

原安吉县羽马电瓶有限公司  
场地土壤风险管控与修复工程  
技术方案

杭州康利维环保科技有限公司

---

二〇一八年六月





# 浙江省污染场地修复方案设计能力 评价证书

(副本)

证书编号: 浙修复设计能力评价证 E-110  
单位名称: 杭州康利维环保科技有限公司  
法人代表: 葛海泉  
单位地址: 拱墅区祥园路30号12幢803室  
有效日期: 2017年11月3日-2019年11月3日

经专家组评定, 确认具有从事  
污染场地修复方案设计的能力。  
特颁此证!



查询网址: [www.er-zhejiang.com](http://www.er-zhejiang.com)

查询电话: 0571-87359923



发证单位: 浙江省生态与环境修复技术协会  
发证时间: 2017年11月3日

浙江省生态与环境修复技术协会印制



项目名称：原安吉县羽马电瓶有限公司场地土壤风险管控与修复  
工程技术方案

委托单位： 湖州市际承接产业转移示范区安吉分区管委会

调查单位： 杭州康利维环保科技有限公司

委托第三方检测单位： 浙江华标检测技术有限公司

项目负责人： 石冬瑾

编制人员： 石冬瑾、骆骅、邸文瑞、蒋培

审核人员： 葛海泉



## 目 录

1 总论.....	1
1.1 任务由来.....	1
1.2 编制依据.....	1
1.2.1 法律法规.....	2
1.2.2 相关标准.....	2
1.2.3 相关技术导则规范.....	2
1.2.4 其它相关文件.....	3
1.3 编制内容.....	3
2 场地概况.....	4
2.1 自然环境概况.....	4
2.1.1 场地位置.....	4
2.1.2 地质、地貌.....	5
2.1.3 场地地层分布.....	6
2.1.4 水文状况.....	7
2.1.5 气候、气象.....	8
2.2 场地利用历史、现状.....	8
2.2.1 场地使用历史回顾.....	8
2.2.2 土地利用现状.....	10
2.2.3 场地平面布置.....	12
2.3 场地周边概况.....	13
2.4 场地利用的规划.....	13
2.5 场地污染情况.....	14
3 场地修复模式.....	15
3.1 场地修复总体思路.....	15
3.2 场地修复范围.....	15
3.3 场地修复目标.....	16
4 施工技术筛选.....	17
4.1 土壤修复技术筛选.....	17
4.1.1 常用重金属污染土壤修复技术简介.....	17
4.1.2 重金属土壤修复技术筛选.....	21
4.2 土壤风险控制技术筛选.....	23
5 修复方案总体设计.....	25
5.1 土壤修复实施方法.....	25
5.1.1 修复机理介绍.....	26
5.1.2 处置原理及药剂添加比例.....	26
5.1.3 修复工艺流程.....	27
5.1.4 小试试验.....	28
5.2 土壤风险管控实施方法.....	29
5.2.1 风险管控材料介绍.....	29
5.2.2 风险管控工艺流程.....	29

6 环境管理计划.....	31
6.1 环境管理及二次污染防治措施.....	31
6.1.1 噪声防治措施.....	31
6.1.2 扬尘防治措施.....	32
6.1.3 积水利用、水体污染防治措施.....	33
6.1.4 有害物质污染防治措施.....	34
6.1.5 污染土壤扩散防护措施.....	36
6.2 环境监测方案.....	38
6.2.1 噪声监测.....	38
6.2.2 大气监测.....	38
6.2.3 表层土监测.....	39
6.2.4 废水监测.....	39
7 修复效果自检及验收方案.....	40
7.1 修复效果自检方案.....	40
7.1.1 监测类型.....	40
7.1.2 监测原则.....	40
7.1.3 清运后基坑自检.....	40
7.2 项目验收方案.....	41
7.2.1 验收依据.....	42
7.2.2 验收工作流程.....	42
7.2.3 验收项目和标准.....	43
7.2.4 验收工作.....	44
7.2.5 采样质量控制与质量保证.....	45
8 修复工程设计.....	46
8.1 施工进度安排及工期、质量保证措施.....	46
8.1.1 计划日期.....	46
8.1.2 施工进度横道图.....	46
8.1.3 工期保证措施.....	48
8.1.4 合理加快进度、缩短工期措施.....	52
8.2 现场平面布置.....	54
8.2.1 厂区大门、办公区、围挡.....	55
8.2.2 稳定化/固化处置区、暂存区.....	55
8.2.3 废水收集池、洗车台.....	55
8.2.4 运输道路.....	55
8.3 主要施工工艺和方法.....	55
8.3.1 现场准备.....	55
8.3.2 污染区域边界确定.....	59
8.3.3 基坑开挖.....	60
8.3.4 污染土壤运输和暂存.....	62
8.3.5 污染土壤修复实施.....	62
8.3.6 HDPE 土工膜铺设.....	63
8.3.7 混凝土阻隔层铺设.....	64
8.3.8 废水处理.....	64
8.3.9 基坑回填.....	64

9	安全文明施工	65
9.1	安全施工目标及保证措施	65
9.1.1	安全施工目标	65
9.1.2	安全施工保证措施	65
9.2	文明施工目标及保证措施	66
9.2.1	文明施工目标	66
9.2.2	文明施工管理制度	66
9.2.3	文明施工管理措施	67
9.3	土方开挖安全施工措施	68
9.4	基坑安全防护措施	69
9.4.1	临边防护	69
9.4.2	排水措施	69
9.4.3	坑边荷载	69
9.5	场地降排水措施	69
9.5.1	工作目标	69
9.5.2	成立降排水工作小组	70
9.5.3	应急领导小组职责	70
9.5.4	降排水物资计划	70
9.5.5	现场各区域降排水要求	71
9.6	土壤回填施工安全防护措施	72
9.6.1	土壤回填安全防护措施	72
9.6.2	季节性施工要求	73
9.6.3	质量要求及保证措施	73
9.7	雨季施工措施	73
9.7.1	雨季施工风险	74
9.7.2	雨季施工管理与准备	74
9.7.3	雨季修复设施和机电设备防护	76
9.7.4	雨季防雷工作	76
9.7.5	停工与撤离	77
9.7.6	排水工作	77
10	成本效益分析	78
10.1	修复成本估算	78
10.2	环境、社会、经济效益分析	78
10.2.1	环境效益	79
10.2.2	社会效益	79
10.2.3	经济效益	79
11	结论	80
11.1	可行性研究结论	80
11.2	问题和建议	80
附件 1	羽马电瓶污染点位土壤浸出毒性检测报告	
附件 2	场地土壤风险管控与修复工程技术方案评审会议签到表	
附件 3	场地土壤风险管控与修复工程技术方案专家咨询意见	
附件 4	场地土壤风险管控与修复工程技术方案专家咨询意见修改说明	

# 原安吉县羽马电瓶有限公司场地土壤风险管控与修复工程技术方案

# 1 总论

## 1.1 任务由来

原安吉县羽马电瓶有限公司（以下简称“羽马电瓶”）建于 2004 年 3 月，位于湖州省际承接产业转移示范区（安吉县天子湖镇），经纬度（119°38'18.14"东，30°47'20.73"北），占地面积 22 亩。企业原年产 20 万只蓄电池，建有锅炉房、配电设备及配电房，配有化铅、浇片、涂板、固化、化成、包装和成品仓库等车间和生产所需的设备。根据环境保护部《关于加强铅蓄电池及再生铅行业污染防治工作的通知》（环发[2011]56 号）、浙江省人民政府《关于印发〈浙江省铅蓄电池行业污染综合整治验收规程和浙江省铅蓄电池行业污染综合整治验收标准〉的通知》（浙环发[2011]47 号）等文件精神，该厂于 2010 年停产关闭。根据现场调查和人员访谈，2011 年至今期间，有 1 家纸箱生产企业、2 家家具企业租用该生产厂房，并于 2017 年 7 月前全部停产搬迁。

关停后的原址场地可能遗留有原企业生产活动产生的有害物质，对场地内的土壤和地下水可能有一定的污染。根据《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 号和《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），化工、金属冶炼、电镀、农药等生产、储存、使用等搬迁工业企业原场地在进行二次开发利用前，需要进行调查，根据调查评估结果，为合理规划污染场地的土地用途提供参考意见。

为此，湖州省际承接产业转移示范区安吉分区管委会按照相关文件的要求，委托杭州康利维环保科技有限公司原安吉县羽马电瓶有限公司场地环境调查与风险评估的工作，并承担此次环境调查与风险评估报告的编制工作。根据调查及评估的结果，场地土壤中的污染物质为重金属铅。需要对超标的区块进行修复处理。弊公司在认真研究《原安吉县羽马电瓶有限公司场地环境调查与风险评估报告》的基础上，编制了此投标文件的修复技术方案，以期为该场地土壤修复工程的实施提供一定的参考和依据。

## 1.2 编制依据

本方案根据国家以下法律、标准、条例和文件编写，并参考国家相关环境质量标准。如在项目进行期间，下列文件或标准发生变化，则以最新版本为准。

### 1.2.1 法律法规

- 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年
- 《中华人民共和国水污染防治法》，2017 年
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016 年
- 《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）
- 《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）
- 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发[2016]31 号）
- 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环保部令 第 42 号），2017 年
- 关于发布《建设用地土壤环境调查评估技术指南》的公告(环境保护部公告 2017 年 第 72 号)
- 《浙江省土壤污染防治工作方案》（浙政发[2016]47 号）
- 《湖州市土壤污染防治工作方案（2017-2020）》，（湖政发[2017]27 号）
- 《关于加强铅蓄电池及再生铅行业污染防治工作的通知》（环发[2011]56号）
- 《关于印发<浙江省铅蓄电池行业污染综合整治验收规程和浙江省铅蓄电池行业污染综合整治验收标准>的通知》（浙环发[2011]47 号）

### 1.2.2 相关标准

- 《土壤环境质量标准》（GB/T15618-1995）
- 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB5085.3-2007
- 《污染土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）
- 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）
- 《固体废物浸出毒性浸出方法 醋酸缓冲溶液法》（HJ/T 300-2007）
- 《空气与废气监测分析方法》（国家环保总局 2003 年第四版增补）
- 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）

### 1.2.3 相关技术导则规范

- 《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）

- 《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）
- 《污染场地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2014）
- 《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）
- 《污染场地修复验收技术规范》（DB11/T783-2011）
- 《污染地块风险管控技术指南-阻隔技术》（试行）（征求意见稿）

#### 1.2.4 其它相关文件

- 《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
- 《原安吉县羽马电瓶有限公司场地环境调查与风险评估报告》

### 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、成本效益分析等几部分。污染场地修复方案报告须根据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 自然环境概况

#### 2.1.1 场地位置

原安吉县羽马电瓶有限公司建于2004年3月，位于湖州省际承接产业转移示范区（安吉县天子湖镇），经纬度（119°38'18.14"东，30°47'20.73"北），占地面积22亩。地理位置见图2.1-1所示，图2.1-2为本次调查的范围及卫星影像图。

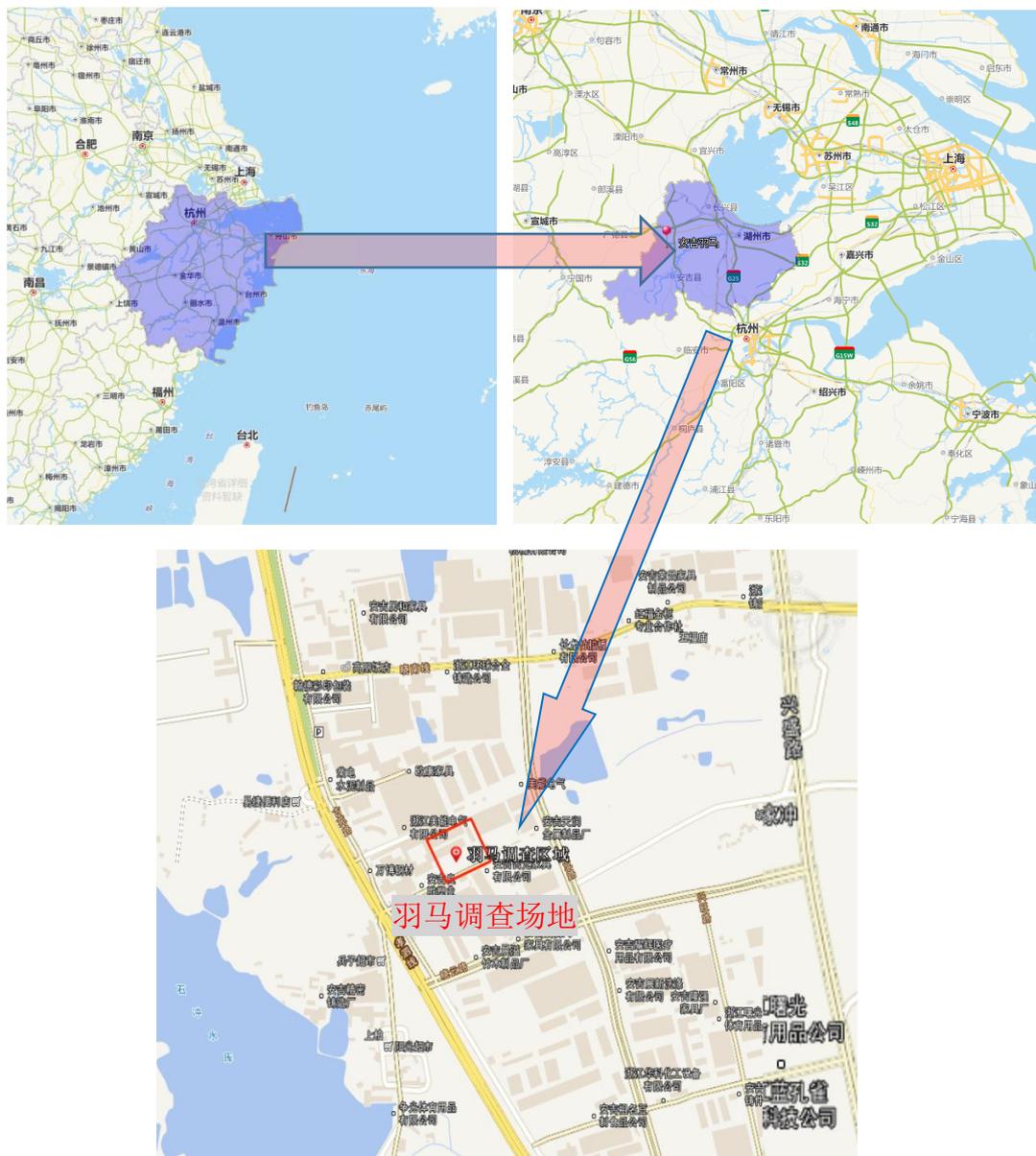


图 2.1-1 本项目所在地理位置



图 2.1-2 场地调查范围及卫星影像图

### 2.1.2 地质、地貌

安吉县位于浙江省的西北部，地处浙北天目山北麓，地理坐标为北纬30°53'-30°23'和东经119°35'-119°14'之间。与长兴县、湖州市菱湖区、德清县、杭州市的余杭市、临安市和安徽省的宁国市、广德县接壤，水陆交通便利，是长江三角洲经济区迅速崛起的一个对外开放景区。距湖州68km，上海209km，杭州市65km，与之相通的彭安线、鹿唐线等道路已建成为国家一级公路。县内水支航程48km，船只可达湖州、上海、苏州等地。县域东西长62.60 km，南北宽55.28 km，全县行政辖区1885.71km<sup>2</sup>。安吉经济发展迅速，物产丰富，特产有毛竹、白茶、冬笋干、板栗、山核桃等，是著名的“中国竹乡”，也是全国闻名的“白茶之乡”。

安吉县属江南古陆台，为加里东褶皱最古老底层。主要高峰属前期中性北火山岩喷发，同时有火山岩侵入。区内主要地层有第四系、侏罗系和志留系地层。第四系主要分布在河谷平原，山区的河谷和谷坡，厚度1~15m，一般为二元结构，表层为粘性土或砂性土；底层为砂或砂砾面，侏罗系主要分布在递铺溪和石马港上游，浒溪西边，厚度190~8130m，为紫红——棕红色砂岩，粉砂岩，流纹班岩。志留系主要分布在递铺港，和石马港中上游，梅园流域和浒溪东面，厚度220~5230m，为石英砂岩、粉砂岩、泥岩和页岩。安吉县境内峰岭叠翠、蜿蜒起

伏、溪涧纵横、坡陡谷狭，构成了众多的盆地和河谷平原。山地分布在县境东、南、西部，面积216.1km<sup>2</sup>，占全县总面积的11.5%，南部山区境内集中78座千米以上山峰。丘陵主要分布在中部，海拔500m以下，面积945.5km<sup>2</sup>，占全县总面积50%。岗地主要分布于中北部，面积246.7km<sup>2</sup>，占全县总面积的13.1%。平原主要分布在西苕溪两岸河岸河漫滩，由干流和支流串成连片河谷平原，海拔在15~5m之间，面积477.3km<sup>2</sup>，占全县总面积的25.4%。县南端龙王山海拔1587.4m，是省级自然保护区。

按全国第二次土壤普查744查分类，境内共有5个土类，11个亚类，46个土层，65个土种，土壤酸碱度在pH值5.5-6.5之间。5个土种中，红壤面积最大，占67.48%，黄壤占10.04%，岩性土占2.29%，水稻土占18.24%，潮土占1.95%。

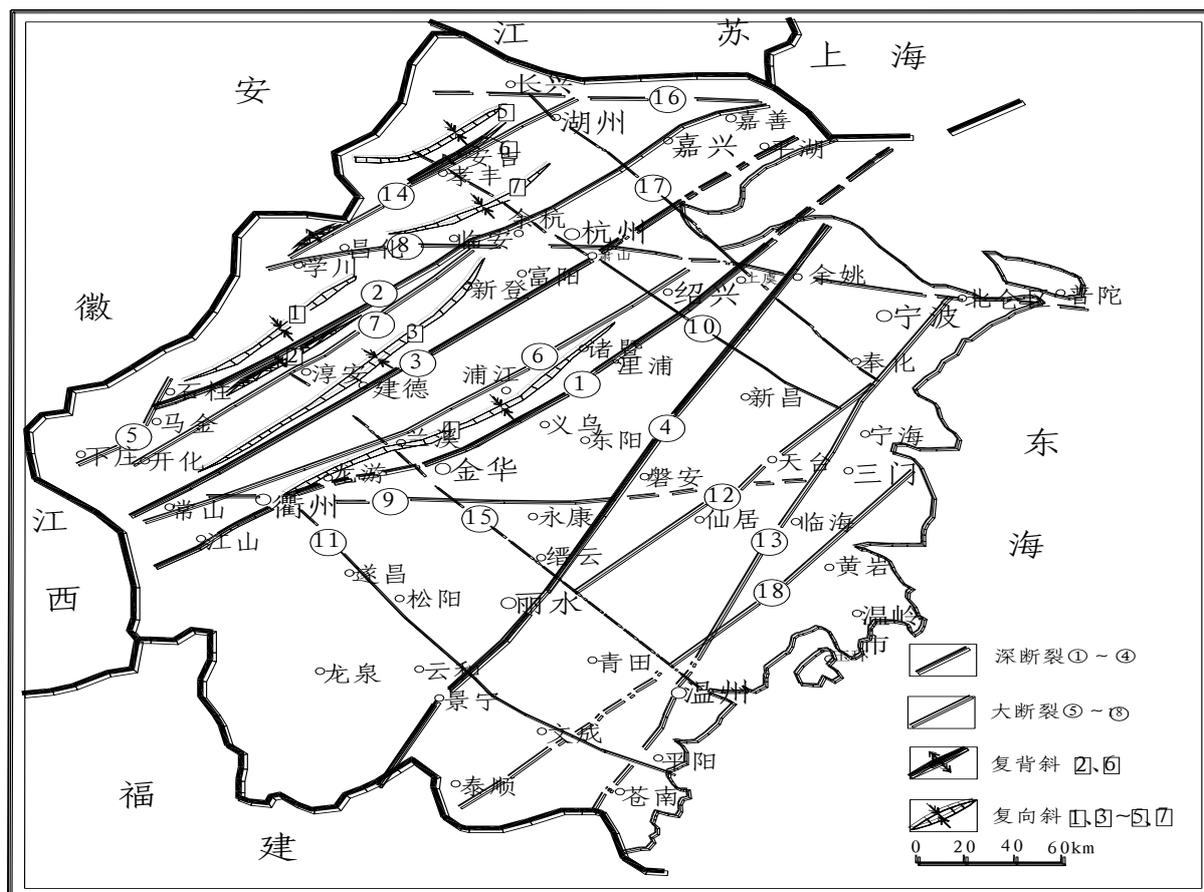
拟建场地位于安吉县康山社区，本区地貌分区属浙北平原区，拟建场地地貌属冲洪积平原。场地地面高程在19.60~20.40m之间，相对高差0.80m。

