

**广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑
污染土壤清挖及回填土修复
阶段性效果评估报告
（简本）**

土地使用权人：广州市土地开发中心

修复效果评估单位：广东中加检测技术股份有限公司

编制日期：二〇二二年四月

目录

1 项目背景.....	1
2 工作依据.....	4
2.1 法律法规、政策.....	4
2.2 标准规范、导则.....	5
2.3 项目文件.....	6
3 地块概况.....	7
3.1 场地基本概况.....	7
3.1.1 场地地理位置.....	7
3.1.2 地质和水文地质情况.....	9
3.1.3 场地周边敏感目标.....	11
3.1.4 场地未来用地规划.....	13
3.1.5 场地现状和用地历史.....	13
3.2 地块调查评价结论.....	15
3.2.1 第一阶段初步调查结论.....	15
3.2.2 第二阶段采样调查结论.....	15
3.2.3 补充阶段采样调查结论.....	16
3.2.4 风险评估阶段调查结论.....	17
3.2.5 场地修复目标及修复范围结论.....	18
3.3 场地修复方案.....	46
3.3.1 有机污染土异位热脱附处理方案.....	48
3.3.2 修复后土壤暂存与回填.....	49
3.4 修复实施情况.....	50
3.4.1 修复施工部署.....	50
3.4.2 现场平面布置.....	55
3.4.3 污染土壤清挖.....	58
3.4.4 污染土壤异位热脱附处理.....	63
3.4.6 土方平衡.....	71
3.4.7 废水处置.....	73

3.4.8 《阶段性施工总结报告》结论.....	78
3.5 环境保护措施落实情况.....	79
3.5.1 环境保护措施落实内容.....	79
3.5.2 工程实施期间的环境监理情况.....	80
3.5.3 环境监理期间场地内监测情况.....	92
3.5.4 《阶段性环境监理总结报告》结论.....	101
4 地块概念模型.....	102
4.1 资料回顾.....	102
4.1.1 资料回顾清单.....	102
4.1.2 审核内容与结果.....	103
4.2 现场踏勘.....	104
4.2.1 核定修复范围.....	104
4.2.2 识别现场遗留污染.....	104
4.3 人员访谈.....	106
4.4 更新地块概念模型.....	106
4.4.1 修复概况.....	106
4.4.2 修复后地块概念模型更新.....	139
5 效果评估布点方案.....	142
5.1 修复效果评估工作程序.....	142
5.2 评估范围与采样节点.....	143
5.3 布点数量与位置.....	143
5.3.1 基坑清挖效果评估布点.....	143
5.3.2 修复后土堆采样布点.....	148
5.3.3 筛上物采样布点.....	149
5.3.4 疑似污染土采样布点.....	150
5.4 检测指标.....	151
5.5 评估标准值.....	152
5.5.1 基坑清挖效果评估标准.....	152
5.5.2 修复后的土壤及疑似污染土评价标准.....	153
5.5.3 筛上物评价标准.....	154

6 现场采样与实验室检测.....	155
6.1 样品采集.....	155
6.1.1 现场采样.....	155
6.1.2 样品保存与流转.....	160
6.1.3 现场质量控制.....	160
6.2 实验室检测.....	161
6.2.1 检测方法.....	161
6.2.2 实验室质量控制.....	162
6.2.3 外部质量控制监督管理.....	164
7 效果评估.....	174
7.1 评价方法.....	174
7.2 阶段性效果评估结果.....	174
7.2.1 评估采样概况.....	174
7.2.2 1#基坑清挖效果评估.....	174
7.2.3 1#基坑污染土修复效果评估.....	178
7.2.3 筛上物检测.....	178
7.2.5 疑似污染土检测.....	178
8 结论和建议.....	179
8.1 修复工程概况.....	179
8.2 修复范围及工程量审核.....	180
8.3 修复工艺及污染防治措施审核.....	181
8.4 阶段性效果评估检测结果.....	181
8.5 阶段性效果评估结论.....	183
8.6 建议.....	183
附件目录.....	184

1 项目背景

广州锌片厂位于广州市海珠区沙渡路 7 号，全厂占地面积约 7.8 万 m²。广州锌片厂地块分为北区和南区，广州锌片厂北区为原大生铜厂厂区，位于鹤洞大桥以北，占地面积约为 3.9 万 m²；广州锌片厂南区建于 80 年代，位于鹤洞大桥以南，占地面积约为 3.9 万 m²。2000 年 10 月，广州锌片厂关闭，转制重组成立广州市腾业锌材有限公司。因广州市“三旧”项目改造工作推进的需要，广州市腾业锌材有限公司于 2007 年搬迁出市区。随后场地处于空置，2009 年拆除建筑物，之后广州锌片厂北区作为凤安驾校训练场和停车场使用，广州锌片厂南区作为公安交警支队违法及事故车辆停车场使用。根据该地块的规划信息，锌片厂北区用地性质由工业用地变为公园绿地及商业用地，锌片厂南区变为住宅用地。

受广州市土地开发中心委托，北京建工环境修复股份有限公司于 2014 年 3 月底前完成广州锌片厂南区保障性住房地块场地环境详细调查及风险评估工作。调查评估表明，锌片厂南区保障性住房地块存在重金属砷、总石油烃和多环芳烃污染，需要进行修复治理。

受广州市土地开发中心委托，广东省环境科学研究院和暨南大学对广州锌片厂（不含保障性住房地块）开展场地环境详细调查及风险评估工作，确定场地污染的详细状况以及潜在的健康风险，为场地环境管理提供依据。

《广州锌片厂（不含保障性住房地块）场地环境调查与风险评估报告》（以下称为《场调与风险评估报告》）于 2017 年 9 月 28 日通过了广州市环境技术中心主持召开的专家评审会，于 2017 年 10 月在广州市环保局备案。

依据《场调与风险评估报告》的结果，修复工程主要规模为：本项目目标污染物为重金属（铜、镉、锌、镍、铅、汞、砷）、多环芳烃和总石油烃。总修复方量约 6.85 万 m³，其中重金属污染土约 2.62 万 m³、有机物污染土约 3.05 万 m³、复合污染土约 1.18

万 m³。

根据国务院四部委《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）与环境保护部《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）的相关规定：被污染场地治理修复完成，经监测达到环保要求后，该场地方可投入使用；被污染场地未经治理修复的，禁止再次进行开发利用，禁止开工建设与治理修复无关的任何项目。因此，土地使用权人需对其污染地块进行修复。

根据土地使用权人的委托，场地环境修复工程由北京高能时代环境技术股份有限公司承担，场地环境修复工程环境监理由广东省建筑工程监理有限公司承担。

根据项目修复实施单位北京高能时代环境技术股份有限公司于 2020 年 6 月出具的《广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复方案》，项目总体治理与修复技术路线如下：

1) 对于项目南区重金属污染土壤 177.94m³，选用异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式进行处置；

2) 对于项目南区重金属+有机物复合污染土壤 2142.59m³，采用异位热脱附+异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式处置；

3) 对于项目南区有机污染土壤 4449.96m³，采用异位热脱附+基坑回填的方式进行处置；

4) 对于项目北区珠江边 38m 范围外有机污染土壤，采用清挖后异位热脱附+基坑回填的方式进行处置；

5) 对于项目北区珠江边 38m 范围外重金属污染土壤，采用异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式进行处置；

6) 对于项目北区珠江边 38m 范围外重金属+有机物复合污染土壤 8834.4m³，采用

异位热脱附+异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式进行处置；

7) 对于项目北区珠江边 38m 范围内重金属污染土壤采用原位固化/稳定化+阻隔的方式进行处置；

8) 对于项目北区珠江边 38m 范围内重金属+有机物复合污染土壤采用原位化学氧化+原位固化/稳定化+阻隔的方式进行处置。

根据相关规定，污染场地修复工程完成后，需进行场地修复效果进行调查和效果评估，判断是否达到验收标准。

根据土地使用权人的委托，广东中加检测技术股份有限公司组织相关技术人员成立了修复效果评估工作组，根据招标文件及相关环保法律法规、政策与技术规范，在认真分析工程主体设计文件和图件（包括《场调与风险评估报告》、《实施方案》和《监理方案》等）的基础上，结合现场勘察调研情况，于 2020 年 11 月编制完成《广州锌片厂（含保障性住房）地块土壤污染修复项目效果评估方案》（以下称《效果评估方案》）。

依据《效果评估方案》及土地使用权人要求，我司开展了广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑污染土壤清挖及回填土修复效果阶段性效果评估，内容包括：

- 1) 1#基坑（1#-1区~1#-15区）清挖效果评估；
- 2) 1#基坑（1#-1区~1#-12区、1#-14区）污染土热脱附修复效果评估；
- 3) 1#基坑（1#-1区~1#-15区）冲洗后筛上物检测；
- 4) 1#基坑（1#-11区）上层1.7-2.2m疑似污染土检测。

我司结合修复效果评估监测结果以及现场踏勘调研情况，并按照《效果评估技术导则》的要求，同时审查了《阶段性环境监理报告》和《阶段性施工总结报告》等相关资料，编制完成《广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑污染土壤清挖及回填土修复效果阶段性效果评估报告（送审稿）》，报生态环境主管部门评审备案。

2 工作依据

2.1 法律法规、政策

表 2.1-1 相关的法律法规、政策文件

序号	名称	实施时间/文件号
法律法规		
1	《中华人民共和国环境保护法》	2014年4月24日修订,2015年1月1日实施
2	《中华人民共和国水污染防治法》	2017年6月27日修订,2018年1月1日实施
3	《中华人民共和国大气污染防治法》	2018年10月26日修订和实施
4	《中华人民共和国环境噪声污染防治法》	2018年12月29日修订和实施
5	《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》	2020年4月29日修订,2020年9月1日实施
6	《中华人民共和国土壤污染防治法》	2018年8月31日修订,2019年1月1日实施
7	《国家危险废物名录》（2021年版）	2020年11月5日修订,2021年1月1日实施
8	《危险废物转移联单管理办法》	1999年5月1日颁布,1999年10月1日实施
9	《建设项目环境保护管理条例》	2017年7月16日修订,2017年10月1日实施
10	《危险化学品安全管理条例》	2013年12月7日修订和实施
政策文件		
11	《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》	环发〔2012〕140号
12	《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》	国办发〔2013〕7号
13	《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
14	《土壤污染防治行动计划》	国发〔2016〕31号
15	《广东省土壤污染防治行动计划实施方案》	粤府〔2016〕145号
16	《广州市土壤污染防治行动计划工作方案》	穗府〔2017〕13号
17	《污染地块土壤环境管理办法（试行）》	部令 第42号
18	《关于土地节约集约利用的实施意见》	穗府办〔2014〕12号
19	《关于印发广州市申请使用建设用地规则的通知》	穗府〔2015〕15号
20	《广州市土壤环境保护和综合治理方案》	穗环〔2014〕128号

序号	名称	实施时间/文件号
21	《广州市环境保护局关于进一步做好工业企业场地再开发利用环保工作的通知》	穗环〔2015〕91号
22	《广州市环境保护局办公室关于加强污染场地治理修复工程验收监测工作的通知》	穗环办〔2015〕193号
23	《广州市环境保护局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环境监管工作的通知》	穗环〔2015〕215号
24	《关于印发广州市污染地块再开发利用环境管理实施方案（试行）的通知》	穗环〔2018〕26号
25	《广州市土地开发中心关于加快开展土地污染环境调查、污染风险评估和土地污染修复工作的函》	穗土开函〔2015〕115号
26	《广州市工业企业场地再开发利用环境管理办法（试行）》（征求意见稿）	2015年12月
27	《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估文件技术要点》	穗环办〔2018〕173号
28	《广东省2019年土壤污染防治工作方案》	粤环发〔2019〕4号
29	《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（试行）》	粤环办〔2020〕67号
30	《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估文件技术要点》	穗环办〔2018〕173号

2.2 标准规范、导则

表 2.2-1 相关的技术导则、标准及规范

序号	名称	标准号
国家标准、导则及规范		
1	《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》	GB36600-2018
2	《地下水质量标准》	GB/T14848-2017
3	《污水综合排放标准》	GB8978-1996
4	《水污染排放限值》	DB44/26-2001
5	《环境空气质量标准》	GB3095-2012
6	《大气污染物综合排放标准》	GB16297-1996
7	《大气污染物排放限值》	DB44/27-2001
8	《恶臭污染物放标准》	GB14554-93
9	《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》及修改单	GB/T1631-1996
10	《建筑施工场界环境噪声排放标准》	GB12523-2011

序号	名称	标准号
11	《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》及修改单	GB18599-2001
12	《危险废物贮存污染控制标准》及修改单	GB18597-2001
13	《全国土壤污染状况评价技术规定》	环发〔2008〕39号
14	《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》	原环境保护部 2014.11
行业标准、导则及规范		
15	《建设用地土壤污染状况调查 技术导则》	HJ25.1-2019
16	《建设用地土壤污染风险管控和修复 监测技术导则》	HJ25.2-2019
17	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》	HJ25.3-2019
18	《建设用地土壤修复技术导则》	HJ25.4-2019
19	《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》	HJ25.5-2018
20	《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》	HJ25.6-2019
21	《地下水环境监测技术规范》	HJ/T164-2004
22	《土壤环境监测技术规范》	HJ/T166-2004
23	《固定源废气监测技术规范》	HJ/T397-2007

2.3 项目文件

表 2.3-1 其他文件

序号	名称	时间
1	《广州锌片厂（不含保障性住房地块）场地环境调查与风险评估报告》	2017年12月
2	《广州锌片厂（不含保障性住房地块）场地土壤修复技术路线》	2019年6月
3	《广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复方案》	2020年4月
4	《广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复环境监理方案》	2020年4月
5	《广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑污染土壤清挖及回填土修复效果阶段性评估施工总结报告》	2022年4月
6	《广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑污染土壤清挖及回填土修复效果阶段性评估环境监理报告》	2022年4月

3 地块概况

3.1 场地基本概况

3.1.1 场地地理位置

广州锌片厂北区位于广州市海珠区沙渡路 7 号，毗邻珠江，场地中心坐标约为：北纬 23°5'2.79"，东经 113°15'0.55"，占地面积约为 3.9 万平方米。场地环境调查时，地块内原厂房建筑基本已拆除，地块作为凤安驾校停车场及停车场使用。

场地所在区域及地理位置见图 3.1-1，四至情况见图 3.1-2。



图3.1-1 地理位置

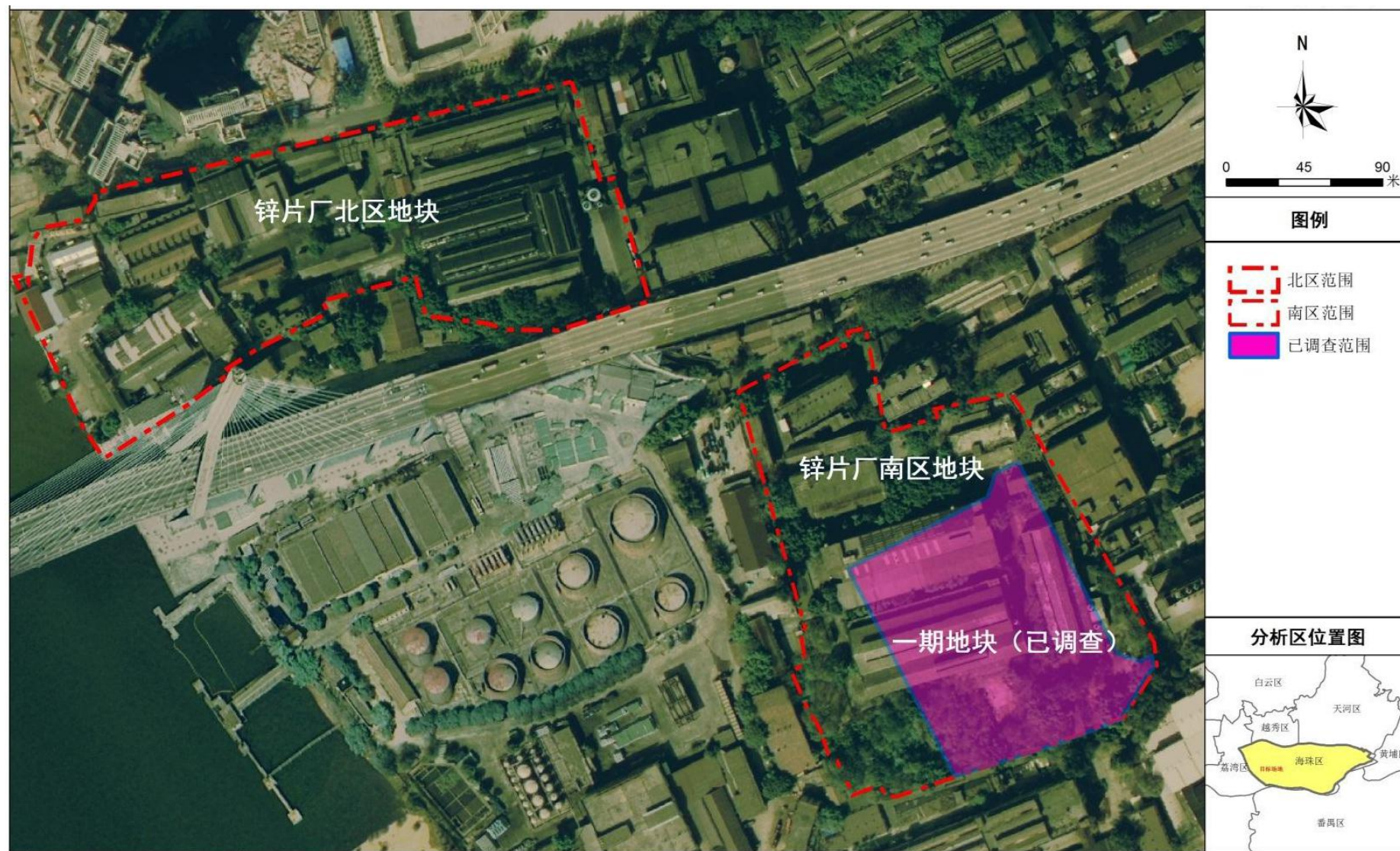


图3.1-2 场地环境调查时四至情况（2017年）

3.1.2 地质和水文地质情况

3.1.2.1 地质条件

（1）锌片厂北区地质特征

场地地貌属珠江三角洲冲积平原，地形较平坦。锌片厂北区地面平坦，目前为练车场及停车场，地面主要标高约为 9m，最大标高为 10m，最大调查深度为 8.5m。此次钻探揭示，场地地层自上而下由填土（ Q^{4ml} ）、冲积层（ Q^{al} ）及残积层（ Q^{el} ）组成，个别钻孔终孔于全风化或强风化泥质粉砂岩处。现分述如下：

1) 人工填土层（ Q^{4ml} ）

灰色，主要由建筑垃圾夹大块碎石组成，结构松散。填土层厚度为 1.40~5.50m，平均为 2.65m。

2) 冲积层（ Q^{al} ）

淤泥质土：灰色，饱和，流塑，含较多的有机质，局部含砂量较多。厚度 0.40~4.5m，平均 1.63m。

砂层：浅灰色，饱和，稍密，仅 S12 点位有揭露。

3) 残积层（ Q^{el} ）

粉质粘土层：棕褐色，稍湿，硬塑，为泥质粉砂岩风化残积土。

4) 基岩（K）

全风化岩带和强风化岩带：岩性为泥质粉砂岩，呈棕褐色，岩石风化剧烈，岩芯呈坚硬粉质粘土土状，岩质软，岩芯遇水易软化，崩解。

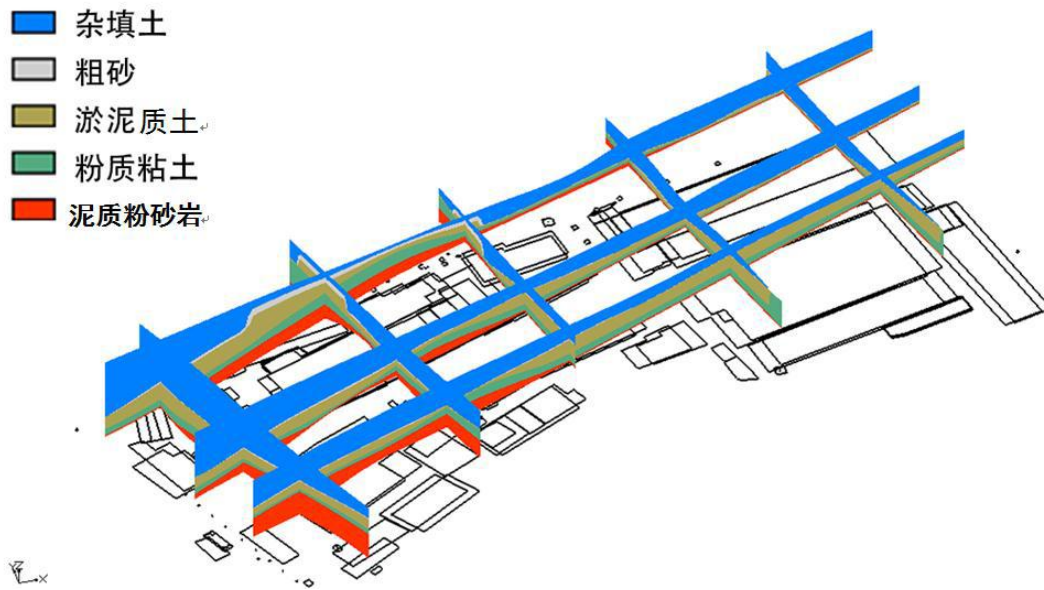


图 3.1-3 锌片厂北区地层剖面图

3.1.2.2 水文条件

(1) 锌片厂北区水文地质条件

2016年7月22日场调单位对对锌片厂北区设置的监测井进行了水位测量。测量的结果如下表 3.1-1 所示。锌片厂北区地下水按赋存方式分为第四系孔隙水和基岩裂隙水。第四系孔隙水主要赋存于人工填土下部、中砂；淤泥质土层及粉质粘土均为相对隔水层；基岩裂隙水主要赋存于基岩风化裂隙。

表 3.1-1 北区监测井水位埋深及标高

井号	X 坐标	Y 坐标	地面标高 (m)	水深 (m)	井管高度(m)	水位高程(m)
GW6	24274.51	36618.45	8.676	0.99	0	7.682
GW4	24260.66	36559.72	8.683	1.08	0	7.607
GW5	24204.93	36611.79	8.747	0.99	0	7.762
GW1	24184.18	36498.88	7.1147	2.56	0.37	5.41
GW8	24281.30	36546.60	8.865	1.62	0	7.244
GW2	24324.54	36726.71	10.4	1.93	0.23	8.4691
GW3	24234	36805.80	9.52	—	0	—
GW7	24164.45	36538.18	8.526	1.79	0	6.732

根据上述测量数据绘制的地下水水位等值线图见图 3.1-4，场地整体的地下水流向为由东向西流动，最大水力坡度约为 1.2%。

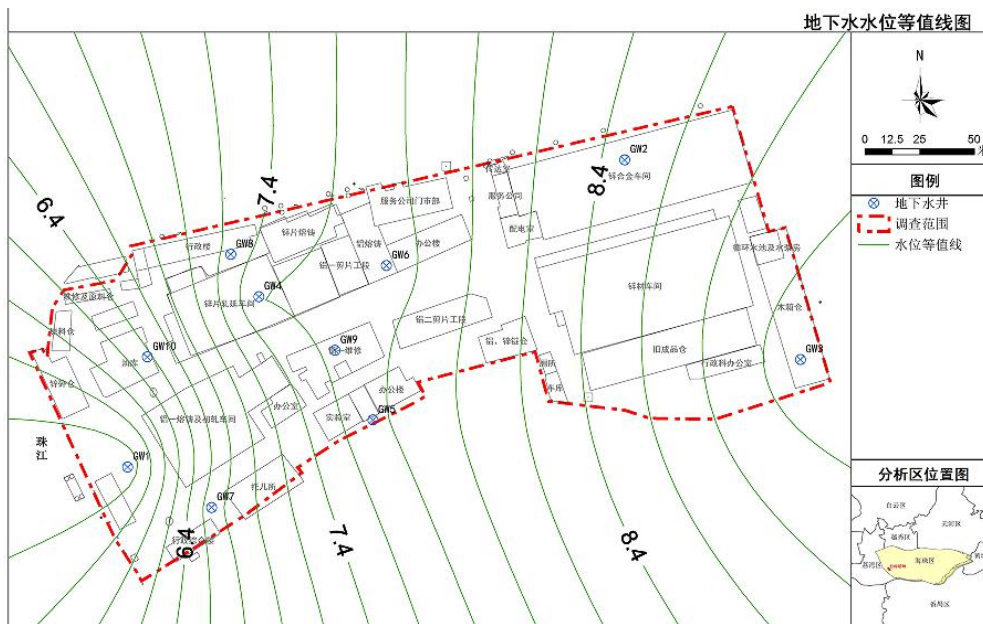


图 3.1-4 北区场地地下水流程图

3.1.2.3 气象条件

调查场地所在地属亚热带季风性湿润气候区，气候温和，雨量充足。年平均气温 22.1℃，1 月最冷，平均 13.4℃，7 月最热，平均 30.8℃，全年无霜期达 350 天以上；年降雨量 1600~1700 毫米，场地附近丘陵山地因地形抬升作用而稍多，年平均雨日 31 天。雨季集中在 4~9 月，期间降雨量约占全年总降雨量的 80%，夏季降水不均，旱涝无定，秋冬雨水明显减少。日照时数达 1800 小时，作物生长期长。

由于地处低纬，海洋和陆地天气系统均对本区有明显影响，冬夏季风的交替是本区季风气候突出的特征：冬春多偏北风，夏季多偏南风。冬季的偏北风因极地大陆气团向南伸展而形成的，干燥寒冷。夏季偏南风因热带海洋气团向北扩张所形成的，温暖潮湿。

3.1.3 场地周边敏感目标

锌片厂北区周边主要以工业用地为主，北面为居民区。场地紧邻区域的设施如下：

- 1) 北：沙渡路，隔路为广船宿舍及北大附中广州实验学校（原重型机械厂）；
- 2) 西：珠江；
- 3) 东：橡胶一厂；

4) 南：鹤洞大桥，隔路为广东省石油公司昌岗路油库。场地周边的环境敏感保护目标位于北面，包括：北面的光大花园（10m）、广船宿舍（23m）。



图 3.1-5 场地周边土地利用

3.1.4 场地未来用地规划

根据场地的用地规划图，锌片厂南区规划的用途主要为居住用地；锌片厂北区规划的用途主要为商业用地、防护绿地和公园绿地。公园绿地和商业用地的开发进度可能不同步，由于防护绿地面积较小，其暴露受体与商业用地相似，因此将防护绿地与商业用地区统一作为非敏感用地进行评价。公园绿地与商业用地、防护绿地有道路相隔，暴露受体包括儿童及成人，公园绿地作为敏感用地评价。

根据规划图，第一阶段北区 1#基坑有机污染区未来计划用于商业及公园绿地开发。



图 3.1-6 控规规划图

3.1.5 场地现状和用地历史

场地前身是大生铜厂，建于 1920 年，1954 年改为地方国营广州锌片厂，2000 年 10 月，广州锌片厂关闭，转制重组成立广州市腾业锌材有限公司，广州市腾业锌材有限公司于 2007 年搬迁出市区。2009 年场地的建筑物被拆除，随后，

广州锌片厂（北区）地块处于空置状态，2008 年拆除建筑物，并作为凤安驾校训练场。根据历史航拍图及相关的历史信息资料，广州锌片厂北区场地的土地利用历史可大致分为四个阶段，如下表所示。



图 3.1-7 场地 2008 年卫星遥感图



图 3.1-8 场地 2009 年卫星遥感图

表 3.1-2 锌片厂北区土地利用历史

序号	时间	用途
1	1920 年-1954 年	大生铜厂
2	1954 年-2000 年	广州锌片厂（北区）
3	2000 年-2008 年	广州市腾业锌材有限公司
4	2008 年-至今	练车场及停车场

3.2 地块调查评价结论

3.2.1 第一阶段初步调查结论

在第一阶段调查期间，场调单位通过资料收集和审阅、现场踏勘、调查采访的方式对场地及其周边进行了详细分析和污染识别。第一阶段调查在锌片厂北区识别了 7 个潜在关注区域，包括锌合金车间、锌片轧延车间、锌材车间、铝一车间、铝熔铸车间、油库、锌渣堆放场。潜在关注污染物为重金属、石油类污染物，指示性参数为重金属、多环芳烃和总石油烃等。由于锌片厂（南区）保障性住房地块基本包括了南区的生产区域，已完成了场地的调查与风险评估，主要的特征污染物和污染特征等信息已经获取，因此场调单位未在南区地块设置初调点位。将南区剩余范围内的锅炉房、生产厂房边界、与西面的油库及东面的橡胶厂毗邻区域作为关注重点。

3.2.2 第二阶段采样调查结论

根据污染识别的结果，采用判断布点法和系统布点法相结合的方法，第二阶段环境调查在锌片厂北区总计布置 26 个土壤采样点，共送检土壤样品 93 个，总计布置 10 个地下水监测井，共送检地下水样品 10 个；锌片厂南区总计布置 15 个土壤采样点和 4 个地下水井，共送检土壤样品 49 个，共送检地下水样品 4 个。

土壤和地下水样品检测因子为重金属（砷、镉、铬、铜、镍、铅、锌、汞）、挥发性有机污染物（VOCs）、半挥发性有机污染物（SVOCs）和总石油烃（TPH），变电室区域的点位加测 PCBs。检测结果表明：

（1）重金属（铜、镍、锌、铅、镉、砷、汞）有不同程度的超土壤筛选值情况。在北区公园绿地区铜、镍、锌、铅、镉均有超筛选值现象，且锌的超筛选值率最高，达到 35.44%；北区商业用地区，部分样品的锌和铜超土壤筛选值；南区居住用地区铜、镍、锌、铅、镉、砷、汞有不同程度的超土壤筛选值情况，锌的超筛选值率最高，达到 26.53%。

(2) 部分样品的多环芳烃超过土壤筛选值。在商业用地中，萘、菲、荧蒽、芘、苯并(a)蒽、蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、苯并(g,h,i)芘超过商业用地的筛选值，其中苯并(a)蒽超筛选值率为 40.74%，超标倍数为 3521 倍，超筛选值率和超标倍数均为最大。在公园绿地中，苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽超过公园绿地的土壤筛选值，苯并(a)蒽的超筛选值率为 13.85%，超标倍数为 19.64 倍，超筛选值率和超标倍数均为最大。南区，多环芳烃类超筛选值污染物为苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽，其中苯并(a)蒽超过筛选值率为 20.41%，超标倍数为 46.1，超筛选值率和超标倍数为最大。

(3) 总石油烃在北区商业用地中 S2 点位 2.2m 深度及南区 NS13 点位 2.6m 深度超过土壤筛选值，其他样品检测浓度均未超过土壤筛选值。咔唑在 S2 点位在 2.2m 浓度为 165.71mg/kg，超过土壤筛选值。

(4) 北区地下水样品中超筛选值的污染物为锌、镉、砷及总石油烃。重金属中以砷的超标比例最大，达 30%，TPH 在 GW4 中检出浓度最高，为 16170 μ g/L，超筛选值 26.95 倍。南区地下水样品均未超过相关筛选值。

3.2.3 补充阶段采样调查结论

2017 年 8 月，根据第二阶段调查结果和 2017 年 4 月 26 日专家评审会的评审意见，场调单位重点在超修复目标值样点周围区域进行了加密补充调查采样。在锌片厂北区加密补充了 93 个土壤取样点，采集了 384 个土壤样品，其中 251 个样品检测了重金属，228 个样品检测了多环芳烃，9 个样品检测了总石油烃。在锌片厂南区加密补充了 19 个土壤取样点，共采集土壤样品 50 个，其中 13 个样品检测了重金属，30 个样品检测了多环芳烃，3 个样品检测了总石油烃。补充调查结果如下：在锌片厂北区公园绿地重金属和多环芳烃有不同程度的超筛选值

情况，其中铜的超标率为 16%，锌的超标率为 11%，铅的超标率为 13%，镉的超标率为 7%，镍的超标率为 2%，苯并(a)芘超标率为 13%，二苯并(a,h)蒽超标率为 4%，其余污染物没有超过筛选值；在北区商业用地中，苯并(a)蒽超标率为 4.1%，苯并(b)荧蒽超标率为 6%，苯并(a)芘超标率为 24%，二苯并(a,h)蒽超标率为 7%，其余污染物没有超过筛选值。南区苯并(a)芘超标率均为 9%，二苯并(a,h)蒽超标率为 1%，其余污染物没有超过筛选值。

3.2.4 风险评估阶段调查结论

为进一步确认场地污染是否会对将来的土地开发以及周边的受体产生影响，场调单位根据目标场地的未来土地用途对超过筛选值的污染物进行详细的风险评估。评估结果表明：

(1) 南区土壤重金属中砷、铜、镍、锌、镉、汞的危害商均大于 1，分别为 $1.81E+01$ 、 $1.90E+00$ 、 $1.87E+00$ 、 $4.84E+00$ 、 $4.18E+00$ 、 $3.76E+00$ ，砷、铜、锌和汞的关键暴露途径为经口摄入，镉的关键暴露途径为吸入室内土壤颗粒物和经口摄入，镍的关键暴露途径为吸入室内土壤颗粒物。砷、镍和镉的致癌健康风险超过可接受风险水平 $1.0E-06$ ，分别为 $1.86E-04$ 、 $1.68E-06$ 、 $2.07E-06$ ，砷的关键暴露途径为经口摄入，镍和镉的关键暴露途径为吸入室内土壤颗粒物。总石油烃（ $<C_{16}$ ）的危害商大于 1，为 $1.52E+01$ ，其关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触。多环芳烃中苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽的致癌健康风险超过可接受风险水平 $1.0E-06$ ，分别为 $2.01E-06$ 、 $3.42E-06$ 、 $2.39E-05$ 、 $1.44E-06$ 、 $4.30E-06$ ，苯并(a)芘的危害商大于 1，为 8.01，其关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触。血铅浓度高于 $10.0 \mu\text{g/dL}$ 的概率为 20.2%，高于 5%的可接受水平，需要采取相应的风险管理措施。

(2) 公园绿地的重金属中镍的致癌健康风险超过可接受风险水平 $1.0E-06$

且危害商超过 1，分别为 2.57E-06、4.92E+00，其关键暴露途径为经口摄入和吸入室外土壤颗粒物；铜、镉、锌的危害商均大于 1，分别为 5.79E+01、4.00E+00、2.96E+01，其关键暴露途径为经口摄入。多环芳烃类中苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽的致癌健康风险超过可接受风险水平 1.0E-06，分别为 4.18E-06、1.09E-06，苯并 a 芘的危害商大于 1，为 1.20E+00，关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触土壤。血铅浓度高于 10.0 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 的概率为 100%，需要采取相应的风险管理措施。

(3) 商业用地的总石油烃 ($>C_{16}$ 、 $<C_{16}$) 危害商超过 1，分别为 2.59E+01、3.50E+00，其关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触土壤。多环芳烃类中萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽的致癌健康风险超过可接受风险水平 1.0E-06，分别为 4.19E-06、5.26E-05、7.08E-05、2.46E-06、4.64E-05、1.37E-04、2.52E-06，苯并(a)芘的危害商大于 1，为 122，关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触土壤。苯胺类和联苯胺类中咔唑的致癌健康风险超过可接受风险水平 1.0E-06，为 2.62E-01，其关键暴露途径为经口摄入和皮肤接触土壤。

(4) 场地地下水关注污染物为镍、锌、铅、砷、镉及总石油烃，由于场地地下水没有饮用途径，因此不存在健康风险。

3.2.5 场地修复目标及修复范围结论

根据法律法规和技术导则的规定、场地未来的用地规划和可接受风险水平，通过计算风险控制值、分析国家或地区有关标准中规定的限值和修复目标的可达性，制定场地各关注污染物的修复目标值。

3.2.5.1 场地修复目标结论

根据风险评估的结果，场地土壤中致癌风险或危害商超标的关注污染物统计如下：

公园绿地：铜、镉、锌、镍、铅、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽。

商业用地：TPH ($>C_{16}$)、TPH ($<C_{16}$)、萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑。

居住用地：铜、砷、锌、镉、汞、TPH ($<C_{16}$)、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、铅。

由于场地地下水没有饮用途径，因此不存在健康风险，且场地地下水功能区保护目标中水质类别为 V 类，水质要求类别不高。

为对场地风险进行管理，场调单位根据导则要求制定各关注污染物的修复目标值，并划定修复范围。

在场调报告编制期间，土壤和地下水修复目标尚未有国家或本地规定的具体数值。对于修复目标值的确定，相关技术规范的要求如下：

(1) 《污染场地土壤修复技术导则》(HJ 25.4-2014) 的规定，修复目标值确定的依据为：分析比较按照 HJ25.3 计算的土壤风险控制值和场地所在区域土壤中目标污染物的背景含量和国家有关标准中规定的限值，合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

(2) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》的规定：初步修复目标值，是根据场地可接受污染水平、场地背景值或本底值、经济技术条件和修复方式（修复和工程控制）、当地社会经济发展水平等因素综合确定的、场地土壤和地下水中的污染物修复后需要达到的限值。污染场地最终修复目标的确定，还应综合考虑修复后土壤的最终去向和使用方式、修复技术的选择、修复时间、修复成本以及法律法规、社会经济等因素。

根据技术导则和指南的规定，本报告确定修复目标值的原则为：

(1) 场地污染物建议修复目标值采用 HJ25.3 计算的土壤风险控制值和场地

所选筛选值中的较大值。

(2) 由于广州市土地开发中心已委托北京建工环境修复股份有限公司对广州锌片厂（南区）东南侧的生产区（保障性住房）进行场地环境详细调查及风险评估，编制形成了《广州锌片厂南区保障性住房地块场地环境详细调查及风险评估报告》，在报告中已确定了场地的修复目标值，为便于管理部门在场地修复工程阶段的统一监管，锌片厂南区在该报告确定的修复目标值和通过原则（1）确定的修复目标值之间选取保守值。

依据《场调与风险评估报告》，场地土壤修复目标值见表 3.2-1~表 3.2-3。

表 3.2-1 公园绿地土壤修复目标值（浓度单位：mg/kg）

编号	污染物名称	筛选值	风险控制值	修复目标值
1	铜	300	929	929
2	镉	10	15.9	15.9
3	锌	500	6964	6964
4	镍	150	242	242
5	铅	300	234	300
6	苯并(a)芘	0.4	0.8	0.8
7	二苯并(a,h)蒽	0.1	0.8	0.8

表 3.2-2 商业用地土壤修复目标值（浓度单位：mg/kg）

编号	污染物名称	筛选值	风险控制值	修复目标值
1	TPH(<C ₁₆)	620	2049.87	2049.87
2	TPH(>C ₁₆)	10000	1721.11	10000
3	苯并(a)蒽	0.4	13.4	13.4
4	苯并(b)荧蒽	2.1	13.5	13.5
5	苯并(k)荧蒽	21	134.5	134.5
6	苯并(a)芘	0.4	1.35	1.35
7	茚并(1,2,3-cd)芘	2.1	13.5	13.5
8	二苯并(a,h)蒽	0.4	1.35	1.35
9	喹唑	87	65.8	87

编号	污染物名称	筛选值	风险控制值	修复目标值
10	萘	31	14.2	31

表 3.2-3 居住用地土壤修复目标值（浓度单位：mg/kg）

编号	污染物名称	筛选值	风险控制值	保障性住房地块报告修复目标值	修复目标值
1	铜	300	663	—	663
2	镍	150	90.55	—	150
3	锌	500	4974.43	—	4974
4	镉	10	7.22	—	10
5	铅	300	234	—	300
6	汞（无机）	4	4.92	—	4.92
7	砷	60	0.37	50	50
8	石油烃	230	298.26	1000（总量）	1000（总量）
9	苯并(a)蒽	0.4	4.57	—	4.47
10	苯并(b)荧蒽	0.7	4.59	4.21	4.21
11	苯并(a)芘	0.4	0.46	0.43	0.43
12	茚并(1,2,3-cd)芘	0.7	4.6	—	4.6
13	二苯并(a,h)蒽	0.1	0.46	0.42	0.42

3.2.5.2 场地修复范围及工程量结论

由于场地暂无修建性详细规划和未来土壤最大开挖深度相关资料，因此场调单位基于保守考虑，将所有超修复目标值的不同深度土壤均作为表层土，统一确定了修复目标值和土壤修复范围。

(1) 修复范围的确定原则与方法

修复范围确定的原则如下：

1) 按照《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》的规定，采用浓度插值等方法将采样检测分析结果绘制成等值线图，与场地修复目标值相对照，确定出超过修复目标值的区域。

2) 对于浓度等值线分布图中超过修复目标值的的弧形区域，为方便拐点的定位，采用弧形外切直线—以直带曲，从而确定土壤和地下水的修复范围。

3) 为准确计算修复工作量，方便修复施工，对土壤和地下水分层计算具体的修复量。

4) 在每一个深度范围内，以所有污染物修复范围的叠加值确定各层的需要进行修复的范围和修复工程量。根据每层的修复范围和修复工程量，合并计算场地总的土壤和地下水修复工程量。

5) 由于在初步调查和详细调查阶段，个别点位采样深度间隔较大，因此修复深度的确定综合考虑了补充调查阶段临近点位的超标深度以及该采样点位深度方向的插值。

(2) 建议土壤修复范围及工程量

1) 锌片厂南区土壤修复范围及工程量

场地土壤中污染物超过修复目标值的最大深度为 4.3m。土壤不同深度中的关注污染物共有 3 种，分别为重金属、多环芳烃、总石油烃。修复总土方量为 6770.5m³。土壤修复范围见图 3.2-1。

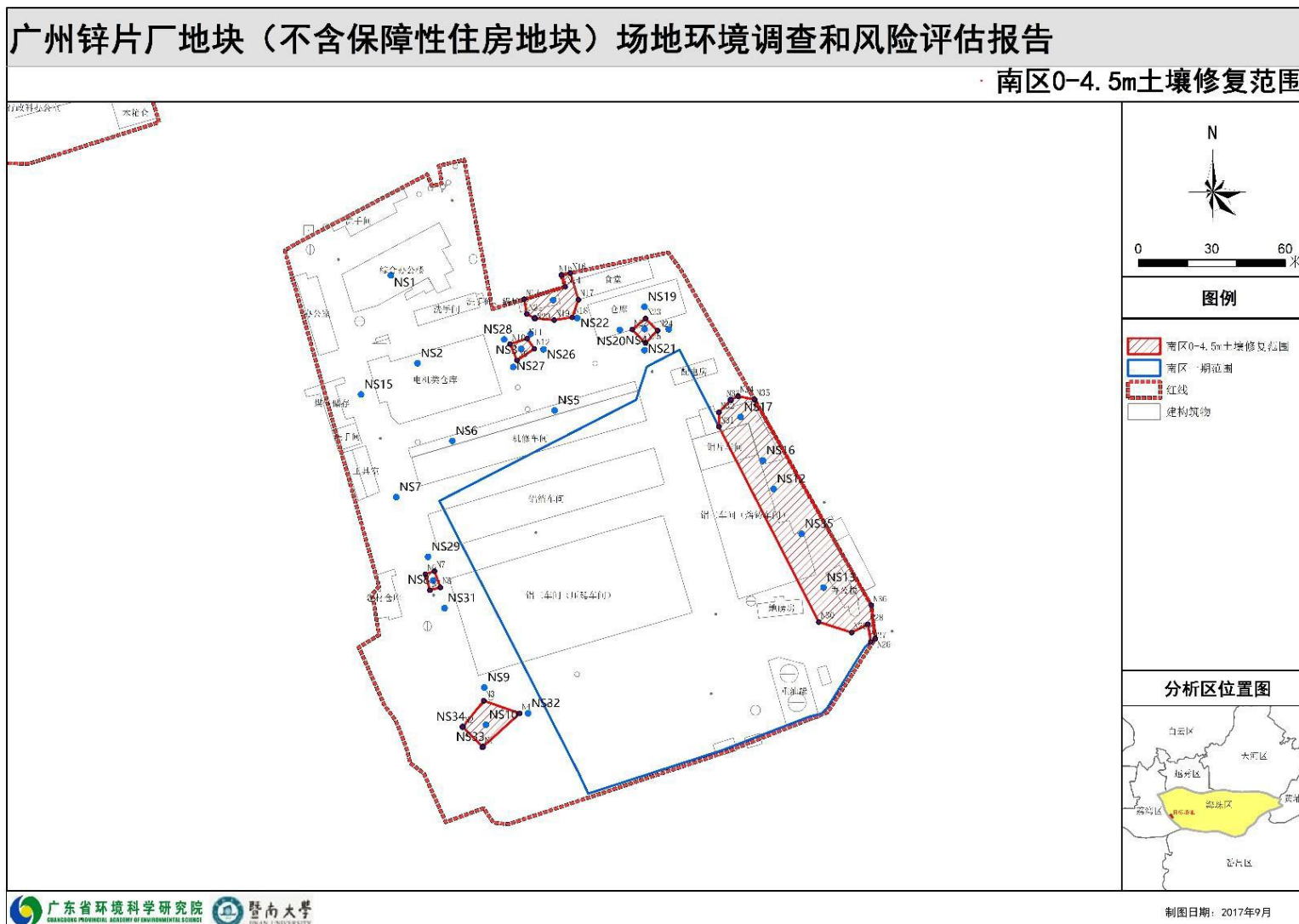


图3.2-1 南区土壤不同深度修复范围汇总图

① 0-1.3m 以内的土壤修复范围

地下 1.3m 以内的总修复范围如图 3.2-2 所示。主要分为 5 个修复区域，以 A1~A5 表示。A1~A3 区域主要为多环芳烃、重金属的复合污染，污染区域的拐点坐标见表 3.2-5。

A1 区域内的超修复目标值点位为 NS14，根据各关注污染物的浓度插值结果计算，A1 区修复面积为 243.38m²，需修复的厚度为 1.3m，对应修复土方量为 316.39m³。

A2 区域内超修复目标值的点为 NS12、NS13、NS16、NS17、NS35。根据各关注污染物的浓度插值结果计算，A2 区修复面积为 1952.2m²，需修复的厚度为 1.3m，对应修复土方量为 2537.86m³。

A3 区域内超修复目标值的点为 NS10。根据各关注污染物的浓度插值结果计算，A3 区修复面积为 218.27m²，需修复的厚度为 1.1m，对应修复土方量为 240.1m³。

A4 区域内超修复目标值的点为 NS3。根据各关注污染物的浓度插值结果计算，A4 区修复面积为 47.6m²，需修复的厚度为 1.3m，对应修复土方量为 61.93m³。

A5 区域内的超修复目标值点位为 NS4，超修复目标值的污染物主要为镍，根据污染物的浓度插值结果计算，A5 区修复面积为 51.31m²，需修复的厚度为 1.3m，对应修复土方量为 66.7m³。

因此，0-1.3m 范围内，修复总土方量为 3223m³。

表3.2-4 0-1.3m 修复土方量估算

区域	关注污染物	修复面积(m ²)	封顶深度(m)	修复厚度(m)	修复土方量(m ³)
A1	镉、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽	243.38	—	1.3	316.39
A2	苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽	1952.20	—	1.3	2537.86
A3	镉、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘	218.27	0.2	1.1	240.10
A4	铜	47.64	—	1.3	61.93

