

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复 示范工程项目（2023年度） 可行性研究报告

项目建设单位：茂南区自然资源局

编制单位：航天规划设计集团有限公司

编制日期：二〇二三年八月





广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复 示范工程项目（2023年度） 可行性研究报告 （全一册）

董 事 长	马向东
总 裁	于 飞
技术负责人	马 臣
项目总负责人	陈 刚

航天规划设计集团有限公司

住建部发综合甲级设计证书 A111119012 号

2023年08月



编制人员名单

第二综合设计院负责人：谢昆

第二综合设计院总工程师：耿雯英

姓名	职称	姓名	职 称	姓 名	职 称
陈 刚	研 究 员	杨宁宇	研 究 员	郑 巍	高级工程师
卢汇刚	工 程 师	刘爱国	工 程 师	王 方	工 程 师
王 晶	工 程 师	田晓红	工 程 师	聂慧梓	工 程 师
靳 娟	工 程 师	赵明月	工 程 师	王明月	工 程 师
陈志勇	工 程 师	吕俊刚	工 程 师		

目录

第 1 章 项目概述	1
1.1 项目概况.....	1
1.1.1 项目名称.....	1
1.1.2 项目建设目标.....	1
1.1.3 建设地点.....	1
1.1.4 建设内容及规模.....	2
1.1.5 建设工期.....	5
1.1.6 投资规模及资金来源.....	5
1.1.7 建设模式.....	5
1.1.8 主要技术经济指标.....	5
1.1.9 绩效目标.....	6
1.2 项目单位概况.....	6
1.2.1 建设单位组织机构.....	6
1.2.2 建设单位职能.....	7
1.3 编制依据.....	7
1.3.1 主要依据.....	7
1.3.2 其他参考依据.....	12
1.4 主要结论与建议.....	13
第 2 章 项目建设背景和必要性	16
2.1 项目建设背景.....	16
2.2 规划政策符合性.....	18
2.2.1 规划符合性.....	18
2.2.2 政策符合性.....	23
2.3 现状及问题.....	25
2.3.1 区域现状分析.....	25
2.3.2 以往矿山生态修复工作.....	58
2.3.3 矿山生态修复图斑现状.....	63
2.3.4 主要矿山生态问题.....	69
2.4 与国土空间规划衔接.....	99
2.4.1 三调用地现状.....	99
2.4.2 与生态保护红线对比.....	100
2.4.3 与永久基本农田对比.....	101
2.4.4 与城镇开发边界及相关规划对比.....	101
2.5 项目建设可行性与必要性.....	102
2.5.1 项目建设可行性.....	102
2.5.2 项目建设必要性.....	103
第 3 章 项目需求分析与产出方案	107
3.1 需求分析.....	107
3.1.1 总体需求分析.....	107
3.1.2 业务需求分析.....	109
3.2 建设内容和规模.....	109

3.2.1 建设原则	109
3.2.2 建设目标	111
3.2.3 2023 年项目实施范围	112
3.2.4 建设内容及规模	113
第 4 章 要素保障	116
4.1 土地要素保障	116
4.2 资源环境要素保障	116
4.3 组织要素保障	118
4.4 技术要素保障	118
4.5 资金要素保障	118
4.6 效益要素保障	118
4.7 安全要素保障	118
第 5 章 工程设计方案	119
5.1 技术路线	119
5.2 工程总体布置	120
5.2.1 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）	120
5.2.2 鸡公河下游矿山生态修复子项目	133
5.2.3 生态修复跟踪监测子项目	135
5.3 技术方案	136
5.3.1 地质灾害防治工程	136
5.3.2 地形重塑工程	144
5.3.3 裸地近自然林营建	152
5.3.4 低效林提质增效工程	160
5.3.5 湿地重建工程	167
5.3.6 土地复垦利用	173
5.3.7 土壤重构工程	175
5.3.8 跟踪监测	181
5.4 工程方案	229
5.4.1 主要建（构）筑物和系统设计方案	229
5.4.2 外部运输方案	232
5.4.3 公用工程方案	233
5.5 设备方案	236
5.6 矿山生态修复智能综合监管平台	237
5.6.1 概述	237
5.6.2 组成	238
5.6.3 矿山生态修复立体监管系统概述	238
5.6.4 矿山生态修复监测评估系统	243
5.6.5 矿山生态修复应用支撑中心	252
5.6.6 矿山生态修复数据中心	257
5.7 节能与消防设计	260
5.7.1 节能设计	260
5.7.2 消防设计	260
5.8 环境保护及水土保持措施	261

5.8.1 环境影响分析	261
5.8.2 环境保护措施	262
5.8.3 环境管理	264
5.8.4 环境监测	265
5.8.5 环境监理	266
5.8.6 水土保持	267
5.9 劳动保护、职业安全与卫生措施	268
5.9.1 设计依据	268
5.9.2 危险因素分析	268
5.9.3 保护措施	269
5.10 建设管理方案	270
5.10.1 组织实施	270
5.10.2 项目工期安排	272
5.10.3 项目招标方案	273
第 6 章 项目运营方案	279
6.1 运营模式选择	279
6.2 安全保障方案	279
6.3 绩效管理方案	280
第 7 章 项目投融资与财务方案	283
7.1 投资估算的有关说明	283
7.2 建设投资估算方法说明	283
7.2.1 估算工程量	283
7.2.2 工程费用估算指标和价格	284
7.2.3 工程其他费用费率的确定	284
7.2.4 基本预备费与涨价预备费	284
7.2.5 固定资产投资方向调节税	284
7.3 建设项目投资估算	285
7.3.1 项目总投资估算	285
7.3.2 工程建设部分投资估算	286
7.3.3 安装工程部分投资估算	287
7.4 资金来源与落实情况	288
第 8 章 项目影响效果分析	289
8.1 经济影响分析	289
8.2 社会影响分析	290
8.3 生态环境影响分析	292
8.4 资源和能源利用效果分析	294
8.5 碳达峰碳中和分析	295
8.6 亮点及示范效果分析	295
第 9 章 项目风险管控方案	297
9.1 风险识别与评价	297
9.1.1 政策风险	297
9.1.2 资金风险	297
9.1.3 技术风险	297

9.1.4 管理及运营风险	298
9.2 风险管控方案	298
9.3 风险应急预案	299
9.3.1 编制依据	299
9.3.2 适用范围	300
9.3.3 组织机构、职责	300
9.3.4 事件的类别	301
9.3.5 应急处理程序及时限	302
第 10 章 结论及建议	304
10.1 结论	304
10.2 建议	305
附表	307
附表 1: 项目建设清单	308
附表 2: 项目总投资估算表	309
附表 3: 项目投资估算表—工程建设部分	311
附表 4: 项目投资估算表—安装工程部分	313
附表 5: 子项目 1—小东江中游矿山生态修复子项目（一期）工程建设费用表	315
附表 6: 子项目 2—鸡公河下游生态修复子项目工程建设费用表	319
附表 7: 子项目 3—跟踪监测设备安装与服务费用表	321
附表 8: 子项目 3—矿山生态修复遥感数据采集与处理费用表	322
附表 9: 子项目 3—矿山生态修复智能综合监管平台费用表	323
附表 10: 工程建设专项—园林绿化工程费用统计表	324
附表 11: 矿山生态修复图斑总工程量表	327
附表 12: 图斑 1 矿山生态修复工程建设对照表	329
附表 13: 图斑 2 矿山生态修复工程建设对照表	331
附表 14: 图斑 3 矿山生态修复工程建设对照表	332
附表 15: 图斑 4 矿山生态修复工程建设对照表	333
附表 16: 图斑 5 矿山生态修复工程建设对照表	334
附表 17: 图斑 6 矿山生态修复工程建设对照表	335
附表 18: 图斑 7 矿山生态修复工程建设对照表	337
附表 19: 图斑 8 矿山生态修复工程建设对照表	339
附表 20: 图斑 9 矿山生态修复工程建设对照表	340
附表 21: 图斑 10 矿山生态修复工程建设对照表	341
附表 22: 图斑 11 矿山生态修复工程建设对照表	343
附表 23: 图斑 12 矿山生态修复工程建设对照表	344
附表 24: 图斑 13 矿山生态修复工程建设对照表	345
附表 25: 图斑 14 矿山生态修复工程建设对照表	346
附表 26: 图斑 15 矿山生态修复工程建设对照表	347
附表 27: 图斑 16 矿山生态修复工程建设对照表	348
附表 28: 图斑 17 矿山生态修复工程建设对照表	349
附表 29: 图斑 18 矿山生态修复工程建设对照表	350
附图	351
附图 1: 矿山生态修复图斑分布图	353

附图 2: 矿山生态修复图斑与生态保护红线对比分析图	354
附图 3: 矿山生态修复图斑与永久基本农田对比分析图	355
附图 4: 矿山生态修复图斑与城镇开发边界对比分析图	356
附图 5: 矿山生态修复图斑矿种分析图	357
附图 6: 矿山生态修复图斑现状生态问题分析图	358
附图 7: 矿山生态修复图斑权属分析图	359
附图 8: 矿山生态修复三调用地现状图	360
附图 9: 总体工程布局图	361
附图 10: 小东江中游矿山生态修复图斑总体工程布局图	362
附图 11: 鸡公河下游矿山生态修复图斑总体工程布局图	363
附图 12: 裸地近自然林营建+土壤重构工程布局图	364
附图 13: 湿地恢复重建工程布局图	365
附图 14: 低效林提质增效+土壤重构工程布局图	366
附图 15: 地质灾害防治工程布局图	367
附图 16: 地形重塑工程布局图	368
附图 17: 土地复垦利用+土壤重构工程布局图	369
附图 18: 图斑编号图	370
附图 19: 工程布局图—图斑 1	371
附图 20: 工程布局图—图斑 2	372
附图 21: 工程布局图—图斑 3	373
附图 22: 工程布局图—图斑 4	374
附图 23: 工程布局图—图斑 5	375
附图 24: 工程布局图—图斑 6	376
附图 25: 工程布局图—图斑 7	377
附图 26: 工程布局图—图斑 8	378
附图 27: 工程布局图—图斑 9	379
附图 28: 工程布局图—图斑 10	380
附图 29: 工程布局图—图斑 11	381
附图 30: 工程布局图—图斑 12	382
附图 31: 工程布局图—图斑 13	383
附图 32: 工程布局图—图斑 14	384
附图 33: 工程布局图—图斑 15	385
附图 34: 工程布局图—图斑 16	386
附图 35: 工程布局图—图斑 17	387
附图 36: 工程布局图—图斑 18	388
附图 37: 监测点位分布图	389
附图 38: 小东江中游监测点位分布图	390
附图 39: 鸡公河下游监测点位分布图	391

第 1 章 项目概述

1.1 项目概况

1.1.1 项目名称

项目名称：广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目（2023 年度）可行性研究报告

1.1.2 项目建设目标

本项目以党的二十大有关生态保护修复新理念为指导，按照尊重自然、顺应自然和保护自然的要求，坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，以“三区四带”之南方丘陵山地带矿山生态修复为核心，2023 年重点集中在消除地质灾害隐患、恢复地貌景观和土地利用功能、培育地表土壤肥力、改善土壤结构、提升生态系统质量和碳汇能力等，打造以油页岩和高岭土修复为全国特色的好心湖生态修复示范区、城郊矿山废弃地生态修复产业带动型示范区、特色矿山生态修复成效数字监测评估示范区。

1.1.3 建设地点

2023 年广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目包含小东江中游和鸡公河下游矿山生态修复子项目，包括 18 个纳入编号的矿山图斑，生态修复面积 235.42 公顷。建设地点位于广东省茂名市茂南区和茂名高新技术产业开发区，地理坐标为：东经 110°50'30"~110°57'09"，北纬 21°40'53"~21°44'28"。

建设地点区位图如下图所示：

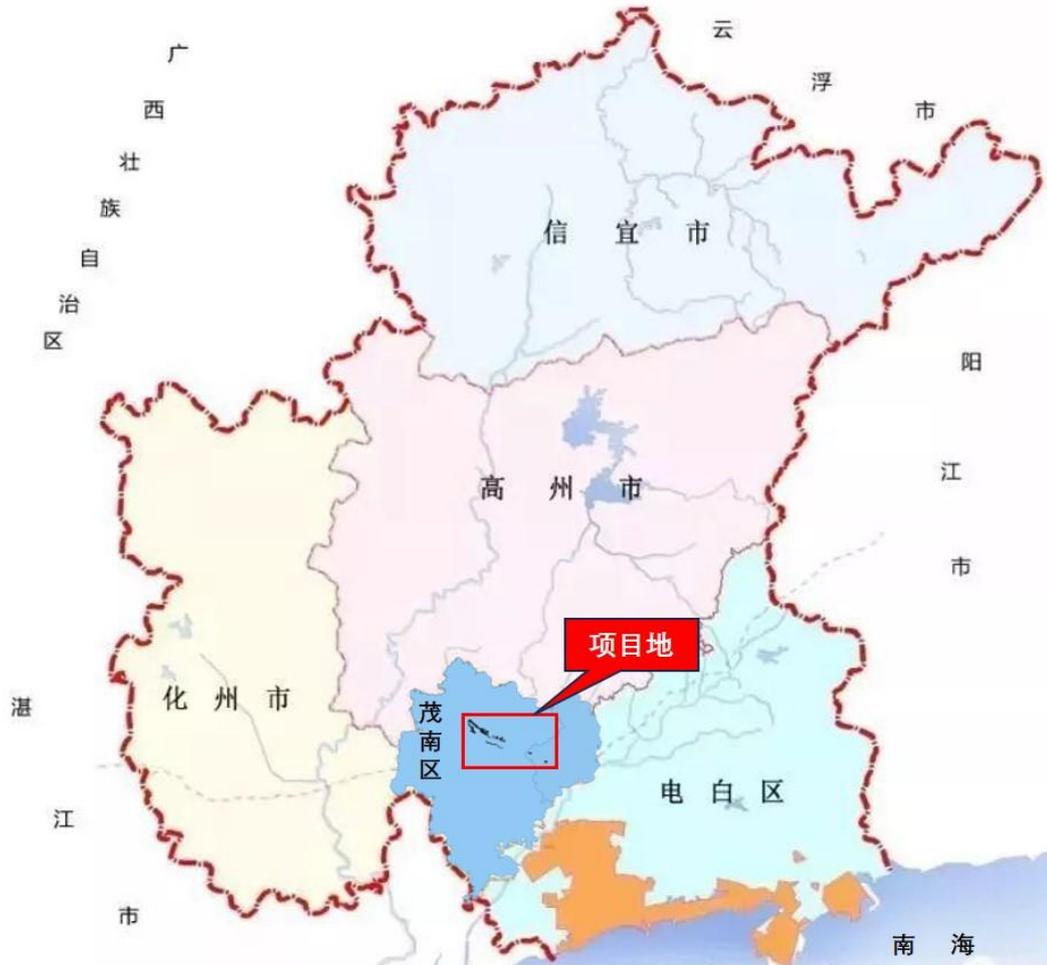


图 1.1-1 项目区位图（项目位于茂名市的位置）

1.1.4 建设内容及规模

总体建设内容包含小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目矿山生态修复子项目和生态修复跟踪监测子项目，共 3 个。

针对小东江中游和鸡公河下游 2 个矿山生态修复子项目区开展工程建设，具体内容包括：修复矿山图斑 18 个，总面积 235.42 公顷。其中，地质灾害防治工程面积 74.65 公顷、地形重塑工程面积 1.54 公顷、土地复垦利用面积 1.12 公顷、裸地近自然林营建面积 56.13 公顷、湿地恢复重建面积 12.13 公顷、低效林提质增效面积 89.85 公顷，土壤重构工程总图面积 147.10 公顷。针对上述矿山图斑开展跟踪监测对应设备安装服务，包括对地质灾害、水质环境、土壤环境、水土保持、碳汇和生物多样性等开展专项监测获取数据，搭建 1 个矿山生态修复智能综合监管平台，服务矿山生态修复成效评估和示范应用。

1.1.4.1 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）邻近茂名市中心城区，修复图斑分布环绕露天矿坑湖，提升小流域水土保持功能是该子项目的核心治理目标。

年度图斑修复总面积 226.43 公顷。其中，地质灾害防治工程：74.65 公顷；地形重塑工程：1.54 公顷；湿地恢复重建 7.49 公顷；土壤重构工程：142.75 公顷，包括裸地近自然林营建 51.79 公顷，低效林提质增效 89.85 公顷；土地复垦利用 1.12 公顷。

地质灾害防治工程：铁丝挂网 5000m²；土方平整 55000m³；土方平衡（20km）30000m³；松木桩 6000m；注浆 400m³；人工清理危岩 5000m³；爆破危岩 8000m³；石方平衡（10km）10000m³；耐酸腐聚酯石笼/镀锌耐酸腐钢丝石笼 33000m³；装石笼 33000m³；草籽喷播 55000m²。

地形重塑工程：抛石换填 6000m³；土方平衡（10km）1300m³；乔灌草植被护坡 1000m²；截水沟 300m。

土壤重构工程：结构改良 200000m³；肥力改良 200000m³；活力改良 200000m³；微生物抑酸 200000m³。

土地复垦利用：土方分层填筑 5600m³；种植土换填 5600m³；乔木种植 2240 m²；灌木种植 3360 m²；草本植物种植 5600 m²。

低效林提质增效：土方分层填筑 10000m³；土方平衡（2km）10000m³；种植土换填 10000m³；造型机塑造 40000 m²；造林地清理及挖穴整地 62000 m²；客土回填 4500m³；容器苗栽植 62000 m²；容器苗养护 62000 m²。

湿地重建：挺水植物种植 8000 m²；苗木种植 150 株；苗木养护 150 株；清淤 2400m³；耐酸蚀钢管桩 2500m；重物抛锚 500 套；浮床安装 3500 m²。

裸地近自然林营建：土方分层填筑 50000m³；土方平衡（2km）50000m³；造型机塑造 120000 m²；容器苗栽植 280000 m²；容器苗养护 280000 m²。

1.1.4.2 鸡公河下游矿山生态修复子项目

鸡公河下游矿山生态修复子项目位于茂名市中心城区东北角，土地资源修复、水土流失治理和生态环境改善是本次治理的主要目标。年度修复总面积 8.96 公顷，

其中，土壤重构工程 4.33 公顷，裸地近自然林营建 4.33 公顷，裸地近自然林营建区域需进行土壤重构，湿地恢复重建 4.63 公顷。

土壤重构工程：结构改良 100000m³；肥力改良 100000m³；活力改良 100000m³；微生物抑酸 100000m³。

裸地近自然林营建：土方分层填筑 80000m³；土方平衡（2km）55000m³；造型机塑造 118000 m²；容器苗栽植 100000 m²；容器苗养护 100000 m²。

湿地恢复重建：土方分层填筑 40000m³；原土转运（2km）40000m³；换填种植土 15000m³；造型机塑造 28000 m²；土方开挖 8000m³；混凝土透水砖 1200 m²；块石垫层 2000m³；碎石垫层 2000m³；种植湿地植物 2500 株；管道给排水施工 40 项。

1.1.4.3 生态修复跟踪监测子项目

1.1.4.3.1 监测站点

（1）小东江中游生态修复单元

重点开展地质稳定性、水质环境、土壤环境、水土保持、地形地貌景观、生物多样性、卫星和航空遥感监测。建立地质稳定性实时监测站 4 处、固定式测斜仪 6 套、拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计 6 套、实时视频监控系统 2 套、实时雨量计 1 套、水质环境监测点 4 处、土壤环境监测点 6 处、水土保持监测点 4 处、地质灾害监测点 6 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 4 处。

（2）鸡公河下游生态修复单元

重点开展水质环境、土壤环境、水土保持、地形地貌景观、生物多样性、卫星和航空遥感监测。建立水质环境监测点 2 处、土壤环境监测点 3 处、水土保持监测点 2 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 2 处。

1.1.4.3.2 矿山生态修复遥感数据采集与处理

针对小东江中游生态修复单元和鸡公河下游生态修复单元及周边流域不低于 30 平方公里范围，开展遥感和无人机监测，重点采集与处理矿山生态修复前、过程中和修复后的遥感数据，实现对小流域生态遥感监测、施工区变化监测，为成效评估和智能综合监管平台建设提供数据。

1.1.4.3.3 矿山生态修复智能综合监管平台

通过搭建矿山生态修复智能综合监管平台，汇聚跟踪监测项目所获取的环境质量数据，通过数据建库、数据集成、数据分析、数据治理等手段，对矿区进行动态监测及环境风险预警，同时满足业务场景的智能化需求，探索建设生态环境智慧治理体系。

1.1.5 建设工期

项目建设工期 14 个月，即 2023 年 9 月至 2024 年 10 月。

1.1.6 投资规模及资金来源

本项目总体投资估算为 13620.81 万元，资金来源为中央资金 10000 万元，地方配套资金 3620.81 万元。

1.1.7 建设模式

本项目建设模式为政府自行投资建设。

1.1.8 主要技术经济指标

（一）数量指标

矿山生态修复面积：≥1.65 平方公里；

修复废弃矿山（矿点）数量：15 个；

新增湿地面积：≥10 公顷；

边坡治理面积：≥7 公顷；

新增林地面积：≥57 公顷；

土地复垦面积：≥67 公顷；

（二）质量指标

工程质量合格率：100%；

植被成活率：≥70%；

（三）时效指标

项目按时开工率：100%；

（四）成本指标

单位成本控制数： ≤ 55 万元/平方公里；

（五）经济效益

土地复垦利用率：40%；

（六）社会效益

人居环境改善： ≥ 31 万人；

（七）生态效益

水土流失面积减少率： $\geq 40\%$ ；

增加的植被覆盖率： $\geq 5\%$ 。

1.1.9 绩效目标

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目位于茂名市茂南区和高新技
术产业开发区，通过项目实施主要解决实施区域内存在的土地资源损毁、地质安全
隐患、植被丧失和退化、生物多样性低、水土流失等主要生态问题，2023 年完成生
态修复总面积不低于 165 公顷，工程内容包括消除地质环境隐患点不低于 5 处，修
复废弃矿山（矿点）数量不低于 15 个，新增林地不低于 57 公顷，盘活土地利用面
积不低于 10 公顷；工程实施后产生的效益指标包括，人居环境改善不低于 31 万
人，土地复垦利用率不低于 40%，水源涵养功能修复面积不低于 165 公顷。

1.2 项目单位概况

项目主管单位：茂南区人民政府

项目建设单位：茂南区自然资源局

单位地址：广东省茂名市茂南区工业大道人社局培训大楼

项目建设单位负责人：蔡雄辉

项目责任人：梁俊武

1.2.1 建设单位组织机构

茂南区自然资源局主要组织机构包括办公室、财务股、政策法规股、调查监测
与测绘地理信息股、确权登记股、权益与利用股、国土空间规划股、国土空间管制
股、耕地保护与生态修复股、地质勘查防灾股、矿产资源管理股、执法大队、技术
管理股、行政审批股、森林资源管理股、生态保护股、产业发展股、人事股和机关

党委办公室。

1.2.2 建设单位职能

建设单位主要职位为履行全民所有土地、矿产、森林、草原、湿地、水等自然资源资产所有者职责和所有国土空间用途管制职责。负责自然资源调查监测评价。负责自然资源统一确权登记工作。负责自然资源资产有偿使用工作。负责自然资源的合理开发利用。负责建立全区空间规划体系并监督实施。负责区、镇国土空间规划编制工作。负责统筹国土空间生态修复。负责组织实施最严格的耕地保护制度。负责管理地质勘查行业和全区地质工作。负责矿产资源管理工作。负责测绘地理信息管理工作。推动自然资源领域科技发展。组织开展自然资源领域的对外交流合作。负责自然资源行政执法(渔业渔政执法除外)工作查处自然资源开发利用和国土空间规划及测绘重大违法案件,指导、监督本辖区有关行政执法工作。负责林业管理工作。组织、协调、指导和监督全区林业生态修复和造林绿化工作。承担推进林业改革和维护林农合法权益的工作。负责落实综合防灾减灾规划相关要求,组织编制森林火灾防治规划并指导实施,组织开展森林防火巡护、火源管理防火设施建设、前期处置等工作。完成区委、区政府和市自然资源局、市林业局交办的其他任务。职能转变。

1.3 编制依据

1.3.1 主要依据

1.3.1.1 重要指示

党的十八大把生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局,十八届五中全会确立了“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念,党的十九大将“坚持人与自然和谐共生”作为新时代坚持和发展中国特色社会主义的十四条基本方略之一,并将建设美丽中国作为社会主义现代化强国目标之一。与此同时,“增强绿水青山就是金山银山的意识”正式写入党章,新发展理念、生态文明和建设美丽中国等内容写入宪法。随着这一系列新理念、新战略的提出,生态文明战略地位得到显著提升,生态文明建设和生态环境保护成为高质量发展的重要组

成部分。

在 2018 年 5 月 18 日召开的全国生态环境保护大会上，习近平总书记发表重要讲话，深刻回答了“为什么建设生态文明、建设什么样的生态文明、怎样建设生态文明”等重大理论和实践问题，正式确立了习近平生态文明思想，为推进美丽中国建设、实现人与自然和谐共生的现代化提供了方向指引和根本遵循。

习近平总书记所作的党的二十大报告指出要提升生态系统多样性、稳定性、持续性，加快实施重要生态系统保护和修复重大工程。矿山修复治理工作是贯彻习近平生态文明思想和党的二十大精神的具体行动，是一项重要的政治任务，也是一项重大的生态工程，更是一项重点的民生工程。

2023 年 4 月 10 日到 13 日，习近平总书记在广东考察调研时提出，要加强陆海统筹、山海互济；4 月 11 日总书记在茂名考察调研时强调，要加强乡村环境整治和生态环境保护，让大家的生活一年更比一年好，总书记的指示为本项目的推进指明了方向。

1.3.1.2 法律法规

- (1) 《中华人民共和国基本农田保护条例》（1999 年）；
- (2) 《全国生态环境保护纲要》（2000 年）；
- (3) 《地质灾害防治条例》（2003 年）；
- (4) 《矿山生态环境保护与污染防治技术政策》（2005 年）；
- (5) 《矿山地质环境保护规定》（2009 年）；
- (6) 《中华人民共和国森林法》（2009 年）；
- (7) 《中华人民共和国矿产资源法》（2009 年修订）；
- (8) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年）；
- (9) 《中华人民共和国土地管理法实施条例》（2014 年 7 月 29 日修正版）；
- (10) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年）；
- (11) 《中华人民共和国水法》（2016 年）；
- (12) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年）；
- (13) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2016 年）；

- (14) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2017年）；
- (15) 《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017年）；
- (16) 《中华人民共和国河道管理条例》（2017年）；
- (17) 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017年）；
- (18) 《中华人民共和国土地管理法》（2019年）；
- (19) 《湿地保护管理规定》（2013年）；
- (20) 《广东省基本农田保护区管理条例》（2014年修订）；
- (21) 《广东省地质环境管理条例》（2012年修正）。

1.3.1.3 政策文件

(1) 《财政部办公厅自然资源部办公厅关于组织申报 2023 年历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目的通知》财办资环〔2023〕1 号；

(2) 习近平总书记在中国共产党第二十次全国代表大会的讲话报告；

(3) 全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035 年）；

(4) 《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》（2013）；

(5) 《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》（中发〔2015〕12 号）；

(6) 中共中央办公厅国务院办公厅印发《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（2017 年 2 月 7 日）；

(7) 《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》（中发〔2018〕1 号）；

(8) 《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》（国土资发〔2004〕69 号）；

(9) 财政部关于印发《中央对地方专项转移支付管理办法》的通知（财预〔2015〕230 号）；

(10) 财政部办公厅自然资源部办公厅《关于支持开展历史遗留废弃矿山生态修复示范工程的通知》（财办资环〔2021〕65 号）；

(11) 财政部关于印发《重点生态保护修复治理资金管理办法》的通知（财建

〔2019〕29号）；

（12）《财政部自然资源部生态环境部国家林草局关于加强生态环保资金管理推动建立项目储备制度的通知》（财资环〔2020〕7号）；

（13）国务院办公厅关于鼓励和支持社会资本参与生态保护修复的意见（国办发〔2021〕40号）；

（14）国家发展改革委印发《建立市场化、多元化生态保护补偿机制行动计划》的通知（发改西部〔2018〕1960号）；

（15）全国绿化委员会国家林业和草原局关于积极推进大规模国土绿化行动的意见（全绿字〔2018〕5号）；

（16）自然资源部关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见（自然资规〔2019〕6号）；

（17）财政部关于印发《重点生态保护修复治理资金管理办法》的通知（财资环〔2021〕100号）；

（18）自然资源部生态环境部国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）（自然资发〔2022〕142号）；

（19）自然资源部办公厅财政部办公厅生态环境部办公厅关于印发《山水林田湖草生态保护修复工程指南（试行）》的通知（自然资办发〔2020〕38号）；

（20）广东省人民政府关于印发广东省加强滨海湿地保护严格管控围填海实施方案的通知（粤府〔2019〕33号）；

（21）广东省自然资源厅关于印发《广东省自然资源厅矿山地质环境治理恢复基金管理暂行办法》的通知（粤自然资规字〔2020〕6号）；

（22）广东省自然资源厅关于印发广东省2020年矿山石场治理复绿实施方案的通知（粤自然资发〔2020〕15号）；

（23）《广东省财政厅广东省自然资源厅广东省生态环境厅广东省林业局转发财政部、自然资源部、生态环境部、国家林草局关于加强生态环保资金管理推动建立项目储备制度的通知》（粤财资环〔2020〕24号）；

（24）《广东省自然资源厅广东省财政厅转发自然资源部办公厅财政部办公厅关于印发〈中央重点生态保护修复资金项目储备库入库指南（2020年）〉的通知》

（粤自然资函〔2020〕501号）；

（25）广东省自然资源厅关于印发《广东省2022年矿山石场治理复绿实施方案》的通知（粤自然资函〔2022〕604号）；

（26）广东省自然资源厅发布《关于开展红树林及历史遗留矿山生态修复奖惩工作的通知》。

1.3.1.4 技术规范及标准

- （1）《政府投资项目可行性研究报告编写通用大纲（2023年版）》；
- （2）《关于投资项目可行性研究报告编写大纲的说明（2023年版）》；
- （3）《矿山生态修复技术规范第1部分：通则》（自然资源部，2022年）；
- （4）《矿山生态修复技术规范第4部分：建材矿山》（自然资源部，2022年）；
- （5）《矿山生态修复技术规范第7部分：油气矿山》（自然资源部，2022年）；
- （6）《广东省矿山生态修复技术指南（试行）》（2022年8月）；
- （7）《山水林田湖草生态保护修复工程指南（试行）》（生态环境部办公厅印发（自然资办发〔2020〕38号））；
- （8）《国土空间生态保护修复工程验收规范》（TD/T1069-2022）；
- （9）《国土空间生态保护修复工程实施方案编制规程》（《国土空间生态保护修复工程实施方案》编写组，2021）；
- （10）《滑坡防治设计规范》（GB/T38509-2020）；
- （11）《生态环境状况评价技术规范》（HJ192-2015）；
- （12）《风景名胜区规划规范》（GB50298-1999）；
- （13）《全国水环境容量核定技术指南》（2003）；
- （14）《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- （15）《地表水资源质量评价技术规程》（SL395-2007）；
- （16）《饮用水水源保护区标志技术规范》（HJ/T433-2008）；
- （17）《生活杂用水水质标准》（CJ/48-1999）；

- (18) 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）；
- (19) 《农田灌溉水质标准》（GB5084-1992）；
- (20) 《崩塌、滑坡、泥石流监测规范》（DZ/T0218-2006）；
- (21) 《矿区水文地质工程地质勘探规范》（GB12719-1991）；
- (22) 《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范》（HJ651-2013）；
- (23) 《土地整治项目规划设计规范》（TD/T1012-2016）；
- (24) 《土地利用现状分类》（GB/T21010-2017）；
- (25) 《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）；
- (26) 《土地开发整理项目预算定额标准》（财政部、国土资源部编，2012年2月）；
- (27) 《湿地保护修复制度方案》（国办发〔2016〕89号）；
- (28) 《天然林保护修复制度方案》；
- (29) 《造林技术规程》（GB/T15776-2006）；
- (30) 《水土保持生态工程建设技术标准规范全集》；
- (31) 《滑坡防治工程设计与施技术规范》（DZ/T0219-2014）；
- (32) 《泥石流灾害防治工程设计规范》（DT/T0239-2004）；
- (33) 《土地复垦技术标准》（2007年12月，试行）；
- (34) 《中央重点生态保护修复资金项目储备库入库指南》（2020年）。

1.3.2 其他参考依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订）；
- (2) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订）；
- (3) 《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019年实施）；
- (4) 《广东茂名市历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目实施方案》；
- (5) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012年修订）；
- (6) 《茂名工程造价信息》。

1.4 主要结论与建议

本项目建设符合习近平总书记生态文明思想及“两山理论”，是践行二十大报告指出提升生态系统多样性、稳定性、持续性的具体行动，项目建设符合国家及广东省战略部署，符合社会发展需要。通过对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目、生态修复跟踪监测子项目实施内容进行可行性论证，可以进一步提升茂名市因矿山开采造成的一系列生态问题，提升生态质量，增加碳汇、改善人居环境、提升生态系统涵养功能等。具体结论如下：

（1）本项目建设地点位于广东省茂名市茂南区和茂名高新技术产业开发区，地理坐标为：东经 110°50'30"~110°57'09"，北纬 21°40'53"~21°44'28"；矿区所在区域地势平缓，地貌单元为低矮残丘，地势特征总体为北高南低，地面标高为 13.05~39.4m，相对高差约 20~30m，处于小东江中游和鸡公河下游地区；历史遗留废弃矿山所在区域及周边邻近区域主要为油页岩矿山，其次为高岭土矿山；小东江中游矿山土地所有权主要为国有土地所有权，鸡公河中游子项目中的两个矿山主要为集体所有权；该项目年度生态修复区域内在历史上主要利用地方资金开展了矿山生态修复项目，但缺乏系统性和整体性，导致仍存在地质灾害隐患、土壤功能退化、水土流失、生物多样性差等生态问题。

（2）本项目为财政部、自然资源部下达的中央资金项目，符合历史遗留矿山生态修复有关政策和规范要求。2023 年 5 月 24 日，本项目明确进入 2023 年历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目名单；2023 年 6 月 11 日，《财政部关于下达 2023 年重点生态保护修复治理资金预算（第三批）的通知》（财资环【2023】37 号）明确下达本项目 2023 年资金；本项目经土地利用现状、土地利用规划、生态红线、基本农田边界线和城市开发边界线等的比对筛选，确定治理修复地块符合相关规划和政策要求。

（3）本项目年度生态修复目标涉 18 个矿山图斑，总面积 235.42 公顷，经可行性论证，下一步如能加强项目全过程管理，加快勘察测绘和设计等工作，全面调配优质施工队伍，同步开展多点施工，项目实施具有可行性。本项目年度实施内容包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目和生态修复跟踪监测子项目。其中，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）地质灾害

防治工程 74.65 公顷；地形重塑工程 1.54 公顷；土壤重构工程 142.75 公顷，包括土地复垦利用、裸地近自然林营建和低效林提质增效三部分；裸地近自然林营建 51.79 公顷；湿地恢复重建 7.49 公顷；低效林提质增效 89.85 公顷；土地复垦利用：1.12 公顷。鸡公河下游矿山生态修复子项目，裸地近自然林营建 4.33 公顷，裸地近自然林营建区域需进行土壤重构；湿地恢复重建 4.63 公顷。

（4）本项目确定的年度图斑修复面积、示范工程成效和年度绩效目标皆可。2023 年度项目实施示范内容为好心湖打造为城市型矿山生态修复绿色人居示范区、城郊矿山废弃地生态修复产业带动型示范区和特色矿山生态修复成效数字监测评估示范区，体现了国家对历史遗留矿山生态修复示范的宗旨，体现绿色生态、绿色发展和数字转型等重大战略的引领示范作用；2023 年度项目实施各图斑符合政策要求和规划要求，符合实际调研条件，技术措施可行；2023 年度项目计划完成图斑和地块实施内容符合绩效要求，能够满足年度绩效指标。

（5）本项目实施将产生积极的生态效益、经济效益和社会效益。在生态效益方面，通过改善流域生态环境，保障区域生态安全；通过修复土地资源，恢复生态功能；通过植被恢复，遏制水土流失；通过重建稳定的生态系统，保护生物多样性。在经济效益方面，可以实现废弃工矿用地再利用，带动周边土地价值提升，撬动社会资本持续投入，增加周边居民收入水平。在社会效益方面，提高茂名市人居环境，助力油城生态文明建设，带动周边乡村发展，助推乡村振兴，形成修复模式示范引领。

针对上述结论，本项目提出主要建议如下：

（1）下一步需根据有关法规和标准开展必要的测量、勘察等工作，遇到实际问题要以具体问题为准开展具体分析和处理工作。

（2）建议在本次可行性研究的基础上，对地质灾害进行详细勘查和论证，提交详尽的勘查钻孔资料，供治理工程设计使用；对裸地、湿地和近自然林等进行详细测量，提交详尽的面积、高程或深度等数据，为设计阶段工程量估算等提供精准数据。

（3）建议在项目开工前，开展必要的地灾、水环境、土壤、生物多样性、水土保持等监测工作，开展精准测量形成数字地形产品；在项目开工过程中和竣工阶

段开展必要的监测工作，例如地质灾害治理工程施工时应加强边坡位移监测工作，做好预警预报，减少可能的损失。

（4）建议项目在工程施工全过程中做好生态环境保护工作，制定相应的生态环境保护措施、水土保持措施和地质灾害安全防治措施等，尤其是在好心湖公园内要减低施工对游客的安全和环境影响。

（5）建议做好应急预案措施，在好心湖边坡地质灾害防治过程中，防止出现人员落湖或湖岸垮塌等事故；边坡突发事故发生后，要正确判断事故发展动态，正确制定处理方案，并迅速组织力量抢救，避免丧失良机。

第 2 章 项目建设背景和必要性

2.1 项目建设背景

本项目地处广东省西南部，属南方丘陵山地带，历史上主要为油页岩和高岭土矿山。矿山停采后，油页岩-高岭土废弃矿区发生了大量滑坡、崩塌等地质灾害，造成了严重的土地损毁、地貌破坏和水资源破坏，引起了一系列生态退化问题，包括水源涵养功能下降、水土流失加剧、生态系统固碳功能下降、动植物栖息地破坏和生物多样性减少等生态问题。近年，地方政府针对上述问题申请广东省财政资金进行了多次治理，取得了较明显的成效；但是，由于资金有限，每次治理只能从局部问题着手，仍然没有系统解决矿山生态环境问题。这些问题仍然威胁丘陵山地带南岭生态屏障的生态安全，威胁区域人居环境安全。鉴于项目区生态区位重要、生态问题突出，关系周边社会经济发展，因此，实施废弃矿山生态修复工作迫在眉睫。

2023 年 4 月，茂名市人民政府按照《财政部办公厅 自然资源部办公厅关于组织申报 2023 年历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目的通知》（财办资环〔2023〕1 号），提交了《广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目实施方案》（以下简称“实施方案”），共涉及 6 个子项目，包括小东江中游、小东江上游、白沙河下游、白沙河中游和鸡公河下游 5 个矿山生态修复子项目及 1 个生态修复跟踪监测子项目；总治理资金 59347.81 万元（其中，中央资金 30000 万元，地方配套 23837.81 万元，社会资金 5510 万元）。2023 年 5 月 24 日，财政部、自然资源部将“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目”作为 18 个历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目之一予以公示。2023 年 6 月 11 日，《财政部关于下达 2023 年重点生态保护修复治理资金预算（第三批）的通知》（财资环【2023】37 号），明确该项目三年奖补中央资金 30000 万元，其中 2023 年下达中央资金 10000 万元。

“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目（2023 年度）”是“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目”（2023-2025 年）的首期，即是在 2023 年实施的项目内容。本年度生态修复主要为治理历史遗留矿山图斑数 18 个，

面积 235.42 公顷，地质灾害防治工程 74.65 公顷，地形重塑工程 1.54 公顷，土地复垦利用工程 1.12 公顷，裸地近自然林营建 56.13 公顷，湿地恢复重建 12.13 公顷，低效林提质增效 89.85 公顷。本年度项目共涉及 3 个子项目，即通过实施小东江中游和鸡公河下游 2 个矿山生态修复子项目及 1 个生态修复跟踪监测子项目，实现小东江流域和鸡公河流域内生态系统质量提升和矿山地质环境系统治理。

广东省人民政府和茂名市人民政府对项目高度重视，编制完成的“实施方案”，已具有一定的指导性。但因勘察和测绘等部分前期工作尚未开展，需下一步开展勘察测绘并推进初步设计等工作。因此，本项目是在原实施方案基础上，按照一定的原则筛选确定年度工作内容和图斑范围，并为各子项目及对应图斑修复设计前的勘察、测绘等前期工作提供方向指导。

本项目的实施对强化南方丘陵山地带和海岸带生态屏障，加强粤港澳大湾区上游水源涵养，落实党的二十大关于“双碳”战略的决策部署，提升生态系统质量与碳汇能力，助力粤港澳大湾区成为新发展格局的战略支点，具有重要的战略意义。项目对我国类似条件的油页岩矿生态修复具有复制推广价值，为社会资本参与城市综合体工矿废弃地修复起到示范性作用。

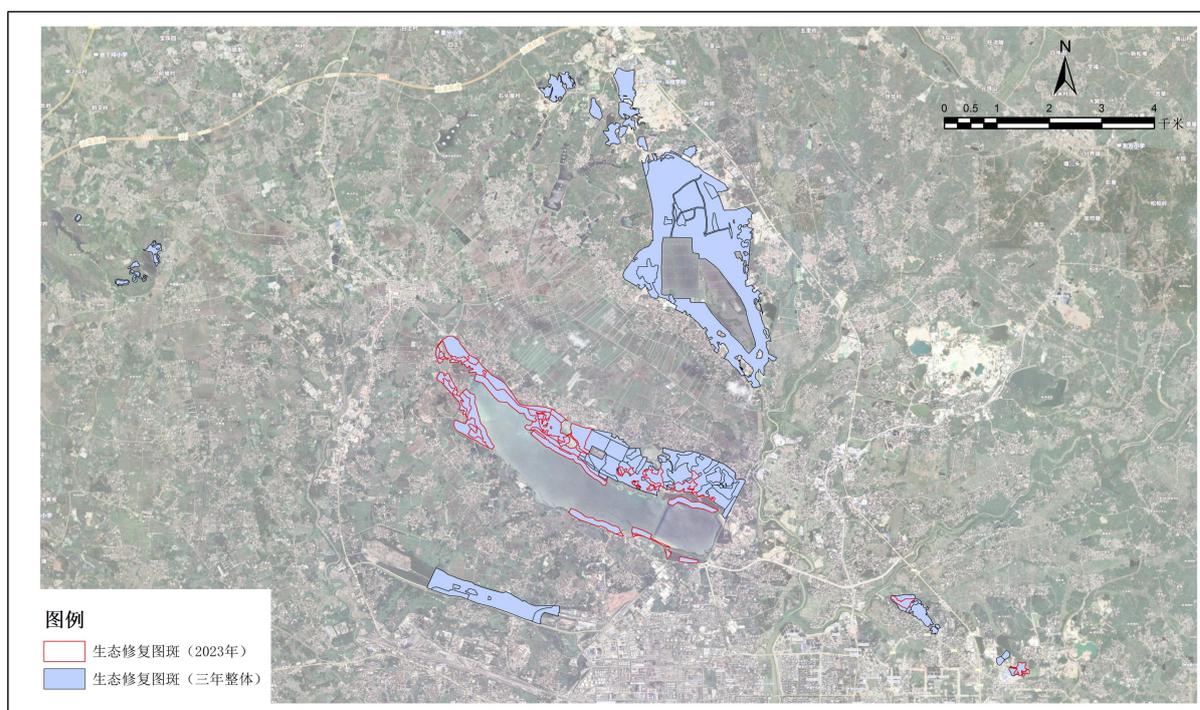


图 2.1- 12023 年矿山生态修复图斑与实施方案中矿山生态修复图斑分布图

2.2 规划政策符合性

2.2.1 规划符合性

1. 《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021-2035年）》

本项目位于《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021-2035年）》提到的“三区四带”总体布局中南方丘陵山地带和海岸带的交汇处，南方丘陵山地带，是国家“两屏三带”生态格局的重要组成部分，分布有世界同纬度带上面积最大、保存最完整的中亚热带森林生态系统，是我国重要的野生动植物种质基因库。本项目符合《规划》9大工程、47项具体任务中明确提到开展南方丘陵山地带生态保护和修复重点工程，符合其中南岭山地森林及生物多样性保护中明确的“开展水生态保护修复，加强水土保持、矿山生态恢复治理和土地综合整治。”

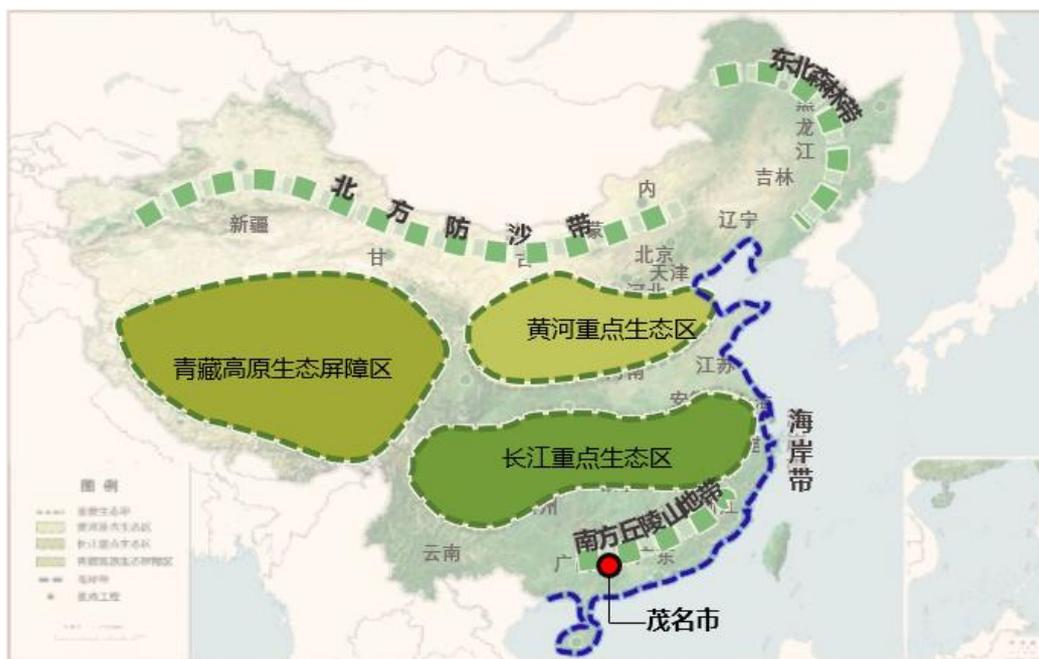


图 2.2-1 茂名市位于全国生态安全格局区位图

2. 《南方丘陵山地带生态保护和修复重大工程建设规划（2021-2035年）》

该《规划》提出，到 2035 年，实施废弃矿山生态修复面积 1.42 万公顷，开展南方丘陵山地带矿山生态修复工程，加强采场综合治理、科学复垦，恢复矿区植被和动植物栖息地，加强地下水系统保护，有效控制水土流失，消除矿山地质安全隐患，提升生物多样性保护生态服务功能。

南方丘陵山地带矿山生态修复工程重点项目之一岭南一桂西矿山生态修复项目，加强煤炭、非金属矿山生态修复，开展土壤重构和改良，推进地形重塑和植被

恢复，修复受损生态廊道和动植物栖息地。实施矿山地质安全隐患防治工程，加强地面塌陷综合治理，开展矿山地质安全隐患监测预警。实施综合治理，减少水土流失，加强地下水系统保护，提高矿区水土保持和水源涵养功能。

本项目内容符合该规划提出的工程措施内容和要求。

3. 《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035年）》

该规划提出要开展鉴江碧道及粤西诸河流域生态保护修复。以提升鉴江流域水源涵养功能为重点，推动鉴江画廊魅力蓝湾碧道的建设。重点加强鉴江、小东江源头区河道清淤，茂名茂南区等地河流沿线生活、养殖等污染治理，改善水生态环境。推进矿山公园建设，变废为宝实现生态惠民。重点推进河流干流和主要支流沿线、生态问题严重的废弃露天矿山生态修复，推动由“黑色经济”向“绿色经济”转型发展，打造矿山公园，探索矿山地质环境综合治理与地产开发、旅游、养老、种养殖等产业的融合发展，促进形成“政府主导、政策扶持、社会参与、开发式治理、市场化运作”的治理新模式。

重点矿山生态修复项目范围涉及茂南等19个县（市、区），修复破损山体、失稳边坡，推进矿山复垦绿化。加快推进茂名市好心湖-高岭土和油页岩露天矿区等矿山生态修复。

本项目内容完全符合该规划上述相关范围、内容和措施等。

4. 《广东省重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035年）》

该规划目标近期（2025年前）是着重抓好重点生态功能区、生态保护红线、重点国家级自然保护区等区域的生态保护和修复，解决一批重点区域的核心生态问题。其中，南岭生态屏障总体布局涉及茂名等9个地市，含南岭山地森林及生物多样性国家重点生态功能区等重要山地丘陵区。重点矿山生态修复，范围涉及茂南等11个县（市、区），重点修复破损山体和失稳边坡，开展矿山复垦绿化。加快推进茂名市好心湖-高岭土和油页岩露天矿区等矿山生态修复，通过地质灾害防治、地形重塑、土壤重构、植被重建等综合治理工程，恢复矿山生态环境。

本项目符合该规划上述内容和要求。

5. 《茂名市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》

该纲要提出，坚持绿色发展理念，加快建设美丽茂名。牢固树立和坚决践行

“绿水青山就是金山银山”理念，着力推动绿色低碳循环发展，推动形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产生活方式，促进人与自然和谐共生，加快建设美丽茂名。

本项目历史遗留矿山修复示范工程就是“两山”理论的集中体现，符合规划要求。

6.《茂名市国土空间规划（2020-2035年）》

该规划战略定位是打造陆海一体、蓝绿交织的生态空间，建设滨海国家森林城市。统筹协调海陆空间，优化陆海一体化生态格局，打造人地和谐的陆海生态系统。坚持自然恢复为主、人工修复为辅方针，推进天然林保护与修复，加强生态公益林建设，提升自然生态系统的碳汇能力。依据围绕区域生态安全格局，结合生态资源分布和生态修复潜力，确定茂名市山水林田湖草系统修复4大重点区域。

本项目位于南部矿山地质灾害生态保护修复重点区，涉及自然保护地的生态修复，符合茂名市国土空间规划要求。

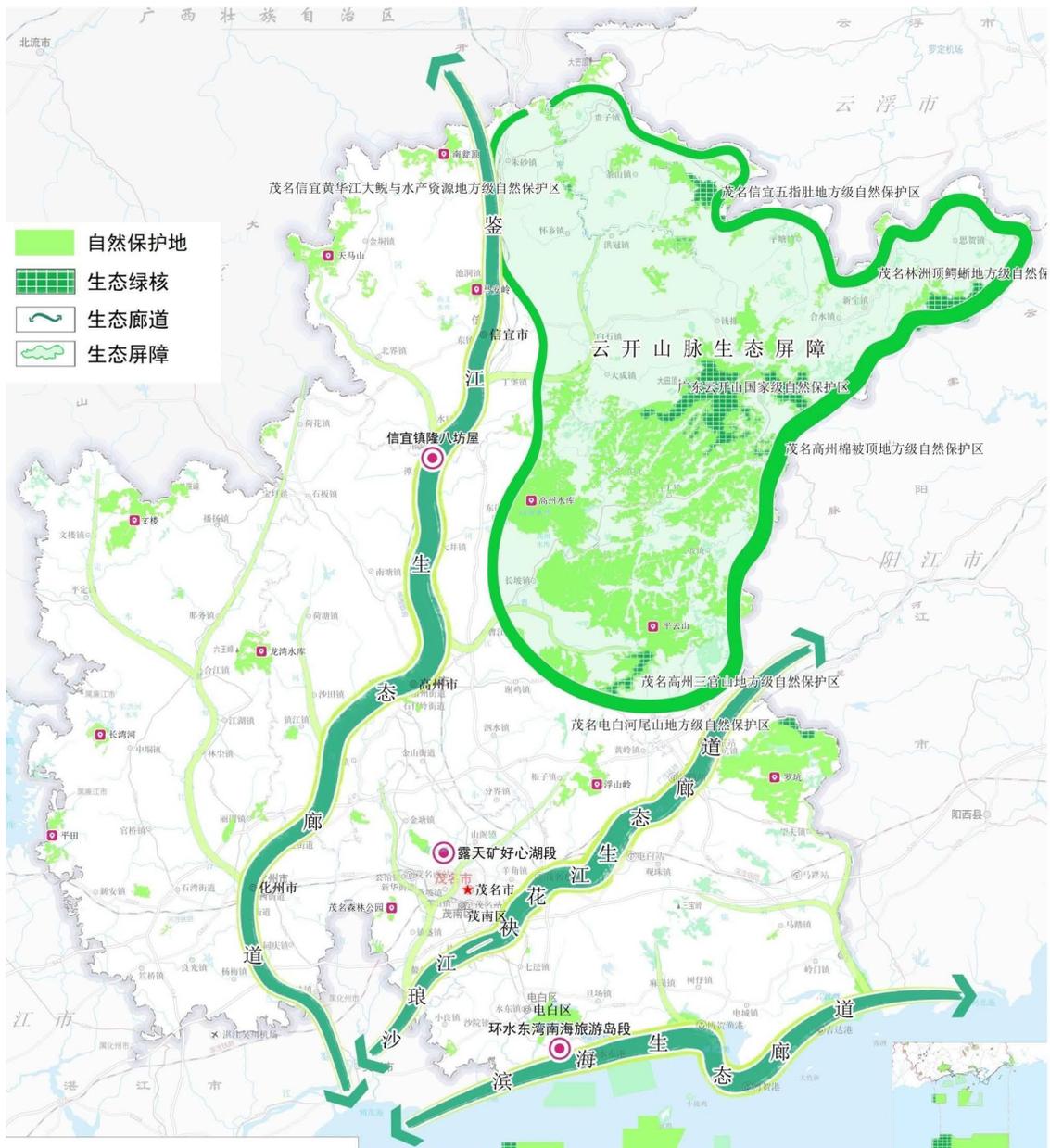


图 2.2-2 茂名市生态安全格局图

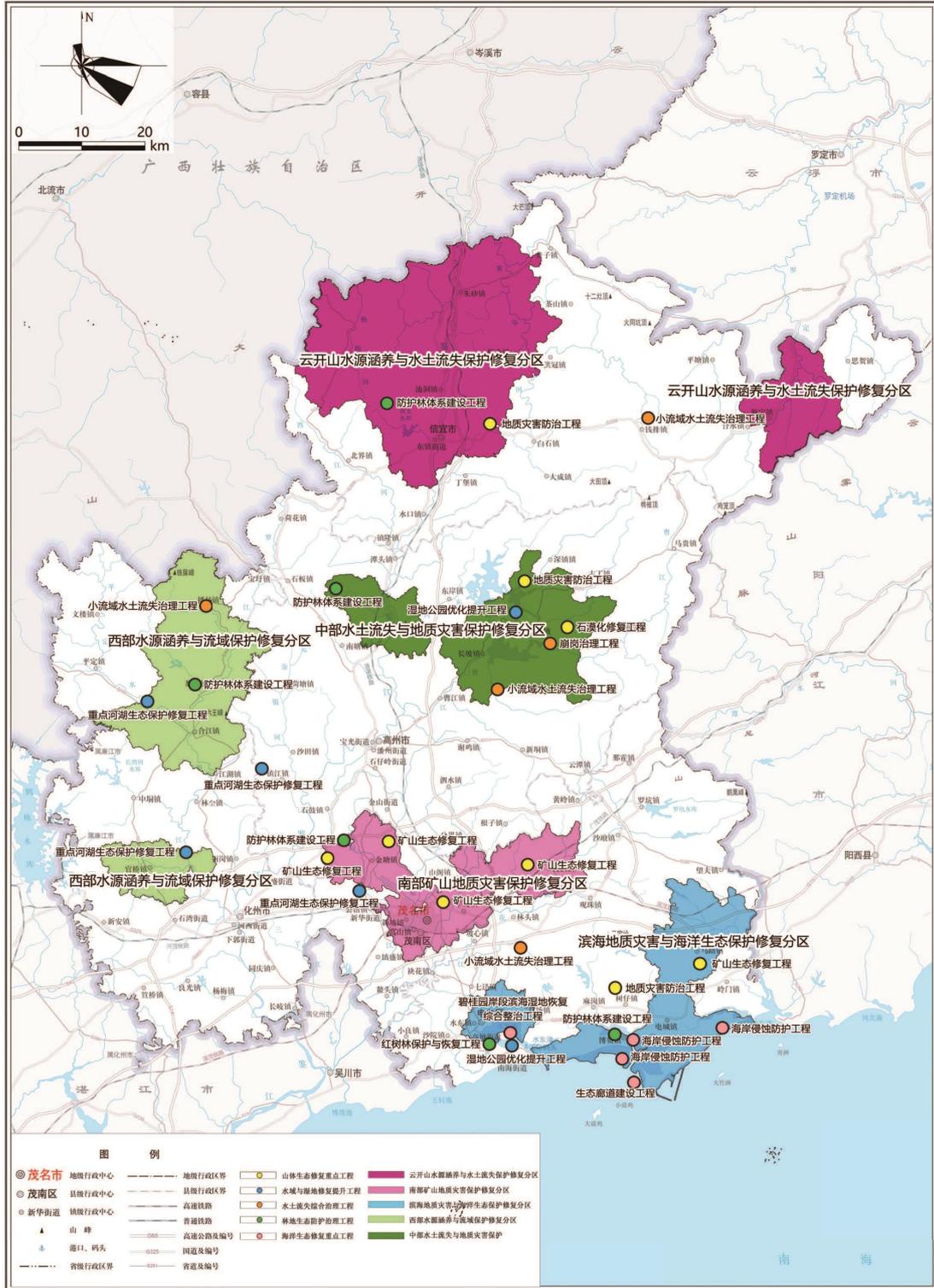
7. 《茂名市国土整治与生态保护修复专项规划（2020-2035 年）》

该规划明确茂名市生态修复重点区域主要分布在茂南区北部，按各区县生态特点及存在的问题划分为五种生态修复主导类型，南部矿山地质灾害保护修复重点区域是其主要类型之一。南部全域国土综合整治与生态修复区，主要集中在茂南区，该区域既加强山体生态修复、河流水域修复治理等生态修复工作，同时统筹协调城镇发展和农业生产。积极推进历史遗留矿山生态修复工程，加强城市与周边山体的生态管控，改善城市山体生态环境。合理安排农用地整理，整合碎片化耕地，落实涉及县（市）、镇项目落地时的“占优补优、占水田补水田”耕地占补平衡要求。进一步加强城乡低效建设用地整合，盘活闲置土地资源，为产业发展腾出空间。

本项目实施内容涉及的地质灾害防治工程、土地复垦和裸地近自然林营建工程，是对该规划内容的集中体现，符合规划要求。

茂名市国土整治与生态保护修复专项规划（2020-2035年）

市域生态修复重点工程布局图



2000国家大地坐标系
1985国家高程基准

茂名市自然资源局
2022年11月 制图

图 2.2-3 茂名市域生态修复重点工程布局图

8.《茂南区国土空间规划（2020-2035年）》

该规划构建“一心多带、两廊多点”生态格局。其中，一心：由国家级的茂名国家地质自然公园（茂名露天矿生态公园）形成的重要生态核心；多带：由多条城市干道隔离带形成的生态绿带；两廊：依托袂花江和小东江打造的沿河生态廊道，作为茂南区重要碧道；多点：由省级自然公园组成的生态节点。明确系统推进生态保护修复，推进废弃矿山修复，因地制宜建设公园、绿地，提升已恢复工矿用地生态功能，重点推进雄鹰矿坑治理及综合利用工程，改善地表景观、促进旅游开发，提高城市绿化率，实现经济、生态、社会效益统一。

本项目涉及茂名国家地质自然公园和雄鹰矿坑治理等内容，符合规划要求。

2.2.2 政策符合性

1.全国绿化委员会、国家林业和草原局印发《关于积极推进大规模国土绿化行动的意见》（全绿字[2018]5号）

《意见》提出，要将大规模国土绿化纳入当地经济和社会发展规划、国土空间规划，落实领导干部任期国土绿化目标责任制，把国土绿化工作目标纳入地方政府年度考核评价体系。要实施重大生态修复工程，以大工程带动国土绿化。加强珠江等防护林体系工程建设。本项目符合国土绿化的行动政策。

2.《自然资源部关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》（自然资源[2019]6号）

《意见》提出，历史遗留矿山废弃国有建设用地修复后拟改为经营性建设用地的，在符合国土空间规划前提下，可由地方政府整体修复后，进行土地前期开发，以公开竞争方式分宗确定土地使用权人；也可将矿山生态修复方案、土地出让方案一并通过公开竞争方式确定同一修复主体和土地使用权人，并分别签订生态修复协议与土地出让合同。历史遗留矿山废弃国有建设用地修复后拟作为国有农用地的，可由市、县级人民政府或其授权部门以协议形式确定修复主体，双方签订国有农用地承包经营合同，从事种植业、林业、畜牧业或者渔业生产。

各地依据国土空间规划在矿山修复后的土地上发展旅游产业，建设观光台、栈道等非永久性附属设施，在不占用永久基本农田以及不破坏生态环境、自然景观和

不影响地质安全的前提下，其用地可不征收（收回）、不转用，按现用途管理。

本项目矿山历史遗留废弃地生态修复过程中，严格遵守该意见。

3. 财政部关于印发《重点生态保护修复治理资金管理办法》的通知（财资环[2021]100号）

治理资金支持范围包括开展历史遗留废弃工矿土地整治。对生态安全具有重要保障作用、生态受益范围较广的重点生态地区开展历史遗留和责任人灭失的废弃工业土地和矿山废弃地整治，实施区域性土地整治示范，盘活存量建设用地，提升土地节约集约利用水平，修复人居环境。

治理资金应优先用于解决生态系统突出问题，不得用于以下方面支出：不符合自然保护地、生态保护红线、耕地保护红线等国家管控要求的项目；有明确修复责任主体的项目；已有中央财政资金支持的项目；公园、广场、雕塑等旅游设施与“盆景”工程等景观工程建设。对不再符合法律、行政法规等有关规定，政策到期或调整，相关目标已经实现或实施成效差、绩效低下的支持事项，应当及时退出。

本项目矿山生态修复过程中，涉及资金使用方向将严格遵守该办法。

4. 《财政部办公厅 自然资源部办公厅关于组织申报 2023 年历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目的通知》（财办资环〔2023〕1号）

通知要求，工程治理内容主要包括地质环境安全隐患消除、地形重塑、植被恢复、废弃土地复垦利用等，治理措施要体现整体性、系统性，技术路线要具有先进性，突出示范引领作用。依据生态系统内在机理和演替规律，准确识别和诊断生态问题，突出安全和生态功能，统筹推进历史遗留废弃矿山综合治理、系统治理、源头治理，推动生态系统质量和碳源汇能力提升。

本项目工程治理内容和技术科学角度，完全符合该通知要求。

5. 《广东省绿色矿业发展五年行动方案（2021—2025年）》

推进矿山环境污染治理和生态修复。加大矿业领域环境污染治理力度，积极消化矿山环境存量问题。加强矿山生态修复与监管，切实监督各类矿山企业落实生态修复主体责任，把矿山生态修复与土地复垦、文化旅游等相结合，鼓励社会资本参与，构建多方参与、合作共赢新格局。

本项目工程治理内容符合五年行动方案要求。

6. 自然资源部办公厅印发《关于 2022 年支持定点帮扶县实现巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接意见》

为促进资源优势转化为经济优势，带动地方经济社会发展，自然资源部支持定点帮扶县矿产资源有序开发利用。自然资源部指导支持定点帮扶县开展生态保护修复，持续探索构建以市场化方式推进矿山生态修复工作机制，科学有序推进矿山生态修复。

2.3 现状及问题

2.3.1 区域现状分析

2.3.1.1 区位条件分析

(1) 地理区位

茂名市位于广东省西部，东邻阳江市，北接云浮市，北西接广西壮族自治区，南部与湛江市接壤，是粤西组团式中心城市，也是中国北部湾城市群规划重要节点城市。

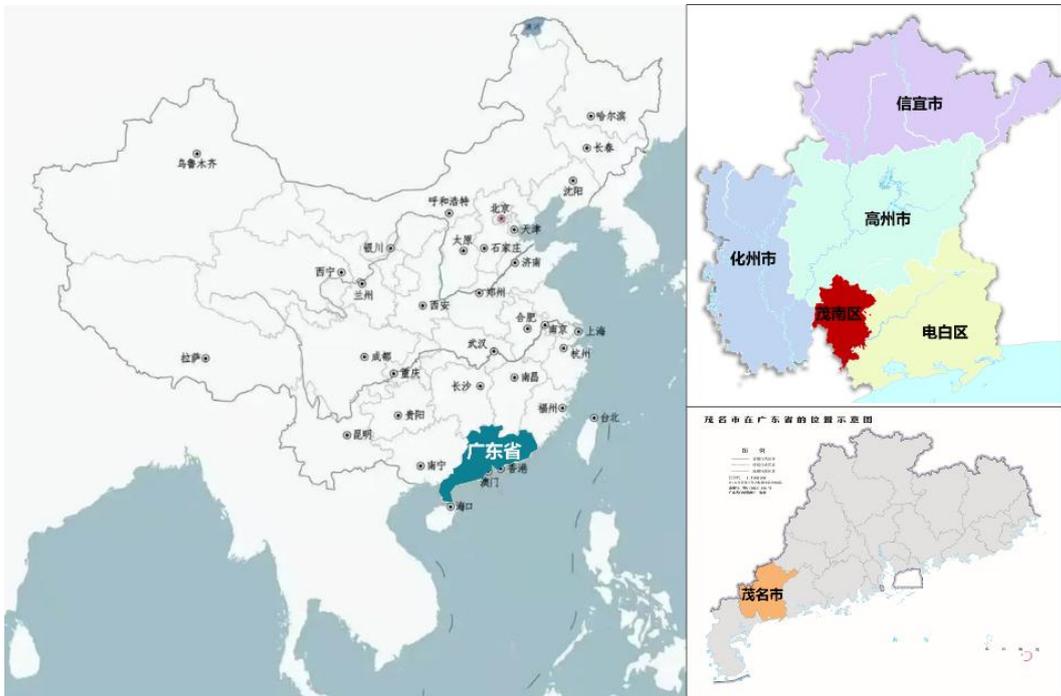


图 2.3-1 茂名市地理位置

习近平总书记曾指出“广东是改革开放的排头兵、先行地、实验区，在我国改革开放和社会主义现代化建设大局中具有十分重要的地位和作用。”在本次矿山生态修复示范工程项目的推进中，茂名始终牢记总书记的指示，以先进的理念、系统

的视野来推进历史遗留废弃矿山的科学修复，打造废弃矿山系统性修复的实验区、工矿废弃地综合整治利用的先行地。

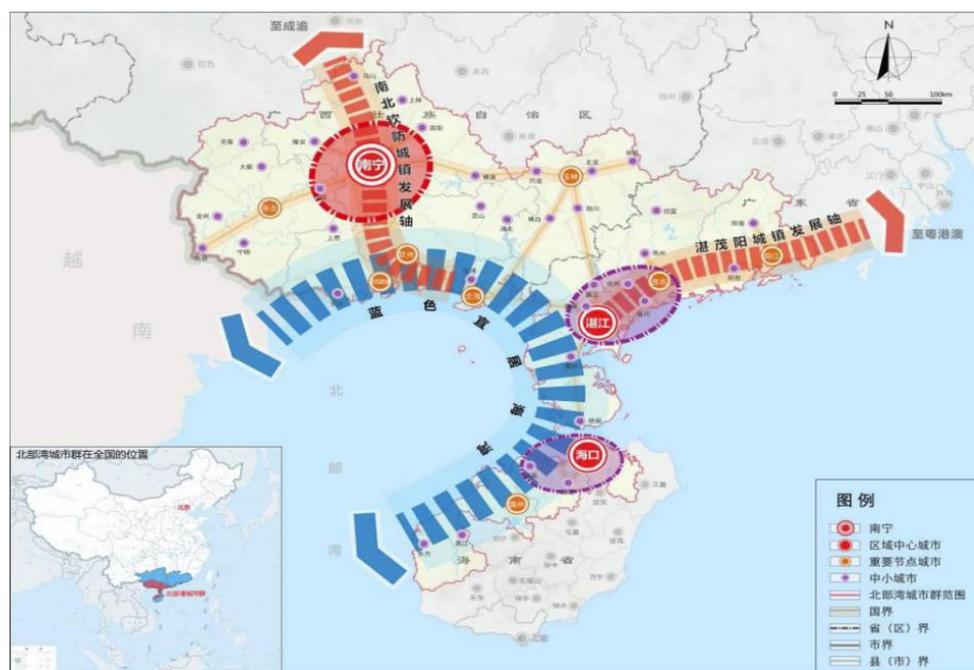


图 2.3-2 茂名在北部湾城市群中的位置

(2) 生态区位

茂名市北靠南方丘陵山地带，南接海岸带，是中国“三区四带”国家生态安全战略格局中的重要区域。发源于茂名信宜市虎豹坑的鉴江水系，将南岭的丘陵山地和海岸带联系起来，是重要的区域山海通廊。鉴江流域的生态建设是关系国家生态安全的重要生态支撑。鉴江-小东江流域的历史遗留废弃矿山生态修复工作，是加强陆海统筹、山海互济，强化南岭山地丘陵区 and 海岸带的生态安全格局的重要环节。

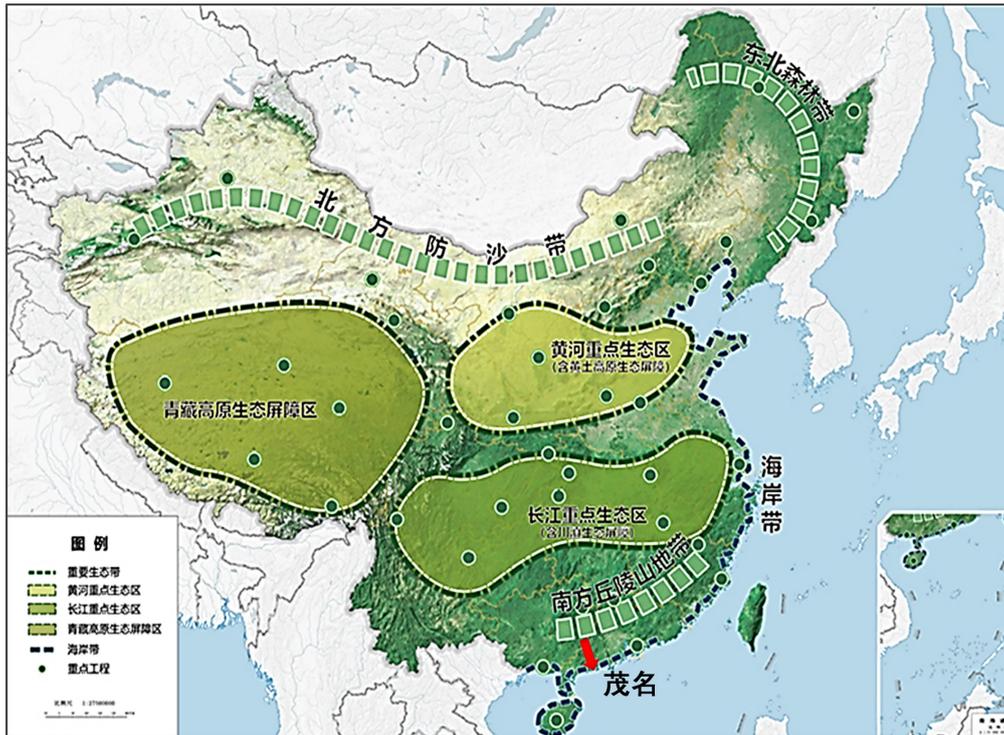


图 2.3-3 茂名在“三区四带”国家生态格局中的位置

(3) 产业区位

茂名市是中国“二五”建设时期国家布局建设的老工业城市，因油页岩的开发，成为中国重要的石化产业城市。“先有露天矿，再有茂名市，茂名因油而兴”。从采矿炼油工业中崛起的茂名市，被称之为“南方油城”，为新中国的经济做出了特殊贡献。

时至今日，茂名已转型为以加工进口原油为主的中国石化产业龙头城市，其石油化工工业在全国占有重要位置。同时，茂名市也是广东省重要的能源、原材料和重化工业基地。茂石化炼油加工能力、乙烯生产能力分别达到 2350 万吨/年和 100 万吨/年，拥有华南地区最大的原油加工能力。



图 2.3-4 茂名在中国石化产业中的位置

2.3.1.2 区域概况

2.3.1.2.1 自然地理条件

(一) 地形地貌

矿区所在区域地势平缓，地貌单元为低矮残丘，地势特征总体为北高南低，地面标高为 13.05~39.4m，相对高差约 20~30m。北部分布着广阔的丘陵和第三级剥蚀台地，往南被第二、一级剥蚀台地及各种堆积地形所代替，自北向南呈现阶梯状地貌景观。周边地形坡度 7~10°，中部因油页岩、高岭土开采形成一个长 6.8km、宽 1~1.5km，深约 90m（位于东湖中部最深处高程-50.8）的露天矿坑，目前为矿湖（好心湖），湖由好心堤（长 0.92km，宽 20m）分隔成两部分。矿湖沿岸边坡坡度 20~45°，现水面以上边坡坡度较陡，局部呈直立状态，地表裸露程度较大，大小冲沟发育，水土流失严重，局部出现小崩小塌现象。区域由于长期的矿山开采，人为地貌复杂，地形地貌条件复杂。

项目所在区域属茂名盆地，地势平缓，以低丘陵区和平原河网为主，地势从西北向东南倾斜，西北为低丘台地，东南是平原，海拔高程多介于 4m~100m 之间。低丘区分布较广，包括北部、西部、东部的大部分地区，主要有金塘、公馆、山阁、新坡、高山 5 个镇和镇盛镇的西部，鳌头、袂花和镇盛镇东南部属于平原河网区。低丘区部分已垦为坡地，地势相对平坦。平原河网区为冲积平原，特点是河涌

纵横，塘洼密布，地势平缓，海拔高程在 4~10m。

修复矿区位于小东江流域中游，地势平缓，地形特征为北高南低，北部分布着广阔的丘陵和第三级剥蚀台地，往南被第二、一级剥蚀台地及各种堆积地形所代替，自北向南呈现阶梯状地貌景观。

地貌类型及特征见下表。

表 2.3-1 修复区地貌类型及特征表

成因类型		形态类型	一般特征
堆积地形	洪积	洪积扇	主要分布于古近系地层区，呈单个或多个冲洪积扇重迭，坡度 3-5°，扇顶一般由粗中砂组成，边缘以亚砂土为主，部分农田受掩埋。
	河堤	一级堆积阶地 (包括三角洲平原)	上游一般高出河床 2-4m，中下游高出河床 1-2m，局部有河漫滩，阶面平坦，下游出海处形成三角洲平原，多垦为良田。
		二级堆积阶地	一般高出一级阶地 1-2m，阶面平坦，前后缘陡坎明显。堆积物一般其双层结构，地表多为亚砂土，底部为砂层，多垦为良田。
堆积侵蚀地形		二级基座阶地	一般高出一级阶地 1-2m，界面略向河流倾斜，堆积物较薄，一般 1-3m，局部具双层结构，多为坡地、稻田。
堆积侵蚀地形	河堤	二级侵蚀阶地	局部出现，分布在二级基座阶地前缘一带，多为坡地。
		三级基座阶地	一般高出二级阶地 3-5m，阶面破坏严重，阶面呈孤岛状出现。堆积物以卵石、砾石层为主，厚度较薄，多为 1m 左右，大部分为荒坡。
		三级侵蚀阶地	基本特征同上，阶面向河流倾斜，坡度约 1°，局部阶面有亚砂土层，厚度小于 1m，多为荒坡。
侵蚀剥蚀地形		台地	一般标高 30-45m，最高 60m，台面多呈孤丘状或土垛状，剥蚀、侵蚀严重，新近系地层区冲沟发育，多为荒坡、坡地。
构造侵蚀地形		丘陵	盆地边缘零星出现，标高最高 210m，多呈孤山状，多为荒山。
人工地形		露天矿采场	分布于茂名市附近，主要是油页岩、高岭土露天开采场，其次是石料露天开采场，长 5.3km，宽 1km，深 20-90m，重要污染源。
		北排土场	分布于茂名市西北部附近，主要是茂石化公司炼油废渣及采矿剥土，其次是弃砖、瓦窑、油页岩废渣。其中茂名露天矿北排土场，长约 5.1km，宽约 1.5km 左右，平均堆高约 35m，土方量巨大，属于重要污染源。

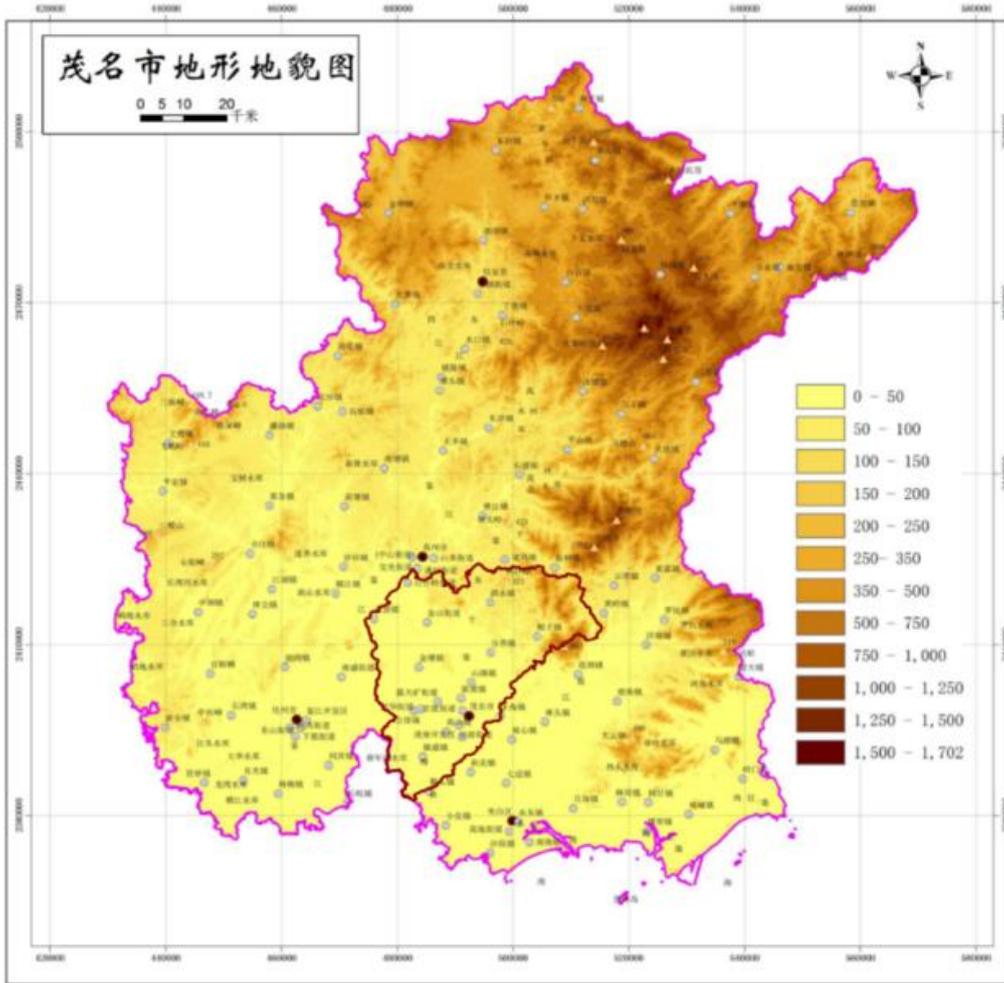


图 2.3-5 茂名市地形地貌图

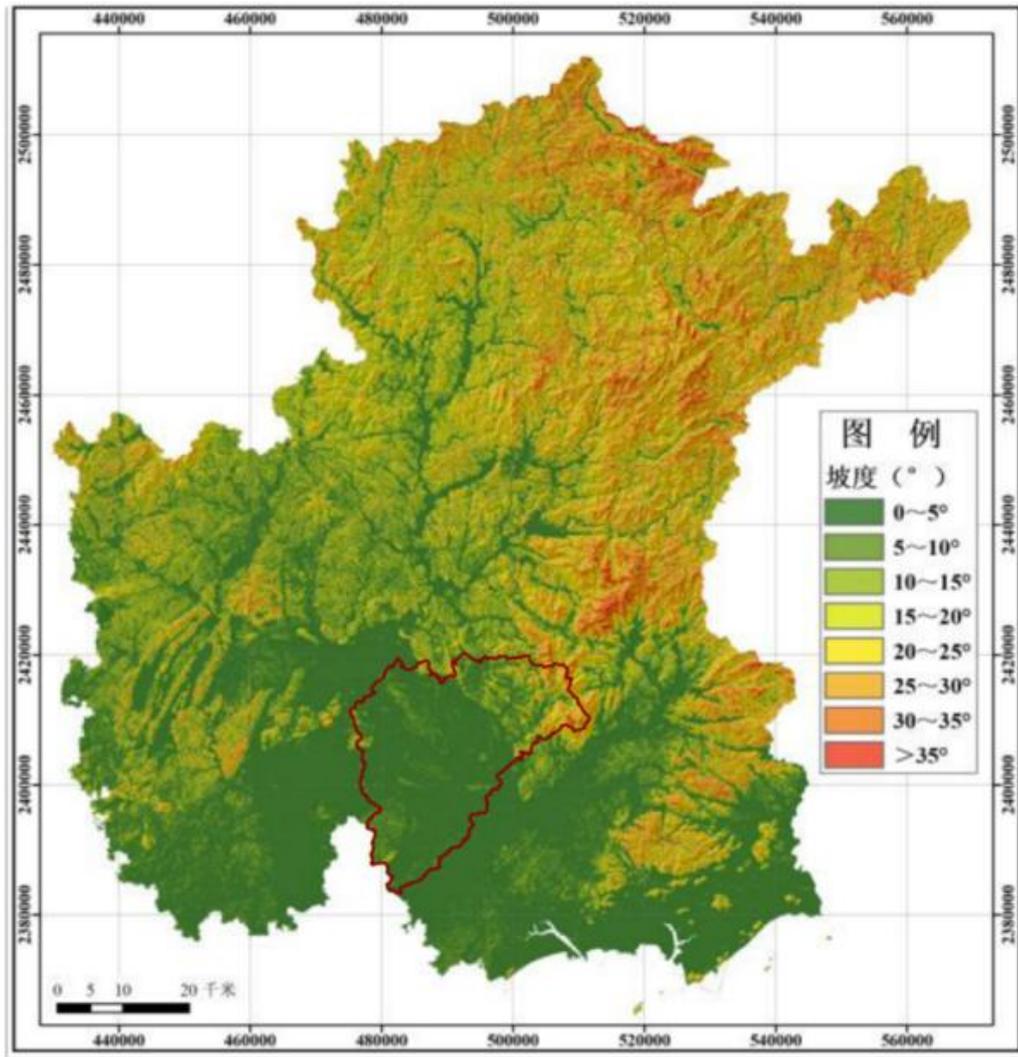


图 2.3-6 茂名市坡度图

(二) 区域地质和地层、岩性

茂名盆地是我国第二大油页岩产地，区域上属于华南褶皱系粤西隆起区，处于吴川-四会断裂带和信宜-廉江断裂带之间，是在中生代南盛盆地上叠加发育而成的新生代箕状断陷盆地。茂名盆地走向为北西～东南，西起化州市连界，东至茂南区羊角，北始高州市高城，南止茂南区公馆，长约 44km，宽约 15km，面积约 600km²。盆地内构造行迹走向以北西向为主，倾向以北东为主，倾角 4～10°，平均约 5°，局部地区倾角较大，可达 15°。盆地四周山地以剥蚀为主，地貌上呈丘陵山地，河床下切，河岸较陡，盆地内低丘以侵蚀作用为主，地貌上呈浑圆形的残丘，沿水系两侧主要是以堆积为主的冲积平原。

盆地东北边缘的高棚岭控盆断裂，控制古近系、新近系地层沉积。盆地形成过程中的派生应力使盆地西南缘产生了次一级北西向断裂，如金塘断裂、新圩断裂

等。盆地北及北东侧出露有震旦系黑云母石英片岩、黑云母变粒岩。晚白垩世地层为第一沉积盖层，新生代地层为第二沉积盖层，基底是震旦纪变质岩。

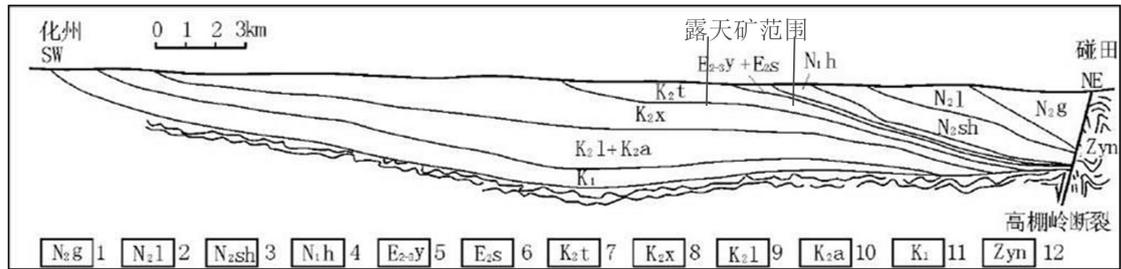


图 2.3-7 茂名盆地剖面示意图

1.高棚岭组 2.老虎岭组 3.尚村组 4.黄牛岭组 5.油柑窝组 6.上垌组 7.铜鼓岭组 8.锡塘岭组 9.落叶岭组 10.艾屋组 11.早白垩世 12.震旦纪云开群

历史遗留废弃矿山所在区域及周边邻近区域上出露地层有白垩系（K）、新近系（N）和第四系（Q）地层。油页岩产于古近系油柑窝组(E2-3y)和新近系尚村组(N1sh)地层，高岭土产于新近系黄牛岭组（N1h）、尚村组（N1sh）、老虎岭组（N2l）和高棚岭组（N2g）。各地层和岩石的主要特征分述如下：

1、白垩系（K）

艾屋组（K2a）：少面积分布于图区西南部，地层倾向北东，倾角平缓，与下伏地层落叶岭组呈喷发不整合接触，地层总厚度大于 598.6m。本组根据岩性、岩相及接触关系可分为上段安山质沉凝灰岩和下段安山岩、英安岩构成一个亚旋回。

铜鼓岭组（K2t）：分布于图区南部、评估区南侧外围一带。地层倾向北东，倾角较平。地层厚度大于 926m。上部为紫红色、暗红色杂砾岩、泥质粉砂岩及杂砂岩夹含砾中粗粒杂砂岩；下部为砖红色、紫红色中-细粒杂砂岩与砂砾岩、粉砂岩和粘土岩。该组地层与上伏古近系上垌组不整合接触。

