



柳州市环东金属材料厂 1 号地块 风险管控与修复治理工程 总体效果评估报告

上海康恒环境修复有限公司

2026年4月

目 录

1 项目概述	1
1.1 修复工程概况	1
1.2 项目概况	1
2 工作依据	4
2.1 法律法规及政策	4
2.2 标准规范	4
2.3 项目文件	5
2.4 编制目的	6
2.5 工作范围	6
2.6 工作内容	7
2.7 工作程序	7
3 地块概况	9
3.1 地块状况	9
3.1.1 地块基本情况	9
3.1.2 水文地质条件	10
3.1.3 地块用地历史	15
3.1.4 地块未来利用规范	23
3.2 地块前期调查结果	25
3.2.1 初步调查阶段	25
3.2.2 详细调查阶段	27
3.3 风险评估结果	38
3.3.1 土壤风险评估结论	38
3.3.2 地下水风险评估结论	40
3.4 修复目标	41
3.5 阶段性效果评估	43
4 布点与采样方案	45
4.1 采样节点和频次	45
4.2 布点数量、位置	45

4.3 监测指标.....	47
4.4 评估标准值.....	47
5 总体效果评估结论和建议.....	50
5.1 结论	50
5.2 建议	51
5.3 后期监管.....	51

1 项目概述

1.1 修复工程概况

项目名称：柳州市环东金属材料厂1号地块风险管控与修复治理工程

项目地址：柳州市环东金属材料厂1号地块，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

业主单位：柳州市土地交易储备中心

调查评估单位：南方环境有限公司

风险评估单位：南方环境有限公司

实施方案编制单位：南方环境有限公司

修复单位：香山红叶集团有限公司

工程监理单位：珠海巨业建设监理有限公司

环境监理单位：方大国际工程咨询股份有限公司

修复效果评估单位：上海康恒环境修复有限公司

效果评估检测实验室：广西华强环境监测有限公司

修复范围：本地块土壤中主要污染物为镉、砷、铅、镉、锰及锌，表层污染土壤采用“异位固化/稳定化+阻隔填埋”技术处理，实际异位修复土壤面积41210m²，实际异位修复土方量179626m³，最大修复深度8.0m；深层污染土壤则结合开挖土壤的阻隔填埋采取“粘土封顶阻隔”措施；浅层地下水采用“抽出处理+长期监测自然衰减”技术处理，实际处理方量为18000m³。

1.2 项目概况

原柳州市环东金属材料有限公司地块包含多个污染地块，本项目主要针对原柳州市环东金属材料有限公司1号地块（后统称为“1号地块”），该地块为柳州市环东金属材料厂地块（又名“独静路89号地块”）的一部分，地块面积为49231.88 m²（约73.85亩），未来规划用途为公园绿地（G1，经核实为社区公园）。

柳州市环东金属材料厂（后简称“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（主要生产铅锑和锑锭）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，地块交由柳州市环东物流有限责任公司（后简称“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，地块土地被闲置，随后被柳州市土地交易储备中心收储，收储后命名为独静路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。因此，根据《中华人民共和国土壤污染防治法》第五十九条“用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地的，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查”要求，2020年2月柳州市土地交易储备中心委托广西柳环环保技术有限公司完成独静路89号五个地块的土壤污染状况初步调查工作，确定1号地块、3号地块、4号地块和5号地块土壤环境存在重金属污染，为污染地块，需开展详细调查和风险评估工作。

2020年6月，柳州市生态环境局委托南方环境有限公司对柳州市环东金属材料厂1号地块开展土壤环境详细调查、风险评估及修复实施方案编制工作。根据该地块的环境调查、风险评估报告显示，该地块局部土壤及地下水需开展修复治理工作。

2021年11月8日，柳州市土地交易储备中心进行了本项目公开招投标（EPC），由香山红叶集团有限公司（以下简称“香山红叶”）中标并负责实施土壤及地下水的修复治理工程。

2022年1月18日，柳州市土地交易储备中心对修复工程效果评估工作进行了公开招投标，由我司上海康恒环境修复有限公司中标并实施。2022年3月18日，我司组织并通过了《原柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理效果评估工作计划》专家咨询会，专家咨询会意见见附件。

2022年8月，在修复实施过程中，应政府综合开发需求，1号地块西部区域需接纳3号地块修复土壤，此外结合现场实际情况，柳州市土地交易储备中心和市生态环境局对原实施方案中的相关问题进行认真深度讨论，并委托香山红叶对《原柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目实施方案（备案稿）》（以下简称《实施方案》（备案稿））中相关内容进行变更调整，调整后经市生态环境局组织有关专家对《柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目实施方案》（变更版）（以下简称《实施方案》（变更版））进行了评审，专家组同意实施方案变更稿通过评审，并由市生态环境局原则同意该方案变更调整（函见附件）。

2023年10月31日，本修复项目正式完工并移交，于2023年11月开始土壤及地下水的效果评估采样和监测工作。2024年1月30日经过专家评审通过了《环东1号地块风险管控与修复治理工程效果评估阶段性报告（备案稿）》。

我司开展环东1号地块土壤和地下水修复及管控效果评估，针对现阶段已完成的土壤和地下水修复及管控工作，开展效果评估并编制总体效果评估报告。

2 工作依据

2.1 法律法规及政策

- 《中华人民共和国环境保护法》，2015
- 《中华人民共和国土壤污染防治法》，2018
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020
- 《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）
- 《污染地块土壤环境管理办法（试行）》，环境保护部[2016]42号令
- 《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发[2012]140号）
- 《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发[2014]66号）
- 《工业企业场地污染环境调查评估与修复工作指南（试行）》（环发[2014]78号）
- 《关于加强工业企业场地再开发利用环境管理的通知》（合环[2015]99号）

2.2 标准规范

- 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）
- 《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）
- 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）
- 《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ25.3-2019）
- 《建设用地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）
- 《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）
- 《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）
- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）

- 《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环境保护部公告2017年第72号）
- 《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）
- 《土壤环境监测技术规范》（HJT166-2004）
- 《地下水环境监测技术规范》（HJT164-2020）
- 《地块土壤和地下水中挥发性有机物采样技术导则》（HJ1019-2019）
- 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）
- 《锡、锑、汞工业污染物排放标准》（GB30770-2014）
- 《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
- 《典型重金属污染地块风险管控技术指南》（DB45/T 2625-2023）
- 《建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB45/T 2556-2022）
- 《广西壮族自治区环境保护条例》（广西壮族自治区人大常委会公告13届第16号）
- 《广西壮族自治区土壤污染防治条例》（广西壮族自治区人大常委会公告13届第54号）
- 《广西壮族自治区固体废物污染环境防治条例》（广西壮族自治区人大常委会公告13届第69号）
- 《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
- 《柳州市城市建筑垃圾管理规定》（柳州市人民政府令第1号）

2.3 项目文件

- 《柳州市环东金属材料厂1号地块、3号地块及南面道路场地详细调查报告（备案稿）》（南方环境有限公司，2020年11月）
- 《柳州市环东金属材料厂1号地块土壤污染风险评估报告（备案稿）》（南方环境有限公司，2021年2月）
- 《原柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目实施方案（备案稿）》（南方环境有限公司，2021年4月）

- 原柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目施工组织设计（香山红叶集团有限公司，2022年2月）
- 《柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目实施方案》（变更版）（香山红叶集团有限公司，2022年8月）
- 《柳州市生态环境局关于同意原柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目实施方案变更调整的函》（柳州市生态环境局，2023年2月）
- 《原柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目竣工报告》（香山红叶集团有限公司，2023年11月）
- 《原柳州市环东金属材料有限公司地块（1号地块）风险管控项目环境监理总结报告》（方大国际工程咨询股份有限公司，2023年11月）
- 《原柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目工程监理报告》（珠海巨业建设监理有限公司，2023年11月）
- 《环东1号地块风险管控与修复治理工程效果评估阶段性报告（备案稿）》（上海康恒环境修复有限公司，2024年3月）

2.4 编制目的

审核相关文件，根据《柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理项目实施方案》（变更版）和《环东1号地块风险管控与修复治理工程效果评估阶段性报告（备案稿）》，本地块污染土壤已按照预期目标完成修复，修复后污染土壤与基坑的检测结果已达到修复目标并通过专家评审验收工作。

当地下水完成修复效果评估阶段完成8个批次的样品采集工作，根据第三方实验室样品检测结果，开展地下水风险管控及修复效果评估工作，考察地块范围内是否存在二次污染问题，评估地下水修复工程修复效果是否达到风险评估报告确定的修复目标。

当土壤和地下水修复完成后，编制总体效果评估报告。

2.5 工作范围

根据生态环境部相关管理办法和技术导则要求，开展本项目土壤与地下水修复效果评估，以确认修复工程的实施是否达到要求。具体包括：

（1）开展处置工作记录审核评估：通过对监理方和施工方资料审核，分析施工单位是否按照要求进行修复；

（2）修复实施过程二次污染防治效果评估：通过对环境监理资料审核，分析评估修复工程实施过程中，是否落实二次污染防治措施，并达到预期效果；

（3）土壤修复效果评估：依据国内外相关标准和技术导则，对修复区域基坑及修复后土壤进行采样，评估土壤中污染物是否达标；

（4）地下水修复效果评估：对地块内修复后的地下水进行效果评估，判断地下水中污染物是否达标。

2.6 工作内容

基于修复工程进度开展效果评估工作，主要工作包括以下几部分：

（1）调查记录修复地块实际情况，并结合国家导则、技术规范的要求，有针对性地编制效果评估工作方案；

（2）开展修复工作记录审核，以第三方独立实验室检测结果为评价依据，对施工单位地下水修复效果工作进行审核；

（3）组织开展项目竣工效果评估，对修复工程的修复效果进行检测，收集并整理第三方独立实验室地下水检测报告，编制该地下水修复项目效果评估报告。

2.7 工作程序

本次工作的效果评估程序如下图所示：

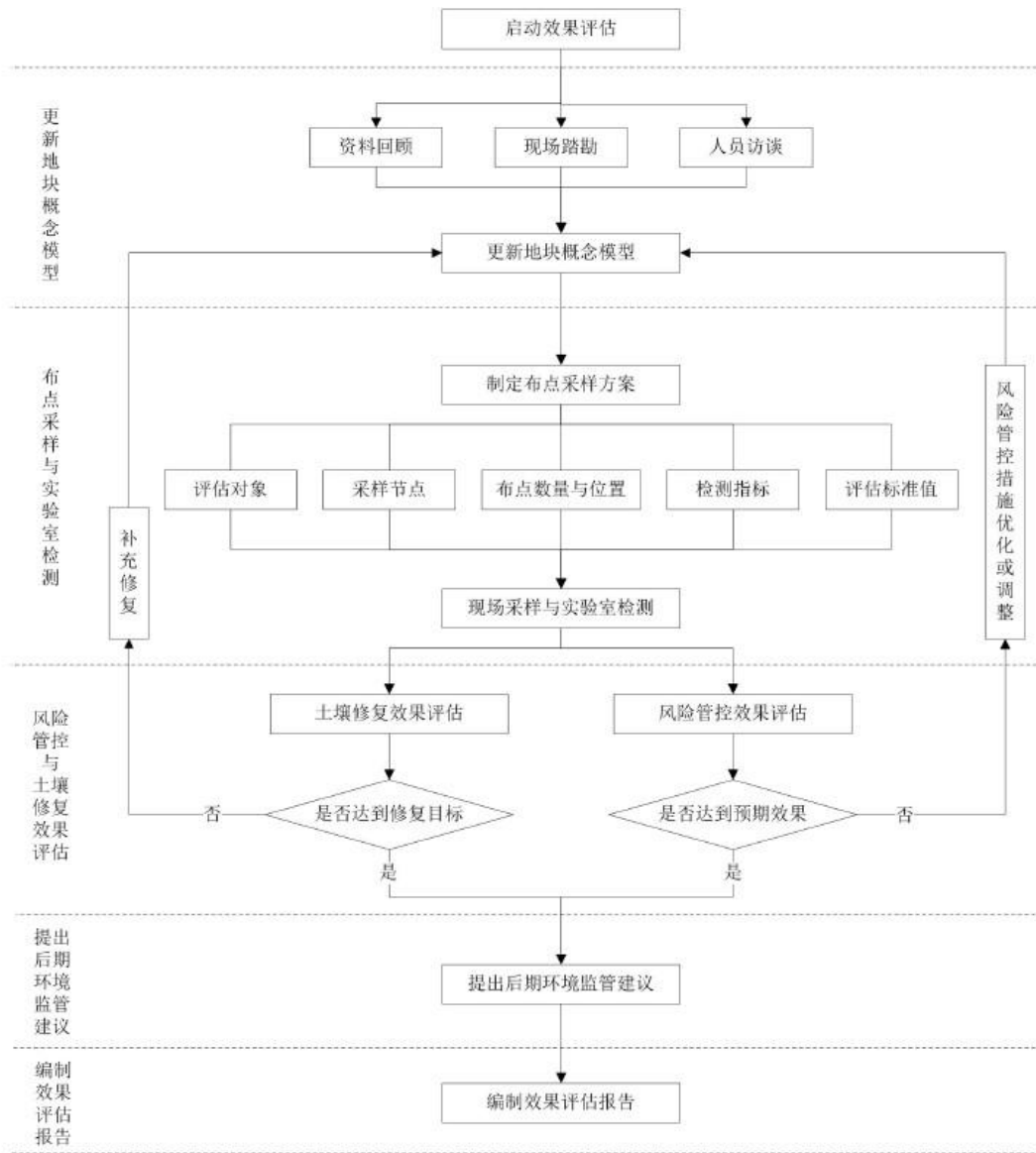


图 2-1 效果评估工作程序

3 地块概况

3.1 地块状况

3.1.1 地块基本情况

本项目地块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，占地面积为49231.88m²（约73.85亩），地块中心坐标为东经109.472086°，北纬24.324857°。地块距柳州市市中心6km，东距柳江约580m。地理位置如下图所示。地块西至原柳州市环东金属材料厂2号地块，北至小马鞍山及莲花山庄，东至大唐官邸售楼部和莲花山庄，南至三林新村、大唐官邸项目建设工地和原柳州市环东金属材料厂3号地块。