### 2.1.3 场地地层分布

本区大地构造单元：一级构造单元属扬子准地台（I1），二级构造单元属钱塘台褶带（II2），三级构造单元属安吉—长兴陷褶带（III2），四级构造单元属武康—湖州隆断褶束（IV2）。三叠纪印支运动以北东向褶皱为主，伴有断裂发生，形成本区的构造雏形；侏罗纪燕山运动早期以断裂为主，伴有岩浆活动，奠定了本区构造基本轮廓，晚期表现为断陷沉降，喜山期运动以差异沉降为特征，北东向和北西向断裂构成了本区的构造的基本格局，对本区影响较大的有北东向的14学川~湖州大断裂、16湖州—嘉善大断裂、北西向的17长兴~奉化大断裂，三大断裂控制了区域内次一级断裂的发育和地貌的形成（见图2.1-3）。

浙江省主要褶皱断裂构造分布图

图 3-1



- |             |             |             |              |
|-------------|-------------|-------------|--------------|
| ① 江山—绍兴深断裂  | ② 马金—乌镇深断裂  | ③ 球川—萧山深断裂  | ④ 丽水—余姚深断裂   |
| ⑤ 下庄—石柱大断裂  | ⑥ 常山—漓渚大断裂  | ⑦ 开化—淳安大断裂  | ⑧ 昌化—普陀大断裂   |
| ⑨ 衢州—天台大断裂  | ⑩ 孝丰—三门湾大断裂 | ⑪ 松阳—平阳大断裂  | ⑫ 鹤溪—奉化大断裂   |
| ⑬ 温州—镇海大断裂  | ⑭ 学川—湖州大断裂  | ⑮ 淳安—温州大断裂  | ⑯ 湖州—嘉善大断裂   |
| ⑰ 长兴—奉化大断裂  | ⑱ 泰顺—黄岩大断裂  | ⑲ 鲁村—麻车埠复向斜 | ⑳ 龙源村—印渚埠复背斜 |
| ㉑ 华埠—新登复向斜  | ㉒ 江山—诸暨复向斜  | ㉓ 杭垓—长兴复向斜  | ㉔ 学川—白水湾复背斜  |
| ㉕ 于潜—三桥埠复向斜 |             |             |              |

图 2.1-3 浙江省主要褶皱断裂构造分布图

### 2.1.4 水文状况

安吉县境内地表切割严重，沟壑纵横，溪河众多。水系呈树枝状分布。项目所在地的主要水体为西苕溪。西苕溪，又称龙溪港，干流纵贯全县，上游有南溪、西溪两个源头，一级支流有大溪、浒溪、里溪、晓墅港、浑泥港，是浙江省的一条河流，注入太湖。西苕溪河流呈山溪性特征，源短流急，谷地狭小，河床比降大，溪水涨落大，年内洪枯变化大。正源西溪源于浙江省安吉县、安徽省宁国市交界处的天目山北侧，南北龙山之间的天锦堂。向东北流至安吉县塘浦，会合南溪后称西苕溪。后又分两支，北支沿西苕溪故道，南支沿1889年以后的西苕溪干流，两支汇合在一起后在湖州市与东苕溪汇合，成为苕溪。干流长145公里，流域面积2274平方公里，多年平均流量52m<sup>3</sup>/s，为浙江省北部重要的通航河流。

### 2.1.5 气候、气象

安吉县气候属亚热带南缘季风性气候，夏半年(四~九月)主要受温暖湿润的热带海洋气团的影响；冬半年(十~次年三月)主要受干燥寒冷的极地大陆气团的影响。总的气候特点：全年季风型气候显著，四季分明，气候温和，空气湿润，雨量充沛，日照较多，无霜期长。由于地处中纬，冬夏季长，春秋季节短，夏季炎热高温，冬季寒冷干燥，春秋二季冷暖多变，春季多阴雨，秋季先湿后干。全年风向的季节变化十分显著，冬季偏北风为主，夏季以东南风为主，其主要气象特征如下：

年平均气温	15.6℃
极端最高气温	41℃
极端最低气温	-18℃
平均无霜期	226天
平均日照时数	2006.1小时
年平均降雨量	1485.4mm
年平均风速	1.8m/s
年主导风向	NNW

## 2.2 场地利用历史、现状

### 2.2.1 场地使用历史回顾

本次调查场地为原安吉县羽马电瓶有限公司地块。

一、原安吉县羽马电瓶有限公司地块使用历史回顾

2004年3月以前，原安吉县羽马电瓶有限公司原址地块为农用地或荒地；

2004年3月，该地块上安吉县羽马电瓶有限公司成立；

2010年，安吉县羽马电瓶有限公司停产关闭；

2011年-2017年6月，有新建钢棚，经过调查，为家具木材加工、纸箱加工生产作坊；

2017年7月-至今，该地块空置。

二、本次调查场地历史情况

目前调查到的该厂区的谷歌卫星地图是2007年至2017年期间的图片，2007年-2009年该厂区的主厂房位于整个场区的北部区域，零星厂房和办公区位于东

部区域，南部区域卫星图上显示为空地；2011年-2017年6月期间，西南部区域有蓝色钢棚建起，作为家具木材加工、纸箱加工生产作坊使用；2017年7月该地块暂时空置，未作他用。

场地调查区域历史卫星图如图2.2-1所示。

	
<p>历史卫星影像图 20070529</p>	<p>历史卫星影像图 20091228</p>
	
<p>历史卫星影像图 20130828</p>	<p>历史卫星影像图 20141226</p>
	
<p>历史卫星影像图 20160517</p>	<p>历史卫星影像图 20170518</p>

图 2.2-1 场地历史卫星影像图

### 2.2.2 场地现状

经过现场实勘发现：

- 目前厂内道路较完整，车间厂房未拆除，整个厂区处于空置状态。
- 厂区整体较为整洁，有小范围区域杂物堆积，目前整个场区闲置，正在进行厂房修整，以备后期生产使用。
- 厂区西南角原木材/纸箱加工区顶棚已拆除，地面为水泥混凝土地面，面积大概为1000m<sup>2</sup>。
- 本场地除仓库南侧的绿化带及宿舍的花园以外，全部铺设了水泥地面，大部分水泥地面完好，部分地面有裂纹及裂缝。



仓库



宿舍



锅炉房

	
宿舍	绿化带
	
宿舍区、车棚	厂区道路
	
门卫及办公区	疑似污水处理池

图 2.2-2 场地利用现状图（拍摄日期：2017 年 7 月 29 日）

### 2.2.3 场地平面布置

根据调查评估报告，羽马原厂区内东侧为办公区、生活区，南侧和西侧为钢棚结构及预留地块，北侧有2幢砖结构厂房，分别为仓库和生产车间，车间北侧至围墙处有几个小水池，疑似为污水处理池。生产车间及生产区主道路均为混凝土硬化地面，办公楼和宿舍周边、预留地块为裸露地面，目前有绿化植物种植。全厂总平面布置见图2.2-3。其中，家具木材/纸箱加工区蓝色厂房为2011-2017年间私营作坊所建，于2017年7月拆除。



图 2.2-3 羽马原厂区总平面布置图（调查范围为红线框内）

## 2.3 场地周边概况

本调查地块羽马原厂区地块位于安吉天子湖镇，湖州省际承接产业转移示范区内。调查地块四周皆为工业企业，东侧为安吉广源锅炉有限公司，南侧隔园区道路为安吉吉元家具有限公司，西侧为安吉县良胜塑料制品厂，北侧为浙江美能电气有限公司。详见图2.3-1。



图 2.3-1 本调查地块周边环境概况示意图

## 2.4 场地利用的规划

根据《安吉县天子湖镇总体规划（2015-2030）》，本次调查地块未来仍继续作为工业用地。

## 2.5 场地污染情况

根据《原安吉县羽马电瓶有限公司场地环境调查与风险评估报告》，为全面了解原安吉县羽马电瓶有限公司场地内土壤和地下水污染物质和污染程度，前期场地调查分两次对该场地进行了现场采样：第一次初步调查分析共布设土壤采样点位 9 个，地下水监测井 3 口，检测项目主要包括 pH、重金属、硫酸盐。在对样品进行分析检测后，结合检测数据，又有针对性的进行了第二次加密调查，共布设土壤采样点位 12 个，地下水点位 4 个，检测项目为铅。

### 调查结果如下：

(1) 初步调查采样分析结果，该场地土壤样品中有 S3 2.0-2.5m、S4 1.5-2.0m、S6 0-0.5m、S6 0.5-1.0m 的铅检出值超过了风险筛选值，超标倍数分别为 3.33、4.63、4.42、3.53 倍；地下水采样分析结果表明，地下水样品所有指标的检出值都低于相应的风险筛选值。

(2) 加密调查检测结果显示详细调查所取得土壤样品均未超过本项目选用的土壤重金属筛选值。

(3) 经过人体健康风险评估，在工业用地方式下，铅的风险控制值为 1753mg/kg，羽马电瓶场地 S3、S4、S6 点位的铅浓度超出风险控制值，需要开展风险管控或者修复。

### 建议如下：

(1) 建议对超过人体健康可接受风险水平的区域开展清理与修复工作，但由于后期不拆除厂房，修复施工活动会损坏现有的建筑基础，因此建议对这部分区域采取风险管控措施，切断敏感受体的暴露途径，确保敏感受体健康风险可接受。对其它可进行修复的污染区域，采取合适的修复治理措施。场地土壤风险控制面积总计 1000m<sup>2</sup>，风险控制和修复土方量总计 1500m<sup>3</sup>，其中风险管控区 600 m<sup>3</sup>，修复区 900 m<sup>3</sup>，最大修复深度 2.5m。

(2) 采用固化稳定化修复技术时，本项目建议铅土壤修复目标值考虑浸出标准，参考《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中铅的 IV 类质量标准，设置本场地铅浸出标准为 0.1mg/L。

### 3 场地修复模式

#### 3.1 场地修复总体思路

对于重金属铅污染的土壤，采用原地异位固化稳定化技术，降低污染物的生物活性。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，可分为原位和异位稳定/固化修复技术。

针对污染点位 S4，由于位于厂房内部，该处厂房后期作为仓库使用，工人在该点位处的暴露时间比正常生产车间要短，在该处污染区域进行风险管控，拟采用原地阻隔技术。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。

#### 3.2 场地修复范围

根据对原安吉县羽马电瓶有限公司场地环境调查与风险评估结果，结合厂区车间分布，本次土壤中的污染物超标点位为 S3、S4、S6，主要集中在车间和仓库附近。其中 S4 点位在车间厂房内，该厂房后期仍需作为仓库使用，故在该污染区域进行风险管控，土方量为 600 m<sup>3</sup>，剩余修复区土方量 900 m<sup>3</sup>，详情见表 3.2-1、表 3.2-2 和图 3.2-1。

表 3.2-1 羽马电瓶场地土壤污染风险控制范围及土方量估算

风险控制区域	位置	目标物质	风险控制面积 (m <sup>2</sup> )	风险控制土层深度 (m)	风险控制土方量 (m <sup>3</sup> )
S4	仓库西南侧区域	铅	400	1.0~2.5	600
合计					600

表 3.2-2 羽马电瓶场地土壤污染修复范围及土方量估算

土壤修复区域	位置	目标物质	修复土壤面积 (m <sup>2</sup> )	修复土层深度 (m)	修复土方量 (m <sup>3</sup> )
S3	车间外侧排水沟	铅	200	1.5~3.0	300
S6	宿舍区外侧绿化区	铅	400	0~1.5	600
合计					900

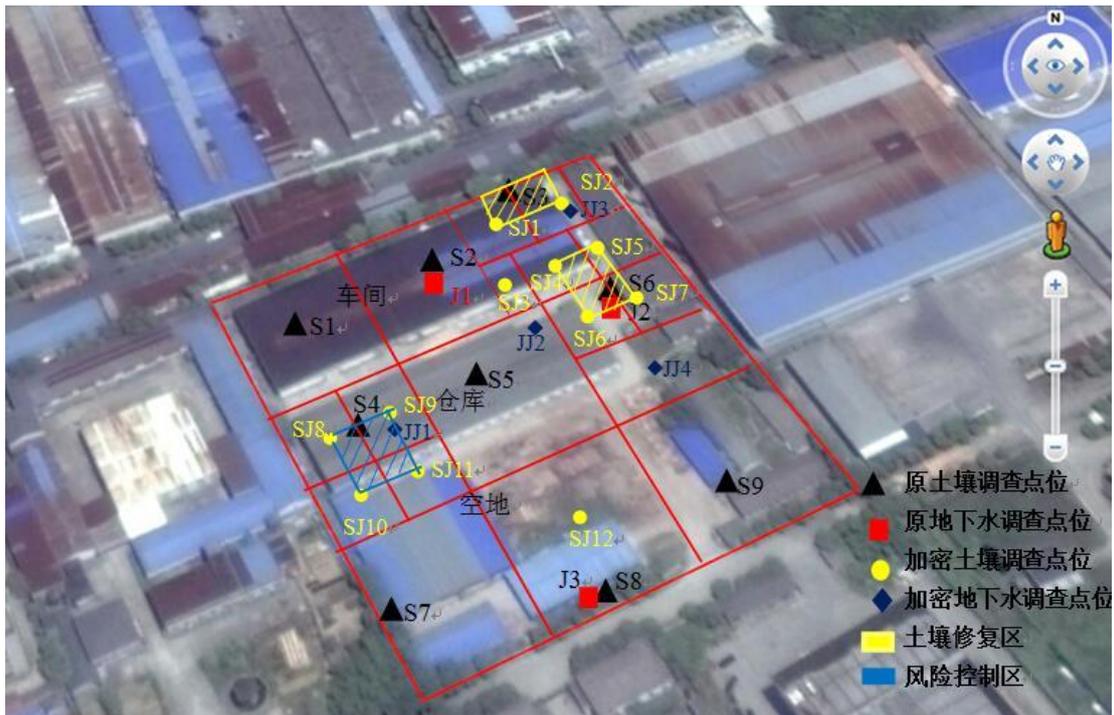


图 3.2-1 风险控制/修复区域示意图

### 3.3 场地修复目标

#### (1) 基坑开挖修复目标

根据前期对该场地开展的风险评估，筛选确定该场地土壤中修复目标污染物，提出了非敏感用地方式下的修复目标值。当土壤中重金属含量高于修复目标值时，将该点位划为修复区域，在修复工程实施过程中进行基坑开挖。

表 3.3-1 修复区土壤修复目标值

序号	污染物	最大检出浓度 (mg/kg)	修复目标值 (mg/kg)
1	铅	5500	1753

#### (2) 处置后土壤修复效果指标

污染土壤采用稳定化/固化技术处置，处置后土壤内污染物并不减少，因此表 3-1 中土壤修复目标值并不适合作为稳定化/固化处置后的检测标准。

考虑到处置后土壤形态，稳定化/固化处置后土壤中铅的浸出液浓度需达到《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的IV标准。

表 3.3-2 修复效果指标

序号	污染物	浸出浓度 (mg/L)	备注
1	铅	0.1	《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）

## 4 施工技术筛选

### 4.1 土壤修复技术筛选

#### 4.1.1 常用重金属污染土壤修复技术简介

本次场地重金属修复目标污染物为重金属铅。土壤重金属污染的治理途径主要有两种：一是改变重金属在土壤中的存在形态，使其固定，降低在环境中的迁移能力和生物可利用性，即稳定化；二是从土壤中去掉重金属，使其存留浓度接近或达到背景值，即去污化。纵观重金属污染土壤的修复方法，主要有物理方法、化学方法和生物修复法三大类，具体修复技术包括：稳定化/固化技术、化学淋洗技术、水泥窑共处置、植物和微生物修复技术等。各种修复方法存在各自的适用性和优缺点，实际应用时应综合考虑具体场地的现实状况、修复技术的应用效果、修复时间、修复成本、修复工程的环境影响等因素。

#### (1) 稳定化/固化技术

##### ① 技术介绍

该技术是指防止或降低污染土壤释放有害化学物质过程的一组修复技术，通常用于重金属和放射性物质污染土壤的无害化处理。稳定化/固化技术包含了两个概念。①固化：利用水泥一类的物质与土壤相混合将污染物包被起来，使之呈颗粒状或大块状存在，进而使污染物处于相对稳定的状态；②稳定化：利用磷酸盐、硫化物和碳酸盐等作为污染物稳定化处理的反应剂，将污染物转化为不易溶解、迁移能力或毒性变小的状态和形式，即通过降低污染物的生物有效性，实现其无害化或降低其对生态系统危害性的风险。通常稳定化/固化处理技术对重金属污染土壤效果明显，且不存在破坏性技术，As、Pb、Cr、Hg、Cd、Cu、Zn 均可采用该方法。

重金属稳定化/固化的关键是选择合适的具有稳定化/固化作用的药剂，药剂的选择一般要满足以下几个方面的要求：(1) 药剂本身不含重金属或含量很低，不存在二次污染的风险；(2) 药剂获得或制备成本较低；(3) 药剂对重金属的稳定化/固化显著且持续性强。石灰、沸石、铁锰氧化物、硅酸盐、蒙脱石等可以有效地稳定化/固化土壤中的重金属，降低重金属的生物有效性。

##### ② 应用情况

国外采用稳定化/固化技术修复被汞和砷污染场地的工程应用案例很多，该技术也是美国超级基金修复场地最常用的五种处理方法之一，自 1982 年以来，采用该技术已经修复 160 多处场地。国内也有采用稳定化/固化技术作为重金属污染土壤的修复技术。

### ③优缺点

稳定化/固化技术的优点在于处理方法灵活方便，既可将污染土壤挖掘出来，在地面混合后投放到适当形状的模具中，或放置到空地进行稳定化处理，也可在污染土地原位稳定处理。现场原位稳定处理的方法比较经济，并可处理深达 30m 处的污染物。缺点在于污染物仍留在原土壤中，随外界条件的改变，稳定化的污染物复合体有可能会解体，污染物可能更新活化，渗透到下层土壤和地下水，因此还需长时间的土壤监测和更长时间的环境投入。

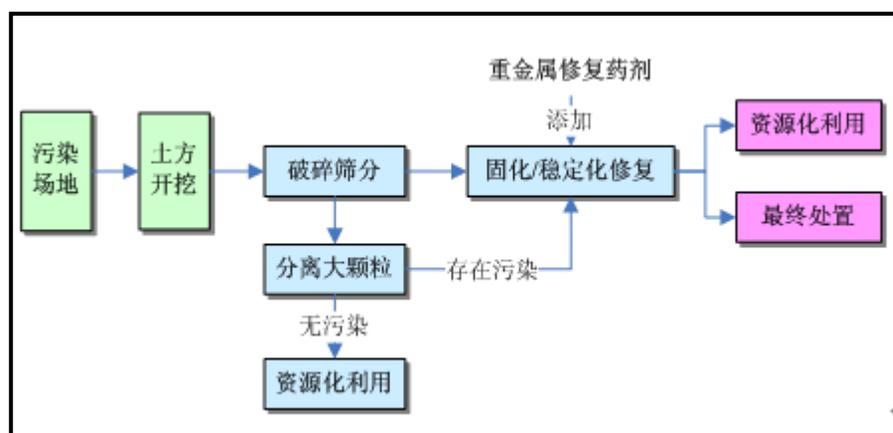


图 4.1-1 稳定化/固化技术

## (2) 化学淋洗技术

### ①技术介绍

化学淋洗技术是指借助能促进土壤环境中污染物溶解或迁移作用的溶剂，通过水力压头推动淋洗液，将其注入被污染土层中，然后再将包含污染物的液体从土层中抽提出来，进行分离和污水处理的技术，可分为原位和异位化学淋洗技术。淋洗液可能含有某种络合剂（如 EDTA、DTPA 和 NTA 等），或者就是清水。原位化学淋洗技术就是在污染区域直接将淋洗液加入污染土壤中，经过充分的混合，使土壤中的重金属溶解进入淋洗液，而后使淋洗液往下渗透或水平排出，最后将含污染物的废液收集再处理的过程。异位化学淋洗技术则是将

污染土壤挖掘出来后再进行清洗处理的过程。

化学淋洗技术适用于水力传导系数大于  $10^{-3}\text{cm/s}$  的多孔隙、易渗透的土壤，及粘粒含量低于 25% 的土壤质地，如沙土、砂砾土壤、冲积土和滨海土，不适用于红壤、黄壤等质地较细的土壤。

### ②应用情况

化学淋洗技术在发达国家已有 30 年的成熟使用经验，可用于处置多种污染土壤，如果污染土壤的物理性质符合要求，还可以处置复合污染的土壤。

### ③优缺点

化学淋洗技术的优点是成本较低，工艺较为简单。但是化学淋洗的总体效率既与淋洗液和污染物之间的作用有关，又与土壤本身的物理性质，即其对污染物和化学淋洗剂的吸附作用有关，当土壤中粘粒含量高于 25% 时，不建议采用此方法。另外，选用的化学淋洗剂在工程实施过程中会产生大量含重金属的废水，容易造成土壤二次污染，也会对地下水污染构成一定风险性。

