

罗盖特开发区工厂场地土壤及 地下水污染修复方案

江苏圣泰环境科技股份有限公司

二零一七年四月

目录

1 总论.....	1
1.1 任务由来.....	1
1.2 编制依据.....	1
1.3 编制内容.....	3
2 场地概况.....	4
2.1 场地环境状况.....	4
2.2 敏感目标.....	8
2.3 场地的历史、使用现状及未来规划.....	8
2.4 已有场地环境调查总结.....	9
3 场地修复模式.....	12
3.1 选择修复模式的基本原则.....	12
3.2 场地条件.....	12
3.3 修复目标及范围.....	12
3.4 场地修复要求.....	15
3.5 确定修复策略.....	15
4 修复技术筛选.....	16
4.1 修复技术筛选原则.....	16
4.2 土壤修复技术筛选.....	16
4.3 土壤修复技术可行性评估.....	20
4.4 地下水修复技术筛选.....	27
4.5 地下水修复技术可行性评估.....	31
4.6 场地修复技术总结.....	33
5 修复技术方案设计.....	35
5.1 修复技术路线.....	35
5.2 污染土氧化处理技术.....	37
5.3 污染土重金属固化/稳定化技术.....	37
5.4 原地阻隔技术.....	39
5.5 地下水抽提-处理技术.....	40
5.5 现场监测.....	43
6 修复工程设计.....	44

6.1	修复施工机械及施工方法	44
6.2	施工准备和流程	46
6.3	主要物资及施工机械计划	50
6.4	效果自检和自验收方案	52
7	环境管理方案	54
7.1	人员组织及管理	54
7.2	环境质量管理机构	57
7.3	二次污染防治	60
7.4	雨期施工方案	65
7.5	环境应急预案	66
8	工期和质量保证措施	71
8.1	施工总进度控制	71
8.2	施工进度保证措施	71
8.3	质量保证措施	72
9	安全文明施工措施	76
9.1	安全生产目标及保证措施	76
9.2	文明施工目标及措施	78
9.3	工程实施中的环境保护措施	78
9.4	安全防护计划	80
10	施工现场总平面布置图	80

1 总论

1.1 任务由来

法国罗盖特公司创建于一九三三年，是一家独立的家族企业，总部位于法国北部，在淀粉及其深加工的行业内处于世界领先地位，并在全球投资 13 家工厂，拥有 5500 名雇员。法国罗盖特公司及其在全球分布的各生产企业采用先进的技术和设备，以玉米、小麦、马铃薯为原料，生产的原淀粉、变性淀粉、液体和固体淀粉糖、发酵产品、多元醇等六百多种产品广泛用于各行业，是食品、造纸和纸板、医药、日用品、纺织及动物饲料等行业所必须的基础产品。2001 年以来，罗盖特公司在江苏省连云港市分别投资成立了罗盖特连云港有限公司（即罗盖特开发区工厂）、罗盖特（中国）精细化工有限公司，作为集团公司在亚太地区的工业生产基地。罗盖特连云港有限公司采用先进的技术和设备，以玉米、小麦、马铃薯为原料，生产的原淀粉、变性淀粉、液体和固体淀粉糖、发酵产品、多元醇等六百多种产品广泛用于各行业，是食品、造纸和纸板、医药、日用品、纺织及动物饲料等行业所必须的基础产品。

罗盖特连云港有限公司目前已经停产，按照政府用地规划，原厂区转移给其他企业，仍作为工业用地使用，根据江苏省环保厅文件《关于规范工业企业场地污染防治工作的通知》（苏环办[2013]246 号），在进行二次开发利用前，需要进行调查及风险评估，根据调查评估结果，并按照国家的相关文件（环保部《关于保障工业企业场地在开发利用环境安全的通知》环发[2012]140 号），为合理规划污染场地的土地用途提供参考意见。为此，罗盖特连云港有限公司按照相关文件的要求，已委托高达（上海）工程咨询有限公司（以下简称“高达”公司）开展对位于江苏省连云港市经济技术开发区泰山路的 7-13 地块进行场地环境调查工作。根据第二阶段和第三阶段两次调查的结果，场地土壤中的污染物质为重金属镍、砷、石油烃超出风险控制值。地下水中存在多种重金属（镍、铍、铬、锑、镉）超标，且含有多种有机酸。为防控场地风险，需要对超标的区块进行适当的修复处理。弊公司在认真研究招标文件、前期场地调查及风险评估报告、场地现状及规划用途的基础上，综合考虑修复成本、周期、效果、技术及施工可行性等因素，编制了《罗盖特开发区工厂场地土壤及地下水污染修复方案》，根据《罗盖特开发区工厂土壤及地下水污染修复工程合同》，本修复方案所针对的修复内容为高达公司场地调查报告结论中需要修复的区块。

1.2 编制依据

1.2.1 相关法律法规

- (1) 《土壤污染防治行动计划》，2016；
- (2) 《中华人民共和国环境保护法》，2014；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》，2008；
- (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2014；
- (5) 《江苏省固体废物污染环境防治条例》，2009；
- (6) 《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》(环办[2004]47号)；
- (7) 《废弃危险化学品污染环境防治办法》国家环保总局令(第27号)，2005；
- (8) 《关于加强土壤污染防治工作的意见》(环发[2008]48号)；
- (9) 《关于加强拆迁(关闭)企业危险废物管理的通知》(宁环发[2010]150号)；
- (10) 《关于规范工业企业场地污染防治工作的通知》(苏环办[2013]246号)；
- (11) 《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)；
- (12) 《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》(环发[2014]66号)；
- (13) 《土壤污染防治行动计划》(国发[2016]31号)。

1.2.2 相关标准

- (1) 《土壤环境质量评价技术规范》(2015年征求意见稿)；
- (2) 《地下水质量标准》GB/T 14848-93；
- (3) 《地表水环境质量标准》GB 3838-2002；
- (4) 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB5085.3-2007。

1.2.3 相关技术导则

- (1) 《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)；
- (2) 《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014)；
- (3) 《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)；

- (4) 《污染场地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2014);
- (5) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ/T2.3-93);
- (6) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016);
- (7) 《场地环境评价导则》(DB11T-656-2009)。

1.2.4 相关技术规范

- (1) 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004);
- (2) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004);
- (3) 《地表积水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)。

1.2.5 其它

- (1) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南》(试行), 环境保护部, 2014年11月;
- (2) 《退场第二阶段场地环境调查报告》, 2014;
- (3) 《罗盖特场地环境调查及风险评估/环境背景对照点调查》, 2016;
- (4) 《罗盖特开发区工厂土壤及地下水污染修复工程合同》, 2017。

1.3 编制内容

本修复方案包括场地问题识别、场地修复技术筛选与评估、修复备选方案与方案比选、场地修复方案设计、环境管理计划制定、施工管理措施等几部分。污染场地修复方案报告须充分考虑污染场地所在地的区域环境特征、当地环境保护要求和该污染场地修复工程的实际特点。

2 场地概况

2.1 场地环境状况

2.1.1 地理位置

罗盖特连云港有限公司（以下简称“罗盖特”）位于连云港市连云区泰山北路，该场地呈梯形，占地面积大约为 33000 平方米。该厂区东侧为泰山路，马路对面为兰星工业技术有限公司，厂区北侧为康缘药业，厂区西侧为庐山路马路对面为江苏天缘物流有限公司，厂区南侧为珠江路，马路对面为中元包装、恒阳药业等。企业地理位置见图 2.1-1，企业卫星图见图 2.1-2。



图2.1-1 厂区地理位置图

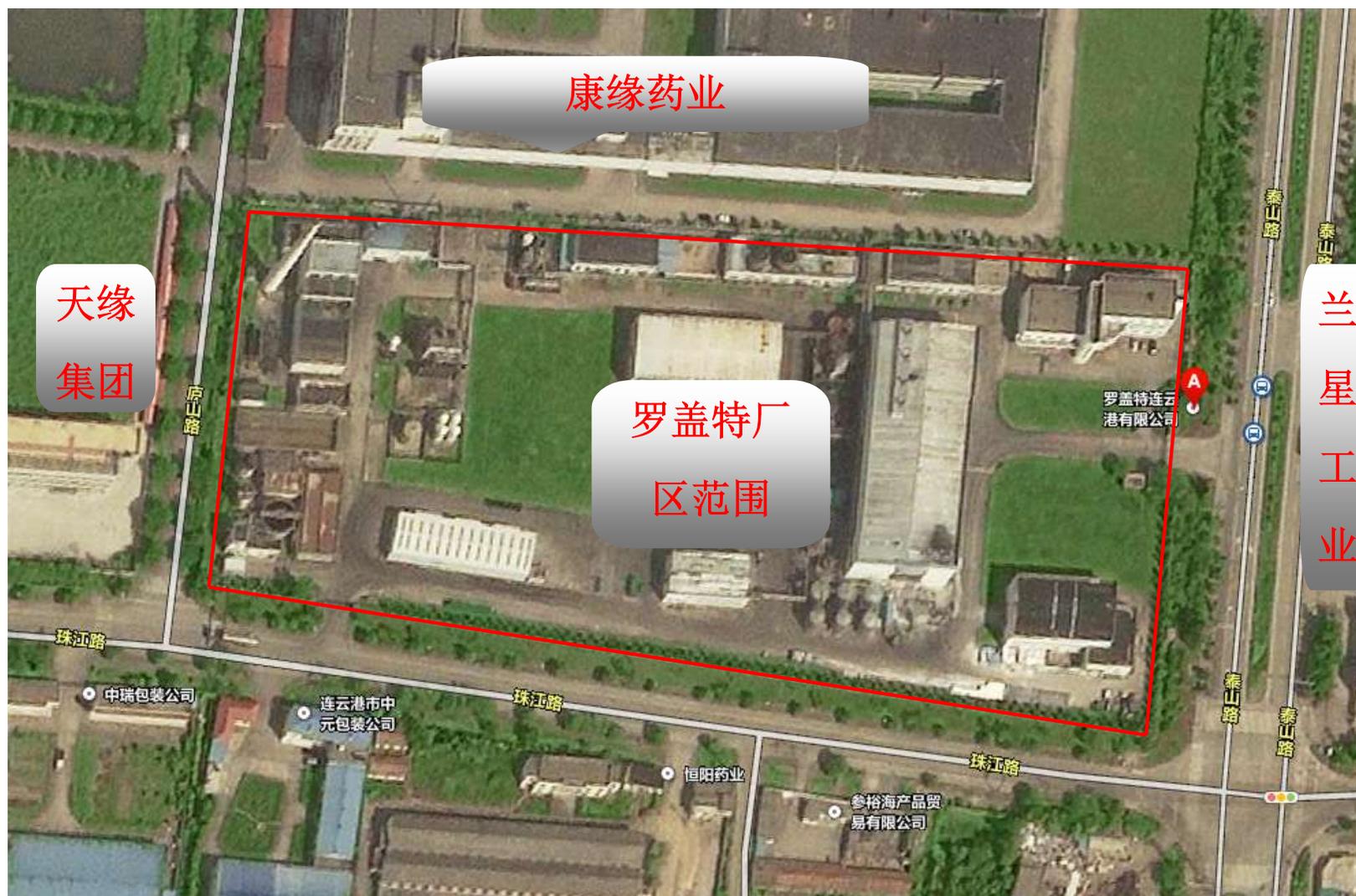


图2.1-2 调查企业卫星图

2.1.2 地形地貌

整个连云港市地势自西北向东南倾斜，境内平原、海洋、高山齐全，河湖、丘陵、滩涂兼备。全市地貌基本分布为中部平原区，西部岗岭区和东部沿海区 3 大部分。东部沿海平原海拔 3—5 米，主要为山前倾斜平原、洪水冲积平原及滨海平原 3 类，总面积 5409 平方公里，约占全市土地面积 70%。西部东海县的丘陵海拔 100—200 米。沿海主要是 700 平方公里盐田及 480 平方公里滩涂。境内山脉主要属于沂蒙山的余脉，绵亘近 300 公里。有大小山峰 214 座，主要有南云台山、中云台山、北云台山、锦屏山、马陵山、羽山、夹山、大伊山等，其中最高峰为南叶山主峰—玉女峰，也为江苏省境内最高峰，海拔 625 米。沿岛礁共 21 个，其中岛屿 9 个，面积为 6.06 平方公里。具体为：东西连岛、鸽岛、竹岛、羊山岛、开山岛、秦山岛、车牛山岛、达山岛、平岛等，其中东西连岛为江苏第一大海岛，面积达 5.4 平方公里。

地貌基本分布为西部岗岭区、中部平原区、东部沿海区和云台山区四大部分。西部丘陵海拔 100 米~200 米。中部平原海拔 3 米~5 米，主要是山前倾斜平原、洪水冲积平原、及滨海平原 3 类，总面积 5409 平方千米。

2.1.3 区域水文地质条件

从大地构造学说看，连云港地区处于华北地台（或称中朝准地台）区胶辽地盾的东南部。华北地台是形成时代最老的地台，连云港地层主要为中远古代地层，云台山的变质岩岩体证明了这一点。特殊的沉积岩——海滩岩在西墅码头零星分布，从而可以看出该地存在第四纪 Q 时期的地层。

连云港水系基本属于淮河流域沂沭泗水系，沂沭地区的主要排洪河道新沂河、新沭河等均从市内入海，故有“洪水走廊”之称。境内还有玉带河、龙尾河、兴庄河、青口河、锈针河、柴米河、蔷薇河、善后河、盐河等大小干支河道 40 余条，有 17 条为直接入海河流，有盐河等河直接与运河及长江相通。

全市共有水库 168 座，石梁河水库为江苏省最大水库，可蓄水 5.31 亿立方米。水域资源类型齐全，全市沿海地区面积 14.9 万亩，其中可利用的占 30%，水资源总量 56 亿立方米，连云港市海岸类型齐全，标准海岸线 162 公里，其中基岩海岸为江苏独有。

2.1.4 气候

连云港处于暖温带南部，常年平均气温 14℃，1 月平均温度-0.4℃，极端低温-19.5℃：

7月平均温度 26.5℃，极端高温 39.9℃。历年平均降水量 920 多毫米，常年无霜期为 220 天。主导风向为东南风。由于受海洋的调节，气候类型为湿润的季风气候，略有海洋性气候特征。四季分明，冬季寒冷干燥，夏季高温多雨。光照充足，雨量适中。气候处于暖温带与亚热带过渡地带，四季分明，寒暑宜人，光照充足，雨量适中。常年平均气温 14.1℃，历年平均降水 883.6 毫米，常年无霜期 220 天。主导风向为东南风。

2.2 敏感目标

罗盖特位于连云港经济技术开发区内，其周边为工业企业（见表 2.2-1），作为工业用地使用，周边 500m 内没有居民等环境敏感点。

表 2.2-1 项目周围企业情况

方向	描述
东	场地东侧为泰山路，路对面为兰星工业技术有限公司
南	南侧为珠江路，路对面为山后村、恒阳药业和中元包装
西	西侧为庐山路，路对面为天缘集团
北	紧邻康缘药业（制药）

2.3 场地的历史、使用现状及未来规划

2.3.1 场地使用历史

本次修复的场地是罗盖特位于连云港市连云区泰山北路的老厂区，该场地呈梯形，占地面积大约为 33000 平方米。根据罗盖特提供的信息，该场地建设始于 1996 年，LG 化学于 1998 年开始运行，后罗盖特于 2001 年购买了该地块，在建设之前该地块为空地。

罗盖特公司购买该地块后用于制造液体山梨醇和氢气。公司引进了国外最新的山梨醇生产技术，拥有最先进的生产和实验设备，液体山梨醇(70%)年生产能力为 3.5 万吨，产能和质量均居全国之首。生产所需的主要原辅料主要包括甲醇，淀粉浆和金属催化剂等。

该场地于 2014 年 9 月停止生产。

2.3.2 场地现状

该场地在 2016 年 9 月 29 日进行第三次补充背景点采样时及目前并未进行构筑物拆除。

目前厂区主要构筑物包括 3 个不同区域：厂前区、生产区和辅助区。厂前区主要为综合楼；生产区主要有葡萄糖车间、结晶糖车间(停用)、柴油库、包装间、制氢车间、氢化(加氢)车间、成品仓库等；辅助区主要有电力中心、空压机站、循环水泵房、加压泵站、消防水池、维修车间、酸碱站、导热油炉间、蒸气分配站、水处理站、干燥棚、五金库、应急池、废水处理站、原料库(含危化品)。

现有场地构筑物分布详见图 2.3-1。

2.3.2 场地使用计划

该场地在修复完成后计划作为工业用地转让。

2.4 已有场地环境调查总结

本场地曾于 2014、2016 年分别由高达（上海）工程咨询有限公司进行了第二阶段和第三阶段的场地环境调查，具体点位布设详见图 2.3-1。根据其第二阶段的《退场第二阶段场地环境调查报告》和第三阶段的《罗盖特场地环境调查及风险评估/环境背景对照点调查》，对场地的环境调查进行总结如下：

1、场地水文地质情况：

6 米以内的地层如下：回填土，厚度约 2.1 至 2.9 米，主要成分为粉质粘土，含回填石块；粉质粘土，棕色，较硬，从回填土层到约地下 4 米；粘土，深灰，软，从粉质粘土层至最大钻孔深度 6 m。地下水深度（从管口计）的在 0.2~2.0 米左右。

2、场地污染情况

(1) 土壤

土壤点位 SB4 中的镍和总石油烃、HA2 中的砷和总石油烃超过了可接受的健康风险水平，需要进行修复，具体风险计算结果详见表 2.4-1。

(2) 地下水

地下水点位 DMW7 中的镍、MW8 中的铍、铬、镍、锑、镉超过荷兰干预值标准，在 DMW7、MW8、DMW8 点位地下水样品中发现有机酸污染。

其中重金属虽然在虽然不会随着地下水蒸汽暴露，不存在非致癌危害商超过风险可接受目标值，但是其检出浓度远高于环境背景值，建议进行修复。

有机酸虽然在所有暴露途径下都不存在非致癌危害商超过风险可接受目标值，但是基于实验室检测有机酸种类的限制，以及检出有机酸点位紧邻主体厂房，考虑到后期施工开挖存在接触地下水的可行性，建议进行修复。

表 2.4-1 本场地关注污染物的风险计算结果

暴露情景	污染物种类	最大污染浓度	致癌风险	非致癌危害商	
土壤-成人	砷	135 (mg/kg)	1.03E-04	3.23	
	镍	1680 (mg/kg)	3.38E-06	1.67	
	总石油烃	C ₁₅ -C ₂₈ : 5020 (mg/kg)	-	1.78	
	总石油烃	C ₂₉ -C ₃₆ : 5340 (mg/kg)	-	1.89	
	总致癌风险或非致癌危害指数			1.07E-04	8.98
	致癌风险或危害是否可接受			不可	不可
地下水-成人	镍	26900 (ug/L)	-	-	
	锑	51 (ug/L)	-	-	
	铍	22 (ug/L)	-	-	
	镉	9 (ug/L)	-	-	
	铬	119 (ug/L)	-	-	
	有机酸类		-	-	
	总致癌风险或非致癌危害指数			-	-
	致癌风险或危害是否可接受			-	-



3 场地修复模式

3.1 选择修复模式的基本原则

修复策略选择应遵循以下原则：

(1) 确认场地用地规划、场地开发方式、时间进度安排、是否允许原位修复、修复后土壤的再利用或处置方式等。

(2) 综合考虑场地修复过程中土壤和地下水的整体协调性，近期、中期和长期目标的要求，修复技术的可行性，以及成本、周期、政府、公众可接受程度等因素。

(3) 选择绿色的、可持续的修复策略，使修复行为的净环境效益最大化。

3.2 场地条件

需修复场地位于连云港经济技术开发区泰山北路，该场地呈梯形，占地面积大约为33000平方米。

场地周边为工业企业，周边500m内没有居民等环境敏感点。厂区东侧为泰山路，马路对面为兰星工业技术有限公司，厂区北侧为康缘药业，厂区西侧为庐山路马路对面为江苏天缘物流有限公司，厂区南侧为珠江路，马路对面为中元包装、恒阳药业等。

