

中国石油化工股份有限公司茂名分公司

中国石化集团茂名石油化工有限公司

土壤和地下水现状调查评价报告

中国石油化工股份有限公司

北京化工研究院

2019 年 8 月

目录

1 项目概况.....	1
2 场地概述.....	2
2.1 企业概况.....	2
2.2 区域地质环境概况.....	4
2.3 场地周边敏感目标.....	7
3 污染调查及风险评估.....	8
3.1 调查目的和原则.....	8
3.2 调查及评估依据.....	8
3.3 调查评估范围及要求.....	9
3.4 污染调查方法.....	10
3.5 风险评估方法.....	11
4 污染及危害识别.....	14
4.1 收集相关资料.....	14
4.2 生产设施、工艺及规模.....	14
4.3 关注区域划分.....	16
5 初步调查方案.....	17
5.1 布点方案.....	17
5.2 组织实施方案.....	18
5.3 土壤和地下水样品采集方案.....	18
5.4 样品保存和流转方案.....	24
5.5 样品分析测试方案.....	25
5.6 质量保证与质量控制方案.....	27
6 样品采集、保存、流转及分析测试.....	30
6.1 现场采样实施过程及质量保证.....	30
6.2 实验室分析及质量保证.....	35
7 样品检测结果分析与评价.....	37
7.1 评价依据.....	37

7.2	评价内容.....	37
7.3	土壤环境现状评价.....	37
7.4	地下水环境现状评价.....	39
8	污染风险评估.....	42
8.1	暴露评估.....	错误！未定义书签。
8.2	毒性评估.....	错误！未定义书签。
8.3	风险表征.....	错误！未定义书签。
8.4	土壤污染风险评价结果.....	错误！未定义书签。
8.5	地下水污染风险评价结果.....	错误！未定义书签。
9	结论与建议.....	42
8.1	结论.....	42
8.2	建议.....	42
附录 1:	土壤和地下水采样点布置.....	错误！未定义书签。
附录 2:	采样点位详细描述.....	错误！未定义书签。
附录 3:	土壤和地下水检测数据.....	错误！未定义书签。

1 项目概况

土壤是经济社会可持续发展的物质基础，关系人民群众身体健康和美丽中国建设，保护好土壤环境是推进生态文明建设和维护国家生态安全的重要内容。当前，我国土壤环境总体状况堪忧，部分地区污染较为严重，已成为全面建成小康社会的突出短板之一。

为切实加强土壤污染防治，逐步改善土壤环境质量，2016 年 5 月原国家环保部发布了《土壤污染防治行动计划》（“土十条”），其第一条第一款要求全国以农用地和重点行业企业用地为重点，开展土壤污染状况详查，2020 年底前掌握重点行业企业用地中的污染地块分布及其环境风险情况。为落实《全国土壤污染状况详查总体方案》要求，2017 年 8 月原国家环保部印发了重点行业企业用地调查系列技术文件，供各地方环保部门参照执行。

为贯彻《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）和《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）关于防范建设用地新增污染的要求，落实目标责任制，茂南区政府、高新区管委会均于 2017 年 12 月与中国石油化工股份有限公司茂名分公司（茂名石化）签订了土壤污染防治责任书。为进一步落实国家土壤污染状况详查和在产企业土壤和地下水自行监测的要求，茂名石化拟按照国家土壤污染状况详查和《土壤污染防治责任书》要求对其生产区域进行土壤污染调查。

受茂名石化委托，中国石油化工股份有限公司北京化工研究院（以下简称“北化院”）组织开展了茂名石化土壤和地下水现状调查。经过资料收集、现场踏勘、人员访谈、资料分析等准备工作，完成了土壤和地下水采样点布置，编制了《茂名石化土壤和地下水现状调查工作方案》。2019 年 4 月下旬，北化院开始在茂名石化场地进行现场钻探采样，至 6 月下旬完成全部现场工作。土壤和地下水样品送交上海实朴检测技术服务有限公司（以下简称“上海实朴”，检验检测机构资质认定证书编号：170312341275）进行检测。同时，生态环境部华南环境科学研究所作为本次调查的过程质控单位。根据上海实朴出具的检测报告，按照相关技术导则和规范，北化院编制本报告，旨在揭示茂名石化土壤和地下水现状，分析土壤和地下水污染问题，为茂名石化进一步开展土壤和地下水污染防控提供支撑。

2 场地概述

2.1 企业概况

茂名石化位于广东省茂名市，东毗阳江，西临湛江，北连云浮和广西壮族自治区，南靠南海。东北距广州 362km，西南距湛江 121km。茂名石化占地面积 6.15km²。其地理位置见图 2-1。

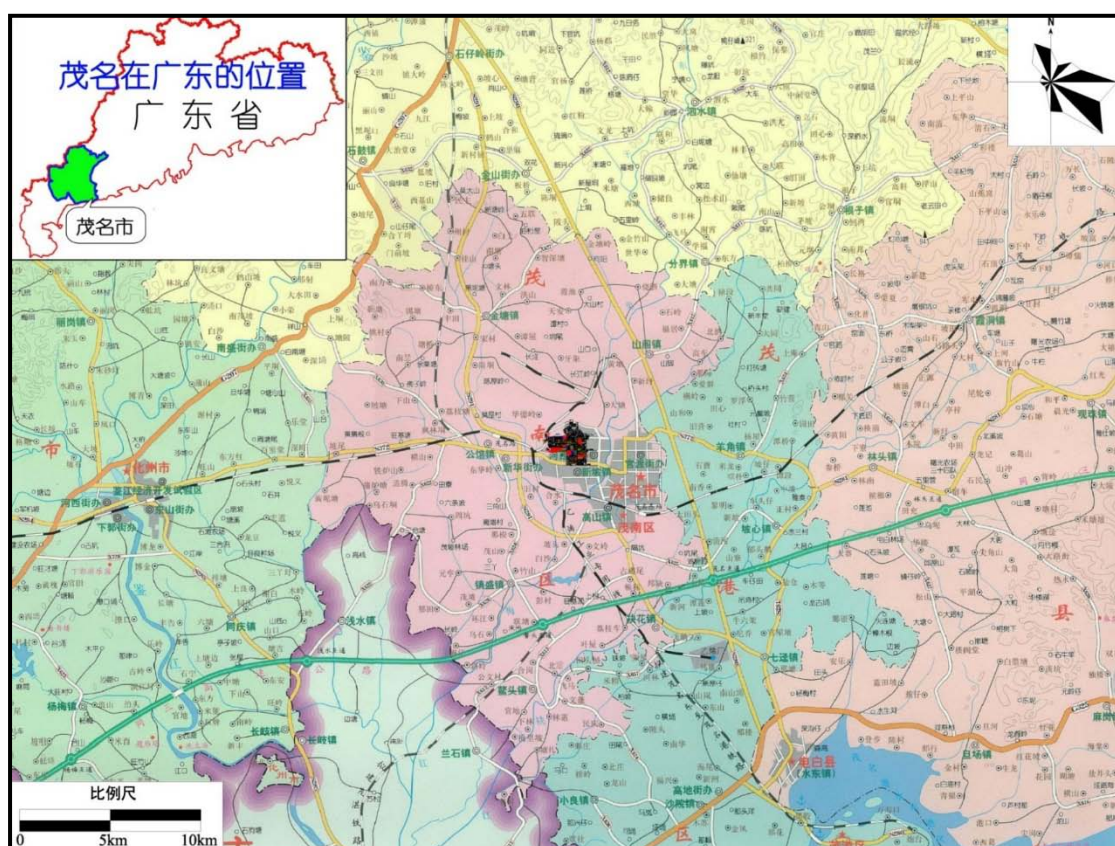


图 2-1 茂名石化地理位置图

茂名石化创建于 1955 年 5 月，是国有特大型综合石化企业，1983 年整体并入中国石化总公司。茂名石化公司拥有 70 多套主要炼油、化工生产装置，动力，港口码头、铁路运输以及完善的管道、原油和成品油储存、海上原油接卸等储运设施。原油一次加工能力可达 2000 万吨/年，乙烯生产能力 110 万吨/年。主要生产汽油、煤油、柴油、润滑油、溶剂油、石脑油、沥青、乙烯、甲苯、聚丙烯、乙二醇、苯乙烯、丁苯橡胶，SBS 等 30 多类石油化工产品。

炼油分部成立于 2005 年 10 月 8 日，其前身是始建于 1955 年 5 月的茂名页

岩油厂。为了解决炼油装置套数多、规模小、能耗高，炼油工艺技术落后，配套设施不完全等问题，茂名分公司与 2010 年启动油品质量升级改造工程，改造后既能实现汽油柴油质量升级，又能完善现有环保设施，促进企业技术进步。

化工分部也称乙烯厂，乙烯生产能力为 110 万吨/年。主要生产装置分别采用美国、意大利、荷兰等国家的专利技术，全部采用 DCS 控制系统，大部分装置配备有故障安全监控系统，生产过程自动化程度高。主要生产合成树脂、合成橡胶、有机化工原料等“南海牌”系列产品 200 多个品种。化工分部 30 万吨/年乙烯一期工程投资 156 亿元，1993 年 11 月开工建设，1996 年 8 月建成投产。1999 年 2 月，经过扩能改造，生产能力扩大到 38 万吨/年。2004 年 12 月，启动 100 万吨/年乙烯工程二期改扩建，总投资 81 亿元，2006 年 9 月建成投产，成为国内首座百万吨级乙烯生产基地。

港口分部主要包括第一作业区、第三作业区。港口分部主要从事原油、成品油、化工产品、杂货的装卸、储输、中转等生产任务。

铁运分部 1958 年 10 月建设，主要负责公司产品的出厂和部分原材料、基建设备、煤炭等物资进厂的铁路运输业务，以及煤制氢的煤接卸、储存输送，铁路罐车的洗刷以及公司的液化石油气储存、灌装、管道输送等业务。

