

“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地 块土壤污染风险评估报告

土地使用权人：韶关市城市公园管理中心

土壤污染风险评估单位：广东天鉴检测技术服务有限公司

编制日期：2023 年 11 月

项目名称：“515工程”配套道路涉及XL0405-03号地块土壤土壤污染风险评估报告

土地使用权人：韶关市城市公园管理中心

调查单位：广东天鉴检测技术服务股份有限公司

项目负责人：唐志刚

主要编写人员：

姓名	职称	工作内容	负责报告篇章	签名
刘淑芬	助理工程师	资料收集、现场踏勘、 报告编制	第一章、第二章	
陈亮明	中级同等能力	报告编制、质量监督	摘要、第八章、第九章、 第十章、第十二章	
黄祥伟	中级工程师	项目协调、点位布设、 报告编制、报告审核	第三章、第四章、第五章、 第六章、第七章	
唐志刚	高级工程师	报告审定	摘要、第十一章	

目 录

1. 项目概况.....	1
1.1. 项目基本信息	1
1.2. 项目背景	1
1.3. 工作范围	3
1.4. 工作目标及原则.....	6
1.4.1. 工作目标.....	6
1.4.2. 工作原则.....	6
1.5. 编制依据	7
1.5.1. 法律法规.....	7
1.5.2. 标准及技术规范	7
1.5.3. 其他	8
1.6. 技术路线.....	8
1.7. 本报告的有限性说明.....	9
2. 地块概况.....	11
2.1. 地块所在地理位置.....	11
2.2. 区域环境状况	12
2.2.1. 区域水文特征	12
2.2.2. 区域地质构造.....	14
2.2.3. 区域地形地貌.....	14
2.2.4. 区域气象概况	16
2.2.5. 区域土壤类型.....	16
2.3. 地块岩土工程勘察情况.....	18
2.3.1. 地块相对位置示意图	18
2.3.2. 地块内地层岩性	20
2.3.3. 地块内地下水类型、埋藏条件、流向及水文变化幅度.....	22
2.3.4. 地块内土层的渗透性	24
2.4. 目标地块现状	25
2.5. 目标地块及周边地块利用历史	26

2.5.1.	目标地块及周边地块总体概况	26
2.5.2.	目标地块内及周边地块企业信息	27
2.5.3.	目标地块及周边地块历史影像图	33
2.6.	目标地块敏感目标	37
2.7.	目标地块用地规划	38
2.8.	目标地块所在区域地下水利用规划	38
2.9.	目标地块土壤类型	39
3.	前期土壤污染状况调查工作回顾与结论	40
3.1.	第一阶段污染识别工作及结论	40
3.2.	第二阶段土壤污染状况调查工作开展情况	40
3.2.1.	点位布设情况	40
3.2.2.	样品采集及检测情况	42
3.3.	第二阶段土壤污染状况调查结论	45
3.4.	补充调查土壤污染状况调查结论	45
4.	评估方法	47
4.1.	土壤污染健康风险评估方法	47
4.2.	血铅的人体健康风险评估方法	49
5.	危害识别	51
5.1.	地块污染物清单	51
5.2.	地块土壤理化性质	51
5.3.	受体分析	52
5.4.	关注污染物的毒理性参数	52
6.	暴露评估	56
6.1.	暴露情景	56
6.2.	暴露途径	56
6.3.	地块概念模型	57
6.4.	暴露评估方法和模型	58
6.4.1.	经口摄入土壤途径	58
6.4.2.	皮肤接触土壤途径	59

6.4.3.	吸入土壤颗粒物途径	59
6.4.4.	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	60
6.4.5.	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径	61
6.5.	模型参数取值	61
6.5.1.	污染物浓度参数	61
6.5.2.	污染区参数	62
6.5.3.	土壤参数	62
6.5.4.	建筑物参数	63
6.5.5.	暴露参数	64
6.6.	暴露量计算结果	65
7.	毒性评估	66
7.1.	污染物的健康效应	66
7.1.1.	一般污染物的致癌效应和非致癌效应	66
7.1.2.	血铅的毒性效应	67
7.2.	关注污染物的毒性参数取值	67
8.	风险表征	69
8.1.	土壤风险表征	69
8.1.1.	土壤风险表征计算方法	69
8.1.2.	土壤风险表征计算结果	72
8.2.	不确定性分析	75
8.2.1.	不确定性因素	75
8.2.2.	超标污染物暴露风险贡献率分析	75
8.2.3.	参数敏感性分析	77
9.	铅的人体健康评估	83
9.1.	参数取值	83
9.2.	计算结果	83
9.3.	铅风险控制值计算结果	83
10.	风险控制值、修复目标值及修复范围确定	84
10.1.	基于致癌风险的土壤风险控制值	84

10.2.	基于非致癌风险的土壤风险控制值.....	85
10.3.	风险控制值计算结果.....	86
10.4.	修复目标值.....	87
10.4.1.	确定原则.....	87
10.4.2.	修复目标值确定.....	88
10.5.	修复范围确定.....	88
10.5.1.	基本原则.....	88
10.5.2.	砷的修复范围.....	90
10.5.3.	镉的修复范围.....	92
10.5.4.	镉的修复范围.....	93
10.5.5.	钴的修复范围.....	93
10.5.6.	汞的修复范围.....	94
10.5.7.	铅的修复范围.....	94
10.5.8.	综合修复范围.....	96
10.6.	小结.....	101
11.	结论与建议.....	102
11.1.	风险评估结论.....	102
11.2.	修复目标值及风险管控范围.....	102
11.3.	修复或管控区域环境管理与保护措施.....	103
12.	附件.....	104
12.1.	“515 工程” 配套道路工程与涉及污染土地有关范围情况的函.....	104
12.2.	“515 工程” 配套道路工程建设用地规划许可证.....	105
12.3.	“515 工程” 配套道路工程——勘察报告.....	106
12.4.	风险评估计算截图.....	177

1. 项目概况

1.1. 项目基本信息

项目名称：“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土壤污染风险评估报告

土地使用权人：韶关市土地储备中心

土壤污染风险评估单位：广东天鉴检测技术服务有限公司

土壤污染状况调查单位：广东天鉴检测技术服务有限公司

地理位置：韶关市武江区西河镇村头村北部

占地面积：7465m²

未来规划：根据韶关市“515 工程”规划，项目地块规划为配套工程道路使用，属于建设用地中第二类用地。

1.2. 项目背景

韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）地块总占地面积 69001m²，合 103.5 亩（区域 1），该地块原来为工矿企业用地，曾分布有华日、江源、强泰、华韦、华力等五家小型选矿企业。2018 年 10 月，广东绿日环境科技有限公司，完成了韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）地块场地环境初步调工作，提交了《韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）地块场地环境初步调查报告（报批稿）》。

2019 年 1 月，韶关学院新兴产业研究院接受韶关市土地储备中心的委托，对韶关市 XL0405-03 号（区域 1）及周边地块华力地块及电化厂地块部分区域（区域 2）进行了场地环境调查工作及风险评估工作，合计调查面积为 92585m²，位置关系图如图 1-2 所示。区域 2 为 XL0405-03 号地块西侧 17440.34m²的华力实业有限公司部分用地和 6144.43m²的韶关电化厂部分用地。2019 年 5 月 22 日，《韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）及周边地块场地环境详细调查报告》通过专家咨询评审；2019 年 6 月韶关市生态环境局与韶关市自然资源局就《韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）及周边地块场地环境详细调查报告》出具评审意见函《关于韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）及周边地块场

地环境详细调查报告评审意见的函》（韶环函〔2019〕284 号）。

2019 年 12 月 12 日，广东省固体废物和化学品环境中心组织召开《韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）及周边地块土壤污染风险评估报告》专家评审会，2020 年 5 月广东省固体废物和化学品环境中心组织召开《韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）及周边地块土壤污染风险评估报告》专家复审会。专家复审结论及建议表示：修改内容基本达到要求；报告结论总体可行，专家组同意该报告通过评审。报告修改完善后可作为后续环境管理的工作依据。2020 年 11 月，该地块纳入《广东省建设用地土壤污染风险管控和修复名录》。

根据《韶关市 XL0405-03 号地块规划条件》，该调查地块用地规划性质为居住、商业混合用地。由于“515 工程”配套道路工程经过 XL0405-03 号地块，因此本调查地块的规划用途为道路与交通设施用地（S）。为了盘活工业用地，加快土地开发利用，拟对“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块的区域进行拆分。2022 年 11 月，受韶关市土地储备中心所托，广东天鉴检测技术服务有限公司对“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块进行了详细调查报告的评审工作，提交并备案了《“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土壤污染状况详细调查报告》。现为了推进项目进展，广东天鉴检测技术服务有限公司拟开展“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土壤污染风险评估工作。



图 1-1 “515 工程” 配套道路工程示意图

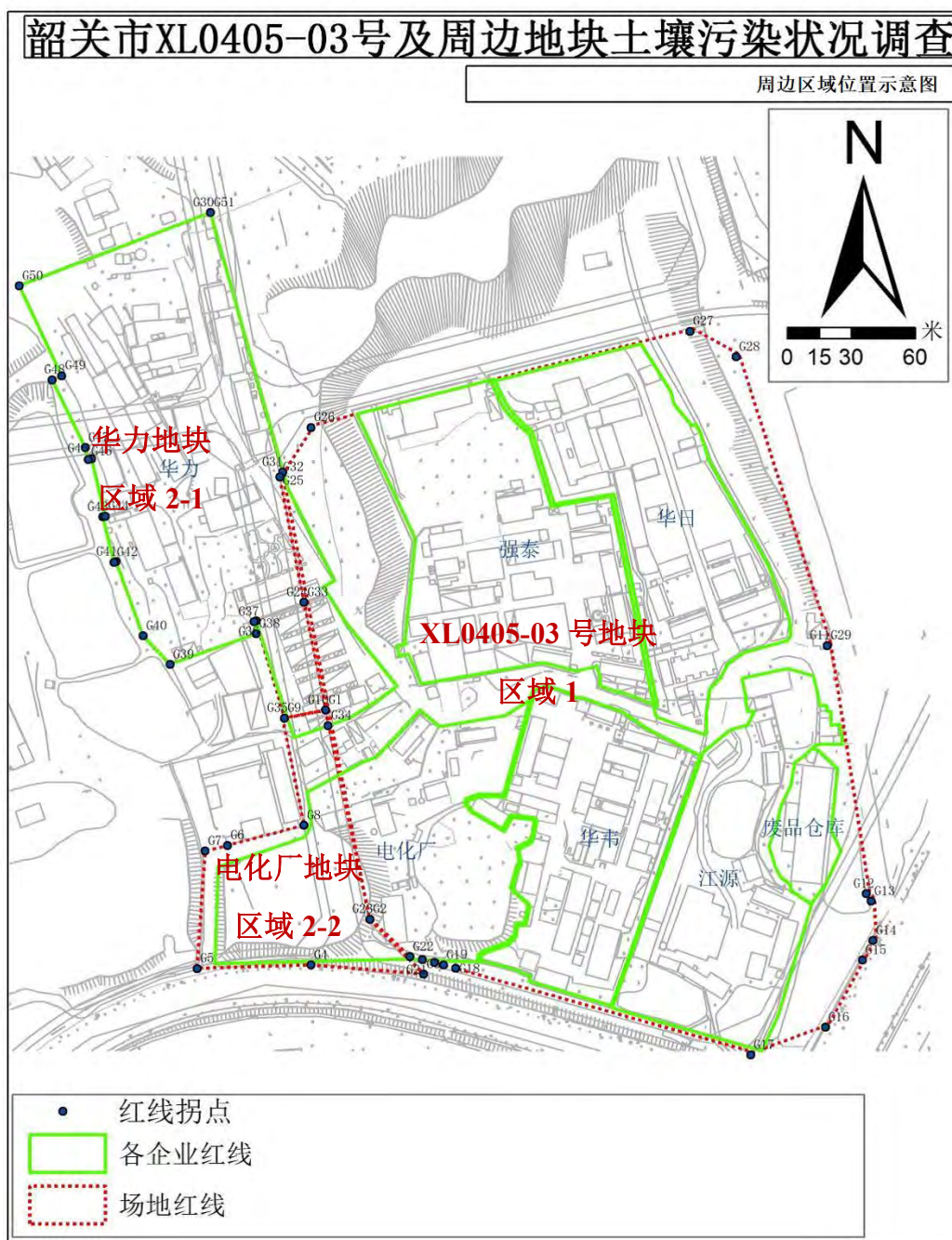


图 1-2 XL0405-03 号（区域 1）及周边地块（区域 2）位置关系图

1.3. 工作范围

本次风险评估工作为“515 工程” 配套道路涉及 XL0405-03 号地块（以下简称“目标地块”）的区域，该地块占地面积为 7465m²，地块位于韶关市武江区西河镇村头村北部，地块中心坐标为 113.565326 ° E，24.751696° N。调查范围与项目红线范围一致，地块范围边界控制点坐标见表 1.3-1，范围红线范围见图

1-3。



图 1-3 “515 工程” 配套道路涉及 XL0405-03 号地块红线范围图

表 1.3-1 “515 工程” 配套道路涉及 XL0405-03 号地块拐点坐标（国家 2000 大地坐标）

序号	点号	坐标		边长 (m)
		x (m)	y (m)	
1	J1	2738587.508	38456033.34	10.083
2	J2	2738596.742	38456029.29	

序号	点号	坐标		边长 (m)
		x(m)	y(m)	
				3.898
3	J3	2738599.938	38456031.52	94.726
4	J4	2738692.926	38456013.46	37.658
5	J5	2738714.873	38455982.86	24.019
6	J6	2738738.527	38455978.68	35.434
7	J7	2738766.67	38456000.21	78.308
8	J8	2738844.316	38455990.05	0.151
9	J9	2738844.467	38455990.03	141.374
10	J10	2738710.381	38456034.84	12.122
11	J11	2738700.142	38456028.36	211.936
12	J12	2738492.096	38456068.78	12.579
13	J13	2738479.748	38456071.17	22.707
14	J14	2738463.334	38456086.87	4.361
15	J15	2738464.694	38456082.72	1.873
16	J16	2738464.748	38456080.85	3.49
17	J17	2738465.582	38456077.46	2.366
18	J18	2738466.122	38456075.16	4
19	J19	2738466.92	38456071.24	4
20	J20	2738467.573	38456067.29	4
21	J21	2738468.079	38456063.32	4
22	J22	2738468.437	38456059.34	4

序号	点号	坐标		边长 (m)
		x (m)	y (m)	
23	J23	2738468.648	38456055.34	4
24	J24	2738468.711	38456051.35	
25	J25	2738468.672	38456037.83	13.52
26	J26	2738484.319	38456053.99	22.495
27	J27	2738544.959	38456042.21	61.774
28	J28	2738550.949	38456033.62	10.47
				36.56

1.4. 工作目标及原则

1.4.1. 工作目标

根据项目委托单位的相关要求，严格遵照《建设用地土壤污染状况调查技术导则（HJ 25.1-2019）》《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）》《建设用地土壤污染风险评估技术导则（HJ 25.3-2019）》等标准程序和方法，结合前期调查成果，识别场地扰动对前期调查结果的影响，对“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土壤污染状况开展风险评估工作。通过此阶段工作，描述场地主要污染物在土壤和地下水中的浓度和分布范围，可作为污染土壤修复现场施工的基础参考资料。

1.4.2. 工作原则

（1）针对性原则

针对本地块的特征和潜在污染物特性，并结合地块周边钢铁、焦化厂的特征污染物，进行污染物浓度和空间分布调查，为地块后续环境管理工作提供依据。

（2）规范性原则

严格按照国家相关标准，采用程序化和系统化的方式规范场地环境调查过程，保证调查过程的科学性和客观性。

（3）可操作性原则

综合考虑调查方法、时间和经费等制约因素，结合当前科技发展和专业技术水平，调动十余台钻机同时开展工作，使调查过程切实可行。

1.5. 编制依据

1.5.1. 法律法规

- (1) 《中华人民共和国土壤污染防治法》(2019 年 1 月 1 日实施);
- (2) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年 4 月修订);
- (3) 《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);
- (4) 《污染地块土壤环境管理办法(试行)》(2016 年环保部令第 42 号);
- (5) 《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);
- (6) 《广东省实施〈中华人民共和国土壤污染防治法〉办法》(2019 年 3 月 1 日施行);
- (7) 《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);
- (8) 《广东省生态环境厅广东省自然资源厅广东省住房和城乡建设厅广东省工业和信息化厅关于进一步加强建设用地土壤环境联动监管的通知》(粤环函〔2021〕2 号);
- (9) 《广东省地表水环境功能区划》，2011 年;
- (10) 《广东省地下水功能区划(印发)》，(2009 年 8 月);

1.5.2. 标准及技术规范

- (1) 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018);
- (2) 《岩土工程勘察规范(2009 年版)》(GB 50021-2001);
- (3) 《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017);
- (4) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ 25.1-2019);
- (5) 《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);
- (6) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019);
- (7) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则试行》(HJ25.5-2018)
- (8) 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》(HJ25.6-2019)
- (9) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》(HJ 682-2019)
- (10) 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环保部公告 2017 年第 72

号);

(11) 《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);

(12) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(2014年);

(13) 《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)》;

(14) 《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)》(2020年);

(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 164-2020)

(17) 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》(HJ 1019-2019)

1.5.3. 其他

(1) 《韶关市 XL0405-03 号(村头村政府储备地)地块场地环境初步调查报告》(报批稿)

(2) 《韶关市 XL0405-03 号(村头村政府储备地)及周边地块土壤污染状况详细调查报告》(备案稿)

(3) 《韶关市 XL0405-03 号(村头村政府储备地)及周边地块土壤环境风险评估报告》(备案稿)

(4) 《“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土壤污染状况调查报告》

1.6. 技术路线

按照《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ 25.1-2019)、《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)、《建设用地土壤污染防治 第1部分:污染状况调查技术规范》(DB4401/T 102.1-2020)、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》和《广东省建设用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)》(穗环办〔2020〕67号)等技术导则和规范文件的要求,并结合国内主要污染地块风险评估相关经验及地块的实际情况,开展地块土壤污染风险评估工作,风险评估的技术路线如图 1-4 所示。

(1) 危害识别

根据土壤污染状况调查获取的资料,结合场地土地的规划利用方式,确定污

染场地关注污染物、地块内污染物的空间分布和可能的敏感受体。

(2) 暴露评估

在危害识别的工作基础上，确定相关暴露途径、迁移模型和敏感人群的暴露模型，确定地块污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，计算敏感人群摄入来自土壤和地下水的污染物所对应的暴露量。

(3) 毒性评估

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

(4) 风险表征

在暴露评估和毒性评估的工作基础上，采用风险评估模型计算致癌风险和危害商，进行不确定性分析。

(5) 风险控制值计算

在风险表征的工作基础上，确定修复目标，修复范围及修复量，提出修复建议。

1.7. 本报告的有限性说明

本报告编制过程中使用前期调查中第三方产生的调查数据，并依据相关政策、标准进行分析和计算。

本报告是基于有限的资料、数据、工作范围、工作时间、咨询项目的预算以及目前可以获得的调查事实而做出的专业判断。除特别声明之外，本报告中的论述只能作为指导性说明使用而不适合作为直接的行动方案。现场的具体施工方案需要根据该报告的结论以及相关方的要求进一步细化。本报告不对任何商业用途或其它特别用途进行担保。报告中所提供的信息也不能直接作为法律意见。

本次风险评估报告不以客户的广告宣传、销售、增加投资资金、建议投资决定或任何公开的其它用途为目的。客户同意本报告是专门为报告中所声明的客户的特定用途而准备，不能将本报告的全部或部分用于任何其它目的。

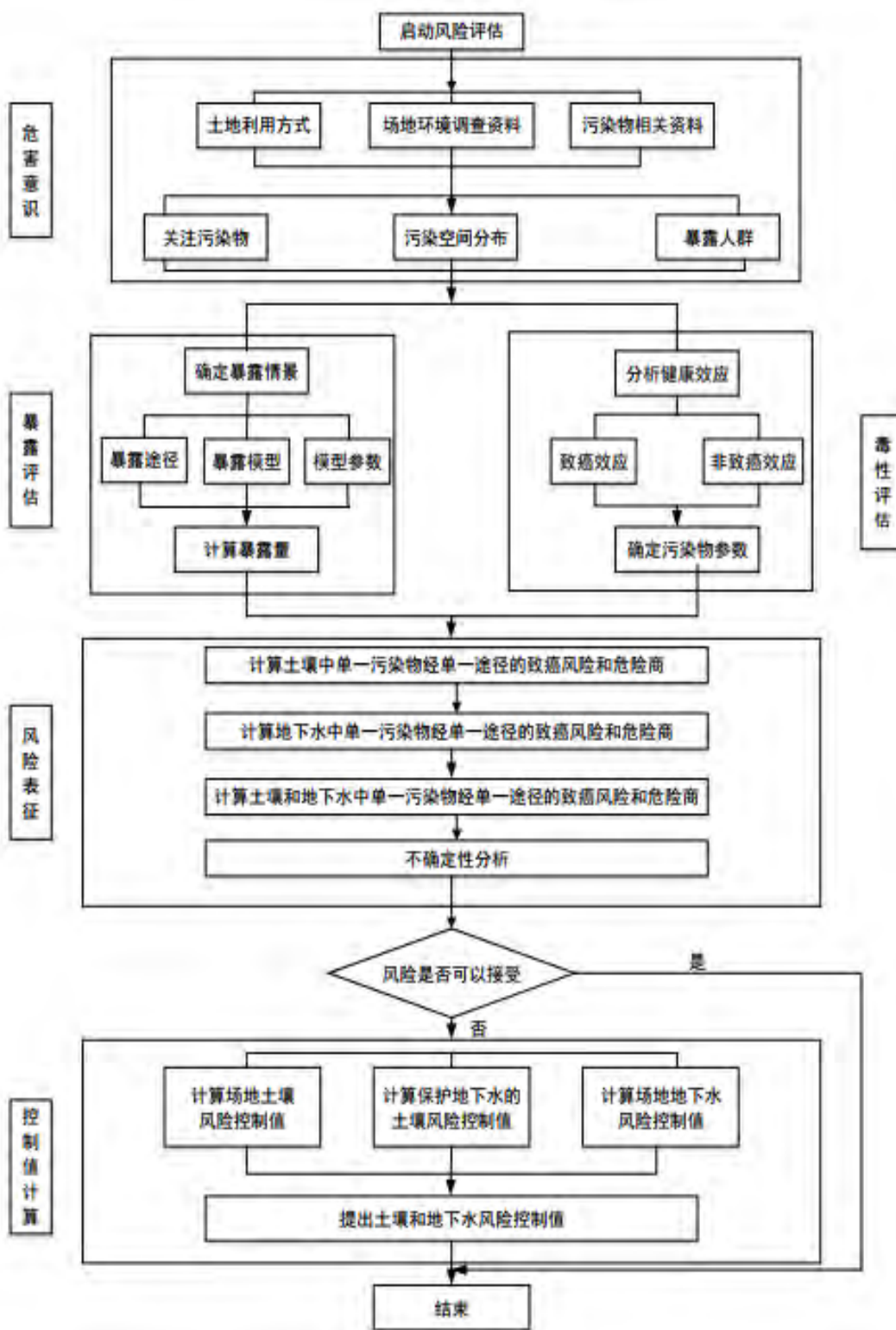


图 1-4 土壤污染风险评估技术路线图

2. 地块概况

2.1. 地块所在地理位置

“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块位于韶关市武江区西河镇村头村北部，地块中心坐标为 113.565326 E, 24.751696 N。村头村位于该镇南部，武江西岸，村头村的南面与大村相邻，北面与城区相连，西面与西联镇接壤。具体地理位置图如图 2-1 所示。



图 2-1 “515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块位置示意图

韶关位于广东省北部，北界湖南，东邻江西，东南面、南面和西面分别与广东省河源、惠州、广州及清远等市接壤。介于北纬 23° 53′ ~25° 31′，东经 112° 53′ ~114° 45′ 之间，东起南雄市界址镇界址村，西至乐昌市三溪镇丫

告岭村，全境直线距离东西跨长 186.3 公里；北自乐昌市白石镇三界圩村，南至新丰县马头镇路下村，南北为 173.4 公里。全市土地面积 1.85 万平方公里，韶关市区面积 3468 平方公里

韶关地区东起南雄市界址镇界址村，西至乐昌市三溪镇丫告岭村，直线东西跨度长约 186.3 公里；北抵乐昌市白石镇三界圩村，南达新丰县马头镇路下村，南北跨度长约 173.4 公里。西北和东北与湖南省郴州市、江西省赣州市交界；东南接河源市，西南连清远市，南邻广州市和惠州市。

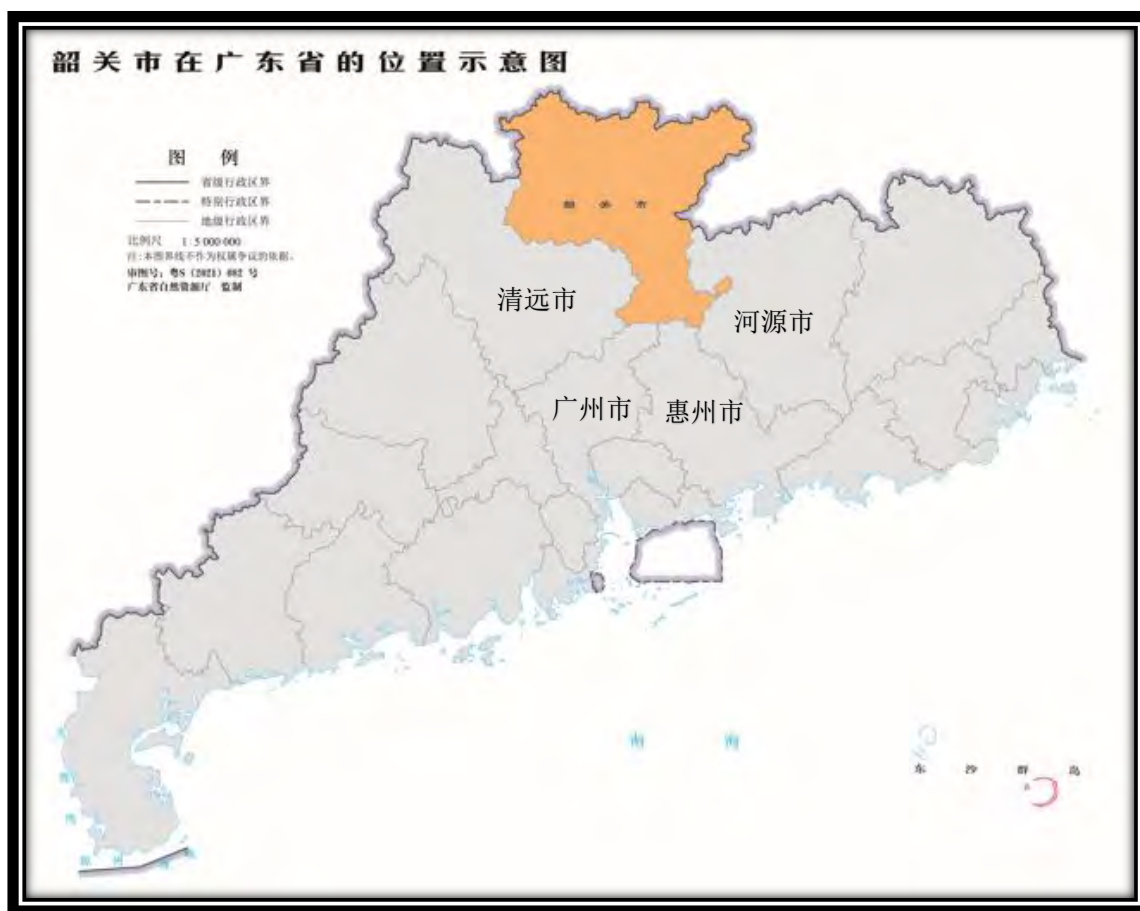


图 2-2 韶关市地理位置图

2.2. 区域环境状况

2.2.1. 区域水文特征

韶关市河川径流主要以降雨形式产生，属雨洪补给型的地区。据韶关市水文站提供资料显示，多年平均降雨量为 1537.4 毫米，径流量为 59.42 亿立方米，丰水年（10%）的总径流量为 91.53 亿立方米，平水年（50%）为 56.44 亿立方米，枯水年（90%）为 31.53 亿立方米，最枯水年（95%）为 26.74 亿立方米。

韶关市水资源分区划分为浈江、武江（中下游）、北江上游、滙江、连江（连江中游支流黄洞河、大潭河）、新丰江（上游）、桃江和章江（长江流域）等 8 个四级水资源分区。

境内主要江河有浈江、武江、墨江、锦江、南花溪、南水、滙江、北江干流及新丰江，江堤总长 936.25 千米。韶关市有大型水库 6 宗，中型水库 33 宗，小型水库 653 宗，1 万立方米以上山塘 2247 宗，水闸 122 座，总蓄水库容 37 亿立方米。水利工程年供水量 19.43 亿立方米，耕地有效灌溉面积 178.39 千公顷。韶关市有小水电站 2082 宗，总装机容量 175.3 万千瓦，年度发电量 42 亿千瓦时。2021 年全市地表水资源量为 149.97 亿立方米（折合年径流深为 815.7 毫米，比上年偏少 23.6%，比多年均值偏多 16.7%）。地下水资源量 47.99 亿立方米（不含中深层地下水），比上年偏少 23.8%，比多年均值偏多 16.9%）。供用水量 18.32 亿立方米（其中地表水源占 95%，地下水源占 1.9%，其他水源占 3.1%）。总用水量 18.32 亿立方米（比上年基本持平，生产用水占总用水量的 89.2%，居民生活用水占 9.4%，生态环境用水占 1.4%）。



图 2-3 韶关市水资源分布图

2.2.2. 区域地质构造

韶关市地处南岭山脉南部，全境在大地构造上处于华夏活化陆台的湘粤褶皱带。地质构造复杂，火成岩分布极广，地层发育基本齐全，岩溶地貌广布、种类多样，岩类以红色砂砾岩、砂岩、变质岩、花岗岩和石灰岩为主。在地质历史上属间歇上升区，流水侵蚀作用强烈，造成峡谷众多、山地陡峻以及发育成各级夷平面。

韶关市全境在地质上处于华夏活化陆台的湘粤褶皱带，即南岭巨型纬向构造带中段；出露地层由老至新依次有震旦系、寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、第三系、第四系，其中泥盆—石炭系地层分布较广；地质构造发育，岩浆活动频繁，自北至南分别由九峰—诸广、大东山—贵东、佛岗—新丰 3 条东西向构造岩浆带及郴州—怀集断裂（中段）、吴川—四会断裂（北段）、台山—新丰断裂（北段）数条北东向深大断裂组成构造框架；大桥—梅花复向斜、瑶山复背斜、曲江复向斜、黄思脑—雪山嶂复背斜、翁源复向斜等北东（或南北）向褶皱展布于各深大断裂的夹持带中。该区在地质历史上为间歇上升区□流水侵蚀作用强烈，造成峡谷众多、山地陡峻以及发育各级夷平面，自北向南明显分布大体平行的 3 列弧形山系：蔚岭、大庾岭山系，石人嶂山系，青云山山系，其间分布两行河谷盆地，包括南雄盆地、仁化董塘盆地、坪石盆地、乐昌盆地、韶关盆地和翁源盆地。

2.2.3. 区域地形地貌

韶关地形以山地丘陵为主，河谷盆地分布其中，平原、台地面积约占 20%。自北向南三列弧形山系排列成向南突出的弧形构成粤北地貌的基本格局：北列为蔚岭、大庾岭山地，长 140 千米；中列为大东山、瑶岭山地，长 250 千米；南列为起微山、青云山山地，长 270 千米。其间分布两行河谷盆地，包括南雄盆地、仁化董塘盆地、坪石盆地、乐昌盆地、韶关盆地和翁源盆地。地势北高南低，北部地势为全省最高，位于乳源、阳山、湖南省交界的石坑崆，海拔 1902 米，为广东第一高峰。南部地势较低，市区海拔最低 35 米。

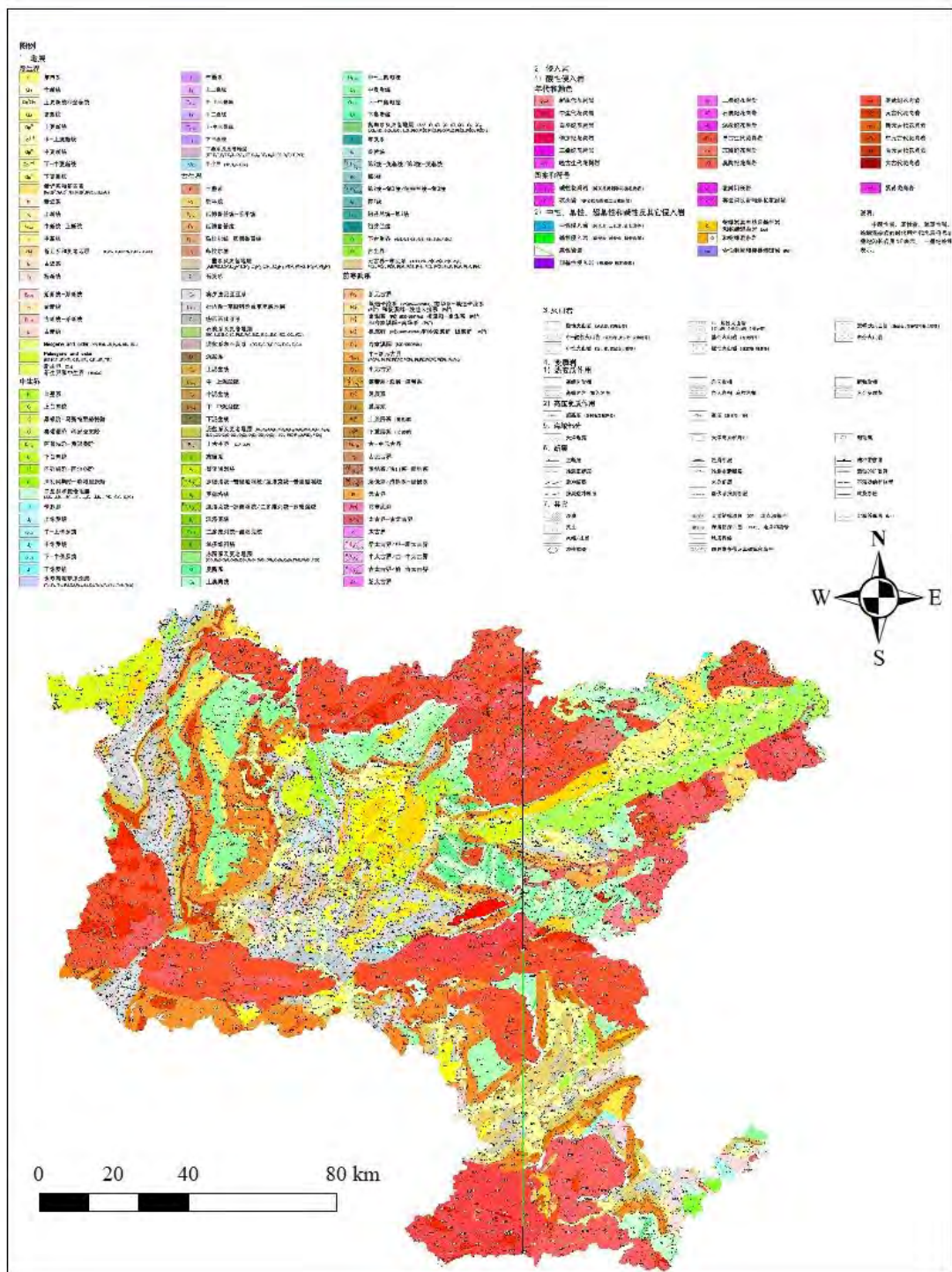


图 2-4 韶关 1:20 万水文地质图

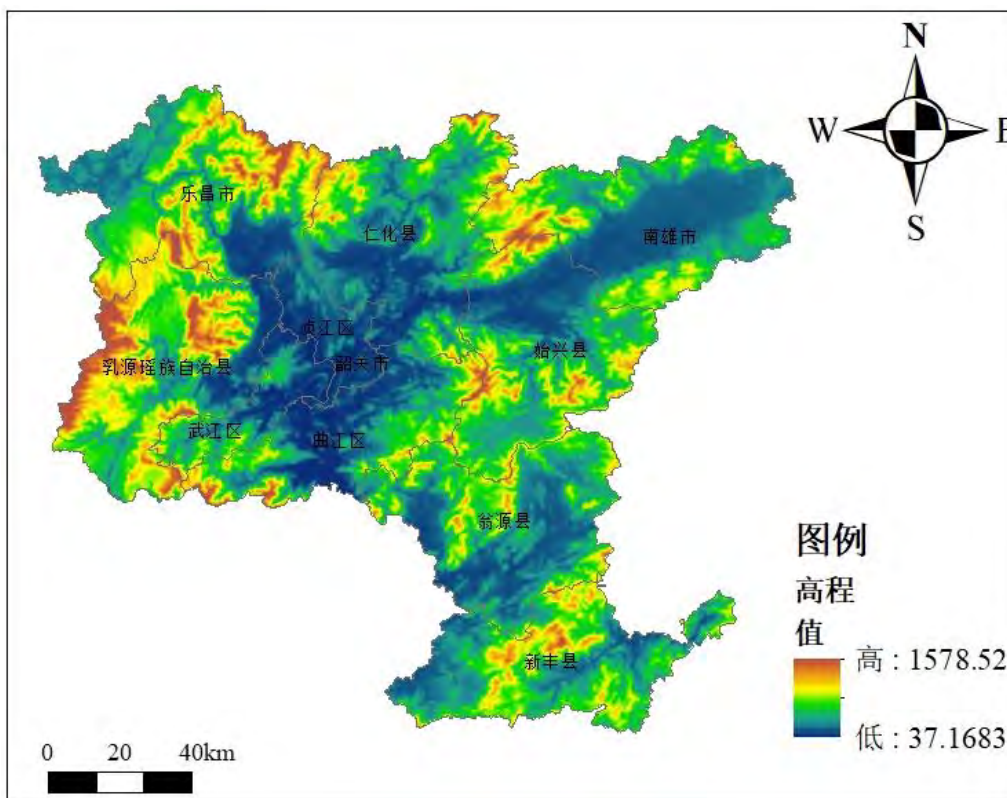


图 2-5 韶关市地形图

2.2.4. 区域气象概况

韶关市属中亚热带湿润型季风气候区，一年四季均受季风影响，冬季盛行东北季风，夏季盛行西南和东南季风。四季特点为春季阴雨连绵，秋季降水偏少，冬季寒冷，夏季偏热。年平均气温 $18.8^{\circ}\text{C}\sim 21.6^{\circ}\text{C}$ ，最冷月份（1 月）平均气温 $8^{\circ}\text{C}\sim 11^{\circ}\text{C}$ ，最热月份（7 月）平均气温 $28^{\circ}\text{C}\sim 29^{\circ}\text{C}$ ，冬季各地气温自北向南递增，夏季各地气温较接近。雨量充沛，年均降雨 $1400\sim 2400$ 毫米，3~8 月为雨季，9~2 月为旱季。日平均温度在 10°C 以上的太阳辐射占全年辐射总量的 90%，光能、温度、降水配合较好，雨热基本同季。全年无霜期 310 天左右，年日照时间 $1473\sim 1925$ 小时，北部山区冬季有雪。

2.2.5. 区域土壤类型

依据“国家土壤信息服务平台”的中国 1:400 万土壤类型图（系统分类首次方案）结果查询表明目标地块的土壤类型为潴育水稻土。潴育水稻土水耕时间长，土壤熟化程度高亢，不存在干旱、涝渍、咸、酸、毒等土壤障碍因素，耕作层下面有完整的犁底层，犁底层下面有发育良好的潴育层，潴育层下是潜育层或母质层。

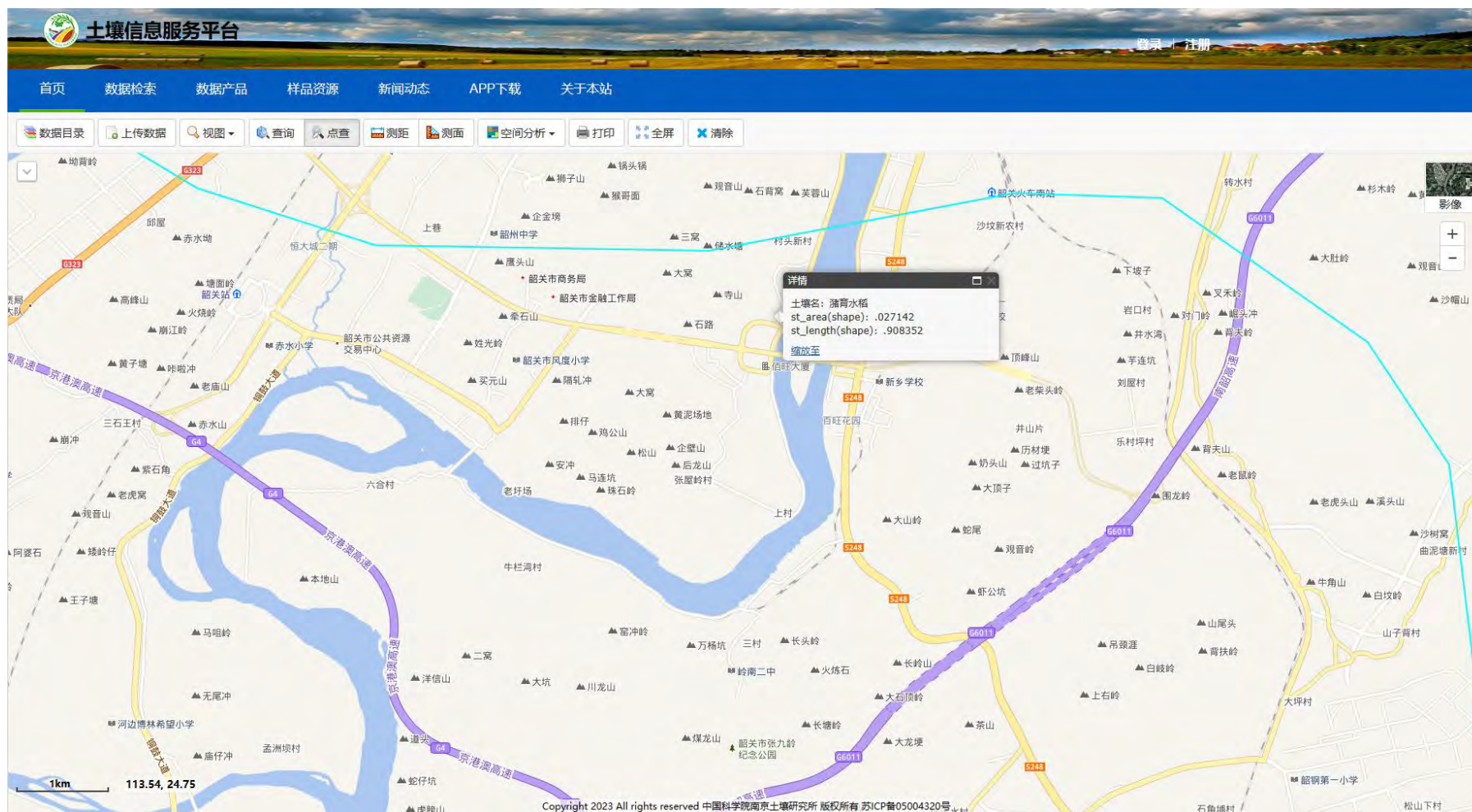


图 2-6 目标地块区域土壤类型

2.3. 地块岩土工程勘察情况

2.3.1. 地块相对位置示意图

2023 年 2 月韶关地质工程勘察院有限公司对“515 工程”配套道路工程进行了岩土工程踏勘，“515 工程”配套道路工程涉及 XL0405-03 地块的区域在“515 工程”配套道路工程的位置如图 2-7 所示，相对于《岩土工程勘察报告》中 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4、ZK5、ZK6、ZK8，合计 7 个点。