该场地在2014年9月停产后未进行构筑物拆除，目前场地内以硬化地面和生产设施为主，场地边界有围墙。

修复实施过程中，施工车辆、设备、药剂、人员等可通过珠江路达该场地，施工操作需拆除部分硬化地面；现场没有水、电供应，需配备临时供电、供水设备。

根据《罗盖特开发区工厂土壤及地下水污染修复工程合同》，本修复方案所针对的修复内容为高达公司场地调查报告结论中需要修复的区块，修复时暂不对主体厂房进行拆除。

3.3 修复目标及范围

3.3.1 目标污染物及修复目标值

根据高达（上海）工程咨询有限公司对本场地第二阶段的《退场第二阶段场地环境调查报告》、第三阶段的《罗盖特场地环境调查及风险评估/环境背景对照点调查》以及《罗盖特开发区工厂土壤及地下水污染修复工程合同》的要求，本此土壤修复施工对象主要为SB4、HA2点位区块，地下水修复施工对象主要为DMW7、MW8、DMW8点

位区块。

场地土壤中目标污染物为：重金属镍、砷和总石油烃三种；地下水中目标污染物为重金属镍、铍、铬、锑、镉和有机酸。

基于保护人体健康的土壤及地下水修复目标值见表 3.1-1、表 3.1-2。

表 3.1-1 项目场地土壤中关注污染物的工业用地修复目标 (mg/kg)

污染物	修复目标值		备注
	浸出液中危害成分浓度限值 (mg/L)	风险控制值 (mg/kg)	
砷	5		《危险废弃物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB5885.3-2007
镍	5		
总石油烃 C ₁₅ -C ₂₁		2820	HERA 软件计算值
总石油烃 C ₂₂ -C ₃₅		2820	

表 3.1-2 项目场地地下水中关注污染物的工业用地修复目标 (ug/L)

污染物	修复目标值	备注
镍	100	《地下水质量标准 GB/T 14848-93》IV 类
铍	1	
六价铬	100	
镉	10	
锑	20	《荷兰干预值标准》

3.3.2 修复范围及土方量

根据原场地调查报告，本项目场地修复范围及施工土方量如下表：

表 3.2-1 项目场地土壤修复范围及修复土方量

位置	污染物	超风险点位最大污染深度	污染面积估算	修复土方量
SB4 周围	镍、总石油烃	0.5 米	约 50 平方米	约 25 立方米
HA2 周围	砷、总石油烃	0.5 米	约 100 平方米	约 50 立方米

本项目场地的地下水修复范围见图 3.2-1，计算出地下水修复区域约 1000 平方米，修复水量根据待修复区域的地下含水层厚度进行估算。

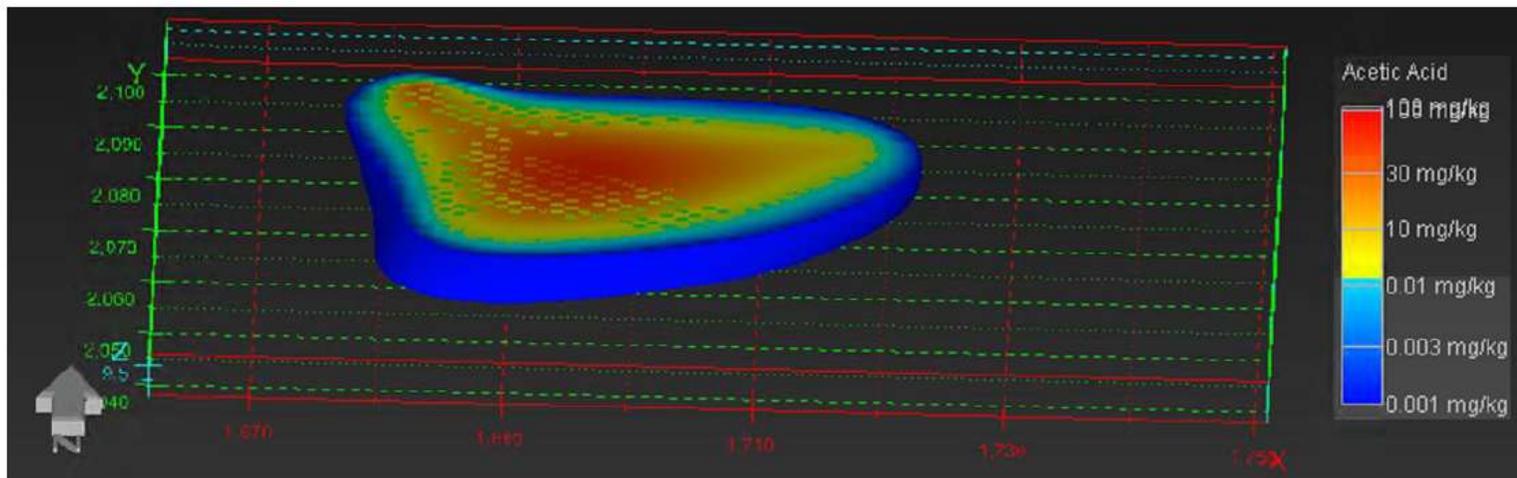
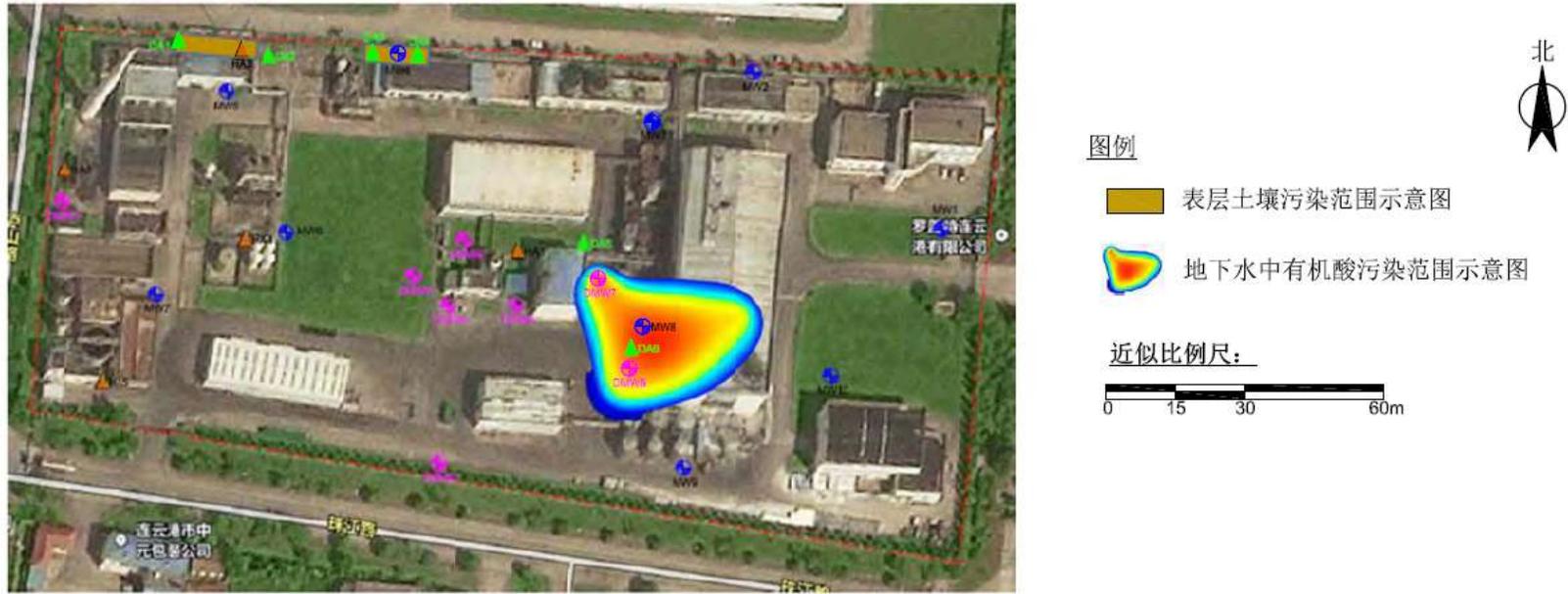


图 3.2-1 场地污染修复范围

3.4 场地修复要求

与场地利益相关方进行沟通，确认本场地转让后仍作为工业用地使用，修复目标值根据工业/非敏感用地确定，修复区域按照修复工程合同和高达公司调查报告确定为调查报告结论中需要修复的区块，修复工期为6个月，资金预算按照修复工程合同实施。

本区块修复总体目标是使场地内污染土壤达到修复目标值以下，选择经济可行的修复技术，确保消除风险，在此前提下，再考虑时间限制，高效完成修复施工，最终满足工业用地使用功能。在修复过程中，不发生二次污染，确保周边环境不受影响。

3.5 确定修复策略

根据上述场地特征条件、修复目标及修复要求，确定本场地修复策略是以风险管理为核心，将污染造成的健康和生态风险控制在可接受范围内的场地总体修复思路。

按照“源-途径-受体”的控制方式，污染场地修复技术包括污染源处理技术、污染途径阻断技术和受体保护技术。常见的污染源处理技术有氧化还原修复技术、生物修复技术、固化稳定化修复技术、热脱附修复技术等等，污染途径阻断技术有填埋、阻隔、冒封等等。

按照处置场所和技术原理，污染土壤的修复通常包括原位和异位（包括原地异位和异地）修复方式：（1）原位修复技术无需挖掘和运送土壤，成本低，但修复周期长，适用于污染较轻、面积较大、污染迁移较深的土壤修复，包括原位化学氧化技术、原位热解吸技术、原位生物修复技术、固化稳定化等；（2）异位修复技术需将污染土壤挖出修复，简单易行、修复方法多样，修复周期较短，适用于污染程度较重、污染土方量较少的土壤修复，包括异位热解吸技术、水泥窑协同处置技术、土壤淋洗修复技术等。

地下水修复技术主要有空气注入修复技术、监控式自然衰减、抽出处理技术、化学氧化技术等。

罗盖特开发区工厂土壤及地下水污染修复工程中修复技术的选择可以从修复成本、技术成熟度、现场环境、环境管理要求、工期等方面进行综合考虑。由于该项目场地位于连云港经济技术开发区内，场地周边为工业企业，目前场地尚未拆除，场地修复完成后作为工业用地使用，为保证现场生态和施工安全，建议对污染土壤和地下水采用原地异位修复技术，考虑以污染源处理技术作为主要的修复技术，以切断暴露途径的工程控制技术作为辅助的修复技术。

4 修复技术筛选

4.1 修复技术筛选原则

目前，尽管有很多的修复技术已经在场地污染土壤治理方面得到了不同程度的应用，但是每种修复方法存在各自的适用性和优缺点，因此，在实际应用时应综合考虑具体场地的规划用途、场地修复要求、修复技术的应用效果、修复时间、修复成本、修复工程施工以及环境影响等因素。

对于污染场地修复技术的比选一般应遵循如下原则：

(1) 场地修复目标需保护人体健康，使得场地中污染物的环境风险降低到可以接受的水平。

(2) 技术上，场地修复技术的选择目标是通过最简化的途径或方法达到修复目标，而不单纯追求技术的先进性。

(3) 在经济上，场地修复技术方案兼顾考虑目前在修复费用方面的实际承受能力和今后的经济发展，使得不仅在目前，而且从较长远来看，修复技术方案都是合适的。

(4) 在可行性上，要充分考虑修复技术的可行性和修复施工效果的可达性。修复技术方案从我国目前的现状水平出发，充分考虑国内现有场地修复队伍的能力和现有固体污染物处置设施。建议的修复方案应该在目前的政策、政府管理体制、经济机制、技术水平等方面是可以操作运行的。

(5) 充分结合场地未来规划，污染物种类及污染程度，将不同类型、不同风险的污染物区别对待，分别处置，建议最经济有效的修复技术。

(6) 充分考虑场地利益相关方的修复要求，充分考虑修复周期、资金以及利益方的要求，选择在期望周期和资金条件下技术可达效果可控的修复技术。

对于具体污染场地，污染土壤修复技术的确定需要考虑场地污染状况、规划用地方式、修复技术成熟度、修复周期及修复成本等因素。

4.2 土壤修复技术筛选

4.2.1 技术筛选

本场区土壤污染物为重金属砷、镍和石油烃，污染深度为 0.5m，修复土方量约为

75m³。筛选污染源处理技术时，根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》附录 5 及《场地修复推荐技术第一批》，选择经过大量案例验证的成熟技术，常见土壤修复技术筛选如表 4.1-1 所示。

4.2.2 筛选结果

综上，本场地土壤修复技术筛选因素及结果主要考虑如下：

（1）场地特征因素

本场地 6 米以内的地层以回填土和粉质粘土为主，不适用常温热解析和生物通风技术。

（2）污染源及修复技术因素

本场地土壤涉及的污染物包括重金属镍、砷和有机物石油烃，为复合型污染，根据目前的修复技术，需要选用分别针对重金属和石油烃的修复技术。目前针对场地中重金属的修复技术，技术成熟企业且有教过工程应用的主要是固化稳定化技术；针对石油烃污染修复技术主要是生物修复、热脱附和化学氧化技术。

（3）现场施工因素

该场地在 2014 年 9 月停产后未进行构筑物拆除，目前场地内以硬化地面和生产设施为主，需要修复的 SB4、HA2 点位区块位于厂区东北角，靠近场地边界围墙，需修复地块上有部分水泥硬化地面，施工作业面较窄；同时考虑到土壤污染深度为 0.5m，为浅表层土，为了达到良好的修复药剂或介质与污染物的充分接触，确保修复效果，考虑选用原地异位的修复方式。

（4）修复要求

本场地修复周期为 6 个月，周期较短；修复资金一般；未来作为工业用地使用，用地敏感性一般。

综上所述，本场地土壤修复选用化学氧化法去除土壤中石油烃，采用固化稳定化技术去除土壤中重金属，施工顺序考虑先氧化后固化，施工方式为原地异位施工。

表 4.1-1 常用土壤修复技术比选

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			优点	不利点	本场地适用性
			成熟性	时间条件	资金水平			
1	焚烧法	将污染土壤放入焚烧炉内进行煅烧，煅烧后，有机污染物就生成二氧化碳和水。	成熟	短	高	技术成熟，时间较短，污染去除彻底。可以使用与各种难分解有机污染物	费用极高。环境不友好，需将污染土壤外运，可能有二次污染风险。	不适合
2	常温解吸	将受 VOCs 类污染的土壤挖出，通过物理方法人为扰动土壤，促进其中 VOCs 的挥发与解吸附，对挥发出来的污染气体进行收集、处理，达标后排放。	成熟	较短	较低	简单易行、便于管理，对于挥发性有机污染土壤性价比高。且可与化学氧化工艺的联用处理 SVOCs。	对于粉质粘土中污染物的作用有限，对于复合污染土壤中的 SVOCs 作用有限，需配套建立尾气处理系统。	不适合
3	生物通风修复技术	用环境中原有微生物，对吸附于土壤、不饱和层或通气层中的有机污染物进行生物降解。	成熟	较长	较低	技术成熟，价格较低，能与其他技术联合使用，可原位或异位修复。	处理周期较长，不适用高浓度污染区，不适用于低透气性或高含量粘粒土壤。	不适合

4	化学还原技术	通过加入还原剂，利用化学方法使用有毒有害物质转化，从而去除污染物毒性，将有害物质转化为稳定、惰性的无害或低毒化合物。	成熟	较短	一般	技术成熟，处理周期短，费用较高，处理效果佳，能处理高浓度污染物。	需添还原剂等物质，需要相关的健康与安全措施。	适合
5	溶剂萃取技术	用化学试剂或有机溶剂来萃取土壤中的污染物。	成熟	短	较高	处理时间短，适用于处理有机污染物。	费用昂贵；萃取完的溶剂必须回收处理再利用；土壤残留溶剂可能造成二次污染。	不适合
6	生物堆	用生物堆进行污染土修复的过程中，通过工程技术手段，控制合适的处理条件，利用微生物对污染物进行快速降解。	成熟	较长	较低	技术成熟，处理费用低，设计简单，无二次污染。	修复周期较长，高环类 PAHs 降解率低。	不适合
7	土壤混合固化稳定	通过加入固化剂（波特兰水泥等），降低土壤的渗透率，减少重金属污染物的迁移性。	成熟	短	较高	处理时间短，处理后的土壤适合建筑施工。	固化后土壤一般不适宜植被利用，可以作为工程（例如道路）等用途。	适合

4.3 土壤修复技术可行性评估

4.3.1 氧化还原技术

1、氧化药剂选择

经过对污染土壤修复技术的初步筛选,确定污染土壤修复拟以原地异位化学氧化技术为主导。化学氧化技术修复效果受工程选用的化学氧化剂的影响。目前用于化学氧化的药剂主要有臭氧、芬顿试剂、高锰酸盐和过硫酸盐。下面对这四种药剂在化学氧化中的应用和针对本地块关注污染物的氧化可行性作简要分析。

1) 臭氧

臭氧早期主要在城市污水处理中应用,近些年来在化学氧化技术中也有所应用。臭氧在水中的溶解度是氧气的12倍,它可迅速溶于水并与污染物反应,且臭氧能生成自由基与污染物发生化学反应,比通过臭氧本身进行氧化更快。臭氧本身氧化及生成自由基的化学反应方程式分别如下:



臭氧产生自由基起始的化学反应式如下:



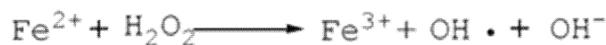
臭氧的强氧化性不仅可以氧化大分子及多环类有机污染物,也可氧化分解柴油、汽油、大部分含氯溶剂等。臭氧自身分解产生的氧气可被土壤和含水层中的微生物利用。

与其它氧化剂不同,臭氧是气体,通常需要将其与空气混合后注入土壤和地下水。臭氧在土壤中能持续一到两天。臭氧处理的有效性受到了它从气相向液相转化能力的限制;同时考虑到非目标污染物氧化过程的额外消耗,相比其它氧化剂,臭氧往往需要更长的治理时间。臭氧氧化时,若采取直接鼓气注入方法,需要对蒸气采取控制和收集。此外,如果土壤或地下水中存在溴化物,容易生成溴酸根,造成二次污染。

2) 芬顿试剂

芬顿试剂是过氧化氢和二价铁溶液的混合物,是目前用于土壤和地下水修复

的氧化性最强的氧化剂。二价铁作为催化剂，催化羟基自由基的产生。以下是芬顿试剂作用的反应方程式：



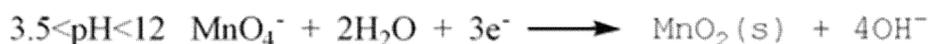
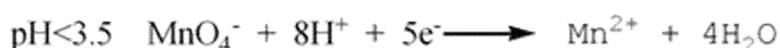
芬顿试剂过氧化物浓度为30%左右，在使用时稀释成5%~15%的溶液。使用芬顿试剂时，污染物通过直接的化学反应或羟基自由基被降解，这些反应使得污染物得到快速、有效的降解，但不特别限于某一污染物，即土壤中能被芬顿试剂氧化的物质都将被其氧化。因此，芬顿试剂能够氧化种类广泛的有机化合物。由于反应快速，注入土壤中之后，氧化剂的稳定性持续不到一天。

典型的芬顿试剂中，二价铁以硫酸亚铁溶液的形式添加。故使用前必须用强酸酸化土壤，使土壤pH在3~5之间，以便保持二价铁以离子形式存在。酸化后的土壤增加了重金属迁移的风险。

当前使用较多的为改性芬顿试剂，改性芬顿试剂是在芬顿试剂中加入络合剂，络合剂能够维持二价铁的存在，不需要对土壤进行酸化，此时土壤pH为7~10时仍可以适用。使用时不必对土壤进行酸化，也防止了重金属迁移的风险。使用的络合剂包括EDTA（乙二胺四乙酸）和柠檬酸盐等。

3) 高锰酸盐

高锰酸盐是一种温和的氧化剂。与臭氧和芬顿试剂等氧化剂相比，其降解反应非常特殊，对氯代烯烃分子结构中的碳双键有特殊的亲和力，而且在土壤中的稳定性高，能够维持反应数周，持续分解污染物。高锰酸盐作用的反应方程式如下：



