

毓恒码头及周边地块土壤修复工程

毓恒码头地块二

效果评估报告

(送审稿)

江苏省环境科学研究院

2021年5月

报告名称：毓恒码头及周边地块土壤修复工程毓恒码头地块二效果评估报告

委托单位：南京市燕子矶片区整治开发有限责任公司

编制单位：江苏省环境科学研究院

项目负责人：张满成 高级工程师

主要参与人员：

姓名	职称	身份证号	职责	签字
张满成	高级工程师	412724198610212910	报告编制	
辜建强	工程师	360121199010175876	现场踏勘	
冯亚松	工程师	130635198703251219	资料审核	
王 水	研 高	320302197503263618	审核	

目录

1 项目概况	1
1.1 任务由来	1
1.2 工作范围	2
1.3 工作对象	5
2 工作依据、程序和内容	6
2.1 工作依据	6
2.1.1 国家有关法律、法规及规范性文件	6
2.1.2 地方有关法律、法规及规范性文件	6
2.1.3 技术标准、导则和技术规范	6
2.1.4 项目其他技术文件	7
2.2 工作程序	7
2.3 工作内容	8
3 区域及地块概况	10
3.1 场地基本信息	10
3.1.1 地理位置	10
3.1.2 水文地质	10
3.1.3 地块使用历史	13
3.1.4 土地利用规划	14
3.2 土壤污染状况调查和风险评估情况	15
3.2.1 土壤污染状况调查	15
3.2.2 风险评估情况	16
3.2.3 修复施工期补充调查	17
3.2.4 修复目标	17
3.3 修复治理方案	18

3.3.1	总体技术路线	18
3.3.2	止水帷幕、基坑支护及降水	19
3.4	修复范围和工程量	21
3.5	工程实施情况	23
3.5.1	施工总体平面布置	23
3.5.2	项目总体进程	24
3.5.3	环保措施落实情况	25
4	更新地块概念模型	31
4.1	资料回顾	31
4.1.1	资料清单	31
4.1.2	资料审核	33
4.2	现场踏勘	33
4.2.1	施工过程中现场踏勘	33
4.2.2	竣工后现场踏勘	36
4.3	人员访谈	36
4.4	地块概念模型	37
4.4.1	污染状况	37
4.4.2	污染土壤清挖与转运	37
4.4.3	异位化学氧化处置	37
4.4.4	施工期环境影响分析	38
4.4.5	潜在受体与周边环境	38
5	效果评估布点、采样与检测分析	40
5.1	采样布点要求	40
5.2	采样布点方案	43
5.2.1	土壤及地下水 I 区	43

5.2.2 土壤 II 区	45
5.2.3 潜在二次污染区	51
5.2.4 修复后土壤	52
5.2.5 回填土	53
5.3 现场采样	54
5.3.1 样品采集、保存与流转	54
5.3.2 现场采样质量控制与二次污染防治	55
5.4 实验室检测分析	60
5.4.1 检测分析指标	60
5.4.2 检测方法	61
5.4.3 检测分析质量控制	62
5.5 采样送检工作量汇总	77
6 效果评估.....	78
6.1 评价标准	78
6.2 评价方法	78
6.3 评价结果	79
6.3.1 土壤及地下水 I 区清挖效果评估.....	79
6.3.2 土壤及地下水 I 区地下水修复效果评估.....	79
6.3.3 土壤 II 区清挖效果评估.....	80
6.3.4 土壤 II 区原位修复区效果评估.....	82
6.3.5 异位修复后土壤效果评估	84
6.3.6 潜在二次污染区效果评估	87
6.3.7 回填土质量评估	88
6.3.8 抽出地下水处理评估	89
6.4 评估情况总结	90

7 结论与建议	91
7.1 效果评估结论	91
7.2 后续环境监管建议	92

1 项目概况

1.1 任务由来

毓恒码头及周边地块为原南京化工厂危险品码头区域，位于南京市栖霞区和燕路 560 号，燕子矶公园旁，北邻长江，主要用于暂存及运输原南京化工厂的原辅材料及产品，于 2007 年停运，至 2010 年完成拆除。2017 年 6 月，南京市燕子矶片区整治开发有限责任公司委托江苏润环环境科技有限公司开展毓恒码头地块场地环境调查与风险评估工作，结果显示该地块部分区域土壤及地下水受到了污染（污染土壤总量约为 80972 m³，污染地下水约为 25915 m²）。结合未来用地规划用途和场地水文地质条件，风险评估确定该地块风险处于不可接受水平，需开展修复治理。2018 年 12 月，生态环境部南京环境科学研究所编制了《毓恒码头地块场地修复技术方案》和《燕子矶滨江地块场地修复技术方案》。2020 年 4 月，南京市燕子矶片区整治开发有限责任公司通过招投标，确定江苏大地益源环境修复有限公司为该地块污染土壤与地下水的修复单位。

2020 年 9 月土壤修复工程正式开工，2021 年 5 月修复工程竣工。环境监理单位为江苏润环环境科技有限公司，工程监理单位为南京海宁建设工程监理咨询有限公司。

“土壤污染防治法”规定修复活动结束后，土壤污染责任人应当另行委托有关单位对修复效果进行评估；实施修复效果评估活动，应当编制效果评估报告。为此，南京市燕子矶片区整治开发有限责任公司委托苏州环优检测有限公司开展效果评估检测，江苏省环境科学研究院承担毓恒码头及周边地块土壤污染修复工程效果评估工作。

依据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则(试行)》(HJ 25.5-2018)、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ

25.6-2019)及委托合同,编制组通过资料回顾与现场踏勘、布点采样与实验室检测结果分析,综合评估地块土壤及地下水修复是否达到规定要求,编制本效果评估报告。

1.2 工作范围

根据合同约定,效果评估工作范围为《毓恒码头地块场地环境调查与风险评估报告》(江苏润环环境科技有限公司,2018年12月)、《毓恒码头地块场地修复技术方案》(生态环境部南京环境科学研究所,2018年12月)、《毓恒码头B地块施工组织设计》(江苏大地益源环境修复有限公司,2020年8月)等划定的土壤和地下水修复范围以及潜在二次污染区。本次效果评估对象为毓恒码头地块二(被列入《江苏省建设用地土壤污染风险管控和修复名录(第一批)》),即B地块土壤及地下水I区、土壤II区、地块内地下水输送路线、废水处理区、污染土壤转运路线、异位修复中心。

其中废水处理区和异位修复中心仍在持续运行,用于处理毓恒码头及周边地块(CD地块污染地下水及土壤),此两处区域不纳入本次效果评估工作范围。

施工过程中,经补充调查,土壤及地下水I区与燕津大道交界区域土壤及地下水无污染,施工方提出了修复工程变更,土壤及地下水修复面积变更为258 m²。

变更后效果评估范围见图1-1、图1-2和图1-3。具体包括:

1、土壤及地下水I区:面积258 m²,深度0~6 m,土壤修复污染因子邻(对)硝基氯苯、苯并[a]芘、石油烃(C₁₀-C₄₀);地下水修复关注因子石油烃(C₁₀-C₄₀)。

2、土壤II区:面积2076 m²,深度2~4.5 m,土壤修复关注因子4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯。

3、潜在二次污染区：地块内污染地下水输送路线约 100 m、污染土壤转运路线约 1000 m。

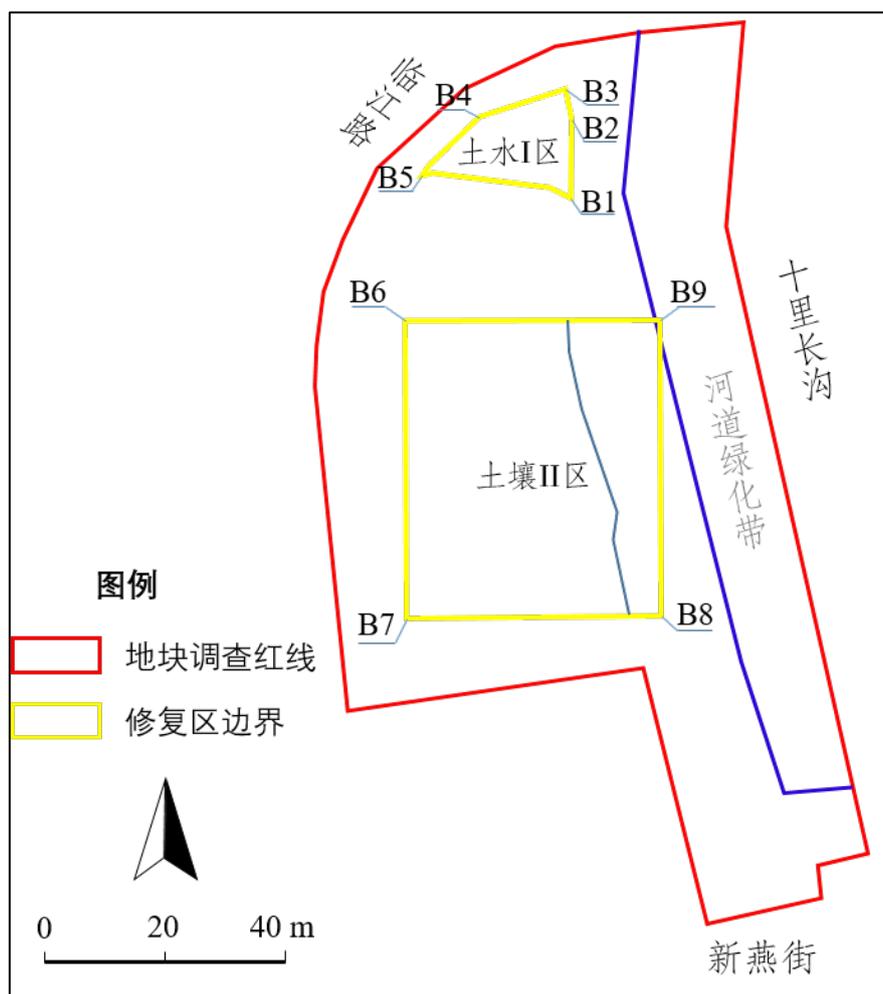


图 1-1 土壤及地下水修复区分布示意图

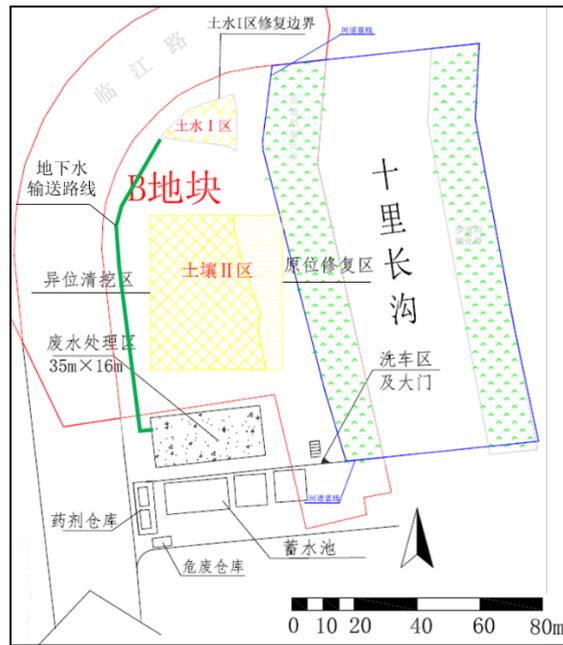


图 1-2 地块内抽出地下水输送路线示意图



图 1-3 污染土壤转运路线示意图

表 1-1 修复区边界坐标

拐点编号	X	Y
B1	133189.4834	158431.1506
B1	133189.8385	158443.1237
B3	133188.6844	158449.332
B4	133174.1249	158444.0993
B5	133165.0696	158434.6982
B6	133162.6779	158410.400

拐点编号	X	Y
B7	133162.786	158360.890
B8	133204.722	158360.922
B9	133204.722	158410.400

注：92 南京地方坐标系。

1.3 工作对象

毓恒码头地块二土壤及地下水修复涉及土壤异位氧化、土壤原位氧化、地下水异位处理等工艺。

清挖后基坑土壤采样检测在污染土壤清挖完成后进行，根据施工进度情况，分阶段实施。土壤原位修复区土壤采样检测在原位注射完成后进行。回填土在回填作业前，按批次采样检测。场地内主体工程完工后，进行疑似二次区域土壤采样检测。

各阶段效果评估采样检测在施工单位提交申请，工程监理单位、环境监理单位及建设单位审核同意后开展。

2 工作依据、程序和内容

2.1 工作依据

2.1.1 国家有关法律、法规及规范性文件

- 1)《中华人民共和国环境保护法》(2015年1月1日起实施);
- 2)《中华人民共和国土壤污染防治法》(2019年1月1日通过);
- 3)《中华人民共和国水污染防治法》(2017年6月27日修订);
- 4)《中华人民共和国大气污染防治法》(2015年8月29日修订);
- 5)《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(1996年10月29日);
- 6)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2016年11月7日修订);
- 7)《土壤污染防治行动计划》(国发〔2016〕31号);
- 8)《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〔2016〕66号);
- 9)《污染地块土壤环境管理办法(试行)》(环境保护部(2016)42号令)。

2.1.2 地方有关法律、法规及规范性文件

- 1)《江苏省土壤污染防治工作方案》(苏政发〔2016〕169号);
- 2)《南京市土壤污染防治行动计划》(宁政发〔2017〕67号)。

2.1.3 技术标准、导则和技术规范

- 1)《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)
- 2)《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ25.6-2019)
- 3)《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018);
- 4)《地下水质量标准》(GB/T14848-2017);

- 5)《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004);
- 6)《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004);
- 7)《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(2014年11月);

2.1.4 项目其他技术文件

- 1)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程效果评估工作方案》(江苏省环境科学研究院,2020年8月);
- 2)《毓恒码头地块场地环境调查与风险评估报告》(江苏润环环境科技有限公司,2018年12月);
- 3)《毓恒码头地块场地修复技术方案》(生态环境部南京环境科学研究所,2018年12月);
- 4)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 B 地块施工组织设计》(江苏大地益源环境修复有限公司,2021年1月);
- 5)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 退让区土壤及地下水补充调查报告》(南京市燕子矶片区整治开发有限责任公司,2021年4月)。
- 6)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区修复范围调整方案》(江苏大地益源环境修复有限公司,2021年4月)。

2.2 工作程序

依照《污染地块风险管控与修复效果评估技术导则(试行)》和《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》要求,本次效果评估程序依次为更新地块概念模型、布点与采样、效果评估、提出后期环境监管建议及编制效果评估报告五个阶段,具体流程详见图 2-1。

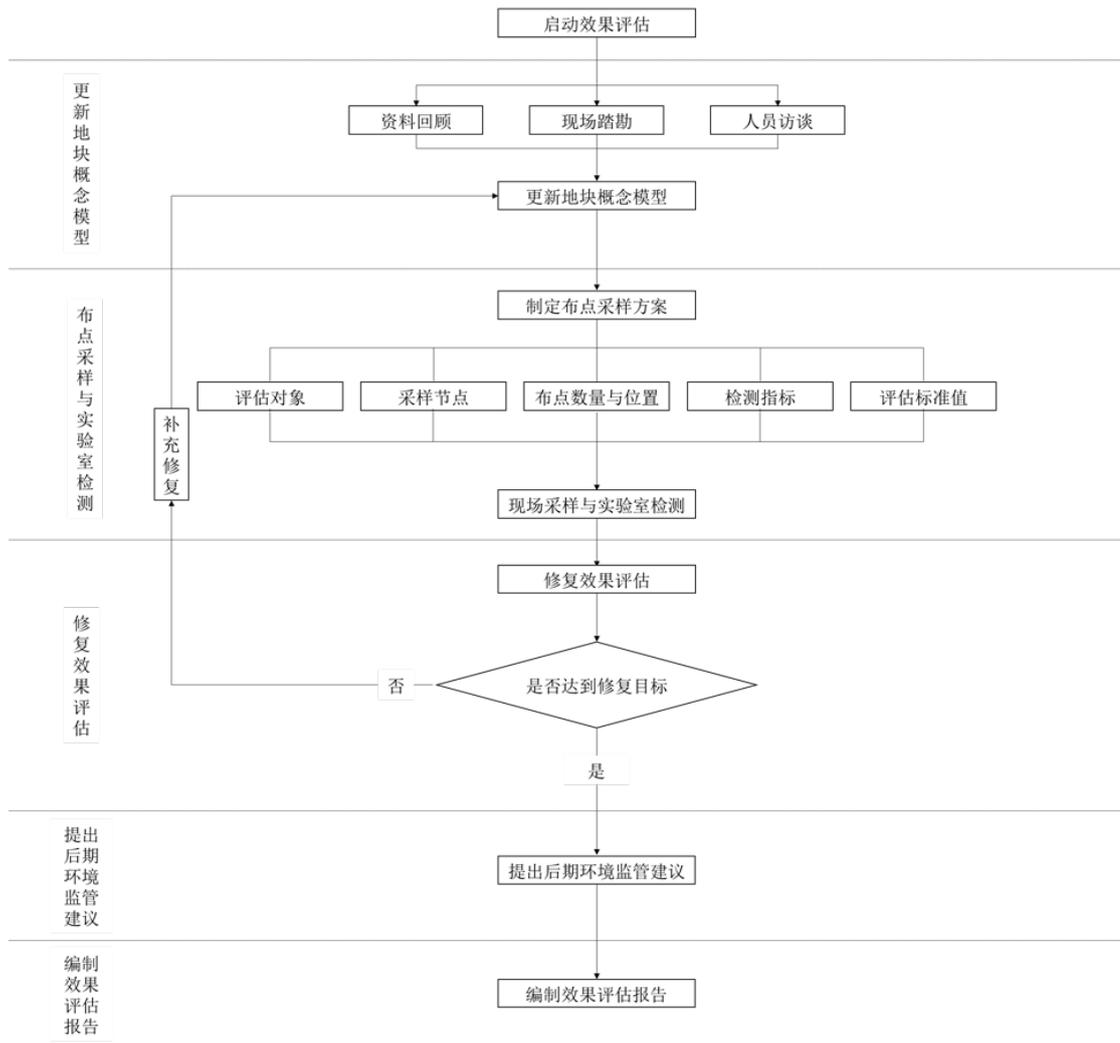


图 2-1 效果评估工作程序

2.3 工作内容

(1) 更新地块概念模型

根据修复进度以及掌握的地块信息对地块概念模型进行实施更新，为制定效果评估布点方案提供依据。

(2) 布点采样与实验室检测

根据调查方案、风险评估报告、施工组织设计方案和施工进度，编制效果评估布点方案。布点方案包括效果评估的对象和范围、采样节点、采样周期和频次、布点数量和位置、检测指标等内容。布点方案根据更新后的概念模型进行完善和更新。根据布点方案和施工进度，制定采样计划，由检测单位开展现场采样与实验室检测。

（3）效果评估

根据检测结果，评估土壤及地下水修复是否达到修复目标或可接受水平。

（4）提出后期环境监管建议

根据修复工程实施情况与效果评估结论，提出后期环境监管建议。

（5）编制效果评估报告

汇总前述工作内容，编制效果评估报告。

3 区域及地块概况

3.1 场地基本信息

3.1.1 地理位置

本项目位于南京市栖霞区和燕路 560 号，燕子矶公园旁，东起北十里长沟西支，南至新燕街，西至临江路，北至临江路。详细地理位置及场地周边环境如图 3-1 所示。



图 3-1 修复地块地理位置示意图

3.1.2 水文地质

(一) 地层分布特征

南京市栖霞区位于河流阶地、沙滩和坳沟地带，自然土壤为黄棕壤，阶地分布黄土状亚粘土，漫滩坳沟分布粘性土和粉砂，下伏基岩为浦口组沙砾岩。燕子矶新城规划区的临江路自西向东走向，道路部分位于本场地中间。根据《南京市燕子矶片区临江路道路及桥梁建设、长江堤防达标工程地质勘察报告》，各土层工程地质特征分述如下：

