

中国航油集团南方置业有限公司旧 白云机场老油库地块土壤污染状况 详细调查报告

土地使用权人：中国航油集团南方置业有限公司

土壤污染状况调查单位：广东贝源检测技术股份有限公司

广东工业大学

2021年5月

摘 要

一、地块基本情况

地块名称：旧白云机场老油库地块

占地面积：51277.77m²

地理位置：广州市白云区大金钟路白云山西麓

土地使用权人：中国航油集团南方置业有限公司

地块土地利用现状：原油库油罐、管线等设施均已拆除，原油罐、消防水池和污水处理站区域租给广东景南驾校用作训练场地使用、原消防泵房区域租给白云出租汽车集团第一分公司办公使用、原油品装卸区租给物流公司作为物流中转站使用，其余区域作为电动汽车充电桩及车辆停车场。

未来规划：社会停车场用地（S42），为 GB36600-2018 规定的第二类用地。

土壤污染状况调查单位：广东贝源检测技术股份有限公司

调查缘由：依据《中华人民共和国土壤污染防治法》、《污染地块土壤环境管理办法（试行）》等相关文件规定与要求，旧白云机场老油库地块从事过危险化学品（航空煤油）储存，现拟收回土地使用权，需要开展场地环境调查。

二、第一阶段调查

第一阶段调查工作开展时间为 2020 年 5 月至 2020 年 6 月期间。根据调查情况，地块此前作为航空煤油储存油库，主要使用历史分为五个阶段：农林用地初始阶段（~1965 年）、一期工程储油油库阶段（1965 年~1996 年）、二期工程储油油库阶段（1996 年~2004 年）、闲置阶段（2004 年~2016 年）、拆除后现状（2016 年~至今）。

（1）**农林用地初始阶段（~1965 年）**：目标地块在 1965 年以前主要为白云山原始山林植物生长，地块内部局部已经开垦为农田；

（2）**一期工程储油油库阶段（1965 年~1996 年）**：1965 年~1981 年作为空军部队用地，目标地块自 1965 年建设成以来，一直作为油库储存航空煤油，建有 10 个 500m³ 的立式地上覆土罐以及其地下埋深 1~2 米的地下输油管道，同时建有的配套设施或建筑有消防水池、旧消防泵房、旧装卸台、油泵房以及相关办公楼等，1981 年地块划归到民航局管辖，期间继续沿用油库原设施；

(3) **二期工程储油油库阶段（1996年~2004年）**：1996年对油库进行二期改造扩容，于1996年拆除了原立式地上覆土罐及其配套管线，改造扩容期间，对地块进行开挖、回填，不征地的原则上新建有2个20000m³的立式储罐、3个各3000m³的立式储罐油罐以及其配套的地上架空管线等，并建有防渗和围堰等措施，二期改造完成后作为航空煤油油库使用至2004年；

(4) **闲置阶段（2004年~2016年）**：2004年~2016年因旧白云机场搬迁，老油库停用并闲置，设施保留；2016年地块拆除了储罐区储罐及其配套管线、污水处理站、装卸台、油泵区、消防设施等设施，地块由土储单位收储；

(5) **拆除后现状（2016年~至今）**：2016年至今，地块闲置，作为驾校训练场、快递物流中转站等。

根据相邻地块土地利用历史沿革，目标地块周边主要以居住、白云山风景名胜区为主，无大型工业污染源，周边相邻地块污染影响主要以西北侧一些小型汽车维修厂、北面的军事储备油库。地块北边围墙外为军事储备油库，与目标地块历史上的油库相似，储存的油品均为航空煤油，其储罐为5000m³的地上罐，至今未发生过油品泄漏事故，未对目标地块产生其他可见的污染影响。

根据污染识别结果，调查地块内重点关注区域为一期工程的油罐区与其配套输油管线沿途、旧隔油池、旧油泵房、旧消防泵房，以及二期改造工程后的油罐区围堰内、输油管线及其沿途、油泵房、装卸台、总变配电房、污水处理站区域、以及地块北侧道路区域。需关注的污染物主要为航空煤油相关的污染物，包括石油烃（C₆-C₉）、石油烃（C₁₀-C₄₀）、2-甲基萘、萘、甲苯、苯、二甲苯、三甲苯、丁苯、丙苯、多环芳烃类、以及变电房带来的其他可能污染物——多氯联苯类。

三、初步采样调查

第二阶段土壤污染状况调查初步采样时间为2020年9月25日~9月29日及2020年12月3日-2020年12月6日，共布设土壤监测点位46个，采样深度为5m~14m，共采集土壤样品247组。布设土壤监测背景点位3个，其中2个为表层土壤点位、1个为深层土壤点位，共采集背景土壤样品7个。

检测项目包括pH、干物质、《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中要求的45项基本项目、三甲基苯（1,2,4-三甲基苯、1,3,5-三甲基苯）、丁苯（正丁基苯、叔丁基苯、仲丁基苯）、丙苯（正丙

苯、异丙苯）、2-甲基萘、多环芳烃类（茚、芴、蒽、蒽烯、苯并[g,h,i]花、荧蒽、菲、蒽）、石油烃（C₆-C₉）、石油烃（C₁₀-C₄₀）、多氯联苯（18项）；

地下水初步采样时间为2020年11月12日，共布设地下水监测井6口，采集地下水样品6组，检测项目包括pH、浊度、重金属6项（砷、镉、镍、铅、总汞、六价铬）、乙苯、苯乙烯、特征污染物挥发性石油烃（C₆-C₉）、可萃取性石油烃（C₁₀-C₄₀）、苯、甲苯、间,对-二甲苯、邻二甲苯、1,2,4-三甲基苯、1,3,5-三甲基苯、仲丁基苯、叔丁基苯、正丁基苯、异丙苯、正丙苯、2-甲基萘、萘、多环芳烃类（苯并(a)蒽、苯并(k)荧蒽、蒽、二苯并(a,h)蒽、茚并(1,2,3-cd)芘、芴、芘、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并(g,h,i)花、蒽稀、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽）、多氯联苯（18项）。

根据样品检测分析结果：

（一）初步调查土壤背景点1S35、1S36、1S37共7个土壤样品重金属砷均超过筛选值，检出均值为91.2mg/kg，其中最大超筛选值倍数为1.64倍。

初步调查采样的地块内土壤样品中：1S1、1S3、1S4、1S6、1S7、1S8、1S9、1S10、1S11、1S12、1S13、1S14、1S15、1S16、1S17、1S18、1S20、1S21、1S26、1S27、1S28、1S29、2S2、2S4、2S6、2S7、2S8、2S11共28个点位合计77个土壤样品中砷超过《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（GB36600-2018）第二类用地标准筛选值（60mg/kg）超筛选值倍数范围为1.03~6.25倍，超筛选值样品最大采样深度为8.0米；

（二）地块内地下水样品中：6个地下水样品检测项目仅浊度出现超《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类水质筛选值，其他指标均未超过相应的筛选值。

（三）老油库地块1S15点位表层土壤中镍和2S8表层土壤中石油烃（C₁₀-C₄₀）虽然没有超过第二类用地筛选值限值，但超过第一类用地筛选值，需要对上述点位污染范围内的土壤去向进行管控，禁止外运至第一用地区域内。

四、详细采样调查

土壤污染状况调查详细采样分为两次加密采样进行，详调第一次加密共布设土壤监测点位74个，采样深度为5.0-18.0m，采集土壤样品649组（不含平行样品），检测项目为砷、pH、干物质。实验室分析结果表明：第一次加密采样53

个监测点位 290 个土壤样品中的砷超筛选值，超筛样品数占采集总数比例为 44.68%，超筛选值倍数范围为 1.0~52.33 倍，超筛选值样品最大采样深度为 18.0m；

第二次加密采样共布设 22 个地块内土壤点位和 8 个土壤背景点：土壤背景点采集表层土壤样品，地块内采样深度为 7.0~8.0m。本次共采集土壤样品 166 组和 8 个土壤背景样品（均不含平行样品），检测项目为砷、pH、干物质。实验室分析结果表明：第二次加密采样 7 个土壤点位中采集的 38 个土壤样品砷超筛选值，超筛样品数占总数比例为 22.89%，超筛选值倍数范围为 1.07~7.43 倍，超筛选值样品最大采样深度为 8m；

本次采集的土壤背景样品中有 3 个砷超过筛选值，超筛样品占采集的土壤背景点样品总数比例为 37.5%，超筛选值倍数范围为 2.0~5.0 倍。

五、调查结论

本次土壤污染环境详细调查完成后，调查地块需根据地块未来规划开展风险评估，关注污染物为土壤中的砷。根据国家和广州市相关规定，本地块需要开展进一步的风险评估。

目录

1 项目概况	10
1.1 项目背景.....	10
1.2 工作依据.....	11
1.2.1 法律法规和政策文件.....	11
1.2.2 标准规范和技术导则.....	13
1.2.3 地块相关资料.....	14
1.3 调查目的与原则.....	15
1.3.1 调查目的.....	15
1.3.2 调查原则.....	15
1.4 调查范围.....	16
1.5 技术路线和工作程序.....	16
2 地块概况	18
2.1 地块地理位置.....	18
2.2 场地水文地质调查情况.....	18
2.2.1 区域地层特征.....	18
2.2.2 区域构造特征.....	19
2.2.3 区域水文特征.....	19
2.3 地块地质及水文地质情况.....	21
2.3.1 地块地质特征.....	21
2.3.2 地块水文地质条件.....	21
2.4 目标地块历史沿革.....	21
2.5 调查地块企业基本情况.....	22
2.5.1 一期工程时期（1965年-1996年）.....	22
2.5.2 二期工程时期（1996年-2016年）.....	22
2.6 地块土地利用现状.....	23
2.7 地块未来规划.....	23
2.8 地块周边土地使用情况.....	23
3 初步调查总结	24

3.1 第一阶段污染识别结果.....	24
3.1.1 重点区域.....	24
3.1.2 特征污染物.....	24
3.2 第二阶段调查初步调查结论.....	24
3.2.1 土壤环境调查结论.....	24
3.2.2 地下水环境调查结论.....	25
4 第二阶段调查 详细调查采样	26
4.1 采样依据、原则.....	26
4.2 第一次加密调查.....	26
4.2.1 第一次加密调查方案.....	26
4.2.2 样品的保存与流转.....	28
4.2.3 土壤基本理化性质检测.....	29
4.2.4 质量控制与质量保证.....	31
4.2.5 土壤重金属检测结果分析.....	32
4.2.6 小结.....	34
4.3 第二次加密调查.....	36
4.3.1 第二次加密调查方案.....	36
4.3.2 第二次加密调查现场工作.....	37
4.3.3 样品保存与流转.....	37
4.3.4 质量控制与管理.....	37
4.3.5 第二次加密检测分析结果.....	38
4.3.6 小结.....	38
4.4 详细调查工作小结.....	39
5 污染成因分析	40
5.1 地块土壤背景点样品检测结果分析.....	40
5.2 土壤中不同区间砷浓度检测结果分析.....	40
5.3 土壤砷超筛各点位最大值及底层超过筛选值分布情况.....	41
5.3.1 各点位砷最大值情况.....	41
5.3.2 底层超标情况及各深度层样品超筛比例情况.....	42
5.4 场地概念模型构建.....	44
5.4.1 地理位置及地块历史.....	44

5.4.2 污染源分布情况、概念模型构建及污染空间分布	45
5.5 小结	47
6 土壤超标范围	48
6.1 超标范围图	48
6.1.1 土壤砷超标范围图	48
6.1.2 土壤超标总图	50
7 结果与建议	51
7.1 调查监测情况	51
7.2 监测结果超筛选值情况	51
7.3 总结论	52
7.4 建议	52

表目录

表 1.4-1 调查地块边界主要控制点.....	错误!未定义书签。
表 2.4-1 老油库地块历史利用情况一览表.....	错误!未定义书签。
表 2.5-1 一期工程时期主要平面布局历史情况一览表.....	错误!未定义书签。
表 2.5-2 二期工程时期主要平面布局历史情况一览表.....	错误!未定义书签。
表 2.8-1 地块周边地块生产经营情况.....	错误!未定义书签。
表 3.1-1 潜在污染区域一览表.....	错误!未定义书签。
表 3.1-2 地块主要污染识别结构一览表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-1 老油库地块详细调查布点计划表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-2 老油库地块土壤样品采集信息一览表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-3 土壤检测分析方法、使用仪器及检出限.....	错误!未定义书签。
表 4.2-4 土壤样品采集信息汇总表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-5 老油库地块土壤样品采集信息一览表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-6 第一次加密土壤样品采集时效性一览表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-7 详细调查土壤样品 pH 值统计表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-8 各土层常规物理性质参数统计结果.....	错误!未定义书签。
表 4.2-9 土壤颗粒组成百分比统计结果.....	错误!未定义书签。
表 4.2-10 土壤样品质控措施实施数量和占比汇总.....	错误!未定义书签。
表 4.2-11 土壤各项质控汇总.....	错误!未定义书签。
表 4.2-12 土壤砷检测结果统计表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-13 第一次加密土壤砷检测结果分段统计表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-14 土壤样品砷超筛选值汇总表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-15 土壤样品底层超筛点位汇总表.....	错误!未定义书签。
表 4.2-16 土壤样品边界点砷超筛选值汇总表.....	错误!未定义书签。
表 4.3-1 老油库地块土壤布点计划一览表（第二次补充采样）.....	错误!未定义书签。
表 4.3-2 土壤样品采集信息汇总表.....	错误!未定义书签。
表 4.3-3 老油库地块土壤样品采集信息一览表（第二次加密调查）.....	错误!未定义书签。
表 4.3-4 详细调查采集时效性一览表.....	错误!未定义书签。
表 4.3-5 土壤样品质控措施实施数量和占比统计.....	错误!未定义书签。
表 4.3-6 土壤样品质控措施实施结果统计.....	错误!未定义书签。
表 4.3-7 土壤背景点检测结果统计表.....	错误!未定义书签。
表 4.3-8 土壤背景点检测结果统计表.....	错误!未定义书签。