表3.2-5 0-1.3m 土壤修复范围拐点坐标

编号	X	Y	编号	X	Y
A1	24160.77	36988.36	A16	24014.43	37103.17
A2	24149.89	36991.57	A17	24018.76	37089.71
A3	24142.76	36989.14	A18	24092.57	37051.83
A4	24141.64	36981.68	A19	23967.90	36952.57
A5	24142.36	36973.81	A20	23976.10	36944.39
A6	24144.11	36970.57	A21	23986.73	36952.98
A7	24150.07	36969.42	A22	23981.55	36967.69
A8	24155.23	36986.25	A23	24131.86	36963.69
A9	24160.00	36984.67	A24	24134.08	36970.68
A10	24105.53	37055.81	A25	24129.95	36973.61
A11	24102.87	37067.13	A26	24125.27	36966.55
A12	24025.45	37111.14	A27	24142.26	37019.02
A13	24011.96	37112.72	A28	24137.81	37013.57
A14	24010.60	37110.93	A29	24132.31	37019.02
A15	24017.80	37109.74	A30	24137.39	37023.89

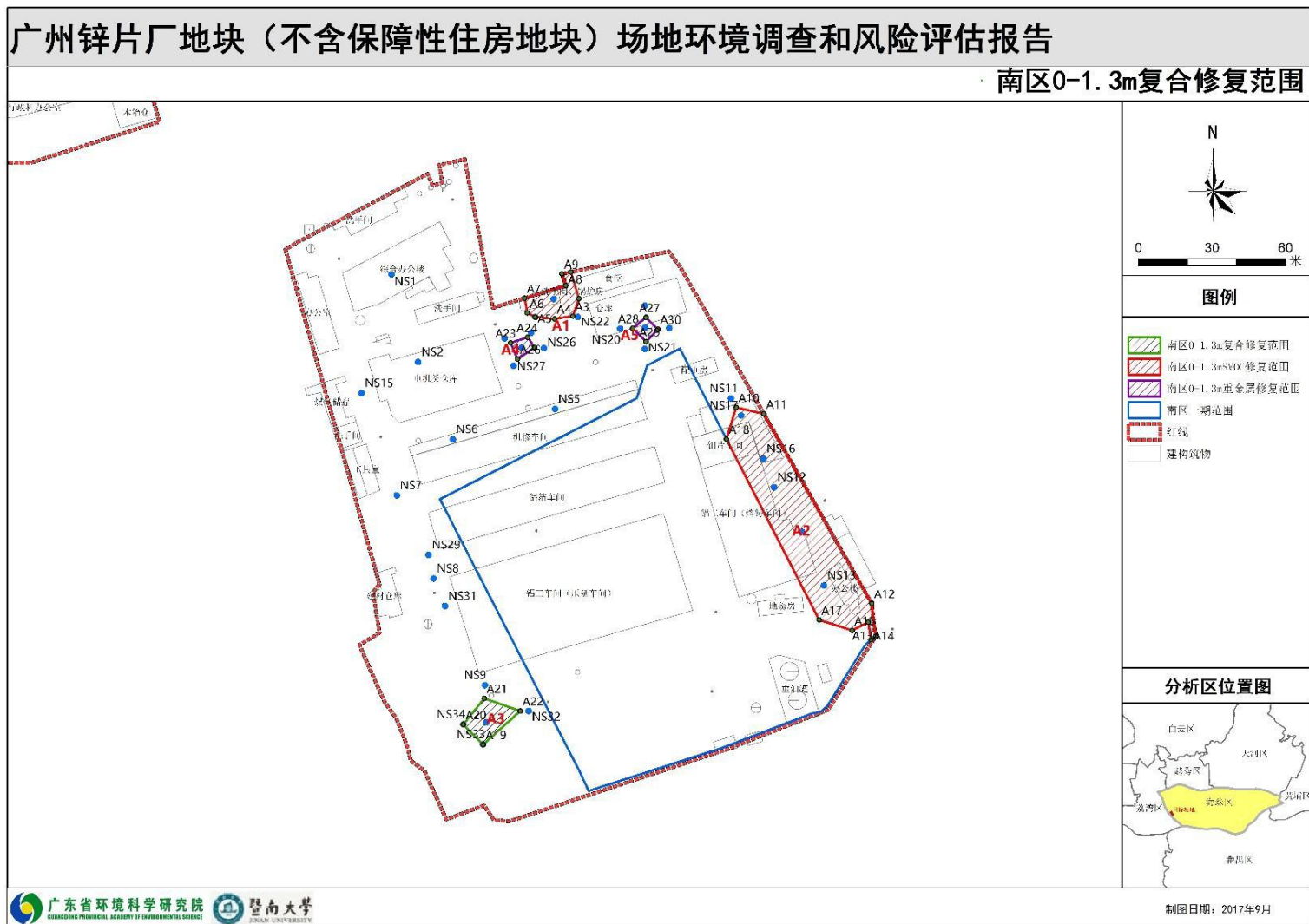


图3.2-2 南区0-1.3m 土壤总修复范围

② 1.3-3m 土壤修复范围

地下 1.3-3m 以内的总修复范围如图 3.1-3 所示。主要分为 5 个修复区域，以 B1~B5 表示。污染区域的拐点坐标见表 3.2-7。

B1 区域内的超修复目标值点位为 NS14，根据污染物的浓度插值结果计算，B1 区修复面积为 79m²，需修复的厚度为 1.7m，对应修复土方量为 134.3m³。

B2 区域内超修复目标值的点位为 NS10，根据污染物的浓度插值结果计算，B2 区修复面积为 168m²，需修复的厚度为 1.7m，对应修复土方量为 285.6m³。

B3 区域内超修复目标值的点位为 NS13，根据各关注污染物的浓度插值结果计算，B3 区修复面积为 686m²，需修复的厚度为 1.7m，对应修复土方量为 1166.2m³。

B4 区域内超修复目标值的点位为 NS12、NS16、NS17，根据各关注污染物的浓度插值结果计算，B4 区修复面积为 929m²，需修复的厚度为 1.7m，对应修复土方量为 319.3m³。

B5 区域内超修复目标值的点位为 NS8，根据各关注污染物的浓度插值结果计算，B5 区修复面积为 29m²，需修复的厚度为 1.7m，对应修复土方量为 49.3m³。

因此，1.3-3m 范围内，修复总土方量为 3214.7m³。

表 3.2-6 1.3-3m 总修复土方量估算

区域	关注污染物	修复面积(m ²)	修复厚度(m)	封底深度(m)	修复土方量(m ³)
B1	锌、镉、苯并(a)芘	79	1.7	3	134.3
B2	镉、苯并(a)芘	168	1.7	3	285.6
B3	锌、铅、镉、汞、苯并(a)芘、TPH	686	1.7	3	1166.2
B4	苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽	929	1.7	—	319.3
B5	砷	29	1.7	3	49.3
合计					3214.7

表 3.2-7 1.3-3m 土壤修复范围拐点坐标

编号	X	Y	编号	X	Y
B1	2431.83	36975.15	B15	24018.76	37089.71
B2	24154.66	36984.38	B16	24037.92	37080.13
B3	24145.64	36987.22	B17	24046.58	37088.00
B4	24145.43	36976.74	B18	24107.01	37064.78
B5	23977.17	36945.92	B19	24069.52	37086.09
B6	23986.29	36953.46	B20	24062.17	37082.15
B7	23981.00	36965.77	B21	24056.00	37070.60
B8	23969.36	36953.33	B22	24098.20	37048.94
B9	24047.74	37097.42	B23	24106.78	37056.44
B10	24025.45	37111.14	B24	24038.26	36929.12
B11	24011.96	37112.72	B25	24039.45	36932.85
B12	24010.60	37110.93	B26	24032.80	36935.29
B13	24017.80	37109.74	B27	24031.67	36931.03
B14	24014.43	37103.17	/	/	/

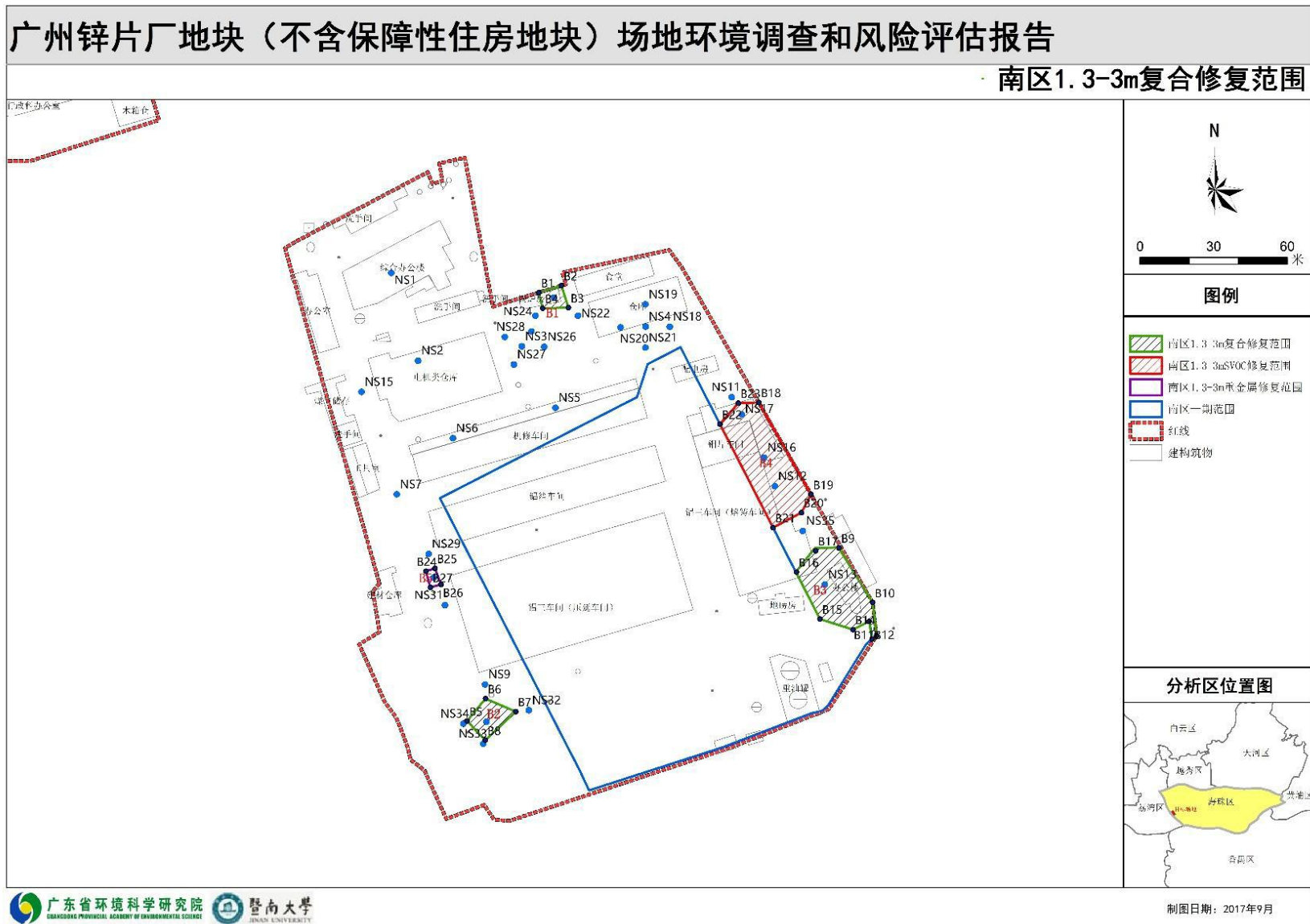


图3.2-3 南区1.3-3m 土壤总修复范围

③ 3-4.3m 土壤修复范围

地下 3-4.3m 以内的总修复范围如所示图 3.2-4。主要为 C1 修复区域，污染区域的拐点坐标见表 3.2-9。

C1 区域内的超修复目标值点位为 NS17，根据污染物的浓度插值结果计算，C1 区修复面积为 256m²，需修复的厚度为 1.3m，对应修复土方量为 332.8m³。

表3.2-8 3-4.5m 总修复土方量估算

区域	超标点位	关注污染物	修复面积 (m ²)	修复厚度 (m)	封底深度 (m)	修复土方量 (m ³)
C1	NS17	苯并(a)芘	256	1.3	4.3	332.8

表3.2-9 3-4.3m 土壤修复范围拐点坐标

编号	X	Y	编号	X	Y
C1	24109.35	37063.45	C5	24095.38	37051.33
C2	24101.54	37067.89	C6	24104.03	37048.92
C3	24095.43	37067.84	C7	24109.15	37053.74
C4	24092.12	37062.55	C8	24110.65	37056.73

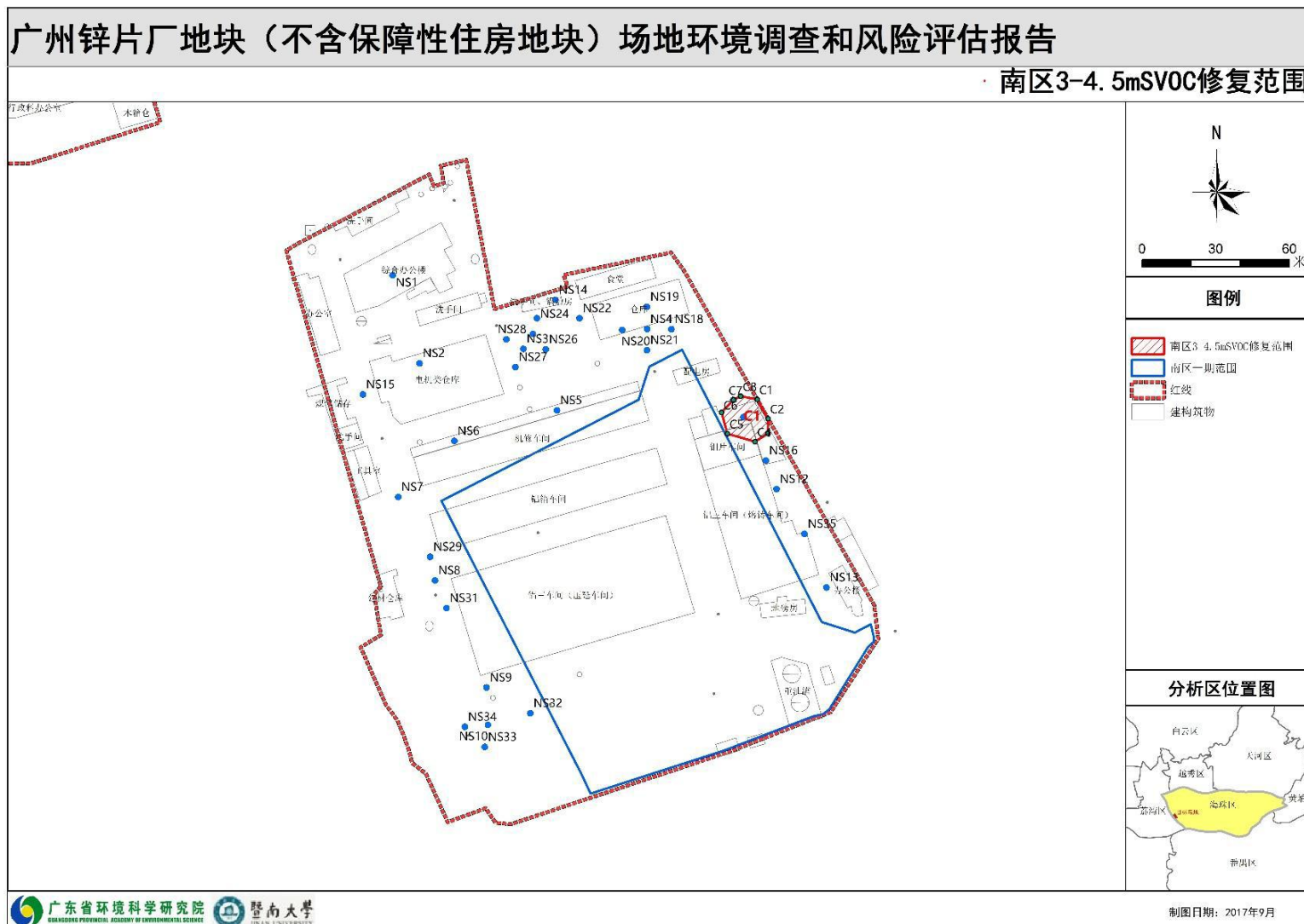


图3.2-4 南区3-4.5m土壤总修复范围

2) 锌片厂北区土壤修复范围及工程量

场地土壤中污染物超过修复目标值的最大深度为 6.2m。土壤不同深度中的关注污染物共有 3 种，分别为重金属、多环芳烃、总石油烃。总修复土方量为 61687m³。土壤修复范围见图 3.1-5。



图3.2-5 北区土壤不同深度修复范围汇总图

① 0-2.2m 以内的土壤修复范围

地下 2.2m 以内的总修复范围如图 3.2-6 所示。主要分为 6 个修复区域，以 D1~D6 表示。污染区域的拐点坐标见表 3.2-11。

D1 区修复面积为 327m²，需修复的厚度为 2m，对应修复土方量为 4173.4m³。

D2 区修复面积为 1970m²，需修复的厚度为 2.2m，对应修复土方量为 4334m³。

D3 区修复面积为 6350m²，需修复的厚度为 2.2m，对应修复土方量为 13970m³。

D4 区修复面积为 168m²，需修复的厚度为 2.2m，对应修复土方量为 369.6m³。

D5 区修复面积为 888m²，需修复的厚度为 2m，对应修复土方量为 1776m³。

D6 区修复面积为 9045m²，需修复的厚度为 2.2m，对应修复土方量为 19899m³。

因此，0-2.2m 范围内，修复总土方量为 44522m³。

表 3.2-10 0-2.2m 修复土方量估算

区域编号	关注污染物	修复面积 (m ²)	封顶深度 (m)	修复厚度 (m)	修复土方量 (m ³)
D1	锌、铅、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽	327	—	2.2	4173.4
D2	苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、铜、锌、铅、镉	1970	—	2.2	4334
D3	铜、锌、铅、镉、镍	6350	—	2.2	13970
D4	镍、铅	168	—	2.2	369.6
D5	铜、锌、铅	888	0.2	2	1776
D6	TPH、萘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑	9045	—	2.2	19899
总计					44522

表 3.2-11 0-2.2m 土壤修复范围拐点坐标

编号	X	Y	编号	X	Y	编号	X	Y
D1	24228.34	36491.91	D48	24213.36	36504.60	D95	24272.41	36731.89
D2	24229.19	36503.25	D49	24218.44	36504.84	D96	24249.33	36733.55
D3	24227.93	36510.88	D50	24223.52	36495.79	D97	24242.47	36742.49
D4	24232.82	36513.96	D51	24283.98	36576.02	D98	24262.43	36755.80
D5	24241.70	36518.31	D52	24289.27	36572.21	D99	24257.23	36769.53
D6	24250.77	36530.14	D53	24296.08	36573.56	D100	24259.10	36779.30
D7	24242.61	36541.69	D54	24296.58	36581.95	D101	24256.98	36788.56
D8	24244.38	36546.21	D55	24291.07	36587.66	D102	24256.98	36800.76
D9	24242.61	36553.10	D56	24284.88	36587.35	D103	24245.52	36802.33
D10	24241.87	36561.30	D57	24282.23	36583.39	D104	24232.27	36800.08
D11	24245.29	36575.45	D58	24285.25	36564.06	D105	24234.52	36776.28
D12	24259.09	36579.49	D59	24281.13	36568.50	D106	24241.93	36770.44

编号	X	Y	编号	X	Y	编号	X	Y
D13	24262.57	36594.20	D60	24272.55	36573.58	D107	24233.17	36759.21
D14	24275.73	36606.78	D61	24256.04	36575.60	D108	24205.81	36738.72
D15	24290.25	36608.91	D62	24247.36	36569.67	D109	24233.43	36721.55
D16	24297.41	36622.85	D63	24246.09	36556.44	D110	24242.07	36714.45
D17	24286.96	36631.75	D64	24251.39	36547.66	D111	24245.46	36711.67
D18	24288.84	36650.25	D65	24265.78	36545.96	D112	24249.34	36695.64
D19	24285.62	36661.88	D66	24283.03	36553.37	D113	24247.10	36685.63
D20	24281.70	36665.49	D67	24257.39	36680.71	D114	24205.81	36738.72
D21	24272.97	36667.24	D68	24261.06	36698.82	D115	24209.49	36726.44
D22	24261.98	36659.24	D69	24261.25	36705.79	D116	24213.58	36691.61
D23	24249.79	36653.90	D70	24261.62	36710.64	D117	24236.30	36685.52
D24	24244.56	36644.19	D71	24267.21	36716.91	D118	24230.17	36662.00
D25	24239.31	36634.37	D72	24282.82	36717.14	D119	24238.71	36659.07
D26	24239.43	36621.08	D73	24292.79	36718.99	D120	24247.15	36660.47
D27	24242.01	36613.26	D74	24306.93	36710.88	D121	24257.98	36663.97
D28	24233.47	36608.80	D75	24304.01	36706.66	D122	24257.23	36680.31
D29	24223.44	36604.85	D76	24296.89	36709.70	D123	24247.10	36685.63
D30	24219.97	36595.44	D77	24291.60	36704.45	D124	24249.34	36695.64
D31	24217.60	36579.53	D78	24294.22	36694.66	D125	24245.38	36712.01
D32	24214.19	36569.82	D79	24298.15	36678.45	D126	24233.43	36721.22
D33	24210.13	36565.17	D80	24324.90	36672.62	D127	24228.34	36491.91
D34	24209.74	36558.59	D81	24348.64	36775.95	D128	24223.52	36495.79
D35	24218.06	36550.66	D82	24298.47	36789.65	D129	24218.44	36504.84
D36	24219.03	36539.05	D83	24288.15	36782.73	D130	24213.36	36504.60
D37	24217.68	36530.14	D84	24281.69	36791.32	D131	24200.10	36487.51
D38	24208.00	36519.69	D85	24273.62	36794.89	D132	24191.37	36499.99
D39	24204.52	36510.60	D86	24264.98	36790.94	D133	24182.80	36502.93
D40	24203.93	36498.21	D87	24264.28	36783.65	D134	24171.41	36501.69
D41	24196.00	36498.60	D88	24265.90	36770.57	D135	24166.88	36486.07
D42	24187.68	36508.86	D89	24267.78	36759.44	D136	24235.93	36454.56
D43	24178.67	36509.12	D90	24268.31	36754.15	D137	24237.40	36460.34
D44	24171.41	36501.69	D91	24273.87	36750.44	D138	24233.64	36462.50
D45	24182.80	36502.93	D92	24291.19	36755.56	D139	24238.24	36462.98
D46	24191.37	36499.99	D93	24293.42	36739.37	D140	24242.65	36476.82
D47	24200.10	36487.51	D94	24291.13	36734.38	D141	24237.66	36485.23

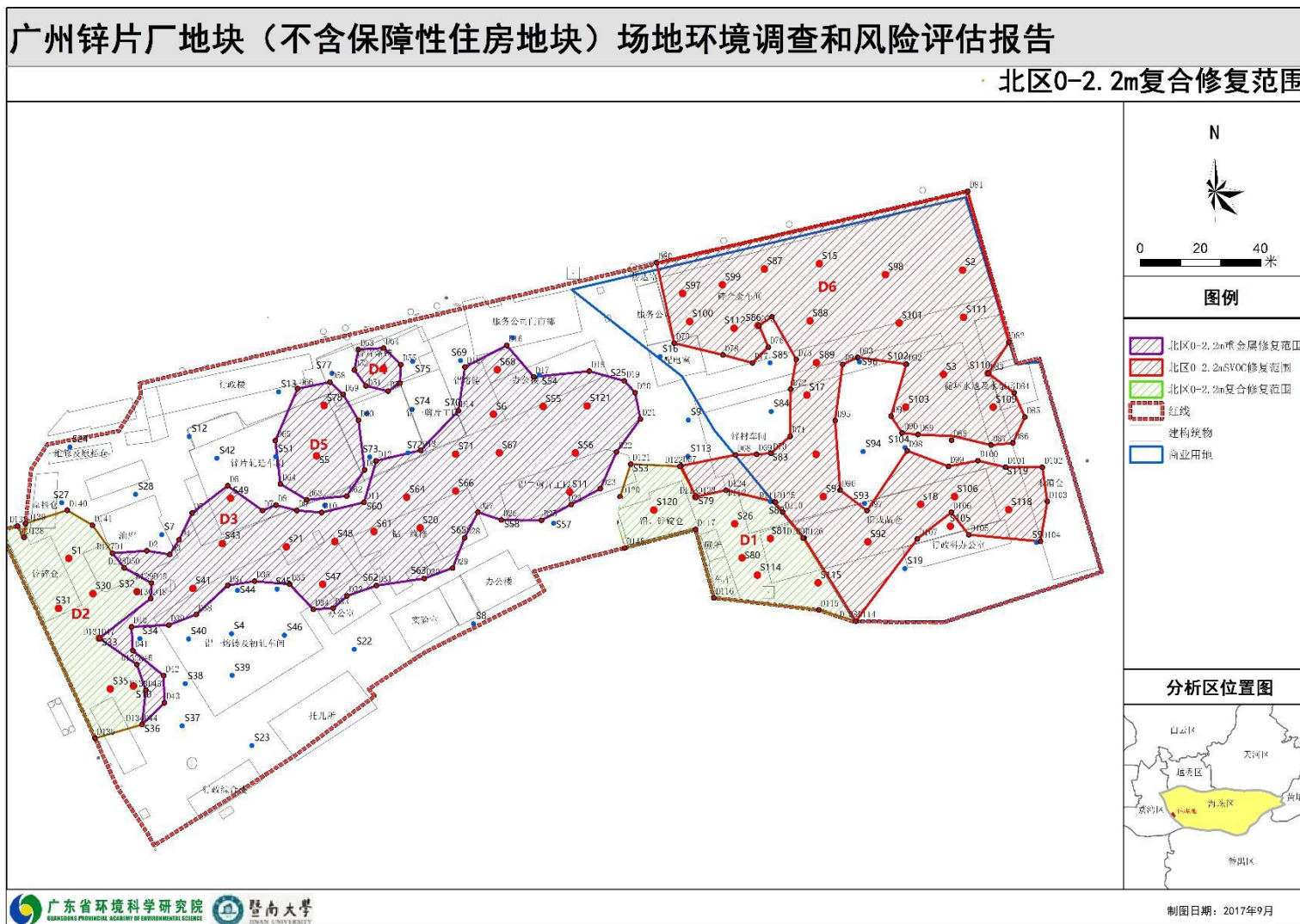


图3.2-6 北区0-2.2m 土壤修复范围图

② 2.2-3.2m 土壤修复范围

地下 2.2-3.2m 以内的总修复范围如图 3.2-7 所示。主要分为 10 个修复区域，以 E1~E10 表示。污染区域的拐点坐标见表 4.6-13。

E1 区域修复面积为 321m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 321m^3 。

E2 区域修复面积为 6m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 6m^3 。

E3 区域修复面积为 1313m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 1313m^3 。

E4 区域修复面积为 93m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 93m^3 。

E5 区域修复面积为 2424m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 2424m^3 。

E6 区域修复面积为 2441m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 2441m^3 。

E7 区域修复面积为 616m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 616m^3 。

E8 区域修复面积为 1586m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 1586m^3 。

E9 区域修复面积为 1566m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 1566m^3 。

E10 区域修复面积为 1070m^2 ，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 1070m^3 。

因此，2.2-3.2m 范围内，修复总土方量为 11436m^3 。

表 3.2-12 2.2-3.2m 总修复土方量估算

区域编号	关注污染物	修复面积 (m ²)	修复厚度 (m)	封底深度 (m)	修复土方量 (m ³)
E1	苯并(a)芘、 锌、 铅、 铜	321	1	-	321
E2	铅、 苯并(a)芘	6	1	-	6
E3	锌、 铅、 镉、 铜	1313	1	3.2	1313
E4	铜	93	1	3.2	93
E5	铜、 锌、 铅、 镉	2424	1	3.2	2424
E6	铜、 锌、 铅、 镉	2441	1	-	2441
E7	苯并(a)芘	616	1	-	616
E8	苯并(a)芘	1586	1	-	1586
E9	TPH、 萘、 苯并 a 蒽、 苯并(b)荧 蒽、 苯并(k)荧 蒽、 苯并(a) 芘、 茚并(1,2,3-cd)芘、 二苯并 (a,h)蒽、 咔唑	1566	1	-	1566
E10	苯并(a)芘、 苯 并(b)荧蒽、 二 苯并 (a,h)蒽	1070	1	3.2	1070
总计					11436

表 3.2-13 2.2-3.2m 土壤修复范围拐点坐标

编号	X	Y	编号	X	Y	编号	X	Y
E1	24193.62	36473.87	E44	24255.38	36598.82	E87	24221.04	36706.17
E2	24214.68	36464.26	E45	24272.45	36607.50	E88	24231.25	36702.67
E3	24218.72	36475.50	E46	24274.51	36618.45	E89	24245.54	36710.39
E4	24215.55	36482.96	E47	24235.93	36454.56	E90	24240.35	36754.38
E5	24209.20	36484.87	E48	24237.40	36460.34	E91	24244.59	36760.34
E6	24196.18	36480.42	E49	24233.64	36462.50	E92	24249.06	36754.90
E7	24184.20	36489.02	E50	24238.24	36462.98	E93	24263.50	36755.09
E8	24185.15	36490.61	E51	24242.13	36473.11	E94	24267.27	36770.82
E9	24182.85	36492.44	E52	24237.66	36485.23	E95	24255.66	36782.94
E10	24181.50	36491.09	E53	24228.34	36491.91	E96	24245.72	36789.92
E11	24298.20	36558.69	E54	24236.37	36498.16	E97	24239.55	36800.52
E12	24306.40	36593.95	E55	24243.82	36502.51	E98	24231.90	36798.81
E13	24295.42	36598.31	E56	24246.80	36509.93	E99	24226.18	36794.06

编号	X	Y	编号	X	Y	编号	X	Y
E14	24292.06	36591.56	E57	24250.25	36521.98	E100	24219.03	36784.01
E15	24282.51	36596.56	E58	24253.46	36533.42	E101	24215.97	36778.01
E16	24276.22	36591.38	E59	24247.64	36538.92	E102	24223.22	36755.04
E17	24272.32	36584.94	E60	24241.08	36535.96	E103	24223.23	36755.04
E18	24274.91	36573.79	E61	24237.52	36527.01	E104	24275.01	36782.05
E19	24265.71	36569.55	E62	24231.13	36518.82	E105	24270.06	36775.63
E20	24263.21	36559.67	E63	24224.78	36518.50	E106	24269.53	36765.58
E21	24264.89	36551.45	E64	24211.87	36517.23	E107	24276.89	36755.39
E22	24277.82	36547.18	E65	24204.25	36513.74	E108	24291.19	36755.23
E23	24285.44	36551.31	E66	24201.60	36504.32	E109	24304.45	36757.92
E24	24288.15	36564.77	E67	24201.60	36496.06	E110	24312.22	36759.61
E25	24285.76	36614.40	E68	24201.08	36491.51	E111	24319.53	36762.52
E26	24291.30	36614.81	E69	24197.37	36487.49	E112	24326.36	36765.70
E27	24295.58	36619.84	E70	24192.93	36490.77	E113	24331.75	36775.70
E28	24292.53	36626.04	E71	2432.86	36494.63	E114	24326.86	36781.92
E29	24283.43	36622.44	E72	24184.17	36498.88	E115	24292.93	36791.18
E30	24277.10	36634.95	E73	24180.66	36497.01	E116	24290.27	36788.73
E31	24261.65	36645.66	E74	24179.40	36488.20	E117	24288.15	36782.40
E32	24248.70	36643.76	E75	24181.92	36479.75	E118	24284.78	36784.49
E33	24240.51	36632.58	E76	24193.76	36474.22	E119	24276.87	36784.46
E34	24239.43	36621.08	E77	24196.18	36480.42	E120	24331.49	36701.84
E35	24241.49	36613.49	E78	24209.20	36484.87	E121	24333.20	36709.22
E36	24235.81	36603.18	E79	24215.55	36482.96	E122	24319.06	36725.57
E37	24227.54	36594.46	E80	24218.72	36475.50	E123	24309.69	36733.67
E38	24221.62	36581.83	E81	24214.74	36464.44	E124	24301.91	36734.15
E39	24218.00	36561.77	E82	24245.99	36710.90	E125	24294.77	36723.51
E40	24230.51	36551.31	E83	24233.43	36721.22	E126	24291.64	36710.28
E41	24242.68	36562.63	E84	24205.81	36738.39	E127	24303.08	36698.41
E42	24243.74	36577.23	E85	24209.49	36726.44	E128	24316.94	36693.99
E43	24246.96	36589.67	E86	24210.55	36717.36	/	/	/

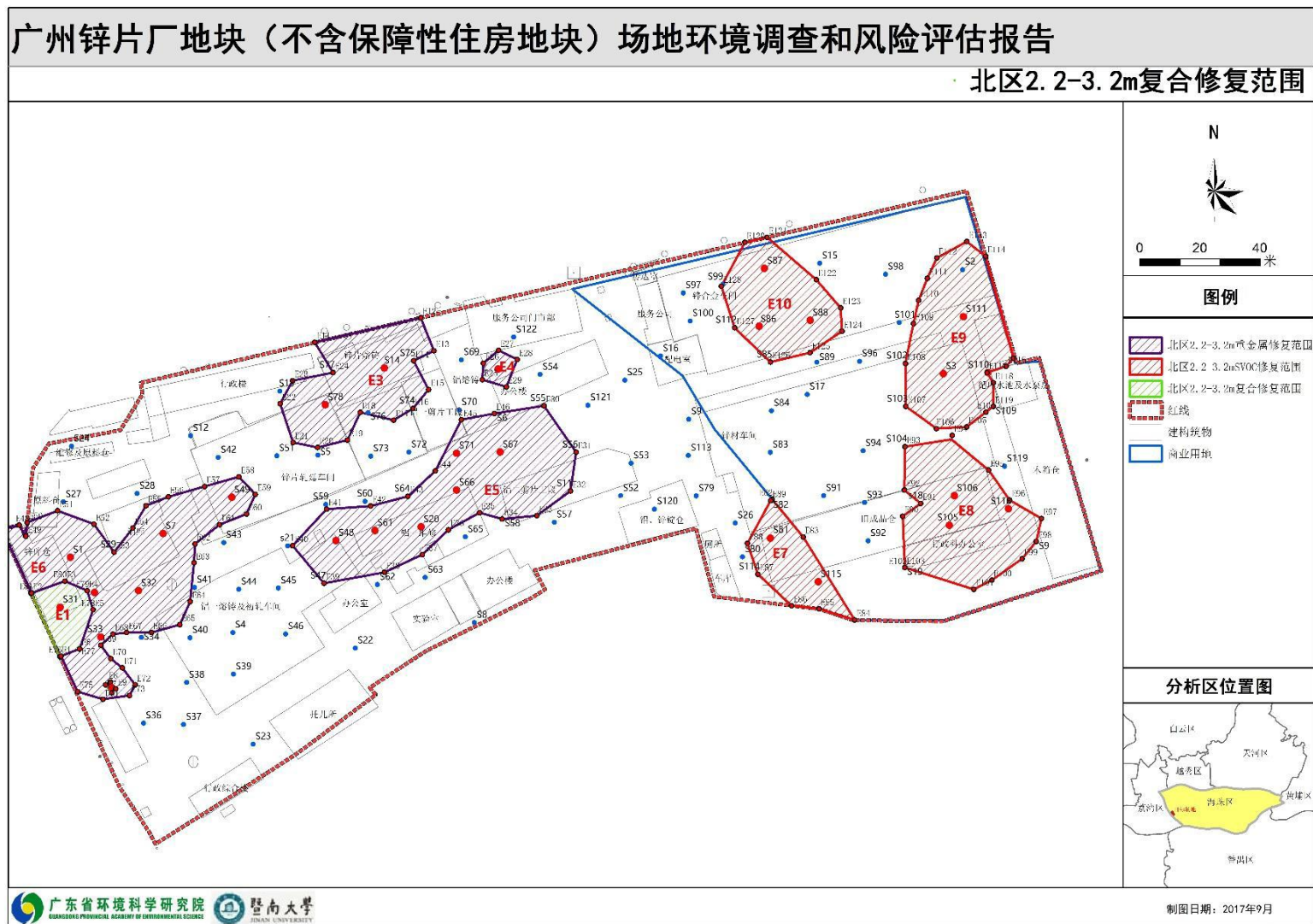


图 3.2-7 北区 2.2-3.2m 土壤修复范围图

③ 3.2-4.2m 土壤修复范围

3-4.2m 总土壤的修复范围如图 3.2-8 所示，主要分为六个区域，分别为 F1~F6。

F1 区域的修复面积为 592m²，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 592m³。

F2 区域的修复面积为 75m²，需修复的厚度为 0.4m，对应修复土方量为 30m³。

F3 区域的修复面积为 1090m²，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 1090m³。

F4 区域的修复面积为 125m²，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 125m³。

F5 区域的修复面积为 1143m²，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 1143m³。

F6 区域的修复面积为 407m²，需修复的厚度为 1m，对应修复土方量为 407m³。

因此，3.2-4.2m 范围内，修复总土方量为 3387m³。

表 3.2-14 3.2-4.2m 修复土方量估算

区域编号	关注污染物	修复面积 (m ²)	修复厚度(m)	修复深度(m)	修复土方(m ³)
F1	铜	592	1.0	4.2	592
F2	铅	75	0.4	3.6	30
F3	铜、锌、铅	1090	1.0	—	1090
F4	苯并(a)芘	125	1.0	4.2	125
F5	苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽	1143	1.0	4.2	1143
F6	苯并(a)芘、铅、镉	407	1.0	—	407
总计					3387

表 3.2-15 3.2-4.2m 土壤修复范围拐点坐标

编号	X	Y	编号	X	Y
F1	24249.60	36536.26	F20	24190.97	36475.08
F2	24222.88	36513.50	F21	24236.37	36787.52
F3	24221.13	36501.51	F22	24241.13	36782.89
F4	24236.37	36498.16	F23	24248.54	36788.45
F5	24244.84	36506.87	F24	24242.98	36798.63
F6	24247.60	36517.76	F25	24236.76	36797.18
F7	24250.92	36527.53	F26	24172.81	36484.09
F8	24217.04	36731.41	F27	24190.97	36475.08
F9	24213.23	36729.49	F28	24195.36	36490.95
F10	24213.23	36722.72	F29	24185.67	36503.02

编号	X	Y	编号	X	Y
F11	24219.79	36720.81	F30	24174.40	36497.94
F12	24223.86	36727.17	F31	24317.21	36740.36
F13	24216.89	36463.25	F32	24329.27	36740.79
F14	24234.23	36474.02	F33	24332.41	36752.25
F15	24236.99	36483.12	F34	24318.43	36784.36
F16	24228.34	36491.91	F35	24303.34	36788.63
F17	24198.51	36498.23	F36	24293.98	36780.13
F18	2432.18	36498.65	F37	24293.71	36769.57
F19	24195.36	36490.95	/	/	/

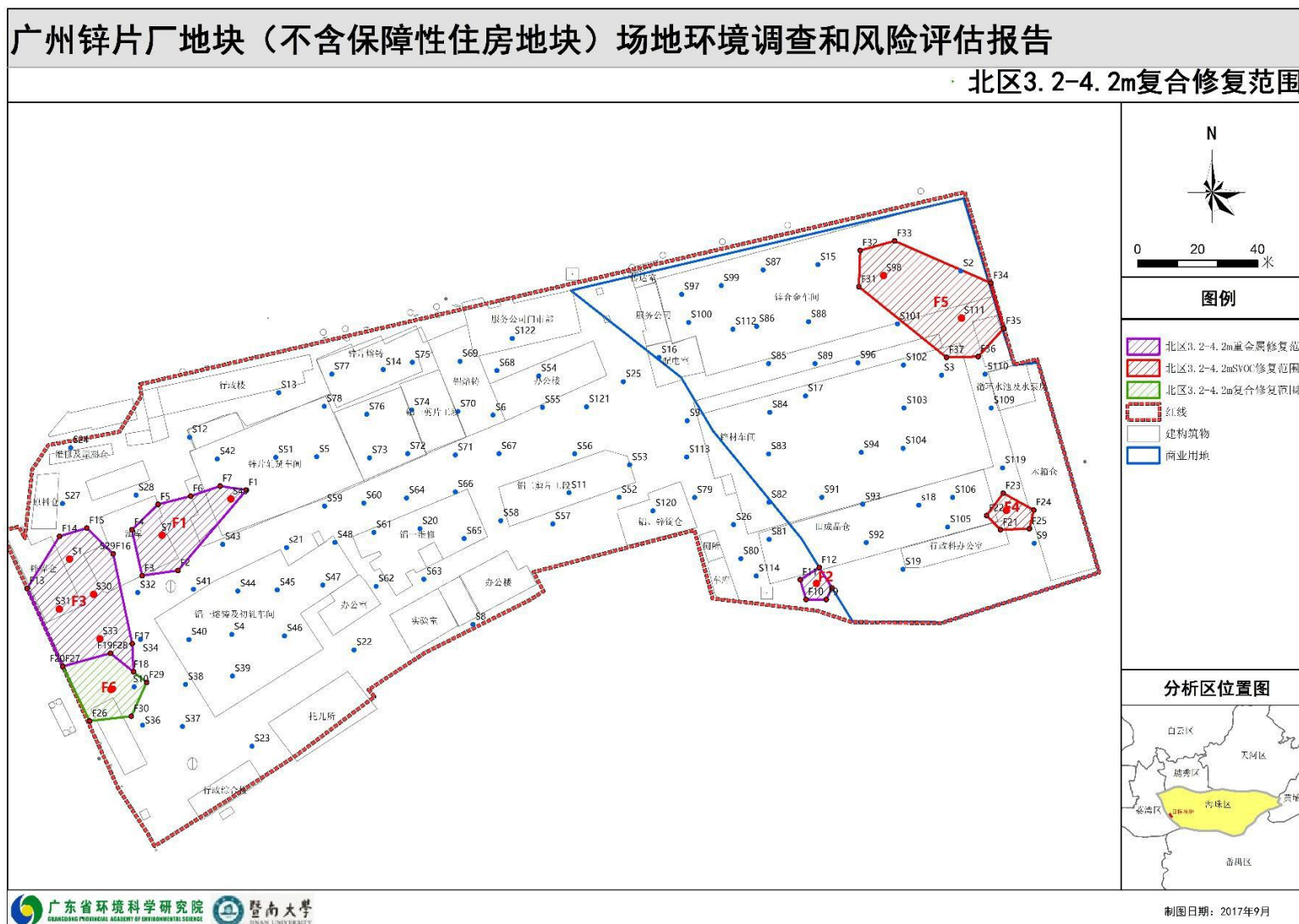


图3.2-8 北区3.2-4.2m土壤修复范围图

④ 4.2-6.2m 土壤修复范围

4.2-6.2m 总土壤的修复范围如图 4.6-9 所示，主要为 G1 和 G2 区。

G1 区修复面积为 200m²，需修复的厚度为 2m，对应修复土方量为 400m³。

G2 区修复面积为 1942m²，需修复的厚度为 2m，对应修复土方量为 2342m³。

因此，4.2-6.2m 范围内，修复总土方量为 2342m³。

表 3.2-16 4.2-6.2m 修复土方量估算

区域编号	关注污染物	修复面积 (m ²)	封底深度(m)	修复厚度(m)	修复土方量 (m ³)
G1	锌、苯并(a) 芘、二苯并(a,h)蒽	200	6.2	2.0	400
G2	铜、锌、铅	971	6.2	2.0	1942
总计					2342

表 3.2-17 土壤修复范围拐点坐标

编号	Y	X	编号	X	Y
G1	24233.20	36475.65	G11	24233.37	36475.70
G2	24229.75	36485.32	G12	24227.23	36469.61
G3	24218.91	36483.06	G13	24234.41	36474.08
G4	24214.68	36474.32	G14	24237.16	36483.18
G5	24225.52	36467.97	G15	24228.52	36491.96
G6	24217.06	36463.30	G16	24215.08	36485.50
G7	24225.17	36468.34	G17	24200.12	36498.15
G8	24214.85	36474.38	G18	24181.99	36494.58
G9	24219.09	36483.11	G19	24179.98	36490.34
G10	24229.93	36485.37	G20	24183.26	36478.73

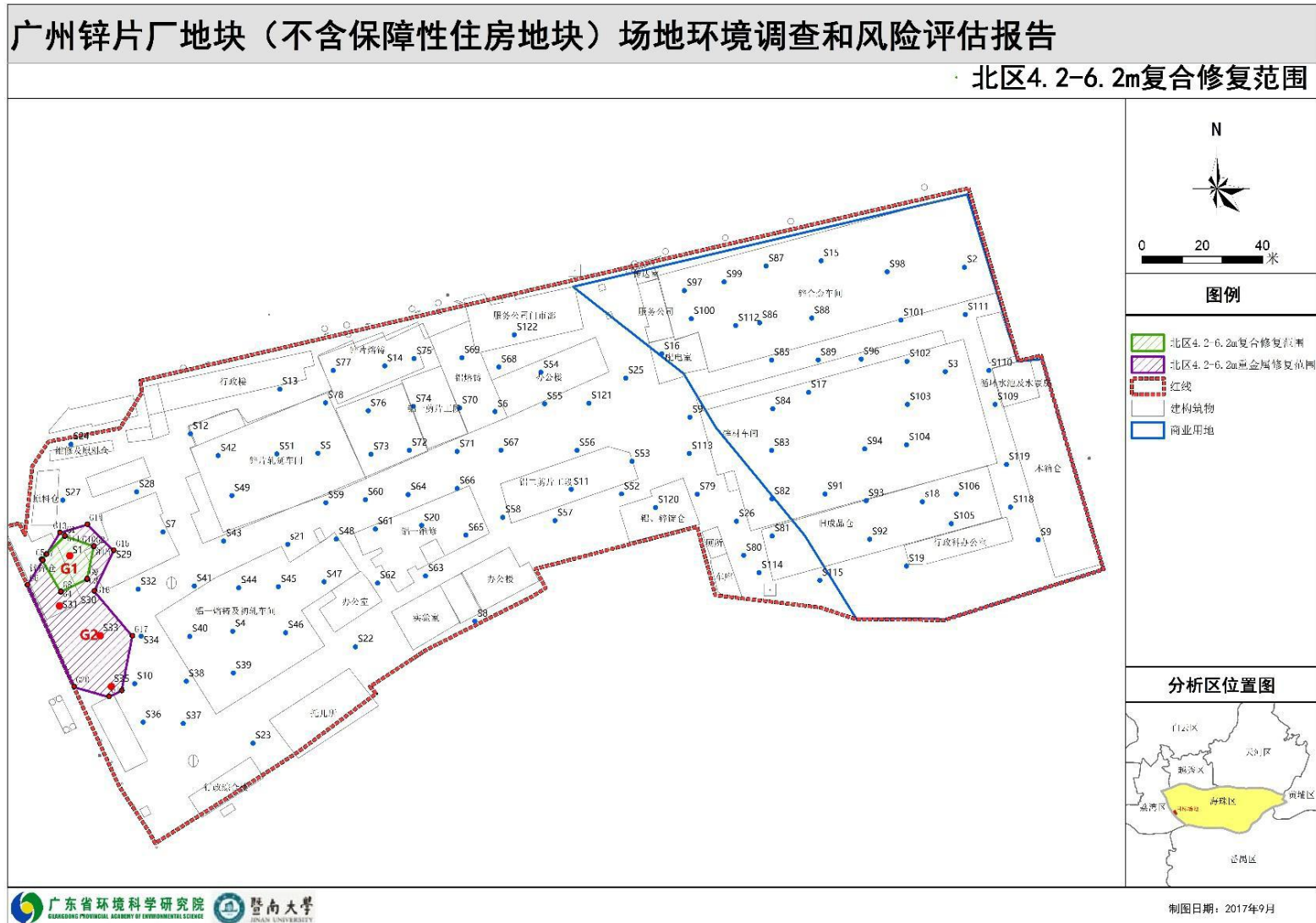


图3.2-9 北区4.2-6.2m 土壤修复范围图

3.3 场地修复方案

根据《场地修复实施方案》，项目总体治理与修复技术路线如下：

1) 对于项目南区重金属污染土壤 177.94m³，选用异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式进行处置；