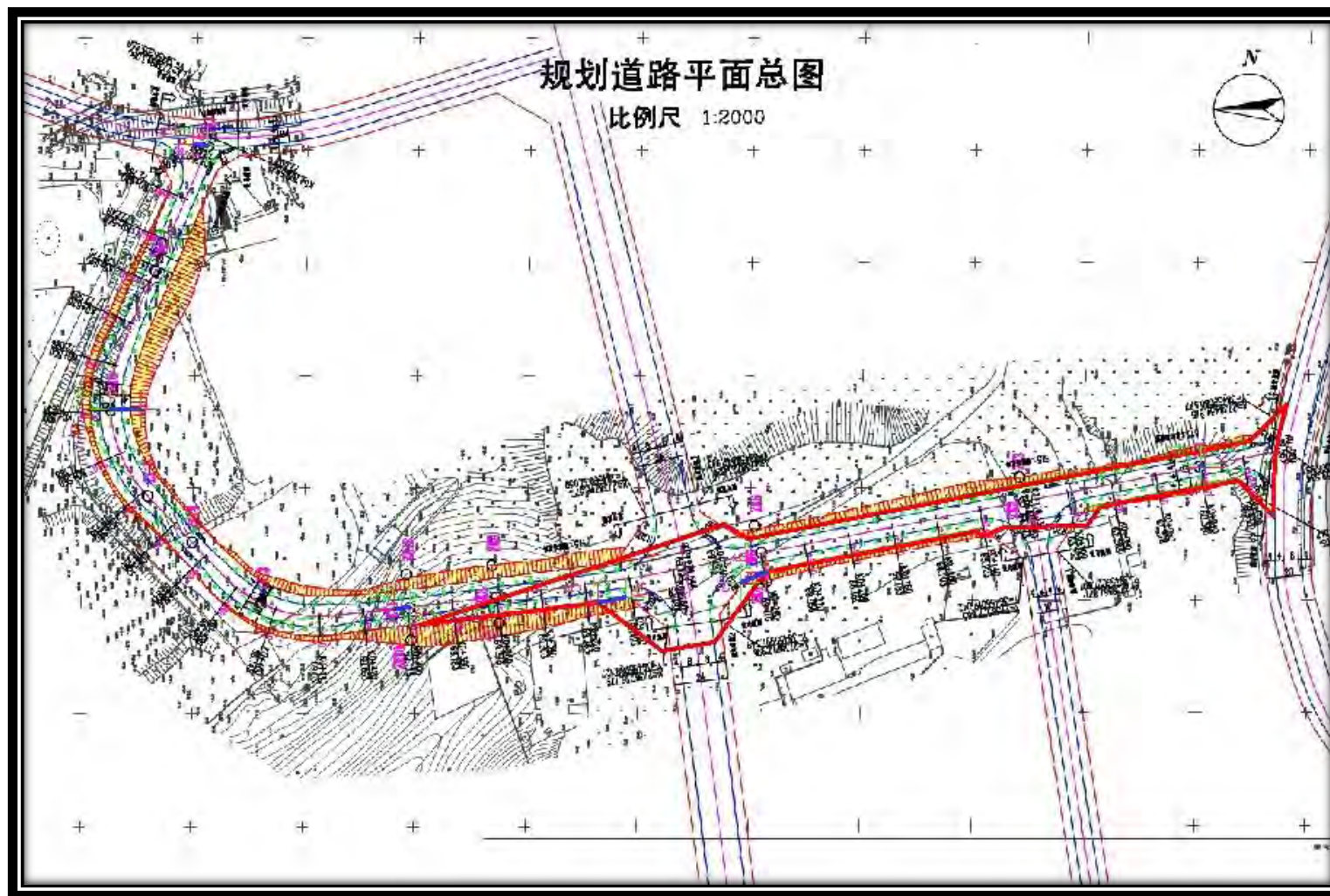


图 2-7 “515 工程” 配套道路工程涉及 XL0405-03 地块的区域在“515 工程” 配套道路工程的位置示意图

2.3.2. 地块内地层岩性

根据项目场地钻探揭露，按岩性、地质时代和成因类型来划分，场地的岩土层自上而下分为五大层：第四系人工填土层（ Q^m ）、第四系淤积层（ Q^1 ）、第四系坡积层（ Q^{d1} ）、第四系残积层（ Q^{e1} ）及石炭系基岩风化层（C）。各地层情况详见表 2.3-1 所示。

表 2.3-1 地块内岩土单元一览表

分类	成因类型	底层代号	分层代号	岩性	状态
土层	第四系人工填土层	Q^m	1	素填土	松散状
	第四系淤积层	Q^1	2	淤泥质粘土	软塑状
	第四系坡积层	Q^{d1}	3-1	粉质黏土	可塑状
			3-2	含碎石粉质黏土	可塑状
	第四系残积层	Q^{e1}	4	粉质黏土	可塑状
岩层	石炭系基岩	C	5	灰岩	中风化

根据钻探揭露，场地内埋藏的岩土层及野外特征自上而下依次描述如下：

(1) 第四系人工填土层(Q^m)

素填土（层序号 1）：本次勘察共有 12 个孔揭露，为人工机械推填而成，其中 ZK1、ZK4、ZK5、ZK7、ZK10、ZK18 共 6 个孔揭露填土层回填时间大于 3 年；ZK12~ZK17 孔段共 6 个孔揭露填土层为新近填土，回填时间约 1 年。红棕色、灰黑色、杂色，稍湿，松散状，主要成份为黏粒、粉粒，局部夹较多回填碎石，土芯成散体状，局部呈柱状。其中：层厚 0.50~9.00m，平均厚度 2.78m；顶板标高 63.61~78.70m，平均标高 71.95m。

本层实测标贯试验 7 次，实击数为 3~5 击，平均 4.3 击，修正后平均 4.1 击，标准值 3.6 击。

本层采土工试样 7 件，土工测试结果主要指标平均值：含水量 $w=28.4\%$ ，孔隙比 $e=0.886$ ，液性指数 $IL=0.54$ ，压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.54MPa^{-1}$ ，压缩模量 $ES=3.56MPa$ ，本层土属高压缩性土。

(2) 第四系淤积层(Q^1)

淤泥质黏土（层序号 2）：本次共有 4 个钻孔揭露本层，灰黑色、灰绿色，软塑状，主要成分黏粒，其次为粉粒，含有机质成分，土芯呈稍湿软柱状，手捏易变形。其中：层厚 0.70~3.00m，平均厚度 1.83m；顶板埋深 1.00~5.30m，平均埋深 3.35m；顶板标高 64.44~67.81m，平均标高 66.11m。本次揭露该层的孔为：ZK13~ZK16 孔（不在本次地块红线范围内）。

本层实测标贯试验 5 次,实击数均为 3 击,平均 3.0 击,修正后平均 2.8 击。

本层采土工试样 6 件,土工测试结果主要指标平均值:含水量 $w=40.3\%$,孔隙比 $e=1.119$,液性指数 $IL=0.86$,压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.66\text{MPa}^{-1}$,压缩模量 $ES=3.21\text{MPa}$,本层土属高压缩性土。

(3) 第四系坡积层(Q^{d1})

粉质黏土(层序号 3-1):本次共有 13 个钻孔揭露本层,红棕色、红褐色,可塑状,主要成分为粉粒、黏粒,无摇震反应,稍有光泽,干强度中等、韧性中等。其中:揭露层厚 1.00~4.30m,平均厚度 2.68m;顶板埋深 0.00~9.00m,平均埋深 1.25m;顶板标高 54.61~78.20m,平均标高 71.66m。本次揭露该层的钻孔有 ZK1~ZK12、ZK17。

本层实测标贯试验 6 次,实击数为 7~10 击,平均 8.5 击,修正后平均 8.1 击,标准值 7.0 击。

本层采土工试样 6 件,土工测试结果主要指标平均值:含水量 $w=27.9\%$,孔隙比 $e=0.839$,液性指数 $IL=0.40$,压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.37\text{MPa}^{-1}$,压缩模量 $ES=4.97\text{MPa}$,本层土属中压缩性土。

含碎石粉质黏土(层序号 3-2):本次共有 4 个钻孔揭露本层,黄褐色,稍湿,可塑状为主,主要成分为黏粒、粉粒夹碎石,局部夹少量卵石,碎石分布及颗粒大小不均匀,层顶较密集;稍有光泽,韧性中等,强度中等。揭露层厚 1.40~3.30m,平均厚度 2.70m;顶板埋深 3.70~10.50m,平均埋深 6.23m;顶板标高 53.11~68.00m,平均标高 62.86m。本次揭露该层的钻孔有 ZK1、ZK13、ZK14、ZK17。

本层实测标贯试验 6 次,实击数为 11~15 击,平均 13.2 击,修正后平均 11.4 击,标准值 10.0 击。

本层取得原状土样 6 件,土工测试结果主要指标平均值:含水量 $w=24.7\%$,孔隙比 $e_0=0.748$,液性指数 $IL=0.36$,压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.34\text{MPa}^{-1}$,压缩模量 $ES=5.21\text{MPa}$,本层土属中压缩性土。

(4) 第四系残积层(Q^{e1})

粉质黏土(层序号 4):所有钻孔均有揭露。黄褐色、土黄色,可塑状,主要成分为粉粒、黏粒,无摇震反应,稍有光泽,干强度中等、韧性中等。其中:揭

露层厚 4.30~17.20m，平均厚度 12.14m；顶板埋深 2.50~13.50m，平均埋深 4.80m；顶板标高 50.11~74.31m，平均标高 67.34m。

本层实测标贯试验 7 次，实击数为 10~16 击，平均 13.1 击，修正后平均 11.2 击，标准值 9.7 击。

本层采土工试样 7 件，土工测试结果主要指标平均值：含水量 $w=25.1\%$ ，孔隙比 $e=0.765$ ，液性指数 $IL=0.32$ ，压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.33\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $ES=5.32\text{MPa}$ ，本层土属中压缩性土。

(5) 石炭系基岩 (C)

中风化灰岩：本次勘察共有 13 个钻孔有揭露。灰色、深灰色，中风化状，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，岩溶较发育，多呈一层或多层串珠状溶洞，洞内有粉质黏土全充填。揭露层厚 1.80~6.90m，平均厚度 3.58m；顶板埋深 12.80~18.20m，平均埋深 15.77m；顶板标高 45.81~63.48m，平均标高 55.61m。本次勘察在设计深度范围内未揭穿本层，其中揭露该层的钻孔为 ZK1、ZK3、ZK6、ZK9~ZK18。

本层取 6 组岩石点荷载试样，测得点荷载试验强度最大值为 0.91MPa，最小值为 0.53MPa，平均值 0.71MPa，换算得饱和单轴抗压强度最大值为 21.3MPa，最小值为 14.2MPa，平均值 17.6MPa，标准值 15.5MPa，属较软岩，岩体基本质量等级为 V 级。

2.3.3. 地块内地下水类型、埋藏条件、流向及水文变化幅度

场地为剥蚀丘陵地貌，根据地层分布、岩芯观察及钻孔简易水文地质观测。场区内地下水类型主要为潜水及岩溶裂隙水，按其埋藏条件可分为两种：

一是埋藏在第四系地层中的孔隙水，主要赋存于第四系人工填土层、第四系淤积层、坡积层及残积层中，受大气降水的影响较大，素填土属强透水层，易受地表水、大气降水的渗透补给，粉质黏土层由于土层厚度不均匀且透水性较弱，可视为相对隔水层。

二是埋藏在基岩中的岩溶、裂隙水，主要赋存在灰岩构造裂隙和岩溶中，水量的大小和径流条件受地质构造、节理裂隙及岩溶发育程度控制。因灰岩溶蚀裂隙和溶洞发育，故其水量较丰富。

两类含水层有统一的地下水位，水力联系较密切。地下水的补给源主要为大

气降水的垂直补给。场地地下水水量及水位变幅主要受季节降水量的影响而波动，地下水水位年变化幅度约 2.00~3.00m。

根据《韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）及周边地块土壤污染状况详细调查报告》调查结果，施工结束后测得钻孔地下水水位稳定水位高程为 65.50-69.20m 之间，地下水水位整体上呈西部水位高，东部水位低，与地形起伏基本保持一致。



图 2-8 XL0405-03 号地块全场地下水流线图

2023 年 2 月，韶关地质工程勘察院有限公司承担 515 配套工程道路的岩土工程详细勘察工作。勘察期间，场区钻孔初见水位埋深 0.50m~8.50m，平均埋深 4.79m，稳定地下水位埋深 0.80m~9.10m，平均埋深 5.95m，地下水位标高 60.91m~69.60m，平均标高 66.19m。由于勘察时间短，未能获得场地常年稳定水位变化情况，野外钻探施工受钻探滞留水影响地下水位与真实情况存在一定差异，根据地区经验，一个水文年水位变化幅度约 2.00~3.00m 左右。

2.3.4. 地块内土层的渗透性

根据钻探地层资料，本次勘察各岩土层渗透系数的选用，主要根据钻探所揭露岩土体特性，室内土工试验成果，并充分考虑当地工程经验综合确定。具体建议范围值主要如表 2.3-2 所示。

表 2.3-2 地块内各岩土层渗透系数经验值

层序	岩土名称	渗透系数 cm/s	透水率 q lu	透水性
1	素填土	2×10^{-2}	/	强透水
2	淤泥质黏土	4×10^{-6}	/	微透水
3-1	粉质黏土	5×10^{-6}	/	微透水
3-2	含碎石粉质黏土	5×10^{-6}	/	微透水
4	粉质黏土	5×10^{-6}	/	微透水

2.4. 目标地块现状

根据现场勘察情况，现场主体建筑已经全部拆除，现场没有设备遗留，建筑拆除后未发现地下储罐或输送管线，也未发现工业废水的地下输送管线或储存池。现地块周边除南侧有道路外，其他周围均为拆除后暂未开发区域。



图 2-9 地块利用现状图

2.5. 目标地块及周边地块利用历史

2.5.1. 目标地块及周边地块总体概况

“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块区域主要 2 家企业用地部分用地，分别为韶关电化厂和韶关市华力实业有限公司。此外地块周边还有韶关市强泰实业有限公司、韶关市华日实业有限公司、韶关市江源实业有限公司、道路及公共用地区域。目标地块及周边地块各公司的位置图如图 2-10 所示，周边地块相相关信息如表 2.5-1 所示。

表 2.5-1 周边地块相关信息

序号	企业名称	与目标地块的相对位置	地块租赁期限	地块实际面积 m ²
1	韶关电化厂	目标地块南部东侧、目标地块南部西侧；且目标地块穿过韶关电化厂地块	1970.11.23~2022.11	12192
2	韶关市华力实业有限公司	目标地块北部西侧、目标地块北部东侧；且目标地块穿过韶关华力实业有限公司	1997.5.1~2007.10.8	19447
3	韶关市强泰实业有限公司	位于目标地块中部东侧；不与目标地块相邻	1998.6.1~2007.6.30	12395
4	韶关市华韦实业有限公司	位于目标地块南部东侧；不与目标地块相邻	1998.3.1~2007.9.21	9328
5	韶关市华日实业有限公司	位于目标地块中部东侧；不与目标地块相邻	1999.5.1~2007.11.13	11048
6	韶关市江源实业有限公司	位于目标地块南部东侧；不与目标地块相邻	2002.1.1~2007.10.8	9722
7	荒地	目标地块北侧	/	/
8	道路	目标地块南侧	/	/



图 2-10 目标地块及周边地块位置关系图

2.5.2. 目标地块内及周边地块企业信息

2.5.2.1. 韶关电化厂

韶关电化厂位于韶关市芙蓉东路 134 号，1970 年 11 月 23 日在韶关工商局注册成立，注册资本 1231 万，主要产品有烧碱、氯化石蜡、盐酸等。公司曾有员工 490 人，2001 年 11 月，企业倒闭，2002 年 11 月员工解散。

电化厂属于氯碱工业。工业上用电解饱和 NaCl 溶液的方法来制取 NaOH、Cl₂ 和 H₂，并以它们为原料生产一系列化工品，称氯碱业。

电解法是用直流食盐水电生产烧碱，同时副氯气和氢气。工业上电解方法有水银法、隔膜法及离子交换法。水银法由于涉汞污染和危害，现已基本被淘汰。根据初步调查人员访谈了解到，韶关电化厂采用的是隔膜法及膜离子法。

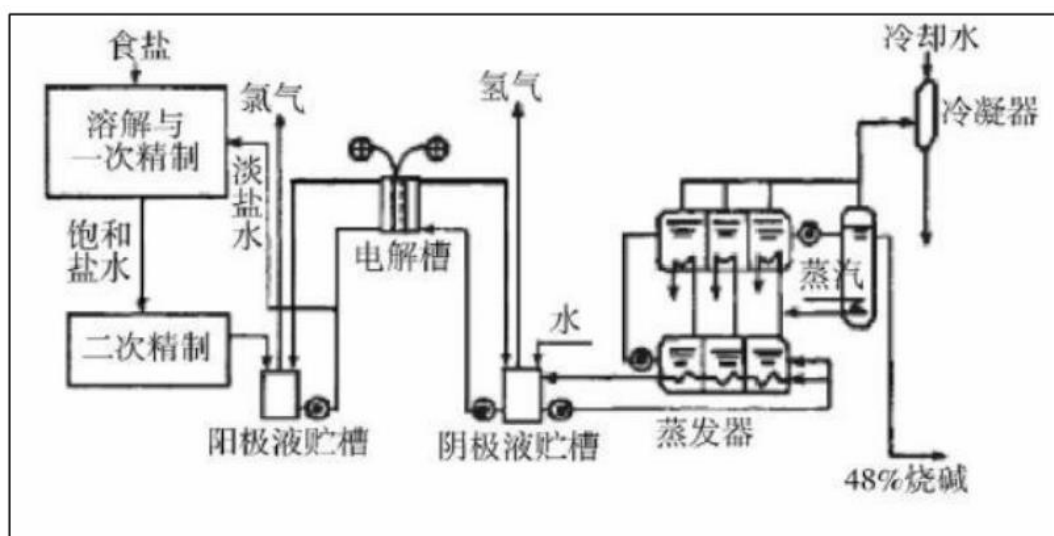


图 2-11 离子膜法流程示意图

由电解槽流出的阴极液中含有 30% 的 NaOH，称为液碱，液碱经蒸发、结晶可以得到固碱。阴极区的另一产物湿氢气经冷却、洗涤、压缩后被送往氢气贮柜。阳极区产物湿氯气经冷却、干燥、净化、压缩后可得到液氯。盐酸的生产工艺：31% 工业盐酸一般采用石墨三合一合成炉法。氢气经缓冲罐和阻火器。通过止逆阀与经过氯气缓冲罐的氯气在灯头处汇合进入合成炉燃烧，生成氯化氢气体。氯化氢气体在炉内被稀酸吸收，生成合格浓度的盐酸，未被吸收的气体进入尾气回收塔，用纯水喷淋吸收，形成稀酸进入合成炉内作吸收液。少量惰性气体用水流喷射泵抽至循环罐后排空。韶关电化厂的氯化石蜡生产工艺采用热氯化方法，间歇法生产工艺，双锅串联生产装置。生产工艺流程图如下所示。



图 2-12 氯化石蜡生产工艺

韶关电化厂主要污染物为：废水：员工办公生活污水、场地清扫废、企业生产的冲洗废水；废气：各类生产废气、粉尘等；固废：员工生活垃圾、各类生产固废。

2.5.2.2. 韶关市华力实业有限公司

广东省韶关市华力实业有限公司创建于 1994 年 11 月，有员工 80 人，专业技术人员 18 人，具有湿法冶金、精细化工等装备，主要产品有锆系列产品（二氧化锆）、铟系列产品（铟丝、精铟）。公司于 2007 年搬迁至韶关市浈江区南郊乡长乐管理区中村屋脊山。

韶关市华力实业有限公司主要污染物为：废水：员工办公生活污水、场地清扫废、企业生产的废水；废气：各类生产废气、粉尘等；固废：员工生活垃圾、各类生产固废等。

2.5.2.3. 韶关市华韦实业有限公司

韶关市华韦实业有限公司成立于 1998 年 3 月 18 日，主要经营金属铟。2007

年因经营问题破产。

国内的镉主要是从锌冶炼的副产物(镉绵、烟尘)中提取,含有多种重金属,如镉、锌、铅、砷等。

生产工艺以萃取-电解法为主,是国内镉生产的主流工艺,其原则工艺流程是:含镉富集原料-浸出-净化-萃取-反萃取-置换-电解-铸锭。具体工艺为含镉氧化锌烟尘经硫酸浸出,过滤后得含镉、镉离子的硫酸锌溶液和浸出渣。浸出渣卖给一些厂家,煅烧回收锌和镉。含镉、镉离子的硫酸锌溶液加铁粉置换镉,得到海绵镉和含镉离子的硫酸锌溶液。海绵镉经过熔铸、电解得到精镉。

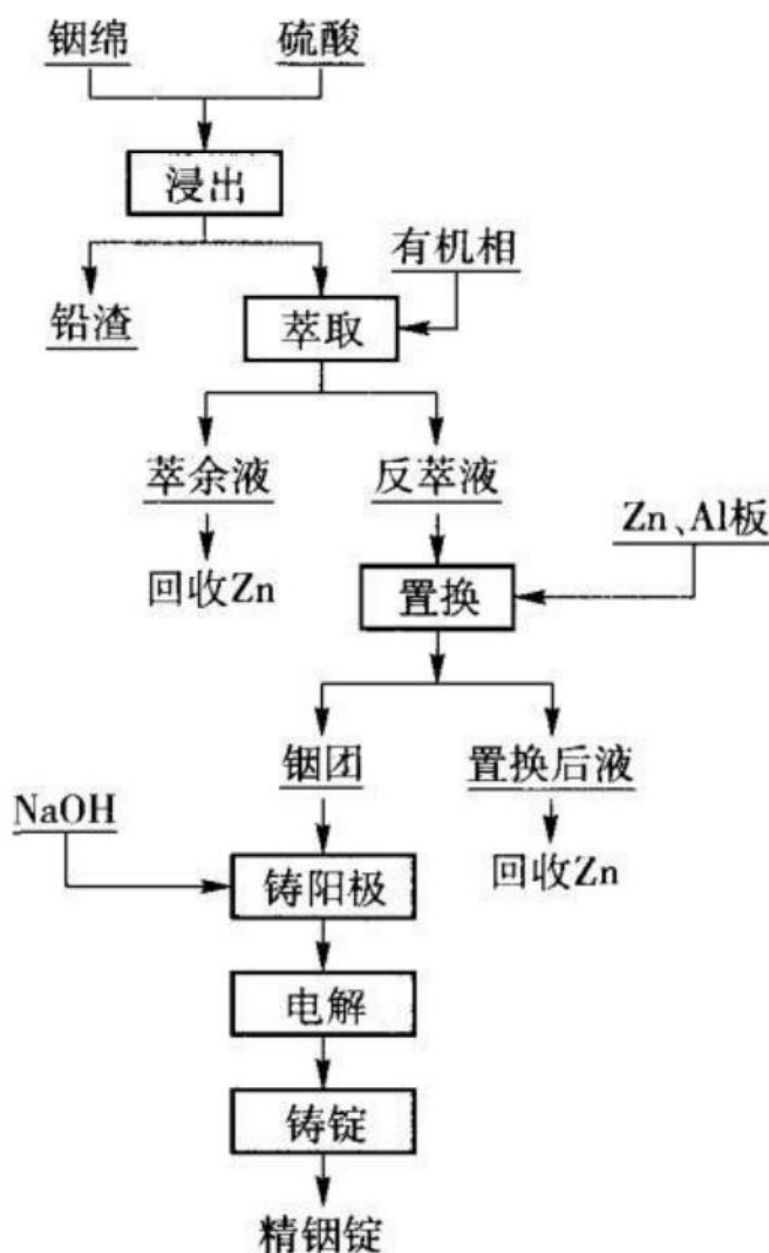


图 2-13 精镉生产工艺流程

韶关市华韦实业有限公司主要污染物为：废水：员工办公生活污水、场地清扫废水、企业生产产生的废水；废气：各类生产废气、粉尘等；固废：员工生活垃圾、各类生产固废等。

2.5.2.4. 韶关市强泰实业有限公司

韶关市强泰实业有限公司于 1998 年 7 月 2 日注册成立，主要经营、制造、销售有色金属、矿产品、化工产品(危险、剧毒品除外)。2007 年迁至韶关市武江区沐溪工业园韶关市凯迪技术开发有限公司幢（厂房）一楼 102 房（自编）。

2.5.2.5. 韶关市华日实业有限公司

韶关市华日实业有限公司于 1999 年 4 月 29 日注册成立，主要经营、制造、销售氧化锆，金属铟，曾有员工 30 人。2007 年因经营问题破产。

韶关市华日实业有限公司铟的生产工艺与韶关市华韦实业有限公司生产工艺一致，相关工艺流程见 2.5.2.3。

韶关市华日实业有限公司氧化锆生产工艺：

锆是稀有金属，主要用于制造光纤、聚脂切片、红外器件、电子器件等产品。锆冶金的主要原料是锌冶炼及火电站烧煤的副产物（如烟尘、弃渣、废液等）。生产中通常是将含锆原料先加工高纯四氯化锆、高纯二氧化锆或锆锭，然后制造成应用产品。高纯二氧化锆生产的原料是硬锌经真空蒸馏产出的真空炉锆渣，采用经典氯化法工艺提锆并提纯生产高纯二氧化锆。

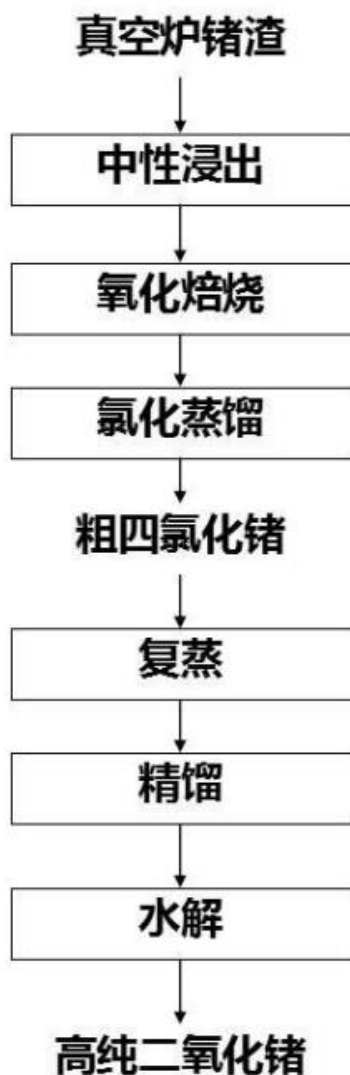


图 2-14 二氧化锆生产工艺流程

(1) 中性浸出。中性浸出的目的是回收真空炉锆渣中的锌及富集锆得到除锌锆渣。在真空炉锆渣硫酸浸出时，为尽可能防止剧毒气体砷化氢的产生和减少锆以锆烷形式挥发损失，采用了中性浸出的方式。此时，砷大部分以单质的形式留在浸出渣中，只有少量以砷化氢气体的形式挥发。本工序砷的脱除率约为 5%。

(2) 氧化焙烧。氧化焙烧的目的是使除锌锆渣中的金属态锌、铅及单质砷等在高温下部分氧化以利于氯化蒸馏。此时部分砷氧化为三氧化二砷。本工序砷的脱除率约为 2%。

(3) 氯化蒸馏。氯化蒸馏的目的是利用四氯化锆沸点低的性质使锆与大部分杂质分离，从而得到粗四氯化锆。此时砷绝大部分以砷酸的形式存在于蒸馏残液中，少量以三氯化砷气体的形式与四氯化锆气体一起挥发并溶解在粗四氯化锆

液体中，通常粗四氯化锗中含砷为 5~15L。本工序砷的脱除率约为 99.5%左右。

(4) 复蒸。复蒸的目的是使粗四氯化锗初步提纯。三氯化砷大部分被氧化成砷酸留在蒸馏残液中，少量未被氧化的三氯化砷被截取在含高沸点杂质的四氯化锗中，只有极少量的三氯化砷仍留在正常出料的四氯化锗中。经过两次复蒸后的四氯化锗含砷约为 0.005g/L，本工序砷的脱除率约为 99.95%左右。

(5) 精馏。精馏的目的是充分提纯四氯化锗，得到高纯四氯化锗。此时绝大部分砷以三氯化砷的形式保留在精馏釜的高沸点四氯化锗中。只有极少量的三氯化砷仍留在高纯四氯化锗中。高纯四氯化锗含砷为 0.0005g/L 以下，本工序砷的脱除率约为 90%以上。

(6) 水解。水解的目的是产出高纯二氧化锗。此时高纯四氯化锗中的砷大部分留在水解母液，少部分进入高纯二氧化锗中，高纯二氧化锗含砷为 0.3×10^{-6} 左右，本工序砷的脱除率约为 70%。

韶关市华日实业有限公司主要污染物为：

废水：员工办公生活污水、场地清扫废水、企业生产产生的废水等；

废气：各类生产废气、粉尘等；

固废：员工生活垃圾、各类生产固废等。

2.5.2.6. 韶关市江源实业有限公司

韶关市江源实业有限公司于 2000 年 11 月 20 日注册成立，主要产品有七水硫酸锌、五水硫酸铜等，曾有员工 8 人。2007 年因经营问题破产。

韶关市江源实业有限公司七水硫酸锌生产工艺：七水硫酸锌($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)，又名锌矾、皓矾，是一种重要的无机化工原料，在各工业领域有广泛的用途。其生产方法大多是用硫酸溶解含有锌或锌离子的物料来制备硫酸锌，主要原料有金属锌、含有金属锌或锌离子的工业废物和含锌矿石。其中，由于受金属锌的价格影响，其原料主要集中在工业废物及含锌矿石上。由含锌矿石中制备 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 主要有直接浸出法、络合浸出法两种，其中，直接浸出法主要是常温浸出，也可以经 850℃ 高温焙烧后浸出，Zn 的浸出率一般在 90%左右。

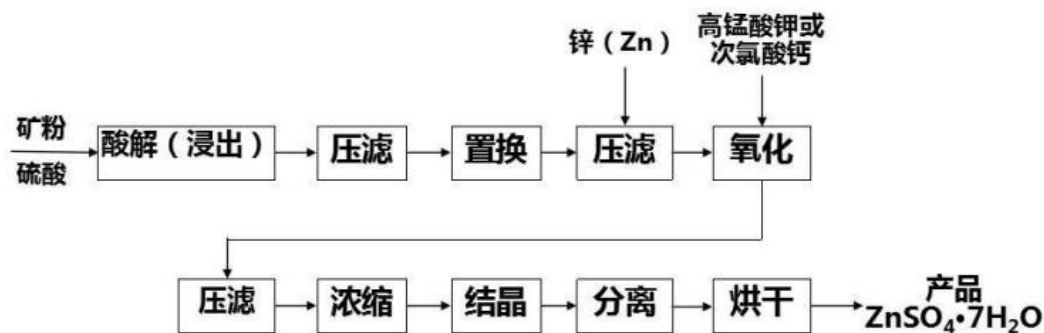


图 2-15 七水硫酸锌生产工艺流程

韶关市江源实业有限公司主要污染物为：废水：员工办公生活污水、场地清扫废水、企业生产产生的废水等；废气：各类生产废气、粉尘等；固废：员工生活垃圾、各类生产固废等。

2.5.3. 目标地块及周边地块历史影像图

根据历史地形图和卫星遥感图，地块的历史影响如图 2-16 图 2-27 所示。



图 2-16 2023 年 3 月地块历史影像图



图 2-17 2022 年 11 月地块历史影像图



图 2-18 2019 年 11 月地块历史影像图



图 2-19 2019 年 8 月地块历史影像图



图 2-20 2018 年 4 月地块历史影像图



图 2-21 2018 年 1 月地块历史影像图



图 2-22 2017 年 8 月地块历史影像图

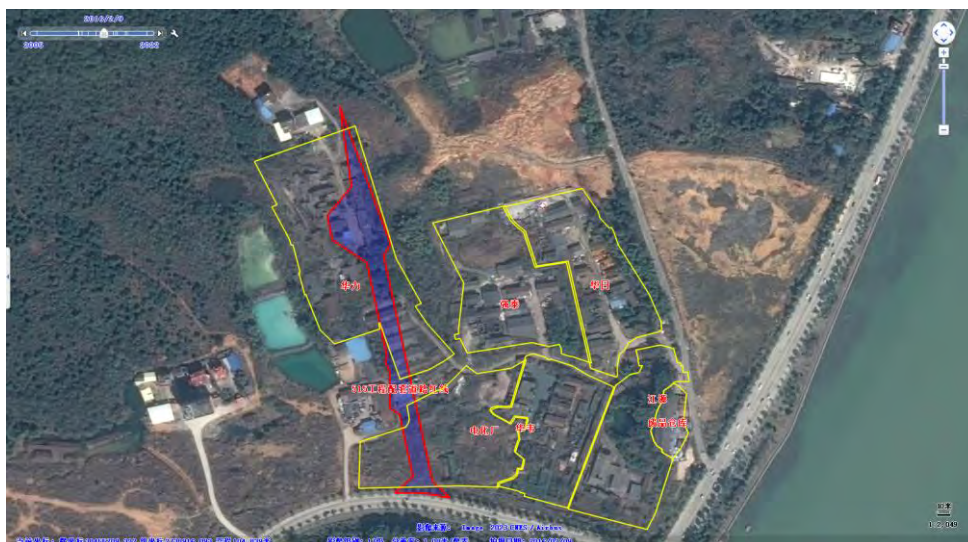


图 2-23 2016 年 2 月地块历史影像图



图 2-24 2015 年 1 月地块历史影像图



图 2-25 2013 年 10 月地块历史影像图

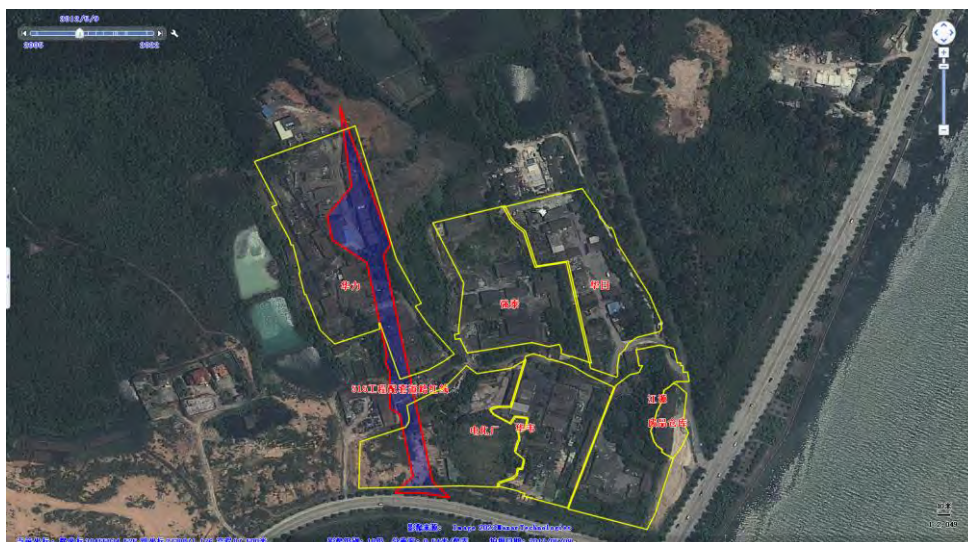


图 2-26 2012 年 5 月地块历史影像图



图 2-27 2005 年 10 月地块历史影像图

2.6. 目标地块敏感目标

目标地块周边 500 米范围内的敏感目标主要包括地表水(北江)和居民区, 地块周边敏感目标信息汇总如下表 2.6-1 所示, 地块周边敏感目标分布情况如下图 2-28 所示。

表 2.6-1 地块周边敏感目标分布情况表

序号	名称	相对位置	距离 (m)	是否属于敏感目标
1	居民区	地块西侧	130	是
2	居民区	地块北侧	220	是
3	北江	地块东侧	330	是



图 2-28 目标地块周边敏感目标分布情况

2.7. 目标地块用地规划

根据韶关市自然资源局出具的《关于出具“515 工程”配套道路工程与涉及污染土地有关范围情况的函》中指出，“515 工程”配套道路工程涉及 XL0405-03 号地块区域的 7465m² 土地将用作道路与交通设施用地(S)。根据 GB 50137 规定，目标地块属于第二类用地。

2.8. 目标地块所在区域地下水利用规划

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〕45 号)文件，目标地块所在区域浅层地下水划定为属地下水应急水源区，地下水现状为 III 类，地下水功能区保护目标中水质类别为 III 类。韶关市浅层地下水功能区划图如图 2-29 所示。

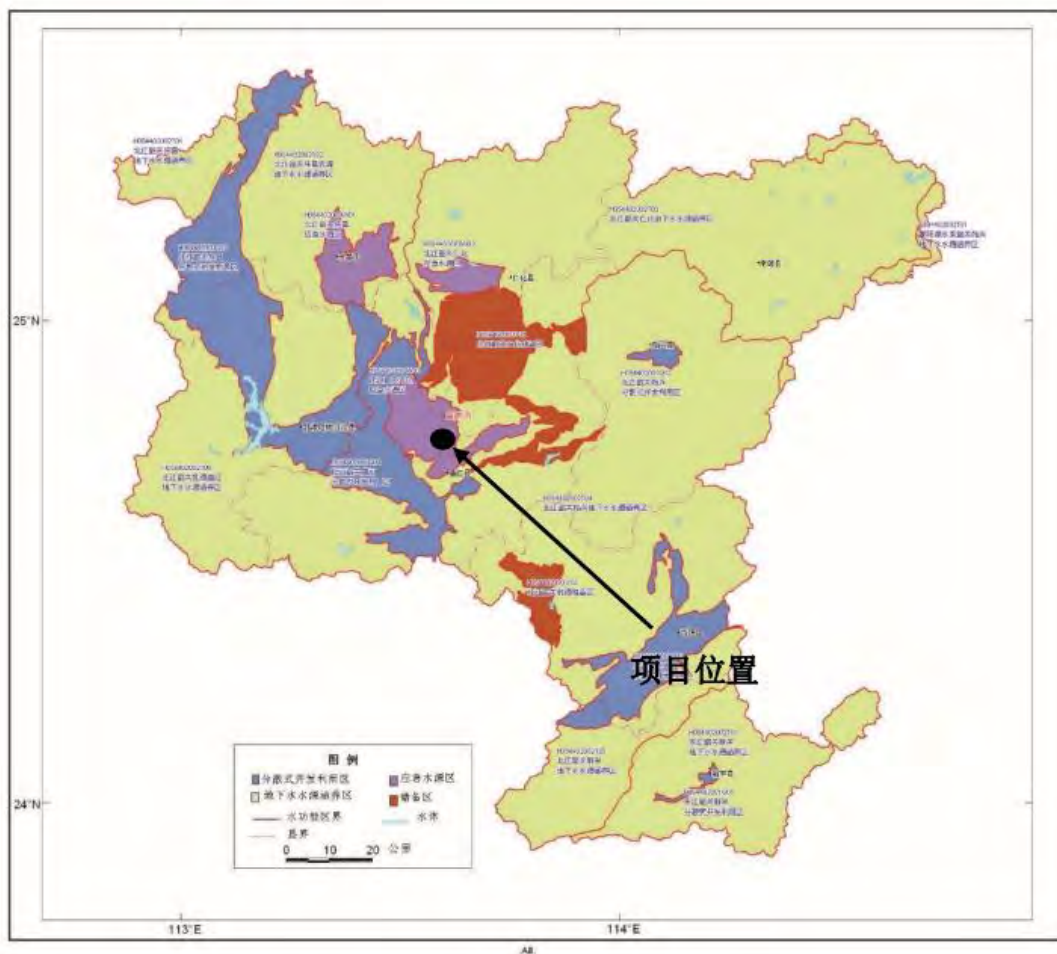


图 2-29 绍兴市地下水功能区划图

2.9. 目标地块土壤类型

根据“土壤信息服务平台”中国 1:400 万土壤类型图查询可知，目标地块土壤类型为潜育水稻土。



图 2-30 目标地块土壤类型查询结果

3. 前期土壤污染状况调查工作回顾与结论

3.1. 第一阶段污染识别工作及结论

根据调查人员访谈、资料收集、查询等方式了解到 1970 年以前地块为农用地，1970 年村头村村委将地块部分区域租赁给韶关电化厂，1997 年又将部分区域租于韶关市华力实业有限公司。2001 年 11 月，韶关电化厂倒闭，2002 年 11 月员工解散。2005 年 12 月 16 日北江水污染事件以后，韶关市华力实业有限公司停产，2007 年与村头村村委解除租赁合同。地块西侧历史上存在过韶关电化厂、韶关市华力实业有限公司两家企业，地块东侧历史上存在过韶关市华韦实业有限公司、韶关市强泰实业有限公司、韶关市华日实业有限公司、韶关市江源实业有限公司等四家企业，周边企业均于 2005 年停产，并陆续搬离。