表 2.3-2 评估区及周边地层表

纪	世	地层名称	代号	厚度	主要岩性及矿产
第四纪	全新世	人工填土	Qhs	>20m	油页岩露天矿废土堆土场
		冲积层	Qhpl	0~7m	砂、砾、岩屑、黏土等原岩风化物
		洪积层	Qhpal	5~20m	砂、砾、亚砂土、亚黏土等
新近纪	上新世	高棚岭组	N2g	83~1066m	巨-巨粒杂砂岩、杂砾岩、长石石英砂岩，局部产高岭土矿
		老虎岭组	N2l	128~751m	含砾（砾质）不等粒长石石英砂岩、不等粒砂岩，产砂性高岭土矿
	中新世	尚村组	N1sh	354~473m	有机质黏土岩、含油黏土岩、劣质油页岩及褐煤

纪	世	地层名称	代号	厚度	主要岩性及矿产
		黄牛岭组	N1h	93~254m	长石石英砂岩、砂砾岩、粉砂岩、黏土岩，产高岭土矿
古近纪	始-渐新世	油柑窝组	E2-3y	19.2~52.17m	油页岩、褐煤，局部夹黏土岩-粉砂岩，产油页岩（矿）、褐煤
	始新世	上垌组	E2s	18~76m	砂质粘土岩、黏土岩及砂砾岩、细砂岩等
白垩纪	晚白垩世	铜鼓岭组	K2t	>926m	杂砂岩、杂砂、砾岩、杂砾岩、黏土岩
		艾屋组	K2a	>598m	安山岩、石英安山岩、英安岩、英安质集块熔岩、安山质沉凝灰岩、凝灰质杂砂岩

2、古近系（E）

上垌组（E2s）：零星出露于评估区东南部，层厚度变化大，厚度为18~76m。与油柑窝组为平行不整合接触，与下伏地层晚白垩世铜鼓岭组不整合接触，时代属于始新世。岩性主要为细砂岩和砂砾岩，粒度较粗，颜色呈褐灰、灰绿等较深的颜色。

油柑窝组（E2-3y）：见于中部的露天矿湖，其余地区均被上覆地层(黄牛岭组或第四系)覆盖。地层倾向北东，倾角4°~10°，与下伏地层上垌组呈平行不整合，厚度19.2~45.5m。本组地层是茂名油页岩主要含矿层位，以褐黑色油页岩为主，其含油率一般为5%~9%，中夹1~3层褐煤层，局部夹粘土岩、细砂岩及粉砂岩。其底部有一层厚0.5m的底砾岩，砾石较单一，主要是上垌组砂岩，磨圆差，多为次棱角状，半定向排列，中夹煤线，分选差。油页岩之中富含茂名龟、鳖、鳄、鱼等化石。

3、古近系（N）

黄牛岭组（N1h）：出露于评估区矿湖西岸、北岸一带，多呈小山包。地层倾向北东，倾角变化稍大，与下伏地层油柑窝组呈平行不整合接触。上段为灰白、灰绿色砂岩、粉砂岩夹含砾砂岩。微层理发育，可见冲刷面构造，含少量植物碎屑，局部含少量煤线，含黄铁矿微晶及菱铁矿。厚43.7~90.64m。下段为灰白色粗砂岩，含砾不等粒砂岩，夹粘土层。交错层理、斜层理发育。厚27.3~313.3m。本组地层下段的粗砂岩和含砾不等粗砂岩，经风化作用后，可形成工业高岭土矿体，是区内高岭土的主要含矿层位之一。

尚村组（N1sh）：分布于评估北侧外围一带，多被第四系覆盖，地表未见出

露。地层倾向北东，倾角平缓，本组岩性较单一。上部为灰白色、褐色泥岩夹褐色油页岩、泥质粉砂岩；中部以含油率低的页岩及油页岩夹钙质粉砂岩和褐煤层，油页岩含油率一般为 3.5%~0.5%；下部为有机质泥岩夹粉砂岩和细砂岩，各层中均可见黄铁矿微晶。本组厚度 854.0~473.0m，与下伏地层黄牛岭组呈整合接触。

老虎岭组（N21）：出露于图区北部，为冲沟发育的低平丘陵地貌。地层倾向北北东，与下伏地层尚村组为平行不整合接触。本组地层厚度为 274.9~686.5m。岩性上段为黄褐色、灰白色，松散状含砾中粗粒长石石英砂岩，铁质含砾不等粒长石石英砂岩，夹黄色粘土岩，厚 66.5~256.5m。中段为灰色砾质粗粒长石石英砂岩，夹灰绿色，杂色粘土岩及粉砂岩等，厚 149.4~235.0m。下段为灰白、黄色含砾中粒长石石英砂岩，不等粒长石石英砂岩，局部泥岩中可见植物碳化屑。厚 59.0~195.0m。上述中的中粗粒长石石英砂岩，经强烈风化作用后都可形成高岭矿。茂名地区规模大的优质高岭矿均分布在该组层位中，是区内高岭土矿的主要含矿层位。

4、第四系（Q）

海陆过渡堆积层（Qpmc）：岩性为灰、灰黑色泥炭土、粘土、亚粘土、亚砂土、砂砾层等。与下伏老地层呈角度不整合接触。厚 0.5~10.0m。

洪冲积层（Qhpa1）：岩性为砾石、砂、亚砂土、亚粘土等。厚 5~29m。冲积堆积层（Qhpl）；岩性为亚粘土、亚砂土、砂、砂砾等。厚 0~7m。

现代人工排土堆积层（Qhs）：分布于南排土场和北排土场，岩性为岩块、砂、粘土等。厚>20m。

（三）气候

茂名市地处亚热带，属亚热带季风气候，夏长冬短、气候温和、雨量充沛。根据茂名市气象台资料，区内较大的降雨主要与台风活动有关，地区雨量分布不均，变幅由东北部降雨向西南部沿海地区递减；降雨年际变化较大，主要降雨集中在 4~9 月汛期，占全年雨量的 80%以上。多年平均降雨量为 1793mm，最大年降水量为 2784.5mm，最小年降水量为 1215.6mm。

茂名市所在区域内气候温和，多年平均气温 23℃，气温受季风的影响而有所变化，年内最高气温多出现在 7 月，最热月气温 26.5℃~28.7℃，最高气温 37℃，最

低气温多出现在 1 月，最冷月气温 14°C~16°C，最低气温为 0°C。

因受大陆性气候和海洋性气候共同影响，风向多随季节而变换，夏季主导风向东-东南（5~9 月），冬季主导风向西北-北、东-东南（12~2 月）；常年以东南风和东风为主，台风较为频繁；多年平均风速为 2.4m/s，瞬时最大风速 31.5m/s（2006 年 8 月 4 日），10 分钟最大风速 23m/s（1984 年）。瞬时风速大于 19m/s 的大风各月都可出现，以 7、8 月份为多，大多数为台风热带低压影响所致。

区域日照时间长，蒸发量大，年平均日照时数在 2050.5h，全年无霜冻，平均年蒸发量为 1993.4mm，最大年蒸发量为 2001 年 2412.4mm，最小年蒸发量为 1999 年 1470mm。多年平均湿度为 83%。

（四）水文水系

茂名市境内河流属广东省粤西沿海诸小河的鉴江水系，流经茂名市域的主要河流有两条，其中，最大的一条是袂花江，总长 112km，在茂南区境内长度约 16km。其次是梅江（梅江在白沙河汇入口以上称为小东江）。此外，境内集雨面积 100km²以上的河流还有泗水河、白沙河等。

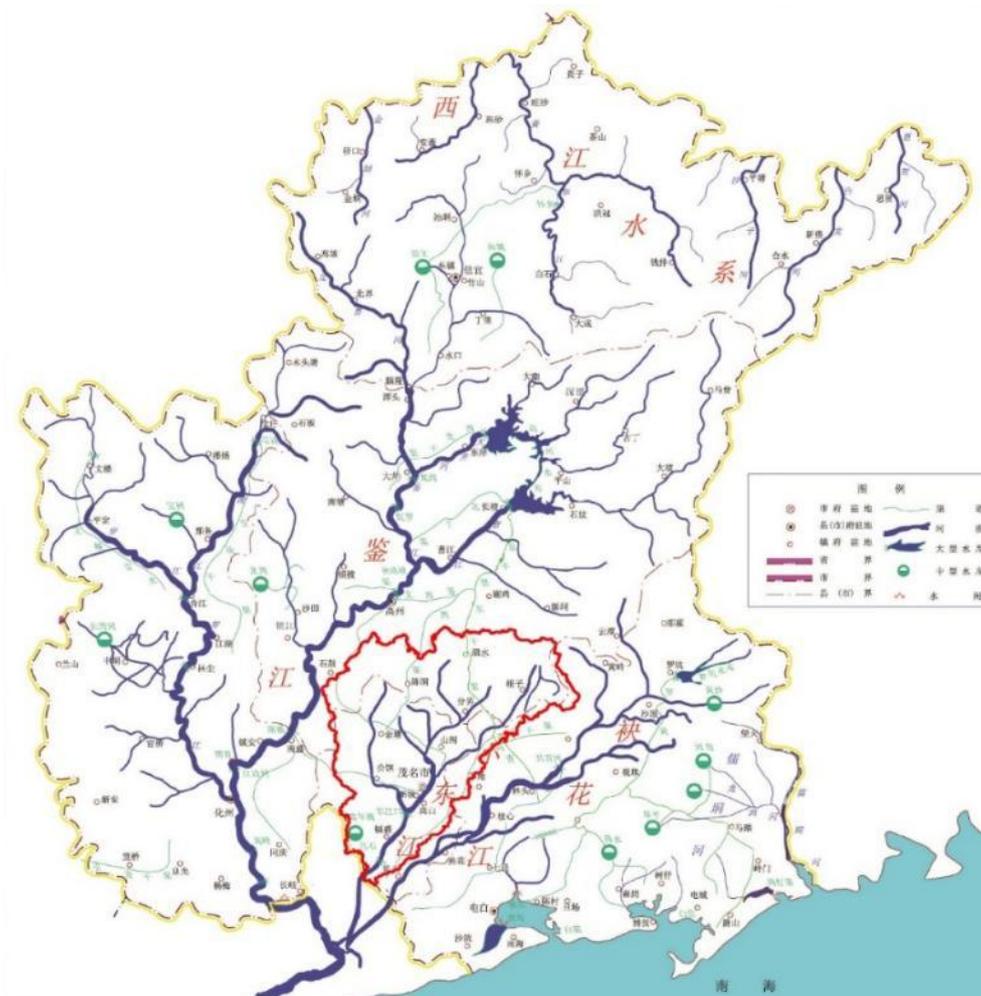


图 2.3-8 茂名市水系图

小东江是鉴江最大的二级支流，袂花江最大的一级支流。发源于高州官庄岭下，集雨面积 1142km²，河长 67km，干流坡降 0.64%。纵贯茂名市区及茂南区六个镇，到吴川瓦窑村汇入袂花江。白沙河、泗水河和鸡公河是小东江的主要支流。

白沙河（又称公馆河），距露天矿西侧约 1.5km。白沙河是小东江（梅江）的一级支流，发源于高州市秀观山，全长 38km，茂南区境内 21km。从高州市南部流入境内的周村后，经低山、金塘、丰田、河之口、荔枝塘、公馆圩、大埠口、东华岭、旧村等地，于合水汇入梅江。集水面积 232km²，其中境内面积 148km²。河床比降为 0.72%，流速快，浮泥不淤，砂粒洁白，故称为白沙河。白沙河上游属丘陵，下游属平原，茂南区境内修建有南塘、文林等 4 宗小（一）型水库，有苏沥、新塘等 2 宗小（二）型水库，控制面积 10.3km²。

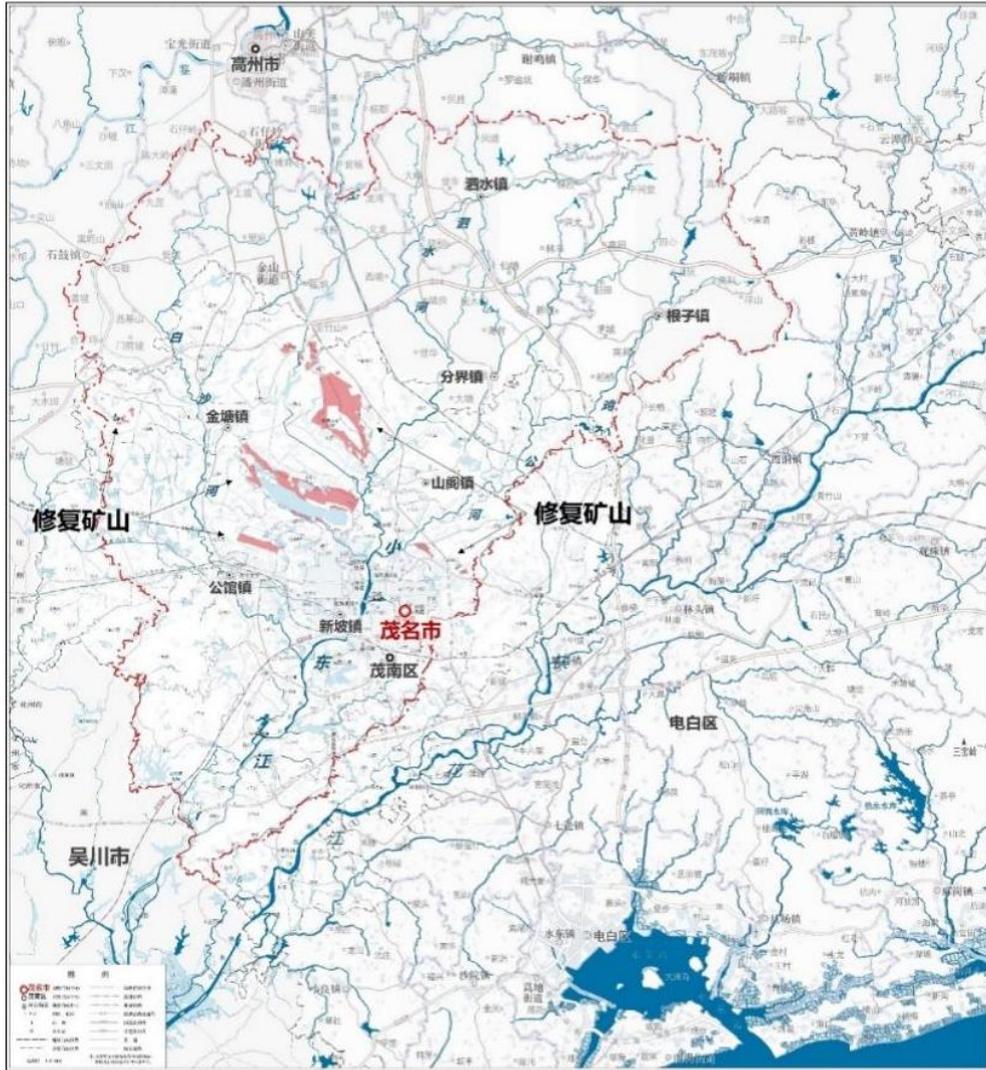


图 2.3-9 小东江流域和拟修复历史遗留废弃矿山位置图

泗水河是小东江的一级支流，属鉴江的三级支流，发源于高州市谢鸡红花鸭仔嶂，流经高州市泗水镇、分界镇后汇入茂名市小东江，在吴川市汇入鉴江出海。泗水河集雨面积 203km²，总干流长 42km。

本次治理矿区位于小东江流域，临近小东江及其支流白沙河。小东江最近的地表水系离露天矿坑东面约 800~1200m。

在修复矿区附近有新圩支渠和公馆支渠，用于水利灌溉，上游主干渠控制其水量定期放水。治理区周边有其它小沟渠，靠降雨补给，暴雨形成水流，枯水期流量甚微，甚至干涸。

露天矿坑湖通过引水渠从西侧的公馆支渠引水入矿湖，进行调蓄，洪水期通过东北部的溢洪渠排水入小东江。公馆支渠现状设计流量为 3.0m³/s。溢洪渠位于矿坑东北角，渠道为西南~东北走向，至长江岭村接原有小东江泄水闸汇入小东江，

溢洪渠长 1.33km。

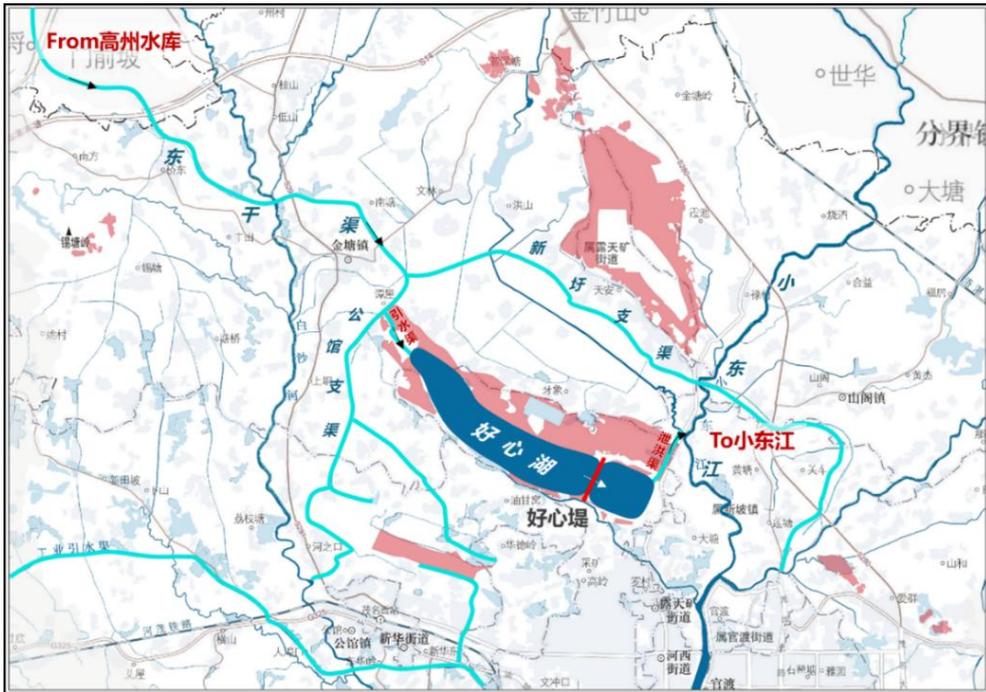


图 2.3- 10 拟修复历史遗留废弃矿山周边河渠工程

矿坑最初无天然河道汇入，通过高州水库引鉴总干渠→东干渠→公馆支渠→引水渠引入水源蓄积成矿坑湖，在通过溢洪渠将矿坑湖水泄洪至小东江。这样在总体上将矿坑湖改造成一个流动水体。蓄水后，露天矿矿坑湖长约 6.8km，宽约 0.5~1.1km，蓄水量 1.6 亿 m^3 ，矿坑湖设计校核最高水位 14.2m，自 2016 年来最低枯水位为 12.9m，历史最高水位为 13.9m，日常水位 13.5m，矿湖水位年变化不大。根据《农业灌溉引水治理露天矿矿坑湖工程初步设计》1.1km 的风浪吹程计算，平常形成涌浪 0.3~0.8m，台风季节可达 0.8~1.2m，对矿湖湖心堤坝、湖岸土质边坡产生淘刷，出现局部塌陷。

(五) 地下水

茂名市风化层较厚，河谷冲积平原和滨海平原地形平缓，地下水埋藏浅，便于开采。全市地下水蕴藏量约 38.7 亿 m^3 ，主要是松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水和基岩裂隙水等 4 种类型。

(六) 土壤

茂名市土壤受热带季风气候影响，呈水平地带性特点。全境从东向西，由电白的马踏经土水坳、塘子面、佛子楼、观珠、霞洞至高州的柏桥、分界转向西北，经高州城南的笔架岭、陈大岭、西渡，再向西北经化州的镇安、官桥至新安一线，北

为赤红壤，南为砖红壤。

修复区所在地属南方红壤平原区，红壤在高温湿润的季风气候以及热带植被的作用下，风化壳较深厚，硅铝酸盐矿物分解较强烈，富铝化作用比较明显，土体多呈红色，表土层多呈浅灰色。质地为轻壤土至中壤土，碎块状结构，土壤呈棕红色，粘粒的硅铝率为 2.0-2.4，硅铝铁率为 1.8-2.0。

2.3.1.2.2 社会经济状况

茂名是一个因油建市、以工业立市的城市。在六十年由小到大的曲折历程中，茂名人创造了南方油城发展的奇迹。茂名石化的历史，比茂名建市的时间还要长。据茂名市人民政府地方志办公室的资料，1956年《论十大关系》报告提到要在有油页岩的广东茂名搞重工业“人造油”。1958年，数万建设者从全国各地奔赴茂名，“从石头中榨出油”，开采油页岩，创建石油工业。1959年5月9日，茂名工矿区市更名为茂名市，开始大规模建设石油城，茂名石化产业经历了从油页岩加工到进口原油加工，再到炼化一体化生产的两次产业迭代。现在，茂名石化炼油能力超2000万吨/年，乙烯生产能力达110万吨/年。据茂名市发布的最新统计年鉴，即《茂名统计年鉴2021》显示，在全市的工业中，石油化工产业占全市比重为71.5%。而作为老工业基地，茂名转型升级的愿望也尤为迫切，茂名目前处于由资源型城市向服务型城市转型的关键阶段。在供给侧结构性改革的引领下，茂名石化产业站在工业4.0风口部署改革。在这样的思路指引下，茂名的石化产业往绿色方向转型，紧跟时代潮流，建设绿色化工产业基地。在此时机，对茂名进行废弃矿山修复治理，为城市工业转型提供助力，切实而必须。下面来看一下，修复区域基本的经济和人口情况。

1、行政区划及人口

茂名市所辖的茂南区、电白区（原茂港区、电白县）和高州三个县级市，总共辖87个镇和22个街道，辖区总面积11458k m²。2021年末，全市户籍人口828.78万人，2021年末全市常住人口621.00万人，2020年茂名市人口出生率为12.10%，人口自然增长率为8.87%，城镇人口比例为47.30%。依据人口密度计算结果，茂名市2010年平均人口密度为710人每平方公里，2015年平均人口密度为741人每平

方公里，2018年平均人口密度为758人每平方公里。其中，人口密度较高区域主要分布在茂南区域以及其他县区行政中心周边区域。本次治理范围在区域内属于人口密度最高的区域达到1707人/平方公里，而且，从2010年到2018年治理区域内总体人口呈现出逐年递增态势。

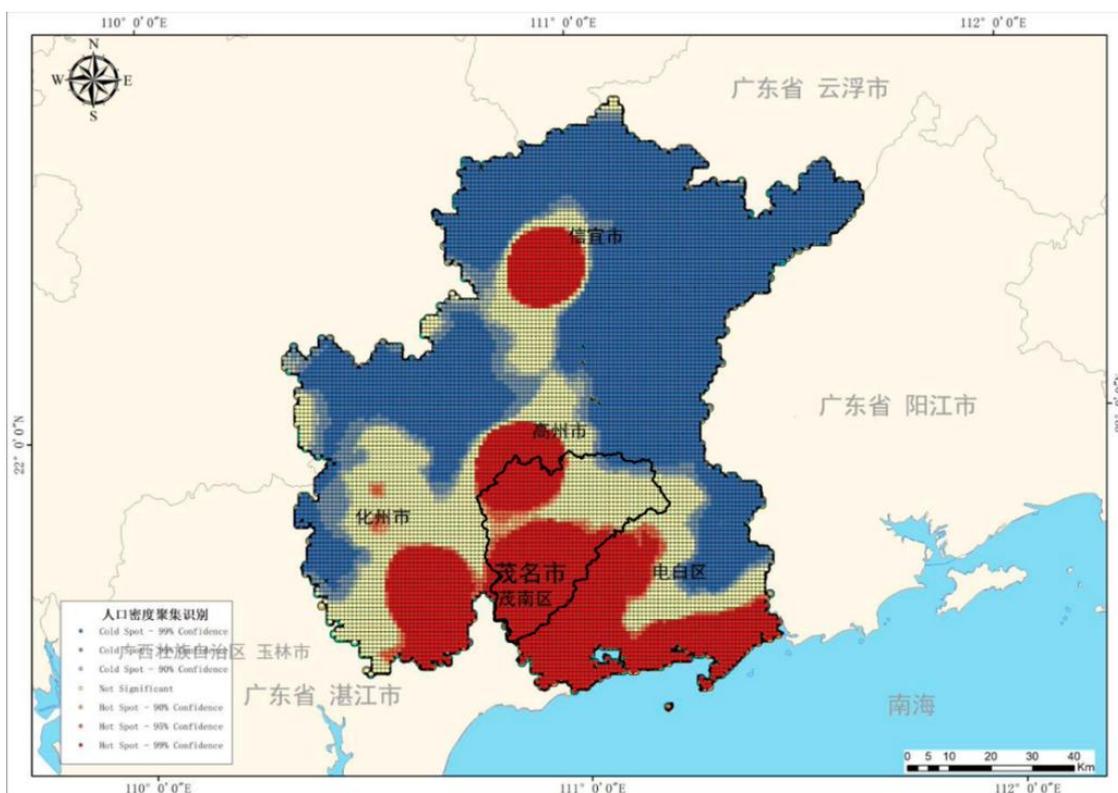


图 2.3- 112018 年茂名市人口密度热点分析

2、地方经济

2022年茂名地区生产总值为3904.63亿元，同比增长0.5%。其中，第一产业增加值为699.01亿元，同比增长5.6%；第二产业增加值为1421.12亿元；第三产业增加值为1784.51亿元。

农业增势较好。全年全市完成农林牧渔业总产值1126.29亿元，连续三年保持千亿元以上，同比增长5.8%，“粮袋子”“菜篮子”“肉案子”产品产量提升：粮食作物播种面积376.75万亩，增长0.2%；粮食总产量153.17万吨，增长0.1%；蔬菜种植面积191.57万亩，增长2.9%，总产量387.15万吨，增长4.3%；水果总面积367.14万亩，增长2.5%，总产量457.53万吨，增长3.2%；全年生猪累计出栏587.25万头，增长2.5%，猪肉产量27.20万吨，增长5.0%，禽肉总产量30.38万吨，增长0.7%；禽蛋11.08万吨，增长9.0%；水产品产量92.64万吨，增长0.2%。

工业生产承压。全年全市规上工业增加值 593.47 亿元，同比下降 8.0%，其中石油加工业增加值下降 12.4%。部分行业增速较快，其中纺织服装服饰业得益于部分企业出口订单增加，增长 49.9%；家具制造业增长 60.8%；医药制造业增长 11.6%；电力热力生产供应业增长 10%；燃气生产供应业增长 12.5%；农副食品加工业受道道全、益海嘉里等新增企业拉动，增长 5.7%。全年全市居民人均可支配收入 27788 元，同比增长 4.0%，高于经济增长。按常住地分，城镇居民人均可支配收入 34303 元，增长 2.6%；农村居民人均可支配收入 22444 元，增长 4.1%。

2.3.1.2.3 生态状况

（一）植被

茂名市的植被具有明显的热带和亚热带特征，终年常绿，又由于地势落差和山区垂直分异较大，形成了山地草木群落、山地阔叶林群落、山地针叶林群落、丘陵针阔叶林混合群落、台地平原经济林果群落、台地平原疏树灌木草本群落、沿海滩涂树林群落等 7 种类型的植被群落。植物种类繁多，高等植物有 120 多个科，1000 多个品种，主要乔木类有杉、松等，林下以九节野牡丹、地稔、鸭脚草等为优势的地被植物。丘陵、台地和平原的植被稀疏，天然植被以桃金娘、岗松、芒箕等为优势物种。近年来，人工林果群落已成为这类地区的主要植被。

茂南区和高新区林地面积 9675h m²，森林覆盖率 16.3%，活立木蓄积量 44.43 万 m³。优势树种为桉、松等。林下灌木主要有桃金娘、松岗等。

区域内丰富的植物种群是矿山生态系统的恢复重建的重要种质资源，在近自然林营造过程中，引入区域内广泛分布、耐受性较高的乡土树种，构建形成乔灌草多层次的植物群落，有利于提高成活率，降低养护成本，提升修复区的生态系统结构和功能。

治理矿区分布有大面积的桉树密林，均为矿山停产后由附近村民抢种，生长状况不佳。矿山前期治理中试验种植小面积的其他林地，主要树种有马占相思、细叶榕、台湾相思、宫粉紫荆、黄花风铃木、簕杜鹃、毛杜鹃、台湾草。桉树纯林呈现极高的郁闭度，林内光线昏暗，林下发育不良，林地缺少自我更新的能力，生态功能低下，需开展林地改造，以有效提升森林碳汇和生态系统健康。

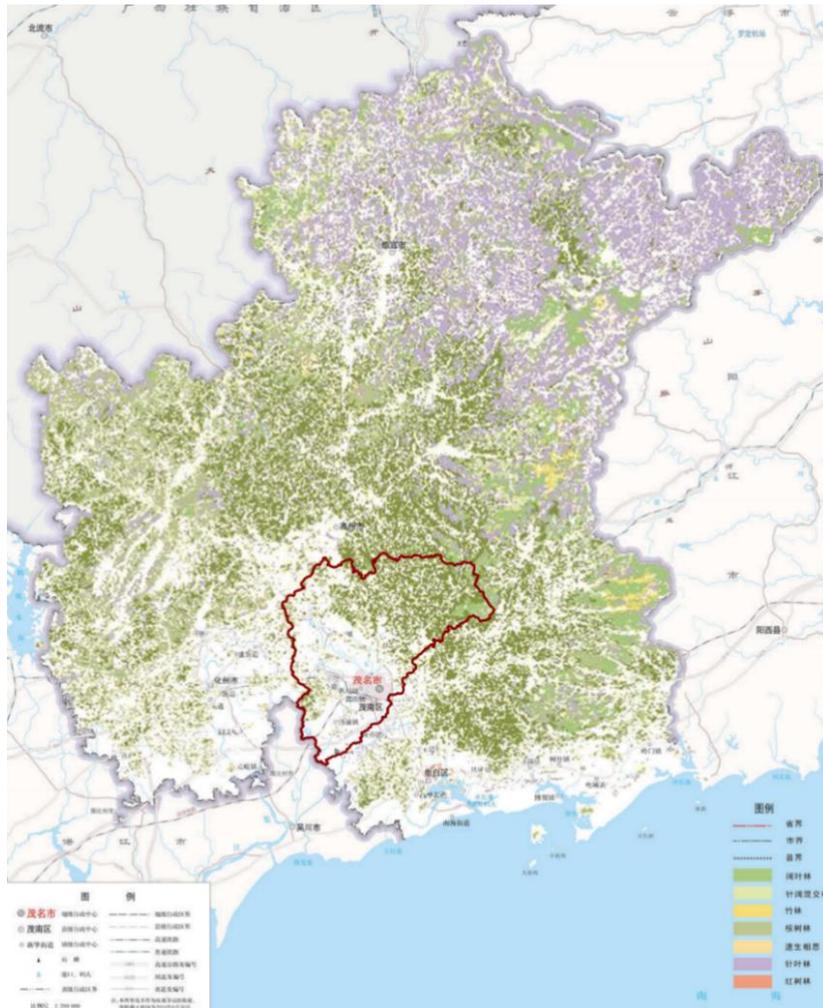


图 2.3-12 茂名市现状植被分布图

（二）动物

茂名市地形复杂，山高岭峻，河溪纵横，林草丰茂，野果繁多，是野生动物生长繁殖的理想场所，动物资源丰富。据调查统计，记录昆虫种类超过 1500 种，野生脊椎动物 371 种（包括越冬鸟及过境鸟种类），其中哺乳动物 8 目 24 科 56 种，含国家 I 级重点保护动物 2 种（云豹、穿山甲），国家 II 级重点保护动物 4 种；鸟类 16 目 48 科 187 种，含国家 I 级重点保护动物 4 种（白肩雕、金雕、黄腹角雉、黑鹳），国家 II 级保护动物 18 种；爬行动物 3 目 16 科 59 种，含国家 I 级重点保护动物 2 种（鳄蜥、巨蜥），国家 II 级重点保护动物 4 种；两栖动物 2 目 8 科 26 种，含国家 II 级重点保护动物 3 种；鱼纲 4 目 15 科 43 种。区域内废弃矿山植被逐步恢复的过程中，也将为动物提供更加有利的栖息空间，吸引周边的动物重新回到场地里，重建区域生物网络，促进生态系统内部能量和物质流动。

（三）生物多样性

茂名市属云雾山生物多样性保护优先区和海洋与海岸生物多样性保护优先区，生物多样性极为丰富。保护区内主要有云豹、豹、穿山甲、白肩雕、金雕、黑鹳、黄腹角雉、鳄蜥、巨蜥、蟒蛇、虎纹蛙等国家重点保护野生动物，以及猪血木、圆籽荷、虎颜花、华南锥、红椿、苏铁蕨等国家重点保护野生植物。茂名市共建设有各类自然保护区 35 个，其中国家级 1 个，省级 1 个，市级 2 个，县级 31 个。保护区总面积 78769.3h m²，占国土面积比例为 6.89%。保护区的建立，保护了各种野生动植物，构建起畅通的生态廊道，营造出良好的野生动物生活、栖息自然生境。

经过使用自定义对归一化植被指数分级，得到归一化植被指数空间分布格局。根据分级结果，2010-2015 年茂名市归一化植被指数空间分布格局变化明显，如下图所示，由图可得：2010 年茂名市归一化植被指数较高（0.8 及以上）的地区主要分布在信宜市周边地区、高州市东部和西部、化州市北部和电白区大部分地区。归一化植被指数值在中等(0.4-0.8)的地区主要分布于信宜市和高州市中部、化州市南部和茂名市大部分地区。本次进行治理的区域，归一化植被指数值较低，仅有(0.2-0.4)。分析结果表明，在茂名范围内，总体而言，区域的生态环境基础条件较为优秀，但治理区的生态环境质量并未达到总体水平，矿山修复将着眼于生态系统的恢复和重建，提高区域的生物多样性。



图 2.3- 13 茂名市 2010 年归一化植被指数空间分布格局

（四）区域自然地状况

在前面对区域自然地理与生态状况分析的基础上，采用多图层叠加，不同生态要素分级赋权的方式，对整体生态敏感性进行了评价。茂名市有 95.4% 的地区生态敏感性基本属于不变或者轻度增加。但本次治理所在茂南区，生态敏感性显著增加。从下图可以看出，茂名市整体生态格局先呈现复杂性、破碎化。本次矿山治理区域，呈现生态环境稳定性变弱，林地生态系统破碎化程度增加，连通性下降、聚集程度下降，空间分布复杂化；草地生态系统面积减小、斑块密度下降、形状不规则程度减小，破碎化程度加大。尤其是矿山造成的大面积水土流失问题，导致生态敏感性增加。



图 2.3-14 茂名市生态敏感性变化图

（五）生态环境质量

1、降水

2021 年茂名市全市 5 个降水测点共采集降水样品 243 个，pH 值年均值 6.52，没有监测到酸雨。与上年（6.49）相比，全市 pH 均值上升了 0.03 个 pH 值单位。

2、饮用水源

按照《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）评价，茂名市饮用水源地水质

状况良好，2021年茂名市区4个地表水水源地水质达标率均为100%。饮用水源地水质保持稳定达标。

3、江河

按照《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）评价，2021年茂名市3条主要江河的18个常规监测断面中，II类水质断面8个，占总断面数44.4%；III类水质断面8个，占总断面数44.4%；IV类水质断面1个，占总断面数的5.6%；V类水质断面1个，占总断面数的5.6%。

表 2.3-3 茂名市主要河流及特征

河流水系	名称	等级	发源地	河流长度 (km)	集水面积 (km ²)	平均坡降 (‰)
鉴江水系	鉴江	干流	信宜市东镇镇庄垌村虎豹坑	232		
	罗江	一级	广西北流县丫髻顶北麓	143	2168	0.644
	袂花江	一级	电白区鹅凰嶂南坡	112	2516	1.09
	曹江	一级	高州市马贵镇鸡笼头兰逢岭	100	874	2.76
	大井河	一级	高州市东北山区棉被顶	68	586	4.3
	小东江	二级	高州市的官庄石羊岭	67	1142	0.06
珠江水系	黄华江	二级	信宜市大田顶	230	1297.6	7.87

鉴江总体为III类水质。2021年，鉴江（茂名段）II~III类水质断面占100%，水质状况为优。其中铜鼓电站、信宜水厂、镇隆、高州水厂、南盛水坝、塘岗岭水厂、江口门（茂湛交界）等7个断面水质类别为II类；未达到水环境功能区目标的断面是罗江桥断面（II类）。鉴江未达标的主要是化学需氧量、氨氮、总磷、氟化物和粪大肠杆菌。

袂花江总体为II类水质。2021年，袂花江（茂名段）4个断面均符合水功能类别要求，其中亭梓坝和袂花桥断面水质符合II类标准，水质属优，其余断面符合I类水质标准，水质良好。袂花江主要污染物是化学需氧量、总磷、氟化物和粪大肠杆菌。

小东江总体为 IV 类水质，其中 I 类断面占 33.3%、IV 类断面占 33.3%、劣 V 类断面占 33.3%，全河段水质为是 IV 类，水质状况属轻度污染。小东江的主要污染物是高锰酸盐、化学需氧量、生化需氧量、氨氮、总氮、总磷、氟化物和粪大肠杆菌，部分污染物表现出一定的趋势，从山阁镇段中溶解氧、高锰酸盐、化学需氧量、生化需氧量、氨氮、总氮和总磷等都出现明显的数值上升，表现为水质下降，污染程度上升。

表 2.3-4 2021 年茂名市主要江河水质状况

流域	水系	江段名称	断面名称 (水质目标)	断面水质			
				2020 年		2021 年	
				水质类别	水质状况	水质类别	水质状况
粤西 诸河 (茂 名 段)	鉴江	鉴江	铜鼓电站 (II 类)	II 类	优	II 类	优
			信宜水厂 (II 类)	II 类	优	II 类	优
			水口 (III 类)	III 类	良好	III 类	良好
			镇隆 (III 类)	III 类	良好	II 类	优
			高州水厂 (II 类)	II 类	优	II 类	优
			米急渡 (III 类)	III 类	良好	III 类	良好
			南盛水坝 (II 类)	II 类	优	II 类	优
			塘岗岭水厂 (II 类)	III 类	良好	II 类	优
			罗江桥 (II 类)	III 类	良好	III 类	良好
			下郭大桥 (III 类)	III 类	良好	III 类	良好
			江口门 (II 类)	III 类	良好	II 类	优
		袂花江	亭梓坝 (II 类)	II 类	优	II 类	优
			袂花桥 (III 类)	II 类	优	II 类	优
			飞马桥 (III 类)	III 类	良好	III 类	良好
			塘口 (II 类)	II 类	优	III 类	良好

表 2.3-5 2020 年鉴江水环境质量（单位 mg/L，pH 和粪大肠杆菌除外）

断面名称 (水质功能类别)	pH	溶解氧	高锰酸盐 指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	挥发酚	石油类	硫化物	粪大肠杆菌 (个/L)
铜鼓电站 (II)	7.33	7.13	1.4	7	0.8	0.16	0.06	0.0002	0.01	0.003	9353
信宜电站 (II类)	7.2	6.94	2.1	10	1.6	0.181	0.07	0.0002	0.01	0.002	31840
水口 (III)	7.1	6.5	3.2	14	2.6	0.66	0.16	0.0002	0.01	0.002	159922
镇隆 (III)	7.15	6.12	3.8	10	2.8	0.52	0.11	0.0002	0.01	0.002	138571
高州水厂 (II)	7.2	6.41	3	11	1.3	0.333	0.04	0.0006	0.01	0.002	11817
米急渡 (III)	7	6.4	3.1	11	2.4	0.391	0.1	0.0005	0.005	0.002	
南盛水坝 (II)	7.06	6.21	3.3	10	1.9	0.337	0.09	0.0002	0.012	0.002	141614
塘岗岭水厂 (II)	6.47	7.28	3.8	17	1.3	0.418	0.11	0.001	0.01	0.002	37291
罗江桥 (II)	7.12	6.43	4	10	2.2	0.29	0.11	0.0002	0.01	0.002	115600
化州化肥厂 (III)	6.48	5.97	4	13	2	0.529	0.14	0.001	0.01	0.002	368833
江口门 (III)	7.08	6.38	3.7	13	2.6	0.198	0.12	0.0004	0.006	0.002	
鉴江全河 (III)	7.02	6.53	3.22	11	1.9	0.36	0.1	0.0004	0.01	0.002	112760

表 2.3-6 2020 年袂花江水环境质量检测报告（单位 mg/L, pH 和粪大肠杆菌除外）

断面名称 (水质功能类别)	pH	溶解氧	高锰酸盐 指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	挥发酚	石油类	硫化物	粪大肠杆菌 (个/L)
亭梓坝 (II)	6.99	6.62	3.4	14	2.1	0.17	0.08	0.0006	0.01	0.002	59667
袂花桥 (III)	7.13	6.3	3.2	9	1.3	0.35	0.09	0.0002	0.01	0.004	66075
飞马桥 (III)	7.39	7.1	4.1	12	1.9	0.16	0.11	0.0002	0.01	0.004	8209
塘口 (III)	7.17	7.6	3.9	15	2	0.11	0.09	0.0007	0.014	0.002	
袂花江全段 (III)	7.17	6.93	3.7	12	1.8	0.2	0.09	0.0004	0.01	0.003	

表 2.3-7 2016-2021 年小东江平均水环境质量检测报告（单位 mg/L, pH、粪大肠杆菌和电导率除外）

测点 名称	pH	溶解氧	高锰酸盐 指数	化学需氧量	生化需氧量	氨氮	总磷	总氮	氟化物	挥发酚	硫化物	粪大肠菌群 (个/L)	悬浮物	电导率 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
山阁	6.93	6.43	3.7	13	2.4	0.27	0.15	2.66	0.15	0.0002	0.002	334268	40.2	154.6
镇盛	7.02	4.18	5.0	17	3.3	1.47	0.17	3.44	0.23	0.0002	0.002	455205	38.0	274.3
石碧	6.99	3.97	5.4	19	3.6	1.52	0.19	3.99	0.23	0.0008	0.004	30002	30.6	80.2

4、湖库

按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）评价，2021年全市监测2个湖库：高州水库（包括石骨水库、良德水库）和罗坑水库。高州水库、罗坑水库水质类别均为Ⅱ类，水质状况优，均达到Ⅱ类功能区水质目标。

2021年高州水库营养状态指数为34.0（其中石骨水库和良德水库营养状态指数分别为32.4、33.1），属于中营养状态；罗坑水库营养状态指数为37.8，属于中营养状态。

表 2.3-8 2021 年茂名市湖库水质状况调查报告

监测 水体 名称	断面名称	水质 目标	断面水质				水体水质	
			水质类别		水质状况		水质状况	
			2021年	2020年	2021年	2020年	2021年	2020年
高州 水库	石骨水库	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	优	优	优	优
	良德水库	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	优	优		
罗坑 水库	罗坑水库	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	优	优	优	优

5、入海河流

按照《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）评价，2021年全市开展常规监测的入海河流（2个断面）：寨头河（寨头河出海口断面）、关屋河（电力局排海口断面），关屋河、寨头河水质类别均为Ⅳ类，水质状况属轻度污染。与上年相比，寨头河（寨头河出海口断面）水质状况保持稳定；关屋河（电力局排海口断面）水质状况有所下降。

6、近岸海域环境质量

2021年，茂名市近岸海域海水水质监测点位10个（国控点位）。采用面积法评价，近岸海域水质优良（一、二类）面积占比97.5%，非优良点位主要分布在水东湾、博贺港和鸡打港。一类海水面积占比89.3%，二类占比8.2%，三类占比1.6%，四类占比0.6%，劣四类占比0.2%。优良（一、二类）面积占比为97.5%。

2.3.1.2.4 土地利用现状

至 2020 年底，茂名市土地总面积 114.28 万 h m²。农用地面积 97.95 万 h m²，其中耕地 22.64 万 h m²、园地 21.42 万 h m²、林地 47.46 万 h m²、其他农用地 6.44 万 h m²；建设用地面积 12.94 万 h m²，其中城镇村及工矿用地 11.27 万 h m²、交通运输用地 9059.51h m²、水库及水工建筑 7673.96h m²；未利用地面积 3.39 万 h m²，其中草地 7967.77h m²、水域 2.22 万 h m²、其他土地 3708.23h m²。

表 2.3-9 茂名市土地利用现状表

土地类型	面积（万 h m ² ）	比例（%）
农用地	97.95	85.71
耕地	22.64	19.81
园地	21.42	18.74
林地	47.46	41.53
其他	6.44	5.64
建设用地	12.94	11.32
城镇村及工矿	11.27	9.86
交通运输	0.91	0.79
水库及水工建筑	0.77	0.67

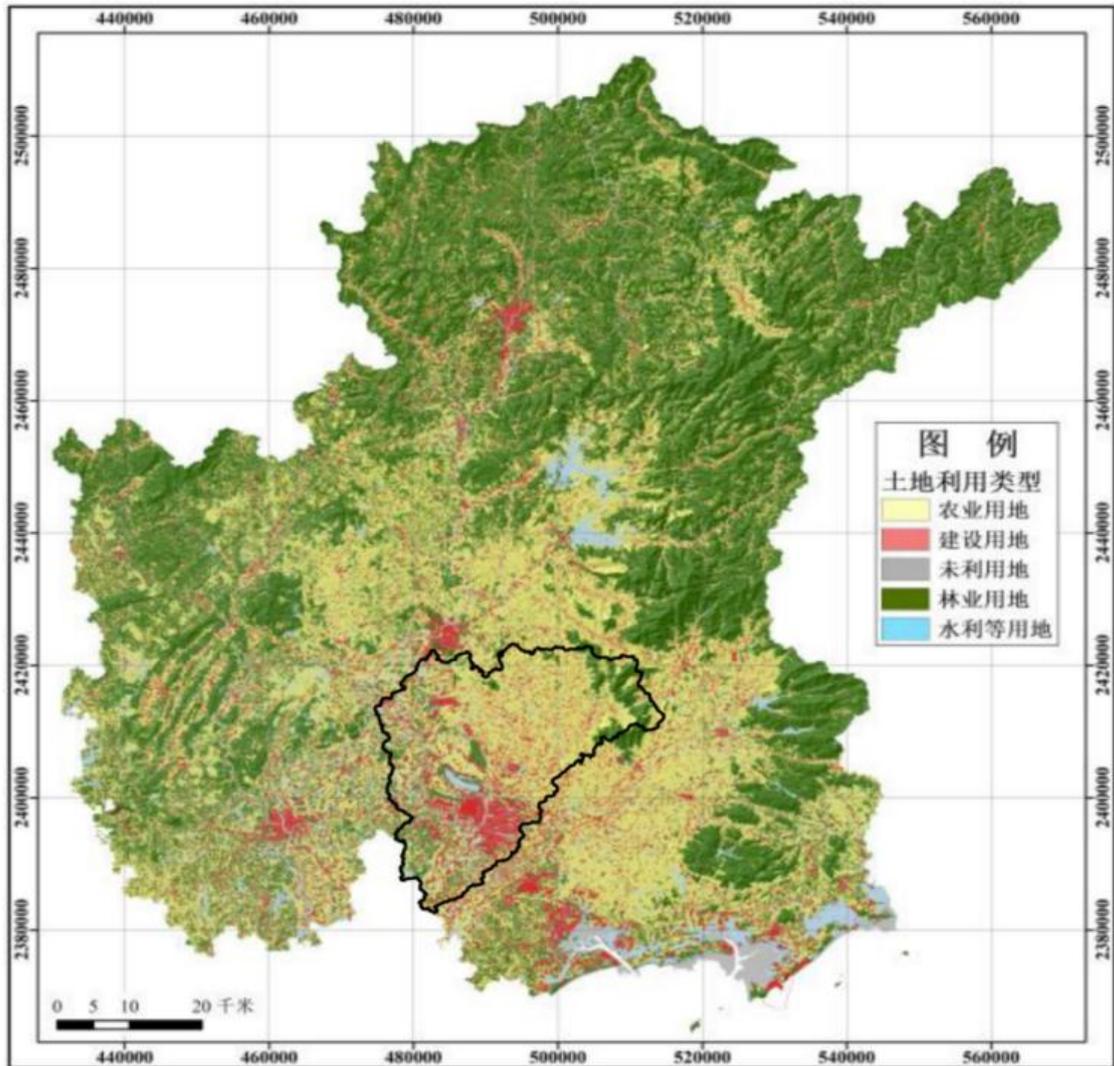


图 2.3-15 茂名市现状土地利用类型图

对茂名市建设用地变化进行计算，结果表明，本次治理区域建设用地指数 2010 年、2015 年、2018 年分别为 5.97%、6.15%、6.34%，总体呈现上升态势，本次治理所在的区域建设用地指数增速最高，达到 28.78%，说明近年来，茂名的城市发展主要在本区域内进行。因此，对区域内废弃矿山进行整治刻不容缓，否则将对茂名的城市发展及人民安全造成极大阻碍。



图 2.3-16 茂名市建设用地分布图

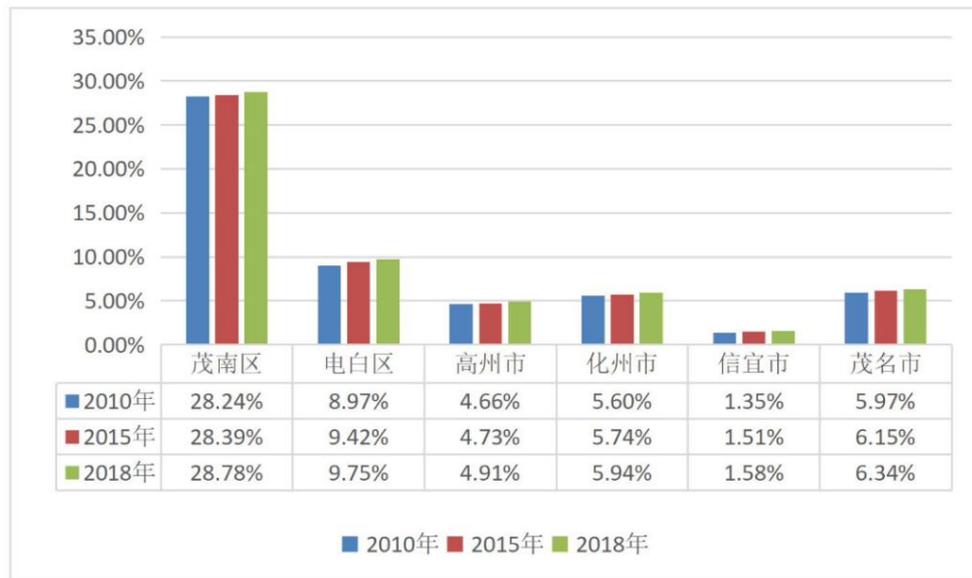


图 2.3-17 2010-2018 年茂名市建设用地指数

2.3.1.2.5 矿产资源开发利用状况

茂名市的工业布局是在开采油页岩矿和炼制页岩油的基础上发展起来的。三十年前中央燃料工业部石油管理总局勘探油页岩资源和地质构造，将茂名油页岩矿田划分为羊角、新汗、金塘、低山、石鼓、沙田 6 个矿区开采，其中条件最优

的为金塘矿，并于 1962 年初建成年产 20 万吨露天矿和矿区南侧的页岩炼油厂。可惜的是，绝大部分矿石都处在露天开采的状况。

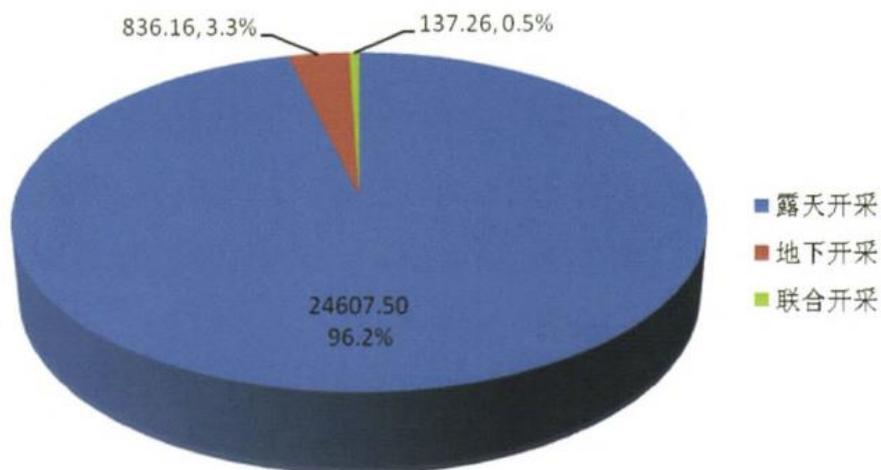
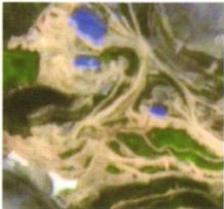


图 2.3- 18 茂名市矿山开采模式占比

丰富的矿业资源给茂名带来了城市的发展与经济的繁荣。但矿业开发占用及破坏土地资源是一个普遍性的地质环境问题，几乎每一座矿山均不同程度地占用及破坏了土地资源。首先露天开采矿山直接损毁土地，地下开采矿山间接造成土地塌陷，其次矿山中转场地、固体废弃物、矿山建筑也侵占大量林地、耕地，破坏植被、农作物，导致林地和耕地面积缩减。

表 2.3- 10 矿山开发占地类型表

地类	示例影像	示例相片	判读特征
采场			包括了所有矿业活动的开采痕迹，即活动开采面和停采面。纹形粗糙，通常有道路、车辆和钩机。
矿山建筑物			矿山开采活动中的辅助建筑物，在图像上主要表现为具有几何形状的房屋。
矿山开发占地类型 中转场地			形状多为独立的一个锥形体，大型中转场地可有多个连续锥形体分布。选矿厂、选矿池可以看见有几何形状的围墙或围栏。
排土场			排土场形状各异，纹形较细，形状上一般都有一个小平台，上平下散，呈扫帚状。大型排土场呈阶梯状；小排土场呈堆状，较分散。
尾矿库			尾矿库具有三分特征，以尾矿坝为界，外侧为裸露尾矿区或复垦区，内侧为裸露尾矿区和碱性废水区，输送和排放尾矿管道分布有序。

茂名矿产资源矿种种类较丰富，优势矿产分布比较集中，尤其是油页岩矿产全国闻名；但同时其他副生矿，矿山规模相对较小，矿山不仅分布较分散，而且砂石粘土占比例较高。在整个广东境内，茂名的矿山开采占用面积排名第2，按县级行政区统计，茂名茂南与电白区矿山面积都达到 500h m²。大型露天开采采场变化面积较大，固体废弃物也多，造成水土流失日益严重。而中小型非金属矿山点多面广，每年矿权变更较多，矿山开发占地每年变化较大。下面我们来看一下目前茂名现存矿产资源情况。

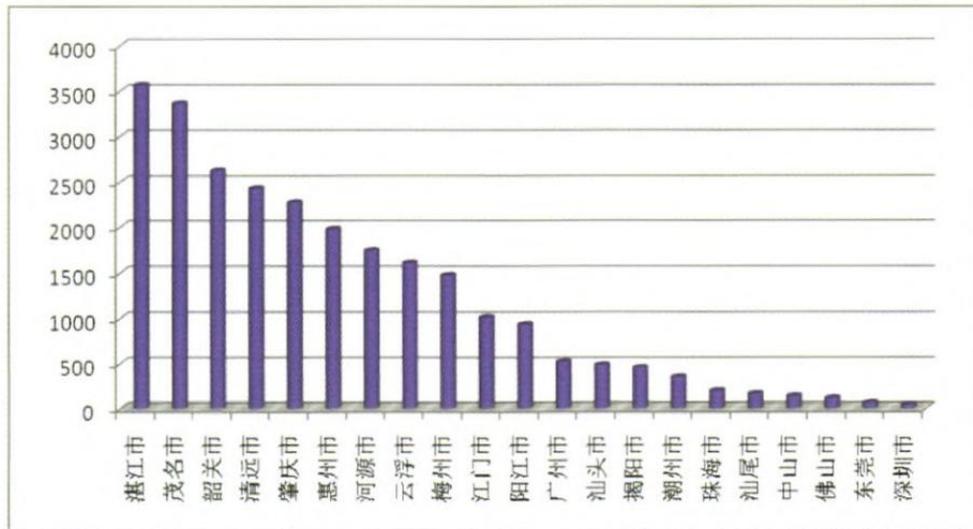


图 2.3-19 广东省矿山开采占地按地级市统计柱状图(单位: hm²)

1、矿产资源种类

茂名市位于粤西—桂东成矿带的南段，成矿条件优越。全市共发现矿产种类 53 种，其中已查明资源储量的矿产 42 种，发现具有资源量的矿产地 307 处。油页岩、地热、钛铁、锡、金、玉石、高岭土、建筑（粉料）用大理岩等是茂名市优势矿产。

油页岩：查明资源储量矿石量 458703 万吨，保有矿石量 446233.2 万吨，在全国地级市排名居第二位。主要分布在茂南区羊角、金塘至高州市低山一带，矿床规模大型 1 个、中型 3 个。

地热：查明资源量（可开采量）50009m³/日，其中茂名盆地（茂名地热田）资源量 38455m³/日。现有矿产地 18 处，其中达到详查工作程度 2 处。

钛铁矿：查明资源储量钛铁矿 391.2 万吨，伴生锆英石 5.5 万吨，矿床平均品位（含钛铁矿）31.50kg/m³。主要分布在化州市平定镇，矿床规模为大型。

锡矿：查明资源储量锡 16 万吨，保有资源储量锡 15.7 万吨。主要矿床为信宜银岩大型锡矿床。

金矿：查明资源储量金 14.2 吨，保有资源储量金 11.7 吨。主要矿床有信宜市东坑金矿、高州市大岭坡金矿、电白区马踏金矿等，其中东坑金矿为中型矿床，其余为小型矿床。

玉石矿（南方玉）：查明资源储量矿石量 8.49 万吨。主要矿床有信宜市金垌镇泗流和古立、水口镇饭豆坡、北界镇陂底铺等。南方玉是省内颇具地方特色的

矿产。

高岭土：查明资源储量高岭土矿石量 59150.8 万吨，保有资源储量高岭土矿石量 31834.5 万吨，其中沉积岩风化型高岭土矿床资源储量居全国第一位。查明矿床 18 个，其中大型矿床 6 个，主要分布于茂名盆地的山阁、佳山、霞池、大同、上田边以及高州市沙田、化州市大坡等地。其中山阁、上垌、佳山、大同为优质高岭土，可作刮刀涂料级造纸原料。

建筑（粉料）用大理岩：查明资源储量 3418.77 万吨，主要矿床为化州市文楼大理岩矿区，矿床规模为大型。矿石适合加工超细重质碳酸钙粉，可用于建筑涂料、橡胶填料、化工原料。

表 2.3- 11 茂名市矿产资源概况

分类	矿种	具有资源量的矿产地（处）
能源矿产	油页岩、煤、地热、泥炭	31
金属矿产	铁、锰、钛、铜、铅、锌、钨、锡、钼、金、银、铌、铍、锆、重稀土、轻稀土	53
非金属矿产	磷、硫铁矿、滑石、石棉、白云母、长石、玉石（南方玉）、水泥用灰岩、石英砂(水泥标准)、高岭土、陶瓷土、膨润土、化肥用蛇纹岩、建筑用安山岩、建筑用闪长岩、建筑用花岗岩、饰面用花岗岩、建筑用大理岩、水泥用大理岩、建筑用片麻岩	166
水气矿产	矿泉水、地下水	57

2、矿产资源分布范围

茂名盆地为伸展作用下形成的半地堑式断陷盆地，油页岩发育于古近系油柑窝组和新近系尚村组中。油柑窝组油页岩与煤层伴生，分布在煤层顶部，是最重要的含矿层位，形成于半深湖相沉积环境。油页岩和煤主要分布于茂南区的金塘镇、羊角镇、高州市的石鼓镇和化州市的连界圩，它们共生于同一矿床中。高岭土则主要分布于茂南区的山阁镇。

茂名金塘含矿区是油页岩富集成矿的中心区带，北西向断裂控制着油柑窝组和尚村组油页岩矿层的埋深、展布以及成矿过程。由于受到沉积环境和物质来源的影响，油柑窝组油页岩含油率一般为 5%~9%，最高可达 13%；尚村组油页岩含油率为 3.5%~6.5%，平均为 4.5%左右。

3、矿产资源开发利用状况

截止 2020 年底，全市登记有效探矿权总数 3 个，合计勘查面积 40.56k m²。按地区划分：信宜市、高州市、化州市各 1 个，勘查矿种 3 种，有铅矿、锌矿、金矿。

截止 2020 年底，全市登记有效采矿权总数 63 个，其中地热 2 个、金属矿产 5 个、玉石矿 1 个、其他非金属矿产 55 个，其中大中型生产规模矿山 30 个，占全市矿山总数的 48%。

2020 年，全市生产矿山 40 个，主要开采非金属矿产，开采高岭土矿石量 158.45 万吨、陶瓷土 14.49 万吨、水泥用灰岩 29.6 万吨、建筑用石料 715.77 万 m³、饰面用花岗岩 4.0 万 m³，地热 1.09 万 m³，矿业生产总值 6.22 亿元。

2.3.1.2.6 拟修复矿山开采历史情况

茂名最主要的矿种为油页岩，油页岩露天矿山位于小东江干流西侧，是我国南方最大的露天矿山。1958 年 8 月，油页岩露天矿山在茂名破土动工，1962 年 1 月 1 日正式投入生产，至 1993 年 1 月，矿区正式停产，历经 30 余年。累计开采油页岩 1 亿多吨，茂名石化提炼油页岩油共 292 万吨，为茂名市赢得了“南方油城”的美誉，也为当时新中国甩掉“贫油国”的帽子作出了积极贡献。

矿区停产后的一个时期内，由于无人管辖，各种盗挖盗采现象层出不穷。2004 年和 2006 年，茂名市政府与茂名石化公司先后签署《关于移交原矿业公司露天矿采矿场和南北排土场土地使用权及其相关资产协议书》和《关于置换茂名市露天矿区的协议》，开始着手实现露天矿的整体移交。

世纪 80 年代后期，随着造纸业的发展和陶瓷工业的兴起，露天矿蕴藏的优质高岭土成为新的开采矿种。1986 年到 1996 年，广东省地质局持续进行高岭土矿床的勘探工作，取得的十余份地质勘查报告表明，茂名高岭土矿床从南到北可分为三个矿带：一是黄牛岭组矿带，面积约 14k m²；二是尚村组矿带，面积约 3.6k m²；三是老虎岭组矿带，面积约 28.8k m²，三个矿带高岭土资源储量 5.75 亿吨，黏土量 1.08 亿吨。2007 年，广东省地质局 704 地质大队继续对矿区范围内高岭土勘查空白区进行覆盖勘查，获得储量 1.7 亿吨涂布级高岭土矿石。1989 年，年产 3000 吨的高岭土试验厂建成投产。面对页岩油生产年年亏损的局面，矿山于 1995 年转换经营机制，调整产业结构，全面转向发展高岭土生产。

2006年底，市政府一度想重新开采油页岩，准备建设2台200MW循环流化床发电机组的油页岩发电厂和年产600万吨油页岩矿区。几经周折后，在周边群众的强烈反对和科学界人士的倡议下，茂名市政府考虑到油页岩发电因当前的环保技术还未突破，易对周边的环境产生严重的影响，最终决定不再上马建设油页岩发电厂，并向有关公司赔偿相关投入损失的2亿多元。

几经承包转手的露天矿，由于不法企业偷排工业废渣的垃圾场，加上此前剩下的岩渣、开采向外排弃的表土，露天矿区及其周边生态严重恶化。2013年5月7日，茂名市政府召开专项会议，规定在露天矿矿区范围内，一律不得进行挖掘、采矿、建设等活动。2013年12月31日，茂名露天矿被正式移交茂名市政府，随后茂名市政府开启了“引水、种树、建馆、修路”系统性生态修复工程。

除了露天矿外，矿区周边区域也蕴藏着丰富的油页岩资源。在茂南区羊角镇爱群村，曾进行油页岩开发，形成了诸多小型油页岩矿坑，后因主体湮灭，成为无法确认治理恢复责任主体的无主废弃矿山，亟待进行修复。

2.3.2 以往矿山生态修复工作

2.3.2.1 工程概况

自2014年露天矿正式移交茂名市政府以来，茂名市政府进行大量现场调查，并在2014~2021年间，开展了一系列的生态修复工作，目前已完成一期生态修复工程，包括引水工程、局部生态复绿工程和道路建设工程等，并在北排土场开展了“林光互补”生态修复工程。露天矿区域一期生态修复的成功引起了广泛关注，入选“广东省第二届国土空间生态修复十大范例”，被《人民日报》《南方日报》以及中央电视台等主流媒体、刊物持续关注和报道，成为了全国矿区生态修复的典范样板。

（一）引水工程

茂名市政府从保护环境和建设新农村的方面考虑，开展引水工程，通过扩渠、挖渠等工程措施，将鉴江（引鉴渠）、矿坑湖、小东江连为一体，2016年3月31日通水，通过引入高州水库弃水蓄于矿坑湖中，2017年5月矿坑水位上升至设计高程13.5m，将矿坑湖死水变活水，为后续的生态修复工程奠定了良好的

基础。引水工程完工后，矿坑湖与周边水系连为一体，矿坑周边“烟尘百丈高”恶劣的环境状况得到了彻底扭转。近年来，茂名市空气质量由全省倒数，迅速提升到广东省前列，与露天矿引水工程的实施有着密切的关系。

（二）生态复绿工程

茂名油页岩露天矿土壤酸化严重，植物生长受到严重限制。茂名市政府依托科研单位开展了相关研究工作，为了解决在高岭土矿迹地种植难题，通过在高岭土矿迹地上营林试验林，开展土壤改良、树种筛选、造林及管护措施的研究，采用专用营林技术，植地绿化的方法，筛选适合高岭土矿迹地和酸性土壤的植物物种。优先种植适宜生长的大叶相思、马占相思等速生树种，同时结合美化景点的要求，套种勒杜鹃、榕树、风铃木、大叶紫薇树、火焰木、水杉、蓝花楹等观赏类树种，希望恢复被破坏的生态，减少或消除高岭土矿迹地对周边环境的不良影响。高岭土矿迹地种植的前期研究和探索，为后续矿区进一步开展植被恢复奠定了基础。

（三）道路建设工程

为有效解决矿区周边村民出行难的问题，让矿区周边群众切实感受到生态修复工程带来的好处，斥资改造和修建了主、支线道路 9 条，扩建和新建长达约 40km、贯通内外的公路网，并修建了绿道。道路工程的顺利实施，为后续生态修复工程的顺利实施奠定了非常好的基建基础。

（四）“林光互补”生态修复工程

广东粤电茂名露天矿“林光互补”工程，位于茂名油页岩露天矿北排土场，总占地面积 144.77 公顷，是目前广东省最大、茂名首个地面光伏能源发电站，也是广东省乃至全国较早开展的生态修复+光伏发电的项目。该工程共修复北排土场 144.77 公顷，光伏电站每年为电网提供清洁电能 10321 万度，相当于节约标煤 3.93 万吨，减少灰渣排放量约 1.21 万吨。此外，该项目集约利用土地，采用“一地多用”方式，土地上方空间建设光伏，下方种植花卉、苗圃，通过光伏发电实现碳减排，以生态修复增加碳汇，助力我国碳达峰碳中和目标的顺利实现。

露天矿区域生态一期修复工作取得了重要的阶段性的成果。矿区生态状况明显好转，彻底改变了露天矿“烟尘百丈高、油污遍地流”的状况。矿坑湖及周边

区域裸地面积减少，矿坑水质有了很大程度的改善。“林光互补”项目，对北排土场中部的废弃地进行了改造和综合利用，进行了生态修复和光伏发电的有效结合，发展了清洁能源的使用，有效提高了碳汇效益。

2.3.2.2 “十三五”以来区域矿山生态修复情况

茂名市“十三五”以来，陆续开展 17 项矿山生态修复工作，累计共投入资金 8211.91 万元。资金来源包括中央和省级财政资金 5238.35 万元，市县财政投入资金 1859.08 万元，矿山企业投入资金 1114.48 万元，项目均已竣工验收。本次修复图斑范围与“十三五”以来利用中央、省级财政资金进行修复的图斑不存在重叠。

表 2.3-12 “十三五”以来矿山生态修复项目情况

序号	辖区	项目名称（含所在矿山石场名称或关闭前名称）	累计投入资金（万元）					项目进展
			中央和省级财政	市县财政	矿山企业	其他	合计	
1	高新区	茂名市油页岩矿区矿山地质环境治理	2984.35	0	0	0	2984.35	已验收
2	高新区	茂名市油页岩露天矿区坑边坡治理工程	45.00	0	0	0	45.00	已验收
3	高新区	茂名市油页岩矿露天矿区坑边坡治理工程	180.00	0	0	0	180.00	已验收
4	高新区	茂名市矿山地质环境恢复治理项目	400.00	0	0	0	400.00	已验收
5	高新区	茂名市露天矿环湖绿道环境治理	30.00	0	0	0	30.00	已验收
6	茂南区	茂南区金塘镇高岭土矿山地质环境恢复治理（第一期）	200.00	0	0	0	200.00	已验收
7	高新区	茂名市露天矿坑环境综合治理项目	800.00	0	0	0	800.00	已验收
8	高新区	“好心湖”环湖绿道滑坡治理工程	200.00	0	0	0	200.00	已验收
9	高新区	茂名市露天矿生态修复项目	399.00	0	0	0	399.00	已验收
10	电白区	茂名市电白区合胜石材有限公司建筑用花岗岩矿	0	0	133.08	0	133.08	已验收
11	电白区	茂名市中天矿产有限公司建筑用混合岩矿	0	0	285.84	0	285.84	已验收
12	电白区	茂名市电白区旦场镇金牛石场	0	0	127.40	0	127.40	已验收
13	信宜市	广东省信宜市大成镇茂源（岭脚）石场综合整治	0	1859.08	0	0	1859.08	已验收
14	高州市	高州市新德横垵坳石场建筑用片麻岩矿矿山地质环境保护与土地复垦项目	0	0	173.03	0	173.03	已验收

序号	辖区	项目名称（含所在矿山石场名称或关闭前名称）	累计投入资金（万元）					项目进展
			中央和省级财政	市县财政	矿山企业	其他	合计	
15	高州市	高州市南塘镇蓝田建华石场矿山地质环境保护与土地复垦项目	0	0	144.95	0	144.95	已验收
16	高州市	高州市红岗矿业有限公司谢鸡衍标石场矿山地质环境保护与土地复垦项目	0	0	188.82	0	188.82	已验收
17	高州市	广东省高州市谢鸡镇高坳石料场建筑用片麻岩矿矿山地质环境保护与土地复垦项目	0	0	61.36	0	61.36	已验收
小计			5238.35	1859.08	1114.48	0	8211.91	

2.3.2.3 问题与经验总结

茂名市“十三五”以来，充分利用中央、省级和市县财政资金，动员社会资本参与到矿山的生态修复工作中来，使矿区的生态环境有了很大程度的改善和提升。对“十三五”期间茂名市矿山生态修复工作进行梳理，并对已修复区域进行了现场调研后发现，茂名的矿山修复工作仍存在以下不足：

1、前期矿山修复工作整体性不足

前期矿山修复工作整体性不足。矿山生态修复是一项需要多学科结合，分阶段开展的工作。不可否认，自2013年矿山陆续关停后，茂名市曾开展了大量的修复工作，也有了一定的成效。但由于修复工作的科学性和整体性认识不足，也导致修复的成效出现了反复。矿山的生态修复需要自然资源、生态环境、农业农村、水务、林业等多个部门紧密配合，共同协作，涉及生态学、地质学、环境科学与工程、工程学、土壤学、水利学、植物学等多个专业学科，专业技术要求高、涉及面广、政策性强，是一项系统工程。前期的矿山修复工作对修复的困难性和系统性认识不足，导致修复成果的可持续性不佳。茂名的油页岩矿与其他单纯的土石露天矿在修复方法存在很大的差别，受到出露底层的岩性和所在区域地球化学循环过程的影响，简单的绿化种植难以长期保持，其修复工作无法做到一蹴而就。生态修复工作需要分阶段开展，在不同的阶段解决不同的问题，逐步推进，不断改善被破坏的生态系统，以保证治理成果稳定可持续。在以往的矿山生态修复工程中，对该领域的复杂性和困难性认识不足，修复工作多着眼于表面，在整合科技资源方面存在欠缺。

2、前期矿山修复工作系统性不足

以往的矿山生态修复多为点上的工作，缺少对区域生态系统的整体性的考虑。此外，修复工作没有充分考虑生态系统各要素的相互关系，修复内容主要为种树和草皮覆盖，缺少对生态系统内部关系的思考，导致初期成果显著，后期植被退化，树木生长状况不理想，草皮多难成活，治理成效难以持久。在项目方案设计及实施过程中缺少“三位一体”多学科联动的废弃矿山生态修复治理思路，应加强多学科以点带面的区域性多维空间废弃矿山生态修复治理思路。

3、矿区地质安全问题亟需解决

露天矿区域生态一期修复工作，仅完成了小区域地质安全问题的治理工作。矿区及附近由于植被破坏、造成水土流失、边坡失稳等地质安全问题。整个采矿场周围边坡岩体容易诱发滑坡、坍塌、泥石流等一系列地质安全问题。露天矿区域生态一期修复工作，对于地质安全问题的治理，仅完成了矿坑湖东部、北部的小部分区域，仍有大量的边坡和地质灾害隐患点需要进行除险加固。尤其是露天矿坑湖边坡，多段邻近环湖路，危及路基、市民及经过的车辆，须尽快对这些边坡和隐患点进行全面治理及保护，以确保安全。

4、生态修复资金紧缺

在油页岩露天矿停止开采之后，茂名市非常重视矿区地质环境问题整治，形成了全员参与治理的良好氛围，但由于缺少治理资金，矿山主要以“矿山地质环境保护与治理”角度出发，前期工作仅限于对矿坑及周边地区表象矿山地质环境问题进行治疗（复绿+地质灾害）。

本次修复工作，将在前期修复工作的基础上，吸纳成功经验，吸取失败教训，站在系统和整体的高度上，重新审视茂名小东江流域的矿山修复工作。在中央财政支持的基础上，整合地方资金和社会资金，系统的从水土、植被、边坡等方面进行综合治理。尊重生态系统的发展规律，以人工手段作为辅助，推得矿区的生态环境恢复。

2.3.3 矿山生态修复图斑现状

2.3.3.1 现状要素分析

2.3.3.1.1 矿种分析

2023年茂名市矿山生态修复图斑矿种主要为油页岩。

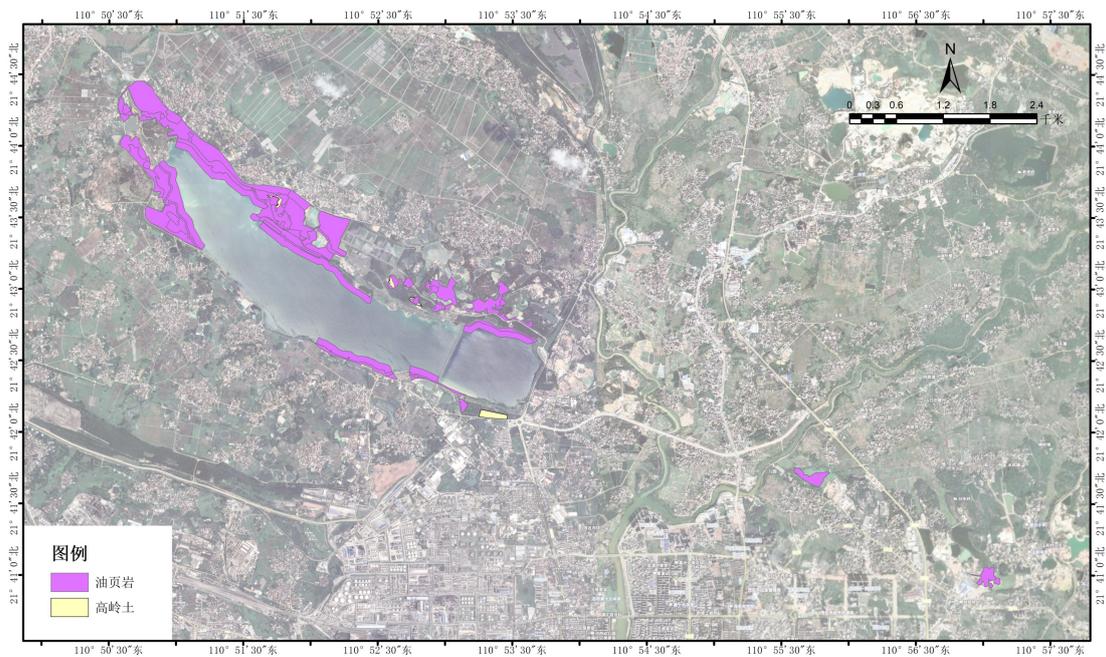


图 2.3- 20 2023 年茂名市矿山生态修复图斑矿种分析图

2.3.3.1.2 土地权属分析

小东江中游 2023 年生态修复图斑均为国有土地所有权，鸡公河下游 2023 年生态修复图斑均为集体土地所有权。

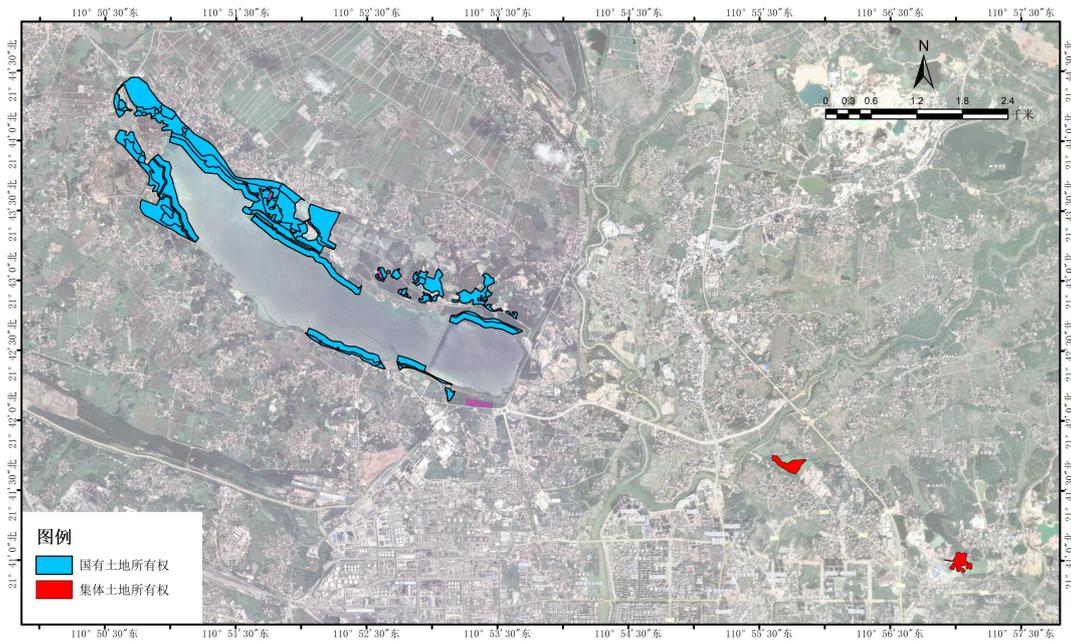


图 2.3-21 2023 年生态修复图斑土地权属分析图

2.3.3.1.3 生态问题分析

小东江中游生态修复图斑 2023 年生态修复图斑现状生态问题主要为土地损毁、地质环境问题和植被破坏。土地损毁主要包含挖损、占压、塌陷土地，地质环境问题主要包含地面塌陷、地裂缝、崩塌、滑坡体等。

鸡公河下游 2023 年生态修复地块主要生态问题为土地损毁。

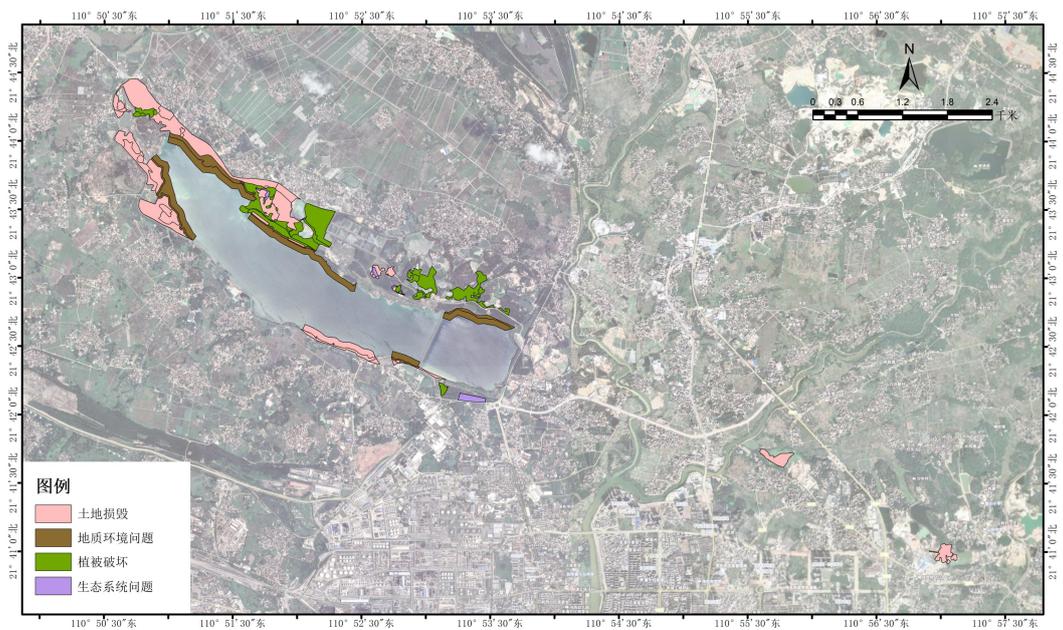


图 2.3-22 矿山生态修复图斑生态问题分析图

2.3.3.2 实地调研状况

2.3.3.2.1 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）

项目组于 2023 年 6 月 9 日对小东江中游生态修复子项目区域进行现场踏勘。现场踏勘结果显示，项目区域内土地利用类型以生态公园为主，区域中部为矿坑引水后形成的湖泊，湖泊周边多为需要进行边坡修复及需要地质灾害防治的隐患点。除待治理边坡外，区域整体植被种类单一，呈现大片桉树林。暴雨过后，大量泥沙冲刷入湖，冲刷形成入湖边沟，水体呈现明显的泥沙水浆分界线，水质严重污染。

环湖区域建有马路，交通较为便利。

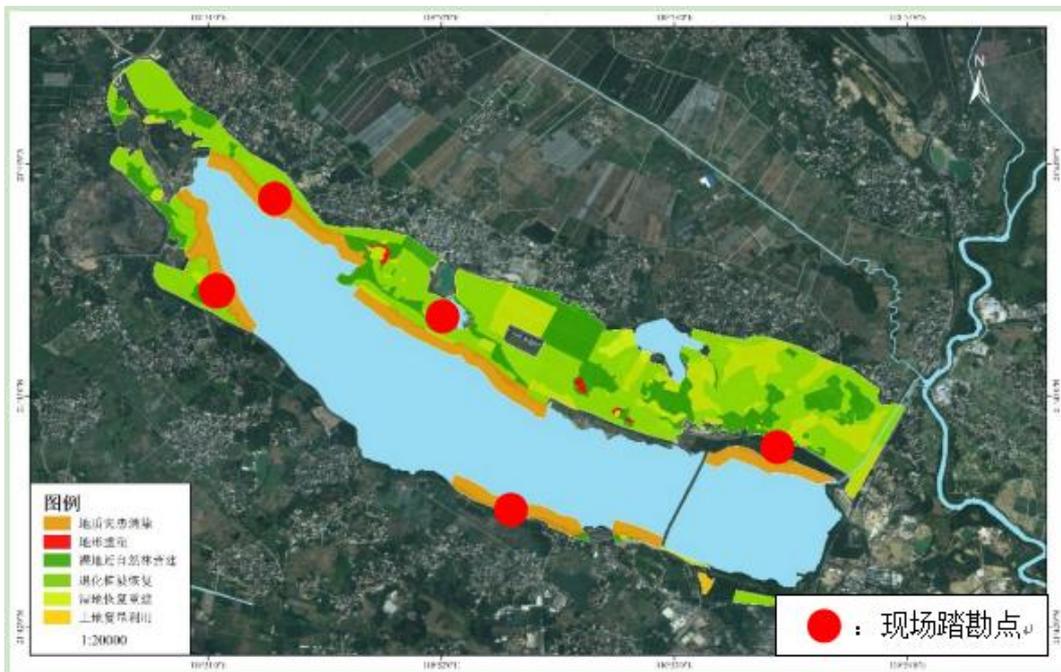


图 2.3-23 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）现场踏勘点位图



图 2.3- 24 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）踏勘照片 1



图 2.3- 25 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）踏勘照片 2



图 2.3- 26 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）踏勘照片 3



图 2.3-27 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）踏勘照片 4



图 2.3-28 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）踏勘照片 5

2.3.3.2.2 鸡公河下游矿山生态修复子项目

项目组于 2023 年 6 月 9 日对鸡公河下游生态修复子项目区域进行现场踏勘。现场踏勘结果显示，项目区域内土地有闲置区域也有在建设区域。除了已修复区域外，其他区域裸露土地较多。公路可直达项目区域，道路状况不佳。