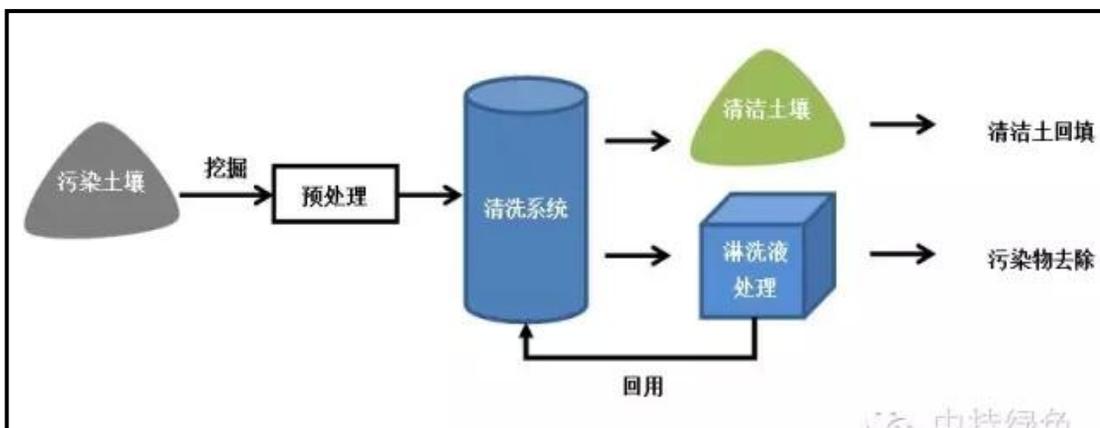


图 4.1-2 化学淋洗技术

## (3) 水泥窑共处置

### ①技术介绍

水泥的生产过程是利用含碳酸钙、二氧化硅以及铁、铝氧化物的原料（主要为石灰石和粘土）经破碎后，按一定比例配合、磨细并调配为成分合适、质量均匀的生料，在  $1400^{\circ}\text{C}$  以上的水泥窑内煅烧至部分熔融，生成具有水硬特性的以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料，再加入适量石膏、混合材料、添加剂共同磨细成为水泥产品。水泥生产的原料以钙、硅化合物为主，同时需要少

量的铁、铝元素，允许少量的其他杂质（非活性物质）存在。而污染土壤除了含少量的污染物之外，其主要成分与水泥原料相似，因此可成为水泥生产的部分替代原料。

水泥窑内气体和物料温度分别可以达到 1750℃ 和 1450℃，这种独具高温的工艺特点可以将大部分的重金属固定在水泥熟料中，水泥窑气固相混合充分，增加了对挥发性重金属的捕获吸附，使得水泥窑中重金属浓度满足排放要求。

## ②应用情况

水泥窑共处置技术是发达国家处置危险废物的主要技术之一，我国从 20 世纪 90 年代也开始广泛开展利用水泥窑处置危险废弃物和城市生活垃圾的研究工作，相关的国际合作项目为我国开展水泥窑共处置技术提供了尝试。水泥窑共处置技术对于土壤中有有机污染物的焚烧去除效果已经得到广泛认可，但是其对于不易焚毁去除的重金属类污染物的固定效果，目前我国学术界及管理部门尚未形成统一认识。

## ③优缺点

水泥窑共处置技术的优点在于处置量大，处置成本较低。缺点在于为了使水泥窑共处置污染土壤过程不影响水泥产品质量，并保持水泥窑的正常运行工况，共处置前需要对土壤样品进行含量分析，包括：土壤主要成分、碱性物质、氯含量、重金属含量。CaO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量大于 40% 的土壤才能在水泥窑进行共处置，且污染土壤在长距离转运至水泥窑的过程中，存在一定的环境风险及运输过程监管问题。

## （4）生物修复技术

### ①技术介绍

生物修复指利用微生物、植物或动物的生命代谢活动，将土壤、地下水中的重金属降解、吸收或富集的生物工程技术系统。由于动物（如蚯蚓）的生命代谢活动对外界依赖程度很高，不适宜用来去除土壤重金属。这里的生物修复主要包括植物修复和微生物修复，对土壤重金属的净化作用原理为：（1）通过生物作用改变重金属在土壤中的化学形态，使重金属固定或解毒，降低其在土

壤环境中的移动性和生物可利用性；（2）通过生物吸收、代谢达到对重金属的削减、净化与固定作用。

植物修复是利用植物去除和消灭污染物的环境治理技术，也可以说是以植物忍耐和超量积累某种或某些污染物的理论为基础，利用植物及其共存微生物体系清除环境中的污染物的一门环境污染治理技术。微生物修复是通过工程手段强化有益的土著微生物菌落，或是通过引进外来菌来增强微生物降解能力以实现污染土壤修复的目的。此外还有通过基因工程技术将多种降解基因转入同一微生物中，使之获得广普降解能力。

### ②应用情况

植物修复目前还处于实验室研究阶段。微生物修复技术在污染土壤和地下水的修复领域使用非常广泛，该技术适用于大面积的污染场地修复。近年来在美国修复市场所占有的比例在 10%左右，在国内也有一定的应用。

### ③优缺点

生物修复技术主要包括植物修复技术和微生物修复技术，其优点在于修复效果好、投资小、费用低、易于管理与操作、不产生二次污染，因而日益受到人们的重视，成为重金属污染土壤修复的研究热点。其存在的缺点为：微生物种类的选择和培养过程比较复杂，不同的微生物只适用于分解不同的污染物。生物反应必须控制反应条件，对技术实施的要求较高。因为微生物和植物消耗污染物的速度很慢，导致修复时间很长，因此这种技术只适用于对土地修复时间没有严格限制的工程。

## 4.1.2 重金属土壤修复技术筛选

### 4.1.2.1 修复技术筛选原则

土壤修复技术筛选需要考虑的因素众多，在修复技术的选择上需要确保污染场地的修复效果满足土地利用方式和风险控制的要求，优先选择可以降低污染物毒性、迁移性和含量的成熟修复技术。修复技术具体筛选原则如下：

- （1）修复技术的筛查与选择要优先考虑充分保护人体健康和生态环境；
- （2）在技术上，修复技术筛查与选择需结合场地再开发利用规划和开发方式，选择可以达到目标的最简化的途径或方法，而不单纯追求技术的先进性；

(3) 在经济上，修复技术筛查与选择兼顾当前修复费用的实际承受能力和未来经济的发展，使得不仅在当前，而且从较长远来看，修复技术的选择都是合适的；

(4) 在可行性上，修复技术的筛查与选择从我国的整体现状出发，充分考虑我国场地修复队伍的能力以及现有污染物处置设施的水平；

(5) 在各种条件允许的情况下，尽量选择环境友好的修复技术。对污染场地中不同类型的污染物和不同风险的土壤，提倡采用区别化的技术分别对待和处理。

#### 4.1.2.1 修复技术筛选方法

由于现有的污染物修复技术较多，对于修复目标值有多种技术方法可供选择，同时每种修复技术又可能有多种工艺参数选项，因此在满足降低污染场地风险至可接受范围内的前提下，对重金属污染场地修复技术的类型、工艺参数进行了归纳和比较，具体见表 4.1-1。

表 4.1-1 重金属土壤修复技术评价参数表

技术	成熟性	适合的土壤类型	治理成本	去污效果	修复时间
稳定化/固化	F	A-I	中等	较好	2-3 个月
化学淋洗	F	F-I	较高	较好	1-6 个月
水泥窑共处置	F	A-I	中等	较好	受水泥产量和土壤添加配比限制
生物修复技术	P	无关	低	中等	1 年以上

注：①成熟性：F-规模应用；P-中试规模；②土壤类型：A-细粘土；B-中粒粘土；C-淤质粘土；D-粘质肥土；E-淤质肥土；F-淤泥；G-砂质粘土；H-砂质肥土；I-砂土。

考虑到该场地现场情况和后期使用用途，需要选择工艺成熟、修复时间短、修复效果好、修复成本较低的土壤修复技术。将表 3-1 中修复技术的应用成熟性、适合的土壤类型、治理成本、污染物的去除效果和修复时间等作为初筛条件，对现有的重金属污染土壤修复技术进行比较得出：

(1) 生物修复技术作为一种新兴的修复技术，虽然具备环境友好和成本低廉的优势，但是其目前在我国尚停留在试验阶段，同时生物修复所需的时间漫长，因此不适用于本场地的土壤修复。

(2) 采用化学淋洗技术处理重金属污染土壤时，需考虑该场地土壤本身的物理性质，该方法适用于砂质粘土、砂土等粒径大、渗透性好的土壤，不适合较细的土壤，当土壤中粘粒含量高于 25% 时，不建议采用此方法。根据本次现场钻探及土工试验成果，本场地土壤质地以粉质粘土为主，因此不适合本场地的土壤修复。

(3) 采用水泥窑共处置技术需将污染土壤挖掘运输至水泥厂，和水泥生料一起进入回转窑高温处置，该方法处置量大，成本较低，优点为不用担心铅迁移活性增强的问题。但是场地附近不具备处置能力的水泥厂，如长距离运输则运输过程中环境风险较大且运输成本高，且水泥窑共处置须得到环保部门的审批，手续相对繁杂，场地也需要大量的外来土壤对修复区域进行填充及覆盖，一方面有再次引入污染的风险，另一方面造成土壤资源的浪费，因此不建议采用。

因此只有稳定化/固化在理论上适用于本场地。采用稳定化/固化方法能够有效将重金属稳定在土壤中，其向环境再次释放的风险较低，也是重金属污染土壤常用的处理技术，其不受土壤成分含量和所在地的限制，在时间、成本、处置条件上具有综合优势，因此推荐应用于本场地修复工程实践。

## 4.2 土壤风险控制技术筛选

目前污染地块风险管控技术主要为阻隔技术，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。

阻隔技术又可以分为垂直阻隔技术和水平隔离层技术两类。垂直阻隔技术的阻隔层采用竖向布置的形式，阻断污染介质向周边环境的迁移疏松的阻隔技术。包括土-膨润土隔离墙、高压喷射灌浆墙、搅拌桩墙、搅喷桩墙、水泥帷幕灌注浆墙、土工膜墙、渗透反应墙技术。

(1) 取代法：把阻隔系统施工于地下而地面不受大的干扰。其中，钢格板是最常见的一种方法。

(2) 挖掘法：将土壤挖出，然后用阻隔材料代替原有土壤，即建置一低渗

透性的垂直阻隔系统，将其插入土壤甚至更深的透水层。例如，交叉桩法是由一系列连锁相邻的桩构成完整的墙；浅层截水墙的建造过程是先用切割机挖出一个足够深的狭槽，然后插入地膜，再用压实的黏土填充；泥浆沟渠的建造过程是先挖一条沟渠，然后用不同材质混合的泥浆进行填充，形成不同形式的泥浆沟渠，如黏土阻隔系统、皂土-水泥阻隔系统、膜阻隔系统的混凝土横隔墙等。

(3) 注射法：向土壤中注入一定的材料，填充土壤的空隙、孔隙和裂隙，以降低土壤渗透性的过程。注射法形成的垂直阻隔系统包括化学灌浆阻隔、深层土壤混合技术、喷射灌浆和喷射混合灌浆等。

(4) 其他方法：包括电动力学阻隔技术、地面冰冻、化学阻隔和生物阻隔等。

水平隔离层技术的阻隔层采用水平敷设布置的形式，阻断污染介质向周边环境的迁移输送的阻隔技术。包括混凝土水平阻隔、粘土水平阻隔、柔性水平阻隔等技术。

考虑到风险控制区域面积为  $400\text{m}^2$ ，土方量为  $600\text{m}^3$ ，根据风险控制污染物铅的迁移途径和能力，结合施工便利性和经济性，且本场地地下水不需要修复，本次土壤风险控制在挖除区域内的污染源（排水管道）的基础上，使用 HDPE 土工膜铺底，对整个风险控制区域采用加厚混凝土水平阻隔技术。

## 5 修复方案总体设计

本项目场地修复方案总体设计如下：

(1) 本次污染场地总修复土方量为 900m<sup>3</sup>，选择原地异位稳定化/固化修复技术作为本场地土壤修复的主要技术。对于修复不达标的土壤重新进行处置，修复达标的土壤回填至原有基坑。

(2) 本次污染场地风险控制土方量为 600m<sup>3</sup>，采用土工膜墙技术和加厚混凝土水平阻隔技术进行控制。

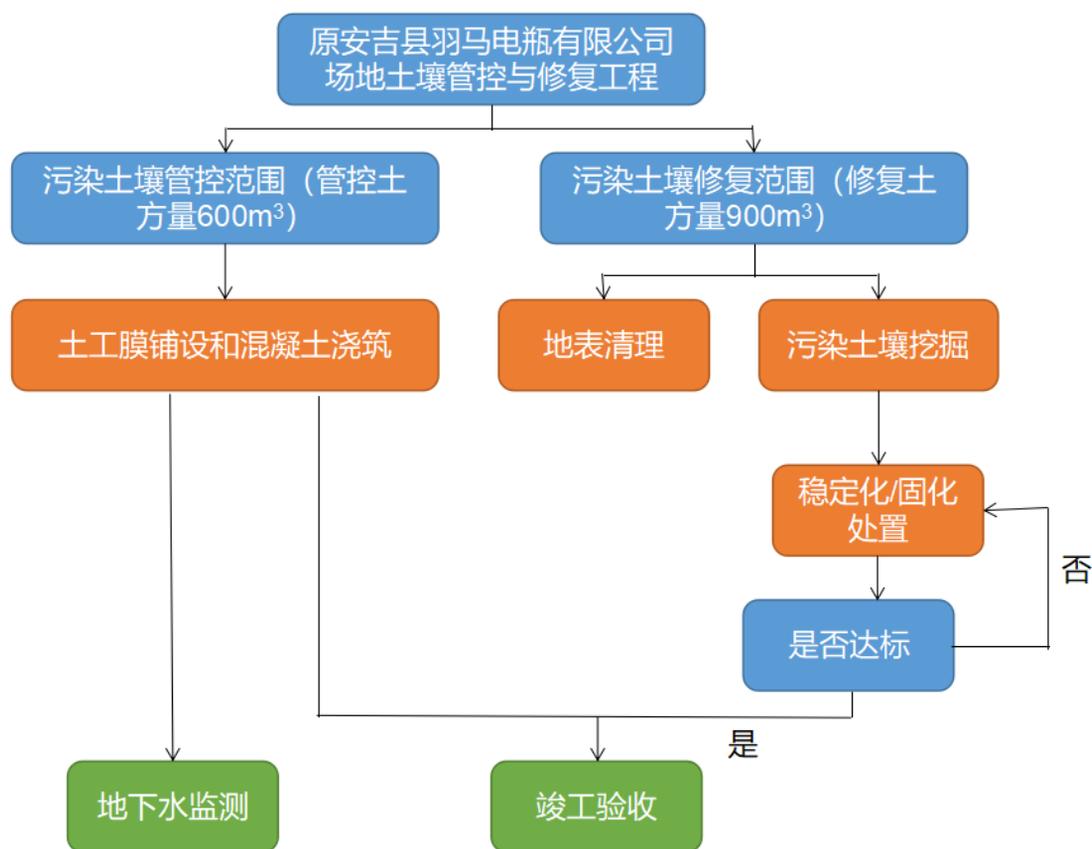


图 5-1 土壤修复思路总体设计

### 5.1 土壤修复实施方法

含磷修复剂如羟基磷灰石、磷矿粉、磷肥、磷酸和可溶性磷酸盐是目前应用较为广泛的土壤重金属污染修复药剂。添加到土壤中的含磷材料会释放出磷与土壤中的铅反应形成极其稳定的磷氯铅矿物（ $Pb_5(PO_4)_3X$ ），显著降低铅在土壤中的可移动性及生物有效性，从而降低环境风险。

本场地中污染土壤采用稳定化/固化技术处置，稳定化/固化药剂选择目前常用的磷酸二氢钾和硅酸盐水泥作为本次场地污染土壤修复材料。

### 5.1.1 修复机理介绍

含磷物料稳定化修复铅污染土壤的机理主要包括吸附、沉淀和共沉淀等多种形式，主要机制是沉淀机制。

磷酸盐对土壤中  $Pb^{2+}$  的吸附作用很强，磷灰石族矿物也可通过表面吸附作用将铅吸附在表面。除了离子交换吸附作用，磷酸根离子增加也会促进阳离子吸附，降低铅移动性。Naidu 等研究发现，通过添加磷肥，土壤  $H_2PO_4^-$  会增加，升高土壤颗粒表面阴离子电性，从而增大对铅离子的吸附作用。

沉淀-共沉淀作用是由于  $Pb^{2+}$  会与加入到土壤中的含磷材料的磷酸根形成磷酸盐沉淀，难溶性的含磷材料会先溶解后沉淀，含磷修复剂与铅会形成稳定的磷酸铅类化合物 ( $Pb_5(PO_4)_3X$ )，分别形成氟磷铅矿 (FP)、羟基磷灰石 (HP) 及氯磷铅矿 (CP) 等，这三种磷酸盐铅矿物的稳定性逐渐升高。相关研究发现磷灰石与土壤中的铅反应生成氟磷铅矿沉淀，占土壤中 Pb 的固定总量的 78.3%，而通过表面吸附或络合作用固定的铅为 21.7%。

### 5.1.2 处置原理及药剂添加比例

经查阅相关文献，并结合场地修复工程经验，当 pH 呈弱酸性时，土壤/粘土矿物=25: 2 的比例时，更有利于固定土壤中的重金属，磷酸二氢钾对重金属的修复效果达到最佳。根据《原安吉县羽马电瓶有限公司场地环境调查与风险评估报告》，本场地土壤 pH 值在 3.87~7.40 之间，大部分土壤呈弱酸性和中性，部分样品呈酸性特征，适宜稳定化/固化药剂所需的土壤 pH 环境，因此本次修复施工不做土壤 pH 调节。

综上所述，本次土壤修复工程实践中，对于重金属铅污染土壤，添加磷酸二氢钾进行稳定化，添加比例为 8%，即每吨污染土壤添加 80kg 磷酸二氢钾，然后添加水泥进行固化。

### 5.1.3 修复工艺流程

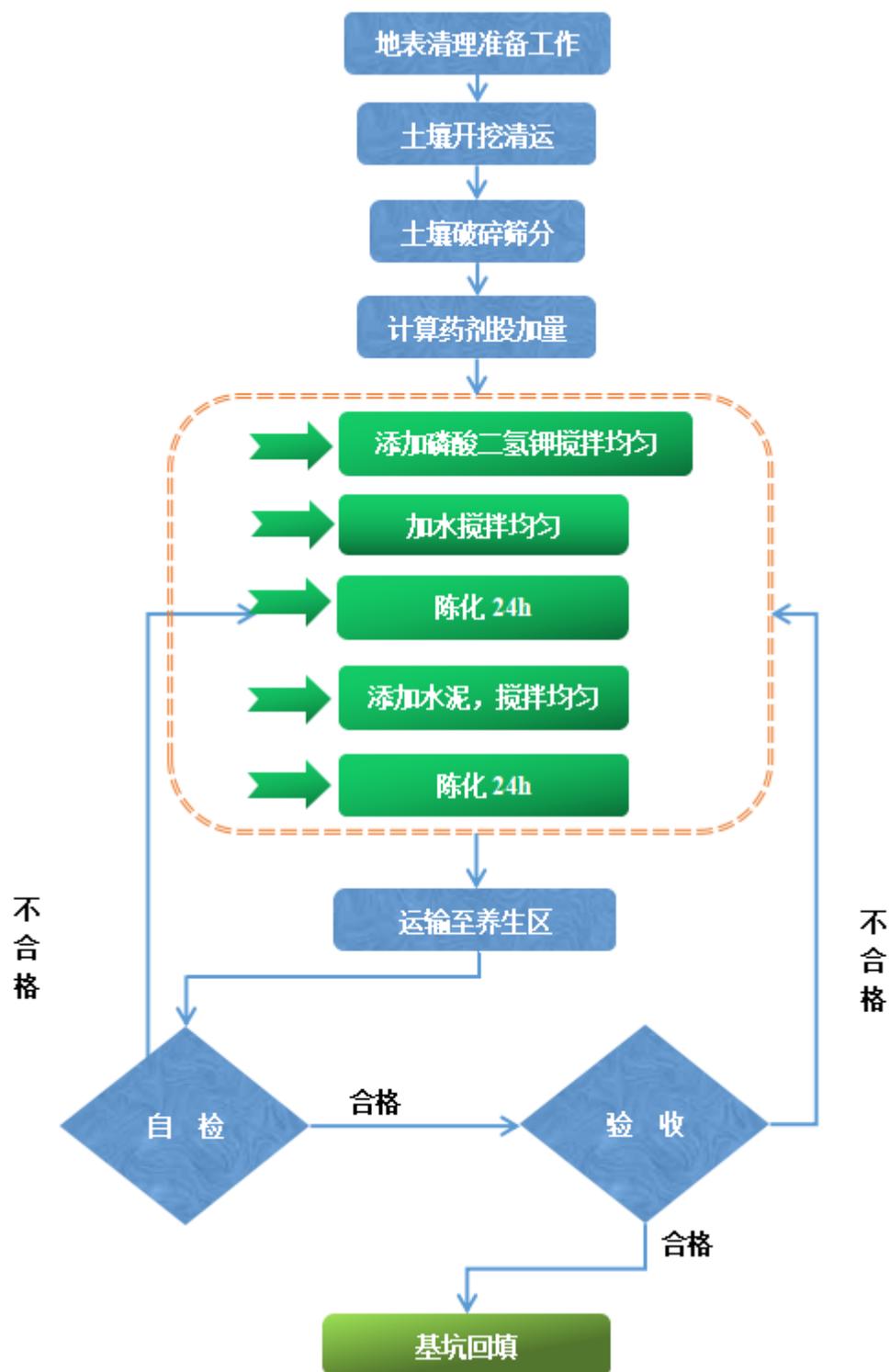


图 5.1-1 修复工艺流程

- (1) 使用 ALLU 筛分铲斗对污染土壤进行破碎筛分。筛分过的土壤, 其 90% (体积百分比) 以上的土壤粒径小于 2cm;
- (2) 土壤分批处置, 按比例计算药剂投加量;