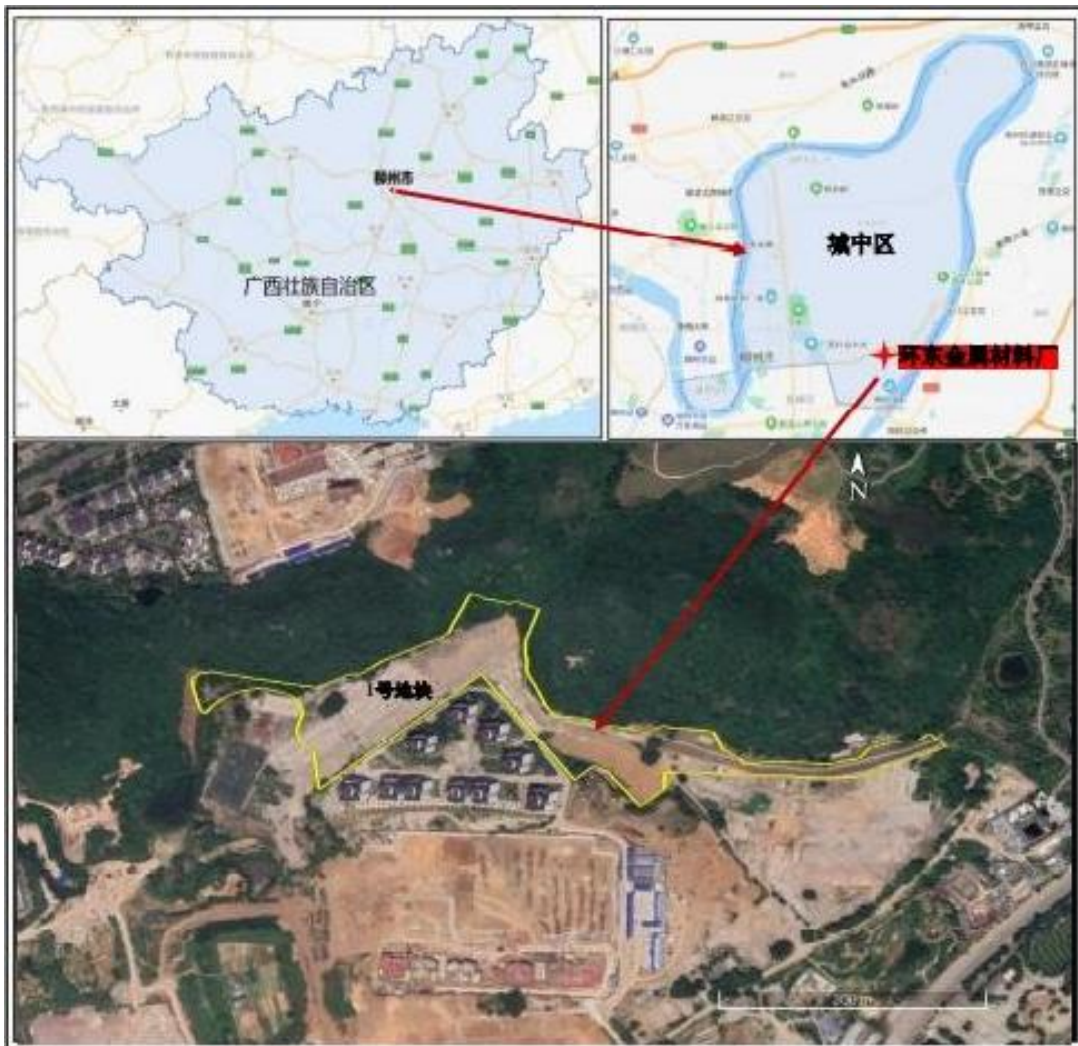


图 3-1 地块地理位置图

3.1.2 水文地质条件

3.1.2.1 场区地形地貌

地块所在区域宏观上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90~100m左右，在调查区部一带峰林标高在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。

调查地块为柳州市独静路89号，地面标高约为85.30~93.30m，地形地势较为平坦，两侧低中间高，即1号地块西部地势较低，大多数地面有硬化，其中部狭长地带的北段地势较高，高程与相邻的三林新村地面高程基本一致，高出两侧2.0~3.0 m左右，再往东区域及3号地块、南面道路地块地势较低、平坦。

3.1.2.2 场区地层岩性

根据钻探揭示，本地块表层为第四系（ Q_4^{ml} ）杂填土，覆盖层主要为第四系冲洪积成（ Q_4^{al} ）的黏土，下伏基岩为石炭系上统马平组（ C_2Pm ）灰岩地层。各地层的工程地质特征自上而下分述如下：

①杂填土（ Q_4^{ml} ）：杂色，以黏性土为主，混夹有混凝土及碎石等建筑垃圾，硬质物含量大于40%，回填时间约为5~10年，属高压缩性土。该层在地块均匀揭露有揭露，揭露层厚0.20~10.70m。从现场素填土和杂填土的分布情况来看，地块内应存在多次回填的历史，不同区域存在一定的差异。

②黏土（ Q_4^{al} ）黄色、棕黄色、棕红色，硬塑状，粘性好、韧性强，干强度高，结构致密，夹少量铁锰结核，局部见风化岩石碎块，切面光滑，手按指纹不清，土体结构致密，分布层厚5~25m不等。

③马平组（ C_2Pm ）：岩性为灰白色、灰色中厚层及厚层块状石灰岩，局部夹燧石结核或白云岩，地层倾向，倾角约10~25°岩溶中等发育，分布层厚大于378m不等。在前期详细调查阶段，仅部分点位钻探揭露基岩层，地块内未发现溶洞现象。在地下水补充调查阶段，南面道路地块中段位置BS5基岩面以下1.8~3.0m深度（地面以下17.8~19.0m深度）发现软塑黏土，经现场判断该层黏土层为溶洞地层，且发现相邻5号地块内距离BS5约35.0m的监测井1已发生淤泥

堵塞情况，因此判断在南面道路地块及南部5号地块相邻位置区域可能存在溶洞情况。

3.1.2.3 含水岩组划分

根据钻探揭露地层岩性及其组合，含水介质特征，将场区划分为松散岩类含水岩组及碳酸盐岩含水岩组两种类型。

(1) 松散岩类含水岩组

根据调查及钻孔揭露，地块内上覆第四系主要由人工堆积成因的筑填土及冲洪积成因的黏土组成，叠加层厚13.10-29.60m不等。该岩组主要靠大气降水入渗补给。上部的筑填土，结构松散，透水性较强，由于地势较高，该层土一般仅出露于表层，为强透水而不含水；而下部的黏土，土体中含有少量的砂、圆砾，结构较致密，透水性弱-中等。该土层分布厚度大，含孔隙潜水。

(2) 碳酸盐岩含水岩组

分布于整个场区，下伏于第四系土层之下，层顶埋深13.10-29.60m，岩性主要由马平组(C₂Pm)灰岩组成。根据钻探显示，各钻探孔均未揭露溶洞，岩溶个体形态以溶蚀及构造裂隙为主，且多为方解石脉充填，岩体较完整，地下水赋存于岩石的构造裂隙溶孔溶隙中，但赋存空间有限。

3.1.2.4 地下水类型及富水性

根据地块水文地质调查结果，结合区域水文地质资料分析，地块内的地下水按其赋存条件、水理性质、水动力等特点，将地块内的地下水划分为松散岩类孔隙水及碳酸盐岩裂隙溶洞水两种类型，其中以碳酸盐岩裂隙溶洞水为主。

(1) 松散岩类孔隙水

赋存于第四系松散堆积层孔隙中，其中峰林谷地溶余堆积成因的红黏土，结构致密，为基本不透水或弱透水不含水的非含水层；柳江河两岸河流阶地冲洪积成因的松散堆积层，主要由黏土、砂砾石土组成的二元结构，结构较为松散，具透水和贮水的条件，含孔隙水。根据区域水文地质统计计算资料，单井涌水量100~500m³/d，水量中等。

据详细调查及地下水补充调查阶段对该层地下水的水位测量，发现丰水期地块内各位置均有松散岩类孔隙水的分布，水量丰富，埋深较浅，测量地下水

埋深为0.52~5.32m；枯水期该层地下水埋深比丰水期低4.0~6.0m左右，在部分区域如1号地块西部因水位下降未发现该层地下水，而1号地块中部、西部该层地下水相对较丰富，地下水埋深为6.585~11.39m。

（2）碳酸盐岩裂隙溶洞水

该类型地下水主要赋存运移于碳酸盐岩含水岩组的灰岩、白云岩、白云质灰岩及泥晶灰岩、燧石灰岩的溶蚀裂隙、溶洞中，其广泛分布于整个本地块范围内。地下水的富水性变化主要受构造、岩溶发育程度、地貌以及补给条件等因素控制。据区域水文地质资料，分布于整个地块马平组(C₂Pm)灰岩，岩溶中等发育，单井涌水量345.0~1476.0m³/d，平均值为821.24.0m³/d，钻孔单位涌水量为0.343~1.474L/s·m，平均值为0.816L/s·m；黄龙组(C₂h)白云岩、白云质灰岩岩溶中等-强发育，单井涌水量425~9325.0m³/d，平均值为1707.26.0m³/d，钻孔单位涌水量为0.717~3.107L/s·m，平均值为1.700L/s·m，根据《矿山水文地质工程地质勘探规范》（GB12719-91）附录C含水层富水性分级依据，将本地块所在区域内碳酸盐岩裂隙溶洞水的富水性划分成中等及丰富两个等级。

（3）地下水补、径、排特征

①水文地质单元边界及划分

地块位于柳州市柳河曲地段内，根据前人研究成果表明：受古水文网与现代水文网的共同作用，柳江河曲地带，作为适应古水文网的标志，河曲间依然存在地表及地下分水岭，在红花水电站蓄水前，分水岭的位置已明显不对称，紧靠西部河岸带，显示现代水文网对河曲地带地表、地下水的袭夺作用。根据广西壮族自治区地质环境监测总站于2017年完成的《柳州市地下水资源与城市应急后备水源地评价报告》资料显示，在对红花水电站正常蓄水十年后进行的一次较为系统且全面的地下水位观测，结果表明原分布了柳江河曲地带西侧的地下水分水岭明显移至环大道沿线一带，从而将地块划分成东部、西部两个次级水文地质单元，本地块位于东部水文地质单元内。

②地下水补给

地块主要为碳酸盐岩地层，多为浅覆盖型的岩溶峰林谷地（平原）区，地下水类型主要为碳酸盐岩裂隙溶洞水，其次为松散岩类孔隙水。地下水的补给循环受地形地貌、地质构造、地层岩性和水文网分布的特点所控制。

A、大气降水是松散岩类孔隙水的主要补给来源，其次为地表河流的侧向入渗补给，局部地段还接受生活污水废水的渗漏补给。松散岩类含水岩组主要分布于河流阶地一带，地形平缓，地层岩性为透水性较好的黏土及砂砾土组成，有利于大气降雨入渗补给地下水，补给量较大。

B、大气降水是岩溶区地下水的主要补给来源，大气降水主要通过岩溶洞穴、溶蚀裂隙缓慢的渗透补给地下水，由于地块部分地段地貌为峰林，基岩裸露于地表，溶蚀裂隙发育，有利于大气降水入渗补给地下水，补给量较大。而在谷地（平原）地段，由于上覆的第四系红黏土层透水性差、分布厚度大，且城市建设地表硬化，不利用利于大气降水入渗补给地下水，其补给量相对较弱。但地块为柳江河曲地段，地下水与地表水水力联系密切，在丰水期地下水时常接受地表河水的侧向入渗补给，补给量大。除此之外，岩溶区地下水还接受松散岩类孔隙水的垂向补给。

③地下水的径流和排泄

赋存于河流阶段的松散岩类孔隙水，接受大气降水补给后，往往就近排泄于柳江；而在地块溶余堆积的局部地段，由于上部存在人工填土或淤泥质土，往往亦会赋存少量的松散岩类孔隙水，为包气带的上层滞水，该类型地下水往往不具统一水位，在水平上无统一的排泄基准面，其径流排泄主要以垂向入渗补给岩溶地下水为主；岩溶地下水接受大气降水、地表水补给以及松散岩类孔隙水垂向入渗补给后，沿裂隙向下游径流，其排泄方式主要为裂隙流集中排泄，或以泉水的形式排泄，出露于地表。从区域水文地质图可知（图3-2区域水文地质图），在天然状态下本地块所在水文地质单元的地下水为自西北向东南径流排泄于柳江。

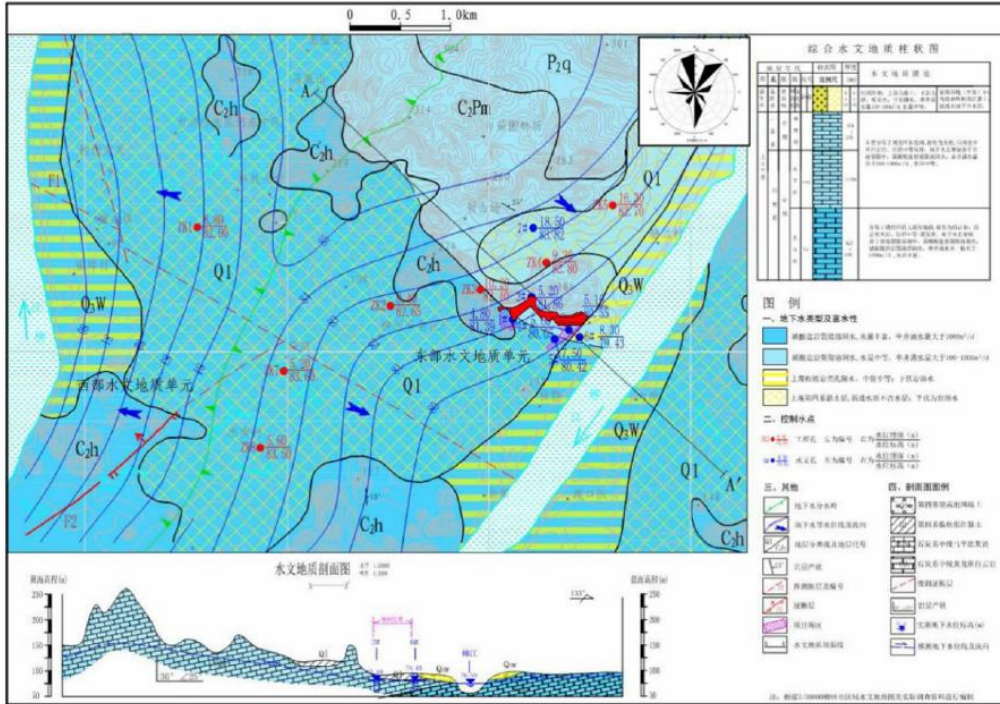


图 3-2 区域水文地质图

根据地块调查报告，地块内地下水总体流向为自西北向东南流，与区域水文地质图地下水流向基本一致。但因3号地块和南面道路地块中西部低洼处存在地表积水，积水旁边SGW90所在区域的地下水受到地表积水的持续入渗补给，导致该区域地下水水位明显高于周边区域，影响了小范围内的地下水流向。

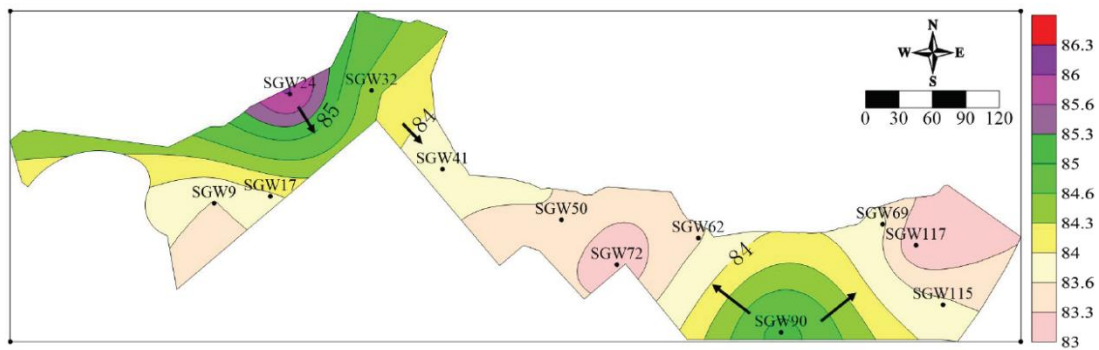


图 3-3 松散岩类孔隙水层地下水流向

(4) 地下水动态及水质特征

1) 地下水动态

地块天然条件下的地下水动态与大气降雨等气象因素关系密切，具有明显的季节性。每年5~8月处于高水位期，10月以后随着降雨减少而缓慢下降，常在2~3月出现水位低谷。根据广西壮族自治区地质环境监测总站布设于本场区

