

广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块2号区

土壤污染修复效果评估报告

(简 本)

(备案稿)



土地使用权人：广州港股份有限公司

修复效果评估单位：生态环境部华南环境科学研究所

2023年12月

目 录

第一章 前言	1
1.1 项目概述.....	1
1.2 项目背景.....	2
第二章 编制依据与工作路线.....	4
2.1 法律法规.....	4
2.2 政策文件与标准规范.....	4
2.3 项目文件.....	7
2.4 名词解释.....	8
2.5 技术路线.....	8
第三章 地块概况	10
3.1 地块基本情况.....	10
3.1.1 地块地理位置.....	10
3.1.2 地块地质情况.....	10
3.1.3 地块周边地表水水系.....	11
3.1.4 地下水功能区划.....	12
3.1.5 地块地下水水文情况.....	12
3.1.6 地块历史、现状.....	13
3.1.7 地块规划.....	13
3.1.8 地块周边敏感点.....	14
3.2 地块调查评估结论.....	14
3.2.1 地块初步调查结论.....	14
3.2.2 地块详细调查结论.....	15
3.3 地块修复方案.....	17
3.3.1 修复目标.....	17
3.3.2 修复范围及工程量.....	18
3.3.3 修复技术路线.....	19
3.4 修复实施情况.....	20

3.4.1 实际修复内容和规模.....	20
3.4.2 修复工程实施进度与时间节点.....	20
3.4.3 工程变更情况.....	21
3.5 环境保护措施落实情况.....	24
3.5.1 大气环境二次污染防治措施及落实情况.....	24
3.5.2 水环境二次污染防治措施及落实情况.....	27
3.5.3 声环境二次污染防治措施及落实情况.....	29
3.5.4 固体废物二次污染防治措施及落实情况.....	30
3.5.5 土壤交叉污染防治措施及落实情况.....	31
3.6 环境监理情况.....	33
3.6.1 监理基本情况.....	33
3.6.2 监理方案备案情况.....	33
3.6.3 环境监理工作范围.....	33
3.6.4 环境监理工作内容.....	33
3.6.5 修复工程施工内容审核情况.....	34
3.6.6 二次污染防治环境监测.....	36
第四章 地块概念模型	39
4.1 资料审核.....	39
4.2 现场踏勘.....	41
4.2.1 核定修复范围.....	41
4.2.2 识别现场遗留污染.....	41
4.3 人员访谈.....	41
4.4 地块概念模型.....	42
4.4.1 地块污染物变化情况.....	42
4.4.2 污染受体和潜在暴露途径.....	44
4.4.3 地块概念模型更新.....	45
第五章 效果评估布点方案	46
5.1 采样节点.....	46
5.2 布点原则.....	47

5.2.1 基坑布点原则.....	47
5.2.2 异位修复后土堆、疑似污染土、筛上物布点原则.....	47
5.2.3 原位修复区域布点原则.....	47
5.2.4 潜在二次污染区域布点原则.....	48
5.2.5 风险管控区域地下水监测井设置原则.....	48
5.3 布点方案.....	48
5.3.1 基坑清挖效果评估布点.....	48
5.3.2 污染土壤异位修复效果评估布点.....	49
5.3.3 污染土壤原位修复效果评估布点.....	50
5.3.4 疑似污染土效果评估布点.....	50
5.3.5 筛上物冲洗效果评估布点.....	51
5.3.6 潜在二次污染区域效果评估布点.....	51
5.3.7 地铁施工占地污染区域效果评估布点.....	52
5.3.8 风险管控区域地下水监测井设置及检测指标.....	53
第六章 现场采样与实验室检测.....	56
6.1 样品采集.....	56
6.1.1 现场采样.....	56
6.1.2 样品保存与流转.....	58
6.1.3 现场质量控制.....	58
6.2 实验室检测.....	59
6.2.1 检测方法.....	59
6.2.2 实验室质量控制.....	61
6.2.3 外部质量控制.....	63
第七章 效果评估结果.....	66
7.1 基坑清挖效果评估.....	66
7.2 异位修复土壤效果评估.....	68
7.3 原位修复土壤效果评估.....	68
7.4 疑似污染土效果评估.....	69
7.5 筛上物效果评估.....	69

7.6 潜在二次污染区域效果评估.....	70
7.7 地铁占地污染区域效果评估.....	70
7.8 风险管控措施地下水效果评估.....	71
第八章 结论与建议.....	72
8.1 效果评估结论.....	72
8.1.1 修复工程资料审核结论.....	72
8.1.2 污染防治效果评估结论.....	73
8.1.3 修复效果评估结论.....	73
8.1.4 综合结论.....	77
8.2 建议.....	78
8.2.1 后期环境监管要求.....	78
8.2.2 长期环境监测.....	79

第一章 前言

1.1 项目概述

项目名称：广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复效果评估

项目地点：广州市黄埔区洪圣沙岛

土地使用权人：广州港股份有限公司

修复施工单位：广州市第一市政工程有限公司

环境监理单位：广东省建筑工程监理有限公司

效果评估单位：生态环境部华南环境科学研究所

效果评估检测单位：广州市华测品标检测有限公司

广东信一检测技术股份有限公司

广东建研环境监测股份有限公司

修复方案备案完成时间：2021 年 12 月 31 日

修复实施开工时间：2022 年 1 月 1 日

本地块污染修复效果评估对象为：（1）A、B、C、D、E、G 区基坑的清挖，共计 184 个采样基坑（包含新增的 CC1-3 基坑），开挖后形成 19 个基坑；（2）异位固化/稳定化、异位热脱附修复后的土壤；（3）原位修复区域，包括原位化学氧化、原位固化/稳定化修复后的土壤；（4）疑似污染土壤、筛上物；（5）潜在二次污染区域；（5）阻隔填埋区建设；（6）地铁施工占地污染区域；（7）阻隔填埋区、原位修复区域风险管控措施效果。

污染因子：铅、砷、镉、苯并（a）芘、二噁英、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、茚并(1,2,3-cd)。

阶段性效果评估污染深度：0~6 m。

1.2 项目背景

广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区位于广州市黄埔区洪圣沙地段。该地块主要包括一个码头、一个船厂、一个垃圾处理站，面积 278675.145 平方米。其中，船厂始建于 1975 年，1977 年建成投产；垃圾处理站始建于 1980 年，1991 年和 1996 年进行改造，新建 2 台焚烧炉；洪圣沙码头始建于 1983 年，1986 年开始投产。该地块主要包含码头配套的仓库、堆场、车间、宿舍、办公楼、船厂、垃圾处理站等，有多年工业利用历史，为潜在的污染地块。

2018 年 9 月 30 日，广州港股份有限公司与黄埔区土地开发中心签订了《国有土地使用权收储补偿协议》、《国有土地使用权有偿收回协议书》，计划将黄埔区洪圣沙土地交储。按照收储协议，广州港股份有限公司须在交储前完成土地环境调查及土壤修复等工作。广州港股份有限公司（土地使用权人）于 2019 年 1 月委托了生态环境部华南环境科学研究所与广东贝源检测技术股份有限公司开展地块土壤污染状况初步调查。

根据初步调查结果，该地块铅、砷、镉、多环芳烃、二噁英等指标浓度超过第二类建设用地筛选值，存在污染。因此，广州港股份有限公司于 2019 年 11 月委托华南所对该地块进行详细调查和风险评估工作。华南所于 2021 年 2 月完成《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染状况初步调查报告》、《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染状况详细调查报告》的备案，并于 2021 年 6 月完成《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染风险评估报告》备案。根据风险评估备案稿，地块中铅、砷、镉，多环芳烃（苯并（a）芘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、茚并（1,2,3-cd）芘）、二噁英等污染指标对人体健康风险不可接受，需开展土壤修复或风险管控。

2021 年 10 月，广州港股份有限公司委托广州市第一市政工程有限公司对地块进行修复，并委托广东省建筑工程监理有限公司对修复工程进行环境监理；随后相关单位分别完成了《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》（以下简称“修复方案”）、《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复环境监理方案》（以下简称“监理方案”）的编制，方案于 2021 年 12 月 31 日在广州市生态环境局完成了备案。

受广州港股份有限公司委托，华南所承担了该地块的土壤污染修复效果评估工作。根据国家土壤修复效果评估技术导则要求，华南所组织专业技术人员成立项目组，开展了资料回顾、现场踏勘等工作，并伴随修复施工同步开展布点采样、实验室检测等修复效果评估工作。

本地块已于 2022 年 9 月 8 日开展第一次阶段性效果评估报告评审，评审范围为 G 区异位修复基坑及 F 区重金属污染基坑的清挖，共计 72 个采样基坑，最终形成 LG01、LG02、LG03、LF01、LF02、LF03 基坑；会议通过第一次阶段性效果评估报告，评审通过后 G 区建设阻隔填埋区，F 区作为阻隔填埋区清挖的干净土壤的暂存场。

于 2023 年 4 月 23 日开展第二次阶段性效果评估报告评审，评审范围：（1）A、B、C、D、E 区基坑及 F 区 LF04 基坑的清挖，共计 112 个采样基坑，开挖后形成 13 个基坑：（2）异位固化/稳定化、异位热脱附修复后的土壤；（3）原位修复区域，包括原位化学氧化、原位固化/稳定化修复后的土壤；（4）疑似污染土、筛上物；（5）阻隔填埋区建设；（6）地铁施工占地污染区域。会议通过第二次阶段性效果评估报告，评审通过后修复施工单位回填基坑。

在原位修复区域土壤检测达标及阻隔填埋区污染土壤回填完成后，本项目组开始地下水的监测；并在第二次阶段性效果评估评审通过后，开展潜在二次污染区域及地铁疑占地清挖似污染土的采样检测。

本次总体效果评估内容除包括第一次和第二次阶段性效果评估内容外，新增效果评估内容：（1）潜在二次污染区域效果评估；（2）地铁占地区域疑似污染土、地铁占地其他潜在二次污染区域效果评估；（3）原位修复区域和阻隔填埋区风险管控措施地下水效果评估。

根据相关环保法律法规、政策与技术规范，项目组进行资料回顾、现场踏勘、布点采样与实验室检测等工作，综合地块的修复效果水平，汇总相关成果编制《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复效果评估报告》。

第二章 编制依据与工作路线

2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015年1月);
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年12月);
- (3) 《中华人民共和国土壤污染防治法》(2019年1月);
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》(2018年1月);
- (5) 《国家危险废物名录》(2021年本);
- (6) 《中华人民共和国突发事件应对法》, (2007年11月);
- (7) 《中华人民共和国大气污染防治法》(2018年10月);
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年9月);
- (9) 《中华人民共和国土地管理法》(2020年1月);
- (10) 《《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第253号)(2017年7月);
- (11) 《广东省环境保护条例》(2022年11月修订);
- (12) 《广东省实施<中华人民共和国土壤污染防治法>办法》(2018年11月29日广东省第十三届人民代表大会常务委员会七次会议通过)。

2.2 政策文件与标准规范

- (1) 《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);
- (2) 《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);
- (3) 《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);
- (4) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》(国发[2016]31号);

- (5) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部令第 42 号）；
- (6) 《广东省人民政府关于印发土壤污染防治行动计划实施方案的通知》粤府[2016]145 号；
- (7) 《广东省重金属污染防治工作实施方案》（粤环[2010]99 号）；
- (8) 《广东省环境保护厅关于印发土壤和综合治理方案的通知》（粤环[2014]22 号）；
- (9) 《广东省环境保护厅关于报送<广东省工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染工作实施方案>的函》（粤环函[2014]1290 号）；
- (10) 《广州市土壤污染防治行动计划工作方案》（穗府 [2017]13 号）；
- (11) 《广州市人民政府关于印发申请使用建设地规则的通知》（穗〔2015〕15 号）；
- (12) 《广州市土壤环境保护和综合治理方案》（穗[2014]128 号）；
- (13) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ682-2019）；
- (14) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）；
- (15) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）；
- (16) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）；
- (17) 《建设用地土壤修复技术导则》（H25.4-2019）；
- (18) 《工业企业污染场地调查与修复管理技术指南》（试行）（2014 年 11 月）；
- (19) 《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）；
- (20) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）；
- (21) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T 169-2004）；
- (22) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (23) 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；
- (24) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）；
- (25) 《固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》（HJ/T 299-2007）；
- (26) 《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ 557-2010）；
- (27) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；

- (28) 《污染场地修复技术目录（第一批）》；
- (29) 《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）；
- (30) 《广州市工业企场地土壤污染修复治理技术汇编（2018版）》；
- (31) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600—2018）；
- (32) 《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79-2012）；
- (33) 《建筑地基设计规范》（GB 50007-2011）；
- (34) 《水泥窑综合利用固体废物环境保护技术规范》（HJ 622-2013）；
- (35) 《水泥窑综合利用固体废物技术规范》（GB 30760-2014）；
- (36) 《广东省地基处理技术规范》（DBJ 1538-2005）；
- (37) 《广州地区建筑基坑支护技术规定》（GJB 02-1998）；
- (38) 《广州市工业企场地环境调查、治理修复及效果评估技术要点》（穗办〔2018〕173号）；
- (39) 《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）；
- (40) 《广东省建设用地土壤污染修复现场环境信息公开与标识指南（试行）》（粤环办〔2020〕66号）；
- (41) 《广东省建设用地土壤污染修复工程环境监理技术指南（试行）》（粤环办〔2020〕75号）；
- (42) 关于印发《建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审指南》的通知（环办土壤〔2019〕63号）；
- (43) 《广州市生态环境局办公室关于做好再开发利用地块土壤污染状况调查和治理修复效果评估质量监督工作的通知》（穗环办〔2020〕62号）；
- (44) 《建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审指南》（环办土壤〔2019〕63号）；
- (45) 《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》（DB4401/T 102.2-2021）；
- (46) 《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);

(47) 《建设用地土壤污染防治第 5 部分: 土壤半挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范》(DB4401/T 102.5-2021)。

(48) 《建设用地土壤污染修复效果评估监测质量控制技术规范》(DB44/T 2417-2023)。

2.3 项目文件

(1) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染状况初步调查报告》(2021 年 2 月);

(2) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染状况详细调查报告》(2021 年 2 月);

(3) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区环境风险评估报告》(2021 年 6 月);

(4) 《广州市生态环境局关于广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染状况调查报告评审意见的函》(No 20210523);

(5) 《广州市生态环境局关于广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染风险评估报告评审意见的函》(No 20211883);

(6) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》(备案稿)(广州市第一市政工程有限公司, 2022 年 4 月);

(7) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复环境监理方案》(广东省建筑工程监理有限公司, 2021 年 12 月);

(8) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤修复项目第一次阶段性效果评估施工总结报告》(广州市第一市政工程有限公司, 2022 年 8 月);

(9) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复第一次阶段性环境监理报告》(广东省建筑工程监理有限公司, 2022 年 8 月)。

(10) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤修复项目第二次阶段性效果评估施工总结报告》(广州市第一市政工程有限公司, 2023 年 4 月);

(11) 《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复第二次

阶段性环境监理报告》(广东省建筑工程监理有限公司, 2023年4月)。

2.4 名词解释

1、虚侧壁

当相邻基坑共用一条或多条侧壁, 或者存在“坑中坑”情况时, 在实际土壤修复过程中, 相邻基坑共用的侧壁和“坑中坑”中小坑的侧壁会被清挖掉, 在实际开挖形成的基坑中并不存在, 即为虚侧壁。

2、采样基坑

污染指标相同的某单一基坑即为采样基坑。

3、二次清挖

一次清挖后采集的土壤样品检测显示部分点位超标时, 对超标点位进行扩挖, 即为二次清挖。

4、三次清挖

当二次清挖后采集的土壤样品检测显示部分点位仍然超标时, 对超标点位进行再次扩挖, 即为三次清挖。

2.5 技术路线

1、更新地块概念模型

根据风险管控与修复进度, 以及掌握的地块信息对地块概念模型进行实时更新, 为制定效果评估布点方案提供依据。

2、布点采样与实验室检测

布点方案包括效果评估的对象和范围、采样节点、采样周期和频次、布点数量和位置、检测指标等内容, 并说明上述内容确定的依据。原则上应在风险管控与修复实施方案编制阶段编制效果评估初步布点方案, 并在地块风险管控与修复效果评估工作开展之前, 根据更新后的概念模型进行完善和更新。

根据布点方案, 制定采样计划, 确定检测指标和实验室分析方法, 开展现场采样与实验室检测, 明确现场和实验室质量保证与质量控制要求。

3、风险管控与土壤修复效果评估

根据检测结果，评估土壤修复是否达到修复目标或可接受水平，评估风险管控是否达到规定要求。

对于土壤修复效果，可采用逐一对比和统计分析的方法进行评估，若达到修复效果，则根据情况提出后期环境监管建议并编制修复效果评估报告，若未达到修复效果，则应开展补充修复。

对于风险管控效果，若工程性能指标和污染物指标均达到评估标准，则判断风险管控达到预期效果，可继续开展运行与维护；若工程性能指标或污染物指标未达到评估标准，则判断风险管控未达到预期效果，须对风险管控措施进行优化或调整。

4、提出下一步施工及后期环境监管建议

根据风险管控与修复工程阶段性实施情况与效果评估结论，提出下一步施工及后期环境监管建议。

5、编制效果评估报告

汇总前述工作内容，编制效果评估报告，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。

第三章 地块概况

3.1 地块基本情况

地块名称：广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区

土地使用权人：广州港股份有限公司

3.1.1 地块地理位置

广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区位于广州市黄埔区洪圣沙岛，面积 278675.145 平方米。洪圣沙是黄埔区珠江河道的一个江心岛屿，西邻长洲岛，东连白兔沙（龙船沙）。该岛目前没有陆路直达，交通依赖轮渡。地块北、西、南三面均为珠江，东面为白兔沙和大吉沙岛的居民、鱼塘和农田。