化学氧化工艺中，最普通的高锰酸盐是高锰酸钾和高锰酸钠。高锰酸钠的优点是能够以溶液的方式提供，而高锰酸钾的价格更便宜些，但是只有固体产品。使用高锰酸盐需考虑二氧化锰固体沉淀可能引起的土壤孔隙的阻塞，且由于高锰

酸盐溶液为深紫色，观感也应列入评价其适用性的范围内。此外，高锰酸盐不适用于处理苯、多氯苯等有机物。

4) 过硫酸盐

过硫酸盐有两种应用方法：非活性与活性。非活性过硫酸盐是一种温和的氧化剂，不用于土壤修复。然而，活性的过硫酸盐氧化强度几乎等同于臭氧/过氧化物和芬顿试剂。活性意味着化学氧化反应被催化，形成羟基自由基和硫酸根。

土壤中的过硫酸盐非常稳定，能存在数月，具体取决于土地和污染的情况。此外，活化的过硫酸盐氧化性强，可用于分解大多数污染物。

过硫酸盐可以通过四种方式实现活化：

①加热：通过加热过硫酸盐溶液，对过硫酸盐进行活化，反应方程式如下：



在一定温度范围内，温度越高，活性越强。然而，温度的升高不仅增加了氧化剂的活性，同时也增加了副反应的反应速率。与其它活化方式相比，由于副反应的消耗，加热活化可能引起氧化剂用量的增加。加热活化方法的最大限制因素是成本，除了与气相抽提等加热提取技术联用之外，加热活化在实际中很少有应用。

②添加催化剂：催化剂以二价铁最为广泛应用。二价铁催化过硫酸盐溶液能够生成过硫酸根自由基，过硫酸根自由基能够氧化目标污染物或进一步

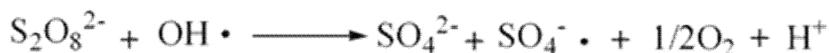
生成其它自由基，见以下反应式：



二价铁作为活化剂有其一定的限制性，为避免二价铁或三价铁生成氢氧化亚铁或氢氧化铁而失去活性，土壤或地下水含水层需保持pH<3的酸性环境或使用EDTA（乙二胺四乙酸）、柠檬酸盐、磷酸钠等螯合剂。螯合剂的使用需考虑到螯合剂的添加给土壤环境可能带来的危害。

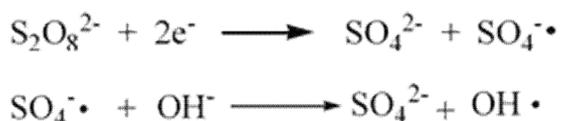
③过氧化氢活化：将双氧水与过硫酸盐溶液一同注射加入土壤或地下水含水层。与土壤或地下水含水层介质接触后双氧水立即发生放热分解反应。此过程中

释放出的热量对过硫酸盐起到了加热活化的效果。除此之外，过氧化氢分解过程中产生的羟基自由基也能够活化过硫酸盐，使其生成过硫酸根自由基，如下：



过氧化氢活化过硫酸盐的其它活化机制尚不明确。但是由于过氧化氢反应速率过快，抑制了其在土壤中的有效迁移，反应过程中释放大量氧气和热以及过氧化氢自身也增加了施工的危险等问题。

④加碱活化：在高 pH 条件下(pH>11)，过硫酸盐能够被活化并生产硫酸根自由基。严格来说这不是一种催化效应，而是由于硫酸根自由基形成的化学反应本身就需要碱性条件，加碱活化促使硫酸根自由基和羟基自由基的生成，从而传导一系列自由基反应，其过程如下：



而且，在强碱条件下，仅仅是碱水解就可以分解一些有机污染物，在没有任何自由基作用的条件下，高浓度的氢氧根离子可以分解一些有机污染物。在应用过程中，需要注意的是为确保土壤的pH环境达到要求，需结合实际情况重复加碱。而且强碱作为危险化学物质，在操作上容易造成安全方面的事故。

氧化药剂选择结果：

由于臭氧是气态形式，注入过程中很难控制其的扩散过程，而且臭氧需要现场制备，增加施工的危险性，本项目中不建议使用臭氧作为氧化剂。高锰酸盐由于其溶液本身为深紫色，较易造成土壤或地下水孔隙的堵塞等原因，本项目不建议使用高锰酸盐作为本项目使用的氧化剂。

芬顿试剂由于过氧化氢氧化能力强，反应速率快，适用于高浓度有机污染物的快速去除，且芬顿试剂成本较低适合本项目的资金要求。因此本项目拟在不降低土壤pH的前提下，采用芬顿试剂作为氧化剂氧化土壤中的石油烃。过氧化氢、活化过硫酸钠作为污染土壤修复的备选氧化剂。

2、技术可行性

1) 技术优势

化学氧化方法采用施工机械将氧化药剂和设计深度以内的污染土壤搅拌混合，通过化学反应将污染物分解为无害的水、二氧化碳以及无机离子。

氧化法具有如下优势：

- (1) 可以同时净化土壤和地下水。
- (2) 注入混合后马上与污染物发生反应，短时间内分解污染物，效果迅速。
- (3) 药剂与有机物反应后，在短时间内生成水和二氧化碳或无机盐类，不会在地下残留有害物质。

(4) 也可以适用于高浓度污染区块。

2) 技术成熟性

圣泰公司技术合作方日本EBH公司在芬顿氧化修复石油烃污染土壤方面有丰富的经验。下图为修复现场试验芬顿药剂对石油烃的修复结果。

图为加入Fenton药剂后反应6小时、24小时后各类石油烃的去除效果，其中6小时后追加一次Fenton药剂。图中24小时后，汽油类石油烃（C8-C12）全部去除，石油烃（C12-C20）去除了45%，石油烃（C20-C28）去除了35%。在具体的修复工程工程中，为了取得更好的修复效果可以在反应6小时、24小时后继续追加Fenton药剂，以强化修复效果。

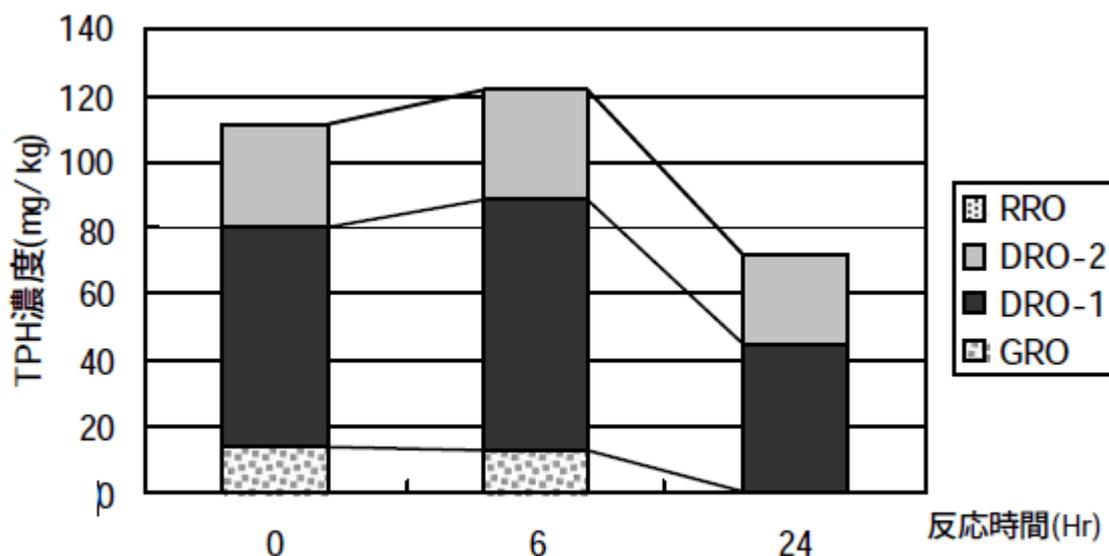


图 4.3-1 现场事例结果（6 小时后追加 Fenton 药剂）

RRO: residual range organic (残留石油烃),

DRO-1: diesel range organic (C12-C20)

DRO-2: diesel range organic (C20-C28)

GR0: Gasoline Range Organic (汽油)

3、施工可靠性

结合公司已有的修复施工经验,本场地修复根据场地污染特点和所要求的修复目标,对于修复深度为0.5米以内的区块,可以采用原地异位化学氧化技术和浅层搅拌施工工艺。原位化学氧化方法采用挖机将氧化药剂和设计深度以内的污染土壤搅拌混合,通过化学反应将污染物分解为无害的水、二氧化碳以及无机离子。修复施工后,为恢复表层土强度,采用固化剂实施土质改良。

对于浅层搅拌施工工艺,圣泰公司已在《江苏三吉利化工股份有限公司搬迁遗留场地土壤和地下水修复工程》和《溢馨苑四期场地土壤修复工程》进行应用,并取得的良好效果。

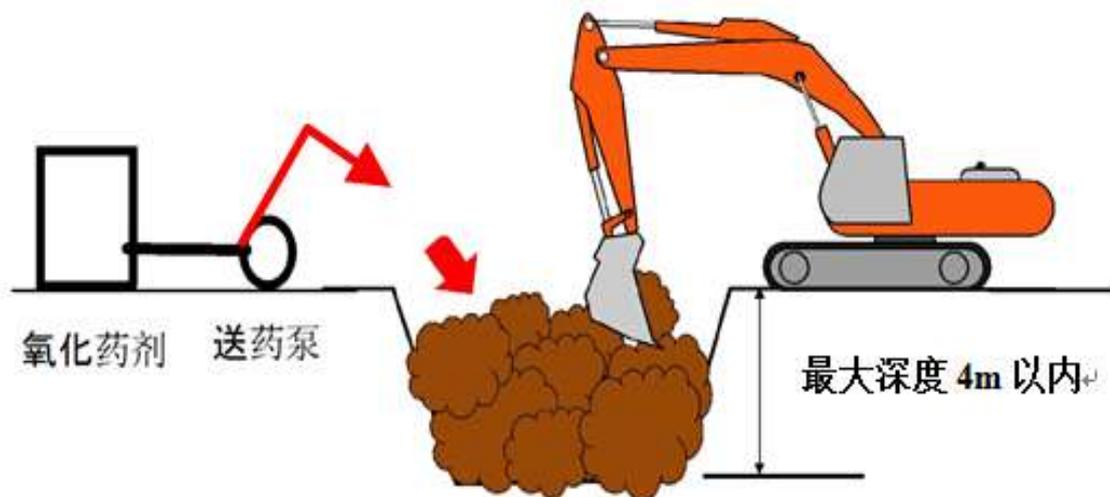


图 4.3-3 浅层混合搅拌施工模式图

4.3.2 重金属固化/稳定化技术

指通过固态形式在物理上隔离污染物或者将污染物转化成化学性质不活泼的形态,降低污染物的危害,原位稳定/固化技术适用于重金属污染土壤的修复以及处理无机污染物质。对于本场地的重金属镍和砷采用原地异位的修复方式,

散布重金属固化药剂后，混合搅拌污染土壤。

固化稳定化药剂有水泥、石灰、硅酸盐、粉煤灰、各种聚合物、沥青等，也有商业药剂，其成分根据污染重金属的种类而有所区别。根据场地污染特征，本场地拟选用的固化药剂为东南大学研发的SS-E固化剂，经其实验和实践，对镍和砷类重金属具有良好的固化稳定化效果。

1、药剂特性

固化剂名称：SS-E

固化剂性状：淡灰色固体粉末、低碱性绿色环保材料，主要成分粒径 ≤ 2 mm，重金属污染土高效固化剂，无生物毒性，对人体及周围环境无毒害作用。

主要成分：新型磷基材料、硫基专用材料、钙基矿物材料。

目标重金属：可有效处理 Cu、Pb、Zn、Cd、Ni、As、Hg、 Cr^{3+} 、 Cr^{6+} 、Mn，适用于土壤中单一及复合重金属污染土固化稳定化修复，特别适用于高浓度重金属污染土，可有效处理土壤中重金属的浓度值范围为 $\text{Zn} \leq 30000$ mg/kg，Pb、Cu、 $\text{Cr} \leq 15000$ mg/kg，其他重金属 ≤ 5000 mg/kg。



图 4.3-3 固化剂 SS-E 及其吨袋封装照片

2、实践效果

该药剂在江苏南通某重金属污染场地有良好的应用效果。

场地概况：污染物浓度，Ni 2970 mg/kg、Cr 1140 mg/kg、As 11.1 mg/kg、Zn 725 mg/kg；污染土呈高碱性 $\text{pH} > 9$ ；土壤中含有大量碎石、碎砖等建筑垃圾。

修复方案：挖掘机原地异位固化稳定化，5%掺量 SS-E。



修复效果：SS-E 异位固化稳定化修复后，土中重金属浸出无检出，满足修复目标要求。

4.3.3 土壤修复技术可行性小结

由上述，采用芬顿氧化技术对该场地污染土壤的石油烃有很好的降解效果，特别是在适合的反应时间、药剂配方和水土比的条件下。固化稳定化技术在确定合适的药剂种类、药剂剂量及施工工艺下，对重金属镍和砷有很好的固化作用，其土壤浸出实验数据表明，浸出液中危害成分浓度限值达到修复的目标。

对固化修复后的土壤进行阻隔填埋，将污染土壤置于防渗阻隔填埋场内，或通过敷设阻隔层阻断土壤中污染物迁移扩散的途径，使污染土壤与四周环境隔离，避免污染土壤与人体接触和随地下水迁移进而对人体和周围环境造成伤害。

4.4 地下水修复技术筛选

4.4.1 技术筛选

本场地地下水中的污染物主要为重金属类和有机酸，选择较常见的、成熟的修复技术，筛选如表 4.4-1 所示。

表 4.3-1 常用地下水修复技术比选

序号	技术名称	技术简介	应用参考因素			优点	不利点	本场地适用性
			成熟性	时间条件	资金水平			
1	监测自然衰减技术	利用生物降解过程来降低污染物浓度，控制污染物的风险，或通过土壤介质的吸附作用降低污染物的活性。	成熟	较长	低	费用低于其他技术；不产生二次污染，对生态环境的干扰小	适用于污染程度较低，污染物自然衰减能力较强的区域；实施前需要详细评估地下水自然衰减能力，后期需要较长的时间。	不适合
2	阻隔技术	将污染土壤或治理后的土壤置于防渗阻隔填埋场内，或通过敷设阻隔层阻断土壤中污染物迁移扩散的途径。	成熟	较长	低到中	泥浆墙施工相对简单，使用的泥浆及回填材料也较为普遍，可有效将污染物阻隔在特定的区域中	泥浆墙深度受到一定限制，泥浆墙底部须进入到低渗透性土层（比如粘土）足够深度，一般情况下需要与地下水抽出处理系统联用；效果受地下水中酸碱组分、污染物类型、活性、分布、墙体的深度、长度和宽度、场地水文地质条件等影响。	不适合

3	抽出处理技术	根据地下水污染范围，在场地内布置一定数量的抽水井，通过水泵和水井将污染地下水抽至地面处理。	成熟	数年到十年	初期投资中等，但运行周期长且总运行成本较高	适用范围广，对于污染范围大、污染羽埋藏深的污染物具有优势；系统运行初期的污染物去除效率较高；设备简单易于安装	一般适用于渗透性较好的含水层；修复周期较长；对修复区干扰大；可能导致地下水资源的浪费；非水相液体难以清除干净；若不去除污染源，停止抽水时，拖尾和反弹现象严重；需要维持的能量供给和系统维护。	适合
4	原位微生物修复技术	微生物通过遗传、变异等生物过程适应环境的变化，能以各种污染物为营养源，通过吸收、代谢等一系列反应，将环境中的污染物转化稳定无害的无机物。	成熟	数年到十年	中到高	适用于大面积污染区域的智力；成本较低；对环境影响较低。	地下水环境需要适宜所需微生物的生长，在非均匀性介质中难以覆盖整个污染区。	适合
5	地下水曝气技术	利用压力将空气或氧气注入到受污染的地下水中，产生气泡，促使含水层中的污染物逸出并挥发进入包气带中。	成熟	数月数年	中	对修复场地的干扰小，设备简单，安装方便；修复（防控）效率高，治理时间短；运行和维护费用较低。	对于非挥发性的污染物不适用，不适合在低渗透率或高黏土含量的地区使用；不能应用于承压含水层的污染物的治理；控制不当可能导致地下水中污染羽迁移；蒸汽可能会迁移和释放到地表，造成二次污染。	不适合

6	原位化学氧化还原技术	通过加入氧化剂/还原剂，利用化学方法，使有毒有害物质转化，从而去除污染物毒性，将有害物质转化为稳定、惰性的无害或低毒化合物。	成熟	数月到数年	中到高	反应速度快，清理时间短；反应强度大，对于污染物性质和浓度不敏感。	在渗透性较差的区域（如粘土层中），氧化剂/还原剂传输效率可能较慢，土壤中存在腐殖酸，还原性金属等，会影响修复效果，由于成本限制通常只应用于污染源或残余污染源的处理。	适合
7	渗透反应墙技术	通过在地下水流经的方向建造由反应材料组成的反应墙，通过反应材料的吸附、沉淀、化学降解或生物降解作用去除地下水中的污染。	成熟	通常需位置检测 2 年或以上，墙体可维持使用 5-10 年	中	工程设施较为简单，可一次完成，后期运转及维护费用较低，反应介质消耗较慢，具备几年甚至几十年的处理能力	工程设施投资较大，工程措施较复杂；难以保证拦截所有污染物；渗透反应墙填料需要适时更换，需要对地下水的 pH 等进行控制；深度限制在 3-12m；可能存在二次污染	不适合
8	双相抽提技术	通过同时抽取地下污染区域的土壤气体、地下水和非水相液体污染物(NAPL)至地面进行分离及处理，达到迅速控制并同步修复土壤与地下水污染的效果。	不成熟	数年	中	对于非均匀质黏土和细砂中污染物的处理效果比单独使用抽出处理或突然气体抽提高	场地水文地质条件和污染物分布可能会影响修复效率；需要对液相和气相进行后续处理	不适合

4.4.2 筛选结果

综上，本场地地下水修复技术筛选因素综合场地特征、修复要求、污染特性、修复技术成熟度、修复时间、修复成本，对上述所述的污染场地地下水修复技术进行总结。

该场地在 2014 年 9 月停产后未进行构筑物拆除，目前场地内以硬化地面和生产设施为主，需要修复的 DMW7、MW8、DMW8 点位点位区块位于厂区中部，靠近主体生产车间，需修复区域以水泥硬化地面和构筑物为主。本场地修复周期为 6 个月，周期较短；修复资金一般；未来作为工业用地使用，用地敏感性一般。本场地土壤涉及的污染物包括重金属铍、铬、镍、镉、镉和有机酸，为复合型污染。

综上所述考虑，本场地地下水修复选用抽出处理技术，可以处理多种污染物，抽出后再结合化学氧化法去除水中有机酸，然后 pH，加入重金属扑集剂和絮凝剂去除水中重金属，处理后的地下水可考虑综合使用，一方面可回用于施工现场药剂的调制用水，另一方面处理达标后作为清洁水回灌于场地或排入市政污水管网。

4.5 地下水修复技术可行性评估

4.5.1 抽出-处理技术

国内相似案例：

污染物为石油类和LNAPL类有机物，土壤主要为粘土，其中夹杂砂或砾石，地下水稳定水位1.2~1.9m，水力梯度0.02。抽出处理系统由气动隔膜泵和空压机组成的抽出装置，隔油池与活性炭吸附单元组成的处理装置及相应的管路和仪表系统共同构成，工艺流程见下图4.5-1。