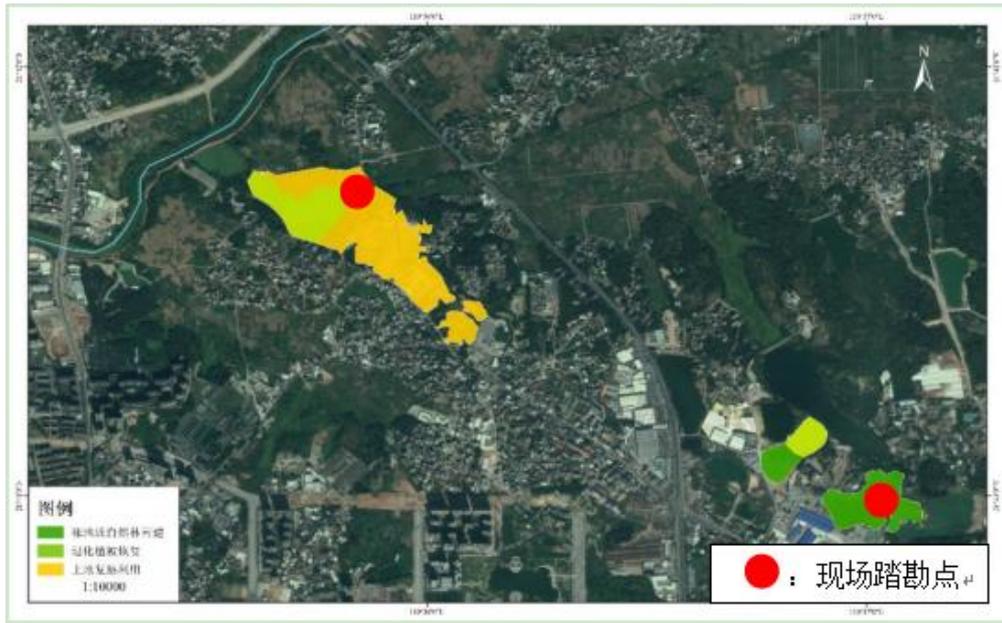


图 2.3-29 鸡公河下游矿山生态修复子项目现场踏勘点位图



图 2.3-30 鸡公河下游矿山生态修复子项目踏勘照片 1



图 2.3-31 鸡公河下游矿山生态修复子项目踏勘照片 2



图 2.3-32 鸡公河下游矿山生态修复子项目踏勘照片 3

2.3.4 主要矿山生态问题

茂名的历史遗留废弃矿山存在 4 个主要矿山生态问题，地质安全隐患、土壤功能退化、生物多样性差、水土流失严重。

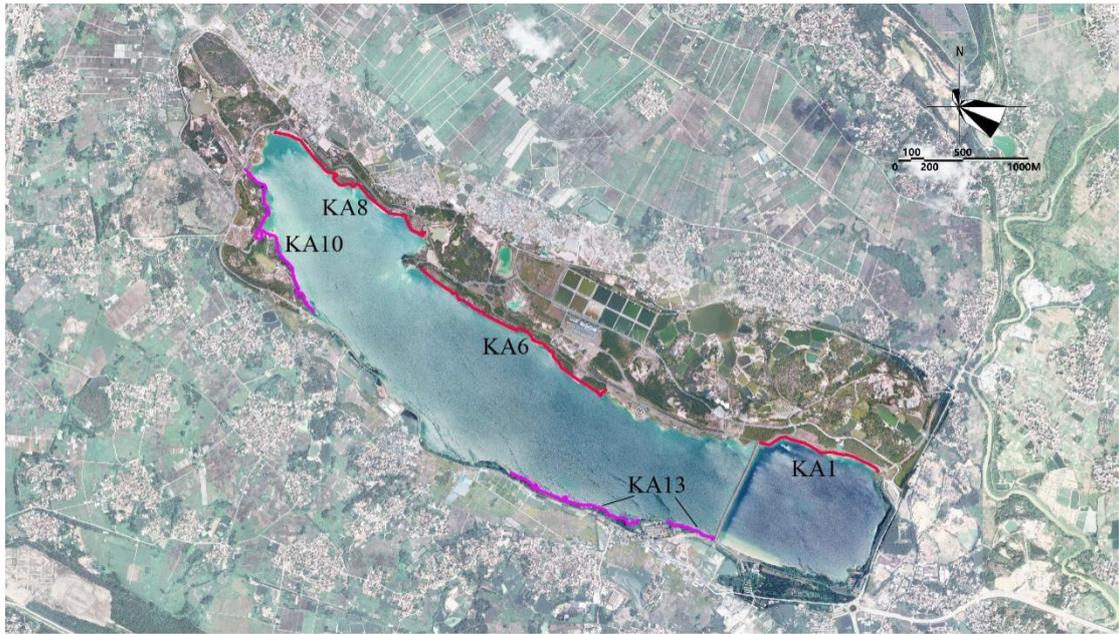
2.3.4.1 地质安全隐患

本次拟修复矿山区域所在位置地势平缓，地貌单元为低矮残丘。由于采矿和填挖方建设，形成诸多裸露的岩土边坡、危岩体等，矿山地质环境遭到破坏，形成多处地质灾害隐患区域。

（一）湖岸

在露天矿范围的岩土体主要为粉质黏土、全风化岩，局部见强风化岩，矿坑湖岸坡在湖水冲刷、施工震动、雨水冲刷等情况下边坡有发生崩塌滑坡的可能。

矿坑湖湖岸边坡多为填土、粉质黏土构成。由于降雨、湖浪淘蚀等影响因素下有加剧湖岸边坡崩塌滑坡的可能。根据《广东省茂名市露天矿生态公园地质灾害危险性评估报告》中对矿坑湖湖岸边坡的分段评估结果，小东江中游生态修复单元共有 5 段危害风险大~中等的湖岸边坡，应采取相应的工程措施予以防治，并加强监测措施。



图例 | — 岸坡危险性大
— 岸坡危险性中

图 2.3- 33 中高危害风险岸坡分布图

表 2.3- 13 岸坡特征和危险性评价

编号	岸坡岩性	水上坡高 (m)	水下稳定岸坡起点 (m)	总体坡高 (m)	现状湖岸再造现象	危险性
KA1	填土、残积土、N1h 强风化粘土岩 (半成岩)	2.0	+0.0	16.5	1、湖浪淘蚀消落带、常有塌岸现象，岸坡线侵蚀持续后退； 2、排水口冲刷坡面。	大
KA6	填土、残积土、N1h 强风化粘土岩 (半成岩)	8.0	+0.0	22.0	1、岸坡水下地形高差大，总体较陡，岸坡已发生局部塌落变形； 2、湖浪淘蚀消落带、常有塌岸现象，岸坡线侵蚀持续后退； 3、裸露坡面被地表排水冲刷，沟壑纵横； 4、排水口冲刷坡面。	大
KA8	填土、残积土、N1h 强风化粘土岩 (半成岩)	15.0	+10.0	18.5	1、岸坡水下地形高差大，总体较陡，岸坡已发生局部塌落变形； 2、湖浪淘蚀消落带、常有塌岸现象，岸坡线侵蚀持续后退； 3、裸露坡面被地表排水冲刷，沟壑纵横； 4、排水口冲刷坡面。	大
KA10	填土、E1s 全风化粉砂岩	2.0	+7.4	8.5	1、岸坡水下地形坡度较缓、植被覆盖好； 2、岸坡再造现象轻微。	中
KA13	填土、残积土、E1s 全风化粉砂岩	6.0	+4.0	14.0	1、岸坡水下地形坡度较缓、大部分岸坡植被覆盖较好； 2、零星陡直岸坡地段见塌岸现象，岸坡再造现象较轻；	中

编号	岸坡岩性	水上坡高 (m)	水下稳定岸坡起点 (m)	总体坡高 (m)	现状湖岸再造现象	危险性
					3、已发生矿山道路滑坡地质灾害 HP1，但已经治理。	

1. 湖岸稳定性差段（KA1 段、KA6 段、KA8 段）

该类库段岸坡表层填土层、残积土层厚度较厚；岸坡水下高差大、地形坡度总体较陡，湖岸再造形式以塌岸为主，塌岸延续较长，部分岸坡段发育小~中型滑坡地质灾害。



图 2.3-34 KA1 段不稳定岸坡



图 2.3-35 KA6 段不稳定岸坡



KA8 段岸坡-1



KA8 段岸坡-2



图 2.3-36 KA8 段不稳定岸坡（图 1-4 依次由西向东）

根据长期监测，KA8 段岸坡大规模滑坡持续发育：2014 年谭屋段边坡坡脚高程约 0.5m，矿坑最低点（高程-20.8m）距离坡脚以东 300m 处，矿湖水下地形坡度 $5\sim 10^\circ$ 。2016 年建设环湖路期间平整场地，将大量未经压实的填土推至现滑坡区域。2018 年矿湖蓄水水位升至 13.5m 后，滑坡体再次复活，在遥感图中见明显环形裂缝。



图 2.3-37 2014 年 1 月 2 日遥感图在 KA8 西段可见滑坡后壁、陡坎



图 2.3-38 2015 年 4 月 14 日遥感图在 KA8 西段可见滑壁扩大、滑体坠落矿湖



图 2.3-39 2016 年 11 月 27 日遥感图 KA8 西段被填土整平



图 2.3-40 2017 年 10 月 24 日遥感图 KA8 西段场地绿化、未见滑坡现象



图 2.3-41 2019 年 12 月 6 日遥感图 KA8 西段出现后缘弧形裂缝（图中可见明显滑坡裂缝）

2.湖岸欠稳定段（KA10 段、KA13 段）

该类库段岸坡表层填土层、残积土层层岩层厚度不大，下伏基岩为厚层 N1h 强风化粘土岩，岸坡水下高差较大、地形坡度较陡，湖岸再造形式以塌岸为主，规模不大，局部岸坡地表发生塌落变形。



图 2.3-42KA10 段欠稳定边坡



图 2.3-43 KA13 段欠稳定边坡滑坡拉张裂缝

（二）边坡

露天矿因填挖方形成的裸露边坡，以及其他小型矿山开采堆土等行为形成的矿山边坡，多为粘土和强风化岩构成，土质边坡。由于降雨、施工震动等影响有引发水土流失，甚至边坡崩塌/滑坡的可能。在本次拟修复的矿山范围内，共有 5 处危险性大~中等的边坡有待治理。



图例 ● 地质灾害隐患点危险性大
● 地质灾害隐患点危险性中

图 2.3-44 其他地质灾害隐患点分布图

表 2.3-14 其他地质灾害隐患点特征和危险性评估

类型	编号	坡高 (m)	位置	坡向	坡体形式	不同工况稳定系数		发生可能性	潜在危害程度	危险性
						自然	暴雨极端			
挖方边坡	WF1	3	环湖公路东南向距茂名检察林约160m	S	土质边坡	2.58	1.162	小	中等	中等
	WF2	5	博物馆向西约770m处	WS	土质边坡	1.162	1.022	中等	中等	中等
	WF3	5.5	博物馆向东南向500m	WS	土质边坡	1.888	1.321	小	中等	中等
填方边坡	TF2	5.5	北侧湖岸环湖路		土质边坡	1.223	0.978	大	中等	大
矿山边坡	KS4	3.4	北侧湖岸环湖路东侧	S	土质边坡	3.706	2.594	小	中等	中等



图 2.3-45 露天矿北部油页岩裸露边坡



图 2.3-46 油页岩边坡风化情况



图 2.3-47 高岭土矿坑边坡风化冲蚀情况



图 2.3-48 露天矿北部边坡滑坡陡坎周界



图 2.3-49 露天矿开采区油页岩边坡



图 2.3-50 露天矿北部高岭土矿坑边坡

2.3.4.2 土壤功能退化

茂名的历史遗留废弃矿山均为露天开采，在历史采矿活动和矿山工程建设活动的影响下，矿山表土缺失，经过多年修复后，仍有多处矿坑呈地表裸露状态。由于矿山所在位置距离城区较近，矿山存在垃圾堆放、废土堆场、违规建设等不同程度的损毁和占用情况。

（一）土地资源损毁

(1) 小东江中游矿山土地资源损毁情况

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区域，由于采矿历史遗留问题，造成多处土地资源损毁，呈地表裸露，几乎无覆土，寸草不生的生态环境状况。



图 2.3- 51 露天矿坑湖北侧土地损毁情况 1



图 2.3- 52 露天矿坑湖北侧土地损毁情况 2



图 2.3- 53 露天矿矿坑湖北侧土地损毁情况 3



图 2.3- 54 露天矿矿坑湖北侧土地损毁情况 3 对应现场照片

(2) 鸡公河下游矿山土地资源损毁情况

鸡公河下游矿山土地资源损毁情况主要发生在山和村矿坑。该矿山历史上是煤矿矿山，闭坑停产后作为矿山废弃地闲置多年，被废弃建筑垃圾或废弃土石堆填，造成土地资源损毁。



图 2.3- 55 山和村矿坑土地损毁现场照片



图 2.3- 56 山和村矿坑土地损毁影像图

(二) 土壤破坏

矿山露天开采导致开采区和堆土场土壤丧失，矿区虽近几年来加大修复力度，但是仍然有大量的裸露区域尚未修复，尤其是矿坑周边地区尤为明显。在原

生地质环境中，第三系砂页岩、泥岩、油页岩及第四系泥炭土分布广泛，其中含有大量的腐殖酸、硫化物及有机酸。由于矿山开采造成大量岩土层裸露，岩土层中的硫化物长期暴露与空气中，逐步被氧化，生成大量酸性物质，引起表土酸化，随着雨水的冲刷，这些酸性物质随着径流汇入矿坑，形成酸性积水。

极端的酸性土壤不仅会直接对植物产生毒害作用，为矿区的植被恢复带来了极大的困难，酸性土会导致植物无法有效的吸收土壤中的养分，呈现营养不良的状态。

2022年2月19日在露天矿周边地带9个位点采集25个土壤样品，包括矿区东部裸露边坡、引水渠边坡、周边矿渣、退化草地以及北排土场等不同土壤类型，对采集的土壤样品经过风干、研磨和过筛等预处理后，测定pH和电导率（EC）并进行净产酸量测试（NAG），结果如下表所示。

表 2.3- 152022 年 2 月 19 日采集 25 个土壤样品土壤酸化指标平均值

编号	位置	坐标	pH 值	NAG-pH	NAG (kg·H ₂ SO ₄ /t)	电导率 EC (ms/cm)
1	矿区东部裸露 边坡 1	21°42'46"N, 110°53'27"E	6.22	4.04	13.78	3.36
2	矿区东部裸露 边坡 2	21°42'50"N, 110°53'04"E	3.50	3.35	15.87	1.23
3	油页岩 展示区	21°43'56"N, 110°50'51"E	3.45	2.53	63.51	0.89
4	引水渠边坡	21°43'52"N, 110°50'49"E	2.99	2.94	14.23	0.83
5	矿坑周边残留 矿渣	21°43'48"N, 110°51'21"E	4.28	3.47	13.77	0.09
6	退化草地	21°42'47"N, 110°53'01"E	3.89	3.38	11.75	0.61
7	北排土场 1	21°44'13"N, 110°54'08"E	3.91	3.02	23.01	0.44
8	北排土场 2	21°44'17"N, 110°54'01"E	2.90	2.71	38.89	7.24
9	北排土场 3	21°43'46"N, 110°54'11"E	3.87	3.33	30.71	0.41

结果表明，大部分土壤的 pH 值都在 3~5 之间，属于强酸性土壤。仅有少数耐酸性植物可以在这样的环境下生长，但依旧会面临生长迟缓，易衰老退化等问题。矿区内所有样点的 NAG-pH 在 2.15 至 4.17 之间，具有较强的产酸潜力，进

一步测定 NAG 最小值为 $9.31\text{kg}\cdot\text{H}_2\text{SO}_4/\text{t}$ ，最大值为 $81.37\text{kg}\cdot\text{H}_2\text{SO}_4/\text{t}$ 。NAG-pH、NAG 都是检测土壤是否具有继续酸化可能的指标。当条件合适时，这些潜在酸就有可能变为实在酸，在治理区土壤原本呈现强酸性的背景下进一步加剧其酸化问题，带来更为严重的一系列环境问题。

极端的酸性环境，会加剧土壤中的各类有毒有害重金属的溶出，重金属对生物体具有强烈的毒害作用，且会通过食物链层层累积，最终危害整个生态系统的稳定性；同时，大多数植物适宜生长在接近中性的土壤中，强酸性土壤对植物的生长有强烈的抑制作用，会使植物生长受损，根系萎缩，植被退化，进而导致区域内水土流失，后续极易引发山体滑坡、泥石流等地质安全隐患问题。

2.3.4.3 生物多样性差

（一）植被覆盖度低

矿山露天开采，使地表植被完全丧失。自 2014 年起，茂名市开始持续对露天矿区进行生态修复和人工造林，每年投入大量资金与人员。但人工造林对矿区的生态环境的改造非常有限，植被覆盖情况仍然不容乐观，且面临着植被退化的问题。



图 2.3-57 矿坑周边植被丧失情况



图 2.3-58 边坡植被退化情况



图 2.3-59 矿坑周边草地退化情况



图 2.3-60 矿坑周边植被退化情况

2015 年以来，矿区人工种植示范林共计 478.12 亩（31.87h m²），其中，马占相思-小叶榕示范林 319.25 亩、勒杜鹃林 33.79 亩、风铃林 46.71 亩、宫粉紫荆林 78.37 亩。沿界置路边增加撒播的 3 米宽，7.55km 长的筋钩种子围闭带通过育种撒播（折合面积约 33 亩），但总体效果不明显。恢复建设荷塘 65.2 亩，铺设草坪 3329 m²。目前，露天矿区成活的乔木树种有桉树、马占相思、大花紫薇、黄花风铃木、羊蹄甲，仅马占相思在矿区出现了通过种子萌发的幼树；草本则以外来入侵物种鬼针草，南美虻蜞菊为主，亦生长有少量的芒草、芒箕。

修复区内大面积的速生桉纯林为 2015 年由村民盲目抢种，林地种植密度高，种植之初缺少科学的植被恢复技术指导，树种单一，生长发育不良，历经 8 年，个体胸径多在 10cm 左右，难以促进土壤发育，不利于林下植被的生长和生态系统正常的能量和物质流动。这类林地既无法认定为经济林，也无法认定为碳汇林和水源涵养林，不利于修复区生态系统的质量和功能的提升，需尽快加以改造。

修复区内大片的桉树，林地生长状况不佳。现存的桉树林内不仅其他植物难以在林下生长，许多桉树植株长势不良，整片林地鸟雀难见，生物多样性极低。

桉树密林缺少健康的林地结构，由于对水肥的大量消耗，使得原本贫瘠的土地生态环境更为恶劣，本就结构松散的砂质岩层，水土流失频发，形成多处冲蚀沟。



图 2.3- 61 速生桉林退化情况

（二）生物多样性差

本次拟修复矿山区域生态多样性均较低，生态系统受人工干扰的程度很大。矿坑湖岸及周边大部分的树木为人工种植，物种单一且植被覆盖率不高，土壤酸化未得到控制，土壤肥力较差，植被极易发生退化。岸边水生植物中长有大量诸如鬼针草，南美蟛蜞菊等外来入侵物种。大面积的桉树林和广泛分布的外来入侵物种对生态系统的贡献度很低。

1.河岸带植被

根据《茂名市 2021 年好心湖健康评价报告》中关于植被覆盖调查显示，综合分析国土三调高精度卫星影像成果以及现场复核情况，形成如下图所示的矿坑湖岸线植被覆盖情况。已经覆盖植被的区域出现植被退化现象，原先种植的人工林地、草地等都出现了不同程度的退化状况。

站位 2 的样方内发现水丝蚓属 *Limnodrilussp.*、摇蚊幼虫；水丝蚓属 *Limnodrilussp.* 是在 2 个站位中均有发现的种类。站位 1 的物种极为单一，多样性指数及丰富度指数均为 0，多样性非常低；站位 1 的所有大型底栖生物站位 2 都有存在，2 站位仅比 1 站位多了摇蚊幼虫单种生物。2 个站位的大型底栖生物数量分布情况。

表 2.3- 16 矿坑湖大型底栖生物名录

中文名	拉丁文名
双翅目	Diptera
摇蚊科	Chironomidae
摇蚊幼虫	Chironomid
水丝蚓属	Limnodrilussp.

3. 鱼类

本次调查共记录鱼类 3 种，隶属 2 目，4 科，详见表 1-21，均属于硬骨鱼类。从目级水平分析，其中鲈形目种类最多，共 3 科 3 种，占鱼类总种数的 75%。各站位科级分类阶元物种数重叠度较大。

表 2.3- 17 矿坑湖鱼类名录

中文名	拉丁文名
鲈形目	Perciformes
丽鱼科	Cichlidae
罗非鱼	Oreochromis sp.
鳢科	Channidae
乌鳢	Channa argus
攀鲈科	Anabantidae
攀鲈	Anabastudineus
鲇形目	Siluriformes
鲶科	Siluridae (G.Cuvier, 1816)
土鲶	Silurus asotus

鱼类生态类型方面，从鱼类适盐性分析，本次调查记录纯淡水性的鱼类 2 种，乌鳢和土鲶（50%）；咸淡水性鱼类 2 种（罗非鱼、攀鲈）（50%）。从鱼类栖息水层看，本次调查记录的中下层鱼类有 2 种，占较大优势（50%）；中下层鱼类有 1 种（25%）；中上层鱼类有 1 种（25%）。从鱼类温度适应性来看，本次调查记录的暖水性鱼类有 3 种（75%）；广温性鱼类有 1 种（25%）。本次调查记录的鱼类中，有 1 种为外来入侵物种（25%）。其余 3 种为中国本土物种。因此矿坑湖存在外来鱼类入侵问题。同时，鱼群中没有中国南方水域常见的鲤形目鱼类。

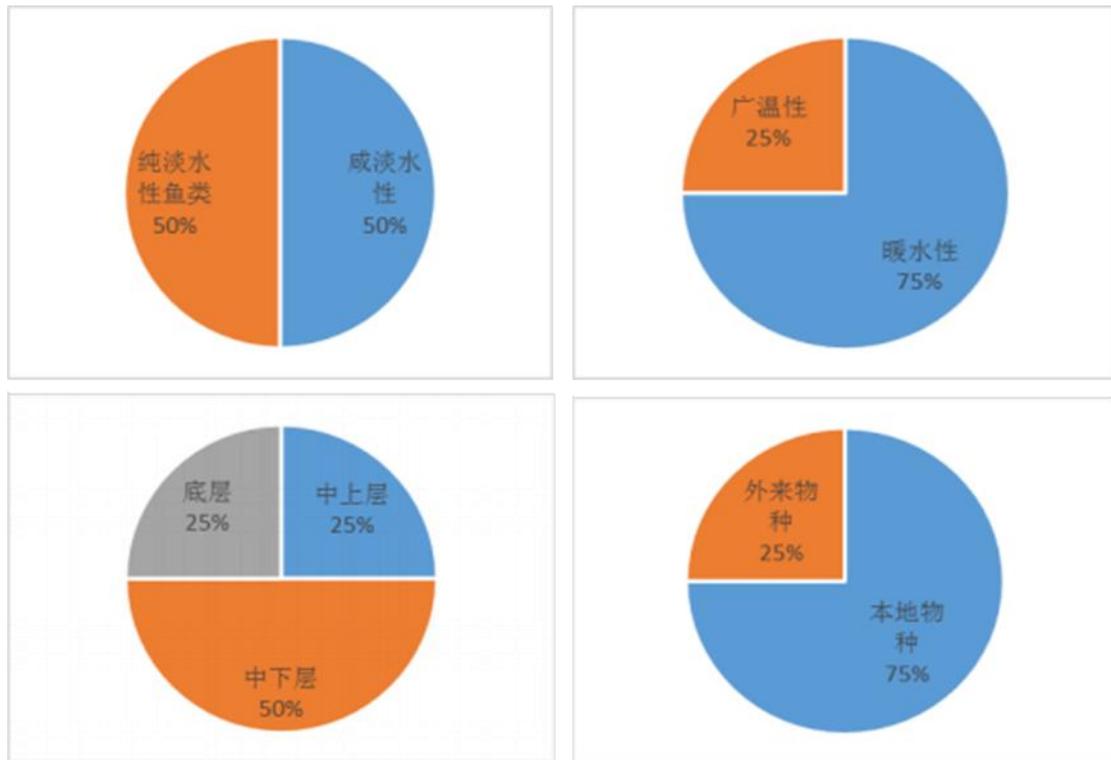


图 2.3- 64 鱼类生态类型（从适盐性、栖息水层、适温性、物种来源分析）

4.水鸟

本次调查共记录鸟类 13 种，隶属 4 目、9 科。各站位出现的种类数波动不大，其中 1 号记录 8 种，2 号记录 10 种。各站位平均种类数为 9 种。从目级水平分析，其中雀形目种类最多，共 6 科 9 种，占鸟类总种数的 69%。从科级水平分析，鹡科种类最多，共 3 种，占鸟类总种数的 23%。其次为鹭科和鹛科，均为 2 种，均占鸟类总种数的 15%，其余科均为 1 种。两个站点检测到站位间种类相似度较低。鹡形目的白鹭和雀形目的白头鹛数量占比有较大优势，数量占比分别为 17.8%和 15.6%。

表 2.3- 18 矿坑湖鸟类名录

中文名	拉丁文名
雀形目	<i>PASSERIFORMES</i>
鹡科	<i>Muscicapidae</i>
鹊鹛	<i>Copsychussaularis</i>
乌鸫	<i>Turdusmerula</i>
长尾缝叶莺	<i>Orthotomussutorius</i>
鹛科	<i>Pycnonotidae</i>
红耳鹛	<i>Pycnonotusjocosus</i>
白头鹛	<i>Pycnonotussinensis</i>
鹡鸰科	<i>Motacillidae</i>

中文名	拉丁文名
白鹊鸽	<i>Motacillaalba</i>
文鸟科	<i>Ploceidae</i>
树麻雀	<i>PassermontanussaturatusStejneger</i>
伯劳科	<i>Laniidae</i>
棕背伯劳	<i>Laniussc 公顷 ch</i>
棕鸟科	<i>Sturnidae</i>
八哥	<i>Acridotherescristatellus</i>
鸛形目	<i>CICONIIFORMES</i>
鹭科	<i>Ardeidae</i>
池鹭	<i>Ardeolabacchus</i>
白鹭	<i>Egrettaarzetta</i>
鸽形目	<i>COLUMBIFORMES</i>
鸠鸽科	<i>Columbidae</i>
珠颈斑鸠	<i>Streptopeliachinensis</i>
佛法僧目	<i>CORACIIFORMES</i>
翠鸟科	<i>Alcedinidae</i>
普通翠鸟	<i>Alcedoatthis</i>

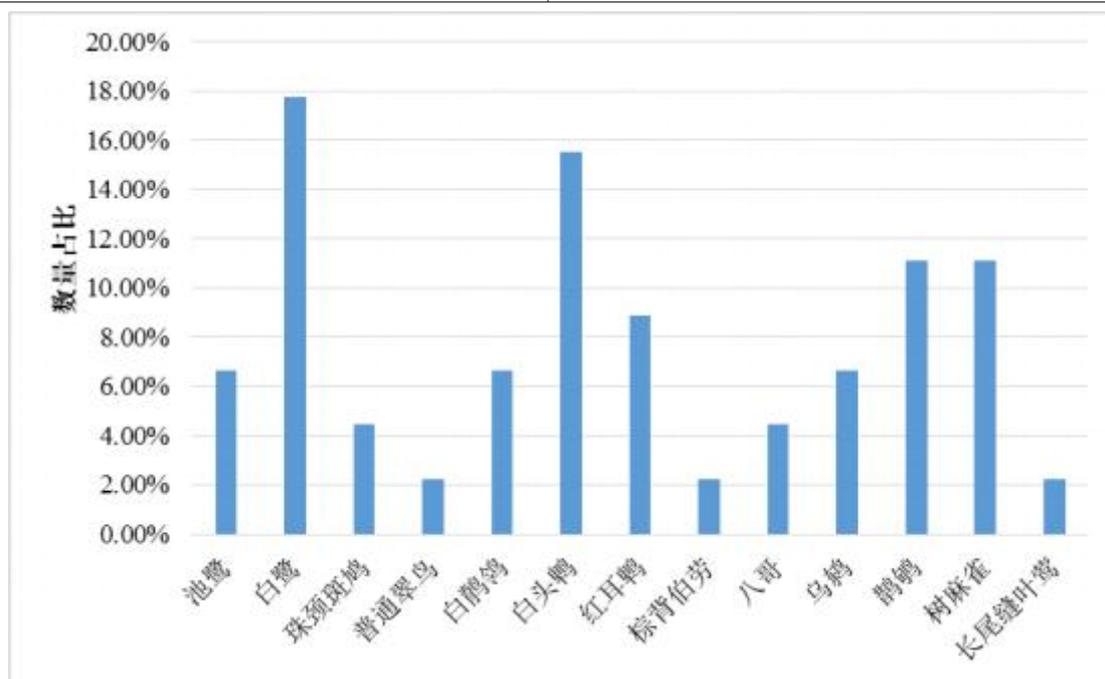


图 2.3- 65 两个站点之间鸟类物种数重叠关系

5.水生植物

本次调查记录矿坑湖维管植物有菊目、石竹目、禾本目、龙胆目、蔷薇目、莎草目等共计 6 目、7 科、13 种植物，详见表 1.3-8。种数排前 3 的优势科为菊科（4 种）、莎草科（3 种）、苋科（1 种）；优势植物 6 种，本土 3 种：荆三棱、断节莎、鸡矢藤；外来及入侵种 5 种：白花鬼针草、假臭草、南美蟛蜞菊、钻叶

紫菀、莲子草。这些外来入侵物种对于生态系统的贡献几乎为 0，会作为优势植物挤占本地植物的生存空间，过量繁殖并消耗环境中的营养物质，导致生态系统中植被单一，周遭环境急剧恶化。

表 2.3- 19 矿坑湖水生植物名录

中文名	拉丁文名
菊目	<i>Asterales</i>
菊科	<i>Asteraceae</i>
假臭草	<i>raxelisclematidea</i>
白花鬼针草	<i>Bidenspilosa</i>
南美虻蜚菊	<i>Sp 公顷 gneticolatrilobata</i>
钻叶紫菀	<i>Astersubulatus</i>
石竹目	<i>Caryophyllales</i>
蓼科	<i>Polygonaceae</i>
水蓼	<i>Humuluscandens</i>
苋科	<i>Amarant 公顷 ceae</i>
莲子草	<i>Alternantherasessilis</i>
禾本目	<i>Poales</i>
禾本科	<i>Poaceae</i>
牛筋草	<i>Eleusineindica</i>
芦苇	<i>Phragmitesaustralis</i>
蔷薇目	<i>Rosales</i>
大麻科	<i>Cannabaceae</i>
葎草	<i>Humulusjaponicus</i>
龙胆目	<i>Gentianales</i>
茜草科	<i>Rubiaceae</i>
鸡矢藤	<i>Paederiascandens</i>
莎草目	<i>Cyperales</i>
莎草科	<i>CyperaceaeJuss.</i>
断节莎	<i>CyperusodoratusLinnaeus</i>
扁穗莎草	<i>CyperuscompressusL.</i>
荆三棱	<i>Bolboschoenusyagara</i>

6.浮游植物

茂名市矿坑湖组成浮游植物的优势物种主要为世界广布种，如蓝藻门、绿藻门、硅藻门、金藻门、黄藻门、甲藻门、隐藻门和裸藻门八个门类的浮游种类。

鱼类多样性从总体上看茂名矿坑湖鱼类群落单一化严重。优势鱼类（罗非鱼、乌鳢、攀鲈）在数量和生物量上占比都较大。通过多样性指数和丰富度指数对各站位及总体进行分析，所表现的鱼类多样性趋势契合度较高。

7.生物多样性总体情况

经初步判断，矿坑湖区域生态多样性差，生态系统受人工干扰的程度很大。矿坑湖岸及周边大部分的树木为人工种植，物种单一且植被覆盖率不高，土壤酸化未得到控制，土壤肥力较差，植被极易发生退化。岸边水生植物中长有大量诸如鬼针草，南美蟛蜞菊等外来入侵物种，此类外来入侵物种对生态系统的贡献度很低，需要重点关注其生长覆盖状况。矿坑湖深层湖水流动性不佳，pH低，大型底栖生物较少，仅有1种节肢动物和1种寡毛类；样性指数及丰富度指数均为0，多样性非常低。鱼类4种，其中鲈形目3种，其中，1种为外来入侵物种罗非鱼。鱼类群落单一化严重，并缺少中国南方水域常见的鲤形目鱼类；物种丰富度指数仅为0.676，多样性指数仅为0.663，物种丰富度水平较弱，生物多样性较低。

鸟类13种，其中，雀形目种类最多，共6科9种，占鸟类总数的69%。鹤形目的白鹭和雀形目的白头鹎为优势种，数量占比分别为17.8%和15.6%。鸟类物种均为城市适应者，丰富度和多样性低。

生物多样性的匮乏会导致生态系统的稳定性差，整体景观较为简单，抗干扰能力弱，如果不持续对矿坑湖内生态系统施加人工调节干预，生态系统难以通过自然演替恢复重建。

2.3.4.4 水土流失严重

（一）水土流失状况

矿区长期的采矿活动导致大部分地表裸露，破坏了土壤的机械稳定性和团聚体结构，自身在很长时间之内都处于一种动态变化的不稳定状态，土壤固结性和透水性较差，抗侵蚀能力较低，在外力的作用下，易产生水土流失。此外，许多区域植被覆盖度低，且修复区内大面积的桉树林不具备蓄水保土的能力，使得拟修复矿山较周边有更高的水土流失风险。

在矿区无植被覆盖的区域，由于长期的雨水冲刷，形成了巨大的冲沟和积水坑，部分冲沟深度逾2m，宽度在3~5m之间。环湖道路旁形成大小沟道侵蚀区超过10处，深0.5~2m不等，并有不断扩大的趋势。与此同时，露天矿湖岸侵蚀严重，尤其是北岸，以每年0.2~0.5m的速度向环湖路逼近，影响道路安全。冲刷进

入水体中的表土导致了湖区的淤积，在不到 8 年的时间内，湖底高程升高超过 10m。此外，雨水混合流失的表土，还造成了矿区水体的进一步酸化，影响水环境安全。

周边林地以桉树林为主，由于林下地表的植被层少，枯枝落叶种类少和层面薄，加上土壤结构的破坏，无法有效控制地表径流冲刷，水土保持功能低下。水土流失的治理，需根据水土流失发生的原因，从水源涵养林建设、湖岸和冲沟侵蚀防治等多个角度开展工作。



图 2.3-66 岸坡冲蚀情况

（二）水土流失原因

修复区内引发水土流失的因素有自然因素，也有人为因素。自然因素有气候、植被、土壤和地形地貌等方面。人为因素主要是土地开发和采矿为主。

1. 气候因素

茂南区降水多、强度大，多年平均降水量 1793mm。降水在时间和空间上分布不均，夏季暴雨集中，历时短、强度大，历年 4~9 月汛期降水量可达全年降水量的 80%，为水土流失的发生提供了侵蚀外营力。一旦植被破坏极易形成严重的水土流失，甚至诱发滑坡、泥石流等山地灾害。

2. 植被

修复区植被覆盖度低，且部分地区大范围种植速生桉，森林生态质量较低，林下植被难以生长，蓄水保土的功能低下，水土流失严重。



图 2.3- 67 桉树林缘冲沟



图 2.3- 68 桉树林下冲沟

3. 土壤

拟修复矿山所在区域的土壤多为水稻土和砖红壤，透水性虽较好，但土层较浅薄。经历历史采矿活动后，表层土壤基本丧失，粉砂层出露，在降雨较大的情

况下，亦易发生强烈侵蚀。

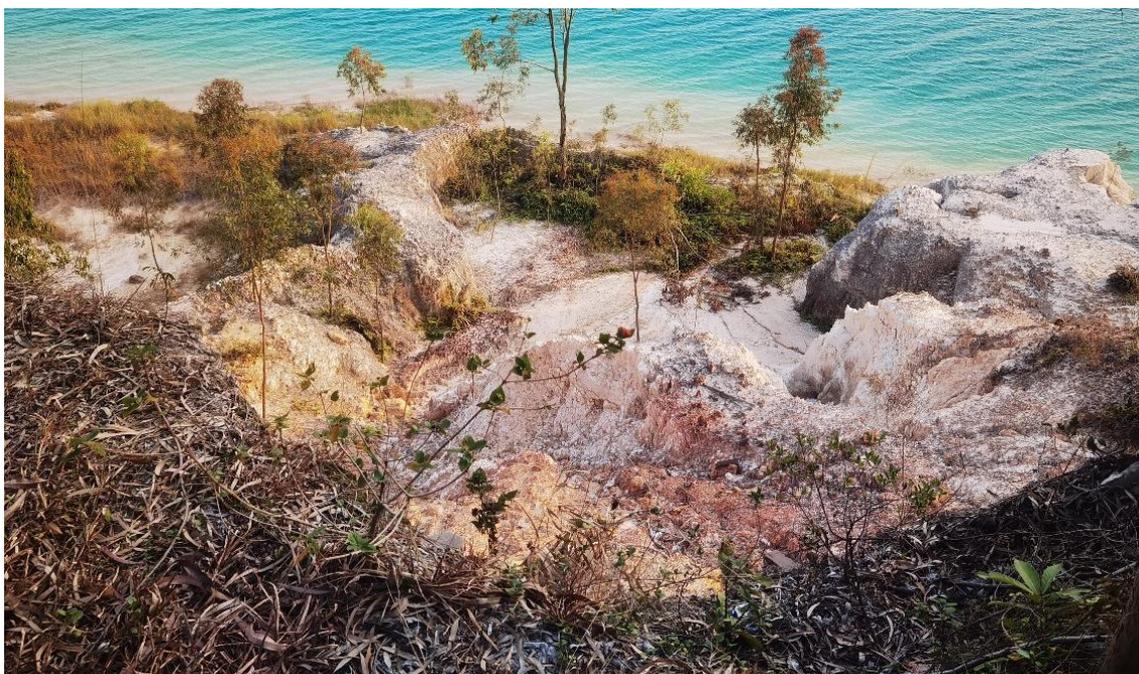


图 2.3- 69 水土流失引发的崩塌边坡



图 2.3- 70 水土流失导致的地表丧失



图 2.3-71 表土冲刷导致水生态系统受损

4. 地形地貌

经过历史采矿活动后，地形发生了巨大变化，形成许多矿坑、裸露的边坡，部分边坡陡直，难有植被附着生长，遇雨水冲刷时，容易发生水土流失。

5. 土地占用

拟修复矿山在停产后土地处于闲置状态，部分土地资源被无序占用，在违规使用过程中，因缺少必要的水土保持措施，导致水土流失的发生。

6. 填挖方

矿山周边道路等基础设施建设的取土遗留地由于未能及时对地表进行水土防护，也导致了水土流失的发生。

水土流失给环境造成了严重的危害，造成土地资源的破坏和损失以及导致生态环境恶化，严重制约着经济和社会的可持续发展。新覆盖的种植土冲刷流失，不利于植被的生长恢复。大量的泥沙也随地表径流进入周边的水体，影响水生植物的生长，导致河湖的淤积。同时，对边坡的冲刷易引发滑坡、塌方等地质灾害的发生，危及道路、房屋等设施 and 人民群众的生命财产安全。在水土流失过程中，大量泥沙沉积在地表面，易发生扬尘，降低空气质量，影响城市景观，不利

于城市的经济和社会的可持续发展。

2.4 与国土空间规划衔接

2.4.1 三调用地现状

三调现状用地农用地占比 88.28%，建设用地占比 10.96%，未利用地 0.22%。农用地主要为林地、水库水面、草地和其他原地，建设用地主要为村庄和公路用地，未利用地主要为湿地和水域及水利设施用地。

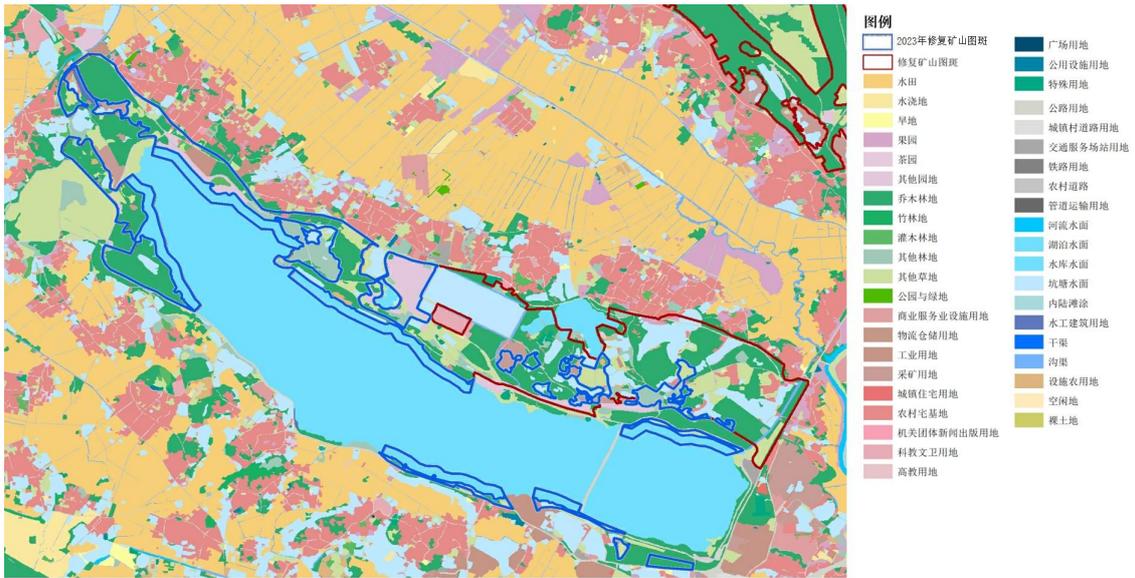


图 2.4-1 小东江中游 2023 年矿山生态修复图斑三调用地现状图

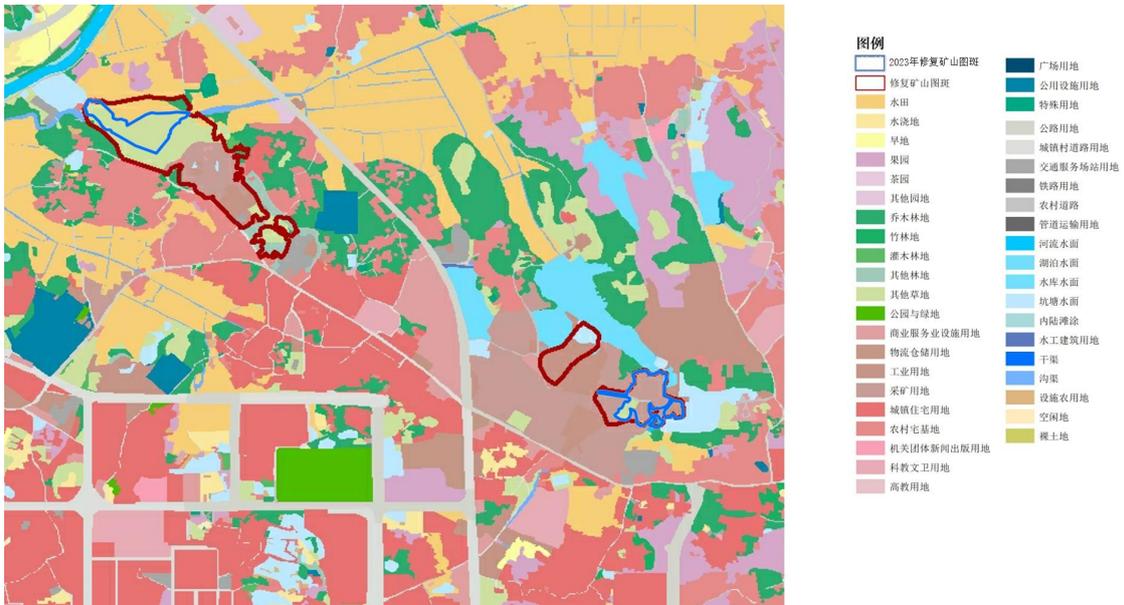


图 2.4-2 鸡公河下游 2023 年矿山生态修复图斑三调用地现状图

表 2.4- 12023 年矿山生态修复图斑三调用地统计表

用地类型			用地面积(公顷)			占比 (%)		
大类	中类	小类						
农用地	耕地	水田	0.06	0.06	209.10	0.03%	0.03%	88.82%
	种植园用地	其他园地	17.51	17.51		7.44%	7.44%	
	林地	乔木林地	76.07	95.30		40.48%	40.48%	
		灌木林地	1.33			0.00%		
		其他林地	17.90			0.00%		
	草地	其他草地	24.60	24.60		10.45%	10.45%	
	交通运输用地	农村道路	2.17	2.17		0.92%	0.92%	
	水域及水利设施用地	水库水面	58.28	68.03		28.90%	29.50%	
		坑塘水面	9.52			0.00%		
		沟渠	0.23			0.00%		
其他土地	设施农用地	1.40	1.40	0.60%				
建设用地	城镇村及工矿用地	村庄	13.35	20.30	8.62%	8.62%	10.96%	
		盐田及采矿用地	6.94		0.00%	0.00%		
	交通运输用地	公路用地	5.30	5.30	2.25%	2.25%		
	水域及水利设施用地	水工建筑用地	0.20	0.20	0.08%	0.08%		
未利用地	湿地	内陆滩涂	0.18	0.18	0.52	0.08%	0.08%	0.22%
	水域及水利设施用地	河流水面	0.17	0.17		0.07%	0.07%	
		湖泊水面	0.18	0.18		0.07%	0.07%	
共计					235.42	100.00%	100.00%	100.00%

2.4.2 与生态保护红线对比

将 2023 年生态修复图斑与生态保护红线进行对比分析，小东江中游 2023 年生态修复图斑大部分位于生态保护红线范围内，鸡公河下游生态修复图斑未涉及生态保护红线。

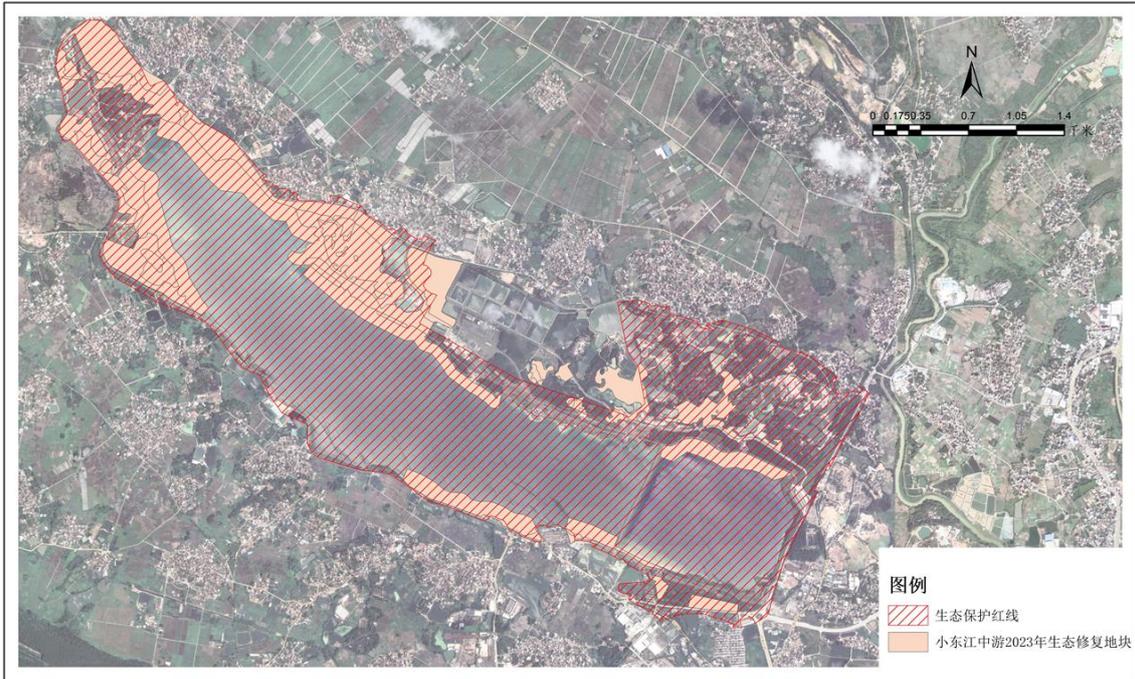


图 2.4-3 2023 年小东江中游生态修复图斑与生态保护红线对比分析图

2.4.3 与永久基本农田对比

将 2023 年茂名市矿山生态修复图斑与永久基本农田进行对比分析，小东江中游 2023 年生态修复图斑、鸡公河下游生态修复图斑均未涉及永久基本农田。

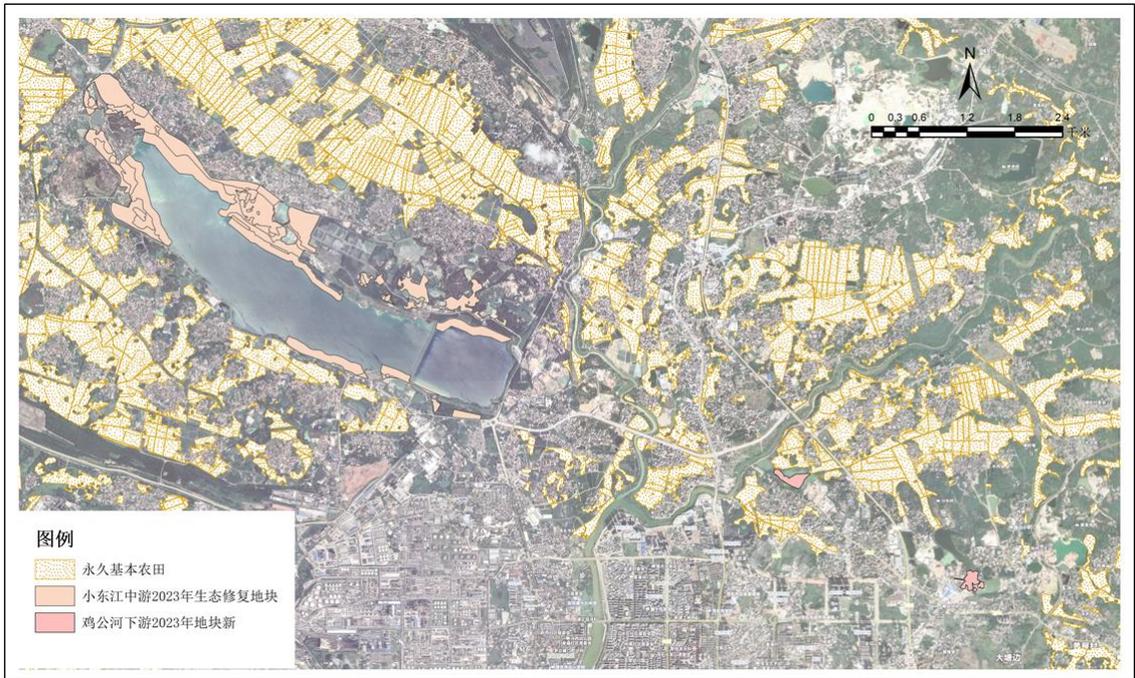


图 2.4-4 2023 年茂名市矿山生态修复图斑与永久基本农田对比分析图

2.4.4 与城镇开发边界及相关规划对比

小东江中游 2023 年生态修复图斑未涉及城镇开发边界。

实施方案中鸡公河下游生态修复图斑部分与茂名市国土空间规划中划定的城镇开发边界重叠，去除重叠部分地块，同时结合“山和村矿”数据边界、茂名市城市规划用地图，综合确定 2023 年鸡公河下游生态修复图斑。

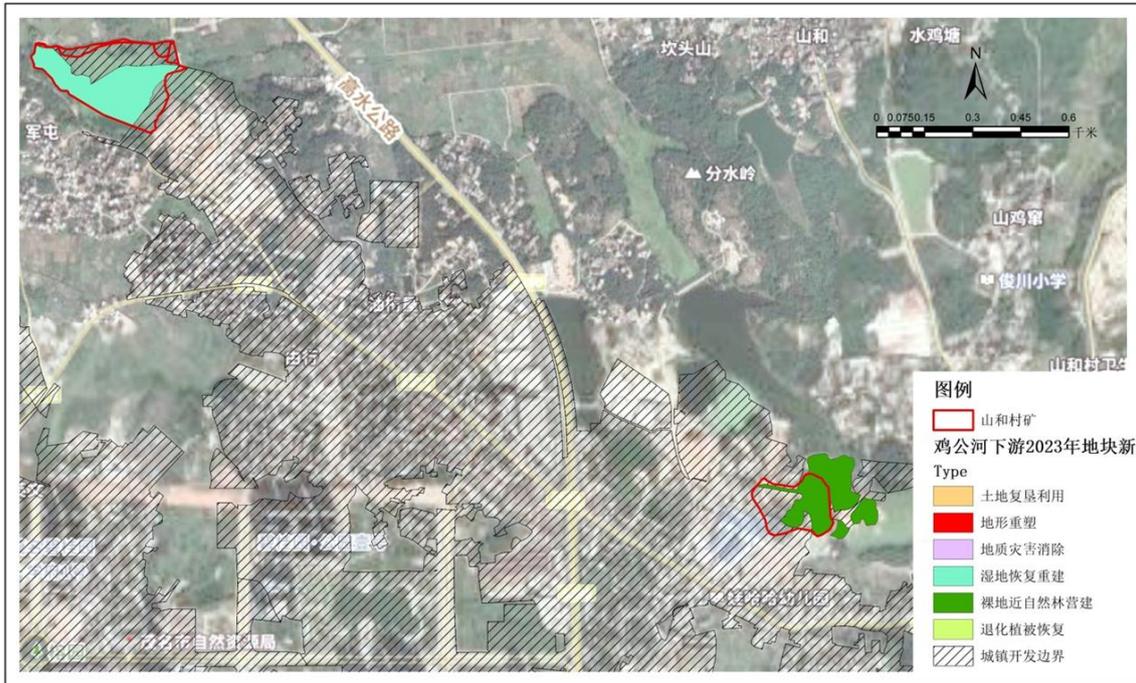


图 2.4-5 2023 年鸡公河下游生态修复图斑与城镇开发边界及山和村矿数据对比分析图

2.5 项目建设可行性与必要性

2.5.1 项目建设可行性

(1) 符合国家、广东省和茂名市发展理念、发展战略的要求

项目建设是对习近平总书记“两山理论”、“生态文明思想”、“山水林田湖草沙生命共同体”等重要指示精神的具体践行，本项目位于南部矿山地质灾害生态保护修复重点区，符合《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021-2035 年）》、《南方丘陵山地带生态保护和修复重大工程建设规划（2021-2035 年）》、《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》、《广东省国土空间生态修复规划（2021—2035 年）》、《广东省重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035 年）》、《茂名市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》、《茂名市国土空间规划（2020-2035 年）》、《茂名市国土整治与生态保护修复专项规划（2020-2035 年）》等相关规划要求。

(2) 政府高度重视，居民积极响应

本项目建设得到茂名市政府、茂名市自然资源局、茂南区政府、茂南区自然资源局的高度重视，省、市、县多级、多部门领导多次调研、考察本项目的选址及实施等情况，并提出宝贵意见，从项目区的选取到实施措施，均进行了详细的调研和分析论证，各级各部门积极支持项目建设，全力配合推动项目建设。本项目建设对改善当地生态环境和人居环境，发展区域经济，带动群众致富及提高生活水平等意义重大，群众认可度及参与积极性较高，得到当地群众积极拥护与大力支持，均表示愿意配合解决好项目用地及投工投劳等任务，全力配合本项目顺利建设，并愿意参与建成后的日常管护工作。

(3) 资金筹措管理有保障

本项目资金来源为中央资金和地方配套资金，茂南区财政局、自然资源局等已制定了资金筹措及使用方案，建立和健全项目建设和资金管理制度，提高资金使用效率，确保工程顺利进行。

(4) 技术手段可行

本工程主要是在调查和充分论证分析的基础上，以改善区域生态环境，保护区域生态安全为最直接目标，治理范围及方案根据项目区实际情况、并结合已有治理经验，协同山、水、林、田、湖、草、沙系统治理，以“绿色生态”为基本原则，坚持防保护优先，治理和修复相结合，以改善保护、修复和治理为根本手段，因地制宜，因病施策，科学合理地进行矿山保护与修复，全面建立建管并重、保护修复优先的治理保护及监督管理相结合的综合治理体系，在满足传统生态环境改善目标的核心效益前提下，兼顾考虑防洪排涝安全、水生态及水文化景提升、人居环境改善、城乡景观容貌提升等综合效益。

2.5.2 项目建设必要性

2.5.2.1 是落实党中央构建国家生态安全屏障推进美丽中国建设精神的重要行动

党中央、国务院高度重视国家生态安全屏障构建，推进美丽中国建设。习近平总书记在二十大报告中深刻指出，大自然是人类赖以生存发展的基本条件，人

与自然和谐共生是中国式现代化的本质要求，尊重自然、顺应自然、保护自然是全面建设社会主义现代化国家的内在要求，必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，推进美丽中国建设，坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，提升生态系统多样性、稳定性、持续性，以国家重点生态功能区、生态保护红线、自然保护地等为重点，加快实施重要生态系统保护和修复重大工程，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。2023年4月10-12日，习近平总书记第四次到广东考察强调，要坚持绿色发展，一代接着一代干，久久为功，建设美丽中国，为保护好地球村做出中国贡献。考察释放出鲜明的信号：立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展。

开展历史遗留矿山生态修复是践行习近平新时代中国特色社会主义思想、推动生态文明建设的重要实践，是贯彻落实党的二十大精神的具体举措，是实施《广东省重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021-2035年）》（以下简称《省双重规划》）、推进绿美广东生态建设的重要内容。省委、省政府高度重视，在《中共广东省委关于深入推进绿美广东生态建设的决定》工作方案、《省双重规划》和省政府民生实事等重要文件中专门部署历史遗留废弃矿山生态修复工作。

2.5.2.2 是推进绿美广东生态建设的部署的必要组成部分

2022年10月27日，广东省自然资源厅、广东省发展和改革委员会印发《广东省重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021-2035年）》，明确了依据国家下达任务治理历史遗留矿山的要求，将矿山生态修复作为广东省生态保护和修复的重点任务，积极推进重点区域矿山生态修复，改善地质环境、治理土壤污染、重建矿区植被，恢复矿山生态。《省双重规划》将茂名市历史遗留废弃矿山生态修复列为生态保护和修复重大工程，给予了极大的关注。

2023年2月28日，《中共广东省委关于深入推进绿美广东生态建设的决定》发布，《绿美广东决定》要求深入贯彻习近平生态文明思想，牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，深入推进绿美广东生态建设，推动广东省高质量发展。《绿美广东决定》中明确提出，实施城乡一体绿美提升行动，开展历史遗留矿山生态修复，让山体重披绿装、重展绿颜；优化重要生态区域低效林的林分结构，持续改善林相，提升林分质量，调整和优化树种林种结构，营造高质高

效乡土阔叶混交林，提升森林生态效益；推进湛茂阳森林城市圈建设。

2023年4月，广东省自然资源厅广东省林业厅印发了《关于加强历史遗留矿山生态修复推进绿美广东生态建设的通知》（以下简称《加强矿山修复通知》），特别强调“开展历史遗留矿山生态修复，让山体重披绿装、重展绿颜”。自然资源部《“十四五”历史遗留矿山生态修复行动计划》和《广东省历史遗留矿山生态修复实施方案（2023-2025年）》都明确了广东省历史遗留矿山生态修复任务目标。要求各地要深刻认识历史遗留矿山生态修复的重要意义，认真贯彻落实党中央决策部署和省委工作要求。《关于加强历史遗留矿山生态修复推进绿美广东生态建设的通知》要求，根据自然资源部核定历史遗留矿山图斑本底数据，因地制宜找准矿山生态修复问题和方向，充分衔接国土空间规划和相关专项规划，按照重要生态系统空间格局，从生态系统整体性出发，分区统筹部署矿山生态修复工程，促进区域生态系统治理提升。统筹造林绿化和历史遗留矿山生态修复工作。要求各地要将历史遗留矿山生态修复和植树造林结合起来，按照绿色发展导向和高质量发展要求，统筹用好各类支持资金，积极争取中央、省级、地方财政、地方债等支持，主动对接绿色金融、公益基金、保险、农业担保等，探索社会资本参与矿山生态修复模式。

2.5.2.3 是加快形成智慧茂名的具体落实

2023年3月，茂名市结合实际制定《茂名市深入推进绿美茂名生态建设行动方案》，进一步明确了绿美茂名生态建设的思路举措，突出茂名生态本底优势，推动茂名高质量发展。

2023年4月，习近平总书记在茂名考察时强调“广东是改革开放的排头兵、先行地、实验区，在中国式现代化建设的大局中地位重要、作用突出”；茂名是“三区四带”中南方山地带和海岸带的重要交汇点，作为粤西生态发展区的中坚力量，茂名肩负着服务全省高质量发展大局、为全省构建新发展格局提供重要生态支撑的使命任务。历史遗留废弃矿山生态修复以流域为整体考虑，以加强陆海统筹、山海共济为目标，强化流域的生态环境保护。2023年是深入推进绿美广东生态建设的开局之年，为全面落实省委深入推进绿美广东生态建设的部署要求，2023年3月，茂名市结合实际制定《茂名市深入推进绿美茂名生态建设行动方

案》，进一步明确了绿美茂名生态建设的思路举措，突出茂名生态本底优势，推动茂名市高质量发展。

根据茂名市自然资源局印发的《茂名市矿产资源总体规划(2021-2025年)》一文中提到的加强矿山地质环境保护，坚持“谁开发、谁保护，谁破坏、谁治理”，督促科学编制并严格实施矿产资源开发利用方案、环境影响评价报告、矿山地质环境保护与土地复垦方案等，建立矿山环境治理恢复基金制度，实现边开采、边治理、边复垦绿化，切实履行矿山地质环境治理恢复和土地复垦义务。加大矿山“三废”治理与环境监测，督促矿山落实污染防治措施，对违反污染防治相关法律法规的，依法依规予以严惩。

2.5.2.4 是改善茂名生态环境，防治地质灾害等安全事故发生的重要手段

矿区由于矿山开采和填挖方建设，形成诸多裸露的岩土边坡、危岩体等，岸坡在雨水冲刷和湖浪掏蚀作用下持续退后，矿山地质环境遭到破坏。由于边坡陡且无任何安全阻隔措施，加之废弃矿渣具有结构松散、孔隙度大、力学强度低的特点，因此在恶劣天气情况下，边坡易发生地质安全隐患。

另外，项目范围内存在土壤功能退化、植被生长状况不佳、水土流失严重等环境问题，通过本项目的实施，可以改善土壤环境，改善植被生长状况，同时增加项目区内生物多样性，较少水土流失的发生。

综上，项目的建设是十分有必要的。

第3章 项目需求分析与产出方案

3.1 需求分析

3.1.1 总体需求分析

（一）国家历史遗留废弃矿山生态修复总体需求分析

历史遗留废弃矿山生态修复工作是生态文明建设和生态环境保护的重要内容，党中央、国务院对此高度重视。开展历史遗留废弃矿山生态修复工作，是落实党中央构建国家生态安全屏障，推进美丽中国建设精神的重要行动。

开展历史遗留矿山生态修复是践行习近平新时代中国特色社会主义思想、推动生态文明建设的重要实践，是贯彻落实党的二十大精神的具体举措，是实施《广东省重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035年）》、推进绿美广东生态建设的重要内容。省委、省政府高度重视，在《中共广东省委关于深入推进绿美广东生态建设的决定》工作方案、《省双重规划》和省政府民生实事等重要文件中专门部署历史遗留矿山生态修复工作。

因此，从国家层面来说，亟需加强顶层设计，全面提升历史遗留废弃矿山生态修复支撑能力，提升减污降碳基础能力，推动矿山生态环境监管水平向数字化、智能化转型，健全排放源统计调查、核算核查、监管制度。推动历史遗留废弃矿山修复，围绕矿山开采后产生的环境及社会、生态问题，明晰问题成因及应用技术需求，识别现有技术短板和治理需求，进一步提升历史遗留废弃矿山的生态环境，进一步贯彻落实《“十四五”历史遗留矿山生态修复行动计划》等规划文件的要求。

（二）茂名历史遗留废弃矿山生态修复总体需求分析

近年来，广东省开展的生态保护修复项目作为打造人与自然和谐共生的典范受到社会广泛关注。由广东省自然资源厅和自然资源部国土整治中心指导，省土地开发整治中心主办，厅事务中心协办，省国土空间生态修复协会承办的广东省第二届国土空间生态修复十大范例评选结果2022年4月26日正式揭晓，广东省自然资源厅通报第二届国土空间生态修复十大范例评选结果，茂名市油页岩矿区

矿山地质环境治理项目上榜。

根据实地调查，茂名市矿山地质灾害类型主要以崩塌为主。根据矿区地形、地貌、自然环境及地质、采矿条件的不同，地表塌陷对土地环境的影响可分为三类：①丘陵山地塌陷地；②中、低潜水位平原塌陷地；③高潜水位平原塌陷地。矿山地质环境问题是矿山开采占用和破坏土地资源。截至 2018 年 5 月底，其中电白区 31 座矿山占用与破坏各类土地总面积 2.15k m²。矿业开发占用与破坏土地类型主要为林地和其他用地。由于土质被破坏，已经影响与破坏含水层、规划区地下水类型为松散岩类孔隙水、基岩裂隙水两大类，主要靠降雨和地表滞水渗入补给。且矿山附近主要以露天开采为主，因此地形地貌景观遭到破坏、主要表现在开采形成的采坑、废石堆、排土场以及工业场地等对地貌景观的破坏。根据《矿山地质环境调查评价规范》（DD 2014-05），地形地貌景观破坏严重的有 16 个矿山，破坏较严重的有 10 个矿山和破坏较轻的 5 个矿山。

加快茂名历史遗留废弃矿山生态修复，解决因为矿山开采造成的水土流失、土壤破坏、植被覆盖率低等问题。采取一矿一策的治理原则，有针对性的选择适合的治理措施，让茂名历史遗留废弃矿山生态修复成为全国的样板工程。

（三）数字赋能，智慧矿山生态修复监测需求分析

《南方丘陵山地带生态保护和修复重大工程建设规划（2021-2035 年）》提出，实施矿山地质安全隐患防治工程，加强地面塌陷综合治理，开展矿山地质安全隐患监测预警。实施综合治理，减少水土流失，加强地下水系统保护，提高矿区水土保持和水源涵养功能。《茂名市矿产资源总体规划(2021-2025 年)》一文中提到的加强矿山地质环境保护，加大矿山“三废”治理与环境监测，督促矿山落实污染防治措施，对违反污染防治相关法律法规的，依法依规予以严惩。

矿山生态修复需要从现状到监管评估及未来“双碳”管控的全闭环监测管理，基于生态现状的范围可查、实施区域可看、管理流程可溯、实施效果可评的生态修复全业务链管理，助力生态修复项目可视化全周期管理。用遥感影像检测识别、训练校准、分析预警和数据可视化分析等技术手段，推进实现生态修复动态智能自动监测，提高生态修复工程项目管理效益和修复成效。

3.1.2 业务需求分析

3.1.2.1 推进历史遗留废弃矿山生态修复

加强历史遗留废弃矿山开采边坡综合整治、土地复垦、地形重塑、地质灾害治理、水资源修复、生态植被重建，恢复矿区生态环境。探索矿山+生态园区、矿山+休闲矿山+特色文化小镇+美丽乡村、矿山公园等修复模式，有效改善矿区周边群众生产生活生态环境。到2025年，历史遗留矿山土地复垦率达60%以上。

3.1.2.2 增强地质灾害综合防治能力

坚持人民至上、生命至上，落实两个坚持、三个转变，充分依靠科技进步和管理创新，加快推进地质灾害防治工程，强化地质灾害防治，保障人民群众生命财产安全。

3.1.2.3 常态化开展生态环境资源监测

实施卫星遥感动态监测，利用卫星遥感影像比对，开展土地利用在内的各类自然资源变化情况监测。根据需要组织开展应急监测。实施多源数据综合监测，多角度、多层次分类划定监测网格区，综合应用光学卫星遥感、雷达、无人机等多源数据对重点区域和重点对象开展精细化综合监测，探索开展自然资源固碳家底监测。

3.2 建设内容和规模

3.2.1 建设原则

本次实施方案，“保护优先，综合施策”“突出重点，问题导向”“科学管理，永续利用”和“深化改革，多元投入”四个原则，提出切实可行的工作方案，对于可自然恢复的，以自然恢复为主，人工修复为辅；对于需采取工程修复的，宜建则建、宜田则田、宜林则林、宜水则水。将历史遗留废弃矿山生态修复与山水林田湖草生态保护修复等有机结合，统筹部署、系统修复、综合治理。

3.2.1.1 保护优先，综合施策

坚持尊重自然、顺应自然、保护自然，根据江河源区、自然山系的生态系统

特征和演替阶段，实施整体保护、综合治理、系统修复、防治并重，精准提升生态系统质量和稳定性，增进民生福祉，引领生态建设高质量发展。

3.2.1.2 突出重点，问题导向

坚持问题导向、目标导向，以国家重点生态功能区、生态保护红线、自然保护区等为重点，识别和解决一批关键核心生态问题，重点突破促进自然生态系统整体改善。

3.2.1.3 科学管理，永续利用

充分认识自然资源的生态、经济、社会等多重价值，在确保自然生态系统质量、功能和稳定性前提下，统筹资源可持续利用，推动绿色生态产业发展，实现巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接。

3.2.1.4 深化改革，多元投入

深化生态文明体制改革，推进集体林权制度改革，健全各类市场主体参与生态工程建设的体制机制，创新多主体参与、多元化投入的建管模式，引导调动全社会参与生态保护修复。

总体而言，本次茂名历史遗留废弃矿山生态修复项目具有如下特点。

安全性：矿上边坡本身就存在高风险的崩塌可能性。制定地块矿山修复方案要确保修复工程实施安全，防止对施工人员、周边人群健康及生命安全造成危害和二次污染。

科学性：采用科学的方法，根据不同地块基本地质性质，例如，油页岩或高岭土，分别制定修复目标、修复技术的选取。并同时考虑处理效果、修复时间、修复成本、修复工程的环境影响等因素，制定修复方案。

可行性：制定的修复方案合理可行，茂名矿山修复前期工作的基础上，针对地块的边坡性质、稳定程度、风险范围以及对人民生命财产潜在的危害程度。合理选择工程修复技术，因地制宜制定修复方案，使修复目标可达，且修复工程切实可行。

3.2.2 建设目标

3.2.2.1 总体建设目标

本项目重点集中在矿山生态问题相对集中连片、矿山生态修复效果容易显现、典型代表性强的历史遗留废弃矿山区段，聚焦历史遗留废弃矿山的地质灾害、土地损毁、水土流失、植被破坏和生物多样性不足等核心问题，构建茂名市油页岩-高岭土型历史遗留废弃矿山生态修复“监测评估-问题识别-技术研究-生态修复”的技术创新和一体化创新链条，形成地质灾害防治、地形重塑、土壤重构、植被重建、土地复垦、跟踪监测等核心工程，形成树种丰富、结构优化、品质优良、林相美丽、质效显著的多功能森林，打造以油页岩和高岭土为全国特色的好心湖生态修复示范区、城郊矿山废弃地生态修复产业带动型示范区、特色矿山生态修复成效数字监测评估示范区。

3.2.2.2 具体建设目标

3.2.2.2.1 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）建设目标

采用岸坡防护松木桩-石笼网组合植生挡土墙的技术方法，通过石笼网、松木桩、碎石层、反滤土工布和土工格栅配合，形成结构整体稳定性好，能够抵抗岸坡所受的水力冲刷，对岸坡能起到较好的防护作用的基础结构；对不稳定斜坡进行整形，对采矿遗留的残山进行表面整形或将其整体清除，为后续植被重建创造条件；设计截排水工程拦截地表水、疏排地下水，减少坡面雨水表土冲刷；通过人为构造和培育土壤，使得后续的生态重建过程中，植物能有基本的存活条件；在地貌重塑、土壤重构基础上，依据参照生态系统，充分考虑植被适宜性，开展植被重建，打造树种丰富、结构优化、品质优良、林相美丽、质效显著的多功能森林，实现“碳汇四个多样性”。

3.2.2.2.2 鸡公河下游矿山生态修复子项目建设目标

通过人为构造和培育土壤，对土壤结构、肥力、活力改良和微生物抑酸，使得后续的生态重建过程中，植物能有基本的存活条件；应用容器苗+植生袋的方法，克服当地土壤不易种植的缺点，改造土壤等环境条件；通过选择当地乡土树

种，直接种植顶极群落乔木层的优势种幼苗及灌木层的优势种幼苗的“模拟自然”的技术和手法，超常速建造高碳汇地带性森林，建立近自然林群落结构完整、物种多样性丰富、生物量高，演替时间短的生态系统。

3.2.2.2.3 生态修复跟踪监测子项目建设目标

对小东江中游生态修复单元、鸡公河下游生态修复单元，开展地质稳定性、水质环境、土壤环境、水土保持、碳源汇监测、地形地貌景观、生物多样性、卫星和航空遥感监测，以监测采集和控制为基础，对该项目进行跟踪监测，包括本底值监测、施工期监测、验收监测及治理后长期监测，搭建矿山生态修复智能综合监管平台，实现自动化和信息化工程管理，满足茂名历史遗留废弃矿山修复示范工程长期安全、稳定、可靠运行的需求，为后续生态环境改善，以及日常管护、长效保持、绩效考核等提供信息化抓手。

3.2.3 2023 年项目实施范围

2023 年，项目实施范围为小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目范围。本年度修复范围包括 18 个矿山点图斑及其对应的监测工程，总面积 235.42 公顷。

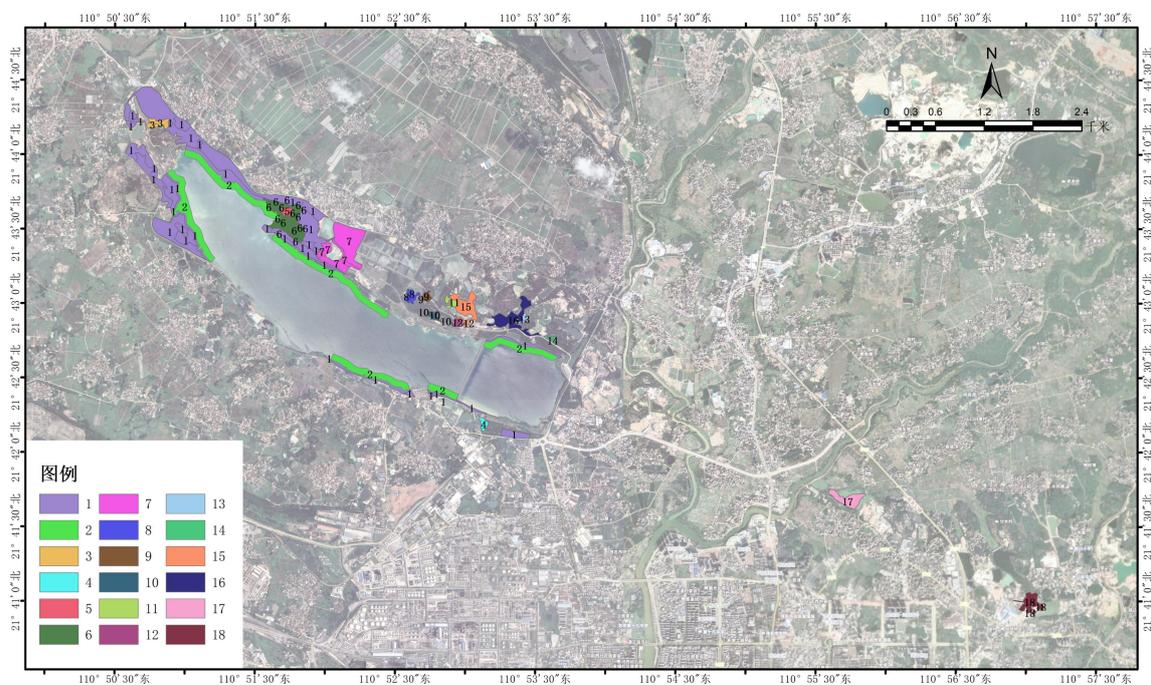


图 3.2-1 矿山生态修复图斑编号分布图

3.2.3.1 2023 年小东江中游矿山生态修复子项目（一期）实施范围

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）邻近茂名市中心城区，修复图斑分布环绕露天矿坑湖，提升小流域水土保持功能是该子项目的核心治理目标。

2023 年度，实施范围为好心湖沿湖不稳定边坡、西北部所有图斑和东北部沿路两旁裸地，计划修复矿山点图斑 16 个，总面积 226.43 公顷。

3.2.3.2 2023 年鸡公河下游矿山生态修复子项目实施范围

鸡公河下游矿山生态修复子项目位于茂名市中心城区东北角，土地资源修复、水土流失治理和生态环境改善是本次治理的主要目标。

2023 年度，实施范围为雄鹰矿坑湿地修复和山和村矿坑裸地修复，计划修复矿山点图斑 2 个，总面积 8.96 公顷。

3.2.4 建设内容及规模

2023 年总体建设内容包含小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目矿山生态修复子项目和生态修复跟踪监测子项目。本年度生态修复主要为治理历史遗留矿山图斑数 18 个，面积 235.42 公顷，地质灾害防治工程 74.65 公顷，地形重塑工程 1.54 公顷，土地复垦利用工程 1.12 公顷，裸地近自然林营建 56.13 公顷，湿地恢复重建 12.13 公顷，低效林提质增效 89.85 公顷。

3.2.4.1 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）邻近茂名市中心城区，修复图斑分布环绕露天矿坑湖，提升小流域水土保持功能是该子项目的核心治理目标。

2023 年度图斑修复总面积 226.43 公顷。其中，地质灾害防治工程：74.65 公顷；地形重塑工程：1.54 公顷；湿地恢复重建 7.49 公顷；土壤重构工程：142.75 公顷，其中裸地近自然林营建 51.79 公顷；低效林提质增效 89.85 公顷；土地复垦利用：1.12 公顷。

地质灾害防治工程：铁丝挂网 5000m²；土方平整 55000m³；土方平衡（20km）30000m³；松木桩 6000m；注浆 400m³；人工清理危岩 5000m³；爆破危岩 8000m³；石方平衡（10km）10000m³；耐酸腐聚酯石笼/镀锌耐酸腐钢丝石

笼 33000m³；装石笼 33000m³；草籽喷播 55000m²。

地形重塑工程：抛石换填 6000m³；土方平衡（10km）1300m³；乔灌木植被护坡 1000m²；截水沟 300m。

土壤重构工程：结构改良 200000m³；肥力改良 200000m³；活力改良 200000m³；微生物抑酸 200000m³。

土地复垦利用：土方分层填筑 5600m³；种植土换填 5600m³；乔木种植 2240 m²；灌木种植 3360 m²；草本植物种植 5600 m²。

低效林提质增效：土方分层填筑 10000m³；土方平衡（2km）10000m³；种植土换填 10000m³；造型机塑造 40000 m²；造林地清理及挖穴整地 62000 m²；客土回填 4500m³；容器苗栽植 62000 m²；容器苗养护 62000 m²。

湿地重建：挺水植物种植 8000 m²；苗木种植 150 株；苗木养护 150 株；清淤 2400m³；耐酸蚀钢管桩 2500m；重物抛锚 500 套；浮床安装 3500 m²。

裸地近自然林营建：土方分层填筑 50000m³；土方平衡（2）50000m³；造型机塑造 120000 m²；容器苗栽植 280000 m²；容器苗养护 280000 m²。

3.2.4.2 鸡公河下游矿山生态修复子项目

鸡公河下游矿山生态修复子项目位于茂名市中心城区东北角，土地资源修复、水土流失治理和生态环境改善是本次治理的主要目标。年度修复总面积 8.96 公顷。其中，土壤重构工程：4.33 公顷，裸地近自然林营建区域需进行土壤重构；裸地近自然林营建：4.33 公顷。湿地恢复重建：4.63 公顷。

土壤重构工程：结构改良 100000m³；肥力改良 100000m³；活力改良 100000m³；微生物抑酸 100000m³。

裸地近自然林营建：土方分层填筑 80000m³；土方平衡（2）55000m³；造型机塑造 118000 m²；容器苗栽植 100000 m²；容器苗养护 100000 m²。

湿地恢复重建：土方分层填筑 40000m³；原土转运（2km）40000m³；换填种植土 15000m³；造型机塑造 28000 m²；土方开挖 8000m³；混凝土透水砖 1200 m²；块石垫层 2000m³；碎石垫层 2000m³；种植湿地植物 2500 株；管道给排水施工 40 项。

3.2.4.3 生态修复跟踪监测子项目

在小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区，建立地质稳定性实时监测站 4 处、固定式测斜仪 6 套、拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计 6 套、实时视频监控系统 2 套、实时雨量计 1 套、水质环境监测点 4 处、土壤环境监测点 6 处、水土保持监测点 4 处、地质灾害监测点 6 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 4 处。

在鸡公河下游矿山生态修复子项目，建立水质环境监测点 2 处、土壤环境监测点 3 处、水土保持监测点 2 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 2 处。

在鸡公河下游矿山生态修复子项目区，建立水质环境监测点 2 处、土壤环境监测点 3 处、水土保持监测 2 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 2 处。

矿山生态修复遥感数据采集与处理，包括针对图斑区及周边流域及区域不低于 30 平方公里范围内，开展遥感和无人机监测。

矿山生态修复智能综合监管平台包括矿山生态修复立体监管系统、矿山修复监测评估系统、矿山生态修复应用支撑中心、矿山生态修复数据中心四部分。

第 4 章 要素保障

4.1 土地要素保障

本项目建设过程中，所有用地均为临时占用，且不侵占基本农田，不涉及生态保护红线，建设完成后所有用地均会恢复，不需要另行征地，对项目所在地土地利用类型不产生影响。

4.2 资源环境要素保障

根据茂名市生态环境局发布的茂名市生态环境质量年报简报（2022 年），茂名市生态环境保护工作坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入学习贯彻党的二十大精神，全面贯彻习近平生态文明思想和习近平总书记对广东系列重要讲话、重要指示批示精神，认真落实党中央、国务院决策部署及省委、省政府工作要求，牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念，高标准深入打好污染防治攻坚战，持续推进生态环境治理体系和治理能力现代化。

城市空气方面，2022 年，茂名市空气质量为优的天数有 233 天，良的天数 122 天，轻度污染天数 10 天，空气质量优良率 97.3%。二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、可吸入颗粒物（PM₁₀）和一氧化碳（CO）年评价浓度分别为 11 微克/立方米、12 微克/立方米、35 微克/立方米和 0.9 毫克/立方米，均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中一级标准限值；臭氧（O₃）和细颗粒物（PM_{2.5}）年评价浓度分别为 138 微克/立方米和 19 微克/立方米，均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值。降尘年均浓度值为 2.34 吨/平方千米·月，低于广东省 8 吨/平方千米·月的标准限值。与上年相比，城市空气质量有所改善，空气质量综合指数下降 4.4%。通过空气污染指数分析显示，全年影响城市空气质量的首要污染物是臭氧，其次为 PM_{2.5}。

城市降水方面，2022 年茂名市全市 5 个降水测点共采集降水样品 260 个，pH 值年均值 6.56，没有监测到酸雨。与上年（6.52）相比，全市 pH 均值上升了 0.04 个 pH 值单位，没有监测到酸雨。

饮用水源方面，按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）评价，2022

年茂名市区 4 个地表水水源地水质均达到 II 类标准，饮用水源地水质达标率为 100%。饮用水源地水质保持稳定达标。

江河方面，按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）和《地表水环境质量评价办法（试行）》评价，2022 年茂名市 3 条主要江河的 19 个常规监测断面中，II 类水质断面 9 个，占总断面数 47.4%；III 类水质断面 8 个，占总断面数 42.1%；IV 类水质断面 2 个，占总断面数的 10.5%。

湖库方面，按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）评价，2022 年全市监测 2 个湖库：高州水库（包括石骨水库、良德水库）、罗坑水库。高州水库（石骨水库和良德水库）、罗坑水库水质类别均为 II 类，水质状况属优，均达到 II 类水质目标要求。2022 年高州水库营养状态指数为 33.7（其中石骨水库和良德水库营养状态指数分别为 33.0、31.9），属于中营养状态；罗坑水库营养状态指数为 36.5，属于中营养状态。

入海河流方面，按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）评价，2022 年全市开展常规监测的入海河流（2 个断面）：寨头河（寨头河出海口断面）、关屋河（电力局排海口断面），关屋河、寨头河水质类别均符合 III 类标准，水质状况良好。与上年相比，关屋河（电力局排海口断面）、寨头河（寨头河出海口断面）水质状况均有所好转。

近岸海域环境质量方面，2022 年，茂名市近岸海域海水水质监测点位 10 个（国控点位）。采用面积法评价，茂名市近岸海域水质优良（一、二类）面积占比 99.4%。非优良点位主要是博贺港。一类海水面积占比 88.5%，二类占比 10.9%，三类占比 0.5%，四类占比 0.1%，没有劣四类水质。优良（一、二类）面积占比为 99.4%。

声环境质量方面，2022 年茂名市城市区功能区声环境监测昼间达标率为 95%，夜间达标率为 100%，城市功能区声环境质量保持稳定。各类功能区声环境监测点的达标率分别为：1 类区昼间为 100%，夜间为 100%；2 类区昼间为 100%，夜间为 100%；3 类区昼间为 75%，夜间为 100%；4 类区昼间为 100%，夜间为 100%。

本项目建设过程中，降低能耗和碳排放强度，取水量、能耗、碳排放强度和

污染减排指标均满足污染减排指标控制要求。

4.3 组织要素保障

本项目由茂南区自然资源局负责建设，对广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目建设工作进行战略化、规范化指导，保证项目调研、前期申报、招投标、建设、推广应用等工作的有效实施，科学合理的项目决策管理组织为本项目建设提供了有力的组织保障。

4.4 技术要素保障

本项目建设过程中，综合考虑地质灾害防治、地形重塑、土壤重构、植被恢复等多个方面的技术手段和方法，技术保障可以帮助确保修复项目的可行性、可持续性和成功实施，不断增强创新的意识，营造项目实施新技术、新工艺的培育土壤和环境，以提升本项目科学的技术管理水平，最后达到提高项目质量之目的。

4.5 资金要素保障

本项目资金全部为中央预算投资，建立透明、规范的资金管理机制，包括编制详细的资金使用计划、资金使用情况、建立风险管控机制等，确保资金用于修复项目本身，并防止资金的滥用或浪费。

4.6 效益要素保障

本项目建立完善的效益监测和评估机制，调整措施来最大化修复效果，全面了解项目的效益，综合考虑环境、社会和经济效益，并通过科学规划和监测评估来确保项目的效益达到预期目标。

4.7 安全要素保障

通过建立健全的安全体系，定期检查安全设施以及工作环境，确保符合标准并及时发现问题。同时建立应急响应机制，包括事故报告、应急预案制定等，以便在发生安全事件时能够迅速、有效地响应和处理。

第5章 工程设计方案

5.1 技术路线

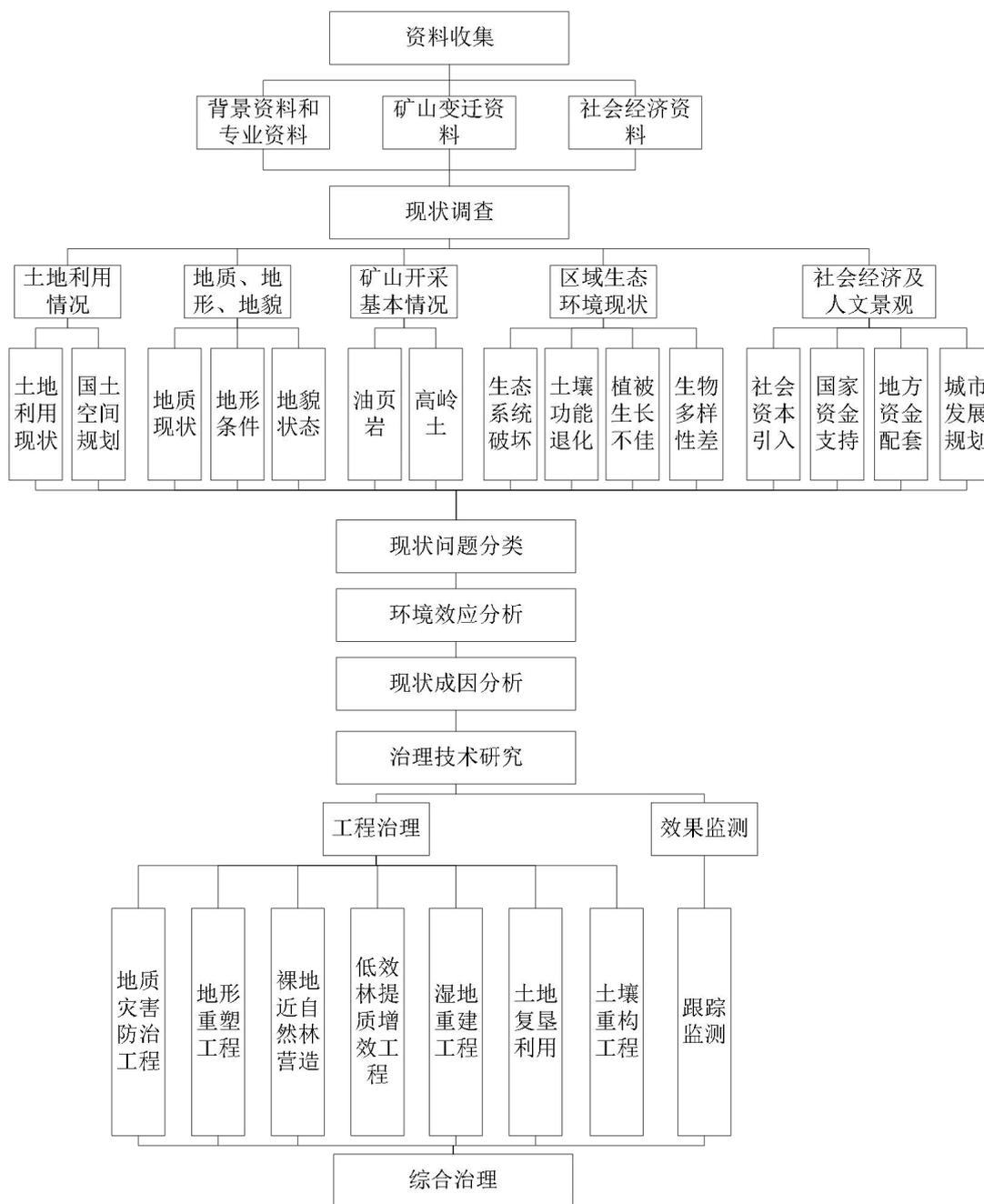


图 5.1-1 技术路线图

5.2 工程总体布置

5.2.1 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）

5.2.1.1 治理目标

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）邻近茂名市中心城区，修复图斑分布环绕露天矿坑湖，提升小流域水土保持功能是该子项目的核心治理目标。

