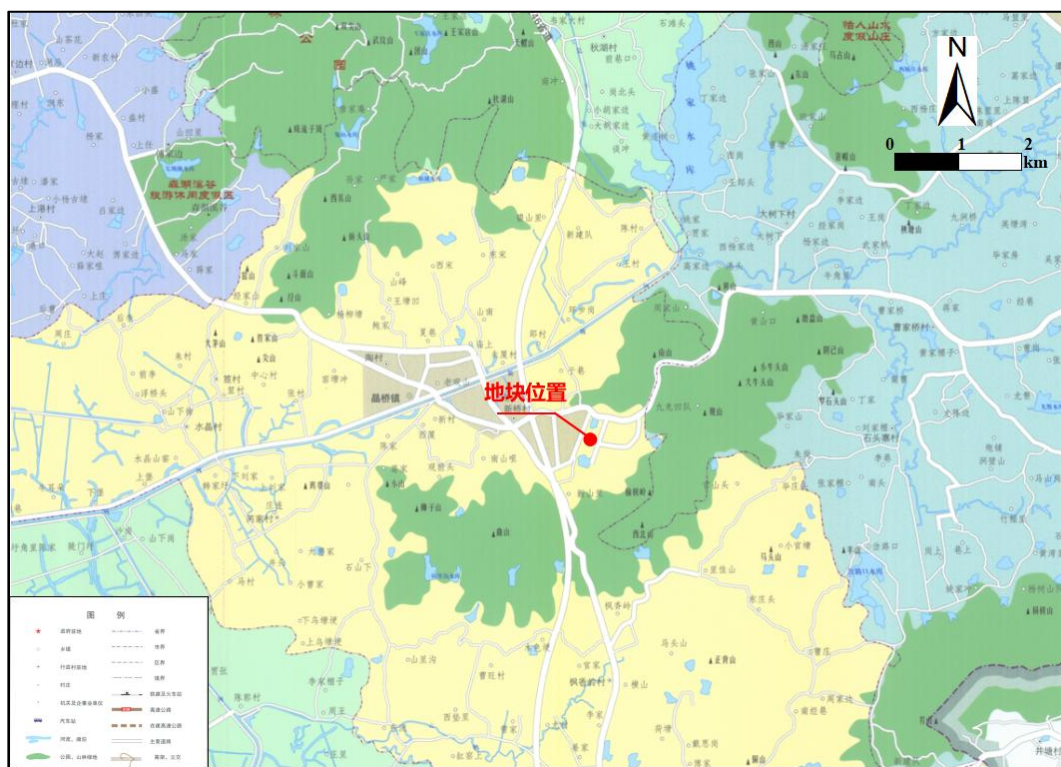


图 1 本次调查评估地块地理位置



图 2 调查范围示意图（底图为 2021 年 4 月航拍）

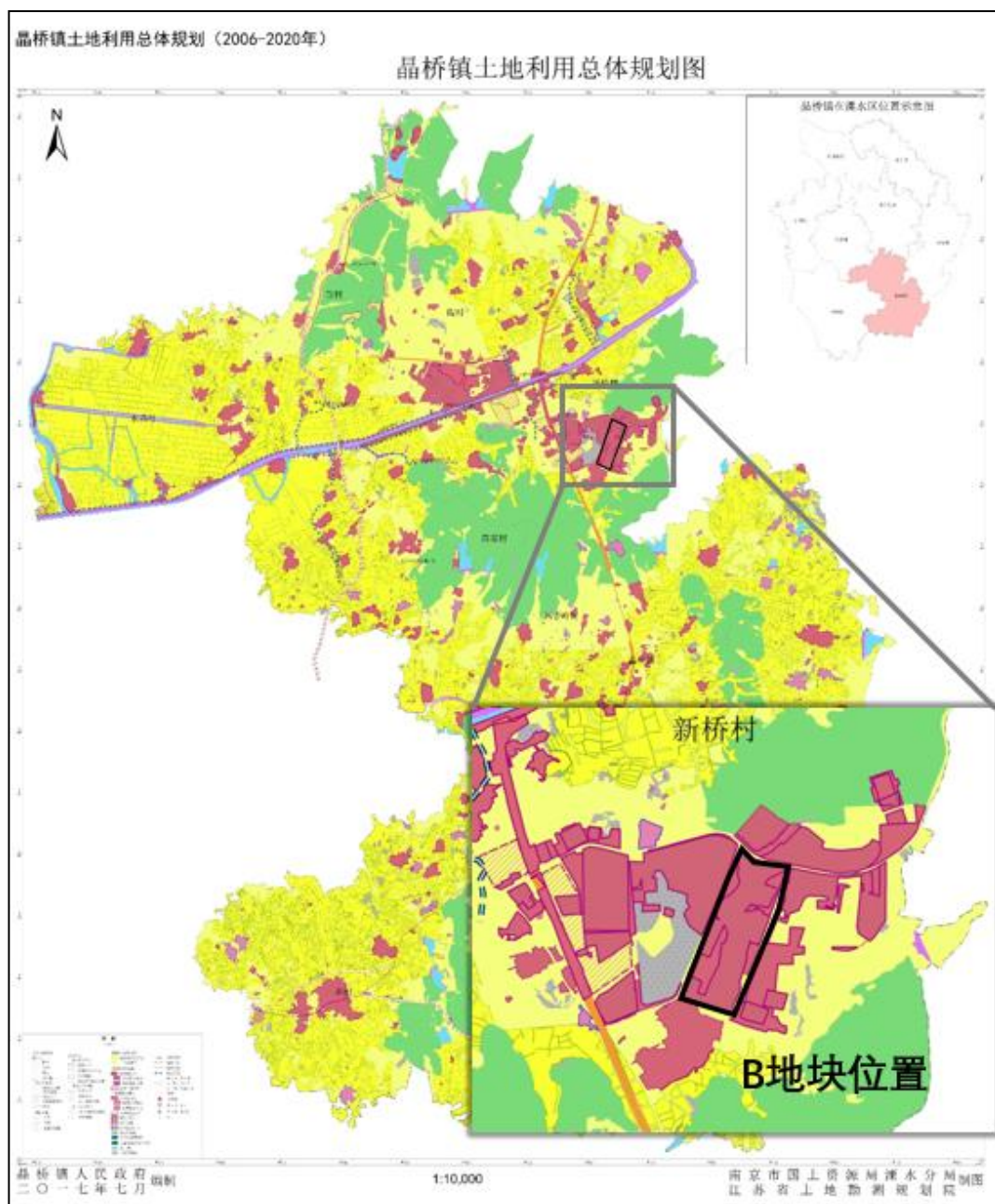


图 3 地块规划示意图

2 前期调查结论

初步采样阶段，调查地块内共布设土壤监测点 48 个，地块外布设了 9 个土壤对照采样点（其中 2 个采集柱状样，7 个采集表层样品）。地块内共布设 9 口监测井，在地块外布设了 1 口对照检测井。针对地块内分布的积水塘和小水沟，共采集 5 个地表水样品，5 个底泥样品。除平行样，共计送检了 146 个土壤样品，9 个土壤对照点样品（其中表层土壤对照 7 个，柱状样对照 2 个），9 个地下水样品，1 个地下水对照样品，5 个地表水样品，5 个底泥样品。

详细采样调查阶段，共计布设了 132 个土壤采样点，26 个地下水采样点，

10 个地表水采样点，10 个底泥采样点。除平行样，共计采集送检了 353 个土壤样品，25 个地下水样品，3 个底泥样品。

补充采样调查阶段，共计布设了 11 个土壤点位，14 个地下水点位。除平行样，共计采集送检了 47 个土壤样品，14 个地下水样品。

(1) 土壤调查结果

