

(简本)

天河科技园华南活塞环地块 土壤污染修复方案

土地使用权人：广州高新技术产业开发区天河科技园管理委员会服务中心

修复实施单位：广州穗土环保工程有限公司

编 制 日 期：二〇二五年七月

第一章 总论

1.1 项目背景

天河科技园华南活塞环地块位于广州市天河区凤凰街高科路 39 号（柯木塱村东南面），北临国家大学科技园，东侧为高普路，南侧为金发科技创新社区，西侧为高科路，调查面积为 11813m²。根据调查结果，1997 年以前地块为未利用地。1997 年-2014 年为广州华南活塞环有限公司，其中，该公司 1997 年-2008 年运营生产，建设有生产厂房、科研楼、生活污水处理间等构筑物，主要从事生产各类汽车、摩托车、通用汽油机活塞环，生产过程涉及热处理、电镀镀铬等工艺；2008 年-2014 年活塞环公司关闭，地块闲置，地块内各类设施和建筑未拆除；2015-2021 年，地块租借给广州市天河区保安服务公司，作为保安培训场所使用；2022 年至今地块内建筑被拆除，地块闲置。

根据广州市规划和自然资源局天河分局出具的《关于申请提供天河区 2112 工园 13 号地块规划意见的复函》，地块土地使用性质为一类工业用地（M1）。

2024 年 8 月~2025 年 4 月，受广州高新技术产业开发区天河科技园管理委员会服务中心委托，生态环境部华南环境科学研究所承担了该地块的土壤污染状况初步调查、详细调查和风险评估工作。

风险评估结果表明：（1）基于第二类用地方式下，以土壤中最大检测值（苯并[a]芘 4.6 mg/kg，六价铬 369 mg/kg）作为暴露浓度，对地块内土壤污染物进行风险评估，其中苯并[a]芘的致癌风险和非致癌危害商分别为 3.01E-6 和 0.165，六价铬的致癌风险和非致癌危害商分别为 2.26E-5 和 0.389。按照单一污染物可接受致癌风险值为 10⁻⁶，单一污染物可接受非致癌危害商值为 1 判断，土壤苯并[a]芘和六价铬的致癌风险均超过可接受风险水平，非致癌危害商均未超过可接受风险水平，需开展修复。（2）地块土壤不存在六价铬和苯并[a]芘复合污染情形。采用无污染点位连线法确定污染修复范围，地块内最大修复深度为 5m，初步估算地块土壤修复范围面积共 1744.76 m²，需修复土方量共计 3661.64 m³，其中苯并[a]芘修复范围总面积共计 510.09 m²，修复土方量 436.42 m³，六价铬修复范围总面积共计 1234.67 m²，修复土方量 3225.22 m³。

依据《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月）、《污染地块土壤环境管理办法》（部令第 42 号）、《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）、《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140 号）、《关于加强工业企业关停、

搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66号）等相关文件规定与要求，工业企业场地拟进行公开出让、流转以及土地使用类型发生变更的地块在出让、流转和变更前应完成场地环境调查和风险评估工作，属于污染地块的应编制治理修复方案并开展修复工作，在完成地块修复后方可全面开展再开发利用工作。因此，土地使用权人需对本污染地块进行修复。

2025年6月，修复实施单位广州穗土环保工程有限公司在土地使用权人提供的资料基础上，编制完成《天河科技园华南活塞环地块土壤污染修复方案》。修复方案拟定土壤污染修复工艺为：（1）对于六价铬重金属污染土壤，采用场内筛分+异位化学还原修复工艺；（2）对于苯并[a]芘有机污染物污染土壤，采用场内筛分+异位化学氧化修复工艺。

根据环境保护部令第42号《污染地块土壤环境管理办法（试行）》要求，我司在公司网站向社会公开《天河科技园华南活塞环地块土壤污染修复方案（简本）》，公示网址：<http://www.suituhb.com>。公示期间，我司未收到反馈意见。根据相关法律法规，在未征得土地使用权人同意情况下，本方案不作全文公开。

1.2 编制依据

1.2.1 法律法规和政策文件

- 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月）；
- 2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年1月）；
- 3) 《污染地块土壤环境管理办法》（环保部令〔2017〕42号）；
- 4) 《关于保障工业企业场地在开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140号）；
- 5) 《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）；
- 6) 《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》（2018年生态环境部令第3号）；
- 7) 《广东省土壤污染防治行动计划实施方案》（粤府〔2016〕145号）；
- 8) 《广东省实施<中华人民共和国土壤污染防治法>办法》（自2019年3月1日起施行）；
- 9) 《广州市生态环境局关于强化污染地块再开发利用环境管理相关工作的通知》（广州市生态环境局，2019年12月15日）；
- 10) 《广东省生态环境厅 广东省自然资源厅 广东省住房和城乡建设厅关于印发建设用地土壤环境联动监管工作规定的通知》（粤环发〔2024〕4号）。

1.2.2 标准规范和技术导则

- 1) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682-2019）；
- 2) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）；
- 3) 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）；
- 4) 《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）；
- 5) 《污染场地修复技术筛选指南》（CAEPII-2015）；
- 6) 《污染场地修复技术目录(第一批)》(环境保护部公告 2014 年第 75 号)；
- 7) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环境保护部公告 2014 年第 78 号）；
- 8) 《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）；
- 9) 《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91-2002）；
- 10) 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）；
- 11) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- 12) 《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）；
- 13) 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- 14) 《国家危险废物名录》（2021 年版）；
- 15) 《广州市工业企业场地土壤污染修复治理技术汇编》（2018 年版）；
- 16) 《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（修订版）》（2024 年 10 月）；
- 17) 《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）；
- 18) 《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）；
- 19) 《建设用地土壤污染防治 第 6 部分：土壤污染修复工程环境监理技术规范》（DB4401/T 102.6-2021）；
- 20) 《建设用地土壤污染防治 第 8 部分：风险管控和修复效果评估技术规范》（DB4401/T 102.8-2024）。

1.2.3 地块相关资料

- 1) 《天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况初步调查报告》（2025 年 2 月备案）；
- 2) 《天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况详细调查报告》（2025 年 2 月备案）；
- 3) 《天河科技园华南活塞环地块土壤污染风险评估报告》（2025 年 4 月备案）；

4) 其它相关资料。

1.3 编制原则

(1) 规范性原则。以《建设用地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2019)、《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ25.6-2019)和《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》(DB4401T102.2-2021)为依据，规范编制污染场地修复方案；

(2) 可行性原则。根据场地污染特征，以健康风险评估的结果为基础，结合场地开发的要求，制定技术上和经济上可行的修复方案；

(3) 环境安全性原则。严格控制可能造成的二次污染扩散，确保科学、安全地实现场地污染土壤的妥善处理处置；

(4) 科学性原则。基于人体健康保护和环境风险降低的原则，对项目实施全过程和场地开发利用提出科学、专业的建议。

1.4 编制内容

本方案通过对场地调查报告、风险评估报告、招投标资料等前期资料的研究，主要从以下六个方面开展方案编制工作，内容概述如下：

(1) 地块问题识别

分析土壤污染状况调查和风险评估资料，确定地块存在的土壤污染风险，明确目标污染物、修复目标值、修复范围等。

(2) 地块修复模式

选择修复模式，在分析前期土壤污染状况调查及风险评估报告的基础上，结合地块污染现状、地块条件、地块规划用途及修复治理实施周期等，选择并确定地块修复治理总体思路，明确修复治理目标及范围。

(3) 修复技术筛选

筛选技术分析，按照确定的修复总体思路，在分析国内外各种土壤修复技术的基础上，结合本地块的土壤污染特征、土壤理化性质和本地块的规划用途进行综合考虑，筛选并确定适用于本地块的实用修复治理技术。