- (3) 将磷酸二氢钾投加到待处置土壤中，用挖机搅拌均匀；
- (4) 向搅拌均匀的土壤中加入水，控制含水率在 30%，再次搅拌，使得药剂在土壤中充分溶解；
- (5) 搅拌均匀的土壤陈化 24 小时；
- (6) 将水泥投加到土壤中，再次利用挖机搅拌均匀；
- (7) 搅拌均匀的土壤陈化 24 小时，待自检和验收；
- (8) 自检和验收不合格的土壤，继续添加稳定化/固化药剂，重新处置，检测合格的土壤，用于基坑回填。

#### 5.1.4 小试试验

为验证稳定化/固化在实际修复工程施工中的处置效果，杭州康利维环保科技有限公司分别选取铅超标点位（S3、S4、S6）污染土壤，模拟实际修复工程施工的操作过程，对污染土壤进行了小试实验。

##### 5.1.4.1 试验方法

- (1) 分别选取铅超标点位污染土壤，每个点位设置 1 组平行样，将土壤样品破碎至直径≤10 mm；
- (2) 将磷酸二氢钾投加到待处置土壤中，用玻璃棒搅拌均匀；
- (3) 向搅拌均匀的土壤中加入水，再次搅拌，使得药剂在土壤中充分溶解，搅拌均匀的土壤陈化 24 小时；
- (4) 将水泥投加到土壤中，再次搅拌均匀；
- (5) 搅拌均匀的土壤陈化 24 小时；

##### 5.1.4.2 试验结果

将 4 组试验土壤样品送至实验室分析相应污染物的浸出浓度，分析结果见下表：

表 5.1-1 小试结果

污染物	样品点位	样品编号	处置前浓度 (mg/kg)	处置前浸出值 (mg/l)	处置后浸出值 (mg/l)
铅	S3	S3 2.0-2.5	3820	0.125	ND
	S4	S4 1.5-2.0	4123	0.075	ND
	S6	S6 0-0.5	5432	0.224	0.006
		S6 0.5-1.0	4340	0.182	0.008

通过对稳定化/固化处置前与处置后的土壤分析结果进行对比，经过上述方法处置后土壤中污染物的浸出液浓度大大降低，均低于《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)中铅的IV类标准，达到修复目标。

## 5.2 土壤风险管控实施方法

### 5.2.1 风险管控材料介绍

#### (一) HDPE 膜

HDPE 土工膜是以(中)高密度聚乙烯树脂为原料生产的一种防水阻隔型材料，具有以下性能特点：

- HDPE 土工膜是一种柔性防水材料，具有很高的防渗系数 ( $1 \times 10^{-17}$  cm/s)；
- HDPE 土工膜具有良好的耐热性和耐寒性，其使用环境温度为高温 110℃、低温-70℃；
- HDPE 土工膜具有很好的化学稳定性能，能抗强酸、碱、油的腐蚀是好的防腐材料；
- HDPE 土工膜具有很高的抗张力强度，使它具有很高的抗拉强度能满足高标准工程项目需要；
- HDPE 土工膜具有很强的耐候性，有很强的抗老化性能，能长时间裸露使用而保持原来的性能；
- HDPE 土工膜的整体性能，HDPE 土工膜有很强的抗拉强度与断裂伸长率，使 HDPE 土工膜能够在各种不同的恶劣地质与气候条件下使用。

目前 HDPE 土工膜由于其良好的性能被广泛应用于环保、环卫领域，例如垃圾填埋场、污水处理厂、电场调节池、工业、医院固体废弃物等。

#### (二) 水泥混凝土

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、钢筋或其他掺和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。表层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。

### 5.2.2 风险管控工艺流程



图 5.2-1 风险管控工艺流程

(1) 对风险管控区块范围进行确认，破除区块内排水管四周的混凝土，挖出排水管线。

(2) 对排水管底部和两侧进行 HDPE 土工膜铺设。

(3) 对开挖的沟渠进行回填，回填材料为清洁粘土。

(4) 对风险防控区块的表层混凝土进行加厚处理。

(5) 在混凝土表面设置挡水围堰和引流设施。

## 6 环境管理计划

### 6.1 环境管理及二次污染防治措施

本项目污染土壤修复实施过程中，挖机、运输车辆、Allu 筛分设备以及水泵等的使用对环境的影响主要包括以下方面：

- (1) 各种机械施工产生的噪音；
- (2) 污染土壤挖掘、稳定化/固化处置时产生的扬尘；
- (3) 土壤开挖积水、降雨、以及施工用水等产生的废水。

为施工现场创造良好的环境，确保环境安全和工程施工的顺利完成，同时保障施工及其他所有相关人员的健康和安全以及施工现场周边的环境，制定以下环境管理方案。

#### 6.1.1 噪声防治措施

本项目施工期间主要噪声源为各类施工机械的辐射噪声和运输车辆交通噪声。根据国内同类设备在工作状态时的调查资料，施工期间各类作业机械噪声平均强度见表 6.1-1。

表 6.1-1 主要施工机械设备的噪声级

机械类型	声源类型	Lmax[d(A)]
挖掘机	不稳定态源	95
装载机	不稳定态源	90
Allu 筛分设备	不稳定态源	95
水泵	固定稳态源	90

《建筑施工场界噪声标准》(GB12523—1990) 对不同施工阶段作业所产生的施工噪声在其他施工场界的限制见下表。

表 6.1-2 建筑施工场界噪声限值 [Leq, dB(A)]

主要噪声源	噪声限值	
	昼间	夜间
挖掘机、装载机、 Allu 筛分设备、水泵	75	55

**注：**如几个施工阶段同时施工，以高噪声阶段的限制为准。

本项目在施工期间噪声的影响随着工程进度（即不同的施工投入）而有所不同。在施工初期，挖掘机使用和运输车辆的行驶为主要噪声源，噪声影响具有流动性和不稳定性，土壤稳定化/固化处置过程中筛分设备为主要的固定声源。总体而言，施工噪声影响是阶段性的，一旦施工活动结束，其噪声影响也就随之消除。施工期间，项目部将采取以下有效措施，减轻对周围区域的环境影响：

- (1) 加强现场施工管理，尽量降低施工现场噪声；
- (2) 规范施工时间，原则上避免中午和夜间施工；
- (3) 维修、管理高噪音的器具，使设备处于低噪声、良好的工作状态，降低噪音污染。

### **6.1.2 扬尘防治措施**

污染场地修复过程中土壤挖掘、运输以及修复施工过程中均会产生粉尘，粉尘携带污染物，如不做好防范措施，将会影响现场人员及场地周边居民健康，造成污染扩散。对施工现场易产生扬尘的建筑材料、建筑垃圾、渣土等采取密网覆盖、洒水等扬尘防止措施；土方作业阶段，作业区目测扬尘高度小于 1.5m，不扩散到场外；在非现场作业区目测基本无扬尘。

针对施工过程中有可能产生粉尘的施工环节，制定如下扬尘防治措施：

- 1) 车辆及挖机在经过干燥地表时，控制车速、减少扬尘；
- 2) 运输前注意覆盖好车辆上装载的污染土壤，防止土壤扬撒；
- 3) 挖机开挖表层干燥土壤时，避免铲斗来回刨土；
- 4) 挖掘场地周边、运输道路及车辆周转区域应勤洒水，保持表层土壤湿润，减少扬尘；
- 5) 土壤装卸过程中，尽量减缓车速、降低落差；
- 6) 暂存的土壤用防雨布及时覆盖，防止扬尘扩散；
- 7) 处理中的土堆，根据情况洒水，保持土壤湿润；
- 8) 清扫洒落的土壤时，适量洒水、减少扬尘；
- 9) 污染土壤挖掘、装车施工在篷房内施工，篷房配备排气除尘装置，减少扬尘扩散；

11) 在风力较大的天气停止露天施工。

**污染土壤清运现场:**

- 1) 车辆及挖机在经过干燥地表时，控制车速、减少扬尘；
- 2) 挖机开挖表层干燥土壤时，避免铲斗来回刨土；
- 3) 挖掘基坑周边、运输道路及车辆周转区域应勤洒水，保持表层土壤湿润，减少扬尘；
- 4) 土壤装卸过程中，尽量减缓车速、降低落差产生扬尘和土壤抛洒、泄露；
- 5) 车辆驶离工地时，需对车辆轮胎、车身进行清洗，避免车辆行驶过程中，清洗车辆的水进行收集后作为施工用水；
- 6) 现场工作人员必须穿戴必要的劳保防护用品。

**稳定化/固化处置场地:**

- 1) 对土堆表层土壤喷水，提高土壤湿度；
- 2) 土壤破碎、筛分及稳定化/固化处置过程中对土壤进行适当洒水降尘；
- 3) 在处理后的土堆上覆盖防尘网或防雨布；
- 4) 操作人员必须穿戴必要的劳保防护用品。

**6.1.3 积水利用、水体污染防治措施**

由于本场地内存在污染土堆、污染土壤开挖，因此必须防止污染土壤受到雨水冲刷，并对地表径流进行有效控制，具体方法如下：

- ① 合理设计导排沟走向和容量，确保受污染雨水不外溢。
- ② 在修复区域（挖掘区域）周围设置导排沟和集水坑；
- ③ 根据污染土壤开挖进展，及时设置临时性排水沟，将雨水汇集至集水坑。

现场配备防雨布，如遇下雨，停止施工，对已挖掘出的土壤及基坑用防雨布覆盖，并在基坑四周开导排水沟，防止地面积水流入基坑，导排水沟按以下方式修建：在已开挖出的基坑四周挖深 0.5m，宽 0.3m 的浅沟，并且每隔 50m 挖一个 2m×2m×1.5m 的集水坑，将水泵放置在集水坑内抽水，基坑涌水集中收集。

对大型机械清洗，在地面设置洗车台，设备停留在洗车台上，冲洗的水流入废水收集池内，池内的水作为冲洗水重复使用，最后进入将废水集中收集。

现场土壤开挖过程中涌出的积水、施工过程中收集的雨水等，这些环节产生的积水收集之后用于稳定化/固化处置用水，施工结束最终剩余积水打入废水处理区进行处理（处理流程图见图 4-1），对废水中相关指标进行监测分析，具体包括：总铅、pH、色度、悬浮物、BOD<sub>5</sub>、COD、动植物油、氨氮、磷酸盐。符合《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准方可排入污水管网。

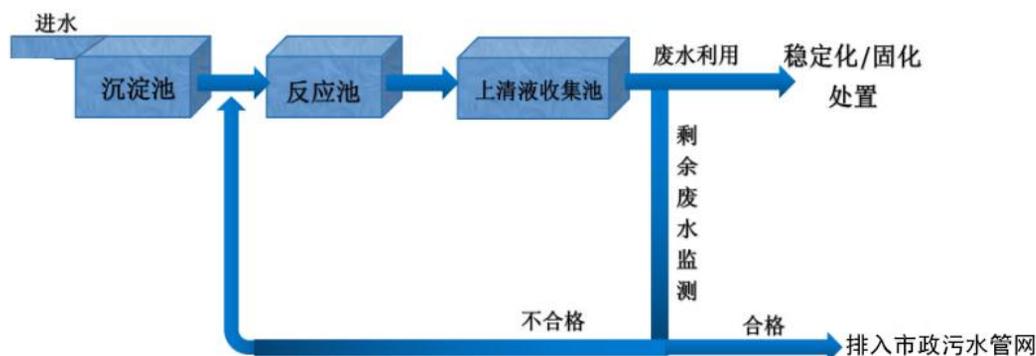
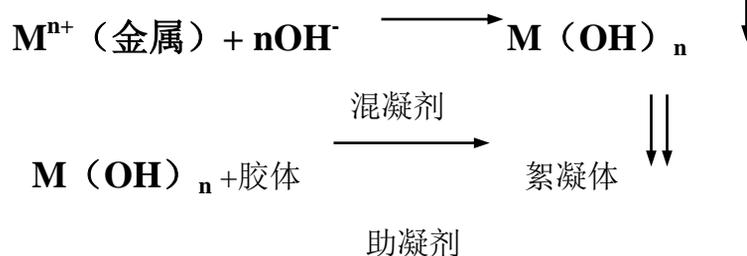


图 6.1-1 废水处理工艺流程

沉淀反应池中投加混凝剂，在适宜的 pH 条件下促使微小颗粒絮凝长大，达到固液分离的目的，使金属离子（砷、镉、铬、铜、铅、锌、汞等）形成氢氧化物沉淀，最后沉淀被胶体（混凝剂+助凝剂）捕捉，形成易沉絮凝色度也得以去除。最后沉淀池内污泥按照稳定化/固化方式与土壤一并处理。



#### 6.1.4 有害物质污染防治措施

在污染土壤挖掘过程中如发现危险废物，为防止污染扩散，需停止挖掘及时采取收集和清理措施，收集和清理方法应严格按照以下内容进行：

##### (1) 危废收集

根据危险废物状态选用不同容器，废液用双塞聚乙烯桶包装，废渣用定制固废箱包装。装有危险废物的容器符合以下要求：

- ① 固体危废和液体危废不混合。

② 所使用包装容器没有腐蚀、污染、损毁或其它能导致其包装效能减弱的缺陷。

③ 在将原危废包装容器包装前，包装工人对其进行检查，了解其现状，将其妥善盖好或密封，并确保容器表面保持清洁。

④ 装有废渣的容器贴有标签，标签上详细标明危险废物的名称、重量、成分、特性及发生泄漏、扩散污染事故时的应急措施和补救方法。按照工程计划，包装好的危险废物原则上当天完全清运，若遇到特殊原因当天不能清运的在场地内临时贮存，做好地面防渗和防雨措施，并安排人员值守。

## (2) 危险废物清理

危险废物分为固体危废、液体危废，需收集起来并分别用适当的容器包装，容器外贴上危险废物标签，标志下方附标签，标签上详细标明危险废物的名称、重量、成分、特性以及发生泄漏、扩散污染事故时的应急措施和补救方法。集中运输到危废处置单位进行处置。

### 1) 固体危废

- ① 固体危废采用定制固废箱包装（图 14.3-1），内衬双层聚乙烯袋；
- ② 每个装了危废的聚乙烯袋采用扎口带进行封装；
- ③ 禁止将不同性质的危废装入同一容器；
- ④ 固废箱外贴危废标签，并填写污染物数据。



图 6.1-2 定制固废箱

### 2) 液体危废

① 收集场地内所有装有液体危废的容器，用泥浆泵将液体危废转移至 200L 双塞聚乙烯桶（图 14.3-2）中；

② 用锯末吸附原液体危废容器中的残留液体，吸附过残留液体的锯末等同危废进行包装处置；

③ 操作地面上需垫放 2mm 厚的高密度聚乙烯膜（HDPE 膜），防止液体溅至地面，渗入土壤；

④ 禁止将不同性质的危废混装入同一容器，容器顶部与液体表面之间保留 100mm 以上的空间。



图 6.1-3 200L 双塞聚乙烯桶

### 6.1.5 污染土壤扩散防护措施

在施工过程中，可能会通过雨水冲刷后污染土壤经地表径流扩散、作业机具、人员粘附污染土壤后移动扩散、污染土壤运输遗撒等途径导致污染土壤外排或扩散造成二次污染。

#### （1）防雨措施与地表径流控制

由于本场地内存在污染土壤开挖，因此必须防止污染土壤受到雨水冲刷，并对地表径流进行有效控制，具体方法如下：

① 在修复区域（挖掘区域）、化学氧化修复区、土壤预处理区等区域搭建大棚进行封闭施工。

② 合理设计导排沟和集水池走向和容量，确保受污染雨水不外溢；

③ 在指定区域暂存的污染土壤，应立即覆盖堆土表面，并在所有堆场周围设置导排沟和集水池；

④ 根据污染土壤开挖进展，及时设置临时性排水沟，将雨水汇集至集水池；

⑤ 所有收集的污染雨水均转移至废水收集处进行统一管理。

#### （2）机具设备清洗

所有由污染区域进入非污染区域的设备、机具均需清洗，包括挖掘机、运输车辆和个人防护设备。对大型机械清洗，在地面设置清洗池和沉淀池，设备停留在清洗平台上，冲洗的水流入清洗沉淀池内，池内的水作为冲洗水重复使用，沉淀底泥则进行收集处置。

### （3）场地内短驳运输控制措施

① 做好车辆安全检查，确保车况性能良好，运输车辆做到专车专用。

② 严禁超载、超速、疲劳驾驶、酒后驾车，驾驶员、装卸员及有关业务管理人员，必须掌握危险货物运输的相关知识。

③ 做好运输过程污染土壤的“防扬散、防流失和防雨淋”措施，发生大量污染土壤洒落时，应立即清理污染土壤；如有必要应对该地点进行取样检测，确保污染土壤清理干净。

### （4）安全卫生防护

① 加强施工人员管理，在施工前，对所有涉及的工作人员针对场地污染土壤的注意事项、个人防护用品的正确穿戴、事故应急等内容进行安全教育，告之运输过程存在的风险，强调工作的特殊性。

② 施工预备必要的防护用品。包括专用的手套、眼镜、防护口罩等，施工人员应强化劳动防护用品使用的管理，定期检查防护用品的质量，并做好相关记录。所有防护用品都应向专业商店（正规渠道）购买，避免因防护用品质量问题造成不必要的人员伤害。个人防护用品的费用参考化工厂人员防护用品费用。

③ 如果施工人员需与污染土壤接触，必须佩带手套、眼镜、防护口罩，与污染土壤接触后必须进行淋洗更衣，并存放好工作用品。

④ 施工现场应配备洗眼器，应配备急救药箱及药品。

## 6.2 环境监测方案

### 6.2.1 噪声监测

在修复工程实施过程中，机械作业产生的噪声需定期进行监测。测量时尽量选择无降雨、无雷电天气、风速为 5m/s 以下时进行，且选在场地平坦、无大反射物的区域中进行监测。

#### (1) 监测点的确定

噪声的监测方法按照《工业企业厂界环境噪声排放标准》中规定的测量方法。噪声监测围绕施工场区边界线布设监测点，每个采样点位置设在高于 1.2m 以上的噪声敏感处。

#### (2) 采样方法与频率

采用积分声级计采样，采样时间间隔不大于 1 秒。白天以 20 分钟的等效 A 声级表征该点的昼噪声值，夜间以 8 小时的平均等效 A 声级表征该点夜间噪声值。测量时间分为白天和夜间两个时间段。白天测量选在 8:00-12:00 时或 14:00-18:00 时，夜间选在 22:00-5:00 时，每个月采样监测 1 次。

#### (3) 评价标准

施工过程中噪声排放控制执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类声功能标准。

### 6.2.2 大气监测

在土壤挖掘、土壤破碎筛分、土壤稳定化/固化处置过程中可能会有扬尘扩散到空气中，为了确定施工现场及周边空气中污染物的起始含量与污染状况，并为施工结束后的现场及周边空气质量验收提供对比验证背景值，施工前需对施工现场及场地外上下风向空气介质中污染物进行监测。此外，为判断污染物在场内部和场地外空气介质中的扩散量和残留量是否符合相关的国家和国际安全标准，确保贮存和施工现场工人短期接触的职业健康安全而周边社区居民健康安全，需对施工全过程的空气污染物进行监测。

监测频率为：施工过程中，结合施工进度，每月监测一次；施工结束后，空气采样监测一次。

评价标准依据为《大气污染物综合排放标准》（GB 16297—1996），处置前空气采样方法严格按照国家环境保护总局编写的《空气和废气监测分析方法》（第四版）和《环境空气质量手工监测技术规范》的采样方法，选用专用大气采样器

进行采样分析。

### 6.2.3 表层土监测

在修复施工结束后，对场地施工区域表层土壤进行采样监测，以确定施工过程中是否对施工场地周边土壤造成污染，监测采样点位如下图所示，采样深度0-20cm。



图 6.2-1 表层土监测点

### 6.2.4 废水监测

地表污水主要包括基坑渗水、降雨、稳定化/固化处置过程中的施工用水、施工现场车辆行驶出场时对车身进行清洗和清洗施工设备产生的废水等。用于稳定化/固化处置用水，施工结束最终剩余积水均需收集后进入现场废水沉淀池，并经初步处理，监测达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准方可排入污水管网。

## 7 修复效果自检及验收方案

### 7.1 修复效果自检方案

#### 7.1.1 监测类型

原安吉县羽马电瓶有限公司场地土壤风险管控与修复工程实施过程中需要监测的类型包括以下两个部分：

- (1) 污染区域土壤清运是否达到修复目标值；
- (2) 稳定化/固化处置后土壤是否达到修复效果指标。

#### 7.1.2 监测原则

本监测方案主要参照《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2-2014)、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》执行。

