

# 芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程

## 5-1#地块修复效果评估报告

(公示版)

委托单位：芜湖新兴铸管有限责任公司

评估单位：南京大学环境规划设计研究院股份公司

二〇一八年十一月

项目名称：芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤  
修复工程 5-1#地块修复效果评估

委托单位：芜湖新兴铸管有限责任公司

评估单位：南京大学环境规划设计研究院股份公司

第三方检测单位：浙江中一检测研究院有限公司

项目负责人：张振昌

编制人员：余期冲 刘 奇 王章明 姜酌琳  
乐 涛 张伟国 郑玉虎 杨道军

审核人员：张启

## 目 录

<b>1 前言 .....</b>	<b>1</b>
1.1 项目背景.....	1
1.2 工程概况.....	2
1.3 效果评估目的.....	3
<b>2 编制依据 .....</b>	<b>4</b>
2.1 国家与地方相关法律、政策.....	4
2.2 技术导则、技术规范.....	4
2.3 项目相关技术文件.....	5
<b>3 场地概况 .....</b>	<b>6</b>
3.1 场地环境调查评估结论.....	6
3.1.1 场地及周边状况.....	6
3.1.2 场地地层特征.....	7
3.1.3 地下水特征.....	8
3.1.4 场地污染特征.....	9
3.1.5 场地修复目标值.....	9
3.2 场地修复方案.....	10
3.3 修复实施情况.....	12
3.3.1 施工前期准备.....	12
3.3.2 修复工程量统计.....	13
3.3.3 施工过程中二次污染防治.....	14
<b>4 效果评估内容和方法 .....</b>	<b>15</b>
4.1 效果评估范围与对象.....	15
4.2 效果评估程序与方法.....	16
<b>5 文件审核与现场勘察 .....</b>	<b>17</b>
5.1 文件审核.....	17
5.1.1 文件审核范围.....	17
5.1.2 文件审核内容.....	17
5.2 现场勘查.....	20
5.2.1 核定修复范围.....	20
5.2.2 识别现场遗留污染.....	21
5.3 小结.....	21

<b>6 布点采样方案 .....</b>	<b>23</b>
6.1 污染土壤清挖效果评估.....	23
6.2 修复后土壤堆体效果评估.....	26
6.3 建筑垃圾淋洗效果评估.....	27
6.4 可能产生二次污染区域的土壤采样.....	27
<b>7 现场采样与实验室检测 .....</b>	<b>29</b>
7.1 采样与检测单位.....	29
7.2 现场采样要求采样节点.....	29
7.3 样品保存与运输.....	29
7.4 质量控制.....	30
7.4.1 现场采样质量控制措施.....	30
7.4.2 实验室检测分析质量控制措施.....	31
<b>8 修复效果评价 .....</b>	<b>33</b>
8.1 达标评价方法.....	33
8.2 第一次采样及监测数据分析.....	33
8.2.1 第一次现场采样.....	33
8.2.2 检测数据.....	33
8.2.3 数据结果分析.....	33
8.3 第二次采样及监测数据分析.....	34
8.3.1 第二次现场采样.....	34
8.3.2 检测数据.....	34
8.3.3 数据结果分析.....	错误! 未定义书签。
8.4 第三次采样及监测数据分析.....	34
8.4.1 第三次现场采样.....	34
8.4.2 检测数据.....	35
8.4.3 数据结果分析.....	35
8.5 第四次采样及监测数据分析.....	35
8.5.1 第四次现场采样.....	35
8.5.2 检测数据.....	35
8.5.3 数据结果分析.....	36
8.6 第五次采样及监测数据分析.....	36
8.6.1 第五次现场采样.....	36
8.6.2 检测数据.....	36
8.6.3 数据结果分析.....	36

8.7 第六次采样及监测数据分析.....	37
8.7.1 第六次现场采样.....	37
8.7.2 检测数据.....	37
8.7.3 数据结果分析.....	37
8.8 第七次采样及监测数据分析.....	38
8.8.1 第七次现场采样.....	38
8.8.2 检测数据.....	38
8.8.3 数据结果分析.....	38
8.9 第八次采样及监测数据分析.....	39
8.9.1 第八次现场采样.....	39
8.9.2 检测数据.....	39
8.9.3 数据结果分析.....	39
8.10 小结.....	40
<b>9 结论和建议 .....</b>	<b>41</b>
9.1 结论.....	41
9.2 建议.....	41

## 附图

- 附图 1 5-1#地块重金属修复区域分布图
- 附图 2 5-1#地块半挥发性有机物修复区域分布图
- 附图 3 5-1#地块石油烃修复区域分布图
- 附图 4 5-1#地块修复区域分布叠加图
- 附图 5 5-1#地块平面布置图
- 附图 6 5-1#地块疑似二次污染区域采样布点图

## 附件

- 附件 1 效果评估方案等专家评审意见
- 附件 2 效果评估方案等专家复核函审意见
- 附件 3 效果评估报告等专家评审意见
- 附件 4 效果评估报告等专家复核函审意见
- 附件 5 现场采样记录单
- 附件 6 现场采样照片
- 附件 7 检测单位计量认证资质和检测项目能力表
- 附件 8 检测报告
- 附件 9 5-1#地块竣工报告
- 附件 10 5-1#地块环境监理报告
- 附件 11 5-1#地块工程监理报告

# 1 前言

## 1.1 项目背景

芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块位于芜湖新兴铸管有限责任公司(以下简称“芜湖新兴铸管”),属于芜湖市弋江区,芜湖新兴铸管前身是 1958 年建厂的芜湖钢铁厂。2003 年 4 月,在芜湖市政府的大力支持下,经国务院国资委批准,由新兴铸管股份公司和新兴际华集团(原新兴铸管集团)共同出资重组成立芜湖新兴铸管。随着芜湖城市发展以及城市功能定位的转型升级,位于城市中心区的厂区已被居民区所包围,企业的生存发展与城市发展相矛盾。2011 年 3 月,根据芜湖城市发展、城市功能定位及《芜湖市国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》和《芜湖市城市总体规划(2012-2030 年)》所提出的战略定位和空间布局,芜湖新兴铸管从战略布局的高度出发,决定实施钢厂搬迁。2014 年 5 月,公司与芜湖市人民政府就芜湖新兴铸管整体由弋江老厂区搬迁至三山区事项签署搬迁协议。

根据《芜湖市城市总体规划(2012-2030 年)》和相关规划,芜湖新兴铸管弋江老厂区将作为商业、住宅及道路用地进行规划。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。芜湖新兴投资开发有限责任公司已根据《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)的要求委托南京大学环境规划设计研究院股份公司(以下简称“南大环规院”)完成了《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块场地环境调查与风险评估报告》(以下简称《评估报告》),根据《评估报告》,5#地块存在部分区域土壤中存在重金属和有机物污染,且风险不可接受,需要进行修复。在《评估报告》基础上,南大环规院编制了《芜湖新兴铸管 5#地块土壤修复技术方案》(以下简称《修复技术方案》)。

在本场地前期调查评估和修复技术方案的基础上,芜湖新兴铸管按照相关文件的要求,组织人员和资金进行本场地的修复工程、工程监理、环境监理和修复验收效果的公开招标工作,最终确定修复施工单位为北京建工环境修复股份有限

公司、工程监理单位为广东鼎建工程咨询监理有限公司、环境监理单位为安徽裕昌环境监理咨询有限公司、修复效果评估单位为南京大学环境规划设计研究院股份公司。

南大环规院于中标后立即组织相关人员根据所掌握的资料信息、国家有关技术导则和《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程施工方案》(以下简称《施工方案》)编制了《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程修复效果评估方案》(以下简称《评估方案》)。根据评估方案,按照阶段进行效果评估,本次针对第一阶段修复工程开展效果评估,现场采用分批采集土壤样品,委托第三方检测单位——浙江中一检测研究院有限公司开展土壤样品采集检测工作,根据检测结果进行修复效果评估,并编制《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程第一阶段修复效果评估报告》。

## 1.2 工程概况

工程名称: 芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程;

项目地点: 芜湖市弋江区弋江南路;

工程范围:《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复技术方案》中所列出的 5-1#和 5-2#地块。

工程规模: 芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程占地面积约 400 亩,场地土壤主要受重金属铅、镉、铊、砷和有机物石油烃、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、苯并(a)芘、萘以及苯的污染,污染土壤修复量为  $159212.5 \text{ m}^3$ 。修复工程分两阶段实施,第一阶段为 5-1#地块(道路以北),修复土方量  $81657.5 \text{ m}^3$ ,第二阶段为 5-2#地块(道路以南),修复土方量为  $77555 \text{ m}^3$ 。

质量要求: 达到修复技术方案规定的验收标准,验收合格。

工程工期: 240 日历天(第一阶段 5-1#地块 60 日历天,第二阶段 5-2#地块 180 日历天)。

**本次修复效果评估对象为第一阶段 5-1#地块。**



### 1.3 效果评估目的

审核相关文件,考核修复工程量是否达到合同要求及安全生产措施落实情况;考核修复过程中对各项环保措施的落实情况及是否产生二次污染;通过现场考察,判断修复后的场地是否存在污染痕迹;布点采集土壤样品,分析修复目标污染物,评估场地的修复效果是否达到效果评估方案的要求。

## 2 编制依据

### 2.1 国家与地方相关法律、政策

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014 修订版；
- (2) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016 年修正版；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018 年修订版；
- (4) 《中华人民共和国土壤污染防治法》，2018 年；
- (5) 《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）；
- (6) 《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）；
- (7) 《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）；
- (8) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环保部令 第 42 号）；
- (9) 《安徽省人民政府关于印发安徽省土壤污染防治工作方案的通知》安徽省人民政府办公厅（皖政[2016]116 号）；
- (10) 《芜湖市人民政府关于印发芜湖市土壤污染防治工作方案的通知》（芜政[2016]119 号）；
- (11) 《安徽省污染地块环境管理暂行办法》（2018 年 8 月 28 日）。

