

编号:	
版本号:	

贵州轮胎股份有限公司场地 土壤修复技术方案 (备案稿)

中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

2018 年 12 月

项目名称：贵州轮胎股份有限公司场地土壤修复技术方案

委托单位：贵州轮胎股份有限公司

编制单位：中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司

工程设计资质：工程设计综合资质甲级（A111009293-10/8）

工程咨询资质：甲级（工咨甲 20120070124）

批 准：

核 定：

审 查：

校 核：

编 写：

目 录

1	总论	1
1.1	项目背景	1
1.2	编制依据	2
1.2.1	法律法规.....	2
1.2.2	技术导则、标准及规范.....	3
1.2.3	相关规定与政策.....	4
1.2.4	其他.....	4
1.3	编制原则	5
1.4	编制内容	5
1.5	技术路线	6
2	项目概况	9
2.1	场地区域概况	9
2.1.1	地理位置.....	9
2.1.2	气象水文条件.....	9
2.2	场地范围及周边环境	15
2.3	场地敏感目标	15
2.4	场地历史情况	17
2.5	场地未来规划	18
2.6	场地污染概况	20
2.6.1	土壤调查结果.....	20
2.6.2	地下水调查结果.....	32
2.6.3	地表水/底泥调查结论	32
2.6.4	区内废渣调查结论.....	32
3	修复策略选择	33
3.1	场地概念模型	33
3.1.1	场地地质状况.....	33

3.1.2	场地水文状况.....	38
3.1.3	场地污染空间分布.....	42
3.1.4	污染来源分析.....	46
3.1.5	污染物迁移转化机制.....	47
3.2	场地修复总体目标	49
3.2.1	确定原则.....	49
3.2.2	总体目标.....	49
3.3	场地修复策略	50
3.3.1	场地分区分层.....	51
3.3.2	土壤修复目标值.....	53
3.3.3	场地修复范围及工程量.....	54
3.3.4	确定修复策略.....	59
4	场地修复技术筛选及可行性评估	61
4.1	土壤修复相关技术条件分析	61
4.2	技术筛选原则	64
4.3	土壤修复模式筛选	65
4.3.2	控制方式筛选.....	66
4.3.3	处置场地筛选.....	69
4.4	污染土壤修复技术筛选	71
4.4.1	污染土壤修复技术介绍.....	71
4.4.2	污染土壤修复技术选择.....	85
4.5	修复技术可行性评估	89
4.5.1	水泥窑协同处置技术.....	89
4.5.2	常温解吸技术.....	93
4.5.3	热解吸技术.....	95
4.5.4	固化/稳定化技术	97
4.5.5	化学氧化.....	99
4.5.6	污染途径阻断技术.....	101

5	场地土壤修复方案确定	103
5.1	场地土壤修复总体思路	103
5.1.1	土壤处置方式的选择需结合用地类型.....	103
5.1.2	重金属和有机污染土壤分别处置.....	104
5.1.3	土壤修复深度.....	105
5.1.4	修复工程量统计.....	106
5.2	土壤修复备选方案	107
5.2.1	修复备选方案的形成.....	107
5.2.2	修复备选方案.....	109
5.3	方案一初步设计	111
5.3.1	技术路线.....	111
5.3.2	土壤清挖方案.....	113
5.3.3	污染土壤运输方案.....	130
5.3.4	污染土壤暂存及预处理方案.....	147
5.3.5	水泥窑协同处置方案.....	148
5.3.6	原位阻隔方案.....	159
5.3.7	平面布置及临时设施布置.....	164
5.4	方案二初步设计	166
5.4.1	技术路线.....	166
5.4.2	土壤清挖方案.....	167
5.4.3	污染土壤运输方案.....	167
5.4.4	污染土壤处置方案.....	168
5.4.5	平面布置.....	171
5.5	方案三初步设计	172
5.5.1	技术路线.....	172
5.5.2	土壤清挖方案.....	173
5.5.3	污染土壤运输方案.....	173
5.5.4	污染土壤处置方案.....	174

5.6	各方案修复工期	177
5.7	修复费用估算	180
5.8	备选方案比选	183
5.8.1	比选指标与标准.....	183
5.8.2	比选方法.....	184
5.8.3	比选结果.....	185
5.9	场地后续修复建议	187
6	环境管理计划	188
6.1	暂不开发利用阶段风险管控方案	188
6.1.1	编制依据.....	188
6.1.2	管控区域.....	188
6.1.3	管控时段及控制目标.....	189
6.1.4	主要措施.....	189
6.1.5	污染隔离、阻断措施.....	189
6.1.6	环境监测计划.....	192
6.1.7	补救措施.....	196
6.2	修复过程环境风险识别	196
6.3	污染防控措施	197
6.3.1	清挖过程污染防控措施.....	197
6.3.2	运输过程污染防控措施.....	198
6.3.3	水泥窑协调处置过程污染防控措施.....	199
6.4	场地环境监测计划	200
6.4.1	基坑积水（上层滞水及降水）监测方案.....	200
6.4.2	大气环境监测.....	200
6.4.3	噪声监测项目	205
6.5	水土保持措施	207
6.5.1	水土流失的来源.....	207
6.5.2	水土流失防治措施.....	208

6.6	风险防范和应急预案	208
6.6.1	风险防范措施.....	209
6.6.2	风险应急预案.....	210
6.6.3	劳动保护及个人防护措施.....	217
7	劳动安全卫生及消防节能	222
7.1	劳动安全卫生	222
7.1.1	工程建设的安全卫生要求.....	222
7.1.2	主要劳动安全危害因素分析.....	222
7.1.3	主要防治措施.....	222
7.2	消防	223
7.2.1	编制依据.....	223
7.2.2	消防设计.....	224
7.3	节能	225
7.3.1	编制依据.....	225
7.3.2	节能措施.....	225
8	项目管理组织与实施	227
8.1	场地现状及施工条件分析	227
8.2	管理组织机构及职责	227
8.2.1	项目管理机构设置.....	227
8.2.2	项目管理机构职责.....	230
8.3	项目实施保障措施	239
8.3.1	资金保障.....	239
8.3.2	组织保障.....	240
8.3.3	管理保障.....	240
8.3.4	技术保障.....	240
8.4	项目招投标	240
8.4.1	招投标内容.....	241
8.4.2	招标组织形式.....	241

8.4.3	发包方式.....	241
8.4.4	招标方式.....	242
8.4.5	投标、开标、评标和中标程序.....	242
8.5	环境监理方案	243
8.5.1	监理对象及内容.....	243
8.5.2	修复工程设计阶段.....	244
8.5.3	环境监理工作程序.....	245
8.5.4	环境监理工作要点.....	247
8.5.5	环境监理工作方法.....	249
8.6	工程验收方案	251
8.6.1	验收内容.....	251
8.6.2	验收程序.....	252
8.6.3	验收要求与标准.....	253
9	工程进度计划	257
10	投资估算及资金筹措	259
10.1	投资估算	259
10.1.1	编制依据.....	259
10.1.2	第二类工程费用计费依据.....	259
10.1.3	投资估算构成.....	259
10.2	资金筹措	263
11	效益分析	264
11.1	环境效益	264
11.2	经济效益	264
11.3	社会效益	265
11.4	生态效益	266
12	结论与建议	267
12.1	结论	267
12.1.1	场地修复技术的筛选与评估.....	267

12.1.2	场地修复方案的比选.....	267
12.1.3	投资估算和资金筹措.....	267
12.1.4	工程进度计划.....	267
12.2	建议	268
附录 A: 场地调查与风险评估报告的批复		271
附录 B: 场地清挖范围图		274
附录 C: 场地平面布置图		278

1 总论

1.1 项目背景

贵州轮胎股份有限公司始建于 1958 年，1996 年改制为上市公司，是国家大型一档企业、全国 520 户重点企业、全国十大轮胎公司和工程机械轮胎配套、出口基地之一。主要生产“前进”、“大力士”等品牌汽车斜交轮胎、全钢载重子午线轮胎、工程机械轮胎、农业机械轮胎、林业机械轮胎、工业车辆轮胎、矿用轮胎和实心轮胎，规格品种多达 2000 多个，是国内规格品种较为齐全的轮胎制造企业之一。

由于发展需要，位于贵州省贵阳市百花大道 41 号的贵州轮胎股份有限公司的老厂区将全部分批搬迁，场地搬迁后规划用地类型为商住用地和道路。原生产工艺流程为炼胶、压延、成型、硫化；其中炼胶工艺，原材料含多种有机化工原料，鉴于建厂年代较早，可能存在工艺落后，厂区路面硬化晚等情况，炼胶工艺车间可能对场地形成一定程度的污染。由于硫化工艺车间涉及高温高压熏蒸，因此存在潜在的污染情况。

根据国家环保总局《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（环办〔2004〕47 号）及《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）的要求，改变土地使用性质时，需开展场地调查及风险评估工作，查明和消除场地搬迁后，场区土壤及地下水中残留污染物对人体健康的潜在危害，满足置换出的场地后续开发的要求。为弄清场地的污染状况，减少土地再开发利用过程中可能带来的环境问题，确保人体安全，贵州轮胎股份有限公司分别于 2015 年 6-7 月、11 月和 2018 年 12 月委托北京建工环境修复股份有限公司、北京建工环境工程咨询有限责任公司对主厂区和全钢三公司开展两次现场场地调查工作。2018 年 5 月委托贵州维阳环保科技有限公司对前进公司地块开展场地调查工作。场地调查过程中对场区内的土壤、地下水、地表水、底泥、废渣等进行采样并送检，并按照相关技术规范、导则、标准等要求，结合前期资料，编制完成《贵州轮胎股份有限公司场地初步调查报告》、《贵州轮胎股份有限公司场地详细调查报告》、《贵州轮胎股份有限公司场地风险评估报告》、《贵州轮胎股份有限公司前进分公司地块场地环境初步调查报告》、《贵州轮胎股份有

限公司前进分公司地块场地环境详细调查报告》、《贵州轮胎股份有限公司前进分公司地块场地风险评估报告》。报告于 2018 年 12 月通过专家评审并由贵阳市生态委完成备案（备案文件详见附录 A）。

场地调查及风险评估报告结果表明，场地土壤中存在一定重金属和有机物污染，其中重金属（砷、镉、铬、镍、铅）、VOCs（苯、1,2,3-三氯丙烷）、农药 2 种（ α -六六六、 β -六六六）、总石油烃 1 种（C₁₀-C₄₀）等 10 种污染物风险超过可接受水平，需要开展进一步的修复治理工作；场地地下水未发现超标的情况，无需启动修复治理工作。

为顺利开展该场地污染土壤的修复工作，消除污染隐患，确保人体健康，进一步推动场地的再开发利用进程，贵州轮胎股份有限公司于 2018 年 12 月委托中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司开展该场地土壤修复技术方案的编制工作。我司根据《污染场地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2014）、《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》、《贵州轮胎股份有限公司场地初步调查报告》、《贵州轮胎股份有限公司场地详细调查报告》、《贵州轮胎股份有限公司场地风险评估报告》等相关文件，并结合场地后期开发要求编制本场地修复技术方案。

1.2 编制依据

1.2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修订）
- (2) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令[2017]682 号）
- (3) 《中华人民共和国固体废物污染防治法》（2016 年 11 月 7 日修正版）
- (4) 《国家危险废物名录》（2016 版）
- (5) 《危险化学品安全管理条例》（国务院令[2013]645 号）
- (6) 《中华人民共和国土地管理法》（主席令[2004]28 号）
- (7) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月修订）
- (8) 《中华人民共和国水污染防治法》（主席令[2017]70 号）
- (9) 《环境行政处罚办法》（环保部令[2010]8 号）
- (10) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2016 版）

- (11)《中华人民共和国土壤污染防治法》(2019 年 1 月 1 日)
- (12)《污染地块土壤环境管理办法(试行)》(环保部令[2016]42 号)
- (13)《贵州省环境保护条例》(2009 年)

1.2.2 技术导则、标准及规范

- (1)《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)
- (2)《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)
- (3)《场地环境调查技术导则》(HJ25.1-2014)
- (4)《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014)
- (5)《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)
- (6)《污染场地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2014)
- (7)《工业企业污染场地调查与修复管理技术指南(试行)》(环办函[2014]137 号)
- (8)《环境污染纠纷调查监测技术导则(试行)(征求意见稿)》(HJ589-2010)
- (9)《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)
- (10)《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)
- (11)《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)
- (12)《地下水污染地质调查评价规范》(DD2008-01)
- (13)《环境影响评价技术导则地下水环境》(HJ610-2016)
- (14)《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB5085.3-2007)
- (15)《固体废物浸出毒性浸出方法-硫酸硝酸法》(HJ/T299-2007);
- (16)《地下水环境状况调查工作指南(征求意见稿)》
- (17)《污染场地术语》(HJ682-2014)
- (18)《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)
- (19)《城市地下管线探查技术规程》(CJJ61-2003)
- (20)《土的工程分类标准》(GB/T50145-2007)
- (21)《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)
- (22)《工程测量规范》(GB50026-2007)

1.2.3 相关规定与政策

- (1)《国家环境保护标准“十三五”发展规划》(环科技[2017]49号)
- (2)《全国地下水污染防治规划(2011-2020年)》(国函[2011]119号)
- (3)《国务院关于加强环保重点工作的意见》(国发[2011]35号)
- (4)《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)
- (5)《近期土壤环境保护和综合治理工作安排》(国办发[2013]7号)
- (6)《关于贯彻落实<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的通知>的通知》(环发[2013]46号)》
- (7)《国务院办公厅关于推进城区老工业区搬迁改造的指导意见》(国办发[2014]9号)
- (8)《环保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》(2014年5月14日)
- (9)《土壤污染防治行动计划》(国发[2016]31号)
- (10)《贵州省土壤污染防治工作方案》(黔府发〔2016〕31号)

1.2.4 其他

- (1)《贵州轮胎股份有限公司场地初步调查报告》(2018年12月)
- (2)《贵州轮胎股份有限公司场地详细调查报告》(2018年12月)
- (3)《贵州轮胎股份有限公司场地风险评估报告》(2018年12月)
- (4)《贵州轮胎股份有限公司前进分公司地块场地环境初步调查报告》
- (5)《贵州轮胎股份有限公司前进分公司地块场地环境详细调查报告》(2018年11月)
- (6)《贵州轮胎股份有限公司前进分公司地块场地风险评估报告》(2018年11月)

1.3 编制原则

为有效开展贵州轮胎股份有限公司场地土壤修复治理工程，保证修复工作顺利开展，减少治理过程中可能产生的新的环境问题，确保人体安全，本方案的编制将遵循以下原则：

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

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

经济合理性原则：在满足安全、可行、省时的原则下，所制定的场地修复成本应尽可能合理。充分考虑场地水文地质、污染物分布的不均一性以及污染调查阶段遗留的不确定性等因素，尽量选择成本合理化修复技术，参考国内外场地修复案例，制定合理的技术路线，从修复工艺上降低投资成本。进行周密的施工部署，提高机械设备工作效率，各工序间有效衔接，降低施工成本。

施工可行性原则：选择的修复技术在满足技术有效、经济合理的前提下，确保施工生产安全，并具有较好的施工可行性。在施工生产过程中，必须明确污染物性质及其危害特性，严格按照业主单位 2018 年 12 月提交的场地调查与风险评估结果完成本工程实施。

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

1.4 编制内容

贵州轮胎股份有限公司场地土壤修复技术方案编制，应在国内外土壤相关修复技术初步筛选基础上，结合场地的污染现状、水文地质条件及场地的土地利用规划，从修复工程的工作内容、修复技术、资金强度、修复周期等方面分析本场地土壤修复工程的可行性，确定适合本场地土壤污染物修复的优化方案，估算工程投资，提出工程进度。其具体内容如下：

(1) 场地修复相关条件和分析

对场地前期的成果进行汇总,综合分析场地的污染特征、场地水文地质条件、场地未来土地利用规划和建设计划及修复过程的环境管理要求,明确场地修复相关条件,提出场地的修复目标,为开展后续工作提供基础。

(2) 修复技术的筛选与可行性评估

根据场地的具体情况和规划用途,筛选实用的土壤修复技术,结合国内外修复技术的案例应用实际情况和相关的技术测试结果,从修复技术的效果、成本、适用性、环境安全性等方面开展修复技术的可行性评估,确定场地最适的污染物修复技术。

(3) 修复方案的比选与确定

根据场地修复技术筛选和可行性评估结果,针对场地土壤的污染特征物及可采用的修复技术,形成不同的修复方案组合(备选方案),再通过修复时间、修复成本等综合比选,确定场地的最佳修复方案。

(4) 修复方案设计及环境管理计划

针对所确定的修复方案,制定技术线路、确定工艺参数,核算修复工程量,估算修复时间,同步制定修复工程相关的二次污染防治、工程监理、效果验收、环境应急等环境管理计划。

1.5 技术路线

本项目污染土壤修复技术方案的制订主要分五个步骤,如图 1.5-1 所示。

(1) 选择修复策略

主要包括细化场地概念模型、确认场地修复总体目标、确定修复策略 3 个过程。

(2) 筛选与评估修复技术

主要包括修复技术初步筛选、修复技术详细筛选、技术可行性评估、修复技术定量评估 4 个过程。其中,技术可行性评估根据试验目的和手段的不同,又分为筛选性试验和选择性试验。本方案从技术适用性分析和方案综合比选的角度进行最优方案筛选,以期为本项目提供技术可行、经济性最优的修复方案。

(3) 形成修复技术备选方案与方案比选

综合前期筛选出的可用的修复技术,通过合理的组合设计形成几套修复技术备选方案,并对备选方案进行综合评选。

(4) 制定环境管理计划

提出污染防治和人员安全保护措施、制定场地环境监测计划、制定场地修复验收计划、制定环境应急安全预案 4 个过程。

(5) 编制修复技术方案

根据以上内容,编制技术方案,并丰富必要的修复工程质量保证、验收及劳动保护等内容。

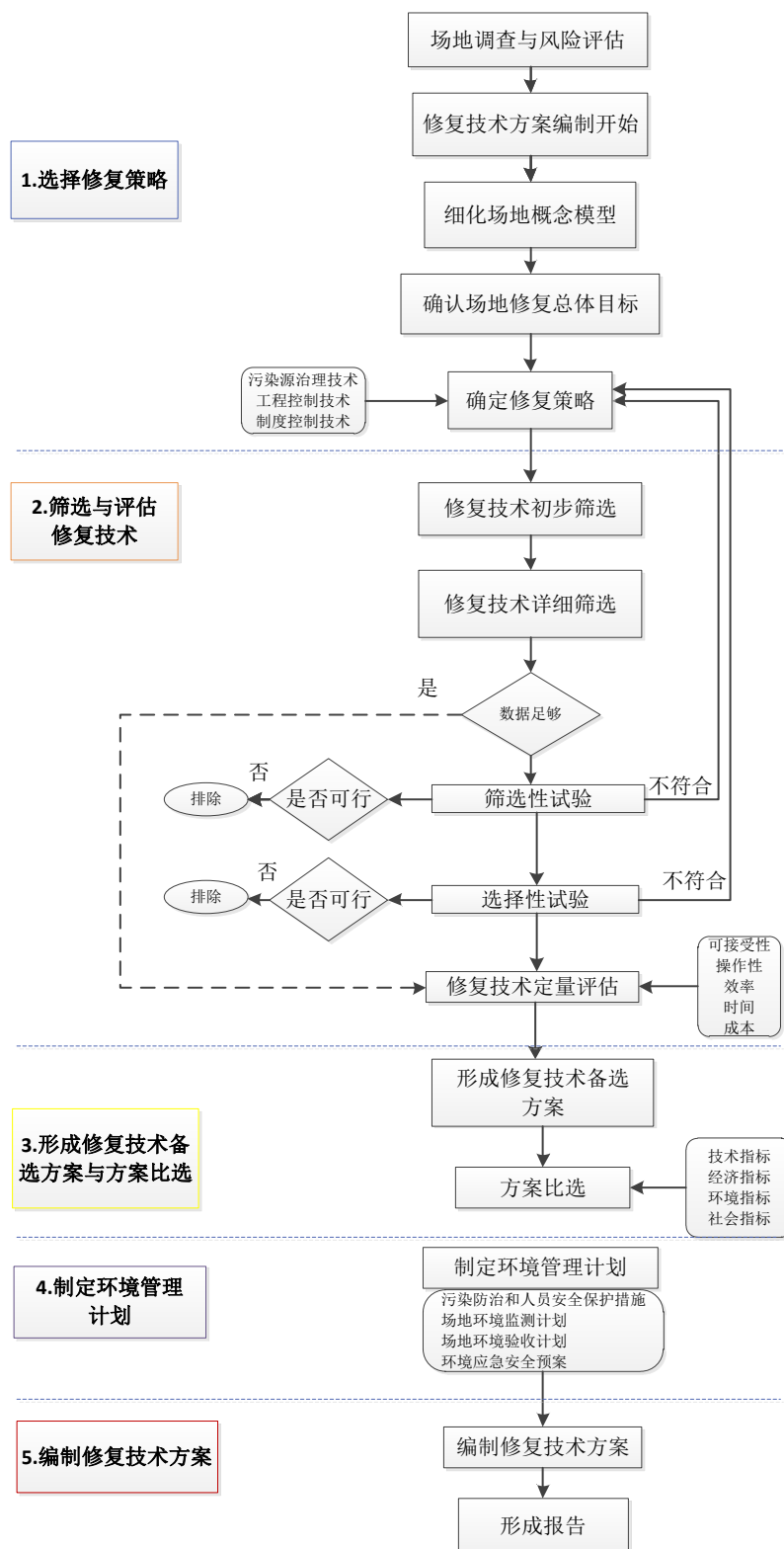


图 1.5-1 修复技术方案编制路线图

2 项目概况

2.1 场地区域概况

2.1.1 地理位置

贵州轮胎股份有限公司位于贵阳市百花大道 41 号，在贵阳市城区的西郊约 5km 的金关地区，交通便利，地理位置优越。场区位置示意图如图 2.1-1 所示。



图 2.1-1 场区位置示意图

2.1.2 气象水文条件

2.1.2.1 气候、气象

该场地所在区域属于亚热带季风湿润气候类型，具有气候温和，冬无严寒，夏无酷暑，多云寡照，雨水集中于下半年，风速、风向具有显著的季节变化等特点。依白云气象站资料，年平均气温 13.5℃，相对湿度 82%，年均降水量 1073.4mm，日照时数 1330.7h，风速 2.5m/s，静风频率 19.7%，年主导和夏季主导风均为南南东，冬季主导风向为北北东。

2.1.2.2 水文条件

(1) 地表水

项目附近的地表水主要是沙河、改茶沟和市西河，项目区周边水系图见图 2.1-2 所示。

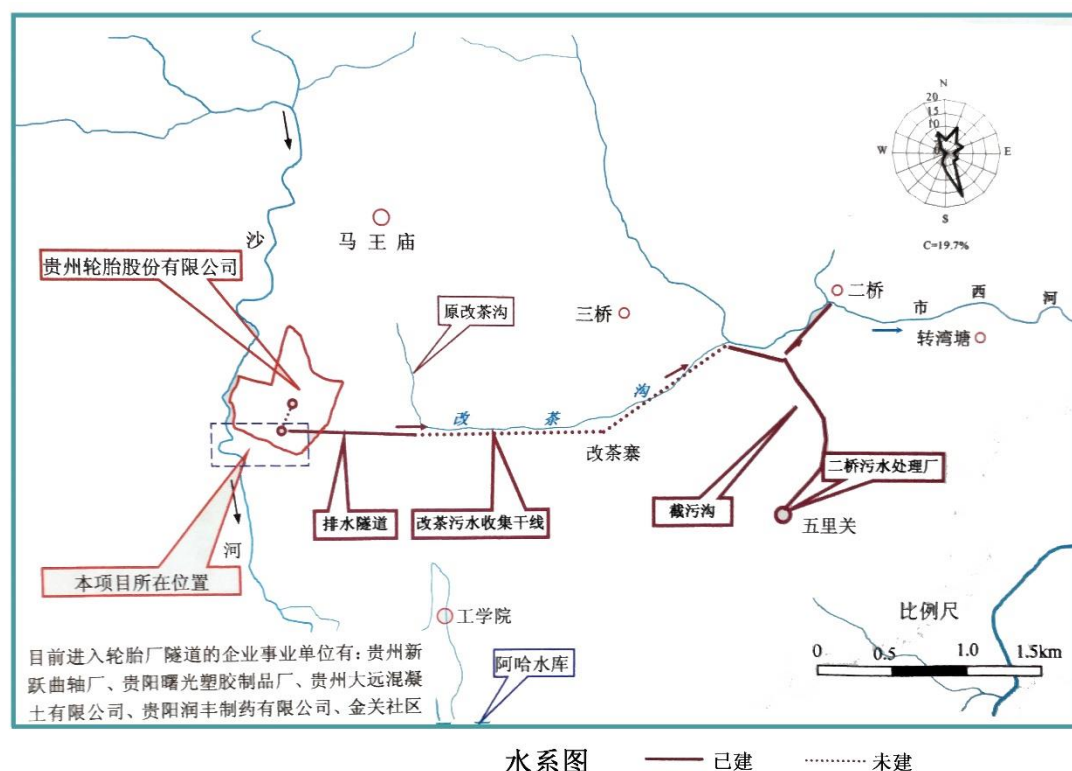


图 2.1-2 项目区周围的水系图

a) 沙河

沙河（也称金钟河，小湾河）——为项目区地面雨水的收纳水体，发源于贵阳市北部关山水库北东 2km 的上寨，由北向南经阳关农产—马王庙—贵州工业大学，于阿哈寨附近入阿哈水库。河长 16.5 km，集水面积 47.5 km²，入库前端面枯季流量 0.26 m³/s。阿哈水库是贵阳市生活用水水源，为了保护贵阳市饮用水源，本项目只有地面径流排至沙河，生产废水及生活污水不进入沙河。

阿哈水库位于贵阳市南明河支流小车河上，坝址以上集水面积为 190 km²，距市中心 8 km。阿哈水库位于金竹片区，是一个断裂沟谷—山间河流型水库。整个水库处于向斜构造地带，库区范围北至猫坝，南至烂泥沟，西至雪厂，东至大洞口，水面略成东北向的鸡爪状。

流域包括五条入库支流——游鱼河、白岩河、蔡冲河、沙河和烂泥沟河，均属于长江流域乌江水系南明河支流。其中小车河（其上游干流称为长柞鱼河，又

称游鱼河）为一级支流，其余属二级支流。阿哈水库于 1960 年 6 月建成，1982 年定为饮用水水源，目前供水能力已达 25 万 m^3/d 。它是以城市供水和防洪为主的中型水库，汛期拦蓄南明河支流小车河上的来水，缓解城区的防洪压力，同时也是贵阳市城市供水的主要水源地之一。1992 年 7 月 10 日贵阳市人民政府颁布了《贵阳市阿哈水库饮用水源保护区污染防治管理办法》，划定了保护区范围，本项目位于准保护区内。本项目的污水通过排污管道越域排往二桥污水处理厂，只有地面雨水径流排至沙河。

项目区、沙河及阿哈水库的相对位置分布情况见图 2.1-3 所示。项目区所处的水源保护区的示意图见图 2.1-4 所示。



图 2.1-3 项目区与阿哈水库位置分布图

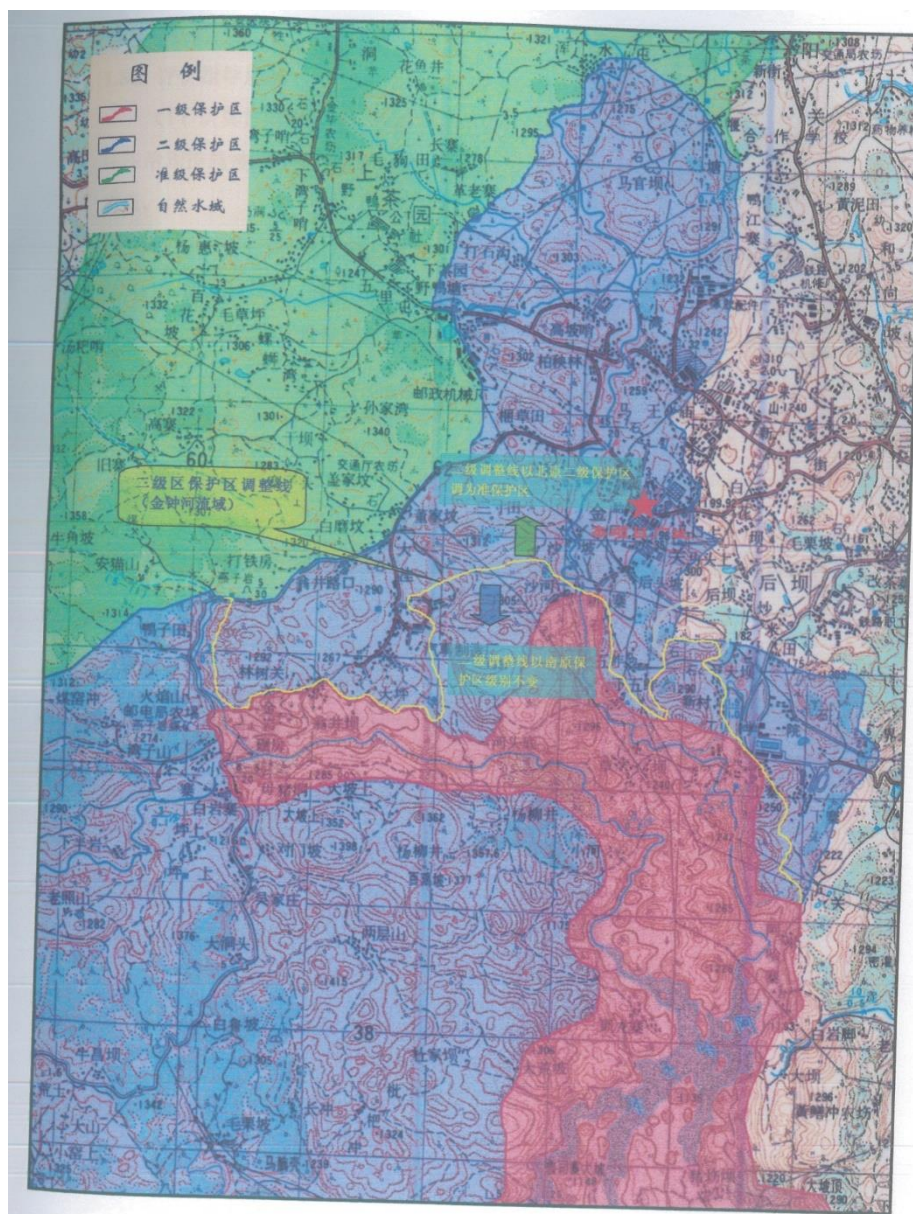


图 2.1-4 项目区所处水源保护区示意图

b) 改茶沟

改茶沟发源于马王庙老街，由北而南经第三砂轮厂至后坝，然后折向 NEE，经改茶至二桥，汇入市西河。该沟全长 1.8km，接纳了马王庙-金关片区的工业废水和生活污水，水质污染严重。

c) 市西河

上游为改茶沟，三桥河和小关河三条主要支流，最长的小关河发源于贵阳市黔灵万鸡山，由北而南经小关水库-黔灵湖，于二桥与另两条支流三桥河和改茶沟汇合。三河汇合后称市西河，NW-SE 向经头桥-大西门，于贵阳一中桥附近汇

入南明河。市西河转弯塘断面以上主河长 12km，集水面积 36 km²。市西河接纳了三桥-马王庙工业区的大部分和市区部分工业废水和生活污水，河水污染严重。依贵阳市人民政府颁发的(1996)37 号《贵阳市地面水域水环境功能划定规定》，其水质保护目标为Ⅳ类。

(2) 地下水

项目区内岩溶地貌发育，境内岩溶分布范围广泛，形态类型齐全，地域分异明显，构成一种特殊的岩溶生态系统。项目区其周围地区自寒武纪以来，三叠系地层出露最为广泛其次为二叠系地层；出露之地层大部份为碳酸盐岩。

项目区的地下水的构成主要为岩溶水，次为碎屑岩之裂隙水，孔隙水极为贫乏。地下水补给和赋存条件良好，地下水甚为丰富，多见岩溶泉出露。各褶皱构造间复合部位，岩层褶曲强烈，多伴随有大型压性和压扭性断裂。

项目所以区域地下水径流条件主要受岩层、地形、地表水文网控制，并排泄于地表水体。项目区地下水的补给源主要为大气降水，大气降水通过地表下渗到地下，富集于基岩裂隙、岩溶裂隙以及岩溶管道中，主要的排泄方式可分为：顺层流、裂隙流、背斜核部流、泉点排泄以及泄流。另外，项目区周边的地表水如沙河，也会与地下水相互补给。

2.1.2.3 地质条件

场区位于黔中丘陵地带，地势起伏不大，以低切割的低中山和溶丘为主。场区地势北高南低，碳酸盐岩分布广泛，岩溶发育，洼地、落水洞常见。

场地位于野鸭塘背斜东翼、下伏基岩为三叠系中统关岭组上段（T₂g₃）的浅灰、深灰色薄层、中厚层白云岩、泥质白云岩。上覆微微第四系人工填土、耕土及红粘土，厚度一般较大，井场地中部由于基岩的局部隆起，土层明显较薄。场内未有基岩露头，据有关资料，岩层倾向 90°-110°，倾角 44°-60°。

（一）人工填土：按成分可分成三个土质单元：

1.杂填土：顶部多为薄层混凝土，厚 0.1-0.2 m；下部多见碎石、块石、碎 砖、煤灰渣、粘土、石灰渣等，结构松散，成分及厚度不稳定，变化大，场内均有分布，一般厚 2 m 左右。

2.素填土：仅局部地段存在，为黄褐色粘土混碎石、结构松散，最厚 1.2 m。

3.块石：仅局部在原基础部位存在，为白云岩、混凝土等，致密坚硬，最厚 2.5 m。

（二）红粘土：褐黄、棕红色，质纯，致密，网状微裂隙发育，局部见脉状褐铁矿脉，为残坡积形成，按其状态由上至下，可分为三个次级土质单元：

1. 硬塑红粘土：分布广泛，埋深 0.5-2.0 m 左右，局部 5.6 m。除场地中部比较薄外（最小厚度仅 0.5 m），其余较厚，一般为 8-9 m。

2.可塑红土：局部分布，埋深 8-10 m 以下，多分布于基岩的溶槽、溶沟、层间溶蚀裂隙及其悬臂岩体上下部位，厚 0-5 m 左右。

3.软塑红粘土：分布于溶槽、溶沟及溶隙等较局限部位，最厚 3 m 左右。

（三）白云岩：灰、黄灰色，薄-中层状，微-粉晶结构，致密质硬，局部含泥质，针状溶蚀孔洞发育，局部呈蜂窝状构造。岩体顶面有厚 0.2-1.0 m 左右的强风化，局部厚达 2.18 m，岩石常成粉末状、碎石角砾状，其下部为中风化，岩心破碎，完整性差，但岩质坚硬。

项目区周边的水文地质情况见图 2.1-5 所示。

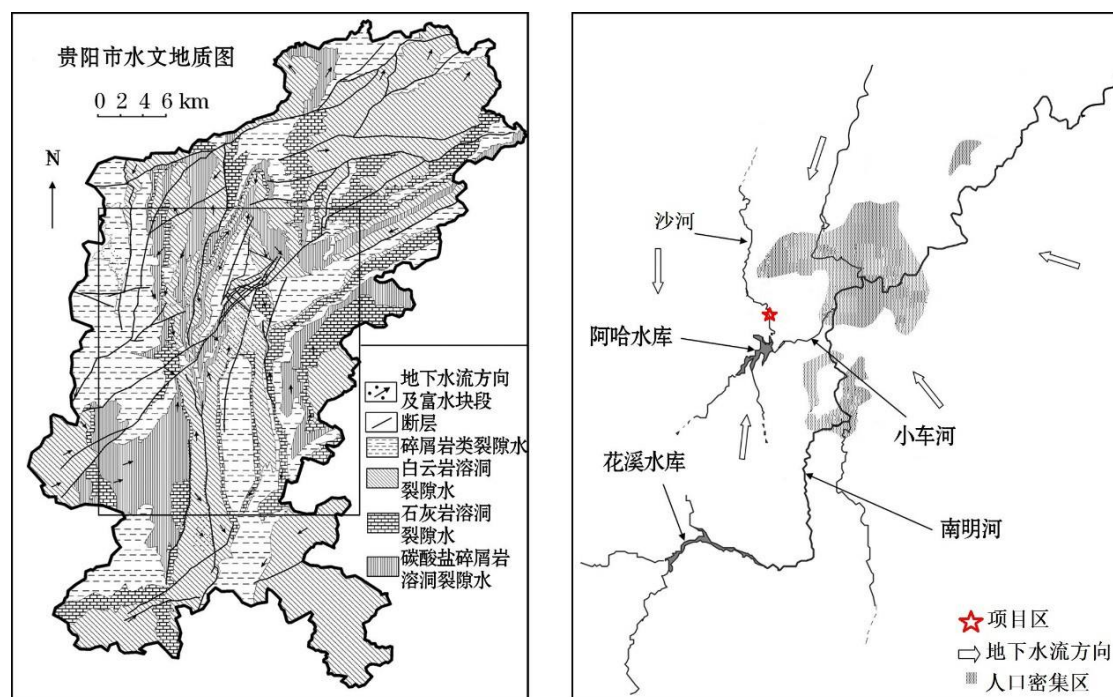


图 2.1-5 项目区周边水文地质图

2.2 场地范围及周边环境

本项目工作范围包括贵州轮胎股份有限公司主厂区、场区北侧的前进公司以及南侧的全钢三公司。整个调查区占地面积 423976m²，其中主厂区占地面积 347716m²，前进公司占地面积 34930m²，全钢公司占地面积 41330m²。场区所在区域为工业区和农村杂合地区。场区北侧为百花大道，南侧为贵黄高速，在场区南侧有贵黄高速，场区西侧紧邻居民区，场区东侧为居住区和商住区。项目区南东约 3 km 为贵州工业大学，南东 600m 为新寨居民聚居区。阿哈水库的上游水源地——沙河自北向南流经场区。项目周围有少许菜地。调查范围及周边情况见图 2.2-1 所示。



图 2.2-1 场地范围

2.3 场地敏感目标

贵州轮胎股份有限公司老厂区位于贵阳市老城区，周边住宅、商业、学校、工业混合布置，且距离敏感区均较近，生产活动产生的污染容易对周边敏感目标产生影响。另外，阿哈水库的上游水源地——沙河，自北向南流经场区，阿哈水库属于饮用水源地重点保护区，厂区内的生产活动如引起沿线区域的土壤及地下

水的污染，极易进入沙河引起污染。场地周边敏感目标见表 2.3-1 所示，敏感目标的分布情况见图 2.3-1 所示。

表 2.3-1 场地周边敏感目标

序号	环境敏感点名称	相对场地方位	距离（米）	常住人数	现用地类型
1	沙河	南北向穿厂区	0		地表水
2	金关村	东南侧	10-100	>4000	居民区
3	西山小区	西北侧	100-500	>3000	居民区
4	贵阳市金关小学	南侧	200	>600	学校
5	圣玛丽幼稚园	东北侧	50	>100	学校
6	金贝贝幼儿园	东南侧	200	>100	学校
7	野鸭中学	西北侧	1000	>500	学校
8	贵州省广播电影电视学校	西北侧	10-100	>500	学校
9	贵阳市林木小学	西北侧	500-1000	>500	学校
10	酒店	北侧、东南侧	10-100		居住用地
11	贵阳金关钢材市场	东南侧	100		商业用地
12	贵州天地顺物流市场	西侧	100		商业用地
13	贵州红润化工有限公司	西南侧	100		工业用地

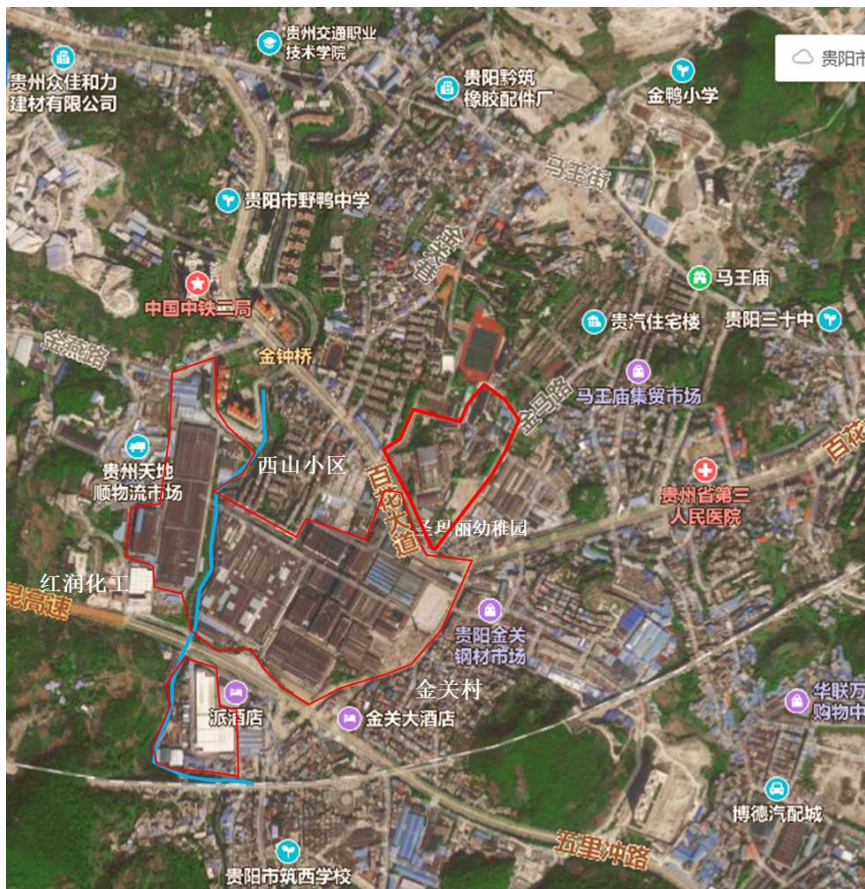


图 2.3-1 项目区周边敏感目标分布图

2.4 场地历史情况

贵州轮胎股份有限公司前称贵州轮胎厂，位于贵阳市百花大道 41 号，始建于 1958 年，1996 年改制为上市公司，是国家大型一档企业、全国 520 户重点企业、全国十大轮胎公司和工程机械轮胎配套、出口基地之一。主厂区东侧厂房基本为 19 世纪 60 年代建厂时所建，后来随着发展的需要，逐步向西扩建，2008 年建成主厂区西侧大力士公司，形成现在的厂区建筑物格局。2016 年开始，由于城市建设的需要，部分车间陆续开始停产，且于 2016 年 12 月，场地东侧原锅炉房附近 36.1 亩土地已停产并逐渐拆除完毕，移交云岩区 1#路征收。目前厂内其他区域，除山上大力士公司部分车间、炼胶三车间、全钢分公司等个别车间仍在生产外，其余全部停产，但厂房未进行拆除。

可以查看到的卫星图从 2006 年开始，从 2006 年至今的场地利用历史变迁情况见图 2.4-1 所示。

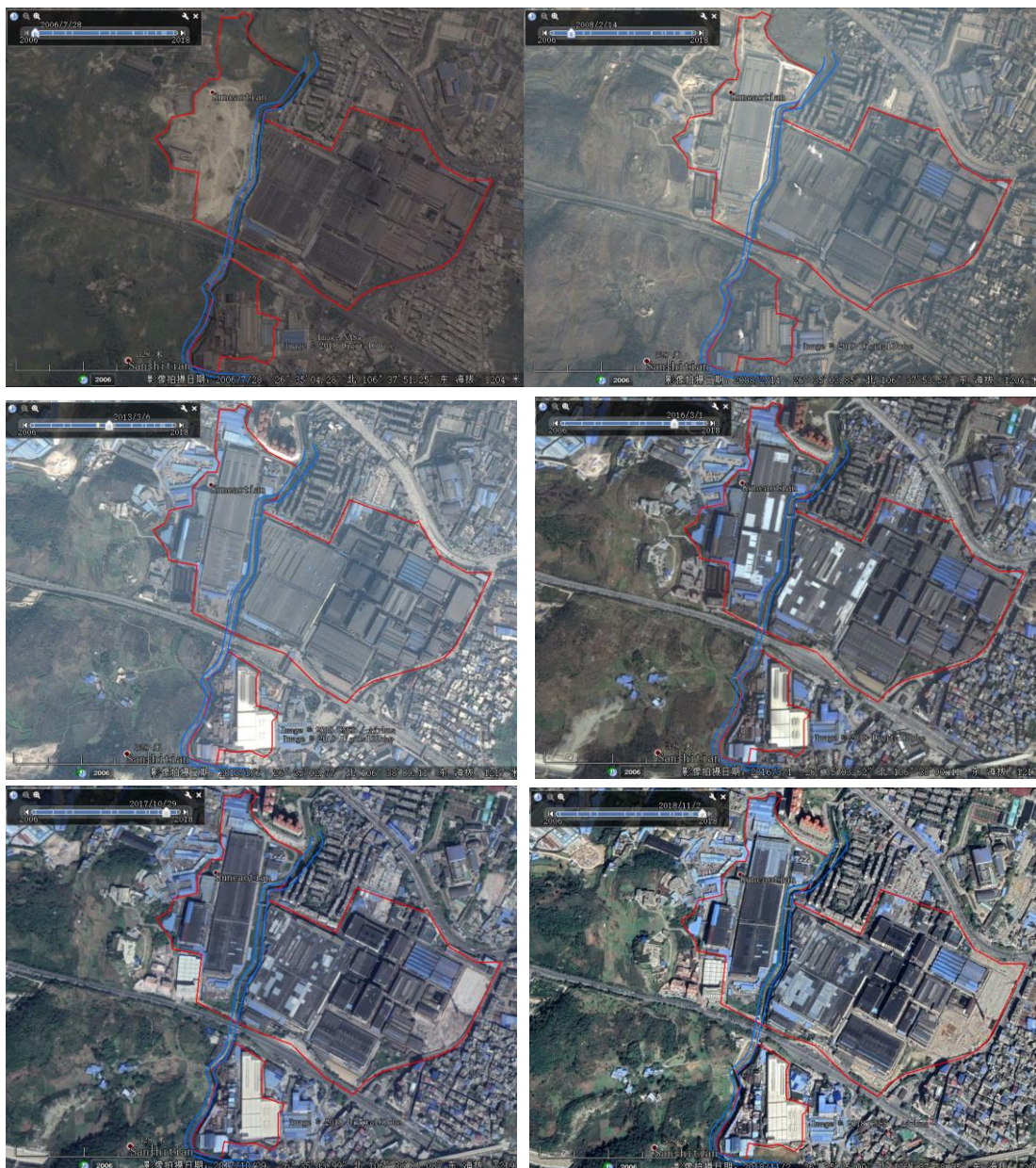


图 2.4-1 场地 2006 年至今的卫星影像图

2.5 场地未来规划

目前除 2016 年 12 月已移交的锅炉房区域已确定作为道路外，场地其余区域的未来规划还未最终确定，初步了解场地未来规划为商住用地。场地规划作为道路的区域按照第二类用地开展修复工作，其余用地按对场地质量要求最严格的第一类用地类型开展修复工作，以最大限度保护人体健康。

场地东侧锅炉房附近被三马片区工矿棚户区及城市棚户区改造项目“三纵一横 1 号道路”征用，未来将作为城市道路使用。具体的房屋征收协议见图 2.5-1 所示。

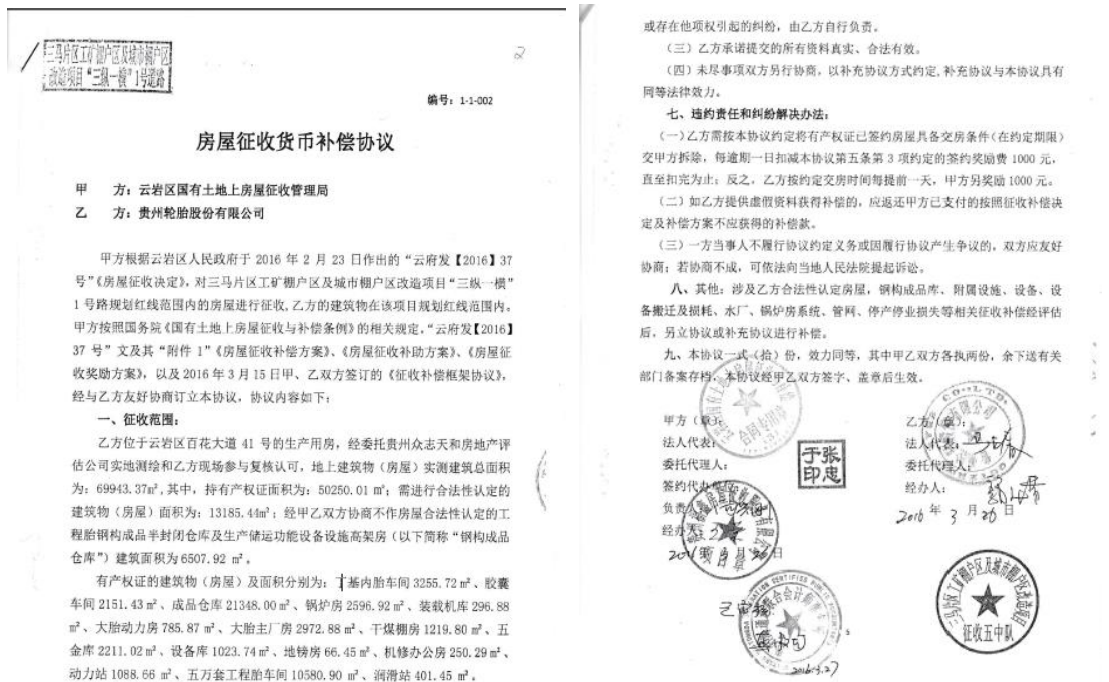


图 2.5-1 厂区东侧锅炉房附近区域征收协议

贵州轮胎股份有限公司地块场地于 2018 年 2 月经批准纳入《贵阳市城市规划》。根据《云岩区三马组团金鸭单元控制性详细规划导则及 03 地块细则》，贵州轮胎厂所在区域用地性质将由国有工矿用地转换为商住用地。该地块所在区域的规划见图 2.5-2 所示。

中心城区控制性详细规划（导则）——三马组团金鸭单元(SM-09)

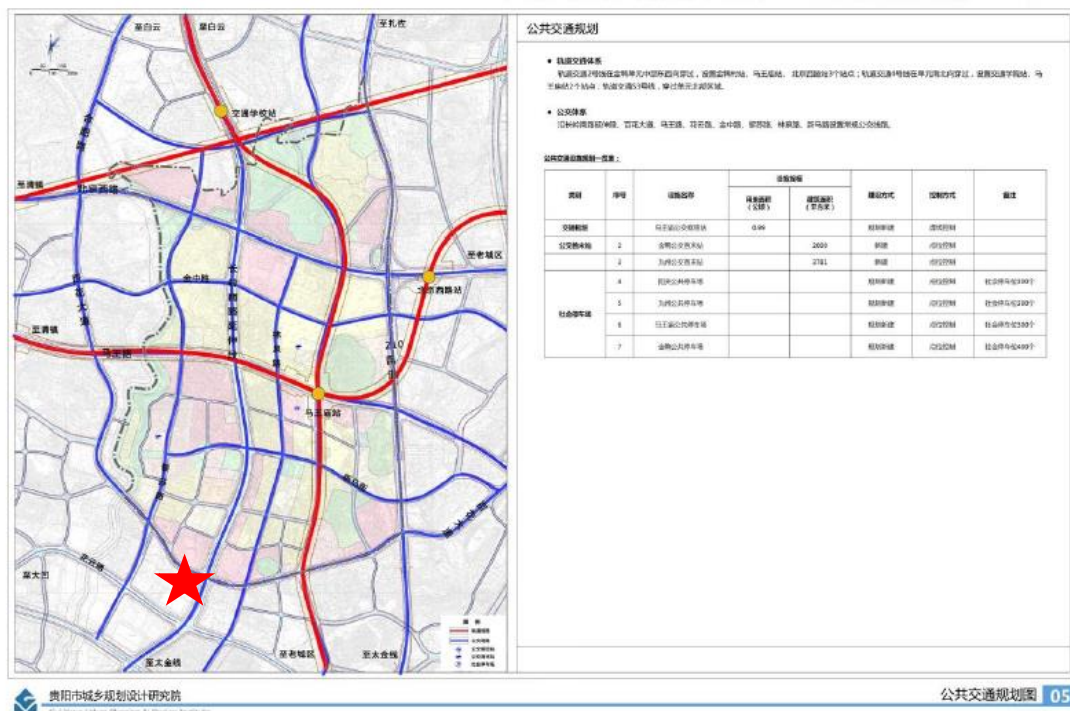


图 2.5-2 项目所在区域规划图

2.6 场地污染概况

场地调查单位于 2015 年和 2018 年开展场地主厂区、全钢三公司和前进公司的场地调查工作，对场区内的土壤、地下水、地表水、底泥、废渣等进行采集。共布设各类采样点 157 个，共采集各类样品共 447 个。其中土壤采样点 133 个，地下水采样点 7 个，地表水采样点 4 个，底泥采样点 4 个，废渣采样点 3 个，土工采样点 6 个，并对各样品的相应指标进行了分析测试。将实验室检测结果与相关筛选标准进行对比，确定了场地的污染范围、污染程度，为场地后续工作的开展提供了依据。

2.6.1 土壤调查结果

整个工作范围场地调查阶段布设的 130 个土壤采样点中，有 66 个采样点存在不同情况的超标，采样点超标率 50.77%。其中以重金属砷为主要超标污染物，66 个土壤超标点中，只有重金属砷超标的点位有 59 个，占超标点位的 89.39%。厂区土壤采样点超标点位分布见图 2.6-1 所示。

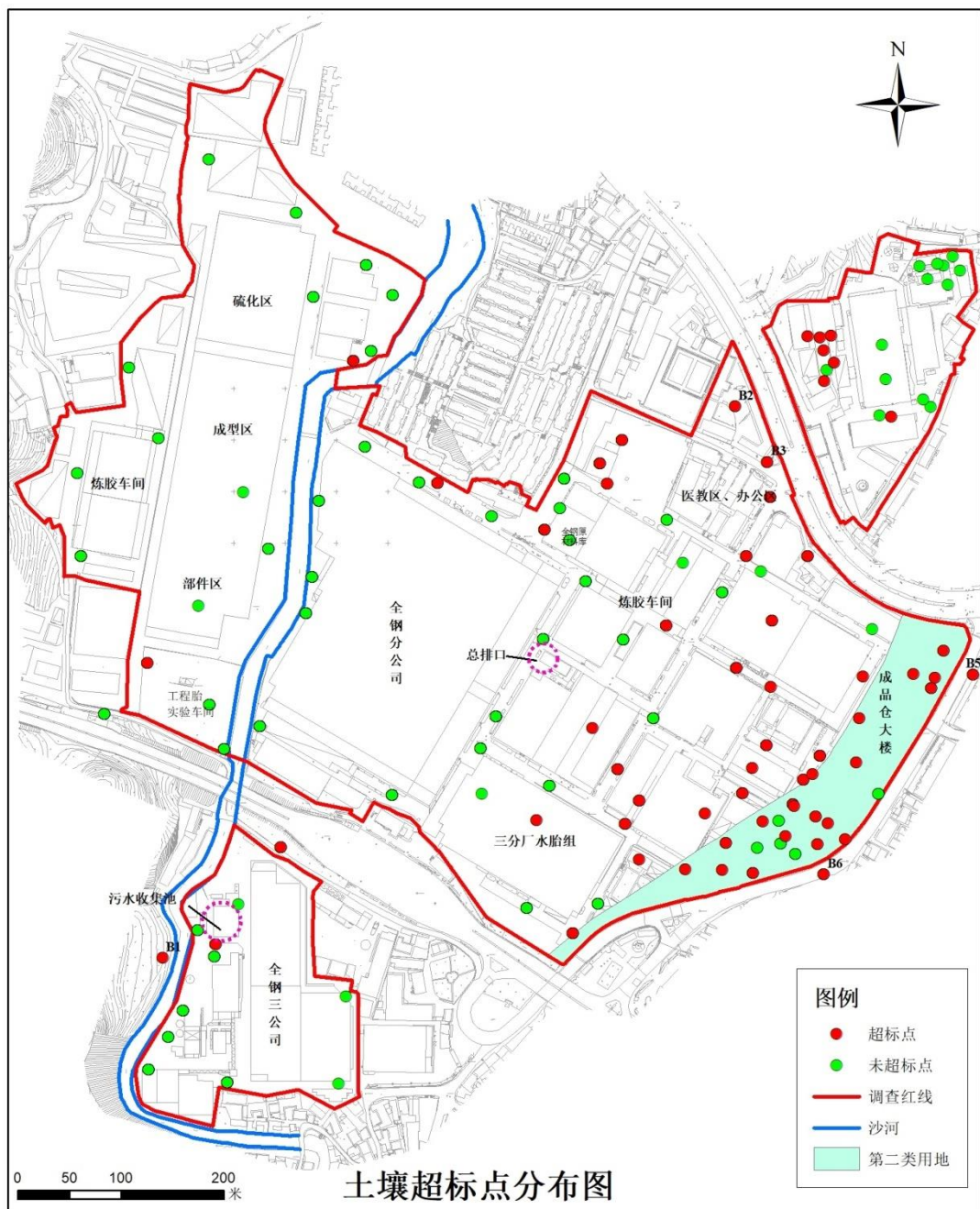


图 2.6-1 厂区土壤超标点分布图

场区土壤共检测各类污染物指标 219 项，其中检出污染物 60 项，超标污染物 10 种，包括重金属 5 种（砷、镉、铬、铅、镍）、VOCs 类物质 2 种（苯、1,2,3-三氯丙烷）、农药 2 种（ α -六六六、 β -六六六）、总石油烃 1 种（ C_{10} - C_{40} ）。风险评估结果表明，超标的 10 种重金属在不同用地类型下，其风险均超过国家规定的可接受风险水平，需开展进一步的修复治理工作。土壤中各类超标需开展修复治理工作的污染物的超标情况详见表 2.6-1 所示。

表 2.6-1 贵州轮胎厂场地土壤中污染物超标情况

污染物类型		重金属					有机农药		石油烃类	VOCs	
用地类型	污染物名称	砷	镉	铬	铅	镍	α -六六六	β -六六六	C ₁₀ -C ₄₀	1,2,3-三氯丙烷	苯
	单位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	μg/kg	μg/kg
第一类用地	最大值	120	500	326	723	175	0.99	1.59	1892.2	130	470
	检出样品数	317	162	197	243	46	2	2	29	1	21
	检出百分比	100.00%	66.67%	100.00%	100.00%	100.00%	0.86%	0.86%	12.50%	0.43%	9.05%
	筛选值	47.5/50*	20	250	400	150	0.09	0.32	826	50	1000
	最大超标倍数	2.5	25	1.3	1.8	1.2	11	5	2.3	2.6	/
	超标样品数	87	1	2	1	1	2	2	2	1	0
	超标百分比	27.44%	0.41%	1.02%	0.41%	2.17%	0.86%	0.86%	0.86%	0.43%	0.00%
	超标深度	0~12.5m	1.5m	1.0m	2.5m	5.5m	3.2m, 8m	3.2m, 8m	0.5m	1.0m	/
第二类	最大值	166	12.1	150	122	144	0	0	1700	0	4220
	检出样品数	65	55	36	65	29	0	0	13	0	7
	检出百分比	100.00%	84.62%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	20.00%	0.00%	10.77%
	筛选值	47.5	65	2500	800	900	0.3	0.92	4500	500	4000
	最大超标倍数	3.5	/	/	/	/	/	/	/	/	1.1
	超标样品数	40	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	超标百分比	61.54%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.54%
	最大超标深度	0~11.8m	/	/	/	/	/	/	/	/	0.9m

注：*根据场地调查结果，主厂区和全钢三公司砷的修复目标值为 47.5mg/kg，前进公司砷的修复目标值为 50mg/kg。

重金属污染物中，以砷的污染范围最广，其在各区均存在超标的情况，其中以在沙河东侧的主厂区（A2区）污染范围最广，超标点位 29 个，其次是 A1 区，超标点位 20 个，B 区超标点位 2 个，C 区超标点位 1 个，前进公司超标点 7 个。重金属砷污染主要集中在场区办公区重金属镉、铬、铅和镍的污染分布范围较砷的相对较小，且主要在零星区域存在超标的情况，其中镉有 1 个样品超标，铬有 2 个样品超标，铅有 1 个样品超标，镍有 1 个样品超标。厂区土壤中重金属的污染范围见图 2.6-2 至 2.6-5 所示。

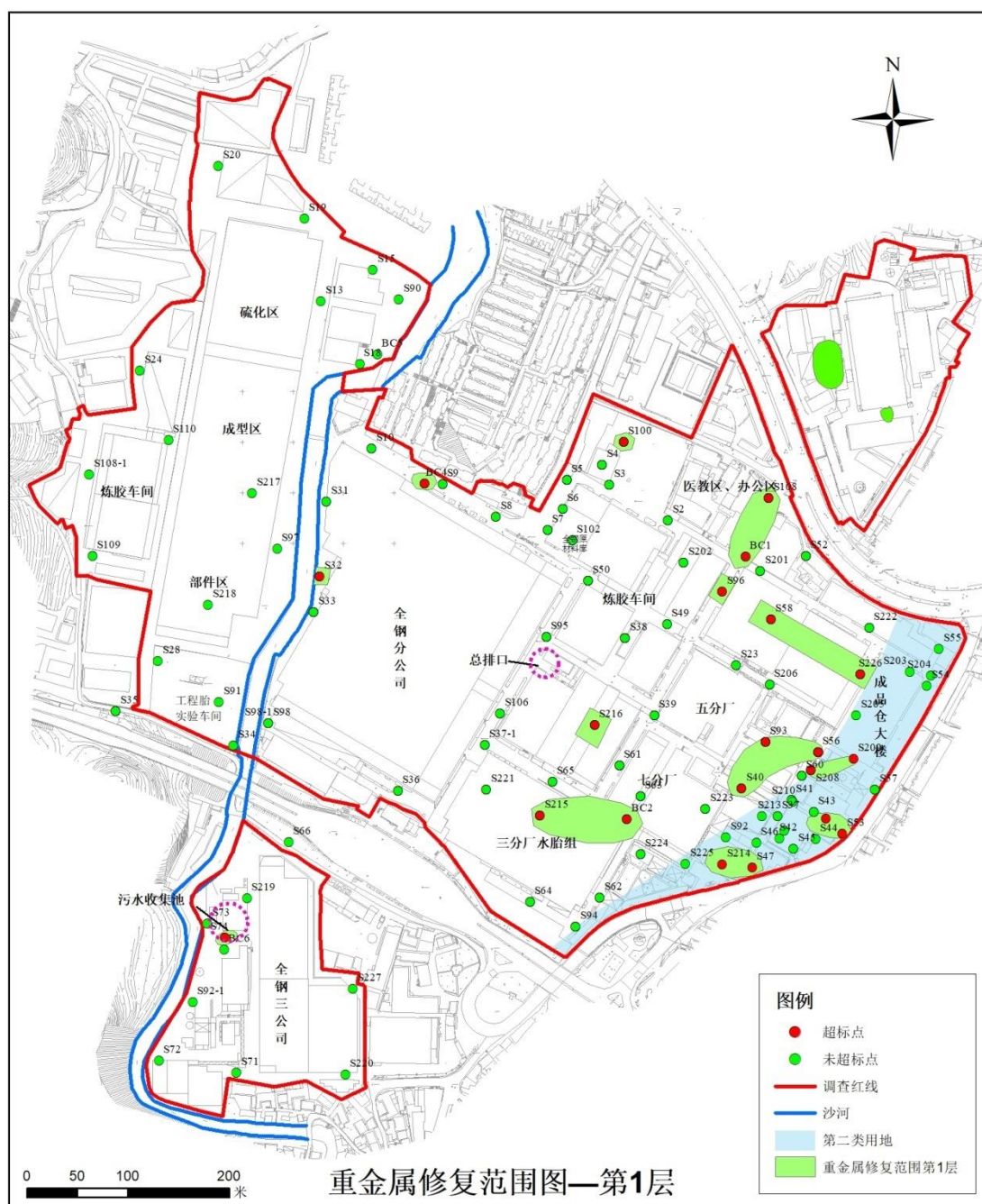


图 2.6-2 厂区土壤重金属污染范围第 1 层

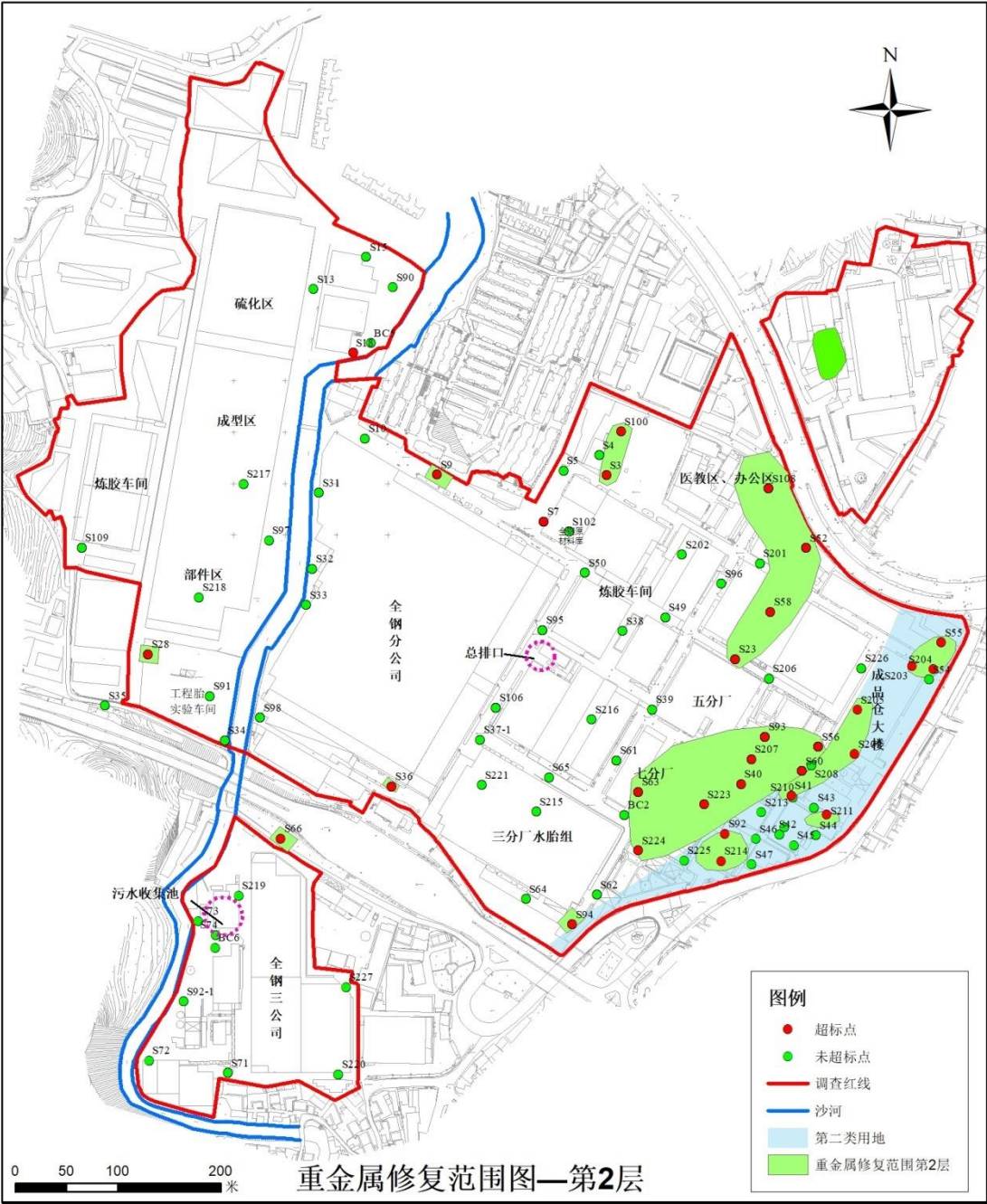


图 2.6-3 厂区土壤重金属污染范围第 2 层

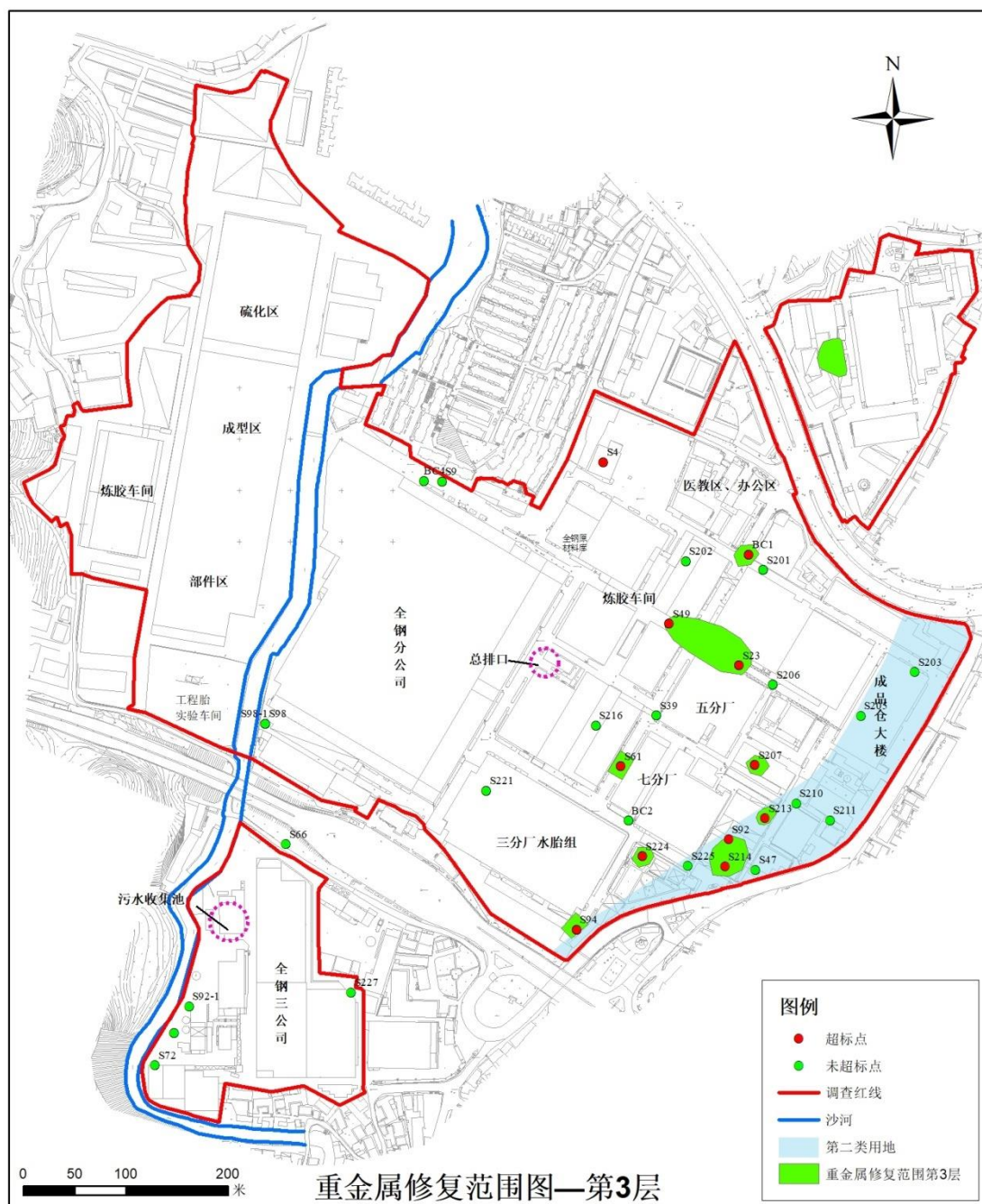


图 2.6-4 厂区土壤重金属污染范围第 3 层

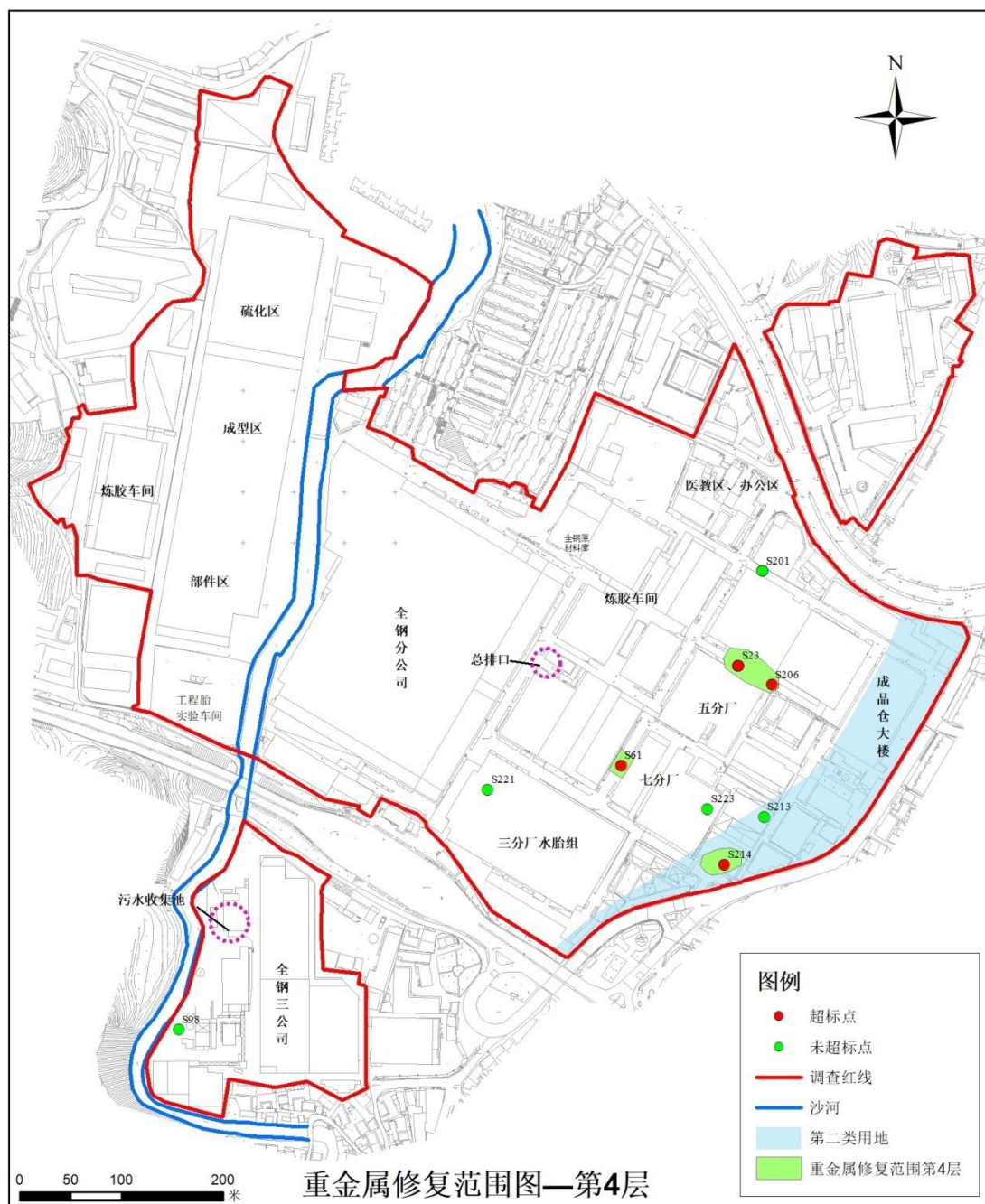


图 2.6-5 厂区土壤重金属污染范围第 4 层

VOCs 超标物质 2 种（1,2,3-三氯丙烷和苯），超标点位分别各 1 个，苯位于 A1 区，1,2,3-三氯丙烷位于 A2 区，苯的最大超标倍数为 1.1 倍，1,2,3-三氯丙烷的最大超标倍数为 2.6 倍。VOCs 污染范围分布见图 2.6-6 所示。

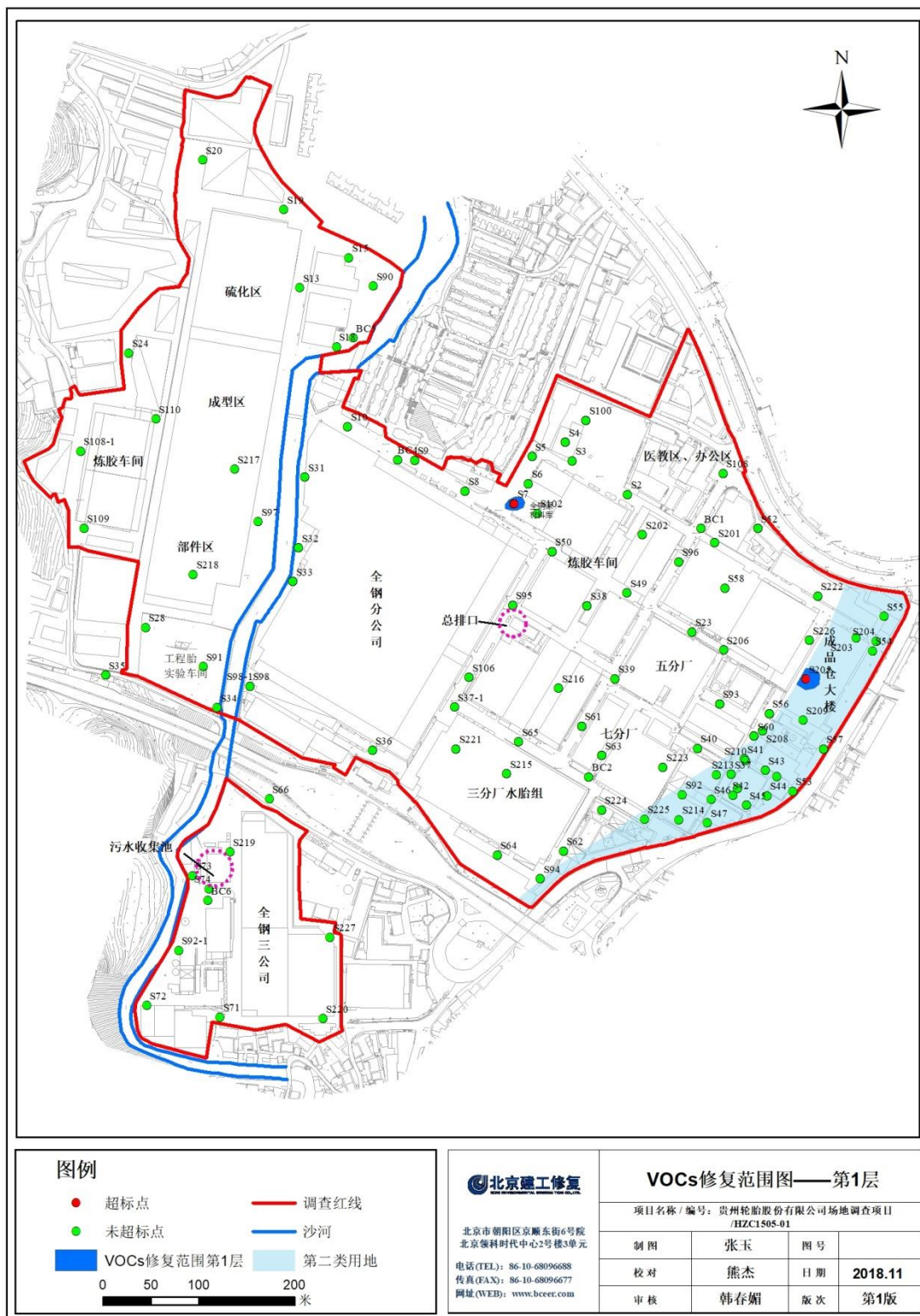


图 2.6-6 厂区土壤 VOCs 污染范围第 1 层

厂区 SVOCs 污染物主要为有机农药类，共有 2 种超标，分别为 α -六六六、 β -六六六，超标点位有 2 个， α -六六六最大超标倍数为 11 倍， β -六六六最大超标倍数为 5 倍，该场地历史用途为农田。因此，初步判断场区有机农药污染应

是历史残留，场地作为农田用途时，农药的过量使用导致土壤污染。SVOCs 污染范围分布见图 2.6-7 和 2.6-8 所示.

