



天河科技园华南活塞环地块 土壤污染风险评估报告 (简本)

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

风险评估单位：生态环境部华南环境科学研究所

二〇二五年二月

目 录

1 项目概述	5
1.1 项目背景	5
1.2 工作依据	6
1.2.1 国家法律法规和部门规章	6
1.2.2 地方法规、规章	6
1.2.3 技术规范及标准	7
1.2.4 地块相关资料	9
1.3 风险评估目的	9
1.4 风险评估范围	9
1.5 技术路线	9
2 地块概况	11
2.1 调查区域环境概况	11
2.1.1 地理位置	11
2.1.2 地质地貌	11
2.1.3 水文条件	12
2.1.4 气候特征	13
2.1.5 土壤与植被	13
2.1.6 区域社会经济概况	13
2.2 调查地块概况	14
2.2.1 地块历史沿革	14
2.2.2 地块土地利用现状	15
2.2.3 场地水文地质	15
2.2.4 地块未来规划	15
2.2.5 相邻地块土地利用历史及现状	15
2.2.6 周边敏感目标	15
3 土壤污染状况调查工作回顾与结论	16
3.1 第一阶段调查-污染识别	16
3.2 第二阶段-初步采样调查情况	17

3.2.1 污染风险筛选值	17
3.2.2 初步调查结果	21
3.2.3 详细采样调查结果	22
3.2.4 补充详细采样调查结果	23
3.3 地块土工试验结果	23
3.4 调查结论	23
4 健康风险评估	24
4.1 风险评估内容	24
4.2 危害识别	25
4.2.1 关注污染物	25
4.2.2 敏感受体分析	25
4.3 暴露评估	26
4.3.1 暴露情景与暴露途径	26
4.3.2 暴露量计算	26
4.4 毒性评估	28
4.5 风险表征	29
4.5.1 风险表征技术要求	29
4.5.2 风险表征计算结果	29
5 修复目标及修复范围	30
5.1 修复目标值的确定	30
5.1.1 风险控制值	30
5.1.2 修复/管控目标值确定	31
5.2 土壤修复范围及工程量估算	31
5.2.1 土壤修复范围的确定原则	31
5.2.2 修复范围	32
5.3 土壤环境管理面积和土方量估算	34
5.3.1 土壤环境管理范围的确定原则	34
5.3.2 土壤环境管理面积和土方量估算	34
5.4 小结	36
6 结论与建议	37

6.1 地块风险评估结论	37
6.2 建议	37

1 项目概述

1.1 项目背景

调查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 11813 m²。地块权属一直为广州天河高唐工业开发区管理委员会（2009 年更名为广州天河软件园新建区管理委员会），现由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管理。调查地块原为山地，1998 年至 2007 年被开发作为广州华南活塞环有限公司（以下简称“活塞环公司”），主要从事生产各类汽车、摩托车、通用汽油机活塞环；2008 年至 2015 年该地块由广州市天投实业投资有限公司接管，地块处于闲置状态；2015 年至 2021 年调查地块租赁给天河区保安服务公司，作为保安培训基地使用；2022 年地块内建筑物被拆除，地块闲置。目前该地块以荒地、临时停车场以及菜地为主。地块未来规划为一类工业用地（M1）。

根据国务院《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日起施行）、《国务院转发环境保护部等部门关于加强重金属污染防治工作指导意见的通知》（国办发〔2009〕61 号文）、《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）、原环境保护部《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）、《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〕40 号）等相关文件要求，为保障工业企业地块再开发利用的环境安全，维护人民群众的切身利益，调查地块须开展土壤污染状况调查和风险评估，以利于后续场地土壤修复工作及管理部门的监督工作。

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（以下简称“华南所”）承担了该地块的土壤污染状况调查和风险评估工作，根据国家土壤污染状况调查相关技术规范的要求，华南所组织专业技术人员成立项目组，开展了土壤污染状况初步调查和详细调查工作，编制完成了《天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况初步调查报告》和《天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况详细调查报告》，并于 2025 年 1 月 3 日通过了广州市环境技术中心组织的专家评审会。

根据本地块土壤污染状况调查结果，地块内土壤中的苯并[a]芘和六价铬 2 项污染物超筛选值，该地块可能存在不可接受的环境风险，须进行污染风险评估。因此，项目组在初步调查和详细调查的基础上，结合地块规划建设情况，对地块内超筛选值的污染物

开展了风险评估工作，形成了《天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况风险评估报告》。

1.2 工作依据

1.2.1 国家法律法规和部门规章

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月修订）；
- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日起施行）；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月修正）；
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月修正）；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 12 月修正）；
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016 年 11 月修正）；
- (7) 《中华人民共和国土地管理法》（2004 年 8 月修订）；
- (8) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月修订）；
- (9) 《地下水管理条例》（2021 年 12 月 1 日起实施）；
- (10) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 253 号）（2017 年 6 月修订）；
- (11) 《国务院转发环境保护部等部门关于加强重金属污染防治工作指导意见的通知》（国办发〔2009〕61 号文）；
- (12) 《国务院办公厅关于推进城区老工业区搬迁改造的指导意见》（国办发〔2014〕9 号）；
- (13) 《关于印发<全国地下水污染防治规划（2011-2020 年）>的通知》（环发〔2011〕128 号）；
- (14) 《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）；
- (15) 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部令 第 42 号）；
- (16) 《中华人民共和国土地管理法实施条例》（2014 年 7 月修订）；
- (17) 《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》（环土壤〔2021〕120 号）；
- (18) 《土壤污染源头防控行动计划》（环土壤〔2024〕80 号）。

1.2.2 地方法规、规章

- (1) 《广东省环境保护条例》（2015 年 1 月修订）；
- (2) 《广东省水污染防治条例》（2021 年 1 月 1 日起施行）；
- (3) 《广东省固体废物污染环境防治条例》（2012 年 7 月第二次修正）；

- (4) 《广东省实施<中华人民共和国土壤污染防治法>办法》(2019年3月施行);
- (5) 《广东省人民政府关于印发<广东省土壤污染防治行动计划实施方案>的通知》(粤府〔2016〕145号);
- (6) 《广东省地下水功能区划》(广东省水利厅,2009年8月);
- (7) 《广东省生态环境保护“十四五”规划》(广东省生态环境厅,2022年3月);
- (8) 《广东省土壤与地下水污染防治“十四五”规划》(广东省生态环境厅,粤环〔2022〕8号);
- (9) 《广州市生态环境保护条例》(2022年6月5日实施);
- (10) 《广州市土壤污染防治行动计划工作方案》(穗府〔2017〕13号);
- (11) 《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);
- (12) 《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);
- (13) 《关于印发广州市建设用地土壤污染状况调查报告评审工作程序(试行)的通知》(穗环〔2020〕50号);
- (14) 《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);
- (15) 《广州市建设用地土壤污染风险评估、风险管控及修复效果评估报告评审工作程序(试行)》(穗环〔2021〕12号);
- (16) 《广州市地下水污染防治工作方案》(穗环〔2020〕95号)。

