

# 临湘市原农药厂土壤污染治理项目 一期工程（风险管控）

## 实施方案

顶鑫环保科技有限公司

二〇二一年二月



# 工程 设计 资质 证书

企业名称：顶鑫环保科技有限公司

经济性质：有限责任公司（自然人投资或控股）

资质等级：工程（污染修复工程、水污染防治工程、固体废物处理处置工程）专项乙级。

可从事资质证书许可范围内相应的建设工程总承包业务以及项目管理和技术与管理服务。\*\*\*\*\*

证书编号：A243015033

有效期：至2023年04月04日

中华人民共和国住房和城乡建设部制

发证机关：



2019年 1月 2日

No.AZ 0165508

# 临湘市原农药厂土壤污染治理项目 一期工程（风险管控）

## 实施方案

项目负责人：吴桂华

校审人员：苗旭锋

编制人员：谷泳、周丹

顶鑫环保科技有限公司

证书编号：A243015033

二〇二〇年二月



# 临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）

## 实施方案审查意见答复

**1、补充项目总体方案的内容，并明确一期工程主要内容及其与二期工程的关系，明确一期工程和二期工程的时序安排。**

答复：已补充项目总体方案的内容，临湘市原农药厂土壤污染治理项目采取分期治理，首先实施一期工程，待后续相关条件成熟后再实施二期工程，方案具体内容见 P50 第 5.1 节。

**2、细化治理目标。核实地地下水质量现状及目标确定依据，明确废水排放标准，底泥治理目标欠合理。**

答复：已细化治理目标，详见 P28 第 3.3 节。本项目场地周边居民用水为市政供水，下游长江段不属于集中式生活应用水源地和工农业用水，风险管控后场地周边地下水应达到《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类标准；废水处理达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准；底泥稳定化固化治理后渗水浸出达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准，最终采取安全填埋处置。

**3、核实并细化工程设计内容。补充项目实施的平面布置图；核实建筑垃圾处置是否纳入本项目；补充垂直防渗工程位置及平面布置设计，细化工艺参数；补充废水处理的进水水质和水量，细化处理工艺流程及设计内容；核实底泥处置工艺合理性及可行性；核实生态恢复工程，该场地是否可种植乔木？**

答复：已核实并细化工程设计内容。项目实施的平面布置图详见附图 2 “工程实施方案平面布置图”；经核实，建筑垃圾处置是纳入本项目；垂直防渗工程位置及平面布置设计详见附图 4 “污染土壤风险管控平面图”，工艺参数要求详见 P58 第 5.3.2.3 节；废水处理的进水水质详见 P66 第 5.5.2 节，水量详见 P66 第 5.5.1 节，处理工艺流程与设计内容详见 P67 第 5.5.3 节；底泥处理工艺详见 P70 第 5.6.4 节，对稳定化固化后的底泥采用防渗膜安全封场是常规成熟的工艺方案，应用广泛；生态恢复中乔木种植范围为垂直防渗边界与治理边界之间的区域，区域表层为杂填土，厚度超过 1m，可以种植乔木，形成边界绿化隔离带。

**4、细化并完善二次污染防治要求。**

答复：已细化并完善二次污染防治，对施工过程中的主要污染物包括施工扬尘、噪音、废水以及垃圾等制定了二次污染防治措施，详见 P82 第 6.2 节。

**5、核实验收标准和监测监管要求。**

答复：已核实验收标准，详见 P84 第 6.3.2 节；相关监测内容包括底泥清挖合格监测（第 6.3.3 节），污染土壤管控效果监测（第 6.3.4 节），后期环境监管要求详见 P86 第 6.4 节。

**6、投资估算偏高，建议核减。**

答复：已对投资估算进行了优化调整，详见 P92 表 7.1-1。

顶鑫环保科技有限公司

2021 年 03 月 12 日

# 目 录

1 总论.....	1
1.1 项目概况.....	1
1.2 任务由来.....	1
1.3 项目必要性.....	2
1.4 编制依据.....	4
1.5 编制原则.....	5
1.6 编制内容.....	6
2 地块问题识别.....	7
2.1 所在区域概况.....	7
2.2 场地基本信息.....	9
2.3 场地环境特征.....	12
2.4 场地污染特征.....	16
2.5 土壤污染风险.....	23
3 场地管控模式.....	27
3.1 场地管控总体思路.....	27
3.2 治理对象.....	28
3.3 治理目标.....	28
3.4 治理范围.....	29
4 治理技术筛选.....	31
4.1 土壤风险管控技术筛选.....	31
4.2 固废处置技术筛选.....	40
4.3 废水处理工艺技术筛选.....	45
5 治理方案设计.....	50
5.1 项目总体方案.....	50
5.2 风险管控工程设计.....	50
5.3 污染土壤风险管控方案.....	54
5.4 建筑垃圾处理方案.....	63
5.5 废水治理.....	66

5.6	底泥治理方案.....	68
5.7	封场与生态恢复.....	70
5.8	其他.....	75
5.9	主要工程量.....	75
6	环境管理计划.....	78
6.1	治理工程监理.....	78
6.2	二次污染防治.....	81
6.3	管控效果评估监测.....	83
6.4	后期环境监管.....	86
6.5	环境应急方案.....	87
7	投资估算与效益分析.....	90
7.1	投资估算.....	90
7.2	资金筹措.....	97
7.3	效益分析.....	97
8	结论与建议.....	98
8.1	结论.....	98
8.2	问题与建议.....	98

附件：

实施方案初审专家意见与答复

附图：

- |      |             |
|------|-------------|
| 附图 1 | 区域位置平面图     |
| 附图 2 | 工程实施方案平面布置图 |
| 附图 3 | 建筑垃圾拆除平面图   |
| 附图 4 | 污染土壤风险管控平面图 |
| 附图 5 | 场地排水平面图     |
| 附图 6 | 生态恢复平面图     |

# 1 总论

## 1.1 项目概况

项目名称：临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）实施方案

项目地点：临湘市江南镇菴湖社区

项目类型：土壤污染风险管控

建设单位：临湘市人民政府

## 1.2 任务由来

2018年8月8日，国家长江办正式印发《关于支持湖南岳阳开展长江经济带绿色发展示范的意见》（第128号），岳阳成为第5个国家长江经济带绿色发展示范城市，对岳阳的生态优先绿色发展提出了更高要求。为促进岳阳开展长江经济带绿色发展，守护好一江碧水，岳阳对沿江岸线1km范围内化工生产企业开展调查评价，同时对关停化工企业遗留场地也进行了污染调查。

临湘市原农药厂20世纪70年代开始生产，最早期粗放式生产过六六粉，后被禁止生产，期间还生产过油棉皂；20世纪80年代开始生产农药，主要生产杀虫双、杀虫单；20世纪90年代开始扩大农药和化工生产，其产品包括烧碱、甲胺磷、敌敌畏、敌百虫、杀螟丹等；2000年开始生产水性油墨及印刷复写纸，以及硫酸锌；2008年3月，临湘市原农药厂关停；2008年6月-9月，临湘市原农药厂被占用进行土法炼钢；2012年，临湘市原农药厂相关生产设备被拆除。

临湘市原农药厂主要产品和原辅材料中含有较多有害物质，在生产过程中，由于前期粗放式生产，且环保设施不完善，场区周边土壤和水体遭到一定程度污染，生产区废水塘直通长江，虽后期已被整治封堵，但是还是存在遗漏情况，对长江造成持续性污染。同时，临湘市原农药厂紧邻菴湖社区，生产区间歇散发出刺鼻性气味，当地居民对于该场地治理要求反映强烈。临湘市人民政府及临湘市生态环境局对该厂区及周边场地调查与治理非常重视，曾多次对临湘市原农药厂污染情况进行调研，认为该地块须尽快进行治理。

根据《临湘市原农药厂场地环境调查报告》（湖南衡润科技有限公司，2020年11月），临湘市原农药厂部分区域土壤中六六六含量超过了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）风险管控值，场内废水塘积水中砷

含量超过《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）最高允许排放浓度，废水塘遗留底泥废物属于第Ⅱ类一般工业固废，主要污染因子为砷等。

根据《临湘市原农药厂土壤污染治理项目风险评估报告》（中石生态环境科技有限公司，2021年1月），建议对厂区内29863.69m<sup>3</sup>六六六重污染土壤采用原地异位热脱附方案进行修复，修复目标为α-六六六为0.344mg/kg，β-六六六为1.20mg/kg，γ-六六六为1.97mg/kg；75891.25m<sup>3</sup>六六六轻污染土壤采取就地风险管控措施；对底泥脱水后进行稳定化固化处理，原位回填；废水塘积水中污染物为砷，建议与施工期废水一起处置。

2021年01月，受临湘市人民政府委托，由我公司负责临湘市原农药厂土壤污染场地治理项目的实施方案编制工作。我公司在前期工作的基础上，依据国家和湖南省的有关法规和要求，结合专家与业主相关意见，为了保护长江水体水质及生态系统和周边居民生产生活环境安全，对临湘市原农药厂污染土壤治理项目采取分期治理，本次一期工程主要进行风险管控，待后期必要时再对污染土壤进行修复治理。

## 1.3 项目必要性

### 1.3.1 贯彻国家法规与政策的需要

国务院《关于加强环境保护重点工作的意见》（国发〔2011〕35号）明确提出：“被污染场地再次进行开发利用的，应进行环境评估和无害化治理”。2016年5月，国务院《关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发〔2016〕31号）中出台了《土壤污染防治行动计划》，其总体目标为：到2020年，全国土壤污染加重趋势得到初步遏制，土壤环境质量总体保持稳定，农用地和建设用地土壤环境安全得到基本保障，土壤环境风险得到基本管控。到2030年，全国土壤环境质量稳中向好，农用地和建设用地土壤环境安全得到有效保障，土壤环境风险得到全面管控。

为认真贯彻《国务院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）、《国务院关于加强重金属污染防治工作的指导意见》（国办发〔2009〕61号）、《环保部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）、《国家环保部、工信部、国土资源部、住建部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）等文件精神，防范涉重、危险化学品工业企业关停搬迁过程中产生二次污染和次生突发环境事件，确

保工业企业原址污染场地在开发利用前环境风险得到有效控制。

《长江保护法》已于3月1日起施行，针对长江流域水污染问题，着重从改善水环境质量和防范水环境风险两方面进行规定。其中在防范水环境风险方面要求对沿江垃圾填埋场、加油站、矿山、化工园区和化工项目等地下水重点污染源及周边地下水环境安全隐患开展调查评估，并采取相应风险防范和整治措施。

### 1.3.2 保护长江水体水质及生态系统的需要

习近平总书记高度重视生态文明建设，要求“共抓大保护、不搞大开发”“守护好一江碧水”。岳阳成为第5个国家长江经济带绿色发展示范城市，对岳阳的生态优先绿色发展提出了更高要求。为促进岳阳开展长江经济带绿色发展，守护好一江碧水，岳阳对沿江岸线1km范围内化工生产企业开展调查评价，同时对关停化工企业遗留场地也进行了污染调查。临湘市原农药厂距离长江最近距离仅有20m，现已关停，主要产品和原辅材料中含有较多有害物质。在生产过程中，场区周边土壤和水体也可能遭到一定程度污染。场内废水塘降水后仍产生废水，污染地下水，且并有少量渗漏至长江，污染可能对长江水生生物造成危害。

### 1.3.3 保障周边居民生产生活环境安全的需要

临湘市原农药厂主要产品和原辅材料中含有较多有害物质，在生产过程中，由于前期粗放式生产，且环保设施不完善，场区土壤存在挥发性与半挥发性有机物污染物。临湘市原农药厂紧邻菹湖社区，原生产区场地间歇散发出刺鼻性气味，威胁当地居民正常生活与身体健康，当地居民对于该场地治理要求反映强烈，为保障周边居民生产生活环境安全，项目实施势在必行。

### 1.3.4 项目实施后可产生较好的社会环境效益

项目经过综合治理后，可以阻断重金属及有机污染物等有毒有害物质进入长江与周边土壤，提高项目区及下游城市人民生活质量，具有十分显著的环境效益。本项目的实施将对项目区产生积极的社会影响，有利于促进长江沿线产业的健康发展，也保障了以周边居民的饮用水安全，维护区域社会的和谐稳定。

## 1.4 编制依据

### 1.4.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日起施行；
- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》，2019年1月1日起施行；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018年1月1日起施行；
- (4) 《中华人民共和国防洪法》，2016年1月1日起施行；
- (5) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016年11月7日起施行；
- (6) 《中华人民共和国土地管理法》，2020年1月1日起施行；
- (7) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017年10月1日；
- (8) 《土壤污染防治行动计划》国发〔2016〕31号，2016年5月28日；
- (9) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》环保部令第 42 号，2016年12月31日。

### 1.4.2 标准规范

- (1) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；
- (2) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）；
- (3) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；
- (4) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；
- (5) 《全国土壤污染状况评价技术规定》（环发[2008]39号）；
- (6) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682-2019）；
- (7) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）；
- (8) 《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T 811-2011）；
- (9) 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）；
- (10) 《重金属污染场地修复标准》（DB43/T 1165-2016）；
- (11) 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618-2018）；
- (12) 《水污染治理工程技术导则》（HJ 2015-2012）；
- (13) 《固体废物处理处置工程技术导则》（HJ 2035-2014）；
- (14) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- (15) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；

- (16) 《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；
- (17) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；
- (18) 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；
- (19) 《固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ 557-2010）；
- (20) 《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》（HJ/T 299-2007）；
- (21) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）及 2013 年修改单；
- (22) 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）；
- (23) 其他国家现行其他相关法规、规范和标准。

### 1.4.3 相关资料

- (1) 《临湘市原农药厂场地环境调查报告》（湖南衡润科技有限公司，2020 年 11 月）；
- (2) 《临湘市原农药厂土壤污染治理项目风险评估报告》（中石生态环境科技有限公司，2021 年 1 月）；
- (3) 《临湘市原农药厂岩土工程勘察报告》（湖南大地岩土工程勘察设计有限公司 2020 年 9 月）；
- (4) 临湘市原农药厂场地 1: :1000 地形图；
- (5) 其他业主提供及现场收集的相关资料。

## 1.5 编制原则

- (1) 科学性原则：采用科学的方法，综合考虑地块治理目标、土壤治理技术的处理效果、治理时间、治理成本、治理工程的环境影响等因素，制定治理方案。
- (2) 可行性原则：制定的地块土壤治理方案要合理可行，要在前期工作的基础上，针对地块的污染性质、程度、范围以及对人体健康造成或生态环境造成的危害，合理选择土壤治理技术，因地制宜制定治理方案，使治理目标可达，且治理工程切实可行。
- (3) 安全性原则：制定地块土壤治理方案要确保地块治理工程实施安全，防止对施工人员、周边人群健康以及生态环境产生危害和二次污染。

## 1.6 编制内容

本方案的主要内容包括：

（1）项目基本情况介绍：根据场地调查与风险评估情况、场地规划情况、治理目标等合理区分土壤污染范围、污染类型、污染程度，确定治理策略；

（2）治理技术比选及路线确定：对临湘市原农药厂地块污染类型适用治理技术进行充分比选，综合考虑技术可行性、经济性、可靠性等因素，制定了风险管控措施为主的治理模式；通过技术可行性评估，确定对污染土壤采用风险管控的总体技术路线，并对相关技术进行简单的工艺设计；

（3）过程管理：主要包括环境管理、安全管理和进度管理；加强环境管理，采取措施防止水污染、大气污染、噪声污染和固体废物污染，确保整个治理工程不对周边居民及环境造成二次污染；确保整个施工过程的安全性及工期的保证。

（4）成本估算：根据所选择的治理技术，对该地块污染治理工程进行初步的成本估算，为后续治理施工招投标工作提供指导。

（5）工期估算：根据污染治理技术及场地污染情况，对该地块污染治理工程进行初步治理工期的估算。

## 2 地块问题识别

### 2.1 所在区域概况

#### 2.1.1 地理位置

临湘市境地处湖南省东北角，东经  $113^{\circ}15' \sim 113^{\circ}45'$ 、北纬  $29^{\circ}10' \sim 29^{\circ}52'$ 。市域西北滨长江水道与湖北省监利、洪湖隔江相望；东南依幕阜山与本省岳阳县和湖北省通城、崇阳、赤壁毗连；东、西、北三面嵌入湖北省境，是湘鄂两省交界之地，扼控由湘进鄂、由鄂入湘的咽喉，自古以来就是兵家必争之地，素有“湘北门户”之称。项目具体位置见图 2.1-1。



图 2.1-1 项目场址区域位置图

#### 2.1.2 地形地貌

临湘市境南高北低，东南群峰起伏，中部丘岗连绵，西北平畴广阔，呈阶梯状向洞庭湖盆地倾斜，大体为“五山一水两分田，二分道路和庄园”。东有幕阜山脉蜿蜒其

间，自东南向西北雁行排列，脊岭海拔约 800m，幕阜山主峰海拔 1590m；南为连云山环绕，脊岭海拔约 1000m，主峰海拔 1600m；西南被玉池山脉所盘踞，主峰海拔 748m。岳阳市两面环山，自东南向西北倾斜，东南为山丘区，西北为洞庭湖平原，中部为过渡性环湖浅丘地带。岳阳市山地占 14.6%，丘岗区占 41.2%，平原占 27%，水面占 17.2%。

### 2.1.3 水文

临湘市水系发达，湖泊星罗棋布，因滨湘水与长江会合之处而得名，素称“湘北门户”。长江流经市境西北边沿，全长 32.7km。境内河流众多，桃林河、坦渡河、源潭河蜿蜒北注长江。临湘市地处洞庭水系，洞庭湖是长江中游最重要的调蓄湖泊，湖泊面积 2691km<sup>2</sup>，总容积 170 亿 m<sup>3</sup>，分为东、西、南洞庭湖。黄盖湖也属于洞庭水系，位于湘鄂交界处，全流域面积 1552.8km<sup>2</sup>，西、南岸近三分之二区域属湖南岳阳临湘市管辖，是湖南省第二大内湖。

### 2.1.4 气候特征

临湘市处在东亚季风气候区中，气候带上具有中亚热带向北亚热带过渡性质，属湿润的大陆性季风气候。其主要特征：温暖湿润，四季分明，季节性强；热量丰富，严寒期短、无霜期长，春温多变，盛夏酷热；雨水充沛，雨季明显，降水集中；湖陆风盛行，洞庭秋月明；湖区气候均一，山地气候悬殊年平均气温 16.4℃，无霜期 259 天，日照率 41%，降水量 1469.1mm。

### 2.1.5 自然资源

临湘市地下矿藏 30 余种，萤石储量居全国之首；白云矿总储量超过 3 亿 t，年产量 200 多万 t，是钢铁工业、玻璃工业、电子工业不可缺少的原材料；钾长石、石灰石、高岭土、水晶、云母蕴藏丰富，品味极高，由省地勘局探明的特大型钨矿—儒溪虎形山，仅探明的钨储量就在 21 万 t 以上，潜在经济价值达 1000 多亿元。

### 2.1.6 社会经济概况

2019 年年末全市总人口 542968 人，比上年增加 619 人，其中城镇人口 197818 人，农业人口 345150 人，户籍人口城镇化率 36.43%，比上年提升 7.95 个百分点。全市常住人口 51.61 万人，其中城镇人口 28.68 万人，农业人口 22.93 万人。

2019 年全市地区生产总值 299.3 亿元，比上年增长 8%。其中，第一产业增加值 33.28

亿元，增长 2.7%；第二产业增加值 134.14 亿元，增长 9.0%；第三产业增加值 131.89 亿元，增长 8.1%。全市三次产业结构比为 11.1:44.8:44.1。全年一般公共预算收入 11.79 亿元，同比增长 17.7%；一般公共预算地方收入 6.39 亿元，同比增长 17.7%。

## 2.2 场地基本信息

### 2.2.1 场地历史与现状

临湘市原农药厂 20 世纪 70 年代开始生产，最早期粗放式生产过六六粉，后被禁止生产，期间还生产过油棉皂；20 世纪 80 年代开始生产农药，主要生产杀虫双、杀虫单；20 世纪 90 年代开始扩大农药和化工生产，其产品包括烧碱、甲胺磷、敌敌畏、敌百虫、杀螟丹等；2000 年开始生产水性油墨及印刷复写纸，以及硫酸锌；2008 年 3 月，临湘市原农药厂关停；2008 年 6 月-9 月，临湘市原农药厂被占用进行土法炼钢；2012 年，临湘市原农药厂相关生产设备被拆除。之后，临湘市原农药厂靠长江大堤硬化区域先后被临湘市同力矿业有限公司与湖南汀兰生物科技有限公司租用从事相关生产活动，现已全部停止生产活动。



原杀虫单生产厂房



原杀虫单生产厂房



原杀虫单生产厂房



绿化区



原料仓库区域



原包装车间区域





调查范围生产区现状航拍图

### 2.2.2 场地规划

根据《岳阳市土地利用总体规划图（2006-2020）》（2016年修订版），本项目位于陆城港区，现状规划属于建设用地。由于本项目靠近长江，临湘市自然资源局经征求生态环境临湘分局意见，场地治理后规划第二类用地中的绿地，进行风险管控。

# 临湘市自然资源局

---

## 关于临湘市原农药厂场地规划利用说明

岳阳市生态环境临湘分局：

你局 2021 年 1 月 20 日“关于申请出具临湘市原农药厂场地规划利用的函”已收悉。我市原农药厂位于江南镇菹湖社区，属于陆城港区，中心坐标为 E: 113.289358350, N: 29.597862731，占地面积 7.34 万 m<sup>2</sup>。本地块现状为建设用地，根据《岳阳市城市规划区绿道系统规划（2018—2035）》，该地块将规划为绿地（G），场地范围拐点坐标见附图。



---

## 2.3 场地环境特征

### 2.3.1 周边敏感目标

临湘市原农药厂北临长江，东南侧为临湘市江南镇菹湖社区，再远处为云溪区陆城

镇，相对位置与距离详见表 2.3-1，图 2.3-1。

表 2.3-1 项目敏感目标一览表

序号	敏感目标	方位	方位距离	描述
1	长江	北	西侧边界外 300m	地表水Ⅲ类
2	菹湖社区	东南	紧靠生产区东侧	约 100 户居民
3	陆城镇政区	东南	东侧边界外 400m	约 800 户居民

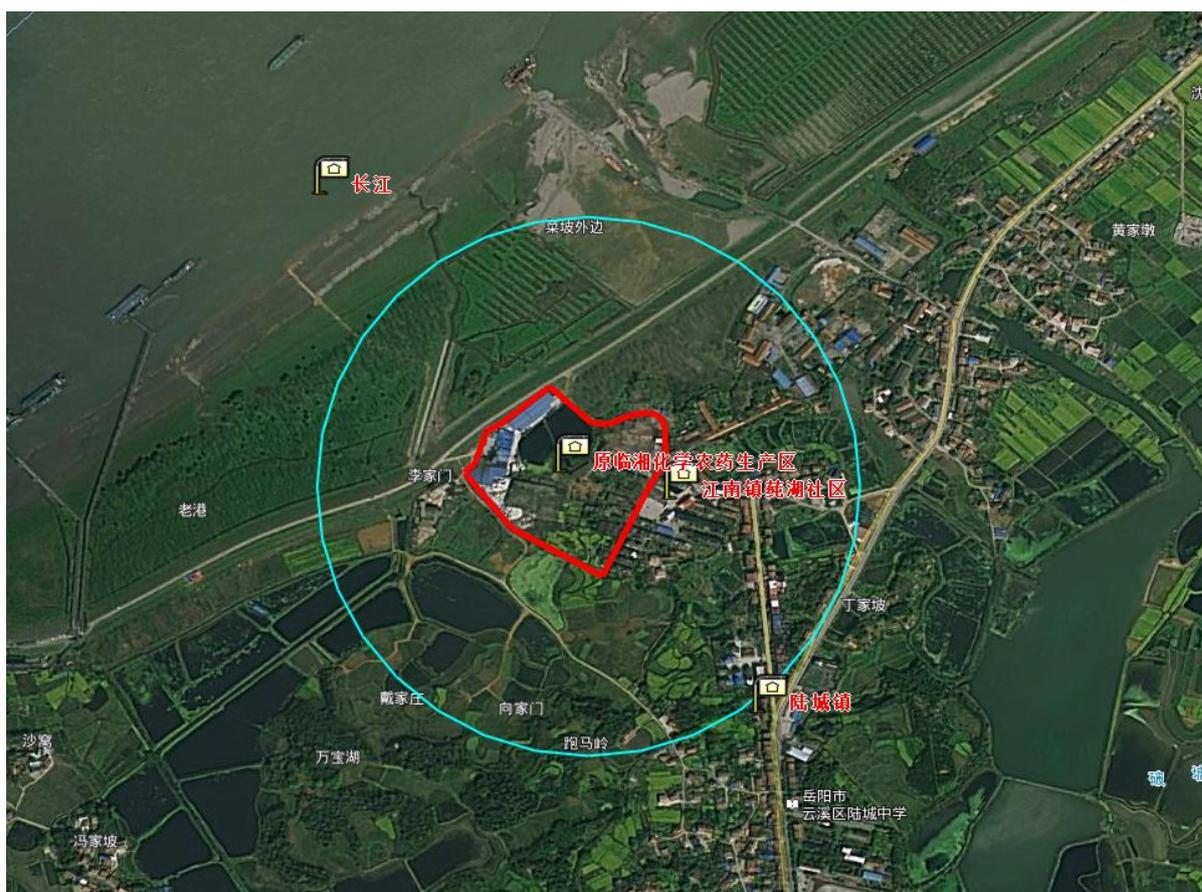


图 2.3-1 项目敏感目标方位距离图

## 2.3.2 场地水文地质条件

### 2.3.2.1 地层岩性

根据本次钻探揭露，拟建场地内埋藏地层的特征，按从上至下顺序描述如下：

第①层：杂填土(Q4ml)，褐黑色、杂色，主要由粘性土混建筑垃圾组成，局部夹有生活垃圾，回填时间约 1~3 年，密实程度不均匀，结构松散，稍湿，未完成自重固结。层厚 0.50~6.00 米，层顶标高 26.11~35.72m。该层分布于场地大部分区域范围内。

第②层：淤泥(Qh)，黑褐色，流塑状态，主要由腐殖质构成，闻有腐臭味。层厚 0.30~1.20 米，层顶标高 26.51~30.71m。该层分布于小部分场地内，仅在 ZK13-3，ZK13-4，ZK13-5，ZK16-4 中揭露该层。

第③层：粉质黏土(Q4sl)，黄褐色，主要成分为黏性土，稍有光泽，无摇振反应，湿，干强度及韧性中等，压缩性中等偏高，呈可塑状态。层厚 2.60~3.20 米，层顶标高 25.41~30.41m。该层分布于小部分场地内，仅在 ZK13-3，ZK13-4，ZK13-5，ZK16-4 中揭露该层。

第④层：粉质黏土(Q4el)，褐黄、褐红色，主要由板岩风化残积而成，局部夹强风化碎块。稍有光滑，无摇震反应，干强度及韧性中等，硬塑-坚硬。层厚 0.70~6.00 米，层顶标高 23.11~36.70m。该层分布于大部分场地内。

第⑤层：强风化板岩(Pt)，褐黄色、褐红色，主要矿物成分为石英、云母、绿泥石及粘土矿物等。变余结构，板状构造。节理裂隙发育，采芯率低，岩芯呈碎块、片状，少量呈土状，局部含少量中风化碎块，岩块用手可折断，冲击钻进困难，合金钻具易钻进，岩体极破碎，属极软岩，岩体基本质量等级为V级，岩石质量指标 RQD 值<20。该层未完全揭穿，揭露层厚 0.40~17.10 米，揭露层顶标高 18.91~35.12m。该层分布于大部分场地内。

第⑥层：中风化板岩(Pt)，紫红色、青灰色，主要矿物成分为石英、云母、绿泥石及粘土矿物等。变余结构，板状构造。节理裂隙较发育，岩体较破碎，回转钻可钻进，岩芯呈短柱状及块状，有少量褐红色氧化铁和灰白色石英质网络状细脉贯穿，岩性坚硬，岩块手折不断，敲击声脆。属软岩，岩体较破碎，岩体基本质量等级为V级，岩石质量指标 RQD 约 60~70。该层未揭穿，最大揭露层厚为 8.70 米，揭露层顶标高为 7.54m。该层仅在钻孔 TK-1、TK-2、TK-3 中揭露。