2) 对于项目南区重金属+有机物复合污染土壤 2142.59m³，采用异位热脱附+异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式处置；

3) 对于项目南区有机污染土壤 4449.96m³，采用异位热脱附+基坑回填的方式进行处置；

4) 对于项目北区珠江边 38m 范围外有机污染土壤，采用清挖后异位热脱附+基坑回填的方式进行处置；

5) 对于项目北区珠江边 38m 范围外重金属污染土壤，采用异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式进行处置；

6) 对于项目北区珠江边 38m 范围外重金属+有机物复合污染土壤 8834.4m³，采用异位热脱附+异位固化/稳定化+阻隔填埋的方式进行处置；

7) 对于项目北区珠江边 38m 范围内重金属污染土壤采用原位固化/稳定化+阻隔的方式进行处置；

8) 对于项目北区珠江边 38m 范围内重金属+有机物复合污染土壤采用原位化学氧化+原位固化/稳定化+阻隔的方式进行处置。

如上所述，第一阶段北区 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）属于北区珠江边 38m 范围外有机污染土壤，则采用异位热脱附+基坑回填的方式进行污染土处置。

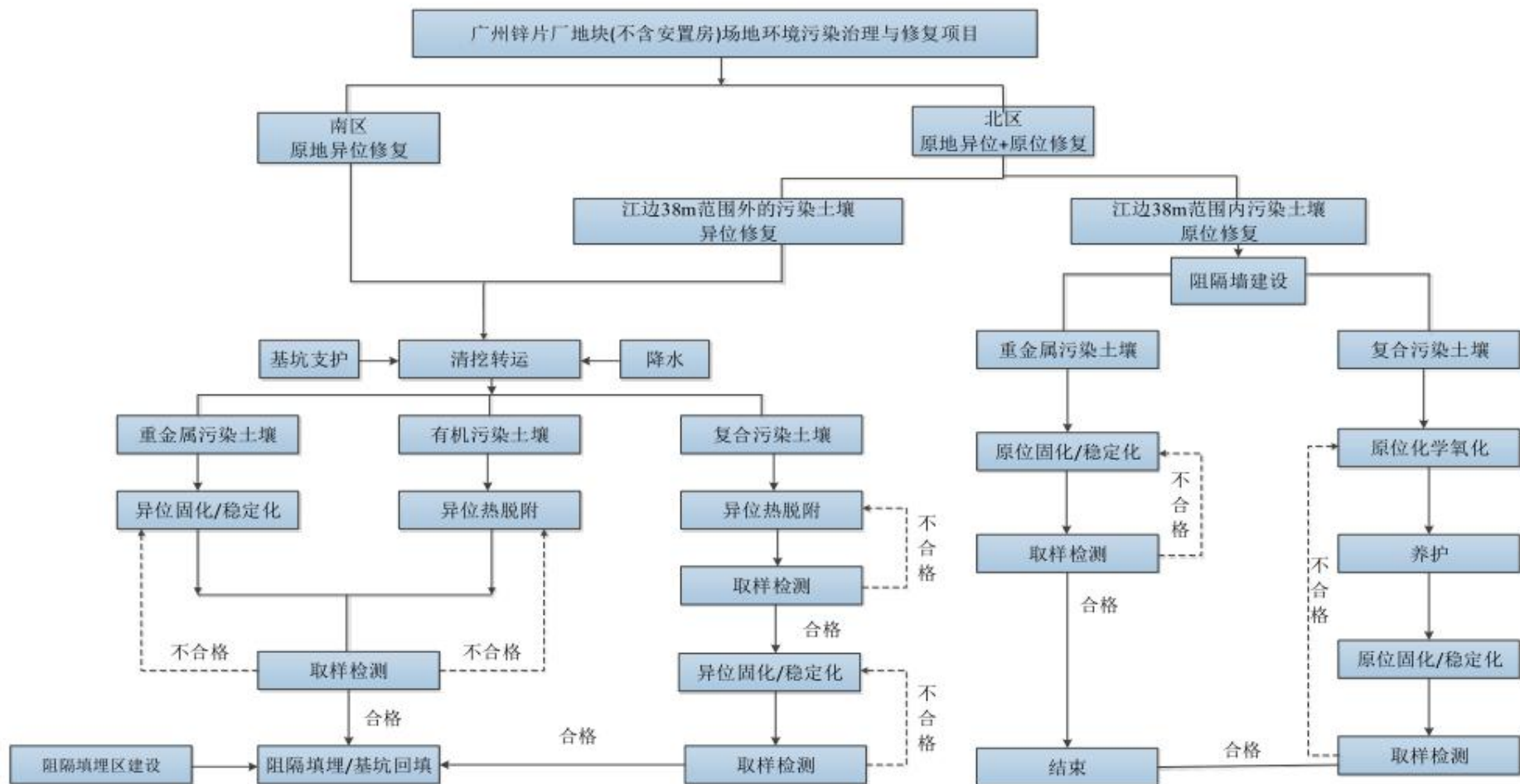


图 3.3-1 项目整体修复工艺路线图

3.3.1 有机污染土异位热脱附处理方案

本项工程的有机污染土壤和复合污染土壤采用异位热脱附处置，其主体施工流程如下：

(1) 异位热脱附土壤清挖运输

根据其分布情况，分层分区域合理安排开挖和运输路线。

(2) 异位热脱附土壤预处理

清挖运输至预处理车间，经过破碎筛分斗进行破碎筛分，粒径达到 5cm 以下，经晾晒或处理后，满足土壤中含水率<20%以下。

(3) 异位热脱附土壤炉内热脱附处置

采用挖掘把预处理后的土壤装入异位热脱附设备的入料斗，经回转窑，土壤壤中污染物的固相转化为气相，挥发出来，固态干净土壤进入出料斗，经检测，合格后回填至原址；蒸发出来的气体经过高温氧化器，燃烧氧化，有机污染物彻底分解为二氧化碳和水蒸气，再经过尾气处置装置达标排放。

(4) 异位热脱附土壤回填或封存

热脱附处置后的土壤，经检测，达到修复目标值后，则统筹安排，回填至原址。

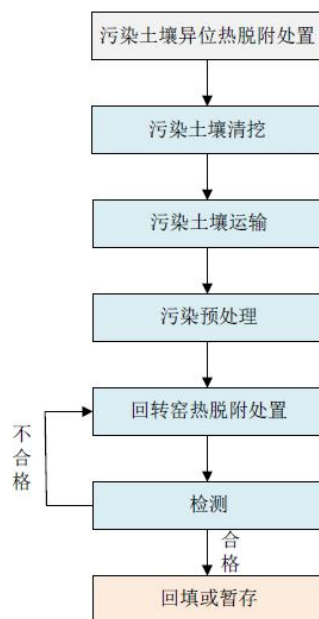


图 3.3-2 热脱附处置施工流程

3.2.1.1 热脱附处理工艺流程

本项目热脱附处置的土壤污染主要是挥发性或半挥发性有机污染物，采用直接热脱附工艺，对给料直接加热，将污染土壤加热至目标污染物的沸点以上，通过控制系统温度和物料停留时间有选择地促使污染物气化挥发，使目标污染物与土壤颗粒分离去除，污染气体通过高温氧化，尾气处理装置后达标排放。其工艺流程图见图 3.3-3。

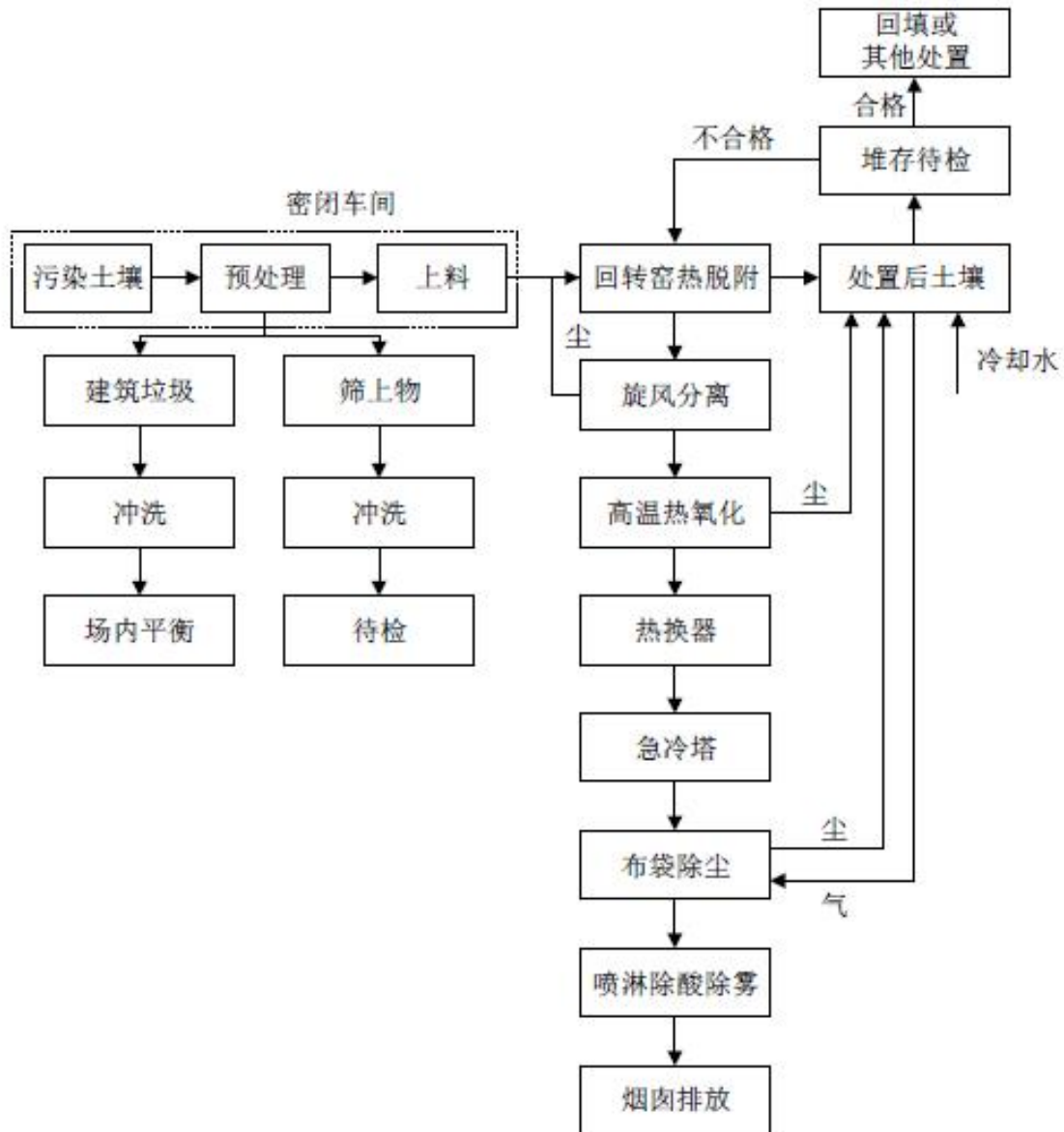


图 3.3-3 热脱附处置工艺流程图

3.3.2 修复后土壤暂存与回填

污染土壤处置后，转运至场内设置的待检区进行养护待检，堆放高度不超过 5m，由于场内可利用区域小，计划先在未开挖区上方建设养护场地。重金属养护区及有机待

检场采用 15cm 厚 C25 混凝土地坪，四周建设 30cm 砖砌拦挡。其中固化/稳定化处置后重金属养护区 3000m²，异位热脱附处置后有机待检区 1800m²，筛上物堆置待检区 200m²。

本项目有机污染土壤全部处置完成后全部现场原基坑回填，待效果评估完成之后方可进行回填。

3.4 修复实施情况

3.4.1 修复施工部署

北区 1#基坑修复工程实施自 2020 年 9 月 10 日开工，2022 年 3 月 14 日现场污染土壤修复工作完工。现场修复施工主要分为施工准备、测量放线、临时设施搭建、降水及废水处置施工部署、清挖转运部署、热脱附处置部署。环境修复单位进场后先进行施工准备，后续进行污染土方开挖、运输与修复，效果评估合格并通过项目修复效果评估评审会后，再进行回填，各阶段主要的工作内容如下：

施工准备流程：技术准备（认真研究方案及图纸）→组织准备（管理制度及组织机构搭建）→物资准备（物料及机械准备）→现场准备（现场交接，人员准备、临时设施及水电搭建）。

污染土壤清挖：主要包括修复范围定位、开挖顺序、开挖施工过程、开挖工程量及修复效果评估等。

污染土壤运输：主要包括污染土壤场内运输及运输路线。

污染土壤修复：准备工作→污染范围定位放线→检查基坑降水→开挖污染土壤并转运→人工配合清理基坑→修复效果评估。

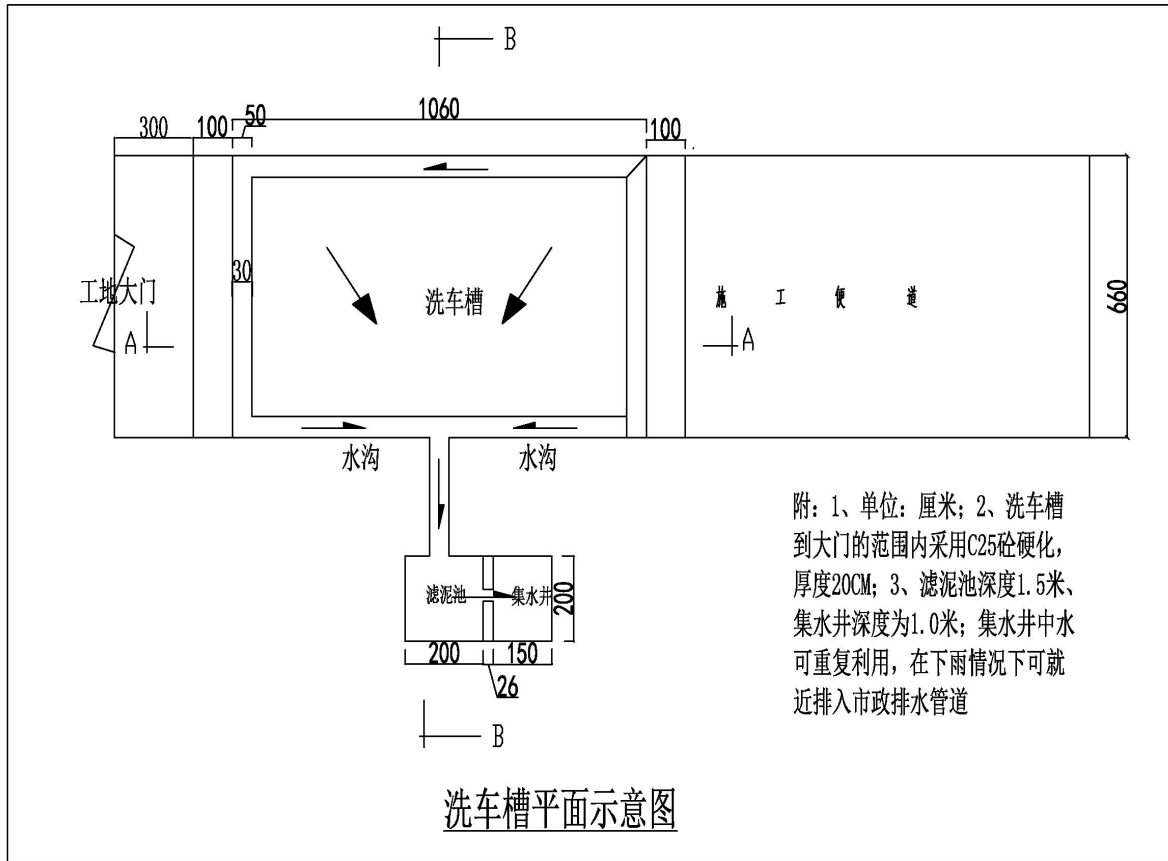


图 3.4-1 洗车台平面示意图

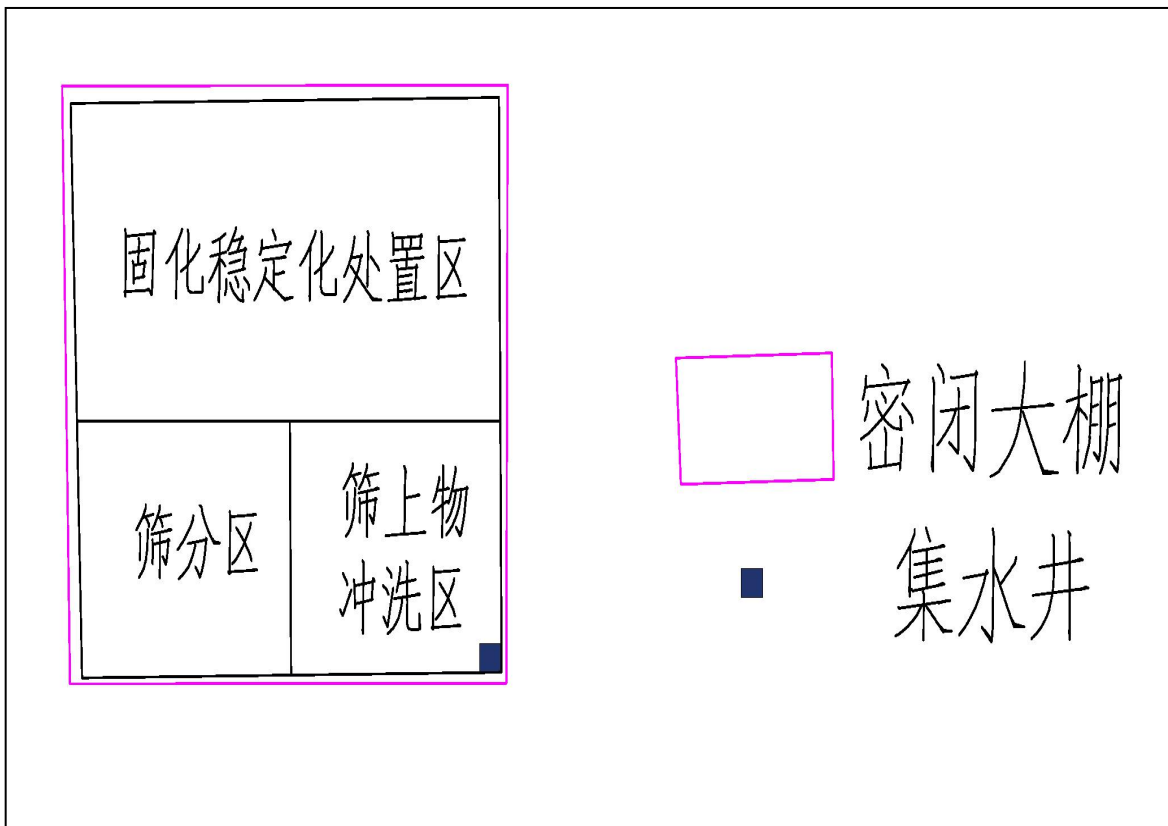


图 3.4-2 筛上物冲洗区位置示意图



图 3.4-3 1#基坑现场坑顶拐点范围划线

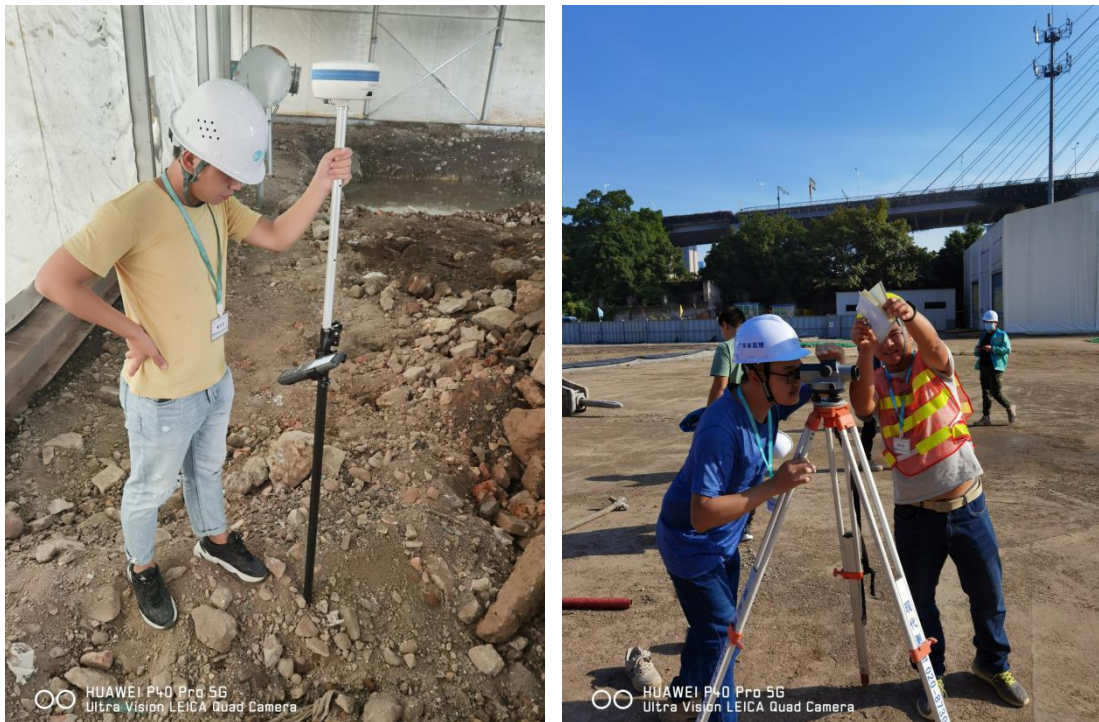


图 3.4-4 1#基坑放线复核



图 3.4-5 1#基坑污染土壤清挖



图 3.4-6 1#基坑污染土壤转运



图 3.4-7 1#基坑污染土壤进料系统



图 3.4-8 1#基坑污染土壤热脱附后出土



图 3.4-9 1#基坑筛上物冲洗



图 3.4-10 有机污染土待检区防渗结构建设

3.4.2 现场平面布置

按照施工方案和施工进度的要求，环境修复单位对施工现场的土壤修复区域、污染

土道路、设备材料仓储及临建设施等进行规划布置。现场平面布置图见下图。

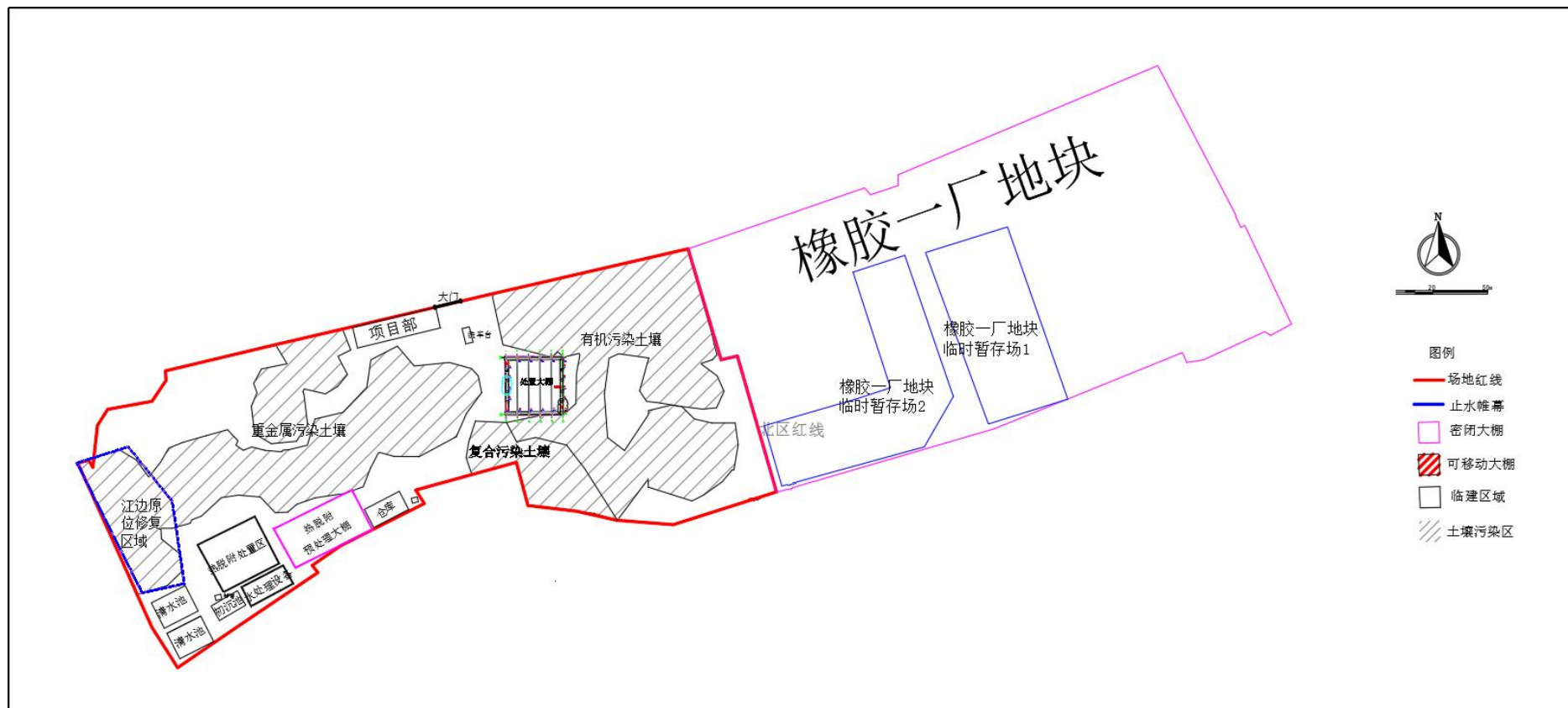


图 3.4-11 场区平面布置

3.4.3 污染土壤清挖

3.4.3.1 清挖流程

基坑清挖基本施工程序为：准备工作→污染范围定位放线→检查基坑降水→开挖污染土壤并转运→人工配合清理基坑→基坑坑底侧壁过程验收。

基坑清挖流程示意图如下

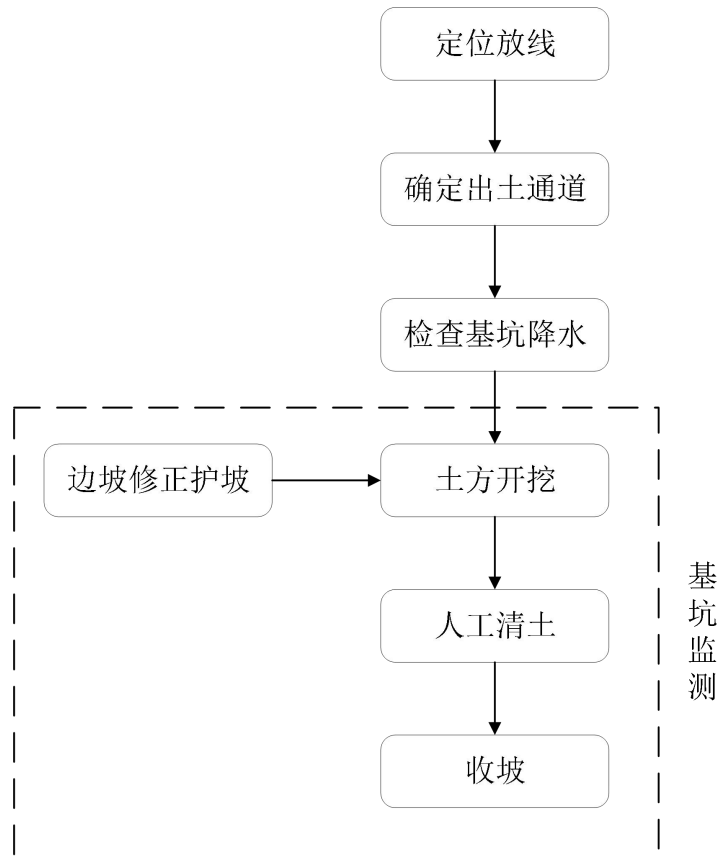


图 3.4-12 清挖流程图

1、确定开挖边线

在土方开挖前，根据图纸设计，对现场开挖的基坑部位进行测量定位，用白灰洒出基坑开挖边线。

测量人员根据业主提供的控制点，定出本工程基坑轴线；在具体基坑开挖过程中结合开挖实际深度定出开挖上口线，并撒灰线标记开挖边线。

2、确定挖土顺序与挖土通道

根据现场实际情况及总体施工部署，本工程土方开挖采用分区域开挖。挖土通道根据现场的生产布置具体确定。

3、土方开挖

在开挖工程中，挖掘机专人负责指挥。在基坑边角等机械无法挖土时，人工配合清土。在土方开挖工程中，现场测量人员要随时复核基坑四周的位移情况。确保在土方开挖过程中基坑位移在规范范围之内。

4、收坡及坑内剩余土方开挖

待基坑土方开挖基本结束时，现场配置 2 台挖掘机自坑底向上倒退进行，将上下基坑的坡道土方挖除。

3.4.3.2 土壤清挖顺序

污染土壤的清挖均在大棚中施工，1#基坑（1#-1~1#-12 区、1#-14 区）区域共建设有 6 座移动大棚（1#开挖大棚、2#开挖大棚、3#开挖大棚、4#开挖大棚、5#开挖大棚、6#开挖大棚）。1#基坑（1#-1~1#-12 区、1#-14 区）的清挖顺序为：先清挖有机开挖大棚内的污染土壤，清挖完成后将有机开挖大棚进行拆除，再清挖有机开挖大棚四周的污染土壤。前面工作完成后再将大棚移动到下一个污染区域进行大棚安装，再进行清挖，直至完成清挖再拆除。移动大棚内的污染土壤清挖顺序为：①1#开挖大棚与 2#开挖大棚→②4#开挖大棚与 5#开挖大棚→③6#开挖大棚→④3#开挖大棚。

按照土壤分区划分统计，则清挖的顺序为：1#1~1#-5 区清挖→1#-6~1#-9 区清挖→1#-10 区清挖→1#-11~1#-15 区清挖。

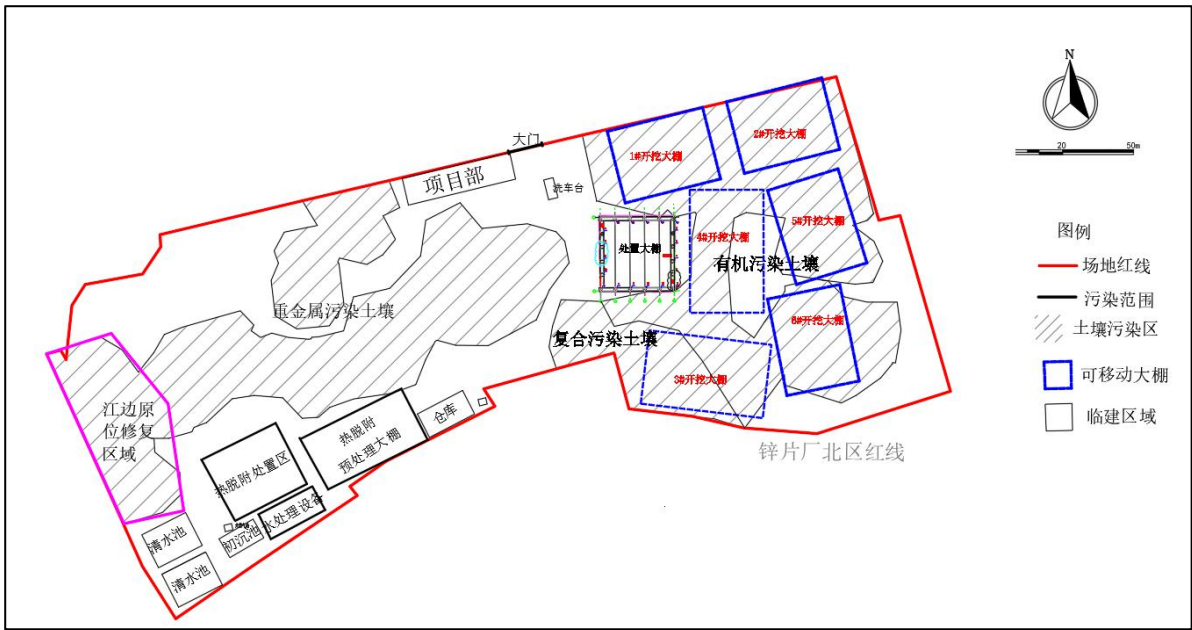


图 3.4-13 移动大棚位置图

3.4.3.3 清挖施工

本项目 1#基坑污染面积较大，考虑到基坑安全及施工可行性将其分为 1#基坑（1#-1~1#-5 区）、1#基坑（1#-6~1#-9 区）、1#基坑（1#-10）、1#基坑（1#-11~1#-15 区）4 个部分分段清挖施工。

1#基坑污染土壤清挖量统计表见表 3.4-1，分区开挖图见 3.3-14。

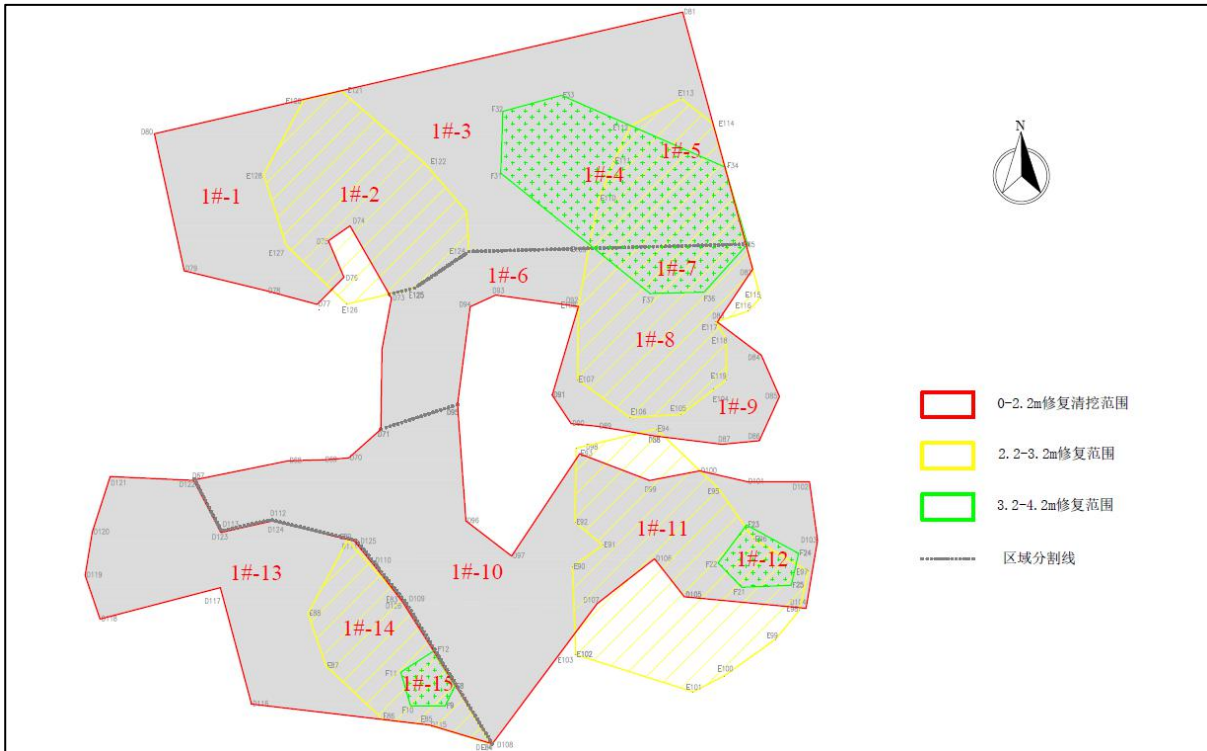


图 3.4-14 1#基坑分区开挖图

表 3.4-1 1#基坑污染土壤清挖量统计

序号	清挖时间段	天数 (天)	土方量 (m ³)	土壤污染类型	备注
1	2020.9.10-2021.1.12	27	11040	有机污染	1#-1~1#-5 区
2	2021.7.30-2021.8.23	25	4580		1#-6~1#-9 区第一批
3	2021.11.14-2021.11.24	9	2901		1#-6~1#-9 区第二批
4	2021.12.22	1	19		1#-6、1#-7 区基坑扩挖
5	2021.11.28-2021.12.25	19	7019		1#-10 区
4	2021.12.22-2022.1.4	8	4229	复合污染	1#-13 区
5	2022.1.8-2022.1.14	3	2395	有机污染	1#-11、1#-12、1#-14 区
6	2022.1.9	1	42	重金属	1#-15
6	2022.3.8	1	12	有机污染	1#-14 区扩挖
合计	2020.9.10-2022.3.8	93	32237 (含筛上物)	/	

备注：上述方量为有机污染及复合污染土方量为实际处置量，开挖过程中的清洁土以及未处置的疑似污染土土不在上述统计之列。

(1) 1#基坑（1#-1~1#-5 区）。2020 年 9 月 10 日~2021 年 1 月 12 日对 1#基坑（1#-1~1#-5 区）污染土壤进行清挖，共计清挖土方量 11040m³，清挖完成后进行筛分、预处理、热脱附处置。

(2) 1#基坑（1#-6~1#-9 区）。2021 年 7 月 30 日~2021 年 8 月 23 日对 1#基坑（1#-6~1#-9 区）进行第一批污染土壤清挖，共计清挖污染土壤 4580m³，2021 年 11 月 14 日~21 年 11 月 24 日进行第二批污染土壤清挖，共计清挖污染土壤 2901m³。基坑清挖完成后经效果评估单位检测，部分点位存在超标情况，我方根据超标点所代表的区域进行扩挖，2021 年 12 月 22 日对 1#基坑（1#-6、1#-7 区）进行了基坑扩挖，扩挖土方量 19m³。

(3) 1#基坑（1#-10）。2021 年 11 月 28 日~2021 年 12 月 25 日对 1#基坑（1#-10 区）进行清挖，清挖土方量 7019m³。

(4) 1#基坑（1#-13）。2021 年 12 月 22 日~2022 年 1 月 4 日对 1#基坑（1#-13 区）进行清挖，清挖复合污染土壤 4229m³。

(5) 1#基坑（1#-11、1#-12、1#-14 区）。2022 年 1 月 8 日~2022 年 1 月 14 日对 1#基坑（1#-11、1#-12、1#-14 区）进行了清挖，清挖土方量 2397m³。

(6) 1#基坑（1#-14 区）的扩挖。2022 年 3 月 8 日对 1#-14 区基坑超标侧壁进行了扩挖，扩挖土方量为 12m³。

(7) 2020 年 3 月 9 日~2022 年 3 月 8 日，1#基坑共计清挖污染土方 32237m³，其中有机污染土壤 27966m³，复合污染土壤 4229m³，重金属污染土壤 42m³。

3.4.3.4 清挖转运

1#基坑（1#-1~1#-12 区、1#-14 区）污染土壤在清挖后按现状实际情况转运到密闭大棚（3#大棚、6#大棚、预处理大棚）内进行筛分处置，1#基坑（1#-13、1#-15 区）转运到处置大棚进行预处理。

3.4.3.5 清洁土与疑似污染土清挖转运

根据《建设用地土壤污染防治 第 2 部分：污染修复方案编制技术规范》（DB4401T 102.2-2021）“对污染土层上、下 0m~0.5m 或 0m~1m 的土壤，如未纳入效果评估监测，在修复开挖过程中宜作为疑似污染土，实施单独存放和检测，对超过修复目标值的土壤采取必要的风险管控或修复措施。”

根据 1#基坑开挖顺序，不同层之间污染程度和范围不同，因此存在下层污染范围大于上层污染，或上、下层污染，中间层不污染的情况，上述这些情况都可能产生疑似污染土。

1#基坑能产生疑似污染土的区域有 6 个，分别为 YS-1~YS-6。修复单位清挖 YS-1~YS-3 区疑似污染土时，《建设用地土壤污染防治 第 2 部分：污染修复方案编制技术规范》（DB4401T 102.2-2021）并未实施，修复单位经多方咨询，将 YS-1 以及 YS-3 区的土壤直接当作污染土处置，YS-2 区为夹层土，夹层土的深度分布为 2.2~3.2m，修复单位将 2.2~2.55m 以及 2.85~3.2m 区间土壤当作疑似污染土，实际施工时与污染土一起处置，而 2.55~2.85 区间土壤当作清洁土，安全堆放在现场。

1#-11 区上层 1.7-2.2m（YS-4、YS-6），修复单位严格按照《建设用地土壤污染防

治 第 2 部分：污染修复方案编制技术规范》（DB4401T 102.2-2021）要求将 1.7~2.2m 区间土壤当作疑似污染土在现场单独存放。YS-5 区由于方量很小，修复单位施工时，直接放坡清挖当作污染土处置。

3.4.4 污染土壤异位热脱附处理

异位热脱附的工作内容包括异位热脱附设备的安装、调试、运行以及有机污染土壤直接热脱附处理。本项目施工工期紧，综合考虑场地污染物特征和工期要求，实际投入 1 套处理能力为 20-25t/h 的异位直接热脱附设备。

3.4.4.1 热脱附处理工艺流程

本项目热脱附处置的土壤污染主要是半挥发性有机污染物，采用直接热脱附工艺，对给料直接加热，将污染土壤加热至目标污染物的沸点以上，通过控制系统温度和物料停留时间有选择地促使污染物气化挥发，使目标污染物与土壤颗粒分离去除，污染气体通过高温氧化，尾气处理装置后达标排放。

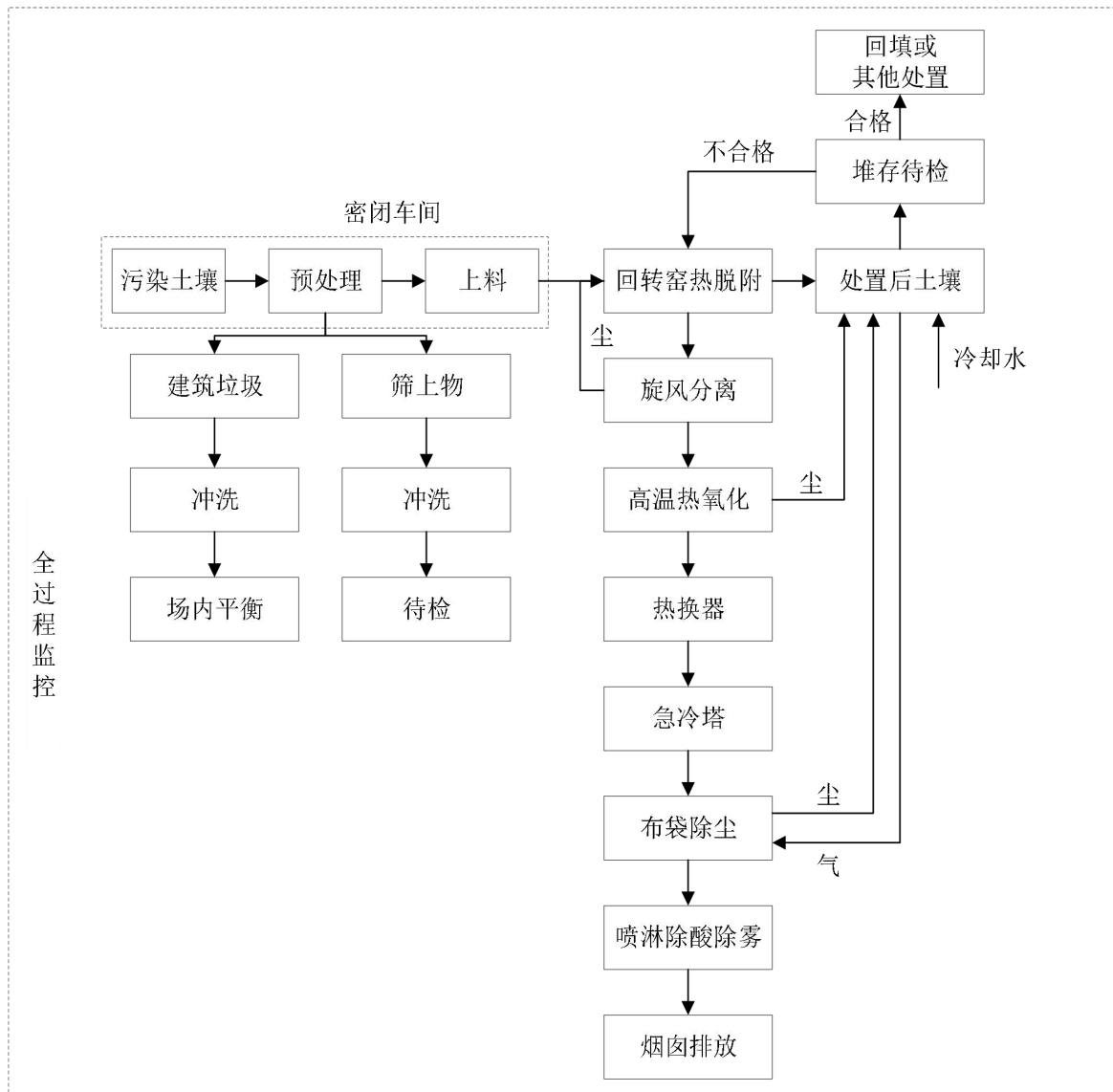


图 3.4-15 热脱附处置工艺流程图

3.4.4.2 直接热脱附处理

预处理后的土壤经传送带进入回转窑，回转窑是土壤热脱附的关键设备，在回转窑内，土壤从常温被加热到 500℃以上，土壤中的有机污染物随着温度的升高不断变成气体与土壤分离，去除污染物的土壤从回转窑出口进入排料口，高温土从排料口下部螺旋排除，螺旋通道内有喷淋装置，对出料土壤进行降温与加湿，可以有效抑制扬尘的产生。本项目配置 1 套直接热脱附装置，回转窑旋转，转炉内壁的抄板抄起物料，使物料形成瀑布式输送状态，通过物料瀑布流与高温烟气逆流换热，污染土壤不断被干燥、加热升温，污染土壤中目标污染物从土壤颗粒中气化挥发分离进入窑内烟气，窑内烟气在系统末端引风机营造的负压抽吸作用下进入尾气处理系统，热脱附后的土壤从回转窑出料口排出后进入出料冷却系统。污染土壤热脱附修复技术的关键是根据污染土壤土质特点和

污染物特性，选择合适的加热温度和停留时间，本场地采用热脱附修复技术修复处理的污染物包括多环芳烃、总石油烃等，其沸点在 210~500°C 之间，为保证热脱附效果，采用高温热脱附修复技术，其热脱附工作温度为 450~550°C。土壤在回转窑内停留时间根据土壤污染程度的不同，在 20~60 分钟范围内调整。高温热脱附进气口热空气温度为 650°C 左右，出口热烟气温度 70~120°C，高温热脱附反应器壳体设置耐高温隔热保温棉，使高温反应器外部温度不高于 60°C，减少热损失。

3.4.4.3 出料大棚出土

热脱附装置内经热脱附后的土壤从出料口排出后进入出料冷却单元。出料冷却单元主要设备为喷水冷却螺旋输送机，该输送机内设有多个喷嘴，从回转窑中出来的热脱附后土壤温度高、扬尘大，进入冷却螺旋输送机后，采用喷水的方式对其冷却并降尘，喷水量按将热脱附后土壤降温并使其含水率达到 20% 设计，喷水加湿量可根据设备实际处理能力和热脱附温度进行调节。经冷却螺旋输送机喷水降温除尘后土壤用铲车运输运至待检场等待自检及修复效果评估。