表 4.3-9 土壤砷检测结果统计表.....	错误!未定义书签。
表 4.3-10 第二次加密土壤砷检测结果分段统计表.....	错误!未定义书签。
表 4.3-11 土壤样品砷超筛选值汇总表.....	错误!未定义书签。
表 5.1-1 调查地块土壤背景点砷检测结果一览表.....	错误!未定义书签。
表 5.2-1 土壤砷浓度结果统计表.....	错误!未定义书签。
表 5.3-1 各点位砷最大值统计表.....	错误!未定义书签。
表 5.3-2 各超筛点位砷最大值出现土层分布一览表.....	错误!未定义书签。
表 5.3-3 地块最底层砷超筛情况一览表.....	错误!未定义书签。
表 5.3-4 项目最底层仍超标情况汇总.....	错误!未定义书签。
表 5.3-5 各深度样品总数及对应深度超筛样品数.....	错误!未定义书签。
表 5.3-6 砷污染土层汇总表*.....	错误!未定义书签。
表 5.3-7 1X21-60 土壤砷检测数据.....	错误!未定义书签。
表 5.4-1 第一次加密调查未兜底的 19 个点位岩性统计.....	错误!未定义书签。
表 6.1-1 土壤砷 0-0.5m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-2 土壤砷 0-0.5m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-3 土壤砷 0.5m-1.0m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-4 土壤砷 0.5m-1m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-5 土壤砷 1.0m-2.0m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-6 土壤砷 1.0m-2.0m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-7 土壤砷 2.0m-3.0m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-8 土壤砷 2.0m-3.0m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-9 土壤砷 3.0m-4.0m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-10 土壤砷 3.0m-4.0m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-11 土壤砷 4.0m-5.0m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-12 土壤砷 4.0m-5.0m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-13 土壤砷 5.0m-6.0m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-14 土壤砷 5.0m-6.0m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-15 土壤砷 6.0m-7.0m 超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-16 土壤砷 6.0m-7.0m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-17 土壤砷 7.0m-8.0m 超标情况统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-18 土壤砷 7.0m-8.0m 超筛范围拐点统计表.....	错误!未定义书签。
表 6.1-19 土壤砷 8.0m 以下超筛情况统计表.....	错误!未定义书签。

表 6.1-20 土壤砷 8.0m 以下超筛范围拐点统计表..... 错误!未定义书签。

表 6.1-21 老油库地块 0-8.0m 土壤砷超筛范围 错误!未定义书签。

表 6.1-22 土壤砷 0m-18.0m 超筛情况统计表 错误!未定义书签。

表 6.1-23 土壤超筛范围分区拐点坐标及高程..... 错误!未定义书签。

表 7.1-1 调查监测信息汇总表..... 错误!未定义书签。

图目录

图 1.4-1 地块红线图	错误!未定义书签。
图 1.5-1 土壤污染状况调查技术路线图	17
图 2.1-1 项目地理位置图	错误!未定义书签。
图 2.1-2 调查地块区域位置图	错误!未定义书签。
图 2.2-1 区域水文地质图	错误!未定义书签。
图 2.2-2 构造地质图	错误!未定义书签。
图 2.2-3 区域水文地质图	错误!未定义书签。
图 2.3-1 调查地块地质剖面位置示意图	错误!未定义书签。
图 2.3-2 调查地块地质剖面图 1	错误!未定义书签。
图 2.3-3 调查地块地质剖面图 2	错误!未定义书签。
图 2.3-4 调查地块地质剖面图 3	错误!未定义书签。
图 2.3-5 调查地块地质剖面图 4	错误!未定义书签。
图 2.3-6 调查地块地质剖面图 5	错误!未定义书签。
图 2.3-7 地下水流向图	错误!未定义书签。
图 2.5-1 老油库一期工程时期平面布置图	错误!未定义书签。
图 2.5-2 一期工程管线分布图	错误!未定义书签。
图 2.5-3 老油库二期工程平面布置图	错误!未定义书签。
图 2.5-4 老油库二期工程管线分布图	错误!未定义书签。
图 2.5-5 老油库二期工程主要输油管道结构图.....	错误!未定义书签。
图 2.6-1 现场勘探照片	错误!未定义书签。
图 2.6-2 地块利用现状分区图	错误!未定义书签。
图 2.7-1 老油库地块利用规划情况	错误!未定义书签。
图 2.8-1 相邻地块现状分布图	错误!未定义书签。
图 3.1-1 老油库地块一期工程重点关注区域分布图.....	错误!未定义书签。
图 3.1-2 老油库地块二期工程重点关注区域分布图.....	错误!未定义书签。
图 3.1-3 老油库地块潜在关注区域分布汇总分布图.....	错误!未定义书签。
图 3.2-1 老油库地块初调超标点位分布图	错误!未定义书签。
图 3.2-2 老油库地块超一类筛选值管控范围图.....	错误!未定义书签。
图 4.2-1 老油库详细调查采样点位分布图	错误!未定义书签。
图 4.2-2 详细调查采样点位分布图-原储油罐围堰及两侧道路区域	错误!未定义书签。
图 4.2-3 详细调查采样点位分布图-污水处理站及两侧道路区域	错误!未定义书签。
图 4.2-4 详细调查采样点位分布图-装卸台周边绿化及总变配电房区域 ..	错误!未定义书签。

图 4.2-5 土壤样品采集过程 错误!未定义书签。

图 4.2-6 老油库详细调查土壤超筛点位分布图..... 错误!未定义书签。

图 4.2-7 详细调查土壤超筛点位分布图-储油罐及周边围堰区域 错误!未定义书签。

图 4.2-8 详细调查土壤超筛点位分布图-污水处理站及两侧道路区域 错误!未定义书签。

图 4.2-9 详细调查土壤超筛点位分布图-装卸台周边绿化及总变配电房区域错误!未定义书签。

图 4.2-10 土壤底层超筛点位部分岩芯照 错误!未定义书签。

图 4.2-11 老油库详细调查土壤底层超筛点位分布图..... 错误!未定义书签。

图 4.2-12 老油库详细调查土壤底层超筛点位分布图（与储罐位置叠图） 错误!未定义书签。

图 4.2-13 详调土壤底层超筛点位分布图-原储油罐围堰及两侧道路区域 错误!未定义书签。

图 4.2-14 详调土壤底层超筛点位分布图-污水处理站及两侧道路区域 错误!未定义书签。

图 4.2-15 详调土壤底层超筛点位分布图-装卸台周边绿化及总变配电房区域错误!未定义书签。

图 4.2-16 老油库详细调查土壤边界点位超筛分布图..... 错误!未定义书签。

图 4.2-17 详调土壤边界点位超筛分布图-原储油罐围堰及两侧道路区域 错误!未定义书签。

图 4.2-18 详调土壤边界点位超筛分布图-污水处理站及两侧道路区域 错误!未定义书签。

图 4.2-19 详调土壤边界点位超筛分布图-装卸台周边绿化及总变配电房区域错误!未定义书签。

图 4.3-1 详调第二次加密现场无法布点区域..... 错误!未定义书签。

图 4.3-2 老油库详调补充调查土壤点位分布图..... 错误!未定义书签。

图 4.3-3 详调补充调查土壤点位分布图-原储油罐围堰东北侧区域 错误!未定义书签。

图 4.3-4 详调补充调查土壤点位分布图-污水处理站及南侧道路区域 错误!未定义书签。

图 4.3-5 详调补充调查土壤点位分布图-总变配电房周边道路区域 错误!未定义书签。

图 4.3-6 详调调查土壤背景点位分布图 错误!未定义书签。

图 4.3-7 土壤样品采集过程 错误!未定义书签。

图 4.3-8 老油库详调补充调查土壤超筛点位分布图..... 错误!未定义书签。

图 4.3-9 详调补充调查土壤超筛点位分布图-原储油罐围堰东北侧区域 .. 错误!未定义书签。

图 4.3-10 详调补充调查土壤超筛点位分布图-污水处理站及南侧道路区域错误!未定义书签。

图 4.3-11 详调补充调查土壤超筛点位分布图-总变配电房周边道路区域 错误!未定义书签。

图 4.4-1 老油库地块砷超筛选值点位分布图..... 错误!未定义书签。

图 5.1-1 土壤背景点采样位置示意图 错误!未定义书签。

图 5.3-1 调查地块土壤开挖与回填区域示意图..... 错误!未定义书签。

图 5.3-2 调查地块砷超筛点位最大值分布图..... 错误!未定义书签。

图 5.3-3 调查地块砷超筛点位最大值分布图（与二期平面布置图重叠） 错误!未定义书签。

图 5.3-4 调查地块砷超筛点位最大值分布图（与 1978 年一期地形图重合）**错误!未定义书签。**

图 5.3-5 调查地块砷超筛点位最大值与土层关系分布图..... **错误!未定义书签。**

图 5.3-6 底层砷超标分布图 **错误!未定义书签。**

图 5.3-7 底层砷超标分布图（与二期平面布置图重叠） **错误!未定义书签。**

图 5.3-8 底层砷超标分布图（与 1978 年（一期）地形图重叠） **错误!未定义书签。**

图 5.3-9 地块内钻探至基岩点位分布图 **错误!未定义书签。**

图 5.3-10 采样深度大于 10m 超筛点位分布图 **错误!未定义书签。**

图 5.3-11 1X21-60 土壤岩心照片 **错误!未定义书签。**

图 5.4-1 砷污染来源图 **错误!未定义书签。**

图 5.4-2 地块内推测地表径流（小溪）大致位置..... **错误!未定义书签。**

图 6.1-1 土壤砷 0-0.5m 超筛范围图..... **错误!未定义书签。**

图 6.1-2 土壤砷 0.5m-1.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-3 土壤砷 1.0m-2.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-4 土壤砷 2.0m-3.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-5 土壤砷 3.0m-4.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-6 土壤砷 4.0m-5.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-7 土壤砷 5.0m-6.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-8 土壤砷 6.0m-7.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-9 土壤砷 7.0m-8.0m 超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-10 土壤砷 8.0m 以下超筛范围图 **错误!未定义书签。**

图 6.1-11 土壤砷超筛范围总图 **错误!未定义书签。**

1 项目概况

1.1 项目背景

旧白云机场老油库地块位于白云山西麓，1965 年建成投产使用，土地使用权人为中国航空油料集团公司，使用权面积 51277.77m²。

老油库地块一期工程（1965-1996）主要有 10 个 500m³ 地上覆土立式油罐及相应的油工艺管线、消防系统，用于白云机场航空煤油的储运工作。1996 年，老油库进行广州白云机场供油系统改造二期扩建工程。内容包括：报废白云山老储油库原有 10 个 500m³ 覆土立式油罐及相应的管线、消防设施，在不征地的原则上，新建 2 个 20000m³ 立式拱顶下锥底油罐、3 个 3000m³ 立式拱顶下锥底油罐，建相应的工艺管线、油泵房、供电、供水、固定消防及通风、防雷、自动化仪表控制等设备设施和相配套的土建设施。2004 年，旧白云机场搬迁，同年，老油库因业务转移原因，油罐、管线及相关配套设备设施停用闲置。2016 年 5 月，老油库的油罐及管线拆除。

根据《中国航空油料集团公司关于无偿划转广州土地使用权等资产的批复》（中国航油发[2016]40 号），中国航空油料集团公司于 2016 年 1 月 25 日将广州市白云区新广从路中国航空油料中南公司白云山新储油库 2 号（以下简称“老油库地块”）资产无偿划转给中国航油集团南方置业有限公司使用及开发。中国航油集团南方置业有限公司和华南蓝天航空油料有限公司均为中国航空油料集团公司下属公司。

2016 年 5 月，中国航油集团南方置业有限公司和广州市土地开发中心签订了《收回国有土地使用权补偿协议（三旧改造方式）》（穗土合字[2016]0061 号），广州市土地开发中心对老油库地块进行收储征收，未来规划为社会停车场用地（S42）。

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）、《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）、《广东省土壤污染防治行动计划实施方案》（粤府〔2016〕145 号）、《广东省环境保护厅关

于印发广东省土壤环境保护和综合治理方案的通知》（粤环〔2014〕22号）和《广州市土壤环境保护和综合治理方案》（穗环〔2014〕28号）、《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31号）、《广东省土壤污染防治2020年工作方案》、《广州市生态环境局关于支持企业复工复产强化土壤污染状况调查报告评审服务的通知》等相关文件规定与要求，从事过有色金属矿采选、有色金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革、医药制造、铅酸蓄电池制造、废旧电子拆解、危险废物处理处置和危险化学品生产、储存、使用等行业生产经营活动，以及从事过火力发电、燃气生产和供应、垃圾填埋场、垃圾焚烧厂和污泥处理处置等活动的用地，拟收回、已收回土地使用权的，以及用途拟变更为商业用地的地块，必须开展环境和风险评估工作。因此，本地块拟收回前需要开展土壤污染状况环境调查和风险评估，确定地块的污染状况，减少土地再开发利用过程中可能带来的环境问题，确保人体安全。