燕子矶新城规划区的新燕街自西向东在场地南侧穿过。根据《燕子矶新城新燕街一期建设工程岩土工程勘察报告》，各土层工程地质特征分

述如下：

①-1 层杂填土：杂色，稍湿，含少量碎石，以建筑垃圾及生活垃圾为主，砖块及混凝土块等硬杂质含量为 50%左右，粉质黏土充填，土质不均匀。堆填时间小于 6 个月，本层非均质。层底埋深 0.60~2.70m，层厚为 0.60~2.70m。

①-2 层素填土：灰褐色、灰黄色，稍湿，含植物根系及少量碎石，以黏性土为主，堆填时间约 2 年，本层非均质，层底埋深 4.00~6.50m，层厚为 1.90~4.70m。

②-1 层粉质黏土~淤泥质粉质黏土：灰色、深灰色，软塑~流塑，局部为淤泥质粉质黏土，含腐植物，有臭味，局部夹粉土、粉砂薄层。无摇振反应，中等干强度，中等韧性，灵敏度平均值为 2.7，属中等灵敏，属低强度，中偏高压缩性地基土，该层土质不均匀。层底埋深 5.80~12.40m，层厚为 0.50~7.80m。[fa₀]=85kPa。

②-2 层粉砂夹粉土：灰色，饱和，稍密，局部夹粉土、粉质黏土薄层，含有云母碎片，摇振反应中等。属中压缩性地基土。层底埋深 9.00~10.90m，层厚为 2.20~4.50m。[fa₀]=95kPa。

②-3 层粉质黏土：灰色，软塑~可塑，含腐植物，切面稍有光泽，无摇振反应，中等干强度，中等韧性，属中偏高压缩性地基土，该层土质不均匀。层底埋深 11.00~25.50m，层厚为 1.80~14.60m。[fa₀]=100kPa。

③层粉质黏土：灰黄色、褐黄色，可塑~硬塑，含黑色铁质锈斑等。无摇振反应，切面稍有光泽，无摇振反应，中等干强度，中等韧性。属中压缩性地基土。层底埋深 20.00~43.00m，层厚为 4.50~23.70m。[fa₀]=180kPa。

④层圆砾与砾砂互层：灰黄色，稍密~中密，粒径 3cm~6cm，级配良好，磨圆度一般，以中粗砂及可塑状粉质黏土充填，中等干强度，中等韧性。属于中压缩性地基土。层底埋深 44.10~47.50m，层厚为 1.20~

9.70m。[fa₀]=160kPa。

⑤-1 层强风化泥质砂岩：灰黄色、棕红色，岩芯呈砂土状，碎块状，局部夹有中风化碎块，岩芯碎块手捏易碎，浸水易软化，该层土不均匀，岩石坚硬程度分类为极软岩，岩体完整程度分类为极破碎，岩体基本质量等级为V级。层底埋深,45.00 ~ 49.00m，层厚为 0.50 ~ 2.10m。[fa₀]=270kPa。

⑤-2 层中风化泥质砂岩：灰色 ~ 棕红色，局部为角砾砂岩，岩芯呈柱状、短柱状，局部碎块状，岩芯裂隙较发育，岩芯强度一般，岩芯采取率 45% ~ 85%左右，岩芯长度大于 10cm 占 25% ~ 70%左右。岩石坚硬程度分类为软岩，局部为较软岩，(饱和单轴抗压强度标准值为 6.25MPa)，岩体完整程度分为较破碎，岩体基本质量等级为V级。本次勘察未揭穿，最大揭露厚度为 8.00m，[fa₀]=900kPa。

(二) 含水层分布特征

根据《南京市燕子矶片区临江路道路及桥梁建设、长江堤防达标工程地质勘察报告》：场地地下水主要为孔隙潜水，赋存于厚填土及 2 层土体中，3 层土基本不含水。其中 1-1 层杂填土、2-1A 层、2-3 层砂性土，透水性好，属透水层，1-2 层土质结构松散，具一定透水性，属弱透水层；其余各基本属微透水层。地下水接受大气降水和十里长沟水补给，地下水位受季节变化影响明显。勘察期间，测得孔隙潜水地下水初见水位埋深为 0.7 ~ 4.8 m，稳定水位埋深 0.5 ~ 4.6 m。结合区域水文地质资料，场地地下水水位年变幅一般为 1.0 m 左右。

根据场地调查结果，毓恒码头地块地下水整体由西南向东北流动，如下图 3.1-2 所示。

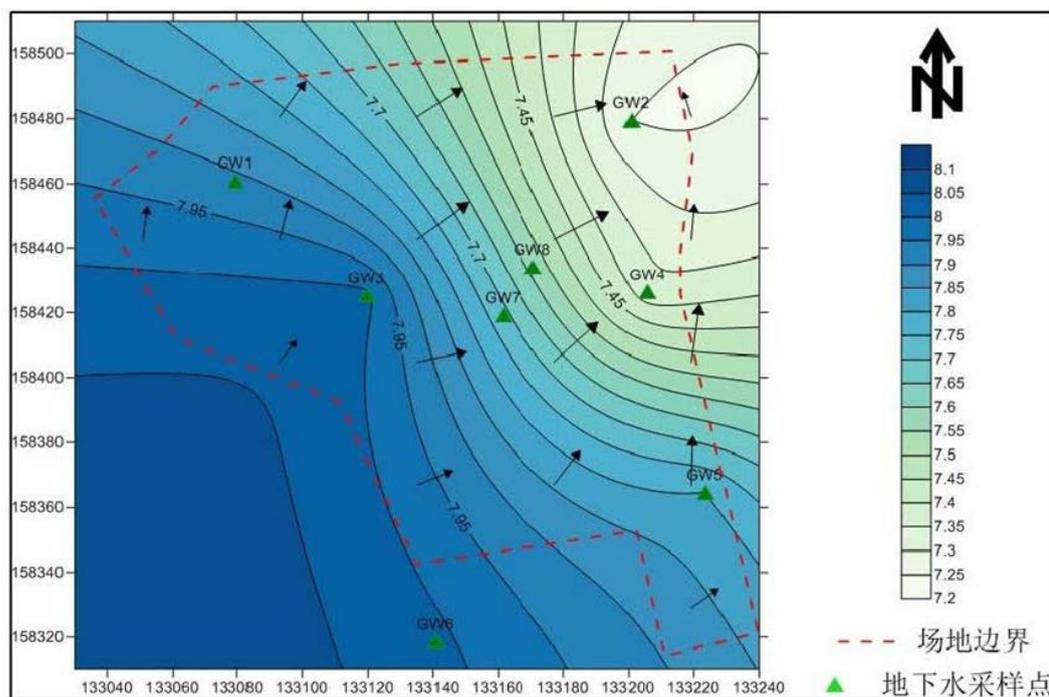


图 3-2 毓恒码头地块地下水流向

3.1.3 地块使用历史

原南京化工厂位于栖霞区和燕路 560 号，始建于 1947 年，是生产有机中间体、橡胶助剂和氯碱三大系列产品的大型有机化工和精细化工生产基地，于 2007 年 11 月 30 日全面停产，至 2008 年 3 月中旬完成搬迁工作。

原南京化工厂危险品码头（以下简称“毓恒码头”）位于其厂区西北侧，始建于 20 世纪 70 年代，主要用于暂存及运输原南京化工厂的原辅材料及产品，于 2007 年停运，至 2010 年完成拆除。

（1）毓恒码头始建于 20 世纪 70 年代，为南京化工厂专用码头；于 2007 年停止运行，2010 年完成拆除。

（2）场地内主要构筑物有苯罐、盐卤罐、固体仓库、液化气站、办公楼等；厂内液体原料管线沿东侧围墙敷设，均为地上管线。

（3）化工厂产品主要从厂区外运，码头场地内仓库使用率较低。

（4）码头场地地面均作了硬化处理，运行期间未发生环境污染事故。

3.2 土壤污染状况调查和风险评估情况

3.2.1 土壤污染状况调查

江苏润环环境科技有限公司对毓恒码头地块展开了初步调查和详细调查，调查点位的具体布置见图 3-3。

以第一类用地筛选值作为评价标准，调查发现毓恒码头地块的 S8 点位 2.0-2.5m 土壤样品 Hg、苯并(α)芘超标，2.5-3.0m 土壤样品邻(对)硝基氯苯超筛选值；S12 点位 2.5-3.0m 土壤样品 4-氯苯胺、苯并(α)芘，3.0-4.0m 土壤样品 4-氯苯胺、苯并(α)芘、萘超筛选值。S17 点位 3.0-4.0m 土壤样品邻(对)硝基氯苯超筛选值，S18 点位 2.0-2.5m 土壤样品苯并[a]芘超筛选值。

GW02 点位的地下水样品 Hg、硝基苯、邻(对)硝基氯苯、总石油烃超《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) IV 类标准和荷兰住房地下水修复干预值。

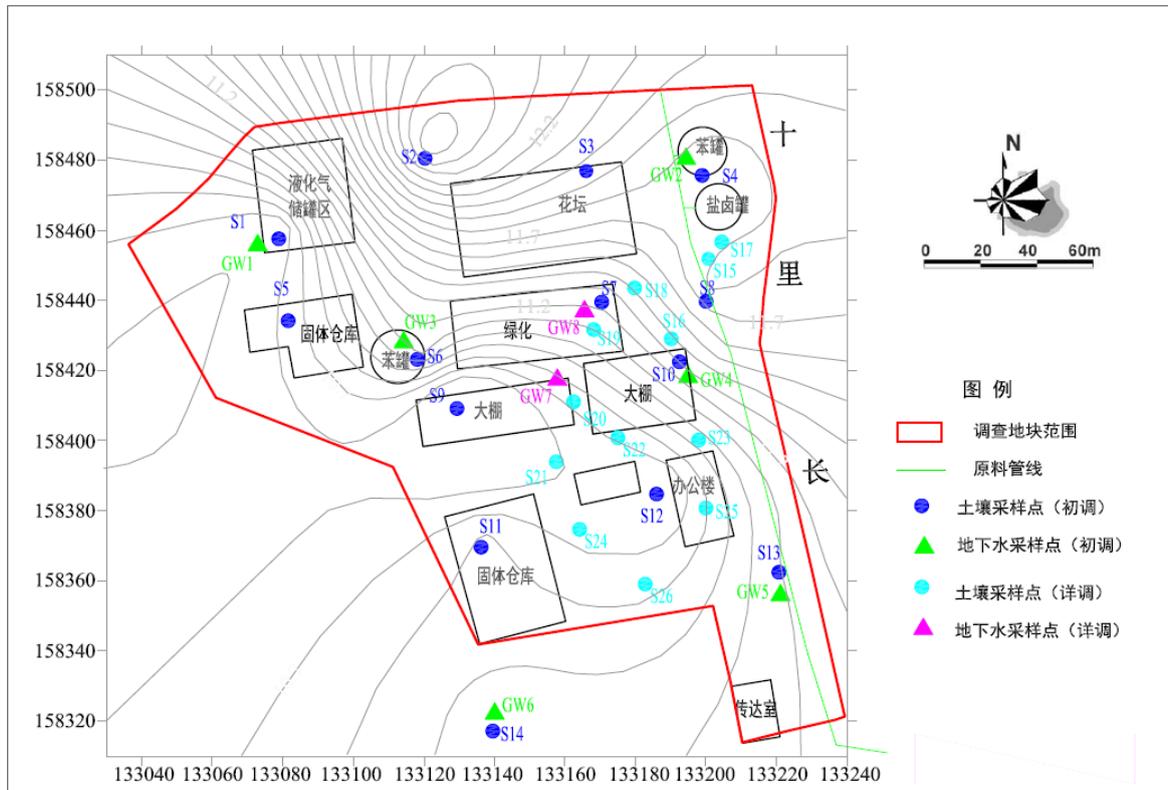


图 3-3 毓恒码头场地调查点位图

3.2.2 风险评估情况

以敏感用地作为暴露情景,选择我国《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)所推荐的默认值和部分实测参数(含水率、干密度、湿密度、土粒比重、孔隙比、污染土层厚度等)作为评估参数,开展风险评估。根据《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014),单一污染物的可接受的致癌风险水平为 10^{-6} ,单一污染物的可接受危害商为 1。

经评估,毓恒码头地块土壤中汞、萘的致癌风险和非致癌危害商均可以接受,4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯的癌致癌风险和非致癌危害商不可接受。地下水中汞、硝基苯、邻(对)硝基氯苯致癌风险和非致癌危害商可接受,总石油烃非致癌危害商不可以接受。因此,本场地关注污染物为土壤中 4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯及地下水中的总石油烃。

表 3-1 毓恒码头地块土壤关注污染物的风险计算结果

暴露情景	污染物种类	最大污染浓度 mg/kg	致癌风险	非致癌危害商	结论
土壤-成人和儿童	汞	10.4	-	0.91	可接受
	4-氯苯胺	56.7	1.97E-05	0.364	不可接受
	苯并[a]芘	1.56	2.87E-06	0.304	不可接受
	邻(对)硝基氯苯	51.4	2.60E-05	4.19	不可接受
	萘	28.6	8.94E-07	0.104	可接受
	总致癌风险或非致癌危害指数			4.90E-05	5.872

表 3-2 毓恒码头地块地下水关注污染物的风险计算结果

暴露情景	污染物种类	最大污染浓度 mg/L	致癌风险	非致癌危害商	结论
地下水-成人和儿童	汞	0.0027	-	0.012	可接受
	硝基苯	1.05	3.32E-08	0.00068	可接受
	邻(对)硝基氯苯	0.795	-	0.144	可接受
	总石油烃	8.61	-	7.51E+01	不可接受

暴露情景	污染物种类	最大污染浓度 mg/L	致癌风险	非致癌危害商	结论
	总致癌风险或非致癌危害指数		4.44E-05	7.53E+01	-

3.2.3 修复施工期补充调查

根据《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区土壤及地下水补充调查报告》(2021 年 4 月), 建设单位对止水帷幕退让区开展补充调查。本地块共布设 3 个土壤采样点、5 个地下水采样点(含上游对照点 1 个)。补充调查发现, 止水帷幕退让区土壤样品中检测出的污染物含量均不超过《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)规定的第一类用地筛选值; 地下水样品中检出的污染物含量基本满足《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中的 IV 类标准。止水帷幕土壤区不属于污染区域。

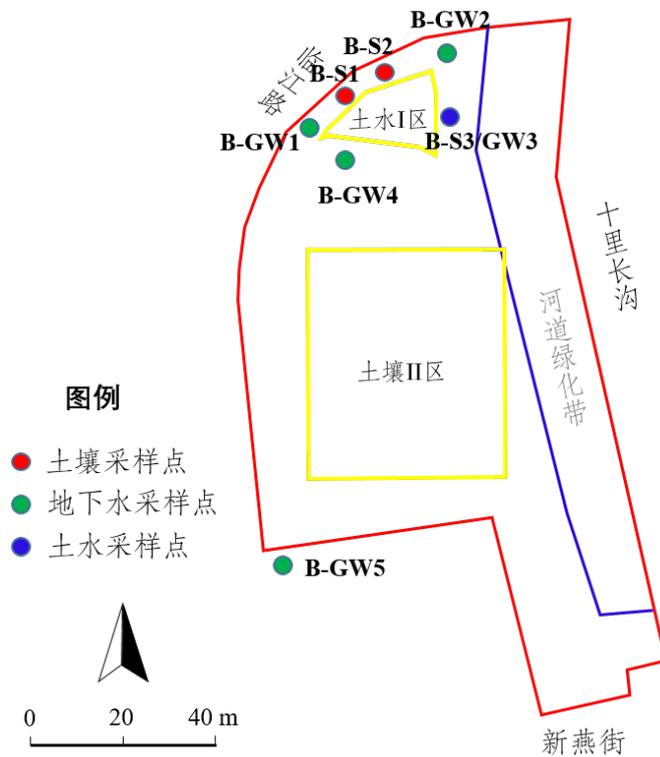


图 3-4 补充调查布点图

3.2.4 修复目标

根据《毓恒码头地块场地修复技术方案》, 以风险评估确定的风险管

制值为该场地土壤修复目标值，如下表所示：

表 3-3 污染因子修复目标值

类别	序号	污染物名称	修复目标
土壤	1	4-氯苯胺	2.96 mg/kg
	2	苯并[a]芘	0.54mg/kg
	3	邻（对）硝基氯苯	11.85 mg/kg
地下水	1	石油烃	0.6mg/L

对于采用异位清挖抽出处处理的地下水，特征污染物需满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

表 3-4 废水排放限值（mg/L）

序号	污染物种类	修复目标	序号	污染物种类	修复目标
1	石油类	20	6	总铅	1.0
2	苯胺类	5	7	总砷	0.5
3	悬浮物	400	8	挥发酚	2.0
4	pH	6~9	9	三氯甲烷	1.0
5	化学需氧量 (CODcr)	500	10	对硝基氯苯	5.0

3.3 修复治理方案

3.3.1 总体技术路线

(1) 污染土壤异位化学氧化

异位化学氧化区域为土壤-地下水Ⅰ区和土壤Ⅱ区，深度分别为0~6m和2~4.5m；清挖后基坑进行效果评估合格后，用清洁土回填。清挖出的污染土壤在大棚内进行化学氧化施工内开展，修复达标后的土壤外运综合利用。

(2) 污染土壤原位化学氧化

东侧靠近围挡部分区域因考虑到施工机械操作面以及附近围挡等因素，出于安全考虑，东侧靠近围挡区域采用原位修复进行处理。

(3) 污染地下水清挖抽出处理

地下水清挖抽出处理的区域为码头地块土壤及地下水 I 区，在基坑清挖和降水过程抽出至污水处理设施，通过污水处理设施处理达标后纳管排放。

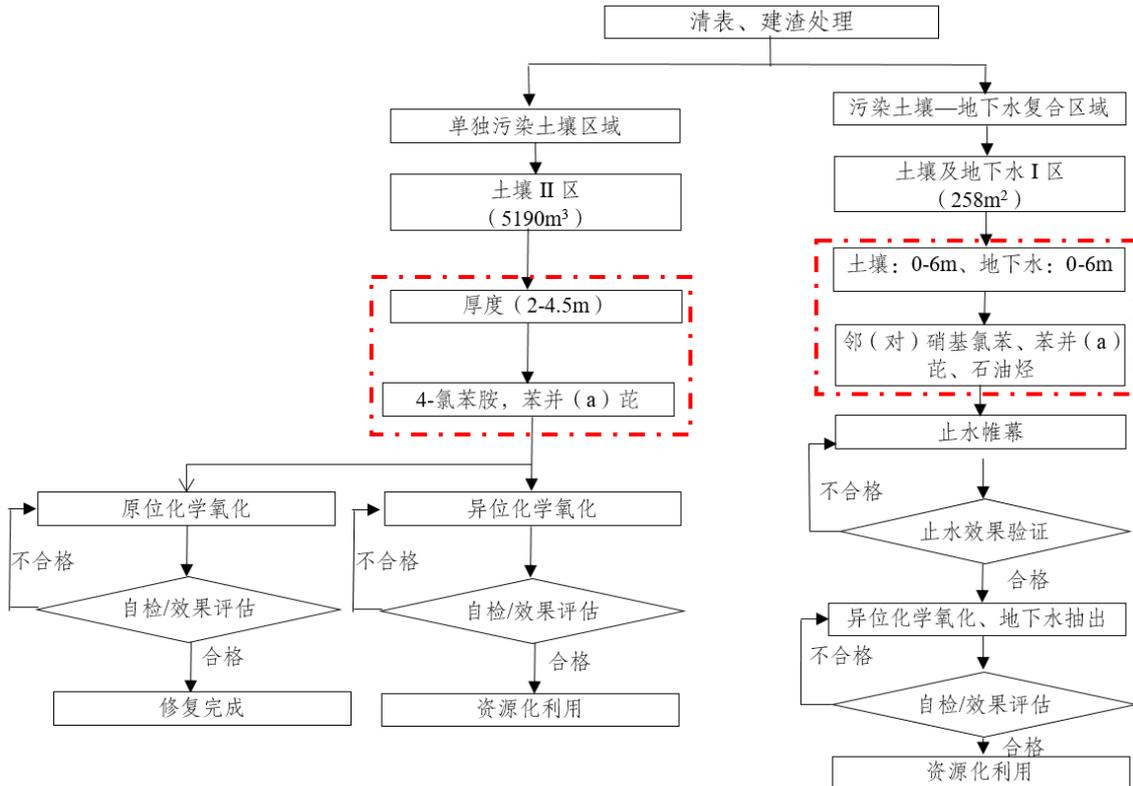


图 3-5 修复总体技术路线图

3.3.2 止水帷幕、基坑支护及降水

土壤及地下水 I 区基坑深度 6m，属于深基坑，需开展止水帷幕和基坑支护后才可开挖施工。土壤 II 区基坑深度 4.5m，采用放坡开挖。两个基坑开挖过程均需采取降水措施。