1.2.3 技术规范及标准

- (1) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》(HJ 682-2019);
- (2) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ 25.1-2019);
- (3) 《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);
- (4) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019);
- (5) 《建设用地土壤修复技术导则》(HJ 25.4-2019);
- (6) 《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);
- (7) 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ 25.6-2019);
- (8) 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004);

- (9) 《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）；
- (10) 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》（HJ/T 1019-2019）；
- (11) 《土壤环境质量标准 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；
- (12) 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）；
- (13) 《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）；
- (14) 《土工试验方法标准》（GB/T 50123-1999）；
- (15) 《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2009）；
- (16) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环保部公告 2014 年第 78 号）；
- (17) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环保部公告 2017 年第 72 号）；
- (18) 《地下水环境状况调查评价工作指南》（环办土壤函〔2019〕770 号）；
- (19) 《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，2019 年 12 月）；
- (20) 《水质采样样品的保存和管理技术规定》（HJ 493-2009）；
- (21) 《土壤和沉积物挥发性有机物的测定吹扫捕集气相色谱-质谱法》（HJ 605-2011）；
- (22) 《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）；
- (23) 《污染地块勘探技术指南》（T/CAEPI 14-2018）；
- (24) 《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB 50137-2011）；
- (25) 《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）》（广东省生态环境厅办公室，2024 年 10 月 15 日）；
- (26) 广州市《建设用地土壤污染防治 第 1 部分：污染状况调查技术规范》（DB4401/T 102.1-2020）；
- (27) 广州市《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）；
- (28) 广州市《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 102.1-2021）；
- (29) 广州市《建设用地土壤污染防治 第 4 部分：土壤挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范》（DB4401/T 102.4-2021）；

(30) 广州市《建设用土壤污染防治 第 7 部分：土壤污染风险评估技术规范》(DB4401/T 102.7-2023)。

1.2.4 地块相关资料

- (1) 项目地块及周边区域历史卫星影像图 (Google 卫星地图, 2004 年-2023 年)；
- (2) 《天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况初步调查报告》 (生态环境部华南环境科学研究所, 2025 年 1 月)；
- (3) 《天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况详细调查报告》 (生态环境部华南环境科学研究所, 2025 年 1 月)；
- (4) 其他相关资料。

1.3 风险评估目的

为避免目标地块内超筛选值的污染物对未来地块内及周边活动人员身体健康造成影响,本报告通过危害识别、暴露评估、毒性评估和风险表征等工作估算本地块土壤和地下水超筛选值污染物对人体健康造成损害的可能性及损害的性质和程度大小,确定基于未来规划用途下的场地环境风险水平,以利于必要的地块土壤修复工作及管理部门的监督工作,为后期地块开发利用决策提供依据。

1.4 风险评估范围

本次风险评估范围与土壤污染状况调查范围一致,共 11813 m²。

1.5 技术路线

按照《建设用土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》和《广东省建设用土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点(修订版)》,并结合国内污染场地环境调查和风险评估相关经验及地块的实际情况,开展地块环境风险评估工作,本地块风险评估的技术路线见图 1.5-1。主要工作流程如下:

(1) 危害识别

根据土壤污染状况调查获取的资料,结合地块土地的规划利用方式,确定污染地块的关注污染物、污染物的空间分布和可能的敏感受体。

(2) 暴露评估

在危害识别的工作基础上,确定相关暴露途径、迁移模型和敏感人群的暴露模型,

确定与地块污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，计算敏感人群摄入来自土壤和地下水的污染物所对应的土壤和地下水的暴露量。

（3）毒性评估

在危害识别的工作基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

2 地块概况

2.1 调查区域环境概况

2.1.1 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 $113^{\circ} 15' 55'' \sim 113^{\circ} 26' 30''$ ，北纬 $23^{\circ} 6' 0'' \sim 23^{\circ} 14' 45''$ ，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。

本项目调查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 m^2 。

2.1.2 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。

调查地块位于天河区的北部，该区域为低山丘陵区。北有筲箕窝山（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（T₃ηγ），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。

2.1.3 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 m³/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)层中风化岩裂隙中,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。

2.1.4 气候特征

调查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℃,一月最低气温 0℃,8月最高气温 38.7℃,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。

2.1.5 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,调查地块土壤类型为赤红壤。地块内主要树种包括白玉兰树、高山榕树、芒果树等。

2.1.6 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（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%。

2.2 调查地块概况

2.2.1 地块历史沿革

（1）活塞环公司阶段（1997-2014 年）

1996 年及以前调查地块为荒地，地块未开发利用。

1997 年调查地块租借给活塞环公司使用。

1998 年，经场地平整后，调查地块内建成一栋五层的科研楼和一栋四层的厂房。

2009-2014 年，活塞环公司停产并被广州市天投实业投资有限公司收购，地块内各类设施和建筑未拆除，与活塞环公司阶段一致。

（2）保安培训基地阶段（2015-2021 年）

2015 年，调查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，使用期间沿用活塞环公司遗留的科研楼和厂房作为训练基地和宿舍。

2021 年，广州市天河区保安服务公司归还地块使用权。

该阶段调查地块的历史影像图及使用情况见表 2.2-3。

（3）收储闲置阶段（2022 年至今）

2022 年至今，地块内建筑被拆除，地块闲置。目前地块内大部分区域被杂草覆盖，地块内部分硬化未拆除区域作为临时停车区使用。

2.2.2 地块土地利用现状

现阶段，调查地块内主要为荒地，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。

2.2.3 场地水文地质

(1) 地块地层情况

调查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：

(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。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。

2.2.4 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》，调查地块土地使用性质为一类工业用地（M1）。

2.2.5 相邻地块土地利用历史及现状

调查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 2.2-10。

2.2.6 周边敏感目标

经现场勘查，调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。调查地块周边 1000 m 范围内环境敏感点主要有住宅、学校、研究所等。

3 土壤污染状况调查工作回顾与结论

3.1 第一阶段调查-污染识别

(1) 地块内污染识别

根据第一阶段调查结果可知，调查地块历史沿革清晰。该地块原为荒地，1998 年至 2007 年被开发作为活塞环公司，主要从事生产各类汽车、摩托车、通用汽油机活塞环；2008 年至 2015 年该地块由广州市天投实业投资有限公司接管，地块处于闲置状态；2015 年至 2021 年调查地块租赁给天河区保安服务公司，作为保安培训基地使用；2022 年地块内建筑物被拆除，闲置至今。目前该地块以荒地、临时停车场以及菜地为主，现场未发现明显的污染痕迹，未发现有毒有害污染源堆存等情况。

