

原柳州市环东金属材料有限公司 3 号地
块及南面道路地块土壤污染修复
与风险管控效果评估报告

目 录

第一章	项目背景	1
第二章	工作依据	3
2.1	法律法规、政策文件	3
2.1.1	法律法规	3
2.1.2	政策文件	3
2.2	标准规范、技术导则	4
2.3	广西壮族自治区法规和规范性文件	5
2.4	柳州市法规和规范性文件	5
2.5	项目文件	5
第三章	工作内容与技术路线	7
3.1	基本原则	7
3.2	工作内容	7
3.3	技术路线	7
第四章	地块概况	9
4.1	地块基本情况	9
4.1.1	区域自然环境概况	9
4.1.2	地块用地规划	14
4.2	地块调查评估活动	14
4.2.1	地块环境调查结论	15
4.2.2	地块风险评估结论	16
4.3	修复与风险管控方案	17
4.3.1	修复与风险管控目标	17
4.3.2	修复范围与工程量	18
4.4	环境监理情况	20
4.4.1	环境监理基本情况	20
4.4.2	环境监理工作总结	21
4.5	环境监理单位核实二次污染防治措施	22
第五章	效果评估布点方案	23
5.1	评估范围与对象	23

5.2 基坑清挖效果评估布点方案	23
5.2.1 布点依据与原则	23
5.3 污染土壤异位固化/稳定化修复效果评估布点	25
5.3.1 布点依据	25
5.4 建筑垃圾（筛上物）冲洗效果评估布点	26
5.4.1 布点依据与原则	26
第六章 效果评估	26
6.1 评估方法与评价标准	26
6.1.1 评估方法	26
6.1.2 评价标准	27
6.2 小结	28
第七章 结论与建议	30
7.1.1 修复效果综合评估结论	30

图索引

图 3.3-1 污染地块土壤修复效果评估图工作程序	8
图 4.1-1 区域地形地貌图（红星为地块位置）	11
图 4.1-2 柳州区域水文地质单元分区图（红星为地块位置）	12
图 4.1-3 区域地下水富水性分区图（红星为地块位置）	13
图 5.2-1 基坑底部监测单元采样示意图.....	24
图 5.2-2 修复深度小于 1m 的基坑侧壁采样示意图.....	25
图 5.2-3 修复深度大于 1m 的基坑侧壁采样示意图.....	25

表索引

表 4.1-1 柳江水文特征一览表	14
表 4.3-1 土壤修复目标值	17
表 4.3-2 土壤风险管控目标值	17
表 4.3-3 地下水风险管控目标值	18
表 5.2-1 基坑底部和侧壁推荐最少检测单元数量.....	23
表 5.3-1 堆体模式修复后土壤最少采样点数量.....	26
表 6.1-1 土壤修复目标值（mg/kg）	27
表 6.1-2 筛上物效果评估标准值（mg/kg）	27
表 6.1-3 土壤风险管控目标值（mg/L）	27

第一章项目背景

柳州市环东金属材料厂（简称“环东金属厂”），位于广西壮族自治区柳州市城中区静兰街道静兰村独静路 89 号，总占地面积约 12.4 万 m²（约 186 亩）。该企业于 1992 年 12 月注册成立，1993 年 12 月建成投产，2003 年全线停产，主要以广西南丹大厂矿区的脆硫铅锑矿为原料，采用国内先进的火法除铅工艺生产锑锭、高铅锑和少量锑白，以含铅精矿加工生产电解铅，从电解铅阳极泥中回收银。经扩建和技术改造，形成年产 2500 吨锑、6000 吨铅（或高铅锑）、20~200 吨锑白、13 吨银（实际产量 1 吨左右）的生产规模，成为柳州市最大的锑冶炼厂，分为环东金属厂本部（主要生产铅锭和锑锭）和泰峰分厂（主要生产锑锭和锑白）进行生产。2003 年，环东金属厂全线停产后，地块交由柳州市环东物流有限责任公司（简称“环东物流公司”，该公司与环东金属厂为兄弟公司）使用，土地用途为物流仓储用地。环东物流公司于 2019 年 6 月搬迁，地块被闲置，之后地块被柳州市土地储备交易中心收储。收储后“环东金属厂地块”被命名为独静路 89 号地块，并按地块未来开发利用规划情况分为 5 个子地块，1 号地块规划为公园绿地，2 号地块规划为商业金融用地，3 号地块规划为中、小学用地，4 号地块规划为二类住宅用地和居住商业综合用地，5 号地块规划为幼儿园和二类住宅用地，南面道路未来利用规划为城市道路用地（S1），用于建设独静路（非小区内道路，属于公共服务用地）。本项涉及的目标地块为 3 号地块和南面道路地块，其中 3 号地块面积为 21187.63m²（约 31.8 亩），南面道路地块面积为 6243.18m²（约 9.36 亩）。

柳州市环东金属厂 3 号地块及南面道路地块调查评估和修复工作实施情况，主要包括以下几个主要内容：

（1）根据国家与地方相关法规与政策，柳州市土地储备交易中心于 2020 年 2 月委托了广西柳环环保技术有限公司开展了柳州市环东金属厂 3 号地块及南面道路地块土壤污染状况初步调查工作，并编制完成了《独静路 89 号宗地（3 号地）土壤污染状况初步调查报告》（以下简称“初步调查报告”），2020 年 6 月委托了南方环境有限公司开展了柳州市环东金属厂 3 号地块及南面道路地块土壤污染状况详细调查和风险评估工作，并编制完成了《柳州市环东金属材料厂 1 号地块、3 号地块及南面道路地块土壤污染状况详细调查报告》（以下简称“详细调查报告”）、《柳州市环

东金属材料厂 3 号地块及南面道路地块土壤污染风险评估报告》(以下简称“风险评估报告”),并于 2021 年 2 月通过了柳州市生态环境局的备案。

(2) 2021 年 5 月,柳州市土地储备交易中心委托了南方环境有限公司编制完成了《柳州市环东金属材料厂 3 号地块及南面道路地块风险管控实施方案》,并于 2021 年 5 月 28 日通过了柳州市生态环境局组织召开的专家评审会。

(3) 2022 年 3 月,受柳州市土地储备交易中心的委托,北京中岩大地科技股份有限公司承担了环东金属材料厂 3 号地块及南面道路地块的污染土壤修复治理与风险管控工作。柳州市土地储备交易中心委托江苏雨田工程咨询集团有限公司对修复工程进行环境监理。根据调查报告结论及相关法律法规要求,修复施工单位编制完成了《原柳州市环东金属材料有限公司 3 号地块及南面道路地块土壤风险管控与修复治理项目 EPC 工程施工组织设计》(以下简称“修复方案”),同时监理单位编制完成了《柳州市环东金属材料厂 3 号地块及南面道路地块修复项目环境监理方案》(以下简称“监理方案”),2022 年 6 月 9 日,修复单位组织召开了《修复方案》专家评审会,形成专家意见,经进一步修改完善后可作为下一步环境修复的依据。

根据国务院四部委《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》(环发[2012]140 号)、环境保护部《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》(环发[2014]66 号)的相关规定:被污染场地治理修复完成,经监测达到环保要求后,该场地方可投入使用;被污染场地未经治理修复的,禁止再次进行开发利用,禁止开工建设与治理修复无关的任何项目。《污染地块土壤环境管理办法(试行)》(环保部令第 42 号)明确规定:“治理与修复工程完工后,土地使用权人应当委托第三方机构按照国家有关环境标准和技术规范,开展治理与修复效果评估,编制治理与修复效果评估报告”。《中华人民共和国土壤污染防治法》更是明确要求:“风险管控、修复活动完成后,土地使用权人应当另行委托有关单位对风险管控效果、修复效果进行评估,并将效果评估报告报地方人民政府生态环境主管部门备案”。为此,受柳州市土地储备交易中心的委托,广东贝源检测技术股份有限公司根据相关环保法律法规、政策与技术规范等要求,进行资料回顾、现场踏勘、布点采样与实验室检测,综合本地块的修复效果水平,汇总相关资料并编制《柳州环东金属厂 3 号地块及南面道路地土壤污染修复和风险管控效果评估报告》(以下简称《效果评估报告》)。

第二章工作依据

2.1 法律法规、政策文件

2.1.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015年1月1日施行);
- (2) 《中华人民共和国土壤污染防治法》(2018年8月31日);
- (3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年4月29日修订);
- (4) 《中华人民共和国水污染防治法》(2017年6月27日修订);
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》(2018年11月13日);
- (6) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》(1997年3月1日施行);
- (7) 《中华人民共和国土地管理法》(2019年8月26日修订)。