考虑到场地地质、环境、挖深等诸方面因素，本着“安全适用，保护环境，技术先进，经济合理，确保质量”的原则，基坑采用的支护方案、止水及降水方案见表 3-5 和图 3-6。

表 3-5 基坑支护、止水、降水形式

修复分区	止水形式	支护形式	降水形式
土壤-地下水 I 区	双轴水泥搅拌桩	双轴水泥搅拌桩插型钢	管井降水（降水井 3 口、深度 16m）
土壤 II 区	-	向外放坡、一侧向内放坡	管井降水（深度 6m）

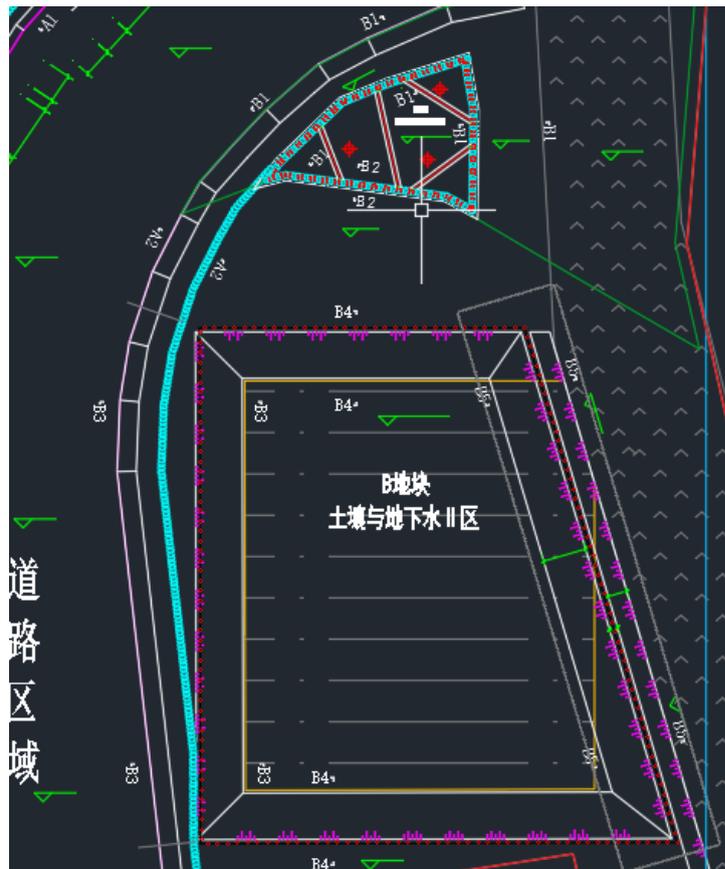


图 3-6 基坑止水和支护分布

地块基坑围护止水桩采用 $\Phi 700$ 双轴搅拌桩四搅两喷套打工艺，确保每根桩均四搅两喷，使土体与水泥充分搅拌，同时在双轴深搅内插 HM500*300 型钢，间距 1m。使用 42.5 级普通硅酸盐水泥，水泥掺入量为 15%，水泥掺入按要求做配合比实验，水灰比为 0.5-0.6，泥浆比重为 1.714-1.800，要求 28 天的抗压强度不小于 0.8 Mpa。止水帷幕深度 15 m。

土壤及地下水 I 区基坑采用的支护形式为深搅桩插型钢，型钢长度

为 15m，为 3m 和 12m 焊接而成。

3.4 修复范围和工程量

根据《毓恒码头 B 地块施工组织设计》(2020 年 8 月)，土壤及地下水 I 区面积 768 m²、污染土壤方量 4608 m³，土壤修复方式为异位化学氧化，地下水修复方式为抽出处理；土壤 II 区面积 2076 m²，污染土壤方量 5190 m³，处理方式为异位化学氧化，东侧靠近围挡部分区域考虑到施工机械操作面以及附近围挡等因素拟采用原位化学氧化。

因土壤及地下水 I 区北侧和东侧靠近道路和河道绿化带，且东北侧存在市政污水井及地下水管线，为避开管线、市政设施及围挡，止水帷幕向内地块内退让 4~6 m。2021 年 3 月，通过补充调查，发现退让区土壤及地下水未存在超标现象。施工单位根据补充调查情况编制《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区修复范围调整方案》，于 2021 年 3 月 20 日通过专家论证，论证意见见图 3-7。

施工单位根据《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区修复范围调整方案》提出工程变更申请，经监理单位和建设单位审核同意，土壤及地下水 I 区修复面积变更为 258 m²，修复土壤方量变更为 1548 m³。工程变更材料详见附件。

因土壤 II 区东侧靠近围挡及河道绿化带，且东侧修复边界存在地下管线，考虑到施工机械操作安全等因素，对修复区域东侧污染土壤采取沿修复边界向内放坡开挖的方式，放坡区域未清挖土壤采用原位修复处理。鉴于《毓恒码头 B 地块施工组织设计》(2020 年 8 月)中未明确原位修复面积及方量，2021 年 3 月，施工单位提出工程变更申请，经监理单位和建设单位审核同意，土壤 II 区异位修复区基坑面积 1579 m²、修复土壤方量 3947.5 m³，原位修复区面积 497 m²，修复土壤方量 1242.5 m³。工程变更材料详见附件。

《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区修复范围调整方案》

专家评审意见

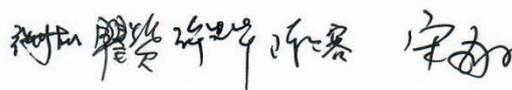
2021 年 3 月 20 日，南京市江南小化工集中整治工作现场指挥部在南京组织召开了《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区修复范围调整方案》（下称“方案”）专家评审会。参加会议的有南京市生态环境局、南京市栖霞生态环境局、南京市燕子矶片区整治开发有限责任公司（建设单位）、江苏润环境科技有限公司（场地调查及风险评估、环境监理单位）、南京海宁建设工程监理咨询有限公司（工程监理单位）、生态环境部南京环境科学研究所（修复技术方案编制单位）、江苏省环境科学研究院（效果评估单位）、苏州环优检测有限公司（检测单位）、江苏志诚工程咨询管理有限公司（跟踪审计单位）、江苏大地益源环境修复有限公司（修复施工单位）等代表参加了会议，会议邀请了 5 位专家组成专家组（名单附后）。与会人员审核了《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区土壤及地下水补充调查报告》，听取了编制单位对“方案”的介绍，经讨论和质询，形成如下意见：

一、“方案”依据修复工程实际编制，调整依据充分，专家组一致同意通过调整方案。“方案”经修改完善后，可以作为开展下一步工作的依据。

二、建议：

1. 补充说明退让区范围的确定依据，明确退让区拐点坐标及面积，以及地下管线和市政设施位置等信息；
2. 完善硝基苯检测有证标物的测定结果分析；
3. 结合两次调查数据对比分析及修复工程实施效果，进一步补充说明退让区环境变化原因。

专家签名：



2021 年 3 月 20 日

图 3-7 A、B 地块退让区修复范围调整方案专家评审意见

综合《毓恒码头 B 地块施工组织设计》（2020 年 8 月）及工程变更材料，本地块修复范围和工程量见图 3-8 和表 3-6。

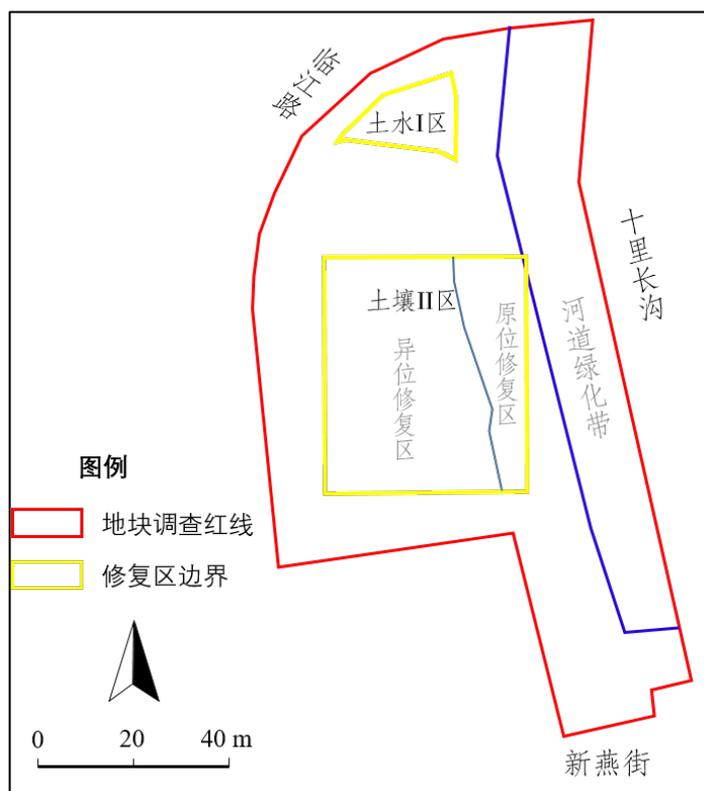


图 3-8 修复范围示意图

表 3-6 修复工程量汇总表

修复区	分区	面积/m ²	修复深度/m	厚度/m	方量/m ³	土壤关注污染因子	修复技术
土壤-地下水 I 区	土壤修复区	258	0-6.0	6.0	1548	邻(对)硝基氯苯	异位化学氧化
	地下水修复区	258	0-6.0	6.0	/	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	抽出处理
土壤 II 区	异位清挖区	1579	2.0-4.5	2.5	3947.5	4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯	异位化学氧化
	原位修复区	497	2.0-4.5	2.5	1242.5		原位化学氧化
合计		2334	/	/	6738	/	/

3.5 工程实施情况

3.5.1 施工总体平面布置

根据施工需要，结合项目内外部环境情况以及测量反馈，本地块内设置废水处理区、洗车区、药剂仓库和危废仓库等。施工总平面图如下

图所示。办公生活区、土壤修复区、密闭大棚等设置在地块外。

污水处理区设置在地块南侧，综合考虑施工区域距离情况、废水暂存及排放等。

地磅和洗车区设置在大门垂直临时道路上，靠近大门和污水处理区附近，方便污染土壤称重及废水收集处理。

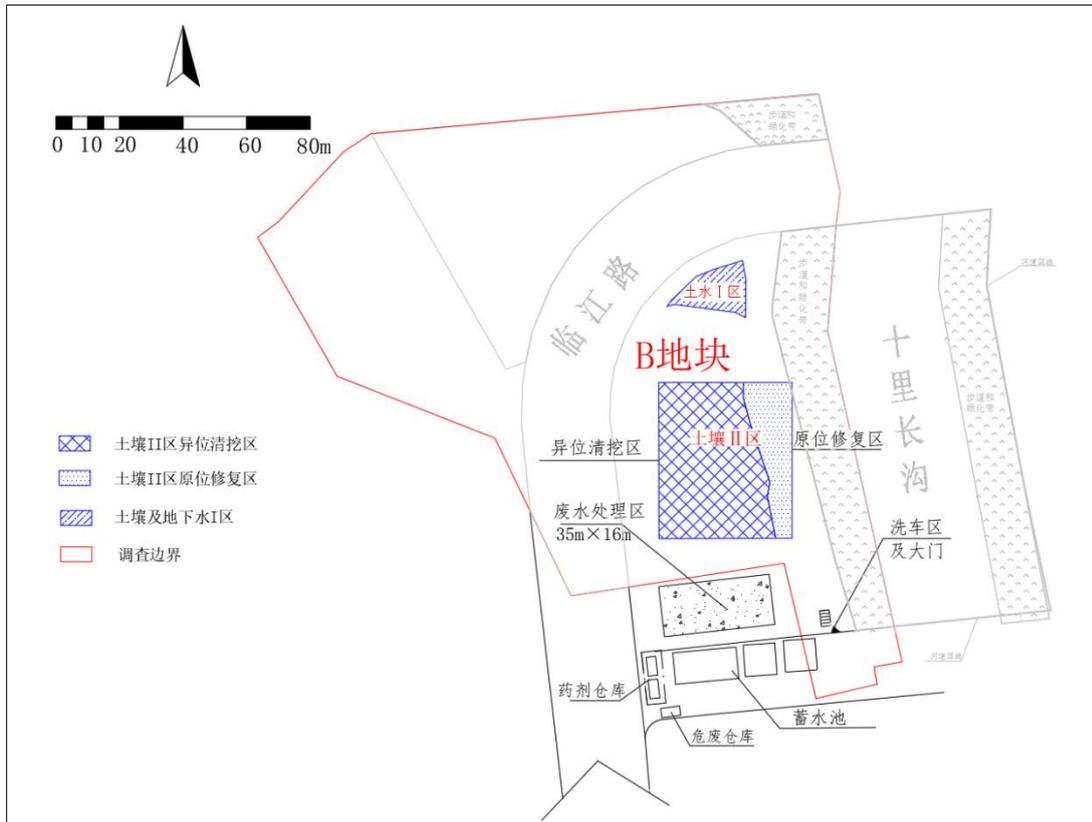


图 3-9 施工总体平面布置情况

3.5.2 项目总体进程

本地块施工从 2020 年 4 月 27 日开始，到 2021 年 4 月 1 日结束，重大施工节点见表 3-7。

表 3-7 工程施工重大节点表

序号	工序名称	开始时间	结束时间	备注
1	施工准备（止水帷幕施工）	2020.4.27	2020.5.16	
2	环评批复	2020.8.31		
3	工程正式开始	2020.9.2		监理下发开工令

序号	工序名称		开始时间	结束时间	备注
4	土壤及地下水 I 区 基坑	基坑污染土壤开挖	2020.9.8	2020.9.13	
5		基坑污染土壤转运	2020.10.23	2020.10.27	污染土壤转运至异位修复中心
6		污染土壤修复施工	2020.11.16	2020.11.21	
7		基坑回填	2020.12.5	2020.12.6	
8		污染土壤补充修复施工	2021.1.4	2021.1.6	效果评估采样检测超标
9	土壤 II 区 (异位修复区)	清洁土壤开挖、外运	2021.1.4	2021.1.10	
10		污染土壤开挖、短驳	2021.1.12	2021.1.15	污染土壤转运至异位修复中心
11		第一批次污染土壤修复施工	2021.1.18	2020.1.22	
12		第二批次污染土壤修复施工	2021.3.23	2020.3.28	
13	土壤 II 区 (原位修复区) 原位修复施工		2021.3.23	2021.3.30	水平注射拉管、药剂注射

3.5.3 环保措施落实情况

本项目环保措施落实情况见表 3-8。根据施工组织设计方案，本项目环保措施主要包括大气污染防治措施、水污染防治措施、噪声污染防治措施、固废污染防治措施、土壤防治措施、地下水防治措施。根据环境监理报告，施工过程中各项环保措施基本达到了施工组织设计方案的相关要求。根据《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），对照本项目现场平面布置及环保措施落实情况，判断清挖污染土壤临时运输道路、污水处理站、抽出地下水输送路线、异位修复中心等区域可能出现二次污染情况，应在后续布点采样中予以关注。

表 3-8 环保措施落实情况及环境监理结论

类别	施工组织设计环保措施要求		环保措施实际落实情况	治理效果	监理结论
大气污染防治措施	扬尘	①场地内施工便道、仓储、办公等地面进行混凝土硬化，以减少扬尘； ②及时洒水； ③施工期间，应采取边施工边开启雾炮降尘设备，及时防治施工时产生的扬尘污染； ④厂区平整施工过程中对裸露表土、基坑开挖的土壤及时采取密目网严密遮盖措施，减少扬尘及二次污染； ⑤运输车辆加蓬盖，且离开装、卸场地前应先冲洗干净，减少车轮、底盘等携带泥土散落路面。	①现场办公区地面已硬化； ②已及时洒水； ③施工期雾炮已及时开启； ④厂区施工过程中已对裸露表土、基坑开挖的土壤及时采取密目网严密遮盖措施； ⑤运输车辆已加蓬盖，车辆离场前已冲洗。	达标	满足要求
	异味	①当出现异味时，及时使用泡沫阻隔剂和气味抑制剂，阻隔气味向周边扩散； ②施工过程中，对钻井作业等施工带至地表的污染土壤，进行及时覆盖防雨布或塑料膜。该措置可以防止裸露的土散发异味； ③为了防止水体中的异味在废水储存和处理过程中发生扩散，本施工方拟采用全封闭废水处理设施，该废水处理设施的每一级废水处理单元也都采用防腐材质。各设备之间通过泵和管道相连接，保证处理过程中的废水不会暴露在空气中，阻断了异味向外界空气扩散的途径； ④场内环境监测工作人员携带便携式光电离子化检测器（PID）定时对空气质量进行监测，如果大气中挥发性有机物的浓度超过《大气污染物综合排放标准》	①当出现异味时，施工单位已及时使用气味抑制剂； ②施工过程中，已对钻井作业、基坑开挖等施工带至地表的土壤及时覆盖； ③已对废水暂存池进行覆盖，整个废水处理设施均采用密闭方式处理； ④场内环境监测工作人员携带便携式光电离子化检测器（PID）定时对空气质量进行监测。	达标	满足要求

类别	施工组织设计环保措施要求	环保措施实际落实情况	治理效果	监理结论
	(GB16297-1996) 中的标准限值时或有异味产生时立即采取措施。			
基坑土方开挖	<ul style="list-style-type: none"> ①基坑开挖的土壤及时覆盖，确保扬尘可控； ②对场区内临时道路及时进行清扫、并进行洒水降尘； ③对开挖的有异味的裸露土进行使用气味抑制剂喷洒，喷洒完毕后及时覆盖。 	<ul style="list-style-type: none"> ①基坑开挖的土壤已及时覆盖； ②已对场区内临时道路及时进行清扫、并进行洒水降尘； ③已对开挖的有异味的裸露土进行使用气味抑制剂喷洒，喷洒完毕后及时覆盖。 	达标	满足要求
大气环境监测	<ul style="list-style-type: none"> ①在施工场区，挥发性、半挥发性有机污染物可能挥发到空气中，影响现场作业人员安全，采用光电离子化检测器（PID）来实时监测这些污染物在现场空气中的浓度。每天1次； ②修复过程开展敏感点环境监测工作，结合监测时风向，分别在厂界及敏感点共设置4个监测点，监测指标为二氧化硫、二氧化氮、臭氧、一氧化碳、PM₁₀、PM_{2.5}、总悬浮颗粒物（TSP）、铅、苯并[a]芘，根据监测结果协助和督促修复单位开展进一步工作。 	<ul style="list-style-type: none"> ①现场作业人员安全，已用光电离子化检测器（PID）来实时监测这些污染物在现场空气中的浓度，每天1次。修复过程中并使用PID对开挖的建筑垃圾、土壤等进行检测； ②基坑开挖过程已开展厂界大气监测工作； ③异位修复中心已开展2次排气筒尾气监测，全部达标。 	达标	满足要求
水污染防治措施	<ul style="list-style-type: none"> ①生活废水经化粪池处理，由环卫进行清运； ②非修复区域雨水池中的雨水外接雨水管网排放； ③洗车废水通过吸水车运输到现场污水处理系统中处理达标排放； ④抽提的污染地下水及土壤暂存过程中产生的渗滤液，经过施工现场废水处理设施处理后达标排放。 	<ul style="list-style-type: none"> ①生活废水经化粪池处理后，由环卫部门清运； ②全场废水分质处理，生产废水收集至污水站处理； ③洗车废水通过吸水车运输到污水站处理达标后纳管排放； ④基坑降水已经过施工现场废水处理设施处理后达标排放。 	达标	满足要求