涉密

图 2-2 茂名石化厂区分布卫星地图

2.2 区域地质环境概况

2.2.1 地形地貌

茂名市地质经历早古生代震旦纪和寒武纪，晚生代泥盆纪和石炭纪，以及新生代第三纪等地壳运动，造成了复杂的地层结构和断裂构造，生成多种矿藏，形成倚山面海，东北高西南低的地形地貌。

茂名盆地位于湛江—韶关新华夏构造带的南端，著名的吴川—四会大断裂及官桥断裂之间，盆地走向北西～东南。西起化州市连介，东至茂港区羊角，北至高州市高城，南止茂南区公馆，长约 44km，宽 15km，面积约 600km²。

茂南区位于茂名盆地的南部，属平原地带，海拔高度在 25～70m 之间，呈缓坡起伏，坡度一般 3%以下，间有 5～10%，丘陵高度较小。地质由沉积岩和风化壳组成，在其上发育的土壤为红壤，植被多为人工林或野生灌木、芒草等。

2.2.2 地质

茂名盆地的地层构造为一断凹盆地，盆地的地层组成由下第三纪及上第三纪地层组成，以角度不整合覆盖于白垩纪之上，地表被第四纪堆积物覆盖，岩石露头甚少。盆地的基底为白垩系，地层以红色粗碎屑岩为主，也有一部分酸性火成岩。主要分布于盆地的西北部和南部。西北部的石鼓，南部的锡塘岭、茂岭、公馆、袂花一带，相继出露白垩系的火成岩及红色岩层，与第三系呈不整合接触。

白垩系和第三系的外缘主要分布有古老的变质岩和燕山期花岗岩,变质岩分布在盆地东北的泗水镇和南面的公馆镇、镇盛镇。燕山期花岗岩层则分布在茂港区的小良镇。

盆地下第三纪岩层的组成代表油柑窝组,为近海湖沼相,碎屑岩—可燃性有机岩构造。其底层主要有 5~8 层薄煤层与泥层、油页岩、粉砂质页岩、碳质页岩及粉砂岩层组成。局部含泥质岩或黄铁矿结核;中层主要是褐至黑褐色致密薄层状油页岩,并含有大量水生动物(鱼类、龟类、贝类)化石;顶层常见灰白—黄白色粘土岩。油柑窝组的总厚度为 26~116m,分布于化州市连界、高州市石鼓、茂南区金塘、茂港区羊角一带。蕴藏有丰富的油页岩、褐煤和高岭土。

上第三纪岩层的组成代表有黄牛岭组、尚村组、老虎岭组和高朋岭组。

黄牛岭组岩层为河湖相,碎屑岩—粘土建造。由花岗岩质砂砾岩、砂层、粉砂层、砂质粘土等组成,岩性松散,呈风化壳状态,平行不整合覆盖于油柑窝组之上;尚村组岩层属湖相泥质岩建造。下部为灰白—灰褐色细砂岩、泥岩、夹含油率低的油页岩或极薄的煤层,上部为灰色细密状泥岩;老虎岭组岩层为河湖相碎屑岩、泥质岩建造。上部为绿色砂岩层、砾石层组成,下部为花岗质砂砾岩夹砂岩、砂质粘土层组成。

茂名盆地的岩层中,微量元素镉、铅、砷、硒和放射性元素钍、铀的平均含量比地壳平均含量高 2.4~7 倍,常量元素钙、钠和磷的平均含量仅为地壳平均含量的 10~50%,油页岩和泥岩中含有大量的有机物,特别是其中的酚、油和硫对地下水和土壤都有一定影响,使地下水偏酸性,受到重金属、硒、砷和酚的污染。

2.2.3 地表水

小东江是流经茂名市城区的主要河流,白沙河是小东江的支流。小东江由北向南从城区的中间穿过,将城区分割为河东、河西两部分。小东江发源于云开山脉最南端的高州市官庄岭下,流经根子的高田、分界的南山、羊角的禄段、山阁的黄杰、至新坡的莲塘与泗水河汇合,穿越茂名市城区至合水(红珠岭),又与白沙河汇合,过镇盛至鳌头衍水后进入吴川市境内,于瓦窑村汇入袂花江,从吴川市的大山江流入南海。小东江全长 67km,河床宽 30~120m,集雨面积 1142km²,城区以上河段集雨面积 623.5km²。历史最大洪峰 1510m³/s(茂名站 1976 年 9 月

21 日), 多年平均流量 $17.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。支流白沙河发源于高州高摇岭东麓, 全长 35.4 km , 流域面积 234.6 km^2 , 河床宽 $30 \sim 50 \text{ m}$, 流量约为小东江的三分之一。白沙河从城区的西南公馆镇流过, 在城区的南面红珠岭处与小东江汇合, 主要靠雨水补给。

高州水库别称玉湖, 位于高州市东北部, 距高州市区 25 km , 于 1958 年 5 月 18 日动工兴建, 1959 年底竣工。高州水库为鉴江流域上游山地, 两库体均是由西南向东北沿河床呈不规则狭长掌状展布, 南北两端通过一条长约 0.7 km 人工运河相连接人工湖泊; 东西宽 10 km , 南北长约 18 km , 总库容 11.5 亿 m^3 , 集水面积 1022 km^2 , 是全国十大水库之一。高州水库水面最高海拔点 138.8 m , 最大水深 96 m , 全库最大水面积 58.49 km^2 , 最小 12.38 km^2 , 平均 43.81 km^2 ; 全库最大水位 87.39 m , 最小 62.39 m , 平均 80.75 m 。担负着茂名市工业、生活用水和高州、化州、电白、吴川等县市及茂南区、茂港区农业供水任务, 设计灌溉农田 118 万亩。

2.2.4 地下水

茂名盆地内沉积有白垩纪、第三纪和第四纪地层, 按含水介质的不同, 将茂名盆地地下水分为基岩类裂隙水含水系统、碎屑岩类裂隙孔隙水含水系统和松散岩类孔隙水含水系统。白垩纪铜鼓岭组地层下部为褐红色、灰紫红色杂砾岩, 中部为鲜棕红色细-中粒杂砂岩, 上部暗红色杂砂岩、杂砾岩、火山岩, 构成盆地的基岩裂隙水含水系统。第三系地层有上垌组、油柑窝组、黄牛岭组、尚村组、老虎岭组及高棚岭组, 主要由杂砂岩、杂砾岩不等粒长石石英砂岩和煤层、油页岩层组成, 构成盆地的碎屑岩类裂隙孔隙水含水系统。第四纪冲洪积层沿小东江、白沙河(古河道)河床附近条带状堆积, 由砾石、砂、粘性土组成, 偶夹淤泥—泥炭土透镜体, 构成盆地浅表部的松散岩类孔隙水含水系统。第四系河流各种地貌带地下水多为浅层孔隙水, 其下受粘土层隔水。地下水位埋深 $1 \sim 4 \text{ m}$ 。厂址周围孔隙地下水量较丰富, 单孔涌水量 $100 \sim 1000 \text{ t/d}$ 。水化学类型以 $\text{Cl-Na}(\text{Mg}, \text{Ca})$ 或 $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_2\text{-Na}$ 型为主, 矿化度 $0.05 \sim 1.0 \text{ g/L}$ 。白垩系砂砾岩层主要含裂隙水, 水量由极贫乏到贫乏。地下径流数一般小于 $21/\text{km}^2 \cdot \text{s}$, 泉流量为 $0.01 \sim 0.5 \text{ L/s}$ 。水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Na}(\text{Ca})$ 或 $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_3\text{-Na}(\text{Ca})$ 型为主。矿化度一般小于 0.3 g/L 。

通过对区域地形、地貌和水文地质特征的研究可以认为: 厂区附近的地下水有汇流补给袂花江的趋势, 由于袂花江谷及沿袂花江谷走向的吴川—四会深断层

及穿透厂区的七径一米粮小河谷地的存在，厂址周围的地下水将存在向这二河谷汇集的运流趋势，不太可能越过这二谷地而运流影响到其他区域；松散岩类孔隙水是区域内主要的地下水类型，含相对较丰富的承压水资源；区域内松散沉积层地下水按沉积时代、沉积环境及水动力特征可划分为 1 个潜水含水层、5 个承压水含水层。

2.3 场地周边敏感目标

本次调查主要区域为茂名石化炼油厂区和化工厂区。

茂名石化炼油区所在地为河西工业集中区，其周围为人口集中的居住商业区。茂名森林公园位于茂名石化炼油区西南方向 7km，面积 4500 多亩，拥有近 3000 亩的自然生态林，500 亩科技示范林，是省级森林公园。茂名工业引水渠位于炼油区南侧 250m，是茂名市河西水厂（又名第一水厂）的取水源，茂名工业引水渠（也称“南盛工业渠”）及工程取水水源地为鉴江干流，取水口位于鉴江干流南盛闸上游约 30m 处，通过 21.4km 的茂名工业渠（设计引水流量 $21.7\text{m}^3/\text{s}$ ）采用自流方式输水，取水枢纽南盛闸的上游来水主要受良德水库调控。鳌头自来水厂成立于 1998 年，位于乙烯排江口下游 5.5km，是鳌头镇饮用水源。

茂名石化化工区西北面 2000m 为羊甘桶村，东南面 1000m 为织帽村，南面 2000m 为官祖湾村，西南面 2200m 为潭波逻村，西北面 4000m 为袂花镇，西南 3700m 为下山岚村。

3 污染调查及风险评估

3.1 调查目的和原则

本次调查的目的是：落实国家土壤污染状况详查和在产企业土壤和地下水自行监测的要求，掌握茂名石化土壤和地下水污染状况，为设计土壤污染防控技术方案提供支撑，以进一步做好土壤污染防治工作，保护茂名石化及周边地区的土壤和地下水环境。

本次调查的原则包括：（1）针对性原则，针对茂名石化的特征和潜在污染物特性，筛选污染关注区域，进行污染物浓度和空间分布初步调查，确保调查成果真实、准确，为茂名石化用地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开展茂名石化用地土壤地下水环境调查，保证调查过程的科学性和客观性，调查方法、成果符合国家和有关部门相关技术规范的要求。（3）保密性原则，遵守保密规章制度，履行保密职责，做好茂名石化用地土壤地下水环境调查全过程的信息保密工作，确保调查成果合法、有效利用。