下游约1.23km的地下水观测点2015年8月至2017年8月两个水文年的地下水位长期观测资料，最低水位标高为82.52m，最高水位标高为86.02m，年水位变幅3.0~5.0m。

2) 地下水水质特征

地下水的化学特征，取决于含水层的岩性和地下水循环交替的速度。本场区及附近内碳酸盐岩分布广泛，岩溶水一般为重碳酸钙型水为主，碳酸钙成份含量约占75%，地下水水质类型主要以 HCO_3^- - Ca^{2+} 及 HCO_3^- - Ca^{2+} · Mg^{2+} 型为主。

3.1.3 地块用地历史

根据前期调查结果可知，地块范围内土地在1992年前为未利用的荒地；1992~1999年1号地块西侧部分曾用作为柳州市环东金属材料有限公司泰峰分厂生产用地，1992年~2003年1号地块东侧部分曾属于柳州市环东金属材料有限公司本部生产区；1999年和2003年泰峰分厂和本部先后停产后，至2019年期间均作为柳州市环东物流有限责任公司物流仓储用地；此外，2008年~2011年期间1号地块中部的小部分区域及3号地块的部分车间曾外租给柳州市友诚热浸锌厂生产浸锌产品；2019年6月，环东物流公司完成搬迁并拆除工作，地块土地被闲置，随后被柳州市土地交易储备中心收储，收储后命名为独静路89号地块，将其分为五宗土地进行开发。其中，1号地块、3号地块及南面道路区域范围内的车间分布情况及相关面积如下表3-1，环东金属厂的车间分布图如下图3-4所示。

表 3-1 地块及周边生产车间历史情况表

序号	子地块编号	名称	占地面积 (m ²)
1	1号地块 (49231.88 m ²)	2分厂镉白车间	1495.6
2		3分厂仓库	1077.7
3		6分厂镉白车间	2169.6
4		7分厂仓库	2252.9
5		8分厂镉铈脱杂车间	2650.1
6		未知名车间1 (7分厂仓库西北角)	732.2
7		未知名车间 (9临时渣场1西北角)	770.3
8		9分厂临时渣场1	2186.5
9		10分厂临时渣场2	1517.9
10		11油罐区	781.6
11		仓库 (友诚热浸锌厂西侧)	2160

序号	子地块编号	名称	占地面积 (m ²)
12		14 污水处理站	2309.7
13		其余区域	19127.78
14	3号地块 (21187.63 m ²)	友诚热浸厂	1394.1
15		12 吹炼车间	1983
16		13 旧综合车间	1913
17		15 烧结车间 1	2482.8
18		化验室	267
19		树林 (3号地块东部)	3516.3
20		其余区域	9631.43
21		3号地块南面道路	15 烧结车间 2
22	(6243.18 m ²)	其他区域	4567.48



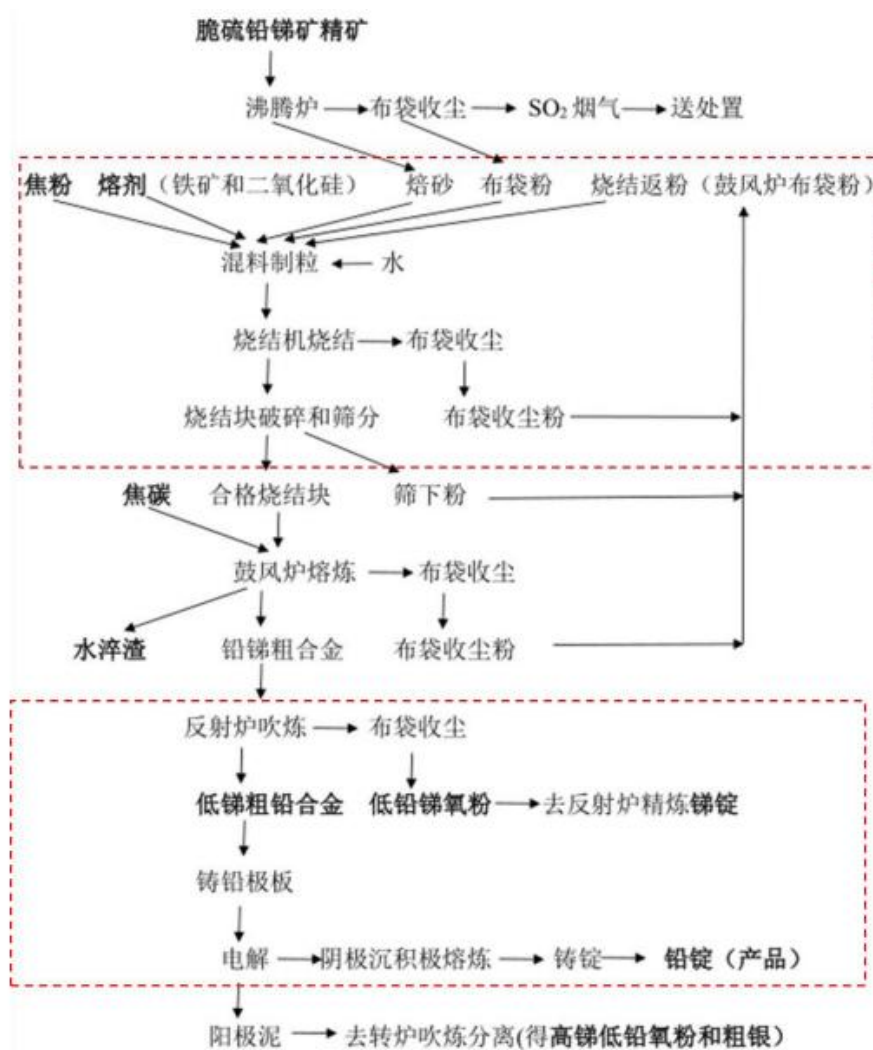
图3-4 原环东金属公司场区主要平面分布图 (含部分现有设施)

注：1分厂燃料堆场；2分厂镉白车间1；3分厂仓库1；4分厂职工休息室；5分厂烟囱；6分厂镉白车间2；7分厂仓库2；8分厂镉锭脱杂车间；9分厂临时渣场1；10分厂临时渣场2；11油罐区；12吹炼车间；13旧综合车间；14污水处理站；15烧结车间；16化验室；17新综合车间；18电解铅车间；19原料仓库；20熔炼车间；21机械车间；22渣场1；23渣场2；24办公室；25职工停车场；26职工食堂；27职工运动场；28刨板厂；29职工宿舍；30车队停车场。

根据地块用地变迁资料可知，1号地块曾作为柳州市环东金属材料有限公司泰峰分厂生产用地、本部生产区用地以及柳州市环东物流有限责任公司物流仓储用地，少部分区域作为柳州市友诚热浸锌厂。地块利用变迁过程中的生产工艺流程和生产污染等的变化情况如下。

(1) 柳州市环东金属材料有限公司 (本部生产区)

1号地块东部区域、3号地块及南面道路主要位于环东金属厂本部区域内，主要布设有油罐区、污水处理站、化验室、旧综合车间、吹炼车间、烧结车间。该片区原主要产品为铅锭和铋锭。2003年停产后厂房闲置，主要作为环东物流公司仓储仓库。根据现场踏勘，该公司建筑物目前已基本拆除完毕。环东金属厂采用脆硫铅铋矿为生产原料生产铅锭和铋锭，主要生产工艺流程详见图3-5:



注： [] 范围内为调查地块生产工段

图3-5 环东金属本部铅锭和铋锭主要生产工艺流程图

生产过程的主要产污情况如下：

1) 废气

地块内的吹炼车间和烧结车间生产过程中产生的有组织废气主要为原料仓及配料系统粉尘、鼓风机还原炉烟气、反射炉烟气，其主要污染因子有SO₂、NO_x、颗粒物、铅及其化合物、汞及其化合物、铋。锅炉烟气经布袋除尘器处

理后由40m高砖烟囱排放，2003年后废弃。无组织排放废气主要有原料堆棚和炉渣堆棚产生的颗粒物，柴油储罐大小呼吸产生的非甲烷总烃。

2) 废水

调查地块内的吹炼车间和烧结车间生产过程中产生的废水主要包括冷却水、鼓风机冲渣水、锅炉水膜除尘废水及生活污水。其主要污染物为pH、铅、砷、锌、汞、镉、COD、BOD₅、SS、氨氮，其中冷却水部分回用部分经水沟排入柳江；鼓风机冲渣废水大部分回用，少部分经周边水沟排入柳江；锅炉水膜除尘废水经沉淀处理后回用，不排放；生活污水经化粪池收集后给周边农田做农肥。

3) 固体废物

调查地块内的吹炼车间、烧结车间和污水处理站生产过程中产生主要为原料系统除尘灰、铅氧化渣、鼓风机炉渣、反射炉炉渣、燃煤灰渣以及污水处理站沉渣，均属于危险废物，据前期初步调查，地块产生的危险废渣部分回用，部分移至5号地块渣场暂存。

(2) 柳州市环东金属材料有限公司（泰峰分厂）

地块主要位于泰峰分厂地块内，主要布设有分厂锅炉房、分厂锑白车间、分厂脱杂车间、分厂临时渣场、分厂成品仓库。该地块原主要产品为锑白（1992~1999年）和锑锭（1992~1999年）。1999年后泰峰分厂停产，厂房闲置，主要作为环东物流公司仓储仓库。根据现场踏勘，该公司建筑物目前已基本拆除完毕。

泰峰分厂以低铅锑氧粉为原料经反射炉还原熔生产锑锭，主要生产工艺流程详见图3-6:

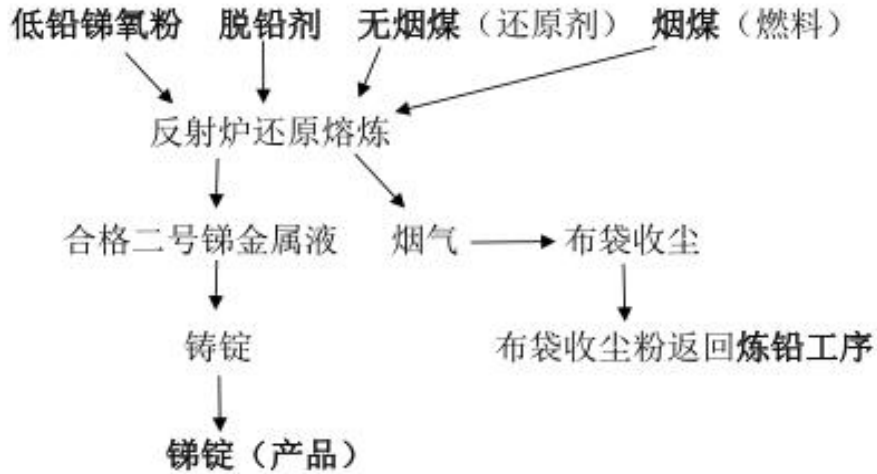


图 3-6 泰峰分厂锑锭主要生产工艺流程图

泰峰分厂以低砷铅锑合金为原料生产锑白（三氧化二锑），主要生产工艺流程详见图3-7：

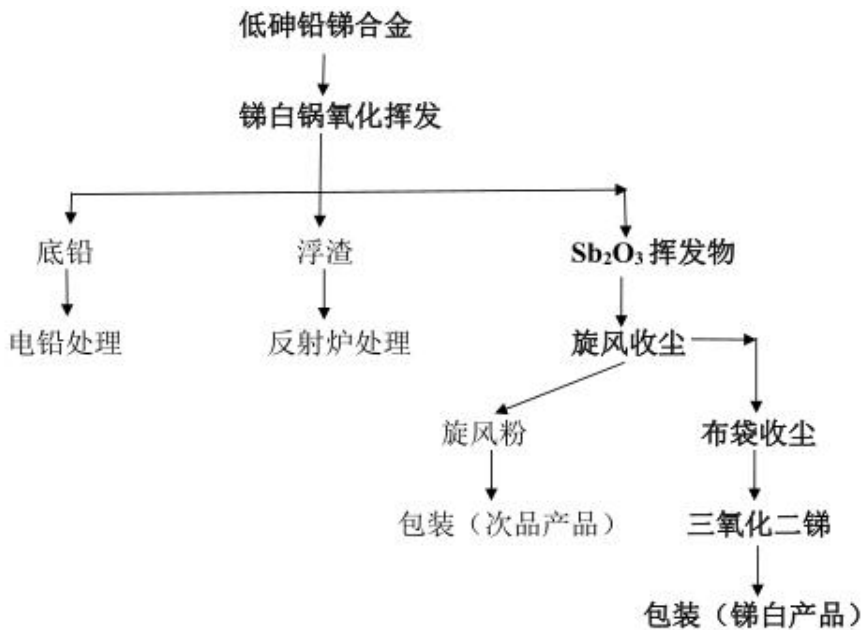


图 3-7 泰峰分厂锑白主要生产工艺流程图

泰峰分厂的主要污染情况如下：

1) 废气

有组织废气主要为原料仓及配料系统粉尘、鼓风还原炉烟气、反射炉烟气、工业锅炉烟气，其主要污染因子有SO₂、NO_x、颗粒物、铅及其化合物、汞及其化合物、锑。无组织排放废气主要有原料仓库产生的颗粒物。

2) 废水

废水主要包括冷却水、鼓风机冲渣水、锅炉水膜除尘废水及生活污水。其主要污染物为pH、铅、砷、锌、汞、镉、COD、BOD₅、SS、氨氮，其中冷却水部分回用部分经水沟排入柳江；鼓风机冲渣废水大部分回用，少部分经周边水沟排入柳江；锅炉水膜除尘废水经污水处理站处理后回用，不排放；生活污水经化粪池收集后给周边农田做绿肥。

3) 固体废物

主要为原料系统除尘灰、铅氧化渣、鼓风机炉渣、反射炉炉渣、燃煤灰渣、氧化渣、锅炉灰渣以及污水处理站沉渣，除锅炉灰渣外均属于危险废物，经调查，固体废物曾堆放于公司厂区内，锅炉灰渣和金属废渣出售，其他危险废物在公司建筑物拆除后，基本清挖出由有资质的单位回收处置。

(3) 柳州市环东物流有限责任公司

泰峰分厂和本部生产区分别于1999年和2003年停产后，相关设备全部拆除，遗留的厂房由环东物流公司接手。环东物流公司成立于1997年10月14日，2019年6月全部搬迁，2020年8月13日注销。公司主要经营范围为将自有场地及房屋出租服务，仓储服务、建筑工程机械设备及建筑用钢管架租赁，计算机租赁，装卸搬运、货物运输代理、货运信息服务、包装服务、商品信息咨询。从初步调查报告可知，该公司将少部分厂房出租给其他企业作为生产车间，租赁企业主要为机加工企业，不涉及石油加工、化工、焦化、电镀、制革等重点行业，仅有柳州市友诚热浸锌厂属于有色金属冶炼和压延加工业，其余大部分厂区作为物流用地。

根据天眼查平台查询注册在柳州市城中区独静路89号和独凳山路89号（曾用地址编号）的相关企业，结果如下：

1) 柳州市友诚热浸锌厂

柳州市友诚热浸锌厂注册于2001年，主要从事电力、电讯器材、管件、五金零配件来料热浸锌处理，属于有色金属冶炼和压延加工业，因此该企业为柳州市土壤污染重点行业企业之一。据《柳州市友诚热浸锌厂重点行业企业信息调查表》，该企业自环东金属物流公司租赁场地面积为1317m²，租期为7年，含生产车间1栋，办公生产区4间平房。