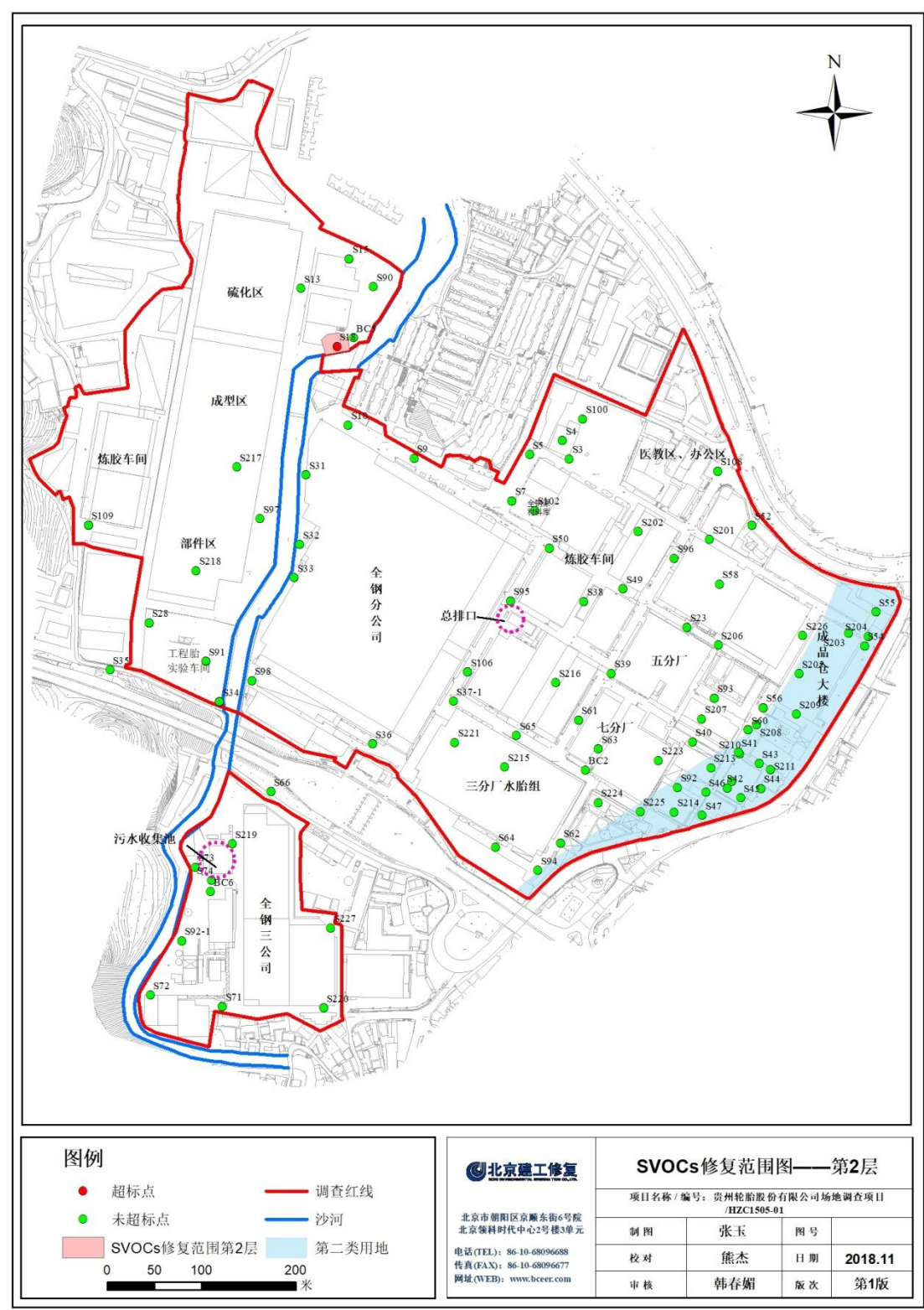


图 2.6-7 厂区土壤 SVOCs 污染范围第 2 层

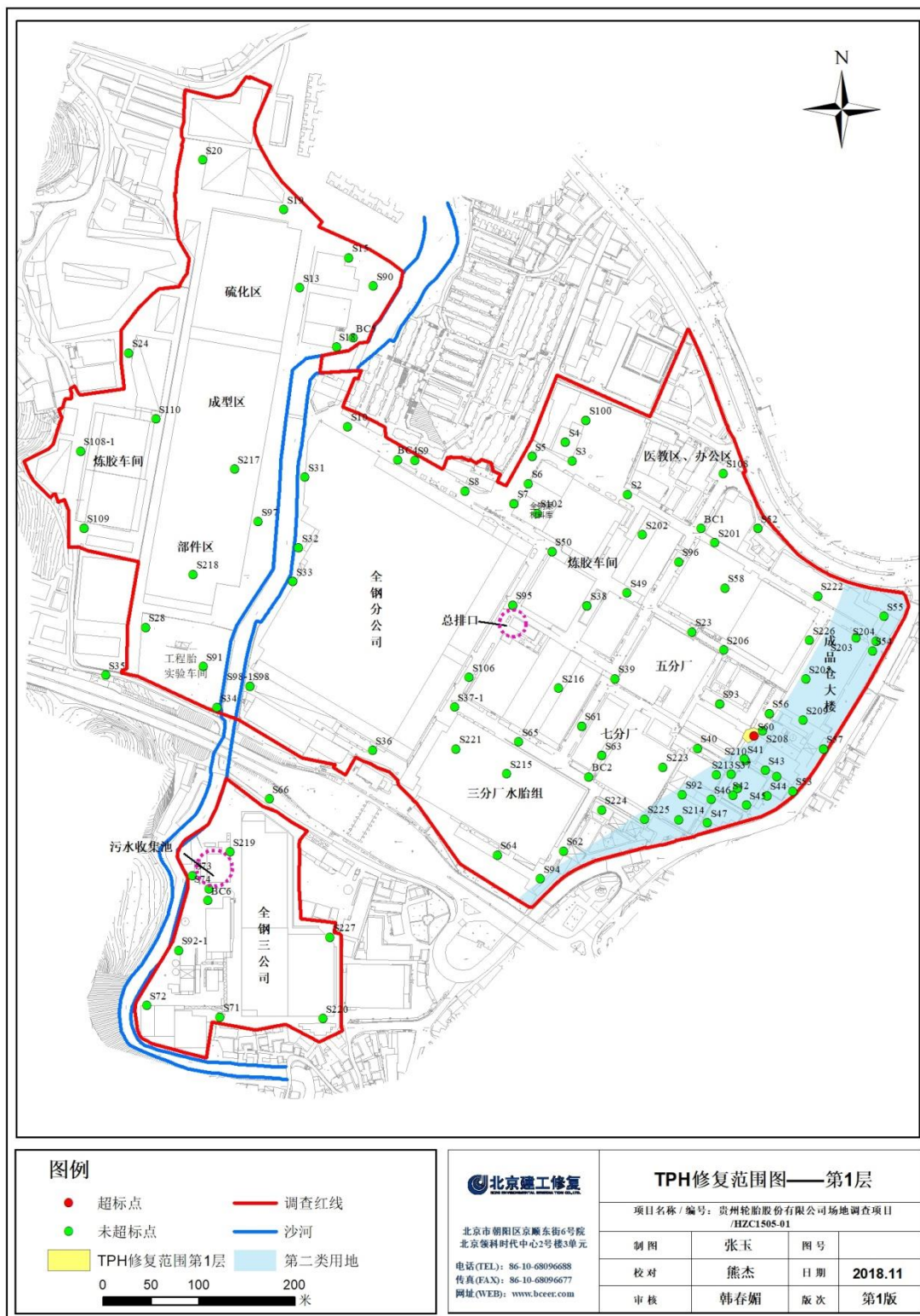


图 2.6-9 厂区土壤 TPH 污染范围第 1 层

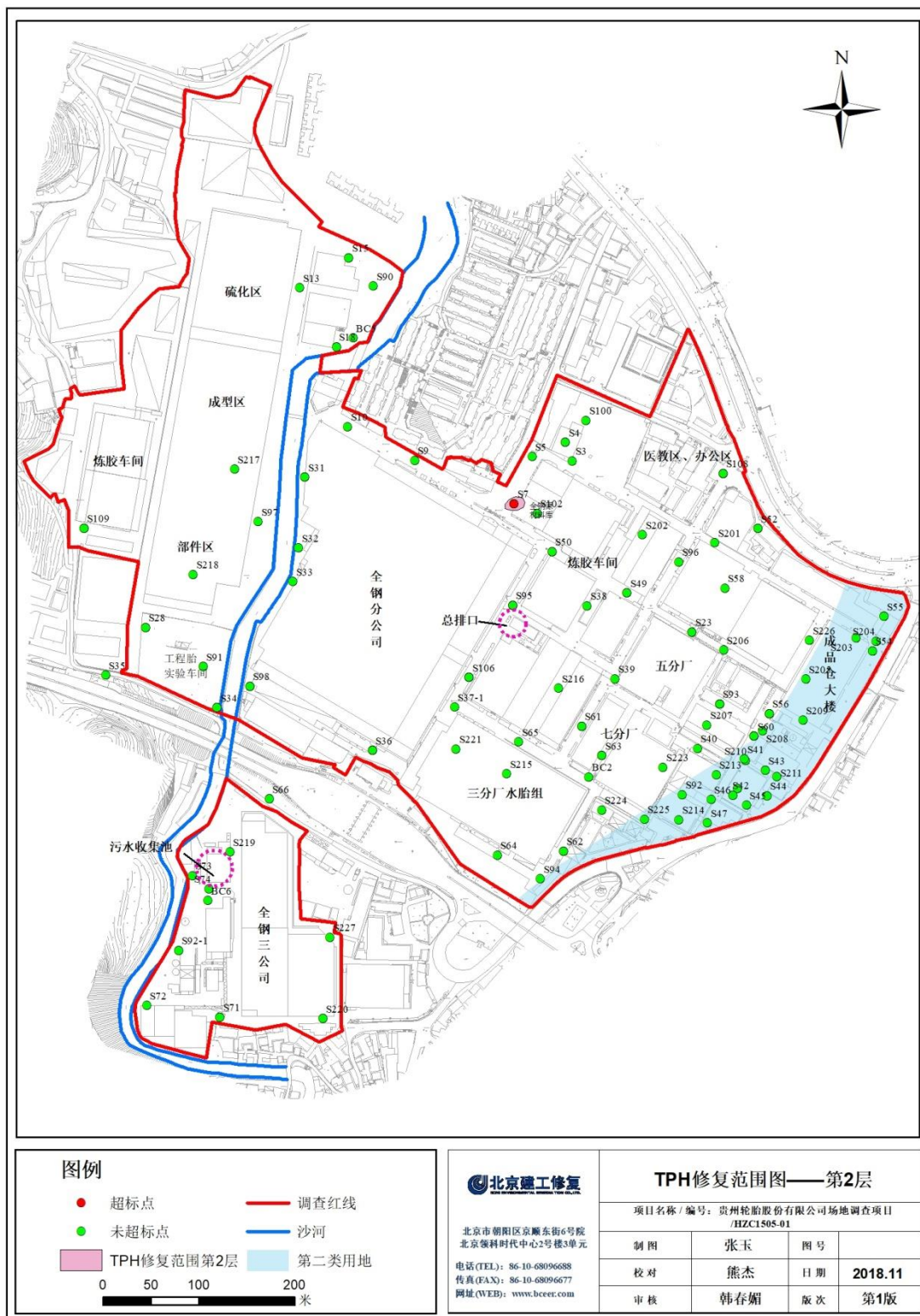


图 2.6-10 厂区土壤 TPH 污染范围第 2 层

2.6.2 地下水调查结果

场区共布设地下水监测井 7 口，采集地下水样品 7 个，并对地下水中重金属（8 种：砷、钡、铬、镉、铅、硒、银、汞）、VOCs、SVOCs、苯系物和 TPH 等 215 项进行检测，仅检出仅钡和铬 2 种污染物，且均不超标筛选值，其余污染物均未检出。未发现场区地下水存在污染的情况。

场区地下水总体流向为自东北向西南流（局部受各因素影响，流向有所偏差）。

2.6.3 地表水/底泥调查结论

在沙河上中下游采集了 4 个地表水样品，地表水样品检测结果显示，沙河水中 COD_{Cr}、BOD₅、总磷、总氮、氨氮等 5 项指标超过《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中的浓度限值，存在超标的情况，需采取相应的措施改善地表水水质，确保居民饮水安全。其余污染物未见超标。场区生产废水统一排入二桥污水处理厂，未发现上游（SW1）水质与下游（SW4）水质存在较大差异，初步判断对沙河水质无较大影响。根据人员访谈，沙河上游有大量居民区，推测上游居民生活废水的排放可能会对沙河水质产生一定程度的影响。

所采集的 4 个底泥样品中共检出污染物 13 种，包括重金属 6 种（砷、钡、镉、铬、铅、汞），PAHs 类 5 种（萘、菲、荧蒽、芘、屈），苯系物 1 种（甲苯）和总石油烃。其中 2 个样品的 C10-C40 超出土壤筛选值（826 mg/kg），样品超标率为 50%，最大超标倍数 6.6 倍。其余 12 种污染物未见超标的情况。

2.6.4 区内废渣调查结论

在全钢三公司的锅炉房、堆煤场内堆放的废渣、炉渣及生产副产物中共选取 3 个废渣样品进行浸出毒性鉴别，其重金属浸出浓度均低于《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB 5085.3-2007）标准中的浓度限值，初步判断厂区内的废渣属于不具有浸出毒性的固体废物。场内废渣业主均委托有资质的单位进行处理，并有详细的委托合同和清运记录，建议按业主原处置方式进行处置。

3 修复策略选择

场地修复策略是指以风险管理为核心,将污染造成的健康和生态风险控制在可接受范围内的场地总体修复思路,包括采用污染源处理技术、切断暴露途径的工程控制技术以及限制受体暴露行为的制度控制技术 3 种修复模式中的任意一种及其组合。

3.1 场地概念模型

建立合理的场地污染概念模型对于有效指导后期污染场地修复至关重要,场地污染概念模型的建立主要基于在场地调查过程中收集的各种信息,综合考虑场地的水文地质情况、场地背景、污染源、污染物的迁移转化、可能存在的敏感受体等,以合理解释污染物在场地内的分布、迁移途径以及可能存在的环境风险。

3.1.1 场地地质状况

场区位于黔中丘陵地带,地势起伏不大,以低切割的低中山和溶丘为主。场区地势北高南低,碳酸盐岩分布广泛,岩溶发育,洼地、落水洞常见。

场地位于野鸭塘背斜东翼、下伏基岩为三叠系中统关岭组上段(T2g3)的浅灰、深灰色薄层、中厚层白云岩、泥质白云岩。上覆微微第四系人工填土、耕土及红粘土,厚度一般较大,井场地中部由于基岩的局部隆起,土层明显较薄。场内未有基岩露头,据有关资料,岩层倾向 90°~110°,倾角 44°~60°。

(一) **人工填土**:按成分可分成三个土质单元:

(1) 杂填土:顶部多为薄层混凝土,厚 0.1-0.2 m;下部多见碎石、块石、碎砖、煤灰渣、粘土、石灰渣等,结构松散,成分及厚度不稳定,变化大,场内均有分布,一般厚 2 m 左右。

(2) 素填土:仅局部地段存在,为黄褐色粘土混碎石、结构松散,最厚 1.2 m。

(3) 块石:仅局部在原基础部位存在,为白云岩、混凝土等,致密坚硬,最厚 2.5 m。

(二) **红粘土**:褐黄、棕红色,质纯,致密,网状微裂隙发育,局部见脉状褐铁矿脉,为残坡积形成,按其状态由上至下,可分为三个次级土质单元:

(1) 硬塑红粘土：分布广泛，埋深 0.5-2.0 m 左右，局部 5.6 m。除场地中部比较薄外（最小厚度仅 0.5 m），其余较厚，一般为 8-9 m。

(2) 可塑红土：局部分布，埋深 8-10 m 以下，多分布于基岩的溶槽、溶沟、层间溶蚀裂隙及其悬臂岩体上下部位，厚 0-5 m 左右。

(3) 软塑红粘土：分布于溶槽、溶沟及溶隙等较局限部位，最厚 3 m 左右。

(三) 白云岩：灰、黄灰色，薄-中层状，微-粉晶结构，致密质硬，局部含泥质，针状溶蚀孔洞发育，局部呈蜂窝状构造。岩体顶面有厚 0.2-1.0 m 左右的强风化，局部厚达 2.18 m，岩石常成粉末状、碎石角砾状，其下部为中风化，岩心破碎，完整性差，但岩质坚硬。

根据场地调查结果，对场地土层划分了 6 个剖面，可以直观方便的获得土层变化的情况，场地剖面线图见图 3.1-1 所示，各区典型的工程地质剖面见图 3.1-2 至 3.1-5 所示。

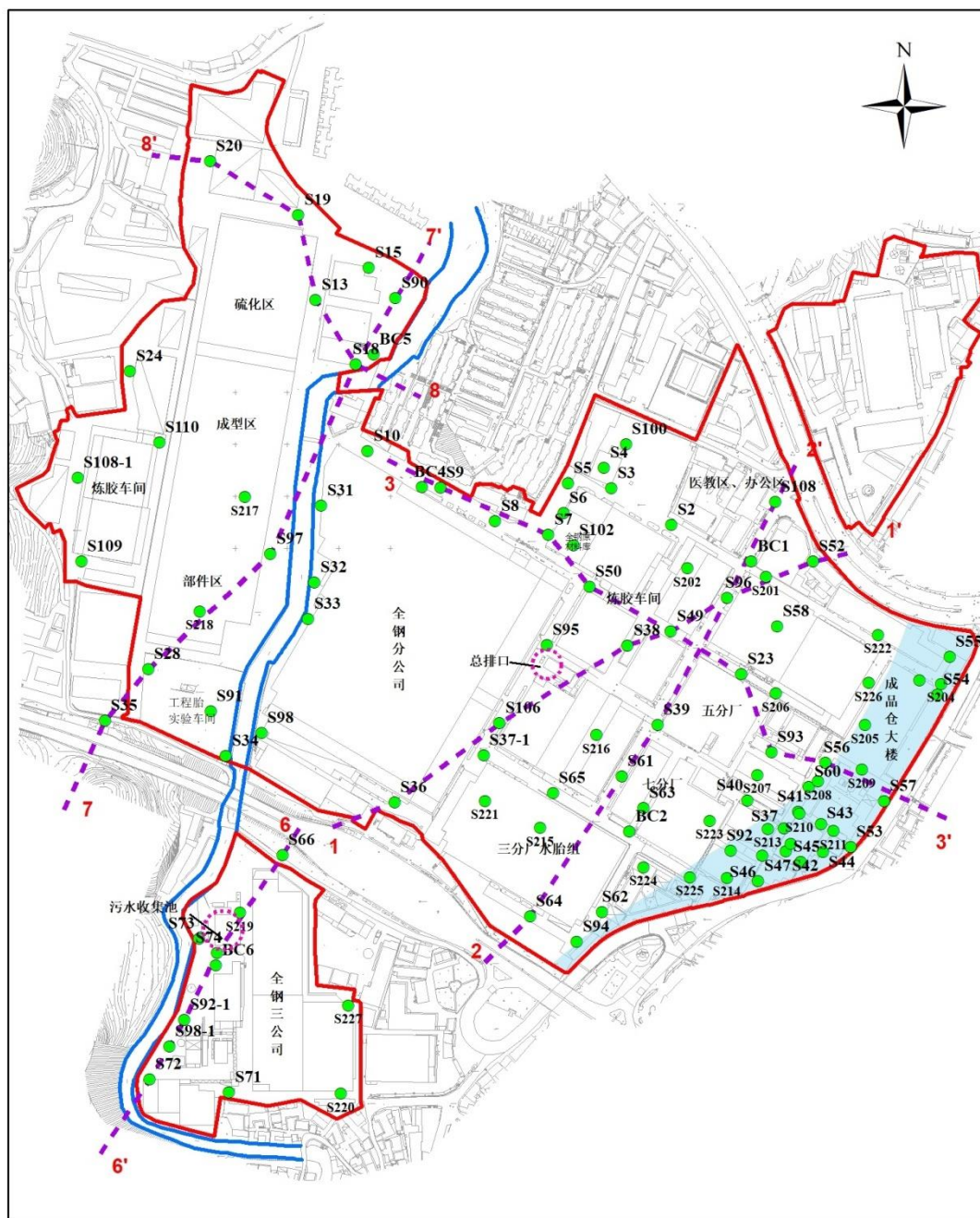


图 3.1-1 场区剖面线图

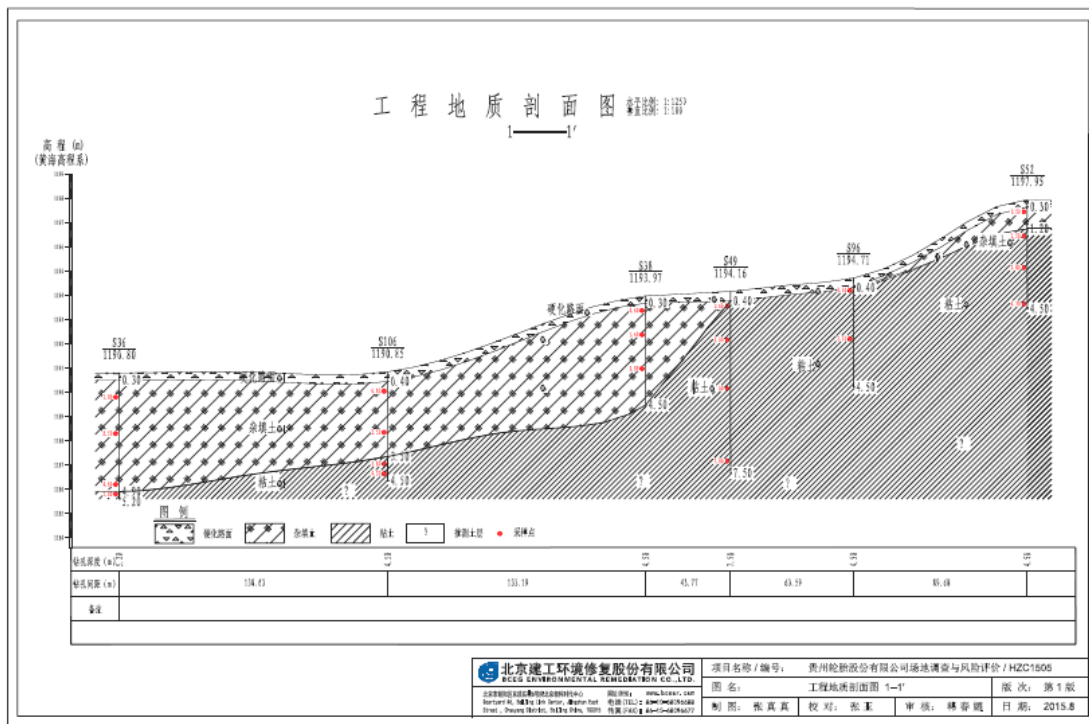


图 3.1-2 工程地质剖面图 (1-1')

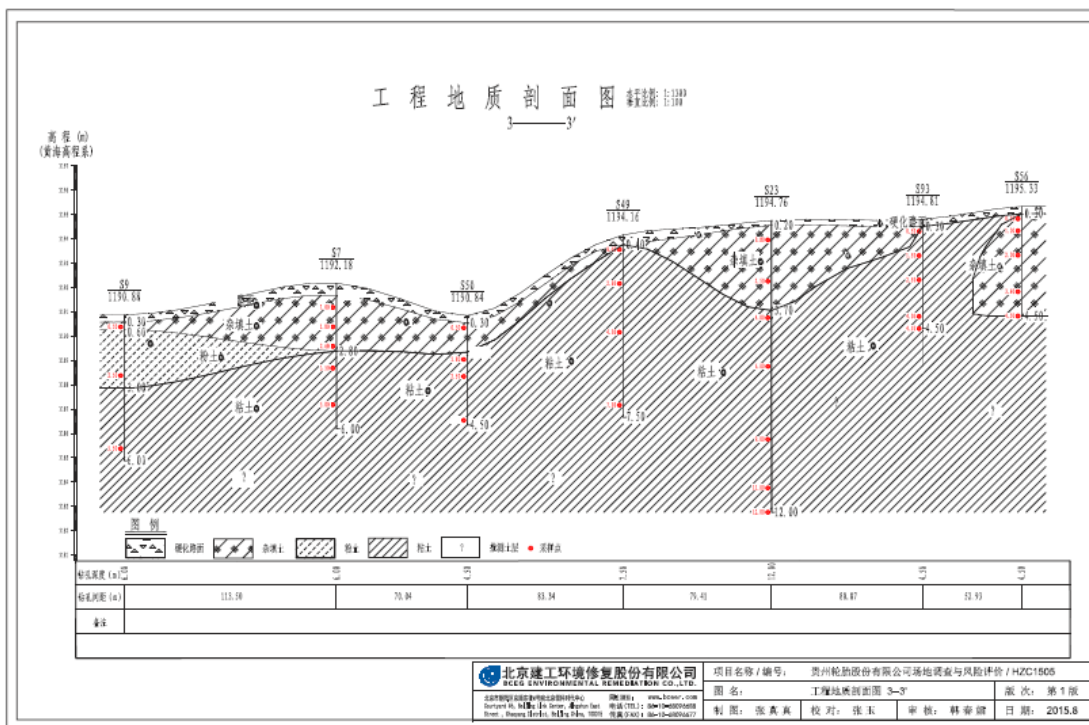


图 3.1-3 工程地质剖面图 (3-3')

3.1.2 场地水文状况

(1) 地表水

项目附近的地表水主要是沙河、改茶沟和市西河，项目区周边水系图见图 3.1-6所示。

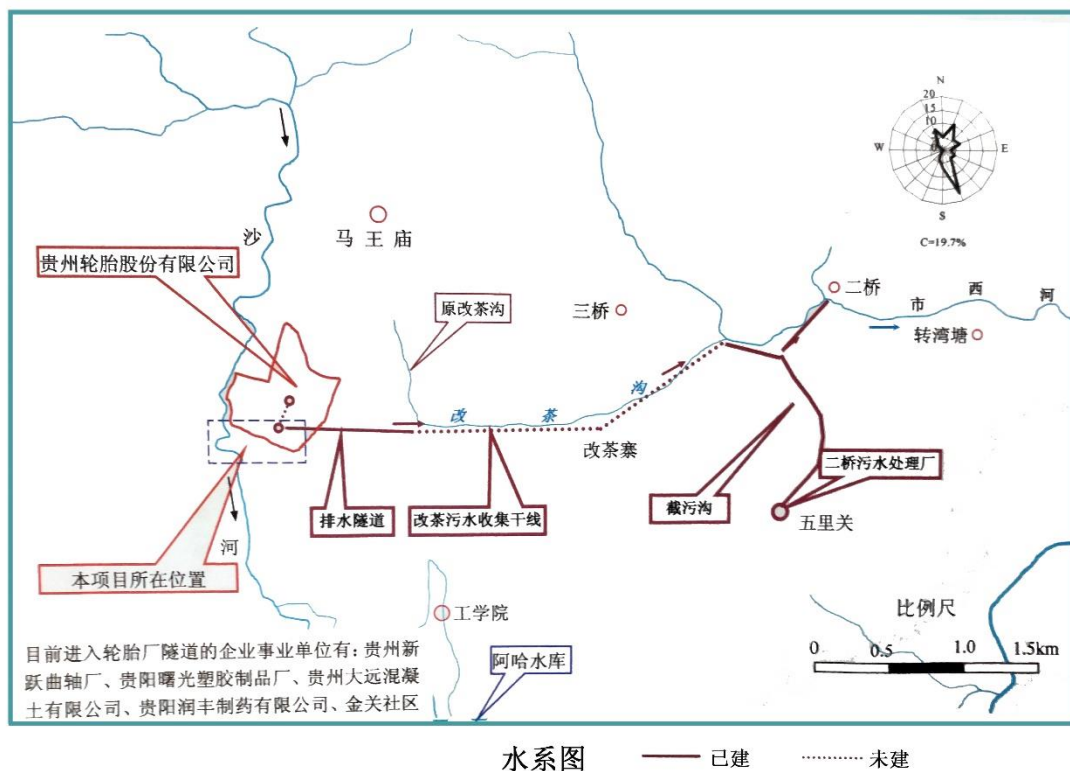


图 3.1-6 项目区周围的水系图

a) 沙河

沙河（也称金钟河，小湾河）——为项目区地面雨水的收纳水体，发源于贵阳市北部关山水库北东2 km的上寨，由北向南经阳关农产—马王庙—贵州工业大学，于阿哈寨附近入阿哈水库。河长16.5 km，集水面积47.5 km²，入库前端面枯季流量0.26 m³/s。阿哈水库是贵阳市生活用水水源，为了保护贵阳市饮用水源，本项目只有地面径流排至沙河，生产废水及生活污水不进入沙河。

阿哈水库位于贵阳市南明河支流小车河上，坝址以上集水面积为190 km²，距市中心8 km。阿哈水库位于金竹片区，是一个断裂沟谷—山间河流型水库。整个水库处于向斜构造地带，库区范围北至猫坝，南至烂泥沟，西至雪厂，东至大洞口，水面略成东北向的鸡爪状。

项目区、沙河及阿哈水库的相对位置分布情况见图 3.1-7所示。项目区所处

的水源保护区的示意图见图 3.1-8所示。



图 3.1-7 项目区与阿哈水库位置分布图

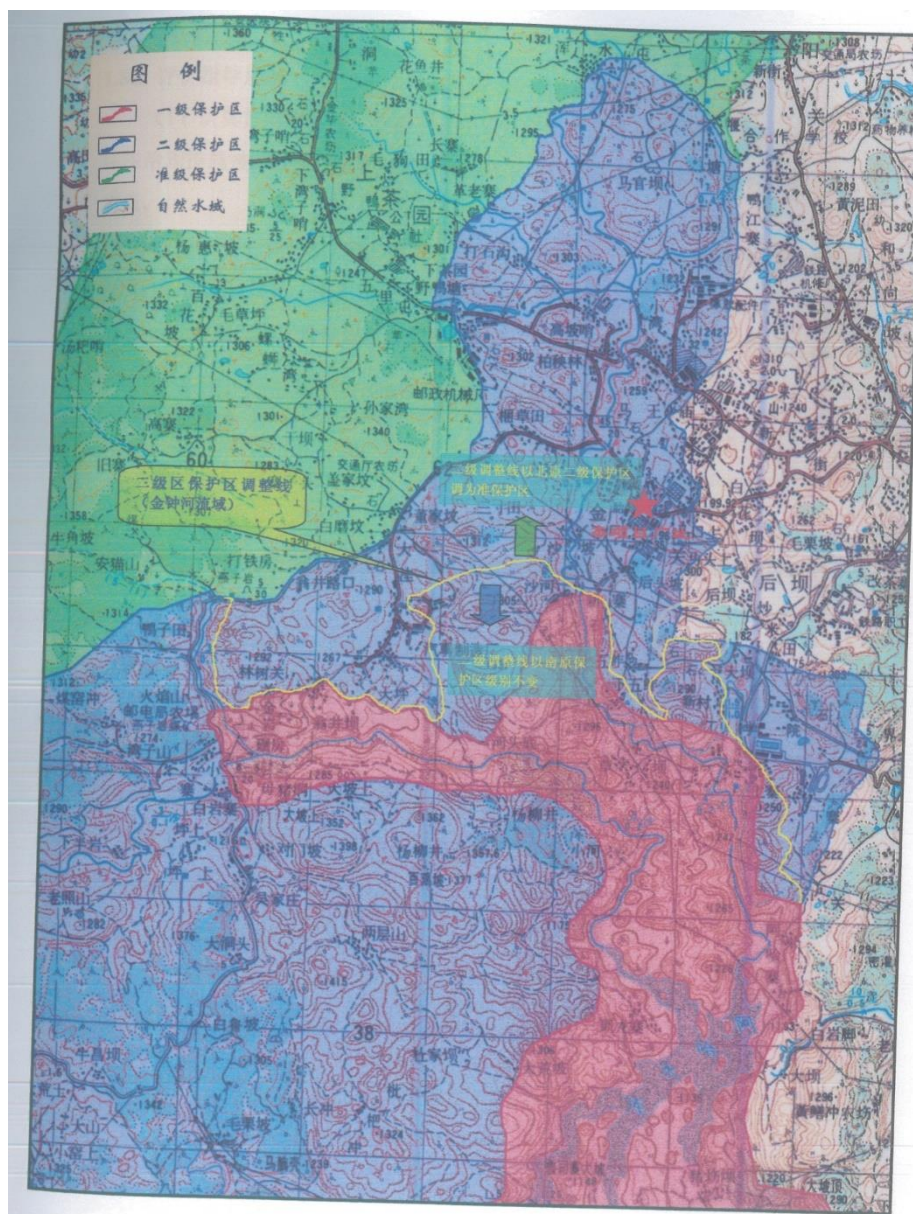


图 3.1-8 项目区所处水源保护区示意图

b) 改茶沟

改茶沟发源于马王庙老街，由北而南经第三砂轮厂至后坝，然后折向NEE，经改茶至二桥，汇入市西河。该沟全长1.8km，接纳了马王庙-金关片区的工业废水和生活污水，水质污染严重。

c) 市西河

上游为改茶沟，三桥河和小关河三条主要支流，最长的小关河发源于贵阳市黔灵万鸡山，由北而南经小关水库-黔灵湖，于二桥与另两条支流三桥河和改茶沟汇合。三河汇合后称市西河，NW-SE向经头桥-大西门，于贵阳一中桥附近汇

入南明河。市西河转弯塘断面以上主河长12km，集水面积36 km²。市西河接纳了三桥-马王庙工业区的大部分和市区部分工业废水和生活污水，河水污染严重。依贵阳市人民政府颁发的(1996)37号《贵阳市地面水域水环境功能划定规定》，其水质保护目标为IV类。

(2) 地下水

项目区内岩溶地貌发育，境内岩溶分布范围广泛，形态类型齐全，地域分异明显，构成一种特殊的岩溶生态系统。项目区其周围地区自寒武纪以来，三叠系地层出露最为广泛其次为二叠系地层；出露之地层大部份为碳酸盐岩。

项目区的地下水的构成主要为岩溶水，次为碎屑岩之裂隙水，孔隙水极为贫乏。地下水补给和赋存条件良好，地下水甚为丰富，多见岩溶泉出露。各褶皱构造间复合部位，岩层褶曲强烈，多伴随有大型压性和压扭性断裂。

项目所以区域地下水径流条件主要受岩层、地形、地表水文网控制，并排泄于地表水体。项目区地下水的补给源主要为大气降水，大气降水通过地表下渗到地下，富集于基岩裂隙、岩溶裂隙以及岩溶管道中，主要的排泄方式可分为：顺层流、裂隙流、背斜核部流、泉点排泄以及泄流。另外，项目区周边的地表水如沙河，也会与地下水相互补给。

项目区地下水总体流向为自东北向西南流(局部受各因素影响，流向有所偏差)。地下水流向见图 3.1-9 所示。

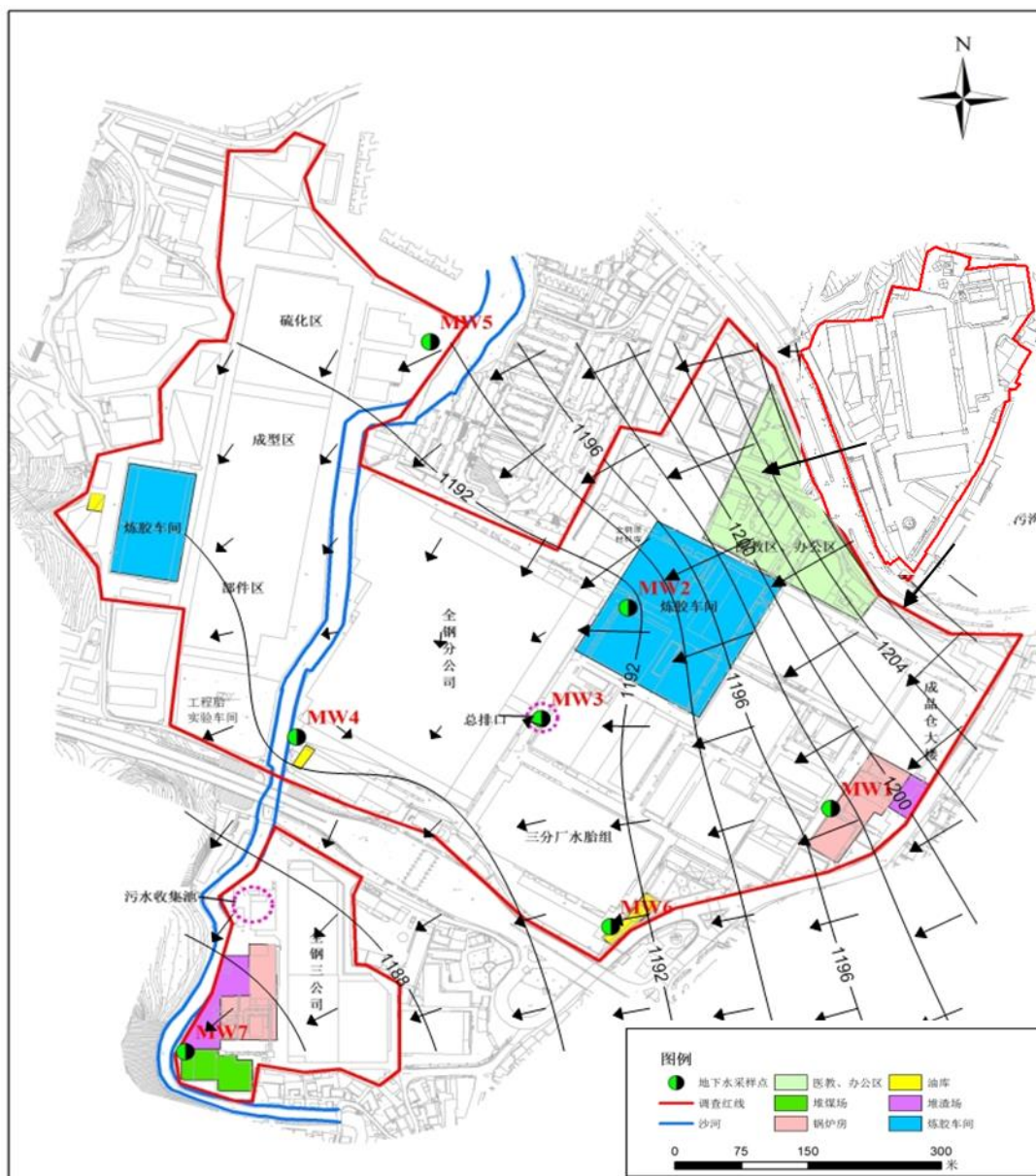


图 3.1-9 场区地下水流场图

3.1.3 场地污染空间分布

3.1.3.1 重金属污染分布

场地土壤中超标重金属 5 种，分别为砷、镉、铬、镍和铅，从分布范围来看，重金属在场区有大范围的分布。重金属超标区域主要分布在主厂区东侧，锅炉房、成品仓大楼、五分厂、七分厂等区域。5m 以下土层中，分布范围相对较小，仍主要集中在锅炉房、七分厂等区域，该部分区域基岩较深，初步判断与厂区土壤中砷的背景值偏高有一定关系。

从分布深度来看，砷在各土层均存在超标的情况，其他 4 种重金属仅在 A2 区存在超标的情况，且超标深度较浅；铬和镉仅在 0-2m 土层内超标，深层未超标；铅仅在 2-5m 土层范围内超标；镍则仅在>8m 的土层存在单点超标。总体来说，除砷污染深度较深外，其他重金属污染深度相对较浅，且分布范围较小。

重金属在各层的污染分布见图 3.1-10 所示。

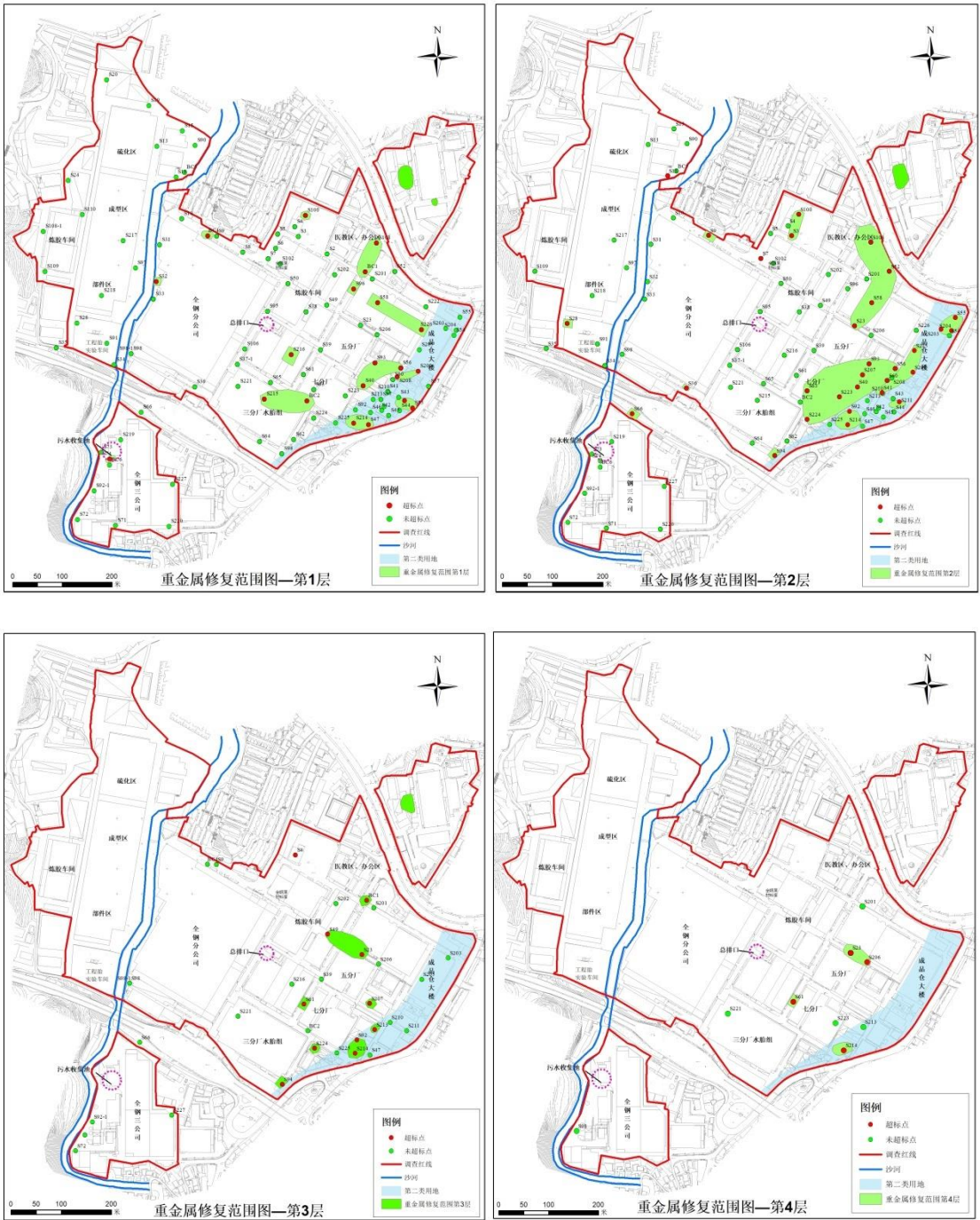


图 3.1-10 厂区各层重金属污染范围分布

3.1.3.2 VOCs 污染分布

厂区 VOCs 超标物质 2 种，分别为 1,2,3-三氯丙烷和苯。

从分布范围上来看， 厂区 VOCs 超标土壤主要分布在 A2 区原材料库附近和锅炉房附近区域。初步判断是由于橡胶原材料中的各类增塑剂、软化剂、溶剂等进入土壤造成的污染，另外锅炉房附近区域表层填了大量的灰黑色炉渣等，杂填土中含有的污染物引起 VOCs 超标。

从超标深度来看，厂区土壤 VOCs 污染土壤仅分布在 0-2m 的表层杂填土中，未见深层超标的情况，初步判断主要由于杂填或厂区生产活动产生。

厂区 VOCs 污染分布见图 3.1-11 所示。

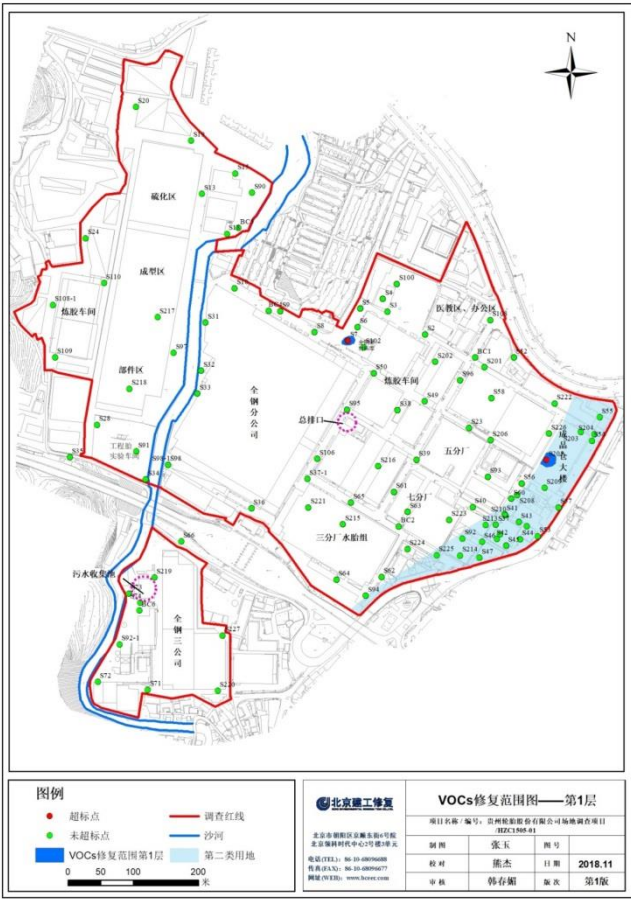


图 3.1-11 厂区第 1 层 VOCs 污染范围分布

3.1.3.3 SVOCs 污染分布

厂区 SVOCs 类污染物均为有机氯农药，分别为 α -六六六和 β -六六六。

从污染范围来看，主要分布在主厂区东侧原农田使用区域，初步判断为场地作为农田过程中，农药的过量使用引起的污染。

从污染分布深度来看， α -六六六和 β -六六六主要分布在厂区深层土壤中，土质为粘土层。

厂区 VOCs 污染分布见图 3.1-12 所示。

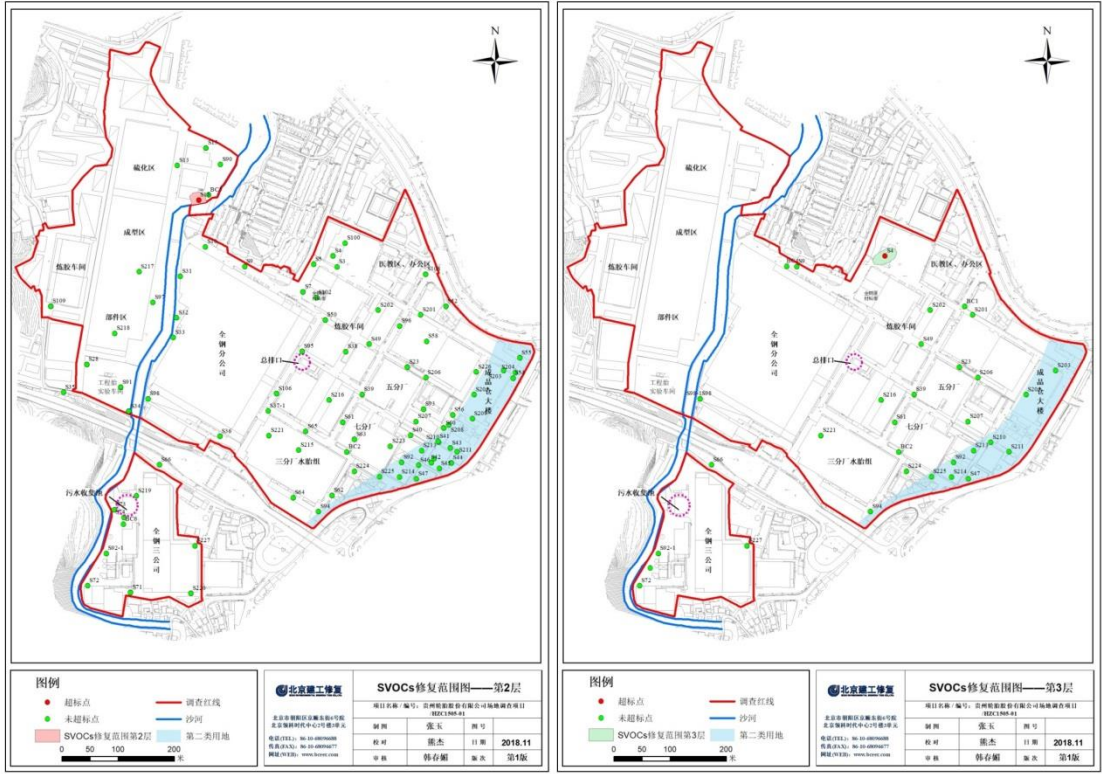


图 3.1-12 厂区第 1、2 层 SVOCs 污染范围分布

3.1.3.4 TPH 污染分布

厂区土壤中 TPH 超标土壤主要为 C_{10} - C_{40} 超标。从分布范围来看，TPH 污染土壤主要分布在炼胶车间和全钢材料库附近，主要是由于生产过程中跑冒滴漏等造成。

从分布深度来看，主要位于厂区 5m 以内受扰动的土层范围内，深层土壤未见超标的情况。

厂区 TPH 污染分布见图 3.1-13 所示。

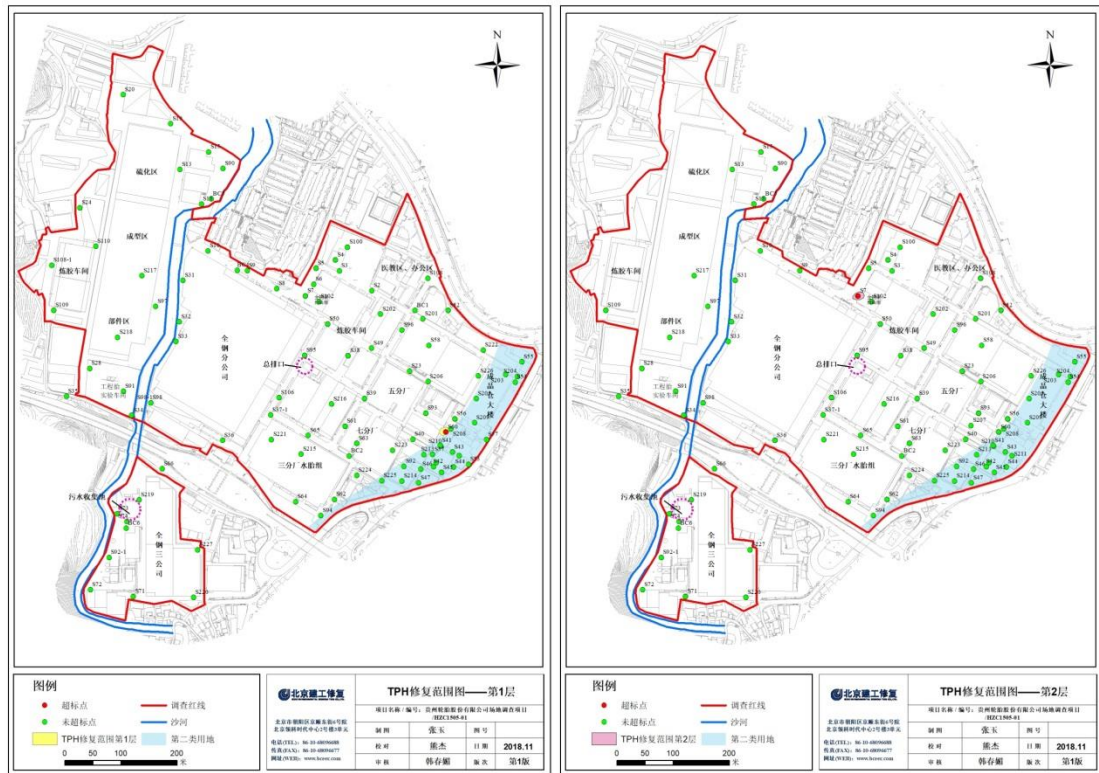


图 3.1-13 厂区第 1、2 层 TPH 污染范围分布

3.1.4 污染来源分析

由于贵州轮胎股份有限公司成立时间早，早期工艺较为粗放，可能对土壤和地下水产生危害的途径主要有以下几方面：

(1) 跑、冒、滴、漏。轮胎厂炼胶车间、生产车间、储罐和管线等由于老化、误操作或者生产运输等因素导致污染物以跑、冒、滴、漏的形式污染环境；其次，油库在存放各类机油、废油的过程中，因泄漏或遗撒等原因造成的污染。

(2) 原料堆放。橡胶原料中含有化学添加物，另外在轮胎生产过程中，实现成品所需的性能，需加入炭黑、操作油、补强剂、防老剂、活性剂、硫化剂等化学试剂，这些试剂的堆放和使用过程中可能会对周边环境产品危害。

另外，轮胎生产过程中耗能较多，主要以煤炭作为主要能量来源。煤炭中所含有的砷、汞、硫等污染物在储存及燃烧过程中，会对周围环境造成危害。燃烧后产生的炉渣如处理不当，也会存在污染。另外，烟气脱硫用到的 MgO 的堆放区域、布袋除尘产生的灰渣等的堆放也可能存在污染的情况。

(3) 生产产生废物的不恰当处置。生产过程中产生的废渣、废土以及废水等未经处理或者处理未达标排放，导致对土壤和地下水造成污染。

(4) 场地紧邻高速公路，汽车尾气中颗粒物沉降可能对场地造成污染。

(5) 场区所在区域原为农田，农田使用过程中使用的各种农药，如有机氯农药、多氯联苯等均为难降解化合物，也可能在场区土壤中存在残留，从而造成污染。

3.1.5 污染物迁移转化机制

3.1.5.1 污染物迁移机制

结合场地内关注污染物的特征和场地特点，分析场地内关注污染物（重金属、VOCs、有机氯农药、总石油烃等）迁移转化可能主要通过以下途径：

- (1) 非饱和层中的污染物吸附在土壤颗粒上随风力传播；
- (2) 非饱和层中的污染物随雨水淋溶下渗；
- (3) 构筑物和设备拆迁过程中，表面污染物的散落和扩散；
- (4) 包气带中残余态的污染物被淋溶以后，下渗至地下水面后随地下水迁移、稀释和吸附；
- (5) 土壤和地下水中污染物的生物降解，例如石油烃、苯系物、多环芳烃在微生物新陈代谢作用下的降解；
- (6) 土壤和地下水具有挥发性的污染物，通过蒸气随风力传播或者挥发入室内；
- (7) 由于水位的丰、平和枯水期的变化，土壤和地下水中的污染物随水位抬升和下降，互相吸附、解吸和释放的动态过程；

场地周边企业排放的污染物随着大气颗粒物沉降、地下水扩散、土壤污染物扩散等途径进行进一步的迁移，从而可能对项目区土壤及地下水产生一定影响。

3.1.5.2 污染物转化机制

(1) 无机污染物（重金属）

1) 沉淀和溶解作用：重金属污染物在一定的碱性条件下，在自然环境作用下，与硫化物等物质结合发生沉淀作用，使得重金属以固态的形式从土壤颗粒表面和水中析出；或者自然状态下呈现结合态或者固态的重金属，在酸性等环境下，再次溶解到环境中，如土壤和地下水中。沉淀和溶解作用是相互转化的动态过程，在整个迁移转化过程中随着环境、物理、化学作用的变化下发生作用。

2) **氧化和还原作用**：重金属在自然环境下会以最稳定的价态存在，如三价铬和五价砷等。但是，工厂排污、泄露的过程中，生产原料、中间产物、副产品等进入环境后，与重金属等无机污染物实现接触和反应，形成了一定的还原或者氧化条件，使得重金属形成剧毒、危害大的价态污染物。

3) **配合作用**：在水环境中，重金属可与多种无机的或者有机的配位体形成稳定的配合物或者螯合物，呈现出复杂的化学形态。实际上，自然条件下重金属主要是以配合态出现，其迁移、转化及毒理学行为均与配合作用有密切关系。

4) **吸附和解吸作用**：吸附作用指地下水中的污染物在迁移过程中，由于和土壤颗粒之间的粘附作用，暂时的吸附在土壤表面的现象。这个过程会导致污染物的迁移速度降低，短期内减少地下水中污染物的浓度。吸附作用的反作用是解吸作用，污染物从土壤颗粒表面脱离，再次溶解到地下水中的过程。污染物与含水层土壤的吸附力取决于土壤中有有机碳的含量。由于本场地含水层主要是砾石层和卵石层，表面的有机碳含量低，因此吸附作用对污染物不能产生明显的作用。

(2) 有机污染物（挥发和半挥发物质）

1) **吸附作用**：吸附作用指地下水中的污染物在迁移过程中，由于和土壤颗粒之间的粘附作用，暂时的吸附在土壤表面的现象。这个过程会导致污染物的迁移速度降低，短期内减少地下水中污染物的浓度。

2) **挥发作用**：挥发过程指的是污染物在气相和液相之间转化的过程，由亨利定律决定在等温等压下，某种气体在溶液中的溶解度与液面上该气体的平衡压力成正比。关注污染物中的苯系物和总石油烃类作为轻质非水相液体，处于潜水位表面，挥发性强，因此挥发作用成为一个重要的污染物归趋形式。

3) **水解作用**：水与另一化合物反应，该化合物分解为两部分，水中氢离子加到其中的水解一部分，而羟基加到另一部分，因而得到两种或两种以上新的化合物的反应过程，满足这些条件的叫做水解。大多数有机化合物的水解,需要与水体中的氢氧化钾、氢氧化钙、亚硫酸氢钠等综合反应才能进行。

4) **生物富集作用**：生物富集作用又叫生物浓缩，是指生物将环境中低浓度的化学物质，通过食物链的转运和蓄积达到高浓度的能力。化学物质在沿着食物链转移的过程中产生生物富集作用，即每经过一种生物体，其浓度就有一次明显的提高。所以，位于食物链最高端的人体，接触的污染物最多，对其危害也最大。

5) **生物降解作用**：石油是多种烃类组成的混合物，包括烷烃、环烷烃和芳烃等。在石油烃类中，以直链的烃类最易被氧化，芳烃和环烷烃的氧化较难。微生物对直链烃的氧化有多种方式：单末端氧化、双末端氧化和次末端氧化等。其中单末端氧化是最主要的方式。如微生物对正链烷的氧化，首先是在单氧化酶系的酶促下，将氧分子的一个氧原子加入到烃中去，使其形成相应的醇，另一个氧原子与烃类脱下的氢结合形成水。已知在细菌中有两种类型的氧化酶系，其氧化作用如反应图式。正链烷被氧化成相应的醇后，在脱氢酶的作用下，接着被氧化成相应的醛和酸。脂肪酸再通过 β 氧化和三羧酸循环进一步氧化成二氧化碳和水。苯是芳烃的代表，微生物对苯的氧化，首先是在氧化酶系的作用下，将氧的分子加到苯环上形成邻苯二酚，然后经一系列酶促反应，相继生成顺-顺粘糠酸、 β -酮基己二酸、琥珀酸等。烃类被微生物氧化后，约有 20~70% 的组分转化为微生物细胞的组分。

3.2 场地修复总体目标

3.2.1 确定原则

依据我国《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3-2014)：计算基于致癌效应的土壤风险控制值时，采用的单一污染物可接受致癌风险为 10^{-6} ；计算基于非致癌效应的土壤风险控制值时，采用的单一污染物可接受危害商为 1。最终确定污染场地土壤修复目标值时，应将基于风险评估模型计算出的致癌和非致癌风险的修复目标的最小值作为土壤风险控制值主要参考值。

但实际上，依据风险评估的理论和国内外修复目标确定常规方法，修复目标值的最终确定还需结合场地实际情况，综合考虑我国及当地土壤背景值，经济水平和修复技术水平可达性，从而提出经济合理、科学可行的修复目标值。

3.2.2 总体目标

我国风险评估现处于起步阶段，风险评估计算模型及参数选取主要参考国外标准，其中《污染场地风险评估技术导则编制说明》表示：“本导则规定的技术方法主要参照了美国环保局 (USEPA, 1996; 2002) 测试和材料标准 (ASTM, 2002) 技术方法。主要原因为：美国对污染场地关注的比较早，法规标准和技术

导则文件较为完善，计算模型及参数的研究比较系统，信息开放程度大，方便查询与借鉴。许多其他欧美国家也有借鉴美国的一些做法和经验”。另外，《编制说明》中提到：“调研表明，我国台湾地区在制订污染场地风险评估导则时采用了 ASTM 模型方法，目前国内多家公司和研究机构在开展场地土壤污染风险评估时，普遍使用了基于 ASTM 模型算法开发的 RBCA 软件系统。因此，在构建呼吸吸入室外、室内空气中污染物蒸气途径评估模型时，主要采用了 ASTM 模型方法”。

《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险控制标准（试行）》（GB36600-2018）是基于人体健康风险制定的标准，该标准确定了工业用地再发利用为建设用地的土壤风险筛选值和管制值。标准规定场地土壤中污染物超过“土壤污染风险筛选值”对人体健康可能存在风险，应当开展进一步的详细调查和风险评估，确定具体污染范围和风险水平。“土壤污染风险管制值”则是指在特定土地利用方式下，建设用地土壤中污染物含量超过该值的，对人体健康通常存在不可接受风险，应当采取风险管控或修复措施。因此，初步对超过筛选值，且风险评估结果超过可接受风险的污染物，优先采用计算的风险控制值作为修复目标值，以最大限度保护人体健康；对采用国家导则计算的风险控制值较低，不具有实际可操作性的项目，建议可参考国内其他相关标准和国内类似项目，最终确定合理修复目标值。

3.3 场地修复策略

确定修复策略应遵循的原则：

①应与场地未来的用地发展规划、开发方式、时间进度相结合。应与场地相关利益方进行充分交流和沟通，确认场地未来的用地发展规划、场地开发方式、时间进度、是否允许原位修复、修复后土壤的再利用或处置方式、预计经费投入等。

②应综合考虑近期、中期和长期目标的要求，以及修复技术的可行性、成本、周期、民众可接受程度等因素。

③污染场地风险评估可作为评估采取不同修复策略是否可以达到修复目标的评估工具。

④应尽量选择绿色的、可持续的修复策略。

⑤针对污染源处理技术、工程控制技术、制度控制技术中的某一修复模式，应提出该修复模式下的具体修复目标。

3.3.1 场地分区分层

根据场地调查报告，场地杂填土以下见粘土，偶为粉土、泥岩、页岩。基本上，场地土壤在基岩层以上可大致分为 3 大层：

- （1）水泥硬化路面——厚度范围为地下 0-0.5m，部分路面混有钢筋；
- （2）杂填土层——揭露厚度极为不均，厚度范围为地下 0-5.8 m；
- （3）粘土、页岩层——揭露厚度根据杂填土层厚度不同而差异很大。

但场地地形、地势差异较大，场地各功能区分布及土层分布（尤其是杂填土、粘土厚度、基岩埋深等）特征不同。另外，场地东侧原锅炉房附近区域已明确规划为市政道路。因此按照土质分布并结合场地未来规划情况，将贵州轮胎股份有限公司场地分为 5 个调查区域，主厂区沙河以东为 A1、A2 区，主厂区沙河以西为 B 区，全钢三分公司为 C 区，场地东北侧前进公司为 D 区。分区示意图如图 3.3-1 所示，最终确定的各区的土层划分见表 3.3-1 所示。其中：

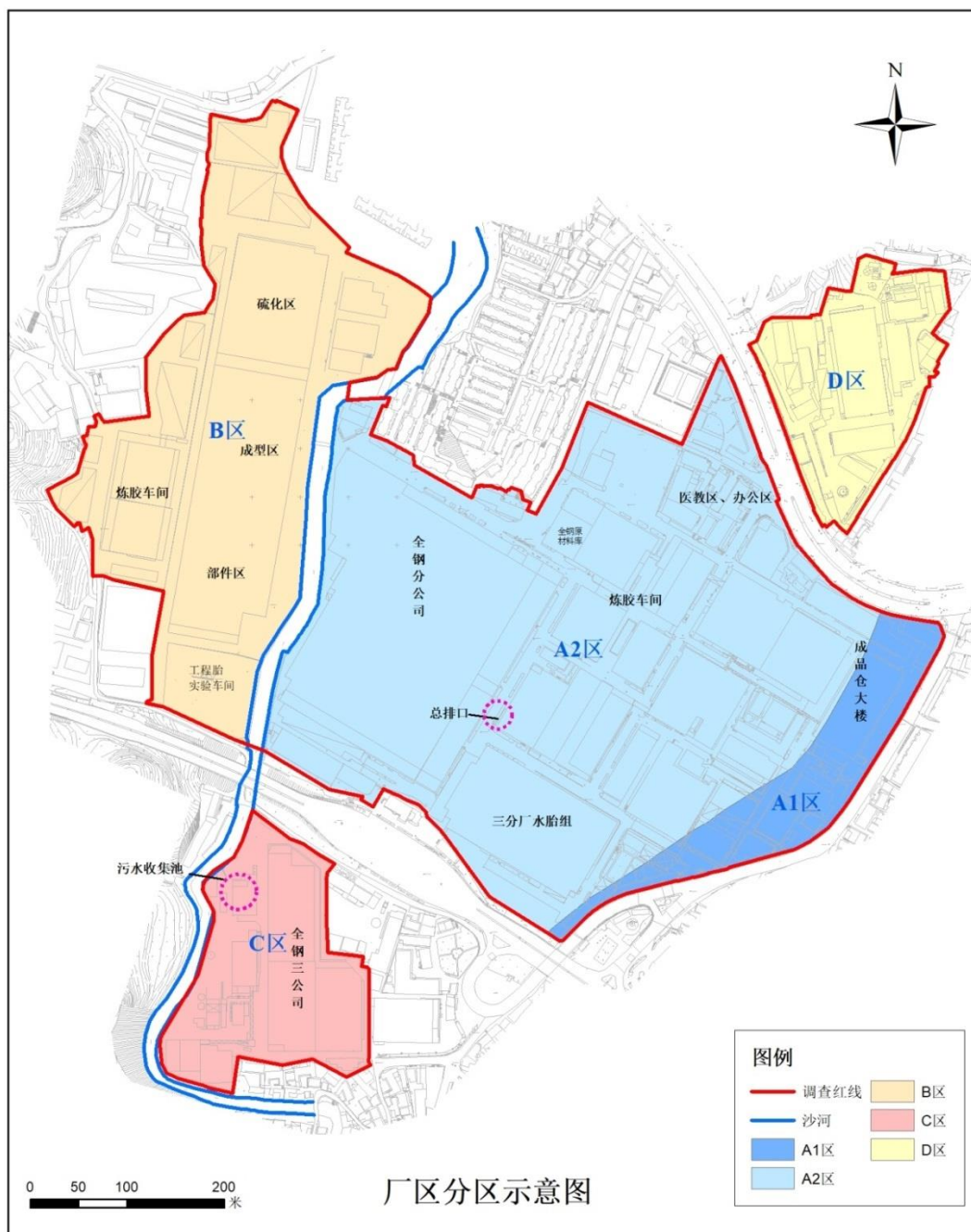


图 3.3-1 厂区分区示意图

表 3.3-1 场地各区土层划分

分区	土层	深度	层厚 (m)	土质
A 区	第 1 层	0-2m	2	杂填土、杂色、松散、潮湿
	第 2 层	2-5m	3	粘土、硬塑、潮湿
	第 3 层	5-8m	3	粘土，可塑到软塑，潮湿
	第 4 层	>8m	2	基岩、偶见软塑粘土
B 区	第 1 层	0-2m	2	杂填土、杂色、松散、潮湿
	第 2 层	>2m	1.5	粘土层、部分可见基岩

分区	土层	深度	层厚 (m)	土质
C 区	第 1 层	0-1.5m	1.5	杂填土、杂色、松散、潮湿
	第 2 层	1.5-4m	2.5	粘土、可塑、潮湿
	第 3 层	>4m	1	基岩, 偶见粘土
D 区	第 1 层	0-0.5m	0.5	/
	第 2 层	0.5-1m	0.5	/
	第 3 层	1-1.5m	0.5	/
	第 4 层	1.5-2m	0.5	/
	第 5 层	2-2.5m	0.5	/
	第 6 层	2.5-3m	0.5	/
	第 7 层	3-4m	1.0	/
	第 8 层	4-5m	1.0	/
	第 9 层	5-6m	1.0	/
	第 10 层	6-8m	2.0	/

3.3.2 土壤修复目标值

风险评估结果表明, 场地土壤共 10 种污染物需要开展修复工作, 其中第一类用地区域 9 种需要修复, 分别为重金属 5 种 (砷、镉、铬、镍、铅)、农药 2 种 (α -六六六、 β -六六六)、卤代脂肪族化合物 1 种 (1,2,3-三氯丙烷) 和 TPH (C_{10} - C_{40}) 等; 第二类区域共 2 种污染物需要修复, 分别为重金属 1 种 (砷)、苯系物 1 种 (苯)。

一、第一类用地修复目标值

场地第一类用地区域土壤建议修复目标值见表 3.3-2 所示。

表 3.3-2 第一类用地区域土壤修复目标值比较及确定

序号	污染物	修复目标值 (mg/kg)
1	砷	47.5/50 ⁽¹⁾
2	镉	20.0
3	铬	250.0
4	铅	400.0
5	镍	150.0
6	α -六六六	0.1
7	β -六六六	0.32
8	总石油烃 (脂肪烃含量中等)	826.0
9	1,2,3-三氯丙烷	0.05

注: (1) 根据《贵州轮胎股份有限公司前进分公司地块场地风险评估报告》, 前进公司砷的修复目标值为 50mg/kg, 与项目其他区域修复目标值 47.5mg/kg 略有差异。

二、第二类用地修复目标值

场地第二类用地区域土壤建议修复目标值见表 3.3-3 所示

表 3.3-3 第二类用地区域土壤修复目标值比较及确定

序号	污染物	修复目标值 (mg/kg)
1	砷	60 ⁽¹⁾
2	苯	4

注：（1）参考《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》；

3.3.3 场地修复范围及工程量

本次工作范围内总修复方量约 168595m³。全厂区污染类型可分为单独重金属污染、单独 VOCs 污染、单独 SVOCs 污染和单独 TPH 污染四类，均为各个大类污染物单独污染，不存在复合污染的情况。其中单独重金属污染面积项目场地重金属污染区域总面积为 61761m²，待修复土方量约 162906m³，占场区总修复方量的 96.6%；单独 SVOCs 污染土壤（包括 α -六六六和 β -六六六）污染总面积为 1388m²，待修复土方量约 3405m³，占场区总修复方量的 2 %；单独 VOCs 污染土壤（包括苯和 1,2,3-三氯丙烷）污染总面积为 621 m²，待修复土方量约 1242 m³，占场区总修复方量的 1 %；单独 TPH(C₁₀₋₄₀)污染土壤污染总面积为 409 m²，待修复土方量约 1044 m³，占场区总修复方量的 1 %。

厂区总的修复工程量见表 3.3-4 所示。场地各层的修复范围见图 3.3-2 至 3.3-5 所示。

表 3.3-4 全厂区修复工程量

区域		A1 区				A2 区				B 区		C 区			D 区			共计
土层		第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 4 层	第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 4 层	第 1 层	第 2 层	第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 1-2 层	第 3-7 层	第 8-10 层	
修复深度(m)		0-2m	2-5m	5-8m	>8m	0-2m	2-5m	5-8m	>8m	0-2m	>2m	0-1.5m	1.5-4m	>4m	0-1m	1-4m	4-8m	
面积 /m ²	单独重金属	2734	5968	1365	811	14654	26343	4499	1768	0	293	224	340	0	1063	1034	663	61761
	单独 SVOCs	0	0	0	0	0	0	882	0	0	507	0	0	0	0	0	0	1388
	单独 VOCs	395	0	0	0	226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	621
	TPH	0	0	0	0	183	226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	409
共计		3129	5968	1365	811	15063	26569	5381	1768	0	800	224	340	0	1063	1034	663	64179
方量 /m ³	单独重金属	5467	17904	4095	1623	29309	79030	13498	3536	0	440	336	849	0	1063	3103	2652	156088
	单独 SVOCs	0	0	0	0	0	0	2645	0	0	760	0	0	0	0	0	0	3405
	单独 VOCs	790	0	0	0	452	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1242
	TPH	0	0	0	0	366	677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1044
共计		6257	17904	4095	1623	30127	79707	16143	3536	0	1200	336	849	0	1063	3103	2652	168595

注：前进公司将场区土层分为 10 层，从地面以下，每 0.5m 划分为一个土层。其中第 1、2 层（0-1m）的修复面积相同，第 3-7 层（1-4m）的修复面积相同，第 8-10 层（4-8m）的面积相同。在进行修复面积统计时，本文将其按照修复面积，大致归类为 3 层。