(4) 修复方案设计及工程实施方案

制定修复方案，根据确定的修复治理技术，制定土壤修复治理技术路线，提出工程治理方案。

(5) 环境管理计划

结合修复实施方案和广州市当地的施工工程场地环境管理相关标准规范，制定环境管理计划包括二次污染防治、环境监理、环境应急、效果评估和验收等。

（6）工程进度计划

制定修复工程进度计划，包括前期工作、修复施工、效果评估、竣工验收及退场等的时间节点。根据本地块实际情况合理安排工期。

1.5编制技术路线

根据工作内容，结合目标场地具体情况，确定修复方案编制的技术路线如下图所示。

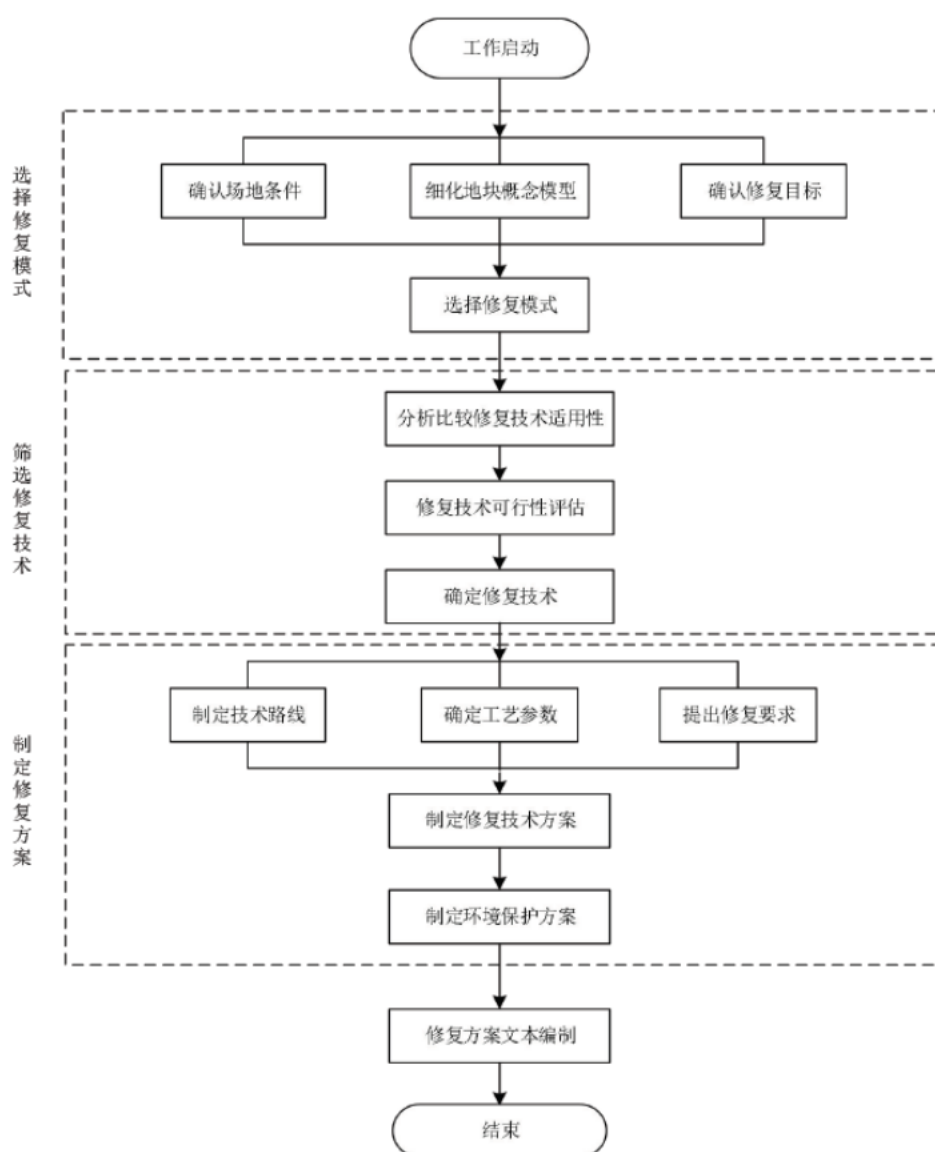


图 1.5-1 地块修复方案编制工作流程与技术路线

第二章 地块概况

2.1 地块红线范围

本次土壤污染修复范围与风险评估范围一致，共 11813 m²。

2.2 调查区域环境概况

2.2.1 地理位置

广州市地处中国南部、广东省中南部、珠江三角洲中北缘，是西江、北江、东江三江汇合处，濒临中国南海，东连博罗、龙门两县，西邻三水、南海和顺德，北靠清远市区和佛冈县及新丰县，南接东莞市和中山市，隔海与香港、澳门相望，是海上丝绸之路的起点之一，中国的“南大门”，是广佛都市圈、粤港澳都市圈、珠三角都市圈的核心城市。广州管辖的城市总面积 7434.4 平方公里，市本级统筹区即越秀、海珠、荔湾、天河、白云、黄埔、南沙，简称“老七区”。

天河区位于广州市东部，东与黄埔区相连，南与海珠区隔珠江相望，西到广州大道与越秀区相接，北与白云区相邻，地理坐标为东经 113°15'55"~113°26'30"，北纬 23°6'0"~23°14'45"，行政区域总面积约 137.38 平方公里。天河区是广州市新城市中心区，位于城市新中轴线上，承西启东，接北转南，是广州市东进轴与南拓轴交汇点。区内交通资源聚集，拥有地铁、快速公交系统（BRT）、火车站等多层次城市交通体系。

本地块位于广州市天河区凤凰街高科路 39 号（柯木塱村东南面），占地 11813 m²，具体地理位置见图 2.2.1-1，地块四至情况见图 2.2.1-2。

2.2.2 地质地貌

天河区地势分三个区域：北部是以火成岩为主构成的低山丘陵区，海拔 222~400 米；中部是以变质岩为主构成的台地区，海拔 30~50 米；南部是由沉积岩构成的冲积平原区，海拔 1.5~2 米。全区地势由北向南倾斜，形成低山丘陵、台地、冲积平原三级地台。北部中央低处形成筲箕窝、龙洞和华南植物园等。中部台地从东到西分布有吉山台地和五山台地。南部冲积平原分布在广深铁路以南珠江沿岸前进、车陂、员村、石牌、猎德一带。

地块位于天河区的北部，该区域为低山丘陵区。北有宵箕窝山（220.1 米）、杓麻山（388.1 米）、大和峰（391.1 米），东有凤凰山（373.3 米）、猪仔山（285.5 米）、石狮顶（304.2 米），并下延到公坑顶山（159 米）、荔枝山（130 米）、尖峰岭（107.1 米），西有洞旗峰（312.4 米）、犀牛角（229.1 米），南有岑村火炉山（322.1 米）。在火炉山与宵箕窝山、凤凰山、洞旗峰山之间狭谷中形成竺箕窝水库（500 亩，库容量 264 万立方米）和零星山塘以及龙眼洞、华南植物园等谷地。在东北新塘的公坑顶山与荔枝山之间狭谷中形成新塘水库（300 亩），荔枝山与尖峰岭之间狭谷中有乌涌，向南流经黄埔区，注入珠江。

天河区地质构造主要分三部分：北部花岗岩地区，主要分布的是燕山第二期岩浆岩，属罗岗岩体花岗岩，岩石类型有中粒斑状黑云母花岗岩、中粒黑云母花岗岩。中部变质岩带（石英砂岩），属于燕山第二期花岗岩侵入所成。东南部冲积平原区，以全新系统的海陆混合沉积层分布为最广、最厚，而下伏的上更新系统较薄或缺失。根据 1: 20 万区域地质图（广东幅）、1: 5 万基岩地质图（广州幅）、1: 5 万广州市航空遥感地质图等研究成果，从构造单元来看，在大地构造上属于华南褶皱系（I 级构造单元）赣湘桂粤褶皱带（II 级构造单元）粤中拗折束（III 级构造单元）之内，进一步划分是增城凸起（IV 级构造单元）白云山-罗岗（PZ）断陷（V 级构造单元）内。

天河区地层岩土下伏基岩为中生代燕山期侵入岩，属燕山晚期第一阶段的罗岗岩体（T_{3ηγ}），呈近东西向展布的岩基，西邻为元岗岩体所侵入，北及东南缘侵入于下古生界变质岩，南界与白垩系地层呈断层接触，以细、中、粗粒斑状黑云母二长花岗岩为主体岩石结构，岩相变化复杂，岩相以中粒斑状结构为主，相变界线渐变过渡。钾长石 30~35%，斜长石 30%左右，石英 20~25%，黑云母 8~15%。目标地块范围内岩性主要为中细粒花岗岩，局部为中粗粒花岗岩，属罗岗岩体，呈青灰色、浅肉红色、浅灰红色、浅灰色等，中细粒结构，块状构造，矿物成分为长石、石英、黑云母等，微风化岩石裂隙不发育，岩芯完整，岩质坚硬。

2.2.3 水文条件

天河区位于珠江北岸，江岸线 11 公里，有沙河涌、猎德涌、员村涌、潭村涌、程界涌、棠下涌、车陂涌、深涌等 8 条主要河涌，自北向南流入珠江广州河段，总长 69.43 公里。另外还有近 20 条支涌、小涌，共长 16 公里。此外，天河区有耙齿沥水库、龙洞水库、新塘水库和麓湖、天河公园中心湖等。

根据《广州城市地质报告》，地块所在区域地下水按含水介质特征划分，为第四系松散岩类孔隙水及基岩裂隙水，水量贫乏，单井涌井量 $<100\text{ m}^3/\text{d}$ 。孔隙水主要赋存于第四系砂土中，多为潜水，部分为微承压水。第（5）、（6）层粉砂/细砂、中砂/粗砂层渗透性好，地下水较丰富，呈条带状分布，是地块主要富水层，主要接受大气降水垂直渗入补给。基岩裂隙水主要赋存于第（9-I）层强风化岩（碎块状部分）和第（9-M）、（9-S）层微风化岩裂隙中，水量大小与裂隙发育程度、闭合状态及连通性有关，具有微承压性，地下水主要来源于上部砂层孔隙水垂直补给和侧向补给。第（3）、（4）、（7）层冲洪积粉质黏土/黏土、淤泥质土、粉质黏土/黏土和第（2-1）、（2-2）层坡积粉质黏土、第（8）层残积砂质黏性土以及第（9-C）、（9-I）层全风化岩、强风化岩（半岩半土状部分）渗透性能差，属微弱含水层或相对近似隔水层。

