



原江苏永大药业有限公司退役地块 修复技术方案

委托单位：潮声路两侧棚户区地块改造项目房屋征收指挥部

编制单位：江苏科易达环保科技有限公司

二〇二一年十月

项目名称：原江苏永大药业有限公司退役地块修复技术方案

委托单位：潮声路两侧棚户区地块改造项目指挥部

编制单位：江苏科易达环保科技有限公司

项目负责人：苟德国

技术审核人：李杰

编制及审核人员责任表

姓名	职称	职责	签名
陈文艳	工程师	审核与校对	陈文艳
赵海涵	助理工程师	总论、地块问题识别、统稿	赵海涵
朱嘉辉	助理工程师	地块修复模式、修复技术筛选	朱嘉辉
邱雯	助理工程师	修复方案设计、修复工程设计	邱雯
刘超	助理工程师	环境管理计划、成本效益分析	刘超
李杰	高级工程师	技术审核人	李杰
陆志家	工程师	审定	陆志家

保密声明

根据相关条款的要求，项目委托方和受托方应对该项目的各项技术资料、图件与数据等信息负有保密义务。未经双方许可，不得向第三方提供本报告的相关技术资料与数据。特此声明。

江苏科易达环保科技有限公司

二〇二一年十月

目 录

1 总论.....	1
1.1 任务由来.....	1
1.2 编制依据.....	1
1.3 编制原则.....	4
1.4 编制内容.....	5
1.5 技术路线.....	5
2 地块问题识别.....	8
2.1 所在区域概况.....	8
2.2.4 地质构造和土壤类型.....	11
2.2 地块基本信息.....	14
2.3 地块环境现状.....	25
2.4 地块利用规划.....	28
2.5 地块水文地质条件.....	30
2.5.2 土工试验.....	32
2.6 地块污染特征.....	38
2.7 地块污染风险.....	45
3 地块修复模式.....	46
3.1 地块修复总体思路.....	46
3.2 地块修复范围.....	47
3.4 地块修复目标.....	51
4 地块修复技术筛选.....	52
4.1 土壤修复技术简述.....	52
4.2 地下水修复技术简述.....	61
4.3 修复技术可行性评估.....	65
4.4 推荐采用的修复技术单价.....	70
4.5 非土壤污染介质修复技术.....	70
5 修复方案设计.....	72
5.1 修复技术路线.....	72

5.2	土壤修复技术工艺参数.....	73
5.3	地下水修复技术工艺参数.....	88
5.4	修复工程量估算.....	96
5.5	修复工程费用估算.....	96
5.6	修复方案比选.....	97
6	环境管理计划.....	99
6.1	修复工程监理.....	99
6.2	二次污染防治措施.....	102
6.3	修复工程效果评估监测.....	111
6.4	环境应急方案.....	121
7	修复工程设计.....	134
7.1	工期建议.....	134
7.2	施工进度建议.....	134
8	成本效益分析.....	135
8.1	修复费用.....	135
8.2	环境效益.....	135
8.3	社会效益.....	136
8.4	经济效益.....	136
9	结论与建议.....	137
9.1	结论.....	137
9.2	建议.....	137
附 件	139

1 总论

1.1 任务由来

原江苏永大药业有限公司（以下简称“永大药业”）始建于1999年，其前身为盐城制药厂，地块位于盐城市亭湖区海纯东路3号，地块占地面积大约为35350m²，约53亩。江苏永大药业有限公司前身为盐城制药厂原料药厂区，主要生产原料药、化工医药中间体，其中包括苯妥英钠、甲硝唑等原料药和四乙酰核糖医药中间体。2003年对原料药生产厂区实施异地搬迁改造。

2020年4月，江苏科易达环保科技有限公司受盐城市亭湖区潮声路两侧棚户区地块改造项目指挥部委托，对原江苏永大药业有限公司地块展开了土壤污染状况详细调查调查和风险评估，调查结果显示，该地块土壤和地下水中均受到一定程度和范围的污染，土壤中污染物包括苯、氯仿、苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽、氰化物；地下水中污染物为溶解性总固体、总硬度、氟化物、氨氮、耗氧量、砷、二氯甲烷、氯仿、苯和氰化物。根据风险评估结果，土壤中污染物包括苯、氯仿、苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽、氰化物和地下水中污染物氯仿对未来建设用地内居民的人体健康存在一定的危害或致癌风险，需修复的污染土壤面积2319m²，方量约为13914m³，需修复的地下水面积约3948m²，理论修复方量为24576m³。

根据《盐城市通榆北村（新客站东部）地段控制性详细规划》（2011年），该地块未来用地类型为居住用地，为减少土地再开发利用过程中可能带来的新的环境问题，确保未来建设地块和土地开发利用中的人体健康以及环境质量安全，需要对场地内污染土壤和地下水进行合理有效的修复。

1.2 编制依据

1.2.1 法律法规及政策文件

- （1）《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）；

- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月1日）
- (3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年9月1日）；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日）；
- (5) 《中华人民共和国土地管理法》（2020年1月1日）；
- (6) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（2017年1月1日）；
- (7) 《土壤污染防治行动计划》（2016年5月28日）；
- (8) 《关于保障工业企业地块再开发利用环境安全的通知》（环发[2012]140号）；
- (9) 《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通 知》（国办发[2013]7号）；
- (10) 《关于加强工业企业关停、搬迁及原址地块再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发[2014]66号）；
- (11) 《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》（环保部[2018]3号令）；
- (12) 《工业企业地块污染环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环发[2014]78号）；
- (13) 《江苏省固体废物污染环境防治条例》（2010年1月1日）；
- (14) 《关于加强我省工业企业地块再开发利用环境安全管理工作 的通知》（苏环办[2013]157号）；
- (15) 《江苏省土壤污染防治工作方案》（苏政发[2016]169号）；
- (16) 《盐城市人民政府关于印发盐城市土壤污染防治工作方案的通 知》（盐政发[2017]56号）。

1.2.2 技术导则、标准及规范

- (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评估技术导则》（HJ25.3-2019）；

- (3) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）；
- (4) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）；
- (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）；
- (7) 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；
- (8) 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）；
- (9) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (10) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (11) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；
- (12) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (13) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (14) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (15) 《危险废物鉴别标准 通则》（GB 5085.7-2019）；
- (16) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）；
- (17) 《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）；
- (18) 《危险废物鉴别技术规范》（HJ 298-2019）；
- (19) 《工业企业地块环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环境保护部公告，2014年第78号）；
- (20) 《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019年9月）；
- (21) 《地下水污染修复（防控）工作指南》（2019年9月）；
- (22) 《污染地块修复技术筛选指南》（CAEPI1-2015）。

1.2.3 其他相关文件

(1) 《江苏永大药业有限公司退役场地初步调查报告》（2019年12月）；

(2) 《江苏永大药业有限公司退役地块土壤污染状况详细调查报告》（2020年7月）；

(3) 《江苏永大药业有限公司退役地块土壤污染风险评估报告》（2020年9月）；

(4) 《江苏永大药业有限公司土壤污染状况调查地块岩土工程勘察报告》（工程编号：2020YC019）；

(5) 《文海雅苑（安置房）一期工程岩土工程详细勘察报告》（2021-YC-KC-001-1）。

1.3 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”总体原则。地块修复技术方案的原则具体如下：

科学性原则：采用科学的方法，综合考虑地块修复目标、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：在污染土壤修复的各个阶段，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过程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：要在前期工作的基础上，综合考虑气候条件、地块的污染性质、程度、范围以及对人体健康造成或生态环境造成的危害、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，制定使修复目标可达，且修复工程切实可行的修复方案。

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。

1.4 编制内容

本次主要针对原江苏永大药业有限公司退役地块污染土壤，从科学性、可达性、可操作性等方面开展修复技术方案的编制。主要包括以下几部分内容：

- (1) 修复范围及修复目标的确定；
- (2) 针对该地块污染特性，制定特定的修复策略及模式、筛选修复技术；
- (3) 针对修复技术方案，核算修复工程量，开展投资估算；
- (4) 充分分析各技术环节在实施过程中可能产生的环境二次污染问题，提出环境管理计划；分析可能出现的突发事件，提出相应的应急预案建议；
- (5) 针对修复目标及方式，提出修复效果评估基本方案；
- (6) 对项目实施后的社会效益、环境效益、经济效益进行阐述。

1.5 技术路线

本方案在对企业基本信息、地质情况、前期调查结果、风险评估结论等资料进行整合及综合分析的基础上，结合污染地块的环境特征和修复工程的特点进行修复技术筛选，最终确定修复技术路线并编制本修复技术方案。

污染场地土壤及地下水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，筛选实用的修复技术，对修复技术应用案例进行分析，从适用条件、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，制定修复技术路线，确定修复技术的工艺参数，估算修复的工程量，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。

具体如图 1.5-1 所示。

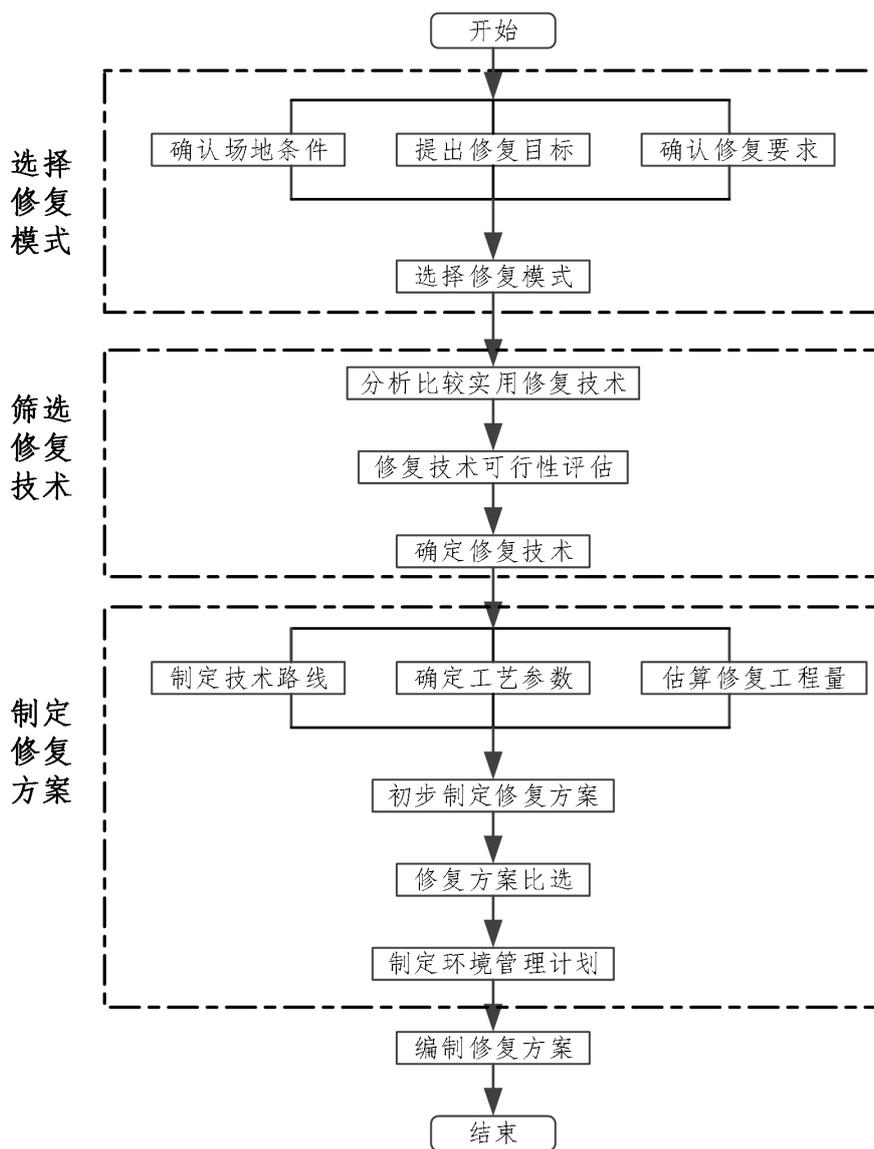


图 1.5-1 地块修复方案编制工作程序

2 地块问题识别

2.1 所在区域概况

2.1.1 地理位置

亭湖区是盐城市的中心城区，地处盐城市中心，位于江苏省东部、黄海之滨。江苏永大药业有限公司地块位于盐城市亭湖区海纯东路3号，地块中心经纬度为 $119^{\circ}32'13.90''\text{E}$ ， $32^{\circ}11'31.05''\text{N}$ ，地块占地面积大约为 35350m^2 ，南至小洋河，北至海纯东路，东侧为空地（原盐城市曜源染整有限公司、中环乳胶厂和盐城市钢管厂有限公司）。本项目地理位置见图 2.1-1。



图 2.1-1 地理位置图

2.1.2 地形地貌

盐城全境为平原地貌，西北部和东南部高，中部和东北部低洼，大部分地区海拔不足 5 米，最大相对高度不足 8 米。分为 3 个平原区：黄淮平原区、里下河平原区和滨海平原区。地块所属地区为滨海平原

区，位于灌溉总渠以南，串场河以东，总面积为 7000 多平方公里，约占全市总面积的一半，该平原区大致从东南向西北缓缓倾斜，地面高程一般为 2~2.5 米。该区属滨海相沉积，经过长期海水入侵及河流冲击而成。主要是盐土和潮土两大类，后者经过人工改良多已成为基本脱盐或完全脱盐的土壤。

2.1.3 水文地质

盐城市境内河流众多，水网密布，经流量丰富，大致以废黄河为界，分为淮河水系和沂沭泗水系，主要河流有苏北灌溉总渠、射阳河、黄沙港、新洋港、串场河、灌河等。流经市区及附近的河流主要有新洋港、串场河、通榆河、西潮河，项目周边水系图见图 2.1-2。

(1) 新洋港

新洋港西起蟒蛇河，穿串场河、通榆河，经南阳岸、黄尖向东至新洋港闸入海，全长 69.8km，河底宽 70-100m，河口宽 150-160m，河底高程（废黄河口以上）-2.5-4.0m，集水面积 2478km²。新洋港是盐城市区主要排海通道，市区内河道长度约 14km，主要功能为灌溉、排涝及航运。

(2) 串场河

串场河是盐城市主要河道之一，南北串通射阳河、黄沙港、新洋港及斗龙港等水系，共同组成了盐城市的农业灌溉和工业供排水体系。位于里下河地区的东部，串场河南起海安县城，向北流经东台市、大丰区、盐都区、亭湖区、亭湖区至阜宁县入射阳河，全长 176km，盐城市内长 160km。串场河对沟通南北水上交通和调节沿海垦区排灌用水发挥了重要作用。

串场河盐城市区段长 133km，河口宽 40-70m，河底宽 10-20m，河底高程-2.5-3.0m。最高水位 2.46m（以黄河口基准算），最低枯水位为 0.38m，平均水位 1.09m。由于地势低平，河流流速缓慢。据测量，串场河盐城段水深 2.5~4.5 米，流速 0.059~0.161 米/秒。

(3) 通榆河

位于里下河地区的东侧，串场河以东 2~3 公里，原南起南通市，北达赣榆县，全长 420km。新通榆河输水工程从高港调长江水，经泰东河入通榆河，设计流量 100m³/s。河底宽 30-50m，河底真高 1.0~4.0m，堤顶真高 4.0~7.5m。

(4) 小洋河

小洋河位于盐城市第Ⅲ防洪区，河流起讫点为新洋港~串场河，长度 2750m，河口宽度 30-40m，水域面积 11.37 公顷，景观河道。

2.2.4 地质构造和土壤类型

盐城市地质构造处于苏北拗陷构造单元，介于响水-淮阴-盱眙断裂和海

安-江都断裂之间，属长期缓慢沉降区，沉积了震旦系-三叠系的海陆交互相沉积物。在燕山运动影响下，进一步形成拗陷区，拗陷范围由西北向东至黄河南部。在沉降过程中，由于各地沉降幅度不一，形成一系列的凹陷和隆起，其中东台拗陷的白垩系至第三系的地层极为发育，是苏北地区油气田的远景区。第三系沉积物厚达数千米，为黑色、灰黑色泥岩、粉沙岩和砂岩，夹有油页岩和大量的有机质，主要是河、湖相堆积物。后期断裂活动大多沿老断层位移，强度不大。第四系沉积物一般厚 125~300 米，由于地壳运动和气候的影响，沉积岩相有明显差异。下部为灰绿色粘土、亚粘土及灰黄色、深灰色中细粒砂岩，有铁锰结核和钙结核。中部为褐色粉细砂、淤泥质粉砂和土黄、灰黄、灰绿色粘土、亚粘土，上部为灰黑、棕黄色粘土、淤泥质亚粘土，类灰黑色粘土，含少量铁锰结核和钙质结核。地震烈度为 7 级，属地震设防区。该地区河道纵横交错，湖荡星罗棋布，属典型的平原河网地区。绝大部分地区海拔不足 5 米，亭湖区位于苏北灌溉总渠以南，斗龙港以北这一低洼地带，平均海拔 2 米以下。该地区按其自然环境可划分为淮北平原区、里下河平原区、滨海平原区、黄淮平原区。该地区大多数为壤质土壤，占 74.2%，其余砂质土占 2.2%，粘土质占 23.6%。土壤类型为盐土类、潮土类、水稻土类和沼泽土类。根据国家土壤信息服务平台数据，地块所在区域土壤类型为潮土。



图 2.1-3 区域土壤类型

2.1.4 气候气象

项目所在地区亭湖区属于北亚热带季风气候，北纬 33.3 度，东经 119.93 度，气候湿润，四季分明，日照充足，适宜于多种农作物的生长。由于滨邻黄海，海洋调节作用非常明显，雨水丰沛，雨热同季。冬季受亚伯利亚高压控制，多偏北风，天气晴好，寒冷而干燥；夏季受太平洋副热带高压控制，多偏南风，炎热而多雨。全年平均光照 2240~2390 小时，其中春季占 25%，夏季占 29%，秋季占 24%，冬季占 22%。年降水日 100~105 天。主要气象特征见表 2.1-1，盐城市全年及代表月份风向玫瑰图见图 2.1-4。

表 2.1-1 主要气象特征

序号	项目	统计项目	特征值
1	气温	年平均气温	14摄氏度左右
		年最高气温	39.1摄氏度
		年最低气温	-11.7摄氏度
2	气压	年平均气压	1016.9百帕
		年平均降水量	900~1060毫米
3	降水量	年最大降水量	1564.9毫米
		年均相对湿度	78%
4	空气湿度	年均无霜期	218天
5	霜期	全年主导风向	东南偏东风
6	风向		

		次主导风向	北风
		夏季	东南风
		冬季	东北风
7	风速	年平均风速	3.5米/秒
8	风频	年平均静风率	7%

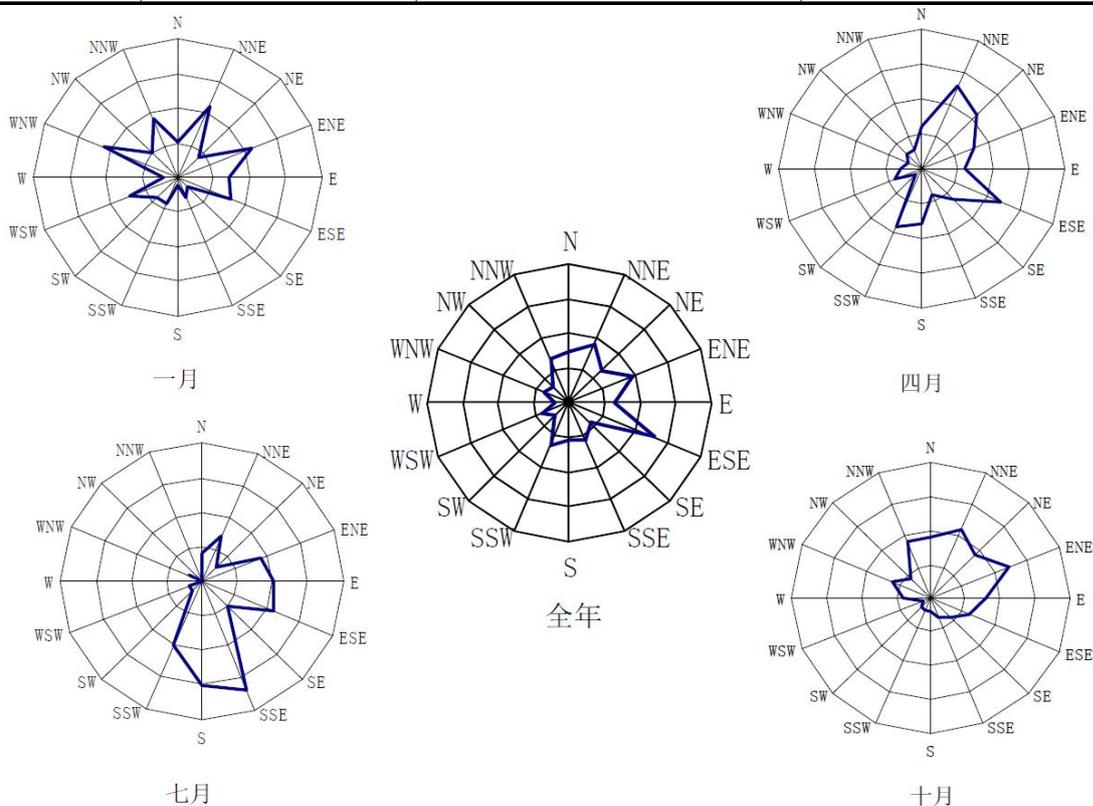


图 2.1-4 盐城市全年及代表月份风向玫瑰图

2.2 地块基本信息

2.2.1 地块总体概况

江苏永大药业有限公司地块位于盐城市亭湖区海纯东路 3 号，总占地面积约为 53 亩，合 35350m²。地块边界拐点坐标见表 2.1-1，地块范围示意图见图 2.2-1。



图 2.2-1 地块范围图

表 2.2-1 地块边界拐点测量坐标（采用 2000 国家大地坐标系）

拐点编号	X	Y
A	513179.782	3698015.730
B	513124.186	3697995.853
C	513190.656	3697896.369
D	513192.524	3697897.610
E	513232.641	3697835.773
F	513230.287	3697834.244
G	513233.395	3697829.408
H	513232.325	3697828.720
I	513243.287	3697811.521
J	513246.951	3697813.746
K	513274.514	3697770.353

L	513272.950	3697769.361
M	513278.937	3697760.085
N	513280.862	3697761.114
O	513283.239	3697758.047
P	513338.745	3697758.305
Q	513347.770	3697743.853
R	513376.583	3697751.074
S	513373.502	3697759.079
T	513410.743	3697759.430
U	513407.490	3697765.198
V	513403.703	3697770.534
W	513404.134	3697770.696
X	513397.962	3697780.072
Y	513234.057	3698035.104

2.2.2 地块平面布局

江苏永大药业有限公司地块北侧为生活、办公、储存区域，南侧为生产区域，地块构筑物平面分布见图 2.4-2，构筑物平面分布情况如下：

(1) 生产区：生产区位于地块南侧，由厂区主干道由北往南依次为实验楼、苯妥英钠生产车间、甲硝唑生产车间、四乙酰核糖生产车间、小品种药合成车间。

(2) 储存区：地块北侧储存区主要为仓库和五金仓库；地块南侧储存区主要为成品仓库、原料仓库。

(3) 公用工程及辅助工程：冷却水池、锅炉房、废气治理区、废水治理区位于苯妥英钠生产车间北侧，冷冻房位于实验楼南侧，配电室位于四乙酰核糖成品仓库南侧。地块平面布置情况见图 2.2-2。

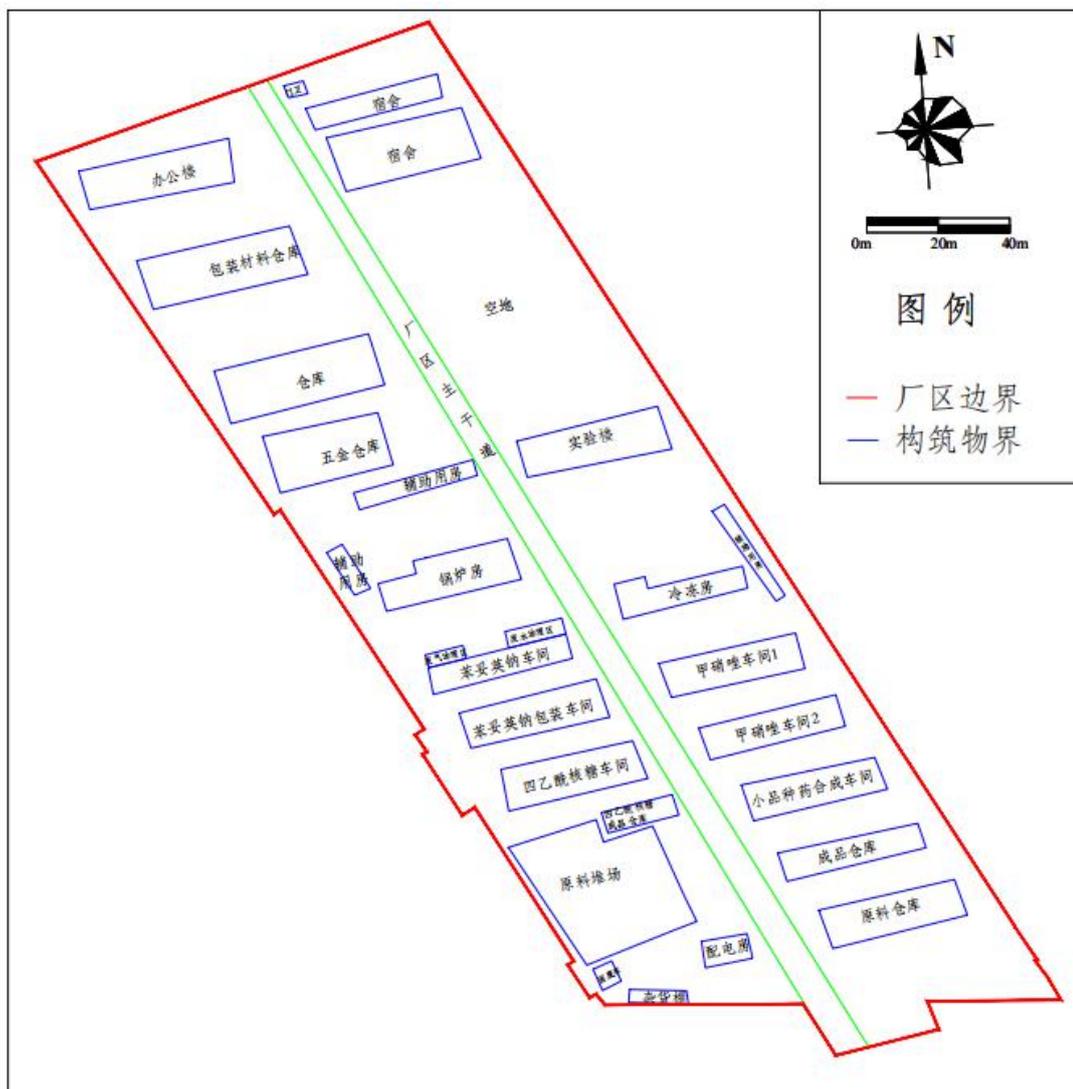


图 2.2-2 地块平面布置图

2.2.3 地块历史变迁

根据地块 2003~2021 年历史卫星影像（见图 2.2-3，来自 Google Earth 及天地图多时相），历史变迁情况主要为：

- (1) 1999 年前地块为空地；
- (2) 1999 年在海纯东路 3 号新建盐城制药有限公司原料药分厂，产品包括苯妥英钠原料药，甲硝唑等原料药和四乙酰核糖医药中间体；
- (3) 2003 年 11 月盐城制药有限公司原料药分厂实施重组加入永大纺织集团股份有限公司，并于 2004 年 8 月更名为江苏永大药业有限公司；
- (4) 2005 年停止生产，对生产设备进行拆除。

(4) 2013 年搬迁后原址厂房对外租赁，作为食品、生活用品等仓库使用。

(5) 2016 年对地块内实验楼北侧空地硬化。

(6) 2018 年 8 月，盐城市亭湖区住房和城乡建设局提请国有土地上房屋实施征收，2020 年 5 月对地块内建筑物及地面硬化进行拆除。地块的历史变更情况影像见图 2.2-3。





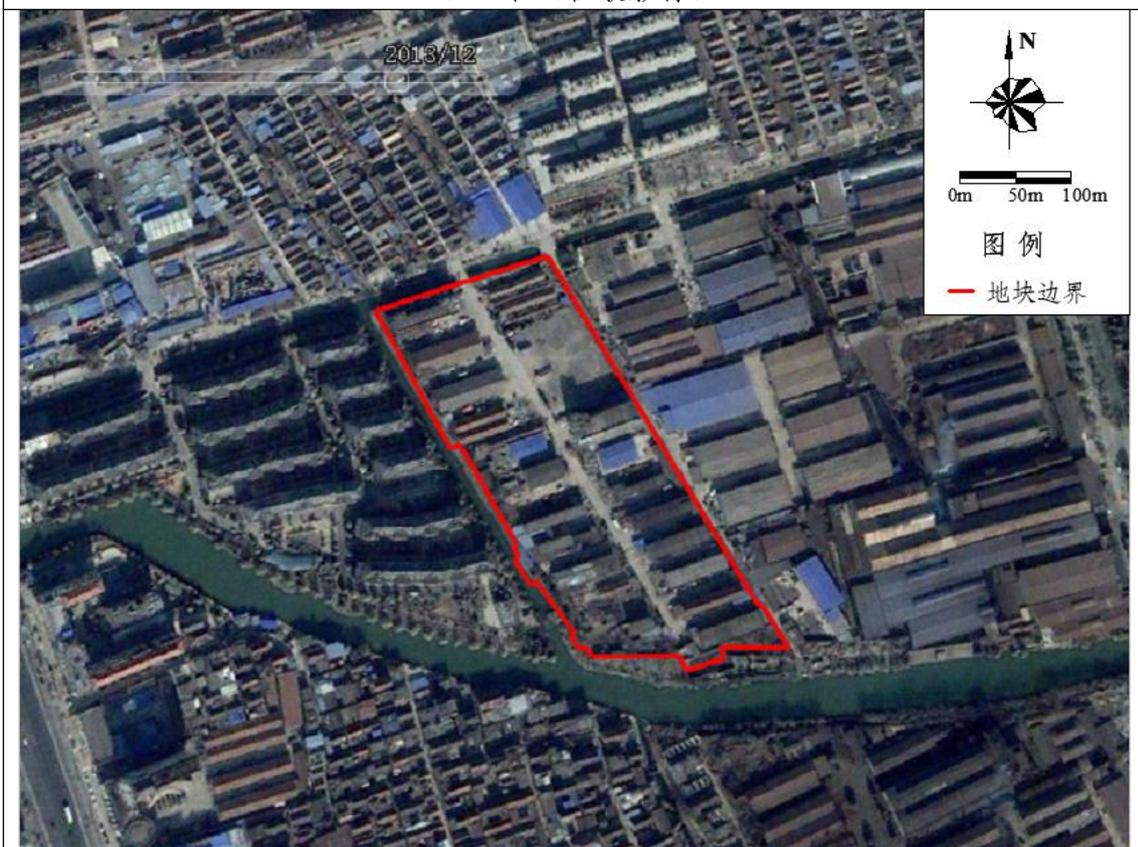
2009年（谷歌影像）



2011年（谷歌影像）



2012年（谷歌影像）



2013年（谷歌影像）- 对外租赁作为食品、生活用品等仓库使用，建设部分活动板房



2014年（谷歌影像）



2015年（谷歌影像）



2016年（谷歌影像）- 实验楼北侧空地地区进行硬化



2017年（谷歌影像）



2018年（谷歌影像）



2020年（谷歌影像）-建筑物全部拆除



图 2.2-3 地块的历史影像

2.2.4 历史生产概况

根据《江苏永大药业有限公司实施原料药 GMP 改造扩大苯妥英钠等药品生产能力项目环境影响报告书》（2004 年）相关资料及人员访谈，企业产品方案见表 2.2-2。