3.2 调查及评估依据

- （1）《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- （2）《中华人民共和国土壤污染防治法》（主席令[2018]8 号）；
- （3）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016 年 11 月 7 日）；
- （4）《土壤污染防治行动计划》（国发[2016] 31 号）；
- （5）《重点行业企业用地调查信息采集技术规定（试行）》；
- （6）《在产企业地块风险筛查与风险分级技术规定（试行）》；
- （7）《重点行业企业用地调查疑似污染地块布点技术规定（试行）》；
- （8）《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定（试行）》；
- （9）《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）；
- （10）《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）；
- （11）《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）；
- （12）《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）；
- （13）《污染场地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2014）；

- (14) 《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T 811-2011);
- (15) 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004);
- (16) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004);
- (17) 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017);
- (18) 《全国土壤污染状况详查土壤样品分析测试方法技术规范》;
- (19) 《全国土壤污染状况详查地下水样品分析测试方法技术规范》;
- (20) 《水质样品的保存和管理技术规范》(HJ 493-2009);
- (21) 《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001);
- (22) 《供水水文地质勘察规范》(GB 50027-2001);
- (23) 《在产企业土壤及地下水自行监测技术指南 (征求意见稿)》;
- (24) 《中国石化企业用地土壤地下水初步调查工作技术指南 (试行)》。

3.3 调查评估范围及要求

本报告中的调查范围为茂名石化厂区,包括炼油分部、化工分部、港口分部(第一作业区、第三作业区)、铁运分部(供气站、洗罐站)、一般固废填埋场等,其卫星地图见图 2-2。本次评估范围主要为炼油区域和化工区域。采用单指标对比分析法,对土壤和地下水环境质量分别按 GB 36600-2018 和 GB/T14848-2017 中 III 类标准进行了初步评价。本报告采用 HJ 25.3-2014 提供的方法对茂名石化场地污染风险进行评估。

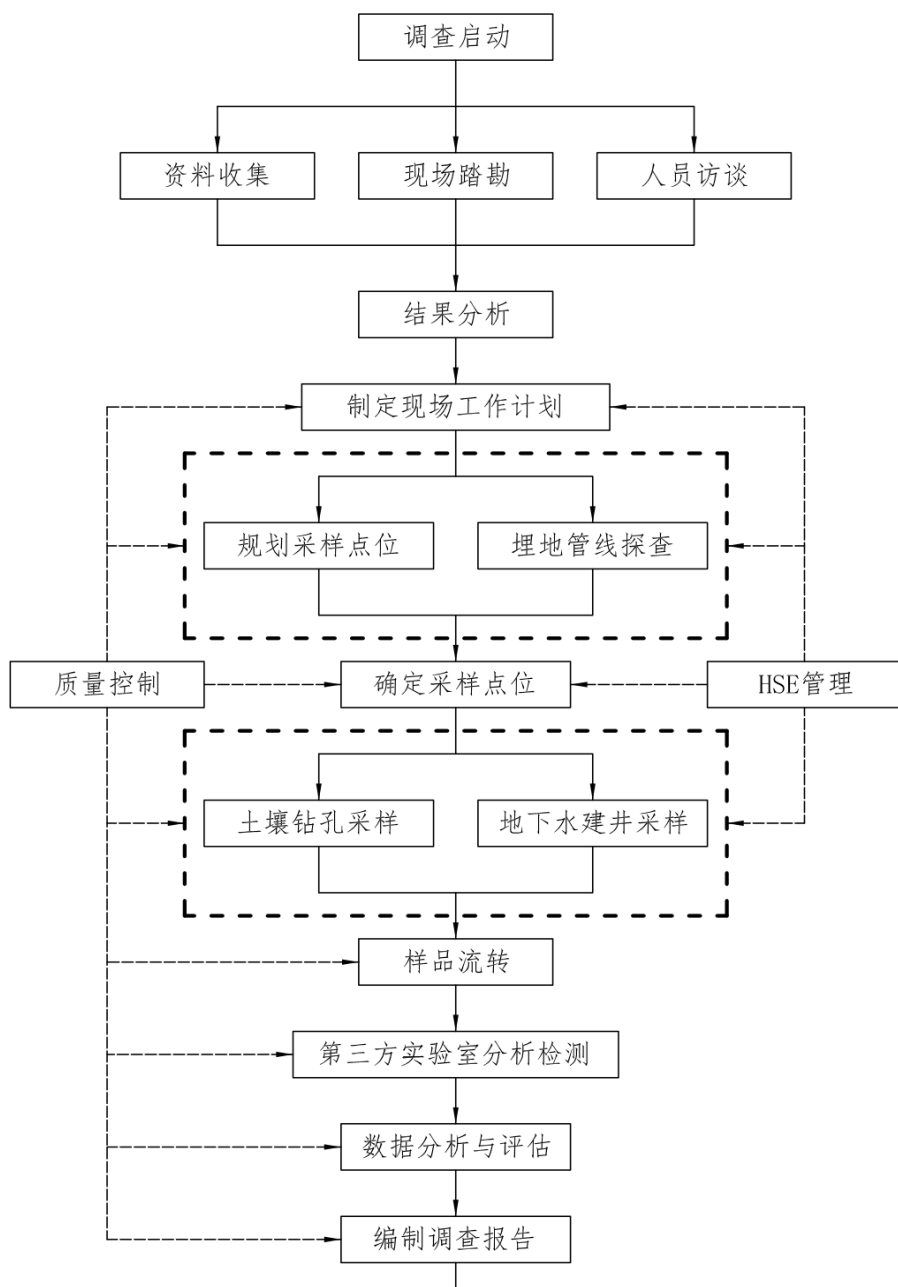


图 3-1 茂名石化土壤和地下水调查技术路线

3.4 污染调查方法

茂名石化土壤和地下水调查技术路线见图 3-1，包括准备阶段、调查阶段和报告编制阶段。根据《重点行业企业用地调查信息采集技术规定（试行）》对茂名石化场地进行污染识别。土壤和地下水采样点由北化院布设，双方共同现场踏勘后确定，共布设土壤采样点 64 个，地下水采样点 36 个（新建地下水监测井 8

口），采样布点图见附录 1。原则上每个土壤采样点采集 3 个土壤样品，每个地下水采样点采集 1 个地下水样品，采集平行样品数不少于总样品数的 10%。土壤采样深度以达到地下潜水面为准，实际每个钻孔的采样数目、采样深度和采集平行样品位置可由现场负责人根据实际钻探情况适当调整。样品采集、保存、流转和分析检测依据《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166-2004）、《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164-2004）和《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定（试行）》执行，现场采集样品送至具有中国计量认证（CMA）资质的第三方实验室进行检测。土壤环境质量评估方法，采用单指标对比分析法，评估标准为《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）。地下水环境质量评估方法，采用单指标对比分析法，评价标准为《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类标准。

3.5 风险评估方法

场地污染风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征等。场地污染风险评估程序见图 3-2。

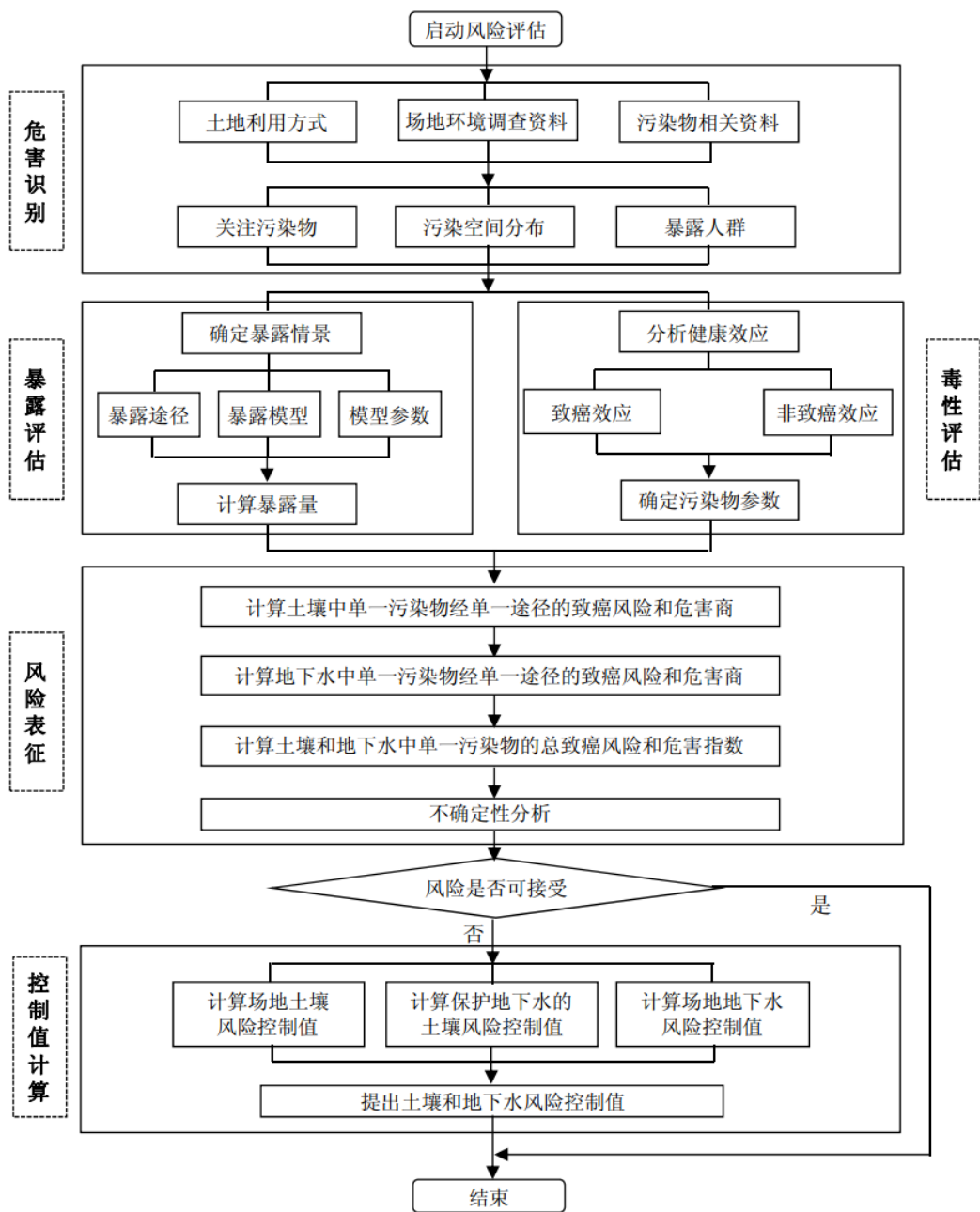


图 3-2 场地污染风险评估技术路线

3.5.1 危害识别

收集场地环境调查阶段获得的相关资料和数据，掌握场地土壤和地下水中关注污染物的浓度分布，明确规划土地利用方式，分析可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