根据室内试验及原位测试结果，综合考虑各地层野外特征，本场地各岩土层参数建议值见表 2.3-2：

表 2.3-2 各岩土层工程特性指标建议值

岩土名称	地基承载力特征值 fak	压缩模量	黏聚力 C 标准	内摩擦角 φ 标	重度 γ (kN/m <sup>3</sup> )	渗透系数 K (cm/s)
杂填土①	未完成自重固结		10	8	18.5	5.0×10 <sup>-4</sup>
淤泥②	50	2.5	6	10	17.0	1.2×10 <sup>-6</sup>
粉质黏土③	160	6.7	22.9	16.8	19.2	4.0×10 <sup>-7</sup>

岩土名称	地基承载力特征值 fak	压缩模量	黏聚力 C 标准	内摩擦角 φ 标	重度 γ (kN/m <sup>3</sup> )	渗透系数 K (cm/s)
粉质黏土④	220	9.0	35	20	19.8	4.0×10 <sup>-7</sup>
强风化板岩⑤	350	50(E0)	40	20	21.0	3.0×10 <sup>-4</sup>
中风化板岩⑥	1000	200(E0)	100	28	23.0	3.0×10 <sup>-5</sup>

### 2.3.2.2 地表水

勘察期间，拟建场地中存在一池塘，长约 131.4m，宽约 62.2m，面积为 8783.98m<sup>2</sup>，勘察期间测得其水位标高为 31.30m，水深约为 0.40-4.80m。

### 2.3.2.3 地下水

勘察期间场地仅于大部分钻孔中遇有地下水。根据地下水的埋藏条件、迳流条件、补给来源及地层的富水程度、储水介质，工程区内地下水类型主要为赋存于杂填土与粉质黏土中的上层滞水。勘察期间实测稳定水位埋深范围为 1.30~3.90m，相当于高程范围为 28.44m~31.16m；实测初见水位埋深范围为 0.90~3.00m，相当于高程范围为 29.34m~31.56m。

上层滞水补给来源主要是接受区域地下水的侧向补给，及地表水、大气降水下渗补给，水量较小，水向场地内水塘排泄，据区域资料，地下水位年变化幅度约 2m。

勘察表明，勘察期场区地下水位均处于杂填土与粉质黏土中，水力坡降平缓，场区及周边无明显的地下分水岭，场地地下水等水位线图见图 2.3-2，地下水总体由东北、东南向西北、西南方向渗流。

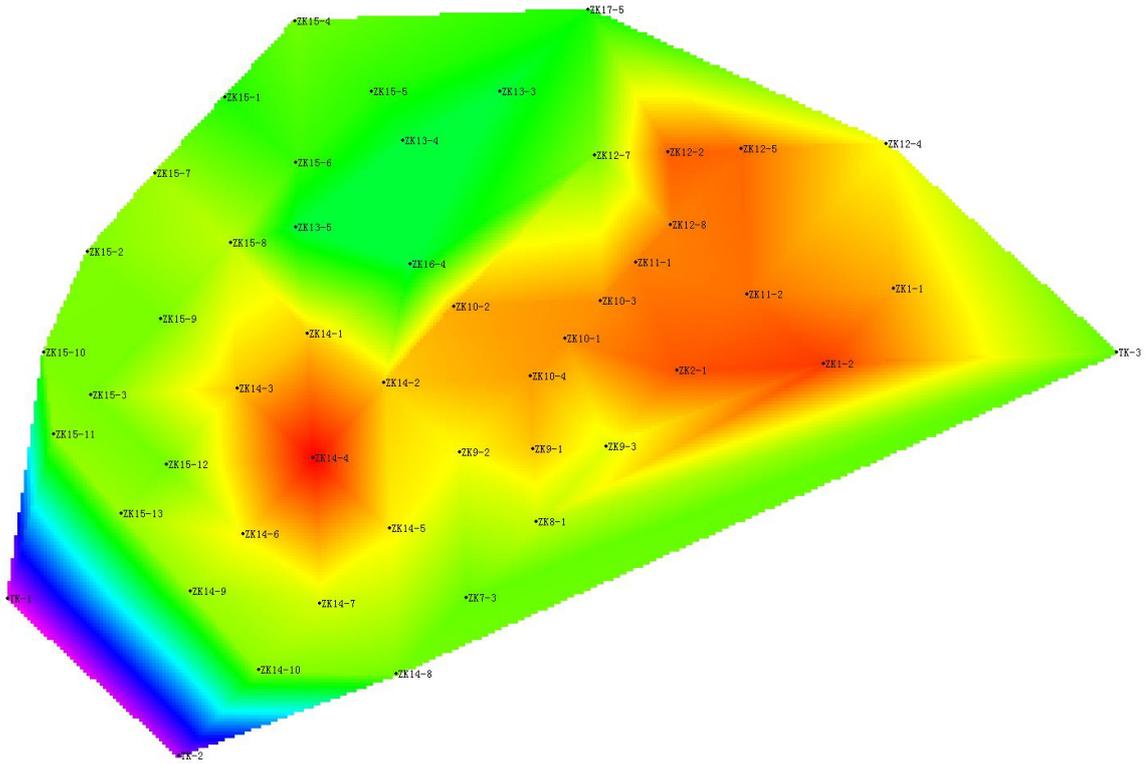


图 2.3-2 场区地下水等水位线图

## 2.4 场地污染特征

### 2.4.1 土壤污染特征

#### 2.4.1.1 土壤砷污染特征

本项目场地环境调查主要包括初步调查与详细调查两个阶段，其中：

(1) 初步调查阶段在场地内设置了 31 个土壤采样点，采样深度为 6m。4 个场外对照土样 52 项指标均未超过第二类用地筛选值；27 个场内土壤采样点中 2 个点位砷总量超过第二类用地筛选值，超标点位为 11-2 (0.5-2m)、12-2 (2-6m)，其他点位与检测项目均未超标。

(2) 详细调查阶段设置了 28 个土壤，采样深度为 6m，对 12-2 进行加深采样至 10m。根据调查结果显示，52 项污染物中仅砷总量超第二类用地筛选值，其他未超标，最大超标深度为 6m。场地砷超标情况统计如下：

表 2.4-1 场地土壤中砷总量污染情况统计表

序号	调查阶段	超标点位	超标深度	砷含量 (mg/kg)	采样区域
1	初步调查	11-2	0.5-2m	68.1	包装车间

序号	调查阶段	超标点位	超标深度	砷含量 (mg/kg)	采样区域
2		12-2	2-6m	63-77.7	成品仓库
3	详细调查	10-4	0-0.5m	60.9	原料仓库
4		15-12	0-0.5m	62	杀虫剂生产车间

本项目两次土壤调查结果统计表明，砷总量含量超筛选值点位率为 6.78%，且最大含量为 77.7mg/kg。根据场地使用历史分析，砷污染来源可能是在 11-2、12-4 区域进行土法炼钢的含砷原料所致、10-4 与 15-12 仅表层超标，可能是砷类农药遗漏在地表所致。



图 2.4-1 场地土壤中砷总量超标点位分布图

根据 GIS 模拟 As 总量超标范围，经统计场区土壤中 As 总量超标工程量为 705m<sup>3</sup>，

各层具体超标情况见下表：

表 2.4-2 场地土壤中 As 总量超标工程量

序号	深度	超标面积 (m <sup>2</sup> )	超标方量 (m <sup>3</sup> )
1	0-0.5m	32	16
2	0.5-2m	114	171
3	2-4m	225	450
4	4-6m	34	68
	合计		705

### 2.4.1.2 土壤六六六污染特征

本项目场地环境调查对六六六采样监测共分为两个阶段：

(1) 初步调查阶段：对针对场地农药生产区、原料存储仓库、成品仓库等有相关区域进行采样布点，检测土壤中六六六含量，其中各方框边界根据历史生产车间范围确定，共布置 19 个土壤采样点，采样深度为 10m；

(2) 详细调查阶段：根据初步监测结果，按 40×40m 系统布点法，对超标点位周边进行补充监测，共布置 20 个土壤采样点；同时对 4 个地下水监测井进行采样。

具体布点方案详见下图：

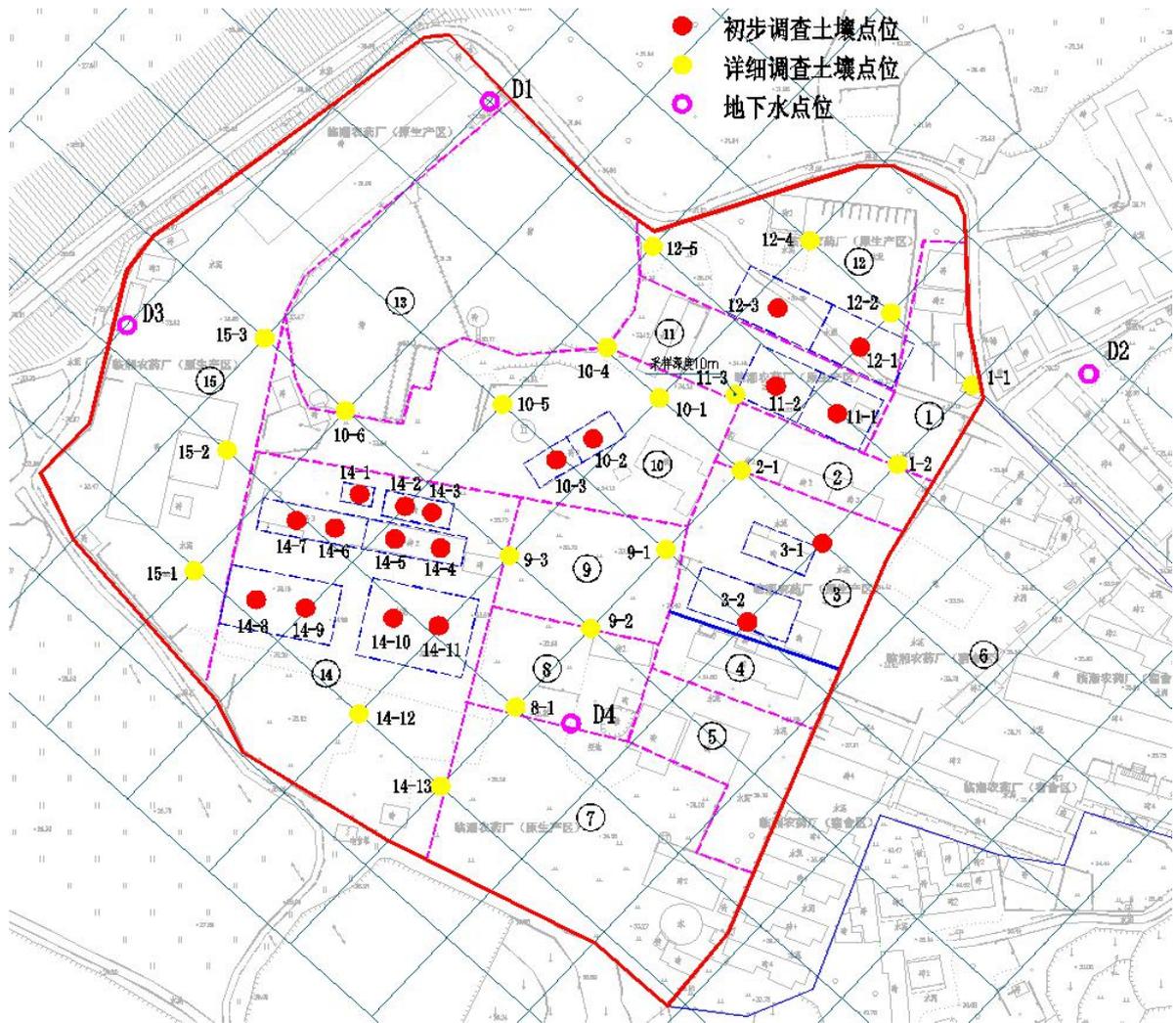


图 2.4-2 生产场地土壤中六六六采样布点图

土壤点位钻孔采样深度为10m，按0-0.5m、0.5-2m、2-4m、4-6m、6-8m、8-10m 分层采样监测，至岩层为止，采样深度扣除地表非土壤硬化层厚度。根据调查结果显示，六六六（包括 $\alpha$ -六六六、 $\beta$ -六六六、 $\gamma$ -六六六）总量超第二类用地筛选值，最大超标深度为8m。场地六六六超标情况统计如下：

表 2.4-3 场地土壤中六六六总量污染情况统计表

序号	超标点位	超标深度	采样区域
1	2-1	0-0.5、2-8m	包装区
2	8-1	0-0.5m	包装车间
3	9-1	0-0.5、6-8m	绿地
4	10-2	0-2、4-6m	原料仓库

序号	超标点位	超标深度	采样区域
5	10-3	0-0.5m	
6	10-6	4-6m	
7	11-1	0.5-4m	包装车间
8	11-2	0.5-6m	
9	11-3	0.5-2m	
10	12-1	0-6m	成品车间
11	12-3	0-2m	
12	12-4	4-8m	
13	14-2	0.5-2、4-6m	杀虫剂生产区
14	14-3	0-6m	
15	14-4	2-4m	
16	14-5	0-4m	
17	14-7	0.5-4m	
18	14-8	0-0.5m	
19	14-10	2-6m	
20	14-11	2-6m	

根据监测结果统计表明，采样点位六六六总量超标率约为 50%，最大点位为 12-1， $\gamma$ -六六六含量为 558.472mg/kg，超标 606.03 倍。根据 GIS 模拟发现，六六六主要超标区域为 10-12、14 号区域。根据场地使用历史分析，六六六污染成因可能是该区域曾生产六六六，由于后期长江洪涝以及厂房建设土方挖填等情况，导致部分成品被掩埋于地下，以致土壤 8m 深处仍存在超筛选值情况。

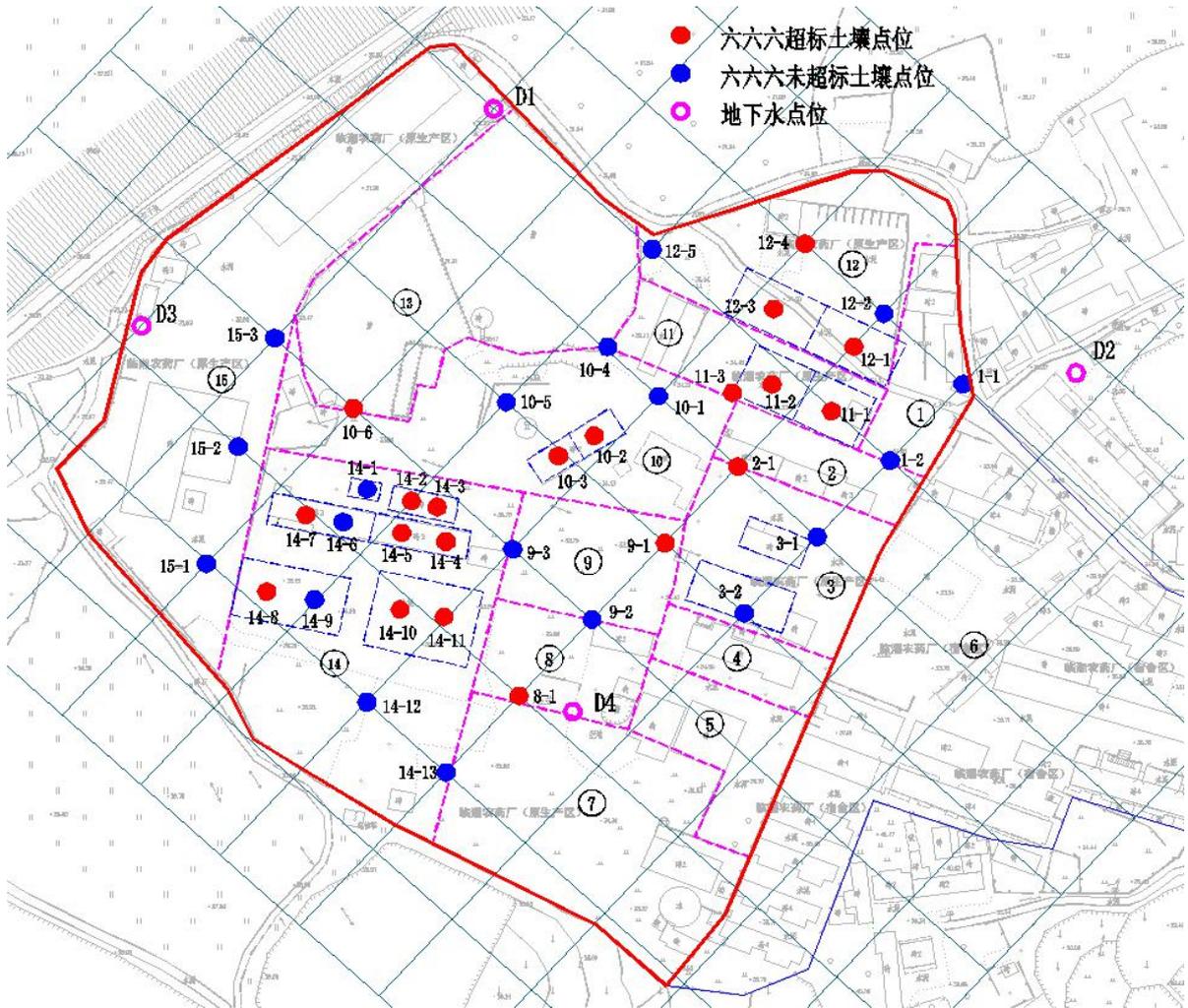


图 2.4-2 场地土壤中六六六总量超标点位分布图

经统计，场地六六六总量超标土壤方量为 105049.92m<sup>3</sup>，具体各层土壤六六六污染超标工程量估算如下：

表 6.1-4 场地土壤中六六六总量超标工程量

序号	深度	超标面积 (m <sup>2</sup> )	超标方量 (m <sup>3</sup> )
1	0-0.5m	13072.28	6536.14
2	0.5-2m	14906.24	22359.36
3	2-4m	19224.54	38449.08
4	4-6m	17181.87	34363.74
5	6-8m	1670.80	3341.60
	合计		105049.92

## 2.4.2 地表水污染特征

通过初步调查与详细调查两个阶段，对场内 4 个水池与 1 个废水塘，以及场外沉淀池，共六处水体进行取样检测。情况如下：

(1) 废水塘共设置 5 个采样点，经检测发现水体中砷含量为 1.81-2.05mg/L，远超《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类中 0.05mg/L 与《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中 0.5mg/L 的标准限值，水深为 4.3-4.8m。

(2) 场外沉淀池水体砷含量为 1.75mg/L，远超《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类中 0.05mg/L 与《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中 0.5mg/L 的标准限值，水深 1m。

(3) 场区磅房水池铅含量为 0.07mg/L，稍微超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类中 0.05mg/L 的标准限值，水深 0.8m。

根据前期场地生产情况分析，污染原因可能是 12 区域进行土法炼钢的含砷废渣倒入废水塘所致，污染物沉积在底泥中，污染水体。同时由于暗管堵塞不严，流至场外沉淀池。

## 2.4.3 地下水污染特征

通过初步调查与详细调查两个阶段，场内共设置 3 个地下水监测井，场外地下水上游设置 1 个地下水对照点，结果如下：

(1) 场外 D2 监测点未超标；场内地下水中 D1、D3 主要是砷超《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅳ类标准，D4 未超标；

(2) 地下水中六六六（总量）、 $\gamma$ -六六六基本未检出，不超《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）Ⅳ类标准值。

根据前期场地生产情况分析，场区地下水污染原因可能是场区废水塘含砷废水渗透进入下游地下水监测井 D1、D3 所致。

## 2.4.4 底泥污染特征

初步调查阶段，对废水塘底泥进行了总量检测，结果显示砷、铅、镉总量超第二类用地筛选值，其他未超标。其中：废水塘底泥砷总量最高达 6.82mg/kg，超标 112.7 倍；铅总量最高达 3.37mg/kg，超标 3.2 倍；镉总量最高达 3.48mg/kg，超标 52.5 倍。

详细调查阶段，对底泥进行了酸浸与水浸检测，发现酸浸检测结果未超标，故底泥

不属于危险废物；水浸检测结果显示，13号地块水池底泥属于第Ⅱ类一般工业固废，根据地形测量，水池面积为8634m<sup>2</sup>，地勘测量底泥均深1.1m，超标底泥量约9497.4m<sup>3</sup>。

根据前期场地生产情况分析，污染原因可能是12区域进行土法炼钢的含砷废渣倒入废水塘所致。

## 2.4.5 固废污染特征

根据第一阶段现场踏勘情况，详细调查阶段对生产车间，以及原料与成品仓库的墙皮，以及地表遗留废渣与地沟沉积物采样进行了酸浸与水浸检测，结果显示：建筑物、地表遗留废渣与地沟沉积物等固废酸浸检测未超标，不属于危险废物；水浸也未超标；建筑物拆除后属于建筑垃圾。

## 2.5 土壤污染风险

### 2.5.1 风险评估主要结论

根据《临湘市原农药厂土壤污染治理项目风险评估报告》（中石生态环境科技有限公司，2021.1），风险评估主要结论如下：

（1）本项目场地规划作为二类用地时，土壤中砷、 $\alpha$ -六六六、 $\beta$ -六六六、 $\gamma$ -六六六致癌风险水平大于 $10^{-6}$ ，存在不可接受风险，需进行修复。

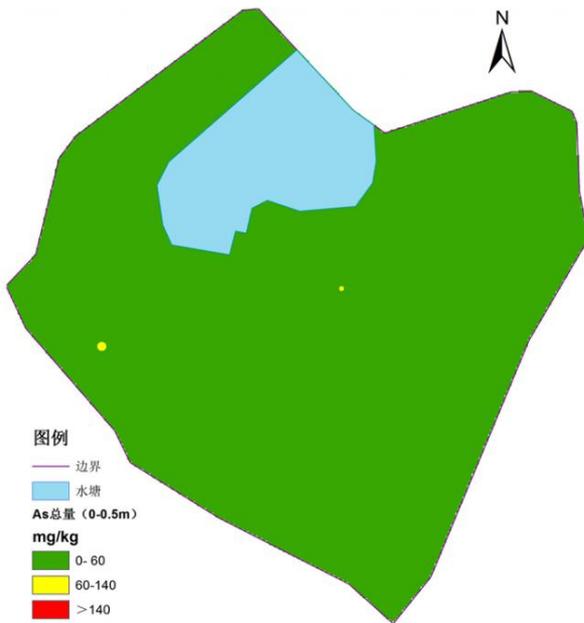
（2）本项目土壤总量砷修复目标值为60 mg/kg， $\alpha$ -六六六总量修复目标值为0.344mg/kg， $\beta$ -六六六总量修复目标值为1.20mg/kg、 $\gamma$ -六六六总量修复目标值为1.97mg/kg。

（3）根据风险评估确定场地修复的目标污染物和修复目标值，分层分污染物类型进行统计，初步确定场地土壤总污染方量约105754.92m<sup>3</sup>。

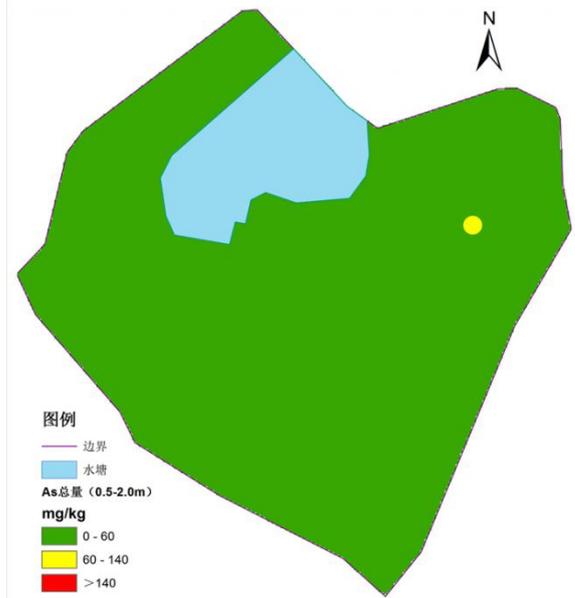
表 2.5-1 场地土壤污染面积与方量统计

序号	深度	超标面积 (m <sup>2</sup> )	超标方量 (m <sup>3</sup> )
1	0-0.5m	13072.28	6536.14
2	0.5-2m	14906.24	22359.36
3	2-4m	19224.54	38449.08
4	4-6m	17181.87	34363.74

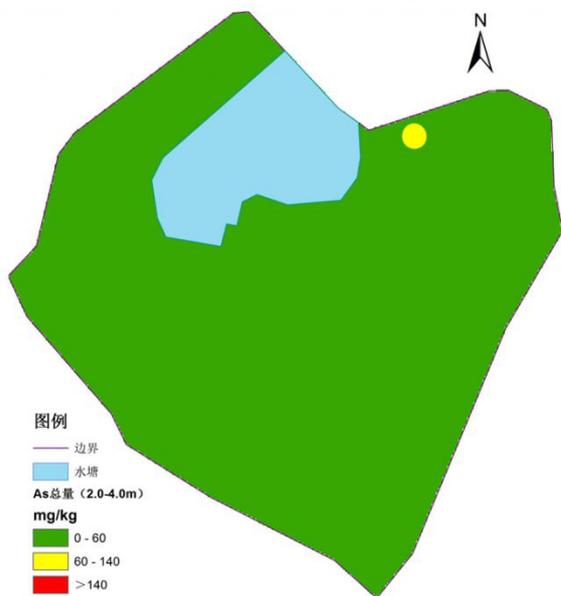
序号	深度	超标面积 (m <sup>2</sup> )	超标方量 (m <sup>3</sup> )
5	6-8m	1670.80	3341.60
	合计		105049.92