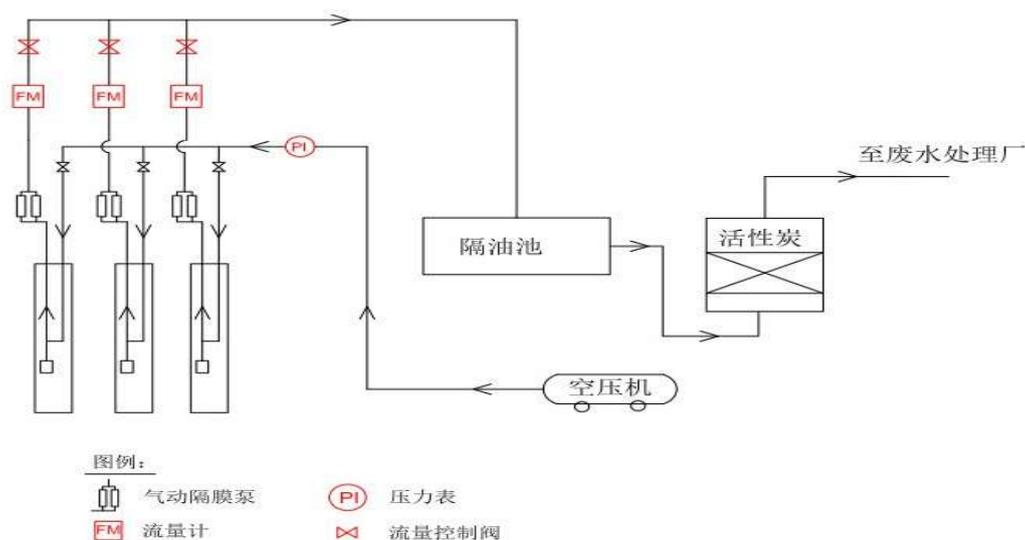


图 4.5-1 案例工艺流程

具体的流程为：抽提井中的LNAPL污染物和污染地下水首先会通过气动隔膜泵和空压机组成的装置被抽出地面；抽出后的LNAPL污染物和地下水会在隔油池内进行分离，分离出的LNAPL污染物作为危险废物外运处置，分离出的地下水通过活性炭吸附处理后外运至有资质的废水处理厂处理。

关键设备及工艺参数：抽提井采用UPVC材质，井径100mm，井深5.0m，其中筛管位于地下1m至地下4m的位置。共设置10口抽提井，总共运行30天。单个抽提井每天的抽提时间8小时。

修复效果：在180d的运行时间内，抽出-处理系统从10口井中总共抽出约130m³流体（LNAPL和受污染的地下水），其中去除LNAPL污染物0.2m³，修复完成后，监测井中没有观察到LNAPL污染物。由结果可知，抽出-处理技术对场地LNAPL污染物的去除有较好的效果。后续原位化学氧化处理实施后，地下水最终达到修复目标。

本场地有机污染物为有机酸，根据案例分析，抽出-处理技术对本场地也是适用的。在抽出污染的地下水后，需要进行处理，可根据抽出后的地下水的污染物浓度，在现场进行小试，以确定氧化还原药剂的配比、化学沉淀药剂使用量等等。

4.5.2 化学氧化还原技术

通过加入氧化剂/还原剂，利用化学方法使用有毒有害物质转化，从而去除污染物毒性，将有害物质转化为稳定、惰性的无害或低毒化合物。反应速度快，清理时间短；反应强度大，对于污染物性质和浓度不敏感。

本场地地下水有机类污染物为有机酸，将地下水抽出后采用化学氧化还原氧化能够降解有机酸。

4.5.3 重金属捕集絮凝沉淀

对污染范围内的地下水先进行抽水到地面上的水处理设备，添加絮凝剂，调节 pH 值，使重金属离子沉淀。对于加碱情况下很难处理的电镀镍废水，可以采用重捕剂 M1 进行沉淀处理。如果镍含量比较高导致难处理，可以考虑二次沉淀处理，先通过加碱调节 pH 至 11，沉淀出水，除去一部分镍离子。沉淀的污泥由业主委托有资质的单位进行处理。

4.6 场地修复技术总结

根据两次场地调查和风险评估结果推断，场地内的土壤污染区域主要集中在 SB4 和 HA2 周围两块有限区域内，且污染深度主要为表层土壤。土壤中的砷、镍和石油烃的浓度超过了可接受的健康风险水平，由于石油烃的浓度及砷、镍的含有量浓度均不高，原场地内厂房未拆除，拟采用 Fenton 原地异位氧化处理石油烃。对于重金属砷、镍的修复目标值采用《危险废弃物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5885.3-2007）中的指标，先利用固化稳定化技术，降低重金属的生物活性，然后集中阻隔填埋。

对于地下水中的多种重金属超标及高浓度的有机酸，由于在两次调查期间，场地内的厂房均未进行拆迁，因此布点条件受到厂房位置的限制。而有机酸重点检出的点位又紧邻主体厂房，不排除厂房下方存在更加严重的有机酸污染的可能性。建议厂房拆除之后，在其下方做补充的点位调查。在补充调查后，重新计算地下水污染范围。对调查报告中确定的污染范围内的地下水先进行抽水到地面上

的水处理设备，添加絮凝剂，调节 pH 值，使重金属离子沉淀。对于加碱情况下很难处理的电镀镍废水，可以采用重捕剂 M1 进行沉淀处理。如果镍含量比较高导致难处理，可以考虑二次沉淀处理，先通过加碱调节 pH 至 11，沉淀出水，除去一部分镍离子，再对出水投加重捕剂 M1 进行二次沉淀处理，既能节省成本，又能稳定达标。

5 修复技术方案设计

5.1 修复技术路线

在修复技术筛选上优先考虑（1）修复效果；（2）工期；（3）环境友好等因素，主体修复技术采用有过成功案例验证的技术。针对各个污染地块的特点和修复要求，以修复效果和效率为判定标准，采用单项技术、复数技术组合以及主体技术和辅助技术结合的方案。

拟采用的技术工艺见表 5.1-1。本场地修复工程的整体施工流程图见图 5.1-1。

表 5.1-1 采用修复技术和工艺方法

类别	技术分类	工艺方法	对象区块	备注
土壤修复	原地异位化学氧化技术（C-芬顿药剂）+重金属固化稳定化技术	浅层搅拌混合工艺	调查报告确定的 SB4、HA2 区块，深度 0.5 米以内土壤污染地块	修复后土壤进行阻隔填埋
地下水	地下水抽出处理+芬顿氧化、重金属捕集絮凝沉淀技术	抽水处理工艺	调查报告划定的 1000m ² ，水层厚度考虑 6m	处理后地下水考虑综合使用，一方面可回用于施工现场药剂的调制用水，另一方面处理达标后作为清洁水回灌于场地或排入市政污水管网。

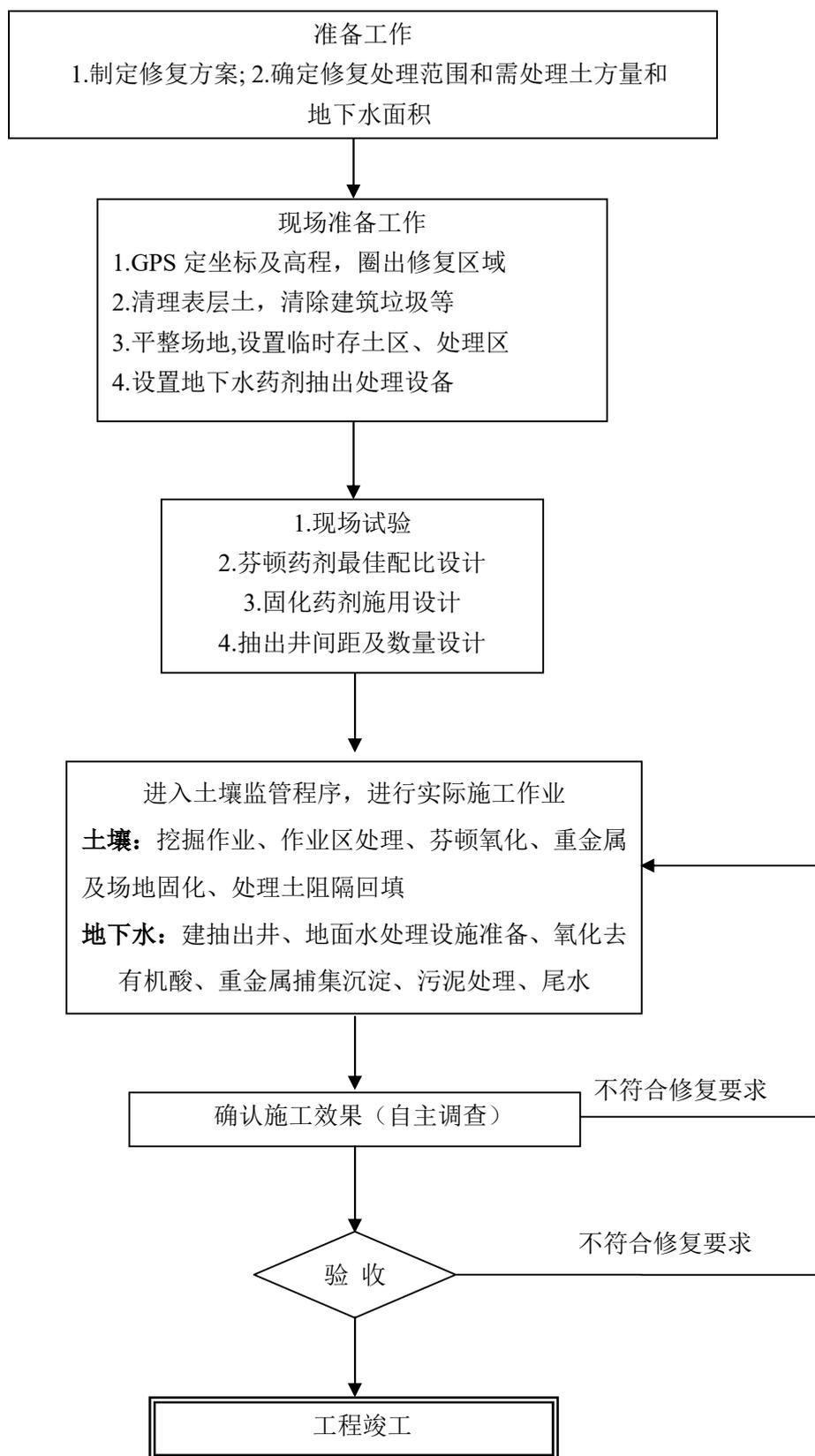


图 5.1-1 土壤及地下水处理工程的施工流程图

5.2 污染土氧化处理技术

根据场地污染特点和所要求的修复目标,对于修复深度为 0.5 米以内的区块,采用原地化学氧化技术和浅层搅拌施工工艺。原位化学氧化方法采用挖机将氧化药剂和设计深度以内的污染土壤搅拌混合,通过化学反应将污染物分解为无害的水、二氧化碳以及无机离子。

修复施工后,实施重金属固化稳定化施工,同时起到地面固化的作用,恢复表层土强度。

技术工艺具体内容如下:

(1) 场地清理。对修复区域内场地进行清理,去除表面石块、砖块等杂物。

(2) 准备作业区。在项目场地内设置需土壤临时存放区,处理作业区和处理后土壤养生区,在区内铺设土工膜等实施防渗措施,区内暂时存放土壤实施防雨措施。

(3) 现场试验。本项目使用的氧化药剂为拥有自主知识产权的 C-Fenton 药剂(C-芬顿药剂),在施工前,实施现场小规模试验,取得针对本场地土壤理化特征以及污染物浓度,确认芬顿药剂混合比例等参数,据此完善工程实施方案。初步设计芬顿药剂试验的双氧水的设计浓度计划为 3 种:0.3%,0.5%,1%。在实际工程中,将根据现场污染程度,综合考虑施工安全性、有效性、经济性,在重污染土壤中适当提高药剂添加比例,中度和轻度污染土壤中适当降低添加比例。

(4) 浅搅施工。采用浅层搅拌施工,将修复药剂和污染土进行充分搅拌反应。

(5) 效果自检。修过处理后土壤实施自检,判断石油烃的是否达到修复标准。

(5) 固化准备。达到修复标准的土壤在场地内作为加入石灰调节 pH,待达到重金属固化所需 pH 条件后进行重金属固化作业。

5.3 污染土重金属固化/稳定化技术

根据污染情况,本次土壤中重金属修复计划采用化学固化/稳定化的方法,

该方法采用污染土壤挖掘后在场地内进行异位修复处理，处理后土壤在场地内回填处理。采用该方案工艺成熟，反应迅速，工程措施易实施，成本较低，在修复重金属污染的同时也起到地面固化的作用。其出发点是考虑在短期内能达到污染物清除、降低风险的效果，对面积较小的土壤修复是一见效快的方法。

技术工艺具体内容如下：

(1) 固化准备。采用 SS-E 固化药剂，调节土壤 pH 值至弱碱性，使镍离子等形成非溶解形态，同时提高土壤 pH 值，将降低土壤的腐蚀性降到弱、微以下程度。

土壤 pH 值采用比色法来测量：取土壤约 20g，弄碎后放在容器中，滴入约 50ml 的水，用玻璃棒搅拌 3 分钟后静置。静置 2~5 分钟，直至上层溶液澄清。将 pH 试纸浸入上层澄清液中，取出后与标准比色卡比色，即得出土壤的 pH 值。

(2) 固化作业。采用搅拌机械强制与污染土拌合至均匀，异位搅拌时：搅拌次数宜 ≥ 8 次，以保证拌合均匀，搅拌前剔除污染土中粒径 ≥ 8 cm 的碎石等杂物，搅拌作业时土壤含水率以 15%-45%之间为宜。依据处理污染土重金属全量或浸出毒性不同，建议 SS-E 掺量 3%~10%（占污染土干重），以污染土干密度 1.6 g/cm^3 计算，约 1 m^3 污染土添加 48~160 kg 固化剂 SS-E；

(3) 固化养护：拌合完成后的固化污染土在异位堆置养护 7~28 天，以充分固化稳定重金属，其中异位堆放养护时固化土堆体表面及底部均铺设防雨布或土工膜，而原位养护时在修复区域表明铺设土工膜，以避免降雨不利影响。

(4) 效果自检。处理后土壤实施溶出试验检测镍离子和砷离子等的溶出浓度，判断是否达到修复标准。采样分析频度为每 500 方 1 个样本。

(5) 修复土处理。达到修复标准的土壤在场地内作为工程土（例如道路或下层回填土等）。由于上部路基和水泥路面的物理隔离作用，切断了土壤中污染物的暴露途径，同时由于固化处理以及避免降雨渗透，也切断了污染物在地下水中的迁移途径，判断处理后污染土壤没有健康风险。监督并记录污染土壤的清挖，固化处理以及回填等工程措施的过程，防止污染土壤迁移和扩散。

5.4 原地阻隔技术

固化稳定化能够满足封闭填埋的土壤浸出浓度应该满足相关的浸出标准。

将进行完固化且浸出浓度达到标准的污染土壤置于防渗池中进行封闭处理，其作用是将污染土壤与周边环境隔绝，从源头上切断污染土壤对周边土壤环境、水体及人体的影响，同时可以阻隔外界的地下水、雨水对污染土壤的淋洗，防止污染重金属进一步溶出到环境中。

1、隔离填埋区选址条件

- (1) 能充分满足填埋场基础层的要求；
- (2) 现场或其附近有充足的粘土资源以满足构筑防渗层的需要；
- (3) 位于地下水饮用水源地主要补给范围之外，且在长远规划中的水库等人工蓄水设施淹没区和保护区之外；
- (4) 天然底层岩性相对均匀、渗透率低；
- (5) 地质构造结构相对简单、稳定，没有断层。

本项目场地污染修复土壤土方量仅 75 方，所需的防渗池不大，现场条件较易满足防渗的需要。

2、防渗材料

采用人工合成的渗透系数低于 10-12 cm/s 的聚合物防渗膜（塑料防渗膜），用以阻止浸出液向粘土及周边扩散。

本项目中拟用高密度聚乙烯土工膜（HDPE）是应用最广泛的土工膜，对于作为封闭防渗池的上层覆盖及底部衬层均有很好的耐久性。HDPE 是所有土工膜中化学稳定性最好的，浸出液对由 HDPE 膜组成的衬层不构成威胁；且 HDPE 的低渗透性可以确保地下水及雨水不会渗入进入池中。

3、防渗池设计与施工的环境保护要求

防渗池天然基础层的饱和渗透系数应不大于 10^{-5} cm/s，且其厚度不应小于 2m，应根据天然基础层的地质情况分别采用天然材料衬层、复合衬层或双人工衬层作为其防渗层。

该防渗池防渗拟采用人工衬层进行防渗，人工合成的衬层可以采用 HDPE

材料，厚度不小于 2mm。

4、防渗层构造

封闭防渗池需贮存 75 方污染土。根据现场的情况确定防渗池的尺寸。

防渗层的结构如下：

(1) 池底防渗的主要结构形式为（自下而上）：

基础层：压实的土层

防渗层：粘土层厚度 0.5m

防渗层：HDPE 膜，厚度 2mm

(2) 池周边的防渗层主要结构形式为（由里向外）

防渗层：HDPE 膜，厚度 2mm

5、防渗池的封闭

防渗池的封闭覆盖层的组成之上而下依次为：植被层、营养层、阻隔层。

(1) 植被层：为场地最终的生态恢复层，它能美化周边环境，防治雨水冲刷土壤，利于雨水的径流。

(2) 营养层：清洁土壤，厚度>1m

(3) 阻隔层：

阻隔层是覆盖的关键技术，阻隔层是为了防止雨水渗入池中，保证整体池体的安全及稳定性。本工程采用复合阻隔层，自上而下分别为：30cm 粘土层，2mmHDPE 膜，20cm 粘土层（渗透系数应不大于 10^{-7} cm/s）

5.5 地下水抽提-处理技术

5.5.1 技术工艺原理

地下水修复处理技术工艺方法计划采用抽水-处理的方法。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上来，然后利用地面设备处理，可以有效降低污染物总量。处理后地下水考虑综合使用，一方面可回用于施工现场药剂的调制用水，另一方面处理达标后作为清洁水回灌于场地或排入市政污水管网。

采用该方案工艺成熟，反应迅速，工程措施易实施，成本较低，对现场扰动

少，施工过程中的二次污染可控。该技术既可以单独实施，也可以与其他技术，例如原位淋洗，原位氧化等技术组合使用。将污染地下水抽出处理能最大程度地将污染物移除出场地，确保场地建设后安全使用，为公众接受度最高的修复方法。

5.5.2 技术参数

根据本场地的水文地质情况、本场地污染主要分布在潜水层。主要水文地质参数参考连云港地区参数，考虑为水力坡度值为 0.002，渗透系数： $K=10^{-6}\text{cm/s}$ 左右，含水层厚度考虑场调最大调查深度为 6m，含水层厚度考虑约 6m 左右，污染区面积 1000m^2 。

抽水井（200mm）稳定抽水量约为 $130\text{m}^3/\text{日}$ ；对工程措施的质量要求如下：

- (1)设置抽水井必须严格按照相关要求，满足抽水量要求。
- (2)准确设计抽水井数量，位置和抽提速率、抽水量，确保修复设计需要。

建议采用井群抽提。单口抽水井直径限制在 200mm 以下，以防止设置抽水井施工过程中对场地的过多扰动。考虑抽水过程中污染物从含水层释放的过程，建议采用间歇性抽水，以对应地下水抽提过程中污染物浓度反弹现象。

其它布置建议：

(1)、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：（1）抽水井在污染羽的中轴线上；（2）抽水井在污染羽中心。

(2)、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。

(3)、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。

5.5.3 系统构成和主要设备

系统构成包括地下水控制系统、污染物处理系统和地下水监测系统。主要设

备包括钻井设备、建井材料、抽水泵、压力表、流量计、地下水水位仪、地下水水质在线监测设备、污水处理设施等。

5.5.4 技术应用基础和前期准备

在利用抽提出理技术进行修复前，应进行相应的可行性测试，目的在于评估抽提出理技术是否适合于特定场地的修复并为修复工程设计提供基础参数，测试参数包括：

(1) 污染源情况：污染源的位置、污染物性质及其持续释放特性；土壤中污染物类型、浓度及分布特征。

(2) 水文地质条件：含水层地层情况、地下水深度、水力坡度、渗透系数、储水系数、水位变化、地下水的补给与径流；地下水和地表水相互作用。

(3) 自净潜力：污染物总量、污染物浓度变化趋势、土壤吸附能力、污染物转化过程和速率、污染物迁移速率、非水相液体成分、影响污染物迁移的其他参数。

5.5.5 主要实施过程

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、施工准备

(1) 首先用 GPS 进行定位，记录高程，圈出修复区域，确定前期建井点位，找出污染较为严重的区域，并对修复区域进行场地平整，便于机械入场操作。

(2) 机械准备：

主要是建井机械、水泵设备、管道阀门、计量装置、后期处理设备入场。

(3) 材料准备：

氧化还原药剂的准备。

(4) 其它准备：

排水用设备，用水用电、人员及技术材料等的准备。

3、建立地下水控制系统：①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；②安装抽水泵；③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。