表 2.2-2 产品方案

序号	产品	搬迁前产量 (t/a)	指标 (%)
1	苯妥英钠	80	98.5
2	甲硝唑	400	99
3	四乙酰核糖	8(2002年实际产量)	/
4	盐酸多塞平	3	98.5
5	盐酸左氧氟沙星	2	98.5
6	盐酸酚苄明	1	98.5
7	磺胺嘧啶银盐	1	99
8	硫酸沙丁胺醇	1	98.5
9	沙丁胺醇	0.2	98.5
10	盐酸噻氯匹啉	0.05	98.5
11	盐酸哌仑西平	0.05	98.5
12	双氯酚酸钾	0.05	98.5

注：地块内原厂区包括一个苯妥英钠生产车间，两个甲硝唑生产车间，一个四乙酰核糖生产车间，盐酸多塞平、盐酸左氧氟沙星、盐酸酚苄明、磺胺嘧啶银盐、硫酸沙丁胺醇和沙丁胺醇等小品种原药合用一个生产车间；盐酸噻氯匹啉、盐酸哌仑西平、双氯酚酸钾均在实验室里合成。

2.3 地块环境现状

2.3.1 地块环境现状

2021年9月，项目组成员对原江苏永大药业有限公司退役地块进行实地踏勘。地块现状为空地，见图 2.3-1。



图 2.3-1 地块环境现状（2021年9月）

2.3.2 地块周边环境现状

项目调查区域为江苏永大药业有限公司地块，识别地块 500 m 范围内的环境敏感目标。地块周边的环境敏感目标主要为地块南侧的盛世家苑、万泰时代城、滩涂新村、盐城市蓝天幼儿园，地块西侧的世福苑，地块北侧的园林小区、千禧山庄、通港新村、盐城市王港小学。地块具体敏感目标见表 2.3-1，周边概况图见图 2.3-2。

表 2.3-1 地块周边主要敏感目标

名称	保护对象	保护内容	环境功能区	相对方位	相对距离 (m)
万泰时代城	居住区	人群	《环境空气质量标准》	S	198

原江苏永大药业有限公司退役地块修复技术方案

滩涂新村	居住区	人群	GB3095-2012中二类区	S	228
盛世家苑	居住区	人群		SW	437
世福苑	居住区	人群		W	70
通港新村	居住区	人群		NE	50
园林小区	居住区	人群		NW	250
千禧山庄	居住区	人群		N	210
盐城市蓝天幼儿园	学校	人群		S	235
盐城市王港小学	学校	人群		NW	341
海纯沟	小河	地表水	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV类标准	W	紧邻
无名小河	小河	地表水		N	紧邻
小洋河	小河	地表水		S	紧邻
新洋港河	中河	地表水		N	350



图 2.3-2 地块周边现状图

2.4 地块利用规划

根据盐城市自然资源和规划局公布实施《盐城市通榆北村（新客站东部）地段控制性详细规划》，规划范围为：通榆北村（新客站东部）地段位于盐城市城中分区东北部。规划范围东至通榆河，南至建军东路，西至小洋河，北至新洋港。调查地块位于《盐城市通榆北村（新客站东部）地段控制性详细规划》规划范围内，地块规划为二类居住用地，详见图 2.4-1。



图 2.4-1 地块用地规划

2.5 地块水文地质条件

2.5.1 地层分别情况

对勘探控制深度为 15.0m 揭露的土体，据其成因时代、物理力学性质指标的差异，划分为 6 个主要工程地质层（编号 1~6）。第 1 层为人类活动所形成的杂填土，2~6 层为第四纪全新世（Q4）沉积的土层。各层的工程地质特征分述如下：

1、素填土（Qml）：灰黄色，松散，稍湿~湿，其主要成分为黏质粉土，上部含较多植物根茎，土质不均匀，普遍分布，厚度 0.50~0.70m，平均 0.60m；层底标高 1.14~1.15m，平均 1.15m；层顶标高:1.64~1.85m，平均 1.75m；

2、黏质粉土：稍密，很湿，土质不均匀；厚度 1.0m，平均 1.0m；层底标高 0.14~0.15m，平均 0.15m；层顶标高:1.14~1.15m，平均 1.15m；

3、淤泥质粉质黏土：流塑，饱和，土质欠均匀，厚度 6.50~7.20m，平均 6.77m；层底标高-7.05~-6.35m，平均-6.62m；层顶标高:0.14~0.15m，平均 0.15m；

4、黏质粉土：稍密，很湿，土质不均匀，厚度 0.90~1.60m，平均 1.27m；层底标高-8.06~-7.65m，平均-7.89m；层顶标高:-7.05~-6.35m，平均-6.62m；

5、砂质粉土：中密，湿~很湿，土质欠均匀，厚度 2.70~2.80m，平均 2.77m；层底标高-10.76~-10.45m，平均-10.65m；层顶标高:-8.06~-7.65m，平均-7.89m；

6、粉质黏土：可塑，饱和，土质尚均匀，该层未穿透。

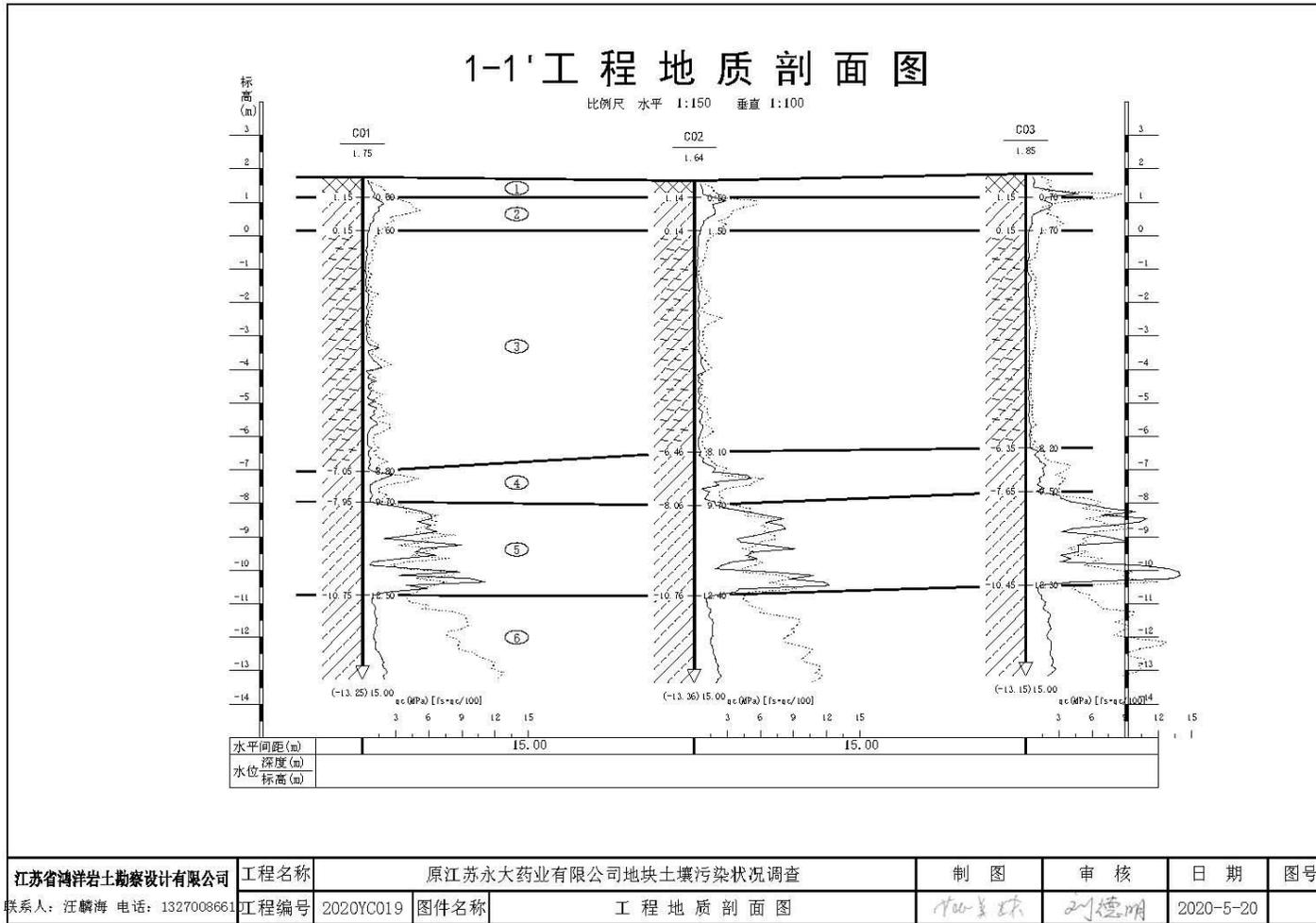


图 2.5-1 工程地质剖面图

2.5.2 土工试验

土工采用点设计目的在于采集关注区域的不同代表位置的土层或选定土层的原状土，获取典型地层的相关土工参数，如渗透系数、含水率、容重、孔隙度等，从而为地块风险评估提供参数。土工参数测定方法依据《土工试验方法标准》（GB/T50123-1999）中的相关规定进行，参考《岩土工程勘察规范》（GB50021-2009）采集土工样品。

（1）常规物理性质参数

本次项目调查土工样品的物理性质常规指标，主要包括：天然含水率、天然密度、土粒比重、饱和度、孔隙比、液限、缩限、颗粒组成百分比、有机质、渗透系数等。各主要土层的常规物理性质参数统计结果见表 2.5-1~2。

（2）土壤颗粒组成百分比

各土层土壤颗粒组成百分比见下表，由粉质粘土、粘质粉土和砂质粉土的细颗粒物比例依次减少，粗颗粒物比例依次增加。

表 2.5-1 地层渗透系数表

层号	土层名称	渗透系数(cm/s)	
		垂直 Kv	水平 Kh
2	黏质粉土	5.63E-06	5.84E-05
3	淤泥质粉质黏土	4.98E-07	5.39E-06
4	粘质粉土	7.26E-06	6.45E-05
5	砂质粉土	4.52E-05	5.22E-04
6	粉质黏土	5.28E-07	6.36E-06

表 2.5-2 土层主要物理指标的统计、分析

层号	岩土名称	含水率 w%	比重 Gs	重度 γ_k N/m ³	干重度 γ_d kN/m ³	孔隙比 eo	饱和度 Sr %	液限 W _L %	塑限 W _P %	塑性指数 I _P	液性指数 I _L	剪切试验 UU		压缩试验 浸水		锥尖阻力 q _c MPa	侧壁摩阻力 fs kPa	颗粒组成(%)			
												C kPa	Φ度	a1- 2 M Pa ₁	Es1 -2 MPa			0.25 ~ 0.075 5 mm	0.075 ~ 0.005 mm	<0.0 05m m	
2	黏质粉土	最小值	33.1	2.70	18.2	13.6	0.916	97	29.8	21.9	7.7	1.26	21	9.8	0.45	3.86	1.090	26	6.6	78.1	11.5
		最大值	34.2	2.70	18.4	13.8	0.945	98	31.2	22.7	8.6	1.48	24	12.0	0.50	4.27	1.429	36	10.0	80.4	13.0
		数据个数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3	3	6	6	6
		小值平均	33.4	2.70	18.3	13.7	0.923	98	30.1	22.1	7.9	1.33	22	10.4	0.46	3.98	1.155	29			
		大值平均	33.9	2.70	18.4	13.8	0.937	98	30.8	22.5	8.4	1.44	24	11.5	0.49	4.19	1.325	34			
		平均值	33.6	2.70	18.3	13.7	0.929	98	30.4	22.3	8.1	1.40	23	10.9	0.47	4.10	1.220	31	8.3	79.4	12.3
		标准差	0.4		0.1	0.1	0.011	1	0.6	0.3	0.4	0.08	1	0.9	0.02	0.18	0.183	5	1.2	0.8	0.5
		变异系数	0.01		0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.06	0.05	0.08	0.05	0.04	0.15	0.17	0.15	0.01	0.04
		标准值	34.0		18.2	13.6	0.938					1.47	22.1	10.1	0.49	4.0	0.946	23			
3	淤泥质粉质黏	最小值	44.3	2.72	16.8	11.4	1.252	95	35.3	22.4	12.9	1.57	19	0.9	0.96	2.25	0.306	7			
		最大值	47.2	2.72	17.2	11.9	1.341	98	37.8	24.2	14.2	1.72	21	1.4	1.01	2.39	0.627	11			
		数据个数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3	3			

原江苏永大药业有限公司退役地块修复技术方案

	土	小值平均	45.0	2.7 2	16. 9	11.6	1.273	96	36.0	22.8	13. 2	1.6 2	19	1.1	0.9 7	2.29	0.391	9			
		大值平均	46.4	2.7 2	17. 1	11.8	1.318	97	37.2	23.7	13. 8	1.7 0	20	1.3	1.0 0	2.36	0.552	11			
		平均值	45.6	2.7 2	17. 0	11.7	1.294	96	36.6	23.2	13. 4	1.6 7	19	1.2	0.9 8	2.33	0.476	10			
		标准差	1.1	0.0 0	0.1	0.2	0.032	1	0.9	0.6	0.5	0.0 5	1	0.2	0.0 2	0.05	0.161	2			
		变异系数	0.02	0.0 0	0.0 1	0.01	0.03	0.0 1	0.02	0.03	0.0 3	0.0 3	0.0 3	0.16	0.0 2	0.02	0.34	0.23			
		标准值	46.5		16. 9	11.5	1.321					1.7 2	18. 8	1.0	1.0 0	2.3	0.234	6			
4	黏质粉土	最小值	33.0	2.7 0	18. 2	13.6	0.912	96	29.0	20.5	8.2	1.2 5	27	9.5	0.4 0	4.40	1.159	26	6.4	78.8	10.7
		最大值	34.1	2.7 0	18. 4	13.8	0.936	98	31.0	22.7	9.3	1.4 7	31	12.1	0.4 4	4.83	1.829	29	9.3	81.1	13.9
		数据个数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3	3	6	6	6
		小值平均	33.2	2.7 0	18. 3	13.7	0.919	97	29.8	21.1	8.6	1.2 8	28	10.3	0.4 1	4.54	1.329	27			
		大值平均	33.7	2.7 0	18. 4	13.8	0.931	98	30.8	22.2	9.1	1.3 9	30	11.6	0.4 3	4.75	1.664	29			
		平均值	33.3	2.7 0	18. 3	13.7	0.926	97	30.5	21.6	8.9	1.3 1	29	11.1	0.4 1	4.67	1.499	28	7.7	79.9	12.3
		标准差	0.4		0.1	0.1	0.010	1	0.8	0.7	0.5	0.0 8	1	1.0	0.0 2	0.16	0.356	2	1.1	1.0	1.1
		变异系数	0.01		0.0 0	0.01	0.01	0.0 1	0.02	0.03	0.0 5	0.0 6	0.0 5	0.09	0.0 4	0.03	0.24	0.06	0.15	0.01	0.09
		标准值	33.6		18. 2	13.7	0.934					1.3 8	27. 8	10.2	0.4 3	4.5	0.964	26			
5	砂	最小值	29.2	2.7 0	18. 7	14.4	0.807	96	26.3	20.1	5.5	1.1 9			0.2 3	6.95	5.036	55	27.1	58.5	7.7

原江苏永大药业有限公司退役地块修复技术方案

质 粉 土	最大值	30.1	2.7 0	18. 9	14.6	0.839	98	28.3	22.8	7.3	1.6 8			0.2 6	8.00	6.959	66	33.4	64.5	9.2
	数据 个数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			6	6	3	3	6	6	6
	小值 平均	29.4	2.7 0	18. 8	14.5	0.814	97	27.0	20.8	5.9	1.2 6			0.2 4	7.20	5.535	58			
	大值 平均	29.9	2.7 0	18. 9	14.6	0.830	98	28.0	22.1	6.8	1.5 0			0.2 6	7.73	6.496	63			
	平均 值	29.6	2.7 0	18. 8	14.5	0.820	97	27.6	21.4	6.2	1.3 2			0.2 5	7.45	6.033	60	30.5	61.0	8.5
	标准 差	0.4		0.1	0.1	0.014	1	0.7	1.0	0.7	0.1 8			0.0 1	0.45	0.964	5	2.7	2.7	0.6
	变异 系数	0.01		0.0 1	0.01	0.02	0.0 1	0.03	0.05	0.1 2	0.1 3			0.0 6	0.06	0.16	0.09	0.09	0.04	0.07
	标准 值	29.9		18. 7	14.4	0.832					1.4 7			0.2 6	7.1	4.585	52			

2.5.3 地下水特征参数

(1) 地块地下水分布

场地勘探深度范围内地下水类型主要为孔隙潜水，孔隙潜水主要赋存于第 6 层以上土层中，其补给来源主要为大气降水及地表水，水位呈季节性变化，其排泄形式主要为自然蒸发和侧向径流。地下水径流缓慢，处于相对停滞状态。

地下水类型为孔隙潜水，勘察期间，测得钻孔内孔隙潜水的初见水位标高为 1.14~1.23m，稳定水位标高在 1.23~1.30m，根据水文观测资料，近期内最高地下水位标高为 1.88m，历史最高水位为 1.90m，历史最低地下水位 0.55m，地下水位年变化幅度为 1.15m。

根据收集地块东侧 145m《文海雅苑（安置房）一期工程岩土工程详细勘察报告》（2021-YC-KC-001-1），场地勘探深度范围内地下水类型主要为孔隙潜水，其次为承压水，孔隙潜水主要赋存于第 3B 层及以上土层中，其补给来源主要为大气降水及地表水，水位呈季节性变化，其排泄形式主要为自然蒸发和侧向径流。承压水赋存于第 3C、5~7B、9A~9、11~13 层土中，其中 3C 层土中承压水补给来源主要是同一含水层的侧向补给及上层潜水的越流补给，其排泄形式主要为侧向径流；其余土层中承压水补给来源主要是同一含水层的侧向补给，其排泄形式主要为侧向径流。地下水径流缓慢，处于相对停滞状态。

根据场地 1~3#水位观测孔，采用套管及相应的止水措施，将被测含水层与其他含水层隔离的方式进行测量，测得第 3C 层土中的承压水水头标高分别为 0.60m、0.62m、0.66m，孔隙潜水与第 3C 层土中的承压水的混合水头标高分别为 0.80m、0.83m、0.86m，第 5~7B 层土中的承压水水头标高分别为 0.50m、0.55m、0.53m；根据水文观测资料，第 3C 层土中的承压水近 3~5 年承压水最高水头标高为 0.70m，孔隙潜水与第 3C

层土中的承压水的历史最高混合水头标高为 1.70m 左右；第 5~7B 层土中的承压水近 3~5 年承压水最高水头标高为 0.60m。

综上所述，地块区域地下水类型主要为孔隙潜水，其次为承压水，孔隙潜水补给来源主要为大气降水及地表水，水位呈季节性变化，其排泄形式主要为自然蒸发和侧向径流。承压水补给来源主要是同一含水层的侧向补给及上层潜水的越流补给，其排泄形式主要为侧向径流。地下水径流缓慢，处于相对停滞状态。

(2) 地块地下水流场

勘察期场区地下水水力坡降平缓，场地内地下水主要为上层滞水，上层滞水补给来源主要是接受地表水、大气降水下渗补给，上层滞水向场地南侧小洋河排泄。据区域资料，地下水位年变化幅度约 1.15m，地下水总体由西北向东南方向小洋河渗流。地块地下水等水位线图见图 4.2-1。

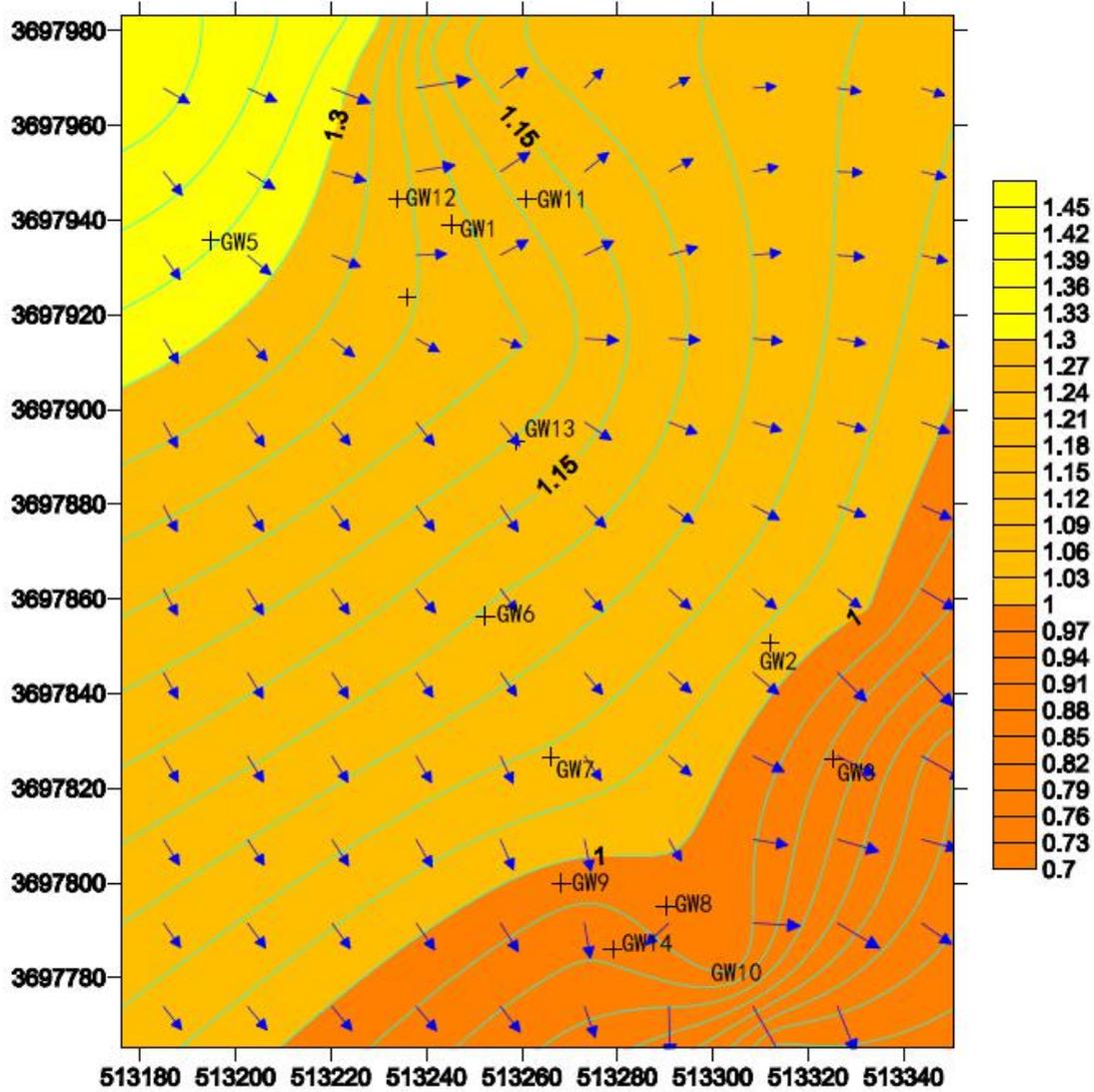


图 2.5-2 永大药业地下水流场图

2.6 地块污染特征

2.6.1 土壤污染特征

根据土壤污染状况调查结果，初步调查 S09 点位 (0~0.5m) 苯并 (a) 芘、苯并 (b) 荧蒽、氰化物超出筛选值，详细调查 S11 点位(4.0~6.0m)苯超出筛选值，S22 点位(1.0~5.0m)氯仿超出筛选值，具体超标点位情况见表 2.6-1 和图 2.6-1。

表 2.6-1 永大药业地块土壤超标点位信息

序号	超标点位	超标点位坐标		检测结果			
		X	Y	污染物	检测浓度	超标深	超标倍

					(mg/kg)	度(m)	数
1	S22	513303.435	3697783.956	氯仿	67.2	1.0	223
					1.37	2.0	3.57
					16.1	3.0	52.7
					35.1	4.0	116
					2.27	5.0	6.57
2	S11	513312.455	3697835.278	苯	27.8	4.0	36.8
					24.8	5.0	23.8
					14.2	6.0	13.2
3	S09	513297.248	3697773.043	苯并(a)芘	7.6	0.5	12.8
				苯并(b)荧蒽	10.5	0.5	0.91
				氰化物	39.5	0.5	0.80

根据地块生产功能区分布，苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、氰化物、氯仿超标点位 S09、S22 位于厂区西南原料堆场，根据现场踏勘，该区域之前堆放过煤渣等固体废物且该区域未采取防渗措施，苯并(a)芘为多环芳烃类，属于煤碳特征污染物，超标主要在表层，该区域多环芳烃类可能由于企业违规堆放煤渣或其他废物导致土壤出现超标。企业生产苯妥英钠产品使用原料氰化钠，氯仿为盐酸酚苄明产品生产原料，结合现场踏勘和采样情况，该区域土壤样品有刺激性异味，氰化物和氯仿来源于生产过程中原辅材料长期使用及堆放泄漏和企业拆除过程随意丢弃废物，氯仿超标样品深度在 1.0~5.0m，氯仿为 DNAPL 类挥发性有机物，结合地块地质情况，第 3 层淤泥质粉质黏土透水性较差具有较好阻隔作用，污染物向下迁移聚集在 2.0~4.0m 处。企业生产盐酸哌仑西使用苯作为原料，土壤中苯浓度较高可能由于生产过程防渗措施不当造成对土壤产生污染。

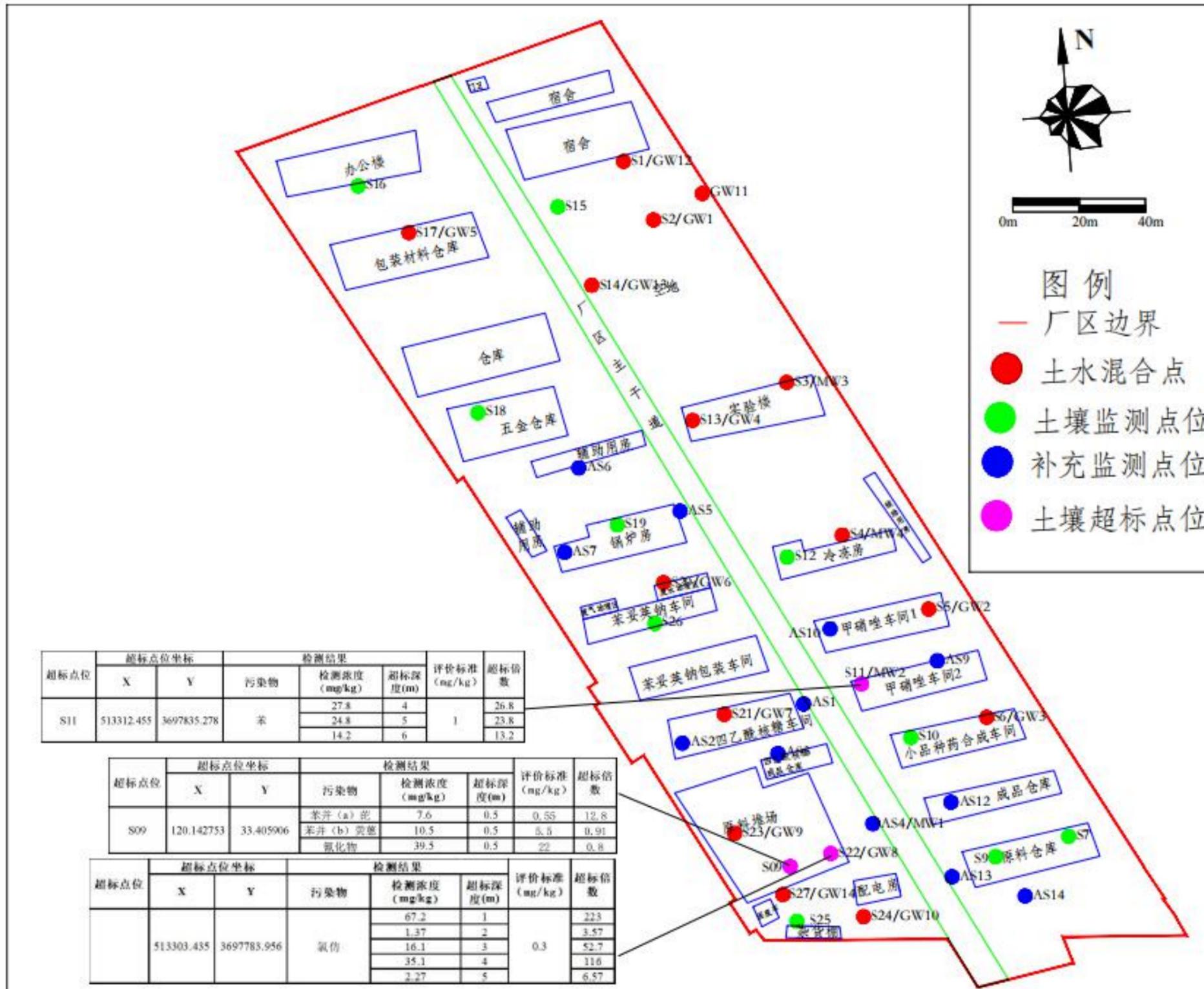


图 2.6-1 土壤超标点位情况图

2.6.2 地下水污染特征

根据土壤污染状况调查结果,地块地下水超标的因子共 12 种,分别为:溶解性总固体、总硬度、氯化物、氟化物、氨氮、耗氧量、砷、镍、二氯甲烷、氯仿、苯和氰化物,地下水超标点位汇总见表 2.6-2。