该企业自2008年3月开始生产，其生产规模为浸锌产品500 t/a。涉及的原料包括角铁、铁条、扁铁、钢槽等500 t/a，锌锭30t/a，20%~32%盐酸3 t/a，供热

的贵州煤0.25t/d，生产用水35 m³/a，生活用水288 m³/a（生产废水不外排，用水均引自厂区西面500m远的刨花板厂水池）。

其生产工艺是将在机加工车间切割好的工件利用行车吊入酸洗池（6.0m×1.0m×0.65m）除锈，酸洗2~3分钟后将工件吊至熔锌炉上烘干后置入熔锌炉（6.3m×0.8m×1.5m）内浸锌，10秒钟后提出，放入冷却池（6.0m×1.0m×0.65m）冷却后得成品，工艺流程如图3-8所示：

工件 → 酸洗 → 烘干 → 浸锌 → 冷却 → 产品

图3-8 柳州市友诚热浸锌厂生产工艺流程图

其中，酸洗过程化学反应式为 $\text{Fe}_2\text{O}_3+6\text{HCl}=2\text{FeCl}_3+3\text{H}_2\text{O}$ 。共设置有2个酸洗池，当其中一个酸洗池中酸洗废水饱和后，利用另外一个酸洗池进行生产。停用的酸洗池中的酸洗废水泵入废酸液池（6.0m×1.0m×0.65m），约0.2m³的池底带泥废水泵入西面的地埋式硬化石灰池（3.0m×1.0m×1.0m）进行中和，反应式为 $2\text{FeCl}_3+3\text{CaO}+3\text{H}_2\text{O}=2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow+3\text{CaCl}_2$ 。厂区内各池均采用耐酸水泥砌成，具有防渗防腐作用。

柳州市友诚热浸锌厂生产过程的主要污染物是熔锌炉烟气、生产废水、固体废物和噪声等。

熔锌炉烟气：来自贵州煤供热，主要污染物包括硫化物和烟尘，项目生产初期烟气中SO₂和烟尘均超标排放，后改用电热熔锌炉，即采用电能供热，不再产生烟气。

废水：主要包括酸洗废水、清洗废水、冷却水和生活废水。其中，酸洗废水用量为15 m³/a，循环利用，最终酸洗废水与生石灰反应会产生极少量的Fe(OH)₃沉淀。清洗废水主要来自行车吊运使用吊绳上少量酸液需进入清洗池清洗，用量约5m³/a，每年清洗2次，产生的清洗废水泵入废酸液池自然损耗，不外排。冷却水用量约15 m³/a，使用间隔时间较长，散热较快，不外排。蒸发损失部分由新鲜水补充。生活污水主要来自6名员工（4人住厂），产量为1 m³/a，排放量约0.9 m³/a，经三级化粪池处理后排入厂区东面低洼地经排水管进入柳江。

固体废物：包括员工的生活垃圾（约5kg/d），建有垃圾池集中堆放，委托当地环卫部门收集统一处理。此外，项目早期熔锌炉使用燃煤进行供热，每天

燃煤0.25t，产生炉渣约26.67kg/d，用于填坑铺路，后期改用电供热后不再产生。

综合《柳州市友诚热浸锌厂重点行业企业信息调查表》调查结果判断，企业生产期间重点生产区域均硬化且硬化完整，其“三废”生产、储存和排放基本不涉及污染，因此可确定柳州市友诚热浸锌厂对土壤和地下水环境的污染风险较低。

2) 柳州市国环环保工程有限责任公司

柳州市国环环保工程有限责任公司，注册地址柳州市独凳山路89号，具体用地范围、面积未获取，营业期限为1997年至2010年，营业范围为环保技术及咨询服务，环保产品（滗水器、伸缩管）的生产及销售，钢材、建筑材料、汽车配件的销售等。据初步调查和详细调查判断，该企业的经营过程应不涉及对土壤和地下水环境的污染。

3) 柳州市创源物资经营部

柳州市创源物资经营部，位于柳州市独凳山路89号（办公楼）1-3、4内，成立于2001年4月18日，2016年工商核准已注销，其营业范围为金属材料（不含贵稀金属、钢材）、建筑材料、电器机械及器材、普通机械及配件、氧化锌、硫酸锌、锑酸钠、锡酸钠、铅矿、锌矿、铜矿、铁矿、铝矿、锰矿、磷矿、重晶石批发、零售、代购、代销。据我司技术团队经验判断，该企业的营业范围虽涉及与土壤和地下水环境的污染相关的化学品和矿产品，但从企业名称及地址可推测该企业本次调查地块范围内应不涉及相关化学品和矿产品的存储和生产，以市场销售、代购、代销为主，因此该企业应不涉及对土壤和地下水的污染风险。

4) 柳州市瑞达电子厂

柳州市瑞达电子厂，注册地址为柳州市城中区静兰村独凳山路89号（市环东金属材料有限公司内），具体用地范围、面积未获取，经营时间为2006年5月8日至2010年4月30日，其营业范围为电子元器件发光二极管加工服务。据初步调查和详细调查判断，该企业的经营过程应不涉及对土壤和地下水环境的污染。

5) 柳州市广运机械厂

柳州市广运机械厂，注册地址为柳州市独凳山路89号（综合车间），具体用地范围、面积未获取，经营时间为2008年1月24日至2018年1月24日，其经营范围为机械制造加工、销售。据初步调查和详细调查判断，该企业的经营过程应不涉及对土壤和地下水环境的污染。

6) 柳州金运鸿汽车运输有限公司

柳州金运鸿汽车运输有限公司，经营期限为2006年11月1日至2016年12月31日，注册于柳州市燎原路44号，其中2012年7月31日从原地址搬迁至柳州市独静路89号一幢1-6号，在环东金属材料厂内的具体用地范围、面积未获取，其经营范围为道路普通货物运输（有效期至2014年10月19日），搬家、理货。据初步调查和详细调查判断，该企业的经营过程应不涉及对土壤和地下水环境的污染。

7) 柳州市超睿汽车部件厂

柳州市超睿汽车部件厂，注册地址为柳州市独静路89号，注册时间为1993年12月27日，其经营范围为汽车配件、五金配件、冲压件加工。该企业曾用名柳州市福利矿产品加工厂，是从事有色金属矿采选业。从企业名称和经营范围来看，该企业早期可能为环东金属材料厂的内部企业，为环东金属材料厂的生产提供原料的堆放、加工等，后期转为汽车部件厂，其历史生产活动较大可能存在对土壤和地下水的污染，其主要污染物可能涉及重金属和总石油烃，分别来自矿产品堆放和加工过程、汽车维修期间设备润滑油的“跑冒滴漏”。考虑其准确位置和范围均不明确，且初步调查阶段和详细调查阶段已完成环东金属材料厂地块内的重金属和总石油烃的调查，因此本次不单独针对性开展相关工作。

综上，可见柳州市环东物流有限责任公司期间，除柳州市超睿汽车部件厂可能对地块内土壤和地下水环境造成污染外，其余生产历史对土壤和地下水的污染风险均较低。

3.1.4 地块未来利用规范

项目地块属于独凳山片区规划用地，独凳山片区范围北到桂柳路以北山前路，南至静兰桥，西起马鞍山西侧、东至三门江森林公园管理处以南，毗邻柳江，规划总用地面积约为4.62平方公里。根据《柳州市独凳山片区控制性详细

规划》（2020年2月）可知，地块未来利用规划包括公园绿地（G1）和交通设施用地（S13）。

其中，地块西北部的部分区域为小马鞍山公园，根据2020年9月30日发布的《关于小马鞍山公园一期可行性研究报告的批复》（柳发改规划〔2020〕324号）确定，小马鞍山公园定位为社区公园。其余公园绿地区域，按照《城市绿地分类标准》（CJJ/T85-2017）考虑其使用功能且面积小于10hm²（不符合综合性公园要求），也应确定为社区公园。此外，经向广西柳州市轨道交通投资发展集团有限公司了解，贯穿1号地块中部的道路已暂停建设（此前在方案设计阶段）。因此，1号地块的未来规划应属于《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。

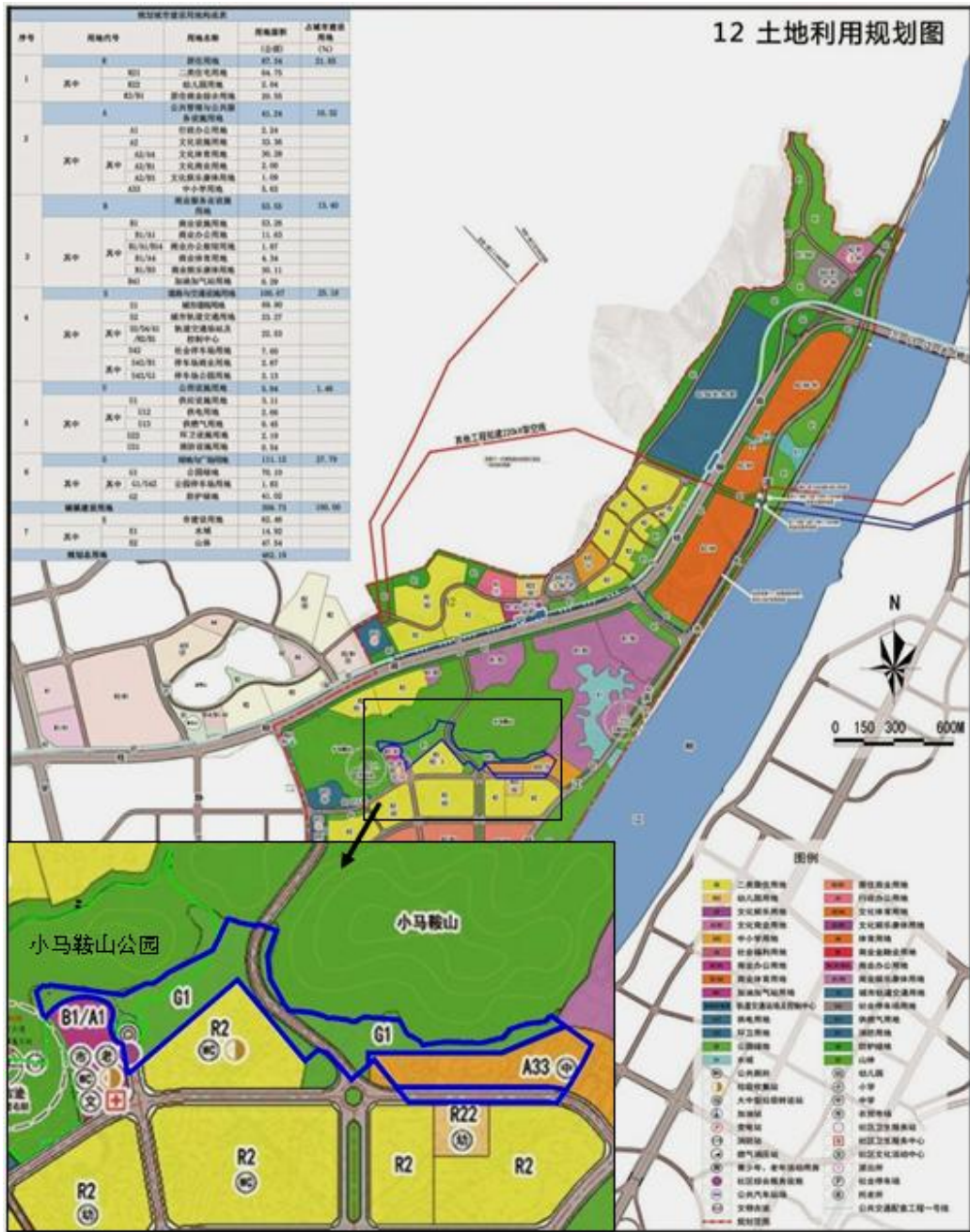


图 3-9 柳州市独凳山片区控制性详细规划

3.2 地块前期调查结果

3.2.1 初步调查阶段

1号地块未来利用规划为公园绿地，初步调查阶段选用《土壤环境质量建设用地区域土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地（绿地与广场用地）筛选值作为评价标准。结果发现，土壤样品中有机污染物均未检出，6个土壤取样点中有3个点位（A7、A8、A12）存在重金属超标现象，分别

位于烟囱、锑白车间和成品仓库，最大污染深度为锑白车间的2.0m锑超标，其余均为表层0.5m超标。采集的12个土壤样品中，有3个土壤样品的砷超过第二类用地筛选值标准（60mg/kg），超标率为25%，最大超标样品位于成品仓库的A12-0.5m，最大超标倍数为19.13倍；有2个土壤样品的锑超过第二类用地筛选值标准（180mg/kg），超标率为16.7%，最大超标样品位于锑白车间的A8-2.0m，最大超标倍数为1.28倍。其中，成品仓库的表层0.5m样品锑和砷均超标。其余各项监测因子均能满足GB36600-2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》第一类用地筛选值标准。此外，经与B5和B7对照点检测结果相比，发现调查地块内部分点位土壤采样点中的砷、锑因子的监测值与对照点监测值相差较大。

初步调查阶段，地下水环境质量评价以《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类水质标准为依据，石油类参照执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水质标准。

结果发现，1号地块内的2#监测井所采集的地下水的各项监测因子均未超《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准要求，石油类未超过《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水标准。

根据以上对初步调查结果的汇总和分析，并结合详细调查阶段的要求，需要进行补充分析和纠偏，以指导详细调查工作的开展。

（1）初步调查阶段，1号地块范围比详细调查要求的范围小，1号地块的北部区域（红线以北）未纳入初步调查范围。

（2）初步调查阶段，1号地块土壤样品检测结果选用《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地（绿地与广场用地）筛选值作为评价标准。但经详细调查阶段的资料搜集和核实，确定1号地块未来利用规划属于社区公园，应选用《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值进行评价。调整评价标准后，确定1号地块内6个土壤点位有5个点位出现重金属超标，分别位于烟囱、锑白车间、临时渣场和成品仓库，仅脱杂车间未出现超标情况。采集的12个样品中有10个样品超标，超标指标包括砷、镉和锑，其中8个样品砷超标，超标率为83.3%，最大超标样品位于成品仓库的A12-0.5m，最大超标倍数为27.7倍；1个样品镉超标，超标率为8.3%，超标样品为A10-2.0m，超

标倍数为 0.45 倍；9 个样品镉超标，超标率为 75%，最大超标样品位于镉白车间的 A8-2.0m，最大超标倍数为 10.5 倍。其余各项监测因子均能满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值标准。因此，详细调查阶段应按照调整后的分析结果进行土壤采样点位的布设。

（3）初步调查阶段，1 号地块范围内的分厂镉白车间和分厂仓库均未布设采样点位。但从《独静路 89 号五宗土地（2 号地）土壤污染状况初步调查报告》（报批稿）可知 2 号地块范围的分厂镉白车间和分厂仓库区域分别布设有土壤点位 A6 和 A4，其中 A6 位置建设地下水监测井 1#。经实验室检测发现这两个点位均未超《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值，也未超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值，且地下水也无超标现象。虽然这两个车间未发现超标，但是考虑车间面积较大，且其历史过程存在污染的可能性，详细调查阶段仍需将其作为疑似污染区域进行加密布点。

（4）初步调查阶段，柳州市友诚热浸锌厂未进行资料分析而是作为油罐区进行调查，该厂区大部分面积位于 3 号地块，布设土壤点位 A15，检测指标包括重金属和石油烃，覆盖了柳州市友诚热浸锌厂的特征污染物，最终发现重金属砷和镉超标。