4、现场实验：对抽出的污染水进行氧化还原药剂实验、化学沉淀实验等，确定药剂最佳配比。

5、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。本场地可使用芬顿药剂法氧化地下水中的有机物，使用化学沉淀法等处理地下水中的重金属污染物。经实验确定的药剂浓度处理抽出的污染水。

6、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。

7、修复成功后关闭抽出处理系统。

运行维护和监测总体来说，该技术运行维护相对简单，运行过程中仅需对水泵、抽提井、管道阀门进行相应维护。污水处理系统的运行维护需根据不同污染物进行相应调整。抽出处理系统投入运行后，就应开展实时监测，以判断系统运转是否满足既定治理目标，确保系统运行长期有效。借助于水位监测和水质检测，对系统运行做出相应调整。

5.5 现场监测

治理修复工程中的监测点位或监测频率，应根据工程设计中规定的原地异位治理修复工艺技术要求确定，每个区块布置至少 1 个监测点位。治理修复工程中由降水产生的地下水经过监测合格后，排放到附近的水沟。

6 修复工程设计

6.1 修复施工机械及施工方法

根据场地污染特点、所要求的修复目标和规定工期，制定修复方案，不同阶段的修复方案和技术工艺见表6.1-1。

表 6.1-1 污染土壤地下水修复区块分类及拟采用的技术工艺

施工阶段	修复方案		施工目的	处理深度 (m)	厚度 (m)	面积 (m ²)	土方量 (m ³)	采用主要技术工艺
第一阶段	表面清理		清理表面建筑垃圾和表层污染土	0.2	0.2	/	/	/
第二阶段	污染土壤处理	镍和石油烃	修复污染土壤达到修复目标	0.5	0.5	50	25	原地异位搅拌混合工艺；表层固化；浅层止水
		砷和石油烃		0.5	0.5	100	50	
	污染地下水处理		修复污染地下水达到修复目标	0-6	/	1000	/	原位抽水处理工艺；抽出水氧化、重金属捕集沉淀
第三阶段	效果自检		确保修复效果	/	/	/	/	/
第四阶段	补充调查、施工		必要时开展	/	/	/	/	/

采用技术工艺说明及使用的机械设备

1、浅层原位搅拌混合工艺

采用挖机原地异位搅拌混合化学药剂和污染土壤，修复工程短，效率高，适合浅层污染土壤修复。

2、固化稳定化技术

具体材料根据以往类似工程取得的数据,采用已经验证的具有自主知识产权的天然矿物系固化材料(与东南大学合作开发)。施工方法是用挖机对污染的表层土壤、粉末状水泥和固化材料进行异位搅拌混合,搅拌深度可达0-2米。



图 6.1-1 固化稳定化施工作业情况

3、阻隔填埋技术

将进行完固化且浸出浓度达到标准的污染土壤置于防渗池中进行封闭处理,其作用是将污染土壤与周边环境隔绝,从源头上切断污染土壤对周边土壤环境、水体及人体的影响,同时可以阻隔外界的地下水、雨水对污染土壤的淋洗,防止污染重金属进一步溶出到环境中。

4、抽出处理技术

对有机污染物质原液的污染源以及高浓度地下水污染区块,采用抽水处理工艺方法。该方法通过井或钻杆抽提方法来回收含有污染物质的地下水,对抽提后的地下水进行处理,处理后地下水考虑综合使用,一方面可回用于施工现场药剂的调制用水,另一方面处理达标后作为清洁水回灌于场地或排入市政污水管网。

5、地下水氧化处理技术

为了对抽提的地下水进行处理,应当在工地设置水处理设备(图6.1-2),本修复场地上有消防应急池、污水处理设施尚未拆除,可根据实际情况配合使用。处理方法采用在类似项目中验证的芬顿试剂氧化处理方法。计划设置复数套小型装置,在采用抽水修复方案的污染区块同时作业。处理后水根据情况也可以作为药剂配置用水。

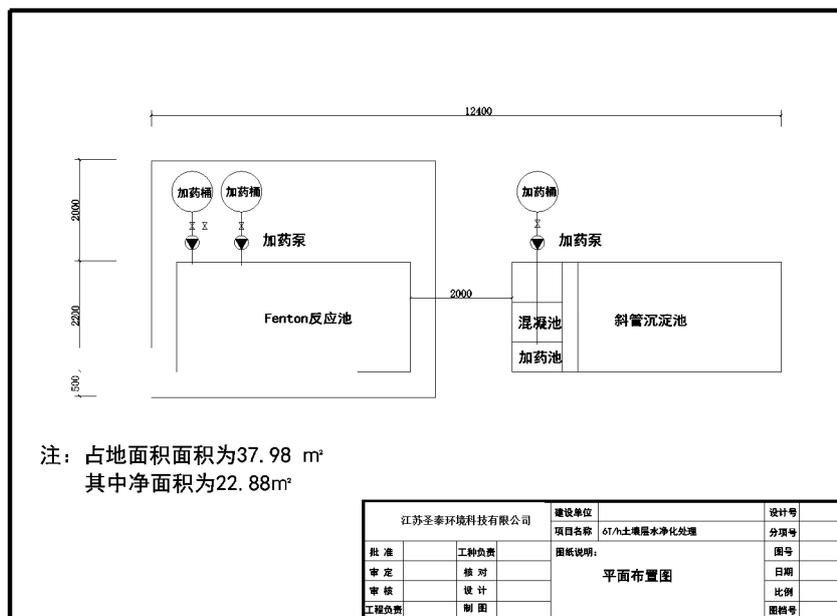


图 6.1-2 地下水处理设备配置图

6.2 施工准备和流程

6.2.1 施工准备

施工前的准备工作直接关系到施工人员、材料、设备的顺利进场，在进场前，派专人负责考察现场情况，组织了项目部和施工人员提早熟悉了图纸及现场情况，及时组织调整相应的劳动力班组参加本工程施工。

(1) 技术准备

- ①、建立质量保证体系，配备专职施工管理和质检技术人员。
- ②、熟悉施工工艺及各项参与施工的设备，熟悉相关的验收规范。
- ③、根据现场污染情况，实施可行性试验，根据试验结果设计药剂配方药剂量，并调整施工工艺、预算和材料供应计划。
- ④、建立各类施工和质量档案。
- ⑤、制作施工过程中的检测分析方案，并根据需要调整。

(2) 物资准备

根据施工进度计划，制订材料供应计划。用于本工程的所有材料，其货源都将申报监理单位批准，质量和性能均按相应的材料标准和试验规程进行性能试验和质量试验，不合格材料禁止用于本工程。为此，将配备专职的工地试验人员做

好各项试验工作。材料准备按计划进行，并根据实际情况及时调整。

根据施工进度计划，并结合施工实际情况，作好各种机械配备计划并做好保养工作。由于工期紧张，计划多套设备进场，平行施工。

（3）施工用水准备

因本工程施工石油烃和有机酸的处理采用化学氧化还原，需配制大量药剂，用水量要求大，计划采用自来水和处理后地下水循环利用相结合的工艺。初期自来水预计用水量为 20 吨/天。

（4）施工用电准备

由业主提供电源为 400KVA，在施工现场就近供电线路上接入。由于网电无法满足机械用电要求，计划自备发电机解决用电问题。

（5）劳动组织准备

本工程量巨大，工期和难度较高，有针对性地组建项目部，选择组织能力强，有丰富施工经验的人员担任项目经理。并根据施工进度计划，组织施工班组落实进场，并对技术性工种的施工人员进行岗位培训，实行持证上岗。

（6）施工技术交底

由工程技术负责人根据施工的要求，将工程意义、工期安排、施工步骤、操作方法、重点关键、质量标准、安全要求、节约指标、文明施工、技术措施和有关规定，并结合工艺设计意图进行施工交底，做好记录。

对于工程关键部位、工序给予特别交底，以确保施工质量及施工安全，工程质量控制关键工序主要有：

施工面保障，药剂配制、药剂搅拌混合、抽出井群设置、污泥处置，表层地基改良。

（7）资金组织

我公司具有多年的历史，特别是在近几年，在有关主管部门的关心和支持下，通过自身的不懈努力，无论人员、设备、资金等方面都取得了长足的发展和进度，具有较雄厚的人力资源和资产。为完成本修复工程，我司前期制定相关资金计划，并在工程实施过程中，按计划调拨足够数量的资金满足施工需要，从资金上保证

工程优质、按期完工。

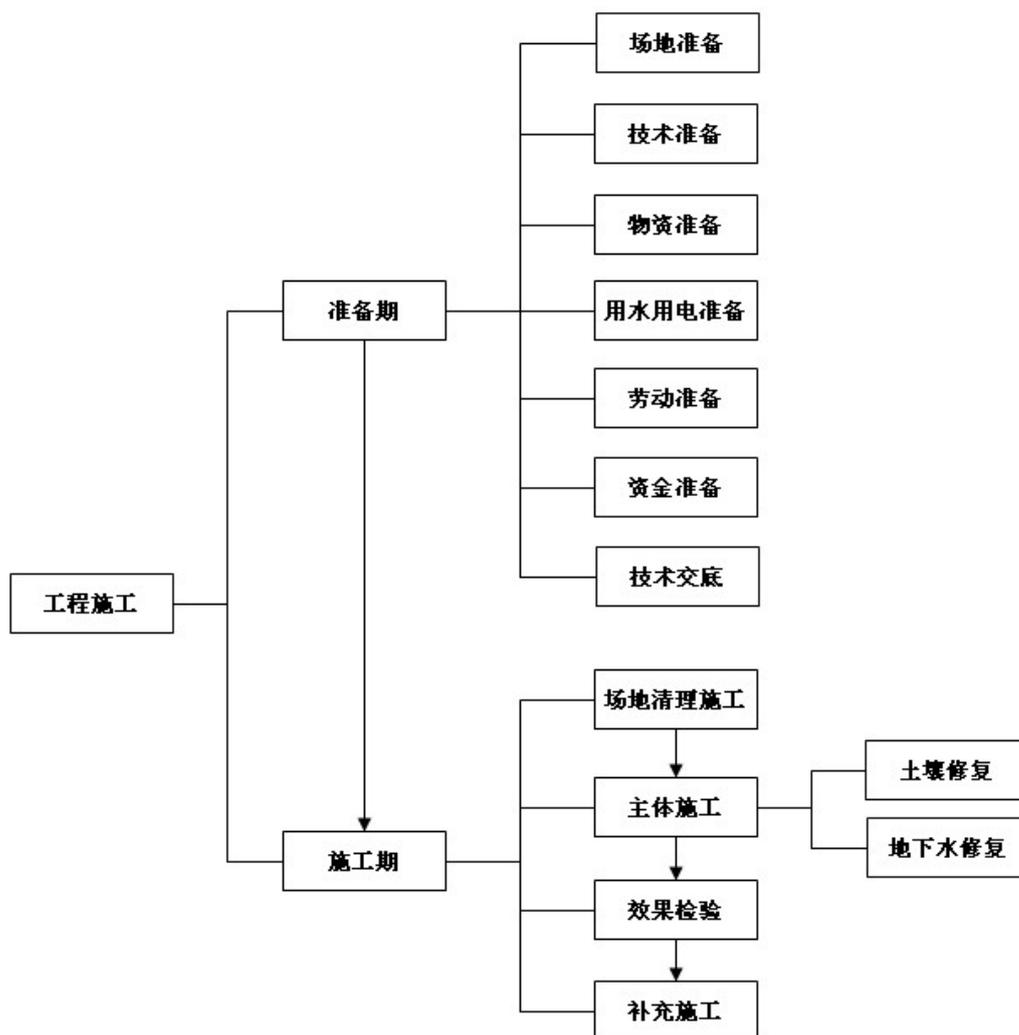


图6.2-1 施工准备图

6.2.2 施工流程

(1) 施工阶段划分

为了最大限度地提高工效，缩短工期，并根据业主相关要求，本工程采用以原地修复作业为主体施工阶段的施工流程组织施工，以使各工种、各工序从时间上、空间上得到有机衔接。以优化劳动组合，达到均衡施工、缩短工期的要求。

根据我公司的综合考虑，从地块的特征，场地条件，工程量大小，施工进度计划来划分先后工作顺序。施工阶段划分：

①、场地清理和修复施工准备为第一施工阶段

- ②、以修复作业为第二施工阶段（主体施工阶段）
- ③、以自检，自验收和追加施工为第三施工阶段
- ④、工程扫尾为第四施工阶段。

（2）施工流程

施工整体流程见图 6.2-2。

6.2.3 前期施工

（1）场地准备

包括场地清理和作业面准备。对修复区域内场地进行清理，去除表面石块、砖块等杂物。准备临时作业面，做好防渗措施。

（2）各机械设备调试

在施工前调试搅拌设备，取得施工速度与土质关系，最佳药剂使用量和效果等施工参数。

（3）设置地下水监测井

在修复污染区块内首先设置地下水监测井，取样实施简易分析和精密分析，对修复过程中的地下水污染浓度实施监测，作为监控工程实施进度的基本数据。监测井密度小于1井/900平方米；监测频度根据修复工程的进展，最低2次/月。

初步设计监测井数为1-2口，可利用原场地内的调查监测井。

6.2.4 污染源处理

对于土壤中污染物，采用原地异位的方式，对其中的有机污染物质主要采用芬顿氧化，对于重金属采用固化稳定化处理。

对于地下水，采用原位抽水-处理的工艺方法，通过井或钻杆抽提方法来回回收含有污染物质的地下水。

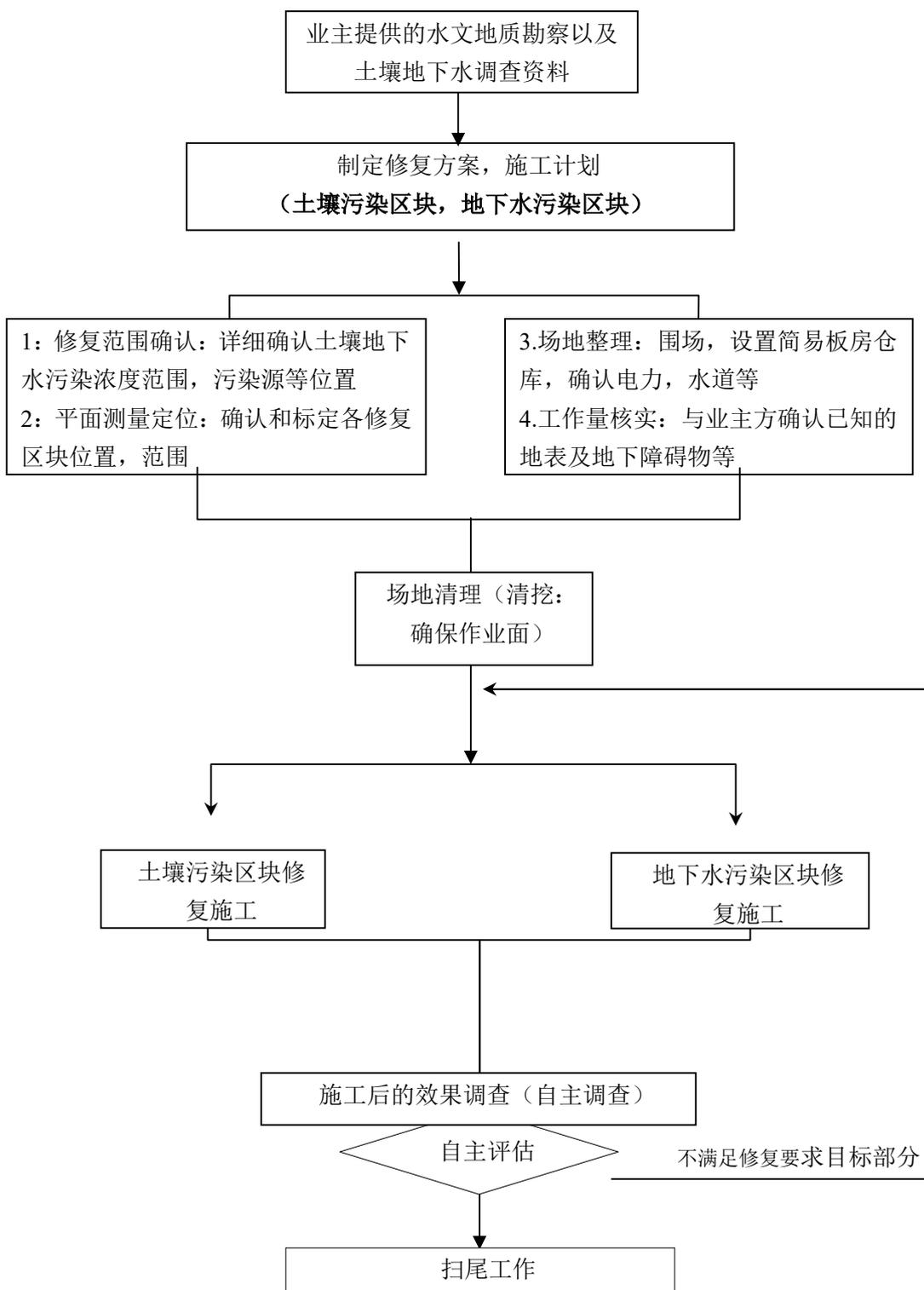


图 6.2-2 施工整体流程图

6.3 主要物资及施工机械计划

1、主要材料配置计划

主要材料和药剂需要计划是组织材料和制品加工、订货、运输、确定堆场和仓库的依据，是根据施工部署和施工总进度计划而编制的，见表 6.3-1。

2、施工机械配置计划

施工机具和设备需要量计划是确定施工和设备进场、施工用电量和选择发电机的依据，是根据施工部署、施工方案、工程量和机械分班产量定额而确定，见表 6.3-1。

3、材料采购管理

(1) 采购计划管理

采购计划就按照业主对本工程下达的有关文件和基建计划为基准，以工程设计资料为依据，结合本单位的实际情况而编制。

根据已审定的采购计划及技术规范书，会同有关部门对各供货厂家进行评议、筛选、拟定、并填写承包方评审表。

(2) 采购合同管理

调查供方以往的产品质量或产品进行抽样试验。

和另一厂家的同类产品进行对比，以确定其优越性。

采购合同的编制：产品的技术标准按国家（或国际）有关标准，或部颁标准专业标准执行。需方有特殊要求的，供需双方按商定的技术条件、样品或补充的技术要求一并编写技术协议（由工程专业人员进行），作为合同的附件。

(3) 物资的运输、交接与验收

物资的运输有供方送货，代运，或需方自提三种，在供需双方签订的合同中对供货单位、交货方法、运输方式、到货地点、收货单位等都应有明确的叙述。

供方、需方对物资的运输和装卸，应按有关规定与运输部门办交接手续，做也记录，双方签字。明确供方，需方和运输部门的责任。

物资到达需方规定的接货地点后，需方材料设备部门应派人进行交接验收，验收所到货物是否有损坏、短缺、丢失、变质和污染。

(4) 物资的搬运、贮存和发放

对物资搬运、贮存和发放进行管理，是保证物资得到良好的保护和照管，并使其不受机械和环境引起的物资变质，且免去由于发放的错误，引起不符合的生产。

为避免搬运不当，造成设备和人身的损伤，制定相应程序，实施控制，特别是重大设备。

对于重要设备、重要材料、危险品，特别防护物资贮存管理，专门制定程序、进行管理。

表 6.3-1 主要器材和机械设备初期计划

器材机械名称		规格	计划数量	入场方式	备考
化学材料等	双氧水	35%	-	分批	厂家
	硫酸亚铁	七水合	-	分批	厂家
	柠檬酸钠	99%；20目	-	分批	厂家
	水泥等	粉状	-	分批	厂家
	固化剂等	粉状	-	分批	厂家
现场办公室			1套		自备
多功能土壤采样车 (Geoprobe)		6712 DT	1套		自备
便携式 VOC 检测仪		野外用	1台		自备
电缆线		野外用	4台		自备
供水用软管			2000米		自备
储水罐(带搅拌器)		2 m ³	10只		自备
储水罐		5 m ³	20只		自备
小水桶		50L	10只		自备
水表		接水管	10台		自备
清水泵		制作药剂用	10台		自备
污水泵		排，供水用	10台		自备
供水用硬管		药剂用	1000米		自备
水道阀门			50个		自备
运输车			1台		外协
柴油发电机		200kw	2台		外协
水处理设备			5套		外协
挖机			1台		外协
筛格斗			1台		外协

