广州油墨厂地块土壤污染修复

实 施 方 案

土地使用权人：广州市土地开发中心

修复施工单位：广州市番禺环境工程有限公司

编 制 日 期：二〇二〇 年 五 月

项目名称：广州油墨厂地块土壤污染修复项目

土地使用权人：广州市土地开发中心

修复施工单位：广州市番禺环境工程有限公司

资质证书：环保工程专业承包壹级证书

项目负责人：梁建莊

技术负责人：李高奇

参与人员：

姓名	职称/职务	编写内容	签名
许保江	技术工程师	第 1、2 章	
黄伟棋	项目工程师	第 3、4、5 章	
梁建源	技术工程师	第 6、70 章	
李子恒	项目工程师	第 8、9、10 章	
梁建莊	项目负责人	实施方案审核	
李高奇	技术负责人	实施方案审定	

目 录

目 录 III
1 概述 1
1.1 项目背景 1
1.2 编制原则及依据 2
1.2.1 编制原则 2
1.2.2 编制依据 2
1.3 修复工程概述 5
1.3.1 项目地理位置 5
1.3.2 场地环境概况 7
1.3.3 地块污染状况 19
1.3.4 场地风险状况 20
1.3.5 场地修复目标值与修复范围 21
1.4 目标污染因子性质分析 23
1.5 工程管理目标 ..... 错误!未定义书签。
1.5.1 按期完工 ..... 错误!未定义书签。
1.5.2 修复质量达标 ..... 错误!未定义书签。
1.5.3 不产生二次污染 ..... 错误!未定义书签。
2 修复技术筛选与方案比选 23
2.1 修复技术筛选与方案比选目的 23
2.2 修复技术选择原则 24
2.2.1 安全性 24
2.2.2 技术有效性 24
2.2.3 经济合理性 24
2.2.4 施工可行性 25
2.3 原位、异位修复技术筛选 25
2.3.1 原位修复与异位修复技术介绍 26
2.3.2 原位修复与异位修复优缺点 27
2.4 土壤修复技术筛选 29

2.4.1 场地土壤常用修复技术介绍 29
2.4.2 土壤修复技术筛选 34
2.5 场地土壤修复技术可行性评估 35
3 土壤修复工艺设计方案 36
3.1 修复技术总体思路 36
3.1.2 总体修复技术路线 36
4 工程施工部署 38
4.1 总体部署 38
4.1.1 修复区平面布置 38
4.1.2 施工流程 39
4.1.3 工艺设备 39
4.1.4 工期安排 40
4.2 项目组织架构 40
5 施工组织方案 41
5.1 施工组织策划 41
5.1.1 施工组织原则 41
5.1.2 施工组织阶段划分 42
5.1.3 施工组织策划 43
5.2 施工准备 43
5.2.1 进驻现场和现场交接 43
5.2.2 进场各项准备工作 46
5.3 污染土壤测量定位专项方案 46
5.3.1 修复区域拐点坐标 46
5.3.2 测量质量要求 46
5.3.3 测量准备工作： 47
5.3.4 土方施工测量及过程监控 47
5.4 污染土壤开挖及运输专项方案 48
5.4.1 土壤挖运工程量 48
5.4.2 清挖原则 48

5.4.3 清挖准备 49
5.4.4 清挖实施 50
5.4.5 污染土运输 51
5.5 污染土壤预处理专项方案 52
5.5.1 土壤预处理施工流程 52
5.6 污染土壤原地异位化学氧化修复专项方案 53
5.6.1 化学氧化施工流程 53
5.6.2 预计处理效果 53
5.7 土壤回填处置方案 54
5.7.1 回填原则 54
5.7.2 回填工程量与土方平衡 54
5.7.3 施工安全 54
6 环境监测及自验收方案 54
6.1 环境监测方案 54
6.1.1 大气环境监测方案 55
6.1.2 废水环境监测方案 57
6.1.3 噪声环境监测方案 57
6.1.4 土壤环境监测 57
6.2 自验收方案 58
6.2.1 自验收内容 58
7 环境管理与二次污染防治措施 58
7.1 编制原则 58
7.1.1 安全性原则 59
7.1.2 可行性原则 59
7.1.3 符合地方政策原则 59
7.2 环境管理方案 59
7.2.1 环境管理体系 60
8 安全防护措施 61
8.1 施工安全保证措施 61

8.1.1 基坑开挖安全施工措施 61
8.1.2 临时用电安全措施 61
8.2 人员防护 62
8.2.1 化学危害风险及防护措施 62
8.2.2 防尘伤害措施 63
8.2.3 防噪声伤害措施 64
8.2.4 防护用品的选用 64
9 工作进度计划与保证措施 66
9.1 总体工期计划 66
10 工程竣工验收及项目移交 68
10.1 竣工验收概况 68
10.2 工程场地的移交 68

1 概述

1.1 项目背景

广州油墨厂始建于 1940 年，原名人民油墨社、更生油墨厂，1965 年改名为广州油墨厂。1994 年因生产发展和环保需要，从市区西华路彩虹晒地 6 号搬迁到广州天河区车陂西路 198 号，新厂总投资 2500 万元，固定资产总值 4500 万元，拥有职工数 128 人，建设面积约 13088 平方米，其中厂房面积 8600 平方米，主要产品为印刷油墨，附带产品有涂料和调油墨等，年产量约 1500 吨，工业总产值 2800 多万元。1994-2008 年一直被广州油墨厂使用。2008 年至 2010 年期间油墨厂搬迁后闲置 2 年。2011 年，广州市土发中心委托盛丰物业对地块进行管理，盛丰物业将地块出租给华劲纸业、幸福家私、中通速递、广州市肯大贸易有限公司等作为商业用地使用。

2019 年 3 月场调单位编制完成了《广州油墨厂地块场地环境初步调查报告》、《广州油墨厂地块场地环境详细调查报告》、《广州油墨厂地块场地环境风险评估报告》，并进行了备案，拿到了广州市生态环境局的备案函。根据国家和广东省的有关规定，本场地在开发建设前需对污染土壤进行修复治理。根据场地调查结果表明，该地块为总石油烃污染，需修复土壤面积共计 294.61m^2，工程量为 412.45m^3，污染深度为 0-1.4m。

根据《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）、《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》（国发[2011]35 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]128 号）等文件对原工业用地转化其他用地类型的土地要进行环境调查和风险评估，经环境调查和风险评估属于被污染场地的，应开展相关修复工作。

2020 年 3 月广州市土地开发中心委托广州公共资源交易中心对广州油墨厂

地块土壤污染修复项目施工工程进行公开招标，2020 年 3 月，广州市番禺环境工程有限公司中标本项目。我司在招标文件及业主提供资料基础上，进行了广州油墨厂地块土壤污染修复项目（以下简称“本项目”）实施方案的编制。

1.2 编制原则及依据

1.2.1 编制原则

（1）规范性原则。以《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）和《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估技术要点》（穗环办[2018]173）为依据，规范编制污染场地修复技术方案；以相关的法律法规和规范标准为准绳，严格贯彻落实场地土壤挖掘、固体废物管理和处理处置的相关要求；

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

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

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

1.2.2 编制依据

1.2.2.1 法律法规

（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》（2018 年 8 月 31 日）

（3）《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27）

（4）《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）

（5）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日）

（6）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016 年 11 月 7 日）

（7）《中华人民共和国安全生产法》（2014 年 12 月 1 日）

（8）《建设工程安全生产管理条例》（2004 年 2 月 1 日）

（9）《中华人民共和国职业病防治法》（2018 年 12 月 29 日）

（10）《广州市建设工程文明施工管理规定》（2012 年 3 月 1 日）

1.2.2.2 政策文件

(1)《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发[2012]140号）

(2)《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知》（国办发[2013]7 号）

(3)《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66 号）

(4)《关于加强环境保护重点工作的意见》（国发[2011]35 号）

(5)《关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发[2016]31 号）

(6)《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

(7)《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环部令[42]号）

(8)《广州市工业企业场地再开发利用环境管理办法（试行）》（征求意见稿）（广州市环境保护局，2015 年 12 月 16 日）

(9)《广州市污染场地治理修复验收监测质量控制监督要求（试行）》（广州市环境保护局办公室，2015 年 12 月 15 日）

(10)《广州市环境保护局办公室关于加强污染场地治理修复工程验收监测工作的通知》（穗环办[2015]193 号）

(11)《广州市工业企业场地环境调查、治理修复及效果评估技术要点》（穗环办[2018]173 号）

1.2.2.3 技术导则、标准与规范

（1）《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）

（2）《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）

（3）《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）

（4）《地下水水质标准》（DZT0290-2015）

（5）《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)

（6）《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)

（7）《声环境质量标准》（GB3096-2008）

（8）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

（9）《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）

（10）《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2010）

（11）《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T50087-2013）

（12）《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ2026-2013）

（13）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）

（14）《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1-2019）；

（15）《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）

（16）《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）；

（17）《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；

（18）《土壤重金属风险评价筛选值---珠江三角洲》（DB44/T1415-2014）

（19）《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）

（20）《工业企业场地环境调查评估及修复工作指南（试行）》（环境保护部公告 2014 年第 78 号）

（21）《污染场地修复技术目录（第一批）》（环境保护部公告 2014 年第 75 号）

（22）《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）

（23）《环境监测分析方法标准制修订技术导则》（HJ168-2010）

（24）《土壤环境监测技术规范》（HJ/T166-2004）

（25）《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ/T194-2005）

（26）《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000）

（27）《环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）》（HJ 664-2013）

（28）《空气和废气监测分析方法》（第四版增补版）（中国环境科学出版社）

（29）《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）

（30）《地下水环境监测技术规范》（HJ/T164-2004）

（31）《地下水环境状况调查评价工作指南（试行）》（环境保护部 2014 年 10 月）

（32）《地下水污染修复（防控）工作指南（试行）》（环境保护部 2014 年 10 月）

（33）《职业健康安全管理体系要求》（GB/T28001-2011）

（34）《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）

（35）《工程测量规范》（GB50026-2007）

（36）《建筑地基处理技术规范》（JGJ79-2012）

（37）《建筑给排水设计规范》（GB50015-2003（2009 年版））

（38）《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）

（39）《建筑地基处理技术规范》（DBJ/T 15-38-2019）

（40）《广州地区建筑基坑支护技术规定》(GJB02-98）

（41）《建筑与市政降水工程技术规范》（JGJ/T111-98）

（42）《建筑基坑支护技术规范》(JGJ120-2012)

（43）《建筑施工手册》(第五版)

（44）《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(HJ 25.5—2018)

（45）《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)

（46）《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)

（47）《家具制造行业挥发性有机物排放标准》(DB44/814-2010)

（48）《城市杂用水水质》（GBT 18920-2002）

（49）《城镇燃气设计规范》GB50028-2006

1.2.2.4 其他文件

（1）《广州油墨厂地块场地环境初步调查报告》。

（2）《广州油墨厂地块场地环境详细调查报告》。

（3）《广州油墨厂地块场地环境风险评估报告》。

（4）《广州油墨厂地块场地修复技术方案》。

（5）《广州油墨厂地块场地修复项目施工工程招标文件》。

1.3 修复工程概述

1.3.1 项目地理位置

广州油墨厂地块位于广州市天河区车陂西路 198 号，广园快速路以北、车陂路以西，总用地面积 13088 平方米，地理位置详见图 1.3-1 场地北面为棠东、广棠路，南面为广园东路，东面为博雅小学，西面为广东省化工研究所。项目四至

情况见图 1.3-2。

图 1.3-1 项目地理位置图

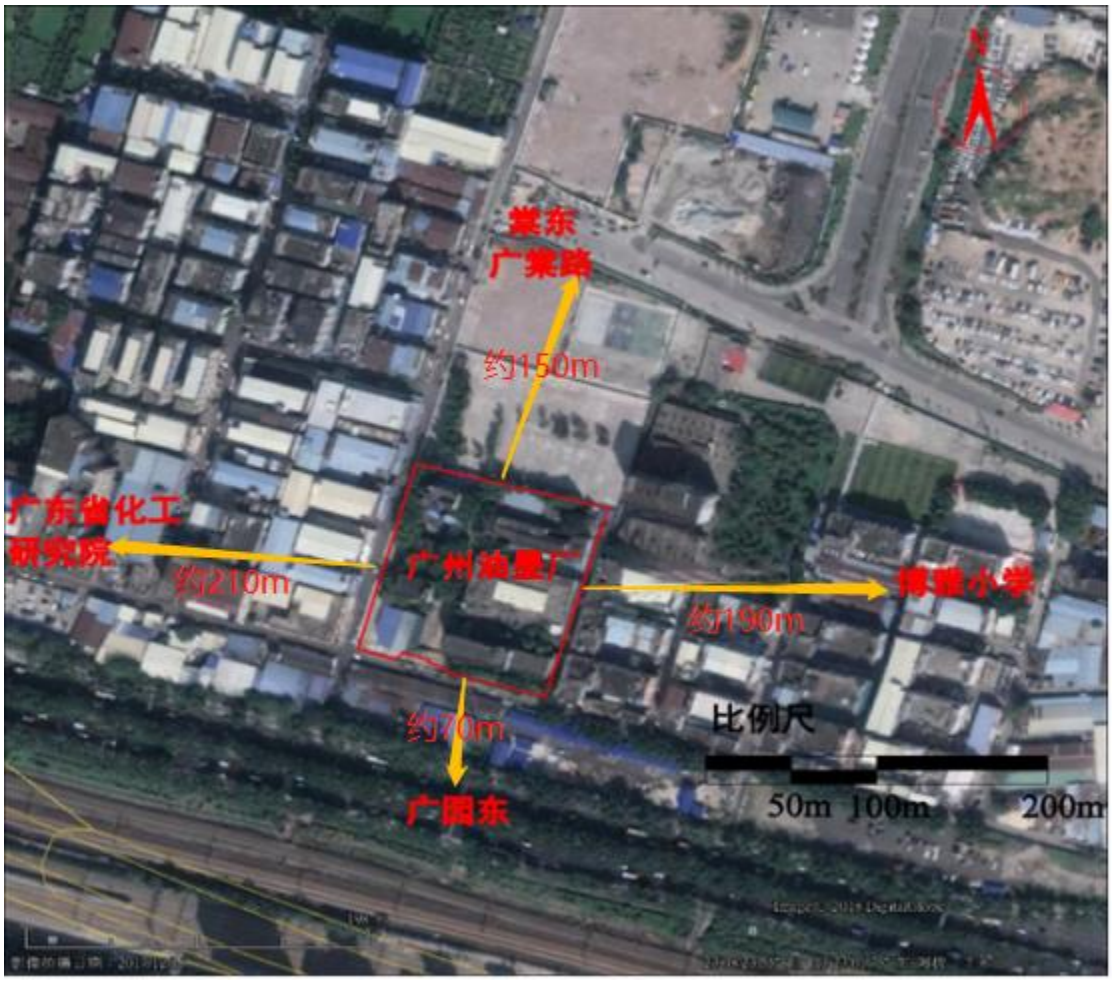


图 1.3-2 场地四至图

1.3.2 场地环境概况

1.3.2.1 地形地貌

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。其中，丘陵 28.41 平方公里，占 20.72%；台地 21.85 平方公里，占 15.94%；平原（包括冲积平原、宽谷、盆地）86.84 平方公里，占 63.34%。

中部台地区地质较为复杂。元岗天河客运站至石牌华南师范大学地下有花岗岩残积土层,遇水极易软化崩解。五山地下有孤石群,硬度非常高。瘦狗岭地下新裂带（农科院幼儿园地下 16 米）有急流地下水。

北部低山大体以筲箕窝水库为中心分东西两面排列,并以此为天河区与萝岗区、白云区分界。全区最高处为大和峰（391 米），位于北部，山脊分界处南北分别为天河区渔沙坦村与白云区太和镇。以大和嶂为基点往东与萝岗区的分界主要有杓麻山（388 米）、凤凰山（373.3 米）、石狮顶（304 米）等海拔 261~388 米的 11 个山头，往西与白云区分界主要有洞旗峰（312 米）等海拔 147~312 米的 9 个山头。筲箕窝水库以南有火炉山（322 米）。北部中央低处形成筲箕宴龙洞和华南植物园等水库、宽谷和盆地。中部台地从东到西分布有吉山台地和五山台地。五山台地中有突出的瘦狗岭（131 米）。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,并有 7 涌一湖。7 涌从东到西依次为深涌、车陂涌、裳下涌、程界涌、潭村涌、猎德涌、沙河涌。7 涌均由北向南流入珠江。一湖是天河公园中心湖。南临珠江,江岸线 11 公里。

1.3.2.2 水文条件

天河区地表水资源有沙河涌、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，各条排水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，天河区位于珠江北岸，有江岸线 11 公里；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。

天河区地下水资源丰富。其中，已开发的有珠村矿泉水、龙眼洞矿泉水、凤凰山矿泉水，但产量不大。珠村开发的“珠碧泉”矿泉水，龙洞广州天河天然矿泉水厂开发的洞旗峰矿泉水。1997 年起，柯木塱长寿村地下纯净水得到大量开发。1996 年 11 月，发现从龙眼洞到太和帽峰山一带约 200 平方公里的地下有大量水源，水质为偏硅型，低钠、低矿化度，口感好，日开采量可达 9099 立方米。此外，从天河北路到瘦狗岭一带地下有温泉水源，水温达 36℃，有丰富的偏硅酸、氟、铁等微量元素，有一定的医疗作用。尚未开发的还有位于沙河禺东西路军体院一带的矿泉水源。此外，新塘、吉山、龙洞、渔沙坦一带丘陵台地有百年井泉。

1.3.2.3 气候气象

天河区属南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。

1.3.2.4 自然资源

土地资源：1991 年起，天河区由于城市化，耕地平均以每年 1000 亩的速度锐减。天河区尚有地形坡度大于 25 度难于利用的低山丘陵土地 42 平方公里，主要集中在区东北部。

植物资源：2012 年，天河区森林总面积 2225.8 公顷，森林覆盖率 25.3％，比上年增长 0.38％。森林主要分布在北部、西北、东北、中部低山丘陵区。全区有用材林 586.7 公顷、防护林 305.9 公顷、特种林 1074.8 公顷、经济林 258.5 公顷、竹林 110.8 公顷、灌木林地 22.4 公顷、苗圃地 0.9 公顷。辖区内自然植被主要有季风常绿阔叶林、针叶林、灌草丛等群落，共 30 多个科、50 多个属、100 多个种。