广东贝源检测技术股份有限公司（以下简称“我公司”）受中国航油集团南方置业有限公司委托，对旧白云机场老油库地块开展地块土壤污染状况调查工作，对地块土壤与地下水进行采样检测，以确定地块污染的状况，为地块环境管理和下一步工作提供依据。

在初步调查结果基础上，我公司于2020年11月-2021年3月进一步对老油库超过筛选值区域进行详细调查，并在详细调查结果的基础上，编写《中国航油集团南方置业有限公司旧白云机场老油库地块土壤污染状况详细调查报告》。

1.2 工作依据

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月施行）；
2. 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月施行）；
3. 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月修订）；
4. 《中华人民共和国土地管理法》（2020年1月施行）；
5. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年4月修订，自2020年9月1日起施行）；
6. 《中华人民共和国土壤污染防治法》（自2019年1月1日起实施）；
7. 《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31号）；

8. 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）（2017 年修订）；
9. 《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）；
10. 《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）；
11. 《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）；
12. 《关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》（国办发〔2013〕7 号）；
13. 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（2016 年环保部令第 42 号）；
14. 《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）
15. 《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（原国家环保总局环办〔2004〕47 号）；
16. 《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）；
17. 《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）；
18. 《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）；
19. 《广东省生态环境厅关于印发广东省 2019 年土壤污染防治工作方案的通知》（粤环发〔2019〕4 号）；
20. 《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）；
21. 《广东省地下水功能区划》（广东省水利厅，2009 年 8 月）；
22. 《广东省环境保护规划纲要（2006-2020 年）》（粤府〔2006〕35 号）；
23. 《广东省土壤污染防治 2020 年工作方案》；
24. 《广东省环境保护厅关于印发广东省土壤环境保护和综合治理方案的通知》（粤环〔2014〕22 号）；
25. 《广东省固体废物污染环境防治条例》（2018 年 11 月修正）；
26. 《广东省饮用水源水质保护条例》（粤水规〔2007〕13 号，2018 年修正）；
27. 《广州市土壤环境保护和综合治理方案》（穗环〔2014〕128 号）；

28. 《广州市人民政府关于印发广州市土壤污染防治行动计划工作方案的通知》（穗府〔2017〕13号）；
29. 《广州市环境保护局关于印发广州市土壤污染治理与修复规划（2017-2020）的通知》（穗环〔2017〕187号）；
30. 《广州市环境保护局办公室关于加强污染地块治理修复工程验收监测工作的通知》（穗环办〔2015〕193号）；
31. 《广州市环境保护局办公室关于印发广州市工业企业地块环境调查、治理修复及效果评估技术要点的通知》（穗环办〔2018〕173号）；
32. 《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）；
33. 《广州市环境保护局关于印发广州市土壤污染防治2018年工作方案的的通知》穗环〔2018〕181号；
34. 《广州市生态环境局关于印发广州市农用地转为建设用地土壤污染状况调查工作技术指引（试行）的通知》（穗环〔2019〕130号）。

1.2.2 标准规范和技术导则

1. 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）；
2. 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）；
3. 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）；
4. 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）；
5. 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682-2019）；
6. 《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）；
7. 《建设用地土壤污染防治 第1部分：污染状况调查技术规范》（DB4401T 102.1-2020）；
8. 《建设用地土壤污染防治 第3部分：土壤重金属监测质量保证与质量控制技术规范》（DB4401T 102.3-2020）；
9. 《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》（DB4401T 102.4-2020）；
10. 《地下水环境状况调查评价工作指南》（生态环境部，2019年9月）；

11. 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004);
12. 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2020);
13. 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017);
14. 《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006);
15. 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环境保护部公告 2017 年第 72 号);
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(试行)》(粤环办〔2020〕67号);
17. 《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);
18. 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(2014年12月);
19. 《地下水污染健康风险评估工作指南》(2019年9月);
20. 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009年版);
21. 《土工试验方法标准》(GB/T50123-2019);
22. 《土的工程分类标准》(GBT50145-2007);
23. 《水位观测标准》(GB/T50138-2010);
24. 《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011)。

1.2.3 地块相关资料

1. 《中国航油集团南方置业有限公司旧白云机场老油库地块土壤污染状况初步调查报告》(送审稿);
2. 《白云机场老油库改建工程岩土工程勘察报告》(1993年);
3. 《广州白云机场供油技改工程依据性文件》;
4. 《关于白云机场供油系统扩改工程项目的请示》(穗管局计[1991]020号);
5. 《关于广州白云机场储油库增容工程可行性研究报告的批复》(中航油发[1992]73号);
6. 《关于上报广州白云机场供油系统改造工程初步设计及预算的报告》(中航油[1993]72号);
7. 《关于民航广州白云机场供油系统改造一期工程可行性研究报告的批复》(国经贸[1993]304号);

8. 《白云机场供油系统改扩建工程环境影响报告书》；
9. 《划转至中国航油南方置业有限公司资产清单》；
10. 《白云机场供油系统、业务油库的改扩建项目申报报告表》；
11. 《白云机场供油系统改扩建工程业务油库污水处理站竣工资料》；
12. 《广州市国土资源和规划委员会关于中国航空油料集团公司土地收储方案的请示》（穗国土规划报[2016]98号）；
13. 《收回国有土地使用权补偿协议（三旧改造方式）》（穗土合字[2016]0061号）。

1.3 调查目的与原则

1.3.1 调查目的

为避免目标地块内可能存在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，在地块土壤污染初步调查的基础上，进一步开展土壤污染详细调查。以确定调查地块土壤的污染程度和范围，为下一步的土壤污染状况风险评估或为后续地块开发利用决策提供依据。

1.3.2 调查原则

本次调查遵循以下原则实施：

（1）针对性原则

针对地块的特征和潜在污染物特性，进行污染物浓度和空间分布调查，为地块的环境管理提供依据。

（2）规范性原则

采用程序化和系统化的方式规范地块环境调查过程，保证调查过程的科学性和客观性。

（3）可操作性原则

鉴于地块用地规划为二类用地，未来将作为社会停车场用地（S42）使用，对地块内及周边活动人员身体健康影响较小，综合考虑调查方法、时间和经费等因素，结合当前科技发展和专业技术水平，调查过程需切实可行。

1.4 调查范围

本次调查范围为中国航油集团南方置业有限公司旧白云机场老油库地块，使用权面积 51277.77m²。地块中心经纬度坐标：北纬（N）23.171715°，东经（E）113.271842°。地块边界主要控制点坐标见错误!未找到引用源。。目标地块红线范围见错误!未找到引用源。。

1.5 技术路线和工作程序

本次工作主要根据生态环境部《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）和《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》（2014年），结合国内主要污染地块调查相关经验和地块的实际情况，开展地块土壤污染状况详细调查工作，确定地块污染程度和范围，技术路线见图 1.5-1。

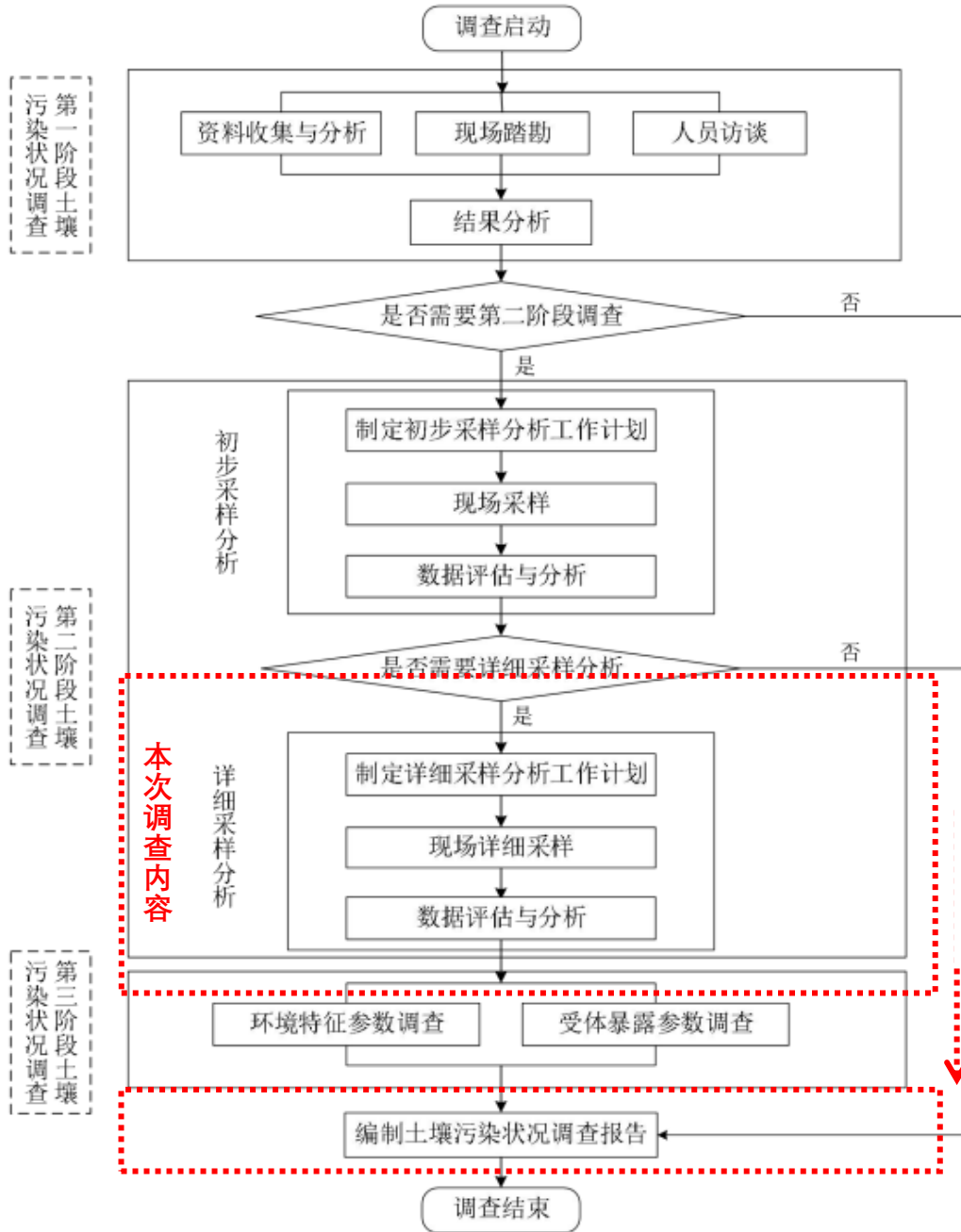


图 1.5-1 土壤污染状况调查技术路线图

2 地块概况

2.1 地块地理位置

老油库地块位于广州市白云区大金钟路白云山西麓，地块使用权面积 51277.77m²。老油库地块此前是旧白云机场的油库，自从 2004 年白云机场搬迁后一直闲置停用，油库南面和东面均为白云山风景区；北面为军事油库；西面为白云大道。地块中心位置地理坐标：北纬（N）23° 10′ 18″，东经（E）113° 16′ 18″。项目地理位置如错误!未找到引用源。所示。

2.2 场地水文地质调查情况

2.2.1 区域地层特征

白云区位于粤中低山与珠江三角洲平原的过渡地带，白云区地势北部与东北部高，西部和南部低。白云区的地质发展和地貌变化深受褶皱和深大断裂的控制，主要断裂带有两条，广从断裂带和瘦狗岭断裂带，前者是北东向断裂带，后者是东西方向的深断裂带。大致以广从断裂带和瘦狗岭断裂带为界，广从断裂带以东，瘦狗岭断裂带以北，是白云山——萝岗低山丘陵地区，中有山间冲积平原点缀，如南岗河冲积而成的萝岗洞，金坑河冲积而成的穗丰、兴丰两个小盆地，良田坑冲积而成的白米洞，凤尾坑冲积而成的九佛洞等。广从断裂以西，主要是流溪河冲积平原和珠江三角洲平原。北部及东北部以低山为主，谷深，坡陡，基岩是坚硬的、块状的变质岩和花岗岩。

在低山的边缘地带，如新广从公路东侧、旧广从公路大源以南两侧，展布着一系列丘陵，其基岩是抗风化力较弱的中粗粒花岗岩，故山顶浑圆，山坡平缓。

在丘陵区的南部边缘，沿瘦狗岭断裂走向是一片带状的台地，区境内西起王圣堂，依次是走马岗、桂花岗，接天河区境的横枝岗、瘦狗岭、下元岗，一直延伸到区境萝岗的火村、刘村。白云山西麓，是丘陵与山前平原相接地带，并展布着一系列北东向的山前洼地和台地，与冲积平原相间，组成了流溪河波状平原。

白云区内山脉属九连山余脉，从东北向南及向西南延伸，形成区境东北和东部大片丘陵山地，其中帽峰山主峰莲花峰每拔 534.9 米，是全区最高峰，山上遍

植松、杉、竹和杂树，树木郁葱，植被茂密。此外，全区有多座海拔 300 米以上的山岭，如白云山主峰摩星岭海拔 372.3 米，杨大岭海拔 349 米，武台山海拔 336 米，寻岭海拔 313.3 米，葫芦山海拔 331 米，洞旗峰海拔 314 米。