表 2.6-2 地下水点位超标情况表

序号	超标点位	超标点位		污染物	检出污染物浓度 (mg/L)	评价标准 (mg/L)	超标倍数(倍)
		X	Y				
1	GW1	513243.359	3697976.138	溶解性总固体	2450	2000	0.23
				氯化物	679	350	0.94
2	GW2	513332.803	3697858.025	溶解性总固体	2450	2000	0.23
				氯化物	682	350	0.95
3	GW3	513350.399	3697825.285	氯化物	584	350	0.67
4	GW4	513261.595	3697914.816	氨氮	14.7	1.5	8.80
				总硬度	933	650	0.44
				耗氧量	26.2	10	1.62
				溶解性总固体	4770	2000	1.39
				氯化物	1240	350	2.54
5	GW6	513252.912	3697865.712	氨氮	178	1.5	117.67
				溶解性总固体	5170	2000	1.59
				氯化物	3070	350	7.77
6	GW7	513271.229	3697825.976	氨氮	1.91	1.5	0.27
7	GW8	513303.435	3697783.956	二氯甲烷	52.6	0.5	104
					12.1		23.2
					705		0.41
				氯仿	216	0.3	720
					154		512
					3.82		11.7
				总硬度	2500	650	2.85
				耗氧量	178	10	17.8
				溶解性总固体	18800	2000	8.40
				氟化物	37	2	17.50
				氯化物	493	350	0.41
8	GW9	513274.175	3697790.372	砷	0.084	0.05	0.68

				氨氮	10.4	1.5	5.93
				总硬度	1120	650	0.72
				耗氧量	39.3	10	2.93
				溶解性总固体	7010	2000	2.51
				氯化物	917	350	1.62
9	GW10	513313.445	3697765.065	总硬度	1210	650	0.86
				溶解性总固体	5300	2000	1.65
				氯化物	2200	350	5.29
10	GW11	513264.483	3697983.293	溶解性总固体	2110	2000	0.06
				氯化物	602	350	0.72
11	GW12	513228.204	3697983.288	氯化物	453	350	0.29
12	GW14	513288.705	3697771.861	氨氮	1.79	1.5	0.19
				镍	0.148	0.10	0.48
13	MW1	513257.936	3697887.602	氟化物	0.148	0.1	0.48
14	MW2	513312.455	3697835.278	苯	260	120	1.17
				氯化物	1390	350	2.97
				溶解性总固体	3920	2000	0.96
				耗氧量	11.1	10	0.11
				氨氮	5.17	1.5	2.44
				总硬度	1150	650	0.77

地下水超标污染物中溶解性总固体、总硬度和氯化物为一般化学指标，受区域水文地质的影响较大。该地块历史生产苯妥英钠产品中原材料尿素用量较大，磺胺嘧啶银生产原材料使用液氨，氨氮主要来源于生产过程中原辅材料长期使用以及生活废水等。耗氧量超标的点位为 GW4、GW8 和 GW9，GW8 和 GW9 位于厂区西南原料堆场，该区域为主要土壤超标区域且地下水中二氯甲烷、氯仿和苯妥英钠浓度较高。

地下水超标因子最多的点位为 GW8，超标因子包括氟化物、砷、二氯甲烷、氯仿和氟化物等，地块历史生产盐酸噻氯匹啶使用原料 KF-氟镁石、硫酸沙丁胺醇和沙丁胺醇生产原料使用二氯甲烷、苯妥英钠产品使用原料氟化钠，氯仿为盐酸酚苄明产品生产原料，GW8 点位位于厂区西南原料堆场，污染物可能来源于生产过程中原辅材料长期使用和企业违规堆放煤渣

或其他废物，且该区域土壤氰化物和氯仿也存在超标现象。地下水苯超标点位为 MW2，该点位土壤苯也超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地风险筛选值。

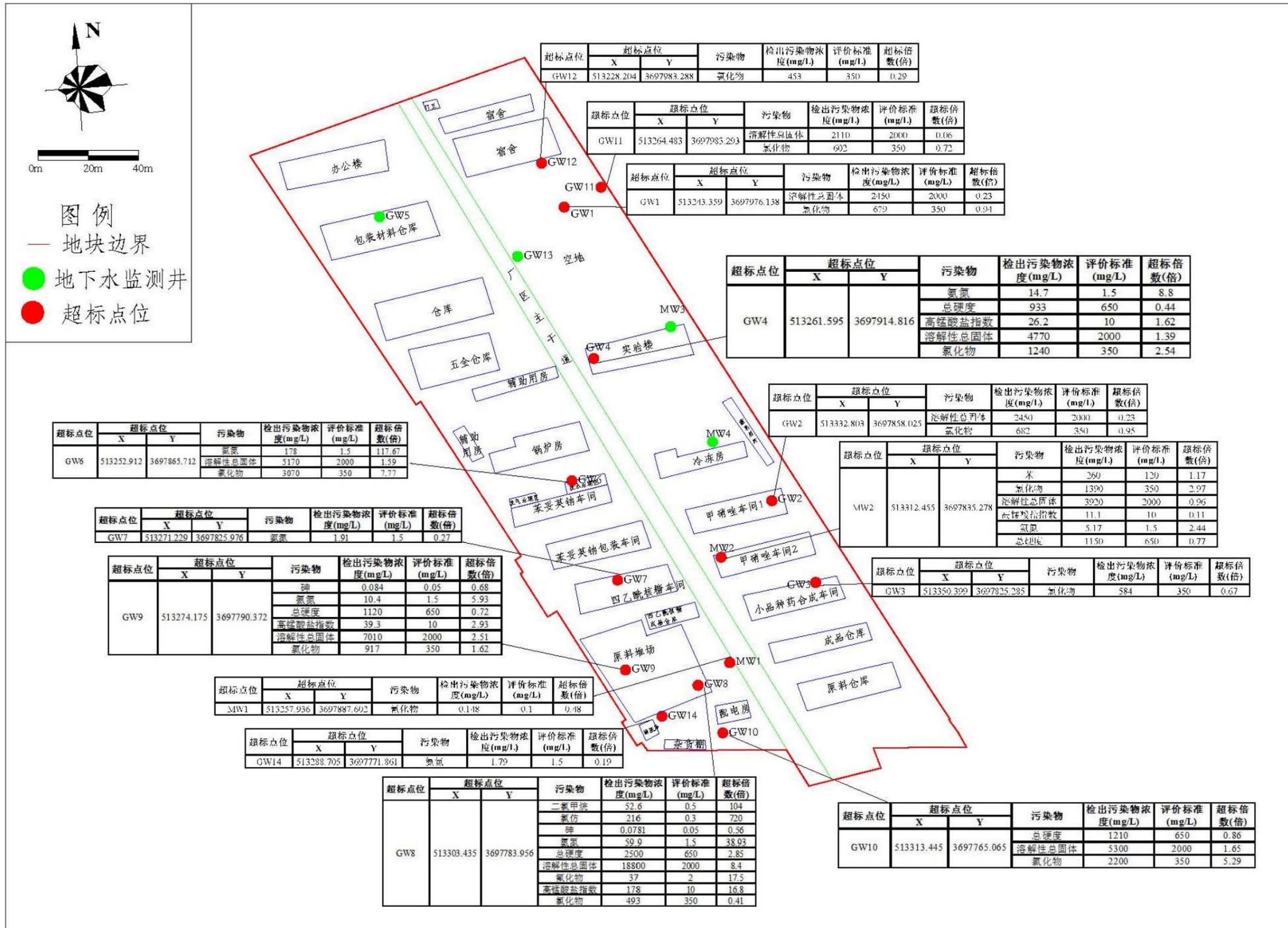


图 2.6-2 地下水超标点位图

2.7 地块污染风险

2.7.1 土壤污染健康风险

目标地块未来拟作为居住用地，属于第一类用地。根据风险评估计算结果，地块土壤苯、氯仿、苯并(a)芘和苯并(b)荧蒽，致癌风险分别为 $1.86E-05$ 、 $2.32E-04$ 、 $1.38E-05$ 、 $1.91E-06$ ，高于我国设定致癌风险值可接受水平，氰化物、苯、苯并(a)芘和氯仿，非致癌危害商分别为1.48、1.01、1.25、1.35，高于我国设定非致癌风险值可接受水平，该5种污染物在第一类用地方式下，超过了可接受的风险水平。

表 2.7-1 土壤关注污染物的风险计算结果

序号	污染物名称	CAS 编号	最大污染浓度 (mg/kg)	致癌风险	非致癌危害商
1	氰化物	57-12-5	39.5	-	1.48E+00
2	苯	71-43-2	27.8	1.86E-05	1.01E+00
3	氯仿 (三氯甲烷)	67-66-3	67.2	2.32E-04	1.35E+00
4	苯并(a)芘	50-32-8	7.6	1.38E-05	1.25E+00
5	苯并(b)荧蒽	205-99-2	10.5	1.91E-06	-

2.7.2 地下水污染健康风险

根据风险评估计算结果，地下水中关注污染物氯仿致癌风险为 $4.86E-04$ ，大于 $1.00E-06$ ，致癌风险不可接受；氯仿非致癌风险为2.82，大于1非致癌风险不可接受。地下水污染范围如下所示。

表 2.7-2 地下水关注污染物的风险计算结果

序号	污染物名称	CAS 编号	最大污染浓度 (mg/L)	致癌风险	非致癌危害商
1	砷 (无机)	7440-38-2	0.084	-	-
2	氰化物	57-12-5	0.148	-	1.61E-02
3	氟化物	16984-48-8	37.0	-	-
4	镍	7440-02-0	0.148	-	-
5	苯	71-43-2	0.26	3.55E-07	1.71E-02
6	氯仿 (三氯甲烷)	67-66-3	216	5.63E-04	2.82E+00
7	二氯甲烷	75-09-2	52.6	6.86E-08	1.29E-01

3 地块修复模式

3.1 地块修复总体思路

(1) 污染土壤

通常情况下，污染地块污染源削减修复技术模式主要包括三种：原位处理、原地异位处理、异地处理或修复。

原位处理：是指对地块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。修复工程基本在地块范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后都不离开地块，可有效避免污染土壤转移处理可能造成的二次污染。

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

异地处理或修复：是指将地块内污染土壤进行挖掘清理后，运至地块外的专门场所处理修复。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、修复的全过程进行严格监督，对管理上的要求较高。

三种修复技术模式的主要因素比较及利弊分析见表 3.1-1。

表 3.1-1 三种修复技术模式的影响因素分析

因素	原位处理	原地异位处理	异地处理或修复
地块清理时间	-	较短	较短
地块清理风险	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	适中	高	高或较高
土壤修复时间	适中	较短	较短
工程实施风险	较小	较小	较小
工程成本	中	高	中
工程实施时间	1-3 年	1-2 年	1 年

该场地修复后规划为安置房，属于居住用地，对修复效果要求高，地块开发时间要求较紧迫，通过对场地污染土壤的 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，并结合区域内其他污染场地的修复工程的治理修复模式，本场地污染土壤主要考虑**异地处理修复模式**，条件允许时可采用**原地异位修复**。

(2) 污染地下水

结合地下水风险超标范围、场地周边环境、地块开发建设、施工条件等因素，污染地下水采用**原地异位修复模式**，修复完成符合纳管标准后通过污水管网排入污水处理厂处理。

3.2 地块修复范围

3.2.1 土壤修复范围

本场地超出土壤修复目标值的污染物主要为氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹和氰化物。根据调查结果，A 区污染物为苯，污染土壤面积约 1053m²，污染土方量 6318m³；B 区污染物为氯仿、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹和氰化物，污染土壤面积约 1266m²，污染土方量 7596m³。各区块拐点坐标以超过修复目标值点位周边环境及相邻未受污染点位确定，需要修复区块位置及修复深度、修复土壤量统计结果见表 3.2-1，修复拐点坐标见表 3.3-2，本次风险评估确定的污染物的修复范围见图 3.2-1。

表 3.2-1 污染土壤土方量统计表

区块	点位编号	中心点位坐标		污染物	污染面积 m ²	污染土壤厚度 m	污染土壤方量 m ³
		X	Y				
A 区	S11	513312.455	3697835.278	苯	1053	6.0	6318

B 区	S22	513303.435	3697783.956	氯仿	1266	6.0	6963
	S09	513297.248	3697773.043	苯并 (a) 芘	1266	1.0	1266
				苯并 (b) 荧蒽	1266	1.0	1266
				氰化物	1266	1.0	1266
合计					13914m ³		

表 3.2-2 土壤修复范围拐点坐标

区块	拐点	X	Y
A	S5	513332.803	3697858.025
	AS10	513303.152	3697852.026
	AS1	513295.161	3697828.945
	S10	513327.460	3697819.292
	AS9	513335.510	3697842.468
B	S23	513274.175	3697790.372
	S27	513288.705	3697771.861
	S24	513313.445	3697765.065
	AS3	513287.830	3697814.601
	AS4	513316.740	3697792.929

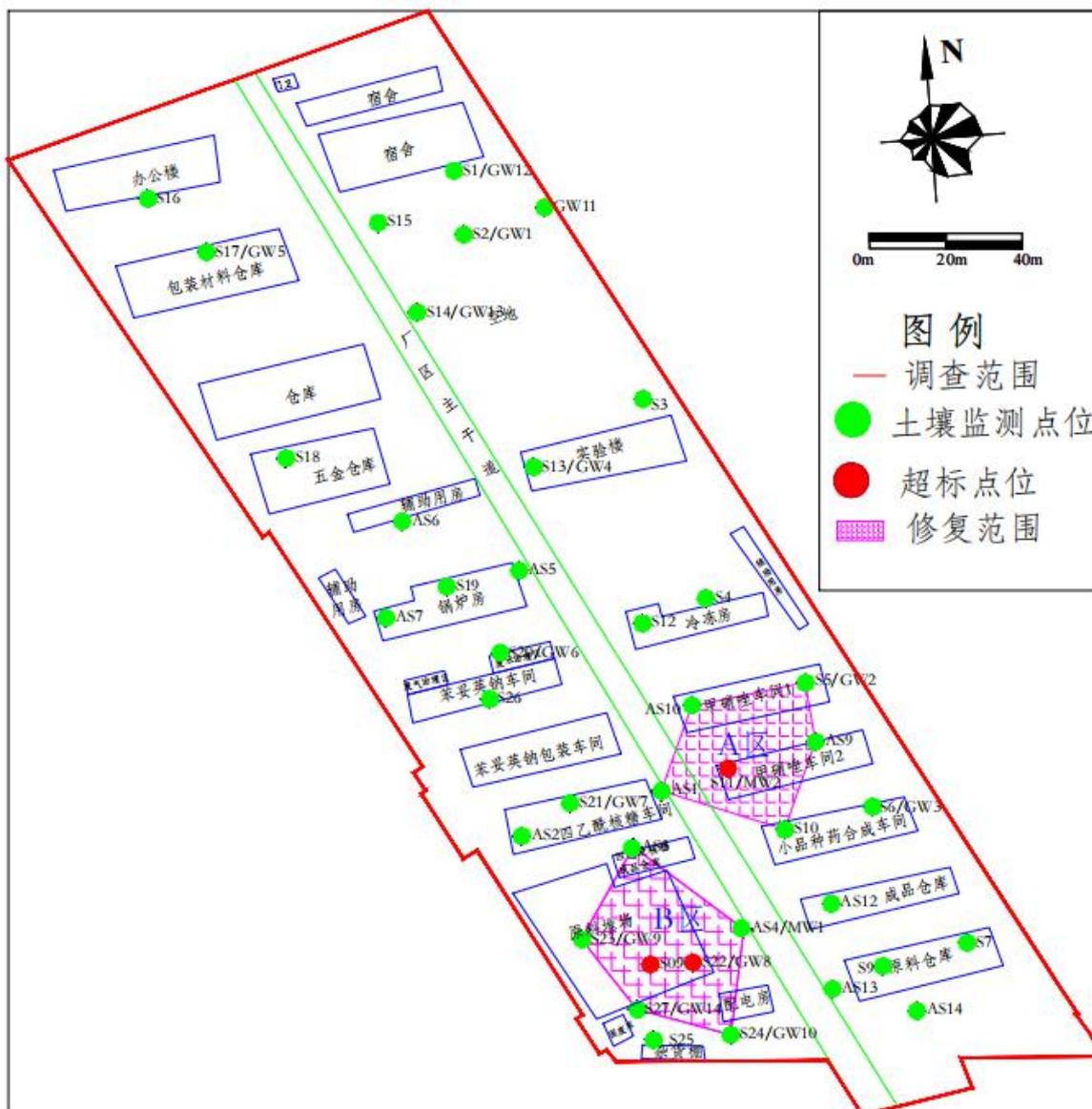


图 3.2-1 土壤修复范围图

3.2.2 地下水修复范围

依据风险评估的地下水修复目标及地下水污染物超标情况，地下水中氯仿和二氯甲烷为修复目标污染物，地下水修复面积为 3948m²，地下水修复深度为 12.5m（达潜水底板），地下水修复范围图见图 3.2-3。

根据污染地下水的修复范围、地下水的污染深度和含水层孔隙度，采用公式 $V=F \cdot h \cdot n$ 对地下水修复方量进行估算，修复地下水方量约 24576m³。

表 3.2-3 污染地下水修复方量估算

面积 (m ²)	深度 (m)	孔隙度	地下水修复方量 (m ³)	污染物
----------------------	--------	-----	---------------------------	-----

3948	0~12.5	0.498	24576	氯仿、二氯甲烷
------	--------	-------	-------	---------

注：根据土工试验结果，含水层的平均孔隙度为 0.498。

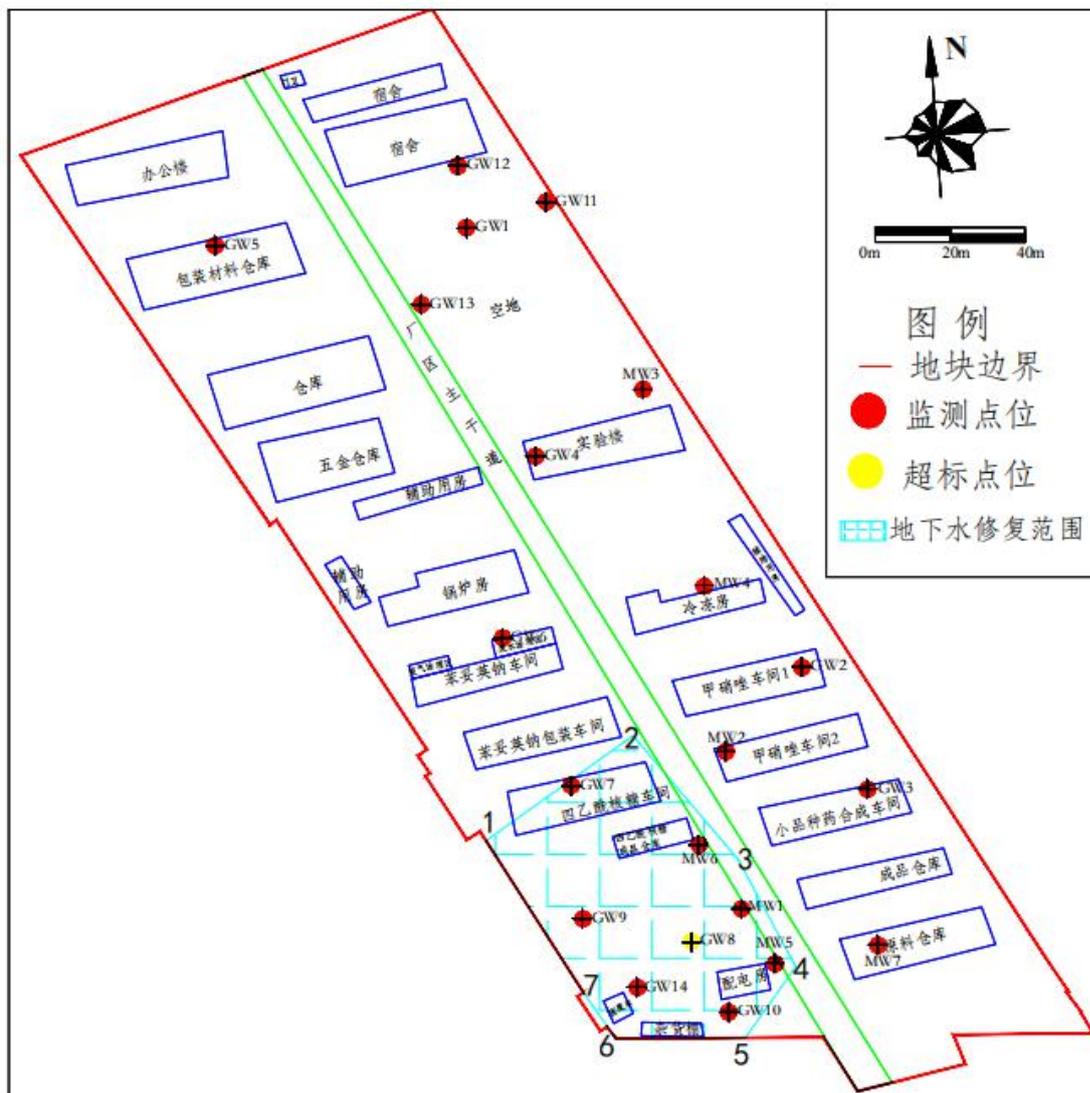


图 3.2-2 地下水修复范围图

表 3.2-4 地下水修复范围拐点坐标

序号	X	Y
1	513248.510	3697811.291
2	513287.797	3697839.553
3	513315.938	3697806.143
4	513331.298	3697777.336
5	513317.784	3697758.207
6	513283.239	3697758.047

7	513274.493	3697770.384
---	------------	-------------

3.4 地块修复目标

3.4.1 土壤修复目标

根据《原江苏永大药业有限公司退役地块土壤污染风险评估报告》的风险评估结论，本场地关注污染物为氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽和氰化物。风险评估以 10^{-6} 为可接受的致癌风险水平，1 为可接受非致癌危害商，计算得到关注污染物在本场地风险控制值，分析比较土壤风险控制值和地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量和国家有关标准中规定的限值，提出土壤目标污染物的修复目标值如表 3.4-1 所示。

表 3.4-1 土壤修复目标值（单位：mg/kg）

序号	污染物名称	第一类用地 筛选值	第一类用地 管制值	风险控制 值	修复目 标值	出处
1	苯	1	10	1.50	1	GB36600-2018 第一类用 地筛选值
2	苯并(a)芘	0.55	5.5	0.549	0.549	风险评估计算
3	苯并(b)荧蒽	5.5	55	5.49	5.49	风险评估计算
4	氰化物	22	44	20.7	20.7	风险评估计算
5	氯仿（三氯甲 烷）	0.3	5	0.289	0.289	风险评估计算

3.4.2 地下水修复目标

基于对人体健康的保护，此次地下水中超标的污染物选择《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中的 IV 类标准作为风险控制值，地下水中相应污染物的修复目标值见表 3.4-2。

表 3.4-2 地下水修复目标值（单位：mg/L）

序号	污染物名称	风险控制值	(GB/T14848-2017) IV 类标准值	修复目 标值	出处
1	氯仿（三氯甲烷）	0.384	0.3	0.3	GB/T14848-2017 IV 类
2	二氯甲烷	408	0.5	0.5	GB/T14848-2017 IV 类

4 地块修复技术筛选

4.1 土壤修复技术简述

修复技术筛选是针对确认的污染物类型和污染物特性，并结合比选的原则，依据修复技术类型和具体技术工艺，从技术的修复效果、可实施性以及管理部门的接受性、成本等角度进行考虑，筛选出潜在可行的修复技术。

根据《原江苏永大药业有限公司退役地块土壤污染风险评估报告》，该地块涉及的污染物是为氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽等有机污染物和无机物（氰化物），适合的修复技术有以下几种：

4.1.1 热脱附技术

① 技术介绍

热脱附是用直接或间接的热交换，加热土壤中有机污染物到足够高的温度，使其蒸发并与土壤相分离的过程，挥发出的污染物被收集或直接焚烧裂解。热脱附技术用于挥发、半挥发性及难挥发有机污染物（如石油烃、农药、多氯联苯等）污染土壤的处理。随着工程项目的广泛应用，热脱附逐渐发展为原位脱附（包括热气、热蒸汽等）和异位热脱附（移动式热脱附设备、回转窑热脱附设备、微波法等）。

异位热脱附适用于具备开挖土方条件的地块。异位热脱附系统根据热传递方式不同主要分为直接接触热脱附和间接接触热脱附。**直接热脱附**由进料系统、脱附系统和尾气处理系统组成。进料系统：通过筛分、脱水、破碎、磁选等预处理，将污染土壤从车间运送到脱附系统中。脱附系统：污染土壤进入热转窑后，与热转窑燃烧器产生的火焰直接接触，被均匀加热至目标污染物气化的温度以上，达到污染物与土壤分离的目的。尾气处理系统：富集气化污染物的尾气通过旋风除尘、冷却降温等环节去除尾气中的污染物。直接热脱附的典型工艺流程如图 4.1-1 所示。**间接热脱附**也由

进料系统、脱附系统和尾气处理系统组成。与直接热脱附的区别在于脱附系统和尾气处理系统。脱附系统：燃烧器产生的火焰均匀加热转窑外部，加热至污染物的沸点后，污染物与土壤分离，废气经燃烧直排。尾气处理系统：富集气化污染物的尾气通过过滤器、冷凝器、超滤设备等环节去除尾气中的污染物。气体通过冷凝器后可进行油水分离，浓缩、回收有机污染物。直接热脱附的典型工艺流程如图 4.1-2 所示。直接热脱附设备的处理能力较大，间接热脱附的处理能力相对较小。

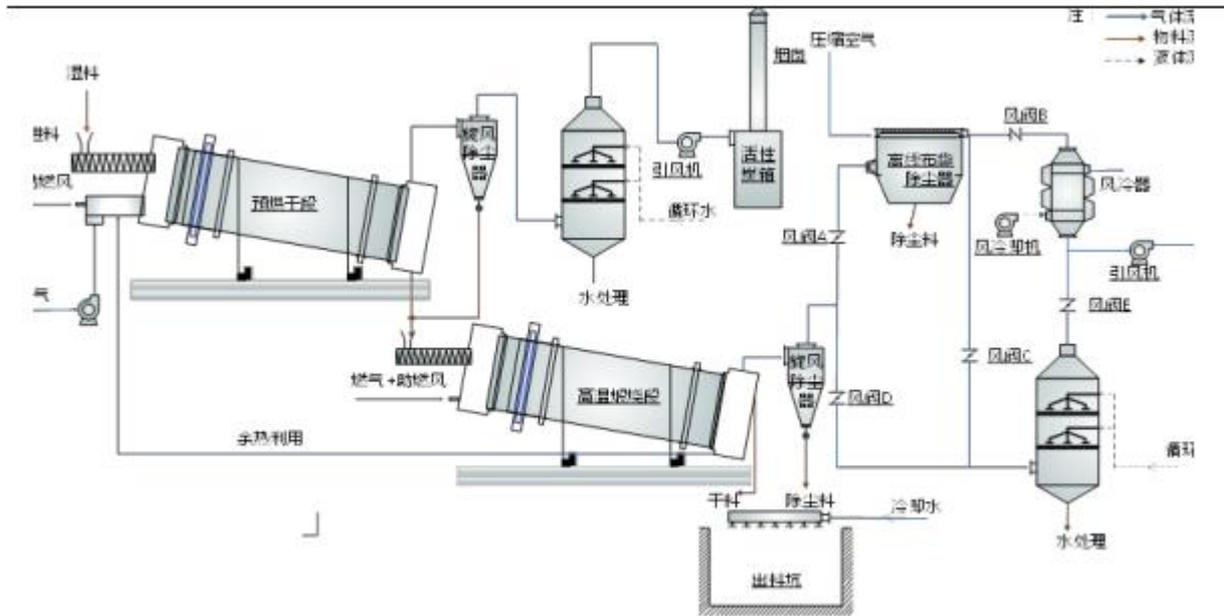


图 4.1-1 直接热脱附的工艺流程

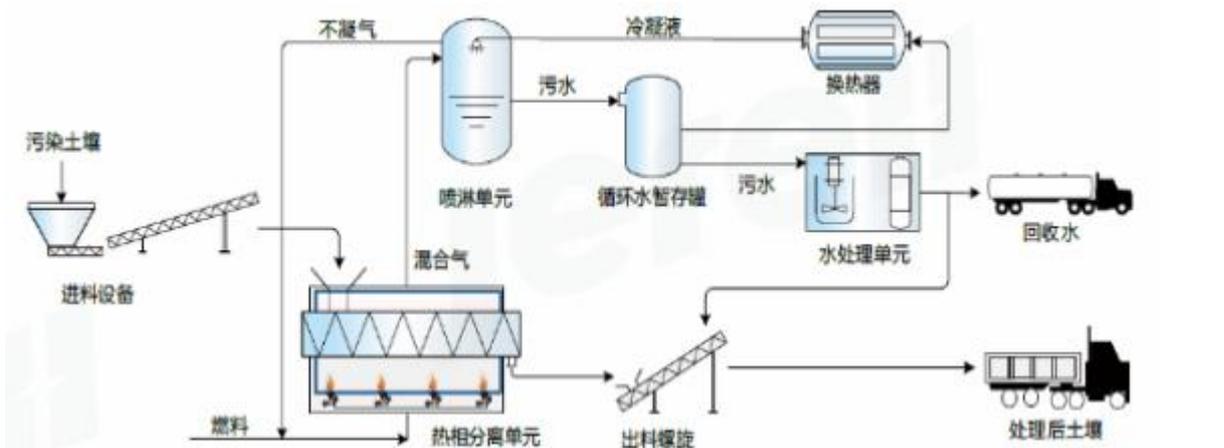


图 4.1-2 间接热脱附的工艺流程

原位热脱附适用于处理不易开挖的有机污染地块，是一项新兴的土壤修复技术，出现于 20 世纪 30 年代，自 20 世纪 70 年代起被用于污染地块

修复工程。原位加热技术的原理是通过加热污染区域的温度，改变污染物的物化性质（蒸汽压及溶解度增加，粘度、表面张力、亨利系数及土水分配系数减小），增加气相或者液相中污染物的浓度，提高液相抽出或土壤气相抽提对污染物的回收率。原位热脱附根据加热方式的不同，分为热传导加热、蒸汽加热以及电阻加热。**热传导加热**是指热量通过热传导的方式由热源传递到污染区域。热传导技术中的热源一般被称为热井，热源可以是有导热性好的材质（如钢材）制成的加热井，也可以通过循环的热空气对热井进行加热。蒸汽加热是通过向污染区域注入高温蒸汽（一般为饱和蒸汽，温度在 140~180 度之间，特殊情况也可注入过饱和蒸汽）进行原位热脱附的方法。一般的国际上认为蒸汽加热的最高温度在 170 度左右。**蒸汽加热技术**可处理含有地下水的污染地块，适用于中、高渗透系数土壤的条件，渗透系数范围建议在 $5 \times 10^{-3} \sim 1 \text{cm/s}$ 之间。**电阻加热技术**是以一个核心电极为中心，周围建立一组电极阵，这样所有电极与核心电极形成电流，利用土壤作为天然的导体，靠土壤电阻产生热量，进行热脱附处理。一般情况下，电阻加热的方式适用于所有地质条件。处理区域地下水流速不得超过 0.3048m/day (1ft/day)，否则会对加热效果产生较大影响。电阻加热可以使整个现场不同岩性的土壤同时均匀加热。更加适用于不清楚精准污染物分布信息，但了解污染程度和污染边界的地块。