（5）对初步调查的结果进行纠偏后，确定初步调查发现多个点位的最大采样深度 2.0m 仍存在超标现象，因此详细调查阶段需加深采样深度，以确定最大污染深度。初步调查阶段，在部分重点区域未布点采样，因此详细调查阶段需在该区域进行加密布点。

3.2.2 详细调查阶段

根据《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详细调查报告》，详细调查阶段详细调查阶段1号地块面积49231.88 m²布设71个土壤点位，采样深度0.2-11.0 m，3个位于山坡或树林里的点位采集表层样品，其他钻探点位每个点位采集3~6个样品，合计采集土壤样品308个（含平行样34个）。因详细调查样品检测完成后，发现根据初步调查结果识别的非污染区域仍存在

超标，且部分点位最深处样品仍存在超标，因此为确定最大污染深度和污染范围，进行补充加密、加深采样监测，最终在1号地块补充土壤点位50个，最大采样深度增加至13.0 m，补充采集土壤样品286个（含平行样27个）。合计布设土壤点位121个，采集土壤样品594个（含平行样61个）。

根据前期初步调查结果，确定地块内的特征污染物包括金属镉、铅、砷，因此全部土壤样品检测 pH 值、重金属镉、铅、砷。此外，在详细调查阶段选择 3 个代表性点位（S55、S58 和 SGW72）补充检测《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）表 1 中的挥发性有机物、半挥发性有机物，对初步调查结果进行核实。根据现场便携式快速检测设备（XRF）的检测，对地块内部分区域土壤样品增加检测锌、镉、砷、铜等重金属指标，部分样品增加检测有机质。

除检测特征污染物总量外，筛选了181个土壤样品依据《固体废物 毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ557-2010）进行水浸试验，检测浸出液的pH值及重金属镉、铅、砷、镉、汞、锌、锰、铜浓度。后期选择2个土壤样品按照《固体废物 毒性浸出方法 硫酸硝酸法》（HJ 299-2007）补充了酸浸试验，检测浸出液中的重金属镉、铅、砷、镉、锌、汞浓度。

根据详细调查不少于每6400 m²一口地下水监测井的密度布设要求，1号地块布设8个浅层地下水监测井，采集8组地下水样品。监测指标包括：pH值、溶解性总固体、耗氧量、硫化物、氯化物、硫酸盐、阴离子表面活性剂、氨氮、重金属（砷、镉、铅、汞、镍、铜、铬、锌、铁、锰、镉、六价铬）及可萃取总石油烃（C10-C40）。此外，在地表积水处采集1组地表积水样品，检测指标包括：硫化物、硫酸盐、氯化物、氨氮、重金属（砷、镉、铅、汞、镍、铜、铬、锌、铁、锰、镉、六价铬）及石油类。

风险评估阶段对地块所在区域深层地下水（碳酸盐岩裂隙溶洞水）开展补充调查，1号地块范围内共布设4口深层地下水监测井，采集5组深层地下水样品；此外，在3口有水的浅层地下水监测井采集了3组浅层地下水样品。检测指标包括：pH值、铜、锰、锌、镉、铅、铁、镉、砷。此外，详细调查阶段可萃取总石油烃（C10-C40）存在超标的SGW32补充检测该指标进行核实。

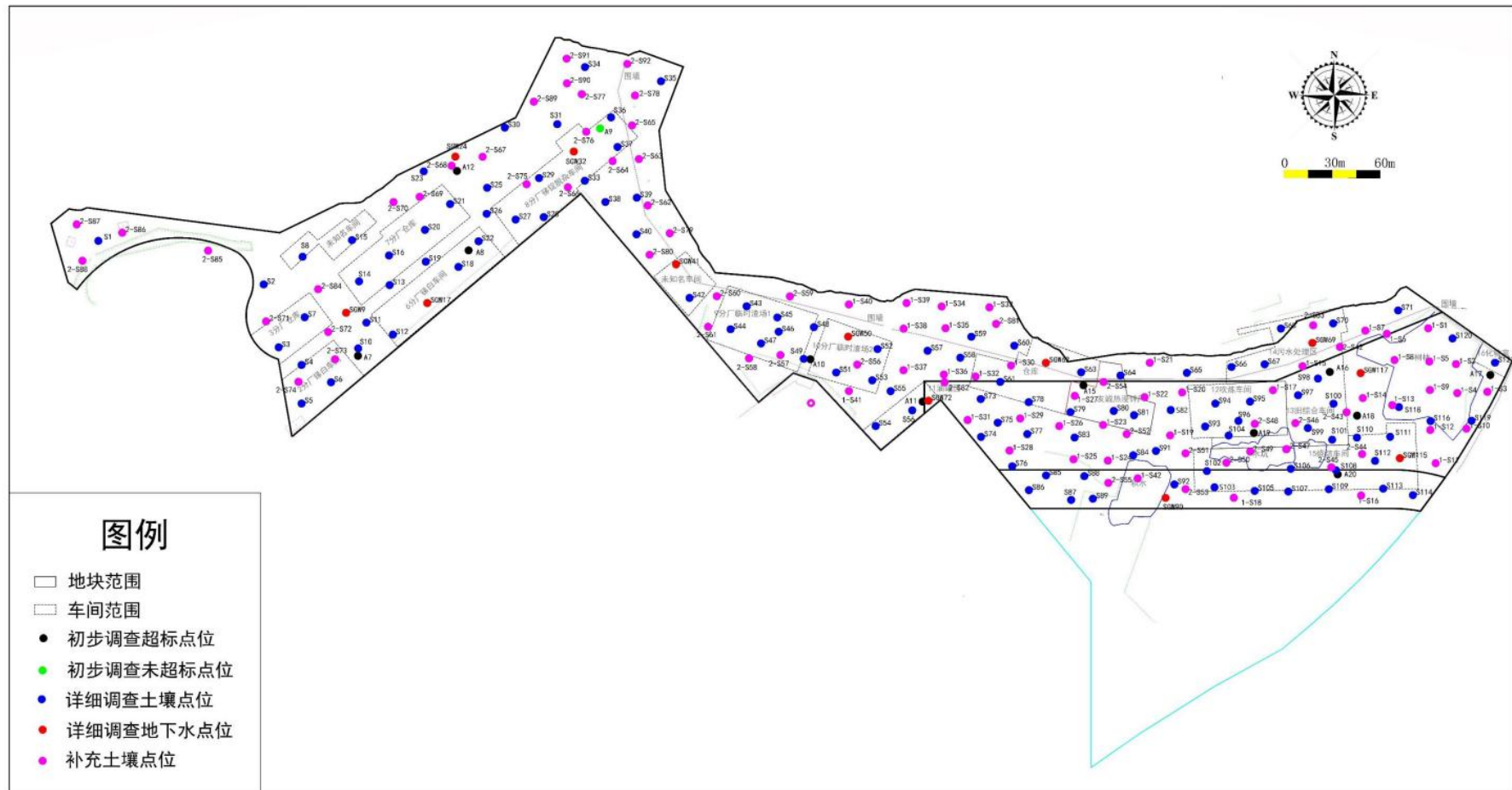


图 3-10 前期调查点位分布图

3.2.2.1 土壤污染状况

考虑1号地块未来规划为公园绿地（社区公园），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。其中，砷参照地块所在区域土壤（红壤）的背景值；锌和锰采用第一类用地情景下的风险推导值作为筛选值。

所有土壤样品的土壤pH值在2.55~10.39，普遍呈中性，但存在7个样品pH值呈强酸性（ <4.5 ）和8个样品呈强碱性（ >9.5 ）的异常情况，主要分布在表层6.0m以上深度范围的回填土层。土壤中镉、砷、镉、铅、锰和锌超过第一类用地筛选值，其最大超标倍数分别为2299倍、491.5倍、201.5倍、66.25倍、9.86倍和4.97倍，最大超标深度为11.0m。此外，地块范围内存在镉、砷、镉和铅超过第一类用地管制值情况，说明地块对人体健康存在不可接受的风险，需采取风险管控或修复治理措施。

此外，土壤样品重金属总量检测完成后，对部分点位的土壤参照《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ 557-2010）完成镉、铅、砷、镉、汞、锌、锰、铜等重金属指标的浸出试验。发现浸出液pH值普遍呈中性，存在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），确定其不具有腐蚀性（ ≤ 2 ，或 ≥ 12.5 ）。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、16.78倍和3.01倍；镉、砷、锰、锌的水浸浓度超过《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）最高允许排放限值（镉对比《锡、镉、汞工业污染物排放标准》（GB 30770-2014）新建企业水污染物排放限值），最大超标倍数分别为775.67倍、38.6倍、3.46倍和1.00倍，说明土壤中重金属对区域地下水存在较大污染风险。