白云区的地质状况，主要包括地层、岩浆岩，变质岩、地质构造变等 4 个方面。白云区出露的地层比较齐全，从晚古生界的震旦系至新生界的第四系，除寒武系、奥陶系与志留系缺失外，其余均有出露，主要包括元古界的震旦系、古生界的泥盆系、石炭系二迭系，中生界的三迭系、侏罗系、白垩系，新生界的第三系和第四系。白云区的侵入岩主要是燕山期形成的，最主要的侵入岩体有萝岗岩体和九佛岩体。萝岗岩体是在燕山第二期（中侏罗世）侵入，以中酸性侵入岩的二长花岗岩为主，中粒颗粒。而九佛岩体这是在燕山第三期（晚侏罗世）侵入的，以酸性侵入岩的黑云母花岗岩为主白云区出露的变质岩主要有混合岩和混合花岗岩。前者是以全麻状混合岩为主，而后者主要是片麻状混合花网石。

调查地块处于白云山西麓，覆盖层为第四系人工填土层（Qml）、冲洪积土层（Qal+pl）、坡残积土层（Qdl+el），下伏基岩为侏罗系下统金鸡组（J1j）石英砂岩、细砂岩夹泥质粉砂岩、泥岩、炭质泥岩、页岩（详见区域水文地质图）。

广州断裂沿白云大道附近通过，走向为 NE—SW。

2.2.2 区域构造特征

老油库地块背靠白云山，位于白云山西南角山脚处。其西侧与南侧发育两处深大断裂，一条为北东向广州—从化断裂，一条为东西向三元里—瘦狗岭断裂。

2.2.3 区域水文特征

白云区所处区域局部水系发育，境内河流属珠江水系。因受地势影响，河流多从东北流向西南。从东流向西或从北流向南，分别流入珠江、白坭河、流溪河，也有少量经天河区流入东江。根据区域水文资料，珠江径流年内分配不均匀，汛期为 4~9 月，流量占全年径流量的 80%~85%，最大月径流量一般出现在 5 月份成 6 月份。珠江广州河道为感潮河流，潮汐类型为不规则半日潮，每日基本上有二涨二落，往复流十分明显，当天潮差一般为 1.20~2.50m。历年最高潮位 7.62m，百年一遇潮位 7.79m。最低潮位 3.64m，多年平均潮位 7.02m（1950-1990 年），年平均潮差 1.50m，广州河道除遇较大洪水外，基本受潮流控制，即使在汛期，潮流影响仍很显著。

白云区拥有较丰富的地下水,包括浅层地下水、深层地下水与温泉、矿泉水,按赋存方式分为第四系土层孔隙水,碳酸盐岩类裂隙岩溶水。其中第四系海陆交互沉积砂层、冲积-洪积砂层为主要含水层,主要为潜水,局部为承压水。第四系空隙潜水主要赋存在第四系砂层中,其补给主要靠大气降水和珠江水,砂层水排泄主要表现为大气蒸发及珠江退潮时向江河排泄。基岩裂隙水发育与强风化~中等风化带中,主要由远处侧向补给以及在基岩裂隙水水位下降时由第四系砂层越流补给,石灰岩岩溶裂隙水主要靠第四系孔隙水的越流补给和大气降水补给,排泄主要是地下径流的方式排入临近的沟谷、河流和湖泊。

多年平均地下水平面为-2.55m。深层地下水多蕴藏于深层喀斯特地层。地下水水位的变化与地下水的赋存、补给及排泄关系密切,受季节和江河潮汐的影响明显,每年5~10月为雨季,大气降雨充沛,水位明显上升,而在冬季因降水减少,地下水位随之下降,水位年变化幅度位 2.5~3.0m。区域水文地质图见**错误!未找到引用源。**。

2.3 地块地质及水文地质情况

2.3.1 地块地质特征

本次调查地块位于白云山西麓的山沟中，两侧高，中间低，属于残丘地貌特征，所在区域土壤主要为赤红壤，由砂页岩发育而成。

根据调查地块的初步调查、详细调查采样的钻孔揭露岩心情况以及调查地块《中航油料公司 广州公司老油库改建工程地质勘察报告》（1993 年、省化工设计院）分析，对地块内岩土发育特征进行了概述，地块内岩土发育特征如下，详调地质剖面图见下错误!未找到引用源。至错误!未找到引用源。：

- 1、填土层（ Q^{ml} ）
- 2、冲洪积层（ Q^{al+pl} ）
- 3、残坡积层（ Q^{el+dl} ）
- 4、基岩-侏罗系下统金鸡组（ J_{1j} ）

2.3.2 地块水文地质条件

调查地块地下水类型为两类，上部第四系松散岩类孔隙水，下部为侏罗系层状基岩裂隙水。

本地块内土层岩性复杂，松散岩类孔隙水主要赋存于第四系冲洪积（ Q^{al+pl} ）沉积层的中细砂、粗砂及砾砂层中，上部为潜水，下部为承压水，水量贫乏。

地块下伏层状基岩裂隙水主要赋存于强风化岩、中风化岩裂隙中，为脉状承压水，水量贫乏。

本次地下水采集工作共在地块内设置 6 口监测井。根据调查期间监测地下水水位情况可知，该地块所在区域地下水流向为东流向西，调查期间地下水流向示意图见错误!未找到引用源。。

2.4 目标地块历史沿革

老油库地块位于广州市白云区大金钟路白云山西麓，地块中心位置地理坐标：北纬（N） $23^{\circ}10'18''$ ，东经（E） $113^{\circ}16'18''$ 。该地块南面和东面均为白云山风景区，北接军事油库地块，西临白云山大道、住宅区以及临街商铺。根据地块调查

情况，本地块主要使用历史分为五个阶段：农林用地初始阶段（~1965年）、一期工程油库阶段（1965年~1996年）、二期工程油库阶段（1996年~2004年）、闲置阶段（2004年~2016年）、拆除后现状（2016年~至今）。

综上所述，广州市白云区旧白云机场老油库地块自1965年建成投产以来至2016年拆除，一直用于白云机场航空煤油的储运工作、不涉及油品生产及制造。

2.5 调查地块企业基本情况

老油库地块位于广州市白云区大金钟路白云山西麓，航空煤油油库于1965年建成投产使用，于2016年拆除。主要用于广州旧白云机场航空煤油的储运工作，不涉及油品生产及制造。老油库地块的平面布置历史沿革情况较复杂，按历史时期可分为一期工程时期和二期改造工程时期，具体如下。

2.5.1 一期工程时期（1965年-1996年）

根据收集到的资料和访谈资料，老油库地块1965年建成投产使用，调查地块不涉及油品生产及制造，仅作为油品储存，无生产工艺。一期工程平面布局包括油罐区、辅助生产区、办公楼等配套设施，使用占地面积为51277.77m²。重点关注的油罐区内有主要由10个500m³地上覆土立式油罐及相应的油工艺管线等组成。原建筑使用情况见错误!未找到引用源。，平面布置见错误!未找到引用源。。

根据对中航油集团公司的人员访谈情况，老油库地块一期工程建有10个500m³立式地上覆土储罐及其配套输油管道路线。地块内管线依次连接山上各立式覆土油罐以及旧油泵房；该时期地块仅有一条简单的排水渠，排水沟渠底板埋深约为0.5米，油罐区上的含油污水通过隔油池处理后排放，地块一期工程管线分布情况见错误!未找到引用源。。

2.5.2 二期工程时期（1996年-2016年）

1996年旧白云机场老油库在原有基础上进行了扩容，油库扩建不涉及油品生产及制造，仍仅作为油品储存，不涉及生产工艺变更。根据中国航油集团南方置业有限公司提供《广州白云机场供油技改工程依据性文件》、《关于白云机场供油系统扩改工程项目的请示》、《白云机场供油系统改扩工程环境影响报告书》、《关于广州白云机场储油库增容工程可行性研究报告的批复》、《白云机场供油

系统、业务油库的改扩建项目申报报告表》、《关于上报广州白云机场供油系统改造工程初步设计及预算的报告》等资料、人员访谈及历史卫星图等资料，二期工程主要包括：

(1) 拆除储罐区原有 10 个 500m³ 覆土立式油罐及相应的输油管线等，新增 2 个 20000m³ 立式拱顶下锥底油罐、3 个 3000m³ 立式拱顶下锥底油罐、配套新建输油管线等。

(2) 拆除了原有办公楼和值班室建筑改建为绿化用地和道路，同时保留了原有装卸台进行改造后继续使用，新建了油泵房以及相应的配套设施；

(3) 二期工程还新建污水处理站、过滤器房、消防水池和泵房等配套设施；此外在油库东南侧入库大门前新建业务用房以及总变配电房。

2004 年，旧白云机场搬迁，老油库因业务转移，地块内油罐、管线及相关配套设施停用闲置，2016 年拆除地块内的油管、管线及配套设施。原建筑使用情况见错误!未找到引用源。，平面布置见错误!未找到引用源。，调查地块管线分布见错误!未找到引用源。至错误!未找到引用源。。

2.6 地块土地利用现状

我公司项目组于 2020 年 5 月至 2020 年 6 月期间对调查地块内的建筑、地面、管线以及周边环境进行了多次现场踏勘，调查地块现场踏勘照片见错误!未找到引用源。，利用现状分区图见错误!未找到引用源。。

2.7 地块未来规划

根据调查地块现行用地规划，老油库规划为社会停车场用地（S42），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）中第二类用地，见错误!未找到引用源。。

2.8 地块周边土地使用情况

老油库地块三面环山，周边土地利用情况除白云山风景名胜保护区之外，有住宅用地、商业用地以及军事用地等，地块北侧为军事油库用地（军事禁区）；西侧为白云大道南、大金钟路、汽修店以及居民区，居民区如万科峰境、天健云山府、盈翠华庭和景泰社区等；东侧、南侧为白云山风景区。

相邻地块土地使用情况详细见错误!未找到引用源。，分布图见错误!未找到引用源。。

3 初步调查总结

3.1 第一阶段污染识别结果

项目组于 2020 年 5 月开始通过资料收集与分析、现场踏勘和人员访谈等方式，对调查地块及其周边进行了详细分析和污染识别。

3.1.1 重点区域

根据调查地块的土地利用历史、平面布置、生产工艺、原辅材料、产排污情况、储罐以及管道的分布情况等分析。

根据调查地块的土地利用情况、产排污情况及管道分布情况，老油库地块关注的重点区域为改扩建前后的储罐区、油泵房、输油管线、装卸台、地块北侧（军事油库侧）、消防泵房、二期的污水处理站、二期的配电房、污油罐和过滤器房（见错误!未找到引用源。）。调查地块重点区域如错误!未找到引用源。、错误!未找到引用源。所示。

3.1.2 特征污染物

本地块识别出的潜在特征污染物为石油烃（C₆-C₉）、石油烃（C₁₀-C₄₀）、2-甲基萘、萘、甲苯、苯、二甲苯、三甲苯、丁苯、丙苯、多环芳烃、多氯联苯等。本次识别将各污染物类的主要单一污染物或异构体均补充作为潜在的特征污染物进行调查，如多氯联苯类（18 项）、多环芳烃类（荧蒽、芘、菲、芴、芘、芘烯和蒽等）、三甲苯的两种异构体（1,3,5-三甲基苯、1,2,4-三甲基苯）、丙苯的两种异构体（正丙苯、异丙苯）、丁基苯（正丁基苯、仲丁基苯、叔丁基苯）等，详见错误!未找到引用源。：

3.2 第二阶段调查初步调查结论

3.2.1 土壤环境调查结论

初步调查阶段共布设 46 个土壤监测点位，共采集 247 个土壤样品（不含平行），同时地块外采集 3 个土壤背景点，共采集 7 个土壤样品（不含平行）。通

过初步调查结果分析，仅土壤砷超过了第二类用地筛选值（60mg/kg），详细结论如下：

①本次调查共采集 3 个土壤背景背景点，共 7 个土壤对照样品，土壤背景点样品砷检出均超过第二类用地土壤风险筛选值，表明调查地块外未受人为扰动的土壤重金属砷存在超筛选值现象，与白云区主要自然土壤亚热带赤红壤特性相近，土壤砷的背景值较高；

②地块内一期工程时期有一条山沟小溪，该区域内有未超筛点位 1S19、1S22、1S23、1S25 位于地块西部区域（原山沟沟谷）、点位 1S2、1S5、2S3、2S5、2S10、2S12 位于地块东部区域（原山沟沟谷），其采集的土壤样品均未超筛选值，土壤特性多为冲洪积土（ Q^{al+pl} ），多含河流冲击沉积物沉积；

③地块内土壤砷超过 GB36600 第二类用地标准筛选值，超筛点位共 28 个，超筛点位主要集中在地块原山沟两侧山体边坡区域或填土层较厚的中间区域（原山沟沟谷）；

④老油库地块有 77 个土壤样品砷超过了《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）第二类用地筛选值 60mg/kg 限值；

⑤老油库地块土壤点位 1S15 表层土壤镍和 2S8 表层土壤石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）均超过 GB36600 第一类用地筛选值；但未超第二类用地筛选值情况。因调查地块未来规划为第二类用地 S42，土壤镍和石油烃（ $C_{10}-C_{40}$ ）无需进入详细调查，但在调查地块后续修复和建筑施工过程中，需对上述点位污染区域土壤去向进行相应管控，避免外运到第一类用地区域，污染其他区域土壤。