### 2.2 技术导则、技术规范

- (1) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- (2) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- (3) 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB5085.3-2007）；
- (4) 《土壤环境质量标准 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；
- (5) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (6) 《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；
- (7) 《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）；

- (8)《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014);
- (9)《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014);
- (10)《污染场地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2014);
- (11)《场地环境评价导则》(DB11T-656-2009);
- (12)《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004);
- (13)《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004);
- (14)《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002);
- (15)《工程测量规范》(GB 50026-2007);
- (16)《污染场地修复验收技术规范》(北京市 DB11/T 783-2011);
- (17)《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(环发 2014[78])。

## 2.3 项目相关技术文件

- (1)《固体废物浸出毒性浸出方法-硫酸硝酸法》(HJ/T299-2007);
- (2)《芜湖市城市总体规划(2012~2030年)》;
- (3)《芜湖市土地利用总体规划》(2006-2020年);
- (4)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块场地环境调查与风险评估报告》;
- (5)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复技术方案》;
- (6)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程实施方案》;
- (7)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程环境监理方案》;
- (8)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程工程监理方案》;
- (9)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程修复效果评估方案》;
- (10)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程 5-1#地块竣工报告》;
- (11)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程 5-1#地块环境监理报告》;
- (12)《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程 5-1#地块工程监理报告》;
- (13)甲方提供的其他资料。

### 3 场地概况

#### 3.1 场地环境调查评估结论

##### 3.1.1 场地及周边状况

5#地块主要涉及芜湖新兴铸管的文体中心、办公楼、保卫处、设备仓库、停车场及绿化带、炼钢车间、高炉车间、焦化车间、动力车间及变电所。目前文体中心、办公楼、保卫处、设备仓库、停车场及绿化带尚未拆除，其余生产车间已经全部拆迁完毕，部分区域留有水泥地坪以及地下建筑基础物，场地上遍布碎石砖块等建筑垃圾、以及拆除设备时遗留的坑，后经降雨汇集成水坑，较大的有 3 处，深度在 0.5~3m 不等。场地的西侧和北侧已经建设围墙，东侧和南侧呈现开放状态。

本场地内无刺激性气味，南风时偶有南部未拆除的烧结球团车间的刺激性气味。



图 3.1-1 场地现状图

修复区块周围主要为北侧地块的老厂区其他车间（80 万吨轧制车间、球墨铸管车间、高炉 1#车间、坯料车间、废渣场、废水处理区）；南侧为个体商户、荒地、老厂区烧结和球团车间；西侧紧邻弋江南路、正在建设的房地产项目；东侧为废渣

和废弃设备堆场。



图 3.1-2 场地周边情况图

### 3.1.2 场地地层特征

修复区块土层结构地质条件如下，其中本项目场地内修复深度范围在杂填土、粉质粘土、淤泥质粉质粘土层中。

杂填土：杂色，湿，中密，以粘性土为主，含有建筑垃圾，碎石等。该层主要分布在厂区内。钻探揭露厚度 1.10~2.00 m，平均厚度 1.51 m。

粉质粘土：黄褐色，湿，硬塑，含高岭土，本层为隔水层，区域内钻探揭露厚度 2.30~12.60 m，平均厚度为 2.52 m，该层在区域内广泛分布。

淤泥质粉质粘土：灰色，呈流塑状态，含少量腐殖质，夹薄层粉土、粉砂，本层为弱透水层，区域内钻探揭露厚度为 4.00~17.50 m，平均厚度为 9.90 m。

粉土：灰色，饱和，稍~中密，其中夹粉砂互层，本层为弱透水层，该层厚度为 1.00~3.00 m；该层在本区域局部分布，区域内钻探揭露厚度 4.10~5.00 m，平均厚度为 4.55 m。

粉砂：青灰~灰黑色，呈中密状态，局部稍密状态，饱和，主要成分为长石及石英，含云母片，夹粉土，本层为含水层，区域内钻探揭露厚度 12.60~24.00m，平均厚度为 18.5 m，该层在区域内广泛分布。

中砂：青灰~灰白色，呈密实、饱和状态，主要成分为长石及石英，含云母片，局部夹粉土或粉砂，底部局部夹有粒径约 20 cm 砾石，本层为含水层，厂区钻探揭露厚度 13.00~15.80 m，平均厚度为 14.40 m，该层在区域内广泛分布。

强风化花岗岩：紫红色，岩体结构大部分已破坏，矿物成分难以分辨，风化裂隙极其发育，岩体破碎严重，干钻不易钻进，合金钻头岩芯管钻进速度快且不均匀，本层为弱透水层。该层为穿透。

中风化泥质砂岩：紫红色，粉砂质细粒结构，岩芯呈短柱状，结构部分破坏，风化裂隙发育，岩芯钻方可钻进，合金钻头岩芯管钻进速度较快而均匀，本层完整程度为较破碎，属软岩，岩石基本质量等级为 V 级，本层为弱透水层。该层为穿透。

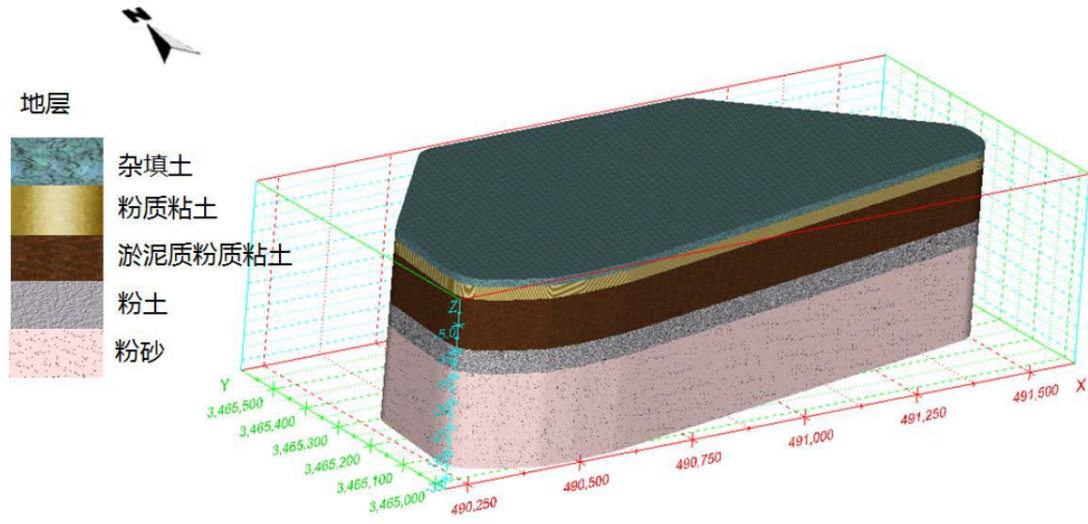


图 3.1-3 场地地质模型

### 3.1.3 地下水特征

#### ① 地下水类型

按含水介质的性质，项目区地下水类型分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两种类型。

#### ② 地下水补径排特征

评价区地下水主要的补给来源有降雨入渗和地表水的补给等，其中降雨入渗是最主要的补给来源。丰水期，地下水可能接受长江及小江河的补给。而在枯水期，长江水位低于评价区地下水位，补给地下水。地下水的径流方向主要为自南向北。

该区主要的排泄方式为蒸发排泄和侧向流出，其中蒸发排泄为主要的排泄方式。区域地下水向北、西侧排泄，并以西侧为主，排入长江。由于区内工农业用水主要以地表水为主，在评价区内不存在地下水的开采。

### 3.1.4 场地污染特征

根据评估报告、修复技术方案及业主提供的其他技术资料显示，本场地土壤为重金属、半挥发性有机物和挥发性有机物污染。

本场地需要治理的有机污染物为：苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、石油类；需要治理的重金属为：铅、镉、铊、砷。

5-1#场地主要受重金属污染，少量修复单元受有机物污染，以及有机物和重金属的复合污染。在 5-1#场地中重金属铊、镉的污染程度较轻；重金属砷、铅的污染程度相对较重。5-1#地块中大部分地块有机物污染程度较轻，只有 5-1-19#地块受重度有机物污染，其中苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽超标程度重。

### 3.1.5 场地修复目标值

根据《弋江路沿线地区总体城市设计》和《芜湖是城南新兴铸管老厂区 CN-06 管理单元规划》，未来本场地规划整体有两种用地（住宅和道路），每种用地方式下其修复目标值有所差异。本项目污染土壤修复目标值分别如下表：

表 3.1-3 居住用地土壤中关注污染物种类及其修复目标值

序号	污染物种类	修复目标值 (mg/kg)
1	石油烃	2080
2	苯并(a)蒽	8.47
3	苯并(b)荧蒽	8.49
4	二苯并(a,h)蒽	0.85
5	苯并(a)芘	0.85
6	镉	46.8
7	铊	2
8	砷	40
9	铅	604

表 3.1-4 道路用地土壤中关注污染物种类及其修复目标值

序号	污染物种类		修复目标值 (mg/kg)
1	0-1m	苯并(a)蒽	21.1
2		苯并(b)荧蒽	21.1

序号	污染物种类	修复目标值 (mg/kg)
3	二苯并(a,h)蒽	4.2
4	苯并(a)芘	4.2
5	砷	60
6	铅	877

表 3.1-5 重金属修复效果指标

序号	污染物	浸出浓度 (mg/L)	备注
1	砷	0.05	《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)
2	铅	0.1	
3	铊	0.001	
4	镉	0.01	

### 3.2 场地修复方案

根据北京建工环境修复股份有限公司编制的《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程实施方案》结合本项目场地特征、污染概况、水文地质概况、治理目标等，针对性地进行场地概念模型分析，细化并提出本场地总体修复技术路线如下图所示。