3.1.2 地块地质情况

洪圣沙码头的地质情况是在风化岩上覆盖有表层为淤泥，其下为砂层，再下为贝壳与砂混淤泥，混合极不均匀，有些地方含淤泥量多，个别孔在风化岩上存在淤泥间少量砂层，该混合层越往岸边越靠西端越厚，这层较软弱的土层对岸坡的整体稳定起着控制作用。

根据地块详细调查阶段钻探资料，场区内覆盖层自上而下依次为第四系人工填土层（ Q_4^{ml} ）、冲积层（ Q_4^{al} ），现分述如下：

（1）人工填土（ Q_4^{ml} ）

<1-1>填石：层厚 0.50~2.00m，平均厚度 1.19m，层顶标高 7.09~7.84m，本层共 16 个钻孔均有分布。杂色，主要由块石及碎石等堆填而成，稍湿，结构松散。

<1-2>杂填土：层厚 0.60~3.00m，平均厚度 1.75m，层顶标高 6.98~8.25m，

本层共 40 个钻孔均有分布。杂填土为杂色，由粉质粘土、砖块、粉细砂、中粗砂、砼块及砖块等堆填而成，稍湿，结构松散。

<1-3>素填土：层厚 0.80~4.30m，平均厚度 2.40m，层顶标高 7.13~8.31m，本层共 73 个钻孔均有分布。素填土为深灰、黄褐色等杂色，主要由中粗砂及碎石等堆填而成，稍湿，结构松散。

<1-4>回填砂：层厚 0.70~5.50m，平均厚度 2.90m，层顶标高 0.00~4.50m，本层共 237 个钻孔均有分布。回填砂为浅灰、深灰、灰、黄褐色等，由粉细砂、中粗砂等堆填而成，稍湿，稍压实。

(2) 冲积层 (Q₄^{al})

<2-1>粉质粘土：层厚 1.00~2.30m，平均厚度 1.75m，层顶埋深 1.50~3.80m，层顶标高 3.79~6.23m，本层仅于 S103、S206、S246、S252 号钻孔有分布。为灰黄色，可塑，粘性较好，含少量粉细砂。

<2-2>淤泥质土：层厚 0.40~6.20m，平均厚度 2.01m，层顶埋深 1.00~10.00m，层顶标高-2.30~6.68m，本层共 257 个钻孔均有分布。为深灰、灰黑色，饱和，流塑，含少量有机质及粉细砂，有腥臭味，局部含较多粉细砂，呈薄层状分布。

<2-3>粉细砂：层厚 0.40~5.70m，平均厚度 1.89m，层顶埋深 1.00~11.50m，层顶标高-3.80~6.63m，本层全部钻孔均有分布。为深灰、灰白、浅灰黄色等，饱和，稍密，级配较差，成分为石英砂。

3.1.3 地块周边地表水水系

地块处于长洲街道洪圣沙珠江江心洲岛的西部，珠江水道分南北通过，北侧为主干水道。洪圣沙是珠江正干下游一江心洲，位于南北汊流中的前航道和后航道的汇合点，港区附近水系北有黄埔水道，南有铁桩水道，西有沙鹭江水道，东有大壕洲水道。地处珠江内河，距外海近百公里，外海波浪传入港区后，因受水深与地形的影响，能量逐渐消减，波浪不大，场区所在河段面较窄，自生风浪亦很小。

珠江自西向东流经黄埔，河道处于咸淡水交合活动范围，属咸潮区域。黄埔境内珠江江面宽 800-2200 米，水深 8-15 米，平均流速每秒 0.9 米，平均流量每秒 4326

立方米。珠江南一支经北亭、官洲、新洲、深井、长洲河面，一支经沥滘南亭、穗石、新造至深井、长洲河面，汇于黄埔后流入狮子洋，为河水径流和海洋潮流作用潮汐汊道，受洪水和潮汐影响，潮差自外向内逐渐增加。黄埔潮差平均 1.64 米，最大 3.38 米，属不规则半日潮。最高潮位 7.34 米，最低潮位 3.09 米，平均高潮位 5.14 米，平均低潮位 4.13 米。落潮东南流向，流速 0.9 米/秒，最大 1.5 米/秒；涨潮西北流向，流速 0.7 米/秒。落潮时间长于涨潮。

3.1.4 地下水功能区划

根据《广东省地下水保护与利用规划》（2011）及广东省地下水功能区划成果，目标地块所在区域地下水功能区为不宜开采区（珠江三角洲广州海珠至南沙不宜开采区），地下水功能区水质目标为 V 类。

结合现场踏勘及历史资料搜集，地块为珠江正干下游一江心洲，位于南北汊流中的前航道和后航道的汇合点，属珠江感潮河段，所处功能区地下水受咸潮影响地下水矿化度普遍偏高，地下水水质不适宜开发利用。

3.1.5 地块地下水水文情况

地块内地下水为第四系孔隙水，<1-4>回填砂为上层滞水，属于中等透水层；粉细砂<2-3>层为地块主要含水层，属于中等~强透水层，在地块呈连续厚层状分布，故第四系孔隙含水层在地块有一定涌水量。

地下水位的变化与地下水的赋存、补给及排泄关系密切，地下水补给以大气降水以及地表水补给为主，排泄以大气蒸发或向低洼处进行排泄，年变化幅度 1.00~3.00m。在初步调查及详细调查期间对地块进行勘察，测得地下水稳定水位埋深为 0.35~2.54m。

地块地下水流场变化受补排条件影响而变化，丰水期降雨充沛，岛内地下水补给以降雨补给为主，地下水抬升并向地表水体排泄，地块地下水呈明显的由岛心向四周径流的流场趋势。枯水期地块地下水补给以地表水补给为主，地块地下水表现为与地表水流向基本一致的流场趋势。

根据地块详细调查报告，在低潮期，洪圣沙岛地下水流向总体上表现为由中心向南北两侧排泄地表水体的趋势。在高潮期，地块地下水表现为与地表水流向基本一致的流场趋势。

3.1.6 地块历史、现状

洪圣沙地块 2 号区包含码头配套的部分堆场、仓库和车间，以及船厂和垃圾处理站等，面积约 27.87 万平方米。1969 年以前，整个地块为农田，1969 年被征用，之后逐步开始船厂、码头、垃圾处理站的建设。

(1) 船厂片区历史沿革

1975 年黄埔港务管理局取得洪圣沙的土地使用权，同年该局委托交通部工作航道局对洪圣沙南面进行吹填造陆，采用吸泥船吹填 10 万 m^3 ，并开始船厂建设活动，1977 年船厂建成投产。1984~2000 年间，船厂片区开展了多次改建，包括建设油料仓库、简易硫酸房、煤堆场等。2018 年船厂停止使用，人员和设备退场。2019 年 3 月，建筑物拆除完毕。

(2) 码头片区历史沿革

1983 年洪圣沙北部开始建设黄埔洪圣沙水转水码头工程，1985 年 9 月工程全面竣工，1986 年开始投产。1987~2015 年码头片区进行了多次改建、扩建等，包括建设集装箱堆场、机修间、煤堆场、木材物流基地等。2018 年码头停止使用，人员和设备退场。2019 年 3 月建筑物拆除完毕。

(3) 垃圾处理站片区历史沿革

1980 年，在地块西南角建设了一座小型垃圾处理场及配套的码头，用于处理船舶上的生活垃圾；1991 年年底，处理站建成；2011 年垃圾处理站停止使用；2018 年 12 月，建筑物拆除完毕。

3.1.7 地块规划

根据《广州市黄埔区洪圣沙地块（AP0807 规划管理单元）控制性详细规划修改通告》，黄埔洪圣沙地块 2 号区规划用途为商务兼容商业及娱乐康体用地

(B2/B1/B3)、文化设施兼娱乐康体及交通枢纽用地 (A3/B3/S3)、体育设施兼容商业用地 (A4/B1)、公园绿地兼容城市轨道交通用地 (G1/S2)、公园绿地 (G1) (非社区公园、儿童公园), 属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600—2018)中的**第二类用地**。

3.1.8 地块周边敏感点

洪圣沙地块 2 号区位于黄埔区洪圣沙岛, 周边 1.5 公里内无名木古树、历史文物等需要特殊保护的目标, 也无饮用水源地, 地块周围敏感点主要有东面大吉沙岛的居民点、西面长洲岛下庄村的居民区, 详见表 3.1-1。

表 3.1-1 周边主要环境保护敏感点一览表

序号	敏感点	性质	距离与方位	备注
1	大吉沙村	城中村	东面 360m	
2	生鱼洲	城中村	东面 820m	
3	长洲岛下庄村	城中村	西面 750m	
4	大沙围	城中村	南面 750m	
5	黄埔港务分公司	码头	北面 680m	

3.2 地块调查评估结论

3.2.1 地块初步调查结论

3.2.1.1 初步调查布点采样情况

地块内共设置土壤监测点位 170 个, 在东南面荒地设置 2 个对照点, 共采集土壤样品 872 个 (不含平行样), 同时采集 2 个土壤对照样品。监测指标共 76 项, 其中必测指标共 47 项, 选测指标共 29 项。土壤筛选值执行《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准 (试行)》(GB36600—2018)《第二类用地标准》。

共布设地下水监测井 15 口, 井深为 8-12m, 采集地下水样品 13 组。地下水监测指标共 74 项 (涵盖土壤特征污染物, 其中必测指标 56 项, 选测指标 18 项。地

下水筛选值执行《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) IV类标准。

3.2.1.2 初步调查结果

地块内土壤样品中：51 个点位存在出现超筛选值的情况，超筛选值点位较为集中的区域包括煤堆场、船厂周边堆场、原航修站等。超筛选值的项目共 8 个，包括砷、铅、镉、苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽、苯并（a）蒽、茚并（1,2,3-cd）芘及二噁英；最大超筛选值倍数分别为 2.3 倍、33.5 倍、2.0 倍、30.53 倍、2.95 倍、1.18 倍、0.86 倍、0.375 倍，超筛选值样品最大采样深度分别为 6 m、6 m、4 m、5.2 m、3.6 m、3.6 m、3.6 m、0.5m。

地块内地下水样品中：出现超筛选值的项目包括浑浊度、总硬度、溶解性总固体、耗氧量、氨氮等常规指标；地块特征污染物指标均未超筛选值。

3.2.2 地块详细调查结论

3.2.2.1 详细调查布点采样情况

详细调查采样共设置 434 个土壤监测点位，单点最大采样深度为 10m，共采集土壤样品 3092 组，检测项目包括砷、铅、镉、苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽、苯并（a）蒽、茚并（1,2,3-cd）芘以及二噁英。由于地下水特征污染物指标均未超筛选值，因此未对地下水进行详细调查。

3.2.2.2 详细调查结果

对初步调查阶段超筛选值的点位和指标进行加密布点，详细采样阶段共151个监测点位319个土壤样品中的砷、铅、镉，苯并（a）芘、二噁英等5项指标超筛选值，超筛选值样品最大采样深度为6m；初步调查阶段存在一个样品苯并（b）荧蒽、苯并（a）蒽、茚并（1,2,3-cd）芘超，详调阶段进行加密布点，加密布点的样品苯并（b）荧蒽、苯并（a）蒽、茚并（1,2,3-cd）芘均未超筛选值。

初调和详调阶段共在地块内布设604个点位，采集样品3964组（其中初调872组，详调3092组）。结果表明，超筛选值指标8项，包括：砷、铅、镉，苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽、苯并（a）蒽、茚并（1,2,3-cd）芘、二噁英等。

因此，调查地块需根据地块未来规划开展土壤污染风险评估，关注污染物为超筛选值污染物，包括：砷、铅、镉、苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽、苯并（a）蒽、茚并（1,2,3-cd）芘、二噁英等8项指标。地块风险评估结论

3.2.2.3 风险评估情况

根据风险评估报告，土壤关注污染物中苯并(a)蒽的致癌风险为 $2.15E-06$ ，苯并(b)荧蒽的致癌风险为 $3.89E-06$ ，茚并(1,2,3-cd)芘的致癌风险为 $1.83E-06$ ，以上三种指标的风险均超过可接受风险水平，风险不可接受，需采取必要的风险管控或修复措施。

土壤样品砷、铅、镉、苯并（a）芘、二噁英等5种污染物超土壤风险管制值，对人体健康存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施。

3.2.2.4 地块修复目标值

根据风险评估报告，为了强化未来在本地块开发利用过程中风险防控，按照地块使用权人的意见，从严选取土壤修复目标值。砷、铅、二噁英、镉、苯并（a）芘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、茚并(1,2,3-cd)修复目标值采用风险筛选值，分别为 60、800、 4×10^{-5} 、65、1.5、15、15、15mg/kg；

3.2.2.5 地块修复范围和土方量

根据本地块土壤污染详查结果和修复目标值，确定了地块内各土层需要开展风险管控或修复的范围。结果表明，本地块污染土壤最大深度为 6.0m，总修复土方量为 112421.96 m^3 ，平面面积为 83755.76 m^2 。污染区域面积从表层到深层总体呈逐步减小趋势，表层 0-0.5m 土壤修复面积达 49221.28 m^2 ，0.5-1.0m 和 1.0-1.5m 的土壤修复面积在 3.8 万 m^2 左右；1.5-2.0m 土层超筛面积下降到 25374.19 m^2 ，2.0-2.5m 土层超筛面积比上一层略有增加，为 27512.32 m^2 ；再往下层土壤超筛面积显著下降，4.0-5.0m 土层超筛面积下降至 2550.41 m^2 ；5.0-6.0 土层超筛面积进一步下降至 2453.72 m^2 ；考虑不同深度叠加情况下修复平面面积合计为 83755.76 m^2 。可见，本

地块污染土壤最大深度为 6.0m，其中，0-3.0m 土方量 97660.62 m³，占总土方量 86.87%；0-4.0m 土方量 107417.83 m³，占总土方量 95.55%。

3.3 地块修复方案

《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》于 2021 年 12 月 31 日在广州市生态环境局完成了备案。

3.3.1 修复目标

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，场地污染物，铅、镉、砷、苯并(a)芘、二噁英、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘修复目标值见表 3.3-1。

表 3.3-1 土壤修复目标值

关注污染物	土壤污染修复目标值 mg/kg
砷	60
镉	65
铅	800
苯并（a）芘	1.5
苯并（a）蒽	15
苯并（b）荧蒽	15
茚并(1,2,3-cd)芘	15
二噁英	4×10 ⁻⁵

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，采用异位/原位固化/稳定化修复后的土壤，铅、砷、镉、苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽浸出限值参考《地下水质量标准》(GB14848-2017)IV类标准，苯并（a）蒽、茚并(1,2,3-cd)芘参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)风险评估推导风险筛选值。

表 3.3-2 固化/稳定化修复样品浸出浓度标准

关注污染物	浓度限制	参考标准
铅	0.1mg/L	《地下水质量标准》(GB14848-2017)IV类
砷	0.05mg/L	
镉	0.01mg/L	
苯并(a)芘	0.5ug/L	
苯并(b)荧蒹	8.0 ug/L	
苯并(a)蒽	1.12 mg/L	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)风险评估推导风险筛选值
茚并(1,2,3-cd)芘	3.71 mg/L	

3.3.2 修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，本地块修复深度为 0~6m，总修复土方量为 112421.96m³，污染物为铅、镉、砷、苯并(a)芘、二噁英、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒹、茚并(1,2,3-cd)芘。需修复的重金属污染土方量为 84322.67m³，占总修复土方量的 75.00%；多环芳烃污染土方量为 13429.29m³，占总修复土方量的 11.9%；二噁英污染土方量为 1153.65 m³，占总修复土方量的 1.0%；重金属、有机复合污染土方量为 13516.37m³，占总修复土方量的 12.0%。~0.5m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，0~0.5m 土层整理后为 39 个修复单元，修复面积共 49221.28 m²，修复土方量为 24610.64m³，占总修复土方量的 21.89%。0.5~1.0m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，0.5~1.0m 土层整理后为 32 个修复单元，修复面积共 38486.56 m²，修复土方量为 19243.28m³，占总修复土方量的 17.12%。1.0~1.5m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，1.0~1.5m 土层整理划分为 32 个修复单元，修复范围分布在从 B、C、E、F、G 等 5 个片区，修复面积共 38637.06 m²，修复土方量为 19318.53m³，占总修复土方量的 17.18%。1.5~2.0m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，该层整理后划分为 21 个污染修复单元，修复面积共 25374.19 m²，修复土方量为 12687.1m³，占总修复土方量的 11.29%。2.0~2.5m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，该层整理后为 26 个污染修复单元，修复面积共 27512.32 m²，修复土方量为 13756.16m³，占总修复土方量的 12.24%。2.5~3.0m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，该层整理为 18 个污染修复单元，修复面积共 16089.83 m²，修复土方量为 8044.92m³，占总修复土方量的 7.16%。3.0~4.0m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，该层整理为 11 个污染修复单元，修复面积共 9757.21 m²，修复土方量为 9757.21m³，占总修复土方量的 8.68%。4.0~5.0m 土层修复范围及工程量

根据《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，该层整理为 4 个污染修复单元，修复范围分布在 A、E、G 等 3 个片区，修复面积共 2550.41 m²，复土方量为 2550.41m³，占总修复土方量的 2.27%。

3.3.3 修复技术路线

根据已备案的修复方案可知，本地块涉及堤防保护范围、轨道交通 7 号线保护区、高压走廊保护控制线范围、船舶码头区域，其中堤防 0-9m 区域不可开挖，9m 以外可进行开挖施工；船舶码头区域不可开挖；轨道交通 7 号线保护区及高压走廊保护控制线范围可进行开挖施工。本地块 D 区部分区域位于堤防 0~9m 区域内，污染指标为二噁英，污染深度为 0~1m，由于 D 区二噁英污染深度较浅，原位修复缺少工程案例，修复效果不确定性较大；为保证修复效果，D 区所有区域均开挖施工。