通过对 7.7km 滨湖边坡的地质灾害隐患治理，避免环湖区域边坡侵蚀，稳固岸线，保障滨湖区域的地质安全；对 900m 具有滑坡风险的不稳定斜坡区域进行地形重塑，清除或稳固滑坡体，地质灾害防治面积 74.65 公顷。

在清除安全隐患后，开展生态系统重建，对不利于植物成活的土壤进行重构，为植物群落的恢复重建打下基础。在此基础上，开展裸地造林工程，营建近自然林 51.79 公顷，对不具备水土保持功能的退化速生桉纯林进行改造，完成低效林提质增效重建 89.85 公顷。对采矿形成的大量积水坑塘进行湿地恢复，恢复面积 7.49 公顷。对部分区域进行地形重塑，面积 1.54 公顷。对由于采矿部分废弃土地进行土地复垦利用，面积 1.12 公顷。通过陆域植物群落和滨水湿地群落的恢复重建，可有效提升修复区所在小流域的水土保持功能，减少水土流失风险，提升生态系统的多样性、稳定性和持续性，增强碳汇功能。

5.2.1.2 工作图斑

小东江中游生态修复子项目合计修复图斑 16 处，地块数量 90 个。其中地形重塑工程修复面积 1.54 公顷，涉及地块数量 5 个；地质灾害防治工程修复面积 74.65 公顷，涉及地块数量 16 个；裸地近自然林营建工程修复面积 51.79 公顷，涉及地块数量 32 个；湿地恢复重建工程修复面积 7.49 公顷，涉及地块数量 19 个；土地复垦利用 1.12 公顷，涉及地块数量 1 个；低效林提质增效工程修复面积 89.85 公顷，涉及地块数量 18 个；土壤重构工程修复面积 142.75 公顷，涉及地块数量 51 个。

表 2.4- 12023 年小东江中游矿山生态修复子项目（一期）工程类型统计表

工程类型	面积（公顷）	地块数量（个）
地形重塑	1.54	5
地质灾害防治	74.65	16

工程类型	面积 (公顷)	地块数量 (个)
低效林提质增效+土壤重构	89.85	18
裸地近自然林营建+土壤重构	51.79	32
湿地恢复重建	7.49	19
土地复垦利用+土壤重构	1.12	1
总计	226.43	90

图斑 1 包括地块数量 35 个，其中地质灾害防治工程 7 个地块，面积 18.04 公顷；低效林提质增效工程 7 个地块，面积 69.49 公顷；裸地近自然林营建工程 13 个地块，面积 19.61 公顷；湿地恢复重建工程 8 个地块，面积 4.94 公顷；土壤重构工程修复面积 89.10 公顷，涉及地块数量 20 个。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
地质灾害防治	18.04	1-1~1-7	7
低效林提质增效+土壤重构	69.49	1-8~1-14	7
裸地近自然林营建+土壤重构	19.61	1-15~1-27	13
湿地恢复重建	4.94	1-28~1-35	8
小计	112.08		35

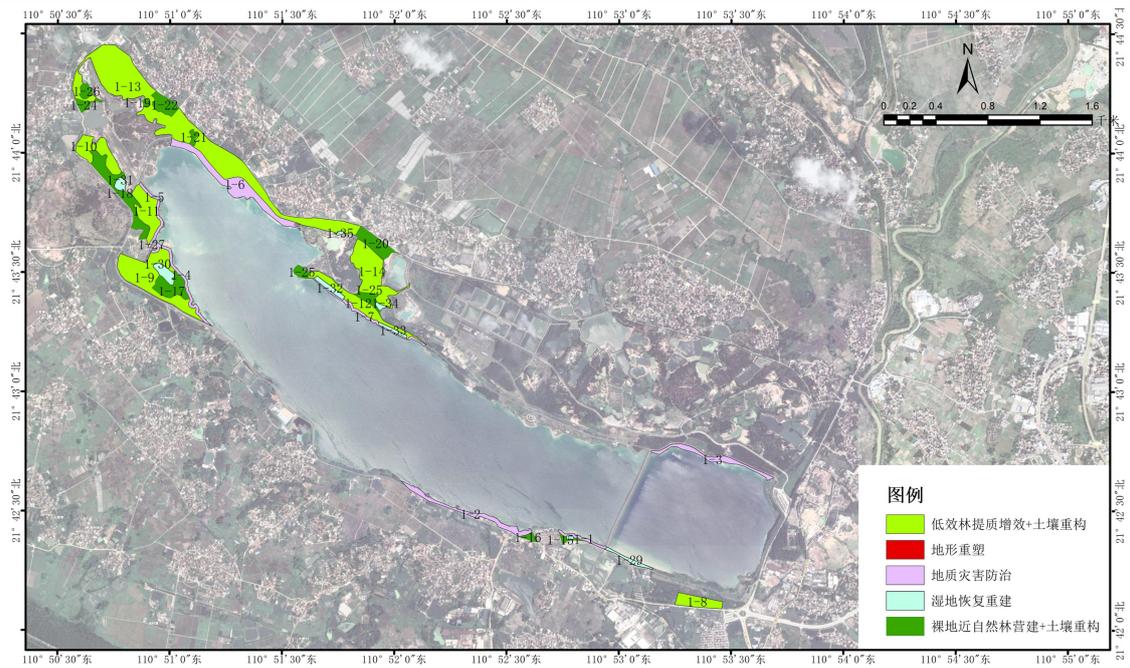


图 5.2-1 图斑 1 工程布局图

图斑 2 包括地块数量 6 个，只涉及地质灾害防治工程 1 个工程类型，修复面积为 55.96 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
地质灾害防治	55.96	2-1~2-6	6
小计	55.96		6

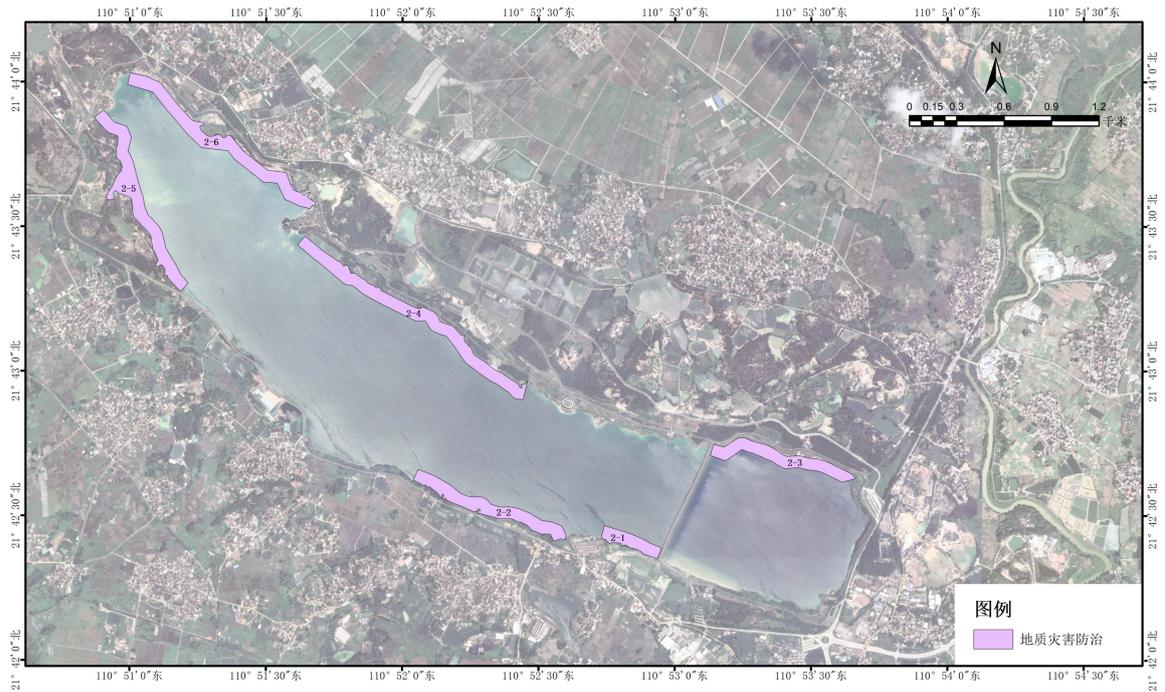


图 5.2-2 图斑 2 工程布局图

图斑 3 包括地块数量 2 个，其中裸地近自然林营建工程 1 个地块，面积为 1.66 公顷；湿地恢复重建工程 1 个地块，面积 0.74 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
裸地近自然林营建+土壤重构	1.66	3-1	1
湿地恢复重建	0.74	3-2	1
小计	2.40		2

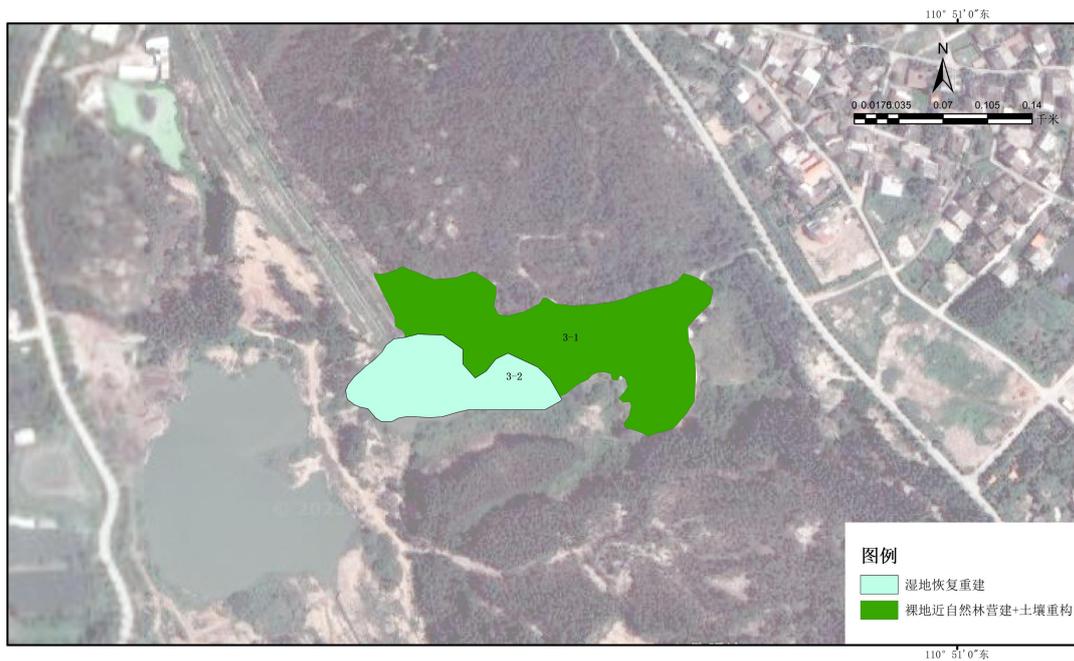


图 5.2-3 图斑 3 工程布局图

图斑 4 包括地块数量 1 个，涉及土地复垦利用和土壤重构工程类型，面积为 1.12 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
土地复垦利用+土壤重构	1.12	4-1	1
小计	1.12		1



图 5.2-4 图斑 4 工程布局图

图斑 5 包括地块数量 2 个，其中地形重塑工程 1 个地块，面积为 0.02 公顷；湿地恢复重建工程 1 个地块，面积 1.08 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
地形重塑	0.02	5-1	1
湿地恢复重建	1.08	5-2	1
小计	1.10		2



图 5.2-5 图斑 5 工程布局图

图斑 6 包括地块数量 21 个，其中地形重塑工程 1 个地块，面积为 0.71 公顷；地质灾害防治工程 2 个地块，面积 0.65 公顷；裸地近自然林营建工程 6 个地块，面积 6.75 公顷；湿地恢复重建工程 6 个地块，面积 0.46 公顷；低效林提质增效工程 6 个地块，面积 4.35 公顷；土壤重构工程修复面积 11.10 公顷，涉及地块数量 12 个。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
地形重塑	0.71	6-1	1
地质灾害防治	0.65	6-2~6-3	2
低效林提质增效+土壤重构	4.35	6-4~6-9	6
裸地近自然林营建+土壤重构	6.75	6-10~6-15	6
湿地恢复重建	0.46	6-16~6-21	6
小计	12.92		21

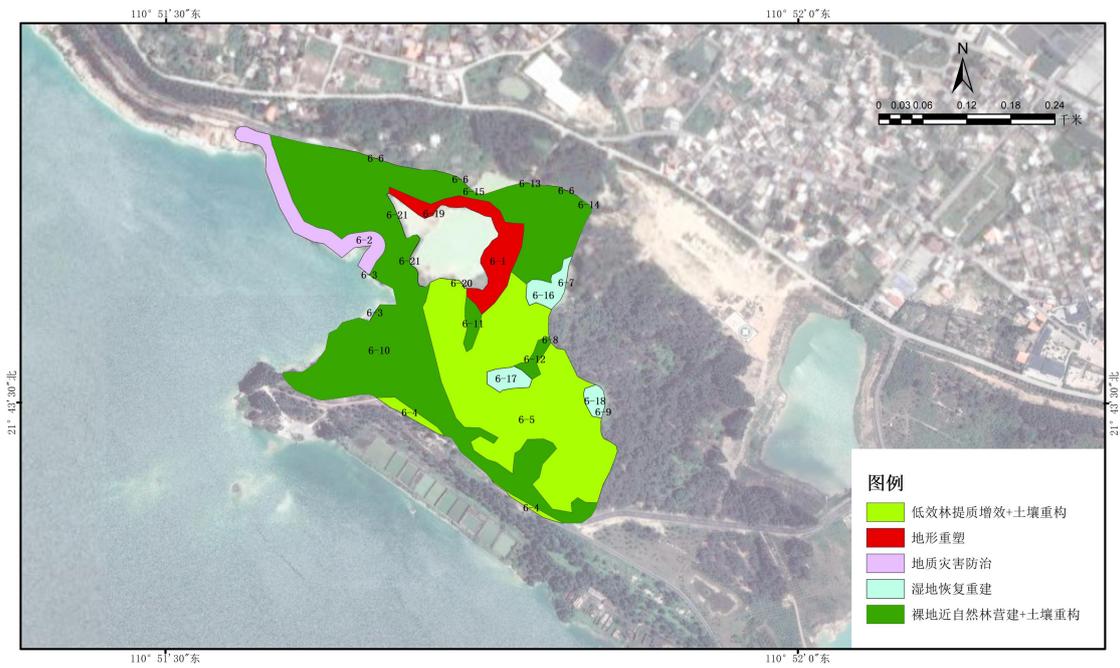


图 5.2-6 图斑 6 工程布局图

图斑 7 包括地块数量 5 个，其中裸地近自然林营建工程 2 个地块，面积 3.57 公顷；湿地恢复重建工程 1 个地块，面积 0.04 公顷；低效林提质增效工程 2 个地块，面积 14.97 公顷；土壤重构工程修复面积 18.54 公顷，涉及地块数量 4 个。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
低效林提质增效+土壤重构	14.97	7-1~7-2	2
裸地近自然林营建+土壤重构	3.57	7-3~7-4	2
湿地恢复重建	0.04	7-5	1
小计	18.58		5

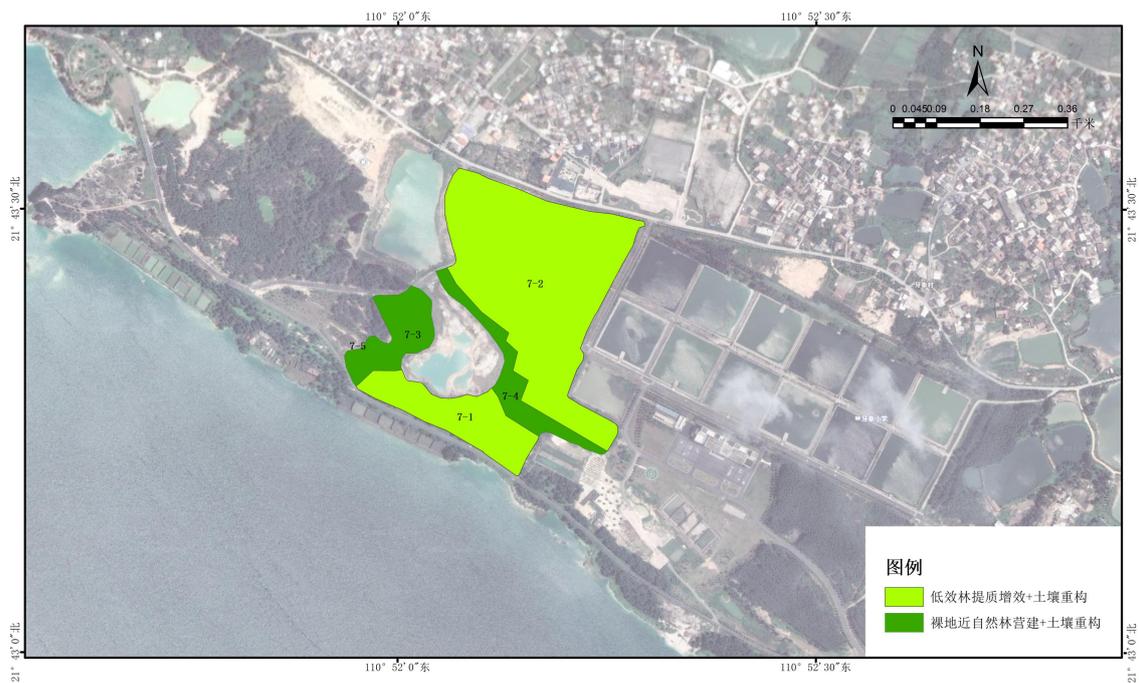


图 5.2-7 图斑 7 工程布局图

图斑 8 包括地块数量 2 个，其中地形重塑工程 1 个地块，面积 0.56 公顷；裸地近自然林营建工程 1 个地块，面积 1.33 公顷；土壤重构工程修复面积 1.33 公顷，涉及地块数量 1 个。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
地形重塑	0.56	8-1	1
裸地近自然林营建+土壤重构	1.33	8-2	1
小计	1.89		2



图 5.2-8 图斑 8 工程布局图

图斑 9 包括地块数量 2 个，其中裸地近自然林营建工程 1 个地块，面积 1.05 公顷；湿地恢复重建工程 1 个地块，面积 0.03 公顷；土壤重构工程修复面积 1.05 公顷，涉及地块数量 1 个。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
裸地近自然林营建+土壤重构	1.05	9-1	1
湿地恢复重建	0.03	9-2	1
小计	1.08		2



图 5.2-9 图斑 9 工程布局图

图斑 10 包括地块数量 6 个，其中地形重塑工程 2 个地块，面积为 0.25 公顷；裸地近自然林营建工程 2 个地块，面积 0.58 公顷；湿地恢复重建工程 1 个地块，面积 0.2 公顷；低效林提质增效工程 1 个地块，面积 0.06 公顷。土壤重构工程修复面积 0.64 公顷，涉及地块数量 3 个。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
地形重塑	0.25	10-1~10-2	2
低效林提质增效+土壤重构	0.06	10-3	1
裸地近自然林营建+土壤重构	0.58	10-4~10-5	2
湿地恢复重建	0.20	10-6	1
小计	1.09		6



图 5.2-10 图斑 10 工程布局图

图斑 11 包括地块数量 1 个，涉及裸地近自然林营建和土壤重构工程，面积 1.37 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
裸地近自然林营建+土壤重构	1.37	11-1	1
小计	1.37		1



图 5.2-11 图斑 11 工程布局图

图斑 12 包括地块数量 3 个，其中裸地近自然林营建工程 1 个地块，面积 0.03 公顷；低效林提质增效工程 2 个地块，面积 0.97 公顷；土壤重构工程修复面积 1.00 公顷，涉及地块数量 3 个。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
低效林提质增效+土壤重构	0.97	12-1~12-2	2
裸地近自然林营建+土壤重构	0.03	12-3	1
小计	1.00		3

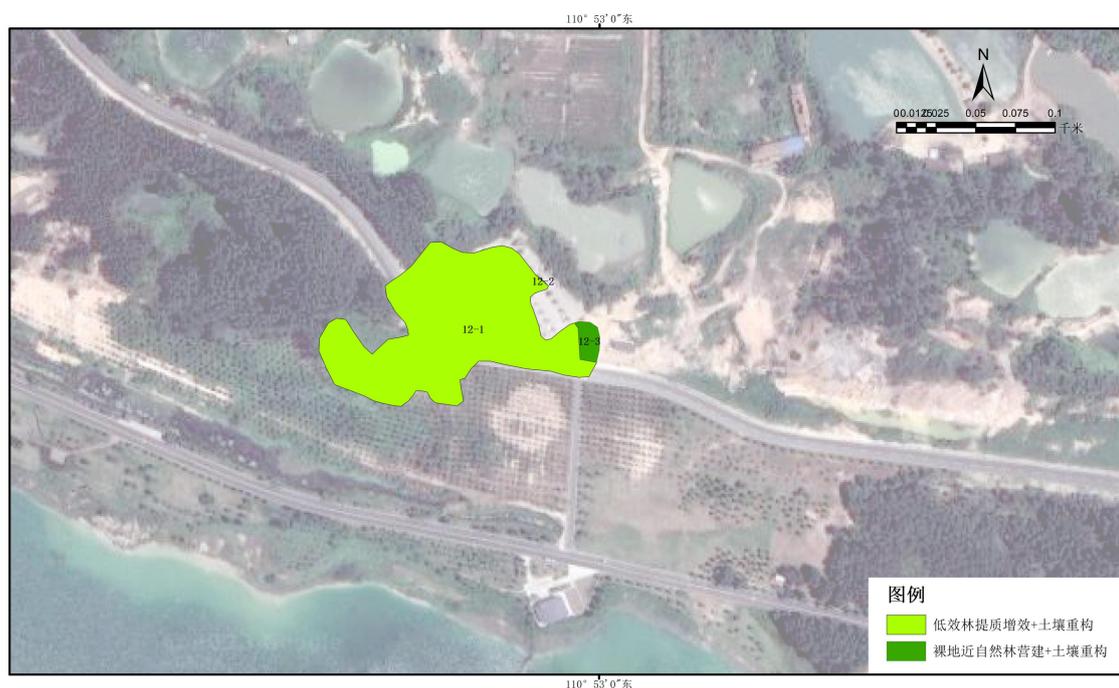


图 5.2-12 图斑 12 工程布局图

图斑 13 包括地块数量 1 个，涉及裸地近自然林营建和土壤重构工程，面积 0.76 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
裸地近自然林营建+土壤重构	0.76	13-1	1
小计	0.76		1



图 5.2-13 图斑 13 工程布局图

图斑 14 包括地块数量 1 个，涉及裸地近自然林营建和土壤重构工程，面积 0.62 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
裸地近自然林营建+土壤重构	0.62	14-1	1
小计	0.62		1



图 5.2-14 图斑 14 工程布局图

图斑 15 包括地块数量 1 个，涉及裸地近自然林营建和土壤重构工程，面积

6.49 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
裸地近自然林营建+土壤重构	6.49	15-1	1
小计	6.49		1

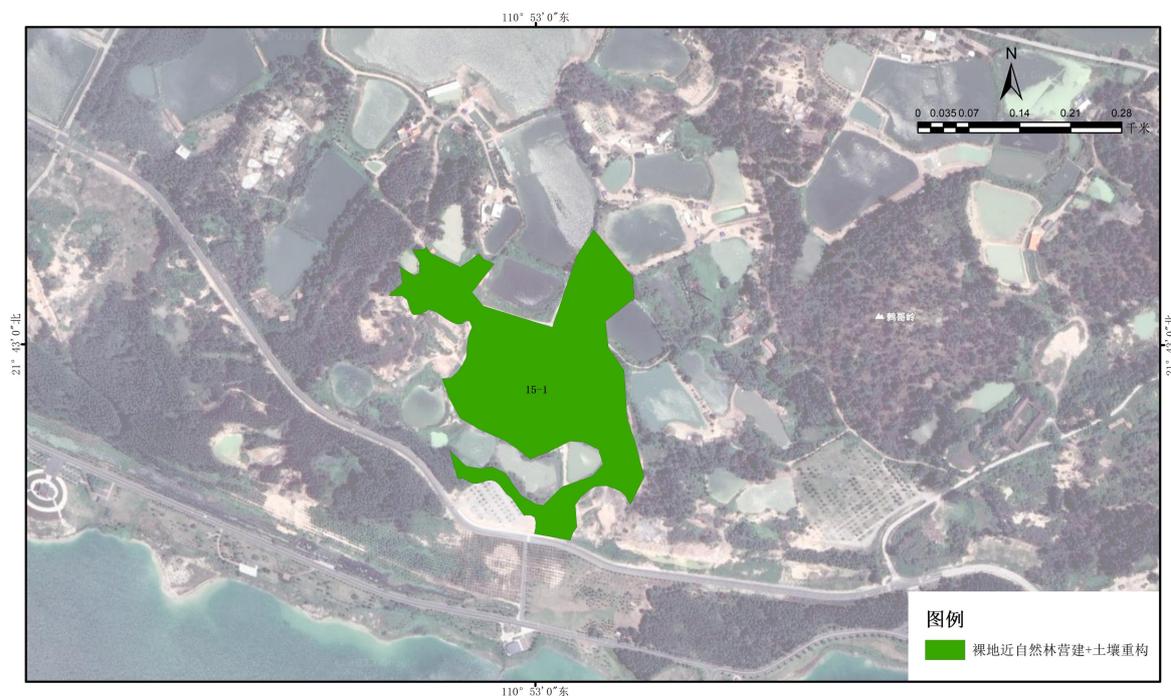


图 5.2-15 图斑 15 工程布局图

图斑 16 包括地块数量 1 个，涉及裸地近自然林营建和土壤重构工程，面积 7.97 公顷。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
裸地近自然林营建+土壤重构	7.97	16-1	1
小计	7.97		1

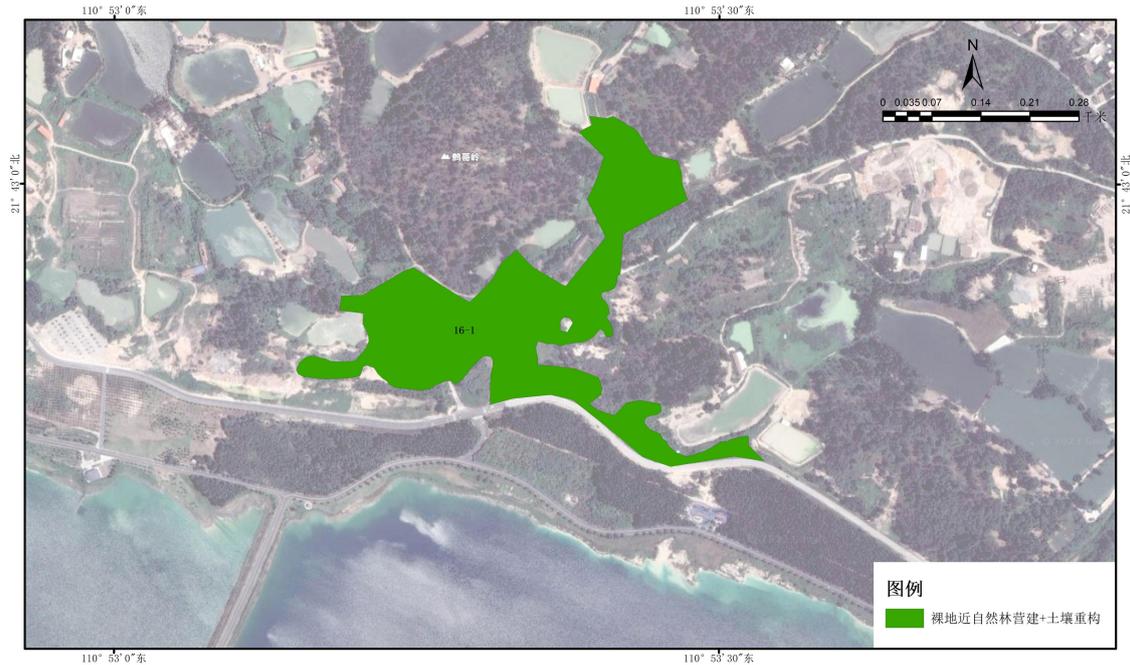


图 5.2-16 图斑 16 工程布局图

5.2.1.3 工程量

地质灾害防治工程：74.65 公顷。

地形重塑工程：1.54 公顷。

土地复垦利用：1.12 公顷。

土壤重构工程：142.75 公顷，包括土地复垦利用土壤重构 1.12 公顷，裸地近自然林营建土壤重构 51.79 公顷，低效林提质增效土壤重构 89.85 公顷三部分。

5.2.2 鸡公河下游矿山生态修复子项目

5.2.2.1 治理目标

鸡公河下游矿山生态修复子项目位于茂名市中心城区东北角，土地资源修复、水土流失治理和生态环境改善是本次治理的主要目标。

5.2.2.2 工作图斑

鸡公河下游生态修复子项目合计修复图斑 2 处。其中，湿地恢复重建工程修复面积 4.63 公顷，涉及地块数量 1 个（雄鹰矿坑）；裸地近自然林营建工程修复面积 4.33 公顷，涉及地块数量 1 个（山和村矿坑）；土壤重构工程修复面积 4.33 公顷，涉及地块数 1 个（山和村矿坑）。

工程类型	用地面积 (公顷)	所属地块	地块个数
湿地恢复重建	4.63	17-1	1
裸地近自然林营建+土壤重构	4.33	18-1	1
小计	8.96		2



图 5.2-17 图斑 17 工程布局图



图 5.2-18 图斑 18 工程布局图

5.2.2.3 工程量

植被重建工程裸地近自然林营建 4.33 公顷，湿地恢复重建 4.63 公顷，裸地近自然林营建区域需要进行土壤重构。

5.2.3 生态修复跟踪监测子项目

5.2.3.1 小东江中游生态修复单元

重点开展地质稳定性、水环境、土壤环境、地形地貌景观、生物多样性、卫星和航空遥感监测。

其中建立地质稳定性实时监测站 4 处、固定式测斜仪 6 套、拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计 6 套、实时视频监控系统 2 套、实时雨量计 1 套、水质环境监测点 4 处、土壤环境监测点 6 处、水土保持监测 4 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 4 处。

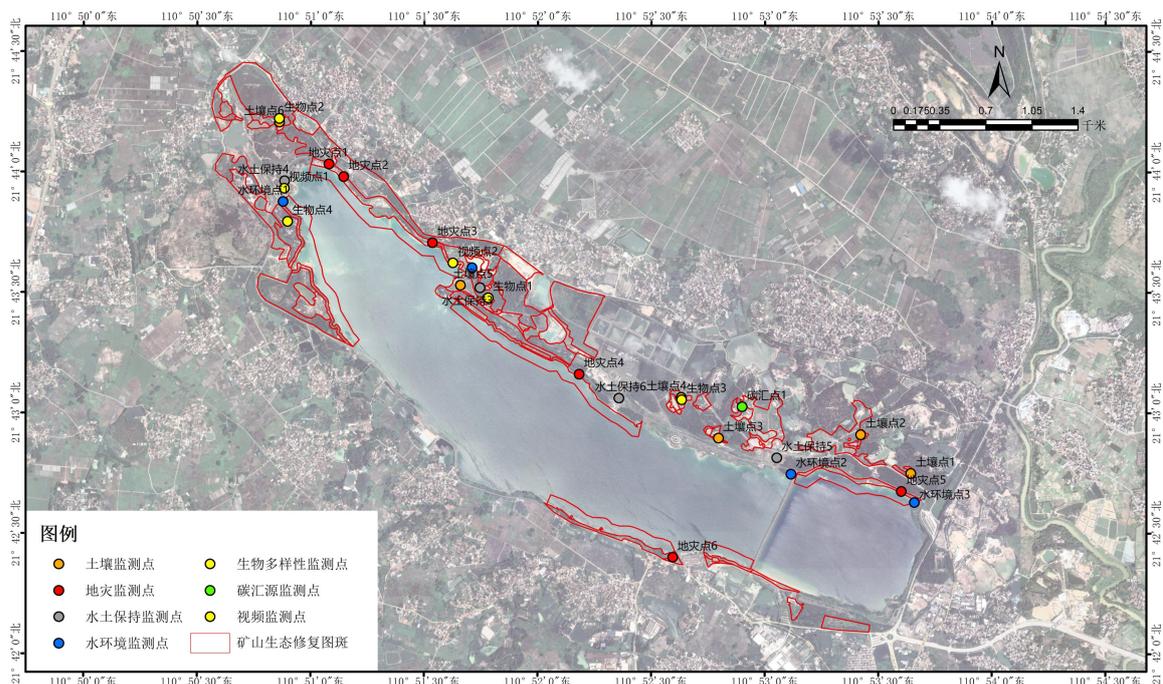


图 5.2-19 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）监测点位分布图

5.2.3.2 鸡公河下游生态修复单元

重点开展水环境、土壤环境、地形地貌景观、生物多样性、卫星和航空遥感监测。

建立水质环境监测点 2 处、土壤环境监测点 3 处、水土保持监测 2 处、碳源

汇监测点 1 处、生物多样性监测点 2 处。



5.3 技术方案

5.3.1 地质灾害防治工程

5.3.1.1 概述

地质灾害是指由于自然产生或人为诱发的对人民生命财产安全造成危害的地质现象。根据地质灾害发育程度、危险程度、危害程度及地形地貌、地质构造、工程地质特征、灾害性降雨特征等自然因素，对地质灾害易发程度进行的分区。

5.3.1.2 基本原则

治理工程设计应综合考虑灾害类型、形成机制、稳定性、动力因素及变形破坏力学机制、水文地质及工程地质条件、场地建筑物及施工影响等，分析其有利和不利因素、发展趋势及危害性。崩塌治理工程措施较多，组合可变性大，各种措施均有其相应的应用前提不宜性、适宜性及最佳配置组合。要求在选择工程措施及配置组合时因地制宜，突出针对性、适宜性，经过充分比选后，进行合理选择确定合理的治理措施，以最少的投资取得最佳的工程效果。

5.3.1.3 工程目标

通过加强地质灾害防治和治理工作的力度，以提升地质灾害防治能力、减轻

地质灾害风险为主线，以保障人民生命财产安全为根本目的，聚焦“隐患在哪里”“结构是什么”“什么时候发生”等关键问题，依靠科技创新、管理创新和信息化，持续推进地质灾害隐患识别、调查评价、监测预警、综合治理和基层防灾能力建设，持续开展地质灾害易发区 1:5 万和重点地区 1:1 万基础调查，不断提升地质灾害防治工作服务经济社会高质量发展的能力和水平，为建设更高水平的平安中国做出贡献。

5.3.1.4 工程措施

小东江中游生态修复单元，矿坑岸坡基本无防护措施，岸坡岩土体裸露，特别是矿坑西侧边坡高度大，局部坡顶已发生较大裂缝，西侧边坡顶部发现裂缝宽达 8cm，长达 30m，深度达 60cm，加上水土流失严重，极为可能在未来数年间发生崩塌。露天矿周边游客与居民达 80 万人次以上，如果边坡发生大规模崩滑，裂缝将沿环湖公路延伸，直接威胁公路及行人安全。且北岸地势高，视野开阔，人为活动较为密集。而这段岸坡下呈掏空状，若游客不注意，很可能发生踩空、塌落，后果不堪设想。因此，小东江中游生态修复单元需要针对边坡地质灾害进行防治工作。

结合上述设计思路，本次可研报告，采用宾格石笼、松木桩工程措施用来进行边坡加固，同时配合草籽喷播的方式，形成结构整体稳定性好，能够抵抗岸坡所受的水力冲刷，对岸坡能起到较好的防护作用的基础结构。

宾格石笼防护工程是一种将蜂巢形网片组装成箱笼，并装入块石等填充料后，用作护岸的新技术。按结构形式可分为挡墙、护坡、护底、护脚、水下抛石等。习惯上又将护坡工程上较厚的一种箱笼称为石笼防护。在施工条件上，本次废弃矿山治理工程，在露天矿采矿面裸露部分坑壁、旅游公路外侧靠湖段按地形设置一段格宾石笼挡土墙，同时在台阶面上设置加筋网以增加挡墙的抗倾性能，墙后弃渣分层、压实形成加筋体最后在挡土墙顶面再设置一道被动防护网，以防治坡体上的汇水对已经有裂缝的矿坑边坡产生进一步危害，从格宾石笼挡土墙顶面开始进行堆土梯级台修整，同时还在挡土墙顶面及台阶面后缘适当位置设置混凝土截排水沟。对平整后的堆体、平台覆土 0.2m 后撒播草籽。

5.3.1.5 工艺流程

由于露天矿滨湖边坡，要在较短的滨水距离中完成高度达 20-40m 的坡度整理。为规范防护工程的施工程序和施工技术，确保工程施工质量，不留隐患，达到设计规定的标准，收到预期的工程与生态环境有机结合的效果，特将施工具体工法描述如下：



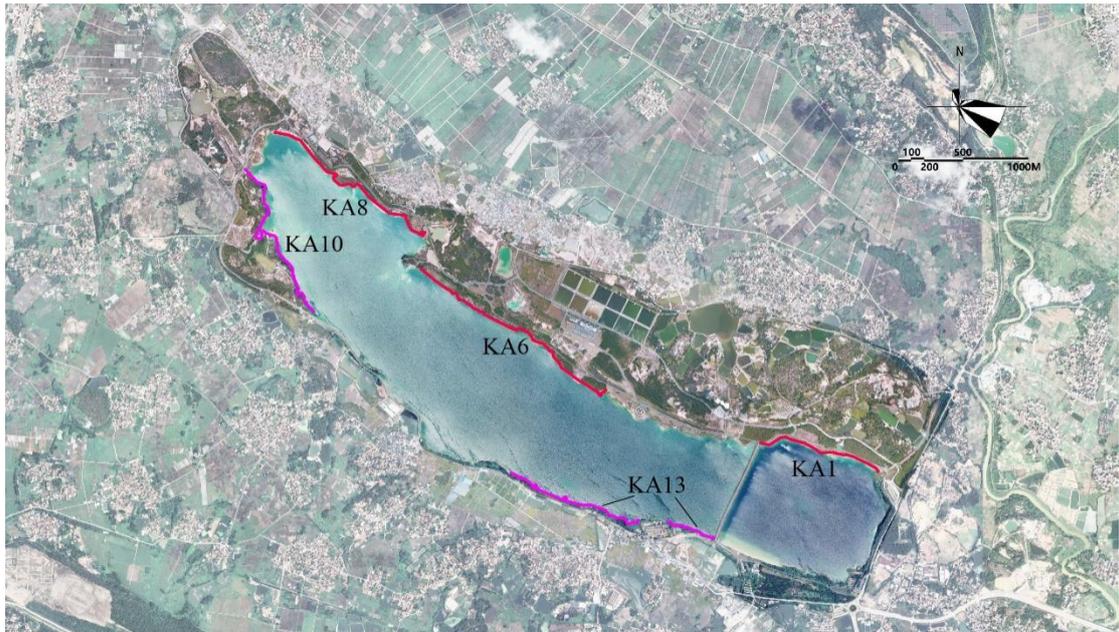
图 5.3-1 宾格网石笼挡墙工艺流程图



图 5.3-2 松木桩护岸工艺流程图

5.3.1.6 工程详细设计

矿坑湖岸边坡多为填土、粉质黏土构成。由于降雨、湖浪淘蚀等影响因素下，有加剧湖岸边坡崩塌滑坡的可能。根据《广东省茂名市露天矿生态公园地质灾害危险性评估报告》中对矿坑湖岸边坡的分段评估结果，在本次拟修复矿山范围内共有 5 段危害风险大~中等的湖岸边坡，应采取相应的工程措施予以防治。



图例 | — 岸坡危险性大
— 岸坡危险性中

图 5.3-3 滨湖岸坡治理前后对比

(一) KA1 段、KA6 段、KA8 段，湖岸稳定性差。

该类库段岸坡表层填土层、残积土层厚度较厚；岸坡水下高差大、地形坡度总体较陡，湖岸再造形式以塌岸为主，塌岸延续较长。存在下列现象：

- (1) 湖浪淘蚀消落带、常有塌岸现象；
- (2) 岸坡线侵蚀持续后退；
- (3) 排水口冲刷坡面；
- (4) 裸露坡面被地表排水冲刷，沟壑纵横；
- (5) 岸坡水下地形高差大，总体较陡，甚至岸坡已发生局部塌落变形。



图 5.3- 4 KA1 段滨湖岸坡



图 5.3- 5 KA6 段滨湖岸坡



图 5.3-6 KA8 段滨湖岸坡

针对此类边坡较陡，现状部分区域已经形成明显环形裂缝，易发生大规模滑坡的区域，通过填土压实，进行宾格石笼护岸，构建抗滑挡土墙。采用此方法，最大的优点是不会对原有的地质结构产生过多不利影响。此外，根据实际情况，还可通过适当降低山体的坡度，提升山体的承载能力，同时用石笼对山体边坡进行加固处理，增强山体的稳定性，降低滑坡风险。最后，施工过程中还需要在岩土工程施工现场的四周，通过微地形打造，设置排水沟，避免滑坡范围内，有地表水的流入，降低滑坡灾害的发生概率。



图 5.3-7 石笼护岸效果图

(二) KA10 段、KA13 段，湖岸欠稳定。

该类库段岸坡表层填土层、残积土层层岩层厚度不大，下伏基岩为厚层 N1h 强风化粘土岩，岸坡水下高差较大、地形坡度较陡，湖岸再造形式以塌岸为主，规模不大，局部岸坡地表发生塌落变形。存在下列现象：

- (1) 岸坡水下地形坡度较缓、植被覆盖度相对较高；
- (2) 部分地段出现滑坡拉张裂缝。



图 5.3-8 KA10 段滨湖岸坡



图 5.3-9 KA13 段滨湖岸坡



图 5.3-10 地裂缝现状图

针对此类边坡较缓，现状部分区域植被覆盖度较好的区域，通过松木桩和泥

浆护坡护岸固堤，以减少湖水对边坡的冲刷，同时确保游客的人身安全。松木桩呈油性，在水里不易腐烂，且富有韧性，能起到很好的缓冲作用，是理想的固堤材料。松木桩每根长度为4米左右，在水上挖机的配合下，扎入河底淤泥，预计总共需要10000余根松木桩。松木桩护岸要求：工程施工时，各松木桩沿纵轴线，桩与桩净距 $\leq 3\text{cm}$ ；垂直轴线偏移轴线误差5cm，允许少量桩偏移5-10cm，但不得超过桩总数的30%；桩顶高程允许误差3cm。

5.3.1.7 预期治理效果

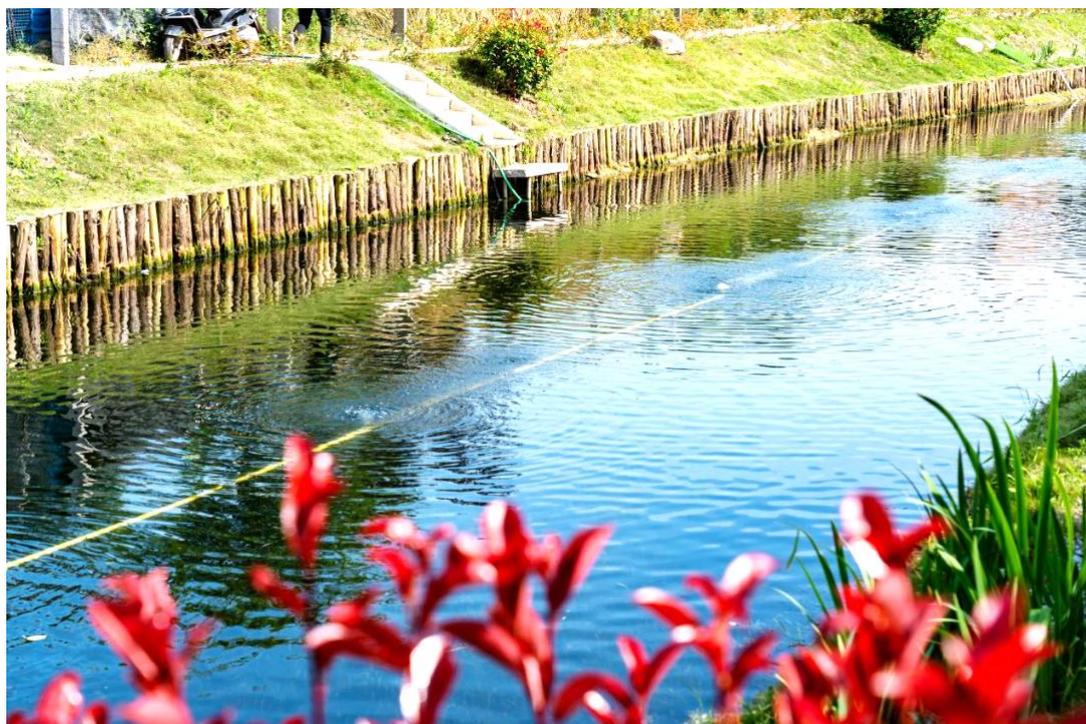


图 5.3-11 滨湖岸坡治理效果图

5.3.2 地形重塑工程

5.3.2.1 概述

地形重塑是一种生态修复方法，指对因自然灾害或人为破坏导致的地形地貌损毁，采用工程、物理、化学、生物等技术手段，重新构造地形地貌，使之与周边景观相协调，恢复生态功能和美观价值的工程。

地形重塑工程是废弃矿区生态修复中土地复垦与生态重建的基础性和关键性工程，重塑后地形的稳定性、协调性对土壤重构和植被重建具有重要影响。

5.3.2.2 基本原则

地形重塑工程的基本原则有以下几点：

1、依据地形地貌特点和生态环境条件，制定合理的治理目标 and 功能需求。地形重塑工程应根据矿区的地形地貌特点、生态环境条件、土地利用现状和规划等因素，制定合理的治理目标 and 功能需求，如消除安全隐患、修复土地质量、恢复生态功能、提升景观美观等。

2、遵循自然规律和生态原则，选择适宜的治理方法和模式。地形重塑工程应遵循自然规律和生态原则，选择适宜的治理方法和模式，如有序排弃、土地整形、填埋覆盖等，使之与周边地貌景观相协调，恢复区域生态功能稳定性。

3、充分利用现有资源，降低工程成本和环境影响。地形重塑工程应充分利用现有资源，如废弃矿渣、煤矸石、建筑垃圾等，作为排弃物或覆盖物，降低工程成本和环境影响。同时，应尽量减少对周边土地、水源、植被等资源的占用和破坏。

4、综合考虑后续土壤重构和植被重建的需要，提高工程效益。地形重塑工程应综合考虑后续土壤重构和植被重建的需要，提高工程效益。例如，在进行土地整形时，应考虑土壤厚度、肥力、水分保持能力等因素，为后续的土壤改良和植被恢复提供良好的基础。

5.3.2.3 工程目标

地形重塑工程的目标有以下几点：

1、消除地质安全隐患和水土流失隐患。通过有序排弃、土地整形、填埋覆盖等措施，消除因采矿活动造成的滑坡、塌陷、坍塌等地质灾害隐患，减少水土流失，保障人民生命财产安全。

2、修复土地质量。通过土壤重构、改良、施肥等措施，改善土壤物理、化学、生物性质，提高土壤肥力和水分保持能力，为后续的植被恢复和土地利用提供良好的基础。

3、形成与周边地貌景观相协调的新地貌。通过依山势、顺山形、随山走的原则，重新构造地形地貌，使之与原有或周边的自然地貌相协调，恢复区域景观

美观价值和生态功能。

4、提升区域生态功能稳定性。通过植被恢复、生态廊道建设等措施，增加植被覆盖度和多样性，保护珍稀濒危物种，增强景观连通性和生态系统抵抗力，促进生物多样性保护和生态系统服务功能提升。

5、改善矿区人居环境。通过废弃土地复垦利用等措施，合理规划矿区的土地利用方式，发展生态农业、旅游业等产业，提高矿区居民的收入水平和生活质量，促进人与自然和谐共生。

5.3.2.4 工程措施

地形重塑工程主要针对露天采场挖损及排土场堆压占造成地形地貌破坏，其中小东江中游矿山生态修复子项目（一期）为大型露天矿开采矿坑，斜坡主要为油页岩开挖后造成的不稳定斜坡；小东江上游矿山生态修复子项目为油页岩排土场，主要是人为堆土形成的稳定斜坡。本方案对存在不稳定斜坡的矿山/坑进行边坡形态重塑和地表平整，通过分级整坡，使矿山区域与周边自然地形平缓过渡。建设截排水系统，降低雨水冲刷，在保证地形稳定的同时，避免水土流失的发生。

（一）不稳定斜坡地形重塑

不稳定斜坡分为有滑坡风险和无滑坡风险两种。有滑坡风险的不稳定斜坡主要由填挖方和采矿产生，形成的斜坡面未经处理，地表裸露，结构松散，在雨水冲刷和浸泡下，会形成滑坡体，引发滑坡等水土流失情况的发生。这些具有滑坡风险的不稳定斜坡主要分布在小东江中游生态修复子项目区域。

本次治理范围内还有部分高岭土矿坑，茂名高岭土主要为两种类型，即沉积风化型高岭土矿床和花岗岩风化残积型高岭土矿床。高岭土矿山废弃后，由于坡面滑塌，造成地面塌陷、地面沉陷、崩塌、滑坡等地质灾害。不稳定斜坡对土地资源、水资源的破坏较严重，自然恢复需要在一定坡面条件下才可能发生。

因此本次治理应对不稳定斜坡进行整形，对采矿遗留的残山进行表面整形或将其整体清除，然后通过乔灌草植被种植，对边坡进行防护，减少水土流失。不稳定斜坡治理应符合 GB 50330 和 GB/T 38509-2020 的相关规定。

（二）坡面雨水表土冲刷防治

受矿产开采的影响，矿坑周边地面植被基本消失，大片土地裸露，造成矿坑周边水土流失严重。酸性矿坑积水及排土场的废渣对土壤产生的溶蚀作用，加剧了水土流失，矿坑周围的油甘窝辖区内土地有缓慢塌陷的现象。油页岩矿的开采已导致当地生态格局发生改变，降低了矿区原有自然生态价值，而矿区没有采取相应复垦、水土保持措施，新的生态系统难以形成，景象荒凉，生态效果较差。

在不设排水装置的压实填土斜坡中，压实填土的透水性较差，同时缺乏适当排水装置。在华南短时降水较大的区域，降水将浸透表层土，汇聚在坡脚成为承压水。茂名大部分降雨集中在 5~9 月的雨季，占全年雨量的 80% 以上。在雨季期间发生的暴雨，24h 和 1h 的降雨量可以高达 500mm 和 100mm 以上。若 24h 的降雨量超过 100mm，而 15d 内的总降雨量又超过 350mm 的话，将在斜坡顶部形成负孔隙水压力（吸力）区。积水上升和在土中渗流引起土体应力状态的变化是导致斜坡在降雨过程中或降雨后变形与破坏的关键因素。本次设计中，不单考虑填土斜坡的稳定性，还为了增加填土坡面的强度，单独设计坡面雨水管理系统，加强坡面的排水管理。适当的排水条件不仅可以限制斜坡中积水水位上升的高度，而且可以及时消散因材料剪切收缩而生成的超孔隙水压力，防止土体液化，避免斜坡整体流动破坏。

在本次可研报告中，针对不稳定边坡设计截排水工程拦截地表水、疏排地下水。排水措施：包括在坡体内设支撑盲沟、排水隧洞等措施，并采用在边坡后缘外设置环形截水沟、坡体上设分级排水沟等措施。

岩边坡坡顶外缘根据山体地势实际情况（距坡顶边缘 5m 以外），修建横向或纵向延伸的截水沟，用以拦截坡地表水。增设排水系统应与已有排水系统合理衔接。

5.3.2.5 工艺流程

（一）不稳定斜坡地形重塑

本次不稳定斜坡治理措施采用减荷、压脚阻滑、锚固支挡、注浆加固、护坡等，具体措施如下：减荷措施：主滑地段可采取挖方卸荷、拆除已有建筑物等措施；压脚阻滑措施：在边坡前缘抗滑地段采用堆方加重压坡角辅助措施，提高边坡的稳定性；锚固支挡措施：根据不稳定斜坡的稳定性、剩余下滑力和岩土力学

性状等因素，采取抗滑桩、抗滑锚杆、预应力锚索(桩)、锚杆挡墙或重力式挡墙等抗滑措施。



图 5.3-12 施工工艺流程图

(二) 坡面雨水表土冲刷防治

本次治理范围内有横向排水与纵向排水两种排水方式，当开挖深度不大，挖方段落不长，属于半挖半填路基时，采用横挖法，反之，则采用纵挖法，按设计分台阶开挖，靠近基床底层表面及边坡辅于人工开挖。开挖前根据标高和设计坡度定出开挖轮廓线，然后用挖掘机自上而下分层开挖，配合自卸汽车和拖拉机运输。



图 5.3-13 排水沟施工工艺图

5.3.2.6 工程详细设计

露天矿因填挖方形成的裸露边坡，以及其他小型矿山开采堆土等行为形成的矿山边坡，多为粘土和强风化岩构成，土质边坡。由于降雨、施工震动等影响有引发水土流失，甚至边坡崩塌/滑坡的可能。小东江中游生态修复子项目地形重塑工程区域占地面积共 1.54 公顷。本项目地形重塑工程主要是不稳定斜坡整治，使边坡稳定，且由于项目地区降雨量大，需要边坡整治完成后实施坡面雨水表土冲刷防治工程，降低降雨量大而造成边坡滑坡的可能性。



图 5.3-14 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）地形重塑工程分布图



图 5.3-15 不稳定斜坡地形现状图



图 5.3-16 露天矿北部边坡滑坡陡坎周界



图 5.3-17 露天矿开采区油页岩边坡

(一) 不稳定斜坡地形

土质边坡，发生地质灾害的可能性为小~中等，潜在危害程度和危险性小。先清刷表面松散土层及浮土，平整坡面，进行填土压实之后进行拱形护坡砌石工程进一步稳定边坡。根据实际情况，还可通过适当降低山体的坡度，提升山体的承载能力，同时用对山体边坡进行加固处理，增强山体的稳定性，降低滑坡风险。最后，根据边坡状况不同，通过设置截水沟，减少雨水对边坡的冲刷。后续通过植被种植进一步稳定边坡。

（二）雨水表土冲刷边坡

发生地质灾害的可能性大，潜在危害程度为中等，危险性大。现状部分区域已经形成明显环形裂缝，易发生大规模滑坡的区域，先清刷表面松散土层及浮土，平整坡面，进行填土压实之后进行拱形护坡砌石工程进一步稳定边坡。根据实际情况，进行削坡降低坡度，减少地质灾害发生的可能性。最后，使用竖向排水的方式进行坡面雨水表土冲刷防治工程。后续通过植被种植进一步稳定边坡。

5.3.2.7 预期治理效果

（一）不稳定斜坡地形重塑



图 5.3-18 不稳定斜坡地形重塑前后对比

（二）坡面雨水表土冲刷防治



图 5.3-19 冲沟治理前后对比

5.3.3 裸地近自然林营建

5.3.3.1 概述

裸地近自然林营建工程是指对现状植被覆盖度低的区域，通过乔灌草植被搭配种植的方式，提高植被覆盖率，增加植物多样性的工程。

5.3.3.2 基本原则

遵循自然规律和生态原则。植被重构工程应遵循自然规律和生态原则，选择适宜的植物种类、种源、配置方式等，使之与周边景观相协调，恢复生态功能和美观价值。

5.3.3.3 工程目标

首先通过土壤重构工程，改善土壤环境，从而提高植被存活率。通过增加地表植被覆盖度，减少水土流失，提高植被对水土流失、风沙侵蚀等自然灾害的防御能力，保护珍稀濒危物种，增加生态系统稳定性，促进生物多样性保护。

5.3.3.4 工程措施

茂名油页岩开采是一项庞大的系统工程，由于停采时间短，未及采取合理的工程措施构建有效土层，采矿之后的表层土壤，主要为石块、碎石、含有较多砾石土石材料等覆盖在表层，不利于地带性本土植被存活。因此，在植被生长状况差的区域，本项目采用宫胁造林法，以生态学的“潜在自然植被”和“群落演替”的基本理论为依据，应用容器苗+植生袋的方法，克服当地土壤不易种植的缺点，采用改造土壤、控制水分条件，有效改造土壤等环境条件，同时选用当地适宜生长的植被种类进行种植，使其在种类组成、结构、抗干扰能力、功能等方面和天然森林基本类似，构建结构完整、物种多样性丰富、生物量高、演替时间段的生物群落，后期形成完全遵循自然循环规律、最低限度人工管理的近自然森林。

首先，按当地潜在自然植被类型确定拟建目标林型，选择各群落的建群种和灌木层优势种，作为“近自然森林”建设的种源。就茂名地区而言，木荷 (*Schimasuperba*)、马尾松 (*Pinusmassoniana*)、红锥 (*Castanopsisshystrix*)、杉木 (*Cunning 公顷 mialanceolata*)、枫香 (*Liquidambarformosana*)、黧蒴 (*Castanopsisfissa*)、米楮、华润楠 (*Machiluschinensis*) 及鹅掌柴 (*Scheffleraheptaphylla*)；灌木层优势种有九节 (*Psychotriaasiatica*)、白楸 (*Mallotuspaniculatus*)、秤星树 (*Ilexsprella*)、变叶榕 (*Ficusvariolosa*)、白花灯笼 (*Clerodendrumfortunatum*)、山乌柏 (*Triadicacochinchinensis*)、白果香楠 (*Alleizettellaleucocarpa*)、粗叶榕 (*Ficushirta*)、山鸡椒 (*Litseacubeba*)、毛果算盘子 (*Glochidioneriocarpum*)；等树种。根据种源分布地点，在果实成熟时期组织采集种子，通过苗床育种和容器育苗等的技术进行苗木培育。在大棚及光量控制的条件下，利用 2~3 年时间，培育根系发育良好、高度达 50~80cm 的幼苗。一部分的

落叶先锋树种培育到 2~3m 的高度。

栽种模式和种植后的管理在适当改造地形和改良土壤的情况下，采用建“复层林”、短期与长期效果结合互补的模式。在下层对高度 50~80cm 的红楠、青冈等多种类的目标树种进行混合密植，苗木密度一般定为 2~3 株/m²，因为高密度种植既有利于环境对苗木的自然选择，同时也可作为“苗木银行”，以备今后绿化之用。在其上层配置高度为 2~3m 的速生先锋树种，在茂名可选用乡土树种的杜鹃花科(Ericaceae)和山茶科(Theaceae)柃木属(Eurya)植物为主，还有疏齿木荷(Schimaremotesserrata)、罗浮柿、矮冬青(Ilexlohfaensis)、云南桫欏树(Clethradelavayi)等，株行距在 3m 左右，起到“遮荫木”和“肥料木”的作用，为下层目标树种的生长提供一定的遮荫环境，其落叶又可以增加土壤的养分，待目标树种形成一定的规模后，进行适度的疏减，以减轻竞争的压力，并为其他地区的绿化建设提供优质的种苗。“复层林”建设是近期与远期景观效果融合的最佳模式，也是实现生态与经济效益并重的有效途径。栽植后，用秸秆覆盖，并用草绳将覆盖物压住，防止风吹、干燥以及杂草滋生，同时，腐烂的秸秆分解后可以增加土壤的养分。种植后 2~3 年内，需要进行除草等一般的养护，其后群落便进入自然生长过程，不需任何的养护和管理。5 年左右可初具规模并达到相适的景观效果，10~20 年即可形成“近自然”森林。



图 5.3-20 近自然林营建

利用宫胁法进行废弃矿山的植被恢复大致可以分为三个阶段：基本调查阶段、规划和重建阶段、养护阶段。通过前期的基本调查，结合地形、土壤和气候等条件，确定潜在植被类型。而后，通过土壤重构营造适合植物生长发育的土壤条件和立地条件。同时，对重建群落的乔木层和灌木层的优势种进行选择，开展多种群落类型的重建工作，主要包括培育优势种的苗木、移植栽种等。后期，对移栽的苗木进行养护，直到林冠基本郁闭，林下光照减弱，杂草生长受到抑制，森林群落达到自我维持的阶段。

宫胁造林法营造的近自然林物种多样、多层次、乔灌草层次结构完整，森林生态质量和景观效果明显提升。林地的地上生物量高，利于土壤有机质的积累，植物碳汇和土壤碳汇均较高。



图 5.3-21 近自然林营建

5.3.3.5 工程详细设计

茂名的历史遗留废弃矿山均为露天开采，在历史采矿活动和矿山工程建设活动的影响下，矿山表土基本丧失，经过多年修复后，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目区域仍有多处矿坑呈地表裸露状态。经现场踏勘调查，发现 2023 年生态修复矿山，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）现状呈地表裸露状态的生态破坏土地资源面积总计为 51.79 公顷，鸡公河下游矿山生态修复子项目现状呈地表裸露状态的生态破坏土地资源面积总计为 4.33 公顷，需要进行裸地近自然林营建。



图 5.3-22 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）裸地近自然林营建区域分布图



图 5.3-23 鸡公河下游矿山生态修复子项目裸地近自然林营建区域分布图

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）现状为地表裸露的地块较多，主要包括以下 3 类情况：

- (1) 林中冲沟两侧裸露边坡。此类边坡周边裸露平地上存在采矿遗留废弃

物，对土壤造成严重污染，植被无法正常生长。为稳定边坡、保持水土、恢复生态、净化下游湿地水质需要治理。另有部分区域水土流失严重和引起下游水质污浊的低洼地和水沟需要治理。此类边坡参照宫胁造林法对山林中冲沟两侧边坡，使用植生毯绿化护坡工艺进行修复。拟修复 1000m 的水沟的沟两侧边坡；对周围裸露平地、低洼地和水沟，拟先覆土 30cm 厚，改良土壤，然后通过种植香根草对土壤进行修复，使用宫胁造林法在较短时间内建立适应当地气候的群落类型。此类边坡修复后可以起到良好的稳定平地 and 边坡、保持水土、恢复生态的效果。



图 5.3-24 点位 2 现状照片 1



图 5.3-25 点位 2 现状照片 2



图 5.3-26 点位 2 现状照片 3



图 5.3-27 点位 2 现状照片 4



图 5.3-28 点位 2 航拍图

(2) 近公路较陡边坡。此类边坡距离公路较近，地形陡峭，不易覆土。通过挂网喷播技术，对现状裸地进行修复，起到稳定边坡、保持水土、恢复生态水质的效果。



图 5.3-29 点位 3 现状图

(3) 地形相对平整边坡。此类边坡地形相对平整，但地表覆土少，不利于植被生长。



图 5.3-30 点位 4 拟建停车场现状图



图 5.3-31 点位 4 拟建停车场航拍图

5.3.3.6 预期治理效果



图 5.3-32 裸地近自然林营建效果图

5.3.4 低效林提质增效工程

5.3.4.1 概述

低效林提质增效工程是指对现状单一种植桉树林的部分区域，通过人工干预的方式，恢复或重建植被的结构、功能和多样性的工程，丰富植被种类，提高生态系统功能。

5.3.4.2 基本原则

因地制宜，适地适树。植被重构工程应因地制宜，根据不同的地形地貌、土壤、气候、水文等条件，首先通过土壤重构，改善土壤环境，然后选择适合当地生长的植物种类，避免引入外来入侵物种或不适宜的物种。

5.3.4.3 工程目标

通过加强桉树林下灌木和草地的种植，完善乔灌草比例结构，增加植被种类多样性，提高生态系统稳定性，促进生物多样性。

5.3.4.4 工程措施

在小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区域，有大面积的低效林。2022年6月8日召开的《绿建未来·2022 科学绿化看广东暨广东“双碳”达标先锋战略研讨会》上，中国工程院院士陈克复先生提出要遵循“适地种树”的原则，同时不要大面积、单品种的种植桉树，而要实现树种轮作或块状混交，块状混合种植。本项目在此原则的指导下，采用低效林提质增效技术对生长不良的低效林进行改造。该方法恢复速度快，林地的乔、灌、草层次结构完整，碳汇量高，修复后有效土层厚度大于 20cm，3~5 年后，有林地、灌木林地和其他林地郁闭度应分别高于 0.3、0.3 和 0.2，不同区域林地复垦质量控制标准应符合《土地复垦质量控制标准》TD/T1036 附录 D.1~D.10 的相关规定。

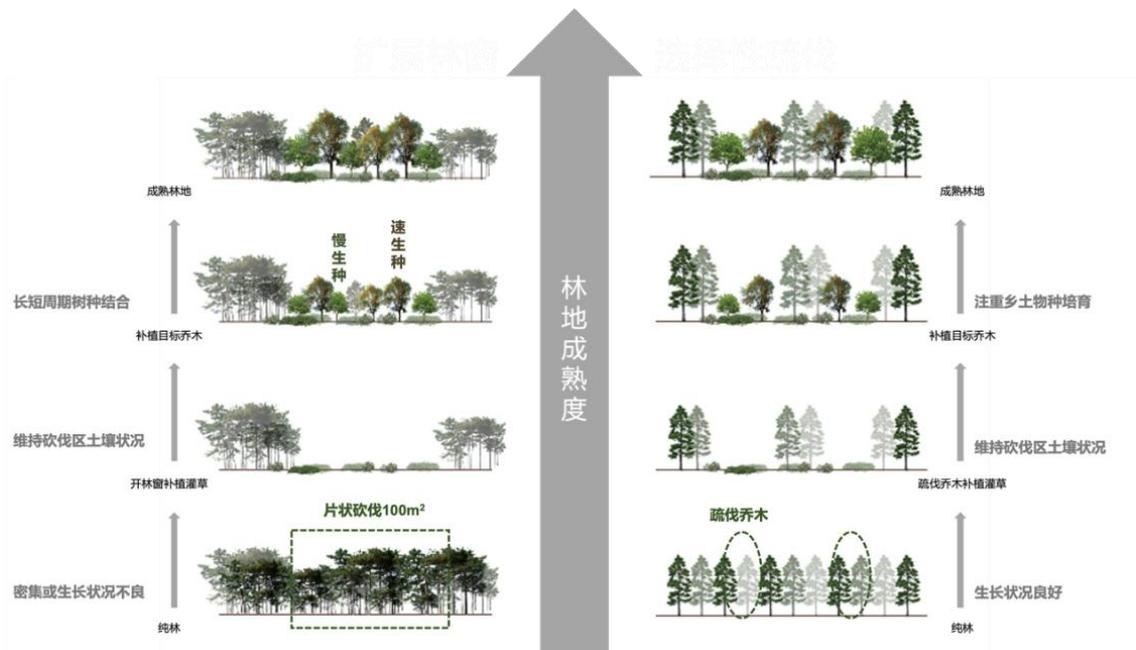


图 5.3-33 速生桉纯林改造

5.3.4.5 工程详细设计

矿山露天开采导致开采区土壤功能受损，虽近几年来加大修复力度，但是仍然有大量的裸露区域尚未修复，尤其是矿坑周边地区尤为明显。在原生地质环境中，第三系砂页岩、泥岩、油页岩及第四系泥炭土分布广泛，其中含有大量的腐殖酸、硫化物及有机酸，引起表土酸化，极端的酸性土壤不仅会直接对植物产生毒害作用，为矿区的植被恢复带来了极大的困难，同时酸性土导致植物无法有效的吸收土壤中的养分，呈现营养不良的状态。大多数植物适宜生长在接近中性的土壤中，强酸性土壤对植物的生长有强烈的抑制作用，会使植物生长受损，根系萎缩，植被退化。

自 2014 年起，茂名市开始持续对露天矿区进行生态修复和人工造林，每年投入大量资金与人员。但人工造林对矿区的生态环境的改造非常有限，植被覆盖情况仍然不容乐观，且面临着植被退化的问题。

经现场踏勘调查，发现 2023 年生态修复矿山，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）现状为低效桉树林的区域面积总计为 89.85 公顷，需要进行低效林提质增效。



图 5.3-34 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）低效林提质增效区域分布图



图 5.3-35 草地退化情况

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）有大量面积的低效林，以大面积的速生桉纯林为主，林地生长状况不佳，缺少排水系统。现存的桉树林内不仅其他植物难以在林下生长，许多桉树植株长势不良，整片林地鸟雀难见，生物多样性

极低。桉树密林缺少健康的林地结构，由于对水肥的大量消耗，使得原本贫瘠的土地生态环境更为恶劣，本就结构松散的砂质岩层，水土流失频发，形成多处冲蚀沟。林地种植密度高，种植之初缺少科学的植被恢复技术指导，难以促进土壤发育，不利于林下植被的生长和生态系统正常的能量和物质流动。这类林地既无法认定为经济林，也无法认定为碳汇林和水源涵养林，不利于修复区生态系统的质量和功能的提升，本次对针对低效林提出提质增效。



图 5.3-36 桉树林退化



图 5.3- 37 低效林现状图 1



图 5.3- 38 低效林现状图 2



图 5.3- 39 低效林现状图 3

此类低效林通过提质增效工程，来提高植被质量。首先是不良树木清理。对整片以速生桉为主的林分根据植株生长情况进行清理，去除生长不良的树木。桉树可在周边 6m 范围内，释放化感物质，如香桉烯、 α -水芹烯、1, 8-桉叶素、蓝桉醇等。这些物质可通过凋落物分解进入土壤，并在土壤中不断积累，影响土壤微生物的活性。因此清除区域必须大于 10m \times 10m，以杜绝桉树影响。清除完成后，对林下进行全面的人工清理，清除剩余物、杂灌等，为整地、造林创造有利的条件。最后对微地形进行改造，改善部分区域的排水情况，结合宫胁造林法造林，选育乡土建群种和优势种，并且强调多种类、多层次、密植与混合，进而增加桉树林下灌木和草丛的比例。

5.3.4.6 预期治理效果



图 5.3-40 低效林提质增效工程效果图

5.3.5 湿地重建工程

5.3.5.1 概述

湿地重建工程是指对现状存在的坑塘、洼地就势进行微地形改造，通过湿地

植被种植，形成湿地系统，提高水生植物多样性。

5.3.5.2 基本原则

应因地制宜，根据不同的地形地貌、土壤、气候、水文等条件，统筹布局水生植被，包括沉水植物、挺水植物、浮叶植物，形成良好的群落结构和功能。

5.3.5.3 工程目标

通过水生植物种植，提高生态系统服务功能，如水质净化、提高生态系统稳定性等，为人类提供更多的生态福利。

5.3.5.4 工程措施

由于矿山开采，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目有多处坑塘、洼地，本项目因地制宜，根据矿区现状情况，通过微地形改造，开展小微湿地工艺设计，实现生境恢复和生态景观功能提质，重点强化湿地水源涵养和净化能力，可以从源头削减农业面源污染，净化水质，提升湿地与水生态环境的景观及生物多样性，持续改善人居环境。在植物选择上，坚持生态优先，坚持选择本土物种，通过自然或近自然的植物提升水的生态品质。

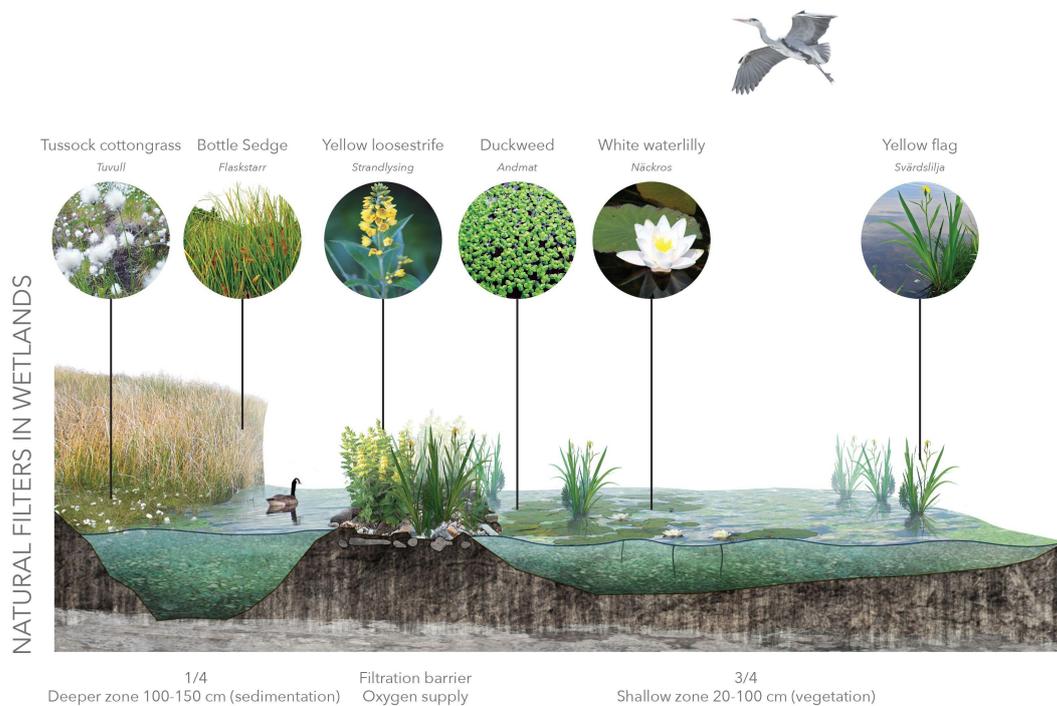


图 5.3-41 湿地重建

小微湿地地形处理总体地形以近自然的不规则形状为宜，岸线具有一定的蜿蜒和曲折。因地制宜营造生境岛、规整小型水面的形状，改善和营造湿地植被和水鸟的生存环境，增加湿地生境的异质性和稳定性。小微湿地的水量与来水方式应能维持其湿地生态特性，并满足不同湿地的功能需求。湿地水域建设可通过补水、满水、适当增加水域面积等措施来实现。湿地基质可以通过人工措施对土壤贫瘠区域回填种植土，增强湿地基质储存水分和营养物质的能力，为植被提供良好的营养条件，为鸟类等动物提供栖息地。小微湿地岸线建设湿地岸坡护坡可采用木桩护坡、块石护坡、生态砖、生态混凝土护坡、生态袋护坡、植物护坡、生物工程护坡等方法。小微湿地植被建设根据湿地植物的干、枝、叶、花、果等观赏要素与季相特征、塑造不同季节的湿地植被景观：根据湿地植物自然形态、采用孤植、丛植、群植等配置方法，塑造各种形态的植物生境，湿地植物选择睡莲，水金莲花，小荇菜，水皮莲，荇菜，菱等地带性浮叶植物为主。小微湿地动物恢复以自然恢复为主。根据鱼类、两栖类、昆虫类、鸟类等不同目标对象的生境特点，种植食源植物、营造目标物种的觅食地、隐蔽地、夜栖地、巢址地等栖息场所。建设完成后的小微湿地在对生态系统有效保护的基础上，起到调节小气候及美化净化环境的作用。

5.3.5.5 工程详细设计

由于矿山开采，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目产生的多处坑塘、洼地，需要通过微地形重塑进行湿地重建。经现场踏勘调查，发现 2023 年生态修复矿山，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）现状为坑塘或者洼地的区域面积总计为 7.49 公顷，鸡公河下游矿山生态修复子项目现状为坑塘或者洼地的区域面积总计为 4.63 公顷，需要进行湿地重建。



图 5.3-42 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）湿地重建区域分布图



图 5.3-43 鸡公河下游矿山生态修复子项目湿地重建区域分布图

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目区域，现状有多处坑塘、洼地，但部分坑塘、洼地已经被当地居民承包，结合现场踏勘确定 2023 年进行湿地重建的坑塘、洼地为未与当地居民形成承包关系的

坑塘、洼地。以近自然原则，形成不规则形状具有一定的蜿蜒和曲折的岸线形态，因地制宜营造生境岛、规整小型水面的形状，改善和营造湿地植被和水鸟的生存环境，增加湿地生境的异质性和稳定性。



图 5.3- 44 鸡公河下游生态修复区域湿地重建区域现状 1



图 5.3- 45 鸡公河下游生态修复区域湿地重建区域现状 1

鸡公河下游生态修复区域现状坑塘周边有大量垃圾，且有一处点源生活污水排污口，需要在清理垃圾的基础上进行湿地重建。首先，进行微地形塑造，构造适宜水生动物成活、水生植物生长的微环境。之后，通过块石、碎石铺垫，换填种植土，种植湿地水生植物，通过挺水植物、浮水植物、沉水植物、水生动物系统的构建，利用其对污染物的吸收、降解作用，达到水质净化的效果。水生植物生长过程中，需要吸收大量的氮、磷等营养元素，以及水中的营养物质，通过富集作用去除水中的营养盐提高水质，改善该区域的生态环境。

5.3.5.6 预期治理效果



图 5.3- 46 湿地改造前后对比

5.3.6 土地复垦利用

5.3.6.1 概述

土地复垦是指对生产建设活动和自然灾害损毁的土地采取整治措施，使其达到可供利用状态的活动，土地复垦是对由于各种人为因素或自然原因导致破坏的土地，采取因地制宜的整治措施，使其恢复到可供利用状态的一系列的行动和过程。

5.3.6.2 基本原则

一是以加大工矿废弃地复垦为重点，大力推进节约集约用地。以需求引导和供给调节合理确定复垦地块和建新地块，盘活存量工矿废弃地。

二是以加强工矿废弃地复垦为手段，协调土地利用与生态建设，充分发挥各类工矿废弃地和农用地的生态功能，构建良好的土地生态结构。

5.3.6.3 工程目标

废弃土地复垦主要针对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目中矿山废弃地，根据场地现状条件及规划发展需求，复垦为林地。首先通过种植土换填，改善生态环境；而后，对复垦的土地进行乔灌草种植，增加植被覆盖度。

5.3.6.4 工程措施

在土壤质量较差或废石渣、尾矿库区域覆土后开展植树种草，结合矿区实际及周边环境要素，因地制宜，创造生态效益，通过喷浆植土、植被绿化、养护系统等工序，合理选择修复方法和复绿植物，推进矿山治理后多元化可持续发展，让矿山生态修复与经济社会发展同频共振、相得益彰。

5.3.6.5 工程详细设计

矿山开采造成小东江中游矿山生态修复子项目（一期）有部分矿山废弃地，根据场地现状条件及规划发展需求，进行复垦，通过乔灌草搭配种植，提高植被覆盖度。经现场踏勘调查，发现 2023 年生态修复矿山，小东江中游矿山生态修复子项目（一期）现状为废弃地的区域面积总计为 1.12 公顷，需要进行废弃土地

复垦利用。



图 5.3-47 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）土地复垦利用区域分布图

对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区域中的矿山废弃地首先进行棕地健康风险评估后，根据评估方案，对矿山进行除险、清理、平整和潜在危废污染物治理。而后，根据修复地块的基底情况，结合城市规划，开展后续的种植土换填、乔灌木种植等工程。

5.3.6.6 预期治理效果



图 5.3-48 土地复垦治理前后对比

5.3.7 土壤重构工程

5.3.7.1 概述

土壤重构是对矿区破坏土地进行土壤恢复或重建，通过采取适当的工艺技术，并应用工程措施以及物理、化学、生物、生态等措施，重新构造一个适宜的土壤环境条件以及稳定的地貌景观格局，通过人工再造，在较短的时间内恢复和提高重构土壤的生产力，并改善重构土壤的环境质量。土壤重构主要是人为构造和培育土壤，目的是通过对土壤结构的研究一定程度上减轻或消除土壤污染，可在短时间内使土壤的物理和生物特性发生变化，改善土壤的生态环境，提高土壤的质量，为随后的植被重建打好基础。

5.3.7.2 基本原则

(1) 系统性原则

土壤重构涉及的技术环节较多，彼此之间相互联系，互为条件，不能将任何一个技术环节割裂开来，必须放置于土壤重构的整个系统中来，从各个角度、层次去揭示各技术环节科学性、规律性。同时根据系统论原理，系统的功能大于系

统各部分功能之和。只有以系统的视角贯穿矿区土壤重构的过程才能得出全面正确的科学结论。

(2) 因地制宜原则

目前，全国矿山开采较多，对于土壤重构技术的研究也取得很大的进展，很多技术都可以借鉴、引用，但是必须注意普遍性与区域性的差别，在施工过程中，要从当地的经济、社会、环境的实际情况出发，既要利用已有的科研成果也要注意技术的创新，遵循因地制宜的原则进行土壤重构技术研究。

(3) 可操作性原则

土壤重构技术研究最终要落实到生产实践中，因此必须注重理论与实践的结合，不能仅仅停留在理论的层次上。因此，在研究中必须了解目前矿区地理条件以及过往修复工作，从而提出目前切实可行的技术措施。

(4) 综合性原则

在技术研究时，必须要综合多种相关因素，分析各个因素对土壤重构效果的影响，对于限制性因素进行改良或消除，对于有利因素进行保护与促进，目的就是要从深层次、全面性研究土壤重构。

5.3.7.3 工程目标

小东江中游矿山生态修复子工程和鸡公河下游矿山生态修复子项目进行土地复垦、低效林提质增效、裸地近自然林营建区域首先需要进行土壤重构工程，改善土壤质量，重新构造一个适宜植被生长的土壤剖面与土壤肥力条件，在较短的时间内恢复和提高重构土壤的生产力，从而提高植被成活率。

5.3.7.4 工程措施

土壤重构的实质是人为构造和培育土壤，为满足各修复场地植被重建需要，可采用壤土、砂、腐殖质、保水剂、黏合剂，以及土壤调节剂、施肥、改土等措施改良土壤。重构土壤由生植土、有机质、植被绿化添加剂混合组成，各组分材料的选择要求如下：生植土：经风干粉碎过筛而成，最大粒径应小于 8mm，含水量不超过 20%。绿化添加剂：添加剂能中和严重碱性，调节基材 pH 值，降低水化热；增加基材空隙率，提高透气性；改变基材变形特性，使其不产生龟裂；提

供土壤微生物和有机菌，有利于加速基材的活化；含有缓释肥和保水剂。

5.3.7.5 工程详细设计

茂名的历史遗留废弃矿山均为露天开采，在历史采矿活动和矿山工程建设活动的影响下，矿山表土基本丧失，经过多年修复后，仍有多处矿坑呈地表裸露状态。由于矿山所在位置距离城区较近，矿山存在垃圾堆放、废土堆场、违规建设等不同程度的损毁和占用情况。小东江中游矿山生态修复子项目（一期）包含裸地近自然林营建、低效林提质增效、土地复垦利用这三个工程，这三个工程区域的土壤均需要进行土壤重构工作。经现场踏勘调查，发现本次小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目拟修复矿山的土地资源损毁面积总计为 147.08 公顷，需开展生态系统修复重建和废弃工矿用地的土地综合利用整治。



图 5.3-49 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）裸地近自然林营建区域



图 5.3- 50 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）土地复垦利用区域



图 5.3- 51 小东江中游矿山生态修复子项目（一期）低效林提质增效区域

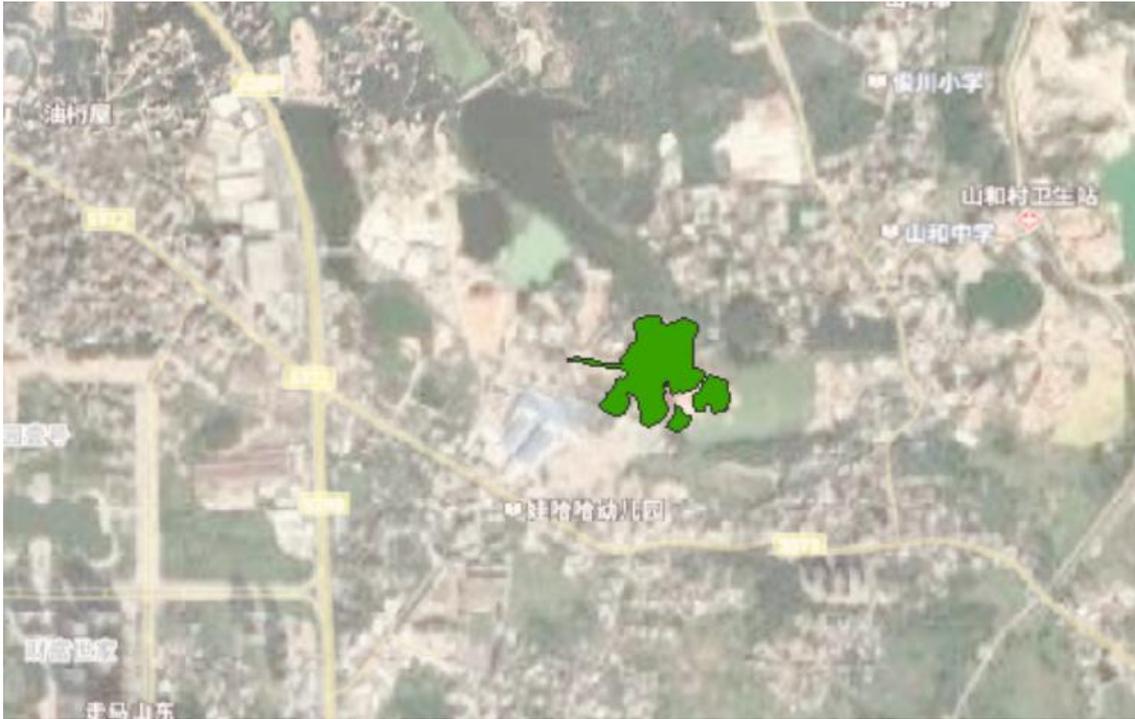


图 5.3- 52 鸡公河下游矿山生态修复子项目裸地近自然林营建区域

(一) 小东江中游矿山生态修复子项目 (一期)

(1) 裸地近自然林营建区域:

占地面积 51.79 公顷，工程区域均为矿山开采过程产生的裸露地表，缺少表土、土壤基本功能缺失。单一的工程措施无法完全将土壤功能恢复，需要多种土壤修复方法共同实施以达成土壤重构的工程的目的。首先是场地平整，通过清挖或者堆土的方式恢复待修复区的地形地势；之后通过就近客土的方式，恢复土壤裸露区域的表土结构；最后是土壤改良，通过检测表土土壤营养物质状况，选择合适的土壤改良剂（包括各类肥料），用以恢复土壤功能，达到裸地近自然林营建区域土壤重构工程的目的。

(2) 低效林提质增效区域

占地面积 89.85 公顷，多为人为盲目种植的速生桉，速生桉不具备水土保持功能，且对土壤营养消耗巨大，导致其余植物无法生长，且由于此类地区原本存在表土，但表土营养流失严重，导致速生桉自身长势不良。单一的工程措施无法完全将土壤功能恢复，需要多种土壤修复方法共同实施以达成土壤重构的工程的目的。首先是场地清理，需要将大部分速生桉清理，留出空间用以土壤重构工程开展以及后续近自然林地种植；其次是场地平整，通过清挖或者堆土的方式恢复