2.1.2 政策文件

- (1) 《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》(环办发[2014]66号);
- (2) 《关于加强土壤污染防治工作的意见》(环发[2008]48号);
- (3) 《国务院关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知》(国发[2016]65号);
- (4) 《关于印发<全国生态保护“十三五”规划纲要>的通知》(环生态[2016]151号);
- (5) 《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》(环办发[2012]140号)(环境保护部、工业和信息化部、国土资源部、住房和城乡建设部2012年11月27日);
- (6) 《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通
知》(国办发[2013]7号);
- (7) 《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);
- (8) 《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》(国发[2015]17号);
- (9) 《污染地块土壤环境管理办法》(2016年12月31日环境保护部)(环境保护部部令第42号,2017年7月1日施行);

(10) 《关于印发<重点行业企业用地调查质量保证与质量控制技术规定(试行)>的通知》(环办土壤函[2017]1896号)。

2.2 标准规范、技术导则

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

(2) 《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》(HJ682-2019);

(3) 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ25.1-2019);

(4) 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ25.2-2019);

(5) 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019);

(6) 《建设用地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2019);

(7) 《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》(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) 《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004);

(10) 《地下水环境监测技术规范》(HJ164-2020);

(11) 《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南(试行)》(环保部公告2014年第78号);

(12) 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017);

(13) 《地下水水质标准》(DZ/T0290-2015);

(14) 《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002);

(15) 《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2009);

(16) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012);

(17) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008);

(18) 《污水综合排放标准》(GB 8978-1996);

(19) 《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996);

(20) 《建筑施工场界噪声限值》(GB 12523-2011);

(21) 《城市扬尘污染防治技术规范》(HJ/T 393-2007);

(22) 《大气污染物无组织排放监测技术导则》(HJ/T 55-2000);

(23) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020);

2.3 广西壮族自治区法规和规范性文件

- (1) 《广西壮族自治区环境保护条例》（2019.7.25 通过修改并实施）；
- (2) 《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西土壤污染防治工作方案的通知》（桂政办发〔2016〕167号）；
- (3) 《广西环境保护和生态建设“十三五”规划》（桂政办发〔2016〕125号）；
- (4) 《自治区环境保护厅关于印发广西壮族自治区土壤污染治理与修复规划（2017~2030年）的通知》（桂环规范〔2018〕4号）；
- (5) 《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西土壤污染防治攻坚三年作战方案（2018-2020年）的通知》（桂政办发〔2018〕82号）；
- (6) 《广西壮族自治区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》（桂环规范〔2021〕2号）。

2.4 柳州市法规和规范性文件

- (1) 《柳州市环境保护“十三五”规划》（柳政办发〔2016〕54号）；
- (2) 《柳州市土壤污染防治攻坚三年作战方案（2018-2020年）》（柳政规〔2018〕86号）；
- (3) 《柳州市土壤污染治理与修复规划》（柳环规〔2018〕4号）；
- (4) 《柳州市土壤污染综合防治先行区建设方案》（柳政发〔2019〕28号）。

2.5 项目文件

- (1) 《独静路 89 号五宗土地（3 号地）土壤污染状况初步调查报告》（2020 年 2 月）；
- (2) 《柳州市环东金属材料厂 1 号地块、3 号地块及南面道路地块土壤污染状况调查项目水文地质勘查报告》；
- (3) 《柳州市环东金属材料厂 1 号地块、3 号地块及南面道路地块土壤污染状况详细调查报告》（2020 年 11 月），
- (4) 《柳州市环东金属材料厂 3 号地块及南面道路地块土壤污染状况风险评估报告》（2021 年 2 月）；

(5)《柳州市环东金属材料厂 3 号地块及南面道路地块风险管控项目实施方案》(2022 年 6 月);

(6)《原柳州市环东金属材料有限公司 3 号地块及南面道路地块土壤风险管控与修复治理项目 EPC 工程施工组织设计》(2022 年 6 月);

(7)《柳州市环东金属材料厂 3 号地块及南面道路地块土壤污染修复及风险管控项目环境监理方案》;

(8) 其他资料: 地块地理位置图、地块规划图、地块总平面布置图、地块修复范围图、修复实施过程相关记录及相关影像资料。

第三章 工作内容与技术路线

3.1 基本原则

污染地块风险管控与土壤修复效果评估应对土壤是否达到修复目标、风险管控是否达到规定要求、地块风险是否达到可接受水平等情况进行科学、系统地评估，提出后期环境监管建议，为污染地块管理提供科学依据。

3.2 工作内容

本项目评估内容主要包括：更新地块概念模型、布点采样与实验室检测、土壤修复效果评估、提出后期环境监管建议、编制效果评估报告五个方面。

3.3 技术路线

（1）更新地块概念模型

根据风险管控及修复进度，以及掌握的地块信息对地块概念模型进行实时更新，为制定效果评估布点方案提供依据。

（2）布点采样与实验室检测

布点方案包括效果评估的对象和范围、采样节点、采样周期和频次、布点数量和位置、检测指标等内容，并说明上述内容确定的依据。原则上应在修复实施方案编制段编制效果评估初步布点方案，并在地块修复效果评估工作开展之前，根据更新后的概念模型进行完善和更新。

根据布点方案，制定采样计划，确定检测指标和实验室分析方法，开展现场采样与实验室检测，明确现场和实验室质量保证与质量控制要求。

（3）土壤修复效果评估

根据检测结果，评估土壤修复是否达到修复目标或可接受水平。

对于土壤修复效果，采用逐一对比的方法进行评估，若达到修复效果，则根据情况提出后期环境监管建议并编制修复效果评估报告，若未达到修复效果，则开展补充修复后继续监测评估，直至达到修复目标为止。