类别	施工组织设计环保措施要求	环保措施实际落实情况	治理效果	监理结论
水环境监测	<p>①沿十里长沟布设监测点，上游设置一个背景值监测点，下游及下游与长江交汇处各设置一个监测点，共设3个地表水环境监测点位，每月采样送检1次，监测指标为pH、氨氮(NH₃-N)、COD、BOD₅、石油烃、4-氯苯胺、SS；</p> <p>②废水实时监测与日常监测相结合。废水处理设施进、出水安装实时监测设备，主要控制pH，以每150-300m³为一个批次，采一次样监测因子：石油类、COD、苯胺类、SS、pH；废水在外排之前进行采样检测，达标后方可纳管排放；</p> <p>③分析监测数据，若出现超标，应分析原因，并协助和督促修复单位提供相关措施。</p>	<p>①沿十里长沟布设监测点，上游设置一个背景值监测点，下游及下游与长江交汇处各设置一个监测点，共设3个地表水环境监测点位，每月采样送检1次，监测指标为pH、氨氮(NH₃-N)、COD、石油类、总磷、SS，监测1次，全部达标；</p> <p>②废水处理设施出水安装实时监测设备(pH)，已采样2个批次，全部达标；</p> <p>③废水未有超标现象。</p>	达标	满足要求
噪声污染防治措施	<p>①用噪声声级计(TES-1350)进行现场噪声即时监测，尤其是挖掘机周边，严格限制噪声的产生，使噪声污染限制在最小程度，确保工地场界外噪声符合相关标准；</p> <p>②加强施工管理，尽量降低施工现场噪声，如合理安排强噪声施工机械的工作频次，合理调配车辆来往行车密度，做好劳动保护工作，为强噪声源施工机械操作人员配备必要的防护耳塞或耳罩等；</p> <p>③做好施工机械的维护和保养，有效降低机械设备运转的噪声源强，避免异常噪音的产生；</p> <p>④合理安排施工作业时间。按《建筑施工厂界环境噪声排放标准》加强施工管理，限制作业时间，在满足进度要求的情况下，一般不考虑夜间作业；</p> <p>⑤施工场地的施工车辆出入地点应尽量远离敏感点，车辆出入</p>	<p>①施工单位已用噪声声级计(TES-1350)进行现场噪声即时监测；</p> <p>②已合理安排强噪声施工机械工作频次；</p> <p>③已加强施工机械的维护保养，使施工机械保持良好运行状态；</p> <p>④已合理安排施工作业时间，夜间未施工；</p> <p>⑤施工场地的施工车辆出入地点已设在远离敏感点位置，已要求运输车辆禁止鸣笛；</p> <p>⑥施工机械及运输车辆行走路线进行统一安排，减少施工道路上的流量；</p>	达标	满足要求

类别	施工组织设计环保措施要求		环保措施实际落实情况	治理效果	监理结论
	现场时应低速、禁鸣； ⑥为确保有序施工，并降低对工程所在地居民生活影响，施工机械及运输车辆行走路线进行统一安排，减少施工道路上的交流量； ⑦合理布局，噪声大的设备尽量布置在远离居民区的地方。如发现有超标现象，及时采取隔音降噪措施或停止作业，最大限度减小可能对周围环境敏感点的影响。		⑦已合理布局，噪声大的设备尽量布置在远离居民区的地方。如发现有超标现象，及时采取隔音降噪措施或停止作业，最大限度减小可能对周围环境敏感点的影响。		
	声环境监测	在厂界四周附近设置 5 个厂界噪声监测点，监测因子：等效连续 A 声级。监测频次：1 次/月。	在厂界四周附近及 B 地块施工过程中开展噪声，全部达标。	达标	满足要求
固废污染防治措施	①施工现场设立专门的废弃物临时贮存场地存放一般固废储存区，设置安全防范措施且有醒目标志； ②施工现场设置若干活动垃圾箱，派专人管理和清理； ③废弃物的运输确保不遗洒、不混放、送到政府批准的单位或场所进行处理、消纳； ④可回收的废弃物做到再回收利用； ⑤生活垃圾环卫部门处理； ⑥本项目废水处理使用的活性炭、产生的污泥、盛装化学药品的容器等均为危险废弃物（废水处理污泥、废水装置产生的废活性炭、废弃药剂袋、废弃药剂桶、废弃防护用品），需要将其运至有资质的危废处置单位进行处置；		①施工现场已设立专门的废弃物临时贮存场地存放一般固废储存区，设置安全防范措施且有醒目标志； ②施工现场已设置若干活动垃圾箱，派专人管理和清理； ③一般固废由有资质单位处理； ④可回收的一般废弃物已做到再回收利用； ⑤生活垃圾由环卫部门处理； ⑥现场设置危废库房，废活性炭、废水处理污泥、废药剂包装及防护用品交由南京威立雅同骏环境服务有限公司处理。	达标	满足要求
土壤	①开挖的土壤不得直接堆至，现场临时铺膜暂存，如开挖土壤异味较大需喷洒气味抑制剂，同时采样检测；		①施工前，施工单位已对异位修复中心暂存区土壤背景值采样检测，检测结果达	达标	满足要求

类别	施工组织设计环保措施要求	环保措施实际落实情况	治理效果	监理结论
防治措施	②污水处理站、危废库房、药剂仓库地面进行防渗处理，地面硬化。	标，暂存区已铺设防渗膜； ②污水处理站已进行地面硬化，危废库房、药剂仓库采用独立金属箱式建筑，同时地面铺设防渗膜。		
地下水防治措施	①污水处理站设置有应急水池，收纳多余水量，以防在暴雨天气或基坑涌水等水量激增时废水处理站超负荷运转； ②定时对污水处理设施进行检查与维护，防止出现泄漏情况，如有泄漏发生，立刻采取应急措施； ③污水处理站、危废库房、药剂仓库地面进行防渗处理，地面硬化。	①污水处理站已设置有应急水池，收纳多余水量，以防在暴雨天气或基坑涌水等水量激增时废水处理站超负荷运转； ②定时对污水处理设施进行检查与维护； ③污水处理站已进行地面硬化，危废库房、药剂仓库采用独立金属箱式建筑，同时地面铺设防渗膜。	达标	满足要求

由上表可知，本项目主要环保措施落实情况良好，防渗措施、扬尘、异味管控有效落实，废水、废气设备正常运行。

4 更新地块概念模型

4.1 资料回顾

4.1.1 资料清单

本次效果评估获取资料清单如下：

（一）技术咨询与工程设计文件

1)《毓恒码头地块场地环境调查与风险评估报告》，江苏润环环境科技有限公司，2018年12月。

2)《毓恒码头地块场地修复技术方案》，生态环境部南京环境科学研究所，2018年12月。

3)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 B 地块施工组织设计》，江苏大地益源环境修复有限公司，2021年1月。

4)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 退让区土壤及地下水补充调查报告》，南京市燕子矶片区整治开发有限责任公司，2021年4月。

5)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程 A、B 地块退让区修复范围调整方案》，江苏大地益源环境修复有限公司，2021年4月。

（二）工程审批文件

1)《毓恒码头及周边地块土壤修复工程项目环境影响报告表》(2020年8月)及批复(南京市生态环境局，2020年8月)。

（三）施工过程资料

场地内施工资料与污染土壤外运资料清单详见下表。涵盖基坑开挖、支护、污染土外运、二次污染防治、施工过程中基坑自检、施工过程中环境影响监测等。

表 4-1 资料审核情况汇总表

资料分类	资料名称	跨度时间	数量
总结报告	《毓恒码头及周边地块土壤修复工程（B地块）竣工报告》	/	
前期准备	开工令	2020.9.1	共 2 页
	施工组织设计报审表（止水帷幕）	2020.4.20	共 1 页
	施工组织设计报审表（基坑支护、降水和土方挖运专项方案）	2020.7.10	共 1 页
	钻芯法检测报告（止水帷幕）和水泥土渗透系数实验报告	2020.6.21-2020.6.24	共 20 页
	水泥搅拌桩施工记录表	2020.4.29	共 22 页
土壤及地下水 I 区	土方开挖记录	2020.9.8~2020.9.13	共 1 页
	土壤转运记录	2020.10.23-2020.10.27	共 1 页
	污染土壤修复施工记录	2020.11.16-2020.11.21	共 1 页
	污染土壤补充修复施工记录	2021.1.4-2021.1.6	共 1 页
	废水处理台账及检测报告	2020.9.5-2021.3.19	共 158 页
	回填记录	2020.12.5~2020.12.6	共 1 页
土壤 II 区	土方开挖记录	2021.1.12-2021.1.15	共 1 页
	第一批次污染土壤修复施工记录	2021.1.18-2021.1.22	共 1 页
	第二批次污染土壤修复施工记录	2021.3.23-2021.3.28	共 1 页
	原位修复记录	2021.2.25-2021.2.30	共 1 页
施工过程二次污染防治措施	废气、噪声监测报告	2020.12.28-2021.3.26	共 99 页
	地表水监测报告	2020.4.29-2021.3.29	共 199 页
	危险废物转移联单	2021.5.10	共 3 页
工程变更	工程变更审批通知单（退让区）	2021.4.7	共 5 页
	工程变更审批通知单（土壤 II 区）	2021.3.16	共 5 页
申请表	效果评估申请表（土壤及地下水 I 区基坑土壤）	2020.10.10	共 15 页
	效果评估申请表（土壤及地下水 I 区基坑地下水）	2020.11.10	共 17 页
	效果评估申请表（土壤及地下水 I 区土壤异位修复后）	2020.12.3	共 120 页

资料分类	资料名称	跨度时间	数量
	效果评估申请表（土壤及地下水 I 区污染土壤异位补充修复后）	2021.1.13	共 12 页
	效果评估申请表（土壤 II 区异位修复区基坑）	2021.1.25	共 19 页
	效果评估申请表（土壤 II 区第一批异位修复后土壤）	2021.2.1	共 47 页
	效果评估申请表（土壤 II 区第二批异位修复后土壤）	2021.4.7	共 15 页
	效果评估申请表（土壤 II 区原位修复区）	2021.4.14	共 30 页
	效果评估申请表（土壤及地下水 I 区回填土）		

（五） 监理资料

- 1) 环境监理报告。
- 2) 工程监理报告。

4.1.2 资料审核

项目组成员分工协作，对收集资料进行整理和分析，并通过与地块责任人、调查评估负责人、修复施工负责人、监理人员等的沟通和访谈，明确效果评估关键内容。

4.2 现场踏勘

在修复工程实施过程中及修复治理工程竣工后，我院多次组织技术人员开展现场踏勘，实时了解污染地块修复情况和环境保护措施落实情况，包括修复设施运行情况、修复工程施工进度、基坑清理情况、污染土暂存和外运情况、修复施工管理情况等。

4.2.1 施工过程现场踏勘

在修复工程基坑开挖、污染土壤外运和回填等阶段，我院均组织技术人员进行了现场踏勘，实时跟进修复治理工程进度，踏勘结果总结如下：

1、项目总体平面布局合理，但土壤及地下水 I 区清挖土壤曾暂存于土壤 II 区，在后续监测中应关注可能的交叉污染。

2、基坑开挖过程、污染土壤外运过程各项二次污染防治措施落实情况总体良好。

3、回填过程各项二次污染防治措施落实情况总体良好。



图 4-1 土壤及地下水 I 区土壤清挖



图 4-2 土壤 II 区土壤清挖与转运



图 4-3 污染土壤转运车辆清洗



图 4-4 污染土壤异位修复中心暂存

4.2.2 竣工后现场踏勘

在修复治理工程竣工后，我院组织技术人员进行了现场踏勘。现场发现，土壤及地下水 I 区已完成回填，土壤 II 区基坑覆盖防尘网，现场无二次污染痕迹。

4.3 人员访谈

修复过程中，我院对项目施工人员、工程监理人员、环境监理人员进行了访谈，对地块修复情况、环境保护措施落实情况进行全面了解，访谈结果总结如下：

1、项目按照管理程序要求变更了修复范围，施工过程中总体按照实施方案要求开展，各项工程措施基本得到落实。

2、现场管理有序，二次污染防治措施落实情况较好，资料档案管理较规范，未发生安全事故及投诉等情况。

3、基坑清挖到位，污染土壤全部外运至异位修复中心进行氧化处理。手续齐全，过程规范。

4、回填土来源明确，环境监理单位全程旁站基坑回填过程。

4.4 地块概念模型

4.4.1 污染状况

土壤及地下水 I 区原修复面积 768 m²，土壤主要污染物邻（对）硝基氯苯、地下水主要污染物石油烃（C₁₀-C₄₀）。因土壤及地下水 I 区北侧和东侧靠近道路和河道绿化带，且东北侧存在市政污水井及地下水管线，为避开管线、市政设施及围挡，止水帷幕向内地块内退让 4~6 m。2021 年 3 月，通过补充调查，退让区土壤样品邻对硝基氯苯均未检出；地下水石油烃（C₁₀-C₄₀）检出浓度 0.16~0.24 mg/L，未超出荷兰住房地下水修复干预值（DIV，2009，以保护环境为目标）限值（0.6 mg/L）。据此，施工方提出工程变更申请，经监理单位和建设单位审核同意，土壤及地下水 I 区修复面积变更为 258 m²，修复土壤方量变更为 1548 m³。

4.4.2 污染土壤清挖与转运

根据土方开挖记录，土壤及地下水 I 区于 2020 年 9 月 8 日~13 日开挖，清挖面积 258 m²，基坑深度 6 m，污染土壤方量 1548 m³；污染土壤于 2020 年 10 月 23 日~27 日转运至异位修复中心大棚。土壤 II 区异位修复区于 2021 年 1 月 12 日~15 日开挖并转运至异位修复中心，清挖面积 1579 m²，基坑深度 4.5 m，污染深度 2~4.5 m，污染土壤方量 3947.5 m³。

本地块污染土壤全部通过陆运方式转运至异位修复中心。根据环境监理总结报告，整个运输过程均按照规定路线行驶，运输车辆及货船均未出现遗撒、异味情况，均未出现交通事故。

4.4.3 异位化学氧化处置

土壤及地下水 I 区和土壤 II 区共 5526.5 m³ 污染土壤运至异位修复中心进行化学氧化处置。污染土壤分批次进入密闭大棚进行处理。根据土壤修复施工记录，土壤及地下水 I 区 1548 m³ 污染土壤于 2020 年 11 月 16 日~21 日、2021 年 1 月 4 日~6 日完成异位氧化修复；土壤 II 区异位修复区 3947.5 m³ 污染土壤于 2021 年 1 月 18 日~22 日、3 月 23 日~28 日

分两批次完成异位化学氧化修复。根据施工单位提供的自检报告，异位修复后土壤均达到修复目标。

4.4.4 施工期环境影响分析

施工期现场开展了 8 次环境空气质量监测（2020.4~2020.11），监测因子为总悬浮颗粒物、PM_{2.5}、PM₁₀、二氧化硫、氮氧化物、二氧化氮、一氧化碳、臭氧、苯并 a 芘、铅。其中 7 月份 PM_{2.5} 超标，并在环境监理的监督下完成整改，其余全部达标。

施工现场附近地表水（北十里长沟西支）合计采样检测 24 个样品，监测因子为 pH、化学需氧量（COD_{Cr}）、石油类、悬浮物、氨氮、总磷，全部达标。

施工期噪声监测 10 次，全部达标。

施工期开展 3 次厂界无组织废气检测（2020.12~2021.3），监测因子为总悬浮颗粒物、非甲烷总烃、臭气浓度、苯胺类、氯苯类、硝基苯类、苯并[a]芘、铅及其化合物、汞及其化合物，全部达标。

修复期间对异位修复中心密闭大棚开展 2 次有组织废气监测（2021.1~2021.3），监测因子为颗粒物、铅及其化合物、酚类、苯胺类、氯苯类、硝基苯类、苯并 a 芘、非甲烷总烃、汞及其化合物，全部达标。

施工期污水处理站处置后废水共采样 2 个批次，监测因子为石油类、COD、苯胺类、SS、pH、氨氮、动植物油、色度、总磷（以 P 计），全部达标。

4.4.5 潜在受体与周边环境

本地块利用规划为住宅，现阶段周边尚未完成开发建设。污染物主要潜在受体为小区居民，潜在暴露途径为经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物及吸入气态污染物。鉴于本项目四种关注因子邻（对）硝基氯苯、石油烃（C₁₀-C₄₀）、4-氯苯胺、苯并[a]芘的修复目标值和回填土质量标准均为基于敏感用地情形下的风险评估计算值，经修复达标后

区域土壤对人体健康等风险可以忽略。

5 效果评估布点、采样与检测分析

5.1 采样布点要求

依据《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）和《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）要求，针对性开展采样布点工作。导则要求如下：

（一）基坑清理效果评估布点

污染土壤清理后遗留的基坑底部与侧壁，应在基坑治理之后、回填之前进行采样。若基坑侧壁采用基础围护，则宜在基坑清理同时进行基坑侧壁采样，或于基础围护实施后在围护设施外边缘采样。

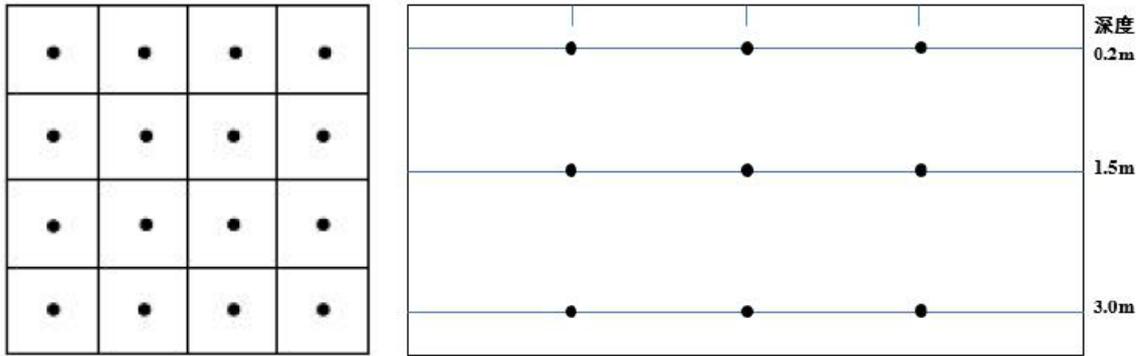
基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量见表 5-1。基坑底部采用系统布点法，基坑侧壁采用等距离布点法，布点位置参见图 5-1。当基坑深度大于 1 m 时，侧壁应进行垂向分层采样，应考虑地块土层性质与污染垂向分布特征，在污染物易富集位置设置采样点，各层采样点之间垂向距离不大于 3 m，具体根据实际情况确定。

基坑坑底和侧壁的样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0-20 cm），不排除深层采样。对于重金属和半挥发性有机物，在一个采样网格和间隔内可采集混合样。

表 5-1 基坑效果评估采样点位数量要求

基坑面积/m ²	坑底采样点数量/个	侧壁采样点数量/个
$x < 100$	2	4
$100 \leq x < 1000$	3	5
$1000 \leq x < 1500$	4	6
$1500 \leq x < 2500$	5	7
$2500 \leq x < 5000$	6	8
$5000 \leq x < 7500$	7	9

基坑面积/m ²	坑底采样点数量/个	侧壁采样点数量/个
7500≤x<12500	8	10
X>100	网格大小不超过 40m×40m	采样点间隔不超过 40m