#### 7.1.3 清运后基坑自检

对清运后基坑底部和侧壁的土进行采样，以表层样为主。如坑底或侧壁表层土样监测结果超过修复目标值，将对超标区域进行二次清挖，二次挖掘后再次进行采样监测，直至达到修复目标值。

根据《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2-2014)中相关要求，“完成污染土壤清挖后界面的监测，包括界面的四周侧面和底部。根据地块大小和污染强度，将四周的侧面等分成段，每段最大长度不超过 40m，在每段均匀采集 9 个表层土壤样品制成混合样（测定挥发性有机物项目的样品除外）；将底部均分成块，单块的最大面积不超过 400m<sup>2</sup>，在每个地块中均匀分布地采集 9 个表层土壤样品制成混合样（测定挥发性有机物项目的样品除外）”。

##### 7.1.3.1 坑底采样要求

将基坑底部分别以 400 m<sup>2</sup>左右，均分成若干块，在每个地块中均匀分布地采集 9 个表层土壤样品制成 1 个混合样。

表 7.1-1 基坑坑底采样监测

区域编号	面积 (m <sup>2</sup> )	块数	混合样品数 (个)
S3	200	1	1
S6	400	1	1

### 7.1.3.2 侧壁采样要求

将基坑四周的侧面等分成块，每段的长度为 40m 左右，在每段均匀采集 9 个表层土壤样品制成 1 个混合样。

表 7.1-2 基坑侧壁采样监测

区域编号	周长 (m)	块数	混合样品数 (个)
S3	60	2	2
S6	80	2	2

根据《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2-2014)中相关要求,“对原地异位治理修复工程措施效果的监测,处理后土壤应布设一定数量的监测点位,每个样品代表的土壤体积应不超过 500m<sup>3</sup>”。

本次场地修复对于稳定化/固化处置后的土壤,以 500m<sup>3</sup>土壤量为一个单元,参考《工业固体废物采样制样技术规范》(HJ/T20-1998)在土堆底部、中部和顶部分别采集土壤样品,制成 1 个混合土壤样品送实验室做浸出毒性分析,共采集 2 个样品。检测不达标,对超标土壤单元再次进行稳定化/固化处理,直至达标。

## 7.2 项目验收方案

原安吉县羽马电瓶有限公司场地土壤风险管控与修复工程采用稳定化/固化技术进行土壤修复,即将污染土壤挖掘后运输至暂存区进行破碎、筛分,在处置区加入稳定化/固化药剂,处置达标后土壤用于基坑回填。同时采用 HDPE 土工膜和混凝土阻隔的技术进行风险管控,使污染介质与周围环境隔离,降低和消除地块污染物铅对人体健康和环境的风险。

本场地修复施工结束,在自检合格的基础上,需要验收的类型包括以下两个部分:

- (1) 污染区域土壤清运是否达到修复目标值;
- (2) 稳定化/固化处置后土壤是否达到修复效果指标;
- (3) 风险管控区域地下水长期监测。

### 7.2.1 验收依据

本次修复工程验收监测主要依据《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014)、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》开展相关工作。

### 7.2.2 验收工作流程

施工单位完成污染土壤修复后,由场地施工单位向业主单位、环境监理、工程监理提交验收申请表,业主单位进行书面审核及现场勘查核实,经核实认为具备验收条件,受理申请,并委托具有验收资质的单位对现场进行采样检测。验收合格后,施工单位方可退场。工作程序流程见图 7.2-1。

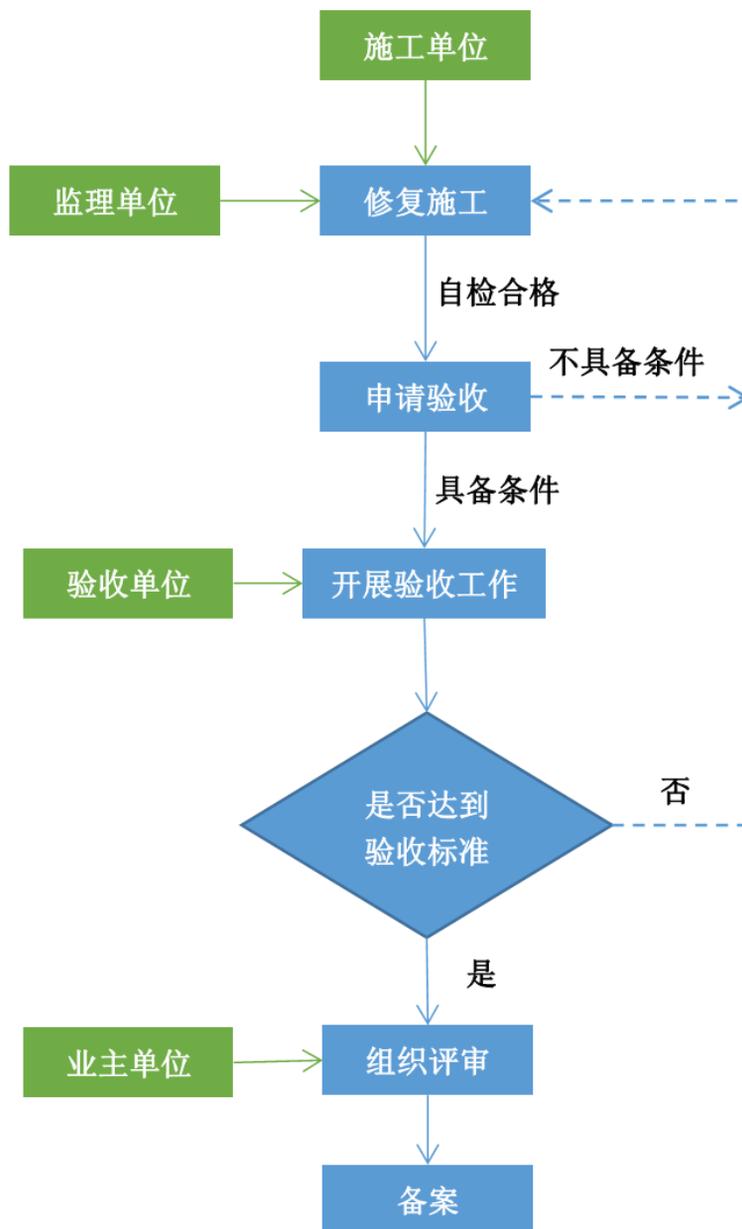


图 7.2-1 验收工作程序

### 7.2.3 验收项目和标准

本次场地基坑验收项目和验收标准如下表所示：

表 7.2-1 修复区土壤修复目标值/mg kg<sup>-1</sup>

序号	污染物	修复目标值 (mg/kg)
1	铅	1753

本场地处置后土壤验收项目和验收标准如下表所示：

表 7.2-2 处置后土壤修复效果指标

污染物	浸出浓度 (mg/L)	备注
铅	0.1	《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中IV类标准

本场地风险管控区域后期地下水监测标准如下表所示:

表 7.2-3 处置后土壤修复效果指标

污染物	浓度 (mg/L)	备注
铅	0.1	《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) 中IV类标准

## 7.2.4 验收工作

### 7.2.4.1 基坑验收采样

将基坑底部分别以 400 m<sup>2</sup>左右, 均分成若干块, 在每个地块中均匀分布地采集 9 个表层土壤样品制成 1 个混合样。

表 7.2-4 基坑坑底采样监测

区域编号	面积 (m <sup>2</sup> )	块数	混合样品数 (个)
S3	200	1	1
S6	400	1	1

将基坑四周的侧面等分成块, 每段的长度为 40m 左右, 在每段均匀采集 9 个表层土壤样品制成 1 个混合样。

表 7.2-5 基坑侧壁采样监测

区域编号	周长 (m)	块数	混合样品数 (个)
S3	60	2	2
S6	80	2	2

### 7.2.4.2 处置后土壤验收采样

本次场地修复对于稳定化/固化处置后的土壤, 以 500m<sup>3</sup>土壤量为一个单元, 参考《工业固体废物采样制样技术规范》(HJ/T20-1998) 在土堆底部、中部和顶部分别采集土壤样品, 制成 1 个混合土壤样品送实验室做浸出毒性分析。

### 7.2.4.3 风险管控地下水监测

参照《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014)中相关要求,在风险管控区域下游布设监测井用以监测污染物铅浓度,本次监测可以选用场地调查过程中的 J3 号井,每年取样两次送往实验室进行分析。

### 7.2.5 采样质量控制与质量保证

为避免采样设备及外部环境条件等因素影响样品,现场采样过程中注重质量保证和质量控制。具体措施如下:

- (1) 在样品的采集、保存、运输、交接等过程建立完整的管理程序;
- (2) 防止采样过程中的交叉污染。采样过程中,同一取样装置在不同区域、不同深度采样时应注意清洗,与土壤接触的其他采样工具重复利用时也应清洗;
- (3) 采集现场质量控制样是现场采样和实验室质量控制的重要手段。质量控制样一般包括平行样、空白样、运输样和清洗空白样,控制样品的分析数据从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段分析质量效果;
- (4) 在采样过程中,同种采样介质,采集至少一个平行样。平行样是从相同的点位收集并单独封装和分析的样品;
- (5) 土壤样品送有资质(CMA 或 CNAS 认证)的第三方检测单位进行分析。检测单位实施严格的实验室质量控制措施。

## **8 修复工程设计**

### **8.1 施工进度安排及工期、质量保证措施**

#### **8.1.1 计划日期**

根据业主要求，和现场实际情况，结合场地修复工程经验，本次土壤修复工程确定总施工工期为 30 天（不包含完成土壤污染修复技术方案编制工作和专家评审论证）。如果场地污染范围及污染量有超出现象，则施工工期将做相应延期调整。

#### **8.1.2 施工进度横道图**

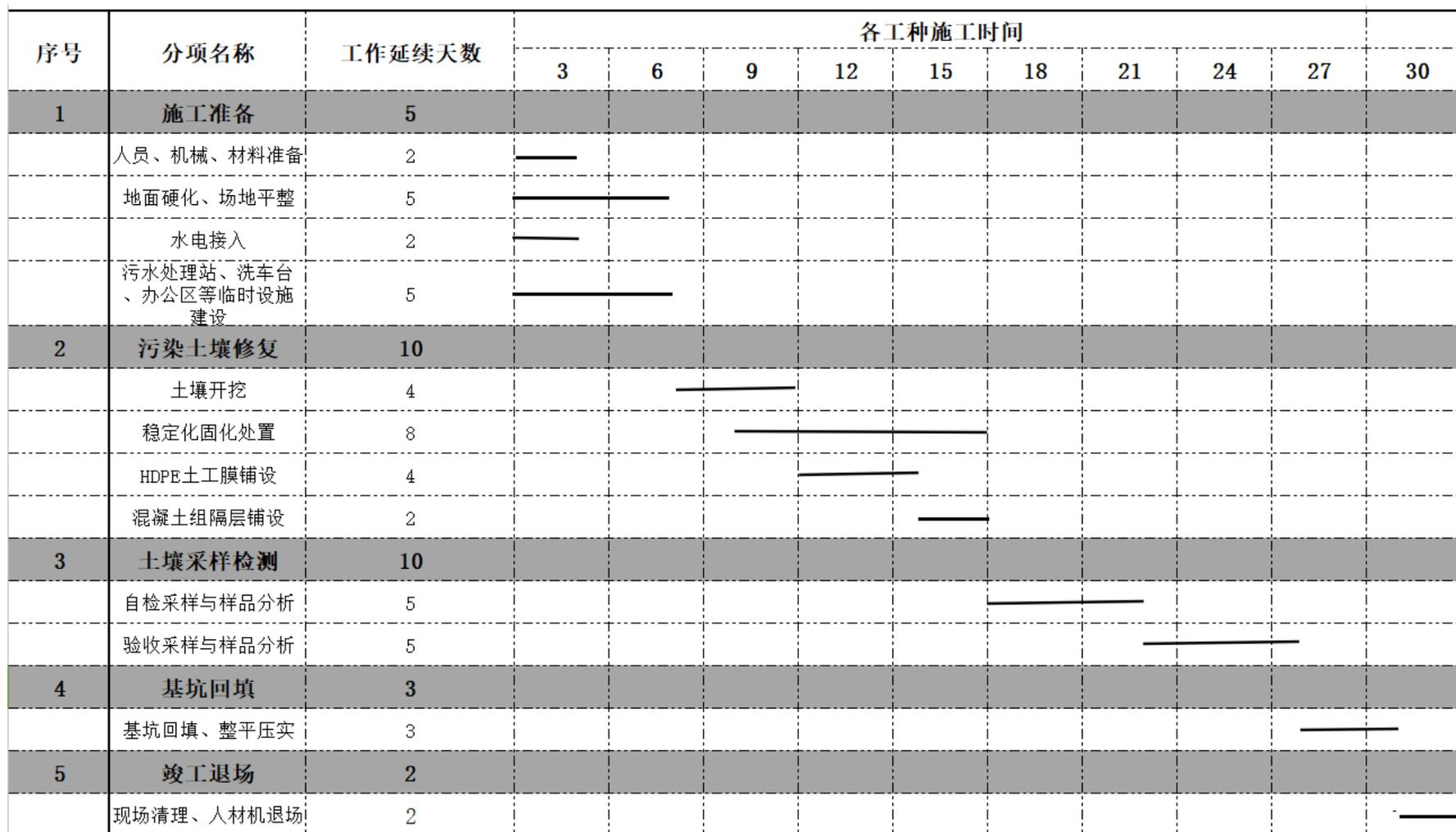


图 8.1-1 施工进度横道图

(1) 场地基建准备 (5 天)

现场准备主要包括作业机具准备、场地清理与整平、临时便道与临时设施建设平整、分区设置、导排沟集水池设置、施工降水设施设置、污水收集池设置等。施工准备阶段开工日期在修复方案经专家评审可以进场时候后与甲方协商进场日为准。

(2) 污染土壤清运 (4 天)

污染土壤采用挖掘机将修复范围内的污染土壤挖掘出来后直接装入自卸卡车运至稳定化/固化处置场地。总土方量为 900m<sup>3</sup>，计划每天开挖清运 400m<sup>3</sup>，共计 3 天清运完毕。

(3) 污染土壤修复 (10 天)

污染土壤修复工程包括筛分破碎预处理过程、加磷酸二氢钾稳定化、加水泥固化等过程，计划每天修复 200m<sup>3</sup> 污染土壤，处置后的土壤运输至暂存区暂存处理。

(4) HDPE 土工膜铺设 (4 天)

土工膜铺设流程为污染管道开挖、土工膜铺设、清洁土回填、顶层混凝土封顶。可与稳定化固化施工同时进行。

(5) 混凝土阻隔层铺设 (2 天)

对风险防控区原有混凝土进行加厚铺设处理。

(6) 修复效果监测 (10 天)

本次土壤修复效果监测贯穿土壤修复过程始终，监测内容包括：处置后土壤自检和验收工作，开挖后基坑自检和验收工作。

(7) 基坑回填 (3 天)

本次土壤修复需开挖基坑土方量较少，开挖完毕后进行自检和验收，对验收合格的基坑即可进行回填。计划工期 3 天。

(8) 退场 (2 天)

土壤修复工程全部完工后，项目部安排退场，对现场稳定化/固化处置区、暂存区、污水收集池等进行清理打扫，现场水电进行撤离，对办公室、材料室等进行打扫。计划工期 2 天。

### 8.1.3 工期保证措施

为保证总目标的实现，要以质量、安全为第一，以进度为核心。首先，以

总进度计划为依据，按进展阶段的不同，分解为多个层次，再按各层次分解为不同的进度分目标，建立起一个以分解进度目标为手段、以进度控制点为着眼点的进度控制目标系统，形成人、财、物、技术、机械设备、供应管理的保障体系。

### 8.1.3.1 人员、材料、设备保证措施

#### (1) 人员保证措施

整个场地治理过程中不同阶段投入的现场操作人员不等，按工程施工阶段投入的劳动力情况详见表 8.1-1。

表 8.1-1 劳动力安排计划表

工种	按工程施工阶段投入劳动力情况					
	现场准备阶段	污染土壤清运	稳定化/固化修复	风险防控阻隔层铺设	基坑回填	退场
基建施工工人	5	0	0	0	0	0
门卫	1	1	1	1	1	1
机械维护、维修工	0	1	1	1	1	0
水电工	2	2	2	2	2	2
现场普通劳动力	3	3	3	3	3	3
基坑围护及降水作业组	0	2	0	0	0	0
挖掘机司机	0	2	2	2	2	0
自卸车司机	0	2	0	1	2	0
土壤筛分设备司机	0	0	1	0	0	0

#### (2) 材料物资保证措施

- 材料供应部、机械设备部等职能部门积极协助项目部做好各种物资的供应工作。
- 项目部物资部按施工预算和工程进度及时编制物资用量计划并组织采购和进场。
- 及时对进场的材料、物资进行验收和质量验证，保证合格物资投入施工。

#### (3) 机械保证措施

施工前，加强监督设备进场时间，保证所有施工设备以及操作人员提前到

岗，不拖延进度；施工过程中，加强施工机械、设备和设施料的配备、维修工作，充分保证施工进度的需要。

表 8.1-2 拟投入的主要施工机械设备及进场计划

序号	机械/设备名称	型号规格	数量	用于施工部位	进场时间
1	挖掘机	SK210	1 台	平整场地、土方挖运	土方开挖前 1 天
2	挖掘机	PC60	1 台	平整场地、土方挖运	土方开挖前 1 天
3	筛分破碎设备	ALLU D 系列	1 台	土壤筛分破碎	土方开挖第 1 天
4	自卸卡车	时代金刚 608	2 辆	土方运输	土方开挖第 1 天

注：仪器设备与机械设备按现场施工需要进行相应的增减调整。

### 8.1.3.2 技术保证措施

要保证目标总工期的实现，就必须采取各种措施，预防和克服影响进度的诸多因素，从技术措施方面着手是有效途径之一：

#### (1) 施工工艺

我们将配置业务熟练、责任心强的技术骨干和施工队伍，积极与设计、监理、建设单位配合，积极采用信息化施工措施和新技术、新工艺，结合以往类似工程施工经验，针对工程难点和特点，优化施工工序，改进施工方法，以确保工程施工质量和施工进度。

#### (2) 推行进度计划动态管理技术

要使本工程在预定工期内完工，必须抓住施工进度计划中的关键工序和关键线路，在本项目中我们将采用先进的管理程序，对本工程进行进度计划的动态管理。一旦关键工序出现工期拖延，即在进度计划中进行调整优化、压缩，变更相应的子项作业持续时间，同时采取相应的、有效的现场措施，进而确保总工期目标的实现。

#### (3) 从资源配置上保证工期

在人力配备上，要区分轻重缓急，以满足关键线路控制点要求为第一层次，以各进度分项目标为第二层次，达到主次分明，步调一致，紧张有序。本工程主要劳动力的配备要求具有明显的阶段性，要根据不同阶段对工种人员的要求，在保证这些劳动力配置充足的条件下，优化工人技术和身体素质、思想素质的

配备与管理。

为保证本工程按期完工，我们将配备足够的施工机械，不仅保证正常使用，还要采取保证有效备用。按照施工进度计划提前作好机械调配计划，根据工程需要及时补充机械设备。

#### **(4) 从综合保障上保证工期**

① 材料部门根据工程进度计划编制材料供应计划，并有预测性，提前备好工程所需的各项材料。

② 财务部门根据工程进度计划及材料购置计划编制资金使用计划，安排好资金流动。

③ 机械保障部门则做好现场设备的维修保养工作，提高设备的完好率和利用率。

#### **8.1.3.3 管理与组织保证措施**

从某种意义上说，项目管理与组织是本工程施工运转的灵魂，对进度的控制分析、调整、贯彻、落实均离不开项目经理部的有效运作，因此，要作好下列工作：

(1) 项目部实行分工负责，各职能部门进行目标管理，建立严格的奖惩制度，围绕总工期制定的工作计划，逐月检查落实，实施奖惩，以保证各项目标按期完成；

(2) 编制切实可行的实施性施工组织设计，明确进度目标，实行科学管理，抓住重点，推动全面。通过合理的安排，各道工序衔接紧密，缩短工序间等待时间，各工序施工形成流水作业、平行作业和交叉作业，最大限度地加快施工进度。施工现场专人组织调度，减少施工干扰，提高劳动生产率，使各项工作都在按规范有序的状态下进行，并及时组织召开调度会、碰头会，随时检查进度的执行情况，发现问题要及时采取措施，集中群体智慧，及时解决施工中出现的各种问题，保证各施工项目达到控制的进度目标；

(3) 工程总施工进度计划内按系统工程，用树状结构图对其分解，直到相对独立的工作单项。根据每一工序的工作性质和时间合理安排各工序先后顺序，将总工期落实到每周、每日、每个工班，以保证总工期；