根据污染识别结果，地块内涉及生产活动的厂房均作为潜在污染区域。地块潜在污染途径为地块内及周边企业生产过程中，生产原料和产品的跑冒滴漏、烟气粉尘沉降、局部地表雨水径流等造成生产车间及周边土壤、地下水重金属等污染；潜在关注污染物为重金属、短链氯化石蜡。

3.2. 第二阶段土壤污染状况调查工作开展情况

3.2.1. 点位布设情况

根据《“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土壤污染状况详细调查报告》，调查阶段地块内布设土壤点位 18 个采集土壤样品，土壤点位布设图如图 3-1 所示。前期调查期间 XL0405-03 地块共布设 14 个地下水监测井，但在“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块并没有地下水井，为了满足调查要求于 2023 年 3 月 17 日在调查地块内补充 3 个地下水监测井，地下水监测井分布及现场钻探，地下水井点位示意图如图 3-2 所示。



图 3-1 调查阶段土壤点位布设图



图 3-2 调查阶段地下水井布设图

3.2.2. 样品采集及检测情况

3.2.2.1. 土壤样品采集及检测情况

目标地块在调查阶段共采集土壤样品 90 个,调查检测指标包括含水率、pH、砷、镉、铬(六价)、铜、铅、汞、镍、铬、锌、锑、钴、苯、甲苯、乙苯、间二甲苯+对二甲苯、邻二甲苯、苯乙烯、1,2,3-三氯丙烷、氯仿、四氯化碳、三氯乙烯、1,1-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯、1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,2-二氯丙烷、氯乙烯、四氯乙烯、二氯甲烷、1,1,1,2-四氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、氯苯、1,2-二氯苯、1,4-二氯苯、氯甲烷、2-氯酚、苯胺、硝基苯、蒽、苯并[b]荧蒽、苯并(a)花、苯并[k]荧蒽、苯并(1,2,3-cd)芘、苯并(a)蒽、二苯并(a,h)蒽、石油烃(C10-C40)等 52 项指标。此外根据《韶关市 XL0405-03 号(村头村政府储备地)及周边地块土壤污染状况详细调查报告》(备案稿)的评审意见,在 B15、B18 等点位加测了短链氯化石蜡。

土壤采用 GB36600-2018 第二类用地筛选值进行分析评价,结果表明有镉、铅、砷、汞、锑和钴等 6 种重金属超筛选值。目标地块内超筛选值污染物统计结果如表 3.2-1 所示。

3.2.2.2. 地下水样品采集情况

补充调查期间,目标地块内钻探 3 口地下水,钻探过程中未发现地下水。





图 3-3 补充调查地下水井钻探岩心图

表 3.2-1 目标地块内土壤重金属超筛选值情况分析

序号	名称	筛选值/ mg/kg	样品总 数/个	样品检 出数/个	检出率	超标样 品数/个	超标率	最大超标浓 度 (mg/kg)	最大超标 倍数	超标点位	超标浓度 /mg/kg	超标深 度/m
1	镉	60	90	82	91%	2	2%	599	8.98	A33	90.1	0.5-1.0
										S2	599	1.0-2.0
2	铅	800	90	88	98%	5	6%	6150	6.69	A39	6150	0~0.5
										A39	981	0.5~1.0
										S2	2184	0~0.5
										S2	2028	1.0~2.0
3	砷	60	90	90	100%	8	8.89	2220	36.00	A39	1030	0~0.5
										A39	97.3	0.5~1.0
										A39	102	2.0~4.0
										A33	122	0~0.5
										A51	58.3	0~0.5
										S2	199	0~0.5
										S1	2220	1.0~2.0
										S1	60.5	0~0.5
S1	305	0.5~1.0										
S1	51.4	1.0~2.0										
4	汞	38	70	70	100%	1	1%	192	4.05	S2	192	2.0-4.0
5	镉	180	90	90	100%	2	2%	984	4.47	A39	984	0-0.5
										S2	275	1.0-2.0
6	钴	70	75	75	100%	1	1%	178	1.54	S2	178	1.0-2.0

3.3. 第二阶段土壤污染状况调查结论

本调查阶段采集的土壤样品进行了重金属及无机物类污染物含量的检测,检测结果显示镉、铅、砷、汞、锑和钴等 6 种重金属元素在土壤样品中均有不同程度超筛选值。

在所检出的样品中,镉的含量范围在 ND~599mg/kg 之间,平均值为 110.85mg/kg,有 1 个样品超过第二类用地风险筛选值;铅的含量范围在 ND~6150mg/kg 之间,平均值为 176.88mg/kg,有 5 个样品超过第二类用地风险筛选值;砷的含量范围在 3.05~2220mg/kg 之间,平均值为 68.72mg/kg,有 8 个样品超过第二类用地风险筛选值;汞的含量范围在 0.07~192mg/kg 之间,平均值为 3.13mg/kg,有 1 个样品超过第二类用地风险筛选值;锑的含量范围在 0.57~984mg/kg 之间,平均值为 19.83mg/kg,有 2 个样品超过第二类用地风险筛选值;钴的含量范围在 2.23~9178mg/kg 之间,平均值为 8.21mg/kg,有 1 个样品超过第二类用地风险筛选值。

本次详细调查阶段所开展的土壤样品有机污染物含量检测结果显示,在调查检测的土壤样品中,部分有机物有不同程度检出,但均未超出筛选值。

3.4. 补充调查土壤污染状况调查结论

本次补充调查在地块内分两次补充采样,共布设 3 个土壤监测点位,共采集土壤样品 9 个。根据检测结果显示,除重金属外,其他指标均未检出;其中,检测的重金属有 1 个样品重金属超标,超标重金属为砷,检测浓度为 73.7mg/kg,超标倍数为 0.23 倍,样品超标深度为 0.1-0.4m。

补充调查钻探期间,共布设 3 个地下水监测井,未发现地下水。根据《韶关市 XL0405-03 号(村头村政府储备地)及周边地块土壤污染状况详细调查报告》(备案稿),在 XL0405-03 号地块详细调查过程中并未在本调查地块布设地下水监测井。根据地块周边地下水监测结果分析发现,地块周边的地下水样品中,锰、铁、镍、锌、镉、铊、铅的含量均有超标;有机物检测指标均未检出,因此均未超出标准,不存在对人体健康的致癌风险;常规检测项目中部分常规指标超出《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中 III 类水质标准,这类指标属于生活类污染源,在我市地下水超标情况中较常见,不作为本次工业企业再开发利用场地环境

调查的重点关注污染物。

4. 评估方法

人体健康风险评估是环境风险评价的重要内容。健康风险评估是在收集和整理毒理学资料、流行病学资料、环境监测资料及暴露情况等资料的基础上,通过一定的方法或使用模型来估计某一暴露剂量的化学或物理因子对人体健康造成损害的可能性及损害的性质和程度大小。本章在地块环境质量调查结果的基础上,依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》、《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点(试行)》等的风险评价模型和相关要求,对该地块未来施工人员、工作生活人员和居住人员进行健康风险评估。

4.1. 土壤污染健康风险评估方法

土壤污染健康风险评估是一个多层次定性与定量的评估体系,也是一个概念模型与描述污染物运移的分析模型及暴露模型的综合体系。本报告针对超过土壤筛选值的污染物进行风险评估,目标地块红线范围内及周边地下水不超标,故不针对地下水进行风险评估。结合地块控制性详细规划,地块用地道路与交通设施用地(S),根据地块污染源特征、水文地质条件等实际情况,构建地块概念模型,按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)和《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)》计算不同暴露途径下土壤污染物的风险控制值与风险及危害商,并对地块土壤中污染物进行风险表征,结合我国土壤相关质量标准值确定最终修复目标值。地块风险评估程序与内容见图 3-1。

地块风险评估流程包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征以及不确定分析,各部分的主要内容如下:

(1) 危害识别

根据地块环境调查获取的资料,结合地块土地的规划利用方式,确定污染地块的关注污染物、地块内污染物的空间分布和可能的敏感受体,建立地块暴露模型。危害识别是一个风险定性评估的过程,当定性评估能够说明风险问题,如地块不具备污染源-暴露途径-受体间的完整连接时,可不用实施风险的定量评估。

(2) 暴露评估

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

(3) 毒性评估

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

(4) 风险表征

在暴露评估的定量结果和毒性评估中确定的污染物毒性学参数等工作基础上,采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物所有暴露途径的风险值;进行不确定性分析,包括对关注污染物经不同暴露途径产生健康风险的贡献率和关键参数取值的敏感性分析;根据需要进行风险的空间表征。

风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值、单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险,单一污染物的危害商(非致癌风险值)和单一污染物经所有暴露途径的危害指数(非致癌风险值)。

(5) 风险控制值计算

如污染地块风险评估结果未超过可接受风险水平,则结束风险评估工作;如地块风险评估结果超过可接受风险水平,则计算土壤、地下水中关注污染物的风险控制值;如调查结果表明,土壤中关注污染物可迁移进入地下水,则计算保护地下水的土壤风险控制值;根据计算结果,提出关注污染物的土壤和地下水风险控制值。

(6) 不确定性分析

地块健康风险评估是一个系统的工作,需要环境学、化学、地质学、毒理学、统计学等多学科的融合,受基础科学发展水平、实践及资料限制,风险评估计算的不确定性主要来源于选用模型的适用性、模型的设定条件与实际条件的差异、

模型参数的确定以及检测统计数据的相关性。

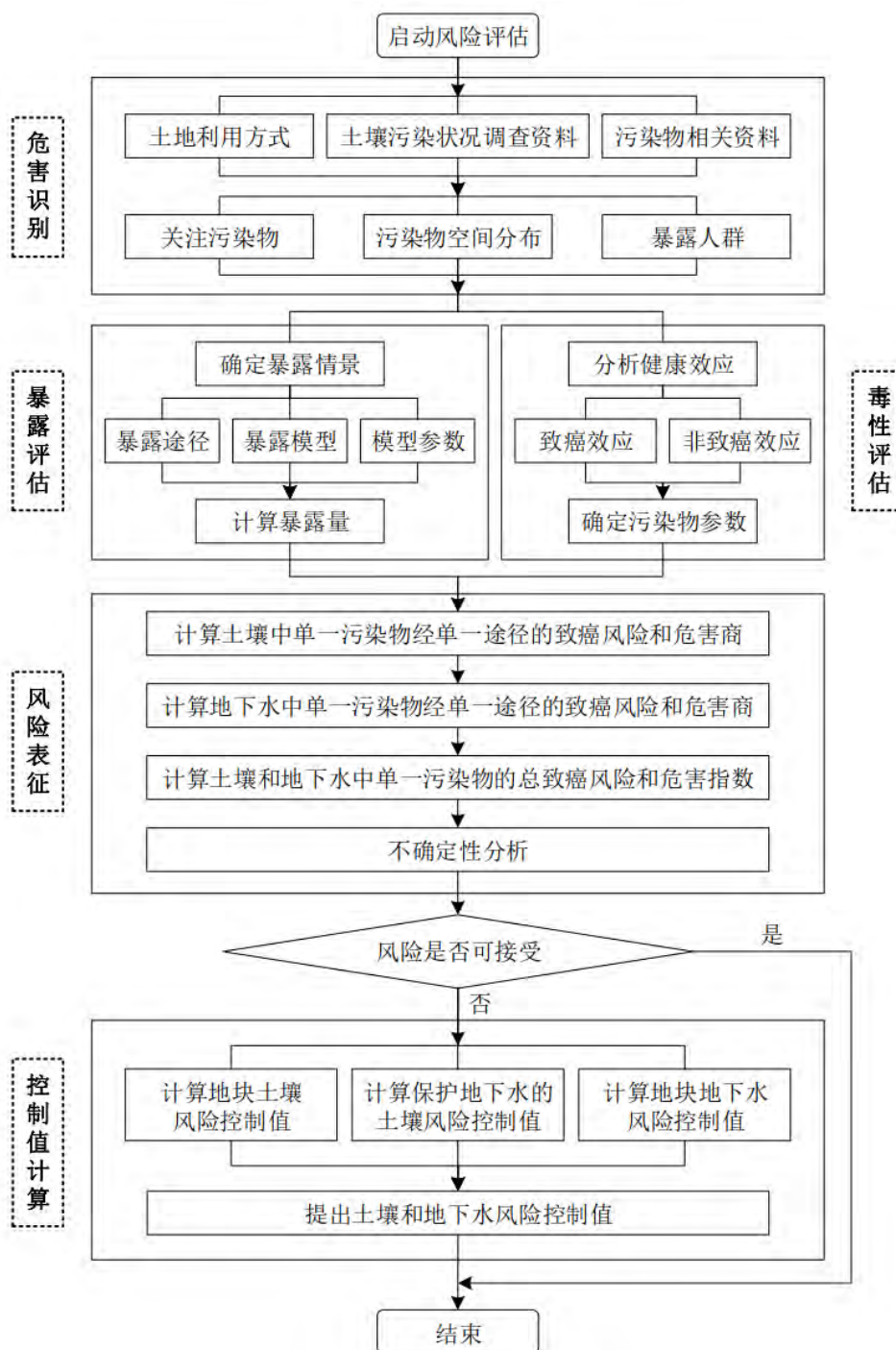


图 4-1 地块风险评估程序与内容

4.2. 血铅的人体健康风险评估方法

目前我国土壤污染人体健康风险评估中暂无铅的评估方法，国际上通常采用血铅模型评估土壤中铅的健康风险。美国 EPA 针对于儿童和成人分别开发了 IEUBK (the Integrated Exposure Uptake Bio-kinetic Model) 模型和 ALM

(Adult Lead Model) 模型开展土壤铅污染健康风险评估, 是比较主流的血铅模型, 也是国内土壤铅风险评估中常用的模型。

ALM 模型敏感受体为怀孕妇女, 其考虑的直接接触土壤和灰尘中铅暴露途径, 采用生物动力学斜率系数 (BKSF) 表征铅暴露于孕妇血铅含量的线性关系, 采用几何标准差描述类似铅暴露场景下个体间血铅差异。ALM 可以采用一个方程来表示, 结构也较为简单, 可以分为暴露、吸收、生化动力学以及人群分布四个部分。其计算公式如下:

$$PbB_{adult, central} = PbB_{adult, 0} + \frac{PbS \times BKSF \times IR_s \times AF_s \times EF_s}{AT}$$

$$PbB_{fetal, 0.95} = PbB_{adult, central} \times GSD_{i, adult}^{1.645} \times R_{fetal/maternal}$$

$$PbB_{adult, central, goal} = \frac{PbB_{fetal, 0.95, goal}}{GSD_{i, adult}^{1.645} \times R_{fetal/maternal}}$$

$$RBC = PbS = \frac{(PbB_{adult, central, goal} - PbB_{adult, 0}) \times AT}{BKSF \times IR_s \times AF_s \times EF_s}$$

式中, PbS 为目标计算值, 即土壤环境铅基准值; $PbB_{adult, central, goal}$ 为确保胎儿血铅含量 95% 置信上限低于临界值 10 ug/dL 时孕妇血铅平均值; AT、BKSF、 IR_s 、 AF_s 、 $R_{fetal/maternal}$ 、 $PbB_{fetal, 0.95, goal}$ 为常规参数; EF_s 一般为根据每年工作日确定的暴露频率; $GSD_{i, adult}^n$ 、 $PbB_{adult, 0}$ 为妇女血铅含量实际统计值。

5. 危害识别

5.1. 地块污染物清单

根据土壤污染状况调查报告，目标地块存在土壤中镉、砷、锑、汞、钴和铅，共 6 种污染物超过筛选标准的，即超过了《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）第二类用地风险筛选值或采用 HJ 25.3-2019 计算出的第二类用地筛选值。根据目标地块的调查报告，超标地块污染物信息如表 5.4-1 所示，本项目中对于 6 种超标污染物全部列为关注污染物。

5.2. 地块土壤理化性质

根据《515 配套工程道路岩土工程勘察报告》（详细勘察阶段）的土工试验报告，目标地块内涉及的土工试验点位包括 ZK1、ZK2、ZK3、ZK4、ZK5、ZK6、ZK8，共 7 个点位。土工试验中选择 ZK1、ZK2、ZK5、ZK8 共 4 个点位，6 个样品进行检测分析。实验结果表明，目标地块平均含水率为 27.62%，平均湿密度为 1.86g/cm³，平均干密度为 1.46g/cm³，平均比重为 2.69，平均天然孔隙比为 0.848，平均孔隙度为 45.85%，平均饱和度为 87.62%，地块内以粉质黏土为主要土类。

表 5.2-1 目标地块土壤理化性质

取样号	取样深度 (m)	含水率 (%)	湿密度 (g/cm ³)	干密度 (g/cm ³)	比重 (-)	天然孔隙比 (-)	孔隙度 (%)	饱和度 (%)	液限 (%)	塑限 (%)	塑性指数 (-)	液性指数 (-)
ZK1-1	2.2-2.4	27.3	1.83	1.44	2.68	0.865	46.4	84.7	33.2	21.2	12	0.51
ZK1-2	5.5-5.7	24.3	1.86	1.5	2.69	0.798	44.4	82	31.8	20	11.3	0.34
ZK2-1	1.5-1.7	27.1	1.88	1.48	2.69	0.819	45	89.1	35.3	2.1	13.2	0.38
ZK5-1	1-1.2	31.1	1.84	1.4	2.7	0.924	48	90.9	37.9	23.5	14.4	0.53
ZK8-1	1.8-2	28.5	1.87	1.45	2.69	0.849	45.9	90.4	36.4	22.6	13.8	0.43
ZK5-2	4.5-4.7	27.4	1.87	1.47	2.69	0.833	45.4	88.6	35.4	22.1	13.3	0.4

5.3. 受体分析

目标地块作为第二类用地中的道路进行开发使用，主要污染物为重金属，在大多数情况下，主要暴露于土壤的顶层，从而产生可运输的土壤衍生粉尘。暴露于土壤源性粉尘在室外和室内环境中都有发生，后者发生在土壤源性粉尘被输送到室内的地方。除源自土壤的灰尘外，其他类型的灰尘可导致成人接触，甚至可能在某些职业环境中占主导地位；这些灰尘包括道路灰尘、路面灰尘等。因而目标地块主要敏感受体可能为对目标地块使用频率较高的地块周边居民、机动车驾驶员等。

5.4. 关注污染物的毒理性参数

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），关注污染物（铅除外）的理化性质参数如表 5.4-3 所示，毒性参数如表 5.4-4 所示。

表 5.4-1 超标污染物情况

序号	名称	筛选值/ mg/kg	样品总 数/个	样品检 出数/个	检出率	超标样 品数/个	超标率	最大超标浓 度 (mg/kg)	最大超标 倍数	超标点位	超标浓度 /mg/kg	超标深 度/m
1	镉	60	90	82	91%	2	2%	599	8.98	A33	90.1	0.5-1.0
										S2	599	1.0-2.0
2	铅	800	90	88	98%	5	6%	6150	6.69	A39	6150	0~0.5
										A39	981	0.5~1.0
										S2	2184	0~0.5
										S2	2028	1.0~2.0
3	砷	40	90	90	100%	11	12.22%	2220	36.00	S1	1005	0.5~1.0
										A39	1030	0~0.5
										A39	97.3	0.5~1.0
										A39	102	2.0~4.0
										A33	122	0~0.5
										A51	58.3	0~0.5
										S2	199	0~0.5
										S1	2220	1.0~2.0
S1	60.5	0~0.5										
S1	305	0.5~1.0										
S1	51.4	1.0~2.0										
4	汞	38	70	70	100%	1	1%	192	4.05	S2	192	2.0-4.0
5	镱	180	90	90	100%	2	2%	984	4.47	A39	984	0-0.5
										S2	275	1.0-2.0
6	钴	40	75	75	100%	1	1%	178	1.54	S2	178	1.0-2.0

表 5.4-2 目标地块土壤理化性质实验数据

取样号	取样深度	含水率	湿密度	干密度	比重	天然孔隙比	孔隙度	饱和度	液限	塑限	塑性指数	液性指数	压缩系数	压缩模量	粘聚力	内摩擦角	土的分类名称 GB 50021-2001(2009年版)
	m	%	g/cm ³	g/cm ³	——	——	%	%	%	%	——	——	MPa ⁻¹	MPa	kPa	°	
ZK1-1	2.20~2.40	27.3	1.83	1.44	2.68	0.865	46.4	84.7	33.2	21.2	12	0.51	0.51	3.66	15.5	9.6	素填土
ZK1-2	5.50~5.70	24.3	1.86	1.5	2.69	0.798	44.4	82	31.8	20.5	11.3	0.34	0.43	4.18	18.1	11	素填土
ZK1-3	9.50~9.70	25.1	1.9	1.52	2.68	0.765	43.3	88	34.2	21.6	12.6	0.28	0.33	5.35	30.5	18	粉质黏土
ZK2-1	1.50~1.70	27.1	1.88	1.48	2.69	0.819	45	89.1	35.3	22.1	13.2	0.38	0.36	5.05	27	16.1	粉质黏土
ZK5-1	1.00~1.20	31.1	1.84	1.4	2.7	0.924	48	90.9	37.9	23.5	14.4	0.53	0.42	4.58	21.4	12.3	粉质黏土
ZK8-1	1.80~2.00	28.5	1.87	1.45	2.69	0.849	45.9	90.4	36.4	22.6	13.8	0.43	0.38	4.87	24.3	14.9	粉质黏土
ZK1-4	12.00~12.20	22.5	1.95	1.59	2.67	0.677	40.4	88.6	30.8	19.7	11.1	0.25	0.29	5.78	27.5	23.1	含碎石粉质黏土
ZK2-2	5.50~5.70	25.1	1.9	1.52	2.68	0.765	43.3	88.1	33.7	21.3	12.4	0.31	0.33	5.35	27	16.6	粉质黏土
ZK5-2	4.50~4.70	27.4	1.87	1.47	2.69	0.833	45.4	88.6	35.4	22.1	13.3	0.4	0.39	4.7	22.5	14.7	粉质黏土
ZK8-2	6.50~6.70	23.2	1.93	1.57	2.67	0.704	41.3	87.9	21.7	20.2	11.5	0.26	0.29	5.88	31.2	18.4	粉质黏土

表 5.4-3 目标地块关注污染物的理化性质参数

污染物名称	CAS 编号	H'	数据来源	Da (cm ² /s)	数据来源	Dw (cm ² /s)	数据来源	Koc (cm ³ /g)	数据来源	S (mg/L)	数据来源
汞	7439-97-6	3.25E-01	EPI	3.07E-02	WATER9	6.30E-06	WATER9	52 Kd (cm ³ /g)			
钴	7440-48-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
镉	7440-43-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
砷	7440-38-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

锑	7440-36-0												
---	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

表 5.4-4 目标地块关注污染物的毒性参数

污染物名称	CAS 编号	SFo (mg/kg-d) ₁ ⁻	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfDo (mg/kg-d)	数据来源	RfC (mg/m ³)	数据来源	ABSgi (无量纲)	数据来源	ABSd (无量纲)	数据来源
汞	7439-97-6	-	-	-	-	3.00E-04	I	3.00E-04	RSLs	0.07	RSLs	-	-
钴	7440-48-4	-	-	9.00E+00	P	3.00E-04	P	6.00E-06	P	1	RSLs	-	-
镉	7440-43-9	-	-	1.80E+00	I	1.00E-03	I	1.00E-05	RSLs	0.025	RSLs	0.001	RSLs
砷	7440-38-2	1.50E+00	I	4.3E+00	I	3.00E-04	I	1.50E-05	RSLs	1	RSLs	0.03	RSLs
锑	7440-36-0					4.00E-04	I			0.15	RSLs	-	-

6. 暴露评估

6.1. 暴露情景

暴露情景是指特定土地利用方式下,地块污染物经由不同途径迁移和到达受体人群的情况。

目标地块用途为工业用地,后期详细用地规划为道路与交通设施用地(S),属于第二类用地。根据要求,土壤筛选值采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)中规定的第二类用地。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019),在第二类用地方式下,成人的暴露期长、暴露频率高,一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

6.2. 暴露途径

根据详细调查结果显示,目标地块最大超标深度为 4.0m,结合《“515 工程” 配套道路工程规划方案》中道路建设土壤清挖回填情况,红线范围内从桩号“K0+270”起,开挖深度均超过 5m(详见附件 3《“515 工程” 配套道路工程规划方案》),地块范围内最大开挖深度为 7.5m 左右,开挖后土壤将在“K0+540~K0+680”段回填。依据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)及《广州市土壤污染状况调查、风险评估、修复、效果评估“一问一答”小册子》要求,对未来可能开挖的土壤,在计算其风险控制值时,如无法确定开挖后土壤具体去向的(将来是回填,还是外运?填到哪里?填多深?无法提供可靠支撑证明材料)表层污染土壤层厚度、下层污染土壤层埋深、下层污染土壤层厚度按照 HJ25.3 的默认参数取值确定,即分别为 50 cm,50 cm,10 cm。(对于不同埋深的污染土壤,如果其他性质一样,只要是挖出来的,其环境风险都应该是一样的。)

考虑到目标地块的后期规划为道路,无房屋等室内建筑物,结合目标地块超筛污染物情况,因此目标地块土壤风险评估考虑经口摄入、皮肤接触及吸入土壤颗粒物等、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径等。

目标地块补充调查结果显示,目标地块内地下水不用于开发利用,无饮用功

能；且目标地块内在补充调查的钻探工作中未发现无地下水，故暂不对地下水进行风险评估。综上，本次调查土壤风险控制值及风险表征的风险评估模型考虑的暴露途径见下表：

表 6.2-1 目标地块暴露途径

污染源	污染物	暴露途径
土壤	镉	经口摄入表层土壤、 皮肤接触表层土壤、 吸入土壤颗粒物
土壤	砷	
土壤	锑	
土壤	钴	
土壤	汞	
土壤	铅	摄入土壤及灰尘等途径
土壤	汞	经口摄入表层土壤、 皮肤接触表层土壤、 吸入土壤颗粒物 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物

6.3. 地块概念模型

在第二类用地规划条件下，根据地块调查结果，地块土壤关注污染物为镉、砷、锑和铅，最大超筛选值深度为 4.0m，目标地块后续作为道路使用，最大开挖深度约为 7m 左右。目标地块中超筛选值污染物镉、砷、钴和锑的暴露途径涉及经口摄入表层土壤、皮肤接触表层土壤、吸入土壤颗粒物途径等 3 种暴露途径；铅的主要暴露途径为孕妇摄入土壤及灰尘等导致婴儿血铅浓度超标的途径；汞的暴露途径包含经口摄入表层土壤、皮肤接触表层土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径。故根据地块地层结构、水文地质信息、土壤污染物的分布特征及迁移转换过程，结合地块的暴露情景和暴露途径，构建了目标地块的概念模型图，如图 5-1 所示。

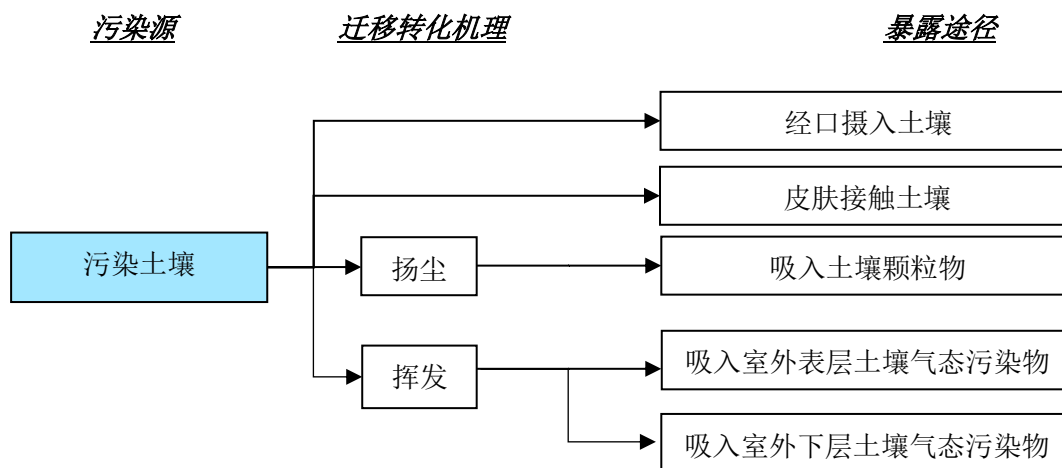


图 6-1 目标地块概念模型图

6.4. 暴露评估方法和模型

定量暴露评估是针对不同受体计算所有可能暴露途径下载暴露点的日均暴露剂量或暴露浓度。各暴露途径的评估计算模型如下所示：

6.4.1. 经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用公式 (A.1) 计算：

$$OISER_{ca} = \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots \dots (A.1)$$

公式(A.1)中：

$OISER_{ca}$ — 经口摄入土壤暴露量（致癌效应）， $kg \text{土壤} \cdot kg^{-1} \text{体重} \cdot d^{-1}$ ；

$OSIR_a$ — 成人每日摄入土壤量， $mg \cdot d^{-1}$ ；

ED_a — 成人暴露期， a ；

EF_a — 成人暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；

BW_a — 成人体重， kg ；

ABS_o — 经口摄入吸收效率因子，无量纲；

AT_{ca} — 致癌效应平均时间， d ；

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用公式 (A.2) 计算：

$$OISER_{nc} = \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots \dots (A.2)$$

公式(A.2)中：

$OISER_{nc}$ - 经口摄入土壤暴露量(非致癌效应), kg 土壤· kg^{-1} 体重· d^{-1} ;

AT_{nc} - 非致癌效应平均时间, d 。

6.4.2. 皮肤接触土壤途径

对于单一污染物致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 皮肤接触土壤途径土壤暴露量采用公式 (A.3) 计算:

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_V \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots \dots (A.3)$$

公式(A.3)中:

$DCSER_{ca}$ - 皮肤接触途径的土壤暴露量(致癌效应), kg 土壤· kg^{-1} 体重· d^{-1} ;

SAE_a - 成人暴露皮肤表面积, cm^2 ;

$SSAR_c$ - 成人皮肤表面土壤粘附系数, $mg \cdot cm^{-2}$;

ABS_d - 皮肤接触吸收效率因子, 无量纲;

E_V - 每日皮肤接触事件频率, 次· d^{-1} ;

其中,

$$SAE_a = 239 \times H_a^{0.417} \times BW_a^{0.517} \times SER_a \dots \dots (A.4)$$

公式(A.4)中:

H_a - 成人平均身高, cm ;

SER_a - 成人暴露皮肤所占面积比, 无量纲。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期暴露受到的危害, 皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用公式 (A.5) 计算:

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_V \times ABS_d}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots \dots (A.5)$$

$DCSER_{nc}$ - 皮肤接触途径的土壤暴露量(非致癌效应), kg 土壤· kg^{-1} 体重· d^{-1} 。

6.4.3. 吸入土壤颗粒物途径

对于单一污染物致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入土壤颗粒途径对应的土壤暴露量采用公式 (A.6) 计算:

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspi \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots \dots (A.6)$$

$PISER_{ca}$ - 吸入土壤颗粒物的土壤暴露量(致癌效应), kg 土壤· kg^{-1} 体重·

d^{-1} ;

PM_{10} - 空气中可吸入浮颗粒物含量, $mg \cdot d^{-1}$;

$DAIR_a$ - 成人每日空气呼吸量, $m^3 \cdot d^{-1}$;

$PIAF$ - 吸入土壤颗粒物在体内滞留比例, 无量纲;

$fspi$ - 室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲;

$fspo$ - 室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲;

EFl_a - 成人的室内暴露频率, $d \cdot a^{-1}$;

EFO_a - 成人的室外暴露频率, $d \cdot a^{-1}$;

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期暴露受到的危害, 吸入土壤颗粒土壤途径对应的土壤暴露量采用公式 (A.7) 计算:

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspi \times EFl_a)}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots \dots (A.7)$$

$PISER_{nc}$ - 吸入土壤颗粒物的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg \text{土壤} \cdot kg^{-1} \text{体重} \cdot d^{-1}$;

6.4.4. 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终身危害。吸入室外空气中来自场地表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量计算公式如下:

$$IoVERca1 = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times ATca}$$

式中:

$IoVERca1$ - 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (致癌效应), $kg \text{土壤} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$;

VF_{suroa} - 表层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的挥发因子, $kg \cdot m^{-3}$;

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期暴露受到的危害。吸入室外空气中来自场地表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量计算公式如下:

$$IoVERnc1 = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times ATnc}$$

式中:

$IoVERnc1$ - 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量

(非致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

6.4.5. 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 计算公式如下:

$$IoVERca2 = VF_{suboa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWA \times ATca}$$

$IoVERca2$ —吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

VF_{suboa} —下层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的挥发因子, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 计算公式如下:

$$IoVERnc2 = VF_{suboa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWA \times ATnc}$$

$IoVERnc2$ —吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (非致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

6.5. 模型参数取值

模型中所使用的参数采用目标地块实测值、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 和《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)》所推荐的参考值。在本次风险评估中所用到的参数主要包括污染物浓度参数、污染区参数、土壤参数、建筑物参数和暴露参数。目标地块选取的各参数取值介绍如下:

6.5.1. 污染物浓度参数

《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 和《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》中要求, 计算未来受体暴露浓度时, 如评估区域获取的污染物浓度数据样本大于 8 且样品浓度符合正态分布, 可以浓度平均值的 95% 置信上限 (UCL) 作为未来受体的暴露浓度, 否则, 应保守考虑以最大值作为暴露浓度进行风险评估。同时, 如果样品 95% 置信上限统计结果大于样品的最高检出浓度, 或样本数量小于 8 时, 应以样品的最大值作为未来受体的

暴露浓度。目标在计算各关注污染物的暴露浓度时，将遵循此原则，基于保守考虑以样本最大值作为暴露浓度进行风险评估。

基于以上原则，最终暴露点浓度统计如表 6.5-1 所示

表 6.5-1 土壤关注污染物暴露浓度

序号	污染物类型	污染物名称	暴露点浓度 (mg/kg)	暴露点点位
1	重金属	镉	599	S2
2	重金属	铅	6150	A39
3	重金属	砷	2220	S1
4	重金属	锑	984	A39
5	重金属	汞	192	S2
6	重金属	钴	178	S2

6.5.2. 污染区参数

污染区参数包括表层污染土壤层厚度、污染源区面积、污染源区宽度、下层污染土壤层埋深、下层污染土壤层厚度，各参数具体取值详见表 6.5-2。

表 6.5-2 目标地块污染区参数取值及来源

符号	含义	单位	敏感用地	数据来源
d	表层污染土壤层厚度	cm	50	地块实际情况
A	污染源区面积	cm ²	3494486	实测（汞的超筛选值区域面积）
LS	下层污染土壤层埋深	cm	50	地块实际情况
dsub	下层污染土壤层厚度	cm	650	最大开挖深度约 7m 左右
W	污染源区宽度	cm	2737	目标地块超筛选值区域与风向（常年主导风向为东北-西南风向）垂向交界面最大长度

6.5.3. 土壤参数

地块土壤参数主要来源于调查实测数据、《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）》、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ25.3-2019。根据《515 配套工程道路岩土工程勘察报告》，目标地块污染区域主要涉及 1-素填土层、3-1-粉质黏土层和 4-粉质黏土层。其中素填土层大部分区域分层厚度为 0.5m，污染物超标区域以粉质黏土层为主。本报告采用各层岩性土层样品送检后的平均值进行计算，通过土工试验计算的参数主要有土壤容重、土壤颗粒密度和土壤含水率等，根据地块实际获得。空气中可吸入颗粒物含量和混合区大气流速风速的取值参考《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）》，其余参数来源于《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）的推荐值，本次风险评估所

用的参数如

表 6.5-3 所示。

表 6.5-3 目标地块土壤参数及来源

符号	含义	单位	敏感用地	参数来源
ρ_b	土壤容重	$\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$	1.494	土工试验
P_{ws}	土壤含水率	$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.261	土工试验
ρ_s	土壤颗粒密度	$\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$	2.684	土工试验
PM_{10}	空气中可吸入颗粒物含量	$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	0.05	《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）》
U_{air}	混合区大气流速风速	$\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$	220	
δ_{air}	混合区高度	cm	200	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ25.3-2019
f_{om}	土壤有机质含量	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	15	
h_{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度	cm	5	
θ_{acap}	毛细管层孔隙空气体积比	无量纲	0.038	
θ_{wcap}	毛细管层孔隙水体积比	无量纲	0.342	
U_{gw}	地下水达西（Darcy）速率	$\text{cm} \cdot \text{a}^{-1}$	2500	
I	土壤中水的入渗速率	$\text{cm} \cdot \text{a}^{-1}$	30	

6.5.4. 建筑物参数

场地建筑物参数对污染物室内吸入途径的风险计算存在一定的影响，本场地建筑物参数基本都参考了《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），详细如表 6.5-4 所示。

表 6.5-4 目标地块建筑物参数取值及来源

符号	含义	单位	敏感用地	参数来源
θ_{acrack}	地基裂隙中空气体积比	无量纲	0.26	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ25.3-2019
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比	无量纲	0.12	
L_{crack}	室内地基厚度	cm	35	
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比	cm	300	
ER	室内空气交换速率	$\text{次} \cdot \text{d}^{-1}$	20	
η	地基和墙体裂隙表面积所占面积	无量纲	0.0005	
τ	气态污染物入侵持续时间	a	25	
dP	室内室外气压差	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	0	
K_v	土壤透性系数	cm^2	1.00E-08	
Z_{crack}	室内地面到地板底部厚度	cm	25	
X_{crack}	室内地板周长	cm	3400	
Ab	室内地板面积	cm^2	700000	

6.5.5. 暴露参数

暴露参数常为社会学统计数据，在待评估地块内难以获得或即使通过研究也难以准确量化因子。因此，本项目中第二类用地的暴露参数取值采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)和《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）》的推荐参数。下表列举了本次风险评估所用的暴露参数。其中除成人平均体重、成人平均身高、成人每日引用水量、致癌效应平均时间等参数来源于《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）》之外，其他各参数皆参考了《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ25.3-2019。

表 6.5-5 目标地块暴露参数取值及来源

符号	含义	单位	敏感用地	参数来源
EDa	成人暴露期	a	25	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ 25.3-2019
EFa	成人暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	250	
EFIa	成人室内暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	187.5	
EFOa	成人室外暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	62.5	
BWa	成人平均体重	kg	61.3	《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）》
Ha	成人平均身高	cm	162	
ATca	致癌效应平均时间	d	27920	《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ25.3-2019
DAIRa	成人每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	14.5	
OSIRa	成人每日摄入土壤量	$mg \cdot d^{-1}$	100	
Ev	每日皮肤接触事件频率	$次 \cdot d^{-1}$	1	
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例	无量纲	0.8	
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物比例	无量纲	0.5	
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例 (SVOCs 和重金属)	无量纲	0.5	
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.18	
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数	$mg \cdot cm^{-2}$	0.2	
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	无量纲	0.75	
ABSo	经口摄入吸收因子	无量纲	1	
ACR	单一污染物可接受致癌风险	无量纲	0.000001	
AHQ	单一污染物可接受危害熵	无量纲	1	
ATnc	非致癌效应平均时间	d	9125	

6.6. 暴露量计算结果

目标地块风险评估工作参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 确定了各类关键参数, 结合目标地块的实际规划、污染情况、暴露情景等要素计算不同土壤污染物的暴露量, 详细计算结果如表 6.6-1 和表 6.6-2 所示。

表 6.6-1 关注污染物的致癌风险暴露量计算结果

序号	中文名	CAS 编号	经口摄入土壤途径	皮肤接触土壤途径	吸入土壤颗粒物途径	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径
			$OISER_{ca}$	$DCSER_{ca}$	$PISER_{ca}$	$IOVER_{ca1}$	$IOVER_{ca2}$
1	锑	7440-36-0	3.65E-07	/	1.44E-09	/	/
2	砷	7440-38-2	3.65E-07	6.60E-08	1.44E-09	/	/
3	镉	7440-43-9	3.65E-07	2.20E-09	1.44E-09	/	/
4	钴	7440-48-4	3.65E-07	/	1.44E-09	/	/
5	汞	7439-97-6	3.65E-07	/	1.44E-09	5.59E-09	6.73E-10

表 6.6-2 关注污染物的非致癌风险暴露量计算结果

序号	中文名	CAS 编号	经口摄入土壤途径	皮肤接触土壤途径	吸入土壤颗粒物途径	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径
			$OISER_{nc}$	$DCSER_{nc}$	$PISER_{nc}$	$IOVER_{na1}$	$IOVER_{na2}$
1	锑	7440-36-0	1.12E-06	/	4.40E-09	/	/
2	砷	7440-38-2	1.12E-06	2.02E-07	4.40E-09	/	/
3	镉	7440-43-9	1.12E-06	6.74E-09	4.40E-09	/	/
4	钴	7440-48-4	1.12E-06	/	4.40E-09	/	/
5	汞	7439-97-6	1.12E-06	/	4.40E-09	1.71E-08	2.07E-09

7. 毒性评估

7.1. 污染物的健康效应

7.1.1. 一般污染物的致癌效应和非致癌效应

地块风险评估过程是评估受体长期暴露于污染源下的长期健康风险，因此常用污染物的慢性毒性效应来衡量地块风险水平。通常认为慢性毒性效应分为非致癌效应和致癌效应两大类。

毒理学研究表明非致癌效应存在阈值，即有毒有害物质意欲对人体造成危害，必须有一个最小剂量/浓度，当暴露剂量/浓度小于该阈值时，不认为会对人体健康造成可探查到的危害。中国导则主要采用美国环保署（USEPA）的非致癌风险的参考值，分别以经口摄入参考剂量（RfDo）、皮肤接触参考剂量（RfDd）和参考浓度（RfC）作为非致癌效应食入、皮肤吸收和呼吸等三种途径的参考值。RfDd 由于在毒理学实验中难以直接获得，通常采用从 RfDo 推导的数据。对非致癌风险的量化评估指标为危害商，即暴露剂量/浓度与参考剂量/浓度的比值，当危害商小于 1 时，可认为该剂量/浓度不会导致人体健康风险。