3.4.4.5 异位热脱附处置记录

1#基坑（1#-1~1#-12 区、1#-14 区）自 2020 年 9 月 22 日对开挖的有机污染土壤进行热脱附处置，处置完成后转运至有机养护区进行覆膜养护待检。处置时间段为 2020.9.22-2021.1.20 以及 2021.8.21~2022.3.16 日，热脱附天数共计 129 天，共计热脱附处置污染土方量 57951t。

3.4.5 修复期间土壤转运

清挖土壤在场内转运过程中采用封闭运输车进行运输。在运输车辆土壤表面覆盖苫布，防止运输过程中扬尘的产生。运输过程中按照既定的路线进行行驶。严禁超速行驶，防止土壤遗洒、扬尘，造成周边环境二次污染。

本项目 1#基坑纯有机污染土壤在处置完成后最终均转运至橡胶一厂暂存场进行养护待检，经效果评估合格后申请分阶段效果评估，通过后做回填处置。复合污染土及重金属污染土暂存于北区待检场。

1#基坑（1#-1~1#-12 区、1#-14 区）区域污染土壤经热脱附处置完成后即转运至有

机养护待检场进行养护，并于 2022 年 3 月 16 日将 1#基坑所有污染土壤处置完成。

（1）1#基坑（1#-1~1#-5 区）污染土壤在热脱附处置后土壤先存在北区有机待检场，经效果评估合格后转运至橡胶一厂暂存场。

（2）1#基坑（1#-6~1#-12 区、14 区）污染土壤在热脱附处置后土壤运输至橡胶一厂暂存场。

（3）1#基坑（1#-13）污染土壤在热脱附处置后转运至北区暂存场。

（4）1#基坑（1#-15）重金属污染土转运至北区暂存场。



图 3.4-16 热脱附后土壤转运

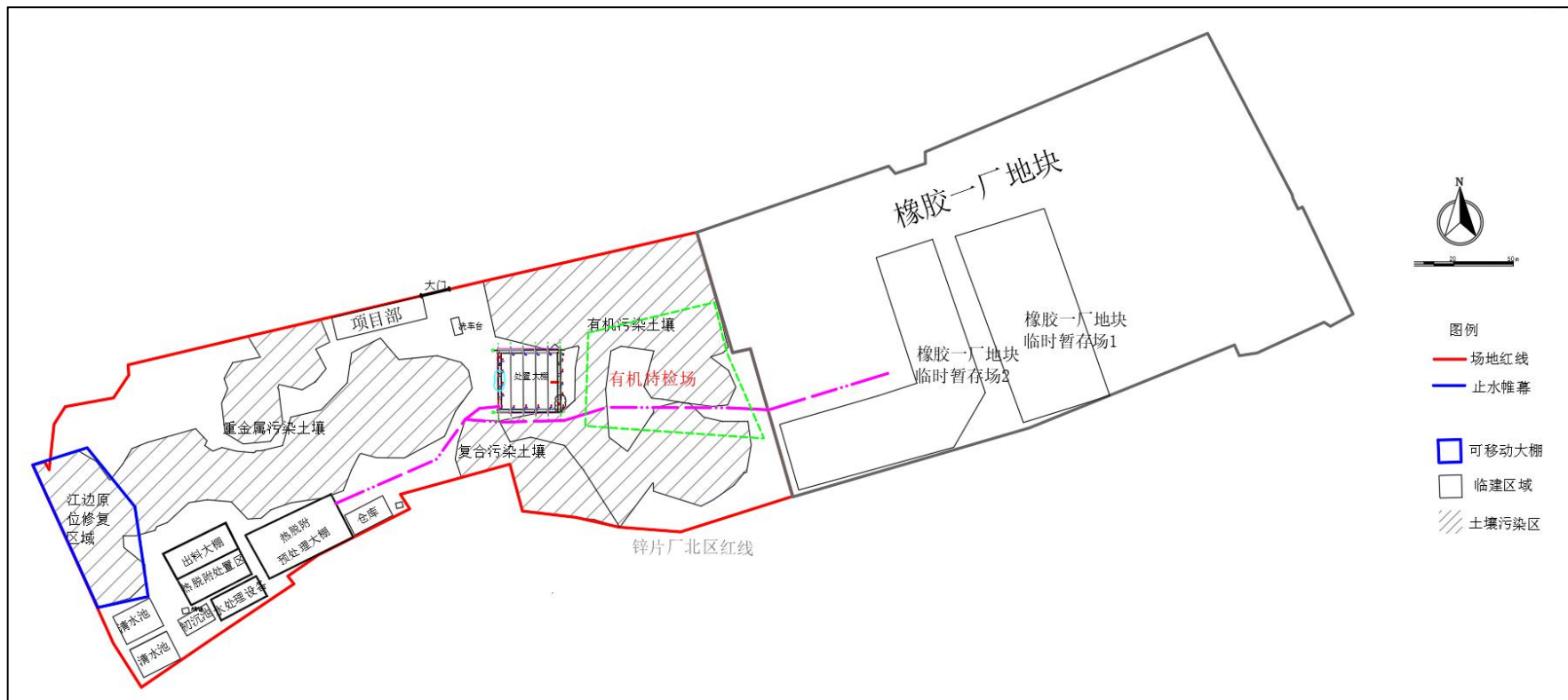


图 3.4-17 处置后土壤现场转运路线

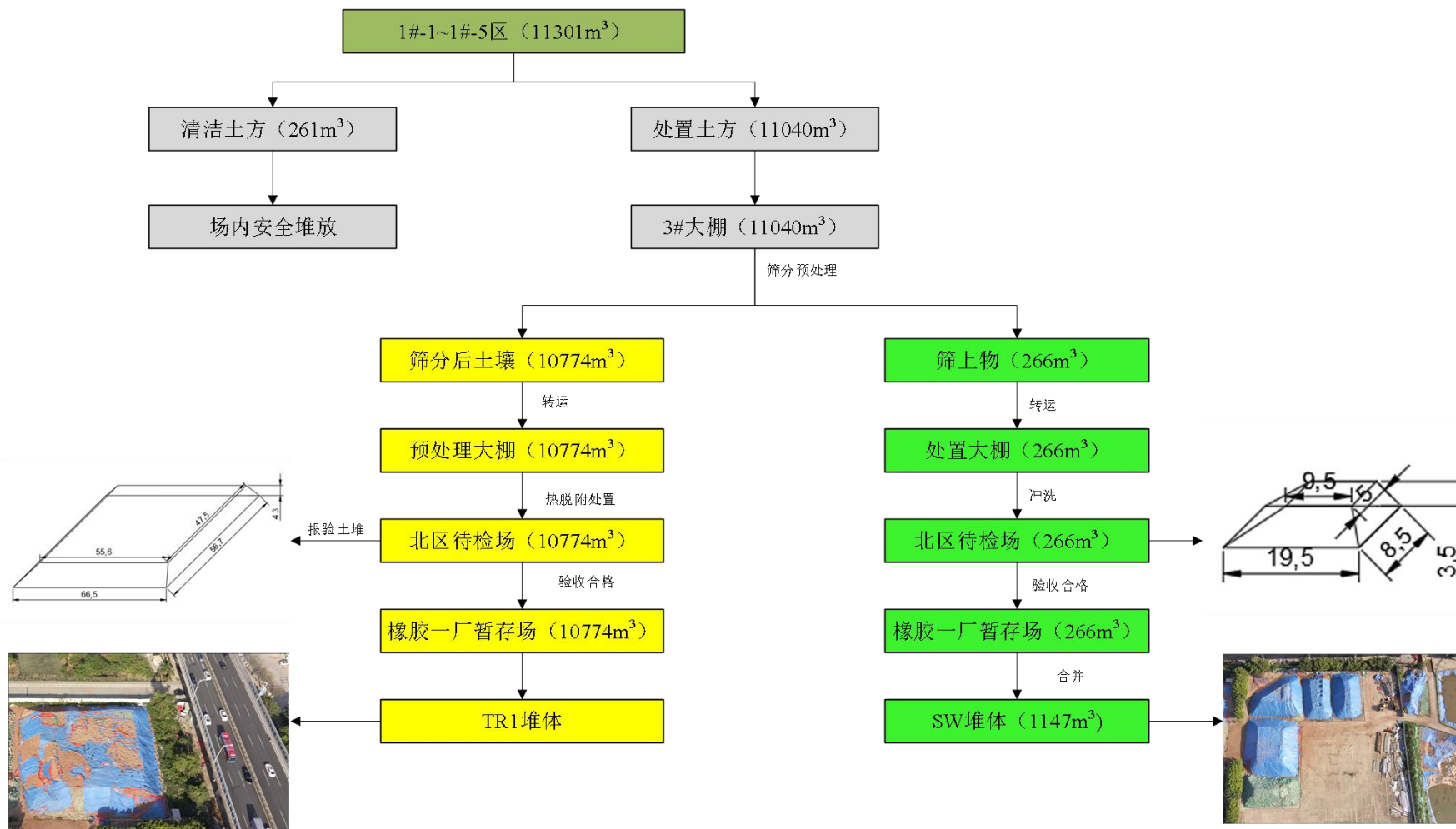


图 3.4-18 1#-1~1#-5 区土方流转图

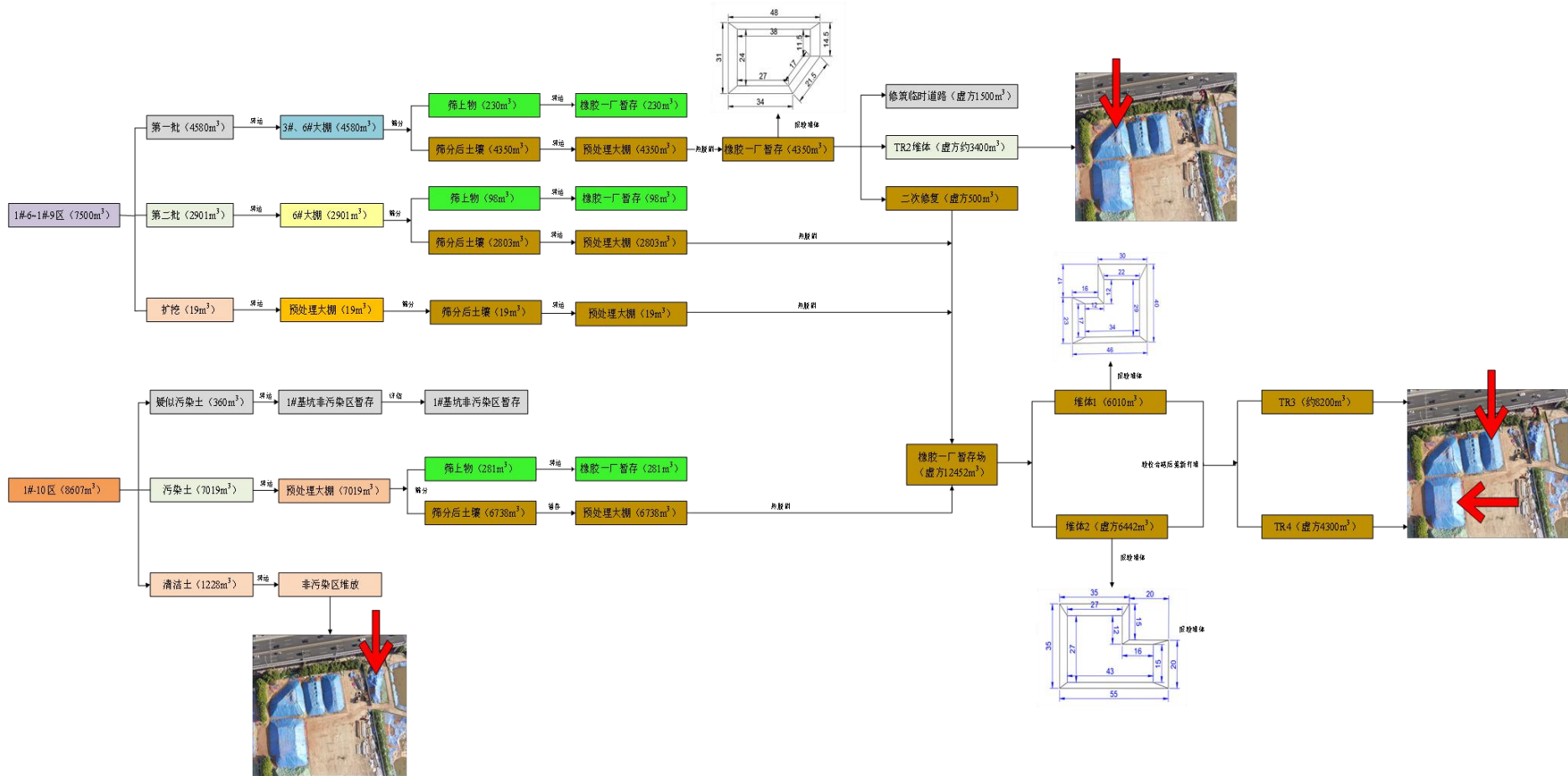


图 3.4-19 1#-6~1#-10 区土方流转图

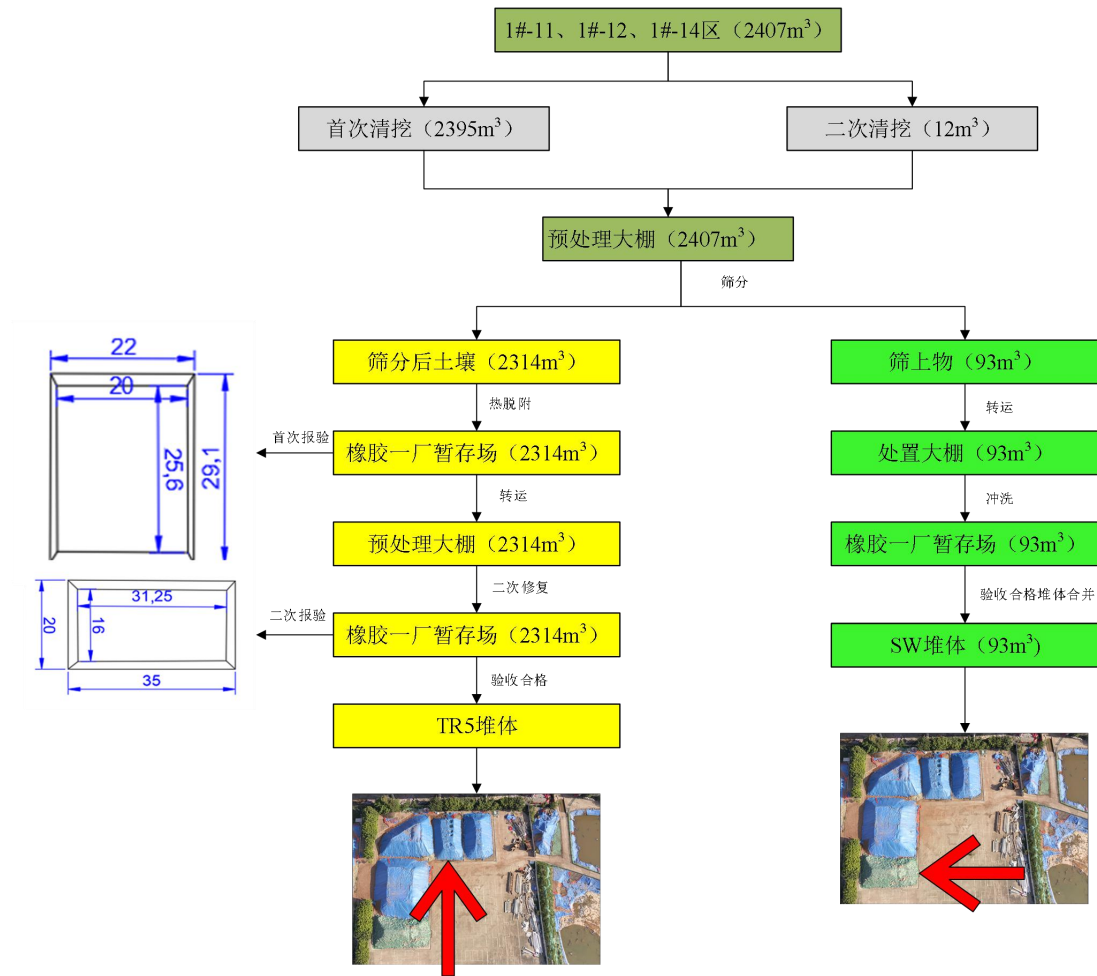


图 3.4-20 1#-11、1#-12、1#-14 区土方流转图

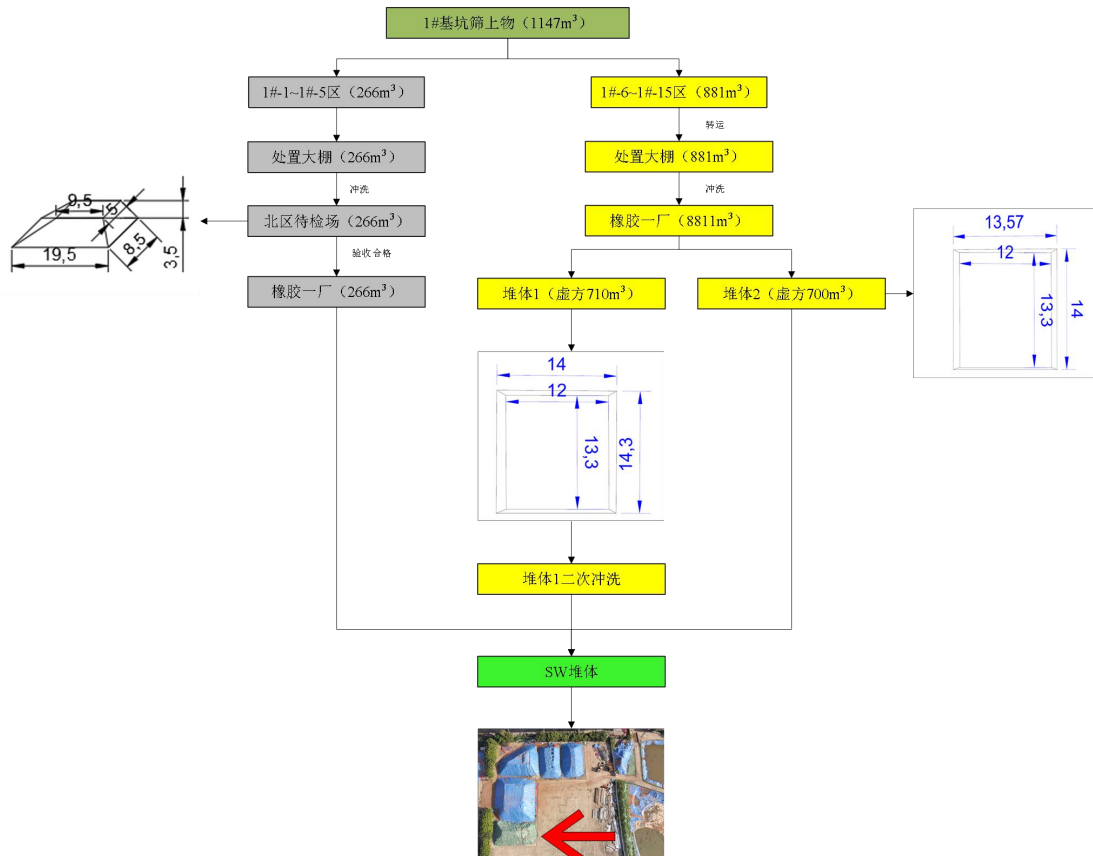


图 3.4-21 1#基坑筛上物流转图图

3.4.6 土方平衡

1#基坑土方量平衡如下图所示，基坑整体清挖土方量为 34086m³。本次验收的 1#基坑总共分 15 区，其中 1#-1 区~1#-5 区共清挖 11301m³，包含 261m³的清洁土和 174m³的疑似污染土，施工中该部分的疑似污染土当污染土处置，总计处置土方 11040m³，0-2.2m 清挖土方量 8600m³，2.2-3.2m 清挖土方量 1776m³，3.2-4.2m 清挖土方量 740m³。1#-6 区~1#-9 区共清挖土方量为 7500m³，包含 19m³的二次清挖土方量；其中 0-2.2m 清挖土方量 5608m³，2.2-3.2m 清挖土方量 1300m³，3.2-4.2m 清挖土方量 592m³；1#-10 区清挖土方 8607m³，包含 1228m³的清洁土和 360m³的疑似污染土。1#-11、1#-12、1#-14 区清挖土方量 2407m³，包含 12m³的二次清挖土，2.2-3.2m 清挖土方量 2270m³，3.2-4.2m 清挖土方量 137m³；1#-13 区清挖复合污染土方量 4229m³，均分布在 0-2.2m；1#-15 区清挖重金属污染土方量 42m³，均分布在 3.2-3.7m。综上可知，1#基坑清挖土方量 34086m³，包含施工单位处置的 32237m³污染土、360m³未处置的疑似污染土以及 1489m³的清洁土。未处置的疑似污染土经效果评估单位取样检测，满足公园绿地用地性质，可以用作本基坑的回填土。

施工单位处置的 32237m³污染土来源为 1#-1~1#-12 区、1#-14 区的有机污染土 27966m³，1#-13 区的复合污染土 4229m³以及 1#-15 区的重金属污染土 42m³。32237m³污染土中来源于 0-2.2m 的土方量为 25456m³，2.2-3.2m 的土方量 5270m³，3.2-4.2m 清挖土方量 1511m³。

处置的污染土经土壤经预处理、前处理筛分产生的筛上物共计 1147m³，筛下物土壤 31090m³。有机污染土及复合污染土经筛分后全部进入异位热脱附设备进行处理，通过设备上的皮带秤剂量可知，总计 57951t（包括二次修复量）。

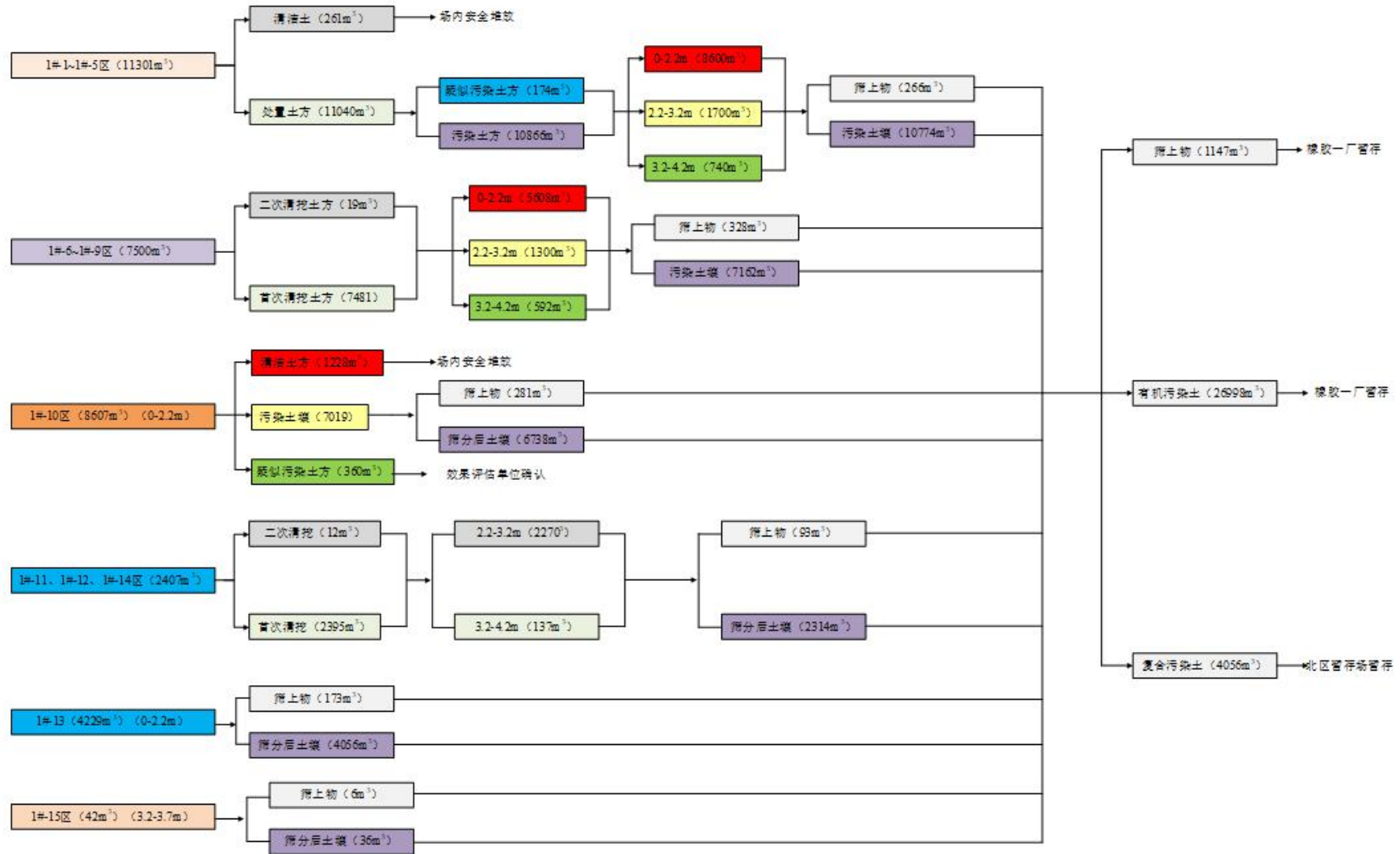


图 3.4-22 土方平衡图

3.4.7 废水处置

3.4.7.1 处置内容

本项目场地内废水产生来源主要为基坑涌水、降雨基坑汇水、洗车台废水与冲洗废水，1#基坑施工期间共收集收集处置 3962m³ 废水。

1、基坑降水

为保证基坑能在干燥条件下施工，防止边坡失稳、基础流砂、坑底隆起和坑底管涌必须做好排水工作，本项目基坑排水采用明沟排水法。

根据本项目地勘报告，场地地下水埋藏较浅，场地及其周边的地下水类型为浅层滞水。根据开挖过程中实际修复基坑涌水量相对较小。同时开挖过程，基坑清挖完成后立即用防雨布进行覆盖，本项目共收集基坑废水约 1490m³。

2、冲洗废水

本项目污染土筛分破碎产生的筛上物，统一于筛上物冲洗区经清洗处理达标后场内堆存，冲洗产生的废水经收集后集中处理。本项目收集到冲洗废水量为 1448m³ 废水，其中 1#基坑筛上物冲洗收集的冲洗废水 887m³，南区非安置房区筛上物冲洗收集的冲洗废水 256m³，江边原位清表土筛上物冲洗收集的冲洗废水 71m³，B-2.2 基坑筛上物冲洗收集的冲洗废水 20m³。

3、洗车废水

本项目洗车池用水经三级沉淀后进行循环利用，产生废水量较小，本项目工期内洗车台废水共产生约 716m³。

4、现场其他施工废水

本项目为确保雨污分流，防治现场施工废水等乱排乱放，均在现场建设有排水沟，本项目施工过程中的其他废水均通过管道统一收集至水处理设备进行处置，本项目现阶段共计收集其他施工废水 308m³。

3.4.7.2 处置流程

本项目废水通过一套场地内废水处理设备进行收集处理，设备总处理能力为 20m³/h，废水经过统一收集至废水处理设备中进行处理。本项目施工过程中产生废水处理后满足《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第三级排放标准后纳管排放。

本项目已办理临时排水许可证。项目排水采用分批次排放，合格一批排放一批。排水采用 DN125mm 钢丝软管自清水池泵入市政污水管网排放口，完成废水排放。市政排污口管径为 DN400，井点坐标 X=24361.888，Y=36656.818。

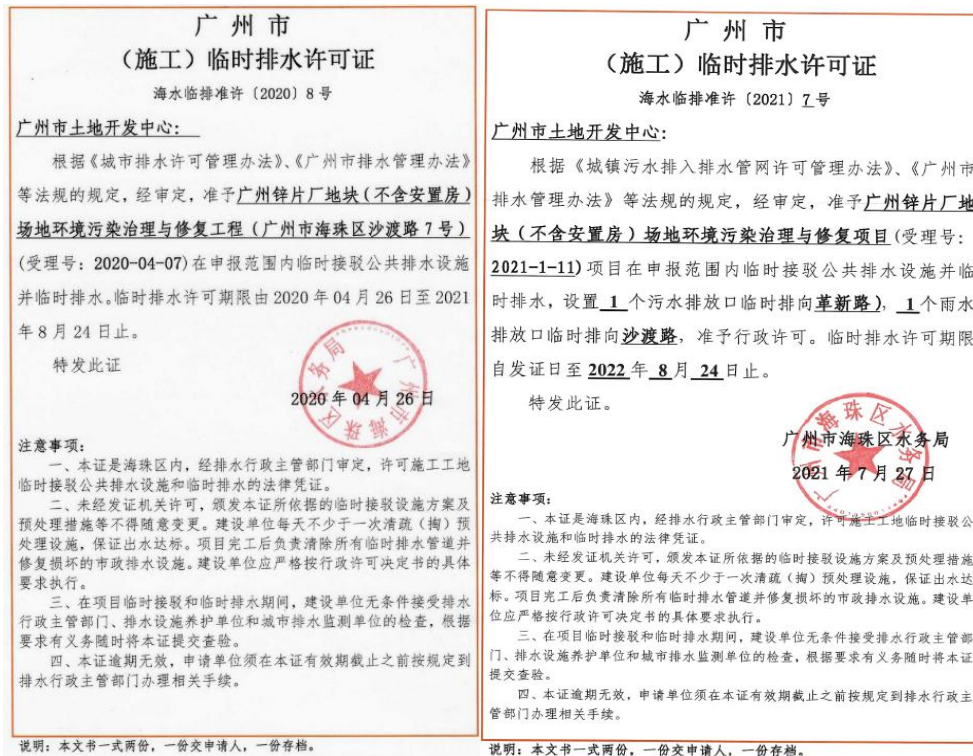


图 3.2- 23 项目临时排水许可证

本项目出水水质均满足《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第三级排放标准。目前本项目所有废水处置完成后均进行纳管排放，处置后废水水质均满足《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第三级排放标准。

处理工艺采用“混凝气浮+电催化氧化+活性炭吸附”，共建设砖砌水泥抹面初沉池（5m×5m×2m）一座，20m³/h 一体化水处理设施、支架水池式清水池（10m×20m×1.5m）两座，具体布置见施工总平面布置图。水污染物处理系统工艺流程

如下图所示。

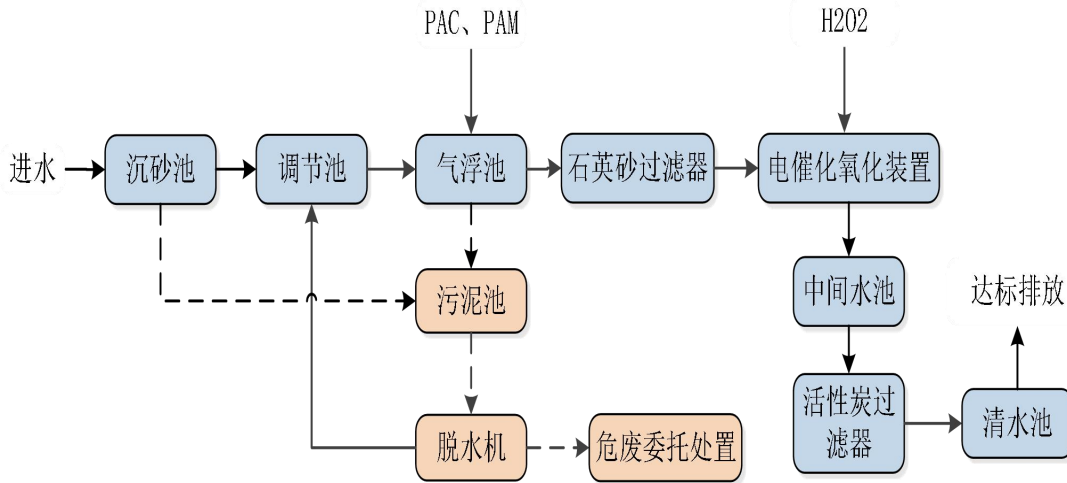


图 3.2-24 水处理系统工艺流程图

有机废水经沉砂池去除较大的颗粒物质后，通过三角溢流堰自流进入综合调节池，进行水质水量的均质。经过均质均量的废水经污水泵提升进入混凝气浮池前端加药池，依次投加混凝剂聚合氯化铝（PAC）及絮凝剂聚丙烯酰胺（PAM），并通过机械搅拌充分反应。加压溶气水通过释放器产生大量微小的气泡，粘附废水中的细小悬浮污染物质后上浮，并通过刮渣机去除。出水进入石英砂过滤器，过滤器配套反冲洗水泵，定期对过滤器进行反冲洗。过滤器的出水进入电催化氧化装置，通过投加催化剂双氧水（ H_2O_2 ），电解产生具有强氧化性的羟基自由基（ $\cdot OH$ ），进而去除废水中绝大部分有机物。电催化氧化单元的出水自流进入中间水池，然后经提升泵打入活性炭过滤器，通过活性炭的吸附作用进一步去除废水中剩余的污染物，处理达标的废水排入市政管网。具体处置流程见下图：

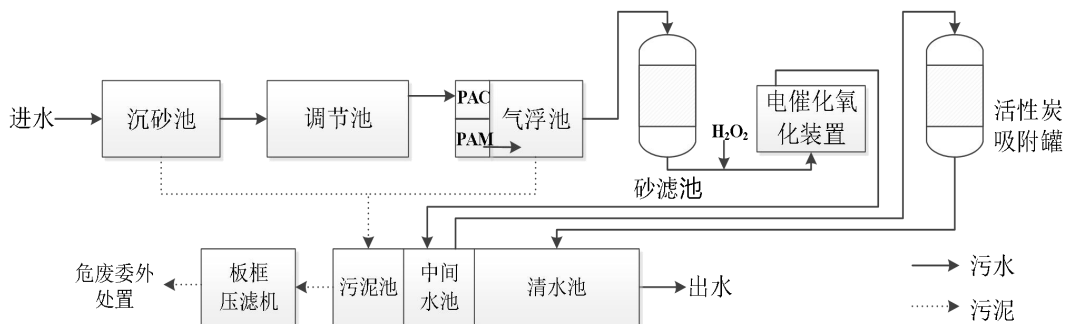


图 3.2-25 废水处理流程示意图

3.4.7.3 废水排放

本项目废水经处置合格，并经监理单位取样检测合格后纳管排放，排水接驳位置为：市政排污口管径 DN400，井点坐标 X=24361.888，Y=36656.818。截止 2022 年 4 月 1 日，本项目共计处置废水 3962m³，共计排放废水 3853m³，剩余废水均在现场进行暂存，待监理单位检测合格后方可进行纳管排放。

3.4.7.4 废水排放

本阶段水平衡如下图，废水处理周期为 2020 年 9 月 30 日到 2022 年 2 月 16 日。项目运行期间处理的废水合计为 3962m³。其中基坑抽排水 1490m³，现场其他施工废水（集水池、排水沟）308m³，洗车台废水 716m³，筛上物冲洗废水 1448m³。废水处理达标后全部纳入市政污水管网排放，纳管排放 3853m³。

筛上物冲洗使用水量 328m³，收集废水 1448m³，附着在筛上物表面及蒸发等过程的损耗水量为 450m³。

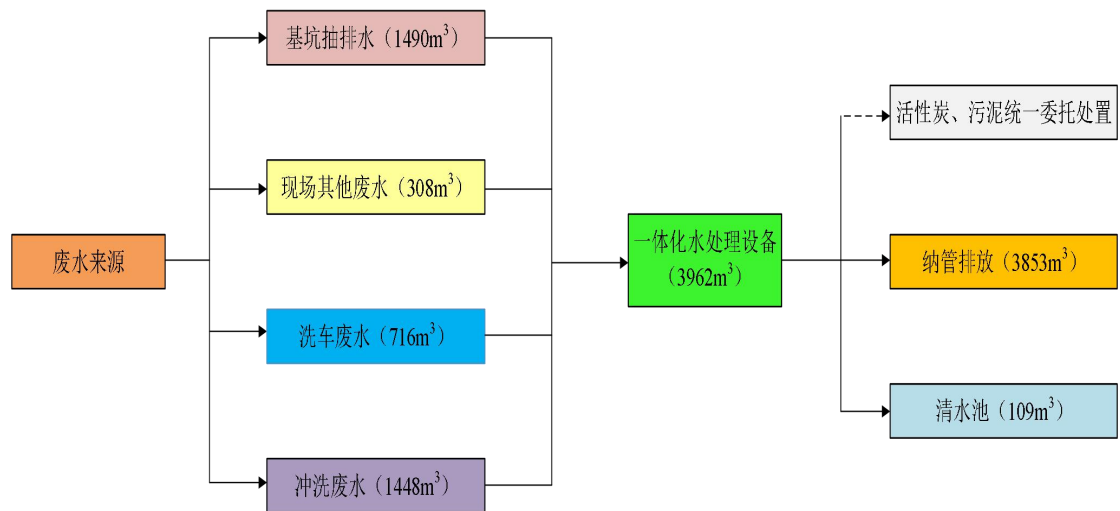


图 3.2-26 水平衡图



图 3.2-27 冲洗废水平衡图

3.4.8 《阶段性施工总结报告》结论

2020年6月，《广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复方案》在广州市生态环境局备案，截至2022年3月，施工单位在广州市生态环境局、珠海区生态环境局、建设单位、环境监理单位、验收监测单位等部门的监督、监管、大力支持和配合下，完成了1#基坑的所有清挖和含有机污染土壤的热脱附处置等阶段性工作。主要结论如下：

（1）施工单位按照风评及修复方案中划定的污染范围清挖，共计清挖、处置污染土壤方量为 32237m^3 （包含 1147m^3 的筛上物），其中风评中确定的理论污染方量为 30208.4m^3 ，基坑扩挖污染土壤方量为 2028.6m^3 。修复有机污染土壤方量为 26998m^3 （大于风评中确定的 26005m^3 ）在经过验收单位现场采样验收效果评估确定修复后土壤中目标污染物浓度均低于修复目标值，达到修复效果。

（2）通过对土壤污染区域进行开挖，开挖区域总面积为 19182m^2 ，开挖深度为 $2.2\sim 4.2\text{m}$ 不等，在验收单位对开挖区域定位复核后进行采样验收，效果评估结果表明，1#基坑污染区域清挖修复到位，基坑验收结果均低于清挖目标值，达到清挖修复效果。

（3）完成1#基坑 1147m^3 筛上物的处置工作。筛上物经高压冲洗后，效果评估单位采样验收，效果评估结果表明，冲洗后的建筑碎石最终满足场地修复目标值，达到修复要求。

（4）1#基坑修复过程中共计收集、处置废水合计为 3962m^3 。其中基坑抽排水 1490m^3 ，现场其他施工废水（集水池、排水沟） 308m^3 ，洗车台废水 716m^3 ，冲洗废水 1448m^3 。废水处理达标后纳入市政污水管网排放，纳管排放 3853m^3 ，水池剩余 109m^3 。

（5）由于目前含重金属污染土壤最终去向不明，1#基坑清挖复合污染土 4229m^3 （包含 173m^3 筛上物）经热脱附处置后暂存于北区暂存场。此外清挖的 42m^3 含锌污染土壤也暂存在北区暂存场。

（6）修复施工过程中，严格按照修复方案、技术交底进行施工，在开展场地修复实

施工过程中严格按照规范化施工作业，各项施工均在环境监理旁站的情况下进行开展，每批次修复内容和环境监测管理均通过验收单位采样验收，在环境监理和验收监测单位的监督下，顺利完成了修复治理工作。

（7）本项目严格按照修复技术方案设计要求进行，在施工过程中严格按照环境监理的要求和监督进行有序施工，施工过程控制了水、土、声、气等带来的二次污染，在安全文明施工及确保工程质量的前提下完成了各项工程任务，施工规范，资料齐全，具备阶段性效果评估条件。

（8）1#基坑总清挖方量为 34086m³，包括项目实际处置的 32237m³ 污染土以及 1849m³ 清洁土（包括 360m³ 疑似污染土鉴定为清洁土），因此 1#基坑的实际库容为 34086m³，本次拟将 1#基坑热脱附处置后的 26698m³ 有机污染土以及 1147m³ 的筛上物进行回填，回填容量约 27845m³，剩余约 6241m³ 用于本项目后期修复后有机土壤或清洁土的回填。

3.5 环境保护措施落实情况

3.5.1 环境保护措施落实内容

本次修复项目环境监理内容为：对重金属污染土壤清挖工程量、修复过程环境保护污染防范措施及效果进行监理，并对施工阶段的大气、水、噪声、地下水环境等进行二次污染监测。环境监理的内容如下：

1) 按国家有关法律法规及广州锌片厂地块（不含安置房）土地污染治理与修复环境监理方案相关文件及管理制度对修复实施过程中的环境保护实施全面的监督与管理，并接受环保行政部门检查指导；

2) 依据环境调查与风险评估报告书及其专家评审意见、修复技术方案及其专家评审意见等文件的有关要求，制定施工期环境监理方案；

3) 负责监督项目修复实施过程中是否全面落实了修复技术文件的要求；

4) 负责建设项目修复实施期间污染防治设施、生态建设与保护措施的实施与进度；

5) 对施工期间的环境质量、污染物排放是否符合国家和地方规定的标准进行检查监督；

6) 施工正式开始前对项目的施工期污染防治措施进行检查，确定是否按要求进行施工期污染防治；

7) 对施工期污染物排放状况进行检查，检查设施是否正常运行，通过定期监测分析污染物排放是否达标，将对周围环境的影响降至最低；

8) 协助项目部组织专家及政府部门、安检人员定期或不定期进行环境保护检查监督，并形成监理日志；

9) 对施工作业全过程进行环境保护检查与监督，当发现污染问题时，应立即督促落实整改；

10) 主持或组织常规环境监理工地会议、编写会议纪要；

11) 编写管辖范围内的周环境监理报告，提供土地使用权人要求的报告及资料；

12) 严格履行投标文件的承诺，并每周对现场进行检查，如有特殊情况，应随叫随到；

13) 配合土地使用权人完成项目最终环保验收和在广州市生态环境局备案工作。

3.5.2 工程实施期间的环境监理情况

3.5.2.1 施工准备阶段环境监理

1) 监督检查环境修复单位的环境管理体系建立情况；

2) 审核环境修复单位提交的施工方案和开工报告；

3) 审核环境修复单位的环境保护实施方案，包括施工环境保护的敏感点、具体的措施、管理制度、人员安排等；

4) 组织召开第一次工地会议，了解其他驻现场单位的组织机构及人员分配，并汇报本次项目环境监理实施方案的主要内容。

3.5.2.2 施工期环境监理工作情况

1) 监督审核环境修复单位编制的有关环境管理的计划，对修复实施不符合项目环保设计要求、施工技术标准和合同约定的，有权要求环境修复单位整改；

2) 对工地进行巡视或旁站环境监理，对施工期环境保护措施和项目污染治理设施的工作执行情况进行技术监督，确保废水、废气、固废、噪声等污染因子达到环境保护标准要求；

3) 根据修复实施情况，制定环境监测计划，定期、不定期进行环境质量监测及修复实施过程“三废”监测；

4) 环境监理单位要根据环境监测情况，对其中存在问题的及时向项目环境修复单位提出整改要求；

5) 评价项目施工阶段的环境保护措施和设施是否落实到位、各项环保工作是否在控制节点之前完成，并提出合理建议；

6) 协助土地使用权人建立和完善环境保护管理体系，及时处理重大污染事故突发事件；

7) 建立、保管监理过程资料档案。

修复工程施工期间，环境监理单位主要采用以下监理方式开展环境监理工作：

(1) 核查

依照相关管理文件和技术文件，在修复项目各个阶段对修复项目的实施及二次污染措施的落实情况进行核实和检查。重点核查以下内容：核查修复项目与修复技术方案的变化情况，如发生重大变化，尽快督促土地使用权人履行相关手续。重点关注修复项目与相关敏感区位置关系的变化、实施方案的变化可能带来的对环境敏感区影响的变化。重点关注针对环境敏感区采取的环保措施等是否落实到修复方案及实施过程中。

(2) 巡视

环境监理单位对修复项目施工现场进行的定期或不定期的检查活动。环境监理单位在及时与修复项目实施单位沟通的前提下，按照一定频次对项目现场开展巡视检查，掌

握修复项目实际情况和进度，对修复实施方案符合性、环保达标等方面现场查找问题、提出建议，并做好现场巡视记录。

本项目施工过程中，环境监理单位巡视的主要工作内容有：

- 1) 天气情况是否适合施工作业，如不适合，是否已采取相应措施；
 - 2) 施工人员作业情况，是否按照备案的施工方案施工；
 - 3) 使用的药剂、设备和材料是否已检测合格；
 - 4) 环境修复单位主要管理人员到岗履职情况，特别是质量员是否到位；
 - 5) 施工机具、设备的工作状态，周边环境是否有异常情况；
 - 6) 其他安全防护措施是否到位，工人违章情况。
- 7) 施工作业时间是否严格按照设计执行，施工活动是否影响周边环境敏感点的日常活动。
- 8) 现场二次污染防治措施落实情况；
 - 9) 废水处理和回用情况。

(3) 旁站

环境监理单位对修复项目的关键部位或关键工序的施工质量进行的监督活动。本项目的环境监理的旁站主要工作内容有：

- 1) 密闭大棚内土壤开挖、预处理、修复药剂使用比例、养护过程中尾气处理设备是否运行，运行效果是否达到要求；
- 2) 废水是否统一收集到废水处理设备进行处理；
- 3) 基坑清挖效果自检采样送样、地下水监测采样、处理后废水监测采样、无组织、有组织排放和环境空气监测采样和噪声监测。

(4) 记录

项目环境监理单位在对本项目实施巡视检查、旁站监理等工序中，通过对现场环保设施情况、突发环境污染事件、生态防护措施等进行记录，主要以现场图片、建设过程

记录、数据记录等形式对现场环境状况和环境保护情况进行记录。

(5) 文件

环境监理单位采用环境监理工作联系单、环境监理整改通知单、环境监理停工通知单以及环境问题返工或复工指令单等文件形式进行主体修复实施情况和二次污染控制措施落实情况的管理。

(6) 会议

在修复实施过程中，环境监理单位根据需要不定期召开环境监理会议，邀请土地使用权人和环境修复单位参加，主要汇报环境监理工作的执行情况、通报现场检查环境保护现状，并对存在的问题作出分析，提出整改措施及时间表等。

二次污染防治措施落实相关图件见图 3.5-1~3.5-16。



图 3.5-1 处置大棚尾气处理



图 3.5-2 使用密闭运输车运输



图 3.5-3 使用密闭运输车运输



图 3.5-4 养护区覆盖



图 3.5-5 1#基坑苫布覆盖



图 3.5-6 现场施工道路洒水清理



图 3.5-7 现场围挡



图 3.5-9 现场围挡喷淋系统运行



图 3.5-10 大气自动监测情况



图 3.5-11 出场车辆冲洗情况



图 3.5-12 筛上物冲洗后废水三级沉淀池收集



图 3.5-13 基坑废水收集



图 3.5-14 废水处置



图 3.5-15 废水处置合格排放



图 3.5-16 生活垃圾分类处理

3.5.3 环境监理期间场地内监测情况

根据环境监理方案，环境监理单位委托谱尼测试集团深圳有限公司进行修复施工期环境监测，共开展了 19 期环境监测。大气和声环境每月监测一次，废水按处理批次进行监测，地下水按开工前和施工中各监测一次。

3.5.3.1 地下水井布点及检测结果

(1) 地下水井布点

对于地下水流向及地下水位，结合环境调查结论间隔一定距离按三角形或四边形布置 3-4 个点位监测判断。地下水监测点位沿地下水流向布置，在地下水流向上游、地下水可能污染较严重区域和地下水流向下游分别布设监测点位。同时为监控基坑在清挖过程有否对地下水造成污染，地下水监测点位均位于基坑上下游附近。根据监测目的、所处含水层类型及其埋深和相对厚度来确定监测井的深度，且不穿透浅层地下水底板。