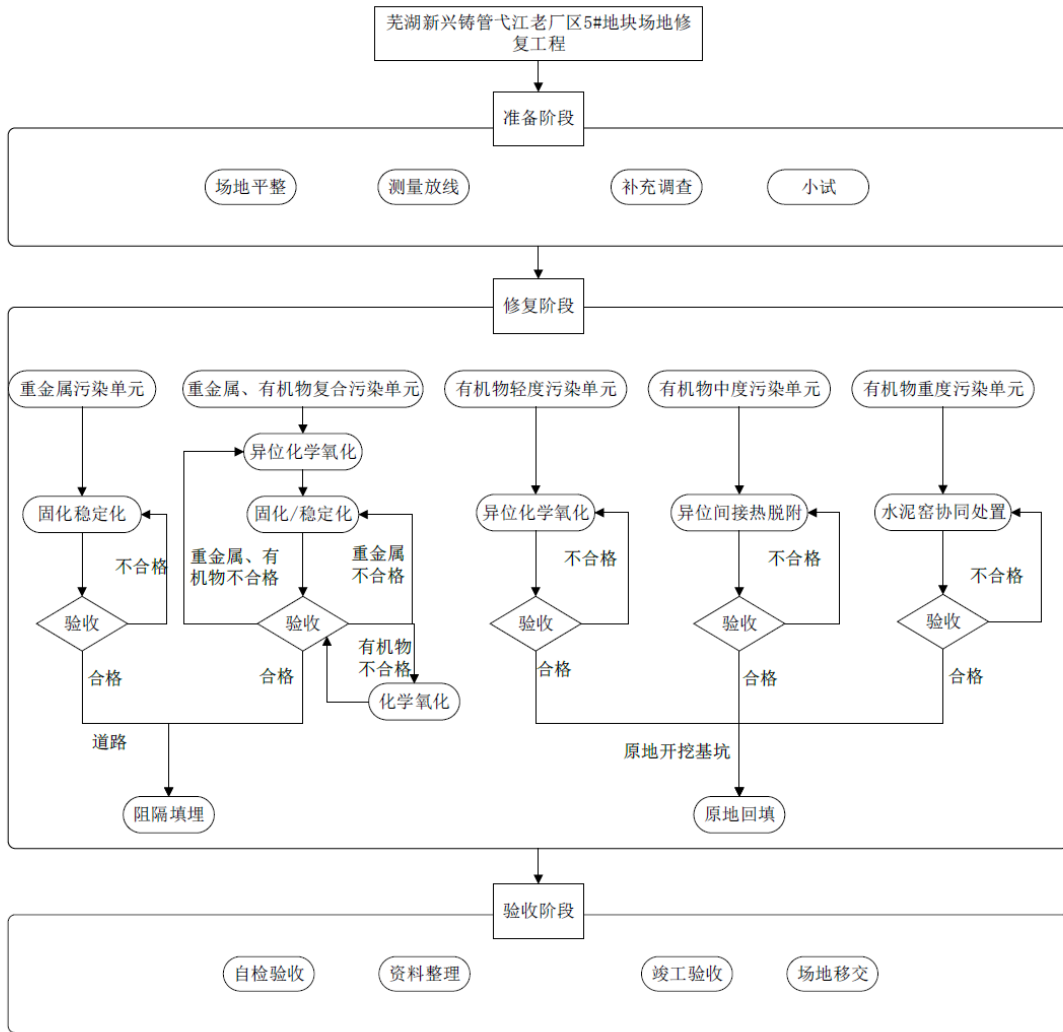


图 3.2-1 修复工艺路线流程

(1)对于土壤修复区域(5-1#地块),采取土壤清挖异位修复的手段进行修复,确保后期地块人员健康安全与环境安全。本场地仅土壤存在污染,主要污染物大致分为重金属、SVOCs 和总石油烃,根据土层划分本场地土壤可大致分为浅层污染土壤(杂填土层:0-1.5m)、深层污染土壤(粉质黏土层:1.5-5m)。对不同种类的污染土壤采取的修复技术路线如下:

1)对于重金属污染土壤,采用原地异位固化稳定化技术进行修复。现场污染土壤清挖直接运至固化稳定化处置区,预处理后进行固化稳定化修复作业,修复完成后运至土壤待检区养护待检。经自检合格后,申请并配合第三方进行效果评估,经效果评估合格后运至场内规划道路底下阻隔回填。

2)对于轻度有机污染土壤,采用原地异位化学氧化技术进行修复。此部分污染土壤清挖出来后短驳至密闭修复车间内,首先进行土壤预处理,再通过双轴搅拌

土壤改良机，按一定比例投加氧化药剂和催化药剂，充分搅拌混合，短驳至待检区静置养护。经自检合格后，申请并配合第三方进行效果评估，经效果评估合格后场内原址回填。

3) 对中度有机污染土壤，采用原地异位热脱附技术进行修复。第一阶段热脱附方式拟采用间接热脱附，中度有机污染土壤运输至密闭预处理车间，经筛分、降低含水率预处理后，通过进料装置进入热脱附设备进行修复作业，出土短驳转运至待检区。经自检合格后，申请并配合第三方进行效果评估，经效果评估合格后场内原址回填。

4) 对重度有机污染土壤，采用异位水泥窑协同处置工艺进行修复。污染土壤经场内清挖、预处理工序后，在土壤满足水泥窑协同处置进料要求后，车辆按指定线路运输至水泥窑，作为原料按一定比例掺烧。

5) 对重金属、有机复合污染土壤，采用原地异位化学氧化+原地异位固化稳定化组合工艺进行处置。此部分污染土壤首先进行化学氧化修复，静置养护后再进行固化稳定化修复，转运至待检区静置养护。经自检合格后，申请并配合第三方进行效果评估，经效果评估合格后运至场内规划道路底下进行阻隔回填。

(2) 对于现场建筑渣块（浅层污染土壤筛分产生、现场地坪破碎产生），采用渣石清洗的处置方式。本项目渣石体量较大，地坪破碎及土壤筛分产生的渣石短驳至渣石清洗区，清洗干净后，现场回填或用于场内市政规划道路路基垫层。

本场地修复平面布置图见附图。

### 3.3 修复实施情况

#### 3.3.1 施工前期准备

根据施工设计总体平面布置图的规划及现场施工条件，修复单位于 2018 年 9 月 1 日开始进场，进行过一些列施工场地准备工作，9 月 11 日完成实施方案、监理方案、效果评估方案完成专家评审，9 月 15 日正式开工。

在完成施工工程场地准备工作后，修复单位开始对土壤修复区域展开修复治理工作。根据修复技术的不同，分为原地异位固化稳定化技术区、原地异位化学氧化修复技术区、原地异位热脱附修复技术区与异位水泥窑协同处置技术区。

### 3.3.2 修复工程量统计

根据《修复技术方案》，本次修复区域为 5-1#地块，总修复面积为 34363m<sup>2</sup>，修复土方量为 81657.5m<sup>3</sup>（未区分复合区域修复量），修复工程量详见下表。

表 3.3-2 5-1#地块污染物种类及修复方量

修复单元	污染物	修复深度 m	修复量 m <sup>3</sup>
5-1-1#	石油烃	0-2	3266
	苯并(a)芘		
5-1-2#	苯并(a)芘	0-1	1148
5-1-3#	苯并(a)芘	0-4	6928
5-1-4#	苯并(a)芘	0-2	2882
5-1-5#	砷	0-1	757
5-1-6#	砷、铊	0-1.5	1701
	苯并(a)芘		825
5-1-7#	铅、镉、铊、砷	0-2.5	2290
5-1-8#	苯并(a)芘	0-1	638
	砷、铅		770
5-1-9#	铅、砷	0-1.5	858
5-1-10#	铅、砷	0-1.5	1711.5
5-1-11#	砷	0-1	672
5-1-12#	苯并(a)芘	0-3	5538
	铅、铊、砷	0-5	12215
5-1-13#	铊、砷	0-2	9132
	苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽、苯并(a)蒽	0-3	2892
5-1-14#	苯并(a)芘	1-2	671
5-1-15#道路	砷、铅	0-2.5	4675
5-1-16#道路	砷	2-3	888
5-1-17#	苯并(a)芘	0-4	6636
5-1-18#	苯并(a)芘	0-5	7230

修复单元	污染物	修复深度 m	修复量 m <sup>3</sup>
5-1-19#	苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽	0-2	2470
5-1-20#道路	苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽	0-1	996
5-1-21#	砷	0-2	1036
5-1-22#	砷	0-4	2832
合计			<b>81657.5</b>

### 3.3.3 施工过程中二次污染防治

根据《芜湖新兴铸管老厂区 5#地块土壤修复工程环境影响报告表》的要求，修复单位在施工过程中的二次污染防治情况具体见下表 3.3-2。

## 4 效果评估内容和方法

### 4.1 效果评估范围与对象

依据《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),同时结合本工程施工方案,本次修复工程效果评估主要内容为原地异位修复后的土壤。

#### (1) 效果评估重点

异位修复后土壤主要目标污染物是否达到目标修复值;修复过程中是否有造成二次污染,是否恢复场地使用功能。

#### (2) 效果评估对象

1) 基坑:效果评估时须对基坑底部和侧壁进行采样检测,效果评估指标为场地修复的目标污染物,效果评估标准为场地土壤修复目标值,确保超过修复目标值的区域均得到了修复。

2) 土壤修复效果评估:在每个施工单元完成后,根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南》(试行)、《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)、《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014)、《土壤环境检测技术规范》(HJ/T166-2004),对修复后场地进行布点、采样与检测,考查该效果评估单元是否修复达标。

3) 修复工程环境影响效果评估:为防止修复工程对厂界及其周边环境产生二次污染,需对修复工程的环境影响进行效果评估,包括污水排放监控效果评估、废气排放监测效果评估、噪声环境监测效果评估和土壤环境监测效果评估。本效果评估主要对施工方在施工过程中填写的相关记录和工程/环境监理提交的总结报告等文件。