调查地块内可能产生污染的使用阶段为活塞环公司阶段，根据该公司生产工艺流程及污染物排放处置情况分析热处理采用热处理炉对铸铁材料进行调质，加热使用的燃煤可能造成多环芳烃、重金属砷、汞、氟化物、氰化物等污染。电镀镀铬过程会产生含铬废水和含铬废气，在废水处理回用和废气处理排放的过程中可能因设备损坏、管线老化等问题导致铬和六价铬污染，此外，电镀过程中使用的各类辅料可能因保存不当等原因泄露，造成石油烃、苯系物、氯代烃、氟化物、氰化物等污染。

(2) 相邻地块污染识别

调查地块北侧为国家大学科技园。该侧地块 2007 年前为荒地，2007 年开始建成国家大学科技园，主要作为办公楼使用，不涉及工业生产；东侧为高普路和广州晶体科技有限公司。根据人员访谈，该侧地块 1990 年为农田和鱼塘，2001 年建成广州晶体科技有限公司办公楼和厂房，主要以生产金刚石锯片以及金刚石磨轮系列产品为主。2013 年办公楼北侧扩建厂房，作为仓库堆放产品。目前该公司仍在经营，部分区域作为办公楼出租；南侧为金发科技创新社区。该地块 1998 年前为荒地和农田，1998 年开始作为金发科技公司开始建设，该公司主要以生产、研发和销售改性塑料、环保高性能再生塑料、特种工程塑料产品为主，2004 年地块西侧作为生活区扩建。2012 年金发科技公司搬迁，地块内停止生产活动。2013 年至今地块交由其子公司广州金发科技孵化器有限公司运营管理，主要作为办公楼出租，不涉及工业生产；西侧为三瑞科技园和科诚大厦。该侧地块 1990 年前已建成三瑞科技园和科诚大厦，主要用作办公楼租赁，2014 年三瑞科技园南侧办公楼作为天河智慧城中和防控大队基地。地块历史上不涉及工业生产；西北侧为广东华云铝业发展有限公司。该侧地块 2001 年前为主要为荒地，2001 年建成广

东华云铝业发展有限公司办公楼和厂房，2007 年地块南侧扩建仓库，主要为铝板、铝卷、铝合金板等加工、仓储、批发及零售。

相邻地块现状以办公楼和生产企业为主，地块历史及现状周边的企业为广州晶体科技有限公司、广东华云铝业发展有限公司、金发科技公司。

(3) 主要污染源及污染识别情况

根据污染识别结果，地块内需关注污染物为华南活塞环公司生产过程为燃煤使用和电镀工艺可能会产生砷、铅、铜、镍、锌、铬（六价）、总铬、镉、汞、石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯系物（苯、甲苯、二甲苯等）、氯代烃（三氯乙烯、四氯化碳、三氯乙烷、四氯乙烯）、多环芳烃（萘、苯并[a]蒽、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]蒽等）以及氟化物、氰化物等。考虑到调查地块面积较小，将整个地块视为重点关注区域。

3.2 第二阶段-初步采样调查情况

3.2.1 污染风险筛选值

(1) 土壤污染风险筛选值

本调查将土壤中检出污染物作为潜在关注污染物，制定其污染风险筛选值。根据调查地块未来规划，土壤污染风险筛选值选用《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中的“二类用地”筛选值。对于《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）中没有规定筛选值的土壤和地下水检测指标，采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）推荐参数推导的值作为其风险筛选值。基于保守考虑，计算筛选值时的暴露途径采用全暴露途径，采用“污染场地风险评估系统”计算。本项目土壤污染风险筛选值详见表 3.2-1。

表 3.2-1 土壤污染评估筛选值（mg/kg）

序号	污染物	《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）		本地块土壤污染风险筛选值
		第一类用地	第二类用地	
1	pH（无量纲）	-	-	-
2	镉	20	65	65
3	汞	8	38	38
4	砷	20	60	60
5	铅	400	800	800
6	铜	2000	18000	18000

序号	污染物	《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）		本地块土壤污染风险筛选值
		第一类用地	第二类用地	
7	镍	150	900	900
8	铬（六价）	3	5.7	5.7
9	总铬（以三价铬计）	75100 ^①	677000 ^①	677000 ^①
10	锌	15000 ^①	135000 ^①	135000 ^①
11	四氯化碳	0.9	2.8	2.8
12	氯仿	0.3	0.9	0.9
13	氯甲烷	12	37	37
14	1,1-二氯乙烷	3	9	9
15	1,2-二氯乙烷	0.52	5	5
16	1,1-二氯乙烯	12	66	66
17	顺-1,2-二氯乙烯	66	596	596
18	反-1,2-二氯乙烯	10	54	54
19	二氯甲烷	94	616	616
20	1,2-二氯丙烷	1	5	5
21	1,1,2,2-四氯乙烷	2.6	10	10
22	1,1,1,2-四氯乙烷	1.6	6.8	6.8
23	四氯乙烯	11	53	53
24	1,1,1-三氯乙烷	701	840	840
25	1,1,2-三氯乙烷	0.6	2.8	2.8
26	三氯乙烯	0.7	2.8	2.8
27	1,2,3-三氯丙烷	0.05	0.5	0.5
28	氯乙烯	0.12	0.43	0.43
29	苯	1	4	4
30	氯苯	68	270	270
31	1,2-二氯苯	560	560	560
32	1,4-二氯苯	5.6	20	20
33	乙苯	7.2	28	28
34	苯乙烯	1290	1290	1290
35	甲苯	1200	1200	1200
36	间+对二甲苯	163	570	570
37	邻二甲苯	222	640	640
38	硝基苯	34	76	76
39	苯胺	92	260	260
40	2-氯酚	250	2256	2256
41	萘	25	70	70
42	苯并[a]蒽	5.5	15	15
43	蒽	480	1293	1293
44	苯并[b]荧蒽	5.5	15	15
45	苯并[k]荧蒽	55	151	151

序号	污染物	《土壤环境质量标准建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）		本地块土壤污染风险筛选值
		第一类用地	第二类用地	
46	苯并[a]芘	0.55	1.5	1.5
47	茚并[1,2,3-c,d]芘	5.5	15	15
48	二苯并[a,h]蒽	0.55	1.5	1.5
49	石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	826	4500	4500
50	氟化物	1940 ^①	16100 ^①	16100 ^①
51	氰化物	22	135	135
52	邻苯二甲酸二正酯	390	2810	2810
53	邻苯二甲酸二乙酯	31200 ^①	225000 ^①	225000 ^①
54	邻苯二甲酸二正丁酯	3900 ^①	28100 ^①	28100 ^①
55	邻苯二甲酸丁基苄基酯	312	900	900
56	邻苯二甲酸正辛酯	390	2812	2812

