

江苏丰山集团股份有限公司原厂区（草庙镇）
地块污染土壤修复项目
修复方案
（备案稿）



江苏大地益源环境修复有限公司

2021年8月

项目名称：江苏丰山集团股份有限公司原厂区（草庙镇）地块污染土壤修复项目

委托单位：江苏丰山集团股份有限公司

编制单位：江苏大地益源环境修复有限公司

工程设计资质：环境工程（水污染防治工程、固体废物处置工程、污染修复工程）

专项乙级 证书编号：A232021699-6/1

工程施工资质：环保工程专业承包一级资质 证书编号：D232011065

编制人员名单

序号	人员	职称/职务	负责内容
1	黄旋	工程师	方案编制
2	赵建	工程师	方案编制
3	郭宝蔓	工程师	方案编制
4	曾跃春	高级工程师	审核
5	刘志阳	高级工程师	审定

目 录

1. 总论	1
1.1 任务由来.....	1
1.2 编制依据.....	2
1.3 编制程序.....	6
1.4 编制原则.....	7
2. 场地问题识别	9
2.1 地块地理位置.....	9
2.2 区域地质及水文地质条件.....	11
2.3 地块地质及水文地质条件.....	13
2.4 地块历史.....	24
2.5 地块现状及规划.....	39
2.6 地块周边环境敏感目标.....	43
2.7 场地污染特征及关注污染物识别.....	44
2.8 污染风险评估.....	55
3. 场地修复策略	59
3.1 修复总体思路.....	59
3.2 场地修复目标.....	59
3.3 场地修复范围及拐点坐标.....	61
3.4 修复模式.....	70
4. 修复技术筛选	73
4.1 土壤修复技术简述.....	73
4.2 地下水修复技术简述.....	80

4.3 修复技术可行性评估.....	84
4.4 技术筛选结论.....	91
5. 修复方案设计.....	92
5.1 修复技术路线.....	92
5.2 A 区原位化学氧化方案设计.....	96
5.3 B 区原位化学氧化+抽出循环处理方案设计.....	112
5.4 循环水处理方案设计.....	121
5.5 总施工平面布置.....	125
6. 费用估算及修复工期.....	130
6.1 费用估算.....	130
6.2 修复工期.....	130
7. 环境管理及二次污染防治.....	133
7.1 修复工程监理.....	133
7.2 二次污染防范.....	139
7.3 场地环境监测.....	145
8. 工程验收监测计划.....	152
8.1 更新地块概念模型.....	153
8.2 评估对象及监测指标.....	153
8.3 采样布点.....	154
8.4 现场采样与实验室检测.....	160
8.5 样品保存、运输和储存.....	168
8.6 修复效果评估.....	170
9. 环境应急方案.....	173

9.1 应急组织机构.....	173
9.2 岗位职责.....	174
9.3 应急准备工作流程.....	174
9.4 应急响应机制.....	175
9.5 单项应急措施.....	178
9.6 应急演练.....	185
10. 效益分析	187
10.1 修复费用.....	187
10.2 环境效益、经济效益、社会效益.....	187
11. 结论与建议.....	189
11.1 结论	189
11.2 建议	189
附件.....	191
(1) 专家评审意见	191
(2) 专家签到表	192

1. 总论

1.1 任务由来

江苏丰山集团股份有限公司原厂区地块位于江苏省盐城市大丰区草庙镇双草线与通庆路的西北侧，地块总占地面积为 31213.4 m²，地块中心坐标为：经度 33.070111°，纬度 120.659238°。地块东侧为黄海复河，南侧越过双草线为疆界河，西侧为农田，北侧为农田和江苏丰山集团股份有限公司的植保试验基地。

项目地块在 1988 年之前为农田，1988 年 8 月大丰县农化二厂（江苏丰山集团股份有限公司的前身）在该地块建立并投产，1996 年更名为江苏丰山集团有限公司，在 2013 年该地块停产，并一直闲置至今，地块后续暂不开发利用。

项目地块作为工业用地利用，属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地。受江苏丰山集团股份有限公司的委托，江苏大地益源环境修复有限公司承担了江苏丰山集团股份有限公司原厂区（草庙镇）地块的土壤污染状况初步调查报告工作。初步调查显示，场地中土壤和地下水部分点位超标。根据土壤污染状况管理相关法规及标准规范要求，2020 年 10 月和 2021 年 5 月、6 月上海梵龄环境工程有限公司对地块进行了详细调查和风险评估。

调查结果显示地块内土壤中识别出了 4 种关注污染物：氯仿、苯、氯苯、乙苯，地下水中识别出了 11 种关注污染物：砷、石油烃

C₁₀-C₄₀、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、苯、甲苯、二甲苯（间&对二甲苯和邻二甲苯浓度之和）、氯苯、氯仿、乙苯、甲拌磷。

根据风险评估报告，部分土壤点位中的氯仿、苯、乙苯的致癌风险和氯苯的非致癌风险超过可接受水平，地下水点位中氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷的致癌风险和石油烃 C₁₀-C₄₀的非致癌风险超过可接受水平，须按照国家和江苏省的相关要求，对项目地块内相应污染区域进行土壤和地下水治理修复。受江苏丰山集团股份有限公司委托，我单位特编制本修复方案。

1.2 编制依据

1.2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日）
- (3) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月1日）
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日）
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日）
- (6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018年12月29日）
- (7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（修订草案）》（2020年9月1日）
- (8) 《中华人民共和国安全生产法》（2021年9月1日）
- (9) 《国家危险废物名录》（2021版）
- (10) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年10月1日）
- (11) 《危险化学品安全管理条例》（2013年12月27日）
- (12) 《建设工程质量管理条例》（国务院令第714号）

1.2.2 政策文件

- (1) 《污染地块土壤环境管理办法》（2017年7月1日）
- (2) 《突发环境事件应急管理办法》（2015年6月5日）
- (3) 《建设工程安全生产管理条例》（2004年2月1日）
- (4) 《环境保护公众参与办法》（2015年9月1日）
- (5) 《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）
- (6) 《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）
- (7) 《国务院关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知》（国发[2016]65号）

1.2.3 相关标准

- (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/T14848-2017）
- (3) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）
- (4) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- (5) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
- (6) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）
- (7) 《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ2.1-2019）

1.2.4 相关技术导则及规范

- (1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）
- (2) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）
- (3) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）

- (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修复效果评估技术导则(试行)》
(HJ25.5-2018)
- (6) 《大气污染物无组织排放检测技术导则》(HJ/T55-2000)
- (7) 《施工现场临时用电安全技术规范》(JGJ46-2005)
- (8) 《污染场地修复验收技术规范》(DB11/T783-2011)
- (9) 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)
- (10) 《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)
- (11) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2020)
- (12) 《2014年污染场地修复技术名录(第一批)》(环发[2014]75号)
- (13) 《水文水井地质钻探规程》(DZ/T0148-2014)
- (14) 《防治城市扬尘污染技术规范》(HJ/T393-2007)
- (15) 《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ194-2017)
- (16) 《固定源废气监测技术规范》(HJ/T397-2007)
- (17) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(环
保部 2014 年 11 月)
- (18) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(2018 年 1 月)
- (19) 《建设工程施工现场供用电安全规范》(GB50194-2014)
- (20) 《工程测量标准》(GB50026-2020)

1.2.5 其他资料

- (1) 《江苏丰山集团股份有限公司原厂区(草庙镇)地块土壤污染状况初步调查报告》(2020 年 10 月)
- (2) 《江苏丰山集团股份有限公司原厂区(草庙镇)地块土壤污染状况调查报告》(2021 年 1 月)

(3)《江苏丰山集团股份有限公司原厂区地块土壤污染状况风险评估报告》(2021年6月)

1.3 编制程序

本修复方案主要针对江苏丰山集团股份有限公司原厂区场地的土壤和地下水修复，包括修复模式的确定、修复技术的遴选；针对修复模式的确定、修复技术的遴选，综合考虑经济、技术、社会等各方面因素，综合评价各修复模式、修复技术的优劣，筛选出最适合本场地修复工程的模式和技术，编制最终修复方案。修复方案编制的工作程序如下图所示。

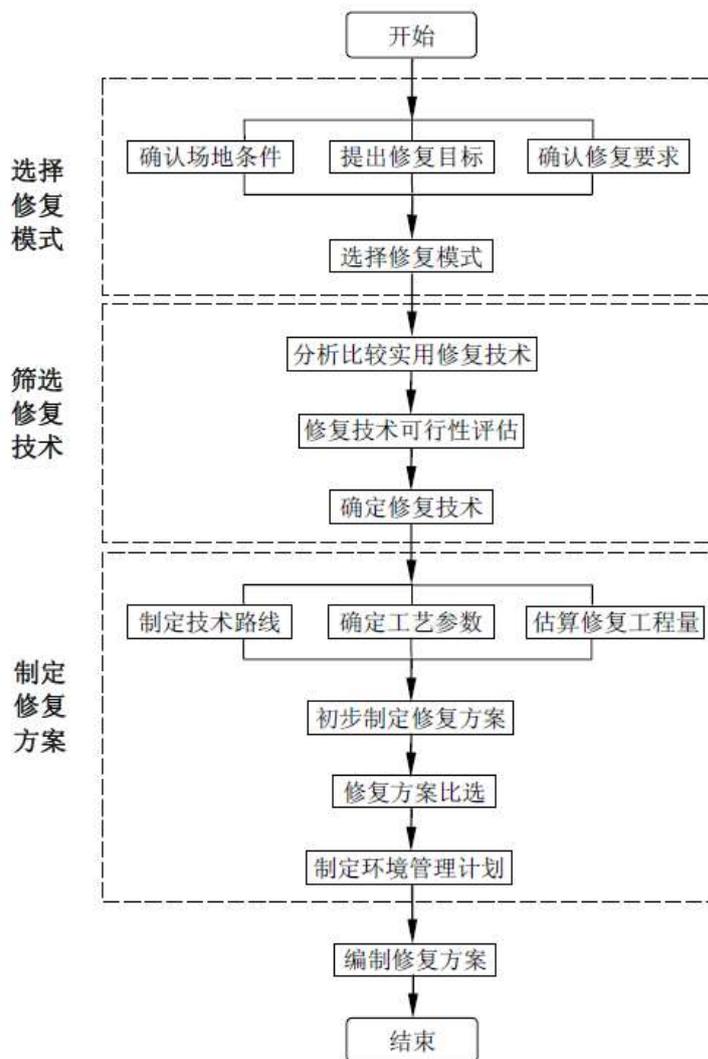


图 1.1-1 污染场地土壤修复方案编制程序

污染场地土壤修复方案编制分为以下三个阶段：

(1) 选择修复模式

在分析前期污染场地环境调查和风险评估资料的基础上，根据污染场地特征条件、目标污染物、修复目标、修复范围和修复时间长短，选择确定污染场地修复总体思路。

(2) 筛选修复技术

根据污染场地的具体情况，按照确定的修复模式，筛选实用的土壤修复技术，对土壤修复技术应用案例进行分析，从适用条件、对场地土壤修复效果、成本和环境安全性等方面进行评估。

(3) 制定修复方案

根据确定的修复技术，制定土壤修复技术路线，确定土壤修复技术的工艺参数，估算污染场地土壤修复的工程量，提出初步修复方案。从主要技术指标、修复工程费用以及二次污染防治措施等方面进行方案可行性比选，确定经济、实用和可行的修复方案。

1.4 编制原则

本方案的制定遵循“科学性、安全性、规范性、可行性、经济性”的总体原则。

科学性原则：采用科学的方法，综合考虑污染场地修复目标、土壤修复技术的处理效果、修复时间、修复成本、修复工程的环境影响等因素，制定修复方案。

安全性原则：在污染土壤处置的各个阶段，保证人员安全和环境安全，防止产生污染转移和二次污染。

规范性原则：土壤污染清理与修复中的各项工作均应遵循相关环保标准、规范以及相关环保部门批复的清理与修复方案的要求。

可行性原则：综合考虑气候条件、场地条件、技术条件和时间因素，采取因地制宜的措施，应对工程实施过程中遇到的问题制定可操作性强、易于工程实施的实施方案。

经济性原则：在保证修复效果的前提下，选择处理费用较低的修复方案或方案组合，以有效降低处理成本。

2. 场地问题识别

2.1 地块地理位置

本项目地块位于江苏省盐城市大丰区草庙镇双草线与通庆路的西北侧，地块总占地面积为 31213.4 m²，地块中心坐标（大地 2000 坐标）为：N 561554.582，E 3660724.612。地块东侧为黄海复河，南侧越过双草线为疆界河，西侧为农田，北侧为农田和江苏丰山集团股份有限公司的植保试验基地。地块地理位置见图 2.1-1，地块拐点坐标见表 2.1-1。

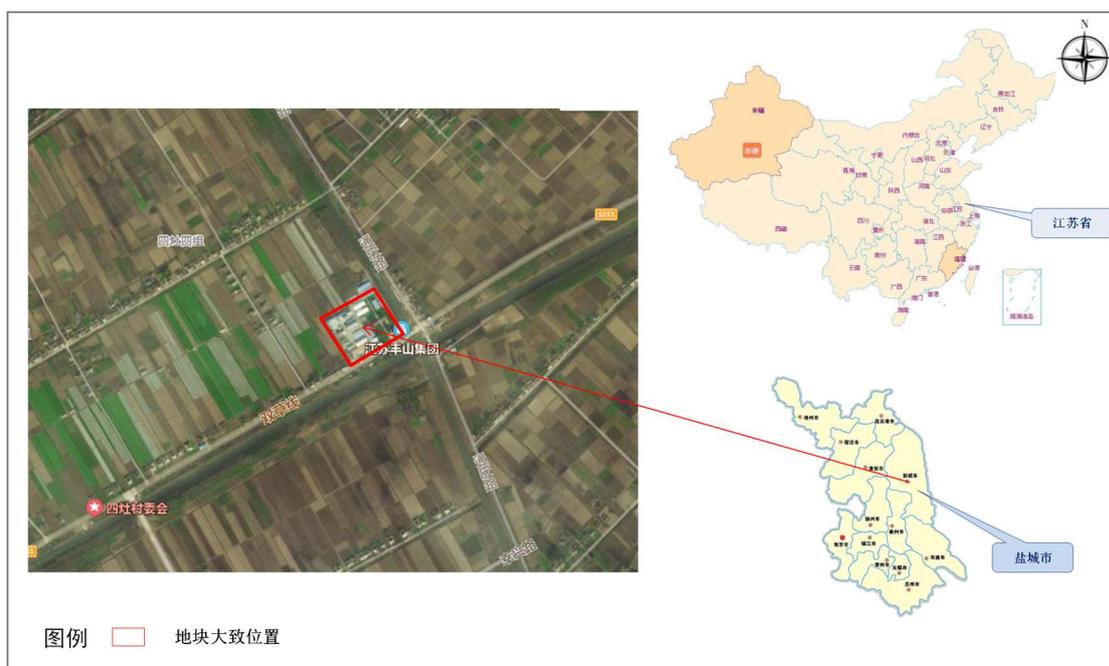


图 2.1-1 项目地块位置图

表 2.1-1 地块拐点坐标（大地 2000 坐标系）

拐点	N	E
d1	561422.518	3660738.010
d2	561603.069	3660839.450
d3	561687.922	3660700.368
d4	561512.474	3660595.100
d5	561467.815	3660665.917



土地产权证书红线范围，地块产证信息如图 2-2 和图 2-3 所示。

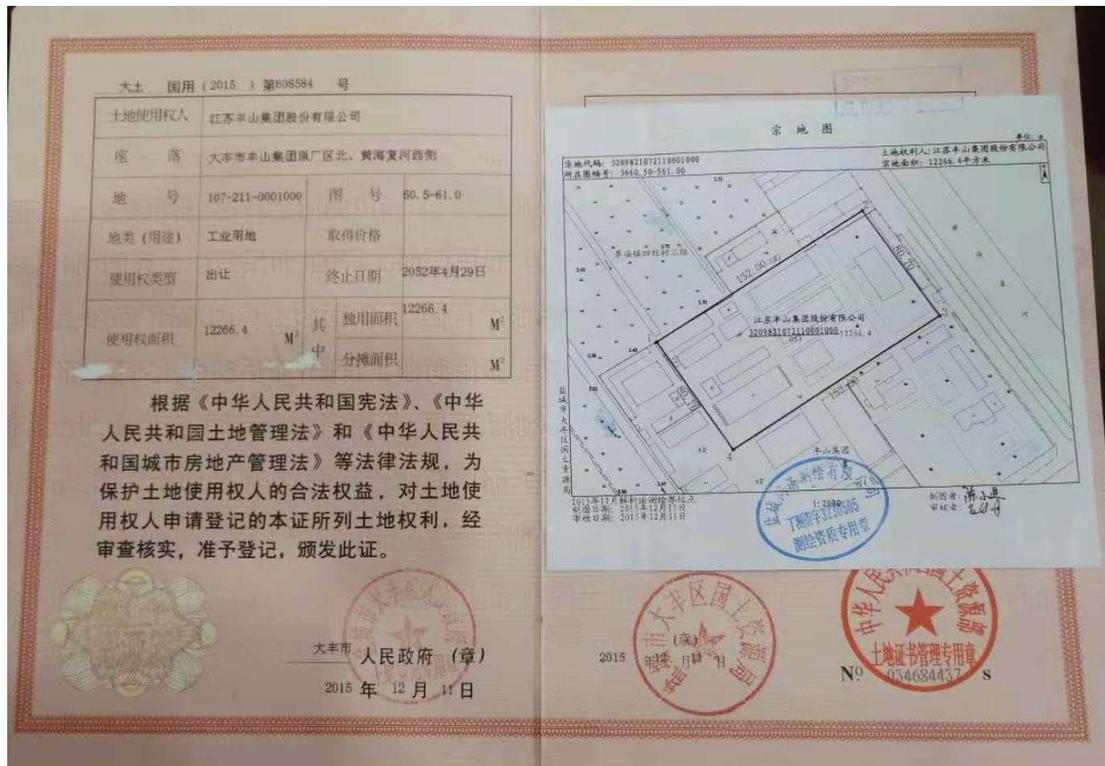


图 2.1-2 地块使用权信息



图 2.1-3 地块使用权信息

2.2 区域地质及水文地质条件

盐城市大丰区地处江苏省东部、黄海之滨，位于北纬 $32^{\circ}56'$ ~ $33^{\circ}36'$ ，东经 $120^{\circ}13'$ ~ $120^{\circ}56'$ 。东临黄海，西连兴化市，南与东台市接壤，北与盐城市亭湖区交界。拥有 112 公里长的海岸线，南北长 63 公里，东西宽 44 公里，总面积 3059 平方千米。

2.2.1 地形地貌

大丰区是淤积平原，地形南宽北窄，呈不规则的三角形，似葫芦。除沿海滩涂外，全区地势东高西低，南高北低。中部老斗龙港两侧为槽形洼地，宽 3~6 公里，自西南向东北纵贯全市。东南部川东港以南地区为高亢地。

2.2.2 地质条件

场地位于扬子地台区东部，基岩由中元古界海州群及张八岭群区域变质岩系组成，中生代地层发育较齐全，上第三系地层也有分布，

第四系以海相、三角洲相为主。大地构造位置处于我国大陆东部华北准地台和扬子准地台的衔接部位。属于新华夏系第二隆起带与淮阳山字型东翼反射弧及秦岭东西向复杂构造带的复合地带，地质构造复杂。区内主要构造体系有东西向构造、山字型构造、新华夏系构造等。场地附近地区无大的断裂。根据区域地质资料，晚近期均未发现活动迹象，场地区域地质稳定较好。

大丰海洋经济综合开发区所在区域为滨海平原，工程地质岩组划分属滨海海积平原松散岩组，地表为灰黄色亚砂土，结构松散、压缩性小、含盐量高，再往下为厚层的亚粘土层或亚砂土。海底底质沉积物分布，王港河口因位于辐射沙洲区域，水动力条件极为活跃，深槽及水下沙脊大面积分布着细沙，西洋深槽向岸则主要是沙脊粉砂、粉砂和粘土质粉砂，具有典型的潮流沙特征。

2.2.3 水文地质

大丰区水文地质条件简单，地下水的赋存受地层、岩性及微地貌控制，类型属于松散岩类孔隙水，其中浅层水水质较咸，矿化度高，无供水意义，深层水水质微咸，矿化度由深渐为淡水。

2.2.4 水资源

大丰区年自然降水量在 1000 毫米以上，丰水年达 2000 多毫米，欠水年最少也有 500 毫米。市境内有川东港、江界河、王港河、二卯西河、四卯西河、斗龙港、西潮河、大丰干河等入海河流，平均地面年径流量为 5.1 亿立方米，客水过境量为 25 亿立方米左右。大丰市地处黄河之滨，里下河水域下游，为滨海平原地带，区内松散岩类孔隙水可采资源为 1995 万 t/a，是该市居民生活、工农业生产的重要水源之一。大丰市在地质构造上属苏北拗陷的大丰凹陷，新生代地层发育，在 400m 以浅的松散岩类中有五个层水层组，为冲积沉降平原型

孔隙含水层。

项目所在地位于大丰市草庙镇四灶村，东临黄海复河和黄海公路，南靠疆界河公路及疆界河。黄海复河与疆界河在项目所在地东南角十字交汇，均受闸坝控制，常年流量较小，正常时间每天开闸两次，开闸时有一定流量。

疆界河是一条灌溉为主，排水为辅的干河，无水源保护地，由西向东全长 48.7 公里，流域面积 43.4 平方公里，西与串场河相接，东至竹港新闸，疆界河项目排污口所在河段平均河宽 20 米，河深 1.2 米。由于竹港新闸长年关闭疆界河黄海复河东侧基本无流量，黄海复河西侧疆界河上游水量主要通过黄海复河从王港河入海，枯水期实测流量为 4.08 立米/秒。黄海复河南起竹港河，北至新王港河，全长 10.5 公里，是草庙镇的主要排涝河道，流域面积 40 平方公里、河流平均宽度 25 米，平均水深 1.5 米，主要流向为由南向北，由新王港河入海，枯水期实测流量为 5.25 立米/秒。根据《江苏省地表水(环境)功能区划》，地块所在区域属于串场河-竹港新闸，沈灶草庙用水区，执行 III~IV 类水质标准。

地块所在区域地表水及地下水使用情况：在 2021 年 6 月 19 日对地块周边区域进行了走访，了解到周边区域的居民均未有使用地表水或地下水作为饮用的行为。

2.3 地块地质及水文地质条件

2.3.1 地块工程地质条件

中勘岩土（厦门）勘察设计有限公司对地块进行了地质勘察，钻设了地勘孔和静力触探孔，其中：

第一次勘察（2020 年 10 月）所完成了 2 个地勘孔（G1 和 G2）

和 1 个静力触探孔（C1），深度均为 15.0 m；第二次勘察（2021 年 5 月）所完成了 1 个静力触探孔（J1），深度为 50.0 m；第三次勘察（2021 年 6 月）所完成了 2 个地勘孔（TG1 和 TG2），深度均为 10.0 m。

此深度范围内的地基土，主要由饱和粘性土（局部分布）、粉性土组成，一般呈水平层理分布，地基土构成如下：

①层回杂填层：层厚 0.70~1.50 m，灰杂、湿、松散，上部局部以杂填土为主，含碎砖、碎石、建筑垃圾等，下部以粘性土为主，含植物根茎及少量细小杂物，土质不均，结构松散；

②层粘质粉土：层厚 2.60~3.30 m，灰色、饱和、稍密，含云母、铁质斑点，土性不均匀，摇震反应中等，无光泽，干强度、韧性中等；

③₁层砂质粉土：层厚 2.40~4.50 m，灰色、饱和、稍密，含云母，夹薄层粘性土，土性不均匀，摇震反应迅速，无光泽，干强度、韧性均低；

③_t层淤泥质粉质粘土：层厚 0.90~1.70m，灰色、饱和、流塑，含云母，夹薄层粉性土，土性不均匀，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等；

③₂层砂质粉土：层厚 5.80~12.90m，灰色、饱和、中密~密实，含云母，夹薄层粘性土，摇振反应迅速，无光泽，干强度低、韧性低；

③_{2夹}层砂质粉土：层厚 6.60m，灰色、饱和、中密，含云母，夹薄层粘性土，局部粘性土含量较高，土性不均匀，摇振反应迅速，无光泽，干强度低、韧性低；

③₃层砂质粉土：未钻穿，灰色、饱和、稍密~中密，含云母，夹薄层粘性土，局部呈互层状，土性不均匀，摇振反应迅速，无光泽，干强度低、韧性低。

现场采样过程中采集到的土工试验样品照片如下所示。

	
<p>地块中部区域钻设地勘孔</p>	<p>地块西北部区域钻设地勘孔</p>
	
<p>土工试验样品</p>	<p>土壤样品 - 灰黄色砂质粉土</p>
	
<p>土壤样品 - 灰色淤泥质粉质粘土</p>	<p>土壤样品 - 灰色淤泥质粉质粘土</p>

表 2.3-1 土壤理化性质（样品深度 0.5-1.0m）2020 年 10 月

孔号	取土深度	天然状态下的物理性指标						渗透系数		有机质
		含水量	密度	容重	比重	饱和度	孔隙比	温度 20°C	温度 20°C	
	W	ρ	γ	G	Sr	e	K _v	K _H		
	m	%	g/cm ³	kN/m ³		%		cm/s	cm/s	g/kg
G2-1	0.5-1.0	26.2	1.99	19.5	2.71	93	0.779	2.1E-05	3.4E-05	3.5
G2-2	4.0-4.5	29.0	1.93	18.9	2.71	92	0.826	3.1E-05	4.6E-05	2.3

表 2.3-2 土壤理化性质（样品深度 0.5-1.0m）2021 年 5 月

样品编号	室内编号	颗粒分析				天然状态下的物理性指标								渗透系数		有机质	
		粉粒			粘粒	含水量	密度	干密度	容重	干容重	比重	饱和度	孔隙比	孔隙度	温度 20°C		温度 20°C
		0.075-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	<0.005												
		mm	mm	mm	mm	ω	ρ	ρ_d	γ	γ	G	Sr	e	n	K _v		K _H
		%	%	%	%	%	g/cm ³	g/cm ³	kN/m ³	kN/m ³		%		%	cm/s		cm/s
TG1	69472	15	62.7	8.8	13.5	26.8	1.92	1.51	18.8	14.8	2.71	92	0.790	44.1	3.31E-05	4.64E-05	2.2

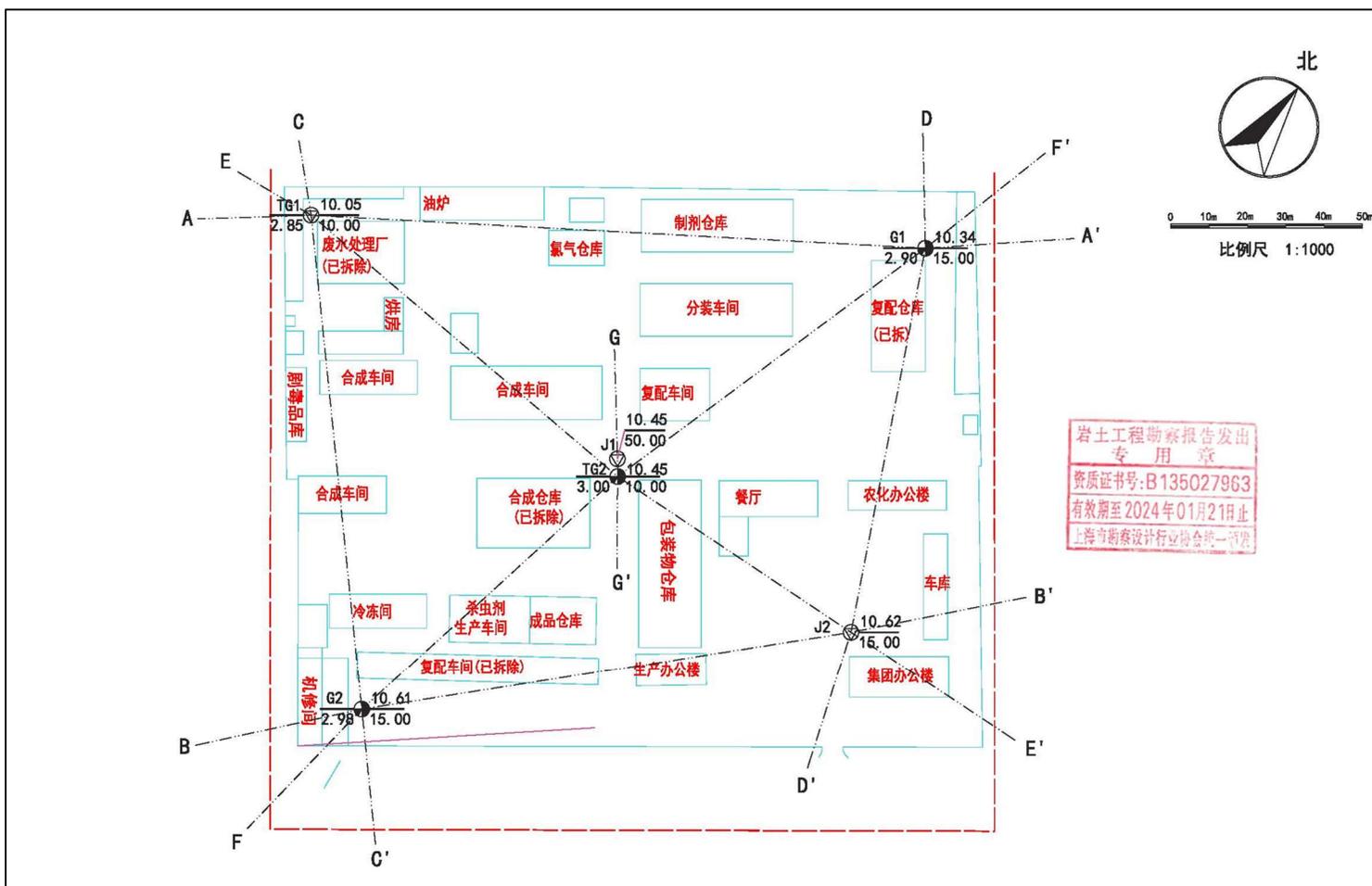
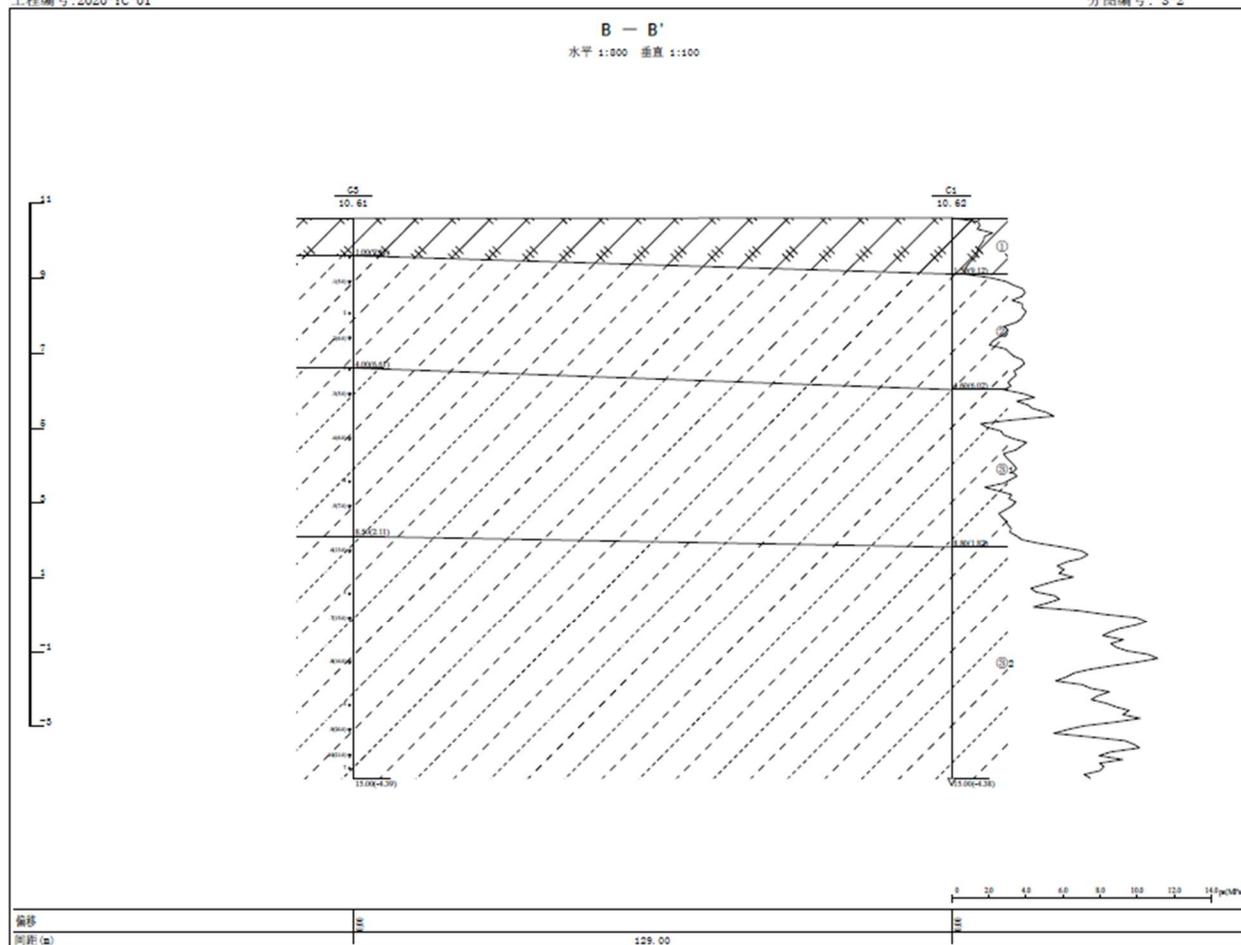


图 2.3-1 2020 年 10 月详细调查静力触探及初勘点位布设图

工程地质剖面图

工程编号: 2020-YC-01

分图编号: 3-2



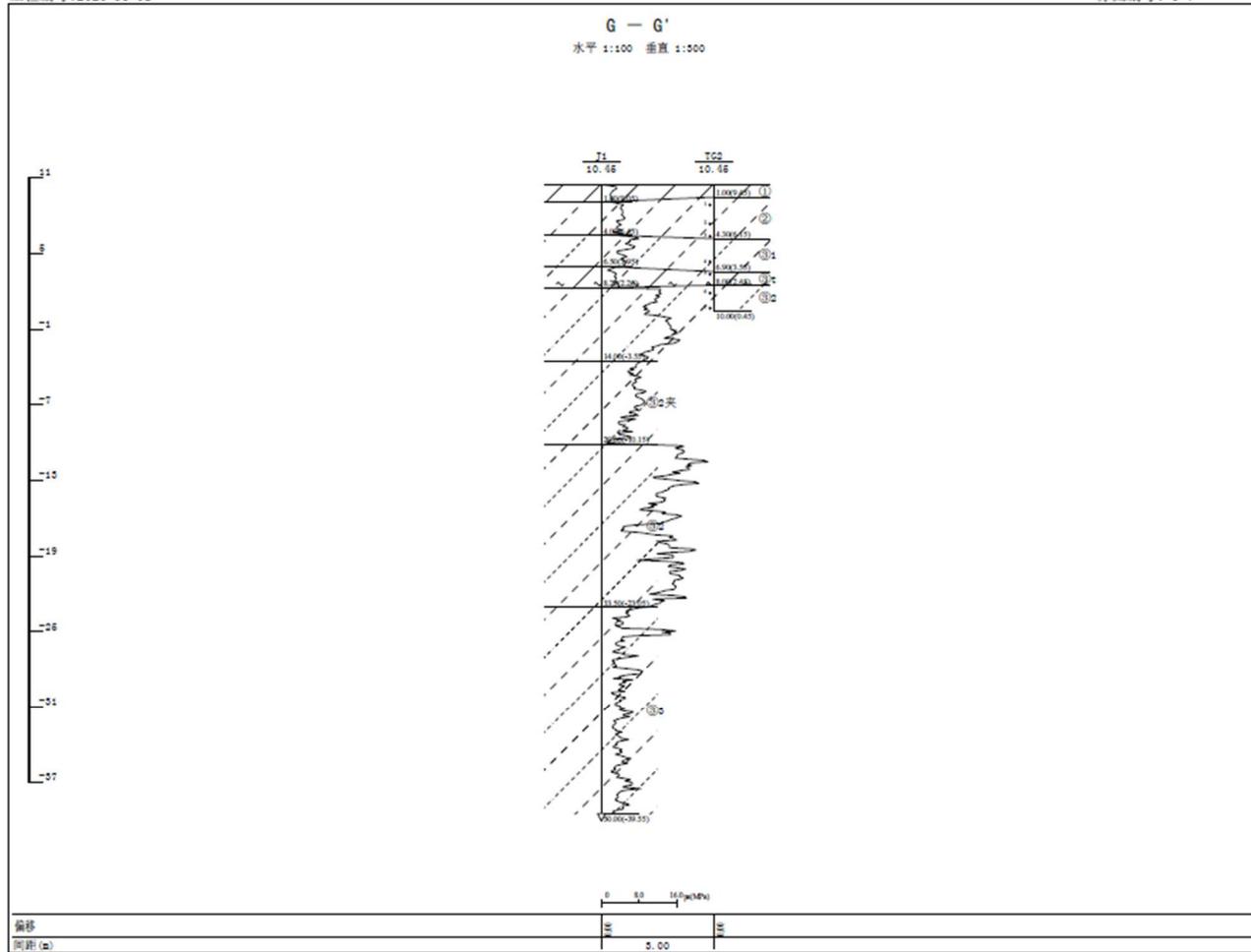
杂填土
 粘质粉土
 砂质粉土
 粉质黏土

图 2.3-3 工程地质剖面图 (B-B')

工程地质剖面图

工程编号:2020-YC-01

分图编号: 3-7



杂填土
 粘质粉土
 砂质粉土
 粉质黏土

图 2.3-4 工程地质剖面图 (G-G')

2.3.2 地块水文地质条件

详细调查期间（2020年10月）对地块内监测井的地下水位进行了测量，地下水埋深（潜水含水层）介于2.08~3.21m之间，地下水高程在6.64~7.97m之间（大地高，大地2000高程体系）。详细调查期间对地块进行了工程地质勘察，根据勘察资料显示，项目地块调查范围内的地下水类型属于孔隙潜水。

在2021年6月19日5个监测井的水位进行了测量，5个地下水监测井中，地下水埋深（潜水含水层）介于1.96~3.39m之间，地下水高程在7.50~8.09m之间（大地高，大地2000高程体系）。地下水的大致流向为西北向东南，与初调地块地下水流向基本保持一致。

地下水高程情况见表2.3-3和2.3-4，地下水流向图见图2.3-5和2.3-6。

表 2.3-3 2020 年 10 月期间地下水高程测量结果

点位编号	地面高程 (m)	管口高程 (m)	管口到地下水位距离 (m)	地下水高程 (m)	地下水埋深 (m)
DMW1	10.05	10.23	2.26	7.97	2.08
DMW2	10.62	10.68	3.25	7.43	3.19
DMW3	10.75	10.90	4.26	6.64	4.11
DMW4	11.07	11.36	3.80	7.56	3.50
DMW5	10.96	11.19	3.44	7.75	3.21

表 2.3-4 2021 年 6 月期间地下水高程测量结果

点位编号	地面高程 (m)	管口高程 (m)	管口到地下水位距离 (m)	地下水高程 (m)	地下水埋深 (m)
DMW1	10.05	10.23	2.14	8.09	1.96
DMW2	10.62	10.68	3.18	7.50	3.12
DMW3	10.75	10.90	3.24	7.66	3.09
DMW4	11.07	11.36	3.68	7.68	3.39
DMW5	10.96	11.19	3.36	7.83	3.13

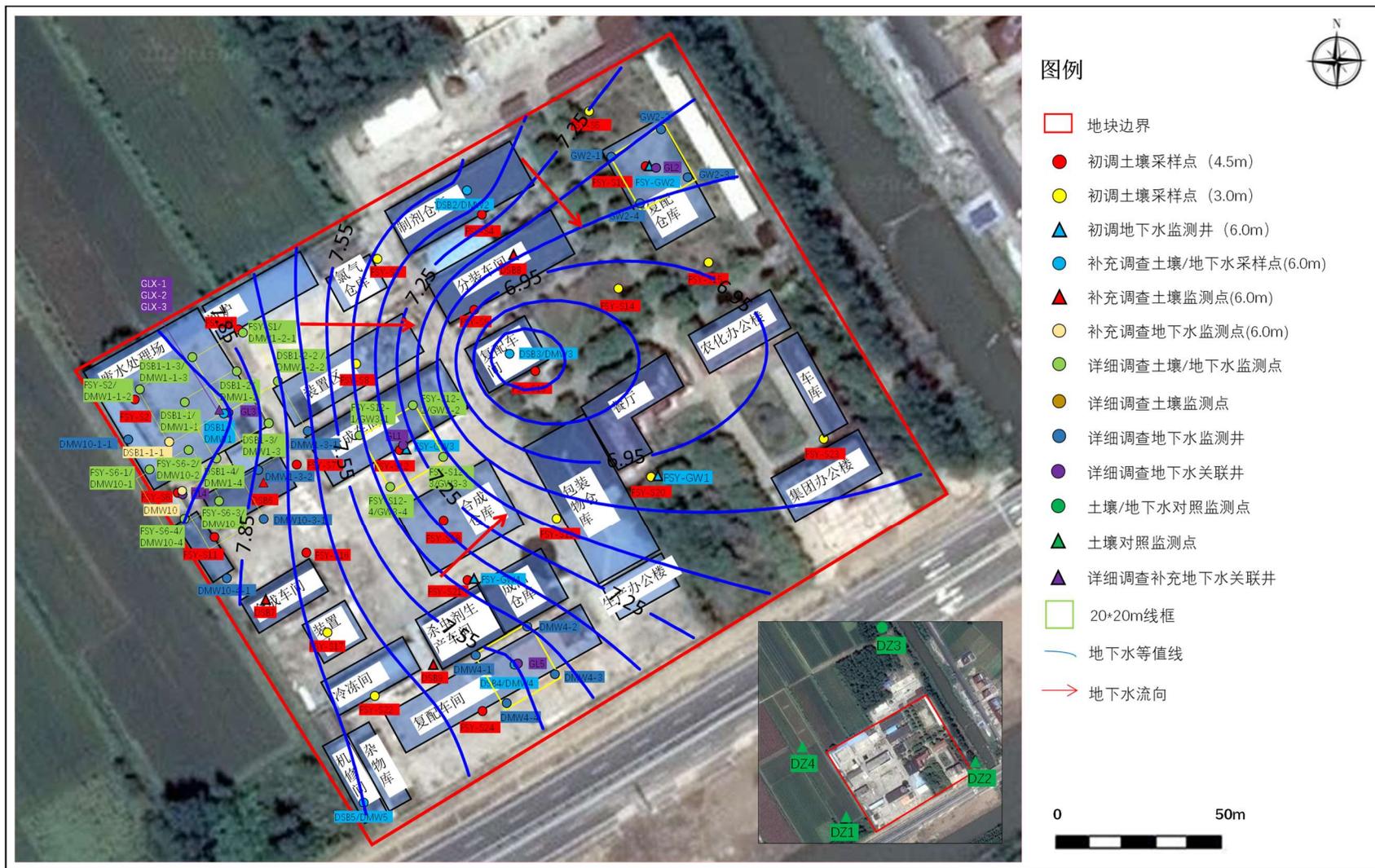


图 2.3-5 地下水流向图 (2020.10.24)