2.2.4 气候特征

地块所在区域属亚热带海洋性季风气候区，夏长冬短，温湿多雨，四季常青。年平均气温 21.8°C ，一月最低气温 0°C ，8月最高气温 38.7°C ，日照时间长，年日照时数高达1862小时，2~4月份日照时数较短，7~10月份日照时数最多。本地区雨量充沛，年降雨量大都在1700毫米左右，降雨量多集中在4~9月，占全年81%左右，年均相对湿度为77%。广州季风变化明显，全年风向多为北风，频率为21.3%，多出现在9月~翌年3月，其次为东南风和东风，风频率为13.9%，主要出现在4~8月，常年平均风速 1.9m/s ，静风频率为33%，夏秋间常有台风侵扰，风速达 28m/s ，绝对最大风速可达 33.7m/s 。

2.2.5 土壤与植被

天河区自然土壤主要为赤红壤，土壤成土母质以花岗岩风化物为主，部分是砂岩风化物，南部冲击平原区成土母质是珠江三角洲冲积平原和河流沉积物，耕作区域为水稻土、果园土和菜园土等土壤类型。根据国家土壤信息服务平台查询可知，地块土壤类型为赤红壤。

2.2.6 区域社会经济概况

天河区辖区面积约137.38平方公里，下辖21个街道：沙河街道、五山街道、员村街道、车陂街道、石牌街道、天河南街道、林和街道、沙东街道、兴华街道、棠下街道、天园街道、冼村街道、猎德街道、元岗街道、黄村街道、龙洞街道、长兴街道、凤凰街道、前进街道、珠

吉街道和新塘街道。截至 2019 年末，天河区户籍人口 96.57 万人，增长 2.8%；常住人口 178.85 万人，增长 2.4%。户籍人口出生数为 1.44 万人，出生率 14.65‰，死亡率 3.42‰，自然增长率 11.24‰，符合政策生育率 95.72%。根据第七次人口普查数据，截至 2020 年 11 月 1 日零时，天河区常住人口 2241826 人。

2023 年，广州市实现地区生产总值（初步核算数）30355.73 亿元，按可比价格计算，比上年增长（下同）增长 4.6%。其中，第一产业增加值 317.78 亿元，增长 3.5%；第二产业增加值 7775.71 亿元，增长 2.6%；第三产业增加值 22262.24 亿元，增长 5.3%。三次产业结构为 1.05：25.61：73.34。第一、第二、第三产业对经济增长的贡献率分别为 0.9%、15.0%和 84.1%。人均地区生产总值达 161634 元（按年平均汇率折算为 22938 美元），增长 4.5%。其中，天河区实现地区生产总值 3147.30 亿元，增长 5.2%。其中，第一产业增加值为 1.4 亿元，增长 26.1%；第二产业增加值为 207.54 亿元，增长 3.2%；第三产业增加值为 2938.36 亿元，增长 5.3%。现代服务业实现增加值 2345.99 亿元，增长 5.2%；占 GDP 比重 74.5%。其中，金融业增加值增长 8.4%，房地产业增 1718 加值增长 6.9%。规模以上营利性服务业营业收入（错月数据）增长 7.0%，其中，规模以上软件业营业收入增长 4.3%，规模以上租赁商务服务业营业收入增长 9.1%，规模以上科学研究和技术服务业营业收入增长 16.2%。轨道交通、新能源与节能环保和生物医药与健康等战略性新兴产业增势良好，增加值分别增长 13.2%、5.4%和 5.2%。

2.3 地块概况

2.3.1 地块历史沿革

根据所收集的地块资料，结合现场踏勘和人员访谈情况，将地块的历史沿革划分为未利用阶段、活塞环公司阶段、闲置阶段、保安培训基地阶段和收储闲置阶段 5 个阶段。地块历史沿革见表 2.3.1-1。

表 2.3.1-1 地块历史沿革

序号	时间	使用阶段	用途	地块权属
1	1997 年及以前	荒地	地块未利用	1993 年天河高唐工业开发区

序号	时间	使用阶段	用途	地块权属
2	1997-2014 年	活塞环公司阶段	作为广州市华南活塞环有限公司使用，1997 年-2008 年该公司从事生产汽车、摩托车活塞环、套缸产品，2009-2014 年该公司停止生产。	管理委员会（后更名广州高新技术产业开发区天河科技园管理委员会）取得地块使用后地块权属一直未变
3	2015-2021 年	保安培训基地阶段	作为广州市天河区保安服务公司保安培训场所。	
4	2022 年至今	收储闲置阶段	地块闲置，部分区域作为临时停车场。	

2.3.2 地块土地利用现状

地块调查期间阶段，地块内主要为荒地，大部分区域被杂草覆盖，长势旺盛；部分硬化区域作为临时停车场所，地块西南区域为菜地。

2.3.3 场地水文地质

（1）地块地层情况

地块位于广州市天河区，调查区域原本为山地后被平整，根据初步采样调查期间现场钻探记录与本次详细调查采样根据现场布设的 41 个钻孔的钻探记录，地块主要被砂质粉土覆盖，局部有粉质黏土，风化层及花岗岩基岩埋深较浅，其岩性特征分述如下：

①素填土：土层厚度范围 1 m，红棕色、棕色，潮，稍密，主要由砂质粉土、中砂粒及少量碎石组成。

②砂质粉土：土层厚度范围为 0.4~3.2 m，浅灰色、棕色、红棕色、浅黄色等，潮，稍密，粉粒为主，次为中砂粒。

③强风化土层：土层层底深度范围为 1.5~8 m，土层厚度范围为 1~5 m，棕色、黄棕色、浅灰色，原岩结构及构造已破坏，岩石风化强烈，岩芯呈坚硬土柱状，遇水易软化崩解。

④花岗岩：土层厚度范围为 0.5~1 m，微风化花岗岩，褐色、斑白色，中粗粒结构，块状，节长 5~20 cm，ROD 约为 80%。

（2）地块水文地质

根据初步调查所建立地下水井监测结果可知，地块内地下水埋深在 9.99~11.15 m 之间，相

应的稳定水位标高范围为 25.02~26.94 m，水位变化相对较小。在不同的监测点位，场地内的浅层地下水主要赋存于强风化土层和砂质粘性土中。主要为孔隙水和裂隙水，其补给条件主要受大气降水的影响。初步调查采样期间，场地地下水流场情况见图 2.3.4-7，地块内地下水呈西高东低，南高北低的特征，地下水大致由西南流向东北。

2.3.4 地块未来规划

根据广州市规划和自然资源局天河分局出具的《关于申请提供天河区 2112 工园 13 号地块规划意见的复函》，地块土地使用性质为一类工业用地（M1）。根据调查报告和风评报告，本地块是按照第二类用地进行调查及风险评价。

2.3.5 相邻地块土地利用历史及现状

地块西侧为科城大厦和三瑞科技园，西北侧为广东华云铝业发展有限公司，北侧为国家大学科技园和智慧 68 创新基地，东侧为广州晶体科技有限公司，南侧为金发科技创新社区。相邻地块现状情况见图 2.3.6-1。

根据人员访谈和资料收集，相邻地块的历史沿革和主要变化情况见表 2.3.6-1。

表 2.3.6-1 相邻地块历史沿革表

序号	方位	时间	地块使用情况
1	北侧	2007 年前	荒地
2		2007 年至今	国家大学科技园
3	东侧	1990 年至 2001 年	农田和鱼塘
4		2001 年至今	广州晶体科技有限公司
5	南侧	1990 年至 1998 年	荒地
6		1998 年至 2012 年	金发科技公司
7		2012 年至今	金发科技创新社区
8	西侧	1990 年至今	三瑞科技园、科诚大厦
9	西北侧	2001 年前	荒地
10		2001 年至今	广东华云铝业发展有限公司

2.3.6 周边敏感目标

经现场勘查，地块范围内无历史文物等需要特殊保护的目标，也无水源保护区，但地块内存在较多树木。地块周边 1000 m 范围内环境敏感点主要有住宅、学校、研究所等，地块周边环境敏感点情况见表 2.3.7-1 和图 2.3.7-1。

表 2.3.7-1 本项目周边敏感点情况表

序号	名称	方位	距场地距离 (m)	特征
1	广东省电力工业职业技校	西北侧	887	学校
2	广州市天河区高塘石小学	西北侧	653	学校
3	广州市天河区高塘石彩虹幼儿园	北侧	618	学校
4	雅园	北侧	800	住宅
5	高塘石社区	东北侧	909	住宅
6	广东科贸职业学校 (天河凤凰校区)	西侧	566	学校
7	广东省家禽科技研究所	西侧	410	研究所
8	麓洞水库	西侧	965	地表水体
9	天河智慧农业公园	南侧	720	公园
10	广东消防总队特勤家属院	南侧	600	住宅