致癌风险的特点是不存在类似于非致癌性风险的阈值，即任何剂量/浓度致癌物均有可能导致致癌风险，致癌风险体现为增加患癌风险的可能性。暴露剂量/浓度越高，增加患癌风险的可能性越大。其风险量化指标一般分两部分：一是致癌证据等级，二是致癌斜率因子。

(1) 证据等级是对其致癌能力的可信度的分级，USEPA IRIS 将物质的致癌物质分为 A, B, C, D 和 E 五类。A 类物质为确定的人类致癌物，表示有足够的流行病学研究来证实接触剂量与致癌的因果关系；B 类为很可能的人类致癌物，包括由流行病学研究得到的人类致癌证据从“足够”到“不足”的物质，又分为 B1 和 B2 两类，其中 B1 类为有限的人类证据证明具有致癌性的物质，B2 类为动物实验证据充分而人类证据不充分或无证据的物质；C 类为可能的人类致癌物；D 类为尚不能进行人类致癌分类的组分；E 类为有对人类无致癌证据的组分。同时，USEPA 根据致癌效应，将致癌物分为有诱导基因突变可能的致癌物（Mutagen）和非诱导基因突变的变致癌物。

(2) 与非致癌效应类似，USEPA 采用经口摄入致癌斜率因子（SFo）、皮肤接

触致癌斜率因子 (SFd) 和呼吸吸入单位致癌风险 (IUR) 作为致癌效应食入、皮肤吸收和呼吸等三种途径致癌效应的量度。对致癌风险的量化评估指标为风险水平, 即暴露剂量/浓度与致癌斜率因子/单位致癌风险因子 (SF/IUR) 的乘积, 当风险水平小于可接受的风险水平时, 可认为风险是可接受的。

7.1.2. 血铅的毒性效应

铅暴露会对儿童健康造成严重影响。在高浓度接触时, 铅会影响到大脑和中枢神经系统, 引起昏迷、抽搐、甚至死亡。从严重铅中毒中恢复过来的儿童可能会留有智力低下和行为紊乱问题。特别是铅会影响到儿童大脑发育, 造成智商下降、行为变化, 如缩短注意力持续时间以及增加反社会行为以及学习成绩下降。在低浓度铅暴露没有引起明显症状时, 目前已知可在身体的多个系统产生一系列伤害。铅暴露还可以引起贫血、高血压、肾功能损害、免疫毒性以及生殖器官毒性。人们认为, 由血液中铅引起的神经和行为影响具有不可逆性。有研究表明: 血液中铅含量每上升 100 微克/升, 智商得分平均下降 6—7 分。

孕妇和儿童是最容易发生铅中毒的人群。若摄取同样数量的铅, 成年人对铅的吸收率一般为 10%—15%, 而孕妇和儿童对铅的吸收率则高达 50%。研究表明: 孕妇只要体内含铅, 就会影响胎儿。因为胎盘对血液中的铅毫无屏障作用。孕妇所吸收的铅有 90% 会通过胎盘传输给胎儿, 而导致胎儿的先天性铅中毒。胎儿先天性铅中毒会对其神经系统的发育产生极大的危害, 特别是对新生儿听觉、视觉的功能损害更大。过量的铅会扰乱神经系统的正常发育, 致使胎儿发育迟缓, 情况严重的会导致流产、死胎、残疾儿出生或儿童智力低下。

为了避免对铅对胎儿造成影响, 通常以儿童血铅浓度通过暴露、吸收及生化动力模型等反推孕妇的允许暴露水平, 从而以该值作为可接受的健康效应浓度。

7.2. 关注污染物的毒性参数取值

本项目中关注污染物 (除铅外) 的理化参数及毒性参数选自《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)。关注污染物的毒性参数如表 7.2-1 所示; 理化参数如表 7.2-2 所示:

表 7.2-1 关注污染物的毒性参数

污染物名称	CAS 编号	SFo (mg/kg-d) ₁ ⁻	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfDo (mg/kg-d)	数据来源	RfC (mg/m ³)	数据来源	ABSgi (无量纲)	数据来源	ABSd (无量纲)	数据来源
汞	7439-97-6	-	-	-	-	3.00E-04	I	3.00E-04	RSLs	0.07	RSLs	-	-
钴	7440-48-4	-	-	9.00E+00	P	3.00E-04	P	6.00E-06	P	1	RSLs	-	-
镉	7440-43-9	-	-	1.80E+00	I	1.00E-03	I	1.00E-05	RSLs	0.025	RSLs	0.001	RSLs
砷	7440-38-2	1.50E+00	I	4.3E+00	I	3.00E-04	I	1.50E-05	RSLs	1	RSLs	0.03	RSLs
锑	7440-36-0					4.00E-04	I			0.15	RSLs	-	-

表 7.2-2 关注污染物的理化参数

污染物名称	CAS 编号	H'	数据来源	Da (cm ² /s)	数据来源	Dw (cm ² /s)	数据来源	Koc (cm ³ /g)	数据来源	S (mg/L)	数据来源
汞	7439-97-6	3.25E-01	EPI	3.07E-02	WATER9	6.30E-06	WATER9	52 Kd (cm ³ /g)			
钴	7440-48-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
镉	7440-43-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
砷	7440-38-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
锑	7440-36-0										

8. 风险表征

本次风险评估过程中，主要采用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 中推荐的风险计算模型计算关注污染物的健康风险，模型具体如下所述。

8.1. 土壤风险表征

8.1.1. 土壤风险表征计算方法

土壤中每一种致癌物质的风险可通过经口、经皮肤、呼吸吸入等途径的摄入量与其致癌风险斜率因子的乘积相加后得出。土壤中的非致癌污染物的风险采用危害商进行表述，它是由不同途径摄入量与毒理学参考剂量的比值。当某种污染物的浓度超过这种物质的毒理学参考剂量时，可能对地块人群产生非致癌性的伤害。

根据各层关注污染物的暴露浓度计算污染物的致癌风险和非致癌危害商进行风险表征，单一污染物的致癌风险超过 10^{-6} 或危害商超过 1 即可认为该污染物的风险不可接受。

(1) 经口摄入土壤途径

致癌风险：

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SFo$$

非致癌风险：

$$THQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfDo \times SAF}$$

式中：

CR_{ois} —经口摄入土壤途径的致癌风险，无量纲；

C_{sur} —表层土壤中污染物浓度， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

$OISER_{ca}$ —经口摄入土壤暴露量（致癌效应）， $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；

SFo —经口摄入致癌斜率因子， $(mg \text{ 污染物} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1})^{-1}$ ；

HQ_{ois} —经口摄入土壤途径的危害商，无量纲；

SAF —暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲；

OISERnc—经口摄入土壤暴露量（非致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

RfDo—经口摄入参考剂量， $\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

(2) 皮肤接触土壤途径

致癌风险：

$$CRdcs = DCSErca \times Csur \times SFd$$

非致癌风险：

$$HQdcs = \frac{DCSERnc \times Csur}{RfDd \times SAF}$$

式中：

CRdcs—皮肤接触土壤途径的致癌风险，无量纲；

DCSErca—皮肤接触途径的土壤暴露量（致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

SFd —皮肤接触致癌斜率因子， $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ ；

HQdcs—皮肤接触土壤途径的危害商，无量纲；

SAF—暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲。

DCSERnc—皮肤接触的土壤暴露量（非致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

RfDd—皮肤接触致癌斜率因子， $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ 。

(3) 吸入土壤颗粒物途径

致癌风险：

$$CRgis = PISERca \times Csur \times SFi$$

非致癌风险：

$$HQgis = \frac{OISERnc \times Csur}{RfDi \times SAF}$$

式中：

CRpis—吸入土壤颗粒物途径的致癌风险，无量纲；

PISERca—吸入土壤颗粒物的土壤暴露量(致癌效应), $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

SFi—呼吸吸入致癌斜率因子, (mg 污染物 · kg⁻¹ 体重 · d⁻¹)⁻¹;

HQpis—吸入土壤颗粒物途径的危害商, 无量纲;

PISErnc—吸入土壤颗粒物的土壤暴露量 (非致癌效应), kg 土壤 · kg⁻¹ 体重 · d⁻¹;

RfDi—呼吸吸入参考剂量, mg 污染物 · kg⁻¹ 体重 · d⁻¹。

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤气态污染物途径

致癌风险:

$$CRior1 = IOVERca1 \times Csur \times SFi$$

非致癌风险:

$$HQior1 = \frac{OISERnc1 \times Csur}{RfDi \times SAF}$$

式中:

CRiov1—吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的致癌风险, 无量纲;

IOVERca1—吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (致癌效应), kg 土壤 · kg⁻¹ 体重 · d⁻¹;

SFi—呼吸吸入致癌斜率因子, (mg 污染物 · kg⁻¹ 体重 · d⁻¹)⁻¹;

HQiov1—吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的危害商, 无量纲;

IOVERnc1—吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (非致癌效应), kg 土壤 · kg⁻¹ 体重 · d⁻¹;

RfDi—呼吸吸入参考剂量, mg 污染物 · kg⁻¹ 体重 · d⁻¹。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

致癌风险:

$$CRior2 = IOVERca2 \cdot Csur \cdot SFi$$

非致癌风险

$$HQior2 = \frac{OISERnc2 \cdot Csub}{RfDi \cdot SAF}$$

式中:

CR_{iov2}—吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险，无量纲；

C_{sub}—下层土壤中污染物浓度，mg·kg⁻¹；必须根据场地调查获得参数值；

IOVER_{ca2}—吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹体重·d⁻¹；

SFi—呼吸吸入致癌斜率因子，(mg 污染物·kg⁻¹体重·d⁻¹)⁻¹；

HQ_{iov2}—吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商，无量纲；

IOVER_{nc2}—吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹体重·d⁻¹；

RfDi—呼吸吸入参考剂量，mg 污染物·kg⁻¹体重·d⁻¹。

(6) 土壤中单一污染物所有暴露途径风险

致癌风险：

$$CR_n = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{gis} + CR_{ior1} + CR_{ior2}$$

非致癌风险：

$$HIn = HQ_{ois} + HQ_{dcs} + HQ_{gis} + HQ_{ior1} + HQ_{ior2}$$

式中：

CR_n—土壤中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的总致癌风险，无量纲；

HIn—土壤中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的危害指数，无量纲。

8.1.2. 土壤风险表征计算结果

风险表征得到的地块污染物的致癌风险和危害商，可作为确定地块污染范围的重要依据。根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），计算得出单一污染物的致癌风险值超过 10⁻⁶ 或危害商超过 1 的采样点，其代表的地块区域应划分为风险不可接受的污染区域。

在基于 7.1 章节，各计算公式的支撑下，经计算目标地块土壤关注污染物锑、砷、镉、钴和汞致癌风险和非致癌风险计算结果如表 8.1-1 和表 8.1-2 所示。计算结果表明，砷的致癌风险超过可接受水平，致癌风险为 1.88E-03，超过可接受的风险水平三个数量级；镉的致癌风险超过可接受水平，致癌风险为 6.56E-

06, 在一个数量级以内; 钴的致癌风险超过可接受水平, 致癌风险为 $9.75E-06$, 在一个数量级以内。在非致癌风险计算中锑的非致癌危害商超过可接受水平, 危害商为 5.64, 危害商在一个数量级以内; 砷的非致癌危害商超过可接受水平, 危害商为 19.6, 危害商超过了一个数量级; 镉的非致癌危害商超过可接受水平, 危害商为 1.87, 危害商在一个数量级以内; 钼的非致癌危害商超过可接受水平, 危害商为 1.33, 危害商在一个数量级以内; 汞的非致癌危害商超过可接受水平, 危害商为 1.51, 危害商在一个数量级以内。

综上, 土壤风险表征结果表明, 目标地块的砷、镉和钴的致癌风险超过了可接受水平; 锑、砷、镉、钼和汞的非致癌风险水平超过了可接受水平。锑、砷、镉、钼和汞存在潜在的人体健康风险。

表 8.1-1 关注污染物的致癌风险计算结果

序号	中文名	CAS 编号	经口摄入土壤途径	皮肤接触土壤途径	吸入土壤颗粒物途径	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径	合计
			$OISER_{ca}$	$DCSER_{ca}$	$PISER_{ca}$	$IOVER_{ca1}$	$IOVER_{ca2}$	CR_n
1	锑	7440-36-0	/	/	/	/	/	/
2	砷	7440-38-2	1.22E-03	2.20E-04	5.81E-05	/	/	1.49E-03
3	镉	7440-43-9	/	/	6.56E-06	/	/	6.56E-06
4	钴	7440-48-4	/	/	9.75E-06	/	/	9.75E-06
5	汞	7439-97-6	/	/	/	/	/	/

表 8.1-2 关注污染物的非致癌风险计算结果

序号	中文名	CAS 编号	经口摄入土壤途径	皮肤接触土壤途径	吸入土壤颗粒物途径	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径	合计
			$OISER_{nc}$	$DCSER_{nc}$	$PISER_{nc}$	$IOVER_{na1}$	$IOVER_{na2}$	CR_n
1	锑	7440-36-0	5.50E+00	/	1.44E-01	/	/	5.64E+00
2	砷	7440-38-2	1.65E+01	2.99E+00	6.52E-02	/	/	1.96E+01
3	镉	7440-43-9	1.34E+00	3.23E-01	2.11E-01	/	/	1.87E+00
4	钴	7440-48-4	1.33E+00	/	5.23E-03	/	/	1.33E+00
5	汞	7439-97-6	1.43E+00	/	8.05E-02	9.27E-02	1.12E-02	1.61E+00

8.2. 不确定性分析

8.2.1. 不确定性因素

土壤污染健康风险评估是一个系统的工作，需要环境学、化学、地质学、毒理学、统计学等多学科的融合，受基础科学发展水平、实践及资料限制，风险评估计算的不确定性主要来源于选用模型的适用性、模型的设定条件与实际条件的差异、模型参数的确定以及检测统计数据代表性。本项目的风险评估工作存在不确定性，主要体现在以下几个方面：

(1) 计算模型的不确定性：虽然风险评估的计算模型是基于理论原理建立，且长期以来被广泛应用于实际污染地块的风险管理决策，但必须认识到几乎没有一个数学模型可以完全准确地描述污染物迁移和暴露的全过程。随着技术的发展，暴露计算和风险计算的方法可能会发生改变。

(2) 地块参数和暴露参数的不确定性：本项目的模型输入数据主要为地块实测数据（如暴露点浓度）、地块所在地环境质量参数（如 PM_{10} ）及国家导则中的默认保守参数。由于我国对于风险评估的基础研究相对匮乏，针对广东地区成人/儿童的日均土壤摄入量、成人/儿童日均呼吸量等研究缺失。

(3) 污染物毒性学性质：不同的研究机构或政府机构根据特定条件下的研究结果或统计结果提出了不同的毒性参数和理化参数，这些参数根据试验条件的不同略有差异，而且会根据毒性学的研究进展进行更新。本项目中关注污染物的物理化学特性参数和毒理学参数主要来自于《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）的规范性目录以及其他权威部门发布的数据，部分参数可能会随着数据的更新而发生改变。

(4) 风险评估的结果是基于对应地块概念模型中的暴露情景，当实际的暴露情形发生时，本次风险评估的结果并不能保证污染源的风险可接受性，例如土壤异食癖人群、施工工人皮肤接触地下水等。因此，在使用本次风险评估的结果时应注意风险评估中的暴露情景。

(5) 本地块风险评估工作基于业主提供的相关资料及地块污染状况调查的结果开展，若未来地块发生大的变化及污染物的衰减等，将为计算结果带来极大不确定性，导致本次计算结果不适用于变更后的情况。

8.2.2. 超标污染物暴露风险贡献率分析

(1) 分析方法

分别采用以下公式计算单一污染物经不同暴露途径的致癌风险和危害商贡献率，贡献率越大表示特定暴露途径对总风险的贡献率越高：

$$PCRi = \frac{CRi}{CRn} \times 100\%$$

$$PHQi = \frac{HQi}{HIn} \times 100\%$$

式中：

CRi—单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险，无量纲；

PCRi—单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险贡献率，无量纲；

HQi—单一污染物经第 i 种暴露途径的非致癌危害商，无量纲；

PHQi—单一污染物经第 i 种暴露途径的非致癌危害商贡献率，无量纲。

(2) 分析结果

目标地块中土壤风险超标的污染物类型为砷和镉，污染物暴露风险贡献率本次调查各污染物的贡献率统计如表 8.2-1 表 8.2-2 和所示。

对于超标污染物中砷的致癌风险超过了可接受水平，贡献率最高的途径为经口摄入土壤途径，贡献率达到了 81.88%，砷的其他暴露途径致癌风险贡献率均未超过 20%；镉和钴的致癌风险贡献率最高的暴露途径为吸入颗粒污染物途径，其他途径没有致癌风险。

污染物的非致癌风险中镉、砷、镉、钴和汞贡献率最高的途径均为经口摄入土壤途径，贡献率分别为 97.52%、84.18%、71.66%、100.00% 和 89.38%。其他暴露途径的贡献率均小于 20%。

综上所述，经口摄入土壤途径是目标地块所有超过污染物的主要暴露途径。此外镉和钴的致癌风险中，吸入土壤颗粒物途径是主要暴露途径。因此需要综合对经口摄入土壤途径和吸入土壤颗粒物途径开展参数敏感性分析。

表 8.2-1 关注污染物的致癌风险贡献率

序号	中文名	CAS 编号	经口摄入土壤途径	皮肤接触土壤途径	吸入土壤颗粒物途径	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径
			$OISER_{ca}$	$DCSER_{ca}$	$PISER_{ca}$	$IOVER_{ca1}$	$IOVER_{ca2}$
1	砷	7440-38-2	81.88%	14.77%	3.90%	/	/
2	镉	7440-43-9	/	/	100%	/	/
3	钴	7440-48-4	/	/	100%		

表 8.2-2 关注污染物的非致癌风险贡献率

序号	中文名	CAS 编号	经口摄入土壤途径	皮肤接触土壤途径	吸入土壤颗粒物途径	吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径	吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径
			$OISER_{nc}$	$DCSER_{nc}$	$PISER_{nc}$	$IOVER_{nc1}$	$IOVER_{nc2}$
1	锑	7440-36-0	97.52%	/	2.55%	/	/
2	砷	7440-38-2	84.18%	15.26%	/	/	/
3	镉	7440-43-9	71.66%	17.27%	11.28%	/	/
4	钴	7440-48-4	100.00%	/	/	/	/
5	汞	7439-97-6	88.58%	/	4.99%	5.74%	0.69%

8.2.3. 参数敏感性分析

(1) 分析方法

当单一暴露途径风险贡献率超过 20%时,应进行人群和与该途径相关参数的敏感性分析。参数敏感性可用敏感性比值表示,公式如下,敏感性比值越大,表示该参数对风险的影响也越大。进行模型参数敏感性分析应综合考虑参数的实际取值范围确定参数值的变化范围。

$$SR = \frac{\frac{X2 - X1}{X1}}{\frac{P2 - P1}{P1}} \times 100\%$$

其中:

SR—模型参数敏感性比例，无量纲；

P1—模型参数 P 变化前的数值；

P2—模型参数 P 变化后的数值；

X1—按 P1 计算的致癌风险或危害商，无量纲；

X2—按 P2 计算的致癌风险或危害商，无量纲。

(2) 分析结果

根据暴露风险贡献率分析结果，对砷致癌风险中经口摄入土壤途、镉和钴致癌风险中吸入土壤颗粒物途径、以及砷、锑、镉、钴和汞的非致癌风险的经口摄入土壤途径的相关参数的敏感性分析，模型参数的变化量均为+5%（经口摄入吸收效率因子不可能大于 1，因此该参数的变化量改为-5%），分析结果如下：

由表 8.2-3 可知，砷的致癌风险影响的参数包括成人每日摄入量（81.39%）、成人暴露期（100%）、成人暴露频率（96.11%）、成人平均体重（-80.62%）、经口摄入吸收效率因子（81.39%）、致癌效应平均时间（-90.91%），所有参数的敏感度均在 80%~100%之间。

表 8.2-3 砷的致癌风险经口摄入土壤途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR(%)
成人每日摄入量	OSIRa	mg/d	100	110	1.49E-03	1.62E-03	81.39%
成人暴露期	ED _a	a	25	27.5	1.49E-03	1.64E-03	100.00%
成人暴露频率	EF _a	d/a	250	275	1.49E-03	1.64E-03	96.11%
成人平均体重	BW _a	kg	61.3	67.43	1.49E-03	1.37E-03	-80.62%
经口摄入吸收效率因子	ABS _o	/	1	0.9	1.49E-03	1.37E-03	81.39%
致癌效应平均时间	AT _{ca}	d	27920	30712	1.49E-03	1.36E-03	-90.91%

由表 8.2-4 可知，镉的致癌风险影响的参数包括空气中可吸入悬浮颗粒物含量（100%）、成人每日空气呼吸量（0%）、成人暴露期（100%）、吸入土壤颗粒物在体内滞留比例（100%）、室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例（17.24%）、成人的室外暴露频率（17.24%）、室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例（82.76%）、成人的室内暴露频率（82.76%）、成人平均体重（0%）、致癌效应平均时间（-90.91%），

除成人每日空气呼吸量、成人室外暴露频率、成人体重及室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例外，其他参数的敏感度均在 80%~100%之间。

表 8.2-4 镉的致癌风险吸入土壤颗粒物途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
空气中可吸入悬浮颗粒物含量	PM10	mg/m ³	0.05	0.055	6.56E-06	7.22E-06	100.00%
成人每日空气呼吸量	DAIRa	m ³ /d	14.5	15.95	6.56E-06	6.56E-06	0.00%
成人暴露期	ED _a	a	25	27.5	6.56E-06	7.22E-06	100.00%
吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	PIAF	/	0.75	0.825	6.56E-06	7.22E-06	100.00%
室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例	f _{spo}	/	0.5	0.55	6.56E-06	6.68E-06	17.24%
成人的室外暴露频率	EF _{0a}	d/a	62.5	68.75	6.56E-06	6.68E-06	17.24%
室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例	f _{spi}	/	0.8	0.88	6.56E-06	7.11E-06	82.76%
成人的室内暴露频率	EF _{1a}	d/a	187.5	206.25	6.56E-06	7.11E-06	82.76%
成人平均体重	BW _a	kg	61.3	67.43	6.56E-06	6.56E-06	0.00%
致癌效应平均时间	AT _{ca}	d	27920	30712	6.56E-06	5.97E-06	-90.91%

由表 8.2-5 可知，钴的致癌风险影响的参数包括空气中可吸入悬浮颗粒物含量（100%）、成人每日空气呼吸量（0%）、成人暴露期（100%）、吸入土壤颗粒物在体内滞留比例（100%）、室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例（17.24%）、成人的室外暴露频率（17.24%）、室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例（82.76%）、成人的室内暴露频率（82.76%）、成人平均体重（0%）、致癌效应平均时间（-90.91%），除成人每日空气呼吸量、成人室外暴露频率、成人体重及室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例外，其他参数的敏感度均在 80%~100%之间。

表 8.2-5 钴的致癌风险吸入土壤颗粒物途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
空气中可吸入悬浮颗粒物含量	PM10	mg/m ³	0.05	0.055	9.75E-06	1.07E-05	100.00%

成人每日空气呼吸 量	DAIRa	m ³ /d	14.5	15.95	9.75E-06	9.75E-06	0.00%
成人暴露期	ED _a	a	25	27.5	9.75E-06	1.07E-05	100.00%
吸入土壤颗粒物在 体内滞留比例	PIAF	/	0.75	0.825	9.75E-06	1.07E-05	100.00%
室外空气中来自土 壤的颗粒物所占比 例	f _{spo}	/	0.5	0.55	9.75E-06	9.92E-06	17.24%
成人的室外暴露频 率	EF _{0a}	d/a	62.5	68.75	9.75E-06	9.92E-06	17.24%
室内空气中来自土 壤的颗粒物所占比 例	f _{spi}	/	0.8	0.88	9.75E-06	1.06E-05	82.76%
成人的室内暴露频 率	EF _{1a}	d/a	187.5	206.25	9.75E-06	1.06E-05	82.76%
成人平均体重	BW _a	kg	61.3	67.43	9.75E-06	9.75E-06	0.00%
致癌效应平均时间	AT _{ca}	d	27920	30712	9.75E-06	8.86E-06	-90.91%

由表 8.2-6 可知，砷的非致癌风险影响的参数包括成人每日摄入土壤量（83.99%）、成人暴露期（99.58%）、成人暴露频率（99.24%）、成人平均体重（-84.25%）、经口摄入吸收效率因子（84.76%）、非致癌效应平均时间（-90.06%），所有参数的敏感度均在 80%~100%之间。

表 8.2-6 砷的非致癌风险经口摄入土壤途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人每日摄入土壤量	OSIRa	mg/d	100	110	1.96E+01	2.12E+01	83.99%
成人暴露期	ED _a	a	25	27.5	1.96E+01	2.16E+01	99.58%
成人暴露频率	EF _a	d/a	250	275	1.96E+01	2.15E+01	99.24%
成人平均体重	BW _a	kg	61.3	67.43	1.96E+01	1.79E+01	-84.25%
经口摄入吸收效率因 子	ABSo	/	1	0.9	1.96E+01	1.79E+01	84.76%
非致癌效应平均时间	AT _{nc}	d	9125	10037.5	1.96E+01	1.78E+01	-91.26%

由表 8.2-7 可知，锑的非致癌风险影响的参数包括成人每日摄入土壤量（97.79%）、成人暴露期（100.35%）、成人暴露频率（97.79%）、成人平均体重（-90.62%）、经口摄入吸收效率因子（98.15%）、致癌效应平均时间（-90.62%）。

表 8.2-7 锑的非致癌风险经口摄入土壤途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人每日摄入土壤量	OSIRa	mg/d	100	110	5.64E+00	6.19E+00	97.79%

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人暴露期	ED _a	a	25	27.5	5.64E+00	6.21E+00	100.35%
成人暴露频率	EF _a	d/a	250	275	5.64E+00	6.19E+00	97.79%
成人平均体重	BW _a	kg	61.3	67.43	5.64E+00	5.13E+00	-90.62%
经口摄入吸收效率因子	ABSo	/	1	0.9	5.64E+00	5.09E+00	97.15%
非致癌效应平均时间	ATnc	d	9125	10037.5	5.64E+00	5.13E+00	-90.62%

由表 8.2-8 可知，镉的非致癌风险影响的参数包括成人每日摄入量（72.88%）、成人暴露期（101.42%）、成人暴露频率（90.14%）、成人平均体重（-81.81%）、经口摄入吸收效率因子（70.29%）、致癌效应平均时间（-89.73%）。

表 8.2-8 镉的非致癌风险经口摄入土壤途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人每日摄入量	OSIRa	mg/d	100	110	1.87E+00	2.01E+00	72.88%
成人暴露期	ED _a	a	25	27.5	1.87E+00	2.06E+00	101.42%
成人暴露频率	EF _a	d/a	250	275	1.87E+00	2.04E+00	90.14%
成人平均体重	BW _a	kg	61.3	67.43	1.87E+00	1.72E+00	-81.81%
经口摄入吸收效率因子	ABSo	/	1	0.9	1.87E+00	1.74E+00	70.29%
非致癌效应平均时间	ATnc	d	9125	10037.5	1.87E+00	1.70E+00	-89.73%

由表 8.2-9 可知，钴的非致癌风险影响的参数包括成人每日摄入量（100.55%）、成人暴露期（100.94%）、成人暴露频率（100.55%）、成人平均体重（-90.13%）、经口摄入吸收效率因子（98.83%）、致癌效应平均时间（-90.13%）。

表 8.2-9 钴的非致癌风险经口摄入土壤途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人每日摄入量	OSIRa	mg/d	100	110	1.33E+00	1.46E+00	100.55%
成人暴露期	ED _a	a	25	27.5	1.33E+00	1.46E+00	100.94%
成人暴露频率	EF _a	d/a	250	275	1.33E+00	1.46E+00	100.55%
成人平均体重	BW _a	kg	61.3	67.43	1.33E+00	1.21E+00	-90.13%
经口摄入吸收效率因子	ABSo	/	1	0.9	1.33E+00	1.20E+00	98.83%
非致癌效应平均时间	ATnc	d	9125	10037.5	1.33E+00	1.21E+00	-90.13%

由表 8.2-10 可知，汞的非致癌风险影响的参数包括成人每日摄入量（94.67%）、成人暴露期（100%）、成人暴露频率（94.67%）、成人平均体重（-90.91%）、经口摄入吸收效率因子（94.67%）、致癌效应平均时间（-90.91%）。

表 8.2-10 汞的非致癌风险经口摄入土壤途径

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人每日摄入量	OSIRa	mg/d	100	110	1.51E+00	1.65E+00	94.67%

成人暴露期	EDa	a	25	27.5	1.51E+00	1.66E+00	100.00%
成人暴露频率	EFa	d/a	250	275	1.51E+00	1.65E+00	94.67%
成人平均体重	BWa	kg	61.3	67.43	1.51E+00	1.37E+00	-90.91%
经口摄入吸收效率因子	ABSo	/	1	0.9	1.51E+00	1.37E+00	94.67%
非致癌效应平均时间	ATnc	d	9125	10037.5	1.51E+00	1.37E+00	-90.91%

其中正值表示致癌风险与参数呈同向变化，当该参数增大时，暴露风险也增大，负值相反。

9. 铅的人体健康评估

第二类用地下土壤中铅的人体健康风险评估方法参考 4.2，计算过程如下：

9.1. 参数取值

成人血铅含量评估主要参数及取值如表 9.1-1 所示：

表 9.1-1 ALM 血铅模型参数取值

参数名称	单位	参数取值	数据来源
土壤铅浓度	mg/kg	6150	目标地块数实测值
孕妇血铅浓度几何标准差 GSDi, adult	-	1.48	《基于人体血铅指标的区域土壤环境铅基准值》
无铅暴露时妇女血铅背景浓度 PbBadult,0	$\mu\text{g/dL}$	0.6	《基于人体血铅指标的区域土壤环境铅基准值》
血铅与每日摄入体内铅含量的斜率系数 BKSF	$(\mu\text{g/dL})/(\text{g/d})$	0.4	EPA 推荐值
成人土壤摄入量 IRs	g/d	0.1	HJ 25.3-2019
土壤、灰尘暴露频率 EFs,D	d/a	250	HJ 25.3-2019
人体吸收系数 AFs,d	-	0.12	EPA 推荐值
平均暴露时间 EFs,d	-	365	EPA 推荐值
血铅的目标浓度	$\mu\text{g/dL}$	5	/

9.2. 计算结果

ALM 模型评估结果显示，怀孕妇女胎儿血铅浓度 95% 上限浓度为 $42.9 \mu\text{g/dL}$ ，高于目标值 $10 \mu\text{g/dL}$ 的概率为 98.1%，大于 5% 的可接受水平。因此，目标地块土壤中的铅会对胎儿健康产生危害，应计算相应的风险控制值。

9.3. 铅风险控制值计算结果

以血铅浓度水平目标值 $10 \mu\text{g/dL}$ 进行计算，土壤中需控制铅浓度水平为 316mg/kg 。

10. 风险控制值、修复目标值及修复范围确定

依据我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019): 在风险表征的基础上, 判断计算得到的污染物风险值是否超过可接受风险水平。如污染地块风险评估结果未超过可接受风险水平, 则可结束风险评估工作; 如污染地块风险评估结果超过可接受风险水平, 则计算土壤中关注污染物的风险控制值。

地块内超过风险可接受水平的污染物为土壤中的砷、镉、镉、钴和汞。ALM 模型结果表明目标地块中突然铅浓度导致儿童血铅浓度高于目标值 $10 \mu\text{g/dL}$ 的概率为 100%, 超过 5% 的可接受水平。

本项目污染物的计算基于 1×10^{-6} 作为单一污染物可接受的致癌风险, 1 作为单一污染物可接受的危害商。风险控制值计算过程中使用的受体暴露参数等参见第 5 章节。铅的风险控制值计算见第 8 章节。

10.1. 基于致癌风险的土壤风险控制值

(1) 基于经口摄入途径致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下:

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o}$$

式中:

$RCVS_{ois}$ —基于经口摄入途径致癌效应的土壤风险控制值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;

ACR —可接受致癌风险, 无量纲, 取值为 10^{-6} 。

(2) 基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值如下:

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d}$$

式中:

$RCVS_{dcs}$ —基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(3) 基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下:

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i}$$

式中:

$RCVS_{pis}$ —基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(4) 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤

风险控制值计算公式如下：

$$RCVS_{iov1} = \frac{ACR}{IOVER_{ca1} \times SF_i}$$

式中：

RCVSi_{ov1}—基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$RCVS_{iov2} = \frac{ACR}{IOVER_{ca2} \times SF_i}$$

式中：

RCVSi_{ov2}—基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

基于 5 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSE_{ca} \times SF_d + (PISER_{ca} + IOVER_{ca1} + IOVER_{ca2}) \times SF_i}$$

式中：

RCVSn—基于 5 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

10.2. 基于非致癌风险的土壤风险控制值

(1) 基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_o \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}}$$

式中：

HCVSois—基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；

AHQ—可接受危害商值，无量纲，取值为 1。

(2) 基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$HCVS_{der} = \frac{RfD_a \times SAF \times AHQ}{DCSER_{nc}}$$

式中：

HCVSder—基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(3) 基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}}$$

式中：

HCVS_{pis}—基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg⁻¹。

(4) 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$HCVS_{iov1} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc1}}$$

式中：

HCVS_{iov1}—基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg⁻¹。

(5) 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$HCVS_{iov2} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc2}}$$

式中：

HCVS_{iov2}—基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg⁻¹。

基于 5 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值计算公式如下：

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\left(\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{ISPER_{nc} + IOVER_{nc1} + IOVER_{nc2}}{RfD_i} \right)}$$

式中：

HCVS_n—单一污染物基于 5 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg⁻¹。

10.3. 风险控制值计算结果

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 计算目标地块的风险控制值，如表 10.3-1 所示。锑和汞无致癌风险，因此选择基于非致癌效应的风险控制值作为最终的土壤风险控制值，分别为 179mg/kg 和 124mg/kg。砷、镉和钴的致癌风险要高于非致癌风险，因此选择基于致癌效应的风险控制值作为最终的土壤风险控制值，分别为 1.49mg/kg、91.3mg/kg 和 18.3mg/kg。

表 10.3-1 目标地块基于风险评估的土壤风险控制值

序号	污染物名称	基于致癌效应的风险控制值 mg/kg	基于非致癌效应的风险控制值 mg/kg	土壤风险控制值 mg/kg
1	锑	/	179	179
2	砷	1.49	88.7	1.49
3	镉	91.3	154	91.3
4	钴	18.3	73.2	18.3
5	汞	/	123	123

10.4. 修复目标值

10.4.1. 确定原则

地块修复（风险管控）目标是土壤污染状况调查和风险评估确定的目标污染物对人体健康和生态受体不产生直接或潜在危害，或不具备环境风险的污染修复终点。对于土壤的修复目标值，国家导则和技术指南的相关规定如下：

《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）的规定，修复目标值确定的依据为：分析比较按照 HJ25.3-2019 计算的土壤风险控制值、GB 36600-2018 规定的筛选值和管制值、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及国家和地方有关标准中规定的限值，结合目标污染物形态与迁移转化规律等，合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》的规定：初步修复目标值，是根据场地可接受污染水平、场地背景值或本底值、经济技术条件和修复方式（修复和工程控制）、当地社会经济发展水平等因素综合确定的场地土壤和地下水中的污染物修复后需要达到的限值。我国为发展中国家，经济和土壤、地下水修复技术水平相对欧美国家较落后。因此，在提出场地修复目标时，应综合考虑实际修复技术的可达性及当地经济的承受水平等因素，参考风险控制值及可接受风险水平，合理确定场地建议修复目标值。

污染地块最终修复目标的确定，还应综合考虑修复后土壤的最终去向和使用方式、修复技术的选择、修复时间、修复成本以及法律法规、社会经济因素。本地块土壤中目标污染物最终控制值的确定综合考虑了初步控制值、《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）筛选值、管制值和背景值等，第二类用地情景下筛选主要方法如下：（1）若最终污染物风险控制值小于 GB 36600-2018 相应用地类型的筛选值则采用筛选值作为最终的修复目

标值；(2) 若最终污染物风险控制值大于 GB 36600-2018 相应用地类型的管制值则采用管制值作为最终的修复目标值；(3) 若最终污染物风险控制值在筛选值和管制值之间则采用该风险控制值作为最终的修复目标值。

10.4.2. 修复目标值确定

综合考虑以上确定原则，最终本地块各土壤污染物的修复（风险管控）目标值如表 10.4-1 所示。

表 10.4-1 目标地块土壤修复目标值

序号	污染物名称	土壤风险控制值 mg/kg	GB 36600-2018 第二类用地		土壤修复目标值 mg/kg
			筛选值 mg/kg	管制值 mg/kg	
1	镉	179	180	360	180
2	砷	1.49	60	140	60
3	镉	91.3	65	172	91.3
4	钴	18.3	70	350	70
5	汞	123	38	82	82
6	铅	316	800	2500	800

10.5. 修复范围确定

10.5.1. 基本原则

污染地块修复是指通过物理、化学、生物的方法，消除或降低地块污染物对环境及人体带来的风险降至可接受风险水平范围内的过程。地块修复的目标是保障人体健康，使得环境中污染物风险水平降低到可接受的水平。因此对于污染物浓度大于或等于修复目标值的污染土壤需要进行修复。

依据国家政策和技术导则，结合地块实际情况，确定污染土壤建议修复范围时的原则为：

(1) 由于土壤本身的异质性，使用插值法可能导致污染物有所遗漏，考虑到本地块污染区域土壤采样点密度不大，基于保守性原则，土壤修复范围采用无污染点位连线法确定，通过将污染点位周边未超标点连线，确定土壤修复的平面范围。

(2) 确定土壤的修复深度时，考虑不同层间的污染分布和工程技术可行性，估算出不同深度污染土壤范围与修复量。

综上，目标地块在详细调查期间采样深度分层原则为 1m 深度以内，0-0.5m 采集一个样品，0.5~1.0m 采集一个样品，1.0~2.0 采集一个样品，2.0~4.0m 采

集一个样品，4.0~5.0m 采集一个样品。故本次修复量和管控范围的计算分层原则也遵循上述分层原则。平面范围则通过将超标点位周边最近未超标点连线，以确认各层需要修复的范围，若连线区域超出地块红线范围，则以地块红线为修复边界。

目标地块超修复目标点位信息如下表所示。

表 10.5-1 项目超修复目标点位信息表

序号	名称	筛选值/ mg/kg	超标点 位	坐标		超标浓度 /mg/kg	超标深 度/m
				X	Y		
1	镉	60	A33	2738674.16	38455908.6 8	90.1	0.5~1.0
			S2	2738680.64	38455904.3 4	599	1.0~2.0
2	铅	800	A39	2738653.17	38455918.3	6150	0~0.5
			A39	2738653.17	38455918.3	981	0.5~1.0
			S2	2738680.64	38455904.3 4	2184	0~0.5
			S2	2738680.64	38455904.3 4	2028	1.0~2.0
			S1	2738699.42	38455909.0 4	1005	0.5~1.0
3	砷	60	A39	2738653.17	38455918.3	1030	0~0.5
			A39	2738653.17	38455918.3	97.3	0.5~1.0
			A39	2738653.17	38455918.3	102	2.0~4.0
			A33	2738674.16	38455908.6 8	122	0~0.5
			A51	2738607.19	38455917.6 1	58.3	0~0.5
			S2	2738680.64	38455904.3 4	199	0~0.5
			S1	2738699.42	38455909.0 4	2220	1.0~2.0
			S1	2738699.42	38455909.0 4	60.5	0~0.5
			S1	2738699.42	38455909.0 4	305	0.5~1.0
			S1	2738699.42	38455909.0 4	51.4	1.0~2.0
			T2	2738558.05	38456055.9 0	73.7	0.1~ 0.4

4	汞	38	S2	2738680.64	38455904.34	192	2.0-4.0
5	镉	180	A39	2738653.17	38455918.3	984	0-0.5
			S2	2738680.64	38455904.34	275	1.0-2.0
6	钴	70	S2	2738680.64	38455904.34	178	1.0-2.0

10.5.2. 砷的修复范围

根据调查及风险评估结果，基于以上原则确定砷的修复目标为 60mg/kg，0~0.5m 需修复的面积为 1918.72m²，修复深度为 0.5m，修复土壤量为 959.36m³；0.5~1.0m 需修复的面积为 1360.55m²，修复深度为 0.5m，综合修复土壤量为 680.28m³；1.0~2.0m 需修复的面积为 381.39m²，修复深度为 1.0m，综合修复土壤量为 381.39m³；2.0~4.0m 需修复的面积为 773.36m²，修复深度为 2.0m，综合修复土壤量为 1546.72m³。综合修复土方量为 3354.75m³。