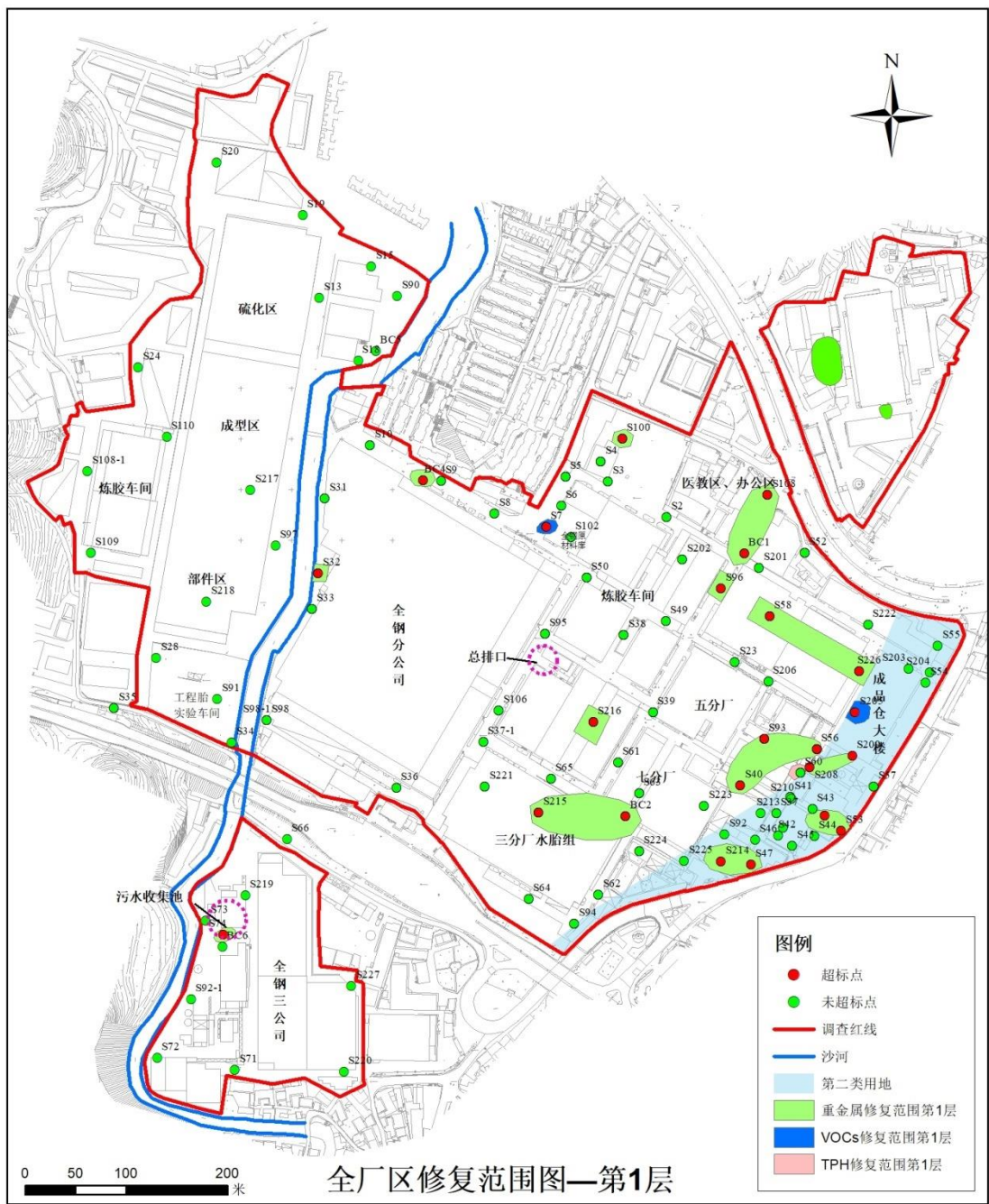


图 3.3-2 全厂区修复范围分布图第 1 层

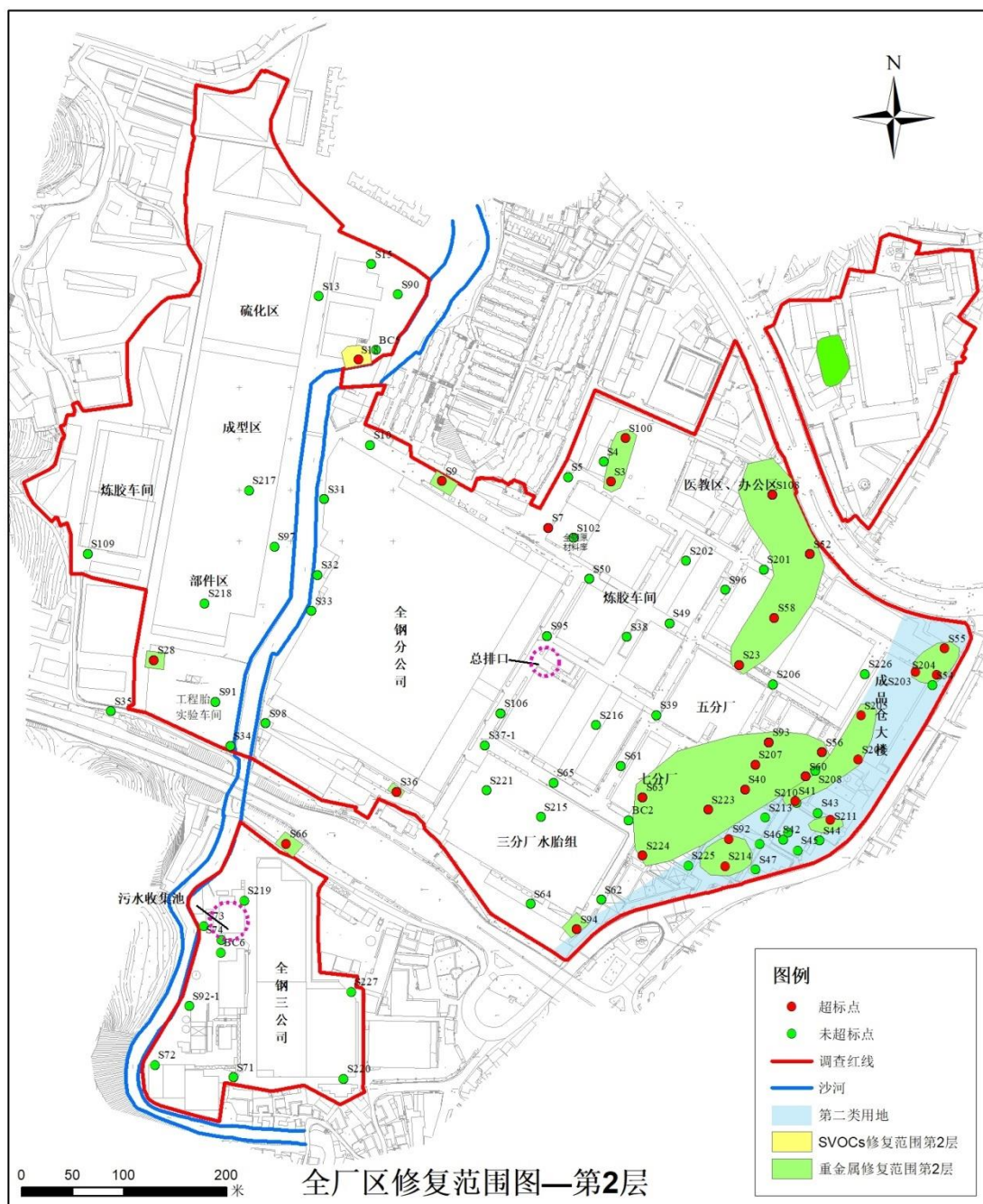


图 3.3-3 全厂区修复范围分布图第 2 层

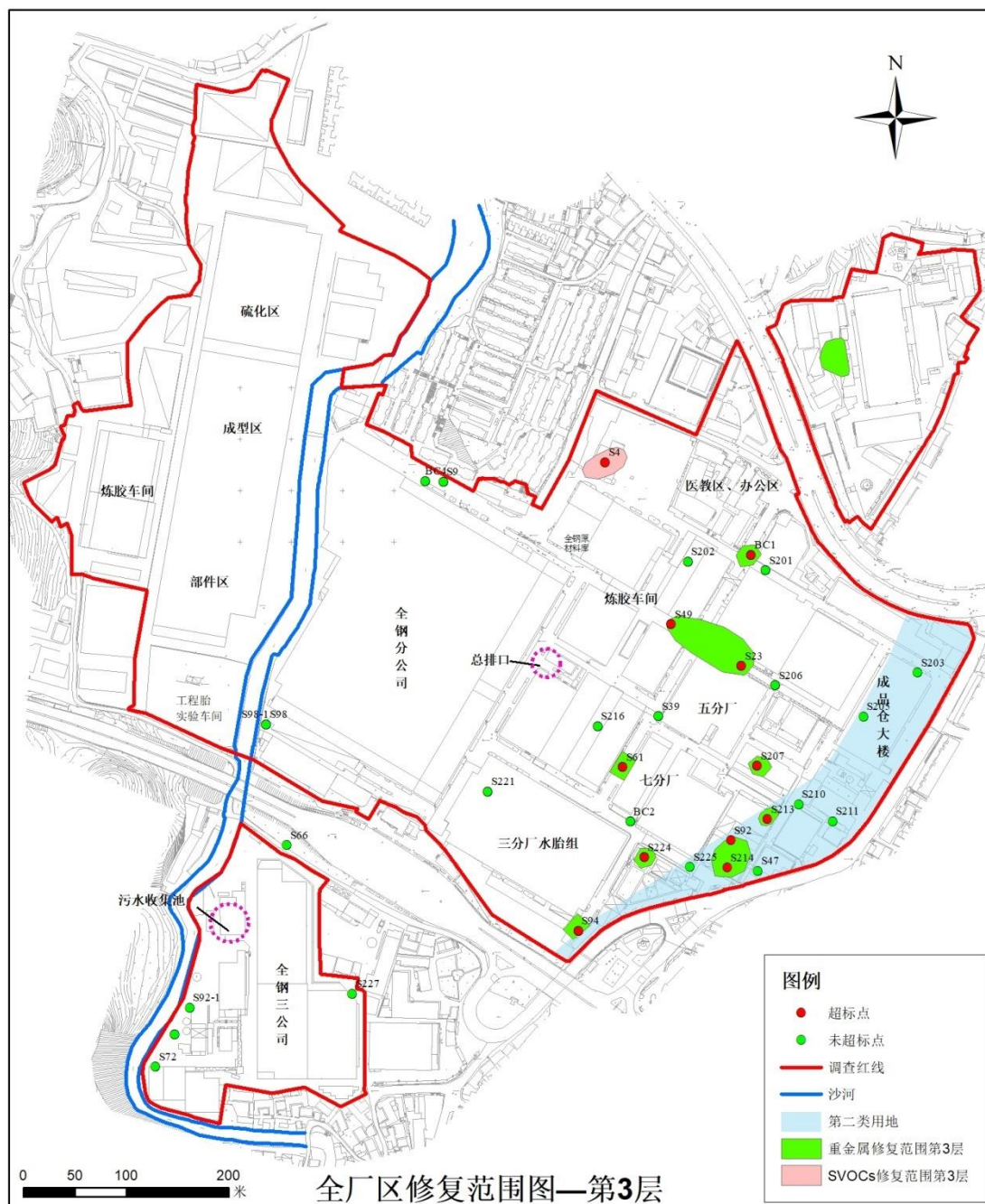


图 3.3-4 全厂区修复范围分布图第 3 层

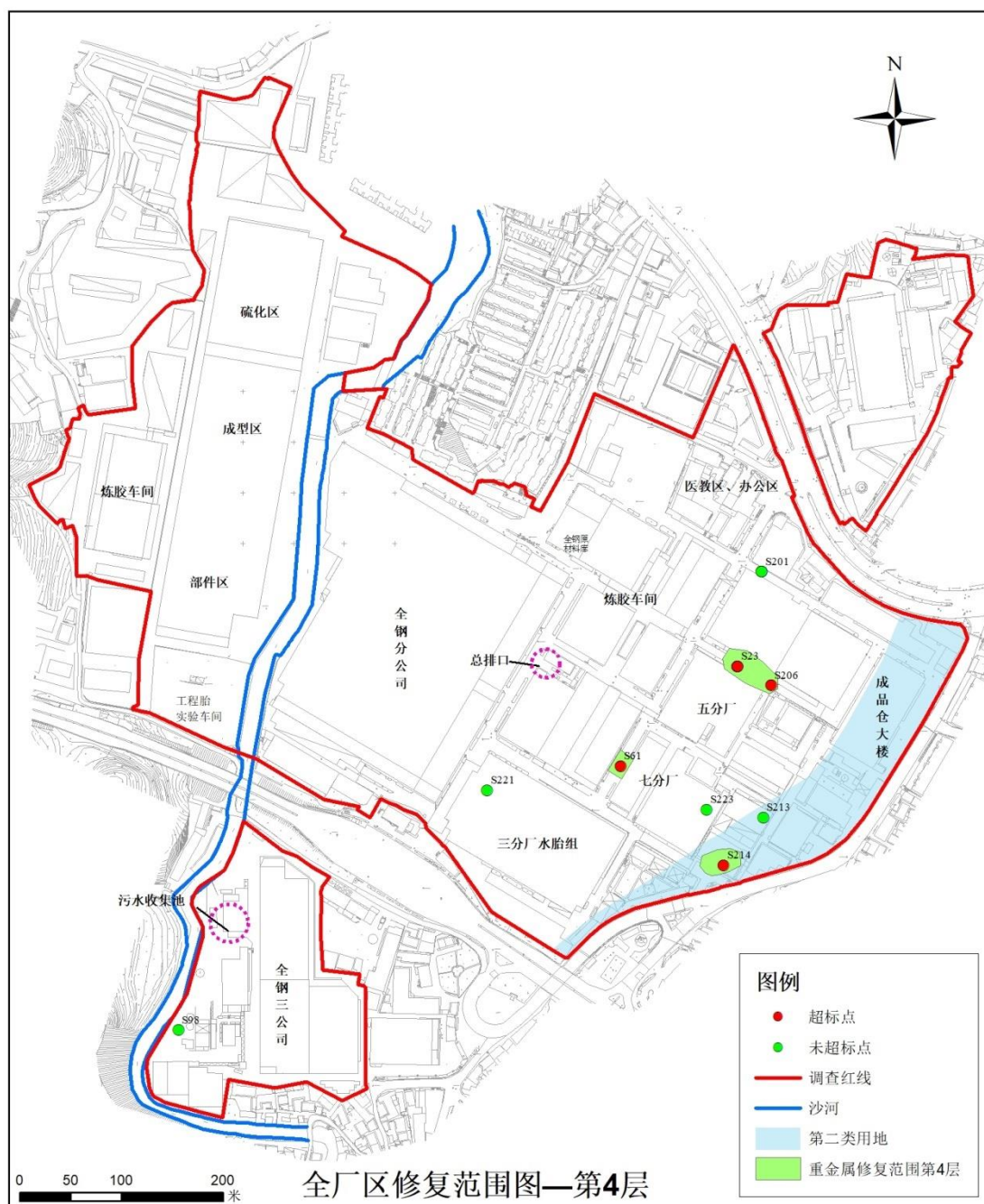


图 3.3-5 全厂区修复范围分布图第 4 层

3.3.4 确定修复策略

根据本项目调查及风险评估结果，贵州轮胎股份有限公司场地的主要污染物为重金属，其次为挥发/半挥发性有机物（VOCs/SVOCs）、总石油烃（TPH）与有机氯农药等污染物。针对以上污染物，多种修复技术已在国际上有所应用，例如适用于重金属污染土壤修复的固化/稳定化技术、焚烧技术、土壤淋洗技术、

玻璃化技术等；适用于持久性有机物污染土壤处理的热解吸技术、药剂处理技术、焚烧技术等；适用于挥发性有机物污染土壤处理的热解吸技术、土壤气相抽提及焚烧技术等。

综合考虑场地规划、危害程度、敏感受体、关键暴露途径、场地水文地质条件、基础风险评估结果、修复技术发展程度、修复成本等因素，为确保修复技术实施后污染物不进入土壤及作为饮用水源地上游的地表水，且不影响场地的开发使用、对人体健康及环境安全不造成不可接受的危害，建议针对待进一步开发为居住用地的第一类用地区域，采用污染源处理技术；

针对厂区东侧被征用作为道路的区域，因该区域主要污染物为重金属砷，经口摄入和皮肤接触为主要暴露途径，且后期不进行大规模的扰动，从修复成本、修复周期等多角度考虑，建议可采用工程控制技术这种修复模式，选择合适的方式切断暴露途径，从而降低和消除场地污染物对人体健康和环境的风险；

场地调查结果表明，场地土壤存在一定程度的污染，会对人体存在一定程度的风险，建议场地启动修复施工前和场地修复过程中，采取一定的制度控制措施，通过制定和实施一系列的规章制度，减少或阻止人群对污染场地的暴露，从制度上杜绝和防范场地污染可能带来的风险和危害。

4 场地修复技术筛选及可行性评估

4.1 土壤修复相关技术条件分析

(1) 场地用地规划：

根据目前已知的场地用地规划，调查区域东侧原锅炉房区域已确定作为道路，场地其余区域的未来规划还未最终确定，初步了解场地未来规划为商住用地。

(2) 场地污染特征：

根据场地污染调查结果，该场地土壤主要受重金属（砷、镉、铬、铅、镍）、VOCs（苯、1,2,3-三氯丙烷）、有机氯农药 2 种（ α -六六六、 β -六六六）和总石油烃 1 种（ C_{10} - C_{40} ）污染。

其中砷是主要的污染物，其在场地各土层内均发现超标的情况，超标范围最大；其他重金属仅在零星区域发现超标的情况，超标范围小，超标倍数低，超标深度也较浅；有机物类污染物主要在场地表层 0-2m 的浅层土层中存在超标的情况，另外 α -六六六、 β -六六六在原耕作层存在超标的情况。

该场地土壤中主要污染物的毒理性质如表 4.1-1 所示。

表 4.1-1 场地土壤中主要污染物的毒理性质

污染物名称	挥发性	沸点 (℃)	溶解性	饱和蒸汽压(kPa)	引燃温度 (℃)	稳定性	氧化性	禁配物	避免接触条件
砷		613	不溶于水、碱液、多数有机溶剂，溶于硝酸、热碱液	0.13kPa(372℃)		稳定		酸类、强氧化剂、卤素	
镉		765	不溶于水，溶于酸，硝酸铵和热硫酸	0.13kPa (394℃)		稳定		氧化剂、酸类、硫、锌、钾等	空气
铬		2480	不溶于水，不溶于硝酸，溶于稀盐酸、硫酸			稳定		强酸、强氧化剂	
铅		1620	不溶于水，溶于硝酸、热浓硫酸、碱液，不溶于稀盐酸	0.13(970℃)		稳定		强酸	
镍		2732	不溶于浓硝酸，溶于稀硝酸	0.13(1810℃)		稳定			酸类、强氧化剂、硫
α-六六六	随水蒸气挥发	288	易溶于氯仿、苯	0.06 毫米汞柱 (40℃) /3.3×10 ⁻⁶					
β-六六六	不随水蒸气挥发		微溶于氯仿和苯	0.17 毫米汞柱 (40℃) /3.7×10 ⁻⁷					
1,2,3-三氯丙烷	挥发性	156.2	微溶于水，能与乙醇、乙醚等混溶	1.33 (46℃)	304.4℃	稳定，有水存在时，分解出腐蚀性强的氯化氢		氧化剂、碱类	潮湿空气、光照、受热
苯	易挥发	80.1	能与乙醇、乙醚、丙酮、四氯化碳、二硫化碳、冰乙酸和油类任意混溶，微溶于水	1.33 (20℃)	560	明火，强氧化剂燃烧；热分解辛辣刺激烟雾			

(3) 场地土层分布及岩性:

场地土壤在基岩层以上可大致分为 3 大类:

- (1) 水泥硬化路面——厚度范围为地下 0-0.5m, 部分路面混有钢筋;
- (2) 杂填土层——揭露厚度极为不均, 厚度范围为地下 0-5.8 m;
- (3) 粘土、页岩层——揭露厚度根据杂填土层厚度不同而差异很大。

但场地地形、地势差异较大, 场地各功能区分布及土层分布(尤其是杂填土、粘土厚度、基岩埋深等) 特征不同。具体的土层分布及岩性见表 4.1-2.

表 4.1-2 场地土层划分和岩性分布

分区	土层	深度	层厚 (m)	土质
A 区	第 1 层	0-2m	2	杂填土、杂色、松散、潮湿
	第 2 层	2-5m	3	粘土、硬塑、潮湿
	第 3 层	5-8m	3	粘土, 可塑到软塑, 潮湿
	第 4 层	>8m	2	基岩、偶见软塑粘土
B 区	第 1 层	0-2m	2	杂填土、杂色、松散、潮湿
	第 2 层	>2m	1.5	粘土层、部分可见基岩
C 区	第 1 层	0-1.5m	1.5	杂填土、杂色、松散、潮湿
	第 2 层	1.5-4m	2.5	粘土、可塑、潮湿
	第 3 层	>4m	1	基岩, 偶见粘土
D 区	第 1 层	0-0.5m	0.5	/
	第 2 层	0.5-1m	0.5	/
	第 3 层	1-1.5m	0.5	/
	第 4 层	1.5-2m	0.5	/
	第 5 层	2-2.5m	0.5	/
	第 6 层	2.5-3m	0.5	/
	第 7 层	3-4m	1.0	/
	第 8 层	4-5m	1.0	/
	第 9 层	5-6m	1.0	/
	第 10 层	6-8m	2.0	/

(4) 场地开发建设计划:

根据场地业主要求, 该场地亟待开发, 因此该场地污染土壤的修复应尽量采用修复时间较短的原地异位修复技术。

除场地东侧占路区域外, 该场地第一类用地区域的详细规划和场地的开发建设方案目前还未形成, 项目目前还无法得知其建筑物布局和底板深度。场地西侧、北侧和南侧区域基岩深度较浅, 平均深度约在 6m 即见基岩, 建议场地污染土壤

采用异位处置的方式；针对道路部分，建议可根据需要，采取一定的原位阻隔措施。

(5) 场地修复施工条件：

除山上大力士公司部分车间、炼胶三车间、全钢分公司等个别车间仍在生产外，其余全部停产，但厂房未进行拆除。在场地施工前，需将建筑物和构筑物拆除后，才能进行污染土壤清挖修复的施工。

另外，场地附近交通便利，目前场地内仍有部分车间在生产，场地供水、供电、排水等施工条件均具备，能满足修复工程施工的需求。

4.2 技术筛选原则

修复技术的筛选需要充分考虑场地污染现状、场地修复成本、修复时间和修复效果、业主要求等因素，综合分析修复技术的有效性、经济性、实用性、成熟可靠性等因素。修复技术的筛选遵循如下原则：

(1) 修复技术成熟可靠

为了保证修复工程顺利完成，应采用成熟可靠的修复技术，避免采用处于研究初期的污染土壤和地下水修复技术。

(2) 修复时间合理

为尽快完成场地修复工作，降低清理过程中的潜在环境风险，同时不影响修复场地后续正常开发，在选择修复技术时，同等条件下，优先用时短的修复技术。

(3) 修复技术可行

充分考虑国内污染物处置设施状况及国内修复队伍能力，修复方案应该在目前的政策、法规、经济能力、技术水平等方面是可行的。

(4) 修复成本可控

结合场地特点和修复目标，选择经济可行的污染土壤修复技术，在达到满足修复目标的前提条件下，避免过度修复、控制修复费用。

(5) 最大程度降低环境风险

在同等条件下，尽量选择环境友好、对场地破坏小、对周围居民干扰少的技术，尽量减少修复过程可能产生的二次污染及社会影响。

(6) 达到修复目标

所选修复技术必须保证可以达到场地的修复目标要求，保障污染场地治理过程中的人员健康，使污染土壤、地下水的环境风险降低到可以接受的水平。

4.3 土壤修复模式筛选

根据场地模型，污染场地修复模式主要为“源-途径-受体”的治理或保护技术。具体修复如下图。

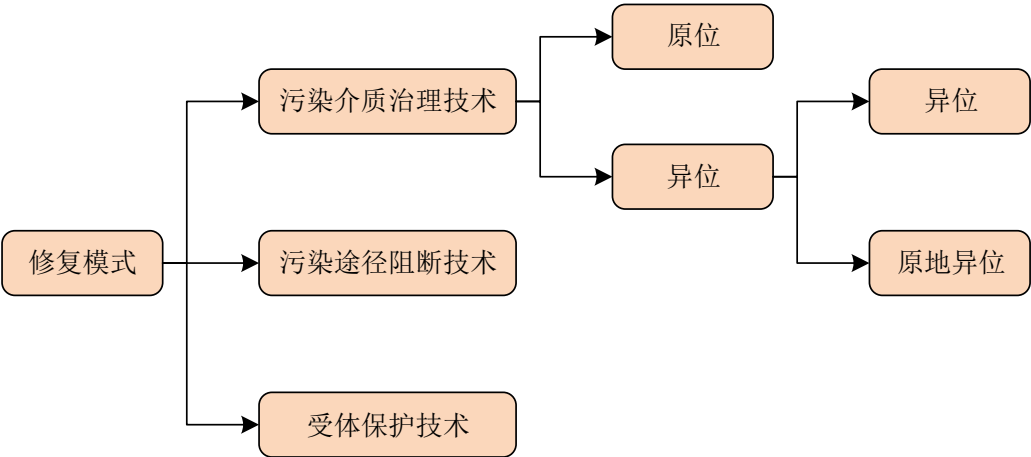


图 4.3-1 污染场地修复模式图

污染场地修复技术按照处置场所、原理、修复方式、污染物存在介质等方面的不同，可以有多种的分类方法。

按照处置场所，可分为原位修复（in-situ）技术和异位修复（ex-situ）技术。

按照修复技术原理，可分为生物、物理、化学和物理化学修复技术等。

按照“源-途径-受体”控制方式，可分为污染介质治理技术、污染途径阻断技术和受体保护技术。具体包括的技术种类如下表所示：

表 4.3-2 按“源-途径-受体”划分的修复技术类型

类别		修复技术种类
污染介质治理技术	物理修复技术	土壤混合/稀释技术、土壤淋洗（土壤清洗）、土壤气相抽提 机械通风、溶剂萃取、曝气、多相抽提
	化学修复技术	化学萃取、焚烧、氧化还原、电动力学修复
	生物修复技术	微生物降解、生物通风、生物堆、泥浆相生物处理、植物修复、 空气注入、监控式自然衰减
	物理化学修复技术	固化稳定化、热解吸、玻璃化、抽出处理、渗透性反应墙

类别	修复技术种类
染途径阻断技术	封顶、填埋、垂直/水平阻断
受体保护技术	制度控制措施、人口迁移

4.3.2 控制方式筛选

1. 超级基金土壤修复技术应用概况

美国通过超级基金项目的实施在工业污染场地修复领域处于世界领先水平，对 1982-2005 年美国超级基金场地修复行动的修复决策记录中常用土壤修复技术的分析表明，在涉及的 862 个工程中，其中的 47.7% 为原位污染源控制技术，52.3% 为异位污染源控制技术。同时，已完成的土壤修复工程中有 361 项（占已完成工程的 68.9%）采用的是异位修复技术，164 项（占 31.1%）采用的是原位修复技术。

污染源处理技术是土壤污染修复的重要技术，1994 个超级基金场地中有 1104 个场地采用了污染源处理技术，731 个采用了污染源隔离技术。污染源处理技术的选择需要充分考虑污染物性质、介质环境特征、技术发展水平等众多因素。其中，针对土壤中不同种类污染物，1982-2005 年超级基金项目中污染源处理技术的应用情况如下表所示。

表 4.3-3 超级基金不同种类污染物污染源处理技术应用情况

技术	所有项目	非卤 SVOC		非卤 VOC		卤代 SVOC		卤代 VOC	PCB	无机物
		多环芳烃	其他	苯系物	其他	杀虫剂/除草剂	其他			
生物修复	113	37	51	33	33	24	17	22	2	5
化学处理	29	1	2	3	4	1	4	12	4	13
多相抽提	46	9	3	11	6	4	8	18	1	1
电分离	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
冲洗	17	3	5	5	5	1	3	11	0	5
焚烧	147	27	41	33	23	36	34	52	36	6
土壤通风/气相抽提	262	15	31	110	52	3	34	224	1	0
中和	15	2	0	0	0	0	0	0	0	6
露天燃烧/爆炸	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
机械分离	21	4	2	1	0	3	0	0	4	5
植物修复	7	1	2	2	2	1	1	4	0	4
土壤洗涤	6	1	1	0	0	2	0	0	1	2

技术	所有项目	非卤 SVOC		非卤 VOC		卤代 SVOC		卤代 VOC	PCB	无机物
		多环芳烃	其他	苯系物	其他	杀虫剂/除草剂	其他			
固化/稳定化	217	17	18	13	13	16	7	20	35	180
溶剂提取	4	2	1	0	1	1	0	2	2	1
热解吸	71	21	17	24	15	8	12	33	16	0
原位热处理	14	5	0	2	0	3	3	8	0	0
玻璃化	3	0	0	1	1	0	1	3	2	1
合计	977	145	175	238	155	103	124	410	104	229

对上表中 VOC 类污染修复技术统计如下图所示，由图可知，对卤代 VOC 及苯系物污染的土壤，主要的修复技术为土壤气相抽提、焚烧、热解吸以及生物修复等。

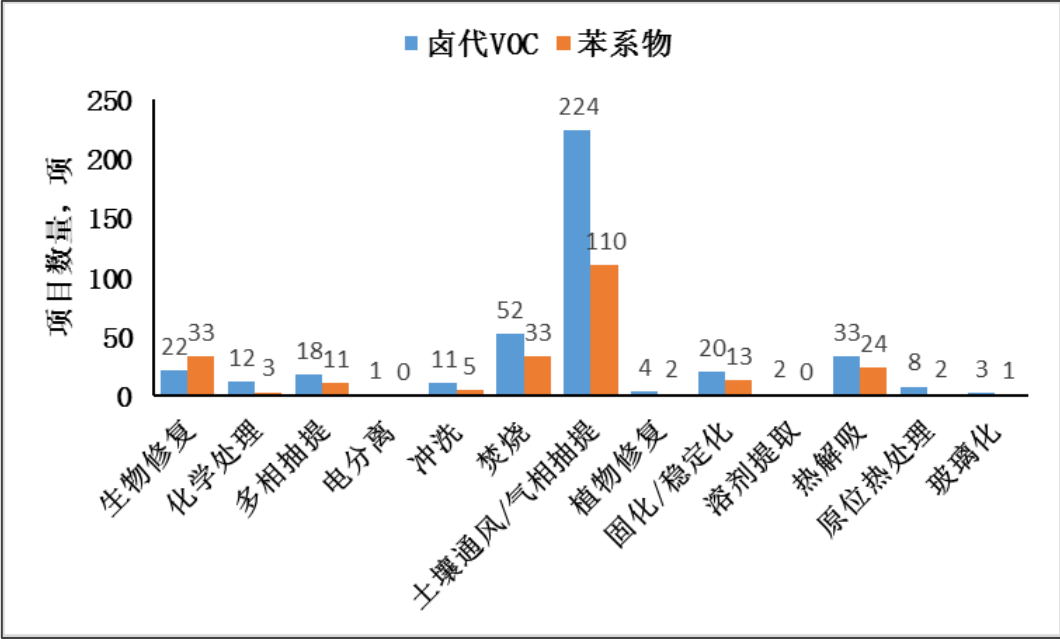


图 4.3-2 超级基金项目 VOC 修复技术应用情况

多环芳烃污染修复技术统计如下图所示，由图可知，对多环芳烃污染的土壤，主要的修复技术为生物修复、焚烧、热解吸以及固化稳定化等。

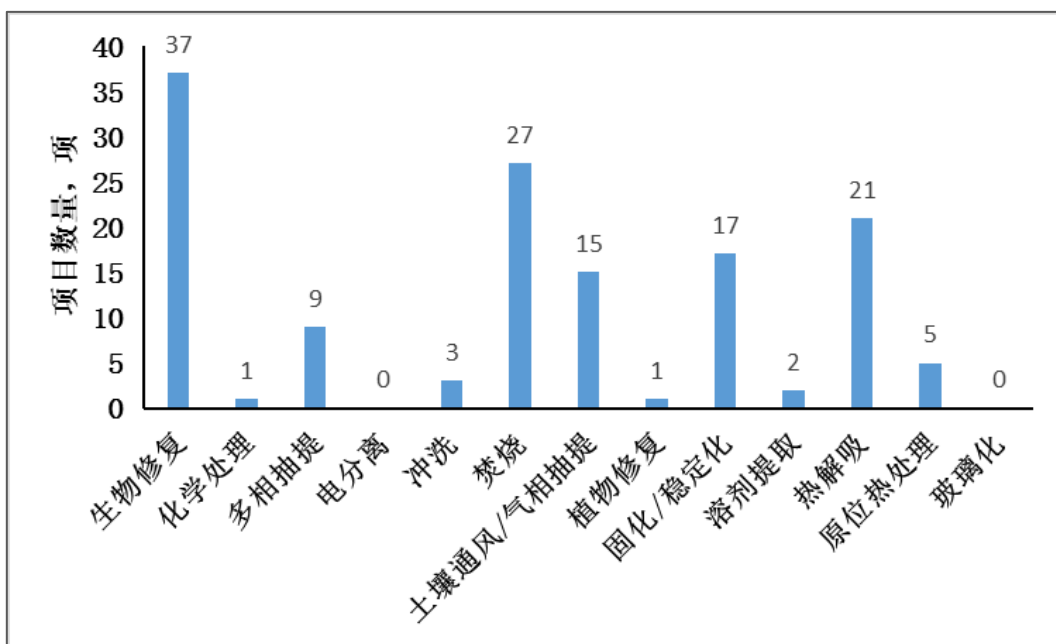


图 4.3-3 超级基金项目多环芳烃修复技术应用情况

无机类污染修复技术统计如下图所示，由图可知，对无机物污染的土壤，主要的修复技术为固化/稳定化、化学处理、焚烧、热解吸、冲洗以及生物修复等。

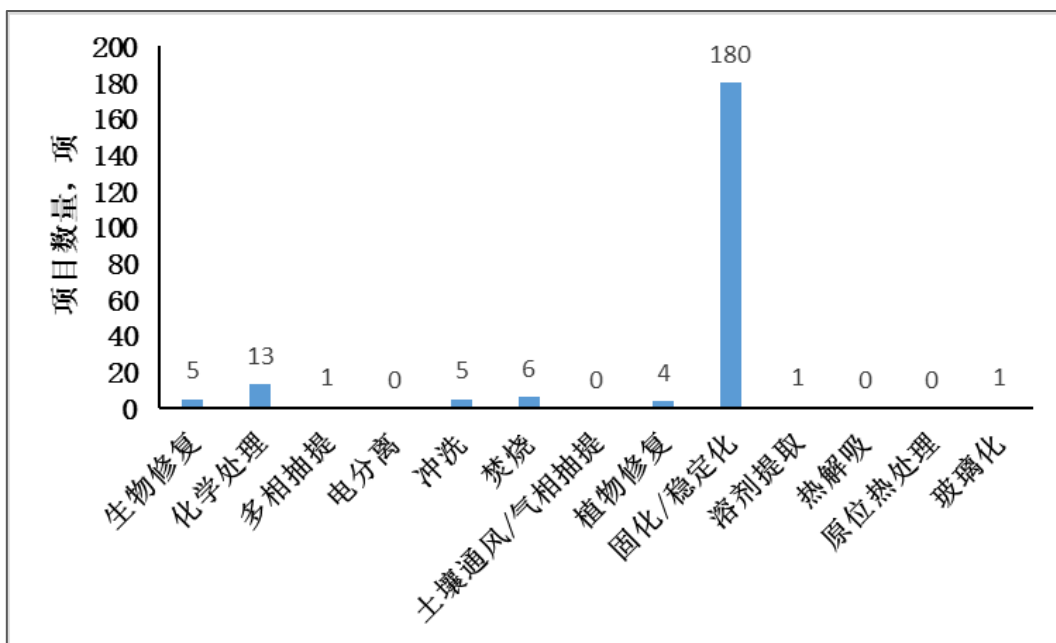


图 4.3-4 超级基金项目中无机类污染物修复技术应用情况

2. 国内修复技术应用概况

与国外相比，我国的污染场地修复启动较晚，2004 年北京市迎接奥运会的地铁五号线施工导致的“宋家庄事件”，是开启我国污染场地调查与修复的钥匙。

“宋家庄事件”发生后，原国家环保总局 2004 年发出通知，要求各地环保部门

切实做好企业搬迁过程中的环境污染防治工作，一旦发现土壤污染问题，要及时报告总局并尽快制定污染控制实施方案。2004 年上海开始筹备 2010 年世博会，专门成立了土壤修复中心，对世博会规划区域内的原工业用地污染土壤进行处理处置。到目前为止，中国已成功完成了多个场地的土壤修复工作，如北京化工三厂、红狮涂料厂、北京焦化厂（南区）、北京染料厂、北京化工二厂、北京有机化工厂、沈阳冶炼厂、唐山焦化厂、重庆天原化工厂、赫普（深圳）涂料有限公司、杭州红星化工厂、江苏的农药厂等。

根据修复项目库数据，国内土壤修复技术应用现状统计如下图所示，由图可知国内应用最多的修复技术前六位为固化稳定化、水泥窑协同处置、填埋/安全处置、化学氧化、常温解吸以及热解吸等技术，固化稳定化技术的应用次数最多 57 次，占 32%，前六种修复技术占比合计为 84.1%，以上六种技术为目前国内污染土壤修复技术中的主流技术。

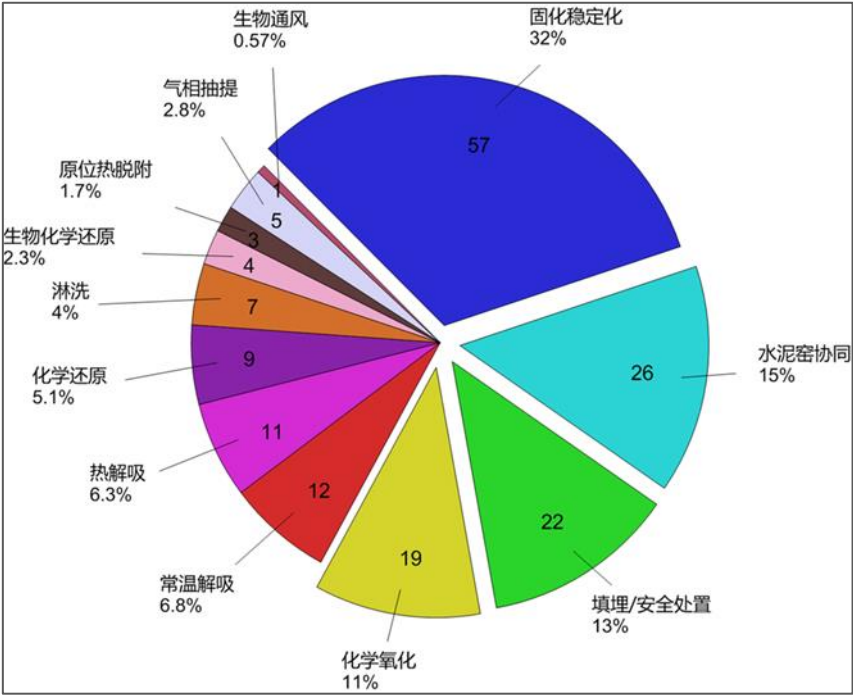


图 4.3-5 国内修复技术应用统计

4.3.3 处置场地筛选

根据污染土壤的处置地点不同，可以将场地污染土壤的修复模式分为可分为原位（in-situ）修复技术和异位（ex-situ）修复技术。原位修复技术又可分为原位处理技术和原位控制技术。异位修复技术可分为挖掘和异位处理处置技术。异

位处理处置技术可以按照土壤修复工程是在场地内还是将污染土壤转移到场地外进行修复，可以分为现场（on-site）修复技术和离场（off-site）修复技术。

1. 原位处理

原位处理是指对场地内污染土壤不进行挖掘或清理，采用物化或生物方法直接对地下环境中的土壤有机污染物进行处理，或采用物理方法对污染区域进行隔离工程处理。修复工程基本在场地范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后都不离开场地，可有效避免污染土壤挖掘、转移处理可能造成的二次污染，但是缺点是修复效果可能较其他方法差，修复周期长，适用于场地土方不需要开挖等工况。

2. 原地异位处理

原地异位处理是指将场地污染土壤进行挖掘清理，在场地范围内完成对土壤中污染物的处理，并尽可能在场地内资源化利用。修复工程基本在场地范围内完成，污染土壤在修复过程中以及修复结束后可以不离开场地，可有效避免污染土壤转移处理可能造成的二次污染。

3. 异地处理

异地处理处置是指将场地内污染土壤进行挖掘清理后，运至场地外的专门场所处理处置。与原位或原位异地处理相比，因涉及污染土壤的挖掘清理、运输、异地堆置和处理，容易造成二次污染，必须在污染土壤转运、存放、处理、处置的全过程进行严格监督，对管理上的要求较高。

三种处置场地修复模式的主要因素比较及分析见下表。

表 4.3-4 三种处置场地修复模式比较及分析

因素	原位处理	原地异位处理	异地处理
场地清理时间	/	短	较短
场地清理风险	较低	高	高
对客土的需求	不需要	/	可能需要
运输成本	/	低	高
运输过程风险	/	低	高
堆置成本	/	低	高
堆置过程风险	/	低	高
土壤修复成本	低	中	高
土壤修复时间	较长	短	较短
工程初投资	高	高	低

因素	原位处理	原地异位处理	异地处理
工程成本	低	高	中
工程实施风险	较大	小	较小
工程实施时间	长	中	短

从上表可知，土壤原位修复技术无需挖掘和运送土壤，成本低，但修复周期长，适用于污染较轻、面积较大、污染迁徙较深的土壤修复。土壤异位修复技术需将污染土壤挖出修复，简单易行、修复方法多样，修复周期较短。但也存在一些缺点：（1）挖掘过程中，挥发性强的有机污染蒸汽不可避免逸入大气，造成空气污染；（2）土壤挖掘、运输及场地恢复等费用相对较高。

为使土壤修复技术经济高效，目前国内结合原位和异位修复的特点，比如采用原地异位的修复方法，即将污染土壤挖掘出，在场内设置处置区域进行修复，这种方法修复工期相对较短，且节省了土壤运输费用。

根据场地的规划和工程进度安排，该地块大部分区域规划为商业用地，剩余少部分区域规划为城市道路，地块开发周期时间紧迫，场地后续需进一步开发，且场地的工程建设进度安排比较紧急，污染土壤的处理时间紧迫。因此适于选择处理周期较短的污染土壤修复技术。根据场地土壤污染情况，在综合考虑场地后期建设的安全性、经济技术可行性基础上，推荐本场地第一类用地区域污染土壤及第二类用地区域的可能后期受到扰动的土层，土壤采用**异地或原地异位修复的污染物处置技术**，第二类用地区域的受扰动可能性较小且为重金属污染土壤，可以采用**污染途径阻断技术**。

4.4 污染土壤修复技术筛选

4.4.1 污染土壤修复技术介绍

国内外最常见的土壤污染物修复方法包括物理方法、化学方法、生物方法法等，本场地有有机污染土壤及重金属污染土壤。有机污染土壤及重金属污染土壤修复技术如下图。

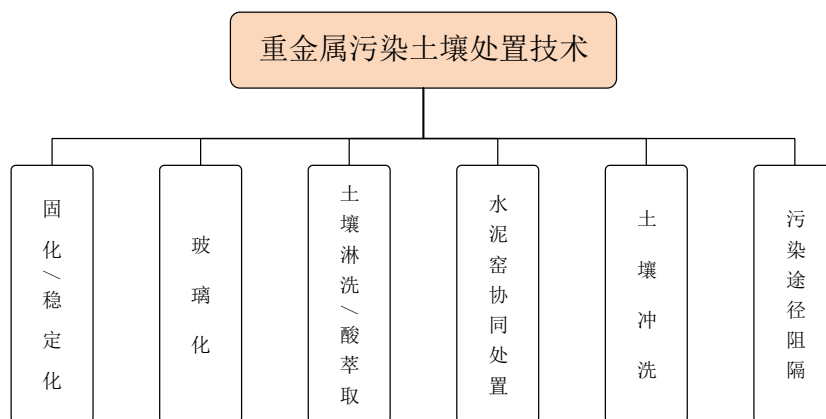


图 4.4-1 重金属污染土壤修复技术

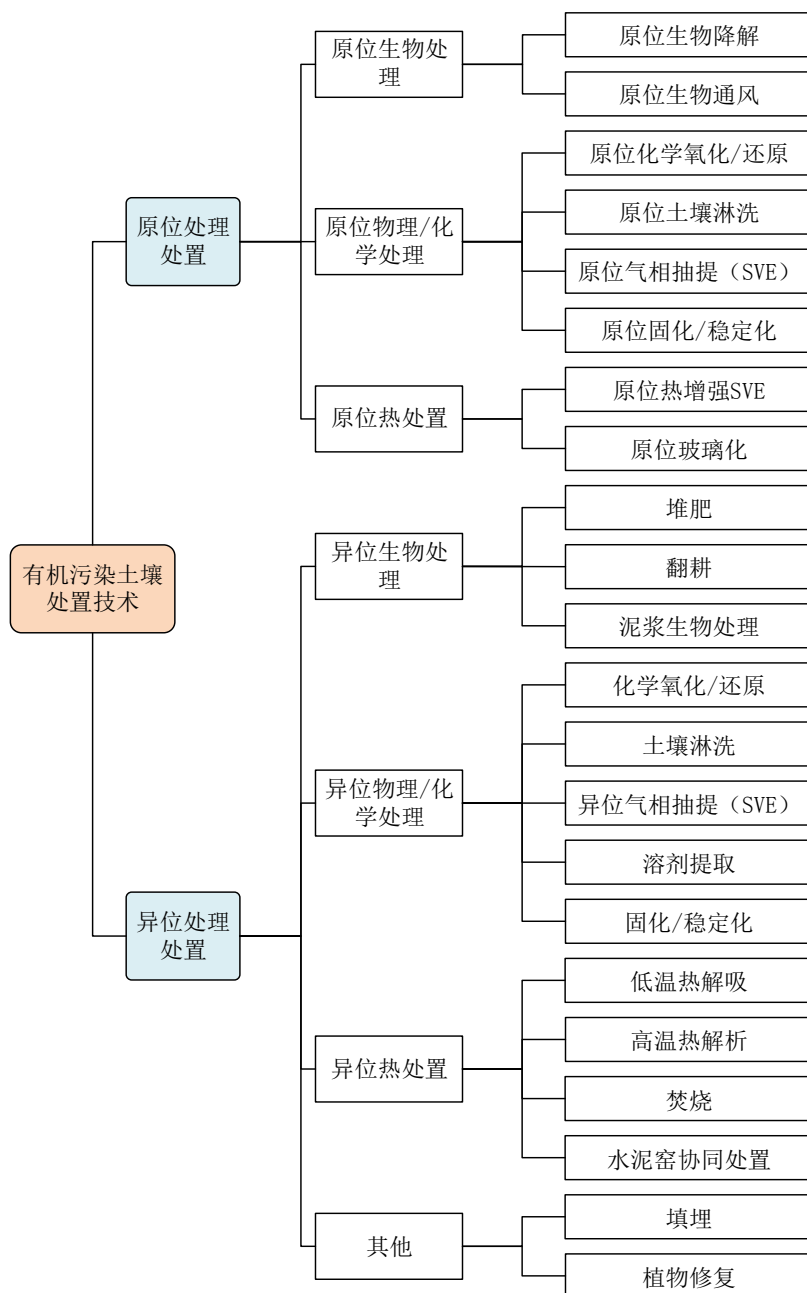


图 4.4-2 有机污染土壤修复技术

对上述土壤污染修复中的主要技术介绍如下：

1. 挖掘—填埋

(1) 技术原理

挖掘—填埋是将污染土壤挖掘，运输至填埋场进行掩埋覆盖，采用防渗、封顶等配套措施防止土壤中污染物扩散的处理方法。挖掘—填埋不能降低土壤中污染物本身的毒性和体积，但可以减少污染物的暴露及迁移。

(2) 技术特点

挖掘—填埋通常为异位修复技术，是土壤修复常用的技术之一。采用异位填埋时，污染土壤的挖掘和运输过程需要采取必要的防护措施，防止污染土壤的遗撒和泄漏。通常干旱气候条件要求填埋系统简单一些，湿润气候条件需要设计比较复杂的填埋系统。填埋的污染土壤上方需布设阻隔层和排水层，填埋场的底部需要设置防渗层。填埋场周边通常设置监测井，以便对地下水质进行监控。填埋场需要定期进行检查和维护，确保防渗系统不被破坏。

(3) 适用性

挖掘—填埋可以用来临时存放或者最终处置各类污染土壤，通常适用于低含水率的污染土壤，有时也被用于处理规模过大而其他修复技术难以实施的污染区域。该技术一般不用来处理埋深较大的污染土壤或高挥发性的有机污染土壤。

(4) 局限性

挖掘—填埋技术无法减少污染物的毒性、活性和数量，只能降低其迁移性，需要有合适的填埋场所，占地面积较大，需要进行长期观测与维护以保证其长期有效性，需确保填埋场的再利用不会对覆盖、防渗阻隔层产生破坏作用，深根植物不能在填埋区种植，污染土壤的外运过程需要进行严格监管，防止二次污染。

2. 固化/稳定化

(1) 技术原理

固化/稳定化技术是指将污染土壤与黏结剂或稳定剂混合，使污染物实现物理封存或发生化学反应形成固体沉淀物（如形成氢氧化物或硫化物沉淀等），从而达到降低污染物迁移性和生物有效性的目的。固化/稳定化技术包括固化和稳定化两个概念，固化是指将污染物包裹起来，使之呈颗粒状或者板块状形态，进而使污染物处于相对稳定的状态；稳定化是指利用氧化、还原、吸附、脱附、溶

解、沉淀、生成络合物中的一种或多种机理改变污染物存在的形态，从而降低其迁移性和生物有效性。

（2）技术特点

固化/稳定化技术可以用作原位或异位修复技术，是一种常用的修复技术。多种物质可作为黏结剂或稳定剂，常用的黏结剂有硅酸盐水泥、火山灰、硅酸酯、沥青以及各种多聚物等，常用的稳定剂有硫化物、磷酸盐、铁盐、石灰等单一化学品或复合配方产品。固化/稳定化的效果一般采用浸出试验来评估，固化/稳定化后的污染土壤可以进行填埋或合理综合利用。该技术的成本和运行费用较低，适用性较强，修复时间一般为中短期。

（3）适用性

固化/稳定化技术主要用于处理重金属等无机物污染的土壤，对于半挥发性有机物（SVOCs）和农药杀虫剂等污染物的处理也有一定的效果。

（4）局限性

修复后的环境条件变化可能会影响固化体的长期稳定性；污染物所处深度的增加可能增大原位固化/稳定化的操作难度；有机物质的存在可能会影响黏结剂的固化作用；原位处理时，黏结剂和固化剂等药剂的传输和有效混合可能存在一定难度；处理过程可能导致污染物体积的大幅增加；某些污染物的处理需要进行可行性实验。

3. 土壤气相抽提（SVE）

（1）技术原理

土壤气相抽提（简称 SVE）是通过在非饱和土壤层中布置抽气井，利用真空泵产生负压驱使空气流通过污染土壤的孔隙，解吸并夹带有机污染物流向抽取井，利用废气处理设施对抽气井抽出的废气进行处理，从而使污染土壤得到净化的方法。

（2）技术特点

土壤气相抽提可以用作原位或异位修复技术，是一种常用的修复技术。土壤气相抽提技术释放的尾气需要进行处理后达标排放，防止对公众和环境造成危害，尾气处理过程中产生的残留液体和失效的活性炭也需要进行处理。该技术对土壤本身的破坏程度较小，成本相对较低，修复时间适中。

（3）适用性

土壤气相抽提技术可用来处理挥发性有机污染物（VOCs）、部分半挥发性有机污染物以及燃料类污染的土壤，不宜用来处理重油、重金属、多氯联苯（PCBs）和二噁英污染土壤。可处理的污染土壤应具有质地均一、渗透性好、孔隙度大、含水率低的特点。

（4）局限性

黏土或水分含量高（>50%）的土壤，由于渗透性较差，影响 SVE 的处理效果；由于有机物含量高或特别干燥的土壤对 VOCs 的吸附性较强，污染物的去除效率会较低；土壤气相抽提技术实施时可能会发生污染物“拖尾”和反弹现象；抽提后的尾气和尾气处理过程产生的废物需要进行处理。

3. 土壤淋洗

（1）技术原理

土壤淋洗技术是指将能够促进土壤中污染物溶解或迁移作用的溶剂注入或渗透到污染土层中，使其穿过污染土壤并与污染物发生解吸、螯合、溶解或络合等物理化学反应，最终形成迁移态的化合物，再利用抽提井或其他手段把含有污染物的液体从土层中抽提出来，进行处理的技术。

（2）技术特点

土壤淋洗技术可用作原位或异位修复技术。土壤淋洗主要包括三个阶段：向土壤中施加淋洗液、下层淋出液收集以及淋出液处理。该技术在实际应用中一般都对使用的淋洗剂进行回收再利用。该技术是一项短、中期技术，费用随所用化学淋洗液的种类不同差别较大。

（3）适用性

土壤淋洗技术能够处理地下水位以上较深层次的重金属污染，也可用于处理有机物污染的土壤。土壤淋洗技术最适用于多孔隙、易渗透的土壤，最好用于沙地或砂砾土壤和沉积土等，一般来说渗透系数大于 10^{-3} cm/s 的土壤处理效果较好。一般来说，当土壤中粘土含量达到 25%~30%时，不考虑采用该技术。

（4）局限性

淋洗技术可能会破坏土壤理化性质，使大量土壤养分流失，并破坏土壤微团聚体结构；低渗透性、高土壤含水率、复杂的污染混合物以及较高的污染物浓度会使处理过程较为困难；淋洗技术容易造成污染范围扩散并产生二次污染。

5. 土壤洗脱

(1) 技术原理

土壤洗脱是指将污染土壤挖掘出来后，与水或化学试剂混合，通过物理化学作用将土壤中的污染物转移到液相中，并对含污染物的液相介质进行处理处置，从而获得洁净土壤的技术。

(2) 技术特点

土壤洗脱通常为异位修复技术。洗脱操作的核心是通过水力学的方式，机械悬浮或扰动土壤颗粒。洗脱液可以是水或其他试剂（把酸、碱洗涤剂、络合剂或其他化合物溶到水中）。不同土壤粒级或洗脱过程的不同阶段可能用到不同的洗脱液。洗脱完成后，需要对洗脱废液进行回收处理。

(3) 适用性

土壤洗脱技术可用来处理重金属和有机污染物，包括石油类碳氢化合物、PCBs 以及多环芳烃 (PAHs)。该技术对于大粒径级别污染土壤的修复更为有效，砂砾、沙、细沙等土壤中的污染物更容易被清洗出来。一般来说，当土壤中黏土含量达到 25%~30% 时，不宜采用该技术。

(4) 局限性

一般在洗脱前需要对土壤进行预处理和分级；同淋洗技术一样，洗脱技术会破坏土壤的微团聚体结构和理化性质，并丧失大量养分；污染物较为复杂时会增加洗脱液选择的难度；难以去除粘粒中吸附的污染物；洗脱废液如控制不当会产生二次污染。

6. 热脱附

(1) 技术原理

热脱附技术是指通过直接或间接热交换，将污染土壤及其所含的污染物加热到足够的温度，使污染物从污染土壤中得以挥发或分离，然后对挥发出来的污染物进行处理，从而获得干净的土壤。

(2) 技术特点

热脱附技术可用作原位或异位修复技术，异位修复的加热方式有直接加热和间接加热两种，在不同温度下通过蒸发、沸腾、解吸和热解等作用选择性的移除不同的污染物。土壤中污染物从土壤中分离出来后，需在后续处理设施（后燃烧器或活性炭吸附等装置）中进行处理后排放。热脱附修复技术具有修复效率高、技术成熟等优点，处理温度越高，能耗越大、操作费用相应提高。该技术处理污染土壤的时间属于中短期。

（3）适用性

热脱附技术通常能高效地去除污染场地内的各种 VOCs 和 SVOCs、农药、PCBs 和汞等污染物，主要适用于处理高浓度污染土壤以及采用其它修复技术效果较差的污染土壤。

（4）局限性

土壤需要控制粒径和水份含量等，预处理可能会影响该技术的应用效果和费用；含腐蚀性污染物的土壤可能会损害处理设备；粘土、淤泥或含有大量有机物的土壤对污染物的吸附能力强，会导致物料停留时间的延长，降低修复效率。热脱附技术比其它常用修复技术费用略高。

7. 焚烧

（1）技术原理

在高温和有氧条件下，依靠污染土壤自身的热值或辅助燃料，使其焚化燃烧并将其中的污染物分解转化为灰烬、二氧化碳和水，对焚烧产生的烟气进行处理，从而达到土壤中污染物减量化和无害化的目的。

（2）技术特点

焚烧通常为异位处理技术，多用来处理污染较为严重的土壤。污染土壤的焚烧一般需要借助辅助燃料来引燃和维持燃烧，燃烧形成的烟气和残余物需要进行处理，对含氯有机污染土壤进行焚烧时存在产生二噁英的风险。焚烧技术总体对污染土壤的处理效果较好，处理时间较短。

（3）适用性

焚烧技术可用来处理大量高浓度的持久性有机污染物（POPs）、石油类以及 SVOCs 等。不同工艺对污染土壤的含水率有一定的要求，高含水率和黏性土壤的处理效率相对较低，且处理费用相应提高。

（4）局限性

重金属焚烧产生的残灰，需进行安全处置，挥发性重金属的焚烧，需要安装尾气处理系统；对含氯有机污染土壤进行焚烧存在产生二噁英的风险；处理过程中可能形成比原污染物的挥发性和毒性更强的化合物；能耗和成本较高。

8. 水泥窑协同处置

（1）技术原理

将满足或经过预处理后满足入窑要求的土壤投入水泥窑，在进行水泥熟料生产的同时实现对污染土壤无害化处置的技术。

（2）技术特点

水泥窑协同处置技术通常是异位修复技术，是目前国内应用较广的一类土壤修复技术。污染土壤入窑前一般需暂存在贮存设施中，贮存场需要采取防渗措施。污染土壤中含易挥发污染物的，贮存设施应采取封闭措施，并设立抽气装置，抽出气体需处理后达标排放。水泥窑协同处置的预处理工艺及设施与污染土壤的特性和入窑位置相关。污染土壤在入窑前需分析其化学组成和物理特性，其组分不应应对水泥生产过程和水泥产品质量产生不利影响。该技术的实施时间属于中短期技术。

（3）适用性

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

（4）局限性

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

9. 化学氧化/还原

（1）技术原理

化学氧化/还原技术是通过氧化还原反应将有害污染物彻底无害化或转化为毒性较低的、更易自然生物降解的中间体或终产物，从而达到环境修复的目的。

（2）技术特点

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

（3）适用性

化学氧化还原对大多数有机污染物有效，包括有机氯代溶剂、苯系物、石油烃、PCBs、PAHs 等。但对水溶性差、土壤吸附性强的污染物，比如高环的 PAHs、一些农药等，处理效率较差，可采用促进此类污染物溶解或解吸的产品与化学氧化/还原技术联用以提高其修复效率。

（4）局限性

处理过程可能产生不完全氧化产物或中间污染物；处理高浓度的污染物需要大量的氧化还原剂，可能导致此技术不再经济可行。

10. 生物通风

（1）技术原理

生物通风是一种强化好氧生物修复方法，即在受污染土壤中强制通入空气，强化微生物对土壤中有机污染物进行生物降解，同时将易挥发的有机物一起抽出，然后对排出气体进行处理后排放。

（2）技术特点

生物通风可用作原位或异位修复技术。与土壤气相抽提相比，生物通风使用较低的气流速度，主要目标是提供足够的氧气从而强化好氧生物修复过程，而不是旨在将污染物挥发。生物通风技术可很容易与土壤气相抽提技术联合运用，从而弥补土壤气相抽提对低挥发性有机污染物处理能力的不足。生物通风技术需要建设尾气处理装置，并对处理后排放的尾气进行定期监测。生物通风是一项中长期技术，实施时间从几个月到几年不等，主要取决于土壤和污染物的特性。

（3）适用性

生物通风技术对于被石油烃、低氯代或非氯代溶剂、某些杀虫剂、木材防腐剂等有机物污染的土壤处理效果良好，适用处理高渗透性、低含水量和低黏性的土壤。原位生物通风常用于地下水层上部透气性较好的土壤的修复，也适用于结构疏松多孔的土壤。

（4）局限性

邻近地下水、饱和层土壤或低渗透性的土壤使用该技术效果较差；土壤中水分含量太低也会限制生物有效性；可能会导致污染物进入临近地下空间；需要监控土壤表面可能排放废气；温度过低会减缓修复速率。

11. 生物堆

（1）技术原理

生物堆通常是将污染土壤从污染地点挖出，堆积在具有防渗层的处理区域，利用微生物对污染物的降解作用来处理污染土壤的技术。

（2）技术特点

生物堆通常为异位修复技术。该技术的特点是借助生物堆中的土著生物或接种微生物降解挖掘土壤中的污染物，在污染土堆中铺设管道，提供生物降解所需水份，在污染土堆以下设置多孔集水管，收集渗滤液。生物堆系统还可设有送气管和空气泵，以稳定氧气的补给。当土壤中存在挥发性污染物时，通常在生物堆外部或内部设有气体收集系统，生物堆内部的气体，包括降解产物，都经过诸如活性炭吸附、加热氧化、化学氧化或生物法等措施处理后才向大气排放。生物堆技术的处理时间较适中，一般为数周或数月。

（3）适用性

生物堆技术适用于处理易于好氧或厌氧生物降解的有机污染物，比如卤代有机污染物、石油烃，苯系物等。该技术也可用来处理 SVOCs、农药等，但处理效果较差。

（4）局限性

生物堆技术需要对污染土壤实施挖掘；需通过可行性实验确定污染物的生物可降解性、需氧量及营养物负荷率；因为没有搅拌作用可能会导致处理效果的非均一性和相对较长的处理时间。

12. 强化生物修复

（1）技术原理

强化生物修复是利用土著或接种微生物（如真菌、细菌或其它微生物）降解（代谢）土壤中污染物，通过调节碳源、营养物、氧气或水份等强化手段，将污染物无害化的过程。

（2）技术特点

强化生物修复技术可用作原位或异位修复技术。有氧条件下，微生物最终将大部分有机污染物转化为二氧化碳和水等；厌氧条件下，有机污染物可能最终被降解为甲烷、少量二氧化碳和微量氢气，或毒性高低不同的非彻底生物降解的中间产物，以及其它环境友好的终产物（比如四氯乙烯完全脱氯生成乙烯）。生物修复相对更适用于中、低浓度污染场地或区域，具有操作简便、费用低、绿色环保、对场地扰动小等优点。生物修复技术一般比物理化学技术的修复时间长，污染物的大幅去除通常至少需要数月以上。

（3）适用性

强化生物修复技术对能量的消耗较低，可以用来修复面积较大的污染场地。该技术主要适用于修复受到石油烃、有机卤代溶剂、农药等有机化学品污染的土壤，某些特定污染物需要特定微生物来降解。该技术无法降解重金属，但可用于改变重金属的价态，使其被吸附、固定在土壤颗粒中，达到稳定化目的。高浓度毒性污染物，比如重金属、高氯化有机物等污染物可能对微生物有毒。

（4）局限性

如果土壤介质中含有抑制微生物活性或限制微生物与污染物接触的物质，则会降低修复效果，粘土、非均质土层也会影响修复效果；强化生物修复技术在低温条件下（比如北方地区，寒冬时节）不宜采用；该技术原位应用时，优先流的存在可能会减少添加剂和污染物的接触机会。

13. 植物修复

（1）技术原理植物修复主要是利用植物对污染物的吸收、转化、稳定或降解作用，实现土壤的净化、生态效应恢复的治理技术。植物修复的过程较为复杂，可能是多个过程的协同作用，如植物对污染物的直接吸收及累积作用，植物根部分泌的酶降解有机污染物，或将高毒的有机物变为低毒或无毒的有机物，或实现

污染物的稳定化，或根际与微生物的联合代谢作用，从而吸收、转化和降解污染物等。

（2）技术特点

植物修复通常为原位修复技术。影响植物修复技术的因素较多，如修复植物对环境的选择性强，很难在特定的环境中利用特定的植物物种；气候或是季节条件会影响植物生长，减缓修复效果，延长修复周期；一些有毒物质或高浓度污染物对植物生长有抑制作用；此外，植物吸收难以修复埋藏深度大于植物根际到达范围的污染物。植物修复技术的中间代谢产物复杂，代谢产物的转化难以观测，有些污染物在降解的过程中会转化成有毒的代谢产物。采用植物修复时，有毒或有害化合物可能会通过植物进入食物链，所以要控制修复后植物的利用途径。然而，较之其他修复技术，植物修复具有良好的美学效果和较低的操作成本，适合与其他技术结合使用。植物修复技术与物理和化学修复技术相比具有成本低、操作方便、二次污染少、不破坏土壤结构等特点，非常易于就地处理污染物，但处理时间较长。

（3）适用性

植物修复对于特定重金属具有较好的效果，对于 PAHs 以及滴滴涕（DDT）等 POPs 污染物也有过修复先例。目前植物修复大多只能富集一种或两种重金属，对多种重金属的复合污染修复效果一般。

（4）局限性

植物修复的深度取决于采用的植物，但基本只能处理浅层污染；浓度较高的污染物可能对植物有毒；植物修复的季节性和地域性较强；可能会产生污染物从土壤中转移到空气中的情况；植物修复产物的毒性和生物有效性较难确定；修复周期较长；需对植物修复时收割的植物妥善处理。

14. 泥浆相生物处理

（1）技术原理

泥浆相生物处理是在生物反应器内处理挖掘的土壤，通过污染土壤和水的混合，利用微生物在合适条件下对混合泥浆进行处理，处理后的泥浆脱水即获得干净的土壤。

（2）技术特点

泥浆相生物处理通常为异位修复技术。挖掘的土壤先进行物理分离石块和碎石，然后将土壤与水在反应器中混合，混合比例根据污染物的浓度、生物降解的速度以及土壤的物理特性而确定。一般情况下，泥浆中的固体含量在 10%至 30% 之间，土壤颗粒在生物反应容器中处于悬浮状态。处理过程中可通过加入酸或碱来控制 pH 值、调控泥浆中的营养物和氧气含量，必要时需要添加适当的微生物。生物降解完成后，将土壤泥浆脱水，获得干净的土壤。工程实施时，可能需要对土壤进行预冲洗，以浓缩污染物，将其中的清洁砂子排出。泥浆相生物反应器的大小可根据试验的规模来确定。由于泥浆相生物处理可为微生物提供较好的环境条件，因而可以大大提高降解反应速率。该技术处理时间适中，土壤的筛分和处理后的脱水价格较为昂贵。

（3）适用性

泥浆相生物处理技术已被成功地用于修复炸药、石油碳氢化合物、石化产品、溶剂、杀虫剂、木材防腐剂和其它有机化学品污染的土壤，采用连续厌氧反应器可也可处理 PCBs、卤代挥发性有机物等。

（4）局限性

需要对污染土壤实施挖掘；土壤进入反应器前的预处理较为困难，且成本较高；该技术对非均质土壤和粘土的处理可能存在困难；处理后的土壤脱水和废水处理需要较多费用；不适用于无机污染物的处理。

综合比较上述修复技术的介绍，从污染物的适用性、修复效果、可操作性和相对成本四方面来初步确定可能的修复技术，土壤中不同污染物对应的部分修复技术及其修复效果、可操作性和相对成本分析可参考下表进行选择。

表 4.4-1 污染场地土壤修复技术分析表

序号	修复技术	挥发性非卤代有机物	挥发性卤代有机物	半挥发性非卤代有机物	半挥发性卤代有机物	燃料类	重金属	可操作性	污染物去除率	费用
1	挖掘—填埋	○	○	★	★	★	★	★	★	★
2	固化/稳定化	☆	☆	★	★	★	★	★	★	○
3	土壤气相抽提	★	★	○	○	○	☆	★	○	★
4	土壤淋洗	☆	☆	★	★	★	★	○	○	○
5	土壤洗脱	☆	☆	★	★	★	★	○	○	☆
6	热脱附	★	★	★	★	★	☆*	★	★	○
7	焚烧	★	★	★	★	★	☆	★	★	☆
8	水泥窑协同处置	★	★	★	★	★	★	★	★	○
9	化学氧化/还原	○	○	★	★	★	☆	★	★	○
10	生物通风	★	○	△	△	★	☆	★	○	★
11	生物堆	★	★	△	△	★	☆	★	★	★
12	强化生物修复	★	★	△	△	★	☆	○	○	○
13	植物修复	☆	☆	○	○	○	★	★	○	★
14	泥浆相生物处理	★	★	△	△	★	☆	○	★	○

注：★表示非常适用或性能较好；○表示较为适用或性能适中；☆表示不适用或效果较差；△表示待定，其效果取决于具体参数。*表示汞除外。

4.4.2 污染土壤修复技术选择

根据场地调查及风险评估数据和结果，场区土壤中共 10 种污染物需进行修复，其中第一类用地区域共 9 种，包括重金属 5 种（砷、镉、铬、镍、铅）、农药 2 种（ α -六六六、 β -六六六）、卤代脂肪族化合物 1 种（1,2,3-三氯丙烷）、TPH（C10-C40）等 9 种污染物；第二类地区域共 2 种需要修复，包括重金属 1 种（砷）、苯系物 1 种（苯）。根据土壤修复模式、土壤污染物类型、土壤类型、修复时间、土地利用计划等方面的要求，从技术可行性、可操作性、修复工期、修复成本、地块开发影响、监管周期对污染土壤的修复技术进行初步的筛选。项目土壤修复技术筛选的主要影响因素如表 4.4-2 所示，项目污染物土壤修复技术初步筛选如表 4.4-3 所示。

表 4.4-2 土壤修复技术筛选因素

序号	筛选因素	内容
1	土壤修复模式	异地或原地异位处理+污染途径阻隔
2	主要土壤污染物类型	重金属（As、Cd、Cr、Ni、Pb）、有机物（苯、TPH、1,2,3-三氯丙烷、六六六等）
3	主要污染土壤类型	杂填土及粉、粘土
4	污染土壤修复土方量	168595 m ³
5	场地内污染土壤清理时间	约 1-2 年

表 4.4-3 场地土壤修复技术筛选表

序号	技术名称	技术可行性			可操作性	修复工期	修复成本	地块开发影响		监管周期	筛选结果
1	生物堆	项目待修复的污染土壤以粉土和粘土为主，土壤透气性较差，采用生物堆技术易产生拖尾效应，修复周期较长，堆体通气效果难以均匀，修复效果无法保证，且占地面积较大，修复后土壤处置需根据受纳地点重新评估，不适于本项目污染土壤的修复。			有工程应用	长	低到中等	原地异位时影响开发	离场异位不影响开发	监管周期较长，潜在二次环境污染环节多	不推荐
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属							
		√	√	×	√	×	√	×	√	×	
2	常温解吸	对苯、卤代 VOC 修复高效，对多环芳烃修复低效，不适合 As 污染土壤修复			有工程应用	短	低				推荐挥发性有机物污染土壤备用
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属							
		×	√	×	√	√	√	×	√	×	
3	生物泥浆反应器	适用于本项目土壤中有机污染物的修复，但产生的泥浆脱水及后续处置需要进一步考虑，技术上比较复杂。因此，不适合于本项目污染土壤的修复。									不推荐
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属							
		×	×	×	—	—	—	—	—	—	

序号	技术名称	技术可行性			可操作性	修复工期	修复成本	地块开发影响		监管周期	筛选结果
4	异位物理通风	本项目待修复的污染土壤以粉土、粘土、杂填土等，均质性较差，采用异位物理通风易产生拖尾效应，修复周期较长，修复效果无法保证。因此，不适于本项目污染土壤的修复。			差	长	低到中等				不推荐
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属							
		×	×	×	—	—	—	—	—	—	
5	土壤淋洗	本项目污染土壤包含粉质粘土和粘土，洗涤效果有限，而且洗涤过程将消耗大量的水资源，产生的洗涤废水需进一步达标处理，不适合于本项目污染土壤的修复。									不推荐
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属							
		×	×	×	—	—	—	—	—	—	
6	异位化学氧化	本项目包含有机氯农药，修复效率相对较低；对苯修复效率高，对卤代脂肪族化合物修复效率较低，不适合修复 As 污染土壤。									推荐作备选方案
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属							
		×	×	×	—	—	—	—	—	—	

序号	技术名称	技术可行性			可操作性	修复工期	修复成本	地块开发影响		监管周期	筛选结果
7	水泥窑协同处置	适用于各种类型有机及重金属污染土壤的修复，修复效果较好，有机物去除率高，可以实现重金属固化稳定化，基本能将有机污染物彻底去除。目前该技术成熟，相关设备以实现国产化，当地具有水泥窑协同处置设备。因此，适于本项目污染土壤修复。			有工程应用	与水泥厂生产能力相关	高	可以将场地污染土壤清挖储存水泥窑协同处置单位，不影响地块开发		短	推荐采用
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属							
		√	√	√	√	√	中等	√		√	
8	固化/稳定化	对重金属类污染物修复应用最普遍技术，对有机物污染土壤修复国内认可度低。			有工程应用	短	中等	原地异位时影响开发	离场异位不影响开发	短	推荐重金属污染土壤备用
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属				×	√	√	
		×	×	√	√	√	√	×	√	√	
9	热解吸	对有机污染土壤高效修复技术，对重金属污染土壤修复效率低，且修复成本高。			有工程应用	短	高	原地异位时影响开发	离场异位不影响开发	短	推荐有机污染土壤备用
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属				×	√	√	
		√	√	×	√	√	高	×	√	√	
10	原位阻隔	阻隔污染物的迁移途径，对重金属污染土壤修复效率高，对挥发性有机污染土壤修复风险高			有工程应用	短	低	原地异位时影响开发	离场异位不影响开发	长	推荐第二类用地区重金属污染土使用
		SVOCs、TPH	VOCs	重金属				×	√	√	
		?	×	√	√	√	√	×	√	√	

注：（1）若某项技术对本项目三类污染物在技术上均不可行，则不对该项技术进行后续的各项评价；（2）“√”代表满足该项要求；“×”代表不满足该项要求；“—”不进行该项评价；“？”表示对某项技术的该指标，需要进一步讨论确定。

根据上述污染土壤修复技术筛选结果及其的适用性和条件限值，同时为了有效清除污染物，达到经济上、时间上和技术上的可行性，综合考虑技术因素、经济因素、时间因素和环境因素，得出本场地污染物的修复技术方案。

推荐采用热脱附（热解吸）、常温解吸、固化/稳定化、水泥窑协同处置、原位阻隔、异位填埋、化学氧化作为该项目污染土壤的修复技术，适合本项目污染土壤修复的技术如表 4.4-4 所示。

表 4.4-4 污染土壤修复技术筛选结果

序号	污染物类型	推荐修复技术	备注
1	石油烃（TPH）	水泥窑协同处置、热解吸、化学氧化	
2	苯、卤代脂肪族化合物	水泥窑协同处置、热解吸、常温解吸、化学氧化	
3	重金属	水泥窑协同处置、固化/稳定化、异位填埋	
4	农药类	水泥窑协同处置、热解吸	
5	重金属（第二类用地区域）	污染途径阻断	道路区域

4.5 修复技术可行性评估

4.5.1 水泥窑协同处置技术

4.5.1.1 技术原理

水泥生产是利用含碳酸钙、二氧化硅以及铁、铝氧化物的原料（包括石灰石、砂岩、粘土、铁粉、矿渣等），按照一定比例在 1400℃ 以上的高温下部分熔融，生成以硅酸钙为主的熟料，加入部分石膏和混合材料后，生产出具有水硬特性的无机材料。

硅酸盐水泥的生产一般分为三个阶段：

- （1）石灰质原料、粘土质原料和少量校正原料经破碎后，按一定比例配合、磨细，并调配为成分合适、质量均匀的生料，成为生料制备；
- （2）生料在水泥回转窑内煅烧至部分熔融所得到的以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料，成为熟料煅烧；
- （3）熟料加适量石膏，有时还加适量混合材料或外加剂共同磨细为水泥，称为水泥粉磨。

水泥生产过程中对原材料的需求量非常大，对原材料的无机成分及杂质含量的要求的容忍度较高，适合于协同处置一些废弃物，如果废物成分以钙、硅、铁、铝等元素物质为主，就更加适合在水泥窑中处置。

在回转窑内，固体与气体的流动方向相反。生料从回转窑高端、冷端（窑尾）加入，随着回转窑的旋转，逐渐向低端、热端移动，一般要经过干燥预热带、煅烧带、烧结带、冷却带，物料在 850℃~1450℃之间的停留时间超过 15~30 分钟；而燃烧气体从回转窑低端、热端（窑头）进入，逐渐向高端、冷端运动，最高温度可达 1750℃，停留时间超过 4~6 秒。利用新型干法预热回转窑生产水泥并协调处置废物的典型工艺流程如下图所示。