开始施工前进行一次采样送检作为背景值，施工期间采样一次。检测项目为场地主要污染物 pH、铜、镉、锌、镍、铅、汞、砷、苯并(a)芘和石油类，评价标准参照《地下水质量标准》（GB14848-2017）III 类标准，其中石油类参照《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006），具体评价方法为：①通过施工期间地下水污染物浓度情况与评价标准进行对比，分析地下水污染情况，②通过施工期间地下水污染物浓度情况与施工前背景值进行对比，分析施工是否对地下水造成影响。

(2) 地下水检测频次及检测结果

检测频次：开始施工前进行一次采样送检作为背景值，施工期间采样五次

检测时间：2020 年 7 月 21 日、2020 年 9 月 26 日、2021 年 10 月 29 日、2021 年 12 月 16 日、2022 年 1 月 7 日、2022 年 2 月 27 日，现场采样照片见图 3.5-17，具体检测结果见环境监理总结报告表 4-12 地下水检测结果。



图 3.5-17 地下水现场采样

3.5.3.2 施工废水采样位置及检测结果

本项目废水包括洗车台废水、基坑废水、清洗废水等，废水经处理达标后直接进行纳管排放，如果废水的进水水质满足处理目标，则直接排放。

(1) 检测项目

根据本场地的目标污染物，废水检测项目为：pH、色度、浊度、悬浮物、As、Ni、Hg、Cd、Pb、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、石油类、总有机碳。

(2) 检测点

检测点位布设在清水池出水口。

(3) 检测频率

清水池自检频率根据排放时间确定，在废水排放前进行检测。

(4) 采样和分析方法

样品取样和检测，按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）及《水质

样品的保存和管理技术规定》（HJ493-2009）的有关规定执行。

（5）评价标准

本项目废水包括洗车台废水、基坑废水、清洗废水等，废水经处理达标后部分废水纳管排放，部分废水回用于现场重金属及有机污染土壤处置，采用纳管排放的水质标准，参照广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第一时段三级标准进行评价，本项目目标污染因子出水水质标准详见环境监理总结报告表 6-10。

本项目现场回用的废水处理后的水质常规指标 pH、色度、浊度、溶解性总固体应满足《城市污水再生利用-城市杂用水水质》（GB/T3220-2002）标准、石油类、As、Ni、Hg、Cd、Pb、苯并（a）芘、总有机碳、苯并(b)荧蒽满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中IV类标准，废水回用水质标准详见环境监理总结报告表 6-11。

（6）施工废水检测结果

处理后废水检测结果为：pH 值、色度、浊度、悬浮物、As、Ni、Hg、Cd、Cd、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘、石油类、总有机碳的废水检测结果均达标。现场采样照片见图 3.5-18，具体检测结果见环境监理总结报告表 6-12。



图 3.5-18 废水处理现场采样

3.5.3.3 环境噪声布点及检测结果

（1）检测点布设

按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中规定，在“场界有围墙且周边有敏感建筑物”情况下布设噪声检测点，检测点应设置在厂界周外 1m，高于围墙 0.5m 的位置。

（2）评价标准

按照施工期间的环保要求，施工过程中噪声排放控制执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，即昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）。

（3）监测时间及频次

检测频率：工程稳定运行期每月监测一次

检测时间：2020 年 7 月 20 日、2020 年 9 月 27 日~9 月 28 日、2020 年 10 月 2 日、2020 年 11 月 23 日、2020 年 12 月 17 日、2021 年 1 月 8 日、2021 年 2 月 23 日、2021 年 3 月 18 日、2021 年 4 月 13 日、2021 年 5 月 30 日、2021 年 6 月 26 日、2021 年 7 月 20 日、2021 年 8 月 9 日、2021 年 9 月 8 日、2021 年 10 月 30 日、2021 年 11 月 25 日、2021 年 12 月 14 日、2022 年 1 月 7 日、2022 年 2 月 24 日。

（4）检测结果

噪声检测结果表明：昼间噪声检测结果为 45.1~65.3 dB，符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求。现场检测照片见图 3.5-19，具体检测结果见环境监理总结报告表 3-20。



图 3.5-19 噪声现场检测

3.5.3.4 大气环境监测布点及检测结果

(1) 无组织废气检测布点及检测结果

1) 检测点布设

根据《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000）的要求，需在场地区域边界设置监控点，监控点的布置需适当靠近场区附近的环境敏感点。本场区的环境敏感点为附近的居住区。根据场地大小、气象、风向因素等综合考虑，边界外 1m 于上风向处设置 1 个检测点，于下风向处设置 3 个检测点，结合本项目实际施工情况，主要施工时间集中于 2021 年 1 月-2021 年 12 月份，广州地区主要风向为东南风，因而本项目无组织排放检测点位图，见施工总结报告 4.2.1.1 章节。

2) 检测时间及频次

频次：修复施工前检测 1 次，修复实施过程中每月检测 1 次。

检测时间：2020年7月20日、2020年9月27日、2020年10月29日、2020年11月24日、2020年12月22日、2021年3月18日、2021年4月12日、2021年5月30日、2021年6月27日、2021年7月20日、2021年7月20日~7月22日、2021年8月11日、2021年9月10日、2021年10月30日~10月31日、2021年11月24日、2021年12月15日~12月16日、2022年1月7日、2022年1月7日~1月10日、2022年2月14日~2月25日。

3) 检测结果

检测结果表明，所有点位检测结果均符合相应排放限值要求，现场采样照片见图 3.5-20，具体检测结果详见施工总结报告 4.2-4。



图 3.5-20 厂界无组织现场采样

(2) 有组织废气检测布点及检测结果

1) 检测点布设

根据《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)的要求，需在场地边界设置监控点，

监控点的布置需适当靠近场区附近的环境敏感点。本场区的环境敏感点为附近的居住区。根据场地大小、气象因素等综合考虑，本场地共设置 5 个固定源排放监测点，因项目实施过程中密闭式大棚需移动一次，因而固定源监测点位随尾气处理设备的移动而发生变化，移动前及移动后固定源监测点位。

2) 检测时间及频次

检测时间：2020 年 9 月 27 日，2020 年 10 月 29 日，2020 年 11 月 24 日，2020 年 12 月 17 日，2021 年 1 月 18 日，2021 年 5 月 31 日，2021 年 6 月 25 日，2021 年 9 月 6 日，2021 年 10 月 27 日，2021 年 11 月 22 日，2021 年 12 月 13 日，2022 年 1 月 8 日，2022 年 2 月 26 日。

3) 检测结果

检测结果表明，所有点位检测结果均符合相应排放限值要求，现场采样照片见图 3.5-21，具体检测结果详见施工总结报告表 4.2-4。



图 3.5-21 有组织现场采样

（3）敏感点检测布点及检测结果

1) 检测点布设

本项目环境敏感保护目标位于北区北面，包括：北面的光大花园、广船宿舍及北大附中广州实验学校，特在各个敏感点布设检测点位。

2) 检测时间及频次

检测时间：2020年7月21日、2020年9月26日、2020年10月31日、2020年11月24日、2020年12月21日、2021年1月19日、2021年2月23日、2021年3月18日、2021年4月12日、2021年5月30日、2021年6月25日、2021年7月21日、2021年8月11日、2021年9月10日、2021年10月30日、2021年11月24日、2021年12月15日、2022年1月9日、2022年1月9日~1月10日、2022年2月25日。

3) 检测结果

检测结果表明：颗粒物（PM_{2.5}）、非甲烷总烃、苯并(a)芘符合《环境空气质量标准》中（GB3095-2012）二级标准，检测结果均达标。现场采样照片见图 3.5-22~3.4-24，具体检测结果见环境监理总结报告表 3-17。



图 3.5-22 敏感点（光大花园一幢）现场采样



图 3.5-23 敏感点（光大花园 10 幢）现场采样



图 3.5-24 敏感点（北大附中）现场采样

3.5.4 《阶段性环境监理总结报告》结论

受广州市土地开发中心委托，本环境监理单位承担广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复项目环境监理工作。

根据场地调查报告和风险评估，1#基坑（1#-1~15 区）需清挖、修复的污染土壤工程量合计为 30208.4m³，其中有机污染土壤 26005m³，复合污染土壤 4173.4m³，重金属 30m³。我司参照相关技术规范对本项目进行审核，结论如下：

（1）修复实施中使用的修复技术、修复场地实际总平面布置分区与《修复与风险管控方案》基本一致，修复区基坑清挖拐点坐标与《修复方案》、《风险评估报告》一致。

（2）本项目总计清挖疑似污染土 538m³，清洁土 1489m³，其中 1#-1~1#-5 区清挖疑似污染土 174m³，清洁土 261m³，1#-11 区上方清挖疑似污染土 360m³，清洁土 1228m³。

（3）根据第三方环境检测机构的检测结果可知，修复单位在修复实施过程中有效的落实了二次污染防治措施工作，未造成二次污染问题。同时，修复单位基本落实了施工期间各风险防范措施，施工期间未造成二次污染，未收到环境影响投诉。

综上所述，修复单位基本按照《修复方案》对广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑污染土壤进行了开挖，同时对 1#基坑（1#-1~12 区、1#-14 区）污染土进行修复，修复实施期间基本落实废水处理设施和各项二次污染防治措施，未对周围环境造成不良影响，未收到环境污染投诉。该项目已满足阶段性修复效果评估要求。

4 地块概念模型

4.1 资料回顾

4.1.1 资料回顾清单

4.1.1.1 地块调查评估及修复方案相关文件

我司承担该污染地块治理修复工程的修复效果评估工作后，立即组织相关技术人员开展该场地相关资料的收集工作，主要包括如下几个方面：

- (1) 《广州锌片厂南区保障房地块场地环境初步调查报告》（2013 年 9 月）；
- (2) 《广州锌片厂南区保障房地块场地环境详细调查及风险评价报告》（2014 年 3 月）；
- (3) 《广州锌片厂南区保障房地块污染土壤修复技术方案》（2015 年 5 月）；
- (4) 《广州锌片厂安置房地块土壤污染修复方案》（2020 年 4 月）；
- (5) 《广州锌片厂（不含保障性住房地块）场地环境调查与风险评估报告》（2017 年 12 月）；
- (6) 《广州锌片厂（不含保障性住房地块）场地土壤修复技术路线》（2019 年 6 月）；
- (7) 《广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复方案》（2020 年 4 月）。

4.1.1.2 地块修复工程资料

- (1) 《广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）污染土壤清挖及回填土修复效果阶段性评估施工总结报告》。
- (2) 《阶段性总结报告附件材料》修复过程的原始记录，测量放线记录，修复实施过程的记录文件，基坑清挖、土壤修复、筛上物清洗，修复设施运行记录，效果评估申请表等。

4.1.1.3 环境监理文件

(1) 《广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复环境监理方案》（2020 年 4 月）。

(2) 《广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）污染土壤清挖及回填土修复效果阶段性评估环境监理总结报告》。

(3) 《环境监理总结报告附件》(环境监理现场材料，环境监理记录等)。

4.1.1.4 相关图件

地块地理位置示意图，总平面布置图，修复范围图，污染修复工艺流程图及修复过程照片和影像记录等。

4.1.2 审核内容与结果

对收集的资料进行于整理和分析，并通过与土地使用权人、修复实施人员、环境监理人员等进行访谈，通过以下 5 方面审核确定修复工程实施基本满足相关文件与修复效果评估的前提要求。

4.1.2.1 地块目标污染物、修复范围、修复目标和修复技术

- 1) 修复工程确定的目标污染物和修复范围见本报告章节 4.4.3
- 2) 地块修复技术：本阶段 1#基坑有机污染采用热脱附+基坑回填处置工艺。

经审核，修复工程确定的地块土壤目标污染物、修复范围、修复目标及修复技术等与地块风险评估报告及修复方案和相关行政文件等相符合，可作修复效果评估依据。

4.1.2.2 环保措施落实情况

通过对修复过程施工记录，监理记录和监测数据基本上符合相关的修复方案、环境监理方案及备案文件的要求。

4.1.2.3 污染土壤修复情况

根据施工记录、监理记录与检测数据，本阶段修复工程重点修复完成了：1#基坑清挖污染土 31090m³（实方，含放坡土方量 1823.6m³、二次清挖 149m³）。

经审核，污染土壤的修复范围与工程量均根据备案的风险评估报告确定的边界拐点坐标，治理修复水平范围与深度均符合风险评估划定的土壤修复范围的要求。

4.1.2.4 评估文件与资料情况

经文件审核，地块调查风险评估报告、土壤修复方案均按地方生态环境部门管理要求完成备案手续，修复工程各相关技术资料与附件齐全完整、内容详实。

4.1.2.5 施工变更情况

通过对修复方案与施工记录、监理记录等工程资料的审核，确认修复过程有施工变更情况。相关的施工变更发生时，环境修复单位及时申请变更，经环境监理单位、土地使用权人同意后，及时完成了相关工程变更手续。

4.2 现场踏勘

4.2.1 核定修复范围

根据场地环境调查评估报告及实施方案中的钉桩资料及地理坐标等，结合修复过程工程监理与环境监理出具的相关报告，确定场地修复范围和深度，核实修复范围基本符合场地修复方案的要求。

4.2.2 识别现场遗留污染

（1）通过环境监理单位全过程的监管，并通过现场踏勘、文件审核，基本判定地块风险评估报告内确定的污染土壤已经清挖出相关污染区域并完成修复。

（2）对场地土壤状况、遗留物品等进行了观察和判断，未发现疑似有毒、有害遗留污染物存在，修复范围内不存在明显的遗留污染；

（3）污染土壤修复过程中无原、辅材料遗、撒造成的遗留污染问题；

（4）未发现污染土壤修复过程产生的明显的二次污染痕迹。



图 4.2-1 现场踏勘记录

4.3 人员访谈

对收集的资料进行整理和分析，并通过与现场环境修复单位负责人、修复实施人员、环境监理人员等相关人员进行访谈，访谈以下内容：

（1）根据场地环境评估报告、修复方案及备案文件等，确定场地的目标污染物、修复目标、修复范围和修复量，作为效果评估依据。

（2）通过审查场地修复过程的监理记录和监测数据，核实修复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，核实污染土壤的数量和去向。



图 4.3-1 人员访谈

4.4 更新地块概念模型

4.4.1 修复概况

环境修复单位于 2020 年 9 月至 2021 年 3 月对广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复项目北区 1#基坑污染场地开展修复工作，经我司对《阶段性施工总结报

告》、《阶段性环境监理报告》及修复工程相关资料进行整理和分析，并通过与环境修复单位现场负责人、修复实施人员、环境监理人员等相关人员进行访谈，明确项目修复内容如下：

4.4.1.1 修复场地的目标污染物及修复目标审核结果

通过核实环境修复单位和监理提供的文件，修复场地的目标污染物见下表。

表 4.4-1 修复工艺及修复过程污染防治落实情况对比

内容	实施方案情况	实际执行情况	是否一致
目标 污染 物	D6 基坑：石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、喹啉	1#基坑（1#-1 区、1#-3 区、1#-6 区、1#-9 区、1#-10 区）：石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、喹啉	是
	E7 基坑：苯并(a)芘	1#基坑（1#-14 区）：苯并(a)芘、铅、锌、二苯并(a,h)蒽	加测相邻侧壁污染因子
	E8 基坑：苯并(a)芘	1#基坑（1#-11 区）：萘、喹啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	加测相邻侧壁污染因子
	E9 基坑：石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、喹啉	1#基坑（1#-5 区、1#-8 区）：石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、萘、喹啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、喹啉	是
	E10 基坑：苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽	1#基坑（1#-2 区）：石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、萘、喹啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、喹啉	加测相邻侧壁污染因子
	F4 基坑：苯并(a)芘	1#基坑（1#-12 区）：苯并(a)芘	是
	F5 基坑：苯并（a）芘、二苯并（a,h）蒽	1#基坑（1#-4 区、1#-7 区）：石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、萘、喹啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、喹啉	加测相邻侧壁污染因子
	D1 基坑：锌、铅、苯并（a）芘、二苯并(a,h)蒽	1#基坑（1#-13 区）：锌、铅、苯并（a）芘、二苯并(a,h)蒽	是
	F2 基坑：铅	1#基坑（1#-15 区）：铅	是

通过核实环境修复单位和监理提供的文件，本地块场地调查完成时间为 2017 年 12 月，风险评估采用《土壤重金属风险评价筛选值珠江三角洲》（DB44/T1415-2014）

与《上海市场地土壤环境健康风险评估筛选值》（试行）（2018年8月1日废止），2018年8月1日开始实施的《土壤环境质量标准建设用地土壤污染管控标准（试行）》（GB36600-2018）标准中污染物风险筛选值与原确定修复目标值差异较大。

根据现有政策要求，修复目标值需同时满足原有修复目标值及现行标准《土壤环境质量标准建设用地土壤污染管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第一类用地及第二类用地筛选值相关标准要求，经核实后的修复目标值对比情况见下表。

表 4.4-2 场地原修复目标值与现行标准对比

编号	污染物名称	原修复目标值 (mg/kg)			现行标准 (mg/kg)	
		公园绿地修复目标值	商业用地修复目标值	居住用地修复目标值	第一类用地	第二类用地
1	铜	929	-	663	2000	18000
2	镉	15.9	-	10	20	65
3	锌	6964	-	4974	-	-
4	镍	242	-	150	150	900
5	铅	300	-	300	400	800
6	汞	-	-	4.9	8	38
7	砷	-	-	50	20	60
8	苯并(a)蒽	-	13.4	4.57	5.5	15
9	苯并(b)荧蒽	-	13.5	4.21	5.5	15
10	苯并(k)荧蒽	-	134.5	-	55	31
11	苯并(a)芘	0.8	1.35	0.43	0.55	1.5
12	茚并(1, 2, 3-cd)芘	-	13.5	4.6	5.5	15
13	二苯并(a, h)蒽	0.8	1.35	0.42	0.55	1.5
14	喹唑	-	87	-	-	-
15	TPH (<C16)	-	2049.87	1000	826	4500
16	TPH (>C16)	-	10000			

结合本阶段项目施工过程，确保基坑清挖及修复后土壤能达公园绿地或商业用地标准，修复目标值确定如下：

（1）1#基坑热脱附修复后的土壤、疑似污染土以及筛上物统一按照较严公园绿地修复目标值执行，见表 4.4-2；

（2）1#基坑（1#-1 区~1#-9 区、1#-11 区、1#-12 区）根据地块未来用地规划，应为商业用地（防护绿地，用地规划见图 4.4-1），执行商业用地修复目标值，见表 4.4-2；

（3）1#基坑（1#-10 区）大部分区域规划为商业用地（防护绿地），其中小部分区域（约 257m²）为公园用地，按照较严的公园绿地修复目标值执行，见表 4.4-2；

（4）1#基坑（1#-13 区~1#-15 区）规划为公园绿地，执行公园绿地修复目标值，见表 4.4-2。

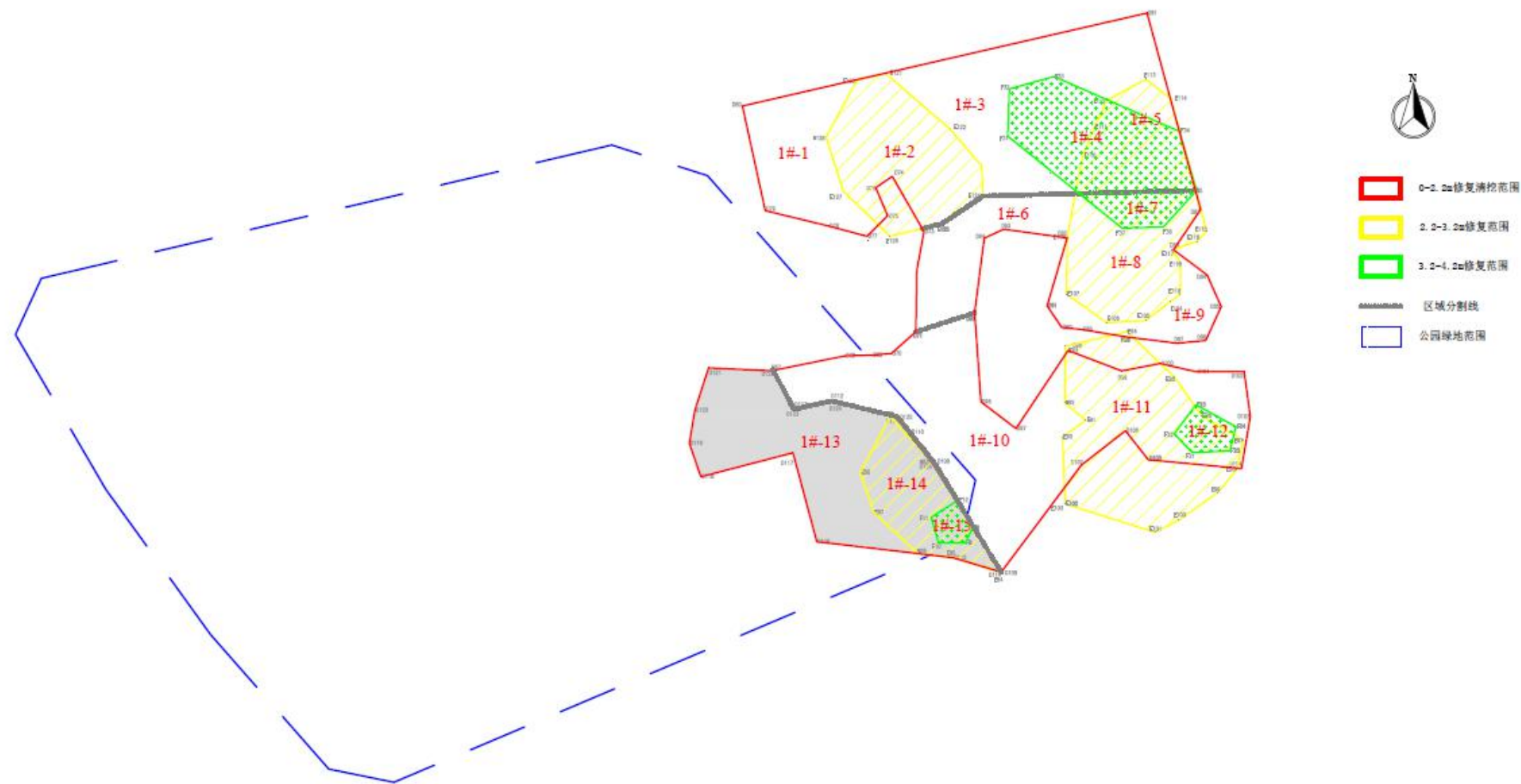


图 4.4-1 用地规划见图

表 4.4-3 施工过程与备案修复实施方案以及实际施工中的修复目标情况对比

内容	污染物	GB 36600-2018 筛选值	修复实施方案情况		实际执行情况		
		第一类用地 (mg/kg)	公园绿地修复目 标值 (mg/kg)	商业用地修复目 标值 (mg/kg)	公园绿地修复目 标值 (mg/kg)	商业用地修复目 标值 (mg/kg)	
土壤	1#基坑	萘	25	--	70	25 ^①	70
		咔唑	--	--	87	26.8 ^②	87
		苯并(a)蒽	5.5	--	13.4	5.5 ^①	13.4
		苯并(b)荧蒽	5.5	--	13.5	5.5 ^①	13.5
		苯并(k)荧蒽	55	--	134.5	55 ^①	134.5
		苯并(a)芘	0.55	0.55	1.35	0.55	1.35
		二苯并(a,h)蒽	0.55	0.55	1.35	0.55	1.35
		茚并(1,2,3-c,d)芘	5.5	--	13.5	5.5 ^①	13.5
		石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	826	--	4500	826 ^①	4500
		锌	--	6964	--	6964	--
铅	400	300	--	300	--		

备注：①实施方案中公园绿地无修复目标值，参照 GB36600 第一类用地标准；②污染场地风险评估软件（CRISK）根据导则计算的风险筛选值，风险筛选值计算过程见 4.4.1.1.1 章节。

4.4.1.1.1 风险筛选值计算过程

对于修复场地中污染物没有公园绿地修复目标值，同时 GB36600 中也没有相关标准的污染物进入效果评估阶段，风险筛选值的推导依据场地实际情况建立初步场地暴露概念模型，根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中风险评估模型参数的推荐值，使用污染场地风险评估软件（CRISK）计算的浓度值，相关暴露途径见表 4.4-4。

表 4.4-4 暴露途径

暴露途径	敏感用地
土壤经口摄入	√
皮肤接触土壤	√
吸入土壤颗粒物	√
吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	√
吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径	√

风险筛选值所需参数均采用 CRISK 软件中的默认参数，参数与《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）所推荐的默认值相符。模型中所需主要参数有受体暴露参数、土壤类型、地下水、空气及建筑物特征参数、污染物理化与毒性参数及具有政策导向的致癌风险目标，选取 10^{-6} 作为单一污染物的目标风险。

暴露模型中各参数取值详见表 4.4-5，污染物毒性参数见表 4.4-6，污染物理化性质参数见表 4.4-7。

物化毒理参数选自 CRISK 数据库，污染物理化毒理参数主要来源于美国德克萨斯州风险削减计划中构建的数据库，此数据库的毒性参数主要来源于 USEPA IRIS 数据库。

表 4.4-5 风险评估模型各参数及取值

序号	暴露参数	第一类用地	取值依据
1	ATca	27740	HJ 25.3-2019
2	ATnc	2190	HJ 25.3-2019
3	BWa	61.8	HJ 25.3-2019
4	BWc	19.2	HJ 25.3-2019
5	Ha	161.5	HJ 25.3-2019
6	Hc	113.15	HJ 25.3-2019

序号	暴露参数		第一类用地	取值依据
7	EDa	成人暴露期(a)	24	HJ 25.3-2019
8	EDc	儿童暴露期(a)	6	HJ 25.3-2019
9	EFa	成人暴露频率(d/a)	350	HJ 25.3-2019
10	EFc	儿童暴露频率(d/a)	350	HJ 25.3-2019
11	EF1a	成人室内暴露频率(d/a)	262.5	HJ 25.3-2019
12	EF1c	儿童室内暴露频率(d/a)	262.5	HJ 25.3-2019
13	EFOa	成人室外暴露频率(d/a)	87.5	HJ 25.3-2019
14	EFOc	儿童室外暴露频率(d/a)	87.5	HJ 25.3-2019
15	OSIRa	成人每日摄入土壤量 (mg/d)	100	HJ 25.3-2019
16	OSIRc	儿童每日摄入土壤量 (mg/d)	200	HJ 25.3-2019
17	DAIRa	成人每日空气呼吸量 (m ³ /d)	14.5	HJ 25.3-2019
18	DAIRc	儿童每日空气呼吸量 (m ³ /d)	7.5	HJ 25.3-2019
19	GWCRa	成人每日饮用水量 (L/day)	1.0	HJ 25.3-2019
20	GWCRc	儿童每日饮用水量 (L/day)	0.7	HJ 25.3-2019
21	SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比(无量纲)	0.32	HJ 25.3-2019
22	SERc	儿童暴露皮肤所占体表面积比(无量纲)	0.36	HJ 25.3-2019
23	SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数(mg/cm ²)	0.07	HJ 25.3-2019
24	SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数(mg/cm ²)	0.2	HJ 25.3-2019
25	ABS _o	经口摄入吸收因子（无量纲）	1	HJ 25.3-2019
26	PM10	空气中可吸入颗粒物含量（mg/m ³ ）	0.119	HJ 25.3-2019
27	PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例（无量纲）	0.75	HJ 25.3-2019
28	fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例（无量纲）	0.5	HJ 25.3-2019
29	fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例（无量纲）	0.8	HJ 25.3-2019
30	Ev	每日皮肤接触事件频率(次/day)	1	HJ 25.3-2019
31	SAF	暴露于土壤的参考剂量分配系数（无量纲）	0.5	HJ 25.3-2019

表 4.4-6 污染物毒性参数

污染物	经口摄入致癌斜率因子	呼吸吸入单位致癌因子	经口摄入参考剂量	呼吸吸入参考浓度	消化道吸收因子	皮肤吸收因子
	SF _o	IUR	RfD _o	RfC	ABS _{gi}	ABS _a
	(mg/kg ^{-d}) ⁻¹	(mg/m ³) ⁻¹	mg/kg ^{-d}	mg/m ³	无量纲	无量纲
呋唑	0.02	/	/	/	0.7	0.1

表 4.4-7 污染物理化性质参数

污染物	亨利常数	水中溶解度	土壤-有机碳分配系数	扩散系数	
	H'	S	Koc	空气	水
	无量纲	mg/L	cm ³ /g	Da	Dw
呋唑	3.4E-03	7.21E-01	2.5E+03	3.9E-02	7.0E-06

土壤风险控制值计算：

a. 基于致癌风险的土壤风险控制值

（1）基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.1）计算。

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o}$$

（2）基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.2）计算。

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d}$$

（3）基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.3）计算。

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i}$$

（4）基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.4）计算。

$$RCVS_{iov1} = \frac{ACR}{IOVER_{ca1} \times SF_i}$$

（5）基于吸入室外空气中来自下层层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.5）计算。

$$RCVS_{iov2} = \frac{ACR}{IOVER_{ca2} \times SF_i}$$

（6）基于以上 5 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染

《场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.7）计算。

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSE_{ca} \times SF_d + (PISER_{ca} + IOVER_{ca1} + IVOER_{ca2} + IIVER_{ca1}) \times SF_i}$$

b. 基于非致癌风险的土壤风险控制值

（1）基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.8）计算。

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_o \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}}$$

（2）基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.9）计算。

$$HCVS_{des} = \frac{RfD_d \times SAF \times AHQ}{DCSE_{nc}}$$

（3）基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.10）计算。

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}}$$

（4）基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.11）计算。

$$HCVS_{iov1} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc1}}$$

（5）基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.12）计算。

$$HCVS_{iov2} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc2}}$$

（6）基于以上 5 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，采用《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）附录 E 公式（E.14）计算。

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc} + IOVER_{nc1} + IOVER_{nc2} + IIVER_{nc1}}{RfD_i}}$$

土壤风险控制值计算结果：

根据《污染场地风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）土壤风险控制值计算方法，得出了污染物，可接受的致癌风险为 10^{-6} 水平下的土壤风险控制值。具体如表 4.4-7。

表 5.1-7 基于人体健康的土壤风险控制值（单位：mg/kg）

序号	污染物	基于致癌风险管控值	基于非致癌风险管控值	敏感用地
1	咔唑	2.68E+01	/	2.68E+01

4.4.1.2 修复范围审核结果

环境修复单位依据设置的测量基准点及污染土壤拐点坐标，采用 RTK、全站仪对污染土壤修复区域边界点进行了测量放线。放线结束后，环境监理单位对测量结果报验情况进行复核无误后，环境修复单位再开展清挖工作。

经复核，修复区 1#基坑清挖拐点坐标与实施方案、风险评估结论基本一致，基坑放线记录、清挖范围及工程量统计表由监理进行确认并签字。

1#基坑开挖前后拐点对比图见图 4.4-2~图 4.4-8，开挖后拐点坐标见表 4.4-3~4.4-8。

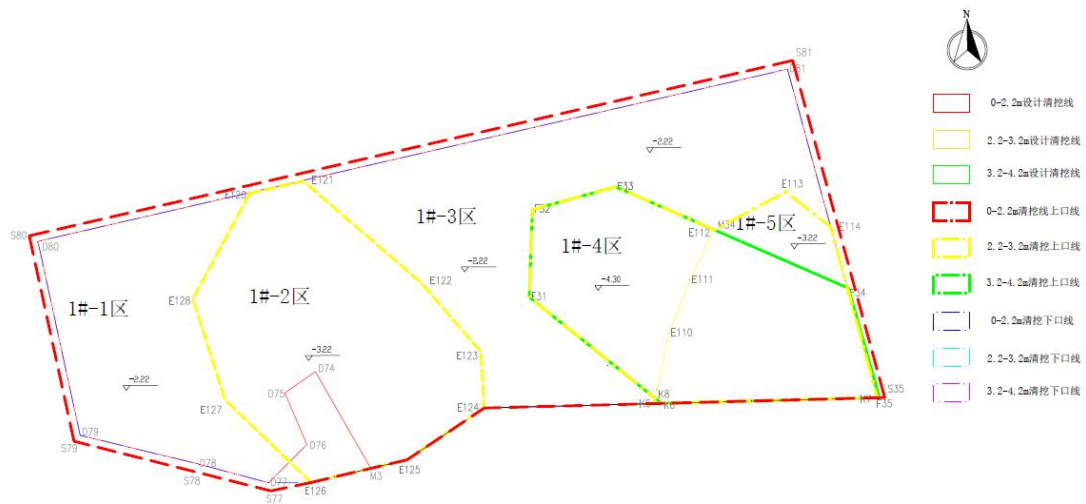


图 4.4-2 1#基坑（1#-1 区~1#-5 区）开挖前后拐点对比

表 4.4-4 1#基坑（1#-1~1#-5 区）开挖后坑顶及坑底拐点坐标

开挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
0-2.2m	S77	36704.7514	24290.4841	D77	36704.4500	24291.6000
	E126	36710.2800	24291.6400	D78	36694.6600	24294.2200
	E125	36723.5100	24294.7700	D79	36678.4500	24298.1500
	E124	24301.91	36734.15	D80	36672.6200	24324.9000
	F35	24303.34	36788.63	D81	36775.9500	24348.6400

开挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
	S35	24303.3592	36789.3616	K7	36788.3415	24303.3324
	S81	36776.6618	24349.8296	E124	36734.15	24301.91
	S80	36671.4324	24325.6532	E125	36723.5100	24294.7700
	S79	36677.6062	24297.3256	E126	36710.2800	24291.6400
	S78	36694.4129	24293.2509	/	/	/
2.2-3.2m	E120	36725.2155	24318.7056	E120	36725.2155	24318.7056
	E121	36733.1813	24309.4907	E121	36733.1813	24309.4907
	E122	36733.6333	24302.1654	E122	36733.6333	24302.1654
	E123	36723.5100	24294.7700	E123	36723.5100	24294.7700
	E124	36710.4803	24291.6874	E124	36710.4803	24291.6874
	E125	36698.8480	24303.3523	E125	36698.8480	24303.3523
	E126	36694.5309	24316.8895	E126	36694.5309	24316.8895
	E127	36702.6063	24331.7893	E127	36702.6063	24331.7893
	E128	36708.5187	24333.1477	E128	36708.5187	24333.1477
	F31	36740.36	24317.21	F31	36740.36	24317.21
	F32	36740.79	24329.27	F32	36740.79	24329.27
	F33	36752.25	24332.41	F33	36752.25	24332.41
	M34	36765.8993	24326.4674	M34	36765.8993	24326.4674
	E113	36775.7	24331.75	E113	36775.7	24331.75
	E114	36781.92	24326.86	E114	36781.92	24326.86
	K7	36788.3415	24303.3324	K9	36788.3415	24303.3324
	K5	36757.5774	24302.5249	K8	36757.5774	24302.5249
	K8	36757.7269	24303.238	K7	36757.7269	24303.238
3.2-4.2m	F31	36740.36	24317.21	F31	36740.36	24317.21
	F32	36740.79	24329.27	F32	36740.79	24329.27
	F33	36752.25	24332.41	F33	36752.25	24332.41
	F34	36784.36	24318.43	F34	36784.36	24318.43
	F35	36788.63	24303.34	F35	36788.63	24303.34
	K6	36758.5805	24302.5513	K6	36758.5805	24302.5513

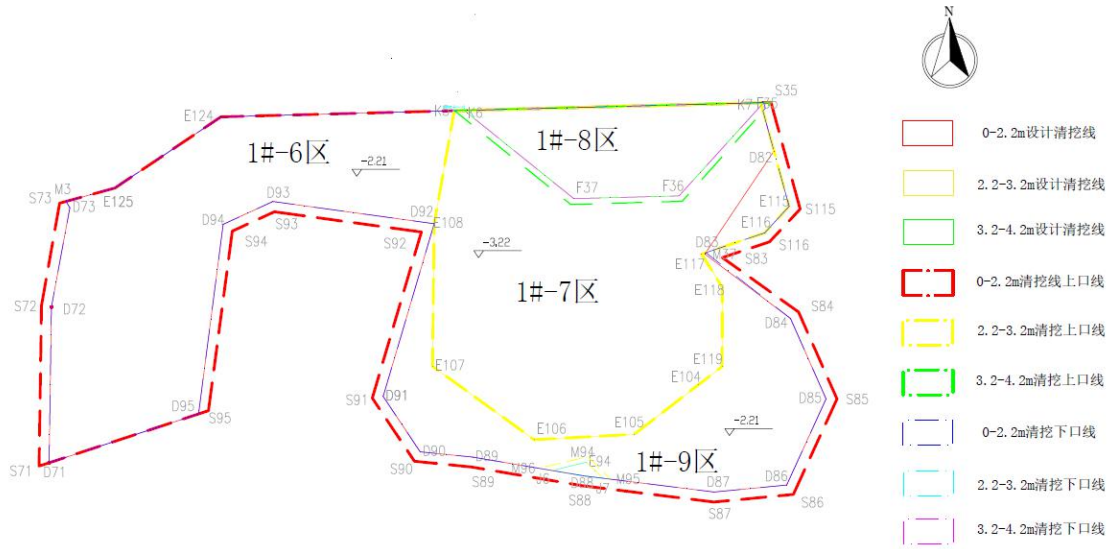


图 4.4-3 1#基坑（1#-6 区~1#-9 区）开挖前后拐点对比

表 4.4-5 1#基坑（1#-6~1#-9 区）开挖后坑顶及坑底拐点坐标

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
0-2.2m	S73	36717.9657	24293.2550	D95	36731.9114	24272.1121
	S72	36716.1421	24282.9667	D71	36716.9100	24267.2100
	S71	36715.4160	24267.6249	D72	36717.1400	24282.8200
	S95	36732.8948	24272.3796	D73	36718.9900	24292.7900
	S94	36735.2985	24290.4513	M3	36718.6097	24293.431
	S93	36739.5222	24292.3896	E125	36723.5100	24294.7700
	S92	36754.2713	24290.3581	K7	36757.7269	24303.238
	S91	36749.3483	24273.7044	E115	36791.18	24292.93
	S90	36753.5803	24267.3621	E116	36788.73	24290.27
	S89	36759.3067	24266.7883	M37	36782.8254	24288.2923
	S88	36770.4252	24264.9103	D84	36791.32	24281.69
	S87	36783.6362	24263.2741	D85	36794.8900	24273.6200
	S86	36791.6097	24264.0397	D86	36790.9400	24264.9800
	S85	36795.9865	24273.6133	D87	36783.6500	24264.2800
	S84	36792.1292	24282.3327	D88	36770.5700	24265.9000
	S83	36784.4842	24287.7934	D89	36759.4400	24267.7800

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
	S116	36789.2173	24289.3786	D90	36754.1500	24268.3100
	S115	36792.2904	24292.6595	D91	36750.4400	24273.8700
	S35	36785.1656	224303.359 2	D92	36755.5600	24291.1900
	F35	36788.63	24303.34	D93	36739.3700	24293.4200
	E124	36734.15	24301.91	D94	36734.3800	24291.1300
	E125	36723.5100	24294.7700	K5	36757.5774	24302.5249
	K7	36752.0712	24307.8063	F35	36788.63	24303.34
	K8	36759.1413	24310.132	E115	36791.18	24292.93
	K9	36784.2311	24318.3874	E116	36788.73	24290.27
	E115	36791.18	24292.93	E117	36782.4	24288.15
	E116	36788.73	24290.27	E118	36784.49	24284.78
	E117	36782.4	24288.15	E119	36784.46	24276.87
2.2-3.2m	E118	36784.49	24284.78	E104	36782.05	24275.01
	E119	36784.46	24276.87	E105	36775.63	24270.06
	E104	36782.05	24275.01	E106	36765.58	24269.53
	E105	36775.63	24270.06	E107	36755.39	24276.89
	E106	36765.58	24269.53	E108	36755.23	24291.19
	E107	36755.39	24276.89	E94	36770.8200	24267.2700
	E108	36755.23	24291.19	J7	36772.5182	24265.6587
	M109	36757.7071	24303.2539	D88	36770.5700	24265.9000
	K7	36752.0712	24307.8063	J6	36767.3994	24266.4356
	M94	36770.9688	24267.8198	/	/	/
	M96	36766.0586	24266.6620	/	/	/
	D88	36770.5700	24265.9000	/	/	/
M95	36773.2666	24265.5660	/	/	/	
3.2-4.2m	K5	36757.5774	24302.5249	K6	36758.5805	24302.5513
	M37	36769.2615	24293.096	F35	36788.63	24303.34
	M36	36780.4434	24293.4118	F36	36780.13	24293.98
	F35	36788.63	24303.34	F37	36769.57	24293.71

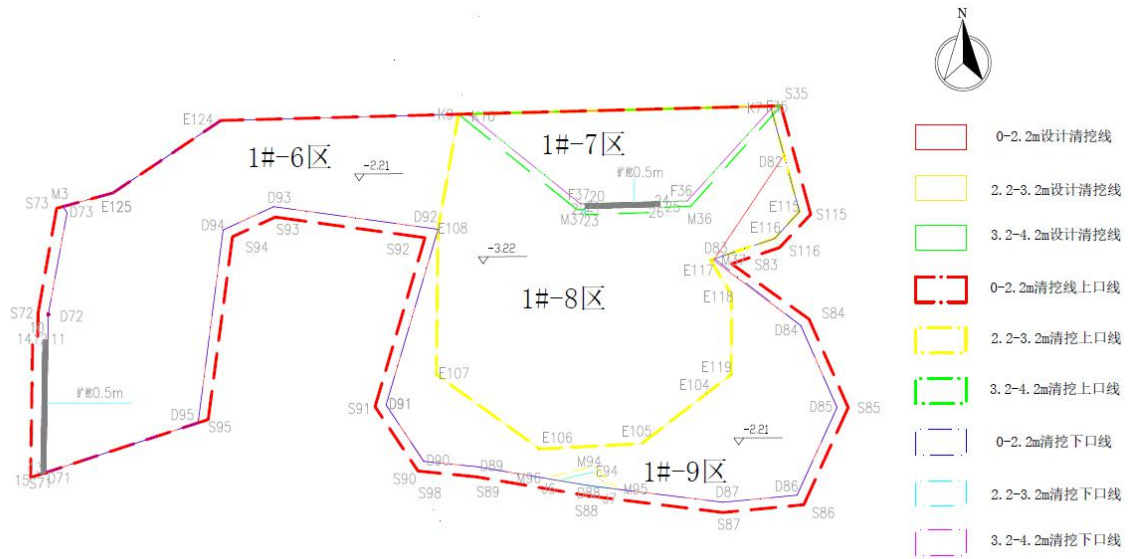


图 4.4-4 1#基坑（1#-6 区、1#-7 区）二次清挖后拐点对比

表 4.4-6 1#基坑（1#-6、1#-7 区）开挖后坑顶及坑底拐点坐标

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
0-2.2m	S73	36717.9657	24293.2550	D95	36731.9114	24272.1121
	S72	36716.1421	24282.9667	D71	36716.9100	24267.2100
	10	36716.1025	24280.2823	13	36716.4121	24267.0494
	14	36715.6024	24280.2823	12	36716.6026	24280.2829
	15	36715.4029	24266.7387	11	36717.1026	24280.2836
	S71	36715.9051	24266.8837	D72	36717.1400	24282.8200
	S95	36732.9022	24272.4358	D73	36718.9900	24292.7900
	S94	36735.2985	24290.4513	M3	36718.6097	24293.431
	S93	36739.5222	24292.3896	E125	36723.5100	24294.7700
	S92	36754.2713	24290.3581	E124	36734.15	24301.91
	S91	36749.3483	24273.7044	K9	36757.5774	24302.5249
	S90	36753.5803	24267.3621	K10	36758.5805	24302.5513
	S89	36759.3067	24266.7883	K7	36788.3415	24303.3324
	S88	36770.4252	24264.9103	E115	36791.18	24292.93
	S87	36783.6362	24263.2741	E116	36788.73	24290.27
	S86	36791.6097	24264.0397	M37	36782.8254	24288.2923

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
	S85	36795.9865	24273.6133	D84	36791.32	24281.69
	S84	36792.1292	24282.3327	D85	36794.8900	24273.6200
	S83	36784.4842	24287.7934	D86	36790.9400	24264.9800
	S116	36789.2173	24289.3786	D87	36783.6500	24264.2800
	S115	36792.2904	24292.6595	D88	36770.5700	24265.9000
	S35	36785.1656	224303.359 2	D89	36759.4400	24267.7800
	F35	36788.63	24303.34	D90	36754.1500	24268.3100
	K7	36788.3415	24303.3324	D91	36750.4400	24273.8700
	K10	36758.5805	24302.5513	D92	36755.5600	24291.1900
	E124	36734.15	24301.91	D93	36739.3700	24293.4200
	E125	36723.5100	24294.7700	D94	36734.3800	24291.1300
2.2-3.2m	E118	36784.49	24284.78	E118	36784.49	24284.78
	E119	36784.46	24276.87	E119	36784.46	24276.87
	E104	36782.05	24275.01	E104	36782.05	24275.01
	E105	36775.63	24270.06	E105	36775.63	24270.06
	E106	36765.58	24269.53	E106	36765.58	24269.53
	E107	36755.39	24276.89	E107	36755.39	24276.89
	E108	36755.23	24291.19	E108	36755.23	24291.19
	K9	36757.5774	24302.5249	K9	36757.5774	24302.5249
	K7	36788.3415	24303.3324	K7	36788.3415	24303.3324
	E115	36791.18	24292.93	E115	36791.18	24292.93
	E116	36788.73	24290.27	E116	36788.73	24290.27
	E117	36782.4	24288.15	E117	36782.4	24288.15
	M94	36770.9688	24267.8198	E94	36770.8200	24267.2700
	M96	36766.0586	24266.6620	J7	36772.5182	24265.6587
D88	36770.5700	24265.9000	D88	36770.5700	24265.9000	
M95	36773.2666	24265.5660	J6	36767.3994	24266.4356	

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
3.2-4.2m	K9	36757.5774	24302.5249	K10	36758.5805	24302.5513
	M37	36769.2646	24293.1223	F35	36788.63	24303.34
	22	36770.0594	24293.1448	20	36770.0492	24293.7223
	23	36770.0594	24292.6446	21	36770.0594	24293.2224
	26	36777.4398	24292.8577	25	36777.4419	24293.3579
	25	36777.4419	24293.3579	24	36777.4382	24293.9112
	M36	36780.4465	24293.4381	F36	36780.13	24293.98
	S35	24303.3592	36789.3616	F37	36769.57	24293.71