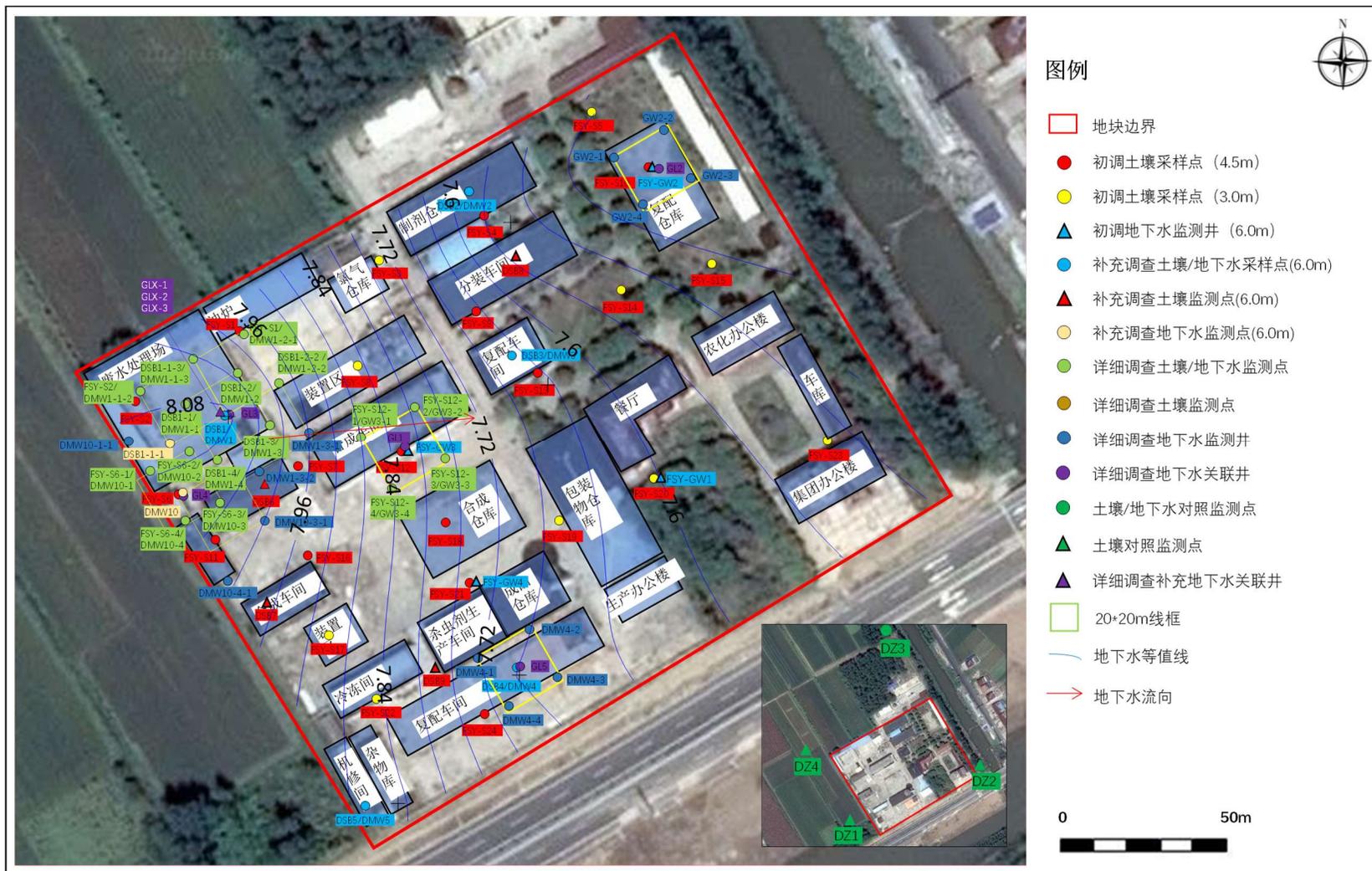
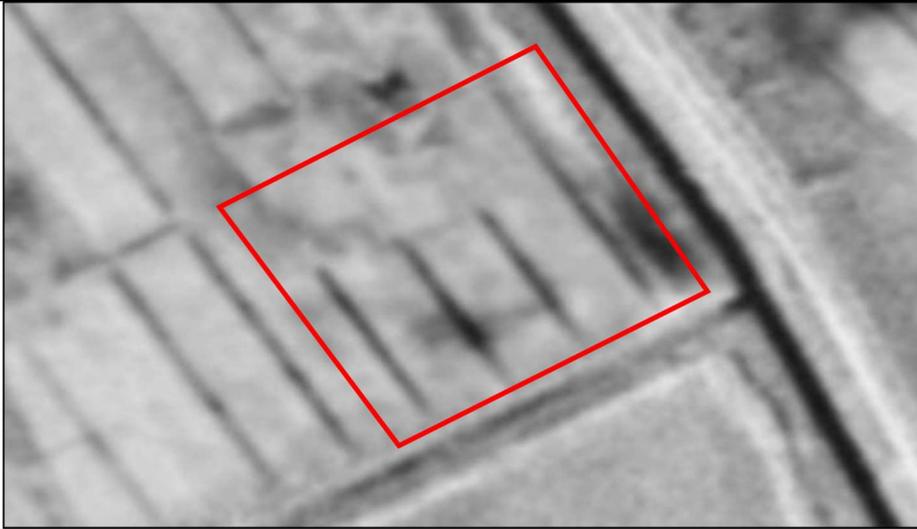


图 2.3-6 地下水流向图 (2021.6.19)

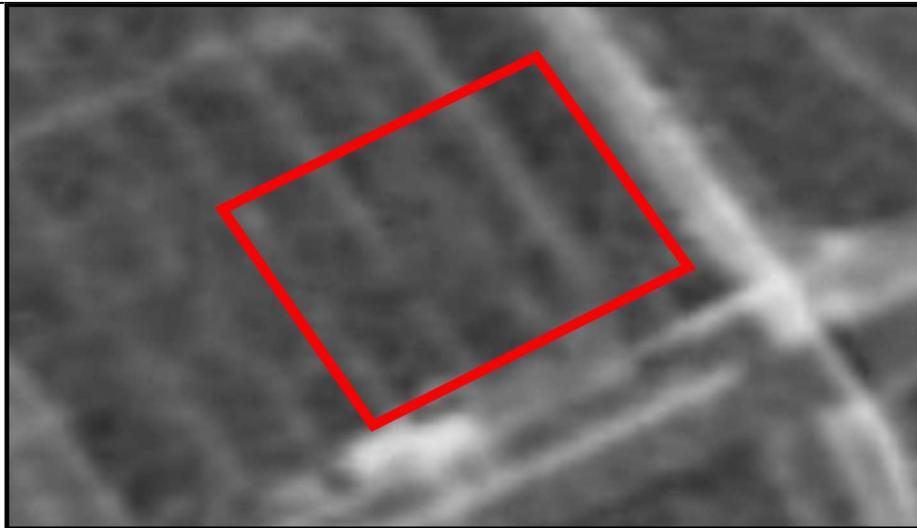
2.4 地块历史

2.4.1 地块土地历史使用情况

项目地块为江苏丰山集团股份有限公司原厂区（原名为江苏丰山集团有限公司）。公司始建于1988年8月，占地面积为31213.4m²（约46.8亩），前身为大丰县农化二厂，1996年更名为江苏丰山集团有限公司，于2013年停产并搬离草庙镇，新厂址在大丰港华丰工业园区，并更名为江苏丰山集团股份有限公司。原厂区在产期间主要从事农药的研发和生产。场地上曾存在快杀灵乳油、3%甲拌磷粉剂、辛硫磷原药、精喹原药、氰戊菊酯、克螨特原药、吡虫啉、啉虫脒原药等生产项目。根据盐城天地图、Google地图，项目地块历史情况见图2.4-1。由场地历史卫星图可知，该场地近5年来厂区内主体设施发生了一定的改变。据了解，由于政府修路规划，该厂区南端部分厂房被拆除。另外，在停产后，场地上的部分车间被拆除。



1966年历史卫星图（天地图）：地块为农田



1976年历史卫星图（天地图）：地块为农田



2005年历史卫星图（天地图）：地块内有构筑物



2012年历史卫星图（天地图）：地块内有生产车间、合成车间等构筑物



2013年12月7日历史卫星图（谷歌地图）：地块内构筑物没有明显变化



2014年5月22日历史卫星图（谷歌地图）：地块内构筑物没有明显变化



2017年5月13日历史卫星图（谷歌地图）：地块内部分构筑物已拆除



2019年7月15日历史卫星图（谷歌地图）：地块内构筑物没有明显变化



2020年历史卫星图（天地图）：地块内构筑物没有明显变化

图 2.4-1 地块历史卫星图片（来源：天地图、谷歌地图）

2.4.2 地块历史及生产工艺情况

历史平面布置图

根据收集到的环评资料显示，江苏丰山集团股份有限公司原厂区在产期间主要从事农药的研发和生产。该地块在产期间主要包括杀虫剂生产车间、合成车间、分装车间、制剂仓库、复配车间、包装物仓库以及办公楼等构筑物。江苏丰山集团股份有限公司原厂区的历史平面图如图 2.4-2 所示。



图 2.4-2 地块平面布置图

生产工艺

根据收集到的环评资料显示，江苏丰山集团股份有限公司原厂区在产期间主要从事农药的研发和生产。主要产品有年产 25%快杀灵乳油 600 吨、3%甲拌磷粉剂 1000 吨、辛硫磷原药 2000 吨、克螨特原药 400

吨、氰戊菊酯原药 300 吨、精喹原药 50 吨、啶虫脒原药 200 吨、吡虫啉 400 吨，其中辛硫磷、克螨特、吡虫啉、啶虫脒、氰戊菊酯及精喹项目为合成法生产原药，其它复配生产。该厂区主要用到的原辅材料有双环戊二烯、丙烯醛、甲苯、丙烯腈、三氯氧磷、亚硝酸钠、苯乙腈、溴代异丙烷、醚醛、氯仿、液氯、液碱等。

该厂区部分产品的工艺流程及主要的反应式如下：

(1) 吡虫啉

吡虫啉工艺流程简述：

一次加成反应：将定量的丙烯醛和环戊二烯加入反应釜中，控制温度在 $0^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 保温反应数小时、中控合格后升温脱溶得环庚-2-醛-5 烯。

二次加反应：将定量的丙烯腈，环庚-2-醛-5 烯、氢氧化钾、甲苯投入反应釜中，控制温度在 $26-30^{\circ}\text{C}$ 保温 8 小时，中控合格后加盐酸调 pH 至 3-4，加入 NaCl 盐水搅拌 5 小时，静置分层，有机层水洗两将分去水层，升温脱甲苯，甲苯脱光得[2,2,1]环庚-2 醛-2 β -丙腈-5-烯。

裂解反应：将定量的二辛酯，CCN 抽入裂解釜中，开夹套油升温至 $90-95^{\circ}\text{C}$ ，回流 1 小时，收集前馏份，当顶温稳定在 95°C 时，收集 $95-10^{\circ}\text{C}$ 的中馏份 4-醛基-4-戊烯腈。

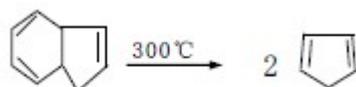
环合反应：将定量的 CFN、DMF 投入反应釜中，控制温度在 $0-5^{\circ}\text{C}$ ，开始通氯气、中控合格后停通氯气，保温 1 小时，升温脱溶温度不超过 25°C ，抽干后将甲苯加入反应釜，控制温度 -2°C 以下，滴加定量的三氯氧磷，约 2 小时滴加完毕后增升温到 90°C 保温 8 小时，中控合格后，冷却至 30°C ，加入 Na_2CO_3 溶液，使 pH6-7 分层，有机层水洗两次，负压脱甲苯粗品 2-氯-5-氯甲基吡啶。精馏得成品。

缩合反应：将定量的丁酮、2-氯-5-氯甲基吡啶，咪唑烷、 K_2CO_3 投入到反应釜中升温到 $60-65^{\circ}\text{C}$ 保温 4 小时、中控合格后加水水洗，分层，

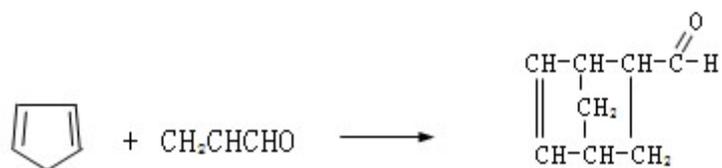
有机层冷却结晶，过滤烘干得吡虫啉成品。

吡虫啉项目反应原理：

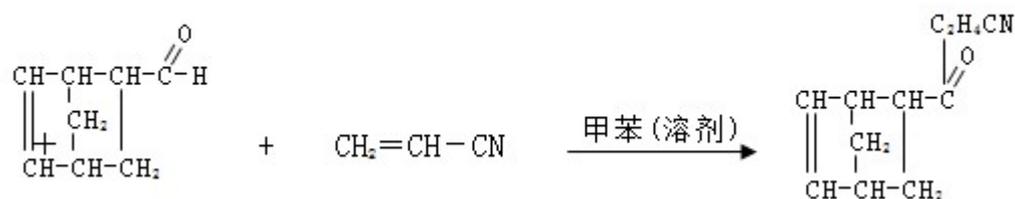
①裂解



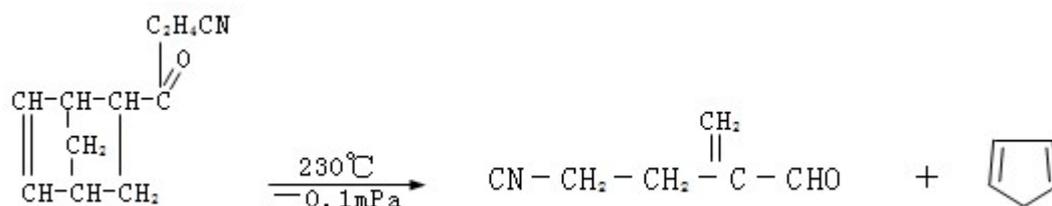
②合成



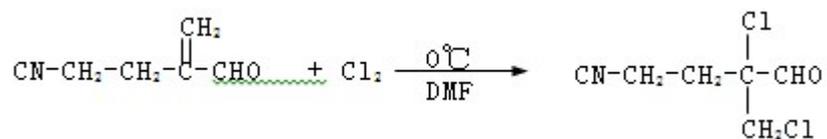
③合成



④裂解



⑤氯化

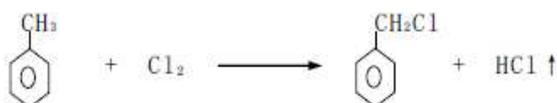


⑥环氧化

主反应：



副反应:



⑦吡虫啉合成

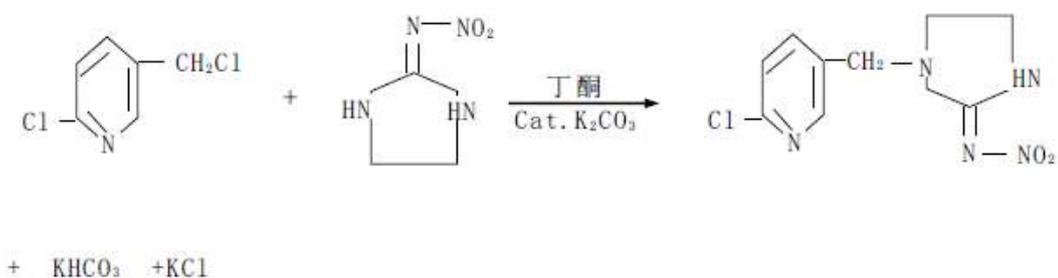


表 2.4-1 年产 400 吨吡虫啉项目原辅料用量情况表

序号	名称	单位	用量	来源
1	双环戊二烯(99.5%)	吨/年	259.2	外购
2	丙烯醛(99%)	吨/年	231.8	
3	甲苯(99.5%)	吨/年	65.4	
4	丙烯腈(99.5%)	吨/年	260	
5	催化剂(≥98%)	吨/年	20	
6	氢氧化钠(30%)	吨/年	480	副产品
7	盐酸(30%)	吨/年	160	
8	液氯(99.6%)	吨/年	184.4	外购
9	三氯氧磷(99%)	吨/年	240	
10	咪唑烷(≥98%)	吨/年	280	
11	Na ₂ CO ₃ (≥98%)	吨/年	166.2	
12	丁酮(≥98%)	吨/年	3.8	

(2) 啶虫脒

啶虫脒工艺流程简述:

胺化: 将定量的 2-氯-5-氯甲基吡啶和甲胺、氯仿投入反应釜中, 在 5-10℃保温反应数小时, 中控合格后, 加入碱水水洗、分层负压脱去氯仿得胺化物。

酯化：将定量的胺化物，N-氰基-N-甲基亚氨酸乙酯，乙醇投入反应釜中，升温到 60-70℃，保温反应 4 小时中控合格后，冷却至-50℃，搅拌 4 小时，离心过滤，烘干得啉虫脒产品。

表 2.4-2 年产 400 吨啉虫脒项目原辅料用量情况表

序号	名称	单位	用量	来源
1	环戊二烯 (99.5%)	吨/年	129.6	外购
2	丙烯醛 (99%)	吨/年	115.9	
3	甲苯 (99.5%)	吨/年	32.7	
4	丙烯腈 (99.5%)	吨/年	130	
5	催化剂 (≥98%)	吨/年	10	
6	氢氧化钠 (30%)	吨/年	340	
7	盐酸 (30%)	吨/年	80	副产品
8	液氯 (99.6%)	吨/年	92.4	外购
9	三氯氧磷 (99%)	吨/年	120	
10	甲胺 (≥98%)	吨/年	36.9	
11	氯仿 (≥98%)	吨/年	9.5	
12	乙酯 (≥98%)	吨/年	127.1	

(3) 氰戊菊酯

氰戊菊酯工艺流程如图 2.4-3 所示

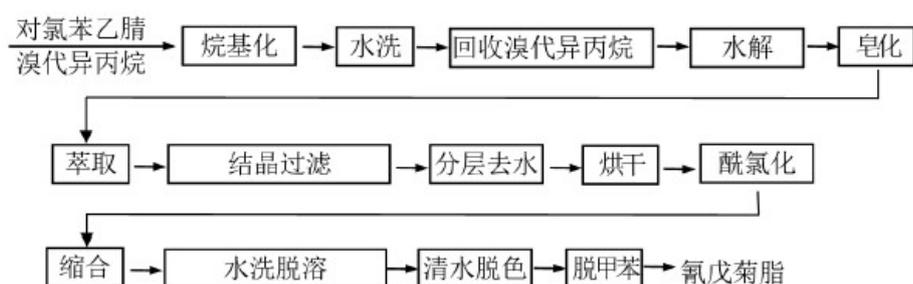


图 2.4-3 氰戊菊酯工艺流程图

甲苯回收：48.65 (皂化工序) + 99.9 (萃取) → 134.78(回收) + 13.77 (釜底液)

表 2.4-3 年产 300 吨氰戊菊酯原药项目原辅料用量情况表

序号	名称	单位	用量	来源
1	对氯苯乙腈（97%）	吨/年	127.32	外购
2	溴代异丙烷（98%）	吨/年	127.32	外购
3	甲苯	吨/年	727.75	外购
4	氢氧化钠（50%）	吨/年	272.82	外购
5	硫酸（98%）	吨/年	246.56	外购
6	氢氧化钠（25%）	吨/年	170.95	外购
7	盐酸（30%）	吨/年	156.15	外购
8	氯化亚砷（95%）	吨/年	120.29	外购
9	氰化钠（97%）	吨/年	47.17	外购
10	次氯酸钠	吨/年	36.86	外购
11	醚醛（96%）	吨/年	147.72	外购
12	催化剂	吨/年	6.82	外购

(4) 辛硫磷

辛硫磷工艺流程如图 2.4-4 所示。

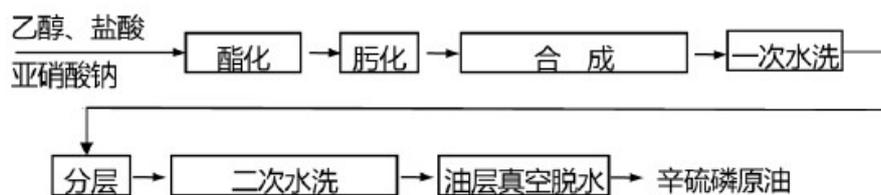


图 2.4-4 辛硫磷工艺流程图

表 2.4-4 年产 2000 吨辛硫磷原药项目原辅材料用量情况表

序号	名称	单位	用量	来源
1	乙醇（95%）	吨/年	689.76	外购
2	亚硝酸钠（20%）	吨/年	3372.78	外购
3	盐酸（30%）	吨/年	1353.39	外购
4	苯乙腈（95%）	吨/年	902.88	外购
5	液碱（30%）	吨/年	1270.71	外购
6	乙基氯化物（90%）	吨/年	1316.08	外购

(5) 精啶原药

精啶原药工艺流程如下所示。

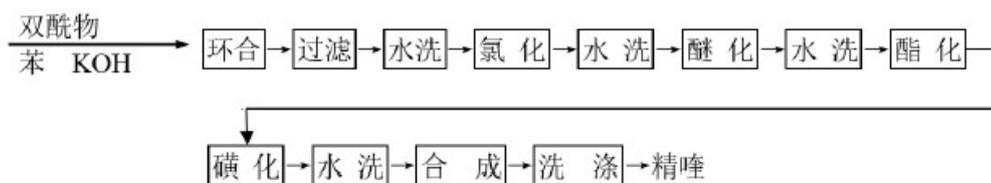


图 2.4-5 精啶原药工艺流程图

表 2.4-5 年产 50 吨精喹原药项目辅材料用量情况表

序号	名称	单位	用量	来源
1	双酞物 (95%)	吨/年	48.2	外购
2	氢氧化钾 (90%)	吨/年	55.5	外购
3	苯	吨/年	119.2	外购
4	硼氢酸钾 (95%)	吨/年	5.5	外购
5	盐酸 (30%)	吨/年	68.7	外购
6	氯化亚砷 (99%)	吨/年	61.2	外购
7	甲苯	吨/年	251.8	外购
8	氢氧化钠 (96%)	吨/年	14.6	外购
9	对苯二酚 (99%)	吨/年	26.8	外购
10	乳酸 (86%)	吨/年	19.7	外购
11	乙醇 (99.8%)	吨/年	37.6	外购
12	硫酸 (98%)	吨/年	0.2	外购
13	碳酸钙	吨/年	2	外购
14	对甲苯磺酰氯	吨/年	32.9	外购
15	乙腈 (99%)	吨/年	142.8	外购
16	三乙胺 (99%)	吨/年	18.8	外购
17	碳酸钾 (99%)	吨/年	70.2	外购

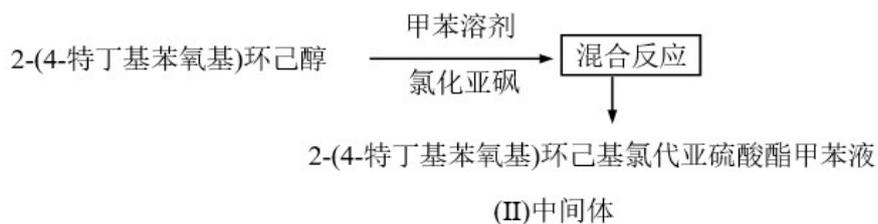
(6) 克螨特

克螨特工艺流程如下所示。

① 加成反应



② 磺化反应



③ 酯化反应

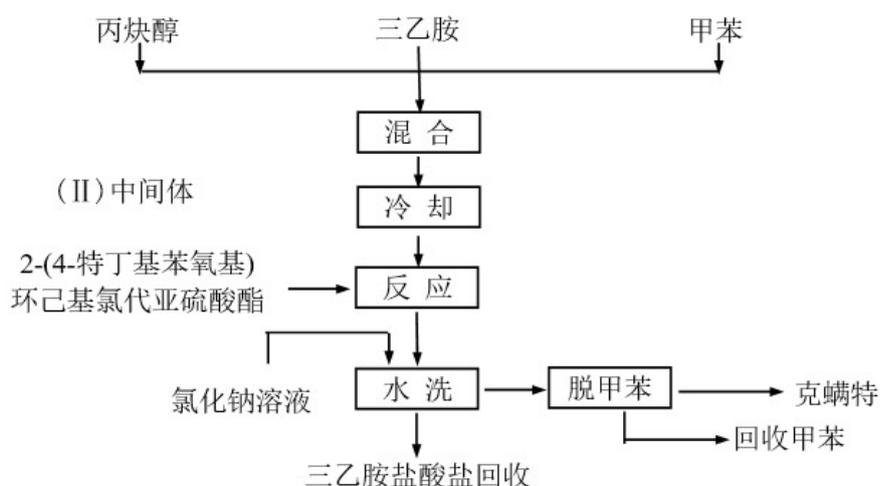


表 2.4-6 年产 400 吨克螨特原药项目主要原辅材用量表

序号	名称	单位	用量	来源
1	4-特丁基酚（98%）	吨/年	202.6	外购
2	环氧环己烷（98%）	吨/年	159.0	外购
3	氢氧化钠（96%）	吨/年	1.67	外购
4	氯化亚砷（98%）	吨/年	190.4	外购
5	丙炔醇（98%）	吨/年	80.67	外购
6	三乙胺（无水）	吨/年	158.6	外购

原辅材料

地块在产期间各生产工艺所用原辅材料情况汇总见表 2.4-7。

表 2.4-7 地块在产期间原辅材料汇总

序号	名称	工艺	单位	用量
1	双环戊二烯	吡虫啉项目、啶虫脒项目	吨/年	388.8
2	丙烯醛	吡虫啉项目、啶虫脒项目	吨/年	347.7
3	甲苯	吡虫啉项目、啶虫脒项目、氰戊菊酯原药项目、精喹原药项目、克螨特原药项目	吨/年	2004.85
4	苯	精喹原药项目	吨/年	119.2
5	对苯二酚	精喹原药项目	吨/年	26.8
6	三氯氧磷	吡虫啉项目、啶虫脒项目	吨/年	144
7	丁酮	吡虫啉项目	吨/年	3.8
8	甲胺	啶虫脒项目	吨/年	36.9

序号	名称	工艺	单位	用量
9	乙酯	啶虫脒项目	吨/年	127.1
10	溴代异丙烷	氰戊菊酯原药项目	吨/年	127.32
11	咪唑烷	吡虫啉项目	吨/年	280
12	氯化亚砷	氰戊菊酯原药项目、精喹原药项目、克螨特原药项目	吨/年	371.89
13	醚醛	氰戊菊酯原药项目	吨/年	147.72
14	丙烯腈	吡虫啉项目、啶虫脒项目	吨/年	390
15	对氯苯乙腈	氰戊菊酯原药项目	吨/年	127.32
16	苯乙腈	辛硫磷原药项目	吨/年	902.88
17	乙腈	精喹原药项目	吨/年	142.8
18	乙基氯化物	辛硫磷原药项目	吨/年	1316.08
19	氯仿	啶虫脒项目	吨/年	9.5
20	对甲苯磺酰氯	精喹原药项目	吨/年	32.9
21	三乙胺	精喹原药项目、克螨特原药项目	吨/年	177.4
22	环氧环己烷	克螨特原药项目	吨/年	159
23	丙炔醇	克螨特原药项目	吨/年	80.67
24	乙醇	辛硫磷原药项目、精喹原药项目	吨/年	727.36
25	碳酸钠	吡虫啉项目	吨/年	166.2
26	碳酸钙	精喹原药项目	吨/年	2
27	氯化钠	克螨特原药项目	吨/年	57.02
28	氰化钠	氰戊菊酯原药项目	吨/年	47.17
29	氢氧化钾	精喹原药项目	吨/年	55.5
30	次氯酸钠	氰戊菊酯原药项目	吨/年	36.86
31	氢氧化钠	吡虫啉项目、啶虫脒项目、氰戊菊酯原药项目、精喹原药项目、克螨特原药项目	吨/年	1109.09
32	碳酸钾	精喹原药项目	吨/年	70.2
33	亚硝酸钠	辛硫磷原药项目	吨/年	3372.78
34	盐酸	吡虫啉项目、啶虫脒项目、氰戊菊酯原药项目、辛硫磷原药项目、精喹原药项目	吨/年	1818.24
35	乳酸	精喹原药项目	吨/年	19.7
36	硫酸	氰戊菊酯原药项目、精喹原药项目	吨/年	246.76
37	液氮	吡虫啉项目、啶虫脒项目	吨/年	276.8

调查地块在产期间产生的“三废”情况

(1) 废水

厂区的废水主要来源于生产项目的工艺废水、锅炉排污水、冷却塔锅炉排污水、冷却塔生活污水、绿化用水、地面冲

洗水及初期雨水等。

各生产项目产生的工业废水来源有：辛硫磷项目废水污染源有酯化工序、分层工序、水洗工序及油层真空脱水工序；氰戊菊酯项目废水污染源有烷基化工序、水洗工序、水解工序、结晶过滤工序、分层去水工序、水洗脱溶工序及清洗脱色工序；精喹项目废水污染源有过滤工序、水洗工序、氯化工序及洗涤工序等；克螨特原药项目废水污染源有加成反应后的碱性水洗废水、综合反应后的盐洗含盐废水、氯磺化反应中HCl尾气吸收副产20%盐酸、缩合反应后水洗产生的三乙胺盐酸盐溶液；吡虫啉项目废水污染源有酸洗工段产生的废水、碱洗工段产生的废水；啉虫脒项目废水污染源有酸洗工段产生的废水、碱洗工段产生的废水。

废水包含的污染物因子主要有氯化氢、苯系物、对苯二酚、甲苯、丙烯腈、NaCl、氯仿、甲胺。废水由厂内污水处理站进行处理，经处理达标后排入疆界河。

（2）工艺废气

该厂区产生的废气主要来源于工艺废气、锅炉废气以及无组织排放。工艺废气主要为氯化工序产生的氯气尾气、环氯化工工序产生的氯化氢、环戊二烯和溶剂甲苯、丁酮回收时的损失；锅炉废气主要为燃煤产生的烟气。废气中的污染因子主要包括烟尘、SO₂、HCl、苯、甲苯、乙腈等。对于产生的废气进行水膜除尘+碱液脱硫处理、旋风除尘或三级碱吸收，达标排放。

（3）固废

该厂区产生的固体废物主要包括蒸馏产生的有机残渣（含无机盐和部分有机物）、污水处理站产生的污泥、锅炉煤渣、除尘产生的灰渣及生活垃圾等。其中有机残渣和产生的污泥委托有资质的单位进行处理，产生的煤渣用于铺路或制砖，生活垃圾由环卫部门统一处理。

地下设施及管线

通过资料收集、人员访谈和现场踏勘了解到，地块内无原料和污水管线，地下管线为雨水管线，详见图 2.4-6。地块内废水处理站处理池最大埋深为 2m，地块内无地下设施。



图 2.4-6 地下管线分布图

2.5 地块现状及规划

2.5.1 地块现状

地块详调期间，通过现场踏勘和人员访谈记录，地块内构筑物情况与初步调查期间没有明显变化。地块四周有围墙围挡，地块南部有门卫室，有专门人员管理人员进出和厂区巡逻。厂区分为生产区、办公区以及生活区。生产区包括合成车间、复配车间、分装车间、杀虫剂生产车间、制剂仓库、包装物仓库、危废仓库等，车间已停产空置，不进行生产活动；生活区主要有员工餐厅；办公区主要有办公楼、绿化带、车库等。地块中部的合成仓库和装置区、地块北部的废水处理站、氯气库和

装置区、地块东南部的复配仓库均已拆除，留有水泥地坪基础。地块内地面除绿化区域外，大部分区域为水泥硬化地面。

地块现状照片见图 2.5-1，地块现状平面布置及航拍图见图 2.5-2。



图 2.5-1 调查地块内现状图



图 2.5-2 地块现状航拍图（拍摄于 2020 年 10 月 18 日）

2.5.2 地块规划

根据《盐城市大丰区草庙镇土地利用总体规划（2016-2020）》，地块项目地块作为工业用地利用，属于《土壤环境质量 建设用地上壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地。

2.6 地块周边环境敏感目标

按照《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019），调查了项目地块 500 m 范围内的环境敏感目标分布情况。根据对现场及周边踏勘获得的信息，临近地块周边的敏感目标信息列于表 2.6-1 和图 2.6-1。

2021 年 6 月 19 日，梵龄环境对靠近地块东侧和西北侧的居民进行了走访调查，获知在地块东侧的通庆路路边商铺及居民住宅有 6 户，居民人数约有 13 人；地块西北侧的草庙镇四灶四组宅基地有 7 户，居民人数约有 16 人。未统计地块北侧 400 米处草庙镇四灶四组宅基地情况。

表 2.6-1 地块周边敏感目标一览表

编号	环境敏感目标	性质	方位	最近距离（m）	备注
1	黄海复河	河流	东	10	根据《江苏省地表水(环境)功能区划》，地块所在区域属于串场河-竹港新闻，沈灶草庙用水区，执行III~IV类水质标准。
2	疆界河	河流	南	50	
3	通庆路路边商铺及居民住宅	住宅、商业	东	70	在地块东侧的宅基地有6户，居民人数约13人
4	草庙镇四灶四组1	住宅	北	420	草庙镇四灶四组
5	草庙镇四灶四组2	住宅	西北	180	在地块东侧的宅基地有7户，居民人数约16人

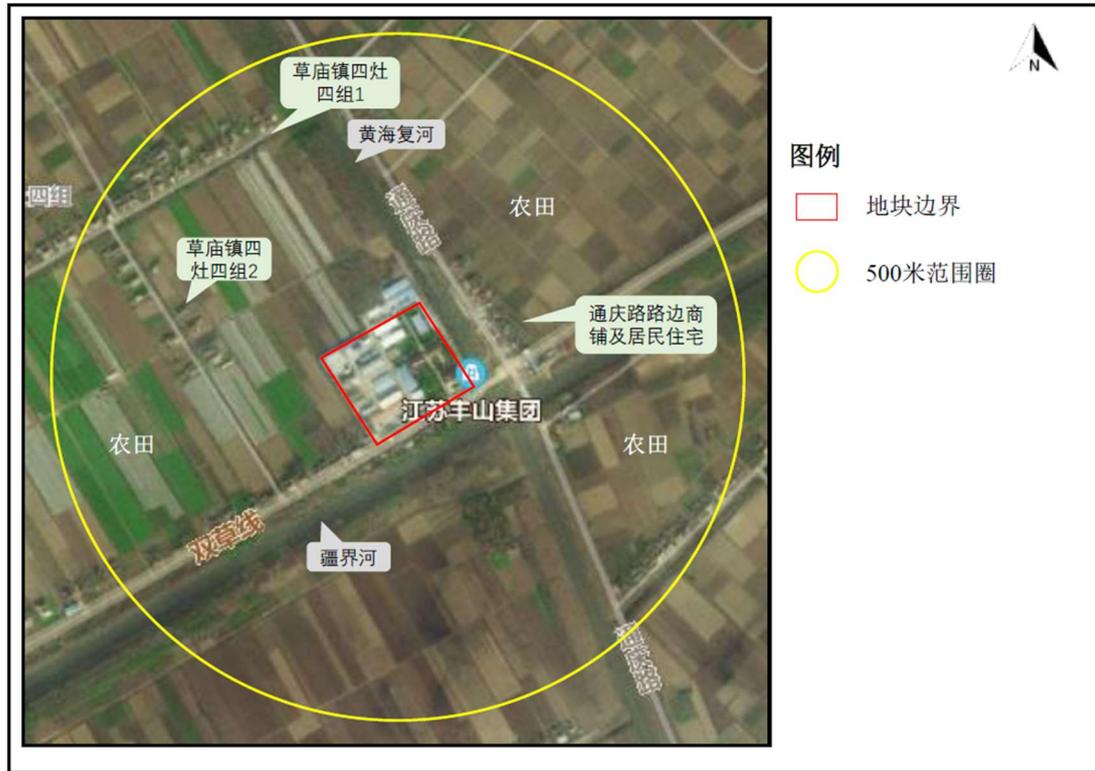


图 2.6-1 地块周边 500m 范围敏感目标 (2019.6)

2.7 场地污染特征及关注污染物识别

2.7.1 调查工作情况汇总

表 2.7-1 土壤污染状况调查工作概述

时间点	工作阶段	调查目的
2018.12	第一轮：土壤污染状况初步调查	通过土壤污染状况第一阶段和第二阶段调查对地块内土壤和地下水的环境状况进行了解，评估检测因子是否有超标情况。
2020.10	第二轮：土壤污染状况初步调查补充调查阶段	进一步识别地块的特征污染因子（对检测因子进行增加），同时充分了解地块内特征污染物的浓度在地块内各区域的分布情况。
2020.11 2020.12	第一轮：土壤污染状况详细调查	在初调超标点位四周加密布设监测点位，从垂直和水平方向上确定超标范围，为风险评估提供数据支撑。
2021.5 2021.6	第二轮：土壤污染状况详细调查补充调查阶段	充分了解地块内深层地下水的环境质量状况和地块土层结构及分布。

综合土壤污染状况初步调查和详细调查，项目地块内土壤和地下

水超标污染物调查结论如下：

■土壤超标污染物：氯仿、苯、氯苯、乙苯；

土壤超标点位：FSY-S6、FSY-S12、DSB1、DSB1-1、DSB1-2；

■地下水超标污染物：砷、石油烃C₁₀-C₄₀、1,2-二氯丙烷、氯仿、1,2-二氯乙烷、苯、甲苯、乙苯、氯苯、间&对二甲苯、邻二甲苯、氯仿、甲拌磷，超标深度为0~6m；

地下水超标点位：FSY-GW2、FSY-GW3、DMW1、DMW4、DMW10、DMW1-1、DMW1-2、DMW1-3、DMW1-4、DMW10-1、DMW10-2、DMW10-3、DMW10-4。

污染物迁移特征

土壤：5.8~6.0m处土壤样品未超标，且在污染最重的废水处理区域6.8~8.0米有一层淤泥质粉质粘土层（弱透水层），且同区域的地下水样品中8m、13m、20.5m和25m处均未超标（8m以下土层结构未发现明显变化），考虑到土壤和地下水的连通性，土壤在6~13m处受到污染的可能性较低。

地下水：地下水中0~6m的污染物检出浓度均不同程度超标，但在污染最重的废水处理区域地下水样品中8m、13m、20.5m和25m处均未超标（8m以下土层结构未发现明显变化），通过详细调查的地下水检测数据结合地质调查可知，污染物透过6.8~8.0深度范围内的粉质粘土层（弱透水层，在6.5~6.8m和7.0~7.3m的深度范围内采集到了灰色淤泥质粉质粘土）向下迁移的可能性较低。此外，6.0m~8.0m之间的地下水质量状况未知，若0~6m处的地下水中污染物浓度超过健康风险，则地下水的超风险深度将从严框定在0~8m。

2.7.2 土壤关注污染物识别

对于超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试

行)》(GB36600-2018)中第二类用地筛选值的污染物,将列为地块土壤关注污染物,并进行土壤污染状况风险评估。

对于上述标准没有给出标准限值的污染物质,根据场地特征参数初步计算其风险控制值作为评价标准,选取较严的数值(数值低者)作为评估标准,若污染物质浓度超过评估标准,同样将其列为地块土壤关注污染物,并进行土壤污染状况风险评估。此外,对于建设用地土壤中污染物含量超过第二类用地管制值的,对人体健康通常存在不可接受风险,应当直接采取风险管控或修复措施。

根据项目地块土壤污染状况初步调查、补充调查以及详细调查报告,地块内部分土壤样品中识别出了4种关注污染物:氯仿、苯、氯苯、乙苯,超标点位为:FSY-S6、FSY-S12、DSB1、DSB1-1、DSB1-2。土壤污染超标点位和超标浓度详见表 2.7-2。土壤超标浓度示意图见图 2.7-1。

通过表 2.7-2 可以看出,氯仿在 DSB1 (4.3~4.5m、4.8~5.0m)、DSB1-1 (3.8~4.0m、4.3~4.5m、4.8~5.0m、5.3~5.5m)中浓度超过了第二类用地管制值(10 mg/kg)、氯苯 DSB1 (1.8~2.0m)中浓度超过了第二类用地管制值(1000 mg/kg)。故氯仿和氯苯在上述点位超标深度范围内直接采取风险管控或修复措施(仍旧计算其风险表征,定量反应其超风险的程度)。

表 2.7-2 地块土壤关注污染物超标点位汇总

超标点位	超标深度(m)	超标污染物	单位	评价标准	检测值	超标倍数	调查阶段
FSY-S6	0.3-0.5	氯仿	mg/kg	0.9/10 ¹	1.49	0.7	初调
FSY-S12	2.8-3.0	氯仿	mg/kg	0.9/10	1.74	0.9	
DSB1	0.3-0.5	氯仿	mg/kg	0.9/10	1.61	0.8	补充调查
	0.8-1.0	氯仿	mg/kg	0.9/10	1.27	0.4	详调
	1.8-2.0	氯仿	mg/kg	0.9/10	6.82	6.6	补充调查
苯		mg/kg	4	5.19	0.3		

超标点位	超标深度(m)	超标污染物	单位	评价标准	检测值	超标倍数	调查阶段
		氯苯	mg/kg	270/1000 ²	2713	9.0	
		乙苯	mg/kg	28	85.0	2.0	
	2.3-2.5	氯仿	mg/kg	0.9/10	2.92	2.2	
	2.8-3.0	氯仿	mg/kg	0.9/10	1.38	0.5	详调
	3.3-3.5	氯仿	mg/kg	0.9/10	1.12	0.2	详调
	3.8-4.0	氯仿	mg/kg	0.9/10	4.27	3.7	
		乙苯	mg/kg	28	34.2	0.2	
	4.3-4.5	氯仿	mg/kg	0.9/10	21.9	23.3	详调
		苯	mg/kg	4	9.87	1.5	
	4.8-5.0	氯仿	mg/kg	0.9/10	15.3	16.0	补充调查
		苯	mg/kg	4	7.12	0.8	
	5.3-5.5	氯仿	mg/kg	0.9/10	6.31	6.0	详调
	DSB1-1	2.3-2.5	氯仿	mg/kg	0.9/10	1.06	
2.8-3.0		氯仿	mg/kg	0.9/10	3.16	2.5	
3.3-3.5		氯仿	mg/kg	0.9/10	7.13	6.9	详调
3.8-4.0		氯仿	mg/kg	0.9/10	11.4	11.7	
		苯	mg/kg	4	4.67	0.2	
		乙苯	mg/kg	28	102	2.6	
4.3-4.5		氯仿	mg/kg	0.9/10	25.9	27.8	详调
4.8-5.0		氯仿	mg/kg	0.9/10	18.2	19.2	
5.3-5.5	氯仿	mg/kg	0.9/10	17.9	18.9		
DSB1-2	1.8-2.0	乙苯	mg/kg	28	66.4	1.4	详调
	2.3-2.5	乙苯	mg/kg	28	130	3.6	
	2.8-3.0	乙苯	mg/kg	28	160	4.7	

备注：评价标准为《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地筛选值；

红色标注表示该浓度超过了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地管制值；

0.9/10¹：氯仿的第二类用地筛选值为 0.9mg/kg、第二类用地管制值为 10 mg/kg；

270/1000²：氯苯的第二类用地筛选值为 270mg/kg、第二类用地管制值为 1000 mg/kg；



图 2.7-1 超标污染物示意图

2.7.3 地下水关注污染物识别

优先使用《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中的IV类标准限值,如有缺失的因子,则参考《上海市建设用地地下水污染风险管控筛选值补充指标》(沪环土〔2020〕62号文附件5)中的地下水第二类用地筛选值进行评价。将地下水中某污染物最高检出浓度与筛选标准进行比较,超出筛选标准的污染物将列为地块地下水关注污染物。

对于上述标准都没有给出标准限值的污染物质,在调查阶段初步计算了污染物质的风险控制值作为评估标准,若污染物质浓度超过评估标准,同样将其列为地块地下水关注污染物,并进行风险评估。

根据项目地块土壤污染状况初步调查、补充调查以及详细调查报告,地块内部分地下水样品中识别出了11种关注污染物:砷、石油烃C₁₀-C₄₀、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、苯、甲苯、二甲苯(间&对二甲苯和邻二甲苯浓度之和)、氯苯、氯仿、乙苯、甲拌磷,超标点位为:FSY-GW2、FSY-GW3、DMW1、DMW4、DMW10、DMW1-1、DMW1-2、DMW1-3、DMW1-4、DMW10-1、DMW10-2、DMW10-3、DMW10-4。地下水污染超标点位和超标浓度详见表2.7-3。

表 2.7-3 地块地下水超标污染物超标点位汇总

超标点位	超标深度 (m)	超标污染物	单位	评价标准	检测值	超标倍数	调查阶段
GW2	0-6.0	砷	μg/L	50	52	0.04	初调
GW3	0-6.0	氯仿	μg/L	300	564	0.9	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	691	16.28	
		甲苯	μg/L	1400	1440	0.03	
DMW1	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.0959	0.9	补充调查
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	14	10.7	
		氯仿	μg/L	300	9660	31.2	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	80.4	1.0	
		1,2-二氯丙烷	μg/L	60	199	2.3	
		苯	μg/L	120	620	4.2	
		氯苯	μg/L	600	92100	152.5	
		乙苯	μg/L	600	3736	5.2	
		甲苯	μg/L	1400	78760	55.3	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	8896	9.3	
		邻二甲苯	μg/L		1366		
DMW10	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.125	1.5	
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	5.40	3.4	
		氯仿	μg/L	300	7518	24.1	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	8740	217.5	
		1,2-二氯丙烷	μg/L	60	173	1.9	
		苯	μg/L	120	288	1.4	
		氯苯	μg/L	600	3412	4.7	
		甲苯	μg/L	1400	28620 0	203.4	
DMW4	0-6.0	甲拌磷	μg/L	9.02 ³	64.6	7.2	
DMW1-1	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.0854	0.7	详调
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	9.04	6.5	
		氯仿	μg/L	300	66075	219.3	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	2234	54.9	
		苯	μg/L	120	8480	69.7	
		氯苯	μg/L	600	36695	60.2	
		乙苯	μg/L	600	10480	16.5	
		甲苯	μg/L	1400	16342 5	115.7	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	12205	15.21	
		邻二甲苯	μg/L		4007		
DMW1-2	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.110	1.2	
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	6.23	4.2	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	317	6.9	
		1,2-二氯丙烷	μg/L	60	89.7	0.5	