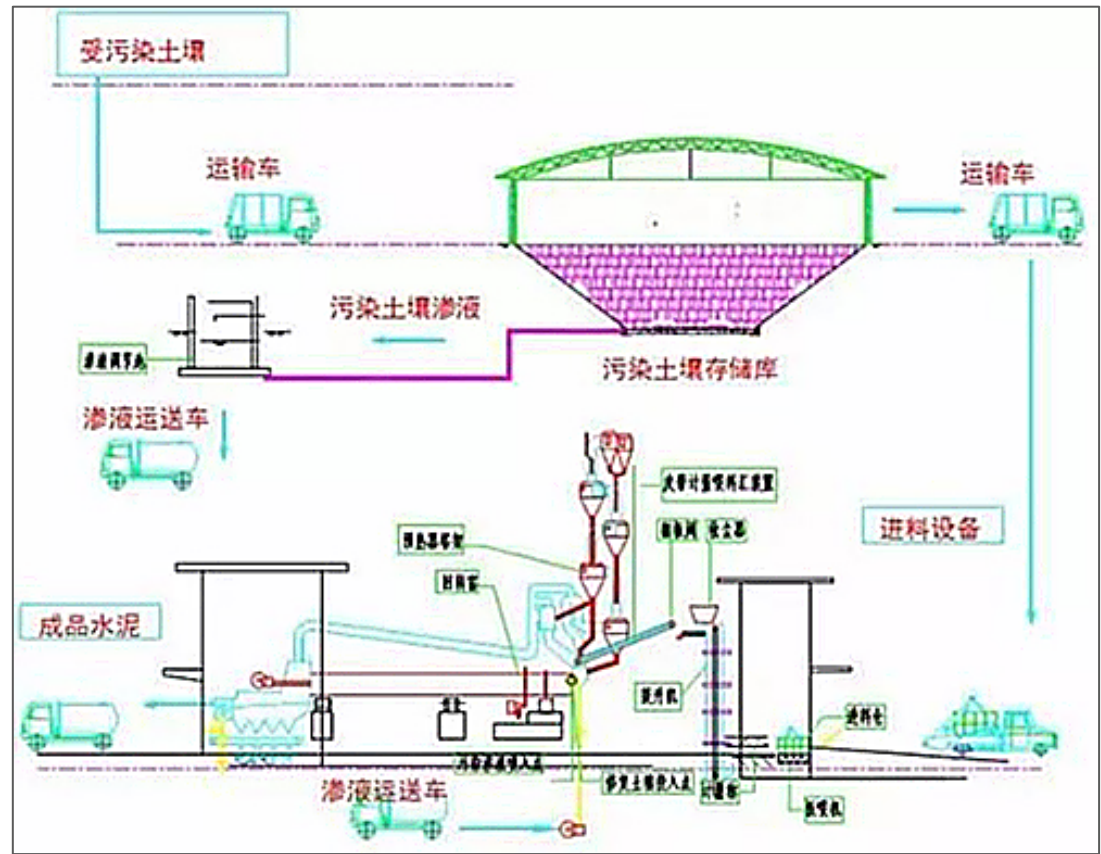


图 4.5-1 水泥窑共处置工艺的示意图

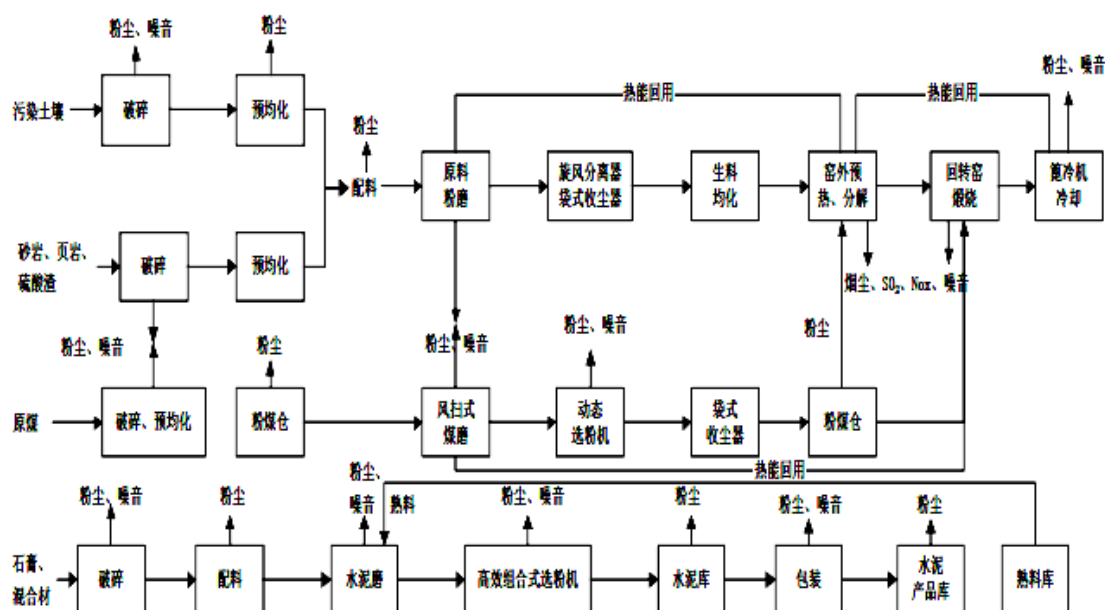


图 4.5-2 水泥窑共处置工艺流程图

水泥回转窑处置危险废物（包含其他废弃物）工艺具有以下特点：

（1） 焚烧温度高。水泥回转窑内物料温度高达 1450℃，气体温度则高达 1750℃左右，而专业危险废物焚烧炉的焚烧温度在 850~1200℃之间。在水泥窑内的高温下，废物中的毒性有机物将产生彻底的分解。

（2） 停留时间长。水泥回转窑是一个旋转的筒体，一般直径 3.0~5.0 米，长度 45~100 米，以每小时 100~240 转的速度旋转，焚烧空间大，危险废物在回转窑高温状态下停留时间长。

（3） 焚烧状态稳定。水泥回转窑焚烧系统由金属筒体、窑内砌筑的耐火砖以及在烧成带形成的结皮和待煅烧的物料组成，热惯性很大，燃烧状态稳定。

4.5.1.2 国内应用案例

（1） 案例名称

北京某化工区土壤修复工程

（2） 项目概况

某地铁线路规划途经某地原化工区，建设过程中开展的场地调查与风险评估发现，存在多环芳烃污染土壤。为满足项目施工进度要求，污染土壤采用异位处理至修复目标：萘 50mg/kg，苯并(a)蒽 0.5mg/kg，苯并(b)&(k)荧蒽 0.5 mg/kg，苯并(a)芘 0.2mg/kg，茚并(1,2,3-cd)芘 0.41mg/kg，二苯并(a,h) 蒽 0.22mg/kg，工程规模：61665m³。

(3) 工艺简介

本项目工艺流程图如下图所示。

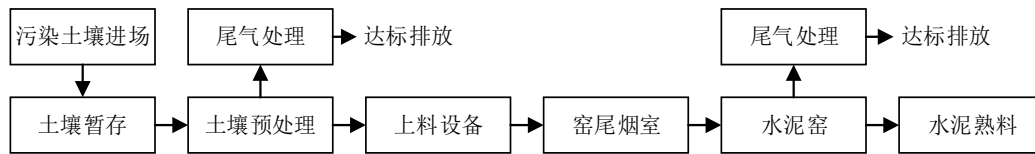


图 4.5-3 水泥窑协同处置工艺流程

具体流程描述如下：

- 1) 污染土壤进场后暂存的过程中防止对环境的污染；
- 2) 在密闭设施内对土壤进行筛分预处理，密闭设施配备尾气净化设备，保证筛分过程中产生的废气能达到排放标准；
- 3) 筛分后的土壤运至污染土卸料点，卸料点由密闭输送装置连接至窑尾烟室，卸料区设置防尘帘等密闭措施；
- 4) 污染土经板式喂料机进入皮带秤计量，计量后的土壤经提升机提升后由密闭输送装置进入喂料点，送入窑尾烟室高温段焚烧；
- 5) 污染土壤中的有机物经过水泥窑高温煅烧彻底分解，实现污染土壤的无害化处置，土壤则直接转化为水泥熟料，尾气达标排放，整个过程无废渣排出。

(4) 修复效果

依据设计方案，该项目处理污染土壤 61665m³，在水泥熟料中多环芳烃污染物等目标污染物均未检出，达到修复目标并通过管理部门验收。

4.5.1.3 场地应用条件分析

水泥窑协同处置具有以下特点：

- (1) 水泥窑协同处置能适应多种类型的废物，适用范围广。
- (2) 按照性能与特点，不同的废物可以分别用做水泥工业的混合材、替代原料或替代燃料，使物尽其用。
- (3) 水泥消费量和生产规模很大，水泥窑单机产能高，因此水泥工业对各种废物的销纳量巨大，发展潜力可观。
- (4) 水泥窑内温度高（1600℃），热容量和热惯性大，废料在高温区的停留时间长（5~15 秒），有害成分均能被彻底分解，确保环境安全。
- (5) 当地有水泥窑，且处理过类似的污染土壤，有较丰富的经验。

本场地污染土壤修复时间紧，且污染物浓度不高，有大量粘土，适当调整比例可替代部分原料，或单独做为废物进行处置。

4.5.2 常温解吸技术

4.5.2.1 技术原理

常温解吸技术是利用土壤中有机污染物易挥发的特点，常温下通过土壤解吸机械设备（如双轴土壤改良机和筛分机等）对污染土壤进行强制扰动，必要时向污染土壤中均匀混入常温解吸药剂，增加土壤的孔隙度，使吸附于污染土壤颗粒内的挥发性有机物解吸和挥发，并最终通过密闭车间配备的通风管路及尾气处理系统得以收集去除。2011-2012 年，北京某卤代烃化工厂污染土壤治理工程中应用了该技术，是国内首次大规模应用，修复 VOCs 污染土壤超过 100 万立方米，工程实践证明该技术可有效处理 1,2-二氯乙烷、氯仿、氯乙烯、苯系物等 VOCs 污染土壤，达到了相关工程的修复目标。

常温解吸技术可处理的污染物类型包括：低浓度且具有易挥发性的有机污染物，如苯、萘、氯代烃等物质。该技术不宜用于处理高浓度、难挥发的有机污染物及重金属等。常温解吸技术示意图见下图。

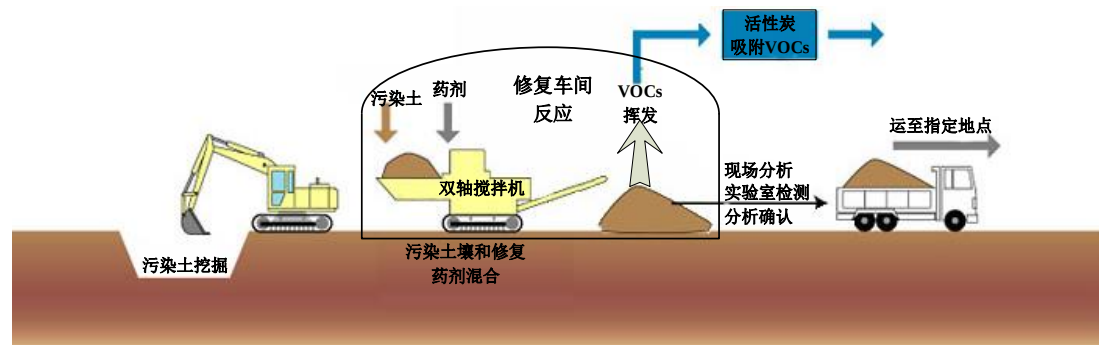


图 4.5-4 常温解吸技术示意图

4.5.2.2 国内应用案例

目前，常温解吸技术已成为我国挥发性污染土壤修复的最常用技术，在北京、江苏、大连等省市均有大规模的应用（见表 4.5-1）。其中，北京某大型氯碱化工场地自 2011 年开始采用原地异位常温解吸技术修复其挥发性污染土壤以来，至今已累计完成了近 300 万方污染土壤的修复，一次修复达标率近 98%，修复效果明显。图 4.5-5、图 4.5-6 为该场地土壤修复过程的相关图片。

表 4.5-1 常温解吸技术修复挥发性污染土壤的大型案例场地

序号	项目名称	实施时间	主要污染物
1	北京某氯碱化工厂场地土壤修复项目	2011~至今	氯代烃
2	北京某焦化厂场地土壤修复项目	2013~至今	苯系物
3	北京平谷某地块土壤修复项目	2014~至今	氯代烃、苯系物
4	南通某化工厂场地土壤修复项目	2013~至今	苯系物、氯代烃
5	大连某化工厂搬迁场地土壤修复项目	2013~2015	苯系物



图 4.5-5 北京某氯碱化工场地修复工程—空气膜结构密闭修复大棚



图 4.5-6 北京某氯碱化工场地修复工程—污染土壤翻抛修复过程

4.5.2.3 场地应用条件分析

目前大量的实际应用表明，常温解吸技术的修复效果不仅与修复工艺有关，还与其场地污染物的性质、土壤类型、土壤含水量及当地气温有密切关系。污染物挥发性越强、土壤粘性越小、含水量越低、气温越高，修复效果越好。反之，其修复效果越差，并将产生明显的拖尾现象。因此，在该技术应用之前，开展相关的应用条件分析是十分必要的。

贵州轮胎股份有限公司第一类用地区域需要修复 VOCs 类污染物共 2 种，分别为苯和 1,2,3-三氯丙烷，具有较低沸点和较高蒸汽压，常温下易挥发，在扰动情况下更易从土壤中逸出；两种 VOCs 其最大检出浓度分别为 4.2mg/kg 和 0.13mg/kg，最大超标 1.1 倍和 2.6 倍，污染浓度相对较轻；超标土层位于 0-2m 的杂填土中，平均含水率 11.8%，颗粒较大，具较高孔隙率，便于污染物气体从土壤中逸出；贵阳市属湿润的亚热带季风气候，阳光充足，雨量充沛，年平均气温为 13.5℃，通过大棚的增温，即便在冬季，棚内的平均温度也不会低于 20℃，明显高于本场地部分污染物的沸点，利于常温解吸技术的应用。再加之该技术修复时间较短、成本低、操作简单、管理方便，其设备国内均有，可租可买，同样能够满足场地在修复时间、费用、管理方面的要求。因此，可以认为，常温解吸技术用于该场地挥发性有机污染土壤的修复是完全可行的

4.5.3 热解吸技术

4.5.3.1 技术原理

热解吸(Thermal Desorption)也称热脱附，是指采用直接或间接热交换方式，将污染介质及其所含有的有机污染物加热到足够的温度（通常被加热到 150～540℃），使有机污染物从污染介质上得以挥发或分离的过程。空气、燃烧气体或惰性气体被作为蒸发污染物质的交换介质。热脱附系统是将污染物质从一相向另一相转移的一系列物理分离过程的组合。

热解吸技术主要可分为 2 个单元，第一单元为加热单元，通过加热将土壤中有机污染物挥发成气态后分离，在加热处理物质的过程中，亦会将土壤中的水分含量一起蒸发，故第一阶段的加热单元又称为干燥器；另一单元为气态污染物处理单元，含有污染物的气体处理达标后排放至大气。气体处理单元根据有机物

的性质、浓度及经济性等因素选燃烧等方式处理气态污染物。热解吸系统原理示意如下图。

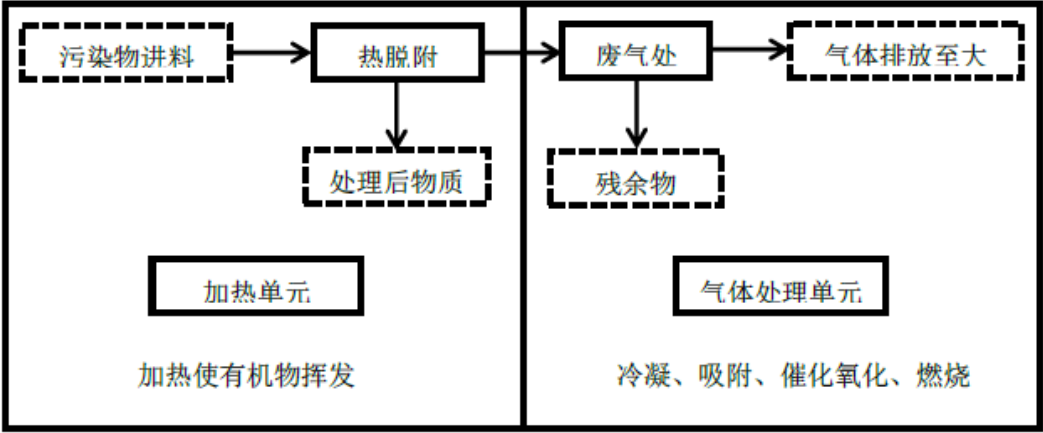


图 4.5-7 热脱附系统原理示意图

热脱附不同于焚烧，因为有机污染物的分解不是其预期目的。热脱附系统所采用的预定温度和停留时间将有选择地蒸发目标污染物质，而不是将其分解或氧化。通常采用处理前后污染物浓度水平的对比来衡量热脱附系统的性能和污染物去除水平。

该技术作为一种物理修复方法，土壤热脱附具有工艺原理简单、高效、操作灵活、安全稳定、处理迅速、对土壤理化性质影响小、恢复周期短等显著优点，从发明之初即被广泛应用于处理挥发性和半挥发性有机污染物的土壤和地块，如石油类芳香烃、多环芳烃等有机污染物，比较适合城市中心的受污染土壤或地块的快速修复，可以满足此类地块快速商业再开发的实际需求。

4.5.3.2 国内应用案例

热解吸技术可用于场地 VOCs 和 SVOCs 有机污染土壤的处置，目前也已成为我国场地污染土壤修复的一种主要处置技术。表 4.5-2 列出我国采用热脱附技术处置土壤中多环芳烃类污染物的部分案例场地。

表 4.5-2 采用热解吸技术修复挥发性和半挥发性污染土壤的案例场地

序号	项目名称	实施时间	主要污染物
1	北京某焦化厂污染土治理修复项目	2013~2015	多环芳烃、苯系物
2	重庆某化工厂场地土壤修复项目	2013~至今	多环芳烃
3	宁波某地块污染土壤修复工程	2014~至今	多环芳烃
4	杭州某农药厂场地污染土壤修复	2012~2014	多环芳烃

上述案例可见，热解吸技术用于处置土壤中 VOCs、SVOCs 污染的有机污染土壤在我国现阶段技术上是可行的，且目前应用较为成熟。

4.5.3.3 场地应用条件分析

土壤热脱附是一个热分离过程，污染物特性和浓度及土壤的质地、可塑性等物理指标会对其修复效果产生影响。本场地土壤中所需要修复的有机污染物为六六六农药类、氯代烃、苯系物等，其沸点大部分小于 600℃，在热脱附窑内温度大于 600℃的情况下，去除易于挥发的污染物，且不含氯元素，可避免产生二噁英。

本场地的土工试验结果也表明，本场地半挥发性有机物主要集中在第 2 层和第 3 层土壤中，土壤主要以粉质粘土、粉土夹砾石为主，含水率较小，有利于土壤中污染物的解吸。可见，热脱附技术适用于本场地土壤半挥发性有机污染物的修复。

另外，现场条件具备（燃料、场地空间等），热脱附技术可以在原地使用，减少污染土壤的运输成本和二次污染风险；热脱附设备目前国内也能生产，也可通过租赁获取，可节省修复费用。

4.5.4 固化/稳定化技术

4.5.4.1 技术原理

固化/稳定化是将有害废物固定或密封在惰性固体基质中，以降低污染物流动性的一种处理方法。其中，固化是将废物中的有害成分用惰性材料加以束缚的过程，而稳定化是将废物的有害成分进行化学改性或将其导入某种稳定的晶格结构中的过程，即固化通过采用具有高度结构完整性的整块固体将污染物密封起来以降低其物理有效性，而稳定化则降低了污染物的化学有效性。该技术的优点如下：

- （1）修复周期较短，异位、原位施工均可，保证修复与开发同步进行。
- （2）工艺成熟，实施简单，可靠程度高。
- （3）无需长期运行设备，运行及维护费用低于其他技术。
- （4）除固化体外，不会产生任何需要后续处理的废水或者废气；

固化/稳定化技术发展初期，受限于科学水平和机理了解，固化/稳定化药剂以较为简单的固化作用为主。代表性固化药剂包括水泥、粉煤灰、石灰、沥青等。以水泥固化为例，其固化机理为：

- （1）利用水化作用形成的具有高比表面积 of C-S-H 凝胶吸附污染物；
- （2）将污染物包裹于水化产物晶格当中；
- （3）使污染土壤形成结构致密、孔隙率少的固化体，降低污染物迁移；
- （4）水化产物具有较高 pH 值，可以有效降低酸沉降对固化体的破坏。

随着对药剂与污染物作用机理探索的深入，固化/稳定化药剂逐渐向稳定性好、用量少、易于使用的稳定化方向进行。

代表性的稳定化药剂包括：Daramend-M、EnviroBlend、EHC-M（地下水）、磷酸盐、硫化物药剂等。其稳定化主要机理为：

- （1）通过氧化还原反应改变污染物形态，降低其毒性，如采用零价铁、亚硫酸钠、硫化亚铁等还原剂将 Cr（VI）还原为 Cr（III）。
- （2）通过离子交换反应使污染物形成沉淀，降低迁移性，如使用磷酸盐、硫化物药剂处理铅污染土壤。

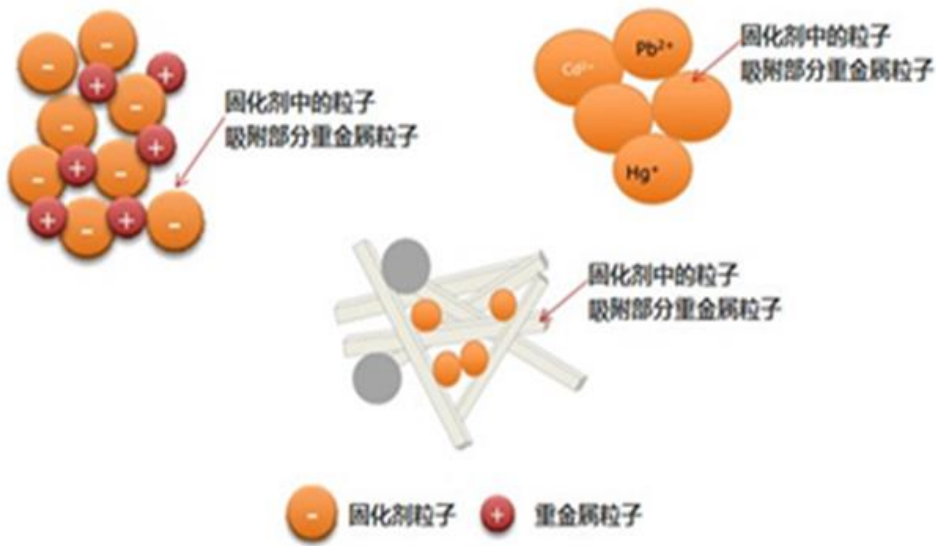


图 4.5-8 固化/稳定化反应机理示意图

4.5.4.2 国内应用案例

我国多个重金属复合污染土壤修复治理工程中应用了固化稳定化技术。下表是固化稳定化技术应用的案例。

表 4.5-3 固化/稳定化修复技术案例

序号	场地	场地特征条件	主要污染物	固化稳定化药剂
1	某发电厂地块	粘性土, 呈微碱性	重金属、多环芳烃	水泥等
2	南方某河流底泥固化稳定化处置	底泥	重金属	水泥、石灰、生物稳定剂等
3	山东裕兴化工厂六价铬污染场地	粉土、粉粘土、铬渣等	重金属六价铬	自制固化稳定化药剂

下图为固化/稳定化技术现场实施。



图 4.5-9 固化/稳定化技术现场实施

4.5.4.3 场地应用条件分析

固化稳定化技术应用条件比较宽松, 该场地修复范围内主要土质类型为: 杂填土、粉土和粘土, 含水率在 27.8-75.0%之间, 主要用于处理重金属、重金属与有机物复合污染的土壤。

4.5.5 化学氧化

4.5.5.1 技术原理

化学氧化技术是通过氧化剂与污染土壤充分混合接触, 把土壤中的有机污染物氧化为无害的或毒性更小的物质。该技术可氧化很多种有机污染物, 包括石油

类、多环芳烃、苯系物、有机溶剂类等。另外，其氧化处理后残留的少量污染物更容易被微生物降解，与其他技术相比成本低，处理速度更快。

但是化学氧化技术也有其不足之处：如氧化剂与非均质性土壤的混合程度、土壤含水率等均可影响氧化剂的迁移反应；部分氧化剂（如过氧化氢）需要特定的土壤 pH 条件下才能发挥最佳的氧化效果；部分氧化剂（如过氧化氢和臭氧）速度快而存在时间短；在使用强氧化剂时存在一定的健康和风险问题（带来废气释放等）；部分氧化剂氧化产生的副产物会降低土壤的渗透性。

采用合适的氧化剂是本技术的关键，可以使氧化剂与土壤中污染物接触达到较好的处理效果；另外，该技术可配合其他修复技术如土壤蒸汽提取（SVE）可处理产生的废气，减少健康和风险问题，避免化学氧化的一些缺陷，达到较好的处理效果。

同时，化学氧化处理的整个过程中需要全过程监测，通过注射井或提取井可用于监测地下污染物的变化和氧化剂的变化，监测观察是否有地下污染物的反弹，了解有机污染物被氧化的程度判断氧化剂的氧化效果。根据监测结果来判断是否需要进一步的添加氧化剂，最终更彻底，更经济的降解地下的污染物

4.5.5.2 国内应用案例

化学氧化技术可用于有机污染场地修复治理，主要污染物包括苯系物(BTEX)、石油烃(TPH)、多环芳烃(PAHs)、甲基叔丁基醚(MTBE)、多氯联苯(PCBs)、酚类及除草剂等。由于不同污染物的污染特征不同，修复时对氧化剂的需求不同，同时，不同污染场地的场地特征，对氧化剂的选择性也有差异。常用的氧化剂包括高锰酸盐、臭氧、过氧化氢及过硫酸盐等。表 4.5-4 列出化学氧化技术处置多环芳烃、石油烃等污染场地的案例。

表 4.5-4 化学氧化技术修复案例

序号	场地	场地特征条件	主要污染物	氧化剂类型	去除效果
1	某加油站旧址污染场地	粉土为主，少量粘土	苯系物、石油烃	fenton 试剂	苯系物 88%，多环芳烃 93%
2	燃油配送点遗留场地	以覆土和粉土为主	多环芳烃	臭氧-氧	多环芳烃 90%
3	浙江省嘉兴市某农化厂原址	粉土、粉粘土	多环芳烃等	fenton 试剂和过硫酸盐	综合去除 90%

4.5.5.3 场地应用条件分析

本场地土壤中超标的有机污染物为 α -六六六、 β -六六六、1,2,3-三氯丙烷、苯和 TPH (C₁₀-C₄₀)，可以通过选取合适的氧化剂，并确定合适的药剂投加比，达到去除土壤中有机污染物的目的。

4.5.6 污染途径阻断技术

4.5.6.1 技术原理

污染途径阻隔是将污染土壤或经过治理后的土壤置于防渗阻隔填埋场内，或通过敷设阻隔层阻断土壤中污染物迁移扩散的途径，使污染土壤与四周环境隔离，避免污染物与人体接触和随降水或地下水迁移进而对人体和周围环境造成危害。

该技术按实施方式可以分为原位阻隔覆盖和异位阻隔填埋。原位阻隔覆盖是将污染区域通过在四周建设阻隔层，并在污染区域顶部覆盖隔离层，将污染区域四周及顶部完全与周围隔离，避免污染物与人体接触和随地下水向四周迁移。也可以根据场地实际情况结合风险评估结果，选择只在场地四周建设阻隔层或只在顶部建设覆盖层。异位阻隔填埋是将污染土壤或经过治理后的土壤阻隔填埋在由高密度聚乙烯膜（HDPE）等防渗阻隔材料组成的防渗阻隔填埋场里，使污染土壤与四周环境隔离，防止污染土壤中的污染物随降水或地下水迁移，污染周边环境，影响人体健康。该技术虽不能降低土壤中污染物本身的毒性和体积，但可以降低污染物在地表的暴露及其迁移性。

污染途径阻断技术的系统构成和主要设备如下：

（1）原位土壤阻隔覆盖系统主要由土壤阻隔系统、土壤覆盖系统、监测系统组成。土壤阻隔系统主要由 HDPE 膜、泥浆墙等防渗阻隔材料组成，通过在污染区域四周建设阻隔层，将污染区域限制在某一特定区域；土壤覆盖系统通常由粘土层、人工合成材料衬层、砂层、覆盖层等一层或多层组合而成；监测系统主要是由阻隔区域上下游的监测井构成。

（2）异位土壤阻隔填埋系统主要由土壤预处理系统、填埋场防渗阻隔系统、渗滤液收集系统、封场系统、排水系统、监测系统组成。其中：该填埋场防渗系统通常由 HDPE 膜、土工布、钠基膨润土、土工排水网、天然粘土等防渗阻隔

材料构筑而成。根据项目所在地地质及污染土壤情况需要，通常还可以设置地下水导排系统与气体抽排系统或者地面生态覆盖系统。

4.5.6.2 国内应用案例

阻隔技术是在污染土壤的表层设不渗透的封闭覆盖层，在可能扩散的垂直方向和水平方向设不渗透的封闭墙，阻止污染物扩散。常用的封闭材料如人造膜、膨润土、沥青、钢铁、混凝土等。要对污染区域进行封闭或对人类活动有限制。同时，要定时对场地进行监测。阻隔技术的应用案例见表 4.5-5 所示。

表 4.5-5 阻隔技术应用案例

序号	项目名称	主要污染物	工程量
1	某水源地重金属污染土壤综合治理项目	Cr、Pb、Cd、As、Cu、Zn、Hg、Ni	17 万方
2	北京某大型氯碱化工厂	Cu、Hg、Pb、As	11.39 万方
3	郑州某化工厂污染场地修复项目	氯代烃	
4	成都某软件园地块土壤修复项目	VOCs	

4.5.6.3 场地应用条件分析

按照规划，轮胎厂主厂区东侧原锅炉房附近区域将作为城市道路，目前已被市政部门征收。该区域道路为支路，后期仅可能开挖铺设各类工程管线，而不进行大规模的开挖铺设综合管廊，受扰动深度较浅。

另外道路部分区域仅表层较小范围存在苯污染，2m 以下土层仅受重金属砷污染。砷的主要暴露途径为经口摄入和皮肤接触两种途径。采用阻隔的方式，可以有效切断暴露途径，有效防止对受体产生危害。因此道路部分针对仅受砷污染的 2m 以下的土壤，建议可以采用原位阻隔的方式，切断暴露途径。

5 场地土壤修复方案确定

5.1 场地土壤修复总体思路

5.1.1 土壤处置方式的选择需结合用地类型

目前除 2016 年 12 月已移交的锅炉房区域已确定作为道路外,场地其余区域的未来规划还未最终确定,初步了解场地未来规划为商住用地。场地规划作为道路的区域按照第二类用地开展场地调查及风险评估工作。厂区其余用地目前用地规划尚未明确,按照《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018) 5.3.1 节中的相关要求,对用地规划用途不明确的,适用第一类用地的筛选值和管制值进行,以最大限度保护人体健康。本场地土壤的修复目标值根据场地土地利用规划的不同而有所不同。比如第一类用地区域,砷的修复目标值为 47.5mg/kg(前进公司区域 50mg/kg),而第二类用地区域,其修复目标值为 60mg/kg。因此在进行场地不同区域污染土壤开挖、修复、验收的过程中,需对不同规划用途区域的污染进行分别处置,以保证修复质量。

项目区目前初步确定的用地类型划分详见图 5.1-1 所示。若项目区后期规划最终确定,土壤处置方式建议结合地块的最终规划进行合理的调整。

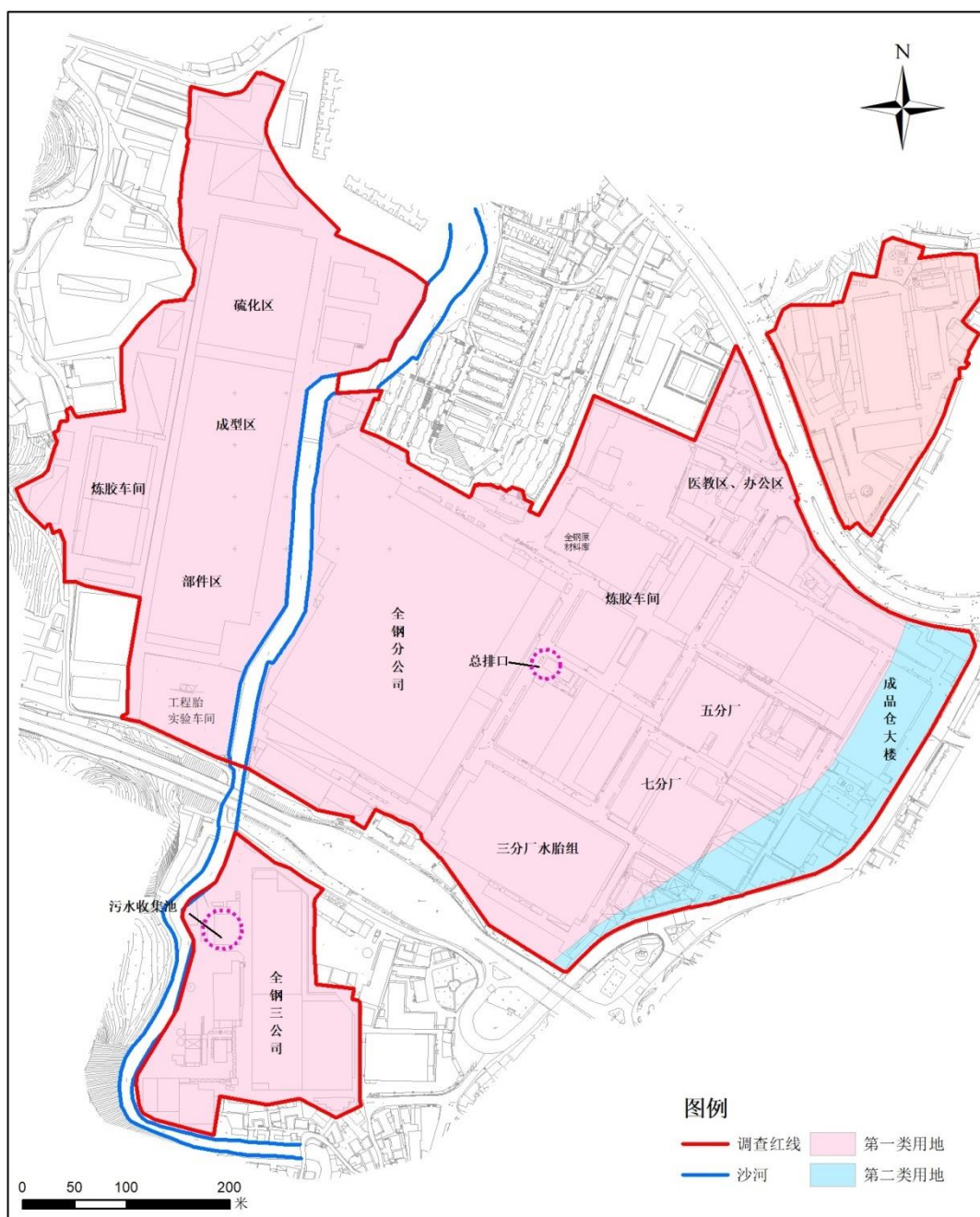


图 5.1-1 场区用地类型分类

5.1.2 重金属和有机污染土壤分别处置

场地污染土壤未发现复合污染的土壤，仅为单独重金属污染土壤、单独 VOCs 污染、单独 SVOCs 和单独 TPH 污染土壤。在进行修复方案设计时，需根据场地内污染物种类的不同，采取不同的修复技术，同时兼顾工艺技术的经济性、适用性，选用能协同处置多种污染物的工艺技术，注重各工艺技术的衔接及协调。

5.1.3 土壤修复深度

5.1.3.1 第一类用地区域修复深度

针对场地内暂时按照第一类用地进行处理的区域，因区域的规划尚未确定，初步按照最保守的方式，按照各层污染土壤全部清挖来进行异地治理的方式进行方案设计。如后续具体规划确定后，建议需结合各地块的具体规划，对各地块的修复深度进行进一步的确定。

比如根据业主提供的相关资料，拟在项目区目前初步确定的第一类用地区域修建一条自西向东的道路穿过整个厂区（详见图 5.1-2）。另外还会规划相应的绿地区域。这些区域的修复深度，均需根据场地后期的具体规划进行最终确定。



图 5.1-2 场区周边拟建道路示意图

比如按照《住宅设计规范》规定，地下室、半地下室作储藏间、自行车库和设备用房使用时，其净高不得低于 2 米；当作汽车库时，应符合现行行业标准《汽车库建筑设计规范》的有关规定，即汽车库内室内最小净高微型车、小型车为 2.2 米。而参照贵阳市住宅开发建设的一般模式，一般高层建筑物将建设 2 层地库，开挖深度一般在 8m 左右。因场地第一类用地区域内，8m 以下仅在 A2 区存在重金属砷污染土壤，其主要暴露途径为经口摄入和皮肤接触两种途径。可以采用阻隔的方式，有效切断暴露途径，从而降低和消除场地污染物对人体健康和环

境的风险；但目前仍有建造 4 层地下室的建筑，如需建造 4 层地下室，需所有土层内的污染土壤均进行清挖。

因此在进行第一类用地区域修复工程实施时，需充分结合规划，进行修复深度的合理调整。

5.1.3.2 第二类用地区域修复深度

按照规划，轮胎厂主厂区东侧原锅炉房附近区域将作为城市道路，目前已被市政部门征收。目前道路的设计高程未完全确定，但该区域与现有道路高程无较大差距。按照《城市工程管线综合规划规范》（GB 50289-2016）中的相关要求，城市给水、排水、再生水、直埋电力及湿燃气等各类工程管线在铺设过程中，需满足的最小覆土厚度要求见下表所示。

表 5.1-1 工程管线的最小覆土厚度

管线名称		给水 管线	排水 管线	再生 水管 线	电力管线		通信管线		直埋 热力 管线	燃 气 管 线	管 沟
					直埋	保 护 管	直埋及 塑料、混 凝土保 护管	钢保 护管			
最小 覆土 厚度	非机动车道 (含人行道)	0.60	0.60	0.60	0.70	0.50	0.60	0.60	0.70	0.60	-
	机动车道	0.70	0.70	0.70	1.00	0.50	0.90	0.60	1.00	0.90	0.50

注：聚乙烯给水管线机动车道下最小覆土厚度不宜小于 1.00m

从表中可见，道路部分工程管线的最小覆土厚度要求在 1m 左右，考虑道路设计标高及管道直径等因素，第二类用地区域 2m 以内的土层可能受到扰动而暴露于人体，对人群健康产生潜在影响。因此建议道路部分 0-2m 的土层采用清挖、修复的处理方式。对于道路部分 2m 以下的区域，因仅为重金属砷污染，其主要暴露途径为经口摄入和皮肤接触两种途径。采用阻隔的方式，可以有效切断暴露途径，从而降低和消除场地污染物对人体健康和环境的风险。

5.1.4 修复工程量统计

本项目污染土壤各层各类污染物的修复工程量统计情况见表 5.1-2 所示。本次工作范围内总修复方量约 168595m³，其中第一类用地 138716 m³，第二类用地 29879.6 m³。

表 5.1-2 修复工程量统计

用地类型	分层	修复方量/m ³					总计
		单独重金属	单独SVOCs	单独VOCs	TPH	合计	
第一类用地	第 1 层	30708	0	452	366	31526	138716
	第 2 层	83422	760	0	677	84859	
	第 3 层	16150	2645	0	0	18795	
	第 4 层	3536	0	0	0	3536	
第二类用地	第 1 层	5467	0	790	0	6257	29880
	第 2 层	17904	0	0	0	17904	
	第 3 层	4095	0	0	0	4095	
	第 4 层	1623	0	0	0	1623	
共计		162906	3405	1242	1044		168595

5.2 土壤修复备选方案

5.2.1 修复备选方案的形成

备选方案的形成应在前述土壤修复技术筛选与评估结果基础上,综合考虑场地总体修复目标、修复策略、环境管理要求、污染现状、场地特征条件、水文地质条件,对各种可行技术进行合理组合,获得能够实现修复总体目标的潜在可行技术备选方案。技术备选方案的形成过程见下图。

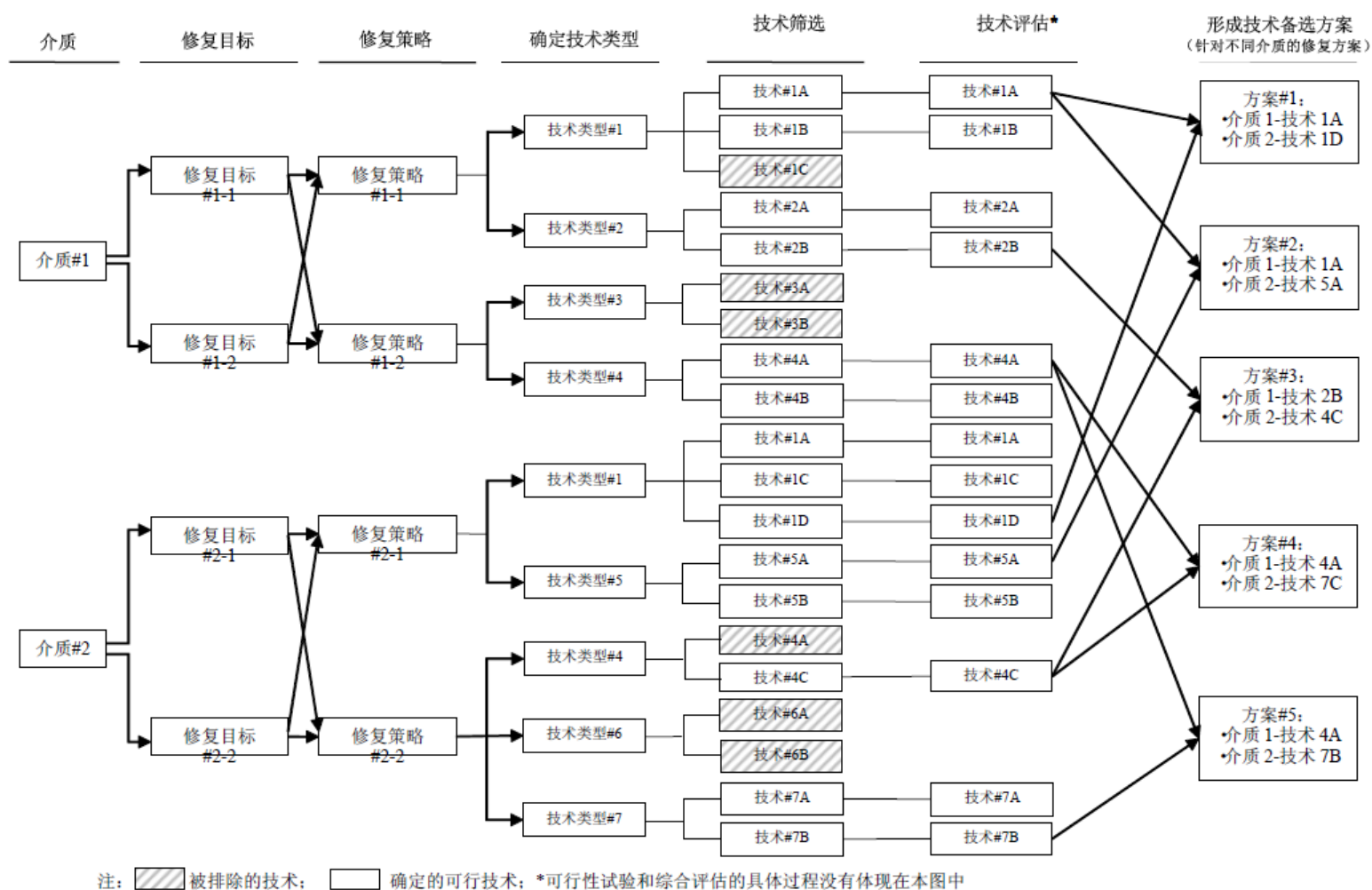


图 5.2-1 修复方案形成过程

5.2.2 修复备选方案

由于场区土壤中共 10 种污染物需进行修复，其中第一类用地区域共 9 种，包括重金属 5 种（砷、镉、铬、镍、铅）、农药 2 种（ α -六六六、 β -六六六）、卤代脂肪族化合物 1 种（1,2,3-三氯丙烷）、TPH（C₁₀-C₄₀）等 9 种污染物；第二类地区域共 2 种需要修复，包括重金属 1 种（砷）、苯系物 1 种（苯）。

根据项目场地土壤修复技术筛选与评估结果，结合场地总体修复目标、修复策略、环境管理要求、污染现状、场地特征条件、水文地质条件，根据本场地内各区域的污染情况及特征，对各种可行技术进行合理组合，形成了能够实现修复总体目标的三种修复技术备选方案。备选方案具体如下：

1. 方案一：水泥窑协同处置+原位阻隔

该方案主要思路为对第一类用地区污染土壤及第二类用地区（A1 区）的第一层污染土壤进行清挖并进行异地修复，异地修复技术采用水泥窑协同处置技术处置污染土壤（144973 m³），第二类用地区第一层（0-2m）以下污染土壤（23622 m³）采取原位阻隔的污染途径阻断技术。

表 5.2-1 方案一污染土壤处置方式及处理量

序号	污染土壤种类	污染土方量（m ³ ）	处置技术
1	第一类用地区污染土壤	138716	水泥窑协同处置
2	第二类用地区第一层污染土壤	6257	水泥窑协同处置
3	第二类用地区一层以下污染土壤	23622	原位阻隔
4	共计	168595	

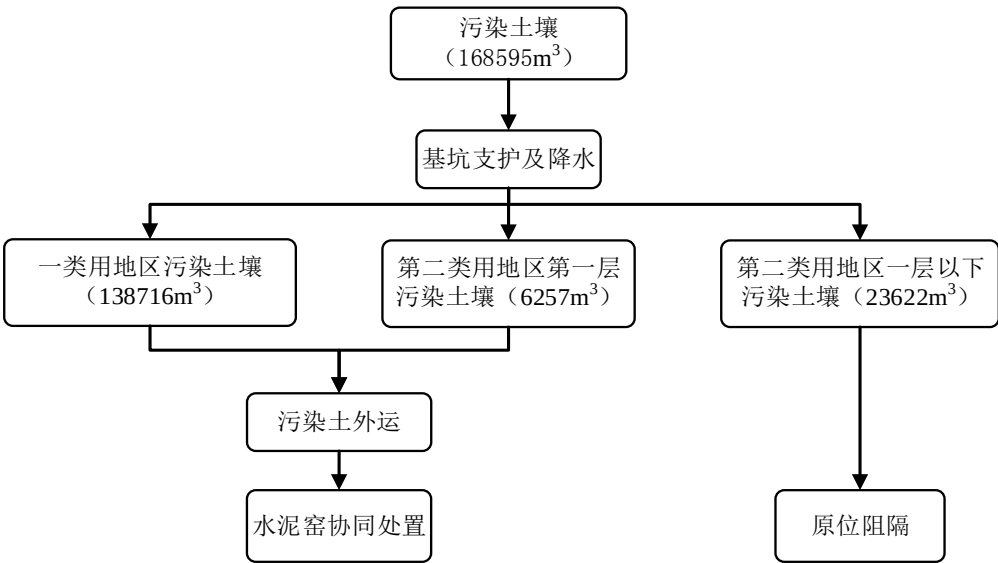


图 5.2-2 污染土壤处置方案一

2. 方案二：固化/稳定化+水泥窑协同处置

该方案第二类用地区一层以下污染土壤（23622 m³）仍采用原位阻隔的污染途径阻断技术，第一类用地区污染土壤及第二类用地区（A1 区）第一层污染土壤根据污染物的不同采用不同的处置方案，其中，重金属污染土壤（139283 m³）采用固化/稳定化技术，场内的 VOCs（苯及 1,2,3-三氯丙烷）、SVOCs（α-六六六、β-六六六）、TPH 类等有机污染土壤（5690 m³）采用水泥窑协同处置。各污染物处置技术具体如下：

表 5.2-2 方案二污染土壤处置方式及处理量

序号	污染土壤种类	污染土方量（m ³ ）	处置技术
1	第一类用地区重金属污染土壤	139283	固化稳定化
2	全场地有机污染土壤	5690	水泥窑协同处置
3	第二类用地区一层以下污染土壤	23622	原位阻隔
4	共计	168595	

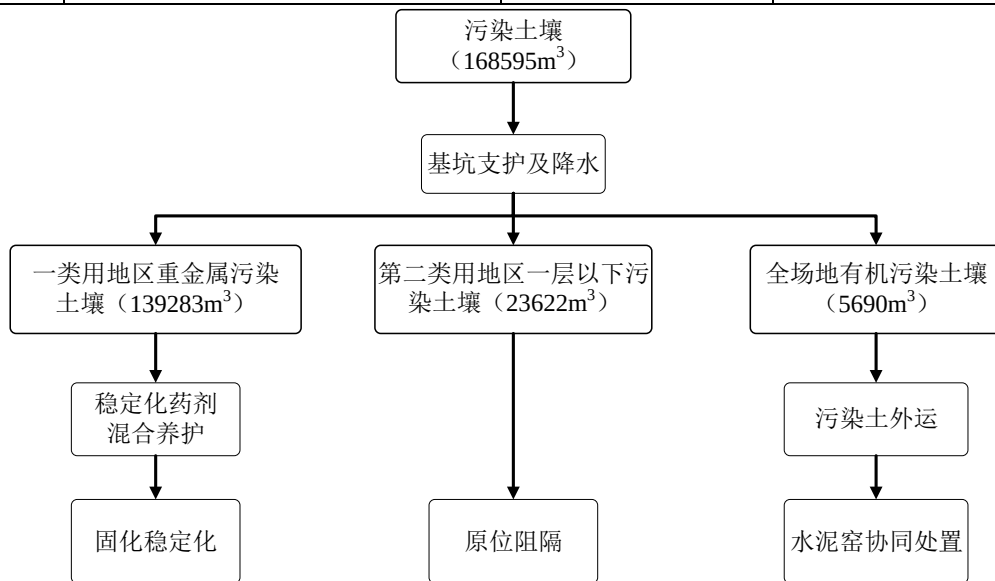


图 5.2-3 污染土壤处置方案二

3. 方案三：固化稳定化+填埋+化学氧化+原位阻隔

该方案第二类用地区一层以下污染土壤（23622 m³）仍采用原位阻隔的污染途径阻断技术，第一类用地区污染土壤及第二类用地区（A1 区）第一层污染土壤根据污染物的不同采用不同的处置方案，其中，重金属污染土壤（139283 m³）采用固化/稳定化技术或填埋（其中，固化稳定化暂计 60000 m³，填埋暂计 79283 m³），场内的 VOCs（苯及 1,2,3-三氯丙烷）、SVOCs（α-六六六、β-六六六）、TPH 类等有机污染土壤（5690 m³）采用化学氧化处置。各污染物处置技术具体如下：

表 5.2-3 方案三污染土壤处置方式及处理量

序号	污染土壤种类	污染土方量 (m ³)	处置技术
1	第一类用地区重金属污染土壤	60000	固化稳定化
2	第一类用地区重金属污染土壤	79283	填埋
3	全场地有机污染土壤	5690	化学氧化处置
4	第二类用地区一层以下污染土壤	23622	原位阻隔
5	共计	168595	

说明：（1）根据场地调查结果，初步估计砷的浓度超标修复目标值 2 倍以上（约 100mg/kg）的土壤约占总量的 55%左右，方量约 79283 方。对砷超标两倍以上土壤，建议可采用填埋的处理方式，对砷超标在 2 倍以下的土壤，可采用固化稳定化的处理方式。

（2）具体施工时，可根据填埋场的实际库容情况进行调整，以工业渣库可填埋方量为最终填埋土方量，剩余部分采用固化稳定化技术处置。

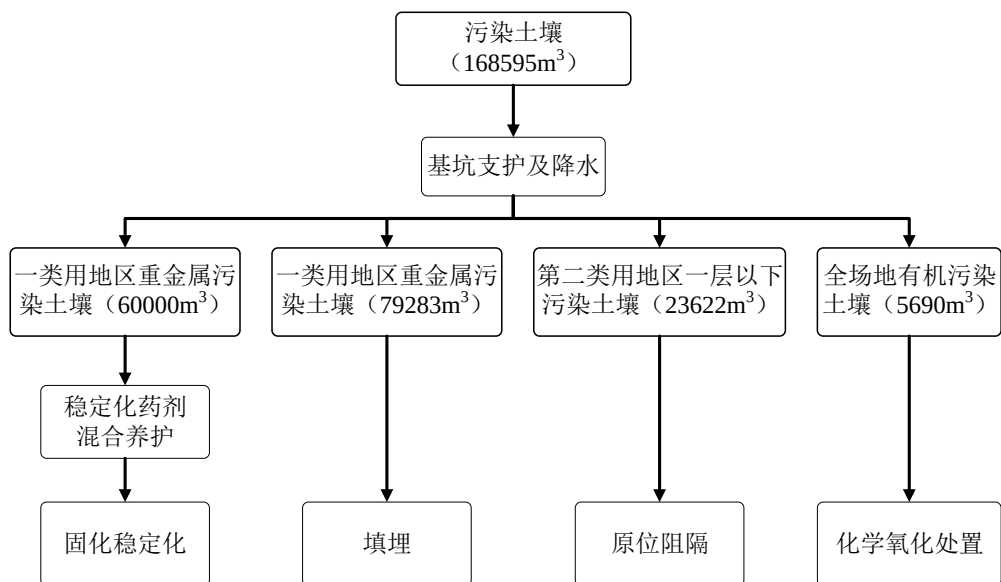


图 5.2-4 污染土壤处置方案三

5.3 方案一初步设计

5.3.1 技术路线

方案一污染土壤修复技术路线如下图。

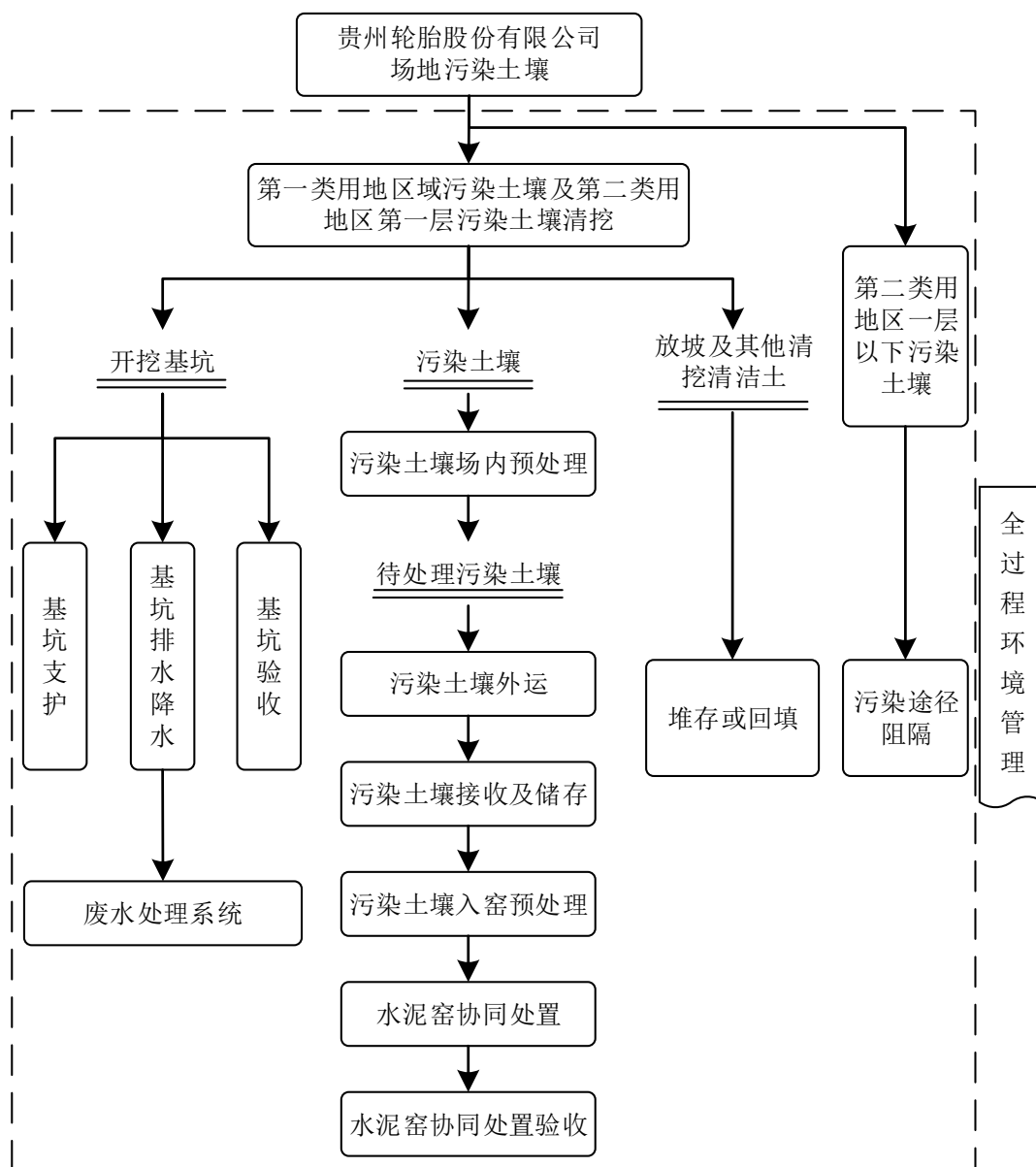


图 5.3-1 修复方案总体设计

总体方案说明如下：

（1）污染土壤处置过程实行全过程管理，对修复期间土壤、大气、水、噪声等污染进行防控，并对劳动人员职业安全进行全面保护。

（2）根据场地土地利用规划，场地内第一类用地区域的污染土壤全部清挖后运至水泥窑协同处置厂处置，第二类用地区域内的第一层污染土壤区域清挖后运至水泥窑协同处置厂处置，第二类用地区域内一层以下污染土壤在原位进行阻隔阻断污染途径。

(3) 场地内的污染土壤采取合理的开挖方案清挖后，将污染土运至场内预处理车间进行预处理，清挖过程产生的清洁土就近位置堆存。

(4) 清挖过程应做好基坑支护及降水排水工作，并对基坑的底部和侧壁土壤进行采样检测，检验污染土壤是否已经开挖完成。

(5) 基坑开挖过程产生的废水经废水处理系统处置后排放。

(6) 污染土壤场地内预处理完毕后，采用环保密封运输车运送至协同处置水泥厂。水泥厂接收后，按要求对水泥厂进行贮存及预处理，并按要求进行协同处置。

5.3.2 土壤清挖方案

5.3.2.1 清挖区域及工程量

1. 场地调查土层分层划分情况

根据场地调查结果，本场地分为 4 个区域，分别为主厂区沙河以东（A 区）、主厂区沙河以西（B 区）、全钢三公司（C 区）、前进公司（D 区）。其中，A 区东侧的道路部分（第二类用地）划分为一个单独的 A1 区，其他其余区域则划分为 A2 区。场地调查及风险评估过程对各区域分层调查及评估，各区域土层分层划分情况如下：

(1) A 区：自地面而下共分 4 层，第 1 层（0-2 m）、第 2 层（2-5 m）、第 3 层（5-8 m）、第 4 层（>8 m）；

(2) B 区：自地面而下共分 2 层，第 1 层（0-2 m）、第 2 层（>2 m）；

(3) C 区：自地面而下共分 3 层，第 1 层（0-1.5 m）、第 2 层（1.5-4 m）、第 3 层（>4 m）；

(4) D 区：自地面而下共分 3 层，第 1、2 层（0-1 m）、第 3-7 层（1-4 m）、第 8-10 层（4-8 m）。场地各区的分层划分情况如下表：

表 5.3-1 场地各区土层划分情况

分区	土层	深度	层厚（m）
A 区	第 1 层	0-2m	2
	第 2 层	2-5m	3
	第 3 层	5-8m	3
	第 4 层	>8m	2

分区	土层	深度	层厚 (m)
B 区	第 1 层	0-2m	2
	第 2 层	>2m	1.5
C 区	第 1 层	0-1.5m	1.5
	第 2 层	1.5-4m	2.5
	第 3 层	>4m	1
D 区	第 1、2 层	0-1.0m	1.0
	第 3-7 层	1.0-4.0m	3.0
	第 8-10 层	4.0-8.0m	4.0

2. 修复区域分层叠加

由于场地内污染土壤在土层深度各分层上的分布范围不尽相同，存在重合、包含、相交等情况，清挖区域应为各区域各分层修复区域的叠加区域。根据各区域的分层修复范围进行逻辑（布尔）运算后，获得场地内修复范围分层叠加图及各层清挖范围图。

全厂区各层土壤中修复范围叠加图见下图所示。可见各层修复范围存在叠加的情况，在进行清挖范围统计时，需考虑下层的叠加情况。

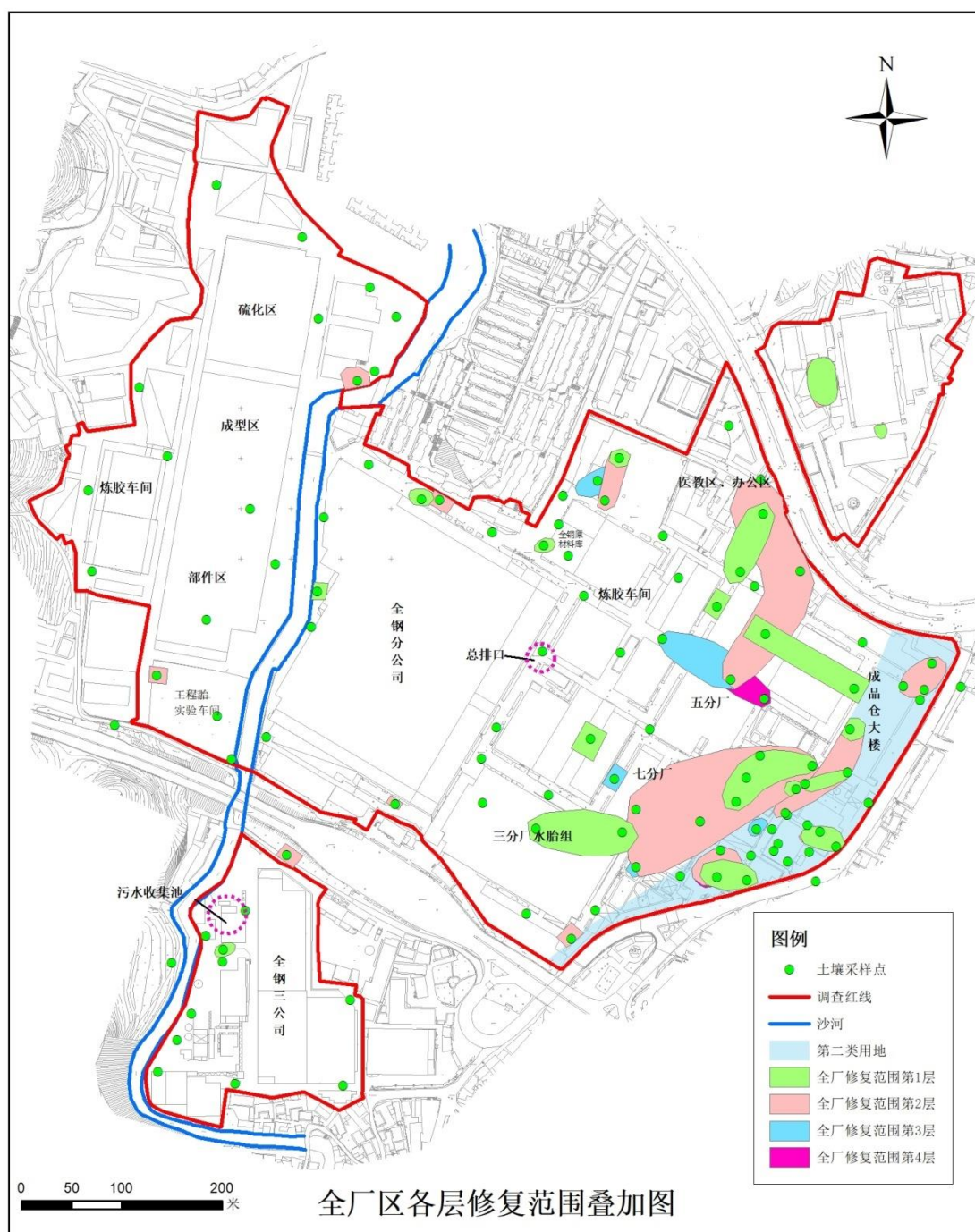


图 5.3-2 全厂区各层修复范围叠加图

由于部分下层污染土壤被上层非污染土覆盖，清挖时需先将上层非污染土壤清挖，故修复范围叠加图的边界即为清挖范围线。综合考虑了全厂各层修复范围的叠加情况，最终绘制完成全厂区各层的清挖范围。全厂区各层清挖工程量统计见表 5.3-2 所示。各层清挖范围见图 5.3-3 至 5.3-6 所示。

表 5.3-2 清挖工程量统计表

区域	土层	修复深度 (m)	面积/m ²			方量/m ³		
			修复面积	新增开挖面积	总开挖面积	污染土方量	新开挖清洁土	总清挖量
A1区	第1层	0-2m	3129	0	3129	6257	0	6257
	第2层	2-5m	5968	-5968	0	17904	0	0
	第3层	5-8m	1365	-1365	0	4095	0	0
	第4层	>8m	811	-811	0	1623	0	0
A2区	第1层	0-2m	15063	24376	39439	30127	48751	78878
	第2层	2-5m	26569	4409	30978	79707	13226	92933
	第3层	5-8m	5381	835	6216	16143	2506	18649
	第4层	>8m	1768	0	1768	3536	0	3536
B区	第1层	0-2m	0	800	800	0	1599	1599
	第2层	>2m	800	0	800	1200	0	1200
C区	第1层	0-1.5m	224	340	564	336	510	846
	第2层	1.5-4m	340	0	340	849	0	849
	第3层	>4m	0	0	0	0	0	0
D区	第1-2层	0-1m	1063	347	1409	1063	347	1409
	第3-7层	1-4m	1034	153	1187	3103	459	3562
	第8-10层	4-8m	663	0	663	2652	0	2652
共计			64179	23114	87293	168596	67398	212371

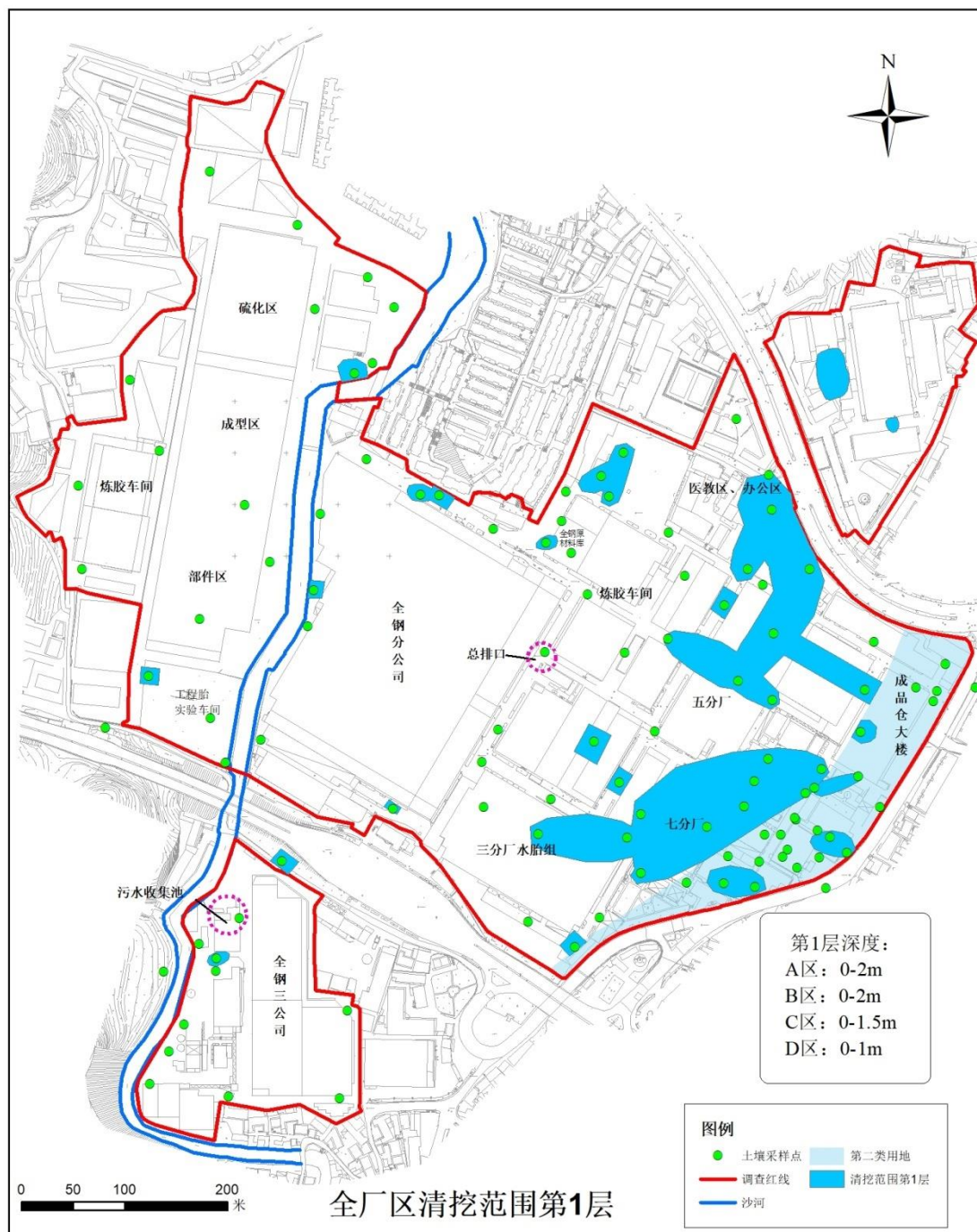


图 5.3-3 全厂区第 1 层清挖范围图

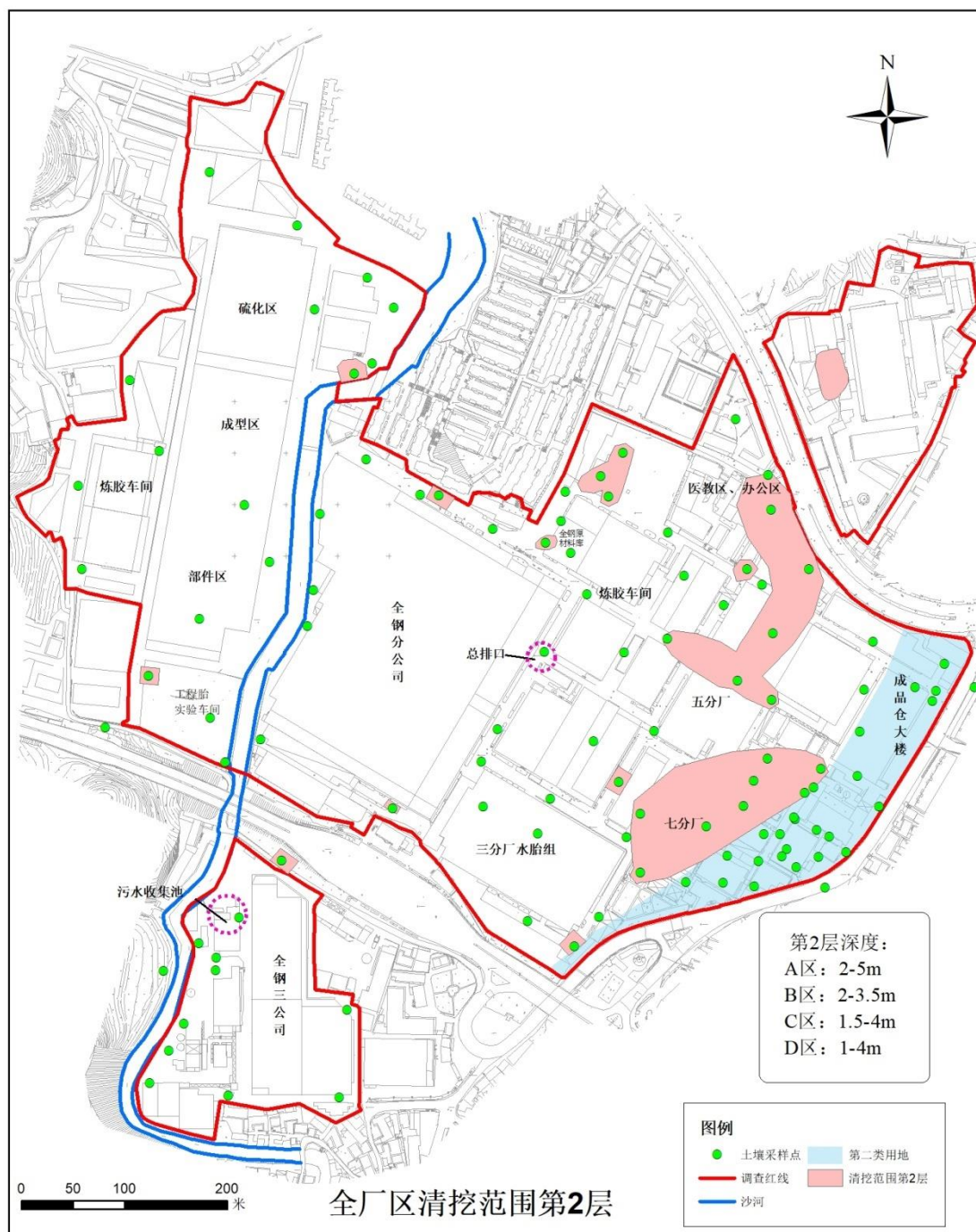


图 5.3-4 全厂区第 2 层清挖范围图

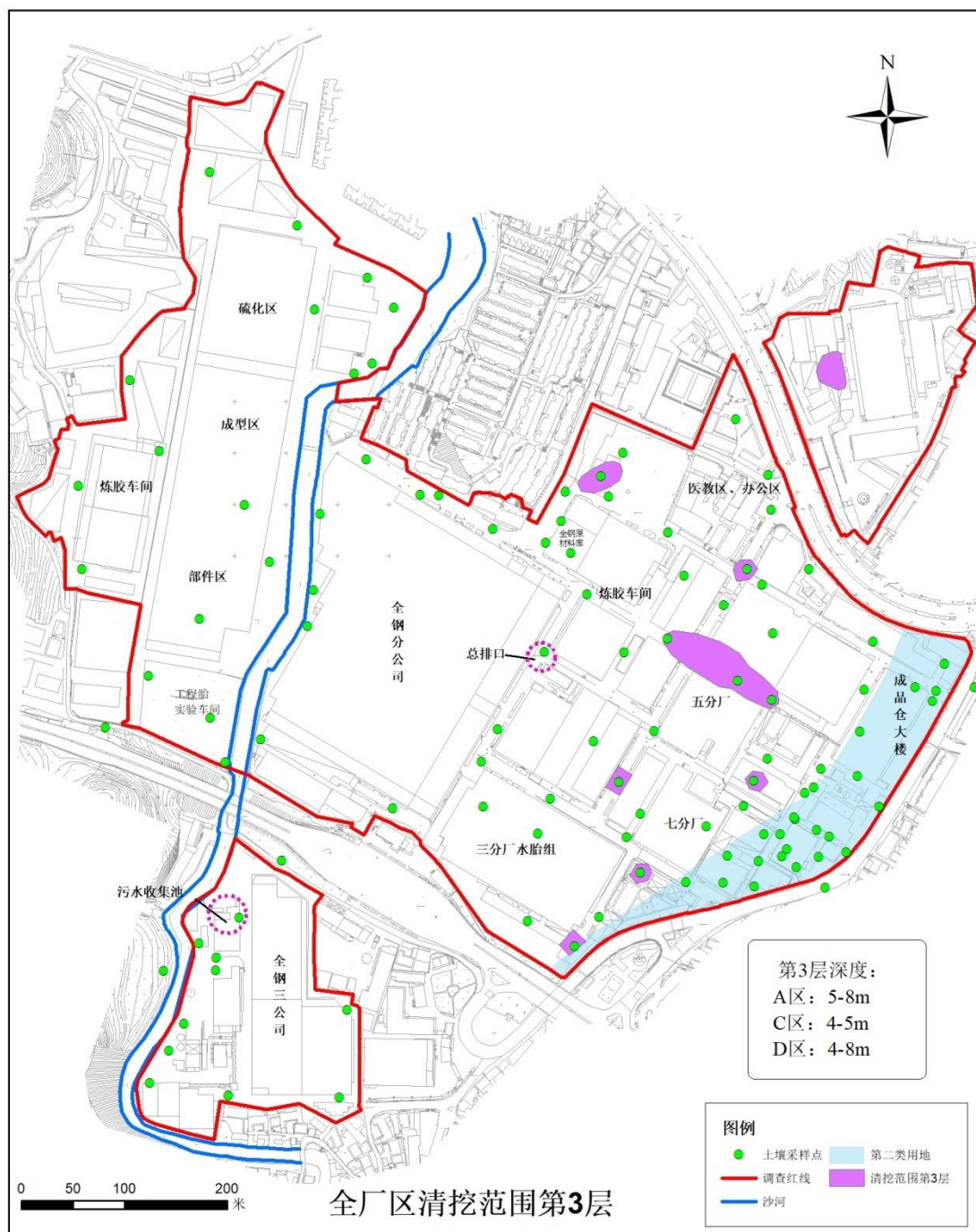


图 5.3-5 全厂区第 3 层清挖范围图

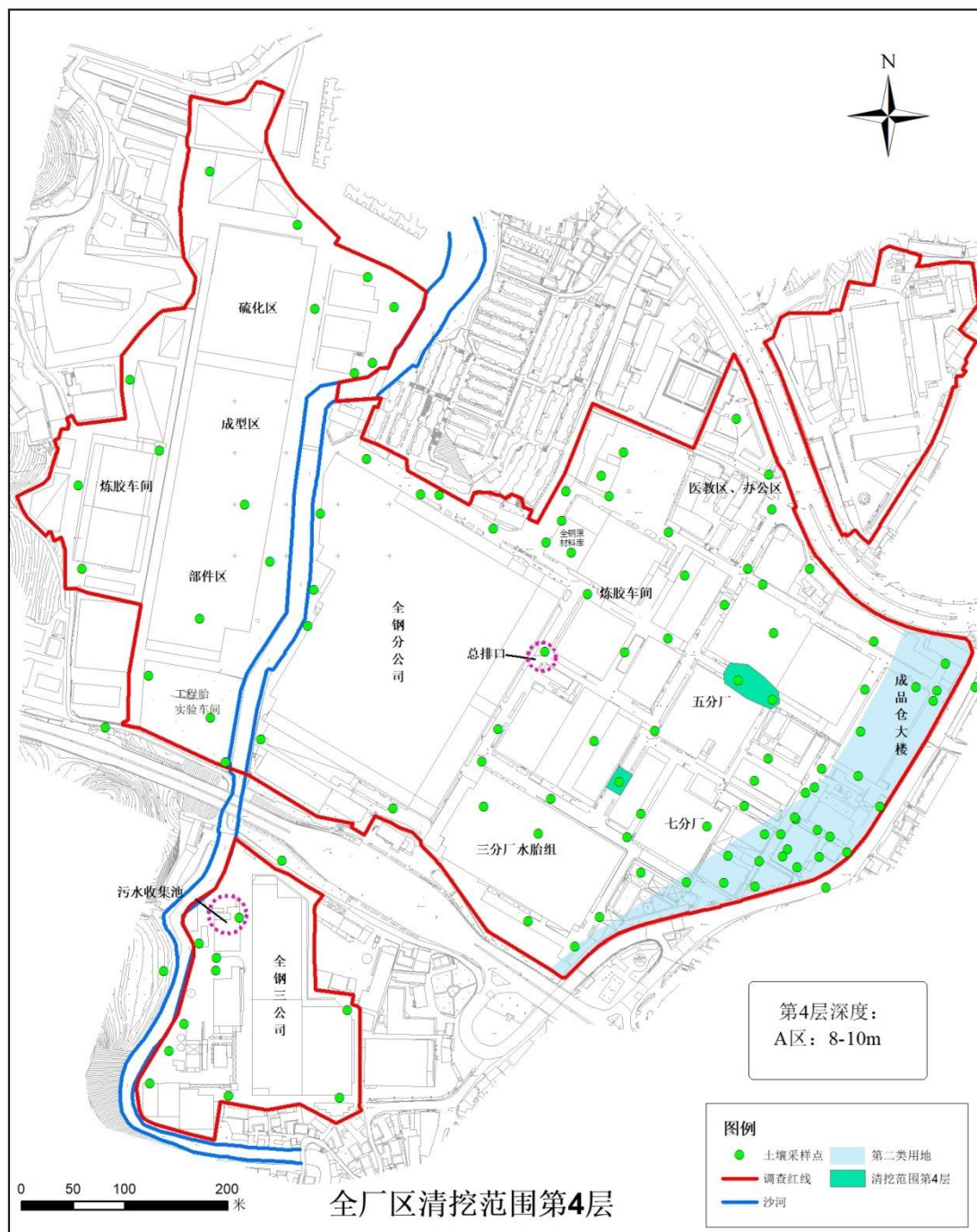


图 5.3-6 全厂区第 4 层清挖范围图

5.3.2.2 清挖工艺流程

根据场地现场污染土分布情况，结合工程现场施工条件具备情况，按照污染物不同种类，分块分层进行开挖，合理安排污染土开挖及运输工作，避免由于开挖顺序不合理造成二次污染。