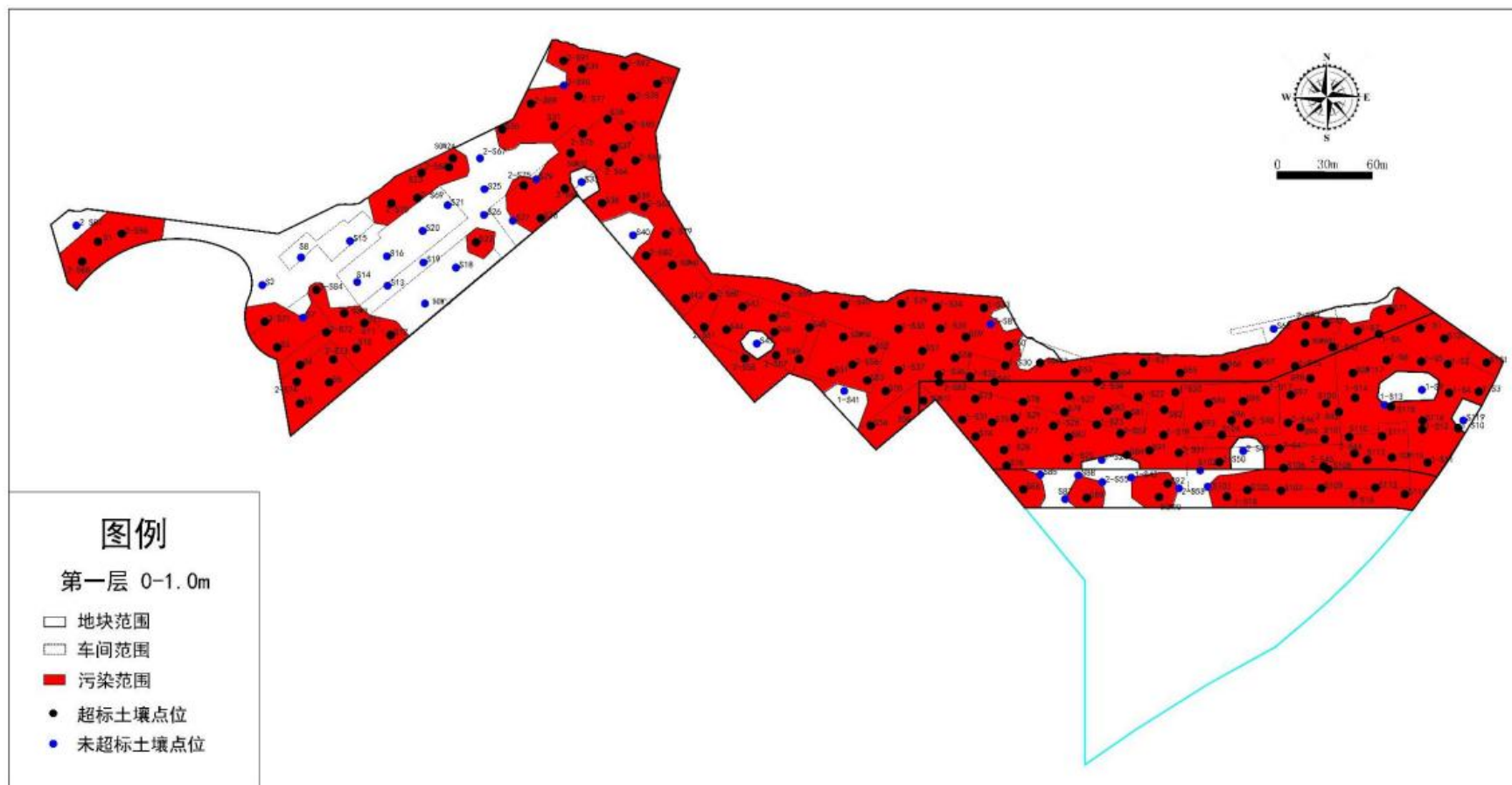


图 3-11 第一层 (0-1.0m) 土壤污染范围图

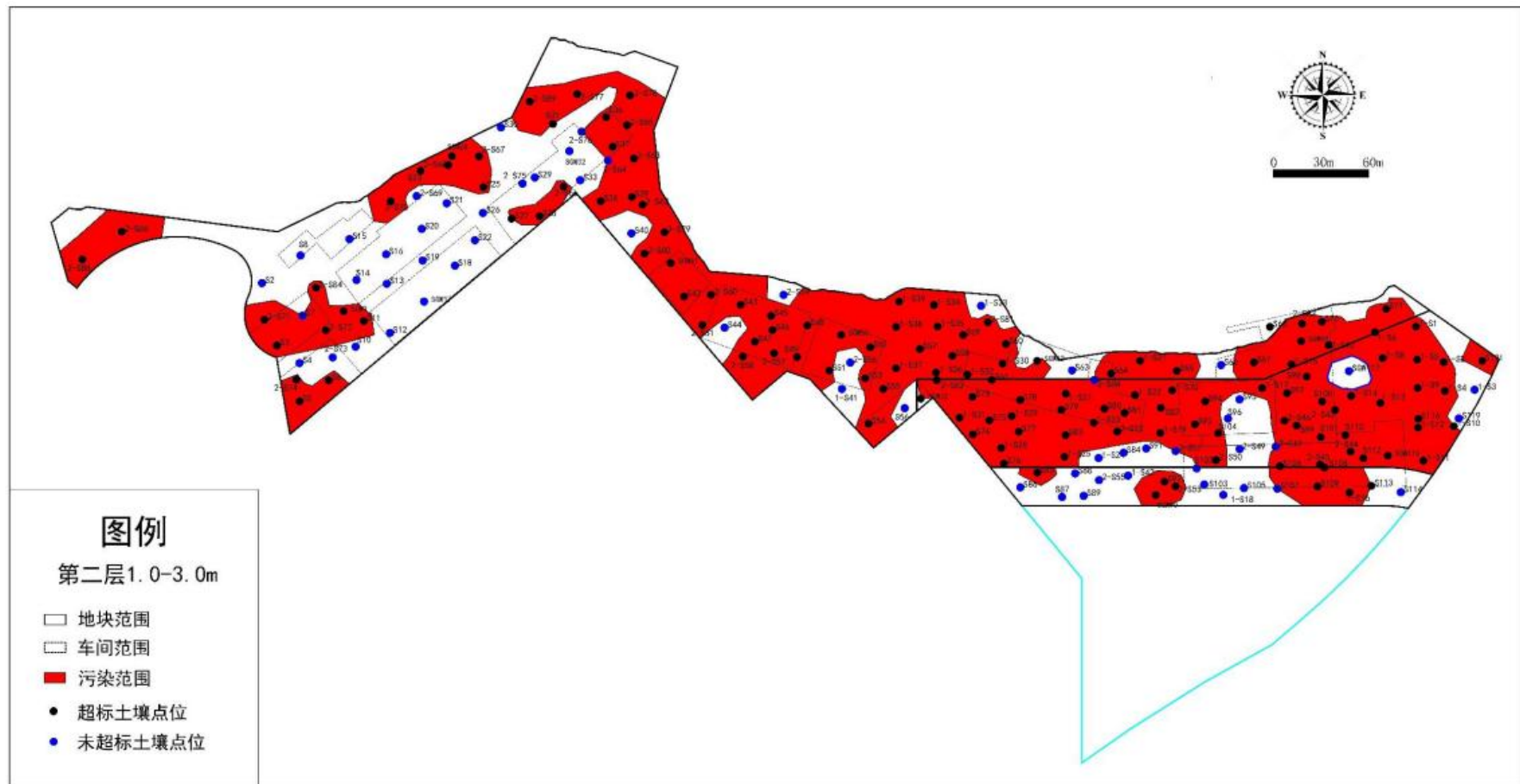


图3-12 第二层（1.0-3.0m）土壤污染范围图

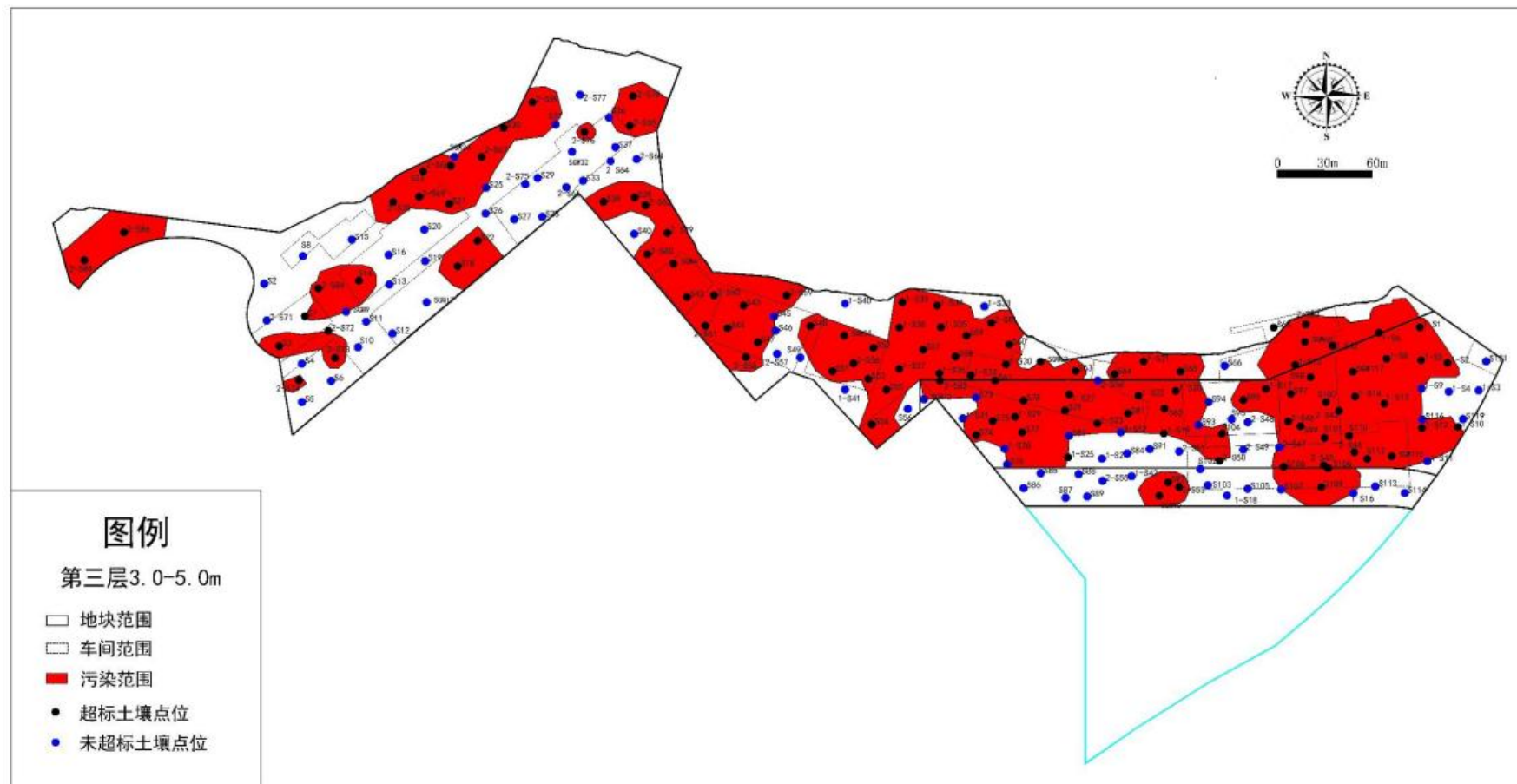


图3-13 第三层（3.0-5.0m）土壤污染范围图

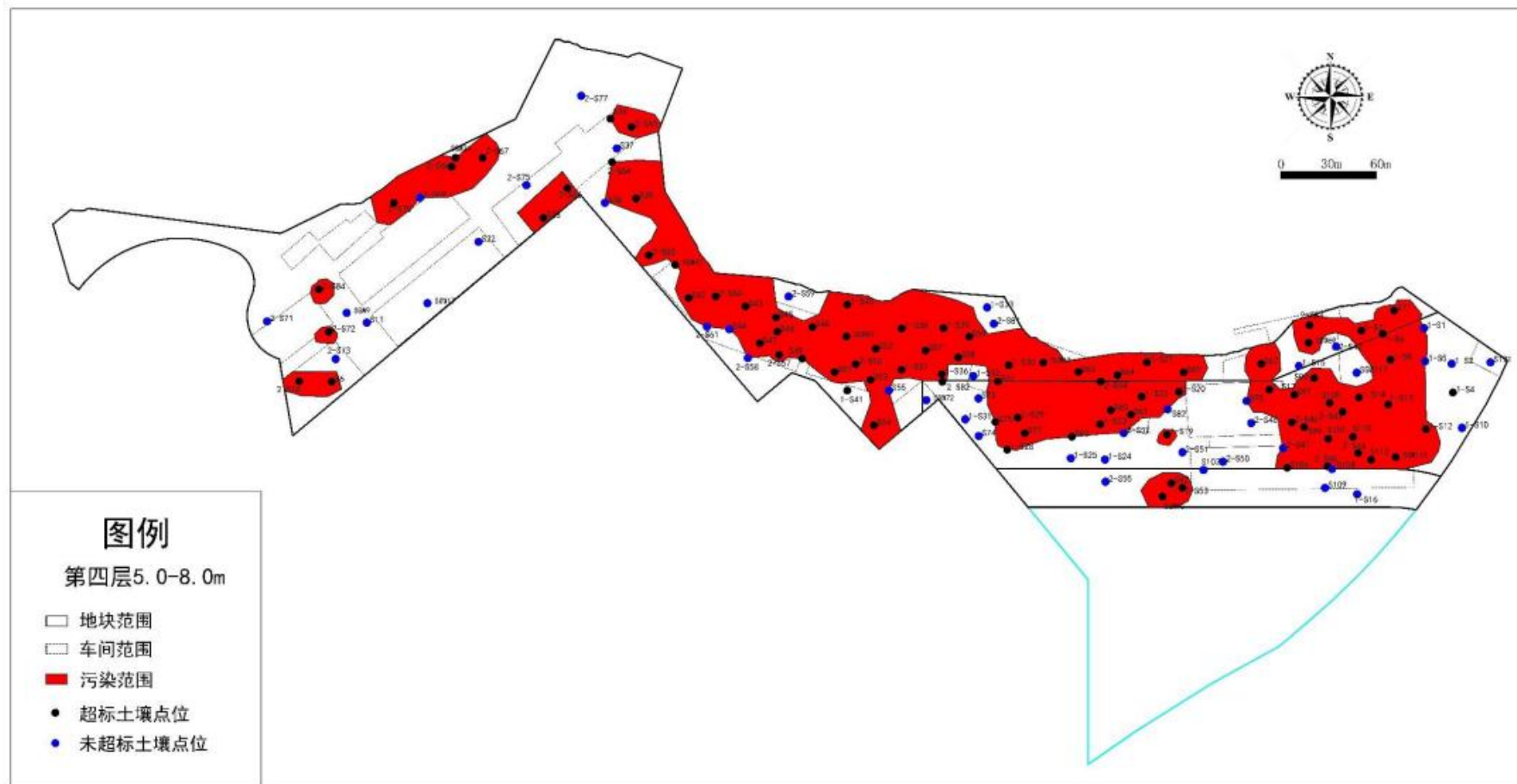


图3-14 第四层（5.0-8.0m）土壤污染范围图

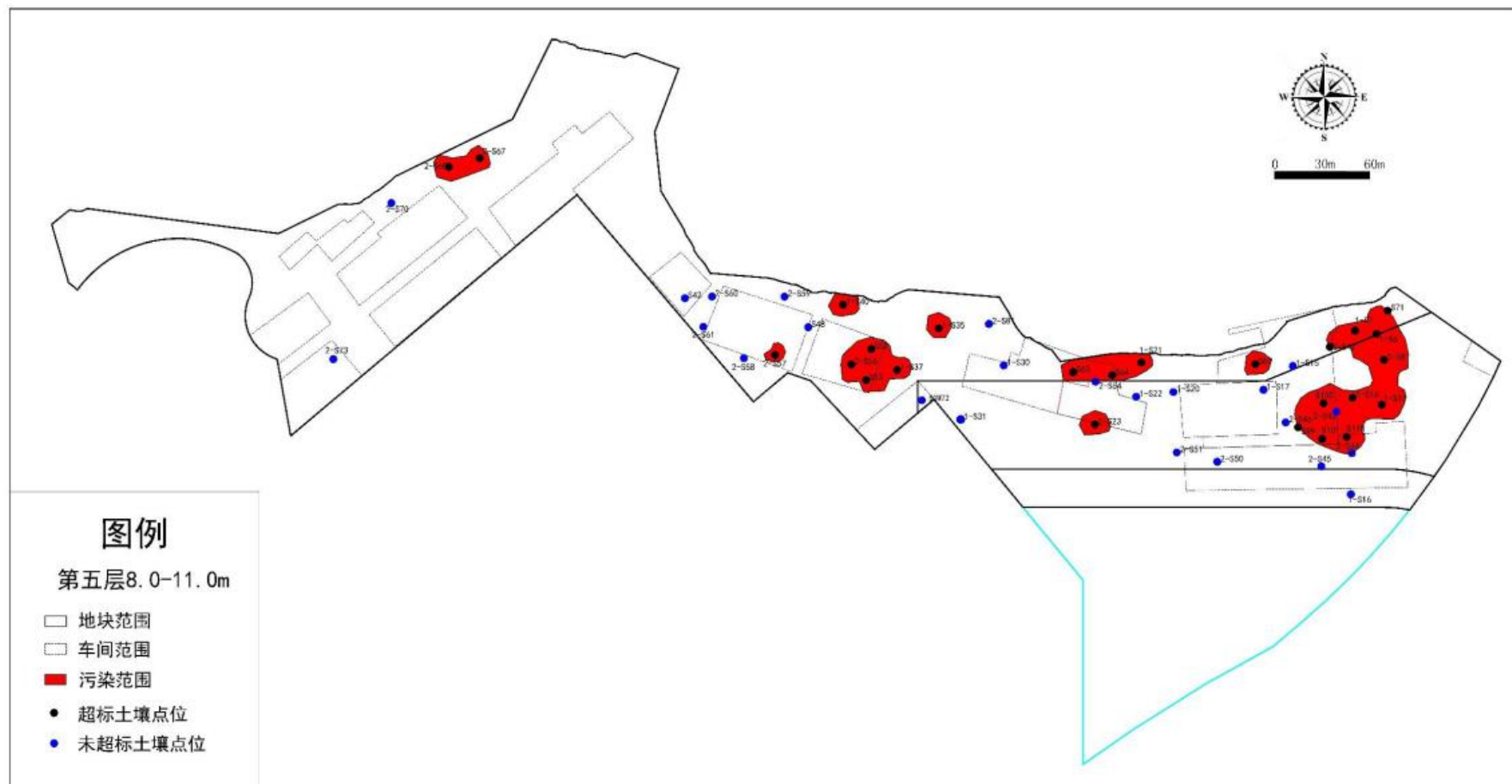


图3-15 五层（8.0-11.0m）土壤污染范围图

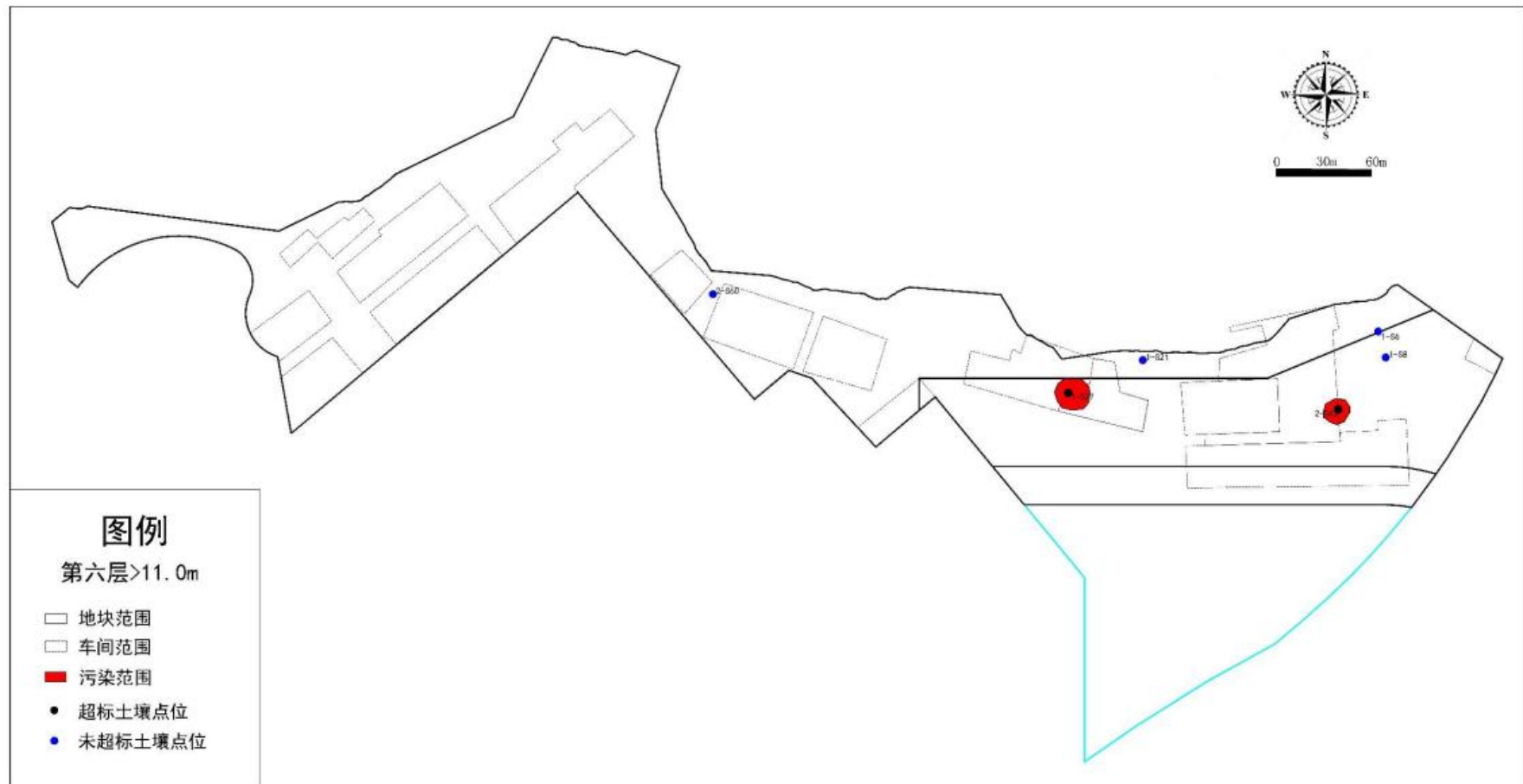


图3-16 第六层 (>11.0m) 土壤污染范围图

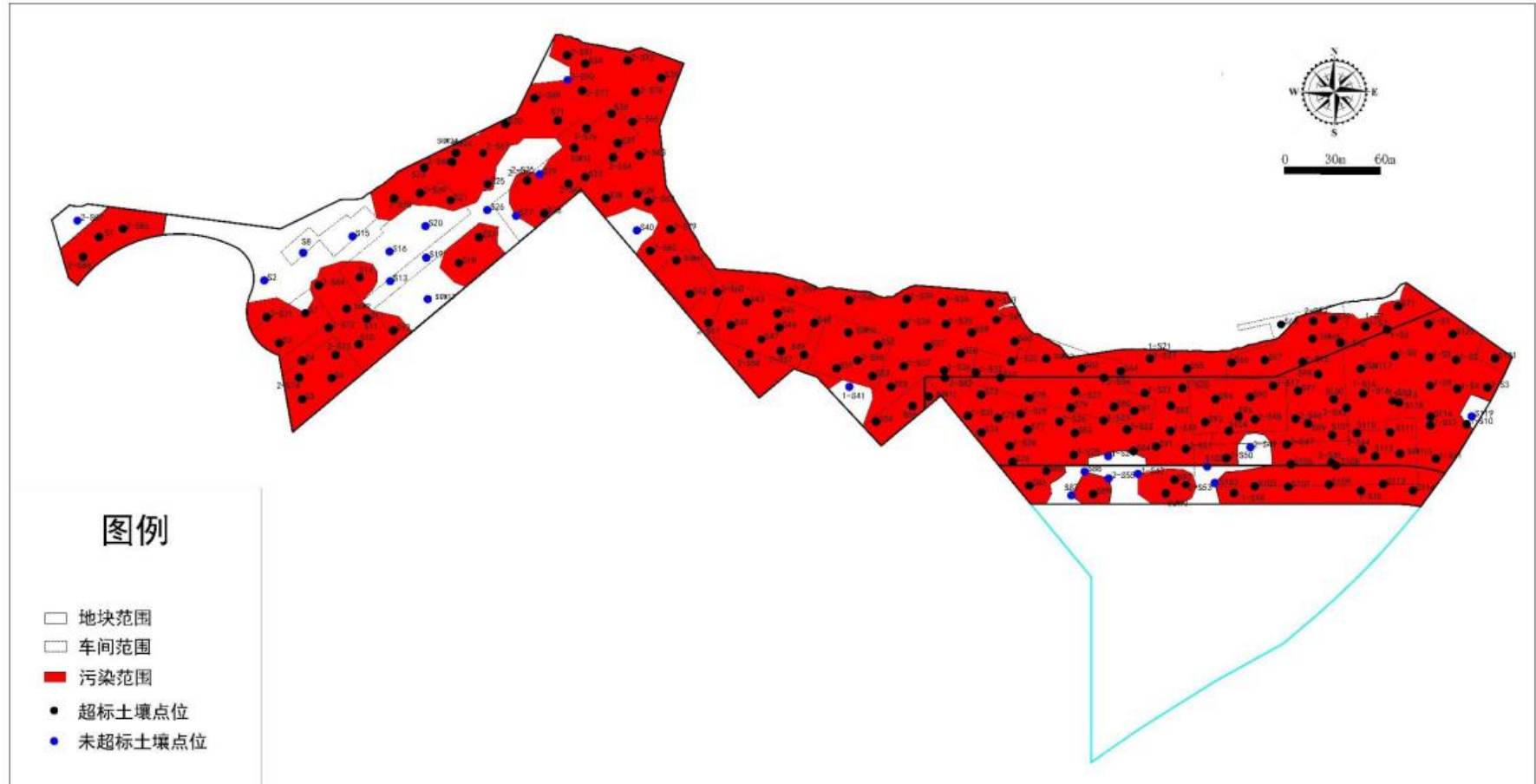


图 3-17 各层污染范围叠加图

3.2.2.2 地下水污染状况

详细调查阶段浅层地下水的检测结果，经对比《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类水标准，其中总石油烃则参照《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》第一类用地要求的0.6mg/L，发现浅层地下水中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、重金属锰、锌、锑、铅、镉、砷、铁和总石油烃（C₁₀-C₄₀）。其中，溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氨氮等无机指标的最大超标倍数分别为1.52倍、1.93倍、1.15倍、2.3倍。重金属中，锑、砷、镉、铅、锰、铜、铁、锌均存在超标情况，最大超标倍数分别为2919倍、127倍、8.46倍、312倍、37.3倍、17.2倍、2.6倍，经分析确定地下水中的重金属污染主要来自监测井所在区域内土壤可溶态重金属受到降水的淋溶、下渗，也存在来自周边区域土壤中重金属受降水的淋溶、下渗并随地下水迁移扩散的影响。此外，位于1号地块分厂锑锭脱杂车间内的SGW32可萃取总石油烃（C₁₀-C₄₀）超标，经判断可能与车间生产装置拆除过程机械油“跑冒滴漏”造成的点状污染有关。

经2021年1月~2月（枯水期）对地块所在区域的地下水开展补充调查，确定1号地块西部区域深层地下水未受到污染，浅层地下水受到重金属锑的轻微污染，但水量很少，其中SGW32的可萃取石油烃不超标；1号地块中部区域深层地下水和浅层地下水均受到重金属锑的污染，浅层地下水枯水期的污染情况比丰水期更轻；1号地块东部区域、3号地块及南面道路地块区域的深层地下水受到锰、锑、砷的复合污染，浅层地下水枯水期的污染情况比丰水期更轻；地块下游的深层地下水监测井XS1、XS2水质较好，说明地块所在区的污染地下水基本未向下游扩散，对下游地下水及柳江地表水的污染风险较低。

3.3 风险评估结果

3.3.1 土壤风险评估结论

1号地块未来规划为公园绿地（G1，社区公园），属于《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）中的第一类用地。经前期调查，确定地块内土壤中存在锑、镉、铅含量超过第一类用地筛选值，

砷含量超过区域土壤（红壤）背景值（40mg/kg），锌、锰含量超过第一类用地情景下风险推导值的情况，最终确定1号地块内土壤中风险评估阶段需关注的土壤污染物包括：镉、镉、铅、砷、锌、锰等6种。

按照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）要求，考虑本次1号地块内土壤中关注污染物为镉、镉、砷、锌、锰，均为重金属，不具有挥发性，确定其暴露途径包括经口摄入土壤、皮肤接触土壤和吸入土壤颗粒物等三种。此外，考虑重金属铅的暴露途径与模型不同于一般污染物，采用IEUBK模型和成人血铅（ALM）模型分别计算在第一类用地情境下的儿童和第二类用地情境下的成人的血铅风险。使用的评估软件为浙江大学环境健康研究所和环境部南京环境科学研究所开发的《污染地块风险评估电子表格》（2020年12月08日）。

（1）镉、镉、砷、锌、锰

在第一类用地情景下，以关注污染物的最大值进行风险评估。结果表明，地块内的污染土壤对人体的健康危害比较大，镉、镉、砷、锌、锰均存在单一污染物的致癌风险水平大于 10^{-6} 和/或非致癌风险危害商大于1的情况。其中，镉的总致癌风险为 $2.64E^{-05}$ （大于 E^{-06} ），危害商为 $1.22E^{+02}$ （大于1）；砷的总致癌风险为 $4.14E^{-02}$ （大于 E^{-06} ），危害商为 $1.55E^{+03}$ （大于1）；镉没有致癌风险，但其危害商为 $2.31E^{+03}$ （大于1）；锌没有致癌风险，其危害商为 $5.97E^{+00}$ （大于1）；锰没有致癌风险，但其危害商为 $7.27E^{+01}$ （大于1），表明镉、镉、砷、锌、锰5种污染物均存在不可接受风险，需列为地块土壤目标污染物。

（2）血铅风险评估

对于第一类用地情景下，按照IEUBK血铅模型的要求，铅对儿童的暴露途径主要有5种：通过空气呼吸摄入、食物摄入、饮水摄入、土壤/灰尘经皮肤接触与母乳摄入。经计算，第一类用地情况下使得儿童血铅浓度超过目标血铅浓度 $10\ \mu\text{g}/\text{dL}$ （ $0.1\text{mg}/\text{L}$ ）的概率不超过5%的室外土壤铅浓度为 $398.79\text{mg}/\text{kg}$ ，使得儿童血铅浓度超过目标血铅浓度 $10\ \mu\text{g}/\text{dL}$ （ $0.1\text{mg}/\text{L}$ ）概率不超过5%的室内灰尘铅浓度为 $289.15\text{mg}/\text{kg}$ 。

在第二类用地情景下，通过使用成人血铅（ALM）模型评估暴露铅污染土壤的孕妇胎儿血铅含量来表征铅污染土壤的人体健康风险并用于推导铅的土壤

铅环境污染风险筛选值。经计算，满足经暴露导致的孕妇胎儿体内血铅水平 $>10\mu\text{g}/\text{dL}$ ($0.1\text{mg}/\text{L}$) 的概率 $<5\%$ 要求的土壤铅含量为 $1235\text{mg}/\text{kg}$ 。

前期调查结果表明，1号地块最大铅浓度值为 $26900\text{mg}/\text{kg}$ ，铅含量高于儿童目标血铅浓度要求的室外土壤行动值 ($398.79\text{mg}/\text{kg}$)，也超过了成人目标血铅水平浓度要求的土壤行动值 ($1235\text{mg}/\text{kg}$)，其人体健康风险水平超过了可接受范围，需将其列为地块土壤目标污染物。

综上，确定1号地块内土壤中的目标污染物为：**镉、镉、砷、锌、锰、铅。**

3.3.2 地下水风险评估结论