②应用情况

热脱附技术在上个世纪 70 年代逐渐成熟，并被西方发达国家广泛采用，据统计到 2006 年，欧美等发达国家在 300 多个工程中成功运用此项技术，USEPA 在超级基金污染土壤修复中，有约 60 个项目采用此技术。此项技术已经非常成熟。

③优缺点

异位热脱附技术修复污染土壤的单价约 600~2000 元/ m^3 （来源于《污

染地块修复技术名录（第一批）》（环发[2014]75号），假定土壤容重为 $2\text{g}/\text{cm}^3$ ），原位热脱附技术修复污染土壤的单价约 $1500\sim 2000$ 元/ m^3 ，其优点是修复速度快，修复量较大，适用于大部分有机物污染土壤，并适合处理汞污染土壤；缺点是设备投资大，修复成本高。

4.1.2 水泥窑协同处置技术

① 技术介绍

水泥的生产过程是以石灰质原料、粘土质原料与少量校正原料经破碎后，按一定比例配合、磨细并调配为成分合适、质量均匀的生料，在水泥窑内煅烧至部分熔融所得到的以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料的过程。

将污染土壤与水泥生料共修复，经过回转窑高温煅烧，可以将有机污染物完全分解，达到无害化修复。受水泥生产的工艺限制，普通水泥窑必须对投料口进行改造方可共修复污染土壤。同时作为水泥生产的附加功能，要求对土壤性质进行分析，合理配料，不能对水泥生产和产品质量带来不利影响。

污染土壤进水泥厂后卸到指定储存地块，储存地块应进行防渗处理，并做好苫盖。污染土壤经筛分、破碎、预均化，通过新改造的物料投送系统进入二线窑分解炉，过程中采用密闭车辆及皮带输送机运输。

污染土壤从二线窑分解炉入窑。窑尾气温可达 1050°C ，生料由此开始进行固相反应，同时随窑旋转缓慢向窑头移动。整个流程中，水泥窑内高温气体与物料流动方向相反，湍流强烈，有利于气固相的充分混合、传热传质与热化学反应的进行。水泥窑内气相温度最高可达 1750°C ，物料温度约为 1450°C ，气体停留时间长达20秒以上，物料停留时间大于30分钟，完全可以保证污染土中的有机物完全燃烧和彻底分解。物料经高温煅烧后进入冷却机，冷却机后段鼓入的气体经换热后直接经布袋收尘器收尘后达

标排放；前段的一部分高温气体做为三次风由三次风管送入分解炉，分解炉温度为 $\geq 1050^{\circ}\text{C}$ ，气体停留时间 ≥ 2 秒；剩余气体大部分高温气体做为二次风进入窑内，为窑内物料反应、煤粉燃烧提供充分的氧气，这部分气体在窑内通过时间有6~8秒，由窑尾经各级悬风筒逐级向上继续与由上而下的物料换热，直至排出系统，经窑尾袋收尘收尘后，达标排放。

②应用情况

因水泥窑具有修复量较大，成本较低等优势，国内有些城市已经采用水泥窑共修复技术修复危险废物、市政污泥和城市垃圾，个别水泥窑企业经过设备改造和技术论证，尝试处理污染土壤或污泥，取得一些经验。这些经验对于制定我国危险废物与工业废物水泥窑共修复规范具有一定的启发和借鉴意义。

③优缺点

水泥窑协同修复污染土壤的单价约800~1000元/ m^3 （来源于《污染地块修复技术名录（第一批）》（环发[2014]75号）），可用于重金属污染土壤和挥发性较差的有机物污染土壤修复，其优点是修复量较大，成本较低；缺点是修复前需对水泥窑进料和排放系统进行改造，且水泥窑共修复污染土壤必须得到环保主管部门的审批。

4.1.3 洗脱技术（淋洗）

①技术介绍

土壤洗脱修复技术，是利用洗脱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。

②应用情况

土壤洗脱技术在发达国家已有 30 年的成熟使用经验，可用于修复多种污染土壤，如果污染土壤的物理性质符合要求，还可以修复复合污染的土壤。

③ 优缺点

土壤洗脱技术修复污染土壤修复量大，适用于多种污染土壤，修复成本适中，约 600~3000 元/ m³（来源于《污染地块修复技术名录（第一批）》（环发[2014]75 号））。影响修复成本的主要因素是土壤物理性质，如果土壤中的粘土含量超过 25%，则不建议采用此技术。此外，洗脱技术可能产生大量的洗土废水，必须配备相应的洗脱液处理及回用设备。

4.1.4 化学氧化技术

① 技术介绍

化学氧化修复技术主要是通过向土壤中注入化学氧化剂与污染物产生氧化反应，使污染物降解或转化为低毒产物的修复技术。常见的氧化剂包括高锰酸盐、过氧化氢、芬顿试剂、过硫酸盐和臭氧。处理周期与污染物初始浓度、修复药剂与目标污染物反应机理有关。化学氧化技术可以分为异位化学氧化和原位化学氧化。

异位化学氧化修复适用于挖出土壤。修复系统包括土壤预处理系统、药剂混合系统和防渗系统等。其中预处理系统：对开挖出的污染土壤进行破碎、筛分或添加土壤改良剂等。药剂混合系统：将污染土壤与药剂进行充分混合搅拌，按照设备的搅拌混合方式，可分为两种类型：采用内搅拌设备，即设备带有搅拌混合腔体，污染土壤和药剂在设备内部混合均匀；采用外搅拌设备，即设备搅拌头外置，需要设置反应池或反应场，污染土壤和药剂在反应池或反应场内通过搅拌设备混合均匀。防渗系统为反应池或是具有抗渗能力的反应场，能够防止外渗，并且能够防止搅拌设备对其损坏，通常做法有两种，一种采用抗渗混凝土结构，一种是采用防渗膜结

构加保护层。影响异位化学氧化/还原技术修复效果的关键技术参数包括：污染物的性质、浓度、药剂投加比、土壤渗透性、土壤氧化剂耗量（SOD）、氧化还原电位、pH、含水率和其它土壤地质化学条件。

原位化学氧化适用于处理不易开挖的有机污染地块，通过向土壤或地下水的污染区域注入氧化剂，通过氧化作用使土壤或地下水中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质。原位化学氧化典型工艺流程如图 6-9 所示。原位化学氧化系统由药剂制备/储存系统、药剂注入井（孔）、药剂注入系统（注入和搅拌）、监测系统等组成。其中，药剂注入系统包括药剂储存罐、药剂注入泵、药剂混合设备、药剂流量计、压力表等组成；药剂通过注入井注入到污染区，注入井的数量和深度根据污染区的大小和污染程度进行设计；在注入井的周边及污染区的外围还应设计监测井，对污染区的污染物及药剂的分布和运移进行修复过程中及修复后的效果监测。采用原位化学氧化可以通过设置抽水井，促进地下水循环以增强混合，有助于快速处理污染范围较大的区域。影响原位化学氧化技术修复效果的关键技术参数包括：药剂投加量、污染物类型和质量、土壤均一性、土壤渗透性、地下水位、pH 和缓冲容量、地下基础设施等。

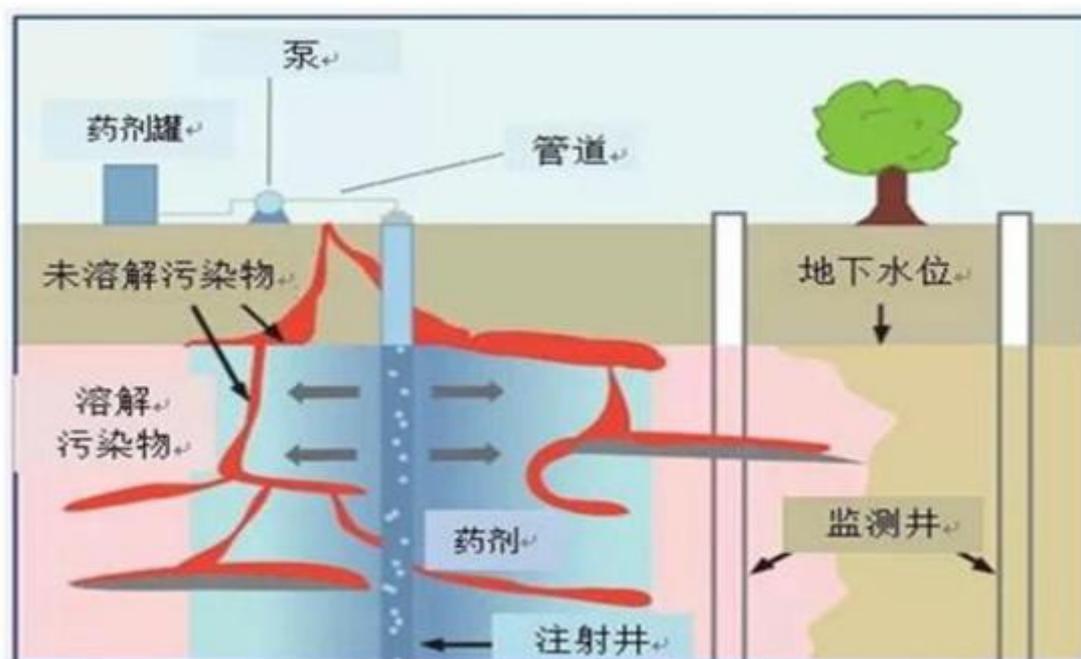


图 4.1-3 原位化学氧化修复示意图

②应用情况

化学氧化修复技术可以处理石油烃、BTEX（苯、甲苯、乙苯、二甲苯）、酚类、MTBE（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，是一种广谱的污染物处理方式，在国内外运用极广。

③优缺点

化学氧化修复技术可用于多种污染地块的修复，修复成本适中，异位化学氧化技术的处理成本约 500~1500 元/m³（来源于《污染地块修复技术名录（第一批）》（环发[2014]75 号）），影响处理效果的主要因素是土壤性质、污染物成分。化学氧化处理后可能改变土壤有机质、铁离子、硫酸根离子含量等指标，对修复后土壤的利用可能会造成影响。

4.1.5 微生物修复技术

①技术介绍

微生物对污染土壤的修复是以其对污染物的降解和转化为基础的。微生物修复污染的土壤必须具备 2 个方面的条件：一是土壤中存在多种多样的微生物，这些微生物能够适应变化了的环境，具有或产生酶，具备代谢功能，能够转化或降解土壤中难降解的有机化合物，或能够转化或固定土壤中的重金属；二是进入土壤的有机化合物大部分具有可生物降解性，即在微生物的作用下由大分子化合物转变为简单小分子化合物的可能性，或使进入土壤的重金属具有微生物转化或固定的可能性。只有具备了上述条件，微生物修复才有实现的可能。具体修复机理根据修复对象分为有机污染和重金属污染的土壤。

②应用情况

微生物修复技术在污染土壤和地下水的修复领域使用非常广泛，该技术非常适用于大面积的污染地块修复。近年来在美国修复市场所占有的比例在 10%左右，在国内也有一定的应用。

③优缺点

微生物修复技术是成本较低廉的修复技术之一，但微生物种类的选择和培养过程比较复杂，不同的微生物只适用于分解不同的污染物。生物反应必须控制反应条件，对技术实施的要求较高。因为微生物消耗污染物的速度很慢，导致修复时间很长，因此这种技术适用于对土地修复时间没有严格限制的工程。此外，微生物制剂的环境安全性也是应关注的问题。

4.1.6 焚烧技术

①焚烧技术介绍

焚烧是利用高温、热氧化作用通过燃烧来处理危险废物的一种技术，是一种剧烈的氧化反应，常伴有光与热的现象，是一项可以显著减少废物的体积、降低废物毒性或危害的处理工艺。焚烧可以有效破坏废物的有害成分，达到减容减量的效果，还可以回收热量用于供热或发电。焚烧产生的气体是二氧化碳、水蒸汽和灰分。

②技术应用情况

焚烧是修复有机氯物质最常用的成熟技术，美国超级基金在 1982-2005 年间，修复杀虫剂和除草剂污染土壤的项目共 103 个，采用焚烧技术修复的地块 36 个(占 35%)，是使用次数最多的技术。

③优缺点比较

焚烧技术处理速度快，效果好，但修复费用较高，约 2000~3000 元/吨，同时需要进行排放控制。

4.1.7 填埋技术

①技术介绍

填埋技术是指将污染土壤挖掘运输到填埋场进行安全填埋。

②技术应用情况

填埋技术成熟，国内已有应用实例。

③优缺点比较

填埋技术处理速度快，需要时间主要取决于挖掘和填埋的速度。适用于难挥发性的有机污染和重金属污染的土壤。修复费用相对较低，但污染物未被处理，只是转移位置，存在二次污染的风险，挥发性污染物难以密闭填埋。

4.1.8 陶粒窑协同处置技术

①技术介绍

利用陶粒窑协同处置的高温、气体长时间停留、热容量大、热稳定性好、碱性环境、无废渣排放等特点，结烧固化处理污染土壤，实现污染土壤毒害特性分解、降解、消除、惰性化、稳定化等目的。

②应用情况

陶粒窑协同处置在技术及施工层面较为成熟，具有较多的成功应用案例。

③优缺点

陶粒窑协同处置基本能分解和固化所有类型的污染物，且处理量大、处理效率高，成本较低；缺点是不适用于沸点低的有机物污染土壤。

4.2 地下水修复技术简述

结合污染场地污染特征、地下水特性，从技术成熟度、适合的目标污染物和地下水类型、修复的效果、时间和成本等方面分析，并根据现有地下水修复技术的应用情况，初步选择原位化学氧化、PRB可渗透反应墙、监测自然衰减、多相抽提等修复技术，应用于本场地污染地下水治理的技术比选。

常见的有机物污染土壤的修复技术有：抽提处理、化学氧化、生物修复、渗透式反应屏障（Permeable Reactive Barrier, PRB）等。

4.2.1 抽提处理技术

① 技术介绍

抽提处理技术（**Pump and treat**）是最为常用的地下水修复技术之一。受污染的地下水经一系列的抽水井抽提到地面，再通过处理设施、设备将地下水中的污染物进行去除，达到规定的排放标准后排入相应的管网或水体，或直接回注到地下环境中。抽提处理技术是由地下水抽提设施设备和地下水处理设施设备组成的。抽提设施设备主要为按照设计要求所构建的抽提井、水泵及相关测量、控制系统。地下水处理设施设备则可根据地下水中的污染物情况进行选择设计，常见的地下水处理设施设备包括氧化池、沉淀池、吹脱塔、活性炭吸附塔等。

② 应用情况

抽提处理技术在世界范围内应用广泛，是最常用的地下水修复技术之一，也是使用得最早的地下水修复技术。此项技术原理简单，已经非常成熟。

③ 优缺点

抽提处理的优点是技术简单，并且可与工程降水结合，适用于大部分地下水的污染羽处理；但在含水层中存在难溶性有机物污染源时，单独进行抽提处理效果不理想。

4.2.2 化学氧化技术

① 技术介绍

化学氧化修复技术主要是通过向含水层中注入化学氧化药剂，与污染物产生氧化反应，使污染物降解或转化为低毒产物的修复技术。用于地下水修复的化学氧化一般采用药剂原位入注的方式实施。

② 应用情况

在发达国家，原位化学氧化修复技术属于成熟常用的修复技术，主要用来修复被油类、有机溶剂、多环芳烃、农药等污染物污染的含水层土壤

与地下水。原位化学氧化的常用药剂包括芬顿试剂、活化过硫酸钠、高锰酸钾以及臭氧。

③优缺点

原位化学氧化修复技术可用于多种污染场地的修复，可同时对多种污染物进行处理，成本适中。

4.2.3 生物修复技术

①技术介绍

微生物对有机物污染地下水的修复是以微生物对有机污染物的降解和转化为基础的。通常情况下，地下水生物修复的关键是激发对污染物具有降解能力的微生物的活性，并在修复周期内保持其活性。地下水的生物修复通常采用原位修复的形式，直接向地下环境中注入生物反应所需要的物质，一般包括电子受体（例如氧、硝酸盐等）、能量供体（碳源）以及营养物质（氮、磷）。在进行微生物还原修复时需注入电子供体，如乳糖等。

②应用情况

微生物修复技术在污染土壤和地下水的修复领域使用较广泛，该技术非常适用于大面积的污染场地修复。近年来在美国修复市场占有率在10%左右。

③优缺点

微生物修复技术是较经济的修复技术之一。依靠微生物分解污染物，速度通常较慢，因此导致修复时间较长。此外，由于生物反应的复杂性，控制地下环境中适合微生物反应的环境条件也需要专业化的管理。

4.2.4 渗透式反应屏障技术

①技术介绍

渗透式反应屏障技术是一种被动式的地下水修复技术，其主要手段是

在地下水过流断面上构筑含有活性反应填料的可渗透的反应屏障。地下水中的污染物在流经渗透式反应屏障时，与反应屏障中的活性填料发生吸附、反应等作用，最终从地下水中被去除。最常见的活性反应填料为零价铁粉，主要用于处理地下水中的氯代有机溶剂或重金属。

②应用情况

该技术成熟，在国外已有较多应用，主要用来修复地下水中卤代烃、重金属等污染物。但该技术在国内的应用还处于尝试性阶段。

③优缺点

该技术构筑的反应屏障虽然构造成本较高，但一旦建成后，所需的维护较少，因此总体修复成本较低。由于反应屏障需要从地表开始进行设置，因此该技术的可行性受场地地质构造的限制，适用于地下水水位较高，且地下水污染羽距离地面较近的情况。本技术是一种控制污染物随地下水迁移的有效手段，但不能实现对污染源的针对性削减，完成修复所需要的时间往往较长。

4.2.5 多相抽提技术

①技术介绍

多相抽提技术（MPE）是通过真空提取手段，抽取地下污染区域的土壤气体、地下水和浮油层到地面进行相分离及处理，以控制和修复土壤与地下水中的有机污染物，实施场地修复的技术手段。与传统的土壤修复技术相比，MPE 是一种对环境友好的土壤和地下修复技术，它具有修复效率高、影响面积大、适宜高浓度污染土壤修复等优点。MPE 技术是一种原位修复技术，对地面环境的扰动较小，适用于加油站、石化企业、化工企业等多种类型的污染场地，尤其适用与被 NAPL 污染的土壤与地下水的修复。MPE 技术的别称较多，在不同的应用场景下也被称为“双相抽提”、“生物抽吸”等，但其原理及系统构造基本相同。

②应用情况

该技术成熟，在国外应用广泛，在国内已有应用，主要用来修复易挥发、易流动的 NAPL（如汽油、柴油、有机溶剂）等污染物污染的土壤和地下水。

③优缺点对比

MPE 系统与传统处理技术相比，处理污染物的范围更大，能处理多种形态的污染物，抽提技术运行的同时可以伴随好氧生物降解反应，修复效率大大提高，真空负压的运用也缩短了修复工期。但由于 MPE 系统的独特性，需要配套的设备和对场地水文地质条件的特殊要求，以及修复工程大规模开展前的场地预测试，前期耗费时间较长，不适用于工期紧张的项目。

4.2.6 监测自然衰减技术

①技术介绍

通过实施有计划的监控策略，依据场地自然发生的物理、化学及生物作用，包含生物降解、扩散、吸附、稀释、挥发、放射性衰减以及化学性或生物性稳定等，使得地下水和土壤中污染物的数量、毒性、移动性降低到风险可接受水平。

②应用情况

适用于污染地下水，可处理 BTEX（苯、甲苯、乙苯、二甲苯）、石油烃、多环芳烃、甲基叔丁基醚、氯代烃、硝基芳香烃、重金属类、非金属类（砷、硒）、含氧阴离子（如硝酸盐、过氯酸）等。

③优缺点对比

修复成本较低，但在证明具备适当环境条件时才能使用，不适用于对修复时间要求较短的情况，对自然衰减过程中的长期监测、管理要求高。

4.3 修复技术可行性评估

根据上述对场地内土壤中存在的超标（修复目标值）污染物的筛选分析，发现场地土壤中主要污染物为氰化物、多环芳烃类（苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹）和挥发性有机污染物（苯、氯仿），地下水中主要污染物为挥发性有机污染物（二氯甲烷、氯仿）。现将目前已有的土壤修复技术进行阐述，分析各种技术的优缺点及可行性。同时，也针对场地上可能存在的一些遗留建筑物垃圾、危险废弃物等的处理处置提供建议，为修复方案的制定和实施提供支持。

修复技术的筛选与污染物、地块特征情况、修复成本、修复过程对环境的影响、修复时间、技术可获得性等各种因素相关。在修复技术的筛选方面应主要考虑以下问题：

（1）针对地块内污染物特征：由于污染地块中，各区域污染浓度不同，因此需要结合污染浓度选择合适的地块清理方法。

（2）修复技术成熟可靠：目前，国内外有多种污染地块清理技术，有些技术已经成熟，有些还在研究阶段。为了保证该地块清理顺利完成，本方案设计采用成熟可靠的地块修复技术，避免采用不成熟的地块修复技术。

（3）修复时间合理：为尽快完成该地块修复工作，降低地块污染土壤修复过程中的潜在环境风险，在选择修复技术时，同等条件下，选择地块修复时间短的技术。

（4）费用经济合理：本方案将结合地块中的污染物特性，选择几种经济可行的地块清理技术，既满足修复要求，又尽量控制清理费用。

（5）减少对周边环境的影响：在修复施工过程中，控制二次污染，减少污染土壤的转移，减少废气、废水、扬尘、噪声等排放，将对周边居民、环境的影响尽量减小。

（6）修复效果好：修复最终目标是地块满足今后的土地规划标准，确保环境安全及居民健康。

表 4.3-1 修复技术筛选矩阵

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			应用的适应性	应用的局限性	结论
			成熟性	时间条件	资金水平			
土壤修复技术								
1	热脱附	加热土壤中有机污染物(或汞)到较高温度,使其挥发,与土壤相分离,再对挥发出的气态污染物进行处理。	技术成熟/国内有应用	和处理量相关,相对较快	较高	适用与多种挥发性、半挥发性有机物如卤代烃类、苯系物、农药等,经改造后也可处理汞污染土壤。	(1)土壤含水率会影响处理成本及效果 (2)需要专门处理设备	具备条件下采用
2	水泥窑协同处置	挖掘土壤、运输土壤到水泥厂,和水泥生料一起进入回转窑,控制污染土壤的配比。	较成熟,有已经改造的水泥窑生产线	受水泥产量限制,土壤添加配比比较低。	中等	适用于重金属和半挥发性、难挥发性有机物	(1)土壤含水量高,会增加成本; (2)对挥发性有机物污染土壤,在挖掘、长距离运输、储存过程中容易造成二次污染	推荐采用
3	土壤淋洗	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。	技术成熟/国内有应用	较快	中等	适用于处理水溶性污染物、可促溶的有机物。	不适用于粘粒含量过高的土壤;需配备淋洗液处理回用设施。	具备条件下采用
4	化学氧化	通过向土壤中注入化学氧化剂与污染物产生氧化反应,使污染物降解或转化为低毒产物的修复技术。化学氧化可以以原位注入、原位搅拌、异位混合等多种方式进行。	技术成熟/国内有应用	根据土壤及污染物具体情况	中等	对于高浓度苯系物、卤代烃等有机污染物比较有效和经济。	(1)氧化剂的氧化能力强,但是使用不当会带来安全隐患; (2)渗透率低的土壤如粘土,会降低修复效果	具备条件下采用
5	生物修复	通过向土壤中添加营养物或接种微生物菌种等,利用微生物降解土壤中的有机污染物。	较成熟/国内有应用	时间长	低	适用于易降解的有机物如BTEX等有机污染	处理时间长,部分顽固污染物不容易被降解。	不建议采用
6	焚烧	利用高温、热氧化作用通过燃烧来处理污染物。焚烧可以有效破坏废物的有害成分,达	技术成熟	需要时间较短	高	适用于处置有机物污染土壤	不能去除重金属。对废气排放需要进行控制	不建议采用

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			应用的适应性	应用的局限性	结论
			成熟性	时间条件	资金水平			
		到减容减量的效果，焚烧产生的气体是二氧化碳、水蒸汽和灰分。						用
7	填埋	将污染土壤挖掘运输到填埋场填埋	技术成熟	需要时间取决于挖掘和填埋速度，一般较快	中等	技术简单	(1) 需大面积填埋场； (2) 污染物未被处理，只是转移位置，存在二次污染风险； (3) 挥发性污染物难以密闭填埋；	不建议采用
8	陶粒窑协同处置	利用陶粒窑协同处置的高温、气体长时间停留、热容量大、热稳定性好、碱性环境、无废渣排放等特点，结烧固化处理污染土壤，实现污染土壤毒害特性分解、降解、消除、惰性化、稳定化等目的。	较成熟	受陶粒厂产量限制	中等	适用于重金属和半挥发性、难挥发性有机物	(1) 地块内土壤含水量高，会增加成本； (2) 部分地块内有大量氯苯化合物，焚烧会产生二噁英 (3) 对挥发性有机物污染土壤，在挖掘、长距离运输、储存过程中容易造成二次污染	具备条件采用
地下水处理技术								
1	多相抽提技术	多相抽提技术是通过真空提取手段，抽取地下污染区域的土壤气体、地下水和浮油层到地面进行相分离及处理，以控制和修复土壤与地下水中的有机污染物，实施场地修复的技术手段	技术成熟，国内有应用	前期投入时间长，处理效率较高	中到高	主要用来修复易挥发、易流动的NAPL（如汽油、柴油、有机溶剂）等污染物污染的地下水	需要配套设备、对场地水文地质条件要求较高，修复工程大规模开展前需对场地预测试	不建议采用
2	地下水化学氧化	直接将氧化剂注入到受污染的含水层，氧化分解污染物	技术成熟/国内有应用	取决于含水层渗透性和污染物成分	中等	适用于多种有机污染物，可用于污染源区修复	对氧化剂配方须进行可行性试验验证，以确保氧化可以达到效果。有机质含量高的含水层易消耗氧化剂。	酌情考虑采用

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			应用的适应性	应用的局限性	结论
			成熟性	时间条件	资金水平			
3	地下水生物修复	以原位入注的方式向地下环境注入碳源、营养物、电子供体等物质，促进土著微生物对污染物的降解	技术较成熟/国内应用少	反应相对较慢	低	污染物易被生物降解，且存在可降解污染物的土著微生物	生物反应时间通常较长，系统环境条件的控制较复杂。	不建议采用
4	抽提处理-纳管排放	将受污染地下水抽提至地面，在满足纳管要求的情况下，排入污水管道，进入污水处理厂进行处理。	技术成熟/国内常用	通常较快	中等	可能需要进行预处理以满足纳管要求	需有接纳条件。	推荐采用
5	渗透式反应屏障	在地下水流经截面上构筑含有活性反应填料的反应屏障。地下水流过屏障时，污染物与填料发生反应，从地下水中被去除。	技术较成熟/国内应用少	相对较慢	中等	属于被动式修复技术，构筑后运行较为简单	主要用于处理氯代有机污染物与重金属	不推荐采用
6	监测自然衰减技术	通过实施有计划的监控策略，依据场地自然发生的物理、化学及生物作用，包含生物降解、扩散、吸附、稀释、挥发、放射性衰减以及化学性或生物性稳定等，使得地下水和土壤中污染物的数量、毒性、移动性降低到风险可接受水平	成熟	长，需数年	低	可处理 BTEX、石油烃、多环芳烃、MTBE、氯代烃、硝基芳香烃、重金属类、非金属类（砷、硒）、含氧阴离子（如硝酸盐、过氧酸）等	在证明具备适当环境条件时才能使用，不适用于对修复时间要求较短的情况，对自然衰减过程中的长期监测、管理要求高。	不建议采用

综合比较表 4.3-1 中各土壤修复技术的优缺点，针对本场地的土壤污染特性、水文地质条件以及场地开发用途、时间要求，分析该地块土壤可采取水泥窑协同处置技术、化学氧化技术、热脱附+淋洗技术或陶粒窑协同处置技术；污染地下水建议可采用抽出处理技术或原位化学氧化技术处置。

热处理技术如热脱附或水泥窑协同处置技术近年来在多个工程案例中对多环芳烃等污染土壤取得优良的修复效果。鉴于本地块周边敏感目标较多、受地块开发时间要求，采用异位热脱附或化学氧化修复技术修复过程中挥发性有机物异味可能对周边居民产生影响。本地块污染土壤体量不大，地块用地时间紧张，建议采用水泥窑协同处置技术处理，能够短时间将场地内污染物移除，不影响近期开发。

4.4 推荐采用的修复技术单价

针对上述建议采用的修复技术，根据目前国内已经开展的采用相同修复技术的案例、参考我国环境保护部 2014 年颁布的第一批污染地块修复技术名录，调研汇总推荐采用修复技术的技术单价，综合考虑后推荐单价见表 4.4-1，为下一步主体工程费用的核算提供依据。

表 4.4-1 推荐土壤修复技术参考价格汇总

修复技术	单价 (元/m ³)	技术目录参考价格 (元/m ³)
异位化学氧化	600	500~1500
水泥窑协同修复	1280	800~1000
异位热脱附	1200	600~2000
淋洗	1200	600~3000
陶粒窑协同处置	1088	-

4.5 非土壤污染介质修复技术

(1) 遗留建筑垃圾

在对地块进行清理的过程中，对地表的残留建筑物、构筑物、建筑材料、硬化地面、渣垫层等建筑垃圾，应视其污染程度分类处理修复。对未

受污染的地表堆土，应清理至他处堆放。对未受污染的地面废弃物，可视为普通建筑垃圾处理修复。对受污染的地面废弃物，应在去除污染物后，再按普通建筑垃圾进行处理修复。污染物的去除方式可根据当地情况灵活选择，例如，可以通过表面活性剂溶液清洗的方法将污染物从建筑材料表面去除，再将含污染物的废水进行处理。

(2) 遗留危险废物

如果在挖掘过程中遭遇到被界定为危险废物的物质，例如埋藏在地下的危险化学品原料，以及含大量化学原料甚至被化学原料饱和的土壤，应按危险废物处理修复要求在现场进行密闭封装，再送交有资质的单位进行修复。

5 修复方案设计

5.1 修复技术路线

目前江苏永大药业有限公司退役场地规划用地类型为住宅用地，通过技术比选土壤可采取综合比较表 4.3-1 中各土壤修复技术的优缺点，针对本场地的土壤污染特性、水文地质条件以及场地开发用途、时间要求，分析该地块土壤可采取水泥窑协同处置技术、化学氧化技术、热脱附+淋洗技术或陶粒窑协同处置技术；污染地下水可采用抽出处理技术和原位化学氧化技术。结合规划用地方式对地下空间的需求深度，根据现场踏勘，当前场地西南原料堆场区域在未开挖的条件下仍有异味，周边敏感目标较多，原地异位处理过程可能会造成污染土壤的大规模扰动，增加场地及其周围环境二次污染的风险，本场地污染土壤主要考虑异地处理修复模式，条件允许时可采用原地异位修复。