本项目总技术路线及范围如下：

(1) 非堤防保护范围（除 D 区）有机污染土壤采用异位热脱附修复，重金属污染土壤采用固化/稳定化+阻隔填埋修复技术，重金属与有机复合污染土壤则采用

异位热脱附+固化/稳定化+阻隔填埋组合修复技术。

(2) 堤防保护范围（除 D 区）污染土壤采用原位固化/稳定化+水平阻隔修复技术。

(3) D 区有机污染土壤采用异位热脱附修复技术。

3.4 修复实施情况

3.4.1 实际修复内容和规模

本地块异位修复区域共清挖 184 个基坑，清挖深度 0~6.0m，清挖土方量 110012m³（实方），其中一次清挖 106735m³，超标扩挖 3277m³。

异位固化/稳定化重金属污染土壤实方 95738m³，虚方 107438m³；异位热脱附有机污染土壤实方 32756m³，虚方 33285m³。

原位固化/稳定化修复重金属污染土壤 5569.76m³（实方，不含二次修复），原位化学氧化有机污染土壤 356.08m³（实方）。

3.4.2 修复工程实施进度与时间节点

广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤修复项目于 2021 年 12 月 31 日备案成功，2022 年 1 月 1 日开始进行污染土壤清挖施工，2022 年 9 月 21 日完成本次阶段性效果评估所有基坑清挖施工，2022 年 12 月 8 完成现场异位热脱附修复施工，2022 年 10 月 3 日完成现场异位固化/稳定化修复施工，2022 年 10 月 7 日完成现场原位化学氧化修复施工，2022 年 12 月 5 完成现场原位固化/稳定化修复施工，2023 年 6 月 3 日完成阻隔填埋区的建设，2023 年 7 月 27 日完成阻隔填埋区上层覆土。

3.4.3 工程变更情况

3.4.3.1 工程量变更

1、C 区地铁建设区域清挖工程量变更

地铁 7 号线二期洪圣沙地铁站，其附属结构 C 出口、1 号风亭、冷却塔位于本地块 C 区修复范围内；其中 1 号风亭、冷却塔占地污染区域污染深度为 0-4m，污染类型为铅、砷、苯并（a）芘单一及复合污染，C 出口占地污染区域污染深度为 0-1m，污染指标为苯并（a）芘。C 出口、1 号风亭、冷却塔占地污染区域共涉及污染土方 1462.3m³

因位于 1 号风亭、冷却塔及 C 出口区域污染土壤已被地铁方私自开挖，且开挖后的土壤混合堆存需做复合污染土壤处理，造成本项目实际修复土方量变更，具体如下：

（1）重金属污染土壤方量设计方量为 84322.67m³，因 1 号风亭、冷却塔及 C 出口区域已被私自清挖减少了 798.5m³，变更后土方量为 83524.17m³。

（2）有机污染土壤设计方量为 14582.92m³，因 1 号风亭、冷却塔及 C 出口区域已被私自清挖减少了 405.8m³，变更后土方量为 14177.12m³。

（3）复合污染土壤设计方量为 13516.37m³，因 1 号风亭、冷却塔及 C 出口区域已被私自清挖减少了 258m³，清挖产生的混合土堆需做复合污染土壤修复，土方量增加了 2736m³，变更后的土方量为 15994.37m³。

（4）总设计污染土壤方量为 112421.96m³，变更后总土方量为 113695.66m³，增加了 1273.7m³。

变更后的总污染土壤为 113695.66m³，包括重金属污染土壤 83524.17m³，有机污染土壤 14177.12m³，复合污染土壤 15994.37m³。

根据已备案的《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复方案》，本项目修复方式分为原位修复及异位修复，需进行异位修复清挖的污染土壤设计方量为 104528.4m³，包括重金属污染土壤 76821.1m³、有机污染土壤 14475.2m³、重金属-有机复合污染土壤 13232.07m³。变更后的异位清挖修复总土方为 105802.1m³，

重金属污染土壤 76022.6m³，复合污染土壤方量 15562.27m³，有机污染土壤方量 14217.2m³。

2、F 区土壤污染类型变更

地铁施工方将 1 号风亭、冷却塔及 C 出口污染区域内清挖的污染土壤及疑似污染土暂存在场地 F 区，表层已硬化，具体堆存位置如下，占地面积为 1322m²。

修复施工单位在广州市生态环境局黄埔分局执法调查完成后，将混合土堆转运至热脱附进料大棚单独堆存及后续修复处置，转运完成并清理堆存现场后效果评估单位对土壤堆存区域进行二次污染防治检测，检测结果显示堆存区域与基坑重叠部分砷超标。为确保消除可能存在的二次污染，施工方将堆存区域表层单独有机污染单元（F1-4''）变更为复合污染单元，清挖污染土壤类型变更为复合污染土壤，设计方量为 171.5m³。

3、新增 CC1-3 基坑清挖工程量

地铁建设附属结构 1 号风亭、冷却塔污染区域 0-4m 范围内及 C 出口涉及本地块污染区域，效果评估单位对地铁建设相关区域进行二次污染防治检测，检测结果显示 C 出入口 0-0.5m 存在点位超标情况，为彻底消除可能存在的污染源，施工方将超标点位代表区域作为新增污染单元 CC1-3 进行清挖及后续修复处置。具体区域如下：

新增 CC1-3 污染单元设计面积为 124.78m²，设计方量 62.39m³，污染类型为有机污染，清挖施工过程中实际清挖污染土方量为 64m³，清挖后污染土壤转运至热脱附进料大棚。

4、疑似污染土超标

2022 年 11 月 11 日，效果评估单位对本项目施工过程中产生的疑似污染土壤分类进行取样检测，检测结果显示，复合疑似污染土壤中重金属检测全部达标，有机污染指标存在 4 个单元超标，施工方将超标点位代表的单元土方共计 2000m³做有机污染土壤处置，进行热脱附修复。

5、工程量变更小结

综上所述，因地铁建设清挖 C 区部分区域、F 区堆土占据污染基坑以及疑似污染土超标，造成清挖范围及污染类型变更，工程量发生变更。

3.4.3.2 平面布置图变更

为更好方便现场施工，现场实际平面布置图较修复方案中设计平面布置图有所调整，将调整的地方报监理及业主审批，审批通过后对平面布置进行变更，

3.4.3.3 阻隔填埋区位置变更

根据修复方案设计，阻隔填埋区区域采用上大下小设计，上顶板面积为 35000m²，下底板面积为 27850 m²，回填厚度定为 3.1m。实际施工过程中，发现阻隔填埋区东北角落存在一定数量的大树，为防止对树木造成破坏，施工方对阻隔填埋区范围进行变更，变更后的阻隔填埋区上顶板面积为 29433m²，下底板面积为 25552m²，回填厚度为 3.8m。具体变更内容详见章节 3.4.3.12。

3.4.3.4 原位修复技术变更

修复方案中，原位修复区域有机污染土壤及复合污染土壤修复技术为原位固化/稳定化。实际修复过程中，为确保修复彻底，原位修复区域内单独有机污染土壤采用原位化学氧化技术修复，复合污染土壤采用原位化学氧化+原位固化/稳定化修复。

原位化学氧化使用的修复药剂为过硫酸钠、氢氧化钠，药剂添加浓度设为 0.02mol/L，修复设备采用高压旋喷搅拌机。

3.4.3.5 防洪堤外污染区域处理方式变更

防洪堤外区域指的是防洪堤往外江侧区域，由于部分防洪堤为 2019 年建设，部分新建防洪堤位于场地污染区域内，将污染区域分割，由于《广州市水务管理条

例》、《广东省河道堤防管理条例》、《广东省水利工程管理条例》等相关规定要求，堤防结构区域严禁施工，防止对堤防工程造成破坏，因此修复方案中对于防洪堤外的区域不进行修复和风险管控。

为防止对堤防结构造成破坏，同时避免防洪堤外的污染对环境及人体健康造成影响，经与管理部门沟通，施工方对堤防结构区域内污染范围采用顶部覆盖“两布一膜”+混凝土封顶的处置方式，阻断污染物暴露途径，防止后期对环境及人体造成影响。

3.5 环境保护措施落实情况

3.5.1 大气环境二次污染防治措施及落实情况

根据大气环境影响分析，大气环境保护管理过程，需要针对挥发性有害气体、粉尘、施工机械尾气制定针对性的二次污染防治措施。

3.5.1.1 挥发性有害气体的二次污染防治措施

本项目对挥发性有害气体的二次污染防治主要是对含有机污染土壤的清挖、运输、暂存和修复过程中的防治。

1、污染土壤的清挖过程

(1) 减小开挖作业面

污染土壤清挖时，采用小作业面清挖的方式，一边清挖、一边转运、一边覆盖的方式进行作业。一个作业面上清挖出的土壤直接装到专用运输车上，并及时覆盖，完成后设备后退进行下一作业面开挖作业，严格控制暴露在空气中的作业面积，达到控制土壤中可能存在的污染物挥发扩散以及扬尘二次污染防治的目的。

(2) 铺设防雨布

对于有机污染土壤，在开挖过程中，裸露面及时进行覆盖，以防止裸露面过大造成污染物的大量挥发。

(3) 在大风等极端天气情况下，或空气重污染应急措施实施过程中，停止一

切建设施工，防止有机污染气体扩散传播，造成二次污染。

2、污染土壤的运输过程

(1) 封闭运输车运输

清挖后污染土壤在场内转运过程中采用封闭运输车进行运输。并在封装前，在土壤表面覆盖薄膜或苫布，防止运输过程中有害气体挥发至大气造成环境污染。

(2) 运输过程中严禁超速行驶，防止有机污染气体扩散，造成周边环境二次污染。

(3) 热脱附进料大棚采用双拉门形式，可有效阻止运输车辆进出热脱附进出大棚时有机污染气体扩散。

3、污染土壤的暂存过程

热脱附进料大棚为密闭钢结构膜棚，为负压密闭大棚，大棚尾气经引风机牵引作为助燃空气进入热脱附设备进行燃烧处理，最后由排气筒达标排放，避免贮存过程中的污染物挥发造成二次污染。贮存密闭大棚如下图所示：

4、污染土壤的修复过程

(1) 预处理过程

污染土壤的预处理在热脱附进料大棚内进行，热脱附进料大棚为负压密闭大棚，大棚内的尾气由引风机及管道引入热脱附二燃系统中进行二次燃烧处理，最后达标排放，防止废气对环境产生影响。

(2) 污染土壤修复过程

污染土壤的热脱附修复系统均为密闭系统，系统内部均为负压条件，并严格按照设备运行安全管理程序操作，杜绝跑冒滴漏现象。

(3) 尾气处理过程

1) 污染土壤暂存在热脱附进料大棚内产生的废气经过抽气系统进入尾气处理设施，处理达标后排放，防止废气对环境产生影响。

2) 污染土壤经回转窑脱附处理后，产生的尾气进入热脱附尾气处理系统，先后经过旋风除尘器、二次燃烧室、急冷塔、布袋除尘器、喷淋吸收塔等处理，最后达标排放，防止废气对环境造成二次污染。

热脱附修复二噁英污染土壤时，尾气处理系统开启活性炭粉管道支路，用活扬

尘污染控制措施

施工过程中扬尘污染的控制主要体现在污染土壤的清挖、运输、暂存和修复过程。

1、污染土壤的清挖过程

(1) 污染土壤清挖过程采用挖掘机清理土壤，采取轻挖、慢转、轻放、清边清底准确、装车适量的原则，进行施工。

(2) 采用密目防尘网/防雨布进行覆盖

在污染区域进行清挖施工时，合理安排工期并尽量减少清理作业面，控制每次开挖面积，在清洁土壤等裸露处采用安全密目防尘网覆盖。

(3) 规范施工

采用挖土机清理土壤，减少污染土壤遗洒机率，避免扬尘的产生。在挖掘过程中，挖土机采取轻挖、慢转、轻放、清边清底准备、装车适量的原则，进行施工。

2、污染土壤的运输过程

(1) 密闭式环保运输车

清挖后污染土壤在场内转运过程中采用封闭运输车进行运输。并在封装前，在土壤表面覆盖薄膜或苫布，防止运输过程中扬尘对大气造成环境污染。

(2) 运输道路洒水降尘

对施工现场运输道路采取洒水的方式进行降尘，在道路两侧安装管线，使用水泵和阀门控制洒水的频率和流量；如遇大风等天气导致扬尘浓度过大时，适当增加洒水频次。密切关注国家气象局天气预报，提前做好施工进展安排，遇强台风等天气时停止施工，现场停止施工作业，并做好苫盖。

(3) 车辆清洗

根据施工需求，在项目大门附近建设了洗车池，车辆出入需进行车辆清洗，以免车辆出入带泥，造成二次污染环境的影响。

3、污染土壤的暂存过程

现场产生的有机及复合污染土壤暂存在热脱附进料大棚，重金属污染土壤暂存在固化/稳定化修复大棚。热脱附进料大棚及固化/稳定化修复大棚为钢结构密闭大棚，主要用于污染土壤的暂存及预处理，避免污染土壤暂存过程中的扬尘与挥发造

成二次污染。

4、污染土壤的修复过程

污染土壤的热脱附修复系统均为密闭系统，可以防止粉尘逸散至大气中。固化/稳定化修复车间内配备强雾化水汽喷射装置，对土壤筛分及药剂混合过程进行扬尘防治。

对修复后土壤验收合格后采用安全密目防尘网和防雨布进行覆盖，防止扬尘现象。

3.5.2 水环境二次污染防治措施及落实情况

据水环境影响分析，本修复施工过程中，可能造成水环境二次污染的物质为污染土壤清挖过程中产生的基坑涌水、污染土壤上方渣块清洗废水以及车辆清洗废水等，在施工过程中需对上述过程采取有针对性的污染防治措施。

3.5.2.1 水体抽出

1、基坑涌水

本项目施工过程中产生的基坑涌水采取抽出展出的防治措施。

2、筛上物清洗废水

筛上物清洗会产生废水和污泥，废水在洗车池经沉淀后抽至现场水罐处理，污泥统一收集后续做危废处理。

施工过程中总计冲洗筛上物 3358 m³，冲洗产生废水共 642 m³。

3、洗车废水

所有清洗车辆产生的废水收集进行沉淀处理，并将洗车沉淀池内的废水定期抽出至预处理水罐，预处理后暂存至现场移动式水袋，待检测合格回用。

施工过程共计抽出洗车废水 11 个批次，共计 110m³。

4、修复后土堆暂存区废水

施工过程中，需要采取措施防止雨季降水造成积水，避免雨水与修复后土壤暂存区堆存的土壤接触，造成修复后土壤的二次污染。

现场在固化/稳定化修复后暂存区及热脱附修复后暂存区设置了挡水墙和沉淀池，固化/稳定化待验区沉淀池大小为 2 个大小 $2*4 *1.5m$ ，热脱附待验区为 1 个大小 $2*4*1.5m$ 沉淀池。根据施工过程中天气情况，及时抽出至水罐预处理，预处理后暂存至现场移动式水袋，检测合格后回用。

施工过程中共计抽出暂存区沉淀池废水 14 个批次，共计 $210m^3$ 。

3.5.2.2 水体预处理

由于施工期间基坑清挖比较集中，抽水安排紧密，施工方对抽取的废水进行预处理，预处理完成后抽至现场移动式水袋暂存，并分批次申请检测。

施工过程中共计预处理水体 $9412m^3$ ，预处理完成后暂存至现场移动式水袋等待检测。

3.5.2.3 水体检测

经预处理过后的水体暂存在现场膜结构水袋中，分批次上报监理单位，委托第三方检测单位对水体进行检测，并出具相关检测报告。

3.5.2.4 水体回用

现阶段共计 17 个批次检测合格水体共 $9412m^3$ ，检测合格后施工方将其用于固化/稳定化土壤修复和修复后土堆养护。

3.5.2.5 水平衡分析

本项目现阶段施工过程中，共计产生废水 $9412m^3$ ，其中基坑涌水 $8450m^3$ ，筛上物清洗废水 $642m^3$ ，洗车废水 $110m^3$ ，修复后土壤暂存区沉淀池废水 $210 m^3$ 。将各水体抽出至预处理水罐，预处理完成后暂存在现场膜结构水袋中，并分批次报审监理申请第三方检测，检测合格后回用于现场异位固化/稳定化修复及修复后土堆养护。

3.5.3 声环境二次污染防治措施及落实情况

根据噪声环境影响分析，施工现场的噪声来源主要包括机械设备噪声及现场施工人员的噪声等。针对这两种类别的噪声二次污染防治技术装备及保证措施如下所示：

3.5.3.1 机械、设备噪声

在土壤开挖、运输过程中，将会用到一些高噪声的机械设备，采用的技术装备包括低噪声机械、隔声装置、消声器、检修机械、润滑剂、噪声自动监测仪等。

- 1) 采用噪声小的生产设备
- 2) 设备加装消声、减震装置
- 3) 管理措施
- 4) 禁止厂界内鸣笛

3.5.3.2 施工人员的噪声

在污染场区要大力提倡文明施工，建立健全控制人为噪声的管理制度，加强对施工人员的噪声扰民的教育，尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员避免噪声扰民的自觉意识。