超标点位	超标深度 (m)	超标污染物	单位	评价标准	检测值	超标倍数	调查阶段
		苯	μg/L	120	2363	18.7	
		氯苯	μg/L	600	612	0.0	
		乙苯	μg/L	600	49370	81.3	
		甲苯	μg/L	1400	429650	305.9	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	51300	70.59	
		邻二甲苯	μg/L		20285		
DMW1-3	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.107	1.1	
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	3.22	1.7	
		1,2-二氯丙烷	μg/L	60	85.3	0.4	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	171	0.16	
		邻二甲苯	μg/L		991		
DMW1-4	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.0868	0.7	
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	6.06	4.1	
		氯仿	μg/L	300	950	2.2	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	606	14.2	
		1,2-二氯丙烷	μg/L	60	383	5.4	
		苯	μg/L	120	136	0.1	
		氯苯	μg/L	600	2073	2.5	
		乙苯	μg/L	600	5379	8.0	
		甲苯	μg/L	1400	110040	77.6	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	8248	9.6	
		邻二甲苯	μg/L		2384		
DMW10-3	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.144	1.9	
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	3.18	1.7	
		苯	μg/L	120	123	0.02	
		氯苯	μg/L	600	4488	6.5	
		乙苯	μg/L	600	620	0.0	
		甲苯	μg/L	1400	85600	60.1	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	792	0.03	
		邻二甲苯	μg/L		241		
DMW10-1	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.0902	0.8	
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	3.07	1.6	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	46.2	0.2	
		苯	μg/L	120	305	1.5	
		乙苯	μg/L	600	1983	2.3	
		甲苯	μg/L	1400	49420	34.3	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	5460	6.12	
		邻二甲苯	μg/L		1658		
DMW10-	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.0541	0.1	

超标点位	超标深度 (m)	超标污染物	单位	评价标准	检测值	超标倍数	调查阶段
2		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	5.14	3.3	
		氯仿	μg/L	300	349	0.2	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	105	1.6	
		1,2-二氯丙烷	μg/L	60	133	1.2	
		甲苯	μg/L	1400	35960	24.7	
		间&对二甲苯	μg/L	1000	1186	0.53	
		邻二甲苯	μg/L		341		
DMW10-4	0-6.0	砷	mg/L	0.05	0.387	6.7	
		石油烃 C ₁₀ -C ₄₀	mg/L	1.2 ²	2.93	1.4	
		1,2-二氯乙烷	μg/L	40	42.2	0.1	
		氯苯	μg/L	600	972	0.6	
		甲苯	μg/L	1400	41340	28.5	

备注:

1. 评价标准为《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) IV 类标准限值;
2. 《上海市建设用地地下水污染风险管控筛选值补充指标》(沪环土〔2020〕62号文附件5)中的地下水第二类用地筛选值;
3. 甲拌磷无对应参考标准,使用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)计算所得风险控制值。(甲拌磷无地下水中蒸汽挥发的暴露途径的相关暴露参数,风险控制值考虑了饮用地下水途径,对于项目地块来讲为从严计算的评价标准值)



图 2.7-2 地下水样品中污染物超标点位分布图（地块南部、东部和中部）

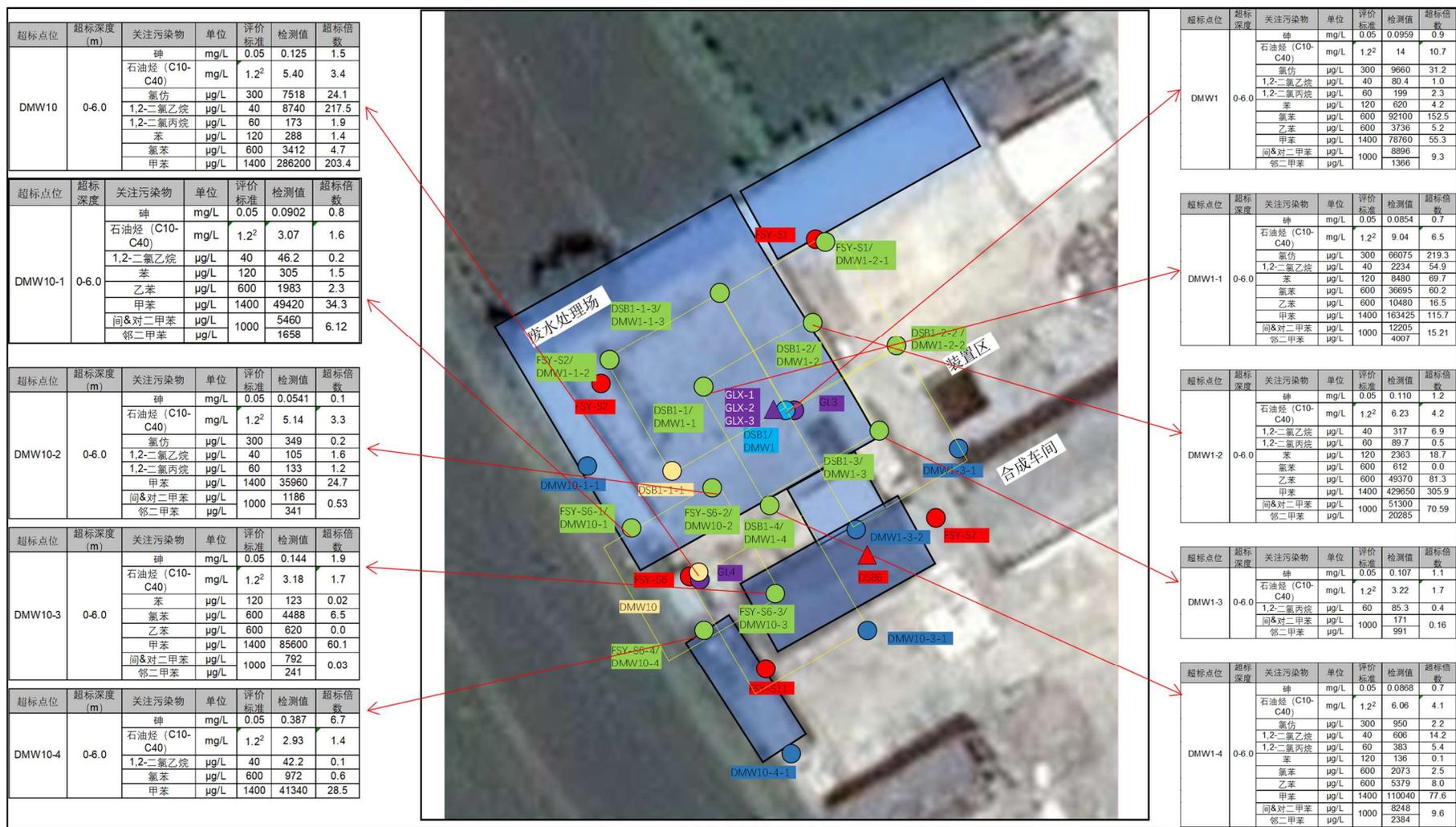


图 2.7-3 地下水样品中污染物超标点位分布图 (地块北部)

2.8 污染风险评估

2.8.1 表层土壤

根据对表层土壤超标点位 FSY-S6、DSB1 各超标污染物的风险表征进行计算，它们的致癌风险小于 $1.0E-06$ ，非致癌危害指数小于 1。

2.8.2 下层土壤

下层土壤中超风险的污染物为氯仿、苯、氯苯、乙苯，超风险点位汇总如表 2.8-1，下层土壤超风险点位示意图见图 2.8-1。

表 2.8-1 下层土壤超风险点位汇总

点位	关注污染物	下层超标浓度 (mg/kg)	总致癌风险	危害指数
FSY-S12	氯仿	1.74	2.52E-06	/
DSB1	氯仿	21.9	3.20E-05	/
	苯	9.87	2.86E-06	/
	氯苯	2713	-	5.55E+00
	乙苯	85	3.11E-06	/
DSB1-1	氯仿	25.9	4.00E-05	/
	苯	4.67	1.49E-06	/
	乙苯	102	4.11E-06	/
DSB1-2	乙苯	160	5.85E-06	/

备注：“-”表示该物质无相关致癌毒性参数，未计算其致癌风险；“/”表示该物质的危害指数未超风险。

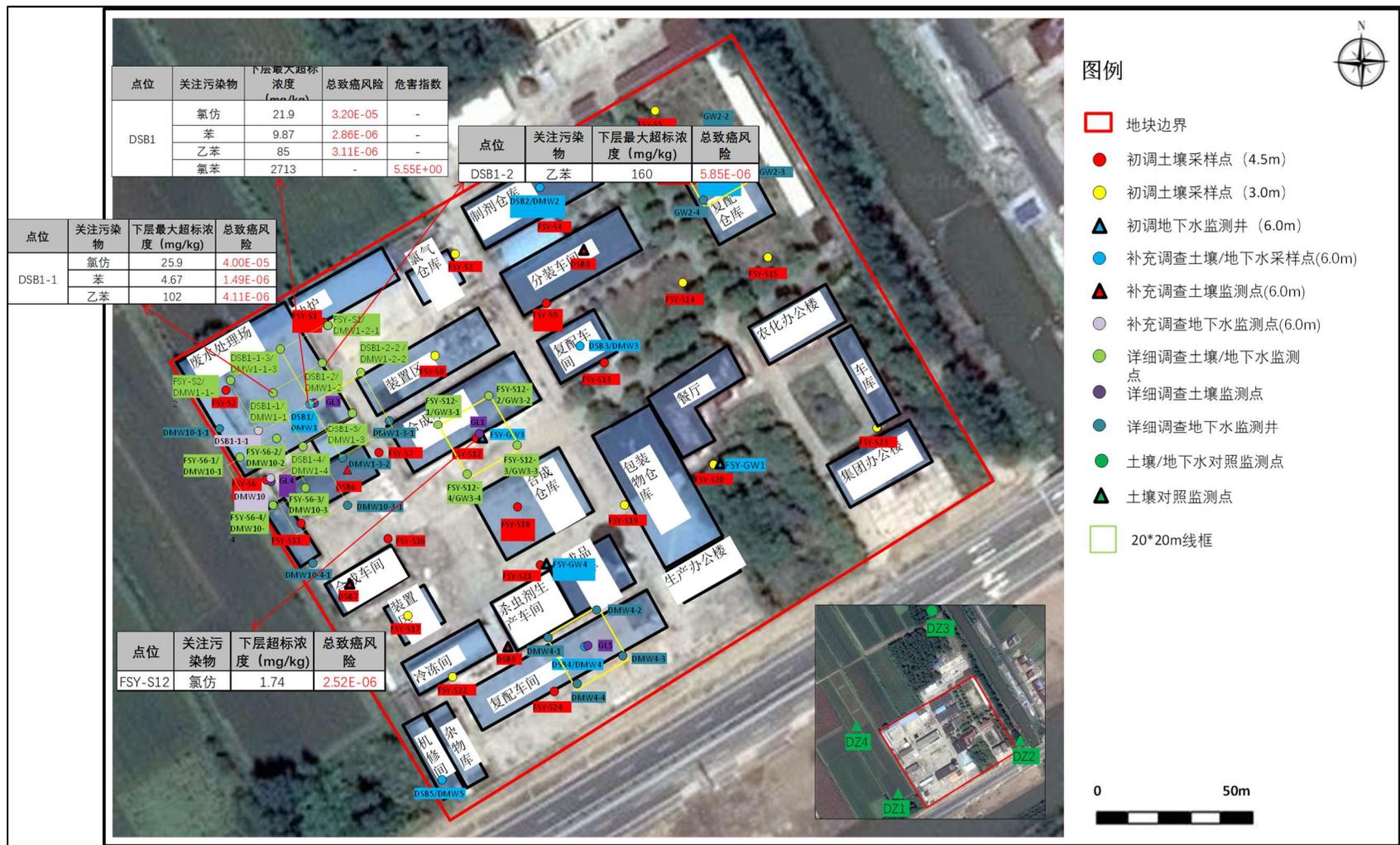


图 2.8-1 下层土壤超风险点位示意图

2.8.3 地下水

地下水超风险污染物为氯仿、1,2-二氯乙烷、苯、乙苯和石油烃 C₁₀~C₄₀，超风险点位汇总如表 2.8-2 和表 2.8-3，地下水超风险点位见图 2.8-2。

表 2.8-2 地下水超风险点位汇总（致癌风险）

点位	关注污染物	超标浓度 (mg/L)	总致癌风险
DMW1	氯仿	9.96	6.57E-06
DMW10	氯仿	7.518	4.96E-06
	1,2-二氯乙烷	8.74	2.40E-06
DMW1-1	氯仿	66.075	4.36E-05
	苯	8.48	3.28E-06
	乙苯	10.48	1.40E-06
DMW1-2	乙苯	49.37	6.59E-06

表 2.8-3 地下水超风险点位汇总（非致癌风险）

点位	关注污染物	超标浓度 (mg/L)	危害指数
DMW1	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	14	3.41E+00
DMW10	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	5.4	1.31E+00
DMW1-1	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	9.04	2.19E+00
DMW1-2	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	6.23	1.51E+00
DMW1-4	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	6.06	1.47E+00
DMW10-2	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	5.14	1.25E+00

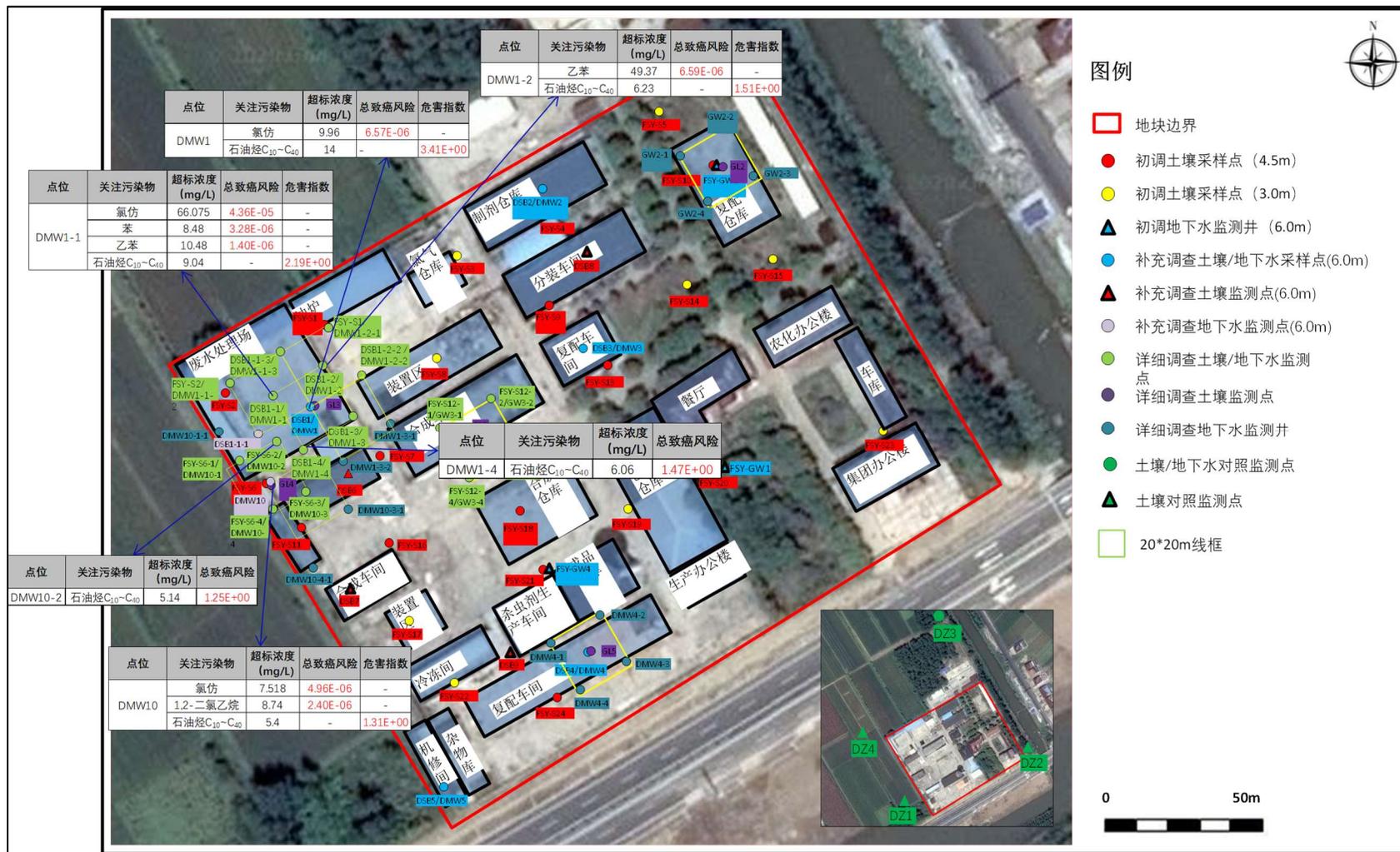


图 2.8-2 地下水超风险点位示意图

3. 场地修复策略

3.1 修复总体思路

针对本场地状况和污染情况，从技术可行性分析、方案设计、修复工程实施、环境保护、工程验收等方面对本场地修复方案进行设计，结构完整、流程清晰。

(1) 通过相关案例分析、试验进行可行性分析与验证。

(2) 按照国家、地方相关法律法规与技术规范，并通过模拟、计算与工程经验进行实施设计，保证修复设计合理、可操作性强。设计科学完善的环境管理计划和应急方案，确保工程实施过程中环境安全，无二次污染的风险。

(3) 根据国家、地方相关法律法规与技术规范，确定工程验收计划，保证修复工程质量。

3.2 场地修复目标

该污染场地关注污染物的修复目标值如下所示：

(1) 土壤修复目标值

根据评审备案的风险评估报告，本项目的风险控制值与《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）中的第二类用地筛选值进行比较，建议修复目标值，如表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 土壤关注污染物建议修复目标值

污染物	计算所得风险控制值(mg/kg)		第二类用地筛选值(mg/kg)	建议修复目标值(mg/kg)
	地块内工作人员			
	致癌效应	非致癌效应		
氯仿	0.64	150.36	0.9	0.9
苯	2.95	74.73	4.0	4.0
氯苯	-	1412.30	270	270
乙苯	22.6	5494.86	28	28

备注：根据《土壤环境质量 建设用土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)中 5.3.2 所述，土壤污染物含量等于或低于风险筛选值时，建设用地土壤污染风险一般情况下可以忽略，故该地块下层土壤 4 种污染物均选取了第二类用地筛选值作为其场地风险控制值（修复目标值）。

(2) 地下水修复目标值

根据评审备案的风险评估报告，将计算所得的基于致癌效应和基于非致癌效应的风险控制值与《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)的 IV 类标准限值进行比较，建议修复目标值，如表 3.2-2 所示。

表 3.2-2 地下水关注污染物建议修复目标值

污染介质	污染物	计算所得风险控制值(mg/L)		地下水国标 IV 类限值 (mg/L)	建议修复目 标值(mg/L)
		地块内工作人员			
		致癌效应	非致癌效应		
地下水	氯仿	1.52	370.90	0.3	1.52
	1,2-二氯乙烷	3.64	71.92	0.04	3.64
	苯	7.49	2032.72	0.12	7.49
	乙苯	2.59	65.69	0.6	2.59
	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	-	4.11	1.2	4.11

备注：地块后续继续作为工业用地使用，且不开发不利用，原则上地块内无任何人员的活动，且地块所在区域的浅层地下水不利用（不作为饮用水进行使用）。

3.3 场地修复范围及拐点坐标

根据本项目风险评估报告，土壤和地下水需修复点位的污染面积按照各个污染物范围叠加并取最大值进行计算。

3.3.1 土壤修复范围和修复方量

地块土壤修复区域集中于DSB1、DSB1-1和DSB1-2所在区域和FSY-S12所在区域，其中DSB1、DSB1-1和DSB1-2所在区域的污染物为氯仿、苯、乙苯和氯苯，FSY-S12所在区域的污染物为氯仿。根据估算，土壤总修复方量为5485.6m³。

FSY-S12所在区域

根据最终确定下层土壤中氯仿的修复目标值，截弯取直后，氯仿的修复面积为232.6m²，修复深度为2.5~3.3m（2.3~2.5m和3.3~3.5m土壤样品未超标），修复土方量为186.1m³。

FSY-S12区域修复土方量估算见表3.3-1，修复区域拐点坐标见表3.3-2，修复区域示意图见图3.3-1。

表 3.3-1 FSY-S12 区域修复土方量估算

深度分层 (m)	修复面积 (m ²)	修复深度 (m)	土方量 (m ³)
2.5~3.3	232.6	0.8	186.1

表 3.3-2 FSY-S12 区域修复区域拐点坐标

深度分层 (m)	拐点编号	拐点坐标	
		大地 2000 坐标 N	大地 2000 坐标 E
2.5~3.3	a1	3660721.070	561517.400
	a2	3660721.616	561532.124
	a3	3660706.291	561531.057
	a4	3660707.471	561515.964

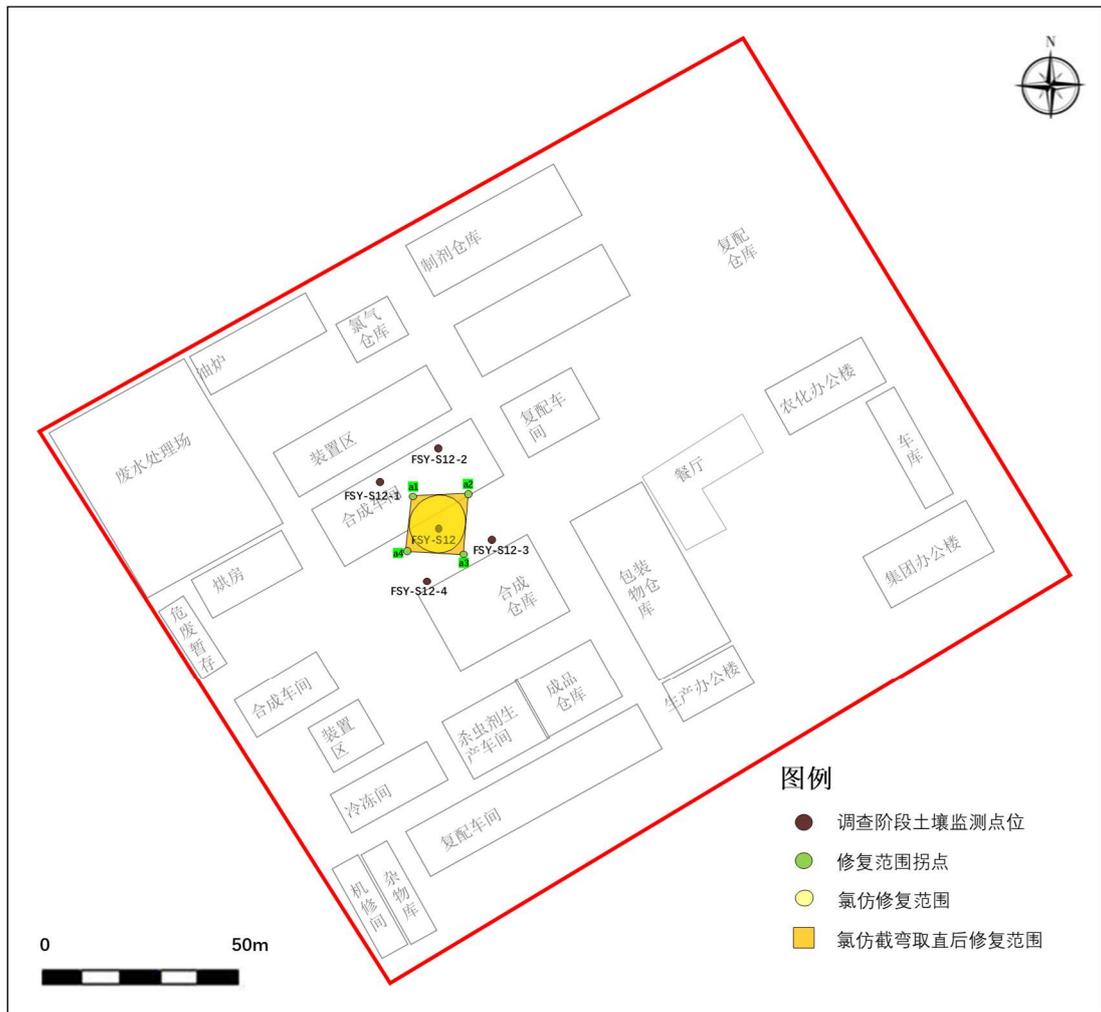


图 3.3-1 FSY-S12 土壤中氯仿修复范围图 (2.5~3.3m)

DSB1、DSB1-1和DSB1-2所在区域

因DSB1、DSB1-1和DSB1-2所在区域下层土壤中氯仿、苯、氯苯和乙苯在各个深度范围内的污染浓度各不相同，结合氯仿、苯、氯苯和乙苯确定的修复目标值，把DSB1、DSB1-1和DSB1-2所在区域的下层土壤分为5个分层，分别为1.5~2.3m、2.3~3.3m、3.3~3.8m、3.8~4.3m、4.3~5.8m，按照5个分层分别计算修复面积和修复方量，将5个分层的修复土方量进行叠加。

氯仿、苯、氯苯和乙苯均属于挥发性有机物，土壤修复方法均相同。对于同一分层各污染物修复区域叠加后，不重复计算污染土方量。

DSB1、DSB1-1和DSB1-2修复土方量估算见表3.3-3，修复区域拐点坐标见表3.3-4，修复区域示意图见图3.3-2~图3.3-6。

表 3.3-3 DSB1、DSB1-1 和 DSB1-2 区域修复土方量估算

深度分层 (m)	修复面积 (m ²)	修复深度 (m)	土方量 (m ³)
1.5~2.3m	976.1	0.8	780.8
2.3~3.3m	1072.7	1.0	1072.7
3.3~3.8m	812.8	0.5	406.4
3.8~4.3m	1188.2	0.5	594.1
4.3~5.8m	1630.3	1.5	2445.5
总修复土方量			5299.5

表 3.3-4 DSB1、DSB1-1 和 DSB1-2 区域修复区域拐点坐标

深度分层 (m)	拐点编号	拐点坐标	
		大地 2000 坐标 N	大地 2000 坐标 E
1.5~2.3	b1	3660747.238	561481.338
	b2	3660746.444	561467.672
	b3	3660737.860	561456.867
	b4	3660715.930	561448.127
	b5	3660709.261	561457.820
	b6	3660711.485	561481.338
2.3~3.3	c1	3660740.876	561445.352
	c2	3660741.671	561461.401
	c3	3660752.794	561465.374
	c4	3660748.027	561486.508
	c5	3660728.005	561483.965
	c6	3660715.452	561470.617
	c7	3660721.967	561442.492
3.3~3.8m	d1	3660748.186	561443.763
	d2	3660739.300	561472.365
	d3	3660721.821	561468.869
	d4	3660713.915	561445.829
	d5	3660722.122	561437.407
3.8~4.3m	e1	3660749.114	561447.577
	e2	3660740.082	561473.636
	e3	3660725.304	561480.310
	e4	3660715.452	561472.683
	e5	3660713.545	561440.903
	e6	3660720.378	561437.248
	e7	3660742.306	561438.043
4.3~5.8m	f1	3660751.364	561441.221
	f2	3660740.876	561482.376
	f3	3660707.030	561483.965
	f4	3660713.545	561440.903
	f5	3660723.397	561432.640

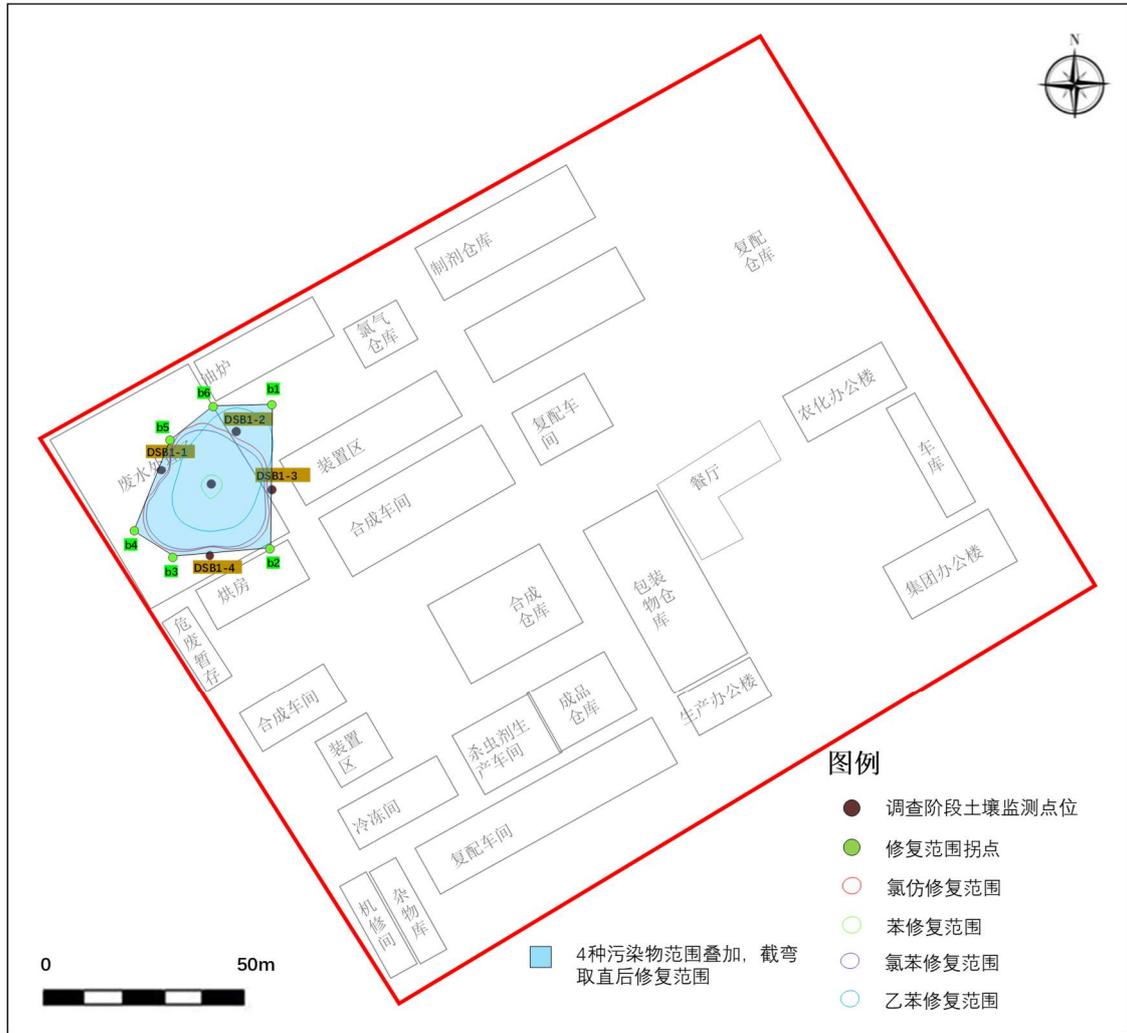


图 3.3-2 DSB1、DSB1-1 和 DSB1-2 区域土壤中氯仿、苯、氯苯、乙苯修复范围

图 (1.5~2.3m)

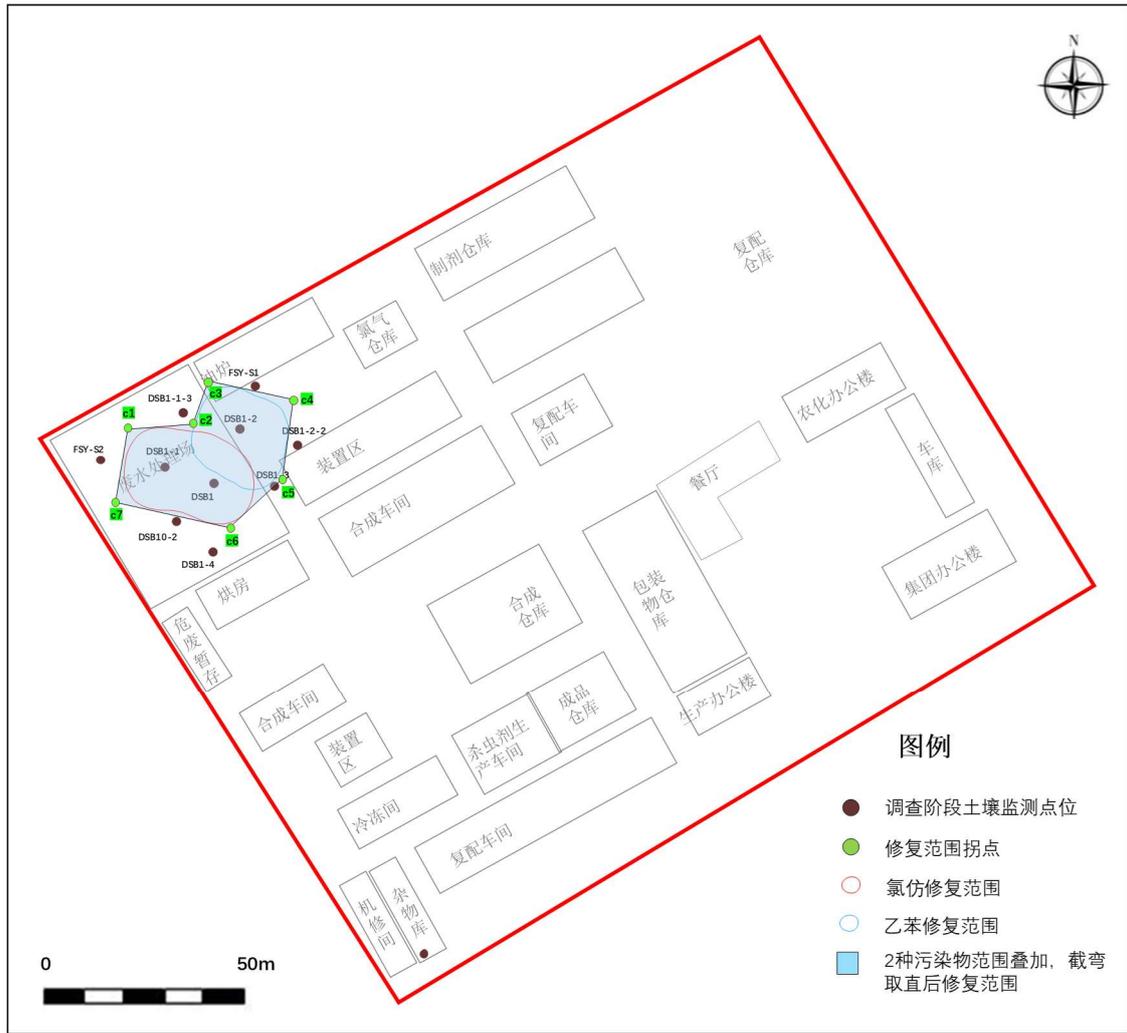


图 3.3-3 DSB1、DSB1-1 和 DSB1-2 区域土壤中氯仿和乙苯修复范围图(2.3~3.3m)

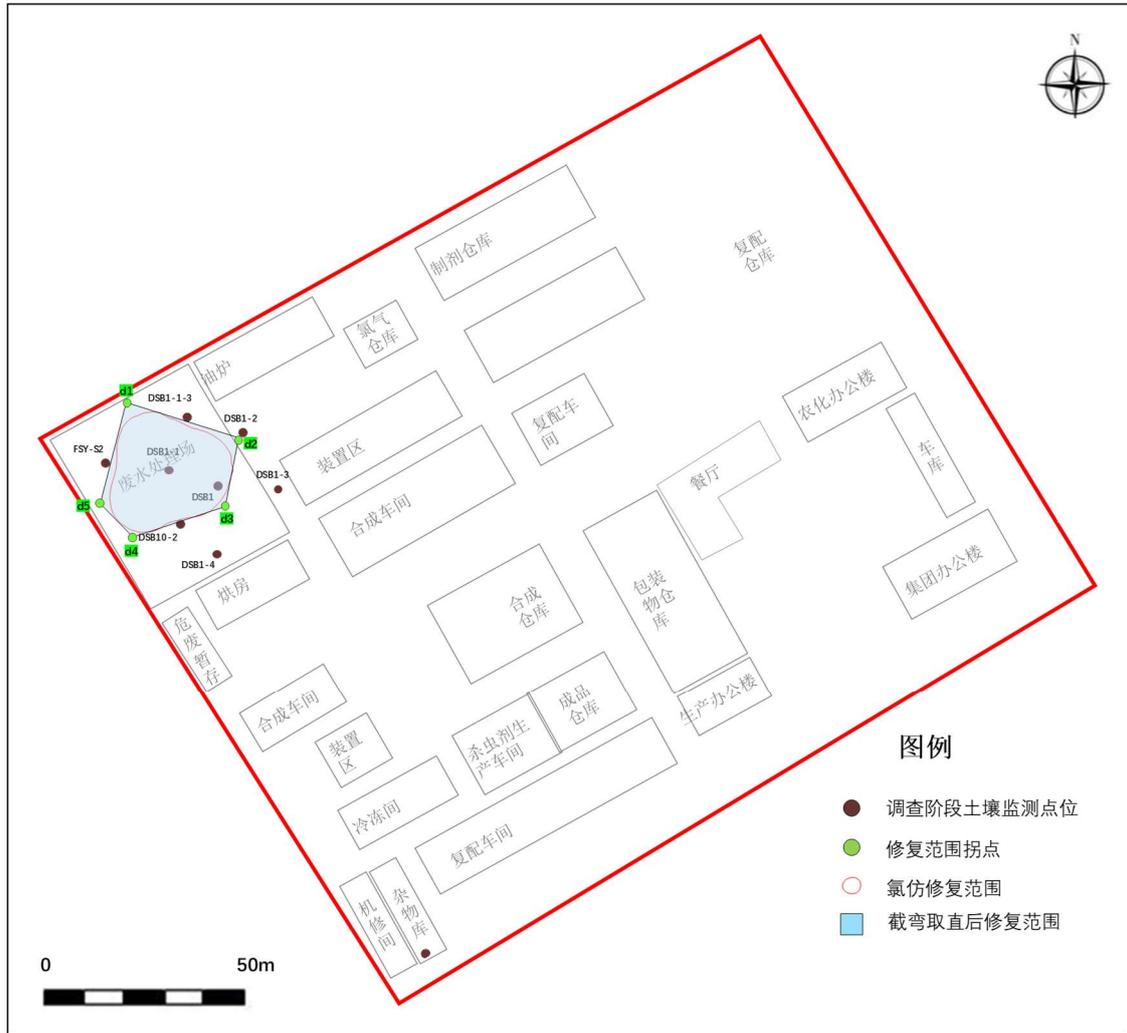


图 3.3-4 DSB1、DSB1-1 和 DSB1-2 区域土壤中氯仿修复范围图 (3.3~3.8m)

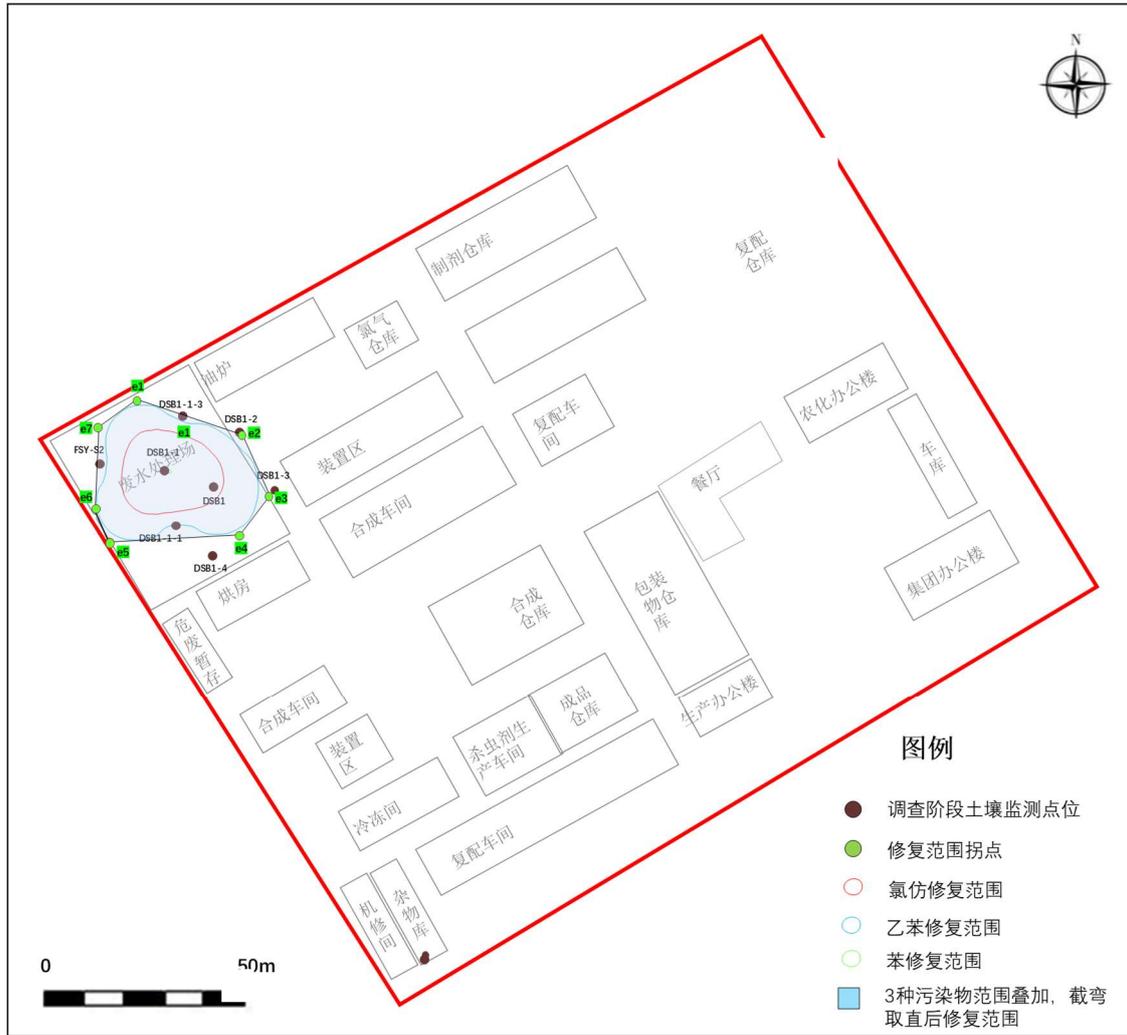


图 3.3-5 DSB1、DSB1-1 和 DSB1-2 区域土壤中氯仿、乙苯和苯修复范围图
(3.8~4.3m)

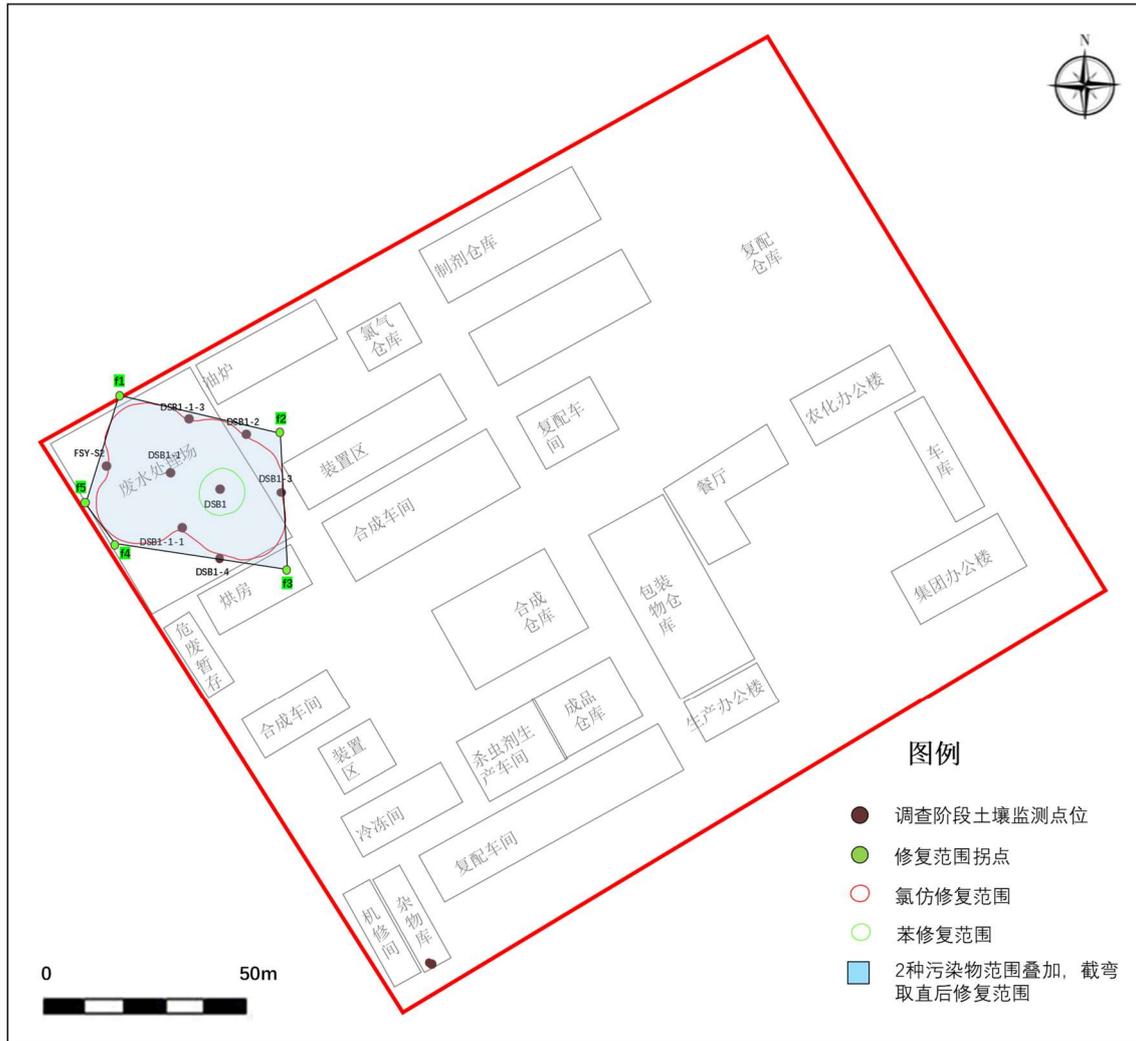


图 3.3-6 DSB1、DSB1-1 和 DSB1-2 区域土壤中氯仿和苯修复范围图(4.3~5.8m)