污染土壤开挖深度按照场地环境调查取样检测孔口标高为基准向下开挖至该区域要求的修复深度。2 米以内深度基坑无需考虑放坡，一次开挖到达深度；2 米深以上基坑需根据土质情况按规范要求进行放坡，并分层开挖。有机污染区及重金属因处理方式不相同，需要分开清挖、运输、存储及处理。污染土壤清挖工艺如下图。

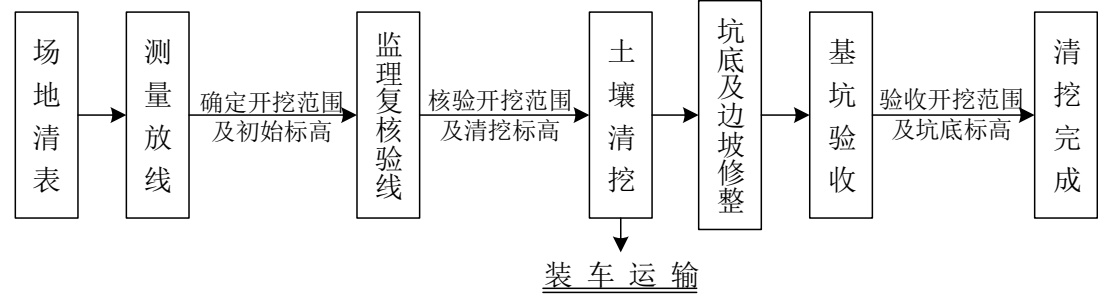


图 5.3-7 污染土壤清挖工艺流程

1. 场地清表

挖除、清理污染场地地块表面的垃圾、废弃物、构建筑物等，并凿除部分区域表层的混凝土面层。

2. 定位放线

开挖前由测量员根据开挖平面图和测量定位图用白灰划出开挖边缘线，同时测量现状标高，与场地风险评估报告确定的孔口标高进行核对。

3. 验线复核

项目测量人员放完开挖边线后请监理工程师验线，经监理工程师认可后方可破土开挖。

4. 土壤清挖

清挖过程必须严格按照挖土顺序挖土，为使得土方施工能按计划顺利实施，必须保证土方施工连续。严格按照放出的灰线开挖边界开挖，不准出现多挖、漏挖的情况；由于方案变动造成的多挖，必须出具监理及业主意见，方可重新放线开挖；开挖以场地风险评估报告给定的孔口标高为基准标高，按修复深度要求开挖。

5. 土壤运输

使用国家统一标准的环保绿色封闭式渣土运输车，随挖随装车，装车高度不超过车厢槽帮，并采用挖掘机进行表面平整和简单沉压后，将密封盖合拢后，根

据污染物类别分别运至相对应的存储处理场地，保证污染土壤不落地、不二次装车，尽量减少污染土的现场堆存，避免造成二次污染。

6. 边坡修整

对基坑边坡某些不稳定、有碍进一步施工等区域进行修整，保证施工顺畅，保障施工安全。

7. 基坑验收

基坑开挖到位且边坡修理完成后，及时请工程监理进行基坑开挖工程验收；办理完成基坑工程验收后，由环境监理及委托的第三方检测机构对基坑清理效果取样检测。

5.3.2.3 土壤清挖要求

1. 总体要求

（1）土壤清挖施工须从全局上对整个修复过程进行部署，施工中除配置好各种机械设备外，还需将各种施工人员调配妥当。

（2）本场地基坑多、开挖深度不一且分布零散，土方开挖严格遵守“分区域、分层、分污染类型”的施工方法。

（3）污染土挖运应与基坑支护、降排水等别的工序紧密配合，不可超前或滞后。土方必须与护坡一体化安排，要为护坡工程施工创造快捷和良好的前提条件。基坑开挖一定深度后，应修整好相应的土方开挖边坡。

（4）本工程涉及土壤具有污染性，开挖清运过程需加强二次污染防治措施，保证人身安全，设置专职环保和安全巡视人员，加强开挖施工各环节的巡视。

（5）根据土方污染特点，本工程污染土壤清挖时，采用小作业面清挖，根据污染物种类分块分层清挖，一个区块清挖完成后，及时检测，合格后交下道工序施工，同时，对场区内的气体污染物快速检测，控制土方中有机物挥发扩散。

（6）开挖过程出现降雨等可能导致污染土中重金属淋溶迁移至地下水或排水的极端情况时，应尽量减小作业面，合理安排工期避开不利天气及极端事件，必要时可通过提前喷洒重金属固化稳定剂等手段，加强对可能出现重金属污染等土壤事件的控制能力。

(7) 开挖过程绘制详细的土方开挖图，规定开挖路线、顺序、范围、底部各层标高，边坡坡度，排水沟、集水井位置及流向，弃土堆放位置等，避免混乱，造成超挖、乱挖，应尽可能的使机械多挖，减少机械超挖和人工挖方。

(8) 土方清挖前，严格按照污染土范围确定的坐标进行测量放线，控制污染土清挖边界线。

(9) 开挖以场地风险评估报告给定的孔口标高为基准标高。开挖过程严格按照放出的灰线开挖边界开挖，不准出现多挖、漏挖的情况；由于方案变动造成的多挖，必须出具监理人员、业主人员意见，方可重新放线开挖。

(10) 土壤开挖区外围应按规范设置硬质封闭围挡，并布设警示牌，围挡高度应不低于 2.5 m。

(11) 开挖边坡土方，严禁切割坡脚，以防导致边坡失稳；当山坡坡度陡于五分之一，或在软土地段，不得在挖方上侧堆土。

(12) 机械挖土分层进行，合理放坡，防止塌方、溜坡等造成机械倾翻、淹埋等事故。

(13) 清挖之前应对表层混凝土地面进行凿除，并清运该部分混凝土垃圾。

(14) 清挖过程应做好地面排水措施，以拦阻附近地面的地表水，防止流入场地和基坑内扰动地基。

(15) 在斜坡地段挖方时，应遵循由上而下、分层开挖的顺序，以避免破坏坡脚，引起滑坡。

(16) 土壤清挖后，应进行预处理，筛除土壤中的大块砾石、杂物等，然后装入吨袋装中运至场内储存车间，夜间运输至水泥厂。

2. 测量放线要求

现场采用全站仪、水准仪等设备完成污染范围测定后设开挖边线桩，外放控制桩。控制桩应避开机械行使路线并采取可靠的保护措施。用白灰撒出开挖边线，做好放线记录。

3. 清挖顺序

根据本工程土壤污染特点及分布情况，污染土壤清挖时，清挖总体顺序要求如下：

(1) 采用小作业面清挖分层分区开挖，各区块各层开挖从高向低处进行。

(2) 根据土壤污染特点，同一开挖面先进行有机污染土壤区块开挖，再开挖重金属污染土壤。

(3) 根据污染土壤区块分布情况，各厂区可同时开挖，同一厂区先开挖较分散区块，再开挖集中区块。

4.土方开挖方法

定位桩、线保护：在施工中上口开挖线经常被散土层覆盖看不清楚，放线员要立即补撒未挖部分已看不清楚的边线并保证其准确无误。临近建筑附近区域，因临近建筑物限制无法放坡时，采用土钉墙施工时，必须编制土钉墙专项施工方案。现场采用反铲对基坑进行开挖，主要通过以下两种方式进行现场土壤挖掘：

(1) 端头挖土法

即挖土机从基坑的端头以倒退行驶的方法进行开挖。自卸汽车配置在挖土机的两侧装运土。

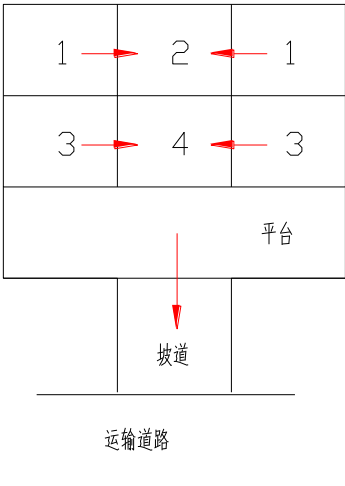


图 5.3-8 端头挖土法示意图

(2) 侧向挖土法

侧向挖土法的操作方法是指挖掘机一面沿着基坑的一侧移动，自卸汽车在另一侧装运土。

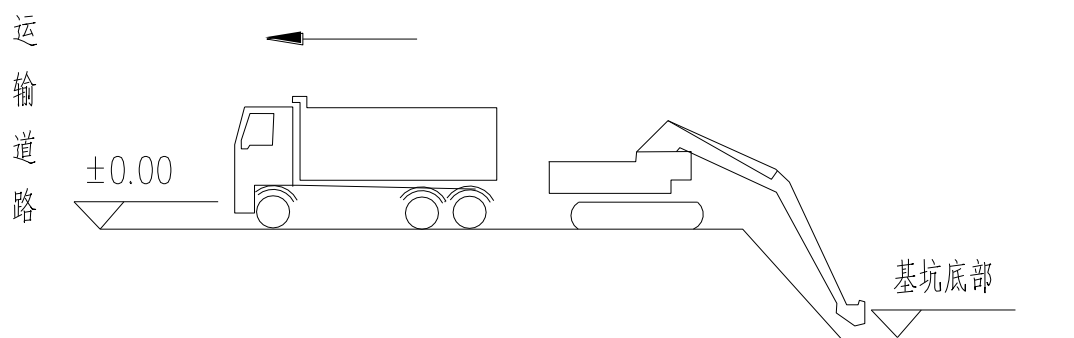


图 5.3-9 反铲侧向挖土法示意图

采取这两种方式进行开挖施工过程中,为了保证施工机械和边坡稳定性,挖掘机沿着基坑边缘后退开挖或侧向移动时,设备距离边坡上缘的距离不得小于基坑深度的 1/2。

在开挖过程中,应随时检查边坡的状态。深度大于机械一次挖掘深度时,应根据土质变化情况,应做好分层退让开挖放坡,分层深度小于 1.5 m,以防坍塌。如下图所示。

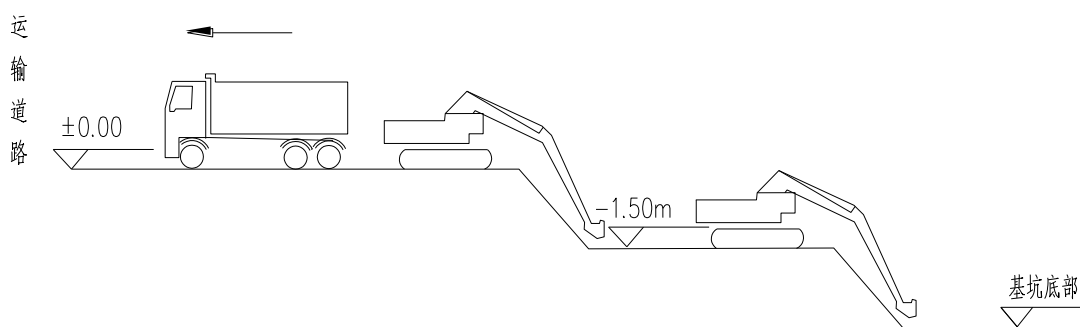


图 5.3-10 分层退让开挖放坡

为保证正常施工,现场施工机械必须服从管理,紧密配合施工,确保土方可以及时挖出、倒运满足现场施工要求。

为了保证开挖深度符合设计要求,防止超挖,挖至接近槽底标高时,由现场测量人员配合挖掘机随时抄平。

挖掘机司机在施工期间安排值班,以应对可能出现的紧急情况,如将土体回填防止边坡坍塌、坡顶挖土卸荷等。

5. 土方开挖的质量要求

基坑挖完后应由施工单位、监理单位或建设单位人员共同到现场检查、验线,确定现场情况与设计图纸要求是否符合,有无少挖、超挖现象。经检查质量不

符合要求时应返修并重新验收：

- (1) 各基坑开挖标高允许偏差： $\pm 150\text{ mm}$ 。
- (2) 边坡允许偏差： $\pm 200\text{ mm}$ ，严禁亏坡。
- (3) 严禁出现边坡塌陷或者支护结构受到严重损毁的情况。

6. 环境保护要求

(1) 基坑开挖采用反铲挖掘机进行清挖作业，严格要求司机按规范操作，避免不当操作引起的扬尘及噪音等污染。

(2) 土壤清挖施工时严格控制工地扬尘，现场开挖过程采用雾炮设施控制扬尘，配备 4 台 50-60m 喷雾雾炮机。



图 5.3-11 环保喷雾机

(3) 现场安排专人对施工区和运输道路进行洒水、清扫，对暴露的土地进行苫盖或覆盖。在车辆出入口铺设草帘子并洒水湿润，减少车辆轮胎带土出场。

(4) 大风天气及时对土方进行覆盖，防止扬尘及二次污染，遇四级以上大风、极端天气、发布空气污染预警及周边有重大活动等情况时，可根据具体情况采取停止土方施工作业并做好遮盖等措施。

(5) 现场临时堆土均用密目安全网覆盖并在其表面均匀撒水，以免风力过大时，而导致尘土飞扬，污染现场和周边环境。

(6) 污染土壤清挖后，运至场内密封车间进行预处理。预处理后土壤采用吨袋进行装土进行储存，待夜间运送至水泥厂。

(7) 施工前应尽量按设计要求，开挖临时排水沟或筑土堤等措施，阻止场外水流入施工场地，避免因水流引起的二次污染。

7. 劳动防护

(1) 污染土清挖过程，应注意控制扬尘，风力较大使空气中扬尘过高时，应停止开挖并迅速覆盖或喷雾洒水，待风力较小时再继续开挖。

(2) 工人要加强个人防护，佩戴防毒面罩和塑胶手套等劳保用品，并定期到有资质的医疗机构进行职业性健康检查。

(3) 坚持就业前体检和就业后定期体检制度，一旦发现职业中毒患者及观察对象应及时调离或更换工种，防止职业病的发生。另外需及时体检，及早发现。

(4) 开挖前，应采用 PID、XRF 或其他设备对开挖区域进行监测，对散发的尘、毒（特别是挥发性有机物）应严加控制，以减少对人体和生产设施造成的危害。



(a) XRF



(b) PID

图 5.3-12 XRF、PID 设备示意图

(5) 作业环境空气中的有毒有害物质的浓度，不得超过国家标准或有关规定。场地开挖区域工作场所空气中的有害物质浓度需符合 GBZ2.1 要求，结合本场地的污染情况，主要控制污染物及浓度限值如下表。

表 5.3-3 现场开挖施工空气中主要有毒物质浓度限值

序号	有毒物质	职业接触限值 (mg/m ³)			备注
		最高允许浓度	时间加权平均允许浓度	短时间接触浓度	
1	苯	/	6	10	
2	六六六	/	0.3	0.5	
3	1,2,3-三氯丙烷	/	60	/	
4	铅尘	/	0.05	/	

(6)施工场地环境空气中的有毒物质浓度超标或扬尘超标时,应停止开挖,采取保护措施后,方可继续开挖。

5.3.2.4 基坑支护及降排水

1. 基坑支护

污染土壤开挖过程中,在用地条件允许情况下,优先采用放坡开挖,用地条件不够时考虑其他支护方式。基坑开挖时,基坑开挖的放坡坡度根据开挖现场土质情况确定。基坑放坡要求如下:

(1)当土质为天然湿度、构造均匀、水文地质条件较好且无地下水时,开挖基坑可不放坡,采取直立开挖不加支护,但挖方深度应按下表的规定执行。

表 5.3-4 基坑不加支撑时的容许深度

单位: m

序号	土的种类	允许深度 (m)
1	密实、中密的砂土和碎石土 (充填物为砂土)	1
2	硬塑、可塑的粉质黏土及粉土	1.25
3	硬塑、可塑的黏土和碎石类土 (充填物为黏性土)	1.5
4	坚硬的黏土	2
5	硬塑、可塑的黄土	2.5

注:参考《建筑边坡工程技术规范》(GB50330)

(2)现场挖方深度超过下表规定,且在 5 m 以内的基坑必须放坡。边坡最陡坡度参考下表的规定执行。

表 5.3-5 各类土的边坡坡度

单位: /

序号	土的类别	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
1	中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.25
2	中密的碎石类土 (充填物为砂土)	1:0.75	1:1.00	1:1.25
3	硬塑的粉质黏土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
4	中密的碎石类土 (充填物为黏性土)	1:0.50	1:0.67	1:0.75
5	硬塑的粉质土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67

序号	土的类别	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
6	老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
7	软土（经井点降水后）	1:1.00	--	--

注：参考《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330）

（3）当土具有天然湿度、构造均匀、水文地质条件好、无地下水，质较均匀，高度在 5 m 以内的临时性挖方边坡坡度应按下表确定。

表 5.3-6 临时性挖方边坡值 单位：/

土的类别		边坡值（高：宽）
砂土（不包括细砂、粉砂）		1:1.25-1:1.50
一般性黏土	硬	1:0.75-1:1.00
	硬、塑	1:1.00-1:1.25
	软	1:1.50 或更缓
碎石类土	充填坚硬、硬塑黏性土	1:0.50-1:1.00
	充填砂土	1:1.00-1:1.50

2. 基坑降排水

本工程基坑开挖面积较宽，开挖土方量较大，部分区域开挖深度达 8 m 以上，开挖至较深区域将可能产生少量裂隙水，且开挖过程降雨时将产生基坑积水，需时采取降排水措施，抽出基坑积水，并经沉淀、澄清、氧化等措施消除污染物后回用或达标排放。

5.3.2.5 清挖基坑的回填

污染土壤清挖后，场地内将残留大面积的深浅不一的基坑，如后续不进行连续开发，将存在大量安全隐患，故在不紧跟开发情况下需对场地开挖基坑进行回填。回填采用原厂区其他区域的未污染土壤，即采用场地内土方平衡的方法。基坑回填工程量统计如下。

表 5.3-7 基坑回填工程量 单位：m³

分层	开挖面积/m ²	未污染区清洁土开挖回填	已开挖清洁土回填	回填土方量
第 1 层	45341	37783	51207	88990
第 2 层	33305	84859	13685	98544
第 3 层	7021	18795	2506	21301
第 4 层	1768	3536	0	3536
共计	87435	144973	67398	212371

5.3.3 污染土壤运输方案

5.3.3.1 污染土壤运输准备

1. 组织准备

项目部由项目负责人牵头成立污染土壤运输领导小组，全面领导土壤运输的施工指挥工作，建立完善的运输监督制度，及时做好运输记录及交接班工作。

2. 现场准备

基坑入口设置冲洗池和沉淀池，车轮冲洗水循环利用，当冲洗池移动或工程完毕时，需检测车轮冲洗水的水质情况，复合市政污水排放水质可以通过水车等方式排入市政污水管网，如不具备相应条件可以考虑投加化学药剂氧化等手段及措施，保证整个过程的车轮冲洗水达标处置。

土方车辆冲洗后方能进入市政道路，场内道路做好地面硬化。开完前完成坡顶护栏及临时排水沟的砌筑，基坑场地安装照明灯，做好夜间赶工的照明准备工作。施工过程中随时进行测量，保证开挖线尺寸与标高。

3. 协调准备

提前办好渣土受纳许可证，核查运输车、挖掘机及操作司机的有关证件，保证各项手续齐全完善。做好施工协调配合工作，积极与市道路及交通主管部门协调，并做好场地周边及运输道路沿线单位和居民的配合工作，为土方外运工作的顺利进行创造有利条件。

4. 机械设备配备

根据施工进度计划安排，结合土方外运距离及现场施工实际情况，计划配备挖掘机、贵阳市渣土专用运输车、洒水车等，并做好相应的管理部门的登记及备案工作。

表 5.3-8 运输过程设备安排表

序号	设备名称	备注
1	挖土机	土方开挖
2	贵阳市渣土专用运输车	土方运输
3	铲车	清理场地
4	推土机	土壤平整
5	洒水车	现场及道路防尘
6	巡逻车	机械抢修遗洒清扫

5. 人员配备

土壤运输需配备人员如下表。

表 5.3-9 人员配备

序号	设备名称	备注
1	挖掘机司机	现场挖土
2	运输车司机	污染土的运输
3	推土机司机	配合挖运卸载
4	洒水车司机	现场及道路防尘
5	巡逻车司机	机械抢修遗洒清扫
6	现场清洁人员	负责现场清扫
7	记录员	车辆进出管理
8	巡视员	负责巡逻排查

5.3.3.2 污染土壤运输

(1) 运输车辆

污染土壤运输车辆要求：

1) 污染土壤的运输车辆，应依据土壤的特性选择，宜选用同一型号、规格的车辆。

2) 根据运输量的需求，设置铲车若干台、符合环保要求的封闭式土方运输车若干台。

3) 污染土壤运输车辆总数量应按照按下式计算：

$$N = \sum n_i = \frac{\eta Q_i}{n_T q_v}$$

式中：N——污染土壤运输车辆总数量；

n_i ——第 i 类污染土壤运输需要的车辆数量；

η ——运输车辆冗余系数，取值 1.1~1.3，如果有不同种类污染土壤采用同型号车辆运输时可取下限值；

Q_i ——第 i 类污染土壤日运输设计量（最大值）；

n_T ——第 i 类污染土壤日运输周转次数；

q_v ——第 i 类污染土壤运输车辆的单辆运输能力。

(2) 土壤场内运输路线

根据污染土壤区块分布情况，组织土壤场内运输，场内运输图如下图。

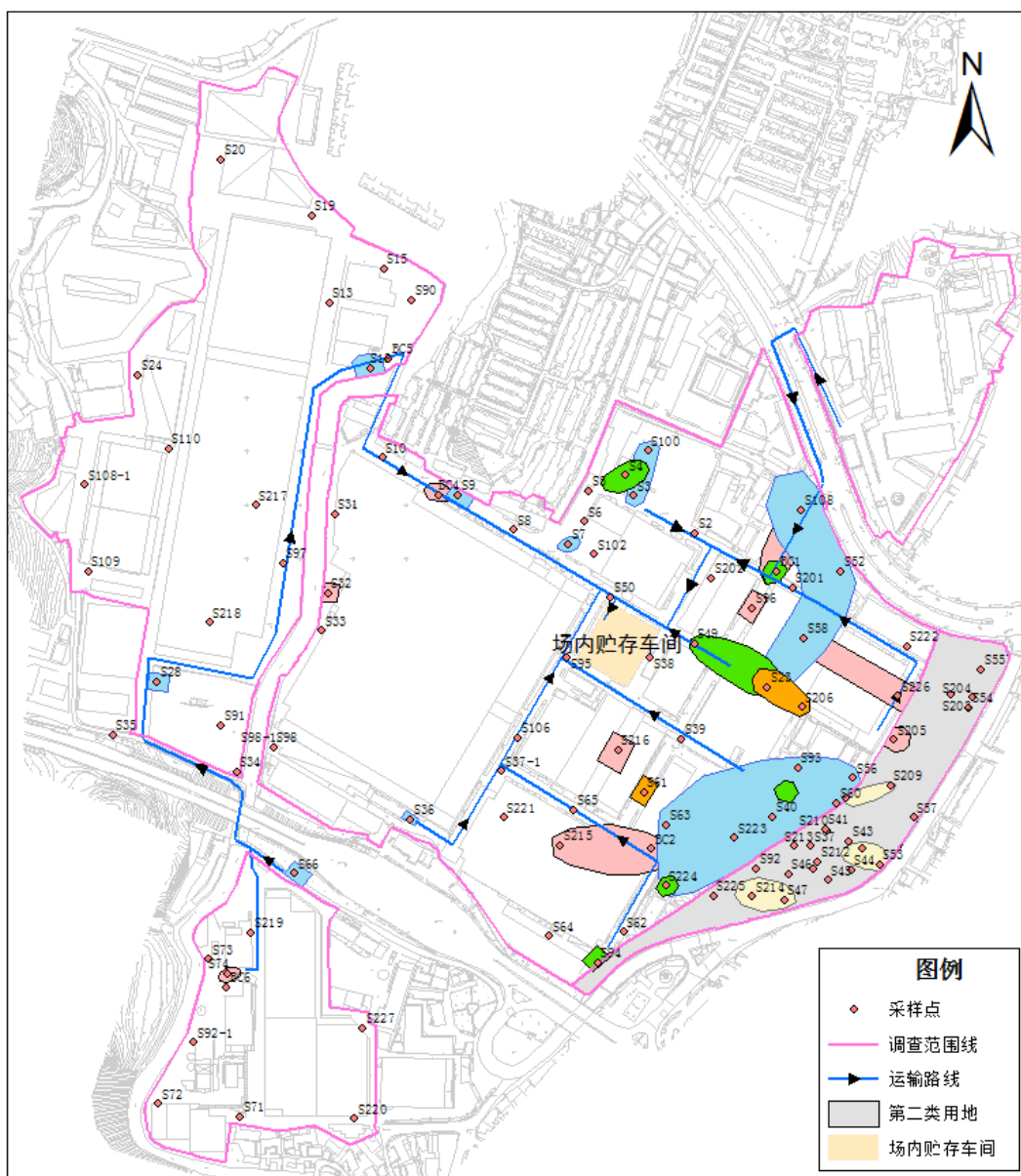


图 5.3-13 污染土壤场内运输图

(3) 土壤场外运输路线

运输路线规划的基本原则是优先考虑路况较好、车流量相对较少的线路。当运输路线发生拥堵或通行不畅时，应通过调度系统通知运输车辆司机改行备用路线。

污染土壤运输终点为贵州清镇西南水泥有限公司、贵州惠水西南水泥有限公司及贵州金久水泥有限公司 3 家协同处置水泥厂的污染土壤暂存车间。运往水泥厂的 3 条路线具体如下：

1. 运至贵州清镇西南水泥有限公司路线

贵州清镇西南水泥有限公司位于清镇站街甘沟村，厂区中心地理坐标：东经 106°21'36"，北纬 26°38'06"，西侧紧邻 321 国道，往南 20 km 至清镇市城区，厂区距贵阳约 45 km，往北至黔西县，厂区北为水电九局铁路货场，经湖林直线铁路至贵昆线。该水泥厂区位于贵州轮胎股份有限公司污染场地的西向，距离约 39.8 公里，污染土壤运输路线如下图所示。

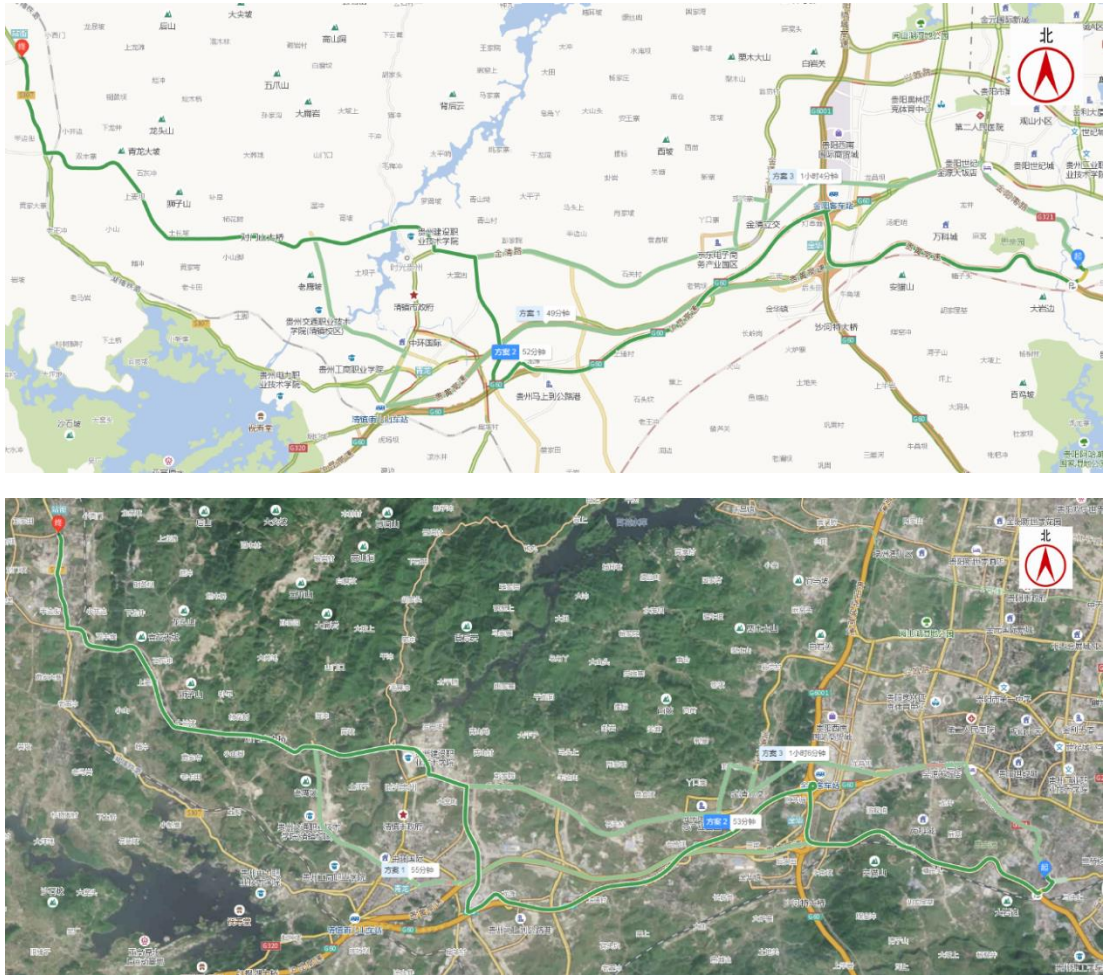


图 5.3-14 至贵州清镇西南水泥有限公司运输路线

根据实地调查及卫星地图可知，贵州轮胎股份有限公司污染场地位于贵阳市城区西向，从场地出发经金坡路后，通过快速高架桥直接与贵黄高速公路连接，行程全程主要为高速路，利用高速道路的隔离措施、园林绿化及原理居住区的特点，全程减少污染土与密集人群的接触机会，对二次污染及健康风险的控制有积极的促进作用。至贵州清镇西南水泥有限公司运输路线周边城镇较少，基本对周边人口稠密区域没有干扰。

运输路线全程约 39.8 km，具体行车路线及途径地点介绍如下：

- (1) 起点：贵州轮胎股份有限公司（贵州省贵阳市云岩区百花大道 41 号）
- (2) 百花大道（242 米，红绿灯 1 个）：沿百花大道向东南行驶 242 米右转
- (3) 金坡路（388 米）：沿金坡路向西南行驶 388 米向左前方行驶进入匝道
- (4) 贵黄高速（7.0 公里）：沿贵黄高速入口途径贵黄高速向西行驶 6.5 千米减速行驶到达收费站，沿贵黄高速向西行驶 436 米向右前方行驶进入匝道
- (5) G 60 沪昆高速（12.8 公里，红绿灯 1 个）：沿贵黄高速出口途径 G 6001 贵阳绕城高速向北行驶 1.8 千米向右前方行驶进入匝道，沿 G 6001 贵阳绕城高速出口途径 G 60 沪昆高速向西行驶 1.4 千米直行进入隧道，沿灯草塘隧道途径 G 60 沪昆高速向西南行驶 8.2 千米向右前方行驶进入匝道，沿 G 60 沪昆高速出口向西行驶 796 米减速行驶到达收费站，沿 G 60 沪昆高速出口向西南行驶 599 米右转
- (6) 百马大道（3.6 公里，红绿灯 3 个）：沿百马大道向北行驶 259 米向左前方行驶进入主路，沿百马大道向北行驶 2.4 千米靠左沿主路行驶，沿百马大道向北行驶 920 米左转
- (7) 金清路（1.1 公里，红绿灯 2 个）：沿金清路向西行驶 1.1 千米右转
- (8) 云站路（12.2 公里，红绿灯 7 个）：沿职教路途径将军石路、龙凤大道、龙凤大桥、乡愁大道、云站路向西行驶 12.2 千米右转
- (9) 307 省道（2.6 公里）：沿 307 省道途径站南路向北行驶 2.6 千米右转，向东行驶 9 米到达目的地
- (10) 终点：贵州清镇西南水泥有限公司

2. 运至贵州惠水西南水泥有限公司路线

根据实地考察及调研，贵州惠水西南水泥有限责任公司位于黔南州惠水县长田工业园 D 区，企业中心经度：E 106°43′；纬度：N 26°15′。该水泥厂区位于贵州轮胎股份有限公司污染场地的南向，距离约 65.3 公里，运输路线如下图所示。

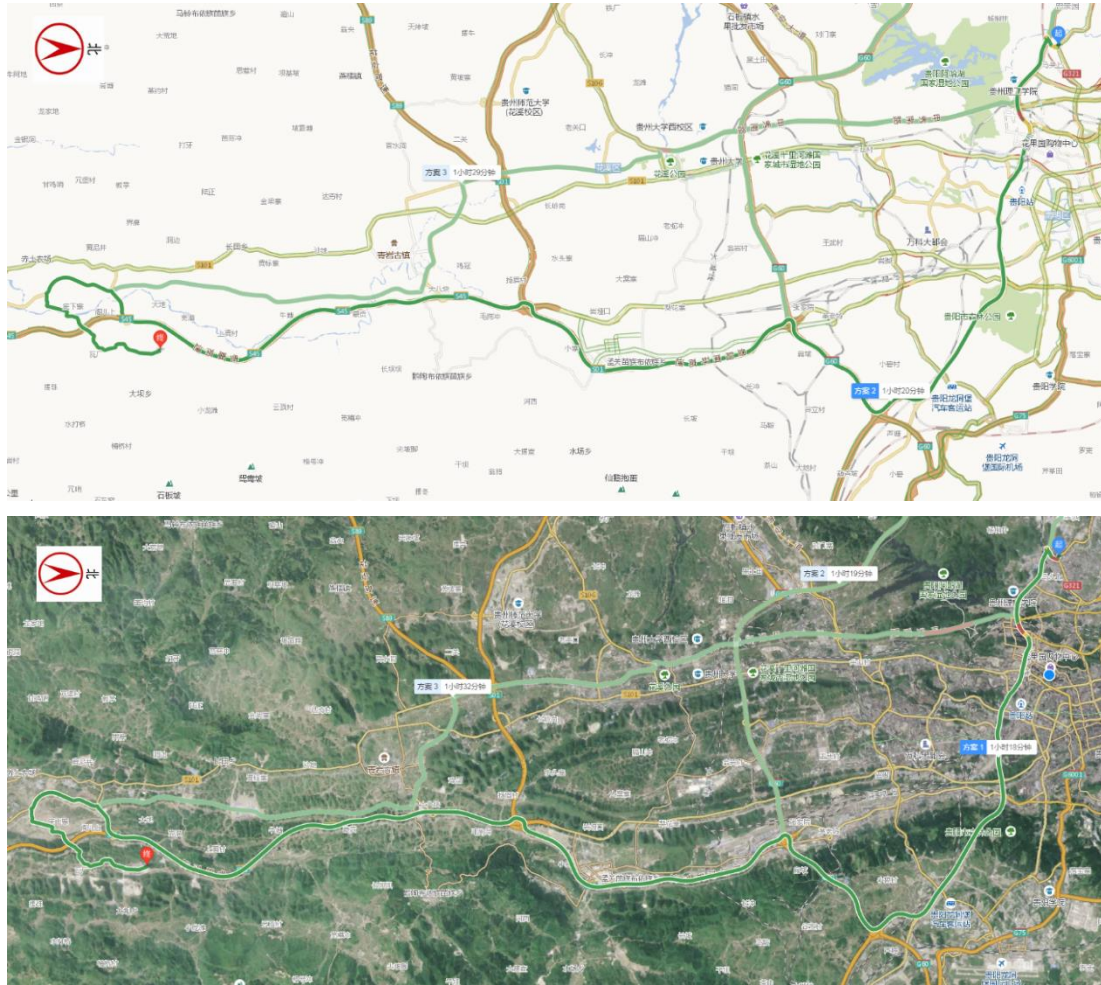


图 5.3-15 至贵州惠水西南水泥有限公司运输路线

根据实地调查及卫星地图可知，贵州轮胎股份有限公司污染场地位于贵阳市城区西向，从场地出发经金坡路后，通过快速高架桥直接与贵黄高速高速公路连接，行程全程主要为高速路，利用高速道路的隔离措施、园林绿化及原理居住区的特点，全程减少污染土与密集人群的接触机会，对二次污染及健康风险的控制有积极的促进作用。至贵州惠水西南水泥有限公司的运输路线周边城镇较少，基本对周边人口稠密区域没有干扰。

运输路线全程约 65.3 km，具体行车路线及途径地点介绍如下：

- (1) 起点：贵州轮胎股份有限公司（贵州省贵阳市云岩区百花大道 41 号）
- (2) 百花大道（242 米）：沿百花大道向东南行驶 242 米右转
- (3) 金坡路（675 米）：沿金坡路向西南行驶 675 米右转
- (4) 贵黄高速（4.1 公里）：沿贵黄高速入口向北行驶 108 米右转，沿贵黄高速途径五里冲路、贵黄路向东行驶 3.9 千米向右前方行驶进入匝道

- (5) 中环路西段 (2.1 公里): 沿贵阳街立交途径中环路西段、中环路南段、南明河大桥向东行驶 2.1 千米靠左沿主路行驶
- (6) 中环路南段 (3.1 公里): 沿中环路南段向东行驶 2.4 千米靠左, 沿主路行驶沿中环路南段向东行驶 719 米直行进入隧道
- (7) 南岳山隧道 (1.5 公里): 沿南岳山隧道途径中环路南段、东立交、龙洞堡大道向东行驶 1.5 千米直行进入隧道
- (8) 黑垭口隧道 (2.4 公里): 沿黑垭口隧道途径龙洞堡大道向东南行驶 2.4 千米靠左沿主路行驶
- (9) 龙洞堡大道 (4.6 公里): 沿龙洞堡大道向东南行驶 2.0 千米靠左, 沿龙洞堡大道途径 S 85 贵都高速入口、S 85 贵都高速向东南行驶 2.6 千米减速行驶到达收费站
- (10) S 85 贵都高速 (180 米): 沿 S 85 贵都高速向东南行驶 180 米向右前方行驶进入匝道
- (11) G 60 沪昆高速 (4.5 公里): 沿 S 85 贵都高速出口途径 G 60 沪昆高速向南行驶 957 米, 直行进入隧道沿腰子坡隧道途径 G 60 沪昆高速、大坡 1 号大桥向西南行驶 3.5 千米直行进入隧道
- (12) 祥院隧道 (693 米): 沿祥院隧道途径 G 60 沪昆高速向西南行驶 693 米向右前方行驶进入匝道
- (13) S 01 贵阳南环高速 (12.4 公里): 沿牛郎关互通向西行驶 349 米靠左, 沿牛郎关互通途径 S 01 贵阳南环高速向南行驶 12.1 千米向右前方行驶进入匝道
- (14) S 45 贵惠高速 (19.4 公里, 红绿灯 1 个): 沿 S 01 贵阳南环高速出口向西南行驶 201 米靠左, 沿 S 01 贵阳南环高速出口途径 S45 贵惠高速、三格田大桥、摆早大桥、大龙田大桥、思潜大桥、洛登河大桥、鱼凉坡大桥向南行驶 17.5 千米向右前方行驶进入匝道, 沿 S45 贵惠高速出口向西南行驶 846 米减速行驶到达收费站, 沿 S 45 贵惠高速出口向西行驶 823 米左转
- (15) 贵惠大道 (3.0 公里, 红绿灯 2 个): 沿贵惠大道向南行驶 3.0 千米左转
- (16) 206 乡道 (1.4 公里): 沿 206 乡道向东行驶 367 米向右前方行驶, 沿 206 乡道向东行驶 151 米左转, 沿 206 乡道向东北行驶 855 米右转

(17) 山边桥 (5.0 公里): 沿山边桥向东行驶 213 米向左前方行驶, 沿 206 乡道向东北行驶 2.3 千米左转, 向北行驶 902 米向右前方行驶, 向北行驶 1.6 千米到达目的地

(18) 终点: 贵州惠水西南水泥有限公司

3. 运至贵州金久水泥有限公司路线

贵州金久水泥有限公司坐落于贵州省贵阳市修文县久长镇金桥村, 依山傍水, 景色秀丽。厂址位于贵阳市北部, 距贵阳市区 38 km, 距修文县县城 20 km, 距贵遵 (重庆) 高速公路入口 2 km, 交通十分便利。该水泥厂区位于贵州轮胎股份有限公司污染场地的北向, 距离约 47.5 公里, 污染土壤运输路线如图所示。

根据实地调查及卫星地图可知, 贵州轮胎股份有限公司污染场地位于贵阳市城区西向, 从场地出发经百花大道后, 通过快速高架桥直接与贵遵高速公路连接, 行程全程主要为高速路, 利用高速道路的隔离措施、园林绿化及原理居住区的特点, 全程减少污染土与密集人群的接触机会, 对二次污染及健康风险的控制有积极的促进作用。至贵州金久水泥有限公司的运输路线周边城镇较少, 基本对周边人口稠密区域没有干扰。

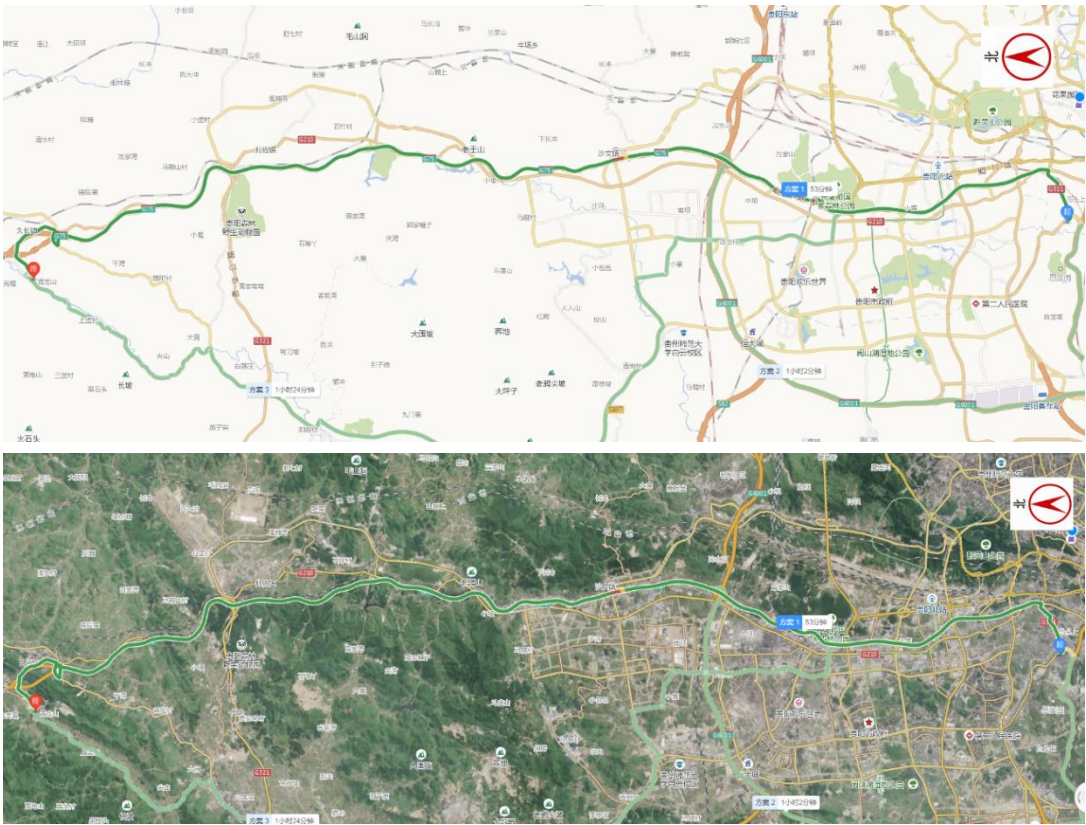


图 5.3-16 至贵州金久水泥有限公司运输路线

运输路线全程约 47.5 km，具体行车路线及途径地点介绍如下：

（1）起点：贵州轮胎股份有限公司（贵州省贵阳市云岩区百花大道 41 号）

（2）百花大道（2.3 公里，红绿灯 3 个）：沿百花大道途径三桥南路向东行驶 2.1 千米向右前方行驶进入匝道，沿三桥立交桥向东行驶 116 米靠左，沿三桥立交桥向东行驶 70 米左转

（3）贵遵高速（11.0 公里）：沿改茶大道途径贵遵高速入口、贵遵高速向北行驶 11.0 千米减速行驶到达收费站

（4）G 75 兰海高速（31.1 公里）：沿贵遵高速途径 G75 兰海高速向北行驶 21.8 千米靠左沿主路行驶，沿 G75 兰海高速向北行驶 8.7 千米向右前方行驶进入匝道，沿久长互通向西行驶 534 米减速行驶到达收费站，沿久长互通向西行驶 107 米向右前方行驶进入右转专用道

（5）305 省道（703 米，红绿灯 1 个）：沿 305 省道向东行驶 703 米左转

（6）川黔南路（2.4 公里）：沿川黔南路途径川黔北路、210 国道向北行驶 1.8 千米向左前方行驶，向西行驶 633 米到达目的地

（7）终点：贵州金久水泥有限公司

5.3.3.3 土壤运输防护措施

（1）车辆主要出入口进入主干道前道路铺石子或砖渣硬化，进入主干道前修建车轮清洗池或铺设草帘子并洒水湿润，确保车辆不带泥带土进入主干道。污染土地出入口设车辆冲洗、车身清扫设施和检查管理人员。在场地和道路设专人巡查，发现车辆遗撒及时处理、清扫。

（2）污染土运输使用密封式运输车辆，不得车轮带泥行驶，不得沿途泄露、遗撒，确保污染土壤安全、完整的运输到暂存点。

（3）定人、定责、定线管理，实行渣土运输双向签收制，严格监控车辆运行情况，统计土壤运输车辆牌号、车数。运输五联单如下所示。

污染土运输签认五联单

票号: 000001

编号:

车牌号		土方量 (m³)		运输人签字	
污染土出场时间: 年 月 日 时 分 检查人填					
建设单位签字		监理签字		出场检查签字	
污染土卸土时间: 年 月 日 时 分 接收人填					
建设单位签字		监理签字		暂存接收签字	

第一联存根

图 5.3-17 污染土壤运输五联单

5.3.3.4 污染土壤运输管理措施

1.运输司机、车辆管理

(1) 土石方运输车辆司机必须具有该车型的驾驶证和贵阳市有关部门颁发的培训上岗证, 并必须遵守交通安全法规及驾驶员守则。

(2) 对土石方运输车辆司机进行安全技术交底和安全教育培训, 并向业主提交培训交底会议纪要和会议签到表。

(3) 土石方运输车辆必须是“三证”(即行驶证、营运证、渣土运输证)及GPS 监查系统齐全的车辆。

(4) 土石方运输车辆车厢高度小于 1.1m, 必须设置密闭式加盖装置或篷布, 加盖装置必须状态良好, 盖板严密。在使用过程中发现盖板破损, 必须及时维修, 否则不得使用。

(5) 土石方运输车辆车容车况良好, 车身整洁, 灯光齐备, 前后车牌要整洁清晰, 不得故意涂改, 遮挡车牌号, 尾牌清楚。尾牌必须安装在规定位置。

(6) 土石方的装载量不得超过车箱四周挡板的高度, 检查时看不到土石为准。对不符合要求的, 必须退回重新装车。装车后派专人上车拍土、压实, 并用挡板或篷布覆盖, 以防漏、撒。

(7) 土石方运输车辆司机不能强行要求超量装载。

(8) 土石方运输车辆必须按照指定的路线行驶, 并注意交通安全, 不得闯红灯和超速行驶。

(9) 土石方运输车辆驶出施工现场和弃土场地前必须经过指定的洗车池, 并由专人负责冲洗, 经监理工程师检查合格后, 车辆方可上路。

(10) 土石方运输车辆必须服从交通协管员的管理，所有与社会路交叉口必须设专人穿反光衣指挥。

2.土壤运输过程检测及控制

(1) 装卸过程控制

1) 土壤装载时，要严格按照规定，不超宽、超高、超重，保证运输全过程安全。

2) 污染土壤每次进行转移，应当填写一份“三联单”，按照国家有关危险物品运输的规定，联单上注明有污染土壤转移单位、接受单位、转移数量、转移时间等。

3) 装卸污染土壤，将制定严格的计划，装卸操作人员将严格按照计划装卸，不得随意变更，夜间装卸有良好的照明，并配备有相应的消防、应急器材。

4) 雨雪天气禁止装卸，距装卸地点 50m 范围内为禁火区，在确保安全的前提下，方可作业。

5) 装运过程中，将采用严格的遮阳、控温、防爆、防火、防粉尘飞扬、防撒漏等措施。

6) 污染土壤在装车前将认真检查包装的完好情况，如发现破损，将由发货人更换包装或修理加固；装运车辆的车厢必须保持清洁干燥，车上残留物不得任意排弃。

7) 污染土壤装卸现场的道路、灯光、标志、消防设施等符合安全装卸的条件。

(2) 运输过程控制

1) 运输全程采用 GPS 监测，实行 24 小时全天候监控。

2) 根据运输土壤的性质和状态，装卸人员将穿戴相应的防护用品。

3) 载运污染土壤的车辆，在航行中要严格遵守交通规则。运输整个过程中严禁吸烟。

4) 自卸车辆严格遵守交通、消防、治安等法规，并严格控制车速、保持与前车的距离，严禁违章超车，确保行车安全。驾驶人员一次连续驾驶 4 小时应休息 20 分钟以上，24 小时之内实际驾驶时间累计不超过 8 小时。

5) 自卸车辆将配备随车人员在途中经常检查, 如货物有丢失、被盗, 将立即报告当地交通运输、环境保护主管部门, 并由交通运输主管部门会同公安部门和环保部门查处。

6) 车辆运输途中严禁靠近明火、高温场所, 如需停靠, 将安排人员看管。

(3) 土壤外运过程监测

(一) 监测人员与设备配置

项目监测下设监测主管 1 名, 采用分析人员 2 名, 负责定期对土壤外运过程进行环境监测, 发现问题及时上报, 设备及仪器配置见下表。

表 5.3-10 现场检测仪器设备配置表

序号	主要仪器装备	单位	数量	监测项目	备注
1	大气自动采样器	台	1	采集大气样品, 测定样品中固体颗粒、硫化物等	便携式
2	积分声级器	台	1	噪声测量	便携式
3	水质采样器	台	1	采集水质样品	便携式
4	光离子化检测器	台	1	水、土壤中有机物	便携式

(二) 空气监测计划

为确定土壤外运过程中周边环境空气中污染物的起始含量与污染状况, 并为施工结束后的场地及周边空气环境质量验收提供背景验证值, 运输过程中需对途经周围环境上下风向大气中的污染物进行监测。此外, 为了判断大气中污染物是否符合国际按相关标准, 确保土壤外运过程中工人短期接触的职业健康安全和周围居民健康安全, 需对整个土壤外运过程进行大气染物监测, 主要使用 PID 监测, 对于 PID 监测数据显示异常的目标, 建议按照下列监测计划进行, 请苏州市环境监测站现场检测。具体监测计划如下表所示。

表 5.3-11 运输过程环境空气监测计划

序号	阶段	监测地点	监测项目	监测频率	监测时间	采样时间
1	装卸阶段	装卸场区域上风向 20 米(2-50 米)处; 下风向 5 米(2-10 米)布设监测点 2 个; 装卸现场厂区内东、南、西、北侧各设一个空气采样点。	VOCs	不少于 3 次/月	1 天	连续 1 小时采样计平均
2	运输阶段	运输时, 环境敏感重点区域上风向 20 米(2-50 米)处; 下风向 5 米(2-10 米)布设监测点 2 个; 运输机械土壤出贮存处东、南、西、北侧各设一个空气采样点。	VOCs	不少于 3 次/月	2 天	连续 1 小时采样计平均

1) 布点原则

根据《大气污染物无组织排放监测技术导则》(HJ/T55-2000)中第 4 章规定, 监控点最多可设 4 个, 参考点只设 1 个, 根据《场地环境监测技术导则》(HJ25.2-2014); 第 6 章规定, 对场区外主要环境敏感点布设采样点。

2) 现场布点

拟在土壤外运所涉及的区域上风向 20 米 (2-50 米) 处设置参考点 1 个, 沿下风向 5 米 (2-10 米) 布设监控点 3 个, 运输机械内土壤贮存东、南、西、北侧各设一个空气采样点。

3) 采样频率

根据《环境监理事务工作制度 (试行)》中第 3 款现场环境监理事务规定 “对重点污染源及其污染防治设施的现场监理事务每月不少于 1 次”, 现场监测频次拟按照每周 1 次。

4) 采样时间

根据《大气污染物组织排放监测技术导则》(HJ/T55-2000)中第 10 章规定, 无组织排放监控点的采样, 一般采用连续 1 小时采样计平均值, 或实行等事件间隔采样, 在 1 小时内采集 4 个样品计平均值。

5) 样品采集方法

根据《空气和废气监测分析方法》和《环境空气质盘手工监测技术规范》中挥发性和半挥发性有机物的采样方法, 选用专用大气采样器, 应用大流量采样系统进行大气采样。

6) 监测指标及评价标准

土壤外运过程周边环境大气中主要污染物为 VOCs, 监测污染物按《大气污染物综合排放标准》(GB126297-1996) 执行。

7) 现场空气检测效果评估

对于无组织排放, 根据上述方案每次监测可获得参照点 1 个及监控点若干数据, 比较监控点数据, 选取最大值并扣除参照点浓度, 作为污染源无组织排放的监控浓度值, 与标准限值进行比较, 若大于标准限值, 说明无组织排放超标。

8) 现场空气实时监测

土壤外运过程中挥发性和半挥发性有机物可能挥发到空气中，影响人员安全。因此，采用光离子化检测器（PID）来实时监测这些污染物在大气中的浓度，该设备在呼吸区域进行监测。

（三）废水监测

土壤外运过程中，需要进行收集处理的废水包括外运过程中产生的废水、冲洗车辆产生的废水和生活废水等，这些废水经过集中处置之后，按照《地表水和污水监测技术规范》的相关要求对场地废水进行监测，按照施工处理废水量进行取样，低温保存运送至实验室进行分析，若水质达标，则作为药剂配制溶液注入地下或是洗车水循环利用。

样品监测和采样分析方法按《环境监测技术规范》及《地表水和污水监测技术规范》的相关要求进行。对采集的每一个水样，做好记录并在采样瓶上贴好标签，低温保存运送至实验进行分析。

（四）噪声监测

土壤外运过程的噪声来源为运输车辆、船舶和其他大型装卸设备，在土壤外运过程中需采取有效措施防止噪声污染。

土壤外运过程中，机械设备产生的噪声需定期监测。测量尽量选择无雨、风力 6 级以下的气候，且选在场地平坦、无大反射物的场地中进行。

1) 监测点位确定

按照《建筑施工场界噪声排放标准》（GB12523-2011）中规定，在“场界有围墙且周边有敏感建筑物”情况下布设噪声监测点，因此该场区监测点沿场地边界布设。

2) 采样方法与频率

采用积分声级计采样，采样时间间隔不大于 1s。白天以 20min 的等效 A 声级表征该点的昼间噪声值。白天测量选在 8:00-12:00。

3) 评价标准

按照土壤外运期间的环保要求，外运过程中噪声排放控制执行《建筑施工场界噪声排放标准》（GB12523-2011）标准。

具体监测计划见下表。

表 5.3-12 噪声监测计划

监测地点	监测项目	采样方法	监测频率	检测时间	采样时间	实施机构
土壤外运 整个途径	噪声	积分声级 计采样	1 次/周随 机抽查	白天 8:00-12:00	白天一次	施工单位 监测站

4. 其他监测和控制措施

(1) 建立健全管理制度，配备经过专业培训的管理人员及安全保卫和管理人员，严禁无关人员进入。

(2) 如采用客船装运污染土壤，选派技术条件良好的合适载船舶。船舶舱室应为钢质结构，其电气设备、通风设备、避雷保护和消防设备等技术条件符合要求。并对船只进行适当的防渗漏防污处理。

(3) 采用陆路运输时，车厢、底板要保证平坦完好，并确保周围栏板牢固，铁质地板采取衬垫防护措施，如铺垫木板、胶合板、橡胶板等，但不能实用谷草、草片等松软易燃材料。

(4) 运输工具排气管将装有有效的隔热和熄灭火星装置，电路系统装有切断总电源和隔离火花的装置。

(5) 随运人员不可擅自变更作业计划，严禁擅自拼装、超载。

(6) 污染土壤运输将优先安排，对港口、车站到的污染土壤应迅速疏运。装卸作业将严格遵守操作规程，轻装、轻卸，严禁摔碰、重压、倒置；操作过程中，相关人员不得擅自离岗，应做好安全防护和检查工作。

(7) 受理运输业务时，运输人员要认真核对运单上所填写物品的编号、品名、规格、件重、净重、总重、收发货地点、时间以及所提供的单证是否符合规定。

(8) 承运人自收货后至送达交付前要负责保管责任。交接双方必须点收点交，签证手续完备。收货人在收货时如发现差错、破损，应协助承运人采取有效的安全措施，及时处理，并在运输单证上批注清楚

(9) 每辆车将配备 2 名司机，进行换班休息；每艘船将配备两名人员，对运输过程进行全程技术指导与监管。

5. 外运土壤二次污染防治措施

本项目主要污染因子为重金属、VOCs、农药、氯代烃、TPH 等，在土壤运输过程中，必须充分重视二次污染的防治，尤其对“尘、噪、毒”等作为重点防

治对象，做好防尘、防止噪声、防毒伤害。基于此，工程施工设计中对二次污染的防治非常重视，以维持项目良好的环境效益，消除或降低项目实施对环境产生的不良影响。

土壤运输过程中由于路面不平车辆颠簸可能会导致污染土壤的遗撒，车辆运输污染土壤前后均要对车身和车轮进行冲洗，产生大量废水；车辆运输过程中的噪声及鸣笛声可能对周围军民生活产生影响。

5.3.3.5 环境保护措施

1. 防边撒处理

对污染土壤运输车辆的行驶路线进行合理规划，优化各施工点位至土壤贮存处的路线，制定固定土壤运输路线图，对行经路线进行加固，严格限制挖掘机和自卸车辆在修复场地的活动范围，防止将污染土壤带入场内其它区域；由于载土车辆载重较大，长期碾压路面容易导致路面凹陷，发现路面凹凸不平必须及时对损坏路面进行修整，用砂石凹陷处垫平、加固。

运输污染土壤的车辆内部进行铺膜处理，装车过程中喷洒 VOCs 挥发抑制剂。每次运载土壤量不得超过车载的 4/5，为防止路途颠簸污染土壤遗撒，对运输车辆载斗顶部铺盖帆布，押运人员在运输过程中，定时检查土壤覆盖物的完整性。若发现运输过程中有污染土的遗撒，立即组织人员清理，将散落的污染土集中至处置地点或贮存地点。

土壤挖掘地点和贮存地点门口均设洗车池，冲洗槽两端内向倾斜，沉淀池收集的废水经沉淀后上清液回用至洗车池，沉淀的泥沙和污染土检测，如属于污染超标，则需要运送至处置地点。

2. 防噪声处理

土壤运输过程中的噪声主要来自车辆行驶的噪声、鸣笛声，车辆运输过程中应尽量减少鸣笛次数，不长按喇叭，减缓车速。

3. 防大气污染处理

定期对工区及施工车辆行驶路面进行洒水；及时清运拆迁的建筑垃圾。

选用环保型施工机械及运输车辆，并选用质量较好的燃油；加强对施工机械和车辆的维修和保养。

5.3.3.6 其他措施

(1) 成立土壤外运管理小组，对土壤外运中的违规现象及时纠正并制定相关的管理措施防止土壤外运污染环境。

(2) 本次污染土壤具有一定的刺激性气味，考虑到周围居民区较集中，污染土壤立即装袋密封。

(3) 污染土壤装卸运输制定严格的计划，操作人员经培训，考试合格后方可进行操作。

(4) 污染土壤运输过程中，时刻关注天气，要配备足够的覆盖材料，加强苫盖，防止扬尘与雨水冲刷。

(5) 运输路线附近，做好事故应急响应准备工作。

(6) 尽可能提高工作效率，缩短工程施工时间，从根本上杜绝二次污染。

(7) 污染土壤运输将优先安排，对港口、车站到的污染土壤应迅速疏运；装卸作业将严格遵守操作规程，轻装、轻卸，严格摔碰、撞击、重击、倒置。

(8) 污染土壤在装车前将认真检查包装的完好情况，如发现破损，将由发货人更换包装或维修加固。

5.3.3.7 突发事件应急响应

土壤外运过程中可能由于自然原因、不可抗力及外运条件不满足等因素造成土壤外运停止，施工方应提前制定应急预案并于以上情况发生时迅速采取有效措施保证工程实施人员及管理人员的人身安全、工程设备的妥善处置并尽量将对周围环境的影响降到最低。

(1) 机构建立：建立应急反应办公室。其下设技术指导办公室，紧急情况预防准备与响应办公室，资金管理办公室。直接针对污染土壤运输事故应急方面的内容开展工作。

在技术指导办公室下设环境救急队和分区域的快速应急中心；在紧急情况预防准备与响应办公室下设项目执行及调配部门、物品分类的项目管理部门和紧急事件响应和排除管理部门等。

(2) 应急反应程序：技术指导办公室负责事故应急的快速响应机制、应急预案编制。一旦发生风险和事故，按响应程序，将信息快速传达到上级环保部门。

技术指导办公室还应建立事故应急快速评价体系。接到信息后，进行快速分析评价。

紧急情况预防准备与响应办公室作为快速应急处理机构，应根据评价结果，采取快速的补救及处理措施。技术指导包公是对快速补救处理后的效果进行评估，并提出下一步的治理建议。

(3) 资金机制：成立专门部门管理专项资金，其管理层序应统一经过资金管理办公室执行，并授权该机构可快速批准所需的一定数额的资金。

5.3.4 污染土壤暂存及预处理方案

污染土壤清挖后在运输前需进行预处理，暂存及预处理工艺为：利用场地内原房屋或仓库建成暂存场地，占地约 5000 m²，密封形成预处理车间，通过筛分、破碎等设备分离污染土、普通渣土、建筑垃圾等杂物，然后将污染土装入吨袋暂存，待夜间将污染土汽运至水泥窑协同处置厂家无害化处置，而普通渣土回填或运输至渣土消纳场，垃圾等杂物回收或交市政环卫处置。场内预处理车间位置如下图。

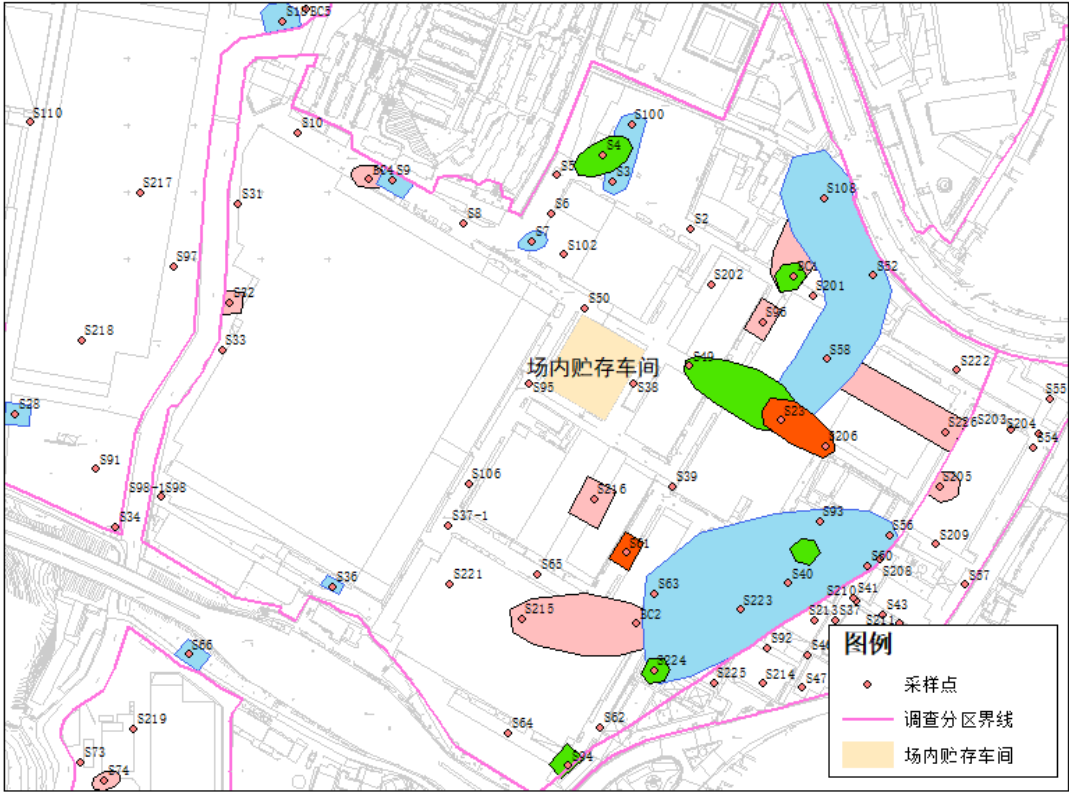


图 5.3-18 场内预处理车间位置

5.3.5 水泥窑协同处置方案

5.3.5.1 协同处置水泥厂介绍

1. 贵州清镇西南水泥有限公司

贵州清镇西南水泥有限公司位于清镇站街甘沟村，厂区中心地理坐标：东经 $106^{\circ} 21' 36''$ ，北纬 $26^{\circ} 38' 06''$ ，西侧紧邻 321 国道，往南 20km 至清镇市城区，厂区距贵阳约 45km，往北至黔西县，厂区北为水电九局铁路货场，经湖林直线铁路至贵昆线。

贵州清镇西南水泥有限公司于 2012 年 9 月 6 日注册成立，是一家从事水泥生产与销售的有限责任公司。企业现有两条水泥生产线，分别为 1500t/d 熟料新型干法水泥生产线和 2500t/d 熟料新型干法水泥生产线，这两条生产线均从原来的贵州兰花水泥有限公司收购过来，其中 1500t/d 熟料新型干法水泥生产线称为一期，于 2004 年 3 月建成投产，从 2009 年停产至今，因 1500t/d 熟料新型干法水泥生产线恢复正常生产需要的维修费用过高，该线已不会再恢复生产；另 2500t/d 熟料新型干法水泥生产线于 2008 年 10 月建成投产，2010 年 11 月委托新疆玖安劳动安全评价检测中心编制了《安全现状评价报告》，2011 年，该线因市场原因停产，2012 年 9 月，贵州清镇西南水泥有限公司收购该企业后，该线经过检修后恢复试运行，并从 2013 年 10 月正常运行至今。

生产规模：日产熟料 2500t，年产熟料 77.5 万 t，年产普通硅酸盐水泥 92 万 t。

项目所在地周围 1km 范围内不属于风景名胜区、自然保护区、国家重点文物保护单位及历史文化保护地；也不属生态敏感、脆弱区。500m 范围内无学校、托幼机构、医院、涉外使馆及人口密集的居住区。

该企业总体布置按生产工艺分为六个区：石灰石储备区、原料辅料储备区、燃料储备区、熟料烧成区、水泥粉磨及成品发运区、办公生活区。

石灰石储备区：石灰石储备区位于生产区的最东北边位置，石灰石堆场布置由北向南依次布置为：石灰石堆场、破碎机、控制室、输送皮带、石灰石预均化堆场。

原料辅料储备区：原料辅料储备区布置在生产区的中部靠南位置。原料辅料储备区布置：北面为破碎机、南面为原料辅料堆场。

燃料储备区：位于生产区的西部靠南方向。燃料储备区布置为：南面为原煤堆场，北面为原煤预均化库。

熟料烧成区：该区由东向西呈“一”字型布置在厂区中部，依次布置为：氨水储罐、原料粉磨及废气处理、生料均化库、SP 炉、烧成窑尾、汽轮机房、烧成窑中、烧成窑头、AQC 炉、煤粉制备等。

水泥粉磨及成品发运区：由熟料库、水泥配料站，水泥粉磨，水泥库，水泥汽车散装，水泥包装，袋装水泥汽车装车，袋装成品库等车间组成。水泥粉磨及发运区布置由东向西依次布置为：熟料库、水泥配料站、水泥粉磨、水泥库、水泥汽车散装、水泥包装、袋装水泥汽车装车。

办公生活区：办公生活区位于厂区西北方向。布置有办公大楼，宿舍、浴室和食堂，停车场等。

厂区原料库均采用单层设计，配料站 2 楼以上为料仓，1 楼为计量给料机及皮带，原料皮带经配料站后将物料输送至高约为 40m 的 5 级预热器，5 级预热器塔楼分 6 层，上 5 层每层为一级预热，底层为建筑基础。

经 5 级预热器后物料进入位于 2 层的回转窑头，经过回转窑的熟料落入位于回转窑下方也就是一楼的篦冷机中，再经过斗式拉链机提升至 6m 高的水泥磨下料口，水泥磨安装在厂房 1 层。经过水泥磨的物料由管道抽至各各水泥粉库内，散装水泥粉库 1 层为停车装料区，2 层为控制点，3 层以上为库体。袋装水泥粉库 2 层为袋装点，2 层以上为库体，利用 2 层至 1 层的落差（约 2m），将袋装水泥用皮带送至装车点。

厂内道路为环状布置，以满足运输、联络和消防等要求。厂内检修道路均设计为路面宽 4~7m，原料进厂及成品出厂道路设计为路面宽 9~20m。路面结构为 C30 水泥混凝土，道路内缘的转弯半径 6~15m。

2. 贵州惠水西南水泥有限公司

贵州惠水西南水泥有限责任公司成立于 2009 年 9 月，属 C 制造行业，生产规模为日产 4500 吨熟料新型干法水泥。公司位于黔南州惠水县长田工业园 D 区，企业中心经度：E106° 43'，纬度：N26° 15'。

公司日产 4500 吨熟料新型干法水泥生产线异地技改工程于 2010 年 10 月 2 日通过环评批复（黔环审【2010】321 号），并于 2013 年 6 月 17 日通过贵州省环保厅的验收（黔环验【2013】37 号）。

企业废气排放主要污染物有颗粒物、SO₂ 和 NO_x 等，全厂凡是涉及到粉磨，均化作业和运输运送作业的相关区域都设置有相关配套的除尘设施，除窑头窑尾外，其它均为布袋除尘器。窑头产生的烟气经过 1 台双室 8 电场静电除尘器除尘后，排入大气。窑尾产生的烟气经过增湿降温系统后、再进入 1 台双室布袋除尘器除尘后排入大气。为了降低烟气中氮氧化物的含量，还增设一套烟气脱硝系统，降低烟气中氮氧化物的含量。2012 年 8 月在窑头、窑尾各安装一套烟气自动在线监测系统，并 24 小时不间断监测废气排放。

生活污（废）水量约为 40m³/d，生产废水量约 94m³/d，合计约为 134 m³/d。生活污水主要来自水冲厕所内的粪便污水，经化粪池处理后排入排水管网，生活废水主要为车间盥洗用水；生产废水主要为循环给水系统中旁滤反冲洗水、车间地面冲洗废水及少量的设备冷却废水，量少且无毒无害。以上污、废水收集后排入污水处理站进行处理后用于厂区绿化、浇洒道路。无废水排放口。

废气污染物排放方式为有组织连续排放，废气排放口两个。

本厂排放的废气主要污染物有颗粒物、SO₂ 和 NO_x，采用自动监测装置进行监测。两套自动在线监测设备分别安装在窑头废气排放口，窑尾废气排放口。监测废气中的颗粒物、二氧化硫、氮氧化物及其它相关参数。

3. 贵州金久水泥有限公司

贵州金久水泥有限公司由贵州黔桂发电有限责任公司全资组建而成，坐落于贵阳市修文县久长镇金桥村，厂址位于贵阳北部，距贵阳市 38km，距修文县城 15km，距贵（阳）重（庆）高速公路入口 2 km，交通十分便利。贵州金久水泥有限公司现有的一条 4000 t/d 熟料新型干法水泥生产线处置市政污泥，每天处置 300 吨含水率 60%以下市政污泥，可供厂区内污染土壤修复治理的需要。

5.3.5.2 水泥厂水泥窑技术要求分析

根据《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》（HJ 662-2013），对污染土壤水泥窑协同处置企业的生产条件（包括生产工艺、生产规模、暂存设施、尾气处理等）提出了相应要求。根据《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规

范》（HJ 662-2013）中的相关内容，对三家水泥生产企业的生产条件是否满足该技术规范的要求进行分析，分析结果如下表。

表 5.3-13 水泥厂技术要求分析

序号	技术要求		水泥厂相关技术条件					
			清镇西南水泥	符合性	惠水西南水泥	符合性	贵州金久水泥	符合性
1	水泥窑							
1.1	新型干法水泥回转窑		是	符合	是	符合	是	符合
1.2	单线设计熟料生产规模不小于 2000 吨/日		2500t/d×1	符合	8500t/d×1	符合	4500t/d×1	符合
1.3	连续两年大气污染物排放达标		是	符合	是	符合	是	符合
1.4	具窑磨一体机模式		具备	符合	具备	符合	具备	符合
1.5	具在线监测设备	窑头烟气温度和压力	具备	符合	具备	符合	具备	符合
		窑表面温度	具备	符合	具备	符合	具备	符合
		窑尾烟气温度、压力和 O ₂ 浓度	具备	符合	具备	符合	具备	符合
		分解炉或最低一级旋风筒出口烟气温度、压力和 O ₂ 浓度	具备	符合	具备	符合	具备	符合
		顶级旋风筒出口烟气温度、压力和 O ₂ 浓度	具备	符合	具备	符合	具备	符合
1.6	水泥窑及窑尾预热利用系统	具高效布袋除尘设施，且颗粒物排放满足 GB30480 要求	具备，且满足要求	符合	具备，且满足要求	符合	具备，且满足要求	符合
		具 NO _x 和 SO ₂ 在线监测设备，且连续监测装置满足 HJ/T76 中要求	具备，且满足要求	符合	具备，且满足要求	符合	具备，且满足要求	符合
1.7	具窑灰返窑	除尘器等烟气处理装置收集的窑灰可返	具备	符合	具备	符合	具备	符合

序号	技术要求		水泥厂相关技术条件					
			清镇西南水泥	符合性	惠水西南水泥	符合性	贵州金久水泥	符合性
	装置	回生料入窑系统						
1.8	水泥厂所在位置	符合城市总体发展规划、城市工业发展规划	符合	符合	符合	符合	符合	符合
		所在区域物洪水、潮水和内涝	无	符合	无	符合	无	符合
2	固体废物投加设施							
2.1	可自动进料和计量功能，进料速率可调		具备	符合	具备	符合	具备	符合
2.2	输送装置和投加口应密封，投加口应具防回火功能		具备	符合	具备	符合	具备	符合
2.3	具固废投加状况在线监视系统		具备	符合	具备	符合	具备	符合
2.4	具自动联机停机功能		具备	符合	具备	符合	具备	符合
2.5	可从窑尾高温段（窑尾烟气室）进行投加		可以	符合	可以	符合	可以	符合
3	固体废物暂存设施							
3.1	具专门的储存设施		新建/改建	符合	新建/改建	符合	新建/改建	符合
3.2	具良好地面防渗性能		具备	符合	具备	符合	具备	符合
3.3	具良好防雨、防尘性能		具备	符合	具备	符合	具备	符合
3.4	符合 GB50016 相关消防要求		符合	符合	符合	符合	符合	符合
4	固体废物预处理设施							
4.1	具备良好的密闭性		具备	符合	具备	符合	具备	符合
4.2	对于挥发性和半挥发性有机有害废物的预处理，应有室内车间，具换气装置，污染气体可导入水泥窑高温区焚		具备	符合	具备	符合	具备	符合