3.5.3.3 施工作业时间

现场合理安排施工作业时间，尽量避免夜间施工，如必须进行夜间施工，需要对外公示施工情况，并选择施工过程中噪声较小的工序。

3.5.4 固体废物二次污染防治措施及落实情况

3.5.4.1 固体废物的产生途径

根据固体废弃物环境影响分析，现阶段本项目场地施工现场产生渣块建筑垃圾、生活垃圾、土块污泥等，这些固体废弃物具有一定二次污染的风险，需要进行妥善处置。

3.5.4.2 固体废物二次污染防治措施

根据本项目的工艺、生产情况以及实地施工情况采取下列固体废物二次污染防治措施。

1、渣块、建筑垃圾

1) 针对场地建设、平整的垃圾，统一整理堆存，待有关部门批准，统一进行后续处理。

2) 针对建筑垃圾，在施工前设置专门的固体垃圾堆放点并进行统一集中处理。明确管道具体位置、确定不明废弃物组成，为后续处理处置工作的开展提供必要条件。

3) 污染土壤清挖、土壤前处理产生的渣块等固体，运送到洗车池清理干净，场内单独堆放。

2、生活垃圾

1) 针对生活垃圾，现场布置垃圾桶，之后垃圾装袋集中堆放，加强消毒处理，注意灭鼠、灭蚊、防臭，定期运至环卫部门指定地点，由环卫部门及时清运妥善处理。

2) 对可能沾染污染物的特殊废弃物，如口罩、手套、棉纱等采用集中收集，统一处置，防止二次污染。

3、土块污泥

1) 在现场施工和运输过程中，所有车辆离开场地均经过车辆清洗池清理，所有在污染场地工作过的机具也必须经过清扫，待人员、车辆、机具上的污染土壤、土块经过彻底清理后方可出场，避免对污染区以外的环境造成污染。

2) 热脱附设备旋风除尘、布袋除尘器内的污泥及尘土安排人员定期收集后运送至热脱附进料棚，与污染土壤一同进行热脱附处置。异位固化/稳定化大棚内的尘粒收集后做污染土壤固化/稳定化处置并回填至阻隔填埋区。

3) 运输车辆转运土壤时采取全密封等措施防止泥土遗撒，一旦发生遗撒及时处理。

4、危废处置

(1) 活性炭

热脱附修复二噁英污染土壤时，尾气处理系统开启活性炭粉管道支路，高压空气将活性炭用高压管接入急冷塔出口烟气管道中，对着烟气流向喷入，依靠烟气流使其散播于气流中，在烟气管中延长两者接触时间，吸附后活性炭颗粒最后附在袋式除尘器滤袋壁上，还可继续进行吸附烟气中可能存在的二噁英。

最后随袋式除尘器清灰落入灰斗中，同除尘器落灰一同排出，此部分落灰收集后单独堆放在指定的地点，做危废处置。

(2) 废水抽出处理产生的底泥统一收集做危废处置。

(3) 修复后暂存沉淀池底泥统一收集做危废处置。

以上需做危废处置的活性炭、底泥，经统一收集存放在现场设置的危废暂存间，并设置安全防范措施并有醒目的危废存放标识，外运至有资质的危废处置单位阳春海创环保科技有限公司处置。共计处置产生危废 3.22 吨。

3.5.5 土壤交叉污染防治措施及落实情况

3.5.5.1 设置场地“黑白区”

表 3.5-1 具体措施

序号	具体措施
1	将污染区域及涉及的相关地块设为黑区，利用围挡设施将黑区、白区隔离，车辆、人员、施工机械等进出场前进行仔细清洗，防止其对周边洁净土壤的二次污染。
2	污染地块上的施工机械和设备等，在移动到其他地块之前，需要清除机械和设备上残留的污染土壤。防止污染土壤随之迁移到其他地块，造成二次污染。
3	贮存期间需对暂存大棚地面进行硬化和防渗处理，防止污染物渗漏，造成二次污染。地块硬化处理需采用浇筑强度不低于 C20 的抗渗混凝土，浇筑厚度不得低于 20cm，并进行整平。

3.5.5.2 污染土壤转运过程

表 3.5-2 土壤场内转运过程污染防治措施

序号	具体措施
1	运输车辆不得超载，装土量不得超过 90%。运输车辆应选用有盖工程车，并设置遮盖，大风、降雨、台风等恶劣天气时停止运输。
2	对场内区域进行合理规划，减少污染土壤场内的转运距离；合理安排施工工序，处理后土壤及时进行抽样监测，减少暂存时间。
3	运输单位需严格执行国家的相关法规要求，遵守交通规则，杜绝发生翻车等严重交通事故。
4	运输过程中，车辆不得超速行驶，遇到不平路面，车辆必须减速慢行，防止车辆颠簸造成污染土方外泄。
5	做好事故应急预案并严格执行，万一发生事故应立即启动应急预案，确保污染土壤不外泄不散落。
6	车辆到达指定地点后，应听从现场人员的统一指挥，将土方卸在指定的点，不得随意停靠倾倒。
7	装卸完毕后，及时将车内冲洗干净。
8	在场地出口处设置洗车区，对进出场地的载重车，用高压水冲洗轮胎，做到不带泥砂及其它污物出场。
9	清洁土运输车辆和污染土运输车辆不得混用，避免造成清洁土二次交叉污染。
10	运输污染物成分不同的污染土前，应将运输车辆车厢及轮胎进行清扫干净，避

序号	具体措施
	免交叉污染。

3.6 环境监理情况

3.6.1 监理基本情况

- (1) 环境监理单位：广东省工程监理有限公司
- (2) 环境监理检测单位：广州京诚检测技术有限公司
广东粤丘检测科技有限公司

3.6.2 监理方案备案情况

2021 年 12 月广东省工程监理有限公司编制了《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤污染修复环境监理方案》，2021 年 12 月 12 日土地使用权人广州港股份有限公司组织召开了专家评审会，通过评审会并形成相应的专家意见，经修改完成后于 2021 年 12 月 31 日在广州市生态环境局进行了备案。

3.6.3 环境监理工作范围

- (1) 核实修复实施单位是否落实修复方案所规定的修复范围、修复工艺、环境保护措施等，实现修复目标；
- (2) 核实在污染土壤清挖、运输、修复和暂存过程的废气、废水、噪声和固废排放是否达到相关标准，防止土壤修复施工期间各类环境因素对工程周围的自然生态环境造成不利的影响或干扰；
- (3) 监理工程实施过程中的环境保护措施是否规范，是否造成二次污染。

3.6.4 环境监理工作内容

环境监理的工作内容主要有：核查设计文件、施工计划中的环保设施提出合理

要求，以满足土壤修复工程实施常规以及建设项目环境保护法律、法规等文件的要求；对施工方进行业务监督、杜绝污染投诉；协助招标人通过技术方案评审和竣工验收；构建监理项目的环境管理机制，使环境监理方案及环境监理验收方案通过专家论证，组织各方进行环保宣传培训；项目施工期各项环境监测工作；对环保报批及回复的履行、各级环保主管部门对本工程提出的环保要求的落实情况进行监督。

3.6.5 修复工程施工内容审核情况

在修复工程设计阶段，环境监理单位对修复方案与修风险评估报告相符性、配套环保设施与措施的合理性和环境监管体系和管理计划的完整性进行审核，该项目修复方案与风险评估报告基本相符，配套的环保设施与措施合理，环境监管体系和管理计划的完整。

3.6.5.1 基坑清挖环境监理

基坑开挖前，环境监理根据本地块污染区域治理修复范围进行旁站，现场采用全站仪确定修复范围拐点坐标，确定基槽开挖线，并用白灰撒出；基坑清挖过程中边挖边测，清挖到位后对基坑底旁站进行复测，确保基坑底坐标与风险评估报告、修复方案基本吻合。

经基坑开挖前、开挖过程中及开挖后多次测量，基坑开挖范围与风险评估报告、修复方案基本吻合。

根据修复方案及现场实际开挖情况，本地块异位清挖基坑 184 个（包含第一次阶段性效果评估范围内的基坑和新增的 CC1-3 基坑），清挖深度 6m，清挖土方量 110012 m³，其中一次清挖 106735 m³，超标扩挖 3277 m³，清挖后形成 19 个基坑。

经审核，污染基坑的清挖范围与深度均根据备案的风险评估报告和修复方案中的边界拐点坐标确定，清挖的范围与工程量均符合风险评估和修复方案划定的土壤修复范围的要求。

3.6.5.2 异位修复土壤工程量复核

本项目异位修复区域的重金属污染土壤、重金属-有机复合污染土壤采用异位固化/稳定化修复；其中复合污染土壤先经热脱附修复合格后，再进行固化/稳定化修复处理。

修复施工单位通过添加磷酸三钠及水泥对重金属污染土壤进行固化/稳定化，异位固化/稳定化土壤方量实方为 95378m³，虚方为 107438 m³。

修复施工单位配备 1 套热脱附设备，处理能力为 20-25 m³/h，每天 20 h 连续运行，多环芳烃污染土壤加热温度 450℃，二噁英污染土壤加热温度 650℃。有机污染土壤清挖后转运至热脱附进料大棚经筛分破碎，进行热脱附修复，热脱附修复方量实方为 32756 m³（实方），虚方为 33285m³。

3.6.5.3 原位修复土壤工程量复核

有机污染土壤采用原位化学氧化修复；复合污染土壤先采用原位化学氧化修复，检测合格后再进行原位固化/稳定化修复；重金属污染土壤采用原位固化/稳定化修复。原位修复范围根据备案的风险评估报告和修复方案中的边界拐点坐标确定。

对于有机污染土壤，修复单位采用原位化学氧化修复技术，使用的修复药剂为过硫酸钠、氢氧化钠，药剂添加浓度设为 0.02mol/L，修复设备采用高压旋喷搅拌机，注入间距设为 3.5m。原位化学氧化修复土方 356.08m³，其中单独有机污染土壤 107.72m³，复合污染土壤 248.36m³

对于重金属污染土壤，修复单位使用 SJB-II 型原位深层注入搅拌设备作为主体修复设备，靠近防浪墙部分采用高压旋喷桩机进行修复施工，修复药剂为磷酸三钠、水泥。原位固化/稳定化修复土方 5569.76m³，其中单独的重金属污染土壤 5321.40m³，复合污染土壤 248.36m³。

原位修复范围及工程量与备案的风险评估报告和修复方案中的一致。

3.6.5.4 阻隔填埋区建设核查

实际施工过程中，修复单位对阻隔填埋区范围进行了变更，变更后的阻隔填埋区上顶板面积为 29433m²，下底板面积为 25552m²，回填厚度为 3.8m。阻隔填埋区采用钢筋混凝土形式，对填埋体进行全面包封处置，6 个面均进行阻隔防渗处理，从里到外的顺序依次为：固化/稳定化填埋体-600g/m²土工布保护膜-1.5mmHDPE 防渗膜-600g/m²土工布保护膜-不低于 150mm 厚度的钢筋混凝土阻隔墙，顶部覆盖 2m 清洁土壤。阻隔回填土方量为 107438m³。

3.6.5.5 土方回填监理

施工方分别于第一次和第二次阶段性效果评估评审通过后、阻隔填埋区建设完成后，进行土方回填，第一次阶段性效果评估评审通过后，回填 F 区和 G 区部分基坑，回填土方量 38359m³（实方）；第二次阶段性效果评估评审通过后，回填剩余基坑，共计回填土方 150241m³（实方）；阻隔填埋区建设完成后，施工方开始进行上层清洁土回填，回填厚度为 2m，回填清洁土方 62837m³（实方）。监理单位对现场基坑回填过程进行了全过程监理。

3.6.6 二次污染防治环境监测

3.6.6.1 水环境监测

1、地块周边地下水监测

（1）监测点位布设：环境监理单位在地块周边可能受修复和施工影响的区域设置 6 个地下水监测井

（2）监测频次：地下水监测施工前期、施工完成后各监测一次，施工期间两周监测一次。

（3）检测结果：阶段性效果评估期间（2021 年 12 月 29 日~2022 年 11 月 15 日），监理单位共进行了 23 次地下水监测，结果显示各指标均达到相关标准，表明

施工期间未对地下水水质造成影响。

2、生产废水收集和监测

对实施过程中产生的废水来源、排放量、指标浓度及处理设施运行效果等进行检查、监督，并根据水质监测结果，确定施工废水是否达到了回用的要求。

在污水站处理使用期间，按照处理批次进行采样监测。阶段性效果评估期间，监理单位共对 17 批次的生产废水进行了监测，结果显示各指标均达标，达标的废水回用于生产过程，无废水排放。

3、原位修复区域地下水监测

根据修复方案和监理方案确定在原位修复区域共建设 18 口地下水监测井，监理单位委托第三方环境监测单位对原位修复区域上游及下游地下水监测井中的 12 个口监测井进行采样检测。

阶段性效果评估期间，监理单位监测 A 区、B 区、C 区地下水两次，监测 G 区地下水 4 次，结果显示各指标均达到相关标准，表明原位修复施工期间未对地下水水质造成影响。

3.6.6.2 大气监测

大气环境监测主要包括厂界四周无组织排放、周边环境敏感点及有组织排放的监测。

1、无组织排放监测

环境监理单位根据场地修复范围及全年主导风向，在场地的上风向、下风向及场界四周环境敏感区方位共设置 4 个大气采样点。

监测点位布设：本项目地块周边存在多个敏感点，根据场地修复范围及全年主导风向，分别在场地的上风向、下风向及场界四周环境敏感区方位设置大气采样点。施工前监测 1 次，施工过程中每周监测 1 次。

阶段性效果评估期间，监理单位共进行了 34 次废气无组织排放监测，结果显示各指标均达标，表明施工期间废气无组织排放达标。

2、周边敏感点监测

环境监理单位在周边环境敏感点设置 4 个大气环境监测点，施工前监测 1 次，施工期 2 周监测 1 次，二噁英施工期每周监测 1 次。

阶段性效果评估期间，监理单位共进行了 22 次大气环境敏感点监测，结果显示各指标均达标，表明施工期间未对周围大气环境造成影响。

3、有组织排放监测

有机污染土壤采用异位热脱附修复，并设置排放口 1 个，修复期间监理单位委托第三方检测单位对排放的废气进行检测。

异位热脱附修复期间，监理单位共进行了 22 次排放口监测，结果显示各指标均达到相关标准，表明异位热脱附修复设备废气排放达标。

3.6.6.3 噪声环境监测

监理单位在地块边界四周设置了 4 个噪声环境监测点位，修复实施前和修复实施后各监测 1 次，修复施工过程监测每周监测 1 次。

阶段性效果评估期间，监理单位共进行了 33 次噪声环境监测，结果显示各指标均达标，表明施工期间未对周围声环境造成影响。

第四章 地块概念模型

4.1 资料审核

对收集的资料进行整理和分析，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，通过以下方面的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。

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 3.3.1 和 3.3.2。

(2) 地块实际修复技术：①非堤防保护范围（除 D 区）有机污染土壤采用异位热脱附修复，重金属污染土壤采用固化/稳定化+阻隔填埋修复技术，重金属与有机复合污染土壤则采用异位热脱附+固化/稳定化+阻隔填埋组合修复技术。

②堤防保护范围（除 D 区）有机污染土壤采用原位化学氧化，重金属污染土壤采用原位固化/稳定化+水平阻隔，复合污染土壤采用原位化学氧化+原位固化/稳定化+水平阻隔修复技术。

③D 区有机污染土壤采用异位热脱附修复技术。

与修复方案相比，修复工程实际实施修复技术存在以下变更：①堤防保护范围（除 D 区）有机污染土壤修复技术由“原位固化/稳定化+水平阻隔”变更为“原位化学氧化”；②复合污染土壤修复技术由“原位固化/稳定化+水平阻隔”变更为“原位化学氧化+原位固化/稳定化+水平阻隔”。变更后，堤防保护范围（除 D 区）有机污染将通过化学氧化作用被清除，对环境的风险将进一步降低。

综上，修复工程确定的地块污染土壤的修复范围、修复目标与地块风险评估报告、修复方案、工程变更单及相关行政文件等相符合，可作修复效果评估依据；修复技术存在变更，变更后的修复技术对地块污染的治理将进一步加强，可作修复效果评估依据。

2、环保措施落实情况

通过对修复过程施工记录、污水处理记录、监理记录和监测数据等的审核，确定施工方案的环保措施已基本得到落实，环境保护设施与措施基本上符合修复方案、环境监理方案及备案文件的要求。

3、污染修复情况

根据施工记录、监理记录与检测数据，修复工程重点完成了：

(1) 清挖 184 个采样基坑，清挖深度为 0~6m，共计清挖污染土壤 110012m³，其中重金属污染土壤 79256m³，有机污染土壤 14274 m³，复合污染土壤 16482 m³；(2) 异位固化/稳定化重金属污染土壤实方 95738 m³，虚方 107438m³，异位热脱附有机污染土壤实方 32756m³，虚方 33285 m³；(3) 原位修复区域修复土方量 5677.48 m³，修复深度 0~6m，其中原位固化/稳定化重金属污染土壤 5321.4 m³，原位化学氧化有机污染土壤 107.72 m³，原位化学氧化+原位固化稳定化复合污染土壤 248.36 m³。

经审核，污染土壤的修复范围均符合备案的风险评估报告或工程变更单中确定的边界拐点坐标，治理修复水平范围与深度、工程量基本符合风险评估报告或工程变更单划定的修复范围要求。

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、监理方案、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。

5、施工变更情况

对修复方案与施工记录、监理记录等工程资料的审核，修复过程有施工变更情况。相关的施工变更发生时，施工单位及时申请设计变更，经监理单位、土地使用权人同意后，及时完成了相关工程变更手续，并向相关部门备案。

4.2 现场踏勘

4.2.1 核定修复范围

通过现场勘察，检查对照风险评估报告、修复方案以及工程变更单中的污染区域拐点坐标与施工过程记录、监理出具的相关记录资料等，确认污染区域已经完成分区清理，基坑开挖边界、原位修复边界与相关文件要求基本一致，污染土壤治理修复范围(基坑开挖范围与深度、异位修复土壤工程量、原位修复工程量)基本符合修复方案要求。