根据前期调查结果，详细调查阶段浅层地下水中共有12种污染物浓度超过《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) III类标准，包括溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氨氮、重金属锰、锌、镉、铅、镉、砷、铁和总石油烃 ($\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$)，其中。除石油烃 ($\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$) 外，其余均属无机类指标，不属于非挥发性污染物；地下水补充调查阶段，深层地下水仅有砷和镉超标，地块下游地下水未受到污染。

因地块未来规划为公园绿地 (G1)，地块所在区域没有地下水功能区划要求，柳州市城市集中饮用水源地为柳江地表水 (取水口位于地块上游河段)，区域地下水也不存在开采饮用的可能性，且地块地下水下游 (350m) 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、总石油烃) 中，仅详细调查阶段浅层地下水SGW32的总石油烃对地块活动人群有潜在风险，其余有毒有害物质因不会直接饮用或被人体直接接触不存在潜在风险。最终确定1号地块内浅层地下水的关注污染物为总石油烃。

考虑地下水中的关注污染物总石油烃，可能涉及挥发性成分，地块未来作为公园也不会涉及室内环境，且地下水不涉及饮用途径，其暴露途径仅涉及吸入室外空气中来自地下水的气态污染物一种。风险评估阶段，按《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)、《地下水污染健康风险评估工作指南》要求，对石油烃 ($\text{C}_{10}\text{-C}_{40}$) 进行风险评估后，确定其不存在直接人体健康风险。且风险评估阶段对浅层地下水SGW32进行二次采样时，石油烃 ($\text{C}_{10}\text{-}$

C40) 浓度已低于《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定(试行)》第一类用地要求的0.6mg/L。

3.4 修复目标

3.4.1.1 土壤修复目标

根据风险评估报告, 基于《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019) 确定地块土壤污染物的致癌风险可接受水平为 10^{-6} 、非致癌风险可接受水平为危害商1, 计算得到土壤中镉、镍、砷、锌、锰的风险控制值, 铅第一类用地情景下IEUBK血铅模型计算的儿童血铅浓度398.79 mg/kg作为风险控制值。根据《风险评估》报告, 为保证1号地块的后续开发使用不受限制, 修复目标值优先选用《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018) 中第一类用地方式下的筛选值、管制值与风险评估确定的风险控制值进行比较, 选择三者的中间值作为修复目标值; 对标准中未给出的污染物(如锌、锰), 采用人体健康风险评估确定的风险控制值, 作为土壤建议修复目标污染物及修复目标值。最终确定土壤修复目标值, 如下表所示。

表 3-5 土壤修复目标值表

序号	污染物	最大检出值 (mg/kg)	风险控制值 (mg/kg)	筛选值 (mg/kg)	管制值 (mg/kg)	修复目标值 (mg/kg)
1	镉	46000	19.9	20	40	20
2	砷	19700	0.475	40*	120	40*
3	镉	4050	33.2	20	47	33.2
4	锌	80600	15000	/	/	15000
5	锰	27900	3840	/	/	3840
6	铅	26900	398.79	400	800	400

注：/，表示无相应筛选值或管制值；*，表示区域土壤背景值（红壤）。

此外，根据《详细调查》报告，发现1号地块内土壤中重金属镉、砷、锌、镉、锰存在浸出风险，考虑到目前对重金属污染土壤较多采取风险管控措施，基于保护地下水的需要，对后期可能采取风险管控措施的污染土壤单独提出风险管控目标值，即风险管控后的土壤参照《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5-2018）的要求进行采样，使用《固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法》（HJ 557-2010）完成浸出试验的重金属水浸浓度符合《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）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》（GB 30770-2014）新建企业水污染物排放限值要求。

表 3-6 土壤风险管控目标值表

序号	污染物	总量最大检出值 (mg/kg)	最大水浸浓度 (mg/L)	风险管控目标值 (mg/L)
1	镉	46000	233	0.3
2	砷	19700	19.8	0.5
3	镉	4050	0.0889	0.1
4	锌	80600	4.01	2
5	锰	27900	8.91	2
6	铅	26900	0.449	1

3.4.1.2 地下水修复目标

经风险评估，确定在不考虑饮用的情况下，浅层地下水中无机污染物不存在对人体健康造成风险的暴露途径，可萃取总石油烃（C10-C40）的风险水平也可接受，因此地块内地下水中污染物的人体健康风险水平可接受。

但调查发现浅层地下水中溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氨氮、重金属锰、锌、镉、铅、镉、砷、铁和总石油烃（C₁₀-C₄₀）存在不同程度的超过《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准，且土壤中镉、砷、锌、镉、锰存在浸出风险。深层地下水中仅有砷和镉超标，地块下游地下水未受到污染，尚未对柳江地表水环境造成影响。

根据《实施方案》（备案稿）及（变更版），依据《柳州市二级水功能区划图》确定地块地下水下游（约350m）的柳江地表水为工业用开发区，水质需满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的IV类标准，结合《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）水环境质量的相关规定，兼顾地下水修复治理难度，建议本地块地下水具有毒性的污染物的修复或管控目标满足《地下水质量标准》（GB/T 14848- 2017）IV类的相关标准。

此外，后期修复治理施工过程中产生的废水（如基坑降水、冲洗废水等）在作为修复施工回用水或排入市政管网之前，需满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）最高排放标准。具体见下表所示。