3.2.2 地下水环境调查结论

老油库地块布设地下水监测井 6 口，采集地下水样品 6 组，地下水检测时间为 11 月 12 日。根据初步采样检测结果分析，除浊度外，其他指标检出结果均未超《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中 III 类水质标准限值。无需进行调查地块地下水污染状况详细调查与风险评估工作。

4 第二阶段调查 详细调查采样

4.1 采样依据、原则

根据国家《建设用地土壤污染防治 污染状况调查技术规范》(DB4401/T102.1-2020)、《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ25.1-2019)、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ25.2-2019)、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)、《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》(DB4401T 102.3-2020)、《工业企业地块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(试行)》及《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估文件技术要点》(穗环办〔2018〕173号)的有关要求,以及结合调查地块初步调查结果分析对地块超标区域进行加密布点。

本阶段应根据本项目初步采样分析所揭示的污染物分布规律来确定采样点位。在初步调查已基本识别清楚各调查片区污染源、污染边界以及污染状况的基础上,详细调查阶段采用系统布点法重点在对初调超过筛选值的点位进行加密布点。超筛选值区域每个土壤采样单元面积不大于 400m^2 ;对于超筛选值的孤立点位,还应进一步加密至超筛选值点位的10m范围内。

根据相关要求,原则上,去除表层的非土壤硬化层后,表层土壤样品采集0.5m内的,0.5m~6m之间土壤采样间隔为1m,6m以下的土壤采样间隔不大于2m。

4.2 第一次加密调查

4.2.1 第一次加密调查方案

4.2.1.1 布点方案及采样深度

本次详细调查第一次加密布点以初调超筛选值点位为中心,超筛选值区域范围内按照 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 网格范围进行加密布点,以满足每个土壤采样单样面积不超过 400m^2 ;孤立点位1S29周围四个方向先按 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 网格布点后,在继续加

密至 10m×10m 布点，以满足孤立点位加密布点要求（1S29 北侧为军事禁区围墙以及建筑，不能拆除，无法进行加密布点），第一次加密调查共布设 74 个土壤监测点位（编号为 1X）。具体监测点位信息见**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**，点位分布图见**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

本次详细调查点位最终的钻探深度将结合初步调查揭示的污染物超筛选值最大深度和现场快筛结果确定。本次加密采样深度为 4m~18m，其中，表层土壤 0.5m 以内采样一个土壤样品，0.5m~6m 范围内的土壤采样间隔为 1m，6m 以下土壤采样间隔为 2m。

4.2.1.2 检测项目与方法

根据初步调查报告，本地块内土壤超筛选值的污染物主要为砷，因此选取砷作为本次详细调查采样主要监测项目以进一步确定其污染程度和污染边界，分析砷超筛成因。本次详细调查还检测基本理化性质指标 pH、干物质。

本项目地块调查的现场采样和分析检测工作由广东贝源检测技术股份有限公司进行，使用的分析方法为国家标准所用的分析测试方法，具体检测方法及对应的方法检出限如下**错误!未找到引用源。**所列。

4.2.1.3 样品采集

本次土壤详调调查钻探工作由普罗（广州）勘察服务有限公司负责，钻探采用了 XY-100 型钻机，采用冲击方式进行钻探，钻孔直径为 110mm。在完成钻探取样孔之后，对所有钻探设备进行清洗以防止交叉污染。

土壤采样及检测工作由广东贝源检测技术股份有限公司承担，根据《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》（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文件技术要点》（2018 年）、《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）以及相关方法标准、技术规范和采样方案的要求，对该项目进行土壤样品采集。

详细调查土壤样品采集信息汇总表见**错误!未找到引用源。**，具体的样品采样信息见**错误!未找到引用源。**，现场采集工作见下**错误!未找到引用源。**，详细调查土壤样品采集记录表、土壤钻孔柱状图和岩芯照另见附册。

样品运输时使用装有蓝冰的保温箱或车载冰箱保证样品低温（4℃以下）暗处冷藏。

4.2.2 样品的保存与流转

土壤样品采集完成后，在样品瓶上标明编号等采样信息，并做好现场记录。样品采集后立即放入装有冰袋的保温箱中，保证保温箱内样品的温度 4℃左右，并及时将保温箱中的样品转移至现场工作室冰箱内。即日由专人将土壤样品使用

放有蓝冰的低温保温箱送至实验室进行分析,并确保保温箱能满足对样品低温保存的要求,且严防样品混淆和玷污。到达实验室后,送样者和接样者双方同时清点样品与样品登记表、样品标签和采样记录单进行核对,核对无误后,在样品交接单上签字确认。交接完成后,将样品分类整理后放入冷藏柜中等待分析。

土壤样品保持参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)相关规定进行,详细见下**错误!未找到引用源。**。

4.2.3 土壤基本理化性质检测

4.2.3.1 土壤酸碱度分析

检测结果表明,详细调查土壤样品中 pH 值和干物质指标均存在一定的差异性。干物质在 58.1%~98.1%之间;pH 值在 4.32~10.97 之间,按照 $\text{pH}<4.5$ 、 $4.5\leq\text{pH}<5.5$ 、 $5.5\leq\text{pH}<6.5$ 、 $6.5\leq\text{pH}<7.5$ 、 $7.5\leq\text{pH}<8.5$ 、 $\text{pH}\geq 8.5$ 将土壤酸碱度分为强酸性、酸性、微酸性、中性、碱性、强碱性 6 个级别,土壤样品中多为微酸性、弱碱性或强碱性,其中土壤样品为微酸性的占比 26.96%、弱碱性土壤样品占比 19.75%、强碱性土壤样品占比 26.04%,详细见下**错误!未找到引用源。**。

4.2.3.2 土工试验结果

为获取调查地块的地块土壤特征参数,以模拟污染物在环境介质中的迁移过程,在开展详细调查的过程中,同时在重点关注区域采集不同代表位置点位不同深度层次的原状土土壤样品进行土工样品测试,获取典型地层的相关土工参数,如渗透系数、密度、饱和度、含水率、土壤容重、孔隙比、孔隙率、土壤粒径分布、塑限、塑性指数、液性指数等物理参数。土工参数测定方法依据《土工试验方法标准》(GB/T50123-2019)中的相关规定进行,参考《岩土工程勘察规范》(GB50021-2009)采集土工样品。

本次土工试验根据详细调查土壤岩芯情况,选取点位 1X9-23、1X15-41 和 1X16-43 共 3 个作为土工试验点位,共采集土工样品 11 个。采样土工样土层类型主要包括冲洪积层(Q^{al+pl})和残坡积层(Q^{el+dl})样品,并送往专业土工实验检测中心——国土资源部放射性矿产资源监督检测中心(广东省矿产应用研究所),进行土壤指标分析测试,具体报告见附件。

(1) 常规物理性质参数

本次项目调查土工样品的物理性质常规指标，主要包括：有机质、天然含水率、湿密度、干密度、土粒比重、饱和度、孔隙比、孔隙率、液限、塑限、塑性指数、液性指数、压缩系数、压缩模量、颗粒粒径组成百分比、渗透系数等。各主要土层的常规物理性质参数统计结果见**错误!未找到引用源。**。

(2) 土壤颗粒组成百分比各土层土壤颗粒组成百分比见下**错误!未找到引用源。**，主要组成为中细砂粒。

4.2.4 质量控制与质量保证

4.2.4.1 现场采样质量控制与质量保证

现场样品采集方式方法严格按照各技术标准规范执行，参考《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/T102.3-2020）等。

现场采样记录也是质量控制/质量保证的一个重要的组成部分。采样时详细填写现场观察的记录单，如采样点周边环境、采样时间与采样人员、样品名称和标签编号、采样时间、采样位置、样品采集过程、采样深度、样品质地、样品颜色和气味、现场检测结果、样品的保存方法、采样人员、土壤分层情况、土壤质地、颜色、气味、密度、硬度与可塑性等。另外，采样点的任何调整和采样的异常情况都应详细记录。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。

现场质量控制主要采用现场平行样作为土壤样品的质控手段。

到达实验室后，送样人员和接样人员双方同时清理样品，及时将样品逐件与样品登记表、样品标签和采样记录进行核对，并在样品交接单上签字确认，样品交接单由双方各存一份备案。核对无误后，将样品分类、整理和包装后按要求放于冷藏柜中储藏、备测。

（1）装运前核对：在采样现场样品必须逐件与样品登记表、样品标签和采样记录进行核对，核对无误后分类装箱。

（2）运输中防损：运输过程中严防样品的损失、混淆和污染。对光敏感样品应有避光外包装。有机样品以冰箱4℃以下保存送至实验室。

（3）样品交接：由专人将土壤样品送到实验室，送样者和接样者双方同时清点核实样品，并在样品交接单上签字确认，样品交接单由双方各存一份备查。

4.2.4.2 实验室质量控制与质量保证

当方法标准、技术规范中明确了各质控措施实施要求时，应按其要求实施质控措施。当方法标准、技术规范中未明确各质控措施实施要求时，参考以下要求实施。

- (1) 每 20 个样品做 1 次室内空白试验。
- (2) 连续进样分析时，每分析 20 个样品测定一次校准曲线中间浓度点，确认分析仪器校准曲线是否发生显著变化。
- (3) 每个检测指标（除挥发性有机物外）均做平行双样分析。在每批次分析样品中，随机抽取 5% 的样品进行平行双样分析；当批次样品数 ≤ 20 时，随机抽取 2 个样品进行平行双样分析。
- (4) 当可获得与被测土壤样品基体相同或类似的有证标准物质时，在每批次样品分析时同步均匀插入有证标准物质样品进行分析。每批样品插入 5% 的有证标准物质样品，当批次样品数 ≤ 20 时，插入 2 个有证标准物质样品。
- (5) 当没有合适的土壤基体有证标准物质时，通过基体加标回收率试验对准确度进行控制。每批次样品中，随机抽取 5% 的样品进行加标回收率试验；当批次样品数 ≤ 20 时，随机抽取 2 个样品进行加标回收率试验。
- (6) 当方法标准要求进行有机污染物样品的替代物加标回收率试验时，应严格按照方法标准的要求实施。

4.2.4.3 第一次土壤加密检测质量控制结果分析

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》（HJ25.2-2019）相关规定，土壤现场采集平行土壤样品、全程序空白、运输空白，实验室分析主要采取实验室空白样、实验室平行样、加标回收等质控措施进行质量控制。

详调第一次采样土壤样品质控均符合相关技术规范要求。详调第一次采样土壤样品质控措施实施情况及结果汇总见下**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

4.2.5 土壤重金属检测结果分析

4.2.5.1 第一次加密调查采样检测结果概况

本次详细调查主要针对调查地块初步调查中超第二类用地筛选值指标重金属砷进行检测分析，对初步调查砷超标点位进行砷加密布点监测，第一次加密共布设 74 个土壤监测点位，采集 649 个样品，其中有 26 个下层风干样。砷得检测

结果统计表见**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**，检测结果见附件 4，按照《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（GB36600-2018）第二类用地标准筛选值进行评价，结果表明：

砷的检出率为 100%，平均值为 97.24mg/kg，其中共 290 个样品超筛选值 60mg/kg，超筛率为 44.68%，最大超筛倍数为 52.33，超筛深度为 0~18m。

地块内超筛选值土壤样品详细见下**错误!未找到引用源。**，其中底层土壤砷依然超过第二类用地筛选值的点位加粗阴影表示。超筛点位分布情况见**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

4.2.5.2 第一次加密调查兜底结果

在第一次加密调查中，部分点位钻至强风化砂岩或炭质泥岩。

根据第一次加密调查采样检测结果概况可知，调查地块内详调超筛点位仍存在底层超筛，未实现对土壤污染区域垂向上兜底的要求，第一次加密调查中底层超筛的部分点位岩芯照见**错误!未找到引用源。**。上述点位最底层采样深度在 8.0~18.0m 之间，检测结果见下**错误!未找到引用源。**，点位分布详见**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

第一次加密调查中底层超筛的 19 个点位中有 12 个点位已钻至强风化砂岩或炭质泥岩。上述点位已经按照相关的技术规范要求钻至风化层无需继续钻进，可终孔。

此外，1X18-53 是本次钻探深度最大的点位，其最大采样深度为 16.0-18.0m，土层岩性依次往下为填土-粉质粘土-砂质粘土-强风化砂岩，每种岩性土壤均出现砷超筛情况，钻探至基岩仍出现土壤砷超第二类用地筛选值；地块内历史上未从事过与砷相关的生产经营活动，现有钻孔在钻探至 18m 处仍存在砷超过筛选值的情况，可初步判定砷超筛选值为非人为因素导致的背景值偏高，可能与区域地质情况相关（具体描述见第五章）。

根据以往经验，由人为因素引起的污染分布情况与污染源分布会存在显著相关性，但如见**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**所示，调查地块内底层超筛点位主要集中在地块的南北两侧靠近山体区域，从位置上看与地块原一期二期的油罐布置无明显重合。这部分底层超筛点位底层土壤岩性基本为粉质粘土、

砂质粘土、淤泥质粉沙、强风化砂岩，均为原状土。可进一步判定砷超筛选值为非人为因素导致，可能与区域地质情况相关（具体描述见第五章）。且目标地块用地规划为第二类用地 S42，地块内历史上未从事过与砷相关的生产经营活动，无砷污染途径和污染源（地块仅作为油库贮存），因此本次调查对其余未钻至风化层且未兜底点位不再补充调查兜底。