根据规划本次调查地块后续规划为工业用地，属于 GB36600-2018 中规定的第二类用地。

本次初步采样、详细采样、补充采样，共计送检了 546 个土壤样品（不包含平行样），此外送检了 23 个土壤对照点样品。其中超标污染物包括有机物和重金属：镉、镍、铅、砷、铜；有机物包括：1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、苯、苯并(a)蒽、甲苯、间&对二甲苯、氯仿、萘、石油烃、乙苯。其中砷、铅、石油烃、1,2-二氯乙烷、萘、苯、氯仿超出二类用地管制值。

有机物以苯系物和氯代烃类型为主，主要受历史上化工企业生产影响。污染区域主要集中在华鑫化工、华晶化工的西部，晶桥香料的北部和东侧。最大超标土壤埋深为原地表以下 5m（堆土覆盖区域达 10m），综合叠加有机物污染面积 8965m²，污染土壤方量为 21037m³。

重金属超标因子以砷、铅为主，个别点位镍、镉、铜超标。重金属超标主要受区域矿脉地质环境影响。综合叠加污染面积 148746m²（占全厂总面积的 69.8%），污染土壤方量不少于 656025m³。

(2) 地下水调查结果

本次初步采样、详细采样、补充采样，共布设了 49 口地下水监测井，此外布设了 1 口地下水对照井，共计送检 49 个地下水样品。其中超标污染物包括：石油烃、二氯甲烷、氯仿、乙苯、苯乙烯、砷、氟化物、挥发酚。