表 3-7 地下水及废水修复目标值（mg/L）

序号	污染物指标	最大检出浓度	地下水修复目标值	废水修复目标值
1	锰	3.83	1.5	2.0
2	锌	3.6	5.0	2.0
3	镉	14.6	0.01	0.3**
4	铅	3.13	0.1	1.0
5	镉	0.047	0.01	0.1
6	砷	1.28	0.05	0.5
7	铁	5.59	2.0	2.0*
8	总石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）	0.831	0.6	20

备注：*，表示参照地下水IV类标准限值；**，表示《锡、镉、汞工业污染物排放标准》（GB 30770-2014）新建企业水污染物排放限值。

3.5 阶段性效果评估

（1）地块内全部基坑和污染土壤修复已达到《实施方案》（变更版）的既定要求。根据本地块修复技术方案的要求，该项目地块后续规划为第一类用地。待本地块内的地下水修复效果评估完成后，评估单位方可开展终期评估；

（2）地块红线范围内（不包括红线），基坑清挖侧壁土壤的取样检测结果均小于土壤清挖目标值，地块红线处的基坑侧壁土壤的取样检测结果存在超土

壤清挖目标值现象，但根据《实施方案》（变更版）无需扩挖，基坑坑底清挖的深度均达到了《实施方案》（变更版）的既定要求；

（3）查阅及审阅相关竣工报告和监理报告，实际清挖土方量为 179626m³，较原设计增加 49010.6m³，其中清挖出的污染土壤 140126 m³，清挖出的建筑垃圾 39500 m³。清挖出的污染土壤经过固化稳定化处理合格，清挖出的建筑垃圾经过清洗处理合格，经过评估合格后回填地块西部及东部阻隔回填区，进入风险管控阶段，达到了修复技术方案的既定要求；

（4）根据潜在二次污染区域土壤的取样监测结果，修复工程尚未发现造成土壤的二次污染问题；

（5）查阅及审阅相关竣工报告、监理报告和工程报告，阻隔工程已按照《实施方案》（变更版）要求铺设了水平阻隔防渗层和土工布，施工已达到修复技术方案的既定要求；

（6）根据竣工报告及环境监理报告，基坑抽出地下水处理水量为 18000m³，地块基坑地下水（废水）经抽提处理后的废水全部用于施工回用水和养护用水，已完成修复技术方案的相关内容。

综上所述，柳州市环东金属材料厂 1 号地块风险管控与修复治理工程中的污染土壤已按照预期目标完成修复，修复后污染土壤与基坑的检测结果已达到修复目标；待地下水完成达标初判期的监测后，后期开展本地块的地下水效果评估工作，当地块地下水修复效果评估完成后，可进行柳州市环东金属材料厂 1 号地块的总体效果评估工作。

4 布点与采样方案

4.1 采样节点和频次

根据《污染地块地下水修复与风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）要求，原则上采用修复工程运行阶段监测数据进行修复达标初判，至少需要连续4次的季度监测数据，当初步判断达到修复目标后，方可进行地下水效果评估。修复效果评估阶段应至少采集8个批次的样品，采样持续时间至少为1年。

根据要求，本项目地下水效果评估共采集12个批次样品，前4次为达标初判采样，后8次为效果评估阶段采样。

4.2 布点数量、位置

根据《实施方案》（变更版）和《环东1号地块风险管控与修复治理工程效果评估阶段性报告（备案稿）》，共建9个点位的地下水，分别位于地块内上游2口监测井（M1、M2）、地块内中部1口监测井（M3）、地块内东部2口（M6、M8），地块外下游1口（M9）、地块南侧地下水污染范围区边界与3号地块搭接处3口（M4、M5、M7），布点位置图如图5-1所示。

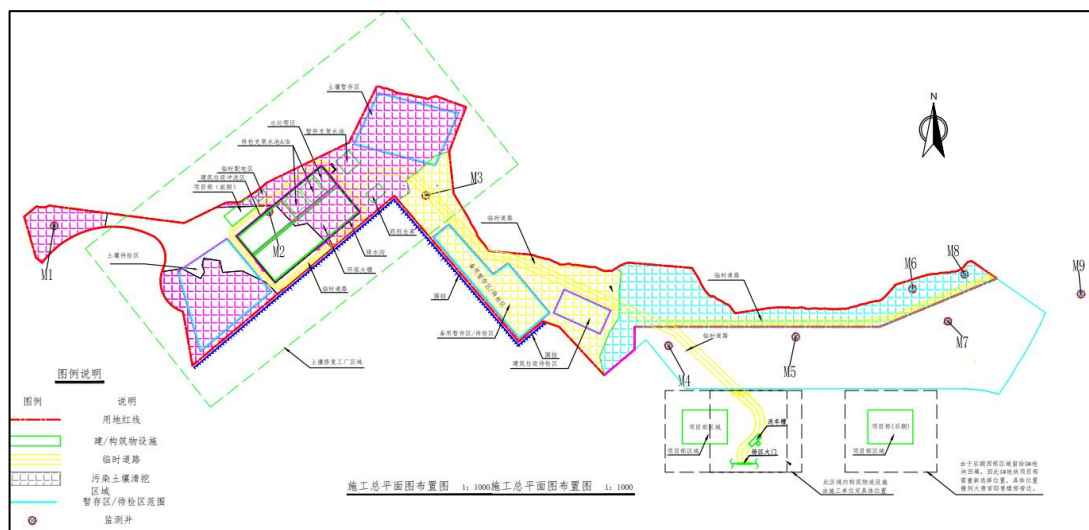


图5-1 前三个批次地下水井布置图

2023年10月8日施工单位采集第一批次修复工程阶段9个地下水样品

(M1-M9)。

第二批次采样时间为2023年11月2日、11月6日，第三批次采样时间为2024年2月22日。在采样过程中M1无水，M2因3号地块在实施回填工程中，监测井被压弯，无法采集，M7位于3号地块开挖后的基坑内，基坑未回填，无法采集。因此采集M3、M4、M5、M6、M8、M9共计6个地下水样品。

因本地块与3号地块为相邻地块，根据专家建议，从第四批次开始，1号地块地下水效果评估将统筹考虑3号地块地下水情况，并对地下水监测井进行调整，在本地块上游布设1口监测井GW1，监测地块内监测井GW2、地块内东部监测井GW3、以及地块外下游监测井GW4-GW6，共计6口监测井。

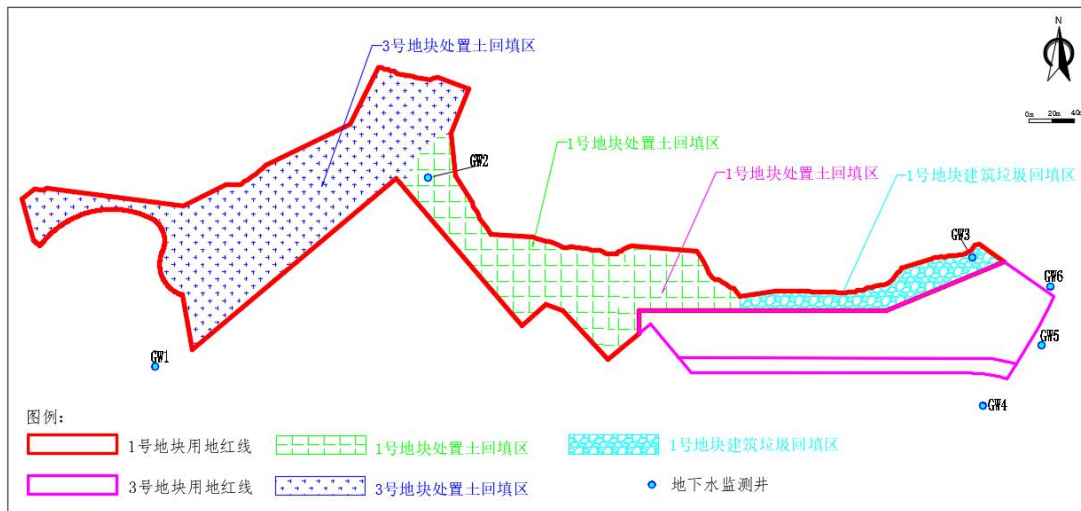


图 5-2 第四批次后地下水效果评估监测井布点图

表 5-1 地下水建井采样情况

原监测井编号	优化后监测井编号	深度	尺寸	位置	建设时间	备注
/	GW1	15.4	DN110	地块上游	2020.1.19	新增，原环东2号地块地下水监测井
M1	/	15m	DN50	地块内上游	2023.2.22	取消监测，无法取水，
M2	/	15m	DN50	地块内上游	2023.2.22	
M3	GW2	15m	DN50	地块内中部	2023.2.22	监测井
M4	/	15m	DN50	地块南侧3号地块内	2023.2.22	取消监测，位于3号地块内阻隔

原监测井编号	优化后监测井编号	深度	尺寸	位置	建设时间	备注
M5	/	15m	DN50	地块南侧3号地块内	2023.2.22	填埋区内，无法代表本地块地下水情况
M6	/	15m	DN50	地块内下游	2023.2.22	取消监测，与M8相近
M7	/	15m	DN50	地块南侧3号地块内	2023.2.22	3号地块内，无法代表本地块地下水情况，取消监测
M8	GW3	15m	DN50	地块内下游	2023.2.22	监测井
M9	/	15m	DN50	地块下游	2023.2.22	取消监测，与3号地块监测井相近，与3号地块合并
W3 (3号地块原监测井)	GW4	18 m	DN160	地下水下游	2023.04.14	监测井
W4 (3号地块原监测井)	GW5	18 m	DN160	地下水下游	2023.04.14	监测井
W5 (3号地块原监测井)	GW6	18 m	DN160	地下水下游	2023.04.15	监测井

4.3 监测指标

在本项目地下水效果评估监测中，前三个批次，地下水监测指标为砷、镉、铁、锰、锌、镉、铅和石油烃，第四批次开始，因与3号地块协同监测，增加监测指标铜。

4.4 评估标准值

经风险评估，确定在不考虑饮用的情况下，浅层地下水中污染物的人体健康风险水平可接受。因此，依据《柳州市二级水功能区划图》确定地块地下水

下游（约350m）的柳江地表水为工业用开发区，水质需满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的IV类标准。

根据《实施方案》（备案稿）要求，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类的相关标准。

表 5-2 地下水修复目标 (mg/L)

序号	污染物指标	地下水修复目标值
1	锰	1.5*
2	锌	5.0*
3	镉	0.01**
4	铅	0.1*
5	镉	0.01*
6	砷	0.05*
7	铁	2.0*
8	总石油烃 (C10-C40)	0.6***
9	铜	1.5*

备注：*，表示参照地下水IV类标准限值；**，表示《锡、镉、汞工业污染物排放标准》（GB 30770-2014）新建企业水污染物排放限值；***，表示《上海市建设用地区域土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》

5 总体效果评估结论和建议

5.1 结论

根据《实施方案》（变更版）和《阶段性效果评估报告》（备案稿），效果评估单位对柳州市环东金属材料有限公司部分地块（1号地块）风险管控与修复治理工程的土壤及地下水修复效果进行监测。阶段性效果评估时间为2022年年5月-2024年3月，地下水修复效果评估时间为2024年9月-2026年1月，对样品监测结果分析及相关报告核查后最终形成如下总体效果评估结论：

（1）地块内全部基坑和污染土壤修复已达到《实施方案》（变更版）的既定要求。

（2）地块红线范围内（不包括红线），基坑清挖侧壁土壤的取样检测结果均小于土壤清挖目标值，地块红线处的基坑侧壁土壤的取样检测结果存在超土壤清挖目标值现象，但根据《实施方案》（变更版）无需扩挖，基坑坑底清挖的深度均达到了《实施方案》（变更版）的既定要求；

（3）查阅及审阅相关竣工报告和监理报告，实际清挖土方量为 179626m³，较原设计增加 49010.6m³，其中清挖出的污染土壤 140126 m³，清挖出的建筑垃圾 39500 m³。清挖出的污染土壤经过固化稳定化处理合格，清挖出的建筑垃圾经过清洗处理合格，经过评估合格后回填地块西部及东部阻隔回填区，进入风险管控阶段，达到了修复技术方案的既定要求；

（4）根据潜在二次污染区域土壤的取样监测结果，修复工程尚未发现造成土壤的二次污染问题；

（5）查阅及审阅相关竣工报告、监理报告和工程报告，阻隔工程已按照《实施方案》（变更版）要求铺设了水平阻隔防渗层和土工布，施工已达到修复技术方案的既定要求；

（6）根据竣工报告及环境监理报告，基坑抽出地下水处理水量为 18000m³，地块基坑地下水（废水）经抽提处理后的废水全部用于施工回用水和养护用水，已完成修复技术方案的相关内容。

（7）地下水进行 4 次达标初判采样和 8 次效果评估达标判断采样，所有监

测因子此均未超过修复目标值，污染物呈现下降或稳定的趋势，符合《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）要求，地下水修复已达到修复技术方案的既定要求。

（8）柳州市环东金属材料厂1号地块风险管控与修复治理工程中的污染土壤和地下水已按照预期目标完成修复，土壤、地下水的各特征污染物满足效果评估标准值要求，达到风险评估报告确定的修复目标要求。本地块土壤和水环境质量达到了风险评估报告确定的修复目标，可实现安全利用。

5.2 建议

1、地块在后续开发利用过程中，若发现地块内其他区域在土方开挖过程中散发异常气味、土壤结构和色度有异常状况等情况时应及时上报环境主管部门。

2、在地块开发前，加强地块内环境管理，避免因周边建筑工地或居民向地块内倾倒垃圾、排放施工污水等行为对地块造成污染。

3、建议地块内地下水不开发利用，不做饮用水和生活用水，在后期开发过程中，如发现地下水存在异常应及时向相关部门报告，并根据要求采取相关措施。

5.3 后期监管

根据《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6-2019）和《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），对存在风险管控的地块需提出后期监管建议，本项目的后期环境监管责任主体（监管责任人）为柳州市土地交易储备中心，政府主要监管部门为柳州市自然资源和规划及柳州市生态环境局。监管方式主要包括地块使用方式、长期监管、限制地下水使用方式、制度控制等。

（1）限制地块使用方式

根据《柳州市独凳山片区控制性详细规划》（2020年2月）和《关于小马鞍山公园一期可行性研究报告的批复》（柳发改规划〔2020〕324号），本地

块未来利用规划为公园绿地（G1），属于一类用地，后期建设时，需严格按照规划要求建设。

（2）长期监管

实施风险管控的地块应开展长期监管工作，一般通过设置地下水监测井进行周期性采样和监测，并尽可能利用地块内符合采样条件的监测井。本项目长期监测井可利用地下水效果评估时所采用的6口地下水监测井，监测指标根据前期资料进行设置，主要为砷、镉、锰、铜、铅、镉、锌、铁、石油烃，每年开展1次长期监测，若连续3年监测显示，地下水中的目标污染物浓度低于《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类，且无二次污染风险，可终止监管。

（3）限制地下水利用方式

本项目紧邻柳江，未来规划利用主要为公园绿地，地下水不作为饮用水源，后期限制在本地块区域内打井取水用于生活用途。

（4）制度控制

制度控制包括限制地块使用方式、限制地下水利用方式、通知和公告地块潜在风险、制定限制进入或使用条例等方式，多种制度控制方式可同时使用。

本项目规划为公园绿地，不可避免会存在大量人口进出往来，为防止其他人员破坏地下水监测井，建议业主单位在地下水监测井周边区域制定限值进入条例，避免无关人员影响地下水监测井功能。

同时在限值区域立警示牌，防止后期土地施工工人对其造成破坏。标识地下水监测井深度、稳定水位、建井日期、地下水监测井结构等基本信息。