^①《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）推荐参数推导的值。

（2）地下水污染风险筛选值

本地块地下水检测污染物筛选标准采用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 IV 类水标准限值，若该标准没有规定的指标，则参考《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）中的规定限值。对于上述标准均未规定的指标优先采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）推荐参数推导的值作为其风险筛选值，采用“污染场地风险评估系统”计算，本地块的地下水污染风险筛选值见表 3.2-2。。

表 3.2-2 地下水污染风险筛选值（mg/L）

序号	污染物	《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）	《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）推导值	本地块地下水污染风险筛选值
1	pH（无量纲）	5.5-6.5 8.5-9.0	6.5-8.5	-	5.5-6.5 8.5-9.0
2	浑浊度（NTU）	-	-	-	-
3	砷	0.05	0.01	-	0.05
4	铅	0.1	0.01	-	0.1
5	铜	1.5	1	-	1.5
6	镍	0.1	0.02	-	0.1
7	锌	5.0	1	-	5.0
8	六价铬	0.1	0.05	-	0.1
9	总铬	-	-	67.7	67.7
10	镉	0.01	0.005	-	0.01
11	汞	0.002	0.001	-	0.002

序号	污染物	《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）	《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）推导值	本地块地下水污染风险筛选值
12	石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	-	-	1.8	1.8
13	四氯化碳	0.05	0.002	-	0.05
14	三氯乙烯	0.21	0.02	-	0.21
15	四氯乙烯	0.3	0.04	-	0.3
16	1,1,1-三氯乙烷	4	-	-	4
17	1,1,2-三氯乙烷	0.06	-	-	0.06
18	苯	0.12	0.01	-	0.12
19	甲苯	1.4	0.7	-	1.4
20	二甲苯	1	0.5	-	1
21	乙苯	0.6	-	-	0.6
22	氟化物	2	1.0	-	2
23	氰化物	0.1	0.05	-	0.1
24	萘	0.6	-	-	0.6
25	苯并[a]蒽	-	-	0.00274	0.00274
26	蒽	-	-	0.274	0.274
27	苯并[b]荧蒽	0.008	-	-	0.008
28	苯并[k]荧蒽	-	-	0.027	0.027
29	苯并[a]芘	0.0005	0.00001	-	0.0005
30	茚并[1,2,3-c,d]芘	-	-	0.00274	0.00274
31	二苯并[a,h]蒽	-	-	0.000274	0.000274

（3）地表水污染风险筛选值

本地块地表水筛选值采用《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的Ⅴ类水体标准，未做规定指标参考地下水风险筛选值。本次调查地表水质量评价标准见表 3.2.-3。

表 4.4-3 地表水污染风险筛选值（mg/L）

序号	污染物	《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅴ类	本地块地下水风险筛选值	本地块地表水污染风险筛选值
1	pH（无量纲）	6-9	5.5-6.5 8.5-9.0	6-9
2	浑浊度（NTU）	-	-	-
3	砷	0.1	0.05	0.1
4	铅	0.1	0.1	0.1
5	铜	1	1.5	1
6	镍	-	0.1	0.1
7	锌	2	5.0	2
8	六价铬	0.1	0.1	0.1

序号	污染物	《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）V类	本地块地下水风险筛选值	本地块地表水污染风险筛选值
9	总铬	-	67.7	67.7
10	镉	0.01	0.01	0.01
11	汞	0.001	0.002	0.001
12	石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	1	1.8	1
13	四氯化碳	-	0.05	0.05
14	三氯乙烯	-	0.21	0.21
15	四氯乙烯	-	0.3	0.3
16	1,1,1-三氯乙烷	-	4	4
17	1,1,2-三氯乙烷	-	0.06	0.06
18	苯	-	0.12	0.12
19	甲苯	-	1.4	1.4
20	二甲苯	-	1	1
21	乙苯	-	0.6	0.6
22	氟化物	1.5	2	1.5
23	氰化物	0.2	0.1	0.2
24	萘	-	0.6	0.6
25	苯并[a]蒽	-	0.00274	0.00274
26	蒽	-	0.274	0.274
27	苯并[b]荧蒽	-	0.008	0.008
28	苯并[k]荧蒽	-	0.027	0.027
29	苯并[a]芘	-	0.0005	0.0005
30	茚并[1,2,3-c,d]芘	-	0.00274	0.00274
31	二苯并[a,h]蒽	-	0.000274	0.000274

3.2.2 初步调查结果

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）的要求对调查地块进行布点，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，总结如下：

（1）土壤样品

根据检测结果，地块内土壤样品中 10 项重金属、8 项 SVOCs、3 项 VOCs、石油烃（C₁₀-C₄₀）以及邻苯二甲酸二正丁酯被检出。所有检出指标中六价铬和苯并[a]芘出现超筛选值的情况，六价铬超筛点位为 HSH04，苯并[a]芘超筛点位为 HSH02，超筛点位均

位于原活塞环公司生产厂房区域，根据该公司厂房首层平面布置图分析，超筛点位位于厂房首层的电镀车间和热处理车间附近，分析可能是活塞环生产过程中热处理工艺使用燃煤以及电镀镀铬工艺产生的废水泄露导致的苯并[a]芘和六价铬超筛，须进一步开展详细采样调查确定污染范围和污染深度。

(2) 地下水样品

根据检测结果分析，地块内地下水样品中 8 项重金属、石油烃（C₁₀-C₄₀）、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。

(3) 地表水样品

根据检测结果分析，地块内地表水样品中 7 项重金属、石油烃（C₁₀-C₄₀）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，调查地块土壤六价铬和苯并[a]芘检测结果出现不同程度的超筛选值情况，需进入下一阶段详细调查。

3.2.3 详细采样调查结果

根据详细采样调查结果，详细采样调查共采集土壤样品 111 个，其中苯并[a]芘 40 个、六价铬 71 个，根据检测结果，1 个点位 1 个土壤样品苯并[a]芘存在超筛选值现象，超筛深度为 0.7-0.8 米，超筛倍数为 2.07，共有 7 个点位 24 个土壤样品六价铬存在超筛选值现象，最大超筛深度为 5 m，最大超筛倍数为 63.74。

详细调查采样主要结论如下：

①苯并[a]芘超标深度未超过最大采样深度，污染深度可以确定。超筛点位 X13 位于初步调查超筛区域边界，周边 20×20m 范围内监测点位均未超筛，超出初步调查超筛区域未布设监测点位，无法确定污染范围。