（4）提出后期环境监管建议

根据修复工程实施情况与效果评估结论，提出后期环境监管建议。

（5）编制效果评估报告

汇总前述工作内容，编制效果评估报告，报告应包括修复工程概况、环境保护措施落实情况、效果评估布点与采样，检测结果分析、效果评估结论及后期环境监管建议等内容。

污染地块土壤修复效果评估工作程序见图 所示。

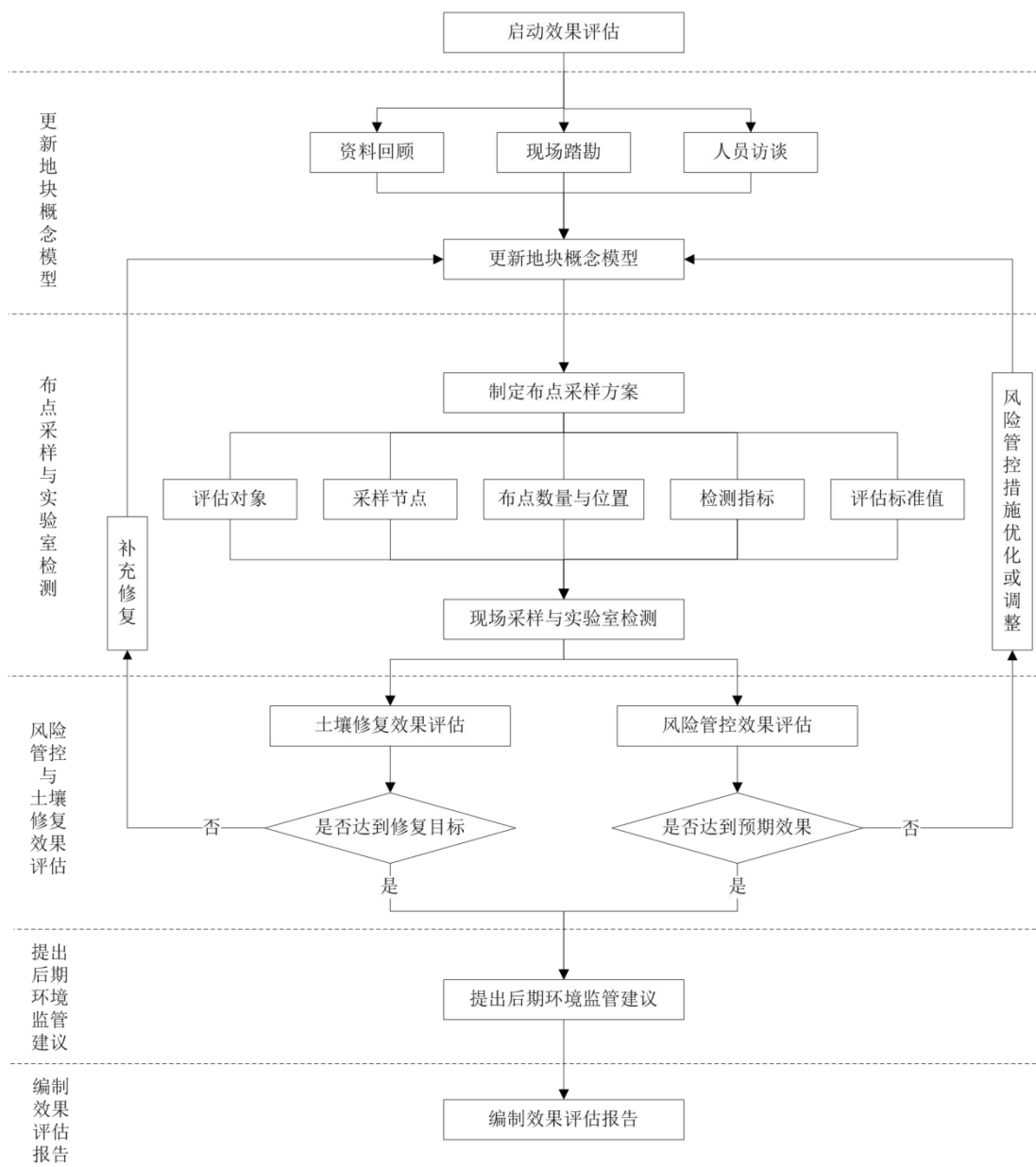


图 3.3-1 污染地块土壤修复效果评估图工作程序

第四章地块概况

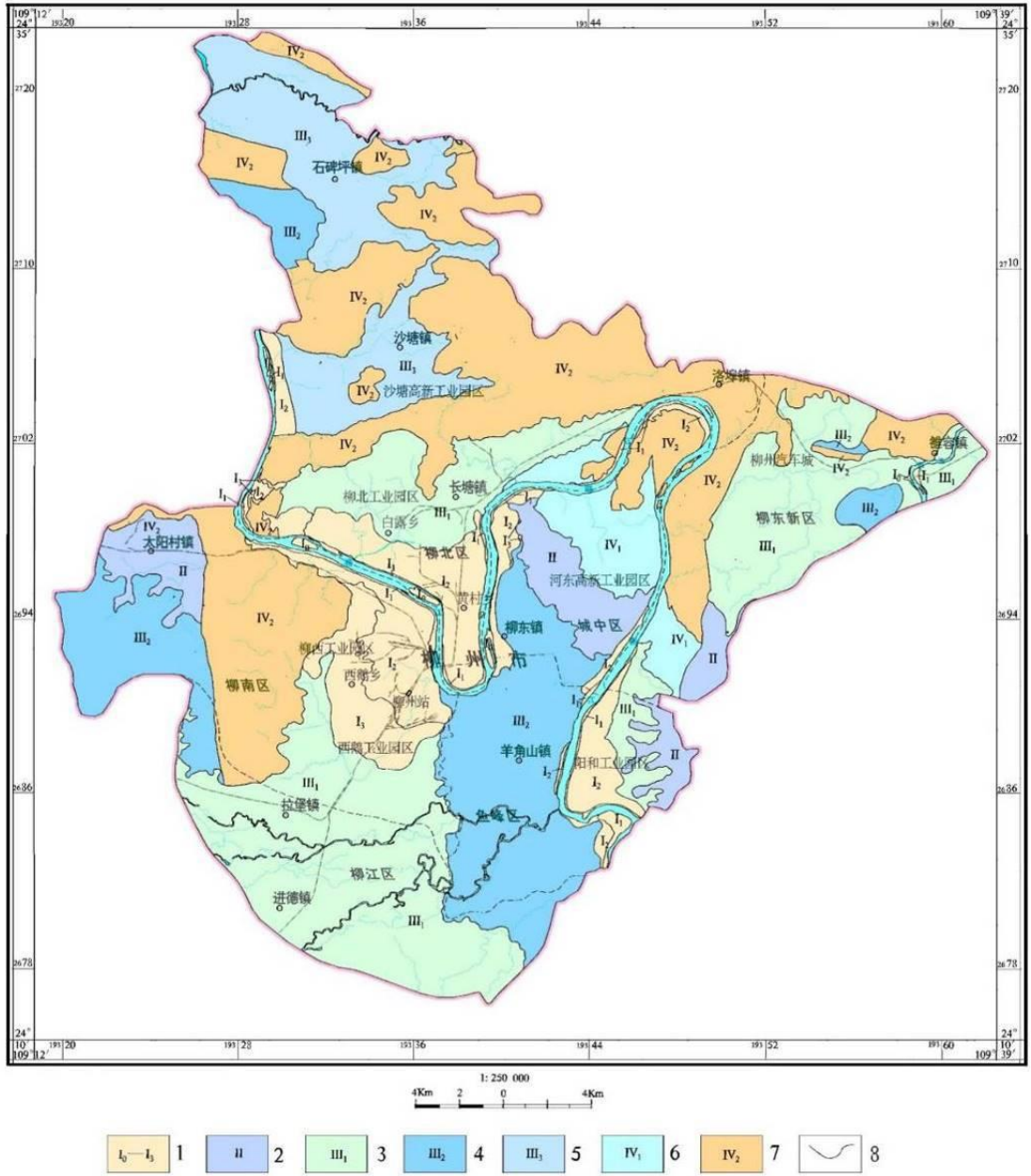
4.1 地块基本情况

4.1.1 区域自然环境概况

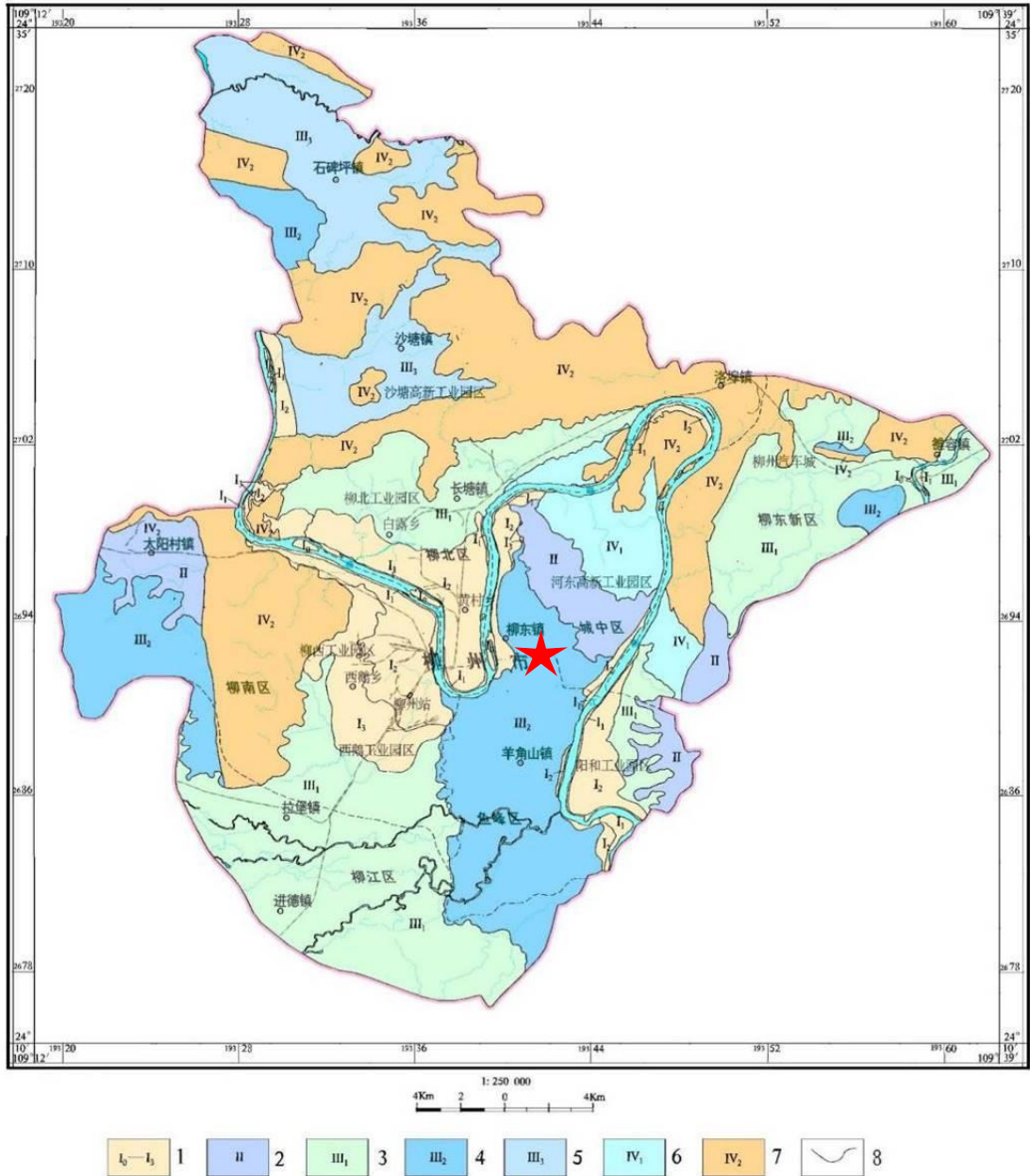
(1) 区域地形地貌

柳州市地貌形态多样，从碳酸盐岩的峰林谷地、孤峰平原到不纯碳酸盐岩的溶丘山地，以及非岩溶的碎屑低丘，形成特色的以热带岩溶景观为主的地貌特征。在构造格局的制约下，总体上组成北、东、西三面封闭、向南开口的岩溶断陷盆地。不同类型地貌的展布，一方面受碳酸盐岩的分布及地质构造的展布形式控制，另一方面，又受柳江的自然分割影响。前者控制了不同地貌类型的分布，北部的岩溶盆地、低丘山地，以及南部峰林、峰丛的排列与分布方式；后者控制了自然地理单元划分。岩溶地貌是柳州市主要地形地貌，其成因类型主要为溶蚀堆积及侵蚀至溶蚀两种类型；非岩溶区地貌有构造侵蚀、剥蚀类型；河谷地貌为侵蚀堆积类型（如下图3.1-2所示）。

本次调查地块地形地势较为平坦，地面标高约为83.59~93.88m，大尺度区域上，本地块所处地貌单元主要为岩溶峰林谷地（平原）地貌，区内谷地（平原）地面标高80~90m左右，在调查区北部一带峰林标高在250~300m，高差150~200m，峰顶保留有明显的古剥蚀面，为晚期峰林剥离夷面的残余。受断层及构造裂隙控制，峰林与谷地主要呈北西西向分布。在调查区的东、西两侧临近柳江河地段，地貌单元主要为河流I、II级阶地。