(4) 对工程进度按周、日建立施工形象监控，用图表直接形象地反映实际进度，及时发现差距并采取措施纠正。根据每季度工程实际进度情况，将工期

计划图予以调整，并特别注意关键线路的变化；

(5) 建立工程例会制度，加强现场调度工作，及时协调人力、财力、材料和机械设备，使工程保持协调、正常有序地施工。

#### **8.1.3.4 资金保证措施**

(1) 本工程执行专款专用制度，以防止施工中因为资金问题而影响工程的进展，充分保证劳动力、机械的充足配备，材料的及时进场。随着工程各阶段控制日期的完成，及时支付各专业队伍的劳务费用，为施工作业人员的充足准备提供保证。

(2) 本工程所有收支的资金执行严格的预算管理。项目准备期间，预测项目的现金流，对资金做到平衡使用、以丰补缺，避免资金的无计划管理；

(3) 如果工程的项目支付条件不是很理想，资金流大多数时间可能是负值，因此要采取有针对性的预防措施，防止集中支付带来的资金压力。主要措施有：企业适当给予项目扶持，提供低息资金拆借；

#### **8.1.4 合理加快进度、缩短工期措施**

##### **8.1.4.1 发挥优势、全力保障施工生产**

发挥机械化施工优势，选配合理配套的施工机械，建立合理的机械保养、维修体系，保证施工机械的完好率；同时，建立强有力的后勤保障体系，保证各种物资、设备按时足额到位；搞好工作和生活环境建设，全方位保障施工生产。

##### **8.1.4.2 抓好控制工程、加强网络计划管理**

针对本工程情况，尽量增加工作面，应用网络技术，合理安排施工顺序抓住关键线路。对施工重点优先安排，增加设备、人力、物力、财力的投入，确保分项分部工程按期完成。使施工计划做到日保旬、旬保月、月保总工期的高效完成。同时，在保证质量、安全的前提下，尽可能开展多工序同步施工、平行作业，控制作业循环时间，合理安排作业层次，减少雨季等不利因素对施工的影响，利用有利时机加快施工进度。

##### **8.1.4.3 科学组织、加强协作**

随着施工情况的不断变化，及时分析控制工期的关键线路，合理调剂人力、物力、财力和机械配置，使施工进度紧跟计划。加强调度统计工作，减少各道

工序间的衔接时间，充分利用各个工作面，避免出现现场窝工。协调好各业务科室的工作，加强协作配合，理顺上下关系，对施工现场的需求和需解决的问题及时反映、及时解决，避免影响施工进度。解决好雨季施工问题，合理安排施工生产。合理组织劳动力，我们组织了钢筋班组、木工班组、混凝土班组及机械班组，各专业班组按流水工艺连续施工，项目部负责协调班组间工序间的衔接，减少中间环节的时间浪费，有效提高工作效率。

#### **8.1.4.4 抓好资金管理、确保资金投入**

管理利用好工程资金，保证各项施工活动得以正常进行；确保资金投入，提供强有力的资金保障；确保建设资金专款专用。

#### **8.1.4.5 协调外围关系、确保施工顺利进行**

在施工过程中,施工协调管理非常重要,它涉及面广，关系复杂。为此在项目组织机构中专设施工管理部负责现场施工技术管理和对外联络。

##### **(1) 与业主的工作协调**

尊重业主对工程的统一领导，配合业主与各相关单位的协调；

在施工过程中，经常与业主保持联络，加强沟通，主动、及时、定期向业主反映工程进展情况；

在工程施工中，问题涉及面广，解决和协调比较复杂，我们首先是充分的理解，并给予大力支持，积极与业主协商联络，落实解决办法。即使一时不能解决，也要服从大局，见缝插针地安排施工，确保工程按总体计划进行。

##### **(2) 与监理工程师的工作协调**

尊重监理，积极配合现场监理的工作；

对于监理工程师提出的质量问题，无条件地就地解决，直到监理工程师满意；

在未经监理检查认可的情况下，不得进入下一工序的工作；

配合监理工程师的事后监督，即使监理工程师认可后，仍有权力对正在实施或覆盖的工序提出检验要求。

##### **(3) 与施工队、生产班组的协调**

施工队及其生产班组是项目经理部组织生产、落实计划的基本单位。必须服从项目部的统一安排和指挥；

项目部按照总体进度计划，制定对施工队及其生产班组的控制节点，组织协调各施工队及其生产班组的工作，检查计划落实情况，制定和调整工作计划；

项目部按期召开生产会议，协调各施工队在施工中碰到的问题合理安排生产。

#### (4) 与沿线单位及居民的施工关系协调

施工期间可能会给周边居民的生产、生活会带来不便。项目部要耐心细致的做好解释工作，恳请取得谅解；

根据施工计划合理安排施工，除非工艺所需的工序外，尽可能在夜晚不安排有噪声的施工作业。以免影响居民正常休息；

积极主动为当地居民解决一些力所能及的事情，大力提倡实施爱民工程；

## 8.2 现场平面布置



图 8.2-1 现场平面布置

### 8.2.1 厂区大门、办公区、围挡

场地大门保存完好，并设有专人值守，项目组在大门处悬挂施工告示牌，禁止无关人员进入，此大门主要用于项目部管理人员进出。

项目组利用原厂区办公楼作为临时办公场所，远离施工区域，并张贴项目告示牌，施工管理制度。

目前厂区围墙保存完好，现场无需再做围挡。

### 8.2.2 稳定化/固化处置区、暂存区

根据污染区域的位置、施工流程的要求和现场施工条件限制，经与业主沟通协调，决定利用厂区原纸箱加工场地作为污染土壤稳定化/固化处置区和暂存区，总面积约 1000 m<sup>2</sup>。

该场地地面为厚度大于 20cm 的混凝土，地面混凝土防渗等级可达到 P6，渗透系数为  $0.491 \times 10^{-8}$  cm/s，施工周期 40 天内，含污染物的积水最大下渗厚度约 0.02cm，故该地面可有效的防止污染土壤中的积水下渗。

### 8.2.3 废水收集池、洗车台

在稳定化/固化处置区和暂存区南侧修建污水池作为本次污染场地修复施工中的废水收集池，本次场地修复过程中产生的基坑渗水、降雨、稳定化/固化处置过程中的剩余施工用水、施工现场车辆行驶出场时对车身进行清洗和清洗施工设备产生的废水等，均收集后泵入稳定化/固化处置区作为施工用水，如有剩余，则打入废水收集池内，处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准方可排入污水管网。

在废水收集池旁设置洗车台，所有从施工区域外出的渣土车、作业工具、个人防护设备等，均到洗车台经过冲洗擦拭后才能外出。

### 8.2.4 运输道路

场地内的道路主要供机械、设备通行，利用场地内现有混凝土硬化地面，能够满足施工车辆行驶。

## 8.3 主要施工工艺和方法

### 8.3.1 现场准备

#### 8.3.1.1 现场人员准备

##### (1) 人员配备

本项目场地管理的原则是严格遵守技术方案要求，对现场施工进行科学、严谨、有效、安全地管理，把握项目中各关键工序，确保在要求工期内高质量地完成任务。

本次土壤修复工程实施现场人员主要包括：现场管理人员、技术人员、及现场作业人员。现场人员组织框架如下：

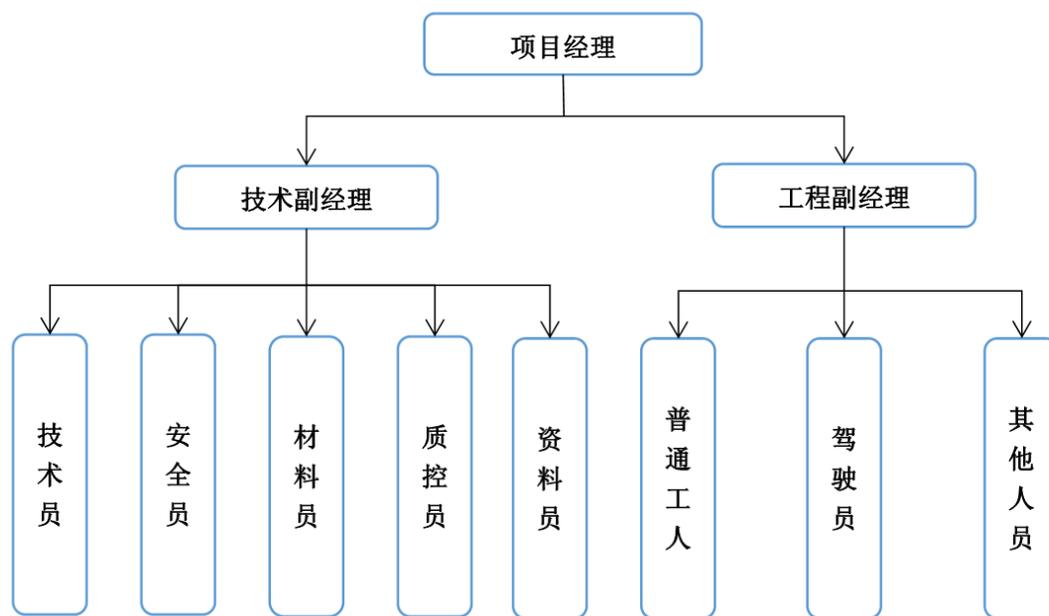


图 8.3-1 现场人员组织框架

### (1) 现场管理人员

现场管理人员 3 人，工作时间约为 30 日历天。由项目经理、技术副经理以及工程副经理组成，其主要职责是对现场质量、安全、环境、文明施工等进行指挥和管理工作。

**项目经理**（1 名）：修复现场的总负责人，负责总体把控修复工程的质量、成本、安全以及对内对外的协调工作；

**技术副经理**（1 名）：统筹修复工程现场技术的运用、现场安全文明施工的贯彻、现场工程质量以及二次污染防治措施的贯彻等；

**工程副经理**（1 名）：进行修复工程作业指挥，并合理统筹安排现场施工机械及人员等。

### (2) 技术人员

现场技术相关人员 5 人，工作时间约为 30 日历天。由技术员、安全员、材

料员、质控员以及资料员组成，其主要职责是在现场具体贯彻落实修复工程现场技术的运用、现场安全文明施工、现场工程质量以及二次污染防治措施。

**技术员**（1名）：负责现场作业人员的培训、现场施工技术和处置工艺的管理以及工程现场环境的维护；

**安全员**（1名）：负责现场安全和文明施工的培训教育、监督管理，以及紧急事故的应急处理及现场工作汇报等；

**材料员**（1名）：负责现场工具材料的采购、保管及分发；

**质控员**（1名）：负责对施工质量进行检查和测试；

**资料员**（1名）：负责现场财务票据的整理、现场资料的整理归档等。

### （3）现场作业人员

现场作业人员 17 人，工作时间约为 40 日历天。由普通工人、驾驶员、操作员以及其他人员组成。其主要职责是在现场具体负责修复工程的实施。

**普通工人**（5名）：现场施工，现场维护等；

**驾驶员**（10名）：挖掘机、Allu 筛分设备、渣土车等设备操作驾驶；

**其他人员**（2名）：门卫、水电维修等。

### （2）安全教育培训

污染场地修复施工过程必须高度重视人员健康安全，因此，在进入施工作业现场之前，项目组对所有入场工作人员进行了安全教育培训。主要包括：

（1）让施工人员了解本场地修复目标污染物的基本性质，暴露途径，污染防治措施及违规操作风险；

（2）进入现场的工作人员必须学会个人安全防护用具的使用，按要求穿戴好安全劳动防护用具，并根据现场作业风险的不同，配备不同等级的防护装备；

（3）污染土壤修复主要涉及土壤挖掘、运输、处置、外运等过程，项目组向施工人员详细介绍施工流程，各环节安全注意事项，以及施工现场二次污染防治措施；

（4）现场人员需掌握本岗位的操作技能和安全生产管理知识，熟悉相关安全操作规程和安全生产规章制度，增强预防事故、控制职业危害和应急处理的能力；

（5）未经安全教育培训的人员，不得上岗。

### 8.3.1.2 作业机械准备

现场施工拟投入主要大型机械设备详见表 8.3-1。

表 8.3-1 主要施工大型机械设备表

序号	名称	型号	数量
1	挖掘机	SK210	1台
2	挖掘机	PC60	1台
3	ALLU筛分破碎设备	ALLU D-系列	1台
4	渣土车	时代金刚608	2台

根据本项目工程施工部署并结合各分部分项工程施工顺序，按工程实际需要合理配置相应小型机具设备材料，拟投入材料详见表 8.3-2。

表 8.3-2 小型机具设备材料配置

序号	名称	型号	数量
1	水泵	WQD10-15-1.1KW	2台
2	水准仪	DS3	1台
3	卷尺	50m	1把
4	自来水管	—	500m
5	水带	20m	10卷
6	电缆	—	500m
8	防尘网	3针*8m*40m	10卷
9	彩条布	4m*50m	10卷
10	警示带	—	10卷
11	施工告示牌	—	5个
12	铁锹	—	5把

此外为保证现场施工人员安全健康作业，拟配备相应个人安全防护用具，详见表 8.3-3。

表 8.3-3 个人安全防护用具

序号	名称	数量
1	3M 口罩	100 只
3	428e 轻型连体防护服	10 套
4	防护衣物	10 套

5	防护手套	100 双
6	常用急救药箱	1 包
7	套装雨衣	10 套
8	长筒靴	10 双

### 8.3.1.3 药剂材料准备

本次土壤修复现场所需药剂主要包括：磷酸二氢钾和硅酸盐水泥。本次药剂耗材量大，药剂选择分批购买。药剂购入后均运输至材料库存放，既方便了处置过程加药操作，同时避免雨水冲刷丧失药剂活性。

### 8.3.1.4 用水、用电

#### (1) 现场用水

现场用水包括清洗用水、稳定化/固化处置施工用水、生活用水以及施工现场其他用水等；

现场用水由业主提供的总给水管接口引至施工现场，之后采用 DN100 的供水管引至场地各区域，自来水接入水压需 $\geq 0.1\text{MPa}$ 。水管路及用水设施符合国家关于水力安装、使用、维修的有关规定。

#### (2) 现场用电

现场用电包括生活用电、抽水用电、污水处理设施运行用电、以及施工现场其他用电等。

现场用电由业主指定电源接入点接至场地施工区，现场用电总容量需 $\geq 30\text{KW}$ 。按照国家对建筑行业临时用电的要求，采用三相五线制供电系统，设专用保护线及三级漏电保护开关。在箱式变压器出口设总动力箱，工地施工处设多处分动力箱，从各分动力箱用橡胶软电缆或通过移动式配电箱供给各负载。为尽量避开施工面及降低成本，动力线路、照明线路、生活用电线路等低压线路尽量采取架空方式铺设。

### 8.3.2 污染区域边界确定

现场污染区域边界的确定是场地修复实施前的重要步骤，是确保工程质量的首要任务。为确保施工须认真贯彻处置意图，并在监理工程师的监督下，严格按照图纸和技术资料划分污染分布图，组织专业测量技术人员认真制定测量方案，并做好测量设备仪器及人员的准备。

首先根据修复技术方案确定土壤修复范围，然后委托测绘人员，在污染场

地现场找出土壤修复范围内的污染土壤绝对坐标值。其次，依据以上土壤修复范围的污染土壤采样点的绝对坐标值，与修复技术方案中确定的土壤修复范围边界之间的距离，采用多点测量法在污染场地现场放样划出修复范围边界线，做出修复边界标志，据此确定土壤修复的平面范围。

在施工中要经常组织测量人员进行复核，确保污染范围划分的正确，直至工程竣工验收后，完整地移交给监理工程师。控制点导线控制测量的往返闭合差，应在国家四等测量的误差允许范围（GB50026-93），对于高程控制采用加密水准点的方法。测量记录及计算所构成的测量成果，报送监理工程师进行核验审批，经审批的测量成果，须打印成册分发给施工技术人员使用，并报送业主。测量工作遇到的问题需要及时向领导、监理及业主汇报。

### **8.3.3 基坑开挖**

#### **8.3.3.1 土壤挖掘**

本次工程污染土壤挖掘作业采用挖掘机，将修复范围内的污染土壤挖掘出来后直接装入自卸卡车运至稳定化/固化处置场地。

现场挖掘时，注意如下事项：

（1）现场施工前后，现场施工人员须在施工图上表示计划挖掘和完工区域，制定报告文字文件，并向现场负责人进行报告，使现场负责人完全掌握现场状况，在取得允许的情况下方可施工；

（2）基坑开挖前使用醒目的标志（旗杆）对挖掘区域边缘进行标识；

（3）挖掘操作时放缓机械速度，避免将污染土壤洒落到基坑外部；

（4）污染土壤挖掘时，现场管理者必须在场进行指导、监督，严格按照计划实施挖掘作业；

（5）施工人员必须根据设计图书、现场实际情况，定期向现场管理人员报告挖掘量；

（6）挖掘作业时出现如下情况时，需向监理方报告，取得许可并制定解决方案后方可继续施工：①出现地下水；②挖掘区域出现危险废弃物；③发现地下构筑物；④发现其他可疑、不可辨认物质；

（7）挖掘时必须遵守监理方指令，挖掘后的土壤必须分别运输、堆放于相应指定的场地；

（8）挖掘土壤和运输过程中，如土壤表层干燥，需适当洒水，防止产生粉

尘；

(9) 现场配备防雨布，如遇下雨，停止施工。

### 8.3.3.2 基坑放坡

本项目污染土壤开挖深度最大为 3.0m，土壤按照修复深度分三层开挖，涉及到基坑放坡的问题,基坑开挖放坡系数为 1:0.67。

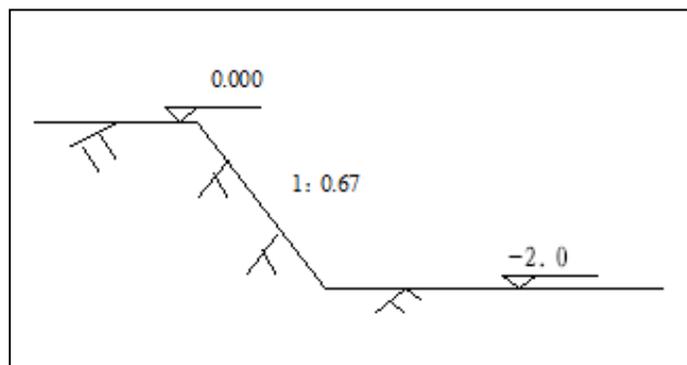


图 8.3-2 基坑放坡示意图

### 8.3.3.3 基坑降水

根据《原安吉县羽马电瓶有限公司场地环境调查与风险评估报告》，该场地内浅层地下水稳定水位埋深为 1.05-3.32m。场地浅层地下水整体流向为自东北向西南。

由于本场地内土壤挖掘深度在地表以下 0-3.0 m 范围内，在对污染土壤进行挖掘时，如果在未到达挖掘深度或者降雨导致开挖基坑中出现积水，则需要进行基坑降水，及时排除和处理基坑内的积水。

本工程采用集水坑进行降水。在基坑外围设置排水沟和集水坑。排水沟宽度为 0.3 m，深度为 0.5 m。集水坑的大小为 2 m×2 m，深度为 4.5 m，坑间距为 50 m。降水方法如图 8.3-3。

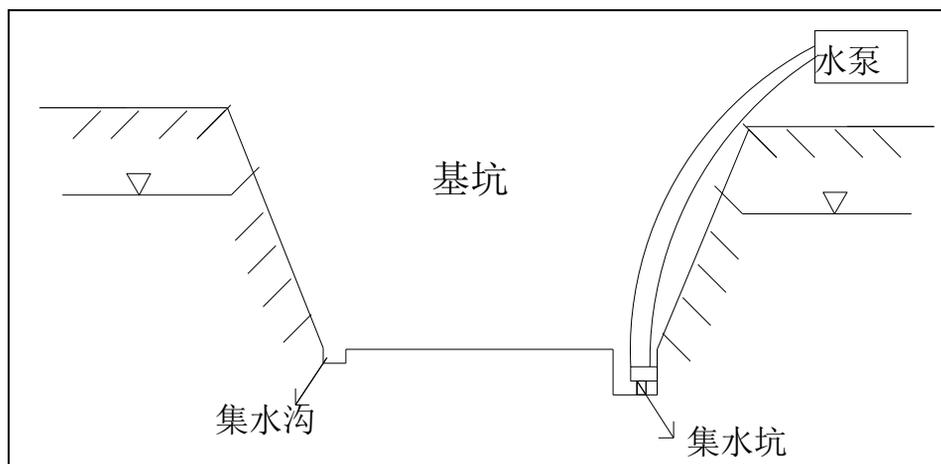


图 8.3-3 集水坑降水方法

### 8.3.4 污染土壤运输和暂存

本工程土方开挖量总计 900m<sup>3</sup>。本次污染土壤开挖与土壤修复同时进行，即土壤开挖后利用自卸卡车及时运输至相应的施工区域破碎筛分预处理完毕后即进行稳定化/固化处置修复，中间不设暂存地，修复完毕后的土壤原地打堆暂存，因此各单元土壤开挖量与修复区域处理量协调一致，不得提前超量挖掘，挖掘暂停后将未挖掘的土堆和基坑用彩条布覆盖，避免降雨和粉尘挥发。