修复总体技术路线见图 5.1-1。

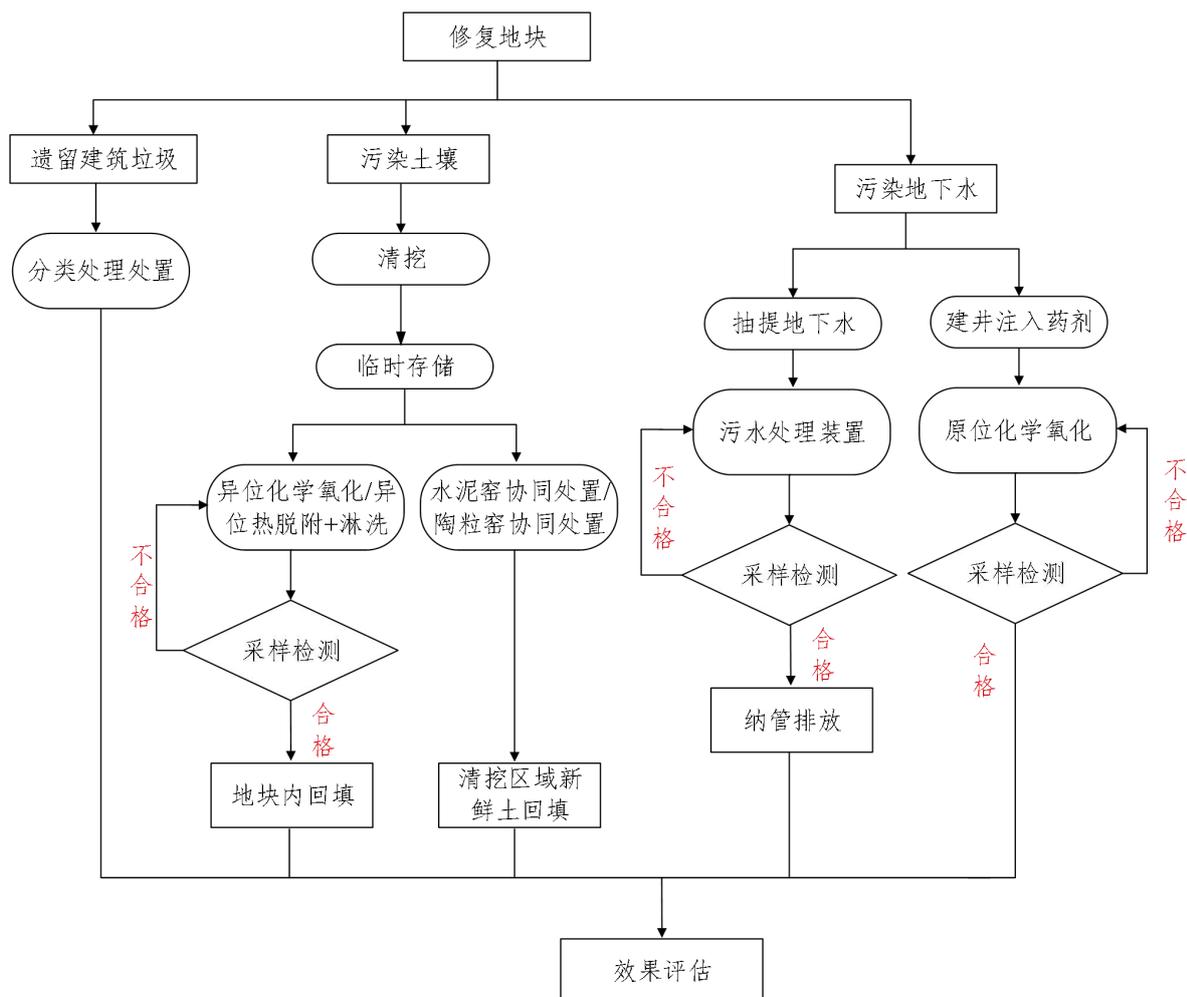


图 5.1-1 地块修复总体技术路线示意图

5.2 土壤修复技术工艺参数

5.2.1 土壤暂存及修复场所的选取

土壤暂存及修复场所的选取原则如下：

- (1) 不得有地下室或其它地下建筑；
- (2) 污染土壤暂存及修复场所地质结构稳定；
- (3) 尽量远离居民集中区，严格控制因污染土壤扬尘及异味扰民；
- (4) 周围不宜有耕地及其他生态敏感区；
- (5) 在易燃、易爆等危险品仓库、高压输电线路防护区域以外；
- (6) 污染土壤暂存及修复场所应存在硬化地面；
- (7) 筛分和预处理必须在配有尾气收集与净化系统的密闭大棚内进行

行，满足进料要求的土壤可进行热脱附修复。

5.2.2 水泥窑协同修复修复技术设计

5.2.2.1 修复土壤类型及方量

水泥窑协同修复可同时修复原江苏永大药业有限公司退役地块氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹等有机污染物和无机物(氰化物)污染土壤，土方量为 13914m³。

5.2.2.2 工艺流程及参数

通过风干、晾晒等方法使污染土壤含水率满足协同修复技术要求。满足要求的污染土壤运至临时储存车间，等待进行水泥窑协同修复处理。

水泥窑处理污染土壤，先要对污染土壤的成分进行化验分析，根据化验分析的结果，结合水泥生产的要求，确定单位时间的焚烧量，进入水泥窑内进行煅烧。本项目中利用水泥窑协同修复的污染土壤，主要污染物为氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹和氰化物。水泥窑内气体温度和物料温度分别高达 1800°C 和 1450°C，由于气体(>1100°C)通过时间长，可长达 4s 以上。在这种高温及长时间的停留状态下，氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹、氰化物可以被彻底焚毁。另外，熔融状态的水泥熟料经急速冷却，不具备再次生成二噁英的条件。水泥的配料之一是粉煤灰，污染土壤的成分与其近似，可以部分替代水泥的原料粉煤灰，后煅烧为水泥的熟料。

水泥窑协同修复污染土壤工艺流程如图 6.2-7 所示，污染土壤从窑尾烟气室进入水泥回转窑，窑内气相温度高可达 1800°C，物料温度约为 1450°C，气体(>1100°C)停留时间长达 20s 以上，完全可以保证污染土壤中的有机农药完全燃烧和彻底分解。在水泥窑的高温条件下，污染土壤中的有机污染物迅速蒸发和气化，高温气流与高温、高细度、高浓度、高吸附性、高均匀性分布的碱性物料(CaO、CaCO₃、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃等)充分接触，

有效地抑制酸性物质的排放，使得 SO_2 和 Cl 等有机化学成分化合成无机盐类固定下来。

污染土壤存储区地面需要进行防渗处理，覆盖系统配备收尘器和抽排气系统，防止污染土壤挥发出的污染气体或粉尘外逸扩散，确保临时存储过程中不对环境造成二次污染。污染土壤用专门的运输车辆从临时存储区域转运到生料磨车间，生料磨车间同样进行密封处理，并同时配备收尘器和抽排气系统。

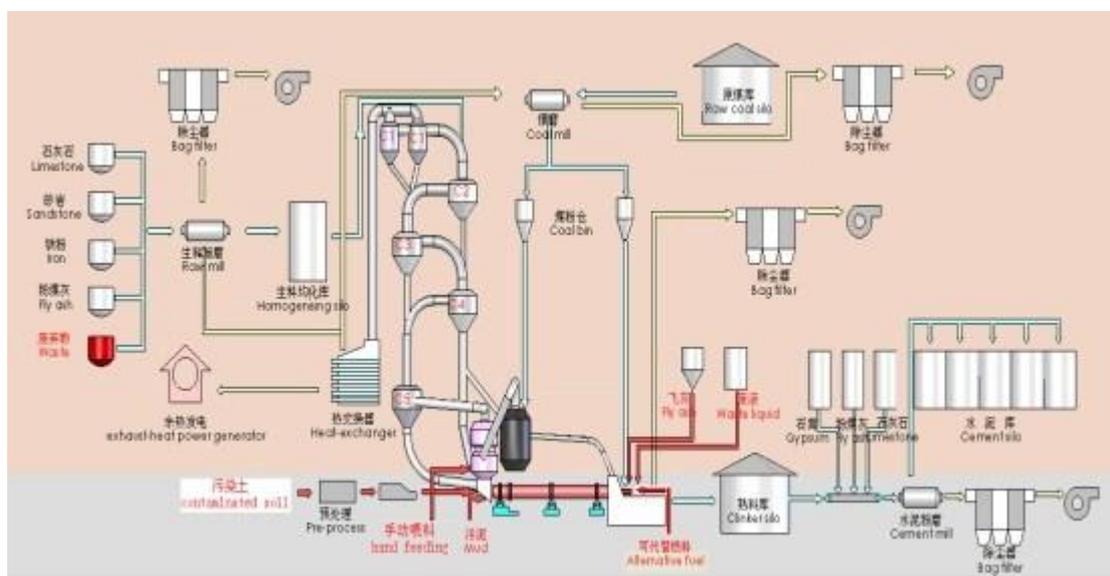


图 5.2-1 水泥窑焚烧修复污染土壤工艺流程图

5.2.2.3 处理效率及周期

(1) 处理效率

根据以往类似项目修复经验和本项目地块土壤性质，污染土壤入窑量定为总原料比例的 5%，因此，需按项目实际修复方量及处理要求配备设备及机组数量，本项目设计日处理量 1000t。

(2) 处理周期

本项目需经水泥窑协同修复污染土壤共计 13914m^3 （约 22262.4t）。水泥窑协同修复修复运行时间 23 天，具体按现场需求灵活调整。

5.2.2.4 水泥窑协同修复效果评估

由于水泥窑用于协同修复处理难降解有机物污染土壤已有比较丰富的

工程化修复经验，修复过程安全可靠，且污染土壤作为水泥生产的替代原料，和其他配料一起经水泥窑焚烧后生产成水泥熟料；污染土壤中所含污染物经水泥窑高温和长时间的煅烧被彻底焚毁，污染土壤终变为符合产品质量的水泥熟料并在市场上进行销售，没有废渣和其他废弃物的产生，因此，无需再对焚烧后的土壤进行修复效果评估。

为保证水泥产品质量，水泥厂利用自有实验室对焚烧污染土过程中产生的水泥进行抽样自检测。检测频率为每月一次，主要检测水泥熟料中的有机物。如检测结果表明该批次水泥质量因有机物含量高不达标，需对该批次水泥进行进一步处理后，再次进行采样自检，直至修复效果达到预定目标值。

在水泥生产线的烟囱上装有尾气在线监测装置，可以实施检测尾气中的 CO 、 SO_2 、 HCl 、 NO_x 及含尘量，该数据仅作为指导修复进程的参考，不能替代有资质第三方监测机构出具的检测报告。因此，水泥窑修复过程中，定期聘请具有资质的第三方监测机构派员到场采集污染土贮存车间尾气处理系统中排放的尾气及水泥生产线排放尾气，检测其中的目标污染物浓度，确保相关尾气净化系统工作正常。

5.2.3 异位化学氧化修复技术设计

5.2.3.1 修复土壤类型及方量

高级氧化技术可同时修复原江苏永大药业有限公司退役地块氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒹等有机污染物和无机物(氰化物)污染土壤，土方量为 13914m^3 。

5.2.3.2 工艺流程

高级化学氧化工艺流程如图 5.2-2 所示。具体包括：

①预处理：清挖界定污染范围内的污染土壤，在临时堆场内进行预处理，预处理包括破碎、筛分以及土壤含水量调节，满足后续处理进料需求；

②污染土壤与药剂混合：对土壤计量，添加药剂并进行搅拌充分混合，静置让其反应；

③修复效果评估：进行修复过程检测以及修复后的检测，直至自检结果显示目标污染物浓度满足修复目标要求后将修复土壤进行地块内回填。



图 5.2-2 高级化学氧化工艺流程示意图

5.2.3.3 主要技术参数

根据前期可行性实验结果，针对氯仿和苯主要采用碱活化过硫酸盐技术，调节 pH 至 10 以上；针对多环芳烃主要采用螯合铁活化过硫酸盐技术；针对氰化物主要采用二氧化氯氧化技术。

影响化学氧化技术修复效果的关键技术参数包括：污染物的性质和浓度、药剂投加量、土壤渗透性、氧化还原电位、pH 和缓冲容量、含水率和其它土壤地质化学条件。

(1) 药剂投加量：药剂的用量由污染物药剂消耗量、土壤药剂消耗量、还原性金属的药剂消耗量等因素决定。根据项目经验及土壤地下水中污染

物浓度，对于单独地下水污染区域，拟定氧化药剂投加量为 1%~1.5%，对于土壤共治区域，拟定氧化药剂投加量为 2%~3%。

(2) 土壤渗透性：高渗透性土壤有利于药剂的均匀分布。由于药剂难以穿透低渗透性土壤，在处理完成后可能会释放污染物，导致污染物浓度反弹，因此可采用长效药剂（如高锰酸盐、过硫酸盐）来减轻这种反弹。

(3) pH 和缓冲容量：pH 和缓冲容量会影响药剂的活性，药剂在适宜的 pH 条件下才能发挥最佳的化学反应效果。有时需投加酸以改变 pH 条件，但可能会导致土壤中原有的重金属溶出。

(4) 含水率：机械设备搅拌后土壤含水率应维持在最大持水能力的 90%左右，一般为 25%~30%。

5.2.3.4 处理效率及周期

土壤异位化学氧化处理时间主要取决于土壤挖掘、筛分和药剂混合反应等操作。

按每天处理土壤 400 m³ 计，现场氧化处理工程约需要 35 个工作日。加上施工准备和处理后土壤养护时间，整个修复工程预计需要 60 个工作日。

5.2.3.5 修复效果评估及土壤终去向

污染土壤经高级化学氧化技术修复后需进行修复效果评估，评估不达标部分重新进行高级化学氧化处理，直至修复效果达修复标准。评估合格部分可直接进行地块内回填。

修复效果评估时，按照每 500 m³ 取一个样品的取样密度进行采样送检。样品采集过程严格依照采样规范布置采样点，使用采样工具在预定深度采集样品。将采集到的所有土壤样品送至具有相关检测资质的第三方检测机构进行分析检测。

5.2.4 异位热脱附+淋洗技术设计

5.2.4.1 修复土壤类型及方量

本地块有机污染土壤可采用异位热脱附+淋洗技术处理作备选方案，热脱附修复有机污染土方量为 13914m³，土壤淋洗主要用于处理地块内氰化物污染土壤，淋洗修复氰化物污染土方量为 1266m³，经修复合格的土壤在地块内进行回填。

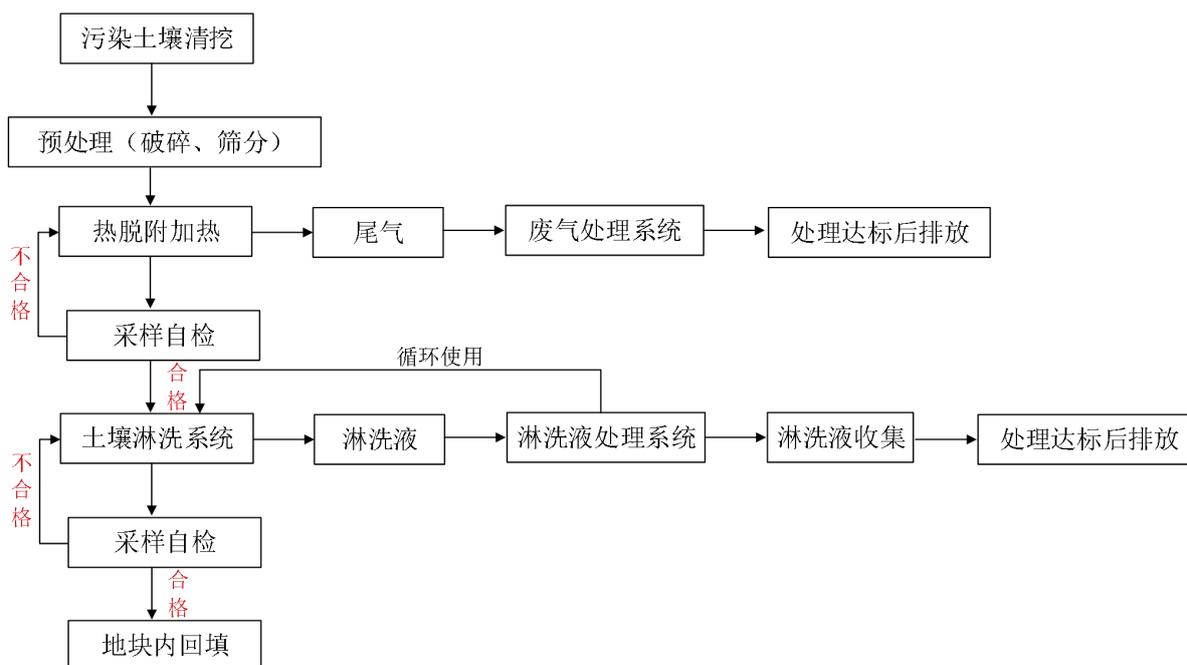


图 5.2-3 异位热脱附+淋洗总体流程图

5.2.4.2 热脱附技术设计

(1) 工艺流程

① 地块内污染土壤清挖与运输

在应用异位处置技术过程中，需要对污染土壤进行清挖运输。挖掘过程中，采用 HDPE 膜或防尘网覆盖。同时，对地块内的气体污染物快速检测，若关注污染物的气体浓度超过一定的标准，则设置污染防治大棚进行二次污染的防治工作，控制土方中污染物挥发扩散。污染土壤拉运均需要使用具有环保标识的机械车辆。

② 土壤预处理与污染物处理

土壤预处理主要包括破碎和筛分。筛分后运送至回转窑进行加热，物

料加热至 550°C 并停留 $\geq 15\text{min}$ ，保证土壤中挥发性有机污染物完全解吸出。热脱附后的土壤由窑尾出料。

③ 尾气去除

热脱附后的有机物、土壤粉尘等污染物随烟气进入旋风除尘器，将混杂在烟气中的土壤粉尘去除后，烟气然后进入二燃室燃烧，二燃室温度 $\geq 850^\circ\text{C}$ ，停留时间 ≥ 2 秒，以高温燃尽有机物。

(2) 主要技术参数

热脱附技术关键参数包括土壤特性和污染物特性两类。

① 土壤特性

a. 土壤质地：土壤质地一般划分为沙土、壤土、粘土。沙土质疏松，对液体物质的吸附力及保水能力弱，受热易均匀，故易热脱附；粘土颗粒细，性质正好相反，不易热脱附。

b. 水分含量：水分受热挥发会消耗大量的热量。土壤含水率在 5~35% 间，所需热量约在 117~286kcal/kg。为保证热脱附的效能，进料土壤的含水率宜低于 25%。

c. 土壤粒径分布：如果超过 50% 的土壤粒径小于 200 目，细颗粒土壤可能会随气流排出，导致气体处理系统超载。最大土壤粒径不应超过 5cm。

② 污染物特性

a. 污染物浓度：有机污染物浓度高会增加土壤热值，可能会导致高温损害热脱附设备，甚至发生燃烧爆炸，故排气中有机物浓度要低于爆炸下限 25%。有机物含量高于 1%~3% 的土壤不适用于直接热脱附系统，可采用间接热脱附处理。

b. 沸点范围：一般情况下，直接热脱附处理土壤的温度范围为 150~650°C，间接热脱附处理土壤温度为 120~530°C。本地块有机物污染物处理目标污染物沸点均在 500°C 以下，能够通过高温热脱附得到有效去除，

具体情况见表 5.2-1 所示。

表 5.2-1 本地块有机污染物沸点

序号	污染物名称	沸点 (°C)
1	苯	80.1
2	氯仿	61.2
3	苯并(a)芘	495
4	苯并(b)荧蒽	481

5.4.2.3 异位淋洗技术设计

(1) 工艺流程

- ①热脱附处理合格的土壤进入物理分离单元，采用湿法筛分或水力分选，分离出粗颗粒和砂粒，经脱水筛脱水后得到清洁物料；
- ②分级后的细粒直接进入或进行增效淋洗后进入污泥脱水系统；
- ③淋洗系统的废水经物化或生物处理去除污染物后，可回用或达标排放。

(2) 工艺设备组成及参数

1) 设备组成

异位土壤淋洗处理系统一般包括土壤预处理单元、物理分离单元、洗脱单元、废水处理及回用单元及挥发气体控制单元等。具体地块处置中可选择单独使用物理分离单元或联合使用物理分离单元和增效洗脱单元。

主要设备包括土壤预处理设备（如破碎机、筛分机等）、输送设备（皮带机或螺旋输送机）、物理筛分设备（湿法振动筛、滚筒筛、水力旋流器等）、增效洗脱设备（洗脱搅拌罐、滚筒清洗机、水平振荡器、加药配药设备等）、泥水分离及脱水设备（沉淀池、浓缩池、脱水筛、压滤机、离心分离机等）、废水处理系统（废水收集箱、沉淀池、物化处理系统等）、浆输送系统（泥浆泵、管道等）、自动控制系统。

2) 主要技术参数

根据前期可行性实验结果，针对氰化物主要采用石灰水淋洗。影响土

壤淋洗处置效果的关键技术参数包括：土壤细粒含量、污染物的性质和浓度、水土比、淋洗时间、淋洗次数、增效剂的选择、增效洗脱废水的处理及药剂回用等。

①土壤细粒含量：土壤细粒的百分含量是决定土壤洗脱处置效果和成本的关键因素。细粒一般是指粒径小于 $63-75\mu\text{m}$ 的粉/粘粒。通常异位土壤洗脱处理对于细粒含量达到 25% 以上的土壤不具有成本优势。

②污染物性质和浓度：污染物的水溶性和迁移性直接影响土壤洗脱特别是增效洗脱处置的效果。污染物浓度也是影响处置效果和成本的重要因素。

③水土比：采用旋流器分级时，一般控制给料的土壤浓度在 10% 左右；机械筛分根据土壤机械组成情况及筛分效率选择合适的水土比，一般为 5:1 到 10:1。增效洗脱单元的水土比根据中试的结果来设置，一般水土比为 3:1 至 20:1 之间。

④淋洗时间：物理分离的物料停留时间根据分级效果及处理设备的容量来确定；一般时间为 20min~2h，延长淋洗时间有利于污染物去除，但同时也增加了处理成本，因此应根据中试结果以及现场运行情况选择合适的洗脱时间。

⑤淋洗次数：当一次分级或增效洗脱不能达到既定土壤处置目标时，可采用多级连续洗脱或循环洗脱。

⑥淋洗废水的处理：对于土壤氰化物淋洗废水，一般采用碱性化学氧化的方法去除水中氰化物。

5.2.4.4 处理效率及周期

(1) 处理效率

目前热脱附设备装备制造能力较为成熟，一般单台处理设备的能力在 3-200t/h 之间。因此，可按项目需求配置一台热脱附系统，满负荷处理能力

30t/h, 正常运行处理能力 25t/h。每日连续工作 24h, 因此, 日处理能力 600t。

(2) 处理周期

本项目可经热脱附系统处理污染土壤共计 13914m³ (约 22262t), 处理运行预计需要 37 天, 具体处理量根据现场需求灵活安排。热脱附设备组成复杂, 调试过程较繁琐。且正式生产前需要进行试车, 一般需要 1 个月到半年左右的时间。处置后设备拆卸, 撤离需要较长时间。

异位淋洗处置的周期和成本因土壤类型、污染物类型、处置目标不同而有较大差异, 与工程规模以及设备处理能力等因素也相关, 一般需通过试验确定, 处理周期在 3~12 个月之间。

5.2.4.5 处置效果评估及土壤终去向

含有机污染物土壤经热脱附技术处置后需进行处置效果评估, 评估不达标部分重新进行脱附处理, 直至处置效果达处置标准。评估合格部分直接进行地块内回填。

处置效果评估时, 按照每 500m³ 取一个样品的取样密度进行采样送检。样品采集过程严格依照采样规范布置采样点, 使用采样工具在预定深度采集样品。将采集到的所有土壤样品送至具有相关检测资质的第三方检测机构进行分析检测。

5.2.5 陶粒窑协同处置修复技术设计

5.2.5.1 修复土壤类型及方量

陶粒窑协同修复可同时修复原江苏永大药业有限公司退役地块氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽等有机污染物和无机物(氰化物)污染土壤, 土方量为 13914m³。

5.2.5.2 工艺流程及参数

(1) 原料的运输、贮存

市政污泥、一般工业污泥、河道淤泥及废弃土等通过专用运输车运至

本厂，经地磅称重计量后，分别卸入相应接收间暂存。接收的污泥含水率约为 60%~80%（主要为 60%）、淤泥含水率约为 15~40%、建筑废弃土含水率约为 20%，直接采用仓库储存。

（2）余热烘干、破碎

来自冷却窑的热风，进入原料烘干机对建筑废弃土和河道淤泥（以下简称“陶土”）进行干化，含水率由平均 20%降低至 3%，烘干后的陶土和回用粉尘、污泥均送入细辊机中进行破碎。破碎工段整个气流系统是密闭循环的，并且是在微负压状态下循环流动，设置布袋收尘装置处理后排放。

陶粒原辅料污泥、废弃土中水分及少量粉尘在陶粒烧制过程中挥发出来，经余布袋除尘后引至排气筒排放。经布袋收集下的粉尘均回用至破碎工段作为原料使用。

（3）混合、陈化

破碎后的陶土、污泥分别经皮带秤计量，送入搅拌机进行强力搅拌使物料充分混合。

混合料通过完全封闭输送皮带运送至陈化区域进行陈化，陈化时间一般 48~72h。陈化的主要作用是使物料充分混合均匀、均化水分，并进行离子交换，使一些硅酸盐矿物与水分接触水解成为胶结物质，从而提高原料的塑性；还可以发生一些氧化还原反应有利于使原料松软均匀，进一步增加塑性、提高流动性和粘结性，为坯体成型做好充分的准备；陈化可改变混合后的物料性质和性能。

（4）造粒

陈化后的物料，通过密封皮带送至造粒系统进行搅拌造粒，制备得陶坯（生料球），选用造粒机为对辊造粒机，造粒过程为密闭情况下进行，造粒过程产生的少量粉尘进入回转窑，和回转窑中烟气一同进入窑炉烟气处理装置。

（5）生料球烘干

生料球通过皮带输送至烘干窑，利用窑尾热烟气对生料球进行烘干，将生料球含水率约 21.8%的生料球干燥至含水率 13%左右，预干燥主要作用在于使生料球失去部分水分产生一定的强度，防止因料球进入烧制窑内快速升温剧烈翻滚而产生炸球，此段升温速度平缓，温度相对较低。

余热利用后的烟气主要含有粉尘，通过风机引入尾气处理系统“旋风除尘器+余热利用（干燥窑）+活性炭喷射（预留）+高温布袋除尘器系统+臭氧+一级碱洗除臭喷淋+一级水喷淋”，处理达标后排放。经布袋收集下的粉尘均回用至破碎工段作为原料使用。

（6）陶粒烧制

烘干的料球经皮带输送至陶粒烧制窑，选择双筒回转窑内含预热段与烧制段，通过特殊结构的窑内换热装置，尽可能的提高换热效率，此阶段为快速失水阶段，消耗热比较多。双筒回转窑长度为 33m，回转窑倾斜设置（4 度倾角），进料后陶粒随窑炉转动自行滚动至出料口。陶粒在回转窑中停留时间约 2h，为连续进料连续出料。

在陶粒焙烧的过程中，维持炉温稳定在约 1200°C的燃料为生物质成型燃料（稻壳）。稻壳收集后由汽车运输至生物质仓库的料仓中，仓库密封储存，稻壳由螺旋输送机输送至磨粉机磨粉后输送至粉仓储存，用燃料气力输送机送至陶粒烧制窑，生物质成型燃料运输、粉磨和转移均在密封的环境下进行。

陶粒回转窑烧制过程产生的窑炉烟气在窑炉尾端温度约 150°C，经“旋风除尘+活性炭喷射（预留）”后去余热干化间进行余热利用；烧制出的陶粒在陶粒冷却窑中采用风冷形式进行冷却，余热部分通过热风回收用于建筑弃土和河道淤泥干燥，陶粒冷却后温度降至 90°C以下，以满足皮带机输送的要求。陶粒原辅料污泥、建筑弃土和河道淤泥中水分在陶粒烧制过程

中挥发出来，在经余热利用后进入尾气喷淋处理系统，在此过程中部分冷凝。

(7) 陶粒冷却

经回转窑焙烧出来的产品即为陶粒，由于其温度较高，须再进入陶粒冷却窑进行冷却。冷却窑采用风冷形式进行冷却，余热部分通过热风（温度约 290°C）回收用于原料烘干，陶粒冷却后温度降至 60°C 以下，以满足皮带机输送的要求

以上陶坯从进入回转窑窑体到最后出窑冷却进仓约 2 个小时。

(8) 分筛

在陶粒贮存区处设备旋转分级筛，按照不同的规格将陶粒分配至不同规格的陶粒储仓，其中大陶粒储仓中的产品粒径均 >10mm，小陶粒储仓中的产品粒径分别为 1-3mm、3-5mm 和 5-10mm。

在提升和筛分时产生的粉尘均收集后送入配套的布袋除尘器，经布袋处理后以无组织形式排放。经布袋收集下的粉尘均回用至破碎工段作为原料使用。

(9) 余热利用

为有效利用回转窑烟气具有的余热，经高温除尘后的陶粒烧制窑炉烟气送入料球烘干段对料球进行干燥，陶粒冷却窑余热通过原料烘干机对建筑废弃土及河道淤泥进行干燥，使其含水率下降，从而增大污泥的掺混比。