3.3.1 地下水修复范围和修复面积

地块地下水修复区域集中于DMW1、DMW1-1、DMW1-2和DMW10所在区域，污染物为氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃C₁₀~C₄₀。根据估算，地下水总修复面积约为2363m²。

氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃C₁₀~C₄₀均属于挥发性有机物，地下水修复方法均相同。对于同一分层各污染物修复区域叠加后，不重复计算污染地下水的面积。

根据最终确定地下水中氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃 C₁₀~C₄₀ 的修复目标值，截弯取直后，地下水修复面积为 2363m²，修复深度为地下水埋深~8.0m（8.0m 关联井，6~8m 取水段中污染物浓度未超标）。

地下水修复面积和深度估算见表 3.3-5，修复区域拐点坐标见表 3.3-6，修复区域示意图见图 3.3-7。

表 3.3-5 DMW1、DMW1-1、DMW1-2 所在区域地下水修复面积和深度估算

区域	修复面积 (m ²)	修复深度 (m)
DMW1、DMW1-1、DMW1-2	1771.0	平均地下水埋深~6.0m

表 3.3-6 DMW1、DMW1-1、DMW1-2 所在区域修复拐点坐标

拐点编号	拐点坐标	
	大地 2000 坐标 N	大地 2000 坐标 E
g1	3660753.711	561450.384
g2	3660746.260	561459.059
g3	3660755.601	561463.285
g4	3660755.601	561475.184
g5	3660746.593	561491.087
g6	3660720.570	561488.751
g7	3660697.581	561463.084
g8	3660693.735	561452.829
g9	3660700.311	561447.590
g10	3660710.901	561451.380
g11	3660723.329	561435.552
g12	3660745.343	561435.329

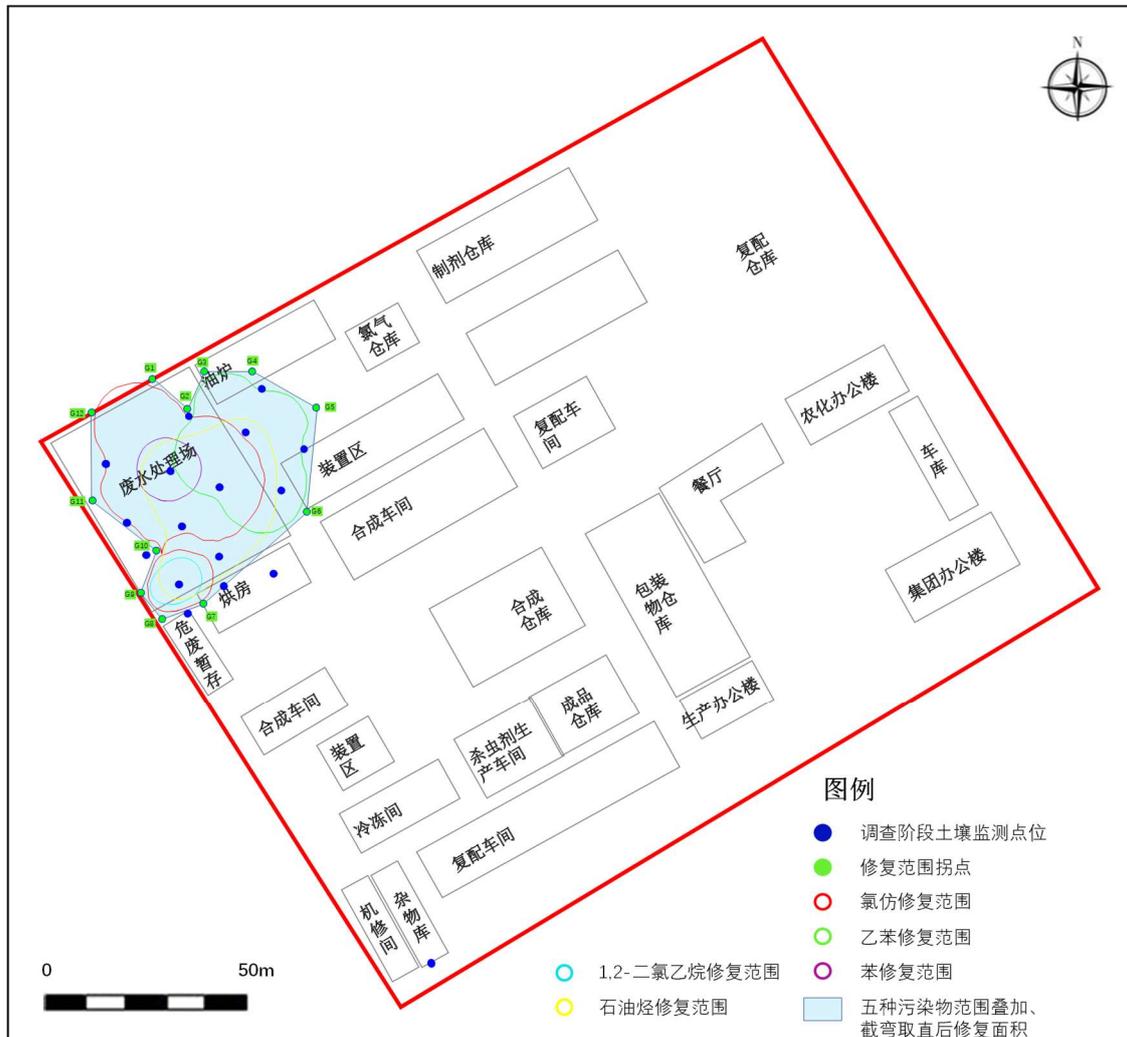


图 3.3-7 地下水中氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃 C₁₀~C₄₀ 修复范围图

3.4 修复模式

污染场地修复工程可考虑的基本修复模式主要包括三种：原位处理、原地异位处理、异地处理或处置。

(1) 原位处理

原位处理是指对场地内污染土壤不进行挖掘或清理，采用化学或生物方法对污染土壤中有机污染物进行处理，或采用物理方法对污染区域进行隔离工程处理。修复工程基本在场地范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后都不离开场地，可有效避免污染土壤转移处理可能造成的二次污染。

(2) 原地异位处理

原地异位处理是指将场地污染土壤进行清理，在场地范围内对土壤中污染物进行处理后，并在场地内资源化利用。修复工程基本在场地范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后都不离开场地，可有效避免污染土壤转移处理可能造成的二次污染。

(3) 异地处理或处置

异地处理处置是指将场地内污染土壤进行挖掘清理后，运至场地外的专门场所处理处置。与原位或原地处理相比，因涉及污染土壤的运输和处理，容易造成二次污染，必须在污染土壤转运、处理、处置的全过程进行严格监督，对管理上的要求较高。三种修复模式的主要因素比较及利弊分析见下表。

表 3.4-1 三种修复模式的影响因素分析

因素	原位处理	原地异位	异地处理处置
场地清理时间	-	较短	较短
场地清理风险	较低	较高	较高
对客土的需求	不需要	-	可能需要
运输成本	-	低	高
运输过程风险	-	低	高
堆置成本	-	低	高
堆置过程风险	-	低	高
土壤修复成本	较低	高	高或较高
土壤修复时间	较长	较短	较短
地下水治理成本	较高	较低	较低
地下水治理时间	较长	较短	较短
工程实施风险	较大	较小	较小
工程成本	低	高	中
工程实施时间	1~5 年	1~2 年	1 年

对场地污染土壤的 3 种修复模式从修复时间、风险、成本等各方

面进行了综合的比较与分析，同时结合业主要求、现场实际情况和场地修复区域污染物分布和迁移特征。

本项目污染土壤分为两个区块，为了便于区分，分为 A 区和 B 区，A 区污染物为氯仿，修复面积为 232.6m²，修复深度为 2.5~3.3m，修复土方量为 186.1m³。B 区污染物为氯仿、苯、氯苯和乙苯，最大修复面积 1630.3 m²，修复深度 1.5-5.8m，修复土方量 5299.5。污染物均属于挥发性有机物，污染深度土壤质地以粘质粉土和砂质粉土为主，6.8~8.0 米有一层淤泥质粉质粘土层（弱透水层）。

地下水修复面积为 2363m²，与 B 区土壤污染基本重合，污染深度为 6.0m，地下水污染物为氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃 C₁₀~C₄₀。地下水中 0~6m 的污染物检出浓度均不同程度超标，但在污染最重的废水处理区域地下水样品中 8m、13m、20.5m 和 25m 处均未超标（8m 以下土层结构未发现明显变化），通过详细调查的地下水检测数据结合地质调查可知，污染物透过 6.8~8.0 深度范围内的粉质粘土层（弱透水层，在 6.5~6.8m 和 7.0~7.3m 的深度范围内采集到了灰色淤泥质粉质粘土）向下迁移的可能性较低。

综合以上因素，考虑到 A 区仅在 2.5~3.3m 有污染，挥发性有机物异位开挖可能造成二次污染，开挖和修复需要建设密闭大棚，开挖土方量变大、需要建设密闭大棚及配套设施，不经济，且有二次污染风险。考虑到污染物浓度较低且易于氧化、粉土具有一定渗透性等，拟采用原位模式对 A 区污染土壤进行修复。

B 区为土壤和地下水污染区，深度 6m，周边不具备放坡开挖条件，考虑到污染物特征、处理成本等因素，拟对 B 区土壤和地下水水土共治，采用原位和抽出循环处理相结合的模式对 **B 区**进行修复。

4. 修复技术筛选

4.1 土壤修复技术简述

根据场地调查和风险评估结果，本场地涉及氯仿、苯、氯苯、乙苯污染土壤的修复，针对本项目污染物及地层特点，适合的原位修复技术有：原位化学氧化、原位热脱附、原位气相抽提、原位空气吹脱、植物修复等。

4.1.1 原位化学氧化技术

① 技术介绍

原位化学氧化技术是利用机械钻头或固定井将氧化剂通过加压方式注入到受污染地下水含水层中，使氧化剂与地下水中污染物充分接触并发生化学反应，达到将地下水中有有机污染物氧化分解的目的。

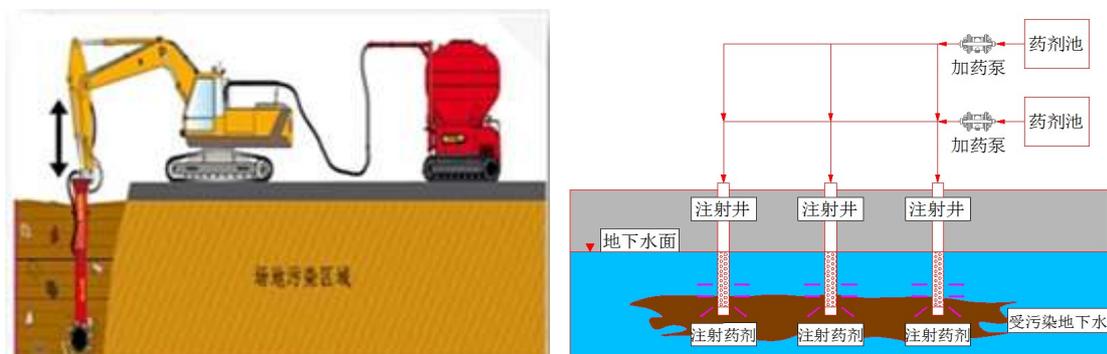


图 4.1-1 原位化学氧化修复工艺示意图

该技术不用对污染土壤进行挖掘，对土壤扰动较小，处理深度可达到地表下数十米。工程操作简单，处理速度相对较快，从几周到数月不等。对于渗透性很差土壤（如渗透系数为 $1E-7$ cm/s 及以下）处理效果较逊色，需要其他方法辅助完成；该技术需要根据场地的土壤

性质、地质水文情况进行药剂选择，压力范围控制、流速以及布点密度的合理确定，对设计要求较高。

影响原位化学氧化修复效果的因素主要包括影响半径和氧化药剂的用量。

（1）影响半径

原位化学氧化修复技术药剂注射的有效影响半径是指药剂经过加压注射后，保持一定的有效浓度所能到达的最远距离。有效浓度一般指该位置的药剂浓度达到初始浓度（注射浓度）的 50%。由于注射药剂量、注射浓度以及验收标准等因素各不相同，在实际施工过程中，影响半径指药剂注射后地下水中污染物浓度能够达到的验收标准的最远距离。有效影响半径主要受土壤性质（含水层介质）的影响，最主要的因素是含水层介质的渗透性能，即渗透系数。根据渗透系数，可以估算出有效影响半径，设计各注射点的分布，注射压力以及注射频率。

（2）氧化药剂的用量

药剂的用量与污染物的消耗量、土壤天然需氧量以及药剂自然衰减量有关。污染物消耗量与污染物的种类和浓度有关，根据调查结果计算得知，土壤天然需氧量与土壤中有机质含量、药剂种类和药剂停留时间有关。药剂自然衰减量是指天然条件下药剂本身的分解量。土壤天然需氧量和药剂自然衰减量可以根据经验或根据前期室内试验确定，污染物消耗量可根据污染物浓度和修复目标值确定。药剂的注

入体积可以根据注射影响的土壤体积和土壤孔隙度等参数确定。依据药剂的用量和体积可以计算得到需要配置药剂的浓度。

②应用情况

适用于污染土壤和地下水。其中,化学氧化可处理石油烃、BTEX(苯、甲苯、乙苯、二甲苯)、酚类、甲基叔丁基醚、含氯有机溶剂、多环芳烃、农药等大部分有机物;化学还原可处理重金属类(如六价铬)和氯代有机物等。

原位化学氧化/还原修复技术处置成本适中,受腐殖酸含量、还原性金属含量、土壤渗透性、pH值变化影响较大。

4.1.2 原位热脱附技术

①技术介绍

热脱附技术分为电阻热脱附技术、蒸汽热脱附技术和热传导热脱附技术,其技术特点分别如下:

(1) 电阻热脱附技术

通过在土壤中安装电极系统并施以足够的电压,使得土壤中产生电流。由于土壤是天然的电阻介质,所以电流通过带有薄水层的土壤颗粒时,便产生热量,进而对土壤进行加热处理。电阻加热能够将土壤温度加热到的最高温度接近水的沸点,一般在100-120°C之间。

(2) 蒸汽热脱附技术

采用蒸汽注入的方式加热土壤环境,一般应用于土壤渗透系数较高的区域,通常要求渗透系数达到 10^{-4}cm/s 。蒸汽通过注射井进入到

土壤环境中后，冷凝成液相的过程中放出热量，此部分热量用以加热土壤。

（3）热传导热脱附技术

通过加热井，将热量以热传导的形式传递给土壤。加热井内部的热量来源可以是电流通过其内部的电阻元件产生的热量，也可以是液化石油气或者天然气燃烧之后产生的高温热气，目前，燃气热脱附技术（Gas Thermal Remediation, GTR[®]）发展较为成熟，并且在国内已有多个完工/在建工程案例（且均由本单位实施）。GTR[®]技术可以使土壤温度达到 550°C 以上。

工艺原理如下：在燃烧器中燃烧天然气或液化石油气，产生高温气体；将高温气体注入单个的加热井中，并使其在井内往返流动；高温气体间接加热土壤，通过热传导方式加热目标修复区域，使得土壤温度升高到目标温度；当土壤温度达到目标值后，土壤中的污染物能够从土壤中迅速解吸并分离出来，形成含污染物的蒸汽并部分进入水体；同时用双相抽提系统（DPE）和气相抽提系统（SVE）将污染物蒸汽抽提至地表，然后进行汽水分离；并对含有污染物的水 and 气做进一步处理，达标排放。

在整个加热过程中，对单个燃烧器的燃烧状况、压力以及土壤中关键位置的温度、压力进行实时监测，记录数据并通过无线数据系统进行传输，通过远程访问数据实现对整个过程的实时监控。修复区域中的单个燃烧器可以单独控制，达到温度梯度和能量消耗最优化。

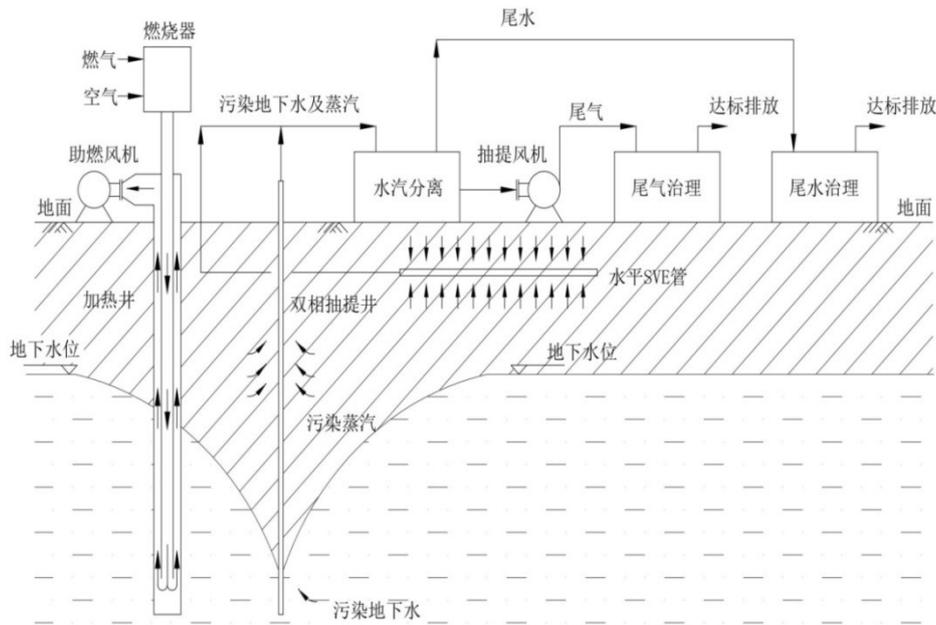


图 4.1-2 原位 GTR®工艺原理

②应用情况

该技术较为成熟，在国外应用广泛，在国内已有少量应用，适用于大部分有机物污染土壤，并适合处理汞污染土壤、自由相污染物（NAPL）等污染物污染的土壤和地下水。

热脱附技术处置污染土壤优点是高效、广谱性强；可同步处理污染土壤与地下水。但技术设备系统多样，集成度较高，工艺较为复杂，且投资大，处置成本高，

4.1.3 原位气相抽提技术

通过抽提系统，利用抽真空或注入空气产生的动力迫使非饱和区土壤中的气体发生流动，从而将其中的挥发和半挥发性有机污染物脱除，达到清洁土壤的目的，主要可用于污染土壤的修复。

气相抽提属于物理修复方法，最明显的优势是不破坏土壤性质，修复后的土壤可以作为资源循环利用；由于无药剂添加和复杂工艺，成本相对经济。影响气相抽提修复效果的因素主要包括土壤的渗透性、

湿度、地下水深度、土壤结构和分层、气相抽提流量和流速等。该技术不适用于高水位、低渗透性、低挥发性有机物污染场地。

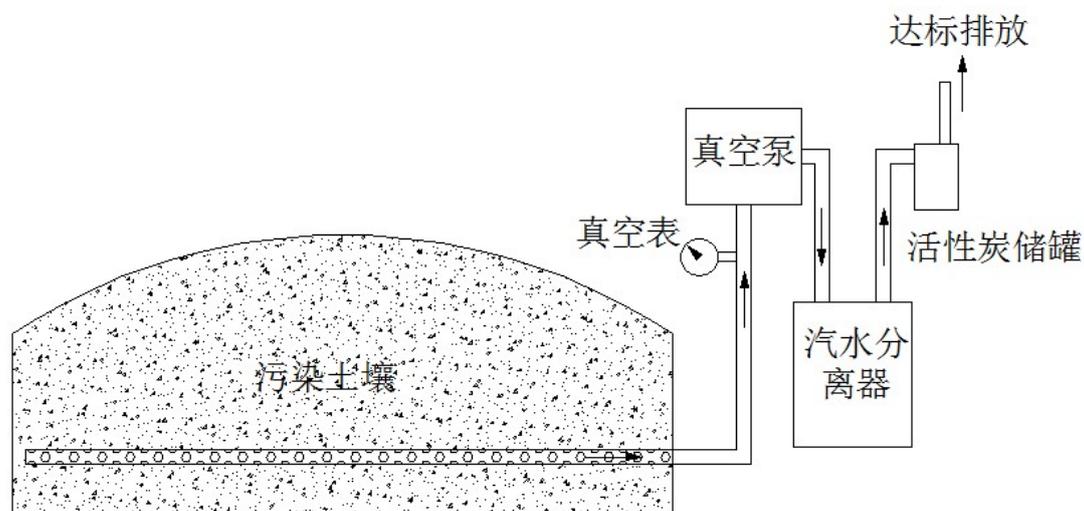


图 4.1-3 气相抽提工艺示意图

典型的气相抽提系统包括：抽提管道、真空泵、气-水分离装置、气体收集管道及鼓风机、气体净化处理设备、控制系统等。

4.1.4 原位土壤淋洗技术

① 技术介绍

土壤淋洗修复技术，是利用淋洗液去除土壤污染物的过程，通过水力学方式机械地悬浮或搅动土壤颗粒，使污染物与土壤颗粒分离。土壤清洗干净后，再处理含有污染物的废水或废液。如果大部分污染物被吸附于某一土壤粒级，并且这一粒级只占全部土壤体积的一小部分，那么可以只处理这部分土壤。土壤淋洗技术包括原位土壤淋洗和异位土壤淋洗。

原位土壤淋洗修复技术是根据污染物分布的深度，让淋洗液在重力或外力作用下流过污染土壤，使污染物从土壤中迁移出来，并利用

抽提井或采用挖沟的办法收集洗脱液。洗脱液中污染物经合理处置后，淋洗液可以进行回用或达标排放，处理后的土壤可以再安全利用。

② 应用情况

土壤淋洗技术在发达国家已有 30 年的成熟使用经验，可用于处置多种污染土壤。原位土壤淋洗修复技术适用于水力传导系数大于 10 cm/s 的多空隙、易渗透的土壤，如沙土砂砾土壤、冲积土和滨海土等。去除吸附态污染物，包括重金属、易挥发卤代有机物和非卤代有机物。异位土壤淋洗修复技术适用于粘粒含量低于 25%，被重金属、放射性核素、石油烃类、挥发性有机物、多氯联苯和多环芳烃等污染的土壤。

土壤淋洗技术处置污染土壤处置量大，适用于多种污染土壤，处置成本适中，约 1000~1500 元/m³，影响处置成本的主要因素是土壤物理性质。

4.1.5 植物修复

① 技术介绍

利用植物进行提取、根际滤除、挥发和固定等方式移除、转变和破坏土壤中的污染物质，使污染土壤恢复其正常功能。

② 应用情况

适用于重金属（如砷、镉、铅、镍、铜、锌、钴、锰、铬、汞等）污染土壤，以及特定的有机污染（如石油烃、五氯酚、多环芳烃等）土壤。

适用于修复面积较大的场地，修复成本相对较低，二次污染较少。但修复周期较长，不适用于工期较短的工程。

4.2 地下水修复技术简述

本场地地下水中需修复的污染物为氯仿、1,2-二氯乙烷、苯、乙苯和石油烃 C₁₀~C₄₀。

针对上述有机污染物和地层特点，考虑到场地情况、工期和成本，可采用的修复技术大致有：抽出处理、原位化学氧化、原位生物修复、原位空气注入、可渗透反应墙和监控自然衰减等。

4.2.1 抽出处理技术

该技术根据地下水污染范围，在污染场地布设一定数量的抽水井，通过水泵和水井将污染了的地下水抽取上来，然后利用地面净化设备进行地下水污染治理。通过不断地抽取污染地下水，使污染晕的范围和污染程度逐渐减小，并使含水介质中的污染物通过向水中转化而得到清除。同时，在抽取过程中，水井水位下降，在水井周围形成地下水降落漏斗，使周围地下水不断流向水井，减少了污染扩散。最后根据污染场地的实际情况，对处理过的地下水进行排放，可以排入地表径流、回灌到地下或用于当地供水等。

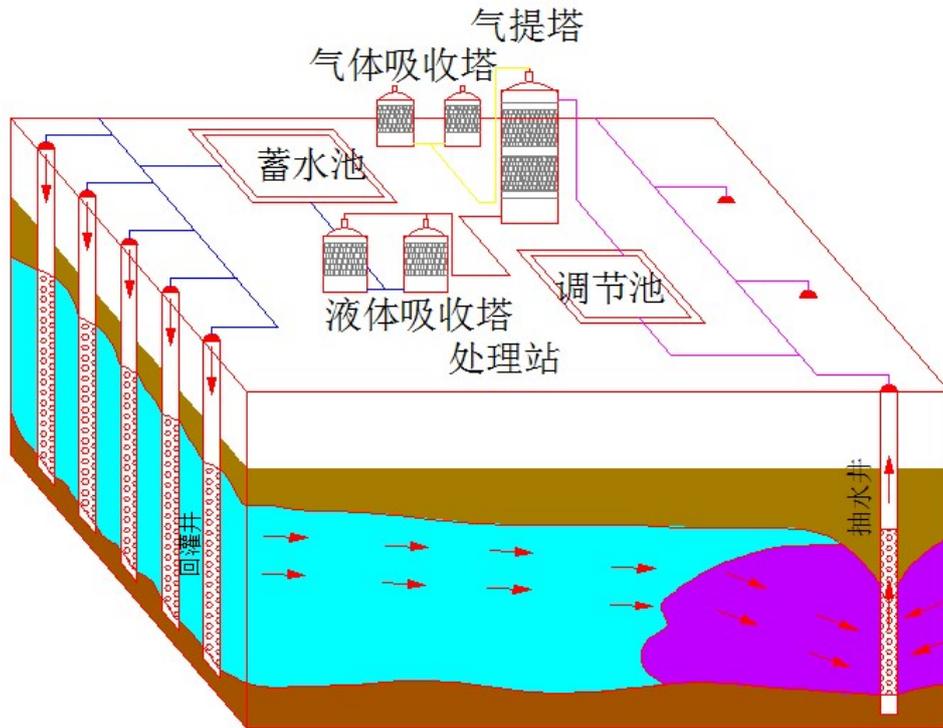


图 4.2-1 抽出处理系统示意图

4.2.2 原位化学氧化技术

原位化学氧化技术通过控制氧化剂的释放形式，可以使这些地球化学变化或其他感官指标的变化对直接处理区以外地方的影响减至最小。由于注入井数量有限和水力传导系数分布的问题，通过水相注入系统控制氧化剂的用量非常困难。无论是采用渗透格栅还是水相注入，都要对含水层的性质、地球化学变化的可逆性（如溶解作用、解析作用、pH 值变化）、污染物的分布和通量进行详细的评价，以设计出有效的原位处理系统。主要的氧化剂有二氧化氯、双氧水及 Fenton 试剂、高锰酸钾和臭氧。污染物不同可采用不同的氧化剂。

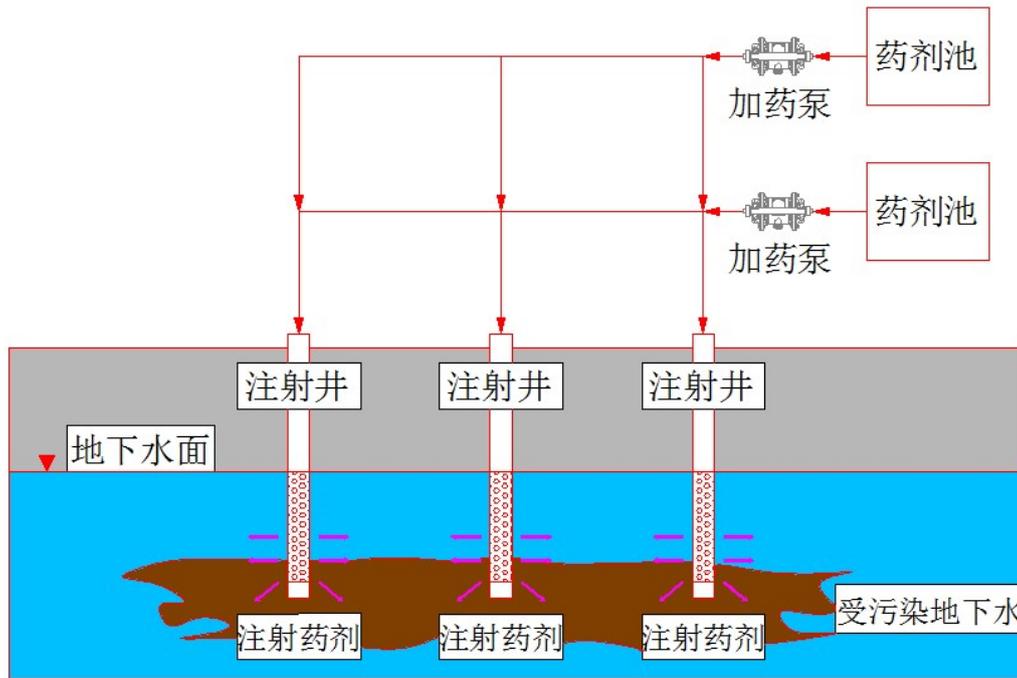


图 4.2-2 化学氧化系统示意图

4.2.3 原位生物修复技术

原位生物修复技术是利用生物的新陈代谢活动来吸收和降解污染场内地下水环境中有毒有害化合物使其成为无毒物质的工程修复技术。原位生物修复技术多在土壤饱水带中利用本土或外来人工驯化的微生物实行原位降解。由于地下水环境的特殊运动性，原位生物修复技术是参考场地水文地质系统、溶质运移模型、生物降解动力学方程、生物降解速率方程以及本地微生物种类和营养成分的地下水污染物修复技术。技术实施方法主要包含：生物注射法，有机粘土法，抽提和回注地下水相结合法。

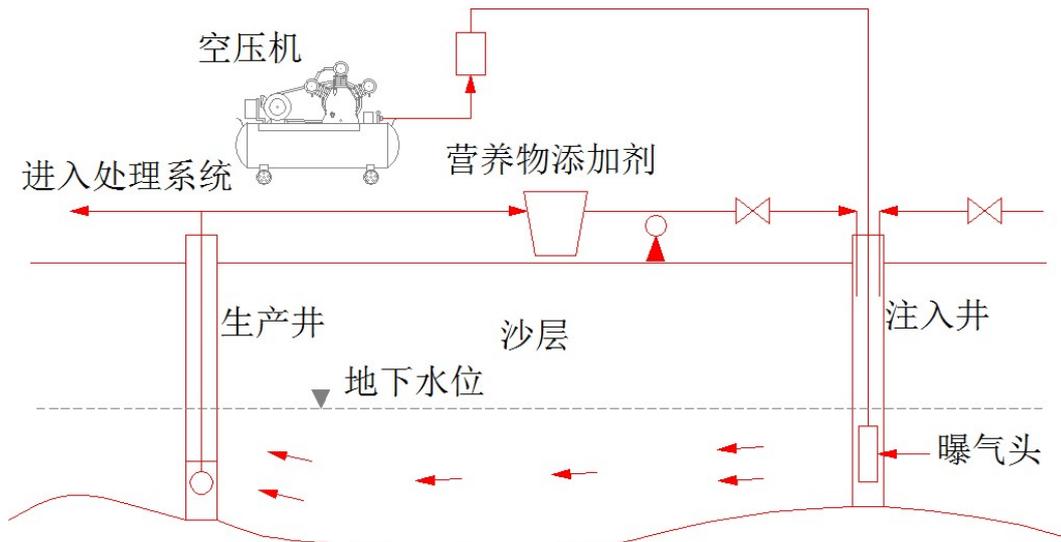


图 4.2-3 生物修复系统示意图

4.2.4 原位空气注入修复技术

空气注入技术是在气相抽提基础上发展而来的，通过在含水层注入空气使地下水中的污染物汽化，同时增加地下水氧气浓度，加速饱和带、非饱和带中的微生物降解作用。汽化后的污染物进入包气带，可利用抽气装置抽取后处理，因此也称生物曝气技术。

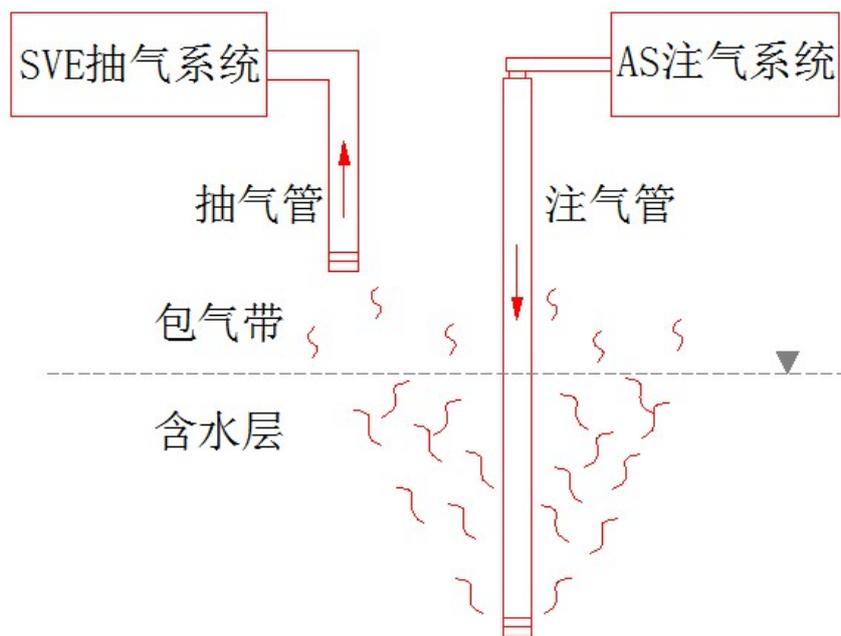


图 4.2-4 空气注入系统示意图

4.2.5 可渗透反应墙技术

可渗透反应墙技术是一种基于场地地下水流动特性的原位修复技术。该技术在污染源的下游开挖沟槽，安置连续或非连续的特殊渗透性材料制作的反应墙，并在其中填入反应媒介，根据不同的媒介与流经的地下水中的污染物可发生物理（吸附/稀释/阻挡）、化学（氧化还原/分解反应）或生物化学（生物降解）等反应，使地下水中的污染物得以阻截、固定或降解。

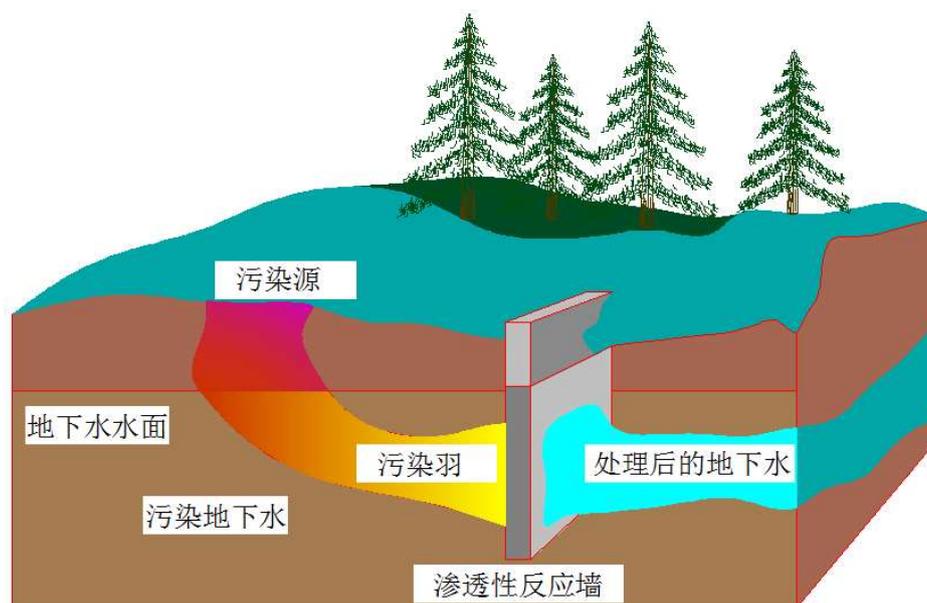


图 4.2-5 可渗透反应墙示意图

4.3 修复技术可行性评估

4.3.1 修复技术筛选矩阵

根据场地调查风险评估结论，根据本方案的制定遵循“科学性、安全性、规范性、可行性、经济性”的总体原则，进行土壤和地下水修复技术的技术可行性评估，土壤修复技术筛选矩阵见表 4.3-1。

表 4.3-1 修复技术筛选矩阵

序号	技术名称	应用参考因素			适应性	局限性	结论
		成熟性	时间条件	资金水平			
土壤							
1	原位化学氧化技术	技术成熟，国内有应用	视修复对象具体情况而定	中	化学氧化可处理石油烃、BTEX、酚类、MTBE、含氯有机溶剂、多环芳烃、农药、氰化物等	受腐殖酸含量、还原性金属含量、土壤渗透性、pH 值变化影响较大，不适用于重金属污染土壤的修复	对污染物修复效果好，周期短，价格便宜，建议采用
2	原位热脱附技术	较为成熟，国外应用广泛，国内少量应用	相对较快	高	适用于大部分有机物污染土壤，并适合处理汞污染土壤、NAPL 等污染物污染的土壤和地下水	工艺较为复杂，且投资大，处置成本高	技术成本过高，不建议采用
3	原位气相抽提技术	技术成熟	较短	低	适合处理 VOCs，可操作性强；处理时间较短；适用于渗透性较好的地质条件。	需配套建立尾气处理系统；不适用于 SVOCs。	地下水为较高，不建议采用
4	原位土壤淋洗技术	成熟可靠	0.5~2 年	中	适用于粘粒含量低于 25%，被重金属、放射性核素、石油烃类、挥发性有机物、多氯联苯和多环芳烃等污染的土壤	不适用于土壤细粒（粘/粉粒）含量高于 25%的土壤	粉土效果不佳，不建议采用
5	植物修复	技术成熟/国内外项目均有应用	较长，需要数年	较低	(1) 适用于重金属污染土壤，以及特定的有机污染(如石油烃、五氯酚、多环芳烃等)土壤。(2) 适用于修复面积较大的场地	对植物根系以下部分的污染物作用很小，对深度污染的土壤不适用。修复周期较长，不适用于工期较短的工程	修复时间过长，不建议采用

序号	技术名称	应用参考因素			适应性	局限性	结论
		成熟性	时间条件	资金水平			
地下水							
1	抽出处理	成熟可靠	较短	较高	技术成熟,适用于去除地下水中溶解的机污染物和浮于潜水面上的油类物质。	不适用于低渗透性的黏土和低溶解度、高吸附性的污染物质。	建议采用
2	原位化学氧化	技术成熟/ 国内外项目 均有应用	较短	较高	技术成熟,处理周期较短, 费用较低,处理效果佳。	需添加氧化剂等物质,要有严格的健康与安全措施;有机质含量高的含水层易消耗氧化剂。	建议采用
3	原位生物修复	技术成熟/ 国内外项目 均有应用	长	低	不需要大型设备,修复系统 安装简单快速,适应性强。	单纯采用生物修复,时间较长, 无法满足本项目工期要求。	不建议采用
4	原位空气注入	技术成熟/ 国内外项目 均有应用	较长	较低	设备简单,安装方便,修复 效率高,治理时间相对较短。	在非均质介质中去除效果较差; 存在导致污染物大范围迁移的 风险。	不建议采用
5	可渗透反应墙	技术成熟/ 国内外项目 均有应用	较长	较高	反应物节约使用,耐用性 强。	容易生成残留物阻渗水孔使得 反应效率下降,需要定时更换, 虽然可以提高反应媒介的适应性, 但是更换也带来了额外费用和 二次污染的可能性(残留物处 理)。	不建议采用

4.3.2 案例分析

(1) 土壤和地下水的原位化学氧化

1) 国外应用情况

化学氧化技术是美国超级基金中推荐的一种常用处置技术，在国外有机污染场地的治理工程中应用较多。常用来修复被油类、有机溶剂、多氯联苯以及非水相氯化物（如三氯乙烯）等污染物污染的土壤和地下水，既可以单独使用，也可与其他修复技术联用。

化学氧化技术在国外已经形成了较完善的技术体系，应用广泛。据美国环保署统计，2005-2015 年应用该技术的案例占修复工程案例总数的 15%。应用案例如下表所示。

表 4.3-2 国外应用情况

序号	场地名称	目标污染物
1	美国明尼苏达州某木材制造厂	五氯苯酚
2	韩国光州某军事基地燃料存储区	石油烃
3	美国马里兰州某赛车场地	苯系物、甲基萘
4	加拿大亚伯达某废弃管道场地	苯系物
5	美国阿拉巴马州某场地	毒杀芬，滴滴涕，DDD 和 DDE
6	美国犹他州图埃勒县军方油库	三硝基甲苯，环三亚甲基三硝胺
7	荷兰某金属处理公司	三氯乙烯、二氯乙烯
8	美国丹佛市某制造厂	苯系物
9	加拿大安大略省某军事基地	三氯乙烯、四氯乙烯

2) 国内应用情况

化学氧化技术在国内发展较快，2011 年之后开始在一些工程项目上应用，且应用越来越广泛。据不完全统计，该技术在北京、广州、江苏等省市均有规模应用。这些成功案例为本场地污染土壤和地下水修复提供了成功经验。

上海某化工厂场地修复

污染因子为苯、二甲苯、1,2-二氯丙烷、萘和菲，采用原位化学氧化修复，达到修复目标值。

表 4.3-3 项目情况介绍

污染物	土壤：苯、间二甲苯&对二甲苯、氯仿、1,2-二氯乙烷、六氯苯、总石油烃； 地下水：苯、乙苯、氯仿、1,2-二氯乙烷、总石油烃。
修复目标	土壤：苯(0.26 mg/kg)、间二甲苯&对二甲苯(26.3 mg/kg)、氯仿(2 mg/kg)、1,2-二氯乙烷(0.8 mg/kg)、六氯苯(0.66 mg/kg)、总石油烃(1000 mg/kg)； 地下水：苯(572μg/L)、乙苯(1680μg/L)、氯仿(318μg/L)、1,2-二氯乙烷(642μg/L)、总石油烃(600μg/L)。
污染方量	土壤修复面积为 1984.2m ² ，修复体量为 8816m ³ ，约 16750t； 地下水需要修复的面积为 17182m ² ，体积为 106100m ³ 。
采用修复技术	原位化学氧化