地下水资源：天河区地下水资源丰富，已开发的有珠村矿泉水、龙眼洞矿泉水、凤凰山矿泉水，但产量不大。珠村开发的“珠碧泉”矿泉水，龙洞广州天河天然矿泉水厂开发的洞旗峰矿泉水。1997 年起，柯木塱长寿村地下纯净水得到大量开发。1996 年 11 月，发现从龙眼洞到太和帽峰山一带约 200 平方公里的地下有大量水源，水质为偏硅型，低钠、低矿化度，口感好，日开采量可达 9099 立方米。此外，从天河北路到瘦狗岭一带地下有温泉水源，水温达 36℃，有丰富的偏硅酸、氟、铁等微量元素，有一定的医疗作用。尚未开发的还有位于沙河禺东西路军体院一带的矿泉水源。此外，新塘、吉山、龙洞、渔沙坦一带丘陵台地有百年井泉。

1.3.2.5 区域社会经济

2018 年天河区年末户籍人口 93.92 万人，增长 4%；常住人口 174.66 万人，增长 2.9%。户籍人口出生数为 14401 人，出生率 15.24‰，死亡率 3.35‰，自然增长率 11.88‰，符合政策生育率 97.21%。

2018 年，新增就业 7.1 万人，帮扶 1.2 万名登记失业人员实现再就业，就业

率为 75 %。其中，“4050”人员就业率为 79.7%，特困失业人员、“零就业”家庭一人就业率保持 100％，充分就业社区创建率为 75.8%。强化就业帮扶，实现转移就业 2200 多人。举办公益性招聘会 108 场，邀请企业 2873 家，提供 6.1 万个就业岗位，其中初步达成意向 5091 人。“农转居”劳动力职业技能提升 3 年行动计划顺利收官，累计培训 7788 人次。在 18 所大中专院校开展 30 多场创业活动，吸引超过 6000 名在校大学生参加。成功举办天河区第五届大学生创业大赛，吸引全区 21 所学校共 356 个创业团队报名参赛。持续推进社保扩面，城镇职工参保 515.3 万人次，基本社会保险覆盖率达 98%。

全年城市居民人均可支配收入 68666 元，增长 9.4%。城市居民人均消费性支出 51438 元，增长 7.5%。教育文化娱乐、居住和衣着支付分别增长 7.5%、9.3%和 1.2%。恩格尔系数 30.2%。

据抽样调查结果，至 2018 年末，平均每百户城市居民家庭耐用消费品拥有量家用汽车 49 辆， 家用空调 265 台，移动电话 267 部，家用电脑 101 台，人均住房建筑面积 30 平方米。

根据《广州市天河区 2018 年国民经济和社会发展统计公报》，据初步核算，全年地区生产总值（GDP）4608.82 亿元，比上年（下同）增长 9.2%，总量连续 12 年全市第一，增速领跑全市。三次产业比例为 0.00：7.04：92.96。其中，第一产业增加值 0.22 亿元，增长 10.6%；第二产业增加值 324.55 亿元，增长 1.8%；第三产业增加值 4284.05 亿元，增长 10.2%，对经济增长的贡献率达 97.9%。现代服务业实现增加值 3399.28 亿元，增长 11.3%，占 GDP 比重达 73.8%。四大主导产业实现增加值 2847.41 亿元，增长 11.4%，占 GDP 比重达 61.8%。其中，金融业实现增加值 1006.69 亿元，增长 5.6%，占 GDP 比重达 21.8%；新一代信息技术实现增加值 856.86 亿元，增长 28%，占 GDP 比重达 18.6%；现代商贸业实现增加值 458.28 亿元，增长 4.7%，占 GDP 比重达 9.9%；商务服务业实现增加值 525.58 亿元，增长 3.9%，占 GDP 比重达 11.4%。人均 GDP 达 267604 元。

1.3.2.6 场地地质和水文地质

（1）场地地质

场地根据地质勘察和钻孔分析，地层结构扣除地表建筑碎石块，0～1.5m 为杂填土、含有建筑垃圾、砼、稍湿，松散，颜色以灰白、灰黄色居多；1.5～4.5m

左右间呈砂质状粘土，湿、软塑、中密，包含残积土、颜色以棕红、棕黄色居多；4.5～8.0m 左右间呈淤泥状粘土，很湿、流塑、中密，包含腐殖质、黑色碳质等，颜色以黑色、灰黑、棕黄色居多。从土壤性质来看，0～1.5m 左右间呈细沙质状土壤、1.5～4.5m 左右间为密实粘土和 4.5～8.0m 左右间的呈淤泥状粘土。

（2）场地水文地质

据场地调查布设了 8 口地下水监测井（初步调查 4 口，详细调查 3 口、比对实验 1 口），利用测量的地下水位数据结合地勘分析，0～0.80m 为上层滞水，地下水水埋深度为 0.80～3.50m，水面高程为 9.33～11.5m，以现建的 8 口地下水监测井水位高程数据反映，地下水整体流向大致为从北向南、东向西流，地下水流向图见图 1.3。

场地地下水功能区划：根据 2009 年 8 月正式发布的《广东省地下水功能区划》(粤办函[2009]459 号)文件，广州油墨厂地块所在浅层地下水划定为保护区，地下水功能区保护目标中水质类别为III类。场地区域水文地质图见图，场地地下水功能区划图见图。

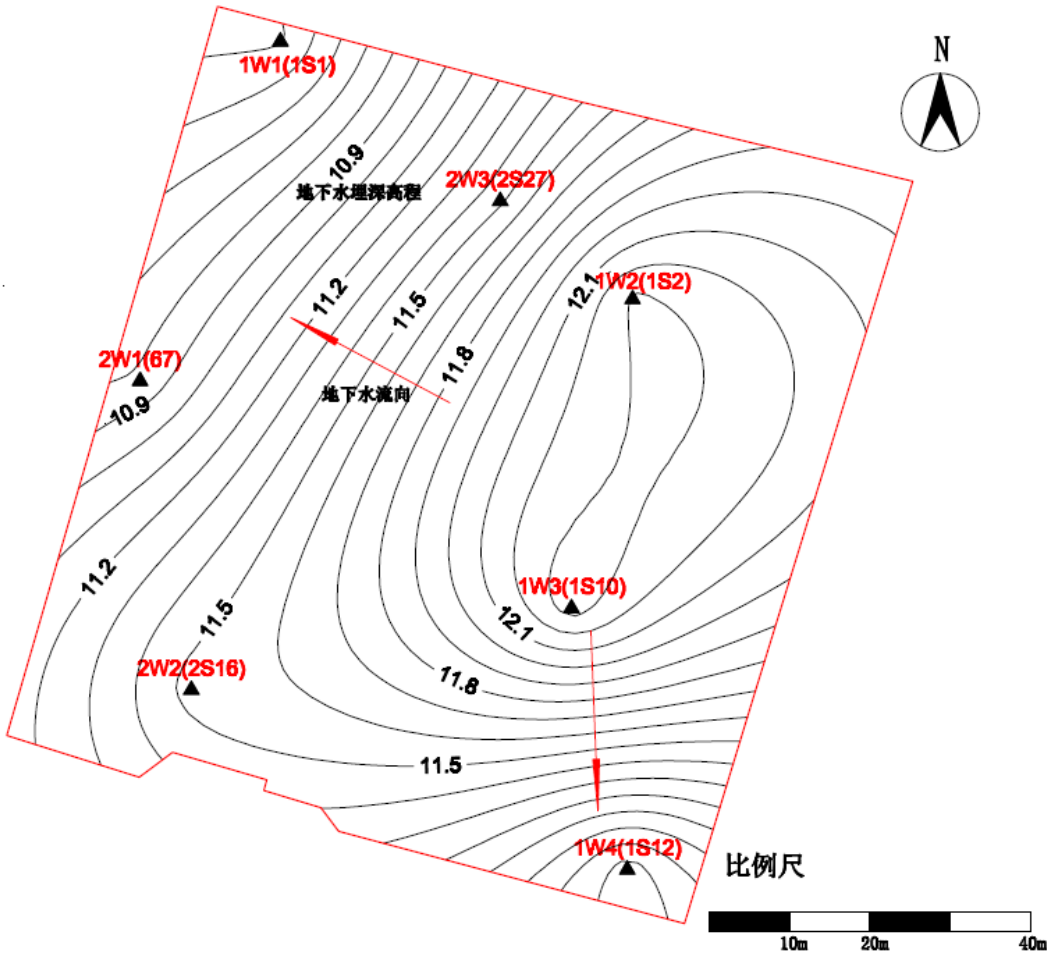


图 1.3-3 广州油墨厂地下水流向图

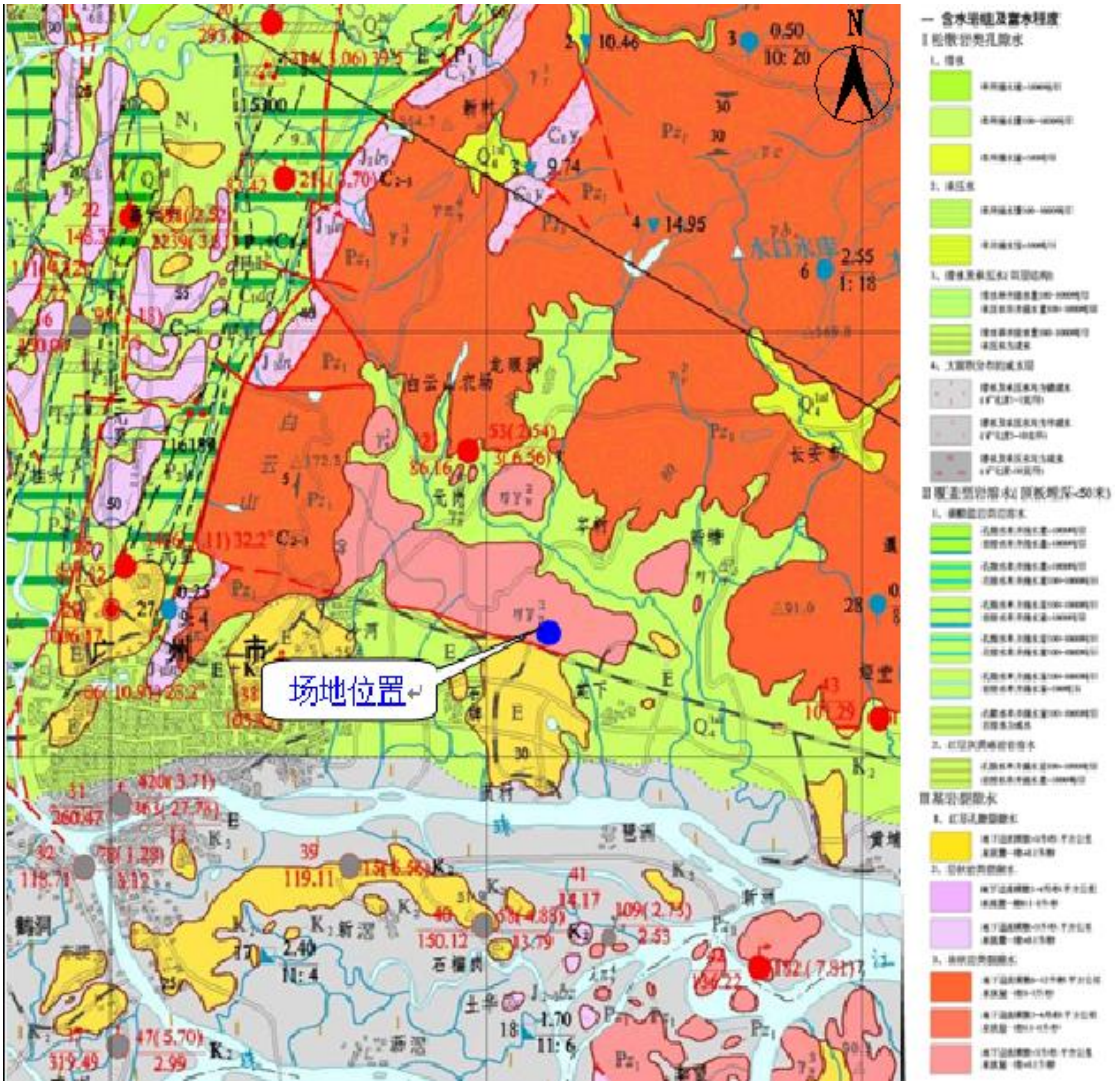


图 1.3-4 地块区域水文地质图

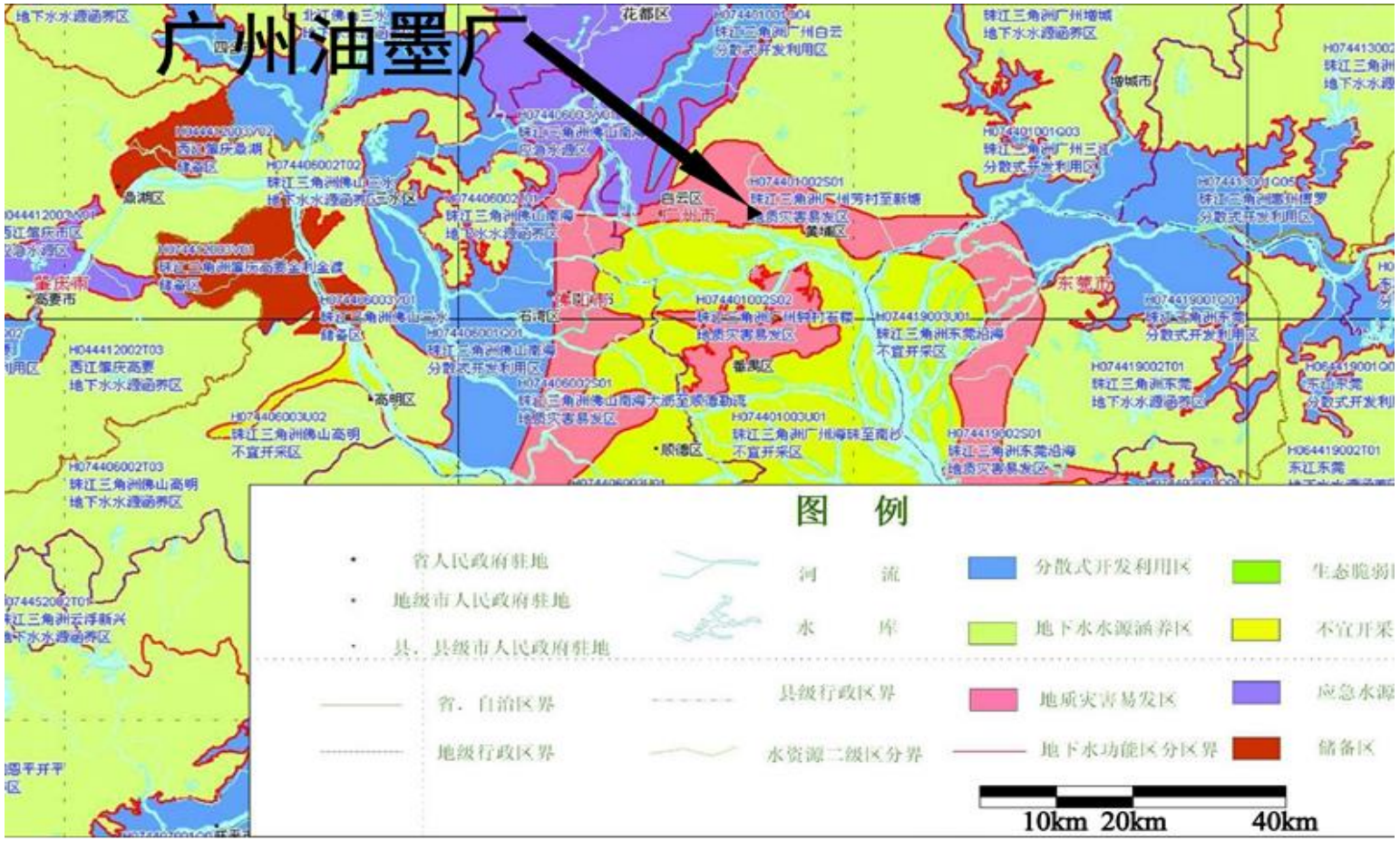


图 1.3-5 地块地下水功能区划示意图

1.3.2.7 场地土地利用及现状

1.3.2.7.1 场地土地利用历史及现状

（1）场地历史沿革

建厂前主要为空置地，属棠东集体所有。广州油墨厂始建于 1940 年，原名人民油墨社、更生油墨厂，1965 年改名为广州油墨厂。1994 年因生产发展和环保需要，从市区西华路彩虹晒地 6 号搬迁到广州天河区车陂西路 198 号，新厂总投资 2500 万元，固定资产总值 4500 万元，拥有职工数 128 人，建设面积约 13088 平方米，其中厂房面积 8600 平方米，主要产品为印刷油墨，附带产品有涂料和调油墨等，年产量约 1500 吨，工业总产值 2800 多万元。1994-2008 年一直被广州油墨厂使用。2008 年至 2010 年期间油墨厂搬迁后闲置 2 年。2011 年，广州市土发中心委托盛丰物业对地块进行管理（具体时间不详），盛丰物业将地块出租给华劲纸业、幸福家私、中通速递、广州市肯大贸易有限公司等作为商业用地使用。

（2）土地利用现状

2020 年 3 月，土地使用权人组织我司项目组相关人员到现场踏勘，地块内大部份建筑均进行了拆除，现已长满杂草，地块现场状况如下图 1.3-6。

图 1.3-6 地块利用现状

（二）土地利用规划

广州油墨厂地块，根据该地块用地结案函号：该地块已由广州市土地开发中心收储，结案见**错误!未找到引用源。**。地块未来用地规划为商业用地，具体规划图见图，项目搬迁后，原址土地已纳入政府储备用地，纳入政府储备用地土地面积为 13088 平方米。