### 8.3.5 污染土壤修复实施

(1) 使用 ALLU 筛分铲斗对污染土壤进行破碎筛分。筛分过的土壤，其 90%（体积百分比）以上的土壤粒径小于 2cm；

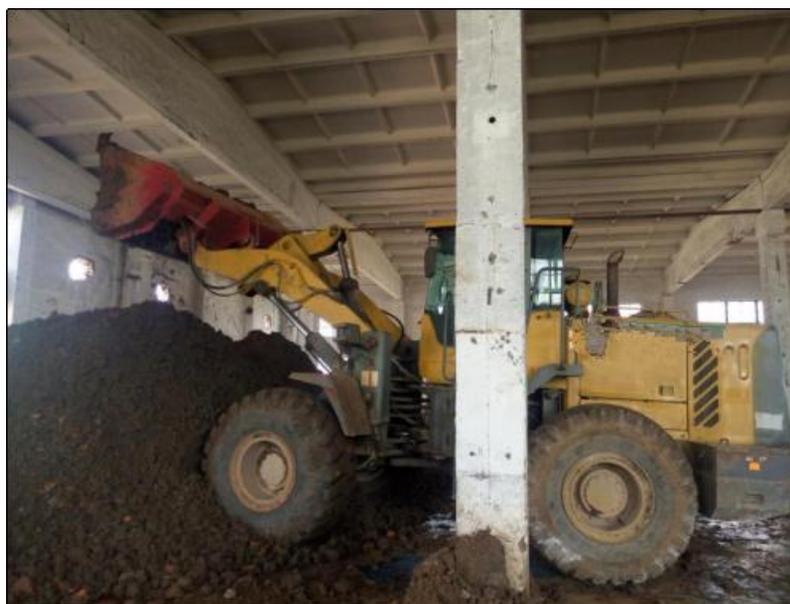


图 8.3-4-1 Allu 筛分设备

(2) 土壤分批处置，按比例计算药剂投加量；

- (3) 将磷酸二氢钾投加到待处置土壤中，用挖机搅拌均匀；
- (4) 向搅拌均匀的土壤中加入水，再次搅拌，使得药剂在土壤中充分溶解，陈化 24 小时；
- (5) 将水泥投加到土壤中，再次利用挖机搅拌均匀；
- (6) 搅拌均匀的土壤陈化 24 小时，待自检和验收；
- (7) 自检和验收不合格的土壤，继续添加稳定化/固化药剂，重新处置，检测合格的土壤，用于基坑回填。

本次污染土壤稳定化/固化处置过程中，需向土壤中多次加水搅拌，为防止搅拌过程中，施工废水渗漏对周围干净区域造成二次污染，因此，在稳定化/固化处置区四周设置导排沟，收集的积水直接打入废水处理池进行收集处理。

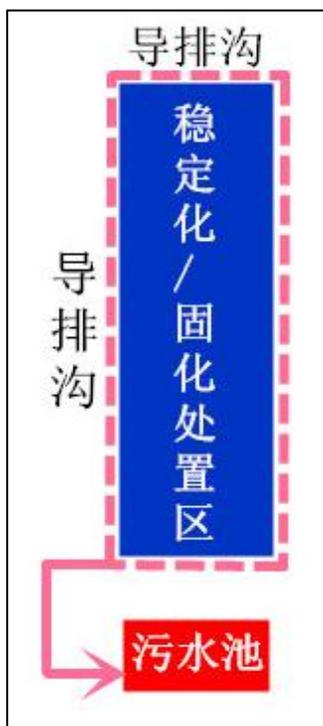


图 8.3-5 导排沟设置

### 8.3.6 HDPE 土工膜铺设

- (1) 对风险管控区块范围进行确认，破除区块内排水管线四周混凝土，挖出管线，将挖出的管道和污染土送至稳定化固化和污水处理池进行处理。
- (2) 对沟渠两侧和底部进行 HDPE 土工膜铺设，HDPE 土工膜连接处采用热熔焊接方式进行焊接。
- (3) 对沟渠进行回填，回填材料为清洁粘土，并在表层预留 30cm 厚度用

于混凝土浇筑。

本工程将选用厚度为 1.5mm 的 GH-2 环保用高密度聚乙烯土工膜作为阻隔材料，选择的土工膜其各项指标将符合《土工合成材料 聚乙烯土工膜》

（GB/T17643-1998）GH-2 型的要求。

### **8.3.7 混凝土阻隔层铺设**

对风险管控区块表层混凝土进行加厚处理，场地硬化工程结构层为：15cm 道渣+15cm C30 砼，由于所需混凝土量较少，混凝土采用现场拌和的方式。混凝土摊铺时全面检查已安装的模板的位置、高度、直顺及支撑系统是否牢固，检查基层的平整度及密实度。采用平板式和插入式振动器振捣，振捣时按垂直方向顺行行驶振捣，每一行重叠 15~20cm，初振找平后沿板四周振捣一遍，然后再纵向振捣。混凝土终凝后即进行淋水或覆盖养护。淋水养护要连续，使混凝土处于湿润状态。养护期不少于 14 天。

铺设完成后，在混凝土表层加设挡水围堰和引流设施，防治地面出现积水情况。

### **8.3.8 废水处理**

现场土壤开挖过程中涌出的积水、施工过程中收集的雨水、稳定化/固化处置过程剩余施工用水等，这些环节产生的积水收集之后用于稳定化/固化处置用水，施工结束最终剩余积水打入废水处理区进行处理，符合《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准方可排入污水管网。

### **8.3.9 基坑回填**

对场地内清挖合格后的基坑，利用验收合格的稳定化固化处置后土壤进行回填。回填时须做好防渗措施，分层压实土方，将场地恢复至原有标高。

## 9 安全文明施工

### 9.1 安全施工目标及保证措施

#### 9.1.1 安全施工目标

根据本项目工程特点和施工实际，贯彻执行“安全第一、预防为主”的安全方针。

安全目标为：无生产安全事故；无重伤事故；无重大机械设备事故；无职业病事件；无食物中毒事故；安全教育考核 100%；特殊工种持证 100%。施工全过程进行科学管理和合理组织，确保工伤事故为零的安全生产目标。

#### 9.1.2 安全施工保证措施

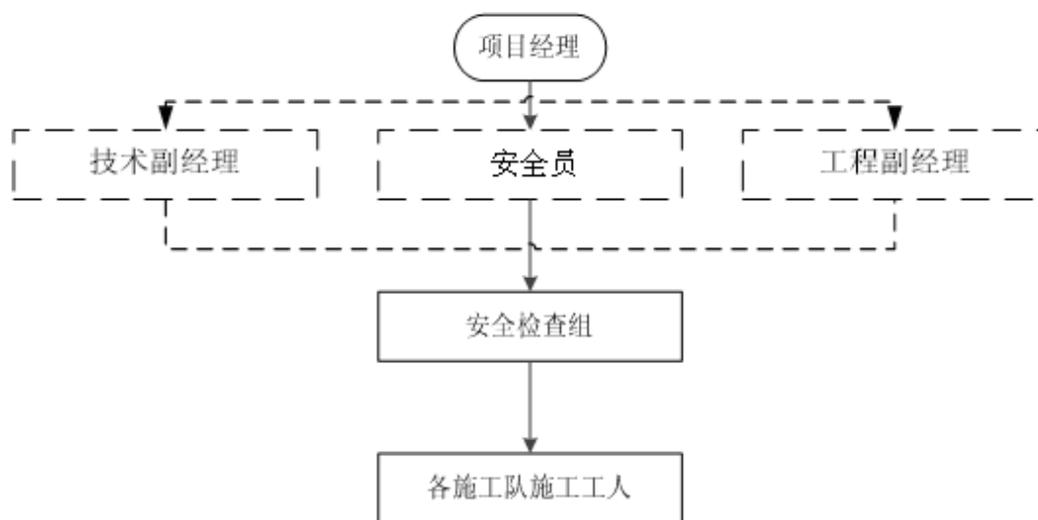


图 9.1-1 安全施工保证体系

(1) 建立以项目经理为组长，技术副经理和工程副经理为副组长，安全员参加的项目施工安全生产小组，授予一票否决权限，对有可能危及工人生命财产安全的方案坚决否决。

(2) 建立健全安全生产责任制为中心的安全生产制度，项目经理部文明施工负责人与各施工单位负责人签订文明施工责任书，施工单位文明施工负责人与外施队签订责任书，使文明施工管理工作层层负责，责任落实到人。

(3) 做好工人进场“三级”教育，公司进行安全基本知识、法规、法制的教育；项目部进行现场规章制度和遵章守纪的教育；班组进行本工种岗位安全操作及班组安全制度、纪律的教育。

(4) 坚持巡回检查和定期检查结合的监管、监督制度。及时发现问题，发

现即整改。

(5) 严格执行“三宝一器”使用制度。进入施工现场的人员必须佩戴安全帽，按要求使用安全带和安全网。用电设备必须安装质量可靠的漏电保护器。

(6) 注重安全投入，安全防护用品、安全设置、设施，消防设备需满足施工安全需要。

(7) 严格遵守国家安全生产技术操作规程和相关防护规定。

(8) 特殊工种组织专业培训，特岗人员持证上岗，进场进行安全教育，保证各型机械设备、水电、药剂具备足够的安全性。

(9) 现场水电、材料设备专人使用、维修和保养，相关药剂存储建立安全规范。

## **9.2 文明施工目标及保证措施**

### **9.2.1 文明施工目标**

(1) 环境保护目标：实施全过程的标准化管埋，创绿色文明施工样板工地。努力降低对环境的不良影响，节约资源，创造优美、和谐、文化、蓝天的“绿色花园式工地”。

(2) 职业健康目标：创造舒适生产生活环境，建立防控“严重流行性传染病”各项措施，杜绝疫情在工地上出现，保证人员健康与安全。

(3) 组织施工过程中认真贯彻执行建设部、建委、环保局、安全生产监督管理局等关于施工现场文明施工管理的各项规定，贯彻合同文件中关于施工现场文明施工管理的相关规定。

### **9.2.2 文明施工管理制度**

(1) 开展文明施工教育，提高施工人员的文明施工意识，熟悉当地城市规范，并严格遵守。

(2) 保持场内道路通畅，平坦规整，场外公共场所清洁卫生。

(3) 建立健全安保管埋制度，做到措施得当、安全防范到位，同时制度落实、责任到人。

(4) 加大现场消防安全工作力度，消防设施充足有效。

(5) 建立现场文明施工管理体系，落实管理办法，同时与施工班组签订文明施工责任协议书。

(6) 建立现场清洁制度，搞好项目现场场容场貌，同时保证安全生产，提高工作效率，严格执行谁施工谁负责的规定。

(7) 建立现场卫生条例，文明施工管理小组定期不定期监督检查和考核。

### 9.2.3 文明施工管理措施

(1) 依照公司 CI 设计标准，设置施工现场的围挡结构、大门、广告标志等，并充分考虑发包人提出的具体要求，使得外部形象做到美观大方、统一规范，同周边环境协调一致。

(2) 施工区大门采用电动式伸缩门，车辆出入时打开，不用时关闭。

(3) 施工现场的道路根据发包人的要求铺设，道路按要求硬化。现场出入口设置洗车池，所有车辆进出场经过洗车池进行车轮清洗。

(4) 项目门口设立二图五板，见图 9.2-1。

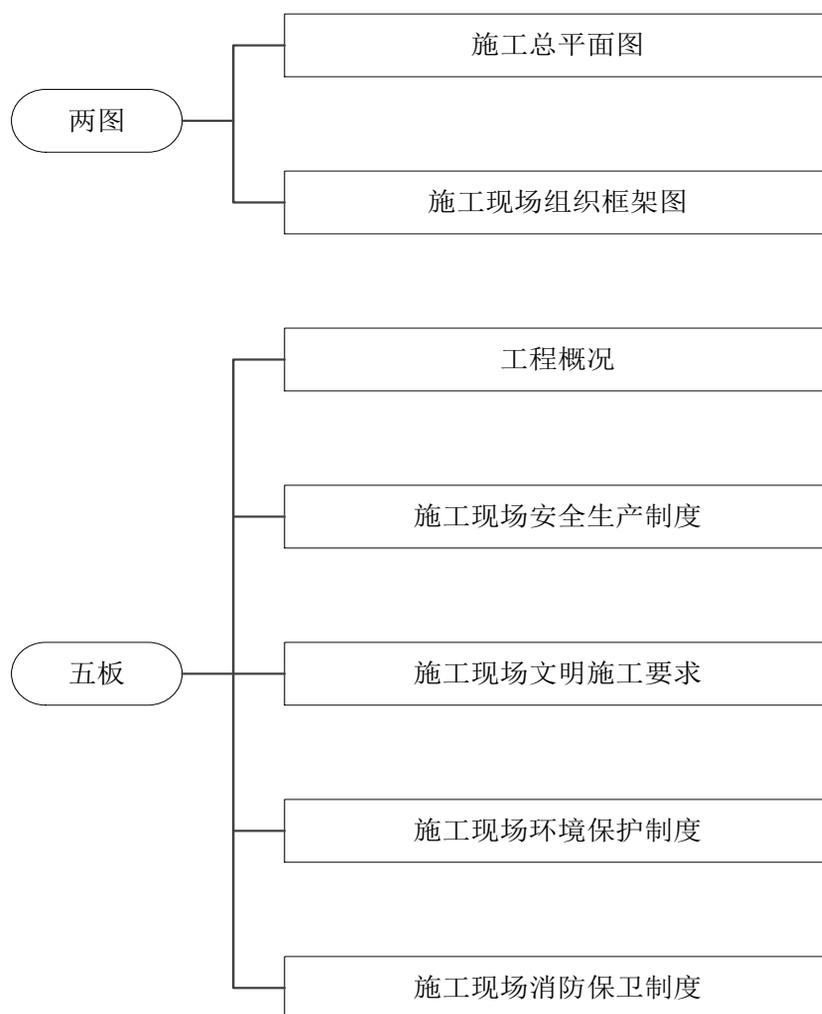


图 9.2-1 二图五板内容

(5) 现场设置各类标志牌，见表 9.2-1。

**表 9.2-1 现场设置标志牌**

标志牌	说 明
现场导向牌	按照公司标准，在工地入口及 CI 主要道路设置施工现场导向牌。
操作规程牌	醒目位置挂相应机具的安全操作规程牌。
安全警示牌	机具、电箱、等位置挂相应的安全警示牌，脚手架、卸料平台挂验收合格牌和限高、限载牌。
材料标示牌	施工现场各种材料均应分别挂材料标示牌，注明产地、规格、数量和检验状态。
设备牌	标挂验收合格牌、操作规程牌、机械性能牌和安全警示牌。

(6) 现场厕所内器具齐全。并设专人负责清扫保洁，采取水冲措施，及时清掏打药，防止蚊蝇孳生。必要时，租用临时环保厕所摆放在施工现场内弥补固定厕所不足，设专人负责检查。

(7) 施工现场制定卫生急救措施，配备保健药箱、一般常用药品和急救器材，为从事有毒和有害作业人员配备有效的防护用品。

(8) 在工地四周围挡书写反映文明、时代风貌的标志语。

### 9.3 土方开挖安全施工措施

(1) 所有进入现场的人员，必须按有关规定穿着工作服、劳保鞋、配带安全帽，佩戴防护用品。

(2) 参加机械挖土的人员要遵守所使用机械的安全操作规程，机械的各种安全装置齐全有效。机械操作人员必须持证上岗。

(3) 挖掘区内若有地下线缆和供排水管道必须事先查明走向，与有关部门联系并处理妥当，才破土动工。

(4) 土方开挖必须按设计和规范要求自上而下分段依次进行，禁止采用挖空底脚的操作方法，并且做好排水措施，防止地面水流入坑内，以免边坡塌方。

(5) 严格控制开挖深度，严禁超挖，发现问题需及时处理。

(6) 使用机械挖土前，要先发出信号。配合机械挖土的人员，在坑内作业时按规定坡度顺序作业。任何人不得进入挖掘机的工作范围内。如必须进入

机械回转半径内作业时，先停止机械回转并制动，方可开始作业，机上、机下人员应随时取得密切联系。

(7) 在土方开挖的过程中，严禁挖机停在坑顶边作业。

(8) 开挖过程中，安全员要随时注意土壁变化的情况，如发现有裂纹或部分塌落现象，应立即停止作业，并报告施工负责人员通知设计、业主、监理共同研究并采取相应的补救措施。

(9) 作业人员上下坑应沿着专用通道，不得从上跳下或踩踏土壁上下。

(10) 基坑边 1 米范围内不得堆土、堆料、停滞机具。

## 9.4 基坑安全防护措施

### 9.4.1 临边防护

(1) 基坑周围应明确警示堆放的材料不得超越基坑边 3 米范围警戒线，基坑边警戒线内严禁堆放一切材料。

(2) 基坑边沿应设置“非工作人员禁止入内、当心基坑、当心塌陷、当心坠落、必须佩戴安全帽”等标志。

### 9.4.2 排水措施

基坑施工过程中对地表水控制，以便进行排水措施调整，对地表滞水进行如下控制：沿基坑周边设置排水沟和集水坑，为了排除雨季的暴雨突然而来的明水，特在基坑附近设一废水收集水池，再通过污水泵及时将积水抽至现场水处理设施，做到有组织排水，确保排水畅通。

### 9.4.3 坑边荷载

(1) 坑边堆置材料包括沿挖土方边缘移动运输工具和机械不应离槽边过近，距坑槽上部边缘不少于 2 米，槽边 1M 以内不得堆土、堆料、停置机具。

(2) 基坑周边严禁超堆荷载。

## 9.5 场地降排水措施

项目所在地属北温带季风气候，气候温和，四季分明，雨量适中。多年平均降水量 904.4 mm，降水量多集中在 7—9 三个月中。本项目施工期（8-9 月），恰好经历雨季，因此在施工过程中需认真做好场地降排水措施。

### 9.5.1 工作目标

强化汛期防护，做好场地降排水工作部署，消除或降低洪汛灾害事故，确

保汛期安全施工。

### 9.5.2 成立降排水工作小组

项目部成立了以项目经理为组长的降排水防汛抢险小组，小组成员电话必须随时保证畅通，随时待命，一旦出现险情，立即进入各自岗位。

### 9.5.3 应急领导小组职责

(1) 组织贯彻政府和上级下达的有关法律、法规、条令、条例和规章制度。

(2) 组织排水防汛宣传教育，出现雨天及时对现场进行检查，研究解决排水防汛工作中存在的问题。

(3) 负责对现场事故的抢险做全面的指挥工作，出现状况立即启动防汛应急预案。

(4) 阴雨天设置巡逻员，检查现场及基坑内及周边是降排水情况，一旦发生排水不畅，及时与项目工作小组联系。

(5) 现场发生降排水不及时引起的汛情听从应急领导小组的统一调度，组织抢险队员对所属责任区的降排水情况处理。

### 9.5.4 降排水物资计划

表 9.5-1 降排水物资计划表

名 称	单 位	数 量
Φ150 潜水泵	台	2
电闸箱	个	2
铁锹	把	5
水管	米	500
水泥	吨	10
砂	立方米	10
彩条布	卷	10
扫帚	把	5
防雨衣	套	10
雨鞋	双	10
对讲机	对	4
手电	把	10

### 9.5.5 现场各区域降排水要求

对现场排水、现场道路、土方边坡、化学药剂仓库、固定设施设备、临时用电必须采取相应的措施，并进行严格的监控。

#### (1) 施工区域周边降排水措施

- ① 熟悉施工区域周边的排水系统；
- ② 检查施工区域周边的排水系统是否畅通；
- ③ 防止施工区域外的水源进入施工现场。

#### (2) 施工现场排水

- ① 施工现场应按标准实现现场硬化处理。
- ② 根据现场地形确定排水方向，按规定坡度挖好排水沟。
- ③ 设置连续、通畅的排水设施和其他应急设施，防止泥浆、污水、废水外流或堵塞排水沟。
- ④ 雨期指定专人负责，及时疏通排水系统，确保施工现场排水畅通。

#### (3) 施工现场运输道路

- ① 对路基易受冲刷部分，铺石块、焦渣、砾石等渗水防滑材料，或设涵管排泄，保证路基的稳固。
- ② 雨期指定专人负责维修路面，对路面不平或积水现象及时修复。

#### (4) 基坑边坡

- ① 汛期前应清除沟边堆物，边坡上严禁堆放材料，减轻坡顶压力；
- ② 边坡挖好后及时进行护壁；
- ③ 雨后应及时对基坑边坡进行检查，并派专人对深基坑进行测量，观察边坡情况，如发现边坡有裂缝、疏松、走动等危险征兆，立即采取措施解决；
- ④ 加强对基坑周边的监控，配备足够的潜水泵等排水设施，确保排水及时，防止基坑坍塌。

#### (5) 化学药剂仓库

- ① 做好现场化学药剂使用计划，药剂按施工计划进场，尽量少存放与仓库；
- ③ 检查仓房建筑防雨防漏情况，发现漏水及时修补。
- ④ 在雨季到来之前进行防雨措施，仓库四周砌筑 120mm 厚页岩实心砖挡