2.4 土壤污染状况调查工作回顾与结论

2024 年 8 月~2025 年 4 月，受广州高新技术产业开发区天河科技园管理委员会服务中心，生态环境部华南环境科学研究所承担了该地块的土壤污染状况初步调查、详细调查和风险评估工作，初步调查报告和详细调查报告于 2025 年 2 月 17 日完成备案、风险评估报告于 2025 年 4 月 3 日完成备案。

2.4.1 采样调查阶段总结

通过初步采样调查、详细采样调查和补充采样调查对地块内土壤进行调查的监测结果分析，共有 2 个采样点 3 个土壤样品存在苯并[a]芘超筛选值，最大超筛值为 4.6 mg/kg，最大超筛倍数为 2.07，超筛选值深度范围为 0.5-2 m；8 个采样点 25 个土壤样品存在六价铬超筛选值，最大超筛值为 369 mg/kg，最大超筛倍数为 63.74，超筛选值深度范围为 0-5 m。超筛范围分布见下表。

详细调查及补充调查阶段，土壤环境监测点位样品超筛污染物包括苯并[a]芘和六价铬 2 项，苯并[a]芘超筛点位周边 X1-X4，X12、X16 以及 HSH06 点位均未超筛，可以确定苯并[a]

芘超筛区域范围，各超筛点位已兜底；六价铬超筛点位周边 R15、R7、R1、X6、R2、R3、R4 点位检测结果均未出现超筛，且超筛点位 R13、R5、X8/X8' 距离地块边界距离小于 20 m，可以确定六价铬超筛区域范围，各超筛点位已兜底。有 4 个点位最大采样深度未兜底，但已达到基岩。X8 点最大采样深度仍超筛，因此在 X8 点位旁不超过 50cm 范围内补打 X8' 点位，其余超筛深度未超过最大采样深度，因此所有超筛点位均已兜底。因此调查结果可明确土壤污染的范围和深度。

采用无污染点位连线法确定超筛值范围，初步估算地块内超筛值总面积为 1836.28 m²，超筛土方量共 4700.44 m³，苯并[a]芘和六价铬超筛区域未重叠，面积分别为 510.09 m² 和 1326.19 m²，超筛土方量分别为 436.42 m³ 和 4264.02 m³；0-0.5 m 层六价铬超筛区域面积为 1234.67 m²，超筛土方量为 617.34 m³；0.5-1 m 层苯并[a]芘和六价铬超筛区域面积分别为 510.09 m² 和 853.59 m²，超筛土方量分别为 255.05 m³ 和 426.80 m³；1-2 m 层苯并[a]芘和六价铬超筛区域面积分别为 181.37 m² 和 973.93 m²，超筛土方量分别为 181.37 m³ 和 973.93 m³；2-3m 层六价铬超筛区域面积为 919.42 m²，超筛土方量为 919.42 m³；3-4 m 层六价铬超筛区域面积为 663.27 m²，超筛土方量为 663.27 m³；4-5 m 层六价铬超筛区域面积为 663.27 m²，超筛土方量为 663.27 m³。

2.4.2 土壤污染状况调查结论

初步调查采用判断布点和网格布点相结合的原则，基于第一阶段调查污染识别的结果和满足重点区域单位网格面积 1600 m²（40 m×40 m 网格）的要求对地块进行布点，地块内共设置土壤采样钻孔 10 个，共采集土壤样品 46 个（不含平行样），检测项目为 pH、含水率、《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）表 1 中 45 项必测项目、锌、总铬、石油烃（C₁₀-C₄₀）、氟化物、氰化物、邻苯二甲酸酯 5 项等 56 项指标。根据初步采样调查结果，根据土壤污染状况调查结果，地块土壤受到污染，土壤样品污染物含量存在超过相应污染风险筛选值的情况。根据初步采样结果，开展地块详细调查采样和补充调查采样，采样调查结果如下：

（1）土壤环境调查中，地块内共设置土壤监测点位 42 个（初调 10 个，详调 32 个），采集和分析土壤样品 163 个。其中苯并[a]芘超筛点位 2 个，超筛土壤样品共 3 个，六价铬超筛点位共 8 个，超筛土壤样品共 25 个。超筛深度未超过最大采样深度或点位钻探深度达到基岩层，可以兜底。此外，超筛点位周边超筛区边界均已布设采样点，调查结果可以明确土壤污染的范围和深度。

围和深度。

(2) 采用无污染点位连线法确定超筛选值范围，初步估算地块内超筛选值总面积为 1836.28 m^2 ，超筛土方量共 4700.44 m^3 ，苯并[a]芘和六价铬超筛区域未重叠，面积分别为 510.09 m^2 和 1326.19 m^2 。其中 0-0.5 m 层六价铬超筛区域面积为 1234.67 m^2 ，超筛土方量为 617.34 m^3 ；0.5-1 m 层苯并[a]芘和六价铬超筛区域面积分别为 510.09 m^2 和 853.59 m^2 ，超筛土方量为 681.84 m^3 ；1-2 m 层苯并[a]芘和六价铬超筛区域面积分别为 181.37 m^2 和 973.93 m^2 ，超筛土方量为 1155.30 m^3 ；2-3m 层六价铬超筛区域面积为 919.42 m^2 ，超筛土方量为 919.42 m^3 ；3-4 m 层六价铬超筛区域面积为 663.27 m^2 ，超筛土方量为 663.27 m^3 ；4-5 m 层六价铬超筛区域面积为 663.27 m^2 ，超筛土方量为 663.27 m^3 。

(3) 根据初步调查结果，地块内地块内地下水样品中 8 项重金属、石油烃（ $\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$ ）、萘和氟化物被检出，所有检出指标均未超过本地块风险筛选值。地块内地表水样品中 7 项重金属、石油烃（ $\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$ ）和氟化物被检出，所有检出指标均未超过本地块风险筛选值。

综上所述，土壤污染状况调查完成后，须根据地块未来规划对地块开展风险评估，关注污染物为超筛选值污染物六价铬和苯并[a]芘。

2.5 地块风险评估结论

2.5.1 地块风险状况

根据广州市规划和自然资源局天河分局出具的《关于申请提供天河区 2112 工园 13 号地块规划意见的复函》，地块土地使用性质为一类工业用地（M1）。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019），依据不同土地利用方式下人群的活动模式，本报告将按照第二类用地类型对本地块进行风险评估。第二类用地方式下，敏感人群为成人，考虑人群的终生暴露危害，根据成人的长期暴露来评估污染物的终身致癌风险和非致癌风险。

土壤污染物六价铬为不挥发性物质，不存在气态污染物暴露途径，其暴露途径包括经口摄入土壤颗粒物、皮肤接触土壤颗粒物和吸入土壤颗粒物共 3 种。土壤污染物苯并[a]芘为半挥发性有机物，其暴露途径包括经口摄入土壤颗粒物、皮肤接触土壤颗粒物、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、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物以及吸入室内空气中来自表层土壤的气态污染物共 6 种。

基于第二类用地方式下，以土壤中最大检测值（苯并[a]芘 4.6 mg/kg，六价铬 369 mg/kg）作为暴露浓度，对地块内土壤污染物进行风险评估，其中苯并[a]芘的致癌风险和非致癌危害商分别为 3.01E-6 和 0.165，六价铬的致癌风险和非致癌危害商分别为 2.26E-5 和 0.389。按照单一污染物可接受致癌风险值为 10^{-6} ，单一污染物可接受非致癌危害商值为 1 判断，土壤苯并[a]芘和六价铬的致癌风险均超过可接受风险水平，非致癌危害商均未超过可接受风险水平，需开展修复。

2.5.2 风评建议的地块管控/修复目标值

根据已备案的《风险评估报告》和《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）、《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（修订版）》（2024 年 10 月 15 日）和《建设用地土壤污染防治 第 7 部分：土壤污染风险评估技术规范》（DB4401/T102.7-2023）及本地块实际情况，本地块土壤和地下水修复目标值的确定将遵循以下原则：

（1）原则上用风险控制值作为修复目标值，风险控制值低于筛选值，则采用筛选值作为修复目标值；修复目标值应低于 GB 36600 规定的风险管制值。

（2）如当地背景值高于筛选值和风险控制值，则选取背景值作为修复目标值。选取背景值作为修复目标值的，应明确土壤类型。

根据上述原则，本地块土壤关注污染物的修复目标值见表 2.5.2-1。

表 2.5.2-1 本场地污染土壤修复目标值（mg/kg）

编号	污染物	计算风险控制值	第二类用地土壤污染风险筛选值	第二类用地土壤污染风险管制值	本地块土壤污染修复目标值
1	六价铬	16.3	5.7	78	16.3
2	苯并[a]芘	1.57	1.5	15	1.57