3.5.2 暴露评估

在危害识别的基础上，分析场地内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定场地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。

3.5.3 毒性评估

在危害识别的基础上，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参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等。

3.5.4 风险表征

在暴露评估和毒性评估的基础上，采用风险评估模型计算土壤和地下水中单一污染物经单一途径的致癌风险和危害商（非致癌效应），计算单一污染物的总致癌风险和危害指数，进行不确定性分析。

4 污染及危害识别

4.1 收集相关资料

按照 HJ 25.1-2014 和 HJ 25.2-2014 对场地进行环境调查及污染识别,获得以下信息:

- (1) 较为详尽的场地相关资料及历史信息;
- (2) 场地土壤和地下水等样品中污染物的浓度数据;
- (3) 场地土壤的理化性质分析数据;
- (4) 场地(所在地)气候、水文、地质特征信息和数据;
- (5) 场地及周边地块土地利用方式、敏感人群及建筑物等相关信息。

根据场地环境调查和监测结果,将对人群等敏感受体具有潜在风险需要进行风险评估的污染物,确定为关注污染物。

4.2 生产设施、工艺及规模

4.2.1 生产装置

炼油分部的设计生产能力包括:常减压蒸馏 1800 万 t/a;催化裂化 460 万 t/a;柴油加氢 760 万 t/a;加氢裂化 350 万 t/a;渣油加氢 200 万 t/a;蜡油加氢 180 万 t/a;煤油加氢 120 万 t/a;延迟焦化 200 万 t/a;硫磺回收 36 万 t/a;污水汽提 370 万 t/a,主要产品有液化石油气、汽油、煤油、柴油、重油、沥青、溶剂油、芳烃、石蜡、润滑油、硫磺、石油焦、液氨等 58 个品种。

化工分部拥有乙烯裂解、高密度聚乙烯、全密度聚乙烯、高压聚乙烯、聚丙烯、汽油加氢、芳烃抽提、乙二醇、环氧乙烷、苯乙烯、丁二烯抽提、MTBE/丁烯-1、合成橡胶、顺丁橡胶等 19 套主要生产装置,年生产各类乙烯化工产品 200 多种 300 多万吨。

本次调查对象中的港口分部主要为原料和产品储存罐区;铁运分部主要为液化石油气储存罐区和铁路运输中转。

表 4-1 主要装置加工能力情况

装置类型	装置数量	加工/生产能力 (万 t/a)	加工量/产量 (万 t)
常减压	*	1800	*
催化裂化	*	455	*
延迟焦化	*	200	*
加氢裂化	*	350	*
乙烯	*	100	*
合成树脂	*	154	*
合成橡胶	*	18	*
合成纤维聚合物	*	33.3	*

4.2.2 辅助生产装置

新鲜水系统：茂名石化水务运行部有新鲜水处理装置*套，合计生产能力***万吨/小时。2处取水源，炼油板块由***组成，1960年建成（前苏联援建项目），新鲜水最大供水能力***万吨/小时。化工板块由***组成，1995年建成，最大供水能力***吨/小时。

循环水系统：拥有循环水处理装置***套（炼油板块***套、化工板块***套），合计处理能力***万吨/小时（炼油板块***万吨/小时，化工板块***万吨/小时）。

化学水系统：共有化学水生产装置***套，合计生产能力为***吨/小时。

动力系统包括2×310吨/小时CFB锅炉+1×410吨/小时CFB锅炉及3×5万千瓦汽轮发电机组，化工区域动力系统主要包括2×410吨/小时CFB锅炉及2×2.5万千瓦+5万千瓦汽轮发电机组。

表 4-2 辅助生产装置情况

装置类型	装置数量	计量单位	装置能力	产量
炼油新鲜水净化	*	万 t/a	12614	*
化工新鲜水净化	*	万 t/a	10126	*
炼油循环水	*	万 t/a	120625	*
化工循环水	*	万 t/a	172572	*
炼油化学水	*	万 t/a	1051.20	*
化工化学水	*	万 t/a	1795.80	*
炼油 CFB	*	t/a	1030	*
炼油汽轮机	*	万千瓦时	15	*
化工 CFB	*	t/a	820	*
化工汽轮机	*	万千瓦时	10	*

4.3 关注区域划分

根据生产装置的地理位置，将茂名石化分为 7 个区域，分别为炼油分部区域、化工分部区域、港口分部作业一区区域、港口分部作业三区区域、铁运分部洗罐站区域、铁运分部供气站区域和一般固废填埋场区域。对各区域进行污染识别，结果见表 4-1。

表 4-3 茂名石化区域划分

序号	区域	重点设施	识别依据	特征污染物
1	炼油分部	****	原辅材料使用及储存区域；产品生产、储存及转运区域；废水收集及固废堆放区域	石油烃、有机物、重金属
2	化工分部	****	原辅材料使用及储存区域；产品生产、储存及转运区域；废水收集及固废堆放区域	石油烃、有机物、重金属
3	铁运分部供气站	****	原辅材料使用及储存区域；产品生产、储存及转运区域；废水收集及固废堆放区域	石油烃、有机物、重金属
4	铁运分部洗罐站	****	原辅材料使用及储存区域；产品生产、储存及转运区域；废水收集及固废堆放区域	石油烃、有机物、重金属
5	港口分部作业一区	****	原辅材料使用及储存区域；产品生产、储存及转运区域；废水收集及固废堆放区域	石油烃、有机物、重金属
6	港口分部作业三区	****	原辅材料使用及储存区域；产品生产、储存及转运区域；废水收集及固废堆放区域	石油烃、有机物、重金属
7	一般固废填埋场	****	原辅材料使用及储存区域；产品生产、储存及转运区域；废水收集及固废堆放区域	石油烃、有机物、重金属

5 初步调查方案

5.1 布点方案

根据前期资料收集、现场踏勘、人员访谈、资料分析，采用分区布点法和专业判断布点法，对茂名石化生产区域布设采样点。布点主要原则为：（1）整体相对均匀，厂界污染判定清楚；（2）装置区和罐区四周为主，重点潜在污染区域优先（污水池、危废中转库、暂存库、填埋场、污水管沿线等）；（3）兼顾地势和地下水流向；（4）不影响企业正常生产且不造成安全隐患与二次污染。根据茂名石化地势及可能的污染走向，在每个重点设施周边布设 1~2 个土壤监测点，每个重点区域布设 2~3 个土壤监测点，具体数量根据设施大小或区域内设施数量等实际情况进行适当调整，采样点位置分布见附录 1。茂名石化共布设土壤采样点 64 个（图中红色圆点），地下水采样点 36 个（图中绿色圆点），采样点详细描述见附录 2，地下水采样点坐标及高程见表 5-1。

表 5-1 茂名石化地下水采样点坐标及高程

序号	编号	东经	北纬	高程/m
1	G1	***	***	***
2	G2	***	***	***
3	G3	***	***	***
4	G4	***	***	***
5	G5	***	***	***
6	G6	***	***	***
7	G7	***	***	***
8	G8	***	***	***
9	G9	***	***	***
10	G10	***	***	***
11	G11	***	***	***
12	厂 1	***	***	***
13	厂 2	***	***	***
14	厂 3	***	***	***
15	厂 4	***	***	***
16	厂 5	***	***	***
17	厂 6	***	***	***
18	厂 7	***	***	***
19	厂 8	***	***	***
20	厂 14	***	***	***
21	GK1	***	***	***
22	GK2	***	***	***

序号	编号	东经	北纬	高程/m
23	GK3	***	***	***
24	GK4	***	***	***
25	GK6	***	***	***
26	GK7	***	***	***
27	GK8	***	***	***
28	乙烯废渣场 1	***	***	***
29	乙烯废渣场 2	***	***	***
30	乙烯废渣场 3	***	***	***
31	炼油北排垃圾场 1	***	***	***
32	炼油北排垃圾场 4	***	***	***
33	一般固废填埋场 1	***	***	***
34	一般固废填埋场 2	***	***	***
35	一般固废填埋场 3	***	***	***
36	一般固废填埋场 4	***	***	***

5.2 组织实施方案

北化院为中国石化推荐的土壤和地下水现状调查专业研究单位，具有丰富的场地调查经验。受茂名石化委托，北化院承担本次茂名石化土壤和地下水现状调查任务，按照国家和中国石化相关技术导则和技术规定，开展土壤和地下水样品采集、检测和调查报告编制工作。

北化院组建土壤和地下水现状调查工作组，工作组成员具备如下条件：（1）组长为具有 2 年以上污染地块调查工作经验的专业技术人员；（2）现场钻探技术负责人具备钻探上岗资格证书，负责现场钻探工作，一般现场钻探人员具有水文地质钻探经验，负责现场土孔钻探和地下水采样井建设；（3）样品采集人员具有环境、土壤等相关专业知识，熟悉采样流程，掌握土壤和地下水采样的技术要求和相关设备的操作方法；（4）样品管理员应熟悉土壤和地下水样品保存、流转的技术要求。