②六价铬超筛点位深度均未超过最大钻孔深度或已钻孔达到基岩层，污染深度可以确定。R6 点位位于初步调查超筛区域边界，周边 10×10m 范围内监测点位均未超筛，超出初步调查超筛区域未布设监测点位，无法确定污染范围。

综上所述，根据详细调查结果，苯并[a]芘与六价铬的污染深度均已确定，但由于 X13 与 R6 出现苯并[a]芘和六价铬超筛选值且超出初步调查超筛区域未布设监测点位，需要进一步开展补充采样调查，以进一步明确调查地块内苯并[a]芘和六价铬污染程度和范围。

3.2.4 补充详细采样调查结果

补充采样调查共布设土壤点位 2 个，采集并检测土壤样品 6 个，根据检测结果，补充采样所采集的土壤样品苯并[a]芘以及六价铬均未超过相应筛选值。

3.3 地块土工试验结果

根据土工试验结果，地块内含水率范围为 13.5~16.7%，土粒比重为 2.68，湿密度范围为 1.71~1.78g/cm³，干密度范围为 1.47~1.57g/cm³，孔隙率范围为 41.5~45.1%，渗透系数范围为 $2.14 \times 10^{-4} \sim 2.35 \times 10^{-3}$ cm/s，有机质含量范围为 1.7~3.3 g/kg。

3.4 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）的要求对调查地块进行布点，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，调查地块土壤受到污染，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。

（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 m²。

（3）根据初步调查结果，地块内地表水样品中 8 项重金属、石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯和氟化物被检出，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（C₁₀-C₄₀）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调查地块开展风险评估，关注污染物为超筛选值污染物六价铬和苯并[a]芘。

4 健康风险评估

人体健康风险评估是环境风险评价的重要内容。健康风险评估是在收集和整理毒理学资料、流行病学资料、环境监测资料及暴露情况等资料的基础上，通过一定的方法或使用模型来估计某一暴露剂量的化学或物理因子对人体健康造成损害的可能性及损害的性质和程度大小。本项目在天河科技园华南活塞环地块土壤污染状况调查结果的基础上，依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》、《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）等风险评估模型和相关要求，结合地块未来建设规划情况进行风险评估。

4.1 风险评估内容

污染地块的健康风险评估主要采用计量-效应模型，对受体通过各种暴露途径摄入场地不同污染介质中污染物导致的健康效应进行定量表征。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）要求，地块风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、风险表征和风险控制值计算。

（1）危害识别：根据地块土壤环境调查获取的资料，结合地块土地的规划利用方式，确定污染地块的关注污染物、污染物的空间分布和可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

（2）暴露评估：在危害识别的工作基础上，分析地块土壤中关注污染物进入并危害敏感受体的情景，确定地块土壤污染物对敏感人群的暴露途径，确定污染物在环境介质中的迁移模型和敏感人群的暴露模型，确定与场地污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，计算敏感人群摄入来自土壤和地下水的污染物所对应的土壤和地下水的暴露量。

（3）毒性评估：在危害识别的工作基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

（4）风险表征：在暴露评估和毒性评估的工作基础上，采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物经所有暴露途径的风险值、所有污染物经所有暴露途径的风险值；进行不确定性分析，包括对关注污染物经不同暴露途径产生

健康风险的贡献率和关键参数取值的敏感性分析；根据需要进行风险的空间表征。

风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值、所有关注污染物的总致癌风险值、单一污染物的危害商（非致癌风险值）和多个关注污染物的危害商（非致癌风险值）。

（5）土壤风险控制值计算：在风险表征的工作基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如污染场地风险评估结果未超过可接受风险，则结束风险评估工作；如污染场地风险评估结果超过可接受风险水平，则计算关注污染物基于致癌风险的修复限值和基于非致癌风险的修复限值；如暴露情景分析表明，污染场地土壤中的关注污染物可淋溶进入地下水，影响地下水环境质量，则计算保护地下水的土壤修复限值。

风险评估方法可分为定性和定量评估。原则上，场地环境评价应采用定量风险评估方法，但在下列情况下，可考虑只进行定性评价：①风险评价人员认为定性的风险评价足以说明问题；②受费用与时间限制；③缺乏污染物的毒性资料；④其他原因无法计量的风险。本报告采用定量风险评价方法。

场地定量风险评估程序是一个多层次定性与定量的评估体系，也是一个概念模型与描述污染物运移的分析模型及暴露模型的综合体系。本报告针对超过土壤和地下水筛选值的污染物进行风险评估。在第二类用地（非敏感用地）情景下，敏感受体为成人，根据地块污染源特征、水文地质条件等实际情况，构建场地概念模型，应用由生态环境部南京环境科学研究所牵头、清华苏州环境创新研究院联合开发的污染场地风险评估系统（CRISK）计算不同暴露途径下土壤污染物的风险控制值与风险及危害商。在此基础上，结合《土壤环境质量标准 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）等，确定修复目标值。

4.2 危害识别

4.2.1 关注污染物

根据第二阶段调查结果，本次评估的土壤关注污染物为地块内含量超风险筛选值的污染物，包括苯并[a]芘和六价铬。

4.2.2 敏感受体分析

地块规划用地性质为工业用地（M1），属于第二类用地。在该类用地方式下，成人可能会长时间暴露于地块污染而产生健康危害。因此，地块内敏感受体为成人。

4.3 暴露评估

暴露评估是在危害识别的基础上，分析地块内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定地块土壤和地下水污染物的主要暴露途径和暴露评估模型，确定评估模型参数取值，计算敏感人群对土壤和地下水中污染物的暴露量的过程。

4.3.1 暴露情景与暴露途径

暴露情景是指特定土地利用方式下，场地污染物经由不同暴露路径迁移和到达受体人群的情况。地块规划为工业用地（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，成人的暴露期长、暴露评率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

暴露途径是场地土壤、地下水中污染物经过一定的方式迁移达到并进入敏感受体的过程。风险评估需考虑土壤、地下水作为污染源时对敏感受体产生的风险和危害。

土壤关注污染物苯并[a]芘属于半挥发性有机物，存在经口摄入土壤、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气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤气态污染物等暴露途径。土壤关注污染六价铬为非气态污染物，不存在气态污染物途径，故其暴露途径为经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物。

4.3.2 暴露量计算

利用暴露评估模型（公式 4.3-1~4.3-12）计算污染物的暴露量，计算结果见表 4.3-1。

表 4.3-1 关注污染物暴露量统计表 (kg 土壤 • kg⁻¹ 体重 • d⁻¹)