水墙，外侧抹水泥砂浆。

#### (6) 办公室等临时设施

① 工地宿舍设专人负责，进行昼夜值班，每个宿舍配备不少于2个手电筒，发现险情时，要清楚记得避险路线、避险地点和避险方法。

② 施工现场宿舍、办公室等临时设施，在汛期前应整修加固完毕，保证不漏、不塌、不倒，周围不积水，严防水冲入室内。大风和大雨后，应当检查临时设施地基和主体情况，发现问题及时处理。

#### (7) 施工用电

① 严格按照《施工现场临时用电安全技术规范》落实临时用电的各项安全措施。

② 各种露天使用的电气设备应选择较高的干燥处放置。

③ 总配电箱、分配电箱、开关箱应有可靠的防雨措施，电焊机应加防护雨罩。

④ 雨期前应检查照明和动力线有无混线、漏电现象，防止触电。

⑤ 雨期要检查现场电气设备的接零、接地保护措施是否牢靠，漏电保护装置是否灵敏，电线绝缘接头是否良好。

⑥ 暴雨等险情来临之前，施工现场临时用电除照明、排水和抢险用电外，其他电源应全部切断。

## 9.6 土壤回填施工安全防护措施

### 9.6.1 土壤回填安全防护措施

(1) 施工人员必须戴好安全帽，不准穿拖鞋，高跟鞋或赤脚。

(2) 土壤回填前，基坑槽内应做好排水措施，防止产生积水，造成由于土壁下部受多次冻融循环而形成塌方。

(3) 土壤回填时，基坑顶部做好防护，基坑四周的防护栏，在回填未完前，不得拆除。因回填土施工局部拆除的基坑防护栏，在当天完工前仍需恢复。

(4) 回填时不得上下交叉作业，上方卸土，下方严禁站人，卸土时必须派专人指挥。若必须上下交叉作业时，如上不搭架、拆架，须在土壤回填作业面上方搭设防护层，满铺木跳板，木跳板要绑扎牢固，且在木跳板层下挂双层水平兜网。

(5) 在基坑边附近作业人员，不得离基坑过近，防止意外伤人。

(6) 回填时应注意观察边坡位移，防止塌方伤人。

(7) 必须派专人指挥疏导现场施工车辆。

### 9.6.2 季节性施工要求

填土的含水量是决定土方回填质量的关键，也是影响土壤施工工期的一个重要因素。为了应付突降大雨和连阴雨天气，在基坑槽适当部位设置排水沟。在雨天前及时将场内堆土用彩条布覆盖，四边压实，已填部分采取防雨、排水措施，如有必要可用彩条布全部覆盖，以保证土方回填在无积水状态下进行。刚回填完土，如突然遇雨，不能及时完全覆盖，应将松软土出去，并补填夯实。

### 9.6.3 质量要求及保证措施

(1) 回填土的干密度和压实系数应符合设计要求。

(2) 压实系数：素土夯实后，质量标准可按实系数进行鉴定：压实系数大于等于 0.94，最大干密度 1.75%，最优含水率 15.8%。

(3) 土壤回填每层土夯实后，要对其质量进行检验，采用环刀法来检验干密度和密实度，待符合要求后，才能继续施工。

(4) 回填土表面应平整，无松散、起皮和裂缝现象，平整度控制在 $\pm 10\text{mm}$ 。

## 9.7 雨季施工措施

由于施工地区雨水较多，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，着重掌握好“安全规范”、“预防为主”、“快速齐全”三原则，并着重做好以下事项：

(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) 做好现场排水，施工现场的道路、设施必须做到排水畅通；

(3) 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；

(4) 在雨期前应做好现场房屋、设备的排水防雨措施；

(5) 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；

(6) 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) “安全规范”、“预防为主”、“快速齐全”三原则具体内容如下:

1) 安全规范原则

在雨季和大风天气施工,特殊的天气条件可能会对施工造成负面影响,因此在这些天气条件下,要更加注意安全问题。严格按照施工规范进行作业,在保护作业人员安全健康前提下,保证工程施工顺利进行。

2) 预防为主原则

在施工过程中,要持续密切关注天气情况,预先按照要求和规范做好特殊天气下施工的防护措施,保证设备机械和油料的正常使用,并预先对作业人员进行特殊天气的施工作业培训,保证在遇到特殊天气条件下,早做预防,保证施工作业顺利进行,不延误工期。

3) 快速齐全原则

在施工过程中遇到特殊天气,要保证管理及操作人员在第一时间迅速反应,有条不紊地进行特殊天气下的防护、施工或者停工撤离工作。所有机械设备及操作人员均配备齐全的防护设施和用具,确保机械设备和操作人员的安

### 9.7.1 雨季施工风险

通过对修复工程工艺所需设备和条件的综合考虑,在雨季施工有如下风险:

(1) 雨天道路比较滑,人员和车辆、设备在清挖、运输的行进、移动过程中都可能造成危险。

(2) 在雨季时,挖运和土壤修复的设施和机械设备有雨水侵入腐蚀或者遭受雷击的风险;同时,也在雨天情况下,施工人员也有触电、遭受雷击的风险;

(3) 在大风天气施工,要注意大风防护,风力过大,可能会对临设、药剂仓库等造成一定影响和破坏;同时,携带污染物的扬尘很容易随风扩散到厂区外围的居民生活和办公区,可能对厂区外居民的人体健康和生活工作环境造成危害。

综上所述,在雨季施工存在诸多风险,因此必须加强对雨季施工中可能造成的危害进行防范,并在施工过程中对特殊天气带来的负面影响进行及时有效的应对。

### 9.7.2 雨季施工管理与准备

(1) 建立雨季施工工作小组

项目经理全面、直接管理雨季施工工作，成立工作小组，技术负责人、项目副经理任小组副组长，组员还包括了各个作业队的队长。工作小组构架如图 9.7-1 所示。

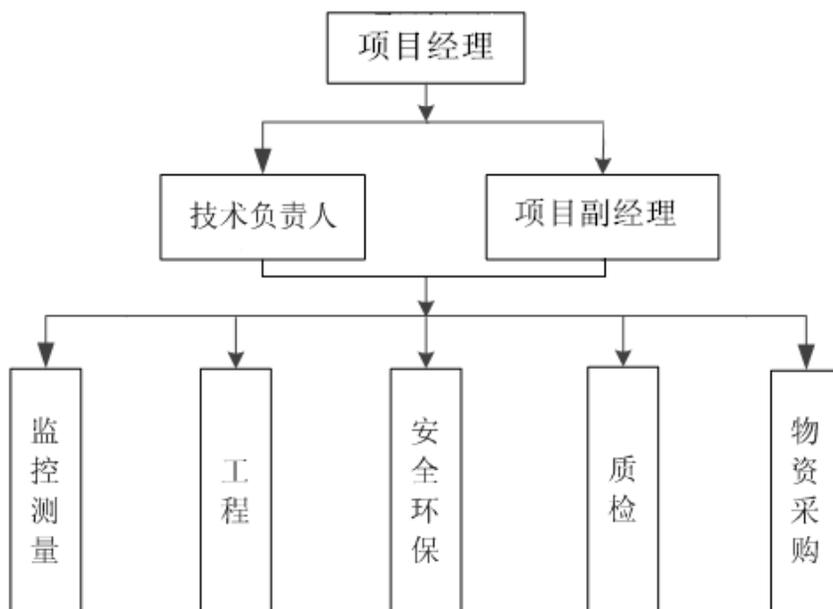


图 9.7-1 雨季施工小组构架图

### (2) 雨季施工准备

1) 雨季施工以预防为主，强调提前做好生产部署，采用防雨措施和加强排水手段确保雨季正常的施工生产，不受季节性气候的影响。

2) 加强雨施信息反馈，及时掌握雨情、汛情信息，认真研究每年的雨季气候特点，对施工中可能发生的问题提前采取预防措施，及时解决。

3) 做好施工人员的雨季施工培训工作。

4) 雨季前对于简易房屋等建筑物应进行检查和修理，防止漏雨、漏电和其他不安全因素存在，保证基础、道路不塌陷，房间不漏雨，场区不积水，施工现场驻地、仓库、车辆机具等停放场地以及生产设施都应设在地势较高的地方。

5) 施工驻地在雨季来临前购置必要的消毒药品，保证能够及时控制雨季传染病的发生。

### (3) 随时掌握天气信息

本工程施工期间加强与当地气象部门的联系，及时了解气候变化情况，详细记录每天的天气情况，听取 2-3 d 的天气预报，了解天气变化趋势。把天气预报情况与施工安排结合起来，提前作好各项预防措施。施工过程中，根据所掌

握的气象资料，尽量避开大风或大雨等恶劣天气施工。

### 9.7.3 雨季修复设施和机电设备防护

在雨季到来之前，必须做好修复设施和机电设备的防雨、防淹、防潮、防霉、防锈蚀、防漏电、防雷击等项防护措施，管好、用好施工现场机电设备，确保施工任务的顺利完成。

(1) 对可能露天放置的大型机电设备，比如挖掘机、卡车要防雨、防潮，对其机械螺栓、轴承部件要经常加油并转动以防锈蚀，所有机电设备都要严格执行“一机一闸一保护”制度，投入使用前必须做好保护电流的测试，严格控制在允许范围内。在现场的最高机械起重机上加装避雷针，施工现场的低压配电室应将进出线绝缘子铁脚与配电室的接地装置相连接，作防雷接地，以防雷电波侵入。

(2) 在施工现场比较固定的机电设备要搭设防雨棚或对电机加防护罩；不允许用塑料布包裹）。

(3) 对于变压器、避雷器的接地电阻值必须进行复测（电阻值不大于 4 欧姆），不符合要求的必须及时更换或处理。避雷器要作一次预防性试验。

(4) 机电设备的安装、电气线路的架设必须严格按照临时用电方案措施执行。

(5) 各种机械的机电设备的电器开关，要有防雨、防潮设施。

(6) 雨后对各种机电设备、临时线路、外用脚手架等进行巡视检查，如发生倾斜、变形、下沉、漏电等迹象，应立即设置危险警示标志并及时修理加固，有严重危险的立即停工处理。

(7) 施工现场的移动配电箱、施工机具全部使用绝缘防水线。用后应放回工地库房或加以遮盖防雨，不得放在露天淋雨，不得放在坑内，防止雨水浸泡、淹没。

(8) 加强用电安全巡视，检查每台机器的接地接零是否正常，检查线路是否完好，若不符合要求，及时整改。

(9) 雨天作业，机械操作人员应戴绝缘手套、穿雨靴进行用电操作。

### 9.7.4 雨季防雷工作

雨季施工重点作好防雷工作，并派电工每天对避雷针电阻进行测试。雷雨时人员不要走近架子，架空电线周围 10 m 以内地块，人若遭受雷击触电后，应

立即采用人工呼吸急救并请医生采取抢救措施。在施工过程中看见闪电或听见雷击时，停止可能会给自身带来危险的工作，三十分钟内没有再次观察到闪电和雷声时方可重新开始工作，若雷电频繁，则立即组织现场人员有序撤离到预先制定的避雷地块，同时远离树木、水、空旷处，不要使用有线电话和耳机，在无法找到掩蔽所时，蹲下以手塞住耳朵；特别要注意的是不要到不安全地块进行躲避，不安全地块包括：草棚、雨篷等小型建筑，距离护栏、门等金属物品、仪表电气设备、电线和插头较近的地块。

#### **9.7.5 停工与撤离**

大雨或雷暴雨时室外施工必须停工，并在第一时间组织现场工作人员有序撤离到安全地块躲避，同时立即组织专门人员穿戴绝缘手套、雨靴等全套绝缘防护服，对现场的露天电器、机械、配电箱等进行断电处理；并在金属设备、精密仪器等上覆盖塑料防雨遮盖；遇到雨势很大、可能上升为灾害级别的大雨，必须立即上报相关部门，并有序按照相关部门指示进行抢险救援；雨后必须组织机电、安全人员对施工用电、安全防护等各种设施进行全面检查。确保无安全隐患后方可继续施工；定期对漏电保护器等安全防护装置进行检查，及时更换失效的设施。

#### **9.7.6 排水工作**

在施工开始前，就要预先做好预防大雨天气的排水工作，建设相应设施，在大雨天气，应组织专门人员将雨水引入排水设施。另外，雨季施工期间按照有关要求，应建立以项目经理为负责人的抗洪防汛指挥部，组织精干的抗洪抢险队伍，汛期内主要领导要执行轮流值班制，发现险情立即指挥抢救和上报。

## 10 成本效益分析

### 10.1 修复成本估算

修复工程费用包括场地前期清理、场地准备、设备组装和材料购买、土壤挖掘运输、稳定化/固化处置以及施工过程中环保措施费用。此外对于整个修复工程，还应包括监理费、工程验收费等。对整个修复工程主体费用进行估算，修复费用见表 10.1-1。

表 10.1-1 修复费用估算统计表

序号	工程内容	工作量	单位	单价 (元)	总价 (元)	备注
1	场地基础设施建设	1	项	-	28000	
2	建筑垃圾处置	1	项	-	20000	
3	土壤挖运	900	m <sup>3</sup>	40	36000	
4	稳定化/固化	900	m <sup>3</sup>	450	405000	
5	风险防控	400	m <sup>2</sup>	200	80000	
6	检测费	1	项	-	50000	
7	土壤回填	900	m <sup>3</sup>	45	40500	
8	安全、健康及环境 防护	1	项	-	50000	
9	专家评审费	1	项	-	30000	
10	小计	-	-	-	739500	
11	综合税费	1	项	-	59160	
12	修复工程费用合计 (10+11)	-	-	-	798660	
13	环境监理费	1	项	-	50000	暂估
14	工程监理费	1	项	-	25000	暂估
15	验收费	1	项	-	80000	暂估
16	总计 (12+13+14+15)	-	-	-	953660	

### 10.2 环境、社会、经济效益分析

经过修复后，该场地内的污染得以去除，地块可以重新进行开发利用，可以达到良好的环境、社会、经济效益。

从根本上说，环境效益是经济效益和社会效益的基础，经济效益、社会效

益则是环境效益的后果，三者互为条件，相互影响，是辩证统一的关系。

### 10.2.1 环境效益

该地块原为安吉县羽马电瓶有限公司所使用，生产历史长、污染程度重，其存在已经严重影响到周边居民与环境的安全。

通过对地块内污染土壤进行原地异位处置，降低了污染物迁移活性，并通过风险管控措施，切断了污染物暴露途径，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，减少了地块的环境风险，确保了周边居民与环境的安全，取得了良好的环境效益。

### 10.2.2 社会效益

污染场地修复的经济效益间接反应在土地价格和房产价格的增加上。在很多情况下，修复活动对于恢复房地产价值有积极作用，从欧美国家的经验来看，通过修复和再开发，一些区位条件好的污染土地完全可以创造巨大的商机。污染导致经济利益的损失就是修复本身的效益。如 2004 年英格兰 67% 的新房是建设在污染土地上，节约了 5000 多公顷的土地。

本项目污染地块规划主要为工业用地，因此经济效益不是主要目的。但是通过本项目污染场地的修复，有效消除了地块存在的环境、地质、水文风险，也可以大幅度提高该地块的利用效率和周边地块的商业利用价值。

### 10.2.3 经济效益

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

本项目的成功实施，将产生多方面的社会效益。

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

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

再次，污染场地的修复可以降低环保部门的管理风险。

## 11 结论

### 11.1 可行性研究结论

首先，本方案通过系统识别目标场地的污染问题，对土壤中的铅污染制定了“污染源处理和风险管控”这一修复策略。通过综合考虑场地未来的用地发展规划、场地现状、修复后土壤的处置方式以及修复技术的可行性、成本、周期、民众可接受程度等因素，确定了修复目标：污染区域土壤重金属铅浸出值满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）IV类标准。根据场地特征和修复目标，确定了最优的修复技术方案——稳定化/固化技术和 HDPE 土工膜配以混凝土水平阻隔技术。最后，本方案通过技术路线设计、工程量及费用估算、进度计划安排、环境管理计划设计以及环境/经济/社会效益分析等方面的工作，丰富了关键技术细节，为下一步修复工作的顺利开展奠定了坚实的基础。

### 11.2 问题和建议

（1）因场地生产历史资料缺失，场地使用变更情况复杂，给场地调查工作带来了不确定因素，建议在场址污染土壤清理施工过程中，还需要时刻关注和防范现场突发情况的发生。另一方面，调查采样点位网格密度有限，给场地污染土壤边界划分带来不确定性，建议在修复工程实施过程中，根据现场情况实时调整污染土壤清理边界，以保证场地修复方案能够达到预期目标。

（2）本方案所给出稳定化/固化工艺参数主要是根据以往施工经验和实验室小试获得，建议在实际工程运行过程中，根据实际情况做进一步优化。

（3）修复施工结束后，要加强对风险管控区域和土壤回填区域的检测，设置专人定期采集风险管控区域和土壤回填区域下游的地下水送往实验室分析，对管控效果和修复效果进行监测。具体采样周期可以为修复施工结束后第一年每季度采样一次，第二和第三年每半年采样一次，第四年及以后每年采样一次。同时对风险管控区域的表层水泥混凝土进行定期检查，检查内容为混凝土的平整度及破损程度。如发现破损严重的情况，需立即对破损处进行补强。

# 附件 1 羽马电瓶污染点位土壤浸出毒性检测报告



## 检 测 报 告

Testing Report

华标检 (2018) H 第 04190 号

项 目 名 称 \_\_\_\_\_ 土壤 \_\_\_\_\_  
委 托 单 位 \_\_\_\_\_ 杭州康利维环保科技有限公司 \_\_\_\_\_



样品类别 土壤 检测类别 一般委托

委托方 杭州康利维环保科技有限公司

地址 /

委托日期 2018.04.20

采样方式 自送样 送样日期 2018.04.20

采样地点 /

检测地点 本公司实验室 检测日期 2018.04.20-05.04

检测方法依据

土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T 17141-1997

危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别 GB 5085.3-2007 附录 D

### 土壤检测分析结果

样品编号	项目名称及单位	检测结果
S3 (2.0-2.5m)	铅 mg/L	0.12
S4 (1.5-2.0m)		0.08
S6 (0-0.5m)		0.24
S6 (0.5-1.0m)		0.19
S3 (2.0-2.5m)	铅 mg/kg	$4.10 \times 10^3$
S4 (1.5-2.0m)		$4.41 \times 10^3$
S6 (0-0.5m)		$5.57 \times 10^3$
S6 (0.5-1.0m)		$4.25 \times 10^3$



报告编制: 景姗姗

校核: 张利益

审核: 张利益

批准人: 张利益

批准人职务/职称: 授权签字人

批准日期: 2018.6.1



## 附件 2 场地土壤风险管控与修复工程技术方案评审会议签到表

原安吉县羽马电瓶有限公司场地土壤风险管控与修复工程技术方案

评审会议签到表

姓名	工作单位	职务/职称	电话
胡晓志	浙江天川环保	高工	13116789158
余世清	杭州市环保局	高工	13858106082
林行	浙江理工大学	副教授	13957161617
石晓霞	杭州康利维环保	工程师	18658866129

会议地点：杭州

时间：2018 年 月 日

## 附件 3 场地土壤风险管控与修复工程技术方案专家咨询意见

原安吉县羽马电瓶有限公司  
场地土壤风险管控与修复工程技术方案  
专家咨询意见

2018年6月12日,《原安吉县羽马电瓶有限公司场地土壤风险管控与修复工程技术方案》专家咨询会在杭州召开,参加会议的有湖州市际承接产业转移示范区安吉分区分管委会、杭州康利维环保科技有限公司(方案编制单位)等单位的代表,会议邀请三位专家(名单附后)。会议听取方案编制单位对方案主要内容的介绍后,经讨论,形成专家咨询主要意见如下:

### 一、方案总体评价

方案对前期该场地环境调查与风险评估报告进行了回顾,在确定的修复目标和修复范围基础上,根据环保部《污染场地土壤修复技术导则》、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》等相关技术导则规范,提出了该污染场地总修复土方量为 $900\text{m}^3$ ,选择原地异位稳定化/固化修复技术;该污染场地风险控制土方量为 $600\text{m}^3$ ,采用土工膜墙技术和加厚混凝土水平阻隔技术进行控制。并提出修复验收、施工工艺及进度安排等相关要求。

该修复方案技术工艺合理,总体可行。经修改完善后,可作为该场地修复治理及验收的工作依据。

### 二、建议完善的意见

- 1、补充完善场地覆盖情况介绍。
- 2、进一步校核稳定化/固化处置后土壤中铅的浸出液控制浓度。
- 3、完善修复后场地后期管理相关要求。
- 4、进一步完善多方案比选分析。

专家签名:

  
2018年6月12日

## 附件 4 对技术方案咨询意见的回复

# 对技术方案咨询意见的回复

针对 2018 年 6 月 12 日，《原安吉县羽马电瓶有限公司场地土壤风险管控与修复工程技术方案》专家咨询会提出的意见，我公司回应如下：

意见	修改情况
1、补充完善场地覆盖情况介绍。	已补充完善（见 P13）。
2、进一步校核稳定化/固化处置后土壤中铅的浸出液控制浓度。	已校核（见 P31-P32）。
3、完善修复后场地后期管理相关要求。	已完善（见 P83）。
4、进一步完善多方案比选分析	已完善（见 P20-P27）。