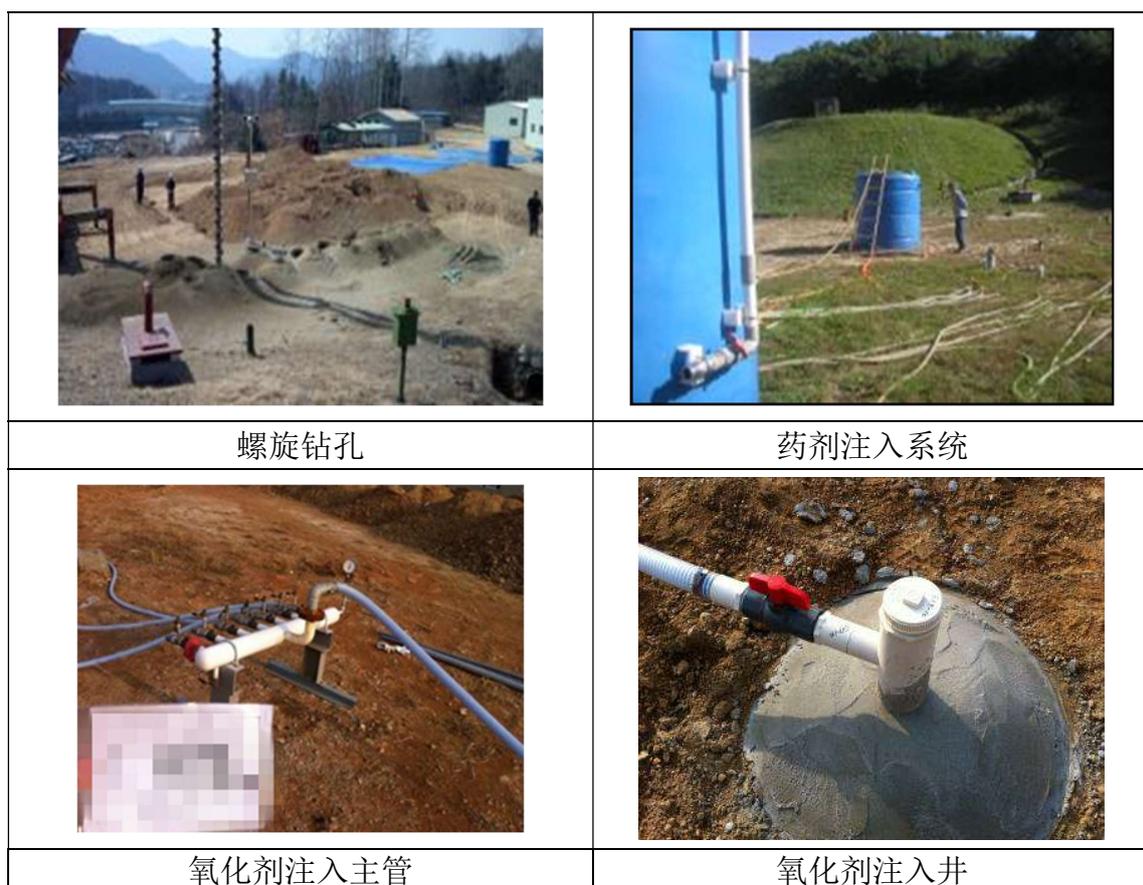


图 4.3-1 原位化学氧化施工

江苏某化工厂场地修复

污染因子为苯、二甲苯、1,2-二氯丙烷、萘和菲，采用原位化学氧化修复，达到修复目标值。

表 4.3-4 项目情况介绍

污染物	苯、二甲苯、1,2-二氯丙烷、1,2 二氯乙烷
最高浓度	苯 25.8mg/kg、二甲苯 334mg/kg、1,2-二氯丙烷 10mg/kg、1,2 二氯乙烷 3.78mg/kg
修复目标	苯 8.4mg/kg、二甲苯 192.6mg/kg、1,2-二氯丙烷 5.16mg/kg、1,2 二氯乙烷 3.2mg/kg。
污染方量	8372m ³
采用修复技术	原位化学氧化



图 4.3-2 原位化学氧化施工

(2) 地下水抽出处理技术

本项目考虑到工期和地下水污染特征等因素后，为了提高地下水原位化学氧化的效果，拟采用地下水循环抽出处理辅助原位化学氧化的组合技术，强化修复效果，缩短项目工期，确保修复达到修复目标值要求。

1) 国外应用情况

抽出处理技术在国外已经形成了较完善的技术体系，应用广泛。据美国环保署统计，1982~2008 年期间，在美国超级基金计划完成的地下水修复工程中，涉及抽出处理和其他技术组合的项目 798 个。应用案例见下表。

表 4.5-5 国外应用情况

序号	场地名称	目标污染物
1	Hamptonbug, NY	挥发性有机化合物和多环芳烃类
2	intertidal marsh along San Francisco Bay	挥发性有机化合物
3	Acid Brook Delta and Pompton Lake	三氯乙烯和四氯乙烯
4	Lowr Lowry Landfill of Arapahoe	溶剂和金属废料，成品油，杀虫剂，污水污泥，颜料，轮胎，动物尸体，家居废物，医疗废物
5	Helena Chemical Co. Landfill	杀虫剂

2) 国内应用情况

抽出处理技术适用范围广，是地下水污染治理主要技术之一。该技术在国内外已有工程应用。

据不完全统计，该技术在我国北京、江苏、广州等省市均有大规模应用。以江苏某污染场地为例，项目地下水中污染物包括苯、萘、石油烃 C6-C12，部分区域 0~6m 的污染地下水采用了抽出处理技术，抽出后地下水通过化学氧化方式，去除其中的污染物，截至目前，该项目共修复地下水约 1.5 万 m³ 合格率为 100%。这些成功案例，将为本场地污染地下水的修复提供很好的和成功经验。

4.4 技术筛选结论

综上所述比较各修复技术的优缺点，针对本场地的土壤和地下水污染特征、水文地质条件以及场地开发用途、时间要求，及目前国内外相关的案例，针对 A 区污染土壤建议采用原位化学氧化技术，B 区污染土壤与地下水建议采用原位化学氧化+抽出循环处理技术。

5. 修复方案设计

5.1 修复技术路线

根据风险评估所确定的土壤和地下水修复范围，对土壤和地下水修复区域进行叠加（图 5.1-1），将待修复区分为 A 区和 B 区，其中 A 区位于东侧，为土壤修复区。B 区位于西北侧，为土壤和地下水复合修复区。

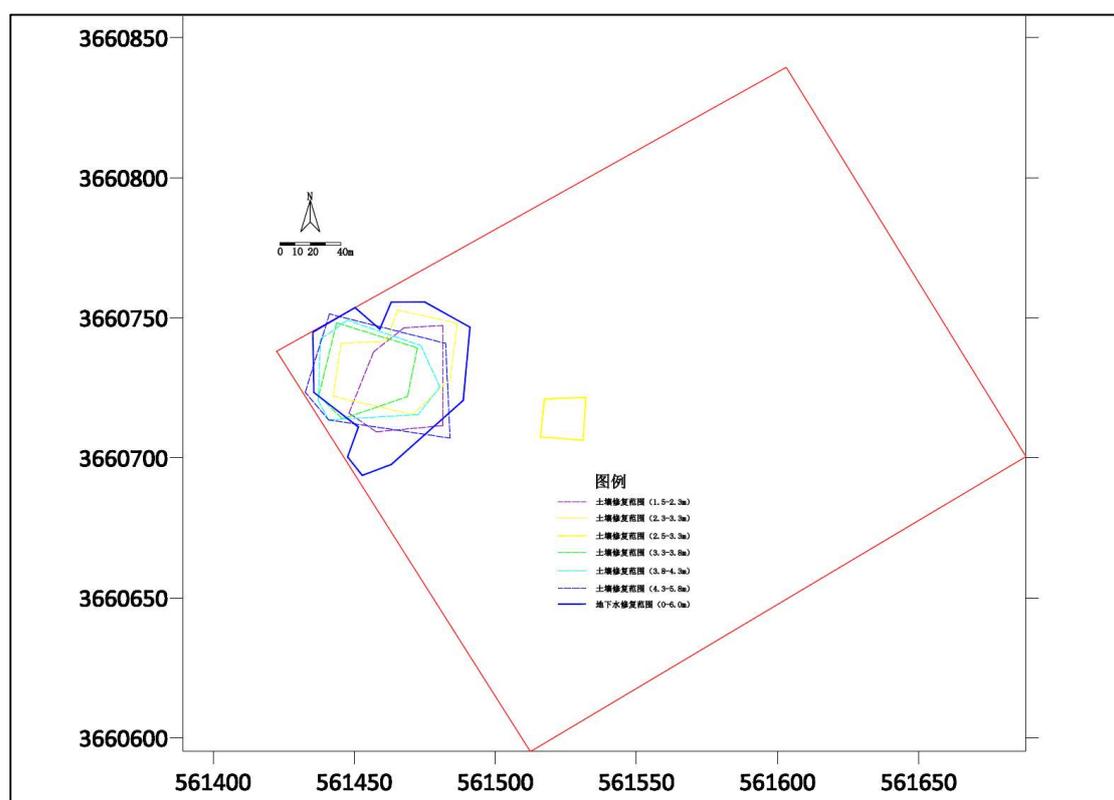


图 5.1-1 土壤-地下水修复范围叠加图

- (1) A 区：为单独的土壤修复区，采用原位化学氧化处理；
- (2) B 区：土壤修复范围基本和地下水修复区重合，土壤与该区域地下水一并进行原位化学氧化+抽出循环处理。该区土壤和地下水修复区深度基本一致，考虑到修复的实际操作性，将 B 区土壤和地下水统一按照 6m 的修复深度进行考虑。

合并考虑后的修复范围分区布置图及工程量详见下图和表。

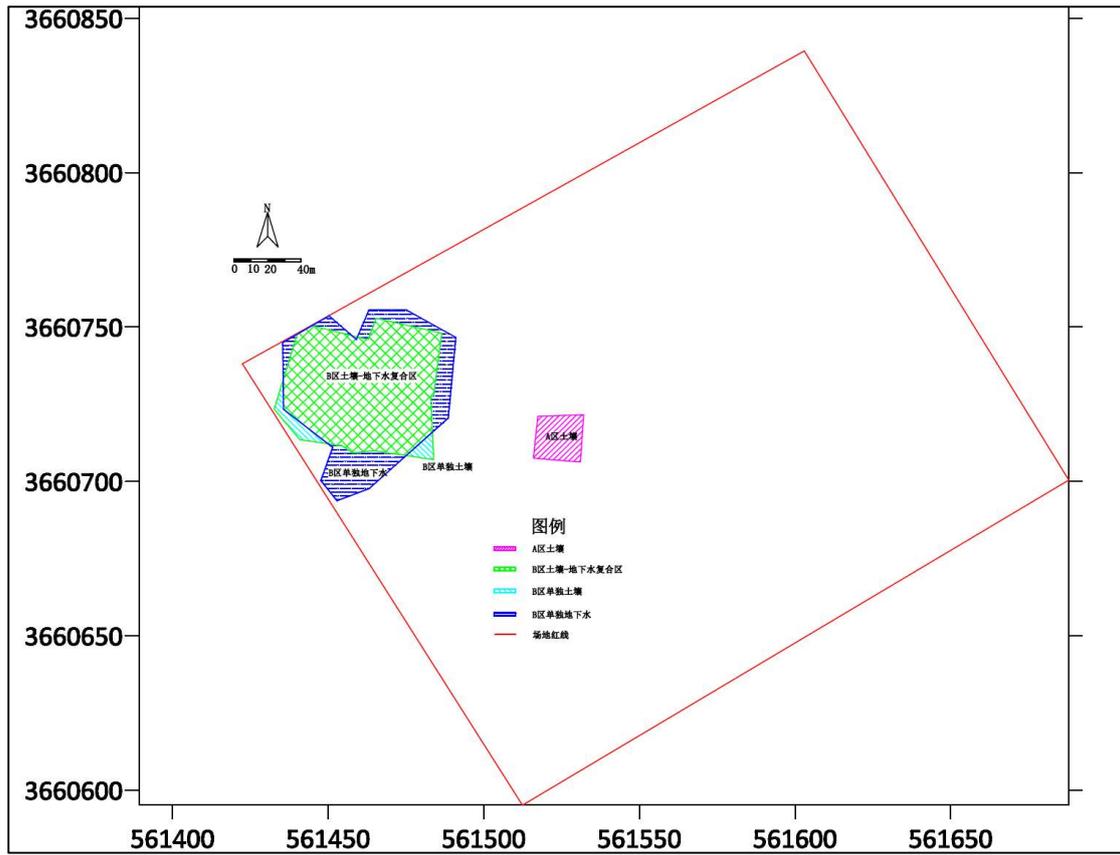


图 5.1-2 修复范围图（按修复工艺）

表 5.1-1 工程量统计

修复分区	关注污染物	修复技术	面积 (m ²)	修复深度 (m)	厚度 (m)	方量 (m ³)
A 区土壤	氯仿	原位化学氧化	232.6	2.5-3.3	0.8	186.1
B 区土壤- 地下水	土壤：氯仿、苯、氯苯和乙苯 地下水：氯仿、苯、乙苯、1,2- 二氯乙烷、石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	原位化学氧化+抽出循环 处理	1751.5	0-6.0	6.0	-
B 区土壤	氯仿、苯、氯苯和乙苯		109.7	1.5-6.0	4.5	-
B 区地下水	氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙 烷、石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀		593.3	0-6.0	6.0	-

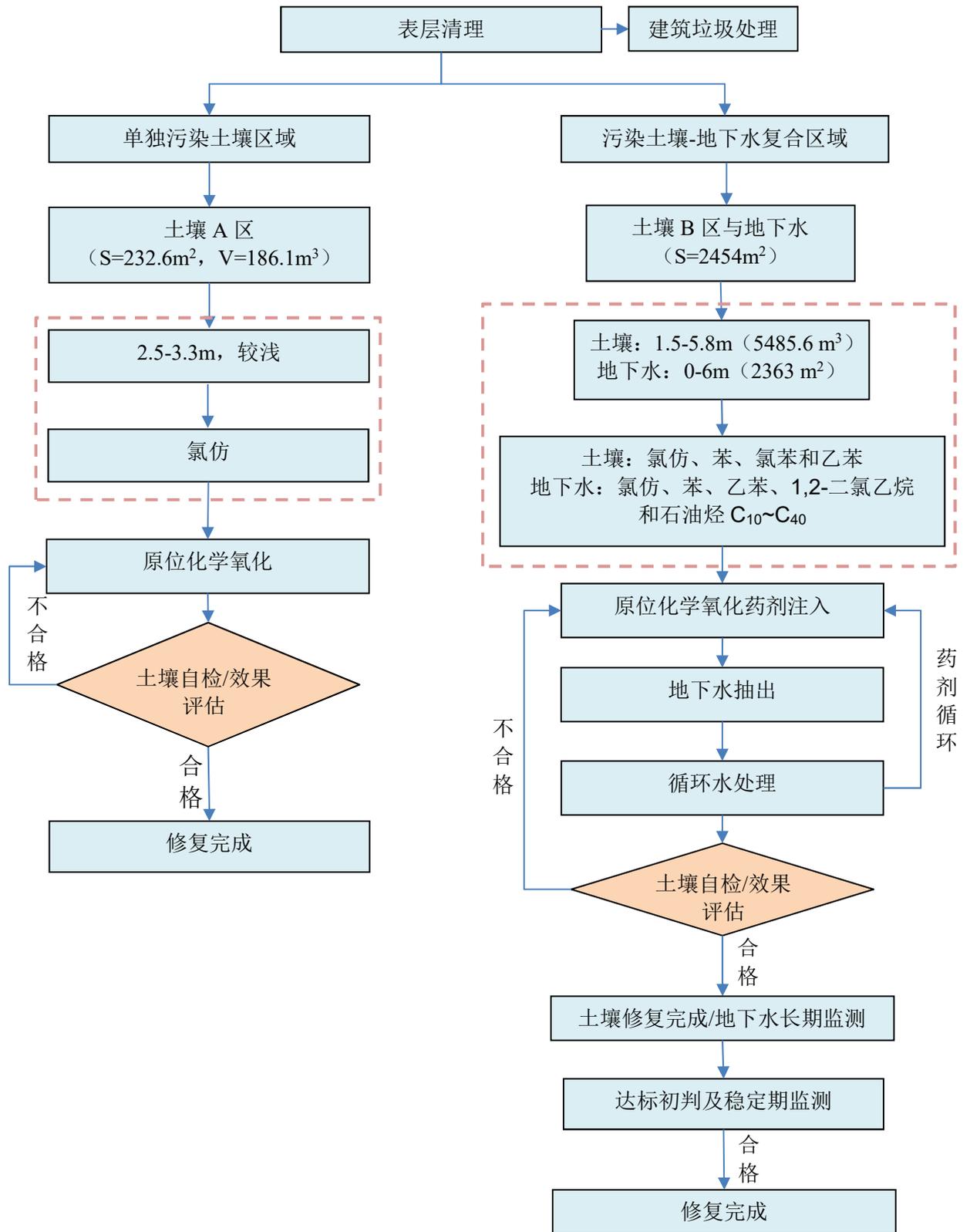


图 5.1-3 整体修复技术路线

5.2 A 区原位化学氧化方案设计

5.2.1 A 区工作规模

A 区为土壤修复区，污染物为氯仿，总计土方量为 186.1m³。具体修复范围及拐点坐标见下文。

表 5.2-1 A 区修复土方量

深度分层 (m)	修复面积 (m ²)	修复深度 (m)	土方量 (m ³)
2.5~3.3	232.6	0.8	186.1

表 5.2-2 A 区拐点坐标

深度分层 (m)	拐点编号	拐点坐标	
		大地 2000 坐标 N	大地 2000 坐标 E
2.5~3.3	a1	3660721.070	561517.400
	a2	3660721.616	561532.124
	a3	3660706.291	561531.057
	a4	3660707.471	561515.964

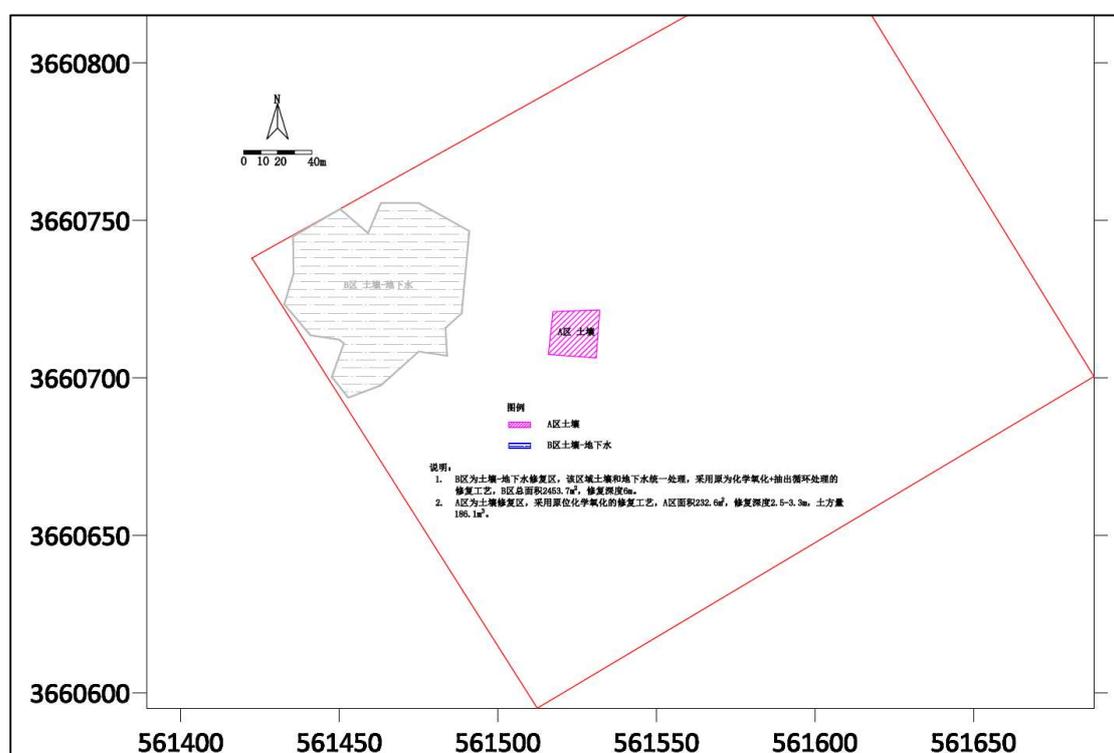


图 5.2-1 A 区修复范围图

5.2.2 原位化学氧化工艺原理

原位化学氧化技术具有如下优点：

- (1) 氧化修复周期通常为 2-3 个月，周期相对较短；
- (2) 修复效果相对较高，对于常见的苯系物、氯代有机溶剂及部分低浓度 SVOCs 均具有显著的降解效果；
- (3) 施工过程相对简单，不涉及基坑开挖等施工项目，降低了现场实施的难度；
- (4) 现场实施阶段不会涉及热和蒸汽，实施相对安全；
- (5) 可同时完成污染土壤和地下水的修复，节约了施工成本和项目周期。

在美国、加拿大和西北欧，化学氧化工艺已经被用于数千个有毒废弃场地，美国环保署（EPA）资料显示，最近的现场修复案例中化学氧化技术占了 33%，成为目前发展最迅速的污染土壤修复技术之一。

原位注入井注入是通过固定井向目标地下水污染区域注入药剂，使得药剂在地下扩散并与地下水中污染物接触，通过氧化物作用，使地下水中的污染物转化为无毒或对周边环境或人体毒性较小的物质。

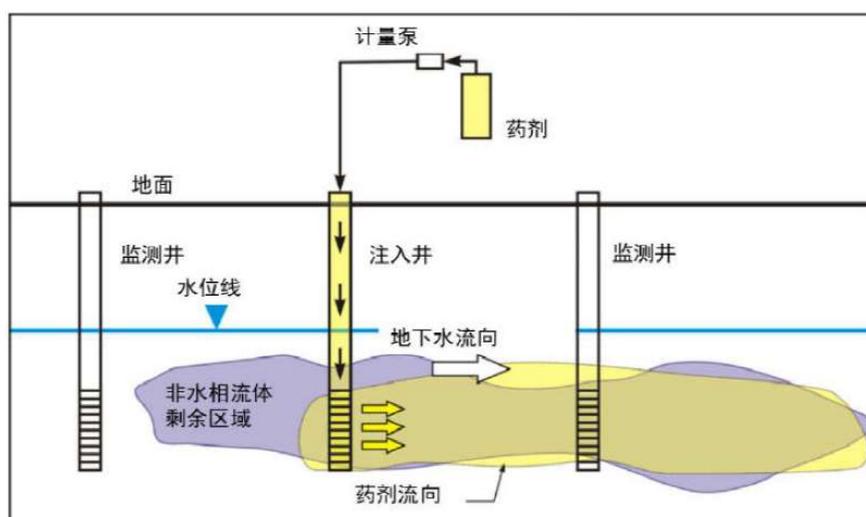


图 5.2-2 原位注射化学氧化工艺示意图

该方法适合场地中需要设置多处注入点，或者每个注入点需要注

入大量的药剂的情况。该工艺对注入深度没有限制。该技术设备简单，使用灵活，通过调节注入压力达到不同的影响半径，可在单井反复多次注入药剂，保证修复效果。

5.2.3 原位化学氧化方式选择

原位化学氧化技术根据其工艺特点可分为原位注射井注射和搅拌注入两大类。修复工艺示意图如下所示。

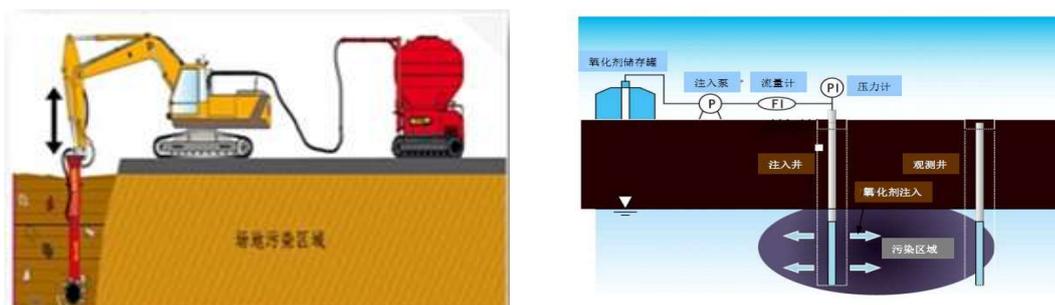


图 5.3-2 原位化学氧化修复工艺示意图

(1) 关于修复方式的选择

地块的土层性质分析如下：

表 5.3-3 土质特点分析

序号	土质特点
1	①层回杂填层：层厚 0.70~1.50 m，灰杂、湿、松散，上部局部以杂填土为主，含碎砖、碎石、建筑垃圾等，下部以粘性土为主，含植物根茎及少量细小杂物，土质不均，结构松散；
2	②层粘质粉土：层厚 2.60~3.30 m，灰色、饱和、稍密，含云母、铁质斑点，土性不均匀，摇震反应中等，无光泽，干强度、韧性中等；
3	③ ₁ 层砂质粉土：层厚 2.40~4.50 m，灰色、饱和、稍密，含云母，夹薄层粘性土，土性不均匀，摇震反应迅速，无光泽，干强度、韧性均低；
4	③ ₁ 层淤泥质粉质粘土：层厚 0.90~1.70m，灰色、饱和、流塑，含云母，夹薄层粉性土，土性不均匀，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等；
5	③ ₂ 层砂质粉土：层厚 5.80~12.90m，灰色、饱和、中密~密实，含云母，夹薄层粘性土，摇振反应迅速，无光泽，干强度低、韧性低；
6	③ ₂ 夹层砂质粉土：层厚 6.60m，灰色、饱和、中密，含云母，夹薄层粘性土，局部粘性土含量较高，土性不均匀，摇振反应迅速，无光泽，干强度低、韧性低；
7	③ ₃ 层砂质粉土：未钻穿，灰色、饱和、稍密~中密，含云母，夹薄层粘性土，局部呈互层状，土性不均匀，摇振反应迅速，无光泽，干强度低、

序号	土质特点
	韧性低。

表 5.3-4 原位化学氧化修复工艺比选

修复方式	注射井注入工艺	搅拌注入工艺 (高压旋喷, ALLU 搅拌)
优势	在浅层区域药剂可快速扩散, 成本低, 能够反复使用, 在渗透性较好的地层中适合使用。	药剂和土壤/地下水充分混合均匀, 不存在短路风险, 可以确保修复达标。成本低。
劣势	深度较大时药剂难以扩散, 需要加压来保证修复达标, 在粘土层中效果较差。	需大型设备进场, 施工过程需加强安全管理。
结论	本项目污染地层为透水性较好的粉土为主, 且污染深度较浅 (2.5-3.3m), 综合考虑后, 对 A 区的土壤采用注射井注入的原位化学氧化工艺进行修复。	

5.2.4 工艺流程

原位化学氧化工艺流程见图 5.2-3, 具体步骤如下:

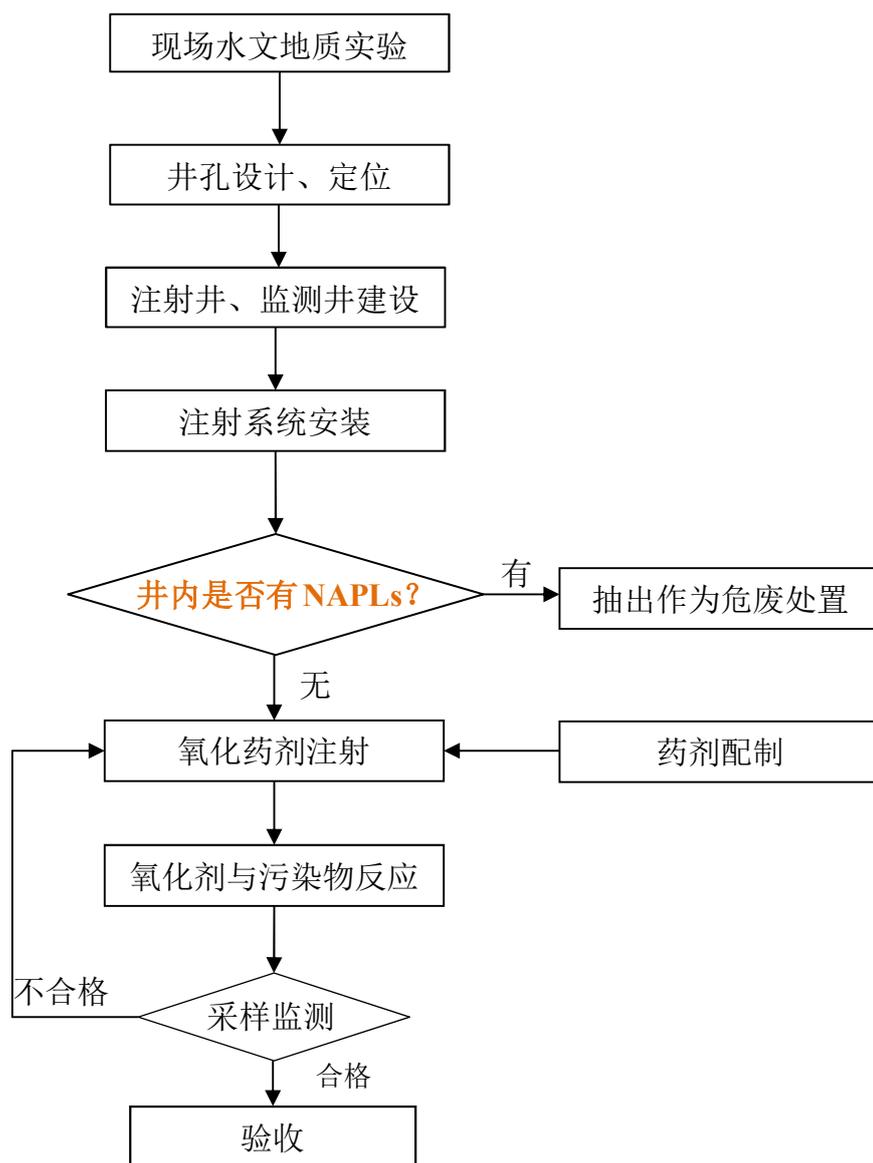


图 5.2-3 原位注射化学氧化工艺流程

(1) 场地水文、地质实验

根据场地调查报告及业主提供的相关水文、地质资料，对现场开展水文、地质实验，确定水力参数、注射有效半径等参数。

(2) 注射井建设

根据 (1) 的结果，规划建设注射井的位置，设计深度直至污染深度。

井的安装一般采用螺旋钻机进行施工，在我方技术人员的指导下进行，根据美国材料与测试协会 (ASTM) 制定的相关技术导则 (如

D5092-02 等) 进行操作。

井的钻探完成后，安装井管，井筛管外侧周围用粒径用清洁石英砂回填作为滤水层，石英砂回填至地下水位线处，其上部再回填不透水的膨润土，最后在井口处用水泥砂浆回填抹平至自然地坪处。



图 5.2-4 注射井建设

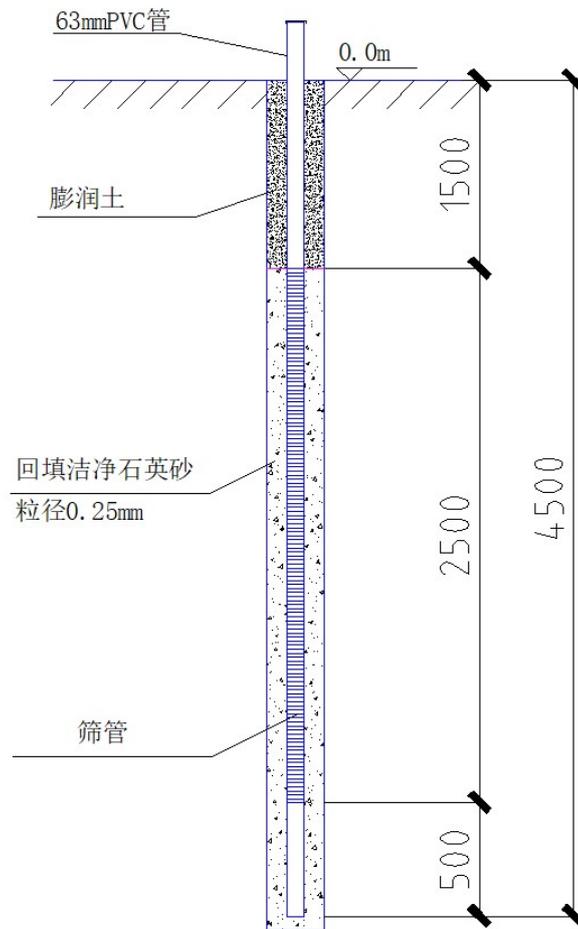


图 5.2-5 注射井剖面示意图

井的深度和筛管的安装位置由专业人员根据现场地下水位的相对位置及各监测井的不同监测要求综合考虑后设定。

(3) 药剂配制

注射井建设完成后即可进行修复药剂配制。依据工艺要求进行修复药剂的配制，根据注入区污染物浓度计算药剂注入量。由于污染物在场地内不是均匀分布，因此在污染物浓度较高的区域需要增加药剂投加量，而污染浓度较低的区域则应相应减少药剂的投加量。

(4) 注射系统安装

注射前，现场需要进行药剂泵、加药泵、溶药罐、搅拌装置、注射头以及连接管道，仪表、电力、支架等的安装工作。

注射井建设完成后即可进行注入管道连接。依据修复需求进行药剂配制设备的购置和安装，将药剂罐与隔膜泵连接，将隔膜泵与注入井连接，同时将隔膜泵与空压机进行连接，监测井设置压力表，注入管道上设置阀门开关。

(5) 判断井内是否存在 NAPLs

根据 EPA 文献“DNAPL siteevaluation, chapter 7, 1993”记载，如地下水中污染物浓度超过该物质有效溶解度的 1%，即有可能存在 NAPLs。根据前期调查及补充调查结果，初步判断场地是否存在 NAPLs，现场采用油水界面仪快速判断。

若存在 NAPLs，则可利用建成的注射井将 NAPLs 抽出收集作为危险废物委托有资质的单位外运处置。直至将 NAPLs 抽提干净后，再开展下一步的氧化药剂注射。

若不存在 NAPLs，则可直接开展下一步氧化药剂注射。

(6) 氧化药剂注射

启动空压机带动隔膜泵工作，将配制好的药剂注入地下，同时监测注入井压力，控制注入井压力（通常在 1MPa 以内），达到注入量后停止注入；通过阀门控制不同注入井的药剂注入。

注射一周后进行取样分析，评估注射修复效果，调整下一次注射的参数。根据地下水监测结果定期调整修复工艺参数，包括药剂种类、药剂浓度、注入量、注入压力等。药剂注射现场图见下图。



图 5.2-6 注射井注射药剂示意图

(7) 采样监测

药剂投加后一段时间，按照设计的时间间隔定期进行采样监测。根据检测结果对药剂添加量等参数进行适当的调整，对于扩散效果不好的区域采用 Geoprobe 钻机直接注入化学氧化药剂的方法进行加密注射，直至达到修复目标。



图 5.2-7 Geoprobe 注射药剂示意图

(8) 验收

修复达标后的区域，验收通过后，拆除注射井，该区域修复工程完成。

5.2.5 工艺设计

(1) 药剂反应机理

常用的化学氧化药剂有 Fenton 试剂、过硫酸盐、高锰酸盐、臭氧等。现对药剂进行比较说明。

表 5.2-3 常用化学氧化药剂

药剂名称	反应机理	氧化电位 (Eh)	形态	药剂持续时间	有利的环境条件
Fenton 试剂	$H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow OH^- + \cdot OH + Fe^{3+}$	2.8V	液体	几分钟至数小时	高渗透性；地下水 pH2-6
臭氧	$O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow O_2 + 2H_2O$	2.6V	气体	几分钟至数小时	土壤未饱和部分中的高渗透性土壤，水分含量低
高锰酸盐	$MnO_4^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow MnO_2 + 2H_2O$	1.7V	粉末/溶液	0.5-1 年	高渗透性土壤

药剂名称	反应机理	氧化电位 (Eh)	形态	药剂持续时间	有利的环境条件
过硫酸盐	$\cdot\text{SO}_4 + e^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ $\text{OH} + e^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ $\cdot\text{OH} + e^- \rightarrow \text{OH}^-$	2.6V	粉末/溶液	2-3 月	较安全

表 5.2-4 原位化学氧化药剂应用特点

药剂名称	应用特点
Fenton试剂	<p>(1) 芬顿试剂主要有效成分为双氧水，易爆炸；</p> <p>(2) 添加到土壤后，药剂会迅速分解，不利于药剂的扩散，在粘土场地不适用；</p> <p>(3) 药剂加入到土壤后会产生大量的热和气体，使得部分污染物被挥发出土壤而非降解，造成污染物的转移和安全隐患；</p> <p>(4) 由于该技术的SOD值较高，不适用于有机质含量较高的污染土壤。</p>
臭氧	<p>(1) 臭氧的氧化能力相对较强，可处理的污染物范围较广，但由于其气体的性质，易分解，在地下的寿命相对较短；</p> <p>(2) 由于臭氧为气相，故其在三相中的传质阻力会影响其对污染物的降解效果；</p> <p>(3) 臭氧在水中的溶解性有限，故为了保证修复效果，必须持续注入。</p>
高锰酸盐	<p>(1) 高锰酸盐的氧化能力较弱，适用的污染物范围相对有限；</p> <p>(2) 高锰酸盐的还原产物为二氧化锰，容易堵塞地下含水层，降低土壤渗透性，改变水文地质走向；</p> <p>(3) 二氧化锰为紫红色，感官效果不易被接受；</p> <p>(4) 高锰酸盐的 SOD 值较高，在应用过程中需要消耗的量较大；</p> <p>(5) 工业级高锰酸盐中可能含有金属杂质（铬、镍等），可能会给环境带来潜在影响。</p>
过硫酸盐	<p>(1) 经活化后过硫酸盐的氧化能力与芬顿试剂相当，对于大部分污染物均有较好的降解效果；</p> <p>(2) 与芬顿试剂和臭氧相比，活化过硫酸盐的药剂持续作用时间更长，有利于药剂具有更大的扩散半径，降解更多的污染物，即便粘土污染场地也适用；</p> <p>(3) SOD值明显偏小，对于有机质含量较高的土壤也不会影响其作用效果，降低药剂投加量，从而节约成本；</p> <p>(4) 药剂使用过程中不会产生热和气体，不存在安全隐患；</p> <p>(5) 同时过硫酸盐属于固态物质，更加便于贮存和运输。</p>

(2) 药剂选择

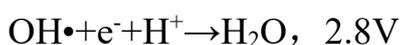
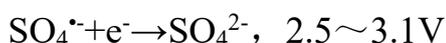
该场地内需氧化的的污染物有氯仿。根据污染物特征及公众的接受程度、经济等方面因素综合考虑，采用活化的过硫酸盐作为氧化剂。

活化过硫酸盐降解污染物的机理如下：

1) 过硫酸盐在水中电离产生过硫酸根离子 ($S_2O_8^{2-}$)，未经活化的条件下， $S_2O_8^{2-}$ 的氧化电位为 2.1V，高于高锰酸盐的氧化电位，能够降解常见的苯系物和氯代有机溶剂，具有较强的氧化性。

2) 在不同的活化条件下， $S_2O_8^{2-}$ 可进一步分解为 $SO_4^{\cdot-}$ ，其氧化电位为 2.6V，与芬顿试剂相当，是一类氧化能力十分强的反应自由基，能够降解大部分有机污染物，氧化效果显著。

基于硫酸自由基的高级氧化过程中，有硫酸自由基的生成，也有羟基自由基的生成，这两种自由基都有较高的氧化还原电势，可以比较高效地降解有机污染物。



3) 常用的活化方式包括双氧水活化、碱活化、亚铁/螯合过渡金属活化和热活化等方式，本单位对不同活化方式均均有丰富的现场实施经验，能够根据现场条件选择最佳的氧化剂实施方式和活化方式，保证现场污染物全部被降解。针对本项目，根据场地污染深度和污染物情况不同，选择最佳的活化方式完成现场实施，本单位选用碱活化的活化方式。

(3) 药剂配制及使用量

1) 药剂配制参数

表 5.2-5 药剂配制参数

序号	名称	内容	备注
1	活化药剂种类	氢氧化钠	原位化学氧化中，氢氧化钠比生石灰水溶性更好。
2	药剂组成	m（氢氧化钠）：m（过硫酸钠）=4:10	过硫酸钠和氢氧化钠均配制成溶液形式。
3	药剂配制过程	注意补水过程中保证施工安全	氢氧化钠溶于水时放出大量的热。

2) 药剂使用量

根据小试试验结果，药剂投加比例为 1.5%。考虑到原位修复的复杂性，暂定此区域的投加比例为 2%，实际施工过程中要随时检测污染物的浓度，并对添加药剂量进行调整。

表 5.2-6 化学氧化药剂用量

药剂名称	过硫酸钠	氧化化钠
主要成分	Na ₂ S ₂ O ₈	NaOH
加入量	2%	0.8%
污染面积	232.6m ²	
污染厚度	0.8m	
药剂使用量	5.5t	2.23t

(4) 注射有效半径

注射井影响半径是指药剂进入某含水层（渗透系数一定）后，在一定压力梯度和浓度梯度作用下，于修复时间内能够到达的最远距离。在药剂运移的过程，药剂因与污染物发生反应而不断被消耗，假设药剂均匀注入含水层中，持续注射状况下，随着时间的推移，影响半径的范围逐渐增大。因而，注射井影响半径是压力梯度、浓度梯度、时间的函数，是变量。

注射井的影响半径要根据场地地质条件并结合现场试验情况进行确定。通过对数百个原位化学氧化修复土壤和地下水的文献资料及工程应用实例统计表明，氧化剂的扩散半径为 0.50~7.50m。

根据本单位相关实验及工程应用经验，综合考虑本场地水文、地质条件因素，为确保修复效果，注射井的修复半径取 2.0m。在实际施工过程中，影响半径根据场地水文地质实验进行确定。

(5) 注射井参数

井管由底部密封、管壁可滤水的筛管、上部延伸至地表的实管组成。其材质为 PVC，筛管部分表面含水平（垂直）细缝，细缝宽为 0.2mm。外径为 63mm，内径为 50mm，深度为 4.5m。筛管外侧周围用粒径采用 0.25mm 的清洁石英砂回填作为滤水层，石英砂回填至地下水位线处，其上部再回填不透水的膨润土，最后在井口处用水泥砂浆回填抹平至自然地坪处。

注射井的布设采用梅花布设方式，与传统的方形网格布设方式相比，可降低注入影响盲区面积 93%以上，具体布设方式如下图所示：

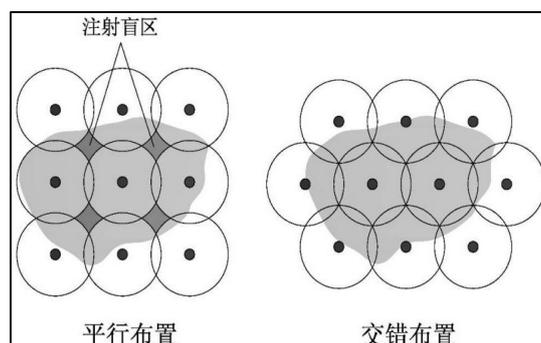


图 5.2-8 平行和交错点位注射点位设计（灰色代表污染区）

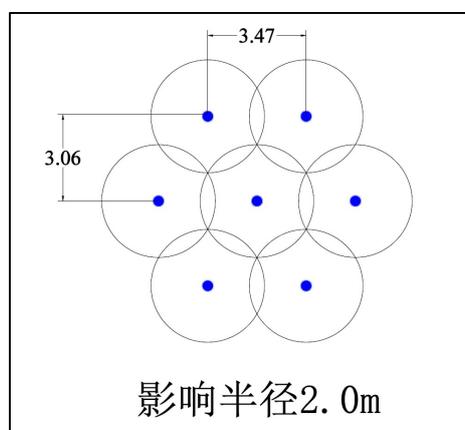


图 5.2-9 注射井点位布设大样图

在本项目中，注射井的修复半径为设置为 2m，采用菱形布点的方法，注射井间距为 3.47m，注射井点位布设大样图详见图 5.2-9，根据污染区域的面积，场地内共建设注射井 20 口，详见图 5.2-10。由于地层的非均一性和复杂性，在施工过程中应根据实际情况，调整井间距和井管开筛位置，在污染较重区域加密布井，污染较轻区域减少布点。