6.4 效果自检和自验收方案

根据验收工作要求，将污染场地分为土壤污染修复区和地下水修复区。针对

不同污染区的特点，采用有效的样品采集方法和分析方法，在提高检查效率的同时，控制工程成本。主要自检和自验收方案如下：

在修复污染区内首先设置地下水监测井，取样实施简易分析和精密分析，对修复过程中的地下水污染浓度实施监测，作为监控工程实施进度的基本数据。监测频度根据修复工程的进展，最低2次/月。

对于修复后土壤采用钻探取样(图6.4-1)，在表层土回填之前，通过目视观察土壤颜色、嗅觉等感官方法进行判断，同时使用便携式XRF检测仪实施现场测试。

同时采用专业布点和系统网格布点相结合的方法采取土壤样品进行简易分析以及精密分析。因修复区域面积较小，样品采取最低密度根据修复区块，每个区块1个。



图 6.4-1 土壤取样机械 (Geoprobe)

7 环境管理方案

7.1 人员组织及管理

7.1.1 项目部组织结构

该修复工程项目部组成人员配置分为项目经理、项目副经理、技术主管、工程主管、采购主管及现场作业人员，如图 7.1-1 所示。每位成员各就其职，各负其责。在场地修复前准备及修复实施过程中，上级环保主管单位的项目相关人员及环保专家将对运行过程及主要技术环节作技术咨询或现场指导。

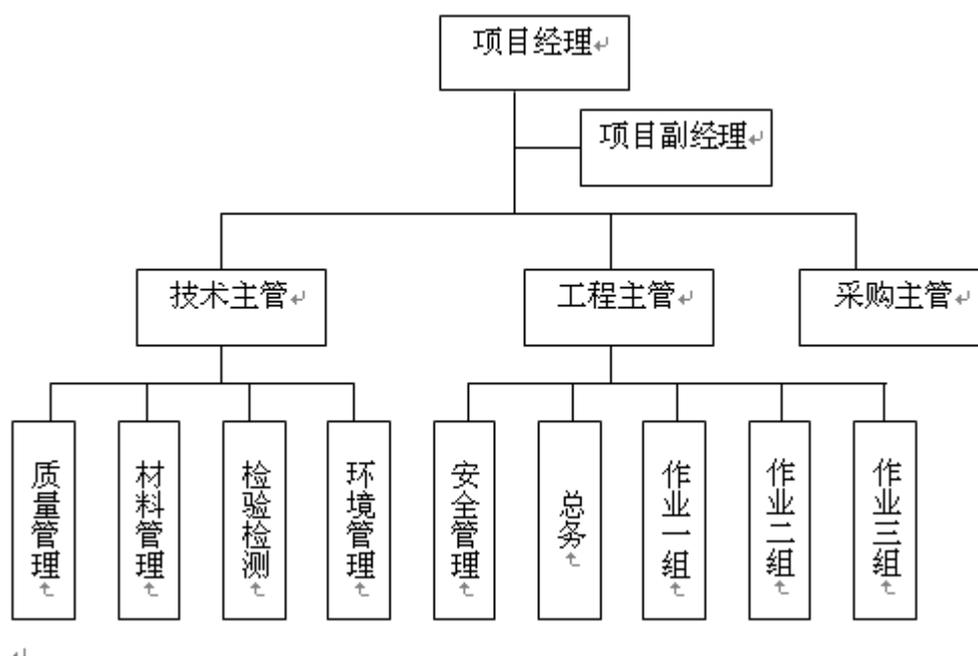


图 7.1-1 项目部人员组织结构图

7.1.2 人员配备

项目部组成人员及主要职责如表 7.1-1 所示。

表 7.1-1 项目部组成人员主要职责

岗位名称	任务描述
项目经理	主持项目实施的全面工作
项目副经理	协助项目经理的工作，负责现场管理，负责土建工程施工技术及问题处置
技术主管	负责技术方案的制定，修复作业的技术指导，个人防护和环境管理以及检验检测
工程主管	负责现场管理，主要包括施工管理、机具管理、安全生产
采购主管	负责工程材料和药剂的采购，为工程实施提供物资保障
质量管理 (内部监理)	负责施工现场质量管理的具体工作，负责工程资料的收集、处理和归档
药剂管理	负责现场药品药剂的管理及使用
检验检测	负责施工现场检验检测及验收方面的具体工作
环境管理	负责环境管理、以及个人防护用品用具的管理和使用
安全管理	负责安全生产的具体工作和现场总务工作
总务	负责现场各施工班组的协调工作
作业班组	在工程主管指挥下，负责具体的场地施工

表 7.1-2 劳动力计划表

工种	施工阶段投入劳动力情况			
	施工准备	主体施工	追加施工	扫尾
技术人员	5	5	5	2
汽车司机	1	1	1	1
机械司机	5	7	5	2
药剂制作	0	10	6	0
机械工	5	5	5	2
土石方工	5	5	5	2
电焊工	1	3	2	1
水工	1	2	1	1
电工	1	2	1	1

7.1.3 管理制度

为实现本项目的质量、进度目标，确保安全生产各项措施的落实，施工过程中

中，在严格按照本施工方案实施各项管理和作业规范的同时，必须严格执行下列管理制度：

(1) 技术管理制度

①所有技术人员都要熟悉掌握设计方案，对设计意图、设计标准、工程地质、水文气象等重要技术资料了如指掌。

②编制切实可行的施工组织设计。

③择优选新用新工艺、新技术、新材料。

④建立与工程规模适应的试验室。

⑤成立 QC 小组，组织技术人员和工人经常进行技术革新，技术攻关活动。

⑥搞好计量、测量工作并作好原始记录。

⑦做好施工日志及工作日记。

⑧实行技术交底单制度，技术负责人→现场施工员→施工班组长→实际操作工人。

⑨贯彻落实 ISO9000 标准中对技术管理的要求，做好各项技术管理与总结，并为工程竣工整理好各种文件及资料。

(2) 质量管理制度

①建立内部监理制，所有工序施工置于内部监理的监控下实施，并对每道工序实行“初检、复检、终检”制度，即“三检制”。

②各项目主管及现场技术人员向内部监理报送工序检查单，由内部监理检查验收并签字负责。

③内部监理向监理工程师报送工序检查单并配合监理工程师对工程施工实行全过程的检查。

④定期报告工程质量检查结果并协助施工班组提出质量保证措施。

⑤对检查不合格的工程具有质量否决权，并提交工程生产协调会讨论解决。

⑥在施工班组中全面推行 ISO9000 质量管理活动，推动整个工程的质量管理，力争做出精品工程、样板工程。

(3) 安全管理制度

①工地现场设立各种安全警示宣传牌及标语。

②设立专职安全检查员。

③做好安全技术交底工作，交底应到每个操作工人。

④安检员实行安全否决制度，奖励安全工作有功人员。

⑤实行专职安全检查员巡视制度，对工地现场不遵守安全操作规程的施工及管理人员进行制止及罚款。

⑥定期举办安全知识讲座，树立“安全第一”的意识。

⑦安检员的奖罚和工程安全直接挂钩。

⑧安检员随时向经理提交安全隐患的通知，并提请生产协调会重视，杜绝安全事故的发生。

(4) 生产调度制度

①项目经理部实行生产协调会制，每周六项目经理主持召开生产协调会。

②各职能部门及生产班组汇报工程进展情况，提出合理化建议。

③项目经理下达任务单时，在任务单中明确任务名称、责任人、完成指标、时限要求、配合班组及人员、完成结果、未完原因等内容。

④项目经理将具体工作落实到人、责任到人，在生产协调会上检查落实情况，作为考核业绩的指标。

⑤项目经理部通过有效管理，控制整体进度和质量，协调各方面因素，使工程建设按既定目标推进。

7.2 环境质量管理机构

建立健全环境质量管理组织机构，成立以项目经理为首的环境管理领导小组，全面负责并领导本项目的环境管理工作，以项目经理为环境管理第一负责人，主管工程施工全过程的环境管理与监测，技术负责人为环境管理的技术负责人，工程负责人负责施工过程中的日常环境管理与监测，组织机构见图 7.2-1。

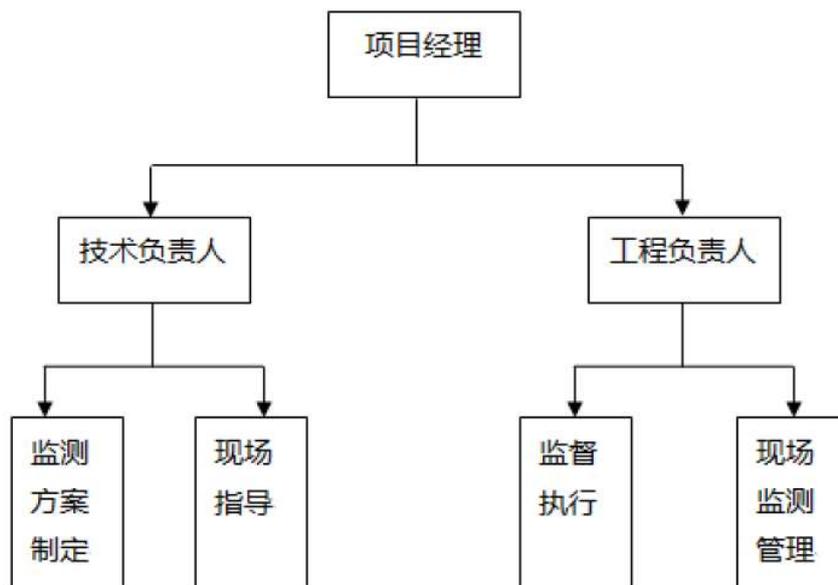


图 7.2-1 环境质量管理组织机构

项目将建立规范的 HSE 组织机构，赋予相关人员 HSE 职责，全面落实项目安全环保职业健康措施。HSE 组织机构见图 7.2-2。

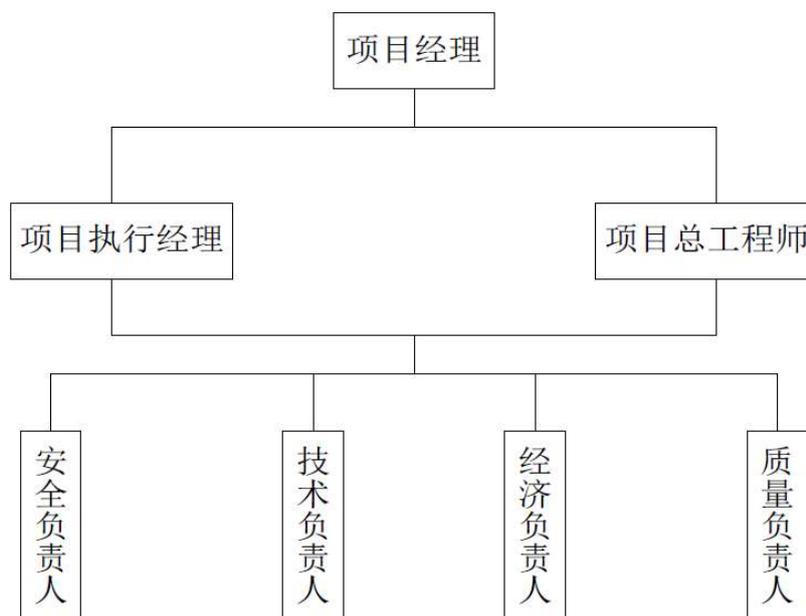


图 7.2-2 HSE 组织机构

HSE 组织机构人员职责：

1) 项目经理

(1) 本项目的项目理由修复公司的工程负责人担任，是本项目中的总负责人，对施工中的安全、环保、质量、进度、成本负总责，同时全面负责污染土壤

接收、处置工作；

(2) 定期参加与业主单位与监理单位召开的联席会议，及时解决施工中出现的

的问题；

(3) 组织及领导和实施工程组织设计、工程施工计划及技术、质量、成本、安全、环保等项管理措施，保证各项措施落实到位；

(4) 组织项目部成员以及各施工班组负责人提高对本项目重要性的认知程度，提高环保意识，杜绝二次污染事故的发生；及时掌握施工中的各类信息及时向业主方、监理方以及第三方检测单位汇报；

(5) 项目经理所属单位所交办的其他工作。

2) 项目总工程师

(1) 本项目的总工程师在清挖、运输和处置过程中的技术、质量等各方面负主要责任。

(2) 在施工技术、质量等方面负领导责任，实施质量方针和目标，认真贯彻国家有关的规范规程。

(3) 组织审查图纸和制定各种方案，并检查项目部的落实情况，及时解决施工中出现的

技术质量问题。

(4) 组织实施施工组织设计和施工方案，组织落实施工管理的各项措施。

(5) 及时和业主保持联系，做好信息反馈。

3) 项目执行经理

(1) 现项目执行经理全面负责该场地污染土壤处置项目污染土壤的清挖、运输工作及污染土壤的处置工作；

(2) 在项目经理的领导下，负责工程的施工生产、安全、质量、环保、进度，按照施工组织设计，进行施工组织安排，落实各项措施；

(3) 根据业主方要求，充分考虑各项影响施工的因素，制定施工进度，组织人力、物力，保证工程顺利完成；

(4) 定期向项目经理汇报工作进展情况，参加业主方与监理方组织的例行会议，及时汇报施工情况，及时解决施工中的问题；

(5) 项目执行经理所属单位所交办的其他工作。

4) 技术负责人

(1) 领导技术人员抓好项目部的技术工作，组织贯彻各项技术管理制度、施

工规范、操作规程、质量标准、环保要求等技术文件；

(2) 切实做好施工前的准备工作，组织编制施工方案、作业指导书、专项安全方案、施工技术措施计划、工期网络计划等工作；

(3) 负责推进技术创新工作，做好新技术推广和新技术开发，开展合理化建议，并负责处理合理化建议，组织技术人员做好信息反馈工作，抓好施工技术总结工作；

(4) 负责本项目测量、定位、计量、技术复核、监测及协助第三方验收工作；

(5) 负责组织分部分项工作的验收和竣工验收工作；

(6) 参与日常工程质量安全施工检查，组织施工人员按要求进行质量事故处理。

5) 安全负责人

(1) 掌握国家安全操作规程，规定，对施工全过程进行安全监督；

(2) 严格进行安全技术交底制度，制定安全施工措施；

(3) 组织有关人员学习安全规程，对超深、临边等危险部位施工进行重点保护；

(4) 对深基坑的防护设施、施工用电设备、机械设备进行定期检查；

(5) 对违反安全操作规程和安全制度的有关人员予以处罚；

(6) 会同有关方面处理安全事故，并填写事故经过，分析过程责任，提出处理意见。

6) 质量负责人

(1) 掌握施工规范，操作规程，对施工全过程进行质量监督；

(2) 在工程质量管理中，主持编制工程的质量保证措施，全面检查落实情况；

(3) 对不符全规程的操作应及时制止，对不合格工序应下整改通知单，限期整改；

(4) 合同技术负责人、班组长对工程分项分部位进行质量检测、评定；

(5) 定期填写工程质量报表，如实记录工程在每一阶段的质量情况。

7) 经济负责人

负责本项目的成本核算、资金管理事宜。

7.3 二次污染防治

7.3.1 人员安全职业健康保障措施

项目部制定安全职业健康计划和相关的安全职业健康制度。在进入现场作业之前，所有人员进行安全职业健康培训，告知危害因素和防护措施。进入作业场地工作和施工人员，按要求正确穿戴安全劳动用品。常见的安全防护用品包括安全鞋、工作服、口罩、防毒面具、防护目镜、安全帽、耳塞和手套等。离开工地，及时清理防护用品，并做好个人卫生。

7.3.2 水环境影响及污染防治

根据本场地修复方案的工作内容及其工艺特点，场地的修复过程可能造成的水环境影响如下：

1. 修复过程中的废水排放

废水排放包括污染土壤清挖过程遇到下雨产生的基坑积水、运输车辆清洗水和污染土壤暂存场的地面径流。其中，基坑积水和污染土壤暂存场地面径流量小浓度大，洗车废水量大浓度低，均会对环境造成严重污染，应是二次污染的防治重点。

2. 工作人员的生活污水排放

工程施工期间，施工单位应严格执行《建设工程施工场地文明施工及环境管理暂行规定》，对地面水的排放进行组织设计，严禁乱排、乱流污染道路、环境或淹没市政设施。施工时产生的施工废水及生活污水未经处理不得随意排放，不得污染现场及周围环境。

（1）基坑积水

密切关注国家气象局天气预报，提前做好施工进展安排，如遇降雨天气，则停止现场施工作业，并及时对作业面和暴露污染土进行必要覆盖，防止雨水冲刷污染区。同时做好必要的基坑雨水导排工作。一旦在基坑开挖后发生降雨导致基坑积水，则立即将基坑水抽出后运往修复场地进行处理。

（2）清洗废水

建议将本场地所有机具、车辆和设备的清洗废水排放至化学氧化搅拌槽中进行处置。

（3）生活污水

场地修复过程中会产生工人的污水排放。这些生活污水应集中收集，然后再排入市政污水管网，不得随意排放。

7.3.3 大气环境影响及污染防治

根据本场地修复方案的工作内容及其工艺特点，项目中的污染物主要为挥发性有机酸以及扬尘中可能携带的污染物将对场地内和下风向的空气质量造成影响。场地的修复过程可能造成的大气环境影响如下：

(1) 污染土壤清挖、外运、暂存过程土壤扰动引起的污染物无组织排放和修复过程修复车间的尾气排放。

(2) 修复过程产生的扬尘也会对环境产生一定的影响。

清挖过程环保措施：

为保护施工区域内及下风向的空气质量达标，施工过程中应严格执行相关规范的要求。对施工人员的工作区域及下风向场界处进行空气质量监测管理。一旦发现超标现象，则采取及时有效的安全保护措施。

2) 扬尘控制措施

①在清挖施工过程中，需要防止尘土飞扬。遇到4级以上大风天气，应停止土方清挖作业，并对暴露土壤进行苫盖。

②土壤清挖施工机械在操作时慢转、轻摇，尽可能防治起尘。每天按照规定时间对场地的运输道路清扫并洒水，保证施工场干净整洁，不起灰。

③在施工现场内将土方运输车辆装土后压实，防止扬尘产生。

④作业面出现扬尘时，可采用洒水车在基坑周边进行洒水作业，控制扬尘。若作业面出现大面积重扬尘情况，洒水和铺盖苫布已经不能满足需求时，采用移动式喷雾除尘设备对扬尘进行控制。该技术是使水形成喷雾，在预设的压力和速度下将水雾喷入空气中，水珠颗粒与灰尘接触后并包裹灰尘，灰尘受重力作用落地。

3) 修复过程中的无组织排放监测

针对污染土壤清挖清理现场的大气污染敏感目标制定环境保护措施。本项目大气污染可能对周边人群健康造成影响，因此大气污染的敏感目标包括了污染土壤清挖清理现场的施工人员、施工现场的周边居民点等。针对以上敏感目标制定大气环境质量的监测方案和大气环境质量控制措施，并严格按照监测方案和控制措施执行。若遇到施工现场及周边的大气监测指标超标现象，及时采取以上所列的粉尘控制措施，防治无组织排放所造成的环境影响。