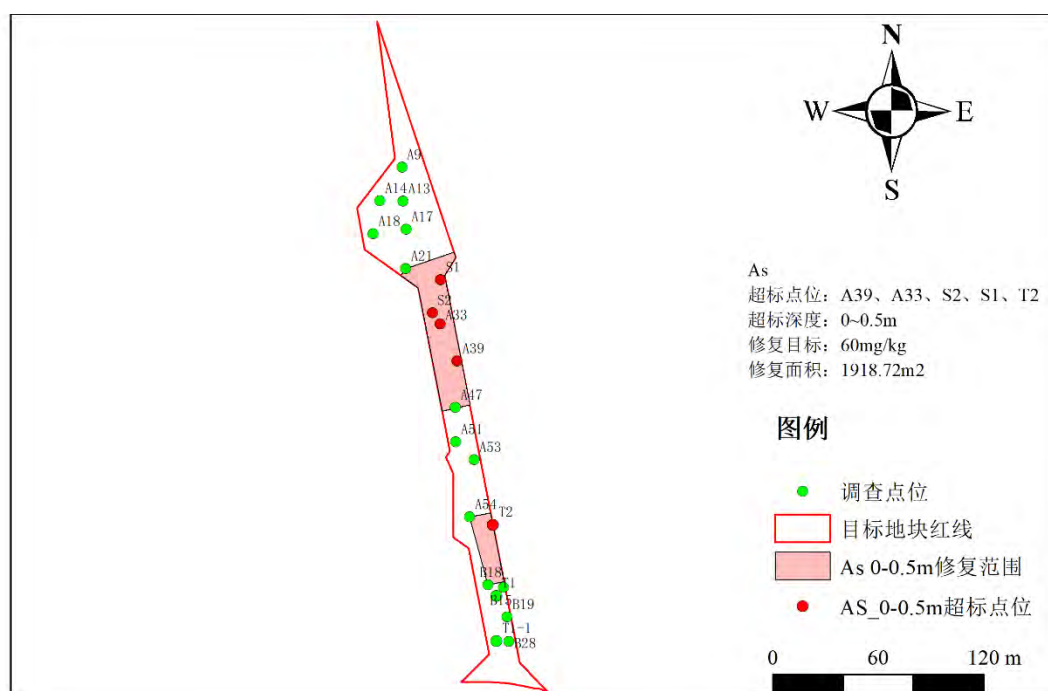


图 10-1 砷的修复范围图 (0~0.5m)

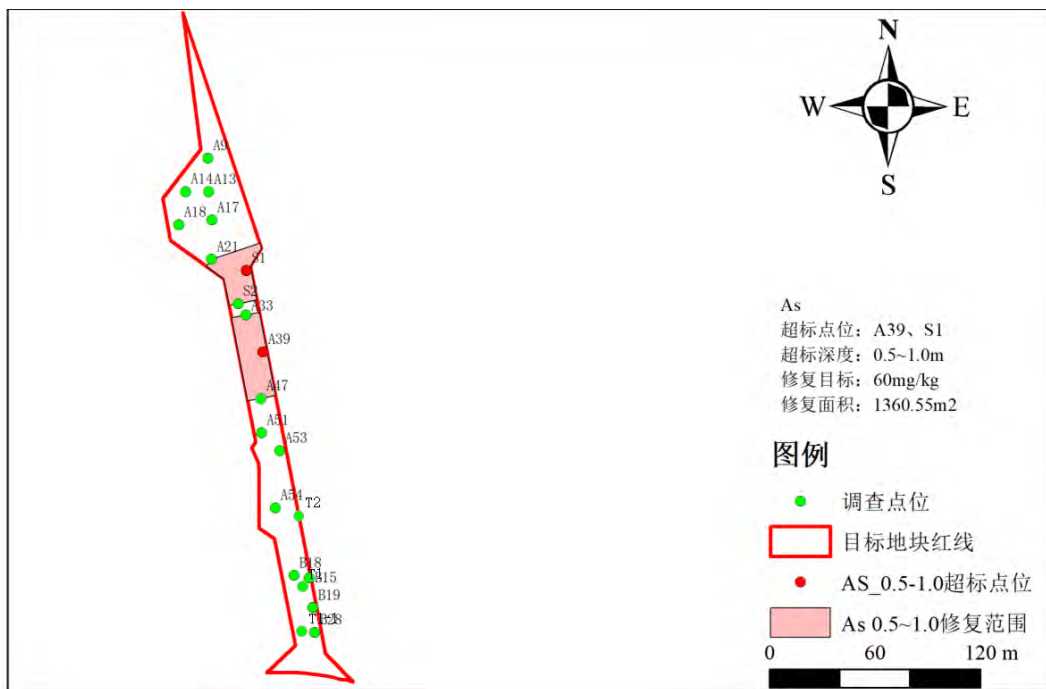


图 10-2 砷的修复范围图 (0.5~1.0m)

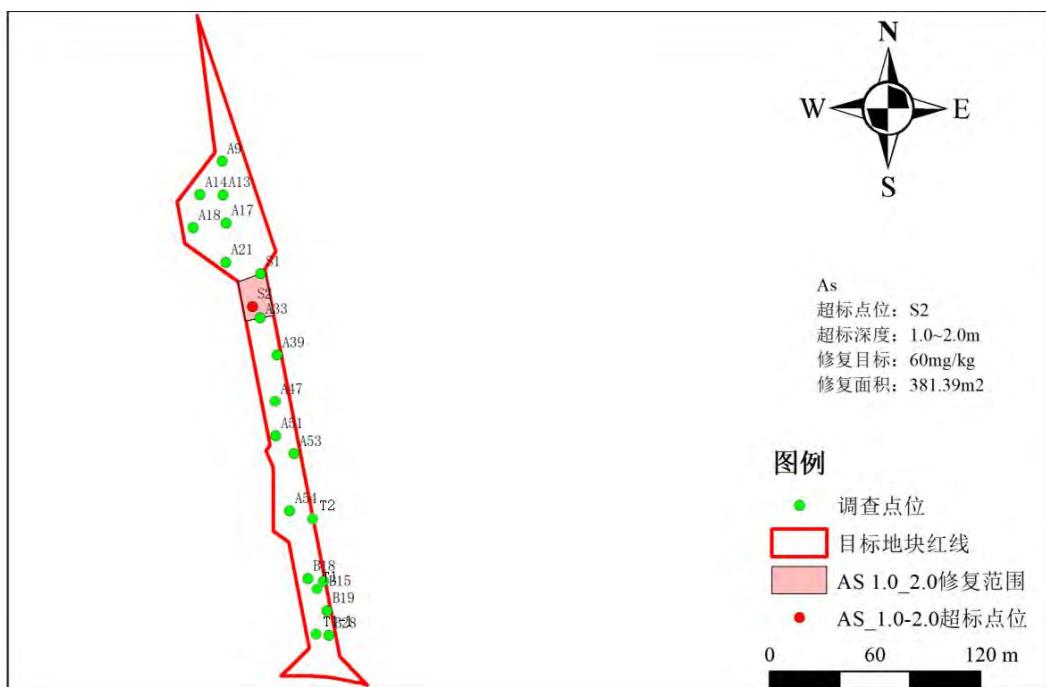


图 10-3 砷的修复范围图 (1.0~2.0m)

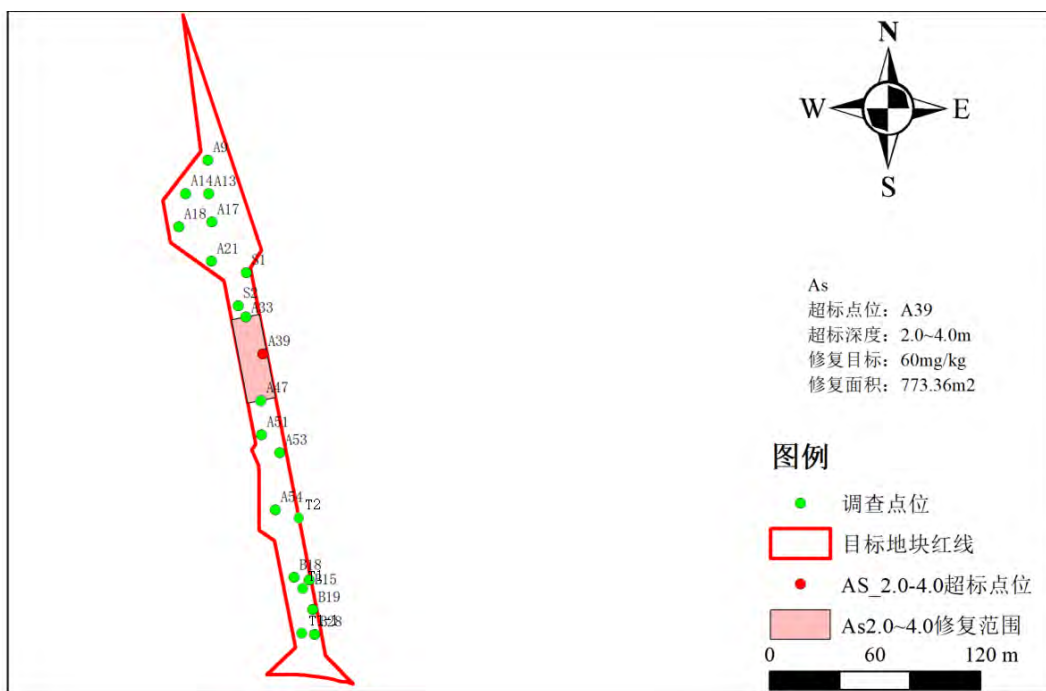


图 10-4 砷的修复范围图 (2.0~4.0m)

10.5.3. 锑的修复范围

根据调查及风险评估结果，基于以上原则确定锑的修复目标为 180mg/kg，0.5~1.0m 需修复的面积为 771.04m²，修复深度为 0.5m，修复土壤量为 385.52m³；1.0~2.0m 需修复的面积为 349.45m²，修复深度为 1m，综合修复土壤量为 349.45m³。综合修复土方量为 734.97m³。

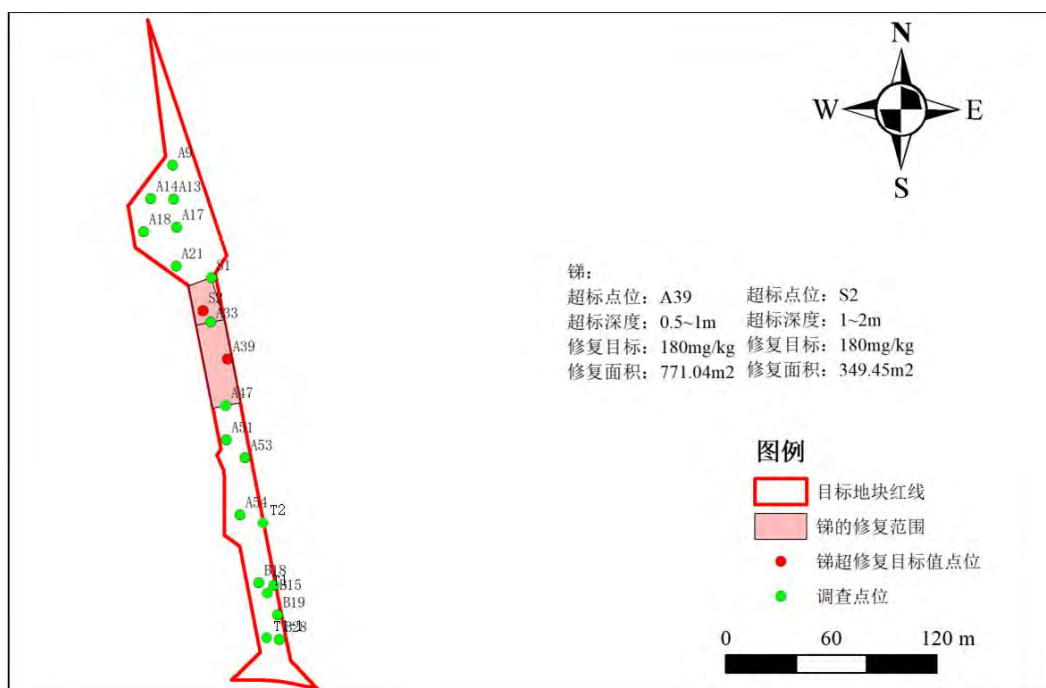


图 10-5 锑的修复范围图

10.5.4. 镉的修复范围

根据调查及风险评估结果，基于以上原则确定镉的修复目标为 91.3mg/kg，1.0~2.0m 需修复的面积为 349.45m²，修复深度为 1m，综合修复土壤量为 349.45m³。

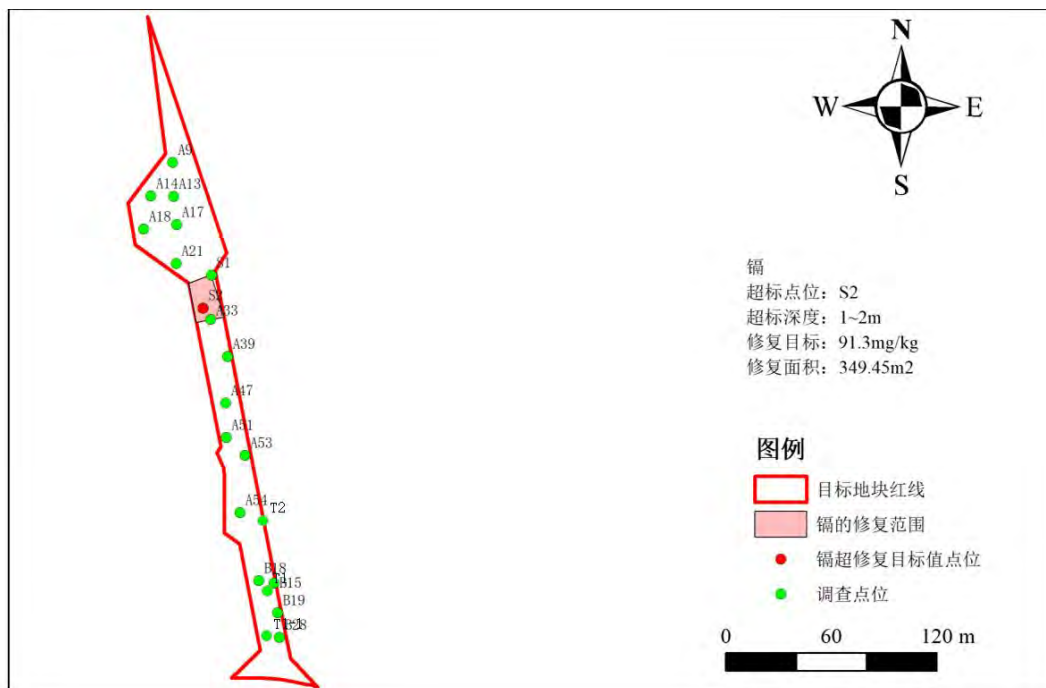


图 10-6 镉 1~2m 的修复范围图

10.5.5. 钴的修复范围

根据调查及风险评估结果，基于以上原则确定钴的修复目标为 70mg/kg，1.0~2.0m 需修复的面积为 349.45m²，修复深度为 1m，综合修复土壤量为 349.45m³。

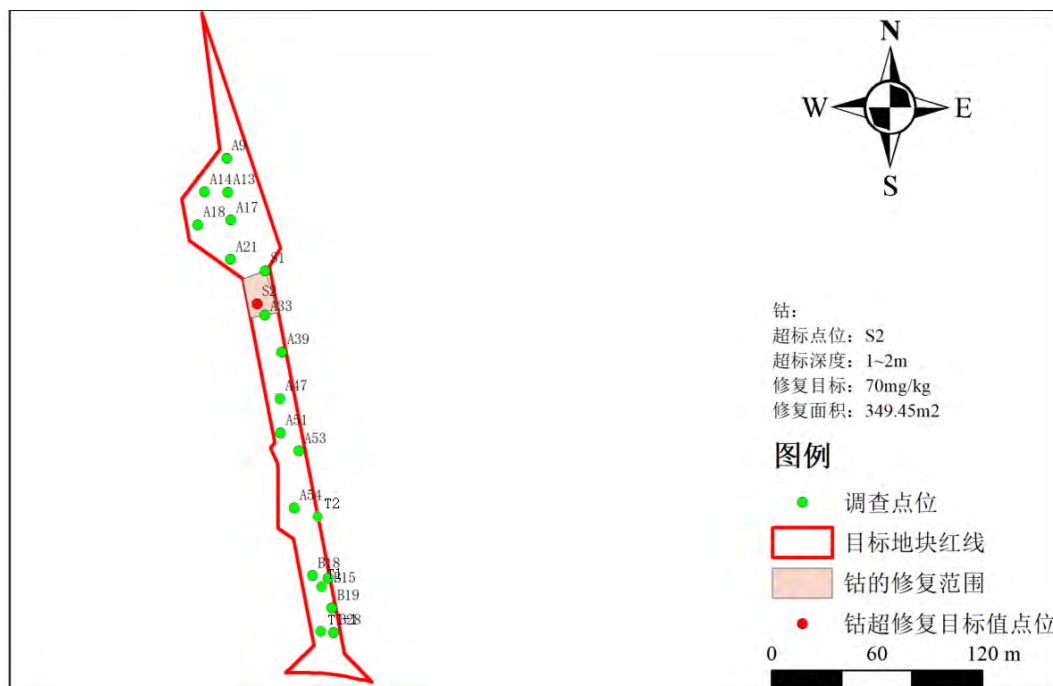


图 10-7 钴 1~2m 的修复范围图

10.5.6. 汞的修复范围

根据调查及风险评估结果，基于以上原则确定汞的修复目标为 82mg/kg，2.0~4.0m 需修复的面积为 349.45m²，修复深度为 2m，综合修复土壤量为 698.90m³。

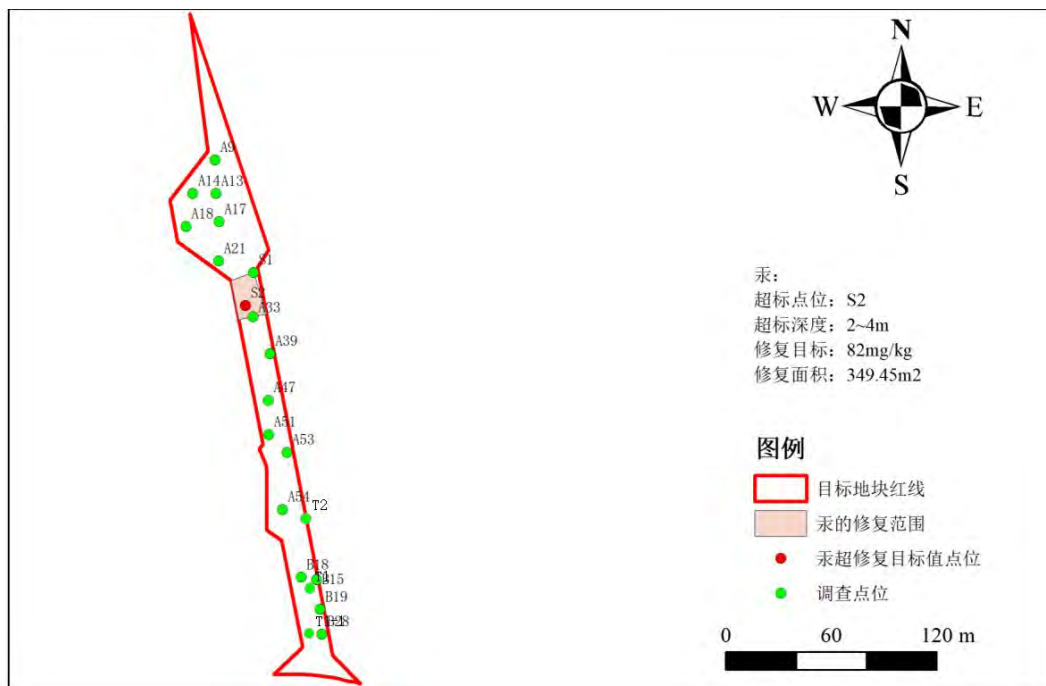


图 10-8 汞 2~4m 的修复范围图

10.5.7. 铅的修复范围

根据调查及风险评估结果，基于以上原则确定铅的修复目标为 800mg/kg，0~0.5m 需修复的面积为 1120.54m²，修复深度为 0.5m，修复土壤量为 560.27m³；0.5~1.0m 需修复的面积为 1360.55m²，修复深度为 0.5m，综合修复土壤量为 680.28m³；1.0~2.0m 需修复的面积为 349.45m²，修复深度为 1.0m，综合修复土壤量为 349.45m³。综合修复土方量为 1590m³。

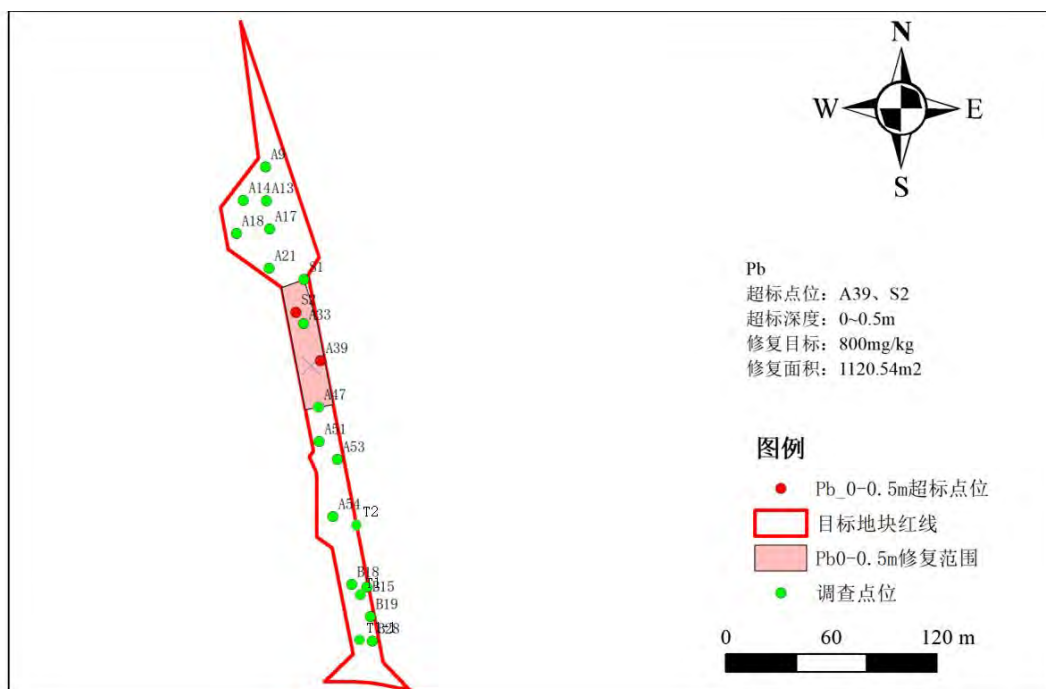


图 10-9 铅 0-0.5m 的修复范围图

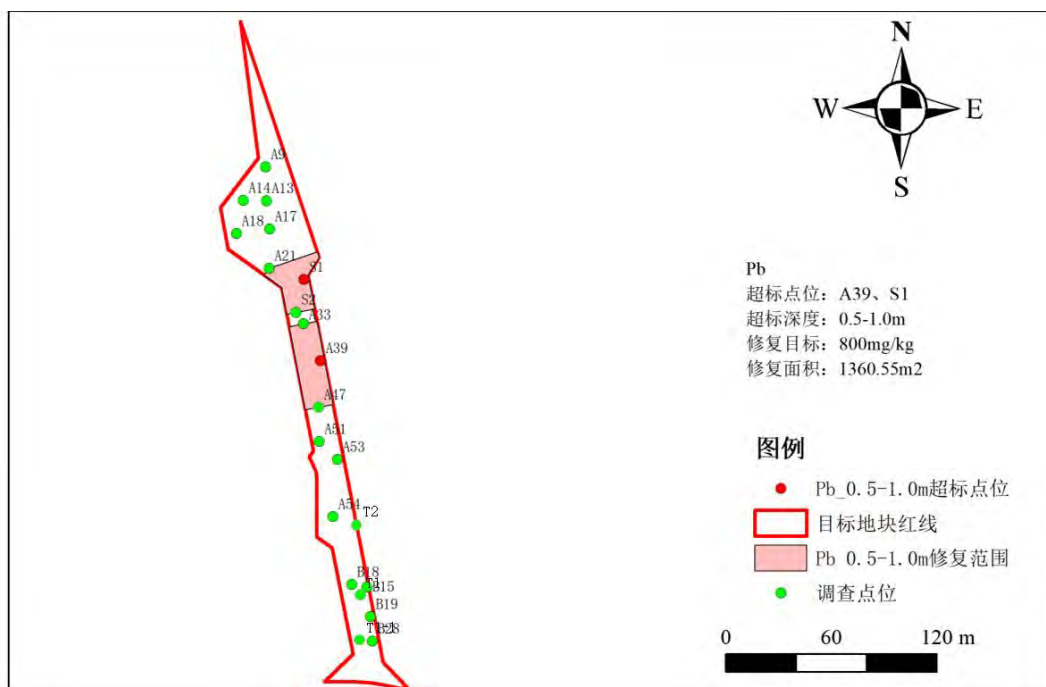


图 10-10 铅 0.5-1.0m 的修复范围图

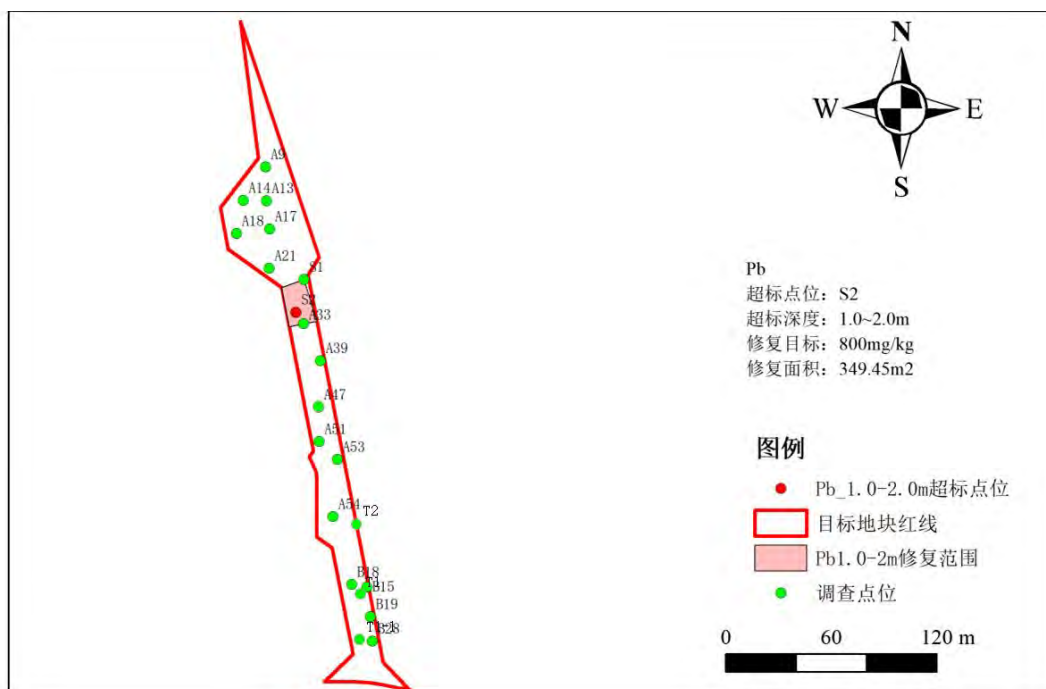


图 10-11 铅 1.0-2.0m 的修复范围图

10.5.8. 综合修复范围

综上目标地块 0-0.5m 深度内超标因子有铅、砷、镉；超标点位有 A39、A33、T2、S2 和 S1；超标深度为 0.5m、修复面积为 1918.72m²；修复体积为 959.36m³，如图 10-12 所示。0-0.5m 拐点坐标如表 10.5-2 所示。

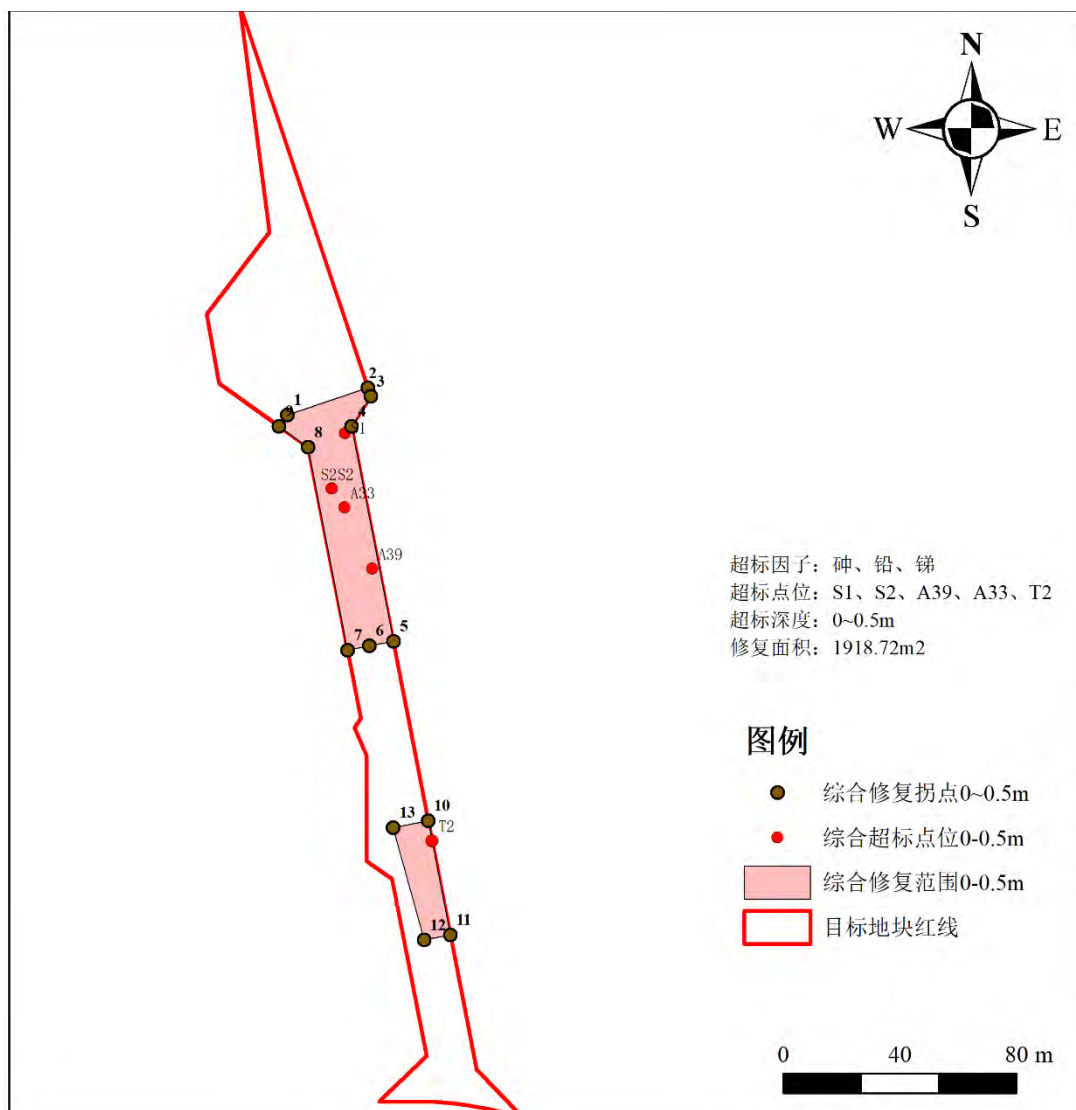


图 10-12 目标地块 0~0.5m 修复范围

表 10.5-2 目标地块 0~0.5m 修复拐点坐标 (CGCS 2000)

Name	Point_X	Point_Y
1	38456006.27	2738704.05
2	38456033.88	2738713.274
3	38456034.84	2738710.382
4	38456028.36	2738700.142
5	38456042.67	2738626.474
6	38456034.48	2738624.884
7	38456026.96	2738626.422
8	38456031.46	2738692.926
9	38456003.44	2738700.107
10	38456054.61	38456054.61
11	38456062.22	38456062.22
12	38456053.23	38456053.23
13	38456042.62	38456042.62

综上目标地块 0.5-1.0m 深度内超标因子有铅、砷；超标点位有 A39 和 S1；超标深度为 0.5m、修复面积为 1360.55m²；修复体积为 680.28m³，如图 10-13 所示。0.5-1.0m 拐点坐标如表 10.5-3 所示。

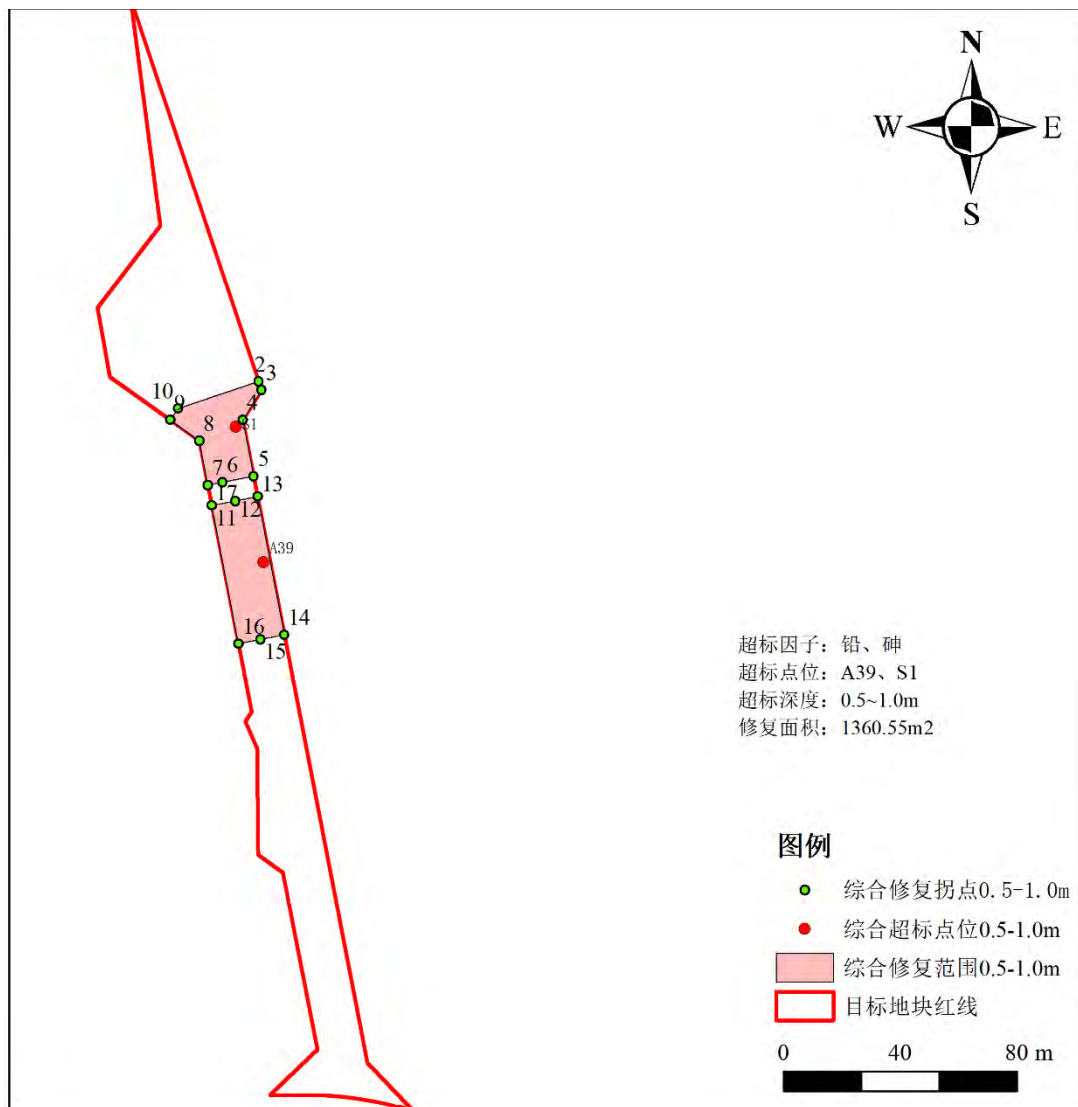


图 10-13 目标地块 0.5-1.0m 修复范围

表 10.5-3 目标地块 0.5-1.0m 修复拐点坐标 (CGCS 2000)

Name	Point_X	Point_Y
1	38456006.27	2738704
2	38456033.88	2738713.3
3	38456034.84	2738710.4
4	38456028.36	2738700.1
5	38456032.11	2738680.8
6	38456021.53	2738678.8
7	38456016.4	2738677.8
8	38456013.46	2738692.9

Name	Point_X	Point_Y
9	38456003.44	2738700.1
10	38456006.27	2738704
11	38456017.77	2738670.7
12	38456025.86	2738672.3
13	38456033.48	2738673.8
14	38456042.67	2738626.5
15	38456034.48	2738624.9
16	38456026.96	2738623.4
17	38456017.77	2738670.7

综上目标地块 1.0-2.0m 深度内超标因子有铅、镉、砷、锑和钴；超标点位有 S2；超标深度为 1.0m、修复面积为 395.73m²；修复体积为 395.73m³，如图 10-14 所示。1.0-2.0m 拐点坐标如表 10.5-4 所示。

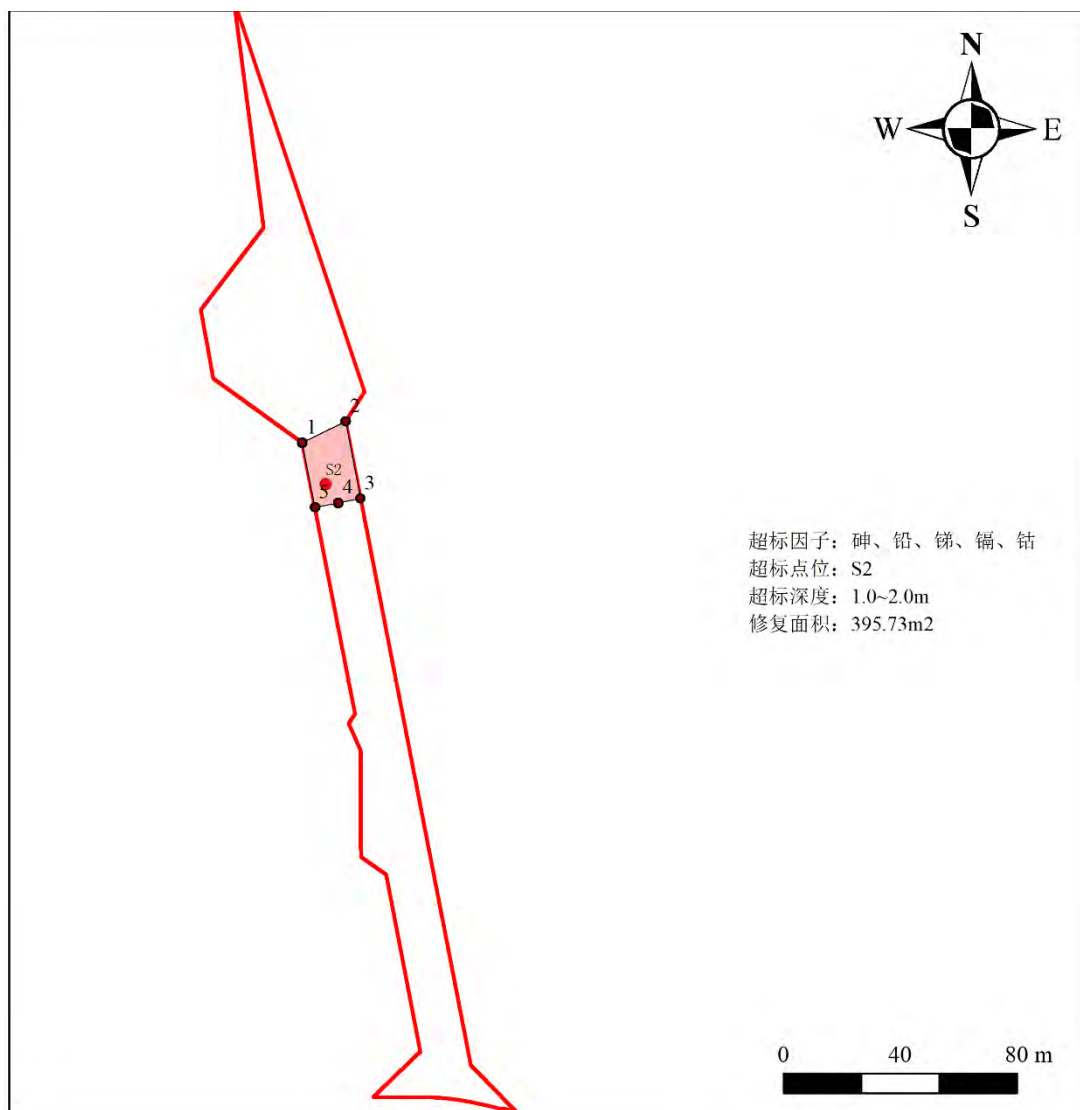


图 10-14 目标地块 1.0-2.0m 修复范围

表 10.5-4 目标地块 1.0-2.0m 修复拐点坐标 (CGCS 2000)

Name	Point_X	Point_Y
1	38456013.46	2738692.926
2	38456028.36	2738700.142
3	38456033.48	2738673.781
4	38456025.86	2738672.302
5	38456017.77	2738670.729

综上目标地块 2.0-4.0m 深度内超标因子有砷和汞；超标点位有 S2 和 A39；超标深度为 2.0m、修复面积为 1120.49m²；修复体积为 2240.98m³，如图 10-15 所示。2.0-4.0m 拐点坐标如表 10.5-5 所示。