#### 4) 工程控制设施

对于切断污染途径的工程控制技术,效果评估指标一般为各种工程指标,如阻隔层厚度和渗透系数等。该部分主要通过对施工方在施工过程中填写的相关记录和工程/环境监理提交的总结报告等文件进行审核效果评估。

5) 个人防护措施效果评估：以施工方填写的《施工个人防护情况记录表》为文件审核依据，对施工现场工人的安全防护措施情况进行检查，以保障施工现场工人短期接触的健康安全。

### (3) 效果评估指标和标准

土壤效果评估指标为场地调查确定的目标污染物，效果评估标准为场地调查确定的修复目标值。

## 4.2 效果评估程序与方法

污染场地修复效果评估工作主要包括五个阶段，分别为文件审核与现场踏勘、采样布点方案制定、现场采样与实验室检测、修复效果评价、效果评估报告编制，工作程序如下图所示：

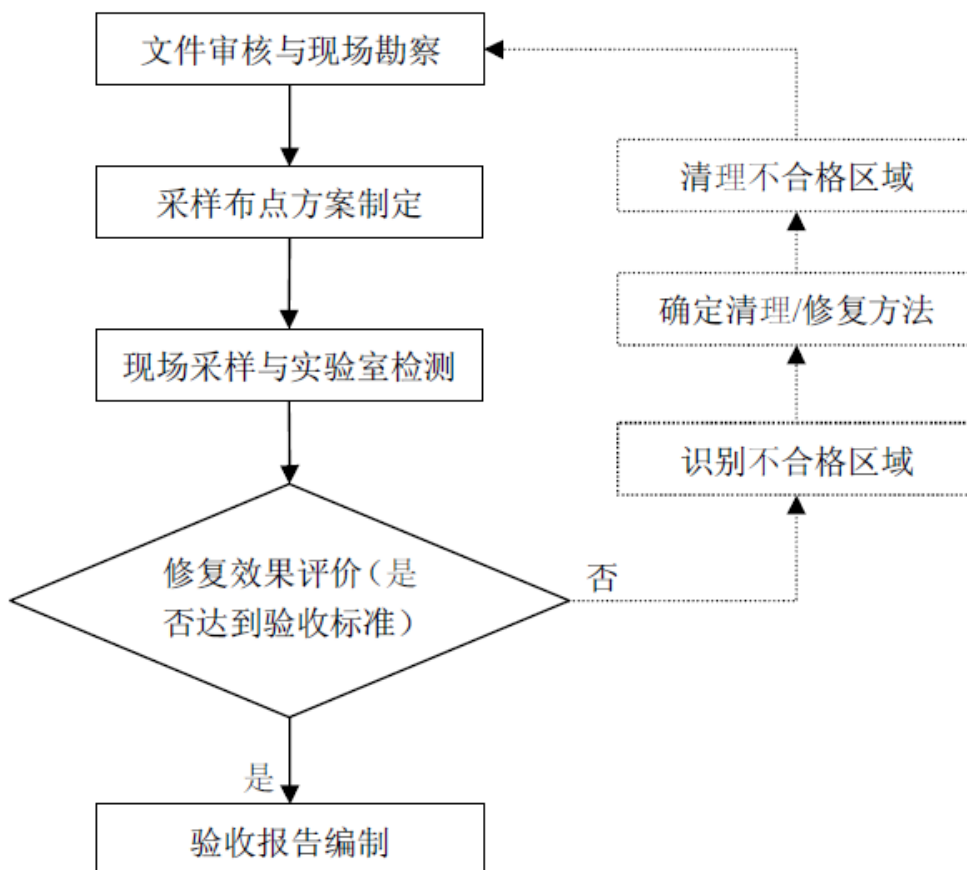


图 4.2-1 污染地块修复工程效果评估工作程序

## 5 文件审核与现场勘察

### 5.1 文件审核

#### 5.1.1 文件审核范围

在效果评估工作开展之前,修复效果评估单位对修复施工单位及环境和工程监理单位的相关治理技术文件、施工记录、工程联系文件、施工图纸及影像记录等资料进行查验复核,主要审核的资料和文件有:

①场地环境调查评估及施工方案相关文件:场地环境调查评估报告书及其备案意见、场地修复工程环境影响报告表、场地施工方案及其备案意见、场地修复施工组织设计及其备案意见、场地修复工程工程监理和环境监理方案及其备案意见、相关合同协议、其他相关资料。

②场地修复工程资料:原位化学氧化修复过程的原始记录、建筑垃圾清运或清洗记录,重金属污染土壤清挖和运输记录、重金属污染土壤预处理记录、污水处理设施工作记录,工程测量放线记录、回填素土运输记录、药剂采购及使用情况记录、修复设施运行记录、污染土壤外运记录及手续文件、污染土壤接收方处理资质、固废转移台账及手续文件、监测采集方案、采样记录及结果报告(包括施工单位和监理单位);修复实施过程的施工日志等记录文件、修复施工单位修复工程竣工报告等。

③环境管理资料:清运土壤暂存场地的二次污染物排放记录、二次污染防治措施台账、二次污染现场检测记录及结果。

④工程及环境监理文件:工程及环境监理记录和监理报告。

⑤其它文件:其它服务于工程验收需要提供的资料,如环境管理组织机构等。

⑥相关图件:场地地理位置示意图、总平面布置图、修复范围图、污染修复工艺流程图、修复过程照片和影像记录等。

#### 5.1.2 文件审核内容

对收集的资料进行整理和分析,并通过与现场负责人、修复实施人员、监理人员等相关人员进行访谈,明确以下内容:

①根据场地环境调查评估报告、施工方案及相关行政文件，确定场地的目标污染物、修复范围和修复目标，作为效果评估依据。

②通过审查场地修复过程监理记录和二次污染防治监测数据，核实施工方案和环保措施的落实情况。

③通过审查相关运输清单和接收函件，结合修复过程监理记录，核实污染土壤的数量和去向。

④通过审查关于修复过程修复质量完成情况的相关文件，核实是否达到修复目标值。

详细情况如表 5.1-1 所示。





图 5-1a 施工单位资料



图 5-1b 施工单位资料



图 5-1c 工程监理资料



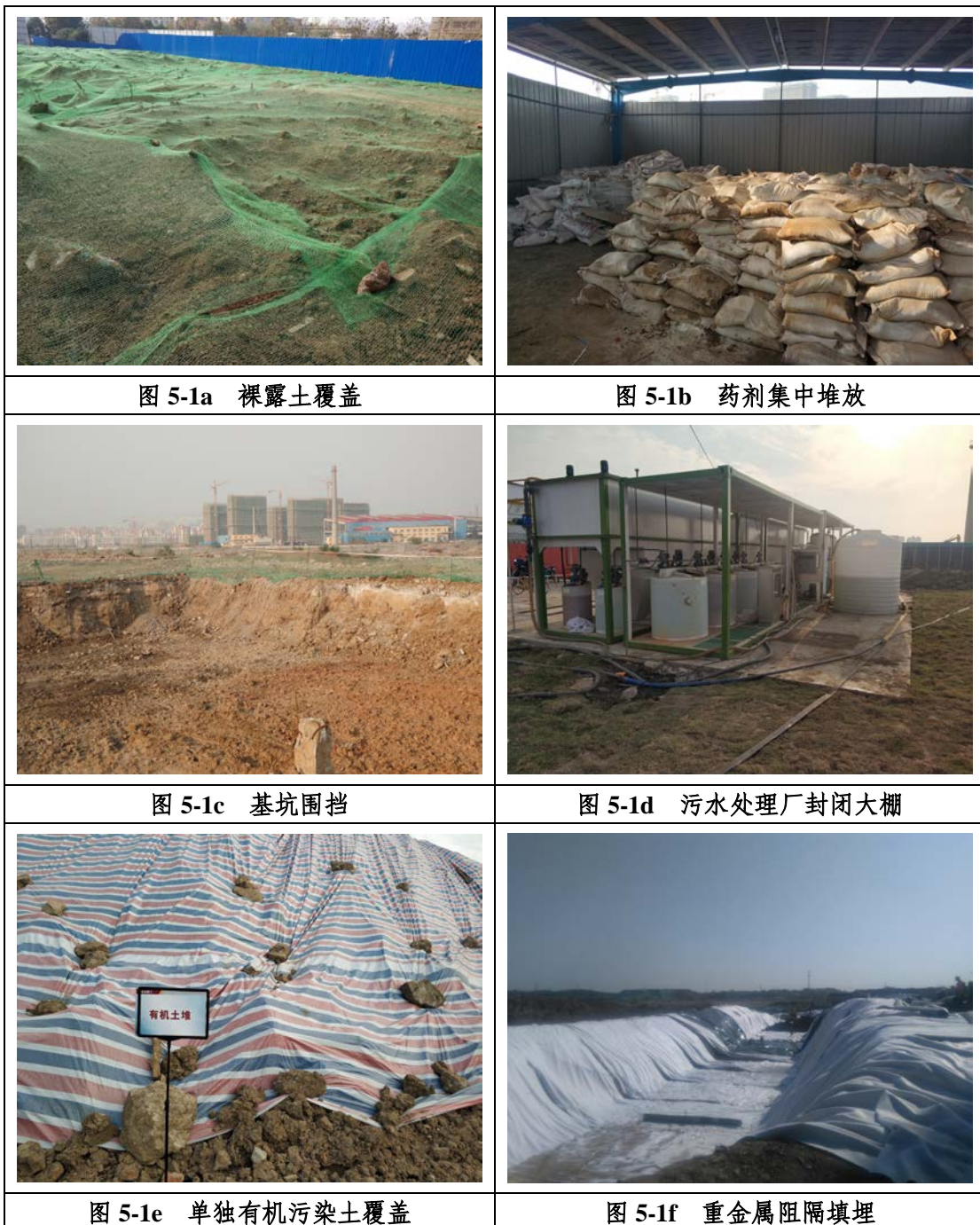
图 5-1d 环境监理资料

图 5-1e 资料审核现场

## 5.2 现场勘查

### 5.2.1 核定修复范围

效果评估单位针对场地情况对场地进行了多次现场勘查，修复单位已将污染土壤修复区域开挖形成的基坑用围栏围住，裸露在外的土壤已用防尘网覆盖，污水处理区进行了封闭管理，对修复药剂进行了集中堆放。场地现场勘查图见图 5-1 (a、b、c、d)。