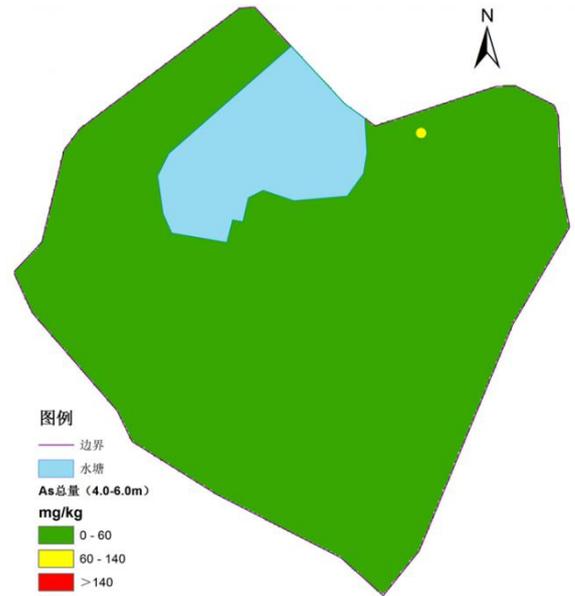
0-0.5m 土壤中 As 治理范围



0.5-2m 土壤中 As 治理范围

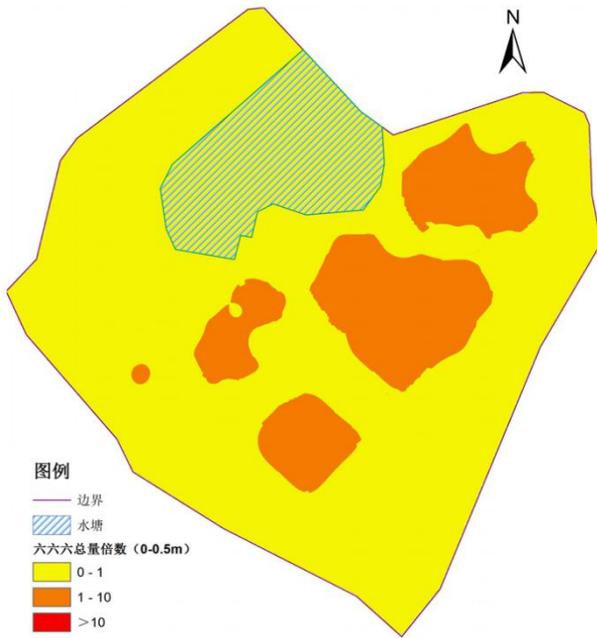


2-4m 土壤中 As 治理范围



4-6m 土壤中 As 治理范围

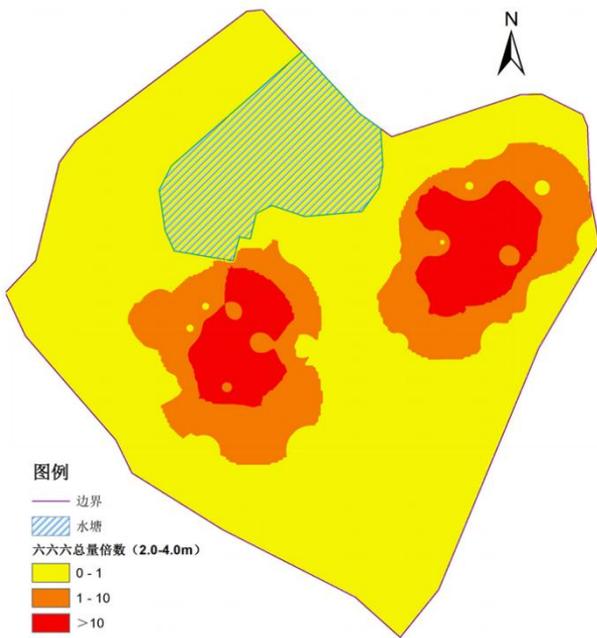
图 2.5-1 0-6m 砷治理范围



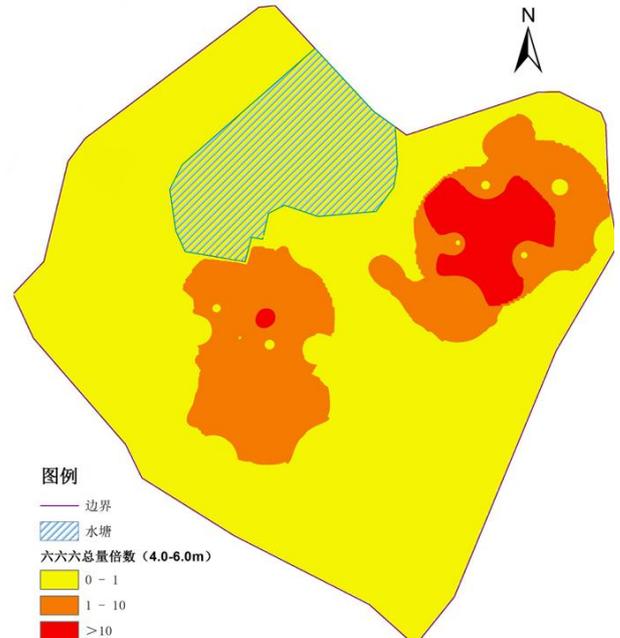
0-0.5m 土壤中六六六治理范围



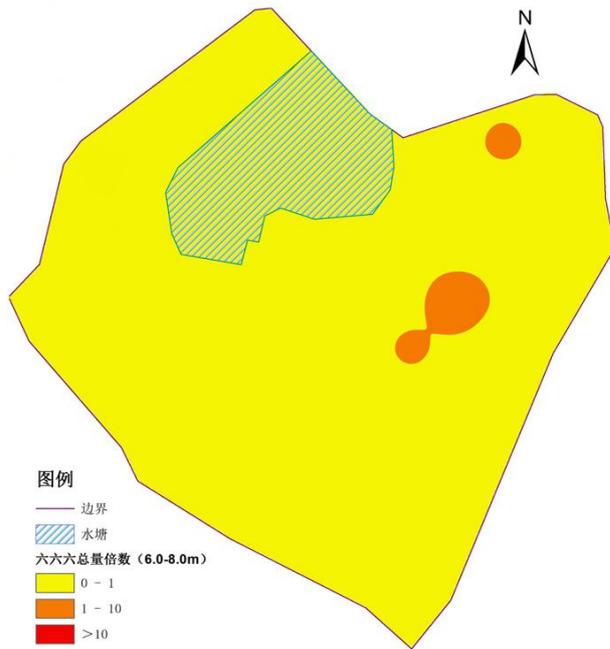
0.5-2m 土壤中六六六治理范围



2-4m 土壤中六六六治理范围



4-6m 土壤中六六六治理范围



6-8m 土壤中六六六治理范围

图 2.5-2 0-8m 六六六治理范围

## 2.5.2 风险评估建议

### 1、土壤修复技术建议

根据项目地块土壤污染物分布及现场条件拟对临湘市原农药厂污染土壤进行处置，修复深度为 0.5-6m,在设计土壤修复治理方案过程中,建议综合考虑污染物的分布特征和污染物的性质，将修复技术与场地特征有机结合起来。

#### (1) 备选技术一：土壤热脱附修复技术

本项目中主要对厂区内六六六污染土壤进行修复治理，该层以粘土层占主要部分，局部分布有残留建筑基础，均匀性差。这种土质状况不适合原位注入修复技术和土壤淋洗修复技术，建议对有机污染土壤选用原地异位热脱附方案较为经济合理。

#### (2) 备选技术二：原地风险管控

鉴于本项目场地修复后为绿地，建议对污染土壤采用就地风险管控。

### 2、底泥处理建议

底泥中污染物为砷，建议对底泥脱水后进行稳定化固化处理，原位回填。

### 3、地表水处理建议

废水塘积水中污染物为砷，建议与施工期废水-起处置。

## 3 场地管控模式

### 3.1 场地管控总体思路

#### 3.1.1 场地未来规划

根据临湘市人民政府规划，临湘市原农药厂污染场地未来将作为绿化用地使用。

#### 3.1.2 总体思路

本项目现状污染物主要集中在场内，主要包括受污染土壤、底泥、废水。本项目总体思路是从源头控制和风险管控的思路进行治理，具体如下：

##### 1、源头控制优先，污染分类处置

根据场地污染特征、厂区现存废水、受污染土壤和底泥分布情况，地块治理首先应当对场地内污染源进行处理，杜绝污染源对场地土壤及地表水的持续性污染，针对污染物的不同属性，应进行分类处置。

##### 2、土壤污染风险管控，加强地下水监测监控

根据场地污染特征，场地内土壤主要污染物为砷、六六六等，场内地下水中砷超《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类标准。考虑到项目治理后恢复将为绿地，采取风险管控措施阻隔受污染土壤暴露途径，防止对厂区外环境的污染，加强对地下水的监测监控，防止污染扩散。

##### 3、环境保护为重，节约使用资金

根据本项目场地整体受污染程度，地块治理应结合实际情况，针对性开展设计施工，在保障治理目标可达性的前提下，提供更为节能环保的解决方案，同时选用经济高效的处理方式，避免浪费。

#### 3.1.3 场地管控策略

场地污染土壤风险管控采用阻隔技术，包括水平阻隔技术与垂直阻隔技术。阻隔技术是指采用阻隔、堵截覆盖等工程措施，控制污染物迁移或阻断污染物暴露途径，使污染介质与周围环境隔离，避免污染物与人体接触和随降水或地下水迁移进而对人体和周围环境造成危害，降低和消除地块污染物对人体健康和环境的风险的技术。阻隔为施工于污染介质周围的地下沟渠、地墙或地膜所组成的垂直阻隔系统，有时也与地面生态覆

盖系统结合。阻隔系统主要有几方面功能：①阻断污染土壤与受体的直接接触；②阻止受污染地下水迁移扩散；③阻断污染土壤或污染地下水挥发出的气体扩散。

### 3.2 治理对象

根据前期场调与风险评估情况，确定本项目治理对象主要包括受污染土壤，现存废水、底泥。

(1) 受污染土壤：本项目土壤污染超标因子主要为六六六与砷，其中六六六超过风评修复目标值的污染土壤总量约为 10.5 万 m<sup>3</sup>，砷超过风评修复目标值的污染土壤总量约为 705m<sup>3</sup>。

(2) 场区现存废水：本项目废水塘等现存废水中砷超过《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准，总量约 3.45 万 m<sup>3</sup>；

(3) 受污染底泥：本项目废水塘中底泥水浸砷超标，属于第 II 类一般工业固体废物，经测算底泥总方量为 9497.4m<sup>3</sup>。

### 3.3 治理目标

根据场地污染情况，结合风评报告结论，参考国家相关标准规范，确定本项目治理目标如下：

(1) 污染土壤：对场地污染土壤采取风险管控措施，切断污染土壤与周边水力联系，阻隔表层污染土壤的暴露途径，使得下游地下水水质明显改善。

(2) 场区现存废水：场地内废水应经过处理达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准，再送至岳阳市华浩水处理有限公司进一步处理。

(3) 受污染底泥：废水塘底泥属于第 II 类一般工业固体废物，稳定化固化后的底泥水浸砷含量达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准，最终进行原位封场填埋处置。

表 3.3-1 本项目治理对象与治理目标

序号	治理对象	单位	数量	超标情况	治理目标
1	污染土壤	万 m <sup>3</sup>	10.5	土壤中砷与六六六总量超过风评修复目标值，地下水中砷含量超《地下水环境质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类标准	进行风险管控，下游地下水水质明显改善。
2	场区废水	万 m <sup>3</sup>	3.45	总砷超过《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准

序号	治理对象	单位	数量	超标情况	治理目标
3	受污染底泥	m <sup>3</sup>	9497.4	水浸砷含量超《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准,属于第II类一般工业固体废物	水浸砷含量达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准,最终采取安全填埋处置。

### 3.4 治理范围

本项目治理范围详见图 3.4-1,面积约 7.34 万 m<sup>2</sup>,合 110.08 亩。



图 3.4-1 临湘市原农药厂场地治理范围卫星地图

表 3.4-1 治理范围边界坐标表

边界点位	经度	纬度	高程 (m)
1	113.2875291	29.5978640	31.922
2	113.2883364	29.5969052	31.431
3	113.2898948	29.5960817	31.775

边界点位	经度	纬度	高程 (m)
4	113.2906632	29.5975597	32.552
5	113.2910012	29.5981135	36.246
6	113.2909663	29.5987452	34.703
7	113.2908362	29.5988618	34.533
8	113.2906887	29.5989035	33.187
9	113.2904044	29.5988712	33.841
10	113.2899752	29.5986969	33.806
11	113.2897151	29.5987371	33.356
12	113.2889949	29.5993466	36.589
13	113.2881688	29.5987286	36.246
14	113.2878818	29.5985480	34.703
15	113.2876940	29.5980102	3.325

## 4 治理技术筛选

### 4.1 土壤风险管控技术筛选

场地管控采用阻隔技术，包括水平阻隔与垂直阻隔技术。水平阻隔技术主要包括混凝土、沥青等硬化路面覆盖、清洁土壤覆盖、柔性膜覆盖等；垂直阻隔技术主要包括土-膨润土隔离墙、高压喷射灌浆墙、搅拌桩墙、水泥帷幕灌注浆墙、土工膜墙等。

#### 4.1.1 水平阻隔技术简介

水平阻隔也称为表层阻隔。其主要功能或目的是将污染物与人、动物和植物隔开；抬高地面以提供适当的坡度，促进地表水径流，减少地表水渗透到地下，造成污染物的迁移；控制污染物质排放的气体。典型的覆盖系统通常由六个基本层组成，自上到下分别为表层、保护层、排水层、阻隔层、气体收集层和基础层。覆盖系统的层数是与场地特征有关的，并不是任何场地所有层都必须具备。如在干旱场地就不需要排水层，但所有覆盖系统都必须有表层。影响覆盖系统效果的主要因素包括污染物的稳定性和下层污染物的沉降性，覆盖系统表面坡度的稳定性，覆盖系统排水性能和渗漏控制能力，覆盖系统对污染物产生气体的管理能力。

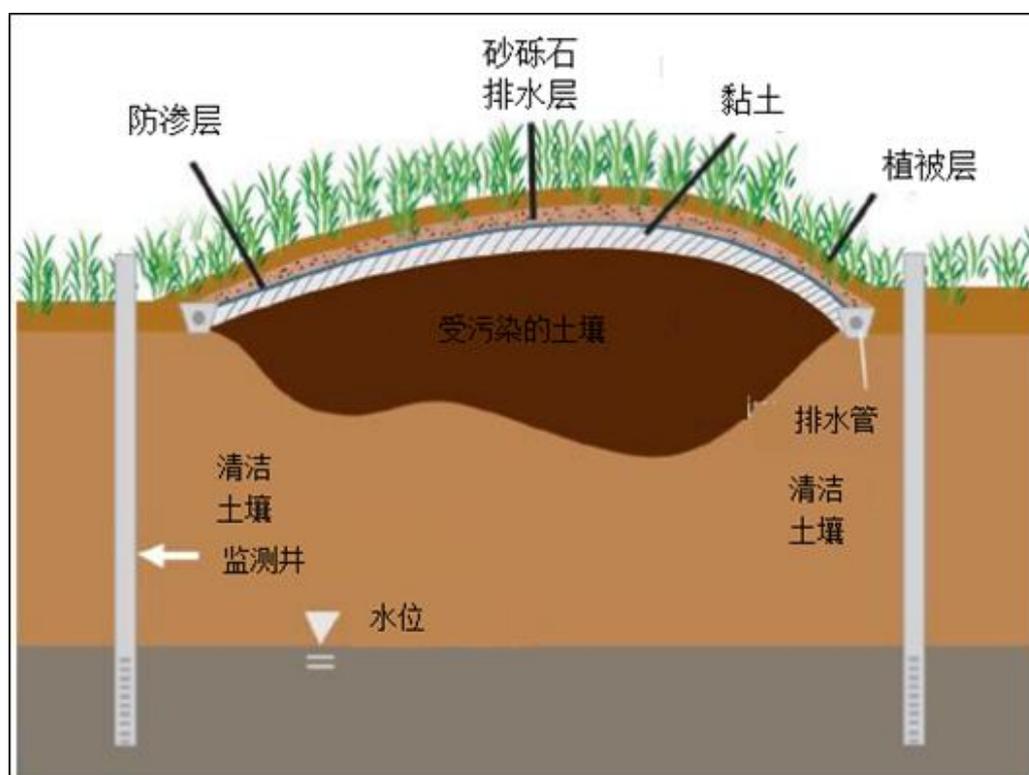


图 4.1-1 水平阻隔示意图

常见的水平阻隔措施如下：

### 1、清洁土覆盖层

清洁土覆盖层由高渗透性的砂砾石与低渗透性的粘土组成。在阻隔措施设计阶段应该进行渗透性评估。覆盖层厚度主要取决于阻隔措施的预期目的，如果风险管控目的主要是减少皮肤接触或直接摄入土壤污染物，覆盖层的厚度应该达到成人、孩子等很难进行手挖的程度，土层材料不必进行分级。通常在阻隔措施的顶层增加可减少腐蚀的覆盖层，此层的土壤称之为顶层土，顶层土中应富含可促进植物生长的天然有机质。



图 4.1-2 水平阻隔技术—清洁土覆盖

### 2、弹性膜衬层（FML）

FML 是一种渗透性较差、厚度较小的可阻止气体和液体迁移的人工合成膜。FML 可以从加工材料的卷轴上直接铺设或喷洒在半柔性层上以达到固化目的。FML 以碳氢化合物为基础、具有广泛的化学兼容性。广泛应用的 FML 包括 PVC（聚氯乙烯）、PCE（聚乙烯），HDPE（高密度聚乙烯）等。FML 卷轴式铺设需要特殊的缝合设备来密封边缘，而喷洒式 FML 能形成无缝膜衬层。FLM 卷轴式铺设的厚度较为一致，任何一种铺设方式都需要经验丰富的施工人员进行操作。由于 FML 本身无结构强度，通常与一种结构元素联合使用。另外在 FML 上还应铺设一层能抵抗紫外线辐射的覆盖层。



图 4.1-3 水平阻隔技术—HDPE 土工膜衬层

### 3、沥青路面、沥青屏障或沥青混凝土

沥青是成层铺设并利用专门建筑设备进行混合的分级砂卵石与液体沥青的混合物。沥青可分厚层（大于 5cm）和薄层（2.5-5cm）。厚层沥青可直接铺设在自然地面上。薄层沥青一般需铺设在更为粗糙的粒料层之上。



图 4.1-4 水平阻隔技术—沥青路面

### 4、混凝土路面

混凝土是分级砂卵石与水泥液体的混合物。混凝土通常用于建造水泥板或道路，一般铺设在厚度为几厘米的砂子或碎石层上。通常加入铁丝网、钢筋或其他掺合料防止初期固化及后期塑性收缩、干燥收缩、热裂解等造成的裂缝。表面混凝土板应加入空气吸附添加剂以减少严寒及霜冻天气造成的表面腐蚀。

### 5、石头覆盖

石头覆盖是一种由小型石料或回用混凝土组成的隔离皮肤直接接触污染土壤的被动控制方式。这种方式适用于干旱条件下阻止污染物的暴露和腐蚀。

#### 4.1.2 土壤水平阻隔技术可行性评估

针对本项目污染土壤风险管控的情况，目前较为可行的垂直阻隔法的技术手段主要包括：清洁土覆盖、HDPE膜覆盖、沥青覆盖以及混凝土覆盖，方案比选见表4.1-1。

表 4.1-1 水平阻隔技术比选

序号	项目	场地条件	施工方式	主要特点	结论
1	清洁土覆盖	平整即可，不受限制	黏土摊铺，机械分层压实	价格便宜，要求防渗系数达到 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，对土质有一定的要求	配合 HDPE 膜覆盖施工
2	HDPE 膜覆盖	与清洁土覆盖配合使用时，场地条件影响施工方式	场地粘土压实后，人工铺设 HDPE 膜，双轨热熔焊接	填埋场防渗成熟技术，防渗效果好	推荐
3	沥青覆盖	平整即可，不受限制	场地初步平整后，沥青洒布车喷洒沥青，机械分层摊铺压实，养护	道路施工常规技术，时间久后易开裂，覆盖不严	不推荐
4	混凝土覆盖	平整即可，不受限制	场地初步平整后，输送混凝土浆液，机械分层摊铺压实，养护	道路施工常规技术，时间久后易开裂，覆盖不严	不推荐

综上所述，水平阻隔技术采用“清洁土+HDPE膜覆盖”组合技术，该技术属于世界通用技术，在填埋场封场中应用广泛，成熟可靠。相比而已本项目后期将开发成滨江绿地，采用清洁土覆盖更利于后期土地利用。

#### 4.1.3 垂直阻隔技术简介

垂直阻隔墙技术在水利工程的防渗中应用很广泛。用于污染场地风险控制时，主要是利用地下阻隔墙体封存污染物或改变地下水流向以达到控制污染的目的。根据场地水文地质条件和污染物的分布特征，垂直阻隔墙需建设成不同的形状。阻隔墙的垂直形状可以延伸到地表或嵌入到低渗透性岩层。根据垂直阻隔墙的建筑材料和施工方式，垂直阻隔措施可分为泥浆墙、阻隔措施可分为泥浆墙、灌浆墙、板桩墙、土壤深层搅拌、土工膜衬层技术等。为了达到阻止地下水迁移的目的，要求垂直阻隔墙有非常低的渗透性，实际应用中通常要求低于 $10^{-7} \text{cm/s}$ 。同时，阻隔墙需要足够的强度和持久性。

##### 1、泥浆墙

泥浆墙是最常见的地下阻隔技术之一。自 1970 年以来，泥浆墙就被用于污染控

制，并被公认为是隔离污染物和阻止污染物迁移的重要手段，只要设计合理、建设得当，泥浆墙就能够成功地将污染物控制在污染场地。泥浆墙的建设方法为首先进行土壤开挖形成深沟，然后利用低渗透性材料进行回填，通过夯实，形成低渗透性的连续墙体。

泥浆墙的建筑材料有黏土、膨润土、水泥、混凝土、粉煤灰等。实际应用中通常是多种材料的组合，如土壤-膨润土，水泥-膨润土，塑料-混凝土等。泥浆墙材料类型的选择与场地土壤、污染物的性质相关，因为污染物和地下材料可能会腐蚀墙体。同时，不同材料类型和材料配比会影响墙体的强度和渗透性，如在材料中加入水泥可以提高墙体的强度。不同材料组合对污染物阻隔的效果也存在差异，在具体应用时必须对材料的封存阻隔效果进行评估。



图 4.1-5 垂直阻隔技术—泥浆墙

## 2、灌浆墙

灌浆是将适当的物质灌入砂土、岩石和人造建筑物，从而降低被灌物的渗透性并提高强度。灌浆墙与泥浆墙类似，只是施工方式不同。根据泥浆喷灌的方式，灌浆墙可以分为压力灌浆、振动梁灌浆和喷射灌浆等。压力灌浆是通过一定的压力将可固定化的灌浆材料注入到土壤或岩石的空隙中。振动梁灌浆是用打桩机将工字桩打入地下，通过工

字桩低端的喷嘴向土壤中注入浆液。喷射灌浆是基于水切割技术，在非常高的压力条件下，高速度喷射泥浆混合物进入土壤或岩石中的空隙。喷灌的泥浆经切割、替换，将土壤与凝胶材料混合在一起，形成土壤柱。灌注的泥浆通常为水泥膨润土泥浆或普通水泥泥浆。理论上，喷灌技术可应用于任何类型的土壤(砾石到黏土)。但土壤类型会改变泥浆柱的半径，影响施工效率。在黏土中灌浆喷射的效率比沙土要低。

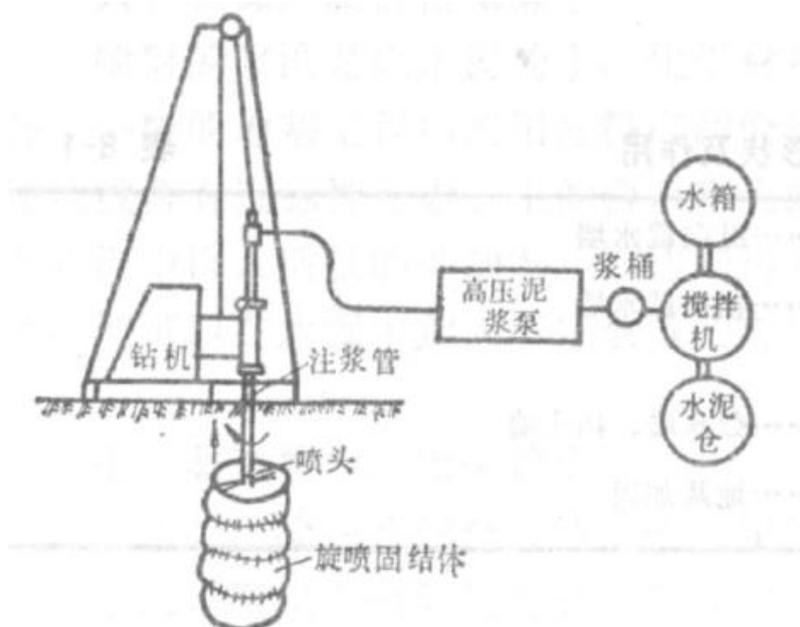


图 4.1-6 垂直阻隔技术—高压喷射注浆墙

### 3、板桩墙

板桩防渗墙是将钢板、预制混凝土、铝或木材用打桩机垂直打入地基以形成地下阻隔墙。连续的墙需要将板连接起来。板桩墙的缺点是板桩之间的连接比较脆弱，容易渗漏。目前，已有一些较好的专利技术用于封口。除了不同的连接封口，还发展出一些密封技术，包括灌浆、粉煤灰、水泥等都用于密封接头。



图 4.1-7 垂直阻隔技术—钢板桩墙

#### 4、土壤原位搅拌

土壤原位搅拌是使用一组深层搅拌机将污染场地的土壤和固化剂通常是膨润土或水泥浆强制搅拌，利用固化剂和土壤发生一系列物理、化学反应，凝结成具有整体性、水稳性好、强度较高的连续墙体。与其他外部方法相比如泥浆墙，这种方法开挖的废弃土量较少。在场地污染控制中，常采用土壤深层搅拌。可用的泥浆材料包括膨润土、水泥、石灰和添加剂如粉煤灰、矿渣等可以改变材料的组成和耐性。



图 4.1-8 垂直阻隔技术—搅拌桩墙

#### 5、土工膜技术

土工膜是利用低渗透材料来阻隔污染物的迁移。土工膜的低渗透性是泥浆墙或其他垂直阻隔墙难以达到的。而且，土工膜能够保持连接的完整性。土工膜应用于污染控制已有 30 多年的历史。土工膜作为垂直阻隔墙常用的材料是高密度聚乙烯 HDPE。由于土工膜片的长度有限，为了保持连续性，需要将膜板相互连接起来。理论上土工膜墙的

深度是没有限制的，设计深度与建造安装的方法有关。可用的安装方法有很多。最常见的安装方式为：表层覆盖的土工膜通过水平延展或垂直下伸与垂直墙的土工膜形成垂直密封，土工膜的下端嵌入弱透水层。

土工膜可以单独使用，更多情况下是与其他措施配套使用。土工膜与土壤-膨润土、土壤-水泥、水泥-膨润土等回填形成组合障碍。土工膜与土工网格组合，层间用土壤-膨润土、土壤-水泥、水泥-膨润土等回填，形成 C 型衬垫系统（RCRA）作为阻隔墙。

HDPE 土工膜防渗墙安装技术要求高，用到的防渗材料、泥浆质量、连接构件、底端固结、密封剂、检测和监测等环节非常重要，一个环节处理不好，整个系统便达不到预期防渗效果。因此对设计和施工要求严格，必须制订周全的工程方案，现场技术和施工人员需要具备专业的理论基础和工程经验，施工技术难度相比泥浆防渗墙技术难度大。



图 4.1-9 垂直阻隔技术—土工膜墙

#### 4.1.4 土壤垂直阻隔技术可行性评估

针对本项目污染土壤风险管控的情况，目前较为可行的垂直阻隔法的技术手段主要包括：水泥灌浆墙、水泥高压喷浆墙、钢板桩墙、水泥搅拌桩墙、土工膜墙，方案比选见表 4.1-2。

表 4.1-2 垂直阻隔技术比选

序号	项目	场地条件	建设深度	施工方式	场地扰动	主要缺点	技术优点	结论
1	水泥灌浆墙	场地土壤和污染物影响泥浆材斜的选择, 场地地形影响施工方式	深度可到 60m 以下	开挖回填, 需要泥浆混合区域	需要开挖, 废物处理量大; 工人存在暴露风险	需要对槽孔采用泥浆固壁, 堤身土质量差时容易引起堤身裂缝, 施工周期较长, 且岳阳地区使用此法较少, 施工机械少, 造价较高。	施工技术成熟; 建设快速	不推荐
2	水泥高压喷浆墙	土壤类型和密度影响灌浆能力	深度可达 45~60m; 受土壤密度和类型的影响	压力灌浆; 喷射灌浆; 化学灌浆	不需要开挖; 工人暴露风险小	造价较高, 且由于桩形有时不够规则, 对防渗墙的连续性和完整性还存有一定疑虑。	适应多种类型的土壤; 在狭小区域也能安装	不推荐
3	钢板桩墙	密实的土壤和坚硬的岩石区域难以施工	深度有限 (30~45m); 受地下岩土性质的影响	打桩或钻孔机器将板桩打入土壤	不需要开挖; 工人暴露风险小; 施工噪音较大	板桩连接处容易渗透; 比其他垂直阻隔墙成本高	可建成不规则形状的墙体; 抗化学腐蚀	不推荐
4	水泥搅拌桩墙	密实的土壤和坚硬的岩石区域限制钻探能力	深度可达 35m, 受土壤密实深度和类型的影响	原位施工, 使用深层搅拌机混合	原位施工, 开挖量很小; 工人暴露风险小	土柱较小, 难以保证墙体的连续性; 污染物、岩石混合进入墙体可能导致建设问题	适应所有类型污染; 狭小区域也能安装, 造价较低。	推荐
5	土工膜墙	与泥浆墙配合使用时, 场地条件影响施工方式	深度有限; 受安装方式的限制	挖沟机, 振动梁, 泥浆支撑等	需要开挖	需要与泥浆墙配合施工, 施工专业性强, 难度较大, 施工成本高	渗透性远低于其他墙体; 抗腐蚀性; 理论上的使用寿命为 300 年	不推荐

综合考虑根据场地条件、污染物性质、风险特征和阻隔技术自身的特点等多种因素，本工程选用水泥搅拌桩墙作为污染土壤垂直阻隔技术。水泥搅拌桩墙作为当地地基施工与填埋场帷幕止水常用技术，技术成熟可靠。