地下水污染区域与土壤污染区域一致，主要受历史上化工企业生产影响。污染区域主要集中在华鑫化工、华晶化工的西部，晶桥香料的北部和东侧，并且随地势产生了扩散迁移。区域内粉质粘土相对较薄，基岩的埋深较浅，将具备阻隔作用的中风化岩以上地层中的地下水视为一个含水层。综合地下水污染面积 61948m²。

综上，经土壤污染状况调查的历史资料收集、现场踏勘、人员访谈及实地采样分析，本地块土壤污染物含量超过《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控

标准（试行）》（GB36600-2018）规定的第二类用地筛选值，地下水超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中IV类水浓度限值或所对应的浓度限值；属于建设用地土壤污染。不符合本地块规划用地土壤环境质量要求，需开展下一阶段土壤污染风险评估工作。

3 地块环境健康风险评估

3.1 关注污染物

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019），本次土壤污染风险评估使用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地筛选值作为土壤中污染物的筛选值，超过该标准的污染物被列为土壤关注污染物；使用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类水标准作为地下水中污染物的评价依据，超过该标准的污染物被列为地下水关注污染物。根据详细调查的结果，本地块关注污染物如下：

根据详细调查的结果，土壤污染物类型包含重金属和有机物。其中重金属包括：镉、镍、铅、砷、铜；有机物包括：1,2,3-三氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、1,4-二氯苯、苯、苯并(a)蒽、甲苯、间&对二甲苯、氯仿、萘、石油烃、乙苯；上述污染物均超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）第二类用地风险筛选值，部分点位浓度超过对应管制值。

根据详细调查结果，本地块内地下水：二氯甲烷、氯仿、乙苯、苯乙烯、氟化物、挥发酚和砷浓度超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类浓度限值，石油烃（C₁₀~C₄₀）超出《上海市建设用地地下水污染风险管控筛选值补充指标》（2020年3月）中第二类用地筛选值。因此，本地块地下水中关注污染因子为砷、二氯甲烷、氯仿、乙苯、苯乙烯、氟化物、挥发酚和石油烃（C₁₀~C₄₀）。

3.2 风险表征

根据风险评估计算结果，本地块内土壤部分点位1,2,4-三氯苯、1,2-二氯乙烷、苯、氯仿、萘和铜针对潜在暴露人群（工作人员）的暴露风险水平不可接受，地下水部分监测井氯仿针对潜在暴露人群（工作人员）的暴露风险水平不可接受。

3.3 风险控制值计算

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）进行计算，

以 10^{-6} 为可接受的致癌风险水平，1 为可接受非致癌危害商，计算得到本地块关注污染物的风险控制，详见下表 1 所示。

表 1 本地块风险控制值

| 暴露情景 | 污染物种类 | 超标点位 | 风险控制值 |
|------------------|-----------|---------------------|----------------------|
| 土壤-成人 | 1,2,4-三氯苯 | BS19 | 94.6 (mg/kg) |
| | 1,2-二氯乙烷 | BS13 | 3.97 (mg/kg) |
| | | BS42 | 3.75 (mg/kg) |
| | 苯 | BS42 | 15.8 (mg/kg) |
| | 氯仿 | BS18 | 1.11 (mg/kg) |
| | | BS21 | 41.5 (mg/kg) |
| | | BXLS19 | 0.96 (mg/kg) |
| | | BXLS23 | 1.11 (mg/kg) |
| | 萘 | BS13 | 11.5 (mg/kg) |
| | 铜 | BJXS3 | 18000 (mg/kg) |
| 铅 ^{III} | 全厂超标点位 | 556 (mg/kg) | |
| 砷 | 全厂超标点位 | 1.48 (mg/kg) | |
| 地下水-成人 | 氯仿 | BXLGW3 | 2.71 (mg/L) |
| | | BXLGW4 | 2.48 (mg/L) |
| | | BXLGW8 | 2.06 (mg/L) |

注：^{III}基于成人血铅模型(ALM)得到的本项目土壤铅的环境基准值为 556mg/kg。

3.4 修复目标值建议

3.4.1 土壤修复目标值建议

对于土壤修复目标值，根据《建设用地土壤修复技术导则》(HJ 25.4-2019)，分析比较按照 HJ25.3 计算的风险控制值和地块所在区域土壤中目标污染物背景含量和国家有关标准中规定的限值，合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