### 5.2.2 识别现场遗留污染

对场地基坑坑底土壤、基坑侧面土壤、异位修复处理后的土壤状况、遗留物等进行观察和判断，识别现场遗留污染，并判断污染来源。主要采用感观判断等方法进行判断，对存在污染痕迹的土壤采用便携式测试仪器进行现场测试，经现场踏勘，未发现污染土壤痕迹。

## 5.3 小结

通过文件审核本场地环境监理报告的相关内容，确定了本 5-1#地块修复目标值与施工方案和修复技术方案一致，本场地安全文明生产措施按照实施方案落实；场地修复过程中日常监测数据（噪音、大气、污水）完整且达标；场地修复过程中按照环评要求落实二次污染防治措施；重金属污染土修复后回填基坑，满足回填区域的修复目标值，且进行了阻隔防渗；施工单位自检和环境监理单位复检是合格的，明确本场地符合地块交付验收标准。

通过文件审核本场地工程监理报告的相关内容，确定了本 5-1#地块开挖基坑的开挖量达到和超过施工方案和修复技术方案要求；各区块实际测量放线的清挖边界拐点坐标达到修复要求的清挖边界，放线深度满足施工方案提出的清挖深度要求；修复施工流程和具体施工方法与备案的施工方案相一致；固化稳定化修复土壤均修复完成，本地块满足交付验收标准。工程监理报告同时提出 5-1#地块单

独有机污染土壤本次未进行化学氧化修复施工，暂存至 5-2#地块，与 5-2#地块有机污染土一同修复。

根据以上文件审核的结果，本阶段 5-1#地块符合地块交付验收的标准，工程实施过程基本上与修复技术方案和施工方案中确定的内容一致。有三处内容存在与修复技术方案不一致的地方，一是单独有机污染物本阶段未修复，这个主要是由于工期较赶，污染浓度高，考虑 5-2#地块多为高浓度有机污染，将该部分土暂存至 5-2#地块一起修复更便捷、彻底，亦不影响 5-1#地块的交付验收；二是有机物和重金属复合污染区较修复技术方案面积增加，修复量也增加了近 3000m<sup>3</sup>，这个不同出现原因，主要是因为修复技术方案中未明确 5-1-19#地块东侧的水塘区域的修复量，本次修复增加了该部分修复量；三是单独有机污染土未进行原基坑回填，主要是由于单独有机污染土未开展修复，且有较多建筑基础，导致回填土方量不足。

## 6 布点采样方案

根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(环发 2014[78])文件要求,对重金属和有机物清挖区域的基坑底部及侧壁、修复后的污染土、场地内疑似二次污染区域进行布点取样检测。

### 6.1 污染土壤清挖效果评估

#### 一、侧壁布点

对于基坑侧壁,依据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(环发 2014[78])的要求进行布点。本项目采用等距离布点采样的方式进行基坑侧壁自检。根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》的要求,对完成污染土壤清挖后界面的监测,根据地块大小和污染的强度,应将四周的侧面等分成段,每段最大长度不超过 40m,每段几何中心位置采样。侧壁土壤采样布点数量标准如表 6.1-1 所示。由于各修复区块形状不规则,根据书面资料无法较准确的预计修复区块边长或周长,各层采样点数根据现场实际开挖情况,对开挖坑侧壁长度进行实际测量,根据测量结果进行点位布设。

根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南》中规定:当修复深度小于等于 1m 时,侧壁不进行垂向分层采样。当修复深度大于 1m 时,侧壁应进行垂向分层采样,第一层为表层土: 0-0.2m, 0.2m 以下每 1-3m 分一层,不足 1m 时与上一层合并。各层采样点之间垂向距离不小于 1 m,采样点位置可依据土壤异常气味和颜色,并结合场地污染状况确定。为验证检测数据的准确性,加测 10%的平行样。

对于超标区域根据监测结果确定二次清挖的边界,二次清挖后再次进行监测,直至达到相应要求。污染土壤清挖效果的监测作为修复工程效果评估结果的组成部分。

表 6.1-1 土壤采样布点-侧壁采样数量

采样区域周长 (m)	土壤采样点数 (个)
50	4
50-100	5

采样区域周长 (m)	土壤采样点数 (个)
100-200	6
200-300	7
300 以上	≥8

## 二、基坑底部布点

对于基坑底面，依据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环发 2014[78]）进行布点采样，以系统布点法，随机布置第一个采样点，构建通过该点的网格，在每个网格交叉点采样。为确保开挖效果，本项目将库区底部均分成网格块，单网格块的最大面积不超过 400m<sup>2</sup>（20m × 20m），在每个单元几何中心位置采取土壤样品，采样位置为基坑底部开挖清理后，新鲜的表层土壤（0-20cm），采样数量以《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环发 2014[78]号）中所规定数量为准，底部土壤采样布点数量标准如表 6.1-2 所示，再根据修复施工的实际情况进行适当的调整。具体采样点拟根据现场实际开挖情况进行布设。具体布点方案如表 6.1-3，采样布点示意图如图 6.1-1 所示，各点位采样详细信息见附件。

表 6.1-2 土壤采样布点-坑底部采样数量

采样区域面积 (m <sup>2</sup> )	土壤采样点数 (个)
小于 100	3
100-500	4
500-1000	5
1000-1500	6
1500-2500	7
2500-3500	8
3500-5000	9
大于 5000	≥10

表 6.1-3 5-1 地块基坑底部和侧壁布点采样数量

单元	检测因子	修复深度 (m)	坑底采样数量		侧壁采样数量			
			面积 (m <sup>2</sup> )	点位/样品数 (个)	周长 (m)	取样深度	采样点数(个)	样品数 (个)
5-1-1#	石油烃、苯并 (a) 芘	0-2	1633	7	165	0.2m 2.5m	6	12

芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程 5-1#地块修复效果评估报告

单元	检测因子	修复深度 (m)	坑底采样数量		侧壁采样数量			
			面积 (m <sup>2</sup> )	点位/样品数 (个)	周长 (m)	取样深度	采样点数(个)	样品数 (个)
5-1-2#	苯并(a)芘	0-1	1148	6	137	0-1m	6	6
5-1-3#	苯并(a)芘	0-4	1732	7	166	0.2m 2.5m 4.5m	6	18
5-1-4#	苯并(a)芘	0-2	1441	6	159	0.2m 2.5m	6	12
5-1-5#	砷	0-1	757	5	112	0-1m	6	6
5-1-6#	砷、铊	0-1.5	1134	6	154	0.2m 2m	6	12
	苯并(a)芘		550					
5-1-7#	镉、砷、铊、铅	0-2.5	916	5	119	0.2m 3.0m	6	12
5-1-8#	苯并(a)芘	0-1	638	5	101	0-1m	5	5
	砷、铅		770					
5-1-9#	砷、铅	0-1.5	572	5	80	0.2m 2m	5	10
5-1-10#	砷、铅	0-1.5	1141	6	152	0.2m 2m	6	12
5-1-11#	砷	0-1	672	5	104	0-1m	5	5
5-1-12~13#、 5-1-17~19# (重合区)	铊、砷、铅、 苯并(a)芘、 苯并(a)蒽、 苯并(b)荧 蒽、苯并(a) 芘、二苯并 (a,h)蒽	3-5 0-3 0-3 0-2 2-3 0-4 0-2	8593	30	442	根据 现场 实际	21	66
					338			
					72			
5-1-14#	苯并(a)芘	2-3	671	5	66	2-3m	5	5
5-1-15# (道路)	砷、铅	1-2	1870	7	104	1-2m	5	5
5-1-16# (道路)	砷	0-2.5	888	5	188	0.2m 2.5m	6	12
5-1-20# (道路)	苯并(a)蒽、 苯并(b)荧 蒽、苯并(a) 芘、二苯并 (a,h)蒽	0-1	996	5	135	0-1m	6	6
5-1-21#	砷	0-2	518	5	93	0.2m 2.5m	5	10
5-1-22#	砷	0-4	708	5	113	0.2m 2.5m 4.5m	6	18
合计数量				125				232

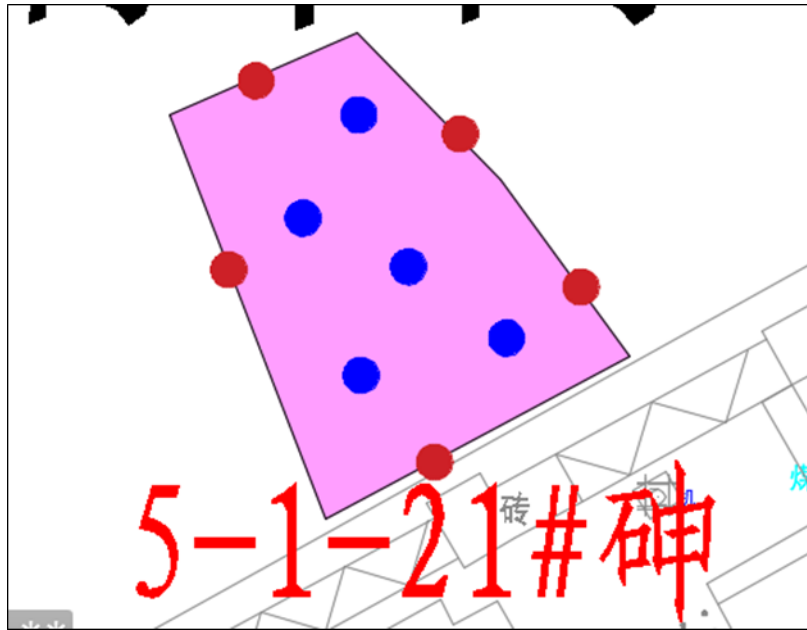


图 6.1-1 5-1-21#地块效果评估布点示意图（基坑侧壁垂向两个样）

## 6.2 修复后土壤堆体效果评估

《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环发 2014[78]）中关于污染场地修复工程效果评估监测点位的布设条款规定：对于原地异位治理修复工程措施效果的监测，处理的污染土壤应布设一定数量监测点位，每个样品代表的土壤体积应不超过  $500\text{m}^3$ 。根据待效果评估土方量，在堆体上表面按照  $500\text{m}^3/\text{格}$  的频次划分采样网格。堆体表面网格划分示意图如下。