污染物种类	最大暴露浓度 (mg/kg)	经口摄入表层土壤途径	皮肤接触表层土壤途径	吸入表层土壤颗粒物途径	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染途径	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染途径	吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染途径
		OISER _{ca}	DCSER _{ca}	PISER _{ca}	IOVER _{ca1}	IOVER _{ca2}	IIVER _{ca1}
致癌风险							
六价铬	369	3.50E-7	0	1.16E-9	-	-	-
苯并[a]芘	4.6	3.50E-7	2.83E-7	1.16E-9	5.03E-10	3.40E-12	8.85E-13
非致癌风险							
六价铬	369	1.07E-6	0	3.54E-9	-	-	-
苯并[a]芘	4.6	1.07E-6	8.66E-7	3.54E-9	1.54E-9	1.04E-11	2.71E-12

4.4 毒性评估

毒性评估的工作内容包括分析地块关注污染物的健康效应（致癌和非致癌效应），确定污染物的毒性参数，用于最终风险计算。本地块关注污染物为苯并[a]芘和六价铬。根据现有研究，苯并[a]芘和六价铬对人体同时存在致癌和非致癌效应。本报告污染物苯并[a]芘和六价铬的理化参数和毒性参数主要参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）。

表 4.4-1 关注污染物相关理化参数

理化性质			亨利常数		空气中扩散系数		水中扩散系数		土壤有机碳/土壤孔隙水分配系数		水溶解度		皮肤渗透系数
序号	中文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da (cm²/s)	数据来源	Dw (cm²/s)	数据来源	Koc (cm³/g)	数据来源	S (mg/L)	数据来源	Kp(cm/hr)
1	铬（六价）	18540-29-9	-	-	-	-	-	-	-	-	1.69E+06	RSLs	2.0E-03
2	苯并(a)芘	50-32-8	1.87E-05	EPI	4.76E-02	WATER9	5.56E-06	WATER9	5.87E+05	EPI	1.62E-02	EPI	7.0E-01

表 4.4-2 关注污染物相关毒性参数

毒理性质			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		消化道吸收效率因子		皮肤吸收因子	
序号	中文名	CAS 编号	Sf _o (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR (mg/m³) ⁻¹	数据来源	RfD _o (mg/kg-d)	数据来源	RfC (mg/m³)	数据来源	ABS _{gi} (无量纲)	数据来源	ABS _d (无量纲)	数据来源
1	铬（六价）	18540-29-9	-	-	1.2E+01	I	3.0E-03	I	1.0E-04	I	0.025	RSL	-	-
2	苯并(a)芘	50-32-8	1.0E+00	I	6.0E-01	RSL	3.0E-04	I	2.0E-06	I	1	RSL	0.13	RSL

注：①六价铬和苯并[a]芘的物化参数和毒性参数主要参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）。
②“EPI”代表美国环保局“化学品质参数估算工具包(EsimalionProgram linerhace sie)”数据;“WATER9”代表美国环保局“废水处理模型(ihe wastewater treaimentmodel)”数据。“I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统（USEPA Integrated Risk Information System）”；“RSL”代表数据来自美国环保局“区域筛选值（Regional Screening Levels）总表”污染物毒性数据（2018年5月发布）。

4.5 风险表征

4.5.1 风险表征技术要求

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）、《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）等要求，风险表征应根据场地每个采样点样品中关注污染物的检测数据，采用土壤或地下水中检测数据的最大值计算污染物的致癌风险（CR）及非致癌危害商（HQ），作为确定地块污染范围的重要依据。计算得到的土壤/地下水中单一污染物的致癌风险超过 10^{-6} 或非致癌危害商值超过 1 的采样点/地块，应划定为风险不可接受的污染区域/地块。

4.5.2 风险表征计算结果

基于第二类用地方式下，以最大检测值作为暴露浓度进行风险表征。本地块土壤中可能对人体造成健康风险的污染物为苯并[a]芘和六价铬。

根据现场采样调查结果可知，土壤六价铬最大检测值为 369 mg/kg 计算得到致癌风险为 2.26×10^{-5} ，超过可接受水平 10^{-6} ；非致癌危害商为 0.379，未超过可接受风险水平 1。土壤苯并[a]芘最大检测值为 4.6 mg/kg，计算得到致癌风险为 2.93×10^{-6} ，超过可接受水平 10^{-6} ；非致癌危害商为 0.163，未超过可接受风险水平 1。综上所述，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，需根据地块实际情况确定修复目标值，采取必要的治理修复或风险管控手段。

5 修复目标及修复范围

5.1 修复目标值的确定

目前国家对于污染地块没有统一的土壤污染修复目标值，修复目标值的确定需根据国家导则和技术指南的相关规定进行选择。

《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）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、地下水风险控制值和场地所在区域土壤、地下水中目标污染物的背景含量和国家有关标准规定限值，合理提出土壤、地下水目标污染物的修复目标值。

《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》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。我国为发展中国家，经济和土壤、地下水修复技术水平相对欧美国家较落后。因此，在提出场地修复目标时，应综合考虑实际修复技术的可达性及当地经济的承受水平等因素，参考风险控制值及可接受风险水平，合理确定场地建议修复目标值。

污染地块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。

根据以上规定，确定修复目标值时应综合考虑风险控制值、区域背景值、地块背景值或本底值、标准规定值等，结合场地及其所在区域的实际情况进行选择。

5.1.1 风险控制值

土壤风险控制值是确定污染地块土壤修复目标值的主要参考值。对于致癌风险超过 10^{-6} 或危害商超过 1 的关注污染物，按照我国《建设用地土壤污染物风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）、《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/T 102.7-2023）的要求，依据上述已建立的场地暴露概念模型，推导保护人体健康的风险控制值。

5.1.1.1 风险评估推导的风险控制值

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）中土壤风险控制值计

算方法，计算出该地块基于第二类用地的土壤风险控制值，六价铬和苯并[a]芘的风险控制值分别为 16.3 mg/kg 和 1.57 mg/kg。具体如表 5.1-2 所示。

表 5.1-2 基于人体健康的土壤风险控制值（mg/kg）			
污染物	致癌风险控制值	非致癌风险控制值	风险控制值
六价铬	16.3	974	16.3
苯并[a]芘	1.57	28.2	1.57

5.1.2 修复/管控目标值确定

根据《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 5.1-3。

表 5.1-3 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

5.2 土壤修复范围及工程量估算

5.2.1 土壤修复范围的确定原则

污染场地修复是指通过物理、化学、生物的方法，消除或降低场地污染物对环境及人体带来的风险至可接受的风险水平范围之内的过程。

依据国家政策和导则，结合本地块实际情况，确定修复范围划定原则：

（1）地块土壤修复的目标是保障人体健康，使得地块环境中的污染物的风险水平降低到可接受的水平。因此对于污染土壤，污染物浓度大于或等于修复目标值的污染土壤需要进行修复。