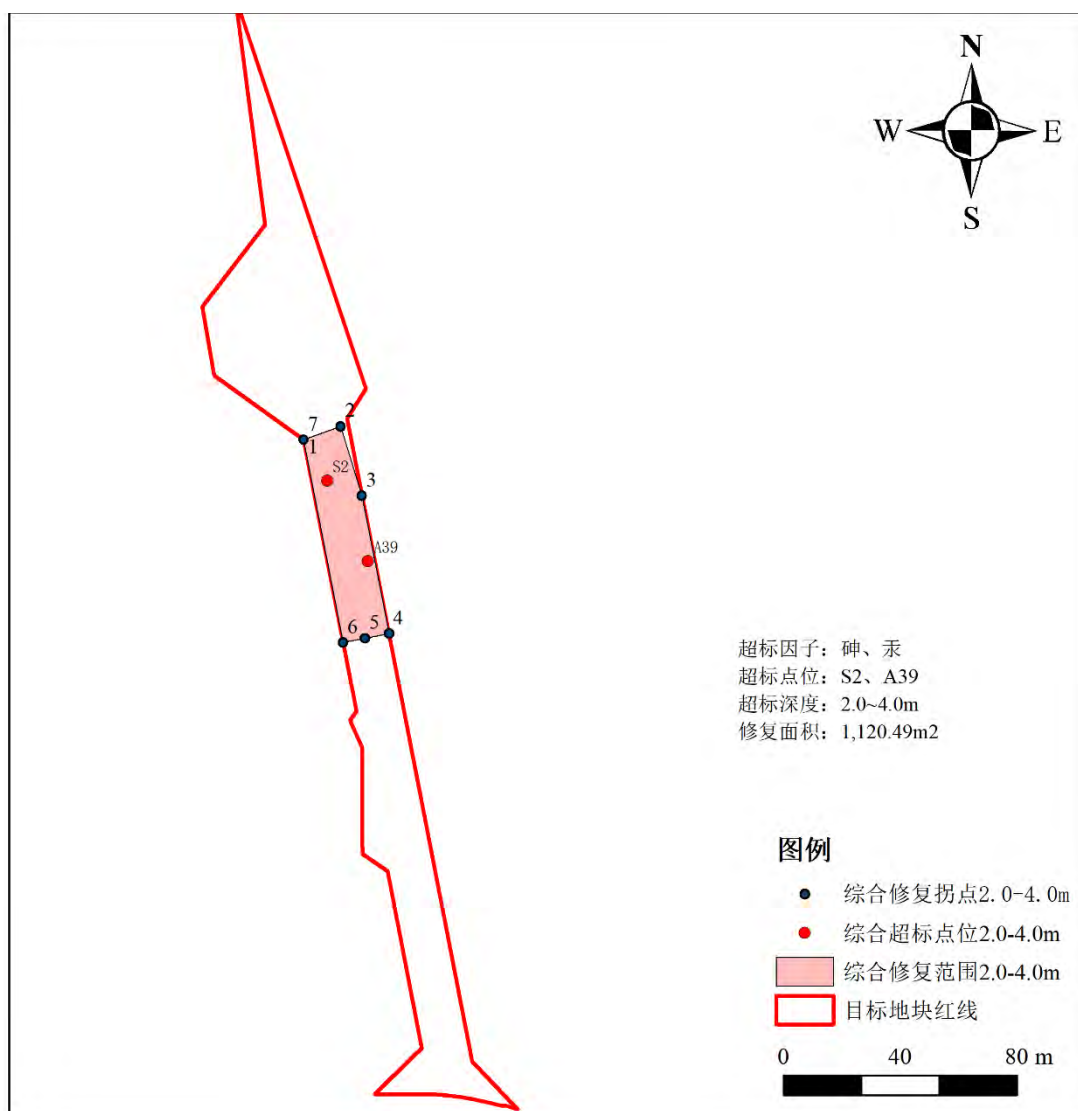


图 10-15 目标地块 2.0-4.0m 修复范围

表 10.5-5 目标地块 2.0-4.0m 修复拐点坐标 (CGCS 2000)

Name	Point_X	Point_Y
1	38456013	2738692.926
2	38456026	2738697.554

3	38456033	2738673.777
4	38456043	2738626.474
5	38456034	2738624.884
6	38456027	2738623.422
7	38456013	2738692.926

10.6. 小结

综上，目标地块需修复的污染物中锑的修复目标 180mg/kg；砷修复目标 60mg/kg；镉的修复目标 91.3mg/kg；钴的修复目标 70mg/kg；汞的修复目标 82mg/kg；铅的修复目标 800mg/kg。

目标地块需修复的区域分为 4 层。其中 0-0.5m 需修复面积为 1918.72m²，修复体积为 959.36m³；0.5-1.0m 需修复面积为 1360.55m²；修复体积为 680.28m³；1.0-2.0m 修复面积为 395.73m²；修复体积为 395.73m³；2.0~4.0m 需修复面积为 1120.49m²；修复体积为 2240.98m³。总计需修复 4267.35 m³。

11. 结论与建议

11.1. 风险评估结论

(1) 土壤风险水平

根据“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土地未来利用规划、用地功能及受体暴露特性，定量计算了各种关注污染物的健康风险。同时，以 1.0×10^{-6} 作为可接受致癌风险水平，以 1 作为可接受危害商，计算了超标污染物的风险控制目标值。

土壤风险评估结果显示，第二类用地情景下该地块：土壤中超过可接受致癌风险水平或非致癌危害商水平的污染物包括镉、砷、镉、钴和汞。计算结果表明，砷的致癌风险超过可接受水平，致癌风险为 $1.88E-03$ ，超过可接受的风险水平三个数量级；镉的致癌风险超过可接受水平，致癌风险为 $6.56E-06$ ，在一个数量级以内；钴的致癌风险超过可接受水平，致癌风险为 $9.75E-06$ ，在一个数量级以内。在非致癌风险计算中镉的危害商为 5.64；砷危害商为 19.6；镉的危害商为 1.87；；钴的危害商为 1.33；汞的危害商为 1.51。

综上，土壤风险表征结果表明，目标地块的砷、镉和钴的致癌风险超过了可接受水平；镉、砷、镉、钴和汞的非致癌风险水平超过了可接受水平。镉、砷、镉、钴和汞存在潜在的人体健康风险。

ALM 模型评估结果显示，怀孕妇女胎儿血铅浓度 95% 上限浓度为 $35.7 \mu\text{g}/\text{dL}$ ，高于目标值 $5 \mu\text{g}/\text{dL}$ 的概率为 100%，大于 5% 的可接受水平。

11.2. 修复目标值及风险管控范围

土壤中目标污染物最终控制值的确定综合考虑了初步控制值、《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)筛选值和管制值，根据污染物的暴露途径以及土壤背景值等参数对初步控制值进行初步校正。对于校正后的污染物风险控制值若小于 GB 36600-2018 相应用地类型的筛选值则采用筛选值作为最终的修复目标值；若大于 GB 36600-2018 相应用地类型的管制值则采用管制值作为最终的修复目标值；若在筛选值和管制值之间则采用校正后的结果作为最终的修复目标值。

目标地块需修复的污染物有镉，修复目标 180mg/kg，需修复土方量为 734.97m³；砷，修复目标 40mg/kg，需修复土方量为 4150.97m³；镉，修复目标 91.3mg/kg，需修复土方量为 349.45m³；钴，修复目标 40mg/kg，需修复土壤方为 349.45m³；汞，修复目标 82mg/kg，需修复土方量为 698.90m³；铅，修复目标 800mg/kg 根需修复土方量为 1590m³。

11.3. 修复或管控区域环境管理与保护措施

本次调查和风险评估完成后，目标地块需开展风险修复或管控工作。在本次调查工作完成后至目标地块环境修复方案经生态环境主管部门备案前，目标地块责任单位应对修复区域进行必要的管理和保护，避免修复区域受到扰动影响下一步环境修复工作。具体保护措施为：

1、修复过程中应规范污染土壤分类管理，避免二次污染；

2、对修复区域：在修复区域边界悬挂明显标志，在地块修复实施方案通过相关主管部门备案之前，禁止任何单位和人员开挖、取土等扰动修复区域的行为，确保下一步修复工作的顺利开展和环境安全；

3、对超筛选值无风险区域：加强后期环境监管，建议该部分土壤不出场、出场前进行风险评估或禁止其进入第一类用地区域。

4、本次补充调查期间未发现地下水存在，前期调查中地块周边有地下水超标情况。在后续地块开发使用过程中，如发现地下水，应及时补充监测并做好应对措施，确保地下水对人体健康及周边环境安全。

12. 附件

12.1. “515 工程”配套道路工程与涉及污染土地有关范围情况的函

韶 关 市 自 然 资 源 局

关于出具“515 工程”配套道路工程与涉及污染土地有关范围情况的函

市住建局：

来函《韶关市住建局关于请予出具“515 工程”配套道路工程相关用地红线的函》收悉。经研究，我局意见如下：

一、经我局核对“广东省建设用地污染地块信息系统”的“建设用地土壤污染状况调查名录”，“515 工程”配套道路涉及污染地块“韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）地块”。

二、经我局比对，“韶关市 XL0405-03 号（村头村政府储备地）地块”占地面积 92585 m²，其中“515 工程”配套道路涉及该地块的用地面积 7465 m²。

附图：“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块关系图



（联系人：唐日光， 电话：8778040）

12.3. “515 工程” 配套道路工程——勘察报告

资质等级 甲级

证书编号 B244054436

报告编号	2022-KC
工程量	352.0m/18孔
勘察等级	甲级

515 配套工程道路

岩土工程勘察报告

(详细勘察阶段)

野外编录	刘 向 武	
报告编写	谢 柳 平	
项目负责	余 浩	
报告审核	赖 政 勇	
报告审定	李 祖 信	
总 工	李 祖 信	
法定代表人	林 建 秋	



韶关地质工程勘察院有限公司

ShaoGuan Geological Engineering Reconnaissance Institute Co.,LTD

地址: 韶关市武江区地质中学内

[Http://www.sggk.com.cn](http://www.sggk.com.cn)

电话: 0751-8130704

传真: 0751-8130704

二 〇 二 三 年 二 月

目 录

一、概述.....	1
1.1 任务依据.....	1
1.2 工程概况.....	1
1.3 勘察目的及技术要求.....	1
1.4 勘察概况.....	3
1.5 勘察编制依据.....	4
1.6 其他说明.....	5
二、自然地理概况.....	5
2.1 交通位置.....	5
2.2 地形地貌.....	6
2.3 气象概况.....	6
2.4 水文概况.....	7
2.5 地质构造.....	7
三、工程地质条件.....	8
3.1 地层岩性.....	8
四、水文地质条件.....	13
4.1 地表水概况.....	13
4.2 地下水类型、埋藏条件、流向及水位变化幅度.....	13
4.3 土层的渗透特性.....	14
4.4 水和土的腐蚀性评价.....	14
五、地震效应.....	16
5.1 场地地震历史资料.....	16
5.2 场地岩土剪切波速测试.....	16
5.3 场地类别划分.....	16
5.4 抗震设防烈度及地震参数.....	17
5.5 抗震地段划分.....	17
5.6 场地砂土液化判别.....	17
六、不良地质和特殊岩土.....	17

6.1 不良地质作用及地质灾害	17
6.2 不利埋藏物	18
6.3 特殊岩土	19
七、岩土主要物理力学指标建议值	19
7.1 统计方法	19
7.2 统计数据的可靠性	20
7.3 设计参数建议值	20
八、工程地质条件评价	21
8.1 各岩土层评价	21
8.2 工程地质分段与评价	21
8.3 路基干湿类型	25
8.4 场地稳定性及适宜性评价	25
8.5 地基均匀性评价	27
8.6 工程措施建议	28
九、地质条件可能造成的工程风险评价	28
十、结论与建议	29
10.1 结论	29
10.2 建议	30
 附图：	
1. 规划道路平面总图	1 张
2. 勘探点平面布置图	1 张
3. 工程图例	1 张
4. 工程地质剖面图	6 张
5. 钻孔地质柱状图	18 张
 附表（件）：	
1. 勘探孔数据一览表	1 页

2. 各勘探孔分层深度、高程、层厚一览表·····	1 页
3. 标准贯入试验成果表·····	1 页
4. 土工试验物理力学性质指标统计成果表·····	1 页
5. 土工试验报告·····	1 页
6. 水质分析报告·····	2 页
7. 土的腐蚀性测试（土的易溶盐分析）报告·····	1 页
8. 岩石点荷载强度测试报告·····	1 页
9. 钻孔岩芯照片·····	2 页

一、概述

1.1 任务依据

受韶关市规划市政设计研究院有限公司的委托，我公司承担了 515 配套工程道路的岩土工程详细勘察工作，为工程设计和施工提供所需的工程地质依据。

1.2 工程概况

项目位于韶关市武江区杨梅园山庄（二分店）西南侧，武江大道中段西侧。拟建道路起点接百旺大桥匝道，终点位于杨梅园山庄（二分店）北侧约 10m。拟建道路全长 709m，里程桩号为 K0+000~K0+700，连续布置。道路设计起点坐标 X=2738459.534、Y=456066.951，设计终点坐标 X=2738943.060、Y=456205.850。拟建道路位于山坡上，大部分区域被树林和野草覆盖，北侧道路现状为鱼塘。拟建工程属城市道路新建工程，道路等级为城市支路，设计宽度 16m，为双向两车道，设计速度 30km/h，混凝土路面，详见附图《勘探点平面布置图》。

1.3 勘察目的及技术要求

1.3.1 勘察目的

- 1、查明沿线各地段不良地质作用的分布、规模、成因，分析发展趋势，评价其对拟建场地及路基稳定性的影响，提出防治措施的建议；
- 2、查明沿线各地段地层结构及其物理、力学性质；
- 3、查明沿线各地段特殊性岩土、河湖沟坑及暗滨的分布范围，调查工程周边环境条件，分析评价其对设计、施工及路基稳定性的影响，并提出防治措施的建议；

4、查明沿线各地段地下水埋藏条件及其和地表水的补排关系，提供地下水水位动态变化规律，根据需要分析评价其对工程及路基稳定性的影响；

5、查明沿线各区段的土基湿度状况，并提供划分路基干湿类型所需参数；

6、判定水、土对工程材料的腐蚀性；

7、对场地和地基的地震效应进行评价，提供抗震设计所需的有关参数；

8、根据需要，对地基工程性质、围岩分级及稳定性、边坡稳定性等进行分析与评价；

9、对设计与施工中的岩土工程问题进行分析评价，提供岩土工程技术建议和相关岩土参数。

1.3.2 技术要求

道路钻孔由设计单位布置，沿道路中心线或两侧布设，钻孔间距为 11m~120m，钻孔要求钻穿软土至可~硬塑土以下不少于 5.0m，应达到设计路面及排水管道底标高以下 5.0~6.0m，且钻孔深度应不少于 10m。如遇较大范围软基等特殊情况，需与建设单位及设计单位共同协商确定增补方案，调整勘探孔布置或深度。本次勘察共布设钻孔 18 个，编号 ZK1~ZK18。对素填土、黏性土层及强风化岩层要做原位标准贯入测试，含砾粉质黏土层、碎石土层做动力触探试验，并采取岩、土试样进行试验，且应按相应的规范、规程和标准要求进行施工。

1.3.3 封孔要求

每个钻孔终孔一天后，在量测完孔内稳定水位后及时向孔内回填黏土、水泥砂浆等进行封堵。

1.4 勘察概况

1、根据任务要求，收集了拟建场地地形图、《韶关幅地质图 1:20 万 G-49-(30)》(广东省地质局, 1982 年修编再版)、《中国地震动反应谱特征周期区划图》及设计道路基本情况等相关资料。

2、钻孔定位

采用 RTK 进行测量放孔, 坐标系为 2000 国家大地坐标系, 高程基准采用 1985 国家高程系统。

3、钻探

线路各勘察点采用 XY-150 型钻机对其进行钻探, 钻探严格按照钻探技术操作规程进行钻进, 由工程地质技术人员进行编录、拍照, 最终再由机组长与工程地质技术人员共同对孔深进行验证确认后终孔。

4、原位测试

对素填土、黏性土层及强风化岩层钻探时进行标贯试验。根据打入的难易程度(表示为贯入度或锤击数与贯入深度关系图)来判别土的工程性质。

5、取样与室内岩土试验

对钻孔取样, 进行室内试验, 所有岩土试验样品一般在 2 天内由专门的地质技术人员填写送样单, 并核对无误后送试验室进行室内试验, 由试验室签收样品并提供试验成果报告。测试岩土体的物理力学特性, 压缩试验、直剪试验及点荷载强度试验; 对工程区的场地土进行了易溶盐实验, 以查明场地土的腐蚀性。

6、完成工作量

本次勘探共投入 1 台 XY-150 型工程钻机及其配套设备, 于 2023 年 2

月 1 日~2023 年 2 月 10 日进行野外勘察，室内试验于 2023 年 2 月 13 日完成。总体完成工作量见表 1.1，各钻孔详细数据见附表《勘探孔数据一览表》。

表 1.1 工作量统计表

项目	单位	工作量	备注
钻孔	个	18	1、野外钻探工作采用 1 台 XY-150 型工程钻机； 2、土样孔、原位测试孔数量均满足规范要求。
总进尺	m	352.0	
取土试样及土工试验	件/孔	32/12	
取土的腐蚀性试样及试验	件	2	
取水试样及水质筒分析	组	2	
取岩样及岩石点荷载试验	组/孔	6/6	
标准贯入试验	次/孔	31/12	
测量放孔	个	18	
量测钻孔稳定水位埋深	个	18	
钻孔岩芯照片	张	18	

1.5 勘察编制依据

- 1、勘察合同
- 2、《市政工程勘察规范》(CJJ 56-2012)；
- 3、《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)2009 年版；
- 4、《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)2016 版；
- 5、《公路工程抗震规范》(JTG B02-2013)；
- 6、《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021)；
- 7、《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)；
- 8、《公路工程地质勘察规范》(JTG C20-2011)；
- 9、《土工试验方法标准》(GB/T 50123-2019)；

- 10、《公路土工试验规程》（JTG E40-2007）；
- 11、《城市道路路基设计规范》（CJJ 194-2013）；
- 12、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）；
- 13、广东省标准《建筑基坑工程技术规程》（DBJ/T15-20-2016）；
- 14、广东省《岩溶地区建筑地基基础技术规范》（DBJ/T15-136-2018）；
- 15、《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）；
- 16、《建筑地基基础检测规范》（DBJ15-60-2019）；
- 17、《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（建设部令第 37 号）；
- 18、《住房和城乡建设部办公厅关于实施《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》有关问题的通知》（建办质[2018]31 号）；
- 19、《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》2020 年版。
- 20、《工程勘察通用规范》（GB55017-2021）；

1.6 其他说明

线路勘探点布置方案详见《勘探点平面布置图》，各地段设计道路标高详见《规划道路平面总图》。

二、自然地理概况

2.1 交通位置

拟建道路位于韶关市武江区新杨梅园山庄二分店北侧及西南侧，南侧与百旺大桥匝道连接，东侧为无名道路连接武江大道，交通便利，工程位置见图 2。



图 2 拟建工程交通位置图

2.2 地形地貌

道路拟建场地整体位于剥蚀丘陵地貌区，现状地貌起伏较大，大部分区域被竹林和野草覆盖，北侧为鱼塘。线址地面高程介于 55.96m~72.60m，各钻孔孔口标高 63.61m~78.70m。

2.3 气象概况

韶关市属中亚热带湿润型季风气候区，一年四季均受季风影响，冬季盛行东北季风，夏季盛行西南和东南季风。四季特点为春季阴雨连绵，秋季降水偏少，冬季寒冷，夏季偏热。年平均气温 18.8° C~21.6° C，最冷月份（1 月）平均气温 8° C~11° C，最热月份（7 月）平均气温 28° C~29° C，冬季各地气温自北向南递增，夏季各地气温较接近。雨量充沛，年均降雨

1400~2400 毫米，3~8 月为雨季，9~2 月为旱季。日平均温度在 10° C 以上的太阳辐射占全年辐射总量的 90%，光能、温度、降水配合较好，雨热基本同季。全年无霜期 310 天左右，年日照时间 1473~1925 小时，北部山区冬季有雪。

2.4 水文概况

辖区内地形复杂，丘陵、平原交错，山峦叠起，山间多封闭洼地、暗河、溶洞较多。属亚热带、中热带季风性气候，高温、多雨，水资源较为丰沛。河川径流主要以降雨形式产生，属雨洪补给型的地区。据韶关市水文站提供资料显示，多年平均降雨量为 1537.4 毫米，径流量为 59.42 亿立方米，丰水年（10%）的总径流量为 91.53 亿立方米，平水年（50%）为 56.44 亿立方米，枯水年（90%）为 31.53 亿立方米，最枯水年（95%）为 26.74 亿立方米。

拟建场地地表水主要为鱼塘，场地东侧约 100m 为浈江，河流及附近地表水体主要为浈江水系。浈江为珠江水系北江干流的上游段支流，全长 211 公里，集雨总面积 7554 平方公里，在韶关汇武江而集成北江后自北向南流入珠江。

2.5 地质构造

据查阅广东省区域地质志和相关地质资料，本区第四系（Q）堆积物分布较广泛，主要为人工填土、坡残积土等；基岩为石炭系下统梓门桥组（C_{1dz}）灰岩。勘察场区域构造无后期构造运动，区域性断裂对场地的稳定性无大影响。断裂带距勘察场地较远且对场地影响较小，故构造对勘察区的稳定性影响较小。

根据区域地质资料，结合本次勘察及周边调查结果，拟建场地内未发现断裂构造通过，未见活动断裂等危害建筑安全稳定的构造运动。

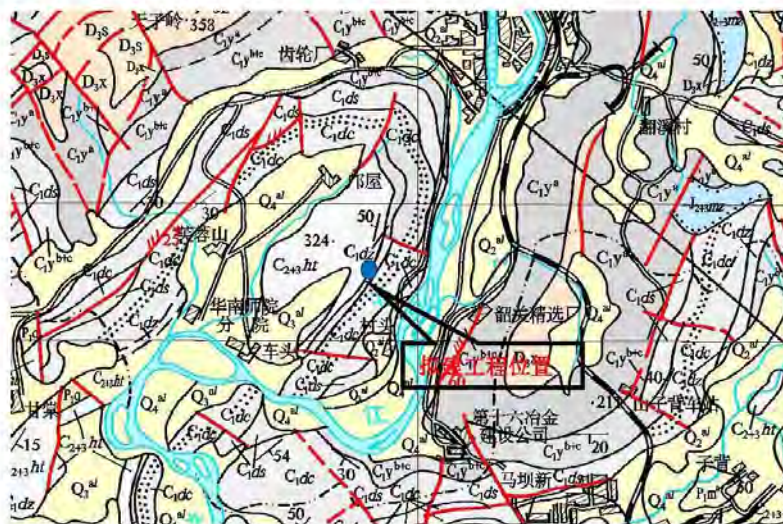


图 2 韶关幅区域地质图(1:20 万)

三、工程地质条件

3.1 地层岩性

根据项目场地钻探揭露，按岩性、地质时代和成因类型来划分，场地的岩土层自上而下分为五大层：第四系人工填土层(Q^{ml})、第四系淤积层(Q^l)、第四系坡积层(Q^{dl})、第四系残积层(Q^{el})及石炭系基岩风化层(C)。各地层情况详见下表3.1。

表3.1 拟建场地岩土单元一览表

分类	成因类型	地层代号	分层代号	岩性	状态
土层	第四系人工填土层	Q^m	1	素填土	松散状
	第四系淤积层	Q^l	2	淤泥质黏土	软塑状
			3-1	粉质黏土	可塑状
	第四系坡积层	Q^d	3-2	含碎石粉质黏土	可塑状
	第四系残积层	Q^{el}	4	粉质黏土	可塑状
岩层	石炭系基岩	C	5	灰岩	中风化

根据钻探揭露，场地内埋藏的岩土层及野外特征自上而下依次描述如下：

(1) 第四系人工填土层(Q^m)

素填土（层序号1）：本次勘察共有12个孔揭露，为人工机械推填而成，其中ZK1、ZK4、ZK5、ZK7、ZK10、ZK18共6个孔揭露填土层回填时间大于3年；ZK12~ZK17孔段共6个孔揭露填土层为新近填土，回填时间约1年。红棕色、灰黑色、杂色，稍湿，松散状，主要成份为黏粒、粉粒，局部夹较多回填碎石，土芯成散体状，局部呈柱状。其中：层厚0.50~9.00m，平均厚度2.78m；顶板标高63.61~78.70m，平均标高71.95m。

本层实测标贯试验7次，实击数为3~5击，平均4.3击，修正后平均4.1击，标准值3.6击。

本层采土工试样7件，土工测试结果主要指标平均值：含水量 $w=28.4\%$ ，孔隙比 $e=0.886$ ，液性指数 $I_L=0.54$ ，压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.54\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_s=3.56\text{MPa}$ ，本层土属高压缩性土。

(2) 第四系淤积层(Q^l)

淤泥质黏土（层序号2）：本次共有4个钻孔揭露本层，灰黑色、灰绿

色，软塑状，主要成分黏粒，其次为粉粒，含有机质成分，土芯呈稍湿软柱状，手捏易变形。其中：层厚 0.70~3.00m，平均厚度 1.83m；顶板埋深 1.00~5.30m，平均埋深 3.35m；顶板标高 64.44~67.81m，平均标高 66.11m。本次揭露该层的孔为：ZK13~ZK16 孔。

本层实测标贯试验 5 次，实击数均为 3 击，平均 3.0 击，修正后平均 2.8 击。

本层采土工试样 6 件，土工测试结果主要指标平均值：含水量 $w=40.3\%$ ，孔隙比 $e=1.119$ ，液性指数 $I_L=0.86$ ，压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.66\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_s=3.21\text{MPa}$ ，本层土属高压缩性土。

(3) 第四系坡积层(Q^{al})

粉质黏土（层序号 3-1）：本次共有 13 个钻孔揭露本层，红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。其中：揭露层厚 1.00~4.30m，平均厚度 2.68m；顶板埋深 0.00~9.00m，平均埋深 1.25m；顶板标高 54.61~78.20m，平均标高 71.66m。本次揭露该层的钻孔有 ZK1~ZK12、ZK17。

本层实测标贯试验 6 次，实击数为 7~10 击，平均 8.5 击，修正后平均 8.1 击，标准值 7.0 击。

本层采土工试样 6 件，土工测试结果主要指标平均值：含水量 $w=27.9\%$ ，孔隙比 $e=0.839$ ，液性指数 $I_L=0.40$ ，压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.37\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_s=4.97\text{MPa}$ ，本层土属中压缩性土。

含碎石粉质黏土（层序号 3-2）：本次共有 4 个钻孔揭露本层，黄褐色，稍湿，可塑状为主，主要成分为黏粒、粉粒夹碎石，局部夹少量卵石，碎石分布及颗粒大小不均匀，层顶较密集；稍有光泽，韧性中等，强度中等。揭

露层厚 1.40~3.30m，平均厚度 2.70m；顶板埋深 3.70~10.50m，平均埋深 6.23m；顶板标高 53.11~68.00m，平均标高 62.86m。本次揭露该层的钻孔有 ZK1、ZK13、ZK14、ZK17。

本层实测标贯试验 6 次，实击数为 11~15 击，平均 13.2 击，修正后平均 11.4 击，标准值 10.0 击。

本层取得原状土样 6 件，土工测试结果主要指标平均值：含水量 $w=24.7\%$ ，孔隙比 $e_s=0.748$ ，液性指数 $I_L=0.36$ ，压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.34\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_s=5.21\text{MPa}$ ，本层土属中压缩性土。

(4) 第四系残积层(Q^d)

粉质黏土（层序号 4）：所有钻孔均有揭露。黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。其中：揭露层厚 4.30~17.20m，平均厚度 12.14m；顶板埋深 2.50~13.50m，平均埋深 4.80m；顶板标高 50.11~74.31m，平均标高 67.34m。

本层实测标贯试验 7 次，实击数为 10~16 击，平均 13.1 击，修正后平均 11.2 击，标准值 9.7 击。

本层采土工试样 7 件，土工测试结果主要指标平均值：含水量 $w=25.1\%$ ，孔隙比 $e=0.765$ ，液性指数 $I_L=0.32$ ，压缩系数 $\alpha_{1-2}=0.33\text{MPa}^{-1}$ ，压缩模量 $E_s=5.32\text{MPa}$ ，本层土属中压缩性土。

(5) 石炭系基岩 (C)

中风化灰岩：本次勘察共有 13 个钻孔有揭露。灰色、深灰色，中风化状，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，岩溶较发育，多呈一层或多层串珠状溶洞，

洞内有粉质黏土全充填。揭露层厚 1.80~6.90m，平均厚度 3.58m；顶板埋深 12.80~18.20m，平均埋深 15.77m；顶板标高 45.81~63.48m，平均标高 55.61m。本次勘察在设计深度范围内未揭穿本层，其中揭露该层的钻孔为 ZK1、ZK3、ZK6、ZK9~ZK18。

本层取 6 组岩石点荷载试样，测得点荷载试验强度最大值为 0.91MPa，最小值为 0.53MPa，平均值 0.71MPa，换算得饱和单轴抗压强度最大值为 21.3MPa，最小值为 14.2MPa，平均值 17.6MPa，标准值 15.5MPa，属较软岩，岩体基本质量等级为 V 级。岩石单轴抗压强度测试统计如表 3.1。根据《工程岩体分级标准》（GB/T 50218-2014）第 3.3.1 条，岩石点荷载强度指数 $I_s(50)$ 换算岩石饱和单轴抗压强度 R_c 公式如下：

$$R_c = 22.82 I_{s(50)}^{0.75} \quad (3.3.1)$$

式中： R_c ——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）。

表 3.1 点荷载抗压强度测试统计表

序号	送样编号	取样深度 (m)	岩石名称	点荷载抗压强度平均值 (MPa)	岩石饱和单轴抗压强度平均值 (MPa)
1	YZK3-1	16.50-17.00	灰岩	0.73	18.0
2	YZK9-1	16.70-17.10	灰岩	0.60	15.6
3	YZK10-1	18.70-19.20	灰岩	0.53	14.2
4	YZK11-2	16.80-17.20	灰岩	0.91	21.3
5	YZK12-1	19.50-20.00	灰岩	0.67	16.9
6	YZK18-1	18.10-18.40	灰岩	0.82	19.7
统计个数 $n=6$ 个		最大值 $Max=21.3$		最小值 $min=14.2$	平均值 $\phi_s=17.6$
标准差 $\sigma_f=2.619$		变异系数 $\delta=0.149$		修正系数 $\gamma=0.877$	标准值 $\phi_k=15.5$

上述各岩土层的分布、厚度变化及结构特征详见《工程地质剖面图》及《钻孔地质柱状图》。

四、水文地质条件

4.1 地表水概况

拟建场地地表水主要为鱼塘，分布于线路 K0+460~K0+700 段，场地东侧约 100m 为北江，河流及附近地表水体主要为北江水系。

4.2 地下水类型、埋藏条件、流向及水位变化幅度

场地为剥蚀丘陵地貌，根据地层分布、岩芯观察及钻孔简易水文地质观测。场区内地下水类型主要为潜水及岩溶裂隙水，按其埋藏条件可分为两种：

一是埋藏在第四系地层中的孔隙水，主要赋存于第四系人工填土层、第四系淤积层、坡积层及残积层中，受大气降水的影响较大，素填土属强透水层，易受地表水、大气降水的渗透补给，粉质黏土层由于土层厚度不均匀且透水性较弱，可视为相对隔水层。

二是埋藏在基岩中的岩溶、裂隙水，主要赋存在灰岩构造裂隙和岩溶中，水量的大小和径流条件受地质构造、节理裂隙及岩溶发育程度控制。因灰岩溶蚀裂隙和溶洞发育，故其水量较丰富。

两类含水层有统一的地下水位，水力联系较密切。地下水的补给源主要为大气降水的垂直补给。场地地下水水量及水位变幅主要受季节降水量的影响而波动，地下水位年变化幅度约 2.00~3.00m。

勘察期间，测得场区钻孔初见水位埋深 0.50m~8.50m，平均埋深 4.79m，稳定地下水位埋深 0.80m~9.10m，平均埋深 5.95m，地下水位标高 60.91m~69.60m，平均标高 66.19m。由于勘察时间短，未能获得场地常年稳定水位变化情况，野外钻探施工受钻探滞留水影响地下水位与真实情况存在一定差异，根据地区经验，一个水文年水位变化幅度约 2.00~3.00m 左右。

4.3 土层的渗透特性

4.3.1 岩土层渗透性评价指标

岩土层的透水性强弱按渗透系数 k 值划分如下表4.3.1:

表4.3.1 岩土层的透水性强弱划分表

透水性等级	极强透水	强透水	中等透水	弱透水	微透水	不透水
k 值 (cm/s)	$K \geq 10^0$	$10^{-2} \leq k < 10^0$	$10^{-4} \leq k < 10^{-2}$	$10^{-5} \leq k < 10^{-4}$	$10^{-6} \leq k < 10^{-5}$	$k < 10^{-6}$

4.3.2 岩土层渗透系数建议值

根据钻探地层资料,本次勘察各岩土层渗透系数的选用,主要根据钻探所揭露岩土体特性,室内土工试验成果,并充分考虑当地工程经验综合确定。

具体建议范围值主要如表 4.3.2。

表 4.3.2 各岩土层渗透系数经验值

层序	岩土名称	渗透系数 (cm/s)	透水率 q (lu)	透水性
1	素填土	2×10^{-2}	/	强透水
2	淤泥质黏土	4×10^{-6}	/	微透水
3-1	粉质黏土	5×10^{-6}	/	微透水
3-2	含碎石粉质黏土	5×10^{-6}	/	微透水
3-3	粉质黏土	5×10^{-6}	/	微透水

4.4 水和土的腐蚀性评价

场地地处湿润区,场地环境类型属II类。

4.4.1 地下水对建筑材料的腐蚀性评价

本次勘察在场地内取地下水试样 2 组进行水质简分析,根据《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001(2009 年版)判定地下水类型为 HCO_3-Ca 型水,综合评价地下水对混凝土结构具微腐蚀,对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀。试验详细结果及腐蚀性评价详见表 4.4.1。

表 4.4.1 地下水对建筑材料的腐蚀性判定表

分析项目	指标		水对混凝土结构的腐蚀性			水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性		
	单位	ZK1	ZK7	II类环境	强透水层	弱透水层	长期浸水	干湿交替
		含量						
镁 (Mg ²⁺)	mg/L	14.48	9.66	微	/	/	/	/
氯根 (Cl ⁻)	mg/L	30.24	18.56	/	/	/	微	微
硫酸根 (SO ₄ ²⁻)	mg/L	25.80	17.32	微	/	/	/	/
氢氧根 (OH ⁻)	mg/L	0.00	0.00	微	/	/	/	/
铵根 (NH ₄ ⁺)	mg/L	0.65	0.49	微	/	/	/	/
侵蚀二氧化碳 (ECO ₂)	mg/L	2.06	3.30	/	微	微	/	/
溶解性总固体 (矿化度)	mg/L	210.3	167.1	微	/	/	/	/
pH	--	6.94	6.75	/	微	微	/	/

4.4.2 土对建筑材料的腐蚀性评价

本次勘察场地内取 2 组地下水位以上土样进行土的易溶盐分析，参照《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 年版）的有关规定，综合评价场地土对混凝土结构具有微腐蚀，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀，对钢结构具有微腐蚀。试验详细结果及腐蚀性评价详见表 4.4.2。

表 4.4.2 场地土对建筑材料的腐蚀性判定表

分析项目	指标		对混凝土结构的腐蚀性			对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性		对钢结构的腐蚀性
	单位	ZK1	ZK7	II类环境	强透水层	弱透水层	A	
Mg ²⁺	mg/kg	13	7	微	/	/	/	/
Cl ⁻	mg/kg	63	42	/	/	/	微	微
SO ₄ ²⁻	mg/kg	50	26	微	/	/	/	/
OH ⁻	mg/kg	0.0	0.0	微	/	/	/	/
易溶盐总量	mg/kg	301	189	微	/	/	/	/
pH	--	7.16	6.81	/	微	微	/	/

注：A 是指地下水位以上的碎石土、砂土，稍湿的粉土，坚硬、硬塑的黏性土；B 是湿、很湿的粉土，可塑、软塑、流塑的黏性土。

4.4.3 地下水的污染源及其可能的污染程度

根据本场地的水样分析结果，场地内地下水暂未发现有污染迹象。根据

周边调查，未发现可污染地下水的污染源。

五、地震效应

5.1 场地地震历史资料

根据地震资料显示，韶关地区是少震区，地震活动比较少，自1362年到1915年的554年间，史料记载的地震有13次，其中最大的地震为1479年的韶州4.5级地震。1970年市境内有地震台以来，共记录全市范围（包括交界区）发生2.0级以上地震108次，最大震级4.0级，发生在1996年4月29日曲江与英德交界处。

5.2 场地岩土剪切波速测试

按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016年版)及《公路工程抗震规范》(JTG B02-2013)结合本工程特点，本次勘察选择ZK1、ZK8、ZK16孔进行估算等效剪切波速，详见表5.1：

表5.1 地基土的等效剪切波速估计值表

层序号	岩土名称	状态	土的类型	平均剪切波速 V_{se} (m/s)
1	素填土	松散状	软弱土	120*
2	淤泥质黏土	软塑状	软弱土	120*
3-1	粉质黏土	可塑状	中软土	200
3-2	含碎石粉质黏土	可塑状	中硬土	280
3-3	粉质黏土	可塑状	中硬土	280
ZK1	$V_{se}=17.80/(9.00/120+1.50/200+3.00/280+4.30/280)=163.95\text{m/s}$			
ZK8	$V_{se}=20.00/(3.50/280+16.50/280)=280.0\text{m/s}$			
ZK16	$V_{se}=12.80/(1.00/120+3.00/120+8.8/280)=197.65\text{m/s}$			

注：表中带*的为经验值仅供参考。

5.3 场地类别划分

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016年版)及《公路工程抗

震规范》(JTG B02-2013), 场地土为中软土~中硬土类型, 建筑场地类别为 II 类。

5.4 抗震设防烈度及地震参数

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016年版)及《公路工程抗震规范》(JTG B02-2013), 拟建建筑场地位于韶关市武江区, 地震设防烈度为 6 度, 设计基本地震加速度值为 0.05g, 设计地震分组第一组, 场地土为中软土~中硬土类型, 建筑场地类别为 II 类, 其特征周期值 $T_g=0.35s$ 。

5.5 抗震地段划分

拟建场地位于剥蚀丘陵地貌, 对照《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)4.1.1 条, 场地属于抗震一般地段。

5.6 场地砂土液化判别

根据钻孔资料显示, 场地内无液化砂土层。

六、不良地质和特殊岩土

6.1 不良地质作用及地质灾害

本次勘察过程中未发现崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等不良地质作用及地质灾害现象。场区主要不良地质为岩溶, 分布有隐伏溶洞, 隐伏岩溶的发育情况概述如下:

本次勘察共施工 18 个钻孔, 设计深度范围内共有 13 个钻孔揭露到基岩, 岩面埋深介于 12.80~18.20m 之间, 平均 17.40m。其中共有 13 个钻孔揭露有溶洞, 见洞隙率为 100%。钻孔遇洞(隙)总高度 29.90m, 线岩溶率为 $29.90/46.54=64.2\%$ 。在钻孔揭露垂直深度范围内, 多数钻孔揭露溶洞呈串珠状发育, 洞内全充填软塑状粉质黏土。据钻探揭露, 隐伏岩溶发育形态主要

为溶洞，其顶板岩层一般较薄，多为开口型溶洞，与上覆土层直接联系；其次为溶蚀裂隙或溶孔。

本次勘察未采用物探方法，主要依赖于钻探手段，因此圈定岩溶分区及划分岩溶程度分级均以钻孔见洞隙率、线岩溶率两项数据作为本场地隐伏岩溶发育程度初步分级的定量指标。钻孔见洞隙率大于30%，或线岩溶率大于20%时，符合其中一项者，可划分为岩溶强发育；当钻孔见洞隙率小于10%，或线岩溶率小于5%时，为岩溶微发育；介于强发育与微发育之间，为岩溶中等发育。据上述指标，场地属岩溶强发育区。

溶洞对拟建筑物的不利影响主要如下：

- 1.在附加荷载或振动荷载作用下，溶洞顶板坍塌，使地基突然下沉；
- 2.溶洞造成岩面起伏较大，使地基不均匀下沉；
- 3.基础埋置在岩面上，其附近有溶沟、竖向溶蚀裂隙等，有可能使基础下岩层沿倾向于上述临空面的软弱结构面产生滑动；
- 4.由于岩溶地区复杂的地质条件，易产生新的岩土工程问题，造成地基恶化。

溶洞处理建议：设计时应考虑基础底面与下伏溶洞之间要有足够的安全厚度，处理措施如下：在道路两侧设置排水沟渠，并对沟渠进行加固处理，这样做能够有效阻止地表水渗入路基，从而对土层造成破坏。尽可能避开易塌陷区，倘若避不开，则需进行加固、填充、灌注。公路选址尽量位于高处，这样最大限度降低影响。

6.2 不利埋藏物

根据本次勘察，场地暂未发现其他埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、

孤石等对工程不利的埋藏物。

6.3 特殊岩土

1、素填土（层序号 1）场地内共有 12 个孔有揭露，松散状，局部含碎石较多，其中 ZK1、ZK4、ZK5、ZK7、ZK10、ZK18 共 6 个孔揭露填土层回填时间大于 3 年，ZK12~ZK17 孔段共 6 个孔揭露填土层为新近填土，回填时间约 1 年，承载力较差，未经压实处理不可作为道路路基。

2、淤泥质黏土（层序号 2）场地内共 4 个孔有揭露，为原地貌鱼塘下部长期泡水形成，含少量有机质物，承载力较差，未经处理不可作为拟建道路路基。

3、残积粉质黏土（层序号为 4）场地内均有分布，该层物理力学性质较好，承载力较好，可作为拟建道路路基；

4、中风化灰岩（层序号为 5），场地内共有 13 个孔有揭露，强度较高，可作拟建道路的路基的持力层，但场地揭露岩溶强发育，必要时应进行施工勘察查明持力层的稳定性。

七、岩土主要物理力学指标建议值

7.1 统计方法

按岩土层室内试验的物理力学指标分别进行统计，各种参数的平均值 f_m 、标准差 σ_f 、变异系数 δ 、标准值 f_k 的计算公式为：

$$\delta = \frac{\sigma_f}{f_m}$$

$$f_k = \gamma_s \cdot f_m$$

$$\gamma_s = 1 \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n} \right) \delta$$

式中: f_i —岩土参数测试值 n —参加统计的子样数

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n f_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n f_i)^2}{n} \right]}$$

正负号按不利组合考虑

7.2 统计数据的可靠性

统计数据源于试验资料, 试验样品源于采样。本次勘察中, 所取土样采取均满足相关规范相求, 样品基本具有代表性, 试验方法操作正确, 综合测试手段先进, 方法得当, 数据合理, 具有较好的代表性。

7.3 设计参数建议值

设计参数建议值详见表 7.1 岩土物理力学设计参数建议值表。表中所列岩土参数建议值, 是指为满足工程需要, 根据有关规范的规定在室内试验和原位测试的基础上, 利用其统计结果进一步计算、查表并结合上述的依据综合判断之后, 所给出的各岩土层的参数。