序号	技术要求	水泥厂相关技术条件					
		清镇西南水泥	符合性	惠水西南水泥	符合性	贵州金久水泥	符合性
	烧，或处理后合格排放						
4.3	符合 GB50016 等相关消防要求	符合	符合	符合	符合	符合	符合
5	固废厂内输送设施						
5.1	管道输送应具备良好的密闭性能，可放置固废逸出	具备	符合	具备	符合	具备	符合
5.2	非管道输送的，应具有有效防护措施（如防护罩），防止粉尘飘散和遗撒	具备	符合	具备	符合	具备	符合
6	水泥窑共处置尾气排放处理						
6.1	应具备必要的尾气处理装置，排放的尾气，特别是其中的 TOC 应满足 GB30485 的要求	具备	符合	具备	符合	具备	符合
7	分析化验室						
7.1	具 HG/T20 要求的采样、制样工具、设备和能力	委托有资质的单位进行	符合	委托有资质的单位进行	符合	委托有资质的单位进行	符合
7.2	具所协同处置固废、水泥生产原料中特征污染物的分析能力，或委托检测的能力	委托有资质的单位进行	符合	委托有资质的单位进行	符合	委托有资质的单位进行	符合
8	以往协同处置固体废物情况	污泥协同处置		污泥协同处置		污泥协同处置	
9	现生产状况	正常		正常		正常	

5.3.5.3 污染土接收

污染土壤接收过程要求如下：

（1）运输到水泥厂的污染土的接收必须进行计量，计量设施宜选用动态汽车衡，计量站旁应设置抽样检查停车检查区，并宜与水泥生产线物料计量设施共用。

（2）如单独设置污染土壤计量汽车衡，汽车衡的规格应按运输车最大满载重量的倍设置。

（3）场区内的有机污染土的接收应单独计量。

（4）厂区内部工业废物的卸、装料作业区及转运站宜布置在厂区内远离建筑物的一侧。

（5）可产生挥发性气体的有机污染土壤卸料及装车空间应采用密封的构筑物或建筑物，并应配置通风、降尘、除臭系统，同时应保持系统与车辆卸料动作联动。

（6）污染土壤进厂应设置质量检验，污染土壤卸料、转运作业区应设置车辆作业指示标牌和安全警示标志。

（7）污染土壤的接收方应及时在土壤运输五联单上签字。

（8）污染土壤接收时，应注意核对每辆车、每天、每月接收的土壤量是否在允许误差范围内。

5.3.5.4 污染土壤贮存要求

1. 总体要求

（1）有机污染土壤和重金属污染土壤应分类存放。

（2）已经过检测和未经过检测的工业废物应分区存放；已经过检测的工业废物还应按物理、化学性质分区存放。

（3）场地清挖的有机污染土壤应单独堆存或与重金属污染土之间设置隔栅，采用密封仓贮存，密封仓应设置换气装置，换气量宜按照 1 h 气体更换 3~5 次。

（4）贮存设施应采取防震、防火、换气、空气净化等措施，并应配备应急安全设备。

（5）重金属污染土贮存设施应有扬尘控制设施，必要时进行覆盖。

(6) 污染土壤应与水泥厂常规原料、燃料和产品分开贮存，禁止共用同一贮存设施。

2. 重金属污染土壤贮存

本场地重金属污染土壤的目标污染物为 4 种（砷、镉、铬、镍、铅，常温下重金属不具有挥发性。重金属污染土壤暂存期间可能对环境受体产生健康风险的途径为：1) 通过扬尘或人体接触导致重金属污染土壤摄入受体；2) 污染土壤中的重金属通过降雨等途径迁移至地表水、地下水，通过地表水、地下水对环境受体产生环境风险。

因此，暂存场需具备防渗能力，暂存期间仍需加强防渗、苫盖防止扬尘，避免人体与污染土的直接接触，同时避免降雨导致土壤中重金属的迁移至地下水。

3. 有机污染土壤贮存

场地内的有机污染土壤有 VOCs 和 SVOCs 两类。VOCs 类污染物为苯和 1,2,3-三氯丙烷，全厂需修复的 VOCs 污染土壤 1242 m³。SVOCs 类污染物均为有机氯农药，分别为 α -六六六和 β -六六六，全厂需修复的 VOCs 污染土壤 3405 m³。

苯及 1,2,3-三氯丙烷常温较易挥发，暂存期间需加强污染土气体的处置，并优先水泥窑协同处置该部分污染土壤，减少挥发性气体的污染，农药类常温下难挥发。

表 5.3-14 目标污染物的熔沸点

编号	污染物	熔点 (°C)	沸点 (°C)
1	苯	5.5	80.1
2	1,2,3-三氯丙烷	-14.7	156.2

本场地有机(非单一重金属)污染土壤污染物主要以熔点较高的农药类为主，挥发性有机物部分土方量小且含量极低。但相对于重金属污染土壤，其具有挥发性，有产生异味的污染源，建议前期水泥窑优先处置该部分污染土壤，最大化减小该部分污染土的暂存土方量及暂存时间。

有机污染土壤的暂存应采用密封舱储存，并需加强暂存场的防渗能力，暂存期间更需加强防渗、苫盖防止扬尘及异味，避免人体与污染土的直接接触，同时避免降雨导致土壤中有机物及重金属的迁移至地下水。

5.3.5.5 污染土壤投加

1. 协同处置接口设计

根据《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760-2014）、《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》（HJ 662-2013）等标准规范的要求，水泥窑协同处置的废物投加点可以在生料磨、上升烟道、分解炉、窑尾、窑罩门和主燃料6处。新型干法水泥窑固体废物投加点示意图如下。

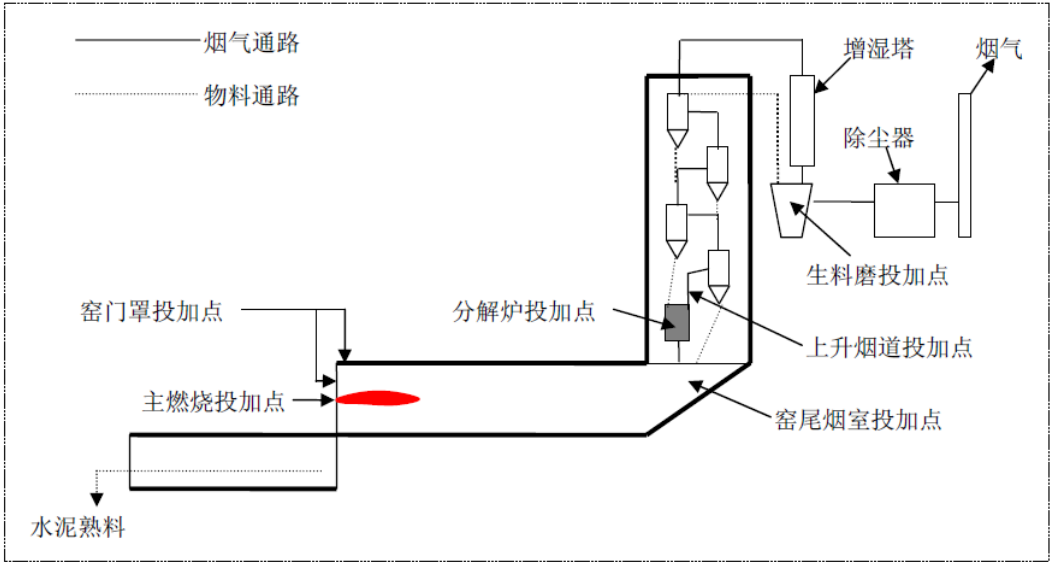


图 5.3-19 新型干法水泥窑固体废物投加点示意图

由于有机类污染土在升温过程中易挥发，为保证有机类污染物经过高温焚烧分解后达标排放，避免出现由水泥窑的低温段加入，污染土壤中有机物脱附后直接排放造成烟气污染物超标的情况，建议有机污染土壤在温度 1100℃ 以上的区域投入，烟气停留时间应大于 2 秒。因此，有机污染土壤应由水泥窑的窑头、窑尾、分解炉等部位投料。但由于从水泥窑的窑头、窑尾、分解炉等部位投料，对水泥产品质量有一定的影响，故应严格控制各处的投加量。

对于场地内的重金属污染土壤，为降低污染土的添加对水泥产品质量的影响，建议在生料磨处添加。

2. 添加比的确定

（1）国标《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760-2014）要求：

根据《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760-2014）对入窑生料中重金属含量参考限制的要求，砷、铅、镉、铜、镍、锌的限制如下表所示。

表 5.3-15 入窑生料重金属含量参考限值

序号	重金属元素	参考限值（mg/kg）
1	砷（As）	28
2	铅（Pb）	67
3	镉（Cd）	1.0
4	铬（Cr）	98
5	铜（Cu）	65
6	镍（Ni）	66
7	锌（Zn）	361
8	锰（Mn）	384

根据场地调查和风险评估报告中各地块各层污染土壤中重金属平均值计算每种重金属的平均值，修复土壤中重金属砷含量均在 47.5mg/kg 以上，砷超出入窑生料限值标准。所以污染土不能直接作为原料生产水泥，必须按一定添加比例作为固体废弃物协同处置。

（2）行业规范《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》要求

根据《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》（HJ 662-2013）固体废物投加的技术要求，入窑物料（包括常规原料、燃料和固体废物）中重金属的最大允许投加量不应大于下表所列限值。

表 5.3-16 入窑生料中重金属最大允许投加量限值

重金属	单位	重金属的最大允许投加量
汞（Hg）	mg/kg-cli	0.23
铊+镉+铅+15×砷 (Tl+Cd+Pb+15×As)		230
铍+铬+10×锡+50×锑+铜+锰+镍+钒 (Be+Cr+10Sn+50Sb+Cu+Mn+Ni+V)		1150

入窑重金属投加量与固体废物、常规燃料、常规原料中重金属含量以及重金属投加速率的关系如下列两式所示。

$$FM_{hm-cli} = \frac{C_w \times m_w + C_f \times m_f + C_r \times m_r}{m_{cli}}$$

$$FR_{hm-cli} = FM \times m_{cli} = C_w \times m_w + C_f \times m_f + C_r \times m_r$$

式中：

（1） FM_{hm-cli} 为重金属的单位熟料投加量，即入窑重金属的投加量，不包括由混合材带入的重金属，mg/kg-cli；

(2) C_w 、 C_f 和 C_r 分别为固体废物、常规燃料和常规原料中的重金属含量，mg/kg；

(3) m_w 、 m_f 和 m_r 分别为单位时间内固体废物、常规燃料和常规原料的投加量，kg/h；

(4) m_{cli} 为单位时间的熟料产量，kg/h；

(5) FR_{hm-cli} 为入窑重金属的投加速率，不包括由混合材带入的重金属，mg/h。

根据相关数据，按上述要求计算出重金属污染土的最大添加比例为 8%。综上，实际水泥窑协同处置时，为保证水泥产品质量，各类污染土壤应混合配伍均匀后进入水泥窑协同处置，并降低添加比例至 5%，重金属含量进一步稀释降低，完全不存在重金属含量过高影响水泥窑生产及排放的情况。

5.3.6 原位阻隔方案

5.3.6.1 技术原理

修复技术虽然能清除污染物，但由于污染场地条件和污染物环境行为的复杂性，导致某些场地条件下实施污染物清除的成本很高，且清除效果不理想；或者对深层土壤存在过度修复现象。从发达国家的污染场地管理经验来看，污染场地风险控制技术除修复技术外，还有工程控制技术、自然衰减技术、制度控制措施等。工程控制技术主要是利用工程措施将污染物封存在原地，限制污染物迁移，切断暴露途径，降低污染物的暴露风险，保护受体安全。

原位阻隔覆盖就是一种常用的工程控制措施，是将污染区域通过在四周建设阻隔层，同时在污染区域顶部覆盖隔离层，将污染区域四周及顶部完全与周围隔离，避免污染物与人体接触和随地下水向四周迁移。也可以根据污染场地实际情况结合风险评估结果，选择只在场地四周建设阻隔层或只在顶部建设覆盖层。

该技术适用性：适用于重金属、有机物及重金属有机物复合污染土壤的阻隔。不宜用于污染物水溶性强或渗透率高的污染土壤，以及地质活动频繁且地下水水位较高的地区。



图 5.3-20 原位阻隔技术示意图

5.3.6.2 工程规模

本项目需采用原位阻隔方式进行治理的范围为第二类用地区域 2m 以下的区域，需进行原位阻隔处理的污染土方量为 23622 方。

原位阻隔的工程规模一般按照面积进行统计和费用计算，本项目需原位阻隔的区域除污染土壤所在的区域的表面外，还要在基坑侧壁验收达标后，对超标区域的四周边缘进行原位阻隔系统建设，因此：

原位阻隔区域工作量(m^2)=污染土壤面积(m^2)+污染区域周长(m)×土层深(m)
度

整个场地原位阻隔工作量统计情况及分布区域见表 5.3-17 和图 5.3-21 所示。可见全厂区需进行原位阻隔的总工程量 9254 m^2 ，其中不同区域因所处土层深度不同，阻隔深度会有所差异。

表 5.3-17 厂区原位阻隔工作量统计

区域	地块	面积	叠加周长/m	阻隔深度/m	工作量/ m^2
A1 区	1#	1292	136	3	1701
	2#	2768	288	3	3631
	3#	397	81	3	640
	4#	241	58	6	591
	5#	1536	145	8	2693
共计		6234.31			9254

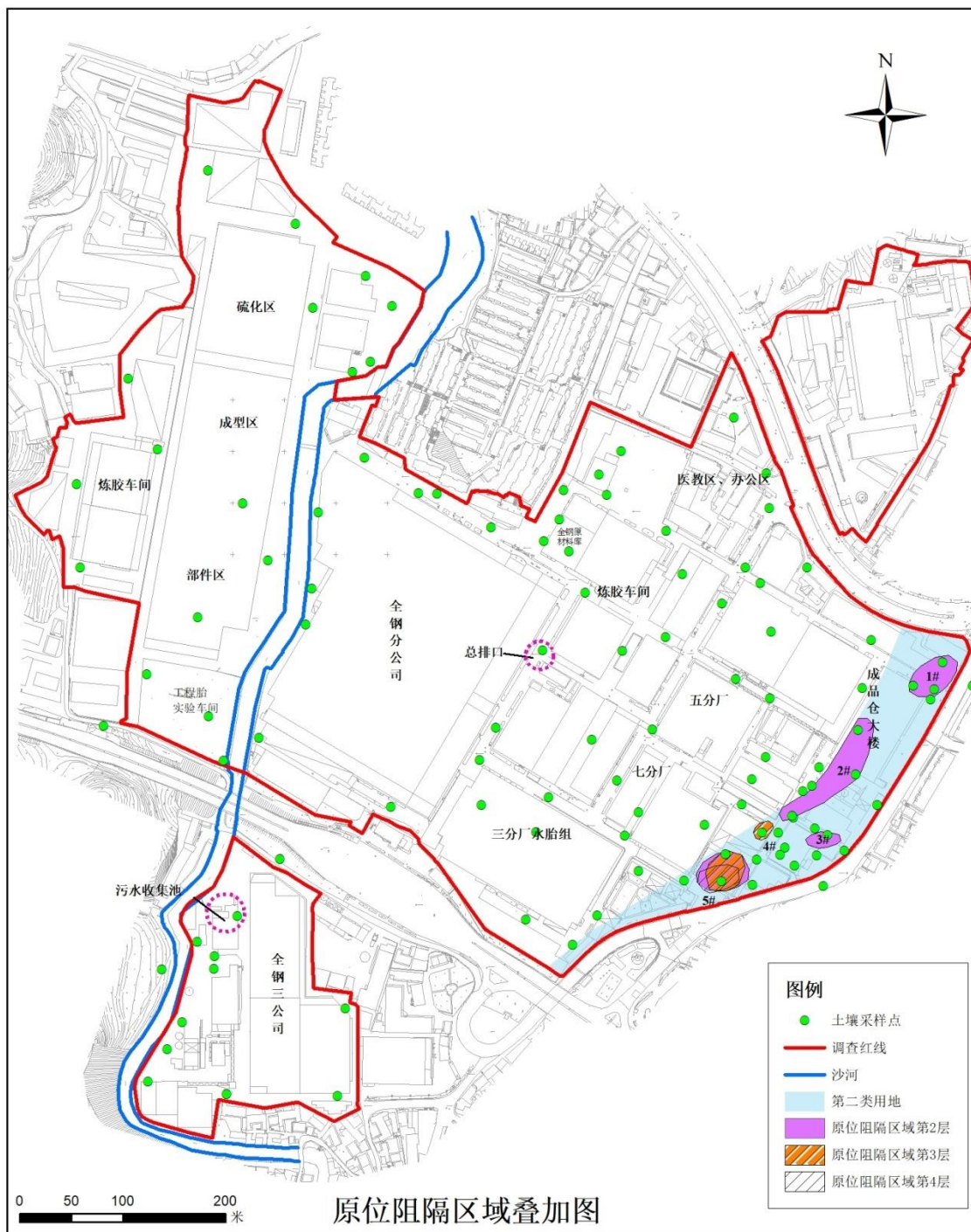


图 5.3-21 原位阻隔区域叠加图

5.3.6.3 工艺流程及相关参数

1. 系统组成

原位土壤阻隔覆盖系统主要由土壤阻隔系统、土壤覆盖系统、监测系统组成。土壤阻隔系统一般是由 HDPE 膜、泥浆墙、三七灰土（石灰与粘土混合物）等防渗阻隔材料组成，通过在污染区域四周建设阻隔层，将污染区域限制在某一特

定区域。土壤覆盖系统通常由粘土层、人工合成材料衬层、砂层、覆盖层等一层或多层组合而成。监测系统主要是由阻隔区域上下游的监测井构成。

2.工艺流程

原位阻隔技术工艺流程如图 5.3-22 所示。

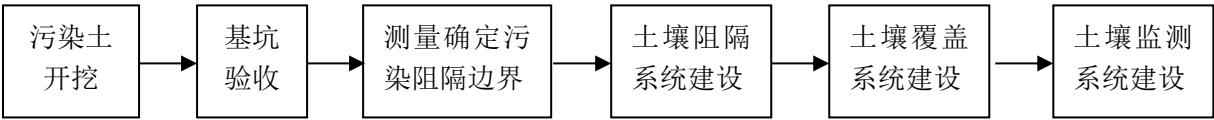


图 5.3-22 原位阻隔技术工艺流程

3.工艺设备

原位阻隔土壤修复技术施工过程预处理阶段所需设备：挖掘机、破碎机、筛分设备、土壤改良机等；主体施工阶段所需设备包括：挖掘机、推土机、吊装设备、装载车、压实机等。

4.材料及参数

影响原位土壤阻隔技术修复效果的关键技术参数包括：阻隔材料的性能、阻隔系统深度、土壤覆盖层厚度等。

(1) 阻隔材料：阻隔材料渗透系数要小于 $10^{-7}/s$ ，阻隔材料要具有极高的抗腐蚀性、抗老化性，具有强抵抗紫外线能力，使用寿命 100 年以上，无毒无害。阻隔材料应确保阻隔系统连续、均匀、无渗漏。

(2) 阻隔系统深度：通常阻隔系统要阻隔到不透水层或弱透水层，否则会削弱阻隔效果。

(3) 土壤覆盖厚度：对于粘土层通常要求厚度大于 300 mm，且经机械压实后的饱和渗透系数小于 10^{-7} cm/s ；对于人工合成材料衬层，满足《垃圾填埋场用高密度聚乙烯土工膜》（CJ/T 234）的相关要求。

原位阻隔所需的设备及材料见表 5.3-18 所示。

表 5.3-18 原位阻隔所需的设备及材料清单

设备/材料	数量	备注
挖掘机	2 台	土方清挖清理
厢式货车	1 台	运输设备及材料
推土机	1 台	土方回填

设备/材料	数量	备注
压实机	1 台	阻隔层压实
磅秤	1 台	原料配比计算
粘土	若干	阻隔层建设材料
沙子	若干	阻隔层建设材料
石灰	若干	阻隔层建设材料
RTK	1 台	放线定点
防护用品	若干	包括全防护，防护面具，安全帽，橡胶手套等

5.实施过程

原位阻隔技术主要实施过程包括：

- （1）确定污染阻隔区域边界；
- （2）在污染阻隔区域四周设置由阻隔材料构成的阻隔系统；
- （3）在污染区域表层设置覆盖系统；
- （4）定期对污染阻隔区域进行监测，防止渗漏污染。
- （5）阻隔层验收。

5.3.6.4 预计修复成本及周期

（1）预计修复成本

原位阻隔技术的处理成本与工程规模等因素相关，通常采用 HDPE 膜作为土壤阻隔系统主要材料的应用成本约 500~800 元/m²，采用粘土（三七灰土）类作为土壤阻隔系统材料的应用成本约 100~200 元/m²。本项目原位阻隔面积共计 9254m²，总修复费用预计 92.54 万元（按 100 元/ m² 计）。

（2）修复周期

本项目原位阻隔总工作量 9254 m²，平均日工作量按 1000 m² 计，预计修复时间约 10 日历天。

5.3.7 平面布置及临时设施布置

5.3.7.1 平面布置

1. 布置原则

(1) 合理布置，尽量节省用地，按功能分区布置，做到功能明确，有利于生产管理；

(2) 总平面布置按土壤修复设计规模及流程确定；

(3) 各建构筑物、生产工段、交通联系要便捷，避免交叉，注意平面交通和立体交通结合；

(4) 建、构筑物按功能不同尽量分区布置，生产管理建筑物和生活设施集中布置，与土壤、废水处理构筑物保持一定间距，并用绿化带分隔开；

(5) 废水处理构筑物尽可能地按流程顺序布置，以避免管线迂回，同时充分利用地形，减少土石方量；

(6) 平面布局时，处理构筑物间布置紧凑、合理，做到建构筑物相对集中，并满足各构筑物的施工、设备安装和埋设各类管道及维护管理的要求，创造良好的生活和工作环境；

(7) 尽量做到土石方量基本平衡，并避开劣质土壤地段；

(8) 工程消防符合现行《建筑设计防火规范》的有关要求

2. 平面布置

方案一的场区平面布置见图 5.3-23 所示。

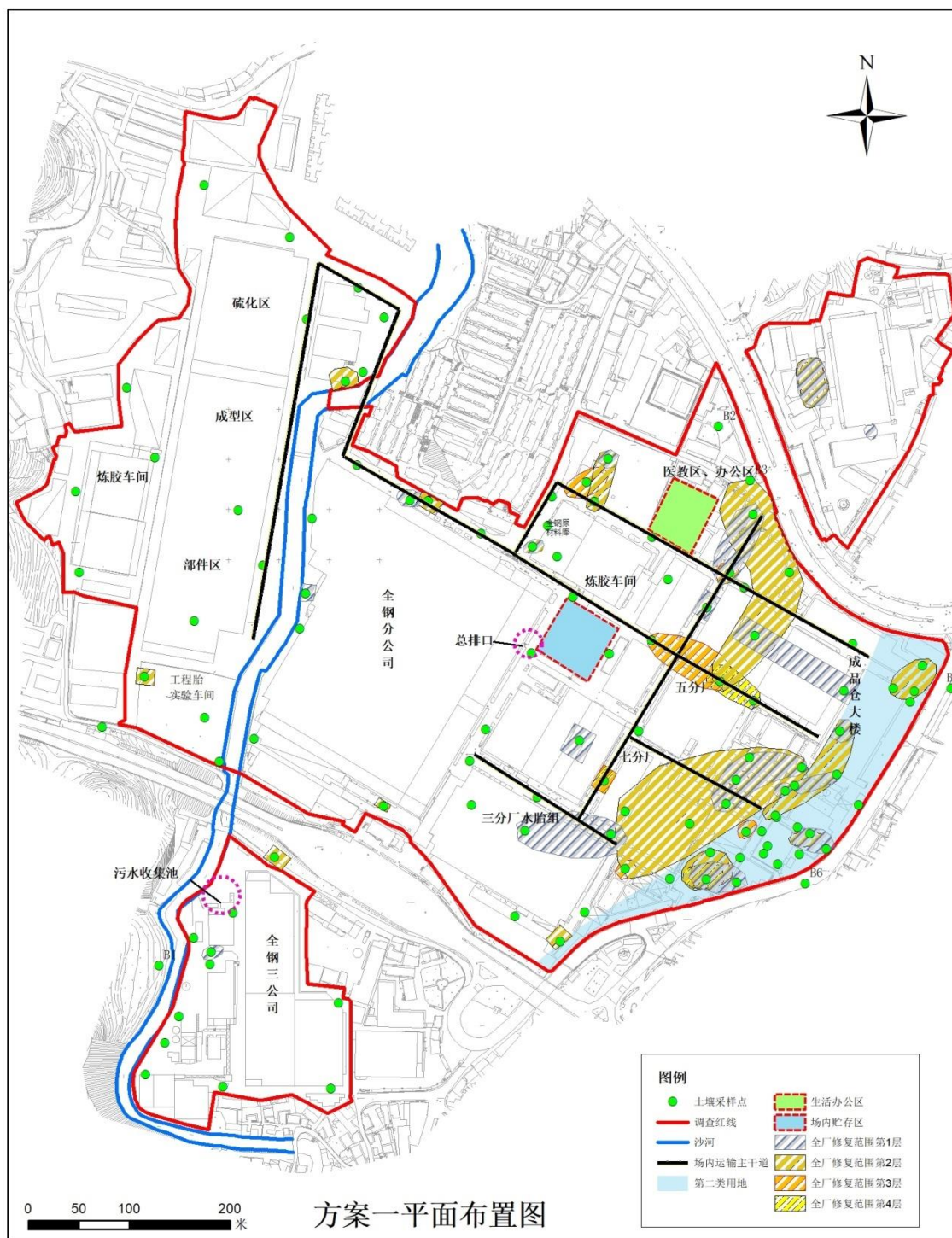


图 5.3-23 方案一平面布置图

5.3.7.2 临时设施布置

1、项目临时用地

贵州轮胎股份有限公司地块土壤治理修复工程项目施工现场需要配备临时设施、加工车间、现场办公、设备及仓储、供电、供水、卫生、生活等设施。

2、施工道路布置

利用原有进厂区道路进行车辆运输，如需变更道路路线则需根据施工情况进行重新规划，出入口设冲洗车区，避免车辆将污染带出场外造成二次污染。出口及大门按标准进行设置，道路两边设路缘石，在进门处悬挂工程概况、管理人员名单及监督电话、安全生产规定、文明施工、消防保卫五板；施工现场总平面图，达到现场文明施工要求。

3、办公区域布置

充分利用原有办公楼进行布置办公。办公室内统一配备办公桌椅，会议室内配备拼装式长型会议桌。同时为工程监理、环境监理及环保验收工作人员提供必要的现场办公场所。

作业场站内设置现场办公场所，便于现场作业指导和监督。

4、大门布置

充分利用原有厂区大门，大门按 CI 标志制作，在主出入口一侧设置门卫室，日夜值班。

5.4 方案二初步设计

5.4.1 技术路线

方案二土壤修复工艺流程图见下图。

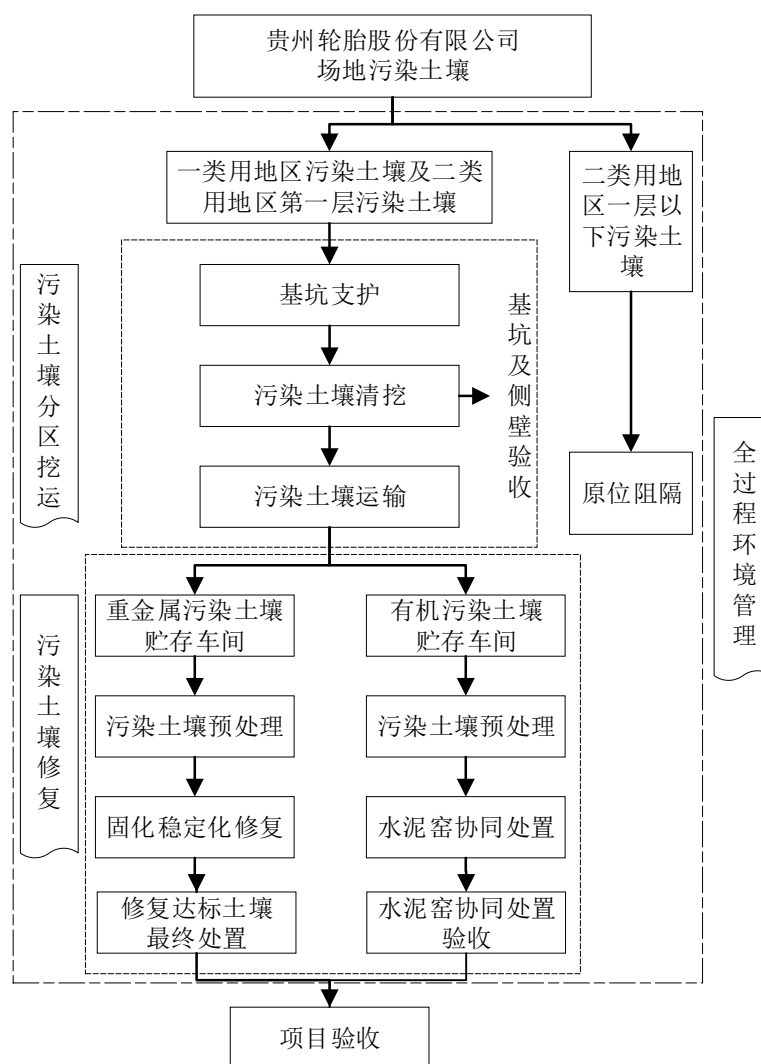


图 5.4-1 方案二污染土壤处置工艺

5.4.2 土壤清挖方案

同方案一相关内容（见 5.3.2 章节）。

5.4.3 污染土壤运输方案

本方案所有场地污染土壤的修复均为原地异位方式，其场内运输，运输土方量为 132463 m^3 ，场外运输土方量 5690 m^3 。运输方案参照方案一（见 5.3.3 章节）。

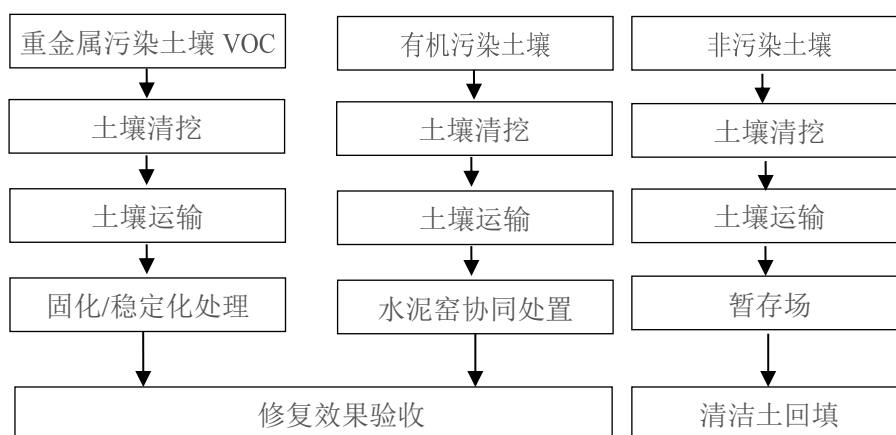


图 5.4-2 场地清挖不同类型土壤处理流程

5.4.4 污染土壤处置方案

5.4.4.1 重金属污染土壤处置方案

本方案重金属污染土壤（132463 m³）拟采用固化/稳定化技术。

1. 技术原理

本项目重金属污染物有多种，其中重点关注的污染物为砷、镉、铬、镍、铅。修复原理主要通过向污染土壤中加入特定复配的固化稳定化药剂，使药剂与土壤中的重金属污染物发生吸附、沉淀，络合、螯合、氧化等反应，改变土壤重金属的价态及赋存形态，降低重金属的迁移能力和生物有效性，从而将污染物转化为不易溶解、迁移能力或毒性更小的形态，实现其无害化，降低对环境的风险。

影响稳定化修复效果的主要因素包括以下几个方面：

（1）重金属污染物种类及浓度

不同种类重金属所选用的药剂有所差别。不同程度重金属污染土壤，通过调节药剂的投加比例，保证还原稳定化修复效果。

（2）水分含量

水是还原稳定化反应的物质基础，采用药剂进行还原稳定化时，需保持土壤与药剂混合物的含水率在 30%以上。

（3）药剂与土壤的混合均匀程度

将土壤与稳定化药剂均匀混合是稳定化修复过程中至关重要的步骤，其目的是确保药剂和污染物充分接触，通过稳定化过程，降低土壤中重金属对人体健康与环境风险。

（4）反应环境及时间

混合处理后的反应阶段是进行药剂与污染物进行化学反应、稳定结构形成的重要阶段。因此，反应过程中如何确保足够的反应时间是影响稳定化修复效果的重要因素。

2. 工艺流程

本修复工程重金属污染土壤主要受砷等重金属污染，对于该复合重金属污染土壤，先经筛分破碎、降低含水率等预处理工序后，再采用固化稳定化技术进行修复。

重金属污染土壤修复处理工艺流程主要包括污染土壤清挖运输、土壤预处理、污染土壤与药剂混合、处置后土壤的堆置与养护、修复后土壤的检测与验收等。

重金属污染土壤还原稳定化修复工艺主要施工步骤如下：

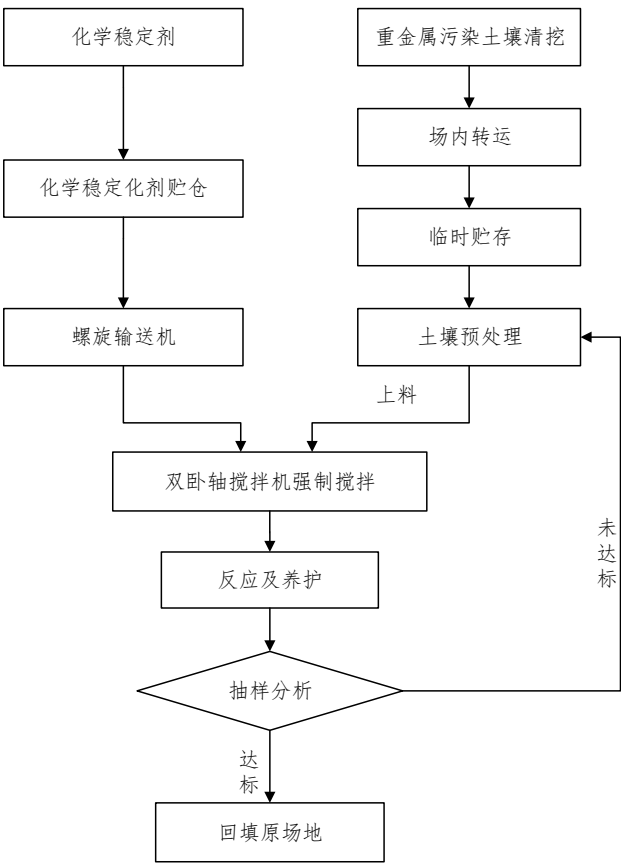


图 5.4-3 固化稳定化工艺流程

（1）污染土壤筛分预处理

由于重金属污染土壤加药混合搅拌设备对入料的粒径与含水率有严格要求，大颗粒杂物如混凝土块、石块、砖块或大尺寸钢筋等可能会导致其内部的传送系统和转动部件损坏或堵塞，而高含水率的粘湿土壤会导致其内部的传送系统和转动部件粘堵，进而大大降低重金属污染土壤加药混合搅拌设备处理效率，甚至损坏设备。因此，对清挖出的重金属污染土壤，需经过筛分破碎和降低含水率的预处理后，方可送入土壤改良机设备进行还原/稳定化修复处理。

（2）污染土壤与药剂混合

污染土壤与药剂混合的均匀程度是决定稳定化处置效果的关键因素。本工程采用土壤修复专业设备土壤改良机进行污染土壤与稳定化药剂的混合作业。该设备配备进土计量和药剂称量装置，可以通过程控系统精确控制药剂投加量。此外设备具有三重破碎、切削与混合功能，能明显提升药剂与污染土壤的混合均匀程度。药剂添加比例为 1%~3%，具体添加比例需根据小试实验确定。

（3）修复后土壤的堆置养护与待检验收

经土壤改良机处理后的污染土壤，由转运车辆统一运至指定待检区域进行堆置养护。待养护土壤按批次堆置成长条土垛，用苫布覆盖进行养护，并定期用洒水车进行喷洒降尘作业。养护期间定期采样检测土壤含水率，并根据情况及时补充水分，维持待检土壤含水率恒定及厌氧环境。

经过养护后需分批次进行稳定化处理效果验收，每处理 500m³ 采集样品进行浸出毒性试验检测，达到预期修复目标后进行最终处置，否则，需重新进行处理。

3. 设计规模及主要设备

设计处理规模为 60m³/h。若设备每天运行 8 小时，设置两台设备，每天可处理污染土壤 960 m³。

主要设备见下表。

表 5.4-1 稳定化工艺设备及设施配置表

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
1	挖掘机	SY215C-10、斗容 0.8~1.1 m ³	台	2	
2	运输车	DFL3251A1	台	4	
3	装载机	CLG825C，斗容 1.4 m ³	台	2	
4	进料斗	2m×2m×2m	套	2	
5	皮带输送机	B=600mm，L=10m	台	2	

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
6	振动筛	ZSW-300×90, 处理能力 Q=60 m ³ /h	套	2	
7	破碎机	PFV-1007, 处理能力 Q=60 m ³ /h	台	1	
8	皮带输送机	B=600 mm, L=15 m	台	2	
9	双卧轴强制式搅拌机	处理能力 Q=60 m ³ /h	套	2	
10	料仓	带仓顶除尘、破拱装置	套	2	
11	螺旋输送机	D=320 mm, L=10 m	台	2	
12	耐磨耐腐蚀砂浆泵	32UHB-ZK-10-20	台	3	两用一备

4. 暂存区、处理区、待检区布置

暂存区、处理区及待检区总占地面积：10800.00 m²，其中：暂存区（预处理区）长度为 60 米，宽度为 30 米，占地面积：1800 m²；处理区长度为 60 米，宽度为 50 米，占地面积：3000.00 m²；待检区长度为 100 米，宽度为 60 米，占地面积：6000 m²。

暂存区、处理区及待检区场地平整达到要求后，均应敷设防渗层，并在面层做混凝土硬化。在场区内建设渗滤液收集池和截水沟，防止场区内雨水流出场区外污染环境。

暂存区、处理区及待检区防渗系统施工工艺流程如下：

验收基层→500mm 厚压实粘土层→2.0mm 厚 HDPE 土工膜施工→600g/m² 长丝土工布施工→150mm 厚 C20 素混凝土水泥板→竣工交验。

5. 清洁土处置

重金属污染土修复后，原位回填。

5.4.4.2 有机污染土壤处置方案

根据前期场地调查，场地内有机污染土壤采用水泥窑协同处置技术进行处理，保证其治理达标。水泥协同处置工艺详见 5.3.5 章节。

5.4.5 平面布置

方案二的场区平面布置见图 5.4-4 所示。其他临时设施的布置可参考方案一，详见 5.3.7 节。

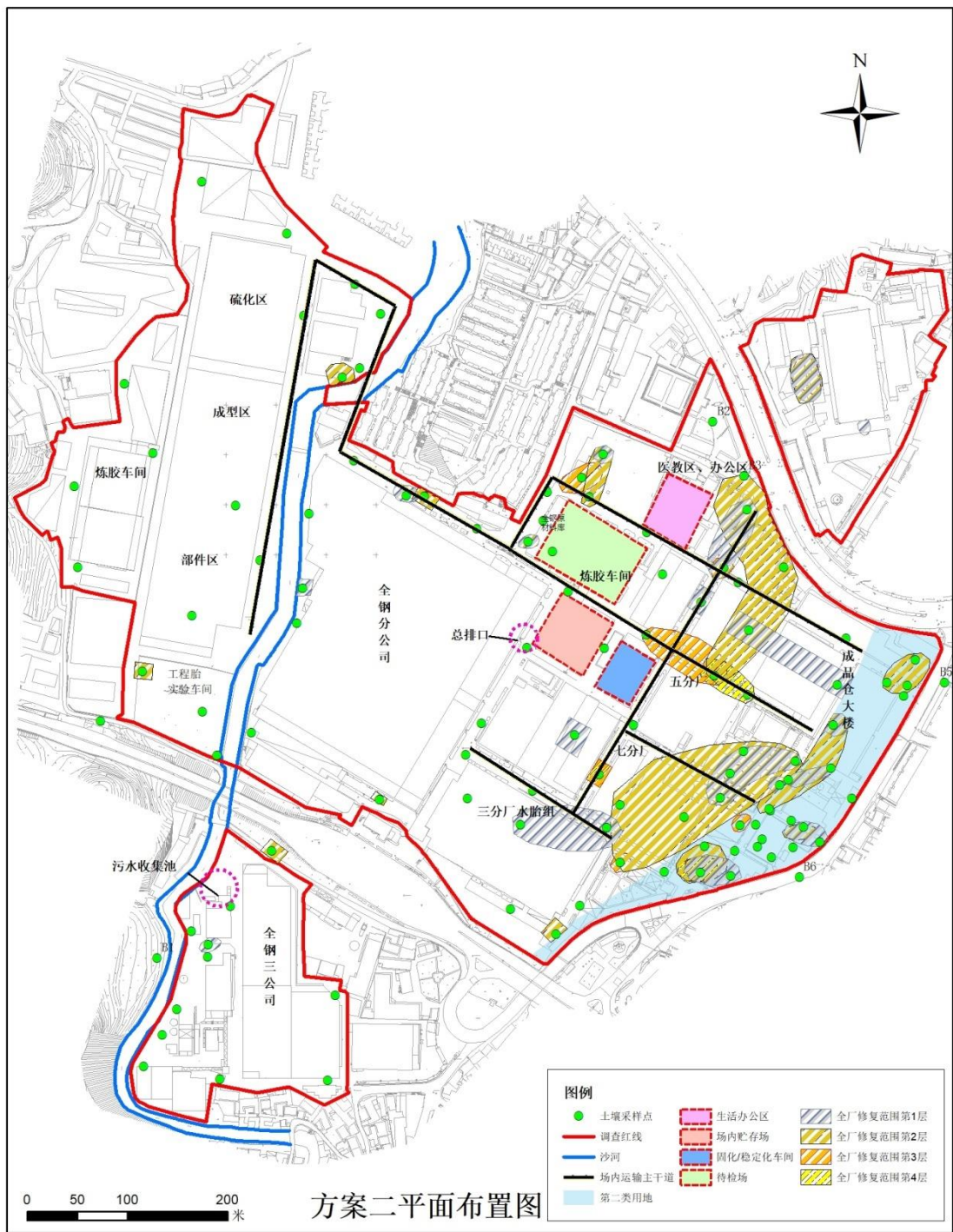


图 5.4-4 方案二平面布置图

5.5 方案三初步设计

5.5.1 技术路线

方案三污染土壤修复技术路线如下图。

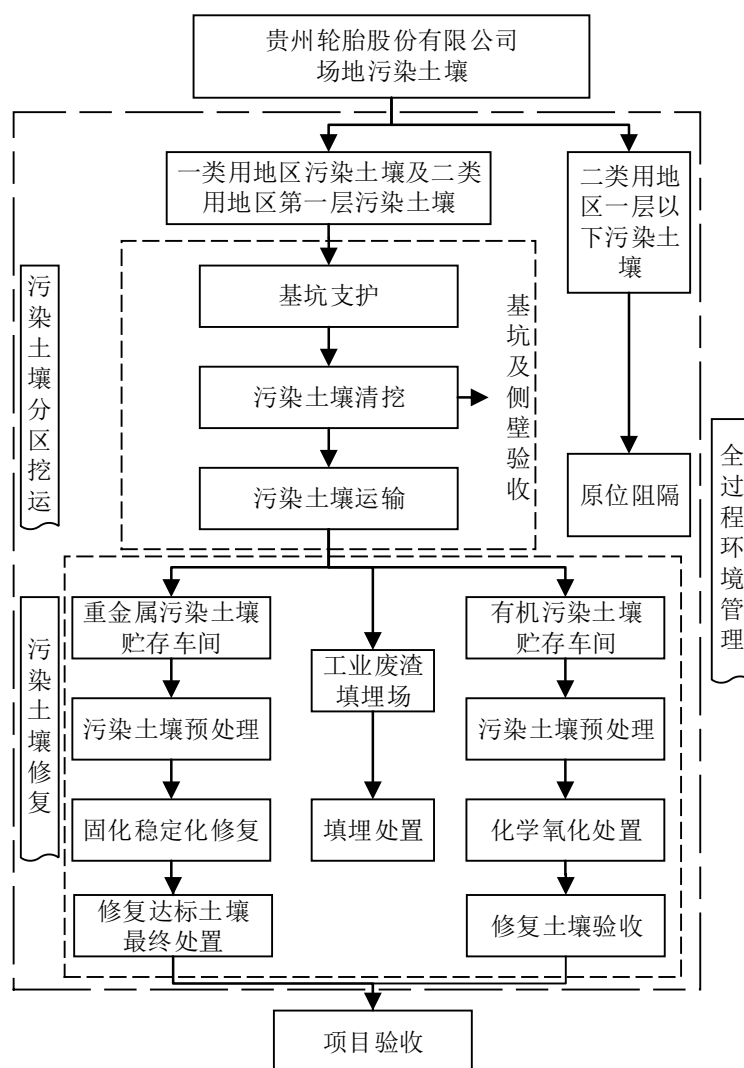


图 5.5-1 方案三技术路线

5.5.2 土壤清挖方案

同方案一相关内容（见 5.3.2 章节）。

5.5.3 污染土壤运输方案

本方案所有场地污染土壤的修复均为原地异位方式，其场内运输，运输土方量为 132463 m³，场外运输土方量 79283 m³。运输方案参照方案一（见 5.3.3 章节）。

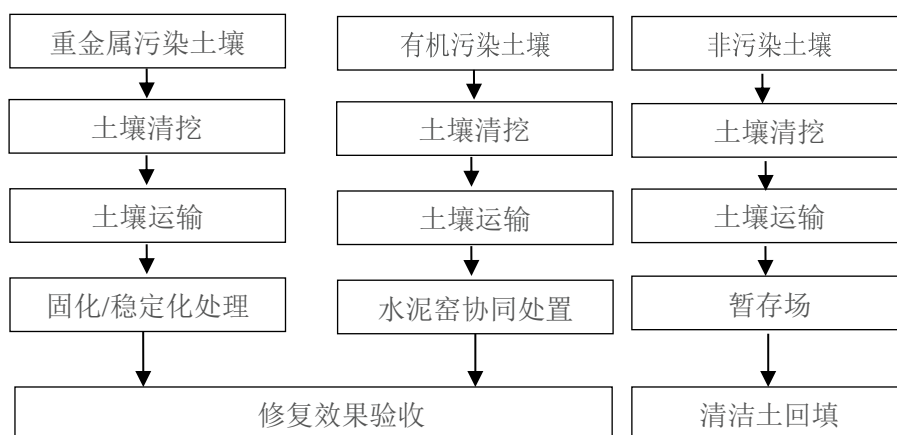


图 5.5-2 场地清挖不同类型土壤处理流程

5.5.4 污染土壤处置方案

5.5.4.1 重金属污染土壤处置方案

本方案重金属污染土壤（60000 m³）拟采用固化/稳定化技术，其余重金属污染土（79283 m³）采用异位填埋技术。固化稳定化技术方案同 5.4.4 节。填埋方案介绍如下：

1. 工艺流程

重金属污染土壤填埋处置技术工艺如下：

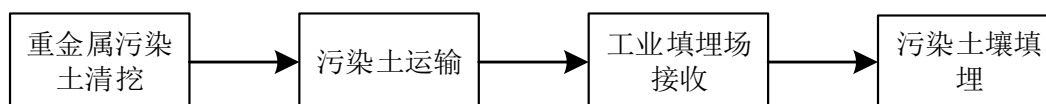


图 5.5-3 重金属污染土壤填埋工艺流程

2. 填埋要求

（1）本场地污染土壤建议进入第Ⅱ类工业废物填埋场，禁止进入生活垃圾填埋场。

（2）污染土壤应采用环保密封运输车运至填埋场的卸料平台，按填埋场管理单位及人员要求卸车，运输车辆在填埋场内的运输路线应按规定行驶。

（3）填埋作业建议由填埋场管理单位负责执行，确保填埋作业合理化、规范化。

（4）该场地的污染土壤应设置单独分区单元填埋，不得与其他废物混合填埋。

(5) 填埋作业过程的装载、挖掘、运输、摊铺、压实、覆盖等作业设备应按填埋日处理规模和作业工艺设计要求配置。

(6) 污染土壤进入填埋场应进行检查和计量。运输车辆离开填埋场前宜冲洗轮胎和底盘。

3. 填埋场选择

据调研，该场地周边有贵州铝厂曹关赤泥堆场、修文华飞一般工业固体废物渣场等多个工业固废填埋场。贵州铝厂曹关赤泥堆场设计库容 3800 立方米，已堆存 2200 立方米，目前该填埋场正在进行闭库工程的施工，仍有可能接收一定的污染土壤；修文华飞一般工业固体废物渣场据了解仍有部分库容。因本项目时间紧，本方案仅就贵阳市周边的几个填埋场进行了调研，贵州省其他区域仍可能有在用的填埋场。建议在具体修复工程施工前中，对贵州省的填埋场进行充分的调研，从接收费用、可接收量、接收土壤性质、运距、办理手续的时间等多方面综合考虑，选择最合适的一个或几个填埋场进行场地污染土壤的填埋处置。

目前贵州铝厂赤泥库的现状见图 5.5-4 所示。

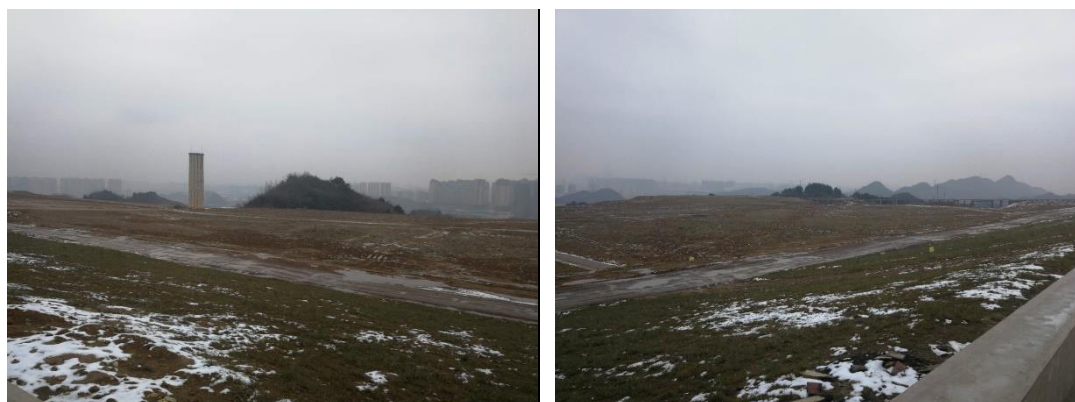


图 5.5-4 贵州铝厂赤泥库现状

5.5.4.2 有机污染土壤处置方案

根据土壤污染的特点，场地内有机污染土壤采用化学氧化技术进行处理，保证其治理达标。

1. 工艺路线

有机污染土壤以为化学氧化修复工艺如下图。

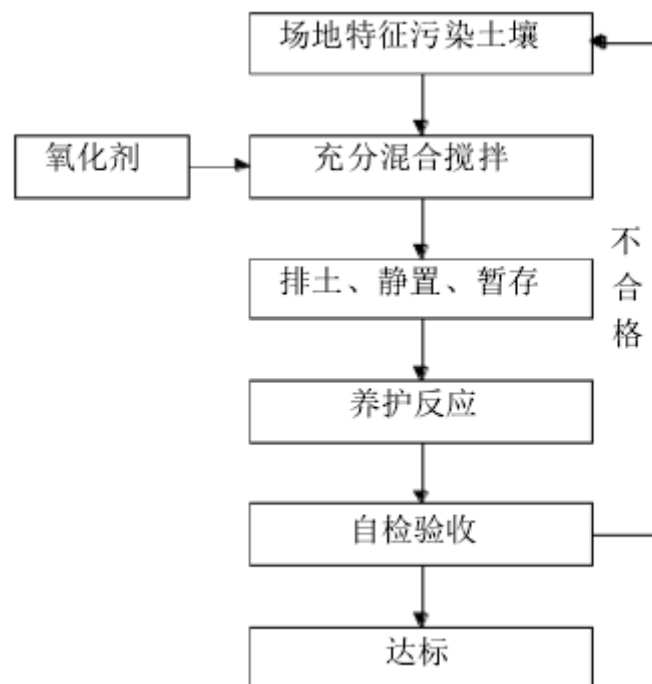


图 5.5-5 异位化学氧化修复工艺

药剂混合：在氧化处理中，为便于机动灵活，同样采用先进的专业筛分破碎铲斗，进行氧化剂与土壤的拌合，利用该设备进行有机物污染土壤的治理，用优势有：（1）进一步破碎土壤到利用与药剂混合的粒径；（2）可混合粉剂或是水剂等多种形式反复抛翻作业，促进反应，释放挥发物（200 转/分钟，污染土壤逆向转动几十圈，搅拌均匀效果及曝气效果远大于大型拌合站）；（3）筛分、破碎、拌药、混合作业，一步内完成，设备随安装主机移动灵活，操作方便。

该设备用于稳定化土壤治理的工作效率为 200 方/h/遍，为了将土壤与药剂充分混合，预计混合的次数不少于 2 次（具体以现场情况为准）。

堆置养护：经土壤改良机处理的污染土壤，在预处理区暂存 1 天进行养护后，堆放至原地待检。

2. 参数设计

项目实施过程中氧化剂过硫酸钠药剂和生石灰（或双氧水）活化剂投加量可根据现场情况和生产性试验进行相应的调整优化，以达到经济高效的修复效果。

表 5.5-1 有机物污染土壤化学氧化药剂投加量

修复土方量 (m^3)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 投加 比	CaO （或双氧 水）投加比	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 投加 量/t	CaO 投加量/t
79283	3.0%	1%	3085.6	1268.6

5.6 各方案修复工期

根据目前的方案设计，对方案一、方案二及方案三的修复周期进行了初步的估算。详见表 5.6-1 所示。从表中可见，方案一所需的总的修复时间较长，但其场内修复时间相对较短，能尽量完成场内施工，保证场内后续工作的开展；方案二所需的总的修复时间较短，但所有修复工作均在场内完成，不利于场地后续尽快的开发建设。方案三所需的总修复时间较长，且场内修复时间较长，另外修复工期也与填埋场与场地的距离、填埋场库容等多种因素有关。

表 5.6-1 各备选方案所需修复周期估算

方案	类型	修复内容	修复技术	工程量 /m³	处理能力 (m³/d)	处理批次	所需时间/天	修复周期
方案一	前期准备	前期准备					90	共计：750 天， 场内：265 天， 场外：485 天
	清挖	清挖工程实施		212371	1000	5	45	
	运输	污染土场内、场外运输		144973	60	20	120	
	第一类用地和第二类用地 0-2m 污染土	重金属污染土壤	水泥窑协同处置	139283	300	1	485	
		SVOCs 污染土壤		3405				
		VOCs 污染土壤		1242				
		TPH 污染土壤		1044				
	第二类用地 2m 以下土壤	重金属污染土壤	原位阻隔	23622	1000m²/d	1	10	
共计							750	
方案二	前期准备	前期准备					90	共计：350 天， 场内：330 天， 场外：20 天
	清挖	清挖工程实施		212371	1000	5	45	
	运输	污染土场内运输		144973	300	20	25	
	第一类用地和第二类用地 0-2m 污染土	重金属污染土壤	固化/稳定化	139283	900	1	160	
		SVOCs 污染土壤	水泥窑协同处置	3405	300	1	20	
		VOCs 污染土壤		1242				
		TPH 污染土壤		1044				
	第二类用地 2m 以下土壤	重金属污染土壤	原位阻隔	23622	1000m²/d	1	10	
共计							350	

方案	类型	修复内容	修复技术	工程量 /m³	处理能力 (m³/d)	处理批次	所需时间/天	修复周期
方案三	前期准备	前期准备					90	共计：420 天， 场内：365 天， 场外：55 天
	清挖	清挖工程实施		212371	1000	5	45	
	运输	污染土场内、场外运输		79283	60	20	120	
	第一类用地和第二类用地 0-2m 污染土	重金属污染土壤	固化/稳定化	60000	900	1	70	
		重金属污染土壤	填埋	79283	1500	1	55	
		SVOCs 污染土壤	化学氧化	3405	200	1	30	
		VOCs 污染土壤		1242				
		TPH 污染土壤		1044				
	第二类用地 2m 以下土壤	重金属污染土壤	原位阻隔	23622	1000m²/d	1	10	
	共计							

5.7 修复费用估算

按照现有各技术的处置费用，表 5.7-1 给出了场地污染土壤修复各备选方案工程费用预算。由表可见，总体而言，方案一和方案二所需费用基本差不多，没有较大差别；方案三所需费用较低，但可接收污染土的填埋场的选择较复杂，需考虑的因素较多。

表 5.7-1 各备选方案所需修复费用估算（万元）

方案	类型	污染类别	修复技术	清挖费用	运输费用	处置费用			合计
						处置单价	工程量/m ³	处置费用	
方案一	第一类用地 和 第二类用地 0-2m 污染土	重金属污染土壤	水泥窑协同处置	531	1160	450	139283	6268	8215
		SVOCs 污染土壤					3405	153	
		VOCs 污染土壤					1242	56	
		TPH 污染土壤					1044	47	
	第二类用地 2m 以下土壤	重金属污染土壤	原位阻隔			100 元/m ²	23622	93	
	共计						168596	6524	
方案二	第一类用地 和 第二类用地 0-2m 污染土	重金属污染土壤	固化/稳定化	531	290	500	139283	6964	8134
		SVOCs 污染土壤	水泥窑协同处置			450	3405	153	
		VOCs 污染土壤				450	1242	56	
		TPH 污染土壤				450	1044	47	
	第二类用地 2m 以下土壤	重金属污染土壤	原位阻隔			100 元/m ²	23622	93	
	共计						168596	7313	

方案	类型	污染类别	修复技术	清挖费用	运输费用	处置费用			合计	
						处置单价	工程量/m³	处置费用		
方案三	第一类用地 和 第二类用地 0-2m 污染土	重金属污染土壤	固化/稳定化	531	399	500	60000	3000	5230	
		重金属污染土壤	填埋			120	79283	951		
		SVOCs 污染土壤	化学氧化			450	3405	153		
		VOCs 污染土壤				450	1242	56		
		TPH 污染土壤				450	1044	47		
	第二类用地 2m 以下土壤	重金属污染土壤	原位阻隔			100 元/m²	23622	93		
	共计							168596		4300

注：（1）上述费用预算仅为修复工程相关的直接费用，未含工程监理、修复效果监测与验收等间接费用，以及相关的税金、管理费、利润和不可预见费；（2）清挖费用：包括污染土壤和非污染土壤的清挖费用。清挖工程量为根据场地调查报告中给出的修复范围进行的统计结果。清挖单价按当地市场价 25 元/m³ 左右计算；（3）运输费用场内运输费用按 10 元/m³ 计算，方案一及方案二场外运输费用按 78 元/m³（平均运距 60 公里）左右进行计算，方案三场外运输费按 42 元/m³（平均运距 30 公里）计算。（4）处置费用：包括重金属、VOC 污染土壤、SVOC 污染土壤、TPH 的处置费用。其中，水泥窑协同处置单价按照 450 元/m³ 计算，重金属固化/稳定化处置单价按 500 元/m³ 计算，重金属污染土壤填埋单价按 120 元/m³。

5.8 备选方案比选

为确定本场地土壤修复的最佳方案，本项目针对本场地的污染特征、场地条件、工程特点及国家相关的要求，采用专家评分方式对上述 3 个备选方案进行了比选。

5.8.1 比选指标与标准

5.8.1.1 比选指标

根据国家相关规定，本项目选取了包括技术、经济、环境和社会在内的四类 20 项评价指标对本场地建设规划调整后的两个场地修复备选方案进行比选。各大类评价指标包含的内容如下：

(1) 技术指标：包括修复技术的可操作性、修复效果和修复时间指标。

- 可操作性：包括修复技术的可靠性；管理人员需的经验程度；必要设备和资源的可获得性；异位修复过程中污染介质的贮存、运输、安全处置方面的可操作性；与场地再利用方式或后续建设工程匹配性相关的可操作性指标，包括修复后场地的建设方案及其时间要求、土方平衡方面的可操作性等。
- 修复效果：是否能到达场地修复目标值。
- 修复时间：包括总修复时间和现场施工/修复时间。相对而言，场地现场施工时间更为重要。

(2) 经济指标：包括基本建设费用、运行费用和后期费用。相对而言，场地的修复工程总费用最为重要。

- 基本建设费用：包括直接费用和间接费用。其中直接费用包括原材料、设备、设施费用等；间接费用包括工程设计、许可、启动、意外事故费用等间接投资。
- 运行费用：人员工资、培训、防护等费用；水电费；采样、检测费用；剩余物处置费用；维修和应急等费用；以及保险、税务、执照等费用。
- 后期费用：日常管理、周期性监测等后期费用。

(3) 环境指标：包括修复后污染物的残留风险、修复过程的环境影响和健康影响。

- 污染物残留风险：剩余污染物或二次产物的类型、数量、特征、风险，以及风险处理处置的难度和不确定性。
- 环境影响：包括修复工程建设阶段和运行阶段对环境的影响程度。
- 健康影响：包括修复工程建设阶段和运行阶段对人员安全健康的影响。

(4) 社会指标：包括管理可接受程度和公众可接受程度。

- 管理可接受程度：区域适宜性；与现行法律法规、相关标准和规范的符合性；需要与政府部门配合的程度。
- 公众可接受程度：施工期对周围居民可能造成的影响（气味、噪声等）。

5.8.1.2 比选标准

根据评价指标的重要性及影响程度，确定了本场地各评价指标的权重及分值如表 5.8-1 所示。指标权重越大，对场地越为重要。指标分值越高，对场地的影响越大。各评价指标的权重总和为 1；各评价指标的分值最小为 0，最高为 10。

5.8.2 比选方法

将各评价指标的分值与权重相乘得到各评价指标的单项得分，再将各修复方案所有指标的单项得分相加得到各修复方案的综合得分，然后对其综合得分进行排序，高者为南化场地污染土壤修复的最佳方案。

表 5.8-1 场地修复备选方案比选评价标准

序号	评分指标	指标权重	评价分值			
			0	1-3	4-7	8-10
1	修复技术的可靠性	0.05	*	较不可靠	较可靠	可靠
2	管理人员需要的经验程度	0.025	*	丰富	较丰富	一般
3	必要设备和资源的可获得性	0.025	*	较不易	较易	易
4	异位修复过程中污染介质的贮存、运输、安全处置方面的可操作性。	0.025	*	不易操作	较易操作	易操作
5	与场地后续建设工程匹配性	0.05	*	较差	一般	好
6	达到修复目标的可行性	0.05	*	不易达	较易达	易达

序号	评分指标	指标权重	评价分值			
			0	1-3	4-7	8-10
7	总体修复时间	0.025	*	长	较长	短
8	现场施工时间	0.05	*	长	较长	短
9	修复总费用	0.2	*	高	中等	低
10	后期费用	0.1	*	高	中等	低
11	污染残留风险	0.05	*	有	基本没有	没有
12	风险处理处置的难度	0.05	*	高	中等	较
13	修复工程前期建设阶段的环境影响	0.05	*	较大	较小	基本没有
14	修复工程运行阶段的环境影响	0.05	*	较大	较小	基本没有
15	修复工程前期建设阶段的健康影响	0.05	*	较大	较小	基本没有
16	修复工程运行阶段的健康影响	0.05	*	较大	较小	基本没有
17	区域适宜性	0.025	*	不适宜	较适宜	适宜
18	与现行法律法规、相关标准和规范的符合性	0.025	*	较差	一般	好
19	需要与政府部门的配合程度	0.025	*	高	较高	一般
20	公众可接受程度	0.025	*	不可	尚可	可
	权重总计	1				

注：* 表示不能满足基本要求。

5.8.3 比选结果

表 5.8-2 为地块土壤修复方案的比选结果。

根据前述本项目场地 2 个备选方案各项指标比较，可以表明：

（1）2 个方案均能在技术上均能满足场地污染土壤治理的需要，且国内均有较为成熟的工程实施案例。

（2）方案一能彻底去除土壤中的污染物，修复周期相对较长，但占用场内工作时间相对较短。而方案二较方案一，总的修复时间较短，但全部为场内工作，场内占用时间较长。

（3）两方案的在建设投资上，方案一和方案二的修复费用仅差 100 多万，从整个项目的体量来说，两方案的费用无明显区别。

(4) 方案二修复的中技术污染土壤需进行后期管理，需长期监测。

(5) 方案一污染土壤的最终处置产物为水泥，几乎能完全实现污染土壤（或废物）的资源化利用，有一定经济效益。而方案二修复达标后土壤需选择合适的区域进行回填，回填过程中，仍有较大不确定性。

(6) 方案三尽管修复成本相对低，但修复时间较长。另外该方案中，合适的填埋场的选择至关重要，除了贵阳周边的填埋场外，还需要对贵州省的填埋场进行充分的调研，从接收费用、可接收量、接收土壤性质、运距、办理手续的时间等多方面综合考虑，选择最合适的一个或几个填埋场进行场地污染土壤的填埋处置。建议在后续修复工程施工前，可对贵阳市周边的填埋场进行充分的调研，如有合适的填埋场可以接收污染土（比如修复施工时，贵州铝厂赤泥库闭库工程尚未完工，仍能接受污染土），可考虑方案三作为备选方案，以降低修复成本。在目前阶段，本方案不作为主选方案。

综上推荐使用“方案一”作为本项目的污染土壤修复方案，即第一类用地及第二类用地 0-2m 土层范围内的重金属及有机污染土壤采用水泥窑协同处置的处理方法，第二类用地 2m 以下的土层，采用原位阻隔的方式进行处理。

推荐方案二和方案三作为污染土壤修复的备选方案。在后期实施过程中，若有合适的工业固废填埋场，及修复工期。

表 5.8-2 场地备选修复方案筛选评价结果

序号	评分指标	指标权重	修复方案		
			方案一	方案二	方案三
1	修复技术的可靠性	0.05	9	9	9
2	管理人员需要的经验程度	0.025	8	8	8
3	必要设备和资源的可获得性	0.025	8	8	5
4	异位修复过程中污染介质的贮存、运输、安全处置方面的可操作性。	0.025	7	7	7
5	与场地后续建设工程匹配性	0.05	9	8	8
6	达到修复目标的可行性	0.05	9	9	9
7	总体修复时间	0.025	8	9	9
8	现场施工时间	0.05	9	8	8
9	修复总费用	0.2	8	8	9
10	后期费用	0.1	8	7	5
11	污染残留风险	0.05	10	9	9

序号	评分指标	指标权重	修复方案		
			方案一	方案二	方案三
12	风险处理处置的难度	0.05	8	8	8
13	修复工程前期建设阶段的环境影响	0.05	6	6	6
14	修复工程运行阶段的环境影响	0.05	7	7	7
15	修复工程前期建设阶段的健康影响	0.05	6	6	6
16	修复工程运行阶段的健康影响	0.05	6	6	6
17	区域适宜性	0.025	8	8	8
18	与现行法律法规、相关标准和规范的符合性	0.025	8	8	8
19	需要与政府部门的配合程度	0.025	7	7	7
20	公众可接受程度	0.025	8	7	8
	得分总计	1	7.90	7.65	7.60

5.9 场地后续修复建议

场地修复过程应结合后期规划进行实施，根据后期详细规划的用地类型可进行适度调整修复方案，以降低修复治理成本，减少治理周期，是修复方案更加切合实际。主要建议如下：

（1）若后期该区域场地详细规划确定后，场地仍有部分区域污染土壤修复未完成。未完成的区域可根据规划的用地类型进行方案调整，主要可调整内容为：详细规划确定的第二类用地区域的重金属污染土壤，在满足该区域规划设计基础上可采取原位阻隔方式进行处置，或可按照规划，将修复目标值调整为第二类用地修复目标值。

（2）建议修复过程应紧密结合后期场地开发，以降低场地修复成本。

（3）方案三在有合适的工业固废填埋场情况下，可考虑实施该方案。**建议**填埋场选用第Ⅱ类工业固废填埋场，**禁止**采用垃圾填埋场进行填埋。

6 环境管理计划

6.1 暂不开发利用阶段风险管控方案

6.1.1 编制依据

依据 2016 年环境保护部第 42 号令《污染地块土壤环境管理办法》，第 18 条至第 21 条要求：

（1）污染地块土地使用权人应当根据风险评估结果，并结合污染地块相关开发利用计划，有针对性地实施风险管控。

对暂不开发利用的污染地块，实施以防止污染扩散为目的的风险管控。

对拟开发利用为居住用地和商业、学校、医疗、养老机构等公共设施用地的污染地块，实施以安全利用为目的的风险管控。

（2）风险管控方案应当包括管控区域、目标、主要措施、环境监测计划以及应急措施等内容。

（3）土地使用权人应当按照风险管控方案要求，采取以下主要措施：

- ①及时移除或者清理污染源；
- ②采取污染隔离、阻断等措施，防止污染扩散；
- ③开展土壤、地表水、地下水、空气环境监测；
- ④发现污染扩散的，及时采取有效补救措施。

（4）对暂不开发利用的污染地块，由所在地县级环境保护主管部门配合有关部门提出划定管控区域的建议，报同级人民政府批准后设立标识、发布公告，并组织开展土壤、地表水、地下水、空气环境监测。

本方案依据上述管理文件中的要求，针对贵州轮胎股份有限公司污染地块在目前暂不开发利用阶段提出了有针对性的风险管控方案。

6.1.2 管控区域

本次的管控区域即为本次的工作范围，即包括贵州轮胎股份有限公司主厂区、场区北侧的前进公司以及南侧的全钢三公司的整个区域，总占地面积 423976m²，

其中主厂区占地面积 347716m²，前进公司占地面积 34930m²，全钢公司占地面积 41330m²。位置及各区域分布同 2.2 节。

6.1.3 管控时段及控制目标

本项目将针对污染地块暂不开发利用阶段进行风险管控方案的设计。管控时段为从即日起至场地修复治理工作开始前，风险管控的目标为防止污染扩散为目的的风险管控。

6.1.4 主要措施

按照 2016 年环境保护部第 42 号令《污染地块土壤环境管理办法》中的相关规定，风险管控可采取的主要措施如下：

- ①及时移除或者清理污染源；
- ②采取污染隔离、阻断等措施，防止污染扩散；
- ③开展土壤、地表水、地下水、空气环境监测；
- ④发现污染扩散的，及时采取有效补救措施。

目前场内内部分车间尚未停产，仍处于暂不开发利用阶段，可采取的风险管控措施主要以防止污染扩散为主，因此可开展②③④中的风险管控措施，即在修复工程施工前，采取一定的污染隔离、阻断等措施，防止污染扩散，同时对场地开展土壤、地表水、地下水、空气环境监测，如发现污染扩散的，及时采取有效应急措施。

6.1.5 污染隔离、阻断措施

6.1.5.1 表层污染土隔离

(1)表层阻隔

表层阻隔也被称为水平覆盖系统或水平覆盖层，其主要目的防止土壤颗粒起尘，减少扬尘污染，从而阻断或减少颗粒携带污染物随空气进入人体这一途径。

本场地内目前大部分区域地表水泥硬化保持的较好，能对污染物的扩散起到一定阻隔作用。但部分区域受到扰动，硬化地面受到破坏，表层土壤直接暴露于

环境中，土壤中颗粒物容易在风、雨水作用下进入环境中，对敏感受体产生潜在危害。因此本项目建议在硬化地面受到破坏，土壤裸露易起尘区域采用表层阻隔措施（防尘网覆盖），以减少表层土壤经口摄入、皮肤接触、吸入土壤颗粒物等主要暴露途径。

防尘网选用标准：参照现行国家标准《安全网》GB 5725-2009 关于安全网性能的规定，对裸土覆盖用防尘网标准作如下要求：质量优良、经久耐用，颜色统一要求为绿色；网目数不低于 2000 目/100cm²，且具备不易燃烧性能。



防尘网



围挡

图 6.1-1 防尘材料样例

防尘网使用管理：对裸露土地进行覆盖时，防尘网必须拼接严密、覆盖完整，发生破损的应及时更换；对防尘网、围挡必须明确专人负责，废弃、破损的防尘网要及时回收入库，严禁现场填埋、现场焚烧和随意丢弃，避免造成二次污染。

（2）围挡

在风险管控范围内墙体受到破坏，或者在目前已经拆除的主厂区东侧锅炉房附近区域的四周边界设置高实体彩钢板围挡，围挡高度不得低于 2.5m。一是控制扬尘扩散，二是防止人员进入污染地块，接触污染土壤。

（3）雨水排水

为避免周边地块雨水径流入其他区域，需采用单坡设置，雨水可沿坡向排放，防止雨水汇入其他地块范围内。

6.1.5.2 人群防护

遇有大风扬尘或雾霾天气，周围人群应做好个人防护，包括以下措施：

- (1) 大风天气期间应尽量减少室外活动，以有效减少颗粒物的吸入；
- (2) 注意个人卫生，养成良好的卫生习惯：外出后，及时洗脸、漱口、清理鼻腔；
- (3) 遇有大风扬尘天气，减少窗户的开放，减少污染区域的暴露逗留时间。

6.1.5.3 扬尘控制

- (1) 在风险管控范围四周边界设置高实体彩钢板围挡，围挡高度不得低于 2.5m；
- (2) 周围道路采取洒水等抑尘措施，建议春秋夏季每天定期进行洒水，在大风天气增加洒水降尘频率；
- (3) 严禁辗带泥土的施工车辆进入道路。

6.1.5.4 制度控制

- (1) 绿化措施

围栏外加强绿化，除种植树木外，绿化带地面应做覆盖或植草处理。

- (2) 宣传警示

1) 设立警示标志

在周围人群易进入区域设立严禁入内的警示标志和告示。



图 6.1-2 警示标志样例

2) 开展宣传教育

定期（如每半年一次）组织开展对周围居民的宣传教育，内容包括严禁进入周边围挡地块，儿童严禁在围挡区域内裸露地面上玩耍，注意个人卫生，大风扬尘天气做好个人防护等内容。

- (3) 加强巡视

开展管控区域周边巡视，制止无关人员进入管控区，防止土壤被扰动。

(4) 高温期间降温措施

为减少有机物的挥发，高温天气（日最高气温达到或超过 35℃时），对管控区域地块进行洒水降温，洒水频次每日至少 1 次。

6.1.6 环境监测计划

修复工程施工前，尽量保持场地原地貌，不随意动土。同时开展环境监测工作。

6.1.6.1 环境空气监测计划

(1) 监测点位

根据《贵州轮胎股份有限公司场地初步调查报告》（2018 年 12 月）、《贵州轮胎股份有限公司场地详细调查报告》（2018 年 12 月），贵州市年主导和夏季主导风均为南南东，冬季主导风向为北北东。

监测点位根据常年气象情况在场地四周围边界附近处设置场界无组织排放监测点；另在场区上风向、下风向设置监测点位，判断污染场地对大气质量的影响程度；场地周边较近敏感点各设置 1 个点位。综上，共设置大气监测点位 12 个。厂区大气监测布点示意图 6.1-3。

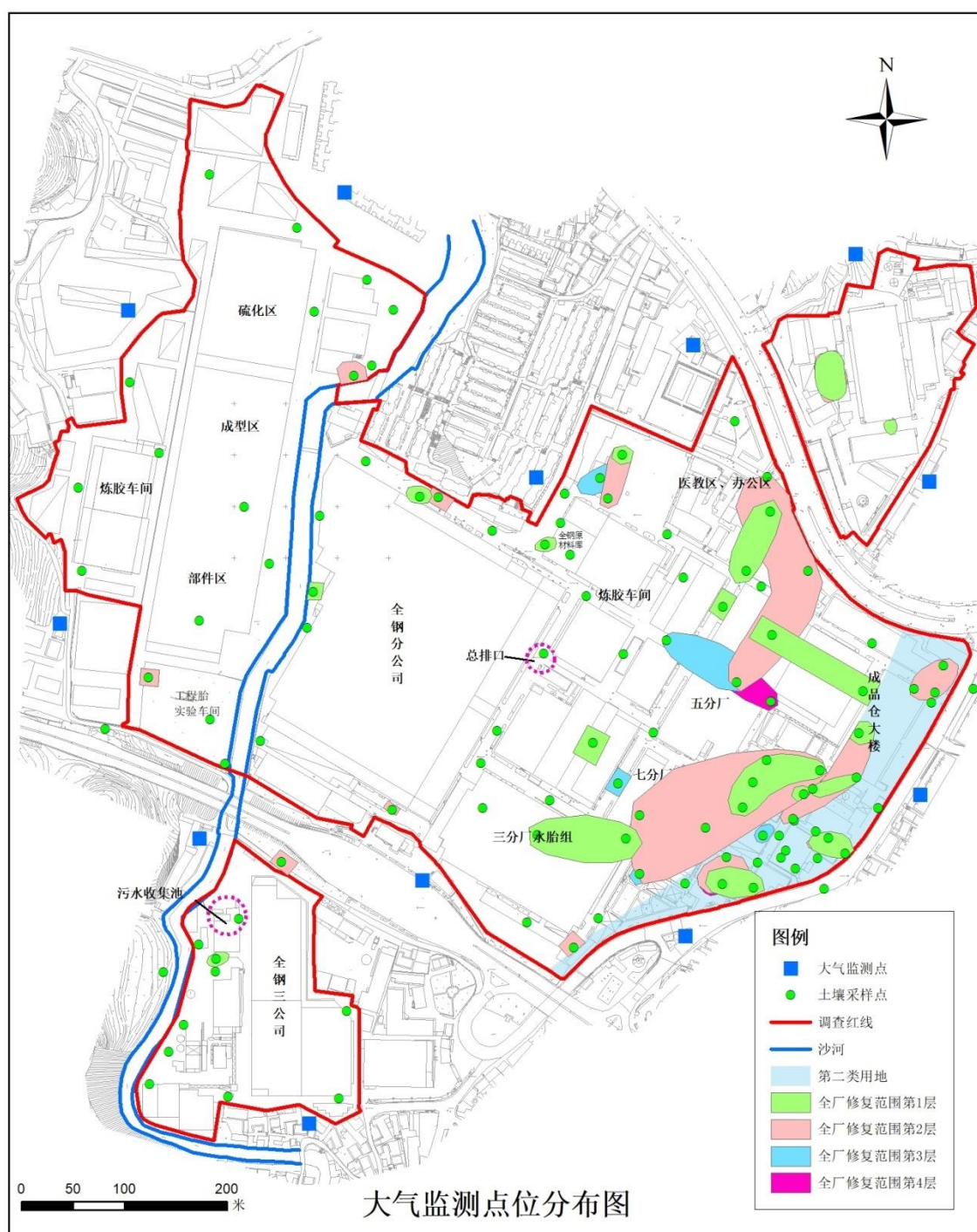


图 6.1-3 暂不开发阶段大气环境监测点位分布图

(2) 监测项目

监测项目包括： PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、砷、镉、铬、镍、铅、 α -六六六、 β -六六六、1,2,3-三氯丙烷、苯和 TPH (C_{10} - C_{40})。