修复过程中若有修复不满足要求的区域，应辅以原位加药注射一体化设备进行补充修复，确保整个区域修复合格。

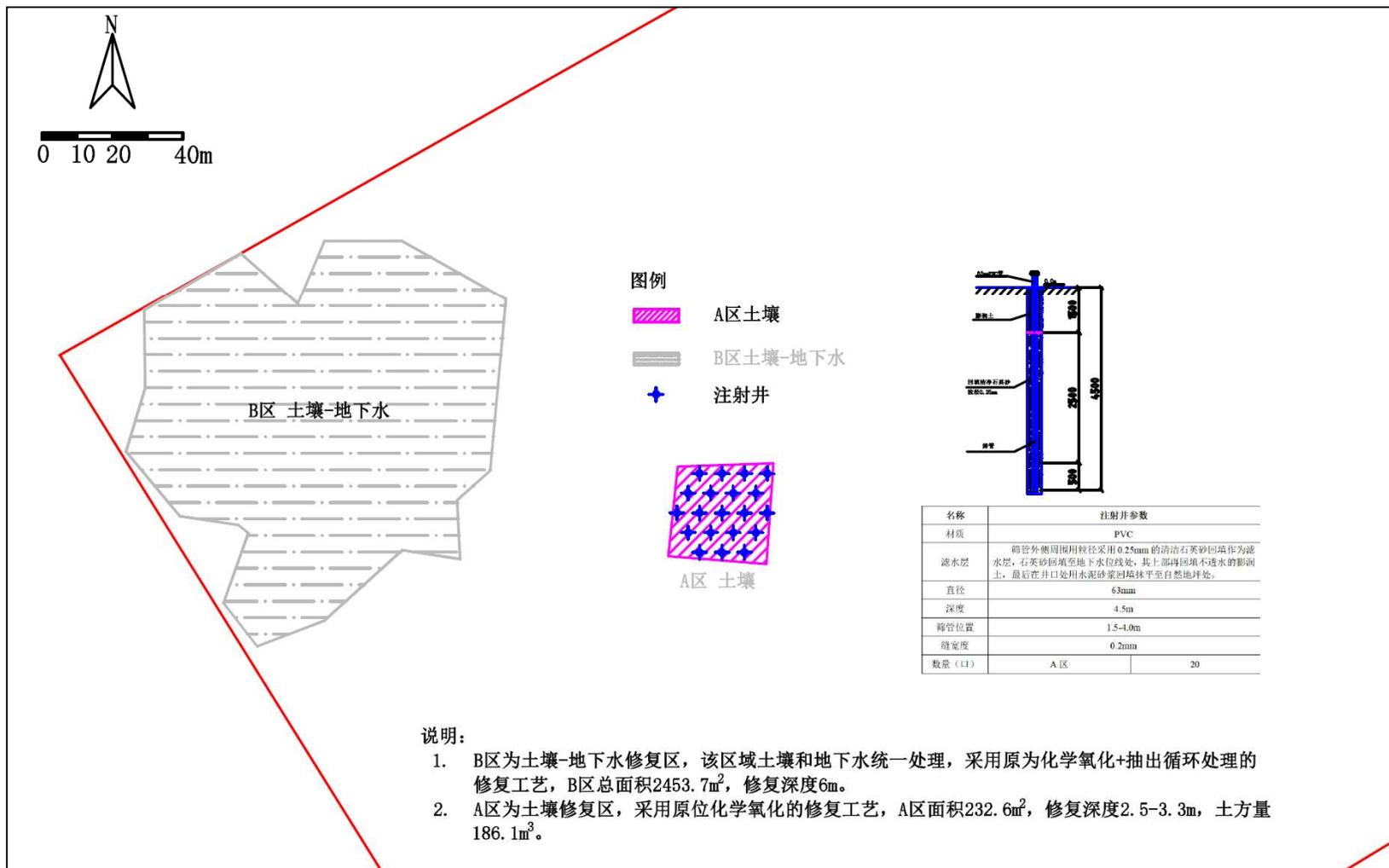


图 5.2-10 原位化学氧化注射井点位布设

表 5.2-7 注射井参数表

名称	注射井参数	
材质	PVC	
滤水层	筛管外侧周围用粒径采用 0.25mm 的清洁石英砂回填作为滤水层，石英砂回填至地下水位线处，其上部再回填不透水的膨润土，最后在井口处用水泥砂浆回填抹平至自然地坪处。	
直径	63mm	
深度	4.5m	
筛管位置	1.5-4.0m	
缝宽度	0.2mm	
数量（口）	A 区	20

5.3 B 区原位化学氧化+抽出循环处理方案设计

5.3.1 B 区工作规模

B 区为土壤和地下水共同修复区，土壤污染物为氯仿、苯、氯苯和乙苯，地下水污染物为氯仿、苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃 C₁₀~C₄₀，总面积 2453.7m²，修复深度 0~6m，具体修复范围及拐点坐标见下文。

表 5.3-1 B 区修复工程量

深度分层 (m)	修复面积 (m ²)	修复深度 (m)
0~6m	2453.7	6.0

表 5.3-2 B 区拐点坐标

拐点编号	拐点坐标	
	大地 2000 坐标 N	大地 2000 坐标 E
B1	3660744.949	561435.427
B2	3660753.622	561450.309
B3	3660745.959	561459.041
B4	3660755.583	561463.140
B5	3660755.583	561475.081
B6	3660746.620	561491.024
B7	3660720.474	561488.590
B8	3660715.952	561483.546
B9	3660707.030	561483.965
B10	3660708.372	561475.091
B11	3660697.603	561463.079
B12	3660693.743	561452.804
B13	3660700.332	561447.636
B14	3660710.964	561451.461
B15	3660712.181	561449.915
B16	3660713.545	561440.903
B17	3660723.397	561432.640
B18	3660732.967	561435.576

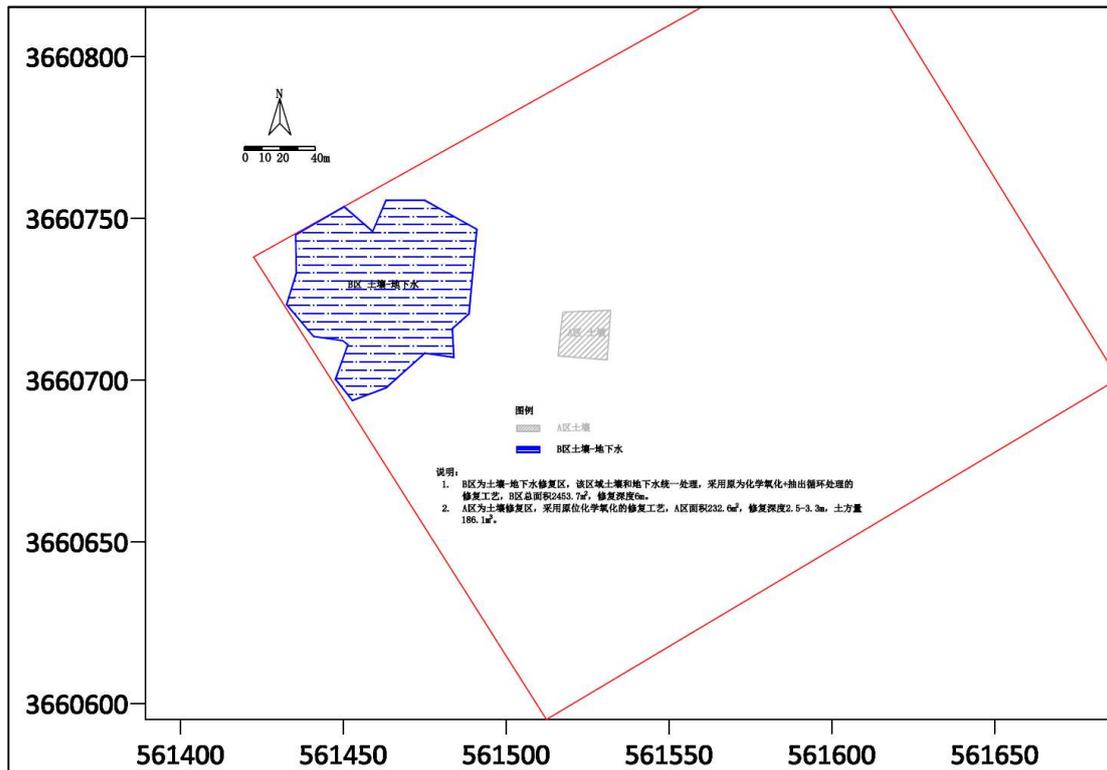


图 5.3-1 B 区修复范围图

5.3.2 工艺原理

原位化学氧化+抽出循环处理工艺是在注射井原位化学氧化的基础上, 结合抽出循环处理, 强化地下水药剂的传输, 增加药剂和污染物的接触, 能够有效提高单纯注射井的修复范围和修复效果。

其大致修复原理和原位化学氧化工艺类似, 详见上一节。

5.3.3 工艺流程

B 区原位化学氧化+抽出循环处理的工艺流程见下图, 具体步骤如下:

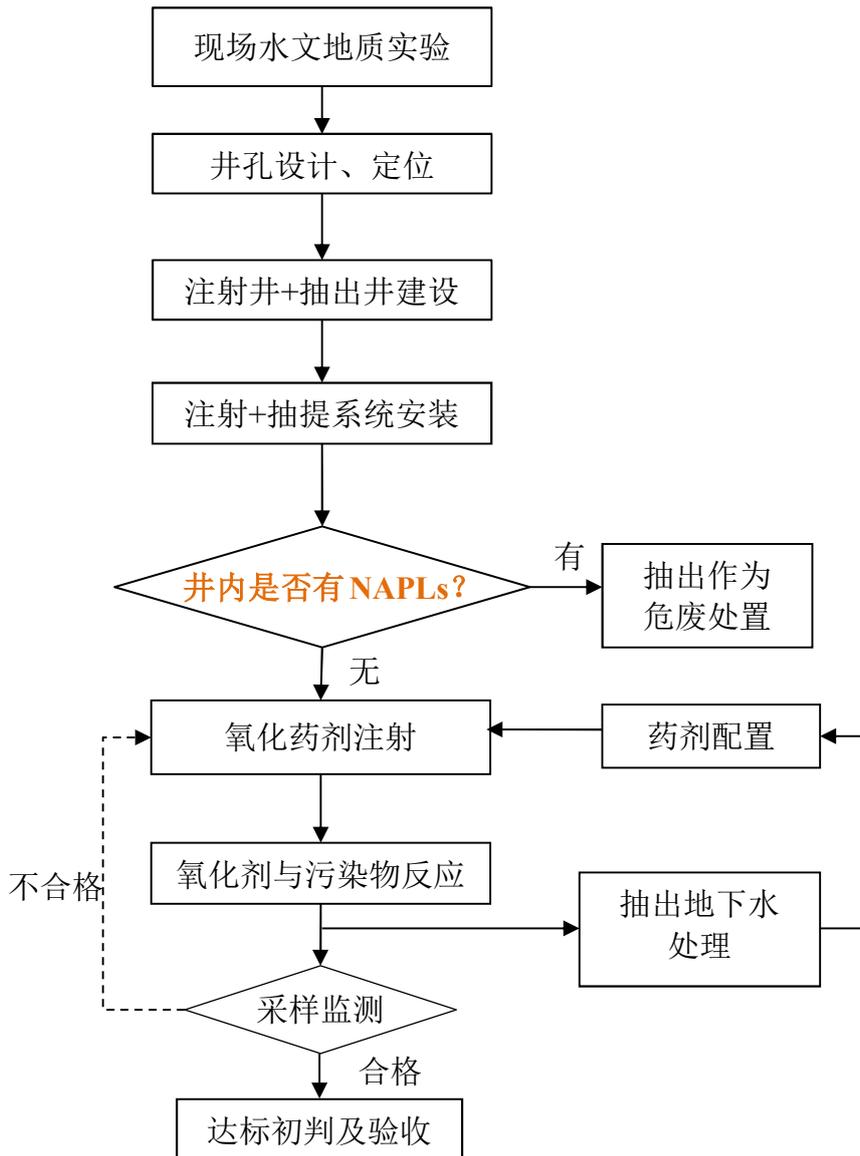


图 5.3-2 原位注射井+抽出循环处理工艺流程

(1) 场地水文、地质实验、数值模拟

根据场地调查报告及业主提供的相关水文、地质资料，对现场开展水文、地质实验和数值模拟实验，确定水力参数、注射和抽出的有效半径等参数。

(2) 注射井和抽出井建设

根据(1)的结果，规划建设注射井和抽出井的位置，设计深度直至污染深度 6m，根据污染物分布及掌握的水位地质资料，筛管的安装位置为 1m~6m。现场施工中由专业人员根据现场地下水位的

相对位置及注射井和抽出井的要求综合考虑后设定。

（3）药剂配制

井建设完成后即可进行修复药剂配制，依据工艺要求进行修复药剂的配制，根据注入区污染物浓度计算药剂注入量。由于污染物在场地内不是均匀分布，因此在污染物浓度较高的区域需要增加药剂投加量，而污染浓度较低的区域则应相应减少药剂的投加量。

（4）注射系统安装

注射前，现场需要进行药剂泵、加药泵、溶药罐、搅拌装置、注射头以及连接管道，仪表、电力、支架等的安装工作。

注射井建设完成后即可进行注入管道连接。依据修复需求进行药剂配制设备的购置和安装，将药剂罐与隔膜泵连接，将隔膜泵与注入井连接，同时将隔膜泵与空压机进行连接，监测井设置压力表，注入管道上设置阀门开关。

（5）判断井内是否存在 NAPLs

根据 EPA 文献“DNAPL site evaluation, chapter 7, 1993”记载，如地下水中污染物浓度超过该物质有效溶解度的 1%，即有可能存在 NAPLs。根据前期调查及补充调查结果，初步判断场地是否存在 NAPLs，现场采用油水界面仪快速判断。

若存在 NAPLs，则可利用建成的注入井将 NAPLs 抽出收集作为危险废物委托有资质的单位外运处置。直至将 NAPLs 抽提干净后，再开展下一步的氧化药剂注射。

若不存在 NAPLs，则可直接开展下一步氧化药剂注射。

（6）氧化药剂注射

启动空压机带动隔膜泵工作，将配制好的药剂注入地下，同时监测注射井压力，控制压力在 1MPa 以内，达到注入量后停止注入；通

过阀门控制不同注入井的药剂注入。

(7) 抽出处理及循环

氧化药剂注入完成静置 1 天后,启动抽出系统,进行地下水抽提,同时能够促进氧化药剂在污染区域的扩散。

地下水抽提时应注意井内地下水的水位降落值,液面应控制在吸水口以上 0.5m,防止空吸。

抽出地下水经循环水处理设施处理后,暂存于清水池。

抽提完成 1 天后,将清水池的水通过注射井注入地下水中。

注射和抽出循环处理如此反复,并定期监测地下水中 pH、氧化还原电位及污染物浓度,评估注射修复效果。必要时适当调整修复工艺参数,包括药剂种类、药剂浓度、注入量、注入压力等。

(8) 采样监测

注射和抽提进行一段时间后,一般两周,按照设计的时间间隔定期进行采样监测,可以通过监测井和抽出井进行采样。根据检测结果对药剂添加量等参数进行适当的调整,对于扩散效果不好的区域采用注入钻机直接注入化学氧化药剂的方法进行加密注射,直至达到修复目标。

(9) 达标初判及验收

对修复效果进行监测,达到达标初判要求后,申请效果评估和验收,验收通过后,拆除注入井,修复工程完成。

5.3.4 工艺设计

(1) 药剂反应机理

(B 区原位化学氧化与 A 区一致,药剂反应机理详见 A 区该部分介绍)

(2) 药剂选择

(B区原位化学氧化与A区一致,药剂选择详见A区该部分介绍)

(3) 药剂配制及使用量

1) 药剂配制参数

表 5.3-5 药剂配制参数

序号	名称	内容	备注
1	活化药剂种类	氢氧化钠	原位化学氧化中,氢氧化钠比生石灰水溶性更好。
2	药剂组成	m(氢氧化钠): m(过硫酸钠)=4:10	过硫酸钠和氢氧化钠均配制成溶液形式。
3	药剂配制过程	注意补水过程中保证施工安全	氢氧化钠溶于水时放出大量的热。

2) 药剂使用量

根据本章小试试验结果,地下水药剂投加比例初步拟定 1.50%。土壤的拟投加比例为 2.0%,由于此部分涉及到土壤及地下水的修复,综合后,暂定此区域的投加比例为 2.5%,实际施工过程中要随时检测污染物的浓度,并对添加药剂量进行调整。

表 5.3-6 化学氧化药剂用量

药剂名称	过硫酸钠	氢氧化钠
主要成分	Na ₂ S ₂ O ₈	NaOH
加入量	2.5%	1%
污染面积	2453.7m ²	
修复深度	0~6m	
孔隙率	25%	
药剂使用量	92.0t	36.8t

(4) 注射和抽提有效半径

注射井影响半径是指药剂进入某含水层(渗透系数一定)后,在一定压力梯度和浓度梯度作用下,于修复时间内能够到达的最远距离。在药剂运移的过程,药剂因与污染物发生反应而不断被消耗,假设药剂均匀注入含水层中,持续注射状况下,随着时间的推移,影响半径

的范围逐渐增大。因而，注射井影响半径是压力梯度、浓度梯度、时间的函数，是变量。

注射井的影响半径要根据场地地质条件并结合现场试验情况进行确定。通过对数百个原位化学氧化修复土壤和地下水的文献资料及工程应用实例统计表明，氧化剂的扩散半径为 0.50~7.50m。

根据本单位相关实验及工程应用经验，综合考虑本场地水文、地质条件因素，为确保修复效果，注射和抽提井的复合修复半径取 3.6m。在实际施工过程中，影响半径根据场地水文地质实验进行确定。

(5) 注射井和抽提井参数

井管由底部密封、管壁可滤水的筛管、上部延伸至地表的实管组成。其材质为 PVC，筛管部分表面含水平（垂直）细缝，细缝宽为 0.2mm。外径为 63mm，内径为 50mm，深度为 6.5m。筛管长度 1.0~6.0m，筛管外侧周围用粒径采用 0.25mm 的清洁石英砂回填作为滤水层，石英砂回填至地下水位线处，其上部再回填不透水的膨润土，最后在井口处用水泥砂浆回填抹平至自然地坪处。

注射井和抽提井交替布置，采用梅花布设方式，与传统的方形网格布设方式相比，可降低注入影响盲区面积 93%以上，具体布设方式如下图所示：

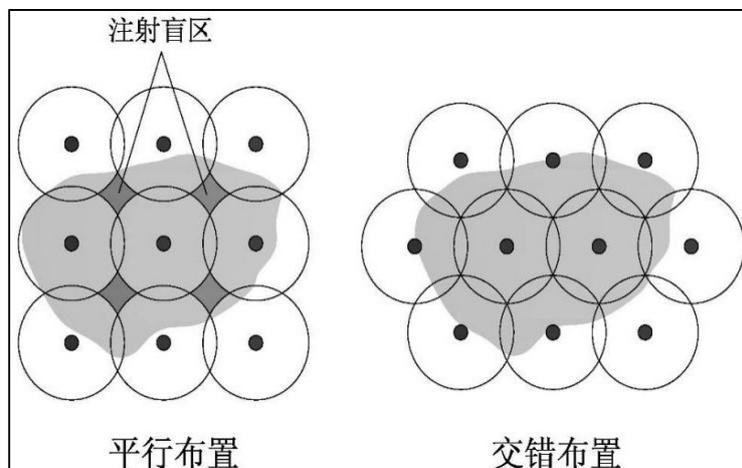


图 5.3-3 平行和交错点位注射点位设计（灰色代表污染区）

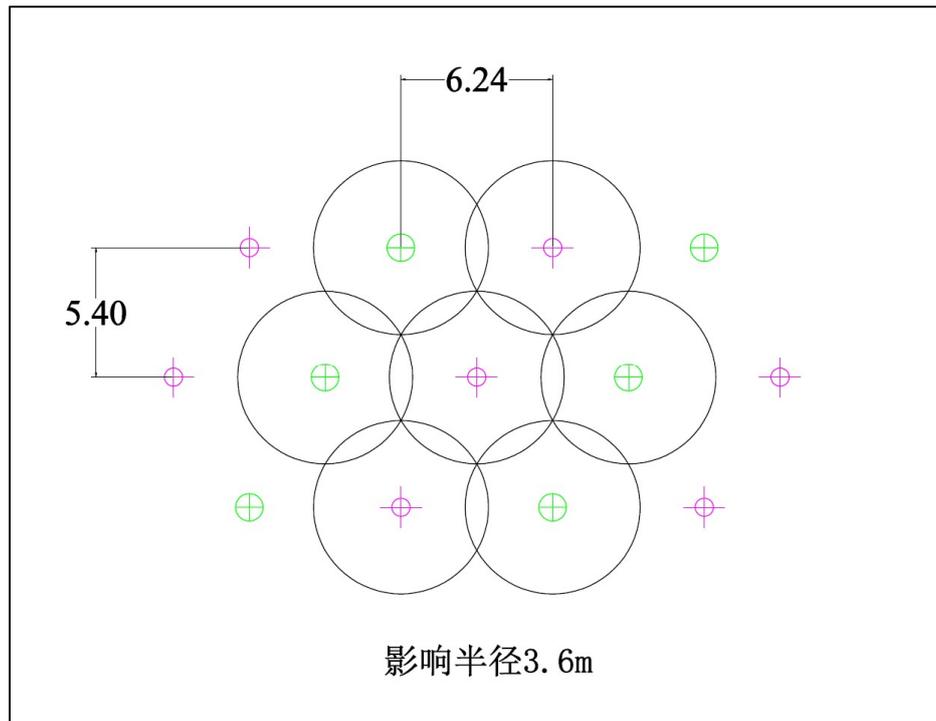


图 5.3-4 注射井+抽出井点位布设大样图

注射井和抽提井复合修复半径设计为 3.6m，采用菱形布点的方法，注射井间距为 6.24m。井点位布设大样图详见图 5.3-4。

该项目中 B 区土壤-地下水区域面积为 2453.7m²，共需布设 39 个注射井，36 个抽出井，点位布设如图 5.3-5 所示。由于地层的非均一性和复杂性，在施工过程中应根据实际情况，调整井间距和井管开筛位置，在污染较重区域加密布井，污染较轻区域减少布点。

修复过程中若有修复不满足要求的区域，应辅以原位加药注射一体化设备进行补充修复，确保整个区域修复合格。

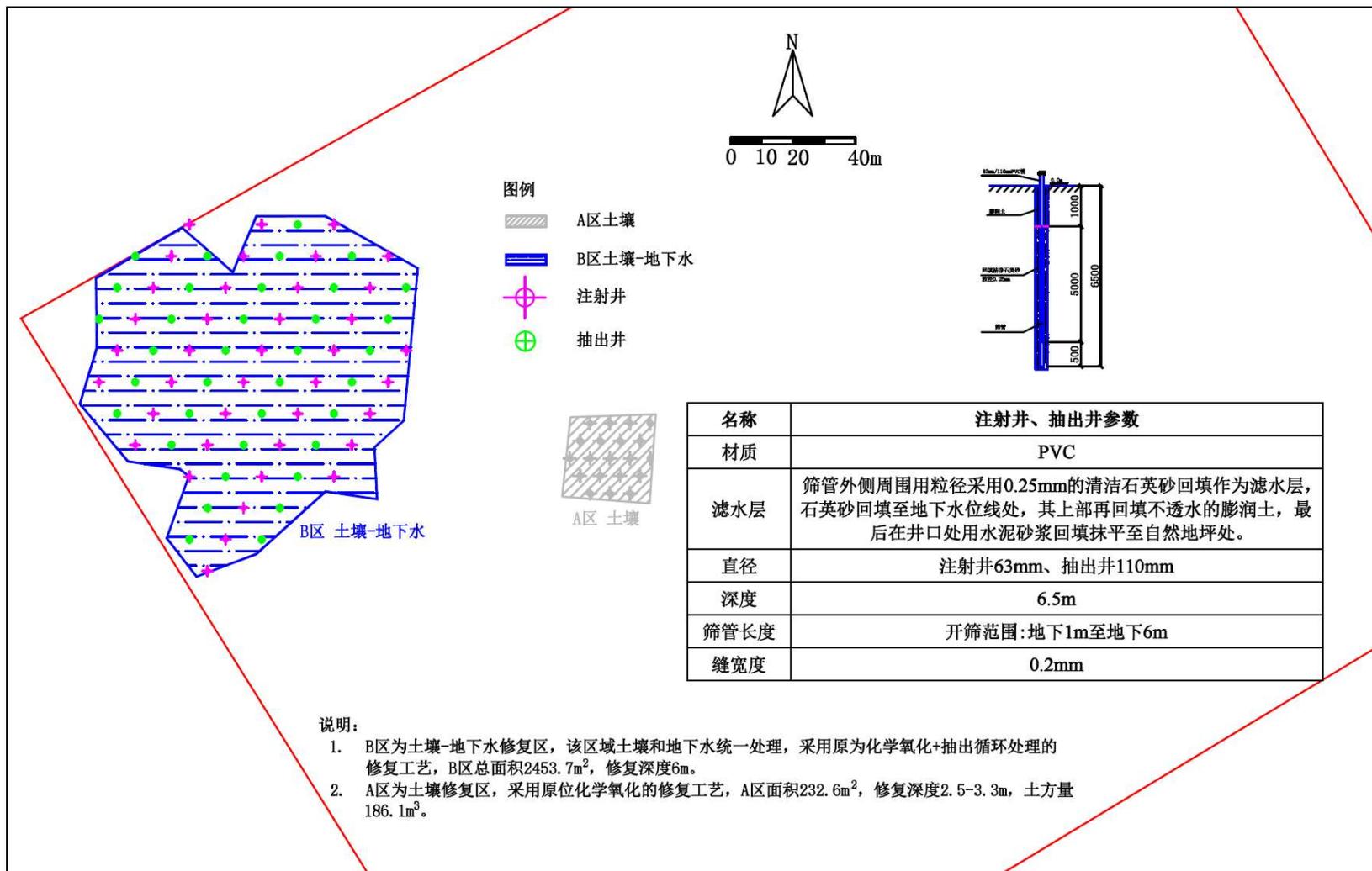


图 5.3-5 注射井+抽出井系统点位布设

表 5.3-7 注射井、抽出井参数表

名称	井参数	
材质	PVC	
滤水层	筛管外侧周围用粒径采用 0.25mm 的清洁石英砂回填作为滤水层，石英砂回填至地下水位线处，其上部再回填不透水的膨润土，最后在井口处用水泥砂浆回填抹平至自然地坪处。	
直径	注射井 63mm、抽出井 110mm	
深度	6.5m	
筛管位置	1.0-6.0m	
缝宽度	0.2mm	
数量（口）	注射井	39
	抽出井	36

5.4 循环水处理方案设计

5.4.1 循环水处理说明及工艺流程

循环处理水量按照污染地下水量全循环 2 次，有效孔隙率按 25% 考虑，水位较浅，埋深按 1m 保守考虑，预估为 6135m³，设计流量 15m³/h。污染因子主要为土壤和地下水特征污染物氯仿、苯、氯苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃 C₁₀~C₄₀。拟在现场建设循环水处理设施，经调节和过滤后，循环注入地下水注入井。

抽提的污染地下水在调节池进行水量和水质调节，药剂和污染物充分反应后，泵入袋式过滤器，过滤器出水在清水池中暂存，由地下水注射设备循环注入地下水层中。

本项目循环水处理工艺由调节池、袋式过滤器、清水池组成。

工艺说明：抽出的地下水首先输送进入调节池，经过均质均量的调节，污染物充分反应去除大部分污染物，经泵打入袋式过滤器，去除悬浮物和部分特征污染物，出水清水池，待循环注入。

5.4.2 循环水监测指标

循环水监测指标包括运行指标悬浮物、pH、COD、氧化还原电位、硫酸根离子，特征污染物指标：氯仿、苯、氯苯、乙苯、1,2-二氯乙烷和石油烃 C₁₀~C₄₀。

在调节池和清水池中进行采样检测，分析污染物的去除效果，调整运行参数。

5.4.3 处理工艺单元

(1) 调节池

调节池主要调节水质水量，消减高峰负荷，有效防止废水冲击负荷，同时提供药剂和污染物充分反应的停留时间。

表 5.4-1 调节池及配套设备参数表

调节池	提升泵	电磁流量计
结构：钢制防腐	材质：不锈钢	材质：合金电极
数量：1 座	数量：2 台,一用一备	数量：1 台
尺寸：12m×2.4m×3m	参数：Q=10m ³ /h, H=10m, N=0.75kW	型号：DN32

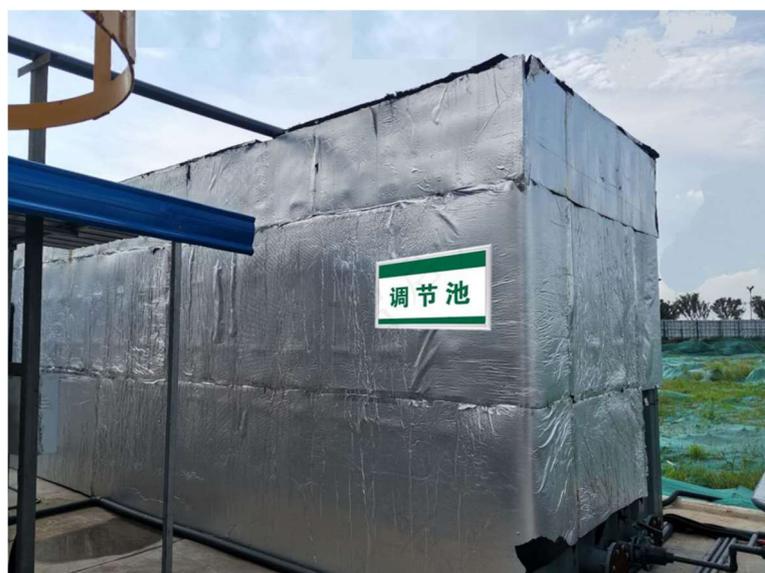


图 5.4-1 调节池

(2) 袋式过滤器

袋式过滤器采用一定过滤精度的滤袋，把水中悬浮物及部分有机物有效去除。袋式过滤器可分为三部分：过滤容器、支撑滤篮和滤袋。滤袋由支撑滤篮承托，要过滤的液体从滤袋顶端流入，这样液体可均匀分布在整個滤袋的过滤表面，令整个层面中的流体分布恒定一致，没有紊流的负面影响，过滤效果好。液体从滤袋内表面流向外表面，滤除的颗粒杂质被截留在滤袋内，确保更换滤袋时不致污染下游液体。以高强度不锈钢丝网支撑的支撑滤篮，令过滤系统中的过滤表面积大大提高，提供了一个较大的过滤表面。

表 5.4-2 袋式过滤器及配套设备参数表

袋式过滤器参数	材质	数量
φ219mm×1350mm	304 不锈钢	2 台，一用一备



图 5.4-2 袋式过滤器

(3) 清水池

用于暂存过滤器出水,循环注射到污染地层进行土壤和地下水修复。

表 5.4-3 清水池及配套设备参数表

清水池参数	结构	数量
2m×2m×3m	钢制防腐	1 座
水泵参数	材质	数量
Q=50m ³ /h, H=32m, N=7.5kW	不锈钢	2 台, 一用一备

5.5 总施工平面布置

5.5.1 场地及周边现状

丰山集团原厂区地块四周有围墙围挡，地块南部有门卫室，有专门人员管理人员进出和厂区巡逻。厂区分为生产区、办公区以及生活区。生产区包括合成车间、复配车间、分装车间、杀虫剂生产车间、制剂仓库、包装物仓库、危废仓库等，车间已停产空置，不进行生产活动；生活区主要有员工餐厅；办公区主要有办公楼、绿化带、车库等。地块中部的合成仓库和装置区、地块北部的废水处理站、氯气库和装置区、地块东南部的复配仓库均已拆除，留有水泥地坪基础。地块内地面除绿化区域外，大部分区域为水泥硬化地面。

地块现状照片见图 5.5-1，地块现状平面布置及航拍图见图 5.5-2，5.5-3。



图 5.5-1 地块内现状图

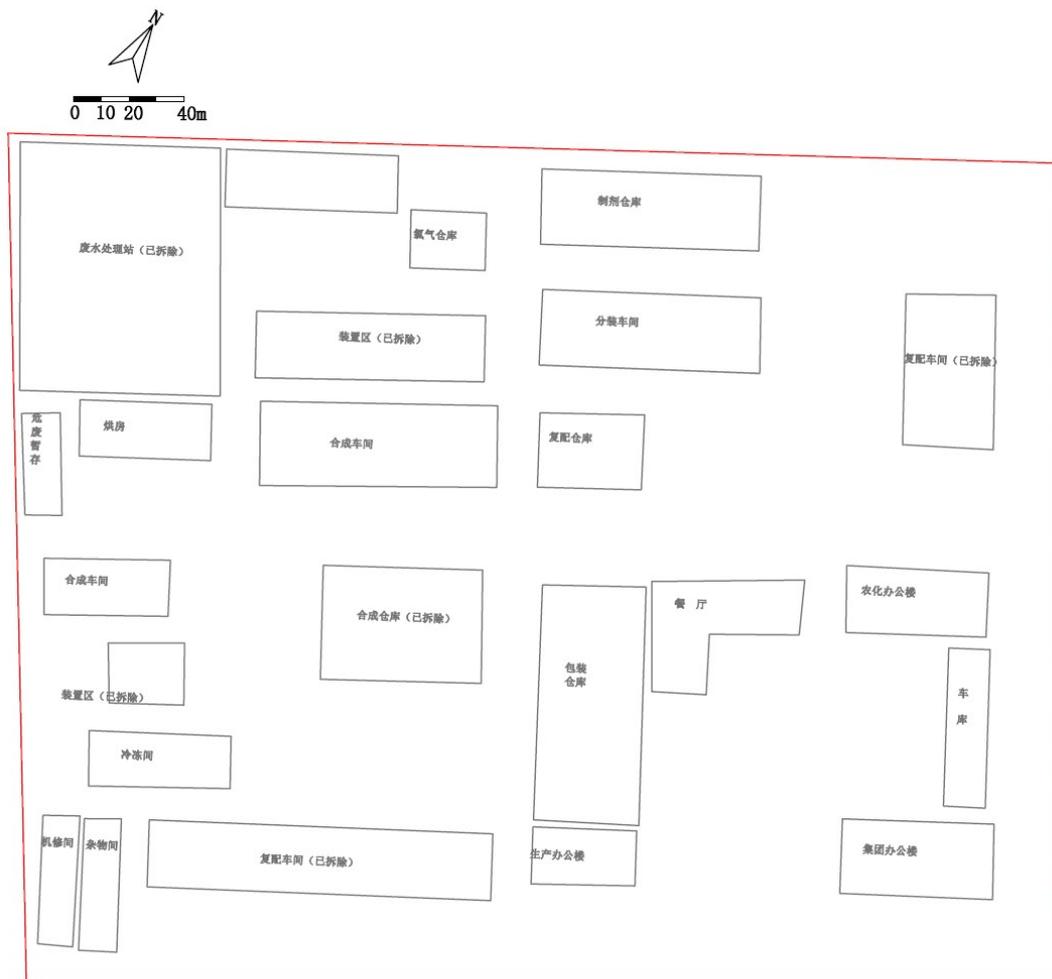


图 5.5-2 丰山集团原厂区构筑物现状布置图



图 5.5-3 丰山集团原厂区现状航拍图

5.5.2 总平面布置

经现场踏勘和访谈，丰山集团原厂区各设施基本维持原状，进出场道路完好，场内道路未破坏，通水通电接口和手续完备，具备三通一平开工条件。

本项目为土壤和地下水原位修复，本着尽量利用原有设施和构筑物的原则，对修复工程进行平面布置。根据施工工艺及现场条件，办公生活区、土壤和地下水原位修复区、循环水处理区、药剂仓储区、施工材料区、机械停放区等功能区。各区之间留有充分的施工距离及安全卫生防护距离。各区之间通过道路连接，保证物质、人力、材料的高效率调度，亦便于施工管理。

各个区域的面积如表 5.5-1 所示，施工总平面布置如图 5.5-4 所示。

表 5.5-1 临时用地表

序号	用途	规格	面积/长度	备注
1	办公生活区	20m×10m	200m ²	利用原生产办公楼
2	循环水处理区	20m×15m	300m ²	B 区南侧空地
3	药剂仓储区	25m×20m	500m ²	利用原包装仓库
4	施工材料区	25m×20m	500m ²	利用原包装仓库
5	机械停放区	30m×20m	600m ²	原合成仓库(已拆除)
6	危废暂存间	20 m×8 m	160 m ²	利用原危废暂存间

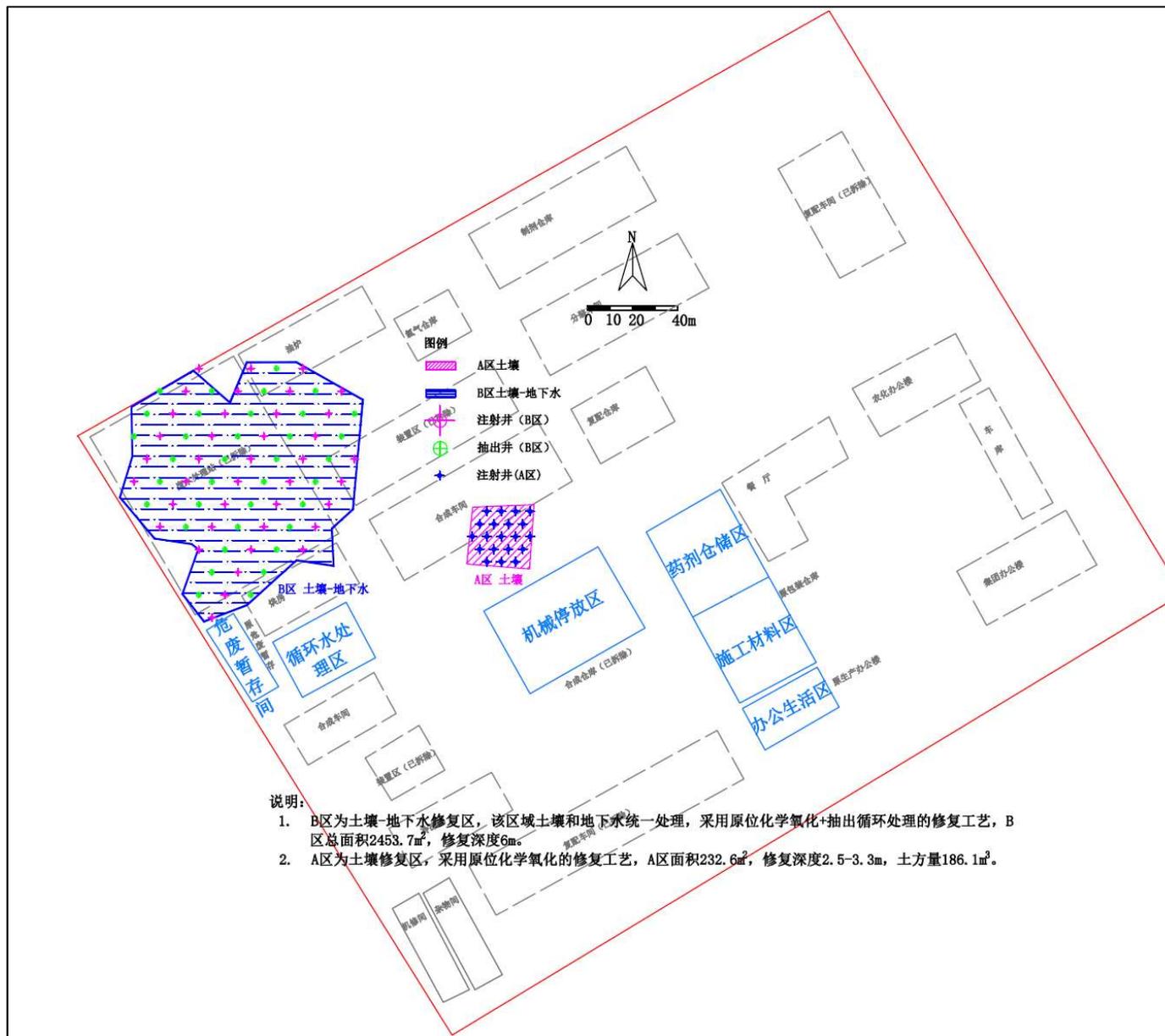


图 5.5-4 施工平面布置图

6. 费用估算及修复工期

6.1 费用估算

根据该场地的污染情况和修复范围及修复工艺，估算修复工程费用为 573.24 万元。

表 6.1-1 场地修复费用

序号	项目名称	单位	工程量	单价	合计
1	场地平整、建筑物拆除	项	1	50000	50000
2	临时设施建设	项	1	550000	550000
3	循环水处理设施建设及运行费	项	项	1	700000
4	注射井和抽提井建设费	m	1000	800	800000
5	药剂费	/	/	/	827000
5.1	过硫酸钠	t	97.5	8000	780000
5.2	氢氧化钠	t	40	800	32000
5.3	其他药剂	t	5	3000	15000
6	药剂注射和地下水抽提费	t	7000	200	1400000
7	检测费	项	1	250000	250000
8	安全文明	项	1	300000	200000
9	税金及管理费	/	/	20%	955400
10	合计	/	/	/	5732400

6.2 修复工期

本场地污染土壤-地下水的修复工作周期约 100 天，其中施工准备 20 天，循环水处理设施建设 20 天，A 区土壤原位修复 40 天，B 区土壤-地下水原位修复 70 天，循环水处理 60 天，自检及验收 20 天，退场 10 天。

本项目地下水的原位修复,按照规范要求,修复初期监测合格后,需进行 2 年的长期监测(达标初判+效果评估),本修复进度计划不含 2 年的长期监测期。

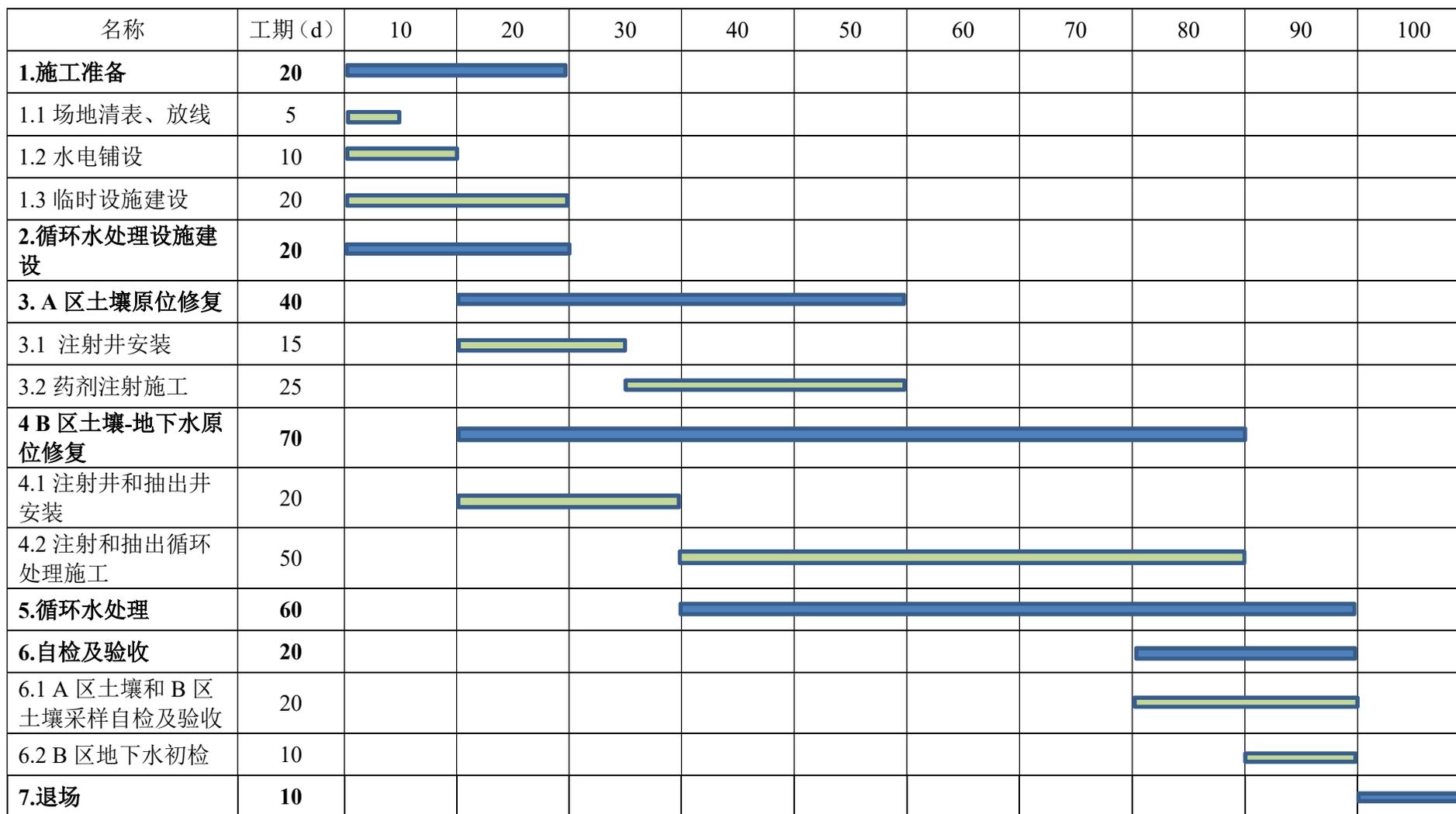


图 6-1 进度计划图

7. 环境管理及二次污染防治

7.1 修复工程监理

本工程需在现场配备监理员 2 名，主要负责如下工作：

- (1) 审核技术文件及工程修复方案的完整性；
- (2) 制定环境监理的内容、范围、方式、程度、进度和组织机构等；
- (3) 监督二次污染防治措施的落实情况；
- (4) 监督监测计划和环境应急安全计划的实施情况等。