茂名石化配合北化院开展本次土壤和地下水现状调查工作，为调查工作提供条件及安全保障。

5.3 土壤和地下水样品采集方案

5.3.1 采样准备

采样前的准备工作包括：

（1）根据采样方案，选择适合的钻探方法和设备，与钻探单位和检测单位进

行技术交底，明确任务分工和要求。钻探设备选取综合考虑场地建构筑物条件、安全条件、地层岩性、采样深度和污染物特性等因素，并满足采样要求。其中，涉 VOCs 土壤的采样，采用非扰动的钻探设备。

(2) 茂名石化与北化院共同确认采样计划，由北化院提出现场采样调查需协助配合的具体要求。

(3) 由茂名石化组织进场前安全培训，培训内容包括设备的安全使用、现场人员安全防护及应急预案等。

(4) 根据土壤样品检测项目选择采样工具。选择非扰动采样器用于检测 VOCs 土壤样品采集，选择不锈钢或表面镀特氟龙膜的采样铲用于检测 SVOCs 土壤样品采集，选择塑料或竹铲用于检测重金属土壤样品采集。

(5) 根据地下水样品采集需要，选择并准备合适的洗井和采样设备，检查洗井和采样设备运行情况，确定设备材质不会对样品检测产生影响。

(6) 根据土壤采样现场监测需要，准备便携式 pH 计、溶解氧仪、电导率和氧化还原电位仪等现场快速检测设备，检查设备运行状况，使用前进行校准。

(7) 根据样品保存需要，准备样品箱、样品瓶和蓝冰等样品保存工具，检查设备保温效果、样品瓶种类和数量、保护剂添加等情况。

(8) 准备安全防护口罩、一次性防护手套、安全帽等人员防护用品。

(9) 准备采样记录单、影像记录设备、防雨器具、现场通讯工具等其他采样辅助物品。

5.3.2 土壤钻探

土壤钻探前探查采样点下部的地下罐槽、管线、集水井和检查井等地下情况。若地下情况不明，选用手工钻探或物探设备探明地下情况。

钻孔深度依据该地块布点方案确定，实际钻孔过程中可参照《重点行业企业用地调查疑似污染地块布点技术规定》进行适当调整。为防止意外钻穿潜水层底板，从以下方面做好预防措施：

(1) 开展调查前，收集区域水文地质资料，掌握潜水层和隔水层的分布、埋深、厚度和渗透性等信息，初步确定钻孔安全深度。

(2) 优先选择熟悉当地水文地质条件的钻探单位进行钻探作业。

(3) 钻探全程跟进套管，在接近潜水层底板时采用较小的单次钻深，并密切观察采出岩芯情况；若发现揭露隔水层，立即停止钻探；若发现已钻穿隔水层，

立即提钻,将钻孔底部至隔水层投入足量止水材料进行封堵、压实,再完成建井。

土壤钻探按照钻机架设、开孔、钻进、取样、封孔、点位复测的流程进行,各环节技术要求如下:

(1) 根据钻探设备实际需要,清理钻探作业面,架设钻机,设立警示标志。

(2) 开孔直径大于正常钻探的钻头直径,开孔深度超过钻具长度。

(3) 每次钻进深度宜为 50~150cm,岩芯平均采取率不小于 70%;尽量选择无浆液钻进,防止上下层交叉污染;不同样品采集之间对钻头和钻杆进行清洗,清洗废水集中收集处置。

(4) 钻孔过程中填写土壤钻孔采样记录单,对采样点、钻进操作、岩芯箱等进行拍照记录。

(5) 钻孔结束后,对于不需设立地下水采样井的钻孔,立即封孔并清理恢复作业区地面。

(6) 统一收集和处理钻孔过程中产生的污染土壤,对废弃的一次性手套、口罩等个人防护用品应按照一般固体废物处置要求进行收集处置。

5.3.3 地下水监测井建设

地下水监测井建设依据《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规范(试行)》和《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2-2014)的要求,包括井管、填料、井台等,其结构见图 5-1。

地下水监测井井管材质为聚氯乙烯(PVC),内径 75mm。井管采用卡扣连接,避免使用粘合剂。井管连接后,各井管轴心线应保持一致。地下水水位以下的滤水管长度设为 3m,地下水水位以上的滤水管长度根据地下水水位动态变化确定。滤水管钻孔直径不超过 5mm,钻孔之间距离为 10~20mm,滤水管外以细铁丝包裹和固定 2~3 层的 40 目钢丝网或尼龙网。滤水管底部以管堵密封,不设沉淀管。

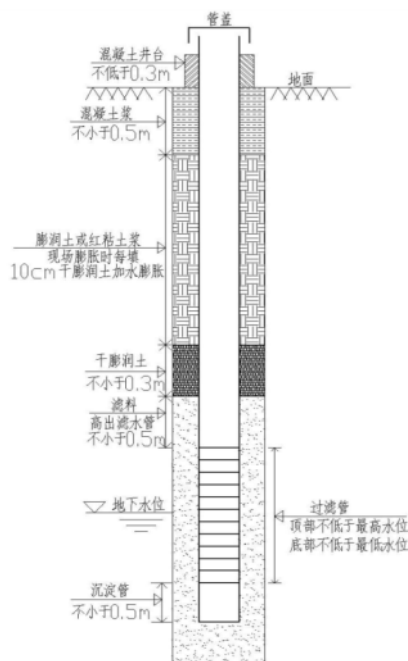


图 5-1 地下水监测井结构示意图

地下水监测井填料由下至上依次为滤料层、止水层和回填层。滤料层由管堵底部到滤水管顶部以上 50cm。滤料层超出部分容许在成井、洗井的过程中有少量的细颗粒土壤进入滤料层。滤料层材料选择 1~2mm 粒径的石英砂，使用前经过筛选和清洗，避免影响地下水水质。止水层填充高度达到滤料层以上 50cm，以球状膨润土进行填充，填充高度不小于 30cm。回填层优先选用膨润土作为回填材料，上部填充混凝土浆。

地下水监测井建设过程包括钻孔、下管、填充滤料、密封止水、井台构筑（长期监测井需要）、成井洗井等步骤，具体要求如下：

(1) 钻孔

钻孔直径至少大于井管直径 50mm。钻孔达到设定深度后进行钻孔掏洗，以清除钻孔中的泥浆和钻屑，然后静置 2~3h 并记录静止水位。

(2) 下管

下管前校正孔深，按先后次序将井管逐根丈量、排列、编号、试扣，确保下管深度和滤水管安装位置准确无误。井管下放速度不宜太快，中途遇阻时可适当上下提动和转动井管，必要时应将井管提出，清除孔内障碍后再下管。下管完成后，将其扶正、固定，井管应与钻孔轴心重合。

(3) 滤料填充

使用导砂管将滤料缓慢填充至管壁与孔壁中的环形空隙内，沿着井管四周均匀填充，避免从单一方位填入，一边填充一边晃动井管，防止滤料填充时形成架桥或卡锁现象。滤料填充过程进行测量，确保滤料填充至设计高度。

(4) 密封止水

密封止水应从滤料层往上填充，直至距离地面 50cm。若采用膨润土球作为止水材料，每填充 10cm 需向钻孔中均匀注入少量的清洁水，填充过程中应进行测量，确保止水材料填充至设计高度，静置待膨润土充分膨胀、水化和凝结（具体根据膨润土供应厂商建议时间调整），然后回填混凝土浆层。

(5) 井台构筑

井台地上部分井管长度应保留 30~50cm，井口用与井管同材质的管帽封堵，地上部分的井管采用管套保护，管套与井管之间注混凝土浆固定，井台高度不小于 60cm。井台设置标示牌，需注明采样井编号、深度等信息。

(6) 成井洗井

地下水采样井建成至少 24h 后（待井内的填料得到充分养护、稳定后），才能进行洗井。洗井过程要防止交叉污染，贝勒管洗井时保证一井一管，清洗废水要收集处置。

(7) 成井记录单

成井后测量记录点位坐标及管口高程，填写成井记录单、地下水采样井洗井记录单。

5.3.4 土壤采样

土壤样品采集一般要求：

(1) 用于检测 VOCs 的土壤样品应单独采集，不允许对样品进行均质化处理，也不得采集混合样。

取土器将柱状的钻探岩芯取出后，先采集用于检测 VOCs 的土壤样品，具体流程和要求如下：用刮刀剔除约 1~2cm 表层土壤，在新的土壤切面处快速采集样品。针对检测 VOCs 的土壤样品，应用非扰动采样器采集不少于 5g 原状岩芯的土壤样品推入加有 10mL 甲醇（色谱级或农残级）保护剂的 40mL 棕色样品瓶内，推入时将样品瓶略微倾斜，防止将保护剂溅出；检测 VOCs 的土壤样品应采集双份，一份用于检测，一份留作备份。

(2) 用于检测含水率、重金属、SVOCs 等指标的土壤样品，可用采样铲将土

壤转移至广口样品瓶内并装满填实。

(3) 采样过程应剔除石块等杂质，保持采样瓶口螺纹清洁以防止密封不严。

(4) 土壤装入样品瓶后，在样品瓶原有标签上手写样品编码和采样日期，要求字迹清晰可辨。

(5) 土壤采样完成后，样品瓶需用泡沫塑料袋包裹，随即放入现场带有冷冻蓝冰的样品箱内进行临时保存。

土壤平行样要求：

(1) 土壤平行样应不少于总样品数的 10%。

(2) 在同一位置采集平行样，两者检测项目和检测方法应一致，在采样记录单中标注平行样编号及对应的土壤样品编号。

其他要求：

(1) 土壤采样过程中应做好人员安全和健康防护，佩戴安全帽和一次性的口罩、手套，严禁用手直接采集土样，使用后废弃的个人防护用品应统一收集处置。

(2) 采样前后对采样器进行除污和清洗，不同土壤样品采集时更换手套，避免交叉污染。

(3) 采样过程填写土壤钻孔采样记录单。

5.3.5 地下水采样

采样前洗井要求：

(1) 采样前洗井应至少在成井洗井 48h 后开始。

(2) 采样前洗井应避免对井内水体产生气提、气曝等扰动。若采用贝勒管进行洗井，贝勒管吸水位置为井管底部，应控制贝勒管缓慢下降和上升，原则上洗井水体积应达到 3~5 倍滞水体积。