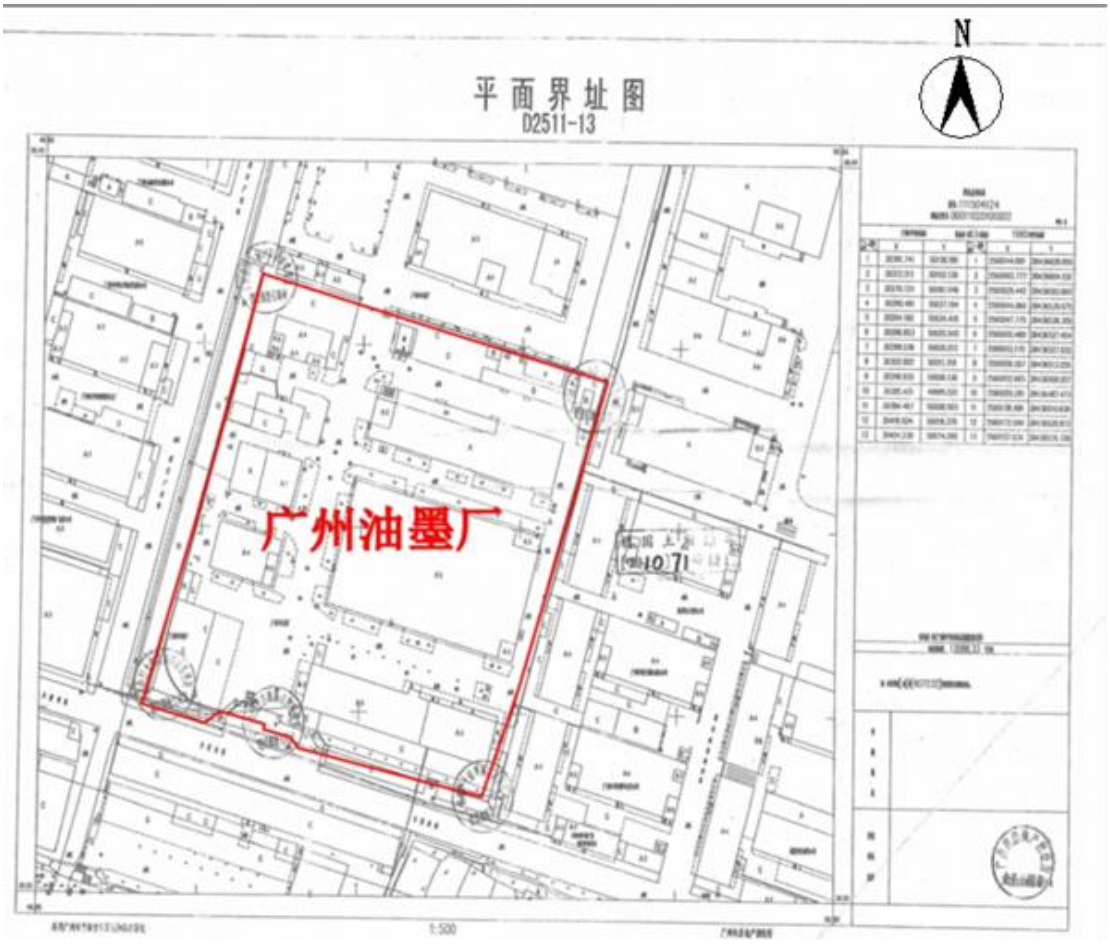


图 1.3-7 广州油墨厂地块结案图

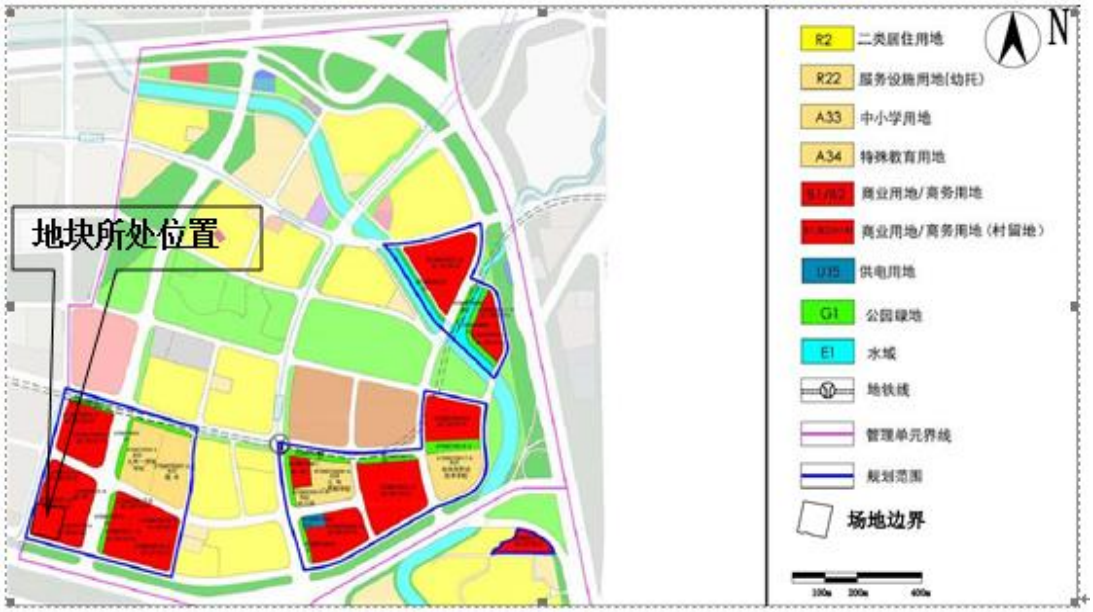


图 1.3-8 地块未来规划图

1.3.2.8 场地周边环境概况

目标地块广州市天河区车陂西路 198 号。地块范围现状用地性质为二类工业用地，周边主要为村建设用地、居住用地、市政设施用地及工业用地。

经现场勘查，本地块范围内无名木古树、历史文物等需要特殊保护的目标，也无水源保护区。地块周围主要环境情况见表 1.3-1。

表 1.3-1 目标地块周边主要环境概况

序号	敏感目标名称	方位	性质
1	博雅小学	项目东面	学校
2	广园东路	项目南面	公路
3	国药医药	项目西面	工厂
4	广东石油化工研究学院	项目西面	研究机构
5	棠东、广棠路	项目北面	公路

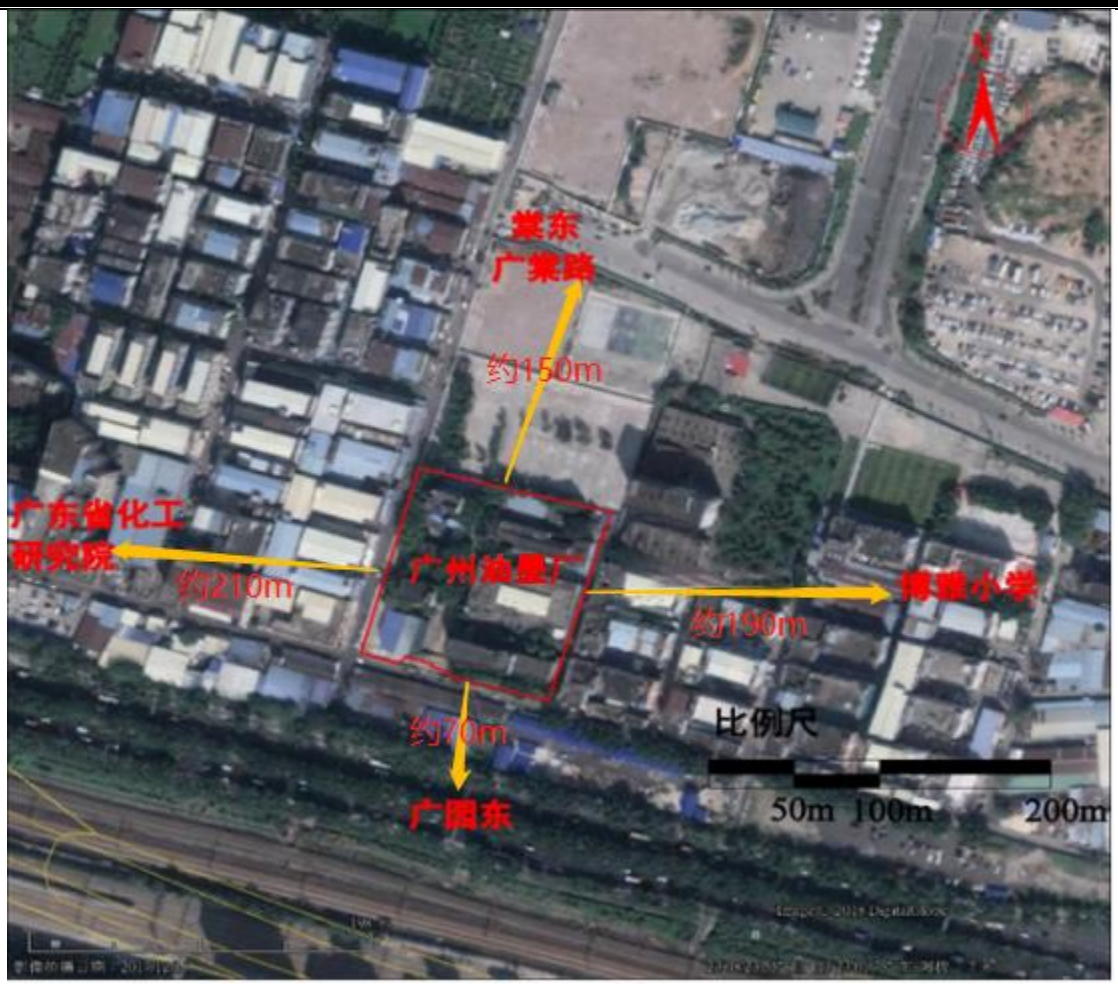


图 1.3-9 地块周围主要环境敏感点

1.3.3 地块污染状况

1.3.3.1 地块调查土壤样品超筛选值情况

根据广州油墨厂地块土壤涉及污染物种类及分布，本项目调查了该地块整个区域，每个区域均按布点方案设置采样点并在该点按垂向深度采集 7 个样品。初步采样分析共计布点 13 个（其中地块外表层对照点土壤两组），共采集了 93 组土壤样品；详细采样分析共计布点 65 个（详细调查时间段钻孔 67 孔，其中两孔为补充初步调查点位），共采集了 450 组（详细调查检测报告中样品为 464 组包括了补充调步调查 14 组样品）土壤样品，初步调查进行了 91 项指标：包括重金属指标 8 项（砷、镉、铬、铜、汞、镍、铅、锌），氟化物、VOCs(49 项)、SVOCs(30 项)、总石油烃、含水率、pH 的检测；详细调查进行了 89 项指标:包括重金属指标 6 项（砷、镉、铬、汞、镍、铅），氟化物、VOCs(49 项)、SVOCs(30 项)、总石油烃、含水率、pH 的检测，，并按照广州油墨厂场地土壤环境风险筛选值进行评价。

结果表明，除检测指标氟化物有 6 个样品超出其筛选值、总石油烃 2 个样品超出筛选值外，其它各检测指标（SVOCS、VOCS、重金属）均未超出各自风险筛选值。从氟化物各样品超出筛选值 2000mg/kg 的点位来看，超标点位配料车间、制墨车间和厨房食堂少数几个点位。从超标样品的深度来看，主要集中在 0～3m 的深度。

1.3.3.3 污染成因分析

根据现状监测结果，广州油墨厂场地共 2 个污染区域，成因分析见下表：

序号	污染位置	污染指标	污染指标
1	配料车间、制墨车间、厨房食堂	氟化物	氟化物 5 个样品超过 2000mg/kg 百分比为 1%～2%，可能于地块背景值相关，尚无足够材料证明来源于地块生产活动。
2	配料车间	总石油烃	点位 2S45 为本地块唯一出现土壤样品超标的点位，依据现场踏勘，此处原为初步调查考虑点位，踏勘时此处地面有明显油渍，地面有裂痕，因初步调查期间建筑未拆除，无法进行钻孔施工，因此该点位在建筑物拆除后的详细调查过程中进行，调查结果与踏勘情况一致，总石油烃可能来源于油墨生产过程中机械设备用油的跑冒滴漏最终通过地面裂缝迁移至上层土壤

			中，且因机械用油量较小，故总石油烃污染的污染出现在浅层土壤中。

1.3.4 场地风险状况

以致癌风险超过 10^{-6} 或非致癌危害商大于 1 为为标准判断可接受的目标风险水平，土壤中共筛选出了 2 种可能对人体健康产生危害的污染物：总石油烃和氟化物。

作为商业用地，广州油墨厂地块场地土壤中对人体具有致癌风险的为氟化物和总石油烃，对人体健康引起致癌风险的主要暴露途径为经口摄入土壤、皮肤接触土壤等途径。

广州油墨厂地块场地土壤中污染物的致癌风险见下表。

表 1.3-2 土壤污染物致癌风险指数

污染深度	污染物	致癌风险	非致癌危害商
0.5~1.0	氟化物	--	0.13
1.0~2.0	氟化物	--	0.14
2.0~3.0	氟化物	--	0.14
0~0.5	总石油烃（C10-C40）	--	1.92
0.5~1.0	总石油烃（C10-C40）	--	2.15

可见，在土壤深度为 0~0.5m 中污染物氟化物的非致癌危害商为 0.13，未超过 1，对人体具有的致癌风险可接受风险；在土壤深度为 1.0~2.0m 中污染物氟化物的非致癌危害商为 0.14 未超过 1，对人体具有的致癌风险可接受风险；在土壤深度为 2.0~3.0m 中污染物氟化物的非致癌危害商为 0.14，对人体具有的致癌风险可接受风险；由上述可知，土壤中各层污染物氟化物的非致癌危害商均未超过 1，对人体具有的非致癌风险为可接受水平。土壤深度 0~0.5m、0.5~1.0m 中总石油烃各碳段的非致癌危害商均大于 1，超过了可接受的风险水平。

地下水中挥发酚的非致癌危害商未超过风险 1，风险可接受地下水中挥发酚的非致癌危害商未超过风险 1，风险可接受。详见表 。

表 1.3-3 地下水污染物致癌风险指数

水埋深度	污染物	致癌风险	非致癌危害商
1.6	挥发酚	--	4.79E-7

1.3.5 场地修复目标值与修复范围

1.3.5.1 场地修复目标值

广州油墨厂场地规划为商业用地进行开发，在后期开发中必将对场地表面进行硬化，表层污染土壤经口摄入、吸入土壤颗粒物等暴露途径会受到一定程度的阻断。同时考虑场地所在区域土壤中目标污染物的背景含量和国家有关标准中的规定限值，从可接受性、可行性、经济性等方面来适应调整土壤修复目标值，这样才能得到最优目标值。

依据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600—2018）中规定的第二类用地筛选值，从而确定场地土壤污染的修复目标值。其中总石油烃污染物的商业用地的修复目标值见表。

表 1.3-4 广州油墨厂场地污染土壤修复目标值（单位：mg/kg）

编号	污染物	土壤风险控制值	土壤环境风险筛选值	土壤污染修复目标值
1	总石油烃	4500	4500	4500

1.3.5.2 场地修复范围

由于场地暂无修建性详细规划和未来土壤最大开挖深度相关资料，因此项目组基于保守考虑，将所有超修复目标值的不同深度土壤均作为表层土，统一确定了修复目标值和土壤修复范围。

1.3.5.2.1 修复范围的确定原则与方法

依据国家政策和导则，结合场地实际情况，确定修复范围划定的一般性要求如下：

1. 按照《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》的规定，采用浓度插值等方法将采样检测分析结果绘制成等值线图，与场地修复目标值相对照，确定出超过修复目标值的区域。

2. 对于浓度等值线分布图中超过修复目标值的的弧形区域，为方便拐点的定位，采用弧形外切直线“以直带曲”，从而确定土壤的修复范围。

3. 为准确计算修复工作量，方便修复施工，对土壤分层计算具体的修复量。

4. 在每一个深度范围内，以所有污染物修复范围的叠加值确定各层的需要

进行修复的范围和修复工程量。根据每层修复范围和修复工程量，合并计算场地总的土壤修复工程量。

1.3.5.2.2 土壤修复范围及工程量

根据广州油墨厂地块场地环境风险评估报告，本项目场地土壤污染面积及土方量计算采用的原则为：以超标点位为中心，将与其最近的未超标点位或场界连接起来确定为水平方向的污染范围，即最大污染面积；同时，以超标土层的厚度作为垂直方向的污染深度，得到本项目场地土壤污染土方量。

经过场地环境风险评估，最终确定土壤污染物总石油烃，总石油烃污染区域分层分布见图9。

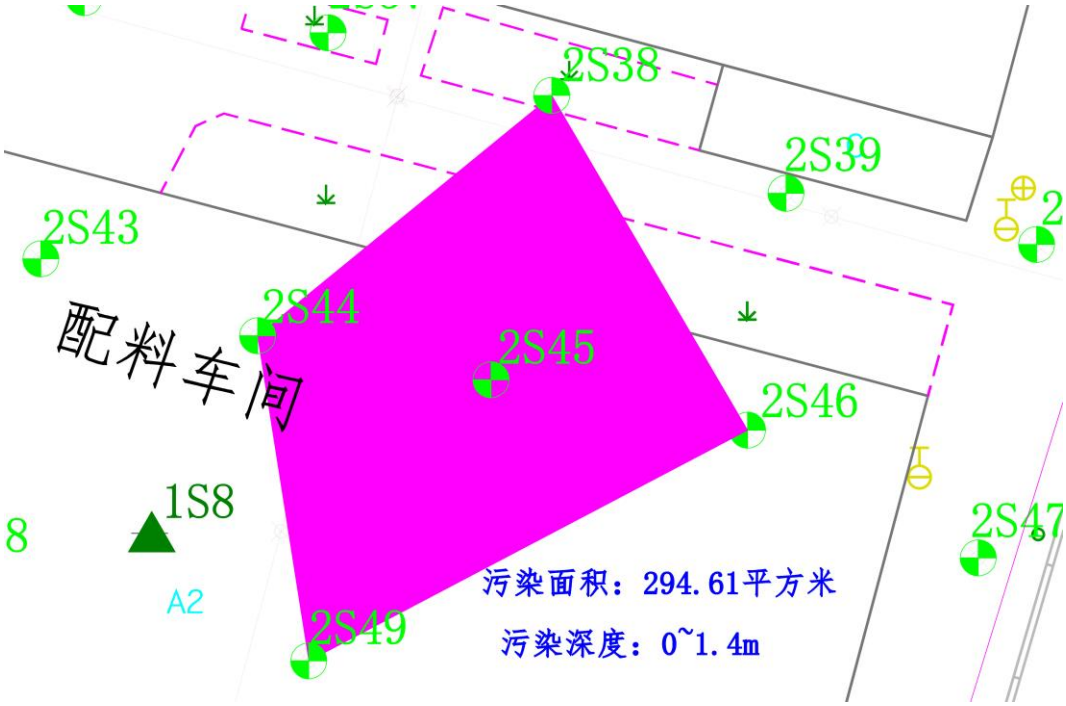


图 1.3-9　广州油墨厂总石油烃 0~1.4m 污染范围图

1、土壤污染面积及土方量计算

根据总石油烃各分层污染面积及污染深度，得出广州油墨厂地块各污染区域土壤污染面积，各污染指标计算如下表1.3-5。

表 1.3-5 广州油墨厂地块土壤污染土方量计算一览表

序号	污染位置	污染指标	污染深度 (m)	污染面积 (m^2)	污染土方量 (m^3)
1	配料车间	总石油烃	0～1.4m	294.61	412.45

2、土壤污染区域边界拐点坐标

广州油墨厂地块土壤污染区域边界拐点坐标情况见表1.3-6；

表 1.3-6 总石油烃污染区域边界拐点位坐标一览表

位置及分层深度（m）	边界点位编号	坐标	
		X	Y
配料车间:412.45m^2 （总石油烃：0～1.4m）	2S38	30361.12	50090.27
	2S46	30346.29	50098.95
	2S49	30336.07	50079.50
	2S44	30350.48	50077.23