待修复区的地形地势；最后是土壤改良，通过检测表土土壤营养物质状况，选择合适的土壤改良剂，用以恢复土壤功能，达到低效林提质增效区域土壤重构工程的目的。

（3）土地复垦利用区域

占地面积 1.12 公顷，由于紧邻城市开发区域，需要优先复垦为水田、草地或者建设用地。本身具有表土和，但由于缺乏人为管理，缺乏必要的肥力。单一的工程措施无法完全将土壤功能恢复，需要多种土壤修复方法共同实施以达成土壤重构的工程的目的。首先是场地清理，需要将土地复垦利用区域地表上所有杂物清理，包括各类植物；其次是场地平整，通过清挖或者堆土的方式恢复待修复区的地形地势；最后是土壤改良，通过检测表土土壤营养物质状况，选择合适的土壤改良剂（包括各类肥料），用以恢复土壤功能，达到土地复垦利用区域土壤重构工程的目的。

（二）鸡公河下游矿山生态修复子项目

小东江中游矿山生态修复子项目（一期）包含裸地近自然林营建这一工程区域的土壤需要进行土壤重构工作。

（1）裸地近自然林营建区域：

占地面积 4.33 公顷，工程区域均为矿山开采过程产生的裸露地表，缺少表土、土壤基本功能缺失。单一的工程措施无法完全将土壤功能恢复，需要多种土壤修复方法共同实施以达成土壤重构的工程的目的。首先是场地平整，通过清挖或者堆土的方式恢复待修复区的地形地势；之后通过就近客土的方式，恢复土壤裸露区域的表土结构；最后是土壤改良，通过检测表土土壤营养物质状况，选择合适的土壤改良剂（包括各类肥料），用以恢复土壤功能，达到裸地近自然林营建区域土壤重构工程的目的。

5.3.7.6 预期治理效果



图 5.3-53 土壤重构效果图

5.3.8 跟踪监测

5.3.8.1 建设目标

根据生态环境监测网络建设方案，以生态环境监测体制机制改革创新为动力，坚持全面设点、统筹互联、预测预警、依法追责，形成部门协同、社会参与、公众监督的生态环境监测新格局，不断提升生态环境监测的系统性、科学性、权威性，可为加快改善茂名历史遗留废弃矿山环境质量、推进生态文明建设提供有力支撑。现阶段 3S 技术的综合应用日益深入，涉及各个研究领域，基于 3S 技术的湿地生态环境监测与评价成为国内外湿地前沿领域的热点之一，3S 技术应用于历史遗留矿山生态环境质量评价，极大地提高历史遗留矿山生态环境质量综合评价水平。

5.3.8.2 监测范围

根据项目总体及“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程绩效目标表（2023 年）”，明确 2023 年工作内容及安排，主要包括小东江中游矿山生态修复子项目工程一期，实施内容包括地质灾害防治工程、地形重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程、湿地修复工程等；鸡公河下游矿山生态修复子项目，实施内容包括裸地近自然林营建、湿地恢复重建工程等。

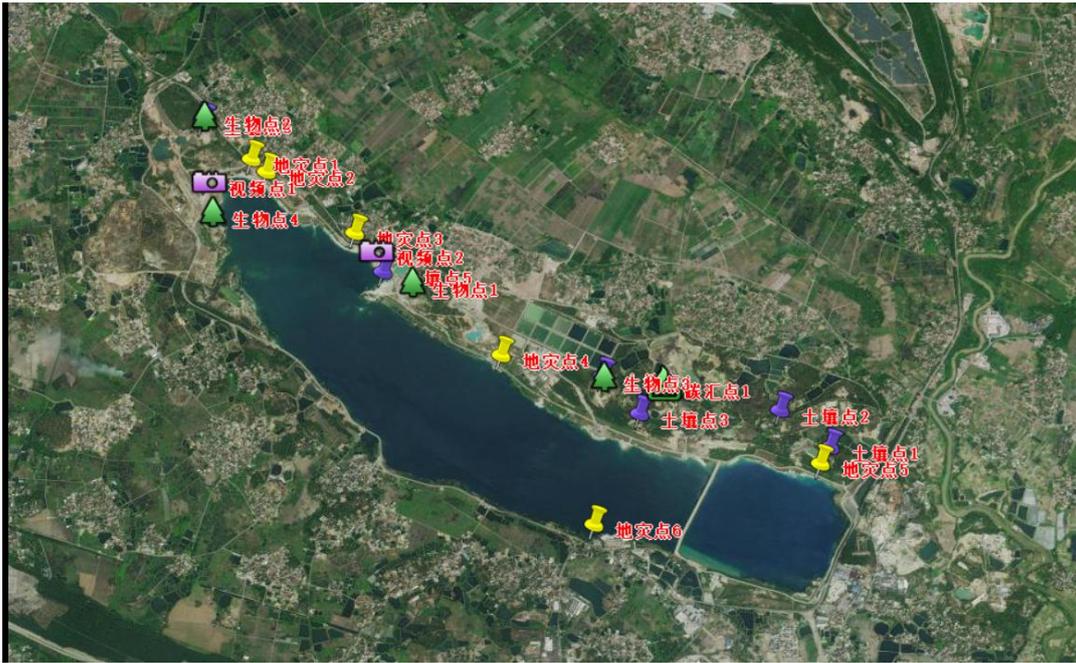


图 5.3-54 小东江中游生态修复单元监测布点图

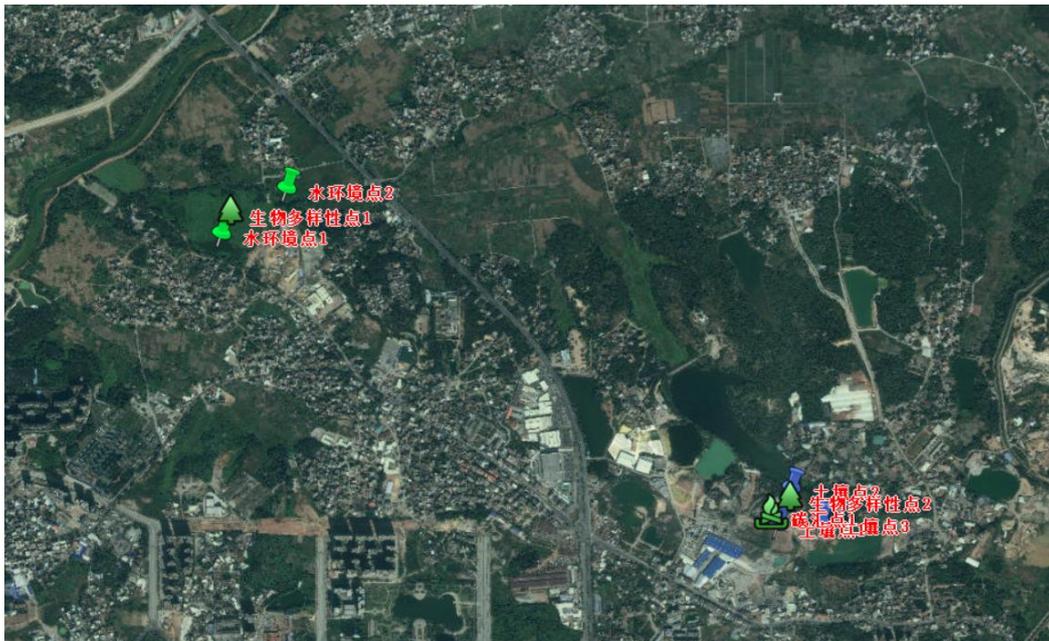


图 5.3-55 鸡公河下游生态修复单元监测布点图

5.3.8.3 监测内容

茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程跟踪监测子工程主要由地质稳定性监测、水质环境监测、土壤环境监测、水土保持监测、碳源汇监测、生物多样性监测、地形地貌景观监测、生态修复恢复情况监测、卫星及无人机遥感环境动态监测等九部分组成。

5.3.8.4 监测期限

为服务成效评估，跟踪监测包括施工前本底监测、施工过程监测和施工后的管护期监测。施工前的本底监测，在 2 个子项目区生态修复工程开工前开展监测，获取施工前生态环境的本底数据；施工过程监测，在施工过程中通过无人机航测等，加强过程监测；施工后的管护期监测，监测期限可根据后期管护要求确定。本项目施工前和施工过程监测期限原则为 1 年，具体根据中标、开工、施工进度和验收合格时间确定。工程验收合格后管护时间根据矿山自然生态条件和修复成效确定，一般管护时间为 3 年。

参考《矿山生态修复技术规范 第 1 部分：通则》（TD/T 1070.1—2022），地质稳定性监测周期可按照 DZ/T 0287 执行；水体监测周期为不少于 2 次/年，丰水期、枯水期各 1 次；土壤、植被群落和动物种群监测周期为不少于 1 次/年。具体监测周期见各要素监测频次。

5.3.8.5 地质稳定性监测

5.3.8.5.1 概述

地质稳定性监测是指对地表、地下或山体等地质体的稳定性进行实时或定期监测和评估的过程。首先根据监测目标 and 需求，在目标区域内安装适当的监测设备；监测设备定期或连续地采集地质体的相关参数数据，如位移、形变、压力、水位等，数据通常以数字形式存储，并配备时间戳和位置信息；对采集到的监测数据进行处理、分析和解读，基于数据分析的结果，对地质体的稳定性进行评估；基于评估结果，制定相应的风险管理措施和预警机制，这可能包括采取防范措施、制定应急预案、提供决策支持等，以减少潜在的灾害风险和保护公众安全。

5.3.8.5.2 监测目标

在小东江中游生态修复区域、鸡公河下游生态修复区域开展地质稳定性监测，分别选取不同的测量方式对修复工程实施后的项目区域地形地貌、不稳定边坡等进行系统监测，建立地质稳定性监测站：GNSS 位移监测站 4 处、固定式测斜仪 6 套、拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计 6 套、雨量监测站 1 处，视频监控系统 2 套，实时监测。形成自动监测网，实现全天候实时监测、自动传输功能，开展生

态监管数据收集、分析和处理，掌握矿山生态修复前中后期地质稳定性的变化情况
况及项目实施效果，为地质灾害评估、生态安全评价、生态系统稳定性评价等提
供直接数据。

5.3.8.5.3 监测范围

根据项目总体及“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程绩效目标表
(2023年)”，明确2023年工作内容及安排，地质稳定性监测范围主要在小东
江中游矿山生态修复子项目(一期)区域。

5.3.8.5.4 监测点位

5.3.8.5.4.1 监测点位布设原则

(1) 监测点位能够真实有效的代表点位所代表区域的真实情况，并能够对
未来发展趋势做出有效的判断。

(2) 变形监测基准点设置在灾害体以外的稳定地质体上，且不易受施工破
坏，也不妨碍施工作业的地方，构成可以进行稳定性监测的简单网型。

(3) 应遵循“五个结合”的原则，即监控整体与突出重点敏感部位相结
合，监测灾害体动态与监测防治工程的结构相结合，地表监测与深部监测相结
合，仪器监测与专业巡查相结合，施工安全监测与防治效果监测点的布置有机结
合。

(4) 在泥石流区若有滑坡、危岩崩塌发育，则应按滑坡及危岩崩塌区的监
测要求布置监测工作。

(5) 防治效果监测时间长度不应小于一个水文年，数据采集时间间隔宜为
7~10天，在外界扰动较大时，如暴雨期间，应加密观测次数。

(6) 滑坡长期监测宜沿滑坡主剖面进行，监测点的布置可少于施工安全监
测和防治效果监测。

(7) 监测点位能够满足自动监测仪器安装、监测、管理和质量控制条件。

(8) 监测点位维护方便并能保持安全可靠、长期稳定的运行。

5.3.8.5.4.2 监测点位布设

根据上述布点原则，在小东江中游生态修复单元建立地质稳定性实时监测站

4 处、固定式测斜仪 6 套、拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计 6 套、实时视频监控系统 2 套、实时雨量计 1 套。



图 5.3- 56 小东江中游生态修复单元监测布点图

5.3.8.5.5 监测指标

5.3.8.5.5.1 监测指标选取原则

监测指标的布设直接关系到监测结果的实用性，它必须符合合理性原则和可行性原则，并且充分考虑到全面监测结果、监测工作目的的技术要求等条件。

5.3.8.5.5.2 监测指标选取

针对小东江中游生态修复单元地质环境特点，设置监测指标具体如下：

在小东江中游生态修复单元监测矿区表面位移、矿区深层水平位移、矿区地质滑坡表面位移、降雨量、地表裂缝、矿区现场环境及工程措施情况。

5.3.8.5.6 监测方法

表 5.3-1 地质稳定性主要监测方法

序号	监测项目	观测内容	常用观测方法
1	地表绝对位移监	大地测量法 地表水平位移、 地面沉降	水平位移：视准线法、小角法、极坐标法、交会法等 垂直位移：水准测量、精密三角高程测量

序号	监测项目	观测内容	常用观测方法
	测		GPS 测量法
			近景摄影测量法
2		表面倾斜监测	简易量测
3	滑坡体内部位移监测	滑带处错动变形	便携仪表量测法、固定埋设仪表量测法
4		内部相对位移监测	埋设仪表量测法
5	裂缝相对位移监测	裂缝两侧相对张开、闭合、下沉、抬升或错动等	简易量测法、机械或电子仪表量测法
6	泉点监测	泉水流量	测流堰观测法
7	地下水监测	地下水水位、水量、水温等	地下水监测钻孔
8		渗压监测	地下水监测钻孔
9		渗流监测	测流堰观测法
10	常规水文监测	与灾害相关的河库、溪水位等	有条件可搜集当地气象水文站资料；也可人工测读
11	常规气象监测	大气降水量、温度	搜集当地气象局观测资料；也可人工或自动记录量测
12	震动监测	震动频率、强度	仪器监测
13	支护结构	支挡结构与坡体接触压力监测	仪器监测
14		锚索锚固力	仪器监测
15		钢筋应力、应变	仪器监测
16		支护结构变形	大地测量法、深部位移监测法
17		巡视监测	简易人工监测及施工地质编录、进度记录

5.3.8.5.7 监测频次

24 小时全天候实时监测。

5.3.8.5.8 监测程序

(一) 数据监测

（1）滑坡、边坡工程监测

地表变形监测、裂缝监测、建筑物变形监测、滑动面位移监测；地下水位和水量监测、降雨量、水环境监测、孔隙水压力监测；应力监测。

（2）危岩（崩塌）监测

岩体绝对位移与沉降、裂缝（张开、闭合、位错）变化；地下水位变化及泉水流量监测、裂缝充水情况等监测。

（3）泥石流监测

降雨是触发泥石流的重要因子，其监测重点应是降雨情况，监测内容为泥石流的频率、流速、流量以及泥石流流量的变化与河水流量、降雨量的关系。

（4）塌岸监测

塌岸宽度、高度及长度，塌岸岩土体位移变化、地表裂缝（张开、闭合、位错）变化、地表水流量、流速、水位等变化、泉水流量监测及塌岸前缘坍塌情况监测等。

（5）防治工程效果监测

针对实施的防治工程进行监测，包括变形位移和应力监测，如监测预应力锚索应力值的变化、抗滑桩的变形和土压力、排水系统的过流能力等。

（二）人工巡视监测

地质稳定性人工巡视监测，由经验丰富的技术人员现场对地质稳定性的各种变形迹象和要素的出现及发展趋势巡视和记录，如地表裂缝、塌陷、泉水露头等进行巡视检查、拍照和记录；

密切关注地质灾害体上已有变形迹象的发展变化程度以及新生变形的存在及其发展和空间分布，并根据巡视发现的变形迹象的分布和发展趋势及时与监测数据进行综合对比分析，确定地质稳定性的变形活动情况。

搜集当地降雨量资料，对地质灾害体周边河流水位变化情况进行监测和分析其对地质灾害活动的影响。

（一）地表大地变形监测

目前，在各种地质灾害监测中，GPS 监测技术逐渐成为一种重要技术方法，广泛应用于各种崩塌滑坡不同变形阶段的三维位移监测。

在监测过程中，合理设计和布设监测网是准确、有效地监测地质灾害体变形活动的关键。

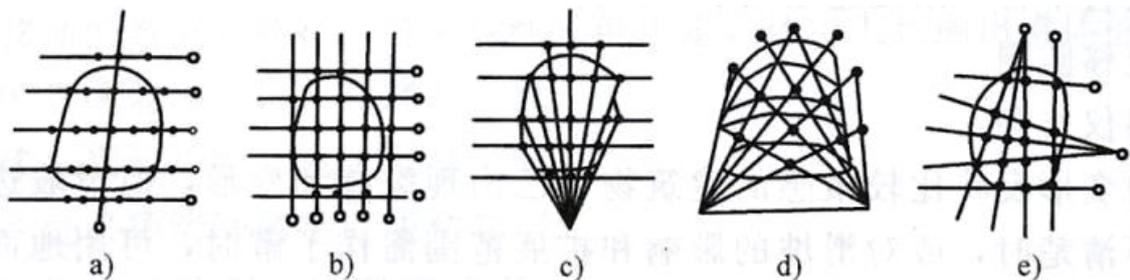


图 5.3-57 a) 十字交叉网；b) 正方格网；c) 射线网；d) 基线交点网；e) 任意方格网

(二) 地表裂缝监测

地表裂缝监测可采用测缝计、收敛计、钢丝位移计和位错计等进行人工监测或自动监测，也可在裂缝两侧设标点和测桩用钢尺和游标卡尺进行测量。地表裂缝监测仪器一般跨裂缝、断层、夹层、层面等布置。

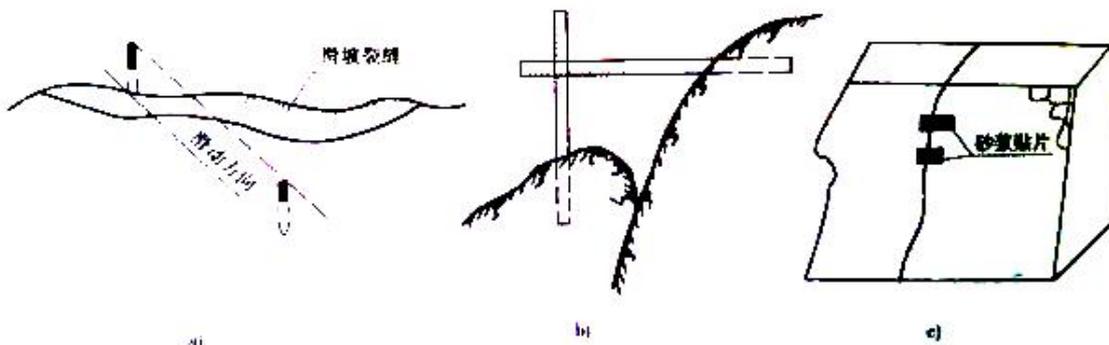


图 5.3-58 地面裂缝监测示意图

(三) 深部位移变形监测

(1) 深部倾斜监测

从孔底向上依次连续测量测斜管沿孔深方向的斜率变化，通过两点之间的斜率变化换算为两点之间的位移变化量，从而获得岩土体内部不同深度相对孔底稳定段的水平方向位移量。通过不同时间段的监测即可获得其随时间变化的累计位移—时间的变化情况。

现场数据采集后，及时对测斜数据进行分析处理，绘出位移变形—深度、位移—时间、变形速率—深度、变形速率—时间、合成位移—深度、变形方向—深度（时间）等变化曲线，分析确定滑动层位的存在、变形发展趋势、变形方向的变化等。

(2) 支护结构监测

支护结构监测主要内容有：锚杆应力监测、锚索锚固力监测、钢筋应力应变监测、支挡结构与坡体接触压力监测、支护结构变形监测。

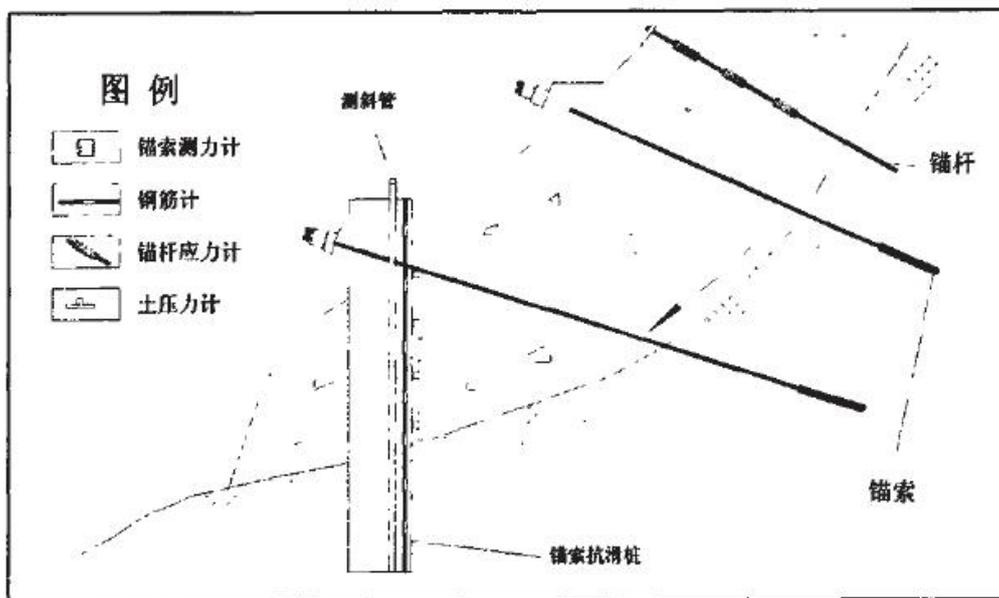


图 5.3-59 滑坡支护结构监测示意图

(四) 巡视监测

定期对地质灾害体出现的宏观变形形迹（如裂缝发生及发展、地沉降、下陷、坍塌、膨胀、隆起、建筑物变形、支挡结构上的裂缝等）和与变形有关的异常现象（如地声、地下水异常、动物异常等）进行调查记录。

地质稳定性的巡视监测是地质灾害安全监测的重要组成部分，要将仪器监测数据与地质灾害巡视的各种异常现象紧密结合，关键时刻要以地质灾害巡视监测的异常地质现象为主进行预警预报评价。

5.3.8.6 水质环境监测

5.3.8.6.1 概述

水质环境监测是指为了掌握水环境质量状况和水系中特性指标的动态变化，对水的各种特性指标取样、测定，并记录或发出讯号的程序化过程，水质环境监测在维护水环境健康方面具有重要作用。

5.3.8.6.2 监测目标

在小东江中游生态修复区域、鸡公河下游生态修复区域开展水环境监测，建立水质环境监测点 8 处，定期开展水环境样品采集、运输、实验室分析，根据分析结果判断水环境污染程度，同时为修复后的水环境水质改善情况和水位变化情况评估提供数据支撑。

5.3.8.6.3 监测范围

根据项目总体及“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程绩效目标表（2023 年）”，明确 2023 年工作内容及安排，水质环境监测范围主要包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区域的好心湖和鸡公河下游矿山生态修复子项目区域的水塘湾。

5.3.8.6.4 监测点位

5.3.8.6.4.1 监测点位布设原则

（1）监测点位的布设在宏观上能反映流域（水系）或所在区域的水环境质量状况和污染特征。

（2）监测点位的布设应尽量设置在顺直河段上，选择河床稳定、水流平稳、水面宽阔、无急流或浅滩且方便采样处。

（3）监测点位布设应考虑采样活动的可行性和方便性，尽量利用现有的桥梁和其他人工构筑物。

（4）监测点位的布设应考虑社会经济发展、监测工作的实际状况和需要，要具有相对的长远性。

（5）监测点位的布设应考虑水文测流点位，以便利用其水文参数，实现水质监测与水量监测的结合。

（6）监测点位的设置数量，应考虑人类活动影响，通过优化以最少的监测点位、垂线和监测点位获取具有充分代表性的监测数据，有助于了解污染物时空分布和变化规律。

5.3.8.6.5 监测指标

5.3.8.6.5.1 监测指标选取原则

监测指标的布设直接关系到监测结果的实用性，它必须符合合理性原则和可行性原则，并且充分考虑到全面监测结果、监测工作目的的技术要求以及污染物来源等条件。

5.3.8.6.5.2 监测指标选取

针对沉陷区水质监测项目并根据《地表水和污水监测技术规范》（HJ / T 91-2002）、《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）和《水和废水监测分析方法》中的相关标准，现选取的研究指标如下：

常规理化指标：水温（T）、水深（H）、电导率（TDS）、矿化度、透明度（SD）、PH 等。

无机阴离子指标：氟离子（F⁻）。

有机污染指标：高锰酸盐指数（COD_{Mn}）、五日生化需氧量（BOD₅）、化学需氧量（COD_{cr}）、总有机碳（TOC）、溶解氧（DO）等。

富营养化指标：叶绿素 a（Chl-a）、总磷（TP）、溶解性总磷、总氮（TN）、氨氮（NH₃-N）、硝酸盐氮（NO₃-N）、亚硝酸盐氮（NO₂-N）等。

5.3.8.6.6 监测方法

各监测指标的监测方法依据《水和废水监测分析方法（第四版）》进行，如下表所示：

表 5.3-2 监测方法

指标分类	监测指标	监测方法
理化指标	T	温度计法
	SD	塞氏盘法
	PH	PH 计
	TDS	电导仪
无机阴离子	F ⁻	氟电极法
有机污染指标	DO	修正碘量法
	COD _{Mn}	GB 11892-89
	COD _{cr}	酸性重铬酸钾法
	BOD ₅	溶氧仪法
	TOC	非色散红外线吸收法
富营养化指标	TP	钼酸铵分光光度法

指标分类	监测指标	监测方法
	TN	碱性过硫酸钾消解分光光度法
	NH ₃ -N	纳氏试剂比色法
	NO ₃ -N	酚二磺酸光度法
	NO ₂ -N	GB 7493-87

5.3.8.6.7 监测频次

每年的监测频次分为丰水期和枯水期，各 1 次，共计 2 次。

5.3.8.6.8 监测程序

5.3.8.6.8.1 水样采集

(1) 采样时应保证采样点位置准确，必要时使用定位仪定位，并拍摄水体现场情况，做好记录。不能抵达指定采样位置时，应记录现场情况和调整后的实际采样位置。

(2) 尽量选择在连续两天无降雨之后采样。若计划采样期间遇连续降雨，在确保安全的条件下，原则上避开明显有雨水汇入的区域，在水质充分混匀的区域或者汇入点上游区域采集水样，应记录现场情况；

(3) 潮汐河流或受盐度影响的地表水，若中下层水样的盐度大于 2‰，可只采集表层水样，但应记录中下层水样的盐度值。

5.3.8.6.8.2 水样的保存

采集的水样按监测项目标准分析方法规定添加适量保存剂，标准分析方法中没有规定的，按 HJ 493 规定执行。添加保存剂的过程中，所用器具不可混用，避免交叉污染。

5.3.8.6.8.3 采样结束前核查

采样结束前，应核对采样计划、记录与水样，如有错误或遗漏，应立即重新采样或补采。

5.3.8.6.8.4 水样运输与交接

(1) 水样运输前，应将样品瓶的外（内）盖盖紧，需要冷藏保存的样品应按照标准分析方法要求保存，并在运输过程中确保冷藏效果。

(2) 装箱时应用减震材料分隔固定，以防破损。

(3) 水样采集后宜尽快送往实验室。根据采样点的地理位置和各监测项目标准分析方法允许的保存时间，规划采样送样时间，选用适当的运输方式，以防延误。

(4) 样品运输过程中应采取措施避免沾污、损失和丢失。

(5) 水样交付实验室时，应清点样品，核查样品的有效性并填写交接记录表。

(6) 采样记录、样品标签及其包装应完整。若发现样品异常或处于损坏状态，应如实记录，并尽快采取相关处理措施，必要时重新采样。

5.3.8.6.8.5 水样分析测定

针对不同的监测指标使用不同的监测方法进行分析测定。

5.3.8.7 土壤环境监测

5.3.8.7.1 概述

土壤环境监测是指对土壤环境质量、发展趋势的动态分析测定，是了解土壤环境质量状况的重要措施，以达到增强土壤肥力和环境质量的的目的。

5.3.8.7.2 监测目标

在小东江中游生态修复区域、鸡公河下游生态修复区域开展土壤环境监测，建立土壤环境监测点 9 处，依靠现场调查的方式，确定采样位置，选取监测指标和土壤污染评价指标，进行土壤环境监测。针对茂名高岭土矿山的生态修复特点，对修复后的土壤质量改善情况进行监测；针对茂名油页岩矿山的生态修复特点，突出土壤肥力、理化性质等监测。

5.3.8.7.3 监测范围

根据项目总体及“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程绩效目标表（2023 年）”，明确 2023 年工作内容及安排，土壤环境监测范围主要包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区域和鸡公河下游矿山生态修复子项目区域。

5.3.8.7.4 监测点位

5.3.8.7.4.1 监测点位布设原则

(1) 代表性原则

土壤环境监测目的之一是为土地质量评价服务，因此所选的监测样地要能反映出矿区土地质量的特点，因此需要在矿区及其周边选择有代表性的土地，以最大限度地反映所代表的一类土地的实际情况。

(2) 控制性原则

矿区土地利用的情况复杂，对每一块土地进行调查取样是不现实的，不可能逐一掌握每一块土地的质量情况，除了对所设样地要求有代表性外，还要有控制性，即通过一定数量的点就可对整个矿区的不同阶段的土地质量变化情况从整体上把握，以节省人力和时间。

(3) 随机性原则

由于样品的代表性与控制性与采样误差相关，采样点的多少取决于所研究范围的大小，研究对象的复杂程度以及试验研究所需要的精密度因素，为了更有效地控制采样带来的误差，则矿区土壤的采样品应当是随机取自各代表性样地的总体。

(4) 变异性原则

土地质量变化对土地生产力影响显著，矿区土地质量本身是多变的，所选的监测样地要能体现研究区域土地质量的变异情况，否则就没有必要对矿区土地质量实施监测。因此所选择的采样地需考虑要能明显反应矿区范围内土地质量有明显变化的性质。

(5) 简单、易实现原则

矿区土地质量监测是一个动态长期的过程，其中涉及到土地质量的评价指标。质量监测的结果是土地质量评价指标的综合反映，因此样地布设和采样遵循指标选择一样的原则，在满足有利于野外考察最简路线的同时，避免实地调查时某些指标的采样因其地形地貌等因素带来不必要的困难。

5.3.8.7.4.2 监测点位布设

参考 HJ 25.2-2019 《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》的要求确定采样位置，采样位置确定为表层、深层、饱和带三类位置，根据监测点位的布设原则，建立土壤环境监测点 9 处，其中在小东江中游生态修复区域布设 6 处、鸡公河下游生态修复区域布设 3 处。



图 5.3- 62 小东江中游生态修复单元监测布点图



图 5.3- 63 鸡公河下游生态修复单元监测布点图

5.3.8.7.5 监测指标

5.3.8.7.5.1 监测指标选取原则

(1) 标准化原则

所选有的一些指标应与目前已有的国标、行标一致，以便获取或利用已有的数据资料，利用《土壤环境质量标准》等一些现成的评价指标及等级标准可以直接引用，减少重复性工作。

(2) 主导性原则

矿区土地质量评价指标应是对矿区土地利用的质量起主要影响的因素。与其他类型区域相比，矿区土地在实际利用与管理中情况复杂得多，因此需要在众多的土地特性中，必须找出主导因素，除了避免重复计算减少工作量的原因外，更多的是考虑掌握真正决定土地质量的指标。

(3) 特征性原则

矿区属于一个比较特殊的研究区域，其内部的土地质量在短时间内有显著的

变化，因此选择的指标应尽可能反映出矿区土地利用的特点，而不应只拘泥于某些稳定的因子。

5.3.8.7.5.2 监测指标选取

根据 GB 36600-2018《土壤质量建设用地上污染风险管控标准（试行）》中确定的土壤监测基本项目，土壤监测指标如下表所示：

表 5.3-3 土壤环境监测指标

指标类型	指标名称
土壤养分	pH、阳离子交换量、氨氮、硫酸盐、全钾、全磷、全氮、速效钾、速效氮、有效磷
土壤重金属污染	镉、汞、砷、锰、铅、铬、锌、镍

5.3.8.7.6 监测方法

监测方法主要采用光学遥感监测，遥感数据采用哨兵 2 号、Landsat 8 光学遥感影像；非遥感数据要通过实地采样，即在研究区域内，通过均匀分布的原则选择采样点，获取土壤样芯。将采集后的样本放入贴有样本标签的密封塑料袋中。使用便携式 GPS 获得每个采样点地理坐标。采样结束后进行实验室处理。各监测指标的监测方法依据 GB 36600-2018《土壤质量建设用地上污染风险管控标准（试行）》进行，如下表所示：

表 5.3-4 监测方法

指标分类	监测指标	监测方法
土壤养分	pH	电位法
	阳离子交换量	乙酸铵交换法
	氨氮	靛酚蓝分光光度法
	硫酸盐	自动热滴定法
	全钾	火焰光度法或原子吸收分光光度法
	全磷	钼锑抗比色法
	全氮	凯氏蒸馏法
	速效钾	火焰光度法或原子吸收分光光度法
	速效氮	碱解扩散法
	有效磷	钼锑抗比色法
土壤重金属污染	镉	石墨炉原子吸收分光光度法
	汞	微波消解/原子荧光法
	砷	微波消解/原子荧光法
	锰	火焰原子吸收光谱法
	铅	石墨炉原子吸收分光光度法
	铬	二苯碳酸二胍比色法
	锌	原子吸收分光光度法
	镍	火焰原子吸收分光光度法

5.3.8.7.7 监测频次

每年的监测频次为1次。

5.3.8.7.8 监测程序

5.3.8.7.8.1 土样采集

根据前面所述的采样原则，在已选择好的监测样地内同时进行土壤剖面采样和混合采样，并在现场及时做好对应的记录。

在露天矿区，因采矿活动对地面形态的巨大扰动，导致地表单元破碎度高，所以采用的布点方法一般是随机布点法与蛇形布点法相结合的方式。

5.3.8.7.8.2 土样的处理

土壤样品的处理分为野外现场处理和带回实验室处理两种方式。其中野外现场处理主要针对土壤的颜色、质地和湿度三种情况。需要带回实验室进行化学分析需要的土样量一般较小，在零点几克到即几克之间，且针对不同的测试项目需要不同颗粒直径的土壤。从野外样地采集的土壤量一般较大，因此需要进行加工处理。

(1) 土壤样品外业处理

1) 剖面土样处理

在野外处理剖面土样，主要目的是为了记录剖面土样的颜色、质地和湿度等情况。其中鉴别土壤颜色可用门赛尔色卡进行对比确定土色；鉴定土壤质地用指测法；用手感法来初步确定土壤的湿度。

2) 混合土样处理

因混合土样是在样地中通过多点取土，所以最初通过取土钻得到的土样较多，需要用四分法将多余的土壤弃去：将采集的土壤样品弄碎、混匀，铺在报纸或塑料布上成圆形或四方形，划对角线将土样分成四分，把对角的两份分别合成一份，保留一份，弃去一份。

(2) 土壤样品内业处理

1) 风干样品

选在一间干燥无酸气、氨气等气体且通风的房间，将野外采集的土样及时摊

平在干净的纸上，铺成薄层，压好标签。为了防止尘埃落入，在土壤表面再用一张干净的纸盖上。大约一周后，可取下制备。

2) 样品的制备

首先将风干的样品里的石块、根茎等除去，再把样品倒入碾土盘中进行碾土，使其全部通过 2mm 筛孔，取出一部分放入已贴好标签的透明袋中封好，以备速效养分和 pH 值测定。剩余部分土壤继续研磨，使其通过 0.25mm 筛孔，取 20-30g 装入另外已贴好标签的透明袋中封好，以备分析其它指标项目。

5.3.8.7.8.3 土样分析测定

针对不同的监测指标使用不同的监测方法进行分析测定。

5.3.8.8 水土保持监测

5.3.8.8.1 概述

水土流失一般是指在风力、水力、冻融及重力等外力作用下地表土壤及母质、岩石遭受破坏、移动和堆积等运动过程以及水本身损失的自然现象。水土保持监测是指对水土流失的发生、发展、危害及水土保持效益进行长期的观测、调查和分析工作，旨在对生产建设项目建设过程中的水土流失问题进行监测，并对水土保持措施进行测定，以达到保持水土以及保护生态环境的目的。

5.3.8.8.2 监测依据

5.3.8.8.2.1 法律法规

(1) 《中华人民共和国水土保持法》（1991年6月29日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议通过，2010年12月25日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十八次会议修订，自2011年3月1日起施行）；

(2) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》（1993年8月1日国务院120号发布，2011年1月8日修订）；

(3) 《广东省水土保持条例》（2016年9月29日广东省第十二届人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过，2017年1月1日施行）。

5.3.8.8.2.2 部委规章

(1) 《生产建设项目水土保持方案管理办法》（2023 年水利部令第 53 号，2023 年 3 月 1 日起施行）。

5.3.8.8.2.3 技术标准

- (1) 《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）；
- (2) 《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T50434-2018）；
- (3) 《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）；
- (4) 《水利水电工程制图标准水土保持图》（SL73.6-2015）；
- (5) 《土地利用现状分类》（GB/T21010-2017）；
- (6) 《水土保持调查与勘测标准》（GB/T51297-2018）；
- (7) 《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240-2018）；
- (8) 《水土保持工程设计规范》（GB 51018-2014）。

5.3.8.8.2.4 技术资料

- (1) 《广东省水土保持规划（2016~2030 年）》（2016 年 4 月，广东省水利厅）；
- (2) 《茂名市水土保持规划（2018~2030 年）》（茂名市水务局，2019 年 11 月）；
- (3) 《茂名市茂南区水土保持规划（2022-2030 年）》（茂南市茂南区水务局，2022 年 8 月）。

5.3.8.8.3 监测目标

在小东江中游生态修复区域、鸡公河下游生态修复区域开展水土保持监测，建立水土保持环境监测点 6 处，依靠实地量测、地面观测、资料分析等方式，确定监测位置，选取监测指标和监测指标，进行水土保持监测，及时掌握项目区域内的水土流失状况，评价水土流失和项目区域生态环境造成的实际影响。

5.3.8.8.4 监测范围

根据项目总体及“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程绩效目标表

（2023年）”，明确2023年工作内容及安排，水土保持监测范围主要包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区域和鸡公河下游矿山生态修复子项目区域。

5.3.8.8.5 监测点位

5.3.8.8.5.1 监测点位布设原则

（1）全面覆盖

水土保持监测点位布设应该遵循水土流失类型区全面覆盖原则，对整个区域的水土保持监测站网统一规划，有效控制。在各种水土流失类型区布设观测点位，每个观测点位控制不同的类型区，达到监测整个区域土壤侵蚀状况的目的。

（2）重点突出，全面服务

水土保持监测点位布设要做到重点突出，全面服务，在统一规划基础上，尽量布设在水土流失严重的地区、边坡地区以及水源保护区等重点区域。

（3）突出典型性和代表性

在大的分区前提下，以地形地貌和侵蚀方式为基础，突出典型性和代表性。在充分调查研究的基础上，依据突出重点，兼顾一般的原则，在同一个类型区进行水土保持监测点位的工程建设。

5.3.8.8.5.2 监测点位布设

基于项目区域的土地利用类型、土壤植被和气象水文等条件，根据监测点位布设原则，在小东江中游生态修复区域布设4处、鸡公河下游生态修复区域布设2处水土保持监测点位，共计6处。



图 5.3- 64 小东江中游生态修复单元监测布点图

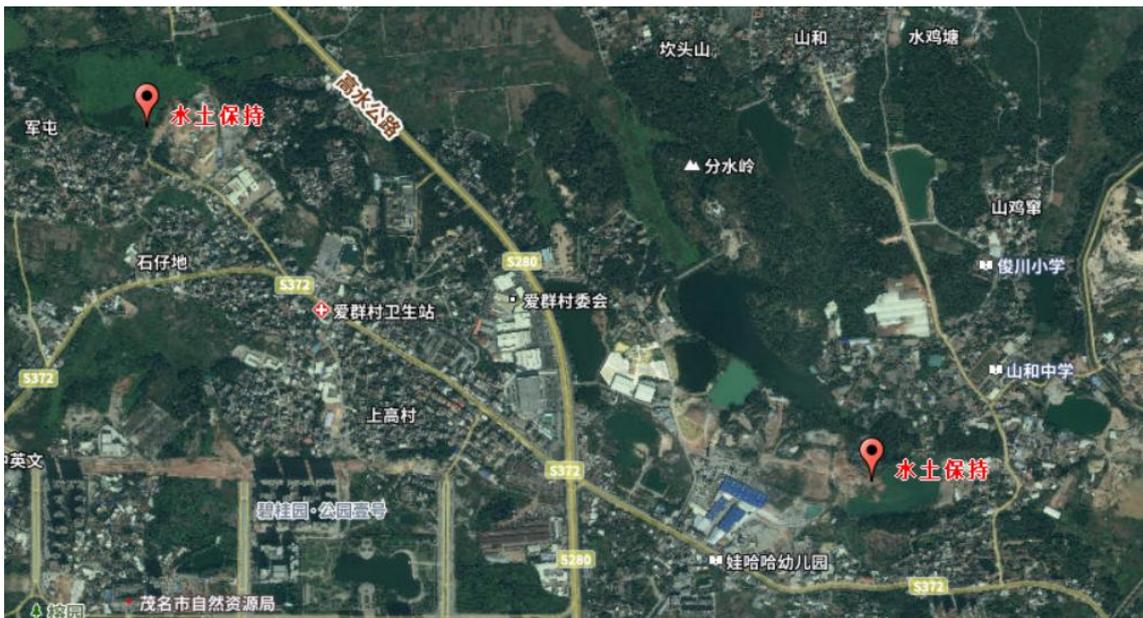


图 5.3- 65 鸡公河下游生态修复单元监测布点图

5.3.8.8.6 监测指标

5.3.8.8.6.1 监测指标选取原则

(1) 综合分析主导因子相结合

水土流失是综合因子共同作用的，它与区域的地形、地貌、气候、海拔、土壤、水文、植被、土地利用方式（人为活动影响）等均有密切的关系。而水土保

持监测指标的选取即是对上述因素进行分析，确定出水土保持监测的适宜性指标。

(2) 定量指标与定性指标相结合

从理论上讲，在监测指标的选取上，应尽可能多采用直接指标和定量指标，少用间接指标和定性指标，便于划定明晰的分区界限，在选取分区指标时，既要考虑定量指标，也要选取合适的定性指标。

(3) 指标体系简明性和易获取性

水土保持监测指标的选取还应考虑到其数据的可获取性与易获取性，即在生产实践上，通过简单的观测或利用已有的资料、图集就可获取指标，或者通过对这些简洁明了且易获取的指标进行系统组合，构建一个完整的和简明的监测指标体系，既简便地对水土流失的异质性做出评价，也可以方便地进行水土保持监测。

(4) 科学性和独立性

所选择的指标应充分反映水土流失的机理，并能客观评价水土流失状况和水土保持措施的效益。同时，各个指标之间应该相互独立，避免重复。

5.3.8.8.6.2 监测指标选取

水土保持监测内容应包括扰动土地情况，取土（石、料）、弃土（石、渣）情况，水土流失情况和水土保持措施实施情况及效果等。

选取水土保持监测指标如下表所示：

表 5.3-5 水土保持监测指标

指标类型	监测指标
气象因子	降雨量
	降雨强度
边坡因子	坡长和坡度
土壤因子	土壤容量
	土壤粒度分布
	土壤物理特性
地形因子	地面粗糙度
	地形分布
植被因子	植被类型
	植被盖度
工程防护措施因子	林草措施
	工程措施

5.3.8.8.7 监测方法

各监测指标的监测方法如下表所示：

表 5.3-6 监测方法

监测指标	监测方法
降雨量	雨量桶
降雨强度	自计雨量计
坡长和坡度	地面丈量法
土壤容量	重力法
土壤粒度分布	粒度分析
土壤物理特性	常规物理方法
地面粗糙度	小区模拟法
地形分布	目测法
植被类型	现场调查
植被盖度	观测法
林草措施	生态评价
工程措施	工程评价

5.3.8.8.8 监测标准

按照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018）的相关规定对监测指标进行评价。

5.3.8.8.9 监测频次

分别对施工准备期、施工期及试运行期的水土保持情况进行监测，共计 3 次。

5.3.8.8.10 监测程序

项目生态修复过程中，根据监测点位布设情况，按照监测频次，监测水土流失情况，并同时采集影像资料，填写记录表。

5.3.8.9 碳源汇监测

5.3.8.9.1 概述

在小东江中游生态修复区域、鸡公河下游生态修复区域采用样地抽样调查结合遥感监测方式开展碳源汇监测。样地抽样调查固定样线 2 条，每条样线不少于 3 处，监测周期为 1 次/年，选择碳储量峰值期（7-9 月）。针对茂名高岭土矿山的生态修复特点，对矿山修复后的地上生物量（植被类型、分布、成活率、覆盖度等变化情况）、枯落物、枯死木等碳库进行测定与评估；针对茂名油页岩矿山

的生态修复特点，在油页岩矿山干旱半干旱区林草生态修复区域，突出植被群落的种类、分布、面积、植被成活率、覆盖度、碳源汇情况等监测。通过“遥感数据+AI算法模型”，计算森林蓄积量、生物量估算，以及碳储量、碳汇计量。

5.3.8.9.2 监测目的

根据茂名历史遗留废弃矿山场地现状条件及规划发展需求，对小东江中游、鸡公河下游生态修复单元进行地形重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程、废弃土地复垦利用等修复工程，通过植被恢复、生态廊道建设、土地复垦等措施，增加植被覆盖度和多样性，保护珍稀濒危物种，增强景观连通性和生态系统抵抗力，促进生物多样性保护和生态系统服务功能提升。因此，通过采用样地抽样调查结合遥感无人机等技术开展矿山修复前后碳储量变化及植被状况等变化规律。

5.3.8.9.3 布设原则

（一）样地抽样布设原则

样地抽样分别对小东江中游、鸡公河下游 2 个生态修复区域进行碳源汇监测，样地抽样调查固定样线 2 条，每条样线不少于 3 处，监测周期为 1 次/年，选择碳储量峰值期（7-9 月）。具体包括总体边界确定、样本单元数确定、抽样方法选取、确定样本量的大小、样本量分配方法等内容。

（1）总体确定

一般采用地形图或二类调查成果来确定，根据碳汇计量与监测范围确定区域和项目尺度碳汇计量与监测总体。

（2）样本单元确定

碳汇计量与监测样本单元在满足不重不漏和有序的原则基础上，依据精度要求和植被类型进行确定。如果利用现有林业资源调查体系的样本单元时，要先对其进行检查，避免有重复、遗漏的情况发生，以提高样本对总体的代表性。

（3）抽样方法选取

目前林业常用的抽样方法包括典型抽样、系统抽样和分层抽样等。碳汇计量与监测抽样方法的选取主要依据总体大小、林业调查数据详细程度和抽样方法特点选择适合条件的抽样方法。3 种抽样方法的特点和适用条件如下：

典型抽样：如果对调查对象总体有一个全面的了解或调查对象数据比较完整，并且监测总体面积不是太大，推荐采用此抽样方法；

系统抽样：如果对调查对象事先不了解和调查对象数据缺乏，需要采用一种简单易行、具有较好代表性的抽样方法，推荐采用；

分层抽样：如果调查对象总体可以按林分特征因子进行分层，总体划分后各分层单元不重叠、遗漏，并且分层单元权重可以确定，需要采用准确性高的抽样方法时，推荐采用。

（二）遥感碳汇监测

基于茂名历史遗留废弃矿山生态修复后碳指标监测应用需求，结合卫星对地观测遥感数据的时空分辨率和观测要素，对小东江中游、鸡公河下游 2 个生态修复区域进行优于 1 公里空间尺度的碳指标监测产品生产。

5.3.8.9.4 站点布局

根据上述布点原则，在小东江中游生态修复区域、鸡公河下游生态修复区域各设点位 1 处碳源汇监测点。

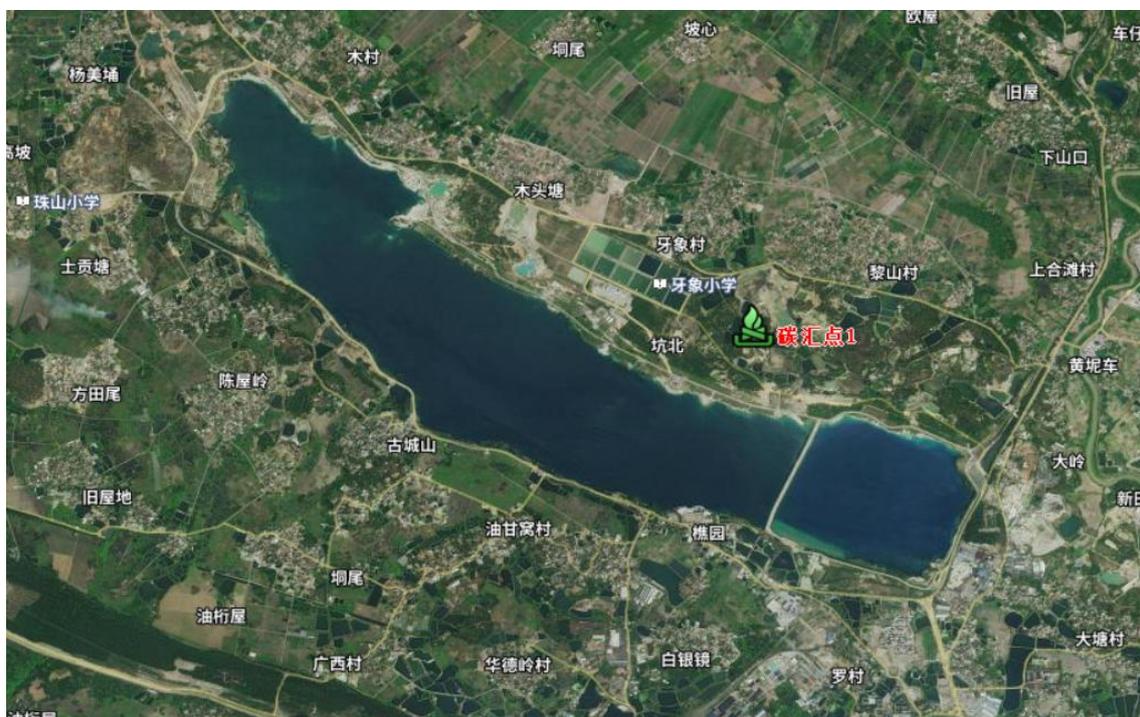


图 5.3- 66 小东江中游生态修复单元监测布点图



图 5.3- 67 鸡公河下游生态修复单元监测布点图

5.3.8.9.5 监测内容

一、样地抽样监测

茂名历史遗留废弃矿山生态修复后对园区内植被总碳储量进行统计，根据碳汇监测统计汇总的计算规律，在碳储量峰值期（即 7-9 月份）对园区内森林类型、优势树种进行碳库统计，按起源、龄组、经营方式等因子统计的碳储量，作为按专项因子分析要求进行计量。

森林生态系统碳储量计量内容是对五大碳库的分别方法、数据、模型和参数进行计量。数据来源于全国森林资源清查数据，结合相应模型与系数对各碳库进行计量，计量方法分别介绍如下。其中，竹林、经济林和灌木林碳储量单独计量和监测。

（一）乔木层碳储量

一是基于单株样木数据的生物量估算；二是基于样地统计数据生物量估算。

（1）基于样木数据

基于茂名历史遗留废弃矿山生态修复后森林资源清查样木数据估算乔木层碳储量，需要选用相应的树木异速生长方程来进行估算，估算步骤流程为：

单株树的胸径(和树高)→单株树地上生物量→单株树地上碳储量→样地乔木层地上碳储量→乔木层碳储量总量。

具体方法如下：

单株树地上生物量：利用实测样木的胸径(与树高)数据选择基于单株树木各部分的异速生长方程，计算单株树生物量。

单株树地上碳储量：单株生物量乘以相应树种的碳含率。

样地乔木层碳储量：样地内所有乔木树种碳储量之和。

乔木层碳储量总量：将样地乔木层碳储量按其森林类型、树种分级计算，估算平均生物量(单位面积生物量)和乔木层总体生物量。

(2) 基于样地统计数据

连续生物量扩展因子方法：

基于森林资源清查样地统计数据进行乔木层碳储量估算。方法是选用生物量扩展因子(BEF)方程估算乔木层地上生物量，其流程是：

平均单位面积优势树种(组)蓄积→单位面积优势树种(组)生物量→平均单位面积优势树种(组)碳储量→乔木层碳储量总量，具体方法如下：

平均单位面积优势树种(组)蓄积($\text{m}^3/\text{h m}^2$)：根据森林资源清查样地优势树种(组)乔木层蓄积量与森林面积相结合换算成单位面积优势树种(组)乔木层的蓄积量。

平均单位面积优势树种(组)生物量 ($\text{t}/\text{h m}^2$)：单位面优势树种(组)生物量=单位面积优势树种(组)蓄积 \times BEF，(建议选择分龄组的 BEF 参数进行相应树种(组)生物量估算)。

平均单位面积优势树种(组)碳储量：平均单位面积优势树种(组)生物量乘以相应树种(组)的碳含率。

乔木层生物量：单位面积优势树种(组)碳储量乘以相应的面积得到各种优势树种(组)森林类型的乔木层碳储量，将样地乔木层碳储量按其森林类型、树种分级计算，统计汇总得到总体乔木层的总碳储量。

平均生物量扩展因子方法：

基于森林资源样地统计数据进行乔木层碳储量估算。可以选用材积生物量打

展系数(BEF, 无量纲)或生物量转扩因子(BCEF)估算木层地上生物量其计算公式如下:

$$C=(V \cdot D \cdot BEF) \cdot (1+R) \cdot CF \text{ 或 } C=(V \cdot BCEF) \cdot (1+R) \cdot CF$$

其中, C为乔木层单位面积碳储量, $Mg \cdot hm^{-2}$; V为材积, $m^3 \cdot h m^2$; D为基本木材密度, $Mg \cdot m^{-3}$; BEF为材积生物量扩展系数, 即林木地上生物量与树干生物量的比, 无量纲; BCEF为生物量转扩因子, 即地上生物量与蓄积量之比, $Mg \cdot m^{-3}$ 为根茎比, 无量纲; CF为干物质的碳含率, 吨碳/吨干物质。

乔木层生物量: 单位面积优势树种(组)碳储量乘以相应的面积得到各种优势树种(组)森林类型的乔木层碳储量, 将样地乔木层碳储量按其森林类型、树种分级计算, 统计汇总得到总体乔木层的总碳储量。

基于茂名历史遗留废弃矿山现有的森林资源调查中的样地数据、样木数据、土壤类型等数据, 按实测数据对模型参数计算、分析和评价, 利用合适的模型计算相关碳库, 计量和监测整个森林的碳储量及其变化量。

(二) 灌木层、草本层碳储量

灌木、草本层碳储量有以下两种估算: 一是基于与地上乔木层关系参数方程的估算; 二是基于区域类型单位面积参数估算方法

(1) 与乔木层关系参数方程方法

选用灌木、草本层生物量与乔木层生物量关系模型进行生物量估算方法, 其估算流程为: 根据森林类型面积→选择合适的乔木层与灌木、草本层关系参数模型→灌木层、草本层生物量总量→灌木层、草本层碳储量总量, 具体方法如下: 选择分区域、分龄组和森林类型的单位面积灌木层、草本层生物量与单位面积乔木层生物量的关系模型与参数, 根据相应乔木层生物量来估算对应的灌木层、草本层生物量, 分别乘以灌木、草本层含碳率得其对应部分的碳储量。再分别按区域、森林类型总面积进行灌木、草本层碳储量总量的估算。

(1) 区域类型换算方法

选用区域类型换算方法估算灌木、草本层生物量, 其计算流程是:

森林类型面积→选择相应的单位面积(每公顷)灌木、草本生物量参数→灌木层、草本层生物量总量→灌木层、草本层总碳储量, 具体方法如下:

选择分区域、森林类型、龄组的灌木、草本生物量的单位面积(每公顷)参数,乘以各类型面积得到相应类型的灌木、草本生物量,再乘以灌木、草本层的碳含量得各部分碳储量,再将所有类型的灌木、草本碳储量按面积汇总得到灌木层、草本层总碳储量。

(三) 枯死木生物量

枯死木生物量的估算方法主要有两种方法:一是基于样木数据;二是基于区域类型参数换算方法。

(1) 基于样木数据

利用森林资源清查枯死木和枯倒木调查成果,选用相应树种的异速生长方程,估算单株枯死木生物量,样地内单株枯死木生物量之和为样地枯死木生物量,

将样地枯死木生物量按其森林类型、树种分级计算,统计汇总得到总体枯死木总生物量。估算流程为:

单株枯死木生物量→样地枯死木生物量→枯死木生物量总量→枯死木总碳储量。

具体方法如下:

单株枯死木生物量:利用实测样木数据选择单株树木的异速生长方程,计算单株树木总生物量。

样地枯死木生物量:样地内所有枯死木树种生物量之和。

枯死木碳储量:枯死木生物量乘以碳含量;

枯死木总碳储量:将样地枯死木碳储量按其森林类型、树种分级计算,统计汇总得到枯死木总碳储量。

(2) 区域类型换算方法

采用区域类型参数估算枯死木碳储量方法,其流程为:单位面积(每公顷)枯死木生物量→枯死木碳储量→枯死木总碳储量,具体方法如下:

建立我国不同地区、不同森林类型的单位面积(每公顷)枯死木生物量,乘以各森林类型面积得到不同类型的枯死木生物量,再将所有类型的枯死木生物量统计汇总得到枯死木生物量总量。

(四) 枯落物生物量

枯落物生物量的估算方法与灌木层、草本层碳储量方法一致。

（五）土壤有机碳

土壤有机碳的估算一般是通过调查获得的土壤类型、土壤厚度、土壤容重和土壤有机碳密度几个方面的参数。

土壤有机碳估算方法：首先是计算出土类的有机碳密度，其次根据土壤类型面积推算出整个土壤碳库量。

某一土类的有机碳密度(SOC_i , $kg \cdot m^{-2}$) 计算公式为：

$$SOC_i = C_i \cdot D_i \cdot E_i / 100$$

式中， i 为土类代号， C_i 为 i 层土壤有机碳含量($g \cdot kg^{-1}$)，若测定值为土壤有机质含量，则采用 0.58 换算得到 C_i ，0.58 为 Bemmelan 系数， D_i 为容重($g \cdot cm^{-3}$)， E_i 为土层厚度 (cm)。

土壤碳储量=土壤有机碳密度 ($kg \cdot m^{-2}$)*土壤类型面积 (m^2)

区域土壤有机碳储量估算。按地区土类的平均有机碳密度与其面积的乘积之和求得。计算公式为：

$$TOC = \sum SOC_i \cdot A_i$$

式中：TOC 为区域土壤有机碳储量， SOC_i 为第 i 类土壤的碳密度， A_i 为第 i 类土壤面积。

土壤碳实际估算过程中，是根据不同地区、不同森林类型的土壤有机碳密度乘以各土壤类型面积得到相应类型的森林土壤有机碳储量，再将所有类型的森林土壤碳量相加得森林土壤碳总量。

二、遥感碳汇监测

基于样地抽样调查手段对茂名历史遗留废弃矿山碳源汇监测的基础上，利用遥感监测方式对矿山修复后的林地进行碳汇监测。卫星遥感可以获得本项目研究区域内的温室气体和陆地碳汇分布，具有稳定、长时间序列、广空间区域等优点，可弥补地基点的不足，有助于提高对碳源汇和气候变化的认识。基于卫星对地观测技术进行双碳相关遥感信息产品的反演，包括碳源（二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等）和碳汇（森林、草地、湿地、农田、海洋等）监测指标体系的建立和指标的精准量化，为碳交易宏观监测提供量化依据。

（一）遥感监测原理

碳排放遥感监测方面：主被动卫星遥感观测大气二氧化碳都是基于碳分子在红外波段的光谱特性。红外吸收光谱反映了红外辐射分子之间的相互作用，即分子由于吸收或反射而引起的振动和旋转状态变化。就大气而言，其主要成分 N_2 和 O_2 在红外（IR）区域是弱吸收体，而痕量气体如 CO_2 、 H_2O 或 CH_4 是有效的吸收体，导致地球温度升高。只有在分子具有改变它们在跃迁期间的偶极矩的能力时，红外辐射的吸收才会发生。目前 GOSAT 卫星和 OCO-2 卫星所使用的反演算法都是利用近红外辐射光谱数据获得廓线浓度加权的柱二氧化碳干空气混合比 XCO_2 。反演算法的主要组成是前向模型、反演方法和误差分析。

碳吸收遥感监测方面：遥感技术在获取大尺度陆表参数等方面具有独特的优势，并且可以从遥感影像上直接获取到重要的生态学特征和生物生长参数，包含了植被面积、净初级生产力、净生态系统生产力等宏观参数，此外还可获取叶面积指数、冠层化学成分、冠层温度、气孔导度、光合有效辐射、植被吸收光和有效辐射、冠层结构、土壤含水量、地表温度等参数。通过遥感反演获取这些物理参数，可直接作为陆地生态系统模型的驱动变量或参量，结合遥感影像上获取的土地覆盖度或植被现状动态信息进行碳汇的研究。

（二）遥感生物量估算模型

利用遥感数据对生物量进行估算通过利用遥感数据计算植被指数，建立植被指数与生物量的关系估算区域的生物量。遥感碳储量估算模型主要有：基于遥感信息参数的生物量估算的统计模型、遥感数据与过程模型相结合的机理模型。

（1）统计模型

研究森林生物量与遥感数据各波段及 NDVI、RVI、TVI 等指数的相关性，筛选出估算森林生物量的最优光谱模型，进而估算整个地区的森林生物量。遥感图像上的植被信息，主要通过绿色植物叶子和植被冠层的光谱特性及其差异、变化进行反映，不同光谱通道所获得的植被信息可与植被的不同要素或某种特征状态有各种不同的相关性，这种相关性可定性和定量地评价植被覆盖、生长活力及生物量等。

由于植被光谱受到植被本身、土壤背景、环境条件、大气状况等内外因素的

影响，植被指数往往具有明显的地域性和时效性。所以往往选用植被指数来估算生物量，常用的植被指数模型大致可分为以下几类：

1) 比值植被指数 (RVI)

由于可见光红波段(R)与近红外波段 (NIR) 对绿色植物的光谱响应十分不同，且具倒转关系。两者简单的数值比能充分表达两反射率之间的差异。比值植被指数可表达为：

$$RVI=DN_{NIR}/DN_R \text{ 或 } RVI=P_{NIR}/P_R$$

式中，DN 为近红外、红外段的计数值 (灰度值)，p 为地表反照率。

对于绿色植物叶绿素引起的红光吸收和叶肉组织引起的近红外强反射，使其 R 与 NIR 值有较大的差异，使 RVI 值高。而对于无植被的地面包括裸土、人工特征物、水体以及枯死或受胁迫植被，因不显示这种特殊的光谱响应，则 RVI 值低。因此，比值植被指数能增强植被与土壤背景之间的辐射差异。

RVI 是绿色植物的一个灵敏的指示参数。它与叶面积指数 (LAI)、叶干生物量(DM)、叶绿素含量相关性高，被广泛用于估算和监测绿色植物生物量。在植被高密度覆盖情况下，它对植被十分敏感，与生物量的相关性最好。但当植被覆盖度小于 50%时，它的分辨能力显著下降。此外，RVI 对大气状况很敏感大气效应大大地降低了它对植被检测的灵敏度，尤其是当 RVI 值高时。因此，最好运用经大气纠正的数据，或将两波段的灰度值(DN) 转换成反射率(p)后再计算 RVI，以消除大气对两波段不同非线性衰减的影响。

2) 归一化植被指数(NDVI)

归一化指数(NDVI) 被定义为近红外波段与可见光红波段数值之差和这两个波段数值之和的比值。即：

$$NDVI=(DN_{NIR}-DN_R)/(DN_{NIR}+DN_R)$$

实际上，NDVI 是简单比值 RVI 经非线性的归一化处理所得。在植被遥感中 NDVI 的应用最为广泛。它是植被生长状态及植被覆盖度的最佳指示因子，与植被分布密度呈线性相关。因此又被认为是反映生物量和植被监测的指标。

3) 差值植被指数(DVI)

差值植被指数(DVI)又称环境植被指数(EVI)，被定义为近红外波段与可见光

红波段数值之差。

$$DVI = DN_{NIR} - A \cdot DN_R$$

差值植被指数的应用远不如 RVI、NDVI。它对土壤背景的变化极为敏感有利于对植被生态环境的监测。另外，当植被覆盖浓密($\geq 80\%$)时，它对植被的灵敏度下降，适用于植被发育早—中期，或低—中覆盖度的植被检测。此外，还有转换型植被指数 (TVI)、绿度植被指数 (GVI)、垂直植被指数(PVI)、多时相植被指数(MTVI)、全球环境监测指数(GEMI)等。

(2) 模型应用

1) 模型的拟合与选择

建立遥感生物量模型：区域内选择一定数量的遥感样地，实测这些样地的地上生物量，运用地上生物量与遥感植被指数，建立各种关系模型，选择最佳的植被指数关系模型。运用模型对区域的生物量进行估算。

2) 模型的应用条件

模型的应用需要满足以下条件：能够利用遥感数据对区域内的植被类型进行分类；遥感数据的时相、类型与生物量估算模型相对应。

3) 模型的精度和不确定性分析

模型的精度取决于：遥感图像处理和解译精度，模型估算的精度；模型的不确定性在于：遥感数据与实测数据不同步；模型的建立与应用的不同步。

(3) 机理模型

机理模型(或过程模型)是用以描述不同时空尺度下植被生长过程，如光合过程、呼吸作用、植物的分解与氧分循环等，它是根据植物生理、生态学原理通过对太阳能转化为化学能的过程和植物冠层蒸散与光合作用相伴随的植物体及土壤水分散失的过程进行模拟，从而实现陆地植被生产力的估算。机理模型的模拟对象一般为 NPP(净初级生产力)、NEP(生态系统净初级生产力)，NPP、NEP 的变化也在一定程度上反映了植被生物量的改变。

1) 模型的拟合与选择

将遥感影像与生态站数据、气象数据、地形数据、光和等数据相结合，模拟 NPP、NEP 等，通过 NPP、NEP 等的变化反应生物量的变化。第一年生物量与变

化生物量之和即为第二年的生物量。

2) 模型的应用条件

满足模型应用的参数：树木(树种，年龄等)：地形：气象：土壤等参数适用范围：站点，区域，全国；需要进行长时间站点观测和遥感数据验证修改模型。

3) 模型的精度和不确定性分析

模型的精度取决于：参数的调查精度，模型本身的精度：模型的不确定性主要表现在：尺度推绎的不确定性。

5.3.8.9.6 调查指标及精度要求

(一) 调查指标

外业调查生物量测定因子：森林类型、林种、优势树种、胸径、树高、年龄(龄组)、生长等级等。

外业调查的立地条件因子：地貌、土壤名称(记载到土类)、土壤厚度、地形(坡度、坡位、海拔、坡向)、枯落物厚度等。

地被物调查：植被类型、主要植物种名、盖度、高度、频度、分布状况等。

人为活动方面因子调查：林分经营措施调查与记载，营造林与采伐方面记载。

气象因子：降水(年、月、日平均降水与总降水)、气温(年、月平均温度最低与最高温度、积温)、全年光照时间、湿度(月平均、年平均)、精度要求。

表 5.3-7 常用碳汇调查因子精度要求表

调查项目	精度要求	误差范围	备注
直径	0.1cm	<3-5%	
树高	0.1m	<5%	
郁闭度	0.1	<10%	
生物量(单株)	0.1Kg	<5%	
生物量(样地)	1Kg	<5%	
碳储量(样地)	0.1Mg/h m ²	<5%	
材积	0.001m ³	<10%	
蓄积量	0.1m ³ /h m ²	<10%	

注：其他各项调查指标精度要求，参考国际和国内现有的精度要求。

5.3.8.9.7 监测指标

碳源汇监测指标如下表所示：

表 5.3-8 碳源汇监测指标

指标类型	指标名称
碳储量	植物各部分含碳率、土壤有机碳含量、土壤容重及厚度
植被状况	种类、范围、面积、地上生物量、地下生物量、凋落物生物量、附生生物量、密度、覆盖度、高度、胸径

5.3.8.10 生物多样性监测

5.3.8.10.1 概述

生物多样性监测是指对自然环境中生物多样性的定量和定性调查，以了解物种丰富度、群落组成、遗传多样性等方面的变化情况。其目的在于了解生物多样性的现状、趋势和影响因素，以支持保护和管理决策；可利用各种方法和工具来收集数据，包括野外调查、标本采集、遥感技术、声纳等；收集的数据需要进行处理和分析，以提取有用的信息和洞察。数据处理可能涉及物种鉴定、数据归档、数据清理等步骤；监测的结果可以提供有关生物多样性状况的信息，用于制定保护策略、评估管理措施的效果、预测未来的变化等，还可以为政策制定者、决策者和其他利益相关者提供科学依据，从而更好地保护和管理生态系统。

5.3.8.10.2 监测目标

在小东江中游生态修复区域、鸡公河下游生态修复区域开展生态监测，建立生物多样性监测点 6 处，针对茂名高岭土矿山的生态修复特点，对修复后的动物类型、数量等变化情况进行监测。基于对水生生物现场调查数据的录入，支持利用 GIS 直观呈现各水生生物分布情况；采用现场调查方式对兽类和鸟类进行统计，采用样线法、样点法、统计方法对种类以及分布进行调查。

5.3.8.10.3 监测范围

根据项目总体及“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程绩效目标表（2023 年）”，明确 2023 年工作内容及安排，生物多样性监测范围主要包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期）区域和鸡公河下游矿山生态修复子项目区域。

5.3.8.10.4 监测点位

5.3.8.10.4.1 监测点位布设原则

(1) 代表性：监测点位应该在空间分布上具有代表性，以充分反映研究区域的生物多样性特征。

(2) 随机性：监测点位的选择应基于随机抽样原则，以避免主观偏好和样本选择偏差。

(3) 可持续性：监测点位应具备长期监测的可持续性，以便能够捕捉到生物多样性的长期变化趋势。

(4) 可行性：应以最少的点位获取具有代表性的监测信息，同时兼顾采样的可行性和便捷性

(5) 安全性：监测点位的布设应保障监测人员与设备的安全。

5.3.8.10.4.2 监测点位布设

根据上述布点原则，建立生物多样性监测点 6 处，在小东江中游生态修复区域布设 4 处、鸡公河下游生态修复区域布设 2 处。



图 5.3-68 小东江中游生态修复单元监测布点图

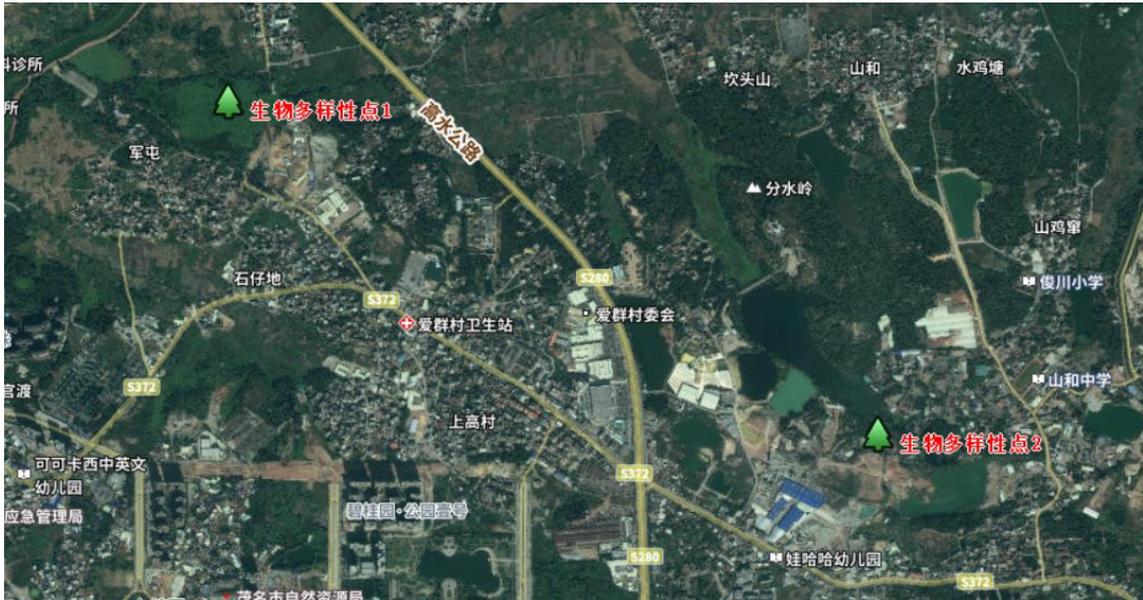


图 5.3- 69 鸡公河下游生态修复单元监测布点图

5.3.8.10.5 监测指标

5.3.8.10.5.1 监测指标选取原则

(1) 反映物种丰富度和组成：选取能够反映物种多样性的指标，包括物种丰富度、物种组成、优势度等。

(2) 包含功能多样性：除了物种多样性，还应考虑功能多样性的指标。功能多样性涉及物种在生态系统中的角色和功能，

(3) 考虑群落结构和动态：选择涉及群落结构和动态的指标，以了解不同物种之间的相互作用、竞争和适应变化的能力。

(4) 跨尺度和多层次：考虑选择能够跨越不同尺度和生境类型的指标，以充分了解生物多样性的空间和时间变异。

(5) 体现可操作性和实用性：选择易于测量和管理的指标，以确保监测的可行性和实用性。

(6) 体现综合性和多元化：结合使用不同类型的指标，以充分揭示生物多样性的各个方面。

5.3.8.10.5.2 监测指标选取

生物多样性监测指标如下表所示：

表 5.3-9 生物多样性监测指标

指标分类	指标类型	指标名称
水生生物	叶绿素 a	含量
	浮游植物	密度
	浮游动物	密度
	底栖动物	种类、数量
	鱼类	种类、数量
陆生生物	兽类	种类、数量
	鸟类	种类、数量

5.3.8.10.6 监测方法

生物多样性监测方法如下表所示：

表 5.3-10 生物多样性监测方法

指标分类	指标类型	监测方法
水生生物	叶绿素 a	HJ897 水质 叶绿素 a 的测定 分光光度法
	浮游植物	HJ1216 水质 浮游植物的测定 0.1ml 计数框-显微镜计数法
	浮游动物	HJ1296 水生态检测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价
	底栖动物	HJ710.8 生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物
	鱼类	HJ710.7 生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类
陆生生物	兽类	HJ710.3 生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物
	鸟类	HJ710.4 生物多样性观测技术导则 鸟类

5.3.8.10.7 检测频次

水生生物 2 次/年，丰水期、枯水期各 1 次；兽类与鸟类，1 次/年。

5.3.8.10.8 监测程序

因各项指标类型不同，监测程序均有所不同，监测程序详见各项指标监测方法。

5.3.8.11 生态修复恢复情况监测

5.3.8.11.1 概述

通过地面生态修复监测网络、卫星遥感和无人机航空遥感，连续获取生态修复区域相关数据，监测生态修复成效。针对茂名油页岩矿山的生态修复特点，采用遥感监测、无人机航测技术，对生态修复后区域植被覆盖度、生物多样性、生

态系统协调性等进行定时/持续监测。以国家生态保护政策与法规、矿山生态修复政策、矿山地质环境保护与土地复垦方案、土壤环境质量标准、水环境质量标准等为参考，在征集自然资源保护、生态修复相关主管部门、行业专家意见的基础上，确定矿山生态修复监测的基本内容为水质环境、土壤环境、地表环境、地质环境、生态修复综合效益 5 个方面。

5.3.8.11.2 分析范围

主要包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期），包括地质灾害防治工程区域、地形重塑工程区域、植被重建工程区域、废弃土地复垦利用区域等，其中落地近自然林营建区域、土地复垦利用区域、现有低效林提质增效区域需要进行土壤重构；鸡公河下游矿山生态修复子项目，实施内容包括裸地近自然林营建区域、湿地恢复重建工程区域，其中裸地近自然林营建区域需要进行土壤重构。

5.3.8.11.3 监测服务

以国家生态保护政策与法规、矿山生态修复政策、矿山地质环境保护与土地复垦方案、土壤环境质量标准、水环境质量标准等为参考，在征集自然资源保护、生态修复相关主管部门、行业专家意见的基础上，确定矿山生态修复监测的基本内容为水环境、土壤环境、地表环境、地质环境、生态修复综合效益 5 个方面，如下表所示：

表 5.3-11 矿山生态修复监测基本内容

基本内容	分类	详细内容
水环境	地表水	水质
土壤环境	理化性质	土层厚度、有机质含量、酸碱度、重金属含量等
地表环境	种植土地、林草地	水田、旱地、果园
	采矿用地等	林地、草地
		建筑工地、裸露地表、堆弃物、尾矿库
地质环境	地面沉降	沉降范围、速率
	地下水水位	地下水水位年变化量
生态修复综合效益	/	农作物产能、路网密度、土地复垦

5.3.8.11.4 成效评估分析

矿山生态修复成效评估的内容主要包括生态效益、社会效益和经济效益三个

方面。

(1) 生态效益评估

生态效益评估主要考虑矿山地质稳定性、水体、土壤、植被群落和生物多样性五个方面。

- 矿山地质稳定性评估重点针对地质安全隐患消除后的边坡、地面塌陷区、地裂缝等区域的地质稳定情况进行分析评估。

- 矿山水体评估重点针对修复后的地表水水质改善情况和地下水水位变化情况进行分析评估。

- 土壤评估重点针对修复后土壤质量改善情况进行分析评估。

- 植物群落评估重点针对修复后的植被类型、分布、成活率、覆盖度的变化情况进行分析评估。

- 生物多样性评估重点针对修复后的动物类型、数量的变化情况进行分析评估。

(2) 社会效益评估

社会效益评估主要考虑矿山生态修复工程涉及到的人居环境改善、防灾减灾能力提升、群众满意度上升，以及依托矿山生态修复工程实施带来的就业渠道拓宽、环保意识提高等方面。

(3) 经济效益评估

经济效益评估主要考虑工程投入产出比以及由矿山生态修复带来的其他方面的潜在效益，如居民收入增长、旅游收入增长等。

5.3.8.12 卫星及无人机遥感环境动态监测服务

5.3.8.12.1 卫星遥感环境动态监测服务

5.3.8.12.1.1 卫星遥感矿山监测目标

根据卫星遥感技术全天候、宽覆盖、快速、高效的特点，对本项目小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目的矿山生态修复进行多期次、全覆盖遥感监测，短期内可获得矿山生态修复进展情况，在提高监督监管力度的同时节省人力和财力。

5.3.8.12.1.2 卫星遥感数据源

本项目卫星遥感主要用于监测地质灾害和矿区地类变化，采用数据源根据传感器类型为两类，一类是用于监测形变的 SAR 卫星数据，一类是用于监测矿区地类变化的光学卫星影像数据，本项目主要采用的遥感卫星对照关系如下：

表 5.3-12 卫星遥感数据源基本情况一览表

类型	序号	分辨率	遥感卫星	采集方式	备注
光学	1	0.65-0.8 米	高分二号、高分七号	推送	/
	2	0.8 米	商业卫星（国内外）	编程拍摄	单块区域最小采购面积 100 平方公里，最小采购边长 5 公里
SAR	5	0.5 米-10 米	Landsat8、Sentinel-1、Sentinel-2	免费下载	/

通过多源卫星协同调度规划等技术手段，构建多维立体、联合调度的遥感卫星观测模式。实现多尺度、多时相的各类卫星数据需求统筹、灵活高效获取，提供半年度、月度等影像数据支撑各类监测业务需求。

5.3.8.12.1.3 卫星遥感在矿山监测中的工作流程

卫星遥感监测主要内容为资料收集、图像处理、信息提取、野外查证、修改完善提取结果，最终形成监测成果。工作流程如下图所示。

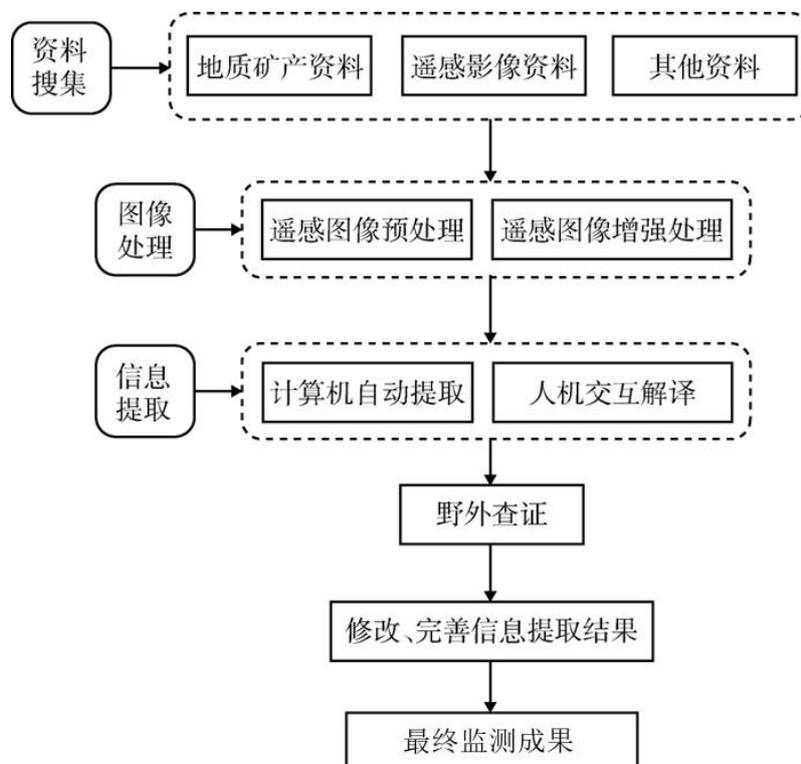


图 5.3-70 卫星遥感监测工作流程

(1) 资料收集

主要包括分析地质矿产资料、遥感影像数据、前人研究成果、参考相关技术规范、其他资料等。

(2) 数据处理

光学采用辐射校正、图像融合、匀色与拼接、正射校正、图像增强处理等进行遥感影像预处理和影像处理工作；地表形变监测需要选择两景数据，依次经过粗配准、精配准、生成干涉图、去平地相位、去地形相位、滤波、解缠、相位转变及地理编码等操作，生成形变结果图。

(3) 矿山遥感信息提取

借助人机交互式解译方法提取矿山专题解译信息的影像信息提取。

(4) 野外查证、修改完善提取结果

通过野外实地调查验证信息提取的可靠性，补充遗漏的信息，修改误提信息。

5.3.8.12.1.4 矿区遥感监测服务

(1) 矿山地表形变监测

监测内容：本项目对矿山高边坡和地下开采导致的矿区进行地表形变遥感监测，确定矿区地表形变的位置、范围以及变化趋势，结合其他统计数据辅助分析判断矿区及周边山体是否存在崩塌、塌陷等地质灾害的可能性。

监测频次：2次

(2) 地貌景观变化监测

采用亚米级遥感卫星，可以针对本项目采用修复方案的实施过程和效果跟踪监测。矿山复绿前后从遥感影像上可明显分辨，复绿前开采痕迹清晰可见的，尤其地貌植被破坏严重的，遥感图像影纹结构粗糙；土地平整后图像结构细腻，色调相对均一，植被复绿后，影像特征更为明显。

监测内容：监测矿山的排土场、废石场是否按方案实施绿化、美化或复垦，以及绿化植物长势是否良好，林草覆盖率等各项工作及指标是否达到要求。

监测频次：2次

(3) 修复合规监测

监测内容：采用亚米级遥感卫星，监测矿区施工是否符合相关设计规范，场地布局是否合理；废弃物堆放管理是否符合规定，矿区是否有私搭乱建情况。

监测频次：2次

（4）水土保持监测

基于中分辨率遥感影像，针对矿区进行水土保持遥感监测，及时更新水土保持状况良好区域范围及面积，计算水土保持良好区域面积占总面积比例，及时发现水土流失等问题。

监测内容：基于 Landsat8 影像或 Sentinel-2 影像计算植被覆盖信息，建立解译标志，提取土地利用信息，基于 DEM 数据计算坡度信息。将植被覆盖度、土地利用、坡度信息进行叠加分析，形成土壤侵蚀强度等级分布，计算水土流失面积，依据土壤侵蚀分类分级相关标准，可以对矿区及周边区域土壤侵蚀强度进行分类统计，进一步可得到水土保持率。

监测频次：2次

5.3.8.12.2 无人机遥感环境动态监测服务

5.3.8.12.2.1 无人机低空遥感快速矿山监测目标

无人机倾斜摄影技术通过无人机搭载倾斜相机获取监测目标多角度高分辨率影像数据，借助三维模型处理系统，自动生成实景三维模型、正射影像和数字高程模型。相比传统测量技术，无人机倾斜摄影技术能够实现空间三维地理信息数据的快速获取、处理与应用，以真实场景的方式记录目标状态，成果信息量丰富，且具有三维分析量测功能。无人机作为一种低空遥感工具，具有操作灵活、拍摄时间自由、作业高效迅速、监测精度高监测、成本低廉及数据成果精确等特点，可充分满足矿山监测的需求，在矿山监测领域具有独特优势。无人机遥感可作为卫星遥感监测的补充，是生态修复工程情况监管的有效手段。

本项目对矿山生态修复工程情况开展全方位“空中巡查”，对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目开展无人机监测服务，无人机航拍获取高分辨影像，后处理得到矿山三维模型、数字正射影像、数字高程模型等，根据成果数据对矿山生态环境、修复状态进行监测，实现矿山修

复的全过程监测。

5.3.8.12.2.2 无人机在矿山监测中的工作流程

无人机遥感监测主要内容为确定矿区位置、航线规划、地面控制、无人机起飞、获取矿区影像、无人机影像处理（正摄、倾斜）、生成三维模型、DOM 数据等、矿山动态监测、定量分析等。工作流程如下图所示。



图 5.3-71 无人机矿山监测工作流程图

(1) 航线规划：根据矿区位置，明确数据要求（分辨率、重叠度），自动生成无人机作业航线。

(2) 地面控制：根据精度要求，设定地面控制点布设方案，并完成外业测量。

(3) 获取矿区数据：多旋翼无人机 iFlyD6 搭载航测相机（倾斜相机）根据设计航线完成飞行作业，获取影像数据。

(4) 无人机影像处理：利用 Pix4Dmapper 后处理软件进行正射影像数据处理，DP-Smart 自动三维建模软件进行倾斜影像处理。

(5) 矿山动态监测、定量分析：利用数据成果进行矿山动态监测，计算体积、距离等信息进行定量分析。

5.3.8.12.2.3 矿山监测服务

(1) 矿山三维模型

应用无人机技术针对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游

矿山生态修复子项目 2 个区域开展 2 次无人机倾斜、机载 Lidar、高光谱测量。具体通过旋翼无人机飞行平台搭载倾斜相机、Lidar 激光雷达、高光谱相机，快速获取矿山多角度倾斜摄影高分辨率影像数据、高程数字模型、高光谱影像，获得矿区三维模型与获取高精度纹理信息，真实地反映矿山三维场景，并将数据接入系统进行记录和展示。