1、河流阶地 2、峰林洼地 3、孤峰平原 4、峰林谷地 5、岩溶盆地 6、溶丘 7、低丘 8、地貌分区界线



1、河流阶地 2、峰林洼地 3、孤峰平原 4、峰林谷地 5、岩溶盆地 6、溶丘 7、低丘 8、地貌分区界线

图 4.1-1 区域地形地貌图（红星为地块位置）

(2) 区域水文条件

①地下水水文条件

柳州市属南方山丘地区，岩溶地貌较为发育，地下水主要赋存于白云岩裂隙、孔洞中。柳州为珠江水系中游与下游的分界。柳江位于柳北区的西边，为珠江水系西江干流的第二大支流，以柳江河及其支流分割形成的自然地理单元为基础，将柳州市划分了石碑坪岩溶盆地、沙塘向斜盆地、柳北孤峰岩溶河曲平原、柳东孤峰-峰丛河曲平原、柳西孤峰-阶地岩溶平原、雒容孤峰平原、柳南峰林

谷地以及太阳村峰林洼地-谷地8个较完整的水文地质单元以及进德、洛维、阳和等3个不完整的水文地质块段。由于地下水赋存或补、径、排条件的差异，各水文地质单元或块段还可以划分出若干个具有相对独立的补、径、排条件的次级单元或分段。次级水文地质单元分水岭往往位于平原区，常随季节变动。各水文地质单元（块段）划分见下图，项目调查区域位于二级分水岭内。

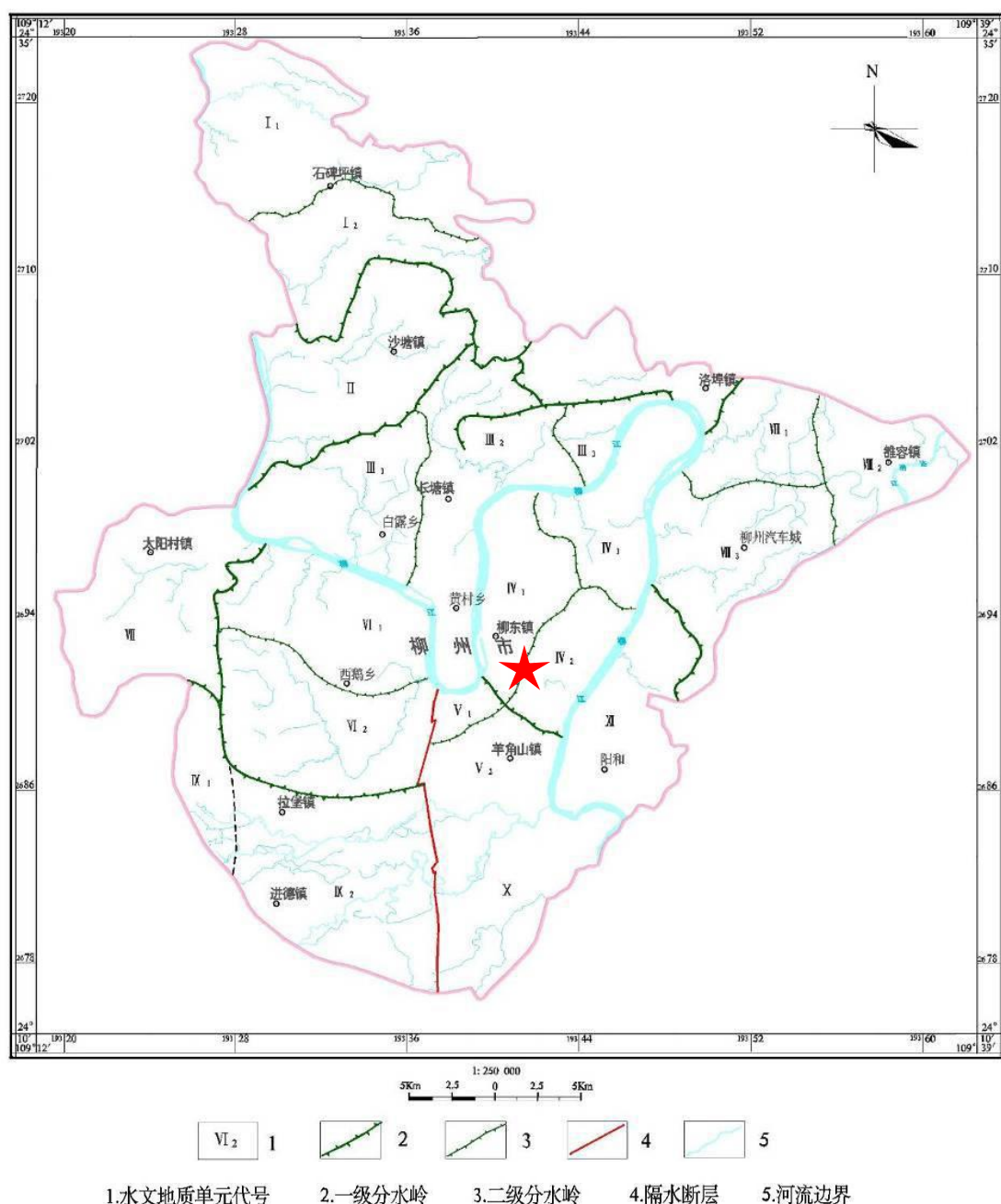


图 4.1-2 柳州区域水文地质单元分区图（红星为地块位置）

根据有关规范对地下水富水等级的划分标准，结合柳州市的水文地质条件及地下水开采实践，将区内白云岩裂隙孔洞（溶洞）水划分为极丰富、丰富、中等

及弱四个等级；灰岩裂隙溶洞水划分为极丰富、丰富、中等三个等级；不纯灰岩岩溶裂隙水划分中等和弱的二个等级；基岩裂隙水仅包括“水量弱”一个等级，具体划分详见图 4.1-3，本项目所在区域为白云岩水量中等——灰岩水量中等区域。