污染地块修复工程环境监理工作包括施工准备阶段环境监理、工程实施阶段环境监理和竣工验收阶段环境监理，工作流程如图 6-1 所示。

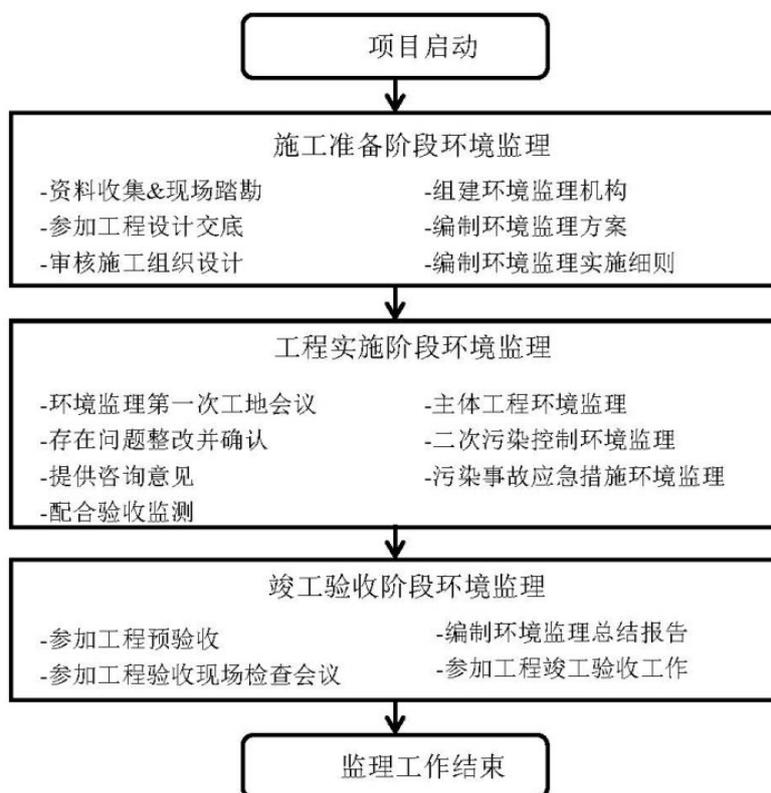


图 7.1-1 监理工作流程

7.1.1 施工准备阶段监理

(1) 资料收集与现场踏勘

①资料收集

环境监理单位需要收集的资料包括但不限于以下内容：

- a)地块调查报告、地块修复方案、地块修复实施方案等技术文件；
- b)环境保护主管部门的相关批复文件；
- c)地块及周边环境资料；
- d)相关法律法规和标准。

②现场踏勘

应对地块及周边区域进行现场踏勘。现场踏勘的主要内容包括：地块及周边区域现状、环境敏感目标和地块修复工程施工条件等。现场踏勘的工作方法包括摄影和照相、现场记录、人员咨询等方式。

(2) 核查污染防治措施的符合性

应核查污染防治措施是否符合国家相关法律法规与标准的规定；应核查配套环保设施是否与主体修复设施同时设计，其主要技术指标是否满足修复方案及环境主管部门批复文件的要求。

若污染防治措施不符合相关规定，配套环保设施未同时设计或其技术指标未满足相关要求，应及时反馈建设单位，建议建设单位增加相应的设计内容和污染防治措施。

应核对修复工程实施方案与修复方案的符合性。

若修复工艺发生调整，应对调整的内容及其可能产生的环境影响进行初步判断，并及时反馈建设单位，建议建设单位完善环保设施和污染防治措施、办理相关环保手续。

(3) 建立环境监理体系和制度

应建立环境监理工作记录制度、文件审核制度、报告制度、会议制度等，规范环境监理工作，用于协调解决修复工程实施过程中可能产生的问题。

应督促建设单位针对修复工程产生的废水、废气、噪声等污染物建立相应的污染防治措施和操作规程。

应督促建设单位落实各类环保协议、相关环保手续的办理工作。应督促建设单位建立完善有效的环保责任体系，明确分工、责任到人。

（4）核实污染防治措施的落实情况

应核实配套环保设施是否与主体修复设施同时建设，其主要技术指标是否满足修复工程实施方案的要求；应核查试运行期间的排放指标是否符合相关标准要求。

若配套环保设施建设与试运行未达到相关要求，应及时反馈建设单位，建议其整改。

7.1.2 工程实施阶段监理

工程实施阶段环境监理工作包括：召开环境监理第一次工地会议，根据环境监理实施细则开展主体工程环境监理、二次污染控制环境监理、污染事故应急措施环境监理。重点对施工内容落实及变化情况、二次污染控制措施落实情况和污染事故应急措施落实情况实施监理；同时为建设单位提供技术咨询，对存在的问题提出整改意见，并告知施工单位。

（1）第一次环境监理工地会议

环境监理单位组织建设单位和施工单位召开第一次环境监理工地会议，由环境监理单位根据环境监理实施细则向建设单位和施工单位进行修复工程环境监理工作交底，明确环境监理的关注点与监理要

求。环境监理单位应就会议结果形成交底记录，并由建设单位、施工方和环境监理单位三方签字确认。第一次工地会议还须邀请验收监测单位参加，由验收监测单位进行验收监测方案交底，明确工程验收监测程序，工程实施中各单位和验收监测单位的协同工作内容等。

（2）主体工程环境监理

1）检查治理修复区域的现场放样工作

根据技术方案和施工组织设计检查施工单位的现场放样工作，核实放样范围是否符合技术方案和施工组织设计中确定的治理修复范围要求。

2）核实确认工程实施地块平面布置

根据技术方案和施工组织设计核实确认工程实施地块的平面布置。

3）核实环境敏感区域与主体工程位置关系

核实工程区域与环境敏感区域位置关系是否发生重大变化，变化带来的环境影响是否可以接受。

4）检查土壤暂存情况

如有污染土壤的分类暂存情况，重点检查污染土壤的分类是否符合技术方案和施工组织设计要求。

5）核查工程材料和设备

协助建设单位对工程材料进行检查，如防渗膜，修复药剂及其它工程耗材等，重点检查工程材料质量和数量是否符合技术方案和施工组织设计的要求。

核查进场仪器设备与施工组织设计的相符性，监督各施工设备、修复设施、单元系统和其他构筑物的构建。

6) 监督修复工程实施过程

对施工工地进行日常巡查，对主体工程与设计文件的相符性及各项工艺的落实情况进行监督，对治理修复工程的各个环节/工序进行检查。

7) 主体工程环境监理要点

污染地块主体修复工程环境监理关键环节或要点应根据工程修复模式和具体的修复技术确定。

污染地块工程控制主体工程环境监理要点应根据工程控制模式和具体的工程控制措施确定，做好施工过程中各关键工序的质量检查与验收。

8) 工程进度控制工作

根据施工单位上报的进度计划，检查进度计划的实施并记录实际进度及其相关情况。

9) 工程计量管理工作

环境监理工程师对施工单位完成的工程量进行现场计量，按施工合同的约定审核工程量清单，签署工程量签证单和工程款支付申请表，并报环境监理总监审定，环境监理总监签署工程款支付证书，并报建设单位。

就上述主体工程监督和检查中发现的问题，环境监理机构应及时通知相关单位，并提出改进措施要求。对于重大问题，应向建设单位递交《环境监理联系单》，并同时向施工方下达《环境监理整改通知单》或《环境监理停工通知单》，责令整改。整改完成后，施工方填写《环境监理整改消项单》，由环境监理单位检查签字认可当发现实际进度滞后于计划进度时，应向建设单位递交《环境监理联系单》，

并签发《环境监理整改通知单》指令施工单位采取调整措施。当实际进度严重滞后于计划进度时应及时报环境监理总监，由环境监理总监与建设单位商定采取进一步措施。

（3）二次污染控制环境监理

在污染地块修复工程实施过程中，核实二次污染控制措施与修复方案及施工组织设计的相符性，指导施工方落实各项二次污染防治措施，并针对工程运行过程和周边敏感区域开展必要的环境监测。监测范围包括修复工程技术方案中确定的地块修复范围，以及治理修复中废水、废气及废渣影响的区域范围。

1) 检查地块修复工程区域、暂存区域、设备区域和工程材料储存区域的防渗防漏措施落实情况，对于涉及产生危险废物情况的治理修复工程，还应检查地块危险废物的贮存条件：

2) 检查主体工程设备、地面废水处理设施、废气处理设施和运输车辆（或其它交通工具或运输机械）等的密封性，对潜在二次污染产生源实施环境监理；

3) 检查工程运行过程中产生的废水、废气、废渣和噪声等排放情况及其对周边环境敏感区域的影响，并根据环境监理方案组织环境监测；

4) 二次污染控制环境监理关键环节和要点应根据修复模式和具体的修复技术确定。

若发生二次污染问题，环境监理单位应指导并监督施工单位进行处理。同时施工方应填写《环境问题处理意见单》，对二次污染问题处理措施进行描述，并报送环境监理单位，由环境监理单位审批后监督施工单位执行。

(4) 污染事故应急措施环境监理

检查污染事故应急措施的落实与修复方案中的环境污染事故应急预案是否相符。如发生突发性环境污染事故，环境监理单位应协助建设单位并指导和监督施工单位按照应急预案进行事故处理。施工单位应向环境监理单位和建设单位递交《环境污染/生态破坏事故报告单》，就污染事故原因、造成的破坏情况和补救措施及初步处理意见进行汇报，由环境监理单位和建设单位审查签字确认。突发性环境污染事故发生原因及处理过程和结果应同时向相关环保部门汇报。

7.1.3 竣工验收阶段监理

工程实施完成后，参加工程预验收，配合工程验收监测单位开展验收监测工作，并在上述工作基础上编制污染地块修复工程环境监理总结报告，参加工程验收现场检查会议，并参加工程竣工验收工作。

7.2 二次污染防范

7.2.1 大气污染防治措施

本场地污染物主要为有机物，在污染土壤现场施工过程中，应以控制污染物挥发、减少扬尘为主，尽量减少场地治理对周围环境的影响。

现场的污染来源主要集中在：施工废气，清表等施工过程因风力作用而产生的扬尘污染；施工机械产生的尾气二次污染，防治污染因子为 NO₂、CO、烃类物。

(1) 废气

- ①清表过程中可能会存在有机污染气体挥发；
- ③ 污染土壤和地下水注药过程中产生的有害气体等；

③废水处理过程中有机污染物挥发及臭气扩散；

施工前应做好废气二次污染防治措施，施工中参照执行；此外，施工过程中应制定相应监测计划，防止废气二次污染。

（2）扬尘

扬尘污染是修复期间重要的污染因素，项目在清表、机械施工过程中，不可避免地会产生一些地面扬尘，尽管这些扬尘是短期行为，但会对附近区域带来不利的影响，所以在修复实施期间，应采取积极的措施来尽量减少扬尘的产生，如喷水保持湿润，合适安排施工计划。修复过程应严格遵守《防治城市扬尘污染技术规范》（HJ/T393-2007）的相关规定；在风力大于4级的情况下应停止土方作业，同时作业处应覆以防尘网。

同时，施工产生的扬尘对施工人员会有一些影响，应采取必要的个人防护措施。主要的防治措施如下：

①根据主导风向和周围环境敏感目标的分布，合理布置修复现场。风速过大时（4级及以上），应停止挖掘施工作业，并做好遮掩工作。

②修复工程中，修复单位应使用围护材料以防止扬尘，设置有效抑尘的密目防护网或防尘布，尤其加强对工程附近敏感点的防护措施，并在临近敏感点场界处设置监测点位，一旦发现监测值接近标准限制，则停止修复活动，加大洒水频次。

③裸露土壤应立即采用苫布覆盖。

④施工过程中产生的建筑材料弃渣应及时处理。垃圾渣土运出施工现场时，应当按照批准的路线和时间到制定的消纳场所倾倒。

⑤施工区域内限制车速，减少行驶产生的扬尘；车辆行驶便道应进行夯实硬化处理，加强道路管理和路面养护，减少起尘量；保持施工道路平整，设立施工道路养护、维修、洒水专职人员，保持道路清洁，运行畅通。车辆通过道路要经常洒水抑尘，并设置洗车冲洗平台，车辆驶离工地前先在洗车平台清洗轮胎及车身，确保车辆不带泥土驶离工地。

⑥清表和机械施工等作业过程中，需合理安排施工进度和施工强度，文明施工，严禁抛洒等行为，减少扬尘的产生。

⑦修复药剂需存放仓库内，施工现场不得随意堆放，粉状试剂需袋装化。

⑧修复过程应有专职环境保护管理人员和环境监理，主要是指导和管理工作现场的污染土壤的处置等，防止二次扬尘污染。

⑨修复工作人员应做好个人防护，做好隔离措施，工作完成后应立即洗漱干净。

（3）挥发性有机废气

由于在建井过程中可能扰动土壤，土壤中一些易挥发的有机污染物容易散逸出来，对工作人员的健康造成不利影响，也对周围造成一定影响。因此，修复单位应负责实施下列减缓措施：

①合理安排施工进度和施工强度，文明施工，严禁抛洒等行为，减少土壤的扰动强度，严格控制修复过程中作业面，从源头上减少有机气体的逸散。

②在场界临近敏感点处设置监测点位，加强监测工作，并定期公布。

③修复过程应有专职环境保护管理人员和环境监理，主要是指导和管理工作现场的污染土壤的扰动等，防止挥发性气体污染事故发生。

④为减少挥发性有机气体的产生，采用有机物挥发抑制剂喷洒于施工现场异味产生处。该有机物挥发抑制剂环保无毒可降解，不会产生二次污染，可有效控制场地中异味，该抑制剂有效作用时间为24h。一旦失效，如PID读数大于10，需重新喷洒抑制剂。

⑤本次修复工程严格按照《中华人民共和国大气污染防治法》（主席令第三十一号，2015年）第四条的要求进行扬尘污染防治，主要包括：在施工工地设置硬质围挡，并采取覆盖、分段作业、择时施工、洒水抑尘、冲洗地面和车辆等有效防尘降尘措施；在施工工地公示扬尘污染防治措施、负责人、扬尘监督管理主管部门等信息，装卸物料应当采取密闭或者喷淋等方式防治扬尘污染。

7.2.2 废水污染的防治

本项目的废水主要为抽出的污染地下水的处理，在现场建设废水处理设施，对废水进行处理，处理后的清水通过注射井循环注入修复土壤和地下水（详见5.4章节）。

7.2.3 噪声污染防治

修复实施过程中，施工噪声对周围声环境质量有一定影响，根据《中华人民共和国环境噪声污染防治法》第28条规定“在城市市区内向周围生活环境排放建筑施工噪声时，应当符合国家规定的建筑施工场界环境噪声排放标准”，尽管施工期产生噪声干扰无法完全避免，但可以采取防治措施使周围环境受到的噪声影响降低到一定程度。

建筑施工由于各阶段使用的机械设备组合情况不同，噪声影响程度也不同。由于施工为露天作业，流动性和间歇性较强，对各生产环节中的噪声治理有一定难度。结合施工特点，建设单位在施工期间应从各个方面采取措施降噪、防噪，具体措施如下：

（1）施工单位必须选用符合国家有关标准的施工机械和运输工具，尽量选用低噪声或备有消声降噪设备的施工机械，操作人员需经过环保培训；

（2）对强声源设置控噪装置，对于噪音比较大的设备安装时同时安装消音设备或者设施（消音器、减震、隔音屏等），降低设备噪音；

（3）加强施工机械的维护保养，使施工机械保持良好运行状态，避免由于设备性能差而使机械设备噪声增加的现象发生；

（4）施工单位需合理安排施工进度，尽量避免夜间施工，若必须进行夜间施工时应向当地环保部门申请，批准后才能根据规定施工，并降低噪声严格控制作业时间，禁止出现夜间扰民现象；

（5）运输车辆进出施工现场禁止鸣喇叭，低速行驶，减少交通噪声。合理选择运输路线，减少交通噪声对周边环境的影响；

（6）车辆限定行驶，调整物料的运输时间，尽量将其安排在白天进行，以减轻载重汽车噪声对环境的影响。对于确需夜间施工的施工活动，施工单位必须事前报经城管部门批准，同时执行建筑施工噪声申报登记制度，在工程开工 15 日前填写《建筑施工场地噪声管理审批表》，向当地环保主管部门申报。并于施工前两天公告附近居民；

(7) 施工现场提倡文明施工，坚持文明施工、科学施工，建立健全控制人为噪声的管理制度。尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。严禁在钢管、机械上敲打金属形式联系操作人员。施工过程中各类材料搬运及安装，要求做到轻拿轻放，严禁抛掷或从汽车上一次性下料，减少噪声的产生；

(8) 加强施工现场环境噪声的监测，在临近敏感点场界处设置监测点位，采取专人管理的原则，做好现场施工噪声测量记录，凡超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准的，要及时对施工现场噪声超标的有关因素进行调整，达到施工噪声不扰民的目的；

(9) 制定施工噪声控制备用应急方案，重视噪声源头的治理工作。当常规噪声控制措施不能满足要求，出现噪声扰民情况，应及时对产生噪声的设备和施工工艺停止施工，并检查噪声防治措施的可靠性；

(10) 施工阶段和周边居民、单位友好协商。做好与周边单位、居民的沟通工作，如有发出高分贝噪声的施工内容或必须进行夜间施工时，施工单位在施工前，应当主动将发出高分贝噪声的施工内容及夜间施工的时段、内容、降噪措施以及应急情况处置等情况与项目场地周边的企事业单位、居民进行沟通，并取得这些单位和市民的谅解；同时将上述内容以“告示”的形式张贴在施工现场周围，接受社会监督。

7.2.4 固体废物的污染防治

对竣工验收合格后本工程范围内的所有设施设备、设备基础、剩余建筑材料等设立专门的废弃物临时贮存场地，废弃物分类存放，做

好安全防范措施并设置醒目标识。固体废物的运输应尽量避免暴雨期。对可能造成二次污染的建筑垃圾石块等单独贮存，并清洗后随其他建筑垃圾一起处理。

进出车辆经过严格的清洗过程后，在运输过程中仍可能会洒落泥土或清洗不干净，因此，安排工人定期对场内道路进行清扫，清扫的泥土回收处理。

本场地修复过程中产生的所有的生活垃圾应经分类收集后，由当地环卫部门统一外运作进一步处置。

7.3 场地环境监测

7.3.1 监测目的和类型

场地环境监测的目的是对修复施工过程进行全过程的质量监督和评估，按照既定修复目标，对各修复区块修复质量进行监督，及时发现施工过程中出现的修复质量问题及可能发生的二次环境污染问题，协助各方提出解决方案，与各方一起确保修复工程保质保量的完工。主要包括场内污染源情况、污染土壤和地下水处理过程中和修复后效果进行监测，修复过程中二次污染监测。

7.3.2 地表水环境监测

(1) 监测范围

场地周边范围地表水主要为黄海复河和疆界河。

(2) 监测样品采集程序和方法依据

样品采样程序和方法按《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）的相关要求进行。

(3) 监测点位

本项目地表水环境监测共设置 2 个，在场地东侧和南侧，如下图所示。



图 7.3-1 地表水环境监测点位

(4) 监测频次

每月采样送检 1 次。

(5) 监测样品数量

地表水环境监测样品每月 2 个。

(6) 监测指标

本项目地表水监测指标执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的IV类标准，标准中未列入的参考集中式生活饮用水地表水源地补充项目和特定项目标准限值，具体数据要求如下表

所示。

表 7.3-1 地表水监测标准（单位：mg/L）

序号	项目	限值	备注
1	pH	6.0≤pH≤9.0	IV类
2	氨氮（NH ₃ -N）	1.5	IV类
3	COD	30.0	IV类
4	氯仿	0.06	集中式生活饮用水地表水源地特定项目
5	苯	0.01	集中式生活饮用水地表水源地特定项目
6	乙苯	0.3	集中式生活饮用水地表水源地特定项目
7	氯苯	0.3	集中式生活饮用水地表水源地特定项目
8	1,2-二氯乙烷	0.03	集中式生活饮用水地表水源地特定项目
9	石油类	0.5	IV类
10	硫酸盐	250	集中式生活饮用水地表水源地补充项目

7.3.3 环境空气质量监测

（1）监测范围

本场地污染修复区域、下风向场地边界及边界外 100~500m 内的主要环境敏感点。

（2）监测样品采集程序和方法依据

根据《空气和废气监测分析方法》（第四版）和《环境空气质量手工监测技术规范》中监测的采样方法，选用专用大气采样器，应用于大流量采样系统进行大气采样。

（3）监测点位

按照《环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）》（HJ664-2013）要求，在场地施工区域四周共布设监控点 4 个（均在边界外 100~500m 内），可在不同季节充当上风向参考点和下风向监控点，监测施工场地对周边环境空气的影响。



图 7.3-2 环境空气监测点位

(4) 监测频次

监测频次拟定每月 1 次。

(5) 监测样品数量

施工期间每月共采集送检空气样品 4 个点位。

(6) 监测指标

环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准及 2018 年修改单(公告 2018 年第 29 号)。

表 7.3-2 本项目环境空气监测指标

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值
1	二氧化硫	24 小时平均	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2	二氧化氮	24 小时平均	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	臭氧	日最大 8 小时平均	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	一氧化碳	24 小时平均	4 mg/m^3
5	PM10	24 小时平均	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	PM2.5	24 小时平均	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	总悬浮颗粒物 (TSP)	24 小时平均	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
8	氮氧化物	24 小时平均	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

7.3.4 噪声排放监测

在修复工程施工过程中，机械作业产生的噪声需定期检测。测量时尽量选择无雨雪、无雷电天气，风速为 5m/s 以下的气候，且选择在场地平坦、无大反射物的场地中进行监测。

(1) 监测范围

场地周边靠近敏感点区域

(2) 监测程序和方法依据

采用积分平均声级计测量，监测方法按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）执行。

(3) 监测点位

按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中规定，测点应设在厂界外 1m，高于围墙 0.5m 且靠近噪声敏感点方向，在厂界四周共布设噪声监测点 4 个，其中西部监测点在现场施工停止时的环境噪声作为噪声背景值。



图 7.3-3 环境噪声监测点位

(4) 监测频次

施工期间，测量连续 20min 的等效声级，夜间同时测量最大声级。“昼间”是指 6:00 到 22:00 之间的时段；“夜间”是指 22:00 到次日 6:00 之间的时段。

监测频次拟定每月 1 次。

(5) 监测数量

施工期间，噪声监测点位为 4 个，施工期间噪声监测数量共 12 个。

(6) 评价标准

按照施工期间的环保要求，治理过程中噪声排放控制执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关标准。

表 7.3-3 本项目环境噪声排放标准

监测区域	昼间 dB(A)	夜间 dB(A)	参考标准
治理区域边界	70	55	《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）

8. 工程验收监测计划

工程验收监测计划主要是对修复效果是否达到修复方案要求进行的采样、分析和评价。

为保证本项目土壤和地下水修复效果达到目标，验收监测程序参照污染地块土壤修复效果评估工作程序，包括更新地块概念模型、制定布点采样方案、现场采样与实验室检测、修复效果评估、提出后期环境监管建议、编制效果评估报告，工作程序流程见下图。

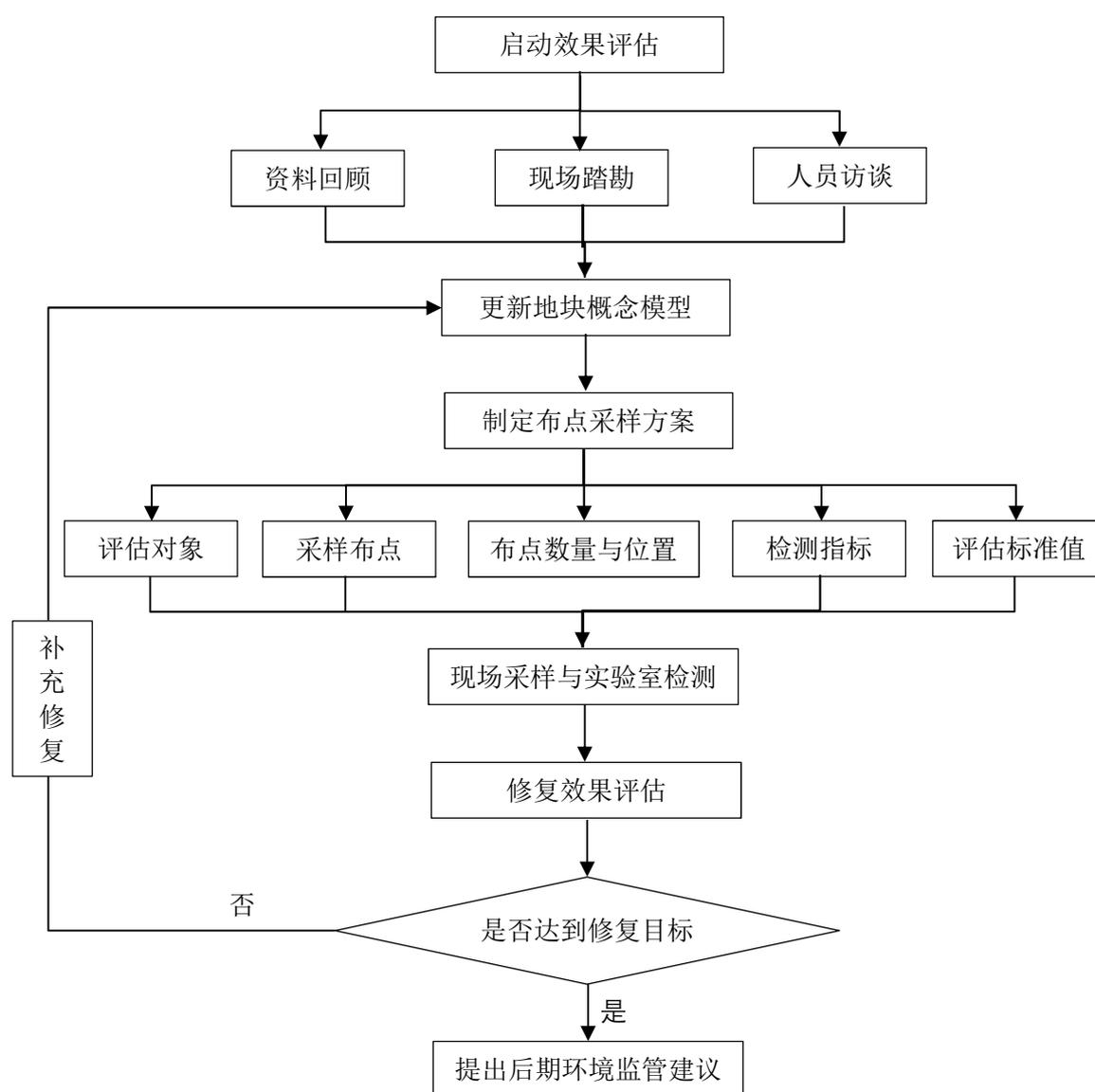


图 8.1-1 污染场地修复后自检工作程序

8.1 更新地块概念模型

在资料回顾、现场踏勘、人员访谈的基础上，掌握地块风险管控与修复工程情况，结合地块地质与水文地质条件、污染物空间分布、修复技术特点、修复设施布局等，对地块概念模型进行更新，完善地块风险管控与修复实施后的概念模型。

地块概念模型一般包括下列信息：

（1）地块风险管控与修复概况：修复起始时间、修复范围、修复目标、修复设施设计参数、修复过程运行监测数据、技术调整和运行优化、修复过程中废水和废气排放数据、药剂添加量等情况；

（2）关注污染物情况：目标污染物原始浓度、运行过程中的浓度变化、潜在二次污染物和中间产物产生情况、修复技术去除率、污染物空间分布特征的变化以及潜在二次污染区域等情况；

（3）地质与水文地质情况：关注地块地质与水文地质条件，以及修复设施运行前后地质和水文地质条件的变化、土壤理化性质变化等，运行过程是否存在优先流路径等；

（4）潜在受体与周边环境情况：结合地块规划用途和建筑结构设计资料，分析修复工程结束后污染介质与受体的相对位置关系、受体的关键暴露途径等。

8.2 评估对象及监测指标

效果评估项目主要为场地修复的目标污染物，如修复过程可能导致二次污染的，还包括二次污染排放相关污染物；效果评估标准主要为修复目标值，二次污染排放涉及的污染物执行相应的环境质量标准和污染物排放标准。

该污染场地关注污染物的修复目标值如下所示：

（1）土壤修复目标值

本项目的风险控制值与《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）中的第二类用地筛选值进行比较，修复目标值如表 8.2-1 所示。

表 8.2-1 土壤污染物修复目标值

污染物	计算所得风险控制值(mg/kg)		第二类用地筛选值(mg/kg)	建议修复目标值(mg/kg)
	地块内工作人员			
	致癌效应	非致癌效应		
氯仿	0.64	150.36	0.9	0.9
苯	2.95	74.73	4.0	4.0
氯苯	-	1412.30	270	270
乙苯	22.6	5494.86	28	28

（2）地下水修复目标值

本项目计算的风险控制值与《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）的 IV 类标准限值进行比较，修复目标值如下表 8.2-2 所示。

表 8.2-2 地下水关注污染物建议修复目标值

污染介质	污染物	计算所得风险控制值(mg/L)		地下水国标 IV 类限值(mg/L)	建议修复目标值(mg/L)
		地块内工作人员			
		致癌效应	非致癌效应		
地下水	氯仿	1.52	370.90	0.3	1.52
	1,2-二氯乙烷	3.64	71.92	0.04	3.64
	苯	7.49	2032.72	0.12	7.49
	乙苯	2.59	65.69	0.6	2.59
	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	-	4.11	1.2	4.11

8.3 采样布点

8.3.1 布点依据与原则

- （1）《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）
- （2）《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）

- (3) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)
- (4) 《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)
- (5) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(HJ25.5-2018)
- (6) 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ25.6-2019)

8.3.2 原位修复土壤采样布点方案

采样数量按《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(HJ 25.5-2018)中所规定数量，自检采样计划见下表。

对于原位修复场地，水平方向布点方案与基坑底部的布点方法相同。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。

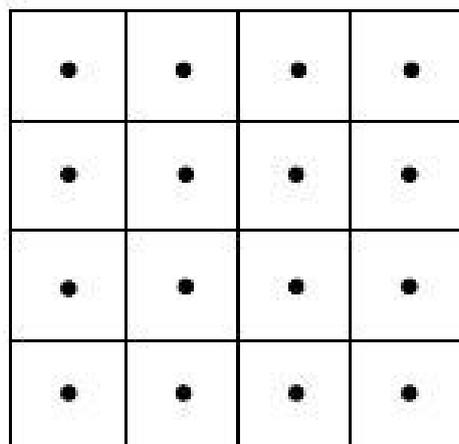


图 8.3-1 土壤原位修复采样布点示意图

“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，原则上垂直采样点之间距离不大于 3m，具体根据实际情况确定。”

表 8.3-1 原位修复水平采样布点原则

面积 (m ²)	底部采样点数量 (个)	侧壁采样点数量 (个)
<100	2	4
100≤x<1000	3	5
1000≤x<1500	4	6
1500≤x<2500	5	7
2500≤x<5000	6	8
5000≤x<7500	7	9
7500≤x<12500	8	10
>12500	网格大小不超过 40m×40m	采样点间隔不超过 40m

表 8.3-2 土壤效果评估采样数

污染区域	污染深度 (m)	采样深度 (m)	区域面积 (m ²)	区域周长 (m)	上下底采样点	壁采样点
A 区	2.5-3.3	2.5,3.3	232.6	59	3×2=6	5×2=10
B 区	1.5-5.8	1.5,4.0,5.8	2453.7	213	5×3=15	7×3=21
小计					52	

对照井设置在污染羽地下水流向上游，反映区域地下水质量。内部监测井设置在污染羽内部，反映修复过程中污染羽浓度变化情况，内部监测井可结合污染羽分布情况，按三角形或四边形布设。控制井设置在地下水污染羽边界的位置，设置在污染羽的上游、下游以及垂直于地下水径流方向的污染羽两侧的边界位置。当污染地下水可能影响临近含水层时，应针对该含水层设置监测井，以评估修复工程对该含水层的影响。当周边存在受体时，宜在地下水污染羽边缘和受体之间设置监测井。

原则上对照井至少设置 1 个，内部监测井至少设置 3~4 个，控制井至少设置 4 个，可根据修复工程特点合理调整。原则上内部监测井设置网格不宜大于 80m×80m，存在非水溶性有机物或污染物浓度高的区域，监测井设置网格不宜大于 40m×40m。

（3）自检和监测井布设方案

地块的地下水流向为自西向东，因此在该地块地下水修复区域上游（西侧）设置 1 口对照监测井（GW1）。地下水修复区共布设 4 口运行监测井（GW2~GW5）。为了检测修复过程中地下水污染在修复周边区域的可能扩散，在修复区域边界上布设 3 口控制监测井（GW6~ZGW8）。每口井的管井为 63mm，井深 12m，井位布置详见图 6.4-5 所示。

（4）监测指标及频次

工程运行期间需对地下水水位、水质、注入药剂特征指标、工程性能指标、二次污染物等进行监测，具体包括：

- 1) 地下水水位和水质：包括地下水水位、目标污染物浓度等。
- 2) 注入药剂特征指标：包括药剂浓度以及因药剂注入导致地下水水质变化的参数，如 pH、温度、电导率、总硬度、氧化还原电位、

溶解氧等。

3) 二次污染物：包括施工和运行过程中在地下水、土壤、地表水、环境空气中产生的二次污染物。

4) 地下水修复工程运行阶段根据目标污染物浓度变化特征分为修复工程运行初期、运行稳定期、运行后期。目标污染物浓度在修复工程运行初期呈变化剧烈或波动情形，在运行稳定期持续下降，在运行后期持续达到或低于修复目标值，或达到修复极限。

5) 工程运行初期监测频次为每半个月 1 次，运行稳定期的监测频次为每月 1 次，运行后期监测为每季度 1 次。当出现修复效果低于预期等不利情况时，应适当提高监测频次。

表 8.3-3 地下水监测指标及频次

指标	限值 (mg/L)	备注	频次
氯仿	1.52	地下水目标污染物	运行初期半月 1 次；运行稳定期每月一次；后期每季度 1 次
苯	7.49	地下水目标污染物	
氯苯	0.6	土壤目标污染物	
乙苯	2.59	地下水目标污染物	
1, 2-二氯乙烷	3.64	地下水目标污染物	
石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	4.11	地下水目标污染物	
pH、硫酸根离子、氧化还原电位	\	常规指标和运行参数	
地下水水位 (自测)	\	运行参数	

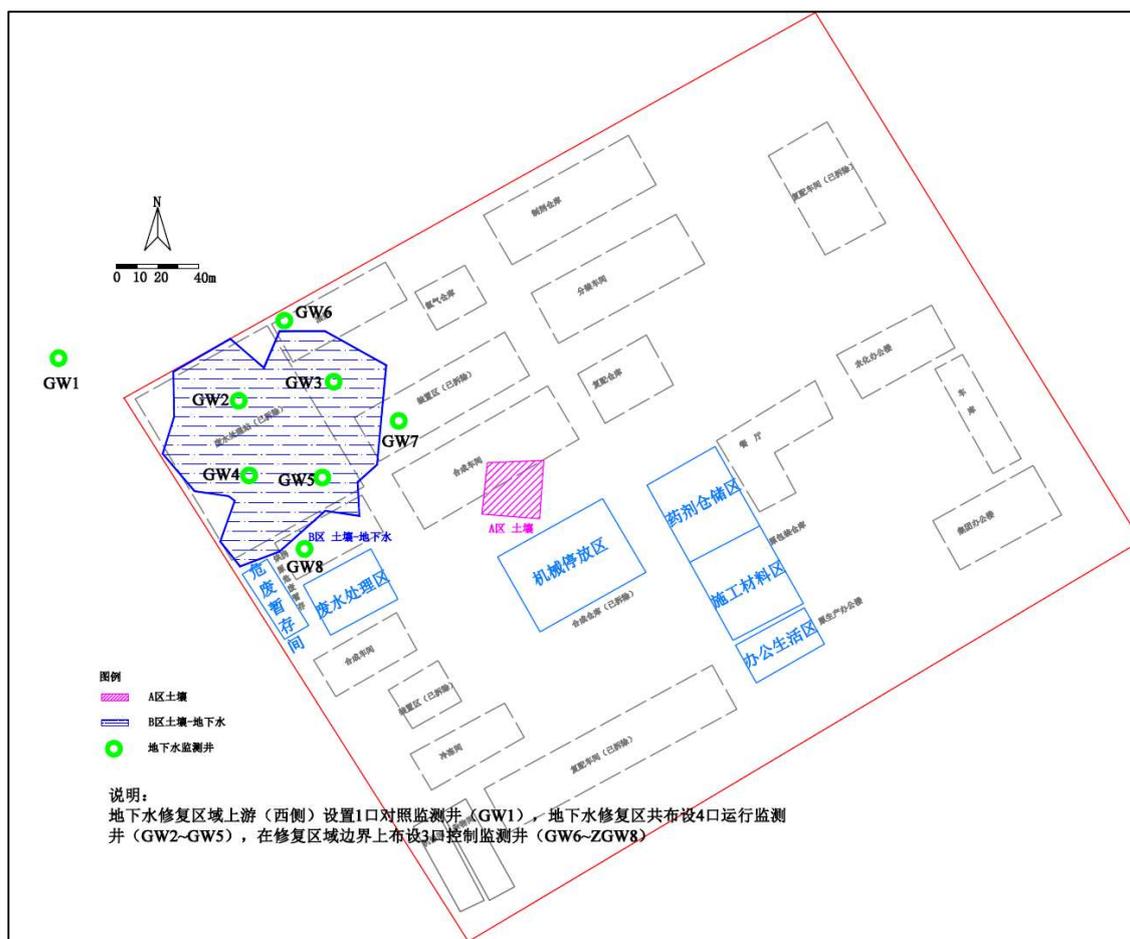


图 8.3-3 地下水监测井布置图

8.4 现场采样与实验室检测

8.4.1 样品采集及检测依据

(1) 土壤样品和地下水样品的采样方法、现场质量控制、现场质量保证、样品的保存与运输方法、样品分析方法、实验室质量控制，现场人员防护和现场污染应急处理等按照 DB11/T 656 的规定执行。

(2) 对于非挥发性有机物，可采集少量土壤混合样，混合样采样方法和要求按照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166)、《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2) 的规定执行。

(3) 验收项目检测方法的检测限应低于修复目标值。

(4) 实验室检测报告内容应包括检测条件、检测仪器、检测方法、检测结果、检测限、质量控制结果等。

8.4.2 采样规范及注意事项

每个土样都应该用带有符合标准的 PID 等快速读数测定仪或其他相应的场地快速检测设备等进行污染物检测。

当在同一个采样点持续取多个样品的时候，要特别注意各个样品的标签记录和样品储存。在很多情况下，土样被采出的速率可能比后续的剖开样品采样管、快速检测、标记和采集等步骤要快，因此在对土样进行后续的操作之前，须对其进行很好的保存，比如避免太阳光直射、避高温和防雨。这些外部环境可能会对土样中敏感的挥发性有机物或用来快速检测的设备有很强的干扰作用。要对土样及时进行标记，以免丢失其采样位置。在场地上对样品进行快速检测时也需要非常小心。如有必要，在样品采集后应及时标注记录好土样的岩性信息。在每天的采样工作开始前，均需校准快速检测设备。

1) VOCs 污染土壤样品采集方法

VOCs 在非水相环境中迁移时，以气相或以液相存在。收集和储存样品的操作过程会影响样品，这些影响可能加速土样中 VOCs 的挥发和降解，从而改变 VOCs 的浓度。

为了让样品收集和储存的操作程序能更好满足 VOCs 土样和其他非水相样品的需要，样品应该严格按照标准操作方法来进行操作，这样能将 VOCs 的挥发和降解损失降低到最小。

在采集 VOCs 样品时，不能将土样长时间保存在采样工具中，也不能在将土样采集到采样瓶中后使用黄铜、醋酸纤维、聚碳酸酯等作为衬垫的盖子。另外，土壤样品在采集完了之后，也不能再转移到其他的容器中，比如另外的空的采样瓶，拉锁袋，铝箔容器等。研究表明，在将土壤移出衬管、剖开、加上衬垫或者更换容器时，都会造成 VOCs 的损失，进而降低数据质量。

用大直径的采样器采集的 VOC 土样，应该用小直径的干净的专业采样器进行衬管内土样采集。小直径的采样器应该能从新鲜的裸露土壤中采集满足需要的土样量。小直径采样器要能够在不扰动土壤的情况下，直接快速将土样采集到样品瓶中。

用小直径采样器采集足够量的土样是很重要的一步。将小直径的采样器推入待测土壤中，按照需要采集足够量的土样（约为 3cm^3 的 5 g 土样）。增减小直径采样器中的土壤量，直到达到要求土壤量位置。记录并标注小直径采样器中的土样的质量和体积。之后，丢弃测试样。随后，在相似的土层中取样时，以用测试样测定标记的体积为准。如果土层情况有所变化，则需要再使用新土层中的测试样进行重新测试。

所有用来采集 VOCs 土样的小直径采样器都必须是用惰性材料制作的，这样可以在采样过程中不会因为吸附、溶解和发生反应而改变样品中的 VOCs 浓度。可以使用的材料有不锈钢、玻璃和黄铜等。其他的材料，比如 Viton，PTFE 和一些硬质塑料，已被证明只会导致有限 VOCs 的吸附和溶出，同样可以用来密封采样器。

另外，可以采用的小直径采样器包括改进型的 10 mL 一次性塑料注射器采样器，Purge and Trap Soil Sampler®，En Core®采样器、Easy Draw Syringe®采样器，或其他的小直径管/活塞式采样器。这些小直径采样器至少能采集 5g 样品（约 3cm^3 的土样，假设密度为 1.7 g/cm^3 ）装入 40mL 的 VOC 样品瓶中。上述的采样器绝大多数都只能用于将样品采集并置于样品瓶中，只有 En Core®采样器不但可以用来采样，还能用来储存、运输土样到实验室。要根据场地土壤实际情况、场地和实验室的保存方法和有针对性的参数测定来选择合适的小直径采样器。

2) 非 VOCs 污染土壤样品采集方法

在现场的取样的时候，可以用一个干净的勺子或者抹刀来进行。土壤的充分混合是非常重要的。可用一个干净的不锈钢容器进行混匀，这个不锈钢容器应该足够大，其能承装的土壤量要比待取的土壤量多，并能在混合搅拌的同时不会有土壤洒出。混合方法的选择取决于土壤的物理性质，包括土壤含水率，粒径和分布，混合的目的是要让所有土壤样品都保持相似的物理性质的表征。在混匀之前，一些小树枝，树根，树叶，石块，和各种碎片（玻璃，砖块等）都应该用干净的不锈钢的勺子或抹刀将其去除。在操作过程中，尽量避免一次性手套和土壤的接触。

当采样瓶装满土样后，要确保螺纹、盖子和其他样品瓶的边角都没有土壤微粒附着。用一张干净的纸巾将样品瓶的螺纹和密封装置表面的土壤微粒擦拭干净。这些土壤微粒会影响瓶子的密封性，可能会导致土壤水分的损失，造成交叉污染或盖子滑丝。要一直都确保样品瓶盖的安全性。

在样品采集完成后，要立刻将采样瓶垂直放入冷藏箱。不同采样点采集的样品要分别装在不同的带锁扣的袋子中，以免样品瓶在运输过程中因为泄露而造成交叉污染。实验室的样品数量或现场的样品标识数字应该贴在袋子表面，为保管链提供参考。并且还将实验室和场地的标识数字都记录在场地日志和保管链记录中。这些样品在实验室中对土壤含水率进行分析检查。

3) 土样保存方法

在样品采集和实验室分析中，都需要进行样品保存。在现场的样品保存可以用化学和物理两种方法。

实验室分析方法，场地保存方法，合适的样品瓶，和样品保质期都非常重要，这些信息必须在现场采样之前进行预先确认。同样，备

用的样品瓶也需要进行各种质量控制和质量保证措施。在实验室进行分析的时候，样品容器也会不断变化。在样品质量控制和质量保证措施下，由实验室和采样小组来确定使用什么样的容器。

现场样品收集后，不但要立刻用各种化学方法保存样品，也使用物理方法对其进行保存（比如冷冻或者冻结）。物理保存方法，比如“冷冻”和“冻结”都是比较成熟的样品保存方法，他们是将样品保存在隔温箱中，在其中放置“水冰”，“蓝冰”或“胶状冰包”。在选择合适的样品瓶和场地化学保存方法的同时，相应的物理保存方法选择就显得非常重要了。根据美国环保署 CLP 指南，场地样品物理保存方法可以描述如下：

冷冻：土样的保存温度在 4°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$)

冻结：土样保存温度在 -7°C ~ -15°C 之间

样品瓶应该放在保存箱中指定的位置进行冷冻，以免在保存的过程中破损。用于装筛选和含水率测定土样样品瓶仅仅需要保持在 4°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$)：这些样品不用冻结。样品瓶和 En Core® 采样器的冻结温度不能低于 -20°C ，因为在这个温度以下时，该采样器的密封零件、O 型圈和隔膜可能会损坏，导致在 VOC 样品融化的时候，会有 VOCs 损失掉。

另外，不推荐在样品采集之后或运输过程中使用干冰。因为干冰的温度是 -78.5°C ，这个温度对于保存样品来说过低了。在这个温度下，玻璃、密封零件、O 型圈和盖子都会损坏。另外，干冰在长期运输过程中，还需要特殊的使用、保存和运输方法。

8.4.3 土壤样品采集

《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166)、《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2) 和《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试

行)》的相关要求,进行土壤样品采集。

(1) 表层土壤样品的采集

1) 采用挖掘方式进行,采用锹、铲及竹片等简单的工具。

表层土采样采用手工采样或螺旋钻采样。手工采样是先用铁锹、铲子和泥铲等工具将地表物质去除,并挖掘到指定深度,然后用不锈钢铲子进行样本采集;螺旋钻采样是先钻孔达到所需深度后,获得一定高度的土柱,然后用竹片去除土柱外围的土壤,获取土芯作为土壤样品。收集土壤样时,把表层硬化地和大的砾石、树枝剔除。