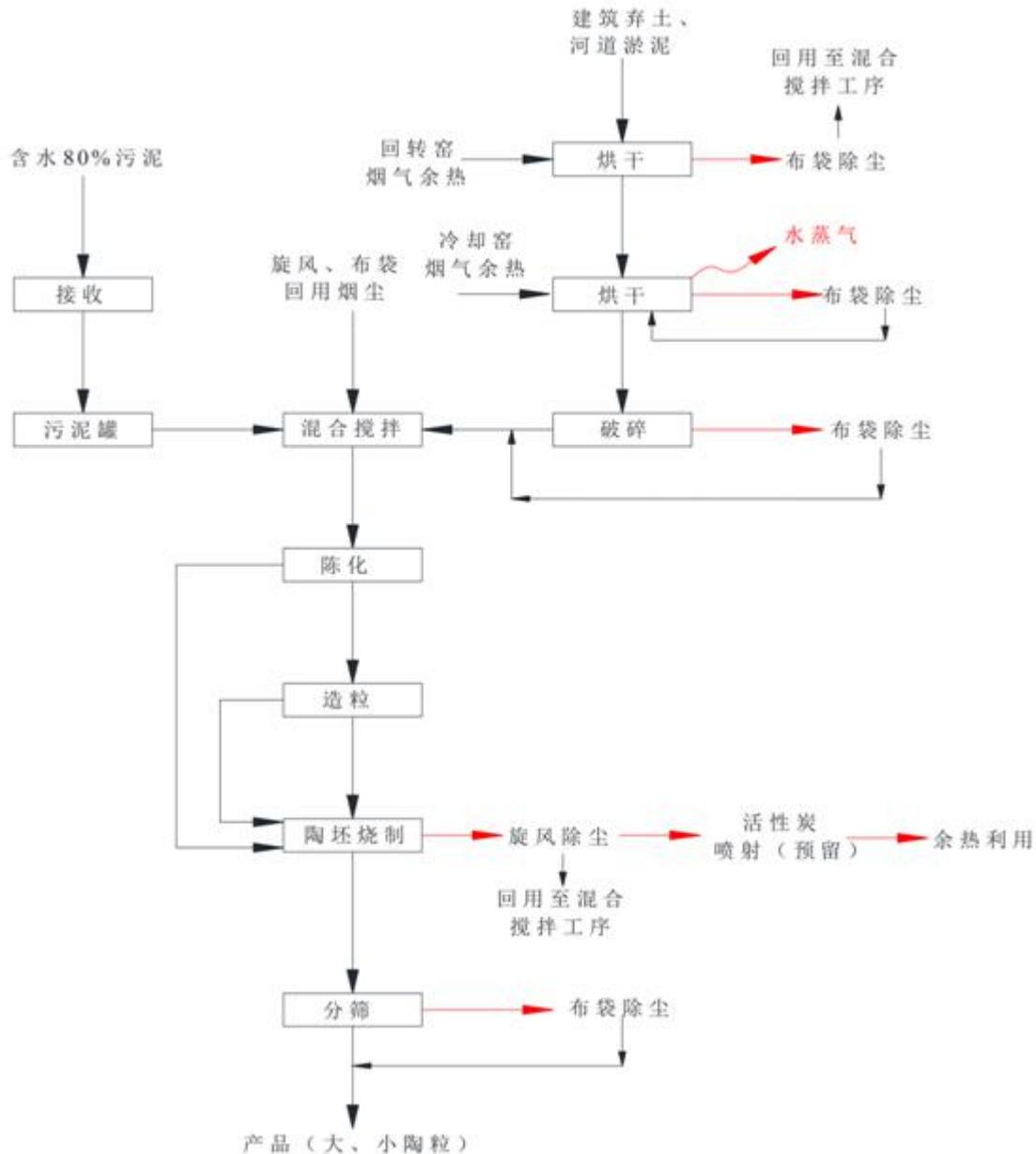


图 5.2-4 陶粒窑协同处置修复工艺流程图

(2) 工艺参数

采用双筒回转窑来烧胀陶粒更新进，工艺更易控制，烧出的陶粒质量更好。主要工艺参数如下：焙烧温度火焰温度 1300~1350℃；物料温度 1050~1200℃；窑内膨胀带长度 3~4m；陶粒在窑内停留时间约 40min；陶粒膨胀倍数约 2.5 倍。其中陶粒焙烧温度是重要的工艺要素，其关系着陶粒的质量，是陶粒烧制的工艺核心。根据同类型企业，采用污泥烧制陶粒，回转窑物料温度维持在 1200℃，在窑内停留时间约 40min。

双筒回转窑的热量由生物质成型燃料提供，生物质成型燃料的低位热值为 16000kJ/kg，生产 1m³ 轻质陶粒需要消耗 80kg 生物质燃料。除了陶粒烧制时需要损耗热量，窑体表皮散热、蒸发生料球水分、烟气带走热损失、化学不完全燃烧损失均需要消耗热量。

5.2.5.3 处理效率及周期

(1) 处理效率

根据以往类似项目处置经验和本项目地块土壤性质，本项目设计日处理量 1000t。

(3) 处理周期

本项目需经陶粒窑协同处置污染土壤共计 13914m³（约 22262.4t）。陶粒窑协同处置运行时间 23 天，具体按现场需求灵活调整。

5.2.5.4 陶粒窑协同处置效果评估

陶粒窑处置过程安全可靠，且污染土壤作为制陶粒的替代原料，和其他配料一起经陶粒窑焙烧后制陶粒；污染土壤中所含污染物经陶粒窑高温和长时间的焙烧被彻底焚毁，污染土壤终变为符合产品质量的成品陶粒并在市场上进行销售，没有废渣和其他废弃物的产生，因此，无需再对焚烧后的土壤进行处置效果评估。

5.3 地下水修复技术工艺参数

5.3.1 抽出处理技术设计

(1) 技术原理

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地下水抽取至地面，通过处理设施、设备将地下水中的污染物进行去除，达到规定的排放标准后排入相应的管网或水体，或直接回注到地下环境中。

(2) 设备组成

处理系统主要包括地下水控制系统和污染物处理系统。主要设备包括钻井设备、建井材料、抽水泵、压力表、流量计、污水处理设施等。

(3) 主要技术参数

关键技术参数包括：渗透系数、含水层厚度、抽水井间距、抽水井数量、井群布局和抽提速率。

①渗透系数：渗透系数对污染物运移影响较大，随着渗透系数加大，污染羽扩散速度加大，污染羽范围扩大，从而增加抽水时间和抽水量。

②含水层厚度：在承压含水层水头固定的情况下，抽水时间和总抽水量都是随着承压含水层厚度增加呈线性递增的趋势；当含水层厚度呈等幅增加时，抽水时间和总抽水量都是呈等幅增加趋势。在承压含水层厚度固定的情况下，抽水时间和总抽水量都不随承压含水层水头的增加而变化（除了水头值为 15m 时）。其主要原因是，测压水位下降时，承压含水层所释放出的水来自含水层体积的膨胀及含水介质的压密，只与含水层厚度有关。对于潜水含水层，地面与底板之间厚度固定的情况下，抽水时间和总抽水量都是随着潜水含水层水位的增加呈线性递减的趋势。

③抽水井位置：抽水井在污染羽上的布设可分为横向与纵向两种方式，每种方式中，抽水井的位置也不同。横向可将井位的布设分为两种：抽水井在污染羽的中轴线上，抽水井在污染羽中心。

④抽水井间距：在多井抽水中，应重叠每个井的截获区，以防止污染地下水从井间逃逸。

⑤井群布局：天然地下水使得污染羽的分布出现明显偏移，地下水水流方向被拉长，垂直地下水水流方向变扁。抽水井的最佳位置在污染源与污染羽中心之间（靠近污染源，约位于整个污染羽的三分之一处），并以该井为圆心，以不同抽水量下的影响半径为半径布设其余的抽水井。

(4) 抽出处理工艺流程

本项目中地下水污染区域采用地下水抽出处理技术进行处理，地下水污染总面积约 3948m²，地下水修复工艺总流程见图 5.3-1。

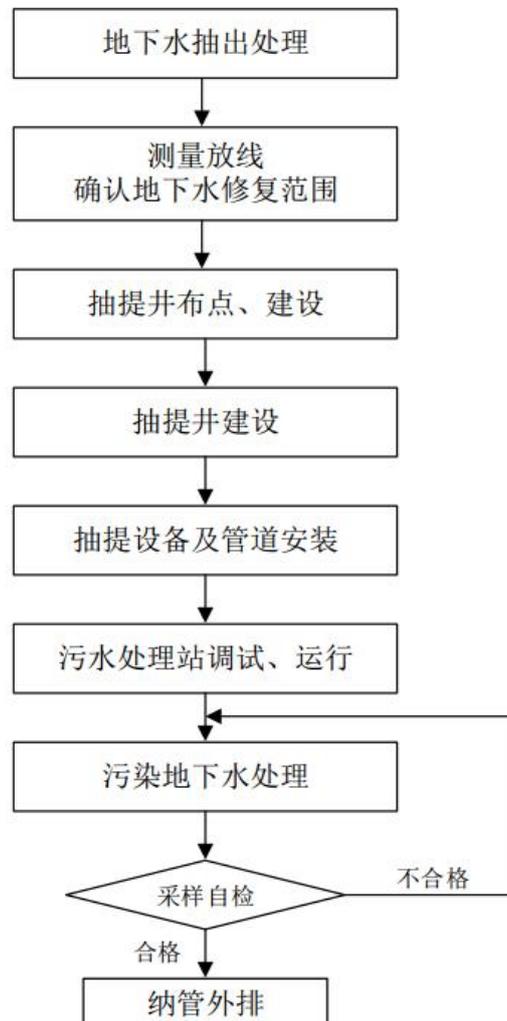


图 5.3-1 地下水抽出处理总流程

①捕获区分析和优化系统设计：通过数学模型来计算捕获区、分析地下水流场、计算地下水抽出时间。对于相对复杂的污染地下水含水层，通过数学模型可以模拟抽出处理方法、设计地下水监测系统和监测频率。

②建立地下水控制系统：**a.**把污染源和地下水污染羽去除相结合，分阶段建立抽出井群系统，通过前期井群建立获取监测数据分析含水层抽出效果，指导后续井群选址；**b.**安装抽水泵；**c.**脉冲式抽取地下水，通过抽取最少量地下水达到最优的污染物去除效率。

③处理抽出污染地下水：选择适当的处理设备和处理方法处理受污染

地下水。

④监测效果评估：建立地下水抽出处理监测系统，评价地下水抽出处理效果。

⑤修复成功后关闭抽出处理系统。

污染地下水经抽提井抽至地面后，通过现场污水管道转移至现场污水处理站进行集中处理，处理后采样送至第三方检测机构检测，达标后纳管排放。除场地内生活污水外，其余场地内产生的一切废水都应统一收集后汇入水处理设施前端的废水收集池中，经废水处理设施处理，废水中 pH 值、化学需氧量（COD）、氯仿等达到接管标准要求，经排水管理部门同意后，方可排入市政管网进入盐城市城东污水处理厂。

表 5.3-1 污水接管标准（单位：mg/L）

序号	监测指标	标准值	标准来源
1	pH	6.5-9.5	污水排入城镇下水道水质标准(GB/T 31962-2015)
2	悬浮物 (SS)	400	
3	化学需氧量 (COD)	500	
4	氨氮	45	
5	氯仿	1	
6	氰化物	0.5	
7	氟化物	20	
8	砷	0.3	
9	镍	1	
10	苯 (苯系物)	2.5	
11	二氯甲烷	0.5	地下水修复目标值

(5) 施工废水处理流程

施工废水主要包括施工过程中产生的污染水、污染地下水、基坑降水、基坑积水及修复区降水。

采用“混凝池+沉淀池+石英砂过滤器+高级氧化+活性炭过滤器+清水池”的处理工艺对废水进行处理，本项目施工废水处理工艺流程如下图所示。

施工过程中产生的废水处理后可以满足《污水排入城镇下水道水质标准》（GB T 31962-2015）表 1 中 B 等级标准，监测指标为常规指标及地下

水中污染物。

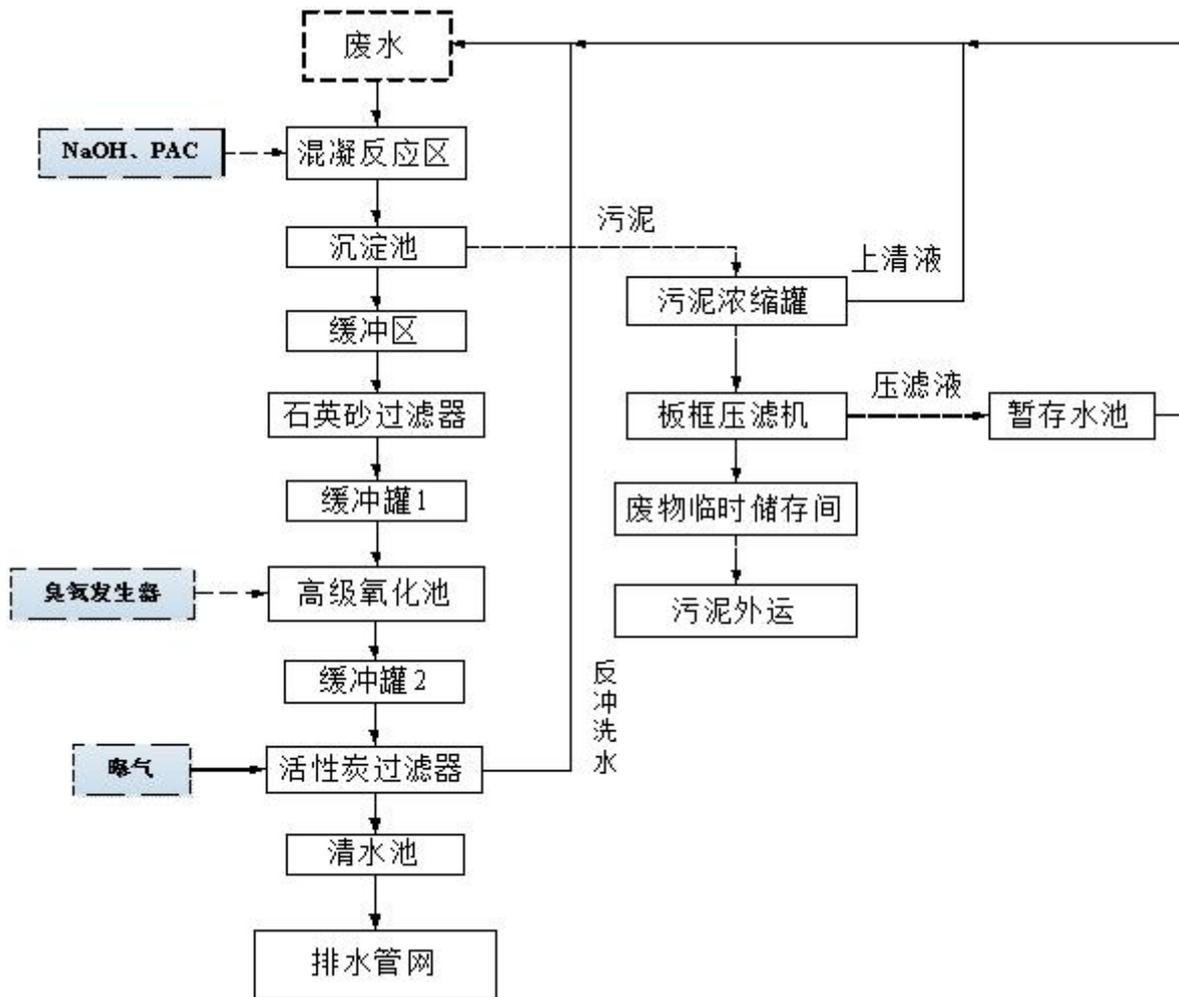


图 5.3-2 污水处理工艺流程图

工艺流程说明：

①混凝：调节进水 pH，使其偏碱性，投加聚合氯化铝絮凝剂，使污水中呈微小悬浮颗粒和胶体颗粒互相产生凝聚作用，成为颗粒较大而且易于沉淀的絮凝体（颗粒粒径 >20 微米），再经沉淀池得以去除。

②沉淀：该系统由混凝、泥斗、溢流堰、缓冲区组成。经过絮凝后的污水在该水池内进行泥水分离，污泥沉淀至泥斗内，定期排往污泥浓缩池，上清液通过溢流堰排至缓冲区，并由水泵打入两级过滤系统。

③石英砂过滤：石英砂过滤器采用石英砂作为填料，可有效去除水中的悬浮物，并对水中的胶体、有机物等污染物有明显的去除作用。

④臭氧氧化：利用臭氧的方式进行氧化，臭氧氧化效果很强，对苯、

二甲苯等有机物具有很好的去除效果。

⑤活性炭过滤：活性炭过滤器采用活性炭作为填料，能有效地去除水中臭味、色度、脱氯、去除有机合成洗涤剂、部分重金属等。

⑥污泥浓缩：经过沉淀后的污泥排往污泥浓缩池，对污泥进行浓缩，减少污泥含水量，上清液回流至混凝沉淀池，浓缩后的污泥到板框压滤机压滤。

（6）处理时间

该技术的处理周期与场地的水文地质条件、井群分布和井群数量密切相关。受水文地质条件限制，含水层介质与污染物之间相互作用，随着抽水工程的进行，抽出污染物浓度变低，出现拖尾现象；系统暂停后地下水中污染物浓度升高，存在回弹现象。

5.3.2 原位化学氧化技术设计

（1）技术原理

原位化学氧化修复技术主要是通过向含水层中注入化学氧化药剂，与污染物产生氧化反应，使污染物降解或转化为低毒产物的修复技术。用于地下水修复的化学氧化一般采用药剂原位入注的方式实施。

（2）设备组成

原位化学氧化设备由药剂制备/储存系统、药剂注入井（孔）、药剂注入系统（注入和搅拌）、监测系统等组成。

其中，药剂注入系统包括药剂储存罐、药剂注入泵、药剂混合设备、药剂流量计、压力表等组成；药剂通过注入井注入到污染区，注入井的数量和深度根据污染区的大小和污染程度进行设计；在注入井的周边及污染区的外围还应设计监测井，对污染区的污染物及药剂的分布和运移进行修复过程中及修复后的效果监测。可以通过设置抽水井，促进地下水循环以增强混合，有助于快速处理污染范围较大的区域。

(3) 主要技术参数

影响原位化学氧化技术修复效果的关键技术参数包括：药剂投加量、污染物类型和质量、土壤均一性、土壤渗透性、地下水位、pH 和缓冲容量、地下基础设施等。

①药剂投加量：药剂的用量由污染物药剂消耗量、土壤药剂消耗量、还原性金属的药剂消耗量等因素决定。由于原位化学氧化技术可能会在地下产生热量，导致土壤和地下水中的污染物挥发到地表，因此需要控制药剂注入的速率，避免发生过热现象。

②污染物类型和质量：不同药剂适用的污染物类型不同。如果存在非水相液体，由于溶液中的氧化剂只能和溶解相中的污染物反应，因此反应会限制在氧化剂溶液/非水相液体界面处。如果轻质非水相液体层过厚，建议利用其它技术进行清除。

③土壤均一性：非均质土壤中易形成快速通道，使注入的药剂难以接触到全部处理区域，因此均质土壤更有利于药剂的均匀分布。

④土壤渗透性：高渗透性土壤有利于药剂的均匀分布，更适合使用原位化学氧化技术。由于药剂难以穿透低渗透性土壤，在处理完成后可能会释放污染物，导致污染物浓度反弹，因此可采用长效药剂（如高锰酸盐、过硫酸盐）来减轻这种反弹。

⑤地下水水位：该技术通常需要一定的压力以进行药剂注入，若地下水位过低，则系统很难达到所需的压力。但当地面有封盖时，即使地下水位较低也可以进行药剂投加。

⑥pH 和缓冲容量：pH 和缓冲容量会影响药剂的活性，药剂在适宜的 pH 条件下才能发挥最佳的化学反应效果。有时需投加酸以改变 pH 条件，但可能会导致土壤中原有的重金属溶出。

⑦地下基础设施：若存在地下基础设施（如电缆、管道等），则需谨

慎使用该技术。

(4) 工艺流程

- ①进行系统设计，建设注射井、降水井及监测井；
- ②配置适当浓度的药剂溶液，向污染区域进行注射；
- ③药剂注射完成一段时间后，采样观察地下水气味、颜色变化情况，并对地下水污染物浓度进行过程监测；
- ④连续监测达标区域停止药剂注射，污染浓度检出较高，或颜色明显异常、异味较重的区域，则增加药剂注射量或加布注射井，直至达到修复标准。

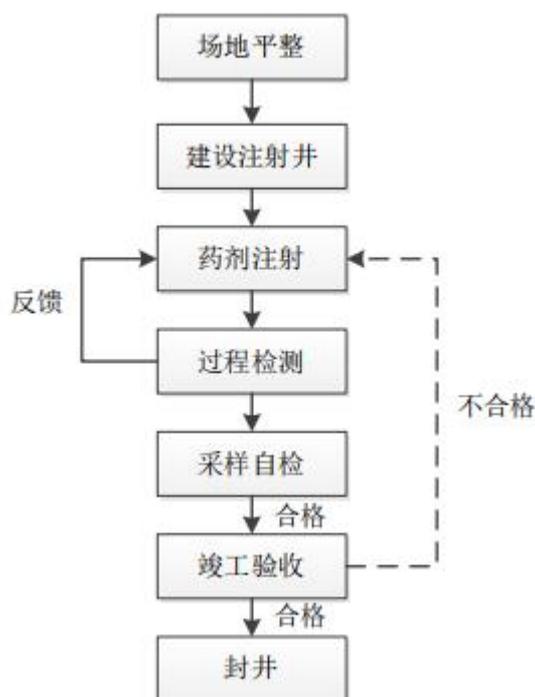


图 5.3-1 原位化学氧化修复地下水流程

(5) 处理时间

根据以往类似项目处置经验和本项目场地土壤性质，注射井有效处理半径约为 2.0~5.0m，场地内地下水污染分布集中，可提高处理效率。具体效率可根据现场设备投入和项目要求调整。设备安装约 15 天完成，原位注射化学氧化药剂系统运行 45 天。

5.4 修复工程量估算

5.4.1 土壤修复工程量估算

本地块土壤修复工程采用异地修复技术，按照技术路线，修复工程应包含土壤清挖、水泥窑协同处置等。根据 3.2.1 节，地块待修复土壤面积为 2319m²，修复土方量为 13914m³，其中氰化物、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽污染土壤修复量为 1266m³，苯污染土壤修复量为 6318m³，氯仿污染土壤修复量为 7596m³。

5.4.2 地下水修复工程量估算

本地块地下水修复工程采用抽出处理-纳管排放修复技术，按照技术路线，修复工程应包含地下水抽出、污水处理等。根据 3.2.2 节，地块待修复地下水面积为 3948m²，修复工程量为 24576m³。

5.5 修复工程费用估算

5.5.1 土壤修复工程费用估算

本地块建议修复污染土壤，可采用异位热脱附+淋洗、异位化学氧化、水泥窑协同修复技术或陶粒窑协同修复技术，具体费用估算情况见表 5.5-1。

表 5.5-1 污染土壤修复工程费用估算表

修复技术	处理方量 (m ³)	综合单价*	费用小计 (万元)
异位化学氧化技术	13914m ³	600 元/m ³	834.84
异位热脱附+淋洗	异位热脱附	13914m ³	1821.6
	淋洗	1266m ³	
水泥窑协同修复技术	13914m ³ (22262.4t)	800 元/t	1780.99
陶粒窑协同处置	13914m ³ (22262.4t)	680 元/t	1513.84

备注：*综合单价参考《关于发布 2014 年污染地块修复技术目录（第一批）的公告》（环境保护部，公告 2014 年第 75 号）中相关推荐值或参考同类项目经验。

5.5.2 地下水修复工程费用估算

本地块建议修复污染地下水可采用抽出处理技术或原位化学氧化技术，具体费用估算情况见表 5.5-2（包含为了防止场地内外的交叉污染，对地块东侧边界和地下水径流下游南侧边界建设止水帷幕增加阻隔措施费用为 177.45 万元。）

表 5.5-2 污染地下水修复工程费用估算表

序号	技术	费用 (万元)
方案 1	原位化学氧化	572.25
方案 2	抽出处理	517.2

5.6 修复方案比选

5.6.1 土壤修复方案比选

针对污染土壤提出的 4 种修复方案，对比分析情况见表 5.6-1。

表 5.6-1 污染土壤修复方案对比分析表

修复技术		处理时间	费用 (万元)	优缺点
水泥窑协同处置技术		预计修复运行时间 23 天	1780.99	可修复体量较大；但不适用于沸点低的有机物污染土壤，且修复成本较高
异位化学氧化修复技术		现场氧化处理工程约需要 35 个工作日，加上施工准备和处理后土壤养护时间，整个修复工程预计需要 60 个工作日	834.84	技术成熟可靠，操作简单，处置成本较低；但受土壤生特性、含水率、pH 等参数影响较大
异位热脱附修复+淋洗技术	异位热脱附修复技术	处理运行预计需要 37 天；热脱附设备组成复杂，调试过程较繁琐，且正式生产前需要进行试车，一般需要 1 个月到半年左右的时间，修复后设备拆卸，撤离需要较长时间	1669.68	处置速度快，处置量较大，适用于大部分有机物污染土壤，并适合处理汞污染土壤；缺点是设备投资较大，处置成本相对较高
	异位淋洗	处理周期在 3~12 个月之间	151.92	污染土壤修复量大，适用于多种污染土壤；但修复成本较高，不适用于土壤细粒（粘/粉粒）含量高于 25% 的土壤，且产生大量的洗脱废水，增加二次污染防治难度
陶粒窑协同处置技术		预计处置运行时间 23 天	1513.84	可处置体量较大，处置成本较低，缺点是不适用于沸点低的有机物污染土壤

综合考虑技术可行性、处理效果、地块配套条件、经济可行性、对周边环境的影响等各方面因素比较其优缺点，提出该地块重金属污染土壤的推荐方案，同时提出相应的备选方案。方案比选见表 5.5-2。根据表中对比分析，推荐污染土壤修复技术方案为水泥窑协同修复技术，备选方案为异位化学氧化技术。

表 5.6-2 污染土壤修复方案比选表

指标	异位热脱附+淋洗	异位化学氧化	水泥窑协同修复技术	陶粒窑协同处置技术
----	----------	--------	-----------	-----------

污染特征针对性	强	一般	一般	一般
技术成熟程度	成熟	成熟	成熟	成熟
修复时间	一般	一般	较短	较短
费用	高	较低	较高	较低
可操作性	较强	较强	较强	较强
周围环境影响	较大	较大	较小	较小
修复效果	能够达到	能够达到	能够达到	能够达到
综合建议	不建议	备选	推荐	不建议

5.6.2 地下水修复方案比选

针对污染地下水提出的 2 种修复方案，对比分析情况见表 5.6-3。

表 5.6-3 地下水修复方案对比分析表

修复技术	处理时间	费用（万元）	局限性
原位化学氧化	设备安装约 15 天完成，原位注射化学氧化药剂系统运行 45 天。	572.25	需关注场地土壤类型及渗透性，注入的氧化药剂应能够扩散覆盖一定范围；适用于处理低浓度地下水污染。
抽出处理	处理周期与场地的水文地质条件、井群分布和井群数量密切相关。	517.2	不宜用于吸附能力较强的污染物，以及渗透性较差或存在 NAPL 的含水层。此外，地下水污染数量大、深度深的情况下，需抽出处理的水量极大，对地上临时污水处理能力要求高，且会导致地下水位线下降，对周边建筑物的稳定性造成潜在影响。

综合考虑技术可行性、地块配套条件、经济可行性、对周边环境的影响等各方面因素比较其优缺点，提出该地块污染地下水的推荐方案，同时提出相应的备选方案。方案比选见表 5.6-4。根据表中对比分析，推荐污染地下水修复技术方案为抽出处理技术，备选方案为原位化学氧化修复技术。

表 5.6-4 地下水修复方案比选表

指标	原位化学氧化修复技术	抽出处理修复技术
污染特征针对性	强	一般
技术成熟程度	成熟	成熟
修复时间	较短	较短
费用	较高	一般
可操作性	较强	较强
周围环境影响	较小	较小
修复效果	能够达到	能够达到
综合建议	备选	推荐

6 环境管理计划

6.1 修复工程监理

项目工程监理的工作内容是质量控制、进度控制、投资控制；合同管理、信息管理、施工安全管理；协调建设单位和承包单位的关系，即“三控制；两管一协调”。项目实施过程中除了要设有工程监理外还应设置环境监理，对工程建设过程中的污染控制和治理措施达标情况进行监督和管理。

6.1.1 工程监理

(1) 工程质量监理

工程质量监理是一个施工全过程的监理,它贯穿于整个合同执行过程的始终。质量监理过程主要可以分为三个阶段:施工准备阶段、施工阶段、工程完工验收阶段。

施工准备阶段：质量监理的主要内容是①审核承包人配备的技术管理人员是否满足质量保证体系的要求，检查承包人的试验室的仪器设备齐全与完好率，注意其试验仪器设备是否在计量部门认证的有效使用时间内。②审查承包人为工程配备的施工机械是否满足技术规范规定的工程质量标准的要求。③审查承包人的混合料配比设计和试验结果。④审查开工报告和施工组织设计，包括对其施工技术方案的审查。

施工阶段：质量监理工作主要有：①对每道工序完工后进行严格的质量验收，合格后才能允许承包人进行下一道施工工序。②对施工中产生的工程缺陷或质量事故进行调查、处理达到设计要求后才准许承包人继续施工。在施工阶段中，监理人员主要就抓住“检查”这个环节，尽可能增加检查时间，不能低于合同规定的检查频率，使检查工作达到足够的广度和深度，这样做的目的就是要通过检查发现问题，做到“防患于未然”，对已出现的质量问题，要及时责令承包人处理改正。

工程完工验收阶段：质量监理的主要任务是对承包人所完成的工程进

行质量验收和评定，检查完成的工程是否达到设计要求和规范有关的质量标准，如果合格，监理工程师应向承包人签发工程检验认可书。

(2) 工程进度监理

工程进度监理的主要程序为确定工程总工期目标，审核施工总进度计划、监督实施施工总进度计划、审核分阶段施工进度计划、监督实施分阶段进度计划、检查实际施工进度、按计划执行等。

①工程进度的事前控制：审核承包单位提交的施工进度计划、施工方案、施工总平面图，主要审核其协调性和合理性。

②工程进度的事中控制：一方面是进行进度检查，动态控制和调整；另一方面及时进行工程计量，为向承包单位支付进度款提供依据。

③工程进度的事后监理：月（季）末对工程实际进度进行检查，如与计划进度有差异时，分析原因，采取相应的纠正措施；制定保证总工期不突破的对策措施；制定总工期突破后的补救措施计划，相应地施工进度计划、材料设备供应计划、资金供应计划等，并取得新的协调与平衡。

6.1.2 环境监理

环境监理应编制针对本地块的环境监理方案，经专家确认通过后开展环境监理工作。由于本工程属于环保工程，对实施监理工作人员的环境保护知识要求较高，所以应以实现环境监理的内容为主导，以保证工程按实施方案展开。本工程全过程中应严格防控二次污染，在重要的污染节点布设监测点，针对异味、扬尘、噪声、污水、修复过程中产生的固体废物等二次污染因素定期进行监测，对施工过程中可能造成二次污染的行为及时进行制止，并做好监理记录，尽可能降低对周边环境的影响。