综上，本次详细调查中，调查地块内 53 个土壤超筛点位中有 19 个土壤点位未完成兜底，其中 12 个点位已钻至强风化砂岩或炭质泥岩。上述点位已经按照相关的技术规范要求钻至风化层无需继续钻进，可终孔。因砷超筛主要为区域地质情况导致土壤中砷背景含量较高，且地块，因此本次调查对其余未钻至风化层且未兜底点位不再补充调查兜底。

4.2.5.3 第一次加密调查兜边结果

根据第一次加密调查采样检测结果概况可知，调查地块内详调超筛点位存在污染边界超筛，未实现对土壤污染区域水平上兜边的要求，详细调查中边界超筛的点位详见表 4.4.1，分布情况见**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

调查地块内的 30 个边界点位土壤样品仍存在重金属砷超第二类用地筛选值现象。其中点位 1X3-7、1X3-8、1X7-19、1X9-23、1X10-24、1X10-25、1X12-32、1X12-33、1X13-34、1X14-37、1X15-38、1X16-44、1X16-45、1X18-52、1X18-53、1X21-61 和 1X28-72 均位于地块最边缘靠近红线区域，在山坡边缘建有挡土墙，由于地块自身原因，不具备继续加密采样条件，无法继续加密布点，故上述点位均以地块红线划分作为污染区域边界；点位 1X28-69 西北面为固定式充电桩和换电站，地下铺设 10 万伏高压电缆，无法进行加密布点，在确定该区域污染范围时，以最靠近该点位的清洁点位作为其污染边界。

综上，调查地块内 53 个土壤超筛点位中有 12 个土壤点位 1X1-1、1X4-9、1X4-10、1X17-46、1X20-54、1X20-56、1X21-58、1X21-60、1X26-64、1X26-65 和 1X28-71 周边具有继续加密采样条件，故需进行详调补充调查进行 20m×20m 加密布点采样，确定该区域的污染边界。

4.2.6 小结

根据本次详细调查采集的土壤样品检测结果，可知调查地块内的 53 个土壤点位中采集的 290 个土壤样品砷超第二类用地筛选值 60mg/kg，超筛倍数在 1.0~52.33 范围，最大超筛深度为 18.0m（该点位 1X18-53 没有兜底）。部分点位最底层土壤样品仍存在超筛值情况，超筛点位中半数以上是作为边界点位，存在无法确定污染边界的情况，详细情况如下。

（1）兜底情况

本次详细调查中，调查地块内 53 个土壤超筛点位中有 19 个土壤点位未完成兜底，其中，12 个点位已钻至强风化砂岩或炭质泥岩。上述点位已经按照相关的技术规范要求钻至风化层无需继续钻进，可终孔。因砷超筛主要为区域地质情况导致土壤中砷背景含量较高，因此本次调查对其余未钻至风化层且未兜底点位不再补充调查兜底。

（2）兜边情况

调查地块内 53 个土壤超筛点位中有 12 个土壤点位 1X1-1、1X4-9、1X4-10、1X17-46、1X20-54、1X20-56、1X21-58、1X21-60、1X26-64、1X26-65 和 1X28-71 周边具有继续加密采样条件，故需进行详调补充调查进行 20m×20m 加密布点采样，确定该区域的污染边界。

此外，在获取初步调查补充调查结果后，我公司在第二次加密调查中对初步调查补充调查结果超过筛选值得点位进行加密采样。

综上，本次详细调查后，需对超筛点位 1X1-1、1X4-9、1X4-10、1X17-46、1X20-54、1X20-56、1X21-58、1X21-60、1X26-64、1X26-65、1X28-70 和 1X28-71 共 12 个点位四周 20m×20m 范围内进行详细补充调查，同时考虑初调点位 2S8 的砷污染兜边情况，以保证确定地块砷污染范围边界。

4.3 第二次加密调查

4.3.1 第二次加密调查方案

(1) 布点方案及采样深度

第二次加密布点应结合调查地块详细调查第一次加密监测结果分析,对地块未实现污染兜边的区域进行详细补充调查第二次加密布点。

第二次加密布点共增加布设 22 个点位(编号 2X)。与此同时本次还设置 8 个土壤背景点,调查区域砷本底值情况用来验证初调砷超筛成因分析。故第二次共增加布设 30 个砷土壤监测点位(8 个土壤背景点位),第二次加密调查监测点位信息见**错误!未找到引用源。**,布点情况见下**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

因目标地块用地规划为第二类用地 S42,且地块内历史上未从事过砷相关的生产经营活动,无砷污染途径和污染源(地块仅作为油库贮存),目标地块砷超过筛选值为地质等非人为因素导致,同时地块未来规划中不涉及地下水的开发利用,故第二次加密调查钻探深度设置为 8m,实际具体钻探深度根据地块现场实际情况为准。结合第一次加密调查,第二次加密调查深度足以判断地块砷污染情况,且已包括后续开发中可能扰动或对人体健康危害的土层,无需调查至无超标深度或基岩。本次详细调查补充采样的土壤样品按照详细调查采样方式进行采集,表层土壤 0.5m 以内采样一个土壤样品,0.5m~6m 范围内的土壤采样间隔为 1m,6m 以下土壤采样间隔为 2m,且均采集混合样。

(2) 检测项目与方法

根据详细调查检测结果,选取砷作为本次详细调查补充采样主要监测项目以进一步确定其污染边界。除了砷,本次详细补充调查还需检测 pH 和干物质。检测方法与详细调查第一次采样保持一致。

4.3.2 第二次加密调查现场工作

本次土壤详调补充调查土壤样品采集方法与详细调查第一次加密调查采样过程一致。钻探工作由普罗(广州)勘察服务有限公司负责,土壤样品的采集与检测工作由广东贝源检测技术股份有限公司承担。根据《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》(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文件技术要点》(2018年)、《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)等相关方法标准、技术规范的要求进行土壤样品采集。

具体的样品采样信息见**错误!未找到引用源。**,现场采集工作见下**错误!未找到引用源。**,详细调查土壤样品采集记录表、土壤钻孔柱状图和岩芯照另见附册。

4.3.3 样品保存与流转

详调补充采样采集的土壤样品保存、流转与详调第一次采样保持一致。土壤样品保持参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)相关规定进行,详细见下**错误!未找到引用源。**。

4.3.4 质量控制与管理

4.3.4.1 现场采样质量控制与质量保证

详调第二次采样调查的现场采样质量控制与质量保证方案与详细调查第一次采样保持一致,详见第四章“4.2.4.1 质量控制与质量保证”。

所有土壤样品及其记录单等均及时移交实验室进行处理分析。

4.3.4.2 实验室质量控制与保证

详调第二次采样调查的实验室控制和质量保证与第一次采样一直，详见第四章“4.2.4.2 实验室控制和质量保证”。

4.3.4.3 第二次土壤加密检测质量控制结果分析

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》（HJ25.2-2019）相关规定，土壤现场采集平行土壤样品、全程序空白、运输空白，实验室分析主要采取实验室空白样、实验室平行样、加标回收等质控措施进行质量控制。

土壤各项质控手段的质控结果均为合格。

4.3.5 第二次加密检测分析结果

本次详调第二次加密调查设置了 8 个土壤背景点，采集了 8 个表层土壤样品，有 3 个土壤背景点样品超第二类筛选值。结果统计表见**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**，详调补充调查背景点采样分析详见“5.1 地块土壤背景点样品检测结果分析”。

第二次加密调查根据第一次加密检测结果和初步调查补充调查结果进行第二次加密监测，在地块内共布设了 22 个土壤点位（不含 8 个土壤对照监测点位），共采集了 166 个土壤样品（不含平行样），由其检测结果分析可知共 38 个样品超筛选值，超筛率为 22.89%，最大超筛倍数为 7.43，超筛深度为 0-8.0m。

结果统计表见**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**，检测结果见附件 4，按照土壤风险评价筛选值进行评价。地块内超筛选值土壤样品详细见下**错误!未找到引用源。**，超筛选值点位分布见**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

4.3.6 小结

根据第二次加密调查采集的土壤样品检测结果，可知调查地块内的 7 个土壤点位中采集的 38 个土壤样品砷超第二类用地筛选值 60mg/kg，超筛倍数在 1.08~7.43 范围，最大超筛深度为 8.0m。部分点位最底层土壤样品仍存在超筛选

值情况，详调补充点位基本实现将详细调查中边界超筛点位进行兜边，确定最终的地块污染区域边界，本次详调补充调查后，已确定地块砷污染范围边界。

4.4 详细调查工作小结

本项目详细调查阶段共进行了两次加密采样，合计布设了 96 个土壤详调点位和 8 个土壤背景点位，共采集了 815 个土壤样品（不含平行样）和 8 个土壤背景点样品（不含平行样）。详细情况如下。

本次详调设置的 8 个土壤背景点，有 3 个土壤背景点表层样品超第二类筛选值，其中土壤砷最大超筛倍数为 5 倍。

详调阶段中，共有 60 个土壤点位采集的 328 个土壤样品砷超第二类用地筛选值 60mg/kg，超筛倍数在 1.0~52.33 范围，超筛深度在 0~18.0m 范围之间。部分超筛点位钻探至基岩仍出现土壤砷超筛选值，主要集中在调查地块的南北两侧靠近山体区域，从位置上看与地块原一期二期的油罐布置无明显重合。调查地块历史上未进行过与砷有关的生产经营活动，没有砷污染途径和污染源，地块出现了砷超过第二类用地筛选值的情况，为非人为的地质因素造成的土壤砷普遍超筛。在地块规划为二类用地的前提下，根据该区域的钻孔岩芯照以及地质分析，现有调查深度足以判断地块内污染情况。同时详细调查钻探深度为 5.0~18.0m（均已出现原土）已满足广州市《建设用地土壤污染防治 第 1 部分：污染状况调查技术规范》（DB4401T 102.1-2020）要求的重点行业用地采样深度在 5.0-8.0m 范围要求，无需继续向下钻探进行兜底。

本次详调已实现对调查地块土壤砷污染范围边界的确定。从详调点位位置上看，地块南北两侧超筛点位已无法继续加密布点，故结合地块红线范围与地块土壤调查清洁点位划分本地块内污染区域的污染边界。

5 污染成因分析

5.1 地块土壤背景点样品检测结果分析

初步调查中，项目组在地块周边 500m 内的山体设置了 3 个土壤背景点，2 个表层样品，1 个坡面样品，合计采集了 7 个土壤背景样品。

为更清楚了解地块所在区域砷土壤背景值，验证初步调查砷超标原因，在详调第二次土壤加密检测中，在地块周边山体 120m 内增设 8 个土壤背景点，采集表层土壤样品。

初步调查和详细调查中，采集土壤背景样品检测结果统计表具体见**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**。背景点样品共计 10 个样品检测值超过二类用地的土壤筛选值，超标率为 66.67%，最大超标倍数为 5 倍。

5.2 土壤中不同区间砷浓度检测结果分析

初步调查和详细调查阶段地块内合计采集了 1062 个土壤样品，其中初步调查采集了 247 个土壤样品，详细调查采集了 815 个土壤样品。

检测结果统计见**错误!未找到引用源。**，由表可知，土壤砷检测浓度主要集中在 0~60mg/kg，有 657 个土壤样品，未超过第二类用地筛选值，占总数的 61.86%。其中详调中有 487 个土壤样品未超过第二类用地筛选值，占详调采样总数的 59.75%；砷检测浓度在 60~120mg/kg 的有 194 个土壤样品，占总数的 18.27%。其中详调中有 154 个土壤样品，占详调采样总数的 18.90%；砷检测浓度在 120~180mg/kg 的有 103 个土壤样品，占总数的 9.70%。其中详调中有土壤样品个数为 87 个，占详调采样总数的 10.67%；砷检测浓度在 180~300mg/kg 的有 75 个土壤样品。其中详调中有土壤样品个数为 61 个，占详调采样总数的 7.49%；砷检测浓度大于 300mg/kg 的土壤样品个数有 33 个，仅占总数的 3.10%。

综上，初步调查和详细调查在地块内合计采集了 1062 个土壤样品，有 405 个土壤样品土壤砷超第二类用地筛选值（60mg/kg），超筛率为 38.14%。

5.3 土壤砷超筛各点位最大值及底层超过筛选值分布情况

5.3.1 各点位砷最大值情况

为便于分析砷超筛情况，项目组对各超筛点位中砷的最大浓度进行了统计，统计结果见**错误!未找到引用源。**、分布情况见**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**。

根据以往经验，由人为因素引起的污染分布情况与污染源分布会存在明显关联。而老油库地块内土壤砷超过筛选值（60mg/kg）的点位分布广泛，大面积出现在地块，地块内土壤砷超筛选值点位分布与老油库地块建筑布局、一期和二期储罐及输油管线位置、构筑物等位置分布无明显直接关系。回顾第一阶段污染物识别明确的特征污染物，砷并非地块的识别出的特征污染物。地块历史上一直作为航空煤油储存油库，不涉及油品生产及制造等其他相关活动。从航空煤油成分以及其防静电添加剂成分上来看，均不涉及砷及其化合物。因此，综上推断地块内土壤砷超筛并非由于油库贮存造成的。