(1) 基坑底部——系统布点法

(2) 基坑侧壁——等距离布点法

图 5-1 基坑底部及侧壁布点示意图

(二) 土壤异位修复效果评估布点

异位修复后土壤效果评估的对象为异位修复后的土壤堆体。异位修复后的土壤应在修复完成后、再利用之前采样。异位修复后的土壤堆体，可根据修复进度进行分批次采样。

修复后土壤原则上每个采样单元（每个样品代表的土方量）不应超过 500m³。修复后土壤一般采用系统布点法设置采样点；同时应考虑修复效果空间差异，在修复效果薄弱区增设采样点。重金属和半挥发性有机物可在采样单元内采集混合样。

(三) 土壤原位修复效果评估布点

土壤原位修复效果评估的对象为原位修复后的土壤。原位修复后的土壤应在修复完成后进行采样。

原位修复后的土壤水平方向上采用系统布点法，推荐采样数量参照表 5-1。原位修复后的土壤垂直方向上采样深度应不小于调查评估确定的污染深度以及修复可能造成污染物迁移的深度，根据土层性质设置采

样点，原则上垂向采样点之间距离不大于 3 m，具体根据实际情况确定。应结合地块污染分布、土壤性质、修复设施设置等，在高浓度污染物聚集区、修复效果薄弱区、修复范围边界处等位置增设采样点。

（四）土壤修复二次污染区域布点

土壤修复效果评估范围应包括修复过程中的潜在二次污染区域。潜在二次污染区域包括污染土壤暂存区、修复设施所在区、固体废物或危险废物堆存区、运输车辆临时道路、土壤或地下水待检区、废水暂存处理区、修复过程中污染物迁移涉及的区域、其他可能的二次污染区域。

潜在二次污染区域土壤应在此区域开发使用之前进行采样。可根据工程进度对潜在二次污染区域进行分批次采样。

潜在二次污染区域土壤原则上根据修复设施设置、潜在二次污染来源等资料判断布点，也可采用系统布点法设置采样点，采样点数量参照表 5-1。潜在二次污染区域样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0~20 cm），不排除深层采样。

（五）地下水修复效果评估

地下水修复效果评估范围应包括地下水修复范围的上游、内部和下游，以及修复可能涉及的二次污染区域。原则上修复效果评估范围上游应至少设置 1 个监测点，内部应至少设置 3 个监测点，下游应至少设置 2 个监测点。原则上修复效果评估范围内部采样网格不宜大于 80 m×80 m，存在非水溶性有机物或污染物浓度高的区域，采样网格不宜大于 40 m×40 m。地下水采样点应优先设置在修复设施运行薄弱区、地质与水文地质条件不利区域等。可充分利用地块环境调查、工程运行阶段设置的监测井，现有监测井应符合地下水修复效果评估采样条件。

修复后地下水的检测指标为修复技术方案中确定的目标污染物。化学氧化、化学还原、微生物修复后地下水的检测指标应包括产生的二次污染物，原则上二次污染物指标应根据修复技术方案中的可行性分析结

果和地下水修复工程运行监测结果确定。必要时可增加地下水常规指标、修复设施运行参数等作为修复效果评估的依据。

5.2 采样布点方案

5.2.1 土壤及地下水 I 区

(一) 地下水采样点

土壤及地下水 I 区包含土壤污染和地下水污染，面积 258 m²，污染深度均为 0~6 m，采用土壤异位修复、地下水抽出处理的修复方案。现场踏勘时，土壤修复区内土壤和地下水均已移除，地下水不具备赋存条件，且基坑内无积水，因此修复区(基坑 0-6m 范围内)无法取到地下水样品。效果评估监测对修复区下游、修复区下层地下水采集样品，评估修复区地下水污染对周边地下水的可能影响。土壤及地下水 I 区地下水采样点位分布见图 5-2。

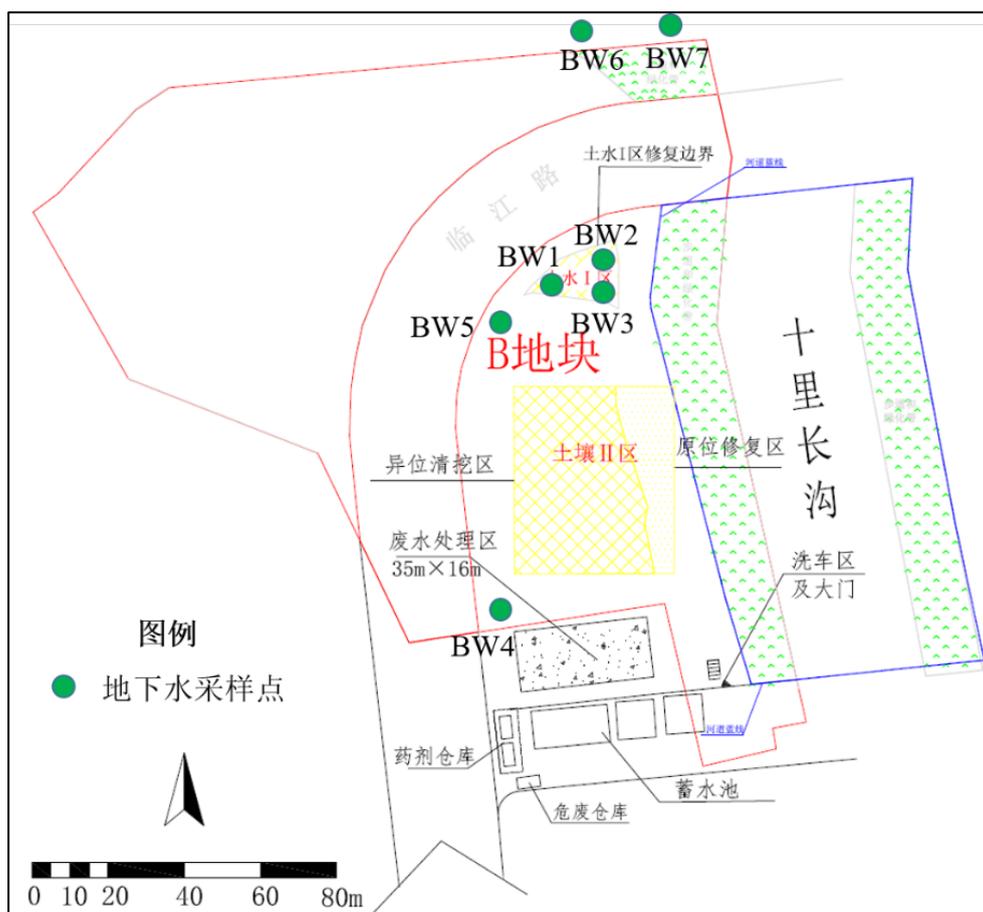


图 5-2 土壤及地下水 I 区地下水采样点总体示意图

在基坑底部设置 3 个地下水监测井 (BW1、BW2 和 BW3, 建井深度 3 m), 评估修复区污染地下水是否影响下层地下水; 在修复区上、下游布设 2 个地下水监测井(BW4 和 BW5、BW6 和 BW7, 建井深度 6 m)。布点数量满足《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ 25.6-2019) 中对布点数量的要求。

表 5-2 土壤及地下水 I 区地下水采样点位信息

点位编号	坐标 (大地 2000 经纬度)		建井深度 /m	对应位置修复目标污染物
	东坐标	北坐标		
BW1	118°49'00.85"	32°08'58.33"	3	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)
BW2	118°49'01.19"	32°08'58.48"	3	
BW3	118°49'01.14"	32°08'58.24"	3	
BW4	118°49 '0.45"	32°8'56.36"	6	/
BW5	118°49 '0.55"	32°8'58.02"	6	/
BW6	118°49 '0.30"	32°9'1.68"	6	/
BW7	118°49 '2.02"	32°9'1.56"	6	/

(二) 土壤采样点

土壤及地下水 I 区基坑面积 258 m², 底部设置土壤采样点 3 个, 采集底部表层样品。由于基坑侧壁为止水帷幕, 基坑垂直开挖, 现场踏勘时侧壁无残留土壤, 因此未采集侧壁土壤样品。基坑底部土壤采样点数量满足《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) 要求。

为进一步验证基坑是否开挖到修复边界, 效果评估时在基坑止水帷幕外侧设置 4 个土壤采样点, 钻探深度 6 m, 采集 0~0.2m、1.8~2.0m、3.8~4.0m 和 5.8~6.0m 处土壤样品。

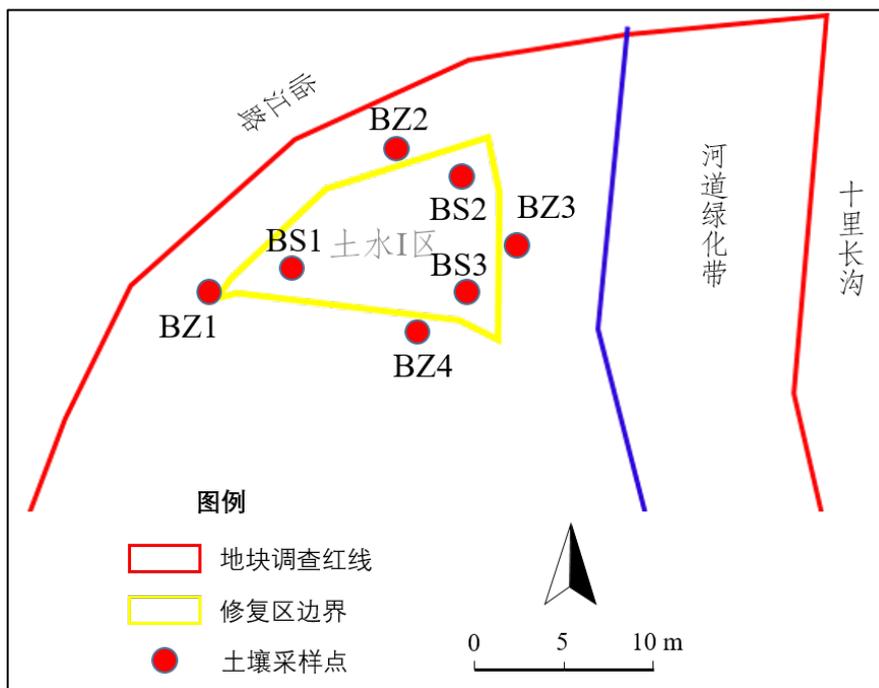


图 5-3 土壤及地下水 I 区基坑土壤采样点位示意图

表 5-3 土壤及地下水 I 区土壤采样点位信息

点位编号	坐标 (大地 2000 经纬度)		采样深度 /m	对应位置修复目标污染物
	东坐标	北坐标		
BS1	118°49'00.81"	32°08'58.30"	0.2	邻 (对) 硝基氯苯
BS2	118°49'01.21"	32°08'58.47"		
BS3	118°49'01.17"	32°08'58.22"		
BZ1	118°49 '0.67"	32°8'58.39"	0.2、2.0、 4.0、6.0	
BZ2	118°49 '1.02"	32°8'58.64"		
BZ3	118°49 '1.43"	32°8'58.28"		
BZ4	118°49 '1.67"	32°8'58.16"		

5.2.2 土壤 II 区

根据竣工报告，土壤 II 区面积 2076 m²，污染深度 2~4.5 m，其中异位修复区面积 1579 m²、修复土壤方量 3947.5 m³，原位修复区面积 497 m²，修复土壤方量 1242.5 m³。原位修复区和异位修复区分布及拐点坐标见图 5-4 和表 5-4。

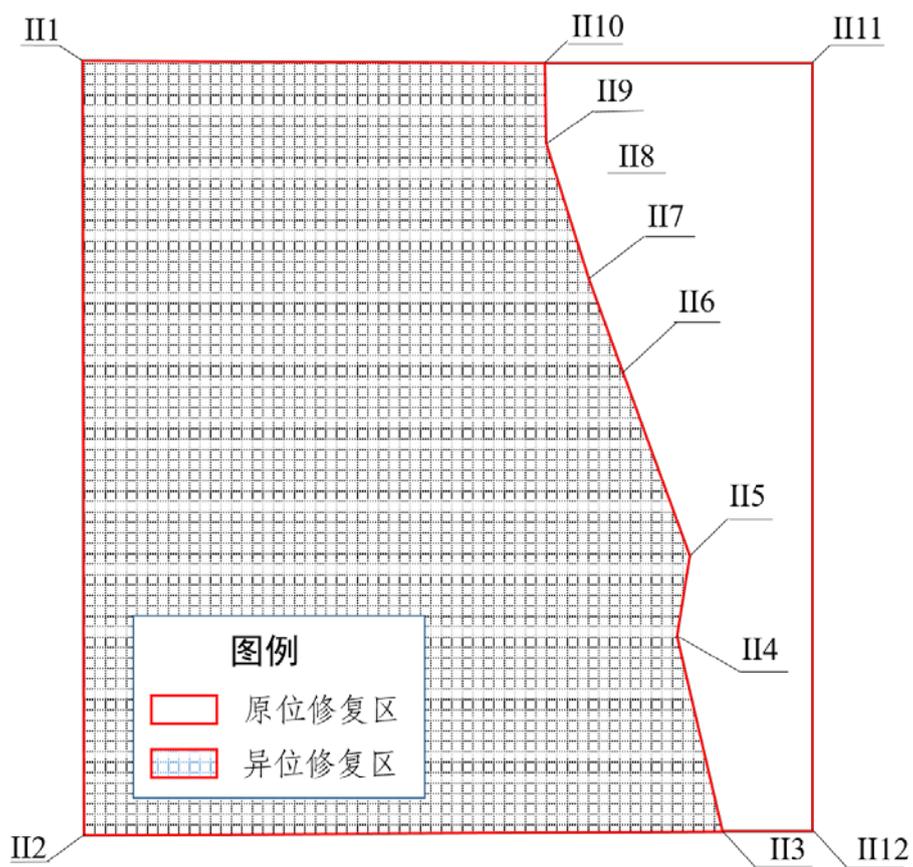


图 5-4 土壤 II 区修复分区示意图

表 5-4 土壤 II 修复分区拐点做坐标

拐点编号	X	Y
II1	133162.678	158410.400
II2	133162.786	158360.890
II3	133199.218	158360.514
II4	133198.326	158374.390
II5	133197.530	158378.609
II6	133193.748	158390.286
II7	133191.950	158396.029
II8	133190.700	158400.182
II9	133190.056	158405.021
II10	133189.155	158412.205
II11	133204.722	158410.400
II12	133204.722	158360.922

注：92 南京地方坐标系。

(一) 异位修复区

异位修复区效果评估检测时，原位修复区尚未开展修复，因此，异位修复区效果评估检测时未采集基坑东侧侧壁土壤样品。土壤 II 区采取放坡开挖的方式，基坑南北西侧均有修复区外向修复区边界放坡。

基坑面积 1579 m²，基坑深度 4.5 m。异位修复区基坑共设置 6 个土壤采样点，采集表层土壤样品；7 组侧壁采样点，分别在对应垂向深度为 0.2 m、2.0 m、4.0 m 的侧壁采集表层土壤样品。土壤采样点数量满足《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）表 1 要求。采样点位布设见图 5-5。放坡侧壁采样示意图见图 5-6。

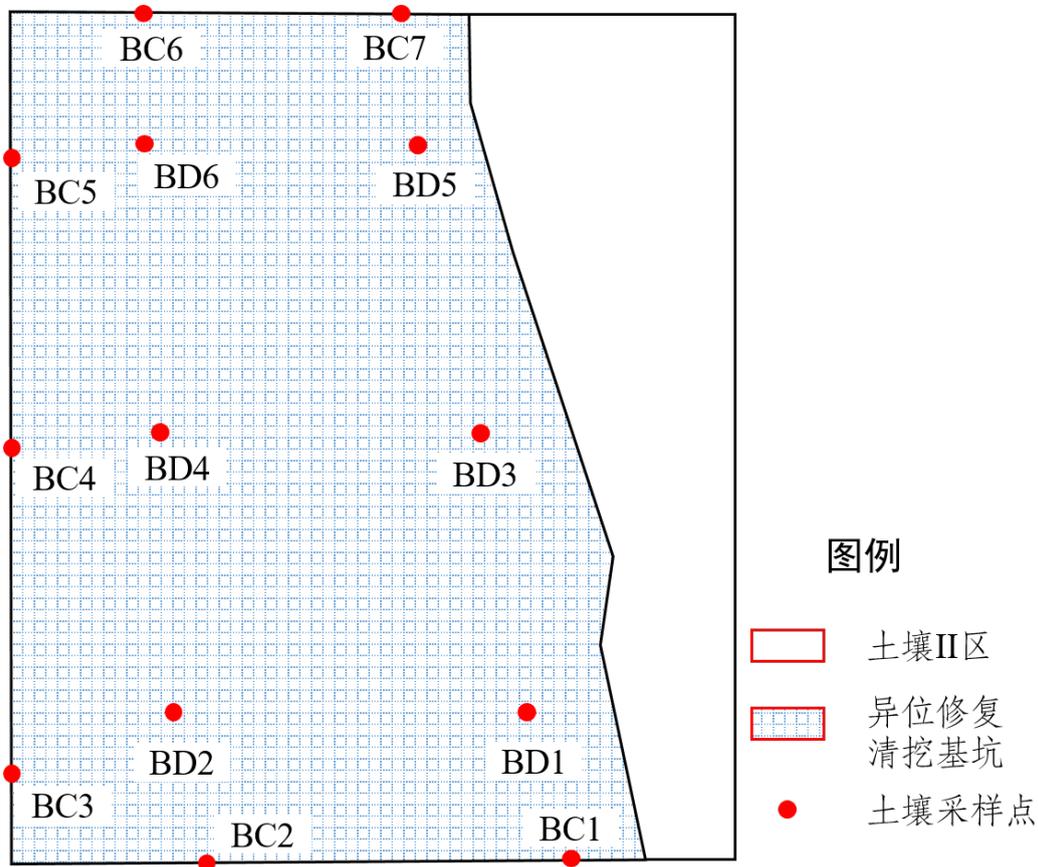


图 5-5 土壤 II 区异位修复区采样点位布设示意图

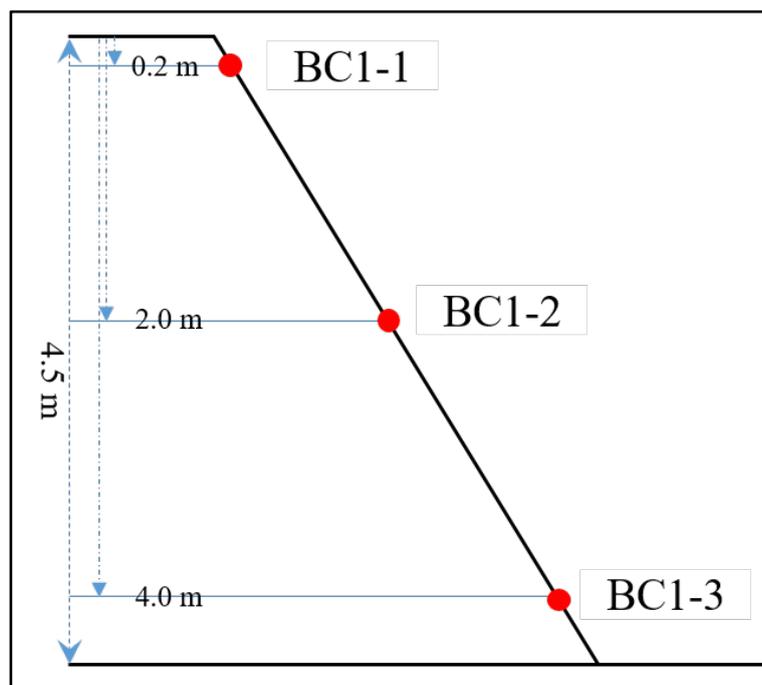


图 5-6 放坡侧壁采样点位示意图

表 5-5 土壤 II 区基坑土壤采样点位信息

点位编号	坐标 (大地 2000 经纬度)		采样深度/m	对应位置侧壁深度/m	对应位置修复目标污染物
	东坐标	北坐标			
BD1	118°49'01.28"	32°08'56.06"	0.2	/	4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯
BD2	118°49'00.52"	32°08'56.20"	0.2	/	
BD3	118°49'01.20"	32°08'56.63"	0.2	/	
BD4	118°49'00.51"	32°08'56.65"	0.2	/	
BD5	118°49'01.02"	32°08'57.15"	0.2	/	
BD6	118°49'00.55"	32°08'57.16"	0.2	/	
BC1-1	118°49'01.19"	32°08'55.66"	0.2	0.2	
BC1-2	118°49'01.21"	32°08'55.71"	0.2	2.0	
BC1-3	118°49'01.20"	32°08'55.77"	0.2	4.0	
BC2-1	118°49'00.87"	32°08'55.68"	0.2	0.2	
BC2-2	118°49'00.79"	32°08'55.73"	0.2	2.0	
BC2-3	118°49'00.78"	32°08'55.76"	0.2	4.0	
BC3-1	118°49'00.10"	32°08'56.01"	0.2	0.2	
BC3-2	118°49'00.14"	32°08'56.03"	0.2	2.0	