监理的要点应包含但不限于：

(1) 土壤清挖环节：在清挖区域周边设置大气监测点进行监测；监督污染土壤外运过程中的封闭措施，避免遗撒等情况产生；监督清挖后土壤

堆放地面的防渗情况，检查存储设施密闭情况，在存储设施周边布点监测。

污染区域设置不少于 4 个环境空气监测点，环境空气监测点一般设于周界 10 m 范围内，如果实际情况不允许，可以适当将监控点移至周界内侧。

(2) 修复环节：监督地块地面防渗设施和措施，对处理设施密闭情况、尾气收集处理情况等进行监理，在修复工程周边及场界设置大气环境监测点监测大气二次污染。

土壤堆存区设置不少于 2 个环境空气监测点。

修复区域设置不少于 6 个环境空气监测点，其中暂存及待检区等重点设施各设置至少 1 个环境空气监测点。针对修复工程涉及大气污染物有组织的排放，应重点监控。应委托具有 CMA 实验室认证资质第三方监测机构对有组织排放监测点开展每月 1 次符合国家标准的取样送检。

大气监测指标及标准：处理场区及处理场区周边大气环境中的污染物主要是 VOCs。根据环保要求，地块大气环境中污染物按照《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）执行。此外，对空气中总悬浮物颗粒物（TSP）、粒径小于等于 10 μm 的颗粒（PM₁₀）以及粒径小于等于 2.5 μm 的颗粒（PM_{2.5}）进行监测，按照《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二类区标准执行。

(3) 回填/外运环节：监督回填土壤是否根据土地利用规划合理回填。若土壤需要进行外运，需结合消纳地块条件重新进行风险评估，不得对修复消纳地块造成不良影响。

(4) 污染地表水处理后排放环节：外排前进行采样检测，确保符合修复目标。如果检测结果不达标，将要求施工单位对处理工艺进行改善或进一步处理达标后再排放。在污水处理站正常运行阶段，针对污水处理站处理后的水进行定期采样检测，检测频次为每排放批次检测 1 次（污水处理站出水口采样），检测指标包括 COD、SS、氨氮、总磷以及目标污染物。

(5) 噪声监测与评价

① 布点方案

噪声的监测方法参照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）。噪声监测围绕场区边界线上选择离敏感区域最近的位置，布设不少于 6 个监测点位。每个采样点位置设在高度 1.2 m 以上的位置。

② 采样方法与频率

采用积分声级计采样，采样时间间隔不大于 1 s。白天以 20 min 的等效 A 声级表征该点的昼间噪声值，夜间以 20 min 的平均等效 A 声级表征该点夜间噪声值。测量时间分为白天和夜间两部分。白天测量选在 8:00-12:00 时或 14:00-18:00 时，夜间选在 22:00-5:00 时。项目工期较短，地块内污染土开挖运输与修复施工期间每个月 1 次。

③ 噪声评价标准

噪声标准按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的环境噪声限值执行（昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）），若机械噪声高于标准，则需采取积极措施以控制噪声。

6.2 二次污染防治措施

针对本项目施工过程产生二次污染的风险，主要从水污染、大气污染、固体废弃物污染、土壤污染、噪声污染五个方面采取防控措施。

6.2.1 废水二次污染防治措施

(1) 废水来源分析

污水主要分为以下几个来源：

① 基坑积水

基坑开挖过程中产生低地势可能存在积水。

② 流经过污染土壤地表的地表雨水。

③ 洗车废水等施工污水

为保持项目地块的清洁，地块内运行的车辆需定期清洁车轮等，其他施工设备的清洁过程也会产生污水。

④项目生活污水

项目现场使用生活用水，将会产生一定的生活污水。

(2) 防治措施

①雨水收集处理

为防止雨水流入，降低基坑废水处理量，本项目采取雨污分流方式。在基坑外做截洪沟，基坑外雨水通过截洪沟外排。基坑施工过程中，采取雨期铺上雨布覆盖，收集雨水，并进行检测，测定符合达到相应标准后排放。如若已被污染而不达标，需经处理后达标排放。防雨范围包括挖掘区、污染物堆放区、修复区和所有与污染物有直接接触的设备。

②基坑渗水处理

污染场地清挖过程中基坑渗水统一收集，收集后经处理达标准后排放。

③生产废水处理

污染场地下雨造成的基坑积水，修复场地污染土壤堆放产生的渗水，车辆、设备清洗水，抽出污染地下水统一收集，收集处理达标后接管排放。

④施工人员生活污水

施工人员在生活区产生的生活污水，应收集后接入市政污水管网，进入污水处理厂达标处理。

6.2.2 大气二次污染防治措施

(1) 污染来源分析

废气、粉尘及异味产生环节主要是施工过程中清挖现场、污染土壤运输环节以及修复过程所产生的。需要采取妥善的防护措施，消除废气、粉尘及异味可能产生的环境影响。

(2) 防治措施

①施工过程中产生的粉尘根据实际情况按需洒水，进行大面积土方开挖前，采用机动车洒水的方式，减少施工过程中的无组织扬尘。



现场洒水降尘



进出车辆冲洗

②防尘网的苫盖

为有效抑制扬尘，现场土方、工程渣土和建筑垃圾表面应苫盖防尘网。



现场土堆苫盖防止扬尘

③土方在运输过程中由于散落也会造成二次污染，因此应组织人员及时清理与收集，防止污染土壤的二次污染；另外，运输便道易扬尘，故便道应注意洒水，防止扬尘污染。

④针对土壤开挖、短驳、暂存、修复处理等过程中产生的刺激性异味，要求采取精细化施工、控制开挖面积、喷洒气味抑制剂、覆膜、建设大棚室内施工等方式，控制刺激性异味的扩散，杜绝扰民情况的出现；并强化

修复施工过程中对空气中修复目标污染物、大气环境空气标准指标、恶臭指标等的监控。

6.2.3 固体废物二次污染防治措施

(1) 修复实施过程中要求设置专职人员负责卫生打扫及垃圾收集。全面管理废弃物的存放、收集及处理并对整个施工现场的废弃物处理进行监督，发现有不合法的做法及时纠正。

(2) 有害有毒废弃物必须单独存放，设置专门堆放的密封桶或有防止再次污染要求的专门地块。

(3) 根据施工现场的地块情况在工地现场设立一个垃圾站，对废弃物及垃圾集中堆放。在运输中确保不遗撒、不混放。



固体废物统一收集管理

(4) 废弃物堆放地块根据现地块的情况，需做完全封闭处理。

(5) 可回收利用的废弃物应回收利用。并且施工生产中应加强管理尽量减少废弃物产生量，特别是危险废弃物的产生量。

(6) 对于可回收部分应分类进行处理可用废弃物换取资源（如废纸、废报纸换取再生纸等），一方面处理了废弃物，一方面充分利用了废弃物。

6.2.4 危废环境管理措施

本项目施工过程中会产生以下几种危废，对应的收集、修复方式如下：

(1) 挖掘过程中遭遇到被界定为危险废物的物质，按危险废物处理修复要求在现场进行密闭封装，再送交有资质的单位进行修复

(2) 进场修复药剂采用特定包装桶运输，包装桶可以重复利用，由各自药剂供应商负责回收。

(3) 施工过程中进场修复药剂产生的废包装袋，以及人员安全防护产生的废手套、废防护服和废口罩等采用密封塑料袋统一收集后交由有相应危废修复资质的公司进行修复。

(4) 为加强对危险废物转移的有效监督，根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》有关规定，实施危险废物转移联单制度。



危险废物统一收集管理

6.2.5 污染土二次污染防控措施

土壤二次污染主要来源于土方开挖、运输、暂存过程中。主要可采取以下防控措施：

(1) 污染土暂存场所设计要求参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020)；

(2) 在进行地块清理作业时，应在作业前、作业中对作业表面洒水防尘；

(3) 当遇到大风天气，应尽量采取密封方式作业或对暴露土壤进行苫布覆盖；

(4) 作业面出现扬尘时，应采用洒水车进行定期洒水作业。

6.2.6 噪声污染防控措施

(1) 污染来源分析

施工过程中噪声产生源主要为挖掘机、运输车辆、筛分机和空气压缩机等设备运行时产生的机械设备噪声。施工时，需合理安排机械设备施工，采取降噪措施，削减噪声源源强度，机械配备消声装置，保证白天与夜间场界噪声达标，现场噪声定期监测。本项目以机械噪声和风机噪声控制为重点，从施工现场的各个方面进行噪声的安全管理。

(2) 防护措施

①人为噪声的控制

施工现场提倡文明施工，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。控制施工车辆产生的噪音，强化车辆管理、进出场、厂内禁止鸣笛。

②强噪声作业时间的控制

夜间需要作业的，应尽量采取降噪措施，事先做好周围群众的工作。

③强噪声机械的降噪措施

所选施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。尽量选用低噪声或备有消声降噪设备的施工机械。动力、机械设备的使用过程中，应加强日常管理及维修保养工作，避免异常噪音的产生。

④加强施工现场的噪声监测

加强施工现场环境噪声的长期监测，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。

6.2.7 地下水污染防控措施

东侧现状为空地和文海雅苑（安置房）一期工程，考虑到紧邻东侧空地和文海雅苑（安置房）一期工程后期开发过程中涉及地下工程基坑开挖和降水，地块内未修复地下水向东径流补给可能对施工人员和未来居民造成健康风险，同时地块紧邻地表水，地表水与地下水水力交换频繁，为了防止场地内外的交叉污染，对地块东侧边界和地下水径流下游南侧边界增加阻隔措施，建设止水帷幕切断地块的水力联系。首先进行导墙建设，导墙是保证垂直阻隔位置准确和成槽质量的关键，建议采用三轴水泥搅拌桩结构导墙，导墙垂直深度 0.8m，厚 0.2m，单侧宽度 1m，导墙宽度为 1000mm。然后采用液压成槽机成槽，开槽宽度 1.0m，深度为水平地面以下 13m，总长度约 455m，填入复合防渗材料，压实成墙。

修复过程中可能会存在土壤污染物的下渗风险，因此，需加强对本项目区域地下水的管控，在污染土壤修复过程中，对地下水进行定期监测。

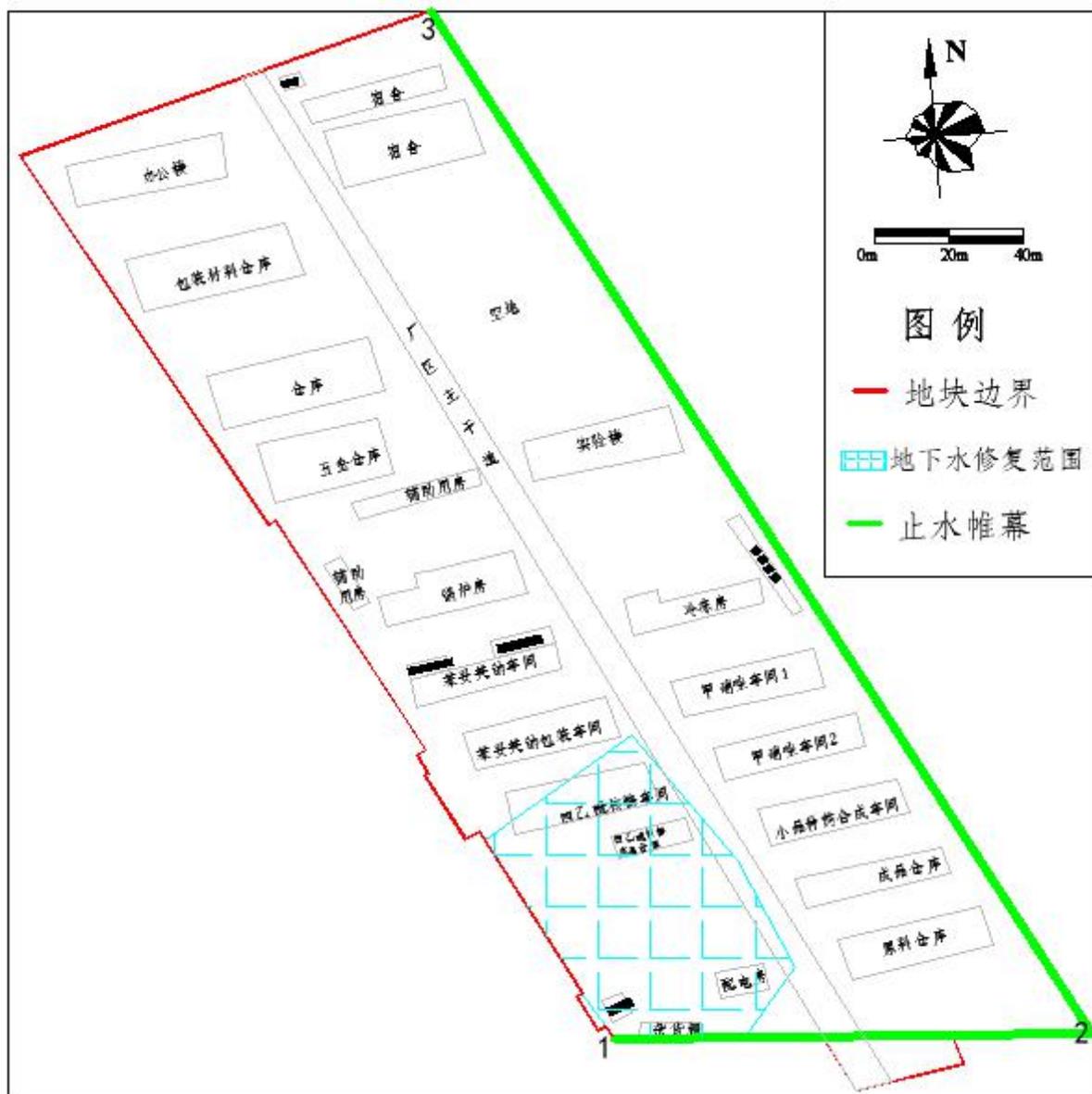


图 6.2-1 地下水止水帷幕范围图

表 6.2-1 止水帷幕工程费用估算表

工程名称	单位	工程量	预算单价 (元) *	预算合价 (万元)
止水帷幕	m ³	5915	300	177.45

备注：*综合单价参考同类项目经验。

6.2.8 土壤异味防控措施

现场人员在本地块土壤和地下水采样过程中记录了地块土壤异位情况。根据现场采样时嗅觉感官记录，对不同程度的异味进行赋值，对场地上不同区域的异味分布进行表征，气味程度可分为无、轻微、明显、强烈 4 种级别，调查中发现 B 区 S22 点存在异常气味。

(1) 开挖过程异味控制

①每个区域土壤清挖完成后，测量定位下一区域的污染土壤区域，继续清挖工作。由于地块土壤清挖深度大于 3m，采用多次清挖作业。

②采用土壤取样网格布点法，在开挖时以目前确定的污染区域开挖，如果区域清挖完后仍发现存在异味土壤，则实施拓展开挖，即在开挖土壤的周边再开挖 1m，按照延展 1m 的标准逐步推进，直至消除异味土壤为止。

③清挖的异味土壤，立即在场地内进行简单筛选（筛分过程中可配备适量气味抑制剂防止异味扩散，同时做好防尘措施），筛分过程应在相对密闭的空间（搭棚等）内进行，筛分后异味土壤应达到水泥窑接收标准，便实施转运，随挖随放至专门在现场等候的清运土方车，经压实后采取防洒漏措施，立即送往处置单位；如在清挖过程中需暂停进行一段时间的休息，暂停期间，土方车装载的土壤应覆布进行遮盖防止异味散发。

④施工过程中产生的无污染和无异味土壤，采用土方车送至清洁土的暂存场所，不可使用尚有异味土壤残留的清运土方车，不可令异味土壤与异味土壤混淆。

⑤施工人员应与监理人员事前协商好施工操作细则，清挖过程中也应及时沟通，做好异味土壤和一般弃土的确认工作及其土石方量的清算工作。

⑥项目部应将清挖清运计划进行张贴公示，说明异味造成的影响为暂时影响，作好周边居民的群众工作，取得群众的理解。

(2) 运输过程异味控制

运输期间，针对尚未转运的异味土壤依旧要做好遮盖措施，防止异味土壤受扰动后影响范围扩大。

(3) 暂存过程异味控制

(1)需要对外运土壤需要进行危废鉴定时，基于本地块土壤异味情况，应将危废鉴定程序提前，置于土方开挖之前，采用原位鉴定的方式。

(2) 已清挖出的异味土壤健全现场生态保护和环保水保工作制度，建立异味土壤暂存相关操作制度，加强环保意识和监督管理，落实管理责任。

(3) 预处理暂存等施工均在大棚内进行，减少异味的扩散，建立标志牌，以防与正常弃土混淆。

(4) 转运过程中应尽量减少对暂存异味土壤的扰动，做好周边排水，防止雨水在弃土表面形成径流，对暂存土壤造成冲刷造成下游污染。

(5) 在运输车辆转运过程中，应注意保持暂存场所异味土壤土堆内高外低的坡势，避免降雨时在暂存场所的弃土场内形成水洼地。

(6) 完善暂存场所对异味的控制措施，堆放期间，对暂存场所的异味土壤表面采用塑料膜等进行覆盖，减少土壤的裸露，防止扬尘、异味对周边环境造成影响。

(7) 运输车辆对异味土壤实施转运时，应注意装料适中，并采用篷布覆盖以免沿途撒漏。对暂存场所外的遗洒异味土壤及时收集，集中堆放回规定的储存场所内。

(8) 筛分后的石块清洗水可与洗车废水一并处置，用于异味土壤开挖过程中的喷洒抑尘。

通过以上暂存环保措施，能有效降低异味土壤堆放过程中的异味和水土流失等对周围环境的影响，避免造成扰民问题。

6.3 修复工程效果评估监测

根据《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）和《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则(试行)》（HJ 25.5-2018）的要求，污染地块风险管控与土壤修复效果评估应对土壤、地下水是否达到修复目标是否达到规定要求、地块风险是否达到可接受水平等情况进行科学、系统地评估，提出后期环境监管建议，为污染地块管理提供科学依据。

6.3.1 工程修复效果评估原则

(1) 针对性原则

根据修复施工整体布置，针对施工单位的修复实施过程和修复效果，以及质量控制单位的质量控制措施，按照我国现有法律法规、技术导则的要求，制定有针对性的效果评估方案，通过现场考察、采样分析，评价其修复效果。

(2) 规范性原则

严格遵循《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）、《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）、《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）等相关技术规范的要求，对地块现场采样、样品保存运输、样品分析等一系列过程进行严格的规范性控制，保证调查和评估结果的科学性、准确性和客观性。

(3) 可操作性原则

综合考虑修复施工工程整体布置、地块复杂性、环境条件等因素，制定可操作的修复工程效果评估方案，确保效果评估工作顺利开展。

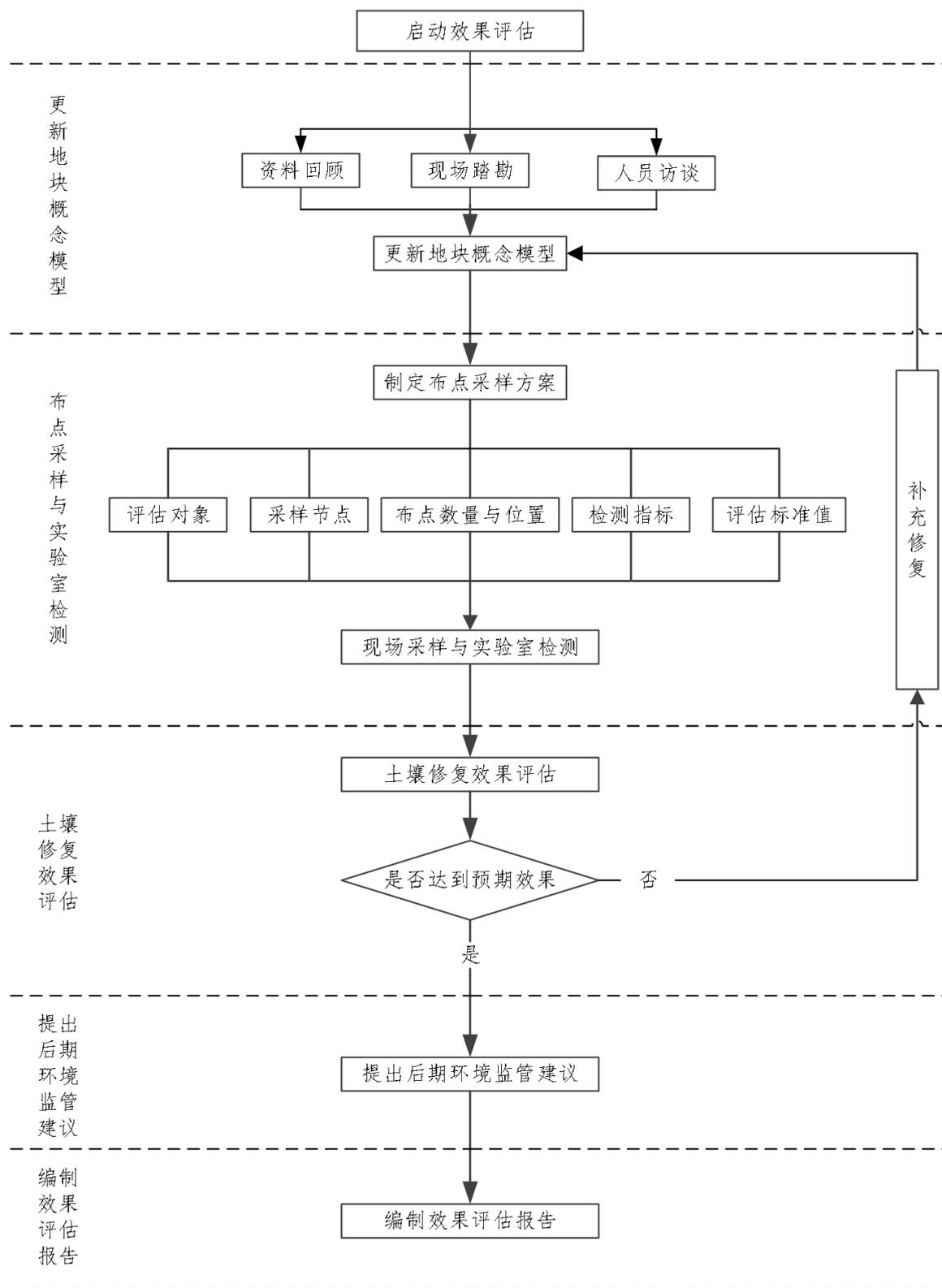


图 6.3-1 污染地块效果评估工作程序

6.3.2 效果评估要求

(1) 工程效果评估目标：该地块修复工程效果评估项目应包括地块内

土壤及污染地下水水中的修复目标污染物。地块内修复工程效果评估目标值体系见 3.3 节所述土壤和地下水修复目标。

(2) 地块效果评估目标：在达到 3.3 节土壤修复目标值的同时，要求对地块土壤修复效果进行综合评估，修复后地块土壤对人体健康风险、环境风险等需满足地块规划开发建设要求。

6.3.3 土壤修复效果评估

(1) 资料收集

针对修复后回填土壤，核查施工单位、工程监理单位、质控单位的日常工作台账和施工单位自检、质控单位检验报告。具体内容包括：

施工单位：经环保局备案的施工实施方案、污染土壤修复记录、修复工程量记录、二次污染防治措施台账、施工日志、委托监测单位资质、修复后自检采集方案、采样记录及结果报告；

工程监理单位：修复工程量记录、工程监理记录和监理报告；

环境监理或质控单位：经环保局备案的质控工作方案、质控单位的工作记录、二次污染监督记录、二次污染现场检测记录及结果、质控委托监测单位资质、质控检验采样记录及结果报告等。

(2) 样品采集

① 基坑侧壁

基坑侧壁采样布点原则的确定主要依据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019），再根据修复施工的实际情况进行适当调整。侧壁采用等距离布点方法，根据边长确定采样点数量。由于各修复区块形状不规则，根据书面资料无法较准确的预计修复区块边长或周长，各层采样点数根据现场实际开挖情况，对开挖坑侧壁长度进行实际测量，根据测量结果进行点位布设。同时根据修复深度进行垂向分层采样。

基坑侧壁采样布点：当基坑深度大于 1 m 时，侧壁应进行垂向分层采样，应考虑地块土层性质与污染垂向分布特征，在污染物易富集位置设置采样点，各层采样点之间垂向距离不大于 3 m，采样点间隔不超过 40 m，具体根据实际情况确定。

② 基坑底部

基坑底部采样布点原则的确定主要依据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）的规定，再根据修复施工的实际情况进行适当的调整。基坑底部采用网格布点的方法，采样数量根据底部面积确定，各区块在不同深度上有重叠，仅在最深处基坑底部设点采样。具体采样点拟根据现场实际开挖情况进行布设。

基坑底部及侧壁出现超过修复目标值情况时，对超标点位要求按照不小于 0.5 m 的步长向外、或向下继续开挖，确保基坑清挖或修复达标。

表 6.3-1 基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量

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

③ 修复土壤

修复后回填土壤采样布点原则的确定主要依据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）的规定，再根据修复施工的实际情况进行适当的调整。导则要求对于原地异位治理修复工程措施效果的监测，处理后土壤应布设一定数量的监测点位，每个样品代表的土壤体积

应不超过 500 m³，按照堆体模式处理的修复技术，在堆体拆除前采样，应该结合堆体大小设置采样点，推荐数量见表 7.3-2。修复后土壤一般采用系统布点法设置采样点，同时考虑修复效果空间差异，在修复效果薄弱区增设采样点。

将检测分析与所要求的修复标准进行比较。如样品中修复目标污染物低于修复目标值则达到效果评估标准，评估合格。如样品中污染物检测值大于修复目标值，则未达到效果评估标准，其对应代表的土壤需继续进行二次处理，然后再同样的方法采样与检测，直到全部修复土壤修复目标污染物低于修复目标值。

表 6.3-2 堆体模式修复后土壤最少采样点数量

堆体体积 (m ³)	采样单元数量 (个)
x < 100	1
100~300	2
300~500	3
500~1000	4
每增加 500	增加 1 个

(4) 不合格土样处理

将检测分析与所要求的修复标准进行比较。如样品中修复目标污染物检测值低于修复目标值或则达到效果评估标准，评估合格。如样品中污染物检测值大于修复目标值，则未达到效果评估标准，其对应代表的土壤修复区域需继续进行二次处理，然后再同样的方法采样与检测，直到全部修复区域效果评估合格为止。

6.3.4 地下水修复效果评估

(1) 评估范围

地下水修复效果评估范围应包括地下水修复范围的上游、内部和下游，以及修复可能涉及的二次污染区域。

(2) 采样节点

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。

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。

（3）采样持续时间和频次

地下水修复效果评估采样频次应根据地块地质与水文地质条件、地下水修复方式确定，如水力梯度、渗透系数、季节变化和其他因素等。

修复效果评估阶段应至少采集 8 个批次的样品，采样持续时间至少为 1 年。

原则上采样频次为每季度一次，两个批次之间间隔不得少于 1 个月。对于地下水流场变化较大的地块，可适当提高采样频次。

（4）布点数量与位置

原则上修复效果评估范围上游应至少设置 1 个监测点，内部应至少设置 3 个监测点，下游应至少设置 2 个监测点。

原则上修复效果评估范围内部采样网格不宜大于 80 m×80 m，存在非水溶性有机物或污染物浓度高的区域，采样网格不宜大于 40 m×40 m。

地下水采样点应优先设置在修复设施运行薄弱区、地质与水文地质条件不利区域等。

可充分利用地块环境调查、工程运行阶段设置的监测井，现有监测井应符合地下水修复效果评估采样条件。

(5) 检测指标

修复后地下水的检测指标为修复技术方案中确定的目标污染物和产生的二次污染物。必要时可增加地下水常规指标、修复设施运行参数等作为修复效果评估的依据。

6.3.5 施工过程环境监测

6.3.5.1 水环境监测

(1) 监测点位

现场污水及地下水收集至现场集水池集中贮存，集水池内污水经水处理设施处理后排放至清水池暂存，检测达标后排放，污水监测点位为集水池和清水池中水样。

(2) 监测指标及污染物

污水监测指标为地下水中污染物及水质常规指标，监测指标及相关参考标准如下表所示。

表 6.3-3 污水监测标准（单位：mg/L）

序号	监测指标	标准值	标准来源
1	pH	6.5-9.5	污水排入城镇下水道水质标准(GB/T 31962-2015)
2	悬浮物 (SS)	400	
3	化学需氧量 (COD)	500	
4	氨氮	45	
5	氯仿	1	
6	氰化物	0.5	
7	氟化物	20	
8	砷	0.3	
9	镍	1	
10	苯 (苯系物)	2.5	
11	二氯甲烷	0.5	地下水修复目标值

(3) 监测频率

地下水监测频率依据现场水处理情况及进度安排适时取样监测，以保证在现有的水处理设施条件下现场施工污水能够达标外排并不影响整个施工进度。

6.3.5.2 大气环境监测

大气检测包含全厂区无组织排放监测、暂存处理车间设备尾气排放口监测。

(1) 污染场地及周边大气监测

1) 布点监测

①布点方案

根据监测范围大小、污染物的空间分布特征、气象因素和场地周边环境综合考虑确定，监测点位应包括场地上下风向边界和周边的主要大气环境敏感目标。

②监测方法与频率

施工前和施工完成后空气采样方法严格按照国家环境保护总局编写的《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》的采样方法，选用专用大气采样器进行采样分析。

施工期间空气采样方法参照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》中规定的采样规范设定，按国家环境保护总局编写的《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》的采样方法进行采样分析，并与所要求标准进行比较与评价。在每次监测分析数据出来后与以上标准相比，若超出以上标准，应及时检查治理场区施工作业。

施工前：空气采样监测 1 次。

施工过程中：结合施工进度，每月监测 1 次。

施工完成后：空气采样监测 1 次。

③监测指标及评价标准

处理场区及处理场区周边大气环境中的污染物主要是 SVOCs /VOCs 类污染物质。根据环保要求，场地大气环境中污染物按照江苏省地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041-2021）执行。

表 6.3-4 项目实施过程中大气质量监测评价标准

类型	污染物	无组织排放监控浓度限值 (mg/m ³)	监控点
----	-----	----------------------------------	-----

1	苯	0.1	边界外最高浓度点
2	二氯甲烷	0.6	
3	氯仿	0.4	
4	苯并 a 芘	0.000008	
5	颗粒物	0.5	

此外，对空气中总悬浮颗粒物（TSP）、PM₁₀ 进行监测。按照《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）执行。

表 6.3-5 环境空气污染物浓度限值

污染物	平均时间	浓度限值 (ug/m ³)
TSP	24 小时	300
PM ₁₀	24 小时	150

2) 场地日常巡检

施工期间采用光离子化检测器（PID）来实时监测挥发性有机污染物在场区内空气中的相对浓度，并根据 PID 浓度判定所需的安全防护等级及环境安全管理措施。专人巡逻场内监测各关注点使用 PID 监测，每日 4 次。

(2) 处理车间尾气排放口监测

用于污染土壤暂存的密闭车间，这些设施均设置有尾气处理装置。为了监控与管理尾气处理装置（系统）是否正常运行，各个尾气处理的排气口均需监测，按照江苏省地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041-2021）。