(3) 洗井前对 pH 计、溶解氧仪、电导率和氧化还原电位仪等检测仪器进行现场校正。

(4) 采样前洗井过程填写地下水采样井洗井记录单。

(5) 采样前洗井过程中产生的废水，应统一收集处置。

地下水样品采集要求：

(1) 采样洗井达到要求后，测量并记录水位，若地下水水位变化小于 10cm，则可以立即采样；若地下水水位变化超过 10cm，应待地下水水位再次稳定后采样，若地下水回补速度较慢，原则上应在洗井后 2h 内完成地下水采样。

(2) 地下水样品采集应先采集用于检测 VOCs 的水样，然后再采集用于检测其他水质指标的水样。

对于未添加保护剂的样品瓶，地下水采样前需用待采集水样润洗 2~3 次。

使用贝勒管进行地下水样品采集时，应缓慢沉降或提升贝勒管。取出后，通过贝勒管下端使水样沿瓶壁缓缓流入瓶中，直至在瓶口形成一向上弯月面，旋紧瓶盖，避免采样瓶中存在顶空和气泡。

地下水装入样品瓶后，在样品瓶标签上记录样品编号、采样日期等信息。

地下水采集完成后，样品瓶应用泡沫塑料袋包裹，并立即放入现场装有冷冻蓝冰的样品箱内保存。

(3) 地下水平行样采集要求。地下水平行样应不少于地块总样品数的 10%，每个地块至少采集 1 份。

(4) 地下水采样过程中应做好人员安全和健康防护，佩戴安全帽和一次性的个人防护用品（口罩、手套等），废弃的个人防护用品等垃圾应集中收集处置。

5.4 样品保存和流转方案

5.4.1 样品保存

土壤样品保存方法参照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）和全国土壤污染状况详查相关技术规定执行，地下水样品保存方法参照《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）和《全国土壤污染状况详查地下水样品分析方法技术规定》执行。

样品保存包括现场暂存和流转保存 2 个主要环节，遵循以下原则进行：

(1) 根据不同检测项目要求，在采样前向样品瓶中添加一定量的保护剂，在样品瓶标签上标注检测单位内控编号，并标注样品有效时间。

(2) 样品现场暂存。采样现场需配备样品保温箱，内置冰冻蓝冰。样品采集后立即存放至保温箱内，样品采集当天不能寄送至实验室时，需用冷藏柜在 4℃ 温度下避光保存。

(3) 样品流转保存。样品保存在有冰冻蓝冰的保温箱内寄送或运送到实验室，样品的有效保存时间为从样品采集完成到分析测试结束。

5.4.2 样品流转

样品管理员和质量检查员负责样品装运前的核对，要求样品与采样记录单

进行逐个核对，检查无误后分类装箱，并填写“样品保存检查记录单”。如果核对结果发现异常，及时查明原因，由样品管理员向组长进行报告并记录。样品装运前，填写“样品运送单”，包括样品名称、采样时间、样品介质、检测指标、检测方法和样品寄送人等信息，样品运送单用防水袋保护，随样品箱一同送达样品检测单位。样品装箱过程中，要用泡沫材料填充样品瓶和样品箱之间空隙。样品箱用密封胶带打包。

样品流转运输保证样品完好并低温保存，采用适当的减震隔离措施，严防样品瓶的破损、混淆或沾污，在保存时限内运送至样品检测单位。样品运输设置运输空白样进行运输过程的质量控制，一个样品运送批次设置一个运输空白样品。

样品检测单位收到样品箱后，立即检查样品箱是否有破损，按照样品运输单清点核实样品数量、样品瓶编号以及破损情况。若出现样品瓶缺少、破损或样品瓶标签无法辨识等重大问题，样品检测单位的实验室负责人在样品运送单中进行标注，并及时与采样工作组组长沟通。

上述工作完成后，样品检测单位的实验室负责人在纸版样品运送单上签字确认并拍照发给采样单位。样品运送单作为样品检测报告的附件。样品检测单位收到样品后，按照样品运送单要求，立即安排样品保存和检测。

5.5 样品分析测试方案

5.5.1 土壤样品检测

茂名石化土壤检测项目按照 GB 36600-2018 和《重点行业企业用地调查疑似污染地块布点技术规定（试行）》的要求，结合茂名石化生产特点确定。根据土壤污染重点行业类别划分，茂名石化需检测的项目见表 5-2。

根据《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第 5.2.1 要求，文中表 1 含重金属和无机物、挥发性有机物、半挥发性有机物共 45 个项目为初步调查阶段建设用地土壤污染风险筛选的必测项目（重金属 7 种：镉、铅、六价铬、铜、镍、汞、砷；挥发性有机物 27 种：四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、二氯甲烷、1,2-二氯丙烷、1,1,1,2-四氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、四氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、三氯乙烯、1,2,3-三氯丙

烷、氯乙烯、苯、氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、乙苯、苯乙烯、甲苯、间二甲苯、对二甲苯、邻二甲苯；半挥发性有机物 11 种：硝基苯、苯胺、2-二氯酚、苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、蒽、二苯并[a, h]蒽、茚并[1,2,3-c, d]芘、萘），同时增加总石油烃（C₁₀~C₄₀）总量的检测，最终确定茂名石化土壤检测项目 46 项。

表 5-2 土壤检测项目

序号	污染物	分析检测方法	标准编号
1	镉（Cd）	石墨炉原子吸收分光光度法	GB/T 17141-1997
2	铅（Pb）	石墨炉原子吸收分光光度法	GB/T 17141-1997
3	六价铬	碱消解/火焰原子吸收分光光度法	HJ 684-2014
4	铜	火焰原子吸收分光光度法	GB/T 17138-1997
5	镍	火焰原子吸收分光光度法	GB/T 17138-1997
6	汞（Hg）	微波消解/原子荧光法	HJ 680-2013
7	砷（As）	微波消解/原子荧光法	HJ 680-2013
8	挥发性有机物 VOCs 27 种	吹扫捕集/气相色谱-质谱法	HJ 605-2011
9	半挥发性有机物 SVOCs 11 种	气相色谱-质谱法	HJ 834-2017
10	总石油烃 （C ₁₀ -C ₄₀ ）	气相色谱法	ISO 16703-2011

GB 36600-2018 中的 45 项基础项目，其检测方法选用 GB 36600-2018 推荐的方法；其它土壤检测项目，依次可选用国家标准（GB）、国家生态环境部标准（HJ）。全部土壤样品送交取得中国计量认证（CMA）的第三方检测单位进行检测，全部检测项目应符合 CMA 要求。

5.5.2 地下水样品检测

本项目地下水常分析测试污染物类别需与土壤的一致，应测项为 46 项。结合茂名石化永久性地下水井的地下水常规性监测因子，补充检测石油类、氰化物、COD_{Mn}、pH 值等 4 种污染物类别。另外根据《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）的要求，补充检测氨氮、总硬度和溶解性总固体等 3 种类别。因此，本次调查中地下水共需分析测试污染物类别为 53 种，具体见表 5-3。

表 5-3 地下水检测项目

序号	污染物	分析检测方法	标准编号
----	-----	--------	------

1	挥发性有机物 VOCs 27 种	吹扫捕集/气相色谱-质谱法	HJ 639-2012
2	半挥发性有机物 SVOCs 11 种	液液萃取-气相色谱/质谱分析法	DBJ 440100/T 75-2010
3	可萃取性石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	气相色谱法	HJ 894-2017
4	汞 (Hg)	原子荧光法	HJ 694-2014
5	砷 (As)	原子荧光法	HJ 694-2014
6	铜、铅、镍、镉	电感耦合等离子体质谱法	HJ 700-2014
7	六价铬	二苯碳酰二肼分光光度法	GB 7467-87
8	氰化物	分光光度法	HJ 484-2009
9	pH	玻璃电极法	GB/T 6920-1986
10	氨氮	纳氏试剂分光光度法	HJ 535-2009
11	石油类	紫外分光光度法	HJ 970-2018
12	耗氧量	高锰酸钾滴定法	GB/T 5750.7-2006
13	总硬度	EDTA 滴定法	GB 7477-1987
14	溶解性固体	称量法	GB/T 5750.4-2006

5.6 质量保证与质量控制方案

按照《质量管理体系要求》(GB/T 19001-2016)，结合本项目特点，建立一套自上而下的质量管理体系，项目经理全面负责质量管理工作。

5.6.1 现场质量控制

现场施工（建井、采样等）设质检员，负责现场质量管理，从组织上确保实现质量目标。现场土壤钻孔和采样，地下水钻井、建井、洗井和采样，严格执行《重点行业企业用地调查疑似污染地块布点技术规定（试行）》和《重点行业企业用地调查样品采集保存和流转技术规定（试行）》的要求。施工人员在设备使用前预先进行校正。钻探前以及变换钻孔时，对钻机设备和采样工具进行清洗，防止交叉污染。现场施工详细填写各种现场操作记录单，以便为分析工作提供依据。为确保采集、运输、贮存过程中的样品质量，现场采样过程中设置现场质量控制样品，包括平行样和运输空白样，土壤和地下水保存方法见表 5-5。清楚填写样品瓶标签，包括样品编号、采样时间和采样人。