2.5.3 风评建议的土壤管控/修复范围及土方量

（1）土壤苯并[a]芘修复范围

土壤苯并[a]芘修复范围总面积共计 510.09 m²，修复土方量 436.42 m³，第二层（0.5-1.0 m）

修复面积为 510.09 m²，修复土方量为 255.05 m³，第三层（1.0-2.0 m）修复面积为 181.37 m²，修复土方量为 181.37 m³。

（2）土壤六价铬修复范围

土壤六价铬修复范围总面积共计 1234.67 m²，修复土方量 3225.22 m³。第一层（0-0.5 m）修复面积为 1234.67 m²，修复土方量 617.34 m³；第二层（0.5-1.0 m）修复面积为 853.59 m²，修复土方量 426.80 m³；第三层（1.0-2.0 m）修复面积为 853.59 m²，修复土方量 853.59 m³；第四层（2.0-3.0 m）修复面积为 663.77 m²，修复土方量 663.77 m³；第五层（3.0-4.0 m）修复面积为 410.22 m²，修复土方量 410.22 m³；第六层（4.0-5.0 m）修复面积为 253.51 m²，修复土方量 253.51 m³。

表 2.5.3-2 土壤修复面积和土方量汇总表

深度（m）		苯并[a]芘	六价铬	合计
0-0.5m	需修复点位数	/	7	7
	需修复面积（m ² ）	/	1234.67	1234.67
	需修复土方量（m ³ ）	/	617.34	617.34
0.5-1.0m	需修复点位数	2	4	6
	需修复面积（m ² ）	510.09	853.59	1363.68
	需修复土方量（m ³ ）	255.05	426.80	681.84
1.0-2.0m	需修复点位数	1	5	6
	需修复面积（m ² ）	181.37	853.59	1034.96
	需修复土方量（m ³ ）	181.37	853.59	1034.96
2.0-3.0m	需修复点位数	/	3	3
	需修复面积（m ² ）	/	663.77	663.77
	需修复土方量（m ³ ）	/	663.77	663.77
3.0-4.0m	需修复点位数	/	1	1
	需修复面积（m ² ）	/	410.22	410.22
	需修复土方量（m ³ ）	/	410.22	410.22
4.0-5.0m	需修复点位数	/	2	2
	需修复面积（m ² ）	/	253.51	253.51

	需修复土方量 (m ³)	/	253.51	253.51
	需修复面积 (m ²)	510.09	1234.67	1744.76
	需修复土方量 (m ³)	436.42	3225.22	3661.64

2.5.4 风评建议的超二类不超修复目标值土壤环境管理范围及土方量

(1) 环境管理范围确定原则

根据采样调查结果，仅六价铬样品存在超二类用地筛选值不超修复目标值的情况。

对于六价铬超二类用地筛选值而不超修复目标值的环境管理面积和土方量估算方法如下：

①对于超二类用地筛选值而不超过修复目标值的点位，根据初步调查和详细调查点位布设以及超筛点位分布情况，水平方向上，采用未超筛点位连线法确定环境管理区域；②在垂直方向上，确定土壤的环境管理深度时，以超二类用地筛选值而不超过修复目标值所在层次为对象，保守起见，以未超标准点位所在层次作为环境管理上下边界，最终得到本地块土壤六价铬超二类用地筛选值而不超修复目标值环境管理土方量。③当划分的管理范围与修复范围有重合部分，最终确定的管理范围为扣除重合部分的区域。

(2) 环境管理面积和土方量估算

根据超第二类用地筛选值 5.7 mg/kg 和未超修复目标值 16.3 mg/kg 的土壤样品采样深度情况，估算地块内超二类筛选值而不超修复目标值的环境管理的总体范围，不同深度污染物的环境管理面积和土方量汇总见表 2.5.4-2，不同深度环境管理范围拐点见表 2.5.4-3。各层环境管理范围投影面积叠加的环境管理总面积见图 2.5.4-1，各层环境管理范围见下图。

地块内超二类用地筛选值而不超修复目标值环境管理的总面积为 919.42 m²，需管理土方量共 1038.8 m³，关注污染物均为六价铬。各层需采取环境管理的土壤范围及土方量如下：土壤六价铬 1~2 m 的环境管理面积为 120.24 m²，需管控土方量为 120.24 m³；2~3 m 的环境管理面积为 255.65 m²，需管控土方量为 255.65 m³；3~4 m 的环境管理面积为 253.05 m²，需管控土方量为 253.05 m³；4~5 m 的环境管理面积为 409.76 m²，需管控土方量为 409.76 m³。

2.5.5 风评建议的超一类不超二类土壤环境管理范围及土方量

(1) 环境管理范围确定原则

地块超一类用地筛选值不超二类用地筛选值的土壤六价铬和苯并[a]芘的环境管理面积及土方量估算方法如下：①对于超一类用地筛选值而不超过二类用地筛选值的点位，根据初步调查和详细调查点位布设以及超筛点位分布情况，水平方向上，采用未超筛点位连线法确定环境管理区域；②在垂直方向上，确定土壤的环境管理深度时，以超一类用地筛选值而不超过二类用地筛选值所在层次为对象，保守起见，以未超标准点位所在层次作为环境管理上下边界，最终得到本地块土壤六价铬和苯并[a]芘环境管理土方量。③当划分的超一类用地筛选值不超二类用地筛选值管理范围与修复范围和超二类用地筛选值而不超过修复值管理范围有重合部分，最终确定的超一类用地筛选值不超二类用地筛选值管理范围为扣除重合部分的区域。

(2) 环境管理面积和土方量估算

根据六价铬第一类用地筛选值 3 mg/kg 和第二类用地筛选值 5.7 mg/kg 的土壤样品和苯并[a]芘第一类用地筛选值 0.55 mg/kg 和第二类用地筛选值 1.5 mg/kg 的土壤样品采样情况，估算地块内需采取环境管理的总体范围，不同深度污染物的环境管理面积和土方量汇总见表 2.5.5-2，不同深度环境管理范围拐点见表 2.5.5-3。各层环境管理范围投影面积叠加的环境管理总面积见图 2.5.5-1，各层环境管理范围见图 2.5.5-2~2.5.5-7。

地块内超一类用地筛选值不超二类用地筛选值环境管理的总体范围为 3442.32 m²，其中六价铬环境管理总投影面积为 2932.23 m²，苯并[a]芘环境管理总投影面积为 510.09 m²。各层需环境管理土壤范围及土方量如下：土壤六价铬 0~0.5 m 的环境管理面积为 2317.34 m²，需管控土方量为 1158.67 m³；0.5~1 m 的环境管理面积为 412.35 m²，需管控土方量为 206.18 m³；1~2 m 的环境管理面积为 119.54 m²，需管控土方量为 119.54 m³；2~3 m 的环境管理面积为 119.54 m²，需管控土方量为 119.54 m³；3~4 m 的环境管理面积为 135.31 m²，需管控土方量为 135.31 m³；4~5 m 的环境管理面积为 135.31 m²，需管控土方量为 135.31 m³。土壤苯并[a]芘的环境管理面积为 510.09 m²，需管理土方量为 510.09 m³，深度为 2~3 m。

2.6 地块土壤修复目标值及修复范围

2.6.1 本地块土壤修复目标值

表 2.6.1-1 本地块污染土壤修复目标值 (mg/kg)

编号	污染物	计算风险控制值	第二类用地土壤污染风险筛选值	第二类用地土壤污染风险管制值	本地块土壤污染修复目标值
1	六价铬	16.3	5.7	78	16.3
2	苯并[a]芘	1.57	1.5	15	1.50

2.6.2 本地块土壤污染修复范围

为了便于修复工程实施，本方案在风险评估结论的基础上，不改变地块各污染范围及工程量的前提下，对修复区域的编号重新编写。地块内一共分为两个修复区域，分别用“Ⅰ区、Ⅱ区”表示。污染土壤总体修复面积为 1744.76 m²，修复土方量为 3661.65 m³，其中Ⅰ区苯并[a]芘修复总面积共计 510.09 m²，修复土方量 436.42 m³；Ⅱ区六价铬修复总面积共计 1234.67 m²，修复土方量 3225.23 m³。

第三章 地块修复模式

3.1 地块修复条件分析

3.1.1 污染物特征及修复范围确认

3.1.1.1 地块污染工程量情况

根据本地块土壤污染状况调查和风险评估结果，基于二类建设用地，土壤污染物六价铬和苯并[a]芘对使用人群存在不可接受的健康风险，需要进行修复。地块土壤修复范围面积共 1744.76 m²，需修复土方量共计 3661.65 m³，苯并[a]芘和六价铬修复范围未重叠。其中，第一层（0-0.5 m）土壤修复面积为 1234.67 m²，修复土方量为 617.34 m³，仅六价铬需修复；第二层（0.5-1.0 m）土壤修复面积为 1363.68 m²，修复土方量为 681.84 m³，苯并[a]芘和六价铬均需修复；第三层（1.0-2.0 m）土壤修复面积为 1034.96 m²，修复土方量为 1034.96 m³，苯并[a]芘和六价铬均需修复；第四层（2.0-3.0 m）土壤修复面积为 663.77 m²，修复土方量为 663.77 m³，仅六价铬需修复；第五层（3.0-4.0 m）土壤修复面积为 410.22 m²，修复土方量为 410.22 m³，仅六价铬需修复；第六层（4.0-5.0 m）土壤修复面积为 253.51 m²，修复土方量为 253.51 m³，仅六价铬需修复。