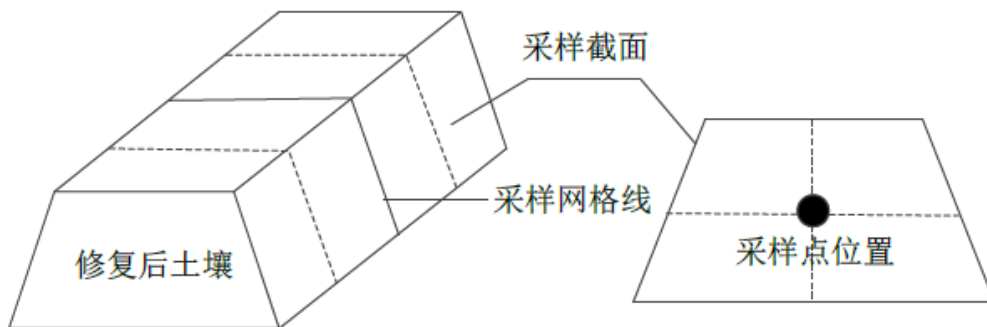


图 6.2-1 修复后土壤采样网格设置示意图

本次修复后土壤堆体效果评估主要针对场区内进行固化/稳定化处理的污染土进行效果评估，共计： $34103.9\text{m}^3$ 。



按照《芜湖新兴铸管弋江老厂区 5#地块土壤修复工程实施方案》，5-1#地块原地异位化学氧化、原地异位热脱附处理修复与 5-2# 地块一致，回复后回填至 5-2#地块区域，因此 5-1#地块异位化学氧化、原地异位热脱附处理修复后的土壤在第二阶段进行效果评估。因此本次效果评估不包括 5-1#地块原地异位化学氧化、原地异位热脱附处理和外运水泥窑协同处置的污染土。

据污染类型的不同，本次采样共计约 67 个采样点，同时增加 10%采样数量作为 7 质量控制样品，采样数量总量约为 74 个。

**表 6.2-1 修复后土壤效果评估检测采样数量**

修复技术	土壤修复量 (m <sup>3</sup> )	采样点数量 (个)	采样频次 (m <sup>3</sup> /个)
固化/稳定化处理	34103.9	67	500
质量控制样 (10%)		7	/
总计		74	/

### 6.3 建筑垃圾淋洗效果评估

对本场地内存在的建筑垃圾（基础及石块碎渣等）冲洗处理后进行冲洗效果效果评估，根据最终的处理的建筑垃圾的量，按每 500m<sup>3</sup> 取一个碎渣样进行采样效果评估。第一阶段 5-1#地块产生的建筑渣块方量为 5755.1 方，监测因子和效果评估标准值见 3.1.5 节。

**表 6.3-1 建筑渣块修复后效果评估检测采样数量**

名称	修复量 (m <sup>3</sup> )	采样点数量 (个)	采样频次 (m <sup>3</sup> /个)
建筑渣块	5755.1	12	500
质量控制样 (10%)		2	/
总计		14	/

### 6.4 可能产生二次污染区域的土壤采样

本场地存在修复暂存区和修复处理区，另外还有各个基坑清挖时机械设备出入的道路运输区，这些区域可能会产生二次污染，需要对其进行效果评估，效果评估时根据现场的情况，确定可能存在二次污染的区域面积，再进行布点采样。

效果评估采样中，按照 20m × 20m 的网格进行采样，采集表层（0-0.2m）土壤样品，监测因子和效果评估标准值见 3.1.5 节。

**表 6.4-1 可能产生二次污染区域效果评估检测采样数量**

名称	面积 (m <sup>2</sup> )	采样点数量 (个)	采样频次 (m <sup>2</sup> /个)
二次污染区域	10000	41	400
质量控制样 (10%)		5	/
总计		46	/

## 7 现场采样与实验室检测

### 7.1 采样与检测单位

样品采集需在修复施工单位和质量控制单位同时在场的情况下进行，本次委托浙江中一检测研究院有限公司（以下简称“中一检测”）进行现场采样和实验室检测，南大环规院负责现场指挥采样，环境监理、工程监理和施工单位对本次效果评估采样进行旁站监督，采样按照采样计划分批次开展。

检测单位检测计量认证资质和检测项目能力表见附件。

### 7.2 现场采样要求采样节点

**采样要求：**基坑底和基坑壁在基坑开挖完成后采集，疑似二次污染区土壤在修复完成后采集。在对基坑坑底及侧壁采样时，在采样点位周边选取多点，先用木铲刮去表层 0-5cm 厚土壤，再采集多点土壤进行混合。同时考虑到土壤目标污染物是重金属、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、苯并（a）芘、二苯并（a,h）蒽、总石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）等有机污染物。测定重金属和 SVOCs 样品用土钻取得土芯后，用木质土铲去掉与土钻接触的部分后将样品装满玻璃瓶，再将玻璃瓶放入样品箱中，不应使用铬合金或其它相似质地的工具。

**采样节点：**本次对 5-1#地块进行效果评估，根据现场修复施工的工期进展，分批次进行效果评估采样，如基坑开挖验收、污染土修复效果评估等。其中，污染土壤清理后遗留的基坑底部与侧壁，应在基坑清理之后、回填之前进行采样。若基坑侧壁采用基础维护，则宜在基坑清理同时开展基坑侧壁采样，或于基础维护实施后在基础外边缘采样。疑似二次污染区域土壤应在此区域全部修复完成并经过清理之后效果评估。

### 7.3 样品保存与运输

本次委托中一检测单位采样，并由中一检测负责样品保存与运输，本次要求样品采集后进行冷藏储藏，并要求尽快运送至实验室，最迟不超过 24 小时。

针对有机污染土样品的冷藏方法：先将蓝冰提前冷冻 24 小时，待样品采集后立即放到装蓝冰的保温箱中，并随时更换蓝冰，以保证保温箱内样品的温度。

运输则严格按照先核对、再运输、细交接的流程执行：

**装运前核对** 采样结束后现场逐项检查，如采样记录表、样品标签等，如有缺项、漏项和错误处，应及时补齐和修正后方可装运。

**样品运输** 样品运输过程中严防损失、混淆或沾污，并在样品低温（4℃）暗处冷藏条件下尽快送至实验室分析测试。

**样品交接** 样品送到实验室后，采样人员和实验室样品管理员双方同时清点核实样品，并在样品流转单上签字确认，样品流转单一式四份（自复写），由采样人员填写并保存一份，样品管理员保存一份，交分析人员两份，其中一份存留，另一份随数据存档。

样品管理员接样后及时与分析人员进行交接，双方核实清点样品，核对无误后分析人员在样品流转单上签字，然后进行样品制备。

## 7.4 质量控制

### 7.4.1 现场采样质量控制措施

为保证在允许误差范围内获得具有代表性的样品，在采样的全过程进行质量控制，主要质控措施如下：

（1）采样前制定详细的采样计划（采样方案），采样过程中认真按采样计划进行操作；

（2）为防止交叉污染，在每个采样点样品采集之前，所有钻探设备及采样工具均需仔细清洗；

（3）采样时，应由 2 人以上在场进行操作，采样过程中采样员佩戴一次性 PE 手套，每次取样后进行更换。采样工具、设备保持干燥、清洁，不得使待采样品受到污染和损失；

（4）采样过程中要防止待采样品受到污染和发生变质，样品盛入容器后，在容器壁上应随即贴上标签；

（5）样品运输过程中，应防止样品间的交叉污染，盛样容器不可倒置、倒放，应防止破损、浸湿和污染；

（6）采样全过程由专人负责。

(7) 现场质量控制样的总数为总样品数的 10% 左右。采样过程中，同种采样介质，采集 1 个现场平行样；每天采集 1 个清洗空白样和 1 个运输空白样；当收集的样品用于 VOC 分析时，每天采集 1 个分样。

#### 7.4.2 实验室检测分析质量控制措施

实验室的质量保证与质量控制措施包括：分析数据的追溯文件体系、样品保存运输条件保证、内部空白检验、平行样加标检验、基质加标检验、替代物加标检验，相关分析数据的准确度和精密度需满足以下要求：

(1) 实验室从接样到出数据报告的整个过程严格执行 CMA 体系要求；

(2) 样品的保留时间、保留温度等实验室内部质量保证/控制措施均需有纸质记录并达到相关规定的要求，样品送入实验室后应及时进行分析，原则上要求萃取前时间不超过 7 天，萃取后不超过 20 天；

(3) 实验室分析过程中的实验室空白、平行样、基质加标数据检验。要求分析结果中平行盲样的相对标准偏差均在要求的范围内，实验室加标和基质加标的平行样品均在要求的相对百分偏差内；