## 4.2 固废处置技术筛选

### 4.2.1 固废处置技术简介

目前固废处理主要有综合利用技术、无害化处理技术、安全填埋技术三种，具体如下：

#### 4.2.1.1 综合利用处理技术

固废综合利用技术是指最大限度地回收、利用固废中所有物质的过程。固废往往因污染环境，占用大量堆放土地，而成为公害，然而固废中许多的组成物质又都是有用物质，将其综合利用，变废为宝，不但具有经济意义，而且还有社会意义。广义而言，固废综合利用包括两个主要方面，一是尽可能多地回收渣中的有价金属，这属于炉渣贫化的范畴；二是利用固废制造各种有用的材料。

##### 1、生产矿渣水泥

脱铁或不脱铁的高炉渣和有色金属冶金固废都可用来烧制普通硅酸盐水泥。中国自1963年开始使用赤泥生产水泥。一般采用三元组分配料，即石灰石、赤泥和砂岩，有时还配入铁粉。赤泥占生料的25%~350%，利用回转窑煅烧，烧成温度为1723K。可产出500号普通硅酸盐水泥。各项性能均达到国家标准。

##### 2、回收有价值成分

回收有价值成分又称为“矿渣再选”，由于富矿不断减少，贫矿占的比例不断增加，同时出于保护矿产资源和自然环境的需要，含重金属矿渣中有价成分的回收日益迫切。另一方面，由于科学技术的进步，选矿工艺和设备的发展，使得矿渣中原来不能回收的有用矿物有可能回收。矿渣物理化学性质不同以及回收有价成分不同，采用的回收工艺流程不同。

有色金属冶金炉渣中含有相当量的铁，有的炉渣因含铁量高甚至可称为铁矿或贫铁

矿。利用回转窑处理炉渣产出粒铁、电炉还原炼出含有色金属的生铁并进一步炼钢，在世界上均有成熟的生产方法。

### 3、生产建材

生产建材最常见的方法是制砖，尾砂制砖主要是通过预处理将尾砂中的有害物质固化或去除，然后添加碎石、河砂等骨料以及水泥和其他添加剂，充分搅拌混合后压制成型，经蒸养或自然养护后制得建材用砖。

制蒸压砖，需满足以下要求：建筑材料质量达到《粉煤灰砖》（JC 239-2001）的要求，抗压强度大于 10MPa，尾砂添加量不低于 30%；制免烧免蒸砖的，需满足一下要求：建材质量达到《混凝普通砖和装饰砖》（NY/T 61-2003）或《混凝土小型空心砖砌块标准》（GB 8239-1997）的要求。

### 4、用作筑路材料

冶金炉渣作为路基容易施工、不吸水、不翻浆、力学强度高，直接利用固废筑路或把固废按照适当比例配成缓凝性的硅酸盐混合料筑路；后者是固废利用的主流。随着工业生产的发展，排出的固废与日俱增，如就地堆置将占用大片田地，运去填河填海又要多耗能源与运费，并且都会污染环境、造成公害。充分利用工业固废筑路可以节约能源、消除公害、增进经济效益，并为筑路技术开创一条新路。

中国利用工业固废筑路，最初多用煤渣修筑碎砖煤渣路面和块料路面垫层，西南某些省市曾用来修筑石灰三合土路面；还用煤渣改善土路、处治过湿土基和用做隔离层或保温层。沈阳铁路局从 60 年代就开始用沈阳冶炼厂铜水淬渣作铁路道渣，铺设混砂道床，克服一般混砂道床易下沉的缺点。这种道床还有渗水快、不长草和成本低等优点，但同时也存在一定的环污染境风险。

#### 4.2.1.2 无害化处理技术

固废无害化处理技术主要有固化法、湿法淋洗、法学处理法和高温处理法四种方式。

##### 1、固化法

固化法是用物理、化学方法将含有毒有害物质的固废固定或包容在惰性固体基质内（水泥、塑料、水玻璃、沥青等），使之呈现化学稳定性或密封性的一种无害化处理办法，目前针对固废最常用的是水泥固化。

水泥固化是以水泥为固化剂将固废进行固化的一种处理方法。水泥中加入适当比例的水混合会发生水化反应，产生凝结后失去流动性则逐渐硬化。对有害污泥进行固化时，水泥与固废中的发生水化反应生成凝胶，将有害微粒包容，并逐步硬化形成水泥固化体。可以认为，这种固化体的结构主要是水泥的水化反应物。这种方法使得有害物质被封闭在固化体内，达到稳定化、无害化的目的。

水泥固化法的优点：水泥比较便宜，操作设备简单，固化体强度高、长期稳定性好，对受热和风化有一定的抵抗力。

水泥固化法的缺点：水泥固化体的浸出率较高，通常为  $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{g}/(\text{cm}^2/\text{d})$ ，因此需作涂覆处理；由于油类、有机酸类、金属氧化物等会妨碍水泥水化反应，为保证固化质量，必须加大水泥的配比量，结果固化体的增容比较高；有的固废需进行预处理和投加添加剂，使处理费用增高。

## 2、湿法淋洗

湿法即采用酸浸、碱浸或盐浸等进行处理，先把重金属从渣中分离出来，然后再进一步回收重金属产品或进行无害化处理。湿法具有低能耗、少污染、效率高等优点，但流程复杂，处理成本较高。

## 3、化学反应法

化学反应法主要通过化学手段实现有害固废的无害化，常见的包括氧化还原技术和中和处理技术。氧化还原技术主要通过向有害固废中添加氧化剂或还原剂，通过氧化或还原作用，使固废中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质。

## 4、高温处理法

目前采用高温处理法处理的主要为含有机物、汞固废，方法是先将固废放进煅烧炉内加热和煅烧，然后人工将煅烧后的固废移进保温炉内，操作复杂、劳动强度大；由于需要保温的时间长，煅烧时间短，因此要设置多个保温炉以满足生产需要，设备成本高；而且在转移煅烧固废的过程中热量损失大，能耗高，生产连续性差，且适用范围较小。高温处理法具有工艺简单、处理量大、污染小等优点。高温处理法根据温度不同分为热脱附处理法与高温热解法。

### 4.2.1.3 安全填埋处理技术

固废的安全填埋又包括：原位填埋，异位安全填埋，稳定化后原位安全填埋，稳定化后异位安全四种方式。

#### 1、原位填埋

原位填埋主要采用设置挡墙，布设截洪沟等方式固定固废堆，然后使用粘土进行封场，封场后做好堆场的绿化。采用原位填埋可以降低堆体污染物向外环境的扩散的速率，但不能完全杜绝污染，因此原位填埋一般针对危害程度较小的固废，或者进行风险管控的项目。原位填埋成本最低，适用于大范围危害程度较低的固废的处理，例如第Ⅰ类一般工业固体废物。

#### 2、安全填埋

安全填埋是指选择合适场地，建造地下防渗围护体和防渗人工封底层，将固废进行填埋、压实、覆土封盖，最终封场后进行植被恢复与绿化。沿渣场周边设置截洪沟，以减少渗滤液的产生。并在渣场下游设置渗滤液处理设施，将收集的渗滤液处理达标后排放；安全填埋也可以利用附近已有的固废填埋场进行填埋。异位安全填埋投资费用中等，适用于危害程度中等的固废，如第Ⅱ类一般工业固体废物。

#### 3、稳定化后原位填埋

对于危害程度中等的固废也可以采用先稳定化，降低其危害程度，然后再用原位填埋的方式进行填埋，适用于危害程度中等的固废，如第Ⅱ类一般工业固体废物。

#### 4、稳定化后安全填埋

对于危害程度较高的尾渣，需要先进行稳定化，然后选择合适场地，建造地下防渗围护体和防渗人工封底层，将尾渣进行填埋、压实、覆土封盖，最终封场后进行植被恢复与绿化。沿渣场周边设置截洪沟，以减少渗滤液的产生。并在渣场下游设置渗滤液处理设施，将收集的渗滤液处理达标后排放。

## 4.2.2 固废处置技术可行性评估

对综合利用、无害化处理、安全填埋几种处理方式分别从工程经验、技术可靠性、占地、处理成本、经济效益、环境效益、制约因素等几个方面进行比较。详见表 4.2-1。

表 4.2-1 固废治理方案比选表

内容	综合利用	无害化处理	安全填埋
工程经验	中等	中等	丰富
技术可靠性	可靠性高	可靠性一般	可靠性高
技术难度	小	中等	小
占地	无	大	大
污染风险	低	中	低
投资	中等	较大	较大
处理成本	中等	高	中等
经济效益	高	低	低
环境效益	高	底	底
制约因素	应有配套废渣回收与综合利用企业，固废应具有较高的回收利用价值	废渣属性是否适合进行无害化处置	应有配套的废渣填埋场厂或者合适的新建场地

由上表可知，从环保效益与经济效益上讲，固废优先进行综合利用，综合利用实现了固废的最终处置，同时实现资源的回收利用，不需要新增占地，是固废处置的优先处理方案，综合利用的主要制约因素是固废应有较高的回收利用价值，有合适接收的综合利用企业。如条件限制，可采用无害化处理或安全填埋的处理方式。

本项目底泥经检测，砷水浸超《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）最高允许排放标准，属于第Ⅱ类一般工业固体废物；建筑垃圾浸出不超标。

本项目受污染底泥由于含水率高、杂质较多、可回收利用的成分含量低，因此进行综合利用的价值较低，主要考虑进行无害化处置或安全填埋处置。

受污染底泥中主要是砷超标，由于底泥细粒（粘/粉粒）含量高于 25%，进行湿法淋洗技术的可行性较低，针对砷超标可选的无害化处置手段为稳定化固化技术。

受污染底泥也可采用安全填埋的方式进行处理，参照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）要求，修建 1 座Ⅱ类固废填埋场。

稳定化固化技术、安全填埋技术均为目前应用较为广泛的处理技术，全国存在较多的工程案例，具备较好的技术可行性。综上，本项目受污染底泥采用“稳定化固化+安全填埋”组合技术进行风险管控，该技术在衡阳、益阳、邵阳等地区历史遗留污泥无害化处理过程中应用较多，效果较好，成熟可靠。

## 4.3 废水处理工艺技术筛选

本工程废水主要污染物为 As，特点是重金属超标倍数较高，超过《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）最高允许排放浓度 3 倍。因此，废水处理以 As 为主要目标。含 As 重金属废水处理方法主要有石灰法、硫化法、铁盐-石灰法、离子交换法等几大类。

### 4.3.1 废水处理工艺技术简介

#### 4.3.1.1 石灰法

##### ①概念

石灰法是以投加石灰或石灰石为主的处理重金属污水的方法。

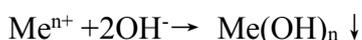
##### ②适用范围

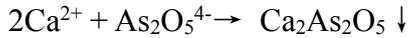
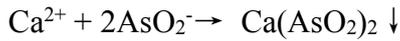
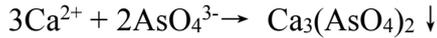
石灰法可用于去除污水中的铁、铜、锌、铅、镉、钴、砷等以及能与 OH<sup>-</sup>生成金属氢氧化物沉淀的其它重金属离子。

##### ③工艺原理

石灰投加到污水中产生 OH<sup>-</sup>和 Ca<sup>2+</sup>，多数重金属离子能与 OH<sup>-</sup>结合生成溶度积很小的氢氧化物而与水分离。以除砷为例，主要是利用 Ca<sup>2+</sup>去除水中的砷，使污水中的砷以砷酸钙[Ca<sub>3</sub>(AsO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]、偏亚砷酸钙[Ca(AsO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]和焦亚砷酸钙[Ca<sub>2</sub>As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>]等沉淀除去，实践中由于污水中往往含有其它重金属离子，在石灰法处理中与 OH<sup>-</sup>形成氢氧化物，成为砷的共沉剂；或由于低 pH 污水处理中产生硫酸钙成为砷的共沉剂，或在一定条件下污水中的铁与砷络合成溶度积很小的砷酸铁[FeAsO<sub>4</sub>]沉淀，或者由于沉渣回流的作用等综合因素，往往能把含砷污水处理到排放标准。

石灰法工艺主要反应过程如下：





#### ④优缺点及处理效果

石灰法的主要优点是：处理剂来源广泛，价格便宜，工艺设备较为简单，处理工艺经济性较强，工艺对污水的适应性较强。

石灰法的主要缺点是：对于某些重金属离子的去除效果不足，很难一次处理即达到排放标准，需要其它方法辅助处理才行。

### 4.3.1.2 硫化法

#### ①概念

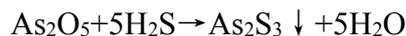
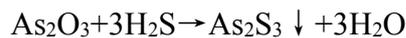
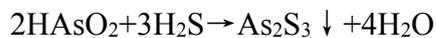
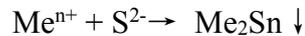
硫化法是以投加  $\text{Na}_2\text{S}$ 、 $\text{NaHS}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等硫化剂使废水中的重金属离子与硫离子生成难溶物质而与水分离的一种污水处理方法。

#### ②适用范围

硫化法可用于去除含镉、砷、锑、铜、锌、汞、银、镍等重金属离子的废水。

#### ③工艺原理

一般重金属硫化物的溶度积比氢氧化物的溶度积小得多，因此比石灰法处理的效果好。但由于硫化剂价格比石灰高得多，处理后的水中残留硫离子需进一步去除后才能排放，因此应用不如石灰法普遍。实用中多用于去除污水中用石灰法难以达标的  $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Hg}^+$  等重金属离子。以除砷为例，硫化法主要反应过程如下：



硫化法可与石灰法配合使用。用石灰法作为硫化法的调节剂，其用量根据 pH 值计算确定，在分步沉淀中利用硫化剂回收或去除某种重金属离子时，投加硫化剂时的污水 pH 值控制根据污水处理工艺要求确定。当利用硫化剂辅助石灰法去除污水中少量用石灰法难以处理达标的重金属离子时，可在石灰与污水充分反应后再投加少量硫化剂。

#### ④优缺点及处理效果

与中和沉淀法相比，硫化法的优点是：重金属硫化物溶解度比其氢氧化物的溶解度更低，反应时最佳 pH 值在 7~9 之间，处理后的废水不用中和。

硫化物沉淀法的缺点是：硫化物沉淀物颗粒小，易形成胶体，很难通过沉淀或过滤的办法去除，目前硫化法主要作为污水处理的辅助手段，用于废水的二段或三段处理，以保证出水达标排放；硫化物沉淀剂本身在水中残留，遇酸生成硫化氢气体，产生二次污染。以硫化法为主处理废水，应将废水中残硫处理到达标，宜采用硫酸亚铁或漂白粉处理。

### 4.3.1.3 铁盐-石灰法

#### ①概念

铁盐—石灰法是以投加铁盐和石灰使废水中的重金属离子生成难溶物质而与水分离的一种污水处理方法。

#### ②适用范围

本法用以去除废水中的镉、锌、铅和砷等重金属离子，不同重金属离子的去除原理不同。

#### ③工艺原理

铁盐用以去除废水中的镉是作为共沉剂；用以去除砷则铁盐既与砷生成  $\text{FeAsO}_4$  等沉淀，又作为一种共沉剂。因此，在实际应用中，要根据其处理原理选用适当的铁盐及投加量，控制适宜的 pH 值。

废水中的五价砷较三价砷易于清除，用药量也较少。正确选择铁盐投加量和控制 pH 值是关键，其影响因素有砷的价态、铁盐的价态、一段处理还是二段处理等。由于含砷废水中通常还含有其它重金属离子和氟等有害物也需要去除，则影响药剂用量和 pH 值控制因素就更多。

### 4.3.1.4 离子交换法

#### ①概念

离子交换法是液相中的离子和固相中离子间所进行的一种可逆性化学反应，当液相

中的某些离子较为离子交换固体所喜好时，便会被离子交换固体吸附，为维持水溶液的电中性，所以离子交换固体必须释出等价离子回溶液中。

### ②适用范围

随着高分子化学的发展，离子交换法的应用越来越广泛。在给水处理中，可用于水质软化和脱盐，制取软化水、纯水和超纯水。在污水处理中，可除去污水中的某些有害物质，回收有价值化学物品，重金属和稀有元素，能有效地进行分离、浓缩、提纯等功能。

### ③工艺原理

离子交换是靠交换剂本身所带的能自由移动的离子与被处理的溶液中的离子通过离子扩散来实现的。推动离子交换的动力是离子间的浓度差和交换剂上的功能基对离子的亲和能力，这就是离子交换的基本原理。离子交换是可逆反应，其反应式可表达为：



在平衡状态下，树脂中及溶液中的反应物浓度符合下列关系式

$$([RM][H^+]) / ([RH][M^+]) = K$$

K 是平衡常数。K 大于 1，表示反应能顺利地向右方进行。K 值越大，越有利于交换反应，而不利于逆反应。K 值的大小能定量地反映在离子交换剂对某两个固定离子交换选择性的的大小。

## 4.3.2 废水处理技术可行性评估

对四种处理技术分别从工艺效果、投资与运行费用等方面进行的技术经济比较，详见表 4.3-1。

表 4.3-1 四种不同处理工艺的比较

对比项目		石灰法	硫化法	铁盐—石灰法	离子交换法
投资费用	土建工程	土建量较大	土建量较大	土建量较大	需要预处理及专用厂房，土建量较小
	机电设备及仪表	设备投资低	设备投资低	设备投资低	设备复杂，如采用全自动方式控制运行，自控仪表很多
	占地面积	占地较大	占地较大	占地较大	占地较小

对比项目		石灰法	硫化法	铁盐—石灰法	离子交换法
	总投资	较小	较小	较小	较大
运行费用	各种化学药剂及材料消耗	添加石灰, 药剂量较大, 但费用较低	添加硫化钠, 药剂量较小, 但费用较大	添加氯化铁和石灰, 药剂量适中、费用适中	需采用专门的选择性离子交换树脂, 价格昂贵; 再生剂(酸碱)消耗量大
	电耗	较低	较低	较低	较高
	总运行成本	较低	稍高	较低	较高
工艺效果	出水水质	出水水质难以稳定达标	沉淀物难以分离, 出水水质难控制	出水水质较稳定, 众多工程实践表明, 采用该工艺处理重金属污水能够达到达标	视选择性吸附树脂的性能及系统设计, 可获得较好出水水质
	回收收益	干扰离子较多, 混合存在于污泥中, 回收难度较大	较易回收有用物质	干扰离子较多, 混合存在于污泥中, 回收难度较大	可以回收重金属, 但再生所生成浓水的收集输送需恰当考虑
	产泥量	产泥量较大	产泥量较小, 但难以与水分离	产泥量较大	不产生污泥
	流量变化的影响	受沉淀速度限制, 有一定影响	受沉淀速度限制, 有较大影响	受沉淀速度限制, 有一定影响	受每个处理单元的吸附容量限制, 有较大影响
	高浓度冲击负荷的影响	承受冲击负荷的能力适中	承受冲击负荷的能力较差	承受冲击负荷的能力较强	受树脂吸附容量限制, 有较大影响

综上所述, 铁盐-石灰法处理工艺投资省、运行费用少、出水可稳定达标, 本项目废水处理拟采用“铁盐-石灰法”作为处理主体工艺, 该工艺在对含砷废水处理应用较多, 工艺成熟, 如常宁水口山历史遗留固废处理项目废水处理。

## 5 治理方案设计

### 5.1 项目总体方案

为保护长江水体水质及生态系统和周边居民生产生活环境安全，降低二次污染风险，在现有前期工作的基础上，对临湘市原农药厂土壤污染采取分期治理，总体方案如下：

（1）一期工程采用风险管控技术措施，对场地范围内的废水、污染底泥等主要污染源进行治理，受污染土壤进行风险管控；

（2）二期工程对场地内的污染土壤采取修复技术措施，达到风评修复目标值。

本次先期实施一期工程，二期工程不包含在本项目工程范围内，待后续相关条件成熟后再实施二期工程。

### 5.2 风险管控工程设计

#### 5.2.1 风险管控技术方案

##### 5.2.1.1 方案说明

本项目治理内容包括污染土壤、废水与底泥以及建筑垃圾，具体总工艺说明如下：

（1）场地清表：对场地地表杂草、灌木等植被进行清理，对有主的暂存在场地内的排水管道与材料等物资安排相关人员运走，对场内地表附着的建构筑物分阶段进行拆除处理，清表面积约 7.34 万 m<sup>2</sup>。

（2）污染土壤风险管控：对场地内砷与六六六超标的污染土壤进行原位风险管控，主要采取垂直防渗与封场防渗等工程措施进行污染风险管控，防止污染土壤对长江的影响，管控量约为 10.5 万 m<sup>3</sup>。

（3）废水治理：对场地内废水塘等积存废水进行净化处理，主要采用“铁盐+石灰”法，处理后达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准，再送至岳阳市华浩水处理有限公司进一步处理，处理量约为 3.45 万 m<sup>3</sup>。底泥采取脱水，稳定化固化后，安全回填至废水塘南侧区域。

(4) 建筑垃圾处理，对地表附着的建构筑物分阶段进行拆除，经破碎后回填至治理合格的废水塘，拆除建筑面积约 1.92 万 m<sup>2</sup>。

(5) 生态恢复：场地主要工程施工完成后，为了营造一个良好的生态环境空间，对场地进行生态恢复，面积约 7.34 万 m<sup>2</sup>。其中风险管控区域铺设草皮，周边其他区域采用乔灌木形成立体植被结构，恢复场地生态环境，实现滨江绿地的规划要求。

#### **5.2.1.2 风险管控技术总路线图**

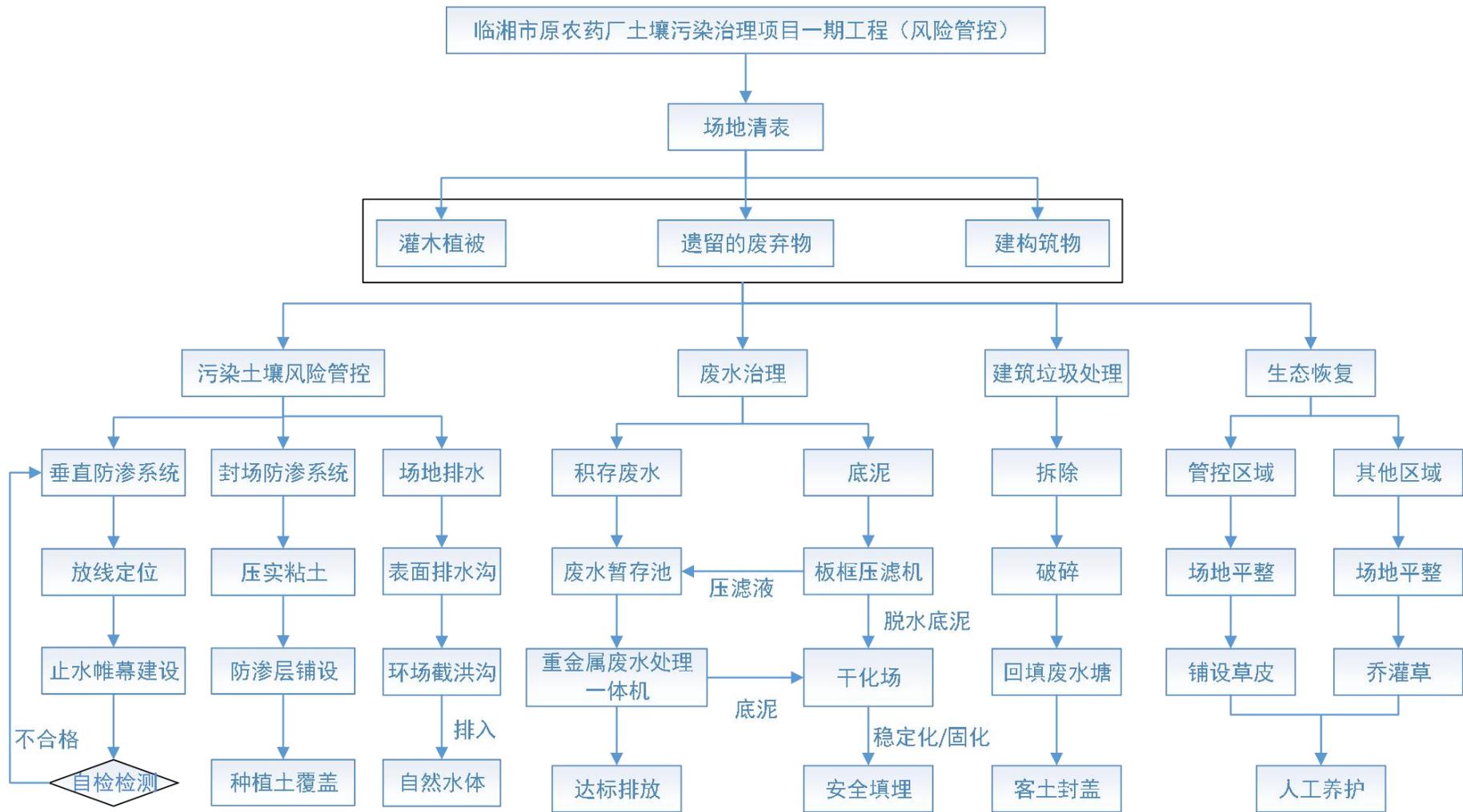


图 5.2-1 项目总体工艺技术路线图

## 5.2.2 总图布置规划设计

本项目分为施工区和管理区，管理区主要集中在场地西北侧硬化区域，利用现有办公楼进行施工管理办公，材料堆放利用现有车间暂存；施工区指除办公管理等以外的区域，主要集中在废水塘和场地中部污染土壤集中区域，详见附图2“工程实施方案平面布置图”。

施工区和管理区需用警示绳或彩钢板隔开。所有车辆机械设备，出作业区必须经过池清洗才允许进入管理区或出场。

场地基础设施准备主要是场地内的供水供电接入以及土方车临时道路的准备。施工用水主要是工作人员一般防护的清洗和设备的清洗，以及治理用水；用电主要为满足施工现场照明、生活和办公用电。

## 5.2.3 场地破拆

破拆、平整主要是为了后续治理工程运输、地上地下障碍物破拆、地面积水排除、道路整平等准备，使场地满足供水、供电、排水、道路运输等施工条件。

本部分工作内容包括建构物破拆，厂内固体废物的清理，场地破拆主要用配液压破碎锤的挖掘机、推土机来完成相应地面硬化破碎、建筑垃圾集堆等工作。

场地破拆固废应该在治理工程准备阶段完成，同时完成处理。

## 5.2.4 运输路线规划

根据场内地形及地物分布情况，进行运输道路设计，主要为土方运输，道路宽度4~5m，满足双向运输条件。

## 5.2.5 治理范围现场划定

在施工前对污染场地进行检测、识别，并进行污染区域划分及边界标定。以《场地环境调查报告》与《风险评估报告》确定的污染区域边界拐点坐标数据作为放线标准，采用全站仪和水准仪，完成需施工区域边角点坐标、高程的测定和定点控制，然后由甲方、监理对放线结果进行核查确认。

污染区域划定过程，需要至少满足以下要求：

(1) 现场治理范围的定位依据《调查及风险评估报告》给出污染范围进行钉桩定位，会同监理及业主等相关单位对该管控线进行确认并用白灰粉明确标定。

(2) 严格按照规范规定的程序要求和标准标识定位，施工过程中发现标识区域有位移迹象时，及时进行检测，保证其精度不低于测设时的精度。

(3) 选用高精度仪器，所有测量仪器在使用前按有关规定检验、校正放样前，对已有数据、资料和施工图中的几何尺寸，必须校核，严禁凭口头通知或用未签字的草图放样。

(4) 在施工期间保护好标识点，如遗失必须及时补上。在陆上用砼埋设通视良好、不易破坏的定位点，在施工中应随时进行轴线控制，严格按照设计图纸进行施工。

(5) 所有标识定点资料，都应附上相应《定点记录表》，测量完成后，需经监理工程师复核并签字认可。在施工结束后在污染区域的边缘取点监测。

(6) 根据本工程的施工测量精度要求，配备具有丰富实践经验的人员和先进的测量仪器。同时为保证施工放样及定位的精度，制定切实可行的测量方案。

## 5.3 污染土壤风险管控方案

### 5.3.1 总体技术路线

本项目风险管控工程围绕污染土壤展开工作，同时考虑保护周围环境，防止造成二次污染。根据我司对污染场地污染风险管控工程的设计经验，结合现场实际情况以及工期要求，本工程总体技术路线如下：