基坑开挖理论坐标、实际坐标及相关记录详见施工总结报告和环境监理报告。

4.2.2 识别现场遗留污染

(1) 通过工程与环境监理单位全程的监管，并通过现场踏勘观察地块表层土壤及侧面裸露土壤状况，基本判定地块评估报告内确定的污染土壤已经清挖出相关污染区域。

(2) 在热脱附设备停止运行后，旋风除尘器集尘斗排出的尘、布袋除尘器集尘斗排出的尘，尾气处理系统产生的废活性炭均交由有危废处置资质单位回收处置。现场未发现洒落遗留痕迹。

(3) 施工地块已对部分临时设施进行拆除与清理，一般性固体废物如包装袋等均完成了相应清运，未发现在现场随意洒落或遗留。

(4) 施工地块运输道路日常清理与冲洗工作较好，现场总体整洁，未有污水横流等现象。

4.3 人员访谈

通过与土地使用权人、修复实施人员、环境监理人员等进行现场访谈，并参与修复工程例会，对施工进展情况与过程事件解决方案等深入参与，全面掌握了地块修复工程方案要求、修复施工情况、环境保护措施落实情况等。

(1) 各相关单位人员普遍反映施工过程中顺利进行，土壤污染修复依据风险评估、修复方案及施工变更单划定范围进行清理、修复；

(2) 确定污染土壤的数量和去向均清晰，修复过程中产生的危险废物已委托具有相关处理资质单位进行处置；

(3) 废水、废气等二次污染防治措施基本得到落实并有效运转，未对周边产生污染扰民问题。

4.4 地块概念模型

4.4.1 地块污染物变化情况

4.4.1.1 目标污染物浓度变化情况

根据风险评估报告，本地块修复前：砷浓度最大值为 1600mg/kg，铅浓度最大值为 37933mg/kg，镉浓度最大值为 213.25mg/kg，苯并(a)芘浓度最大值为 47.3mg/kg、苯并(a)蒽浓度最大值为 32.7mg/kg，苯并(b)荧蒽浓度最大值为 59.3mg/kg，茚并(1,2,3-cd)芘浓度最大值为 27.9mg/kg，二噁英浓度最大值为 560 ng/kg。

修复完成后：污染基坑侧壁与坑底、修复的有机污染土、疑似污染土、筛上物、潜在二次污染区域的砷、铅、镉、苯并(a)芘、苯并(a)蒽、苯并(b)荧蒽茚并(1,2,3-cd)芘、二噁英浓度均低于修复目标值；原位/异位固化/稳定化土壤铅、砷、镉浸出浓度均低于修复目标值。

4.4.1.2 异位修复基坑清挖及土壤运输

本项目采用分区、分层的方式开挖基坑，共计开挖 184 个采样基坑（包含新增的 CC1-3 基坑），最终形成 19 个基坑。

本地块实际清挖污染土壤 110012m³，其中重金属污染土壤 79256m³，清挖后运输至固化/稳定化修复大棚添加药剂，然后转运至固化/稳定化修复后暂存区进行养护；有机污染土壤 14274m³，运输至热脱附进出料大棚进行修复，修复

完成后转运至热脱附修复后暂存区；复合污染土壤 16482m³，先进行异位热脱附，检测合格后进行固化/稳定化。

4.4.1.3 疑似污染土壤及筛上物

本地块修复过程中产生疑似污染土壤及筛上物。

当污染区域不完全重叠时会产生疑似污染土，疑似污染土清挖后转运至疑似污染土暂存区待验。本地块共产生疑似污染土 27766 m³（实方），其中重金属疑似污染土 19399 m³（实方），有机疑似污染土 4412 m³（实方），复合疑似污染土 3955 m³（实方）。

清挖筛分过程中产生筛上物，修复施工单位定期将筛上物装至洗车池进行冲洗，筛上物清洗会产生废水和污泥，废水在洗车池经沉淀后抽至现场水罐处理，污泥经与污染土壤一起进行修复，本地块施工过程总计产生筛上物 3358 m³（虚方），经冲洗干净后转运至筛上物暂存区。

效果评估单位对疑似污染土壤、冲洗后筛上物进行了效果评估取样监测，检测结果显示存在 2000m³ 疑似污染土苯并（a）芘超标，施工方将其作为有机污染土进行热脱附修复，其余疑似污染土和筛上物的目标污染物均低于地块修复目标值，可用于基坑回填。

4.4.1.4 潜在二次污染区域

本项目潜在二次污染区域主要为固化稳定化修复大棚、热脱附处理区域、热脱附进出料大棚、重金属污染土暂存区、洗车池、水处理区域、临时运输道路以及地铁建设施工区域等。根据项目进展情况，项目组分批次对潜在二次污染区域进行采样检测。

地铁施工责任单位清挖的污染土壤和部分疑似污染土壤（土堆 18，指标位铅、砷、苯并（a）芘）堆存于基坑 F1-4 上方，项目组于 2022 年 7 月 26 日对堆存区进行潜在二次污染评估，共采集表层土壤样品 6 个，检测结果显示 3 点位砷超标，砷超标区域原污染指标为苯并（a）芘，因此对应的区域污染指标变更为砷、苯并（a）芘。

所有修复工程完工后，项目组于 2023 年 7 月 28 日对其他所有潜在二次污染区域进行评估，根据修复工程资料和功能区分，共布点采样 97 个，经检测存在 4 个点位超标，分别是位于道路的点位 QE70，超标指标为铅、砷；位于固化/稳定化修复大棚的点位 QE12、QE13、QE14，超标指标为砷。为避免对已有阻隔填埋区造成影响，缩短工程周期，项目组对超标点位进行加密布点，精准确定超标区域边界，然后由施工单位对超标区域进行清挖，项目组对清挖后的基坑进行清挖效果评估，而清挖的污染土壤直接作为危废外运处置，相关内容详见附件 13。

潜在二次污染区域其他点位各指标浓度均低于地块修复目标值，无需进行进一步修复或风险管控。

4.4.1.5 污染物空间分布变化情况

根据施工总结报告可知，本地块异位修复的重金属污染土壤经固化/稳定化、复合污染土壤经异位热脱附+固化/稳定化后回填至阻隔填埋区，总计回填土方 109880m³（虚方），包括固化/稳定化修复后合格土 107438m³（虚方）、清洁土 2438m³（虚方）；异位修复的有机污染土壤异位热脱附修复，污染物浓度达到修复目标值，第二次阶段性效果评估评审通过后，回填至原基坑。

原位修复区域的有机污染土壤经原位化学氧化后，污染物浓度达到修复目标值；原位修复区域的重金属污染土壤经原位固化/稳定化修复，重金属浸出值达到地下水 IV 类标准，然后进行原位水平阻隔。

4.4.2 污染受体和潜在暴露途径

本地块规划用途为商务兼容商业及娱乐康体用地（B2/B1/B3）、文化设施兼娱乐康体及交通枢纽用地（A2/B3/S3）以及公园绿地（G1）（不含社区公园、儿童公园），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600—2018）中的第二类用地。因此，敏感受体人群为成人。

一般摄入土壤中污染物途径包括以下 9 种：

本地块修复完成后，潜在污染源及处理方式分别为：（1）异位固化/稳定

化重金属污染土壤，已进行阻隔填埋；（2）原位修复区域内的原位固化/稳定化重金属污染土壤，已进行水平阻隔；（3）G2-7 红线边界处基坑仍然超标的重金属污染土壤，施工单位采用水泥搅拌桩进行阻隔。

本地块地下水不存在铅、砷、镉污染，且地下水不作为饮用水源，因此，铅、砷、镉潜在污染源不存在第 7、8、9 种暴露途径；由于铅、砷、镉，不具有挥发性，潜在污染源已通过水平阻隔或阻隔填埋进行阻断，因此不存在第 1~6 种暴露途径。综上，本地块铅、砷、镉潜在污染源不存在暴露途径。

4.4.3 地块概念模型更新

地块内有机污染已通过异位热脱附或原位化学氧化修复技术清除，重金属污染土壤已固化/稳定化，并通过阻隔填埋或水平阻隔切断传播途径。

因此，地块内未彻底清除的重金属污染，已不存在传播途径，不会对人体健康造成危害。

第五章 效果评估布点方案

5.1 采样节点

1、基坑采样节点

各基坑污染土壤从上到下分层清挖，并进行分层验收。每层基坑清挖效果评估全部合格或超标扩挖点位对下层无影响时再进行下一层基坑的清挖。不同污染深度的采样基坑，基坑清挖及采样点位互不影响时可同步开展采样。

2、异位修复土壤采样节点

异位修复的污染土壤堆体采样检测，根据修复进度分批次采样，在完成修复后回填至阻隔填埋区或基坑之前进行。

3、原位修复土壤采样节点

原位修复区域在修复完成后进行采样，对于重金属与有机复合污染区域，为防止添加固化剂后土壤固化影响氧化剂扩散，造成化学氧化修复不彻底，本地块先对复合污染区域及固化剂扩散可能造成的污染区域进行原位化学氧化修复及验收，经验收合格后再开展原位固化/稳定化修复及验收。

4、疑似污染土、筛上物采样节点

疑似污染土壤、筛上物在完成基坑清挖、异位修复土壤后效果评估后进行采样验收。

5、潜在二次污染区域采样节点

施工全部完成后，包括基坑回填，开展潜在二次污染区域的采样和检测，采样时间为 2023 年 7 月 27 号-8 月 2 号。

6、地下水监测采样节点

在原位修复区域土壤经检测达标及阻隔填埋区污染土壤回填完成后，开始监测地下水，监测期为 2023 年 2 月-10、12 月，共监测 10 个月，其中 12 月为通过总体效果评估评审后，对原位修复区域 B 区和阻隔填埋区进行补充采样监测。

5.2 布点原则

依据《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)、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ25.2-2019)、《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估技术要点》、《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)》等相关规定进行布点。

5.2.1 基坑布点原则

本地块基坑采用最严的标准进行布点：基坑底部和侧壁布点数量满足《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)表1的推荐最少采样点数量；同时坑底每个采样单元的面积不超过400m²，侧壁每个采样段不超过40m。当修复深度大于1m时，侧壁应进行垂向分层采样，小于等于1m时不进行分层采样。侧壁采样时在污染物易富集的位置进行采集，易富集的位置包括：(1)地下水水位线附近；(2)不同性质土层交界面；(3)土壤污染状况调查阶段显示有污染的位置；(4)现场观察判断发现的疑似污染富集位置等。

5.2.2 异位修复后土堆、疑似污染土、筛上物布点原则

综合上述规范与要求，本报告采用最严标准进行布点：本地块异位修复后土壤、疑似污染土、筛上物均采用堆体模式，对于异位修复后土壤、疑似污染土、筛上物，根据堆放形状建立三维网格，每500m³不得少于2个样品；同时，采样点数量满足HJ25.5的要求。

5.2.3 原位修复区域布点原则

本报告采用最严标准进行布点。采样点数量需满足《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)表1的要求。同时，水平方向上，修复区域内部每个监测点位代表的地块面积不得大于100m²，每个样

品代表的土壤体积应不超过 200 m^3 ；修复边界上布点，应将修复范围四周等分成段，每段最大长度不应超过 20 m ；垂直方向上按照风险评估报告的分层， $0\sim 3\text{m}$ 每 0.5m 一层， $3\sim 6\text{m}$ 每 1m 一层，垂直方向上适当扩展效果评估深度范围；针对有机污染，上下各扩展 2m ，针对重金属污染，上下各扩展 2 层。在修复范围边界外适当增设采样点。

根据地块的污染分布、土壤性质、修复注入井位置等，在高浓度污染物聚集区、修复效果薄弱区（多个注入井影响范围重叠区域，距离各注入井中心最远处）等位置布设采样点。

5.2.4 潜在二次污染区域布点原则

本报告采用以下布点原则。根据各潜在二次污染区域的面积大小采用系统布点法布点，布点数量在参照异位修复基坑坑底布点原则的同时满足以下要求：若潜在二次污染区域采用硬底化地面且保持完好，每个监测单元面积不超过 1600m^2 ，在检测单元中间采集 1 个表层土壤样品；若潜在二次污染区域硬化，但硬化底面破损，则每个监测单元面积不超过 400 m^2 ，在硬化底面破损处采集表层土壤样品；若潜在二次污染区域未硬化，则每个监测单元面积不超过 400 m^2 ，并在检测单元均匀采集混合样。

5.2.5 风险管控区域地下水监测井设置原则

对于本地块，在原位固化/稳定化区域上游、内部、下游设置地下水监测井；在阻隔填埋区的上游、下游及两侧设置地下水监测井。

5.3 布点方案

5.3.1 基坑清挖效果评估布点

5.3.1.1 一次清挖采样布点

根据备案的《修复方案》，本次阶段性效果评估共 19 个大坑，分别编号命

名为 LA01、LA02、LB01、LB02、LC01、LC02、LC03、LD01、LD02、LE01、LE02、LE03、LF01、LF02、LF03、LF04、LG01、LG02、LG03 基坑。

共有 1630 个采样点位，基坑侧壁 1000 个，坑底 630 个。

5.3.1.2 二次清挖采样布点

修复单位对第一次采样超标点位的侧壁和坑底进行二次清挖后，再次申请效果评估检测。于 2022 年 2 月 12 日至 2022 年 9 月 17 日，对清挖后点位进行第二次采样检测，共采集了 109 个样品。

5.3.1.3 三次清挖采样布点

修复单位对第二次采样超标点位进行三次清挖后，再次申请效果评估检测。于 2022 年 3 月 11 日、6 月 15 日，对清挖后点位进行第三次采样检测，共采集了 2 个样品，检测结果显示砷满足修复目标值要求。

5.3.2 污染土壤异位修复效果评估布点

5.3.2.1 异位热脱附修复后土壤检测布点

本地块采用异位热脱附修复后的土壤土堆实测土方量虚方为 33285m³，共分为 12 个批次进行采样检测；根据布点原则，共采集 146 个样品，具体采样信息见下表。

从每个采样单元土堆上方往下挖出约 2/3~3/4 土堆高度的坑，在坑内四周不同高度及坑底按九宫格布点采集 9 个样品混合成 1 个样品，然后在坑外按九宫格布点采集 9 个一定深度的样品混合成 1 个样品。

5.3.2.2 异位固化/稳定化修复后土壤检测布点

本地块采用异位固化/稳定化修复后的土壤土堆实测土方量虚方为 107438 m³，共分为 17 个批次进行采样检测；根据布点原则，共采集 462 个样品。

从每个采样单元土堆上方往下挖出约 2/3~3/4 土堆高度的坑，在坑内四周不

同高度及坑底按九宫格布点采集 9 个样品混合成 1 个样品，然后在坑外按九宫格布点采集 9 个一定深度的样品混合成 1 个样品。

5.3.3 污染土壤原位修复效果评估布点

5.3.3.1 原位修复一次布点

原位修复区域的复合污染土壤，需采用原位化学氧化+原位固化/稳定化组合修复技术，为防止添加固化剂后土壤固化影响氧化剂扩散，造成化学氧化修复不彻底，本地块先对复合污染区域进行原位化学氧化修复，经检测合格后再开展原位固化/稳定化修复。

原位修复一次采样共钻孔 287 个，采集样品 1568 个。

5.3.3.2 原位修复二次布点

根据第一次采样检测结果，修复施工单位随后对超标点位所代表的区域进行二次固化/稳定化修复，修复完成后再次申请效果评估采样检测。

边界超标点位二次修复及采样区域为超标点位对应边界分别向四周外扩 1m 形成的区域，内部超标点位二次修复及采样区域为超标点位代表的污染区域。二次修复区域布点原则同一次布点原则一致。第二次采样共钻孔 35 个，采集样品 151 个。

5.3.4 疑似污染土效果评估布点

5.3.4.1 疑似污染土效果评估一次布点

在基坑清挖过程中，当污染基坑上下两层不完全重叠时（包含完全不重叠情况），便会产生疑似污染土，修复施工单位根据污染指标对疑似污染土分类清挖及堆存。根据施工总结报告可知，本地块共产生疑似污染土 28295m³（虚方），共分为 7 个批次采样检测；根据布点原则，共采集 162 个样品。具体采样信息见下表。

5.3.4.2 疑似污染土超标土壤二次布点

1、第一次采样检测超标情况

疑似污染土第一次效果评估检测结果表明，共 4 个点位出现超标，分别为 36-LS05、36-LS09、36-LS11、36-LS14 的苯并（a）芘，总超标土方量 2000m³；其中样品 36-LS11 原样苯并（a）芘未超标，但其平行样 36-LS11PX 苯并（a）芘超标，为确保所有可能的污染被清除，样品 36-LS11 作为超标点位处理。

2、二次布点

根据第一次采样检测结果，施工单位将疑似污染土超标点位代表的土壤剥离转运至热脱附进料大棚做异位热脱附修复，共修复疑似污染土 2043m³，具体修复详见 3.4.3.8。修复完成后再次申请效果评估采样检测，第二次采样共布设点位 10 个。

5.3.5 筛上物冲洗效果评估布点

基坑在开挖过程中会产生一定量的建筑垃圾，污染土在装车过程中筛分出一定量的砖块、石块等物质，这些物质上可能存在一定量的污染土，为防止二次污染的产生，需对建筑垃圾及筛上物进行冲洗，并对冲洗后的筛上物进行检测。