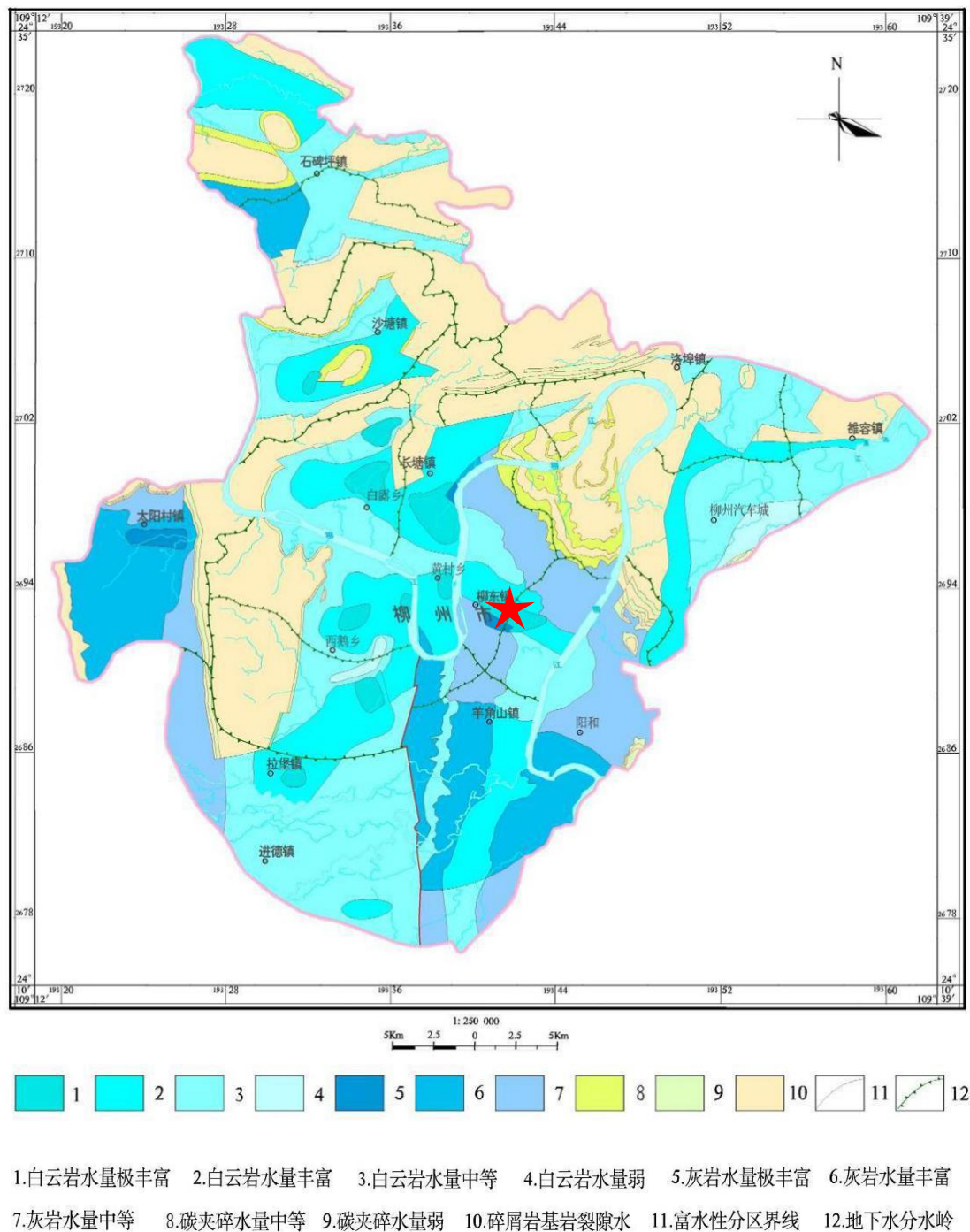


图 4.1-3 区域地下水富水性分区图（红星为地块位置）

②地表水水文条件

项目地块位于柳江柳东河曲地块东部，附近无溪沟分布，东距柳江约580m，降雨主要通过市政雨水管网向柳江排泄。根据柳州水文站提供的柳江河水文资料，

柳江为本区主要河流，呈“壶”形环绕柳州市区，常年水量充沛，柳江柳州水文站所测的水文特征见表 4.1-1。

表 4.1-1 柳江水文特征一览表

项目	单位	数值
实测历史最高水文	m	92.43（1996年7月19日）
多年平均洪水位	m	82.22
百年一遇洪水位	m	92.21
五十年一遇洪水位	m	90.32
二十年一遇洪水位	m	88.32
最低水位	m	69.19（红花电站蓄水前）
百年一遇最大流量	m ³ /s	31800
历年平均流量	m ³ /s	1247.76
最小流量	m ³ /s	85.19

柳江年最高水位大部分在84.00m以下，水位超过84.00m约占28.1%，即平均每3.5年发生一次。洪水一般来势猛，暴涨暴落，24小时曾有12.10m涨幅，最大涨率每小时达1.28m，一般为0.30~0.50m，一次洪水最大水位变幅18.00m左右，洪水期为6月中~7月中，6月中属多，洪峰过程长则25天，短则3天。柳江下游红花电站蓄水以来，柳州市区柳江正常蓄水高程为76.00~77.80m左右。

4.1.2 地块用地规划

根据《柳州市独凳山片区控制性详细规划》（2020年2月）可知，3号地块的未来利用规划为中小学用地（A33），用于建设静兰中学，属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第一类用地。南面道路未来利用规划为交通设施用地（S3），用于建设独静路（来自《柳州市静兰片区路网三46期方案设计》），属于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地。

4.2 地块调查评估活动

《初步调查报告》、《详细调查报告》分别于2020年2月和2020年11月通过了柳州市生态环境局组织的专家评审会，并完成了备案工作。《风险评估报告》于

2021年2月通过了广西壮族自治区生态环境厅、自然资源厅组织的专家评审会，并完成了备案工作。

4.2.1 地块环境调查结论

根据《初步调查报告》、《详细调查报告》可知，3号地块未来规划为中小学用地，因此其土壤样品按照《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）第一类用地筛选值评价，南面道路地块则采用第二类用地筛选值评价。根据初步调查、详细调查和补充土壤调查结果，3号地块范围内土壤中镉、砷、铅、镉、锰和锌超过第一类用地筛选值，其最大超标倍数分别为1989倍、726.5倍、85.75倍、18.6倍、3.24倍和0.76倍，最大超标深度为17.0m；南面道路地块范围内，土壤中镉、砷、镉、铅、锰和铜超过第二类用地筛选值，其最大超标倍数分别为386.78倍、342.33倍、23.5倍、42.13倍、0.71倍和0.85倍，最大超标深度为7.2m。此外，存在镉、砷、铅和镉超过第一类用地和第二类用地管制值的情况。

地块内的土壤水浸试验结果发现浸出液pH值普遍呈中性，部分样品浸出液为强酸性（最小为3.02）和强碱性（最大为11.79）。重金属镉、砷、锰、铅、镉、锌和汞存在浸出浓度超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中Ⅲ类标准值的情况，其最大超标倍数分别达到46599倍、1979倍、88.1倍、43.9倍、27.8倍、15.42倍和0.61倍，对区域地下水存在较大污染风险。对比《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放限值（镉对比《锡、镉、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）新建企业水污染物排放限值），发现部分土壤样品的镉、砷、锌、镉的水浸浓度超过最高排放标准，其最大超标倍数分别为775.67倍、38.6倍、7.2倍和0.44倍，说明地块内土壤中重金属存在浸出风险，与地下水中重金属严重超标情况相符。此外，经分析确定地块内填土层的土壤浸出风险高于黏土层。酸浸试验结果表明，酸浸试验土壤样品重金属不具有浸出毒性，但不能完全排除地块内土壤样品全部无浸出毒性。

在所有地下水监测井均有不同程度的超标，主要超标因子包括溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氨氮，重金属铜、锰、锌、镉、铅、镉、砷、铁和总石油烃（C₁₀-C₄₀），且多数为重金属复合污染，其污染主要来自土壤中重金属经淋溶、

下渗后污染扩散所致。地势低洼处的积水样品W1只有镉和砷浓度超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准值，分别超标195倍和21.7倍，可能来自周边地表径流携带的污染物。

4.2.2 地块风险评估结论

根据《风险评估报告》可知，对本地块的3号地块的第一类用地和南面道路地块的第二类用地中关注污染物分别进行人体健康风险评估。结果显示：

（1）3号地块的土壤关注污染物共6种，包括镉、镉、铅、砷、锌、锰，南面道路地块的关注污染物共6种，包括镉、砷、镉、铅、锰、铜。除铅以外的关注污染物使用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）中相关计算方法进行风险评估。3号地块土壤中镉、砷的致癌风险和危害商均高于人体可接受风险水平，镉、锰、锌的危害商高于人体可接受非致癌风险水平。南面道路土壤中镉和砷的致癌风险和危害商均高于人体可接受风险水平，镉、锰的危害商高于人体可接受非致癌风险水平，铜的风险水平可接受。重金属铅，通过血铅模型计算的修复目标值判断其含量风险是否可接受水平，计算可知3号地块和南面道路地块分别在两类用地方式下土壤中铅的风险水平均不可接受。