图 5.3-1 总体技术路线

本项目污染土壤风险管控区域总面积约 5.79 万 m<sup>2</sup>，风险管控工程具体包括如下：

1) 建设垂直阻隔屏障和水平覆盖系统，分别控制污染物向场外迁移、阻断污染物

暴露途径以控制风险；

- 2) 收集和导排地表降水；
- 3) 设置监测系统，在工程措施实施期内及后续对场地及周边进行监测。

### 5.3.2 污染土壤垂直防渗

根据污染土壤垂直阻隔技术比选，污染土壤采用止水帷幕进行垂直防渗，以阻隔场地与周边地下水，尤其是长江的水力联系。

#### 5.3.2.1 设计范围

本项目止水帷幕的设计沿场地边界南、北、东、西四侧，总长度约 952m，具体平面布置详见附图 4 “污染土壤风险管控平面图”。

根据《临湘市原农药厂岩土工程勘察报告》可知，场地勘探深度范围内地下水类型主要为上层滞水，勘察期间实测稳定水位埋深范围为 1.30~3.90m，相当于高程范围为 28.44m~31.16m；实测初见水位埋深范围为 0.90~3.00m，相当于高程范围为 29.34m~31.56m。上层滞水补给来源主要是接受区域地下水的侧向补给，及地表水、大气降水下渗补给，水量较小，水向场地内水塘排泄，据区域资料，地下水位年变化幅度约 2m。

勘察期场区地下水位均处于杂填土与粉质黏土层中。其中第③层粉质黏土渗透系数为  $4.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，第④层粉质黏土渗透系数为  $4.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，第⑤层强风化板岩渗透系数为  $3.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，因此第④层为相对隔水层，最大层底埋深为 6.0m，为了保证防渗效果，止水帷幕穿透第④层后往下层加深 1m，故建设深度初步定为 7.0m，实际垂直防渗深度根据详勘设定。

止水帷幕采用双排水泥搅拌桩形式，水泥桩搅拌桩直径 0.6m，搅拌桩中心距离间距 0.4m，桩与桩之间咬合 0.2m，共 4760 根，单根水泥搅拌桩平均长度约为 7m。双排水泥搅拌桩局部平面布置设计如下：

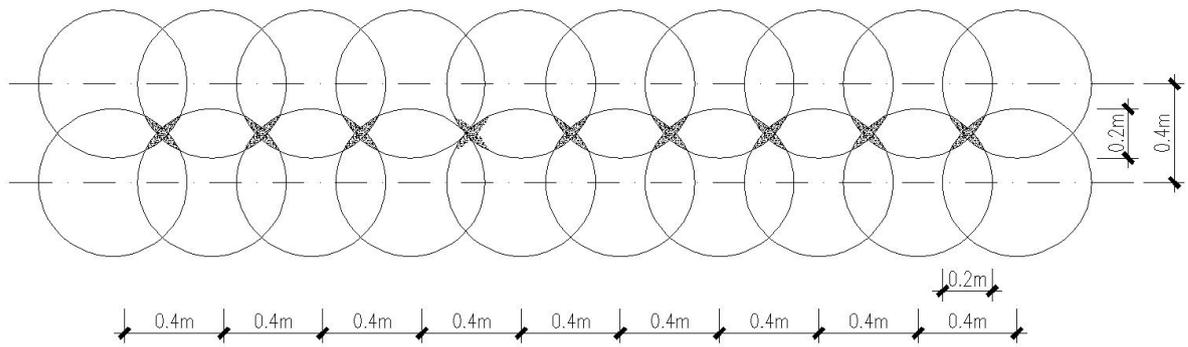


图 5.3-2 水泥搅拌桩局部平面布置图

### 5.3.2.2 工艺流程

水泥搅拌桩成墙法采用搅拌头对土体进行预搅下沉至设计装深，将浆液通过钻杆中心送至搅拌头处喷出后，边喷边搅拌边提升，浆液和土体均匀混合搅拌，形成水泥石柱体。工艺流程如下图：

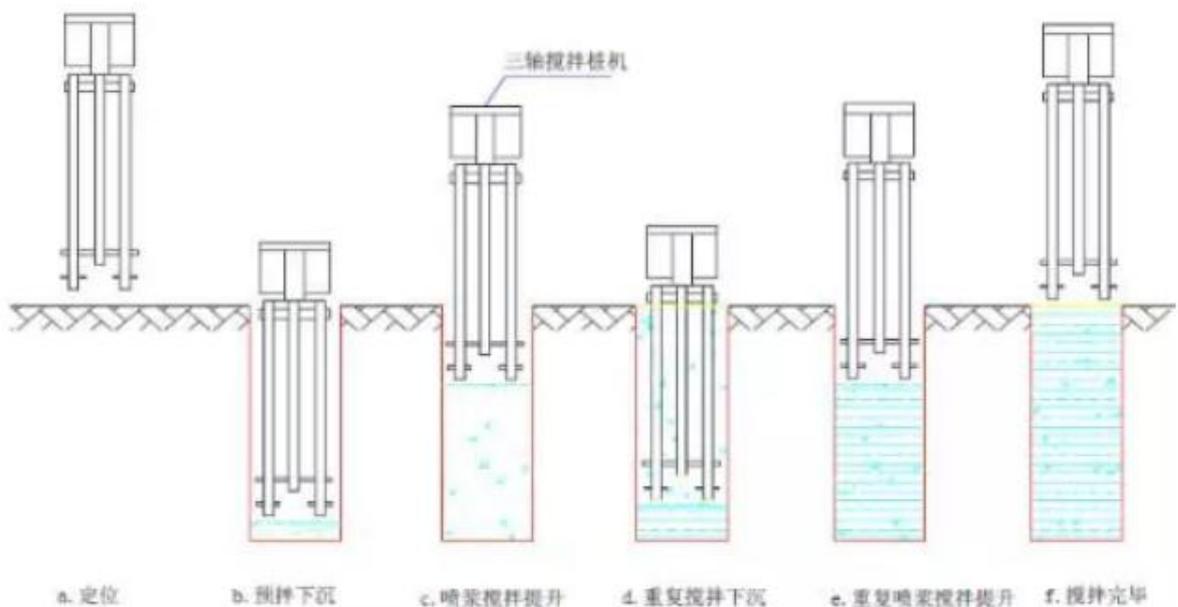


图 5.3-3 水泥搅拌桩施工工艺示意图

#### 1、桩位放样

桩位放样前，对规划测量单位移交的导线点，水准点进行复核，确认无误后使用。测量人员应按设计施工图，进行搅拌桩桩位、原地面标高、孔口标高等有关测量放样工

作，并做好测量放样记录及布桩图等。为确保每幅搭接质量，按要求套接一孔施工。一般情况下均采用跳槽式双孔全套复搅式连接进行施工，钻孔顺序如下：

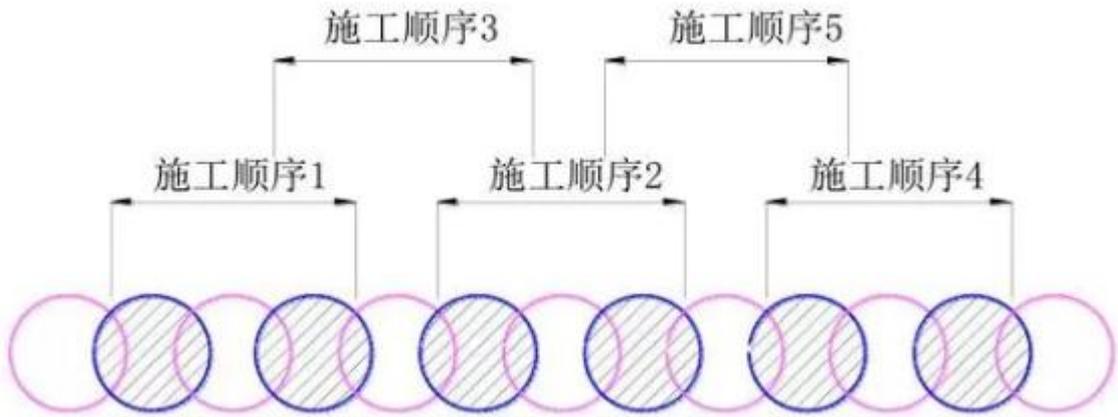


图 5.3-4 跳槽式双孔全套复搅式连接方式图

## 2、桩机就位

根据垂直防渗帷幕施工平面图，划定水泥搅拌桩的施工轮廓线。桩机下铺设钢板及路基板，移动前看清前后、左右各位置的情况，发现有障碍物应及时清除，移动结束后检查定位情况，如有偏差及时纠正，桩位偏差不大于 50mm。桩机就位应平稳、平正，用经纬仪或线锤进行观测，确保钻机的垂直度，搅拌桩垂直度精度不低于 1/200。桩机定位后再进行定位复核，偏差值小于 2cm。

## 3、定位钻进下沉

移动深层搅拌桩机到指定桩位对中，调整塔架丝杆或平台基座，使搅拌轴保持垂直。控制对中误差不超过 2cm，搅拌轴垂直度偏差不超过 1.0%。首次搅拌下沉速度 0.8m/min。

## 4、提升搅拌喷浆

证实浆液从喷嘴喷出并具有一定压力后，连续喷入水泥浆液，原地喷浆搅拌 30s。根据设计要求的成桩试验结果调整灰浆泵压力档次，使喷浆量满足要求。将搅拌头自桩端反转匀速提升搅拌，提升搅拌速度 0.5m/min，并连续喷入水泥浆，提升至桩顶，不关闭动力头及灰浆泵。

## 5、重复钻进搅拌

完成提升搅拌喷浆后，操作搅拌头重复钻进搅拌，钻进搅拌速度 0.8m/min，至设计标高后停止下沉操作。

## 6、重复提升搅拌喷浆

完成重复钻进搅拌后原地喷浆 15s，将搅拌头自桩端反转匀速提升搅拌喷浆，直至地面 1m。

## 7、成桩

成桩完毕，清理搅拌叶片上包裹的土块及喷浆口，桩机移至另一桩位施工。

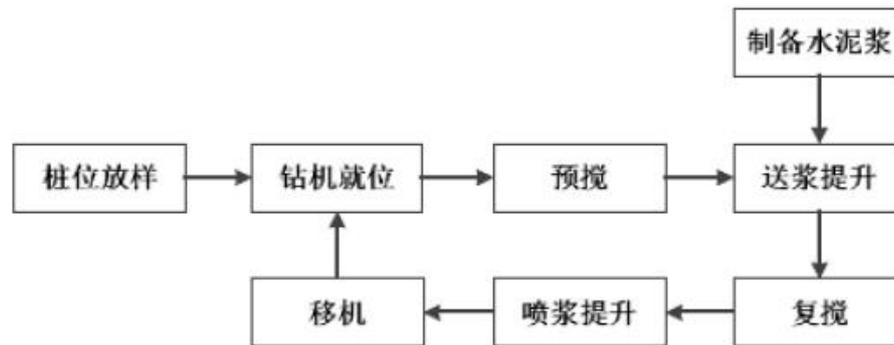


图 5.3-5 水泥搅拌桩施工工序图

### 5.3.2.3 技术要求

(1) 搅拌桩须穿透第④层粉质黏土(Q4el)，进入强风化泥质粉砂岩不小于 0.5m，顶部直到地面；

(2) 搅拌桩材料为 P.O32.5 普通硅酸盐水泥，水泥掺入量取不小于固土重的 12%，水泥中加入 3%的水玻璃，水灰比、水泥掺入量等施工参数根据施工现场试成桩的实际情况调整后最终确定；

(3) 桩体 28d 无侧限抗压强度>0.9MP；

(4) 水泥搅拌桩用水须为干净水，不可用河涌水；

(5) 桩身达到设计强度后，方可进行下一步施工；

(6) 桩施工前应先清除施工场地上的障碍物及杂物（包括树根、草皮、碎石块和建筑垃圾），场地低洼时，用粘土回填整平，保证地面平整，桩施工中，如因地下障碍物等使钻杆无法钻进时，则先挖除障碍物或者先成孔再打桩。

(7) 其他技术要求可参照《深层搅拌法技术规范》（DL/T 5425）执行。

### 5.3.2.4 施工注意事项

(1) 搅拌桩的垂直偏差不超过 1%，桩位偏差不大于 50mm，桩径偏差不大于 4%。

(2) 施工前确定搅拌机械的灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管达到搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工参数；并根据设计通过成桩试验，确定搅拌桩的配比等各项参数和施工工艺。用流量泵控制输浆速度，使注浆泵出口压力保持在 0.4~0.6MPa，并使搅拌提升速度与输浆速度同步。

(3) 为保证桩端施工质量，当浆液到达出浆口后，喷浆座底 30s，使浆液完全到达桩端。

(4) 通过复喷的方法达到提高桩身强度的目的。搅拌次数以一次喷浆两次搅拌和两次喷浆四次搅拌为宜。当喷浆口到达桩顶标高时，停止提升搅拌数秒，保证桩头均匀密实。

(5) 施工时因故停浆，宜将搅拌机下沉至停浆点以下 0.5m，待恢复供浆时再喷浆提升。若停机超过 3h，为防止浆液硬结堵管，先拆卸输浆管路，并进行清洗。

### 5.3.3 污染土壤封场防渗

本项目对垂直防渗范围采取封场防渗措施进行表层阻隔。

#### 5.3.3.1 封场防渗系统设计

封场防渗系统从下至上构成为：

(1) 膜下保护层：采用粘土铺设，渗透系数应小于  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ，厚度为 0.3m。

(2) 防渗层：采用 1.5mm 厚 HDPE 土工膜铺设。

表 5.3-1 防渗膜规格要求

产品	厚度	性能	产品命名	符合标准
HDPE 防渗膜	1.5mm	GH-2S	GH-2S7000/1.5	(GB/T17643-2011)

根据《土工合成材料聚乙烯土工膜》(GB/T17643-2011)的国家标准，GH-2S 型防渗膜相关技术性能指标见下表。

表 5.3-2 环保用光面高密度聚乙烯土工膜（GH-2S 型）

序号	项目	指标						
	厚度	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00
1	密度 g/cm <sup>3</sup>	≥0.940						
2	拉伸屈服强度（纵、横向） N/mm	≥11	≥15	≥18	≥22	≥29	≥37	≥44
3	拉伸断裂强度（纵、横向） N/mm	≥20	≥27	≥33	≥40	≥53	≥67	≥80
4	屈服伸长率（纵、横向）%	≥12						
5	断裂伸长率（纵、横向）%	≥700						
6	直角撕裂负荷 （纵、横向）N	≥93	≥125	≥160	≥190	≥250	≥315	≥375
7	抗穿刺强度 N	≥240	≥320	≥400	≥480	≥640	≥800	≥960
8	拉伸负荷应力开裂（切口恒 载拉伸法）h	-	≥300					
9	碳黑含量%	2.0~3.0						
10	水蒸气渗透系数 g.cm（cm <sup>2</sup> .s.Pa）	≤1.0×10 <sup>-13</sup>						

（3）膜上保护层：采用 600g/m<sup>2</sup> 无纺布铺设。

表 5.3-3 土工布规格要求

产品	单位面积质量	宽度	性能
土工布	600g/m <sup>2</sup>	7m	复合型长丝无纺土工布

（4）排水层：导排入渗的大气降水，防止其进入污染土壤，采用 6mm 复合土工排水网，单面粘 200g/m<sup>2</sup> 无纺布。

表 5.3-4 土工复合排水网规格要求

序号	项目	单位	指标
1	复合体单位面积质量	g/m <sup>2</sup>	1400
2	复合体单位面积质量偏差	%	-4

序号	项目	单位	指标
3	复合体纵向导水率 $\geq$	m <sup>2</sup> /s	$1.2 \times 10^{-4}$
4	网芯与无纺布的剥离强度 $\geq$	kN/m	0.3
5	网芯厚度	mm	6
6	网芯抗拉强度（纵向） $\geq$	kN/m	10
7	无纺布的单位面积质量	g/m <sup>2</sup>	200

(5) 植被土层：植被土层的土质材料应利于植被生长，厚度不宜小于 0.5m，植被土层应压实，压实系数不小于 90%，客土需要量较大，从经济上考虑离场地位置近的取土场地购置总量达标的洁净土（运输距离约 4.8km）。

植被土土质中重金属含量满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）二类用地中重金属总量要求，同时表层营养土相关主控指标满足《绿化种植土壤》（CJ/T 340-2016）的要求。

封场防渗系统完成后，在现场进行抗压能力测试，初步设计抗压力为 3~5t，满足小型土方机械行走。

### 5.3.3.2 材料质量检验要求

组成封场防渗系统个材料的质量是决定封场防渗系统防渗的关键因素，因此需要对进场的防渗防渗工程材料进行抽检，抽检检验要求参考《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》（CJJ 113-2007），按每 2000m<sup>2</sup> 为一批，不足 2000m<sup>2</sup> 按一批计，在每批产品中随机抽取 3 卷进行尺寸偏差和外观检查。再在尺寸偏差和外观检查合格的样品中任取一卷，在距外层端部 500mm 处裁取 5m<sup>2</sup> 进行主要物理性能指标检验，当有一项指标不符合要求，加倍取样检测，若仍有一项指标不合格，则认定整批材料不合格。

### 5.3.4 地下水监测

为加强对环境的管理，及时掌握工程效果，地下水止水帷幕施工完成后 1 年内进的长期监测。

### 1、监测井设计

在地下水止水帷幕完成后，将在铺设区域的边缘设置地下水监测井，共设监测井 6 口，按照《地下水监测井建设规范》（DZT 0270-2014）进行建设。其中场外上游 1 口，场外两侧 2 口，场内下游 1 口，场外下游 2 口井，深暂定为 8m，实际根据地质情况设定，用于监测阻隔区域内的污染物随地下水的迁移。监测井布点具体情况为：

（1）场外上游对照井 1 处：设在场地东面，地下水流向上游，打到地下含水层。

（2）场外两侧污染扩散井 2 处：分别设在场地两侧扩散方向，打到地下含水层。

（3）场内污染监测井 1 处：设在场内地下水流向下游方向，即止水帷幕内侧，打到地下含水层。

（4）场外下游污染监测井 2 处：设在场外地下水流向下游方向，即止水帷幕外侧，打到地下含水层。

### 2、取样频率

在监测井安装完成后，在各监测井井中取地下水样品进行分析作为背景值。长期监测过程中每季度取样一次。

### 3、监测指标

监测指标主要包括水位、As、六六六（总量）、γ-六六六。

### 4、监测要求

依据《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）执行。

## 5.3.5 场地排水

本项目在风险管控区域周围建设截洪沟，拦截场外雨水，阻止周边雨水汇入管控区域；并在客土封场层表面建设排水沟快速导排表面径流，防止二次污染。排水沟收集的雨水汇总后排入周边截洪沟，截洪沟最终汇合排入场外自然水体。

截洪沟防洪标准按 20a 一遇设计，按 50a 一遇校核。参照岳阳市暴雨强度计算公式：

$$q = \frac{892(1 + 0.67 \lg P)}{t^{0.57}}$$

$$Q = \Psi \cdot q \cdot F$$

式中：

q——设计暴雨强度，L/s·ha。

P——设计重现期，年；

t——降雨历时，分钟，取 10min；

Q——雨水设计流量，L/s；

$\Psi$ ——径流系数，取 0.8（考虑到堆体已经进行了封场，入渗量极少，为保护堆体安全，径流系数取大值）；

F——汇水面积，ha。

根据上述暴雨强度计算： $q=449.4\text{L/s}\cdot\text{ha}$ ， $F_{\text{max}}=1.2\text{ha}$ ， $Q=0.432\text{m}^3/\text{s}$ 。

截洪沟采用矩形断面，M7.5 砖砌结构，截洪沟剖面尺寸为  $B\times H=0.6\text{m}\times 0.6\text{m}$ ，总长约 1002m，坡度不小于 0.5%，经计算  $Q=0.512\text{m}^3/\text{s}$ ，满足排水要求。

排水沟采用矩形断面，M7.5 砖砌结构，排水沟剖面尺寸为  $B\times H=0.4\text{m}\times 0.3\text{m}$ ，总长约 1042m，坡度不小于 1.0%，保证排水顺畅。截洪沟（排水沟）具体做法如下图所示。

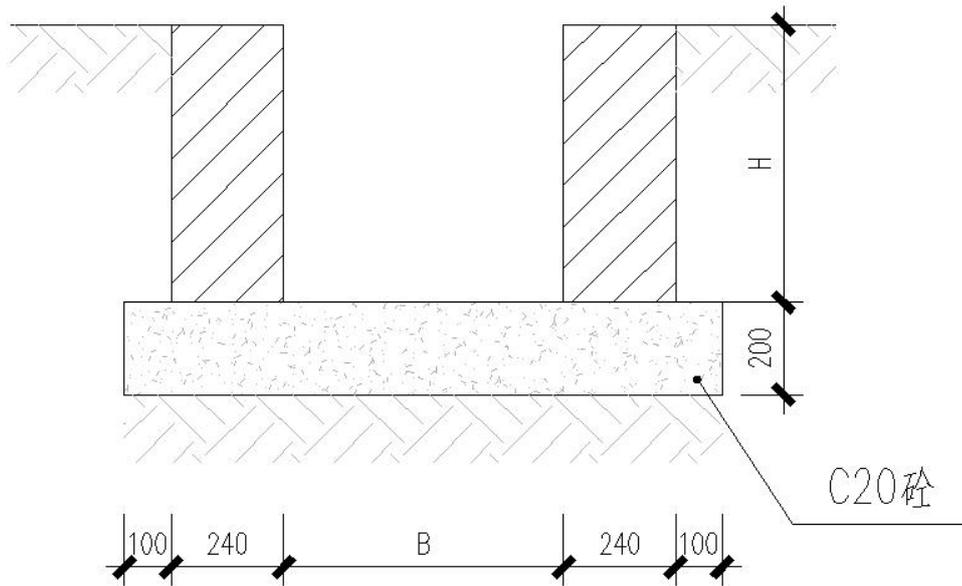


图 5.3-6 截洪沟（排水沟）断面大样图

## 5.4 建筑垃圾处理方案

### 5.4.1 处理规模与处置去向

经估算，临湘原农药厂总建筑面积约 1.92 万  $\text{m}^2$ ，建筑以砖混结构为主，部分为钢混结构。根据《地震灾区建筑垃圾处理技术导则（试行）》（建科[2008]99 号），按经

验数据估算：城镇地区砖混和框架结构的建筑物产生量约为 1.0~1.5t/m<sup>2</sup>。本工程建筑物产生量按 1.4t/m<sup>2</sup> 计，则拆除建筑垃圾量约合 2.688 万 t，约 1.68 万 m<sup>3</sup>，拆除后直接回填至治理合格的废水塘。

### 5.4.2 拆除时序

现场踏勘发现，该场地遗留有大量建筑垃圾，为方便污染土壤风险管控，须进行处理处置。建筑垃圾拆除主要分为两个阶段：

(1) 对于污染土壤管控区域上方附着建构筑物等遗留设施，在施工准备阶段予以拆除，以免影响施工；

(2) 对于北侧等未污染区域现场遗留的车间、仓库暂时后用于废水、底泥等施工治理，仓库作为药剂与施工器具暂存间，待废水塘治理完成后再行拆除。

### 5.4.3 拆除方案

现场遗留建筑物主要采用机械拆除，对于大块建筑垃圾应采用破碎锤进行破碎，尺寸不大于 0.3m，最后用于治理合格后的废水塘区域回填。各阶段具体拆除范围情况详见附图 3 “建筑垃圾拆除平面图”。

主要工序如下：屋面拆除→墙体拆除→梁柱板→清理→暂存→回填。

#### 1、屋面拆除

(1) 拆除是破坏性拆除，拆除时必须确保（厂房、平房）内没有人员，拆除现场必须有专门人员进行监护。

(2) 屋面拆除必须保证向内向下倒。

(3) 拆除过程中要及时撒水降尘土。

#### 2、墙体的拆除

(1) 用履带式吊锤机进行。

(2) 拆除是破坏性拆除，拆除时必须确保（厂用、平房）内设有人员。拆除现场必须有专门人员进行监护。作业时人员要距拆除物 35 米以上。

(3) 墙体拆除必须保证向内侧倒塌。

(4) 拆除过程中要及时撒水降尘土。

### 3、梁板拆除方案

(1) 采用破碎锤配合切割机进行梁板切割分离，分块尽量按照的施工轴线，均匀分隔。

(2) 在拆除板面时先将悬臂梁板分割开，以利分割成块起吊。拆除时力求对应卸载，从而保证房屋整体结构的稳定性。

(3) 用风镐打通梁板砧，连接钢筋应用气割切断，采用吊机直接起吊，起吊前应当检查梁板的捆绑与吊机吊钩之间的牢固。吊臂应伸到梁板的中心上方，先试吊，将梁板吊起持荷 2min 确保钢丝绳、吊车无安全隐患后再按照先边梁后中梁的顺序将梁板放至桥台后临时存梁场地。在梁板的两端设牵引绳，以便控制梁板的平稳、准确的放置在运输车上或临时存梁场地，若吊车超出了许可操作半径范围时，应及时调整吊车就位位置，吊车作业必须保证在吊车的起重半径之内。

(4) 在堆放地点集中采用大型液压刨机拆除，堆放点的位置必须设在周围空间较大、建筑物及行人较少的地方。

(5) 拆梁前 2 小时吊车就位于房屋的一侧，专业人员检查机械性能运行是否良好，绳具吊钩是否安全无患，指挥人员是否就位，操作是否熟练。

(6) 立柱拆除应按下列程序进行：为防止立柱倒塌时的冲击力对结构造成破坏，立柱倒塌方向应选择在下层梁或墙的位置上；将立柱切断部分的钢筋剥出，将反方向的钢筋和两侧的构造筋割断，向倒塌方向拉断。撞击点设置建筑垃圾或草袋，做好缓冲防震措施。

### 4、注意事项

(1) 在施工中要服从招标单位现场负责人的指挥，不得随意乱施工。

(2) 如在施工中使用液压剪和液压锤等动力较大的器具时，应保证不会对其它在用设备管道和厂房造成影响和破坏。

(3) 拆除中严禁采用爆破方式拆除。

(4) 在拆除作业中如发现不明物体，应立即停止作业，采取相应的应急措施，保护现场，及时向有关部门报告。

(5) 在拆除中遇到电缆时，立即向上级领导报告，不得随意拆除。

(6) 拆除时严禁立体交叉作业，不得从高处向下抛掷物体。

(7) 在拆除土建工程时，做好防粉尘飞扬措施，防止粉尘飞扬厂区，造成污染。

(8) 施工区域周边电缆桥架、排水沟、管道为公用设施施工时应注意保护，不得损坏。

### 5.4.3 主要设备

本项目建筑垃圾处理主要设备设施详见表 5.4-1。

表 5.4-1 建筑垃圾处理主要设备

序号	名称	单位	数量	用途
1	破碎机	台	1	建筑垃圾破碎，臂长 10m
2	运输车	台	1	10t
3	装载机	台	1	建筑垃圾装载
4	电焊机	台	2	
5	风镐	台	2	
6	洒水设备	台	1	除尘

## 5.5 废水治理

### 5.5.1 处理规模

本项目废水主要污染因子为砷，采用一体化重金属处理机进行处理，处理量约为 3.45 万 m<sup>3</sup>，按照处理周期为 30 天，拟定处理规模为 1200m<sup>3</sup>/d。

### 5.5.2 设计水质

根据场地现存废水水质分析检测报告，本项目废水主要是砷超标，处理后出水到达《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准，再送至岳阳市华浩水处理有限公司进一步处理。设计进出水参数如下表所示：

表 5.5-1 设计进出水水质参数一览表

序号	指标	砷 (mg/L)
1	进水水质参数	1.8-2.0
2	出水水质限值	0.5

### 5.5.3 工艺流程

废水治理场所依托场地西侧遗留的车间，车间尺寸为 L×B×H=32m×18m×8m，设备布置安装需求。具体位置详见附图 2 “工程实施方案平面布置图”。

根据上文废水处理工艺比选，本项目拟采用“铁盐-石灰法”作为废水处理主体工艺。废水处理工艺流程如下：

废水池→反应区/配水区→斜管沉淀区→pH 调节区→砂滤池→清水池→回用于各工段。

(1) 废水池：废水池废水由污水提升泵送至重金属废水处理机成套设备处理。

(2) 一体化重金属废水处理机

一体化重金属处理机由混凝反应区/配水区、斜管沉淀池、pH 调节区、砂滤池、四个单元构成。

① 混凝反应区/配水区：调节池出水进入混凝反应区，通过投加混凝剂  $\text{FeCl}_3$  以及石灰，对废水进行预处理，使废水中的重金属离子形成沉淀，或者与铁盐产生共沉淀效应；