根据上表中计算出的风险控制值，对比目前试行的《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)可知，砷和铅风险控制值均低于第二类用地的筛选值，可知在风险评估过程中参数选择较为保守，为避免过度修复，且考虑到后期地块管理的需要，建议在风险控制值小于或者与筛选值相近时，采用筛选值作为土壤修复目标值。

本地块土壤中关注污染物建议修复目标值见表 2。

表 2 本地块土壤修复目标值建议 单位：mg/kg

| 序号 | 污染物种类 | 超标点位 | 风险控制值 | 筛选值 | 修复目标值 |
|----|----------------|--------|--------------|-------|--------------|
| 1 | 1,2,4-三氯苯 | BS19 | 94.6 | 26.91 | 94.6 |
| 2 | 1,2-二氯乙烷 | BS13 | 3.97 | 5 | 5 |
| 3 | | BS42 | 3.75 | | |
| 4 | 苯 | BS42 | 15.8 | 4 | 15.8 |
| 5 | 氯仿 | BS18 | 1.11 | 0.9 | 1.11 |
| 6 | | BS21 | 41.5 | | 41.5 |
| 7 | | BXLS19 | 0.96 | | 0.96 |
| 8 | | BXLS23 | 1.11 | | 1.11 |
| 9 | 萘 | BS13 | 11.5 | 70 | 70 |
| 10 | 铜 | BJXS3 | 18000 | 18000 | 18000 |
| 11 | 铅 ^Ⅰ | 全厂超标点位 | 556 | 800 | 800 |
| 12 | 砷 | 全厂超标点位 | 1.48 | 60 | 60 |

注：^Ⅰ基于成人血铅模型（ALM）得到的本项目土壤铅的环境基准值为 556mg/kg。

3.4.2 地下水修复目标值建议

对于地下水的修复目标值，根据《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）：按照 HJ 25.4 和 HJ 25.6 确定地块地下水修复目标值时，应将基于风险评估模型计算出的地下水风险控制值作为主要参考值。

本地块地下水中关注污染物建议修复目标值见表 3。

表 3 本地块地下水修复目标值建议 单位：mg/L

| 污染物 | 超标监测井 | 超标浓度 | 筛选值 | 风险控制值 | 修复目标值 |
|-----|--------|------|-----|-------|-------|
| 氯仿 | BXLGW3 | 43.8 | 0.3 | 2.71 | 2.71 |
| | BXLGW4 | 25.8 | 0.3 | 2.48 | 2.48 |
| | BXLGW8 | 470 | 0.3 | 2.06 | 2.06 |

3.5 建议修复目标值的应用

对比初步调查、详细调查检测数据与修复目标值，本地块内土壤超标因子为重金属砷、铅，主要原因是调查地块位于原观山铜铅多金属矿区内，天然存在多种土壤重金属本底值较高。

3.5.1 地块内土壤建议修复范围确定

根据前述分析，地块重金属超标与历史企业生产关联性不大，主要受区域矿脉地质因素影响，超标点位分布情况较为普遍，超标点位和深度较为随机，因此对土壤重金属污染范围则采用泰森多边形方法进行分析，深度以采集土壤样品代表的点位区域最大深度为准。

对比推荐修复目标值：

土壤：本地块内土壤铅、砷污染最大深度为 10.5m，铜污染深度为 0-1m；各修复区域土层厚度不等，修复土方量=各修复区域面积×土层厚度，其中，砷修复面积为 143627m²，土方量总计为 645651m³；铅修复面积为 80787.53m²，土方量总计为 319225.5m³；铜修复面积为 1393.72m²，土方量总计为 1393.72m³。

综上，本次调查 B 地块最终确定出合计土壤有机污染建议修复叠加面积 7411m²，有机污染土壤建议修复方量 21576m³。

3.5.2 地块内地下水建议修复范围确定

本地块内地下水中氯仿超过建议修复目标值的范围采用 surfer 软件使用克里金插值法来确定，通过将污染物浓度值或插值结果同筛选值进行比较，绘制得到具体超标范围，确定污染范围约 21887.62m²。

4 结论和建议

4.1 风险评估结论

根据《污染地块风险评估技术导则》，污染物可接受的非致癌风险水平即目标危害商为 1，可接受的致癌风险水平为 10⁻⁶。本项目根据《污染地块风险评估技术导则》，通过《污染场地风险评估电子表格》（2021 年 12 月）计算确定地块本地块土壤和地下水推荐的风险控制值。综合经济技术可行性与国内现行的相应的筛选值，最终确定了地块本地块的推荐修复目标值。

对比推荐修复目标值：

土壤：重金属污染土壤方量约 656025m³，建议修复面积约 148746m²，最大污染深度 10.5m；有机物污染土方量约 21576m³，建议修复面积叠加后约 7411m²，最大污染深度 5m。