(3) 监测频次

因场地主要为重金属类污染物，VOCs 和 SVOCs 污染较轻，因此每年气温较高月份 5、6、7、8、9、10 月，每个月采样一次，每次一天，每天采样 24 小时。其它月份两个月采样一次，每次一天，每天采样 24 小时。

(4) 采样方法

按国家规定，粉尘采用玻璃纤维滤膜或滤筒采集。采样后的玻璃纤维滤膜或滤筒取下后用黑纸包好放入塑料袋中密封后保存于低温保温箱内保存。

采样过程应同时采集目标大气样品和质控样品，记录采样流量，同步观测气象参数，填写大气采样表。若浓度偏低，可适当延长采样时间；若分析方法灵敏度高，仅需用短时间采集样品时，应实行等时间间隔采样，采集四个样品计平均值。

(5) 执行标准

污染物无组织排放的标准执行《大气污染物综合排放标准 GB16297-2017》中的相应标准。

6.1.6.2 土壤监测计划

(1) 监测点位

场地调查结果表明场地土壤中存在不同程度的污染，在暂不开利用阶段，需对污染场地周边土壤进行定期监测。在场地四周边界布设土壤采样点。另在场地周边敏感点布设土壤采样点

整个风险管控区域共布设 8 个土壤监测点。根据前期周边地块场地调查结论，采样点位具体位置见图 6.1-4 所示。

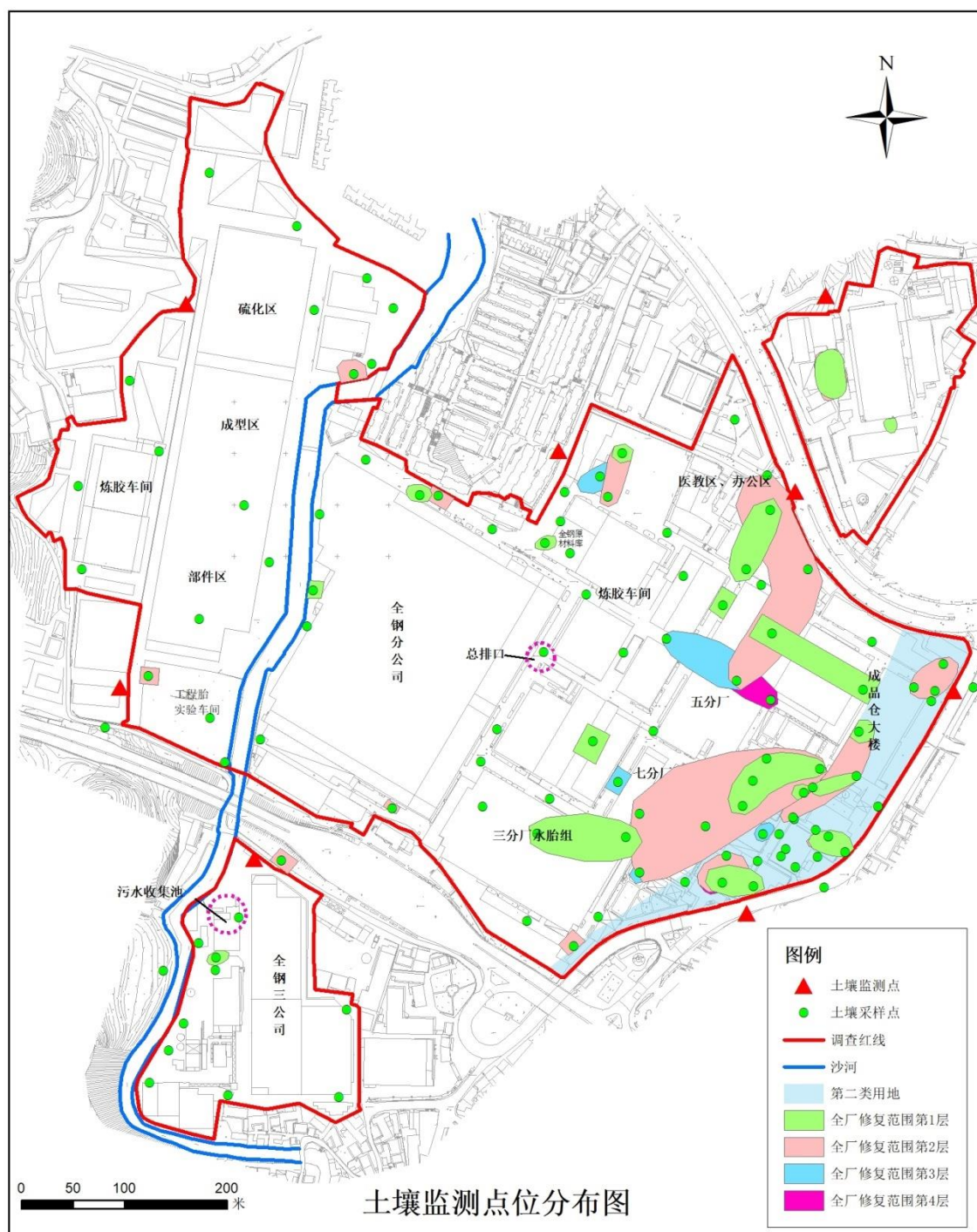


图 6.1-4 暂不开发阶段土壤环境监测点位分布图

(2) 监测项目

拟开发阶段监测项目为场地调查阶段发现的超标污染物，包括：砷、镉、铬、镍、铅、 α -六六六、 β -六六六、1,2,3-三氯丙烷、苯和 TPH (C₁₀-C₄₀)。

该监测项目可以依据开发地块的不同，适当增减。

(3) 监测频次

采样深度分别为 0.5m、1.5m、3.0m、5.0m、8.0m、11.0m。见到基岩止。采样频次每年 1 次。

(4) 执行标准

执行《贵州轮胎股份有限公司场地风险评估报告》(2018 年 12 月) 中土壤修复目标值。

6.1.7 补救措施

如果在环境监测过程中发现污染物有扩散的可能, 应该扩大管控区域的范围, 并增设监测点, 增加监测频率, 以了解污染物的扩散程度及对周边环境、人体健康的影响。并向所在地县级以上环境保护主管部门和其他有关部门报告。

6.2 修复过程环境风险识别

由于本项目采用水泥窑焚烧技术处置所有污染土壤, 根据本工程的特点, 本方案重点围绕污染土的清挖、装载及外运等施工过程中对场地及周边环境的环境管理措施及针对性的监测展开。

根据土壤修复总体部署, 土壤的修复过程主要包括: 污染土壤的清挖、运输、暂存、污染土壤处理等过程。整个污染土壤修复过程中的环境风险主要包括: 废水、噪声、废气等, 如下图所示。

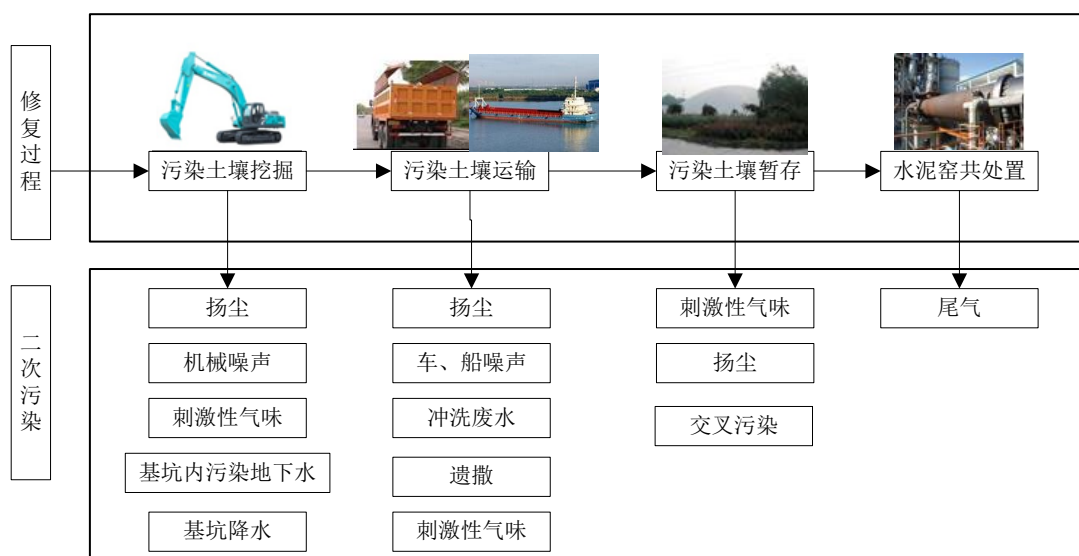


图 6.2-1 异位水泥窑协同处置过程二次污染要点

6.3 污染防控措施

以“预防为主，防治结合”的原则为指导，从施工的各个环节切实做好污染土壤的防控工作。

6.3.1 清挖过程污染防控措施

根据修复过程的施工顺序，各环节的二次污染防治措施如下所述。

1. 刺激性气味

污染土壤开挖过程中的空气污染主要为污染土壤与大气接触挥发出的半挥发性污染物 VOCs/SVOCs，在污染土壤的挖掘过程中，刺激性气味易散发出来，随气流扩散，造成空气污染。

对裸露的开挖面采用喷洒气味抑制剂的方式，阻断开挖面与大气的接触，可有效降低刺激性气味的产生。日常作业时，不间断采用 PID 对空气中刺激性气味进行监测，数值有上升趋势后，降低开挖作业面，及时喷洒气味抑制剂。

2. 扬尘

为防止尘土飞扬，清挖结束后，对暴露在大气中的土壤需采用防尘网覆盖的方式防尘。定期采用进行洒水作业。



图 6.3-1 防尘网覆盖

3. 机械噪声

在清挖过程中，主要的噪声来源为污染土修复过程中噪声主要来自施工车辆机械及移动车间风机产生的噪音，施工过程中控制的具体措施如下：

（1）需要夜间施工时，必须经建设单位或现场监理单位许可，事先做好周围群众的工作，并报有关主管部门备案后方可施工。

（2）现场施工应在风机强噪音部位设置隔音罩。

6.3.2 运输过程污染防控措施

1. 运输车辆噪音

污染土壤运输路线避开噪声敏感建筑物集中区域，车辆限速行驶；行驶的机动车辆，必须保持技术性能良好，部件紧固，无刹车尖叫声；必须安装完整有效的排气消声器。行车噪声要符合国家规定的机动车允许噪声标准。

在噪声敏感建筑物集中区域内，解除机动车辆防盗报警装置，不得产生噪声。机动车辆防盗报警器以鸣响方式报警后，使用者应当及时处理，避免长时间鸣响干扰周围生活环境。

将《夜间作业许可证》及施工计划如实公告附近居民，并按照《夜间作业许可证》规定的作业时间、作业内容、作业方式等要求进行施工。

2. 洗车池废水

污染土壤运输过程中水污染防治的重点为进出场汽车产生的冲洗废水。

在施工现场设洗车池（冲洗槽）和沉淀池。污染土壤运输车量每次出场均需进行冲洗，将运输车外侧和车轮上的污染土清洗干净，防止污染物带出场。洗车池深度不得低于 30 cm，冲洗槽两端内向倾斜。沉淀池收集的废水经沉淀后，上清液回流至洗车池循环使用。清洗后的泥沙和污染土壤一同运至水泥厂进行水泥窑协同处置。冲洗废水最终需经过污水处理站处置后达到《污水排入城镇下水道水质标准》（CJ 343-2010）C 等级，然后排入市政管网。

3. 扬尘

在运输过程中，粉尘污染主要来源为陆运汽车造成的扬尘，过快的车速是造成扬尘的主要原因，因此，控制车速可有效的防止扬尘的产生。

为有效的降低粉尘污染，每天定时出动洒水车对运输路线进行洒水。

4. 土壤遗撒

为防止车船运输过程可能造成的遗撒问题，污染土壤运输的安全管理设计如下：

(1) 施工组织设计统一指定的机械行驶、车辆运输路线。

(2) 运输司机证件由项目部备案，并接受项目部的安全教育，注意行驶安全，一般情况下禁止快速行驶与突然快速启动或制动。

(3) 土方运输前，在出入口垫湿麻布，减少车辆轮胎带土出场。同时，安排专人负责出口外道路的清洁维护，并在现场出入口设置洗车池，以免车辆出入带泥。

(4) 为防止沿途遗撒问题，对车辆进行严密的苫盖。同时组织巡视及环保小组，配清运车进行跟车监测，实行实时监测控制，特别注意道路拐弯处及可能产生紧急停车等容易造成遗撒处。每辆车配备充足的清扫工具及铺盖材料，发现遗撒及时清理干净。自觉接受环保和城管监察部门的监督管理，一旦发现遗撒，及时组织人力清扫，并迅速冲洗干净。在土方运输过程中，确保通讯畅通。

5. 污染土壤堆存过程

水泥厂污染土壤堆存地应建设全封闭预均化污染土堆棚，防止污染物的扩散，因此在接收、暂存期间可有效防止污染物扩散导致的空气污染。

6.3.3 水泥窑协调处置过程污染防控措施

1. 尾气

协同处理水泥厂是该区域处置污染土壤成熟度最高的处置地，已处置当地多处污染场地土壤及污泥，经过多次环保检测，氮氧化物、二噁英、粉尘等排放指标优良，多年的污染土壤水泥窑协同处置未造成空气污染，具有丰富的尾气防治经验。

2. 噪声

在水泥窑协同处置过程中，水泥生产可能产生噪音，水泥窑协同处置的厂区地理位置均较为偏僻，附近无居民区，产生的噪音不会对周围环境造成影响。

6.4 场地环境监测计划

环境监测是修复工程运行管理的重要环节之一。环境监测内容涉及到大气、噪声、土壤及水环境，通过环境监测可以发现施工现场管理中的问题，可全面反映环境状况，并提出改进措施。

本项目土壤中存在挥发性有机污染物，且具有一定的毒性，施工过程中存在对周边环境造成污染的风险。因此，需要对施工现场及周围环境进行严密监测，保障施工安全和周边环境不受污染影响。

6.4.1 基坑积水（上层滞水及降水）监测方案

除场地内生活污水外，其余场地内产生的基坑积水及其他废水都应统一收集后汇入水处理设施前端的废水收集池中，经废水处理设施处理，废水中关注污染物、pH 值、化学需氧量（COD）、溶解性固体等指标达到《污染排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）的 B 等级标准要求后，经排水管理部门同意后排入市政管网。

本次现场废水监测和检测措施如下：

（1）根据项目建设要求，分别在废水收集池进水口前端和待排放废水暂存池排水口安装在线监测设备，对废水中的 COD 和 pH 值进行检测。

（2）本次水处理设施末端设置待排放废水暂存池，通过三通与活性炭吸附塔并行相连，每个待排放废水暂存池有独立的进出水阀门。水处理设施正常运转后，当 1 个待排放废水暂存池蓄满处置废水后，关闭待排放废水暂存池进水阀门。随后由现场环境监理工程师对该暂存池中的废水进行采样（每批次在暂存池中随机采集 3 个水样），送有资质的第三方检测机构检测。现场环境监理工程师根据水样送检结果，判断暂存池中废水是否合格。如合格，则可以将废水排入市政管网，如不合格则将该废水暂存池中的废水重新泵入废水收集池中，有水处理设施继续对该废水进行处置，直至达标后排放。

6.4.2 大气环境监测

由于场地中所涉及的目标污染物含易挥发及半挥发性有机物，在常温常压下

挥发性强，对周边大气环境的影响主要是挥发进入大气、通过附着在土壤颗粒上随扬尘飘散，再通过呼吸或者皮肤接触进入人体并危害人体健康。为了确保施工过程中场地内工作人员的健康安全和防止因施工过程而造成的扬尘对周边大气环境的二次污染，需安排相应的空气管理措施与定期进行场区周边环境空气质量监测。

（1）监测指标

处理场区及处理场区周边大气环境中的污染物主要是重金属及有机类污染物。根据环保要求，场地大气环境中污染物按照《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）执行。

（2）监测布点

监测布点根据大气监测相关规范，结合监测范围大小、污染物的空间分布特征、气象因素和场地周边情况综合考虑确定。场地周边的用地功能主要为居民区和商业活动场所，各敏感点详细信息见下表。

表 6.4-1 场地周边环境敏感风险点

序号	环境敏感点名称	相对场地方位	距离（米）	常住人数	现用地类型
1	沙河	南北向穿厂区	0		地表水
2	金关村	东南侧	10-100	>8000	居民区
3	金阳新区	西北侧	100-500	>8000	居民区
4	贵阳市金关小学	南侧	200	>600	学校
5	圣玛丽幼稚园	东北侧	50	>100	学校
6	金贝贝幼儿园	东南侧	200	>100	学校
7	野鸭中学	西北侧	1000	>500	学校
8	贵州省广播电影电视学校	西北侧	10-100	>500	学校
9	贵阳市林木小学	西北侧	500-1000	>500	学校
10	酒店	北侧、东南侧	10-100		居住用地
11	贵阳金关钢材市场	东南侧	100		商业用地
12	贵州天地顺物流市场	西侧	100		商业用地
13	贵州红润化工有限公司	西南侧	100		工业用地
14	贵州女子职业学校	西北角	50		学校

序号	环境敏感点名称	相对场地方位	距离（米）	常住人数	现用地类型
15	金安棋牌会所	东侧	紧邻		商业用地
16	贵轮幼儿园	北侧	紧邻		学校

本项目建设期间布设大气监测点位 9 个，具体布点情况如下表。

表 6.4-2 大气监测点位布点

序号	场区	布点位置	数量	周边敏感点
1	前进公司	北侧	1	贵阳市女子职业学院
2		西北侧	1	居民区
3	主厂区	东北侧	1	居民及酒店
4		北侧	1	居民区
5		西北侧	1	居民区
6		西南侧	1	贵州红润化工
7		南侧	1	/
8	全钢三公司	西南侧	1	/
9	厂区外	贵轮幼儿园	1	贵轮幼儿园
10	合计		9	

本项目建设期间 9 个大气监测点位分布如下图。

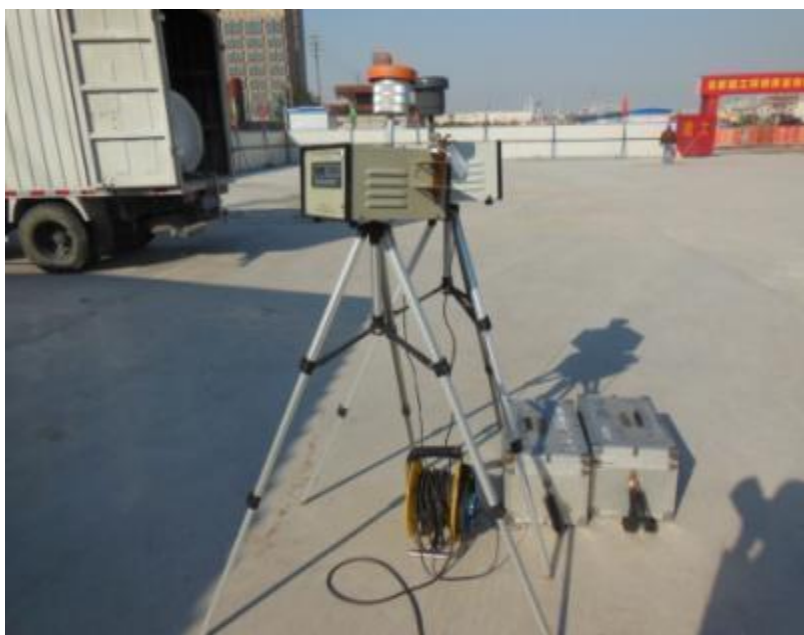


图 6.4-2 大气采样器示意图

(4) 日常巡检

施工期间采用光离子化检测器（PID）来实时监测半挥发性有机污染物在场区内空气中的相对浓度，并根据 PID 浓度判定所需的安全防护等级及环境安全管理措施。专人巡逻场内监测各关注点使用 PID 监测，每日 2 次。



图 6.4-3 图手持光离子化检测器（PID）监测过程示意图

5. 体感判断

参照《空气质量恶臭的测定三点比较式臭袋法》（GB/T14675-93），在场地内

外对大气中是否存在异味进行体感判断，体感说明如下表。

表 6.4-3 体感说明及应对措施

体感等级	体感说明	应对措施
A	良好无异味	执行原来监测频次
B	轻微异味	加强监测频次，同时加强现场施工措施
C	较重异味	暂停污染土清挖及运输施工，同时加强施工措施，视措施效果决定是否施工
D	非常不适	立即停止现场污染土清挖运输，同时现场排查异味来源，采取一切手段控制异味

6.4.3 噪声监测项目

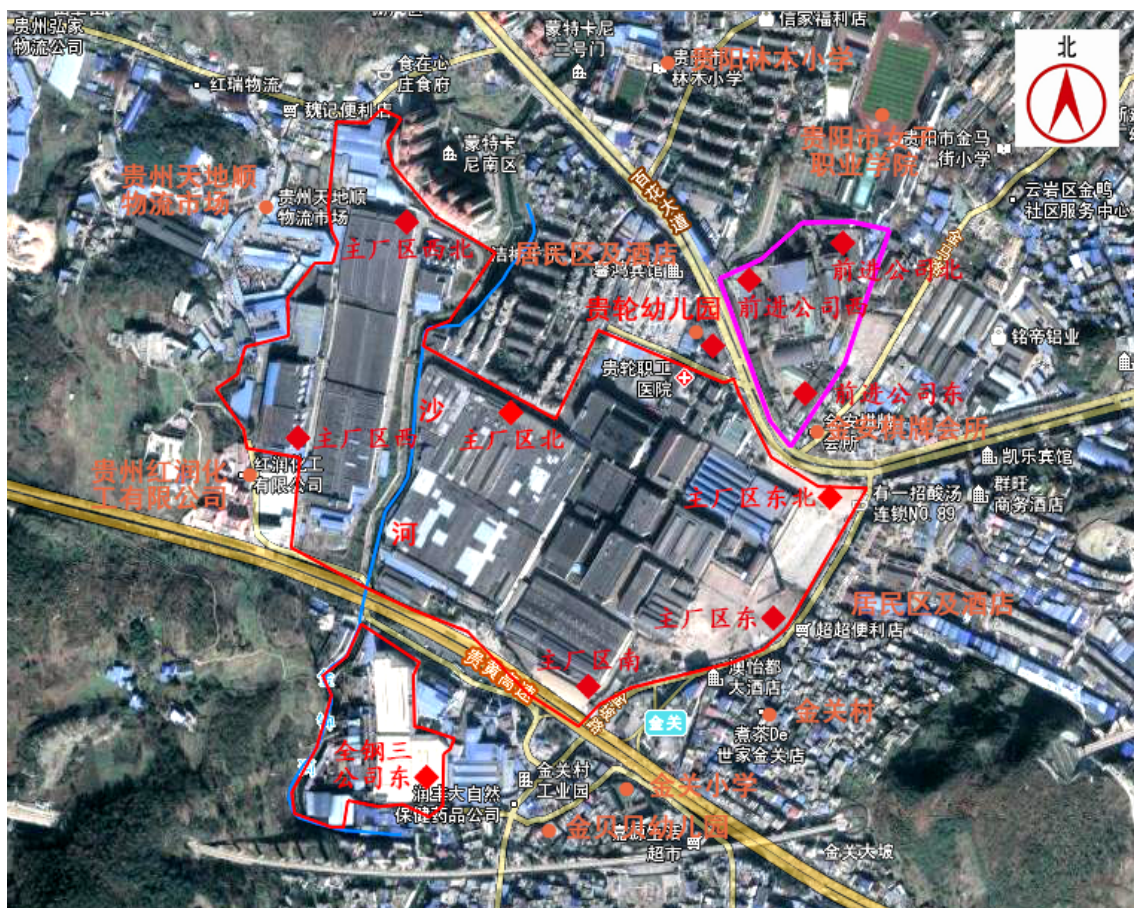
噪声的监测主要是确保周围敏感建筑及敏感人群不受施工噪声危害。噪声敏感建筑物是指医院、学校、机关、科研单位、住宅等需要保持安静的建筑物。在施工场界靠近周边居民区的地块设置监测点，一般情况监测点设在建筑施工场界外 1m，高 1.2m 以上位置。

本项目建设期间布设噪声监测点位 11 个，具体布点情况如下表。

表 6.4-4 噪声监测点位布点

序号	场区	布点位置	数量	周边敏感点
1	前进公司	北侧	1	贵阳市女子职业学院
2		西侧	1	居民区
3		东侧	1	居民区及商业区
4	主厂区	东北侧	1	居民区及酒店
5		北侧	1	居民区
6		西北侧	1	居民区
7		西侧	1	贵州红润化工
8		南侧	1	居民区及商业区
9		东侧	1	居民区及酒店
10	全钢三公司	西南侧	1	居民区及商业区
11	厂区外	贵轮幼儿园	1	贵轮幼儿园
12	合计		11	

本项目建设期间 11 个噪声监测点位分布如下图。



注：●表示敏感目标；◆表示噪声监测点位

图 6.4-4 噪声监测布点图

监测项目：等效声级 L_{eq} ；夜间最大声级。依据 GB3096-2008《声环境质量标准》。

监测频率：施工期间，采用积分平均声级计采样，测量连续 20 分钟的等效声级，夜间同时测量最大声级。

施工过程中：每月监测 1 次。

施工期间采用手持式分贝计来实时监测场区内外噪声，专人巡逻敏感目标附近，每日 2 次。



图 6.4-5 手持式分贝计监测示意图

评价标准：居民区环境噪声执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准，治理区域边界处噪声执行《建筑施工厂界噪声限值》(GB12523-2011)，具体值如下表所示。

表 6.4-5 噪声监测指标

控制项目	昼间	夜间
场界	70	55
居民区	60	50

6.5 水土保持措施

6.5.1 水土流失的来源

项目施工建设过程中需要进行大量的挖土、填土等工程，这些作业过程将改变场地原有的地形地貌，破坏原有植被，扰动土体，使土壤松动、搬移、堆积和裸露，若不采取有效的水土保持措施，在雨季很容易遭受地表径流的冲刷，产生水土流失。

6.5.2 水土流失防治措施

(1) 工程建设所涉及的水土保持设施如排水沟、边坡稳定设施等应与主体工程同时设计、同时施工、同时验收、同时运行。项目施工过程中必须认真落实设计中的各项具体要求。

(2) 工程设计做好土石方平衡，尽可能减少地貌和植被破坏，缩小土壤裸露面积，针对取土、覆土过程应做好土方平衡计算，防止取土过量导致的大量余土堆积。土方施工过程的填方区外侧边缘竖面或挖方区内侧边缘竖面应采取有效的工程防护措施，如修建放坡或进行砌石、绿化等护坡，以防止土壤冲刷流失，尤其避免发生崩塌或滑坡等地质危害。

(3) 根据当地气象条件，选择适宜的土方施工时间。应尽量避免在暴雨集中的季节进行场地平整或其它土石方工程施工，以减小暴雨对地表的侵蚀和冲刷。

(4) 加强施工和运行管理，认真落实土方施工边挖、边运、边填、边压的方式，尽量避免大量松散土的存在，施工和运行过程必须保证截洪、排水系统畅通，发现问题及时解决。

(5) 土方施工完毕后，及时进行建覆盖和绿化种植，减少疏松地表的裸露面积，保持水土，美化环境。

(6) 加强对施工场地周边自然植被的保护，尽量减少人为干扰和破坏，以减轻区域水土流失，改善区域生态环境。

(7) 施工期要注重优化施工组织和指定严格的施工作业制度，挖方集中堆放，堆置过程中做好堆置坡度、高度的控制及位置的选择。对于易产生水土流失的堆置场地，应采取草包填土作临时围拦、开挖水沟等防护措施，以减少施工期水土流失量。施工时设备堆放场、材料堆放场的防径流冲刷措施应加强，可在堆放场铺盖防水雨布，在周围开挖排水沟等。

6.6 风险防范和应急预案

本场地中的污染土壤含有砷等重金属及有机污染物，毒性大，人体危害严重，可通过呼吸、接触或摄入途径造成健康风险，因此在本场地污染修复施工中，应

严格按照国家的有关规定，切实做好修复过程中风险防范工作，制定风险应急预案，保障现场工人的健康与安全。

6.6.1 风险防范措施

6.6.1.1 风险污染物种类识别

本场地土壤主要污染物为重金属 5 种（砷、镉、铬、铅、镍）、VOCs（苯、1,2,3-三氯丙烷）、有机氯农药 2 种（ α -六六六、 β -六六六）和总石油烃 1 种（C10-C40）。

6.6.1.2 风险控制点

主要是场地内外污染土壤的清挖、运输和处置现场。

6.6.1.3 风险控制标准与要求

- （1）土壤清挖和运输污染风险控制要求详见 6.2 节相关内容。
- （2）土壤贮存场所空气污染物控制标准：执行《工业企业设计卫生标准》（GBZ 1-2010，2010 年 8 月 1 日执行）和《工作场所有害因素职业接触限制化学有害因素》中的相关规定（GBZ 2.1-2007）（见表 6.6-1）。

表 6.6-1 污染土壤贮存场所空气中有毒有害污染物控制标准

序号	污染物名称	职业接触限制（mg/m ³ ）		
		最高容许浓度（MAC）	时间加权平均容许浓度（PC-TWA）	短时间接触容许浓度（PC-STEL）
1	苯	-	6	10
2	1,2,3-三氯丙烷	-	60	
3	六六六	-	0.3	0.5
4	铅尘		0.05	

6.6.1.4 风险控制措施

- （1）污染土壤清挖过程的风险控制
- 控制开挖作业面，减少污染物挥发面积。
 - 减少土壤扰动，减少污染物逸出。在污染土壤清理过程中，挖掘机铲斗平稳操作，禁止远距离抛扔污染土壤或者从高处将污染土壤抛扔到运输车上。向运输车上装污染土壤时，应尽量使挖掘机铲斗贴着车身进行装卸。

- 控制开挖时段，降低挥发温度。尽量选择在夜间和低温季节进行开挖，减少污染物的挥发。

- 控制扬尘，减少污染扩散。采取道路洒水、控制运输车辆速度和场内车辆数量、作业面苫盖、大风（4级以上）停工等污染和风险控制措施。

（2）污染土壤运输过程的风险控制

- 采用五联单制度，进行有效监控。
- 运输车辆应有良好的密封性能，并具备卫星定位功能。
- 装车后应立即进行严密苫盖，检查合格后才准其出厂。
- 派遣车辆进行途中巡检，发现苫布在运输途中有被风刮开等现象，立即通知运输车辆靠边停车，并责令其重新进行苫盖之后方可继续运输。
- 配备流动式污染物监测设备，监测运输沿线环境空气，确保运输途中的空气质量符合国家和河北省的相关标准。

（3）污染土壤储存和修复过程的风险控制

- 污染土壤暂存尽量在负压、密封的棚内进行存放；
- 污染土壤进出暂存场应满足上述污染土壤清挖过程相关的风险控制要求。
- 对车间内的污染气体进行集中收集，尾气经处理达标后排放。
- 污染土壤修复车间应配备污染物自动监测设备和报警装置，确保车间内空气中污染物的浓度不超标。

6.6.2 风险应急预案

6.6.2.1 应急组织机构与原则

（一）事故应急体系

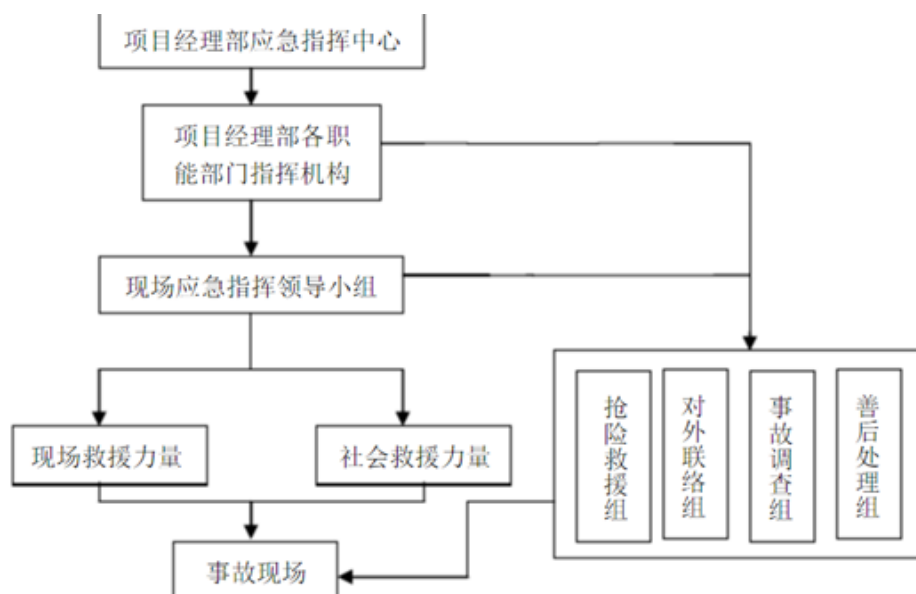


图 6.6-1 应急组织体系

(二) 事故应急救援机构及职责：

(1) 组长：项目经理作为组长负责对自然灾害、安全生产事故的应急抢险、排险、救援、救灾所需的一切人员、物资、通讯工具、交通工具等的全面组织、协调、指挥工作。

表 6.6-2 救援物质表

序号	名称	数量	位置	负责人
1	灭火器	50 支	项目部	安全部长
2	急救车	1 辆	项目部	安全部长
3	扩音喇叭	5 支	项目部	物资部长
4	安全帽	50 顶	项目部	物资部长
5	应急联络电话	5 部	项目部	物资部长

(2) 副组长：协助组长工作。当组长外勤时，代替组长工作。当项目管辖范围发生自然灾害、安全生产事故后，副组长接到信号必须迅速赶赴现场，积极组织有关人员各物资参加应急抢险、排险、救援、救灾等工作，具体分工由组长临场应变而定，但必须互协调，分工合作。

(3) 组员：组员是自然灾害、安全生产事故应急抢险、排险、救援、救灾的主要骨干成员。当项目管辖范围发生自然灾害、安全生产事故，接到信号必须迅速赶赴现场参加应急抢险、排险、救援、救灾工作。

按本工程实际情况 3 个救援专业组组员及职责划分相应是：

①抢险救援专业组职责：了解及跟踪安全事故急救援情况，对情况做出预测和分析，及时向上级报告。紧急时，主动参与抢救工作、包括人员组织、材料供应、机具调拨等。

②事故调查专业组：职责是参与对安全事故的调查，参加事故分析会，提出处理意见。

③善后处理专业组：职责是参与对事故受害人及其家属的安抚工作，协调解释有关工伤保险事宜。

6.6.2.2 土方施工特殊情况应急预案

在土方开挖过程中，出现特殊情况，应立即采取有效措施：

- 如出现滑坡迹象（如裂缝、滑动等）时，暂停施工，所有人员迅速离开基坑，必要时，迅速采取处理措施，如用挖掘机在坡脚迅速回填。根据滑动迹象设置观测点，观测滑坡体平面位移和沉降变化，并做好记录。
- 施工过程中如遇地下障碍物（包括古墓、文物、古迹遗址、各种管道、管沟、电缆、人防等）时，应立即停止施工，及时报告应急指挥部，待妥善处理后方可继续施工。

6.6.2.3 清挖现场重大污染事故应急预案

- 施工现场负责人立即组织人员判断污染原因，确定污染程度和范围。
- 发生运输车辆场内事故造成土壤二次污染时，采用污染区域加深清挖救治法，彻底防止二次污染。
- 发生运输车辆场内事故造成土壤二次污染时，采用污染区域加深清挖救治法，彻底防止二次污染。
- 如污染物大量挥发，造成局部空气中污染物浓度超标，由相关负责人组织疏散工作人员，并由佩戴好防护用品的专业人员到现场进行苫盖、修复处理。
- 如污染程度较重，应及时通知工程应急救援总指挥部，由指挥部调集有关资源，防止污染进一步加重，并上报有关政府主管部门。

6.6.2.4 运输过程重大污染事故应急预案

- 运输中发生重大污染事故时（如运输车辆后厢堵开，造成大面积遗撒和驾驶违章乱弃污染土壤），接到污染事故报告后，立即启动应急预案，由项目应急指挥部迅速调集人员和设备赶往现场救治。

- 派专人在公路上疏导车辆，严禁其它社会车辆碾压遗撒的污染土壤。

- 指挥人员和机械迅速清理现场，收集遗撒，并将其运往修复场进行修复。

- 发生驾驶员违章乱弃污染土壤时，启动应急预案，查找违章弃土车辆和遗弃地点，组织人员和设备收集被遗弃的污染土壤，将其运往修复场进行修复。无法运走时，需采用相应措施进行污染治理，防止二次污染，并报有关部门进行责任追查与处理。

6.6.2.5 运输过程重大交通事故应急预案

发生重大交通事故时，接报后立即启动交通事故应急预案和重大污染事故应急预案，双案并用第一时间到达现场，查看情况，抢救伤员、事故报警。设危险标志，了解发生事故后污染土壤遗撒情况，制定临时污染救治方案，待交通事故处理完毕后，租用车辆将运输污染土壤运至修复场进行处理。

6.6.2.6 修复处置现场重大污染事故应急预案

- 现场场地清挖过程中有机污染土壤大量散发气味时，现场操作人员应暂停施工，迅速向上风向撤离现场，并立即向现场应急小组报告。

- 现场应急小组接到报告，详细记录事件发生时间、地点、原因、污染源、主要污染物质、污染范围、人员伤亡情况以及报告联系人、联系方式等基本情况；

- 现场应急小组应迅速赶赴现场，初步判断事件的危害程度，采取相应措施；气味较轻，无人员伤亡时，应迅速用事先预备的苦布将扰动土苦严，并设置警告标志。在确认现场无异常气味后，可继续施工。气味散发严重，人员身体出现明显不适时，应立即组织抢救，同时向环境主管部门报告。



图 6.6-3 轮胎厂至贵阳市云岩区第二人民医院行程图

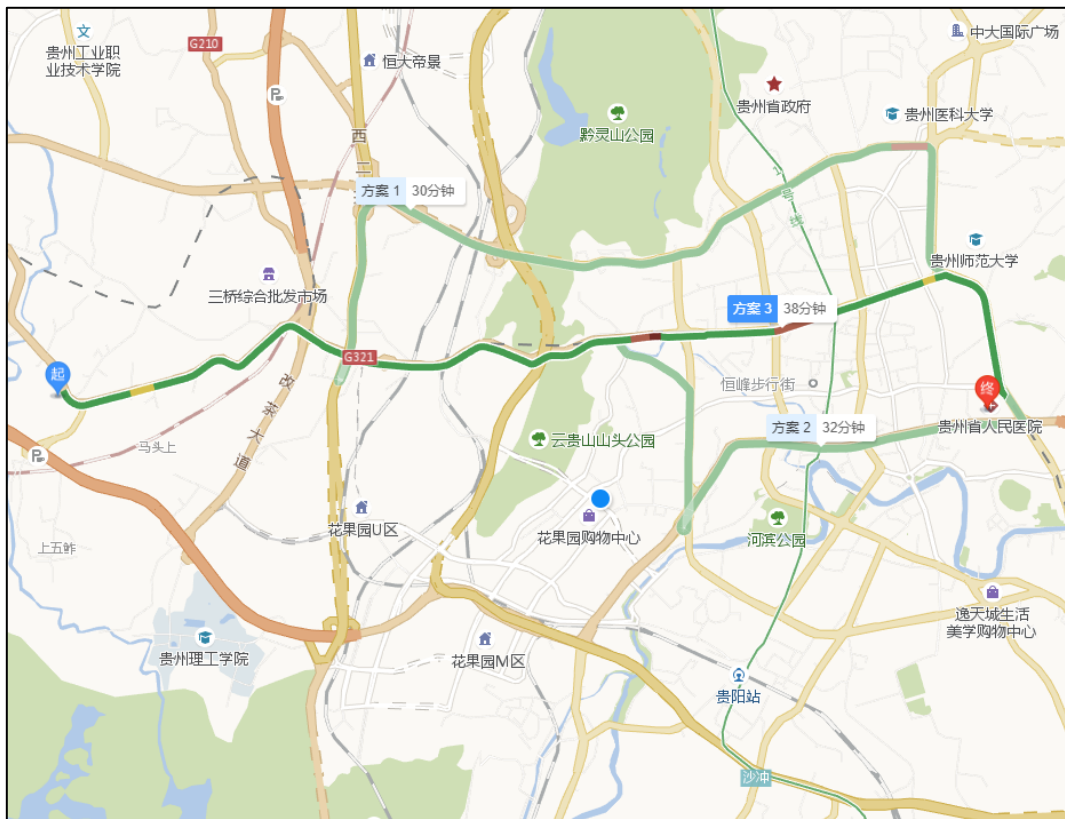


图 6.6-4 轮胎厂至贵州省人民医院行程图

6.6.2.8 消防应急预案

- 在污染土壤修复过程中，如果发生火灾，现场人员应立即用配备的消防设施进行扑救，并立即通知应急指挥部相关负责人，相关负责人要及时赶到现场进行处理，并向上级部门报告情况。

- 如火势较大、危险性较高，难以在短时间内扑灭，应当立即拨打“119”报警电话，电话描述如下内容：单位名称、所在区域、周边显著标志性建筑物、主要路线、候车人姓名、主要特征、等候地址、火源、着火部位、火势情况及程度。随后到路口引导消防车辆。

- 发生火情后，电工负责断电，负责水源，组织各部门人员用灭火器材等进行灭火。如果是由于电路失火，必须先切断电源，严禁使水或液体灭火器灭火以防触电事故发生。

- 火灾发生时，为防止有人被困，发生窒息伤害，准备部分毛巾，湿润后蒙在口、鼻上，抢救被困人员时，为其准备同样毛巾，以备应急时使用，防止有毒有害气体吸入肺中，造成窒息伤害。被烧人员救出后应采取简单的救护方法急救，如用净水冲洗一下被烧部位，将污物冲净。再用干净纱布简单包扎，同时联系急救车抢救。

- 火灾事故后，保护现场，组织抢救人员和财产，防止事故扩大，必须以最快的方式逐级上报，如实汇报，不得隐瞒。

6.6.2.9 应急装备

为避免场地修复过程风险的发生，各修复单位应配备以下应急设施、装备和器材包括：

- 内部联络或警报系统以及请求外部支援的设施。包括应急联络的电话、对讲机、传真等通信设备。

- 信息采集和监测设备。包括应急监测的设施、设备、药剂、气象监测设备、便携式污染物监测设备（如手持式 VOC 气体检测仪，PID）等。

- 应急辅助性设施和设备。如应急照明、应急供电系统等

- 安全防护用具。包括保障一般工作人员、应急救援人员的安全防护设备、器材、服装，安全警戒用围栏、警示牌等。应急人员防护设备有：防护服、呼吸器、防毒面具、防毒口罩、安全帽、防酸碱手套及长统靴等。

- 应急医疗救护设备和药品。

6.6.3 劳动保护及个人防护措施

6.6.3.1 劳动保护

1. 劳动保护保障措施

(1) 健全制度，严格执行劳动安全卫生的法律、法规和技术标准、规则。项目经理部对易产生职业危害的工点、工序、项目，如：挖掘现场、运输便道、夏季施工等重点项目列出重点检查内容和规定日期。

(2) 对现场人员进行劳动安全卫生知识培训，普及劳动安全卫生知识，增强职工的自我防护意识和能力。

(3) 做好劳动保护工作，确保施工人员身体健康。根据劳动强度等级，合理安排施工人员。充分做好生产物资、生活资料供应准备。劳动保护用品和生活物资采购供应由专人负责，采购供应要严把质量关，注意审核产品的“生产许可证”、“产品合格证”和“安全鉴定”等有关资料。

(4) 制定劳动防护用品发放标准及管理办法。根据施工需要配备劳动保护用品。并按规定配发、穿戴和使用。对在使用中的劳动防护用品要定期检查，做到有效防护，安全使用。建立防护用品收发台帐，指定专人管理，建立职工个人劳动防护用品登记卡（册）。

(5) 加强施工机械化程度，减轻作业人员劳动强度。

(6) 对在开挖区等高风险区域作业的人员定期检查身体。

(7) 对在高噪音环境工作人员，采取必要的劳动保护措施。戴耳罩、防声头盔、耳塞、塞耳棉等。安排间隔施工的方法，确保劳动者的健康。

2. 卫生保障措施

(1) 保持驻地环境整洁，定期消毒、杀虫和灭鼠，归类处理生活垃圾，做到卫生工作经常化。树立职工责任心，建立卫生检查评比制度。

(2) 严格执行《中华人民共和国传染病防治法》、《中华人民共和国食品卫生法》和有关卫生法律、法规、规章，建立健全完善的各项卫生管理制度，配置具备相应卫生知识的专职（兼）人员定期向食品卫生监督部门报告。

(3) 严格实行食品卫生监督和管理，接受上级和地方管理。

(4) 严禁饮用不洁净生水。

3. 职业病传染疾病防治措施

(1) 项目经理部职业健康安全保障领导小组，除自身坚持不懈的努力搞好防尘防毒工作外，还应当经常保持和当地防疫部门、卫生部门、劳动部门的联系，以便取得当地权威部门的支持和帮助。

(2) 配合施工队不断改进设备的选型和改进施工工艺、施工方法，通力合作，使作业点的尘、毒浓度达到国家卫生标准以下。

(3) 采取合理措施，避免因施工方法不当而引起尘、毒污染，并防止噪声和其它原因造成对作业人员的伤害。

(4) 加强机械设备的保养和正常操作，尽量使机械噪声维持其最低级水平。严防油品泄露。

(5) 对污染处理区域采取喷洒水幕的措施，防止粉尘飞扬。

(6) 超前地质探测，做好监测和处理，减少有害气体的排放。工程垃圾、生活垃圾按有关规定排放、处理。

(7) 做好疾病和突发病传染病的预防工作，一旦发生，及时与专科医院取得联系，抓紧采取措施进行治疗。按规定发放防暑降温用品；配备齐全的隧道施工和粉尘施工的保护用品。

4. 保证劳动物品发放

按规定发放各类劳动保护用品，并正确使用。保证所有施工的员工在工作场所根据不同工作性质头戴安全帽、安全带、护目镜等防护用品以及安全设施。特种作业人员必须培训，合格后持证上岗。

6.6.3.2 个人防护措施

1. 一般防护

施工人员在污染区域施工时，佩戴半面式防尘面具（由于不存在有机污染物的风险，可以考虑使用防尘滤毒盒），同时穿戴护目镜、手套及长袖工服，避免皮肤直接接触重金属导致皮肤疾病。在处置区内作业的人员及人工清挖土壤的人员均为直接接触人员，必须严格按照要求佩戴个人防护用品。

（1）直接接触人员的安全防护

参加污染区域开挖施工和污染土壤处置场内修复作业，并直接暴露于污染环境下的人员应提前对本区域污染物的性质进行充分地了解，并组织学习施工安全手册。施工过程中，所有人员尽可能在高处和上风处进行作业。施工前根据污染物的性质和污染程度选择适当的防护用品，防止施工过程中发生中毒等事故。

1) 呼吸系统防护

在人工清挖污染土壤作业时，操作人员必须佩戴防毒面具，配高效虑毒盒芯。在滤盒芯被穿透前更换滤盒芯。当员工感到吸入阻力开始增加或化学指示特性开始穿透时，更换滤盒芯。

2) 身体防护

为了避免皮肤受到损伤，直接接触人员需穿长袖长裤工作服工作，为了避免脚扎伤，现场直接接触人员还应穿防穿刺的劳保鞋。

3) 手防护

为了保护手不受损伤，直接接触人员需带劳保手套。

4) 眼睛防护

在施工作业时，为了避免扬尘进入眼睛，直接接触人员需佩戴护目镜。

（2）间接接触人员的安全防护

对于在基坑和污染土壤处置场内作业，但由于操作机械等原因不直接接触污染物的人员应注意以下事项：

1) 呼吸系统防护

为保证施工安全，进入施工作业区须佩戴折叠式防尘口罩。

2) 身体防护

为了避免皮肤收到损伤，间接接触人员需穿长袖，长裤保护皮肤。

3) 手防护

为保护手不受损伤，作业时须佩戴劳保手套。

2. 专项防护

在施工过程中，需要识别和评估在项目的完成过程中可能遇到的潜在物理和化学危险，并针对这些风险进行专项防护。

（一）物理危害风险及防护

在项目工作中可能出现的物理危险包括：噪音、车辆交通和控制、电气危险、临边支护以及可能的不良天气条件等。此外，员工必须清楚穿戴防护器材可能会限制其灵活性和视野，增加其实施某些任务的难度。

（1）噪音

使用动力工具和原料加工设备等项目活动会产生超过一定分贝范围（85 dBA）的噪音。当噪音等级超过 85 dBA 时，需要使用噪音降低等级至少为 20 dBA 的听力防护。员工或需要进入该区域的来访者需配备听力防护装置（如耳塞/耳罩）。当正常谈话距离难以听清他人讲话时，噪音等级即为接近或超过 85 dBA，听力防护就是必需的。

（2）车辆交通和控制

可能暴露于车辆交通中的施工人员应采取以下安全措施：

- 1) 在施工现场一律穿戴高可见度安全背心。
- 2) 车辆运行路线上规定人车分流。

（3）电气危险

任何员工不允许在电力线路的任何部位上操作，除非电路断开并接地，得到防电击保护，或确保其上锁并标记隔离。所有带电电线或仪器均应有人看护。

（4）临边防护

施工过程中，为防止人员或者设备坠落到基坑内，必须在边沿做硬质围挡并拉设警示线。

（5）不良天气条件

项目现场负责人应根据目前或未来天气条件来决定继续或暂停工作。如遇有雷阵雨或强风天气应该要求暂停工作和疏散场地。

（二）化学危害风险及人员防护

现场活动中相关的化学危害包括：在现场活动中场地污染物的潜在暴露，例如污染土壤挖掘、装载及运输等。还包括设备去污所使用的产品以及燃油等辅助产品的危害。这些物质在日常使用中的潜在暴露途径为气体/灰尘吸入、直接接触或原料吸收。

本项目施工过程中的土壤中含重金属、VOCs、SVOCs、TPH 污染物可能对人体健康产生伤害。因此，在工程开工前，请相关安全人员对全体员工进行安全教育，在施工过程中加强劳动保护，所有进入施工现场的人员必须配戴防毒面具、安全防护眼镜，工作现场禁止吸烟、进食和饮水。

7 劳动安全卫生及消防节能

7.1 劳动安全卫生

7.1.1 工程建设的安全卫生要求

为了贯彻国家关于企业安全生产的指导精神，保障职工身体健康，该项目充分考虑了安全生产与工业卫生方面的要求，在设计中严格遵守国家颁布的安全卫生规定和标准，所依据的主要技术文件有：

- 1、《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》（劳动部 1997.1.1）；
- 2、《工业企业设计卫生标准》（GBZ 1-2010）；
- 3、《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）；
- 4、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）；
- 5、《工业企业厂内铁路、道路运输安全规程》（GB 4387-1994）；
- 6、《职业性接触毒物危险程度分级》（GBZ 230-2010）；
- 7、《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058-2014）；
- 8、《低压配电设计规范》（GB 50054-2011）。

7.1.2 主要劳动安全危害因素分析

本项目工程的主要危害因素可以分为两类，其一为自然因素形成的危害和不利影响，一般包括地震、不良地质、暑热、雷击、暴雨等因素，其二为项目实施过程中产生的危害，包括重金属中毒、有害尘毒、火灾爆炸事故、机械伤害、噪声振动、触电事故及碰撞等各种因素。工程实施过程中装、运、卸等环节产生的粉尘污染。

7.1.3 主要防治措施

为了保障员工在劳动过程中的安全与健康，确保污染土壤处理建设过程中，符合职业安全卫生方面的法规和标准，要做到以下几点：

(1) 项目建设期间，应根据有关规定要求设置有关职业安全与卫生的技术措施，考虑与主体工程“三同时”。

(2) 作业人员配备必要的劳动保护用品，包括工作服和手套、防尘口罩、耳塞、耳罩和防护用品等。

(3) 要搞好场地绿化、道路清洁及定期防疫措施，密切防范废物产生的病菌扩散。

(4) 收集、贮存、运输、处置废弃物的场所、设施和容器、包装物及其它物品转作它用时必须经过消除污染的处理，方可使用。

(5) 配备足够量的安全淋浴、洗眼器、冲洗软管等安全防护器材，设置医疗卫生室、浴室、更衣室、休息室等，配备卫生人员。

(6) 加强环境监测强度和频度，定期监测场区内饮水水质，对场内作业人员定期进行身体检查和预防接种。

(7) 直接从事收集、贮存、运输、利用、处置废弃物及药剂的人员，要严格按操作规程操作，并应当接受专业培训，经考核合格，方能从事该项工作。

(8) 应设置污水处理设施。同时对各类污水也要经过处理达到一级综合排放标准后排放。

7.2 消防

7.2.1 编制依据

防系统设计必须贯彻执行国家有关方针政策、规范、规定。消防工作应遵循“预防为主，防消结合”的方针，在本项目范围内设置了消防系统，并按本项目各环节、场所发生火灾的性质和特点选择不同的消防措施，防止火灾危害，以项目的安全经济运行。本项目消防设计的主要依据为：

《建筑设计防火规范》(GB 50016-2006)

《建筑灭火器配置设计规范》(GB 50140-2005)

《低倍数泡沫灭火系统设计规范》(GB 50151-92) (2000 年版)

《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084-2001) (2005 年版)

《火灾自动报警系统设计规范》(GBJ 116-98)

《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019-2003)

《建筑内部装修设计防火规范》(GB 50222-95)

《电力设备典型消防规程》(DL 5027-93)

7.2.2 消防设计

1. 设计范围

消防设计范围为项目区域范围以内，不设消防站和消防车，灭火时利用当地的消防机构。

2. 总平面布置与交通

重点防火区域设有环型消防车道或消防通道，以方便消防车辆的通过或停靠，一旦发生火灾时能够有效地控制火灾区域。项目区域内其它主要生产区与主要建筑物的四周也设有环形无尽头消防路网，所有建筑均有道路相通。

3. 建筑物要求

本项目设计不涉及有爆炸危险的甲类建筑物，本工程建筑物的耐火等级均为Ⅱ级，建筑物的防火设计严格按照《建筑设计防火规范》GB 50016-2006 的规定进行。

建筑装饰材料采用难燃或非燃烧材料，并符合《建筑内部装修设计防火规范》中的有关规定。

4. 电气要求

本项目用变压器采用无油型干式变压器，具有阻燃和自熄的特性，厂内一般用途电缆选用阻燃型电缆，消防电源电缆选用耐火型电缆。

电气系统具备短路、过负荷、接地漏电等完备保护系统，防止电气火灾发生。

5. 消防系统

设室外消火栓、室内移动式灭火系统等消防设施。消火栓用水由消防水泵供给。

(1) 室外消火栓系统

室外在建筑物四周主干道下布置环状消防给水管道，与生产给水系统联合使用，管径为 DN50。室外消火栓间距不大于 120 米，火灾时由消防水泵向室外消防管网供水。沿河工程项目，不需配备消防水源，直接利用河道水源。

(2) 移动式灭火系统

办公楼和职工宿舍食堂等辅助建筑物设置移动式灭火器具。

7.3 节能

7.3.1 编制依据

- 1、《中华人民共和国节约能源法》
- 2、原国家经贸委《“九五”资源节约综合利用工作纲要》
- 3、《电力工业节能设计技术规定》
- 4、《中国节能技术政策大纲》
- 5、《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019-2003
- 6、《建筑给排水及采暖施工质量验收规范》GB 50242-2002
- 7、《通风与空调工程施工及验收规范》GB 50243-2002
- 8、《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264-1997
- 9、《工业设备及管道绝热工程施工及验收规范》GBJ 126-1989
- 10、《工业企业照明设计标准》GB 50034-1992
- 11、《建筑采光设计标准》GB 50033-2001
- 12、《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2005

7.3.2 节能措施

为贯彻国家对实行开发和节约并举的方针，合理利用能源，降低能源消耗，提高经济效益，本设计中采取如下节能措施：

1. 工艺节能措施

通过重金属及有机污染土壤的治理，对其进行分质利用，用于建设用地土壤回填或生产水泥，实现了资源化再利用；

2. 施工节能措施

(1) 工程施工关键在于开挖环节。设计过程中应选择高效节能的施工设备，禁止耗能超标的机械进入施工现场；减少开挖中的能耗，同时使外部环境的破坏最小。

(2) 加强对大型施工机械设备运行管理，禁止空载运行、提高使用率；对机械进行定期维护，防止设备的不正常运转造成的资源能源消耗。

(3) 施工期间，机械、电气设备在闲置时及时切断电源，杜绝设备空转。

(4) 加强质量控制，严把质量关，确保一次验收合格，避免因返工返修造成的浪费。

(5) 加强节能管理，改变思想，提高资源忧患意识、节能意识和责任意识，形成良好的节能习惯。

8 项目管理组织与实施

8.1 场地现状及施工条件分析

结合现场实际情况，场地修复条件分析如下：

- (1) 场地现有部分厂区仍在生产，市政供水管网及电网配备齐全；
- (2) 场地位于贵阳市郊区，北侧为百花大道，南侧为贵黄高速，交通便利；
- (3) 场地内大部分区域原生产构建筑物未拆除，修复工程应在污染区建构筑物其拆除后进行；
- (4) 原厂区办公区现依旧使用正常，可做施工期间临时办公区；
- (5) 场地内地下管线设施未拆除，施工期间可利用原排水管线排水，但排水管网不得影响施工区正常作业；
- (6) 场内原生产道路保存较好，施工临时道路应充分利用；
- (7) 施工期间应充分利用场地内原有的构建筑物做施工的临时构建筑物使用。

8.2 管理组织机构及职责

8.2.1 项目管理机构设置

本项目工期短、污染土壤处置方量较大，应委派具有丰富类似工程管理经验的同志任项目经理，同时组织一个理论及实践经验丰富、业务能力强、高效、精干的项目经理部，对本工程全面实行项目法管理。污染土的处理处置应作为本项目管理的重点来抓，确保各个环节都有专人负责，管理结构清晰，监管全面到位，保障各环节协调联动性好。

项目经理部对整个工程进行全过程管理，全面履行合同条件规定的承包商职责，保质量，保工期，保安全，对招标人负责，对企业本身经营效益负责。针对该项目工程成立专家顾问组。项目经理和项目经理部接受政府主管部门、招标人、监理单位的监管，接受各职能部门的服务、管理、监控、协调和配合接受专家顾问组的专业指导和技术支持。

项目经理部下设技术质量部，工程管理部，安全消防保卫管理部，环境保护

部，物资管理部，商务部，财务部，综合办公室八个职能部门。项目经理部组织机构见图 8.2-1。

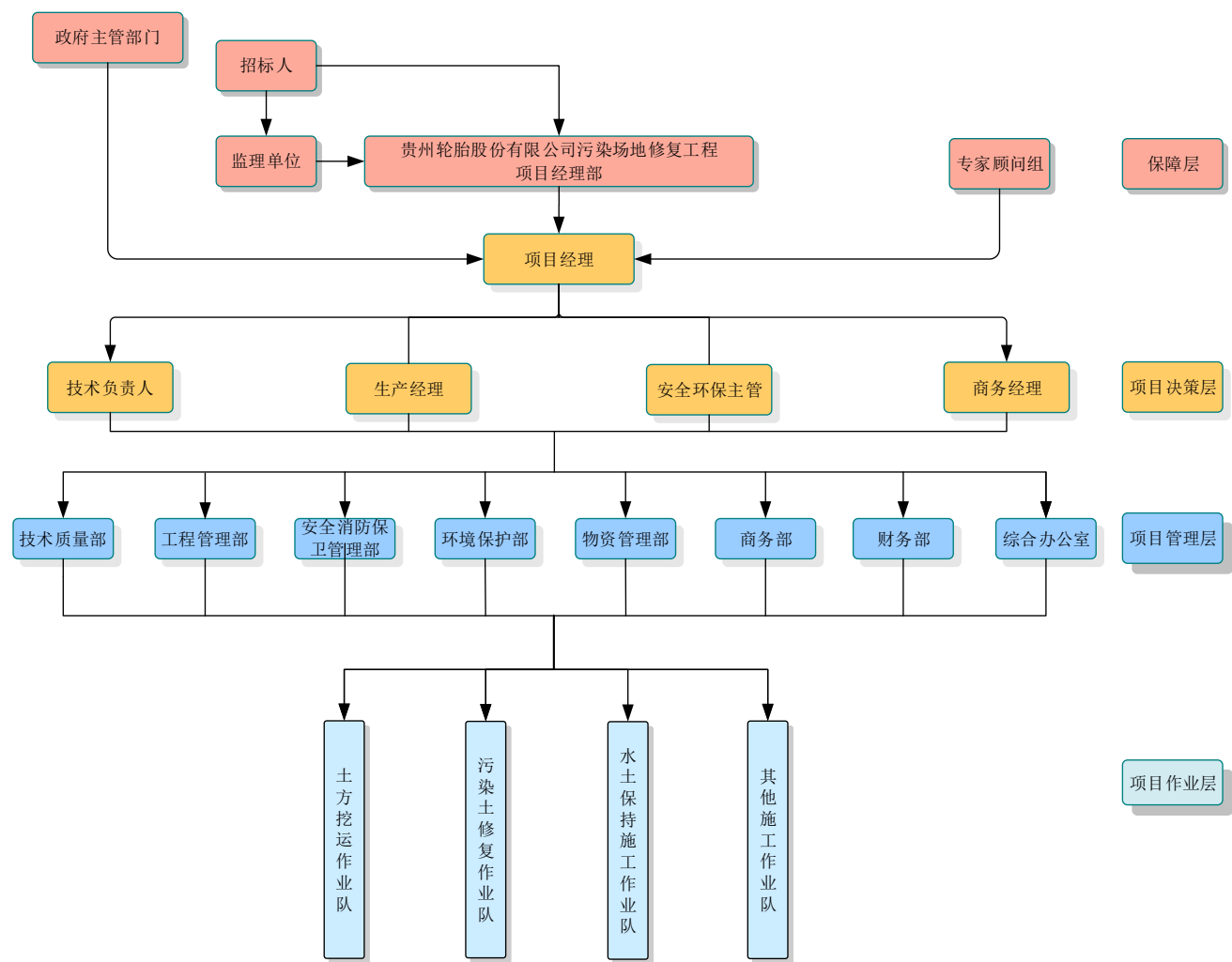


图 8.2-1 项目经理部组织机构图

8.2.2 项目管理机构职责

8.2.2.1 主管部门职责

(1) 技术质量部

- 1) 编制施工组织总设计和专项施工方案及季节性施工措施的落实。
- 2) 组织施工方案和重要部位施工的技术交底。
- 3) 负责施工技术保证资料的汇总及管理。
- 4) 负责编制工程质量计划。
- 5) 负责日常施工过程中技术问题的处理。
- 6) 负责计量器具的台帐管理，进行标识、审核。
- 7) 贯彻国家及地方的有关工程施工规范、工艺标准、质量标准。
- 8) 严格执行质量检验评定标准，行使质量否决权。确保项目总体质量目标和阶段质量目标的实现。
- 9) 编制项目“过程检验计划”，增加施工预控能力和过程中的检查，使质量问题消除在萌芽之中。
- 10) 检验状态管理。
- 11) 参与质量事故的调查、分析、处理，并跟踪检查，直至达到要求。
- 12) 按 ISO9001 标准进行质量记录文件的记录、收集、整理和管理。
- 13) 负责对污染场地内的大气、土壤和水环境质量进行监测，并及时对监测记录进行整理和存档。
- 14) 负责对现场基坑和修复后的土壤进行分析和检测，确保污染土壤和污染土壤清挖效果，并保证污染土壤的修复质量。
- 15) 参与现场基坑、开挖面和修复后土壤的验收工作，包括协助招标人和环保局指定的检测单位完成修复区域的采样检测工作，追踪检测结果，查找不合格原因，及时改正并验证。

(2) 工程管理部

- 1) 按照施工组织设计的总体要求对项目进行施工管理，严格遵守各项操作规程，施工验收规范及有关标准。
- 2) 按照国家有关规定对现场进行有关安全文明施工管理。

3) 负责组织大、中、小型施工机械设备进出厂协调管理, 监督维修和保养等后援保证工作。

4) 负责编制工程总控计划、月度计划、周计划及统计工作, 控制各专业施工单位的施工进度安排。

5) 负责施工质量过程控制管理。

6) 负责对工程质量及安全事故进行调查, 并向项目经理及总工程师提交调查结果和分析, 根据处理方案监督责任单位的整改情况。

7) 及时配合其它职能部门的工作, 提供可靠的工程信息资料。

(3) 安全消防保卫管理部

1) 执行有关规章制度, 结合工程特点制定安全活动计划, 做好安全宣传工作。

2) 贯彻安全生产法规标准, 组织实施检查, 督促月、周、日安全活动, 并落实记录与否。参与工程施工组织设计编制工作。

3) 负责现场安全保护、文明施工的预控管理。

4) 对现场人员进行安全教育和特殊工种的培训, 检查持证上岗, 并办理入场证件。

5) 定期组织现场综合考评工作, 填报汇集上级发放各类表格, 并负责对综合考评结果的奖罚执行。

6) 做好安全生产方面的内业资料及本部门的各种台帐。

7) 对安全隐患下达整改通知单并进行复查。

8) 负责现场动火证的办理工作。

(4) 环境保护部

1) 负责对污染场地内外的大气、土壤和水环境可能产生的二次污染风险进行监管, 出现预警情况及时向项目经理和技术负责人、安全环保主管等进行汇报, 并及时对监管记录进行整理和存档。

2) 协助技术部门对现场基坑和修复后的土壤进行分析和检测, 确保修复质量。

3) 定期进行安全环保检查, 发现风险, 及时监督整改; 尤其是污染土壤挖运、污染土壤修复施工的二次污染风险进行安全监督工作、施工中的个人防护工

作。

4) 负责收集各种安全环保活动记录, 填报有关报表并进行统计分析, 对有关安全环保隐患的问题制定预防措施, 制定并完善安全环保管理制度。

5) 定期对项目部安全环保管理体系运行状况进行审核, 针对审核中发现的问题, 制定纠正和预防措施, 向安全环保主管提交审核报告, 以保证体系的规范运转。

(5) 物资管理部

- 1) 负责工程管理部提出的材料计划接收、传递。
- 2) 掌握工期进度和主要材料的进场时间及需用量, 督促供应商及时供应。
- 3) 严格材料进场验证, 保证验证计量器具有效。
- 4) 材料进场按现场阶段平面布置一次到位, 按规格要求堆码整齐标识。
- 5) 负责料具的保管, 发放, 耗用, 核算工程竣工工作。
- 6) 对项目使用的药剂进行安全保管, 确保药剂的安全及二次污染防范。

(6) 商务部

- 1) 负责编制工程概算、结算书和工程款结算。
- 2) 参与投标报价与合同签订工作。
- 3) 办理预算外签证, 落实索赔款项。
- 4) 定期盘点, 协助做内部成本核算。
- 5) 协调专业分包施工, 为上级领导部门提供各类经济信息。
- 6) 有效控制成本费用的开支, 做好成本分析。
- 7) 建立、健全各类台帐、报表等内业资料管理。
- 8) 进行合同管理。

(7) 财务部

- 1) 按工程合同收取新开工程预付工程款和备料款。
- 2) 根据月度报表编制工程价款结算帐单在规定时间内报监理、招标人审批。
- 3) 严格按照现金的使用范围处理日常的报销业务。
- 4) 及时按规定上缴投标人各项保险费用及代收款项。
- 5) 按规定作好财务办公室、现金库、现金、支票领取过程中的安全防范工作, 确保货币资金的安全完整。

6) 根据收款情况编制资金使用计划, 经项目经理审批后报投标人财务部, 并按计划合理安排资金的使用。

7) 按投标人财务和项目成本核算有关规定办理货币资金的支用手续。

8) 协助整理登记各种采购合同、按要求登记流水账款、应付帐款台帐、严格按合同金额支付资金。

9) 协助作好项目经理部的资金使用。

(8) 综合办公室

1) 负责项目、方针目标管理、现场 CI 管理、文件管理、人事劳资、保卫管理、人员培训, 对外事务公关;

2) 协助项目经理工作, 具体负责项目文函、人事、劳资、办公、固定资产、对外公关宣传等行政事务;

3) 具体负责人事用工和劳资分配制度的编制工作并负责日常管理工作;

4) 在合约部协助下, 具体建立负责项目经理部部固定资产的采购、登记造册和日常管理工作;

5) 负责项目经理部办公制度的编制和日常管理; 负责办公用品的采购发放, 交通车辆管理, 文件传递和存档等;

6) 负责项目声像资料的整理归档。

8.2.2.2 主要人员岗位职责

项目经理部全面负责本工程的施工生产、安全质量和工期进度、环保及文明施工管理, 服从和尊重招标人及监理单位, 密切配合, 做好组织和协调工作。各职能部门和作业队在项目经理部的领导下, 组织实施施工方案、施工计划以及安全、质量、进度、管理等。项目经理、技术负责人、生产经理、安全主管、商务经理等均须明确自己的岗位职责。

(1) 项目经理

1) 作为工地现场的总负责人, 负责工程在现场组织指挥; 优化本项目资源配置, 保证本项目管理体系的有效运行及所需人、财、物、机等资源的合理配置。

2) 作为本工程项目安全、质量保证的第一责任人, 负责建立健全安全、质量保证体系, 确定本项目安全、质量、进度目标, 建立和实施安全、质量生产责任制, 确保各项安全、质量活动的正常开展。

3) 负责施工现场全面的文明施工管理和环境保护, 组织制定和实施文明施工管理和环境保护细则。

4) 负责项目的竣工验收和竣工结算工作。

(2) 技术负责人

1) 全面掌握修复方案、合同、技术规范。编制实施性施工组织设计和质量计划, 负责过程控制, 结合项目管理特点, 制订技术管理细则和保证措施。

2) 组织重点、难点问题攻关, 进行污染土壤修复技术交底。

3) 对本项目污染土壤清挖效果、污染土壤修复效果、施工计量、测量试验负直接技术责任; 组织指导工程技术人员开展有效的技术管理工作。

4) 根据工程具体情况, 结合项目管理特点, 批准签发本项目的技术、质量等管理细则, 组织处理质量事故。

5) 负责组织竣工资料编制和技术总结, 组织竣工交验。

(3) 生产经理

1) 负责具体实施并落实施工生产进度、质量等工作, 对工程施工和上述工作负现场管理责任。

2) 参与编制总进度计划、阶段计划, 参与编制季、月、周施工进度计划; 审核各专业分包队伍施工进度计划, 对各专业和各分部分项计划进行协调和优化调整; 对执行情况进行监督与检查, 保证计划有效实施。

3) 参与编制施工组织设计、施工方案和技术措施等技术性文件; 按照施工进度计划, 根据施工组织设计和施工方案, 全面组织、协调、指挥工程项目各专业、各区域、各分包商的施工。

4) 全面协调和落实工程项目施工的各种物资、材料、施工机械设备资源和各生产要素, 做好生产要素的综合平衡工作, 以保证施工顺利进行。

5) 负责安排部署和组织协调好污染土壤及 开挖运输施工、污染土壤修复施工、降水工程、护坡工程等专业交叉作业, 并负责协调好相互之间的关系。负责考核评价各专业施工队伍。

6) 负责主持召开项目日常施工生产例会, 检查、监督、安排、调整各专业施工和分包商的工作, 协调相互之间的关系; 协调、解决施工过程中出现的问题, 建立合理完善的施工秩序和协调机制。

7) 负责与招标人、监理单位、设计单位等相关各方的现场协调工作；做好施工现场信息及时反馈工作，负责抓好施工日志管理工作。

8) 负责建立健全各项生产管理制度和程序，并确保得到严格执行；

9) 参加工程各阶段验收及竣工验收工作。

(4) 安全总监

1) 负责具体实施并落实施工安全、环境保护和文明施工等工作，对工程施工和上述工作负现场管理责任。

2) 领导项目安全生产、文明施工和环境保护工作，对施工安全、文明施工、环境保护负现场领导管理责任。

3) 制定并监督执行全程环境质量监测措施、施工环境保护措施、安全与文明施工措施、人员防护措施等。

4) 定期组织安全环保检查，发现隐患，及时监督整改；尤其是污染土壤挖运、修复施工的安全监督工作和个人防护工作。

5) 负责收集各种安全环保活动记录，填报有关报表并进行统计分析，对有关安全环保隐患的问题制定预防措施，制定并完善安全环保管理制度。

6) 定期对项目部安全环保管理体系运行状况进行审核，针对审核中发现的问题，制定纠正和预防措施，向项目经理提交审核报告，以保证体系的规范运转。

7) 负责安全管理事故的处理、上报工作，对重大安全事故应及时上报，在项目经理统一指挥下，具体负责事故的处理工作。

(5) 商务经理

1) 负责项目的全盘合约商务、工程预算、结算、报量、支付工作，负责工程项目成本核算和成本管理工作。

2) 参与招标人的合同谈判，全面负责项目经理部合约管理，包括招标人合约、分包商合约、供应商合约的谈判、评审及签署后的管理工作。

3) 认真研究合同条款，负责合同交底，组织对项目人员进行各类合同学习和培训；确保项目经理部全员严肃认真履约。

4) 负责工程经营报价、预算报量、进度款结算、工程竣工结算工作，负责编制对招标人的请款单；负责与招标人、监理单位及设计单位联系和协商，办理工程项目经济洽商和变更。

5) 参与分包商(含劳务)、供应商选择,按照有关管理程序 and 规定,组织相关工程内容的招标工作;负责分包商(含劳务)、供应商报价审核工作;负责编制分包商(含劳务)、供应商的结算、支付依据,并进行审核;负责编制分包商(含劳务)、供应商的结算单。

6) 负责建立健全工程项目成本核算和成本管理体系,并保证体系的有效运行;负责组织进行项目成本分析和工料分析。

7) 负责同招标人、监理单位、分包商、供应商等联络、沟通和协商,及时处理商务事宜。

(6) 施工员

1) 监督各施工作业组按规范、方案施工,确保安全生产、文明施工。

2) 参与编制总进度计划、年度、阶段计划,参与编制季、月、周施工进度计划;审核各专业分包队伍施工进度计划,对各专业和各分部分项计划进行协调和优化调整。

3) 协调各施工作业班组的进度、质量、安全,执行总的施工方案。

4) 负责分管区域内的现场平面布置安排。

5) 督促施工材料、设备按时进场,并处于合格状态,确保工程顺利进行。

6) 按时准确记录安全施工日志。

(7) 安全员

1) 定期进行安全环保检查,发现隐患,及时监督整改;尤其是污染土壤挖运、污染土壤修复施工的安全监督工作和个人防护工作。

2) 组织施工人员进行安全教育,并做好工程安全交底工作,定期组织施工技术人员及施工作业组进行安全学习。

3) 负责收集各种安全环保活动记录,填报有关报表并进行统计分析,对有关安全环保隐患的问题制定预防措施,制定并完善安全环保管理制度。

4) 定期对项目部安全环保管理体系运行状况进行审核,针对审核中发现的问题,制定纠正和预防措施,向项目安全环保主管提交审核报告,以保证体系的规范运转。

5) 负责安全管理事故的处理、上报工作,对重大安全事故应及时上报,在统一指挥下,具体负责事故的处理工作。

(8) 质检员

1) 贯彻执行国家和上级机关颁发的有关法令、规范、规程和质量管理制度，严格按照质量检验评定标准和验收规范对施工全过程及重点环节和部位的检验、试验进行控制监督。

2) 协助技术负责人对工程进行质量管理，对施工现场出现的工程质量问题负责。

3) 负责对工程技术质量资料进行监管、检查和收集整理，做到工程技术质量资料的完善与工程施工工序同步完成。

4) 组织工程质量抽检、联检、巡检，参与质量事故的调查与不合格品的控制、分析和处理，并检查落实纠正和预防措施及整改情况。

5) 监督各修复工艺中修复药剂与污染土壤的混合、以及修复设备的稳定运行。

6) 负责对各修复工艺中药剂投加后的土壤进行分析和检测，确保修复处理质量。

(9) 环保管理员

1) 负责对污染场地内的大气、土壤、水和噪声环境质量进行监测，并及时对监测记录进行整理和存档。

2) 负责对现场基坑和修复后的土壤行分析和检测，确保修复处理质量。

3) 参与现场基坑和修复后土壤的验收工作，包括协助招标人和环保局指定的检测单位完成修复区域的采样检测工作，追踪检测结果，查找不合格原因，及时改正并验证。

(10) 资料员

1) 贯彻和执行上级主管部门关于土壤修复工程资料管理的各项规定。

2) 负责所有资料图纸、洽商记录、来往函件的及时接收、整理、发放、借出、保存以及工程图纸变更等各项工作。

3) 随工程的开展进行同步收集和整理有关工程项目资料。

4) 对需要变更的文件和设计方案，应对其进行编号登记，及时、有效地传达到工程技术文件使用者手中。

5) 收集和整理工程准备阶段、处置阶段、竣工验收阶段形成的文件，并尽

快着手进行立卷归档。

(11) 测量员

- 1) 测量前学习和校核图纸，了解施工部署，制定测量放线方案。
- 2) 会同招标人一起对基准点和基准标高进行实地校测。
- 3) 负责测量仪器的核定、校正。
- 4) 主动验线，在各主要阶段施工前，对测量放线工作提出预防性要求。
- 5) 负责及时整理完善基线复核、测量记录等测量资料。