点位 编号	坐标 (大地 2000 经纬 度)		采样深 度/m	对应位置 侧壁深度 /m	对应位置修复目标污 染物
	东坐标	北坐标			
BC3-3	118°49'00.18"	32°08'56.06"	0.2	4.0	
BC4-1	118°49'00.03"	32°08'56.59"	0.2	0.2	
BC4-2	118°49'00.10"	32°08'56.67"	0.2	2.0	
BC4-3	118°49'00.16"	32°08'56.69"	0.2	4.0	
BC5-1	118°49'00.02"	32°08'57.19"	0.2	0.2	
BC5-2	118°49'00.08"	32°08'57.03"	0.2	2.0	
BC5-3	118°49'00.14"	32°08'57.06"	0.2	4.0	
BC6-1	118°49'00.40"	32°08'57.57"	0.2	0.2	
BC6-2	118°49'00.43"	32°08'57.52"	0.2	2.0	
BC6-3	118°49'00.45"	32°08'57.47"	0.2	4.0	
BC7-1	118°49'01.05"	32°08'57.61"	0.2	0.2	
BC7-2	118°49'00.99"	32°08'57.54"	0.2	2.0	
BC7-3	118°49'00.99"	32°08'57.50"	0.2	4.0	

(二) 原位修复区

原位修复区面积 497 m²，修复深度 2~4.5 m。修复区内布设 3 个土壤采样点 (BY1~3)，钻探深度 4.5 m，分别采集 1.5 m、2.0 m、3.0 m 和 4.5 m 处土壤样品；南、北、东侧非开挖边界布设 5 个土壤采样点 (BJ1~5)，钻探深度 4.5 m，分别采集 1.5 m、2.0 m、3.0 m 和 4.5 m 处土壤样品；西侧开挖边界采集 1.5 m、2.0 m、3.0 m 和 4.5 m 垂向等深处表层样品 (采样示意图见图 5-6)。采样点位布设示意图见图 5-7。

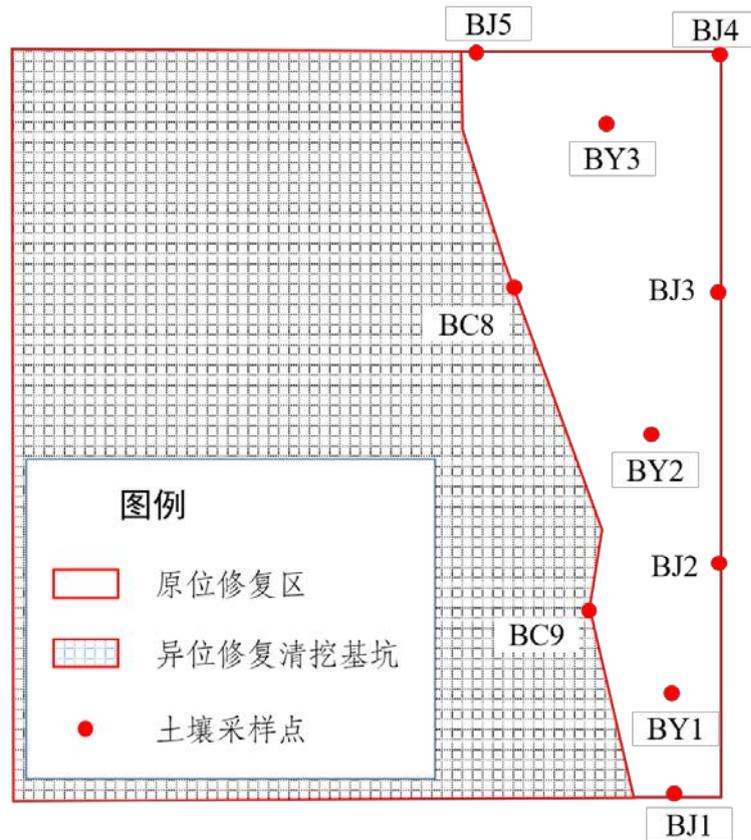


图 5-7 土壤 II 区原位修复区采样点位布设示意图

表 5-6 土壤 II 区原位修复区采样点位信息

点位编号	坐标 (92 南京地方坐标系)		采样深度/m	对应位置侧壁深度/m	对应位置修复目标污染物
	东坐标	北坐标			
BJ1	358363.282	333201.381	1.5、2.0、3.0、4.5	/	4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯
BJ2	358381.458	333209.086		/	
BJ3	358398.598	333202.442		/	
BJ4	358411.184	333199.079		/	
BJ5	358413.987	333195.779		/	
BY1	358368.924	333206.819		/	
BY2	358382.955	333202.712		/	
BY3	358399.404	333197.954		/	
BC8	358401.351	333196.676	0.2	1.5、2.0、3.0、4.5	
BC9	358381.982	333202.566	0.2		

5.2.3 潜在二次污染区

(一) 抽出地下水输送路线

土壤及地下水 I 区地下水抽出后输送至位于地块南侧的废水处理区进行初步处理，输送路线长约 100 m。沿地下水输送管线布设 3 个土壤采样点，重点关注输送管接口处，采集表层土壤样品。采样点位布设示意图见图 5-8。

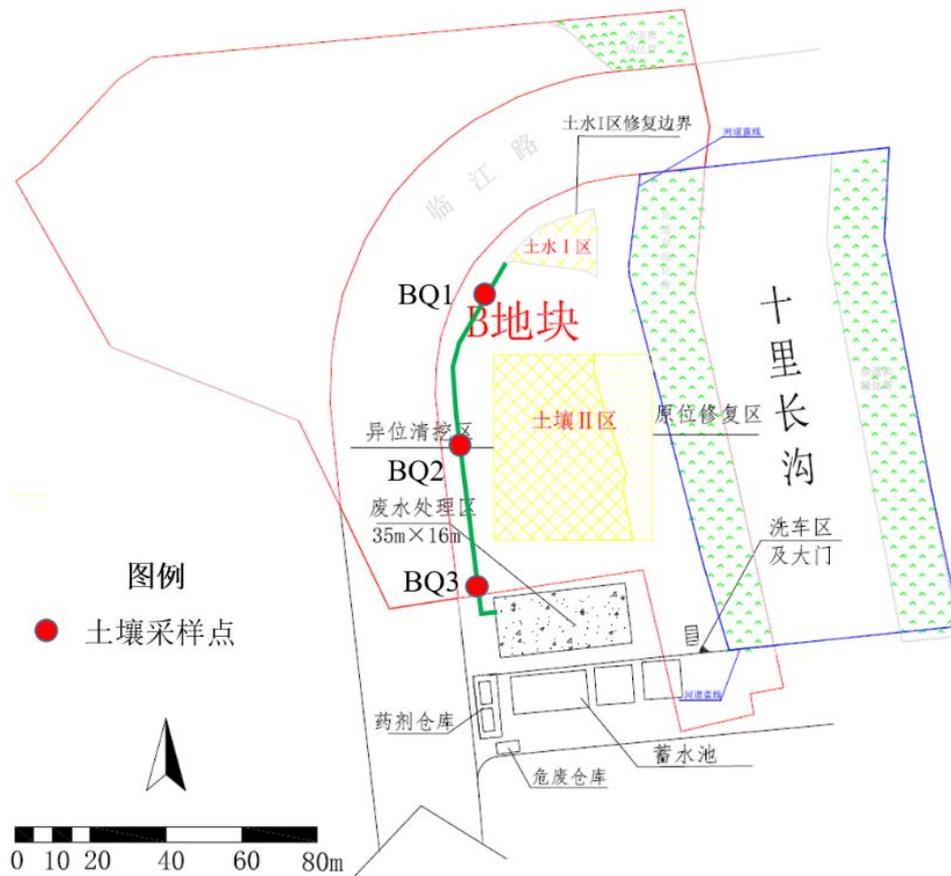


图 5-8 抽出地下水输送路线土壤采样点位示意图

表 5-7 抽出地下水输送路线土壤采样点位信息

点位编号	坐标 (大地 2000 经纬度)		采样深度/m	对应位置侧壁深度/m	对应位置修复目标污染物
	东坐标	北坐标			
BQ-1	118°49'0.32"	32°8'58.00"	0.2	/	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)
BQ-2	118°49'0.47"	32°8'56.71"		/	
BQ-3	118°49'0.75"	32°8'55.42"		/	

(二) 污染土壤运输路线

污染土壤清挖后使用密闭车辆转运至异位修复中心，转运路线约 1000 m。沿污染土壤转运路线设置 4 个土壤采样点，采集表层土壤样品。采样点位布设示意图见图 5-9。



图 5-9 污染土壤转运路线土壤采样点示意图

表 5-8 污染土壤转运路线土壤采样点位信息

点位编号	坐标 (大地 2000 经纬度)		采样深度/m	对应位置侧壁深度/m	对应位置修复目标污染物
	东坐标	北坐标			
BL1	118°49'12.34"	32°8'55.25"	0.2	/	4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯
BL2	118°49'14.58	32°8'59.20		/	
BL3	118°49'18.64	32°9'2.57		/	
BL4	118°49'21.15	32°9'3.44		/	

5.2.4 修复后土壤

土壤及地下水 I 区土壤修复方量 1548 m³，土壤 II 区土壤修复方量 3947.5 m³。在每批次土壤完成修复后，开展效果评估。修复后土壤采用系统布点法设置采样点，采样单元不大于 500 m³。

表 5-9 修复后土壤采样点位信息

点位编号	坐标 (大地 2000 经纬度)		采样深度/m	对应位置修复目标污染物
	东坐标	北坐标		
BTX1	118°49'31.43"	32°09'04.47"	1.0~1.5	邻 (对) 硝基氯苯
BTX2	118°49'30.77"	32°09'04.77"		
BTX3	118°49'30.54"	32°09'05.32"		
BTX4	118°49'30.01"	32°09'05.66"		
BTX-S-1	118°49'27.53"	32°09'03.27"		
BTX-S-2	118°49'27.36"	32°09'02.20"		
BTX-S-3	118°49'26.87"	32°09'02.72"		
BTX-S-4	118°49'26.38"	32°09'02.46"		
BTX-S-5	118°49'26.25"	32°09'02.25"		
BTY1	118°49'31.10"	32°09'04.49"		4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻 (对) 硝基氯苯
BTY2	118°49'30.77"	32°09'04.91"		
BTY3	118°49'30.23"	32°09'05.24"		
BTY4	118°49'30.04"	32°09'05.60"		
BTY5	358528.846*	333904.99		
BTY6	358528.234	333897.799		
BTY7	358526.421	333888.741		
BTY8	358527.312	333881.427		
BTY9	358520.392	333876.766		

注：92 南京地方坐标系。

5.2.5 回填土

清挖基坑采用外来清洁土回填。根据建设单位提供的“毓恒码头及周边地块土壤修复工程回填土来源说明”，回填土来自于南京市栖霞区燕子矶新城建筑垃圾（黄土）临时堆放点（土场）的堆存黄土。回填土采用系统布点法开展效果评估，采样单元不大于 500 m³。土壤及地下水 I 区回填土用量 1548 m³，共布设 5 个采样点，采集 6 个土壤样品（含 1 个平

行样)。

表 5-10 回填土采样点位信息

点位编号	坐标 (大地 2000 经纬度)		采样深度/m
	东坐标	北坐标	
B1H1	118°49'57.35"	32°08'34.24"	1.0~1.5
B1H2	118°49'57.57"	32°08'34.27"	
B1H3	118°49'57.77"	32°08'34.23"	
B1H4	118°49'57.92"	32°08'34.18"	
B1H5	118°49'58.11"	32°08'34.10"	

5.3 现场采样

5.3.1 样品采集、保存与流转

根据施工单位提交的效果评估申请,共开展 11 次现场采样。具体时间及采样内容见表 5-11。现场采样由苏州环优检测有限公司人员负责。

基坑底部、土壤 II 区侧壁、潜在二次污染区采用手钻、工兵铲进行,采集表层样品。止水帷幕周边使用 Geoprobe 钻探分层采集土壤样品。修复后土壤和回填土使用手钻钻探至 1~1.5 m 采集深层土壤样品。土壤样品容器主要为 250ml 棕色玻璃瓶。样品采集后立即放入保温箱内,样品保温箱内置冰冻蓝冰。所有样品当天采集当天送至检测分析实验室。

表 5-11 现场采样进程

序号	采样时间	采样内容
1	2020.10.19	土壤及地下水 I 区基坑底部土壤
2	2020.11.11~11.12	土壤及地下水 I 区基坑地下水
3	2020.11.21	土壤及地下水 I 区回填土
4	2020.12.10	土壤及地下水 I 区异位修复后土壤
5	2021.1.15	土壤及地下水 I 区异位补充修复后土壤
6	2021.1.30	土壤 II 区异位修复区基坑土壤
7	2021.2.2	土壤 II 区异位修复后土壤 (第一批次)

序号	采样时间	采样内容
8	2021.4.11	土壤 II 区异位修复后土壤（第二批次）
9	2021.4.16~4.17	土壤 II 区原位修复区土壤
10	2021.4.24	土壤及地下水 I 区基坑周边土壤
11	2021.4.25	土壤及地下水 I 区上下游地下水
		抽出地下水输送路线土壤
		污染土壤转运路线土壤

5.3.2 现场采样质量控制与二次污染防治

5.3.2.1 现场采样质量控制

现场采样由检测分析单位委派现场经验丰富的技术人员进行，整个作业过程由我院技术人员全程监督。样品采集设置现场平行样、淋洗空白样、运输空白样等现场质控样品，现场平行样数量不少于送检样品数 10%。

现场作业过程严格按照相关规范、指南要求执行。经比对分析，19 个现场平行样中，TPH(C₁₀-C₄₀)检出率较高，相对偏差 0~11.5%；有机项目仅检出苯并[a]芘，相对偏差 0%；金属项目检出砷、汞、铅、镉、铜、镍，相对偏差 0~10.6%；相对偏差均能满足《重点行业企业用地调查质量保证与质量控制技术规范（试行）》中对相应检测项目分析测试精密度的要求。各批次淋洗空白样、运输空白样等送检污染指标均未检出。现场质量控制情况总体良好。

表 5-12 现场平行样 TPH 检测精密度分析

报告编号	样品编号	TPH(C ₁₀ -C ₄₀), mg/kg	相对偏差%	精密度要求%	是否合格
HY20101902	BS3	37	2.6	30	合格
	XP-1	39			
HY20120845	BTX2	81	11.5		
	XP-1	102			

报告编号	样品编号	TPH(C ₁₀ -C ₄₀), mg/kg	相对偏差%	精密度要求%	是否合格
	BTX2	81	11.5		
	XP-1	102			
HY21011448	BTX-S-2	108	0.9		
	XP-1	106			
HY21012921	BD6	27	3.6		
	XP-1	29			
	BC5-3	20	4.8		
	XP-2	22			
	BC6-3	20	9.1		
	XP-3	24			
HY21020143	BTY4	38	0.0		
	XP-1	38			
HY210409035	BTY8	47	1.1		
	TRXP-1	48			
HY210415025	BJ1-4.5m	64	1.6		
	TRXP-1	62			
	BY2-2.0m	53	1.0		
	TRXP-2	52			
	BJ3-3.0m	56	0.9		
	TRXP-3	55			
	BC8-4.5m	37	1.3		
	TRXP-4	38			
HY210423091	BZ4-2.0m	163	1.2		
	TRXP-1	167			
	BZ2-4.0m	131	0.0		
	TRXP-2	131			
HY210423094	BQ2	221	0.2		
	TRXP-1	220			

报告编号	样品编号	TPH(C ₁₀ -C ₄₀), mg/kg	相对偏差%	精密度要求%	是否合格
HY210423098	BL2	376	0.4	25	合格
	TRXP-1	379			
HY20101902	BW3	0.24*	6.7		
	XP-2	0.21*			
HY210423084	BW4	0.46*	0.0		
	DXXP-1	0.46*			
注*: 地下水样品, 单位 mg/L。					

表 5-13 现场平行样重金属检测精密度分析

报告编号	检出因子	检出值, mg/kg		相对偏差%	精密度要求%	是否合格
HY20101902		B1H3	XP-3			合格
	砷	8.94	9.13	1.1	20	
	汞	0.044	0.045	1.1	35	
	铅	44.2	44.6	0.5	15	
	镉	1.88	1.88	0.0	25	
	铜	28	27	1.8	15	
	镍	37	35	2.8	15	
HY20120845	汞	BTX2	XP-1			合格
		1.23	1.04	8.4	25	
HY21011448	汞	BTX-S-2	XP-1			
		0.317	0.311	1.0	30	
HY21012921	汞	BD6	XP-1			
		0.502	0.465	3.8	25	
		BC5-3	XP-2			
		0.164	0.166	0.6	30	
		BC6-3	XP-3			
		0.113	0.11	1.3	30	

报告编号	检出因子	检出值, mg/kg		相对偏差%	精密度要求%	是否合格	
HY21020 143		BTY4	XP-1				
		0.266	0.215	10.6	30		
HY21040 9035		BTY8	TRXP-1				
		0.023	0.023	0.0	35		
HY21041 5025		BJ1-4.5m	TRXP-1				
		0.053	0.052	1.0	35		
		BY2-2.0m	TRXP-2				
		0.052	0.05	2.0	35		
		BJ3-3.0m	TRXP-3				
		0.053	0.051	1.9	35		
HY21042 3091		BC8-4.5m	TRXP-4				
		0.03	0.03	0.0	35		
	BZ4-2.0m	TRXP-1					
	0.019	0.018	2.7	35			
HY21042 3098	BZ2-4.0m	TRXP-2					
	0.072	0.071	0.7	35			
HY21042 3098	BL2	TRXP-1					
	0.052	0.051	1.0	35			

表 5-14 现场平行样检出无机物和 SVOC 精密度分析

报告编号	检出因子	检出值, mg/kg		相对偏差%	精密度要求%	是否合格
HY21041 5025	水溶性硫酸盐	BJ1-4.5m	TRXP-1			合格
		219	233	3.1	30	
		BY2-2.0m	TRXP-2			
		149	149	0.0	30	
		BJ3-3.0m	TRXP-3			

		165	162	0.9	30
		BC8-4.5m	TRXP-4		
		172	161	3.3	30
	苯并[a]芘	BY2-2.0m	TRXP-2		
		0.2	0.2	0.0	50

5.3.2.2 二次污染防治

各采样点钻探前清洗钻具，采样过程产生废弃物、废水等集中收集处理。



图 5-10 洗井废水收集



图 5-11 采样过程钻杆清洗

5.4 实验室检测分析

5.4.1 检测分析指标

根据效果评估工作方案，检测分析指标的确定原则：（1）修复目标污染物；（2）关注相邻修复区目标污染物；（3）调查阶段发现的超标但不具备人体健康风险的污染物。本地块土壤及地下水检测指标详见表 5-15。其中，土壤 II 区原位修复区采用的氧化药剂为过硫酸钠，在修复过程中可能产生中间产物硫酸盐，因此，原位修复区土壤样品加测硫酸盐指标。