1.4 目标污染因子性质分析

总石油烃

总石油烃最初是指在原油中发现的含有碳氢化合物的混合物。因为在原油和其他石油产品里包含有很多不同的碳氢化合物，将每种物质分开测量是不实际的，所以用 TPH 来衡量这类物质的总量。TPH 包括己烷、苯、甲苯、二甲苯、萘等。

石油烃是环境中广泛存在的有机污染物之一，包括汽油、煤油、柴油、润滑油、石蜡和沥青等，是多种烃类（ 正烷烃、支链烷烃、环烷烃、芳烃）和少量其它有机物，如硫化物、氮化物、环烷酸类等的混合物。随着经济的发展，人类对能源的需求不断扩大，石油已成为人类最主要的能源之一。在石油的开采、加工和利用过程中，越来越多的石油可能会进入土壤环境和海洋从而引起土壤环境和海洋水质的污染和破坏. 过量的总石油烃一旦进入土壤将很难予以排除，将给社会、经济和人类造成严重的危害. 而过量石油烃进入海洋，会在海洋生物体内聚集，随着食物链进入人体，危害人类健康。

2 修复技术筛选与方案比选

2.1 修复技术筛选与方案比选目的

（1）选择修复模式。在分析前期污染场地环境调查和风险评估资料的基础上，根据污染场地特征条件、目标污染物、修复目标、修复范围和修复时间长短，选择确定污染场地修复总体思路。

（2）筛选修复技术。根据污染场地的具体情况，按照确定的修复模式，筛

选实用的土壤修复技术，开展必要的实验室小试和现场中试，或对土壤修复技术应用案例进行分析，从适用条件、对本场地土壤修复效果、成本和环境安全性方面进行评估。

（3）确定最佳的可行性修复技术路线。根据确定的修复技术，制定土壤修复技术路线，确定土壤修复技术的工艺参数，估算污染场地土壤修复的工程量，从主要技术指标、修复工程费用以及二次污染防治措施等方面进行修复技术可行性比选，确定最佳的可行性修复技术路线。

2.2 修复技术选择原则

污染场地修复是指采用物理、化学或生物的方法固定、转移、吸收、降解或转化场地土壤中的污染物，使其含量降低到可接受水平，或将有毒有害的污染物转化为无害物质的过程。

依据本项目现场采样监测结果，本项目主要污染物为总石油烃等。针对这种污染物，国内外修复案例较多，修复技术应用比较成熟，适用于有机物污染土壤的修复处理技术有热脱附技术、化学氧化处理技术、水泥窑协同处置技术等。

依据《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019），为有效开展广州油墨厂地块土壤污染修复项目施工工程，筛选修复技术遵循以下原则：

2.2.1 安全性

保证现场工作人员的身体健康不受影响，并通过开展全过程的环境监测管理，确保环境安全，防止施工处理过程中污染物迁移、扩散，避免污染土壤转移、贮存、处理过程中二次污染的发生。

2.2.2 技术有效性

所选择的土壤污染治理技术应用成熟可靠，处理效率高，在类似污染场地修复中得到成功应用，能确保污染治理的效果。所选择的污染土壤修复措施、降水措施成熟可靠，确保达到修复目标要求。

2.2.3 经济合理性

在满足安全、可行、省时的原则下，场地修复成本应尽可能合理。充分考虑场地水文地质、污染物特性、污染物分布的不均一性以及污染调查阶段遗留的不

确定性等因素，尽量选择成本合理化修复技术，参考国内外场地修复案例，制定合理的技术路线，从修复工艺上降低投资成本。

2.2.4 施工可行性

选择的修复技术在满足技术有效、经济合理的前提下，确保施工生产安全，并具有较好的施工可行性。在施工生产过程中，必须明确污染物性质及其危害特性，严格按照土地使用权人所提供的有效场地调查与风险评估结果完成本工程实施。

本工程所选用的土壤修复技术在工期安排和整体施工部署上，严格遵循项目工期要求及修复质量的要求。采取一定的工期及质量保证措施，并在各施工工序中定期检查，及时纠偏，确保修复工程在要求工期内完成。

（1）场地修复技术筛选的目标是保障人体健康，使得场地土壤中污染物的环境风险降低到可以接受的水平（即达到修复目标值）。

（2）将具有不同类型污染物和不同风险值的土壤区别对待，选择经济可行的修复技术。

（3）在技术上，场地修复技术选择可以达到目标的最简化的途径或方法，而不是单纯的追求技术的先进性。

（4）在经济上，场地修复技术的筛选兼顾场地特征及污染物概况，最大程度地降低修复成本。

（5）在可操作性上，修复技术方案从修复企业目前的工程实施水平出发，充分考虑修复设备的可获得性，修复工期的长短及污染场地所在地的施工基础条件。

2.3 原位、异位修复技术筛选

由于该场地污染修复的目的是去除污染、恢复土壤生产力与环境友好的质量、保证场地的再利用、确保人居环境与健康安全。因此场地修复将包括污染控制、污染去除、污染物降解、降低环境与健康风险等综合过程。

从总体上将优先采用永久性处理修复，即显著地减少污染物数量、毒性和迁移性，在适当的条件下有限度地采用安全处置的修复方法；优先采用绿色、可持续和资源化的修复方法，有限度地采用高耗能、低资源利用率的修复方法；综合

平衡考虑修复时间、修复成本、场地利用等因素，尽量降低修复成本；选用的修复方法要确保在修复过程中将二次污染降低到最低程度，确保不对环境和周围民众产生不可接受的负面影响。

根据以上要求与总体思路，该场地的修复将从满足场地尽快再开发利用为优先条件，来考量原位与异位修复的选择，尽量选择在人工干预下、有相对较快修复速度的永久性处理修复方法；以节能、减排、降低成本为优先条件，在可能的条件下尽量考虑能耗低、成本小的方法；以防止二次污染和减少对居民的影响为优先条件，在可能的条件下着重考虑绿色修复的方法。

2.3.1 原位修复与异位修复技术介绍

按照处置场所的不同，修复技术可以分为原位修复技术和异位修复技术。结合本场地污染土壤的特点，对原位修复和异位修复进行分析，进而选择科学合理的处置方案。

（1）原位修复

原位修复是指不移动受污染的土壤，直接在场地发生污染的位置对其原地修复或处理。原位修复需要对土壤的性质以及层理分布细节有清晰的了解，并需要建立防止修复时污染物进一步扩散的措施。

一般情况下，原位修复一次性投入比较低，但需要较长的运行时间周期，而且时间周期还有很大的不确定性，需要根据监测结果来确定何时修复结束，对于在短时间内需要开发利用的场地，往往时间周期不能满足要求。

通常情况下，原位修复在单位时间内对污染物的去除或摧毁强度不是很高，比较适合污染物浓度不是很高而土方量很大、又有足够时间去实施的场地。另外，原位修复需要在污染场地上进行较长时间的修复活动，容易引起民众的高度关注。

在本场地上可以考虑的原位修复方法有原位化学氧化技术、原位气相抽提技术、原位生物通风技术、原位热脱附技术等或者其联合应用。

（2）异位修复

异位修复是指将受污染的土壤从场地发生污染的原来位置挖掘出来，搬运或转移到其他场所或位置进行治理修复。从原理上，异位修复还可以分为原地异位处理和场外异位处理两种。在本场地中，根据实际情况异位修复可以原地异位处

理和场外异位处理结合或单独应用。

在本场地上可以考虑的异位修复方法有异位化学氧化技术、异位土壤气相抽提技术、异位生物通风技术、异位生物堆技术、异位水泥窑协同处置技术、异位热脱附技术等或者其联合应用。

2.3.2 原位修复与异位修复优缺点

原位修复与异位修复的选择

一、原位修复的优缺点

（1）原位修复的优点：

1）如果不计算土地利用的成本和时间成本，原位修复的费用比较低。

2）不会造成二次污染，对周边环境的影响较小，对周围环境影响在周边居民的可接受能力范围内。

（2）原位修复的缺点：

1）原位修复的时间比较长，特别是考虑到半挥发类物质挥发的速度比较慢，因此所需要的时间通常比挥发性污染物要更长。

2） 在原位修复的过程中，污染物在一定程度上依然存在于场地内，在修复达到要求之前，该部分场地依然对周边人群产生不可接受的风险，而且土壤中的污染物还会持续通过迁移扩散进入地下水。

二、异位修复的优缺点

（1）异位修复的优点：

1）异位修复可以在比较短的时间内将污染土壤从场地中清除出去，使场地的健康风险在比较短的时间内降低到可以接受的程度，从大众心理承受力方面考虑，也比较容易被接受。另外可以确保场地开发利用的时间进程，提高当地的土地利用效率。

2）异位修复的土壤开挖活动可以与土地开发建设的基础开挖结合起来，缩短土地的开发周期。

3）修复后的土壤可以再利用到用途许可的土地开发中。

4）对于异位修复，各种土壤修复方法在实施中的可控性更强。异位修复在监测方面也比较容易控制，可以降低监测的成本。

5）采用异位修复将受污染的土壤从场地中移除，可以在较短的时间内消除

污染地下水的重要污染源，有利于保护地下水。

6）异位修复将更有利于工期和质量控制。

（2）异位修复的缺点：

1）如果不计算时间成本，异位修复所需的一次性费用比较高。

2）异位修复需要另外的专用场地用于污染土壤的暂时堆放和处置，也容易产生二次污染，这也将提高土壤修复的成本。

3）在污染土壤的运输过程中会对沿途造成环境、健康与安全方面的风险。

4）如果挖出的污染土壤体积超出建设基础需要的挖方量，需要外来土方平衡。

根据本场地土地用地规划，用地性质由工业用地变为商业用地、居住用地、公共服务设施用地和防护绿地类型，开发利用时间较紧迫，推荐的修复技术必须满足经济高效、修复周期短等条件。**因此，本场地采用原地异位修复技术比较符合实际情况。**

2.4 土壤修复技术筛选

2.4.1 场地土壤常用修复技术介绍

一、化学氧化技术

（1）技术原理

该技术向土壤中添加/注入化学氧化剂，通过氧化作用，使土壤中的污染物氧化为无毒或毒性更小的物质。该技术可氧化很多种有机污染物，包括本项目中的总石油烃，且污染物被氧化分解。常用的氧化剂为 $Na_2S_2O_8$、$KMnO_4$、Fenton 试剂、O_3 等。化学氧化使用方法包括异位化学氧化（图 2.4.1-4）和原位化学氧化（图 2.4.1-5）。异位化学氧化是通过清挖，在搅拌设备中将化学氧化剂与土壤混合均匀；原位化学氧化技术是通过直接向地下注入井注入化学氧化剂。

图 2.4.1-1 异位化学氧化工艺流程图

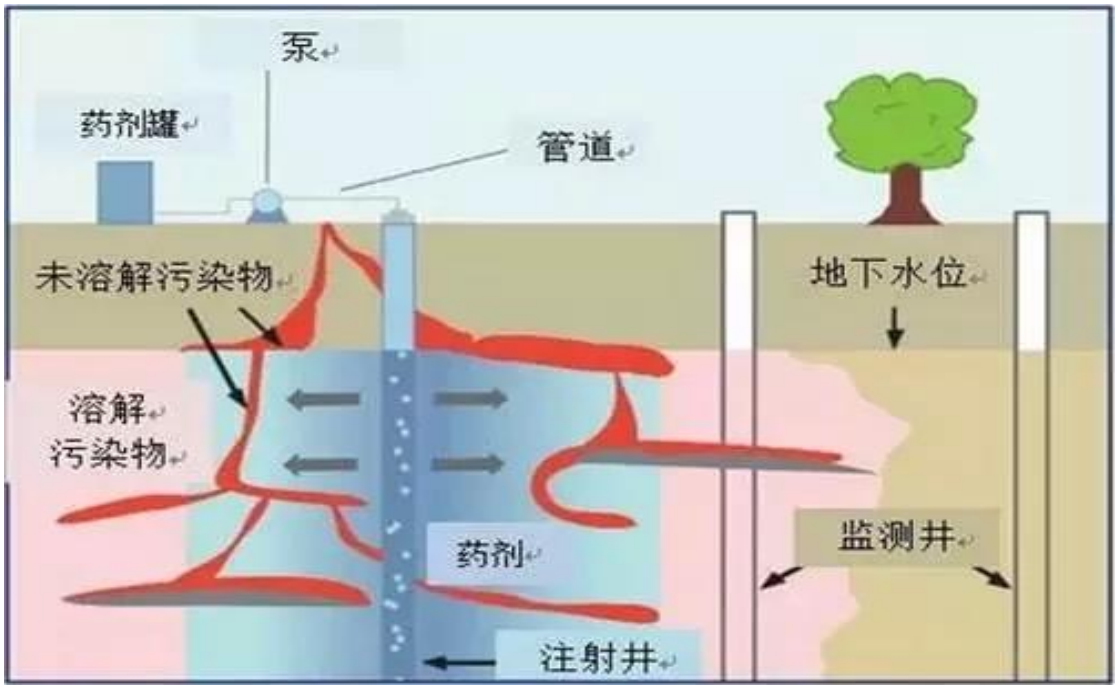


图 2.4.1-2 原位化学氧化工艺图

（2）技术特点

化学氧化在应用时如氧化不完全，可能出现中间污染物，会影响处理效果。介质中的油和油脂会影响该技术的处理效率。土层的渗透系数、粒径分布、孔隙率等场地水文地质条件以及 pH 值、氧化还原电位等土壤的理化性质等，会影响化学氧化的处理效率。技术所需的处理周期一般在几天到几个月不等，处理时间属中短期，具体取决于目标修复区域的污染性质及污染程度、氧化剂是否能和污染物充分接触发生反应及地下含水层的特性等因素。

异位化学氧化对氧化剂和污染物的接触通过地表搅拌，实现更加充分的混匀，能对土壤修复效果进行合理调控。异位化学氧化应用的限制条件：不适用于重金属污染土壤的修复，对于吸附性强、水溶性差的有机污染物应考虑必要的增溶、脱附方式。

异位化学氧化技术所需要的工程维护工作较少，如，如采用碱激活过硫酸盐氧化时需要监测并维持一定的 pH 值，采用厌氧生物化学还原技术时要注意维持一定的含水率以保证系统的厌氧状态。

原位化学氧化技术应用的限制条件：土壤中存在腐殖酸、还原性金属等物质，会消耗大量氧化剂；在渗透性较差的区域（如粘土），药剂传输速率可能较慢，氧化剂和污染物的充分接触难以保障，存在低渗透区域修复效果难以保证的风

险；化学氧化过程可能会发生产热、产气等不利影响；同时，化学氧化反应受 pH 值影响较大。

原位化学氧化/还原修复技术的运行维护相对简单，运行过程中需对药剂注入系统以及注入井和监测井进行相应的运行维护。原位化学氧化技术需建设监测井进行效果监测，监测参数是污染物浓度、副产物浓度、pH 等，依据修复前的背景条件，确认污染物的去除、释放和迁移情况。

（3）适用范围

化学氧化对大多数有机污染物有效，包括苯系物、总石油烃、酚类、MTBE、含氯有机溶剂、多环芳烃等大部分有机物。但对水溶性差、土壤吸附性强的污染物，比如高环的 PAHs、一些农药等，处理效率较差。可采用促进此类污染物溶解或解吸的产品与化学氧化技术联用以提高其修复效率。化学氧化处理过程可能产生不完全氧化产物或中间污染物；处理高浓度的污染物需要大量的氧化剂，可能导致此技术不再经济可行。

二、异位热脱附技术

（1）技术原理

通过直接或间接加热，将污染土壤加热至目标污染物的沸点以上，通过控制系统温度和物料停留时间有选择地促使污染物气化挥发，使目标污染物与土壤颗粒分离、去除。从目前世界各国对该技术的应用情况及其应用效果来看，异位热脱附可处理的污染物类型：挥发性和半挥发性的有机污染物（如石油烃、农药、多环芳烃、多氯联苯）和汞的处理，该技术还同时适用于处理土壤中的多种不同沸点有机污染物的处理。不适用于无机物污染土壤（汞除外），也不适用于腐蚀性有机物、活性氧化剂和还原剂含量较高的土壤。图 2.4.1-3 为异位热脱附工艺流程示意图。

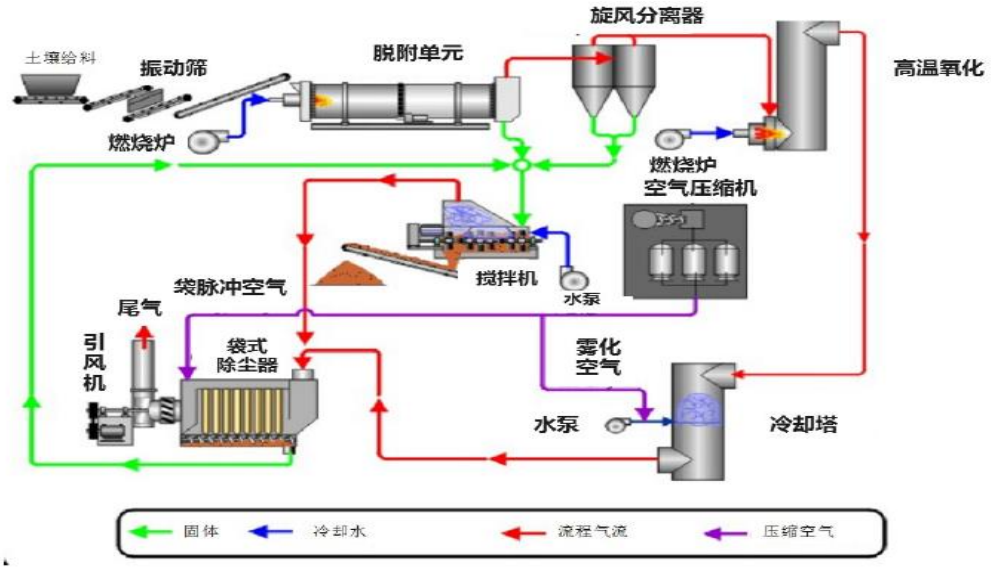


图 2.4.1-3 异位热脱附修复技术工艺流程示意图

（2）技术特点

异位热脱附系统可分为直接热脱附和间接热脱附，热源有高频电流、微波、过热空气、天然气、重油等。热脱附温度一般在在 150～650℃，在不同温度下通过蒸发、沸腾、解吸和热解等作用选择性地移除不同的污染物。土壤中污染物从土壤中分离出来后，需在后续处理设施（后续燃烧器或活性炭吸附等装置）中进行处理后排放。