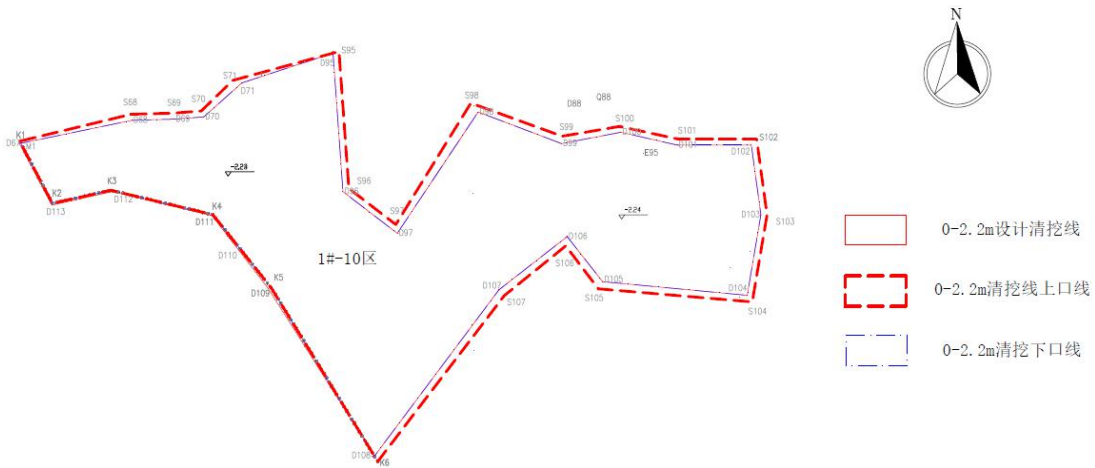


图 4.4-5 1#基坑（1#-10）开挖前后拐点对比

表 4.4-7 1#基坑（1#-10 区）开挖后坑顶及坑底拐点坐标

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
0-2.2m	K1	36680.3500	24258.2292	M1	36680.5327	24257.2761
	S68	36698.7042	24262.0572	D68	36698.8200	24261.0600
	S69	36705.7383	24262.2490	D69	36705.7900	24261.2500
	S70	36710.2269	24262.5914	D70	36710.6400	24261.6200
	S71	36715.4160	24267.6249	D71	36716.9100	24267.2100

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
	S95	36732.8948	24272.3796	D95	36731.9114	24272.1121
	S96	36734.5152	24249.8498	D96	36733.5500	24249.3300
	S97	36742.2509	24243.9139	D97	36742.4900	24242.4700
	S98	36754.5952	24263.8956	D98	36755.8000	24262.4300
	S99	36769.6297	24258.4433	D99	36769.5300	24257.2300
	S100	36779.0735	24260.0562	D100	36779.3000	24259.1000
	S101	36788.6730	24257.9800	D101	36788.5600	24256.9800
	S102	36801.6323	24257.9800	D102	36800.7600	24256.9800
	S103	36803.3416	24245.5038	D103	36802.3300	24245.5200
	S104	36800.9104	24231.1870	D104	36800.0800	24232.2700
	S105	36775.5830	24233.3388	D105	36776.2800	24234.5200
	S106	36770.2095	24240.4002	D106	36770.4400	24241.9300
	S107	36760.0803	24232.2039	D107	36759.21	24233.17
	K6	36739.2760	24204.9346	D108	36738.7200	24205.8100
	K5	36721.7802	24233.4526	K5	36721.7802	24233.4526
	K4	36712.1411	24245.5421	K4	36712.1411	24245.5421
	K3	36695.3599	24249.5481	K3	36695.3599	24249.5481
	K2	36685.7236	24247.3917	K2	36685.7236	24247.3917

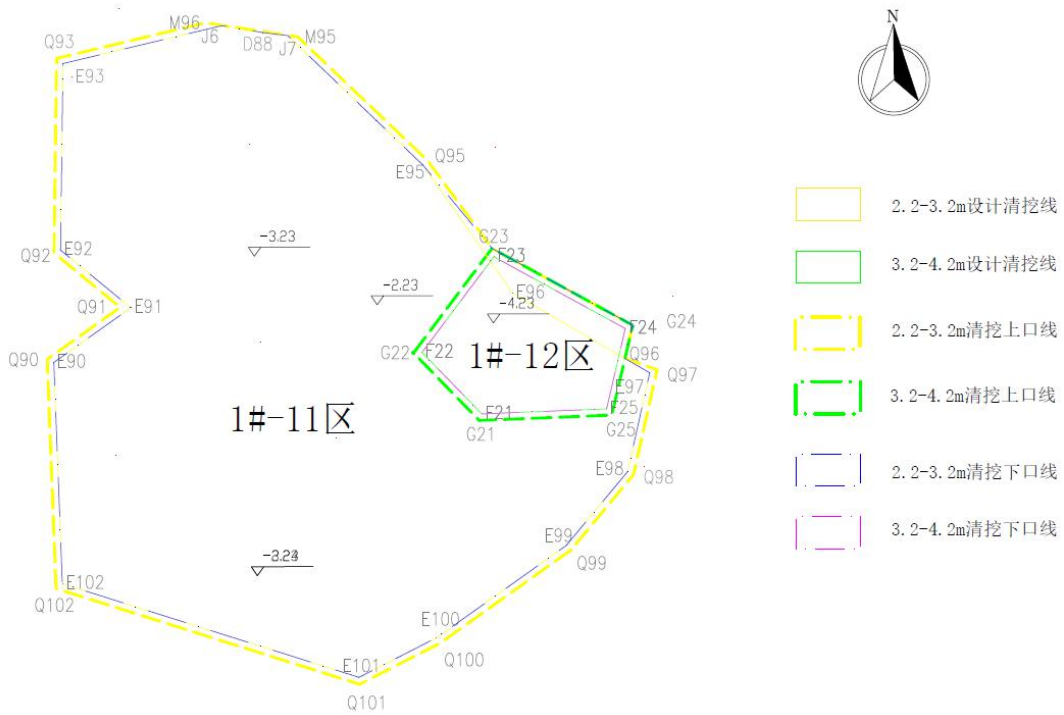


图 4.4-6 1#基坑（1#-11 区、1#-12 区）开挖前后拐点对比

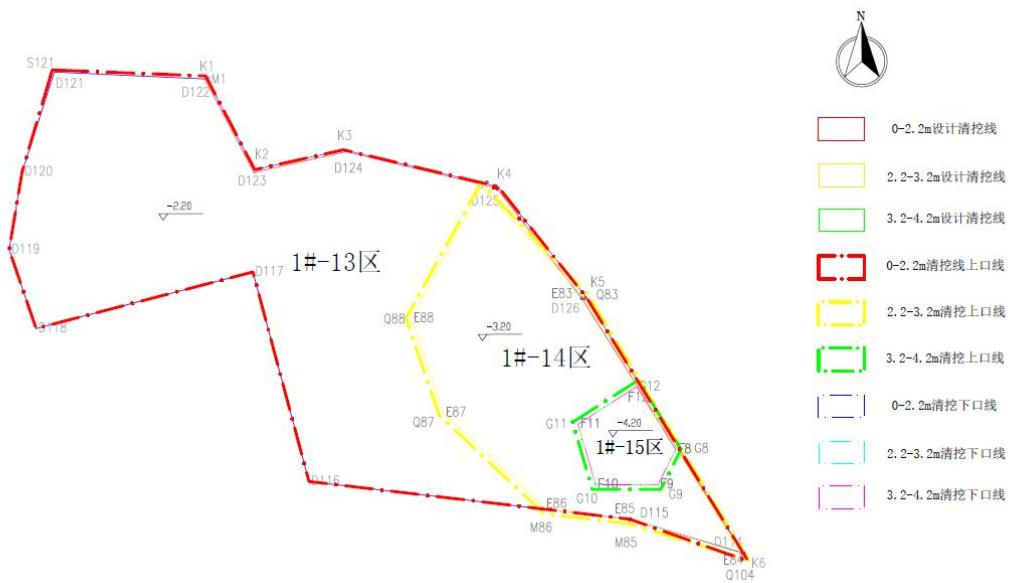


图 4.4-7 1#基坑（1#-13 区~1#-15 区）开挖前后拐点对比

表 4.4-8 1#基坑（1#-13 区~1#-15 区）开挖后坑顶及坑底拐点坐标

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
0-2.2m	K6	36739.2760	24204.9346	D114	36738.72	24205.81
	D115	36726.44	24209.49	D115	36726.44	24209.49
	D116	36691.61	24213.58	D116	36691.61	24213.58
	D117	36685.52	24236.3	D117	36685.52	24236.3
	D118	36662	24230.17	D118	36662	24230.17
	D119	36659.07	24238.71	D119	36659.07	24238.71
	D120	36660.47	24247.15	D120	36660.47	24247.15
	S121	36663.7437	24258.2079	D121	36663.97	24257.98
	K1	36680.3876	24257.5522	D122	36680.31	24257.23
	K2	36685.7236	24247.3917	M1	36680.5629	24257.2185
	K3	36695.3599	24249.5481	K2	36685.7236	24247.3917
	K4	36712.1411	24245.5421	K3	36695.3599	24249.5481
	K5	36721.7802	24233.4526	K4	36712.1411	24245.5421
	/	/	/	K5	36721.7802	24233.4526
2.2-3.2m	Q92	36754.3969	24248.8263	E91	36760.3400	24244.5900
	Q93	36754.5952	24263.8956	E92	36754.9000	24249.0600
	M96	36766.1052	24266.6542	E93	36755.0900	24263.5000
	M95	36773.2666	24265.5660	J6	36767.3994	24266.4356
	Q95	36783.3211	24255.9873	D88	36772.4997	24265.6610
	Q96	36788.3098	24249.1863	J7	36772.5182	24265.6587
	Q110	36799.2032	24243.2366	E95	36782.9400	24255.6600
	Q97	36801.0878	24239.7980	Q96	36788.3098	24249.1863
	Q98	36799.2717	24231.6733	Q110	36799.2032	24243.2366
	Q99	36794.4030	24225.8104	E97	36800.5200	24239.5500
	Q100	36784.2699	24218.6013	E98	36798.8100	24231.9000
Q101	36778.0548	24215.4316	E99	36794.0600	24226.1800	

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
	Q102	36754.5539	24222.8491	E100	36784.0100	24219.0300
	Q90	36753.8700	24240.6008	E101	36778.0100	24215.9700
	Q91	36759.5176	24244.6186	E102	36755.0400	24223.2200
	Q92	36754.3969	24248.8263	E90	36754.3800	24240.3500
	M102	36714.8218	24212.2441	E87	36706.1700	24221.0400
	M103	36714.4798	24211.8793	M101	36715.1637	24212.6089
	Q86	36716.9087	24209.6024	M102	36714.8218	24212.2441
	B85	36726.2334	24208.5074	M103	36717.1305	24210.0798
	B86	36729.8376	24207.4046	Q85	36726.3364	24208.9987
	B87	36729.9839	24207.8827	M87	36729.9819	24207.8761
	Q104	36739.3708	24205.0108	M88	36730.1290	24208.3540
	Q83	36721.9512	24233.7325	E84	36738.3900	24205.8100
	Q89	36710.2476	24246.3283	E83	36721.5500	24233.4300
	Q88	36702.1260	24231.2950	E89	36710.3900	24245.5400
	Q87	36705.7373	24220.7603	E88	36702.6700	24231.2500
3.2-4.2m	G21	36787.3172	24235.8614	F21	36787.5200	24236.3700
	G22	36782.2334	24241.0880	F22	36797.1800	24236.7600
	G23	36788.3098	24249.1863	F23	36798.6300	24242.9800
	G24	36799.2032	24243.2366	F24	36788.4500	24248.5400
	G25	36797.5805	24236.2758	F25	36782.8900	24241.1300
	G10	36722.3448	24212.7300	F8	36731.4100	24217.0400
	G11	36720.2253	24220.0095	F9	36729.4900	24213.2300
	G12	36727.3272	24224.5542	F10	36722.7200	24213.2300
	G8	36731.9828	24217.0656	F11	36720.8100	24219.7900
	G9	36729.7979	24212.7300	F12	36727.1700	24223.8600

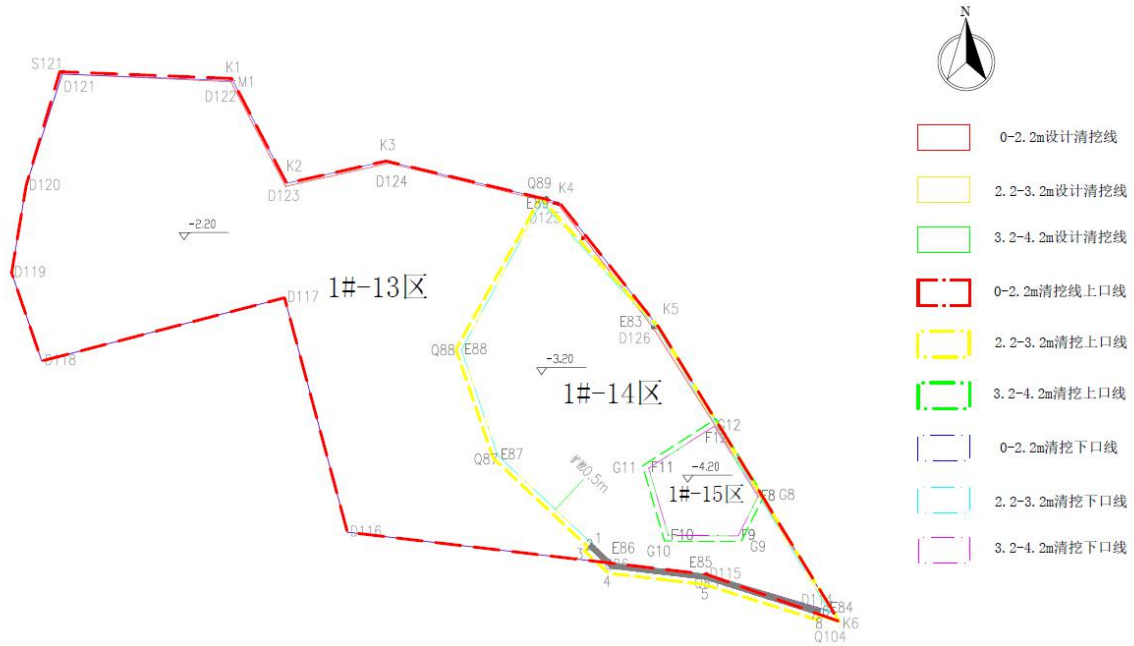


图 4.4-8 1#基坑（1#-14 区）二次清挖后拐点对比

表 4.4-9 1#基坑（1#-14 区）二次清挖后坑顶及坑底拐点坐标

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
0-2.2m	K6	36739.2760	24204.9346	D114	36738.72	24205.81
	D115	36726.44	24209.49	D115	36726.44	24209.49
	D116	36691.61	24213.58	D116	36691.61	24213.58
	D117	36685.52	24236.3	D117	36685.52	24236.3
	D118	36662	24230.17	D118	36662	24230.17
	D119	36659.07	24238.71	D119	36659.07	24238.71
	D120	36660.47	24247.15	D120	36660.47	24247.15
	S121	36663.7437	24258.2079	D121	36663.97	24257.98
	K1	36680.3876	24257.5522	D122	36680.31	24257.23
	K2	36685.7236	24247.3917	M1	36680.4963	24257.3453
	K3	36695.3599	24249.5481	K2	36685.7236	24247.3917
	K4	36712.1411	24245.5421	K3	36695.3599	24249.5481
	K5	36721.7802	24233.4526	K4	36712.1411	24245.5421
	/	/	/	K5	36721.7802	24233.4526

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
2.2-3.2m	Q92	36754.3969	24248.8263	E91	36760.3400	24244.5900
	Q93	36754.5952	24263.8956	E92	36754.9000	24249.0600
	M96	36766.1052	24266.6542	E93	36755.0900	24263.5000
	M95	36773.2666	24265.5660	J6	36767.3994	24266.4356
	Q95	36783.3211	24255.9873	D88	36772.4997	24265.6610
	G23	36788.3098	24249.1863	J7	36772.5182	24265.6587
	G24	36799.2032	24243.2366	E95	36782.9400	24255.6600
	Q96	36798.6038	24240.6654	G23	36788.3098	24249.1863
	Q97	36801.0878	24239.7980	G24	36799.2032	24243.2366
	Q98	36799.2717	24231.6733	Q96	36798.6038	24240.6654
	Q99	36794.4030	24225.8104	E97	36800.5200	24239.5500
	Q100	36784.2699	24218.6013	E98	36798.8100	24231.9000
	Q101	36778.0548	24215.4316	E99	36794.0600	24226.1800
	Q102	36754.5539	24222.8491	E100	36784.0100	24219.0300
	Q90	36753.8700	24240.6008	E101	36778.0100	24215.9700
	Q91	36759.5176	24244.6186	E102	36755.0400	24223.2200
	Q92	36754.3969	24248.8263	E90	36754.3800	24240.3500
	Q87	36705.7373	24220.7603	E87	36706.1700	24221.0400
	2	36714.9419	24212.1315	1	36715.2617	24212.5170
	3	36714.5999	24211.7667	2	36714.9419	24212.1315
	4	36716.9087	24209.6024	Q86	36717.1305	24210.0798
	5	36726.1866	24208.5217	Q85	36726.3364	24208.9987
	8	36737.1581	24205.0757	7	36737.3080	24205.5527
	7	36737.3080	24205.5527	6	36737.4771	24206.0911
	K6	36739.2760	24204.9346	E84	36738.3900	24205.8100
	K5	36721.7802	24233.4526	E83	36721.5500	24233.4300
	Q89	36710.3196	24245.9769	E89	36710.3900	24245.5400
	Q88	36702.1260	24231.2950	E88	36702.67	24231.25

清挖深度	基坑顶面开挖线			基坑底面开挖线		
	点位	Y	X	点位	Y	X
3.2-4.2m	G21	36787.3172	24235.8614	F21	36787.5200	24236.3700
	G22	36782.2334	24241.0880	F22	36797.1800	24236.7600
	G23	36788.3098	24249.1863	F23	36798.6300	24242.9800
	G24	36799.2032	24243.2366	F24	36788.4500	24248.5400
	G25	36797.5805	24236.2758	F25	36782.8900	24241.1300
	G10	36722.3448	24212.7300	F8	36731.4100	24217.0400
	G11	36720.2253	24220.0095	F9	36729.4900	24213.2300
	G12	36727.3272	24224.5542	F10	36722.7200	24213.2300
	G8	36731.9828	24217.0656	F11	36720.8100	24219.7900
	G9	36729.7979	24212.7300	F12	36727.1700	24223.8600

4.4.1.3 修复工程量审核结果

通过核实环境修复单位和监理提供的文件，本阶段广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑场地修复项目基坑清挖工作从 2020 年 9 月 10 日开始，于 2022 年 3 月 8 日清挖完毕（含二次清挖）。

1#基坑含 1#-1 区~1#-15 区，共 15 个区实际开挖污染土壤总土方量为 31090m³（实方，含放坡土方量 1823.6m³、二次清挖 31m³），筛上物为 1147m³。其中 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）实方为 26998m³（含放坡土方量 1756m³、二次清挖 31m³）有机污染土经过热脱附修复后为 34058.83m³（虚方，包括二次清挖修复后土壤 38m³）；1#基坑（1#-1 区~1#-15 区）冲洗后筛上物虚方为 1823.6m³；1#基坑（1#-13 区、1#-15 区）分别为复合污染土、重金属污染土经过热脱附和固化稳定后外运处置，不在本阶段验收范围内。1#基坑合计污染土超挖 2028.6m³（实方，包括二次清挖土壤以及放坡土）。

表 4.4-10 清挖方量统计表

基坑		修复实施方案 开挖方量 (m ³)	实际开挖方 量 (m ³)	超挖方量 (m ³)	备注
1#基 坑	1#基坑 (1#-区~1#-15 区)	30208.4	32080	1871.6	和实施方案相比, 开 挖方量略大, 主要是 开挖过程中放坡土 以及部分区域二次 清挖土
	1#基坑 (1#-6 区、1#-7 区、1#-14 区) (二次清 挖, 含筛上物)	/	31	31	
合计		30208.4	32237	2028.6	超挖污染土 2028.6m ³

4.4.1.4 修复完成后土壤的数量和去向审核结果

通过核实施工方和监理提供的文件, 1#基坑 (1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区) 实际修复土方量约为 26998m³ (实方, 含放坡土方量 1756m³、二次清挖 31m³), 修复完成后实际评估的污染土方量约为 34058.83m³ (虚方, 包括二次清挖修复后土壤 38m³, 经筛分拌药及归堆等工序后土方量有所增大)。

表 4.4-11 污染土壤统计

修复种类	开挖污染土方量m ³	修复后土方量m ³	堆放位置	土壤修复技术
1#基坑 (1#-1 区~1#-5 区) 清挖污染土	10774	13784.83	橡胶一厂	热脱附+场内回 填
1#基坑 (1#-6 区~1#-9 区) 第一批清挖污染土	4350	5437		
1#基坑 (1#-6~1#-9 区) 第 一批二次修复	/	500		
1#基坑 (1#-6~1#-9 区) 第 二批清挖污染土	2803	3506		
1#基坑(1#-10 区)清挖污染土	6738	8423		
1#基坑 (1#-6~1#-7 区) 二 次清挖污染土	19	23		
1#基坑 (1#-11 区、1#/12 区、 1#-14 区) 清挖污染土	2302	2870		
1#基坑 (1#-11 区、1#/12 区、 1#-14 区) 二次修复	/	2870		
1#基坑 (1#-14 区) 二次清挖 污染土	12	15		
合计	26998	34058.83	/	/

备注: ①1#-6~1#-9 区第一批二次修复土壤、1#-6~1#-9 区第二批清挖修复后土壤、1#-10 区清挖修复后土壤及 1#-6~1#-7 区二次清挖修复后土壤分成 2 个土堆堆存; ②1#-6~1#-9 区第一批二次修复土壤 500m³ 及 1#-11 区、1#/12 区、1#-14 区二次修复土壤 2876 m³ 不计算在总的方量里面; ③1#-11 区、1#/12 区、1#-14 区二次修复土壤及 1#-14 区二次清挖修复后土壤推成一个堆。

4.4.1.5 修复工艺及修复过程污染防治落实情况

通过核实环境修复单位和监理提供的文件，项目施工过程中与备案中修复工艺及修复过程污染防治落实情况如表 4.4-5。

表 4.4-12 修复工艺及修复过程污染防治落实情况对比

内容	实施方案情况	实际执行情况	是否一致
修复技术、工艺	有机污染土壤：热脱附+场内回填	有机污染土壤：热脱附+场内回填	一致
水防治措施	<p>1、及时将基坑内积水抽取至污水处理设备中处理；</p> <p>2、采取严格的措施收集基坑污水和污染的雨水，防止由于废水的排放和渗流造成地表水的污染；</p> <p>3、现场收集的废水经现场污水处理设备处理达标后现场回用或纳管排放；</p> <p>4、对施工过程中产生的生产生活废水，争取做到减量化。</p>	<p>1、基坑水处理：污染土壤开挖过程中产生的基坑降水和排水是修复过程中重点关注对象，基坑清挖完成后立即用苫布对基坑进行覆盖，基坑内涌水在基坑检测合格前均定期收集进入水处理设备处理合格后纳管排放。</p> <p>2、化学品管理防护措施：对现场化学品存放严格管理，场地进行防渗漏处理，在化学品的储存和使用中防止跑、冒、滴、漏污染水体。</p> <p>3、其他防护措施：</p> <p>（1）严禁废水乱排、乱流；</p> <p>（2）生活污水进入城市市政管网处禁止堆放建筑材料和建筑垃圾，并清理污泥，防止阻塞排水管道；</p> <p>（3）制定应急预案，明确废水处理不达标时应对措施；</p> <p>（4）运输土方车辆出场冲洗干净，待水沥干后方可上路，防止滴水造成二次污染；</p> <p>4、加强过程监控和排放点水质检测，明确环保责任人，确保各防治措施的有效实施。</p>	一致

内容	实施方案情况	实际执行情况	是否一致
<p>大气防治措施</p>	<p>1、清挖过程防尘措施 进行污染渣土的开挖、运输等施工过程中，辅以洒水降尘，尽量缩短起尘操作时间。遇到四级或四级以上大风天气，应停止清挖作业，同时作业处覆以防尘网。晴朗天气时，视情况每周洒水二至七次，扬尘严重时应加大洒水频率。</p> <p>2、运输道路防尘措施 土壤转运期间，处理场内及工地出口的车行道路，采取下列措施，并保持路面清洁，防止机动车扬尘： （1）铺设钢板、水泥混凝土； （2）铺设细石或其它功能相当的材料等，并辅以洒水等措施。 （3）在出入口安排人员专门负责运输道路的清扫工作，达到活完场清，以免车辆出入带泥，引起扬尘污染。</p> <p>3、运输车辆防尘措施 将旧厂区污染土壤运往铬渣堆场处理场的车辆尽可能采用密闭车斗，并保证物料不遗撒外漏。应按照批准的路线和时间进行物料的运输。车辆及挖掘机在经过干燥地表时，控制车速；渣土装卸过程中，尽量减缓车速、减低落差。</p>	<p>1、修复车间的尾气排放 场地内污染土壤清挖后直接运入修复处置车间进行修复处置。在污染土壤运入修复车间内的暂存、预处理、与药剂混合过程会产生粉尘，由于土壤中发酵臭味和刺激性异味的解吸和挥发作用，修复车间空间内产生大量含有污染物的废气。因此，通风置换出的废气不可直接排放入大气，需进行处理达标后再排放。车间内通过强制通风抽出的污染气体，在引风机负压作用下进入尾气处理系统进行处理。</p> <p>2、施工机械尾气排放 在污染土壤的清挖、运输和修复过程中，都要大量使用工程机械设备，会排放大量的污染气体，因此，为防止施工机械产生尾气污染大气环境，所有施工机械的尾气排放均应满足国家第三阶段排放标准（即《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV、V 阶段）》（GB17691-2005）中的第三阶段排放控制要求）要求，并尽量减少使用时间和使用强度。</p>	<p>基本一致</p>

内容	实施方案情况	实际执行情况	是否一致
噪声防治措施	<p>施工现场遵守《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-2011)规定的降噪限值,限制作业时间,夜间不施工,定期监测。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、运输车辆应禁止鸣号,尤其是在晚间。 2、采用低噪声的施工工具,如以液压工具代替气压工具,同时采用施工噪声低的施工方法; 3、施工机械放置于对周围敏感点造成影响最小的地点; 4、在高噪声设备周围设置掩蔽物; 5、在清挖过程中,挖掘机施工噪音较大,为减少夜间噪音,合理安排作业时间,减少夜间施工; 6、动力、机械设备的使用过程中,加强日常管理及维修保养工作,避免异常噪音的产生。用噪声仪进行现场噪声即时监测,尤其是挖掘机周边,严格限制噪声的产生,使噪声污染限制在最小程度; 7、行驶的机动车辆,必须保持技术性能良好,部件紧固,无刹车尖叫声;必须安装完整有效的排气消声器。行车噪声要符合国家规定的机动车允许噪声标准; 8、注重设备选型,优先选用低噪声设备; 9、根据各种机械的源强和衰减预测情况,对固定噪声源选择合适的地点进行安放,对一些噪声大的设备,应注意尽可能的远离施工场地附近零散居民点等敏感目标,并采取适当的隔声措施。 	一致
固体废物防治措施	<ol style="list-style-type: none"> 1、现场所有使用的物料和临时转运的土壤,需要明确分区,做好覆盖和清理工作。 2、根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第十六条和第十七条的规定,必须对这些固废进行妥善收集、合理处理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、放置废弃物的容器要有特别的标识,以防止该废弃物的泄漏、蒸发和防止该废弃物和其他废弃物相混淆; 2、本工程施工期间对生活垃圾进行专门收集,定期将之送往环卫部门,严禁乱堆乱扔,防止产生二次污染; 3、施工剩余的废弃材料统一回收作废旧物资处理,不得焚烧、掩埋,不得与土渣等建筑垃圾混在一起丢弃。 	一致, 1#基坑施工过程中进行 1 次危废的转移,实际实施过程中共 14.47 吨活性炭全部交于有资质的单位(珠海市斗门区永兴盛环保工业废弃物回收综合处理有限公司)进行进一步处置处理,危险废物转移联单见图 4.4-16。

危险废物转移联单

编号：4401492021323524

第一部分：废物产生单位填写			
产生单位	北京高能时代环境技术股份有限公司（广州锌片厂地块（不含安置房）场地环境污染治理与修复项目）		电话 62400000
通讯地址	广东省广州市海珠区沙园街道广州市海珠区沙渡路7号		
运输单位	珠海市粤隆运输有限公司	电话	07568512788
通讯地址	广东省珠海市香洲区梅华街道办梅华路2332号众大利5楼A区		
接收单位	珠海市斗门区永兴盛环保工业废弃物回收综合处理有限公司		电话 0756-5707777
通讯地址	广东省珠海市富山工业园区广东省珠海市斗门区富山工业园富山二路3号		
废物名称	废活性炭	废物类别	HW49 废物代码 900-039-49
废物特性	毒性	形态	固态 计划数量 5吨
外运目的	处置	包装方式	袋装 容器数量
主要危险成分	有机及重金属 禁忌与应急措施		
发运人	王迎冬	运达地	珠海市斗门区富山工业园富山二路3号（北纬 22° 6' 58.96"， 东经 113° 17' 17.74"）
计划转移时间	2021年06月19日		
备 注			
第二部分：废物运输单位填写			
第一承运人	郭秉杰	运输日期	2021年06月19日
车(船)型	重型厢式货车 牌号 粤AFS299	道路运输证号	粤交运管许可珠字440400020610号
运输起点	北京高能时代环境技术股份有限公司（广州锌片厂地块（不含安置房）场地环境污染治理与修复项目）		
运输终点	珠海市斗门区永兴盛环保工业废弃物回收综合处理有限公司		
第二承运人		运输日期	
车(船)型	牌号	道路运输证号	
运输起点	经由地	运输终点	运输人签字
第三部分：废物接收单位填写			
经营许可证号	440403191230	接收人	蒋联武 接受日期 2021年06月20日
废物处置方式	D10-焚烧	确认废物数量	4.82吨
备 注			
说明			
该联单由广东省固体废物环境监管信息平台生成。			
联单流程首次完结时间：2021年07月01日，更新时间：2021年07月01日。			
联单性质：非补录；有效；常规转移			

危险废物转移联单

省平台联单编号：440120222129015

国家统一联单编号：20224401023828

第一部分 危险废物移出信息（由移出人填写）									
单位名称：北京高能时代环境技术股份有限公司（广州锌片厂地块（不含安置房）场地环境污染治理与修复项目）									
单位地址：广东省广州市海珠区沙园街道广州市海珠区沙渡路7号									
经办人：王迎冬				应急联系电话：15911083448					
联系电话：15911083448				交付时间：					
序号	废物名称	废物代码	危险特性	形态	有害成分名称	包装方式	包装数量	移出量	
1	废活性炭	900-039-49	毒性	固态	有机及重金属	袋装	10	9.8(吨)	
第二部分 危险废物运输信息（由承运人填写）									
单位名称：珠海市粤隆运输有限公司					营运证件号：粤交运管许可珠字440400020610号				
单位地址：广东省珠海市香洲区梅华街道办					联系电话：13926930626				
驾驶员：戚展鹏					联系电话：13924012302				
运输工具：重型厢式货车					牌号：粤AQ772				
运输起点：北京高能时代环境技术股份有限公司（广州锌片厂地块（不含安置房）场地环境污染治理与修复项目）					实际起运时间：2022年04月01日00时08分				
经由地：0									
运输终点：珠海市斗门区永兴盛环保工业废弃物回收综合处理有限公司					实际到达时间：2022年04月01日21时37分				
第三部分 危险废物接受信息（由接受人填写）									
单位名称：珠海市斗门区永兴盛环保工业废弃物回收综合处理有限公司					危险废物经营许可证编号：440403191230				
单位地址：广东省珠海市富山工业园区广东省珠海市斗门区富山工业园富山二路3号									
经办人：蒋联武		联系电话：15976997203			接受时间：2022年04月01日21时40分				
序号	废物名称	废物代码	是否存在重大差异	接受人处理意见	拟利用处置方式	接受量			
1	废活性炭	900-039-49		接受	D10-焚烧	9.62(吨)			
说明									
该联单由广东省固体废物环境监管信息平台生成。									
联单流程首次完结时间：，更新时间：2022年04月02日									
联单性质：正常联单									

图 4.4-8 废弃活性炭危险废物转移联单

4.4.1.6 修复施工过程变更情况与说明

表 4.4-6 修复施工过程变更情况与说明

序号	原修复实施方案编号	变更情况	变更原因	手续办理情况
1	D6 基坑	D6 基坑对应 1#基坑（1#-1 区、1#-3 区、1#-6 区、1#-9 区、1#-10 区）	本项目因涉及分阶段验收，由于场地调查报告中未对各个基坑进行明确编号，原有编号不便于使用，为便于验收报告及施工总结报告编制，将北区有机区域污染区域东侧基坑命名为 1#基坑。调整前后对比图见图 4.4-9~图 4.4-10。	已向环境监理单位与土地使用权人汇报情况并完成工程联系单
2	E7 基坑	E7 基坑对应 1#基坑（1#-14 区）		
3	E8 基坑	E8 基坑对应 1#基坑（1#-11 区）		
4	E9 基坑	E9 基坑对应 1#基坑（1#-5 区、1#-8 区）		
5	E10 基坑	E10 基坑对应 1#基坑（1#-2 区）		
6	F4 基坑	F4 基坑对应 1#基坑（1#-12 区）		
7	F5 基坑	F5 基坑对应 1#基坑（1#-4 区、1#-7 区）		
8	D1 基坑	D1 基坑对应 1#基坑（1#-13 区）		
9	F2 基坑	F2 基坑对应 1#基坑（1#-15 区）		
10	有机养护待检区	在 1#基坑（1#-1~1#-5 区）南侧建设有机养护待检场	因场地可利用面积较小，为便于施工和工程进度要求，在 1#基坑（1#-1~1#-5 区）南侧建设有机养护待检区，污染土壤在 3#大棚内筛分预处理，筛分后土壤外运至热脱附区进行处置，热脱附完成后外运至有机养护待检区。	报情况至环境监理单位，完成工程联系单
11	有机养护待检区	增加橡胶一厂地块暂存场	北区地块内的可利用面积极为有限，为顺利推进项目有机污染区域的修复，增加橡胶一厂地块暂存场，作为热脱附处置后的合格土壤的暂存，建设位置位于橡胶一厂地块的无污染区域。	报情况至环境监理单位、业主单位、海珠区环境分局，完成工程联系单
12	临时道路	1#基坑内新建一条临时道路	由于 1#基坑污染面积大，基坑清挖完成后，阻断了运输道路，为保障项目顺利推进，利用场地内的 1#基坑（1#-6~1#-9）第一批修复合格土壤新建一条临时道路。调整前后对比图见图 4.4-11~图 4.4-12。	报情况至环境监理单位，完成工程联系单
13	1 座开挖大棚 (30m×90m×9m)	4 座开挖大棚，2 座 30m*40m*9m、2 座 30m*40m*9m	1#基坑的清挖现场实际需要	报情况并已完成工程联系单

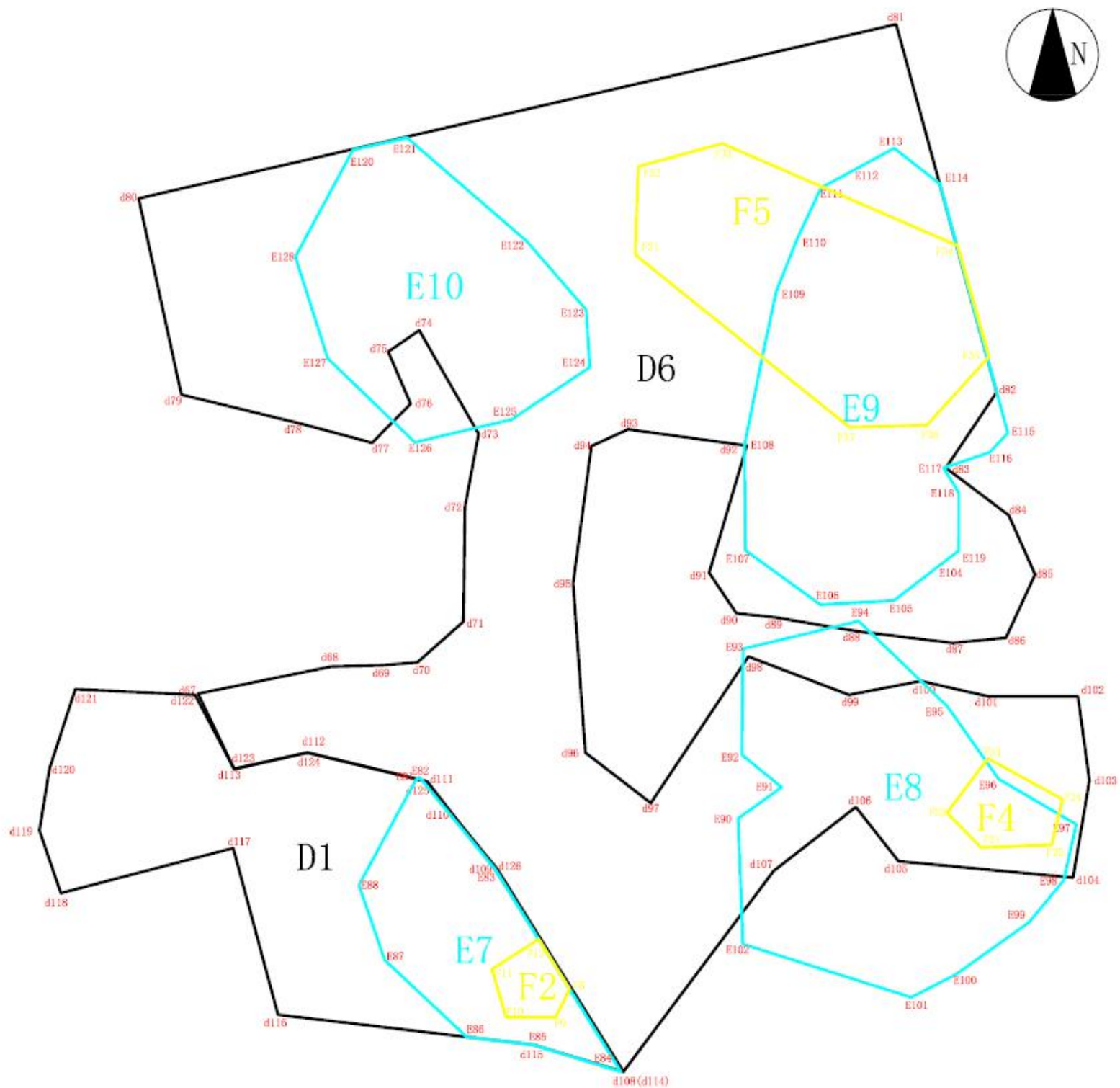


图 4.4-9 实施方案基坑编号

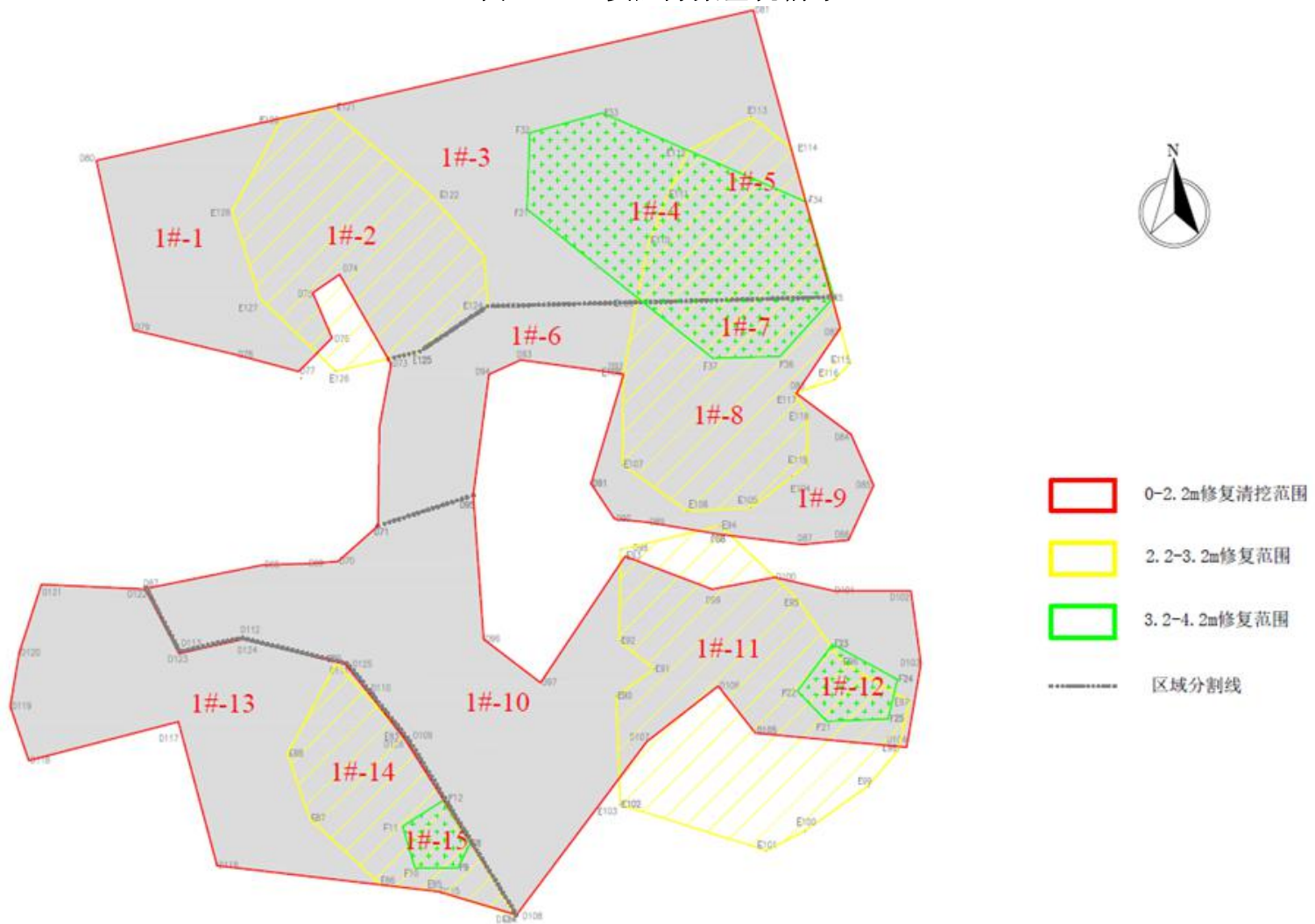


图 4.4-10 现场调整基坑编号图

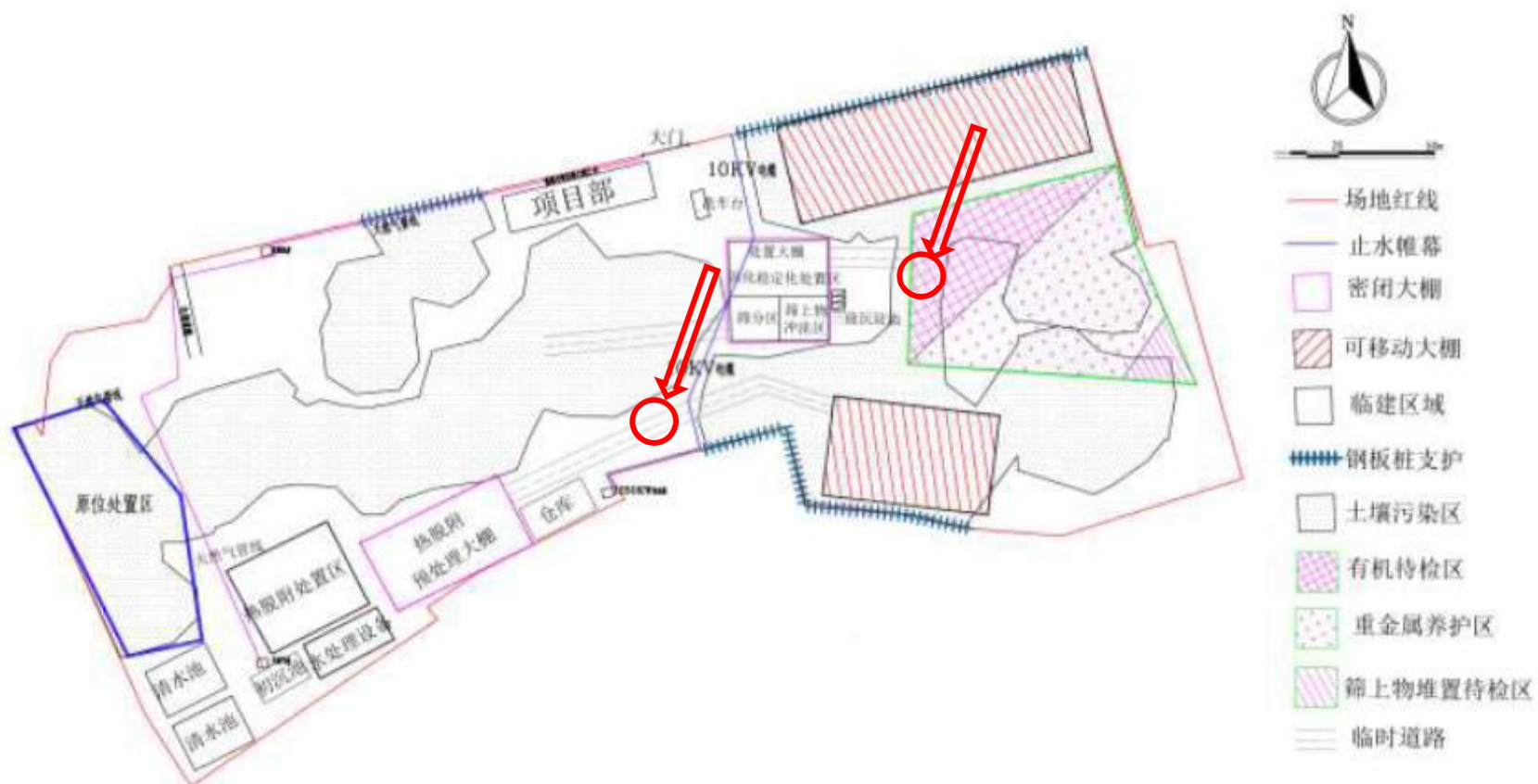


图 4.4-11 原方案平面布置图

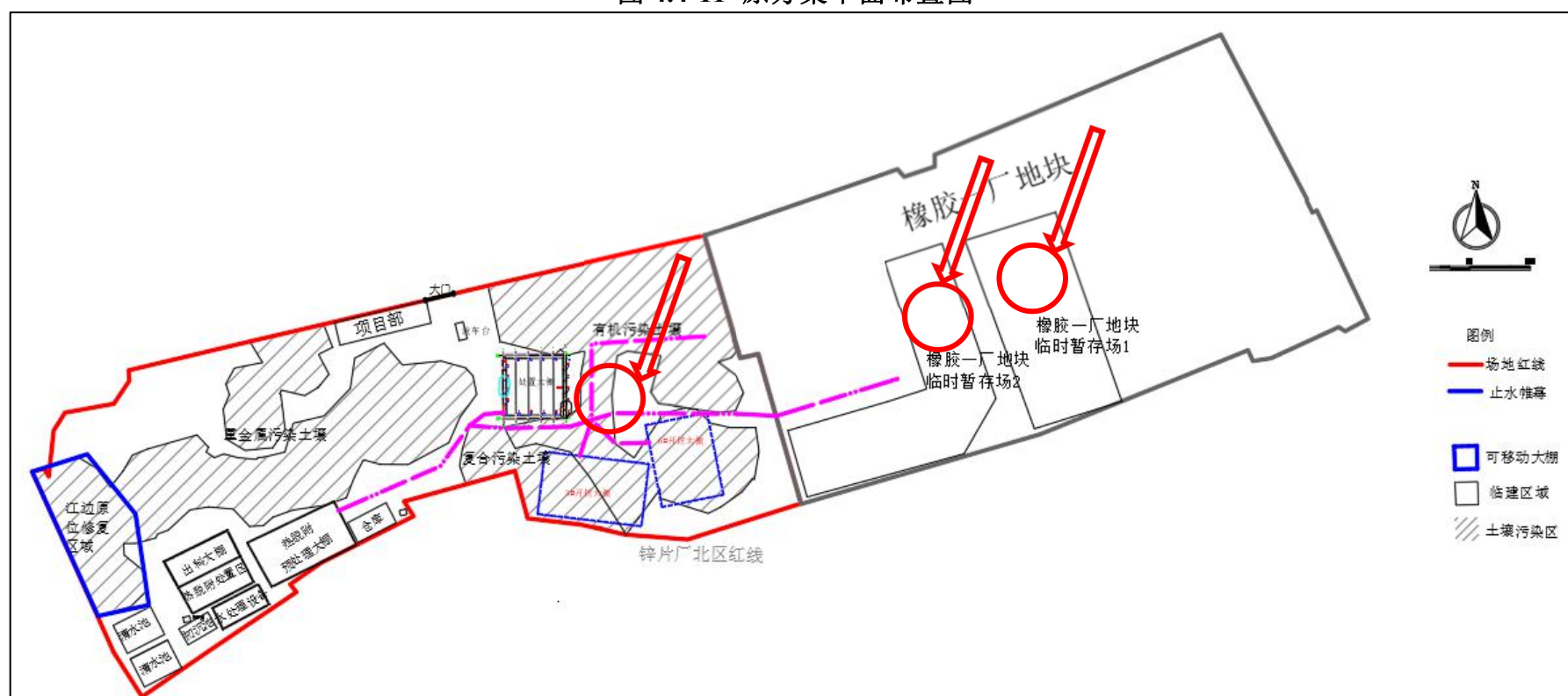


图 4.4-12 本阶段调整后平面布置图

4.4.2 修复后地块概念模型更新

根据地块调查评估报告、修复方案、修复施工进度及效果评估监测情况，并结合地块信息，进行修复后地块概念模型更新。

4.4.2.1 污染源更新分析

修复前土壤有机目标污染物石油烃（C₁₀-C₄₀）、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑。北区 1#基坑坑底及侧壁清挖完毕，清挖效果评估监测结果满足修复目标值要求；1#基坑（1#-1 区～1#-12 区、1#-14 区）热脱附技术修复后污染土壤目标污染物石油烃（C₁₀-C₄₀）、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑最大浓度分别为 155mg/kg、NDmg/kg、6.2mg/kg、2.4mg/kg、0.8mg/kg、0.5mg/kg、0.9mg/kg、0.3mg/kg、2.1mg/kg，均满足各修复目标值(石油烃（C₁₀-C₄₀）4500mg/kg、萘 70mg/kg、苯并 a 蒽 13.4mg/kg、苯并(b)荧蒽 13.5mg/kg、苯并(k)荧蒽 134.5mg/kg、苯并(a)芘 0.55mg/kg、茚并(1,2,3-cd)芘 13.5mg/kg、二苯并(a,h)蒽 0.55mg/kg、咔唑 87mg/kg)要求。