为了进一步探究地块土壤砷污染原因，我们对超筛点位砷最大值所在土层的土壤岩性进行了统计（见**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**）。超筛点位土壤砷最大浓度最常出现在粉质粘土中，出现频率为 51.14%；其次为杂填土，出现频率约为 29.55%；其余出现在砂质粘土、淤泥质粘土、强风化砂岩和素填土的频率分别为 14.77%、3.41%、1.14%和 5.68%。总体而言，出现在原状土（非填土）中的频率约为 69.32%。超筛点位土壤砷最大浓度土层分布情况见**错误!未找到引用源。**。

根据人员访谈以及地块一期工程时期 1978 年地形图资料，1978 年地块红线南北两侧仍为山体结构，老油库地块红线范围内的未平整的山体结构高程在 30.2~43.1，地块中间峡谷整体高程为 21.5~37.1m，而现在地块两侧削平，整体地势形成三个地势不同的台阶，高程依次约为 16.9~20、23.5~25.3、29.8~30.4。根据地块历史沿革，地块填土（Q^m）均来源于地块内山沟两侧边坡开挖土壤和原有地块内挖方土，即地块内填土均来自地块内的挖土，见**错误!未找到引用源。**。

地块内超筛点位土壤砷最大浓度在砂质粘土层，涉及点位为 1X21-60，最大浓度为 3.14×10^3 mg/kg，该点位从表层土（0-0.5m）至强风化砂岩全部超标，最大超标位置落在砂质粘土层。该点位位于地块两侧（原为山体）。

此外，当地块内超筛点位土壤砷最大浓度出现在填土层（ Q^{ml} ）时，对应的超标点位主要分布地块中间区域（原山沟沟谷）和地块两侧区域（原山沟两侧边坡），且两者区域内超筛点位土壤砷最大浓度无明显差别；超筛点位土壤砷最大浓度在坡残积土（ Q^{dl+el} ）主要分布在地块两侧区域（原山沟两侧边坡）和地块中间区域（原山沟沟谷）。从超筛点位土壤砷最大浓度在垂向方向上来看，地块中间区域（原山沟沟谷）坡残积土（ Q^{dl+el} ）一般位于冲洪积土层（ Q^{al+pl} ）之下，且砷最大浓度深度相对两侧区域（原山沟两侧边坡）深度较大。

从超筛点位土壤砷最大浓度在水平上来看，两者区域内超筛点位土壤砷最大浓度有明显差别，两侧区域（原山沟两侧边坡）砷最大浓度普遍比中间区域（原山沟沟谷）砷最大浓度要大得多。进一步论证地块内的土壤砷超筛选值与地块地层分布因素有着较明显关系。

综上，可以认为，地块内砷超筛选值是由于地块区域地质因素造成的。

5.3.2 底层超标情况及各深度层样品超筛比例情况

（1）底层超标情况

初步调查和详细调查实验室检测结果显示部分点位最底层砷仍超过第二类用地筛选值，具体统计情况见下**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**、分布情况见**错误!未找到引用源。**至**错误!未找到引用源。**。

本次土壤污染状况调查钻探最深处可达 18m，仅详调中部分点位钻探至基岩，地块内基岩为侏罗系下统金鸡组（ J_{1j} ），13 个点位钻至强风化砂岩或炭质泥岩，钻探深度在 8~18m；本次土壤调查，所有点位底层仍然超过筛选值的底层土壤岩性主要有粉质粘土、砂质粘土、强风化砂岩、风化层，整体分布集中在调查地块的南北两侧靠近山体区域（原山沟两侧边坡），底层超标点位位置与原一期二期的油罐布置并无明显重合之处。

为了进一步探究污染成因，项目组将底层仍然超标的点位与 1978 年的地形图重叠（见**错误!未找到引用源。**），这些底层超标的点位多数为地块原山沟两侧山体区域的点位，与一期储罐等构筑物分布无明显相关性。

根据地块初步调查砷超筛成因分析，基本确定地块砷超筛的原因为地质等非人为因素造成的砷背景含量较高，调查地块历史上未进行过与砷有关的生产经营活动，没有砷污染途径和污染源，在地块规划为二类用地的前提下，现有调查深

度足以判断地块内污染情况，且已包括后续开发中可能扰动或对人体健康危害的土层，故在本次详细调查阶段对钻孔最底层仍超筛的点位或未钻至风化层且未兜底的点位无需继续钻探至无超标深度。地块内钻探至基岩点位分布见**错误!未找到引用源。**。

(2) 各深度层样品超筛比例

本地块土壤调查钻探深度最深为 18m，根据初调和详调分析结果，各深度样品总数及超筛样品数统计见**错误!未找到引用源。**。整个调查地块内，采样深度 0~18m 的样品土壤砷均有超筛选值情况，且存在采样深度越大，土壤砷超筛占比越大的情况。采样深度在 1~10m 范围内的，超筛样品占相应采样深度样品总数基本在 36.21%左右；采样深度在 10~18m 范围内的，超筛样品占到该采样深度样品总数 74.07%，根据其在地块内的分布情况（见下**错误!未找到引用源。**），明显分布于地块两侧区域（原地块山沟边坡），基本上与底层超筛点位相一致。

由此，可进一步认为地块内砷超筛选值是由于地块区域地质等自然因素造成的。

(3) 各土层类型超筛情况

根据地块初步调查和详细调查采样结果以及土壤岩芯情况，对地块内超筛选值样的土层类型与其砷超筛选值成因进行分析，可知地块内填土（ Q^{ml} ）、坡残积土（ Q^{dl+el} ）采集的样品超标比例大，且相较于冲洪积土（ Q^{al+pl} ）采集的样品砷浓度高。

由**错误!未找到引用源。**可知，砷超标的土壤岩心主要分为填土（ Q^{ml} ）、冲洪积层（ Q^{al+pl} ）、残坡积层（ Q^{el+dl} ）、基岩-侏罗系下统金鸡组（ J_{1j} ），其中以杂填土、粉质粘土和砂质粘土和强风化土为主。岩性为粉砂、细砂等砂土的样品砷超筛频率仅为 2.94%，可能是因为此类土层渗透系数较大，含水率较高，沉积及累积性差，不易于污染物吸附和累积。而岩性表现为粉质粘土、强风化砂岩超标频率超过 50%，分别为 57.87%和 86.67%，表明地块原土超标频率较高，地块内砷超标可能与区域地质情况存在相关性。

从地块内土壤性质上分析，土壤砷超筛点位主要集中地块原山沟两侧山体以及原沟谷区域。地块中间区域（原山沟沟谷），填土层普遍较厚，且填土（ Q^{ml} ）采集的土壤样品砷浓度普遍较高。根据地块历史沿革，地块位于白云山西麓的山沟中，地块原山沟经回填平整后形成现状三个阶梯平台，沟谷区域填土（ Q^{ml} ）

均来自地块内山沟两侧边坡开挖土壤和原有地块内挖方土，因此地块中间区域以及东部区域回填土厚度较大，见**错误!未找到引用源。**。下层为冲洪积土（ Q^{al+pl} ），该层土壤砷浓度普遍不超筛选值；地块两侧（原山沟两侧边坡），其填土层厚度相对中间沟谷填土层厚度较小，下层土多为坡残积土（ Q^{dl+el} ），该区域超筛点位土壤砷填土（ Q^{ml} ）及坡残积土（ Q^{dl+el} ）普遍存在超筛情况。

地块所在区域土壤类型主要为赤红壤，砷本底值普遍偏高。根据地块初调和详调中揭露的原土层，土壤质地多为粉质粘土，其下多为粘化紧实的实心土层，土壤质地粘重，粘粒聚集作用明显，土壤颗粒吸收性较强，地块内原土层土壤砷富集，导致土壤砷普遍超筛选值。可推断调查地块内砷超筛选值（60mg/kg）与地质因素造成的砷本底值高有关。

土壤砷超过筛选值倍数最大的点位为 1X21-60，其岩心图见**错误!未找到引用源。**，该点位从表层土填土（ Q^{ml} ）至强风化砂岩基岩，土壤砷检测结果都超过了第二类筛选值。该点位 3m 后为原土，该点位检测结果进一步说明了砷检测值较高可能与区域地质背景情况有关。

综上所述，根据目标地块强风化砂岩砷超标情况，进一步说明调查地块内砷超筛应该是由区域地质等非人为因素造成的。

5.4 场地概念模型构建

5.4.1 地理位置及地块历史

1、地理位置

项目所在地位于广州市白云区新广从路白云山脚（白云大道边），地块使用权面积 51277.77m²。地块中心位置地理坐标：北纬（N）23°10'18"，东经（E）113°16'18"。

2、地块历史

征地前：根据访谈和历史地形图判断，整个地块在 1965 年前为农林用地。1965 年，老油库建成投产使用，一期工程主要 10 个有 500m³ 地上覆土立式油罐及相应的油工艺管线、消防系统。1996 年，白云山老油库进行广州白云机场供油系统改造二期扩建工程。内容包括：报废白云山老储油库原有 10 个 500m³ 覆土立式油罐及相应的管线、消防设施，在不征地的原则上，新建 2 个 20000m³ 立式

拱顶下锥底油罐、3个3000m³立式拱顶下锥底油罐，并新建相应的工艺管线、油泵房、供电、供水、固定消防及通风、防雷、自动化仪表控制等设备设施和配套的土建设施。

2004年，旧白云机场被迫搬迁，老油库因业务转移原因，油罐、管线及相关配套设备设施已停用闲置多年。

5.4.2 污染源分布情况、概念模型构建及污染空间分布

(1) 初步调查和详细调查超标情况

根据初步调查和详细调查采样检测结果，地块内土壤砷超过二类用地筛选值。

(2) 土壤砷污染来源

老油库地块位于白云山西侧的一条山沟中，两边高，中间低，属于残丘地貌，1996年，在进行二期建设过程中，通过削平老油库地块南北两侧的山体结构，对地块整体进行重新布局和规划，经开挖和平整，改变了其原有地形地貌，形成了现有的台阶式的地形地貌。

根据地块的工程勘察报告 and 实际进场揭露情况，地块内土层的相变大，厚薄不一，因为地处山沟位置，出现在同一深度内往往见到不同的土类型，或者同一状态同一土类型分布在不同的标高位置。基岩为侏罗纪下统金鸡组底层，实际进场土壤揭露基岩主要见有强风化砂岩（多为灰黄色），致密，细粒砂质结构，岩心内发育较多裂隙；根据地块的工程勘察报告，其可见基岩类型为细粒石英砂岩（红褐色）及粗粒石英砂岩（灰色、灰白）、局部见炭质页岩，地块内存在不同风化程度的基岩：强风化岩及中风化岩。

调查地块所在区域白云山麓有着较丰富的有色金属矿产，而砷在自然界中主要以硫化物的形式存在，砷的主要矿物有硫砷铁矿、辉砷钴矿、臭葱石、红砷镍矿、雄黄和雌黄等。

根据区域地层特征和区域结构特征分析，项目地块北侧白云山脉为燕山期岩浆岩，白云山脉西侧地层为侏罗系下统金鸡组砂岩、侏罗纪砂岩、泥页岩，该地区曾经是地壳活动相对活跃的地带，地块西侧白云大道附近为另一条断裂带。项目所在区域内存在2条断裂带。上述地质构造条件，有利于该区域形成岩浆热液型的有色金属矿床，同时伴生了富含高砷化合物，导致地块所在区域砷的本底值普遍较高。

(3) 地块内砷污染空间分布

从地块的勘探的现场土壤岩性和《中航油料公司 广州公司老油库改建工程地质勘察报告》(1993 年、省化工设计院) 报告, 调查地块位于白云山西侧的一条山沟上, 地块内曾发育有一条小溪。因地块曾为军事禁区, 未能收集到更多相关的地形图资料和卫星图资料, 我们结合地块内地层情况, 绘制了小溪的大概可能走向和相关的范围, 见**错误!未找到引用源。**。

溪流在发育和存续过程中, 土壤更倾向于发育成冲洪积土层 (Q^{al+pl}), 而白云山上土壤则更倾向于发育成残积层 (Q^{dl+el})。

为进一步明确地块内砷污染的空间分布, 项目组对各超筛点位中砷进行的分段浓度和最大浓度统计, 统计结果见**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**、分布情况见**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**、**错误!未找到引用源。**。

根据以往经验, 由人为因素引起的污染分布情况与污染源分布会存在明显关联 (水平和垂向)。

从平面方向上分析, 如**错误!未找到引用源。**所示, 老油库地块内土壤砷超过筛选值 (60mg/kg) 的点位分布广泛, 大面积出现在地块, 地块内土壤砷超筛选值点位分布与老油库地块建筑布局、一期和二期储罐及输油管线位置、构筑物等位置分布无明显直接关系。地块历史上一直作为航空煤油储存油库, 不涉及油品生产及制造等其他相关活动。

为了更好的了解地块砷污染空间分布, 我们对超筛点位砷最大值所在土层的土壤岩性进行了统计 (见**错误!未找到引用源。**和**错误!未找到引用源。**)。超筛点位土壤砷最大浓度最常出现在粉质粘土中, 出现频率为 51.14%; 其次为杂填土, 出现频率约为 29.55%; 其余出现在砂质粘土、淤泥质粘土、强风化砂岩和素填土的频率分别为 14.77%、3.41%、1.14%和 5.68%。总体而言, 出现在原状土 (非填土) 中的频率约为 69.32%。超筛点位土壤砷最大浓度土层分布情况见**错误!未找到引用源。**。简而言之, 土壤砷污染程度与土壤岩性呈现出一定的相关性, 即在淤泥质土或细砂、粉砂等冲洪积土层 (Q^{al+pl}) 土壤砷更不容易表现出超过筛选值的特征, 而在杂填土、砂质粘土、粉质粘土和强风化基岩等坡残积土 (Q^{dl+el}) 中更容易表现出超过筛选值的特征。