监测内容：对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目 2 个区域项目实施前、项目实施中、项目实施后开展无人机倾斜摄影、Lidar 激光雷达、高光谱测量服务，构建矿区三维模型，通过对比不同时期无人机倾斜成果，分析矿山修复面积、表面积、填挖方量、地形地貌变化等修复状态，计算面积、表面积及体积等量化指标，记录矿山修复过程，掌握矿山当前状态与修复工程进度。

无人机监测位置、频次、精度如下表：

序号	监测位置	监测频次	监测精度
1	小东江中游矿山生态修复子项目（一期）	2 次	0.15 米
2	鸡公河下游矿山生态修复子项目	2 次	0.15 米



图 5-72 矿山三维模型示意图

(2) 矿区正射影像

应用无人机技术针对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目 2 个区域开展 2 次无人机航飞监测。具体通过旋翼无人机平台搭载航测相机获取 2 个区域实施前、实施中、实施后高分辨率影像，采用空三

后处理软件进行影像处理，获得矿区数字正射影像图，将飞行数据接入系统进行记录和展示。

监测内容：对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）和鸡公河下游矿山生态修复子项目 2 个区域项目实施前、项目实施中、项目实施后开展无人机航测服务，通过全程高清成像比对，全面快速而准确掌握矿山生态修复工程环境动态变化情况，实现对矿山生态修复工程质量完成情况和修复效果监测核查的精准控制。

无人机监测位置、频次、精度如下表：

序号	监测位置	监测频次	监测精度
1	小东江中游矿山生态修复子项目（一期）	2 次	0.2 米
2	鸡公河下游矿山生态修复子项目	2 次	0.2 米



图 5-2 矿山正射影像示意图

5.4 工程方案

5.4.1 主要建（构）筑物和系统设计方案

5.4.1.1 设计原则

本次矿山地质环境恢复和综合治理设计根据国家有关技术要求、标准、规范开展矿山地质环境恢复治理。设计以自然恢复为主、工程治理为辅的基本原则；采用“因地制宜、宜林则林，宜水则水”的基本方针；其中工程治理又以避让为主，治理为辅的原则，最终以达到修复矿坑生态环境的目的。

5.4.1.2 工程布置及治理工程

治理工程依据矿山特点及相关要求，设计采用：“危岩体清除+排水、蓄水工程+复林、复园工程+安全防护”的综合治理措施进行矿山采区生态恢复治理。

5.4.1.3 治理工程设计

5.4.1.3.1 设计指标

（1）治理工程安全等级

现矿坑范围及影响区域无直接威胁对象，治理工程安全等级确定为：三级。

（2）治理工程设计工况及结构设计基准期

设计工况：暴雨。

治理工程结构设计基准期：50年。

（3）治理工程设计目标

治理工程环境恢复目标：绿化总面积不少于60%。

（4）治理工程设计参数

岩土物理力学参数取值依据项目调（勘）查报告。

（5）设计技术标准

1) 执行主规范

《矿山地质环境保护与治理恢复方案编制规范（修订版）》（DZ/T0223-2011）。

2) 执行参考规范

《地质灾害防治工程设计规范》DB 50/5029-2004；
《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013；
《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010（2015版）；
《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011；
《室外排水设计规范》GB 50014-2016版；
《砌体结构设计规范》GB 50003-2011；
《公园设计规范》GB 51192-2016；
《园林景观设计规范》CJJ/T 91-2002。

5.4.1.3.2 分项工程设计

5.4.1.3.2.1 截排水沟

在采石场修建截排水沟，设计过水截面底宽 0.40m，高 0.50m，沟壁厚 0.30m，底板厚 0.20m，沟壁采用 M7.5 浆砌片石砌筑，基底夯实素土后铺设 100mm 厚 C25 砼垫层，靠山侧沟壁设置反滤层和外倾 5%PVC 滤水管，管口距离沟底 0.2m 间距 25m，排水沟每隔 20m 或地基土层变化较大处设置沉降缝，缝宽 2cm，用沥青麻筋有效止水，排水沟分别在采石场边坡顶部、矿坑中部和矿坑外侧。

5.4.1.3.2.2 蓄水池、沉沙池

采石场蓄水池池壁厚 0.2m，池底厚 200mm，采用钢筋混凝土浇筑。蓄水池入水口段设置沉沙池，长 2m，宽 2m，深度 1.5m，池壁厚 0.3m，采用 M7.5 浆砌片石砌筑。

水泥厂采石场蓄水池设计在入口左侧，采用钢筋混凝土浇筑。

蓄水池基底在夯实素土后铺设 100mm 厚 C25 垫层，基底夯实素土压实度应不小于 95%，在底板和侧壁在浇筑前均设置连续的钢筋网，钢筋网采用 HRB400 型双层双向配筋，池壁钢筋网间采用 HRB335 型连接，钢筋保护层厚度为 30mm。

为防止外人跌入水池，沉沙池上部设置顶板遮盖，在蓄水池池壁顶部沿线砌筑一道环形砖墙并留设取水栅门，墙高 1.2m，墙体采用 24 砖砌筑，墙体砌筑成

镂空状，墙厚为一砖厚。

5.4.1.3.2.3 绿化工程

经现场调查及业主规划要求，各矿坑绿化考虑对地表进行植草为基础，对于植被良好、已自然复绿的地段，予以保留，选择攀爬藤本植物进行边坡坡面绿化，分述如下：

客土：本次设计种植复绿工程所需种植土在周边乡镇进行获取，种植土采用机械运输，客土工作将在矿坑机械整平后进行。

抛撒草籽：对一般采矿开采区及采矿植被破坏区采用沿自然地形稍作平整，种植土厚度根据场地情况，植草区域均客土厚度为 60cm。混抛撒草籽进行植被恢复，植物主要选择黑麦草、高羊茅、狗牙根、格桑花、金盏菊。此类植物有耐旱、耐热，繁殖能力强，根系发达，对水土保持力，春夏交替，有良好绿化效果的植被。以上植物混合播种，每平方米总计 32g 草种。

植树：对较深凹区域(采用弃渣回填，然后填筑粘土 20cm，再填普通土和种植土)及矿渣弃渣较厚区域(先沿自然地形平整后，表面夯填 20cm 的粘土后，再回填客土(普通土)种植土)以植树为主，并结合混抛撒草籽进行植被恢复。植树范围线内按 6.0m 间距植树绿化，边坡威胁区内种树为桂花树、天竺桂，边坡安全区种植柑橘树。种植采用挖坑种植，种植好后采用种植土回填。

边坡坡面绿化：以爬山虎、常青藤藤本植物(规格:长 150cm)作为崖壁的复绿植物，在坡脚外侧 0.5m 和坡顶内侧 1m 分别设置一排，间距 0.5m，上下错开布置。

养护：后期为对绿化工程进行有效养护，养护包括浇水、修剪等，其中浇水频率为一个月一次，旱季浇水频率应提高至半个月一次。

5.4.1.3.2.4 安全防护工程

为实现经济效益最大化，本次未对边坡破碎带采取直接工程措施，在边坡下方危险区设置安全隔离网隔离人群，安全隔离网安装位置由《地质灾害防治工程勘察规范》(DB50/143-2018)中危岩体最大滚动距离计算公式、现场落石滚动范围和结合经验所得，安全隔离网采用框架护栏网，材料使用 Q235 低碳冷拔钢丝网

浸塑，网孔尺寸 150mm×75mm，防护网上设置警示牌，间隔 2.5m 设置一根立柱，立柱角钢规格为 50mm×50mm×5mm，设置斜撑，立柱基础采用人工挖槽，采用 C25 砼现浇，立柱基础承载力不得小于 80kPa。

项目实施完毕后，在各项目外侧醒目交通位置设立项目竣工碑，竣工碑应选用抗风化能力强，质地坚硬石材；石碑底面嵌入地面深度不宜小于 0.30m，基础持力层优先选择基岩，若选择填土则应进行有效夯实整平，承载力不小于 120kPa，刻字后以红漆描绘。

5.4.1.3.2.5 危岩、浮石清除

危岩清除采用搭设脚手架人工清除方式，脚手架顺坡搭设。

清除的危岩、浮石严禁高空抛丢，必须采用人工转运至坡脚矿坑处，用于后期的矿坑场平使用。做好相应的施工监测工作，确保施工作业安全。

5.4.2 外部运输方案

考虑到项目实施过程中需要占用部分道路，在项目实施完成后需要根据实际情况对部分道路进行修复。道路主要是改建道路和临时施工便道修建。工地出入口必须设置防止车辆带渣土出工地的设施，所有车辆出工地前必须冲洗轮胎工地门卫室设置扫帚，车辆装运渣土清洗机设备必须符合规定，对出门车辆进行检查，密闭运输，不得超载超限，杜绝渣土运输车辆带泥上路和抛洒滴漏现象。

5.4.2.1 设计依据

- 1、《厂矿道路设计规范》GBJ 22-87；
- 2、《公路工程技术标准》JTGB 01-2003；
- 3、《公路路线设计规范》JTJ 011-1994；
- 4、《公路水泥混凝土路面设计规范》JTGD 40-2002；
- 5、《公路路面基层施工技术规范》JTJ 034-2000。

5.4.2.2 路面结构

- 1、改建道路

改建道路为矿山路，道路连接村寨，采用碎石路面，路面结构从上之下依次为：

- 20cm 碎石
 - 30cm 大渣石
 - 40cm×50cm 浆砌石路肩
 - 路基整平基础层
- 2、临时施工便道
- 20cm 碎石
 - 50cm 大渣石
 - 路基整平基础层

5.4.3 公用工程方案

5.4.3.1 总图与运输

5.4.3.1.1 设计依据

本项目废气矿山的总平面设计主要依据以下标准及规范：

- 1、《工业企业总平面设计规范》GB 50187-2012；
- 2、《总图制图标准》GB/T 50103-2010；
- 3、《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599-2020；

其它有关国家标准及技术规范。

5.4.3.1.2 设计原则

- 1、根据废渣堆的分布，尽量将散渣收集，集中处置；
- 2、充分利用废渣堆地形条件对堆体进行整形，尽量做到土石方平衡；
- 3、充分利用渣堆附近道路等基础设施条件，减少道路的修建，节约投资；
- 4、截洪沟的布设充分利用地形条件，做到依山就势；
- 5、生态恢复及植被种植尽量与废渣点周边相统一。

5.4.3.1.3 总图布置

1、对集中堆存的汞矿废渣平整夯实，使其达到较稳定状态；并将削坡区废渣以削坡清方进入区域凹坑内；修筑挡渣墙、截洪沟、坝下截排沟及监测池；粘土防渗加覆土绿化，减少含汞污染物进入周围环境。

2、将斜坡上废渣以 1: 1.5 至上而下进行削坡，使其达到相对稳定状态；修筑挡渣墙、截洪沟、坝下截排沟及监测池；粘土防渗后表面再采用方格网骨架护坡，并覆土绿化。

3、将区域废渣就地原位封存，在沟谷两面山脚修建截洪沟，防止两面山体上雨水进入废渣；并对沟内废渣表面平整、夯实，粘土防渗加覆土绿化。

5.4.3.2 建筑工程

5.4.3.2.1 设计依据

- 1、《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）；
- 2、《民用建筑设计通则》（GB 50352-2005）；
- 3、《公共建筑节能设计标准》（GB 50189-2005）；
- 4、《城市道路和建筑物无障碍设计规范》（JGJ 50-2001，J 114-2001）；
- 5、《建筑模数协调统一标准》（GBJ 2-86）；
- 6、《民用建筑热工设计规范》（GB 50176-93）；
- 7、《建筑制图标准》（GB/T 50104-2010）；
- 8、《建筑地面设计规范》（GB 50037-96）；
- 9、《屋面工程技术规范》（GB 50037-2004）；
- 10、《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB 50046-2008）。

5.4.3.2.2 设计原则

- 1、建筑物应充分利用自然通风、采光和遮阳，使人充分接近自然；
- 2、结合地区气候特点，考虑建筑物朝向、体型系数、维护材料、颜色，创造舒适的室内环境质量；
- 3、利用地方材料，可循环利用的材料，减少建筑物使用过程中的废物排放，利用生态环境的自然分解。

5.4.3.2.3 建（构）筑物

1、建筑物

根据工程建设特点，本项目不涉及永久性建筑物，仅涉及临时性构筑物。

临时性构筑物包括生活管理用房、生产材料仓库等，其中生活管理用房和生

产材料仓库在项目建设完成后，均会被拆除，可考虑采用建简易彩板房。

2、构筑物

本项目的构筑物包括浆砌石挡墙、平台排水沟及截洪沟等；浆砌石挡墙主要是为了保证废渣堆体的稳定；平台排水沟及截洪沟主要是阻止外围地表径流进入废渣堆体。

5.4.3.3 结构工程

5.4.3.3.1 设计依据

- 1、《建筑结构可靠度设计统一标准》（GB 50068-2001）；
- 2、《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223-2008）；
- 3、《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）（2006版）；
- 4、《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）；
- 5、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；
- 6、《混凝土结构设计规范》（GB 50010-2010）；
- 7、《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79-2012）；
- 8、《砌体结构设计规范》（GB 50003-2011）。

5.4.3.3.2 设计原则

- 1、结构设计应质量可靠、技术先进，经济合理，安全适用；
- 2、确保建（构）筑物的强度、刚度、延性及稳定性；
- 3、尽可能充分利用当地材料，以节约工程投资。

5.4.3.3.3 结构设计

本项目挡墙采用浆砌石结构，挡墙基础采用筏板基础；挡墙每 15m 设置分缝，缝宽约 30mm，挡墙顶部采用 30mm 厚 C15 砼压顶，下游勾凸缝。

挡墙底部及墙身中部设置渗流孔，纵向按照间距 2m 呈梅花状布置。

5.4.3.4 给水排水

5.4.3.4.1 设计依据

本工程的给排水设计依据国家和行业相关规范及标准，具体如下：

- 1、《室外给水设计规范》（GB 50013-2006）；
- 2、《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）；
- 3、《建筑给水排水设计规范》（GB 50015-2003）（2009年版）。

5.4.3.4.2 供水设计

根据现场踏勘，项目点无地表水可取，生产用水需要从附近取水点取用。

本项目废渣治理点位距离附近居民集中居住区较近，项目实施过程中生产人员和管理人员的生活用水可从附近居民集中供水点取用或在附近租赁居民房屋作为项目部，从租户家中取用。

5.4.3.4.3 排水设计

施工过程中实行雨污分流，除雨水外，排水主要包括生产废水，生产废水可经沉淀池收集后用于生产用水的回用。

5.4.3.5 电气工程

5.4.3.5.1 设计依据

- 1、《低压配电设计规范》（GB50054-95）；
- 2、《工业企业照明设计标准》（GB50034-92）；
- 3、《民用建筑照明设计标准》（GBJ133-90）；
- 4、《民用建筑电气设计规范》（JGJ/16-92）。

5.4.3.5.2 供电对象

本项目不涉及永久性用电设施和设备，主要供电对象为项目实施过程中设备、照明用电等，均属于临时用电。

5.4.3.5.3 供电电源

由于本项目所需的用电均为临时用电，考虑工程实际需要，同时为节约工程投资，项目实施过程中的用电从渣场附近居民集中供电电源接入。

5.5 设备方案

茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目专业设备主要包括地质稳定性监测部分布置的专业仪器设备。

(1) 在小东江中游生态修复单元建立地质稳定性实时监测站 4 处、固定式测斜仪 6 套、拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计 6 套、实时视频监控系统 1 套、实时雨量计 1 套；

(2) 在鸡公河下游生态修复单元建立实时视频监控系统 1 套。

表 5.5-1 地质稳定性监测设备配置清单

序号	设备名称	主要功能和作用	性能指标及参数	单位	数量
	合计				32
一	小东江中游生态修复单元				18
1	GNSS 位移监测站	用于矿区静态位移测量以及变形监测	静态精度水平精度：±(2.5+0.5x10-6xD)mm； 垂直精度：±(5.0+0.5x10-6xD)mm； 动态精度水平精度：±(8.0+1.0x10-6xD)mm； 垂直精度：±(15.0+1.0x10-6xD)mm	套	4
2	固定式测斜仪	用于测量矿区等结构物的水平位移、垂直沉降及滑坡	量程：±10°；分辨率：9 秒或 0.04 mm/m（采用 CR1000 自动采集装置）；重复性：±22 秒或±0.1mm/m；额定温度：4~20℃；最大标距：3 米；测斜管尺寸：70 或 85mm 直径测斜管；外壳：材质不锈钢；直径 38mm(1.25")；防水：2750 KPa (400 psi)	套	6
3	拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计	用于地表裂缝监测	型号 YT-DG-0903；量程 300mm；分辨率 0.01mm	套	6
4	雨量计	用于降雨量监测	测量精度：小于±0.5mm(雨量)；雨强范围为：允许通过最大雨强，80mm/min；分辨率：0.1mm（雨量）；d)量程：300mm	套	1
5	星光夜视安防监控系统	用于现场环境及工程措施实时监测	水平分辨率：480TVL；18X 光学变焦，12X 数字变焦，镜头 F1.6(f=3.8~68.4 mm 光学)；可编程变焦速度(光学范围)2.9/4.2/5.8 秒	套	1
二	鸡公河下游生态修复单元				1
1	星光夜视安防监控系统	用于现场环境及工程措施实时监测	水平分辨率：480TVL；18X 光学变焦，12X 数字变焦，镜头 F1.6(f=3.8~68.4 mm 光学)；可编程变焦速度(光学范围)2.9/4.2/5.8 秒	套	1

5.6 矿山生态修复智能综合监管平台

5.6.1 概述

建设矿山生态修复智能综合监管平台，依托数字孪生技术创新应用，结合物联网、大数据等技术实践，集成视频分析、语音识别、知识图谱、集群计算、分布式存储、异构数据处理、AI 算法跨平台部署等多项技术，将复杂的数据处理简单化、模块化、系统化，极大的节约时间和人力成本，有效的辅助支撑管理和决

策，进一步提升矿山生态修复管理的智能化水平。构建具备全域赋能、全面赋能、全程赋能的矿山生态修复智能综合监管平台，满足业务场景的智能化需求，探索生态环境智慧治理体系的建设。

5.6.2 组成

矿山生态修复智能综合监管平台包括矿山生态修复立体监管系统、矿山修复监测评估系统、矿山生态修复应用支撑中心、矿山生态修复数据中心四部分组成。组成图如下：

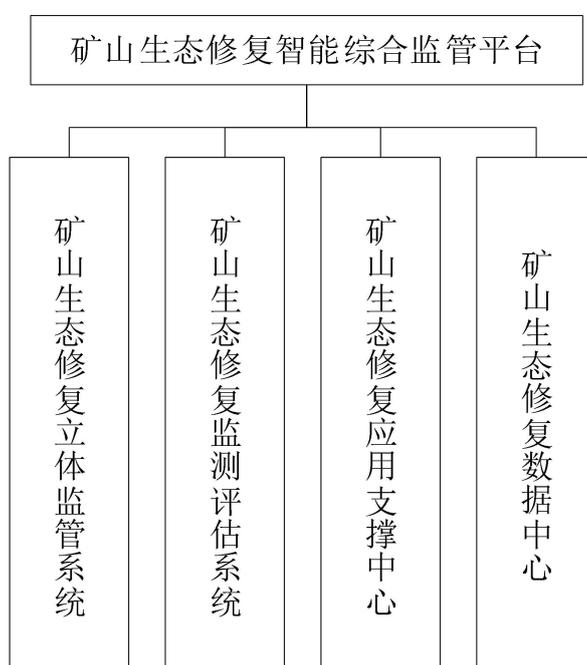


图 5-73 矿山生态修复智能综合监管平台组成图

5.6.3 矿山生态修复立体监管系统概述

构建矿山生态修复立体监管系统，运用空天地一体化手段获取矿山实时感知状态，通过数据融合技术实现身临其境的全景展示，通过影像解说沉浸式代入情景，了解茂名历史遗留废弃矿山的变迁。借助历史数据、实时数据和算法模型，持续进行分析预测和改善优化，多维度、多场景展示矿山生态修复工程信息、修复效果的前后对比及规划蓝图。同时，选取典型矿山区域开展示范应用，结合区域环境特征，针对性提出治理手段、工艺流程，验证并展示治理效果。

5.6.3.1 组成

矿山生态修复立体监管系统由全景展示、历史变迁、工程总览、立体感知、修复效果展示、规划蓝图、示范应用等 7 部分组成。组成图如下：

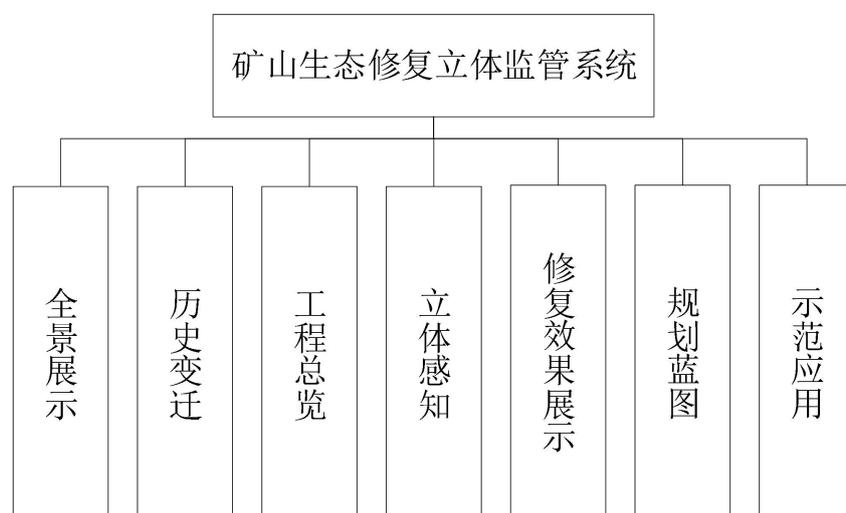


图 5-74 矿山生态修复立体监管系统组成图

5.6.3.2 全景展示

选定矿山区域后，界面中快速精准融合加载矿山卫星影像图、正射影像、矿山倾斜模型、边坡平台 BIM 模型、地形、矢量（矿山设计 CAD 图纸、红线）等数据，通过自由视角对矿山全场景空间进行展示，包括展示地形、地质、环境、设备设施等。通过方位切换、界面缩放等操作功能，为用户真实、直观、准确、清晰地呈现出矿山的整体面貌。

（一）全景切换

通过鼠标点击实现展示场景下特写图像与全景图像进行切换。

（二）界面缩放

通过鼠标点击或者拖动标尺实现对展示界面进行放大或缩小，标尺旁显示缩放比例。

（三）图像标注

全景展示界面中支持实时图像标注，能够对画面中重点位置、区域进行标签标注，能够直观展示视频画面区域内有效信息、属性和特征，最大支持添加 500 个标签。

（四）截图与录像

支持在全景界面展示过程中进行截图，并保存至本地；支持展示过程中进行视频录像，并保存至本地。

（五）自定义浏览路径

用户通过自定义浏览路径工具在全景展示界面中浏览。

5.6.3.3 历史变迁

通过图文、影像等方式可视化展示茂名矿产资源勘探、开采、矿山开发、停产、开展系统性生态修复的发展历程，使用户能够浸式了解茂名历史遗留废弃矿山的历史来龙去脉。

每个影像都有丰富的展示信息，并配有语音信息进行解说，用丰富的视效和沉浸式感官，再现往昔峥嵘岁月，讲述矿业精神，使用户不仅能够近距离观看图像的细节，还能够了解视觉以外的信息资源。

（一）矿山场景切换

通过鼠标点击选择对应的矿山名称，实现对不同矿山历史资料的自由切换。

（二）多语种播报

支持多语言界面，包括普通话、粤语、英语三种语言，通过鼠标点击实现语种切换。

（三）进度与倍速设置

通过拖动进度条实现影像资料播放进度调整；支持设置 0.5、1.0、1.25、1.5、1.75、2.0 倍速。

（四）音量调整

支持对影像视频播放的音量大小进行调整。

5.6.3.4 工程总览

针对矿山环境态势、工程建设进度、设备运作、工况状态等信息进行高精度实时监测和展示。

（一）工程进度总览

利用历史数据、实时数据对修复工程进度进行统计分析，分析指标包括待开

工任务数、实施中任务数、已完工任务数、月完成率等，支持图像化和数据表格两种表达方式。

（二）设备运作总览

充分挖掘现场各类物联网设备数据，统计分析矿山生态修复工程中各监测设备是否处于正常运作状态，支持图像化和数据表格两种表达方式。

（三）工作流程总览

实现对矿山生态修复工程的采、运、储、通、排全流程进行数据与状态监控，总体掌握各环节工作运行状态。

5.6.3.5 立体感知

支持实时接入卫星、无人机航拍、北斗等多源异构数据，利用空天遥感技术手段对矿山生态修复的业务进程进行实时监控，对矿山生态修复的采掘通运全流程进行数据与状态感知，实现高精度地形测绘、高分宽幅成像、形变检测以及三维立体成像展示。同时，支持集成各类监测设备设施的监测数据、视频资源形成统一的视频流，通过场景交互来调取相应监控数据，满足用户对场景进行实时态势感知、历史数据回溯比对、应急处理预案等监测需求。

（一）监控预警

通过对修建斜坡和危石陡坡的位移和沉降数值监测来达到预警的效果，当位移或沉降到达某一临界值时系统会提示预警。

（二）感知数据集成展示

实时接入感知数据，实现针对卫星遥感、无人机航拍、北斗、视频监控、设备监测等不同类型感知数据的分类展示、动态查询，通过定制、勾选等方式将各类数据加载到二维或三维场景中进行一张图展示。

（三）数据关联

将卫星数据、无人机数据、物联感知数据等进行关联设置，以便在地图上查看各类叠加展示的关联业务数据。

5.6.3.6 修复效果展示

在界面中通过二三维、视频、音频、图像等可视化方式，实时展示矿山修复

前后效果对比。

（一）二维/三维图形展示

形成矿区修复效果二维/三维展示分析场景，展现矿区当前状况和历史变化情况，实现不同时间同一区域的修复治理前后的效果对比，进一步分析修复成效。

（二）视频/音频展示

视频展示可按照五拼图、八拼图多样式风格排版展示矿山修复工程及周边实时视频画面，可通过对视频画面拖拽、双击等方式调整视频画面排版位置。通过多角度视频画面，实时了解矿山修复工程进展及修复效果。支持调取历史视频数据，进行不同时期数据对比，直观展示矿山修复效果。

5.6.3.7 规划蓝图

将 GIS、倾斜摄影模型、无人机航拍数据、传感器数据等多源异构数据进行时空高精度匹配融合，大小场景在一个界面上进行无缝切换，运用渲染技术进行分级渲染，实现空天地不同尺度场景的动态展示效果。通过多源融合、数据驱动、实时感知的方式，进行全方位规划蓝图二三维可视化展示与智能分析。

（一）渲染展示

集成卫星遥感影像、三维倾斜摄影、无人机航拍数据、传感器数据等，进行可视化渲染，包括但不限于要素基础信息、实时监测信息、水利气象信息、综合监管信息、统计分析信息等内容，对修复工程相关要素、生态环境要素等对象进行立体可视化展示。

（二）窗口切换

用户可以通过同一窗口切换的方式展示不同的规划方案，也可以同时显示多个二维/三维窗口显示不同的规划方案。

5.6.3.8 示范应用

选取典型矿山区域开展示范应用，结合区域环境特征、油页岩、高岭土不渗水且遇水膨胀的特点，针对性提出治理手段、工艺流程，实时监测修复治理情况，及时总结分析，验证并展示修复治理前后的地形地貌、水资源、土壤环境、植被、生物多样性变化等信息，分析治理修复效果。

（一）示范应用概况总览

展示示范应用的治理目标、修复工程布局等信息。

（二）示范应用工程信息展示

展示示范应用的工程项目规模、投资资金、工程建设情况、建设进展等信息。

（三）示范应用典型场景展示

展示示范工程治理手段、工艺流程及典型场景。

5.6.4 矿山生态修复监测评估系统

5.6.4.1 概述

矿山生态修复监测评估系统是指针对矿山开采活动所造成的生态环境破坏，通过建立矿区动态监测网络、环境风险预警和修复效果综合评估体系，对矿山修复工程的实施过程进行全面监测、数据分析和评估分析，以便科学地指导和完善矿山修复工程的实施，保障生态环境的持续改善和可持续发展。

系统通过对土地、水源、植被等各项指标进行无损检测，利用多源遥感数据、现场监测数据和地面观测数据进行多源融合，对矿山生态环境进行全面监测和分析。同时，该系统还可通过对检测数据的采集、处理和分析，为修复方案设计提供科学依据，并对修复效果进行评估。

项目的实施可以有效提高矿山修复的科学性和针对性，加快矿山生态环境治理的进程，实现经济效益与生态效益的双赢。

5.6.4.2 组成

矿山生态修复监测评估系统由矿区动态监测、环境风险预警、修复效果评估和公众服务组成。系统组成图如下：

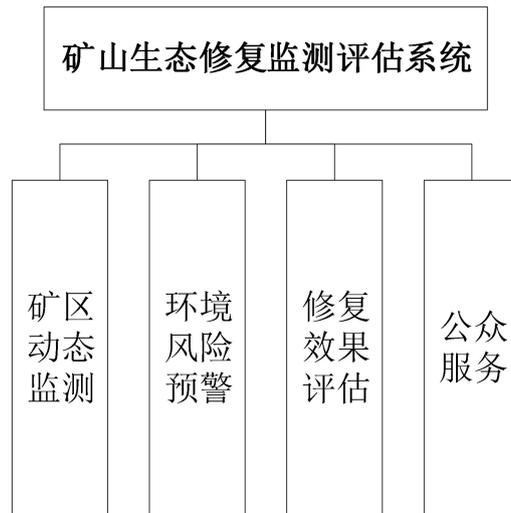


图 5-75 矿山生态修复监测评估系统

5.6.4.3 矿区动态监测

矿区动态监测的主要目的是监测矿山修复过程中矿区的动态变化，以便及时发现问题并采取措施。

（一）监测内容

1. 矿区生态环境监测

矿区生态环境监测包括监测矿山修复区域内土壤、水质、植被等生态环境指标，以评估修复效果。

水文水质监测。在矿山开采过程中，矿区疏干排水、矿区裂缝及塌陷等问题的发生，会直接影响矿区开采模块地下储水结构发生变化，进而导致地下水位下降、大面积疏干漏斗出现、地表径流变更等问题发生。再加上矿山开采阶段矿坑水、废水淋滤水等工业废水的排放，对矿山周边水源造成了严重的污染。

土壤监测。在矿山开采后需要将表土清除并覆盖新土或矿渣，而采矿过程中大型采矿设备的重型荷载作用，会导致矿渣或新土逐渐坚硬、板结。再加上矿区地面采空塌陷问题的发生及矿山固体废渣的排放，会直接导致土壤产生裂隙。随着土壤裂隙的扩大，土壤养分会逐渐流失，矿山固体废渣中毒害成分会直接渗入土壤中，造成严重的酸碱污染、重金属污染、有机毒害物质污染。

植被监测。在矿山开采过程中，由于露天矿坑开挖、井工矿抽排地下水等作业，会直接破坏地表植被。进而导致矿山开采区域地下水位出现大幅度下降，逐渐形成大面积人工裸地。此时若出现大面积降雨，则会在矿山地面起伏及沟槽的

作用下加速地表水流动，最终促使水土冲刷加剧。

2.地质灾害监测

对修复区域内可能发生的地质灾害如山体滑坡、地陷等进行监测，并采取必要的防灾措施。

地质灾害监测。矿山开采作业的进行必然会导致地下采空问题发生。而地下采空问题的发生，不仅会影响矿山周边山体及斜坡的平稳安全性，而且会加剧地面开裂、坍塌、滑坡等事故发生概率。再加上矿山开采排放废渣大量堆积在山坡、沟谷位置，废石废渣与泥土混合会直接导致废石废渣摩擦力、透水性减小。此时若出现暴雨天气，则会增加泥石流发生概率。

3.地表形变及沉降监测

矿产开采引起上覆岩层以及地表产生移动与变形，这是开采沉陷及其衍生灾害产生的根源。快速获取岩层、地表的移动与变形是进行沉陷灾害评估预测、土地复垦与生态修复的前提。

4.安全监测

对矿山修复区域内的地下施工、基础设施、道路等重点部位进行安全监测，及时掌握矿山环境的变化，及时预警和处理可能出现的安全问题，以保证施工安全。矿山修复安全监测的主要内容包括以下几个方面：

1) 地质监测：包括矿山地质构造、崩塌、滑坡、地震等方面的监测，旨在及时发现和预防自然灾害的发生。

2) 工程结构监测：包括矿山填土体、水文环境、道路和设施等方面的监测，以确保工程结构的安全稳定。

3) 水文监测：包括矿山水文地质、水质、水位等方面的监测，以及矿山排水系统的监测，以防止水文问题对环境造成破坏。

4) 环境监测：包括矿山周边环境的空气、水质、土壤等方面的监测，以及矿山生态系统恢复情况的监测，以确保矿山修复工作的可持续发展。

矿山修复安全监测可以采用多种手段和技术，包括现场实测、遥感监测、自动化监测、数字化监测、数据处理和分析等。通过对监测数据的收集和分析，可以及时发现和预警矿山环境的异常变化，以及针对性地采取措施，确保矿山修复

工作的安全、有效和可持续发展。

5.地下水水位监测

矿山修复地下水水位监测是矿山修复过程中非常重要的一环。地下水水位监测对矿山退水和降水等影响地下水位的因素进行监测，能够掌握矿山地下水环境的变化情况，及时发现地下水位的变化和异常情况，为矿山修复提供有力的技术支持和数据支持。

1) 监测点选取

在矿山修复地下水水位监测过程中，应根据矿床的地质特点和矿山修复的要求，选择合适的监测点，以保证监测数据的准确性和可靠性。

2) 监测仪器的选择与安装

地下水水位监测仪器通常选择压力式、浮子式和激光式等。在安装监测仪器之前，必须对监测井进行清理，排除污物，以便监测仪器正常运行和准确测量。

3) 监测数据的处理与分析

地下水水位监测数据的处理与分析是保证矿山修复方案实施的关键环节。通过对监测数据进行分析，可以判断矿山修复方案是否达到预期效果，发现异常情况并及时处理。通过地下水水位监测，可以全面掌握矿山地下水环境的变化情况，及时发现地下水位的异常变化，为矿山修复提供有力的技术支持和数据支持。

(二) 监测方法

1.野外监测

通过实地观察、采样、测量等方式对矿山修复区进行详细调查，确定土壤、水体环境状况等基础数据。

对矿区采取定点监测方式，使用专业监测仪器，如土壤 pH 计、多参数水质监测仪、无线温湿度测量仪、激光测距仪、地质雷达等，数据记录采用数码相机、记录本、数字化平台等方式。

2.遥感技术

利用高分辨率遥感影像等技术，分析矿山修复区的植被覆盖、土地利用变化等情况，评估修复效果。结合高分辨率卫星影像和无人机航拍数据，对矿山修复区域进行定期遥感监测，以反映矿山修复后的生态效果。

3.水文监测

通过地下水位、地下水流速、水质等指标监测，分析矿山修复区的地下水环境状况，评估修复效果。

通过综合使用上述矿区动态监测方法，可以全面、准确地评估矿山修复的效果及对环境的影响。

（三）监测频次

1.生态环境监测

每月进行一次场地野外实地监测；每年进行一次全矿生态环境遥感监测。

2.地质灾害监测

每周进行一次山体滑坡、地陷等灾害隐患巡查；暴雨、台风等自然灾害时增加监测频次。

3.安全监测

施工过程中每天进行一次现场监测，并定期进行全面检查。

4.地下水位监测

每周进行一次现场监测，每月进行一次数据分析和整理。

具体频次根据实际情况可以进行适当调整。

（四）数据处理与服务

1. 数据处理

矿区动态监测数据处理包括数据收集、存储、清洗、加工、分析等环节，将实时监测到的矿山环境数据转化为可用于分析和决策的格式。该环节需要使用专业的数据处理软件和分析工具。采用数字孪生技术对监测数据进行处理，建立起数字孪生平台。

2. 数据服务

矿区动态监测数据服务包括数据共享、定制报告、在线查询、可视化等各种形式的 DataService，为相关利益相关者提供全面、及时、准确的矿山环境数据支持。提供实时的数据服务，通过数字孪生平台向国家相关部门及矿山企业开放，提供测量、建模及监测数据和结果，为后续风险评估和精益运营数据分析提供便利和支持。

5.6.4.4 环境风险预警

数字孪生技术可以结合 AI 等技术，及时识别矿山环境中存在的隐患和风险，并进行预警，提高生态修复效率和质量。主要包括环境数据采集、预警模型分析与结果呈现及反馈调度三个流程。

（一）环境数据采集

环境数据采集可以了解矿山修复后环境的变化情况和评估修复效果，并指导下一步的环境保护工作。

1. 开展环境管理方面的数据采集和监测，包括大气、水质、土壤、植被等多个方面的采样分析；其中，土壤监测包括有机质含量、pH 值、重金属含量等指标；水质监测包括水质色度、浊度、氨氮、总磷等指标；植被监测包括植被覆盖率、物种多样性等指标。

2. 针对矿山不同阶段的环境情况，开展采集工作，包括矿山规划前、建设时、开采期、关闭期和后期等多个环节的数据采样工作；

3. 聚焦矿山修复后的生态系统恢复和环境效益评估，开展环境样本采集、主要污染物分析和生物多样性多样性变化等数据采集工作。

通过现场采样、实验室分析和遥感技术获取环境数据，综合分析采集到的数据，绘制环境评估报告，为矿山修复和环境保护提供科学依据。

（二）预警模型分析

1. 开展模型研究和建模，基于历史数据和现场监测数据，建立环境污染评估和环境修复成效评估的预警模型；

2. 通过环境数据实时监测、分析和处理，及时发现和诊断异常情况，并在预警值达到一定程度时，触发预警机制，向相关部门发出风险预警；

3. 对于矿山修复过程中的环境问题和风险，在数据分析与预测等方面，提供可行性和有效性的建议和措施，为决策提供参考。

（三）结果呈现及反馈调度

1. 预警结果呈现

结果可以通过数据报告、图表或 GIS 地图等方式呈现，展示矿山修复环境风险的概述、分布、严重程度等信息。

当矿山存在环境风险时，预警系统会进行监测和预测，并给出相应的预警结果。这些结果通常以报警信息的形式进行呈现，包括预警级别、预警区域、预警原因、预计影响范围等。

2. 风险评估

一旦发生环境风险预警，需要对风险进行评估，确定影响范围和可能造成的损失。评估结果能帮助矿山及相关部门及时作出决策，制定相应的应急预案。

3. 反馈调度

矿山修复环境风险预警结果需要及时反馈给相关利益相关者，包括矿山企业、政府部门、社区居民等。反馈形式可以是定期会议、电话会议、公告、通知等，以便及时采取措施应对可能的风险。

监测预警系统应及时将预警信息传递给相关部门和人员，针对不同的环境风险，需要采取不同的调度方案，包括封锁区域、疏散人员、增加巡查力度等措施。同时，需要设立紧急联络员，保持通讯畅通，确保信息的及时传递和应对措施的实施。

在矿山修复过程中，制定相应的应急预案，例如环境污染事故处置方案、应急救援组织与任务分工等，确保能够有效应对环境事故。

4. 告知公众

在发生环境风险时，需要向公众及时告知风险情况、对策措施以及预计影响和后果等信息。这样能帮助公众保持警觉，避免可能的危害，同时也体现了矿山企业的社会责任和公信力。

通过对矿山修复的环境风险进行宣传教育，提高公众环保意识和责任感，争取社会支持和参与，加强风险监测和应急处置。

5.6.4.5 修复效果评估

矿山生态修复效果评估是对矿区进行环境影响评价后进行的，主要是通过数字孪生技术对矿山生态系统的修复情况进行再现和模拟，实现对生态修复效果的科学评估，评估矿山修复工程的实施效果以及对环境变化的影响程度和评估结果的可信度，为后续工作提供参考。通常包括以下方面的内容：1) 矿区特征分析：矿区的地理、气候、地形、水文、生物和土壤等特征分析，包括建立矿区的

历史和资源开采情况等。2) 环境状况评估：对修复前后的水、土壤、大气、生物、景观等环境进行评估，推断修复效果的实际效果。3) 修复工程实施效果评估：对修复工程的质量、实施方案、相关成本等进行评估，了解其有助于修复工程的健康发展和充分发挥行动的价值。4) 展望未来：根据修复工程实施效果，合理展望未来，根据推断实际效果，预估污染处理效果，为未来的环境治理和防治提供方向。

评估矿山生态修复效果的结果会影响整个环境过程中的资源开采和利用，以及可持续发展和维护。评估结果的可信度将对相应的政策和措施产生实质性的影响，促进环境保护和矿山资源的可持续利用。

(一) 基于三维模型的模拟

利用三维建模技术，将矿山修复前后的实际场景进行建模，然后利用虚拟仿真软件模拟出修复后的环境效果，从而评估修复效果。

(二) 数据分析并辅助决策

通过搜集并整理矿山修复过程中所涉及的数据，利用数据分析技术，将修复过程中的问题与解决方案进行匹配，辅助决策。

(三) 修复效果分析

运用数字孪生模型提供的仿真结果，对矿山生态系统的各项指标进行可视化分析，评估修复措施对于生态环境的影响，从而确定修复效果。包括地形变化分析、植被覆盖度分析、水文特征分析、生态多样性分析、空气质量评估等。

(四) 环境风险评估

利用虚拟仿真技术，对矿山修复前后的环境风险进行评估，从而制定相应的风险预警方案。

在修复效果评估时，需要搜集更多的实际数据，以确保虚拟仿真技术的应用效果最大化。

(五) 结果可视化

将数字孪生模型的分析结果以可视化的方式呈现，利用图形界面等工具，直观地展示修复前后生态环境的变化情况，为后续管理和决策提供科学依据。

5.6.4.6 公众服务

(一) 网上平台公众服务

1.信息发布：矿山修复项目应该定期向公众发布项目进展、环境监测数据、环境风险预警等信息，通过报告、网站、社交媒体等途径进行。

2.公众反馈渠道：为了及时了解公众关注的问题，矿山修复项目应该设置反馈渠道，如善意举报热线、网上留言板等，同时应该尽快回复公众的问题或建议。

3.社区参与：积极与当地社区进行对话和合作，听取社区意见，了解社区需求，加强项目与社区的联系，促进项目顺利推进。

4.教育宣传：该加强宣传教育，向公众普及环境保护知识和矿山修复知识，提高公众环保意识和对矿山修复工作的理解和支持。

5.公众参与：鼓励公众积极参与矿山修复工作，如开展志愿者活动、举办矿山修复体验活动等，增强公众对矿山修复工作的认知和参与感。

（二）微信公众号/小程序公众服务设计

1.首页设计：首页突出矿山修复的主题，包括项目介绍、项目进展、照片展示等内容。同时添加联系我们、意见反馈等功能。

2.矿区动态：设计矿区动态展示栏目，包括相关新闻、活动、文化、推荐景点等，用户可以通过这个栏目了解矿山修复的最新进展和相关信息。

3.知识百科：设计具有科普性的知识百科功能，包括对矿山修复相关知识的介绍、术语词汇的解释、常见问题解答等，以此提高公众对矿山修复相关知识的了解程度。

4.咨询服务：在微信小程序中添加咨询服务功能，将矿山修复的专家和公众连接起来，提供人性化的咨询服务。用户可以通过简单的操作与专家在线沟通、交流。

5.签到互动：设置签到功能，鼓励用户到矿山现场参观、观察矿山修复进展，并签到获得相应积分，积分可以兑换矿区纪念品、小礼品等。

6.数据统计：对用户签到、浏览、咨询等数据进行统计，以此检测用户需求和反馈情况，改进服务形态，提高用户体验。

（三）公众服务二维码

矿山修复公众服务二维码是一种可扫描的图形码，用户可以通过扫描该二维码，进入矿山修复公众服务的页面。二维码可以被印刷在宣传册、广告牌、海

报、产品包装等物品上，也可以在线上各种渠道进行展示。

用户通过扫描二维码，便可以直接进入矿山修复公众服务的微信小程序页面，从而获取更详细的信息和服务。在扫描二维码的过程中，用户需要打开微信扫一扫功能，将手机对准二维码，即可自动打开小程序页面。

通过使用二维码作为链接的方式，可以方便用户快速地进入矿山修复公众服务页面，提高用户的体验和便捷性。同时，二维码还可以被统计和分析，为运营方了解用户行为和偏好提供依据。

5.6.5 矿山生态修复应用支撑中心

5.6.5.1 概述

矿山生态修复应用支撑中心是矿山生态修复智能综合监管平台中各种应用系统的开发、运行、集成的数字底座、技术底座和共享能力池，是确保茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目的平台架构设计实现应用高效开发、能力全局服务、数据全局共享、业务全域协同、应用一体集成目标的重要技术支撑平台，也是确保实现平台化架构更加可持续发展的基础支撑平台。该应用支撑中心可根据业务应用和系统管理的需求，以实现业务功能为目标，基于茂名历史遗留废弃矿山数字孪生矿山底座为基础，利用不同的建模技术，构建数字孪生模型库、生态环境模型库、油页岩吸附量/游离量评价模型库等，将用户、权限、 workflow、资源及接口服务的统一，提供一个支持信息访问、传递、以及协作的集成化环境，实现个性化业务应用的高效开发、集成、部署与管理。

5.6.5.2 组成

矿山生态修复应用支撑中心由知识图谱、运行管理组成。该应用支撑中心组成图如下：

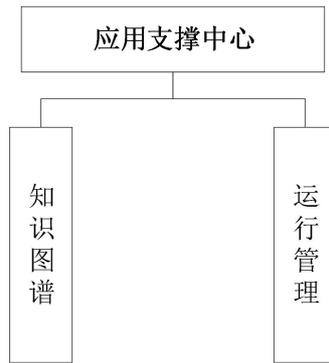


图 5-76 矿山生态修复应用支撑中心组成图

5.6.5.3 知识图谱

茂名历史遗留废弃矿山动态知识图谱融合了深度学习、模板匹配和知识图谱等技术优势，支持分析手段的快速构建和灵活扩展，可在图谱上开展分析、搜索、统计、多维地理和时间关联等交互式的数据探索和分析，系统结合自然语言处理和智能问答，实现用户分析意图的主动识别，帮助用户高效完成分析任务。采用创新算法建立的关联型知识图谱，对现有知识资源进行挖掘、提取、清洗、融合、关联等，把无序知识资源变成知识网，用标签化来表现各知识资源间的关联，以更为直接的形式呈现知识网。茂名历史遗留废弃矿山的管理者或普通用户借助知识图谱，能够更快捷地掌握知识之间的逻辑关系并进行智能标签化划分。

（一）模型库

模型库在茂名历史遗留废弃矿山数据库基础上，对矿山修复工程进行智慧化模拟，为数字孪生矿山提供模拟仿真功能。主要包括专业模型、智能模型、可视化模型和仿真引擎。按照“组件化、标准化、通用化”思路和按需构建、共享共用的原则，建设一套面向重要业务、重点地块和重点工程的专业模型平台。模型平台应具备“模型构建灵活化、模型业务应用标准化、平台服务个性化”特点。

1. 数字孪生模型库

数字孪生的建模是将物理世界的对象数字化和模型化的过程。通过建模将物理对象表达为计算机和网络所能识别的数字模型，对物理世界或问题的理解进行简化和模型化。数字孪生建模需要完成从多领域多学科角度模型融合以实现物理对象各领域特征的全面刻画，建模后的虚拟对象会表征实体对象的状态、模拟实

体对象在现实环境中的行为、分析物理对象的未来发展趋势。建立物理对象的数字化建模技术是实现数字孪生的源头和核心技术，也是“数字化”阶段的核心。

2. 生态环境模型库

建设生态环境模型库、算法库、规则库，生态环境模型库包括茂名历史遗留废弃矿区生物多样性评价模型库、生态保护红线模型库、生态格局评价模型、生态功能评价模型、生态胁迫评价模型、生态质量综合评价模型、断面水质预测模型、流域模型水质预测模型、流域污染负荷分析模型、土壤水分特征曲线模型、土壤流失模型、空气质量多模式集合预报模型、统计预报模型、来源解析模型等。通过生态环境模型库搭建组织用户信息、消息、预警规则、知识库、图层、组件等，经审核通过后向其他系统开发。确保各业务系统之间系统访问、资源应用等操作相互信任，统一支撑软件服务平台利用统一认证服务对用户信息生成凭证并跟踪、鉴权。

3. 油页岩吸附量/游离量评价模型

致密页岩储层中游离油量是现有技术条件下潜在最大可采量。通过与生成油滞留、运移和排烃相关的参数用以评价页岩中游离油量，构建油页岩吸附量/游离量评价模型。基于不同尺度、不同形态孔隙系统内烃赋存状态(吸附态、游离态)差异性，建立了烃蒸气吸附条件下非饱和吸附数学模型，进一步推导地层条件下单组分烃、混合油饱和吸附数学模型，最终应用于页岩油评价及微观赋存机理研究。

(二) 知识库

建立涵盖环境要素的知识库，包含国家标准、行业标准、法规、技术规范、数据修约、审核规则集、预报预警管理办法、联防联控机制、任务管理流程、应急指挥、结构化报告模板、矿山修复案例等，根据茂名历史遗留废弃矿山修复建设需要，智能调用与展示相应的知识信息。

知识库应实现对信息知识的收集整理，做好知识分类，并提供必要的检索手段。知识库应建立知识与应用需求的连接，根据具体应用场景智能调用对应信息，加快数据资源流动，实现数据资源的共享与协作，支撑智能报告、会商结果智能汇报、应急管控措施建议、数据自动修约、审核等核心应用的实现。

（三）电子标本库

建立茂名历史遗留废弃矿山电子标本库，将各矿山生产期间的岩土、制作产品等通过电子照片或影像资料的形式储存起来，同时，建立矿山修复后矿区内生物多样性电子标本库，具备水生生物、陆生动植物电子样本库及环境 DNA 条形码数据库，实现矿区生态环境质量监测及生物多样性评价业务化运行。

5.6.5.4 运行管理

建立系统运行管理保障体系，充分结合项目特点，对矿山修复一张蓝图、矿山修复监测评估系统、数据中心等进行标准化配置管理，包括权限管理、用户管理、角色管理、黑白名单监控、日志管理、基础配置等，实现矿山生态修复智能综合监管平台综合管理的智能化、便捷化，保障平台运行的稳定性及业务配置的高效性。

（一）权限管理

权限管理主要针对茂南区自然资源局的用户权限管理，通过一个集中的用户权限管理中心，统一管理所有用户的权限和访问控制。避免在不同的应用系统中重复定义用户权限，降低管理复杂度，提高安全性。

权限管理包含以下功能：

1. 用户身份认证：确保用户身份的合法性和真实性，支持常见的身份认证方式包括用户名和密码、证书、生物识别等。
2. 用户授权：在用户身份认证通过后，对用户的权限进行授权，即授予用户访问系统中特定资源的权限，如文件、数据库、应用程序等。
3. 权限管理：管理员可以通过统一用户权限管理服务，对用户的权限进行集中管理和控制，包括权限的添加、修改、删除等操作。
4. 访问控制：对用户访问资源的控制，包括资源访问的时间、地点、方式等。
5. 审计追踪：对用户的操作行为进行记录和追踪，以便于日后的审计和监控。
6. 会话管理：对用户会话进行管理，包括会话的创建、维护、销毁等，确保用户会话的安全性。

7. 权限继承：在多级权限管理体系中，将上级用户的权限继承给下级用户，简化权限管理过程。

（二）用户管理

用户管理模块采用“用户统一管理”的模式，只要系统中的用户信息发生了变化，便会自动向集成的各个系统中进行同步，保证各系统用户信息的准确性与统一性。目的是为了更方便用户去管理自己的信息，有些用户在工作过程中可能会涉及到调岗或升迁的问题，这时用户就需要在所有系统中都改变一下自己的职位、所属单位、办公电话等用户基本信息。用户管理模块的出现则会改变这种现状，用户在系统改变自己的信息之后，系统便会自动的向其它集成系统推送已修改的信息，进而更改其系统中的用户信息，从而达到“一次修改，信息统一”的目的。

（三）角色管理

使用角色管理来管理矿山生态修复智能综合监管平台的角色列表，角色信息包含角色名称、角色编码和角色描述等信息。并能够配置每个角色拥有的菜单权限、数据权限、资源权限。管理员可以给用户授予指定角色，角色权限由管理员使用授权管理功能维护，通过用户、角色、权限批处理机制，极大地方便用户权限分配。

（四）黑白名单监控

系统提供白名单与黑名单管理功能，在同一页面以列表可视化的形式呈现矿山遗址公园内所有入驻企业的基础信息、绩效评级信息、信用等级信息、行政处罚信息等相关内容，用户可依据实际情况对当前某一执法对象进行特殊编制处置，通过页面勾选的形式将该对象编制为黑名单或白名单一档，更加贴合辖区实际情况，为后续日常与专项执法行动提供特殊化的工作指导，优化了执法策略，减少不必要执法工作，提升重点执法对象的特殊化关照。

（五）日志管理

日志管理针对用户情况，实现在线用户信息的管理，并对用户登录情况进行统计，同时记录用户的行为及操作，以便于及时进行统计分析。应用支撑平台具备对组件运行时日志的追踪查询功能，基础组件在所属的微服务中运行，会产生

相应的运行日志，信息包括组件编号、组件名称、运行时刻、IP 地址、端口号、输入参数、输出参数、以及内部自定义的日志内容，按照时间顺序排序。对于复杂的组件，会使用多个基础组件共同完成，可能涉及到跨服务的调用，因此对同一个组件可能会产生分布到不同服务的日志，因此需要对分布式的日志进行追踪，通过统一的任务 ID 将不同服务中的日志进行关联，形成统一的按照时间排序的组件运行日志，以供查询分析使用。

（六）基础配置

基础配置主要实现茂名历史遗留废弃矿山数据及监测分析算法（模型）的综合管理、监测分析流程节点管理矿山修复监测与评估管理、环境风险预警管理及字典管理等，为系统运行提供基础支撑。

5.6.6 矿山生态修复数据中心

5.6.6.1 概述

通过汇聚茂名历史遗留矿山生态修复跟踪监测相关数据并进行协同分析，由点及面，将原本零散的数据变成统一规范的数据资源，提供生态跟踪监测支撑能力。由各个子系统建立数据交互，获取全过程中关键数据，并对数据进行清洗、整合、加工后，按照数据属性形成不同维度的主题库，依托相应数据分析模型，开展数据分析应用与可视化呈现。

5.6.6.2 组成

矿山生态修复数据中心组成图如下：

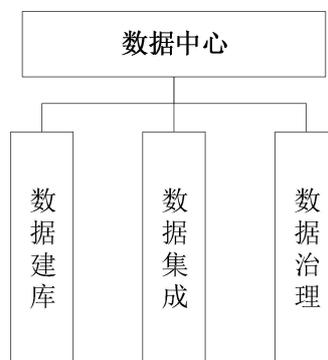


图 5.6-77 矿山生态修复数据中心组成图

5.6.6.3 数据建库

是指将原始数据进行预处理、清洗，并将其存储到数据库中的过程。在这个过程中需要对数据进行结构化、命名、整合、验证等操作，以确保数据能够被有效地存储和管理。

茂名历史遗留矿山生态修复跟踪数据库是针对获取的基础地理空间数据和采集的生态监测数据设计的。包括图斑基本信息数据库、环境质量监测数据库、生物资源调查数据库、碳源汇调查数据库、矿山生态修复数据库、地理信息系统数据库。

图斑基本信息数据库：用于储存需要生态修复的矿山图斑的基本信息，如需要实施的工程类型，工程规模，工程位置等。

环境质量监测数据库：用于储存环境质量监测点周边环境的各项监测数据，包括地表水环境质量、地下水环境质量、土壤环境质量等。

生物资源调查数据库：用于储存矿山周边生物资源的调查和监测数据，如叶绿素、浮游植物、富有动物、底栖动物、鱼类、兽类及鸟类的种类及数量等。

碳源汇调查数据库：用于储存矿山周边碳储量情况及植被状况的监测数据。

矿山生态修复数据库：用于存储矿山生态修复过程中的相关数据，如生态工程设计方案、施工过程中产生的环境影响数据等。

卫星及地理信息系统数据库：用于存储地理信息系统数据，如地形图、卫星影像、数字高程模型等。

无人机航拍数据库：用于储存无人机航拍产生的各类影像数据。

5.6.6.4 数据集成

是指从多个数据源中收集数据并整合到一起形成一个完整的数据集。在这个过程中需要解决数据格式、数据类型、数据规范等问题，以确保不同数据源的数据能够和谐地共存。数据集成也包括了数据清洗、数据转换和数据合并等操作，以确保数据的一致性和准确性。

通过目前主流的数据采集工具和技术，比如 ETL、接口数据库直连等方式，汇聚茂名历史遗留矿山生态修复跟踪监测的数据资源，将数据源的数据接入到平

台。包含如下几个方面的数据：地质稳定性监测信息、地形地貌监测信息、生态修复恢复情况监测信息、地表水环境指标信息、地下水环境指标信息、土壤环境指标信息、碳源汇监测指标信息、动物群落监测指标信息、无人机遥感监测信息及卫星遥感检测信息等。

支持茂名历史遗留矿山生态跟踪监测项目各类数据接入。

（1）接入环境监测信息

支持接入地表水环境、地下水环境、土壤环境、碳源及动物群落相关信息，掌握茂名历史遗留矿山生态修复区域的环境指标信息。

（2）接入遥感监测信息

支持接入无人机航拍数据以及卫星遥感监测数据，对前中后期生态修复区域植被覆盖度、生物多样性、生态系统协调性等进行定时/持续的数据获取。帮助掌握茂名历史遗留矿山生态修复区域的相关信息。

（3）接入空间数据

支持主流的业务数据空间化功能，如：地名地址匹配、图形上图的图形化接入等。地名地址匹配是通过对地理位置描述信息、分词技术、地名地址库中的位置信息进行匹配，可以给非空间数据赋以“空间化坐标”，实现非空间数据的空间化操作。

（4）接入物联网数据

通过物联网数据采集接入，接收来自业务、视频、传感器信息，对采集到的动态信息进行分析、处理及存储；结合基于物联网的数据感知技术、基于人工智能的数据处理技术、基于数据驱动的生态跟踪监测数据体系，实现物联网数据接入管理，实时掌握茂名历史遗留矿山生态修复区域的环境状态信息。

5.6.6.5 数据治理

是指对数据进行管理、维护和优化的过程。在这个过程中，需要制定适当的政策和规程，以确保数据的质量、安全、可用性和可靠性。数据治理包括了数据质量管理、数据备份和恢复、数据权限管理等方面。

5.7 节能与消防设计

5.7.1 节能设计

（一）用能标准及节能设计规范

- 1、《中华人民共和国节约能源法》；
- 2、《关于加强节能标准化工作的意见》；
- 3、《中国节能技术政策大纲》；
- 4、《综合能耗计算通则》（GB2589-2020）；
- 5、《节能监测技术通则》（GB/T15316-2009）。

（二）节能措施

- 1、本项目硬件设备全部采用符合国家标准的节能产品。
- 2、项目设备使用严格控制，在科学的管理和调配使用下，充分体现高效、节能的特性。
- 3、建立健全的节能管理制度，加强节能管理。

（三）节能效果分析

在项目建设中，将严格遵守国家的有关规定，控制能耗，根据有关国家和部门规范和标准，从节电、节油、节气、节水、节地、节材、可再生能源利用、节能采购、新技术新产品应用等方面提出相应要求。

5.7.2 消防设计

本项目重点消防安全隐患是火灾。避免火灾破坏最有效的方法，就是实时获得火灾预警，快速采取措施解除火灾隐患。

（1）施工过程中，施工区域内须设置消防灭火器，施工作业区严禁吸烟和烟火。施工作业所有设备的外露运转部分应设置防护罩或挡板，变压器应设过流断电保护装置；

（2）配置一定数量的防雷装置，雷雨天作业注意安全，必要时停止作业；

（3）施工区域设置一定管沟，将电力电缆及控制电缆尽可能的敷设于内；

（4）严禁一切烟火，在适当地方堆放一定数量的松散沙土以备扑灭燃烧的火焰，并且配备手提式干粉灭火器；

(5) 施工现场安全专员须定期和不定期进行消防安全检查，对出现的问题要及时进行整改。

5.8 环境保护及水土保持措施

5.8.1 环境影响分析

本项目施工期间对环境的主要影响因素包括施工扬尘、施工噪声、固体废物、污废水及渗滤液等等。

5.8.1.1 施工扬尘

工程施工期间，施工扬尘主要来源于废渣开挖及挡墙的建设、截洪沟的建设等。开挖过程中，遇到大风会产生扬尘，从而使工程施工区域内空气中的悬浮物浓度剧增，进而造成施工区域内空气环境质量下降。

5.8.1.2 施工噪声

项目实施期间，施工噪声主要来源于施工机械、运输车辆的马达轰鸣和喇叭的喧闹声。特别是在夜间，施工噪声将严重影响附近居民的休息；若夜间停止施工或进行严格控制，则噪声对周围环境的影响将大大减少。

5.8.1.3 固体废物

施工期间产生的固体废物包括建筑废料和施工人员产生的生活垃圾。施工期间产生的建筑废料影响施工作业环境，生活垃圾不仅影响现场环境，同时还会影响施工作业人员生活环境。因此，施工单位应在施工期间加强现场环境管理，对建筑废料和生活垃圾进行分类收集、集中存放、统一处理。

5.8.1.4 污水及废水

施工期间污水主要来源于施工人员日常生活污水，其与城市居民生活污水水质相似，污水中的主要污染物为 COD 和 NH₃-N 等；施工废水包括施工期间水泥砂浆搅拌、构筑物砌筑及降水淋洗施工场地产生的废水，该部分废水的主要污染物为泥沙及悬浮物等。

5.8.2 环境保护措施

5.8.2.1 施工扬尘控制措施

为了减少扬尘对周围环境的影响，施工时的储料场应加以遮盖，避免扬撒，材料运输中，应采取封闭或遮盖措施，避免抛撒；施工现场应配合洒水设备，定时洒水，减少起尘量，并及时清扫，防止二次扬尘；建议施工中遇到连续晴天又起风的情况时，对处置场表面洒水，防止扬尘。

施工单位在装载废渣过程中不要超载，车辆驶出工地前应将车轮的泥土去除干净，保证运土车辆沿途不洒落，同时施工单位应对工地门前的道路环境实行保洁制度，一旦有弃土、建材散落应及时清扫。

5.8.2.2 施工噪音控制措施

1、合理选择施工机械、施工方法，施工场界尽量选用低噪声设备，在施工过程中，应经常对施工设备进行维护保养，避免由于设备性能减退而使噪声增强的现象发生；

2、合理安排施工时间，避免高噪声设备同时施工。为了减少施工对周围居民的影响，工程在距民居 200m 的区域内不允许在晚上十一时至次日清晨六时内施工。对夜间必须施工且会影响周围居民环境的工地，应对施工机械采取降噪消震措施，同时在工地周围设置声障装置，以保证居民区的环境质量；

3、大型载重车辆在进出施工场地及运输途中应限制车速，尽量杜绝鸣笛；

4、施工时应设防护围布以减轻噪声和扬尘影响，同时对不同的施工阶段应按《建筑施工场界噪声限值》对施工场界进行噪声控制；

5、施工现场提倡文明施工，建立健全控制人为噪声的管理制度。尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。

5.8.2.3 固体废物控制措施

1、对于施工人员在施工过程中产生的生活垃圾做到日产日清，尤其是容易腐烂的垃圾要及时处理，防止垃圾久置导致的臭气、臭味、蚊蝇等环境污染；

2、建筑废料分类处置，建筑废料中的瓦砾碎砖、水泥残渣可用于道路铺设垫方；废铁丝、钢筋、建材包装箱等可以再利用的固废送废品回收公司再利用；

3、施工期建筑废料与生活垃圾应分类堆放、分别处置，禁止乱堆乱倒。

5.8.2.4 污水及废水控制措施

1、施工单位应严格执行《建设工程施工场地文明施工及环境管理暂行规定》，对地面水的排放进行组织设计，严禁乱排、乱流污染道路；

2、对施工时产生的泥浆水应设置临时沉淀池，含泥沙雨水、泥浆水，经沉淀池沉淀后全部回用。

5.8.2.5 倡导文明施工

施工单位尽可能减少在施工过程中对周围居民的影响，提倡文明施工，组织施工单位、村委会及业主联络会议，协调解决施工对环境的影响问题。

1、施工现场的各项临时设施严格按总平面布置图的要求进行布置；现场出入口处应设置施工标志牌等；

2、现场文明必须从管理格调入手，管理上除建立全方位综合保证体系并做到管理规范、措施制度化、成果图表化、行动纪律化。

3、把现场文明施工规章制度纳入按月生产调度检查会重要内容之一，加强对现场人员的教育，办理好工人的有关手续，维护正常生活秩序，并结合生产、生活，杜绝聚众闹事、打架、嫖赌、偷、扒等现象发生。

4、加强现场管理，按照建设方审定的施工平面图范围合理布置场地，做好设备、材料、施工道路、排水沟的定位，进行场内地面道路硬化。现场的生产、生活污水应进行有组织排放，经过沉淀过滤处理后通过临时排水沟或临时排水管道将污水排至城市污水管道内。施工现场的用水、用电线路按规划敷设，不得乱拉电线和随意接水管；

5、施工材料进场后，应及时将材料堆放至指定的堆放场地上，材料堆放时，应分门别类，堆码整齐，标识清楚；

6、施工现场的建筑垃圾每天都须及时清理，要做到工完场清。建筑垃圾的清理由清扫垃圾的作业队伍负责进行，检查监督工作则由文明施工管理组负责；

7、改善生产条件，稳定施工队伍，住房通风、保暖、清洁整齐卫生。尽量提供良好的食、住和休息条件。炊事人员上岗必须穿戴白色工作服（帽），保持

个人卫生，并有健康合格证，每年复检一次。食堂设置通风、排气和污水排放设施，并配备一定数量的灭火器。

5.8.2.6 制定废渣运输计划

工程建设单位应与公路有关部门联系，避免在行车高峰时运输废渣和建筑垃圾。建设单位应与运输单位共同做好驾驶员的职业道德教育，按规定路线、规定时间运输，按规定地点处置底泥和建筑垃圾，并不定期地进行检查。施工中遇到有毒、有害废弃物时应及时与地方环保、卫生等部门联系，经采取措施妥善处理后方可继续进行施工。

5.8.3 环境管理

5.8.3.1 管理目的

根据《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》，为严格控制建设项目新的污染、破坏生态环境，加强环境监督与监测，新建项目应设立环境保护管理机构，并加强环境管理工作。

5.8.3.2 管理机构

建设单位应重视环境保护工作，设置专门从事环境管理的机构，配备专职环保人员，经培训合格后持证上岗，负责废渣治理过程中和废渣治理完成后的运行管理和环境管理工作。

5.8.3.3 管理职责

1、加强施工过程中现场环境的管理，避免施工过程中发生二次污染，协调解决施工过程中的环境污染事件；

2、对废渣治理点的相关设施进行维护和管理；

3、加强废渣点治理完成后的环境监测工作，监测渗滤液监测池水质；

4、贯彻执行国家及有关部门的环保方针、政策及法规，组织制定和修订本工程环境保护规章制度并监督实施；

5、落实各项环保措施，检测环保设施运行情况，及时处理工程建设中出现的新环境问题，并提出相应的环境保护建议；

6、负责地方各乡镇环保部门联系、协调工作。

5.8.4 环境监测

为更好的检验整治工程的治理效果，便于项目完成后的绩效评估，该项目需进行跟踪监测，包括本底值监测、施工期监测、验收监测及治理后长期监测。

(1) 地表水监测取样

监测采样依据《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）和《环境水质监测质量保证手册》（第二版）有关要求执行。

对照断面：小东河中游、鸡公河下游各布设一个采样点，了解该区域水环境的本底值。

控制断面：在各监测点处均布设一个采样点，了解渗滤液污染情况。

(2) 地下水监测取样

水样采集：以瞬时采样为主，以口径较小的特制塑料容器取水样。

(3) 监测频次

在项目开工前进行本底值监测，掌握项目实施前该区域的水环境受污染情况；在项目施工过程中进行施工期监测，了解在施工扰动过程中该区域的水环境受污染的情况；在项目竣工后进行验收监测，了解经工程治理后该区域的水环境受污染的减轻情况；项目竣工后进行三年的跟踪监测，主要目的是比较生态恢复前后，废渣中的重金属向下游地表水和地下水迁移速率的变化，以及对恢复的土壤和植物的安全性进行评价。

(4) 监测项目

污染物：pH、砷、汞、镉、铬、铅，监测周期为1年。

(5) 监测分析方法

按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）进行分析。

(6) 分析方法及使用仪器

检测项目	检测标准（方法）	使用仪器
pH值	GB/T15555.12.1995	酸度计
砷	《水和废水监测分析》（第四版）（增补版）	原子荧光光度计
汞	《水和废水监测分析》（第四版）（增补版）	原子荧光光度计
镉	《水和废水监测分析》（第四版）（增补版）	火焰原子吸收光谱仪
铬	《水和废水监测分析》（第四版）（增补版）	可见分光光度计

5.8.5 环境监理

本项目为环境保护治理项目，根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《关于进一步推进建设项目环境监理试点工作的通知》（环办[2012]5号文）等国家及地方法律、法规要求，为保证项目实施效果和防止项目实施过程中造成环境污染和生态破坏，本项目实施过程中应委托有相关资质的单位按照环境监理工作制度进行环境监理，确保上述措施的严格执行，将本项目对环境的影响控制在国家标准限度内。

5.8.5.1 监理目的

本项目环境监理的目的是保证本项目各环境保护措施落到实处，将施工活动对环境的不利影响降低到可接受的最低限度；同时对施工过程中产生的新的环境污染问题提出整治措施，并监督施工单位加强施工过程中环境保护措施的实施。

5.8.5.2 监理机构

为保证项目治理效果，建议本项目设置专职环境监理机构，采用总监理工程师负责制，下设环境监理工程师；由环境监理工程师具体负责现场工程环境监理工作，由总监理工程师对业主负责，往下全面管理和协调机构的内部事物。

5.8.5.3 岗位职责

本项目环境监理总工程师和监理工程师的职责包括以下几方面的内容：

- 1、代表监理单位全面履行合同规定，组织开展环境监理业务，并接受环境监理单位的检查和监督，全面管理和协调监理机构的内部事物；
- 2、总监理工程师应全面掌握工程施工进度，负责指导编制监理工作方案；
- 3、审查施工单位编制的环境保护计划，参加业主召开的各种相关会议；
- 4、对施工出现的严重违规环境问题，签发停工令，整改合格后签发复工令；
- 5、定期向业主汇报环境监理工作情况；
- 6、对施工单位提出的施工组织设计、施工技术方案和施工进度计划提出环境保护方面的改进意见；

- 7、编制各种环境监理记录表格，对现场环境监理情况进行记录；
- 8、对巡视中发现的不符合环境保护要求的施工问题，负责通知施工方停止违规作业，并提出整改要求；
- 9、负责对整改的问题进行跟踪检查及验收；
- 10、参加由实施单位组织的初步验收和由业主等主持的竣工验收活动；
- 11、负责将所有技术资料整理归档。

5.8.5.4 运营监督

1、矿山修复治理建设完成后，应加强矿山修复的管理，防止矿山修复点再次受到外界影响的破坏；同时加强对治理点各基础设施的运行维护，对在矿山治理点运行过程中出现的截洪沟破坏应及时修复；

2、为持续发挥本项目的的环境效益，本项目建设完成后，茂名市人民政府及有关部门应对项目周边企业提出严格的排放要求，并加强执法监管力度，防止项目治理范围内再次堆放废渣。

5.8.6 水土保持

1.水土流失成因分析

(1) 工程因素

本项目在建设过程中不可避免存在一定规模土石方开挖、回填，会造成土体裸露。取土之后土体松散，加之长时间裸露在外，在强降雨情况极易造成水土流失。因此，土石方开挖、回填及取土等工程行为为水土流失创造了“物质”条件。

(2) 气候因素

本项目所在地属于中亚热带季风气候，雨量充足，降雨集中，雨季长，强度大，地面受雨水的溅蚀和地表径流的冲刷后，由面蚀发展为沟蚀，产生严重的水土流失。因此，降雨特别是暴雨将成为水土流失的直接动力。

(3) 人为因素

原位稳定化、种植植被过程中均需要进行土方开挖，如不压实，将会造成地面土壤稀松，一旦遭遇暴雨，极易造成水土流失。

2.水土保持措施

(1) 污染场地的水土流失防治措施

为防止污染土壤清挖过程导致的大量余土露天堆积，土壤清挖量按治理需要结合场地清基、基础开挖，在污染场地有计划开挖。分块实施，每取完一块，应采取覆盖和遮蔽措施，防止裸露场地所造成的水土流失。

(2) 施工过程中临时防护措施

施工区在建设和使用期间，因土地被占压，水土保持措施以工程措施为主。

施工阶段的水土保持措施由各施工单位在工程实施中完成。现仅对建设和使用提出以下水土保持要求：

- ①施工单位动土工程尽量避开雨天；
- ②做好施工工区的排水工作，设临时排水设施；
- ③拟建工程建设完毕后，施工单位必须将地表建筑物及硬化地面全部拆除，废弃物及时运至集中堆放地点。

5.9 劳动保护、职业安全与卫生措施

5.9.1 设计依据

- 1、《建设项目（工程）劳动安全卫生监察规定》（劳动部 1996 年 10 月 4 日）；
- 2、《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2002）；
- 3、《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ2-2007）；
- 4、《突发公共卫生事件应急条例》（中华人民共和国国务院令 第 376 号）；
- 5、《工业企业设计卫生标准》（GBZ1-2002）；
- 6、《关于生产性建设工程项目职业安全卫生监察的暂行规定》（劳动部劳字（1988）48 号）等。

5.9.2 危险因素分析

本项目可能存在的危险因素包括有地震、不良地质作用、触电等。

不良地质对建构筑物的破坏作用较大，甚至影响人员安全。同一地区不良地

质对建筑物的破坏作用往往只有一次，作用时间不长。

振动能使人体患振动病，主要表现在头晕、乏力、睡眠障碍、心悸、出冷汗等。噪声除损害听觉器官外，对神经系统、心血管系统亦有不良影响。长时间接触，能使人头痛头晕，易疲劳，记忆力减退，使冠心病患者发病率增多。

压力容器的事故能造成设备损失，危及人身安全。此外，触电、碰撞、坠落、机械伤害等事故均对人身形成伤害，严重时可能造成人员的死亡。

5.9.3 保护措施

5.9.3.1 安全保护措施

1、建立劳动安全卫生管理制度并严格执行，为适应工程建设中对安全卫生的需要，由专职管理人员负责本项目建设过程中的安全卫生管理工作。

2、防暑降温，本施工区域地处北回归线以南，属热带亚热带季风温和气候。全年平均气温在摄氏 22° 以上，年平均降雨量在 1530-1770 毫米，施工时应避开高温下的施工作业。

3、公共卫生及人群健康保护措施，对施工区进行卫生清理，施工人员进场前进行卫生检疫。加强食品卫生监督管理，注意生活饮水卫生，做好灭鼠、灭蚊蝇等防疫工作。在施工场地设立无害化厕所。同时应防止车辆运输过程中材料及垃圾的散落，并做到随时清扫。

4、安全用电措施，本项目建设过程中现场配置两个临时移动配电箱并配备自动切换的双回路电源，以防止停电所造成的重大危险；设置接零、接地保护系统、安全漏电保护器；利用绝缘材料；进行电气隔离；设置屏护；规定安全距离；实行连锁保护等；制定防机械伤害、高处坠落、车辆伤害的对策措施。

5、项目施工过程中存在有混凝土搅拌机等机械设备，应采取以下措施防止机械伤害，采用防护罩、防护屏、挡板等固定、半固定防护装置，防止操作人员身体接近运动部件的危险区域；当设备不能使用固定防护装置时，应采用能控制机械设备传动系统的操纵与紧急制动机构连锁保护；挡墙等作业面较高，施工中有可能发生坠落事故，故应设置便于操作、巡检和维修作业的扶梯、工作平台、防护栏杆等安全设施；设置安全网、安全警示标志；佩戴个人防护用品；施工过

程中，因涉及到尾砂、土方挖掘、转运等。需大量运输设备，如装卸机、铲车、挖掘车等，对于这类危险设备要求做到以下几点来确保安全：操作人员执证上岗；设定专门的作业区域与作业路线，派专人监护，非作业人员禁止入内；设置必要的信号灯、警示标志、护桩等；室外作业时，遇大雨等恶劣天气，应停止作业。

6、防洪安全措施，保持与气象部门联系，做好气象跟踪，及时根据气象的变化，对计划做出调整，及时采取措施和对策；项目建设完成投入运行后，应经常性的对各处置场进行维护和管理，并做好监测记录；应经常对拦渣坝、挡墙及截洪沟、排水沟进行维护，保持洪沟和排水沟排水顺畅；同时还应制定防洪应急方案，以便及时应对可能出现才洪灾。

5.9.3.2 卫生防疫措施

1、施工过程中工人的劳动条件较差，应尽可能采取相应措施改善工人的工作环境和条件，保障工人的身体健康。

2、本工程应严格按照国家相关要求及图纸进行环保施工。

3、严格按照施工方案要求进行施工，严格控制、减少粉尘和废水产生。

4、施工和作业人员必须配备必要的劳保用品，包括工作服和防尘口罩等。

5、对场内施工人员和运营工作人员定期进行体格检查和预防。

6、对施工人员和运营工作人员进行安全教育和个人卫生教育。

7、检验安全卫生措施实施效果，建立安全档案，以便及时发现安全卫生的薄弱环节。

5.10 建设管理方案

5.10.1 组织实施

5.10.1.1 项目组织管理机构

5.10.1.1.1 领导和管理机构

本项目成立项目建设领导小组，负责项目的实施工作。

5.10.1.1.2 项目实施机构

项目实施机构的设立将体现统一领导、分工明确、职责清楚、层次分明，同时又能协调配合的原则。根据本项目各部分工作内容性质，建议成立项目建设领导小组，下设办公室，办公室分设综合组、工程组和财务组。各组织机构职责如下：

项目建设领导小组：由局相关领导及相关科室负责人组成，是项目的领导机构和最终决策者。

项目建设领导小组办公室：由相关科室人员组成，是项目建设领导小组的办事机构，与承建方、监理单位共同完成项目的日常管理工作，监督和检查各方的日常工作进度，确保项目进度和质量符合项目的要求；代表项目建设领导小组审定可研报告等。

综合组：负责办公室的组织协调工作。

工程组：负责管理工程实施方案制定、工程实施、质量控制和工程验收；负责项目的安全生产管理工作。

财务组：负责落实项目资金，根据国家有关规定支付项目资金。

5.10.1.1.3 运行维护机构

项目建成后的运行维护管理机构，整体负责项目的运行管理工作。

5.10.1.1.4 技术力量和人员配置

本项目建设是一个结合了多种技术的工程，其涉及到的硬件、软件等领域的知识非常广。项目前期工作中要组织一支既熟练相关业务，又熟练掌握现代信息技术的专业化队伍，完成项目前期过程的需求调研等各项工作。项目建设过程依托相关科室组建一支熟悉业务、技术能力强的专业化队伍，全程跟踪服务于项目建设。项目运行过程中要组建一支稳定的运维队伍，建立运维的组织管理模式，组建熟悉业务、人员稳定、管理严格的专业化运维队伍，并明确具体的负责人。

5.10.1.2 项目培训组织

培训工作作为本项目建设的一个重要环节，是本项目顺利实施的重要保证和

关键因素。建立一套规范的培训管理机制，并在对相关工作人员的培训过程中不断完善。培训管理机制主要包括以下四方面内容：

(1) 编制培训计划。根据项目实际情况进行课程内容设计，培训教师，培训地点和设备等安排。

(2) 开展培训。采用录制课件网络课堂，远程和现场培训等多种培训方式。

(3) 对培训效果进行研讨，不断提高培训质量。

(4) 根据培训情况反馈表，改进或制定再培训计划。

5.10.1.3 培训目的

人员培训的目标旨在全面提高人员队伍的实施水平，同时，通过项目培训内容，使受训者掌握项目成果的应用与维护技能，能够处理一些不可预测的突发事件，保障项目的不间断运行，降低项目的运行成本。

5.10.1.4 培训内容

本项目培训内容主要包括：培训茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目工作的总体目标、内容、技术路线、技术方法、流程、实施进度和成果验收等；

5.10.1.5 培训计划与人员安排组织

表 5.10-1 培训计划及人员安排组织

课程类别	培训内容	培训人员
领导小组培训	项目工作的总体目标、内容、实施进度	领导小组成员及相关人员
项目管理实施培训	(1) 培训茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目工作的总体目标、内容、技术路线、技术方法、流程、实施进度和成果验收等；	技术人员/项目管理人员

5.10.2 项目工期安排

5.10.2.1 项目建设期

项目建设期主要任务包括项目前期工作、招投标、项目实施、培训和验收等工作。

本项目建设总周期为 14 个月，具体时间为 2023 年 9 月-2024 年 10 月。

5.10.2.2 工期安排计划

1、2023年9月1日前，完成项目可行性研究报告的招投标、编制及项目立项工作；

2、2023年9月1日至9月30日，进行项目公开招投标意向公示；

3、2023年9月30日至10月25日，完成安装工程部分招标采购工作；

4、2023年9月30日至10月30日，完成工程建设部分（勘察设计和施工EPC）招标采购、监理单位招标工作；

5、2023年10月26日至2024年10月26日，签订合同，跟踪监测部分设备安装服务部分中标单位进场工作，启动监测设备安装及第一年跟踪监测服务等工作；

6、2023年10月31日至11月25日，EPC中标单位完成合同签订、勘察、测绘和设计及概算财审等工作，完成施工前的准备工作，具备开工条件；

7、2023年11月25日至2024年10月30日，EPC中标单位进场，开展勘察、初步设计、施工图设计，完成2023年度工程施工及验收。

注：实际开工和验收时间，以该类项目申报管理单位要求时间节点为准。

5.10.3 项目招标方案

5.10.3.1 招标范围

按照《中华人民共和国招标投标法》、《必须招标的工程项目规定》的要求，开展招标工作。本项目招标的主要内容包括：前期工作咨询、设计、工程监理、专业设备、系统软件、系统集成、施工及配套工程和其他工程等。

根据国家有关规定，本项目实施所需的工程设计单位应具有相关专业甲级资质，监理单位应具有施工监理甲级资质和信息工程甲级监理资质。

工程监理主要指系统建设中涉及的具体建设项目的监理工作。

硬件采购包括实验设备、监测设备、计算机设备、安全设备等。

系统软件主要是指数据库管理系统、操作系统等所需的单独采购的成熟成型软件产品。

系统集成主要是指在系统工程科学方法的指导下，将项目各组成部分连接成

为一个完整可靠的有效整体，并使彼此协调工作，发挥整体效益，达到整体性能最优的过程；系统集成工作与软硬件采购有较密切联系，因此系统集成的招标工作包含在相应软硬件采购招标之内进行招标。

其他工程包含数据资源、培训、场地准备及临时设施、勘察、造价咨询、环境影响咨询、安全评价、职业病危害评价、施工图纸审查、竣工图编制、城市基础设施建设、建筑物专项检测等。

由于人员培训涵盖了项目实施和管理、系统安全、系统运行等不同方面的内容，软硬件设备采购和应用系统定制相关的培训包含在相应的招标项目之内，对于不含在上述招标项目之内的培训内容，采用专项招标方式完成。

5.10.3.2 招标方式

采购方式主要为公开招标和邀请招标议标两大类型：

（一）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，符合招标条件的单位不受地域和行业限制均可以申请投标。

这种招标方式的优点是，业主可以在较广的范围内选择承包实施单位，投标竞争激烈，因此有利于将工程项目的建设任务交予可靠的承包商实施，并取得有竞争性的报价。但其缺点是，由于申请投标人的数量多，一般要设置资格预审程序，而且评标的工作量也较大，因此招标的时间长、费用高。因此通常大型工程项目的施工采用公开招标方式选择实施单位，尤其是使用世界银行、亚洲开发银行等国际金融机构贷款建设的工程项目。都必须按照规定通过国际或国内公开招标的方式选择承包商。

（二）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等作出简要说明，邀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。

邀请投标对象是项目法人对资质信誉、技术水平、过去承担过类似工程的实

实践经验、管理能力等方面比较了解，信任其有能力完成所委托任务的单位。同时，为了鼓励投标的竞争性，邀请对象的数目以不少于 3 家为宜。与公开招标比较，邀请招标的优点是简化了招标程序，不需要发布招标公告和设置资格预审程序，因此可节约招标费用和缩短招标时间，而且由于对投标人以往的业绩和履约能力比较了解，减少了合同履行过程中承包方违约的风险。尽管不设置资格预审程序，为了体现投标人资质能力，投标人需在投标书内报送表明其资质能力的有关证明材料，作为评标时的评审内容之一。邀请招标的缺点是，投标竞争的激烈程度相对较差，有可能提高中标的合同价。另外在邀请对象中也有可能排除了某些在技术上或报价上有竞争力的实施单位。

根据招标内容采取不同的组织形式和方式，本项目将采取委托招标的组织形式，根据国家相关规定与项目特点采用适宜的招标方式。

(1) 按照《必须招标的工程项目规定》，勘察、设计、施工、监理以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购达到下列标准之一的，必须招标：

- 1) 施工单项合同估算价在 400 万元人民币以上；
- 2) 重要设备、材料等货物的采购，单项合同估算价在 200 万元人民币以上；
- 3) 勘察、设计、监理等服务的采购，单项合同估算价在 100 万元人民币以上。同一项目中可以合并进行的勘察、设计、施工、监理以及与工程建设有关的重要设备、材料等的采购，合同估算价合计达到前款规定标准的，必须招标。其中，项目前期工作主要围绕项目建议书、可行性研究报告的编制工作展开。

(2) 软硬件购置招投标，中央建设内容由中央自行招标，地方建设内容按照工程统一采购指标要求自行招标。

1) 要坚持高标准，严格仪器设备技术的要求，综合考虑本次水站建设的招标形式。为保证监测设备质量和监测数据可比，一是根据监测总站环境监测仪器适用性检测结果，将检测合格的 9 项指标参数产品名录下达各地供项目招标优先选择；二是建议地方在招标时，规定由仪器生产商直接投标，优先选择合格品牌产品，将品牌统一性作为评审加分项，进一步提高系统集成兼容性，确保监测设备质量。

2) 对于标准设备及软件的采购和安装、定制软件开发将全部采取公开招标的方式, 对产品性能、价格、质量、服务等进行综合比较, 择优选购。

(3) 建筑及配套工程拟采用委托招标的组织形式进行公开招标。

项目建设招标基本情况见下表(其中, “安装工程”实施内容为跟踪监测设备安装与服务):

表 5.10-2 项目招标基本情况表

项目名称： 广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目（2023 年度）

招标内容名称	招标范围		招标组织形式		招标方式		不采用招标方式	招标估算金额（万元）
	全部招标	部分招标	自行招标	委托招标	公开招标	邀请招标		
勘察	√			√	√			279.29
设计	√			√	√			383.48
建筑工程	√			√	√			9309.60
安装工程	√			√	√			1729.42
监理	√			√	√			236.76
主要设备								
重要材料								
其他							√	1682.26

情况说明：

建设单位（盖章）

年 月 日

注：1、填写“招标范围”、“招标组织形式”、“招标方式”时，请在相应的空格里打“√”；

2、“招标估算金额”里各项之和等于总投资额；其中有土地款的要说明。

5.10.3.3 招标组织形式

茂南区自然资源局负责本项目招标中项目建设单位所承担的工作，包括协助招标代理机构制定招标方案、起草招标需求文件、审核招标文件等，招标组织形式严格执行国家招标投标法、政府采购法的各项规定，主要采用公开招标的方式。