表 7.1 岩土物理力学设计参数建议值

层序	岩土名称	岩土状态	天然重度 γ (kN/m ³)	压缩模量 E_s (MPa)	粘聚力 C (kPa)	内摩擦角 φ (°)	基底摩擦系数 μ	承载力基本容许值 $[f_{ak}]$ (kPa)	
1	素填土	松散状	18.2	3.56	12.2	7.9	/	60*	
2-1	淤泥质黏土	软塑状	17.5	3.21	14.2	4.9	/	100*	
3-1	粉质黏土	可塑状	18.7	4.97	23.1	13.5	0.25*	150*	
3-2	含碎石粉质黏土	可塑状	19.2	5.21	20.4	20.2	0.28*	180*	
4	粉质黏土	可塑状	19.0	5.32	24.9	15.6	0.25*	180*	
5	灰岩	中风化	饱和单轴抗压强度标准值为 15.5						1500

注: 表中带*的为经验值仅供参考。

八、工程地质条件评价

8.1 各岩土层评价

根据勘察结果，场地内揭露各岩土层种类较多，各岩土层的工程性质评价如下：

素填土（层序号1）：松散状，承载力差，力学性质差，工程性能差，层厚度不均匀，不能直接作为拟建道路路基持力层。

淤泥质黏土（层序号 2）：软塑状，承载力差，力学性质差，工程性能差，不能作为拟建道路路基持力层。

粉质黏土（层序号 3-1）：可塑状，强度一般，物理力学性质一般，可以直接作为道路路基持力层。

含碎石粉质黏土（层序号3-2）：可塑状，强度较好，物理力学性质较好，可以直接作为道路路基持力层。

粉质黏土（层序号 4）：可塑状，强度较好，物理力学性质较好，可以直接作为道路路基持力层。

中风化灰岩（层序号 5）：强度较高，可作拟建道路的路基的持力层，但场地揭露岩溶发育，必要时应进行施工勘察查明持力层的稳定性。

8.2 工程地质分段与评价

拟建道路位于剥蚀丘陵地貌区，道路沿线大部分被杂草、树林覆盖，地形总体起伏较大。根据道路设计路面标高、现状地面高程和沿线环境条件，将道路沿线划分为一般路堑段、低路堤段和支挡工程等工程地质区段。分述如下：

I 段：一般路堑段及支挡工程（路堑边坡支护）

分布于线路里程设计起点~K0+460 段，地面高程 63.61~78.70m，路面设计标高 59.968~69.423m，为上坡路段，路中线处挖方高度-1.665~-8.567m，地形起伏较大，道路现状为山坡树林、杂草等，其中线路 K0+240~K0+300 段穿过现状水泥道路。线路里程设计起点~K0+460 段地层岩性主要为第四系人工填土层、坡积粉质黏土层、坡积含碎石粉质黏土层及残积粉质黏土层。填土层主要为回填素土，回填时间大于 3 年，主要成分为粉粒、黏粒，遇水易崩解，物理力学性质差；坡积粉质黏土层、含碎石粉质黏土层及残积粉质黏土层，可塑状，物理力学性质较好。

路堑边坡支护位于线路里程设计起点~K0+460 段的两侧，由修筑本次道路而开挖山体所形成。其中线路里程设计起点~K0+100 段两侧边坡岩土层主要为填土；线路 K0+100~K0+460 段两侧边坡岩土层主要为坡积、残积粉质黏土。该地段在勘察范围内未见崩塌、滑坡、泥石流等不良地质作用，线路以路堑形式通过。根据场地土类别划分，该区段内场地土为中软土~中硬土，场地类别为 II 类，工程地质条件中等复杂。

本段主要工程地质问题：开挖所形成的路堑边坡高度较大，约 1.7~8.6m，但边坡土工程性质较好，地下水影响较小，建议采用自然放坡及格构式锚杆挡墙的方式进行支护。按照《公路路基设计规范》（JTG D30-2015），路堑边坡的坡率建议取 1:1，锚杆（锚索）锚固体与岩土体之间极限粘结强度可参考表 8.2-1 取值，土钉与岩土体之间极限粘结强度标准值可参考表 8.2-2 取值。坡顶和坡脚应设排水措施，坡面上可根据具体情况设置泄水孔。

表8.2-1 锚杆与岩土体之间极限粘结强度标准值

岩土名称	状态	q _{sk} (kPa)	
		一次常压注浆	二次压力注浆
素填土(层序号 1)	/	16	30
淤泥质黏土(层序号 2)	软塑状	16	20
粉质黏土(层序号 3-1)	可塑状	53	70
含碎石粉质黏土(层序号 3-2)	可塑状	53	70
粉质黏土(层序号 4)	可塑状	53	70

表8.2-2 土钉与土体之间极限粘结强度标准值

岩土名称	状态	q _{sk} (kPa)	
		成孔注浆土钉	打入钢管土钉
素填土(层序号 1)	/	15	20
淤泥质黏土(层序号 2)	软塑状	10	15
粉质黏土(层序号 3-1)	可塑状	30	40
含碎石粉质黏土(层序号 3-2)	可塑状	30	40
粉质黏土(层序号 4)	可塑状	30	40

II 段：低路堤段（路基填方高度基本在 10m 以内）

分布于线路 K0+460~设计终点段，地面高程 92.235~102.614m，路面设计标高 93.650~101.219m，为一上坡路段。路中线处填方高度介于 0.164~4.537m，局部鱼塘低洼处填方高度较大，约 5.0~7.0m。其中线路 K0+520~K0+680 段道路中线穿过一处鱼塘，鱼塘深度约 2.0m。场地沿线整体地形起伏较大。该路段揭露土层主要为第四系人工填土，第四系淤泥质黏土，第四系坡积粉质黏土，第四系坡积含碎石粉质黏土及第四系残积粉质黏土。勘察深度范围内所揭露的人工填土层为新近填土，回填时间约 1 年，揭露厚度 1.00~5.30m，松散状，稍湿，物理力学性质差；淤泥质黏土层揭露

厚度 1.2~3.0m，软塑状，物理力学性质差；坡积粉质黏土，仅 ZK17 孔有揭露，揭露厚度 1.00m，可塑状，物理力学性质较好；含碎石粉质黏土层于 ZK14、ZK17 孔有揭露，揭露厚度 1.40~3.30m，可塑状，物理力学性质较好；残积粉质黏土，可塑状，揭露厚度 6.70~14.40m，主要成分为粉粒及黏粒，物理力学性质较好。该地段线路以路堤形式通过。根据场地土类别划分，该区段内场地土为中软土~中硬土，场地类别为 II 类，工程地质条件中等复杂。

本段主要工程地质问题：本区主要以路堤形式通过，路基填方高度 0.164~4.537m，填方高度较小，局部鱼塘低洼处填方高度较大，约 5.0~7.0m。由于场地现状地表以下揭露有厚度 2.70~6.50m 的软弱层（新近填土、淤泥质黏土），且线路沿线穿过鱼塘，土层长期受地表水体的影响，易发生软化、变形，对路基工程影响较大，需进行挖除换填并分层压实，或采用地基加固处理。

上述各路段路基填料最小强度及路基压实度应满足表 8.2.3 的要求。

表 8.2.3 路基填料最小强度及压实度要求

项目分类		路床顶面以下深度(m)	CBR (%)	压实度(%)	
				次干路	支路
填方路堤	上路床	0~0.3	6	94	92
	下路床	0.3~0.8	4		
	上路堤	0.8~1.5	3	92	91
	下路堤	>1.5	2	91	90
零填及挖方路基	上路床	0~0.3	6	94	92
	下路床	0.3~0.8	4	/	/

注：表中数值均为重型击实标准。

8.3 路基干湿类型

依据《公路路基设计规范》(JTG D30-2015)第 3.2.7 条及附录 C, 线路设计起点~K0+460 段, 揭露地下水位埋深 0.80m~9.10m, 平均埋深 5.95m, 路基上部主要受气候降水影响, 下部路基受地下水毛细湿润区影响, 确定路基的干湿类型为中湿; 线路 K0+460~K0+700 段路基受地表鱼塘水湿润, 路基工作区处于地下水毛细湿润区影响, 确定路基的干湿类型为潮湿类路基。

8.4 场地稳定性及适宜性评价

8.4.1 场地稳定性评价

拟建场地位于韶关市武江区, 地震设防烈度为 6 度, 设计基本地震加速度值为 0.05g, 设计地震分组第一组, 场地土为中软土~中硬土类型, 建筑场地类别为 II 类, 抗震地段划分为抗震一般地段, 但场地属覆盖型岩溶区, 隐伏岩溶作用发育, 岩溶工程问题较突出。根据《岩溶地区建筑地基基础技术规范》(DBJ/T 15-136-2018)附录 B 综合评价, 场地为极不稳定场地, 具体详见表 8.4.1:

表8.4.1 岩溶场地稳定性划分

评判标准		场地岩溶发育情况	评判结果
场地稳定性	岩溶发育特征		
极不稳定	土洞或塌陷成群发育地段； 单一溶洞顶底高差大于10m，且无充填或半充填； 钻孔线岩溶率大于30%； 钻孔见洞隙率大于60%； 溶槽或串珠状竖向溶洞发育深度超过50m； 地表岩溶发育密度大于10个/km ²	根据钻探结果显示场地内钻孔见洞隙率为100%，钻孔线岩溶率64.2%	极不稳定
不稳定	岩溶强烈发育地段（极不稳定场地情形除外）； 有溶洞或塌陷发育地段； 浅层溶洞发育，洞径大，且不稳定的地段； 漏斗、溶槽等埋藏浅，并覆盖有软弱土体的地段； 岩溶水排泄不畅，可能造成场地暂时淹没地段。	/	/
中等稳定	岩溶中等发育地段	/	/
基本稳定	岩溶弱发育地段	/	/

8.4.2 场地适宜性评价

拟建场地属极不稳定场地，岩溶工程问题较突出；岩土种类较多，分布不均匀，工程性质差异较大，对工程建设有较大影响；水文地质条件中等，地表水、地下水的水力联系较密切，对工程建设有较程度的影响。根据广东省标准《岩溶地区建筑地基基础技术规范》(DBJ/T15-136-2018)附录 C 进行评判，岩溶地面塌陷预测分析累计指标分为 57 分，为不易塌陷区，判定依据见表 8.4.2-2；

表8.4.2-1 岩溶地面塌陷预测分析参考标准

基本条件	主要影响因素	因素的水平	指标分数	得分	累计指标分
水-塌陷动力	水位 (40分)	水位能在土、石界面上下波动	40	/	57
		水位不能在土、石界面上下波动	20	20	
覆盖层-塌陷	土的性质与土层结构 (20分)	黏性土	10	10	
		砂性土	20	/	
		风化砂页岩	10	/	
		多元结构	20	/	
	土层厚度 (10分)	<10m	10	/	
		10~20m	7	7	
	>20m	5	/		
岩溶-塌陷与储运条件	地貌 (15分)	平原、谷地、溶蚀洼地	15	/	
		谷坡、山丘	5	5	
	岩溶发育程度 (15分)	强烈发育	15	15	
		中等发育	10	/	
	弱发育	5	/		

注：1、累计指标分≥90为极易塌陷区，71~89为易塌陷区，≤70为不易塌陷区；
2、近期产生过塌陷区，累计指标分应为100；
3、地表降水入渗致塌陷地区，水的指标分为40。

拟建道路属城市支路，荷载不大。场地岩溶问题的治理难度一般，结合广东省标准《岩溶地区建筑地基基础技术规范》(DBJ/T15-136-2018)附录B进行综合评判，场地适宜性为基本适宜，判定依据见表8.2.3-2：

表8.4.2-2 场地适宜性分级

场地适宜性	破坏后果、治理难易程度
适宜性差	工程建设可能造成大面积地面塌陷或严重社会影响的场地
适宜性较差	工程建设可能造成地面塌陷或治理难度较大场地
基本适宜	工程建设不会造成地面塌陷，治理难度一般的场地

8.5 地基均匀性评价

场地揭露地层情况自上而下分别为素填土层（层序号为1）、淤泥质粉质黏土（层序号为2）、粉质黏土（层序号为3-1）、含碎石粉质黏土（层序号为3-2）、粉质黏土（层序号为4）及中风化灰岩（层序号为5），揭

露地层较为复杂，分层厚度变化较大，地基为不均匀地基。

8.6 工程措施建议

拟建道路部分区域填方厚度较大，路堤边坡需有护脚挡墙、坡面防护及截排水措施；道路施工填料应按设计要求分层夯实回填土。应加强路基验槽工作，对局部松散、过湿、潮湿、软土等不良土体进行挖除换填处理。施工前应做好对地下管网保护工作。做好防排水措施及安全措施。

九、地质条件可能造成的工程风险评价

拟建场地位于韶关市武江区，属山地丘陵地貌单元。主要揭露地层有第四系人工填土层、淤泥质黏土层、坡积粉质黏土层、坡积含碎石粉质黏土层、残积粉质黏土层及石炭系灰岩层。拟建场地不良地质作用主要为岩溶，但由于其埋深较大，对本工程影响较小。除此外拟建场地未发现崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等不良地质作用。

根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》及目前设计资料，本工程涉及土方开挖工程，开挖深度为1.665m~8.567m，属危大工程。因此本工程地质条件可能造成的工程影响主要是边坡失稳发生工程滑坡对人身安全造成的损伤。

由于本项目的土方局部开挖及回填高度大于5.0m，属于危大工程，需要做边坡专项设计，并在设计文件中注明设计危大工程的重点部位和环节，施工单位应按照本规定编制并审核危大工程专项施工方案，并经专家论证。专项施工方案应当由施工单位技术负责人审核签字、加盖单位公章、并由总监理工程师审查签字、加盖执业印章后方可实施。

如本工程存在《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》中的其它危

险性较大的分部分项工程,在设计时,设计单位应当在设计文中注明涉及危大工程的重点部位和环节,提出保障工程周边环境安全和工程施工安全的意见,必要时进行专项设计。在施工时,应当在危大工程施工前编制专项施工方案,必要时还应经过专家论证;应充分考虑地质条件可能造成的工程风险,选择适宜的地基持力层作为基础或基底的支撑面,可参考本报告提供的地层分布和参数。

鉴于地质条件较复杂,钻孔间距较大,钻孔间岩土层分布为推测,如施工过程中发现与报告及图件不一致之处,应及时与我公司联系验槽处理,必要时由勘察、设计、施工单位共同研究。需要进行施工阶段勘察。

十、结论与建议

10.1 结论

1、拟建市政工程重要性等级为二级,不良地质岩溶强发育,场地复杂程度等级一级,岩土条件复杂程度等级为二级,岩土工程勘察等级为甲级。

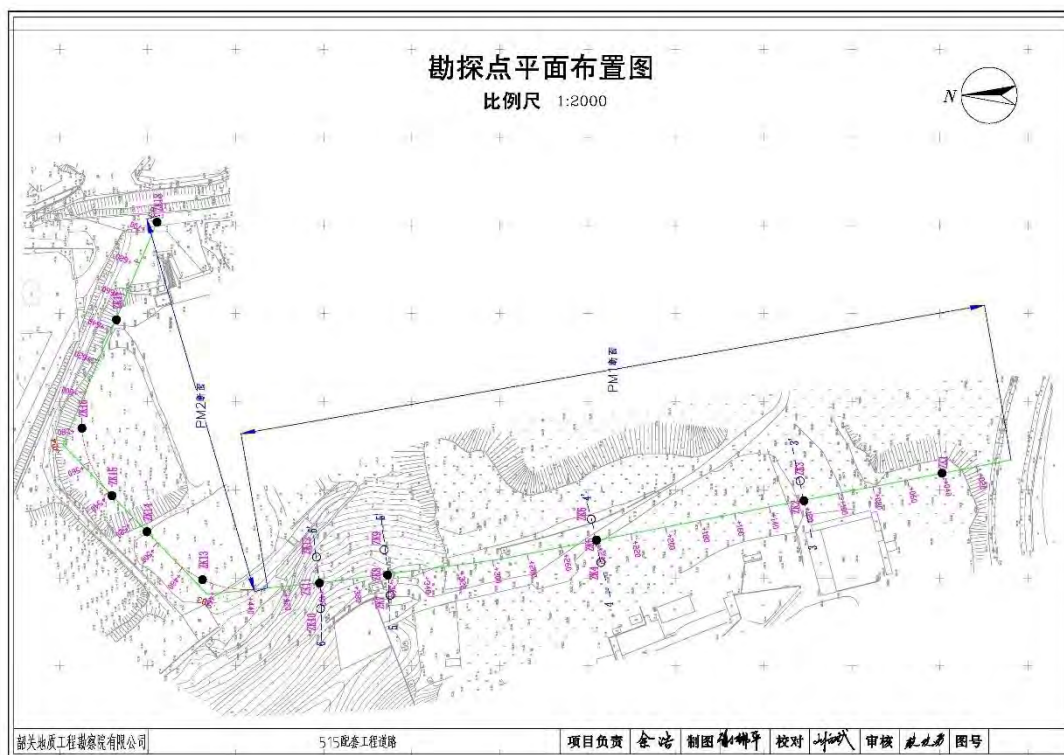
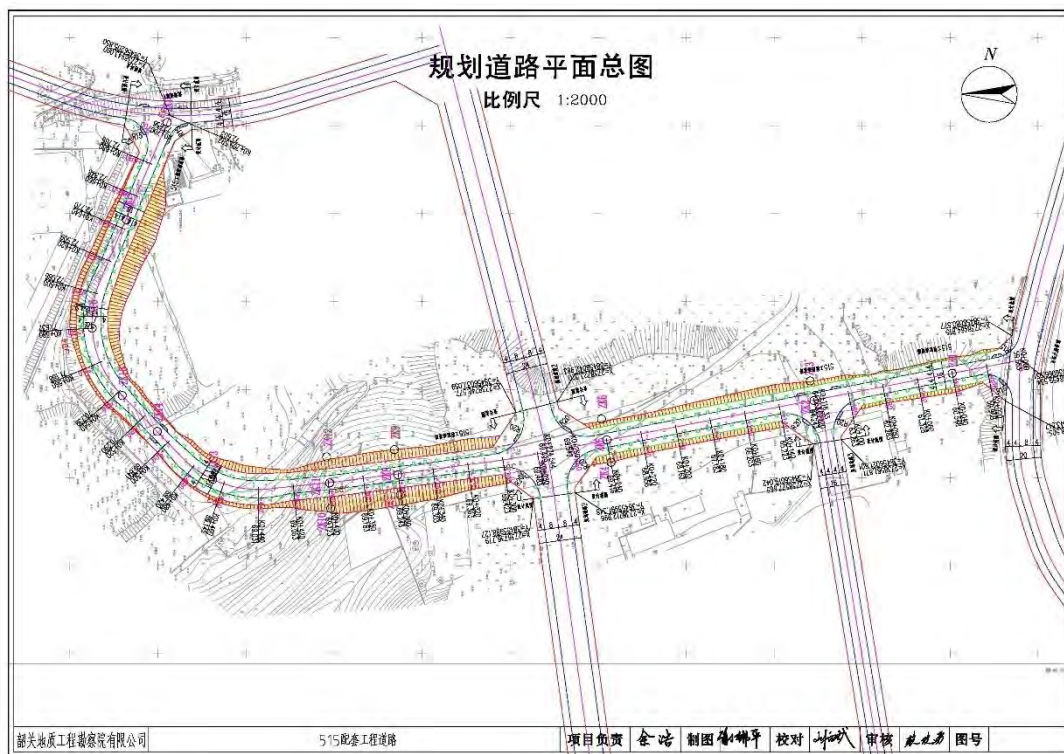
2、拟建场地为极不稳定场地,位于不易塌陷区,属于不均匀地基,场地适宜性为基本适宜,

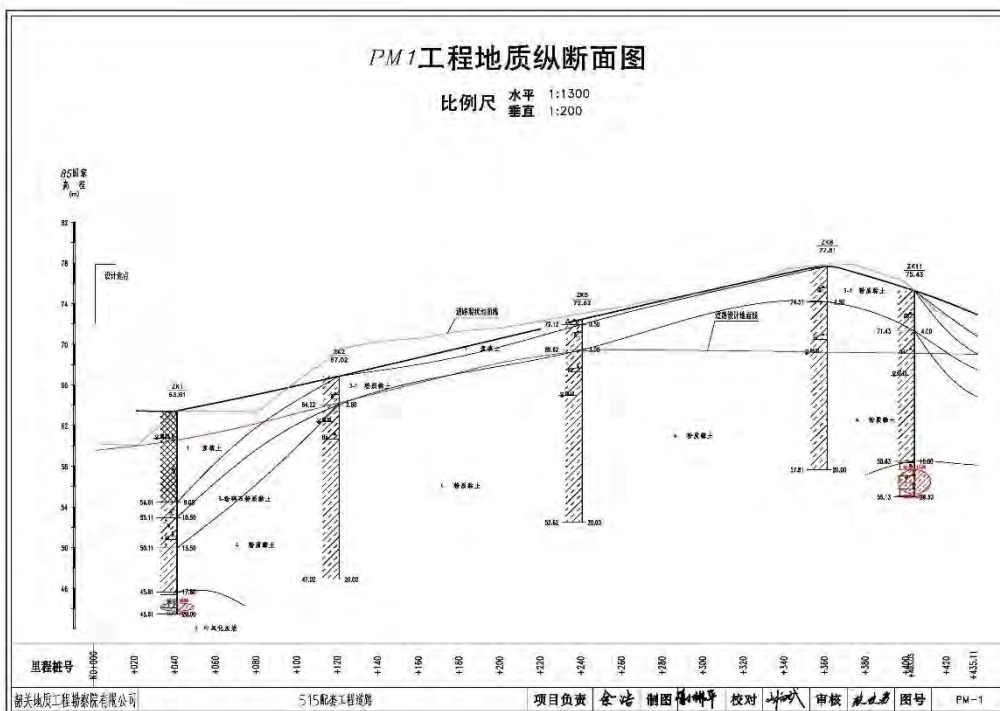
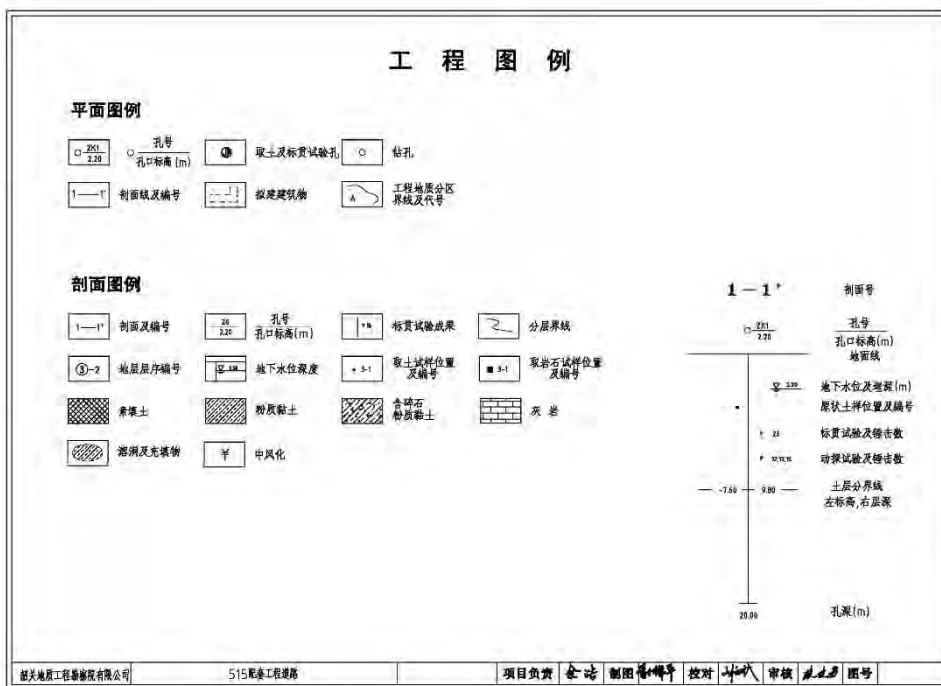
3、根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)2016 版,拟建道路沿线场地地震设防烈度为 6 度,设计基本地震加速度值为 0.05g,设计地震分组第一组,设计特征周期值为 0.35s,场地土类型为中软土及中硬土,场地类别为 II 类。

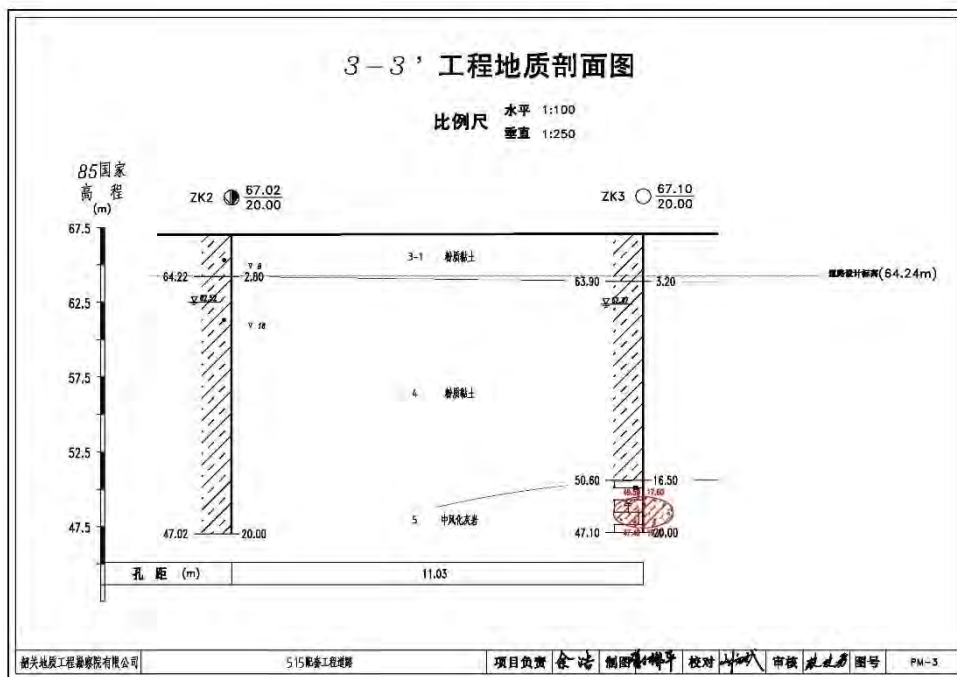
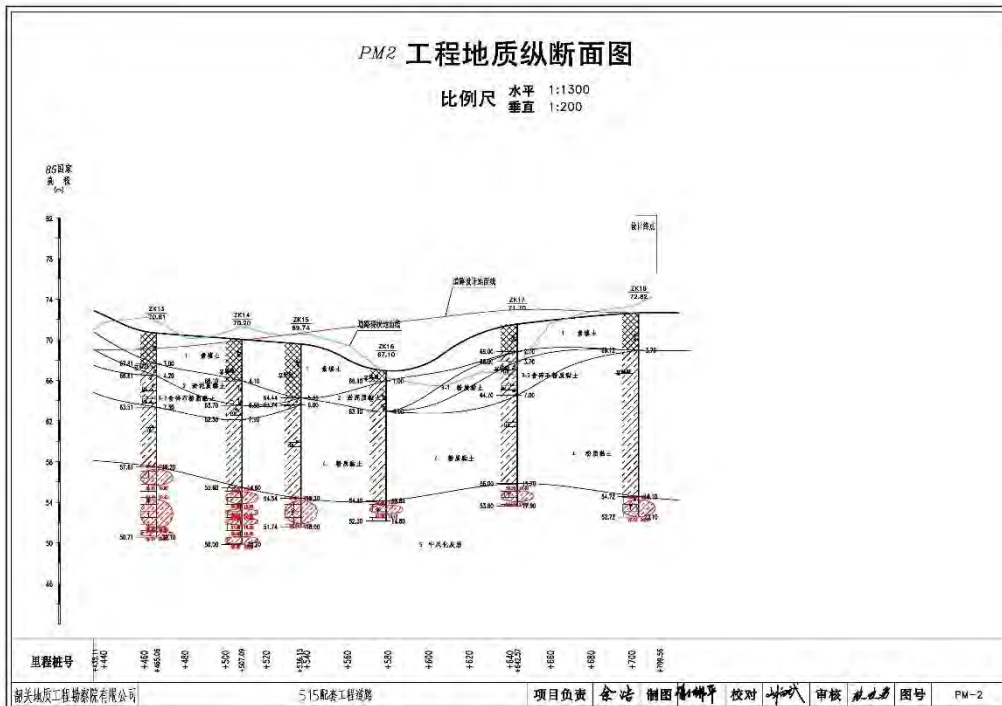
4、场地土对混凝土结构在强透水地层中具有微腐蚀性,在弱透水层中具有微腐蚀性;对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性,对钢结构具有微腐蚀性,应做相应的防腐措施。

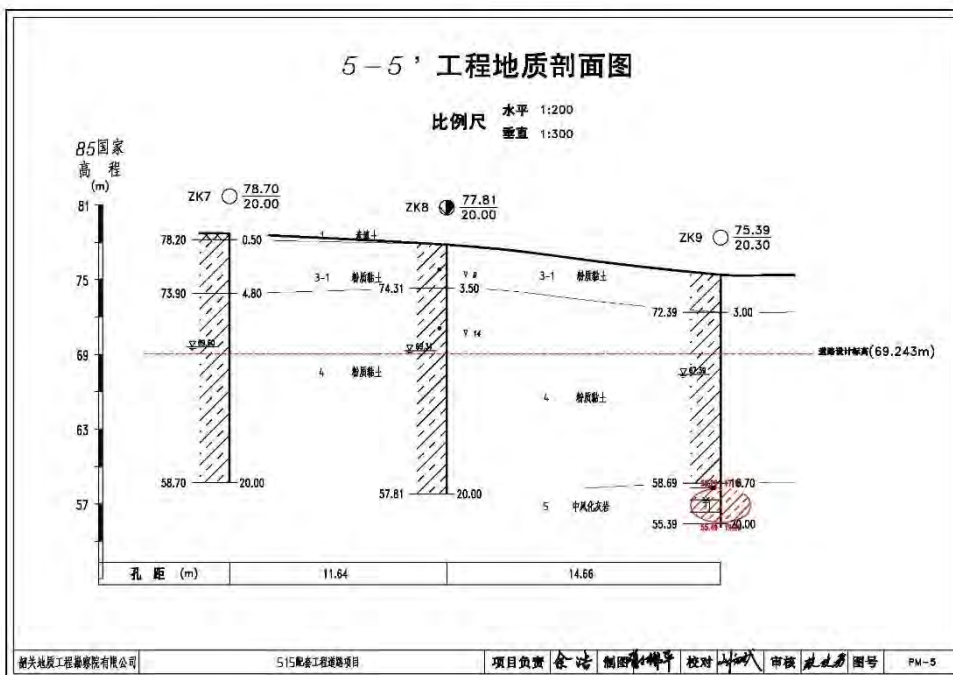
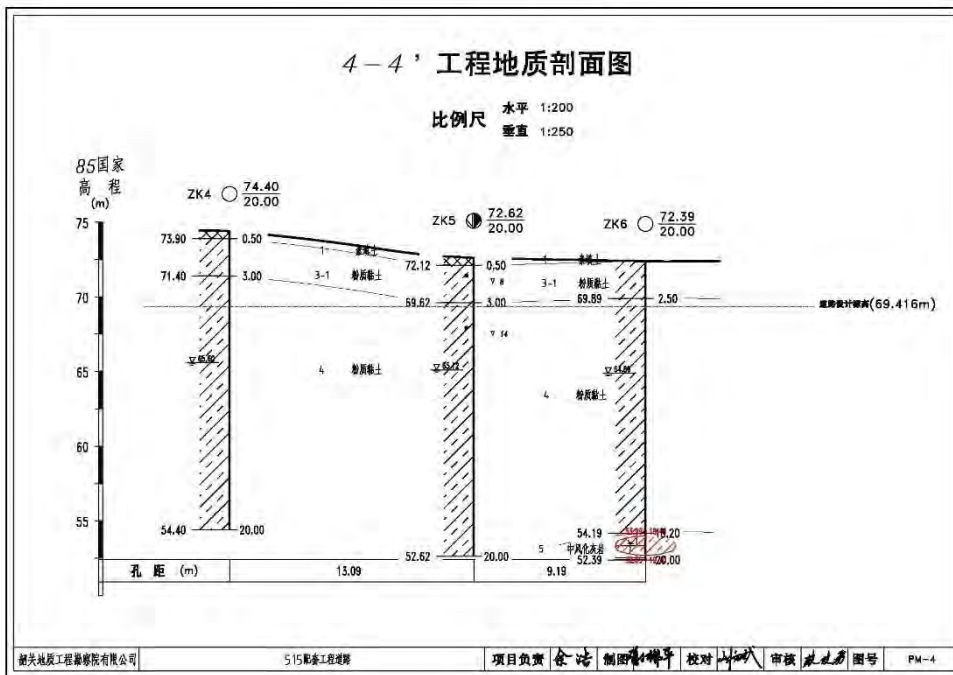
10.2 建议

- 1、当路基土强度和湿度不满足设计要求时，应采取措施予以加强或改良；
- 2、线路回填高度较大，应分层压实，通过加筋或土工格栅及护脚提高路堤稳定性；
- 3、应做好线路路堤边坡的防护工作；
- 4、施工时注意规范操作，避免污水、泥浆对环境产生污染，做到文明施工、安全施工。
- 5、应做好本次道路设计与西侧及北侧后期规划道路的衔接。









钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK1	坐 标	X= 2738498.98	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/01	深度 (m)	1.90	2.70
孔口高程	83.81m		Y= 458059.48	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/01	高程 (m)	62.31	60.91
				柱状图 比例	1:150 <th colspan="2"></th> <th>取试样 编 号</th> <td>N 02.5</td> <td>N</td>			取试样 编 号	N 02.5	N
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	岩土名称及性质描述			深度 (m)	击/10cm	击/30cm
q ^m	1	9.00	9.00	54.61	素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，局部夹较多碎石，回填时间大于5年。			ZK1-1 2.20-2.40	▽	5
q ^m	3-1	10.50	1.50	53.11	粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。			ZK1-2 5.50-5.70	▽	4
q ^m	3-2	13.50	3.00	50.11	含碎石粉质黏土：黄褐色，稍湿，可塑状为主，主要成分为黏粒、粉粒，局部夹少量卵石，碎石分布及颗粒大小不均匀，层顶较密集，稍有光泽，韧性中等，强度中等。			ZK1-3 9.50-9.70	▽	7
q ^m	4	17.80	4.30	45.81	粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。			ZK1-4 12.00-12.20	▽	12
c	5	18.90 19.70 20.00	0.80 2.20	44.71 43.91 43.61	中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中18.90~19.70m为溶洞，洞内有粉质黏土全充填。					

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责人	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李佛平	李斌	林世勇	ZK1

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定		
钻孔编号	ZK2	坐 标	X= 2738577.23	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/02	深度 (m)	2.20	高程 (m)	64.82	62.52
孔口高程	67.02m		Y= 456043.75	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/02	水位观测日期	2023/2/3			
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例 1:150	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探 N _{60.5}	标贯 试验 N		
								深度 (m)	击/10cm	击/30cm		
q ^u	3-1	2.80	2.80	64.22		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。	ZK2-1 1.50-1.70		▽	8		
						粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。	ZK2-2 5.50-5.70		▽	16		
q ^u	4	20.00	17.20	47.02								

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责人	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李佛平	李斌	林世勇	ZK2

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK3	坐 标	X= 2738579.15	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/02	深度 (m)	2.20	4.73
孔口高程	87.10m		Y= 456054.81	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/02	高程 (m)	64.80	62.37
				水位观测日期	2023/2/3					
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例 1:150	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探 N _{60.5}	标贯 试验 N
	3-1	3.20	3.20	63.90	粉质黏土	粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。		YZK3-1 16.50-17.00	击/10cm	击/30cm
	4	16.50	13.30	50.60	粉质黏土	粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
		17.60		49.50	≠	中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中17.60~19.70m为串珠状溶洞，洞内有粉质黏土全充填。				
c	5	19.70 20.00	2.10 3.50	47.40 47.10	中风化灰岩					
韶关地质工程勘察院有限公司		项目负责人	制 图	校 对	审 核	图 号				
515配套工程道路		余浩	李佛平	李斌	林世勇	ZK3				

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定		
钻孔编号	ZK4	坐 标	X= 2738692.64	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/03	深度 (m)	8.20	稳定	8.80	
孔口高程	74.40m		Y= 456008.83	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/03	高程 (m)	66.20	66.60		
				柱状图 比例	1:150 <th colspan="2"></th> <th>取试样 编号</th> <td>N05.5</td> <th>动力 触探</th> <td>N</td>			取试样 编号	N05.5	动力 触探	N	
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比例 1:150	岩土名称及性质描述		深度 (m)		击/10cm		
q ^m	1	0.50	0.50	73.90				素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，回填时间大于3年。				
q ^m	3-1	3.00	2.50	71.40				粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
								粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
q ^m	4	20.00	17.00	54.40								

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责人	制图	校对	审核	图号
515配套工程道路	余浩	李博平	李斌	林世勇	ZK4

钻孔地质柱状图

工程名称				515配套工程道路			终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定	
钻孔编号		ZK5	坐 标	X= 2738694.84 Y= 456021.73	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/03	深度 (m)	7.00	稳定	7.50
孔口高程		72.82m			终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/03	高程 (m)	65.82	65.12	
								水位观测日期	2023/2/4			
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例 1:150	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探 N _{60.5}	标贯 试验 N		
q _u	1	0.50	0.50	72.12		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，上部20cm为水泥路面，回填时间大于3年。		ZK5-1 1.00-1.20		8		
q _u	3-1	3.00	2.50	69.62		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。						
						粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。		ZK5-2 4.50-4.70		14		
q _u	4	20.00	17.00	52.62								
韶关地质工程勘察院有限公司				项目负责人	制 图	校 对	审 核	图 号				
515配套工程道路				余浩	李佛平	李斌	林世勇	ZK5				

钻孔地质柱状图


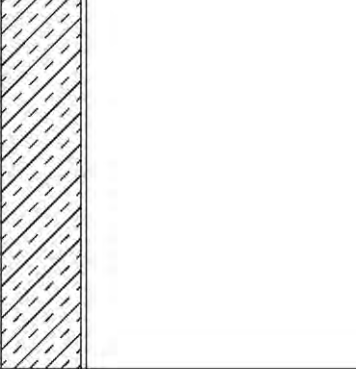
工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK6	坐 标	X= 2738898.15	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/03	深度 (m)	4.50	7.50
	孔口高程		72.39m		Y= 456030.30		终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/03
				终孔日期	2023/02/03	水位观测日期		2023/2/4		
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比例 1:150	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探 N _{60.5}	标贯 试验 N
q ^u	3-1	2.50	2.50	69.89	粉质黏土: 红棕色、红褐色, 可塑状, 主要成分为粉粒、黏粒, 无摇震反应, 稍有光泽, 干强度中等、韧性中等。					
q ^u	4	18.20 18.40	15.70	54.19 53.99	粉质黏土: 黄褐色、土黄色, 可塑状, 主要成分为粉粒、黏粒, 无摇震反应, 稍有光泽, 干强度中等、韧性中等。					
C	5	18.70 20.00	1.30 1.80	52.69 52.39	中风化灰岩: 灰色、深灰色, 隐晶质结构, 薄层状构造, 主要矿物成分为白云石、方解石, 岩芯较破碎呈碎块状为主, 局部短柱状, 其中18.40~19.70m为串珠状溶洞, 洞内有粉质黏土全充填。					
韶关地质工程勘察院有限公司		项目负责人	制 图	校 对	审 核	图 号				
515配套工程道路		余浩	李博平	叶斌	林世勇	ZK6				

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK7	坐标	X= 2738812.31	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/04	深度 (m)	8.50	9.10
孔口高程	78.70m		Y= 455990.02	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/04	高程 (m)	70.20	69.60
				水位观测日期	2023/2/5					
成因年代	层号	层底深度 (m)	层厚 (m)	层底标高 (m)	柱状图比例	岩土名称及性质描述		取试样编号	动力触探	标贯试验
					1:150				N _{60.5}	N
								深度 (m)	击/10cm	击/30cm
q ₁₀	1	0.50	0.50	78.20		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，局部夹较多碎石，回填时间大于3年。				
q ₁₀	3-1	4.80	4.30	73.90		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
						粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
q ₁₀	4	20.00	15.20	58.70						

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责人	制图	校对	审核	图号
515配套工程道路	余浩	李佛平	李斌	林世勇	ZK7

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.00m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK8	坐 标	X= 2738813.78	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/06	深度 (m)	7.80	8.50
	孔口高程		77.81m		Y= 456001.57		91mm	终孔日期	2023/02/06	高程 (m)
				终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/06	水位观测日期	2023/2/7	
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比例 1:150	岩土名称及性质描述	取试样 编 号	动力 触探	标贯 试验	
								深度 (m)	N ₆₀₋₅ 击/10cm	N 击/30cm
q ^m	3-1	3.50	3.50	74.31		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。	ZK8-1 1.80-2.00	▽	9	
q ^m	4	20.00	16.50	57.81		粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。	ZK8-2 6.50-6.70	▽	14	

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李博平	李斌	林世勇	ZK8

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.30m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK9	坐 标	X= 2738815.88	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/06	深度 (m)	7.50	8.00
	孔口高程		75.39m		Y= 456016.11		终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/06
				终孔日期	2023/02/06	水位观测日期		2023/2/7		
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例 1:150	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探 N _{60.5}	标贯 试验 N
	3-1	3.00	3.00	72.39		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
	4	16.70	13.70	58.69		粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
	5	20.00 19.90	3.30	55.39 55.49		中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中17.10~19.90m为溶洞，洞内有粉质黏土全充填。		YZK9-1 16.70-17.10		
韶关地质工程勘察院有限公司		项目负责		制图	校对	审核		图号		
515配套工程道路		余浩		李博平	叶斌	林世勇		ZK9		

钻孔地质柱状图

工程名称				515配套工程道路			终孔深度	20.10m	地下水位	初见	稳定	
钻孔编号		ZK10	坐 标	X= 2738851.80	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/06	深度 (m)	8.10	稳定	8.40
孔口高程		77.98m		Y= 455982.56	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/06	高程 (m)	69.86	69.58	
成因 年代		层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探	标贯 试验	
						1:150			深度 (m)	击/10cm	击/30cm	
q ^m	1	1.00	1.00		76.98		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，回填时间大于3年。		ZK10-1 2.00-2.20	v	9	
q ^m	3-1	4.00	3.00		73.98		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。					
							粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。					
q ^m	4	14.50	10.50		63.48							
		15.30			62.68		中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯呈短柱状为主，局部碎裂成碎块状，其中15.30~15.90m、16.70~18.70m为溶洞，洞内有粉质黏土全充填。		YZK10-1 18.70-19.20			
		15.90	0.60		62.08							
		16.70			61.28							
		18.70	2.00		59.28							
c	5	20.00	5.50		57.98							