表 3.1.1-2 土壤修复面积和土方量汇总表

深度（m）		苯并[a]芘	六价铬	合计
0-0.5m	需修复点位数	/	7	7
	需修复面积（m ² ）	/	1234.67	1234.67
	需修复土方量（m ³ ）	/	617.34	617.34
0.5-1.0m	需修复点位数	2	4	6
	需修复面积（m ² ）	510.09	853.59	1363.68
	需修复土方量（m ³ ）	255.05	426.80	681.84
1.0-2.0m	需修复点位数	1	5	6
	需修复面积（m ² ）	181.37	853.59	1034.96
	需修复土方量（m ³ ）	181.37	853.59	1034.96
2.0-3.0m	需修复点位数	/	3	3
	需修复面积（m ² ）	/	663.77	663.77

	需修复土方量 (m ³)	/	663.77	663.77
3.0-4.0m	需修复点位数	/	1	1
	需修复面积 (m ²)	/	410.22	410.22
	需修复土方量 (m ³)	/	410.22	410.22
4.0-5.0m	需修复点位数	/	2	2
	需修复面积 (m ²)	/	253.51	253.51
	需修复土方量 (m ³)	/	253.51	253.51
需修复面积 (m ²)		510.09	1234.67	1744.76
需修复土方量 (m ³)		436.42	3225.23	3661.65

3.1.1.2 不同类型污染土壤分类

污染土壤按土壤污染物类型划分，待修复污染土壤可分为有机物污染土壤和重金属污染土壤，不存在六价铬和苯并[a]芘复合污染情形。

表 3.1.1-3 不同污染土类型划分

污染土壤类型	污染物	修复土方量 (m ³)
有机物污染土壤	苯并[a]芘	436.42
重金属污染土壤	六价铬	3225.23
总计		3661.65

3.1.2 修复目标确认

本地块六价铬污染土壤修复目标值与已备案的风险评估报告建议的土壤修复目标值一致，苯并[a]芘的修复目标按照第二类用地土壤污染风险筛选值要求从严进行修复。

3.1.3 地块水文地质条件

地块位于广州市天河区，原本为山地后被平整，主要被砂质粉土覆盖，局部有粉质黏土，风化层及花岗岩基岩埋深较浅。地块的地面标高在 36.13m 至 37.24m 之间，地面高差约在 1.11m。地块 0~8m 范围内土层主要为素填土、砂质粉土、强风化土层、花岗岩等。

地块内地下水埋深在 9.99~11.15 m 之间，相应的稳定水位标高范围为 25.02~26.94 m，水位变化相对较小。地块内地下水呈西高东低，南高北低的特征，地下水大致由西南流向东北。

地块土壤污染深度为 0~5.0m，本次修复过程未开挖至含水层以下，不需要考虑地下水影响。

3.1.4 地块未来开发计划

根据广州市规划和自然资源局天河分局出具的《关于申请提供天河区 2112 工园 13 号地块规划意见的复函》，地块土地使用性质为一类工业用地（M1）。

3.2 修复模式概况

修复模式总体上分为基于污染源削减、基于暴露途径阻隔与受体防护两大类，其中基于污染源削减的修复模式包括异地修复、处置，以及原地修复和自然修复等具体模式；基于暴露途径阻隔与受体防护的修复模式，包括污染阻隔、居民防护与制度控制，以及改变用地方式。

3.2.1 基于污染源削减的修复模式

污染源削减是污染场地治理修复的最重要、最直接、最有效的手段。污染源削减意味着将土壤和地下水中污染物的总量或活性降低到低水平，使其不再对当地人群产生健康危害。污染源削减的方式多种多样，除了挖掘处理的异位修复方式外，也可以采用原位化学修复等对周边环境影响相对较小的方式，或者通过污染物自然衰减等非工程类手段。

（1）原地修复

《污染地块土壤环境管理办法》“土十条”原则要求：“治理与修复工程原则上应当在原址进行”。污染土壤在地块范围内进行工程修复的模式称为原地修复模式，也称为原场修复。修复工程的主体工作在地块内完成，在整个修复过程中受污染的土壤不离开场地。同时，修复工程所涉及的污染排放也局限在地块范围内，对环境造成的影响基本局限在地块及其周边，但排放强度相对集中。在原地修复模式下，对修复工程和污染土壤的监管同样主要在地块范围内完成。修复工程竣工验收后，场地可按规定的利用方式进行开发利用。

原地修复分为原位处理及原地异位处理，分别有以下特征：

原位处理是指对地块内污染土壤不进行挖掘或清理，采用化学、生物或者物理方法对污染土壤中污染物进行处理或阻隔。修复工程基本在地块范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后都不离开地块，可有效避免污染土壤转移处理可能造成的二次污染。

异位处理是指将地块污染土壤进行清挖，在地块范围内对土壤中污染物进行处理后，回填

至原位置或选取其他位置回填。修复工程基本在地块范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后都不离开地块，可有效避免污染土壤转移处理可能造成的二次污染。由于存在土壤清挖、处置和回填过程，工程量较原位处理大。污染土壤若采用原地修复策略，需配合建设修复大棚等二次污染防治配套设施，土建工程量较大。

（2）异地修复、处置

污染土壤经挖掘清理后，运输至地块外的场所进行工程修复或处理处置的模式，称为异地修复或异地处置模式，也称为离场修复。在场地清理达到要求后，原污染地块即有可能达到风险削减要求，恢复利用功能。因此，采用异地修复模式有可能加速场地的再次开发利用。在此模式下，在污染土壤清理之前，应首先确定场地外用于存放污染土壤、安装运行修复设备的场所，以及从污染场地到处理场所的运输方式及路线。修复工程对环境造成的影响包括：场地清理对污染场地及其周边的影响，污染土壤运输过程对运输线路及其周边的影响，以及污染土壤堆放、修复、处置对处理处置场所及其周边的影响。相应的工程监理和环境管理也必须针对污染场地、运输路线和修复地点。

根据《广州市生态环境局关于印发广州市污染地块土壤异地处置异地修复等评审管理指南的通知》（穗环〔2021〕96号），异地处置指将地块内的污染土壤转运至该地块以外，采用填埋、焚烧、水泥窑协同处置等，以及生产砖、瓦、筑路材料等其他建筑材料的方式进行处置或利用；异地修复指将地块内的污染土壤转运至该地块以外，实施土壤污染风险管控、修复。按照《土壤法》《污染地块土壤环境管理办法》要求：确需转运污染土壤的，土地使用权人或者修复施工单位应当将转运计划，提前向所在地和接收地设区的市级环境保护主管部门报告。因此对需要转运污染土壤的，则需落实土壤运输及最终去向的全程监管。

（3）自然修复

监控自然修复是指对风险不高、污染物有自然降解潜力的污染场地通过有计划的全过程环境监测，证明场地在预定时期内风险可自然降低到可接受水平，从而可以再次开发利用。常用的自然修复，通常采用植物、微生物等生物修复手段进行污染土壤修复。监控自然修复不采用主动修复工程技术，主要依靠污染物在自然条件下的原位降解，因此不涉及挖掘、修复施工、污染土壤运输存放等工程环节所带来的环境影响。但由于自然修复速度通常较慢，污染场地自身风险削减进度缓慢，达到修复目标所需的时间一般较长。

《关于促进土壤污染风险管控和绿色低碳修复的指导意见》（环办土壤〔2023〕19号）

鼓励综合运用自然恢复和人工修复两种手段，促进土壤污染风险管控和绿色低碳修复。但拟采用监控自然修复模式的场地必须满足下列条件：①场地在较长时间内（预计监控自然修复周期内）不会进行开发利用；②现有状态下，场地内污染土壤和地下水对周边居民健康和周边生态环境不产生显著风险；③污染物不会在土壤和地下水中显著扩散；④专项调查显示土壤物理、化学、微生物属性适宜污染物降解；土壤样品检测结果证明有降解产物产生；⑤定期监测结果充分证明污染物可能在规定时间内降解达到修复目标；否则，应停止自然修复模式，改用其他手段。

3.2.2 基于暴露途径阻隔与受体防护的修复模式

（1）切断暴露途径的工程控制技术（污染阻隔）

污染阻隔模式是指使用工程技术手段建立屏障（主要为物理屏障），将污染物与周边环境隔离，消除其对周边居民健康和生态环境的不利影响。污染隔离着重针对切断污染物对人和自然环境的暴露途径，并控制污染物在环境中的迁移单纯的污染阻隔不针对污染物总量的削减，因此可以用作污染扩散的风险管控手段，以及对污染源开展治理修复时的辅助手段。