7.3.4 噪声环境影响及污染防治

根据本场地修复方案的工作内容及其工艺特点，本工程施工过程中产生的噪声污染主要来自于场地准备和施工过程中的挖掘设备、运输车辆以及泵、风机等。场地的修复过程可能造成的噪声环境影响主要为：污染土壤清挖、运输、暂存、修复过程，相关的施工机械、施工设备、运输车辆、处理设备等产生的噪音。

噪声防治措施：选择低噪声设备，控制施工时间、车辆限速禁鸣，固定声源采取减振、隔声、安装消声器等措施。

清挖过程：

(1) 施工机械合理布置，防止在同一位置布置大量的动力机械设备，避免局部声级过高；

(2) 选用低噪音设备，在厂区行驶时，尽量减少噪音，没有消声器的车辆不准进场；

(3) 加强施工指挥，减少人为噪声；

(4) 设立临时声障；

(5) 噪声补偿措施，对周边受噪声影响较大的居民进行适当补偿，对受到施工干扰的单位和居民在施工前予以通知，说明施工期拟采取的噪声防治措施，并取得理解。

运输过程：

(1) 污染土壤运输路线避开噪声敏感建筑物集中区域，车辆限速行驶；行驶的机动车辆，必须保持技术性能良好，部件紧固，无刹车尖叫声；必须安装完整有效的排气消声器。行车噪声要符合国家规定的机动车允许噪声标准。

(2) 在噪声敏感建筑物集中区域内，设置或者解除机动车辆防盗报警装置，不得产生噪声。机动车辆防盗报警器以鸣响方式报警后，使用者应当及时处理，避免长时间鸣响干扰周围生活环境。

(3) 噪声补偿措施，对运输过程受噪声影响较大的居民进行适当的补偿，对可能受到运输车辆噪声干扰的单位和居民应在施工前予以通知，说明工程期内拟采取的噪声防治措施，并取得理解。

7.3.5 固体废弃物环境影响及污染防治

根据本场地修复方案的工作内容及其工艺特点，场地的修复过程可能造成的固体废弃物环境影响主要为：主要包括施工中的包装材料、生活固废等一般固废，

分类收集并采用不同方式处置。

固废防治措施：

除尘器收集粉尘全部回填；施工人员产生的生活垃圾统一收集后定期送至生活垃圾填埋场。

场地固体废弃物包括施工中的包装材料、生活固废等一般固废和其他危险废物，分类收集并采用不同方式处置。

一般固废：

（1）施工现场设立专门的废弃物临时贮存场地存放一般固废储存区，设置安全防范措施且有醒目标志。

（2）施工现场设置若干活动垃圾箱，派专人管理和清理。

（3）禁止在工地焚烧残留的废物或将废物随意堆放。

（4）废弃物的运输确保不遗撒、不混放、送到政府批准的单位或场所进行处理、消纳。

（5）可回收的废弃物做到再回收利用。

危险废物：

（1）在施工现场设立专门的废弃物临时贮存地存放危废，设置安全防范措施且有醒目标志。危废存放场所地面要硬化和防渗，并设置地面集液系统和事故池以收集泄漏的液体，要求要做到防晒、防雨和防渗。

（2）危废集中存放后，委托具有资质的专业处理公司处置。

（3）危废运输途中要防止泄露和散落。

生活垃圾：

所有生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门统一外运作进一步处置。

7.3.6 工程施工中产生的扬尘

本工程施工过程中可能产生的扬尘主要来源于土壤挖掘及运输车辆、施工机械走行车道所带来的扬尘；施工材料（药剂、砂石料）的装卸、运输过程中造成扬起和洒落、建筑垃圾的堆砌和处理过程中产生的扬尘以及异位土壤修复过程中的搅拌可能造成的扬尘等。

扬尘防治措施：对扬尘采用车辆遮盖、洒水降尘、道路硬化、避开大风天气

等措施治理；破碎粉尘采用湿式防尘风机；土壤暂存堆放等产生粉尘要求对临时堆场进行苫盖。

7.3.7 拆除环境保护

根据《罗盖特开发区工厂土壤及地下水污染修复工程合同》，本修复方案所针对的修复内容为高达公司场地调查报告结论中需要修复的区块，修复时暂不对主体厂房进行拆除。

但在今后的拆除过程中应该按照《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31号）《江苏省土壤污染防治工作方案》（苏政发〔2016〕169号）的相关要求注意环境保护，在拆除生产设施设备、构筑物、地下管线和污染治理设施时，要事先制定残留污染物清理和安全处置方案，并报所在地县级环保、经济和信息化部门备案；要严格按照有关规定实施安全处理处置，防范拆除活动污染土壤，防止对环境产生二次污染。

7.4 雨期施工方案

7.4.1 准备工作

连云港地区雨水较多，时常有巨大、连续暴雨，而本工程基本在露天作业，受天气因素影响较大，所以雨期应该也必须做好准备，以防不测。根据本公司经验，应着重做好以下事项：

（1）编制施工组织计划时，要根据雨期施工的特点，不宜在雨期施工的单项工程提前或拖后安排。对必须在雨期施工的单项工程制定有效的措施。

（2）合理进行施工安排。尽量把必要的技术间歇期留到雨期。

（3）做好现场排水，施工现场的道路、设施必须做到排水畅通。

（4）原材料、成品、半成品的防雨。不能受潮的材料应放在室内按“先收先发”“后收后发”的原则，避免久存受潮失效。易受潮变形半成品应在室内堆放，其它材料也应注意防雨及材料四周排水。

（5）在雨期前应做好现场房屋、设备的排水防雨措施。

（6）备足排水需用的水泵及有关器材，准备适量的塑料布等防雨材料。

（7）土方开挖时，若现场发生渍水现象，为防地表水进入基坑，将在坑顶附近做挡水堰。

7.4.2 技术措施

(1) 雨期施工主要以预防为主，采取防雨措施及加强排水手段，做好雨期施工的信息反馈工作，对容易发生和问题要采取防范措施设法排除，确保雨期时生产的正常进行，不受季节性气候的影响。

(2) 对施工现场及半成品生产基地应根据地形对场地内集水进行引流，以保证现场内没有积水，流水畅通，并要防止场地四周地面水倒入场地。

(3) 现场内主要运输道路两旁做好排水沟，保证雨后通行不陷。

(4) 机电设备的闸箱采取防雨、防潮等措施，机电设备搭设专门的防雨棚，并做木箱架空设置，安装接地安全装置，机电闸箱的漏电保护接地可靠。露天照明灯具必须有防雨罩，临施四周做好排水措施，工人雨天施工提前进行安全技术交底，并及时做好防滑措施。

(5) 雨期施工时，对有防雨、防潮要求的材料，尽量堆放在较高的地方，并做好四周围档、屋盖防雨、防潮及排水工作。

(6) 雨后施工时，机械作业行驶，应保持一定距离，防止碰撞事故。

(7) 露天使用电气设备，要有可靠防漏措施。

(8) 做好易受潮材料的防潮工作。

(9) 消防器材要有防雨防晒措施。

(10) 对化学品、油漆类等易燃品应专人妥善保管，防止受潮变质起火。

7.5 环境应急预案

根据《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》以及业主要求，为确保安全生产及施工人员的安全，防止可能发生的紧急情况继续扩大，并尽可能地排除险情，减少事故造成的人员伤亡、财产损失和对环境产生的不利影响。同时，为了能在事故发生后，使承担事故救援的人员和队伍分工明确，应急救援工作有条不紊的迅速展开，及时控制危险源，抢救受伤人员，指挥群众防护和疏散，制定相应的应急预案。

7.5.1 安全事故应急救援组织

1. 成立应急救援组织

事故发生后，现场人员应立即在救援组织统一指挥下，迅速有效地采取自救措施，保护事故现场，并及时向公司如实报告事故情况。

2. 工程项目部应急救援设立：救护组、物资供应组、事故调查组、善后处理组等。

3. 工程项目部应急组织和人员的职责

事故发生后，立即负责组织指挥施工现场的应急救援，保证施工人员生命安全，半小时内如实向上级部门报告事故。

协助组长负责施工现场的应急救援的具体工作。组长不在现场时，行使组长的有关职责。

救护组：现场救护和监护。

物资供应组：提供所需的所有材料和物资。

事故处理组：配合公司对事故的调查处理，并保护现场，阻止无关人员进入。

善后处理组：配合公司对伤者进行善后处理。

工程项目所有人员必须无条件服从工程项目应急救援领导组织的指导和指挥。对不服从指挥的，在场救援小组长及有关人员可给予就地撤职处理，事后并追究相应责任。

工程项目人员应无条件密切配合工程项目应急救援领导小组的工作。

7.5.2 事故应急救援实施一般程序

事故发生后，现场负责人员应立即摸清事故原因，并迅速切断危险源（如关闭电源），组织职工迅速撤离危险的现场。现场救援小组立即启动并开展工作，将受伤职工经简易自救（包扎、人工呼吸等）后送至医院。

7.5.3 高空坠落急救

高空作业有条件的，必须系好安全带。如果发生高空坠落事故，应立即自救，如果伤者出血，首先要简易包扎止血，并及时送往医院救治。必要时拨打 120 救护电话，请求社会援助。

7.5.4 施工现场机械伤害急救

机械伤害包括机械倒塌、机械旋转缠绕等。

正在运作的机械如发生倒塌，操作人员应迅速撤离机台和危险区，并立即切

断电源。如有人被倒塌的机械压伤，迅速送至医院救治。如倒塌的机械未完全落地而悬在半空，倒塌区内的人员应立即撤离，并采取有效措施，使其处于稳定状态；如倒在工地围墙等固定设施上，应采取相关措施，防止造成连锁事故。

发生机械旋转部分缠绕事故时，操作人员应立即停机，采取简单包扎后，立即将受伤人员送往医院。

7.5.5 化学药剂伤害急救

本工程项目涉及到的还原药剂有：硫酸亚铁和亚硫酸钠。

1. 硫酸亚铁该品不燃，具刺激性。对环境有危害，对水体可造成污染。皮肤接触：脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗。眼睛接触：提起眼睑，用流动清水或生理盐水冲洗并就医；

2. 亚硫酸氢钠

急救措施

皮肤接触：立即脱去污染的衣着，用大量流动清水冲洗。就医。

眼睛接触：立即提起眼睑，用大量流动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15 分钟。就医。

吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸。就医。

食入：饮足量温水，催吐。就医。

消防措施

危险特性：具有强还原性。接触酸或酸气能产生有毒气体。受高热分解放出有毒的气体。具有腐蚀性。

有害燃烧产物：氧化硫、氧化钠。

灭火方法：消防人员必须穿全身耐酸碱消防服。灭火时尽可能将容器从火场移至空旷处。然后根据着火原因选择适当灭火剂灭火。

应急处理

应急处理：隔离泄漏污染区，限制出入。建议应急处理人员戴防尘口罩，穿防酸服。不要直接接触泄漏物。小量泄漏：避免扬尘，小心扫起，收集于干燥、洁净、有盖的容器中。大量泄漏：收集回收或运至废物处理场所处置。

操作处置

操作注意事项：密闭操作，局部排风。防止粉尘释放到车间空气中。操作人

员必须经过专门培训，严格遵守操作规程。建议操作人员佩戴自吸过滤式防尘口罩，戴化学安全防护眼镜，穿橡胶耐酸碱服，戴橡胶耐酸碱手套。避免产生粉尘。避免与氧化剂、酸类、碱类接触。配备泄漏应急处理设备。倒空的容器可能残留有害物。

储存注意事项：储存于阴凉、通风的库房。远离火种、热源。防止阳光直射。包装密封。应与氧化剂、酸类、碱类分开存放，切忌混储。不宜久存，以免变质。储区应备有合适的材料收容泄漏物。

7.5.6 施工现场触电事故急救

当发生触电事故时，切不可惊慌失措，束手无策。应立即关闭电源，尽快使触电者脱离电源，必要时拨打 120 报警，同时组织抢救。

1. 自救

当自己发生触电，如果神智清醒，则首先要保持冷静，迅速摆脱电源。如跨步电压触，应立即单脚跳出危险区域，还要防止摔伤、撞伤等二次事故的发生。

2. 互救

发现有人触电时，应迅速使人脱离电源，一般可以采用如下方法：

如果电源闸刀就在附近，应迅速拉开开关，切断电源。如果电源的闸刀开关离触电地点很远，则迅速用绝缘良好的电工钳或干燥木把的利器（如铁锹等）把电线砍断（砍断后有电的一头要妥善处理，防止又有人触电），拨线时应特别注意安全，能拨的不要挑，以防电线甩到别人身上。

若在现场附近无任何合适的绝缘物可利用，而触电者的衣服又不是干的，这时救护人员可用干燥的毛巾衣服包在手上去拉触电者衣服，使其脱离电源。如果救护人员未穿鞋或穿湿鞋，则严禁采用此方法。

3. 立即就地诊断和抢救

先查看有无呼吸，如触电者无呼吸，应立即用口对口的方式进行人工呼吸，先清除口内杂物后，每分钟约 12 次，每次吹气量可达 1000 毫升以上。吹气时要捏紧触电者鼻子，以免漏气。

再查有无心跳，如触电者无心跳，应立即用胸外心脏挤压法，需用力下压后，使胸骨下段和使用相连的骨下陷 3—4 厘米，每分钟约 60 次。

如遇到无心跳、无呼吸，出现假死现象，两种方法同时使用，时间要长，要有耐心，直等到医护人员来接替为止。

7.5.7 现场的火警、火灾急救

1. 现场发生火警、火灾事故时，应立即了解起火部位及燃烧物质，拨打 119 向消防部门报警，同时组织人员扑救和撤离。正确使用灭火器：首先找到距离火灾现场最近的灭火器，撕去铅封，拔出保险销，下压把手对准火焰的根部进行喷射。

在扑救现场，应统一行动，如火势扩大，一般措施不可能扑灭时，应组织扑救人员撤退，避免不必要的伤亡。

扑救火灾应科学选择灭火方法：冷却法、窒息法、化学中断法。这些方法可单独采用，也可以几种方法同时使用。在扑救的同时要注意周围情况，防止中毒、倒塌、坠落、触电、物体打击，避免二次事故发生。

在灭火后，要防止死灰复燃，并保护现场，以便调查起火原因。

2. 火灾现场自救注意事项：

救火人应注意应急自我防护；

火灾袭来时迅速疏散逃生；

必须穿越浓烟逃生时，应尽量用潮湿的衣服包裹身体，用湿毛巾或湿布捂住口鼻或贴近地面爬行。

身上着火时，可就地打滚或用厚重衣服覆盖后灭火苗。

立即采用急救措施，使伤员尽快与致伤因素脱离接触，以免继续伤害深层组织。

伤员现场止血、包扎、固定以后，尽快正确地搬运、转送医院抢救。

8 工期和质量保证措施

8.1 施工总进度控制

根据工程内容及本公司以往施工经验，本公司承诺保质保量完成本工程。为能按规定的工期如期完工，从工程开工前就做好充分的施工准备工作，准备好人力和物力，根据工作面情况，合理组织施工，对于有可能出现短缺的材料和设备，做到早进场早施工。在施工过程中，将采用成熟的施工工艺，选择合理的施工流程和合理的劳动力配置需用计划，以保证工程及时完成。

8.2 施工进度保证措施

8.2.1 工期保证组织体系

为圆满按质按期完成工期目标，本着先紧后顺的原则充分做好施工准备工作。建立以现场工作组（项目部）为主的责任制，主要做好以下工作：

（1）根据总工程量、总工期和施工组织规律投入相应的施工技术力量。

（2）根据总工程量、职工平均工日产量、日平均生产工时之相关性投入最佳施工人数，优化劳动组合，提高工效。

（3）精心进行施工组织设计，选择最佳施工方案，编制总进度控制计划和月、旬作业计划。

（4）如有现场施工与工期计划发生偏差，则根据现场情况采取 24 小时施工以及追加投入机械数量台班等补救措施，

工期保证组织体系见图 8.2-1：

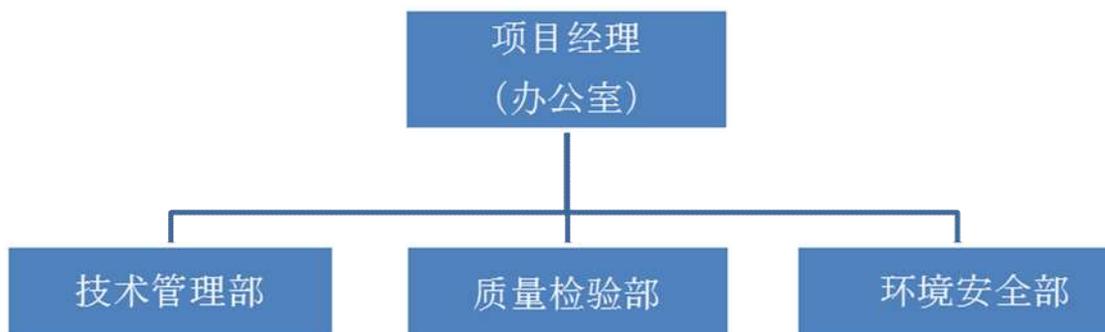


图 0-1 工期保证组织体系图

8.2.2 降雨时的施工保证措施

由于施工场地部分区域易于聚积降雨和地表水的特殊情况，在施工中采取下列防护措施，以保证工期不延误：

(1) 密切注意天气，有大雨和中雨均不得进行施工，而若因工期关系有小雨时必须施工，则必须准备足够的防雨设施和覆盖用的油布，塑料布等，并设法准备适量的雨篷，以便在雨淋时应用。应尽量利用无雨时突击施工。