(12) 药剂管理员（物资管理员）

- 1) 负责编制材料供应计划，经主管领导批准后负责实施；
- 2) 负责及协助材料及机械订货采购、租赁工作；
- 3) 掌握材料的地区价格信息及供货单位情况，收集第一手资料。
- 4) 及时掌握现场工程变更情况及时供料。
- 5) 对项目使用的药剂进行安全保管，确保药剂的安全。

(13) 设备管理员

- 1) 建立项目部设备管理体系，明确项目部设备管理业务责任人和主管人员。
- 2) 认真执行设备管理规定，根据招标人要求及项目施工实际情况，制定本项目对施工设备管理的具体要求。
- 3) 负责建立项目部现场施工设备动态台账，做好设备运转记录、巡检记录及交接班记录。
- 4) 负责组织对现场施工设备使用情况及管理情况进行监督检查。
- 5) 负责现场施工设备机械事故的分析、判定和处理，并做好相关记录。
- 6) 对进场设备进行全面验收，详细填写验收记录，并保证资料完整无缺。

(14) 造价员

- 1) 负责洽商增减帐和工程结算工作，以及工程施工过程中各类经济文件的收集及处理。
- 2) 负责项目经理部合约管理，包括招标人合约、分包商合约、供应商合约的谈判、评审及签署后的管理工作。
- 3) 负责工程经营报价、预算报量、进度款结算、工程竣工结算工作，负责编制对招标人的请款单；负责与招标人、监理单位及设计单位联系和协商，办理

项目经济洽商和变更。

4) 参与分包商、供应商选择,按照有关管理程序 and 规定,组织相关工程内容的招标工作;负责分包商、供应商报价审核工作;负责编制分包商、供应商的结算、支付依据,并进行审核;负责编制分包商、供应商的结算单。

(15) 维稳专员

1) 在现场出现突发状况时,首先了解当事人的真实意图,采取诚恳态度进行倾听,安抚情绪,并及时以适当借口将当事人带离现场,选择相对独立空间进行沟通应对。

2) 首先向公众表达歉意,并现场进行正面表态,安抚情绪,避免负面情绪蔓延,现场征求公众意见争取继续完成参观,要注意发现正面声音,及时进行正面鼓励和感谢,以便争取更多支持。

3) 突发状况发生时应尽量避免媒体拍摄和录音,并在会后积极与媒体进行沟通,争取正面报道,适当时要争取宣传主管部门的介入,防止媒体发布负面报道。

4) 要积极配合现场主持人(或领导)的安排,迅速协助采取应对措施,在应急处置时要注意方式方法,避免言语和肢体冲突。

(16) 办公室内勤

1) 给管理人员配置的用品用具应造册登记到个人名下负责使用与保管,损坏或丢失由个人负责赔偿。

2) 按照项目部人员配置计划,提供住宿用品,分作业组造册、登记、签字,所提供用品的使用、维护、保管责任落实到作业组名下,损坏或丢失由作业组负责赔偿。

3) 按照规定、定期向管理人员及后勤人员发放劳动保护用品。对劳保福利应有计划有安排进行发放,造册、登记、签名,直接发放到本人。

8.3 项目实施保障措施

8.3.1 资金保障

项目在资金管理上严格按照国家的规定执行,实行专人管理、专户储存、转账核算。严格财经纪律,加强对项目资金的监管力度,按项目计划和施工进度投

放资金，坚持执行资金跟着项目走的原则，确保资金的专款专用；为确保工程建设质量，在拨付施工单位资金时，预留工程质量保证金，竣工验收和运行一年后，经复检确无工程质量问题时，再拨付质量保证金，以避免工程返工和资金流失；项目完工后，由施工单位提交决算报告，经有关部门审查、核实后，再由相关部门组织竣工验收。

8.3.2 组织保障

项目部应严格按照建设工程招投标制度选择和确定施工队伍，并对施工队伍的资质、人员的素质乃至项目经理、工程师的经历及能力进行必要的严格的考核。同时，加强规章制度建设和业务学习培训，防止质量事故、安全事故的发生。

8.3.3 管理保障

1、企业在建立机构的同时，应加强与政府主管部门的合作，自觉接受地方主管部门的监督管理。对监督检查中发现的问题应及时处理，以便修复治理工作顺利实施。企业对主管部门的监督检查应做好记录。监督部门对于不符合设计要求或质量要求的工程，责令其重建，直到满足要求。

2、加强环境治理恢复宣传，深入开展环境治理恢复相关知识的教育，调动项目参与者参加地质环境治理恢复的积极性。提高社会对环境治理在保护生态环境和经济持续发展和重要作用的认识。

8.3.4 技术保障

建设、施工等各项工作严格按照有关规定有序进行；环境治理工作人员须掌握环境治理恢复基础知识，受过相关专业的专门训练；管理人员除具有相关知识外，须具有一定的组织能力和协调能力，在环境治理和环境恢复过程中能够充分发挥其领导作用，及时发现和解决问题。

8.4 项目招投标

根据《中华人民共和国招标投标法》有关规定，在中国境内进行：（1）大型基础设施、公用事业等关系社会公共利益、公众安全的项目；（2）全部或者部分使用国有资金投资或者国家融资的项目；（3）使用国际组织或者外国政府贷

款、援助资金的项目。其勘察、设计、施工、监理以及与工程建设有关的重要设备、材料等采购，必须进行招标。本项工程属新建项目，工程组织实施阶段包括勘察、设计、监理及施工，采取公开招标的方式。

根据《工程建设项目可行性研究报告增加招标内容和核准招标事项暂行规定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会 2001 年第九号令）的要求，按照公开、公平、公正的原则，对本项目的建设工程、设备安装工程施工等进行公开招标，选择具有相应资质的单位进行勘察、设计、监理单位，保证项目建设的质量，保证整个工程合法、有序、高效、健康地运行。

8.4.1 招投标内容

该工程实施各个阶段的招标内容主要有：勘察招标、设计招标、监理招标（施工监理和环境监理）、修复治理专业公司（要求专业修复治理公司具备土建施工或与符合资质要求土建施工单位联合投标）。

8.4.2 招标组织形式

招标的组织形式有自行招标和委托招标两种形式。具备编制相应招标文件和标底，组织开标、评标的能力的业主可以自行招标；凡不具备条件的业主应当委托具有相应资质证书的建设工程招标代理招标。

在工程各个项目招标阶段，建设单位应组织专门机构（招标人），整体把握，依法办事，严格控制和调整招标工作，从而保证招标工作的公平、公正、公开、透明和有序的原则下进行，必要时，可委托专业招标机构进行具体操作。

本项目招标组织形式采用委托招标。

8.4.3 发包方式

招标工作范围即指招标文件中约定承包方完成的工作内容。工作内容可以由一个承包方完成，包括设计、土建施工、设备安装等全部内容，也可以由不同的承包方完成其中的一项或几项内容。前者称为工程项目的建设全过程总承包或“交钥匙工程承包”，简称总承包；后者称为单项工作内容承包。发包方式选择取决于项目的性质和复杂程度、投资来源、业主的技术和管理能力。由于

本项目包括内容繁多，专业性要求较强，较为复杂，故采用单项工作内容发包较为合适。

8.4.4 招标方式

招标方式可分为公开招标、邀请招标和议标（直接委托）三大类型。

（1）公开招标

公开招标又称无限竞争性招标。是指招标单位通过报刊、广播、电视等新闻媒体发布招标公告，凡具备相应资质，符合投标条件的单位不受地域和行业限制，可以申请投标。

（2）邀请招标

邀请招标亦称有限竞争性招标，是指业主向预先选择的若干家具备相应资质、符合投标条件的单位发出邀请函，将招标工程的情况、工作范围和实施条件的也简要说明，请他们参加投标竞争，被邀请单位同意参加投标后，从招标单位获取招标文件，并按规定要求进行投标报价。

（3）议标

议标是指招标单位与两家或两家以上具备相应资质，符合投标条件的单位，分别就承包范围内的有关事宜进行协商，直到与某一单位达成协议，将合同工程委托该单位去完成。

议标与前两种招标方式比较，招标程序简单、灵活，但由于投标的竞争性较差，往往导致合同条件和合同价格对承包方较为有利。议标方式仅适用于不宜公开招标或邀请招标的特殊工程或限定条件下的内容，而且必须报请建设行政主管部门批准后才能采用。

本工程招标方式采用公开招标方式。

8.4.5 投标、开标、评标和中标程序

凡是需要公开招标的项目，在招标过程中应遵守如下程序：

（1）在招标文件开始发出日起 30 日内，具有承担招标项目能力的法人或者其他组织都可投标。投标人少于 3 人时，项目发包单位应当重新进行招标。投标文件应当对招标文件提出的实质性要求和条件做出响应，招标项目属于建

设施施工的，招标文件的内容还似派出的项目负责人与主要技术人员的简历、业绩和拟用完成招标项目的机构设备，本项目不接受联合招标。

(2) 开标时由招标代理机构主持，邀请所有投标人参加，开标时招标人委托公证机构检查并公证。投标人的投标应当符合下列条件之一：能够最大限度的满足招标文件中规定的各项综合评价标准或者能够满足招标文件的实质性要求。

(3) 评标按照《贵州省建筑工程招标投标实施办法》的规定和程序进行。

(4) 中标人确定后，招标人向中标人发出中标通知书，该通知书具有法律效力，若中标人放弃中标项目，应当承担法律责任。自中标通知书发出 30 日之内，按照招标文件，招标方式和中标人签订书面合同。同时，中标人不得向他人转让中标项目，也不得将中标项目肢解后分别向他人转让。对招标项目的公开范围和选择投标人的资质上要求不同。不同的施工项目有以下资质要求：

1) 委托设计：勘察设计是整个项目的前期性基础工作。委托有资质的单位进行勘察、设计工作。

2) 环境监理：根据相关文件和污染防治专项资金管理办法，该类工程必须进行环境监理；且该工程专业性较强，环境监理对工程的质量、减排目标的实现起着关键的作用。需要委托具有相应资质和同类工程经验的环境监理单位进行施工全过程的环境监理。

3) 工程施工：该类项目要求施工单位的资质具有建设行政主管部门核发的环保工程专业承包一级资质。

8.5 环境监理方案

环境监理是受污染场地责任主体委托，依据有关环境保护法律法规、场地环境调查评估备案文件、场地修复方案备案文件、环境监理合同等，对场地修复过程实施专业化的环境保护咨询和技术服务，协助和指导建设单位全面落实场地修复过程中的各项环保措施，以实现修复过程中对环境最低程度的破坏、最大限度的保护。

8.5.1 监理对象及内容

环境监理的对象主要是工程中的环境保护措施、风险防范措施以及受工程

影响的外部环境保护等相关的事项。

环境监理工作内容是监督修复工程是否满足环境保护的要求等，协调好工程与环境保护、以及业主与各方的关系。

8.5.2 修复工程设计阶段

设计阶段环境监理内容包括：收集场地调查评估、场地污染修复方案、修复工程施工设计、施工组织方案等基础资料，对修复工程中的环保措施和环保设施设计文件进行审核，关注修复工程的施工位置和异位修复外运土壤去向，审核修复过程中水、大气、噪声、固体废物等二次污染处理措施的全面性和处理设施的合理性，必要的后期管理措施的考虑。

8.5.2.1 修复工程施工准备阶段

施工准备阶段环境监理内容包括：了解具体施工程序及各阶段的环境保护目标，参与修复工程设计方案的技术审核，确定环境监理工作重点，协助业主监理完善的环保责任体系，建立有效的沟通方式等，并编制场地修复环境监理细则。

8.5.2.2 修复工程施工阶段

修复工程施工阶段环境监理内容包括：

核实修复工程是否与修复实施方案符合，环保设施是否落实，是否建立事故应急体系和环境管理制度；监督环境保护工程和措施，监督环保工程进度；检查和监测施工过程中产生的水、气、声、渣排放，施工影响区域应达到规定的环境质量标准；对场内运输污染土壤、污水车辆的密闭性、运输过程进行环境监理；对场内修复工程相关措施（如止水帷幕与施工降水措施等）、抽提装置和废水处理进行监督管理；施工过程中基坑开挖和支护等是否按有关建筑施工要求进行；对异位处置过程，包括储存库及处理现场地面防渗措施的落实和监控；检查污染土储存场地、处置设施的尾气排放设施和监测设施是否完备，确认各项条件是否符合环境要求；检查必要的后期管理长期监测井设置；根据施工环境影响情况，组织环境监测，行使环境监理监督权；向施工单位发出环境监理工作指示，并检查环境监理指令的执行情况；协助建设单位处理环境突发事件及环境重大隐患；编写环境监理月报、半年报、年报和专项报告。

修复工程施工阶段具体工作程序如图 8.5-1。

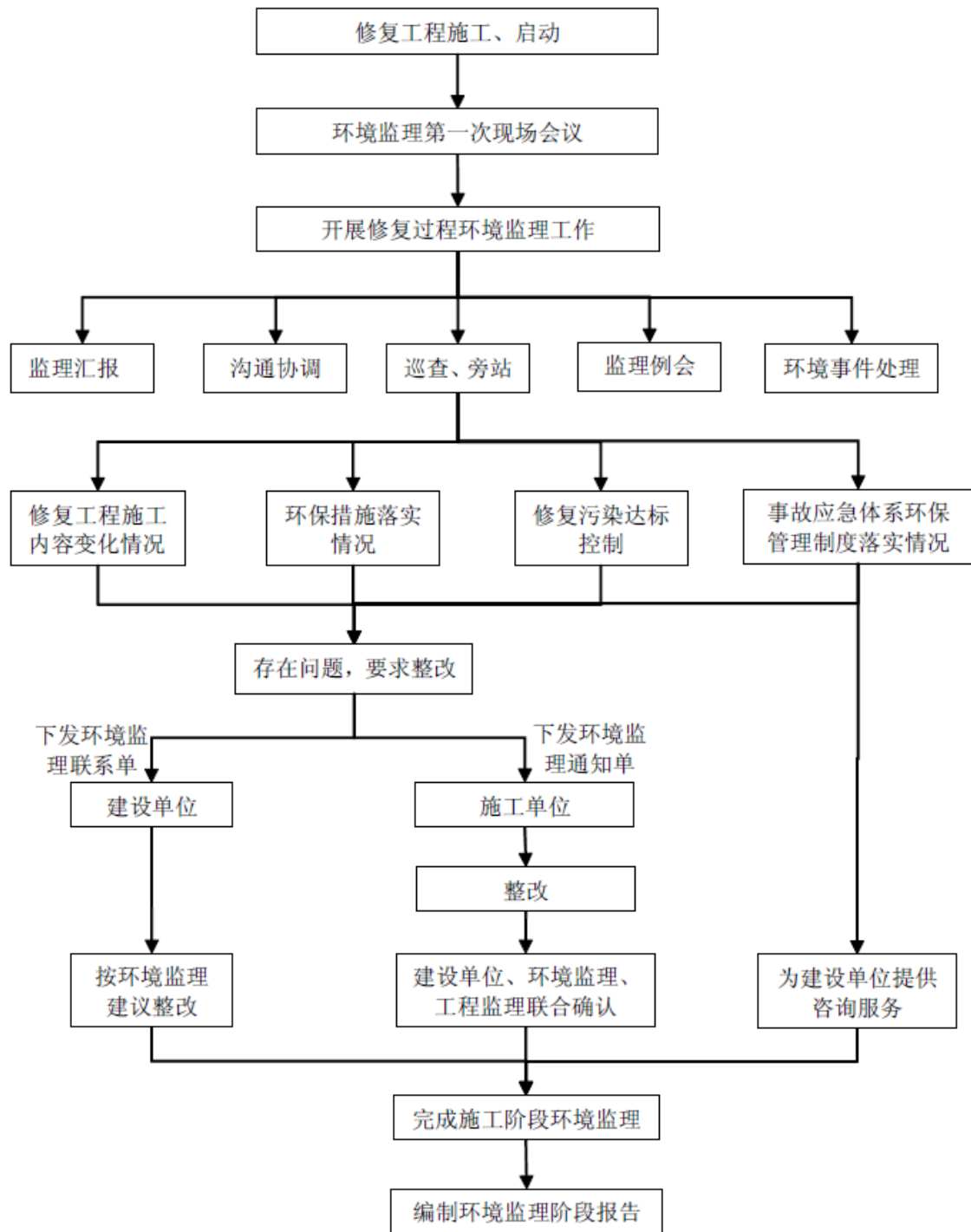


图 8.5-1 修复工程施工阶段环境监理内容

8.5.3 环境监理工作程序

污染场地修复环境监理工作主要分为三个阶段：修复工程设计阶段、修复

工程施工准备阶段和修复工程施工阶段。具体工作程序见图 8.5-2。

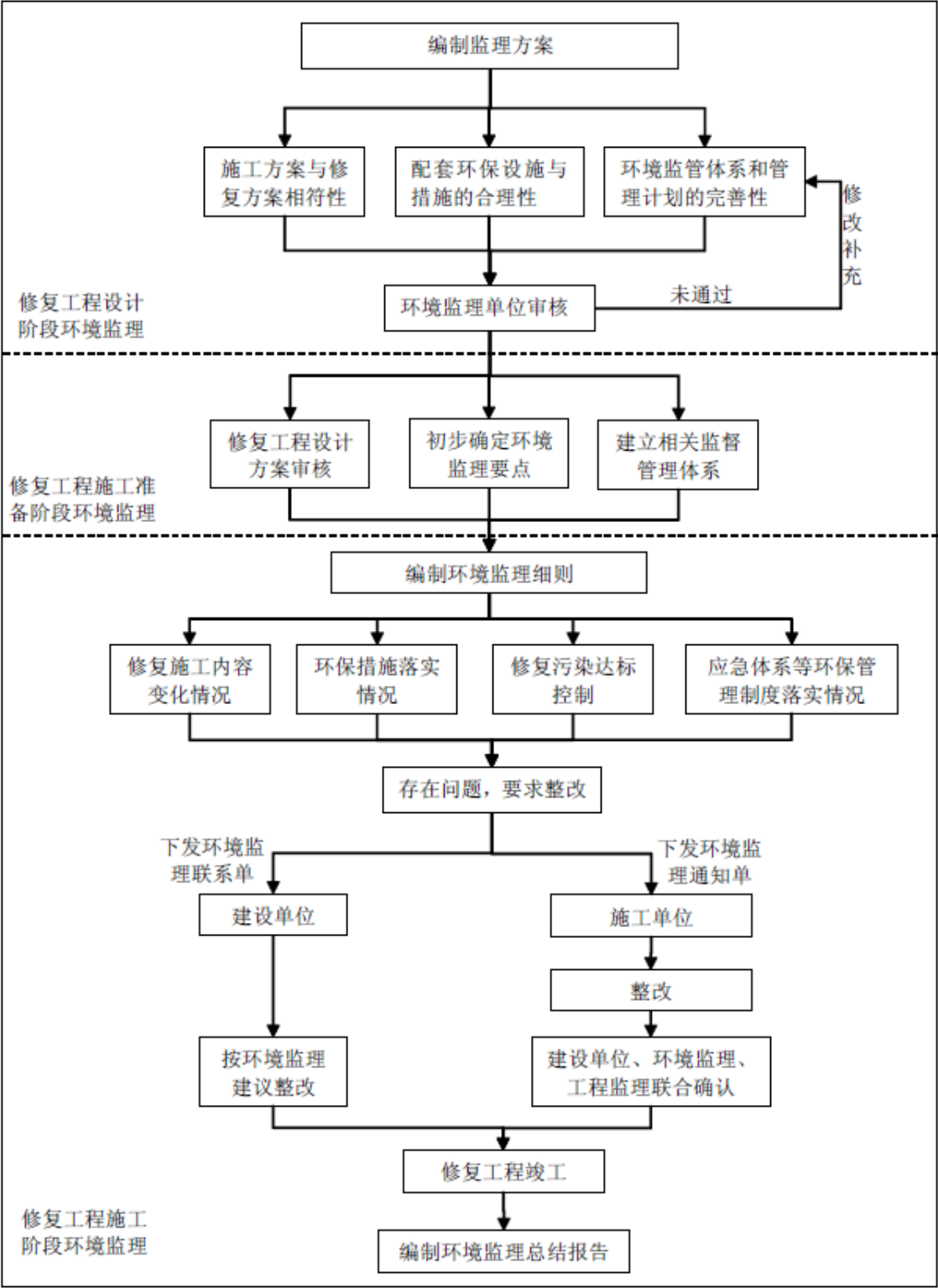


图 8.5-2 环境监理工作程序

8.5.4 环境监理工作要点

8.5.4.1 修复工程主体环境监理要点

本项目属于土壤异位修复工程，可以分为清挖环节、修复环节、外运环节环境监理，具体如下：

（1）清挖环节

可在污染区域边界、侧壁、坑底采样，根据检测数据确定清挖是否达到边界，以避免修复验收阶段发现问题后再次返工，监测点布置可参照异位修复验收技术要求布点；严格控制开挖过程中有机物气味扩散，采取喷洒气味抑制剂等措施避免污染土壤对周边环境产生影响，并在清挖区域周边设置大气监测点进行监测；监督污染土壤外运过程中的封闭措施，避免遗撒等情况产生；监督清挖后土壤堆放地面的防渗情况，对于具有异味的有机物污染物，应检查存储设施密闭情况，并在存储设施周边进行布点监测，监测布点方式具体见《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2)。

（2）修复环节

重金属污染土壤修复：监督场地地面防渗设施和措施；监督修复工程是否按照实施方案技术参数实施；对修复后土壤进行采样，初步确定修复效果，监督修复后土壤的堆存以备验收，可根据修复工程批次处理量进行采样检测；修复过程中二次污染进行监督和管理。

有机污染与复合污染土壤修复：包括上述重金属土壤修复监理要点，并需要对处理设施密闭情况、尾气收集处理情况等监理，在修复工程周边及场界设置大气环境监测点，周边环境影响监测布点方式具体见《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2)。

（3）外运环节

对待修复土壤外运过程进行监督管理，监督污染土壤运输路线是否符合规定，对外运过程中二次污染进行监督和管理。

8.5.4.2 环境影响监测

（1）总体要求

需要针对场地土壤中挥发性及半挥发性有机污染物可能带来的环境影响进

行有效监控，监测和评价施工过程中污染物的排放是否达到有关规定。在治理修复过程中，若向水体和大气中排放污染物，应进行布点监测。监测点位应按照修复工程技术设计的要求布设。

（2）大气环境监测

大气环境监测内容一般包括污染土壤清挖、修复区修复施工过程中污染物无组织排放空气样品的采集、分析及质量评价，污染土壤修复设施（车间）污染物排放尾气样品的采集、分析及污染物排放评价。一般根据场区污染土壤修复作业功能区域规划及修复作业进度，依照《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55）中相关规定，分别在场区边界及环境敏感点设置大气监测点。

无组织排放大气污染物的采集根据《大气污染物综合排放标准》（GB 16297）执行，采用连续监测 1 小时采集 1 个样品的的方法。尾气排放大气污染物的采集参照《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》（GB/T 16157）执行。采样频次参照《环境监理工作制度（试行）》（环监[1996]888 号）中第 3 条款现场环境监理规定“对重点污染源及其污染防治设施的现场监理每月不少于 1 次；对建设项目、限期治理项目现场监理每月不少于 1 次”，污染场地修复现场监测频次按每月 1 次执行。

（3）水污染排放监测

对修复工程施工和运行期产生的工业废水和生活污水的来源、排放量、水质指标及处理设施的建设过程、沉淀池的定期清理和处理效果等进行检查、监督，并根据水质监测结果，检查工业废水和生活污水是否达到了排放标准要求。具体监测方法和标准参考地表水和污水监测技术规范(HJ/T 91)，排放标准参考污水综合排放标准（GB 8978）。

（4）噪声污染源监测

噪声污染源环境监理主要监督检查工程施工和修复过程中的主要噪声源的名称、数量、运行状况；检查修复工程影响区域内声环境敏感目标的功能、规模、与工程的相对位置关系及受影响的人数；检查项目采取的降噪措施和实际降噪效果，并附图表或照片加以说明。噪声监测方法与评价标准参考《建筑施工场界噪声测量方法》（GB 12524）和《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523）。

（5）固体废物污染源监测

固体废物污染源环境监理应调查固体废物利用或处置相关政策、规定和要求；核查工程产生的固体废物的种类、属性、主要来源及产生量；调查固体废物的处置方式。对固体废物的利用或处置是否符合实施方案的要求进行核查，对不符合环保要求的行为进行现场处理并要求限期整改，使施工区达到环境安全和现场清洁整齐的要求。施工阶段垃圾应由各施工单位负责处理，不得随意抛弃或填埋，保证工程所在现场清洁整齐，对环境无污染。固体废物排放参考《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599）和《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597）。

8.5.5 环境监理工作方法

环境监理的工作方法主要包括核查、监督、报告、咨询、宣传培训等。

8.5.5.1 核查

在修复工程实施之前，修复方案中的修复技术、修复地点、相关环保措施等内容可能会出现调整变化。环境监理应根据相关法规仔细审核修复方案与相关文件的符合性，对调整的内容及其可能产生的环境影响进行初步判断，并及时反馈业主，建议业主完善相关环保手续或要求修复单位对修复方案进行补充完善。

修复方案实施过程中，环境监理应审查各承包商报送的分项施工组织设计、施工工艺等涉及环境保护的内容，做好对施工方案的审核，在环境监理审核通过后方可进行相关施工工序。若因其他原因调整修复方案，环境监理应通过资料核对和现场调查的方式，全程持续调查修复项目实际的工程内容、污染防治措施等是否按照设计文件施工。

重点核查以下内容：核查修复工程与修复技术方案的变化情况，如发生重大变化，应尽快督促业主履行相关手续。重点关注修复工程与相关敏感区位置关系的变化、施工方案的变化可能带来的对环境敏感区影响的变化。重点关注针对环境敏感区采取的环保措施等是否落实到修复方案及实施过程中。

8.5.5.2 巡视

修复环境监理单位在及时与修复工程实施单位沟通的前提下，按照一定频

次对项目现场开展巡视检查，掌握修复工程实际情况和进度，对修复工程方案符合性、环保达标等方面现场查找问题、提出建议，并做好现场巡视记录。

8.5.5.3 旁站

在关键工程开始前到场旁站，重点检查要求的污染防治措施和生态保护措施是否落实到位、环保设备是否按照设计要求进行施工及安装等，在关键工序和环保设备安装结束后方可离开，离开前应检查评估施工可能造成的污染是否控制在既定目标内。在旁站过程中，环境监理单位应做好定时记录，并将评估结果整理上报建设单位。

8.5.5.4 跟踪检查

在巡视和旁站过程中发现的问题，以环境监理联系单建议修复工程实施单位进行整改，在相关环保问题的整改完成后，环境监理应对相应问题的整改情况进行跟踪检查。

8.5.5.5 环境监测

为掌握修复工程实施情况及日常施工造成的环境污染情况，环境监理单位通过便携式环境监测仪器进行简单的现场环境监测，辅助环境监理工作；复杂的环境监测内容可以建议修复工程实施单位另行委托有资质的单位开展。

8.5.5.6 环境监理会议

环境监理工作会议主要包括第一次环境监理工作会议、环境监理例会、环境监理专题会议等形式。其中环境监理例会应在开工后的施工期间内定期举行，一般每月召开一次，具体时间间隔根据工程实际情况由环境监理技术负责人确定，在会议上承包商需提交环保工作月报，定期汇报当月环保工作情况。

8.5.5.7 信息反馈

环境监理人员现场巡视检查发现施工引起的环境污染问题时，应立即通知施工单位的现场负责人员纠正和整改。一般性或操作性的问题，采取口头通知形式。口头通知无效或有污染隐患时，监理人员应将情况报告总环境监理技术负责人，总环境监理技术负责人签发《环境监理整改通知单》，要求施工单位限期整改，并同时抄送建设单位。整改完成后，由环境监理会同建设单位、工程监理单位对整改结果是否满足要求进行检查。对于一般性问题，环境监理单位

下发环境监理业务联系单。

8.5.5.8 记录和报告

记录包括现场记录和事后总结记录。现场记录包括环境监理人员日常填写的监理日志、现场巡视和旁站记录等；事后总结记录包括环境监理会议记录、主体工程施工大事记录、环保污染事故记录等。

报告包括定期报告、专题报告、阶段报告、总结报告。

定期报告：根据工程进度，编制工作月报、季报、年报等定期报告提交至建设单位，对当前阶段环保工作的重点和取得的成果、现存的主要环境保护问题、建议解决的方案、下阶段工作计划等进行及时总结。应包括以下内容：工程概况、环境保护执行情况、主体工程环保工程进展、施工营地和工程环保措施落实情况、环保事故隐患或环保事故、环境监理现存问题及建议。

专题报告：在项目出现方案不符、环保措施落实不到位或其他重大环保问题时，需形成环境监理专题报告报建设单位。工程施工涉及环境敏感目标时，编制专题报告，反映环保重点关注对象，提出环保要求。

阶段报告：项目完成施工后、运行之前，应就修复工程设计、施工过程中的环境监理工作进行总结。

总结报告：就修复过程中环保设计、实施、运行情况总结，反映存在的问题并提出建议，是竣工验收的必备材料。

8.6 工程验收方案

8.6.1 验收内容

根据国家环保部 2014 年 11 月出台的《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》中有关污染场地修复工程验收的相关规定，场地污染土壤修复工程的验收工作应包括文件审核和现场复核，现场采样与实验室分析、验收评价和建议、修复验收报告编制 4 项工作。

（1）文件审核和现场复核

核实文件资料的准确性，审核污染清运和修复方案的实施情况，包括修复范围、修复方式、修复过程与运输过程的污染防治、组织与实施保障等内容的现场复核。核实污染土壤的数量和最终去向。

(2) 现场采样与实验室分析

按照国家和当地相关规定，制定修复工程现场采样计划，并按计划进行场地的布点采样和实验室的样品分析，确定污染修复的效果。场地修复验收现场采样点的位置和采样深度，要覆盖所有修复范围并考虑深度和修复边界。审核污染土壤处理过程中各阶段监测数据确定污染场地修复效果和污染防治措施的运行效果，以及涉及的二次污染处理情况。

(3) 修复效果评价

根据文件审核、现场复核、人员访谈、采样和实验室分析的结果，客观、明确地从技术角度论证修复效果和修复实施情况是否符合场地污染修复验收条件。数据对照修复目标值进行评价，给出是否达到修复目标的明确结论；若未达到修复要求，提出改进建议，以确保达到修复要求。验收评价包括监测数据评价和修复措施落实评价。在场地修复验收中，监测分析数据应通过与根据处理后土壤用途要求确定的修复目标的比较，评估其修复效果。修复措施落实评价是根据监测资料和监理记录等，对修复措施的落实情况进行验收。

(4) 修复验收报告编制

汇总修复方案、调查结果、实验数据和分析结果、验收评价及建议，以报告形式为污染场地修复验收提供技术依据。

8.6.2 验收程序

根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》和北京市污染场地修复工程验收技术导则，本场地修复工程验收的工作程序如下图所示。

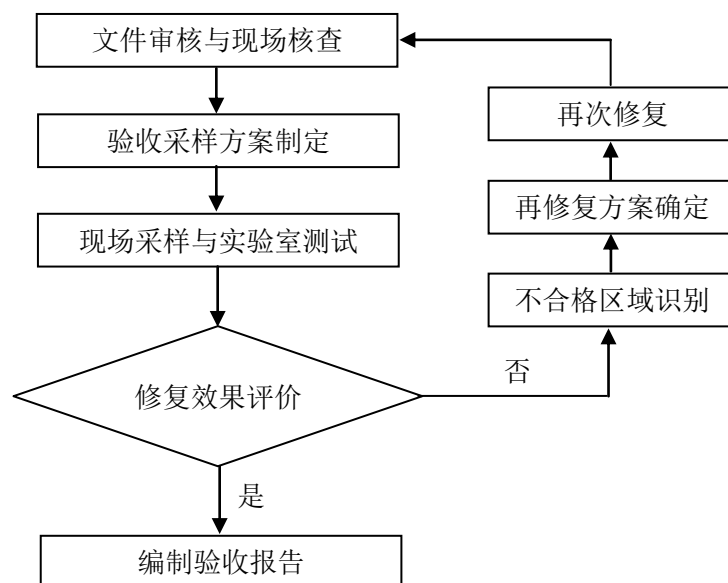


图 8.6-1 污染土壤修复工程验收工作流程

8.6.3 验收要求与标准

8.6.3.1 基本要求

(1) 清挖基坑的验收指标为场地修复的目标污染物，验收标准为场地污染物修复目标值。

(2) 本工程开挖后基坑的验收按照污染土壤地块开挖先后施工顺序，采取不同基坑独立检测的方式进行。

(3) 各基坑在按照场地调查及评估报告附件所示范围和深度分层开挖完成后，对基坑各层拐点和基坑底部标高及时进行确认，然后采集侧壁和基底土壤样品，检测基坑外是否还有污染存在。

(4) 基坑验收检测过程如果发现侧壁或者基底局部仍有污染存在，当进一步开挖，直至检测合格为止。

(5) 基坑在验收合格前，需要做好基坑支护、雨季防护、安全看护等工作，避免出现基坑坍塌、基坑雨水浸泡及影响其他人身安全等事故。

验收工作流程如下图所示。

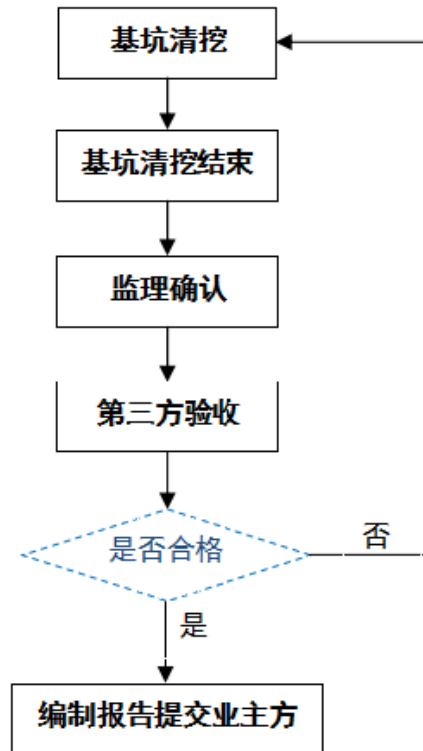


图 8.6-2 验收工作流程图

8.6.3.2 基坑清挖范围的验收

根据《工业企业场地环境调查评估与修复工作指南（试行）》要求，本场地污染土壤基坑清挖范围的验收应包括基坑清挖范围和清挖深度的测量，其方法和要求同自验收监测中的相关内容，详见 5.3.2 章节。

1. 基坑清挖范围测量

采用全站仪对清挖范围拐点坐标进行现场测量，确定现场修复范围是否符合规定要求。

（1）标准坐标点引入：为准确定位清挖边界拐点坐标，首先将场内已知的标准坐标点引入到清挖区域。

（2）清挖拐点坐标测定：在基坑附近确定两个坐标点，然后借助已知点坐标，分别测定基坑边界所有拐点坐标。

（3）拐点坐标点比对：将测定的边界拐点坐标与自监测方案中确定的拐点坐标进行比对，确定现场修复范围是否符合要求。

2. 基坑清挖深度测量

（1）标准高程引入：先将场内已知的标准高程点引入到清挖区域。

(2) 清挖深度的测量：将测量结果与该标段的平均起挖高程进行比较，计算清挖深度及其误差，确定是否达到规定的清挖深度。

8.6.3.3 基坑验收采样方案

对于异位修复场地，应对修复范围内部和边缘的原址土进行采样，采样点位于坑底和侧壁，以表层样为主，不排除深层采样，挥发性有机物土壤样品的采集深度一般为表层以下 0.2m。

坑底表层采用系统布点的方法，一般随机布置第一个采样点，构建通过此点的网格，在每个网格交叉点采样。网格大小根据采样面积和采样数量确定，采样数量可参考下表中所规定数量，原则上网格大小不超过 20m×20m。

表 8.6-1 土壤采样布点——底部采样数量

序号	采样区域面积 (m ²)	土壤采样点数目 (个)
1	小于 100	3
2	100~500	4
3	500~1000	5
4	1000~1500	6
5	1500~2500	7
6	2500~3500	8
7	3500~5000	9
8	大于 5000	≥10

修复范围侧壁根据边长确定采样点数量，采用等距离布点方法，每段最大长度不应超过 40m，在每段均匀采集 9 个表层土壤样品制成混合样（测定挥发性有机物项目的样品除外）。当修复深度小于等于 1 米时，侧壁不进行垂向分层采样，横向采样点数量可参考下表中规定的数量确定。

表 8.6-2 土壤采样布点——侧壁采样数量

序号	采样区域周长 (m)	土壤采样点数目 (个)
1	50	4
2	50~100	5
3	100~200	6
4	200~300	7
5	300 以上	≥8

当修复深度大于 1m 时，侧壁应进行垂向分层采样，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小于 1m，采样点位置可依据土壤异常气味和颜色，并结合场

地污染状况确定。对于场地内修复范围外可能产生二次污染的区域，可采用判断布点的方法，结合实际情况进行布点。

样品检测数量应考虑 10%的平行样及清挖后仍超标的重复检测样，按布点数的 1.2 倍计。

场地内各区块基坑检测布点数量及样品检测数量如下表。

表 8.6-3 场地内各区块基坑检测布点数及样品检测量

序号	名称	单位	布点数	样品数
1	主厂区及全钢三公司第 1 层基坑坑底	个	70	84
2	主厂区及全钢三公司第 1 层基坑侧壁	个	148	178
3	主厂区及全钢三公司第 2 层基坑坑底	个	423	508
4	主厂区及全钢三公司第 2 层基坑侧壁	个	183	220
5	主厂区及全钢三公司第 3 层基坑坑底	个	33	40
6	主厂区及全钢三公司第 3 层基坑侧壁	个	66	80
7	主厂区及全钢三公司第 4 层基坑坑底	个	10	12
8	主厂区及全钢三公司第 4 层基坑侧壁	个	11	13
9	前进公司第 1-2 层基坑坑底	个	10	12
10	前进公司第 1-2 层基坑侧壁	个	12	14
11	前进公司第 3-7 层基坑坑底	个	6	7
12	前进公司第 3-7 层基坑侧壁	个	16	20
13	前进公司第 8-10 层基坑坑底	个	5	6
14	前进公司第 8-10 层基坑侧壁	个	16	20
15	共计		1009	1214

8.6.3.4 修复效果验收标准

本场地土壤污染物修复目标值满足“3.2 节”的要求。

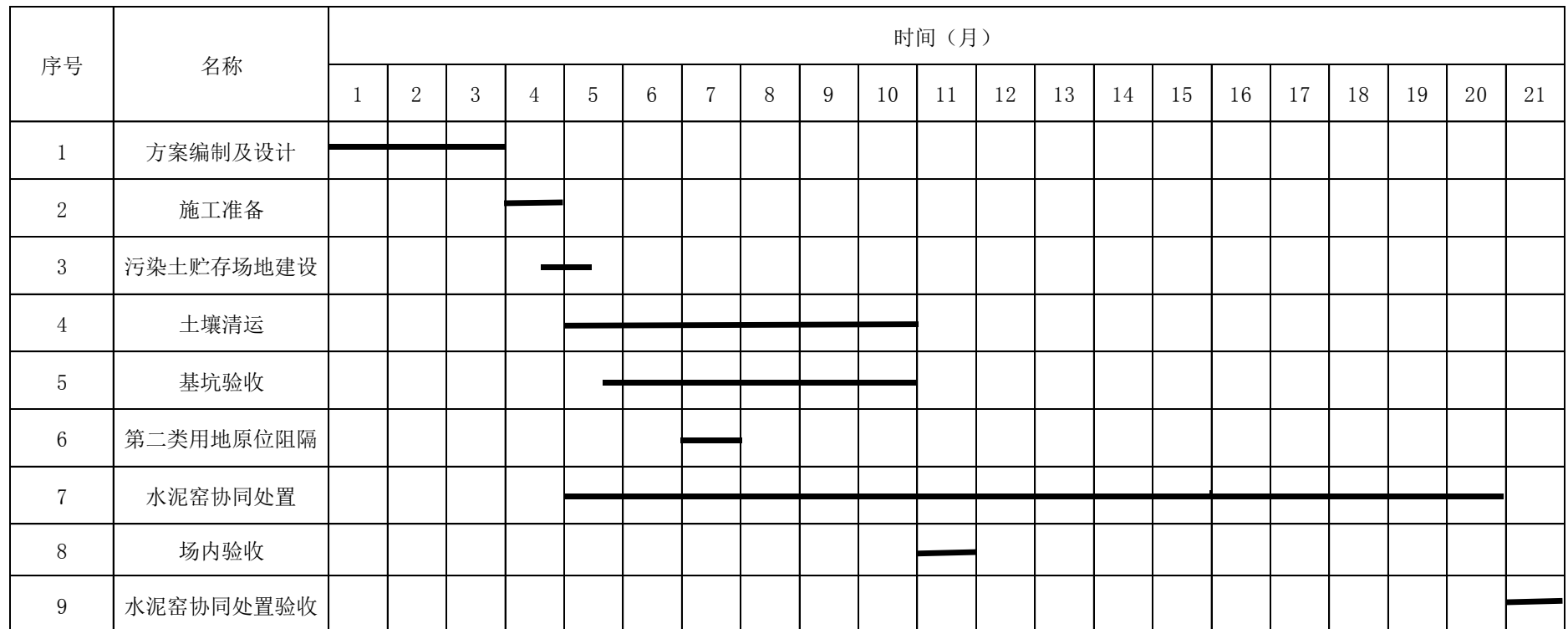
9 工程进度计划

本项目分两期安排，前期为准备阶段，第二期为建设阶段。

（1）前期准备阶段为 3 个月：主要完成设计及招投标。

（2）建设阶段为 18 个月：其中场地内施工工期 8 个月，场外水泥窑协同处置工期 16 个月。包括施工准备、污染土壤贮存场所建设、污染土壤清挖、运输和预处理、水泥窑协同处置。项目工期详细计划安排见施工进度横道图。

图 9.1-1 施工进度横道图



10 投资估算及资金筹措

10.1 投资估算

10.1.1 编制依据

- 1、人工工资按贵州省定额水平结合贵阳市实际情况制定；
- 2、《全国市政工程投资估算指标》（HGZ 47-102-2007），建标[1996] 309 号文，并按贵州省现行工资水平、价格水平、间接费水平调整；
- 3、参照《贵州省建筑工程计价定额》（2016 年版）；
- 4、参照《贵州省市政工程计价定额》（2016 年版）；
- 5、参照《贵州省市政工程计价定额》（2016 年版）；
- 6、设备价格按照设备制造厂家报价，材料价格参照贵阳材料价格。

10.1.2 第二类工程费用计费依据

- （1）建设单位管理费：按建财[2002] 394 号计算；
- （2）建设项目的期费：按计委计价格[1999] 1283 号计算；
- （3）土地征用费：按贵阳市征地补偿费标准计算；
- （4）工程建设监理费：按发改价格[2007] 670 号计算；
- （5）勘察费设计费：按国家计委、建设部 2002 年工程设计收费标准计算；
- （6）施工图审查费：黔价房（2011）69 号计算；
- （7）工程招标代理服务费：按黔价房（2011）69 号计算；
- （8）环境影响评价资费：按计价格[2002] 125 号计算。

10.1.3 投资估算构成

本工程总投资为 11853.89 万元，其中直接工程费用为 10374.45 万元，工程建设其他费用为 808.47 万元，预备费为 670.98 万。工程投资估算表详见表 10.1-1 至表 10.1-3。

表 10.1-1 工程总投资表

序号	工程和费用名称	估算金额（万元）				
		建筑工程	设备及器具购置	安装工程	其他费用	合计
一	第一部分：工程费用	10374.45				10374.45
二	第二部分：其他费用				808.47	808.47
三	基本预备费用（6%）				670.98	670.98
四	项目总投资					11853.89

表 10.1-2 第二类工程费计费表

序号	费用名称	计算依据及说明	金额（万元）	备注
1	建设管理费		341.14	
1.1	建设单位管理费	财建(2002)394 号	116.00	
1.2	工程建设监理费	发改价格(2007)670 号	225.15	
2	勘察设计费	计价格(2002)10 号	379.99	
2.1	工程勘察费	按第一部分费用的 0.8%计取	83.00	
2.2	工程设计费		251.69	
2.3	施工图预算费		25.17	
2.4	竣工图费用		20.14	
3	劳动安全卫生评审费	按第一部分费用的 0.1%计取	10.37	
4	工程保险费	按第一部分费用的 0.3%计取	31.12	
5	环境影响咨询服务费	计价格 [2002]125 号	12.05	
5	招标代理费	计价格(2002)1980 号	30.74	
6	施工图审查费	按设计费的 6%计取	15.10	
合计			808.47	

表 10.1-3 项目主要工程量及估算表

序号	名称	单位	工程量	单价/元	合价/万元	备注
一	土方开挖					
1	场地清表	m ²	45341	5	22.67	清除场内表层残留垃圾，不包含建筑物拆除
2	表层混凝土/基础破碎	m ²	45341	55	249.37	
3	表层混凝土/基础破碎物清理	m ²	45341	15	68.01	场内转运
4	第 1 层土方开挖	m ³	88990	20	177.98	需采取环境保护措施
5	第 1 层污染土方场内运输	m ³	37783	15	56.67	运输车辆需采取密闭措施
6	第 1 层非污染土方场内运输	m ³	51207	10	51.21	汽车场内运输（<1.0km）
7	第 2 层土方开挖	m ³	98544	25	246.36	放坡、并采取环境保护措施
8	第 2 层污染土方场内运输	m ³	84859	15	127.29	运输车辆需采取密闭措施
9	第 2 层非污染土方场内运输	m ³	13685	10	13.69	汽车场内运输（<1.0km）
10	第 3 层土方开挖	m ³	21301	25	53.25	放坡、并采取环境保护措施
11	第 3 层污染土方场内运输	m ³	18795	15	28.19	运输车辆需采取密闭措施
12	第 3 层非污染土方场内运输	m ³	2506	10	2.51	汽车场内运输（<1.0km）
13	第 4 层土方开挖	m ³	3536	30	10.61	放坡、并采取环境保护措施
14	第 4 层污染土方场内运输	m ³	3536	15	5.30	运输车辆需采取密闭措施
二	基坑验收样品检测	个	1214	350	42.49	
三	基坑回填					
1	已清挖清洁土回填	m ³	67398	28	188.71	场内转运（<500m）
2	新开挖清洁土回填（场内高处清挖后回填）	m ³	144973	40	579.89	从场地内较高区域挖土，场内转运，回填

序号	名称	单位	工程量	单价/元	合价/万元	备注
四	污染土壤预处理车间改造	间	1	400000	40.00	改造车间，带负压抽风
五	污染土壤预处理	m ³	144973	8	115.98	筛分大块砾石后装袋
六	污染土壤场外运输	m ³	144973	78	1130.79	机械装车，平均运距 60km
七	水泥窑协同处置费	m ³	144973	450	6523.79	土壤容重计 1.5t/m ³
八	污染土堆存临时车间	m ²	15000	300	450.00	储存有机污染土壤车间需带负压抽风
九	原位阻隔处置	m ²	9254	100	92.54	按顶部和四周均进行阻隔进行统计
十	基坑排水处理设备	套	1	400000	40.00	
十一	临路区基坑开挖支护	m	270	450	12.15	（挂网喷浆，高 4.0m）
十二	环境监测费	套	1	150000	15.00	暂估价
十三	开挖区域地下管线拆除费	次	1	300000	30.00	暂估价
	总计				10374.45	

10.2 资金筹措

贵州轮胎股份有限公司场地土壤修复总投资 11853.89 万元，建设单位拟自行投资建设，在满足条件下可向国家及相关单位申请部分资金。

11 效益分析

11.1 环境效益

(1) 保障项目区域用地环境安全

风险评估结果表明,场地若不经修复治理,污染区域的砷等污染物会给未来用地场景下居民(儿童)带来较高的潜在健康风险。另外污染物经雨水冲刷会继续进入地表水及地下水,污染周边植被及空气。因此,项目的实施能有效处理关停企业遗留问题,清理企业生产场地,避免环境污染事故的发生,保障人民生命健康。

(2) 减少土壤和水环境污染

根据贵州轮胎股份有限公司现场调查与风险评价结果,场区土壤中共 10 种污染物需进行修复,其中包括重金属(砷、镉、铬、镍、铅)、VOCs(苯、1,2,3-三氯丙烷)、农药 2 种(α -六六六、 β -六六六)、总石油烃 1 种($C_{10}-C_{40}$)。项目的建设和运行,将消除具有人体健康风险的污染物,使其得到有效的治理和控制,从而减轻砷等污染物对周围的土壤环境和水环境的污染。

(3) 保护河流水系环境安全

项目附近的地表水主要是沙哈、改茶沟和市西河。沙河(也称金钟河,小湾河)——为项目区地面雨水的收纳水体,发源于贵阳市北部关山水库北东 2 km 的上寨,由北向南经阳关农产—马王庙—贵州工业大学,于阿哈寨附近入阿哈水库。本项目的建设将减少污染物向沙河以及阿哈水库的迁移量,保障周边及下游水系的水质安全。

11.2 经济效益

(1) 增加可利用土地面积

2012 年 11 月 26 日,环境保护部、工业和信息化部、国土资源部与住房和城乡建设部联合发出《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)。该通知中明确提出: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。

近年来，随着城市化进程的加快，一些原来被工业企业占用甚至污染的土地需要进行再开发，土地利用面临新的调整。根据《云岩区三马组团金鸭单元控制性详细规划导则及 03 地块细则》，贵州轮胎厂所在区域用地性质将由国有工矿用地转换为商住用地。对该污染场地进行污染治理和环境修复可为贵阳市发展提供新的可利用的土地。该项目建成后，在减少重金属危害的基础上，修复后的场地用于商住或工业用地，这将有利于城市化建设与经济发展，保证当地人民生产生活安全，改善区域内的投资环境，增加投资机会，为区域经济社会的健康发展提供保障，使经济效益与社会效益达到最大化。此外，该项目建成后有利于构建和谐社区，促进贵阳市社会经济的可持续发展。

（2）回收可利用资源

本项目污染土壤作为水泥生产原料，在消除污染的同时可以对污染土壤进行资源化利用，具有一定的经济效益。

（3）促进经济开发

项目完成后，环境大幅度改善所带来的地价升值和当地区域优势的显现，会吸引更多的资金来此投资开发，从而促进区域经济发展。

11.3 社会效益

（1）本项目的实施将对推动省内乃至全国同类型污染场地的治理必将起到示范带头作用，有力地促进和带动贵阳市进行重金属防治的进程，对推进污染场地的治理工作具有积极的意义。

（2）该项目实施后，将会着重解决贵阳市遗留已久的环境污染问题，有利于环境保护和生态平衡，有利于环境友好型社会。

（3）该项目建成后将会明显改善当地土壤环境，保证当地人民生产生活安全，有利于构建和谐社区。同时该项目的实施还能改善区域内的投资环境，增加投资机会，为区域经济社会的健康发展提供保障。

（4）该项目的实施需从当地招募一批劳动人员，可有效促进当地居民就业，对提高当地部分居民收入具有较好的效果。

（5）项目的实施，将彻底场地的污染隐患，减少了污染物的挥发及扩散，对保障当地人民环境健康具有重要意义。

11.4 生态效益

（1）对水土流失的影响

由于修复建设破坏场地表面硬化层，引起水土流失，主要发生在项目施工期。由于工程施工过程采取防护措施，水土流失到施工后期将基本稳定。主要是通过
对施工场地内的土壤清运、基坑塌方及其他地质病害的调查，分析由于修复施工引起地质类别、地形、地貌等现状的变化对区域水土流失的影响，并提出治理措施或对策建议。

（2）对水环境的影响

通过对场地的修复，改善周边区域地面水环境，促进周边水体功能的完善，保护阿哈水库入湖河流（沙河）的水体质量，改善场地周边生活服务区、居民区及其他区域的环境治理，改善生态环境的协调性。

12 结论与建议

12.1 结论

12.1.1 场地修复技术的筛选与评估

根据本场地土壤的污染特征、场地水文地质条件、土地利用规划和场地未来的开发建设计划，经修复技术的初步筛选和进一步的可行性评估，建议本场地污染土壤修复采用水泥窑协同技术，以为热解吸技术为有机污染土壤的备用技术和以固化稳定化处置技术为重金属污染土壤的备用技术。

12.1.2 场地修复方案的比选

经对场地污染土壤修复适用技术的合理组合，形成了场地污染土壤修复的备选方案，再对其进行进一步的方案比选，最终确定本场地污染土壤修复的最佳方案为：采用水泥窑协同处置技术处置污染土壤（144973m³），第二类用地区第一层以下污染土壤（23622m³）采取原位阻隔的污染途径阻断技术。

12.1.3 投资估算和资金筹措

本工程总投资为 11853.89 万元，其中直接工程费用为 10374.45 万元，工程建设其他费用为 808.47 万元，预备费为 670.98 万。

12.1.4 工程进度计划

本项目分两期安排，前期为准备阶段，第二期为建设阶段。

（1）前期准备阶段为 3 个月：主要完成设计及招投标。

（2）建设阶段为 18 个月：其中场地内施工工期 8 个月，场外水泥窑协同处置工期 16 个月。包括施工准备、污染土壤贮存场所建设、污染土壤清挖、运输和预处理、水泥窑协同处置。

12.2 建议

(1) 修复技术方案需充分结合地块的最终规划。因厂区拟建道路以外（第二类用地）其他区域的用地区域的规划尚未确定，因此本方案按照《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）5.3.1 节中的相关要求，对用地规划用途不明确的，按照第一类用地进行相关的污染土壤处置方案的选择。若项目区后期规划最终确定，土壤处置方式建议结合地块的最终规划进行合理的调整。比如目前规划不明的区域，其按照第一类用地方式进行处理，其修复深度初步按照最保守的方式，即按照各层污染土壤全部清挖来进行异地治理的方式进行方案设计。因场地深层污染土壤主要为重金属污染，其可以通过切断暴露途径的阻隔方式进行阻隔处理，从而降低和消除场地污染物对人体健康和环境的风险。因此待后续具体规划确定后，建议需结合各地块的具体用地规划，对修复深度、修复技术选择进行进一步的调整。

(2) 避免场地拆迁过程造成新的环境污染。对于场地内现有地上和地下建筑物的拆除，建议选择具有相关资质和经验的设施拆除单位进行施工，避免造成新的场地污染。在场内地下管道、地基等地下构造物的清挖过程中，应尽量减少污染土壤的扰动。如确需清挖，则应将挖出的污染土壤和非污染土壤分别堆置，严禁混放。污染土壤应放置在污染区内，并采取相应的防雨、防扬、防挥发性污染物挥发等措施，防止二次污染。场内的建筑垃圾应在相关修复工作开始前清运干净。

(3) 场地的修复实施方案应与场地后期的建设方案和施工计划紧密结合，如有变化，应及时调整。由于本场地后期的建设规划目前还没有形成，因此在现阶段还无法精确获得与场地污染修复密切相关的一些基础资料，包括建筑物的布局 and 底板深度等，本方案中所确定的挥发性有机污染土壤的开挖深度仅依据常理推测确定，可能存在一定的不确定性，今后还需根据实际情况在实施方案阶段进行调整，包括污染土壤的开挖深度、开挖次序、施工方式、投资和进度等，尽量做到最优化。另外，由于本场地局部污染土壤的清挖深度达到了 10m 以上，可能已远远超过建筑物底板的深度，在此情况下，为确保建筑物的安全，在其建筑物布局时，其位置应避开清挖深度超过其底板的清挖区域。

(4) 在修复施工前应及时向环保、安监等主管部门备案，施工前进一步分析、排查场地内地下暗管、储槽等的分布情况。场地应配置危险化学品、不明废液等收集储罐，在开挖过程中管道、储槽中残留的不明液体、危险废物应及时转移至备用的储罐中，不得随意丢弃。若有有毒有害气体产生，应及时启动应急预案

(5) 及早实施场地污染土壤的修复，避免污染扩散。在自然作用下，土壤中的污染物会发生迁移。如风会促使污染物挥发，产生扬尘；降雨入渗或地面径流会使污染物产生水平和垂向迁移等。如不及时进行修复，长此以往，势必会造成场地污染范围的不断扩大。因此，应尽快开展场地的修复工作。

(6) 场地修复过程应采取有效的安全和环保措施，防止二次污染和污染风险。本场地土壤中的污染物部分为挥发性有机污染物，在污染土壤的清挖、运输、暂存、修复过程中，极易受土壤扰动影响而挥发，造成场内外空气的二次污染，影响周边环境，产生健康风险。为此，在场地修复施工前，应制定详尽的二次污染防治计划和风险防范预案，并对相关人员进行必要的安全和环保培训，持证上岗；施工中，应严格参照执行，减少意外环境污染事故和污染风险的发生，确保工程的顺利实施。

(7) 场地修复过程应进行跟踪检查，及时发现问题。在场地开挖取土过程中，应随时观察、发现是否有新的污染产生，如地下埋藏物、地下罐体、地下管线和有明显特殊气味的地方。一经发现，应及时上报，并由专业人员进行处理。在开挖过程中，还需要进行严格的质量控制，确保分类开挖，开挖到位。

(8) 场地修复后需进行长期的跟踪监测，进一步预防意外风险。虽然本场地已对具有健康风险的区域采取了清挖修复措施，但由于场地土壤已受到了挥发性污染物的污染，那些土壤中污染物浓度不高、也不存在风险的区域，其污染仍然存在，若防护或措施不当，依然会对环境和人体健康产生一定的影响。因此，在场地修复、建筑物建成后的一段时间内，应对建筑物地下空间大气进行长期的跟踪监测，尽可能采取自动检测-排风联动的防范措施，避免污染物气体在地下空间内积聚，再通过建筑物内楼梯、电梯井、烟道等优先通道扩散至住户，造成健康影响。

(9) 场地地下水的利用应严格执行当地的相关规定。尽管本场地的地下水不存在健康风险，无需进行修复，但为避免其使用影响，场地中的地下水应严格执行当地政府的相关规定。

附录 A：场地调查与风险评估报告的批复

土壤初步调查报告备案登记表

备案编号：520103-2018-003

单位名称	贵州轮胎股份有限公司		
法定代表人	马世春	经办人	谢丽
联系电话	13595190251	传 真	
单位地址	贵州省贵阳市云岩区百花大道 41 号		
你单位上报的：《贵州轮胎股份有限公司场地初步调查报告》，经形式审查，符合要求，予以备案。  2018 年 12 月 13 日			

注：土壤初步调查报告备案编号由县及县以上行政区划代码、年份和流水序号组成。

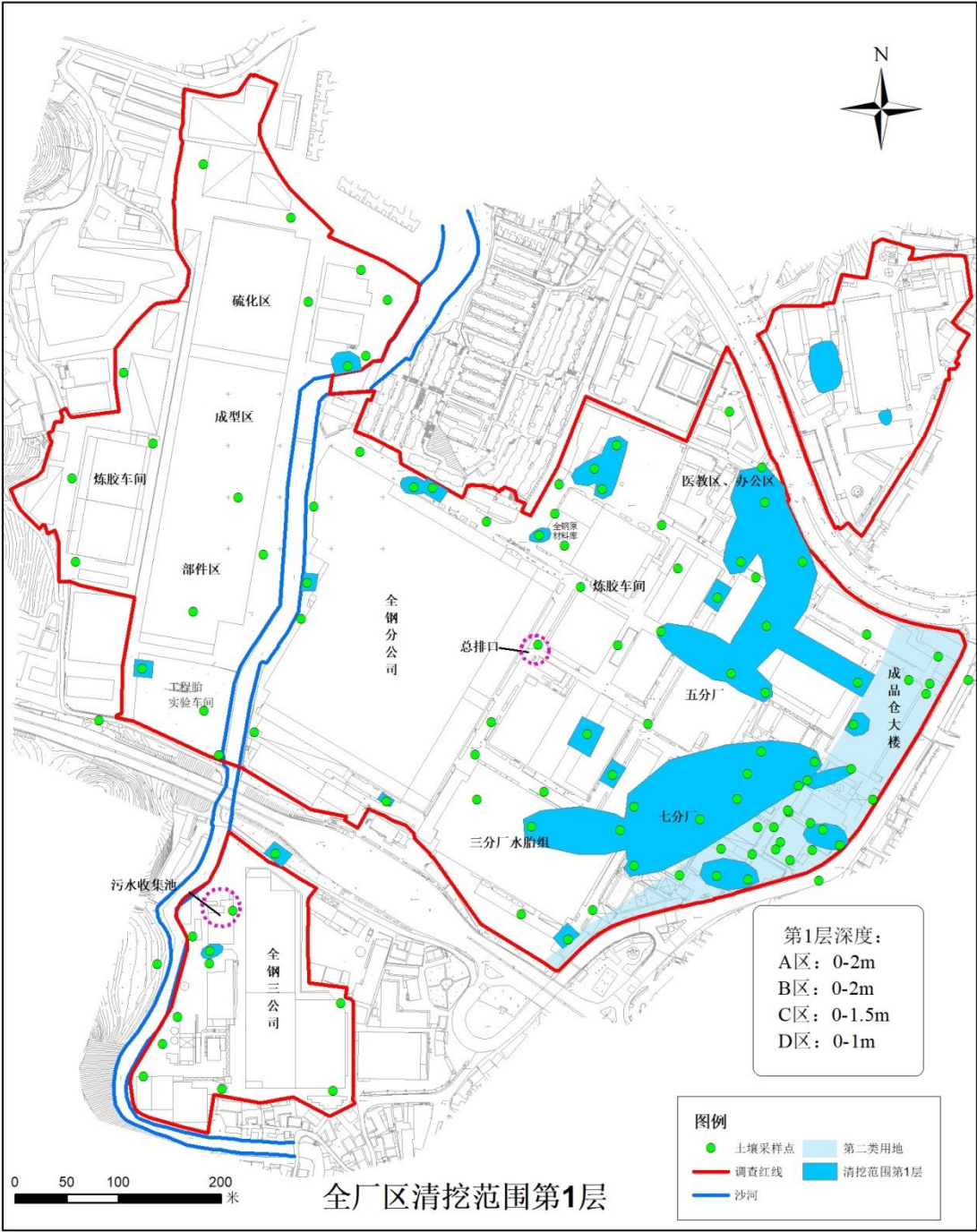
贵阳市污染地块详细调查、环境风险评估备案申请表

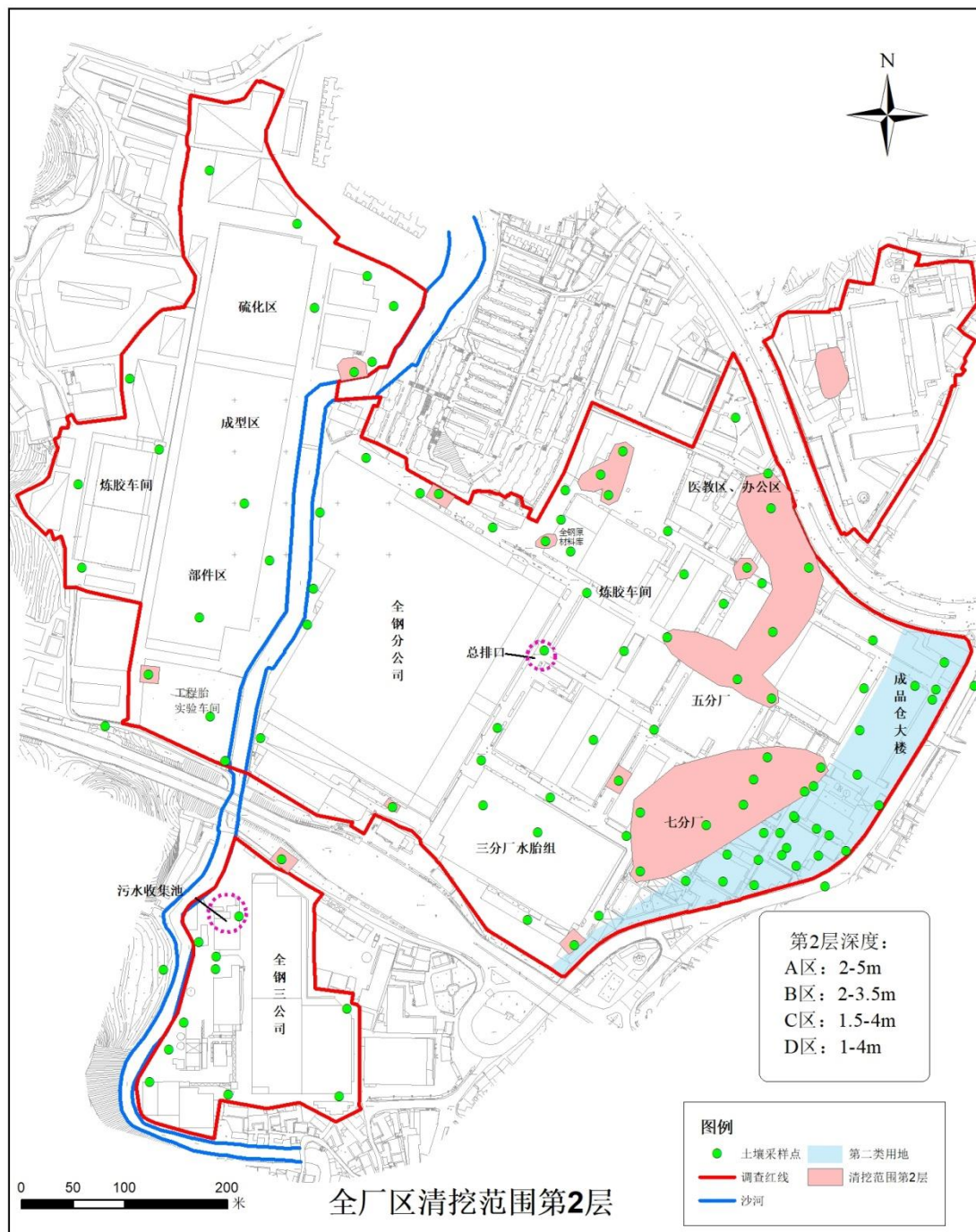
申报备案企业		企业名称 (盖章)	贵州轮胎股份有限公司		编号:	
		企业地址	贵州省贵阳市云岩区百花大道41号		法人代表	马世春
					邮 编	550008
申请备案类别		√1. 环境详细调查报告备案 √2. 环境风险评估报告备案 (在选择项的数字上打√)				
企业联系人		姓 名	谢丽	职 务	安全环保处处长助理	
		电 话	0851-84767315	传 真	0851-84764248	
		手 机	13595190251	E-mail	479990980@qq.com	
土地原址单位全称		贵州轮胎股份有限公司				
土地位置		东至金坡路, 西至贵州天地物流市场, 南邻沙河, 北至百花大道	所属区县	贵阳市云岩区		
土地规划用途		大部分作为第一类用地, 小部分作为第二类用地(具体范围请见报告)				
评估咨询单位		北京建工环境工程咨询有限责任公司				
评估咨询单位项目负责人		张玉	联系电话	15210564374		
评估面积 m ²		389046 平方米	项目投资	300 万		
调查、风险评估报告结论		调查报告结论: 场地内重金属 5 种(砷、镉、铬、铅、镍)、VOCs 类物质 2 种(苯、1,2,3-三氯丙烷)、农药 2 种(α-六六六、β-六六六)、总石油烃 1 种(C ₁₀ -C ₄₀)超标; 风险评估结论: 砷、镉、铬、镍、铅、苯、1,2,3-三氯丙烷、α-六六六、β-六六六、总石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)存在健康风险, 需开展修复治理工作。				
申请事项		《贵州轮胎股份有限公司场地详细调查报告》、《贵州轮胎股份有限公司场地风险评估报告》备案 经办人: _____ 主要负责人签字: _____ 年 月 日				

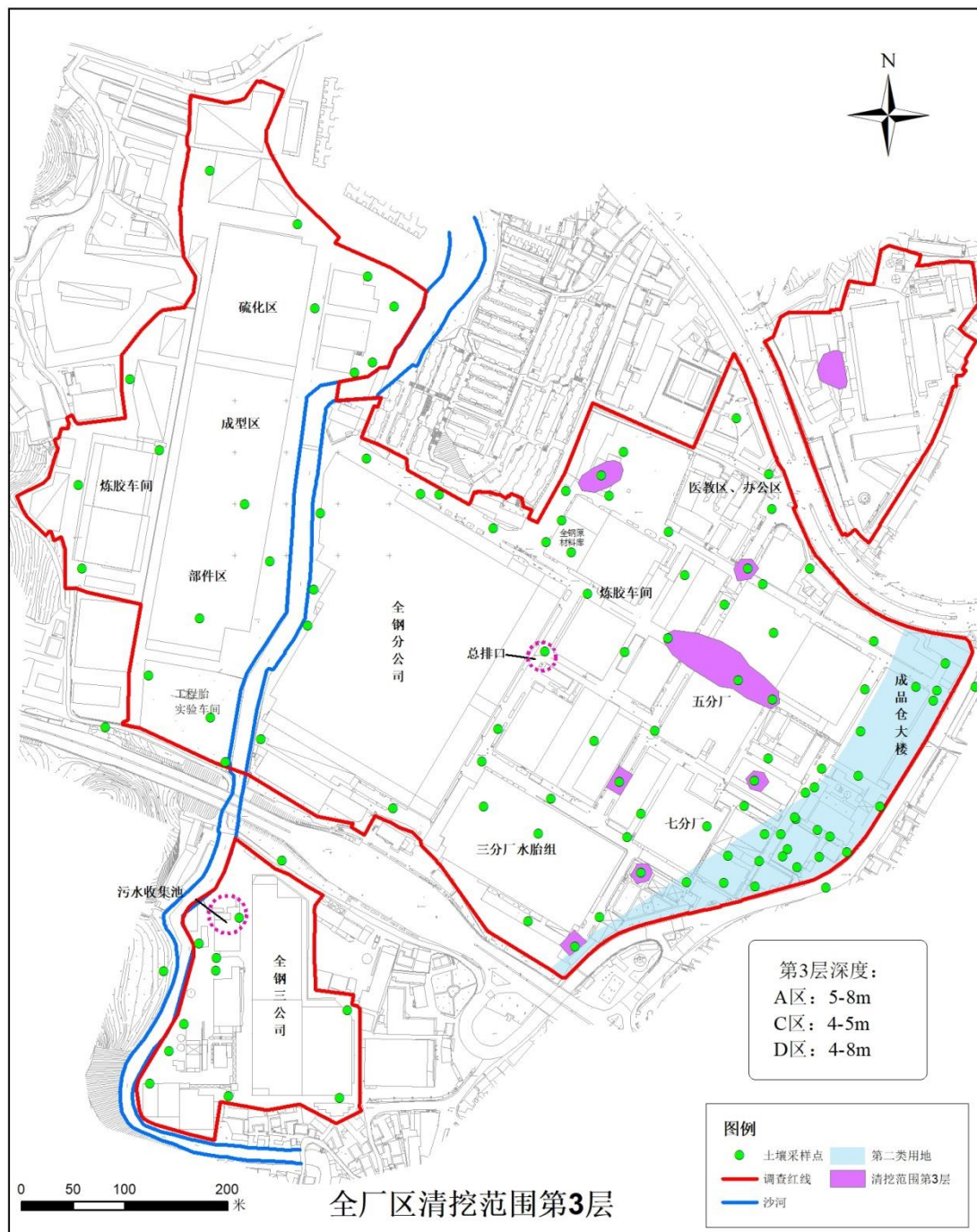
递交申请备案提交的材料目录	1. 企业法人营业执照、组织机构代码； 2. 规划部门出具的该宗用地的《规划条件函》或《规划用地许可证》及附图； 3. 国土部门出具的该宗用地的《国有土地使用权证》，该宗用地的收储协议。 4. 关于场地环境调查（及风险评估）报告备案的申请 5. 场地环境调查报告或风险评估报告 6. 场地环境调查（及风险评估）报告专家评审意见
辖区环保部门意见	 (盖章) 2018年12月18日 经办人： 审核人：
市级环保部门备案意见	贵单位提交的《场地环境调查报告》和《风险评估报告》经我局阅毕，认为该地块存在5种污染物，2种挥发有机物，2种农药，总石油烃1种，上述污染物种类及含量均超过了可接受的健康风险水平。建议在开发利用之前采取防治措施，降低风险，并予以开发利用。在利用之前，应严格按照《建设用地土壤污染风险管控和修复技术导则》（GB36696-2015）的要求，开展土壤污染状况调查，并制定相应的修复方案，同时采取必要的安全利用措施，降低风险。 请土地使用权人及时将《场地环境调查报告》和《风险评估报告》上传至地土环境管理系统，同时在公众可查的网络公布报告的主要内容。 请贵单位进一步加强地块的日常环境管理。  (盖章) 2018年12月18日 经办人：刘振东 审核人：高亦南

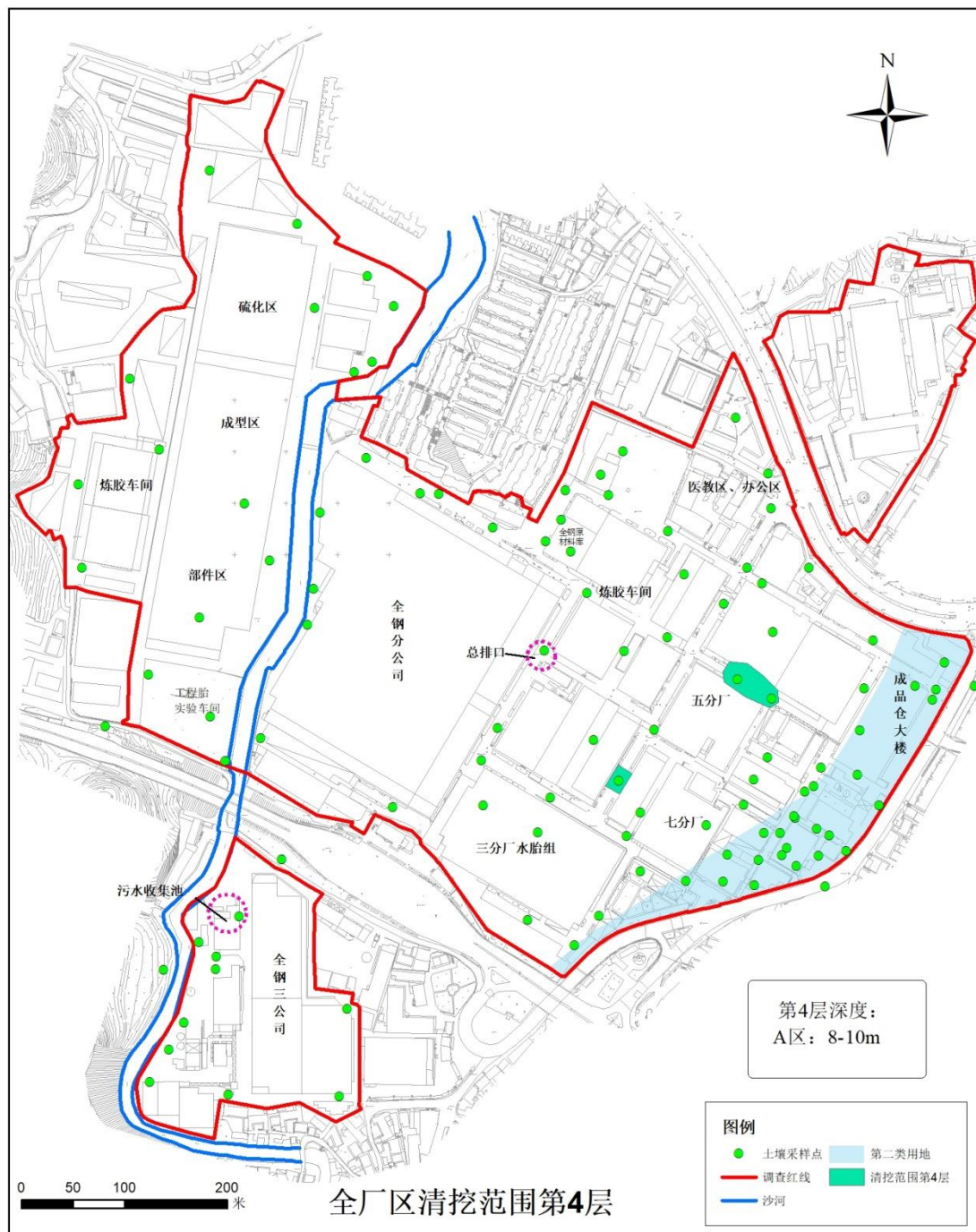
注：本表一式三份。企业在开展场地调查、风险评估工作后提交市环保局备案。备案后送项目所在地环保部门存档备查。提交的材料盖章后扫描刻成光盘，不收纸质材料。

附录 B：场地清挖范围图









附录 C：场地平面布置图