该技术对处理土壤的粒径和含水率有一定要求，通过需对土壤进行预处理，处理含氯有机物时可能产生二噁英。

热脱附修复技术具有修复效率高、技术成熟等优点，处理温度越高，能耗越大、操作费用相应提高。国内热脱附设备一次性处理能力有限。该技术处理污染土壤的时间属于中短期。

（3）适用范围

能高效地去除污染场地内的各种挥发或半挥发性有机污染物，污染物去除率可达 99.98%以上，主要适用于处理高浓度污染土壤以及采用其它修复技术效果较差的污染土壤。该技术应用时，高黏土含量或含水率会增加处理费用，且含腐蚀性污染物的土壤可能会损害处理设备。粘土、淤泥或含有大量有机物的土壤对污染物的吸附能力强，会导致物料停留时间的延长，降低修复效率。异位热脱附技术比其它常用修复技术费用略高。

三、水泥窑协同处置技术

（1）技术原理

利用水泥回转窑内的高温、气体长时间停留、热容量大、热稳定性好、碱性环境、无废渣排放等特点，在生产水泥熟料的同时，焚烧固化处理污染土壤。有机污染物污染土壤从窑尾烟气室进入水泥回转窑，窑内气相温度最高可达1800℃，物料温度约 1450℃，在水泥窑的高温条件下，污染土壤中的有机污染物转化为无机化合物，高温气流与高细度、高浓度、高吸附性、高均匀性的碱性物料（CaO、$CaCO_3$ 等）充分接触，有效地抑制酸性物质的排放，使得硫和氯等转化成无机盐类固定下来；重金属污染土壤从生料配料系统进入水泥窑，使重金属固定在水泥熟料中。图 2.4.1-4 为水泥窑协同处置工艺流程示意图。

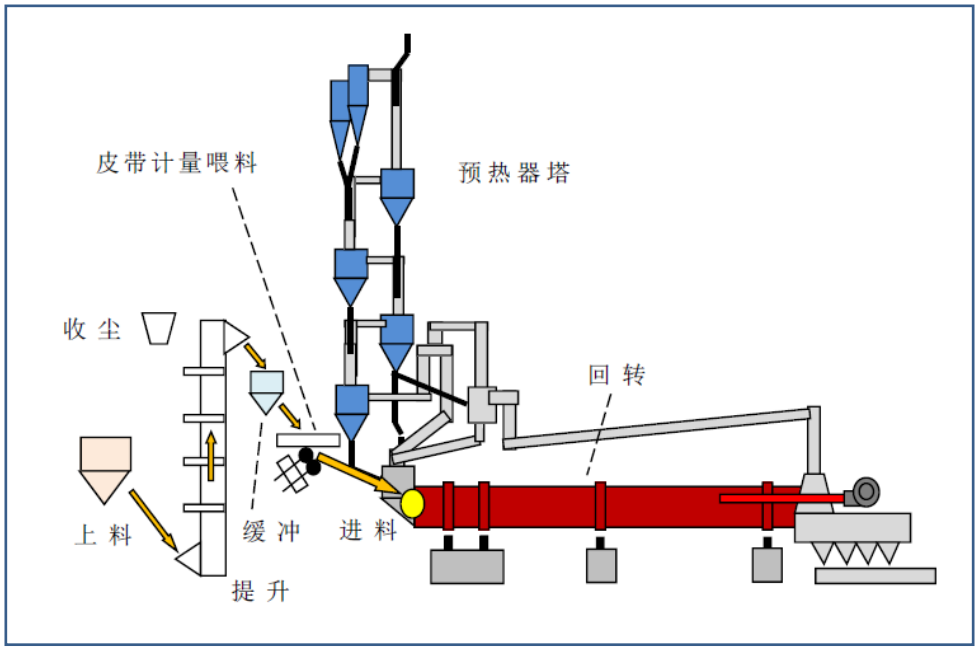


图 2.4.1-4 水泥窑协同处置工艺流程示意图

（2）技术特点

水泥窑协同处置技术是目前国内应用较广的一类土壤修复技术。污染土壤入窑前一般需要暂存在贮存设施中，贮存场需要采用防渗措施。根据污染物的特性对贮存设施有不同的要求，污染土壤中含易挥发污染物的，贮存设施应采取封闭措施，并设立抽气装置，抽出的气体需处理后达标排放。水泥窑协同处置的预处理工艺及设施与污染土壤的特性和入窑位置相关。污染土壤在入窑前需分析其化学组成和物理特性，其组分不应对水泥生产过程和水泥产品质量产生不利影响。该技术在处理污染土壤过程中需对飞灰和烟道气体进行检测，防止二噁英等毒性

更大物质的排放。水泥窑协同处置技术具有焚烧温度高、可资源综合利用、经济效益好等优点，但对处理污染土壤的理化性质、投加比例和投加点等需要深入分析。该技术的实施时间属于中短期技术。

（3）适用范围

水泥窑协同处置技术对污染物的处理范围较广，大多数有机类污染物都可以采用该技术处理，但该技术不适用于处理含爆炸物、未经拆解的废电子产品、汞、铬等污染物的土壤。重金属的含量对水泥质量影响较大，因此处理前应对土壤中的重金属等成分进行检测，保证出产的水泥质量符合相关标准。

在进入水泥窑前，污染土壤一般需要进行预处理；对污染土壤中的各组分和污染物等进行详细检测，以保证水泥产品的技术要求。污染土壤在水泥生料中的配比通常较低，涉及污染土壤的挖掘或远距离运输，可能会产生二次污染。

2.4.2 土壤修复技术筛选

本项目污染区域污染物为总石油烃；结合土壤修复技术的适用性、场地污染特征、污染物情况以及最终修复目标值、场地水文地质条件、场地后期开发要求等，就国内污染土壤常用修复技术进行筛选。由章节“2.3 原位、异位修复技术筛选”已确定选用异位修复方式，所以选用异位化学氧化与其他修复技术进行筛选。

表 2.4.2-1 污染土壤修复技术筛选表

修复技术	异位化学氧化	异位热脱附技术	水泥窑协同处置技术
场地污染特征适用性	适用	适用	适用，有机污染物彻底氧化后，只产生水、二氧化碳等无害产物，二次污染风险较小
场地水文地质条件适用性	适用	适用	适用
工期	周期较短，数周到数月	受设备处理规模限值，影响处理进度，处理周期为数月	处理周期与水泥生产线的生产能力及污染土壤添加量相关
成本和运行费用	中	高	中到高

局限条件	化学氧化处理过程可能产生不完全氧化产物或中间污染物	设备投资高、处理能耗大，需要准确控制反应器温度和土壤停留时间	目前广州水泥窑处置工艺不满足处置有机污染土的要求
筛选结果	适用	较适用	不适用

2.5 场地土壤修复技术可行性评估

本场地土壤修复技术比选结果：

本项目污染物主要为总石油烃，为单一污染土壤。

a）原位化学氧化主要分为原位注射修复技术和原位浅层搅拌修复技术，根据 1.3.2 节场地的地质相关条件分析，该场区场地污染土壤主要为杂填土、含有建筑垃圾、砼、稍湿。药剂容易流失，损耗量大，氧化剂和污染物的充分接触难以保障，存在修复效果难以保证的风险，原位注射修复技术不适用；该场区污染区域土质大部分为回填土，渣块含量较大，且原位浅层搅拌不适用于硬质基面处理修复，需对修复区域进行软基处理，对污染处理区进行加水软化，容易对周边环境造成二次污染，同时，本项目工期要求较短，因此原位化学氧化不适合本项目的修复技术要求；

b）水泥窑协同处置，广州周边具备水泥窑协同处置能力的相关单位生产工艺不满足处置有机物的要求。因此水泥窑协同处置无法满足本项目的修复技术要求；

c）热脱附修复技术主要分为直接热脱附和间接热脱，通过燃料的燃烧提供热量对污染土壤进行升温，促进污染物与土壤的解析作用。由于该系统设备工艺复杂，设备安装工期较长，且提升污染土壤温度需要大量的燃料燃烧，以达到污染物的去除，该技术工艺运行成本较大，且对工期要求较高，不利于工程工期把控和成本控制，本项目工程量小，因此热脱附修复技术不适合本项目的修复技术要求。

d) 异位化学氧化能通过地表搅拌增强氧化剂和污染物的接触，可以克服该场区场地污染土壤为粉质粘土的问题，能对土壤修复效果进行合理调控，可以保障本项目修复工期的要求，利于项目成本的控制。

故总石油烃污染土壤修复选用异位化学氧化修复技术，修复后原地堆置修复车间，养护，检测。本司修复技术筛选结果与修复技术方案筛选结果基本吻合。

3 土壤修复工艺设计方案

3.1 修复技术总体思路

本项目场地污染区域主要有一个区域，污染物为总石油烃，污染面积约为 294.61m^2，污染土方量约为 412.45m^3，污染深度为 1.4m。土质以杂填土为主。根据前节分析结果，采用原地异位化学氧化技术修复。

3.1.2 总体修复技术路线

污染土壤经清挖筛分破碎预处理后，去除粒径大于 50mm 粗颗粒，粗颗粒冲洗干净，检测达标后填埋或者资源化利用。小于 50mm 的细颗粒污染土壤进行化学氧化修复技术，验收合格后回填至本地块内。

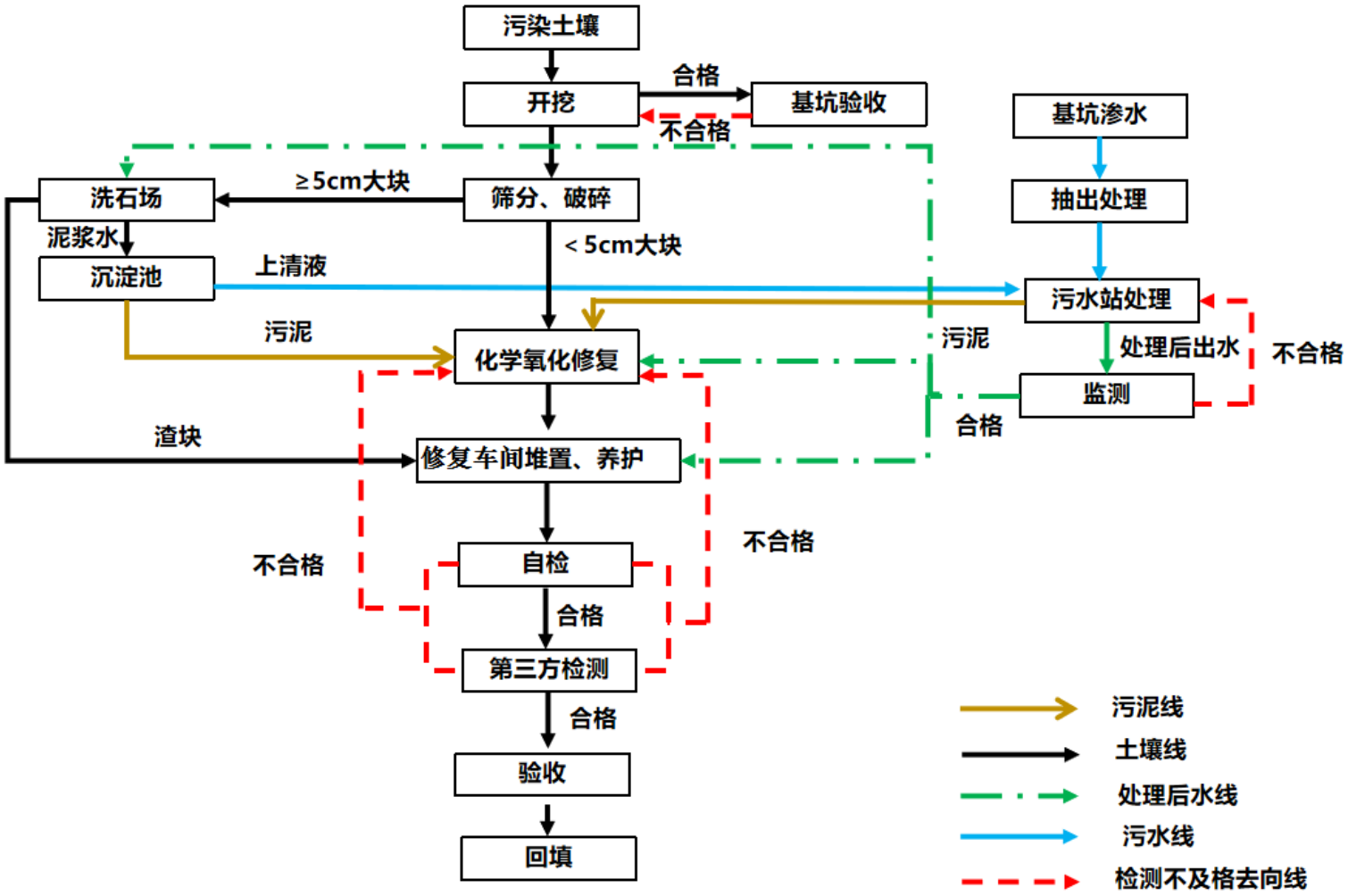


图 3.1-1 总体修复技术路线图

4 工程施工部署

4.1 总体部署

4.1.1 修复区平面布置

4.1.1.1 场地布置原则

根据本项目污染区的分布特点和修复工艺流程，现有的地形地貌和道路网，场地外的周边环境的位置等，修复区平面的布置原则是：

（1）优先利用原有资源；

（2）修复功能区应尽量靠近污染区域，缩短污染土的运输距离；

（3）主要修复场地应远离最近场地居民点；

（4）应根据工艺流程、防火、安全、卫生等要求，结合内外部运输条件、场地地形、地址、气象条件及远期发展规划等因素综合确定；

（5）应使生产环节具有良好的联系，避免生产流程迂回往复，供水、供电及其他公用设施力求靠近相应的负荷中心；

（6）坚持节约用地原则，厂房布置根据现有建筑布置，力求简捷、紧凑，建构筑物外形力求简洁；

（7）应功能分区明确，有利生产、方便生活，保护环境并与周边环境相协调；

（8）应使道路短捷、运输量大，车辆往复频繁的设施宜靠近厂区边缘地段，尽量避免主要人流和货流之间交叉干扰；

（9）尽量利用自然地形，减少土石方工程量和各种工程构筑物的工程量；

（12）临时处置场平面布置除了遵循上述原则外，具体还应根据城市主导风向、进料方向、运输方向特点以及场址地形、地质条件等因素进行布置，既要考虑流程合理管理方便，又要考虑经济实用。

4.1.1.2 场地平面布置总平面图

根据修复工程量及工期要求，本项目设计微负压大棚一座，面积 42*30=1260 ㎡；微负压大棚里划分为：开挖区，面积为 295 ㎡；预处理区，面积约为 100 ㎡；修复待检区，面积约为 225 ㎡；洗车区、渣块冲洗区及渣块堆场共用，面积

约 104 ㎡。污水处理站一套，面积约 50 ㎡；临时项目部一个，面积约 100 ㎡等。

本项目的修复总平面布置详见下图。

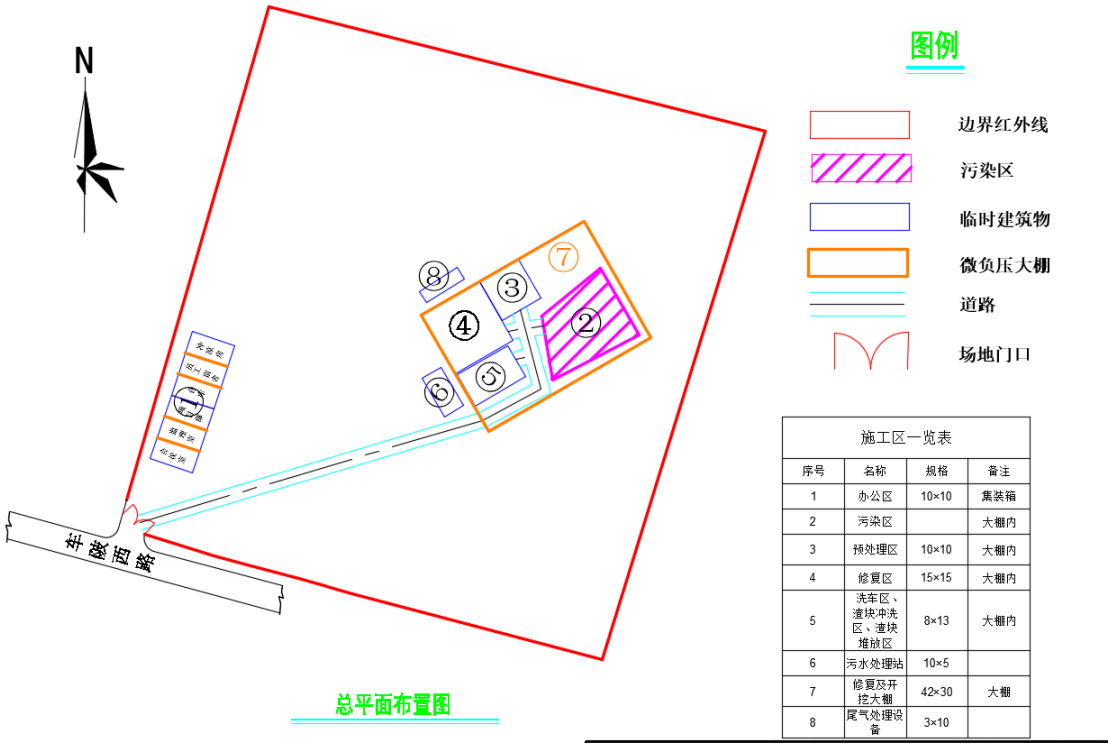


图 4.1.1-1 场地修复总平面布置图

4.1.2 施工流程

本项目的施工流程总体可分为施工准备阶段、修复工程实施阶段和验收移交流程。

一、施工准备流程

组建项目部→清表平整→安装围闭→放线定位→施工道路→临时水电→场地建设→大棚基础→钢结构大棚建设→辅助设施建设（污水处理站、渣块冲洗区、活动办公板房等）

二、土壤的修复流程

石油烃污染土壤修复流程：

测量放线→土壤清挖→筛分破碎→污染土壤化学氧化处理→验收及在指定区域回填。

4.1.3 工艺设备

本项目涉及的修复工艺，有土壤筛分破碎、渣块冲洗、化学氧化处理技术。

所有土壤经土壤筛分破碎去除大粒径的砾石；污染土壤进行化学氧化处理。

相关设备资料见第 3 章相关内容。

4.1.4 工期安排

本项目确定的施工计划工期为 244 个日历天，在实施方案通过评审并备案后开工。

拟定计划开工日期为 2020 年 3 月 31 日，工程竣工时间为 2020 年 11 月 29 日。

重要的施工节点按两个阶段划分：

第一阶段，施工准备阶段，主要完成清表、放线定位、场地硬化地面、道路、大棚及基础、污水处理站、库房等临设辅助工程；设备安装与调试，在 2020 年 3 月 31 日～6 月 11 日期间完成。