(2) 降雨时施工要充分做好运输，劳力准备，使各工序间距要缩短，中间遇雨即盖上篷布继续施工，尽量支持完成单项施工。

(3) 对各种电器、机具加强监护，防止危险。加强值勤工作，下雨时工地上必须认真巡查，发现问题立即及时处理。

(4) 做好底基坑的即时排水工作，尤其降雨时采取增加排水泵等措施，严防因雨造成其它损失，以及防止影响施工总工期及进度计划。

8.3 质量保证措施

(1) 质量方针

质量方针是公司正式颁布的总质量宗旨和目标。

我单位的质量方针是：科学管理，确保工程质量，确保工程安全，创一流业绩，用户满意。

在产量和质量的关系上，进度和质量的关系上，实行质量否决权。

(2) 组织机构及质量职责

组织机构：能按期望的效率达到合同规定的要求并实施质量方针和目标，对所涉及到的组织机构、职权和职责中的职能部门和人员明确规定了质量责任和权限。

公司质量管理组织机构图（见图 8.3-1）。

(3) 主要措施如下：

建立以总工程师为首的各级技术、质量保证体系，明确各级质量责任制，技术、质量保证体系见图 8.3-2。

严格按国家有关的“规范、规程、标准”及设计要求组织、指导、检查全过程的施工。

加强技术培训每一分部、项施工技术、质量交底，提高整体施工技术素质。

积极推广应用新技术、新材料、新工艺。

建立技术、质量资料档案，随工程进度，及时认真做好有关记录的收集、整理、归档工作。

现场项目部设置质量监督员加强对质量控制点的检查和校核。尤其对于主体工程阶段的药剂混合搅拌施工，对药剂量进行实时记录和管理，保证设计的实施以保障修复工程的质量。

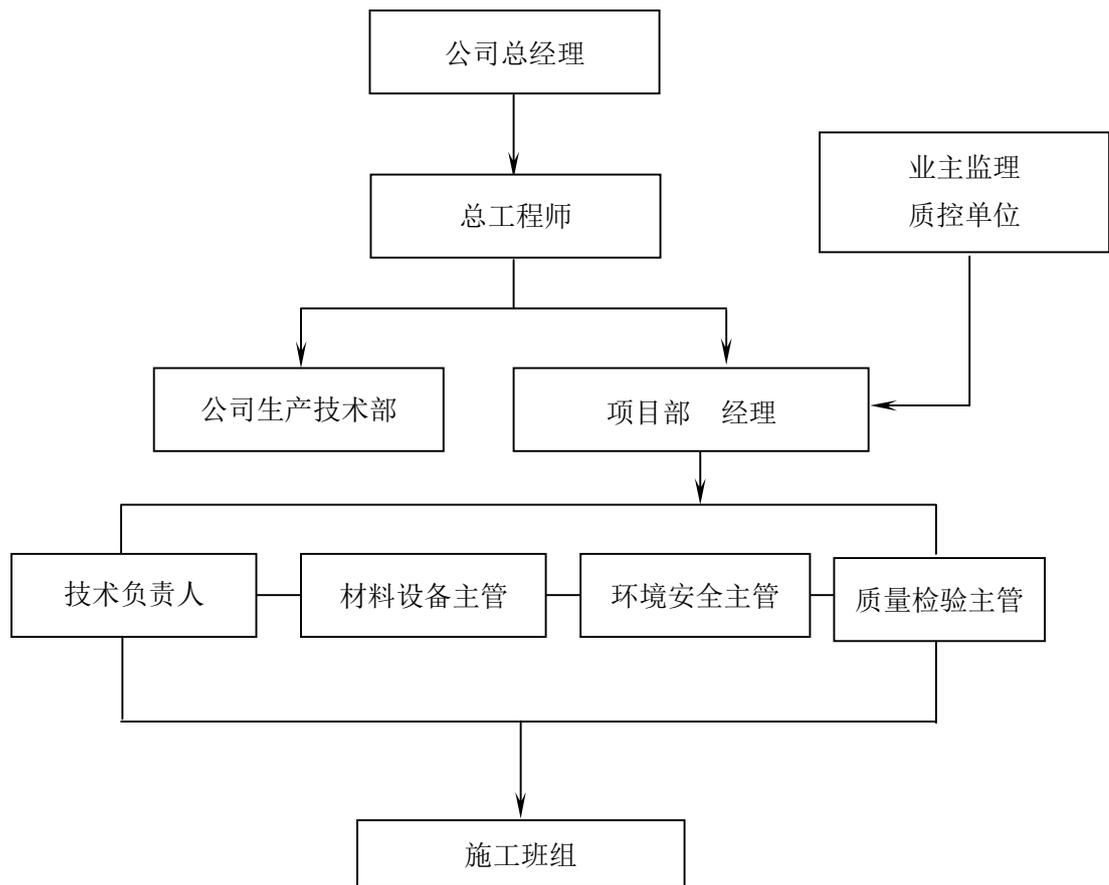


图 8.3-1 公司质量管理组织机构图

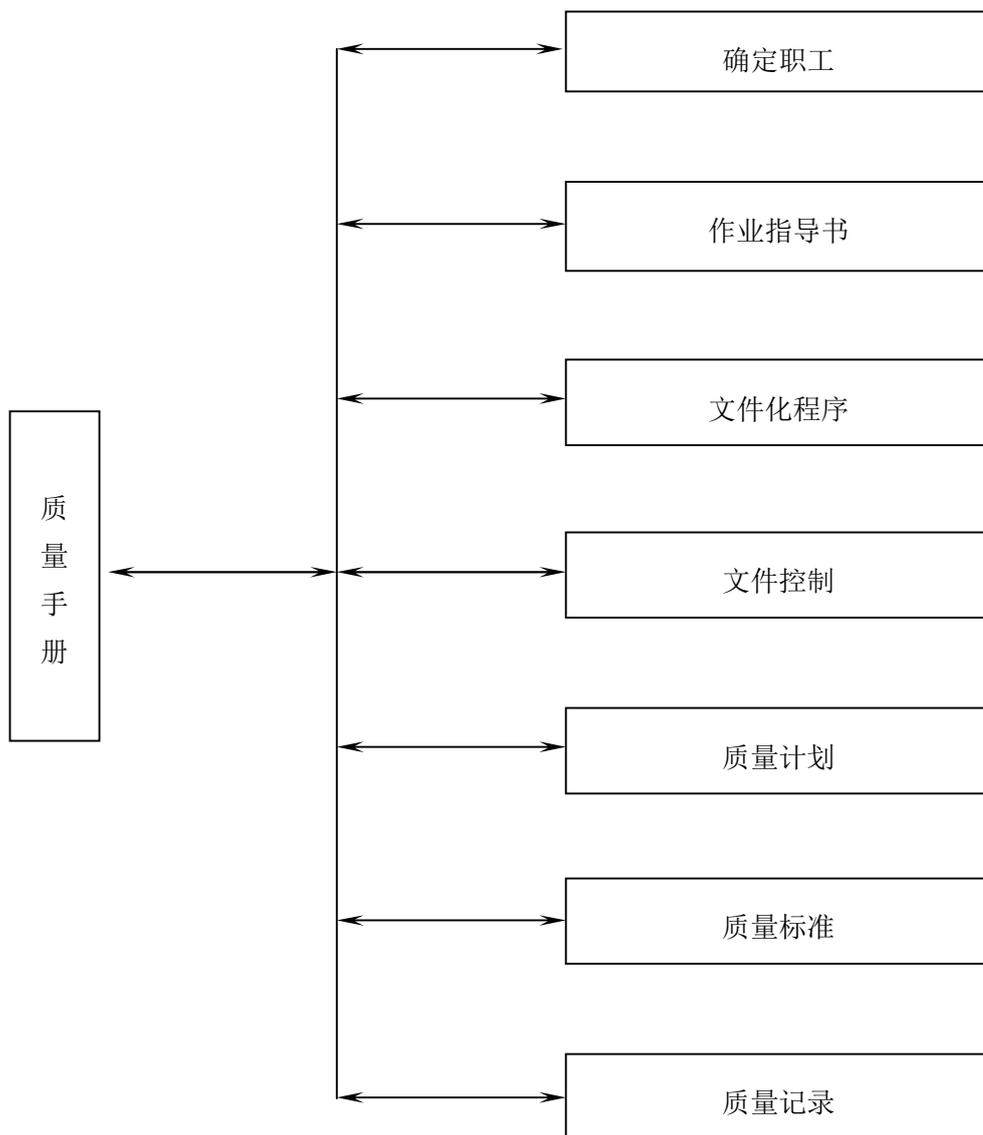


图 8.3-2 质量控制图

9 安全文明施工措施

9.1 安全生产目标及保证措施

根据工程的特点和施工的实际情况，安全生产管理必须以“安全第一、预防为主”的方针统览全局。施工期间，要坚决贯彻执行有关规定，科学地管理和组织施工，确保工伤事故为零的安全生产目标。

(1) 建立以项目经理为组长，环境安全部主管为副组长，技术管理部主管和质量检验部主管参加的项目施工安全生产保证体系，安全主管授予“三权”即罚款权、停工整改权、超级上报权。

(2) 建立以安全生产责任制为中心的各项安全生产制度，层层签订责任状。

(3) 做好工人入场“三级”教育和新设备、新工艺、变换工种以及场地中未知化学污染物质的安全教育；积极组织职工开展各种安全生产活动，努力提高全体员工安全意识和增强自我保护意识。

(4) 坚持巡回检查和定期检查相结合发挥专职安全人员的监督、监察作用，发现问题，立即整改。

(5) 严格遵守国家安全生产技术操作规程和有关防护规定，重点加强“三宝、四口、五临边”和机械、电气等防护措施。

(6) 注重安全投入，安全防护用品、安全装置、设施，消防设备等必须满足施工安全。

(7) 特殊工种组织专业培训，并持证上岗，经常进行专业安全教育，保证大、中、小型机械、现场用电、生产药剂等有足够的安全可靠性。

(8) 设专人负责现场用电管理，机械设备专人使用、维修和保养，责任到人、挂牌上岗，宿舍、仓库等按规定配备足够的消防设备，药剂的储存使用建立安全规范。使施工生产处于绝对安全状态。

(9) 组织全体人员经常进行社会治安宣传教育，自觉维护社会秩序和企业形象。

(10) 具体动作过程见下图管理网络体系图 9.1-1。

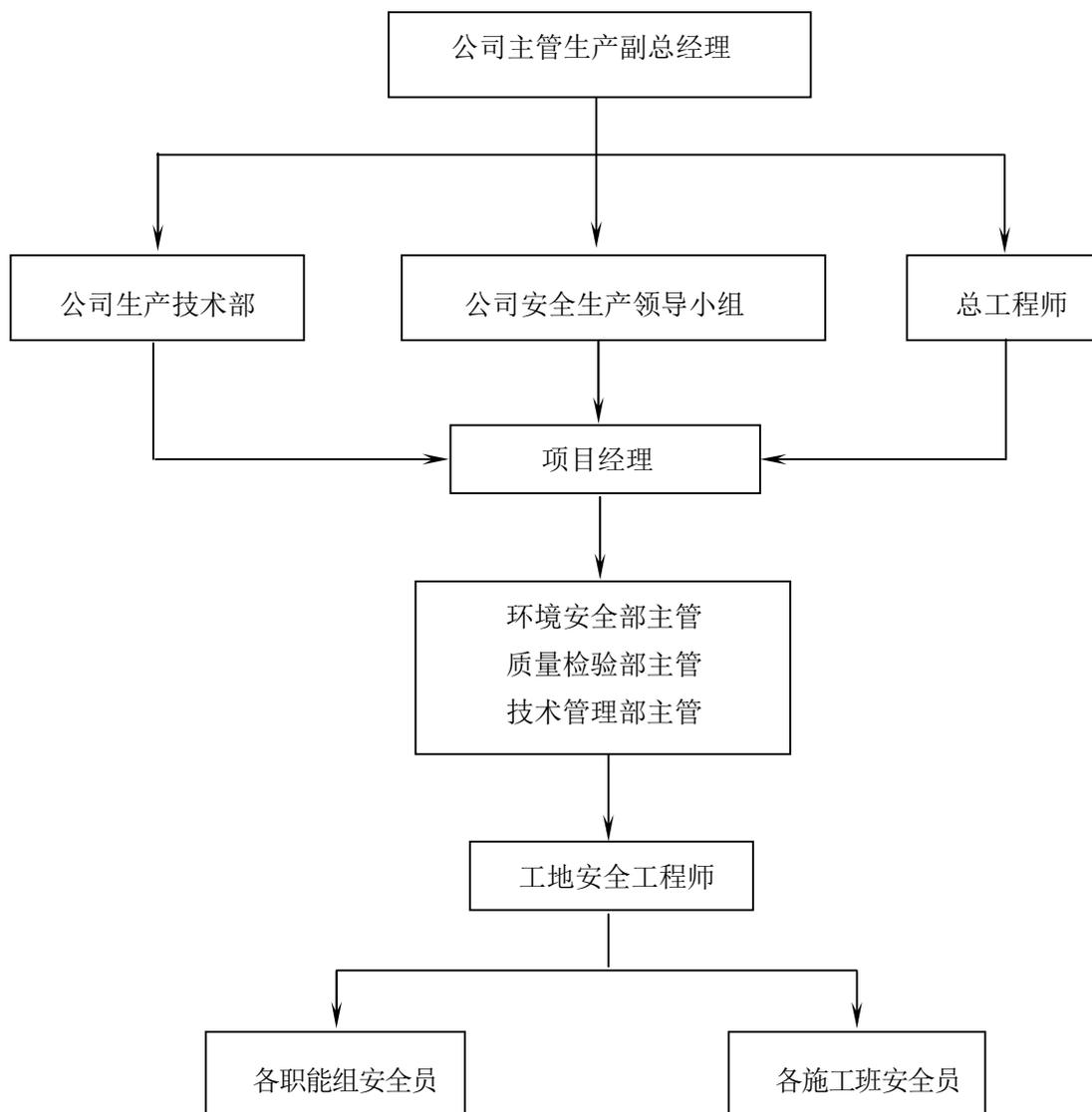


图 9.1-1 安全管理网络体系图

9.2 文明施工目标及措施

(1) 文明施工管理的意义

文明施工为现场施工创造良好的环境，是顺利完成本次工程施工、获得理想质量等级的必备条件。本公司重视文明施工工作，并已经趋向标准化，成为本公司精神面貌、素质的重要体现。抓文明施工工作，就是间接抓工程的施工质量。

(2) 文明施工管理体系

以项目经理为中心，文明施工管理小组为管理实体，组织现场的文明施工工作。项目经理总体规划整个文明施工工作，领导文明施工管理小组，制定现场管理制度，落实拟定的措施，并实施考核。

(3) 文明施工管理措施

开展文明施工教育，提高施工人员的文明施工意识，熟读当地市民规范，并严格遵守。

保持场内的道路畅通，平坦整洁，场外公共场所的卫生整洁。

建立治安管理制度，做到目标管理，制度落实，责任到人，措施得当有力、生产安全部位防范设施到位。

加强现场的消防安全工作，消防设施到位，措施有效。

建立现场文明施工管理体系，落实管理办法，并同施工班组签订责任协议书。

建立现场落手清制度，和施工班组严格执行谁施工谁负责清理的规定。

制定现场卫生条例并贯彻落实，文明施工管理小组监督检查、考核。

9.3 工程实施中的环境保护措施

针对本次施工的特点，对施工过程中可能产生的环境问题采取以下措施。

(1) 污水处理

加强生活用水管理力度；本施工方法不会产生引起水质污浊的排水。施工过程中抽提的地下水，将处理后存放在修复区块内设置的临时储水池，处理后地下水考虑综合使用，一方面可回用于施工现场药剂的调制用水，另一方面处理达标后作为清洁水回灌于场地或排入市政污水管网。

(2) 恶臭气体

本施工方法是不会发生恶臭的施工方法,但是作业中挥发性有机酸仍有可能产生气味,需要现场观察和监视。本次施工过程中在厂区边界安排定期巡回,一旦发现修复过程中有臭气发生,及时喷洒除臭剂,防止气味扩散。由于在开放的空间里,对施工危害较小,在施工过程中将通过为全体施工人员发放活性炭口罩等措施,避免人员与污染土壤和地下水直接接触。

(3) 扬尘处理:

施工车辆出入时由引导人员进行交通安全的确认和引导;场地内道路实施湿式清扫;运输车辆严禁抛洒滴漏,离开场地之前进行车轮清理,防止带泥而行;露天存放的物品要用彩条布遮盖;粉末状化学药剂使用动作轻缓避免发生粉尘。

(4) 噪声控制:

产生噪声的工序主要是深层搅拌机的搅拌作业及发电机组、Geoprobe 钻孔等施工机械。所有发出噪声的机械由专人负责管理,严格施工现场的噪声控制,夜间 22 时以后,清晨 6 时以前,避免使用较大噪音的机械设备,中午和夜间不得安排施工。确因工艺需要须连续作业的,需经环保部门及建设单位审批同意后方可作业。

(5) 土壤污染:

现场设置废弃物临时置放点和表土清挖临时堆放点,在临时存放场地配备有标识的废弃物容器,并进行覆盖防止气味扩散以及降雨淋洗造成污染扩散。施工现场对可回收的和不可回收的废弃物均需建立存放场地。有毒有害废弃物要与其他废弃物区分开,单独封闭存放,防止再次污染。对于废电池还要与其他有毒有害废弃物分开存放。从深层地下挖出的大块建筑垃圾水泥块等,先在修复区用水冲洗后放置于临时堆放点,后由专门环境管理人员进行处置。

此外,现场用临时围挡围上,使不相关人员无法进入。努力降低震动、噪音,不要对周边居民造成影响。本施工方法不会发生引起大气污染的排气,修复作业中检查作业环境的对象物质的浓度,或者通过简易的气体监控进行适当的监视。

工程结束对剩余化学药剂及容器、空袋及时搬离现场。

9.4 安全防护计划

- (1) 施工前全体人员参加安全学习（内容有：安全生产责任制、安全操作规程、化学药剂的化学性能使用方法、应急救援相关内容）；
- (2) 为全体施工人员配备相应的劳动保护用品；
- (3) 建立安全生产责任网络表；
- (4) 每天施工前开安全短会，其内容记入安全卫生台账；
- (5) 张贴安全标语、安全操作规程、安全、防火、消防等警示标志；
- (6) 建立日常安全巡查制度，并配备相机，对违章人员进行相应的处罚，发现安全隐患及时消除整改；
- (7) 化学药剂的使用购买、运输、存放、使用严格按照相关规定执行；
- (8) 加强施工人员生活卫生管理，督促其进行安全生产、文明施工；设置消防措施，配备相应的灭火器；
- (9) 建立安全应急救援预案。

10 施工现场总平面布置图

在施工工地设立工程现场办公室，药剂储存临时仓库，以及临时储水池等。进场设置前考虑安全标化标准，并进行布置。具体根据各个现场情况安排总平面布置图（见图 10-1）。其中蓝色道路为临时设置道路，以便于各修复区块间运输物质材料等。具体布置和数量根据现场情况确定。

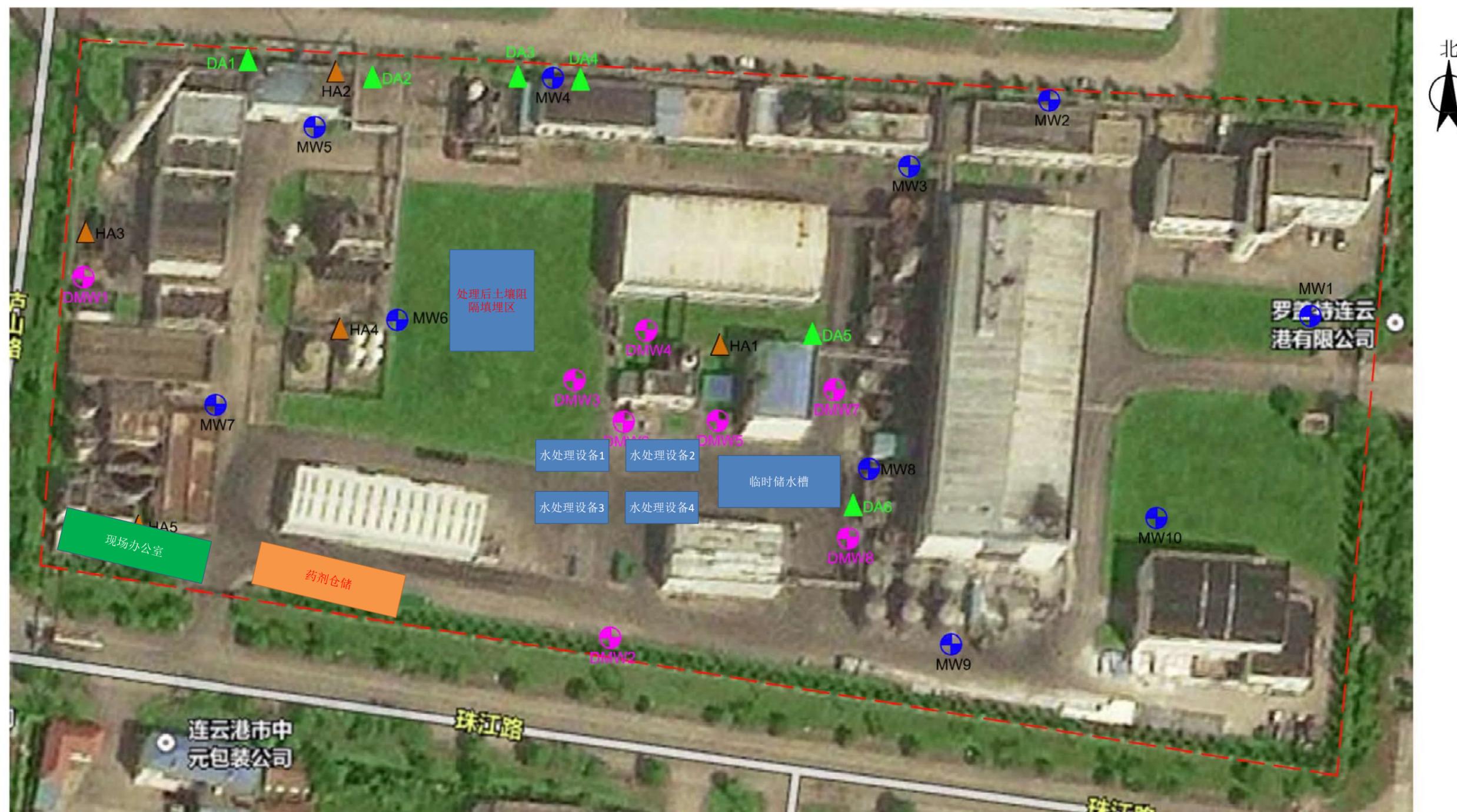


图 10-1 施工总平面布置图