（2）本地块污染区域土壤采样点分布密集，考虑到土壤本身的不均质性等特性，

在水平方向上，土壤污染物修复范围采用无污染点位连线法进行确定；若超修复目标值点位靠近调查范围边界（不大于 20 m），且边界无控制点，则以垂直于边界进行范围确定。

（3）在垂直方向上，确定土壤的修复深度时，以超修复目标值点位所在土层为修复对象；其中，上层存在一定超目标值情况时，以地表作为修复上边缘；当污染土壤存在变层时，分别考虑不同层次间污染分布情况确定。

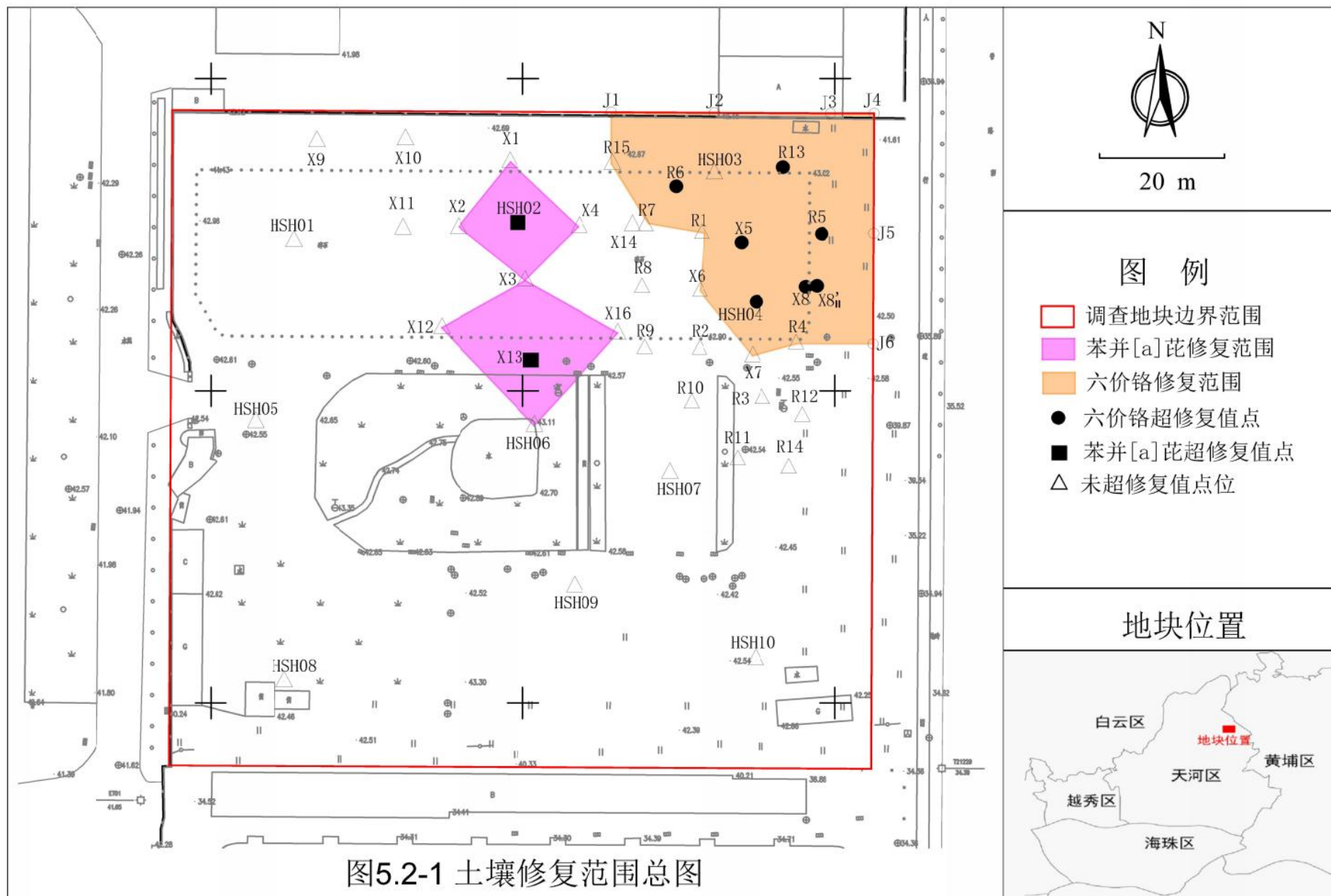
5.2.2 修复范围

（1）总体修复范围

基于第二类用地方式，不同深度污染物的修复面积和土方量汇总见表 5.2-1，土壤污染物修复范围总图见图 5.2-1。

表 5.2-2 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



5.3 土壤环境管理面积和土方量估算

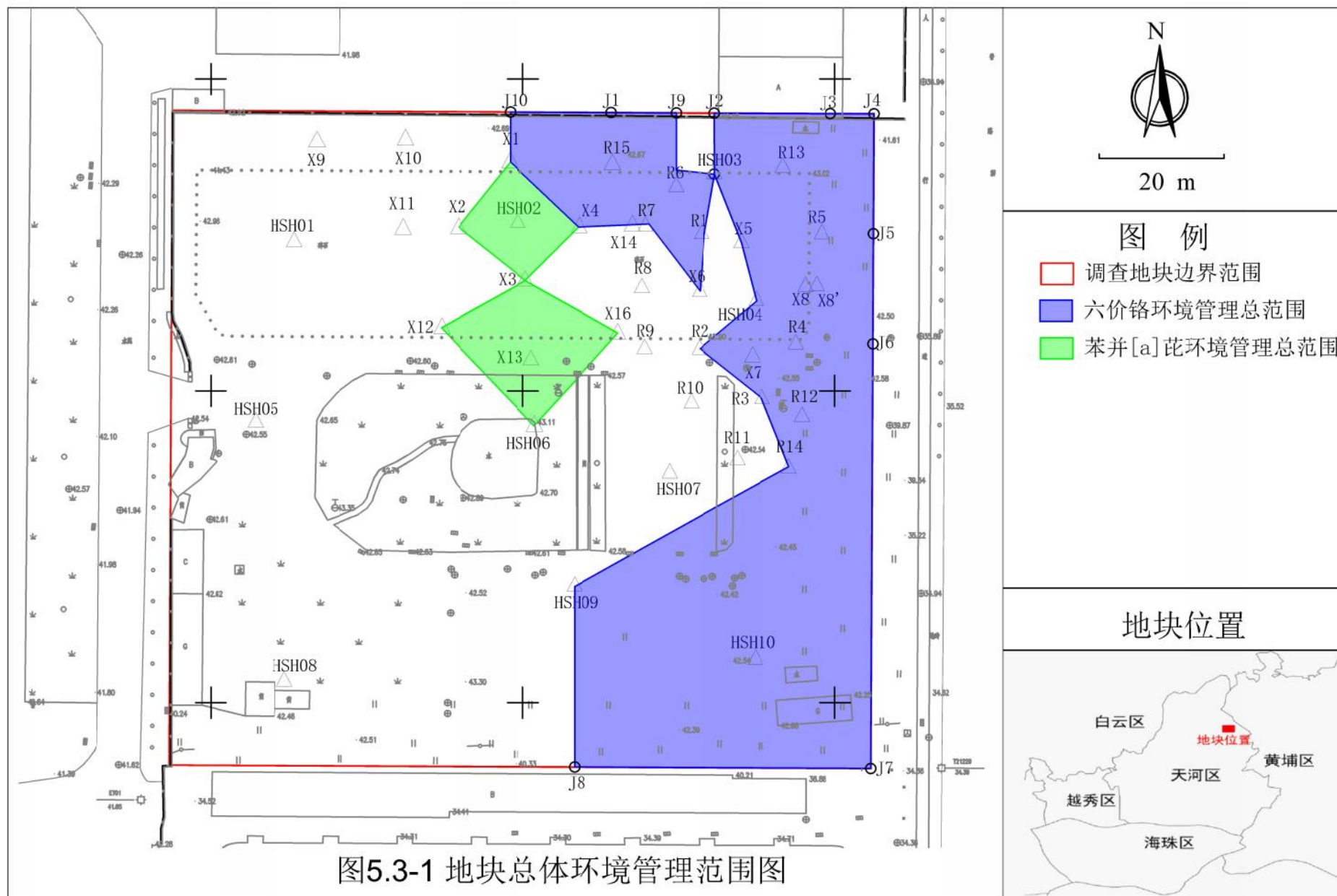
5.3.1 土壤环境管理范围的确定原则

根据《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）》，如地块存在满足修复目标值但超筛选值的土壤或地块存在超一类筛选值而不超过第二类筛选值的土壤，应采用无污染点位连线法或污染物浓度插值计算法确定其范围。根据初步调查与详细调查采样结果，地块内存在超一类筛选值而不超过修复目标值的土壤样品，需针对该用地提出环境管理要求。

对于超第一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；③在垂直方向上，确定土壤的环境管理深度时，以超一类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和苯并[a]芘环境管理土方量。④当划分的管理范围与超筛范围有重合部分，最终确定的管理范围为扣除重合部分的区域。

5.3.2 土壤环境管理面积和土方量估算

根据第一类用地筛选值 3 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，估算地块内需环境管理的总体范围，各层环境管理范围投影面积叠加的环境管理总面积见图 5.3-1。



5.4 小结

(1) 修复目标值

综合考虑风险控制值、风险筛选值和风险管制值等，土壤六价铬的修复目标值为 16.3 mg/kg，苯并[a]芘的修复目标值为 1.57 mg/kg，需对超修复目标值区域实施土壤修复治理。

(2) 地块修复范围和土方量

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，苯并[a]芘和六价铬修复范围未重叠。

(3) 地块环境管理范围和土方量

地块内需环境管理的总体范围为 4225.93 m²，其中六价铬环境管理总投影面积 3715.84 m²，苯并[a]芘环境管理总投影面积为 510.09 m²。

6 结论与建议

6.1 地块风险评估结论

(1) 暴露途径分析