（2）根据地块地下水的污染调查结果，浅层地下水中共有11种污染物浓度超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准，包括pH、溶解性总固体硫酸盐、氨氮、重金属铜、锰、锌、镉、铅、镉、砷、铁。超标污染物均属无机类指标，不属于非挥发性污染物；深层地下水仅有砷和镉超标，且地块下游地下水未受到污染。因地块所在区域没有地下水功能区划要求，区域地下水也不存在开采饮用的可能性，且地块下游（850m）处的柳江河段按《柳州市二级水功能区划图》划分为工业用开发区，地表水水质需满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的IV类标准，因此地块中检出的有毒有害物质（亚硝酸盐、硝酸盐、铜、锰、锌、镉、铅、镉、砷、汞、总石油烃）中，超过相关标准要求的有毒有害物质（铜、锰、锌、镉、铅、镉、砷）因不会直接饮用或被人体直接接触不存在潜在风险。按《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）和《地下水污染健康风险评估工作指南》要求，3号地块及南面道路地块不需要进行地下水风险评估。

4.3 修复与风险管控方案

4.3.1 修复与风险管控目标

根据已备案的《修复与风险管控方案》可知，地块土壤污染治理修复与风险管控的目标如下：

(1) 土壤修复与风险管控目标值

本项目中3号地块为第一类用地，土壤关注污染物共6种，包括镉、镉、铅、砷、锌、锰；南面道路地块为第二类用地，土壤关注污染物共6种，包括镉、镉、铅、砷、锌、锰。土壤修复目标值表 4.3-1。

表 4.3-1 土壤修复目标值

污染物	土壤修复目标值	
	第一类用地（3号地块）	第二类用地（南面道路地块）
镉	20	180
砷	40	60
镉	33.2	158
锌	15000	135000
锰	3840	15100
铅	400	1235

本项目采用固化稳定化+阻隔填埋的风险管控技术，基于保护地下水的的需求，对于采取风险管控措施的污染土壤提出风险管控目标值。修复后的土壤浸出限制要求重金属水浸浓度符合《污水综合排放标准》（GB8978-1996）最高允许排放限值，其中镉满足《锡、镉、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）新建企业水污染物排放限值要求。以表 4.3-1作为需进行风险管控的污染土壤范围界定，表 4.3-2为清挖后固化稳定化处理的风险管控目标值。

表 4.3-2 土壤风险管控目标值

序号	污染物	风险管控目标值（mg/L）
1	镉	≤0.3
2	砷	≤0.5
3	镉	≤0.1
4	锌	≤2
5	锰	≤2
6	铅	≤1

(2) 地下水风险管控目标值

本项目地下水的风险管控以地下水IV类水标准设置管控范围。地下水风险管控的目标是以防止污染地下水向周边扩散为主；建立地下水控制系统，通过对水

力条件的控制，将有效控制地下水及地下水中污染物的迁移，能有效地防止污染羽进一步扩散（大部分浅层地下水已通过基坑降水的方式进行了处理，后期监测到污染扩散会进行应急抽水）。本地块地下水具有毒性的污染物的管控目标设计为满足《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类水标准限值，地下水风险管控目标值见下表 4.3-3。

表 4.3-3 地下水风险管控目标值

序号	污染物	风险管控目标值 (mg/L)
1	镉	≤0.01
2	砷	≤0.05
3	镉	≤0.01
4	锌	≤5
5	锰	≤1.5
6	铅	≤0.1
7	铁	≤2.0
8	铜	≤1.5

4.3.2 修复范围与工程量

4.3.2.1 土壤修复与风险管控范围

根据已备案的《风险评估报告》和《实施方案》可知，其中 3 号地块在第一类用地条件下，不同土壤层中需要修复的面积和污染物存在一定的差异性，其中第一层（0-1.0m）修复面积为 19691.69m²；第二层（1.0-3.0m）修复面积为 27198.39m²；第三层（3.0-5.0m）修复面积为 15241.22m²；第四层（5.0-8.0m）：修复面积为 10672.56 m²；第五层（8.0-11.0m）修复面积为 3035.97m²。第六层（>11.0m）修复面积为 556.81m²。3 号地块总修复面积为 21187.6m²，总修复方量为 127927.40m³。

4.3.2.2 地下水风险管控范围

(1) 浅层地下水风险管控范围及方量

将浅层地下水（松散岩类孔隙水）中具有毒性的污染物检测数据与风险管控目标值进行对比，发现3号地块及南面道路内全部监测井的浅层地下水在丰水期镉浓度超过风险管控目标值，枯水期有水的监测井也是镉全部超标，部分监测井地下水水位下降无法采集到地下水样品，因此在地块未来开发使用需全场开挖，并揭露浅层地下水的情境下，保守判断3号地块及南面道路地块全部范围内均纳入地下水风险管控范围，即3号地块及南面道路地块地下水的风险管控面积为27430.81m²，污染物包括铜、锌、镉、铅、砷、镉、锰、铁。

考虑详细调查的地下水为赋存于第四系松散堆积层孔隙中的松散岩类孔隙水，详细调查期间（6月，丰水期）地下水埋深为0.52~5.32m，初步调查和地下水补充调查期间（2月，枯水期）地下水埋深为6.585~11.39m，水位高差为4~6m。按照水文地质勘察结果，确定该含水层平均厚度约12.0m，主要为填土层和黏土层，给水度经验值为0.02~0.035（以0.03计算）。受污染地下水可抽出水体积参考计算公式：

$$\text{可抽出水体积: } V_{\text{水}} = H_{\text{含水层厚度}} \times V_{\text{范围}} \times v_{\text{u给水度}}$$

因此，3号地块及南面道路地块范围内赋存的污染地下水可抽出体积约9875.09m³。

在施工过程中，需对分离出的建筑垃圾进行冲洗，会产生约2000 m³的冲洗废水，因此本项目需要处理的废水总量约为11875.09 m³。但考虑到项目地块地处柳州，降水多且地下水资源丰富，基坑降水过程中，降水井捕获区面积可能较大，导致实际抽出的地下水量大于现在估算的面积，因此工程量以现场实际发生为准。

(2) 深层地下水风险管控范围及方量

将深层地下水（碳酸盐岩裂隙溶洞水）中具有毒性的污染物检测数据与风险管控目标值进行对比，发现3号地块及南面道路地块内2口深层地下水（BS5、BS6）在枯水期地下水中存在锰、镉和砷超标，此外考虑深层地下水的流通性且1号地块内的BS4也存在轻微超标，因此保守估计3号地块及南面道路地块深层地下水均存在污染，划定其风险管控面积为27430.81m²，污染物包括镉和砷。

考虑补充调查的地下水为赋存于碳酸盐岩含水岩组中的碳酸盐岩裂隙溶洞水，补充调查期间（2月，枯水期）地下水埋深为7.855~11.415m。结合区域水文地质资料，无法确定该层地下水的层厚，因此初步估计地块内深层地下水污染厚度为20m，岩溶中等发育石灰岩的给水度经验范围为0.05~0.01，取值0.02，因此受污染深层地下水可抽出水体积参考计算公式：

$$\text{可抽出水体积：} V_{\text{水}} = H_{\text{含水层厚度}} \times V_{\text{范围}} \times v_{\text{u 给水度}}$$

因此，3号地块及南面道路地块范围内赋存的污染深层地下水可抽出体积约10972.32m³。

4.4 环境监理情况

4.4.1 环境监理基本情况

(1) 监理单位：江苏雨田工程咨询集团有限公司

(2) 监理工作目标

为保证场地环境修复过程按照修复方案执行，施工过程中不产生二次污染，确保相关人员身体健康，监理人员在场地修复实施的全过程中对所涉及区域内的土壤、空气、水和噪声环境进行了监督与管控，并督促修复单位将修复方案中的各项环境保护措施落到实处，及时发现并指出存在的环保问题，监督修复单位对问题的解决情况，同时监督修复单位的工程质量，对修复单位的自验收采样检测进行全程监督，跟踪检查检测数据是否符合修复方案要求，控制修复质量。

(1) 对修复质量进行控制。修复单位的自验收采样送检过程在监理单位的现场监督下进行，并跟踪审查检测报告，验证修复质量是否符合修复方案要求。

(2) 监督落实各项环境保护措施。施工过程中监理人员对修复方案要求的污染土壤清挖现场环节的大气、水、噪声、土壤环境保护措施，分别进行落实情况监督检查，并逐项与修复方案要求进行核对，确保本项目的污染土壤清挖过程的每一个环节均不造成二次污染，不对人员健康造成危害。