② 斜管沉淀池：经过混凝反应后的出水进入斜管沉淀池进行固液分离，上清液自流至 pH 调节区，处理过程中产生的重金属污泥进入贮泥池，再用污泥泵送至污泥干化后处理。废水处理后循环使用。产生的淤泥与受污染底泥一起进行稳定化固化处理。；

③ pH 调节区：斜管沉淀池上清液进入 pH 调节区，通过硫酸调节 pH 在 6~9，出水进入砂滤池；

④ 砂滤池：经调节 pH 后的出水在砂滤池中进一步去除 SS，砂滤池的反冲洗水来源于清水池，反冲洗产生的污水排入废水池；

⑤ 清水池：经砂滤处理后的出水进入清水池，再送至岳阳市华浩水处理有限公司进一步处理，运距约 5km。



图 5.5-1 废水处理运输路线图

## 5.5.4 主要设备

本项目废水治理主要设备设施详见表 5.5-2。

表 5.5-2 废水处理设施主要设备表

序号	设备、材料名称	规格	单位	数量	备注
1	潜污泵	Q=30m <sup>3</sup> /h, H=22m, N=4kW	台	3	2 用 1 备
2	一体化重金属废水处理设备	600m <sup>3</sup> /d	套	2	
3	污泥贮存罐	容积 5m <sup>3</sup>	个	2	
4	溶药加药装置	PE 罐，配置搅拌设备，容积 2.0m <sup>3</sup>	套	1	
5	重金属水质在线监测仪	ZXcm-500-x 系列	套	1	

## 5.6 底泥治理方案

本项目底泥主要为工业残渣与泥土等混合物，首先进行重力干化后，再采用稳定化固化处理，使得治理的底泥水浸中砷含量达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）

一级标准，最终进行原位封场填埋，降低二次污染风险。

### 5.6.1 底泥清挖

在废水池积存废水处理完成后，组织挖掘机进行坑底淤泥清挖，送至底泥干化场脱水，根据现场勘测，本项目底泥清挖量为 9497.4m<sup>3</sup>。

### 5.6.2 底泥脱水

底泥干化场依托场地西侧遗留的车间，车间尺寸为 L×B×H=50m×20m×8m，满足干化场用地需求，具体位置详见附图 2“工程实施方案平面布置图”。

底泥干化场采用采用开挖基坑铺设防渗层的形式，面积为 800m<sup>2</sup>，防渗结构由下至上详见表 5.6-1。

表 5.6-1 底泥暂存场防渗结构表

序号	项目	采用材料及要求
1	压实粘土层	厚度 300mm，压实系数≥0.93，渗透系数≤1.0×10 <sup>-7</sup> cm/s
2	HDPE 膜	高密度聚乙烯土工膜，光面，厚 1.5mm，连接方式采用热熔双轨焊接。具备良好的耐热老化性能以及抗紫外线辐射性能。
3	膜上保护层	无纺布，600g/m <sup>2</sup> ，应满足《土工合成材料 长丝纺粘针刺非织造土工布》（GB/T 17639-2008）的要求，连接方式采用搭接。

按照类似项目经验，底泥重力脱水前含水率为 30-70%，底经重力干化后含水率可达到 20-40%，脱水干化后底泥约为 5291.41t，压滤液约为 5427.09m<sup>3</sup>。干化场周边设置废水导排地沟，地面冲洗废水收集后导排至废水收集池。

### 5.6.3 底泥稳定化/固化

采用 JZ500 型搅拌机，添加稳定化药剂与固化剂进行稳定化/固化处理，稳定化药剂采用如硫化钠等，固化剂采用水泥，处理后养护不小于 5d。

根据相关工程经验，稳定剂和水泥添加比例暂按干化底泥：稳定剂：水泥=1：0.03：0.2（质量比）考虑，具体比例以施工试验为准。

## 5.6.4 底泥处置去向

达标后的干化底泥原位回填至废水塘南侧基坑，位置详见附图2“工程实施方案平面布置图”。回填基坑采取复合防渗结构，自下向上结构为：

(1) 膜下保护层：采用粘土铺设，渗透系数应小于 $1\times 10^{-7}$ cm/s，厚度为0.3m。

(2) 防渗层：采用1.5mm厚HDPE土工膜铺设。

(3) 膜上保护层：采用600g/m<sup>2</sup>土工无纺布。

稳定化固化合格的底泥，安全回填至该基坑，采用0.5mm土工膜或彩条布临时封盖，待该区域封场防渗系统建设完成后一并封场，降低二次污染风险。

## 5.7 封场与生态恢复

### 5.7.1 封场

#### 5.7.1.1 封场方案

本项目封场主要包括垂直防渗区域与其他区域两块，各块区域范围分布详见附图6“生态恢复平面图”，具体封场情况如下：

##### (1) 垂直防渗区域

对本项目场地首先进行土地平整，再采取“0.3m压实粘土+1.5mmHDPE防渗膜+600g/m<sup>2</sup>土工无纺布”结构进行阻隔防渗，表面铺设一层6mm复合土工排水网用于防渗膜表层排水，最后表层再铺设一层0.5m厚的种植土封场以便后期生态恢复。

##### (2) 其他区域

其他区域是指场地治理范围除垂直防渗区域以外区域，对该区域进行场地平整，防止局部低洼积水，铺设该区域表层直接铺设一层0.5m厚的种植土封场以便后期生态恢复。

#### 5.7.1.2 取土来源

临湘市原农药厂靠近长江，附近无合适土源。经调查可知，云溪区长岭拥有合适足量的粘土，运距约9.2km。

在取土场取土工作之前应对土壤污染物总量进行取样检测，根据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中第二类用地筛选值作为评价标准进行检测，检测项目包括砷等，确定目标污染物是否满足环保验收要求，满足要求方可做为本项目取土场。

取土量按覆土需要结合场地清基，在取土场有计划开挖。分块实施，每取完一块，应采取覆盖和遮蔽措施，防止裸露场地所造成的水土流失。对开挖的边坡，按设计要求坡度考虑保持其稳定，防止发生滑坡、塌方等措施。取土完毕后应对取土场进行相关植草绿化工作，采用“草灌”结合方式还绿作为生态恢复手段。



图 5.7-1 项目取土场至临湘市原农药厂运输路线图

## 5.7.2 生态恢复

### 5.7.2.1 恢复方案

生态恢复植被层应考虑当地的气候特点，选用防毒、吸尘、贮藏水分能力强及易成活的植物，根据季节变化选择合适的草种，形成良好的生态环境，同时也要考虑与当地环境相协调的要求。根据工程实际情况，本项目采取两种生态恢复形式：

(1) 对垂直防渗区域铺设草皮作为生态恢复手段，品种选用马尼拉，面积为 57860m<sup>2</sup>，区域范围如图 5.7-2 所示；

(2) 对场地垂直防渗帷幕与治理边界等其他区域采取“乔灌木”结合的方式进行生态恢复，形成立体种植结构，实现风险管控场地与外环境的生态隔离效果，达到滨江绿地的规划要求，面积为 15527m<sup>2</sup>，区域范围如图 5.7-2 所示。表层覆土工作完成后，外购草籽，采用机械喷播方式撒播草籽，并保持水分直到成活。草籽成活发芽后须及时灌水，合理施肥，施肥的数量和方法根据植物种类、生长习性和特点而定，同时做好冻害、干梢以及各种病虫害的防治。本项目可选择岳阳当地常见的狗牙根等耐重金属植物作为本次生态恢复草种，待草种长成后还可在该处种上一些乔木或灌木，以防止水土流失，可选择杜鹃等该地区常见灌木，并尽量选择对砷污染有较强耐性树种。



图 5.7-2 生态恢复区域范围划分平面图

### 5.7.2.2 植物配置

生态恢复的植物材料应按照植物生态学及生物学特性和场地污染情况相结合进行选择，具体如下：

(1) 封场与生态恢复应按照植被地带性分布规律，遵循量水而行的原则，宜保则

保、宜乔则乔、宜灌则灌、宜草则草、宜湿则湿、宜荒则荒，避免大规模使用单一物种；

(2) 选择根系发达、生长迅速、萌芽萌叶力强，耐干旱、耐贫瘠、对重金属砷、有耐性、生长速度快、改土效果明显的植物，作为先锋植物进行栽植；

(3) 禾本科草本植物可在区域迅速形成植被覆盖，能较好地防止区土壤水蚀、风蚀，可作为场地生态恢复的主要植物种类；

(4) 豆科植物能通过根部共生的根瘤菌固定大气中的氮到土壤中，对场地土壤的养分改良效果较好，可促有效进植物生长；

(5) 灌木也可以作为区生态恢复的主要材料。灌木生命周期长，具有较庞大的根系，可以较长期的保护土壤免受侵蚀。

### 5.7.2.3 种植密度

(1) 草本植物：机械喷播，狗牙根与大花金鸡菊混合草籽，种植密度为 45g/m<sup>2</sup>。

狗牙根：是禾本科狗牙根属的一个种，越年生草本，又名绊根草、行仪芝。分布极广、繁殖能力和抗逆性很强的暖季型草坪草和水土保持草种，从海平面以上至海拔 3000m 左右都有分布。须根细韧；具根状茎或匍匐茎，节间长短不等，茎秆平铺地面部分长达 1m 以上，并于节上生根及分枝，向上直立部分高 10cm-30cm。由于生长能力强适应范围广，是牧草地和水土保持草地的优良草种。

金鸡菊属多年生草本植物，类耐寒耐旱，对土壤要求不严，喜光，但耐半阴，适应性强，对二氧化硫有较强的抗性。金鸡菊栽培容易，常能自行繁衍。生产中多采用播种或分株繁殖，夏季也可进行扦插繁殖。播种繁殖一般在 8 月进行，也可春季 4 月底露地直播，7-8 月开花，花陆续开到 10 月中旬。二年生的金鸡菊，早春 5 月底 6 月初就开花，一直开到 10 月中旬。欲使金鸡菊开花多，可花后摘去残花，7-8 月追一次肥，国庆节可花繁叶茂。

(2) 灌木：杜鹃栽植密度为 25 株/100m<sup>2</sup>，丛距 2×2m，人工栽植。

杜鹃：又名红杜鹃、映山红、艳山红、艳山花、清明花、格桑花（藏语）、金达莱（朝鲜语）、山踯躅、红踯躅、山石榴等，是当今世界上最著名的观赏花卉之一。它是杜鹃花科中一种小灌木，有常绿性的，也有落叶性的，高约 2m。生于山坡、丘陵灌丛中；广布于长江流域各省，东至台湾、西南达四川、云南。花顶生，花数不一，核花骨

朵颜色丰富多彩。杜鹃花通常为5瓣花瓣，在中间的花瓣上有一些比花瓣略红的红点。杜鹃花的生命力超强，既耐干旱又能抵抗潮湿，无论是大太阳或树荫下它都能适应。根浅，分布广，能固定在表层泥土上。它长满了绒毛的叶片，既能调节水分，又能吸住灰尘，适合种在人多车多空气污浊的大都市，可以发挥清静空气的功能。通常在春、秋两季开花。同时杜鹃是一种耐受重金属的植物，它对铅、锌、镉、砷等重金属有较强的富集能力，可用作重金属污染场地修复。

(3) 乔木：杜英为岳阳市市树，栽植间距为4×4m，人工栽植。

杜英，属常绿乔木，又称假杨梅、青果、野橄榄、胆八树。杜英产于中国南部及贵州南部，喜温暖潮湿环境，耐寒性稍差。稍耐阴，根系发达，萌芽力强，耐修剪。喜排水良好、湿润、肥沃的酸性土壤。主干挺拔，高可达20多米，树冠广阔，枝繁叶茂。6~7月开花，总状花序，腋生，黄白色。11月果熟，核果，圆形。

#### 5.7.2.4 抚育与养护

生态恢复完工后，应注意对植被进行抚育与养护。绿化林带抚育管理大致可分为松土、除草、割灌、施肥、灌溉、幼树管理和幼林保护等。由于造林的立地条件不良，其栽植后保存保养任务比较重要，因此一定要做好绿化造林管护工作。

栽植后必须灌一次透水，之后依条件浇水。常规做法是：栽植后必须连续灌三次透水，之后视情况适时灌水。第一次连续灌水后，要及时封穴，即将灌足水的树盘撒上细面土封住，以免蒸发和土表开裂透风。水灌完后应作一次检查，由于踩不实树身会歪斜，要注意扶正，树盘被冲坏时要修正。

每年在植物病虫害易发季节要勤观察，坚持“预防为主”的方针。在树种配置时要尽量不栽或少栽易发生虫害植物，同时要定期用一定浓度的农药喷洒，预防可能发生的病虫害，但必须坚持“安全第一”的原则，一旦发生病虫害，要及时防治，并观察其发展情况，绝不能任其蔓延。

#### 5.7.3 标志标牌

本项目作为污染土壤风险管控项目，治理完成后，应将场地划定为污染土壤风险管控区。其中项目施工完毕后，应设置环境保护图形等标志物，注明管控时间，以及使用

该土地时应注意的事项。环境保护图形标志按《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB 15562.2-1995）要求制作。

在界外靠近居民区侧设置项目情况简介及区域限制开发利用等宣传标识，并在对场外未设围墙区域设置铁丝网对进出口进行限行，防止周边居民进入场内进行生产活动破坏封场结构，影响风险管控效果。

## 5.8 其他

### 5.8.1 简易道路

为方便机械设备进出场施工，从场内设置临时简易道路，临时道路宽 4.5m，长 110m，合计约 500m<sup>2</sup>。所需方量主要为碎石与混凝土，铺设过程中，分层压实。

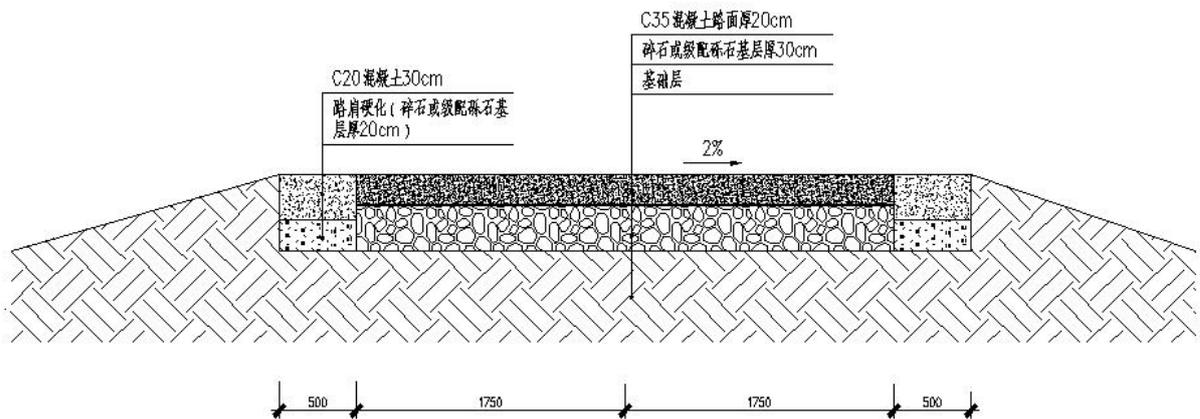


图 5.8-1 简易道路断面图

### 5.8.2 临时用电

主要为废水收集处理、照明等设备所需临时用电，接自附近居民电网。

## 5.9 主要工程量

按照本项目采用的技术方案，主要工程量统计如下：

表 5.9-1 本项目主要工程量

序号	名称	单位	数量	备注
1	场地清理	m <sup>2</sup>	64600	

序号	名称	单位	数量	备注
2	现存废水治理	m3	34500	
3	底泥治理			
3.1	底泥暂存干化场			
	回填粘土层（压实度大于 93%）	m3	200	
	无纺布，600g/m <sup>2</sup>	m2	1200	
	HDPE 防渗膜（1.5mm 光面）	m2	1200	
3.2	底泥清挖	m3	9497.4	
3.3	底泥脱水	m3	9497.4	
3.4	底泥稳定化/固化	t	5291.41	
3.5	底泥安全回填	m3	2532.64	
3.6	压滤液处理	m3	5427.09	
4	建筑垃圾处理处置			
4.1	建筑垃圾拆除	m2	19200	
4.2	建筑垃圾破碎	m3	11760	
4.3	建筑垃圾回填	m3	16800	
5	污染土壤风险管控			
5.1	封场防渗系统			
	压实粘土	m3	17658	
	HDPE 防渗膜（1.5mm 光面）	m2	58860	
	土工无纺布（600g/m <sup>2</sup> ）	m2	58860	
	复合土工排水网	m2	58860	
	种植土	m3	29430	

序号	名称	单位	数量	备注
5.2	垂直防渗系统			
	止水帷幕	m	33320	双排桩
5.3	排水系统			
	截洪沟	m	1002	砖砌结构
	排水沟	m	1042	砖砌结构
6	生态恢复			
6.1	种植土	m <sup>3</sup>	8540	
6.2	铺设草皮	m <sup>2</sup>	57860	
6.3	播撒草籽	m <sup>2</sup>	15527	
6.4	灌木种植	m <sup>2</sup>	4658	
6.5	乔木种植	株	970	
7	其他附属设施			
7.1	地下水监测井	口	6	
7.2	隔离围栏	m	250	
7.3	宣传牌	面	2000	
7.4	施工临时道路	m <sup>2</sup>	500	
7.5	施工废水治理	项	1	

## 6 环境管理计划

### 6.1 治理工程监理

本项目实行全过程环境管理，主要通过环境监理实现。

#### 6.1.1 工作概况

##### (1) 工作目的

环境监理是受污染场地责任主体委托，依据有关环境保护法律法规、场地环境调查评估备案文件、场地修复方案备案文件、环境监理合同等，对场地修复过程实施专业化的环境保护咨询和技术服务，协助和指导建设单位全面落实场地修复过程中的各项环保措施，以实现修复过程中对环境最低程度的破坏、最大限度的保护。

##### (2) 工作对象

环境监理的对象主要是工程中的环境保护措施、风险防范措施以及受工程影响的外部环境保护等相关的事项。

##### (3) 工作内容

环境监理工作内容是监督治理工程是否满足环境保护的要求等，协调好工程与环境保护、以及业主与各方的关系。

#### 6.1.2 环境监理工作程序

环境监理工作主要分为三个阶段：治理工程设计阶段、治理工程施工准备阶段和治理工程施工阶段，具体工作程序见下图。

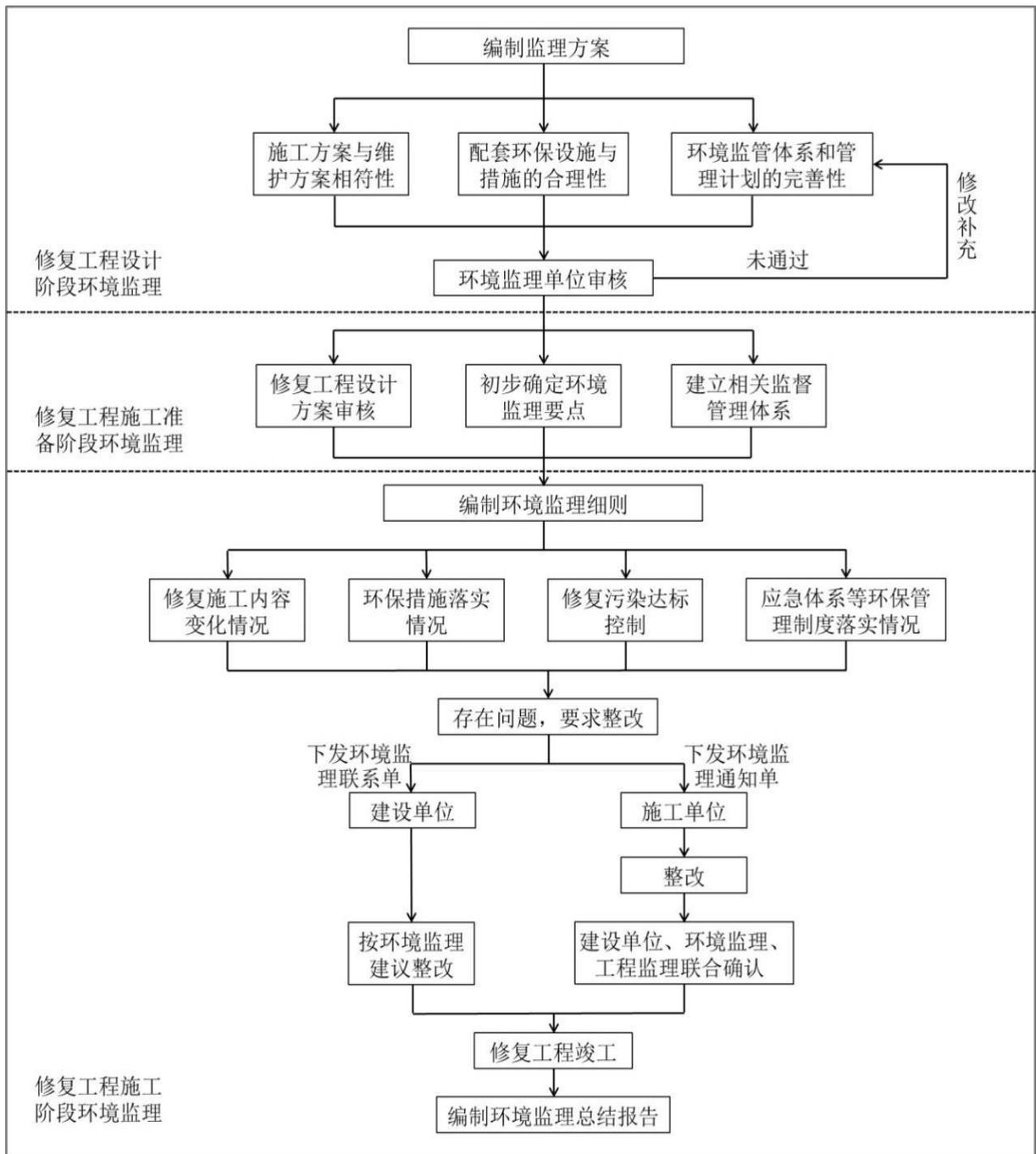


图 6.1-1 环境监理工作程序

### 6.1.3 环境监理工作内容

环境监理工作贯彻整个项目的工程实施过程，从前期工艺设计，施工图设计，治理工程实施和后期验收及监测过程，工作程序见下图：

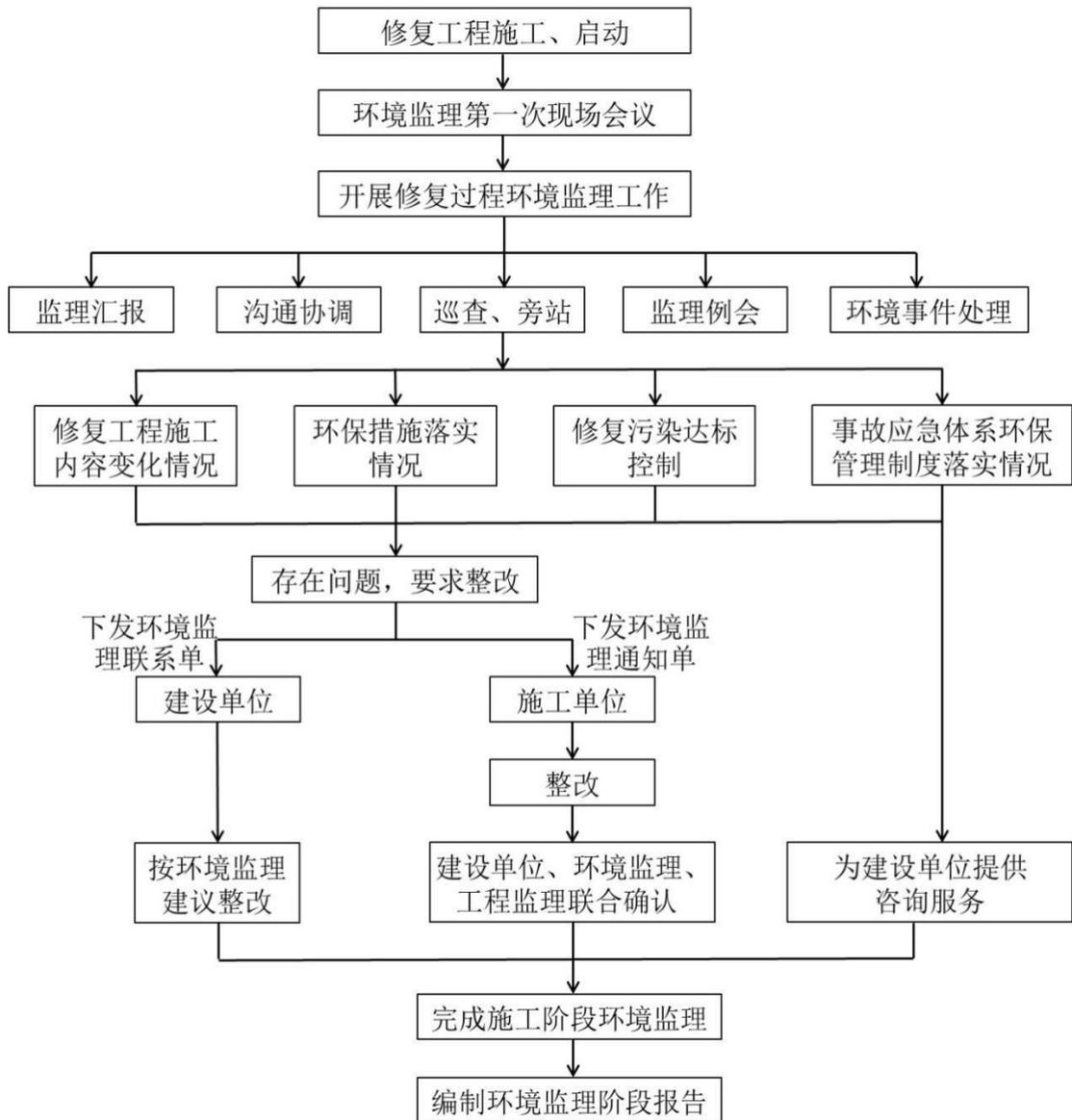


图 6.1-2 工程施工阶段环境监理工作程序

### (1) 治理工程设计阶段

设计阶段环境监理内容包括：收集污染治理方案、治理工程施工设计、施工组织方案等基础资料，对治理工程中的环保措施和环保设施设计文件进行审核，关注治理工程的施工位置和外运固体去向，审核修复过程中废水、大气、噪声、固体废物等二次污染处理措施的全面性和处理设施的合理性，必要的后期管理措施的考虑。

### (2) 治理工程施工准备阶段

施工准备阶段环境监理内容包括：了解具体施工程序及各阶段的环境保护目标，参与治理工程设计方案的技术审核，确定环境监理工作重点，协助业主监理完善的环保责任体系，建立有效的沟通方式等，并编制场地修复环境监理细则。

## (2) 治理工程施工阶段治理工程施工阶段

施工阶段环境监理内容包括：核实治理工程是否与实施方案符合，环保设施是否落实，是否建立事故应急体系和环境管理制度；监督环境保护工程和措施，监督环保工程进度；检查和监测施工过程中产生的废水、气、声、渣排放，施工影响区域应达到规定的环境质量标准；对场内运输固废、污水车辆的密闭性、运输过程进行环境监理；

检查必要的后期管理长期监测井设置；根据施工环境影响情况，组织环境监测，行使环境监理监督权；向施工单位发出环境监理工作指示，并检查环境监理指令的执行情况；协助建设单位处理环境突发事故及环境重大隐患；

编写环境监理月报、半年报、年报和专项报告。

## 6.2 二次污染防治

### 6.2.1 主要污染排放情况

#### (1) 施工扬尘

施工扬尘主要为施工过程中的场地平整、回填、道路浇筑、建材运输、露天堆放、装卸、搅拌等作业，如遇大风干燥天气，施工扬尘将更加严重。

#### (2) 施工废水

施工期的废水主要有施工人员生活污水及施工过程中产生的地下渗水、泥浆、地面设备冲洗水等。

#### (3) 施工垃圾

主要来自施工人员产生的生活垃圾。

#### (4) 施工噪声

施工期噪声主要分为机械噪声、施工作业噪声和施工车辆噪声。机械噪声主要由施工机械所造成，如铲平车、压路机、搅拌机，多为点声源；施工作业噪声主要指一些零星的敲打声、装卸车辆撞击声、吆喝声、拆卸模板的撞击声等，多为瞬时噪声；施工车辆的噪声属于交通噪声。