表 5-15 检测指标汇总表

修复分区	介质	检测指标		
		修复目标污染物	相邻修复区目标污染物	超标但无风险污染物
土壤及地下水 I 区基坑坑底	土壤	邻（对）硝基氯苯	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	/
	地下水	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	邻（对）硝基氯苯	/
土壤及地下水 I 区基坑	土壤	邻（对）硝基氯苯、苯并[a]芘	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	Hg

修复分区	介质	检测指标		
		修复目标污染物	相邻修复区目标污染物	超标但无风险污染物
周边				
土壤 II 区	土壤	4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻(对)硝基氯苯、硫酸盐 ^①	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、Hg	萘
修复后土壤	土壤	邻(对)硝基氯苯、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、4-氯苯胺、苯并[a]芘、萘 ^② 、Hg		
地下水输送路线	土壤	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、邻(对)硝基氯苯		
污染土壤转运路线	土壤	邻(对)硝基氯苯、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、4-氯苯胺、苯并[a]芘、萘、汞		
回填土	土壤	GB 36600-2018 表 1 的 45 项、pH、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、4-氯苯胺、邻(对)硝基氯苯、萘		
注①：原位修复区采用过硫酸钠氧化技术，中间产物可能存在硫酸盐。				
②：土壤 II 区 S12 点位萘检出超标但无健康风险，未纳入修复关注污染物。				

5.4.2 检测方法

本次效果评估土壤及地下水样品实验室检测分析方法见表 5-16。

表 5-16 检测方法统计表

序号	介质	检测指标	检测分析方法	检出限
1	土壤	汞	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 1 部分：土壤中总汞的测定 GB/T 22105.1-2008	0.002 mg/kg
2		石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	土壤和沉积物 石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) 的测定 气相色谱法 HJ 1021-2019	6 mg/kg
3		4-氯苯胺	土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法 HJ 834-2017	0.09 mg/kg
4		萘		0.09 mg/kg
5		苯并[a]芘		0.1 mg/kg
6		对-硝基氯苯	土壤、沉积物和固体废弃物中半挥发性有机物含量的测定 SZHY-SOP-17 (参照 EPA 3540C: 1996 和 EPA 3545A: 2007 和 EPA 8270E: 2018)	0.1 mg/kg
7		邻-硝基氯苯		0.1 mg/kg
8		水溶性硫酸盐	土壤 水溶性和酸溶性硫酸盐的测定 重量法 HJ 635-2012	50.0 mg/kg
9		酸溶性硫酸盐		500 mg/kg

序号	介质	检测指标	检测分析方法	检出限
10	地下水	汞	水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法 HJ 694-2014	0.04 µg/L
11		可萃取性石油 烃 (C ₁₀ - C ₄₀)	水质 可萃取性石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) 的测定 气相色谱法 HJ 894-2017	0.01 mg/L
12		对-硝基氯苯	水质 硝基苯类化合物的测定 液液 萃取/固相萃取-气相色谱法 HJ 648-2013	0.017 µg/L
13		邻-硝基氯苯		0.017 µg/L
14		苯并[a]芘	水质 多环芳烃的测定 液液萃取和 固相萃取高效液相色谱法 HJ 478-2009	0.004 µg/L
15		4-氯苯胺		1.0 µg/L
16		萘		1.0 µg/L

5.4.3 检测分析质量控制

本次效果评估共送检样品 11 批次，共计 133 个土壤样品（含 17 个平行样）和 9 个地下水样品（含 2 个平行样）。样品检测分析质量控制情况见表 5-17 至表 5-29。质控标准依次参考检测方法、《重点行业企业用地调查质量保证与质量控制技术规范(试行)》相关要求。比对结果显示，平行样相对偏差和加标回收率均满足指标控制要求，实验室检测分析过程符合质量控制要求。

表 5-17 HY20101902 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
土壤	pH 值	6	/	/	/	/	1	④	0.01	0.3	/	/	/	/	/	8.36 (25°C)	8.37±0.04 (25°C)
	铜	6	/	/	/	/	1	①	0.9	20	/	/	/	/	/	18.6~19.2	19.1±0.6
	镍	6	/	/	/	/	1	①	2.9	20	/	/	/	/	/	26~27	26±1
	砷	6	/	/	/	/	1	①	0.2	7	/	/	/	/	/	8.6~8.8	8.9±0.5
	汞	6	/	/	/	/	1	①	1.8	12	/	/	/	/	/	0.029~0.031	0.030±0.003
	铅	6	/	/	/	/	1	③	0.6	30	/	/	/	/	/	22	21±2
	镉	6	/	/	/	/	1	③	0	35	/	/	/	/	/	0.13~0.14	0.14±0.01
	六价铬	6	/	/	/	/	1	①	0	20	/	/	1	80.5	70~130	/	/
	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	11	/	/	/	/	2	①	1.6~1.7	25	/	/	2	67.5~90.4	50~140	/	/
	对硝基氯苯	11	/	/	/	/	2	①	0	50	2	76.1~83.4	/	/	60~140	/	/
	邻硝基氯苯	11	/	/	/	/	2	①	0	50	2	82.7~84.1	/	/	60~140	/	/
VOC _s	6	/	/	/	/	1	①	0	50	1	80.5~118	/	/	70~130	/	/	

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
	SVOCs	6	/	/	/	/	1	①	0	40	/	/	1	72.3~82.4	40~130	/	/
质控率%		/				16.7~18.2				0~18.2		0~18.2			/		

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-18 HY20101902 地下水样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
地下水	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	4	/	/	/	/	/	/	/	/	1	81.0	/	/	70~120	/	/
	对硝基氯苯	4	/	/	/	/	/	/	/	/	1	83.0	/	/	60~130	/	/

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
	邻硝基氯苯	4	/	/	/	/	/	/	/	/	1	79.0	/	/	60~130	/	/
质控率%			/				/				25		/			/	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-19 HY20120845 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
	汞	5	/	/	/	/	1	①	1.1	12	/	/	/	/	/	0.030~0.032	0.030±0.003
	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	5	/	/	/	/	1	①	3.3	25	1	75.7	/	/	70~120	/	/
	苯并[a]芘	5					1	①	3.0	40	1	81.5	/	/	40~130	/	/

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
土壤	2-氯苯胺	5					1	①	/	40	1	81.6	/	/	40~130	/	/
	对硝基氯苯	5	/	/	/	/	1	①	/	50	1	76.9	/	/	60~140	/	/
	邻硝基氯苯	5	/	/	/	/	1	①	/	50	1	77.8	/	/	60~140	/	/
质控率%			/				20				0-20		/			/	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-20 HY21012921 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测 值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率(范 围)%	指标 控制%		
土 壤	汞	30	/	/	/	/	3	①	0.2~0.5	12	/	/	/	/	/	0.15	0.15±0.02
	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	30	/	/	/	/	3	①	3.3~5.8	25	/	/	2	71.5~78.6	50~140	/	/
	苯并[a]芘	30	/	/	/	/	3	①	/	40	/	74.3	/	/	40~130	/	/
	4-氯苯胺	30	/	/	/	/	3	①	/	40	/	74.4	/	/	40~130	/	/
	萘	30	/	/	/	/	3	①	/	40	/	83.0	/	/	40~130	/	/
	对-硝基氯苯	30	/	/	/	/	3	①	/	50	/	86.4	/	/	60~140	/	/
	邻-硝基氯苯	30	/	/	/	/	3	①	/	50	/	80.9	/	/	60~140	/	/
质控率%		/				10				0~3.3		0~6.7			/		

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-21 HY21020143 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
土壤	汞	5	/	/	/	/	1	①	0.8	12	/	/	/	/	/	0.15	0.15±0.02
	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	5	/	/	/	/	1	①	3.5	25	/	/	1	63.2	50~140	/	/
	苯并[a]芘	5	/	/	/	/	1	①	/	40	/	/	1	74.7	40~130	/	/
	4-氯苯胺	5	/	/	/	/	1	①	/	40	/	/	1	82.1	40~130	/	/
	萘	5	/	/	/	/	1	①	/	40	/	/	1	74.9	40~130	/	/
	对-硝基氯苯	5	/	/	/	/	1	①	/	50	/	/	1	79.9	60~140	/	/
	邻-硝基氯苯	5	/	/	/	/	1	①	/	50	/	/	1	78.9	60~140	/	/
质控率%			/				20				/		0~20			0~40	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-22 HY210409035 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率						有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				检测值	标准值
			平行样 (个)	计 算 方 式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计 算 方 式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范 围)%	加标样 (个)	回收率(范 围)%	指标 控制%			
土 壤	汞	6	/	/	/	/	1	①	1.1	12	/	/	/	/	/	0.14~0.15	0.15±0.02	
	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	6	/	/	/	/	1	①	1.2	25	/	/	1	86.8	50~140	/	/	
	苯并[a]芘	6	/	/	/	/	1	①	/	40	1	81.0	/	/	40~130	/	/	
	4-氯苯胺	6	/	/	/	/	1	①	/	40	1	89.0	/	/	40~130	/	/	
	萘	6	/	/	/	/	1	①	/	40	1	81.6	/	/	40~130	/	/	
	对-硝基氯苯	6	/	/	/	/	1	①	/	50	1	71.9	/	/	60~140	/	/	
	邻-硝基氯苯	6	/	/	/	/	1	①	/	50	1	76.2	/	/	60~140	/	/	
质控率%			/				0~16.7				0~16.7		0~16.7			/		

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-23 HY210415025 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率(范 围)%	指标 控制%		
土 壤	汞	44	/	/	/	/	5	①	0.1~3.0	12	/	/	/	/	/	0.14~0.15	0.15±0.02
	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	44	/	/	/	/	5	①	0.6~2.3	25	/	/	3	78.5~88.8	50~140	/	/
	水溶性硫酸盐	44	/	/	/	/	5	①	2.1~7.3	20	/	/	5	85.0~111	80~120	/	/
	酸溶性硫酸盐	44	/	/	/	/	5	/	/	/	/	/	5	94.8~103	80~120	/	/
	苯并[a]芘	44	/	/	/	/	5	①	5.3	40	3	70.5~89.5	/	/	40~130	/	/
	4-氯苯胺	44	/	/	/	/	5	①	/	40	3	70.5~89.5	/	/	40~130	/	/
	萘	44	/	/	/	/	5	①	/	40	3	78.4~84.9	/	/	40~130	/	/
	对-硝基氯苯	44	/	/	/	/	5	①	/	50	3	78.0~89.6	/	/	60~140	/	/
	邻-硝基氯苯	44	/	/	/	/	5	①	/	50	3	73.3~78.2	/	/	60~140	/	/
质控率%			/				11.4				0~6.8		0~11.4			/	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-24 HY210415025 水质样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
废水	汞	1	/	/	/	/	1	①	/	20	/	/	1	86.7	70~130	/	/
	对-硝基氯苯	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	89.6	/	/	50~120	/	/
	邻-硝基氯苯	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	75.6	/	/	50~120	/	/
	可萃取性石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	94.4	/	/	70~120	/	/
	硫酸盐	1	/	/	/	/	1	①	/	10	/	/	1	97.0	80~120	/	/
	4-氯苯胺	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	89.5	/	/	50~120	/	/
	萘	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	84.9	/	/	50~120	/	/
	苯并[a]芘	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	89.5	/	/	50~120	/	/
质控率%		/				0~100				0~100		0~100			/		

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-25 HY210423084 地下水样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
地下水	可萃取性石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	5	/	/	/	/	/	/	/	/	1	80.3	/	/	70~120	/	/
	对-硝基氯苯	5	/	/	/	/	/	/	/	/	1	83.4	/	/	70~130	/	/
	邻-硝基氯苯	5	/	/	/	/	/	/	/	/	1	87.6	/	/	70~130	/	/
质控率%			/				/				20		/			/	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-26 HY210423091 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
土壤	汞	18	/	/	/	/	2	①	0.3~1.8	12	/	/	/	/	/	0.15~0.16	0.15±0.02

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	18	/	/	/	/	2	①	0.2~0.9	25	/	/	1	86.0	50~140	/	/
	苯并[a]芘	18	/	/	/	/	2	①	/	40	1	90.1	/	/	40~130	/	/
	对-硝基氯苯	18	/	/	/	/	2	①	/	50	1	76.4	/	/	60~140	/	/
	邻-硝基氯苯	18	/	/	/	/	2	①	/	50	1	74.4	/	/	60~140	/	/
质控率%			/				11				/		0~6			0~6	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-27 HY210423091 水质样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值	标准值
废水	汞	1	/	/	/	/	1	①	/	20	/	/	1	99.1	70~120	/	/

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
	对-硝基氯苯	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	81.6	/	/	70~130	/	/
	邻-硝基氯苯	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	92.8	/	/	70~130	/	/
	可萃取性石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	88.9	/	/	70~120	/	/
	苯并[a]芘	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	77.6	/	/	60~120	/	/
质控率%			/				0~100				0~100		0~100			/	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-28 HY210423094 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
土壤	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	4	/	/	/	/	1	①	0.3	25	/	/	1	82.8	50~140	/	/
	对-硝基氯苯	4	/	/	/	/	1	①	/	50	1	76.4	/	/	60~140	/	/
	邻-硝基氯苯	4	/	/	/	/	1	①	/	50	1	74.4	/	/	60~140	/	/
质控率%			/				25				0~25		0~25			/	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

表 5-29 HY210423098 土壤样品质控汇总表

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
土壤	汞	5	/	/	/	/	1	①	0.2	12	/	/	/	/	/	0.15~0.16	0.15±0.02

类别	项目	样品数 (个)	平行样								加标回收率					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标			检测值	标准值
			平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	平行样 (个)	计算 方式	计算 值%	控制 值%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%		
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	5	/	/	/	/	1	①	0.6	25	/	/	1	85.6	50~140	/	/	
苯并[a]芘	5	/	/	/	/	1	①	/	40	1	90.1	/	/	40~130	/	/	
4-氯苯胺	5	/	/	/	/	1	①	/	40	1	71.2	/	/	40~130	/	/	
萘	5	/	/	/	/	1	①	/	40	1	71.3	/	/	40~130	/	/	
对-硝基氯苯	5	/	/	/	/	1	①	/	50	/	/	1	76.4	60~140	/	/	
邻-硝基氯苯	5	/	/	/	/	1	①	/	50	/	/	1	74.4	60~140	/	/	
质控率%	/				20				0~20		0~20			0~20			

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

5.5 采样送检工作量汇总

本次效果评估采集并送检 133 个土壤样品（含 17 个平行样）和 9 个地下水样品（含 2 个平行样）。各修复分区采样送检工作量详见表 5-30。

表 5-30 效果评估采样送检工作量

修复分区	采样位置	监测介质	样品数量	平行样	修复目标污染物	检测分析指标
土壤及地下水 I 区	基坑	土壤	3	1	邻（对）硝基氯苯	邻（对）硝基氯苯、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)
		地下水（含上下游）	7	2	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、邻（对）硝基氯苯
	基坑周边	土壤	16	2	邻（对）硝基氯苯、苯并[a]芘	邻（对）硝基氯苯、苯并(a)、芘、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、Hg
土壤 II 区（异位修复区）	基坑底部	土壤	6	3	4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻（对）硝基氯苯	4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻（对）硝基氯苯、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、Hg、萘
	侧壁	土壤	21			
土壤 II 区（原位修复区）		土壤	40	4		4-氯苯胺、苯并[a]芘、邻（对）硝基氯苯、硫酸盐、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、Hg、萘
潜在二次污染区	地下水输送路线	土壤	3	1	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、邻（对）硝基氯苯	
	污染土壤转运路线	土壤	4	1	邻（对）硝基氯苯、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、4-氯苯胺、苯并[a]芘、萘、汞	
修复后土壤	土壤及地下水 I 区	土壤	9	2	邻（对）硝基氯苯、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、4-氯苯胺、苯并[a]芘、Hg	
	土壤 II 区	土壤	9	2	邻（对）硝基氯苯、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、4-氯苯胺、苯并[a]芘、萘、Hg	
土壤及地下水 I 区回填土		土壤	5	1	GB 36600-2018 表 1 的 45 项、pH、TPH(C ₁₀ -C ₄₀)、4-氯苯胺、邻（对）硝基氯苯、萘	

6 效果评估

6.1 评价标准

根据效果评估方案,本地块土壤及地下水效果评估标准见表 6-1。此外,回填土非特征污染物监测指标(即 GB36600-2018 表 1 中的 45 项)执行 GB36600-2018 第一类用地筛选值。

表 6-1 评价标准值

序号	污染物名称	评价标准	标准来源	GB36600 第一类用地筛选值
土壤(单位: mg/kg)				
1	4-氯苯胺	2.96	修复目标	/*
2	苯并[a]芘	0.54	修复目标	0.55
3	邻(对)硝基氯苯	11.85	修复目标	/*
4	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	826	修复目标	826
5	萘	28.63	调查最大值	25
6	汞	10.4	调查最大值	8
地下水(单位: mg/L)				
1	石油烃	0.6	修复目标	-
2	邻(对)硝基氯苯	0.795	调查最大值	-

注*: GB 36600-2018 未包含该因子。

6.2 评价方法

结合生态环境部 2018 年 12 月发布实施的《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)及 2014 年原环保部发布的《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》的相关技术要求,本次项目土壤修复效果评估过程中,采用逐点对比的方式,将每个修复区域修复效果评估过程中采集的土壤样品中关注污染物的检出浓度与修复效果评估标准进行逐一比较,如均合格,可判定土壤修复合格。

原则上每口监测井中的检测指标均持续稳定达标,方可认为地下水达到修复效果。若未达到修复效果,应对未达标区域开展补充修复。

6.3 评价结果

6.3.1 土壤及地下水 I 区清挖效果评估

土壤及地下水 I 区基坑及基坑周边共采集 22 个土壤样品（含 3 个平行样）。根据检测单位出具的检测报告（编号：HY20101902 和 HY210423091），经逐一对比，基坑底部土壤样品中仅检出 TPH(C₁₀-C₄₀)，检出含量低于修复目标值和 GB36600-2018 第一类筛选值；基坑侧壁检出 Hg、TPH(C₁₀-C₄₀)、邻(对)硝基氯苯和苯并[a]芘，检出含量均低于修复目标值和 GB36600-2018 第一类筛选值。检测结果见表 6-2。

表 6-2 土壤及地下水 I 区基坑土壤样品检测结果（mg/kg）

	基坑底部	基坑周边			
	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	Hg	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	邻(对)硝基氯苯	苯并[a]芘
送检样品数	3	18	18	18	18
检出率%	100	100	100	5.6	16.7
最小值	37	0.016	37	0.8	0.1
最大值	826	0.451	386	0.8	0.4
平均值	81.8	0.095	180.4	0.8	0.2
修复目标	826	10.4	826	11.85	0.54
GB36600-2018 第一类筛选值	826	8	826	/	0.55
是否达标	达标	达标	达标	达标	达标

6.3.2 土壤及地下水 I 区地下水修复效果评估

土壤及地下水 I 区污染地下水采取土壤清挖、地下水抽出的处理方式，修复区（0~6 m）土壤及地下水均被移除，因此，未能取到修复区地下水样品。效果评估时重点关注上下游及修复区下层地下水监测。共采集 9 个地下水样品（含 2 个平行样），根据检测单位出具的检测报告（编号：HY20101902 和 HY210423084），经逐一对比，基坑下层地下水及上

下游地下水样品中邻(对)硝基氯苯未检出，TPH(C₁₀-C₄₀)含量低于修复目标值。检测结果见表 6-3。

表 6-3 土壤及地下水 I 区地下水样品检测结果 (mg/L)

布点位置	序号	监测指标	检出浓度	修复目标值	是否达标
修复区下层	BW1	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	0.20	0.6	达标
	BW2		0.08		达标
	BW3		0.24		达标
上游	BW4		0.46		达标
	BW5		0.33		达标
下游	BW6		0.40		达标
	BW7		0.52		达标