(3) 对修复区域现场进行环境监测。为验证修复单位落实二次污染防治措施的有效性，监理人员按照修复方案的频次、点位等要求对施工过程中的大气、噪声、土壤进行环境监测。其中大气、噪声在施工过程中进行采样送检实验室分析，土壤在施工过程后进行采样送检实验室分析，以检测报告论证二次污染防治措施的执行效果。

4.4.2 环境监理工作总结

根据《监理总结报告》，监理总结如下：

环境监理单位通过现场巡视、旁站监督、拍照记录、会议、监理日志、监理监测等方式对本项目施工全过程进行监督，巡视现场覆膜情况、废气废水设施运行状况、现场安全等，未发现有环境风险异常情况；对施工中关键节点如污染土壤开挖、转运、筛分、修复效果评估单位验收采样过程旁站监督，现场二次污染防治措施落实到位，未出现环境投诉现象。

本项目施工为2022年4月26日至2023年10月14日，根据每日在施工现场的现场旁站、巡视、见证等情况，共形成531篇环境监理日志、16份月报、13篇会议纪要、3个整改通知单。

（1）施工前准备阶段

对修复方案与现场临建设施的各项设计参数进行核实，对采取的二次污染防治措施的有效性进行分析，核实确认《环境监理方案》中的环境监测计划符合国家和地方的规定和标准；对本修复项目相关的设计单位、修复单位、修复效果评估单位相关资质及从业人员相关资质进行了核查；同时正式开工前，对项目现场进行了一次开工前的整体审查，主要包括了巡查现场场地清理情况、临时设施以及二次污染防治措施的建设情况、现场安全文明设施落实情况。

（2）施工阶段

- 1) 检查并确认现场投入使用的设备、材料质量、规格、药剂符合设计要求；
- 2) 对土壤清挖、修复过程进行旁站监督，对清挖基坑的边界、面积、深度和土方量进行了核实；
- 3) 对基坑支护工程实施过程中的二次污染防治措施进行了旁站、巡视监督，核对了工程量；
- 4) 对污染土壤场内转运路线进行了核实，保持与修复方案中设计一致，转运过程中各车辆的密封性保持良好，车辆均平稳运输，未造成遗撒；
- 5) 污染土、建筑垃圾和清洁土分类分批运输，分开堆放，未造成混合和交叉污染事故发生；
- 6) 监督旁站固化/稳定化处置施工，严格把控修复药剂的添加量，确保污染土壤均在修复大棚内进行固化/稳定化处理；

7) 见证了土壤筛分处理过程，监督筛分后的建筑垃圾转运至冲洗区进行冲洗处理，冲洗后的废水抽排至污水处理设施进行处理；

8) 旁站监督了效果评估单位对清挖后基坑的底部和侧壁、冲洗后建筑垃圾，固化/稳定化处置后的土壤的采样检测过程；

9) 旁站监督了阻隔填埋去区建设，修复土阻隔回填全过程；

10) 在施工过程中和完工后，监理人员分别进行了处理后废水、大气、噪声、土壤的环境质量检测，出具废水检测报告 8 份，颗粒物、噪声检测报告各 12 份，本项目的二次污染防治效果良好，未收到周边居民投诉，未收到环境监管部门整改要求，未对周围环境造成影响；

11) 修复实施过程中监督装卸基坑污染土壤的扬尘控制，土壤运输的洒水抑尘处理，基坑废水、建筑垃圾和车辆冲洗废水的处理和二次回用过程；

12) 旁站监督各基坑涌水、建筑垃圾清洗废水、车辆清洗废水的处理和二次回用过程；

(3) 修复完成后

1) 对工程实施完成后的效果评估的二次污染防治效果评估采样工作进行监督，主要为各个临时设施疑似污染区域的表层土采样工作；

2) 施工完成后环境对场界无组织大气和噪声、周边环境敏感点的空气和环境噪声进行了监测，监控本项目完成后的环境质量情况。

4.5 环境监理单位核实二次污染防治措施

环境监理在修复实施过程中核实了修复施工单位修复方案中的各项环保措施落实情况。现场实施情况如下表所示。

第五章 效果评估布点方案

5.1 评估范围与对象

根据已备案的《风险评估报告》、《实施方案》，本项目修复效果评估范围与对象包括：①基坑清挖效果；②固化/稳定化处置土壤；③筛上物冲洗效果；④潜在二次污染区域土壤。

5.2 基坑清挖效果评估布点方案

5.2.1 布点依据与原则

根据《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）、《广西壮族自治区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》（桂环规范〔2021〕2号）的相关要求，基坑底部采用系统布点法，基坑侧壁采用等距离布点法，基坑底部和侧壁最少检测单元数量见表 5.2-1。

表 5.2-1 基坑底部和侧壁推荐最少检测单元数量

基坑面积 (m ²)	坑底采样点数量 (个)	侧壁采样点数量 (个)
$x < 100$	2	4
$100 \leq x < 1000$	3	5
$1000 \leq x < 1500$	4	6
$1500 \leq x < 2500$	5	7
$2500 \leq x < 5000$	6	8
$5000 \leq x < 7500$	7	9
$7500 \leq x < 12500$	8	10
$x > 12500$	网格大小不超过 40m×40m	采样点间隔不超过 40m

(1) 基坑底部

根据基坑底部面积大小，按照表 5.2-1 划分成若干个采样单元，单元的最大面积不应超过 $40*40m^2$ ，在每个采样单元中均匀分布采集 9 个表层土壤（0~20cm）样品制成 1 个土壤混合样。基坑底部的样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0-20cm），不排除深层采样，采样示意图如图 5.2-1 所示。

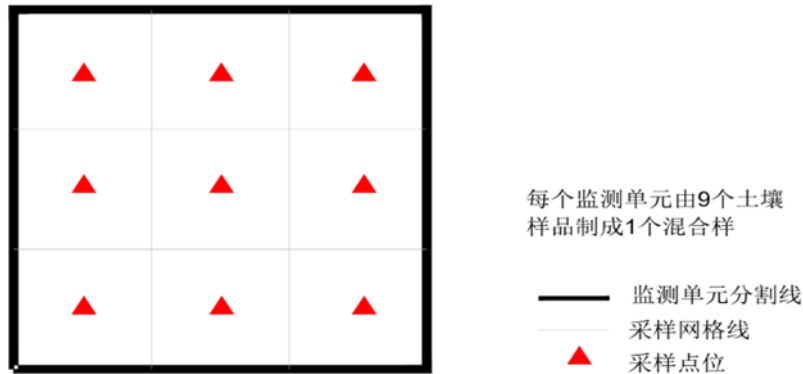


图 5.2-1 基坑底部监测单元采样示意图

(2) 基坑侧壁

根据基坑面积大小和污染强度，将侧壁按照图 5.2-1 划分成若干个采样单元（段），每段最大长度不超过 40m，在每段均匀采集 9 个表层土壤样品制成混合样。基坑侧壁的样品以去除杂质后的土壤表层样为主（0~20cm），不排除深层采样。

当修复深度小于等于 1m 时，侧壁不进行垂向分层采样。当修复深度大于 1m 时，侧壁应进行垂向分层采样，应考虑地块土层性质与污染垂向分布特征，在污染物易富集位置设置采样点。第一层为表层土（0~0.2m），0.2m 以下每 1~3m 分一层，不足 1m 时与上一层合并。各层采样点之间垂向距离不大于 3m，具体根据实际情况确定。