表 5-5 土壤和地下水保存方法

样品	检测项目	容器	容积	采样方法	保存方法	保存时间
----	------	----	----	------	------	------

土壤	VOCs/TPH	棕色 VOA 样品瓶 (预装色谱纯甲醇 10ml)	40mL×2	装入约 5g 土壤样品密封, 土壤完全浸入甲醇	避光 4℃ 下保存	严格参照 标准要求
	SVOCs/TPH	直口透明玻璃瓶	250mL	装满样品瓶密封	避光 4℃ 下保存	严格参照 标准要求
	重金属	直口透明玻璃瓶	250mL	装满样品瓶密封	避光 4℃ 下保存	严格参照 标准要求
地下水	VOCs/TPH	棕色 VOA 样品瓶 (预装硝酸保护剂)	40mL×2	装满样品瓶密封, 无顶空	避光 4℃ 下保存	严格参照 标准要求
	SVOCs/TPH	棕色玻璃瓶	1L	装满样品瓶密封, 无顶空	避光 4℃ 下保存	严格参照 标准要求
	重金属	白色塑料瓶	250mL	装满样品瓶密封, 无顶空	避光 4℃ 下保存	严格参照 标准要求

5.6.2 样品流转质量控制

现场工作结束后, 为防止或纠正样品记录错误, 应及时进行样品清理工作。清样工作至少由 2 人完成, 包括清样人和记录人, 其中清样人按样品标签逐件读出当天采集的样品编号, 待记录人核查采样记录单上对应信息无误后, 清样人将样品分类、整理和包装后, 重新置于 4℃冷藏柜中保存。当采样数量达到寄送规格时, 再次核对已清理的样品, 仔细填写样品交接单。交接单内容包括客户、样品信息及检测要求等, 填写无误后, 填写者确认签名。交接单然后一并发于运输保温箱中, 随样品一起流转至实验室。选择效率高、信誉好的快递公司寄送样品。样品运输过程中采用保温箱保存, 保温箱内放置足量冰冻蓝冰, 以保证运送过程中温度的要求。严防样品的泄漏、混淆和污染, 直至送达第三方检测单位, 清点交接确认。

5.6.3 实验室分析质量控制

为确保样品分析质量, 第三方检测单位除取得中国计量认证 (CMA) 和中国合格评定国家认可委员会认证 (CNAS), 仪器按照规定定期校正外, 在进行样品分析时还对各环节进行质量控制, 随时检查分析测试数据是否受控 (通过标准曲线、精密度、准确度等)。设置内部质量控制样品, 每 20 个样品为一批次, 每批次有一套内部质控样的分析, 各质控样品描述见表 5-6。

表 5-6 实验室内部质控样品描述

类别	内部质控样品描述	目的	频次
方法空白 (MB)	在样品处理时与样品同时处理的相同基质的空白样	确认实验过程中是否存在污染，包括玻璃器皿、试剂等	1 个/20 个样品
实验室控制样 (LCS)	将目标化合物加入到空白基质中，与每批样品经完全相同的步骤进行处理和分析	确认目标化合物是否能够准确检出	1 个/20 个样品
实验室平行样 (DUP)	在每批样品中随机选择其中的一个样品，按分析所需量取两份，与其他样品同样处理	确认实验室对于该类基质测试的稳定性	1 个/20 个样品
基质加标样品 (MS)	每批样品中选择其中的一个样品，按分析所需量取两份，加入目标化合物，然后与样品一起，经完全相同的步骤进行处理和分析	确认样品基质对于目标化合物的影响及其稳定性	1 个/20 个样品

6 样品采集、保存、流转及分析测试

6.1 现场采样实施过程及质量保证

6.1.1 土壤钻孔

土壤采样点位置经茂名石化工艺、水电、消防等相关人员确认后，以红色喷漆标注，开具动土许可证和一般作业票后实施钻探。现场采用 GY-150 型液压式钻机进行钻探，钻孔直径为 110mm，钻孔深度为 3~5m。钻探设备情况见图 6-1。土壤钻孔过程按照 5.6 节要求，严格执行质量控制措施。



图 6-1 现场钻探用 GY-150 型钻机

6.1.2 地下水建井

经茂名石化工艺、水电、消防等相关人员确认后，以红色喷漆标注，开具动土许可证和一般作业票后实施钻探。现场采用 GY-150 型液压式钻机进行钻探，钻孔直径为 110mm，钻探深度至地下潜水面以下 3m，建井过程见图 6-2，建成的地下水监测井见图 6-3。地下水建井过程按照 5.6 节要求，严格执行质量控制措施。

建井具体步骤包括：（1）定位，表面清理；（2）钻杆安装并钻进，适时清理并收集溢出土壤，直至达到预期深度；（3）提升并卸下钻杆；（4）按规范装入井管；（5）沿井管外壁依次倒入石英砂和膨润土；（6）混凝土封住井口外侧；（7）制作井保护；（8）做好井标记。成井后，为将钻孔时产生的杂质和周围含水层中

淤泥洗出，以防筛管堵塞和井水浑浊。



图 6-2 地下水监测井建设



图 6-3 建成的地下水监测井

6.1.3 土壤样品采集

土壤采样方法及规范要求依据《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)执行。原则上每个土壤采样点在 3 个不同深度采集土壤样品,采样深度包括表层-0.5m 以上、存在污染痕迹或现场快速检测识别出的污染相对较重的位置。若钻探至地下水位时,原则上在水位线附近 0.5m 范围内和地下水含水层中各采集 1 个土壤样品。现场根据钻探情况,设置采样深度。

单独采集用于实验室检测 VOCs 的土壤样品(不进行均质化处理,不采集混合样)将柱状土芯取出后,先采集用于检测 VOCs 的土壤样品。以刮刀剔除约 1~2cm 表层土壤,在新的土壤切面处快速采集样品。针对检测 VOCs 的土壤样品,应用非扰动采样器采集不少于 5g 原状岩芯的土壤样品,移入加有 10mL 甲醇(色谱级或农残级)保护剂的 40mL 棕色样品瓶内,移入土壤样品时将样品瓶略微倾斜,防止将保护剂溅出,每个样品采集 2 瓶。采集用于半挥发性有机物(SVOCs)、重金属、含水率等其它指标实验室检测的土壤样品时,以采样铲将土壤转移至 250mL 广口样品瓶内,装满填实。采样过程中,剔除石块、草根等杂质,保持采样瓶口螺纹清洁以防止密封不严。

在样品瓶标签上写明样品编码和采样日期,字迹清晰可辨。采样完成后,样品瓶以泡沫塑料袋包裹,立即置于装有冷冻蓝冰的样品箱内进行临时保存。采样过程中,针对采样工具、采集位置、VOCs 和 SVOCs 采样瓶土壤装样过程、样品瓶编号、岩心摆放、现场检测仪器使用等关键环节拍照记录,具体见图 6-4。



图 6-4 土壤样品采集

现场记录样品外观、土壤质地等，并对钻孔做 GPS 卫星定位（含采样点坐标和高程）。样品采集当天不能寄送至实验室时，需置于冷藏柜内在 4℃ 温度下避光保存。样品保存在装有冰冻蓝冰的保温箱内运送到实验室进行分析检测，有效保存时间为从样品采集完成到分析测试结束。

6.1.4 地下水样品采集

采样前先采用贝勒管进行洗井，贝勒管取水位置为井管底部，控制贝勒管缓慢下降和上升，洗井体积为3倍滞水体积，直观判断达到水清砂净。洗井过程中，监测地下水的pH、电导率、浊度、水温等，至各项参数达到稳定时方可采样。采样保持一井一管，避免交叉污染。采样时，先采集用于检测VOCs的水样，然后再采集用于检测其他水质指标的水样。对于未添加保护剂的样品瓶，采样前需用待采集水样润洗2~3次。具体采样过程见图6-5。



图 6-5 地下水样品采集

采样后，样品瓶以泡沫塑料袋包裹，立即置于装有冷冻蓝冰的样品箱内保存。洗井和采样过程中产生的废水，集中收集至塑料桶中，送污水处理厂处理。采样过程中，对洗井、采样、以及采样过程中现场快速监测等环节进行拍照记录；对地下水检测井做 GPS 卫星定位（含采样点坐标和高程）。样品采集当天不能寄送至实验室时，需置于冷藏柜内在 4℃ 下避光保存。样品保存在装有冰冻蓝冰的保温箱内运送到实验室进行分析检测，有效保存时间为从样品采集完成到分析测试结束。

6.2 实验室分析及质量保证

6.2.1 土壤样品检测

茂名石化土壤检测优先选用 GB 36600-2018 中推荐的方法，GB 36600-2018 未涉及的检测项目，依次选用国家标准（GB）、国家生态环境部标准（HJ）、《全国土壤污染状况详查土壤样品分析测试方法技术规范（试行）》中的标准及国际通用标准（如 USEPA 标准）进行分析，土壤检测项目方法及检出限见表 5-3。全部土壤样品运输至具有中国计量认证（CMA）资质的第三方实验室上海实朴检测技术服务有限公司（资质认定证书编号：170312341275）进行检测。为确保样品分析质量，上海实朴检测技术服务有限公司按照规定定期校正仪器，在进行样品分析时对各环节进行质量控制，随时检查分析测试数据是否受控（通过标准曲线、精密度、准确度等），同时设置内部质量控制样品，每 20 个样品为一批次，每批次有一套内部质控样的分析，分析完后所有样品留样至少 6 个月，以备复测。

6.2.2 地下水样品检测

茂名石化地下水检测优先选用 GB/T 14848-2017 中推荐的方法，GB/T 14848-2017 未涉及的检测项目，依次选用国家标准（GB）、国家生态环境部标准（HJ）、《全国土壤污染状况详查地下水样品分析测试方法技术规范（试行）》中的标准及国际通用标准（如 USEPA 标准）进行分析，地下水检测项目方法及检出限见表 5-4。全部地下水样品运输至具有中国计量认证（CMA）资质的第三方实验室上海实朴检测技术服务有限公司（资质认定证书编号：170312341275）进行检测。为确保样品分析质量，上海实朴检测技术服务有限公司按照规定定期校正仪器，在进行样品分析时对各环节进行质量控制，随时检查分析测试数据是否

受控（通过标准曲线、精密度、准确度等），同时设置内部质量控制样品，每 20 个样品为一批次，每批次有一套内部质控样的分析，分析完后所有样品留样至少 6 个月，以备复测。