根据土地利用规划，本地块规划用地性质为一类工业用地（M1），属于第二类用地，其中地下水规划不涉及人群皮肤直接接触地下水的（如再开发为地下水游泳场所等利用地下水用于日常洗澡、游泳或清洗）功能应用。按地块规划情况考虑，成人可能会长时间暴露于地块污染而产生健康危害。考虑人群的终身暴露危害，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。

土壤中六价铬的暴露途径包括经口摄入土壤颗粒物、皮肤接触土壤颗粒物、吸入表层土壤颗粒物共3种。土壤中苯并[a]芘的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，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物共6种。

(2) 风险评估结果

基于第二类用地方式，以土壤最大检测值作为暴露浓度进行风险表征，六价铬浓度最大点位土壤中各途径的危害商风险可接受，致癌风险不可接受。苯并[a]芘浓度最大点位土壤各途径的危害商风险可接受，致癌风险不可接受。

综上所述，土壤六价铬和苯并[a]芘均超过可接受水平，需开展修复。

(3) 修复范围和土方量

综合考虑风险控制值、风险筛选值和风险管制值等，等基于严格保护要求考虑，土壤六价铬和苯并[a]芘的修复目标值分别为 16.3 mg/kg、1.57 mg/kg，经初步估算，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。

(4) 环境管理范围

地块内需环境管理的总体范围为 4225.93 m²，其中六价铬环境管理总投影面积 3715.84 m²，苯并[a]芘环境管理总投影面积为 510.09 m²。

6.2 建议

本次调查和风险评估完成后，调查地块需开展环境修复和环境管理。在本次调查工作完成后至地块土壤污染修复方案经环保部门备案前，地块责任单位应对超筛区域进行必要的管理和保护，避免受到扰动而影响下一步环境修复工作。建议具体保护措施为：

（1）对超筛区域进行围蔽，在地块修复实施方案通过相关主管部门备案之前，禁止任何单位和人员开挖、取土等扰动超筛区域的行为，确保下一步修复工作的顺利开展。

（2）对于地块的六价铬和苯并[a]芘污染，需要通过高效合理的技术方法进行修复，修复后土壤处置应满足《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部令第 42 号）等要求。

（3）对于地块内超一类用地筛选值但不超修复目标值的六价铬和苯并[a]芘的区域，建议在地块开发利用过程中，明确该部分土壤接受地用途，接受地应属于以下第二类建设用地：包括《城市用地分类及规划建设用地标准》（GB 50137）和《土壤环境质量标准 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600）中规定的城市建设用地中的工业用地（M），物流仓储用地与公共服务用地（W），商业服务业设施用地（B），道路与交通设施用地（S），公用设施用地（U），公共管理与公共服务用地（A）（A33、A5、A6 除外），以及绿地与广场用地等（G）（G1 中的社区公园或儿童公园用地除外），不得进行私自转运处理，加强保护管理，防止污染物迁移和暴露到人群。

（4）由于地块内种植较多树木，建议根据《广州市城市树木保护管理规定（试行）》（穗林业园林规字〔2022〕1 号）要求，注重保护现状树木。如要迁移或砍伐树木，建议形成相关材料，并到相关管理部门备案