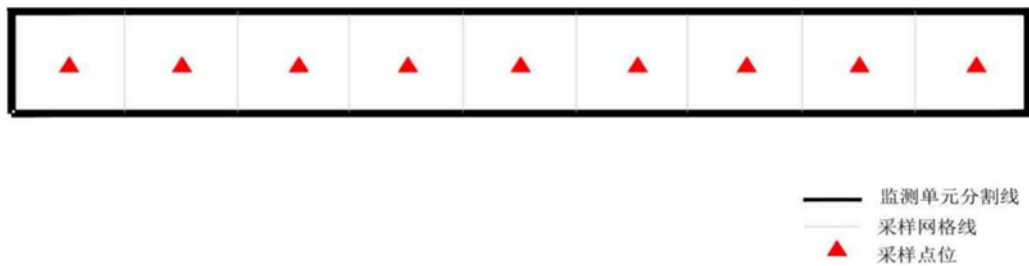


图 5.2-2 修复深度小于 1m 的基坑侧壁采样示意图

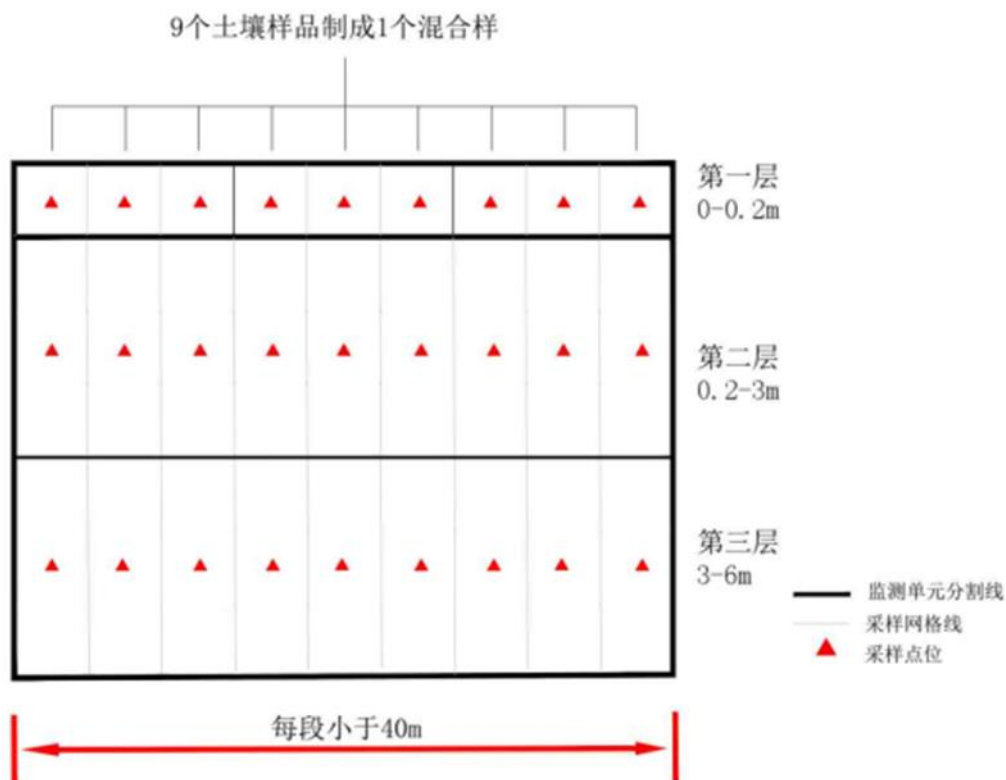


图 5.2-3 修复深度大于 1m 的基坑侧壁采样示意图

5.3 污染土壤异位固化/稳定化修复效果评估布点

5.3.1 布点依据

根据《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）、《广西壮族自治区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》（桂环规范〔2021〕2号）的相关要求，修复后土壤原则上每个采样单元（每个样品代表的土方量）不应该超过 500m³；对于按照堆体模式

处理的修复技术，若在堆体拆除前采样，在复核前述要求的同时，应结合堆体大小设置采样点，推荐数量参见表 5.3-1 所示。

表 5.3-1 堆体模式修复后土壤最少采样点数量

堆体体积 (m ³)	采样单元数量 (个)
<100	1
100-300	2
300-500	3
500-1000	4
每增加 500	增加 1 个

固化稳定化处理后的土壤原则上每个采样单元（每个样品代表的土方量）不应超过 500m³；也可根据修复后土壤中污染物浓度分布特征参数计算修复差变系数，根据不同差变系数查询计算对应的推荐采样数量。固化稳定化处理后的土壤一般采用系统布点法设置采样点；同时应考虑处理效果空间差异，在处理效果薄弱区增设采样点。将处理后的土壤进行分堆堆放，按照堆体方量大小采用网格布点法，每个网格设 1 个土壤采样点，每个样品代表堆体不超过 500m³。每个堆体分表层、中间和底层采集 9 个点形成混合样，采用洛阳铲、挖机或人工挖掘的方式进行取样。

5.4 建筑垃圾（筛上物）冲洗效果评估布点

5.4.1 布点依据与原则

参照 6.4.1 章节污染土壤异位固化/稳定化修复效果评估布点。

第六章 效果评估

6.1 评估方法与评价标准

6.1.1 评估方法

评估方法按照《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）、《广西壮族自治区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》（桂环规范〔2021〕2 号）要求执行，即根据确定的修复目标，采用逐个对比法进行评估。

（1）若样品检测值低于或等于修复效果评估标准值，则认为达到修复效果；

(2) 若样品检测值高于修复效果评估标准值，则认为未达到修复效果，应继续治理修复，直至修复达标为止。

6.1.2 评价标准

(1) 基坑清挖效果检测评估

根据备案后的《风险评估报告》和《实施方案》可知，本项目基坑清挖效果检测评估的修复目标值如表 6.1-1 所示。

表 6.1-1 土壤修复目标值 (mg/kg)

污染物	土壤修复目标值	
	第一类用地 (3 号地块)	第二类用地 (南面道路地块)
镉	20	180
砷	40	60
镉	33.2	158
锌	15000	135000
锰	3840	15100
铅	400	1235

(2) 筛上物检测评估

根据备案后的《风险评估报告》和《实施方案》可知，本项目筛上物效果检测评估标准值见表 6.1-2 所示。

表 6.1-2 筛上物效果评估标准值 (mg/kg)

污染物	修复目标值
镉	20
砷	40
镉	33.2
锌	15000
锰	3840
铅	400

(3) 固化/稳定化处置土检测评估

根据备案后的《风险评估报告》和《实施方案》可知，本项目固化/稳定化处置土检测评估标准值见表 6.1-3 所示。

表 6.1-3 土壤风险管控目标值 (mg/L)

序号	污染物	风险管控目标值
1	镉	0.3
2	砷	0.5

序号	污染物	风险管控目标值
3	镉	0.1
4	锌	2
5	锰	2

6.2 小结

本评估单位通过资料收集、现场踏勘、人员访谈、资料回顾与分析，并在此基础上开展土壤污染修复效果评估监测，至 2023 年 10 月，本评估单位已完成本项目污染基坑清挖效果评估监测、处置土效果评估监测、冲洗后筛上物效果评估监测、潜在二次污染区域效果评估监测，小结如下：

(1) 污染基坑清挖效果评估

对 4 大基坑（A 基坑、B 基坑、C 基坑、D 基坑）分批次进行采样监测，在一次清挖后，部分基坑存在检测结果未达标的情况，但经二次清挖后，二次效果评估检测结果均达标；另部分基坑侧壁因扩挖后，基坑边界范围与 5 号地块同深度的的污染范围共边等情况，故不做检测；部分 D 基坑因为 8m 深坑底，根据《实施方案》，清挖至 8m 后基坑底部还有污染，则需进行粘土封顶阻隔，无需在进行扩挖检测，结合项目实际情况及基坑实际检测的结果，项目修复范围红线内根据《实施方案》要求清挖并达到清挖效果，无需继续清挖。

(2) 固化/稳定化处置土效果评估

对固化/稳定化处置土 129086.85 m³ 进行多批次采样监测，检测结果显示存在 15314m³ 首次检测不合格返修土，但经返修后，所有样品的目标污染物最终均满足对应的土壤修复目标值要求。

(3) 冲洗后筛上物效果评估

对修复项目产生的筛上物（12654.3m³）进行采样监测，结果显示，存在 2699.27m³ 首次检测不合格的筛上物，但经反复重新后，所有样品的目标污染物均低于修复目标值。表明了筛上物均已冲洗干净，冲洗效果达到修复目标。

(4) 潜在二次污染区域效果评估

在资料回顾与分析的基础上，对本次修复工程可能产生的二次污染区域土壤进行采样监测，结果显示所有样品的目标污染物均低于修复目标值。表明了修复过程未对环境造成二次污染的影响。

第七章 结论与建议

7.1.1 修复效果综合评估结论

本次项目环境治理与修复效果评估通过文件审核、现场勘察、现场采样和检测分析等，对地块土壤污染的治理修复效果，以及修复过程污染防治效果等进行调查，该地块修复工作符合相关要求。监测和评估结果表明，经多次清挖与多次效果评估监测，基坑遗留土壤的目标污染物已全部达标，满足修复目标值要求，表明了地块内相关区域范围内的污染土壤，已经全部清挖完成，异位固化/稳定化修复后合格土壤已回填至阻隔填埋区，筛上物经检测达到地块目标修复值，地块相关效果评估对象的检测值均满足修复效果评估标准，地块修复范围以及污染土壤处置过程中未发现二次污染问题，修复效果达到预期目标。