本地块共产生筛上物 3358 m³，共分为 3 个批次采样检测；根据布点原则，共采集 18 个样品。

5.3.6 潜在二次污染区域效果评估布点

除地铁占地区域外，土壤修复施工过程中可能造成的其他潜在二次污染区域，本方案单独开展布点，布点区域包括污染土壤占存区、修复设施所在区域、运输道路、废水处理区等，污染指标为铅、砷、镉、苯并（a）芘、二噁英、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、茚并(1,2,3-cd)芘；其中二噁英仅存在于 D 区，污染土方量较少，可能造成的二次污染区域包括二噁英污染土壤转运道路、热脱附进出料大棚及修复设备区域、危废暂存间、洗车区、废水处理区，对于其他

区域不检测二噁英指标。

5.3.7 地铁施工占地污染区域效果评估布点

由于地铁占地污染区域未经有效清挖及效果评估，造成污染土壤可能清挖的不彻底，为确保后期地块顺利的开发利用，以及保障人群健康，本项目通过以下技术路线对占地区域进行效果评估：

(1) 污染土壤修复、检测评估。由于 1 号风亭、冷却塔占地污染区域 0-4m 及 C 出入口污染区 0-1m 的土壤包含清洁土、疑似污染土、污染土，且混合堆存，因此，这部分土壤由修复施工单位同其他污染土壤一并修复，修复后由本单位采样验收，检测指标为铅、砷、苯并（a）芘。

(2) 占地污染区域四周采样验收。沿占地污染区域四周进行采样检测，以证明污染边界闭合。

(3) 疑似污染土采样验收。1 号风亭、冷却塔占地污染区域 4-5m 及 C 出入口污染区 1-2m 的土壤（土堆 18，土方量虚方共计 790m³），C 出入口非污染区 0-2m 的土壤（土堆 41，土方量虚方共计 1103m³）均作为疑似污染土进行采样验收；其中土堆 18 检测指标为铅、砷、苯并（a）芘，土堆 41 检测指标为苯并（a）芘。

(4) 潜在二次污染区采样验收，包括污染土壤堆存区域、临时道路、洗车池等。

1、占地污染区域四周布点方案

由于占地污染区域未进行分层清挖及验收，造成侧壁可能清挖的不彻底，污染边界不闭合；为确保占地污染区域边界清挖彻底，闭合污染边界，本报告在 1 号风亭、冷却塔及 C 出入口四周进行布点采样。由于污染区域每层边界不尽相同，附属设施四周的部分区域所在的土壤为疑似污染土，疑似污染土后期统一进行采样验收，因此仅对在干净区域内的附属设施四周布点采样。

为保证地铁附属设施的安全，以及采样钻孔设备操作距离的需要，采样点位距离附属设施边界一定距离。

2、疑似污染土

疑似污染土包括土堆 18 和土堆 41；其中土堆 18 检测指标为铅、砷、苯并（a）芘，土堆 41 检测指标为苯并（a）芘。土堆 18 和土堆 41 按照 50m³/个样品进行布点。

3、潜在二次污染区域布点方案

本项目将地铁占地区域（位于本地块范围内的部分）全部作为潜在二次污染区域采样检测。根据地铁占地区域平面布置图，所占用地使用过程中主要分为道路、洗车区 1、洗车区 2、污染土及疑似污染土堆存区；其中污染土壤及部分疑似污染土堆存于地块 F 区污染区域内，为评估土壤堆存过程中是否造成二次污染，在 F 区基坑开挖前对土壤堆存区采样检测，地铁占地其他区域的潜在二次污染评估在修复工程完工后再开展。

（1）土壤暂存区

地铁工程责任单位将清挖的污染土壤及部分疑似污染土壤堆存于本地块 F 区内，且部分堆存区域与 F1-4 基坑重叠。由于土堆污染指标为铅、砷、苯并（a）芘，F1-4 基坑污染指标为苯并（a）芘，因此堆存区域与 F1-4 基坑重叠部分检测指标为铅、砷，非重叠部分检测指标铅、砷、苯并（a）芘。布点数量参照基坑坑底效果评估布点数量，采样深度为去除硬化土层后的表层土。

（2）其他潜在二次污染区域

除污染土壤和疑似污染土壤堆存区外，地铁占地区域潜在二次污染区域还包括道路、洗车池等，布点原则同本地块其他潜在二次污染区域，详见章节 5.4.6。根据布点原则，共设置 24 个点位。

5.3.8 风险管控区域地下水监测井设置及检测指标

根据广东省防汛防旱防风总指挥部办公室发布的通知，广东今年于 3 月 27 日进入汛期，10 月 31 日结束汛期。

5.3.8.1 原位修复区域监测井设置

本地块为江心岛，地下水和江水交换频繁，而受江水影响，洪圣沙地块地下水同样具有明显的涨落潮周期，因此，在实际地下水采样过程中，原位修复

区域上下游随地下水的涨落潮而变化。根据广州市黄埔港潮汐表，一般在 24h 内，江水就会经历多次涨落潮，但由于地下水水位和江水水位、地下水渗流速度的影响，地下水的涨落潮周期可能与江水涨落潮不完全相同。

本地块原位修复区域紧邻防洪堤，根据黄埔区水务局的要求，防洪堤外不能进行钻孔、动土等作业，因此在防洪堤外不设置监测井，仅在原位修复区域的短边的两侧、内部设置监测井，共设置 17 口监测井，即表 2 中监测时间为 2 月-12 月的监测井。

为进一步补充地下水的检测数据，项目组计划于 2023 年 3 月在原位修复 A2 区、B 区、C 区、E 区原位异位修复交界处补充设置监测井，但由于原位异位交界处基坑尚未回填，基坑深度较深，无法建设监测井；因此，改为在异位修复基坑边补充设置监测井 YDW2-4、YDW3-4、YDW4-4、YDW5-5，并于 2023 年 3 月、4 月监测地下水。

2023 年 4 月 23 日本地块开展第二次阶段性效果评估评审，并且通过评审，评审范围包括异位修复基坑和土壤；随即修复施工单位开始回填基坑，基坑回填完成后，项目组于 2023 年 5 月在原位修复区域 A2 区、C 区、E 区原位异位交界处建设监测井 YDW2-5、YDW4-5、YDW5-6，以代替 3 月份建设的监测井 YDW2-4、YDW4-4、YDW5-5，并于 5 月份开始地下水监测。由于 YDW3-4 监测井已紧邻原位异位交界处，因此未重新建井。

综上，2023 年 2 月，原位修复区域共设置监测井 17 个；3 月补充设置监测井 YDW2-4、YDW3-4、YDW4-4、YDW5-5；5 月在原位异位交界处建设监测井 YDW2-5、YDW4-5、YDW5-6，同时，监测井 YDW2-4、YDW4-4、YDW5-5 作废。

5.3.8.2 阻隔填埋区监测井设置

在涨潮和落潮期，阻隔填埋区地下水均由西北流向东南，在阻隔填埋区四周共设置监测井 7 个，分别为 DW1、DW2，DW3、DW4、DW5，YDW6-6、YDW6-7，其中 YDW6-6、YDW6-7 与原位修复区域共用；从 2023 年 2 月开始监测，至 2023 年 12 月结束，其中 11 月未进行监测。2 月为枯水期，3 月为平水

期，4-10月为丰水期，12月为枯水期。

5.3.8.3 检测指标

各原位修复区域污染指标不尽相同，考虑到重金属原位固化/稳定化添加磷酸盐作为稳定化剂，因此污染区域涉及重金属的，其监测井增加 PO_4^{3-} ；原位有机污染通过过硫酸盐高级氧化法进行降解，降解后有机指标已达到修复目标，地下水已无需监测相关指标，但为了保险起见以及考虑到添加的过硫酸盐可能会产生 SO_4^{2-} 产物，并进入地下水中，因此在原位化学氧化区域，其监测井增加检测指标 SO_4^{2-} 及特征污染指标。

阻隔填埋区固化稳定化修复的指标为铅、砷、镉，修复药剂为磷酸盐，因此，阻隔填埋区监测井除监测铅、砷、镉外，增加检测指标 PO_4^{3-} 。

第六章 现场采样与实验室检测

修复效果评估检测工作于 2022 年 1 月~2023 年 12 月开展，由具有相关资质的广州市华测品标检测有限公司、广东信一检测技术股份有限公司和广东建研环境监测股份有限公司负责样品采集，流转与实验室分析，并由广州检验检测认证集团有限公司、广州环净环保工程有限公司负责外部质量控制监督。

其中广东信一检测技术股份有限公司仅负责土堆 26、土堆 27（异位修复后重金属污染土壤）的采集、检测及相关质控工作；广东建研环境监测股份有限公司仅负责土堆 25、土堆 28（异位修复后重金属污染土壤）的采集、检测及相关质控工作；广州市华测品标检测有限公司负责本地块其余所有样品的采集、检测及相关质控工作。

6.1 样品采集

6.1.1 现场采样

本地块修复效果评估采样包括清挖后基坑土壤、原位修复区域、修复后土壤、疑似污染土、筛上物、潜在二次污染区域、地下水监测井等样品的采集。

土壤采样参照《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）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）、《土壤环境监测技术规范》（HJ/ T166-2004）、《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）、《建设用地土壤污染防治第 5 部分：土壤半挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范》（DB4401/T 102.5-2021）等相关规定进行样品采集。固废采样参照《工业固体废物采样制样技术规范》（HJ/T 20-1998）、《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）。地下水采样参照《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）。

因本项目土壤的检测指标为铅、砷、镉和多环芳烃，按照相关技术规范可

采集混合样。

本项目样品的采集由检测公司指派有资质的专业人员进行，本单位人员全程跟踪采样过程。部分采样注意事项如下：

1) 基坑、侧壁表层土壤样品采集用挖掘方式进行，样品采集时应用塑料铲或木（竹）质铲等非金属采样铲剔除约 1 cm~2 cm 表层土壤，在新的土壤切面处采集样品。

2) 重金属样品用木质采样工具采集土壤样品装于 30×20 cm 塑料自封袋中，并密封；多环芳烃土壤样品用木铲采集，装于 250 mL 广口棕色玻璃瓶中，用聚四氟乙烯密封垫瓶盖盖紧。

3) 采集重金属与多环芳烃复合样品时，需用密封袋和棕色瓶采集两份样品以分别检测重金属与多环芳烃。

4) 取样之前在木铲之外套一次性塑封袋，取完一个点位样品后随时更换塑封袋，以保证取样器清洁，土壤样品不会相互污染。

5) 采集平行样时，将采集的土壤样品置于塑料托盘或木质托盘充分混拌后再分装得到平行样。

6) 采集土壤混合样时，将等量各点采集的土壤样品置于塑料托盘或木质托盘充分混拌后四分法分取土壤混合样。

7) 重金属采样量不应少于 1000 g；多环芳烃土壤装样过程中，尽量减少土壤样品在空气中的暴露时间，且尽量将容器装满（空气量控制在最低水平）。

8) 样品采集记录应现场填写，并保证其完整性和准确性。记录内容应包括采样孔编号、采样孔定位信息、采样工具、盛装容器、采样量、保存条件、样品唯一性标识、采样位置（深度范围）、样品质地、样品的颜色和气味、现场检测结果、采样日期和时间、采样人员、审核人员等信息。

9) 样品标签上应包含样品唯一性标识、检测项目、采样日期等信息，要求字迹清晰可辨。

10) 对每个样品采样点位、采样过程、采集后的样品等关键信息进行拍照。

11) 采样过程中需按照分析实验室要求，由分析实验室采集实验室质控和空白样品。

6.1.2 样品保存与流转

样品采集后，在样品瓶上记录编号、检测因子等采样信息，并做好现场记录。采集的土壤、固废重金属样品采用聚乙烯塑料袋采集后放入装有足够冰袋的保温箱或车载冰箱中，在 $<4^{\circ}\text{C}$ 下避光保存；多环芳烃样品采用棕色玻璃瓶采集后放入车载冰箱中，在 $<4^{\circ}\text{C}$ 下避光保存，采用适当的减震隔离和避光措施，保证运输过程中样品完好。

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）、《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）、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》、《广州市工业企业场地环境调查、修复、效果评估文件技术要点》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。

（1）采样前质量控制

- 1) 采样工具根据土壤样品检测项目进行选择。木铲或土钻可用于重金属土壤样品采集。
- 2) 根据样品保存需要，准备冰柜、样品箱、样品瓶和蓝冰等样品保存工具，检查设备保温效果、样品瓶种类和数量、保护剂添加等情况。
- 3) 准备安全防护口罩、一次性防护手套、安全帽等人员防护用品。
- 4) 准备采样记录单、影像记录设备、防雨器具、现场通讯工具等其他采样辅助物品。
- 5) 采样前布点方案检查：①布点区域、布点数量、布点位置、采样深度是否符合技术规定的要求；②不同点位样品采集类型和监测指标设置是否合理；③采样前去现场核实相关的基坑信息、待检土信息、筛上物信息、二次污染区土壤信息，根据相应信息核对与之前制定的布点方案是否一致，不一致的地方根据现场情况进行调整布点。

(2) 现场采样质量保证和质量控制

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）、《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）、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南》（试行）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。

1) 采样过程的交叉污染控制

采用标准的现场操作程序以取得现场代表性的样品。现场采样时详细填写现场观察的记录单，比如深度、土壤质地、气味、气象条件，采样时间与采样人员，样品名称和编号，采样时间，采样位置等。采样过程中采样员佩戴一次性 PE 手套，每次取样后进行更换，采样器具及时清洗，避免交叉污染。

2) 现场采样质量控制措施

为评估从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段的质量控制效果，本项目在现场采样过程中设定现场质量控制样品，包括现场平行样、同种采样介质，质控样品数量不少于总检测样品数量的 10%。样品采集完成后，在样品瓶上标明编号等采样信息，并做好现场记录。所有样品采集后放入装有蓝冰的低温保温箱中，并及时送至实验室进行分析。在样品运送过程中，要确保保温箱能满足样品对低温的要求。

3) 样品保存、流转质量控制措施

所有样品采集后放入装有蓝冰的低温保温箱中，土壤样品的保存参照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）及各项目分析方法标准的相关要求进行。各批次样品的采集、保存、流转及分析时间详见表 6.1-2。

6.2 实验室检测

6.2.1 检测方法

土壤、固废和地下水样品各项检测指标分析方法与检出限情况见下表。

表 6.2-1 土壤检测指标分析方法与检出限

序号	指标类型	检测项目	检测方法	检出限
1	重金属	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	0.01mg/kg
2		镉	《土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》GB/T 17141-1997	0.01 mg/kg
3		铅		0.1 mg/kg
4	多环芳烃	苯并(a)蒽	气相色谱-质谱法 HJ834-2017	0.1 mg/kg
5		苯并(a)芘		0.1 mg/kg
6		苯并(b)荧蒽		0.2 mg/kg
7		茚并(1,2,3-cd)芘		0.1 mg/kg
8	二噁英	二噁英类	土壤和沉积物 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法 HJ 77.4-2008	/

表 6.2-2 固体废物检测指标分析方法与检出限

序号	指标类型	检测项目	检测方法	检出限	检测单位
1	重金属	砷	固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法 HJ 702-2014	0.10μg/L	华测、建研、信一
2		镉	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ781-2016	1.2μg/L	华测、建研
3		铅	固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 HJ781-2016	0.03mg/L	华测、建研
	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		4.2μg/L	华测	
	固体废物 铅和镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 HJ 787-2016		0.9 μg/L	信一	
4	多环芳烃	苯并(a)蒽	固体废物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法 HJ 951-2018	0.2 mg/kg	华测
5		苯并(a)芘		0.2 mg/kg	
6		苯并(b)荧蒽		0.2 mg/kg	
7		茚并(1,2,3-cd)芘		0.3 mg/kg	

表 6.2-3 地下水检测指标分析方法与检出限

序号	指标类型	检测项目	检测方法	检出限
1	重金属	砷	水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 HJ 700-2014	0.00012mg/L
2		镉		0.00005mg/L
3		铅		0.00009mg/L
4	多环芳烃	苯并(a)蒽	水质 多环芳烃的测定 液液萃取和固相萃取高效液相色谱法 HJ 478-2009	0.012μg/L
5		苯并(a)芘		0.004μg/L
6		苯并(b)荧蒽		0.004μg/L
7		茚并(1,2,3-cd)芘		0.004μg/L
8	常规	PO ₄ ³⁻	水质 无机阴离子 (F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻) 的测定 离子色谱法 HJ 84-2016	0.051mg/L
9		SO ₄ ²⁻		0.018mg/L

6.2.2 实验室质量控制

本项目严格按照现行有效的方法规范进行质量控制，具体质控方式的数量和结果见下表。

6.2.2.1 现场质控结果

2022.1.22-2023.9.28，本项目土壤共采集总砷 1025 个，现场平行数量 150 个，比例 14.6%；铅 808 个，现场平行数量 118 个，比例 14.6%；镉 92 个，现场平行数量 11 个，比例 12.0%；苯并（a）芘 702 个，现场平行数量 116 个，比例 16.5%；苯并 [a] 蒽等 101 个，现场平行数量 20 个，比例 19.80%；已达到广州市地方标准《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/T102.3-2020）的要求，即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。各检测指标现场平行样的相对偏差均满足 HJ166-2004 精密度要求。

本项目固废共采集总砷 1061 个，现场平行数量 130 个，比例 12.25%；铅

785个，现场平行数量106个，比例13.50%；镉82个，现场平行数量16个，比例19.51%；苯并（a）芘368个，现场平行数量41个，比例11.14%；苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘108个，现场平行数量13个，比例12.04%。

2023.3.20-2023.12.19，本项目地下水共采集砷204个，现场平行44个，比例21.6%；铅211个，现场平行44个，比例20.9%；镉103个，现场平行23个，比例22.3%；苯并（a）芘101个，现场平行28个，比例27.7%；苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘32个，现场平行8个，比例28.6%；磷酸根264个，现场平行58个，比例21.9%；硫酸根101个，现场平行26个，比例25.7%；硫化物101个，现场平行26个，比例25.7%。