由于土壤介质本身易吸附污染物，且迁移性不强，因此污染土壤对人体健康的直接影响具有较强的局域性，影响范围基本局限在与污染土壤直接接触的人群。与之对应，以污染土壤为源头，通过地下水、大气、食物链等途径影响人体健康的间接影响，往往影响到更广泛的范围。对于污染地块，浅层地下水和近地面大气是土壤污染物迁移扩散的最主要的途径，也是污染阻隔的防控重点。针对地下水扩散途径，常用的阻隔方式包括水平阻隔、垂向阻隔、水力控制等。对于可能受到地下挥发性污染物蒸汽入侵影响的建筑，则可采用密封阻隔、被动排气、室内通风、室内增压、底板下减压等方式阻隔污染物进入室内空气的途径。

将污染土壤或经过治理后的土壤置于防渗阻隔填埋场内，或通过敷设阻隔层阻断土壤中污染物纵向迁移扩散的途径，使污染土壤与四周环境隔离，避免污染物与人体接触和随土壤水迁移进而对人体和周围环境造成危害。同时在污染区域设置一定深度的止水帷幕，杜绝污染土壤与地下水的交互作用，减少污染物的横向迁移。

表层覆盖阻隔是通过在不开挖的超标区域顶部覆盖阻隔层，将污染区域顶部完全与周围隔离，切断受体与超标土壤直接接触、超标土壤的偶然摄入、防止土壤颗粒物以扬尘形式进入空气等途径。土壤表层覆盖阻隔通常由粘土层、人工合成材料衬层、砂层等一层或多层组合而成，

需根据地块污染类型和未来开发建设规划进行确定。

(2) 限制受体暴露行为的制度控制技术

制度控制主要指实行一定的行政管理措施,如暂时闲置地块的开发、改变地块的用地功能,改变受体的暴露途径或切断暴露途径,最终实现风险管控的目的,由于本地块用地规划已基本明确,期望通过限制地块开发或改变地块用地功能实现风险管控目标缺乏一定的可操作性。

3.3 修复模式选取

3.3.1 基本原则

建设用地修复治理的目的在于保障地块再开发利用过程中的人居环境安全。因此,项目地块土壤污染防治与修复包括污染控制、污染去除、污染物降解及降低环境与健康风险等综合过程。修复模式选取应遵循以下原则:

(1) 应与地块未来规划相衔接,确认场地未来的用地发展规划、场地开发方式、时间进度,是否允许原位修复及修复后土壤的再利用或处置方式等。

(2) 应充分考虑场地修复过程中土壤和地下水的整体协调性,并综合考虑近期、中期和长期目标的要求,以及修复技术的可行性、成本、周期、民众可接受程度等因素。

(3) 应选择绿色的、可持续的修复策略,使修复行为的环境效益最大化。

(4) 选用的修复方法要确保在修复过程中将二次污染降低到最低程度,确保不对环境和周围民众产生不可接受的负面影响。

3.3.2 修复模式确定

综合考虑本项目地块污染及水文地质条件特征,结合项目地块现状、地块未来规划用途以及土地使用权人希望尽快完成修复工作的要求等因素,以第二类用地进行修复,确定项目地块污染土壤将采用**基于污染源削减处理的修复策略**。因原位修复和自然修复方式一般所需时间较长、成本较高,为加快修复进程,避免影响后续地块使用,结合修复目标和修复要求,本项目地块污染土壤**优先采用异位修复模式(含原地异位和异地处置修复)**,对污染土壤进行挖掘、堆存和修复处置。修复模式选取分析具体见表 3.3.2-1。

表 3.3.2-1 本地块污染土壤修复模式汇总表

修复模式	在本地块适用性分析	选用建议
原位修复	需开展现场中试，工期较长、成本较高。	排除
异位修复	含原地异位和异地处置，技术成熟，适用范围较广，工期较短，有利于重金属污染地块周转，可实现资源化利用。成本取决于修复费用，且外运处置需注意二次污染防治。	适用
自然修复	修复周期长，不满足地块再开发利用的迫切需求。	排除
污染阻隔	未降低污染物含量，不满足地块作为居住用地开发利用的需求，且可能会地块价值产生负面影响。	排除
制度控制	由于本地块用地规划已基本明确，期望通过限制地块开发或改变地块用地功能实现风险管控目标缺乏一定的可操作性。	排除

第四章 修复技术筛选

4.1 土壤修复技术筛选原则

污染地块修复技术筛选需要考虑的因素众多，在修复技术的选择上需要确保污染地块的修复效果满足土地利用方式和风险控制的要求，优先选择可以降低污染物毒性、迁移性和含量的成熟修复技术。本地块土壤污染物修复技术的筛选应以该地块前期污染调查与风险评估工作为基础，以有效去除或降低地块土壤中污染物的浓度和风险，提高修复效率，减少二次污染，确保人体安全为基本原则。修复技术具体原则如下：

（1）地块适用性原则

应针对地块污染物特性和污染特征、地块地质和水文地质条件，地块未来规划、地块后期建设方案等重要因素，因地制宜选择修复技术。具体应根据本块土壤中污染物的种类、污染程度、分布深度、区域敏感性和不同用地类型等实际情况，分别选择。

（2）技术可靠性原则

为保证地块修复工作的顺利完成，本地块的修复技术应尽可能采用绿色、可持续、成熟可靠的修复技术，而不应单纯追求技术的先进性，避免采用处于研究初期的修复技术。

（3）时间合理性原则

为尽快完成污染地块的修复工作，开展地块的进一步的开发利用，同等条件下，应尽量选择修复周期短的修复技术。

（4）费用合理性原则

在满足地块污染修复目标可达、技术可行前提下，应尽量降低修复费用，选择经济上可行的修复技术。

（5）降低环保风险原则

本地块污染土壤的修复，应尽可能采用工艺较为简单，且修复过程二次污染较少的修复技术，以降低修复过程的环保风险。

（6）结果达标原则

本地块所选的污染土壤修复技术，必须满足本地块土壤修复目标的要求，确保环境安全及居民健康。

基于以上筛选原则，对多种技术分析比较，针对不同污染、不同规划用途的土壤提出多种修复技术科学优化整合的污染土壤修复方案。根据上述筛选原则，基于前述章节所选定的“原

地异位或异地处置”的修复模式，结合本地块水文地质条件、污染物种类及浓度分布、开发时间需求、污染暴露途径及污染受体等因素，初步筛选出适用本地块修复技术如下：

(1) 针对重金属污染土壤修复技术，分别为异地资源化利用、异位化学还原、异位固化/稳定化、异位土壤淋洗等。

(2) 针对有机污染土壤修复技术，分别为异地资源化利用、异位化学氧化、异位热脱附等。

4.2 土壤修复技术筛选与确定

本节将结合地块污染特征、用地规划和地块后期的开发建设以及修复工期多方面考虑，采用修复技术筛选矩阵的方法，结合土壤修复技术的适用性、地块污染特征、污染物情况、最终修复目标值、地块水文地质条件、地块后期开发要求等，就国内污染土壤常用修复技术进行筛选。

修复技术筛查阶段的目的是遴选可行的场地修复技术，这些技术可称为“备选修复技术”（Remedial Alternatives）。针对确认的污染物类型和污染物特性，根据上一阶段确定的修复模式，依据修复技术类型和具体技术工艺，利用相关筛选工具，从技术的修复效果、可实施性以及管理部门的接受性、成本等角度进行考虑，筛选出本项目场地潜在适用的修复技术。

4.2.1 修复技术方案确定

根据上述修复技术筛选，本项目修复技术如下：

(1) 本项目苯并[a]芘有机物污染土壤合计 436.42m³，采用场内筛分预处理+原地异位化学氧化修复工艺；

(3) 本项目六价铬重金属污染土壤合计 3225.23m³，采用场内筛分预处理+原地异位化学还原修复技术工艺。

表 4.3.8-1 拟采用修复技术方案对应修复工程量列表

分类	污染物种类	污染土方量 (m ³)	修复技术
第一类	苯并[a]芘有机物污染	436.42	原地异位化学氧化修复技术
第二类	六价铬重金属污染	3225.23	原地异位化学还原修复技术
合计		3661.65	/

第五章 环境管理及二次污染防治方案

5.1 编制原则

在本项目实施过程中，以保证修复过程中无二次污染事件、保证施工人员安全、保证周边居民健康和环境安全为原则，对所涉及区域内的污染土壤、废水、大气、噪声和固体废物等进行管理，制定切实可行的环境管理及二次污染防治措施。

5.1.1 安全性原则

制定的环境管理措施要涵盖污染土壤修复施工过程各环节的污染土壤、废水、大气、噪声和固体废物等内容，确保整个污染土壤修复施工过程的环境安全，防止对施工人员、周边人群健康及生态环境产生危害或者二次污染。