## 6.2.2 废水污染防治

施工过程中产生的废水主要包括底泥压滤液与洗车废水，是本工程重点关注的对象。为防止废水可能造成的二次污染，采取以下措施：

(1) 底泥压滤液与车辆清洗废水经一体化废水设备处理达标后，排入市政管网进入区域污水处理厂进一步处理。

(2) 管控区内统一规划排水沟，控制地表径流水流向，沉砂后排入周边自然水体。

(3) 加强现场存放油品和化学品的管理，对存放油品和化学品的库房进行渗漏处理，建立严格的使用制度，防止油料在储存和使用中跑、冒、滴、漏污染水体。

## 6.2.3 固体废物污染防治措施

(1) 本项目部设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场地。

(3) 根据施工现场的场地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。

(4) 废弃物堆放场地根据现场场地的情况，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形成生产性节约。

## 6.2.4 大气污染防治

本项目对大气环境的影响主要来自建构物拆除回填等过程中产生的扬尘。为防止污染土壤可能对大气造成的二次污染，采取以下措施：

(1) 施工过程中产生的粉尘根据实际情况按需洒水，施工前采用机动车洒水的方式，减少施工过程中的无组织扬尘。

(2) 施工过程中所使用到的各种材料（如药剂等），安排在库内存放或严密遮盖，防止遗撒、飞扬，减少污染。

(3) 运输道路，至少是主干道应硬底化，减少运输过程中的扬尘。

(4) 机械设备的尾气要定时监测，发现异常及时停运设备，排除问题后才可运行。

(5) 委托有资质的第三方检测机构对场地及周边大气进行检测，确保没有对周边大气造成污染。

## 6.2.5 噪声污染防治

本工程拆除建构物方量较大，投入的机械设备、人员较多且集中，施工过程中的噪声污染主要来自于拆除破碎机械、运输车辆、废水处理设备及人员等。为施工过程中可能造成的噪声污染，采取以下措施：

(1) 工程实施期间，噪声排放不得超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的限值要求，即昼间 70dB，夜间 55dB。

(2) 尽量选用低噪声或备有消声降噪设备的施工机械。

(3) 对强噪声设备，以隔音棚、隔音罩或隔音屏障封闭，遮挡，实现降噪。

(4) 加强环保意识的宣传。采用有力措施控制人为的施工噪声，严格管理，最大限度地减少噪声扰民。

(5) 高噪声设备近距离操作的施工人员应佩戴耳塞，并应安排轮流作业或缩短其劳动时间，以降低噪声对人耳造成的伤害。

## 6.3 管控效果评估监测

### 6.3.1 风险管控效果评估程序

污染场地修复效果评估具体工作程序见下图。

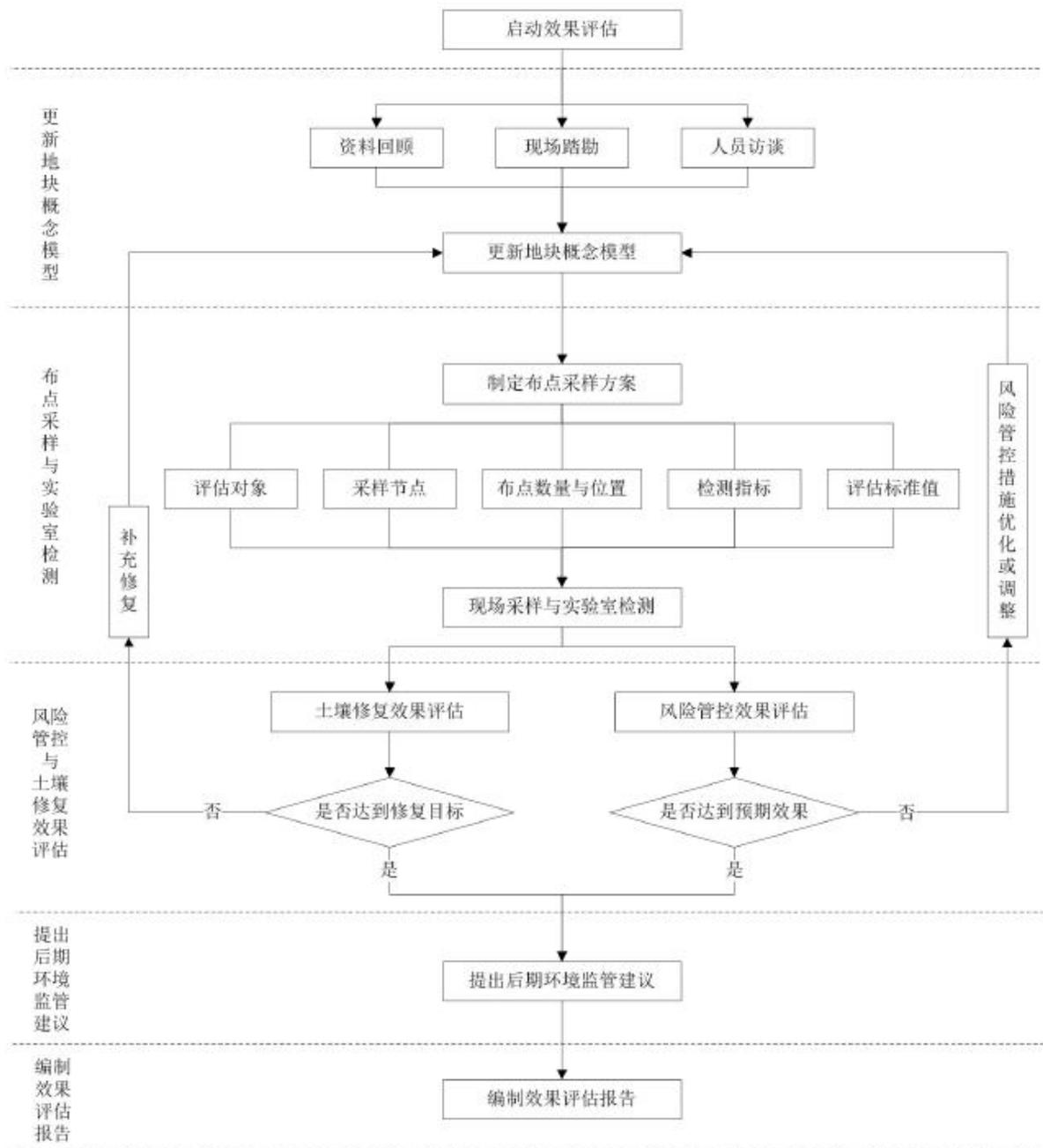


图 6.3-1 污染地块风险管控效果评估工作程序

### 6.3.2 验收项目和标准

本项目验收项目主要包括受污染土壤、废水、底泥、遗留建筑固体废物，具体验收项目和标准如下：

表 6.3-1 本项目治理对象与治理目标

序号	验收对象	单位	数量	验收标准
1	污染土壤	万 m <sup>3</sup>	10.5	进行风险管控后，下游地下水水质改善。

序号	验收对象	单位	数量	验收标准
2	废水	万 m <sup>3</sup>	3.45	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准
3	受污染底泥	m <sup>3</sup>	9497.4	水浸砷达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准，最终采取安全填埋处置。
4	遗留建筑固体废物	万 m <sup>2</sup>	1.92	指定地点填埋处置。

### 6.3.3 底泥清挖评估监测

#### 1、底泥清挖范围测量

采用全站仪对清挖范围拐点坐标进行现场测量，确定现场修复范围是否符合规定要求。

（1）标准坐标点引入：为准确定位清挖边界拐点坐标，首先将场内已知的标准坐标点引入到清挖区域。

（2）清挖拐点坐标测定：在基坑附近确定两个坐标点，然后借助已知点坐标，分别测定基坑边界所有拐点坐标。

（3）拐点坐标点比对：将测定的边界拐点坐标与自监测方案中确定的拐点坐标进行比对，确定现场清挖范围是否符合要求。

#### 2、底泥清挖深度测量

（1）标准高程引入：先将场内已知的标准高程点引入到清挖区域。

（2）清挖深度的测量：将测量结果与设计深度进行比较，初步判断是否达到清挖要求。

#### 3、底泥清挖后检测分析

在场地底泥清理作业结束后，应对清理界面的土壤进行采样布点。根据界面的特征和大小将其分成面积相等的若干工作单元，单元面积不应超过 100m<sup>2</sup>，在每个工作单元中均匀分布地采集 9 个表层土壤样品职称混合样。如监测结果仍超过相应的治理目标值，应根据监测结果确定二次清理的边界，二次清理后再次进行监测，直至达到标准。

#### 4、底泥处理评估方法

底泥稳定化固化处理后每 500m<sup>3</sup> 应进行一次取样检测，每次至少取 3 个检测样品，检测砷浸出达《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）一级标准后，方可采取 HDPE 防渗膜进行安全填埋，以免对地下水造成二次污染。

### 6.3.4 污染土壤风险管控效果评估监测

#### 1、评估标准

对污染土壤风险管控措施后，需对工程性能指标与污染物指标进行检测。工程性能指标满足设计要求，预期下游地下水中污染物浓度应持续下降。

#### 2、工程性能评估监测

本项目风险管控采取的工程措施包括止水帷幕与表层封盖，主要工程性能监测指标包括：抗压强度、阻隔性能、工程设施连续性与完整性。

#### 3、地下水评估监测

为及时掌握工程效果，施工完成后 1 年内对地下水进行的开展监测。

##### （1）监测井设计

在止水帷幕完成后，将在风险管控范围周边设置地下水监测井，共设检测井 6 口，用于监测阻隔区域内的污染物随地下水的迁移情况。其中场外上游 1 口，场外两侧 2 口，场内下游 1 口，场外下游 2 口井，深暂定为 8m，实际根据地质情况设定。

##### （2）取样频次

在监测井安装完成后，在上游对照井中取地下水样品进行分析作为背景值。监测过程中每季度采样一次，每次应采集 4 个批次的数据。

##### （3）监测指标

监测指标主要包括水位、As、六六六（总量）、 $\gamma$ -六六六。

##### （4）监测要求

依据《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）执行。

## 6.4 后期环境监管

### 6.4.1 后期环境监管要求

本项目采用的是风险管控措施，为加强对后期环境的管理，对场地采取长期环境监

测与制度控制两种方式结合使用。

## 6.4.2 长期环境监测

本项目地块应开展长期监测，依托施工阶段设置的地下水监测井对地下水进行周期性采样和检测，监测频次为长期监测周期 3-4 个水文年，每年应至少开展一次监测，可根据实际情况调整。检测指标应包括水位、As、六六六（总量）、 $\gamma$ -六六六。

## 6.4.3 制度控制措施

本项目完工后，对场地范围边界采取封闭管理措施，防止周边居民在场地内部进行无关的生产生活活动。同时，当地国土与规划部门应按照《湖南省土壤污染防治工作方案》对加强对该地块的准入管理，且当地政府部门应安排人员定期开展巡视与环境监测，防范人居环境风险。

## 6.5 环境应急方案

### 6.5.1 人员中毒应急预案

由于厂区内农药污染较为严重，且还存在少量危险废渣，因此，在工程开工前，请相关专家对全体员工进行安全教育，在施工过程中加强劳动保护，所有进入施工现场的人员必须配戴防毒面具、安全防护眼镜，工作现场禁止吸烟、进食和饮水。但是如果发生人员中毒事故，将按照以下程序进行应急：

中毒人员救援。现场中毒事件发生后，应立即联系医疗等部门，禁止盲目施救，并确认事故地点。根据实际中毒情况，轻度中毒人员应立即带离现场，且于空气新鲜的地方，解开衣领、腰带，去除假牙及口、鼻内可能有的分泌物，使中毒者仰卧并头部后仰，保持呼吸畅通，注意身体的保暖，并送入医院进行相关治疗；对中毒严重者，如出现呼吸停止或心跳停止，应立即按常规医疗手段进行心肺脑复苏。如呼吸急促、脉搏细弱，应进行人工呼吸（有条件的可使用呼吸器），给予吸氧，并及时送往医院救治。

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

经突发事件应急处置领导小组批准后解除。

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

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

### **6.5.2 环境污染事故应急预案**

施工现场应做好环境监测工作，对大气、水体及噪声进行实时监测。当气压过低造成污染物积累危及环境安全及周边居民健康时，根据现场监测报警结果，及时停止施工和处置工作，迅速提高施工人员的安全防护等级。在紧急情况下，及时通知环保部门。

当发生现场扬尘投诉事故时，现场应马上停止产生扬尘的施工，经处理符合要求时再施工，并对扬尘的施工项目进行处理，防止类似的事情发生。

当发生运输车辆噪声扰民的投诉时，项目负责人要及时查出原因，如是司机鸣笛造成的噪声，要对司机进行教育，令其马上改正；如是行驶噪声，则要改变运输时间进行处理。当施工现场的噪声扰民时，项目应急小组应马上组织人员对噪声源进行治理，以达到排放标准。

### **6.5.3 大风、雨天施工应急预案**

在施工中遇有风天气，要多配备洒水车，降低扬尘；遇到4级以上大风时，停止机械作业；准备充足的苫盖材料，加强苫盖，防止扬尘。

要认真、仔细的根据工程特点及施工情况提前编制有针对性和切实可行的雨季施工方案，报请业主及监理单位审批，审批合格后及时落实方案内容。大雨天气时注意防止基坑泡水与滑坡，做好安全防护。

### **6.5.4 中暑应急预案**

当夏天施工作业时，发现作业人员出现以下情况时应及时报告项目部：

出现口渴、大汗、疲乏、头晕、胸闷、恶心；

体温多在 38℃以上，面色潮红，皮肤灼热；

中暑严重者出现面色苍白，恶心呕吐，血压下降；

重症中暑出现晕厥、昏迷、痉挛或高热，体温达 40℃以上。

在项目部现场医疗组的组织下立刻展开自救：

迅速脱离高温环境；在阴凉通风处安静休息；补充清凉含盐饮料；严重者应迅速物理降温，可用冰水或酒精擦拭，电风扇吹风；在应急处理的同时急送医院进一步救治。

夏季尤其是高温季节人员心情浮躁，项目部在高温季节应调整作息时间，尽量做两头，休中间；下午上班时发放清凉降温饮料；施工现场配备茶水桶，保证作业人员的饮用供水；给所有宿舍安装电风扇，保证工人睡眠；发现有轻微中暑现象的人员，劝止高空作业或室外作业，予以休息，并予慰问关怀。

### **6.5.6 传染病应急措施**

当建筑施工现场发生流行性强、致命性强传染疾病时，应尽快查出致病原因，实施有针对性的救治措施，适时启动应急预案。对患者的住处、用品和垃圾进行消毒处理，对接触过患者的所有人员进行排查，防止交叉感染。对患者的转送应由防疫中心的专业人员实施。

为防止事态扩散，对感染者周围接触人群安排体检，及时隔离感染者住处，避免疫情的扩散。

项目根据疫情防控需要，为防治工作提供保障药品、器械和医用防护用品的物质储备。项目为员工提供部分防护用品，个人自备一些药物和防护用品。

## 7 投资估算与效益分析

### 7.1 投资估算

#### 7.1.1 估算范围

本项目为临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控），编制范围包括废水与污染底泥治理工程、建构筑物拆除处理工程、污染土壤风险管控与生态恢复工程及相关配套工程。

#### 7.1.2 编制依据

- (1) 建设部关于印发《市政工程投资估算编制办法》的通知（建标[2007]164号）；
- (2) 《市政工程投资估算指标》；
- (3) 《建设项目经济评价方法与参数（第三版）》（2006年）；
- (4) 《市政公用设施建设项目经济评价方法与参数》；
- (5) 《湖南省建设工程计价办法》（2020）；
- (6) 《湖南省建设工程消耗量标准》
- (7) 财税[2016]36号文《关于全面推开营业税改征增值税试点的通知》；
- (8) 湘建价[2016]72号文“关于印发《关于增值税条件下计费程序和计费标准的规定》及《关于增值税条件下材料价格发布与使用的规定》的通知”。
- (9) 湘建价（2016）160号文《关于调整补充增值税条件下建设工程计价依据的通知》。
- (10) 各有关设备生产厂家及询价；
- (11) 建设单位提供的有关资料；
- (12) 类似工程技术经济指标；

#### 7.1.3 编制方法

- (1) 建筑工程

一般土建：根据湖南省建筑工程概预算定额结合本项目实际情况，按单位造价估算

总造价。

公用工程：根据估算的工程量按有关规定估算。

(2) 设备安装工程

相关设备首先考虑租赁，估算阶段相关费用折入建筑工程费用中。

(3) 其它费用

根据国家、省、市有关规定标准，按工程费用与其他费用之和的 5%计取。

#### **7.1.4 费用估算**

本项总投资 2907.06 万元，其中建设工程费用 2412.61 万元，其他费用 356.01 万元，预备费用 138.43 万元，具体如表 7.1-1 所示：

表 7.1-1 项目投资估算表

序号	名称	建筑工程 (万元)	设备购置 (万元)	安装工程 (万元)	其他费用 (万元)	合计 (万元)	单位	数量	单价/元	备注
一	第一部分 工程费用									
1	场地清理	45.22				45.22	m2	64600	7	
2	现存废水治理	75.90				75.90	m3	34500	22	
3	底泥治理									
3.1	底泥暂存干化场									
	回填粘土层 (压实度大于 93%)	1.10				1.10	m3	200	55	运距 9.2km
	无纺布, 600g/m2	2.16				2.16	m2	1200	18	
	HDPE 防渗膜 (1.5mm 光面)	4.20				4.20	m2	1200	35	
3.2	底泥清挖	37.99				37.99	m3	9497.4	40	
3.3	底泥脱水	17.10				17.10	m3	6648.18	45	
3.4	底泥稳定化/固化	148.16				148.16	t	3988.91	320	

序号	名称	建筑工程 (万元)	设备购置 (万元)	安装工程 (万元)	其他费用 (万元)	合计(万元)	单位	数量	单价/元	备注
3.5	底泥安全填埋	10.64				10.64	m3	2532.64	42	
3.6	压滤液处理	11.94				11.94	m3	7914.15	22	
4	建筑垃圾处理处置									
4.1	建筑垃圾拆除	42.24				42.24	m2	19200	22	
4.2	建筑垃圾破碎	47.04				47.04	m3	11760	40	
4.3	建筑垃圾回填	25.20				25.20	m3	16800	15	
5	污染土壤风险管控									
5.1	水平阻隔封盖系统									
	压实粘土	97.12				97.12	m3	17658	55	运距 9.2km
	HDPE 防渗膜 (1.5mm 光面)	206.01				206.01	m2	58860	35	
	土工无纺布 (600g/m2)	105.95				105.95	m2	58860	18	
	复合土工排水网	176.58				176.58	m2	58860	30	

序号	名称	建筑工程 (万元)	设备购置 (万元)	安装工程 (万元)	其他费用 (万元)	合计(万元)	单位	数量	单价/元	备注
	种植土	147.15				147.15	m3	29430	50	运距 9.2km
5.2	垂直阻隔系统									
	止水帷幕	866.32				866.32	m	33320	260	水泥搅拌双排桩
5.3	排水系统									
	截洪沟	32.06				32.06	m	1002	320	
	排水沟	21.88				21.88	m	1042	210	
6	生态恢复									
6.1	种植土	42.70				42.70	m3	8540	50	运距 9.2km
6.2	铺设草皮	162.01				162.01	m2	57860	28	
6.3	播撒草籽	15.53				15.53	m2	15527	10	
6.4	灌木种植	16.77				16.77	m2	4658	36	
6.5	乔木种植	31.05				31.05	株	970	320	

序号	名称	建筑工程 (万元)	设备购置 (万元)	安装工程 (万元)	其他费用 (万元)	合计(万元)	单位	数量	单价/元	备注
7	其他附属设施									
7.1	地下水监测井	4.80				4.80	口	6	8000	
7.2	隔离围栏	7.00				7.00	m	250	280	
7.3	宣传牌	0.80				0.80	面	2000	4	
7.4	施工临时道路	6.00				6.00	m2	500	120	
7.5	施工废水治理	4.00				4.00	项	1	40000	
	第一部分工程费用合计	2412.61	0.00			<b>2412.61</b>				
二	第二部分其他费用									
1	建设单位管理费				20.59	20.59				财建[2016]504号
2	工程建设监理费				32.00	32.00				发改价格[2007]670
3	场地环境调查监测				95.00	95.00				

序号	名称	建筑工程 (万元)	设备购置 (万元)	安装工程 (万元)	其他费用 (万元)	合计(万元)	单位	数量	单价/元	备注
4	场地环境调查报告编制费				18.00	18.00				
5	风险评估编制费				20.00	20.00				
6	实施方案编制费				18.00	18.00				参考计价格[1999]1283号
7	工程设计费				79.71	79.71				计价格[2002]10号
8	勘察费				23.91	23.91				设计费*30%
9	招标代理服务费				11.59	11.59				计价格[2002]1980号
10	环境监理费				19.20	19.20				施工监理*60%
11	效果评估费				18.00	18.00				暂估, 含检测
	第二部分工程费用合计				356.01	<b>356.01</b>				
三	基本预备费				138.43	<b>138.43</b>				(工程费用+其他费用) *5%
四	工程静态总投资(建设投资)	2412.61	0.00	0.00	494.44	<b>2907.06</b>				

## 7.2 资金筹措

本项目总投资为 2907.06 万元，拟申请中央土壤污染防治专项资金 2320 万元，地方政府配套 587.06 万元。

## 7.3 效益分析

### 7.3.1 环境效益

结合本场地污染特征，本工程拟选用阻隔技术、稳定化固化、客土封盖等技术，消除土壤和地下水中污染物对人体健康产生的风险。

### 7.3.2 经济效益

本项目为环境治理项目，不产生直接经济效益，广义范围内经济效益具有以下三个特点：

(1) 间接性。本工程带来的效益更多的是使其他部门提高效率、减少损失，所以投资的直接收益率低。

(2) 隐蔽性。本工程投资产生的最大效益是防治土壤污染和水体污染，保护人体健康，保证生活、生产用水质量。

(3) 分散性。由于土壤、水体污染的危害涉及到社会各方面，包括生活、生产、旅游、人身健康等，使得工程投资的效益较分散。环境治理工程的这些特征，使它产生的经济效益很难用准确数据表示出来。

### 7.3.3 社会效益

对我国工业城市加快重污染产业的搬迁转产、产业结构调整 and 升级，以及城市空间布局的优化，具有重要示范意义，有利于加快岳阳市城市化发展和生态文明建设。

该项目的有效实施，可有效解决环境保护与经济矛盾的矛盾关系，既能够解除民众对环境的关注和忧虑，降低环保部门的管理风险，同时能够解决土地开发企业的后顾之忧。

通过该工程的实施，有利于改善长江的生态环境，有利于优化居民生活环境，促进社会和谐发展。

## 8 结论与建议

### 8.1 结论

根据备案后的风评报告，考虑场地水文地质条件、污染物及污染程度、治理时间、成本等多方面因素，经综合比选，污染土壤治理推荐使用风险管控，污水治理推荐使用“脱水+稳定化固化”技术。各修复技术推荐使用情况见表 8.1。针对本项目的具体情况，制定了二次污染防治措施、验收计划、监测计划及环境应急方案。本项目计划工期为 1 年，并详细安排工期进度。计算本项目的治理费用，并从环境效益、经济效益及社会效益等方面综合进行成本效益分析。

表 8.1 各治理技术应用规模一览表

治理介质	污染物	推荐使用技术	治理方量 (m <sup>3</sup> )	最终去向
土壤	六六六	阻隔技术	105754.92	原位风险管控
	砷	阻隔技术	705	原位风险管控
污泥	砷	脱水+稳定化固化	7914.5	原位安全回填
废水	砷	铁盐-石灰法	3.45 万	送至岳阳市华浩水处理有限公司进一步处理

### 8.2 问题与建议

(1) 场地周边分布有大量居民区，环境敏感度较高，建议施工开始前，项目相关方应建立有效沟通机制，协商确定周边居民保护等有关事项及处理办法。场地治理过程应采取有效的安全和环保措施，防止二次污染和污染风险。在场地治理施工前，应制定详尽的二次污染防治计划和风险防范预案，并对相关人员进行必要的安全和环保培训，持证上岗；施工中，应严格参照执行，减少意外环境污染事故和污染风险的发生，确保工程的顺利实施。施工过程中及时对外公布项目进展及环境监测情况，避免出现异味扩散扰民、安全事故等情况。

(2) 污染分布存在一定的不确定性。建议在治理工程实施过程中，根据现场情况

适时调整污染治理边界、治理方法等，应时刻关注、防范现场突发和异常情况，规范处理处置，以确保场地治理达到预期目标。同时进行污染防治措施的专题论证，作为治理施工方案的附件和依据，更好的指导下一步的施工方案设计。

(3) 建议治理施工单位利用场地尽快开展底泥治理技术（含本方案推荐技术及施工单位自有新技术等）小试、中试规模技术评估，进一步确定技术可行性，据此调整优化总体治理技术路线。治理方案变更需征得项目相关各方同意。

(4) 建议施工单位合理安排施工时间和施工方式，优先处理场地敏感污染区域，尽量避免雨天、雪天和高温天施工作业，防止发生施工安全事故和污染扩散事件。

(5) 场地治理过程应进行跟踪检查，及时发现问题。在场地治理过程中，应随时观察、发现是否有新的污染产生，如地下埋藏物、地下罐体、地下管线和有明显特殊气味的地方。一经发现，应及时上报，并由专业人员进行处理。

# 临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程

## ( 风险管控 ) 实施方案专家评审意见

2021 年 2 月 26 日，岳阳市生态环境局在岳阳市组织召开了《临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）实施方案》（以下简称“实施方案”）专家评审会，参加会议的有岳阳市生态环境局临湘分局、临湘市人民政府、顶鑫环保科技有限公司等单位代表。会议邀请了 6 位专家组成专家组（名单附后），会前与会专家和代表实地查看了项目现场，会上临湘市人民政府介绍了有关项目背景、编制单位汇报了实施方案，经质询讨论，形成如下评审意见：

### 一、项目概况

临湘市原农药厂地块位于临湘市江南镇菴湖社区，紧邻长江，地块中心坐标为东经 113.289358350 度，北纬 29.597862831 度，占地面积约 7.34 万平方米。场地调查报告、风险评估报告已通过专家评审。为了保护长江水体水质及生态系统和周边居民生产生活环境安全，项目采取分期治理，一期主要进行风险管控。

### 二、总体评价

《实施方案》内容较全面，提出的风险管控措施基本可行，符合相关技术规范要求，经修改完善并经专家组复核后可作为下一步工作的依据。

### 三、修改建议

- 1、明确项目背景，完善项目实施必要性分析。
- 2、根据土壤污染类型，细化土壤分类风险管控措施，并进行风险管控措施的可行性与可靠性分析。
- 3、根据场地水文地质情况，细化阻隔防渗措施，完善地下水监控监测相关内容。
- 4、完善表层污染阻控措施和生态恢复方案。
- 5、核实方案投资估算。

专家组：彭克俭（组长）、程育芝、蔡固平、万群、陈灿、王凡（执笔）

彭克俭

万群 程育芝 蔡固平 陈灿 王凡  
2021年2月26日

## 临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）

### 实施方案专家审查意见回复

2021年2月26日，岳阳市生态环境局在岳阳市组织召开了《临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）实施方案》专家评审会，我司根据专家与相关部门提出的评审意见认真进行了修改，具体意见答复如下：

#### 1、明确项目背景，完善项目实施必要性分析。

答复：按照专家意见，明确了项目背景，补充项目前期场地风险评估主要结论与实施思路，详见P2；本项目西侧紧邻长江，东侧紧靠居民小区，故对贯彻落实《长江保护法》，守护好一江碧水，保障居民生产生活环境安全，本项目尽快实施是十分必要的，项目具体实施必要性分析详见P3。

#### 2、根据土壤污染类型，细化土壤分类风险管控措施，并进行风险管控措施的可行性与可靠性分析。

答复：已根据土壤污染类型，细化土壤分类风险管控措施，采用垂直防渗与水平防渗相结合的方式对场地进行风险管控，具体措施详见P27；根据现常用的风险管控技术（包括垂直阻隔技术与水平阻隔技术），对各种阻隔技术措施进行了可行性与可靠性进行了分析，详见P34、39、45。