第二阶段，修复施工阶段，主要完成开挖、修复、自检测、二次污染监测等工作。在 2020 年 6 月 19 日起至 2020 年 8 月 25 日期间完成。

4.2 项目组织架构

我司将按照项目法组织施工。抽调具有丰富的施工经验的工程管理人员组成广州油墨厂地块土壤污染修复项目经理部，作为我方在本项目的组织管理机构。项目经理部在公司的领导下，发挥企业在污染土壤修复行业的优势。委派具有丰富类似工程管理经验的同志任项目经理，同时组织一个理论及实践经验丰富、业务能力强、高效、精干的项目经理部，对本工程全面实行项目法管理。根据本项目的特点，结合以往工程管理经验，合理设置管理岗位，择优配置管理人员，确保对本工程的每个分项工程、每个专业、每个分包单位都能进行高效的、到位的管理，真正做到事无巨细，均有人管理。

项目经理部对整个工程进行全过程管理，全面履行合同条件规定的承包商职责，保质量，保工期，保安全，对土地使用权人负责，对企业本身经营效益负责。项目经理和项目经理部接受政府主管部门、土地使用权人、监理单位的监管，接受公司总部及各职能部门的服务、管理、监控、协调。

项目经理部下设技术部，生产部、商务部，外务部等部门。项目经理部组织机构见图 4.2-1。

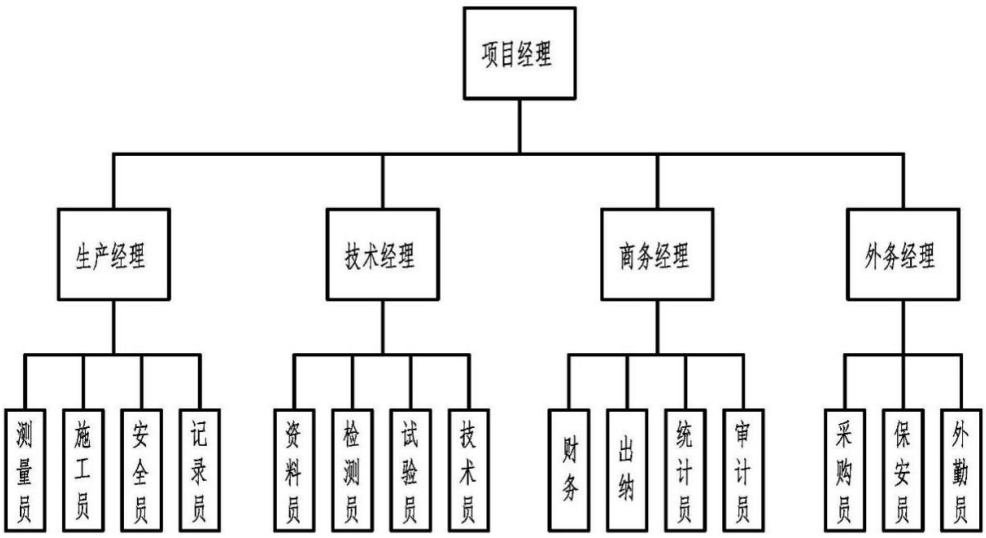


图 4.2-1 项目部组织机构图

5 施工组织方案

5.1 施工组织策划

5.1.1 施工组织原则

1、严格执行国家和行业规范及标准，严格执行招标文件及合同内容要求。

2、合理安排施工生产的程序和流程。

3、采取先进合理的生产施工技术前提下，通过方案比较和论证，选取最优的施工方案。

4、梳理出几条生产施工主线，然后找到最主要的 1 条，以其为核心建立流水节拍作业。以保证施工连续地、均衡地、有节奏地进行。

5、在满足施工和环境要求的条件下，最合理地布置平面，尽量减少临时设施的施工用地。

6、尽量使用成品和预制构件，加快施工速度，减轻劳动轻度，提高利用率。

7、提高机械化施工程度，尽可能地减少生产施工区域的用工人数和用工率，减少污染物对施工人员可能引发的伤害，提高生产施工的安全性。

8、制定技术、组织、质量、安全、节约等保证措施，避免质量和安全事故，降低工程成本，提高工程经济效益。

5.1.2 施工组织阶段划分

根据修复项目工程施工组织流程和总体进度计划安排，本修复项目施工过程大致划分为三个施工阶段，分别为施工准备阶段、修复施工阶段及竣工验收场地移交阶段。

（1）施工准备阶段

根据项目组织架构要求完成项目部人员组建工作。根据招标文件和场地调查报告中圈定的污染范围拐点坐标，分区分块分污染类型进行测量放线，圈定各区块污染范围及修复方量，制定详尽的阶段性生产进度计划，人、材、机需求计划及资金使用计划。按照施工总平面布置要求，对场地进行平整，完成场地临建及各设备基础的建设，做好项目部安全文明施工措施搭建。建设预处理车间大棚，待场地布置及相关准备工作完成之后，组织专业人员、设备、机械及相关生产材料进场，并组织设备、技术人员完成各修复工艺设备的安装、调试及试运行工作。开工前，组织技术、安全、生产、商务等部门负责人做好生产前的各项资料交底和岗前培训工作，确保各级管理和生产操作人员熟悉工艺流程，明确生产目标，确保项目生产工作顺利高效的开展。

（2）修复施工阶段

各项准备工作完成之后，即正式进入污染修复施工阶段。修复工作主要包括污染土壤开挖、运输、暂存、土壤筛分预处理、污染渣块冲洗、土壤化学氧化处理、污水处理、修复后土壤堆置检测以及施工过程环境、质量、安全和进度的全方位监管工作。

（3）验收移交阶段

工程项目修复完成后，进行总体竣工验收；竣工验收后，人员、材料、机械的撤场等收尾性工作。做好竣工资料的整理归档，编制竣工报告，完成工程款结算工作，最终完成场地的顺利移交。其中，验收工作包括验收资料梳理、验收报告编制、验收评审会议以及协助监理单位和土地使用权人完成资料备案，获取环保备案文件。

根据本项目污染物修复的技术特点，修复工程施工的控制阶段划分为：

表5.1.2-1 修复工程施工的控制阶段表

工作阶段	开始时间	终止时间	天数
施工准备	2020 年 3 月 31 号	2020 年 6 月 18 号	80
土壤修复	2020 年 6 月 19 号	2020 年 8 月 25 号	92
效果评估、竣工验收及场地移交	2020 年 8 月 12 号	2020 年 11 月 19 号	28

备注：本项目施工计划工期为 244 个日历天（如开工时间推迟，全部时间节点按施工计划顺延）。

5.1.3 施工组织策划

一、场地条件

1、场外道路条件。广州油墨厂地块位于广州市天河区车陂西路 198 号，广园快速路以北、车陂路以西，场地北面为棠东、广棠路，南面为广园东路，交通便利。

2、场地情况。场地内除原有道路保留 15-20cm 的混凝土硬化地面外，原有车间、仓库、办公楼、宿舍等建筑的硬化地面已破除，现已杂草丛生。

3、场地地形。本场地地形相对平坦，有利于场地平面布置设计，根据近期对场地的考察，场地没有可以观察到的明显扰动。

4、水电情况。场内有满足施工要求的水电。

二、关键策划

1、组织有经验的施工管理班子，成立项目部，针对项目的特殊性，尽快编写可靠的修复实施方案。

2、本项目施工准备期，期间要做大量修复生产前的施工准备工作，时间非常紧迫。在不进行污染区域的开挖搅拌外，技术实施方案评审阶段就应加紧抢前施工其他辅助工作。

3、选购关键设备：本工程主要修复设备为：筛分破碎机、废气处理设备、污水处理设备等。应提前进场安装调试，确保如期正常使用。

5.2 施工准备

5.2.1 进驻现场和现场交接

一、组建项目部

公司拟调配有经验的精干人员组建项目部，分别构建成技术部、生产部、商务部、外务部。

二、项目部布置

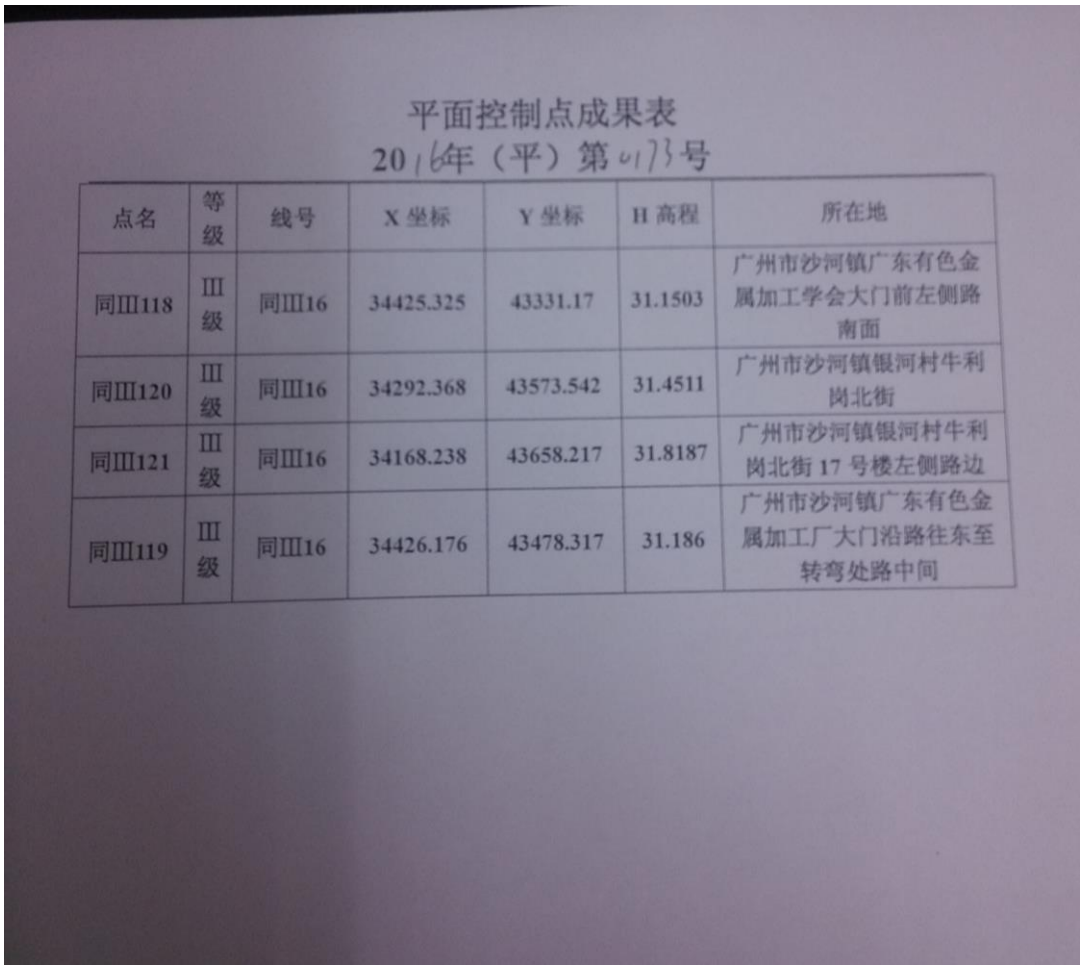
项目部将设置一间监理办公室、一间生产综合办公室、一间作为工人宿舍、一间会议室、一间工具房、和冲凉房。

三、场地移交

在移交场地时，业主说明修复场地内目前有满足施工需要的自来水及施工用电，基本能满足修复施工需求。

在移交场地时，业主移交 4 个测量基准点，并与施工单位进行了现场确认。

基准点编号	X	Y	H
同III118	34425.325	43331.17	31.1503
同III120	34292.368	43573.542	31.4511
同III121	34168.238	43658.217	31.8187
同III119	34426.176	43478.317	31.186



平面控制点成果表

2016年（平）第0173号

点名	等级	线号	X 坐标	Y 坐标	H 高程	所在地
同III118	III级	同III16	34425.325	43331.17	31.1503	广州市沙河镇广东有色金属加工学会大门前左侧路南面
同III120	III级	同III16	34292.368	43573.542	31.4511	广州市沙河镇银河村牛利岗北街
同III121	III级	同III16	34168.238	43658.217	31.8187	广州市沙河镇银河村牛利岗北街 17 号楼左侧路边
同III119	III级	同III16	34426.176	43478.317	31.186	广州市沙河镇广东有色金属加工厂大门沿路往东至转弯处路中间

图 5.2.1-2 控制点成果报告

5.2.2 进场各项准备工作

一、施工准备

1、场地平整，清理地表。

2、根据场调报告测量污染区域，进行放线标志。

3、建设临时办公区。

4、临电布设，供办公区使用和施工期间的施工用电。

5、从场内的自来水总管驳接一条Ø32 水管到场地修复作业区。

6、微负压大棚建设。

7、辅助构筑物建设：建设冲洗区、污水处理站等辅助设施。

5.3 污染土壤测量定位专项方案

5.3.1 修复区域拐点坐标

表 5.3-1 本地块修复区域的拐点坐标一览表

区域编号	边界点位编号	坐标		污染深度（m）
		X	Y	
配料车间区	2S38	30361.12	50090.27	0~1.4m
	2S46	30346.29	50098.95	
	2S49	30336.07	50079.50	
	2S44	30350.48	50077.23	

5.3.2 测量质量要求

开工前组织熟练精干的测量队伍对业主提供的平面和高程控制点进行复测，并据此建立平面控制网和水准控制网，其精度必须满足测量规范和设计要求；对业主提供的控制点需加以保护，并用油漆加以清楚标注。

本工程施工测量要求的施测精度很高，必须精心施测并整理成果。测量成果必须满足工程测量规范和基坑工程有关规范要求，而且要快速准确，保证工程进度要求。

根据业主提供的基点和水准点，在施工场地内设立施工用的建筑控制网和水准网，经复核无误后方可使用。施工期间应经常复测并注意保护。根据测量控制

点，准确测放出各个土壤污染区域拐点，经工程监理复核后，开始开挖，确保土壤污染区域定位准确。

5.3.3 测量准备工作：

1、制定异位施工区清挖施工测量放线测量方案，经监理方审批后开始施工放线。对进场的测量仪器设备进行计量检定，确保器具在受控状态下使用。

2、熟悉图纸、了解基坑点位放线的相关要求，校核图纸中相关数据，掌握测量放线所需要的几何尺寸及相关数据。

3、对甲方提供的定位依据进行核算。

4、对甲方提供的起始桩点（红线桩、水准点高程）进行校测。

5、由技术负责人对测量放线工进行技术交底。

为能准确及时进行污染区定位应选用适合、高效的测量仪器，各测量仪器与工具的使用均须经计量检定单位或部门检验合格，并在有效期限内。本工程测量仪器配备见下表：

表 5.3.3-1 主要测量用具

序号	测量器具名称	数量	用途
1	自动安平水准仪	1 台	标高控制
2	塔尺	1 把	标高控制
3	钢尺	1 把	量距
4	全站仪	1 台	控制桩点的测设、校核；工程控制定位等
5	RTK	1 台	工程控制定位等
6	对讲机	3 部	通讯联络
7	手提电脑	1 部	计算验算