7 样品检测结果分析与评价

7.1 评价依据

茂名石化土壤环境现状及区域污染状况依据 GB 36600-2018 第二类用地（工业类）风险筛选值和管制值进行评价；GB 36600-2018 未涉及的污染指标，可参考 DB11/T 811-2011，按《中国石化企业用地土壤地下水初步调查工作技术指南（试行）》要求不进行对标。

茂名石化地下水环境现状及区域污染状况依据 GB/T 14848-2017 III类标准进行评价；GB/T 14848-2017 未涉及的污染指标，可参考 GB 3838-2002 III类标准、集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准值等，按《中国石化企业用地土壤地下水初步调查工作技术指南（试行）》要求不进行对标。

7.2 评价内容

茂名石化土壤环境现状及区域污染状况评价内容主要包括：针对 VOCs、SVOCs、重金属、石油烃（C₁₀-C₄₀）及其它污染物共计 46 项指标，按照 GB 36600-2018 第二类用地（工业类）风险筛选值进行对标，超筛选值项目判定为存在污染现象；统计样品超标率，点位超标率，检测最大值及最大超标倍数，表征污染程度；分析超标点位污染状况及污染原因，判定污染点位及周边区域是否需要采取管控措施。

茂名石化地下水环境现状及区域污染状况评价内容主要包括：针对 VOCs、SVOCs、重金属、石油烃（C₁₀-C₄₀）及其它污染物共计 53 项指标，按照 GB/T14848-2017 III类标准进行对标，超标项目判定为存在污染现象；统计样品超标率，点位超标率，检测最大值及最大超标倍数，表征污染程度，判定水质级别；分析超标点位污染状况及污染原因，判定污染点位及周边区域是否需要采取管控措施。

7.3 土壤环境现状评价

茂名石化布置土壤采样点 64 个，实际取得有效样品 192 个。茂名石化土壤检测结果见附录 2。对超出检测限的项目进行统计分析，结果见表 7-1。

表 7-1 土壤检测结果统计分析

序号	项目	筛选值 (mg/kg)	检出率/%	超标率/%	最大值 (mg/kg)
1	镉 (Cd)	65	61.46	/	0.49
2	铅 (Pb)	800	100.00	/	129.0
3	铜 (Cu)	18000	95.31	/	423.02
4	镍 (Ni)	900	66.67	/	515.08
5	汞(Hg)	38	98.96	/	1.54
6	砷 (As)	60	100.00	/	38.15
7	苯	4	1.04	/	944.00
8	甲苯	1200	0.52	/	175.00
9	乙苯	28	2.08	/	23500.00
10	间&对-二甲苯	570	1.04	/	2910.00
11	邻-二甲苯	640	1.04	/	693.62
12	苯并(a)蒽	15	0.52	/	0.12
13	蒽	1293	0.52	/	0.26
14	石油烃 C ₁₀ ~C ₄₀	4500	38.54	1.04	7520.00

茂名石化土壤检测 46 项指标，共检出污染指标 14 项。其中 7 种重金属中铅和砷的检出率为 100%，六价铬未检出，其余各项检出率分别为铜 95.31%、镉 61.46%、镍 66.67%、汞 98.96%；挥发性有机物检出了苯、甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、邻-二甲苯，各项检出率均不超过 2.08%；半挥发性有机物检出了苯并(a)蒽和蒽 2 种多环芳烃，检出率均为 0.52%；石油烃(C₁₀-C₄₀)检出率为 38.54%。

茂名石化土壤检测指标超标 1 项，石油烃 C₁₀~C₄₀ 超标率为 0.52%，最大值为 7520mg/kg。

以检测指标超筛选值判定，茂名石化土壤污染点位共计 1 个，占采样点总数的 1.5%，具体情况见表 7-2。

表 7-2 土壤超标点位及检测结果

序号	超标 点位	超标项目	深度 /m	筛选值 (mg/kg)	管制值 (mg/kg)	检测值 (mg/kg)	超标倍数 /倍
1	MS07	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	-4.0	4500	9000	7520	0.67

MS07 位于炼油分部装油西罐区院内，-4.0m 处土壤石油烃 (C₁₀-C₄₀) 检测值为 7520mg/kg，超过筛选值 4500mg/kg，超筛选值倍数为 0.67 倍，但未超过管制值。现场采样情况见下图 7-1 和图 7-2。



图 7-1 MS07 点位现场采样四侧图



图 7-2 MS07 点位现场采样土柱及样品图

总体上，茂名石化土壤检测超标点位共计 1 个，位于炼油分部，污染程度较低。超标点位 MS07 检测项中石油烃（C₁₀-C₄₀）为 7520mg/kg，超过筛选值 4500mg/kg，但未达到管制值 9000mg/kg，风险可控，需加强管理，防止污染风险加重。

7.4 地下水环境现状评价

茂名石化地下水布置采样点 36 个，实际取得有效样品 36 个。检测结果见附录 2。对超出检测限的项目进行统计分析，结果见表 7-3。

表 7-3 地下水检测结果统计分析

序号	项目	Ⅲ类标准	检出率/%	超标率/%	最大值
1	铜 (Cu)	1000µg/L	63.89	/	8.55µg/L
2	镍 (Ni)	20µg/L	80.56	8.33	102.74µg/L
3	铅 (Pb)	10µg/L	33.33	19.44	313.00µg/L
4	镉 (Cd)	5µg/L	22.22	/	1.85µg/L
5	砷 (As)	10µg/L	66.67	/	7.92µg/L
6	甲苯	700µg/L	2.78	/	78.60µg/L
7	乙苯	300µg/L	8.33	5.56	47300.00µg/L
8	间&对-二甲苯	500µg/L	5.56	2.78	240000.00µg/L
9	邻-二甲苯	500µg/L	2.78	2.78	107000.00µg/L
10	顺式-1,2-二氯乙烯	50µg/L	2.78	/	12.09µg/L
11	1,2-二氯乙烷	30µg/L	2.78	/	2.49µg/L
12	三氯乙烯	70µg/L	2.78	/	1.40µg/L
13	四氯乙烯	40µg/L	2.78	/	3.71µg/L
14	萘	100µg/L	2.78	/	3.72µg/L
15	溶解性固体	1000 mg/L	100.00	8.33	4830.00 mg/L
16	氨氮	0.5 mg/L	63.89	30.56	5.01 mg/L
17	耗氧量	3 mg/L	100.00	27.78	14.90 mg/L
18	石油类	/	86.11	/	33.80 mg/L
19	石油烃 (C ₁₀ -C ₄₀)	/	75.00	/	195.45 mg/L

茂名石化地下水检测 54 项指标，共检出污染指标 19 项。其中，六价铬和汞未检出，重金属铜、镍、铅、镉、砷检出率分别为 63.89%、80.56%、33.33%、22.22%、66.67%；挥发性有机物检出了甲苯、乙苯、间&对-二甲苯、邻-二甲苯、顺式-1,2-二氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯共 8 项，检出率均不超过 10%；半挥发性有机物检出了萘 1 项，检出率为 2.78%；耗氧量检出率为 100%；氨氮检出率为 63.89%；石油类检出率均为 86.11%；石油烃 (C₁₀-C₄₀) 检出率为 75.00%。

茂名石化地下水检测指标超标 8 项。其中，溶解性固体超标率为 8.33%，最大值为 4830mg/L；氨氮超标率为 30.56%，最大值为 5.01mg/L；耗氧量超标率为 27.78%，最大值为 14.90mg/L；镍超标率为 8.33%，最大值为 102.74µg/L；铅超标率为 19.44%，最大值为 313µg/L；乙苯超标率为 5.56%，最大值为 47300.00µg/L；间&对-二甲苯超标率为 2.78%，最大值为 1240000.00µg/L；邻-二甲苯超标率为 2.78%，最大值为 107000.00µg/L。

根据《中国石油化工股份有限公司茂名分公司 150 万吨/年连续重整装置环境影响报告书》分析调查区域附近的土壤和地下水超标原因如下：

炼油分部区域石油类超标的原因，建厂过程中用油页岩矿渣填筑地基，且厂区西北角有存在多年的南排土场，油页岩矿渣和排土场弃土石油类含量均较高，地表和地下水径流使其不断扩散，加之茂名炼油厂是一个建国初期兴建的大型炼油企业，跑冒滴漏问题以前在所难免，因此厂址区域部分浅层地下水存在石油类及苯超标的问题。炼油分部区域油页岩和泥岩中含有大量的有机物、硫化物等，尤其油页岩中所含挥发酚、油极易游离氧化而进入水中，而硫化物使地下水偏酸性。茂名石化填埋场位于北排土场上，油页岩、褐煤、泥炭土等大量堆积，上述岩层中重金属因历史堆积原因含量普遍较高，油页岩和泥岩中含有大量的有机物等。港口分部区域地下水井位于海岸线附近，其水质受海水潮汐作用影响较大。

8 结论与建议

8.1 结论

(1)调查发现土壤超标点位 1 个，位于炼油分部，占采样点总数的 1.5%。超标点位 MS07 检测项中石油烃(C₁₀-C₄₀)为 7520mg/kg，超过筛选值 4500mg/kg，未超过管制值 9000mg/kg，应对该点位附近区域开展进一步的土壤污染详查。

(3)地下水总体上超标项检测值多介于III类和IV类标准值之间，呈轻微污染。但是炼油厂区在茂南工业园区下游，存在极大可能炼油区域地下水被上游污染，需要加强上游巡察并建立相关风险协调管控机制。

8.2 建议

(1) 茂名石化土壤总体污染轻微，建议污染防控可以定期自行监测为主，对重点区域做好防渗漏管理。建议对疑似受到污染的 MS07 区域开展详细调查，确定污染范围和深度进而提出针对性的管控方案。

(2) 茂名石化地下水总体污染程度较轻，建议根据污染点位置、污染程度及地下水流向查找并清理污染源；建议对污染不甚严重的点位进行监测自然衰减管理，定期开展自行监测，频次为一年两次。