此外，从超筛点位土壤砷最大浓度在水平上来看（如**错误!未找到引用源。**所示），在原发育过溪流区域（山沟山谷处）内超筛点位土壤砷最大浓度普遍小于两侧区域（原山沟两侧边坡）砷最大浓度。

为了解垂向上的分布情况，我们回顾 4.2.5.2 小结中关于第一次加密兜底结果，第一次加密调查中底层超筛的点位包括共 19 个，上述点位最底层采样深度在 8.0~18.0m 之间，其中 12 个点位已钻至强风化砂岩或炭质泥岩，最底层土壤样品砷仍超过第二类用地筛选值。这 12 个点位已经按照相关的技术规范要求钻至风化层无需继续钻进，可终孔。如**错误!未找到引用源。**所示，12 个点钻到风化岩的土壤普遍分布于地块原山沟两侧边坡。实际上，在第一次加密调查中未实现兜底的 19 个点位均出现在原山沟两侧边坡。

为了进一步分析砷污染空间分布，我们将第一次加密未实现兜底的 19 个点位土壤岩性进行了统计，结果如下**错误!未找到引用源。**所示。这 19 个未实现兜底的点位岩性没有表现为淤泥质土和细砂、粉砂等冲洪积土层（ Q^{al+pl} ）土壤。即，在第一次加密调查中，但凡出现淤泥质土或细砂、粉砂等冲洪积土层（ Q^{al+pl} ）土壤的点位均可实现兜底。如前所述，溪流在发育和存续过程中，土壤更倾向于发育成冲洪积土层（ Q^{al+pl} ），而白云山上土壤则更倾向于发育成残积层（ Q^{dl+el} ）。我们可以认为，在第一次加密调查中，地块内曾经发育过溪流的位置，更倾向于在冲洪积土层（ Q^{al+pl} ）中可能实现土壤砷的兜底，而在地块内原山沟两侧的边坡处，因地质成因缘故，更难实现兜底，表现为在第一次加密调查中 12 个钻至风化岩的点位极易出现从表层到下层均出现土壤砷超过筛选值。

5.5 小结

调查地块历史上未进行过与砷有关的生产经营活动，经污染物识别砷并不是地块特征污染物，没有砷污染途径和污染源，在地块规划为二类用地的前提下，现有调查深度足以判断地块内污染情况。地块出现了砷超过第二类用地筛选值的情况，根据初步调查和详细调查，分别从区域地质特征、土壤背景点砷背景值、地块内土壤砷水平分布和垂向分布、底层超筛点位分布、土壤砷超筛点位最大浓度分布情况、地块内土壤砷超筛土层特征情况以及底层超筛与基岩揭露情况多方面分析，可得出调查地块土壤砷超第二类用地筛选值成因是由于区域地层地质因素造成。

6 土壤超标范围

6.1 超标范围图

超标范围图划定说明：广州市白云区旧白云机场老油库地块自 1965 年建成投产以来至 2016 年拆除，一直用于白云机场航空煤油的储运工作，不涉及油品生产及制造。地块规划为第二类用地（社会停车场用地 S42），地块内砷并不是特征污染物，同时也不存在砷污染途径和污染源（地块仅作为油库贮存）。地块所在区域土壤类型为赤红壤，土壤砷本底值普遍较高，明确地块为地层地质等非人为因素造成砷超第二类用地筛选值。

本地块土壤污染状况调查包括初步调查和详细调查，钻探深度为 5.0~18.0m，其中初调钻探深度为 5.0~14.0m，详细调查钻探深度为 5.0~18.0m，均满足广州市《建设用地土壤污染防治 第 1 部分：污染状况调查技术规范》（DB4401T 102.1-2020）要求的重点行业用地采样深度在 5.0-8.0m 范围。地块内土壤砷超筛是由于区域地质等非人为因素造成的，而本项目现有调查深度足以充分判断污染情况，且已包括后续开发中可能扰动或对人体健康危害的土层，保守考虑采用广州市地标要求最深深度 8m 作为终孔要求，无需调查至无超标深度或基岩。

因此，本项目在分层划定土壤砷超标范围时，只划定 8m 以内的砷超标详细范围。其中，8m 内底部仍然超过筛选值的孔位，在划定砷超筛范围时，按照点位底部深度至最大钻孔深度 8m 均为超筛选值情况考虑。

6.1.1 土壤砷超标范围图

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（试行）（征求意见稿）》的要求，本地块土壤砷污染范围的确定采用无污染点位连线法，估测出污染物的超标范围，如果污染范围在边界附近，且边界无控制点，则以垂直于边界进行范围确定。

根据各超筛选值点位污染深度的不同，将调查地块土壤污染范围共分十层，分别是第一层（0-0.5m）、第二层（0.5-1.0m）、第三层（1.0-2.0m）、第四层（2.0-3.0m）、第五层（3.0-4.0m）、第六层（4.0-5.0m）、第七层（5.0-6.0m）、第八

层（6.0-7.0m）、第九层（7.0-8.0m）以及第十层（8.0m 以下），本次主要划定 0-8.0m 的污染范围情况。

（1）第一层（0-0.5m）土壤砷超筛选值情况

调查地块内第一层 0-0.5m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见**错误!未找到引用源。**。超筛统计表见**错误!未找到引用源。**，超筛范围拐点坐标见**错误!未找到引用源。**。

（2）第二层（0.5-1.0m）土壤砷超筛选值情况

调查地块内第二层 0.5-1.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见**错误!未找到引用源。**。超筛统计表见**错误!未找到引用源。**，超筛范围拐点坐标见**错误!未找到引用源。**。

（3）第三层（1.0-2.0m）土壤砷超筛选值情况

调查地块内第三层 1.0-2.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见**错误!未找到引用源。**。超筛统计表见**错误!未找到引用源。**，超筛范围拐点坐标见**错误!未找到引用源。**。

（4）第四层（2.0-3.0m）土壤超筛情况

调查地块内第四层 2.0-3.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见**错误!未找到引用源。**。超筛统计表见**错误!未找到引用源。**，超筛范围拐点坐标见**错误!未找到引用源。**。

（5）第五层（3.0-4.0m）土壤超筛情况

调查地块内第五层 3.0-4.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见**错误!未找到引用源。**。超筛统计表见**错误!未找到引用源。**，超筛范围拐点坐标见**错误!未找到引用源。**。

（6）第六层（4.0-5.0m）土壤超筛情况

调查地块内第六层 4.0-5.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见**错误!未找到引用源。**。超筛统计表见**错误!未找到引用源。**，超筛范围拐点坐标见**错误!未找到引用源。**。

（7）第七层（5.0-6.0m）土壤超筛情况

调查地块内第七层 5.0-6.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见**错误!未找到引用源。**。超筛统计表见**错误!未找到引用源。**，超筛范围拐点坐标见**错误!未找到引用源。**。

（八）第八层（6.0-7.0m）土壤超筛情况

调查地块内第八层 6.0-7.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见错误!未找到引用源。。超筛统计表见错误!未找到引用源。，超筛范围拐点坐标见错误!未找到引用源。。

（九）第九层（7.0-8.0m）土壤超筛情况

调查地块内第九层 7.0-8.0m 土壤砷超第二类用地筛选值范围见错误!未找到引用源。。超筛范围拐点坐标见错误!未找到引用源。，超筛范围图见错误!未找到引用源。。

（十）8.0m 以下土壤超筛情况

调查地块内 8.0m 以下土壤砷超筛范围统计表见错误!未找到引用源。。超筛范围拐点坐标见错误!未找到引用源。，超筛范围图见错误!未找到引用源。。

6.1.2 土壤超标总图

为了进一步明确地块内污染程度，本次调查根据清洁点连线的方式以及各区域超标因子、超标深度、地层情况的不同，绘制出土壤砷超筛范围总图，老油库地块内各土壤分层超筛面积见错误!未找到引用源。。

地块整体区域划分情况具体如下：超筛范围拐点坐标见错误!未找到引用源。，地块整体的超标区域分布图见错误!未找到引用源。。

Q1：本区域位于原装卸台北侧，现为物流中转仓库附近，靠近调查地块北侧军事油库。该区域超标点位仅有一个初调点位：1S29；超标因子为重金属砷，整体超标深度范围为 7.0-8.0m，污染范围面积为 189.34m²。

Q2：本区域位于原地下管线以及绿化区域，现为白云区出租车集团第一分公司停车场。该区域超标点位有 1 个初调点位和 2 个详调点位：1S26、1X26-64、1X26-65；超标因子为重金属砷，整体超标深度范围为 0~4.0m，污染范围面积为 1200.53m²。

Q3：本区域位于原储罐区及配套管线区域、原污水处理站区域、消防水池及泵房、总配电房以及地块两侧道路等，现为尚得尔驾校训练场以及公共充电桩和停车场。该区域为地块内砷超筛集中区域，该区域超标点位有 80 个点位；超标因子为重金属砷，整体超标深度范围为 0~18.0m，污染范围面积为 30550.88m²。

Q4: 本区域位于原储罐区域等, 现为尚得尔驾校训练场。该区域为为调查地块地势最高处, 该区域超标点位有 2 个详调点位: 2X1-19、2X1-20; 超标因子为重金属砷, 整体超标深度范围为 1.0~2.0m 和 3.0~8.0m, 污染范围面积为 835.14m²。

Q5: 本区域位于原储罐区域, 现为尚得尔驾校训练场。该区域超标点位有 2 个点位: 1S1、1X1-1; 超标因子为重金属砷, 整体超标深度范围为 0~2.0m, 污染范围面积为 1048.21m²。

7 结果与建议

本章在调查地块土壤污染状况初步调查报告基础上, 结合本报告详细采样调查结果, 对调查地块土壤污染状况调查总体情况进行分析, 为下一步风险评估工作开展提供依据。

7.1 调查监测情况

老油库地块土壤污染状况采样调查包括初步调查、详细调查, 采样时间为 2020 年 9 月~2021 年 3 月。

初步采样调查分为 2 次进行: 地块内共设置 46 个土壤点位, 共采集 247 个土壤样品; 地块外设置土壤背景点为 3 个, 共采集 7 个土壤对照样品。土壤监测项目包括: pH、干物质、重金属 (7 项)、石油烃 (2 项)、挥发性有机物 (34 项)、半挥发性有机物 (20 项)、多氯联苯 PCBs (18 项)。初步采样调查共设置 6 个地下水点位, 共采集 7 个地下水样品, 地下水检测项目包括: pH、干物质、重金属 (6 项)、石油烃 (2 项)、挥发性有机物 (13 项)、半挥发性有机物 (17 项)、PCBs (18 项)。

详细采样调查分为 2 次加密采样, 第一次加密共设置 74 个土壤点位, 采集 649 个土壤样品; 第二次加密地块内共设置 22 个土壤点位, 采集 166 个土壤样品, 同时还设置了 8 个土壤背景点, 采集 8 个土壤背景点样品。详细调查土壤监测项目包括: pH、干物质、砷。

老油库地块土壤污染状况采样调查详细见下**错误!未找到引用源。**。监测结果超筛选值情况

一、初步调查超筛结果

(1) 初步调查第一次采样的地块内土壤样品中共 28 个点位合计 77 个土壤样品存在出现超《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》(GB36600-2018) 第二类用地标准筛选值的情况, 超筛选值的项目为重金属砷, 超筛样品数占采集总数比例为 31.17%, 超筛选值检出范围为 61.6~375mg/kg, 倍数范围为 1.03~6.25 倍, 其中超筛选值样品最大采样深度为 8 米; 土壤背景点位土壤样品重金属砷超筛选值。

(2) 地块内地下水样品中: 6 个地下水样品检测项目仅浑浊度出现超《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类水质筛选值。

二、详细调查超筛结果

详细采样阶段第一次加密采样 53 个监测点位 290 个土壤样品中的砷超筛选值, 超筛样品数占采集总数比例为 44.68%, 其中超筛选值样品最大采样深度为 18m;

第二次加密采样 7 个监测点位 38 个土壤样品中的砷超筛选值, 超筛样品数占总数比例为 22.89%, 其中超筛选值样品最大采样深度为 8m; 土壤背景点位中, 3 个表层土壤对照样品砷超筛选值, 超筛样品占采集总数比例为 37.5%。

7.2 总结论

(1) 老油库地块位于白云山西麓, 1965 年建成投产使用, 为中国航空油料中南公司租用政府土地, 使用权面积 51277.77m²。项目规划为社会停车场用地 (S42), 为第二类用地。

(2) 土壤中砷存在超过筛选值和管控值的点位, 地块未从事过于砷有关的生产经营活动, 根据分析, 砷超筛原因与区域地质情况相关。

7.3 建议

项目砷初调和详调土壤砷存在超过二类筛选值情况, 在本次土壤污染状况调查完成后, 调查地块需根据场地未来规划开展风险评估工作, 关注的污染物为土壤中的砷。

此外, 地块目前规划为二类用地, 如后续用地规划调整为一类用地或 G1 中社区公园和儿童公园用地, 建议根据规划进行补充调查。