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李博平	李斌	林世勇	ZK10

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.30m	地下水位	初见	稳定		
钻孔编号	ZK11	坐 标	X= 2738858.48	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/07	深度 (m)	7.50	高程 (m)	67.83	67.13
孔口高程	75.43m		Y= 455897.21	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/07	水位观测日期	2023/2/8			
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例 1:150	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探 N _{60.5}	标贯 试验 N		
								深度 (m)	击/10cm	击/30cm		
Q ⁴	3-1	4.00	4.00	71.43	粉质黏土	粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。		ZK11-1 2.00-2.20		∇ 10		
					粉质黏土	粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。		ZK11-2 5.50-5.70		∇ 14		
		17.60		57.83	中风化灰岩	中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中17.60~20.00m为串珠状溶洞，洞内有粉质黏土充填。		YZK11-1 16.80-17.20				
C	5	20.30	2.40	55.43	粉质黏土							
		20.30	3.50	55.13	粉质黏土							

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责人	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李博平	李斌	林世勇	ZK11

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.20m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK12	坐 标	X= 2738854.70	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/07	深度 (m)	7.00	7.80
	孔口高程		73.87m		Y= 456011.80		91mm	终孔日期	2023/02/07	高程 (m)
				终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/07	水位观测日期	2023/2/8	
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例 1:150	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	动力 触探 N ₆₀₋₅	标贯 试验 N
q ^m	1	2.10	2.10	71.57		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，下部夹较多碎石，回填时间大于3年。				
q ^m	3-1	3.20	1.10	70.47		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
						粉质黏土：黄褐色、土黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
q ^m	4	14.90	11.70	58.77						
		15.30		56.57						
			3.60							
		18.90		54.77						
c	5	20.20	5.30	53.47		中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中15.30~18.90m为串珠状溶洞，洞内有粉质黏土全充填。		YZK12-1		
								19.50-20.00		
韶关地质工程勘察院有限公司		项目负责人	制图	校对	审核	图号				
515配套工程道路		余浩	李博平	李斌	林世勇	ZK12				

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路			终孔深度	20.10m	地下水位	初见	稳定	
钻孔编号	ZK13	坐 标	X= 2738918.48	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/07	深度 (m)	2.20	3.50
孔口高程	70.81m		Y= 455998.97	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/07	高程 (m)	68.61	67.31
				柱状图 比例	1:150 <th colspan="2">岩土名称及性质描述</th> <th>取试样 编 号</th> <td>N 02.5</td> <td>N</td>	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	N 02.5	N
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)				深度 (m)	击/10cm	击/30cm
q ^m	1	3.00	3.00	67.81		素填土: 红棕色、黄褐色, 松散状, 主要成分为回填粉质黏土, 为新近填土, 回填时间约1年。		ZK13-1 1.00-1.20	▽	3
q ⁱ	2	4.20	1.20	66.61		淤泥质黏土: 灰褐色、灰黑色, 软塑状, 主要成分为黏粒、次为粉粒, 土芯湿软易变形。		ZK13-2 3.20-3.40	▽	3
q ^{sl}	3-2	7.30	3.10	63.51		含碎石粉质黏土: 黄褐色, 稍湿, 可塑状为主, 主要成分为黏粒、粉粒夹碎石, 碎石分布及颗粒大小不均匀, 层顶较密集; 稍有光泽, 韧性中等, 强度中等。		ZK13-3 5.00-5.20 ZK13-4 6.20-6.40	▽	14 14
q ^{cl}	4	13.20	5.90	57.61		粉质黏土: 黄褐色、灰黄色, 可塑状, 主要成分为粉粒、黏粒, 无摇晃反应, 稍有光泽, 干强度中等、韧性中等。		ZK13-5 9.00-9.20	▽	10
		13.40		57.41		中风化灰岩: 灰色、深灰色, 隐晶质结构, 薄层状构造, 主要矿物成分为白云石、方解石, 岩芯较破碎呈碎块状为主, 局部短柱状, 其中13.40~15.00m, 16.40~19.20m, 19.50~20.00m为溶洞, 洞内有粉质黏土全充填、半充填。				
		15.00	1.60	55.81						
		16.40		54.41						
			2.80							
		19.20		51.81						
		19.50		51.31						
		20.00	0.50	50.81						
C	5	20.10	6.90	50.71						

韶关地质工程勘察院有限公司

项目负责人

制图

校对

审核

图号

515配套工程道路

余浩

李博平

李斌

林世勇

ZK13

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.20m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK14	坐 标	X= 2738950.51	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/08	深度 (m)	2.50	3.90
孔口高程	70.20m		Y= 456028.17	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/08	高程 (m)	67.70	66.90
				柱状图比例	1:150 <th colspan="2"></th> <th>水位观测日期</th> <td colspan="2">2023/2/9</td>			水位观测日期	2023/2/9	
成因年代	层号	层底深度 (m)	层厚 (m)	层底标高 (m)	柱状图比例	岩土名称及性质描述	取试样编号	动力触探		标贯试验
								深度 (m)	击/10cm	
q ^m	1	4.10	4.10	66.10		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，为新近填土，回填时间约1年。	ZK14-1 1.00-1.20			▽ 4
q ⁱ	2	6.50	2.40	63.70		淤泥质黏土：灰褐色、灰黑色，软塑状，主要成分为黏粒、次为粉粒，土芯湿软易变形。	ZK14-2 4.40-4.60			▽ 3
q ^{sl}	3-2	7.90	1.40	62.30		含碎石粉质黏土：黄褐色，稍湿，可塑状为主，主要成分为黏粒，粉粒夹碎石，碎石分布及颗粒大小不均匀，层顶较密集；稍有光泽，韧性中等，强度中等。	ZK14-3 5.70-5.90			▽ 3
q ^{cl}	4	14.60	6.70	55.60		粉质黏土：黄褐色、灰黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。	ZK14-4 6.80-7.00			▽ 11
C	5	15.00		55.20		中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中15.00~16.20m、16.70~17.40m、17.60~18.30m、19.40~20.20m为溶洞，洞内有粉质黏土全充填。				
		16.20	1.20	54.00						
		16.70		53.50						
		17.40	0.70	52.80						
		17.60		52.60						
		18.30	0.70	51.90						
		19.40		50.80						
20.20	0.80	50.00								
20.20	5.60	50.00								

韶关地质工程勘察院有限公司

项目负责人

制图

校对

审核

图号

515配套工程道路

余浩

李博平

李斌

林世勇

ZK14

钻孔地质柱状图

工程名称				515配套工程道路			终孔深度	18.00m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号		ZK15	坐 标	X= 2738971.12 Y= 456046.64	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/08	深度 (m)	2.10	3.20
孔口高程		89.74m			终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/08	高程 (m)	87.84	86.54
成因年代		层号	层底深度 (m)	层厚 (m)	层底标高 (m)	柱状图比例	岩土名称及性质描述		取试样编号	动力触探	标贯试验
						1:150			深度 (m)	击/10cm	击/30cm
q ^m		1	5.30	5.30	64.44		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，为新近填土，回填时间约1年。		ZK15-1 1.50-1.70		4
q ^t		2	6.00	0.70	63.74		淤泥质黏土：灰褐色、灰黑色，软塑状，主要成分为黏粒，次为粉粒，土芯湿软易变形。		ZK15-2 5.50-5.70		
q ^t		4	15.20 15.40	9.20	54.54 54.34		粉质黏土：黄褐色、灰黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。		ZK15-3 9.40-9.60		12
c		5	17.70 18.00	2.30 2.80	52.04 51.74		中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中15.40~17.70m为溶洞，洞内有粉质黏土全充填。				

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责人	制图	校对	审核	图号
515配套工程道路	余浩	李佛平	李斌	林世勇	ZK15

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	14.80m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK16	坐 标	X= 2738987.75	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/09	深度 (m)	0.50	0.80
孔口高程	67.10m		Y= 456085.19	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/09	高程 (m)	66.80	66.30
				柱状图 比例	1:100 <th colspan="2">岩土名称及性质描述</th> <th>取试样 编 号</th> <td>N 02.5</td> <td>N</td>	岩土名称及性质描述		取试样 编 号	N 02.5	N
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)				深度 (m)	击/10cm	击/30cm
q ^m	1	1.00	1.00	66.10		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，为新近填土，回填时间约1年。				
q ^t	2	4.00	3.00	63.10		淤泥质黏土：灰褐色、灰黑色，软塑状，主要成分为黏粒次为粉粒，土芯湿软易变形。		ZK16-1 2.20-2.40 ZK16-2 3.20-3.40	∇ 3	∇ 3
						粉质黏土：黄褐色、灰黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。				
q ^s	4	12.80	8.80	54.30						
c	5	13.20	0.30	53.90		中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中13.20~14.10m为溶洞，洞内有粉质黏土全充填。				
		14.10		53.00						
		14.80	2.00	52.30						

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责人	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李博平	李斌	林世勇	ZK16

钻孔地质柱状图

工程名称				515配套工程道路				终孔深度	17.90m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号		ZK17	坐 标	X= 2738987.83 Y= 456146.46	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/09	深度 (m)	3.10	4.50	
孔口高程		71.70m			终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/09	高程 (m)	68.60	67.20	
								水位观测日期	2023/2/10			
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	柱状图 比 例	岩土名称及性质描述			取试样 编 号	动力 触探	标贯 试验	
					1:150				深度 (m)	击/10cm	击/30cm	
q ^m	1	2.70	2.70	69.00		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，局部夹较多碎石，回填时间大于3年。			ZK17-1 1.00-1.20		▽ 5	
q ^e	3-1	3.70	1.00	68.00		粉质黏土：红棕色、红褐色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。			ZK17-2 4.20-4.40		▽ 13	
q ^e	3-2	7.00	3.30	64.70		含碎石粉质黏土：黄褐色，稍湿，可塑状为主，主要成分为黏粒、粉粒夹碎石，碎石分布及颗粒大小不均匀，层顶较密集；稍有光泽，韧性中等，强度中等。			ZK17-3 5.80-6.00		▽ 15	
						粉质黏土：黄褐色、灰黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇晃反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。			ZK17-4 9.40-9.60		▽ 12	
		16.40		55.30		中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中16.40~17.50m为溶洞，洞内有粉质黏土全充填。						
		17.50	1.10	54.20								
		17.90	2.20	53.80								

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李佛平	李斌	林世勇	ZK17

钻孔地质柱状图

工程名称		515配套工程道路				终孔深度	20.10m	地下水位	初见	稳定
钻孔编号	ZK18	坐 标	X= 2738944.91	开孔直径	130mm	开孔日期	2023/02/10	深度 (m)	4.10	6.00
孔口高程	72.82m		Y= 456201.76	终孔直径	91mm	终孔日期	2023/02/10	高程 (m)	68.72	66.82
				柱状图 比例	1:150 <th colspan="2"></th> <th>取试样 编 号</th> <td>N 60.5</td> <td>N</td>			取试样 编 号	N 60.5	N
成因 年代	层 号	层底 深度 (m)	层 厚 (m)	层底 标高 (m)	岩土名称及性质描述			深度 (m)	击/10cm	击/30cm
q ⁴	1	3.70	3.70	69.12		素填土：红棕色、黄褐色，松散状，主要成分为回填粉质黏土，回填时间大于3年。	ZK18-1	2.00-2.20		
q ⁴	4	18.10	14.40	54.72	粉质黏土：黄褐色、灰黄色，可塑状，主要成分为粉粒、黏粒，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等、韧性中等。					
		16.49		54.42						
			1.70							
c	5	20.10	2.00	52.72	中风化灰岩：灰色、深灰色，隐晶质结构，薄层状构造，主要矿物成分为白云石、方解石，岩芯较破碎呈碎块状为主，局部短柱状，其中18.40~20.10m为串珠状溶洞，洞内有粉质黏土充填。	YZK18-1	18.10-18.40			
		20.10		52.72						

韶关地质工程勘察院有限公司	项目负责	制 图	校 对	审 核	图 号
515配套工程道路	余浩	李博平	李斌	林世勇	ZK18

“515 工程”配套道路涉及 XL0405-03 号地块土壤污染风险评估报告

孔号	X坐标	Y坐标	孔口标高	勘察孔深(m)	地下水埋深	地下水标高	开工日期	勘探孔类型	取样数	标贯次数	备注
ZK1	2738498.96	456039.46	63.61	20.00	2.70	60.91	2023/02/01~2023/02/01	取土及标贯试验孔	4	4	
ZK2	2738577.23	456043.75	67.02	20.00	4.50	62.52	2023/02/02~2023/02/02	取土及标贯试验孔	2	2	
ZK3	2738579.15	456031.61	67.10	20.00	4.73	62.37	2023/02/02~2023/02/02	钻孔	1		
ZK4	2738692.64	456008.83	74.40	20.00	8.80	65.60	2023/02/03~2023/02/03	钻孔			
ZK5	2738694.84	456021.23	72.62	20.00	7.50	65.12	2023/02/03~2023/02/03	取土及标贯试验孔	2	2	
ZK6	2738698.15	456030.30	72.39	20.00	7.50	64.89	2023/02/03~2023/02/03	钻孔			
ZK7	2738812.31	455990.02	78.70	20.00	9.10	69.60	2023/02/04~2023/02/04	钻孔			
ZK8	2738813.79	456001.57	77.81	20.00	8.50	69.31	2023/02/06~2023/02/06	取土及标贯试验孔	2	2	
ZK9	2738815.66	456016.11	75.99	20.50	8.00	67.99	2023/02/06~2023/02/06	钻孔	1		
ZK10	2738831.80	455982.58	77.98	20.10	8.40	69.58	2023/02/06~2023/02/06	钻孔	2	1	
ZK11	2738836.18	455997.21	75.43	20.30	8.30	67.13	2023/02/07~2023/02/07	取土及标贯试验孔	3	2	
ZK12	2738804.70	456011.90	73.67	20.20	7.80	65.87	2023/02/07~2023/02/07	钻孔	1		
ZK13	2738918.46	455998.97	70.81	20.10	3.50	67.31	2023/02/07~2023/02/07	取土及标贯试验孔	3	3	
ZK14	2738950.51	456026.17	70.20	20.20	3.50	66.90	2023/02/08~2023/02/08	取土及标贯试验孔	4	4	
ZK15	2738971.12	456046.64	69.74	18.60	3.20	66.54	2023/02/08~2023/02/08	取土及标贯试验孔	3	2	
ZK16	2738987.75	456085.19	67.10	14.80	0.80	66.30	2023/02/09~2023/02/09	取土及标贯试验孔	2	2	
ZK17	2738987.83	456146.48	71.70	17.90	4.50	67.20	2023/02/09~2023/02/09	取土及标贯试验孔	4	4	
ZK18	2738941.91	456201.78	72.82	20.10	6.00	66.82	2023/02/10~2023/02/10	取土及标贯试验孔	2	1	
备注	1. 坐标采用2000国家大地坐标系坐标		2. 高程采用85国家高程								
统计结果	总孔数: 18, 完成孔数: 18, 总孔深: 352.00m, 孔深: 14.80m~20.30m, 平均孔深: 19.56m 孔口标高: 63.61m~78.70m, 平均标高: 72.14m 地下水埋深: 0.80m~9.10m, 平均埋深: 5.95m, 地下水标高: 60.91m~69.60m, 平均标高: 66.19m 取样次数: 38, 其中标贯: 32, 标贯: 6, 标贯次数: 31, 动探次数:										

制表: 魏小辉

审核: 魏小辉

层号	岩土名称	层号	ZK1	ZK2	ZK3	ZK4	ZK5	ZK6	ZK7	ZK8	ZK9	ZK10	ZK11	ZK12	ZK13	ZK14	ZK15	ZK16	
1	素填土	层底深度	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		层顶高程	63.61			74.40	72.62	74.40	74.40	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81	77.81
		分层厚度	9.60			0.50	0.50	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
2	淤泥质黏土	层底深度																	
		层顶高程																	
		分层厚度																	
3-1	粉质黏土	层底深度	9.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00	0.00	2.10					
		层顶高程	64.61	67.02	67.10	73.90	72.12	72.39	78.20	77.81	75.99	70.98	75.13	71.57					
		分层厚度	4.50	2.82	3.20	2.50	2.50	2.50	4.30	3.50	3.00	3.00	2.60	4.10					
3-2	含碎石粉质黏土	层底深度	19.30												4.20	6.50			
		层顶高程	53.11												66.61	63.70			
		分层厚度	3.80												3.10	1.40			
4	粉质黏土	层底深度	14.50	3.80	3.20	3.00	3.00	2.50	4.80	3.20	3.00	4.00	4.00	3.20	7.30	7.80	6.00	4.00	
		层顶高程	64.11	64.22	63.90	61.40	61.62	61.89	63.90	74.31	72.39	73.58	71.43	70.47	68.31	62.50	63.74	63.10	
		分层厚度	4.30	17.20	15.34	17.00	17.00	13.70	16.20	16.30	15.70	10.50	12.50	11.30	5.90	6.70	9.20	5.80	
5	中风化灰岩	层底深度	17.80																
		层顶高程	44.31																
		分层厚度	2.20																

层号	岩土名称	层号	ZK17	ZK18	统计个数	最大	最小	平均值
1	素填土	层底深度	0.00	0.00	12	0.00	0.00	0.00
		层顶高程	74.70	72.82	12	78.70	63.51	71.96
		分层厚度	2.70	3.70	12	3.00	0.50	2.78
2	淤泥质黏土	层底深度			4	0.00	0.00	0.00
		层顶高程			4	67.81	64.34	66.11
		分层厚度			4	3.10	0.70	1.83
3-1	粉质黏土	层底深度	2.70		13	0.00	0.00	1.25
		层顶高程	69.00		13	78.20	64.31	71.66
		分层厚度	1.00		13	4.30	1.00	2.68
3-2	含碎石粉质黏土	层底深度	3.70		4	10.50	3.70	6.23
		层顶高程	68.00		4	68.00	58.11	62.88
		分层厚度	3.30		4	3.30	1.40	2.70
4	粉质黏土	层底深度	7.00	3.70	18	13.50	2.50	4.80
		层顶高程	64.70	69.12	18	74.31	50.11	67.94
		分层厚度	8.70	14.10	18	17.20	4.20	12.14
5	中风化灰岩	层底深度	15.70	18.10	13	18.20	12.50	16.77
		层顶高程	66.00	64.72	13	63.16	45.51	56.61
		分层厚度	2.20	3.06	13	6.50	1.80	3.68

制表: 魏小辉

审核: 魏小辉

1层标准贯入试验成果表								
钻孔号	层号	杆长 (m)	试验 深度 (m)	修正 系数	实测 击数	修正 击数	实测 击数 统计	修正 击数 统计
ZK1	1	1.70	2.70	0.955	5	4.8		
		8.00	6.00	0.880	4	3.5		
ZK13		3.50	1.50	0.987	3	3.0		
ZK14		3.50	1.50	0.987	4	3.9		
ZK15		4.00	2.00	0.973	4	3.9		
ZK17		3.50	1.50	0.987	5	4.9		
ZK18		4.50	2.50	0.960	5	4.8		
							个数=7 最小值=3.0 最大值=5.0 平均值=4.3	个数=7 最小值=3.0 最大值=4.9 平均值=4.1
统计个数		7	7	7	7	7		
最大值		8.0	6.0	0.987	5.0	4.9		
最小值		3.5	1.5	0.880	3.0	3.0		
平均值		4.5	2.5	0.961	4.3	4.1		
标准差		1.609	1.609	0.038	0.756	0.738		
变异系数		0.355	0.636	0.040	0.176	0.179		
修正系数		0.737	0.529	0.971	0.870	0.867		
标准值		3.3	1.3	0.933	3.7	3.6		

制表: 

审核: 

2层标准贯入试验成果表								
钻孔号	层号	杆长 (m)	试验 深度 (m)	修正 系数	实测 击数	修正 击数	实测 击数 统计	修正 击数 统计
ZK13	2	5.70	3.70	0.928	3	2.8	个 数=5 最小值=3.0 最大值=3.0 平均值=3.0	个 数=5 最小值=2.8 最大值=2.9 平均值=2.8
ZK14		6.90	4.90	0.902	3	2.7		
		8.20	6.20	0.876	3	2.6		
ZK16		4.70	2.70	0.955	3	2.9		
		5.70	3.70	0.928	3	2.8		
统计个数		5	5	5	5	5		
最大值		8.2	6.2	0.955	3.0	2.9		
最小值		4.7	2.7	0.876	3.0	2.6		
平均值		6.2	4.2	0.918	3.0	2.8		

制表: 李林平

审核: 敖文勇

3-1层标准贯入试验成果表										
钻孔号	层号	杆长 (m)	试验 深度 (m)	修正 系数	实测 击数	修正 击数	实测 击数 统计	修正 击数 统计		
ZK1	3-1	12.00	10.00	0.810	7	5.7	个 数=6 最小值=7.0 最大值=10.0 平均值=8.5	个 数=6 最小值=5.7 最大值=9.6 平均值=8.1		
ZK2		4.00	2.00	0.973	8	7.8				
ZK5		3.50	1.50	0.987	8	7.9				
ZK8		4.30	2.30	0.965	9	8.7				
ZK10		4.50	2.50	0.960	9	8.6				
ZK11		4.50	2.50	0.960	10	9.6				
统计个数		6	6	6	6	6				
最大值		12.0	10.0	0.987	10.0	9.6				
最小值		3.5	1.5	0.810	7.0	5.7				
平均值		5.5	3.5	0.943	8.5	8.1				
标准差		3.223	3.223	0.066	1.049	1.322				
变异系数		0.590	0.930	0.070	0.123	0.164				
修正系数		0.513	0.232	0.942	0.898	0.864				
标准值		2.8	0.8	0.888	7.6	7.0				

制表: 

审核: 

3-2层标准贯入试验成果表										
钻孔号	层号	杆长 (m)	试验 深度 (m)	修正 系数	实测 击数	修正 击数	实测 击数 统计	修正 击数 统计		
ZK1	3-2	14.50	12.50	0.777	12	9.3	个 数=6 最小值=11.0 最大值=15.0 平均值=13.2	个 数=6 最小值=9.3 最大值=13.1 平均值=11.4		
ZK13		7.50	5.50	0.890	14	12.5				
		8.70	6.70	0.866	14	12.1				
ZK14		9.30	7.30	0.855	11	9.4				
		6.70	4.70	0.906	13	11.8				
ZK17		8.30	6.30	0.874	15	13.1				
统计个数		6	6	6	6	6				
最大值		14.5	12.5	0.906	15.0	13.1				
最小值		6.7	4.7	0.777	11.0	9.3				
平均值		9.2	7.2	0.861	13.2	11.4				
标准差		2.767	2.767	0.045	1.472	1.622				
变异系数		0.302	0.386	0.052	0.112	0.143				
修正系数		0.751	0.681	0.957	0.908	0.882				
标准值		6.9	4.9	0.824	12.0	10.0				

制表: 

审核: 

4层标准贯入试验成果表								
钻孔号	层号	杆长 (m)	试验 深度 (m)	修正 系数	实测 击数	修正 击数	实测 击数 统计	修正 击数 统计
ZK2	4	8.00	6.00	0.880	16	14.1		
ZK5		7.00	5.00	0.900	14	12.6		
ZK8		9.00	7.00	0.860	14	12.0		
ZK11		8.00	6.00	0.880	14	12.3		
ZK13		11.50	9.50	0.818	10	8.2		
ZK15		11.90	9.90	0.812	12	9.7		
ZK17		11.90	9.90	0.812	12	9.7		
							个数=7 最小值=10.0 最大值=16.0 平均值=13.1	个数=7 最小值=8.2 最大值=14.1 平均值=11.2
统计个数		7	7	7	7	7		
最大值		11.9	9.9	0.900	16.0	14.1		
最小值		7.0	5.0	0.812	10.0	8.2		
平均值		9.6	7.6	0.852	13.1	11.2		
标准差		2.099	2.099	0.037	1.952	2.070		
变异系数		0.218	0.276	0.044	0.149	0.184		
修正系数		0.839	0.796	0.968	0.890	0.864		
标准值		8.1	6.1	0.824	11.7	9.7		

制表: 

审核: 

韶关地质工程勘察院有限公司测试报告

SKYGS/002; 2022

水质分析报告

第1页共1页

委托单位: 韶关市规划市政设计研究院有限公司

工程名称: 515配套工程道路项目

取样地点:

取样时间: 2023.2.9

报告批号: 23-020

检验时间: 2023.2.9~11

检验编号: 23-S039

报告时间: 2023.2.14

送样编号: ZK1

201819012821



分析结果表

序号	分析项目	结果	单位	执行标准及方法
1	总硬度 (以CaCO ₃ 计)	182.86	mg/L	DZ/T0064.15-2021 (乙二胺四乙酸二钠滴定法)
2	钙 (Ca ²⁺)	49.35		DZ/T0064.13-2021 (乙二胺四乙酸二钠滴定法)
3	镁 (Mg ²⁺)	14.48		DZ/T0064.14-2021 (乙二胺四乙酸二钠滴定法)
4	重碳酸根 (HCO ₃ ⁻)	162.45		DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
5	碳酸根 (CO ₃ ²⁻)	0.00		DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
6	氢氧根 (OH ⁻)	0.00		DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
7	氯根 (Cl ⁻)	30.24		DZ/T0064.50-2021 (银量滴定法)
8	硫酸根 (SO ₄ ²⁻)	25.80		DZ/T0064.65-2021 (比浊法)
9	铵根 (NH ₄ ⁺)	0.65		DZ/T0064.57-2021 (纳氏试剂分光光度法)
10	游离二氧化碳 (fCO ₂)	6.16		DZ/T0064.47-2021 (滴定法)
11	侵蚀二氧化碳 (ECO ₂)	2.06		DZ/T0064.48-2021 (滴定法)
12	溶解性总固体 (矿化度)	210.3		DZ/T0064.9-2021 (重量法)
13	重碳酸根 (HCO ₃ ⁻)	2.66	mmol/L	DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
14	pH	6.94		DZ/T0064.5-2021 (玻璃电极法)

对本报告如有意见或疑问, 请在一周内提出, 来函来电请注明报告批号。

1. 本报告仅对来样负责, 分析样品保留半个月。
2. 未经本室批准不得复制本报告 (完整复制除外)。

检测人: 谢瑜敏

校核人: 许启聪

批准人: 谢邦优

检测单位: 韶关地质工程勘察院有限公司

电话: 0769-2277716

韶关地质工程勘察院有限公司测试报告

SKYGS/I02: 2022

水质分析报告

第1页共1页

委托单位: 韶关市规划市政设计研究院有限公司

工程名称: 515配套工程道路项目

取样地点:

收样时间: 2023.2.9

报告批号: 23-020

检验时间: 2023.2.9~11 报告时间: 2023.2.14

检验编号: 23-S040 送样编号: ZK7

201819022821



分析结果表

序号	分析项目	结果	单位	执行标准及方法
1	总硬度 (以CaCO ₃ 计)	139.13	mg/L	DZ/T0064.15-2021 (乙二胺四乙酸二钠滴定法)
2	钙 (Ca ²⁺)	39.80		DZ/T0064.13-2021 (乙二胺四乙酸二钠滴定法)
3	镁 (Mg ²⁺)	9.66		DZ/T0064.14-2021 (乙二胺四乙酸二钠滴定法)
4	重碳酸根 (HCO ₃ ⁻)	143.00		DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
5	碳酸根 (CO ₃ ²⁻)	0.00		DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
6	氢氧根 (OH ⁻)	0.00		DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
7	氯根 (Cl ⁻)	18.56		DZ/T0064.50-2021 (银量滴定法)
8	硫酸根 (SO ₄ ²⁻)	17.32		DZ/T0064.65-2021 (比浊法)
9	铵根 (NH ₄ ⁺)	0.49		DZ/T0064.57-2021 (纳氏试剂分光光度法)
10	游离二氧化碳 (fCO ₂)	9.24		DZ/T0064.47-2021 (滴定法)
11	侵蚀二氧化碳 (ECO ₂)	3.30		DZ/T0064.48-2021 (滴定法)
12	溶解性总固体 (矿化度)	167.1		DZ/T0064.9-2021 (重量法)
13	重碳酸根 (HCO ₃ ⁻)	2.34	mmol/L	DZ/T0064.49-2021 (滴定法)
14	pH	6.75		DZ/T0064.5-2021 (玻璃电极法)

对本报告如有意见或疑问, 请在一周内提出, 来函来电请注明报告批号。

1. 本报告仅对来样负责, 分析样品保留半个月。

2. 未经本室批准不得复制本报告 (完整复制除外)。

检测人: 谢瑜敏

校核人: 许启聪

批准人: 谢邦优

检测单位: 韶关地质工程勘察院有限公司

电话: 0769-2277716

“515工程”配套道路涉及XL0405-03号地块土壤污染风险评估报告

绍兴地景工程勘察有限公司测试报告 SKYGS/104: 2022

土的腐蚀性测试(土的易溶盐分析)报告

委托单位: 绍兴市规划市政设计研究院有限公司

收样日期: 2023.2.9

报告编号: 23-020

工程名称: 515配套工程道路项目

试验日期: 2023.2.9-12

报告日期: 2023.2.14

第1页共1页

试验编号	送样编号	取土深度(m)	分析结果 (mg/kg土)									土的野外定名
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	OH ⁻	易溶盐总量	pH	
23-294	ZK1-1	1.80-2.00	45	13	63	50	148	0	0	301	7.16	素填土
23-295	ZK7-1	1.80-2.00	31	7	42	26	92	0	0	189	6.81	粉质黏土
执行标准: GB/T50123-2019样品加工和浸取, DZ/T0964-2021浸取液分析			说明: 1、本报告仅对来样负责, 如存疑, 请于15天内提出。2、本报告各盖章后有效, 未经本单位书面批准不得部分复制或报告。3、分析方法: 钙和镁用乙二胺四乙酸二钠滴定法; 氯用银量法; 硫酸根用比浊法; 碳酸氢根、碳酸根、氢氧根用滴定法; 易溶盐总量用重量法; pH值用玻璃电极法。									

检测: 谢瑜敏

校核: 许成彪

批准: 谢邦优

试验单位: 绍兴地景工程勘察有限公司

电话: 0780-2277718

岩石点荷载强度试验报告

第1页共1页

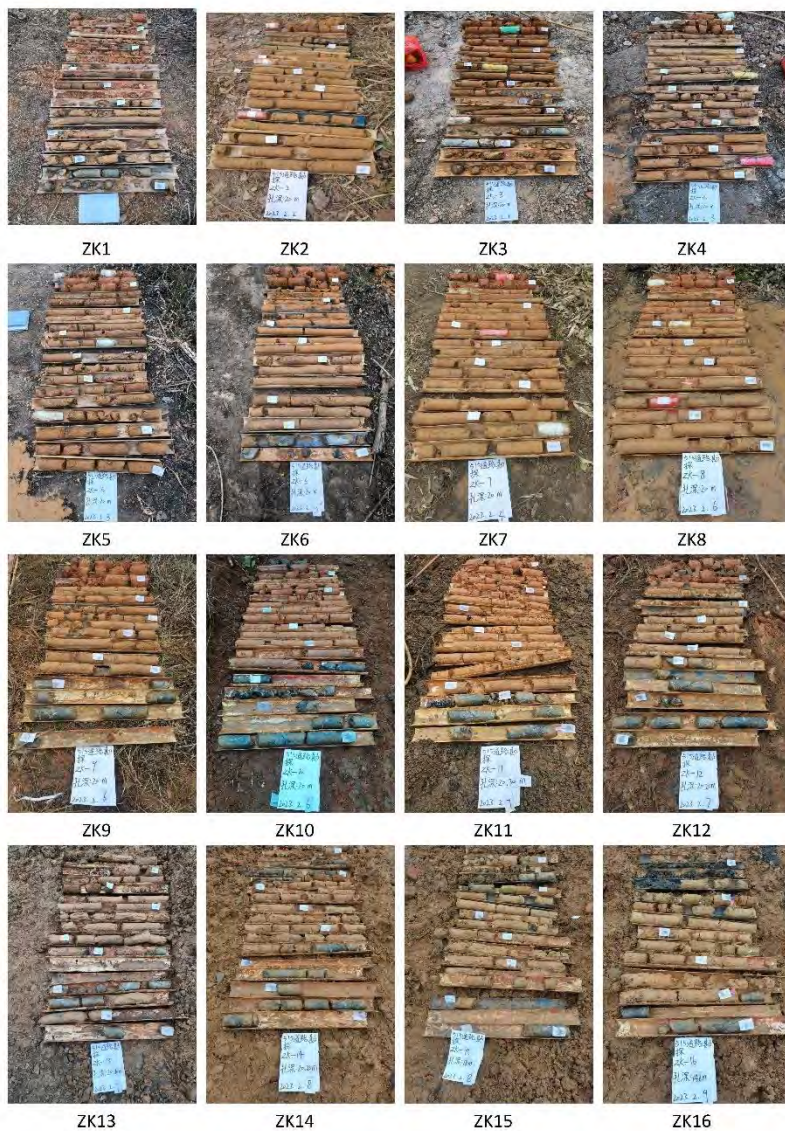
委托单位:	韶关市规划市政设计研究院有限公司						
工程名称:	515配套工程道路项目						
送样日期:	2023.2.9			报告日期: 2023.2.14		报告编号: 23-020	
试验编号:	201819022821						
送样编号	23-Y132	23-Y133	23-Y134	23-Y135	23-Y136	23-Y137	
送样编号	YZK3-1	YZK9-1	YZK10-1	YZK11-1	YZK12-1	YZK18-1	
取样深度(m)	16.50-17.00	16.70-17.10	18.70-19.20	16.80-17.20	19.50-20.00	18.10-18.40	
点荷载强度 $I_{s(150)}$ (MPa)	0.73	0.63	0.44	0.91	0.70	0.82	
	0.61	0.74	0.61	0.72	0.51	0.64	
	0.84	0.58	0.58	0.83	0.47	0.91	
	0.77	0.49	0.40	1.01	0.63	0.75	
	0.58	0.65	0.63	0.95	0.82	0.87	
	0.67	0.53	0.55	0.87	0.75	0.62	
	0.80	0.46	0.47	1.04	0.68	0.78	
	0.71	0.70	0.52	0.76	0.85	0.93	
	0.90	0.68	0.67	0.93	0.57	1.00	
	0.69	0.55	0.42	1.02	0.72	0.85	
最大值(MPa)	0.90	0.74	0.67	1.04	0.85	1.00	
最小值(MPa)	0.58	0.46	0.40	0.72	0.47	0.62	
平均值(MPa)	0.73	0.60	0.53	0.91	0.67	0.82	
标准偏差	0.09	0.09	0.09	0.10	0.12	0.12	
执行标准:	JTGE41-2005						
备注: 1. 对本报告有疑问须在一星期内提出, 破坏样不保留。2. 本报告结果仅对来样负责。3. 本报告未经批准不得复印(完整复制除外)。							

测试: 许启聪

校核: 胡恩待

批准: 谢邦优

岩芯照片



岩芯照片



ZK17



ZK18

12.4. 风险评估计算截图

致癌效应计算

污染物名称	Csur 表层土壤污染 中污染物浓度	Csub 下层土壤污染 中污染物浓度	CRois 经口摄入土壤途径的致 癌风险	CRdcs 皮肤接触土壤途径的致 癌风险	CRpis 吸入土壤颗粒途径的致 癌风险	CRiovl 吸入室外空气中来自土 壤表层的气态污染物途 径的致癌风险	CRiovt 吸入室外空气中来自土 壤下层的气态污染物途 径的致癌风险	CRn 土壤中单一污染物所 有暴露途径的总致癌 风险
砷	9.84E+02	9.84E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	#DIV/0!	#DIV/0!	0.00E+00
砷(无机)	2.22E+03	2.22E+03	1.22E-03	2.20E-04	5.81E-05	#DIV/0!	#DIV/0!	1.49E-03
镉	5.99E+02	5.99E+02	0.00E+00	0.00E+00	6.56E-06	#DIV/0!	#DIV/0!	6.56E-06
铬	1.78E+02	1.78E+02	0.00E+00	0.00E+00	9.75E-06	#DIV/0!	#DIV/0!	9.75E-06
汞(无机)	1.92E+02	1.92E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

污染物名称	RCVSois 经口摄入土壤途径综合 致癌效应的土壤风险控 制值	RCVSdcs 皮肤接触途径综合致癌 效应的土壤风险控制值	RCVSpis 吸入土壤颗粒途径综合 致癌效应的土壤风险 控制值	RCVSiovl 基于吸入室外空气中来自 表层土壤的气态污染物致 癌效应的土壤风险控制 值	RCVSiovt 基于吸入室外空气中来自 下层土壤的气态污染物致 癌效应的土壤风险控制 值	RCVSn 单一污染物(第n种)基于 6种土壤暴露途径综合致 癌效应的土壤风险控制 值
砷	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
砷(无机)	1.825895733	10.09480953	38.21181502	#DIV/0!	#DIV/0!	1.485890451
镉	#DIV/0!	#DIV/0!	91.28378033	#DIV/0!	#DIV/0!	91.28378033
铬	#DIV/0!	#DIV/0!	18.25675607	#DIV/0!	#DIV/0!	18.25675607
汞(无机)	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

非致癌效应计算

污染物名称	Csur 表层土壤污染中污 染物浓度	Csub 下层土壤污染中污 染物浓度	HQois 经口摄入土壤途径的 危害商	HQdcs 皮肤接触土壤途径的 危害商	HQpis 吸入土壤颗粒途径的 危害商	HQiovl 吸入室外空气中来自土 壤表层的气态污染途径 的危害商	HQiovt 吸入室外空气中来自土 壤下层的气态污染途径 的危害商	HQn 土壤中单一污染物所 有暴露途径的总危害 商
砷	984	984	5.50E+00	0.00E+00	1.44E-01	#DIV/0!	#DIV/0!	5.64E+00
砷(无机)	2220	2220	1.65E+01	2.99E+00	6.52E-02	#DIV/0!	#DIV/0!	1.96E+01
镉	599	599	1.34E+00	3.23E-01	2.11E-01	#DIV/0!	#DIV/0!	1.87E+00
铬	178	178	1.33E+00	0.00E+00	5.23E-03	#DIV/0!	#DIV/0!	1.33E+00
汞(无机)	192	192	1.43E+00	0.00E+00	8.05E-02	9.27E-02	1.12E-02	1.61E+00

污染物名称	HCVSois 基于经口摄入土壤途 径非致癌效应的土壤 风险控制值	HCVSdcs 基于皮肤接触土壤途 径非致癌效应的土壤 风险控制值	HCVSpis 基于吸入土壤颗粒途 径非致癌效应的土壤 风险控制值	HCVSiovl 基于吸入室外空气中 来自表层土壤的气态 污染物非致癌效应的 土壤风险控制值	HCVSiovt 基于吸入室外空气中 来自下层土壤的气态 污染物非致癌效应的 土壤风险控制值	HCVSn 单一污染物(第n种)基 于6种土壤暴露途径 综合非致癌效应的土 壤风险控制值
砷	179.00	#DIV/0!	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	179.00
砷(无机)	134.25	742.33	402.76	#DIV/0!	#DIV/0!	88.66
镉	447.49	1855.83	268.51	#DIV/0!	#DIV/0!	153.90
铬	134.25	#DIV/0!	161.10	#DIV/0!	#DIV/0!	73.23
汞(无机)	134.25	#DIV/0!	8055.17	2071.62	17149.61	123.24

铅的计算过程

Variable	Description of Variable	Units	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES 2009-2014
PbS	Soil lead concentration	µg/g or ppm	6150
$R_{\text{fetal/maternal}}$	Fetal/maternal PbB ratio	--	0.9
BKSF	Biokinetic Slope Factor	µg/dL per µg/day	0.4
GSD_i	Geometric standard deviation PbB	--	1.5
PbB_0	Baseline PbB	µg/dL	4.8
IR_s	Soil ingestion rate (including soil-derived indoor dust)	g/day	0.100
IR_{s+d}	Total ingestion rate of outdoor soil and indoor dust	g/day	--
W_s	Weighting factor; fraction of IR_{s+d} ingested as outdoor soil	--	--
K_{SD}	Mass fraction of soil in dust	--	--
$AF_{s,d}$	Absorption fraction (same for soil and dust)	--	0.12
$EF_{s,d}$	Exposure frequency (same for soil and dust)	days/yr	250
$AT_{s,d}$	Averaging time (same for soil and dust)	days/yr	365
PbB_{adult}	PbB of adult worker, geometric mean	µg/dL	25.0
$PbB_{\text{fetal}, 0.95}$	95th percentile PbB among fetuses of adult workers	µg/dL	42.9
PbB_t	Target PbB level of concern (e.g., 2-8 µg/dL)	µg/dL	10.0
$P(PbB_{\text{fetal}} > PbB_t)$	Probability that fetal PbB exceeds target PbB, assuming lognormal distribution	%	98.1%

Variable	Description of Variable	Units	GSDi and PbBo from Analysis of NHANES 2009-2014
$PbB_{\text{fetal}, 0.95}$	Target PbB in fetus (e.g., 2-8 µg/dL)	µg/dL	10
$R_{\text{fetal/maternal}}$	Fetal/maternal PbB ratio	--	0.9
BKSF	Biokinetic Slope Factor	µg/dL per µg/day	0.4
GSD_i	Geometric standard deviation PbB	--	1.5
PbB_0	Baseline PbB	µg/dL	4.8
IR_s	Soil ingestion rate (including soil-derived indoor dust)	g/day	0.100
$AF_{s,d}$	Absorption fraction (same for soil and dust)	--	0.12
$EF_{s,d}$	Exposure frequency (same for soil and dust)	days/yr	250
$AT_{s,d}$	Averaging time (same for soil and dust)	days/yr	365
PRG in Soil for no more than 5% probability that fetal PbB exceeds target PbB		ppm	316