第6章 项目运营方案

6.1 运营模式选择

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目建成后将部分历史遗留矿山修复成果移交给属地管委会监管，同时，鼓励和支持社会资本参与生态保护修复后运营保障工作。

6.2 安全保障方案

（1）加强组织领导

茂名市鼓励和支持社会资本参与生态保护修复纳入经济社会发展规划，建立健全统筹协调机制。要畅通渠道、听取诉求，保障社会资本合法权益，增强长期投资信心。各级自然资源主管部门要强化工作统筹，制定生态保护修复规划，明确修复任务，设立项目并确定生态保护修复目标及自然资源资产配置要求。各有关部门和单位要按职责分工，制定完善相关配套政策措施，细化操作程序，形成协同推进的工作合力。

（2）强化示范引领

发挥骨干企业的带头作用，搭建混合所有制企业等合作平台，促进各类资本和产业协同。鼓励开展生态保护修复理论和方法等基础研究、关键技术研发和集成示范推广，探索导向明确、路径清晰、投入持久、回报稳定的资源导向型可持续发展模式。加强科研人才梯队建设，构建产学研用相结合的良性发展机制。

（3）优化监管服务

建立投资促进机制，搭建信息服务平台，汇总发布各类生态保护修复项目及投资需求、政策法规标准等信息。加强督察和执法，全程全面依法监管，严格规范行为，建立信用监管机制，实现跨地区跨部门奖惩联动。生态保护修复过程中涉及地理、生态、生物等方面敏感信息采集、处理和使用的，严格按照相关规定执行。

（4）完备防护措施

保证现场防护措施的完备。在施工过程中应保证现场防护措施完备。包括对压力、高温、危险品的防范措施，尤其做好湖滨带施工安全防护措施。同时要对本施工现场进行隔离和限制进入，确保施工人员和外界人员的安全。

（5）做好宣传引导

加强法律法规政策宣传。开展生态保护修复品牌建设，充分利用各类媒体平台，提升传播力和影响力，增强社会资本参与的获得感和荣誉感，促进全社会关心支持生态保护修复事业，共同推进“美丽茂名”建设。

6.3 绩效管理方案

（1）经济方面，建立矿山生态修复的市场化运行机制

在历史遗留问题的背景下，我国矿山环境保护制度仍处于相对落后阶段，缺乏足够的资金来进行生态修复工作。部分地区对于矿山产权和主体责任的划分也不清晰，对于矿区周边土地的影响治理责任也尚未明确，这对矿山生态修复工作的进一步推进增加了难度。因此，要逐步完善法律法规，明晰各政府部门间的职能划分，充分整合政府部门工作，形成统一的监管体系，进一步明确矿山生态修复的主体责任。此外，鉴于我国矿山生态修复的主要资金来源于中央财政资金，资金压力较大。2022年，自然资源部印发的《关于探索利用市场化方式推进矿山生态修复的意见》（自然资规[2022]6号）中明确提出，鼓励社会资本投入助力矿山生态修复，对历史遗留矿山废弃国有建设用地，可通过赋予矿山生态修复投资主体后续土地使用权的方式进行鼓励。因此，在将来较长时间内，要进一步鼓励社会资本参与生态修复工作，重点培育一批具有专业修复资质的大型企业，在建立财税扶持长效机制的同时，引进矿山生态修复市场化机制，将修复后的土地政策红利反馈给相关企业，以“谁修复、谁受益”的原则优化资源配置，建立矿山生态修复的市场化运行机制。

（2）社会方面，矿山生态修复应以乡村振兴战略为主体

矿山生态修复积极以乡村振兴战略为主体，以“提升农业发展质量、推进乡村绿色发展、繁荣兴盛乡村文化、构建乡村治理体系”为目标，聚力精准施策，巩固拓展脱贫攻坚成果。开展城乡建设用地增减挂钩工作，活用增减挂钩政策，对废弃、历史遗留矿山进行复垦，增减挂钩指标收益用于回收生态修复投资成本

和扶贫开发工作。矿山生态修复工作有利于统筹城乡发展，优化乡村建设用地布局，促进土地集约利用。全面推动新农村建设，最终实现增加有效耕地面积，提高耕地质量，提高农民收入水平，改善农业生产条件和农村生活条件，助推乡村振兴发展。同时，通过生态修复，改变区域的生态环境，增加动植物数量，从而慢慢影响复垦区局部生物链的变化，增加生物多样性，进而提升当地生态系统的稳定性和自我恢复能力，达到社会效益、经济效益、生态效益的统一。

（3）技术方面，矿山生态修复要提高科技修复水平

矿山生态修复是实现我国“碳中和”的一项有效措施，也是推进我国生态文明建设的主要内容。废弃矿山的污染形式主要为土壤重金属污染和粉尘污染，废弃矿山的修复不能仅仅只是进行简单的土地复垦、填埋，而要围绕生态修复和污染治理开展。由于废弃矿山的地形条件、气候特征、水文特征和土壤理化性质等因素都会影响修复质量，因而有必要在土地综合整治技术和废弃矿山生态修复技术等方面进行深入研究，不断提高科技修复水平。在习近平总书记“绿水青山就是金山银山”理念的引领下，持续加大绿色生态科技水平投入力度，重点在废弃矿山污染土体、水体以及生态的修复上进行科研攻关，研制具有切实可操作性的生态修复新装备和新技术，充分结合现行的仿自然地貌修复技术、露天采矿边采边复技术以及高潜水位井工矿区边采边复技术，最大限度地开展矿山生态修复工作。

（4）管理方面，矿山生态修复要多方协作合力推进

矿山生态修复项目涉及农业、水务、环保、财政等多个部门，统筹协调难度大，容易出现自然资源部门唱独角戏现象。要积极协调相关部门按照职责分工，全力形成“项目乡镇党委政府负责、自然资源部门牵头、有关部门配合、基层广泛参与”的“党政统筹、齐抓共治”良好局面。绿色矿山建设不仅是多主体参与的过程，而且是一个长期性、周期性的问题，存在很大的随机性与变动性。因此，仅靠矿山企业的自觉远远不够，尚需建立标准体系与奖惩机制，扩大相关政策覆盖范围，通过税收减免、以奖代补等多种方式，对不同级别矿山特别是开展绿色矿山建设企业给予相应政策扶持。同时，加强对政策的宣传，双管齐下，充分调动矿企参与绿色矿山建设的积极性，将“绿色”理念真正植入到每一个企业

中，贯穿规划、设计、建设、运营管理乃至闭坑的全过程。按照“政府主导、企业主体、协会支撑、政策保障、市场运作”的发展模式，借鉴利益相关者管理理论，健全利益调配机制，将绿色矿山创建规划布局纳入当地产业经济发展整体布局中，构建包括各级政府、矿业企业、社区、资源消费者等多方参与的多层次运行体系，形成全民参与绿色矿山建设、支持绿色矿山发展的良好氛围格局。

第 7 章 项目投融资与财务方案

7.1 投资估算的有关说明

(1) 投资估算表中的投资仅限于本建设项目。

(2) 本项目涉及的设备和系统软件购置费参考主流厂商的设备和软件报价，并考虑目前市场成交价相应折扣后确定；

(3) 系统集成费用按设备和系统软件购置费用之和的 5% 计算；

(4) 其他费用说明如下：

建设单位管理费按照《基本建设财务管理规定》（财建[2016]504 号）计取；

前期工作咨询费参照《建设项目前期工作咨询收费暂行规定》（计价格〔1999〕1283 号）计取；

工程勘察费参照《工程勘察设计收费管理规定》（计价格[2002]10 号）计取；

招标代理费依据《招标代理服务收费管理暂行办法》（计价格[2002]1980 号）计算；

工程监理费按照《建设工程监理与相关服务收费管理规定》的通知（发改价格[2007]670 号）；

(5) 预备费，建筑工程费按 5% 取值，专业设备费按 4% 取值，软硬件设备购置费按 3% 取值。

7.2 建设投资估算方法说明

依据建设部建标[2007]164 号《市政工程投资估算编制办法》所要求的文本格式、内容，结合国家计委计办投资[2002]15 号规定，以及现行的法律、法规、投资政策等进行编制的。

7.2.1 估算工程量

投资估算工程量按设计所提供的建、构筑物一览表和主要设备、材料一览表的数量进行估算。

7.2.2 工程费用估算指标和价格

(1) 设备价格按照设计文件提供的设备名称、型号、数量，依据编制期厂家报价（加运杂费）计算。

(2) 设备安装费按照一定比例计算。

7.2.3 工程其他费用费率的确定

(1) 按照建设部建标[2007]第 164 号文件《市政工程投资估算编制办法》规定的费用组成和标准计算。

建设单位管理费：按财建[2016]504 号文件计算。

生产职工培训费：按设计定员每人 2000 元计算。

办公及生活家具购置费：按设计定员每人 2000 元计算。

(2) 建设项目前期工作咨询费、工程勘察设计费、招标代理费、工程监理费、环境影响咨询费按发改价格[2015]299 号文参考市场价计列。

工程保险费：按第一部分工程费用合计的 0.3% 计算。

施工图审查费按吉建联发[2018]36 号执行计算；

(3) 联合试运转费：按第一部分工程费用中设备购置费及安装工程的 1.0% 计取；

其他费用按国家和当地有关文件规定计算。

7.2.4 基本预备费与涨价预备费

基本预备费依据建设部建标[2007]164 号《市政工程投资估算编制办法》，按工程费用与其他费用之和的 8% 计算，本次按 5% 计算。

其他预备费按软件设备的 3% 计算。

涨价预备费依据国家计委计投资[1999]1340 号文件规定不计算。

7.2.5 固定资产投资方向调节税

根据国家《固定资产投资方向调节税暂行条例》规定，城市基础设施项目税率为 0%。

7.3 建设项目投资估算

7.3.1 项目总投资估算

本项目总体投资估算为 13620.81 万元。其中，工程费用 11039.02 万元，包括工程建设费 9309.60 万元和安装工程费 1729.42 万元。工程建设费包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期）6854.80 万元，鸡公河下游矿山生态修复子项目 2454.80 万元；安装工程费，为“生态修复跟踪监测子项目”跟踪监测设备安装服务费 1729.42 万元。其他工程和费用 1933.18 万元，预备费 648.61 万元。

表 7.3-1 项目总投资估算表

序号	费用名称	投资金额（万元）	说明
总计		13620.81	
一	工程费用	11039.02	
(一)	工程建设费	9309.60	
1	地质灾害防治工程	2927.00	
2	地形重塑工程	94.50	
3	土壤重构工程	1050.00	
4	低效林提质增效工程	761.85	
5	裸地近自然林营造工程	2437.60	
6	湿地重建工程	1907.05	
7	土地复垦利用	131.60	
(二)	安装工程	1729.42	
8	跟踪监测设备安装与服务	802.12	
9	矿山生态修复遥感数据采集与处理	232.30	
10	矿山生态修复智能综合监管服务	695	
二	其他工程和费用	1933.18	
1	建设管理费	387.15	
1.1	建设单位管理费	150.39	
1.2	建设工程监理费	236.76	
2	建设前期工程咨询费	104.73	
2.1	项目建议书	14.60	
2.2	可行性研究报告	70.00	
2.3	评估项目建议书	10.00	
2.4	评估可行性研究报告	10.13	
3	勘察设计费	662.77	
3.1	工程勘察费	279.29	

3.2	工程设计费	383.48	
4	环境影响咨询费	10.26	
5	场地准备费及临时设施费	348.88	
5.1	临时供水供电工程	10.00	
5.2	施工房屋建筑工程	10.00	
5.3	安全生产措施费	209.80	
5.4	其他施工临时工程	119.08	
6	工程保险费	34.02	
7	工程造价咨询费	105.26	
8	施工图技术审查费	32.03	
9	检验监测费	113.41	
11	联合试运转费	4.04	
12	招标代理服务费	32.63	
13	全过程咨询费	98.00	
三	基本预备费	648.61	
1	工程建设预备费	648.61	

7.3.2 工程建设部分投资估算

本项目“工程建设部分”总体投资估算为 11540.00 万元。其中，工程建设费 9309.60 万元。其他工程和费用 1646.45 万元，预备费 583.95 万元。

表 7.3-2 项目总投资估算表

序号	费用名称	投资金额（万元）	说明
总计		11540.00	
一	工程费用	9309.60	
(一)	工程建设费	9309.60	
1	地质灾害防治工程	2927.00	
2	地形重塑工程	94.50	
3	土壤重构工程	1050.00	
4	低效林提质增效工程	761.85	
5	裸地近自然林营造工程	2437.60	
6	湿地重建工程	1907.05	
7	土地复垦利用	131.60	
二	其他工程和费用	1646.45	
1	建设管理费	307.82	
1.1	建设单位管理费	121.88	
1.2	建设工程监理费	185.95	
2	建设项目前期工程咨询费	81.38	

2.1	项目建议书	11.40	
2.2	可行性研究报告	55.00	
2.3	评估项目建议书	7.45	
2.4	评估可行性研究报告	7.54	
3	勘察设计费	618.95	
3.1	工程勘察费	279.29	
3.2	工程设计费	339.66	
4	环境影响咨询费	6.37	
5	场地准备费及临时设施费	276.88	
5.1	临时供水供电工程	8	
5.2	施工房屋建筑工程	10	
5.3	安全生产措施费	159.8	
5.4	其他施工临时工程	99.08	
6	工程保险费	27.02	
7	工程造价咨询费	95.26	
8	施工图技术审查费	27.03	
9	检验监测费	93.41	
11	联合试运转费	4.04	
12	招标代理服务费	25.28	
13	全过程咨询费	83.00	
三	基本预备费	583.95	
1	工程建设预备费	583.95	

7.3.3 安装工程部分投资估算

本项目安装工程部分（即“生态修复跟踪监测子项目”跟踪监测设备安装服务）总体投资估算为 2080.81 万元。其中，工程费用 1729.42 万元，即为生态修复跟踪监测子项目跟踪监测设备安装服务费 1729.42 万元。其他工程和费用 286.73 万元，基本预备费 64.66 万元。

表 7.3-3 项目总投资估算表

序号	费用名称	投资金额（万元）	说明
总计		2080.81	
一	工程费用	1729.42	
(一)	安装工程	1729.42	
1	跟踪监测设备安装与服务	802.12	
2	矿山生态遥感数据采集与处理	232.30	
3	矿山生态修复智能综合监管服务	695	

二	其他工程和费用	286.73	
1	建设管理费	79.33	
1.1	建设单位管理费	28.51	
1.2	建设工程监理费	50.81	
2	建设项目前期工程咨询费	23.35	
2.1	项目建议书	3.20	
2.2	可行性研究报告	15.00	
2.3	评估项目建议书	2.55	
2.4	评估可行性研究报告	2.59	
3	勘察设计费	43.82	
3.1	工程勘察费	0.00	
3.2	工程设计费	43.82	
4	环境影响咨询费	3.89	
5	场地准备费及临时设施费	72.00	
5.1	临时供水供电工程	2.00	
5.3	安全生产措施费	50.00	
5.4	其他施工临时工程	20.00	
6	工程保险费	7.00	
7	工程造价咨询费	10.00	
8	施工图技术审查费	5.00	
9	检验监测费	20.00	
12	招标代理服务费	7.34	
13	全过程咨询费	15.00	
三	基本预备费	64.66	
1	工程建设预备费	64.66	

7.4 资金来源与落实情况

本项目总体投资估算为 13620.81 万元，资金来源为中央资金 10000 万元，地方配套资金 3620.81 万元。

第 8 章 项目影响效果分析

8.1 经济影响分析

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程的经济影响体现在两个方面：一是直接经济效益；二是间接经济效益。直接经济效益是指通过工程项目的实施直接推动经济发展。通过对历史遗留废弃矿山进行生态修复，区域生态环境质量明显改善，碳汇能力增加，能直接拉动 GDP 增长，推动当地经济发展。间接经济效益是通过工程实施而减少的对土地等需要的生态补偿费、推动产业结构优化调整、产业生态化和生态产业化等。

一、盘活废弃土地资源，实现废弃工矿用地再利用

2023 年本项目计划新建湿地以及近自然生态林。营林成年后每年可增加大量碳汇。同时可以盘活废弃土地资源，产生巨额的直接土地经济价值。

二、改善人居环境，带动周边土地价值提升

通过矿区生态修复，可以有效改善矿区及周边生态环境质量，盘活矿区周边建设用地，推动文化、旅游、健康等新型产业在矿区周边落地，带动矿区周边土地价值提升。2023 年拟修复土地面积的土地复垦利用率可达 80%。

三、撬动社会资本对生态环境产业的持续投入

发挥财政资金引领作用，引入社会资金参与矿山生态修复和后续产业发展，可撬动社会资金，每年可以带动千万元的综合税收。

四、助力茂名转型发展，增加居民收入水平

通过对矿区进行生态修复，助力茂名市由资源型城市向服务型城市转型发展。带动旅游、文化、体育健康等新型产业在治理区周边落地。预计每年可吸引 120 万人次到矿区进行休闲娱乐、体育运动及文化科普等，可以提高区域居民就业率，增加就业岗位，大幅度提高当地居民收入。

五、发展特色农业，提高农民收入

通过对矿区进行生态修复，可有效控制矿区周边农田和地表水污染状况，提高农田质量，增加农作物产量和品质，形成产值千万元的特色农业，增加农民收入。

8.2 社会影响分析

治理废弃矿山，恢复绿水青山，打造金山银山。良好生态环境是最公平的公共产品，是最普惠的民生福祉，废弃矿山场地治理和生态修复工程的实施，将有效消除地质灾害隐患，增强区域生态系统水土保持能力，实现区域人居环境大大改善，人居安全得到有力保障，同时也推动当地的新农村建设等，保护与修复生态环境，持之以恒，实现“天更蓝、山更绿、水更清”。油页岩历史遗留废弃矿山生态修复区在完成治理以后，可新增大量土地，能够较大程度的缓解当地用地紧张的局面，同时能够进一步促进当地的经济的发展。

一、提高茂名市人居环境

习总书记强调，“良好生态环境是最公平的公共产品，是最普惠的民生福祉”。通过广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程的实施，确保居民的出行安全，提高茂名市的人居环境。矿区生态修复可以有效改善矿区及周边生态环境，修复“城市伤疤”，解决因矿业开采带来的生命安全、饮水安全、食品安全和空气污染问题。同时，该项目还可以为茂名市增加一个集森林、草地和湿地于一体的生态空间，带动城市生态环境改善，显著提高茂名市人居环境，满足人民对美好生活的向往。改善金塘镇、新坡镇、公馆镇和羊角镇四镇约 37 万人人居环境。

二、助力南方油城生态文明建设

茂名因矿而设，因油而兴。油页岩露天矿的开采为我国的工业化发展作出了不可磨灭的贡献，也带动了茂名城早期发展。然而，多年的矿业开采为这座城市留下了一道难以愈合的“城市伤疤”，城市发展也因此受到了限制。本项目的实施，是践行“绿水青山就是金山银山”新发展理念的重要实践，也是助力茂名这座南方油城由工业文明迈向生态文明的重要举措。

通过本项目的实施，政府和群众对环境保护的重要性的价值有了更充分的认识，并逐步树立并深化生态价值意识、生态责任和生态道德意识、学习生态知识的教育意识、绿色消费等意识，推动形成绿色生产和生活方式，形成全民参与生态文明建设的良好社会氛围。通过切实改善矿山周边及区域生态环境质量，提升人民群众参与生态文明建设的获得感，满足人民群众对美好生活的向往。

在本项目实施后，可以切实改善矿区及茂名城区的整体环境，通过引入社会资金，带动文化产业、新型农业、新能源、服务业等行业的快速发展，推动茂名这一能源型城市实现发展模式转型，助力生态文明建设，实现人与自然和谐发展的新景象。

三、矿城协调发展，传承油城精神

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程的实施，统筹矿城关系，为茂名市城区发展提供更多的绿色空间，打破地理利用瓶颈，真正做到变废为宝，实现土地价值再利用。

茂名市是一座资源化城市，本项目可以助力茂名这一“南方油城”实现经济发展转型，这是对茂名市发展方向和理念的空间拓展。本项目的顺利实施，可以协助茂名市发展构建生态文明产业，油城历史遗迹文化产业和新能源产业，带动茂名市产业调整与优化，为茂名市未来发展提供新思路，拓宽新领域，注入新力量。

四、带动周边乡村发展，助推乡村振兴

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程的实施，统筹矿农关系，大幅提升受污染耕地安全利用率，水质达标后可灌溉农田，增加高标准农田建设面积，有效提升区域耕地质量，确保农田安全，保证农产品的产量与质量，保障粤港澳大湾区谷物、蔬菜和水果的供给安全，为我国粮食安全提供有力保障。

茂名市露天矿周围建设了三万亩“田成方、路相通、渠相连”的多功能复合型田园综合体，作为全省首个国家农业综合开发田园综合体。它被定位为广东省乃至全国唯一集中贯彻落实中央关于乡村振兴、污染治理、精准脱贫、农业供给侧结构性改革、社会主义新农村建设五大战略部署于一体的综合示范区。本项目的实施支持田园综合体项目的顺利开展，与农田部署形成合力，打造出属于茂名的特色名片。

本项目按照产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕的总要求，推进茂名市乡村的产业振兴、生态振兴、文化振兴、组织振兴、人才振兴等“五个振兴”，帮助乡村高质量稳定脱贫，助力乡村振兴战略落实落地。

五、修复模式示范引领

通过广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程积极探索中国矿山生态修复的新模式和新路径。项目完成后，将打造城市周边工矿废弃地综合利用的样板。创新矿山生态修复的理念、方法、技术与模式，拓宽投融资渠道，探索多元化、市场化投入和建管模式，积极推进矿山生态修复、资源开发利用深度融合，以“生态+治理”和“利用型修复”方式带动矿山企业转型，探索废弃矿山的改造升级和再利用途径，寻求适应新时代要求的矿山生态修复的新动力、新模式，推进形成政府主导、多元主体参与的矿山生态修复长效机制，掀开中国矿山生态修复与转型发展的新篇章。

综上所述，通过实施广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程，能够为粤西地区在生态修复模式、修复方式、管理模式、综合开发利用模式、政企联合多元主体参与模式等方面形成可复制、可推广、可借鉴的经验。

8.3 生态环境影响分析

通过广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程的实施，统筹解决矿城关系，综合考虑流域上中下游、地上与地下、城市与农村、陆地与海洋，全面系统地解决区域山水林田湖海生态保护与修复问题，确保小东江、鉴江流域生态安全，筑牢区域生态屏障，保护重要生态廊道、修复脆弱生态区域，保障国家生态安全。

一、显著提升区域和国家生态安全保障功能

（一）改善流域生态环境，保障区域生态安全

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程的实施，可以有效改善区域的生态环境，筑牢粤港澳大湾区和环北部湾经济圈生态屏障，保障国家生态安全。

（二）构筑生物多样性保护网络，保护珍稀和濒危物种

项目实施区域位于小东江流域，废弃矿山的治理是流域治理的重要一环，是保障小东江生态廊道和区域生态系统健康的关键环节，也是我国构建具有全球意义的生物多样性保护网络的重要节点。本项目的实施，可以有效保护动物迁徙地和迁徙路线，改善陆海之间、山水之间、流域水系之间、重要生态系统之间的连通性，构建并打通生物多样性保护网络，使珍稀和濒危物种得到有效保护。

二、提升区域生态系统质量

通过本项目的实施，将极大改善区域生态质量，大大增加森林和湿地面积，生态系统稳定性得到显著提高，生态系统碳汇效益大幅增加，生物多样性得到有效保护，城市生态质量得到明显提升。

（一）修复土地资源，恢复生态功能

本项目将对历史遗留废弃矿山进行系统性生态修复，复垦废弃工矿土地。修复区土地资源损毁严重，通过生态系统重建、土地复垦，修复损毁的土地资源，使支离破碎的土地得到恢复，生态功能整体向好，促进生态环境持续改善。

（二）植被恢复，隐患消除，遏制水土流失

通过裸地近自然林重建、低效林改造提升，增加水源涵养林面积。消除地质灾害隐患，通过滨湖岸坡治理、冲沟治理、雨水径流管理，降低冲蚀风险，修复水土流失，恢复植被。消除地灾隐患、减少水土流失、改善治理区植被退化状况，提升对崩塌、滑坡等地质灾害防御能力，有效改善小东江流域生态环境质量，减少水土流失对流域水环境的影响，强化生态系统的水土保持和水源涵养功能，提高生态系统质量。本年度计划新增林地面积 56.13 公顷，增加的植被覆盖率达到 23.84%，远高于考核指标值（ $\geq 5\%$ ）；本年度工作范围涉及水土流失面积主要为裸地和高陡边坡，通过实施削坡绿化等措施，可实现水土流失面积减少 50%以上。

（三）重建稳定的生态系统，保护生物多样性

通过对茂名历史遗留废弃矿山进行生态修复，在被破坏的矿业废弃地上重建健康的生态系统，可以显著提高治理区植物多样性，并逐步增加治理区内鸟类和陆生动物的种类和种群数量，保护区域生物多样性。

三、探索绿色生态发展新路径

项目实施区域由于常年累月的矿山开采，导致区域内生态环境恶化，各种基础设施、居民区和耕地不同程度的遭到破坏，尾矿等废弃物经过雨水淋滤产生有毒的渗出液，使土地酸化，破坏土壤的生产能力，造成农田减产，严重威胁整个区域生态环境的可持续发展，并阻碍着区域产业的发展与转型。

未来的区域发展需要及时偿还历史上的生态欠债，改善区域景观形象，为当地居民提供稳定的工作保障和优美的生活环境，也为未来产业转型招商引资提供

良好的形象展示，探索出一条生态治理、环境改善、设施完善、经济发展良性循环的发展新路子。

8.4 资源和能源利用效果分析

节约能源是我国国民经济发展的一项长期战略方针，本项目在设计过程中，在设备的选型与配置上，采用节能产品，达到合理利用和节约能源目标。

本项目根据《中华人民共和国节约能源法》和建设部令第 76 号文件《民用建筑节能管理规定》等有关规定和规范进行规划和设计，项目的能源消耗主要包括电能、天然气、柴油、水。

（一）电气节能措施

减少配电线路的损耗，调节功率因数、实现合理的配电方式，通过分散补偿和优化配电方式减少配电线路的损耗；灯具按功能、环境选用高效、节能、寿命长的 LED 光源，楼梯灯和走廊采用节能声光控感应开关；水泵、风机以及电热设备采取节能自动控制措施；在屋顶设置太阳能光伏发电系统，项目光伏组件系统太阳能单位面积总辐照量为 5124MJ，项目建成后光伏发电系统年发电量为 7.32 万 kWh；变配电房尽可能靠近负荷中心，配电半径不超过 250m，减少线路损耗。

（二）给排水节能措施

充分利用市政供水管网水压直接供水，供水设备拟采用变频调速加压供水设备。建筑供水进行合理分区；采用水箱联合变频水泵分区供水的形式，水泵在高效区运行；给水系统采用竖向分区方式以控制最不利处用水器具的流出水头，当楼层的水压超过 0.35MPa 时设减压阀，不仅可节约用水而且增加使用舒适度；采用管道涂衬、管内衬软管、管内套管道以及选用性能高的阀门、零泄漏阀门等措施避免管道渗漏，减少管道及接口处漏损率；绿化采用微喷灌等节水的灌溉方式；选用节水型卫生洁具及配水件。公共洗手间所有小便器、洗手盆均采用红外感应式冲洗阀，蹲便器采用脚踏式冲洗阀，坐便器采用容积为 3L/6L 的冲洗水箱。

8.5 碳达峰碳中和分析

2023年本项目因地制宜地开展生态修复工作，采用低碳环保的修复手段，减少治理过程中的碳排放。生态修复实施后，治理区的植被覆盖情况得到改善，营建和改造的近自然生态林在纵向和横向结构上优于单一林种的人工林，有助于提高森林的碳储存，对低效桉树纯林的改造也将带来有效的碳汇增量。

近自然生态林成林后，通过森林蓄积量增长，带来植被碳汇增量达每年约11000吨。近自然林还可以通过土壤有机质的增加，实现土壤碳汇增长。据多项研究表明，热带常绿阔叶林的土壤有机碳占其生态系统碳的55%~70%，植被碳占其生态系统碳的28%~43%。本次营建和改造的近自然林土壤碳汇增量每年可达6.3~12.3万吨，全口径森林碳汇每年可达11.2~17.2万吨，生态系统碳汇能力得到有效提升。

项目的实施完成后，将在城市周边建立一个巨大的绿肺，助力“碳达峰、碳中和”目标的实现，并带来显著的生态环境和经济社会效益。

8.6 亮点及示范效果分析

本项目作为示范性项目，除了完成既定的工程目标之外，应具有与普通项目不同的示范作用，对其他地方项目起到指导带头作用。

（一）形成地方修复治理完整体系

项目在实施过程中，逐步形成一套适合地方的修复治理体系。首先是建立综合协同治理机制，即将相关部门整合起来，形成联动的工作机制，通过协同合作，整合各类资源从而提高治理效果；其次就是形成高效决策机制，包括明确的责任分工、快速响应的决策流程和科学决策的支持；再次是确定工程实施顺序，通过有保障的启动资金确认高低风险区域，优先通过中央资金完成高风险区域的修复建设工程，带动地方资金或社会资本去修复低风险区域，从而起到撬动经济的作用；最后是保障资金的使用和投入，修复工程需要消耗大量的资金，建立健全的资金保障机制，确保中央资金及地方资金均服务于项目。

（二）打造好心湖生态修复示范区

以油页岩和高岭土全国矿山生态修复示范为主线，实施滨湖岸线整治和地质

灾害防治工程，营建近自然林、恢复退化湿地生态系统，促进城市中心型油页岩工矿废弃地生态绿色发展转型，提升城市中心矿山周边人居幸福感和人居环境品质，将好心湖打造为城市型矿山生态修复绿色人居示范区。

（三）打造城郊矿山废弃地生态修复产业带动型示范区

用好配套政策，通过中央资金牵头，修复各类生态问题，盘活土地资源，利用地理位置、人流量等优势吸引投资，可切实改善矿区及茂名城区的整体环境，带动文化产业、新型农业、新能源、服务业等行业的快速发展，打破地理利用瓶颈，助力生态文明建设，带动地方经济的发展。

统筹推进复兴大道延长线项目中废弃土地复垦工程和雄鹰矿坑等城郊矿山废弃地生态修复，在勘察设计基础上，重点推动矿坑边坡治理、矿山覆土、矿山覆水、矿山复绿等工程，统筹相关产业发展方向、基础设施布局规划建设，推动矿山城市绿色转型发展，形成城郊矿山废弃地生态修复产业带动型示范区。

（四）打造特色矿山生态修复成效数字监测评估示范区

矿山生态修复需要形成长效管理监测机制，包括定期生态监测、社会监督、数据分析等。建设小东江中游、鸡公河下游生态修复成效监测站点，辅以数字孪生技术、整合相关数据，围绕油页岩矿山地质灾害隐患消除、林地生物多样性、湿地绿肺修复、土壤生态重构等重难点问题，形成符合油页岩矿山生态修复类型特点的数字矿山修复全过程监测、监管和展示示范，形成打造高岭土特色油页岩矿山生态修复成效数字监测评估示范区。

（五）打造人民幸福生活体验区

项目地靠近城区，作为历史遗留矿坑，缺少怡人的风景和合适的土地资源。本项目的实施可大大改善当地的景观，盘活土地资源，增强当地人民的幸福感。

第9章 项目风险管控方案

9.1 风险识别与评价

在本项目的推进过程中，必须强调和重视对风险的预测、分析和防范。这里提到的风险不仅仅来自项目本身涉及到的技术、资金、管理及运营风险，还包括项目自身以外的风险，如相关政策法规等。随着项目的深入在一定程度上已找到了一套行之有效应对各种风险的方法，但是风险的不可确定性要求在项目建设期仍不能掉以轻心。应尽可能的完善风险的预测、分析和防范能力将风险降到最低甚至于消失。一般来说，应对以下风险正确识别并加以认真的分析。

9.1.1 政策风险

政策风险在一定程度上是政府部门和企业自身无法避免的，一方面是由于相关的政策法规不够完善和健全，无法及时跟进信息化技术的发展速度，从而制约项目建设的开展和实施；另一方面相关政策的调整也会对现有项目参照的政策依据产生影响。所以基于这种风险制定政策的有关部门在项目前期就应该通过多种渠道充分了解相关的政策法规，同时了解相关政策的调整趋势，做好风险评估并给出指导性意见，尽可能降低此类风险的发生。

9.1.2 资金风险

在本项目建设期间，由于项目涉及到的模块复杂，品目繁多，可能导致针对项目各部分的资金出现项目的资金预算和实际花费不一致的情况，造成资金的浪费或资金不能到位的情况。不必要的资金浪费造成项目资金的实际使用率降低，资金的不到位则直接影响到项目的进展。针对此类风险，应该在项目实施之前，对项目组成的各部分进行详细地资金测算，考虑各种可能的因素，最大限度的符合实际的花费，这样就减少了资金风险对项目进展的影响。

9.1.3 技术风险

技术风险主要包括安全风险、信息化行业技术高速发展所带来的风险、现有先进技术使用无相关标准支撑的风险、以及需求变更带来的其它技术需求的风险等。

安全风险主要指的是内部信息泄漏、外部信息窃取和信息存储的风险。针对此类风险，可以加强内部管理，建立网络防火墙，进行数据加密和数据备份，最大限度地减少风险出现的可能性和增加抵抗风险的能力。由信息化行业技术高速发展所带来的风险，如原来采用的设备不能满足新的应用要求，原来采用的应用系统软件无法与新的技术形成无缝链接等，在某种程度上很难预测，难以规避此风险。因此，在技术实施过程中，应该具有前瞻性，以最大限度地降低此风险。

现有先进技术使用无相关标准支撑的风险，主要是由于技术革新与标准制定并不是同步进行的，这就要求在项目前期需要对技术和标准进行评估。

9.1.4 管理及运营风险

需求变更带来的其它技术需求的风险，主要是由于后期项目需求变更涉及到的技术，并不在项目建设前期的技术评估中，这就要求在前期的项目需求评估时，尽可能全面，避免大的需求变更导致的技术变更。项目建设风险主要是指在项目实施（项目招投标、合同签订、项目设计、施工等阶段）过程中，由于经验不足、施工条件差或者其它不可抗拒因素等导致项目施工进度、项目质量受到影响。例如招投标的延迟导致施工时间的推迟；项目设计不够完善缜密，导致后期的项目变更；供应商的设备质量不合格或供应不及时；自然灾害影响项目工期等。需要充分考虑自然环境风险和项目实施过程中各种风险发生的可能性。

项目相关方包括项目承建者和项目建设方在项目建设过程中都需要尽可能地避免各种风险的产生。这就要求项目承建方人员的组织有效性，项目时间、资源的计划确定性和可控性，以及项目推进的力度都要满足项目需求。项目进度的计划和项目预算是否具有确定性直接影响项目的可控程度。

运营风险主要是指在项目运营过程中人才缺乏、管理经验不足、合作发生困难等。当工程施工过程出现与管理人才自身技术专业能力不相适应的工程技术问题，各专业间又存在不能及时协调的困难时，项目问题就无法得到很好地解决从而影响项目实施进展。

9.2 风险管控方案

风险管理应是贯穿项目始末的一项重要任务，其中包括风险识别、风险评

估、风险计划、风险解决和风险监控。它能让风险管理者主动“规避”风险，进行有效的风险管理。风险管理模型有：SEI 风险管理模型、Riskit 风险管理模型、SoftRisk 风险管理模型、IEEE 风险管理过程模型、CMMI 风险管理模型、MSF 风险管理模型等。

（一）建立有效的风险控制组织机构

1、设置风险管理岗位

该岗位的主要职责是在制订与评估规划时，从风险管理的角度对项目规划或计划进行审核并发表意见，不断寻找可能出现的任何意外情况，试着指出各个风险的管理策略及常用的管理方法，以随时处理出现的风险，风险管理者最好是由项目主管以外的人担任。风险管理岗位的人数依据项目大小来决定，一般 2—3 人较为适合。

2、双项目经理

为项目开发项目设定两个项目经理岗位，一个负责技术岗位，另一个负责管理岗位。

（二）建立有效的风险控制管理过程

风险管理过程包括培训，风险识别、风险分析、风险计划、执行计划、跟踪计划等活动，有效的风险管理过程应是学习型的、持续的和不断改进的。

9.3 风险应急预案

为了加强和规范安全生产事故的应急管理和应急响应程序，及时有效地实施应急救援工作，最大程度地减少人员伤亡、财产损失，维护职工的生命财产安全，结合项目实际，制订应急预案。

9.3.1 编制依据

- （1）《中华人民共和国突发事件应对法》；
- （2）《中华人民共和国安全生产法》；
- （3）《建设工程安全生产管理条例》；
- （4）《生产安全事故报告和调查处理条例》（国务院 493 号令）；
- （5）《生产经营单位安全生产事故应急预案编制导则》AQ/T9002~2006。

9.3.2 适用范围

适用于各类野外作业及仪器保养建设过程中造成的工程环境事故或报废，机械设备毁坏和安全设施失当造成人身伤亡或者重大经济损失的事故等。

9.3.3 组织机构、职责

9.3.3.1 应急领导小组主要工作职责

成立应急领导小组，其主要职责如下：

1、决定启动和终止安全生产实施过程中人员失踪、重大死亡事故、重大安全隐患、一般事故、较大事故、重大事故、特别重大事故及公共危机等应急处理预案。

2、统一协调全院开展应急救援工作，负责对一般事故以上等级应急处理的统一领导和指挥。

3、组织协调有关部门进行事故救援等工作，调配救援设备、物资、器材。

4、完成上级交办的其他工作，协助上级或当地政府参与的应急救援工作。

9.3.3.2 应急办主要工作职责

应急处置办公室（应急办）主要职责如下：

1、负责指导一般事故以上等级的应急救援方案和保障方案的拟定，制定并实施防止重大突发事件扩大的安全防范措施。

2、根据事件的性质、类别，影响范围等基本情况，制定处置方案，报应急领导小组审定。

3、具体负责处置方案的实施和综合协调工作。

9.3.3.3 现场维护组、救援组（包括医疗救护）、善后组和后勤保障组工作职责

应急处置办公室下设现场维护组、救援组（包括医疗救护）、善后组和后勤保障组。其主要职责如下：

1、现场组：由事故发生单位或现场负责人及工作人员组成，设组长和副组长各1名。其主要职责：

(1) 保护事故现场，维护现场的治安秩序，等候和配合当地有关职能部门的处理，确保现场救护等工作的正常进行。

(2) 制定并实施防止事故扩大的安全防范措施。

2、救援组：由事故发生单位的相关人员组成，设组长和副组长各 1 名。其主要职责：

(1) 迅速查明事故发生地点、性质、类别、影响范围等基本情况，在第一时间与当地公安、消防、医疗等职能部门取得联系，制定抢救与救援方案并报院应急处置领导小组。

(2) 统一指挥、配合当地政府职能部门，积极组织现场救援队伍，注意保护事故现场。

(3) 迅速组建抢险和现场救治医疗队伍。

(4) 组织指挥现场抢险救灾、伤员救治及转送。

3、后勤组：由事故发生单位的相关人员组成，设组长和副组长各 1 名。其主要职责：

(1) 积极配合当地公安等部门的工作，并及时向院应急处置领导小组汇报情况。

(2) 筹措调集应急救援所需的交通工具、物资及相关设施设备，保证及时到位。

4、善后组：由事故发生单位、当地人民政府及其有关职能部门的相关人员组成，设组长和副组长各 1 名。其主要职责：

(1) 负责事故遇难人员的遗体、遗物处置。

(2) 负责事故后物资、设备的处置。

(3) 负责事故伤亡人员亲属的接待。

9.3.4 事件的类别

项目中发生的一般以上等级的安全事故，如人员伤亡、车辆仪器设备严重损失。

消防、治安等突发事件，如：人身伤亡、重大盗窃、火灾、群体性中毒疾病和斗殴。

因工作安排、收入分配等出现的职工思想严重不稳定，情绪恶化引起的后果。

其他相关的突发性重大或紧急事件。

9.3.5 应急处理程序及时限

9.3.5.1 信息报告

事故发生后应立即如实逐级上报，特殊情况下，事发地作业人员可直接上报应急领导小组办公室。发生重大安全事故或特大安全事故时，生产单位必须在 2 小时内上报应急处理领导小组办公室。

1、突发事件报告内容包括：时间、地点、信息来源、事件性质、影响范围、事件发展趋势和已经采取的措施等。

2、对上级机关和当地政府机构的紧急工作部署和重要安排，由承办部门 1 个工作日内以书面形式向院报告落实情况。

3、对其它突发事件，由生产单位现场负责人以电话、传真、电子邮件等形式在 2 小时内报应急领导小组。

4、对重大突发事件在处置妥当的同时，事发单位须及时以书面形式向总公司作详细报告。

5、事件受理电话

应急办电话：010-82556203

报警电话：110

消防电话：119

急救电话：120

交通事故报警电话：122

高速公路报警电话：12122

9.3.5.2 先期处理

突发安全生产事故后，各生产单位现场负责人要立即采取措施控制事态发展，组织开展应急救援工作，并及时向院应急处理领导小组办公室报告。

1、遇到重大突发事件，发生人员伤亡的情况，首先及时将伤者就近送医院

抢救，同时立即向应急领导小组报告。

2、需要保护现场的，积极配合有关部门做好现场维护，有条件的应做好录像、录音或照片等现场的影像记录。

3、在开展应急救援工作时，各现场生产单位要与当地人民政府及其有关部门及时取得联系（包括救援单位、医疗保障单位、公安、武警、驻军等），争取当地人民政府及其有关部门的支持。

9.3.5.3 组织协调

应急领导小组启动重大安全事故或特大安全事故应急处理预案，统一组织协调有关部门开展处置救援工作，负责落实救援物资和资金，确保救援工作所需人力、物力、财力、交通、医疗卫生及通信的应急保障。

9.3.5.4 应急结束

1、应急结束宣布内容

突发公共事件发生、伤亡和损失情况；应急处置成效及目前状况；宣布结束应急预案，撤销现场指挥机构；善后处置和恢复工作情况；发布单位或发布人及发布时间。

2、终止信息的发布

预案关闭的信息，应以书面或其它有效文本、媒介等形式，通知到应急救援的参加单位、机构、人员和周边政府、单位、居民，并进行确认。

9.3.5.5 后期处置

应急总结由应急救援指挥部办公室负责编写应急总结，总结内容包括：应急事件的基本情况、应急事件处置过程、处置过程中动用的应急资源、对预案的改进建议。

公司应急指挥办公室负责对现场应急指挥部的应急总结、值班记录等资料进行汇总、归档，并起草上报材料。

应急救援指挥部负责向公司应急指挥办公室上报。同时按照应急事件调查组的要求，应急救援指挥部应如实提供事件相关材料，并按照调查结果给予对应的处罚。

第 10 章 结论及建议

10.1 结论

本项目通过对小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目、生态修复跟踪监测子项目实施内容进行可行性论证，可以进一步提升茂名市因矿山开采造成的一系列生态问题，提升生态质量，增加碳汇、改善人居环境、提升生态系统涵养功能等。具体结论如下：

（1）本项目建设地点位于广东省茂名市茂南区和茂名高新技术产业开发区，地理坐标为：东经 110°50'30"~110°57'09"，北纬 21°40'53"~21°44'28"；矿区所在区域地势平缓，地貌单元为低矮残丘，地势特征总体为北高南低，地面标高为 13.05~39.4m，相对高差约 20~30m，处于小东江中游和鸡公河下游地区；历史遗留废弃矿山所在区域及周边邻近区域主要为油页岩矿山，其次为高岭土矿山；小东江中游矿山土地所有权主要为国有土地所有权，鸡公河中游子项目中的两个矿山主要为集体所有权；该项目年度生态修复区域内在历史上主要利用地方资金开展了矿山生态修复项目，但缺乏系统性和整体性，导致仍存在地质灾害隐患、土壤功能退化、水土流失、生物多样性差等生态问题。

（2）本项目为财政部、自然资源部下达的中央资金项目，符合历史遗留矿山生态修复有关政策和规范要求。2023 年 5 月 24 日，本项目明确进入 2023 年历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目名单；2023 年 6 月 11 日，《财政部关于下达 2023 年重点生态保护修复治理资金预算（第三批）的通知》（财资环【2023】37 号）明确下达本项目 2023 年资金；本项目经土地利用现状、土地利用规划、生态红线、基本农田边界线和城市开发边界线等的比对筛选，确定治理修复地块符合相关规划和政策要求。

（3）本项目年度生态修复目标涉 18 个矿山图斑，总面积 235.42 公顷，经可行性论证，下一步如能加强项目全过程管理，加快勘察测绘和设计等工作，全面调配优质施工队伍，同步开展多点施工，项目实施具有可行性。本项目年度实施内容包括小东江中游矿山生态修复子项目（一期）、鸡公河下游矿山生态修复子项目和生态修复跟踪监测子项目。其中，小东江中游矿山生态修复子项目（一

期)地质灾害防治工程 74.65 公顷;地形重塑工程 1.54 公顷;土壤重构工程 142.75 公顷,包括土地复垦利用、裸地近自然林营建和低效林提质增效三部分;裸地近自然林营建 51.79 公顷;湿地恢复重建 7.49 公顷;低效林提质增效 89.85 公顷;土地复垦利用:1.12 公顷。鸡公河下游矿山生态修复子项目,裸地近自然林营建 4.33 公顷,裸地近自然林营建区域需进行土壤重构;湿地恢复重建 4.63 公顷。

(4) 本项目确定的年度图斑修复面积、示范工程成效和年度绩效目标皆可。2023 年度项目实施示范内容为好心湖打造为城市型矿山生态修复绿色人居示范区、城郊矿山废弃地生态修复产业带动型示范区和特色矿山生态修复成效数字监测评估示范区,体现了国家对历史遗留矿山生态修复示范的宗旨,体现绿色生态、绿色发展和数字转型等重大战略的引领示范作用;2023 年度项目实施各图斑符合政策要求和规划要求,符合实际调研条件,技术措施可行;2023 年度项目计划完成图斑和地块实施内容符合绩效要求,能够满足年度绩效指标。

(5) 本项目实施将产生积极的生态效益、经济效益和社会效益。在生态效益方面,通过改善流域生态环境,保障区域生态安全;通过修复土地资源,恢复生态功能;通过植被恢复,遏制水土流失;通过重建稳定的生态系统,保护生物多样性。在经济效益方面,可以实现废弃工矿用地再利用,带动周边土地价值提升,撬动社会资本持续投入,增加周边居民收入水平。在社会效益方面,提高茂名市人居环境,助力油城生态文明建设,带动周边乡村发展,助推乡村振兴,形成修复模式示范引领。

10.2 建议

本项目建设周期紧张,需全面高效进行项目管理,捋清项目审批流程,开展勘察测绘和初步设计等工作,保证项目进度,保证项目能顺利实施完成。尚有以下的问题有待在勘察测绘、初步设计及施工图设计阶段给与足够重视。鉴于此,提出如下建议:

(1) 由于目前未有勘查和测绘资料,故提出的工程方案是以历史遥感影像和历史资料为依据的,建议下一步根据有关法规和标准开展必要的测量、勘察等工作,遇到实际问题要以具体问题为准开展具体分析和处理工作。

(2) 建议在本次可行性研究的基础上，对地质灾害进行详细勘查和论证，提交详尽的勘查钻孔资料，供治理工程设计使用；对裸地、湿地和近自然林等进行详细测量，提交详尽的面积、高程或深度等数据，为设计阶段工程量估算等提供精准数据。

(3) 建议在项目开工前，开展必要的地灾、水环境、土壤、生物多样性、水土保持等监测工作，开展精准测量形成数字地形产品；在项目开工过程中和竣工阶段开展必要的监测工作，例如地质灾害治理工程施工时应加强边坡位移监测工作，做好预警预报，减少可能的损失。

(4) 建议项目在工程施工全过程中做好生态环境保护工作，制定相应的生态环境保护措施、水土保持措施和地质灾害安全防治措施等，尤其是在好心湖公园内要减低施工对游客的安全和环境影响。

(5) 建议做好施工应急预案措施，在好心湖边坡地质灾害防治过程中，防止出现人员落湖或湖岸垮塌等事故；边坡突发事故发生后，要正确判断事故发展动态，正确制定处理方案，并迅速组织力量抢救，避免丧失良机。

附表

附表 1：项目建设清单

附表 2：项目总投资估算表

附表 3：子项目 1—小东江中游矿山生态修复子项目（一期）工程建设费用表

附表 4：子项目 2—鸡公河下游矿山生态修复子项目工程建设费用表

附表 5：子项目 3—生态修复跟踪监测子项目费用表

附表 6：矿山生态修复图斑总工程量建设对照表

附表 7：图斑 1 矿山生态修复工程建设对照表

附表 8：图斑 2 矿山生态修复工程建设对照表

附表 9：图斑 3 矿山生态修复工程建设对照表

附表 10：图斑 4 矿山生态修复工程建设对照表

附表 11：图斑 5 矿山生态修复工程建设对照表

附表 12：图斑 6 矿山生态修复工程建设对照表

附表 13：图斑 7 矿山生态修复工程建设对照表

附表 14：图斑 8 矿山生态修复工程建设对照表

附表 15：图斑 9 矿山生态修复工程建设对照表

附表 16：图斑 10 矿山生态修复工程建设对照表

附表 17：图斑 11 矿山生态修复工程建设对照表

附表 18：图斑 12 矿山生态修复工程建设对照表

附表 19：图斑 13 矿山生态修复工程建设对照表

附表 20：图斑 14 矿山生态修复工程建设对照表

附表 21：图斑 15 矿山生态修复工程建设对照表

附表 22：图斑 16 矿山生态修复工程建设对照表

附表 23：图斑 17 矿山生态修复工程建设对照表

附表 24：图斑 18 矿山生态修复工程建设对照表

附表 1：项目建设清单

序号	子项目名称	建设内容	建设规模	建设成效	工程费用投资估算(万元)	备注
1	小东江中游矿山生态修复子项目(一期)	茂名油页岩露天矿(好心湖公园及周边),开展矿山生态修复。 在好心湖湖库沿岸,开展地质灾害防治工程、地形重塑工程、土地复垦工程、裸地近自然林营建、湿地恢复重建和低效林提质增效、土壤重构工程(土地复垦利用土壤重构、裸地近自然林营建土壤重构、低效林提质增效土壤重构)	年度图斑修复总面积 226.43 公顷, 16 个图斑。其中, 地质灾害防治工程: 74.65 公顷; 地形重塑工程: 1.54 公顷; 土地复垦利用: 1.12 公顷; 裸地近自然林营建 51.79 公顷, 湿地恢复重建 7.49 公顷, 低效林提质增效 89.85 公顷; 土壤重构工程: 142.75 公顷, 包括土地复垦利用土壤重构 1.12 公顷, 裸地近自然林营建土壤重构 51.79 公顷, 低效林提质增效土壤重构 89.85 公顷三部分	好心湖生态修复示范区	6854.80	
2	鸡公河下游矿山生态修复子项目	雄鹰矿坑, 4.63 公顷, 开展湿地修复重建工程; 山和村矿坑, 4.33 公顷, 开展裸地近自然林营建和土壤重构工程	年度修复总面积 8.96 公顷, 2 个图斑。其中, 土壤重构工程: 4.33 公顷, 裸地近自然林营建区域需进行土壤重构; 裸地近自然林营建 4.33 公顷, 湿地恢复重建 4.63 公顷	城郊矿山废弃地生态修复产业带动型示范区	2454.80	其中, 雄鹰矿坑工程费用 1706.20 万元
3	生态修复跟踪监测子项目	重点开展地质稳定性、水质环境、土壤环境、水土保持、地形地貌景观、生物多样性、卫星和航空遥感监测; 通过搭建矿山生态修复智能综合监管平台, 汇聚跟踪监测项目所获取的环境质量数据, 通过数据建库、数据集成、数据分析、数据治理等手段, 对矿区进行动态监测及环境风险预警, 同时满足业务场景的智能化需求, 探索建设生态环境智慧治理体系	(1) 小东江中游生态修复单元。建立地质稳定性实时监测站 4 处、固定式测斜仪 6 套、拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计 6 套、实时视频监控系统 2 套、实时雨量计 1 套、水质环境监测点 4 处、土壤环境监测点 6 处、水土保持监测点 4 处、地质灾害监测点 6 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 4 处。 (2) 鸡公河下游生态修复单元 建立水质环境监测点 2 处、土壤环境监测点 3 处、水土保持监测点 2 处、碳源汇监测点 1 处、生物多样性监测点 2 处。 (3) 矿山生态修复智能综合监管平台	特色矿山生态修复成效数字监测评估示范区	1729.42	

附表 2：项目总投资估算表

序号	费用名称	投资金额（万元）	说明
总计		13620.81	
一	工程费用	11039.02	
(一)	工程建设费	9309.60	
1	地质灾害防治工程	2927.00	
2	地形重塑工程	94.50	
3	土壤重构工程	1050.00	
4	低效林提质增效工程	761.85	
5	裸地近自然林营造工程	2437.60	
6	湿地重建工程	1907.05	
7	土地复垦利用	131.60	
(二)	安装工程	1729.42	
8	跟踪监测设备安装与服务	802.12	
9	矿山生态修复遥感数据采集与处理	232.30	
10	矿山生态修复智能综合监管服务	695	
二	其他工程和费用	1933.18	
1	建设管理费	387.15	
1.1	建设单位管理费	150.39	
1.2	建设工程监理费	236.76	
2	建设项目前期工程咨询费	104.73	
2.1	项目建议书	14.60	
2.2	可行性研究报告	70.00	
2.3	评估项目建议书	10.00	
2.4	评估可行性研究报告	10.13	
3	勘察设计费	662.77	
3.1	工程勘察费	279.29	
3.2	工程设计费	383.48	
4	环境影响咨询费	10.26	
5	场地准备费及临时设施费	348.88	
5.1	临时供水供电工程	10.00	
5.2	施工房屋建筑工程	10.00	
5.3	安全生产措施费	209.80	
5.4	其他施工临时工程	119.08	
6	工程保险费	34.02	
7	工程造价咨询费	105.26	
8	施工图技术审查费	32.03	
9	检验监测费	113.41	

11	联合试运转费	4.04	
12	招标代理服务费	32.63	
13	全过程咨询费	98.00	
三	基本预备费	648.61	
1	工程建设预备费	648.61	

附表 3：项目投资估算表—工程建设部分

序号	费用名称	投资金额（万元）	说明
总计		11540.00	
一	工程费用	9309.60	
(一)	工程建设费	9309.60	
1	地质灾害防治工程	2927.00	
2	地形重塑工程	94.50	
3	土壤重构工程	1050.00	
4	低效林提质增效工程	761.85	
5	裸地近自然林营造工程	2437.60	
6	湿地重建工程	1907.05	
7	土地复垦利用	131.60	
二	其他工程和费用	1646.45	
1	建设管理费	307.82	
1.1	建设单位管理费	121.88	
1.2	建设工程监理费	185.95	
2	建设项目前期工程咨询费	81.38	
2.1	项目建议书	11.40	
2.2	可行性研究报告	55.00	
2.3	评估项目建议书	7.45	
2.4	评估可行性研究报告	7.54	
3	勘察设计费	618.95	
3.1	工程勘察费	279.29	
3.2	工程设计费	339.66	
4	环境影响咨询费	6.37	
5	场地准备费及临时设施费	276.88	
5.1	临时供水供电工程	8	
5.2	施工房屋建筑工程	10	
5.3	安全生产措施费	159.8	
5.4	其他施工临时工程	99.08	
6	工程保险费	27.02	
7	工程造价咨询费	95.26	

8	施工图技术审查费	27.03	
9	检验监测费	93.41	
11	联合试运转费	4.04	
12	招标代理服务费	25.28	
13	全过程咨询费	83.00	
三	基本预备费	583.95	
1	工程建设预备费	583.95	

附表 4：项目投资估算表—安装工程部分

序号	费用名称	投资金额（万元）	说明
总计		2080.81	
一	工程费用	1729.42	
(一)	安装工程	1729.42	
1	跟踪监测设备安装与服务	802.12	
2	矿山生态遥感数据采集与处理	232.30	
3	矿山生态修复智能综合监管服务	695	
二	其他工程和费用	286.73	
1	建设管理费	79.33	
1.1	建设单位管理费	28.51	
1.2	建设工程监理费	50.81	
2	建设前期工程咨询费	23.35	
2.1	项目建议书	3.20	
2.2	可行性研究报告	15.00	
2.3	评估项目建议书	2.55	
2.4	评估可行性研究报告	2.59	
3	勘察设计费	43.82	
3.1	工程勘察费	0.00	
3.2	工程设计费	43.82	
4	环境影响咨询费	3.89	
5	场地准备费及临时设施费	72.00	
5.1	临时供水供电工程	2.00	
5.3	安全生产措施费	50.00	
5.4	其他施工临时工程	20.00	
6	工程保险费	7.00	
7	工程造价咨询费	10.00	
8	施工图技术审查费	5.00	
9	检验监测费	20.00	
12	招标代理服务费	7.34	

13	全过程咨询费	15.00	
三	基本预备费	64.66	
1	工程建设预备费	64.66	

附表 5：子项目 1—小东江中游矿山生态修复子项目（一期）工程建设费用表

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)				技术经济指标			备注
		建筑工 程	设备购 置	安装工 程	其他费 用	合计	单位	数量	
小东江中游生态修复子项目工程总投资					6854.80				
一	地质灾害防治工程	2927.00				2927.00			
1	削顶清理危岩	222.00				222.00			
1.1	人工清理危岩	50.00				50.00	m ³	5000.00	100.00
1.2	爆破危岩	52.00				52.00	m ³	8000.00	65.00
1.3	石方装车外运(10km)	90.00				90.00	m ³	10000.00	90.00
1.4	铁丝挂网	30.00				30.00	m ²	5000.00	60.00
2	清理坡面	266.00				266.00			
2.1	土地平整	66.00				66.00	m ²	55000.00	12.00
2.2	土方开挖外运(20km)	200.00				200.00	m ³	20000.00	100.00
3	土方工程	1000.00				1000.00			
3.1	土方开挖外运(20km)	1000.00				1000.00	m ³	100000.00	100.00
4	阶梯护坡石笼工程	1254.00				1254.00			
4.1	耐酸腐聚酯石笼/镀锌耐酸腐钢丝石笼	1089.00				1089.00	m ³	33000.00	330.00
4.2	装石笼	165.00				165.00	m ³	33000.00	50.00
5	植被护坡	55.00				55.00			
5.1	草籽喷播	55.00				55.00	m ²	55000.00	10.00
6	边坡固化工程	130.00				130.00			
6.1	松木桩	90.00				90.00	m	6000.00	150.00

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)					技术经济指标			备注
		建筑工程	设备购置	安装工程	其他费用	合计	单位	数量	指标(元)	
6.2	注浆(水泥砂浆)	40.00				40.00	m ³	400.00	1000.00	
二	地形重塑工程	94.50				94.50				
1	抛石换填	72.00				72.00	m ²	6000.00	120.00	
2	土方开挖外运(20km)	13.00				13.00	m ³	1300.00	100.00	
3	乔灌草植被护坡	8.00				8.00	m ²	1000.00	80.00	
4	截水沟	1.50				1.50	m	300.00	50.00	
三	土壤重构工程	840.00				840.00				
1	结构改良	300.00				300.00	m ³	200000.00	15.00	
2	肥力改良	200.00				200.00	m ³	200000.00	10.00	
3	活力改良	200.00				200.00	m ³	200000.00	10.00	
4	微生物抑酸	140.00				140.00	m ³	200000.00	7.00	
四	土地复垦利用	131.60				131.60				
1	土方分层填筑	8.40				8.40	m ³	5600.00	15.00	
2	种植土换填	61.60				61.60	m ³	5600.00	110.00	
3	乔木种植	24.64				24.64	m ²	2240.00	110.00	
4	灌木种植	20.16				20.16	m ²	3360.00	60.00	
5	草本植物种植	16.80				16.80	m ²	5600.00	30.00	
五	现有低效林提质增效	761.85				761.85				
1	微地形塑造	165.00				165.00				
1.1	土方分层填筑, 每层 30-50cm	15.00				15.00	m ³	10000.00	15.00	
1.2	原土转运, 2km	12.00				12.00	m ³	10000.00	12.00	

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)				技术经济指标			备注	
		建筑工程	设备购置	安装工程	其他费用	合计	单位	数量		指标 (元)
1.3	换填种植土	110.00				110.00	m ³	10000.00	110.00	
1.4	造型机塑造	28.00				28.00	m ²	40000.00	7.00	
2	林相改造	193.85				193.85				
2.1	造林地清理及挖穴整地	173.60				173.60	m ²	62000.00	28.00	
2.2	回填客土	20.25				20.25	m ³	4500.00	45.00	
3	近自然容器苗种植	403.00				403.00				
3.1	容器苗栽植	248.00				248.00	m ²	62000.00	40.00	
3.2	容器苗养护	155.00				155.00	m ²	62000.00	25.00	
六	湿地重建	200.85				200.85				
1	植生袋绿化工程	150.35				150.35				
1.1	湿地挺水植物	128.00				128.00	m ²	8000.00	160.00	
1.2	苗木(大)	3.00				3.00	株	150.00	200.00	
1.3	苗木养护	0.15				0.15	株	150.00	10.00	
1.4	清淤	19.20				19.20	m ³	2400.00	80.00	
2	浮床湿地工程	50.50				50.50				
2.1	耐酸蚀钢管桩	17.50				17.50	m	2500.00	70.00	
2.2	重物抛锚	3.25				3.25	套	500.00	65.00	
2.3	浮床安装	29.75				29.75	m ²	3500.00	85.00	
七	裸地近自然林营造	1899.00				1899.00				
1	微地形塑造	219.00				219.00				
1.1	土方分层填筑, 每层 30-50cm	75.00				75.00	m ³	50000.00	15.00	

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)					技 术 经 济 指 标			备注
		建筑工 程	设备购 置	安装工 程	其他费 用	合计	单位	数量	指标 (元)	
1.2	原土转运, 2km	60.00				60.00	m ³	50000.00	12.00	
1.3	造型机塑造	84.00				84.00	m ²	120000.00	7.00	
2	近自然容器苗种植	1680.00				1680.00				
2.1	容器苗栽植	980.00				980.00	m ²	280000.00	35.00	
2.2	容器苗养护	700.00				700.00	m ²	280000.00	25.00	

附表 6：子项目 2—鸡公河下游生态修复子项目工程建设费用表

序号	工程或费用名称	估算价值 (万元)				技术经济指标			备注
		建筑工程	设备购置	安装工程	其他费用	合计	单位	数量	
鸡公河下游生态修复子项目工程总投资					2454.80				
一	湿地重建	1706.20				1706.20			
1	微地形塑造	607.80				607.80			
1.1	土方分层填筑, 每层 30-50cm	69.00				69.00	m ³	46000.00	15.00
1.2	原土转运, 2km	55.20				55.20	m ³	46000.00	12.00
1.3	填料	450.00				450.00	m ³	15000.00	300.00
1.4	造型机塑造	33.60				33.60	m ²	28000.00	12.00
2	湿地建设	1098.40				1098.40			
2.1	机械开挖土方, 弃运 5km	188.60				188.60	m ³	46000.00	41
2.2	混凝土透水砖	18.00				18.00	m ²	1200.00	150
2.3	块石垫层	175.00				175.00	m ³	5000.00	350
2.4	碎石垫层	120.00				120.00	m ³	3000.00	400
2.5	种植湿地植物	36.80				36.80	株	4600.00	80.00
2.6	管道给排水施工	560.00				560.00	项	40.00	140000.00
二	裸地近自然森林营造	538.60				538.60			
1	微地形塑造	268.60				268.60			
1.1	土方分层填筑, 每层 30-50cm	120.00				120.00	m ³	80000.00	15.00
1.2	原土转运, 2km	66.00				66.00	m ³	55000.00	12.00

1.3	造型机塑造	82.60				82.60	m ²	118000.00	7.00	
2	近自然容器苗种植	270.00				270.00				
2.1	容器苗栽植	157.50				157.50	m ²	45000.00	35.00	
2.2	容器苗养护	112.50				112.50	m ²	45000.00	25.00	
三	土壤重构工程	210.00				210.00				
1	结构改良	75.00				75.00	m ³	50000	15	
2	肥力改良	50.00				50.00	m ³	50000	10	
3	活力改良	50.00				50.00	m ³	50000	10	
4	微生物抑酸	35.00				35.00	m ²	50000	7	

附表 7：子项目 3—跟踪监测设备安装与服务费用表

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)					技术经济指标			备注
		建筑工 程	设备购 置	安装工 程	其他费 用	合计	单位	数量	指标 (元)	
一	跟踪监测设备安装与服务	0.00	130.00	75.00	597.12	802.12				
1.1	地质稳定性监测		130.00	75.00	180.00	385.00				
1.1.1	GNSS 位移监测站		20.00	10.00	35.00	65.00	套	4.00	50000.00	
1.1.2	固定式测斜仪		12.00	15.00	40.00	67.00	套	6.00	20000.00	
1.1.3	拉绳式裂缝计/拉杆裂缝计		6.00	20.00	40.00	66.00	套	6.00	10000.00	
1.1.4	雨量计		12.00	12.00	25.00	49.00	套	1.00	120000.00	
1.1.5	星光夜视安防监控系统		80.00	18.00	40.00	138.00	套	2.00	400000.00	
1.2	水质环境监测				54.24	54.24				
1.3	土壤环境监测				80.88	80.88				
1.4	碳源汇监测				81.00	81.00				
1.5	生物多样性监测				111.00	111.00				
1.6	水土保持监测				90.00	90.00				

附表 8：子项目 3—矿山生态修复遥感数据采集与处理费用表

序号	费用名称	面积（平方公里）	频次	单价（元/平方公里）	总价（万元）	备注
二	矿山生态修复遥感数据采集与处理				232.3	
1	无人机航测				124.8	
1.1	控制测量	30	2	1300	7.8	
1.2	影像飞行	30	2	9000	54	
1.3	内业处理	30	2	9000	54	
1.4	倾斜摄影	5	2	9000	9	
2	卫星遥感				107.5	
2.1	遥感影像购买		2	500000	100	
2.2	遥感产品制作（全色和多光谱数据融合）		2	37500	7.5	

附表 9：子项目 3—矿山生态修复智能综合监管平台费用表

序号	费用名称	单位	数量	单价（万元）	总价（万元）
三	矿山生态修复智能综合监管平台				695.00
1	矿山生态修复立体监管系统	套	1	225.00	225.00
2	矿山生态修复监测评估系统	套	1	240.00	240.00
3	矿山生态修复应用支撑中心	套	1	180.00	180.00
4	矿山生态修复数据中心	套	1	50.00	50.00

附表 10：工程建设专项—园林绿化工程费用统计表

序号	工程或费用名称	估算价值 (万元)				合计	技术经济指标			备注
		建筑工程	设备购置	安装工程	其他费用		单位	数量	指标 (元)	
小东江中游生态修复子项目园林绿化工程投资						3442.6				
一	地质灾害防治工程	55				55				
5	植被护坡	55				55				
5.1	草籽喷播	55				55	m ²	55000	10	
二	地形重塑工程	8				8				
3	乔灌木植被护坡	8				8	m ²	1000	80	
三	土壤重构工程	840				840				
1	结构改良	300				300	m ²	200000	15	
2	肥力改良	200				200	m ³	200000	10	
3	活力改良	200				200	m ³	200000	10	
4	微生物抑酸	140				140	m ³	200000	7	
四	土地复垦利用	131.6				131.6				
1	土方分层填筑	8.4				8.4	m ³	5600	15	
2	种植土换填	61.6				61.6	m ³	5600	110	
3	乔木种植	24.64				24.64	m ²	2240	110	
4	灌木种植	20.16				20.16	m ²	3360	60	

序号	工程或费用名称	估算价值(万元)					技术经济指标			备注
		建筑工程	设备购置	安装工程	其他费用	合计	单位	数量	指标(元)	
5	草本植物种植	16.8				16.8	m ²	5600	30	
五	现有低效林提质增效	596.85				596.85				
2	林相改造	193.85				193.85				
2.1	造林地清理及挖穴整地	173.6				173.6	m ²	62000	28	
2.2	回填客土	20.25				20.25	m ³	4500	45	
3	近自然容器苗种植	403				403				
3.1	容器苗栽植	248				248	m ²	62000	40	
3.2	容器苗养护	155				155	m ²	62000	25	
六	湿地重建	131.15				131.15				
1	植生袋绿化工程	131.15				131.15				
1.1	湿地挺水植物	128				128	m ²	8000	160	
1.2	苗木(大)	3				3	株	150	200	
1.3	苗木养护	0.15				0.15	株	150	10	
七	裸地近自然林营造	1680				1680				
2	近自然容器苗种植	1680				1680				
2.1	容器苗栽植	980				980	m ²	280000	35	
2.2	容器苗养护	700				700	m ²	280000	25	
鸡公河下游生态修复子项目园林绿化工程投资						516.8				

序号	工程或费用名称	估 算 价 值 (万元)					技术经济指标			备注
		建筑工程	设备购置	安装工程	其他费用	合计	单位	数量	指标 (元)	
一	湿地重建	36.8				36.8				
2	湿地建设	36.8				36.8				
2.5	种植湿地植物	36.8				36.8	株	4600	80	
二	裸地近自然森林营造	270				270				
2	近自然容器苗种植	270				270				
2.1	容器苗栽植	157.5				157.5	m2	45000	35	
2.2	容器苗养护	112.5				112.5	m2	45000	25	
三	土壤重构工程	210				210				
1	结构改良	75				75	m3	50000	15	
2	肥力改良	50				50	m3	50000	10	
3	活力改良	50				50	m3	50000	10	
4	微生物抑酸	35				35	m2	50000	7	
园林绿化工程费用总计						3959.4				

附表 11： 矿山生态修复图斑总工程量表

项目	工程措施	面积 (公顷)	处理手段	工程量	单位
一、小东江中游生态修复子项目（一期）					
1	地质灾害防治工程	74.65	铁丝挂网	5000	m ²
			土方平整	55000	m ²
			土方平衡（20km）	30000	m ³
			松木桩	6000	m
			注浆	400	m ³
			人工清理危岩	5000	m ³
			爆破危岩	8000	m ³
			石方平衡（10km）	10000	m ³
			耐酸腐聚酯石笼/镀锌耐酸腐钢丝石笼	33000	m ³
			装石笼	33000	m ³
			草籽喷播	55000	m ²
2	地形重塑工程	1.54	抛石换填	6000.00	m ³
			土方平衡（10km）	1300.00	m ³
			乔灌草植被护坡	1000.00	m ²
			截水沟	300.00	m
3	土壤重构工程	142.75	结构改良	200000.00	m ³
			肥力改良	200000.00	m ³
			活力改良	200000.00	m ³
			微生物抑酸	200000.00	m ³
4	土地复垦利用	1.12	土方分层填筑	5600.00	m ³
			种植土换填	5600.00	m ³
			乔木种植	2240.00	m ²
			灌木种植	3360.00	m ²
			草本植物种植	5600.00	m ²
5	低效林提质增效	89.85	土方分层填筑	10000.00	m ³
			土方平衡（2km）	10000.00	m ³
			种植土换填	10000.00	m ³
			造型机塑造	40000.00	m ²
			造林地清理及挖穴整地	62000.00	m ²
			客土回填	4500.00	m ³
			容器苗栽植	62000.00	m ²
			容器苗养护	62000.00	m ²
6	湿地重建	12.13	挺水植物种植	8000.00	m ²
			苗木种植	150	株
			苗木养护	150	株
			清淤	2400.00	m ³
			耐酸蚀钢管桩	2500.00	m
			重物抛锚	500	套
			浮床安装	3500.00	m ²

	裸地近自然林 营建	51.79	土方分层填筑	50000.00	m ³
			土方平衡(2km)	50000.00	m ³
			造型机塑造	120000.00	m ²
			容器苗栽植	280000.00	m ²
			容器苗养护	280000.00	m ²
二、鸡公河下游生态修复子项目					
1	裸地近自然林 营建	4.33	土方分层填筑	80000.00	m ³
			土方平衡(2km)	55000.00	m ³
			造型机塑造	118000.00	m ²
			容器苗栽植	100000.00	m ²
			容器苗养护	100000.00	m ²
2	湿地恢复重建	4.63	土方分层填筑	40000.00	m ³
			原土转运 (2km)	40000.00	m ³
			换填种植土	15000.00	m ³
			造型机塑造	28000.00	m ²
			土方开挖	8000.00	m ³
			混凝土透水砖	1200.00	m ²
			块石垫层	2000.00	m ³
			碎石垫层	2000.00	m ³
			种植湿地植物	2500	株
			管道给排水施工	40	项
3	土壤重构工程	4.33	结构改良	100000.00	m ³
			肥力改良	100000.00	m ³
			活力改良	100000.00	m ³
			微生物抑酸	100000.00	m ³

附表 12：图斑 1 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
1-1 1-2 1-3 1-4	边坡长时间受湖水冲刷，湖水的冲刷力会削弱边坡土壤的结构稳定性，导致土壤松散、侵蚀和下滑，可能引发边坡的退坡和崩塌		8.41	铁丝挂网	1050.72	m ²	松木桩护岸可以有效减少好心湖对岸坡的冲刷，减少地质灾害发生的可能性
				土方平整	11557.97	m ²	
				土方平衡（20km）	6304.35	m ³	
				松木桩	1260.87	m	
				注浆	84.06	m ³	
1-5 1-6 1-7	矿坑岸坡基本无防护措施，岸坡岩土体暴露在自然环境中，容易受到风蚀、水蚀等因素的侵蚀，造成坡体失稳和崩塌	地质灾害防治	9.63	人工清理危岩	1390.41	m ³	通过采用地质灾害防治工程措施，可以有效降低因边坡滑坡、崩塌或坍塌而导致的灾害风险，增强边坡的稳定性，减少土壤侵蚀
				爆破危岩	2224.66	m ³	
				石方平衡（10km）	2780.83	m ³	
				耐酸腐聚酯石笼/镀锌耐酸腐钢丝石笼	9176.73	m ³	
				装石笼	9176.73	m ³	
				草籽喷播	15294.54	m ²	
1-15 1-16 1-17 1-18 1-19 1-20 1-21 1-22 1-23 1-24 1-25 1-26 1-27	地表裸露，几乎无植被生长，地表缺乏植被的保护，土壤会被风力和水流带走，导致土壤侵蚀和土地流失的加剧	裸地近自然林营建	19.61	土方分层填筑	18935.88	m ³	改善植物的生长环境，提高成活率，减少雨水对土壤的冲刷，改善生态系统
				土方平衡(2km)	18935.88	m ³	
				造型机塑造	45446.12	m ²	
				容器苗栽植	106040.94	m ²	
				容器苗养护	106040.94	m ²	
		土壤重构	19.61	结构改良	27470.76	m ³	
				肥力改良	27470.76	m ³	
				活力改良	27470.76	m ³	
				微生物抑酸	27470.76	m ³	

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
1-28 1-29 1-30 1-31 1-32 1-33 1-34 1-35	现为坑塘洼地，容易积水，水质差	湿地恢复重建	4.94	挺水植物种植	5269.33	m ²	通过采用湿地恢复重建工程措施，可以改善水质，同时起到洪涝调节的作用
				苗木种植	99	株	
				苗木养护	99	株	
				清淤	1580.80	m ³	
				耐酸蚀钢管桩	1646.67	m	
				重物抛锚	329	套	
				浮窗安装	2305.33	m ²	
				1-8 1-9 1-10 1-11 1-12 1-13 1-14	现为单一植被桉树林，缺乏生物多样性，不利于其他植被生长，将会导致生态系统的贫困和土壤退化	低效林提质增效	
土方平衡(2km)	7734.00	m ³					
种植土换填	7734.00	m ³					
造型机塑造	30936.00	m ²					
造林地清理及挖穴整地	47950.81	m ²					
客土回填	3480.30	m ³					
容器苗栽植	47950.81	m ²					
容器苗养护	47950.81	m ²					
土壤重构	69.49	结构改良	97345.38			m ³	
		肥力改良	97345.38			m ³	
		活力改良	97345.38			m ³	
		微生物抑酸	97345.38			m ³	

附表 13：图斑 2 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
2-1 2-2 2-3	湖水冲刷边坡，将加速地质灾害的发展和扩散，对周围地区造成破坏和灾害	地质灾害防治	30.96	铁丝挂网	3868.07	m ²	通过减少好心湖对岸坡的冲刷，减少地质灾害发生的可能性
				土方平整	42548.73	m ²	
				土方平衡 20km	23208.40	m ³	
				松木桩	4641.68	m	
				注浆	309.45	m ³	
2-4 2-5 2-6	岸坡岩土体裸露，无法得到有效的保护，面临水流和风力的冲刷和侵蚀，导致土壤的逐渐侵蚀和流失	地质灾害防治	25	人工清理危岩	3609.59	m ³	降低因边坡滑坡、崩塌或坍塌而导致的灾害风险，增强边坡的稳定性，减少土壤侵蚀
				爆破危岩	5775.34	m ³	
				石方平衡 10km	7219.17	m ³	
				耐酸腐聚酯石笼/镀锌耐酸腐钢丝石笼	23823.27	m ³	
				装石笼	23823.27	m ³	
				草籽喷播	39705.46	m ²	

附表 14：图斑 3 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
3-1	裸露的地表缺乏植物的防护，雨水和地表径流会快速冲刷地表的泥沙入湖，影响水质	裸地近自然林营建	1.66	土方分层填筑	1602.94	m ³	通过植被种植减少雨水对地面的冲刷，稳定土壤结构，减少土壤侵蚀和泥水入湖，保护水生生态系统的健康
				土方平衡(2km)	1602.94	m ³	
				造型机塑造	3847.05	m ²	
				容器苗栽植	8976.44	m ²	
		土壤重构	1.66	容器苗养护	8976.44	m ²	
				结构改良	2325.42	m ³	
				肥力改良	2325.42	m ³	
				活力改良	2325.42	m ³	
3-2	现为水质较差，对水生生物产生不利影响	湿地恢复重建	0.74	微生物抑酸	2325.42	m ³	水生植物，能够过滤含有污染物的水，促进水质净化
				挺水植物种植	789.33	m ²	
				苗木种植	15	株	
				苗木养护	15	株	
				清淤	236.80	m ³	
				耐酸蚀钢管桩	246.67	m	
				重物抛锚	49	套	
浮窗安装	345.33	m ²					

附表 15：图斑 4 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
4-1	由于采矿造成的部分废弃荒地，地表无植被由于长期荒废，缺乏适合植被生长的土地	土地复垦利用	1.12	土方分层填筑	5600.00	m ³	提高地表植被覆盖度，增加植物多样性
				种植土换填	5600.00	m ³	
				乔木种植	2240.00	m ²	
				灌木种植	3360.00	m ²	
				草本植物种植	5600.00	m ²	
		土壤重构	1.12	结构改良	100000	m ³	
				肥力改良	100000	m ³	
				活力改良	100000	m ³	
				微生物抑酸	100000	m ³	

附表 16：图斑 5 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
5-2	现为缺乏水生植被，生物多样性低，无鱼类和其他水生生物，湿地的生态功能差	湿地恢复重建	1.08	挺水植物种植	1152.00	m ²	通过采用湿地恢复重建工程措施，可以恢复原有的生态系统功能，提供栖息地、繁殖场所和食物链条，促进植被和动物的回归，维护生态平衡和生态完整性
				苗木种植	22	株	
				苗木养护	22	株	
				清淤	345.60	m ³	
				耐酸蚀钢管桩	360.00	m	
				重物抛锚	72	套	
				浮窗安装	504.00	m ²	
5-1	边坡裸露，水和风力会迅速冲刷和侵蚀裸露的土壤，引发水土流失	地形重塑	0.02	抛石换填	77.92	m ³	通过调整坡度，同时构建截水沟，减少雨水对边坡的冲刷，以减少土壤侵蚀和水土流失，保护生态环境
				土方平衡（10km）	16.88	m ³	
				乔灌草植被护坡	12.99	m ²	
				截水沟	3.90	m	

附表 17：图斑 6 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
6-1	边坡较陡，受雨水冲刷，土质、泥质流失，随雨水入湖，污染水体，对生态系统和周围环境造成长期的负面影响	地形重塑	0.71	抛石换填	2766.23	m ³	通过截水沟汇集雨水，减少雨水对边坡的冲刷，减少水土流失
				土方平衡（10km）	599.35	m ³	
				乔灌草植被护坡	461.04	m ²	
				截水沟	138.31	m	
6-2 6-3	岸坡裸露，易受水流冲刷	地质灾害防治	0.65	土方平整	893.30	m ³	增强边坡的稳定性，减少好心湖对边坡土壤侵蚀
				土方平衡（20km）	487.26	m ³	
				松木桩	97.45	m	
				注浆	6.50	m ³	
6-10 6-11 6-12 6-13 6-14 6-15	地表裸露无植被覆盖，在降雨或风力较大时，裸露土壤易被冲刷、风蚀或吹走，导致土壤质量下降和土壤层厚度减少	裸地近自然林营建	6.75	土方分层填筑	6517.96	m ³	建立起稳定的土壤结构和提高土壤覆盖层厚度通过乔灌草的种植，减少水力冲击，有效防止土壤侵蚀和水土流失
				土方平衡(2km)	6517.96	m ³	
				造型机塑造	15643.11	m ²	
				容器苗栽植	36500.58	m ²	
		土壤重构	6.75	容器苗养护	36500.58	m ²	
				结构改良	9455.77	m ³	
				肥力改良	9455.77	m ³	
				活力改良	9455.77	m ³	
6-16 6-17 6-18 6-19	现状坑塘洼地水质交差，且布局杂乱，水体连动性差	湿地恢复重建	0.46	微生物抑酸	9455.77	m ³	通过水生植物净化水质，同时通过微地形改造，使湿地水体流动，增加水动力
				挺水植物种植	490.67	m ²	
				苗木种植	9	株	
				苗木养护	9	株	

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
6-20 6-21				清淤	147.20	m ³	
				耐酸蚀钢管桩	153.33	m	
				重物抛锚	31	套	
				浮窗安装	214.67	m ²	
6-4 6-5 6-6 6-7 6-8 6-9	为单一植被桉树林，大量相同类型的树木会竞争土壤中的养分和水分资源，降低土壤质量并导致土壤侵蚀，这会使土地变得贫瘠，难以再生其他植物	低效林提质增效	4.35	土方分层填筑	484.14	m ³	通过引入其他树种来改善土壤质量，增加有机质含量，增强水分保持能力，并减少土壤侵蚀的风险
				土方平衡(2km)	484.14	m ³	
				种植土换填	484.14	m ³	
				造型机塑造	1936.56	m ²	
				造林地清理及挖穴整地	3001.67	m ²	
				客土回填	217.86	m ³	
				容器苗栽植	3001.67	m ²	
		容器苗养护	3001.67	m ²			
		土壤重构	4.35	结构改良	6093.72	m ³	
				肥力改良	6093.72	m ³	
				活力改良	6093.72	m ³	
				微生物抑酸	6093.72	m ³	

附表 18：图斑 7 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
7-3 7-4	地表裸露，缺乏植被的防护 易造成水土流失严重	裸地近自然林营建	3.57	土方分层填筑	3447.28	m ³	通过植被恢复，重建生态系统，促进土壤的形成与改良，增加土壤肥力和水分的保持能力，提供防风、遮阳和调节气候的效应
				土方平衡(2km)	3447.28	m ³	
				造型机塑造	8273.46	m ²	
				容器苗栽植	19304.75	m ²	
				容器苗养护	19304.75	m ²	
		土壤重构	3.57	结构改良	5001.05	m ³	
				肥力改良	5001.05	m ³	
				活力改良	5001.05	m ³	
微生物抑酸	5001.05			m ³			
7-5	现状坑塘洼地水质交差，且 布局杂乱，水体联动性差	湿地恢复重建	0.04	挺水植物种植	42.67	m ²	水生植物通过吸附水体中的污染物，净化水体，提高水生生态系统功能
				清淤	12.80	m ³	
				耐酸蚀钢管桩	13.33	m	
				重物抛锚	3	套	
				浮窗安装	18.67	m ²	
7-1 7-2	单一树种桉树林通常富含挥发性的树脂，影响其他植被的生长	低效林提质增效	14.97	土方分层填筑	1666.11	m ³	通过增加植被多样性，可以增加森林的碳汇量，提高森林的固碳能力，促进气候调节和碳循环，同时减少雨水对土壤的冲刷
				土方平衡(2km)	1666.11	m ³	
				种植土换填	1666.11	m ³	
				造型机塑造	6664.44	m ²	
				造林地清理及挖穴整地	10329.88	m ²	
				客土回填	749.75	m ³	
				容器苗栽植	10329.88	m ²	

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
				容器苗养护	10329.88	m ²	
		土壤重构	14.97	结构改良	20970.79	m ³	
				肥力改良	20970.79	m ³	
				活力改良	20970.79	m ³	
				微生物抑酸	20970.79	m ³	

附表 19：图斑 8 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
8-1	陡峭边坡上的土壤容易被雨水冲刷，因为没有植被来阻挡冲击力，随着水流的冲刷，土壤颗粒被带走，导致水土流失	地形重塑	0.56	抛石换填	2181.82	m ³	通过创建坡度较缓的土地，建立防护结构，以减少土壤侵蚀和水土流失，保护生态环境
				土方平衡（10km）	472.73	m ³	
				乔灌草植被护坡	363.64	m ²	
				截水沟	109.09	m	
8-2	地表裸露，由于缺少植被的防护，雨水冲刷严重，水土流失严重	裸地近自然林营建	1.33	土方分层填筑	1284.28	m ³	通过创造适宜植被生长的条件，提供丰富的生态位和资源，有助于促进生物多样性的保护
				土方平衡(2km)	1284.28	m ³	
				造型机塑造	3082.27	m ²	
				容器苗栽植	7191.97	m ²	
				容器苗养护	7191.97	m ²	
		土壤重构	1.33	结构改良	1863.14	m ³	
				肥力改良	1863.14	m ³	
				活力改良	1863.14	m ³	
微生物抑酸	1863.14			m ³			

附表 20：图斑 9 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
9-1	地表裸露导致碳汇减少，无法有效吸收二氧化碳，加剧气候变化问题，同时缺乏植被的保护也会削弱土壤的保水能力	裸地近自然林营造	1.05	土方分层填筑	1013.90	m ³	通过近自然林营造，可以吸收大量的二氧化碳，增加碳汇，同时减少雨水对土壤的冲刷
				土方平衡(2km)	1013.90	m ³	
				造型机塑造	2433.37	m ²	
				容器苗栽植	5677.87	m ²	
				容器苗养护	5677.87	m ²	
		土壤重构	1.05	结构改良	1470.90	m ³	
				肥力改良	1470.90	m ³	
				活力改良	1470.90	m ³	
		微生物抑酸	1470.90	m ³			
9-2	水体流动性差，造成水质浑浊，水资源浪费	湿地恢复重建	0.03	挺水植物种植	32.00	m ²	水生植物具有良好的吸收和过滤水体中营养物质和污染物的能力，从而提高水体的氧气含量并改善水质
				清淤	9.60	m ³	
				耐酸蚀钢管桩	10.00	m	
				重物抛锚	2	套	
				浮窗安装	14.00	m ²	