6.2.2.2 实验室质控结果

1、实验室空白

土壤实验室空白样检测项目中，总砷检测186组、铅140组、镉14组，苯并（a）芘74组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘18组。检测结果均为未检出或低于方法检出限，未检出的项目其相对偏差未计算。

固废实验室空白样检测项目中，总砷（299前处理方法）检测129组、总砷（557前处理方法）检测160组、铅（299前处理方法）156组、铅（557前处理方法）124组、镉（299前处理方法）28组、镉（557前处理方法）17组、苯并（a）芘20组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘10组。检测结果均为未检出或低于方法检出限，未检出的项目其相对偏差未计算。

地下水实验室空白样检测项目中，砷84组，铅84组，镉34组，苯并（a）芘25组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘8组。磷酸根112组，硫酸根50组，硫化物50组，检测结果均为未检出或低于方法检出限，未检出的项目其相对偏差未计算。

2、实验室平行

土壤实验室平行样检测项目中，总砷160组、铅73组、镉7组，苯并（a）芘69组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘15组。所有指标

实验室平行的相对偏差均在相对偏差要求范围内，实验室平行试验结果合格。

固废实验室平行样检测项目中，总砷（299前处理方法）检测130组、总砷（557前处理方法）检测164组、铅（299前处理方法）99组、铅（557前处理方法）128组、镉（299前处理方法）15组、镉（557前处理方法）17组、苯并（a）芘23组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘17组。所有指标实验室平行的相对偏差均在相对偏差要求范围内，实验室平行试验结果合格。

地下水实验室平行样检测项目中，砷56组，铅66组，镉22组，苯并（a）芘26组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘8组，磷酸根56组，硫酸根26组，硫化物26组，所有指标实验室平行的相对偏差均在相对偏差要求范围内，实验室平行试验结果合格。

3、自制质控样及加标回收率

在准确度控制结果过程中，土壤样品进行有证标准物质试验的分别有：总砷167组、铅74组，镉7组。所有标准物质试验的结果均在标准值及不确定度内，结果合格。实验室加标回收试验分为空白加标和样品加标，其中土壤苯并（a）芘空白加标71组，样品加标71组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘空白加标18组，样品加标18组，空白加标和样品加标试验分析结果均满足加标回收率要求。

固废样品自制质控样总砷（299前处理方法）检测123组、总砷（557前处理方法）检测154组、铅（299前处理方法）66组、铅（557前处理方法）75组、镉（299前处理方法）13组、镉（557前处理方法）15组；固废样品加标总砷（299前处理方法）检测132组、总砷（557前处理方法）检测164组、铅（299前处理方法）111组、铅（557前处理方法）128组、镉（299前处理方法）16组、镉（557前处理方法）16组。苯并（a）芘空白加标24组，样品加标23组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘空白加标10组，样品加标31组，空白加标和样品加标试验分析结果均满足加标回收率要求。

地下水样品进行有证标准物质试验的分别有：砷42组，铅42组，镉18组，苯并（a）芘42组，苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、茚并[1,2,3-cd]芘21组，磷

酸根 56 组，硫酸根 30 组，硫化物 30 组，所有标准物质试验的结果均在标准值及不确定度内，结果合格。加标回收的分别有砷 100 组，铅 114 组，镉 35 组，苯并（a）芘 26 组，苯并 [a] 蒽、苯并 [b] 荧蒽、茚并 [1, 2, 3-cd] 芘 8 组，磷酸根 56 组，硫酸根 26 组，硫化物 26 组；重复加标的有：砷 50 组，铅 58 组，镉 18 组，加标回收和重复加标均满足加标回收率要求。

6.2.3 外部质量控制

根据《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）、《广州市生态环境局关于印发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）的通知》（2021 年 9 月 27 日）的要求，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。

本评估单位在效果评估监测开展前，已按照《广州市生态环境局办公室关于做好再开发利用地块土壤污染状况调查和治理修复效果评估质量监督工作的通知》进行了相关登记。

外部质量控制采用密码平行样品分析的方法进行，由广州市生态环境局委托的广州检验检测认证集团有限公司（以下简称“广检集团”）及广州环净环保工程有限公司（以下简称“广环净”）对相关项目的平行样分析结果的准确性进行评价，并出具评价结果。

本项目截止 2023 年 12 月 21 日已采集 47 个批次的样品交由广检集团及广环净进行密码样加密编制后返回我司进行分析。

广检集团于 2022 年 1 月 25 日~2023 年 9 月 6 日出具《广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区土壤修复效果评估项目质量监督结果单》（一~二十五），23 份监督结果单所涉及的样品通过质控，2 份质量监督单的结果为不通过，详细情况如下。

2023 年 1 月 16 日收到广检发出的质量监督检查单十七（编号 GJJ-20220102D17），检查单显示 2022 年 12 月 10 日采集的样品质量监督检查结果不

通过，土壤茚并[1,2,3-c,d]芘合格率为 75%（要求不低于 85%）。由于样品已过时效性无法分析，经与广检沟通，对未通过质控的茚并[1,2,3-c,d]芘指标的 11 个样品进行重新采样，并再次由广检进行质控。2023 年 2 月 21 日检测公司向广检提交了重新采样的样品检测报告（编号 A2220578693104）和重新质控后的比对报告（编号 A2220578693103f）；广检经解密分析后，出具“质量监督检查结果单（十九）”，确认通过质控。

2023 年 3 月 1 号收到广检发出的质量监督检查单十八（编号 GJJD-20220102D18），检查单显示 2023 年 1 月 13 日采集的样品质量监督检查结果不通过，固废砷（水浸）合格率为 83.3%（要求不低于 85%）。因为涉及到的样品仍在时效性之内，检测公司与广检沟通后，确认对本次关联样品重新进行质控。2023 年 4 月 3 日，检测公司于向广检提交了原样报告（编号 A2220578693103i）以及重新质控后的比对报告（编号 A2220578693103j），广检经解密分析后，出具“质量监督检查结果单（二十）”，确认通过质控。

广检集团对 2022 年 1 月 25 日至 2023 年 9 月 26 日期间采集的 47 个批次共 1095 个现场平行样中抽取 688 个平行样品编制密码后返回给检测公司进行检测分析，部分样品经过多次检测分析质控，确认 688 个密码样数据评价结果均合格，合格率为 100%。

根据《广州市土壤污染状况调查与修复效果评估监测质量监督技术规则》要求：每批次各监测指标的合格率原则上均不得低于 85%，因此，本次实验室外部质量控制是满足相应要求的。

第七章 效果评估结果

根据确定的修复目标，采用逐个对比法进行评估。若某点位中所有目标污染物的检测值均低于或等于修复目标时，则判定该点位为合格点位；若某点位中有一种或多种目标污染物的检测值高于修复目标时，则判定该点位为不合格点位。对于不合格点位代表的区域，待施工单位扩挖或二次修复后再次进行采样检测，直至达到修复目标。

7.1 基坑清挖效果评估

修复施工单位对基坑进行分层清挖后，申请效果评估监测。项目组于 2022 年 1 月 17 日至 2022 年 11 月 28 日对基坑一次清挖后进行第一次采样检测，共有 1630 个采样点位（基坑侧壁 1000 个，坑底 630 个）。检测结果显示 110 个点位检测结果超标，其它基坑侧壁与底部的各指标均满足修复目标值要求。超标点位与指标分别为：LA01 基坑 A6-1-C-4 和 A6-2-C-3 的砷；LB01 基坑 B1-3-C-1 的铅，B1-3-D-2 的砷，B1-3-D-3 的砷，B1-4-C-5、B1-4-C-6 的铅，B2-1-D-2、B3-2-C-1、B3-2-C-2、B3-2-C-3、B3-2-C-4 的砷；LC01 基坑 C1-3-C-1、C1-3-C-4、C1-3-C-5 的铅；LC02 基坑 C2-3-C-6、C2-5-C-1、C2-5-C-7 的铅，C5-4-C-7、C5-4-C-8 的砷；LD01 基坑 D1-1-C-1、D1-1-C-4 的二噁英；LE02 基坑 E1-1-C-5、E1-1-D-2 的铅；LE03 基坑 E1-2-C-1、E1-2-C-2、E1-2-C-3、E1-2-C-4、E1-2-C-5、E1-2-C-6 的铅、砷，E1-2-D-1、E1-3-C-1、E1-3-C-2、E1-3-C-3、E1-3-D-1、E1-3-D-2、E2-2-D-2 的铅、E5-1'-D-4、E9-1-C-2、E9-1-C-3 的砷；LF04 基坑 F2-3'-D-1、F2-3'-D-2、F2-3'-D-3、F4-1-C-3、F4-1-C-4、F4-1-C-6 的苯并（a）芘；LG01 基坑坑底 G1-1-D-3 的铅；LG03 基坑 0-0.5m 中 G1-2 侧壁 G1-2-C-2 的苯并（ α ）芘，G1-4 侧壁 G1-4-C-1 的砷铅、G1-4-C-2 的砷铅、G1-4-C-3 的砷铅、G1-4-C-4 的砷铅，G1-4 侧壁 G1-4-C-1 的铅、G1-4-C-2 的铅、G1-4-C-3 的铅、G1-4-C-4 的铅，G1-5 侧壁 G1-5-C-3 的铅、G1-5-C-4 的铅、G1-5-C-5 的铅、G1-5-C-6 的铅、G1-5-C-7 的铅、G1-5-C-8 的铅，G1-6 侧壁 G1-6-C-3 的铅、G1-6-C-5 的

铅, G1-7 侧壁 G1-7-C-1 的铅、G1-7-C-3 的铅, G1-8 侧壁 G1-8-C-3 的铅, G1-9 侧壁 G1-9-C-1 的铅苯并(α)芘, G1-12 侧壁 G1-12-C-1 的铅、G1-12-C-2 的苯并(α)芘、G1-12-C-3 的铅, G1-13 侧壁 G1-13-C-1 的铅、G1-13-C-2 的铅、G1-13-C-3 的铅、G1-13-C-4 的铅、G1-13-C-5 的砷铅、G1-13-C-7 的砷、G1-13-C-8 的砷铅, G1-14 侧壁 G1-14-C-1 的铅、G1-14-C-5 的铅、G1-14-C-6 的铅, G1-15 侧壁 G1-15-C-5 的铅, G1-4 坑底 G1-4-D-1 的砷铅、G1-4-D-2 的砷铅, G1-5 坑底 G1-5-D-1 的铅、G1-5-D-2 的铅、G1-5-D-3 的砷铅, G1-8 坑底 G1-8-D-2 的苯并(α)芘, G1-9 坑底 G1-9-D-3 的铅, G1-12 坑底 G1-12-D-5 的砷苯并(α)芘, G1-13 坑底 G1-13-D-1 的铅、G1-13-D-2 的铅、G1-13-D-1 的铅、G1-13-D-2 的铅, G1-14 坑底 G1-14-D-1 的铅苯并(α)芘; LG03 基坑 0.5-1m 中 G2-5 侧壁 G2-5-C-6 的铅与 G2-7 侧壁 G2-7-C-7 的砷; LG03 基坑 1-1.5m 中 G3-3 坑底 G3-3-D-3 的铅; LG03 基坑 1.5-2m 中 G4-5 侧壁 G4-2-C-3 的铅; LG03 基坑 2-2.5m 中 G5-2 侧壁 G5-2-C-6 的铅与 G5-5 坑底 G5-5-D-3 的铅; LF02 基坑 0-0.5m 点位 F1-2-C-2 的铅、F1-2-C-3 的铅、F1-2-C-4 的铅、F1-2-D-3 的铅; LF03 基坑 0-0.5m 点位 F1-3-C-1 的铅、F1-3-C-2 的铅、F1-3-C-5 的铅、F1-3-D-1 的铅、F1-3-D-2 的铅。

修复单位对第一次采样超标点位的侧壁和坑底进行二次清挖后, 再次申请效果评估检测。于 2022 年 2 月 12 日至 2022 年 9 月 17 日, 对清挖后点位进行第二次采样检测, 共采集了 109 个样品, 检测结果显示 LB01 基坑 1.0-1.5m 中 B3-2 的侧壁 RE-B3-2-C-1 样品砷、LG03 基坑 0-0.5m 中 G1-12 的坑底 RE-G1-12-D-5 样品苯并(α)芘超过二类土壤修复目标值, 其它基坑侧壁与底部的各指标均满足修复目标值要求。第二次采样检测结果未满足修复目标值要求的点位, 需进行三次清挖再效果评估检测。

修复单位对第二次采样超标点位进行三次清挖后, 再次申请效果评估检测。于 2022 年 3 月 11 日、6 月 15 日, 对清挖后点位进行第三次采样检测, 共采集了 2 个样品, 检测结果显示砷满足修复目标值要求。

综上所述, 各基坑内污染土壤经分区分层清挖与效果评估, 部分点位经二次、三次清挖及二次、三次效果评估, 最终的检测结果显示基坑遗留土壤的目标污染物全部达标, 满足修复目标值要求, 基坑清挖完成, 表明了地块内的污

染土壤已经全部完成清理。

7.2 异位修复土壤效果评估

项目组于 2022 年 3 月 11 日至 12 月 10 日对修复后的土壤进行了分批次采样。异位热脱附后的有机污染土壤 33285m³，分为 12 个批次采样，共采集 146 个样品，各检测指标均浓度满足修复目标值要求。异位固化/稳定化的重金属污染土壤 107438m³，共分为 17 个批次采样，共采集 462 个样品，检测结果显示样品 4-LS29、4-LS32、4-LS37、4-LS38、4-LS39、4-LS40 铅酸浸浓度超标，涉及污染土壤 2000 m³，其余样品铅、砷酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求；超标土壤经二次修复后再次进行采样检测，检测结果表明样品铅酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求。

综上，异位修复后的土壤有机指标全量满足修复目标值要求，重金属酸浸、水浸浓度满足修复目标值要求；已有效清除了土壤中的有机污染，重金属污染得到了有效风险管控。

7.3 原位修复土壤效果评估

修复施工单位对原位修复区域进行修复后，申请效果评估监测。项目组于 2022 年 9 月 8 日至 2023 年 1 月 15 日对原位修复区域一次采样检测，共钻孔 287 个，采集样品 1568 个。检测结果显示 8 个点位检测结果超标，其它样品各指标检测浓度均满足修复目标值要求。超标点位与指标分别为：A-C-2-6、A-C-17-8 砷酸浸浓度超标，A-C-6-7、A-C-18-1 砷水浸浓度超标，G-D-25-1、G-D-25-2、G-D-26-1 砷酸浸、水浸同时超标，G-D-25-3 砷酸浸浓度超标。

修复施工单位对一次采样超标点位所代表的原位修复区域进行二次修复，修复完成后，再次申请效果评估检测。项目组于 2022 年 10 月 23 日至 2023 年 1 月 15 日，对原位修复区域进行二次采样检测，共钻孔 37 个，采集样品 161 个，检测结果显示所有样品砷酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求。

综上所述，原位修复区域经分指标、分批次修复与效果评估，部分区域经

二次修复及二次效果评估，最终的检测结果显示原位修复区域苯并（a）芘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、茚并（1,2,3-cd）芘指标全量均满足修复目标值要求，铅、砷、镉酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求。表明原位修复区域经原位化学氧化修复后有效降低有机污染物的浓度，经原位固化/稳定化修复后有效降低重金属的浸出浓度，减少了环境风险。

7.4 疑似污染土效果评估

项目组于2022年5月6日至11月22日对疑似污染土进行了一次采样。疑似污染土28295m³，分为7个批次采样，共采集162个样品。检测结果显示，样品36-LS05、36-LS09、36-LS11、36-LS11的苯并（a）芘超过二类用地土壤目标值，超标疑似污染土2000m³，其余各批次疑似污染土各检测指标浓度均满足二类用地土壤修复目标值要求。

修复施工单位对疑似污染土进行异位热脱附修复后，再次申请效果评估检测。于2022年12月10日，对修复后的疑似污染土进行采样检测，共采集10个样品。检测结果显示修复后的土壤苯并（a）芘浓度均满足二类用地土壤修复目标值要求

综上，经一次效果评估、异位热脱附修复、二次效果评估，最终所有疑似污染土壤的各指标均满足对应的土壤修复目标值要求，可回填于基坑中。

7.5 筛上物效果评估

项目组于2022年11月15日对筛上物进行了分批次采样。筛上物3358 m³，分为3个批次采样，共采集18个样品，各检测指标浓度均满足二类用地土壤修复目标值要求。

综上，经过冲洗筛上物表面残留的土壤目标污染物均满足对应的土壤修复目标值要求，污染已清除，不需要进行修复和风险管控。

7.6 潜在二次污染区域效果评估

根据修复工程资料和功能区分，潜在二次污染区域共布点采样 97 个，经检测存在 4 个点位超标，分别是位于道路的点位 QE70，超标指标为铅、砷；位于固化/稳定化修复大棚的点位 QE12、QE13、QE14，超标指标为砷。项目组对超标点位进行加密布点，精准确定超标区域边界，然后由施工单位对超标区域进行清挖，项目组对清挖后的基坑进行清挖效果评估，而清挖的污染土壤直接作为危废外运处置。潜在二次污染区域其他点位各指标浓度均低于地块修复目标值，无需进行进一步修复或风险管控。