5.3.4 土方施工测量及过程监控

采用 GPS-RTK 测量技术实测现场地形地貌图，踩点间隔不大于 20m，测量场地高程了解场地的标高状况，为挖方深度的控制和结算提供依据。

依据场区平面控制桩与污染区分布图，利用全站仪将污染土壤清挖区域测放出坐标拐点，用白灰撒出边界线。

在开挖线范围一侧设置警示牌，分别设置醒目的颜色进行区分，并在警示牌上标明土壤污染类型、处理方式等详细内容，避免错挖。在完成放线工作后报请

业主和工程监理等相关单位到工地现场对放线成果进行核查，经各方核查批准后再进下一步的施工工作。

将采集的数据文件导入 CASS 软件进行展点，精确绘制挖土前后的实际地貌，用三角网法（DTM）绘制、高线或方格网进行土方量计算。施工记录与验线：

（1）对施测所需的各类数据及施测方法均做好详细记录，要求做到原始有效，字迹工整，内容有可追溯性。

（2）每次施测完毕后，首先由测量人员进行自检，确认后交监理核验。

（3）测量验线人员按施工组织设计施工进度的安排，结合施工测量方案准确及时地做好各阶段的测量验收工作，紧密配合施工生产。

（4）验线工作与放线工作要做到人员、仪器和测量方法三分开，独立进行。验线的精度要高于放线。严禁验线与放线同时进行，严禁不经过验线就擅自施工的现象发生。

5.4 污染土壤开挖及运输专项方案

5.4.1 土壤挖运工程量

本工程现场施工区需清挖运输总石油烃污染土方共 412.45m^3 需要从开挖区转运至修复区进行化学氧化修复。清运土方量见表 5.4.1-1。

表 5.4.1-1 清运土方量统计表

区域	清挖去向	面积（m^2）	深度（m）	土方量（m^3）
配料车间区域	微负压大棚修复区	294.61	1.4	412.45

5.4.2 清挖原则

（1）土壤清挖应避免混合开挖造成交叉污染。开挖前对于地下不明区域采用局部挖探坑进行勘探。

（2）污染土场内运输过程中应做好车辆清洁工作，避免出现道路遗撒、扬尘等，造成污染范围扩大或二次污染。

（3）组织专人做好车辆运输调度和行车路线安排工作，做到合理有序、不紊不乱，污染土挖掘后第一时间装车运走，尽量减少因土壤扰动引起污染物挥发

所产生的环境影响。

（4）本工程涉及土壤具有污染性，开挖清运过程需加强防护措施，保证人身安全，设置专职环保和安全巡视人员，加强开挖施工各环节的巡视。

（5）清挖的基本施工程序为：准备工作→污染范围定位（边界坐标放线）→高程测量记录→开挖污染土壤并转运→基坑测量验收→高程测量记录→基坑坑底侧壁效果评估监测验收。

污染土壤清挖流程如图 5.4.2-1 所示：

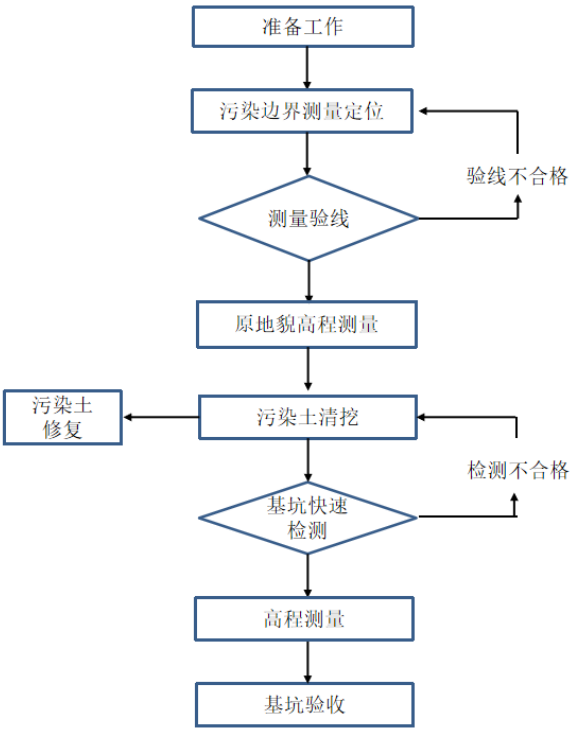


图 5.4.2-1 开挖流程图

5.4.3 清挖准备

（一）土方挖运车辆准备

本工程需挖运土方量 412.45m³，开挖工程量较少，1 台挖土机即可满足开挖需求，因此共布置 1 台挖土机负责土方的开挖，现场配运土车 2 辆。

（二）场地清理

场地现状为空旷厂区，施工区域内存在大量杂草、混凝土硬化地面等。为便于地下污染土壤的开挖，暴露污染土壤作业面，需将现场施工区域表层的杂草清除，部分混凝土硬化地面下底因与污染土直接接触，须运至洗石区待冲洗，设立标识。

经监理及甲方确认后，进行现场平整作业，边施工边测量，机械施工过程中听从测量人员及甲方指挥，防止超出施工范围及超挖。

待开挖污染土时，首先挖开暴露出地下障碍物，对于混凝土板、路面及地下钢筋混凝土结构，如挖掘机能直按挖除的则直接挖除，不能挖除的需配上破碎炮、必要时配上液压剪进行破除。将障碍物破碎成能使运土车装载的小块装车运走堆置。

（三）土壤类型标牌

根据业主提供的各层污染土壤范围图，做好场区内各污染区域的标识。标识填写格式如下表。

表5.4.3-1 各类土标识

区域编号	项目
污染类型	总石油烃
开挖深度	1.4m
开挖面积	294.61 ㎡
处理方式	化学氧化

（四）施工道路防护

土方清运前，做好施工区道路的硬化。车辆出场前须进行清洗，防止车辆带泥土出场。

5.4.4 清挖实施

本工程土方开挖拟采用人工配合挖掘机边挖边退挖运施工，自卸汽车装土场内运输。开挖前先对开挖区域进行标识，测放出开挖范围边界线，报送监理验收，待合格后组织土方施工作业，边开挖边进行监督管理，严禁过度超挖与错挖。

基坑完成开挖土方后，取样分析基坑侧壁和底部土壤中特征污染物含量是否小于本场地土壤修复目标浓度，若第三方监测单位监测确认土壤中目标污染物浓度大于修复目标浓度，经业主方确认并同意后再实施进一步的继续清挖。具体进程与业主方协商确定。

5.4.5 污染土运输

5.4.5.1 路线设计

本工程需场内倒运土方共 412.45m^3。针对本项目污染土壤的分布以及场地内原有道路，避开污染区域，按施工道路路线行车，车辆进出车间流向统一，使整个场地运输路线始终保持畅通。

5.4.5.2 污染土场内运输

污染土壤运输主要包括两方面内容：一是将清挖出的污染土壤由开挖区运至预处理区进行预处理，预处理后土壤进行化学氧化修复，修复处理后堆置养护；二是将预处理阶段筛分出来的大渣块直接运输至渣石清洗区清洗，冲洗后的干净渣块经验收合格后进行资源化利用或场内回填处置。

5.5 污染土壤预处理专项方案

5.5.1 土壤预处理施工流程

污染土壤在进入化学氧化修复处理单元之前需要进行预处理，污染土壤预处理工艺流程主要包括：污染土壤筛分破碎、污染渣块冲洗等处理过程。

污染土壤从污染区域开挖后，运输至预处理区进行筛分破碎处理，筛分下来的渣块，集中收集至冲洗系统进行清洗，以去除附着在大粒径渣块上的污染物。清洗干净的渣块在验收合格后进行基坑回填。冲洗后产生的污水进入污水处理站进行处理。

1）污染渣土筛分

运入预处理车间的污染土壤进行筛分破碎处理。筛分破碎采用专业筛分设备（ALLU 筛分斗）进行作业，筛分分级产生的粒径≥50mm 的污染渣块和粒径＜50mm 的污染土壤分开堆置。筛分后的污染土壤进入后续修复处理，筛分出的大粒径渣块进行后续冲洗处理。

2）污染渣块冲洗

筛分后的污染渣块由运输车运至污染渣块暂存区统一堆置、冲洗。由装载机进行冲洗后的渣块清理、堆置待检。

堆料厚度为单层堆料，采用挖掘机搅动，平铺。冲洗区周边设置围堰，防止冲洗水溅出；冲洗液经冲洗区四周排污沟收集后排入沉淀池。冲洗过后的清洁渣块，由装载机进行场内物料倒运，每批次清洗渣块量约 5~8m³左右，冲洗时间不少于 15min。冲洗后的干净渣块待采样验收合格后回填处置。

3）冲洗污泥处理

冲洗处理产生的污泥运至化学氧化修复区按污染土壤进行处理。

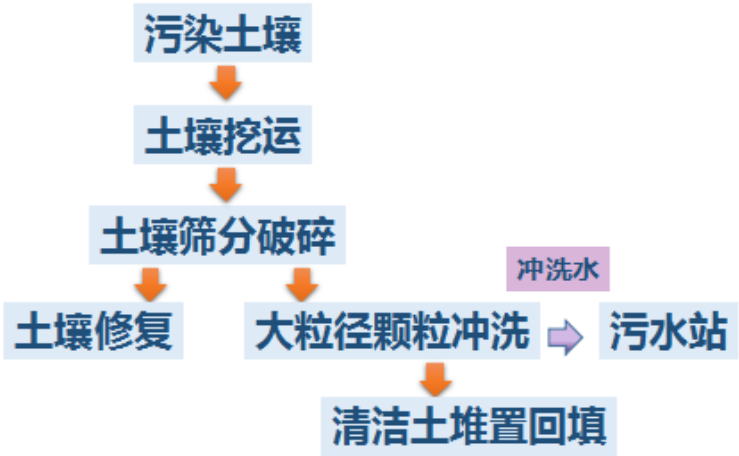


图 5.5.1-1 污染土壤修复预处理工艺流程图

5.6 污染土壤原地异位化学氧化修复专项方案

5.6.1 化学氧化施工流程

依据总体修复技术路线，对本场地总石油烃污染土壤使用化学氧化修复技术。

（1）化学氧化修复

污染土壤修复效果取决于污染土壤与药剂的混合程度，本工程采用筛分破碎机对预处理后的污染土进行与氧化药剂的混合作业，连续混合 3-4 遍，保证土壤与药剂充分混合均匀，混合均匀后进行堆置养护。

筛分破碎机在筛分破碎过程中对土壤发生强烈扰动，从而达到土壤与药剂充分混合的目的。该设备具有移动灵活、操作方便、适应性强、处理效果好等优点，在国内外大量土壤修复项目上得到了成功应用。

（2）堆置养护

经药剂混合搅拌后的污染土壤，含水率控制在 30%左右，养护周期为 7 天。

5.6.2 预计处理效果

各区污染土经过化学氧化后，有机物污染土壤达标后可满足原场区回填土的要求，达到土壤有机物修复目标值。

表 5.6.2-1有机污染土壤修复目标值（mg/kg）

序号	检测项目	修复目标值（mg/kg）

序号	检测项目	修复目标值（mg/kg）
1	总石油烃	4500

5.7 土壤回填处置方案

5.7.1 回填原则

从哪里挖，运哪里填；

5.7.2 回填工程量与土方平衡

1、土方回填量由土方开挖量和开挖形式所决定。一方面土壤经过开挖再压实后，两者体积发生了变化。土壤经过开挖后土方由实方变成了松散的虚方，虚方土经过修复后再回填到基坑内，虽然经过分层压实，最终压实系数约为 1.1。即 1m³ 土挖出后，再经回填时的分层压实后变成 1.1m³ 的土。

2、本项目共挖出 412.45m³ 的天然密实土，回填后就变成了约 412.45×1.1=453.7m³ 的压实土。

5.7.3 施工安全

1、项目部派专职安全员随时巡查，对安全隐患及时警告。

2、临电临水由专职电工负责接驳，不允许其他人员接驳。

3、所有基坑边缘设置钢栏杆作临边安全防护。

4、吊车吊运的运输轨迹下方，不允许人员在下施工。

6 环境监测及自验收方案

6.1 环境监测方案

修复过程环境监测依据国家及地方对施工环境相关法律法规的要求，由环境监理单位委托具有相应检测资质的第三方检测机构对施工造成的环境影响进行全方位的监测，确保施工过程中施工场区内环境安全以及周边环境不受二次污染。

项目主要施工内容为场地内污染土壤的开挖、运输、废水处理、土壤暂存、

原地异位化学氧化修复、污染土回填处置等。项目周边有敏感点，污染土方在开挖、运输、堆存、处置、修复治理和回填过程中可能会对周边环境和居民造成环境影响。因此需要场地周边环境进行严密监测，保障施工安全和周边环境不受污染影响。

修复过程环境监测包括大气环境（固定源、场界与敏感点）、水环境、声环境和修复后各施工区土壤环境 4 个方面的监测，确保环境监测工作的科学性、全面性、准确性。

地块周边的环境敏感保护目标位于地块东侧的博雅小学。

地块周边的环境敏感保护目标详情见图 6.1-1。

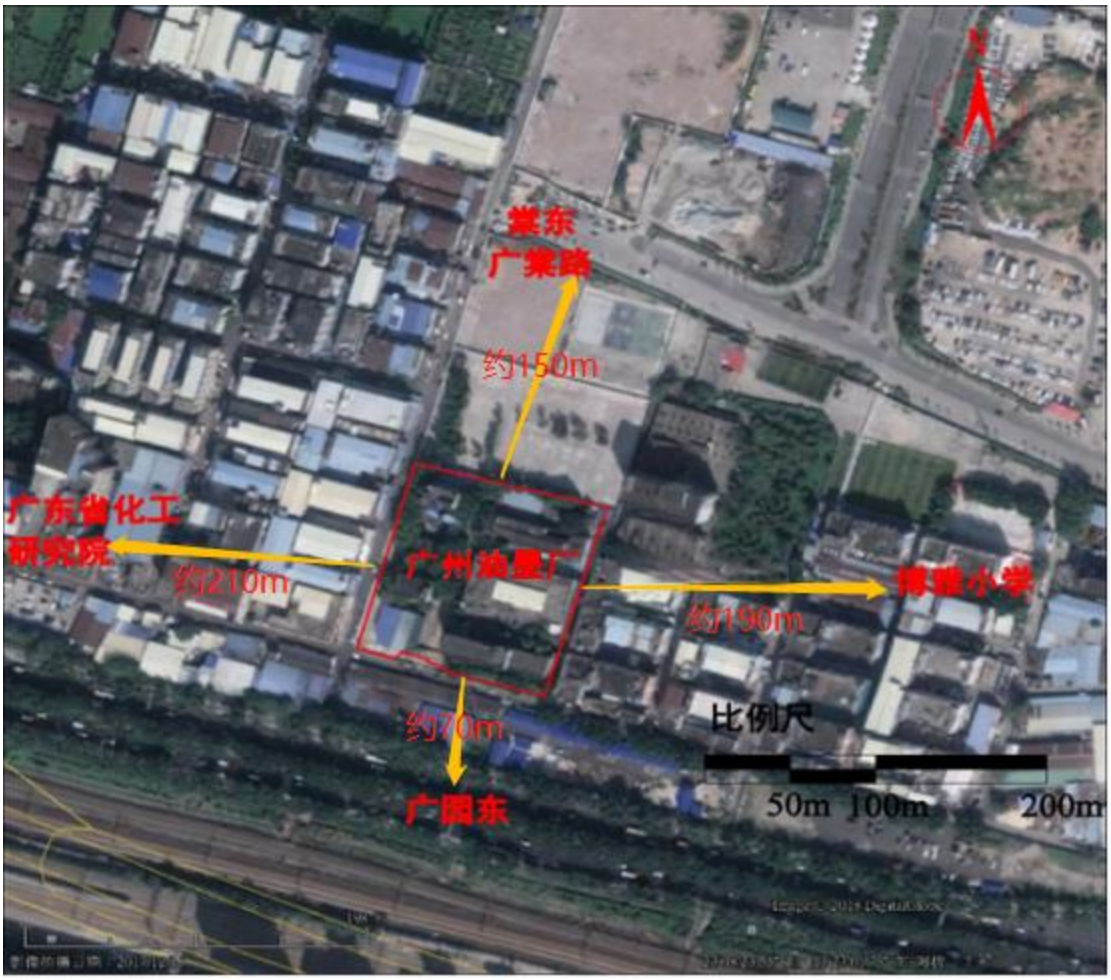


图 6.1-1 场地周边敏感点

6.1.1 大气环境监测方案

为判断污染物在场地内部和场地外大气环境中的扩散量是否符合相关的国家及地区安全标准，确保贮存和处置现场工人短期接触的职业健康安全和周边社

区居民健康安全，需对施工全过程的大气环境质量进行监测。此外，为确定施工开始前与施工结束后场地及周边空气中污染物的含量与污染状况，即提供对比验证背景值，施工前后需对场地外大气介质中污染物浓度进行监测。

大气污染监测分为无组织排放监测、固定源排放监测。针对场界四周、场外敏感点分别设置大气无组织排放监测采样点；针对微负压大棚尾气排放口设置大气固定源排放监测采样点；

具体内容见下表。

表6.1.1-1 大气环境质量监测方案

序号	监测类型	采样布点
1	无组织排放监测	场界
2		场外敏感点
3	固定源排放监测	大棚废气排放口

6.1.2 废水环境监测方案

据技术设计部分，梅场地产生的废水主要为现场车辆轮胎和施工设备冲洗废水、渣块冲洗产生的废水。施工过程产生的污水统一收集并经过污水处理站处理达标后，作为工艺用水。

6.1.2.1 监测点位的布设

依据《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）规范要求，在污水处理系统清水池设置 1 个污水采样监测点，共一个监测点位。

6.1.3 噪声环境监测方案

本项目的噪声来源为挖掘机、运输车辆、风机、筛分破碎机等。在施工过程中需要加强噪声的监控，采取有效措施防止噪声污染，场区声环境质量监测是由环境监理委托第三方检测机构进行监测。

6.1.4 土壤环境监测

本项目设有污染土预处理区，修复区、洗车/渣块冲洗区、污水处理站、道路等临时设施，这些临时设施均建设在现场无污染区域，为确定施工开始前与施工结束后上述临时设施下表层土壤中污染物的含量与污染状况，即提供对比验证背景值，施工前后需对上述临时设施及其周边下表层土壤中污染物浓度进行监测，确定施工过程是否造成土壤二次污染。场区土壤环境质量监测由环境监理委托第三方检测机构进行相关污染指标的测定。

6.2 自验收方案

6.2.1 自验收内容

本项目修复效果自验收监测参考《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）、《广州市工业企业场地环境调查、修复、效果评估文件技术要点》（穗环办[2018]173 号），修复效果自验收监测主要包括两方面内容：

（1）对清挖完成的坑槽进行自验收监测；

污染区域的土壤按照场调报告确定的边界及深度清挖完成后，对坑槽各层拐点和坑槽底部标高及时进行验收确认，然后对坑槽侧壁及底部分别划分采样段及采样网格，采集侧壁和坑底土壤样品，监测污染土壤是否清挖干净。如果侧壁或者坑底局部仍有污染存在，当进一步清挖，直至检测合格为止。当确认坑槽清挖完成并检测合格自验收通过后，申请效果评估验收。

（2）对修复完成的土壤进行自验收监测；

经修复处理后的土壤在修复区进行堆置养护，对养护后的土壤堆体划分网格、采样送检，检测合格的土壤自验收通过后，申请效果评估验收，检测不合格的土壤返回修复处理工序进行再次处理。

7 环境管理与二次污染防治措施

为保证修复施工过程中不对周边环境造成二次污染及确保施工人员身体健康，需在修复过程中制定完善的环境管理方案，对涉及区域内的污染土壤、废水、大气、噪声和固体废物等进行管理。同时制定并严格执行施工环境监测方案，并及时追踪监测结果，并对不达标部分采取相应管理措施。