地下水：地下水污染物为氯仿，模拟出的修复范围约 24551.21m²，最大修复深度至中风化岩层。

综上，结合上述风险评估结果，应开展后续的地块修复或风险管控工作，在修复完成后方可按地块规划用途进行开发利用。

4.2 地块修复和风险管控技术建议

(1) 土壤-地下水修复技术

若地块后期开发利用，需对本地块开展土壤-地下水修复工作，结合地块本地块污染特征，地块内的重金属污染土壤可选择化学还原技术或者水泥窑协同处置技术进行修复，土壤有机物可以选用化学氧化技术（原位）或者水泥窑协同处置；针对地块地下水修复模式，可选用化学氧化技术（原位）或多相抽提技术（原位）。

(2) 风险管控技术

考虑到本地块后续暂不开发利用，结合地块使用权人意见，建议优先对本地块开展风险管控工作，具体可采用制度管控技术+工程控制技术相结合的形式，对本地块土壤和地下水污染区域实行精准风险管控。

针对土壤重金属污染区域，考虑到本地块内大部分区域土壤重金属砷和铅超筛选值，重金属污染土壤迁移扩散性相对较弱，地块周边村庄已搬迁，无暴露受体，土壤重金属污染物区域可采用制度管控或工程管控，其中，制度管控措施有：设置管控区边界围挡、设置场地信息公告牌、配备管控人员、开展动态监控等；工程管控措施有：水平铺设粘土层进行阻隔、水泥窑协同处置等。

针对土壤有机物超标区域，考虑到有机物含量较高，且有机物污染物易扩散，对人体潜在风险较大，可采用铺设 HDPE 膜进行水平阻隔或将有机物污染土壤开挖送至水泥窑进行协同处置等措施，进行风险管控。

针对地下水超标区域，考虑到地下水氯仿浓度过高，建议采取制度管控+工程管控措施（原位化学氧化、水平阻隔和垂直阻隔等），对地下水污染区域进行管控，有效防范地下水中氯仿对环境的危害，防止污染扩散。

除可采用上述推荐的修复和风险管控技术外，其它可去除地块污染物且对周边敏感目标及环境不产生不利影响的修复和管控技术亦可使用。但无论采取何种修复或风险管控技术，具体修复或管控方案均需经专家论证。

4.3 建议与要求

(1) 保护地块不被扰动：在地块开展风险管控或修复前，保护地块不受外来人为扰动，尽快采取相应保护措施（设置管控区边界围挡、设置场地信息公告牌、配备管控人员等），禁止外来人员进入地块内。

(2) 如后续对本地块进行风险管控，建议对地下水加强后续长期监管，明确责任主体和监管方案。关注地下水污染物的动态变化情况。

(3) 若地块后续开发利用，需开展修复工作，建议修复过程中要注重质量控制：在地块开挖取土过程中，如发现地下埋藏物和有明显特殊气味的地方，一经发现，需要相关专业人员及时处理，并调整修复范围。另外，在修复过程中需要进行质量控制，确保修复到位。

(4) 工程实施中要配备安全环保措施：在进行施工前，要进行具有针对性的安全环保培训，特别是防治化学品和污染土壤毒害的培训，确保施工安全进行。施工之前要制定包括运输在内的安全环保方案。

4.4 不确定性分析

由于主客观原因，前期土壤和地下水污染状况调查以及风险评价过程中不可避免存在诸多不确定性。充分分析各个阶段可能的不确定性因素，有利于科学认识和对待风险评价结果的相对性，从而制定行之有效的污染防治对策。本报告不确定性分析如下：

(1) 土壤污染状况调查：由于土壤分布的不均一性，土壤污染物含量以及土壤理化参数存在差异，对风险评估最终的计算结果会有一定的影响。

(2) 地下水污染状况调查：考虑到地层的变迁、土层的分布以及地下水的流向对地下水中污染物浓度的影响，地下水状况存在一定的不确定性，因此在建议中提出了加强后续地下水持续监测要求。

(3) 概念模型参数选择：根据我国导则，室内挥发物扩散模型未考虑室内外压差；受目前技术水平限制，建筑物特征参数、空气特征参数未获取实际建筑物相关参数，采取导则的默认值。

(4) 风险表征阶段：前面各个阶段的不确定性将集中体现在风险结果上，导致风险结果的不确定性。针对这些不确定性，完善过程中研究和制定适合中国国情的暴露情景，以及完善模型地块参数的获取，将是有效的针对手段。