表 6.3-6 尾气排放标准

类型	污染物	最高允许排放浓度 (mg/m ³)	最高允许排放速率 (kg/h)
1	苯	1	0.1
2	二氯甲烷	20	0.45
3	氯仿	20	0.45
4	苯并(a)芘	0.0003	0.000009
5	颗粒物	20	1

相应指标执行每月至少监测 1 次，监测各个车间尾气样品。

(3) 地块内 VOCs 无组织排放监测

厂区内 VOCs 无组织排放限值应符合江苏省地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041-2021）表 2 的规定。

表 2 厂区内 VOCs 无组织排放限值

污染物项目	监控点限值 mg/m ³	限值含义	无组织排放监控位置
NMHC	6	监控点处 1 h 平均浓度值	在厂房外设置监控点
	20	监控点处任意一次浓度值	

6.3.5.3 噪声环境监测

在修复工程实施过程中，需对机械作业产生的噪声进行监测。测量时尽量选择无雨、无雪、风力 6 级以下的气候，且选在场地平坦、无大反射物的场地中进行监测。

2) 监测方法与频率

采用积分平均声级计采样，以 20 min 的等效声级表征该点的噪声值。施工过程中：结合施工进度，每月至少监测 1 次。

3) 监测指标及评价标准

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）标准。

表 6.3-7 建筑施工场界环境噪声排放限值

昼间 dB (A)	夜间 dB (A)
70	55

(2) 场地日常巡检

施工期间采用手持式分贝计来实时监测场区内外噪声，专人巡逻敏感目标附近，每日 1 次。

6.3.5.4 应急监测

对于施工过程中发现异常时（比如现场 PID 读数高、现场异味较大、雨水有颜色以及噪音较大等），进行应急专项监测，针对出现的突发状况进行相对应的水监测、大气监测和噪声监测。

6.4 环境应急方案

6.4.1 风险防范

6.4.1.1 风险污染物种类及控制要求

清挖施工现场空气污染排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB

16297-1996)中的一级标准,噪声控制参照《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)执行。

6.4.1.2 风险控制点

- (1) 清挖施工现场;
- (2) 土壤运输过程;
- (3) 水泥窑协同处置单位污染土壤暂存场;
- (4) 污染土壤水泥窑处置过程。

6.4.1.3 风险控制措施和方法

(1) 清理施工现场风险控制措施及方法

1) 控制清理过程中开挖的作业面,尽量选择最优作业面,既能保证施工进度,确保工期按时完成,同时控制空气中污染物的浓度达到国家相关标准。

2) 污染土壤清理过程中,挖掘机铲斗平稳操作,禁止远距离抛扔污染土壤或者从高处将污染土壤抛扔到运输车上。向运输车上装污染土壤时,应尽量使挖掘机铲斗贴着车身进行装卸。

3) 本次处理的污染物的挥发性和温度关系较大,因此尽量在温度低时进行开挖,若在夏季施工则尽量减少开挖的工作面或选择早晚气温低的时间施工,保证空气质量。

4) 控制扬尘法。确保场内路面湿度适度,不产生扬尘,控制运输车辆速度(5公里/小时)和场内车辆数量,根据情况随时洒水。控制一次性开挖面积,集中施工,精选设备,随时喷水降尘,预防大面积扬尘污染;对每个已经清挖完部位经自检合格后,立即用密目网进行覆盖,减少扬尘源。遇4级以上风时停止施工,现场内所有设备静止。安排人员对现场巡察,发现有扬尘产生时,立即调动高压水车,进行喷水降尘。

5) 表层土壤易形成扬尘控制措施。在0~20 cm线内设置高压喷水设

施，以两喷水设施正好交接无漏喷为准，设一道喷水主水管线，将所有喷水设施连接在主管线上，主水管另一端与高压喷水车连接，进行大面积雾状喷水，要求标准，水渗透 5 cm 左右，严格控制水量，目测加机械清挖法，试验不产生扬尘后进行施工。新清挖出的作业面在清挖完成后，立刻用苫布苫盖。

6) 清挖设备控制污染法。挖土机采取轻挖，慢转、轻放、清边清底准确、装车适量的原则，进行施工，①轻挖：即挖土机铲斗不易挖掘过满，以免扬尘和转动时将污染土壤甩出造成其他土壤污染，②慢转：即挖土机在转动时，应放慢速度，过快会将铲斗内污染土壤甩向无污染土壤，造成二次污染，③轻放：因本次污染基本为表层土，含水量低容易扬尘，因此轻放可减少粉尘污染，④清边、清底准确：沿线清边，保证放坡系数，清底准确不超挖、漏挖，是确保本次污染土壤清挖不遗留的关键，⑤装车量适度：装车超量时，污染土壤突出大厢，容易产生运输途中遗撒，造成二次污染，装车量过小时造成机械浪费，因此本工程要求装车适量。

(2) 暂存及修复现场风险控制措施及方法

修复过程中布置空气监测点，确保修复现场空气中颗粒物浓度超标时，减少作业面，或停止作业，确保作业现场空气中颗粒物浓度达标。

6.4.1.4 冬季安全施工

(1) 冬季施工方案

当预计连续 10 天的平均温度低于 +5°C，日最低温度低于 -3°C 时，砖砌体施工要按冬季施工要求进行。当室外日平均气温连续 5 天稳定低于 +5°C 时，混凝土结构施工应采取冬季施工措施。凡最低天气气温突然下降至 0°C 或 0°C 以下时，应采取相应的冬季施工措施。

1) 组织准备

组织有关人员对工程进行一次全面检查，确定防寒重点部位，并对施

工顺序，施工方法，工艺进行相应调整，以适应冬季施工。同时搜集当地历年气象资料，以便使预计气温尽量接近实际，并注意当地天气预报，事先做好防寒准备工作。

2) 技术准备

冬季施工前制定技术措施，并下发到有关人员手中。在每个分项工程施工前，组织有关人员学习冬施技术措施，并进行详细的技术交底。

3) 现场准备

保持现场的道路通畅，且道路无结冰。给水、排水管道做好保温以防冻坏或堵塞。根据工程需要，组织有关机具和保温材料提前进场。确保办公及生活区冬季采暖及相应的防火要求。各类施工机械入冬前参照相关规定进行冬季保养，加注冬季润滑油、防冻液，做到停机防水，遮盖篷布，并安装安全的取暖设备。冬季施工安全专项措施。

(2) 冬季防寒施工安全措施

1) 冬季保温措施

入冬前，项目部对取暖设施进行一次防冻检查，制订切实可行的防冻保温措施，并于入冬前完成保温防冻工作。入冬前负责准备充足的防寒服、棉安全帽等御寒用品，及时发放给施工人员。

所有机动车辆、起重机械的水箱每天必须放水，各种管道、压力容器等设备停用必须将水放尽。后勤部入冬前做好冬季燃油及防冻剂的供应工作。现场道路应及时清除积水、霜、雪，采取防滑措施。

2) 冬季防火防爆

入冬前检查施工现场、生活区消防设施、器材，不符合要求的及时更换，并做好消防设施的防冻保温工作。对冬季取暖设施进行全面检查，加强用火管理，及时清除火源周围的易燃物。施工现场禁止明火取暖。设备仓库、生活区等地点做为重点防火部位，并配备足够的消防器材，防火措

施落实到个人。

3) 冬季防触电

入冬前，由项目部对现场、生活区用电情况进行全面检查，不符合安规要求的，全面整改。现场所有电气设备必须由专业电工负责安装、接线、维修等，非电工人员不准进行此项操作。对配电室的门窗进行检查，墙洞、电缆间等要堵严，以防不动物进入引起电气设备短路跳闸。严禁使用电炉和碘钨灯取暖。

4) 冬季防设备损坏

油箱或窗口内油料冻结时，应采用热水或蒸汽化冻，严禁用火融化；汽车及轮胎式机械在冰雪路上行驶时应装防滑链或采取防滑措施。

6.4.1.5 雨季安全施工

本工程施工期间可能遇到降雨天气，为确保施工质量，使工程顺利进行，在雨季施工过程中采取如下措施。

(1) 雨季施工管理

1) 工程项目部成立季节性施工领导小组，组成如下：

组长：项目经理；

副组长：执行经理、技术总工；

组员：各工长，安全员、技术员；

2) 季节性施工领导小组对施工人员进行教育，责任到人；

3) 做好材料准备，保证料具供应及时；

4) 施工现场做好标识牌，标明当日天气情况。

(2) 雨季施工方案

1) 污染土壤储存过程中防止雨水浸泡污染土壤措施。

在雨季施工期间，严密关注天气变化，并将在污染土壤接收办公室设立天气预报牌，将第二天的天气情况写在上面，保证每个施工的人员都能

知道第二天的天气情况。如果发现第二天为雨天，则在头一天施工完成后，将所有作业面的污染土壤全部用苫布进行苫盖，尽量保证污染土壤不与该区域的雨水进行接触。

在污染土壤储存场设置一定坡度，保证雨水能够由此坡度顺利的流入到排水盲沟中，并在各个区域的边缘处设立集水井，将未储存污染土壤区域收集到的雨水通过集水井由泵抽出。中雨以上天气时暂停施工，用三防苫布覆盖所有作业面。

2) 对场区内的排水系统进行疏浚，保证水流畅通不积水，并防止四邻地区地面水倒流进入场内。

3) 在边坡上口做排水沟，防止雨水流入边坡。

4) 机电设备的电闸箱要采取遮盖或立蓬防雨、防潮措施。电源线路要做到绝缘良好，电闸箱防雨，漏电接地保护装置要灵敏有效，定期检查线路情况并做好施工日志。

5) 作好防雨物质准备工作，及时将防汛工具（铁锹、洋镐、手推车、水泵等）和防汛用品（草袋、手电、应急灯、雨衣、雨鞋、塑料布等）落实到位。

6) 在边坡坡脚处挖排水明沟。

7) 雨后积水应设置防护栏或警告标志。

6.4.2 应急预案

6.4.2.1 总则

为了保护项目从业人员在生产经营活动中的身体健康和生命安全，保证项目在出现生产安全事故时，能够及时进行应急救援，最大限度地降低生产安全事故给企业和企业从业人员所造成的损失，制定本项目部生产安全事故应急救援预案指导书。项目部所有进行生产经营活动的单位/分包，应遵照此生产安全事故应急救援预案执行。

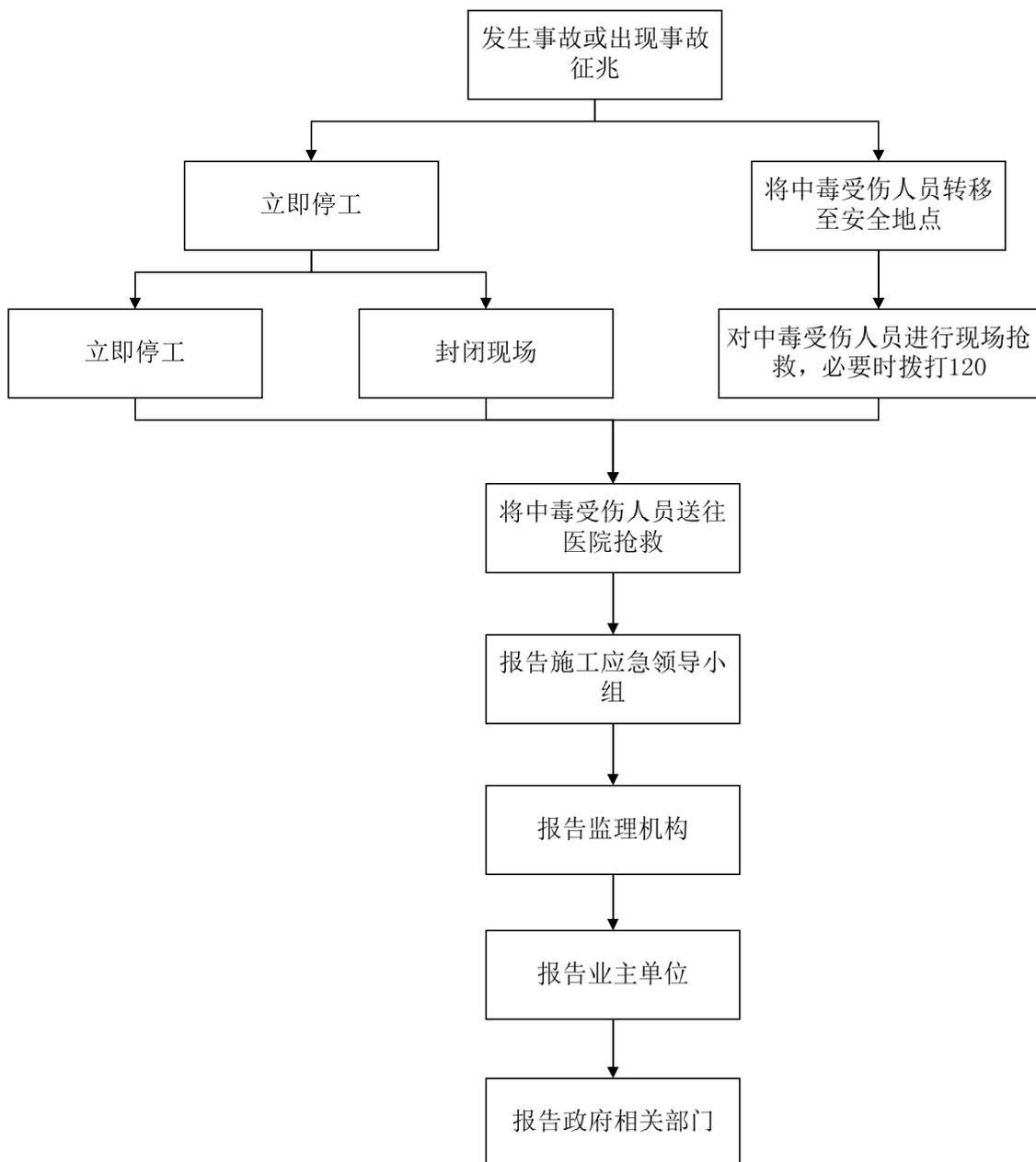


图 6.4-1 应急流程

6.4.2.2 应急事故处理组织机构

项目部成立应急事故处理组织，由项目经理担任总指挥，负责组织指挥整个应急救援全面工作，分管领导负责组织现场应急救援协调指挥工作，工程部负责事故的具体处理工作，设备部、技术部、综合部协助应急后勤供应工作。

施工现场或者其他生产经营场所应指定兼职应急救援人员，其中包括现场主要负责人、安全专业管理人员、技术管理人员、生产管理人员、劳

务管理人员、设备管理人员、人力资源管理人员、行政人员、工会人员以及应急救援所必需的水、电、脚手架登高作业、机械操作等专业人员。

6.4.2.3 现场应急措施

现场如发生人员中毒事件，第一发现人应及时与事故应急小组联系。接到消息后，应急小组应立即赶到出事地点，确认其中毒症状，并应根据中毒症状及时施救。立即拨打“120”急救电话，通知专业医护人员到现场施救，并组织组织人员赶到事故发生地点，立即将抬到大门口，等救护车的到来，或直接送往就近医院，积极配合急救人员的后勤工作。同时应向应急小组成员报告，相关负责人要及时赶到现场进行处理，并向上级部门报告情况。

(1) 土方施工特殊情况应急预案

在土方开挖过程中，出现特殊情况，应立即采取有效措施：

如出现滑坡迹象（裂缝、滑动等）时，暂停施工，所有人员迅速离开基坑，必要时，迅速采取处理措施，如用挖掘机在坡脚迅速回填。根据滑动迹象设置观测点，观测滑坡体平面位移和沉降变化，并做好记录。

施工过程中如遇地下障碍物（包括古墓、文物、古迹遗址、各种管道、管沟、电缆、人防等）时，应立即停止施工，及时报告应急指挥部，待妥善处理后方可继续施工。

(2) 全过程坍塌、机械伤害事故应急预案

1) 防坍塌事故发生，项目部成立义务小组，由项目经理担任组长，生产负责人及安全员，各专业工长为组员，主要负责紧急事故发生时有条有理的进行抢救或处理，其他管理人员及后勤人员，协助项目经理做相关辅助工作。

2) 发生坍塌事故后，由项目经理负责现场总指挥，发现事故发生人员首先高声呼喊，通知现场安全员，安全员打事故抢救电话“120”，向上级有

关部门或医院打电话抢救，同时通知项目副经理组织紧急应变小组进行现场抢救。施工员组织有关人员进行清理土方或杂物，如有人员被埋，应首先按部位进行抢救人员，其他组员采取有效措施，防止事故发展扩大，随时监护，边坡状况，及时清理边坡上堆放的材料，防止造成再次事故的发生。在向有关部门通知抢救电话的同时，对轻伤人员在现场采取可行的应急抢救，如现场包扎止血等措施。防止受伤人员流血过多造成死亡事故发生。预先成立的应急小组人员分工，各负其责，门卫在大门口迎接救护的车辆，有程序的处理事故、事件，最大限度的减少，人员和财产损失。

3) 事故后处理工作

查明事故原因及负责人。以书面形式向上级写出报告，包括事故发生时间、地点、受伤（死亡：人员姓名、性别、年龄、工种、伤害程度、受伤部位。制定有效的预防措施，防止此类事故再次发生。组织所有人员进行事故教育。向所有人员进行事故教育。向所有人员宣读事故结果，及对负责人的处理意见。

(3) 运输途中重大污染事故应急预案

1) 运输中发生重大污染事故时（如运输车辆后厢堵开，造成大面积遗撒和驾驶违章乱弃污染土壤），接到污染事故报告后，立即启动应急预案，由修复单位项目应急指挥部迅速调集人员和设备赶往现场救治。

2) 派专人在公路上疏导车辆，严禁其它社会车辆碾压遗撒的污染土壤。

3) 指挥人员和机械迅速清理现场，将遗撒污染土壤用小货车苫盖好运往储存处置场地。

4) 用扫帚和铁锹，将公路清理干净，公路吸尘车再清理一遍，防止造成污染。

5) 发生驾驶员违章乱弃污染土壤时，启动应急预案，由领导小组负责人带队查找违章弃土车辆，迅速找到被弃污染土壤地点，调集人员设备前

往救治将污染土壤重新装车运走。根据污染情况，采用被弃污染土壤占地面积加深处理法，杜绝再次污染土地。

(4) 修复处置现场重大污染事故应急预案

处置现场设备种类和数量较多，是应急预案制定的重点部位。

1) 修复过程中出现中毒或机械伤害时现场操作人员应暂停施工，并立即向现场应急小组报告。

2) 现场应急小组接到报告，详细记录事件发生时间、地点、原因、污染源、主要污染物质、污染范围、人员伤亡情况以及报告联系人、联系方式等基本情况；

3) 现场应急小组应迅速赶赴现场，初步判断事件的危害程度，采取相应措施；气味较轻，无人员伤亡时，应迅速用事先预备的苫布将扰动土苫严，并设置警告标志。在确认现场无异常后，可继续施工。人员身体出现明显不适时，应立即组织抢救，同时向盐城市环境主管部门报告。

4) 由现场应急小组向上级部门通报后对外发布信息。事故处理人员未经批准，任何人不得接受媒体采访或对外传播和发布相关信息，以免造成不良后果和影响。

(5) 消防应急预案

1) 在污染土壤挖掘、运输、储存和修复过程中，如果发生火灾，现场人员应立即用配备的消防设施进行扑救，并立即通知应急指挥部相关负责人，相关负责人要及时赶到现场进行处理，并向上级部门报告情况。

2) 如火势较大、危险性较高，难以在短时间内扑灭，应当立即拨打“119”报警电话，电话描述如下内容：单位名称、所在区域、周边显著标志性建筑物、主要路线、候车人姓名、主要特征、等候地址、火源、着火部位、火势情况及程度。随后到路口引导消防车辆。

3) 发生火情后，电工负责断电，负责水源，组织各部门人员用灭火器

材等进行灭火。如果是由于电路失火，必须先切断电源，严禁使水或液体灭火器灭火以防事故发生。

4) 火灾发生时，为防止有人被困，发生窒息伤害，准备部分毛巾，湿润后蒙在口、鼻上，抢救被困人员时，为其准备同样毛巾，以备应急时使用，防止有毒有害气体吸入肺中，造成窒息伤害。被烧人员救出后应采取简单的救护方法急救，如用净水冲洗一下被烧部位，将污物冲净。再用干净纱布简单包扎，同时联系急救车抢救。

5) 火灾事故后，保护现场，组织抢救人员和财产，防止事故扩大，必须以最快的方式逐级上报，如实汇报，不得隐瞒。

(6) 舆情控制预案

处置现场设备种类和数量较多，污染物以石油烃、PAHs、重金属为主，加上修复地块紧邻居民区，舆情控制预案是应急预案制定的重点部分。

舆情控制措施

1) 制作宣传手册，设定固定公众开放日，以便周边居民了解项目情况。

2) 要全力做好信息公开透明，尤其是在处置突发事件过程中，要做到及时、客观、透明，把握舆论的主动权，最大程度消除突发事件所带来的社会负面影响，促进事态向良性方面发展。

3) 若出现群体性事件，则先确认的责任分工，突出快速反应和修复施工单位内部各部门之间的预案对接、联动配合。细化工作步骤，将舆情应对分为监测、报告、评估、处置、后续五个步骤。修复施工单位的应急指挥中心决定派员开展现场处置工作的，相关工作人员应立即进入事发现场，按照职责分工，迅速投入处置工作。确保群体性事件的处置反应迅速，协调有力，依法妥善处置，及时控制事态，防止发生蔓延。

4) 修复过程中出现周边居民如出现周边居民群体性的中毒或收到机械伤害时，现场操作人员应暂停施工，并立即向现场应急小组报告。应急小

组成员要立即到达现场，面对面地、耐心细致地做好群众工作和相关政策解释工作，及时疏导和化解矛盾，并直接参与指挥现场处置。

5) 当出现气味扰民时，现场应急小组应迅速赶赴现场，初步判断事件的危害程度，采取相应措施；气味较轻，无人员伤亡时，应迅速用事先预备的苫布将扰动土苫严，并设置警告标志。在确认现场无异常并对周边群众安抚完成后，方可继续施工。人员身体出现明显不适时，应立即组织抢救，同时向上级环境主管部门报告

6) 以上各情况均由现场应急小组向上级部门通报后对外发布信息。事故处理人员未经批准，任何人不得接受媒体采访或对外传播和发布相关信息，以免造成不良后果和影响。

7) 舆情控制工作要求

高度重视。环保舆情工作关系民生，影响部门形象，各单位负责人要高度重视，全局干部职工要强化大局观念、责任意识，增强工作主动性，积极协作，主动配合，扎实开展监控工作，并富有前瞻性地自觉做好舆情应对工作。

提早发现。各责任主体要切实增强对传统和网络媒体舆情的敏感性，严格落实责任分工，做到“早发现、早研究、早应对”、“不断提高舆情工作时效性，不准迟报、谎报、瞒报、漏报舆情信息，不得应付、敷衍、拖沓、草率处置舆情”。要使舆论应对与事件应对双进入，统筹兼顾、全面部署、同步推进。

有效处置。发生涉及环境热点、敏感、负面舆情时，各责任主体要严格按照实施方案和相关领导指示，及时组织主流新闻媒体和网络舆情信息管理员队伍通过网络跟帖评论、论坛发帖、撰写博文、微博、微信发布等形式进行正面新闻宣传报道，准确发布新闻信息，正面引导舆论走向。

加强联通。建立舆情外联协调机制，各责任主体应加强与市生态环境

局、市委宣传部分、网信办等对口单位、对口处室的联系，确保信息报告及时，协调处理及时，主动发布及时，将负面环境舆情影响降到最小，重大舆情不发酵、不扩散。

7 修复工程设计

7.1 工期建议

修复工期建议为 18 个月，主要包括：施工准备、工程实施及修复效果评估。

施工准备：包括施工准备及技术准备，其中施工准备主要包括地块交接、三通一平、测量放线、临时建筑物建设、设备安装及调试；技术准备包括施工方案、专项设计方案编制与评审及技术交底等。

工程实施：包括场地内异地处理污染土壤开挖、地下水抽提井的建设、地下水基坑积水及污水的处理处置等等。

修复效果评估：包括效果评估报告编制及评审、基坑回填及地块平整、地块移交等。

7.2 施工进度建议

根据以上对项目内容及工作量的总结和分析，修复工程主体工程工期为 6 个月，地下水修复效果评估时间为 12 个月。

多项工作可穿插、同步同期开展实施，总体进度安排建议见表 7.2-1 所示。

表 7.2-1 施工进度安排建议表（月）

序号	工程相关工作	1	2	3	4	5	6
1	施工组织方案、专项设计方案编制与评审						
2	临时设施搭建（临时工作室、水、电设施等）						
3	钻机、挖机等机械设备入场						
4	地块清理及平整						
5	污染土壤处理临时堆存场建设（含大棚建设）						
6	建筑垃圾筛选分类及外运						
7	污水处理站建设						
8	污染土壤挖运						
9	开挖基坑积水处理及排放						
10	污染地下水抽出处理及排放						
11	环境监理						
12	工程监理						
13	土壤修复效果评估						

8 成本效益分析

8.1 修复费用

5.5 节中所述的费用为修复工程主体费用。根据我国目前开展修复工程的基本情况，除主体工程费用外需考虑的其他各项费用包括：

(1) 辅助工程费用：一般为主体工程费用的 8~12%，包括：“三通一平”，项目部搭建，修复设备器械仓库、药品仓库搭建，安全文明施工措施费、二次污染防控措施费等，本项目以 10% 计；

(2) 监理费用：工程监理费用为主体工程费用、辅助工程费用之和的 1%；环境监理费用为主体工程费用、辅助工程费用之和的 2%；

(3) 效果评估费用：第三方效果评估（技术咨询，样品检测分析）费用为主体工程费用、辅助工程费用之和的 3%；

(4) 规费及税金：主体工程费用和（1）~（3）费用之和的 8%。

根据以上所需费用项目，地块需要的修复成本约为 2988.49 万元，污染地块修复成本见表 8.1-2。

表 8.1-2 修复成本估算

序号	工程名称	单位	工程量	预算单价 (元)	预算合价(万元)	备注
(一) 直接工程费					2373.19	
1	施工组织方案	项	1	200000	20	
2	方案审查	项	1	20000	2	
3	场地平整	m ²	35350	15	53	
4	修复主体工程成本	项	1	22981900	2298.19	
(二) 辅助措施费					237.32	
1	辅助工程费用	项	1	2373200	237.32	
(三) 监理与效果评估					156.6	
1	项目监理	项	1	783000	78.3	包含工程监理和环境 监理
2	项目效果评估	项	1	783000	78.3	
(四) 规费及税金					221.38	
1	规费及税金	项	1	2213800	221.38	
造价合计					2988.49	

8.2 环境效益

项目场地原为工业用地，在多个深度受到不同程度污染。根据国家“十条”相关要求，通过展开本次场地污染土壤修复方案编制和后期修复治理工作，可以满足该地块下一步用地要求，降低污染物健康风险，保障用地安全，不产生二次污染。通过对土地资源和环境的综合处置和保护，创造更有利于人类活动的生存环境，避免了区域环境质量的恶化。

该项目属于环境治理项目，着重解决退役场地遗留的环境污染问题，消除潜在的区域污染源，土地恢复原有的价值和生产力，地下水安全隐患消除，场地环境质量提高，处置后的场地将带来的巨大的环境效益。

8.3 社会效益

污染地块不仅导致污染物对人身健康和环境安全的影响，还产生了一系列社会、经济、政治问题，包括土地闲置、低效利用、房地产贬值、城市税收减少、人口迁移、社区衰落、社会分化等，对区域或城市产生巨大的影响。

本项目的成功实施，将产生多方面的社会效益。

首先，污染地块的修复解决经济社会发展需要土地与土地资源稀缺的矛盾，达到珍惜和合理利用土地的目的并优化城市空间布局。

其次，污染地块的修复能恢复周边居民正常的生活，促进生态良性循环，提高群众满意度，增加社会稳定因素。

再次，污染地块的修复可以降低环保部门的管理风险。

8.4 经济效益

根据国家规定，该污染场地若不进行修复，则土地无法流转、无法开发利用。在进行场地修复后，本场地满足建设用地准入标准，可正常开发使用，其所带来的高额土地资源效益远高于场地修复成本。

9 结论与建议

9.1 结论

根据江苏永大药业有限公司退役地块土壤污染风险评估的结论，按照我国相关法律、法规、标准、规范等文件的要求，以“消除污染，恢复环境”为出发点，遵循“安全性、规范性、可行性、经济性”的原则，并结合当地的实际情况，编制了本方案。通过组织实施，能够有效消除该场地污染土壤和地下水的环境风险，保证该场地土地的安全使用，满足相应用地功能的环境要求。

本报告提出了江苏永大药业有限公司役地块的总体修复模式和技术方案。首先依据场地土壤污染调查和风险评估结果，结合现行标准体系与规划用地方式，提出场地修复目标值，并核算工程量与工程费用。

原江苏永大药业有限公司地块场地修复工程土壤中需修复的污染物包括氯仿、苯、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽和氰化物。综合考虑该场地土壤污染特性、水文地质条件以及场地开发用途、时间要求，该场地修复方式推荐为异地处置修复的方式，推荐优先采用的修复技术为水泥窑协同处置技术。

本场地中地下水中需要修复的污染物为氯仿和二氯甲烷，可采用抽出处理技术、原位化学氧化技术修复，推荐优先采用的修复技术为抽出处理-纳管排放技术。

9.2 建议

(1) 建议尽快开展地块修复工作，以防止由土壤、地下水中的污染物发生迁移，从而导致地块污染范围扩大。

(2) 该地块情况复杂，建议在地块污染土壤清理施工过程中，还需要时刻关注和防范现场突发情况的发生。另外，由于调查采样点位布设的局限性，给污染边界划分带来不确定性，建议在工程实施过程中，根据现场

情况实时调整污染土壤清理边界，以保证地块修复方案能够达到预期目标。

(3) 调查发现该场地部分点位土壤及地下水存在较强的异味，在对该场地进行清理修复时，除以上述提出的场地土壤及地下水建议目标污染物为修复对象外，对该场地土壤及地下水中异味同样应采取相应的处理与修复措施。

(4) 建议在地块修复工程开始前，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；施工过程中，应严格参照执行，尽量避免意外环境污染事故的发生。

(5) 建议地块修复过程中进行跟踪检查，及时发现问题。在地块修复过程中，应随时观察、发现是否有新的污染产生，一经发现，应及时上报，并由专业人员进行处理。

(6) 修复过程转运污染土壤应当制定转运计划，将运输时间、方式、线路和污染土壤数量、去向、最终处置措施等，提前报所在地和接收地生态环境主管部门。

(7) 为保障修复工程顺利进行和施工、监理、和效果评估实施单位之间工作良好衔接，修复工程施工、工程监理、环境监理和效果评估进行同步招标工作。

附 件

- 附件 1 地块风险评估专家评审意见 (P1-P5)
- 附件 2 岩土工程勘察报告 (P6-P22)
- 附件 3 专家评审意见 (P23-P24)
- 附件 4 专家评审意见修改清单 (P25)