4.4.2.2 污染物空间分布

4.4.2.3 工程变更

(1) D6 基坑、E7 基坑、E8 基坑、E9 基坑、E10 基坑、F4 基坑、F5 基坑、D1 基坑、F2 基坑名称涉及到重新命名，其中 D6 基坑对应 1#基坑（1#-1 区、1#-3 区、1#-6 区、1#-9 区、1#-10 区）、E7 基坑对应 1#基坑（1#-14 区）、E8 基坑对应 1#基坑（1#-11 区）、E9 基坑对应 1#基坑（1#-5 区、1#-8 区）、E10 基坑对应 1#基坑（1#-2 区）、F4 基坑对应 1#基坑（1#-12 区）、F5 基坑对应 1#基坑（1#-4 区、1#-7 区）、D1 基坑对应 1#基坑（1#-13 区）、F2 基坑对应 1#基坑（1#-15 区）；

(2) 结合工程修复进度，本阶段 1#基坑开挖顺序为 1#基坑（1#-1 区～1#-5 区）

→1#基坑（1#-6 区～1#-9 区）→1#基坑（1#-10 区）→1#基坑（1#-11 区～1#-15 区）；

（3）在 1#基坑西侧橡胶一厂建设临时待检区，污染土壤在处置大棚内热脱附处置，养护完成后经自检检测合格后转移至场地西侧橡胶一厂建设临时待检区。

（4）清挖效果评估过程中存在监测因子超标现象，对基坑超标区域进行二次清挖，同时扩挖中产生的疑似污染土一同污染土壤进行修复。

4.4.2.4 污染源更新结果

修复效果评估结果表明，北区 1#基坑清挖后坑底及侧壁土壤目标污染物监测全部低于修复目标值，1#基坑污染土壤已经全部完成清挖；1#基坑（1#-1 区～1#-12 区、1#-14 区）热脱附修复后土壤及 1#基坑冲洗后筛上物目标污染物监测结果全部低于修复目标值，清挖出的污染土壤修复后能有效消除或降低土壤污染。

北区 1#基坑（1#-1 区～1#-12 区、1#-14 区）实际修复完成清挖污染土壤土方量相比备案修复方案的预计土方量略有增大，清理出的污染土壤修复后目标污染物均低于修复目标值。因此，修复完工后地块 1#基坑（1#-1 区～1#-12 区、1#-14 区）土壤中石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、苯并 a 蒎、苯并(b)荧蒎、苯并(k)荧蒎、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒎及呋唑污染源已基本得到有效清除。

4.4.2.5 途径更新分析

1) 本阶段修复前地块，1#基坑的土壤污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）、萘、苯并 a 蒎、苯并(b)荧蒎、苯并(k)荧蒎、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒎、呋唑、锌、铅，污染深度 0-4.2m，其暴露途径主要 3 个，详见表 4.4-12。

表 4.4-7 主要暴露途径

序号	分类	暴露途径
1	污染土壤暴露途径	经口摄入土壤
2		皮肤接触土壤
3		吸入室内土壤颗粒物

2) 地块 1#基坑区域用地拟规划为公园绿地及商业用地

修复后地块潜在暴露途径包括经口摄入表层土壤、皮肤接触表层土壤、吸入表层土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物。

4.4.2.6 受体更新分析

修复前地块敏感受体为本地块工作人员（成人）；修复后地块敏感受体为本地块生活人群（儿童与成人等）。

4.4.2.7 修复后地块健康风险分析

本阶段修复工程完工后，1#基坑土壤目标污染物满足修复目标值要求，修复达到了预定目标，1#基坑的污染源已得到有效消除。在公园绿地及商业用地方式下，阶段性清挖后基坑及修复后土壤对人体健康产生的风险可接受。

5 效果评估布点方案

5.1 修复效果评估工作程序

根据环境保护部《效果评估技术导则》及《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估文件技术要点》（穗环办〔2018〕173号）（以下简称《技术要点》），修复工程修复效果评估报告应包括风险管控与修复工程概况、环境保护措施落实情况、效果评估布点与采样、检测结果分析、效果评估结论及后期环境监管建议等内容，污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作程序见图 5.1-1。

效果评估工作主要采用资料回顾、现场勘察、人员访谈、采样监测、修复效果分析评价等相结合的方法。

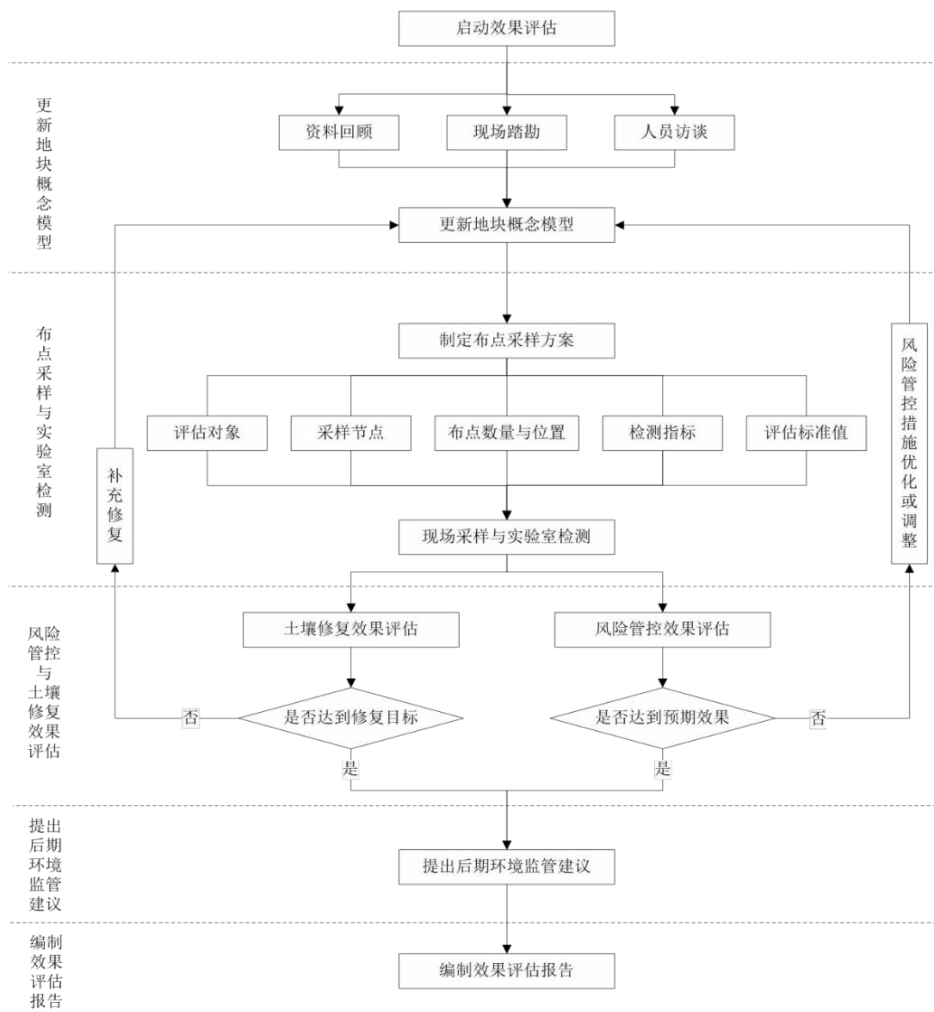


图 5.1-1 污染地块风险管控与土壤修复效果评估工作程序

5.2 评估范围与采样节点

按照《效果评估技术导则》要求，本阶段修复效果评估范围以及采样节点为：

（1）1#基坑（1#-1区~1#-15区）清挖效果评估；

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围护，则宜在基坑清理同时进行基坑侧壁采样，或于基础围护实施后在围护设施外边缘采样；

可根据工程进度对基坑进行分批次采样。

（2）1#基坑（1#-1区~1#-12区、1#-14区）污染土热脱附修复效果评估；

异位修复后的土壤应在修复完成后、再利用之前采样；

参照堆体模式进行异位修复的土壤，宜在堆体拆除之前进行采样；

异位修复后的土壤堆体，可根据修复进度进行分批次采样。

（3）1#基坑（1#-1区~1#-15区）冲洗后筛上物检测；

参照异位修复后的土壤采样方式进行。

（4）1#基坑（1#-11区）上层1.7-2.2m疑似污染土检测。

参照异位修复后的土壤采样方式进行。

5.3 布点数量与位置

5.3.1 基坑清挖效果评估布点

5.3.1.1 布点要求

基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量见表 5.3-1。

基坑底部采用系统布点法，基坑侧壁采用等距离布点法，布点位置参见图 5.2-1。

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

基坑坑底和侧壁样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0~20cm），不排除深层采样。

对于重金属和半挥发性有机物，在一个采样网格和间隔内可采集混合样，采样方法参照 HJ 25.2 执行。

表 5.3-1 基坑底部和侧壁推荐最少采样点数量

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

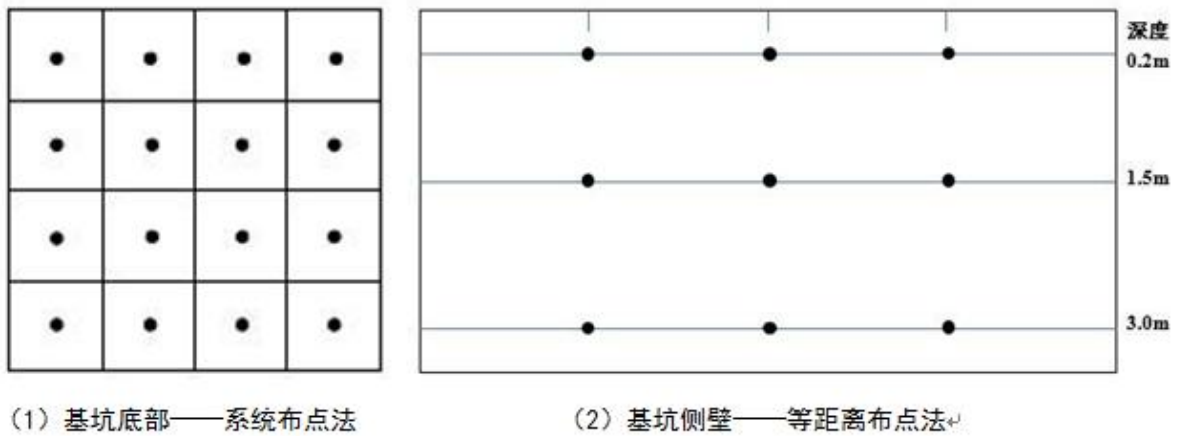


图 5.3-1 基坑底部与侧壁布点示意

5.3.1.2 采样布点

北区 1#基坑污染区超修复目标值污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、呋啶、锌、铅。1#基坑开挖深度为 0~4.2m，其中 1#基坑（1#-1 区、1#-3 区、1#-6 区、1#-9 区、1#-10 区、1#-13 区）开挖深度为 0~2.2m，1#基坑（1#-2 区、1#-5 区、1#-8 区、1#-11

区、1#-14 区）开挖深度为 2.2~3.2m，1#基坑（1#-15 区）开挖深度为 3.2~3.6m，1#基坑（1#-4 区、1#-7 区、1#-2 区）开挖深度为 3.2~4.2m。1#基坑污染区土壤总修复范围见表 5.3-2。

依据《效果评估技术导则》的要求，并结合场地原地异位修复施工范围及施工进度情况，在场地土壤清挖后的基坑坑底和侧壁进行布点采样。

（1）基坑底部土壤采样方法

将底部均分成块，单块的最大面积设置不超过为 400m^2 （ $20\text{m}\times 20\text{m}$ ），在每块中均匀分布地采集9个表层土壤样品制成一个混合样。

1#基坑（1#-1 区、1#-3 区、1#-6 区、1#-9 区、1#-10 区）成坑坑底面积为 5287m^2 ，布设 20 个采样单元；1#基坑（1#-14 区）成坑坑底面积为 552m^2 ，布设 3 个采样单元；1#基坑（1#-11 区）成坑坑底面积为 1489m^2 ，布设 4 个采样单元，每个采样单元采集一个混合样品；1#基坑（1#-5 区、1#-8 区）成坑坑底面积为 857m^2 ，布设 5 个采样单元；1#基坑（1#-2 区）坑底面积为 1070m^2 ，布设 4 个采样单元；1#基坑（1#-12 区）成坑坑底面积为 128m^2 ，布设 3 个采样单元；1#基坑（1#-4 区、1#-7 区）坑底面积为 1153m^2 ，布设 7 个采样单元；1#基坑（1#-13 区）坑底面积为 1287m^2 ，布设 4 个采样单元；1#基坑（1#-15 区）坑底面积为 78m^2 ，布设 2 个采样单元；1#基坑坑底共采集 52 个土壤混合样品。

（2）基坑侧壁土壤采样方法

根据每个清挖地块大小、基坑边长和污染的强度，将四周的侧面等分成段，每段长度设置为不大于 40m ，每段布设1个采样剖面。

项目各异位修复区域基坑深度均大于 1m ，每个侧壁采样剖面均按垂向分层采样原则进行布点，每 $1\sim 3\text{m}$ 分一层，不足 1m 时与上一层合并。

表 5.3-2 1#基坑污染区土壤总修复范围信息表

区域		关注污染物	面积 (m ²)		修复深度 (m)	修复土方量 (m ³)	修复技术	
方案编号	实际编号		方案	实际成坑				
D6	1#基坑	1#-1 区、1#-3 区、1#-6 区、1#-9 区、1#-10 区	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑	9045	5287*	0-2.2	19899	原地异位热脱附修复后，场内回填
E7		1#-14 区	苯并(a)芘	616	552*	2.2-3.2	616	
E8		1#-11 区	苯并(a)芘	1586	1489*	2.2-3.2	1586	
E9		1#-5 区、1#-8 区	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑	1566	857*	2.2-3.2	1566	
E10		1#-2 区	苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、二苯并(a,h)蒽	1070	1070	2.2-3.2	1070	
F4		1#-12 区	苯并(a)芘	125	128	3.2-4.2	125	
F5		1#-4 区、1#-7 区	苯并 (a) 芘、二苯并 (a,h) 蒽	1143	1152	3.2-4.2	1143	
D1		1#-13 区	锌、铅、苯并 (a) 芘、二苯并(a,h)蒽	1897	1287*	0-2.2	/	异位热脱附+异位固化/稳定化+阻隔填埋
F2		1#-15 区	铅	75	78	3.2-3.6	/	异位固化/稳定化+阻埋
合计			17123	11900	/	26005	/	

备注：*基坑不同污染层重叠部分的面积，成坑时不统计该部分面积，从而导致实际成坑面积比方案上的面积小；1#-13 区及 1#-15 区修复后土壤不纳入本阶段验收范围内，故不统计其修复土方量。

表 5.3-3 基坑坑底及侧壁土壤采样布点数汇总

位置	修复深度范围(m)	风评报告区域编号	修复目标污染物	风评确定修复面积(m ²)	修复厚度(m)	与下层基坑重叠面积(m ²)	非重叠面积	基坑底部样品数	基坑侧壁样品数	实际修复区域编号	实际修复成坑底面积(m ²)	基坑底部			基坑侧壁				样品数小计(个)		
												采样单元(个)	监测因子	样品数(个)	边长 L (m)	横向采样段(段)	垂向采样分层数	监测因子		样品数(个)	
1# 基坑	0-2.2	D6	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、 萘、呋啉、苯并(a) 蒽、苯并(b)荧蒹、 苯并(k)荧蒹、苯并 (a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	9045	2.2	3758	5287	20	64	1#-1 区	763	3	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、 萘、呋啉、苯并(a) 蒽、苯并(b)荧蒹、 苯并(k)荧蒹、苯并 (a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	3	A 段~E 段共: 106.6	5	2	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、 呋啉、苯并(a)蒽、苯并 (b)荧蒹、苯并(k)荧蒹、 苯并(a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯并 (a,h)蒽	10	13	
										1#-3 区	1308	4		4	I1 段、I2 段 R 段 ~V 段: 共 115.8	7	2		14	18	
										1#-6 区	644	3		3	B1 段~B5 段: 67.1	5	2		10	13	
										1#-9 区	396	3		3	C1~C6 段: 110.8	6	2		12	15	
										1#-10 区	2176	7	7	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、 萘、呋啉、苯并(a) 蒽、苯并(b)荧蒹、 苯并(k)荧蒹、苯并 (a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽、铅、锌	7	F1 段: 27.79	1	2	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、 呋啉、苯并(a)蒽、苯并 (b)荧蒹、苯并(k)荧蒹、 苯并(a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽、铅、锌	18	25
	F9 段: 27.79	1	2																		
	F2~F8 段: 194.53	7	2																		
	D1	锌、铅、苯并(a) 芘、二苯并(a,h)蒽	1897	2.2	616	1281	4	12	1#-13 区	1287	4	锌、铅、苯并(a) 芘、二苯并(a,h)蒽	4	J1~J6 段: 190.2	6	2	锌、铅、苯并(a) 芘、二苯并(a,h)蒽	12	16		
	2.2-3.2	E10	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、 萘、呋啉、苯并(a) 蒽、苯并(b)荧蒹、 苯并(k)荧蒹、苯并 (a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	1070	1.0	0	1070	4	7	1#-2 区	1070	4	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、 萘、呋啉、苯并(a) 蒽、苯并(b)荧蒹、 苯并(k)荧蒹、苯并 (a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	4	A1 段、W1 段、 W2 段、F 段、X 段~Z 段: 123.5	7	1	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、 呋啉、苯并(a)蒽、苯并 (b)荧蒹、苯并(k)荧蒹、 苯并(a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	7	11	
		E9	1566	760		806	5	9	1#-5 区	90	2	2		L~M 段: 105.1	4	1	4		6		
		1#-8 区	767	3		3	E1~E5 段: 92	5	1	5	8										
		E8	苯并(a)芘	1586		105	1481	4	6	1#-11 区	1489	4		苯并(a)芘	4	G1~G6 段: 164.4	6		1	6	10
		E7	苯并(a)芘	616		75	541	3	5	1#-14 区	552	3		苯并(a)芘	3	K1~K5 段: 114	5		1	5	8
	3.2~4.2	F5	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、 呋啉、苯并(a)蒽、苯并 (b)荧蒹、苯并(k)荧蒹、 苯并(a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	1143	1.0	0	1143	7	13	1#-4 区	972	4	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、 萘、呋啉、苯并(a) 蒽、苯并(b)荧蒹、 苯并(k)荧蒹、苯并 (a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	4	H1~H3 段、O 段~Q 段、Q ₁ 及 G 段: 共 98	8	1	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、 呋啉、苯并(a)蒽、苯并 (b)荧蒹、苯并(k)荧蒹、 苯并(a)芘、茚并 (1,2,3-c,d)芘、二苯 并(a,h)蒽	8	12	
										1#-7 区	180	3		3	D1~D5 段: 37	5	1		5	8	
3.2~4.2	F4	苯并(a)芘	125	0	125	3	6	1#-12 区	128	3	苯并(a)芘	3	H1~H6 段: 43.5	6	1	苯并(a)芘	6	9			
3.2~3.6	F2	铅	75	0.4	0	75	2	5	1#-15 区	78	2	铅	2	L1~L5 段: 34	5	1	铅	5	7		
合计				17123	4.2	/	11809	52	127	/	11900	52	/	52	/	89	25	/	127	179	

备注: 1) 基坑侧壁横向采样段按不超过40m长度进行划分布点, 垂向采样布点按1~3m为1层, 不足1m向上合并; 基坑侧壁横向采样段每段具体距离见基坑采样布点图; 2) 针对重金属及半挥发性样品基坑底部每块采样单元及侧壁每段区域分别采集9个样品制成一个混合样; 3) 某上层污染区域与下层污染区域重叠部分坑底不作布点采样; 4) 1#-14区侧壁增加了1#-13区监测因子, 1#-11区侧壁增加了1#-10监测因子, 1#-10区部分坑底及侧壁增加了1#-13区监测因子, 其目的均是为了确定相邻基坑侧壁是否还存在交叉污染; 5) 样品均为混合样。

5.3.2 修复后土堆采样布点

5.3.2.1 布点要求

针对异位修复后的土壤堆体及筛上物，参照堆体模式进行采样，原则上每个采样单元（每个样品）代表的土堆方量不超过500m³。对于按批次处理的修复技术，在符合前述要求的同时，每批次至少采集1个样品。

重金属及半挥发性有机物可在采样单元内采集混合样，采样方法参照HJ 25.2 执行。堆体采样数量参照表5.3-16。

表 5.3-16 堆体模式土堆最少采样数

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

5.4.2.2 采样布点

根据《实施方案》，1#基坑（1#-1区~1#-12区、1#-14区）污染土壤（共26005m³实方），实际清挖污染土（共26998m³实方，包括放坡土方量1756m³、二次清挖31m³），采用“热脱附”技术进行修复。修复完成后实际评估的土方量约为34058.83m³（虚方，污染土经归堆后土方量有所增大）。根据修复后土壤暂存情况（堆存面积、高度、体积等），按每1个土壤样品代表的土壤体积不超过500m³的要求堆存，采用系统布点法进行布点采样，共须采集83个土壤样品。

1#基坑（1#-1区~1#-12区、1#-14区）污染土壤经过热脱附修复后土堆，在每个采样单元采集9个样制成混合样。布点情况及监测因子见表5.3-17。

表 5.3-17 采样布点数及监测因子

堆体区域	采样单元数量 (个)	监测因子	土方量 (m ³)	修复工艺
1#基坑 (1#-1 区~1#-5 区) 污染土修复后土堆	30	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒎、苯并(b)荧蒎、苯并(k)荧蒎、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒎	13784.83	异位热脱附+原址回填
1#基坑 (1#-6 区~1#-9 区) 污染土修复后土堆 (第一批)	15		5437	异位热脱附+原址回填
1#基坑 (1#-6~1#-9 区第一批二次修复、1#-6~1#-9 区第二批修复、10 区热脱附修复及 6、7 区二次清挖热脱附修复) 修复后土堆①	15		6010	异位热脱附+原址回填
1#基坑 (1#-6~1#-9 区第一批二次修复、1#-6~1#-9 区第二批修复、10 区热脱附修复及 6、7 区二次清挖热脱附修复) 修复后土堆②	15		6442	异位热脱附+原址回填
1#基坑 (1#-11 区、1#-12 区、1#-14 区) 修复后土堆	8		2876	异位热脱附+原址回填

5.3.3 筛上物采样布点

冲洗后筛上物，根据渣石暂存情况（堆存面积、高度、体积等），按每个土壤样品代表的土壤体积不超过500m³，在每个布点单元采集一个土壤样品，共采集11个土壤样品。

污染土筛上物布点情况及监测因子见表5.3-18。

表 5.3-18 采样布点数及监测因子

堆体区域	采样单元数量 (个)	监测因子	石方量 (m ³)	修复工艺
1#基坑 (1#-1 区~1#-5 区) 筛上物	3	萘、呋啉、苯并(a)蒎、苯并(b)荧蒎、苯并(k)荧蒎、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒎、石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	373.19	水冲洗
1#基坑 (1#-6~1#-15 区) 筛上物①	4	萘、呋啉、苯并(a)蒎、苯并(b)荧蒎、苯并(k)荧蒎、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒎、石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)、锌、铅	710	水冲洗
1#基坑 (1#-6~1#-15 区) 筛上物②	4		700	水冲洗

5.3.4 疑似污染土采样布点

根据 1#基坑开挖顺序，不同层之间污染程度和范围不同，因此存在下层污染范围大于上层污染，或上、下层污染，中间层不污染的情况，上述这些情况都可能产生疑似污染土。

1#基坑能产生疑似污染土的区域有 6 个，具体位置（见图 5.3-13），分别为 YS-1~YS-6。修复单位清挖 YS-1~YS-3 区疑似污染土时，《建设用地土壤污染防治 第 2 部分：污染修复方案编制技术规范》（DB4401T 102.2-2021）并未实施，修复单位经多方咨询，将 YS-1 以及 YS-3 区的土壤直接当作污染土处置，YS-2 区为夹层土，夹层土的深度分布为 2.2~3.2m，修复单位将 2.2~2.55m 以及 2.85~3.2m 区间土壤当作疑似污染土，实际施工时与污染土一起处置，而 2.55~2.85 区间土壤当作清洁土，安全堆放在现场。

1#-11 区上层 1.7-2.2m（YS-4、YS-6），修复单位严格按照《建设用地土壤污染防治 第 2 部分：污染修复方案编制技术规范》（DB4401T 102.2-2021）要求将 1.7~2.2m 区间土壤当作疑似污染土在现场单独存放。YS-5 区由于方量很小，修复单位施工时，直接放坡清挖当作污染土处置。

综上，为了确保疑似污染土是否存在污染，需要对 1#基坑（1#-11 区）上层 1.7-2.2m 土壤疑似污染土进行布点采样检测，疑似污染土堆采样布点参照“章节 5.4.2”的布点要求进行布点，布点情况及监测因子见表 5.3-19。

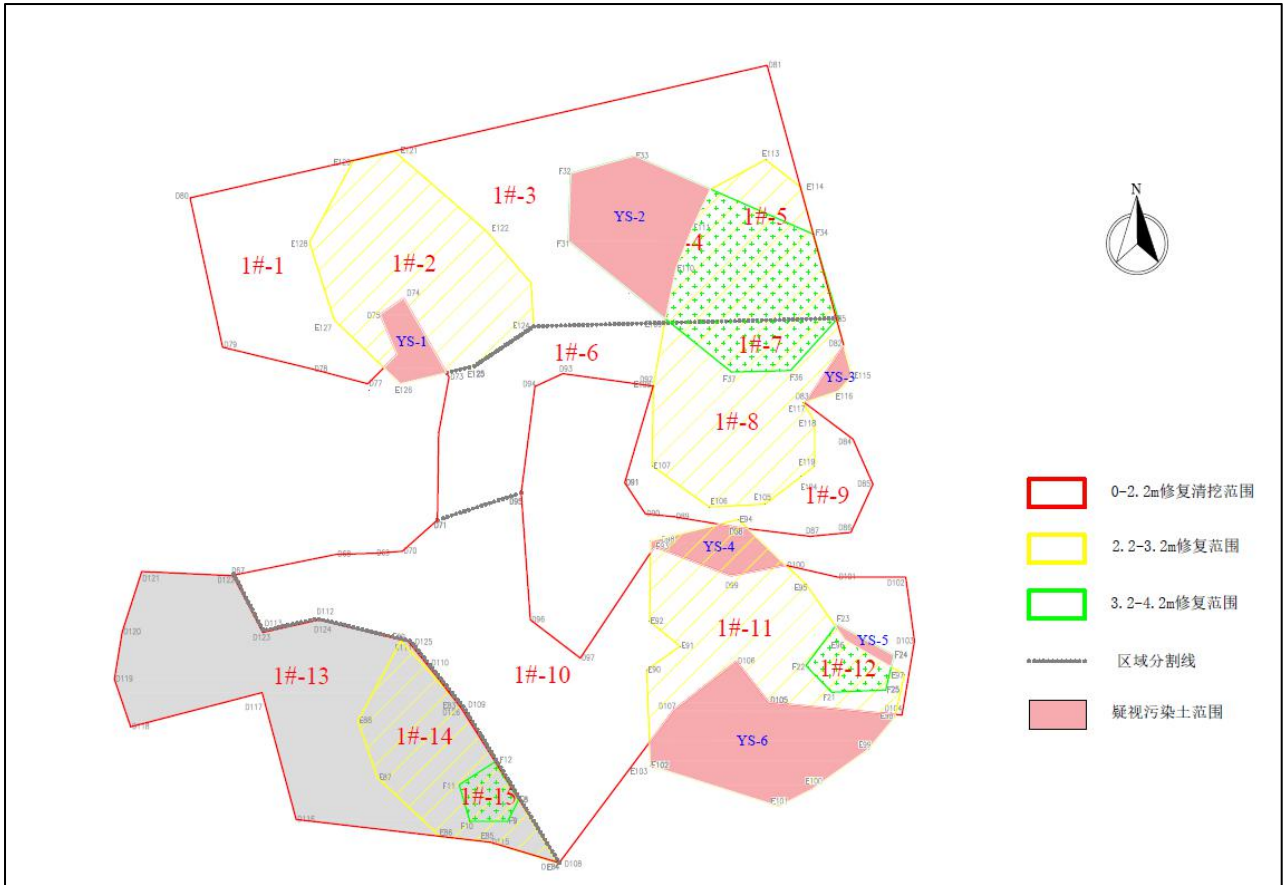


图 5.3-19 1#基坑疑似污染土分布示意图

表 5.3-19 采样布点数及监测因子

堆体区域	采样单元数量 (个)	监测因子	土方量 (m ³)
1#基坑 (1#-11 区) 上层 1.7-2.2m 疑似污染土堆	3	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、喹唑、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽	420 (虚方)

5.4 检测指标

根据《效果评估技术导则》，基坑土壤的检测指标一般为对应修复范围内土壤中目标污染物。存在相邻基坑时，应考虑相邻基坑土壤中的目标污染物；异位修复后土壤的检测指标为修复方案中确定的目标污染物。本阶段效果评估检测指标一览表见表 5.4-1。

表 5.4-1 检测指标一览

区域	检测指标	备注	
北区 1# 基坑	1#-1 区、1#-3 区、1#-6 区、1#-9 区、1#-10 区坑底及侧壁	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、喹唑	基坑目标污染物

	1#-14 区坑底及侧壁	苯并(a)芘、铅、锌、二苯并(a,h)蒽	
	1#-11 区坑底及侧壁	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑	
	1#-5 区、1#-8 区坑底及侧壁		
	1#-2 区坑底及侧壁		
	1#-12 区坑底及侧壁	苯并(a)芘	
	1#-4 区、1#-7 区坑底及侧壁	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、咔唑、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑	
	1#-13 区	锌、铅、苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽	
	1#-15 区	铅	
污染土修复后土堆	1#基坑(1#-1 区~1#-5 区)污染土修复后土堆	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、咔唑、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑	异位热脱附+原址回填
	1#基坑(1#-6 区~1#-9 区)污染土修复后土堆(第一批)		
	1#基坑(1#-6~1#-9 区第一批二次修复、1#-6~1#-9 区第二批修复、10 区热脱附修复及 6、7 区二次清挖热脱附修复)修复后土堆①		
	1#基坑(1#-6~1#-9 区第一批二次修复、1#-6~1#-9 区第二批修复、10 区热脱附修复及 6、7 区二次清挖热脱附修复)修复后土堆②		
	1#基坑(1#-11 区、1#-12 区、1#-14 区)修复后土堆		
筛上物	1#基坑(1#-1 区~1#-5 区)筛上物	萘、咔唑、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、锌、铅	水冲洗+原址回填
	1#基坑(1#-6~1#-15 区)筛上物①		
	1#基坑(1#-6~1#-15 区)筛上物②		
疑似污染土	1#基坑(1#-11 区)上层 1.7-2.2m 疑似污染土堆	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、咔唑、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、咔唑	/

5.5 评估标准值

5.5.1 基坑清挖效果评估标准

本阶段针对采用异位热脱附+原址回填处置方式修复进行清挖的场地，须对场地每一块清挖污染土壤后的基坑坑底和基坑壁遗留土壤进行采样监测，评价每一块清挖区域基坑是否还存在污染土壤，修复效果评估监测指标为土壤目标污染物，按照地块规划用途，修复目标值划分如下：

(1) 1#基坑（1#-1 区~1#-9 区、1#-11 区、1#-12 区）根据地块未来用地规划，应为商业用地（防护绿地），执行商业用地修复目标值；

(2) 1#基坑（1#-10 区）大部分区域规划为商业用地（防护绿地），其中部分区域（约 257m²）为公园用地，基坑清挖效果评估较严的公园绿地修复目标值执行；

(3) 1#基坑（1#-13 区~1#-15 区）规划为公园绿地，执行公园绿地修复目标值。

场地污染土壤监测指标与评估标准见表 5.5-1。

表 5.5-1 场地 1#基坑污染土壤修复目标值

内容		污染物	公园绿地修复目标值 (mg/kg)	商业用地修复目标值 (mg/kg)
土壤	1#基坑	萘	25 ^①	70
		呋唑	26.8 ^②	87
		苯并(a)蒽	5.5 ^①	13.4
		苯并(b)荧蒽	5.5 ^①	13.5
		苯并(k)荧蒽	55 ^①	134.5
		苯并(a)芘	0.55	1.35
		二苯并(a,h)蒽	0.55	1.35
		茚并(1,2,3-c,d)芘	5.5 ^①	13.5
		石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	826 ^①	4500
		锌	6964	--
		铅	300	--

备注：①实施方案中公园绿地无修复目标值，参照 GB36600 第一类用地标准；②风险计算值。

5.5.2 修复后的土壤及疑似污染土评价标准

针对 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）修复后的土壤及疑似污染土，监测因子为石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋唑、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽。评价标准参照场地修复目标值中较严格的公园绿地修复目标值，见表 5.5-2。

表 5.5-2 场地 1#基坑修复后污染土及疑似污染土壤修复目标值

内容		污染物	公园绿地修复目标值 (mg/kg)
土壤	1#基坑	萘	25 ^①
		呋啉	26.8 ^②
		苯并(a)蒽	5.5 ^①
		苯并(b)荧蒽	5.5 ^①
		苯并(k)荧蒽	55 ^①
		苯并(a)芘	0.55
		二苯并(a,h)蒽	0.55
		茚并(1,2,3-c,d)芘	5.5 ^①
		石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	826 ^①
		锌	6964
		铅	300

备注：①实施方案中公园绿地无修复目标值，参照 GB36600 第一类用地标准；②风险计算值。

5.5.3 筛上物评价标准

筛上物监测因子为石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、锌、铅，评价标准参照场地公园绿地修复目标值，见表 5.5-2。

6 现场采样与实验室检测

6.1 样品采集

6.1.1 现场采样

6.1.1.1 基坑土壤采样

按照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）、《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2019）、《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估文件技术要点》（穗环办〔2018〕173号）、《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》

（HJ 25.5-2018）以及《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（试行）》（粤环办〔2020〕67号）的相关要求，进行基坑土壤样品采集。

基坑坑底及侧壁表层土采样采用手工采样，先用铁锹、铲子和泥铲等工具将地表物质去除，然后用木铲进行样本采集。收集土壤样时，把表层硬化地和大的砾石、树枝剔除。

采样过程中佩戴手套。每采完一次样，都用自来水将采样工具洗净后再用蒸馏水淋洗。

基坑土壤现场采样记录、样品流转记录及照片详见附件 4。

6.1.1.2 修复后土壤采样

根据《效果评估技术导则》的相关要求对修复后土壤进行采样。

采用挖掘、手钻方式进行，采用有机物专用手钻及竹片等简单的工具。

修复后土壤使用手钻采样。先钻孔达到所需深度后，获得一定高度的土柱，然后用竹片去除土柱外围的土壤，获取土芯作为土壤样品。收集土壤样时，把表层硬化地和大的砾石、树枝剔除。

采样过程中佩戴手套。每采完一次样，都用自来水将采样工具洗净后再用蒸馏水淋洗一遍。



图 6.1-1 1#基坑（1#-1~1#-5 区）采样图





图 6.1-2 1#基坑（1#-6~1#-9 区）采样图



图 6.1-3 1#基坑（1#-10 区）采样图





图 6.1-3 1#基坑（1#-11~ 1#-15 区）采样图





图 6.1-4 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区及 1#-14 区）污染土修复后土堆采样图



图 6.1-5 1#基坑（1#-1 区~1#-15 区）污染土筛上物采样图

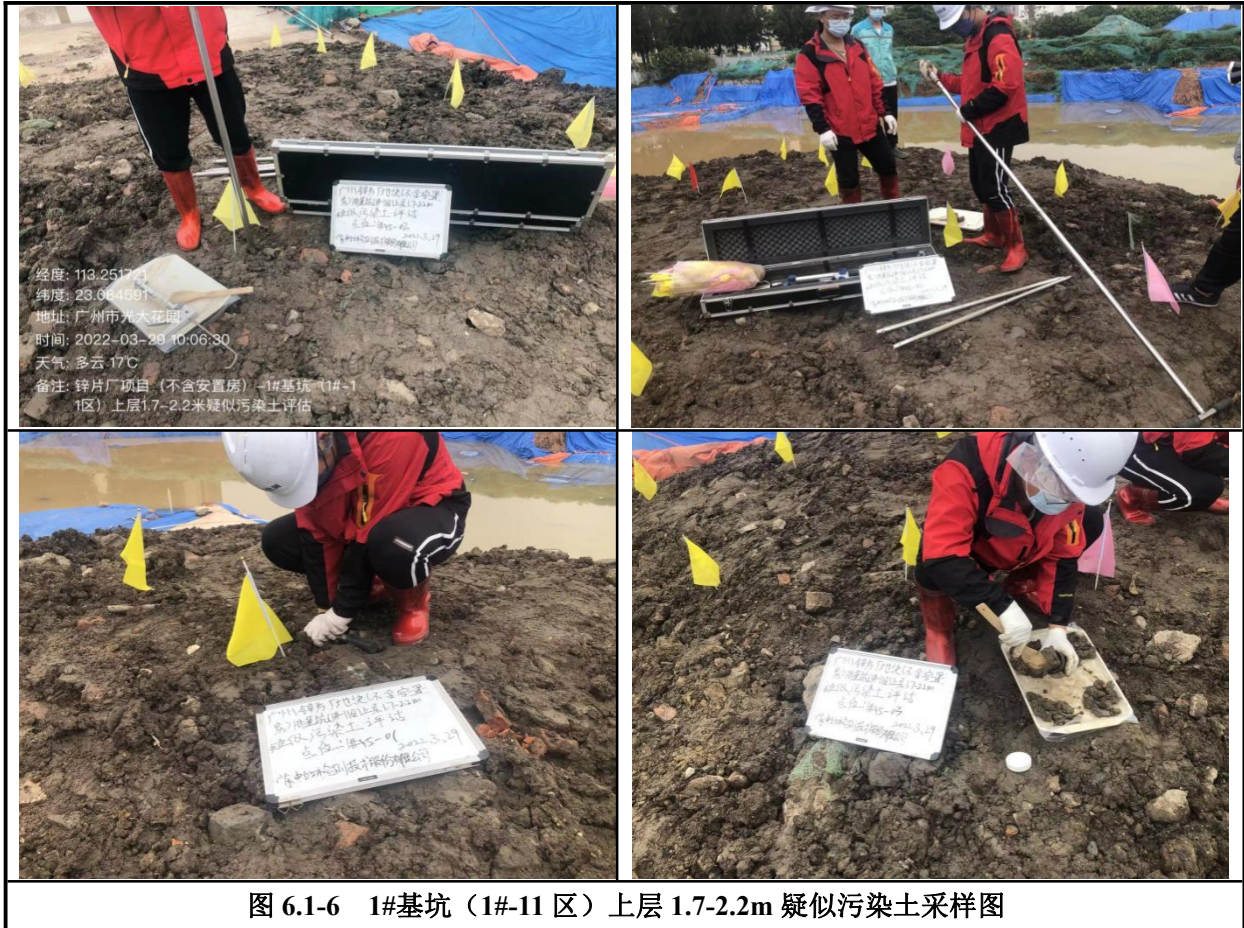


图 6.1-6 1#基坑（1#-11 区）上层 1.7-2.2m 疑似污染土采样图

6.1.2 样品保存与流转

依据《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）等相关规范要求，对土壤样品采用密封袋盛装，并按规范对样品进行运输和保存，并尽快送到实验室分析测试。

样品运输保存选择便携式可移动冰箱；用发泡塑料包裹样品瓶防止直接碰撞；放置足量的冰块确保冰箱冷藏温度低于 4℃。

在采样现场样品逐件与样品登记表、样品标签和采样记录进行核对，核对无误后分类装箱。运输过程中严防样品的损失、混淆和沾污。对光敏感的样品避光外包装。由专人将土壤样品送到实验室后尽快分析，送样者和接样者双方同时清点核实样品，并在样品交接单上签字确认。

6.1.3 现场质量控制

为避免采样设备及外部环境条件等因素对样品产生影响，按照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）以及《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)的相关要求，在样品的采集、保存、运输、交接等过程建立完整的管理程序，做好现场采样过程中的质量保证和质量控制。

6.1.3.1 防止采样过程交叉污染措施

基坑侧壁、坑底表层土以及修复后土壤采样采用手工采样或螺旋钻采样。手工采样是先用铁锹、铲子和泥铲等工具将地表物质去除，并挖掘到指定深度，然后用木质铲子等进行样本采集，不使用铬合金或其他相似质地的工具。收集土壤样时，把表层硬化地和大的砾石、树枝剔除。

采样过程中佩戴干净的一次性手套，为避免不同样品之间的交叉污染，每采集一个样品更换一次手套。每采完一次样，都将采样工具用自来水洗净后再用蒸馏水淋洗一遍。

6.1.3.2 现场采样质量控制措施

采集现场质量控制样包括平行样，质控样品的分析数据可从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段反映数据质量。

根据《建设用地土壤污染防治 第 3 部分：土壤重金属监测质量保证与质量控制技术规范》（DB4401T 102.3-2020）要求，土壤现场平行样应每批次（最多 20 个样品/批）至少采集 1 个平行样。

6.1.3.3 现场采样记录控制措施

现场采样时，制定详尽的现场采样记录、现场监测记录，使用表格对土壤特征、可疑物质或异常现象等描述，并保留现场相关照片、影像记录，确保现场记录的内容、页码、编号齐全以便于核查，现场记录改动注明修改人及时间。现场采集记录见附件 4。

6.2 实验室检测

6.2.1 检测方法

监测分析方法采用国家标准或行业标准或规范。

修复效果评估监测阶段监测分析方法见表 6.2-1。

表 6.2-1 土壤检测分析方法、分析仪器及检出限

类别	检测因子	检测方法	分析仪器型号/名称	仪器编号	检出限
土壤	萘	HJ 834-2017 土壤和沉	GCMS-QP2010SE/气	ZJ201503003	0.09mg/kg

类别	检测因子	检测方法	分析仪器型号/名称	仪器编号	检出限
	呋唑	积物 半挥发性有机物 质谱法	相相色谱质谱联用仪	ZJ201705008	0.1mg/kg
	苯并(a)蒽				0.1mg/kg
	苯并(b)荧蒽				0.2mg/kg
	苯并(k)荧蒽				0.1mg/kg
	苯并(a)芘				0.1mg/kg
	二苯并(a,h)蒽				0.1mg/kg
	茚并(1,2,3-c,d)芘				0.1mg/kg
	萘	HJ 784-2016_土壤和沉 积物 多环芳烃的测定 高效液相色谱法	LC-16/SPD-M20A/高 效液相色谱仪	ZJ201504002	3μg/kg
	苯并(a)蒽				4μg/kg
	苯并(b)荧蒽				5μg/kg
	苯并(k)荧蒽				5μg/kg
	苯并(a)芘				5μg/kg
	二苯并(a,h)蒽				5μg/kg
	茚并(1,2,3-c,d)芘				4μg/kg
	石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	HJ 1021-2019 土壤和沉 积物石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀) 的测定气相色谱法	GC2014/气相色谱仪	ZJ201806004	6mg/kg
	锌	HJ491-2019 土壤和沉积 物 铜、锌、铅、镍、铬 的测定 火焰原子吸收 分光光度法	原子吸收分光光度计 /AA-6300C	ZJ201007004	1mg/kg
	铅				10mg/kg

6.2.2 实验室质量控制

按照《建设用地土壤污染防治 第 3 部分：土壤重金属监测质量保证与质量控制技术规范》（DB4401/T 102.3-2020）的质控要求，样品分析按各监测方法的规定实验室空白、现场密码平行样、实验室平行样、质控样、加标回收等质控措施，并形成质控统计表输入报告内容中。

质量控制样品数量比例不低于《建设用地土壤污染防治 第 3 部分：土壤重金属监测质量保证与质量控制技术规范》（DB4401/T 102.3-2020）的质控要求：即空白样每批次（最多 20 个样品/批）至少做 2 次空白试验；平行样每批样品分析时，每个检测项目均须做平行双样分析，每批次（最多 20 个样品/批）至少随机抽取 1 个样品进行平行双样分析；质控样每批次（最多 20 个样品/批）至少插入 1 个土壤标准样品，采用基体加

标回收率试验对准确度进行控制时，每批次（最多 20 个样品/批）至少随机抽取 1 个样品进行加标回收率试验。以上 4 类质控措施按 10%左右进行，即：实验室空白 10%、实验室平行样 5%、加标回收 5%、质控样 5%等。

为确保监测数据准确无误，严格执行数据三级审核制度，对每个环节实施质量管理和检查验收，严把数据质量关，发现可疑数据或疑难问题，监测负责人组织相关人员查证分析解决。

平行双样测定结果的误差评价参照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）表 13-1 的规定，在允许误差范围之内者为合格，评价标准见表 6.2-2。当样品的均匀性和稳定性较好时，参考表 6.2-3 的规定。

表 6.2-2 土壤监测平行双样最大允许相对偏差（重金属）

因子	含量范围（mg/kg）	最大允许相对偏差（%）
铅	<20	±30
	20~40	±25
	>40	±20
锌	<50	±25
	50~90	±20
	>90	±15