#### 3、根据场地水文地质情况，细化阻隔防渗措施，完善地下水监控监测相关内容。

答复：已根据场地水文地质情况，完善了垂直防渗施工工艺技术方案与技术时要求，细化了水平阻隔防渗措施与材料质量要求，详见P53第5.3节；完善了地下水监控监测相关内容，本项目设置地下水水质监控井共设5处，其中对照井1处，污染监测井2处，污染扩散井2处，详见P57、81。

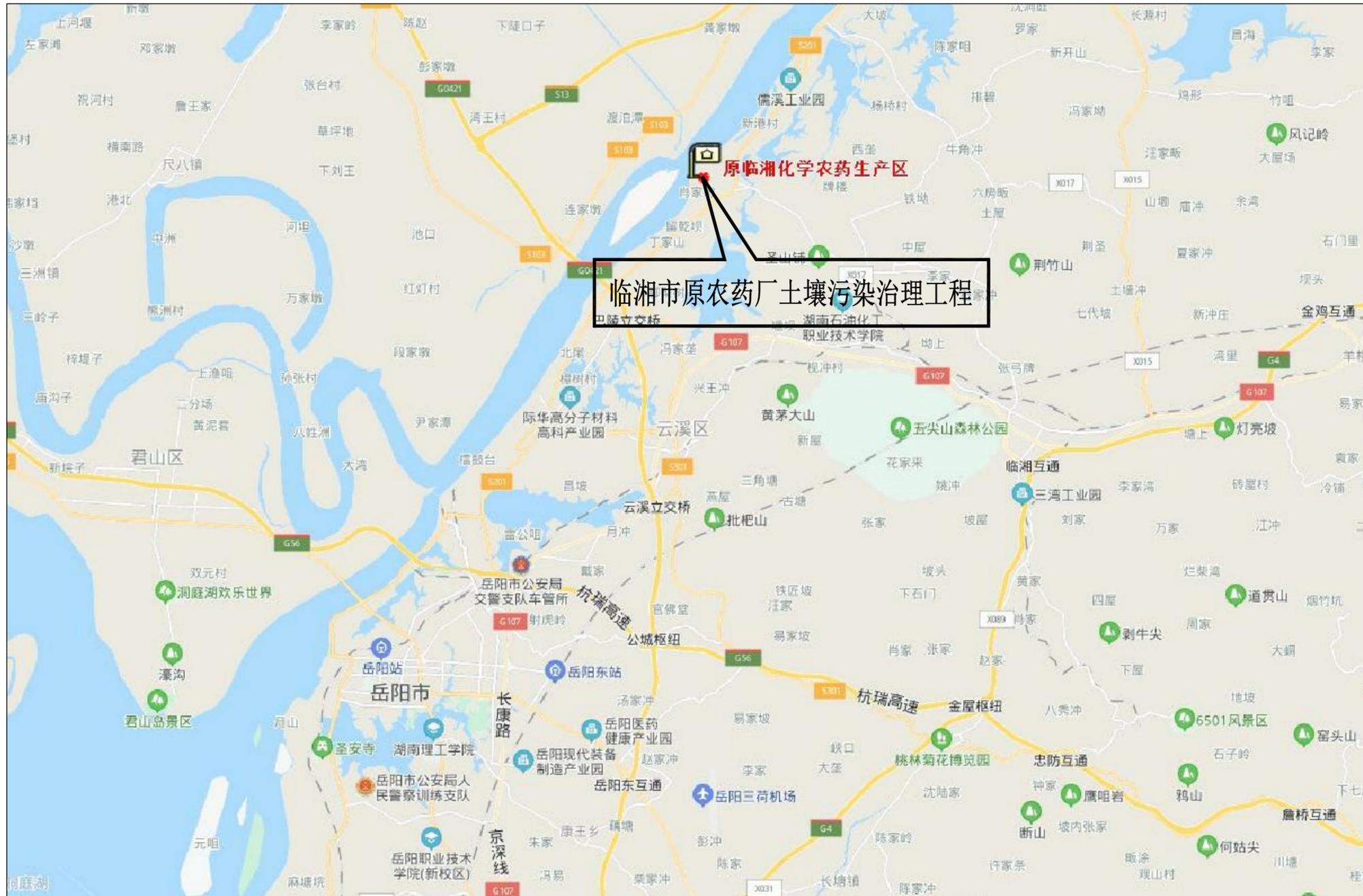
#### 4、完善表层污染阻控措施和生态恢复方案。

答复：已完善表层污染阻控措施，详见P57第5.3.3节；已完善生态恢复方案，详见P67第5.7.2节。

#### 5、核实方案投资估算。

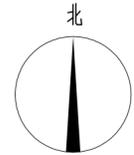
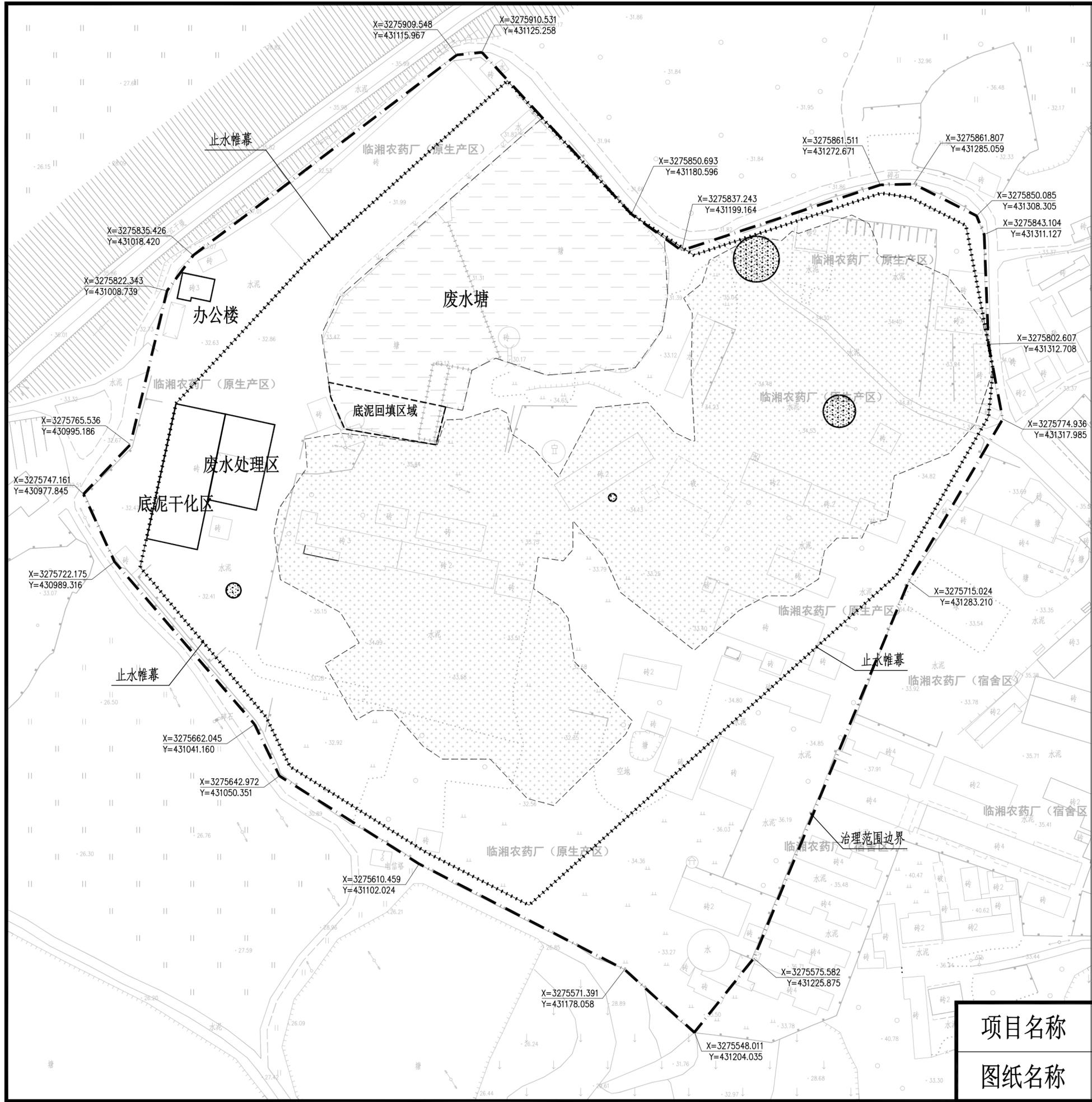
答复：根据修改后的实施方案，对项目投资估算重新进行了核实，详见P87表7.1。

已基本按专家组意见修改完善  
彭有强  
2021.3.2  
2021年02月28日  
环鑫环保科技有限公司



说明：本项目位于岳阳市临湘市苑湖社区，东靠云溪区陆城镇，西临长江大堤。

项目名称	临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）
图纸名称	区域位置平面图

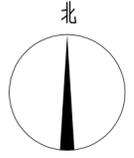
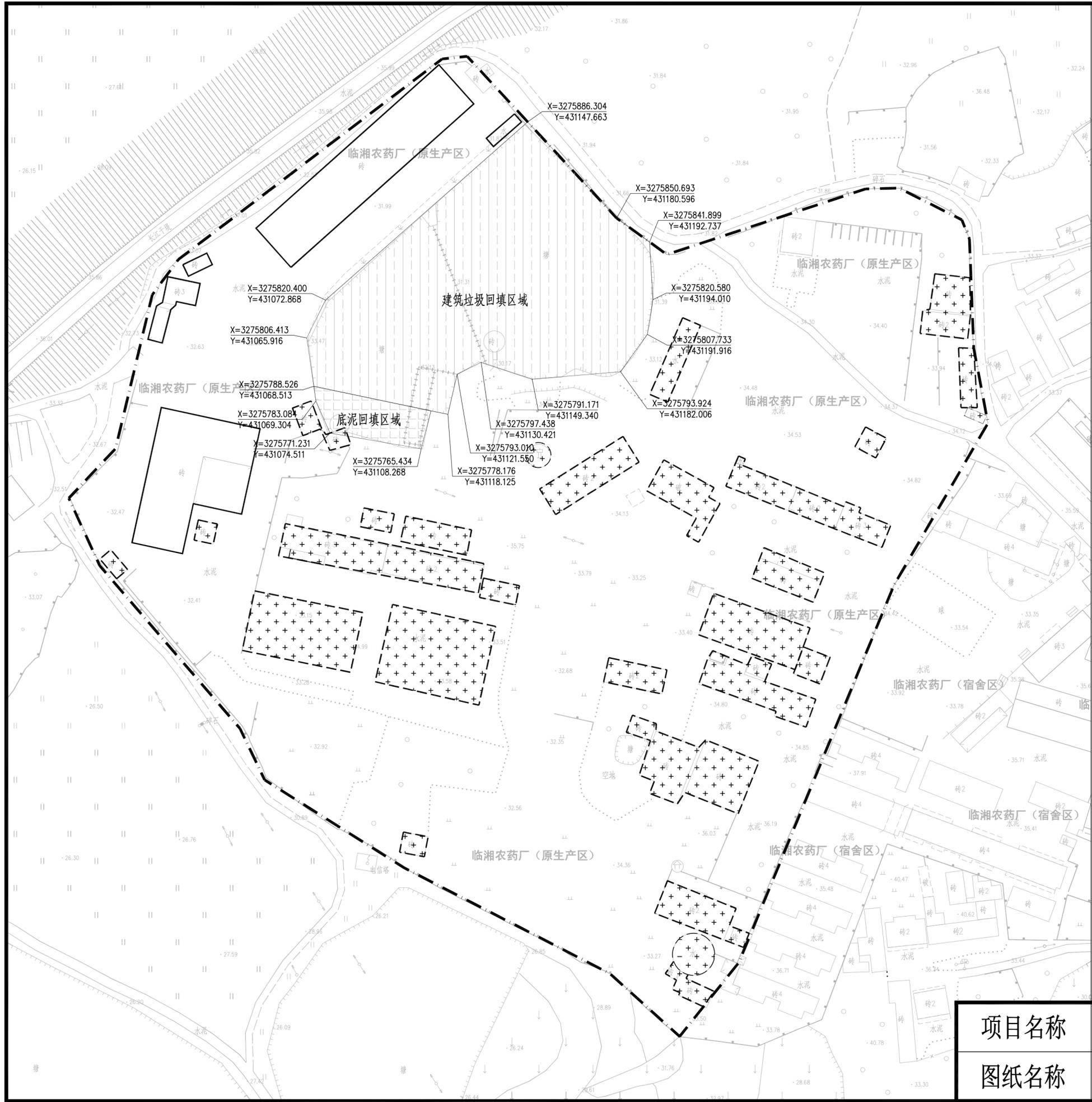


图例

-  砷污染土壤
-  六六六污染土壤
-  废水塘
-  止水帷幕

说明：  
 本项目项目分为施工区和管理区，其中：  
 (1) 管理区主要集中在场地西北侧硬化区域，利用现有办公楼进行施工管理办公，材料堆放利用先有车间暂存。  
 (2) 施工区指除施工区域以外的办公管理等区域，主要集中在废水塘和中间污染土壤集中区域。  
 (3) 底泥脱水与废水处理利用现西南侧车间区域场地。

项目名称	临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）
图纸名称	工程实施方案平面布置图



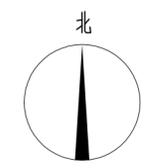
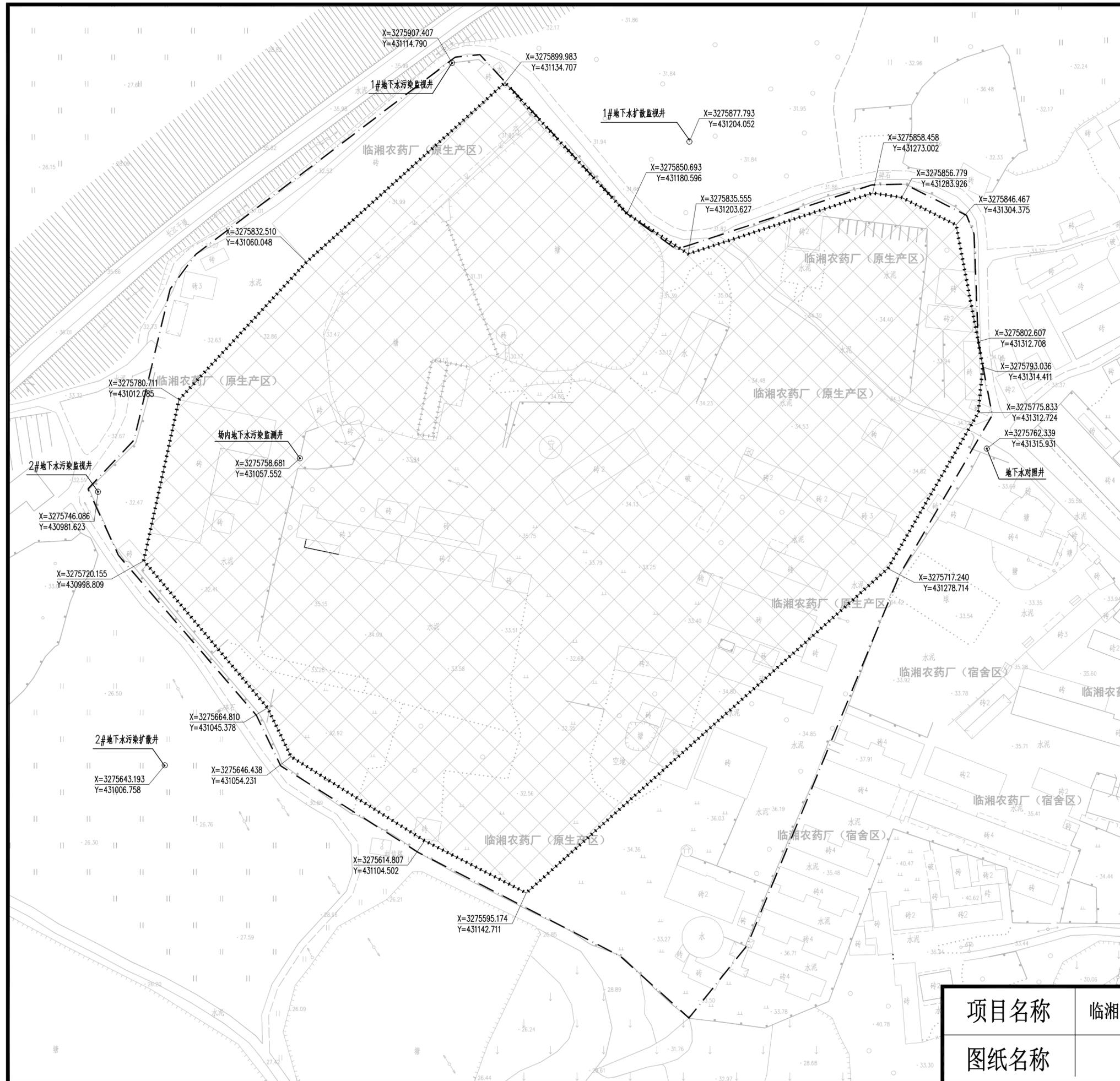
图例

-  前期拆除建筑物
-  后期拆除建筑物
-  建筑垃圾回填范围
-  稳定化固化底泥回填范围

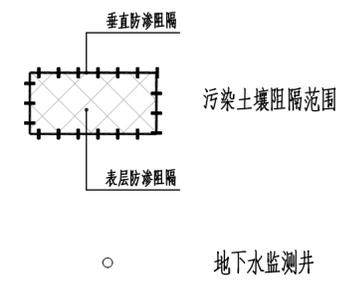
说明:

- 1、本项目治理范围内遗留建筑物分两次先后拆除, 时序如下:
  - (1) 对于污染土壤清挖区域上方附着建筑物等遗留设施, 在施工准备阶段予以拆除, 以免影响施工;
  - (2) 对于北侧等未污染区域现场遗留的车间、仓库进行密闭改造后用于污染土壤治理过程中施工作业, 待施工完成后再行拆除。
- 2、建筑物拆除后, 对于大块建筑垃圾应采用破碎锤进行破碎, 尺寸不大于0.3m, 最后用于治理合格后的废水塘区域回填。

项目名称	临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程(风险管控)
图纸名称	建筑垃圾拆除平面图



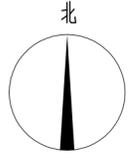
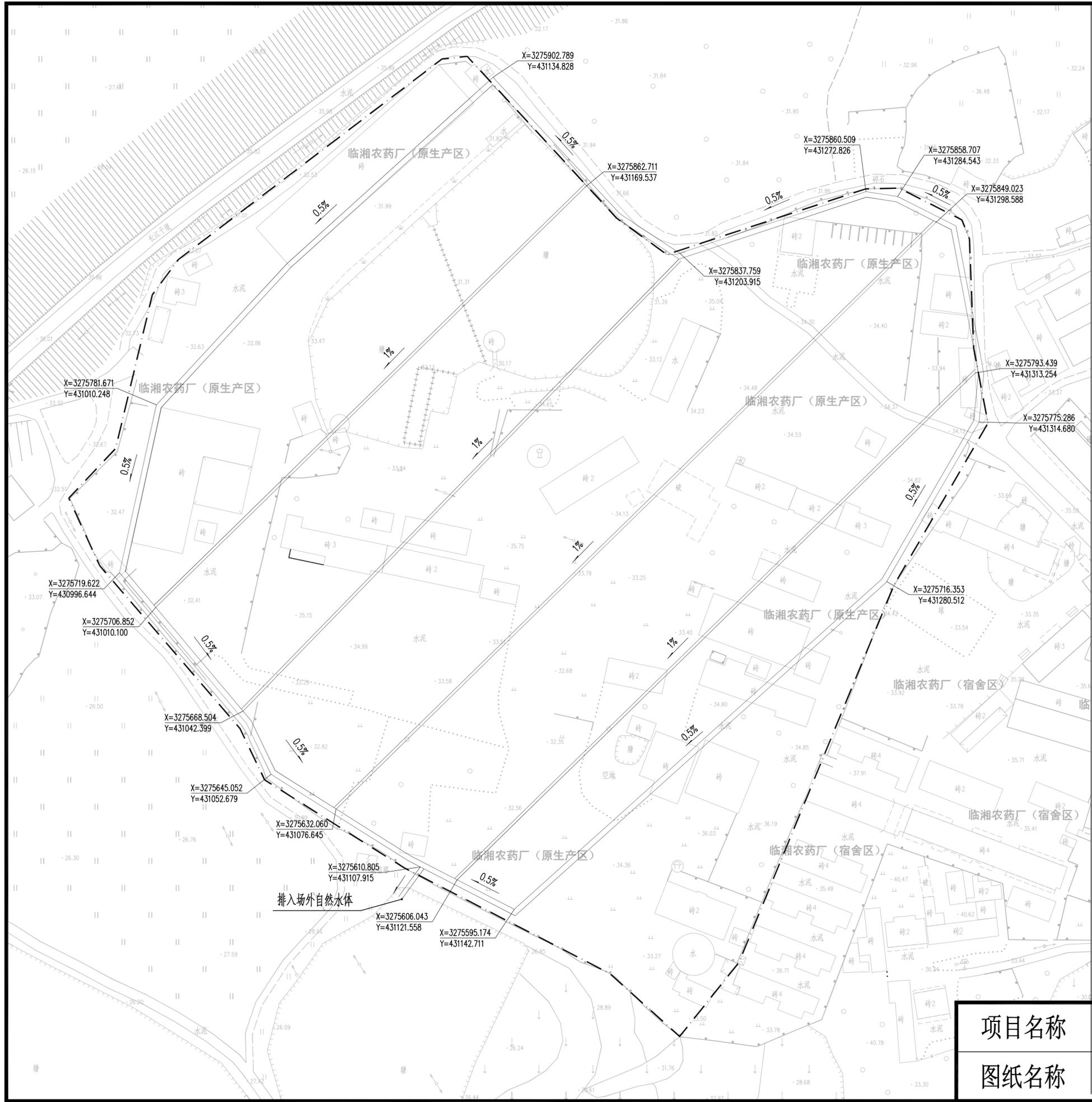
图例



说明:

- 1、垂直阻漏系统: 沿污染土壤范围周边打两排600水泥搅拌桩, 搅拌桩中心距离间隔400mm, 总长约952m。
- 2、水平阻漏系统采用“压实粘土+HDPE膜”复合防渗结构, 自下往上依次为:
  - (1) 膜下保护层: 采用粘土铺设, 渗透系数应小于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ , 厚度为0.3m。
  - (2) 防渗层: 采用1.5mm厚HDPE土工膜铺设。
  - (3) 膜上保护层: 采用600g/m<sup>2</sup>无纺布铺设。
  - (4) 排水层: 采用6mm复合土工排水网。
  - (5) 植被土层: 植被土层的土质材料应利于植被生长, 厚度不宜小于0.5m。
- 3、本项目设置地下水水质监测井共设6处:
  - (1) 场外上游对照井1处: 设在场地东面, 地下水流向上游, 打到地下含水层。
  - (2) 场外两侧污染扩散井2处: 分别设在场地两侧扩散方向, 打到地下含水层。
  - (3) 场内污染监测井1处: 设在场地内地下水流向下游方向, 即止水帷幕内侧, 打到地下含水层。
  - (4) 场外下游污染监测井2处: 设在场地外地下水流向下游方向, 即止水帷幕外侧, 打到地下含水层。

项目名称	临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程(风险管控)
图纸名称	污染土壤风险管控平面图

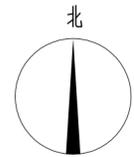
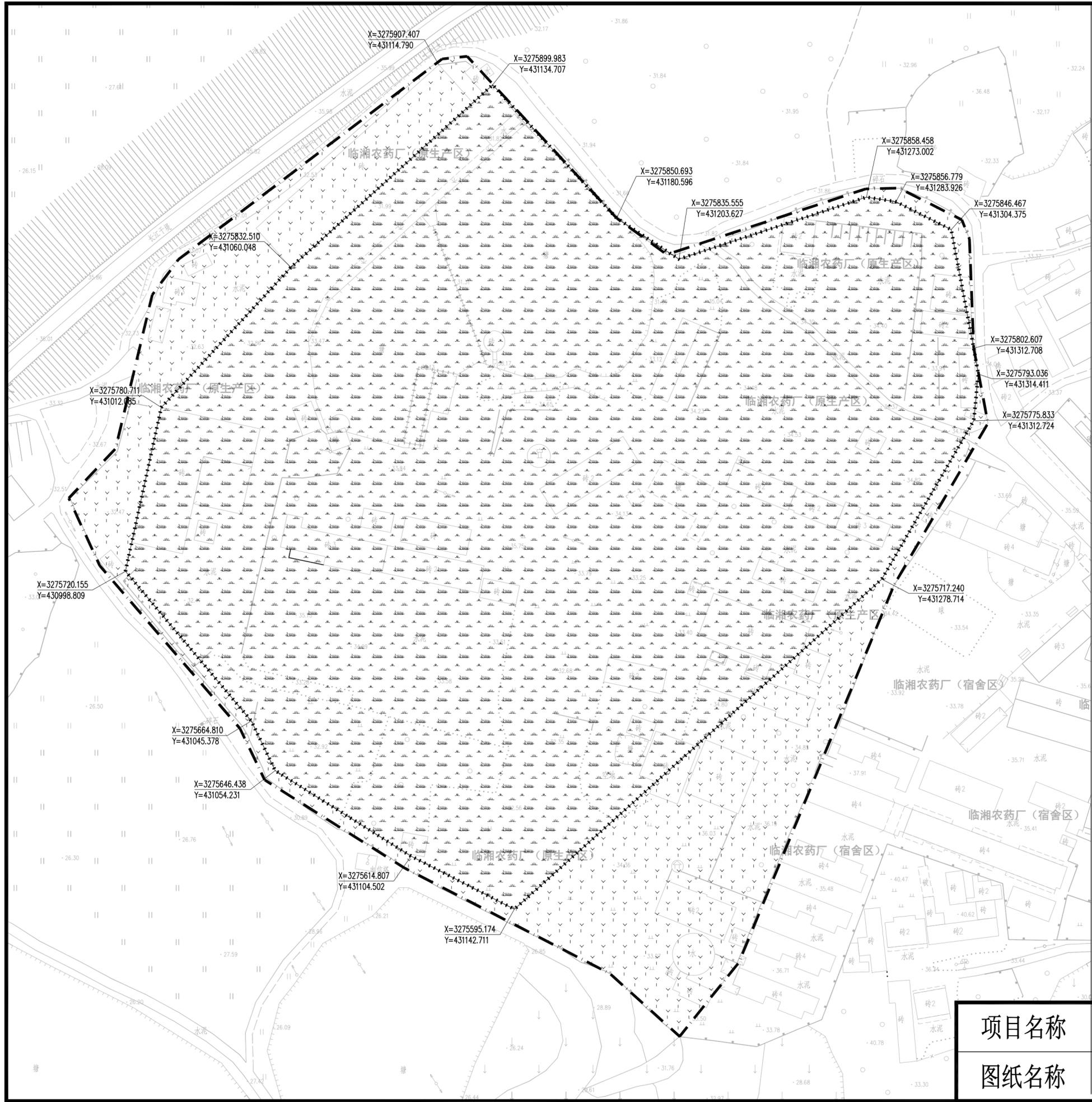


图例

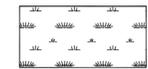
- 截洪沟
- 排水沟

说明：  
 本项目雨水截流导排系统包括两部分：  
 (1) 在风险管控区域周围建设截洪沟，拦截场外雨水，阻止周边雨水汇入管控区域；  
 (2) 在客土封场层表面建设排水沟快速导排表面径流，防止二次污染。排水沟收集的雨水汇总后排入周边截洪沟，截洪沟最终汇合排入场外自然水体。

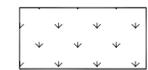
项目名称	临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程（风险管控）
图纸名称	场地排水平面图



图例



铺设草皮生态恢复



乔灌木生态恢复



截洪沟



排水沟

说明:

本项目生态恢复主要包括两方面:

- (1) 对污染土壤风险管控区域铺设草皮进行生态恢复, 品种选用马尼拉, 面积为57860m<sup>2</sup>;
- (2) 对场地其他区域采取“乔灌木”结合的方式进行生态恢复, 形成立体种植结构, 实现滨江绿地的规划要求, 面积为1527m<sup>2</sup>。

项目名称

临湘市原农药厂土壤污染治理项目一期工程(风险管控)

图纸名称

生态恢复平面图