5.1.2 可行性原则

本项目需针对污染情况和地块条件，因地制宜，制定切实可行的环境管理措施。

5.1.3 符合地方政策原则

制定的环境管理体系和监测方案需符合广州市现行的规范及标准。

5.2 环境管理体系

为更好地执行项目的环境管理措施，成立由项目负责人带队的环境管理小组，制定污染地块现场施工环境管理计划，对施工现场的环境进行全面管理。全体小组成员在项目负责人的领导下按照环境管理计划严格执行，以确保环境管理措施落实到位。

5.2.1 环境管理结构

为保证项目施工过程中不产生二次污染，确保相关人员身体健康，在污染土壤修复实施的过程中制定完善的环境管理措施，对所涉及区域内的污染土壤、废水、大气、噪声和固体废物等进行严格管理和监测，及时追踪监测结果，并对不达标部分采取相应管理措施。

全过程环境管理方案主要包括环境管理体系和二次污染防治措施两大部分，涵盖了污染土壤修复施工过程的污染土壤、废水、大气、噪声、固体废物等内容。本项目全过程环境管理结构如下图所示。

5.2.2 环境管理方针

本项目的环境管理方针如下：

- (1) 施工安排及计划符合环保法律法规及其它相关要求。
- (2) 施工过程中避免产生二次污染。
- (3) 现场生产生活控制污染产生。
- (4) 确保现场施工人员安全。

第六章 环境监理和效果评估方案

6.1 环境监测方案

6.1.1 监测目的

修复实施过程环境监测将通过土壤环境、大气环境、水环境和声环境四个方面展开，确保环境监测工作的科学性、全面性和准确性。

监测过程以日常巡检结合第三方检测机构采样检测方式进行，确保施工过程中施工场区内环境安全以及周边环境不受二次污染。根据《建设用地土壤污染防治第 6 部分：土壤污染修复工程环境监理技术规范》（DB4401/T 102.6—2021）及《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/T102.2-2021）的要求，实施过程中的环境监测工作，由环境监理委托有资质的第三方监测单位实施，修复过程中环境监测样品的采集由第三方检测机构执行，并对样品负责。

6.1.2 监测原则

（1）环境监测是污染治理工程环境管理与污染防治的重要手段，根据本项目环境管理各阶段特征，与环境调查与风险评估、治理修复、工程验收的目的和要求紧密结合。

（2）环境监测包括污染物排放及环境影响监测两项。

（3）环境监测妥善处理好环境调查监测、治理修复监测、工程验收监测的相互关系，确保监测结果的协调性、一致性和时效性。

（4）委托具有资质的环境监测机构，对本项目的修复效果及修复过程中产生排污情况定期进行监测，以保障修复工程顺利完成并通过广州市生态环境局的验收。

6.1.3 环境监测内容

本项目主要进行污染土壤修复，涉及污染土壤开挖、场内倒运及场内修复等过程。在本项目实施期间对修复工程实施过程中产生的污（废）水、废气、噪声，可能产生的二次污染及环境影响进行定期监测，评价工程实施过程中污染物的排放和周边环境质量是否符合相关标准的要求。具体监测由环境监理单位委托专业第三方进行，监测内容参考并以环境监理方案为准。

6.2 修复工程效果评估方案

本项目修复效果评估参照《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）、《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（修订版）》、《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/T2417-2023）、《建设用地土壤污染防治第 8 部分：风险管控和修复效果评估技术规范》（DB4401 T 102.8-2024）执行。具体参照修复效果评估单位编制的修复效果评估方案执行，效果评估采样对象应包括：

- （1）清挖修复后的基坑（包括基坑侧壁和底部）；
- （2）清挖过程纳入效果评估检测的堆体（疑似污染土堆体）；
- （3）需修复效果评估检测的修复处理堆体（包括化学氧化修复土堆体、化学还原修复土堆体）；
- （4）场地内土壤修复过程中可能受到二次污染的影响区域。

第七章 施工进度计划及保证措施

7.1 进度计划编制原则

根据合同工期和土地使用权人可能提前交地的要求，立足场地资料及地质勘察资料，结合场地实际情况，再根据现场试验结果，讨论并确立修复技术路线，编制确实可行的进度计划。施工组织策划总体遵循科学合理、组织有序、安全环保、修复合格的基本原则。

7.2 施工进度管理

（1）将污染土壤基坑支护设计、树木保护专章报审等前置工作提前安排开展。

（2）在修复方案编写、评审、备案阶段，尽早清表，平整场地，测量定位，拉接施工临时水电，做好场地排水等前期准备工作。

（3）尽早确定修复方案、施工总平面图，尽早进行道路和环保临时设施的施工。

（4）做好开挖、运输路线规划，根据实际情况和生产情况快速调整运输车辆和线路，确保运输线路畅通。

（5）做好场地除尘和清洁卫生工作，防止周围单位和居民投诉造成工期拖延。

（6）做好工人班组和机械车辆的提前策划，确保施工高潮期间有足够的人员机械配合生产和施工。

第八章 安全文明施工及个人防护方案

8.1 安全施工目标

本项目安全目标达到合格标准。安全目标为：无生产安全事故；无重伤事故；无重大机械设备事故；无职业病事件；无食物中毒事故；安全教育考核率 100%；特殊工种持证率 100%。

（1）在生产施工中，始终贯彻“安全第一、预防为主”的安全生产工作方针，认真执行关于施工企业安全生产管理的各项规定，把安全生产工作纳入施工组织设计和施工管理计划，使安全生产工作与生产任务紧密结合，保证施工人员在生产过程中的安全与健康，严防各类事故发生，以安全促生产，力求安全生产目标达到合格。

（2）强化安全生产管理，通过组织落实、责任到人、定期检查、认真整改，杜绝死亡事故，确保安全事故。

（3）强化作业环境，确保不发生中毒、窒息事故。

- 1) 在施工过程中加强对有毒有害物质的管理，对操作人员进行培训交底、知识教育；
- 2) 保证作业环境有良好的通风条件，对操作人员按有关规定发放使用劳保用品；
- 3) 对操作者进行监督检查，保证 100%持证上岗率。

8.2 文明施工目标

本项目文明目标达到合格标准。

（1）按照《环境管理体系（ISO14001）》的规定，环境保护目标：实施全过程的标准化、管理，创绿色文明施工样板工地。降低对环境的影响，节约资源。

（2）按照《职业健康安全管理体系（OHSAS18001）》的规定，职业健康目标：创造舒适生产生活环境，建立防控“严重流行性传染病”各项措施，杜绝疫情在工地上出现，保证人员健康、安全。

（3）在组织施工中，我司将认真贯彻执行住建局、生态环境局、安全生产监督管理局等关于施工现场文明施工管理的各项规定，贯彻合同文件中关于施工现场文明施工管理的相关规定。

8.3 劳动保护和个人防护

在工程实施过程中，需要识别和评估可能遇到的潜在风险，并需要针对风险识别结果提出

解决方案，同时做好人员安全防护工作。

8.3.1 劳动保护

（1）化学危害风险

现场活动中相关的化学危害包括：在现场活动中（例如基坑开挖、场内驳运、土壤筛分、处理等）地块污染物的潜在暴露。这些物质在日常使用中的潜在暴露途径为呼吸吸入、直接接触。根据本项目中关注污染物的类型，有可能遇到的相关化学危害物质主要为有机物对健康的危害。

1) 化学危害控制

对地块污染物的潜在暴露应采取如下控制方法：

①如发现中毒现象，将中毒人员及时送往附近医院救治，并组织人员及时排查险情，消除健康隐患。

②采取扬尘控制措施，例如在基坑开挖附近洒水降尘；在驳运线路附近区域进行洒水降尘等措施。

③在已知污染物浓度可能超过特定行动等级的区域采用适当的呼吸防护。

2) 皮肤接触和污染物吸入

可使用适当的个人防护器材和正确的清洁步骤来控制化学品的皮肤接触。当预料到会接触潜在的有害介质或原料时，应穿戴适当的个人防护器材（如防护服、手套等）。

在地块工作区域任何时间不允许吸烟、喝水或进食。在离开工作区域后，应迅速洗手、洗脸。

3) 危险性沟通

需要在工作中操作或使用危险原料的人员必须接受培训和教育。培训应包括化学物品的安全使用说明、危险原料的操作步骤、如何阅读和获取材料安全数据表以及正确标示的要求。

对于现场使用的化学品，项目人员应有合适的材料安全数据表。所有在受控工作区，尤其是重污染区域内不得单人工作，需两人以上方可作业。

（2）物理危害风险

在项目工作中可能出现的物理危险包括：近距离接触大型设备、噪音以及其他可能的不良天气条件等。此外，作业人员必须清楚穿戴防护器材可能会限制其视野和灵活性，可能会增加实施某些工作任务的难度。

8.3.2 个人防护

配备个人防护器材的目的是遮蔽或隔离工作人员，使其免于受到施工活动中遇到的化学品和物理危害。

项目现场应配备以下种类的个人防护器材：安全帽、护目镜、面罩、铁头橡胶靴、手套（腈、棉、皮、异丁橡胶、氯丁橡胶）、防护服、耳塞、耳罩、反光安全背心等。