6.3.3 土壤 II 区清挖效果评估

土壤 II 区异位修复区共布设 6 个坑底土壤采样点和 7 个侧壁采样点，每个坑底采样点采集 1 个表层土壤样品，每个侧壁采样点分 3 层采集土壤样品，共采集 30 个土壤样品（含 3 个平行样）。根据检测单位出具的检测报告（编号：HY 21012921），经逐一对比，异位修复区基坑土壤样品中汞、TPH(C₁₀-C₄₀)、邻（对）硝基氯苯、4-氯苯胺、萘、苯并[a]芘含量均低于修复目标值和 GB36600-2018 第一类用地筛选值。检测结果见表 6-4。

表 6-4 土壤 II 区异位修复区基坑土壤样品检测结果 (mg/kg)

点位	污染物名称					
	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	邻（对）硝基氯苯	4-氯苯胺	萘	苯并[a]芘
BD1	0.293	21	ND	ND	ND	ND
BD2	0.154	19	ND	ND	ND	ND
BD3	0.218	25	ND	ND	ND	ND
BD4	0.138	28	ND	ND	ND	ND
BD5	0.115	20	ND	ND	ND	ND

点位	污染物名称					
	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	邻(对)硝基氯苯	4-氯苯胺	萘	苯并[a]芘
BD6	0.502	27	ND	ND	ND	ND
XP-1	0.465	29	ND	ND	ND	ND
BC1-1	0.141	20	ND	ND	ND	ND
BC1-2	0.488	34	ND	ND	ND	ND
BC1-3	0.152	45	ND	ND	ND	ND
BC2-1	0.061	23	ND	ND	ND	ND
BC2-2	0.657	23	ND	ND	ND	ND
BC2-3	0.116	35	ND	ND	ND	ND
BC3-1	0.060	20	ND	ND	ND	ND
BC3-2	0.097	44	ND	ND	ND	ND
BC3-3	0.249	31	ND	ND	ND	ND
BC4-1	0.091	61	ND	ND	ND	ND
BC4-2	0.069	19	ND	ND	ND	ND
BC4-3	0.131	38	ND	ND	ND	ND
BC5-1	0.233	101	ND	ND	ND	ND
BC5-2	0.096	32	ND	ND	ND	ND
BC5-3	0.164	20	ND	ND	ND	ND
XP-2	0.166	22	ND	ND	ND	ND
BC6-1	0.076	46	ND	ND	ND	ND
BC6-2	0.069	53	ND	ND	ND	ND
BC6-3	0.113	20	ND	ND	ND	ND
XP-3	0.110	24	ND	ND	ND	ND
BC7-1	0.063	30	ND	ND	ND	ND
BC7-2	0.087	43	ND	ND	ND	ND
BC7-3	0.119	16	ND	ND	ND	ND
检出最小值	0.063	16	/	/	/	/
检出最大值	0.675	101	/	/	/	/
平均值	0.183	32.3	/	/	/	/

点位	污染物名称					
	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	邻(对)硝基氯苯	4-氯苯胺	萘	苯并[a]芘
评价标准	10.4	826	11.85	2.96	28.63	0.54
第一类用地筛选值	8	826	/	/	25	0.55
是否达标	达标	达标	达标	达标	达标	达标

6.3.4 土壤 II 区原位修复区效果评估

土壤 II 区原位修复区共布设 8 个钻探采样点和 2 个侧壁采样点，每个钻探采样点采集 4 个土壤样品，每个侧壁采样点分 4 层采样，共采集 44 个土壤样品（含 4 个平行样）。根据检测单位出具的检测报告（编号：HY210415025），水溶性硫酸盐、汞、TPH(C₁₀-C₄₀)、苯并[a]芘有检出，邻对硝基氯苯、4-氯苯胺、萘、酸溶性硫酸盐均未检出，检出结果见表 6-5。经逐一对比，原位修复区土壤样品中汞、TPH(C₁₀-C₄₀)、苯并[a]芘含量均低于修复目标值和 GB36600-2018 第一类用地筛选值。

根据《岩土工程勘察规范》(GB 500021-2001) 土壤中硫酸盐含量对混凝土结构的腐蚀评价分为四个等级：微 (<300 mg/kg)、弱 (300~750 mg/kg)、中 (750~2250 mg/kg)、强 (>2250 mg/kg)。原位修复区土壤样品中水溶性硫酸盐含量 54.7~361 mg/kg，仅 BY2-4.5m 处土壤中硫酸盐含量对混凝土腐蚀等级为弱腐蚀性，其他区域土壤中硫酸盐含量对混凝土腐蚀等级均为微腐蚀性。

表 6-5 土壤 II 区原位修复区土壤样品检出汇总

样品编号	检出指标			
	水溶性硫酸盐	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	苯并[a]芘
BJ1-1.5m	76	0.065	50	ND
BJ1-2.0m	112	0.067	72	ND
BJ1-3.0m	202	0.083	78	ND

样品编号	检出指标			
	水溶性硫酸盐	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	苯并[a]芘
BJ1-4.5m	219	0.053	64	ND
TRXP-1	233	0.052	62	ND
BY1-1.5m	145	0.127	90	ND
BY1-2.0m	154	0.238	44	ND
BY1-3.0m	83.6	0.044	113	0.2
BY1-4.5m	88.1	0.108	48	ND
BY2-1.5m	285	0.044	26	ND
BY2-2.0m	149	0.052	53	0.2
TRXP-2	149	0.050	52	0.2
BY2-3.0m	169	0.048	35	ND
BY2-4.5m	361	0.133	43	ND
BY3-1.5m	116	0.099	26	ND
BY3-2.0m	64.9	0.039	47	ND
BY3-3.0m	64.3	0.035	61	0.2
BY3-4.5m	170	0.063	64	ND
BJ3-1.5m	157	0.155	41	0.2
BJ3-2.0m	68.5	0.324	29	0.2
BJ3-3.0m	165	0.053	56	ND
TRXP-3	162	0.051	55	ND
BJ3-4.5m	177	0.049	50	ND
BJ2-1.5m	148	0.041	62	ND
BJ2-2.0m	249	0.053	40	0.1
BJ2-3.0m	70.9	0.035	29	ND
BJ2-4.5m	54.7	0.050	59	ND
BJ4-1.5m	270	0.054	38	ND
BJ4-2.0m	116	0.041	40	ND
BJ4-3.0m	220	0.067	37	ND
BJ4-4.5m	76.5	0.045	35	ND

样品编号	检出指标			
	水溶性硫酸盐	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	苯并[a]芘
BJ5-1.5m	64.5	0.041	31	ND
BJ5-2.0m	87.2	0.034	40	ND
BJ5-3.0m	282	0.062	34	ND
BJ5-4.5m	95	0.059	33	ND
BC8-1.5m	279	0.036	49	ND
BC8-2.0m	178	0.024	20	ND
BC8-3.0m	78	0.034	45	ND
BC8-4.5m	172	0.030	37	ND
TRXP-4	161	0.030	38	ND
BC9-1.5m	63.8	0.039	89	ND
BC9-2.0m	212	0.028	109	ND
BC9-3.0m	138	0.025	43	0.2
BC9-4.5m	79.3	0.025	132	0.1
最小值	54.7	0.024	20	0.1
最大值	361	0.324	132	0.2
平均值	151.5	0.066	52.25	0.18
修复目标	/	10.400	826	0.54
第一类用地筛选值	/	8	826	0.55
是否达标	/	达标	达标	达标

6.3.5 异位修复后土壤效果评估

(一) 检测情况

2020年12月10日,检测单位进场开展土壤及地下水I区异位修复后土壤效果评估样品采集。修复后土壤方量1548 m³, 布设4个采样点, 采集5个土壤样品(含1个平行样)。根据检测单位出具的检测报告(编号: HY20120845), 土壤样品均未检出邻(对)硝基氯苯; 石油烃(C₁₀-C₄₀)检出率100%, 检出浓度81~284 mg/kg, 低于修复目标值(826 mg/kg);

汞检出率 100%，检出浓度 0.375~1.23 mg/kg，未超出土壤污染调查时的最大检出浓度（10.4 mg/kg）；4-氯苯胺仅在 BTX4 样品中检出，检出浓度 2.39 mg/kg，低于修复目标值（2.96 mg/kg）；苯并[a]芘在 BTX1 和 BTX4 样品中检出，检出浓度分别为 0.16 mg/kg 和 1.9 mg/kg，BTX4 样品检出浓度超出修复目标值（0.54 mg/kg）。检测结果具体见表 6-6。

表 6-6 土壤及地下水 I 区清挖土壤异位修复后第一次检测结果

检测项目	检出率%	污染物含量 (mg/kg)	修复目标 (mg/kg)	超标点位
石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	100	81~284	826	/
汞	100	0.375~1.23	10.4	/
苯并[a]芘	50	0.16~1.9	0.54	BTX4
4-氯苯胺	25	ND~2.39	2.96	/
邻(对)硝基氯苯	0	ND	11.85	/

根据第一次效果评估检测结果，施工单位对土壤及地下水 I 区污染土壤再次进行氧化处理。2021 年 1 月 15 日，检测单位进场开展土壤及地下水 I 区异位修复后土壤效果评估样品采集。共布设 5 个土壤采样点，采集 6 个土壤样品（含 1 个平行样）。根据检测单位出具的检测报告（报告编号：HY21011448），苯并[a]芘未检出；汞检出浓度 0.317~0.933 mg/kg，低于修复目标值；TPH(C₁₀-C₄₀)检出浓度 77~160 mg/kg，低于修复目标值；4-氯苯胺仅在 BTX-S-4 样品中有检出（0.4 mg/kg），低于修复目标值。

表 6-7 土壤及地下水 I 区清挖土壤异位补充修复后检测结果

样品编号	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	4-氯苯胺	苯并[a]芘
BTX-S-1	0.342	77	ND	ND
BTX-S-2	0.317	108	ND	ND
BTX-S-3	0.415	128	ND	ND
BTX-S-4	0.933	160	0.4	ND
BTX-S-5	0.663	131	ND	ND

样品编号	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	4-氯苯胺	苯并[a]芘
最小值	0.317	77	0.4	/
最大值	0.933	160	0.4	/
平均值	0.534	120.8	0.4	/
修复目标	10.4	826	2.96	0.54
是否达标	达标	达标	达标	达标

土壤 II 区清挖土壤分两次开展异位修复，第一批次修复污染土壤方量 1950 m³，效果评估采样布设 4 个采样点，采集 5 个土壤样品（含 1 个平行样）；第二批次修复污染土壤方量 2000 m³，效果评估采样布设 5 个采样点，采集 6 个土壤样品（含 1 个平行样）。根据检测单位出具的检测报告（报告编号：HY 21020143 和 HY 210409035），4-氯苯胺和苯并[a]芘未检出；汞检出浓度 0.020~0.875 mg/kg，低于修复目标值；TPH(C₁₀-C₄₀) 检出浓度 38~133 mg/kg，低于修复目标值。

表 6-8 土壤 II 区清挖土壤异位修复后检测结果

样品编号	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	4-氯苯胺	苯并[a]芘
BTY1	0.351	45	ND	ND
BTY2	0.57	74	ND	ND
BTY3	0.875	49	ND	ND
BTY4	0.266	38	ND	ND
BTY5	0.058	133	ND	ND
BTY6	0.023	133	ND	ND
BTY7	0.025	114	ND	ND
BTY8	0.023	47	ND	ND
BTY9	0.020	70	ND	ND
最小值	0.020	38	/	/
最大值	0.875	133	/	/
平均值	0.246	78.1	/	/

修复目标	10.4	826	2.96	0.54
是否达标	达标	达标	达标	达标

(二) 修复后土壤去向

根据环境监理单位提供的《毓恒码头及周边地块土壤修复工程土壤外运说明》，本地块异位修复达标土壤及清洁土全部运往镇江市丹徒区凤凰山庄陈丰采石场废弃矿坑的弃土场资源化利用。

6.3.6 潜在二次污染区效果评估

本项目潜在二次污染区包括地块内地下水输送路线、废水处理区、污染土壤转运路线、异位修复中心，其中废水处理区和异位修复中心仍在持续运行，用于处理毓恒码头及周边地块（CD 地块污染地下水及土壤），此两处区域不纳入本次效果评估工作范围。

(一) 抽出地下水输送路线

抽出地下水从土壤及地下水 I 区沿地块西侧输送至废水处理区，输送路线长约 100 m，沿输送路线在管线接口处布设 3 个采样点，共采集 4 个土壤样品（含 1 个平行样）。根据检测单位出具的检测报告（编号：HY210423094），邻(对)硝基氯苯未检出；TPH(C₁₀-C₄₀)检出浓度 74~221 mg/kg，低于修复目标值和 GB36600-2018 第一类用地筛选值。

表 6-9 地下水输送路线土壤检测结果

样品编号	检出浓度 (mg/kg)	
	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	邻(对)硝基氯苯
BQ1	74	ND
BQ2	221	ND
BQ3	67	ND
修复目标	826	11.85
第一类用地筛选值	826	/
是否达标	达标	达标

(二) 污染土壤转运路线

污染土壤通过密闭车辆转运至异位修复中心,转运路线长约 1000 m,效果评估检测沿输送路线在管线接口处布设 4 个采样点,共采集 5 个土壤样品(含 1 个平行样)。根据检测单位出具的检测报告(编号:HY210423098),邻(对)硝基氯苯、4-氯苯胺、萘未检出;汞检出浓度 0.033~0.061 mg/kg,TPH(C₁₀-C₄₀)检出浓度 75~376 mg/kg,苯并[a]芘检出浓度 ND~0.2 mg/kg,均低于修复目标值和 GB36600-2018 第一类用地筛选值。

表 6-10 污染土壤转运路线土壤样品检出汇总

样品编号	检出浓度 (mg/kg)		
	汞	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)	苯并[a]芘
BL1	0.047	134	ND
BL2	0.052	376	ND
BL3	0.061	97	0.2
BL4	0.033	75	ND
修复目标	10.4	826	0.54
是否达标	达标	达标	达标

6.3.7 回填土质量评估

土壤及地下水 I 区基坑利用来自南京市栖霞区燕子矶新城建筑垃圾(黄土)临时堆放点(土场)的土壤回填(详见附件“毓恒码头及周边地块土壤修复工程回填土来源说明”)。2020 年 12 月 21 日,检测单位开展回填土采样检测,回填土用量 1548 m³,按照采样单元不大于 500 m³的原则,采集 6 个土壤样品(含 1 个平行样),检测指标为 GB 36600-2018 表 1 中 45 项、pH、邻(对)硝基氯苯、TPH(C₁₀-C₄₀)。根据检测单位出具的检测报告(编号:HY20101902),回填土样品仅检出砷、汞、铅、镉、

铜、镍、TPH(C₁₀-C₄₀), 且检出浓度均低于 GB 36600-2018 第一类用地筛选值。

表 6-11 回填土样品检测结果汇总

点位名称	pH 值	砷	汞	铅	镉	铜	镍	TPH(C ₁₀ -C ₄₀)
	无量纲	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
B1H1	8.23	10.8	0.077	44.1	1.92	29	38	22
B1H2	8.16	10.1	0.1	42.5	1.92	28	37	12
B1H3	8.04	8.94	0.044	44.2	1.88	28	37	ND
B1H4	7.87	8.27	0.084	15.9	0.1	27	37	12
B1H5	7.74	8.27	0.057	13.7	0.08	26	35	15
最小值	7.74	8.27	0.044	13.7	0.08	26	35	12
最大值	8.23	10.8	0.1	44.2	1.92	29	38	22
平均值	8.008	9.276	0.0724	32.08	1.18	27.6	36.8	15.25
修复目标	/	/	/	/	/	/	/	826
第一类用地筛选值	/	20	8	400	20	2000	150	826
是否合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格	合格

注：“/”表示非本地块土壤修复关注因子。

6.3.8 抽出地下水处理评估

根据竣工报告和环境监理总结报告, 本地块施工期抽出基坑降水 393m³, 施工机具、车辆冲洗废水 16m³, 合计 409m³, 均输送至位于地块外南侧的废水处理中心集中处理。抽出地下水处理期间, 在环境监理的监督下, 施工单位采集 12 批次样品送检, 检测结果表明, 处理后废水满足铁北水处理厂接管标准, 即《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015)表 1B 级标准、《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表 4 三级标准。处理后废水均经规范化排口排入市政污水管网送铁北污水处理厂深度处理。

6.4 评估情况总结

本次效果评估采用逐一比对方法，以修复技术方案确定的修复目标值作为评价标准，地块内监测同时对比了 GB 36600-2018 第一类用地筛选值。经评估，结果总结如下：

1、土壤及地下水 I 区修复区内土壤及地下水均已清挖干净，基坑清挖合格。

2、土壤 II 区异位修复区清挖合格，原位修复区土壤修复效果合格。

3、土壤及地下水 I 区土壤异位氧化修复，经补充修复后，修复合格；土壤 II 区土壤异位氧化修复效果合格。异位修复达标土壤转运至镇江市丹徒区凤凰山庄陈丰采石场废弃矿坑的弃土场。

4、潜在二次污染区（抽出地下水输送路线、污染土壤转运路线）土壤检测合格。

5、土壤及地下水 I 区回填土污染物含量均满足 GB 36600-2018 第一类用地筛选值。

7 结论与建议

7.1 效果评估结论

1、本项目各项资料较齐全，内容较完整。通过资料审核、现场踏勘、人员访谈确认，施工单位总体按照实施方案进行施工，施工过程中各项环保措施落实情况及环境影响监测情况基本达到修复技术方案、环境影响评价报告表及其批复的要求，未出现安全事故及投诉事项。

2、本工程污染土壤实际清挖方量 5495.5 m³，采用密闭车辆运输异位修复中心开展氧化修复，运输过程未出现安全事故及二次污染。全部污染土壤均已按照修复技术方案要求完成异位氧化修复。

3、效果评估阶段总计采样送检 11 次，送检 133 个土壤样品（含 17 个平行样）和 9 个地下水样品（含 2 个平行样）。检测指标包含相应修复区修复目标污染物、相邻修复区目标污染物及调查阶段发现的超标但人体健康风险可接受的污染物；回填料检测指标为 pH、GB36600-2018 表 1 中 45 项及地块修复目标污染物；疑似二次污染区土壤样品，根据二次污染来源分析情况确定检测指标。苏州环优检测有限公司负责开展样品采集与检测分析。

4、根据苏州环优检测有限公司出具的检测报告（HY20101902、HY210423091、HY210423084、HY 21012921、HY210415025、HY20120845、HY21011448 、 HY21020143 、 HY210409035 、 HY210423094 和 HY210423098），采用逐个对比方法进行评估，具体如下：

1) 土壤及地下水 I 区修复区内土壤及地下水均已清挖干净，基坑清挖合格。

2) 土壤 II 区异位修复区清挖合格，原位修复区土壤修复效果达标。

3) 土壤及地下水 I 区土壤异位氧化修复，经补充修复后，修复达标；土壤 II 区土壤异位氧化修复效果合格。异位修复达标土壤转运至镇江市

丹徒区凤凰山庄陈丰采石场废弃矿坑的弃土场。

4)抽出地下水和地块内废水全部集中处理达标后通过规范化排口排入市政污水管网送铁北污水处理厂深度处理。

4)潜在二次污染区(抽出地下水输送路线、污染土壤转运路线)土壤检测达标。

5)土壤及地下水 I 区回填土污染物含量均满足 GB 36600-2018 第一类用地筛选值。

7.2 后续环境监管建议

1、由于土壤非均质性特征,建议在地块后期开发和使用过程中如发现异常情况,及时采取合理措施进行处理处置,保障再开发利用安全。

2、加强地块再开发利用前管理工作,避免出现随意倾倒及其他可导致本地块环境恶化行为。后续开发利用前,做好档案移交及技术交底工作。