(4) 空白实验。每批次样品（每 20 个样品为一批次）每个项目按分析方法测定 2-3 个实验室空白样。目标化合物的浓度应低于检出限；

(5) 平行样测定。每批样品每个项目应进行 20% 的平行样品测定，当样品数在 5 个以下时，平行样不少于一个，95% 以上的平行双样测定结果相对偏差应在 80%-120% 之间；当平行双样测定合格率低于 95% 时，除对当前样品重新测定外，再增加样品数 10%-20% 平行样，直至平行双样测定合格率大于 95%。

(6) 加标回收率的测定。当选测的项目无标准物质或质控样品时，可用加标回收实验来检查测定准确度。

加标率：在一批试样中，随机抽取 10%-20% 试样进行加标回收测定。样品数不足 10 个时，适当增加加标比率。每批同类型试样中，加标试样不应少于 1 个。

加标量：加标量视被测组分含量而定，含量高的加入被测组分含量的 0.5-1.0 倍，含量低的加 2-3 倍，但加标后被测组分的总量不得超出方法的测定上限。加

标浓度宜高，体积应小，不应超过原试样体积的 1%，否则需进行体积校正。

合格要求：加标回收率应在加标回收率允许范围之内。加标回收率允许范围见表 7.4-1。当加标回收合格率小于 70%时，对不合格者重新进行回收率的测定，并另增加 10%-20%的试样作加标回收率测定，直至总合格率大于或等于 70%。

表 7.4-1 土壤监测平行双样最大允许相对偏差

含量范围 (mg/kg)	最大允许相对偏差 (%)
> 100	±5
10-100	±10
1.0-10	±20
0.1-1.0	±25
< 0.1	±30

本检测项目土壤样品现场采集总检测样品数的 10~20%作为平行样。其中 pH、干物质、水分无平行样品，其余项目按照实验室规范要求按比例取实验室平行样品分析，除干物质、水分以外，每个项目都需添加一个质控样并满足质控原则。

## 8 修复效果评价

### 8.1 达标评价方法

本修复工程的修复效果运用逐个对比法判断整个场地是否达到修复效果。当样本点检测值低于或等于修复目标值时，达到效果评估标准；当样品点检测值高于修复目标值时，未达到效果评估标准。只有所有样品的污染物检测值均达到效果评估标准，方可判定场地达到修复效果。

判定未达到修复目标的样品，该样品所代表的区域未达到修复目标要求，需要进行进一步修复和效果评估。针对场地基坑样品，则需进行二次清挖；针对原位修复治理后的土壤，则需再次进行修复直至达标。

### 8.2 第一次采样及监测数据分析

#### 8.2.1 第一次现场采样

第一次采样针对 5-1-5#、5-1-7#、5-1-9#、5-1-10#、5-1-11#修复区，在开挖完成后进行基坑和侧壁效果评估样品采集，检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 9 月 21 日来到项目现场进行取样，历时 1 天。

5-1-5#、5-1-7#、5-1-9#、5-1-10#、5-1-11#修复区共采集了 71 个土壤样品，采集平行样 7 个。

#### 8.2.2 检测数据

第一次采集了 5-1-5#、5-1-7#、5-1-9#、5-1-10#、5-1-11#修复区样品，监测数据统计见表 8.2-2。

#### 8.2.3 数据结果分析

通过和目标污染物修复目标值比较，效果评估第一次采样的 5-1-9#和 5-1-10#修复区中的 1-9#C2(0.2)、1-9#C5(1.7)、1-10#C1(0.2)点位存在目标污染物超标，超标污染物为砷和铅，未能达到效果评估要求，需要对以上采样点位所代表的侧壁继续进行修复。其他样品均低于标准值，无需继续修复。

## 8.3 第二次采样及监测数据分析

### 8.3.1 第二次现场采样

第二次采样针对 5-1-1#、5-1-2#、5-1-6#、5-1-8#、5-1-14#、5-1-22#修复区，在开挖完成后进行基坑和侧壁效果评估样品采集，检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 9 月 26 日来到项目现场进行取样。

5-1-1#、5-1-2#、5-1-6#、5-1-8#、5-1-14#、5-1-22#修复区共采集了个土壤样品，采集平行样 10 个。

### 8.3.2 检测数据

第二次采集了 5-1-1#、5-1-2#、5-1-6#、5-1-8#、5-1-14#、5-1-22 修复区样品，通过和目标污染物修复目标值比较，效果评估第二次采样的 5-1-1#、5-1-2#、5-1-6#、5-1-8#、5-1-14#修复区中的 1-1#C3(1.5)、1-2#C4、1-2#C6、1-6#C1(0.2)、1-6#C3(1.7)、1-6#C5(0.2)、1-6#C6(0.2)、1-6#D4、1-8#C1、1-8#C2、1-8#C3、1-8#D3、1-8#D5、1-14#C1、1-14#C4 共 15 个点位均存在目标污染物超标，超标污染物为砷、铊、铅、苯并(a)芘和石油烃，未能达到效果评估要求，需要对以上采样点位所代表的基坑和侧壁继续进行修复。其他样品均低于标准值，无需继续修复。

## 8.4 第三次采样及监测数据分析

### 8.4.1 第三次现场采样

1、第三次采样针对 5-1-4#、5-1-15#、5-1-20#、5-1-21#修复区，在开挖完成后进行基坑和侧壁效果评估样品采集；

2、对 5-1-5#、5-1-7#、5-1-9#、5-1-10#、5-1-11#、5-1-22#固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行效果评估样品采集；

3、针对第一次采样中超标的点位 1-9#C2(0.2)、1-9#C5(1.7)、1-10#C1(0.2)，施工单位进行二次扩挖补充修复，在扩挖完成后对超标点位所代表的区域进行效果评估补充样品采集；

检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 9 月 27 日来到项目现场进行取样，历时 1 天。



5-1-4#、5-1-15#、5-1-20#、5-1-21#修复区共采集了 56 个土壤样品，6 个平行样，采样点位图见图 8.4-2，5-1-5#、5-1-7#、5-1-9#、5-1-10#、5-1-11#、5-1-22#修复后的土壤采集了 19 个样品，2 个平行样，扩挖补充修复采集了 3 个样品。

### 8.4.2 检测数据

第三次采集了 5-1-4#、5-1-15#、5-1-20#、5-1-21#修复区样品和 5-1-9#、5-1-10#扩挖补充修复样品，监测数据统计见表 8.4-2。采集了 5-1-5#、5-1-7#、5-1-9#、5-1-10#、5-1-11#、5-1-22#固化/稳定化处理修复后土壤堆体样品

### 8.4.3 数据结果分析

通过和目标污染物修复目标值比较，效果评估第三次采样的 5-1-4#、5-1-20#修复区中的 1-4#C6(0.2)、1-4#C6(2.3)、1-4#D5、1-20#C3、1-20#D2、1-20#D3 共 6 个点位均存在目标污染物超标，超标污染物为苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽和二苯并(a,h)蒽，未能达到效果评估要求，需要对以上采样点位所代表的基坑和侧壁继续进行修复。其他样品均低于标准值，无需继续修复。

第一次采样 5-1-9#和 5-1-10#修复区二次扩挖补充修复的侧壁样品检测未超标，因此第一次采样的修复区无需继续修复。

对 5-1-5#、5-1-7#、5-1-9#、5-1-10#、5-1-11#、5-1-22#固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行浸出检测，检测结果均未超标，满足回填要求，可回填至基坑。

## 8.5 第四次采样及监测数据分析

### 8.5.1 第四次现场采样

第四次采样针对 5-1-3#、5-1-16#修复区，在开挖完成后进行基坑和侧壁效果评估样品采集，检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 9 月 30 日来到项目现场进行取样，历时 1 天。

### 8.5.2 检测数据

第四次采集了 5-1-3#、5-1-16#修复区样品

### 8.5.3 数据结果分析

通过和目标污染物修复目标值比较,效果评估第四次采样的土壤均低于标准值,因此第四次采样修复区无需继续修复。

## 8.6 第五次采样及监测数据分析

### 8.6.1 第五次现场采样

1、第五次采样针对 5-1-12#、5-1-13#、5-1-17#、5-1-18#、5-1-19#复合修复区,在开挖完成后进行基坑和侧壁效果评估样品采集;

2、对 5-1-6a#、5-1-15#、5-1-16#、5-1-21#固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行效果评估样品采集;

3、针对第二次和第三次采样中超标的点位 1-1#C3(1.5)、1-2#C4、1-2#C6、1-4#C6(0.2)、1-4#C6(2.3)、1-4#D5、1-6#C1(0.2)、1-6#C3(1.7)、1-6#C5(0.2)、1-6#C6(0.2)、1-6#D4、1-8#C1、1-8#C2、1-8#C3、1-8#D3、1-8#D5、1-14#C1、1-14#C4、1-20#C3、1-20#D2、1-20#D3,施工单位进行二次扩挖补充修复,在扩挖完成后对超标点位所代表的区域进行效果评估补充样品采集;

检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 10 月 5 日来到项目现场进行取样,采样历时 2 天。

### 8.6.2 检测数据

第五次采集了 5-1-12#、5-1-13#、5-1-17#、5-1-18#、5-1-19#复合修复区样品和第二次、第三次需继续修复区扩挖补充修复样品,监测数据统计见表 8.6-2。同时采集了 5-1-6a#、5-1-15#、5-1-16#、5-1-21#固化/稳定化处理修复后土壤堆体样品

### 8.6.3 数据结果分析

通过和目标污染物修复目标值比较,效果评估第五次采样的 5-1-12#、5-1-13#、5-1-17#、5-1-18#、5-1-19#复合修复区,其中 1-复合 C3 (2.3)、1-复合 C5 (0.2)、1-复合 C5 (2.3)、1-复合 C6 (0.2)、1-复合 C6 (2.3)、1-复合 C7 (0.2)、1-复合