7.1 编制原则

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

7.1.1 安全性原则

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

7.1.2 可行性原则

本项目污染类型为总石油烃，需针对污染情况和场地条件，因地制宜，制定切实可行的环境管理措施。

7.1.3 符合地方政策原则

制定的环境管理体系和监测方案需符合广州市正实行的规范及标准。

7.2 环境管理方案

为保证项目施工过程中不产生二次污染，确保相关人员身体健康，在污染土壤修复实施的过程中制定完善的环境管理措施，对所涉及区域内的污染土壤、废水、大气、噪声和固体废物等进行严格管理和监测。及时追踪监测结果，并对不达标部分采取相应管理措施。全过程环境管理方案主要包括环境管理体系和环境管理措施两大部分，涵盖了污染土壤修复施工过程的污染土壤、污水、大气、噪声、固体废物等内容。全过程环境管理方案须获得监理单位、环境保护主管部门的认可，并在其监督下执行。本项目全过程环境管理结构如下图所示。

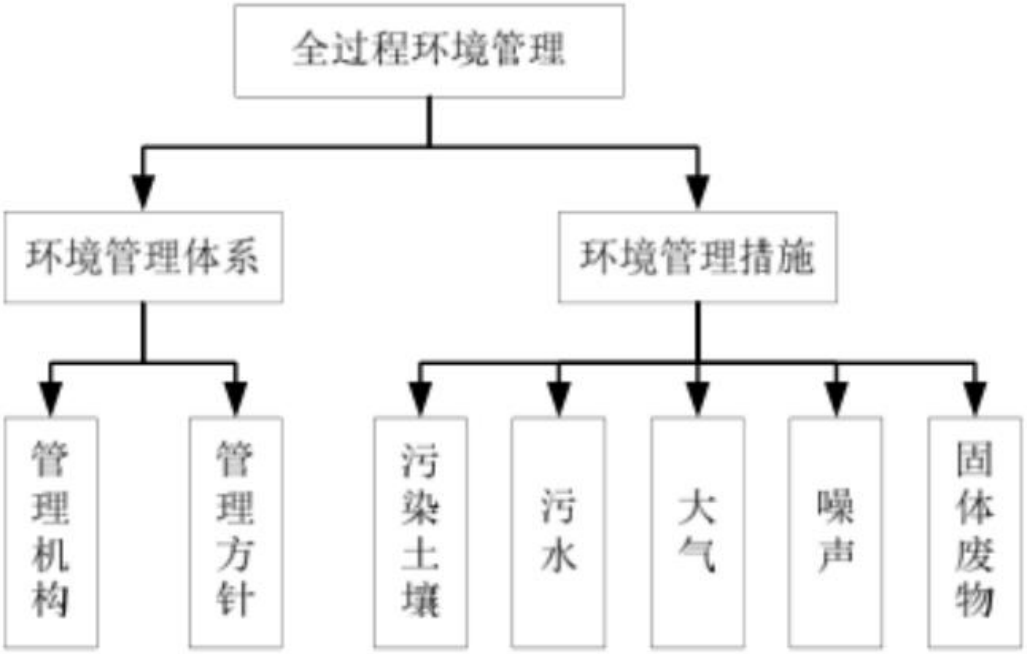


图 7.2-1 全过程环境管理结构图

7.2.1 环境管理体系

为贯彻执行环境管理方案，建立完善的环境管理体系。成立以项目负责人为核心的环境管理组织机构，编制环境管理方针。

7.2.1.1 环境管理组织机构

环境管理组织结构图如下。

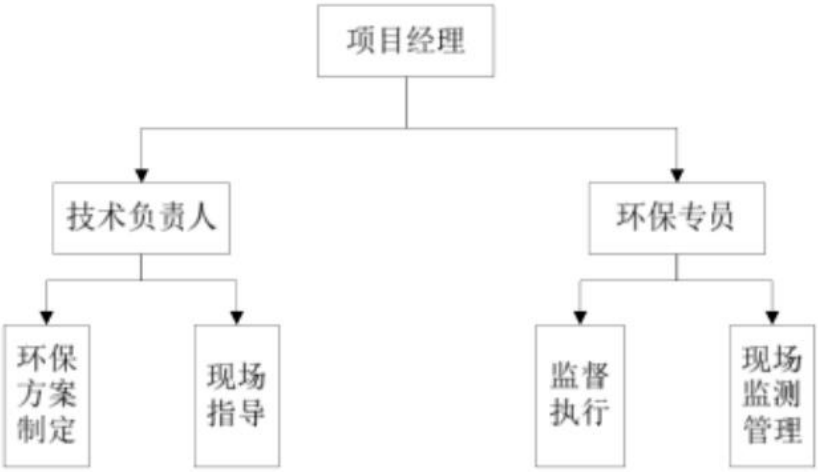


图 7.2-2 环境管理组织结构图

7.2.1.2 环境管理方针

（1） 施工安排及计划符合环保法律法规及其它相关要求。

（2） 施工过程中避免产生二次污染。

（3） 现场生产生活控制污染产生。

（4） 确保现场施工人员安全。

8 安全防护措施

8.1 施工安全保证措施

本项目修复施工安全涉及土壤开挖运输、基坑安全、临时用电安全、专业工种安全操作、现场人员防护职业健康等内容。

8.1.1 基坑开挖安全施工措施

（1）土方开挖从上而下施工，禁止采用挖空底角的操作方法，并且做好排水措施。

（2）采用机械挖土时，机械旋转半径内不得有人。

（3）基坑边 2 米内不得堆土、堆料、停置机具。

（4）所有机械进场前应该进行检修和保养，出现故障及时修理，不允许机械带病作业。

（5）已挖完的基坑外侧、坡道两侧应及时做好临边防护。

8.1.2 临时用电安全措施

施工现场临时用电按照《施工现场临时用电安全技术规范》编制临时用电方案，建立相关的管理文件和档案资料，加强用电管理。

施工机具、车辆及人员，与架空线路保持安全的距离和安全高度。达不到规范规定要求时，采用可靠的防护措施。电缆穿过道路、易受机械损伤的场所时，加设防护套管。橡皮电缆沿墙壁敷设时，要用绝缘子固定，严禁使用金属裸线作绑线。固定点间距保证橡皮电缆能承受自重所带来的荷重，橡皮电缆的最大弧度垂距地不小于 2.5m。

施工现场临时用电由专业人员负责管理，由专人负责各类配电箱、开关箱、电气设备、电力施工机具的检修和维护工作，检修时切断电源，拆除电气连接并悬挂警示标牌，确定操作程序并设专人监护。

图 8.1-2 配电箱围栏示意图

8.2 人员防护

本工程可能产生的职业健康危害因素，为施工活动中可能接触的化学物质、噪声及高温危害。主要方面如下：

1）污染土壤修复处理过程中各施工环节中受到扰动，散布到作业环境中，容易使作业人员身体不适、引起疾病等；

2）粉尘，容易使作业人员身体不适、引起疾病等；

3）各类设备机具运转产生较大的噪声；

4）作业车间内高温危害

在施工过程中，需要识别和评估在项目的完成过程中可能遇到的潜在化学和物理危险，并需要针对这些风险提出解决方案。不同施工场地，要做好相应的防护措施。

一、对场区全体工作人员进行安全技术交底，使施工人员正确认识安全防护措施的可靠性和有效性，积极配合场区内部管理，保证自身健康安全。

（1）对不同区域施工人员进行针对性的施工安全技术交底，确保安全措施有的有效执行，落实安全健康措施的实施。

（2）在人员工作岗位的调动和补位情况下，须对流动人员进行重新进行安全知识培训，由专职安全员进行执行，技术部门辅助，并出具有效的安全培训备忘录。

二、对劳保用品和个人健康防护用具采购，选择诚信可靠的商家进行采购，并签订质量保证合同，确保健康防护用具的安全可靠。

8.2.1 化学危害风险及防护措施

一、化学危害风险来源

在污染土壤现场修复过程中，场地土壤污染物的在暴露（例如污染土壤修复过程中土壤的开挖、运输和堆置过程中土壤扬尘等），可能对施工人员造成潜在危害。场地污染物在日常使用中的潜在暴露途径为气体/灰尘吸入、直接接触或原料吸收。

二、化学危害风险防护措施

（一）为防范污染土壤修复过程中目标污染物对人员的危害，可以通过采用切断其暴露途径达到防范风险的目的，目标污染物的暴露途径主要为扬尘和散发，所以需要加强施工现场扬尘的控制，并限制目标污染物的散发。

1）扬尘控制 在施工过程中，对来往污染地块的车辆进行冲洗、且限定车辆的行驶速度，防止扬尘，并对污染范围内的道路进行定期不间断洒水。

2）散发控制 为了减少目标污染物的散发，需要减少污染土壤的暴露面积，对于作业面污染土壤的暴露。

（二）施工过程中，不仅目标污染物的直接或间接接触会对人员造成风险，药剂也会对人员造成危害，因此加强劳动过程中的个人防护是风险防范的关键。

1)防护等级 本项目根据各施工作业面内容的风险性，按区域划分防护等级。其中，微负压大棚内采取最高级一级防护；污水处理站采取三级防护；办公区等无需防护。防护级别具体要求见下表。

表8.2-1 防护级别及相应个人防护器材

防护等级	对应区域	个人防护器材
一级	微负压大棚内	眼睛防护：护目镜；呼吸防护：全面式防毒面具或半面式防毒面具，配专用有机滤毒盒；身体防护：工服+安全背心、橡胶手套、防砸安全工鞋、安全帽。
三级	污水处理站	呼吸防护：一次性活性炭口罩；身体防护：工服+安全背心、防砸安全工鞋、安全帽。

2）防护器材使用原则 在使用前和使用时，检查所有衣服、手套和靴子是否存在不符合穿戴要求的情况如果出现不符合要求的情况立即更换新的防护用品。

（三）污染土壤修复过程中的个人安全防护 员工在从事项目活动时若周围空气污染物浓度超标，必须佩戴呼吸防护器材（采用 3M 系列产品）。

8.2.2 防尘伤害措施

1)对于场地内施工过程中容易产生扬尘的位置采取覆盖、封闭、降尘、抑 尘、

除尘等措施较少和消除扬尘；

2）使用适当的个人防护器材，如口罩、手套等，并采取正确的清洁步骤来控制化学品的皮肤接触；

3）采取扬尘控制措施，例如在场地区域洒水。

8.2.3 防噪声伤害措施

1）对强噪声源采取降噪消声、隔声措施；

2）当噪音等级超过 85dBA 时，需使用噪音降低等级至少为 30dBA 的听力防护。员工或需要进入该区域的来访者需配备听力防护装置（如耳塞/耳罩）。

8.2.4 防护用品的选用

一、呼吸类防护用品的选用

合理的选择不同防护等级的防护用品需根据污染物的浓度综合考虑，同时要顾及的操作的方便性及气候条件。

二、防直接接触劳动防护用品的选用

在进入皮肤或眼睛有接触重度污染土壤或污水和有毒有害物高浓度环境时，需选择使用防直接接触劳动防护用品。

三、本项目劳动防护用品

依据上述原则，本项目特殊劳动防护用品选择方案及特殊劳动防护用品实物图见下图所示。

3M 防护口罩 9042A

3M 防尘面具 3000

3M 防毒面具 6800

斯博瑞安（巴固）防化手套

莱尔防化靴

3M 防腐蚀液护目镜

9 工作进度计划与保证措施

9.1 总体工期计划

根据《广州市土地开发中心广州油墨厂地块场地环境污染治理与修复采购项目招标文件》规定，结合本公司的技术设备能力，规划本项目工期目标为 244 日历天。

其中工程前期准备阶段 80 天（包括实施方案编制及评审、场地平整及临时设施建设等）；修复工程实施阶段 68 天（包括污染土壤清挖和修复、修复效果评估、二次污染监测等），其中；项目竣工验收阶段 96 天（包括竣工报告编写及评审、场地移交等）。

拟定开工日期：2020 年 3 月 31 日，拟定竣工日期：2020 年 11 月 29 日。

标识	任务名称	工期	开始时间	完成时间
1	广州油墨厂地块土壤污染修复项目	244 d	20/3/31	20/11/29
2	1 工程前期准备阶段	80 d	20/3/31	20/6/18
3	1.1修复实施方案编制及评审	80 d	20/3/31	20/6/18
4	1.1.1 小试实验	40 d	20/3/31	20/5/9
5	1.1.2 修复实施方案编制	40 d	20/3/31	20/5/9
6	1.1.3 修复实施方案评审及备案	20 d	20/5/30	20/6/18
7	1.2 临时项目部建设及场地平整	4 d	20/3/31	20/4/3
8	1.2.1 临时项目部建设	4 d	20/3/31	20/4/3
9	1.2.2场地平整	2 d	20/3/31	20/4/1
10	1.3 修复工程临时设施建设	20 d	20/4/2	20/4/21
11	1.3.1 修复及开挖大棚建设	20 d	20/4/2	20/4/21
12	1.3.2 污水处理站建设	10 d	20/4/2	20/4/11
13	1.3.3 进场道路建设	10 d	20/4/2	20/4/11
14	1.3.4 渣块冲洗区建设	10 d	20/4/12	20/4/21
15	1.4 修复设备、材料进场	7 d	20/6/5	20/6/11
16	2 修复工程实施阶段（412.45m³）	30 d	20/6/19	20/7/18
17	2.1 污染土壤清挖	4 d	20/6/19	20/6/22
18	2.2 污染土壤修复	6 d	20/6/23	20/6/28
19	2.3 污染土壤修复后养护	20 d	20/6/29	20/7/18
20	3 修复效果验收监测	62 d	20/6/25	20/8/25
21	3.1 自验收监测	34 d	20/6/25	20/7/28
22	3.1.1 污染区域坑壁、坑底自验收	10 d	20/6/25	20/7/4
23	3.1.2 修复土壤自验收	10 d	20/7/19	20/7/28
24	3.2 效果评估监测	52 d	20/7/5	20/8/25
25	3.2.1 污染区域坑壁、坑底效果评估	14 d	20/7/5	20/7/18
26	3.2.2 修复土壤效果评估	14 d	20/7/29	20/8/11
27	3.2.3 二次污染效果评估监测	14 d	20/8/12	20/8/25
28	4 竣工验收及备案	100 d	20/8/12	20/11/19
29	4.1 竣工报告编制完成	15 d	20/8/12	20/8/26
30	4.2 施工总结报告送审	50 d	20/8/27	20/10/15
31	4.3 环保部门备案	35 d	20/10/16	20/11/19
32	5 修复土壤回填及临时构筑物拆除	10 d	20/11/20	20/11/29
33	5.1污染土壤修复后回填及场地平整	4 d	20/11/20	20/11/23
34	5.2 修复及开挖大棚拆除	10 d	20/11/20	20/11/29
35	5.3 其他临时设施拆除	10 d	20/11/20	20/11/29

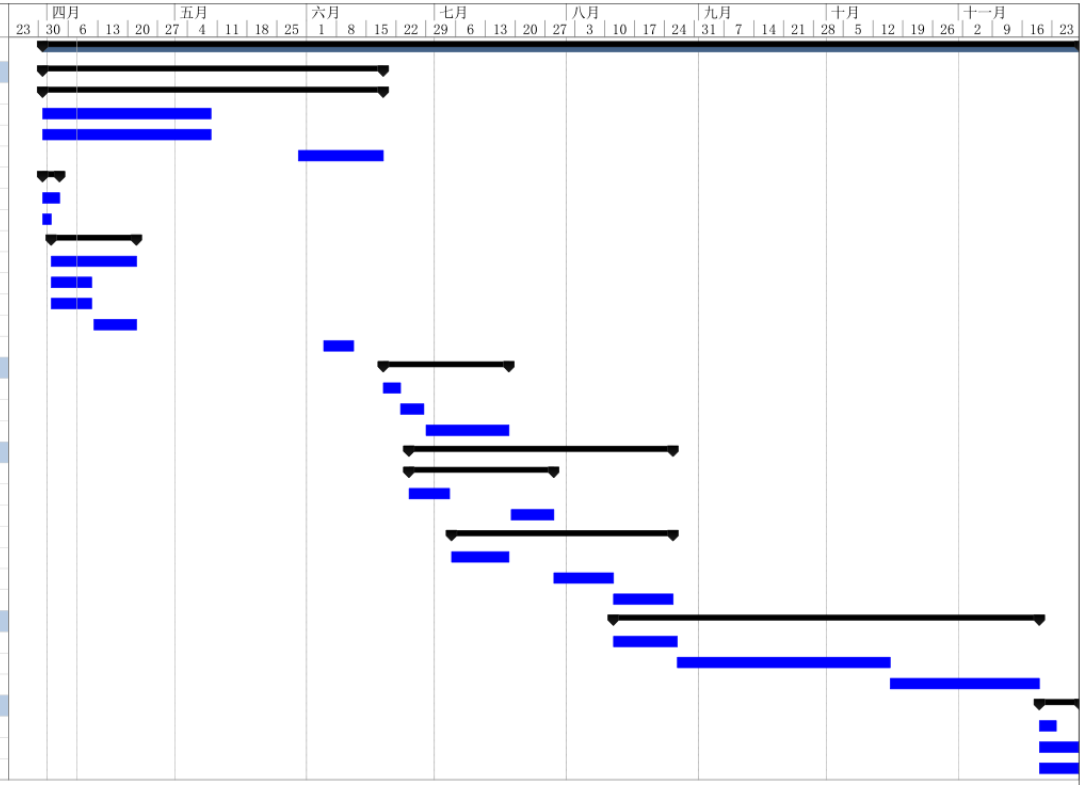


图 9.1-1 施工进度计划横道图

10 工程竣工验收及项目移交

10.1 竣工验收概况

本项目需修复土壤面积共计 294.61m^2，工程量约 412.45m^3，土壤污染物为石油烃。修复工程中的竣工验收工作是完成整个工程的重要内容，在实施中分为效果评估合格和生态环境主管部门整体验收两项工作内容，验收程序对施工资料的收集和整理做了相应的安排。

竣工验收工作包括：编写整个修复工程申请验收的报告和项目施工总结报告；协助业主向生态环境主管部门申请验收项目验收；整理项目相关竣工资料，包括污染土壤开挖、修复、处置的相关证明材料；配合效果评估单位按规范开展修复后的土壤环境质量检测工作；以及通过生态环境主管部门验收所需的其他配合工作。

10.2 工程场地的移交

工程竣工验收合格后，项目负责人按照提前编制的项目撤场计划准备撤场工作，撤场的工作内容见下表。

表10.2-1 撤场前施工项目

序号	施工内容	要求	备注
1	将合格土回填到基坑	分层回填	
2	大棚及构筑物拆除	修复到进场原貌	
3	场地平整	恢复到进场原貌	
4	设备及电线缆拆除	恢复到进场原貌	
5	办公室拆除	恢复到进场原貌	