采样过程中佩戴手套。每采完一次样,都将采样工具用自来水洗净后再用蒸馏水淋洗一遍。

2) 为减少土壤的扰动,保证土壤样品在采集过程中不被二次污染,采用非扰动采样器将土样直接推入顶空瓶中。现场采样时,采用手持式实时分析仪器(PID)进行顶空法现场测试、初筛。



图 8.4-1 表层土壤样品采集

(2) 深层土壤样品的采集

钻孔取样的采样深度扣除地表非土壤硬化层厚度,测量重金属的

样品用竹片或竹刀去除与金属采样器接触的部分土壤，再用其取样。

1) 采集挥发性有机物、易分解有机物、恶臭污染土壤的样品，采用现场快速检测设备筛选相关污染物浓度最高点进行采样，采样后立即将样品装入密封的容器，以减少暴露时间。

2) 有机物的样品采用玻璃容器收集，并在 4℃ 以下避光保存，样品充满容器。

3) 易挥发、易分解及含恶臭的样品单独采样，不对样品进行均质化处理，不采集混合样。



图 8.4-2 深层土壤样品采集

8.4.4 地下水样品的采集

地下水采样具体技术要求按《地下水监测技术规范》(HJ/T 164-2004)、《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2-2014)、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》等相关要求相关规定执行。

(1) 地下水建井后洗井

在地下水监测井建设完成后进行洗井。洗井分两次，即建井后的洗井和采样前的洗井。洗井采用贝勒管、地面泵。在洗井前后及洗井过程中监测 pH 值、电导率、浊度、水温、氧化还原电位、溶解氧并记录水的颜色、气味等。

建井后的洗井首先要求直观判断水质基本上达到水清砂净，同时 pH 值、电导率、浊度、水温等监测参数值达到稳定，即浊度等参数

测试结果连续三次浮动在 $\pm 10\%$ 以内，或浊度小于 50 个浊度单位。

(2) 地下水井取样前洗井

取样前的洗井在第一次洗井 24 小时后开始，其洗出的水量达到井中储水体积的 3 倍以上，并且 pH 值、电导率、氧化还原电位、溶解氧、浊度、水温等水质参数值稳定。测试项目中有挥发性有机物时，适当减缓流速，避免冲击产生气泡。地下水采样的对照样品与目标样品来自相同含水层同一深度。

(3) 地下水采样

常规分析因子地下水采样时，先用采集的水样荡洗采样器与采样瓶（容器）2~3 次，然后再将水样采入采样瓶（容器）中，并按要求立即加入相应的固定剂。pH 值在现场测定，地下水采集瞬时水样，从井中采集水样，在充分抽吸后进行，抽吸水样不少于井内水体积的 2 倍，采样深度在地下水水面 0.5 米以下。对于测定挥发性、半挥发性有机污染物项目的水样，采样时水样注满容器，上部不留空隙。



图 8.4-3 地下水样品采集

钻孔取样的采样深度扣除地表非土壤硬化层厚度，测量重金属的样品用竹片或竹刀去除与金属采样器接触的部分土壤，再用其取样。

8.5 样品保存、运输和储存

8.5.1 土壤样品的保存、运输和储存

依据《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166)、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》“附录2 土壤样品保存要求”以及土壤挥发性有机物/半挥发性有机物监测因子分析方法等相关规范要求，对土壤样品收集器选型，并按规范对样品进行运输和保存。

对于易分解或易挥发等不稳定组分的样品采取低温保存的运输方法，并尽快送到实验室分析测试。本项目主要涉及挥发性和半挥发性有机物样品，采集后用具有聚四氟乙烯封垫可密封的直口螺口棕色玻璃容器在4℃以下避光保存，样品充满容器。

具体的采样容器、保存技术、样品体积及保存时间要求见下表。

表 8.5-1 容器、保存技术、样品体积以及保存时间的要求

监测项目	容器	保存条件	样品最小体积或重量	样品最大保留时间
有机化合物				
总石油烃 (TPH): 可挥发	G, 用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖	4℃低温保存, 加 HCl 使 pH < 2	2×40mL (水); 113g (土壤)	14 天 (水或土壤); 无酸保护则为 7 天
总石油烃 (TPH): 可萃取	G, 用琥珀密封瓶盖	4℃低温保存	1L (水); 227g (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃取后 40 天 (土壤)
可挥发性芳香卤代烃	G, 用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖	4℃低温保存, 加 HCl 使 pH < 2, 0.008% Na ₂ S ₂ O ₃	2×40mL (水); 113g (土壤)	14 天 (水和土壤); 无酸保护则为 7 天
半挥发性有机物	G, 用聚四氟乙烯密封瓶盖	4℃低温保存, 0.008% Na ₂ S ₂ O ₃	227g (土壤)	萃取前 7 天, 萃取后 40 天 (水); 萃取前 14 天, 萃

监测项目	容器	保存条件	样品最小体积或重量	样品最大保留时间
				取后 40 天(土壤)
挥发性有机物	G, 用聚四氟乙烯薄膜密封瓶盖	4℃低温保存, 0.008%Na ₂ S ₂ O ₃ (对挥发性芳香烃加 HCl 使 pH<2)	2×40mL(水); 113g(土壤)	14 天(水和土壤); 无酸保护则为 7 天

样品运输保存选择牢固、保温效果好的保温箱；用发泡塑料包裹样品瓶防止直接碰撞；放置足量的冰块确保保温箱冷藏温度低于 4℃。

在采样现场样品逐件与样品登记表、样品标签和采样记录进行核对，核对无误后分类装箱。运输过程中严防样品的损失、混淆和沾污。对光敏感的样品避光外包装。

由专人将土壤样品送到实验室后尽快分析，送样者和接样者双方同时清点核实样品，并在样品交接单上签字确认。土壤样品运输环节按规范要求进行运输空白样和全程序空白样质控。

8.5.2 地下水样品的保存、运输和储存

根据《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)、《水质采样 样品的保存和管理技术规定》(HJ 493-2009)的相关要求，对地下水进行采集、保存。

(1) 地下水样品现场保存、固定

①用于测定 VOC 的水样，采用带塑料螺纹盖的 40mL 小玻璃瓶取样。②SVOC 采样瓶预先加入 0.2~0.5g/L 硫代硫酸钠除去余氯。

③半挥发性有机污染物项目采样时，水样注满容器，上部不留空隙。

(2) 地下水样品保存运输

样品采集之后，应利用冷藏保存箱运输，尽快运抵测试实验室。挥发性有机水样，样品于 4℃避光条件下保存 7 天；半挥发性有机水

样 4℃下避光可保存 15 天。

水样运输将容器的外（内）瓶盖盖紧，以防破损，装运前逐一核对，运输时有专门押运人员。水样交实验室分析，制定交接流转手续。

8.6 修复效果评估

（1）土壤修复效果评估

土壤的评估标准值为土壤的修复目标值。

可采用逐一对比和统计分析的方法进行土壤修复效果评估。

1) 当样品数量 <8 个时，应将样品检测值与修复效果评估标准值逐个对比：

a)若样品检测值低于或等于修复效果评估标准值，则认为达到修复效果；b)若样品检测值高于修复效果评估标准值，则认为未达到修复效果。

2) 当样品数量 ≥ 8 个时，可采用统计分析方法进行修复效果评估。一般采用样品均值的 95%置信上限与修复效果评估标准值进行比较，下述条件全部符合方可认为地块达到修复效果：

a) 样品均值的 95%置信上限小于等于修复效果评估标准值；

b) 样品浓度最大值不超过修复效果评估标准值的 2 倍。

3) 若采用逐个对比方法，当同一污染物平行样数量 ≥ 4 组时，可结合 t 检验分析采样和检测过程中的误差，确定检测值与修复效果评估标准值的差异：

a) 若各样品的检测值显著低于修复效果评估标准值或与修复效果评估标准值差异不显著，则认为该地块达到修复效果；

b) 若某样品的检测结果显著高于修复效果评估标准值，则认为未达到修复效果。

4) 原则上统计分析方法应在单个基坑或单个修复范围内分别进

行。

5) 对于低于报告限的数据, 可用报告限数值进行统计分析。

(2) 地下水修复效果评估

地下水修复工程运行阶段根据目标污染物浓度变化特征分为修复工程运行初期、运行稳定期、运行后期。目标污染物浓度在修复工程运行初期呈变化剧烈或波动情形, 在运行稳定期持续下降, 在运行后期持续达到或低于修复目标值, 或达到修复极限。

修复效果原则上采用修复工程运行阶段监测数据进行修复达标初判, 至少需要连续 4 个批次的季度监测数据。若地下水中污染物浓度均未检出或低于修复目标值, 则初步判断达到修复目标; 若部分浓度高于修复目标值, 可采用均值检验或趋势检验方法进行修复达标初判, 当均值的置信上限 (upper confidence limit, 简称 UCL) 低于修复目标值、浓度稳定或持续降低时, 则初步判断达到修复目标。

若修复过程未改变地下水流场, 则地下水水位、流量、季节变化等与修复开展前应基本相同; 若修复过程改变了地下水流场, 则需要达到新的稳定状态, 地下水流场受周边影响较大等情况除外。

需初步判断地下水中污染物浓度稳定达标且地下水流场达到稳定状态时, 方可进入地下水修复效果评估阶段。

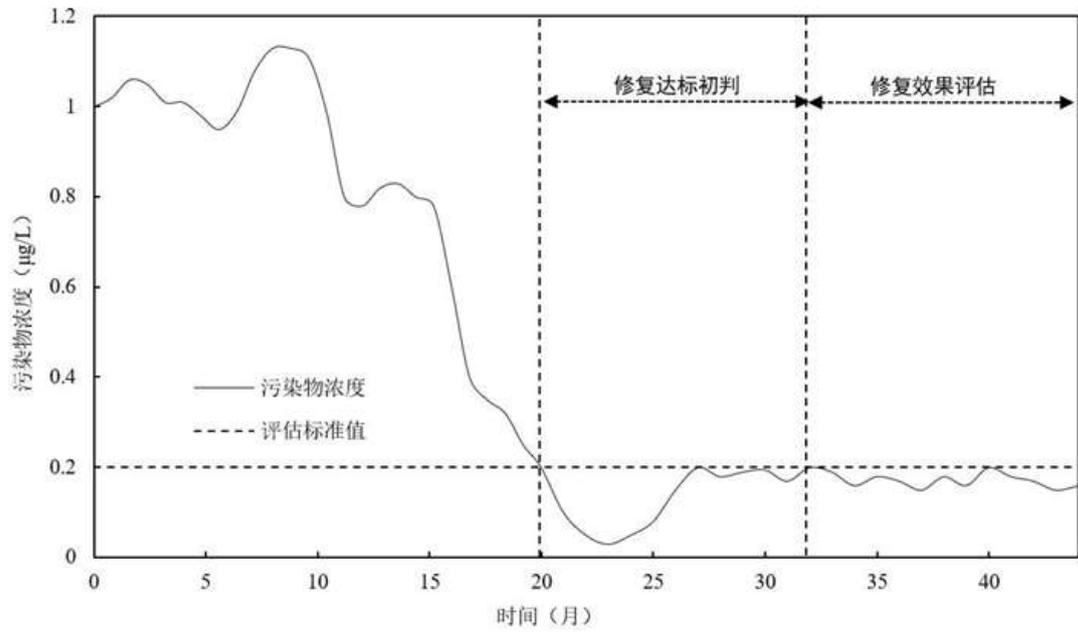


图 8.6-1 地下水修复效果评估采样节点示意图

9. 环境应急方案

为确保场地修复过程中施工人员与周边居民的安全，应制定周密的场地修复工程环境应急安全计划，编制环境应急方案，方案内容包括安全问题识别、需要采取的预防措施、突发事故时的应急措施、必须配备的安全防护装备和安全防护培训等。

9.1 应急组织机构

为确保劳动安全及场地修复工作如期进行，本项目建立以项目负责人为组长的紧急情况处置领导小组，技术负责人、项目安全工程师和质量工程师为副组长，并形成由公司总部、社会机构、项目相关职能部门等共同参与的紧急情况处置组织体系。事故应急组织机构图见下图。

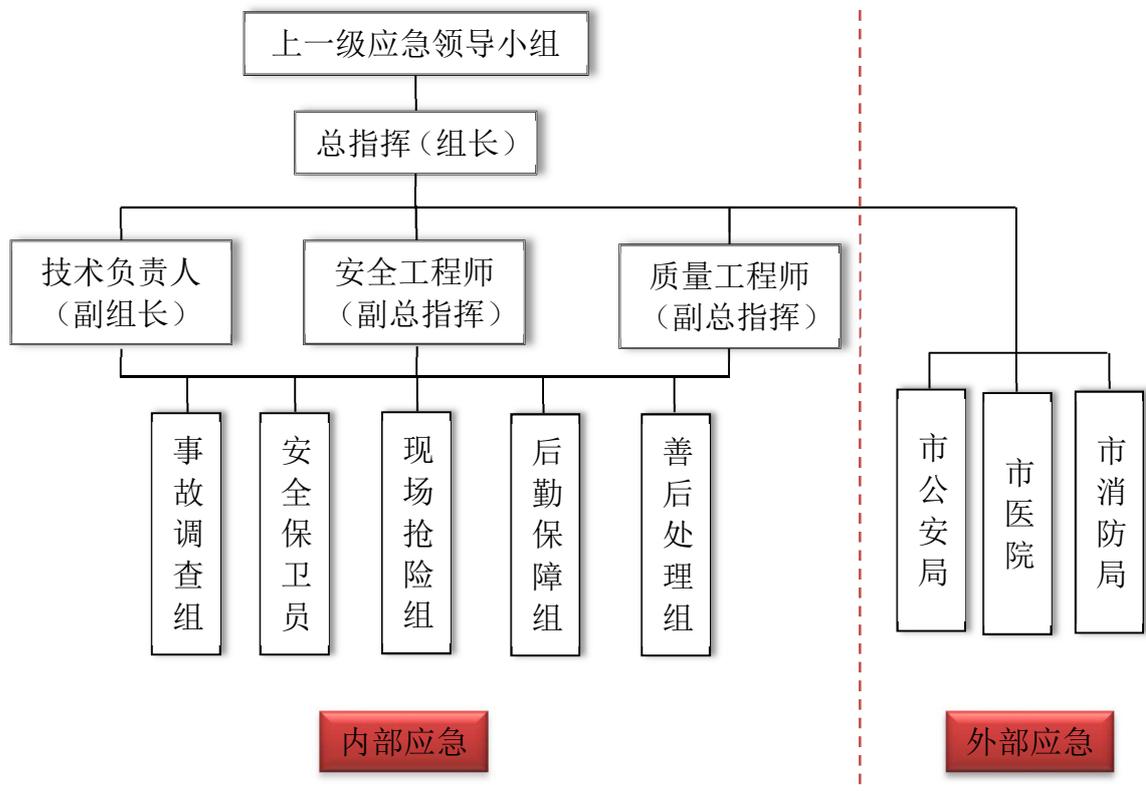


图 9.1-1 应急组织结构图

9.2 岗位职责

表 9.2-1 应急组织机构职责表

岗位	构成	主要职责
总指挥	由应急领导小组指派	指挥本工程范围内容的应急救援。
副总指挥	质量工程师、安全工程师	协助总指挥负责应急救援的具体指挥工作。
现场抢险组	组长由现场经理担任,以工程部为主体。成员由安全总监、现场经理、机电经理、项目总工程师和项目班子及分包单位负责人组成。	组织实施抢险行动方案;协调有关部门的抢险行动;及时向指挥部报告抢险进展情况。
安全保卫组	组长由现场经理担任,以工程部为主体。成员由安全总监、现场经理、机电经理、项目总工程师和项目班子及分包单位负责人组成。	组织实施抢险行动方案;协调有关部门的抢险行动;及时向指挥部报告抢险进展情况。
后勤保障组	组长由项目副经理担任,以综合办公室为主体。成员由项目物资部、行政部、商务部、食堂组成。	负责调集抢险器材、设备;负责解决全体参加抢险救援工作人员的食宿问题。
善后处理组	组长由执行经理担任,成员项目领导班子组成。	负责做好对遇难者家属的安抚工作;协调落实遇难者家属抚恤金和受伤人员住院费问题;做好其它善后事宜。
事故调查组	组长执行经理、公司责任部门领导担任,成员由项目总工、公司相关部门、公司有关技术专家组成。	负责事故现场保护和图纸的测绘;查明事故原因,提出防范措施;提出对事故责任者的处理意见。

9.3 应急准备工作流程

根据工程的特点及施工工艺的实际情况,认真的组织项目部人员对危险源和环境因素的识别和评价,特制定项目发生紧急情况或事故的应急措施,开展应急知识教育和应急演练,提高现场操作人员应急能力,减少突发事件造成的损害和不良环境影响。其应急准备和响应工作程序见下图:

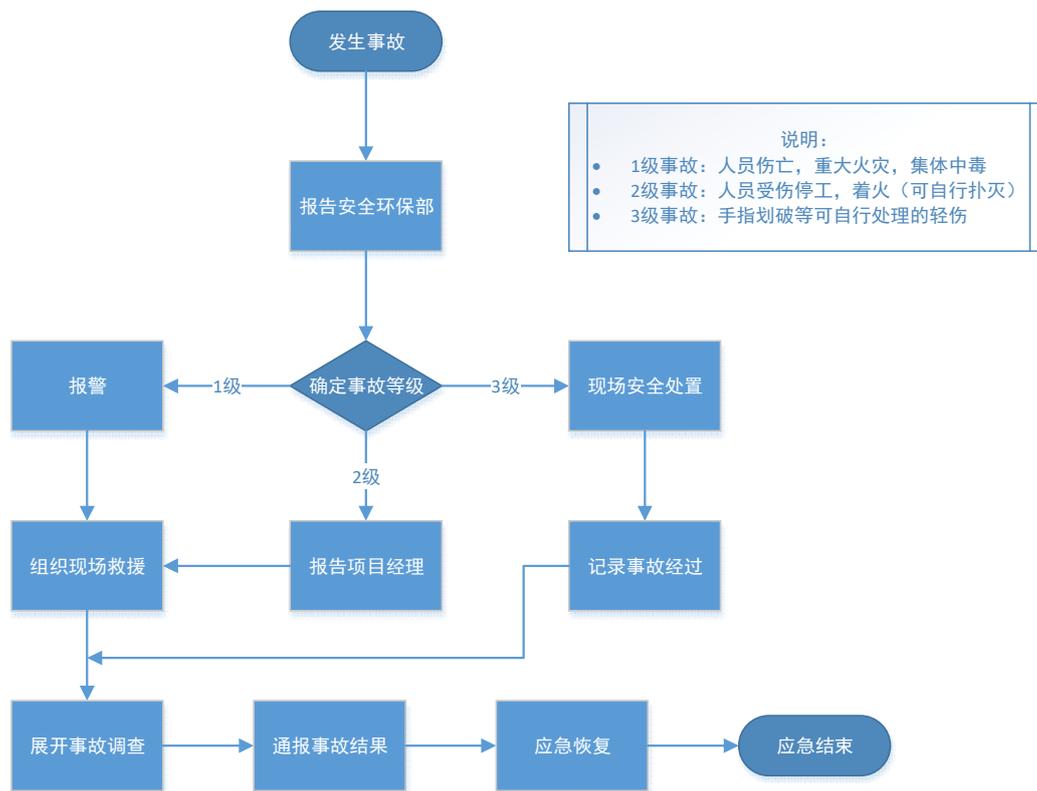


图 9.3-1 应急准备和响应工作程序图

9.4 应急响应机制

(1) 应急响应分级

按安全事故灾难的可控性、严重程度和影响范围，应急响应级别原则上分为 I、II、III 级。当达到本预案应急分级响应条件时，事故单位应按照应急响应程序，启动相应响应程序，开展应急行动，并根据事故等级及时上报。

表 9.4-1 应急响应分级表

应急响应级别	应急响应分级条件				
	死亡（含失踪）、遇险人数	重伤（含中毒）人数	火灾、爆炸事故等级	直接经济损失	其他条件
I 级	3 人及以上	10 人及以上	特大	1000 万元以上	需要启动 I 级应急响应的其他伤亡事故
II 级	1~2 人	3~10 人	重大	100 万	发生与安全生产有

应急响应级别	应急响应分级条件				
	死亡（含失踪）、遇险人数	重伤（含中毒）人数	火灾、爆炸事故等级	直接经济损失	其他条件
				元～1000万元	关的并造成恶劣社会影响的事件；需要启动Ⅱ级应急响应的其他伤亡事故
Ⅲ级	0人	3人以下	重大以下级别	100万元以下	需要启动Ⅱ级应急响应条件以下的安全事故

（2）启动条件

- 1) 发生符合国家和行业有关规定需启动应急预案的事故。
- 2) 现场工作人员认为需要上报并启动应急预案的较严重事故。

（3）报告制度

应急程序启动后，根据事故发展态势和现场救援进展情况，执行如下应急响应程序：

- 1) 事故发生后，押运员及驾驶员立即组织自救，同时向指挥小组报告事故情况。
- 2) 指挥小组接到事故报告后，根据事故情况，立即派遣工作小组增援现场，同时向领导小组通报事故情况。
- 3) 现场应急指挥小组在向联营体领导小组汇报情况的同时，必须向省项目办如实汇报。
- 4) 领导小组根据事故情况，对救援工作进行相应支持和监督。

（4）处理程序

工作小组到达事故现场后，按照如下程序救援：

1) 紧急疏散

发生的事故有可能对周围人员安全构成威胁时，必须在指挥小组的统一领导下，设立安全警戒线，并将与事故应急救援无关的人员进

行紧急疏散。疏散方向一定要处于事故时的上风向。

2) 人员抢救

实施抢救任务时，要坚持“以人为本”的原则，想方设法从事事故现场抢救被困人员。承担抢救任务的人员要保护好自身安全，穿戴相应安全防护装备。医疗救援人员对抢救出的被困人员，在现场要及时进行一些必要的抢救，并以最快速度送往医院进行全面抢救。

3) 风险排除

执行排险抢修任务的人员，根据不同的事故情况采取不同的处置办法，在做好自我防护基础上，以最快的速度，最有效的方法及时堵漏排险，消除事故。

4) 物资供应

抢救、排险、抢修时所需物资，必须做到有效保障，各种专用器材、交通工具、医疗器械、药品和衣物等，按照分工各负责人员必须做好充分准备，随时服从救援组的统一调度和安排。

5) 社会支援

如工作小组能力和物资不足以清除风险时，指挥小组迅速向有关部门汇报，并要求社会支援。社会援助队伍进入抢救、排险、抢修现场时，现场救援人员负责联络、引导、告知安全注意事项并配合开展工作。

(5) 应急结束

应急结束条件：事故现场得以控制，环境符合有关标准，导致次生、衍生事故隐患消除后，经指挥小组确认和批准，现场应急处置工作结束，应急救援队伍撤离现场。

结果评估：领导小组相关机构对事故处理结果进行监督评估。

事故分析：由指挥小组负责召开事故分析会，填写事故分析报告，

总结经验教训并追究责任。

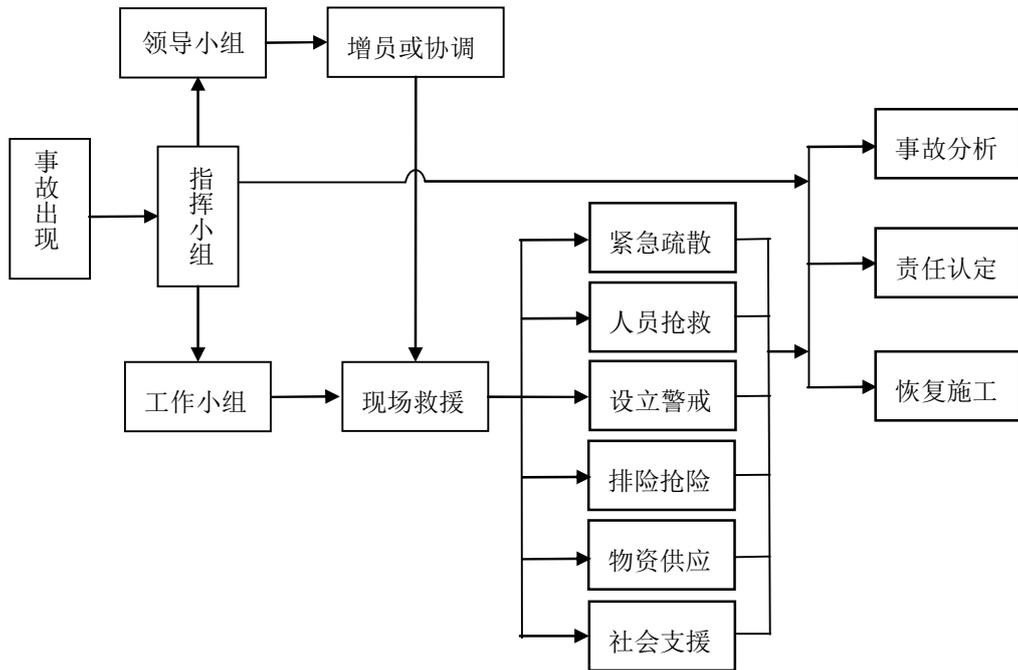


图 9.4-1 事故处理程序

9.5 单项应急措施

9.5.1 人员中毒

由于本项目污染物所含污染物对人体健康危害很大，因此，在工程开工前，对全体人员进行安全教育。在施工过程中加强劳动保护，所有进出现场的人员必须佩带相应防护用品，工作现场禁止吸烟、进食和饮水。工作后，彻底清洗。

如果发生人员中毒事故，将按照以下程序进行应急：

(1) 中毒人员救援

现场中毒事件发生后，应立即联系医疗等部门，禁止盲目施救，并确认事故地点。根据实际中毒情况，轻度中毒人员应立即带离现场，到空气新鲜的地方，解开衣领、腰带，取出口、鼻内可能有的分泌物，使中毒者仰卧并头部后仰，保持呼吸畅通，注意身体的保暖，并送入医院进行相关的治疗；对中毒严重者，如出现呼吸停止或心跳停止，

应立即按常规医疗手段进行心肺脑复苏。如呼吸急促、脉搏细弱，应进行人工呼吸（有条件的可使用呼吸器），给予吸氧，并及时送往医院救治。

（2）安全警戒

中毒事件发生后封锁现场，只准应急救援人员、车辆进入，其余人员、车辆必须经突发事件应急处置领导小组批准后方可进入，对无关人员劝其离开，禁止围观，直至中毒人员安全送至医院救治、现场取证结束等工作完成后，经突发事件应急处置领导小组批准后解除。

（3）信息记录

对事故现场情况进行拍照记录，记录救援情况、中毒人员、现场指挥领导，事故后的现场情况。询问值班人员事故发生的原因和过程。及时将信息报给突发事件应急处置领导小组组长。

（4）信息报送

根据现场中毒人员情况进行信息报送，1小时内由突发事件应急处置领导小组组长报告建设单位领导，并根据事故调查结果编写信息并及时上报。

9.5.2 灼伤

灼伤的急救措施见下表。

表 9.5-1 灼伤事故的急救措施

事故类别	导因	应急措施 药品和医疗设备
药品灼伤	眼睛灼伤或掉进异物	一旦眼内溅入任何化学药品，立即用大量水缓缓彻底冲洗。洗眼时要保持眼皮张开，可由他人帮助翻开眼睑，持续冲洗15分钟。对因溅入浓酸、浓碱或其它刺激性物质的眼睛灼伤者，急救后必须迅速送往医院检查治疗。
	皮肤灼伤	碱灼伤：先用大量水冲洗，再用1%硼酸或2%醋酸溶液浸洗，最后用水洗。在受上述灼伤后，若创面起水泡，不宜把水泡挑破。 酸灼伤：先用大量水冲洗，以免深度受伤，再用稀碳酸氢钠

事故类别	导因	应急措施 药品和医疗设备
		溶液或稀氨水浸洗，最后用水洗。

9.5.3 触电

本修复工程部分机械设备以电力作为动力，易造成触电事故。本方案已作出相应的预防措施，但万一发生触电事故，要采取以下措施。

表 9.5-2 触电事故的急救措施

序号	类别	应急措施
1	触电者的抢救	应尽快使触电者脱离电源。人触电后，可能由于疼或失去知觉（昏迷）等原因而紧抓带导体，不能自行摆脱电源。这时，应使触电者尽快脱离电源，切断通过人体的电流。
2	触电急救方法	<p>（1）口对口人工呼吸法：人工呼吸法是触电急救行之有效的科学方法，对于尚有心跳而呼吸停止或不正常的触电者宜用此法。</p> <p>（2）胸外心脏按压法：对于尚有心跳而呼吸不正常的触电者宜用此法。</p> <p>（3）如果触电者呼吸和心跳都停止，上述两种方法须同时进行。只有一人救护时，可以先吹气 2~3 次，再挤压 10~15 次，交替进行。并适当提高挤压和吹气的速度。若有二人救护，则一人侧跪作人工呼吸，另一人跨跪作胸外心脏挤压。</p>
3	现场应急措施	<p>（1）消除不安全因素，将出事的电源开关拉掉，防止事故扩大，避免更大的人身伤害及财产损失。</p> <p>（2）注意保护现场，因抢救触电者和防止事故扩大，需要移动现场物件时，应做出标志、拍照、详细记录和绘制事故现场图。</p> <p>（3）事故发生后应急小组在抢救触电者、保护事故现场的同时，立即报公司领导、工程管理部按规定向上级有关部门报告。</p> <p>（4）工程管理部得知事故发生后，应立即赶赴事故现场，开展上述应急措施，注意检查事故现场是否处于安全状态，防止事故的扩大。</p> <p>（5）配合公司有关部门开展事故调查工作。</p>



图 9.5-1 胸外心脏按压+人工呼吸急救

9.5.4 机械伤人

机械伤人事故发生后，现场人员应立即向值班人员（项目负责人）汇报事故时间、地点、方位、受伤人员情况。应急领导小组根据情况启动预案，组织人员设备进行抢救行动。施工现场的机械伤害事故，会造成不同程度损伤，以至死亡。根据施工作业地点、机械类型等因素，伤害类型多为挤、压、绞、缠、切等引起的外伤。

（1）现场急救

对伤员的现场处理十分重要，否则会贻误治疗，而不正确的处理又容易使伤员雪上加霜。根据实际情况首先应停止设备运转或移动机械设备，使伤员脱离致害物，对于肢体动脉流血的伤员要及时包扎止血，防止流血过多造成休克或生命危险。事故中如果发生手、脚或手指、脚趾断掉时，在料理好伤者后，及时找回断肢，用清洁的布块包好放入塑料袋内，让断肢保持低温，如有可能在塑料袋周围放些冰块，但不要将冰块直接碰到断肢。

（2）伤员转运

外伤患者，经过现场急救之后，需要送往医院救治。在搬运伤员的过程中，如果不懂得伤员转运中的知识和方法，很有可能由于搬运不当引起严重后果。例如：脊椎损伤的病人，转运中不能使病人的脊椎弯曲，应用坚固的木板将身躯固定好，并用硬木板担架搬运。没有

应用物时，多人同时搬运中，应使其身体保持在伸直位置，以免损伤脊椎神经，导致下肢瘫痪；对于昏迷者，应让其取侧卧位，以防呕吐物吸入肺部，引起肺炎或窒息死亡；危重伤员搬动身体时，必须将患者的头、肩、躯干做为一个整体，在同一平面上同时翻转和搬动，不可使其扭曲等等。患者在担架上，应根据不同的伤情，做一些体位上的调整，例如：怀疑脑损伤的可将伤员的头适当的垫高。有头头骨骨折时头部两侧还应用棉衣、枕头、砖、石等予以固定，避免晃动加重损伤。如果怀疑患者内出血休克，则应采用头低脚高位。如果患者呼吸困难或是胸部创伤，则应该采用半坐位。经过伤员现场处理之后，及时送往医院治疗观察。伤员送到医院后，应立即将断肢交给救护人员处理。

9.5.5 消防火灾

消防火灾的具体应急措施如下表所示。

表 9.5-3 火灾事故的急救措施

序号	类别	具体措施
1	立即报警	当接到火灾信息时，应确定火灾的类型和大小，并立即报告防火指挥系统，防火指挥系统启动紧急预案。根据事故大小，指挥小组决定是否拨打“119”火警电话，并及时报告上级，便于及时扑救处置火灾事故。
2	组合扑救	当施工现场发生火灾时，应急准备与响应指挥部除及时报警外，还要立即组织生活区域或施工现场义务消防队员和职工扑救火灾，义务消防队员选择相应的器材进行扑救。扑救火灾时按照“先控制，后灭火；救人重于救火；先重点，后一般”的灭火战术原则。派人切断电源，联系业主接通消防水泵电源，组织抢救伤亡人员，隔离火灾危险源和重点物资，充分利用项目中的消防设施器材进行灭火。
3	人员疏散	在现场布置安全疏散通道，在任何情况下确保安全通道畅通，一旦发生火灾，人员可顺利撤离到安全地带。
4	协助公安消防队灭火	拨打 119、120 求救，并派人到路口接应。当专业消防队到达火灾现场后，应急小组成员要简要说消防队负责人说明火灾情况，并全力协助消防队员灭火，听从专业消防队指挥，共同灭火。

序号	类别	具体措施
5	现场保护	火灾发生时和扑灭后，指挥小组要派人保护好现场，维护好现场秩序，等待对事故原因和责任人的调查。同时应立即采取善后工作，及时清理，将火灾造成的垃圾分类处理以及采取其他有效措施，使火灾事故对环境造成的污染降低到最低限度。
6	事故调查处置	按照公司事故、事件调查处理程序规定，火灾发生情况报告要及时按“四不放过”原则进行查处。事故后分析原因，编写调查报告，采取纠正和预防措施，负责对预案进行评价并改善。应急小组要及时将火灾发生情况报告上报公司。

9.5.6 扬尘、异味和噪声扰民

收到扰民申诉后，应做好居民的接待工作，认真听取居民诉求，向其询问扰民污染物类型、性状，并对场地内产污工段进行判别，并向其作出解释和安抚。具体的急救措施如下。

表 9.5-4 扰民类事故的急救措施

类别	起因	具体急救措施
扬尘	修复过程中的扬尘扩散	立即停工寻找根源，并进行喷雾降尘。同时由现场负责人向居民做出解释和安抚工作。
噪声	运输车辆发出的噪声	项目负责人要及时查出原因，如是司机鸣笛造成的噪声，要对司机进行教育，令其马上改正；如是行驶噪声，则要改变运输时间、降低运载量等进行处理。当施工现场的机械噪声扰民时，项目应急小组应马上组织人员对机械降噪处理，并对施工机械运转质量进行检修，以使其达到排放标准。
	夜间施工噪声扰民	停止施工并调整夜间施工时段、工序、设备以降低噪声源。如围挡过低，则施工集中区域周边设置新的围挡。

9.5.7 社会群体性事件

预防和处置本工程实施过程中存在的各种矛盾纠纷及不稳定因素引发的群体性事件，遵循“预防为主”的方针，坚持“以人为本”的原

则，坚持“教育疏导、防止矛盾激化和扩大”的原则，对群体性事件及其苗头要及时、果断采取措施，坚决制止违法行为，尽快平息事态。力争做到发现的早、化解的了、控制的住、处置的好，切实把问题解决在萌芽状态、解决在内部，努力维护大局。

（1）工作要求

1) 本工程项目部负责组织排查、调解可能引发群体性事件的矛盾纠纷。

2) 搜集群体性事件情报信息。

3) 组织调动应急资源做好群体性事件的先期处置工作。

4) 宣传普及有关法律、法规、政策，引导群众以理性方式表达诉求，通过合法途径反映和解决问题。

（2）检查和报告

1) 项目部认真执行当地政府及有关部门关于加强突发事件信息报送工作的有关规定，强化值班制度、落实监测人员，完善监测网络，收集可能造成重大群体性事件的信息，采取积极应急措施。对群体性事件、突发事件做到早发现、早报告、早处置；

2) 发生群体性事件后，项目部相关责任领导应在事件发生后向业主及当地相关部门报告事件主要情况，包括时间、地点、事由、经过、影响范围、动态趋势、已采取的处置措施、现场指挥员的联系方式等，可先口头报告，随后及时提供书面情况报告，并根据事态发展和处置情况及时书面续报动态信息。

（3）处置程序和方法

1) 一旦发生群体性事件，工地首先应立即停工，项目负责人和相关部门负责人应在接到报告后 30 分钟内赶到现场，成立现场指挥

部,协助公安等部门开展警戒、控制现场、疏散救护等基础处置工作;收集现场动态信息,分别向县人民政府应急管理办公室等有关部门报告。

2) 在处置群体性事件现场,项目负责人及有关负责人员要面对面地做群众的工作,认真听取群众的意见,准确判断群体性事件的性质和发展趋势,掌控局面,把握尺度,讲究策略和方法,采取措施,尽快平息事态。对群众提出的要求,符合法律法规和政策规定的,要当场表明解决问题的态度;无法当场明确表态解决的,要责成相关人员限期研究解决;对确因决策失误或工作不力而侵害群众利益的,要如实向群众讲明情况,公开承认失误,尽快予以纠正;对群众提出的不合理要求,要讲清道理,耐心细致地做好说服教育工作。

3) 群体性事件现场事态平息后,有关责任人对现场处置时向群众承诺解决的问题,必须尽快解决到位,不得搞虚假承诺或者久拖不决。要坚决避免违背承诺、失信于民,重新引发群体性事件的现象发生。

4) 对于群体性事件中违反相关规定的人员,由公司研究决定予以相应的处罚;触犯法律法规的,由相关执法部门依法进行处罚。

9.6 应急演练

(1) 演练时间和次数及内容

适时进行环境污染事故应急预案的演练活动,检测应急预案的可行性和有效性,使应急预案得到不断的完善和提高。进入现场后,定期模拟演练应急事件的处理情况,根据实际作业情况,找出不足和存在问题,及时进行修定。演练内容包括事故期间通讯系统能否运作;人员能否安全撤离;应急服务机构能否及时参加事故抢救;能否有效

控制事故进一步扩大。

(2) 演练前施工人员的培训

正式演练前，对现场所有作业人员进行相关知识的培训，内容如下：

表 9.5-5 应急培训内容表

序号	类别	具体内容
1	污染物中毒急救技术	场地中的主要污染物中毒症状以及急救常识
2	火灾防爆安全技术	防火防爆主要技术措施；火灾、爆炸事故预防措施；点火源控制、火灾爆炸危险物质控制、安全保险装置、限制火灾爆炸蔓延扩散的措施。
3	电气安全技术	(1) 电气安全基础知识：电气安全的基础知识，电流对人体的危害及影响因素，触电的主要预防措施和触电急救知识。 (2) 电气系统安全技术：电气火灾爆炸及危险区域的划分，变配电室、动力、照明和电气系统的防火防爆。
4	雷电保护技术	雷电的分类和危害，建（构）筑物的防雷措施。
5	气瓶安全技术	气瓶分类、气瓶的颜色和标记，以及安全附件和安全管理。
6	重大危险源与化学事故应急救援	污染土壤清理、修复、运输的安全要求；废弃危险化学品的处置知识；掌握重大危险源辨识技术；重大危险源普查技术；重大危险源的风险评价；重大危险源监控技术。
7	个体防护用品	个体防护用品的分类、选用原则、使用方法。

10. 效益分析

10.1 修复费用

经初步估算该场地按本修复技术方案开展修复工作所需资金约为 573.24 万元，各分部分项工程及其他费用第 6 章。

10.2 环境效益、经济效益、社会效益

10.2.1 环境效益

根据《盐城市大丰区草庙镇土地利用总体规划（2016-2020）》，地块项目地块作为工业用地利用。

本项目为污染土壤-地下水治理修复项目，通过本项目的实施，可产生如下环境效益：

- （1）解决场地内土壤和地下水污染问题，控制污染场地的环境风险及对人体产生的风险，能够满足场地服务用地开发利用要求；
- （2）可改善区域环境，避免因场地污染导致的周边环境污染，保护周边环境敏感风险点。

10.2.2 经济效益

场地修复治理达标后，可以进行用地的开发，通过项目建设：

- （1）本项目的成功实施可以改善当地生态环境，环境改善所带来的地价升值和当地区域优势的显现，会吸引更多的资金投资开发，从而促进区域经济发展；
- （2）本项目的实施，不仅可有效改善当地生态环境，同时将因为地价升值，提升区域优势等，吸引资金，有效拉动当地经济的发展，当地居民将有更多的就业机会，提高当地收入。

10.2.3 社会效益

本项目建成后，将对社会产生如下影响：

1) 项目对所在地区居民生活水平和生活质量的影响

居民收入的增加是改善居民生活水平的主要方面，同时环境质量的提高，生态环境的改善，将给当地居民创造一个清新干净的居住空间，让人们身体健康、安居乐业，从而进一步提高居民的生活质量。

2) 项目对所在地区居民就业的影响

该项目的建设和运营需要一定人力，能暂时解决部分居民的就业问题。本项目运营期短，对居民就业问题的影响作用不明显，运营后地区发展，而带动居民就业或就地自我经营等作用会更显著。

3) 项目对所在地区不同利益群体的影响

本项目属于环境治理工程，从长远来说全社会人民以及子孙万代均受益不穷。企业承担了治理污染的任务，为此付出了较大代价，但同时企业也是受益者，它造福人民，是一块历史的丰碑。

4) 项目对所在地区城市化进程的影响

推进城市化进程是我国今后发展的一个必然趋势，全面加快推进城市化是我国全面建设小康社会的重要载体，也是各级党委和政府执政为民的具体体现。推进城市化进程，要把城市化规划与整个经济社会发展规划、用地规划、环保规划等重要规划协调好，注意经济与社会、环境统筹科学地发展，通过市场化运作，作好土地经营和增值，加大城市基础设施建设市场化运作力度。

11. 结论与建议

11.1 结论

根据本场地的污染特征、场地水文地质条件、土地利用规划和场地未来的开发建设计划，经修复技术的初步筛选和进一步的可行性评估，通过修复技术的筛选和综合评估，结合本项目的场地概念模型，经对场地污染土壤修复适用技术的合理组合，最终确定本场地污染土壤-地下水修复的最佳修复方案，并结合修复方案确定了费用和工期。

(1) 修复技术：对 A 区污染土壤采用注射井的方式进行原位化学氧化；对于 B 区污染土壤-地下水进行注射和抽出井相结合的原位化学氧化+抽出循环处理。

(2) 费用：经测算，采用上述组合技术处理本场地污染土壤和地下水治理的总费用约为 573.24 万元。

(3) 工期：本场地污染土壤-地下水的修复工作周期约 100 天，其中施工准备 20 天，循环水处理设施建设 20 天，A 区土壤原位修复 40 天，B 区土壤-地下水原位修复 70 天，循环水处理 60 天，自检及验收 20 天，退场 10 天。

本项目地下水的原位修复，按照规范要求，修复初期监测合格后，需进行 2 年的长期监测（达标初判+效果评估），本修复进度计划不含 2 年的长期监测期。

11.2 建议

(1) 场地清理过程和修复过程中应采取有效的安全和环保措施，防止二次污染和污染风险。在场地修复施工前，应制定详尽的二次污染防治计划和风险防范预案，并对相关人员进行必要的安全和环保培

训，持证上岗；施工中，应严格参照执行，减少意外环境污染事故和污染风险的发生，确保工程的顺利实施。

（2）建议在场地污染土壤修复施工过程中，时刻关注和防范现场突发情况，根据现场情况实时调整污染土壤和地下水修复边界，以保证场地修复方案能够达到预期目标。

（3）场地的修复实施方案应与场地后期施工计划紧密结合，如有变化，应及时调整。

（4）场地修复过程应进行跟踪检查，及时发现问题。在场地修复过程中，应随时观察、发现是否有新的污染产生，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。一经发现，应及时上报，并由专业人员进行处理。

附件

(1) 专家评审意见

《江苏丰山集团股份有限公司原厂区（草庙镇）地块 污染土壤修复方案》专家评审意见

2021年8月25日，江苏丰山集团股份有限公司（业主单位）在南京组织召开了《江苏丰山集团股份有限公司原厂区（草庙镇）地块污染土壤修复方案》（以下简称“方案”）专家评审会。参加会议的有江苏大地益源环境修复有限公司（方案编制和施工单位）、南京金碧龙环保科技有限公司（环境监理单位）、中国科学院南京土壤研究所（效果评估单位）等单位的代表。会议邀请了3位专家组成专家组（名单附后）。与会人员听取了方案编制和施工单位的汇报，经讨论形成如下意见：

一、方案编制符合国家相关规范要求，内容较全面，技术路线总体可行，经修改完善后可作为下一步工作的依据。

二、建议：

1. 进一步核实污染范围、深度和方量；
2. 优化并细化修复技术及相关参数；
3. 细化环境监理和效果评估内容；
4. 强化二次污染防治内容。

专家组：



2021年8月25日

(2) 专家签到表

专家签到表

会议名称：《江苏丰山集团股份有限公司原厂区污染场地修复项目修复方案》专家评审会

会议时间：2021年8月25日

会议地点：江苏大地益源公司 1号会议室

姓名	工作单位	职称/职务	联系方式
何玲	生态环境部南京中心	副研	18905157095
李海强	江苏省环境科学研究院	高工	18168009288
占新华	南京农业大学	教授	13813806733