C7(2.3)、1-复合 C8(0.2)、1-复合 C9(0.3)、1-复合 C9(2.3)、1-复合 C11(2.3)、1-复合 C18(2.3)、1-复合 C25(0.2)、1-复合 C31(0.2)、1-复合 D14、1-复合 D15、1-复合 D16、1-复合 D17、1-复合 D20、1-复合 D27, 共 20 个点位均存在目标污染物超标, 超标污染物为砷、镉、铅、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽, 未能达到效果评估要求, 需要对以上采样点位所代表的基坑和侧壁继续进行修复。其他样品均低于标准值, 无需继续修复。

第二次和第三次采样 5-1-1#、5-1-2#、5-1-4#、5-1-6#、5-1-8#、5-1-14#、5-1-20# 二次扩挖补充修复的坑底和侧壁样品中, 只有 5-1-14#修复区的 1-14#C1(2.7)、1-14#C4(2.7) 目标污染物超标, 未能达到效果评估要求, 需要继续修复; 第二次和第三次采样的其他修复区均未超标, 无需继续修复。

对 5-1-6a#、5-1-15#、5-1-16#、5-1-21# 固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行浸出检测, 检测结果均未超标, 满足回填要求, 可回填至基坑。

## 8.7 第六次采样及监测数据分析

### 8.7.1 第六次现场采样

第六次采样对 5-1-6a#扩挖、5-1-9#扩挖、5-1-10#扩挖固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行效果评估样品采集。

检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 10 月 14 日来到项目现场进行取样, 历时 1 天。现场采样照片见图 8.7-1(a、b), 详见附件。现场共采集了 9 个样品, 平行样 1 个。

### 8.7.2 检测数据

第六次采集了 5-1-6a#扩挖、5-1-9#扩挖、5-1-10#扩挖固化/稳定化处理修复后土壤堆体样品,

### 8.7.3 数据结果分析

对 5-1-6a#扩挖、5-1-9#扩挖、5-1-10#固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行浸出检测, 检测结果均未超标, 满足回填要求, 可回填至基坑。

## 8.8 第七次采样及监测数据分析

### 8.8.1 第七次现场采样

1、对第五次采样中 5-1-12~13#、5-1-17~19 复合区超标的点位，施工单位进行二次扩挖补充修复，在扩挖完成后对超标点位所代表的区域进行效果评估补充样品采集；

2、对第五次采样中 5-1-14#二次开挖中仍然超标的点位，施工单位进行三次扩挖补充修复，在扩挖完成后对超标点位所代表的区域进行效果评估补充样品采集；

3、对 5-1-6b#、5-1-8a#、5-1-12d#、5-1-12g#、5-1-12f#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#、(5-1-8a#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#) 扩挖后的土，经固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行效果评估样品采集；

检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 10 月 16 日来到项目现场进行取样，历时 3 天。现场采样照片见图 8.8-1 (a、b)，详见附件。

5-1-6b#、5-1-8a#、5-1-12d#、5-1-12g#、5-1-12f#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#、(5-1-8a#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#) 扩挖修复后的土壤堆体采集了 23 个样品，3 个平行样，第五次采样中复合修复区补充修复采集了 20 个样品，5-1-14# 修复区三次扩挖补充修复采集了 2 个样品

### 8.8.2 检测数据

第七次采集了复合修复区二次修复样品和 5-1-14#三次修复样品，监测数据统计见表 8.8-2。采集了 5-1-6b#、5-1-8a#、5-1-12d#、5-1-12g#、5-1-12f#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#、(5-1-8a#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#) 扩挖固化/稳定化处理修复后土壤堆体样品。

### 8.8.3 数据结果分析

通过和目标污染物修复目标值比较，效果评估第七次采集的 5-1-12~13#、5-1-17~19#复合修复区二次补充修复样品和 5-1-14#修复区三次补充修复样品，

均未超标，无需继续修复。至此，本次 5-1#地块所有 22 个修复区均修复到位，无需继续修复。

对 5-1-6b#、5-1-8a#、5-1-12d#、5-1-12g#、5-1-12f#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#、(5-1-8a#、5-1-13b#、5-1-18a#、5-1-19a#) 扩挖固化/稳定化处理修复后的土壤堆体进行浸出检测，检测结果均未超标，同时对扩挖后的土壤监测了苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽，均未超过道路用地土壤标准，满足道路回填要求，可回填至道路。

至此，所有固化/稳定化处理修复后的土壤均满足各自相对应用地性质要求，可用于回填。

## 8.9 第八次采样及监测数据分析

### 8.9.1 第八次现场采样

1、对本场地内存在的建筑垃圾（基础及石块碎渣等）冲洗处理后进行冲洗效果评估样品采集；

2、对第一阶段 5-1#地块的二次污染区（修复暂存区和修复处理区）进行效果评估样品采集；

检测单位浙江中一检测研究院有限公司童玺、郑加鹏 2 人于 2018 年 10 月 24 日来到项目现场进行取样，历时 1 天。建筑垃圾淋洗处理后的土壤按照每 500m<sup>3</sup> 取一个碎渣样，建筑渣块共 5755.1 m<sup>3</sup>，采集了 12 个样品，平行样 2 个；二次污染区域按照 20m × 20m 的网格采样，可能产生的二次污染区域总面积约为 10000m<sup>2</sup>，共采集了 41 个土壤样品，平行样 5 个。

### 8.9.2 检测数据

第八次采集了疑似二次污染区土壤和建筑垃圾淋洗处理后的土壤。

### 8.9.3 数据结果分析

通过和目标污染物修复目标值比较，效果评估第八次采集的二次污染区土壤和建筑垃圾淋洗处理后的土壤样品，均未超标，无需继续修复。至此，本次 5-1#地块所有建筑垃圾淋洗后的土壤均修复到位，无需继续修复，二次污染区域未出

现超标，现场修复施工未导致场地土壤超标，二次污染区满足效果评估要求，无需修复。

## 8.10 小结

本次 5-1#地块场地完成开挖总面积 34363m<sup>2</sup>，土方量为 81657.5m<sup>3</sup>，与修复施工方案和效果评估方案中一致。共完成土壤修复总方量 34103.9 m<sup>3</sup>，满足第一阶段 5-1#地块交地块要求。

八个批次的效果评估采样分析结果表明，经过三次补充修复后，所有基坑坑底和侧壁样品中目标污染物的浓度均低于修复目标值。重金属固化/稳定化技术修复的所有土壤样品均能达到相关用地性质要求。建筑垃圾冲洗和二次污染区土壤污染物均未超标。已符合修复效果评估方案规定的达标要求。

## 9 结论和建议

### 9.1 结论

本次 5#地块土壤修复工程，第一阶段 5-1#地块场地完成开挖总土方量为 67537.5m<sup>3</sup>，单独重金属污染土壤 22416.5m<sup>3</sup>，重金属和有机物复合污染土壤 17061m<sup>3</sup>（含建筑渣块 5755.1m<sup>3</sup>），单独有机物污染土壤 28060m<sup>3</sup>（本阶段未修复），扩挖土壤 829.79m<sup>3</sup>（重金属和有机物复合污染土壤 381.5m<sup>3</sup>，单独有机物污染土壤 448.29m<sup>3</sup>）；共完成土壤修复总土方量 34103.9m<sup>3</sup>（单独重金属污染土壤、有机物和重金属复合污染土壤），建筑渣块 5755.1m<sup>3</sup>，具体见表 9.1-1。其中，单独重金属污染和重金属有机物复合污染土壤按备案的修复技术方案要求，经验收合格后全部回填至道路区域，整个场地开挖的基坑经验收后达到修复目标值的要求，满足 5-1#地块交付验收的要求。

通过工程监理和环境监理相关的文件审核，表明：施工单位在修复过程中严格按照修复工程环境影响评价中的要求，落实各项二次污染防治措施；环境监测结果表明，修复过程中未造成水、土、大气、噪音、固废污染；无环保投诉；施工单位在施工过程中采取了有效地安全管理措施，施工过程中未发生安全生产事故。同时明确了剩余未修复的单独有机污染土暂存至 5-2#地块的污染区域，目前进行了防扬尘覆盖，后续在 5-2#地块实施修复；明确 5-1#地块满足交付验收的标准。

对 5-1#地块进行的八个批次的效果评估采样分析结果表明，经过三次补充扩挖后，所有基坑坑底和侧壁样品中目标污染物的浓度均低于修复目标值。重金属固化/稳定化技术修复的所有土壤样品均能达到回填道路区域的修复要求。建筑垃圾冲洗和二次污染区土壤污染物均未超标。已符合修复效果评估方案规定的达标要求。

综上所述，本修复工程严格按照施工方案实施，修复过程中实现了“零二次污染”、“零投诉”和“零安全事故”的目标，修复效果达到预期目标，满足本阶段 5-1#地块修复工程竣工的要求。

### 9.2 建议

5-1#地块单独有机污染土壤需要进行异位化学氧化和异位热脱附修复，由于工期和修复技术的原因，该部分污染土壤放在第二阶段 5-2#地块进行修复，本阶段验收未

包含该部分污染土的验收，第二阶段施工需要特别开展这部分污染土的修复，并在第二阶段的修复效果评估中验收其修复效果。

对暂存至 5-2#地块的单独有机污染土，建议尽快开展修复，在其修复实施前，应继续做好覆盖措施，控制扬尘，谨防污染物挥发。

5-1#地块开挖的基坑在验收时未进行回填，因此在地块出让前，需要定期检查基坑状况，如基坑支护、基坑积水等情况，确保基坑安全。

由于 5-2#地块后续将进行修复施工，在其修复过程中，应严格按照《修复方案》和环评要求做好 5-2#地块的各项二次污染防治措施，确保地块内的污染物不会扩散至周边地块。同时应做好 5-1#地块的防护措施，经常巡检 5-1#地块已设立的围挡及地面防尘网，并在地块内播撒草种等；另外建议设立标志警示牌，禁止闲杂人员和车辆进入 5-1#地块，并设专人进行日常巡逻等。