7.7 地铁占地污染区域效果评估

1、占地污染区域四周检测评估

在占地污染区域四周共采集 75 个样品，其中 CC1-3 点位苯并（a）芘浓度超标，其他点位各指标均满足修复目标值要求；对超标点位所代表的区域进行清挖，清挖后基坑经效果评估采样检测，表明基坑遗留土壤苯并（a）芘满足修复目标值要求，清挖已完成；清挖出的污染土壤经异位热脱附后，达到修复要求。因此，通过对 CC1-3 基坑的清挖及修复，地铁施工造成的污染已被清除，原基坑横向修复边界闭合。

2、疑似污染土检测评估

疑似污染土经采样检测表明，土壤中铅、砷、苯并（a）芘指标均未超标，证明坑底已不存在污染土壤。

3、潜在二次污染区域检测评估

潜在二次污染区域检测结果表明，土壤堆存区与 F1-4 基坑重叠部分（F1-4` 基坑）砷浓度超标，可能是由于污染土壤堆存过程中在淋溶作用下使砷迁移至堆体下方的土壤。因此 F1-4` 基坑污染指标变更为砷、苯并（a）芘，由施工方进行清挖及修复，并经本项目组采样检测，证明已完成基坑清挖及相应的污染土壤修复，各指标浓度均满足修复目标值要求。其他潜在二次污染区域，所有样品各指标均达标，证明施工过程中未造成二次污染。

综上，通过进一步的清挖及修复，占地污染区域四周以及土壤堆存过程中造成的污染已被清除，原基坑横向修复边界闭合。

7.8 风险管控措施地下水效果评估

2023年2月，在原位修复区域和阻隔填埋区共建设29口监测井，3月补充设置监测井YDW2-4、YDW3-4、YDW4-4、YDW5-5；5月在原位异位交界处补充建设监测井YDW2-5、YDW4-5、YDW5-6，监测井YDW2-4、YDW4-4、YDW5-5作废。原位修复区域和阻隔填埋区地下水监测期为2023年2月至10月、12月，共10个月，其中12月为通过总体效果评估评审后，对原位修复区域B区和阻隔填埋区地下水监测井进行补充采样监测。

根据广东省防汛防旱防风总指挥部办公室发布的通知，广东今年于3月27日进入汛期，10月31日结束汛期，因此2月为枯水期，3月为平水期，4-10月为丰水期，12月为枯水期，监测期覆盖丰水期、平水期和枯水期，监测时间满足规范要求。

效果评估监测结果表明，所有监测井特征污染指标的浓度均低于《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中的地下水IV类标准，可判定达到评估标准的要求，表明地块的阻隔填埋区、原位修复区域风险管控措施达到预期效果。

第八章 结论与建议

8.1 效果评估结论

8.1.1 修复工程资料审核结论

广州港股份有限公司黄埔洪圣沙地块 2 号区位于广州市黄埔区洪圣沙岛，面积 278675.145 平方米，地块责任单位广州港股份有限公司于 2019 年 1 月起相继委托相关单位完成了地块环境调查评估、风险评估、修复方案、环境监理方案等技术工作及相关文件备案。修复工程于 2022 年 1 月起正式修复施工，至 2022 年 12 月修复工作基本完工。在修复过程中与修复完成后均进行了相应环境检测与效果评估检测等工作。

修复工程重点完成了：（1）184 个采样基坑的清挖，共清挖土方量 110012m³（实方，一次清挖 106735m³，超标扩挖 3277m³），其中重金属污染土壤 79256m³，有机污染土壤 14274m³，复合污染土壤 16482m³。

（2）异位固化/稳定化重金属污染土壤实方 95738m³，虚方 107438m³；异位热脱附有机污染土壤实方 32756m³，虚方 33285m³。

（3）原位修复区域修复土方量 5677.48m³，修复深度 0~6m，其中重金属污染土壤 5321.4m³（不含二次修复），有机污染土壤 107.72m³，复合污染土壤 248.36m³。

修复工程确定的土壤的目标污染物、修复目标等，与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。

与风险评估报告及修复方案相比，主要存在修复范围、修复土方量、修复技术的变更：（1）由于地铁工程责任单位私自清挖本地块污染区域以及疑似污染土超标，导致总污染土方量由 112421.96m³，变更为 115759.66m³，增加了 3337.7m³；（2）原位修复区域有机污染土壤修复技术由原位固化/稳定化变更为原位化学氧化。

修复范围、修复土方量、修复技术、阻隔填埋区范围以及平面布置图等其

他工程内容有变更时，修复施工单位及时进行变更原因说明与合理性分析并申请设计变更，经环境监理单位、土壤污染责任单位确认同意后，及时完成了相关工程变更手续。

综上，土壤修复过程中的施工记录、文件资料、修复过程资料及相关监测记录等资料齐全，符合相关法律法规和政策要求。土壤修复施工单位按照风险评估报告、修复方案以及施工变更单要求，完成了土壤修复。

8.1.2 污染防治效果评估结论

根据修复方案与评审意见等要求，修复过程主要采取环保措施主要包括：

①针对修复过程产生挥发性有害气体、粉尘制定针对性的管理措施；②配套建设洗车及废水处理系统，处理达标废水回用修复工程用水；③修复过程产生的各类固体废物均作分类处理与处置或再利用等；④在清挖、转运、治理修复过程对扬尘、废水、噪声、固废等采取其他相应防治措施等。

通过对修复过程施工记录、废水废气处理记录、监理记录等的审核，确定修复方案的环保措施已得到落实；并且二次污染防治检测数据表明施工过程中未对周边环境造成二次污染。

综上，本项目在修复施工过程中落实了废气、废水、噪声及固体废物等各种污染防治措施，确保了施工过程不对周边环境造成二次污染，环境保护设施与措施基本上符合修复方案、环境监理方案及备案文件的要求。

8.1.3 修复效果评估结论

8.1.3.1 基坑清挖效果评估

修复施工单位对基坑进行分层清挖后，申请效果评估监测。项目组于 2022 年 1 月 17 日至 2022 年 11 月 28 日对基坑一次清挖后进行第一次采样检测，共有 1630 个采样点位（基坑侧壁 1000 个，坑底 630 个）。检测结果显示 110 个点位检测结果超标，其它基坑侧壁与底部的各指标均满足修复目标值要求。

修复单位对第一次采样超标点位的侧壁和坑底进行二次清挖后，再次申请效果评估检测。于 2022 年 2 月 12 日至 2022 年 9 月 17 日，对清挖后点位进行第二次采样检测，共采集了 109 个样品，检测结果显示 LB01 基坑 1.0-1.5m 中 B3-2 的侧壁 RE-B3-2-C-1 样品砷、LG03 基坑 0-0.5m 中 G1-12 的坑底 RE-G1-12-D-5 样品苯并(α)芘超过二类土壤修复目标值，其它基坑侧壁与底部的各指标均满足修复目标值要求。第二次采样检测结果未满足修复目标值要求的点位，需进行三次清挖再效果评估检测。

修复单位对第二次采样超标点位进行三次清挖后，再次申请效果评估检测。于 2022 年 3 月 11 日、6 月 15 日，对清挖后点位进行第三次采样检测，共采集了 2 个样品，检测结果显示砷满足修复目标值要求。

综上所述，各基坑内污染土壤经分区分层清挖与效果评估，部分点位经二次、三次清挖及二次、三次效果评估，最终的检测结果显示基坑遗留土壤的目标污染物全部达标，满足修复目标值要求，基坑清挖完成，表明了地块内的污染土壤已经全部完成清理。

8.1.3.2 异位修复土壤效果评估

项目组于 2022 年 3 月 11 日至 12 月 10 日对修复后的土壤进行了分批次采样。异位热脱附后的有机污染土壤 33285m³，分为 12 个批次采样，共采集 146 个样品，各检测指标均浓度满足修复目标值要求。异位固化/稳定化的重金属污染土壤 107438m³，共分为 17 个批次采样，共采集 462 个样品，检测结果显示样品 4-LS29、4-LS32、4-LS37、4-LS38、4-LS39、4-LS40 铅酸浸浓度超标，涉及污染土壤 2000 m³，其余样品铅、砷酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求；超标土壤经二次修复后再次进行采样检测，检测结果表明样品铅酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求。

综上，异位修复后的土壤有机指标全量满足修复目标值要求，重金属酸浸、水浸浓度满足修复目标值要求；已有效清除了土壤中的有机污染，重金属污染得到了有效风险管控。

8.1.3.3 原位修复土壤效果评估

修复施工单位对原位修复区域进行修复后，申请效果评估监测。项目组于2022年9月8日至2023年1月15日对原位修复区域一次采样检测，共钻孔287个，采集样品1568个。

修复施工单位对一次采样超标点位所代表的原位修复区域进行二次修复，修复完成后，再次申请效果评估检测。项目组于2022年10月23日至2023年1月15日，对原位修复区域进行二次采样检测，共钻孔37个，采集样品161个，检测结果显示所有样品磷酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求。

综上所述，原位修复区域经分指标、分批次修复与效果评估，部分区域经二次修复及二次效果评估，最终的检测结果显示原位修复区域苯并（a）芘、苯并（a）蒽、苯并（b）荧蒽、茚并（1,2,3-cd）芘指标全量均满足修复目标值要求，铅、砷、镉酸浸、水浸浓度均满足修复目标值要求。表明原位修复区域经原位化学氧化修复后有效降低有机污染物的浓度，经原位固化/稳定化修复后有效降低重金属的浸出浓度，减少了环境风险。

8.1.3.4 疑似污染土效果评估

项目组于2022年5月6日至11月22日对疑似污染土进行了一次采样。疑似污染土28295m³，分为7个批次采样，共采集162个样品。检测结果显示，样品36-LS05、36-LS09、36-LS11、36-LS11的苯并（a）芘超过二类用地土壤目标值，超标疑似污染土2000m³，其余各批次疑似污染土各检测指标浓度均满足二类用地土壤修复目标值要求。

修复施工单位对疑似污染土进行异位热脱附修复后，再次申请效果评估检测。于2022年12月10日，对修复后的疑似污染土进行采样检测，共采集10个样品。检测结果显示修复后的土壤苯并（a）芘浓度均满足二类用地土壤修复目标值要求。

综上，经一次效果评估、异位热脱附修复、二次效果评估，最终所有疑似污染土壤的各指标均满足对应的土壤修复目标值要求，可回填于基坑中。

8.1.3.5 筛上物效果评估

项目组于 2022 年 11 月 15 日对筛上物进行了分批次采样。筛上物 3358 m³，分为 3 个批次采样，共采集 18 个样品，各检测指标浓度均满足二类用地土壤修复目标值要求。

综上，经过冲洗筛上物表面残留的土壤目标污染物均满足对应的土壤修复目标值要求，污染已清除，不需要进行修复和风险管控。

8.1.3.6 潜在二次污染区域效果评估

根据修复工程资料和功能区分，潜在二次污染区域共布点采样 97 个，经检测存在 4 个点位超标，分别是位于道路的点位 QE70，超标指标为铅、砷；位于固化/稳定化修复大棚的点位 QE12、QE13、QE14，超标指标为砷。项目组对超标点位进行加密布点，精准确定超标区域边界，然后由施工单位对超标区域进行清挖，项目组对清挖后的基坑进行清挖效果评估，而清挖的污染土壤直接作为危废外运处置。潜在二次污染区域其他点位各指标浓度均低于地块修复目标值，无需进行进一步修复或风险管控。

8.1.3.7 地铁占地污染区域效果评估

在占地污染区域四周共采集 75 个样品，其中 CC1-3 点位苯并（a）芘浓度超标，其他点位各指标均满足修复目标值要求；对超标点位所代表的区域进行清挖，清挖后基坑经效果评估采样检测，表明基坑遗留土壤苯并（a）芘满足修复目标值要求，清挖已完成；清挖出的污染土壤经异位热脱附后，达到修复要求。因此，通过对 CC1-3 基坑的清挖及修复，地铁施工造成扩散的污染已被清除，原基坑横向修复边界闭合。

潜在二次污染区域检测结果表明，土壤堆存区与 F1-4 基坑重叠部分（F1-4``基坑）砷浓度超标，可能是由于污染土壤堆存过程中在淋溶作用下使砷迁移至堆体下方的土壤。因此 F1-4``基坑污染指标变更为砷、苯并（a）芘，由施工方进行清挖及修复，并经本项目组采样检测，证明已完成基坑清挖及相应的污

染土壤修复，各指标浓度均满足修复目标值要求。疑似污染土和其他潜在二次污染区域经检测，均合格。

综上，通过进一步的清挖及修复，占地污染区域四周以及土壤堆存过程中扩散的污染已被清除，原基坑横向修复边界闭合。

8.1.3.8 风险管控措施地下水效果评估

原位修复区域和阻隔填埋区地下水监测期为2023年2月-10月、12月，共10个月，监测期覆盖丰水期、平水期和枯水期，监测时间满足规范要求。

效果评估监测结果表明，所有监测井特征污染指标的浓度均低于《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中的地下水IV类标准，可判定达到评估标准的要求，表明地块的阻隔填埋区、原位修复区域风险管控措施达到预期效果。

8.1.4 综合结论

通过文件审核、现场勘察、现场采样和检测分析等，对地块污染土壤的修复效果进行评估，确认该地块修复工作符合相关要求。评估结果表明：经多次清挖与多次效果评估检测，基坑遗留土壤的目标污染物已全部达标，满足修复目标值要求，表明了地块内相关区域范围内的污染土壤，已经全部清挖完成；异位固化/稳定化土壤各污染指标均满足修复目标值要求，并已回填至地块内阻隔填埋区；异位热脱附修复合格土壤、疑似污染土、筛上物经检测达到地块目标修复值；原位修复土壤经检测达到地块修复目标值；潜在二次污染区域超标点位涉及的污染土壤已作为危废处置；地块内阻隔填埋区、原位修复区域风险管控效果评估达到预期效果。修复效果达到预期目标，满足该地块下一阶段再开发利用的要求。

8.2 建议

8.2.1 后期环境监管要求

阻隔填埋区和原位修复区域固化/稳定化土壤中重金属未能完全去除，通过阻隔处置后，切断了污染传播途径，但仍存在一定的环境风险；为保证阻隔填埋区和原位修复区域风险管控措施的长期有效性，后期土地利用的过程中，相关责任单位应注意对风险管控措施的维护和保护，如发现土壤或地下水异常，应暂停施工，查明异常原因，采取措施保证环境安全，并立即上报生态环境主管部门。

(1) 对阻隔填埋区和原位修复区域进行覆土，保证顶板上部最终覆土深度达到 2m，达到地块未来的规划高程；

(2) 土地利用的过程中，应保护好阻隔填埋区域密封完整性，避免其它施工对其破坏影响，严禁有扰动阻隔密封层的施工行为；阻隔填埋区域和原位修复区域内严格限制开挖、钻探及其他可能对管控设施造成不利影响的作业，禁止破坏现场设置的永久性标志；

(3) 土地利用的过程中，应确保地下水监测井与地面永久标识牌不被破坏，建设监测井井口保护装置，包括井口保护筒、井台或井盖等，地下水监测井标识牌应注明监测井编号、负责人、联系方式等；永久标识牌字体采用黑体，宜采用坚固、安全、环保、耐用、不褪色的材料制作；定期巡视地下水长期监测井及永久标识牌现状，如发现地下水长期监测井或地面永久标识牌遭到破坏，应立即补建，并加强日常管理。

(4) 本地块在移交给土壤污染责任人时，修复施工单位将阻隔填埋区和原位修复区域禁止开挖范围、拐点坐标等相关文件、资料移交给土壤污染责任人，同时在阻隔填埋区域做明显的标识，设置永久标识牌，永久标识牌字体采用黑体，应采用不易剥落或耐日晒雨淋的耐久性材料，注明此区域禁止开挖、扰动等；定期巡视阻隔填埋区、原位修复区域和永久标识牌现状，如阻隔填埋区、原位修复区域遭到开挖、扰动或永久标识牌遭到破坏，应立即进行修复，并加

强日常管理。

本地块规划为第二类用地，部分点位土壤存在超第一类用地筛选值的情况，为控制环境风险，在地块管理权未交给下一个权属人前，应严格按照相关法律法规做好超第一类用地筛选值但不超第二类用地筛选值土壤的管理，禁止外运至第一类用地，并在地块管理权交给下一个权属人时，向其交接相关管理资料。

8.2.2 长期环境监测

根据《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）和《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估技术要点》（穗环办〔2018〕173号）的相关要求，对于实施风险管控的地块应开展长期监测。建议由土壤污染责任人委托有资质单位对阻隔填埋区范围内的地下水井制定长期监测计划。

监测频率：监测时间为三年，每年监测一次，监测数据定期报生态环境管理部门。

监测点位：原位修复区域和阻隔填埋区，共 33 个监测井，各监测井的位置见下图。

监测因子：砷、铅、镉、苯并（a）芘、苯并（b）荧蒽、苯并（a）蒽、茚并（1,2,3-cd）芘，各监测井具体检测指标见下表。

评估标准：原位修复区域和阻隔填埋区地下水污染物浓度达到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的地下水 IV 类标准，连续三年的地下水长期监测结果均达到评估标准，无明显上升趋势即可向生态环境管理部门申请结束风险管控措施范围的地下水长期监测，如有地下水长期监测期间，出现超标情况，查明异常原因，采取措施保证环境安全，并开展应急处置，对风险管控措施进行优化或修复，实施效果监控，并延长地下水长期监测时间，监测时间在应急处置结束后重新开始计算 3 年地下水长期监测时间。

在地下水长期监测过程中，要密切关注原位修复区域和阻隔填埋区地下水各监测指标的变化趋势，保证不会对本地块所在区域地下水造成危害，发现问题及时报告，并采取相应的处置措施，确保地块环境安全，严控风险事件的发

生，将检测报告定期报送给生态环境管理部门，连续三年的地下水长期监测结果均达到评估标准，无明显上升趋势即可向生态环境管理部门申请结束风险管控措施范围的地下水长期监测。