表 6.2-3 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

实验室分析质控小结：

场地修复效果评估检测共采集土壤样品数 2241 个混合样（石油烃(C₁₀-C₄₀)242 个、萘 242 个、喹啉 242 个、苯并(a)蒽 242 个、苯并(b)荧蒽 242 个、苯并(k)荧蒽 242 个、苯并(a)芘 256 个、茚并(1,2,3-c,d)芘 242 个、二苯并(a,h)蒽 247 个、铅 23 个、锌 21 个），采集现场平行样共 310 对（石油烃(C₁₀-C₄₀)32 对、萘 32 对、喹啉 32 对、苯并(a)蒽 32

对、苯并(b)荧蒽 32 对、苯并(k)荧蒽 32 对、苯并(a)芘 39 对、茚并(1,2,3-c,d)芘 32 对、二苯并(a,h)蒽 35 对、铅 7 对、锌 5 对),实验室分析室内平行样共 318 对(石油烃(C₁₀-C₄₀)31 对、萘 31 对、呋唑 31 对、苯并(a)蒽 31 对、苯并(b)荧蒽 31 对、苯并(k)荧蒽 31 对、苯并(a)芘 41 对、茚并(1,2,3-c,d)芘 31 对、二苯并(a,h)蒽 35 对、铅 13 对、锌 12 对), 实验室内加标回收分析共 286 个(石油烃(C₁₀-C₄₀)27 个、萘 28 个、呋唑 28 个、苯并(a)蒽 28 个、苯并(b)荧蒽 28 个、苯并(k)荧蒽 28 个、苯并(a)芘 39 个、茚并(1,2,3-c,d)芘 28 个、二苯并(a,h)蒽 32 个、铅 11 个、锌 9 个),实验室内空白共 187 个(石油烃(C₁₀-C₄₀)19 个、萘 19 个、呋唑 19 个、苯并(a)蒽 19 个、苯并(b)荧蒽 19 个、苯并(k)荧蒽 19 个、苯并(a)芘 23 个、茚并(1,2,3-c,d)芘 19 个、二苯并(a,h)蒽 19 个、铅 8 个、锌 6 个)。

6.2.3 外部质量控制监督管理

6.2.3.1 广东省广州生态环境监测中心站监督管理

原广州市环境保护局于 2015 年 12 月 15 日颁布了《广州市环境保护局办公室关于加强污染场地治理修复工程验收监测工作的通知》(穗环办〔2015〕193 号文), 对非环境保护行政主管部门所属的环境监测单位进行验收监测时, 提出了外部质量控制监督要求, 即接受区级以上环境保护行政主管部门所属环境监测单位质量控制监督管理。

根据污染场地治理修复工作特点, 对污染物项目进行质量控制。项目评价依据相关监测分析方法的精密度要求。

外部质量控制采用密码平行样品分析和平行样品抽样分析的方法进行。由广东省广州环境生态监测中心站对相关项目平行样分析结果的准确性进行评价, 并出具评价结果。

(1) 样品来源

我司根据修复效果评估监测方案对样品采集时, 同时采集不少于 30-50%的平行样, 送广东省广州环境生态监测中心站质控室进行样品加密。如样品总数少于 10 个则采集

不少于 5 个平行样。具体平行样采集比例根据每批次样品总数确定，样品均在样品保存期内完成分析。现场平行样加密情况见表 6.2-4，质量监督检测报告见附件 5（2）。

表 6.2-4 现场平行样加密情况

修复工程进度	效果评估			加密样品	
	采样时间	土壤样品数（个）	密码平行样（个）	（个）/时间	分析时间
1#基坑（1#-1 区~1#-5 区）基坑清挖	2021 年 1 月 21 日~1 月 22 日	60	29	5/2021 年 1 月 26 日	2021 年 1 月 27 日~1 月 29 日
1#基坑（1#-1 区~1#-5 区）修复后土及筛上物	2021 年 1 月 25 日	33			

（2）样品加密

广东省广州环境生态监测中心站选派 2 名以上技术人员共同实施样品加密工作。在我司采集的平行样中随机抽取 5-10%样品（不少于 5 个平行样），去掉原样品标签，按密码样编码规则重新编码后粘贴新标签。密码样品的加密过程由 2 人共同完成，做好登记，并对加密前后样品拍照留影。

（3）样品分析

密码样品由广东省广州环境生态监测中心站交我司实验室进行样品分析，做好交接记录。

（4）结果判断

我司完成实际样品及密码平行样品分析后，提交了 1 份加盖 CMA 章的正式监测报告至广州市环境监测中心站。广州市环境监测中心站对分析结果进行解密，出具了质量监督结果通知单（附件 11）。

根据广州市环境监测中心站对本地块环境修复效果评估监测质量监督结果通知单结论，该批次监督结果（见图 6.2-1），土壤石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋唑、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、铜、镍、铅、

镉、锌共 5 个室内密码平行样的 45 对数据，全部合格。

广东省广州生态环境监测中心站

广州锌片厂（不含安置房）地块污染场地环境修复效果评估监测 质量监督结果通知单（二）

验收监测项目：广州锌片厂（不含安置房）地块污染场地环境修复效果评估
 验收监测单位：广东中加检测技术股份有限公司
 质量监督机构：广东省广州生态环境监测中心站
 监督依据：《广州市环境保护局办公室关于加强污染场地治理修复工程验收监测工作的通知》
 （穗环办〔2015〕193号）

监督情况：

一、广东省广州生态环境监测中心站从验收监测单位广东中加检测技术股份有限公司提供的于 2021 年 1 月 25 日至 2021 年 11 月 2 日期间采集的广州锌片厂（不含安置房）地块污染场地环境修复效果评估监测 10 批次 150 个土壤现场平行样品中，抽取 74 个样品编制密码后返回该单位进行实验室室内密码平行样分析。

二、监测项目及方法

监测类别	监测项目	监测方法	监测标准号	方法检出限	评价依据
土壤	苯	土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 834-2017	0.09mg/kg	《重点行业企业用地调查质量保证与质量控制技术规范（试行）》（环办土壤函〔2017〕1896号）表 3
	甲苯			0.1mg/kg	
	苯并(a)蒽			0.1mg/kg	
	苯并(b)荧蒹			0.2mg/kg	
	苯并(k)荧蒹			0.1mg/kg	
	苯并(a)花			0.1mg/kg	
	菲并(1,2,3-cd)花			0.1mg/kg	
	二苯并(a,h)蒽			0.1mg/kg	
石油烃(C10-C40)	土壤和沉积物 石油烃(C10-C40)的测定 气相	HJ 1021-2019	6mg/kg		

土壤	铜	火焰原子吸收分光光度法	HJ 491-2019	1 mg/kg	《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166-2004 表 13-1		
	铅			10mg/kg			
	镍			3 mg/kg			
	锌			1 mg/kg			
	镉			石墨炉原子吸收分光光度法		GB/T 17141-1997	0.01 mg/kg
	砷			土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 2 部分：土壤中总砷的测定		GB/T 22105.2-2008	0.01 mg/kg
固体废物	汞	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 1 部分：土壤中总汞的测定	GB/T 22105.1-2008	0.002mg/kg	《重点行业企业用地调查质量保证与质量控制技术规范（试行）》（环办土壤函〔2017〕1896号）表 3		
	铜	固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	HJ 766-2015	2.5 μg/L			
	铅			4.2 μg/L			
	镍			3.8 μg/L			
	镉			1.2 μg/L			
	锌			6.4 μg/L			
砷	固体废物 汞、砷、硒、铊、铋的测定 微波消解/原子荧光法	HJ 702-2014	0.10 μg/L				
汞			0.02 μg/L				

三、监督结果

1. 土壤

序号	样品编号	监测项目	监测结果 (mg/kg)		相对偏差 (%)	评价标准 (%)	评价结果
			监测样品	密码平行样			
1	TR210125212-1	苯	ND	ND	-	-	-
2		甲苯	ND	ND	-	-	-
3		苯并(a)蒽	0.2	0.2	0.0	≤50	合格
4		苯并(b)荧蒹	0.5	0.5	0.0	≤50	合格
5		苯并(k)荧蒹	0.2	0.2	0.0	≤50	合格
6		石油烃(C10-C40)	42	28	20.0	≤50	合格
7		苯并(a)花	0.2	0.2	0.0	≤50	合格
8		菲并(1,2,3-cd)花	0.2	0.2	0.0	≤50	合格
9		二苯并(a,h)蒽	ND	ND	-	-	-
10	TR210121326-1	苯	ND	ND	-	-	-
11		甲苯	ND	ND	-	-	-

序号	样品编号	监测项目	监测结果 (mg/kg)		相对偏差 (%)	评价标准 (%)	评价结果
			监测样品	密码平行样			
12	TR210121326-1	苯并(a)蒽	ND	ND	-	-	-
13		苯并(b)荧蒹	ND	ND	-	-	-
14		苯并(k)荧蒹	ND	ND	-	-	-
15		石油烃(C10-C40)	51	19	45.7	≤50	合格
16		苯并(a)芘	ND	ND	-	-	-
17		萘并(1,2,3-cd)芘	ND	ND	-	-	-
18		二苯并(a,h)蒽	ND	ND	-	-	-
19	TR2101222312-1	萘	ND	ND	-	-	-
20		咔唑	ND	ND	-	-	-
21		苯并(a)蒽	ND	ND	-	-	-
22		苯并(b)荧蒹	ND	ND	-	-	-
23		苯并(k)荧蒹	ND	ND	-	-	-
24		石油烃(C10-C40)	24	16	20.0	≤50	合格
25		苯并(a)芘	ND	ND	-	-	-
26	TR210121304-1	萘并(1,2,3-cd)芘	ND	ND	-	-	-
27		二苯并(a,h)蒽	ND	ND	-	-	-
28		萘	ND	ND	-	-	-
29		咔唑	ND	ND	-	-	-
30		苯并(a)蒽	0.1	0.2	33.3	≤50	合格
31		苯并(b)荧蒹	ND	0.6	50.0	≤50	合格
32		苯并(k)荧蒹	ND	0.2	33.3	≤50	合格
33	TR210125226-1	石油烃(C10-C40)	23	16	17.9	≤50	合格
34		苯并(a)芘	ND	0.2	33.3	≤50	合格
35		萘并(1,2,3-cd)芘	ND	0.2	33.3	≤50	合格
36		二苯并(a,h)蒽	ND	ND	-	-	-
37		萘	ND	ND	-	-	-
38		咔唑	ND	ND	-	-	-
39		苯并(a)蒽	0.1	0.3	50.0	≤50	合格
40	TR210125226-1	苯并(b)荧蒹	0.4	1.0	42.9	≤50	合格
41		苯并(k)荧蒹	0.1	0.3	50.0	≤50	合格
42		石油烃(C10-C40)	24	40	25.0	≤50	合格
43		苯并(a)芘	0.2	0.4	33.3	≤50	合格
44		萘并(1,2,3-cd)芘	0.2	0.3	20.0	≤50	合格
45		二苯并(a,h)蒽	ND	0.1	0.0	≤50	合格
46		TR210429607	苯并(a)蒽	0.3	0.5	25.0	≤50
47	苯并(b)荧蒹		0.8	0.8	0.0	≤50	合格
48	石油烃(C10-C40)		933	1.02×10 ³	4.5	≤30	合格
49	苯并(a)芘		0.4	0.5	11.1	≤50	合格
50	萘并(1,2,3-cd)芘		0.3	0.3	0.0	≤50	合格

图 6.2-1 质量监督结果

6.2.3.2 广州检验检测认证集团有限公司监督管理

根据《广州市土壤污染状况调查及修复效果评估监测质量监督工作指引（试行）》要求，对开展土壤污染状况调查详细采样分析的地块和土壤污染修复效果评估的地块，100%实施质量监督。

符合下列一种或多种情形的地块为重点监督对象：

（一）重点行业企业曾用地：从事过有色金属矿采选、金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革、造纸、印染、汽车拆解、造船、医药制造、铅酸蓄电池制造、废旧电子拆解和危险化学品生产、储存、使用等行业生产的用地，从事过危险废物利用、处置活动的用地，从事过火力发电、燃气生产、垃圾填埋场、垃圾焚烧场、市政及工业园区污水处理厂和污泥处理处置等的用地。

（二）污染事故地块：曾发生过重大、特大环境污染事故的地块。

（三）其他地块：需要加强关注或公众关注度较高等的地块。

根据历史使用情况，该地块主要用途金属冶炼，则该地块属于重点监督对象。

（1）监督方式选择

由于该地块属于重点监督对象，则需对地块采取至少两种监督方式，本项目质量监督方式选择见图 6.2-2，本阶段采取了密码平行样分析和基坑清挖效果采样复测两种监督方式。

监测工作所处阶段	土壤污染状况调查 (市级组织评审) 质量监督措施	治理修复效果评估 质量监督措施
监测工作实施中	a. 采样现场监督检查 b. 密码平行样分析 c. 平行样抽测分析 d. 留样复测 e. 实验室监督检查	a. 采样现场监督检查 b. 密码平行样分析 c. 平行样抽测分析 d. 留样复测 e. 实验室监督检查
阶段性完成监测工作	已完成的工作： a. 采样复测 b. 留样复测	已完成的工作： a. 基坑清挖效果采样复测 b. 修复土采样复测 c. 留样复测
	下一阶段监测工作： a. 采样现场监督检查 b. 密码平行样分析 c. 平行样抽测分析 d. 留样复测 e. 实验室监督检查	下一阶段监测工作： a. 采样现场监督检查 b. 密码平行样分析 c. 平行样抽测分析 d. 留样复测 e. 实验室监督检查
监测工作已全部完成	a. 采样复测 b. 留样复测 c. 实验室监督检查	a. 基坑清挖效果采样复测 b. 修复土采样复测 c. 留样复测 d. 实验室监督检查
区级组织评审项目实施 事后监督	a. 采样复测 b. 留样复测 c. 实验室监督检查	
注：对地下水监测主要结合土壤监测的质量监督实施。		

图 6.2-2 质量监督方式选择

密码平行样分析：外部质量控制采用密码平行样品分析、基坑清挖效果采样复测及实验室监督检查，均由广州检验检测认证集团有限公司对相关项目监督，并出具相应评价结果。

基坑清挖效果采样复测：由技术机构在采样现场随机抽取一定比例的土壤样品，带回实验室进行分析。样品分析指标为地块治理修复的目标污染物。

（2）样品来源

我司根据修复效果评估监测方案对样品采集时，同时每个批次按照比例 5%~10%及总数不少于 5 个的要求，送广州检验检测认证集团有限公司进行样品加密，样品均在样品保存期内完成分析。现场平行样加密情况见表 6.2-5，质量监督检测报告见附件 5（3）。

表 6.2-5 现场平行样加密情况

序号	修复工程进度	效果评估			加密样品	
		采样时间	土壤样品数 (个)	密码平行样 (个)	(个)/时间	预处理时间
1	1#基坑（1#-6 区~1#-9 区）修复后土堆第一批次	2021 年 11 月 22 日	15	13	7/2021 年 11 月 23 日	2021 年 11 月 24 日
2	1#基坑（1#-6 区~1#-9 区）基坑清挖	2021 年 11 月 26 日	44	18	9/2021 年 12 月 2 日	2021 年 12 月 3 日
3	1#基坑（1#-10 区）基坑清挖	2021 年 12 月 29 日	25	5	5/2021 年 12 月 30 日	2021 年 12 月 31 日
4	1#基坑（1#-6~1#-9 区第一批二次修复、1#-6~1#-9 区第二批修复、10 区热脱附修复及 6、7 区二次清挖热脱附修复）修复后土堆	2022 年 1 月 12 日	30	10	5/2022 年 1 月 13 日	2022 年 1 月 14 日
5	1#基坑（1#-11 区、1#-12 区、1#-14 区）修复后土堆及 1#基坑（1#-6 区~1#-15 区）筛上物	2022 年 1 月 19 日	16	30	15/2022 年 1 月 20 日	2022 年 1 月 22 日
6	1#基坑（1#-11 区~1#-15 区）基坑清挖	2022 年 1 月 18 日	50			

（3）样品加密

广州检验检测认证集团有限公司选派 2 名或以上技术人员共同实施样品加密工作，在被监督单位采集的平行样中随机抽取 50%样品（可视实际情况增减比例，不少于 5 个平行样）进行加密，去掉原样品标签，按密码样编码规则重新编码后粘贴新标签，做好登记。必要时，技术机构可分样留存。

（4）样品分析

密码平行样分析：密码样品由技术机构返回被监督单位进行样品分析，做好交接记录，具体分析指标与监测方案一致。

基坑清挖效果采样复测：由技术机构进行分析。

(5) 结果判断

密码平行样分析：我司完成实际样品及密码平行样品分析后，提交了 4 份加盖 CMA 章的正式监测报告至广州检验检测认证集团有限公司。广州检验检测认证集团有限公司对分析结果进行解密，出具了质量监督检查结果单（附件 10）。

根据广州检验检测认证集团有限公司对本地块环境修复效果评估监测质量监督检查结果单结论（见图 6.2-3~6.2-5），土壤石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽合格率均为 100%，依据《广州市土壤污染状况调查及修复效果评估监测质量监督工作指引（试行）》要求进行质量评价，原则上合格率均不得低于 85%。

基坑清挖效果采样复测：根据广州检验检测认证集团有限公司对本地块环境修复效果采样复测结果单结论（见图 6.2-6），土壤石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽 4 个点位结果评价均与我司评价结果一致。

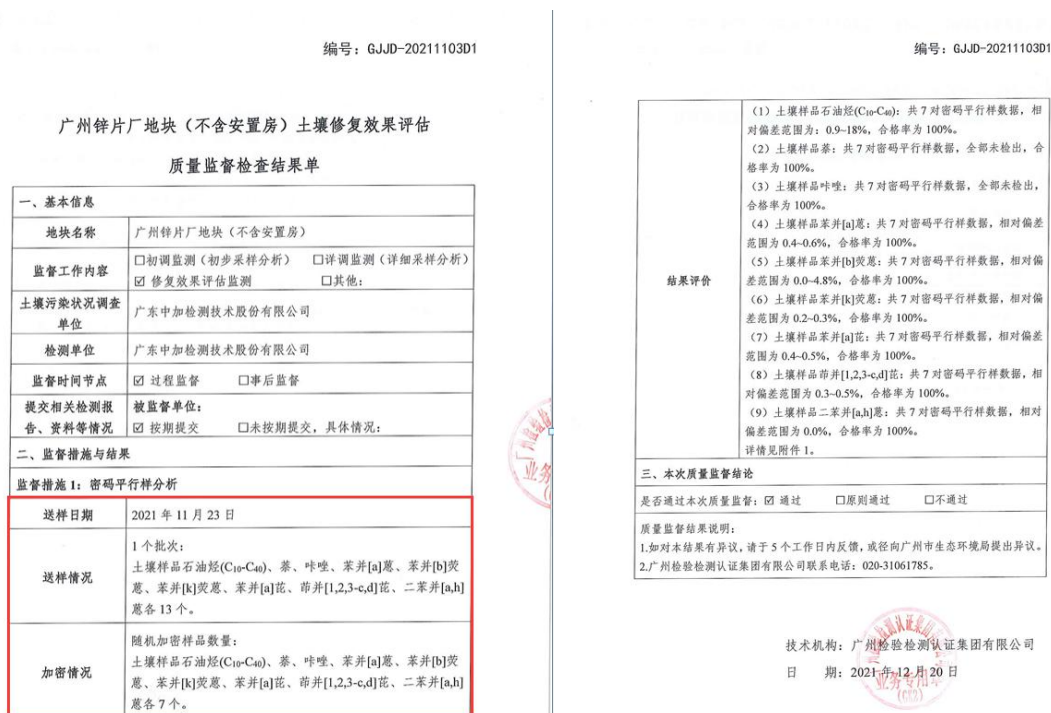


图 6.2-3 质量监督结果

编号：GJJJ-20211103D2

编号：GJJJ-20211103D2

广州锌片厂地块（不含安置房）土壤修复效果评估
质量监督检查结果单（二）

一、基本信息	
地块名称	广州锌片厂地块（不含安置房）
监督工作内容	<input type="checkbox"/> 初调监测（初步采样分析） <input type="checkbox"/> 详调监测（详细采样分析） <input checked="" type="checkbox"/> 修复效果评估监测 <input type="checkbox"/> 其他：
土壤污染状况调查单位	广东中加检测技术股份有限公司
检测单位	广东中加检测技术股份有限公司
监督时间节点	<input checked="" type="checkbox"/> 过程监督 <input type="checkbox"/> 事后监督
提交相关检测报告、资料等情况	被监督单位： <input checked="" type="checkbox"/> 按期提交 <input type="checkbox"/> 未按期提交，具体情况：
二、监督措施与结果	
监督措施 1：密码平行样分析	
送样日期	2021 年 12 月 2 日
送样情况	1 个批次： 土壤样品石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、苯、吡啶、苯并[a]蒽、苯并[b]蒽、 萘、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘、菲并[1,2,3-c,d]芘、二苯并[a,h] 蒽各 18 个。
加密情况	随机加密样品数量： 土壤样品石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、苯、吡啶、苯并[a]蒽、苯并[b]蒽、 萘、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘、菲并[1,2,3-c,d]芘、二苯并[a,h] 蒽各 9 个。

结果评价	(1) 土壤样品石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为：0.6-20%，合格率为 100%。 (2) 土壤样品苯：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为：3.8-48%，合格率为 100%。 (3) 土壤样品吡啶：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为 4.5-29%，合格率为 100%。 (4) 土壤样品苯并[a]蒽：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-33%，合格率为 100%。 (5) 土壤样品苯并[b]蒽：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-27%，合格率为 100%。 (6) 土壤样品苯并[k]荧蒽：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-23%，合格率为 100%。 (7) 土壤样品苯并[a]芘：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-36%，合格率为 100%。 (8) 土壤样品菲并[1,2,3-c,d]芘：共 9 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-29%，合格率为 100%。 (9) 土壤样品二苯并[a,h]蒽：共 9 对密码平行样数据，全部未检出，合格率为 100%。 详情见附件 1。
三、本次质量监督结论	
是否通过本次质量监督： <input checked="" type="checkbox"/> 通过 <input type="checkbox"/> 原则通过 <input type="checkbox"/> 不通过	
质量监督结果说明： 1.如对本结果有异议，请于 5 个工作日内反馈，或向广州市生态环境局提出异议。 2.广州检验检测认证集团有限公司联系电话：020-31061785。	

技术机构：广州检验检测认证集团有限公司
日期：2021 年 12 月 24 日

2

编号：GJJJ-20211103D3

广州锌片厂地块（不含安置房）土壤修复效果评估
质量监督检查结果单（三）

一、基本信息	
地块名称	广州锌片厂地块（不含安置房）
监督工作内容	<input type="checkbox"/> 初调监测（初步采样分析） <input type="checkbox"/> 详调监测（详细采样分析） <input checked="" type="checkbox"/> 修复效果评估监测 <input type="checkbox"/> 其他：
土壤污染状况调查单位	广东中加检测技术股份有限公司
检测单位	广东中加检测技术股份有限公司
监督时间节点	<input checked="" type="checkbox"/> 过程监督 <input type="checkbox"/> 事后监督
提交相关检测报告、资料等情况	被监督单位： <input checked="" type="checkbox"/> 按期提交 <input type="checkbox"/> 未按期提交，具体情况：
二、监督措施与结果	
监督措施 1：密码平行样分析	
送样日期	2021 年 12 月 15 日
送样情况	土壤样品苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽各 7 个。
加密情况	随机加密样品数量： 土壤样品苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽各 5 个。
结果评价	(1) 土壤样品苯并[a]芘：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-20%，合格率为 100%。 (2) 土壤样品二苯并[a,h]蒽：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0%，合格率为 100%。 详情见附件 1。

编号：GJJJ-20211103D3

三、本次质量监督结论	
是否通过本次质量监督： <input checked="" type="checkbox"/> 通过 <input type="checkbox"/> 原则通过 <input type="checkbox"/> 不通过	
质量监督结果说明： 1.如对本结果有异议，请于 5 个工作日内反馈，或向广州市生态环境局提出异议。 2.广州检验检测认证集团有限公司联系电话：020-31061785。	

技术机构：广州检验检测认证集团有限公司
日期：2022 年 01 月 11 日

图 6.2-4 质量监督结果

编号：GJJD-20211103D5

编号：GJJD-20211103D5

广州锌片厂地块（不含安置房）土壤修复效果评估

质量监督检查结果单（五）

一、基本信息	
地块名称	广州锌片厂地块（不含安置房）
监督工作内容	<input type="checkbox"/> 初调监测（初步采样分析） <input type="checkbox"/> 详调监测（详细采样分析） <input checked="" type="checkbox"/> 修复效果评估监测 <input type="checkbox"/> 其他：
土壤污染状况调查单位	广东中加检测技术股份有限公司
检测单位	广东中加检测技术股份有限公司
监督时间节点	<input checked="" type="checkbox"/> 过程监督 <input type="checkbox"/> 事后监督
提交相关检测报告、资料等情况	被监督单位： <input checked="" type="checkbox"/> 按期提交 <input type="checkbox"/> 未按期提交，具体情况：
二、监督措施与结果	
监督措施 1：密码平行样分析	
送样日期	2022 年 1 月 20 日。
送样情况	土壤样品苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽各 20 个，石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、吡啶、苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒹、苯并[k]荧蒹、萘并[1,2,3-c,d]芘各 10 个，铅、锌各 10 个。
加密情况	随机加密样品数量： 土壤样品苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽各 10 个，石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、吡啶、苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒹、苯并[k]荧蒹、萘并[1,2,3-c,d]芘各 5 个，铅、锌各 5 个。

结果评价	(1) 土壤样品石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为：14-28%，合格率为 100%。 (2) 土壤样品萘：共 5 对密码平行样数据，全部未检出，合格率为 100%。 (3) 土壤样品吡啶：共 5 对密码平行样数据，其中 4 对数据未检出，另 1 对数据中 1 个未检出、1 个结果为 0.1 mg/kg（检出限），合格率为 100%。 (4) 土壤样品苯并[a]蒽：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 4.8-20%，合格率为 100%。 (5) 土壤样品苯并[b]荧蒹：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-17%，合格率为 100%。 (6) 土壤样品苯并[k]荧蒹：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 6.7-33%，合格率为 100%。 (7) 土壤样品萘并[a]芘：共 10 对密码平行样数据，相对偏差范围均为 0.0-33%，合格率为 100%。 (8) 土壤样品萘并[1,2,3-c,d]芘：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-20%，合格率为 100%。 (9) 土壤样品二苯并[a,h]蒽：共 10 对密码平行样数据，相对偏差范围为 0.0-33%，合格率为 100%。 (10) 土壤样品铅：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 1.0-9.1%，合格率为 100%。 (11) 土壤样品锌：共 5 对密码平行样数据，相对偏差范围为 1.1-11%，合格率为 100%。 详情见附件 1。
三、本次质量监督结论	
是否通过本次质量监督： <input checked="" type="checkbox"/> 通过 <input type="checkbox"/> 原则通过 <input type="checkbox"/> 不通过	
质量监督结果说明： 1.如对本结果有异议，请于 5 个工作日内反馈，或径向广州市生态环境局提出异议。 2.广州检验检测认证集团有限公司联系电话：020-31061785。	

图 6.2-5 质量监督结果

编号：GJJD-20211103D6

编号：GJJD-20211103D6

广州锌片厂地块（不含安置房）土壤修复效果评估项目

质量监督检查结果单（六）

一、基本信息	
地块名称	广州锌片厂地块（不含安置房）
监督工作内容	<input type="checkbox"/> 初调监测（初步采样分析） <input type="checkbox"/> 详调监测（详细采样分析） <input checked="" type="checkbox"/> 修复效果评估监测 <input type="checkbox"/> 其他：
土壤污染状况调查单位	广东中加检测技术股份有限公司
检测单位	广东中加检测技术股份有限公司
监督时间节点	<input checked="" type="checkbox"/> 过程监督 <input type="checkbox"/> 事后监督
提交相关检测报告、资料等情况	被监督单位： <input checked="" type="checkbox"/> 按期提交 <input type="checkbox"/> 未按期提交，具体情况：
二、监督措施与结果	
监督措施 1：现场采样复测	
采样日期	2022 年 3 月 18 日。
采样情况	点位：选点 1#kd-21、1#cb-B1-02 分别位于 1#-6 区基坑坑底、侧壁，1#kd-08、1#cb-V-02 分别位于 1#-3 区基坑坑底、侧壁（点位编号及点位图来源于被监督单位检测报告，点位图详见附件 1）。 复测数量及检测指标：土壤样品石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒹、苯并[k]荧蒹、苯并[a]芘、萘并[1,2,3-c,d]芘、二苯并[a,h]蒽、吡啶各 4 个。

结果评价	(1) 土壤样品石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)、萘、苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒹、苯并[k]荧蒹、苯并[a]芘、萘并[1,2,3-c,d]芘、二苯并[a,h]蒽、吡啶：各 4 个数据，检测结果所代表点位的土壤污染状况评价结果与被监督方提供的相应区域土壤污染状况评价结果均一致。 详情见附件 2。
三、本次质量监督结论	
是否通过本次质量监督： <input checked="" type="checkbox"/> 通过 <input type="checkbox"/> 原则通过 <input type="checkbox"/> 不通过	
质量监督结果说明： 1.如对本结果有异议，请于 5 个工作日内反馈，或径向广州市生态环境局提出异议。 2.广州检验检测认证集团有限公司联系电话：020-31061785。	

技术机构：广州检验检测认证集团有限公司

日期：2022 年 4 月 7 日

图 6.2-6 质量监督结果

7 效果评估

7.1 评价方法

根据《效果评估技术导则》要求，本项目采用逐个对比的方法判断整个场地是否达到修复效果。

当采样单元样品数量 <8 个时，应将样品检测值与修复效果评估标准值逐个对比：

- a) 若样品检测值低于或等于修复效果评估标准值，则认为达到修复效果；
- b) 若样品检测值高于修复效果评估标准值，则认为未达到修复效果。

采用逐个对比的方法时，所有样品的污染物监测值均满足以上的要求，则认为达到验收标准，方可判定场地达到修复效果。

7.2 阶段性效果评估结果

7.2.1 评估采样概况

根据土地使用权人的委托以及《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）、《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）及《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（试行）》的要求，我司于 2020 年 12 月至 2021 年 3 月对清挖后基坑、筛上物、修复后土壤等进行了修复效果评估检测。本次修复效果评估检测共采集 1#基坑土壤样品 185 个，1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）修复后污染土土壤样品 91 个，疑似污染土土壤样品 3 个，1#基坑筛上物土壤样品 15 个，总采集 1#基坑土壤样品 294 个。

7.2.2 1#基坑清挖效果评估

（1）1#-1 区~1#-5 区基坑清挖效果评估

2021年1月21日至22日，我司对1#基坑（1#-1区~1#-5区）清挖效果进行验收监测。其中1#-1区侧壁采集土壤混合样品10个，坑底采集土壤混合样品3个；1#-2区侧壁采集土壤混合样品7个，坑底采集土壤混合样品4个；1#-3区侧壁采集土壤混合样品14个，坑底

采集土壤混合样品4个；1#-4区侧壁采集土壤混合样品12个，坑底采集土壤混合样品4个；1#-5区侧壁采集土壤混合样品4个，坑底采集土壤混合样品2个；1#基坑（1#-1区~1#-5区）共采集土壤混合样品60个。所有点位监测因子均为石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽。

检测结果表明，所有点位检测值均低于修复目标值。

（2）1#-6区~1#-9区基坑清挖效果评估

①首次清挖效果评估

2021年11月26日，我司对1#基坑（1#-6区~1#-9区）清挖效果进行验收监测。其中1#-6区侧壁采集土壤混合样品10个，坑底采集土壤混合样品3个；1#-7区侧壁采集土壤混合样品5个，坑底采集土壤混合样品3个；1#-8区侧壁采集土壤混合样品5个，坑底采集土壤混合样品3个；1#-9区侧壁采集土壤混合样品12个，坑底采集土壤混合样品3个；1#基坑（1#-6区~1#-9区）共采集土壤混合样品44个。所有点位监测因子均为石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽。

检测结果表明，1#_{cb}-B4-01及1#_{cb}-D3-01的苯并(a)芘检测结果超出修复目标值，其余点位检测值均低于修复目标值。

②1#-6区~1#-7区基坑二次清挖效果评估

环境修复单位对1#基坑（1#-6区~1#-7区）进行二次清挖，2021年12月29日，我司对1#基坑（1#-6区~1#-7区）二次清挖效果进行验收检测。其中1#-6区二次清挖侧壁采集土壤混合样品1个，坑底采集土壤混合样品1个；1#-7区二次清挖侧壁采集土壤混合样品1个，坑底采集土壤混合样品1个；1#基坑（1#-6区~1#-7区）二次清挖共采集土壤混合样品4个。所有点位监测因子均为苯并(a)芘。

检测结果表明，基坑侧壁二次清挖后所有点位检测值均低于修复目标值。

（3）1#-10 区基坑清挖效果评估

2021年12月29日，我司对1#基坑（1#-10区）进行清挖效果监测。其中1#-10区侧壁采集土壤混合样品18个，坑底采集土壤混合样品7个；1#基坑（1#-10区）共采集土壤混合样品25个。其中点位1#_{kd}-31、1#_{kd}-32、1#_{kd}-33、1#_{kd}-34、1#_{cb}-F1-01、1#_{cb}-F1-02、1#_{cb}-F9-01、1#_{cb}-F9-02、监测因子为石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)蒽、苯并(k)蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽、铅及锌，其余点位监测因子均为石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)蒽、苯并(k)蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽。

检测结果表明，所有点位检测值均低于修复目标值。

（4）1#-11 区及 1#-12 区基坑清挖效果评估

①首次清挖效果评估

2022年1月18日，我司对1#基坑（1#-11区及1#-12区）进行清挖效果监测。其中1#-11区侧壁采集土壤混合样品6个，坑底采集土壤混合样品4个；其中1#-12区侧壁采集土壤混合样品6个，坑底采集土壤混合样品3个。1#基坑（1#-11区及1#-12区）共采集土壤混合样品19个。其中1#-11区侧壁监测因子为石油烃(C₁₀-C₄₀)、萘、呋啉、苯并(a)蒽、苯并(b)蒽、苯并(k)蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-c,d)芘、二苯并(a,h)蒽，其余点位监测因子均为苯并(a)芘。

检测结果表明，所有点位检测值均低于修复目标值。

（5）1#-13 区~1#-15 区基坑清挖效果评估

①首次清挖效果评估

2022年1月18日，我司对1#基坑（1#-13区~1#-15区）进行清挖效果监测。其中1#-13区侧壁采集土壤混合样品12个，坑底采集土壤混合样品4个；1#-14区侧壁采集土壤混合样品5个，坑底采集土壤混合样品3个；1#-15区侧壁采集土壤混合样品5个，坑底采集土壤混合样品2个。1#基坑（1#-13区~1#-15区）共采集土壤混合样品31个。

其中 1#-13 区及 1#-14 区侧壁监测因子为苯并(a)芘、二苯并(a,h)蒽、铅及锌；1#-14 区坑底监测因子为苯并(a)芘；1#-15 区坑底监测因子为铅，侧壁监测因子为铅、苯并(a)芘。

检测结果表明，1#_{cb}-K4-01 的苯并(a)芘检测结果超出修复目标值，其余点位检测值均低于修复目标值。

②二次清挖效果评估

环境修复单位对1#基坑（1#-14区）侧壁进行二次清挖，2022年3月9日，我司对1#基坑（1#-14区）侧壁二次清挖效果检测。1#-14区二次清挖侧壁采集土壤混合样品1个，侧壁底采集土壤混合样品1个，共采集土壤混合样品2个。所有点位监测因子均为苯并(a)芘。

检测结果表明，基坑侧壁二次清挖后所有点位检测值均低于修复目标值。

7.2.3 1#基坑污染土修复效果评估

(1) 1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区污染土修复效果评估

我司于 2021 年 1 月 25 日~2022 年 1 月 19 日,对 1#基坑(1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区)污染土热脱附修复效果进行检测,共采集修复后土壤样品 91 个。

检测结果表明,1#基坑(1#-6 区~1#-9 区)污染土修复后土堆(第一批)点位 1#XF-44 的苯并(a)芘,1#基坑(1#-11 区、1#-12 区、1#-14 区)修复后土堆点位 1#XF-92~1#XF-97 等 8 个点位的苯并(a)芘检测值超出修复目标值,其余点位检测结果均低于修复目标值。

环境修复单位对上述修复效果评估结果超标点位土壤进行二次修复,我司对二次修复后土壤进行效果评估检测,检测结果达到修复目标值要求。

综上,1#基坑(1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区)污染土壤修复效果达到修复目标值要求。

7.2.3 筛上物检测

我司分别于 2021 年 1 月 25 日、2022 年 1 月 19 日对 1#基坑(1#-1 区~1#-5 区)筛上物、1#基坑(1#-6 区~1#-15 区)筛上物进行检测,共采集土壤混合样品 11 个。

检测结果表明,点位 1#SW-01 的铅、苯并(a)芘检测值超出修复目标值;1#SW-02、1#SW-03 及 1#SW-04 点位的苯并(a)芘检测值超出修复目标值;其余点位检测值均低于修复目标值。

2022 年 2 月 22 日,我司对 1#基坑(1#-6 区~1#-15 区)二次冲洗后筛上物堆体进行检测,共采集土壤混合样品 4 个。所有样品检测结果均低于修复目标值。

7.2.5 疑似污染土检测

2022 年 3 月 29 日,我司对 1#基坑(1#-11 区)上层 1.7-2.2m 疑似污染土进行检测,共采集土壤样品 3 个,检测值均低于修复目标值。

8 结论和建议

8.1 修复工程概况

广州锌片厂位于广州市海珠区沙渡路 7 号，全厂占地面积约 7.8 万 m²。广州锌片厂地块分为北区和南区，广州锌片厂北区为原大生铜厂厂区，位于鹤洞大桥以北，占地面积约为 3.9 万 m²；广州锌片厂南区建于 80 年代，位于鹤洞大桥以南，占地面积约为 3.9 万 m²。2000 年 10 月，广州锌片厂关闭，转制重组成立广州市腾业锌材有限公司。因广州市“三旧”项目改造工作推进的需要，广州市腾业锌材有限公司于 2007 年搬迁出市区。随后场地处于空置，2009 年拆除建筑物，之后广州锌片厂北区作为凤安驾校训练场和停车场使用，广州锌片厂南区作为公安交警支队违法及事故车辆停车场使用。根据该地块的规划信息，锌片厂北区用地性质由工业用地变为公园绿地及商业用地，锌片厂南区变为住宅用地。

北京建工环境修复股份有限公司于 2014 年 3 月底前完成广州锌片厂南区保障性住房地块场地环境详细调查及风险评估工作。调查评估表明，锌片厂南区保障性住房地块存在重金属砷、总石油烃和多环芳烃污染，需要进行修复治理。

广东省环境科学研究院和暨南大学对广州锌片厂（不含安置房）开展场地环境详细调查及风险评估工作，《广州锌片厂（不含安置房）场地环境调查与风险评估报告》于 2017 年 9 月 28 日通过了广州市环境技术中心主持召开的专家评审会，于 2017 年 10 月在原广州市环保局备案。

依据《场调与风险评估报告》的结果，修复工程主要规模为：场地目标污染物为重金属（铜、镉、锌、镍、铅、汞、砷）、多环芳烃和总石油烃，总修复方量约 6.85 万 m³，其中重金属污染土约 2.62 万 m³、有机物污染土约 3.05 万 m³、复合污染土约 1.18 万 m³。

2019年1月18日，北京高能时代环境技术股份有限公司中标该场地环境修复工程项目；2019年2月27日广东省建筑工程监理有限公司中标该场地环境修复工程环境监理。

根据《广州锌片厂（不含保障性住房地块）场地修复实施方案》，项目第一阶段北区 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）污染土壤治理与修复采用异位热脱附+原址回填的技术路线进行处置。

环境修复单位于 2020 年 9 月至 2022 年 3 月对广州锌片厂地块（不含安置房）土壤污染修复项目北区 1#基坑污染场地开展修复工作，已完成修复工程量如下：1#基坑含 1#-1 区~1#-15 区，共 15 个区实际开挖污染土壤总土方量为 31090m³（实方，含放坡土方量 1823.6m³、二次清挖 31m³），筛上物为 1147m³。其中 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）实方为 26998m³（含放坡土方量 1756m³、二次清挖 31m³）有机污染土经过热脱附修复后为 34058.83m³（虚方，包括二次清挖修复后土壤 38 m³）；1#基坑（1#-1 区~1#-15 区）冲洗后筛上物虚方为 1823.6m³；1#基坑（1#-11 区）上层 1.7-2.2m 疑似污染土清挖土方量为 360m³实方，堆体测量虚方为 420m³；1#基坑（1#-13 区、1#-15 区）分别为复合污染土、重金属污染土经过热脱附和固化稳定后填埋，不在本阶段验收范围内。1#基坑合计污染土超挖 2028.6m³（实方，包括二次清挖土壤以及放坡土）。

8.2 修复范围及工程量审核

根据《实施方案》，本阶段场地 1#基坑超修复目标值的污染物为石油烃（C₁₀-C₄₀）、萘、苯并 a 蒽、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、苯并(a)芘、茚并(1,2,3-cd)芘、二苯并(a,h)蒽、喹啉、锌、铅，总修复土方量估算为 30208.4m³。

1#基坑实际开挖污染土方量为 31090m³（实方，含放坡土方量 1823.6m³、二次清挖 31m³、筛上物 1147 m³），与实施方案（30208.4m³）相比，超挖土方量 2028.6m³。

8.3 修复工艺及污染防治措施审核

北区 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）场地土壤修复技术与实施方案一致。北区 1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）场地施工过程中，根据修复工程实施方案、环境监理实施方案等的要求，落实了废水、噪声、固体废物等环保措施，固体废物及时清运，较有效地控制了修复工程实施期间对周边环境的影响。修复施工期间，环境监理单位没有接到对本项目实施过程环境影响的投诉。

8.4 阶段性效果评估检测结果

我司于2021年1月至2022年3月对北区1#基坑清挖、筛上物、疑似污染土及1#基坑（1#-1区~1#-12区、1#-14区）修复后土壤等进行了修复效果评估检测，共采集1#基坑土壤样品185个，1#基坑（1#-1区~1#-12区、1#-14区）修复后土壤样品91个，疑似污染土样品3个，筛上物样品15个，总采集土壤样品294个。

（1） 基坑清挖效果评估

1#基坑（1#-1 区~1#-9 区、1#-11 区~1#-12 区）清挖后，坑底和侧壁共采集土壤混合样品 123 个（不含现场平行样），其中 1#基坑 B4 段（0-0.2m）侧壁苯并(a)芘浓度 1.5mg/kg，D3 段（3.2-4.2m）侧壁苯并(a)芘浓度 1.4mg/kg，超商业用地修复目标值（1.35mg/kg），其余检测点位均达到修复目标值；环境修复单位对 1#基坑（B4 段、D3 段）侧壁共 2 个超标点位进行二次清挖，经我司对二次清挖后基坑进行重新采样（4 个样品）检测，检测结果均达到商业用地修复目标值。

1#基坑（1#-10 区、1#-13 区~1#-15 区）清挖后，坑底和侧壁共采集土壤混合样品 56 个（不含现场平行样），其中 1#基坑 K4 段（2.2-3.2m）侧壁苯并(a)芘浓度 1.1mg/kg，超公园绿地修复目标值（0.55mg/kg），其余检测点位均达到修复目标值；环境修复单位对 1#基坑 K4 段侧壁超标点位进行二次清挖，经我司对二次清挖后基坑进行重新采样（2 个样品）检测，检测结果均达到公园绿地修复目标值。

综上所述，1#基坑清挖效果达到预期工程目标。

（2） 原地异位热脱附修复效果评估

1#基坑（1#-1 区~1#-12 区、1#-14 区）污染土壤 26998m³（含放坡土方量 1756m³、二次清挖 31m³），原地异位热脱附修复后土壤方量为 34058.83m³（虚方，含二次清挖污染土壤 38m³），分批次进行修复效果评估检测，共采集 4 个批次土壤混合样品 83 个（不含现场平行样）。其中 1#基坑（1#-6 区~1#-9 区第一批次）污染土壤异位热脱附修复后 1 个采样单元苯并(a)芘浓度，1#基坑（1#-11 区、1#-12 区及 1#-14 区）污染土壤异位热脱附修复后 8 个采样单元苯并(a)芘浓度，均超修复目标值苯并(a)芘浓度 0.55mg/kg，其余检测点位均达到修复目标值。环境修复单位对上述批次污染土壤进行二次热脱附修复，我司重新进行修复效果评估检测，检测结果均达到修复目标值。

综上所述，1#基坑污染土壤热脱附修复效果达到预期工程目标。

（3） 筛上物检测

我司对 1#基坑冲洗后筛上物 1823.6m³（虚方，含二次清挖区域筛上物），分批次采集样品，总采集 2 个批次混合样品 11 个（不含现场平行样）。其中 1#基坑（1#-6 区~1#-15 区）冲洗后筛上物 4 个采样单元——1#SW-02~1#SW-04 点位苯并(a)芘浓度（均为 0.7mg/kg）、1#SW-01 点位苯并(a)芘、铅浓度（分别为 0.8mg/kg、376mg/kg）超修复目标值（苯并(a)芘 0.55mg/kg、铅 300mg/kg），其余检测点位均达到修复目标值；环境修复单位对上述批次筛上物进行第二次冲洗，我司对筛上物二次冲洗后重新采样（4 个样品）检测，检测结果均达到修复目标值。

综上所述，1#基坑冲洗后筛上物均能达到预期工程目标。

（4） 1#基坑（1#-11 区）上层 1.7-2.2m 疑似污染土检测

我司对 1#基坑（1#-11 区）上层 1.7-2.2m 疑似污染土清挖实方 360m³，堆存虚方为 420 m³ 采集混合样品 3 个（不含现场平行样），检测结果均达到修复目标值。

8.5 阶段性效果评估结论

广州锌片厂地块（不含安置房）1#基坑污染土壤清挖及回填土修复效果阶段性修复工作于 2022 年 3 月完成，修复效果评估单位通过资料回顾、现场勘察、人员访谈及效果评估检测采样和分析等对场地内土壤修复工作进行调查、检测和评估结果表明，广州锌片厂地块（不含安置房）北区 1#基坑污染土壤清挖与热脱附修复后的土壤已达到修复目标，待阶段性效果评估通过评审后，热脱附修复后的土壤可进行原址回填，场地修复过程中未发现明显的二次污染，修复效果良好，可满足下一阶段施工要求。

8.6 建议

（1）建议在项目场地未通过阶段性效果评估评审前，土地使用权人和环境修复单位应做好现场基坑的防扬尘、防塌方等防护工作，待本阶段修复工程通过生态主管部门评审确认后，该区域方可进行下一步回填工作。

（2）热脱附修复后土壤回填运输过程中，车辆禁止超载、超速，场地做好洒水抑尘等相关管理措施。

（3）本阶段效果评估范围区域主要规划为商业用地和公园绿地，在后续开发过程中，土地使用权人应将公园绿地和商业用地进行分区管控，避免将两个区域的土壤混合。

附件目录

附件 1 地块规划图

附件 2 修复范围图

附件 3 水文地质剖面图

附件 4 土壤采样记录单、样品流转记录及照片

附件 5 实验室检测报告

附件 6 土壤采样布点示意图

附件 7 场区平面布置图

附件 8 污染修复工艺流程

附件 9 危险废弃物处置合同（摘录）

附件 10 质量监督检查结果单（广检）

附件 11 质量监督结果通知单（市站）

附件 12 资质证书及能力附表

附件 13 施工阶段性总结报告（另册）

附件 14 环境监理阶段性总结报告（另册）

附件具体内容请见另册。