附表 21：图斑 10 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
10-1 10-2	边坡裸露，雨水对边坡冲刷严重	地形重塑	0.25	抛石换填	974.03	m ³	通过微地形打造，减少雨水对边坡的冲刷，恢复受损的生态系统
				土方平衡（10km）	211.04	m ³	
				乔灌草植被护坡	162.34	m ²	
				截水沟	48.70	m	
10-3	单一树种桉树林影响土壤环境，进而影响其他树种的生长	低效林提质增效	0.06	土方分层填筑	6.68	m ³	通过减少桉树的种植密度，改善土壤环境，增加其他植被的种植
				土方平衡(2km)	6.68	m ³	
				种植土换填	6.68	m ³	
				造型机塑造	26.71	m ²	
				造林地清理及挖穴整地	41.40	m ²	
				客土回填	3.01	m ³	
				容器苗栽植	41.40	m ²	
		容器苗养护	41.40	m ²			
		土壤重构	0.06	结构改良	84.05	m ³	
				肥力改良	84.05	m ³	
活力改良	84.05			m ³			
微生物抑酸	84.05			m ³			
10-4 10-5	地表裸露容易导致水和风侵蚀，加速土壤的流失	裸地近自然林营建	0.58	土方分层填筑	560.06	m ³	通过建立起更稳定的土壤结构和覆盖层，减少水力冲击，有效防止土壤侵蚀和水土流失
				土方平衡(2km)	560.06	m ³	
				造型机塑造	1344.15	m ²	
				容器苗栽植	3136.35	m ²	
				容器苗养护	3136.35	m ²	

		土壤重构	0.58	结构改良	812.50	m ³	
				肥力改良	812.50	m ³	
				活力改良	812.50	m ³	
				微生物抑酸	812.50	m ³	
10-6	现状坑塘水质较差，水体不流动	湿地恢复重建	0.2	挺水植物种植	213.33	m ²	通过水生植物净化水质，通过微地形打造，构造湿地水系统
				苗木种植	4	株	
				苗木养护	4	株	
				清淤	64.00	m ³	
				耐酸蚀钢管桩	66.67	m	
				重物抛锚	13	套	
				浮窗安装	93.33	m ²	

附表 22：图斑 11 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
11-1	地表裸露缺乏植被覆盖，无法有效地拦截和吸收降雨水分，土壤冲刷严重，泥土随降雨一起冲刷入湖	裸地近自然林营造	1.37	土方分层填筑	1322.90	m ³	通过近自然林营造，减少水土流失的风险，控制土壤侵蚀，增加土壤的水土保持能力
				土方平衡(2km)	1322.90	m ³	
				造型机塑造	3174.97	m ²	
				容器苗栽植	7408.27	m ²	
				容器苗养护	7408.27	m ²	
		土壤重构	1.37	结构改良	1919.17	m ³	
				肥力改良	1919.17	m ³	
				活力改良	1919.17	m ³	
微生物抑酸	1919.17			m ³			

附表 23：图斑 12 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
12-1 12-2	单一的桉树林无法提供足够的生态系统服务和支持，同时影响其他植被的生长，生态系统脆弱	低效林提质增效	0.97	土方分层填筑	107.96	m ³	通过减少桉树的种植密度，改善土壤环境，增加其他植被的种植
				土方平衡(2km)	107.96	m ³	
				种植土换填	107.96	m ³	
				造型机塑造	431.83	m ²	
				造林地清理及挖穴整地	669.34	m ²	
				客土回填	48.58	m ³	
				容器苗栽植	669.34	m ²	
		容器苗养护	669.34	m ²			
		土壤重构	0.97	结构改良	1358.83	m ³	
				肥力改良	1358.83	m ³	
				活力改良	1358.83	m ³	
微生物抑酸	1358.83			m ³			
12-3	地表裸露缺乏植被覆盖，无法有效地拦截和吸收降雨水分，土壤冲刷严重，泥土随降雨一起冲刷入湖	裸地近自然林营造	0.03	土方分层填筑	28.97	m ³	通过近自然林营造，减少水土流失的风险，控制土壤侵蚀，增加土壤的水土保持能力
				土方平衡(2km)	28.97	m ³	
				造型机塑造	69.52	m ²	
				容器苗栽植	162.22	m ²	
				容器苗养护	162.22	m ²	
		土壤重构	0.03	结构改良	42.03	m ³	
				肥力改良	42.03	m ³	
				活力改良	42.03	m ³	
				微生物抑酸	42.03	m ³	

附表 24：图斑 13 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
13-1	地表裸露缺乏植被覆盖，无法有效地拦截和吸收降雨水分，土壤冲刷严重，泥土随降雨一起冲刷入湖	裸地近自然林营造	0.76	土方分层填筑	733.87	m ³	通过近自然林营造，减少水土流失的风险，控制土壤侵蚀，增加土壤的水土保持能力
				土方平衡(2km)	733.87	m ³	
				造型机塑造	1761.30	m ²	
				容器苗栽植	4109.69	m ²	
				容器苗养护	4109.69	m ²	
		土壤重构	0.76	结构改良	1064.65	m ³	
				肥力改良	1064.65	m ³	
				活力改良	1064.65	m ³	
				微生物抑酸	1064.65	m ³	

附表 25：图斑 14 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
14-1	地表裸露暴露在自然环境中，容易受到风蚀和水蚀的侵蚀作用，缺乏植被的保护，土壤会被风力和水流带走，导致土壤侵蚀和土地流失的加剧	裸地近自然林营造	0.62	土方分层填筑	598.69	m ³	通过近自然林营造，减少水土流失的风险，控制土壤侵蚀，增加土壤的水土保持能力
				土方平衡(2km)	598.69	m ³	
				造型机塑造	1436.85	m ²	
				容器苗栽植	3352.65	m ²	
				容器苗养护	3352.65	m ²	
		土壤重构	0.62	结构改良	868.53	m ³	
				肥力改良	868.53	m ³	
				活力改良	868.53	m ³	
微生物抑酸	868.53			m ³			

附表 26：图斑 15 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
15-1	地表裸露暴露在自然环境中，容易受到风蚀和水蚀的侵蚀作用，缺乏植被的保护，土壤会被风力和水流带走，导致土壤侵蚀和土地流失的加剧	裸地近自然林营造	6.49	土方分层填筑	6266.90	m ³	通过近自然林营造，减少水土流失的风险，控制土壤侵蚀，增加土壤的水土保持能力
				土方平衡(2km)	6266.90	m ³	
				造型机塑造	15040.56	m ²	
				容器苗栽植	35094.63	m ²	
		土壤重构	6.49	容器苗养护	35094.63	m ²	
				结构改良	9091.55	m ³	
				肥力改良	9091.55	m ³	
				活力改良	9091.55	m ³	
				微生物抑酸	9091.55	m ³	

附表 27：图斑 16 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
16-1	地表裸露暴露在自然环境中，容易受到风蚀和水蚀的侵蚀作用，缺乏植被的保护，土壤会被风力和水流带走，导致土壤侵蚀和土地流失的加剧	裸地近自然林营造	7.97	土方分层填筑	7696.02	m ³	通过近自然林营造，减少水土流失的风险，控制土壤侵蚀，增加土壤的水土保持能力
				土方平衡(2km)	7696.02	m ³	
				造型机塑造	18470.45	m ²	
				容器苗栽植	43097.72	m ²	
				容器苗养护	43097.72	m ²	
		土壤重构	7.97	结构改良	11164.81	m ³	
				肥力改良	11164.81	m ³	
				活力改良	11164.81	m ³	
微生物抑酸	11164.81			m ³			

附表 28：图斑 17 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
17-1	无水生植被的坑塘洼地在水质较差，同时水体不流动，加速水体污染	湿地恢复重建	4.63	土方分层填筑	46000.00	m ³	微地形改造，使水体流动起来，增加水体中溶解氧浓度改善水质；同时水生植物对污染物有吸附作用，进一步改善水质
				原土转运，2km	46000.00	m ³	
				填料	15000.00	m ³	
				造型机塑造	28000.00	m ²	
				土方开挖	46000.00	m ³	
				混凝土透水砖	1200.00	m ²	
				块石垫层	5000.00	m ³	
				碎石垫层	3000.00	m ³	
				种植湿地植物	4600	株	
				管道给排水施工	40	项	

附表 29：图斑 18 矿山生态修复工程建设对照表

地块编号	生态问题	工程措施	面积（公顷）	处理手段	工程量	单位	功能目标
18-1	地表裸露缺乏植被覆盖，无法有效地拦截和吸收降雨水分，土壤冲刷严重，泥土随降雨一起冲刷入湖	裸地近自然林营造	4.33	土方分层填筑	80000.00	m ³	通过近自然林营造，减少水土流失的风险，控制土壤侵蚀，增加土壤的水土保持能力
				土方平衡(2km)	55000.00	m ³	
				造型机塑造	118000.00	m ²	
				容器苗栽植	45000.00	m ²	
				容器苗养护	45000.00	m ²	
		土壤重构	4.33	结构改良	50000.00	m ³	
				肥力改良	50000.00	m ³	
				活力改良	50000.00	m ³	
微生物抑酸	50000.00			m ³			

附图

附图 1：矿山生态修复图斑分布图

附图 2：矿山生态修复图斑与生态保护红线对比分析图

附图 3：矿山生态修复图斑与永久基本农田对比分析图

附图 4：矿山生态修复图斑与城镇开发边界对比分析图

附图 5：矿山生态修复图斑矿种分析图

附图 6：矿山生态修复图斑现状生态问题分析图

附图 7：矿山生态修复图斑权属分析图

附图 8：矿山生态修复三调用地现状图

附图 9：总体工程布局图

附图 10：小东江中游矿山生态修复图斑总体工程布局图

附图 11：鸡公河下游矿山生态修复图斑总体工程布局图

附图 12：裸地近自然林营建+土壤重构工程布局图

附图 13：湿地恢复重建工程布局图

附图 14：低效林提质增效+土壤重构工程布局图

附图 15：地质灾害防治工程布局图

附图 16：地形重塑工程布局图

附图 17：土地复垦利用+土壤重构工程布局图

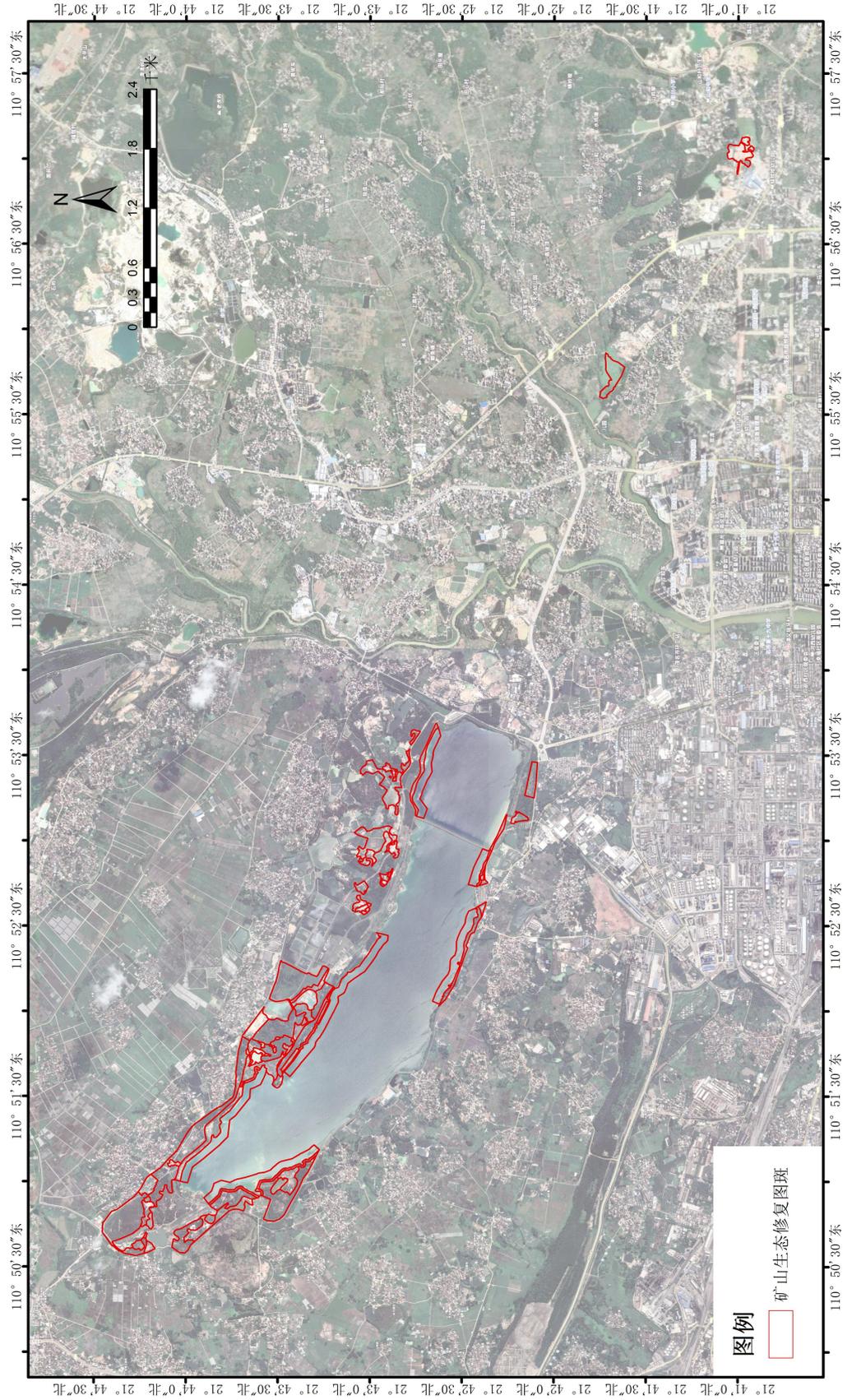
附图 18：图斑编号图

附图 19：工程布局图一图斑 1

- 附图 20: 工程布局图—图斑 2
- 附图 21: 工程布局图—图斑 3
- 附图 22: 工程布局图—图斑 4
- 附图 23: 工程布局图—图斑 5
- 附图 24: 工程布局图—图斑 6
- 附图 25: 工程布局图—图斑 7
- 附图 26: 工程布局图—图斑 8
- 附图 27: 工程布局图—图斑 9
- 附图 28: 工程布局图—图斑 10
- 附图 29: 工程布局图—图斑 11
- 附图 30: 工程布局图—图斑 12
- 附图 31: 工程布局图—图斑 13
- 附图 32: 工程布局图—图斑 14
- 附图 33: 工程布局图—图斑 15
- 附图 34: 工程布局图—图斑 16
- 附图 35: 工程布局图—图斑 17
- 附图 36: 工程布局图—图斑 18
- 附图 37: 监测点位分布图
- 附图 38: 小东江中游监测点位分布图
- 附图 39: 鸡公河下游监测点位分布图

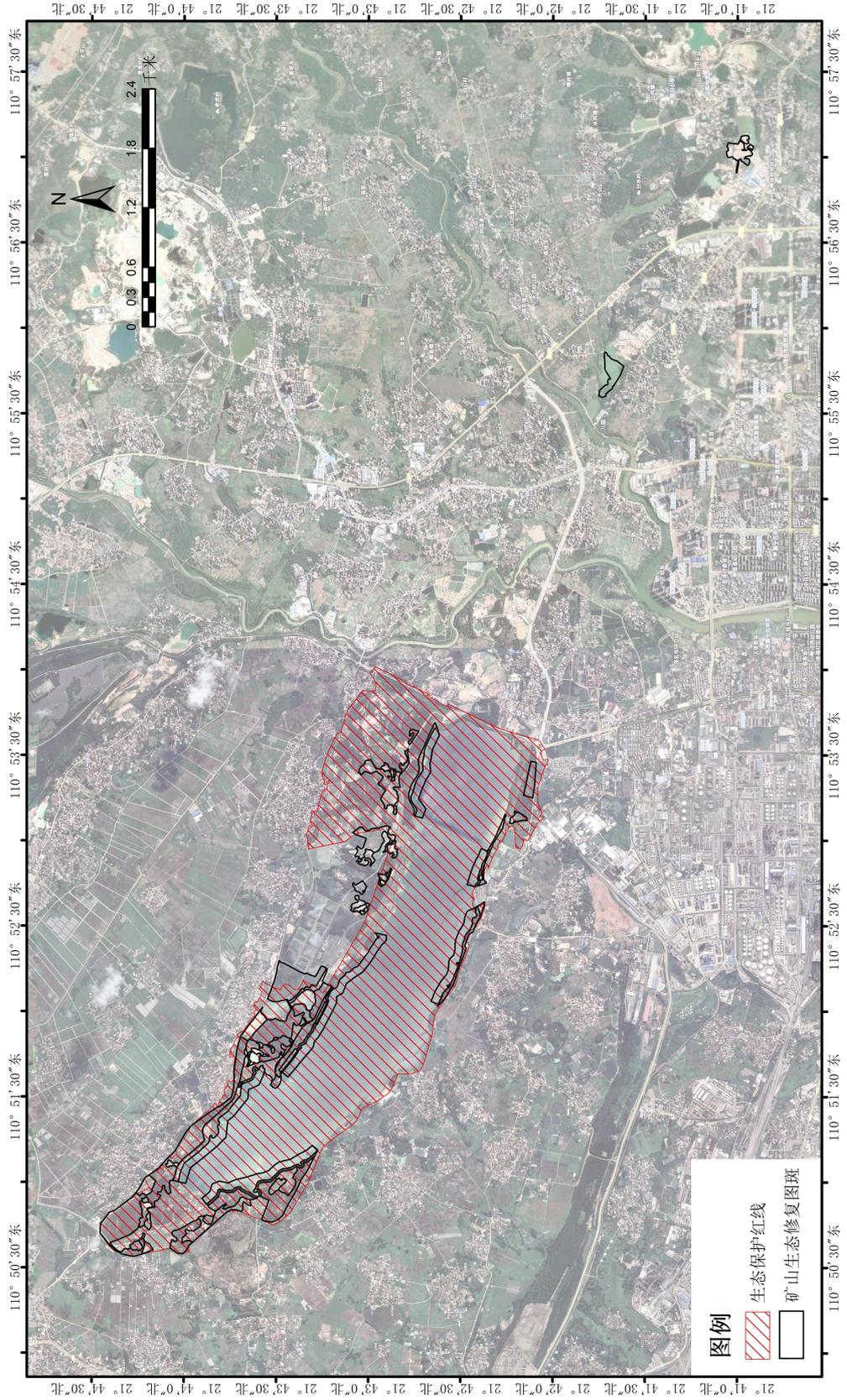
附图 1： 矿山生态修复图斑分布图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
矿山生态修复图斑分布图



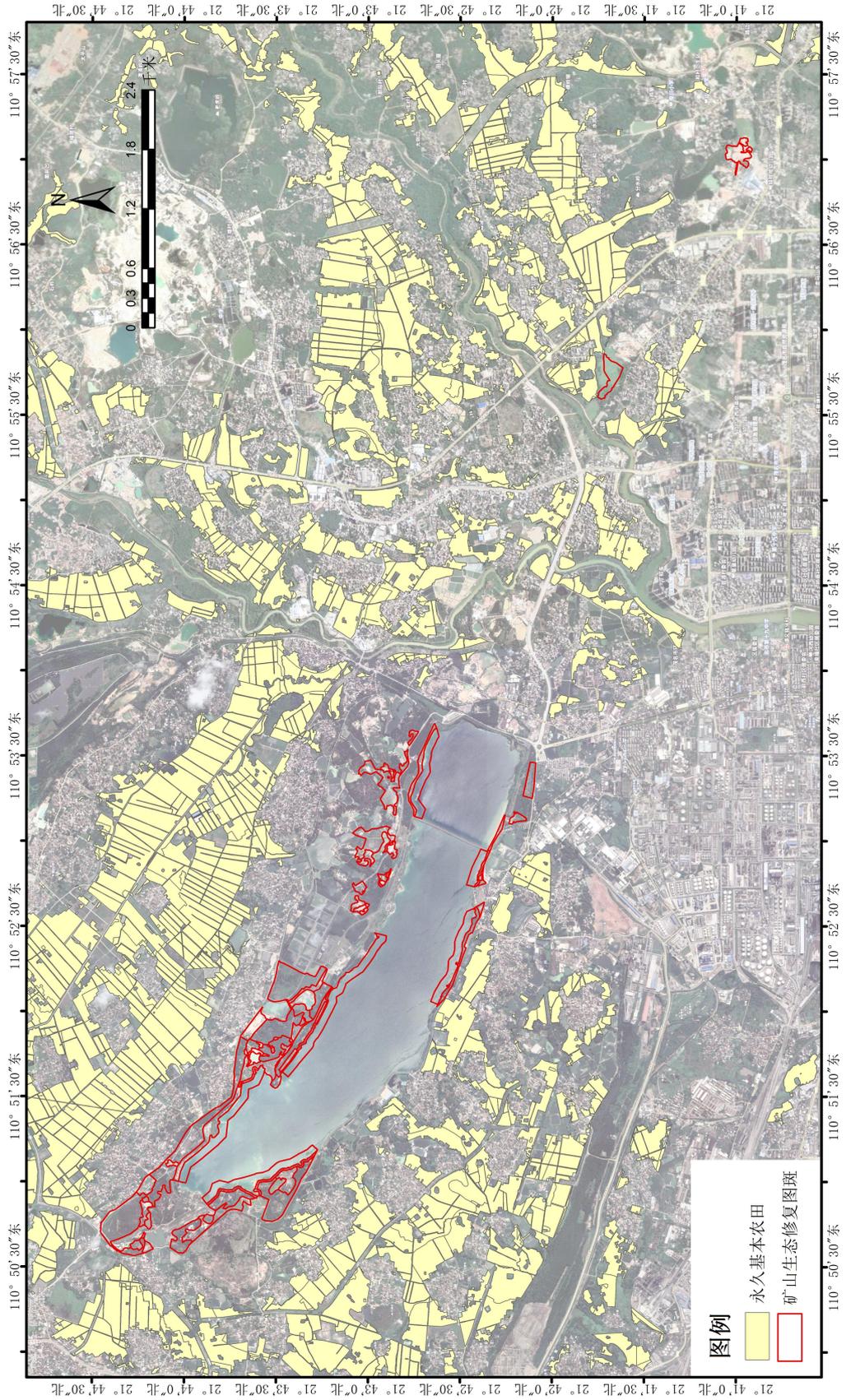
附图 2： 矿山生态修复图斑与生态保护红线对比分析图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
矿山生态修复图斑与生态保护红线对比分析图



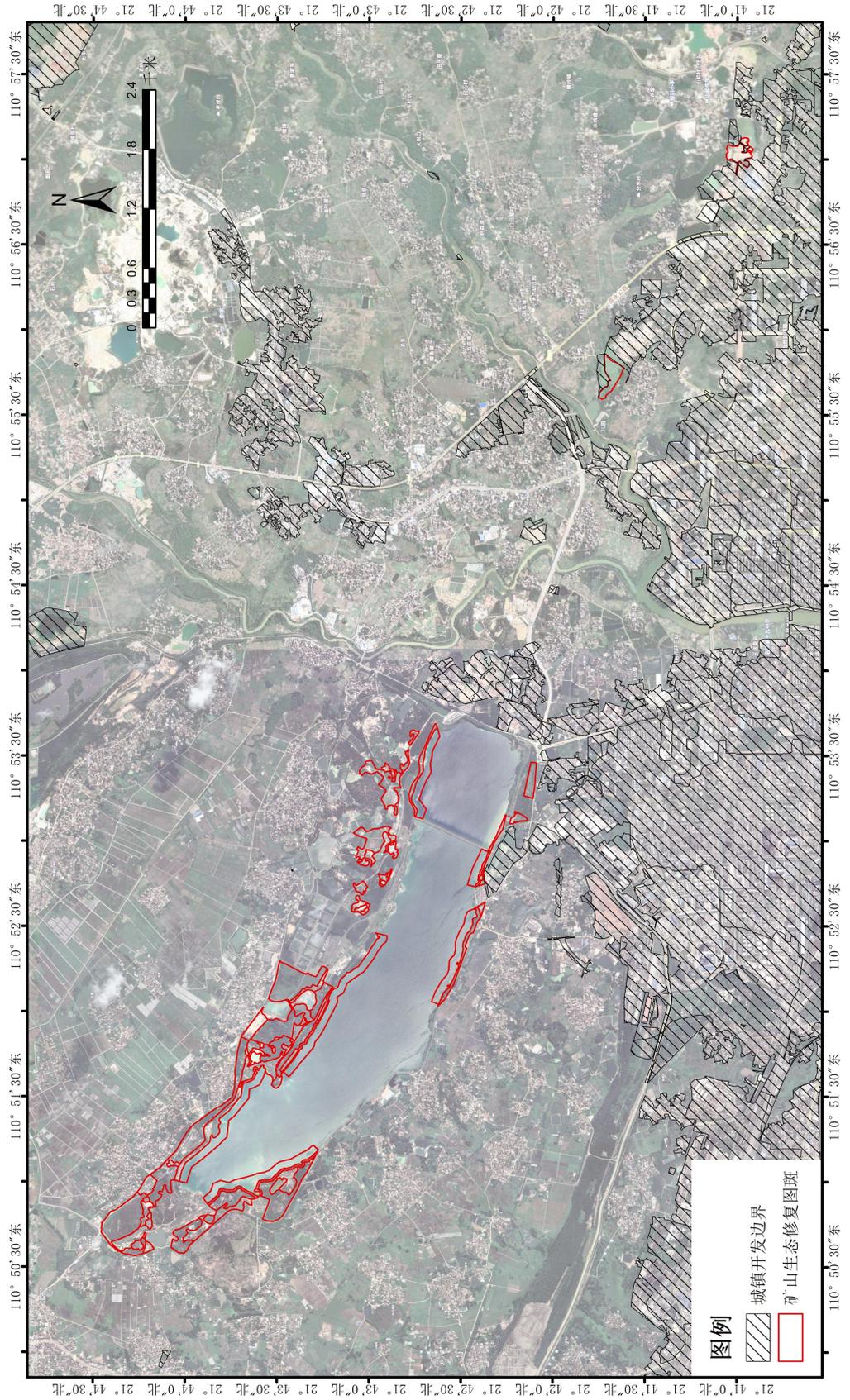
附图 3： 矿山生态修复图斑与永久基本农田对比分析图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
矿山生态修复图斑与永久基本农田对比分析图



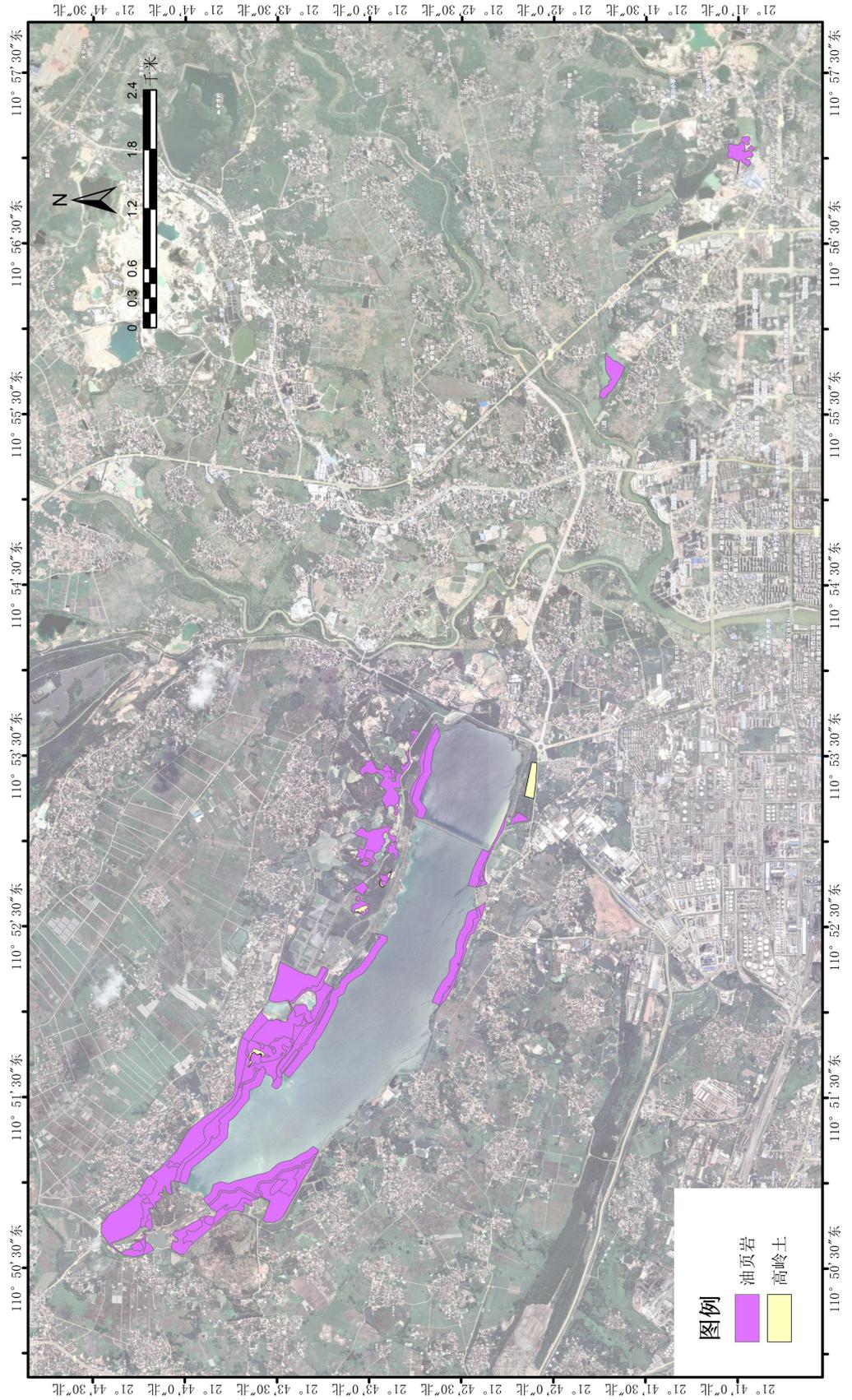
附图 4： 矿山生态修复图斑与城镇开发边界对比分析图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
矿山生态修复图斑与城镇开发边界对比分析图



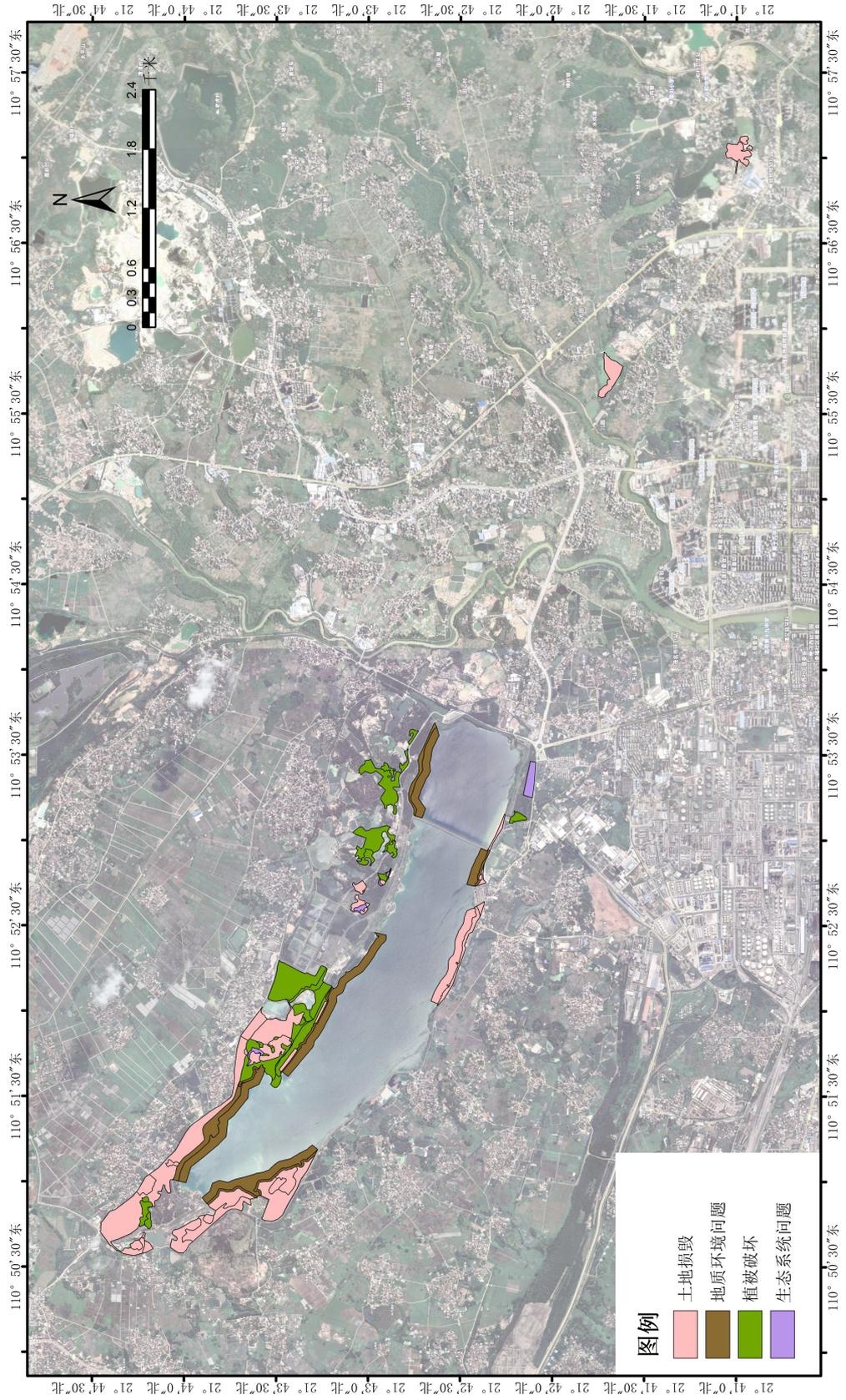
附图 5： 矿山生态修复图斑矿种分析图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
矿山生态修复图斑矿种分析图



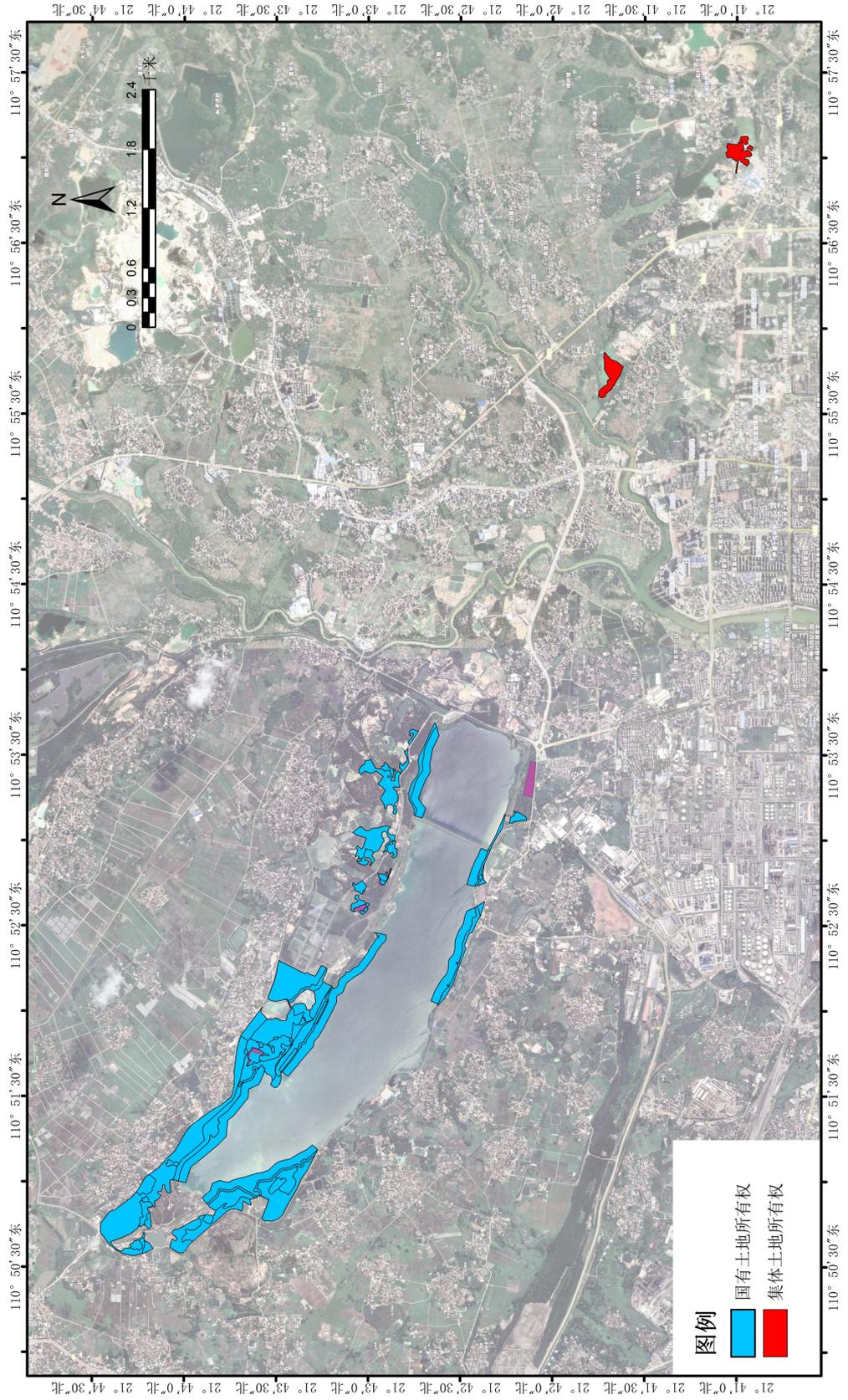
附图 6：矿山生态修复图斑现状生态问题分析图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
 矿山生态修复图斑现状生态问题分析图



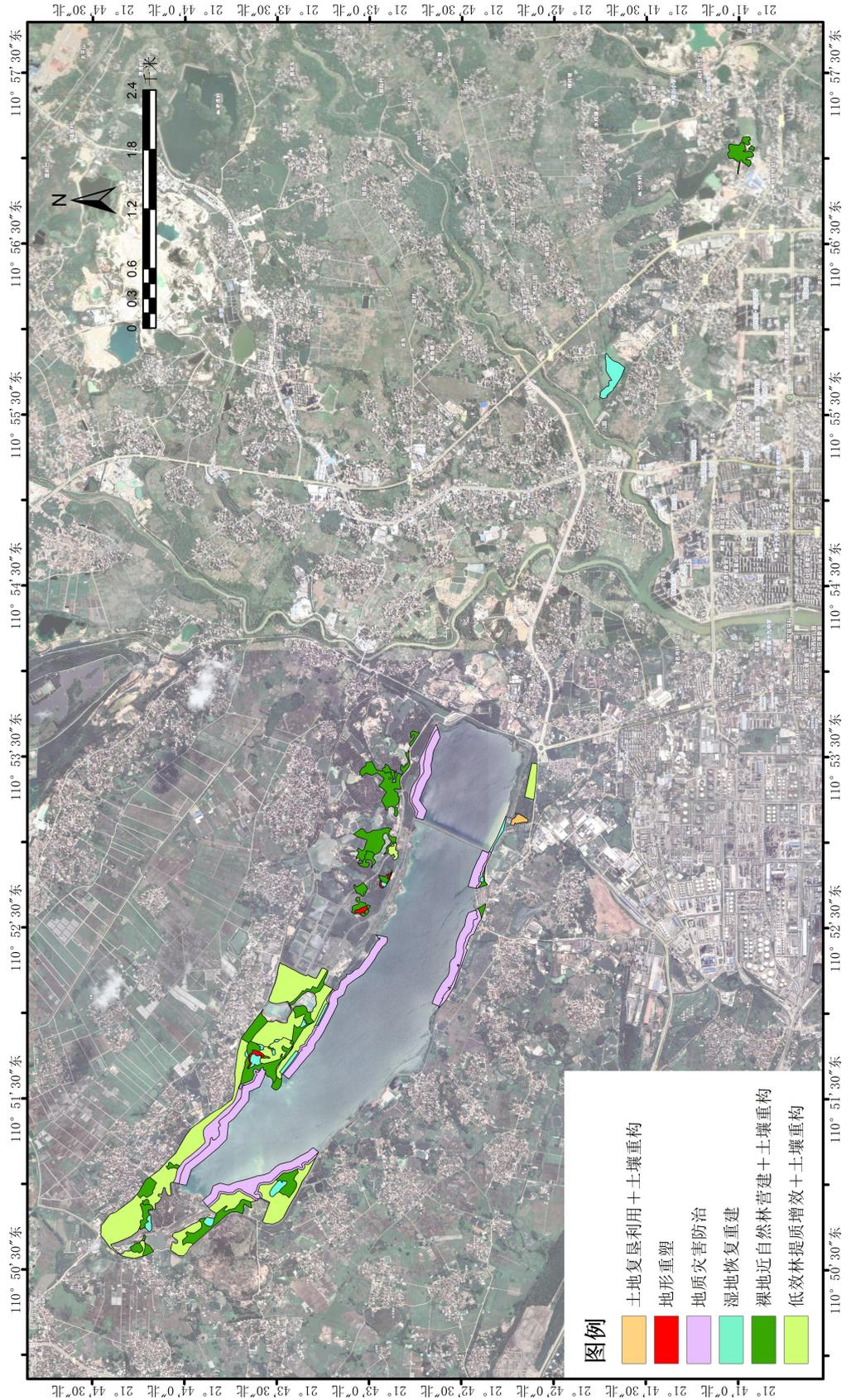
附图 7：矿山生态修复图斑权属分析图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
 矿山生态修复图斑权属分析图



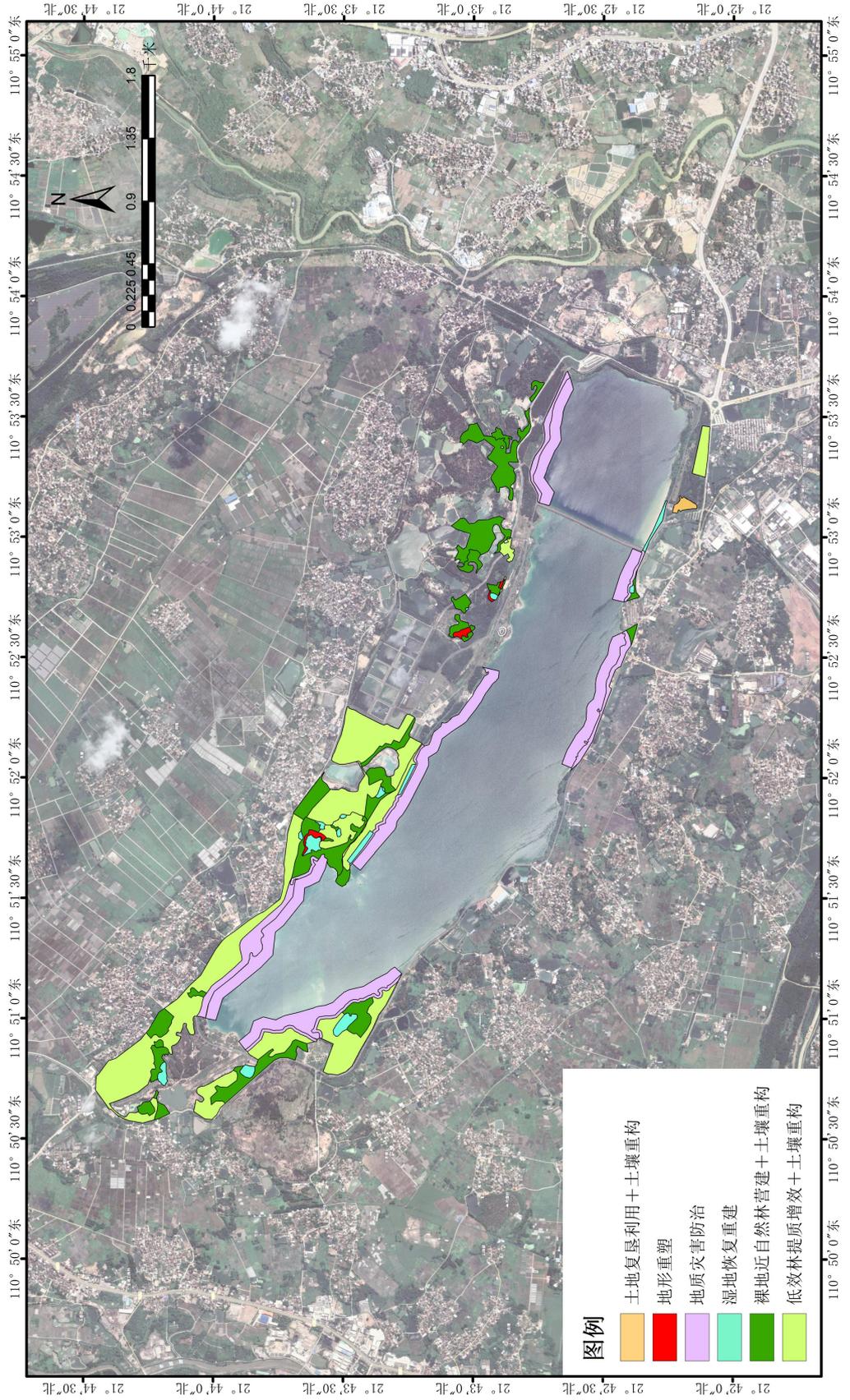
附图 9：总体工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
总体工程布局图



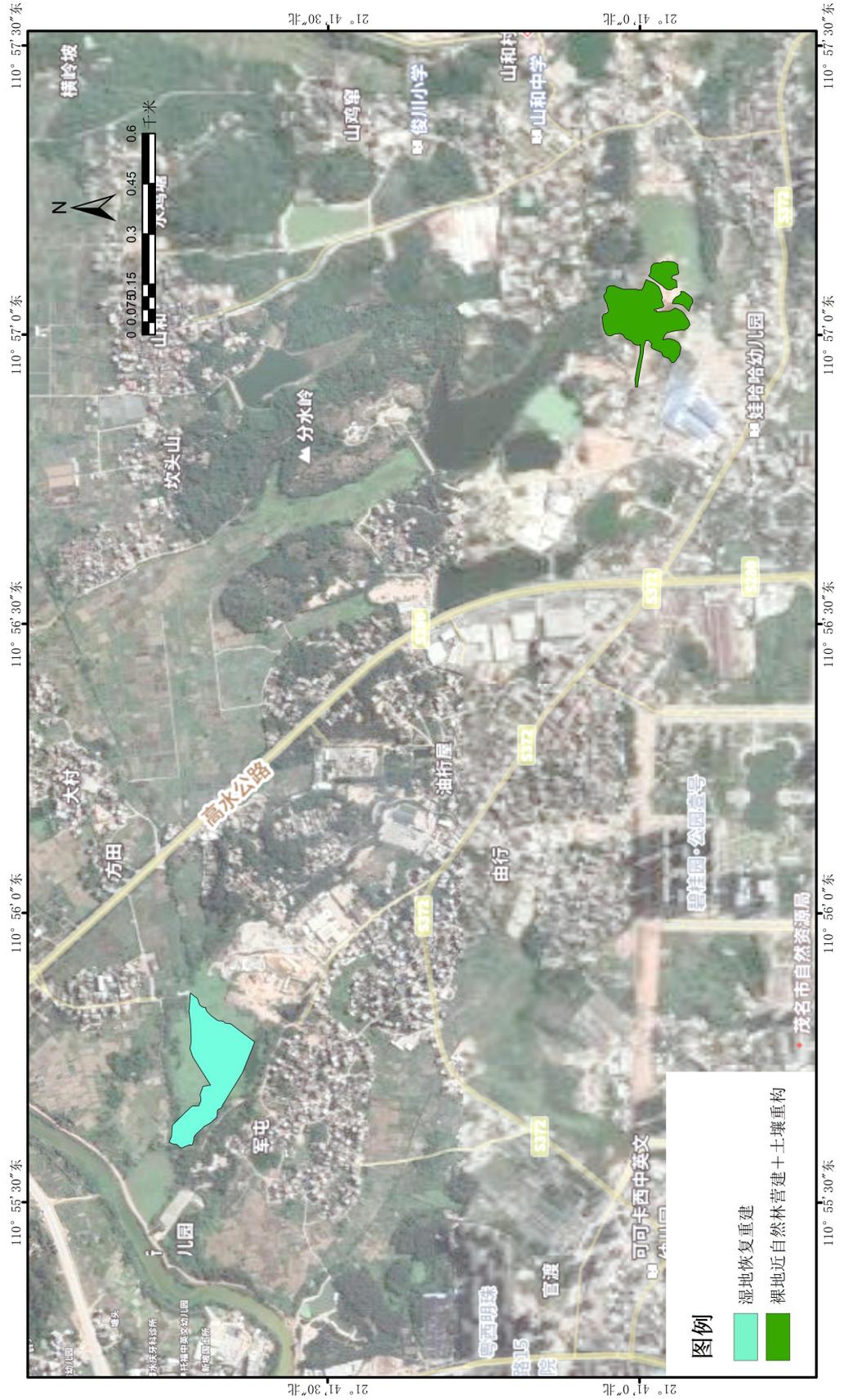
附图 10：小东江中游矿山生态修复图斑总体工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
小东江中游矿山生态修复图斑总体工程布局图



附图 11: 鸡公河下游矿山生态修复图斑总体工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程 (2023年度)
鸡公河下游废弃矿山生态修复图斑总体工程布局图



附图 12：裸地近自然林营建+土壤重构工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
裸地近自然林营建+土壤重构工程布局图



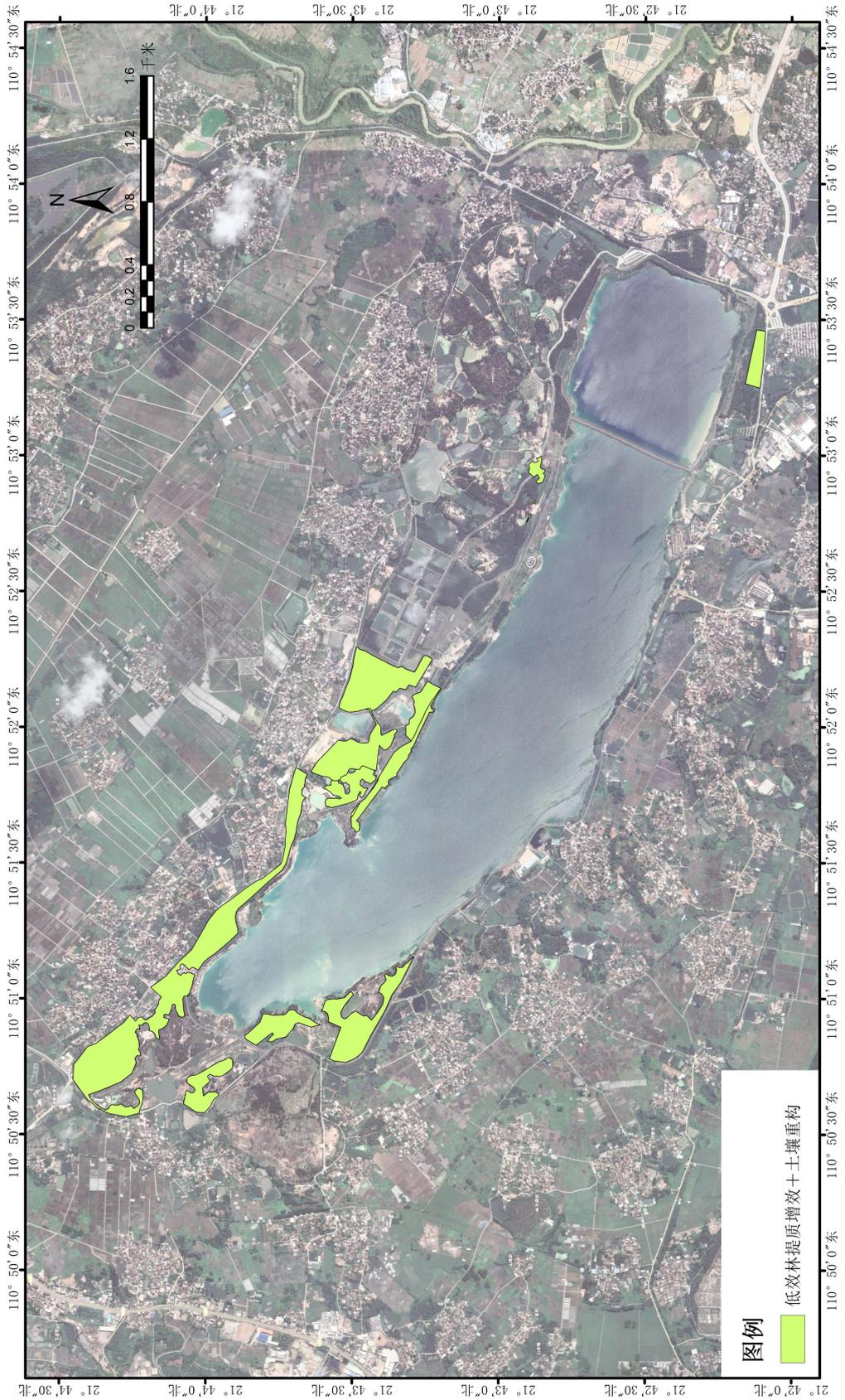
附图 13: 湿地恢复重建工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
湿地恢复重建工程布局图



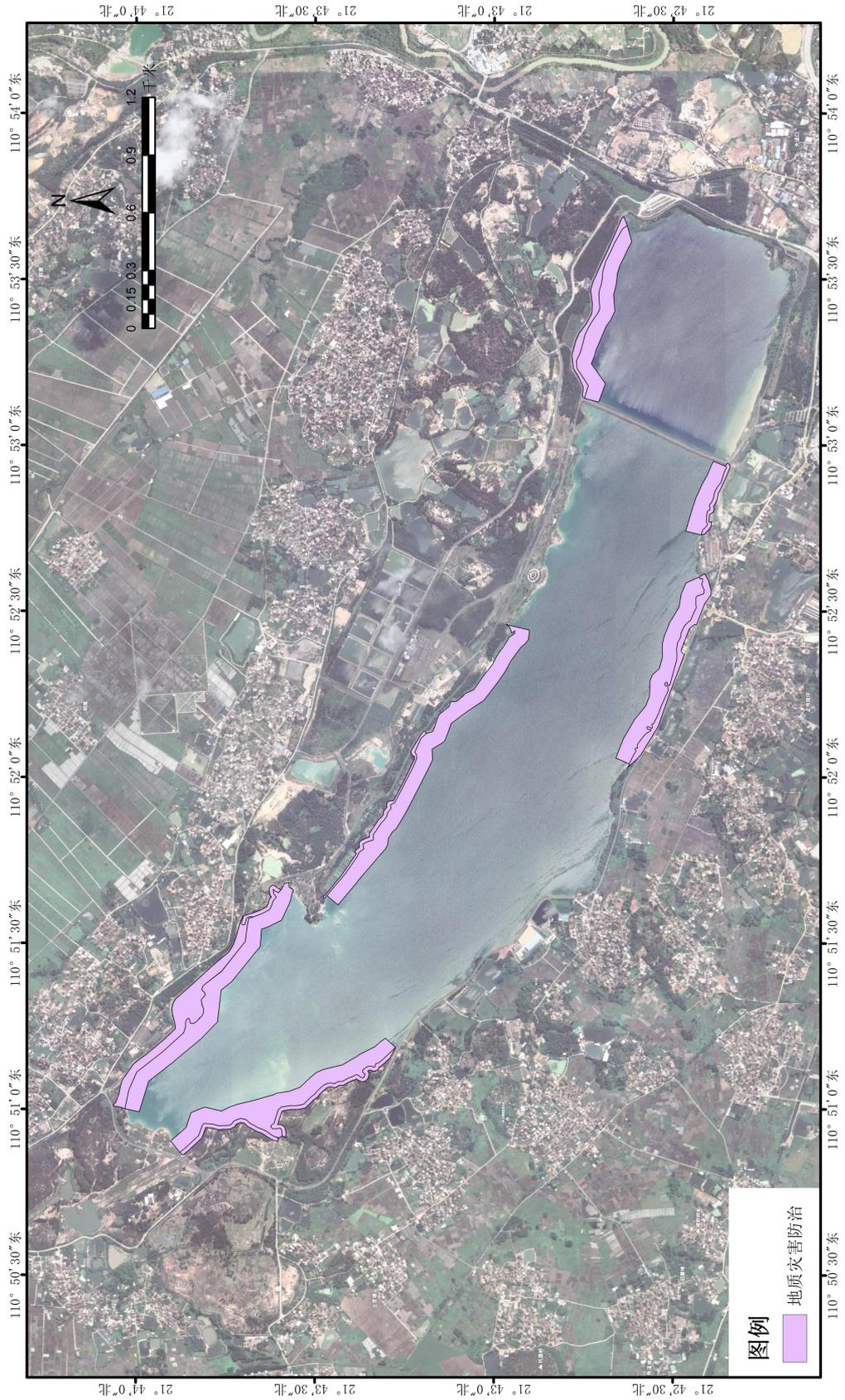
附图 14：低效林提质增效+土壤重构工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
低效林提质增效+土壤重构工程布局图



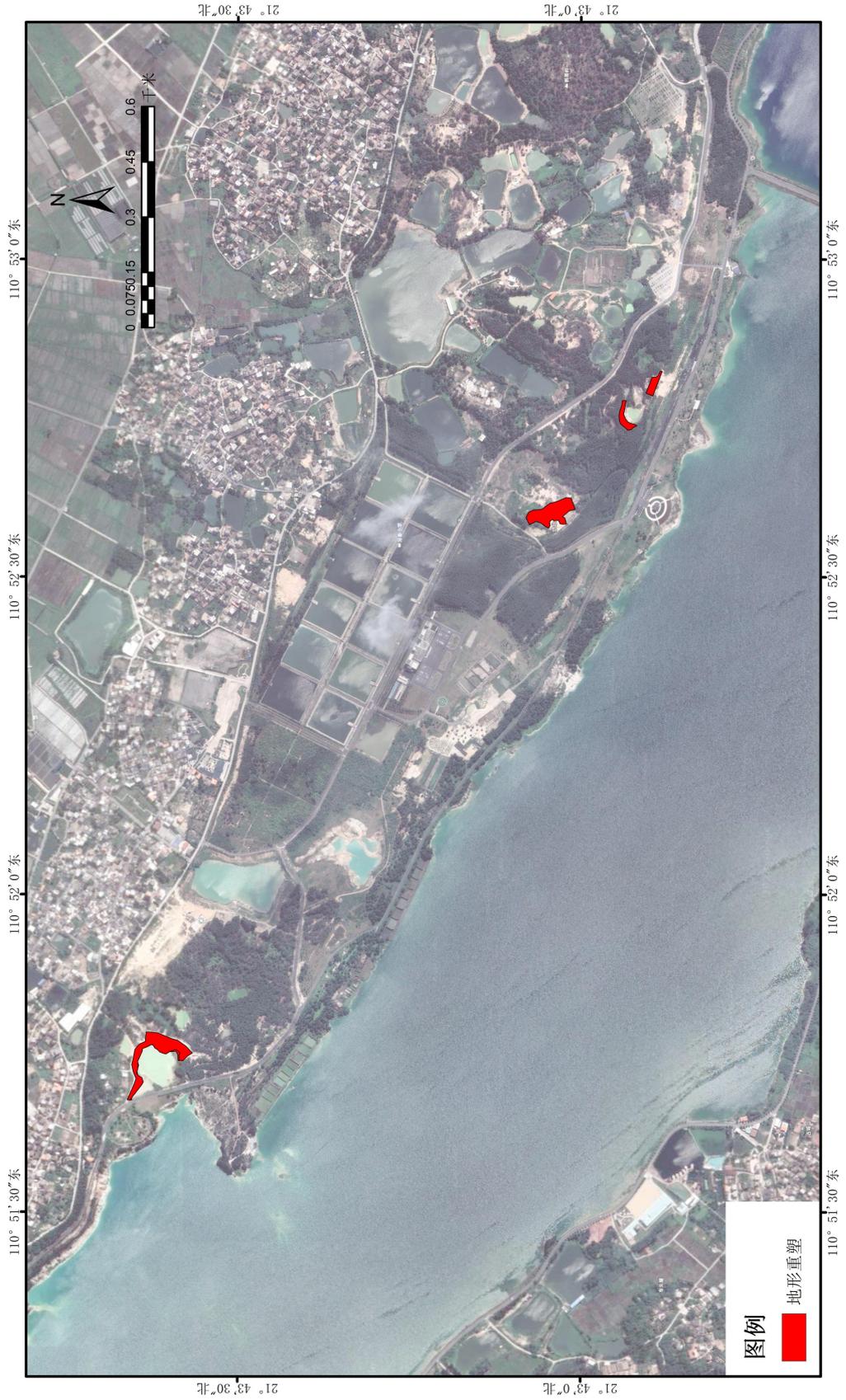
附图 15: 地质灾害防治工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程 (2023年度)
地质灾害防治工程布局图



附图 16：地形重塑工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
地形重塑工程布局图



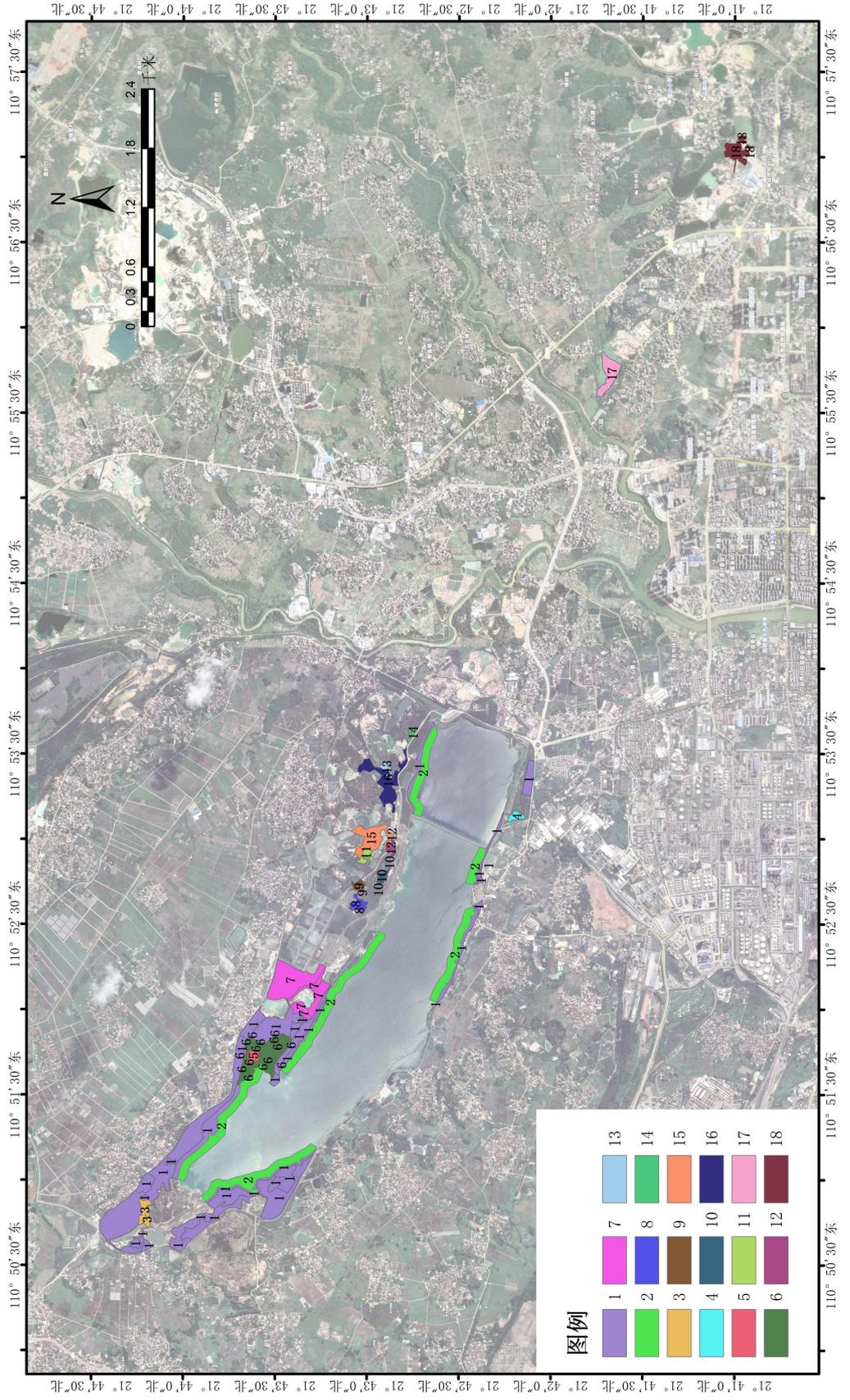
附图 17: 土地复垦利用+土壤重构工程布局图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
土地复垦利用+土壤重构工程布局图



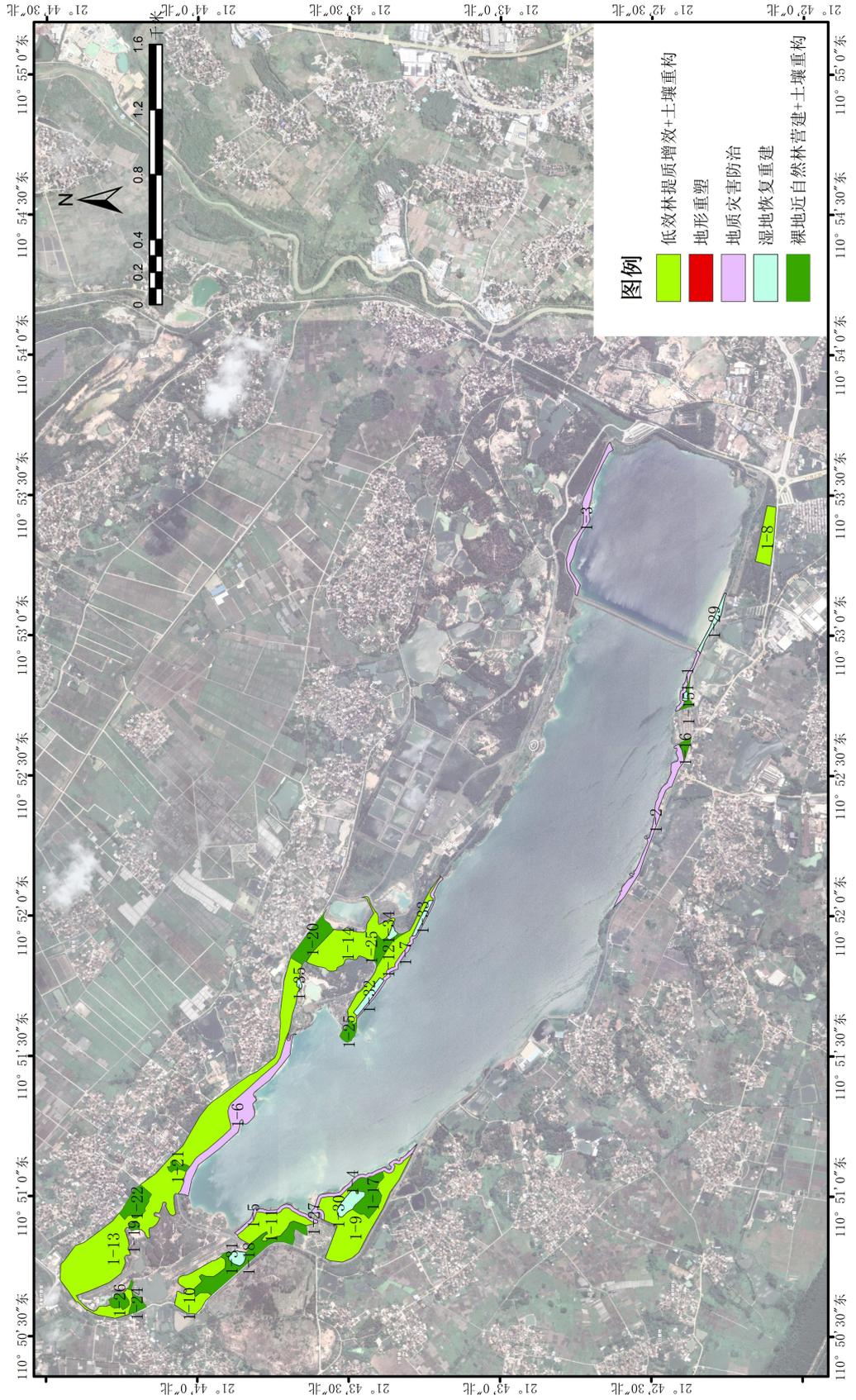
附图 18: 图斑编号图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程 (2023年度)
 矿山生态修复图斑编号图



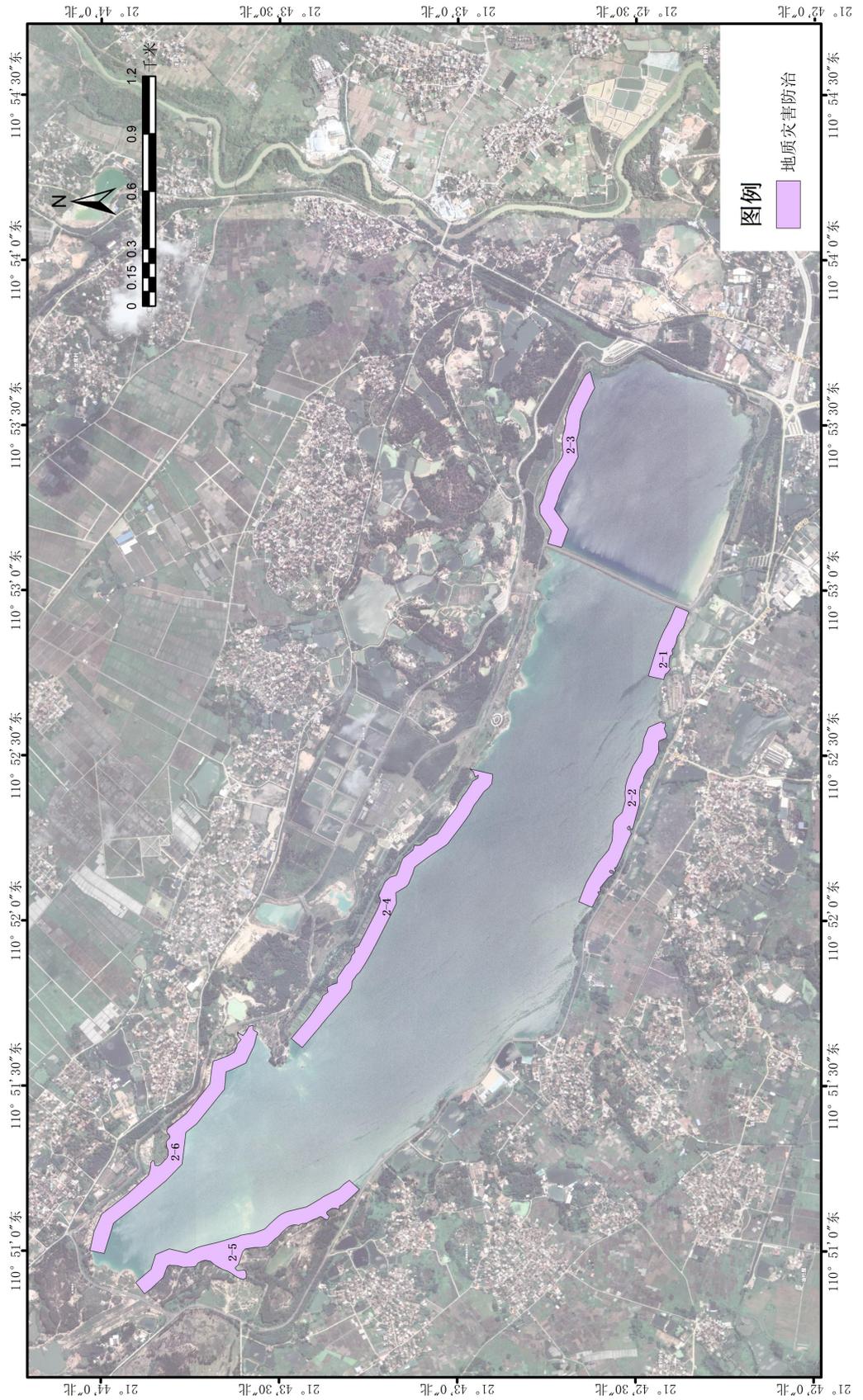
附图 19：工程布局图—图斑 1

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑 1



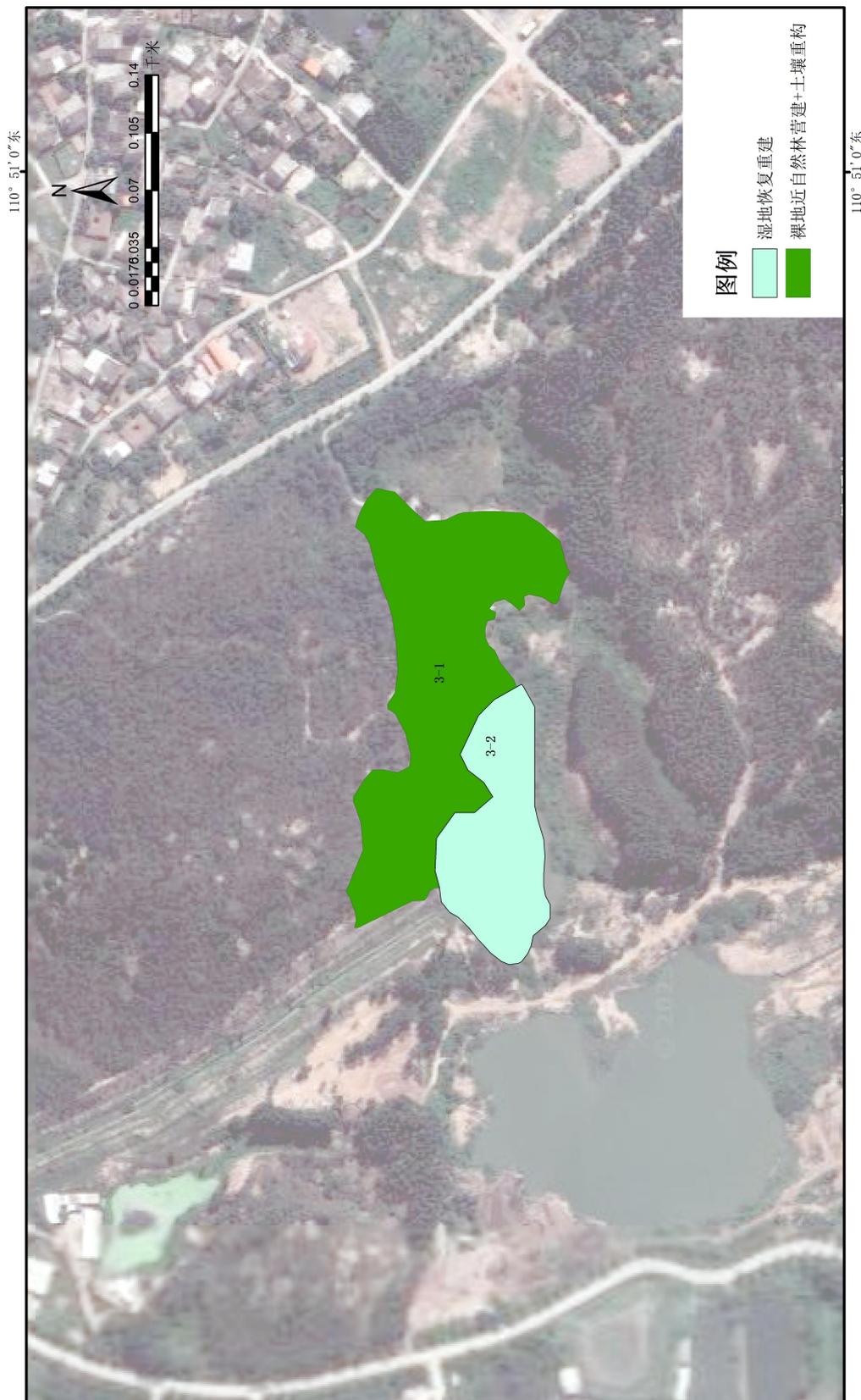
附图 20：工程布局图—图斑 2

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑2



附图 21：工程布局图—图斑 3

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑3



附图 22：工程布局图—图斑 4

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑4



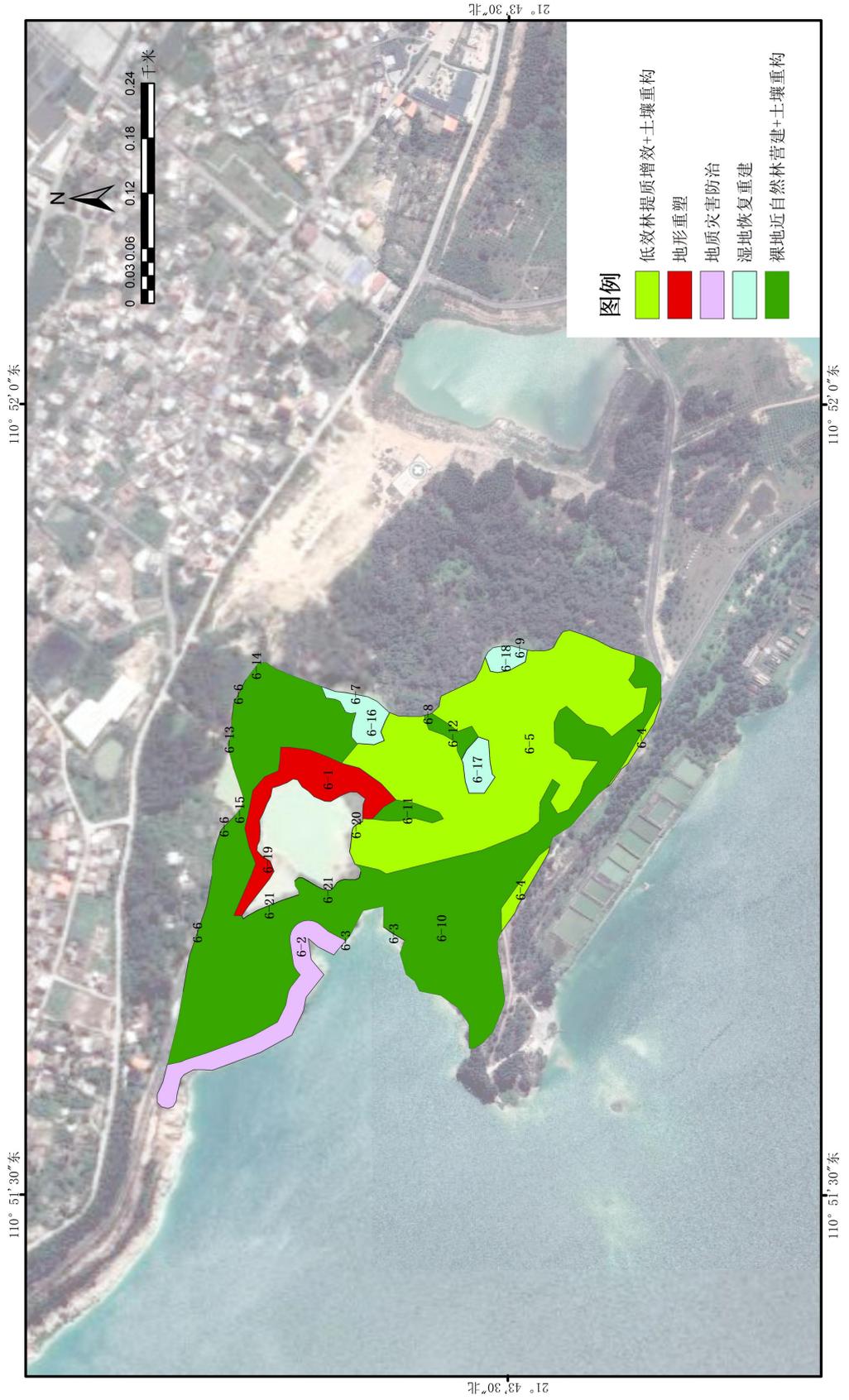
附图 23：工程布局图—图斑 5

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑5



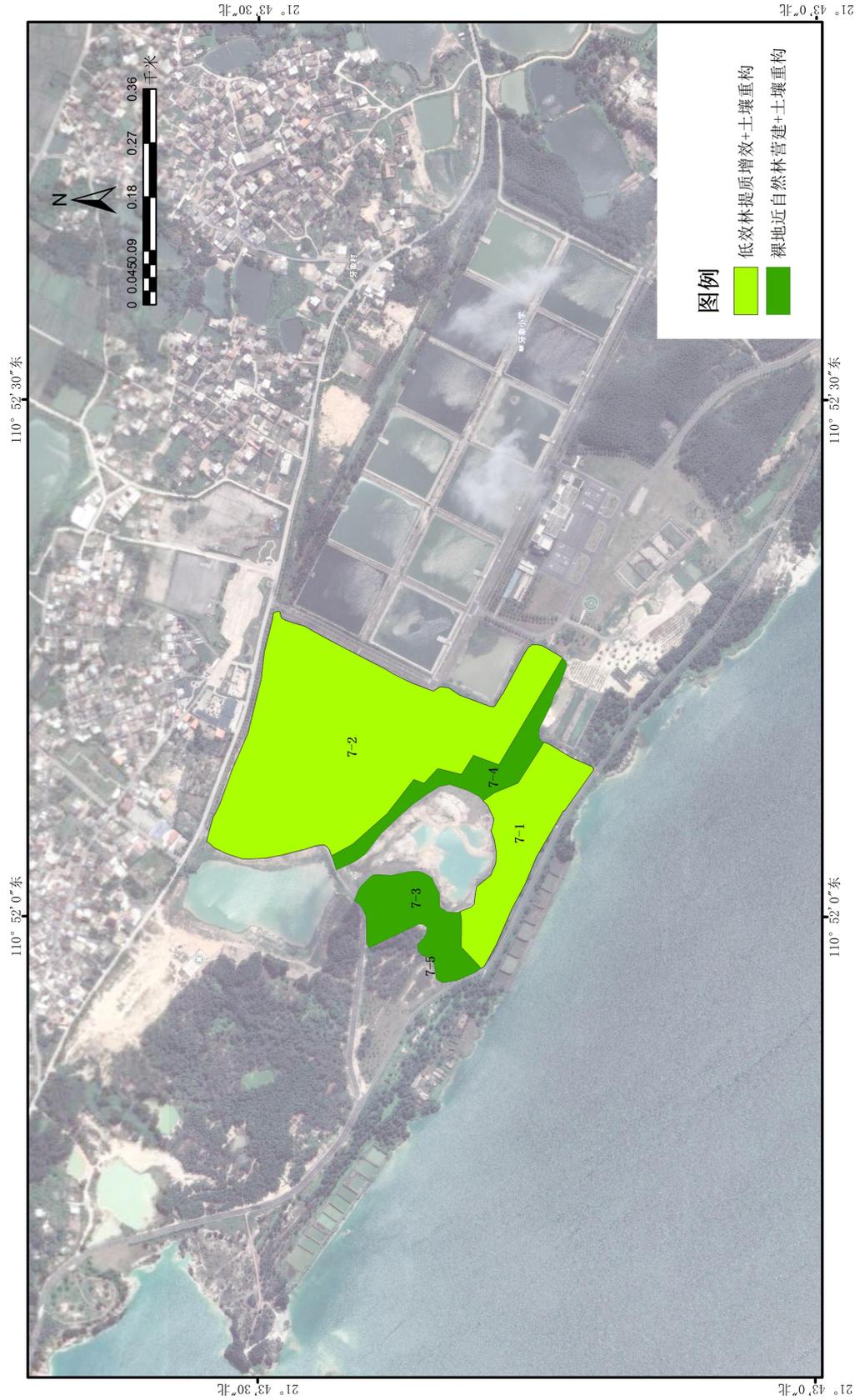
附图 24：工程布局图—图斑 6

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑6



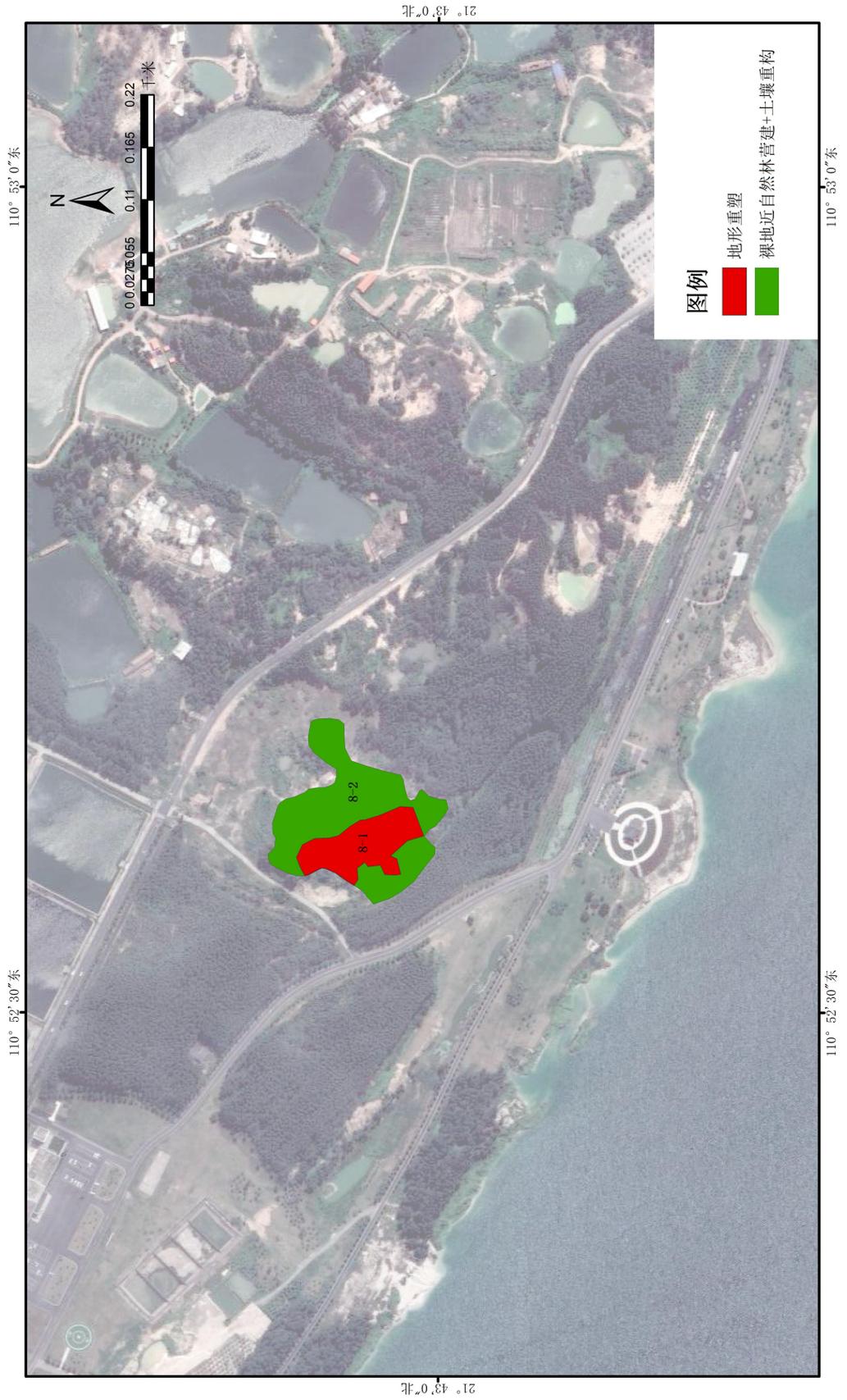
附图 25：工程布局图—图斑 7

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑7



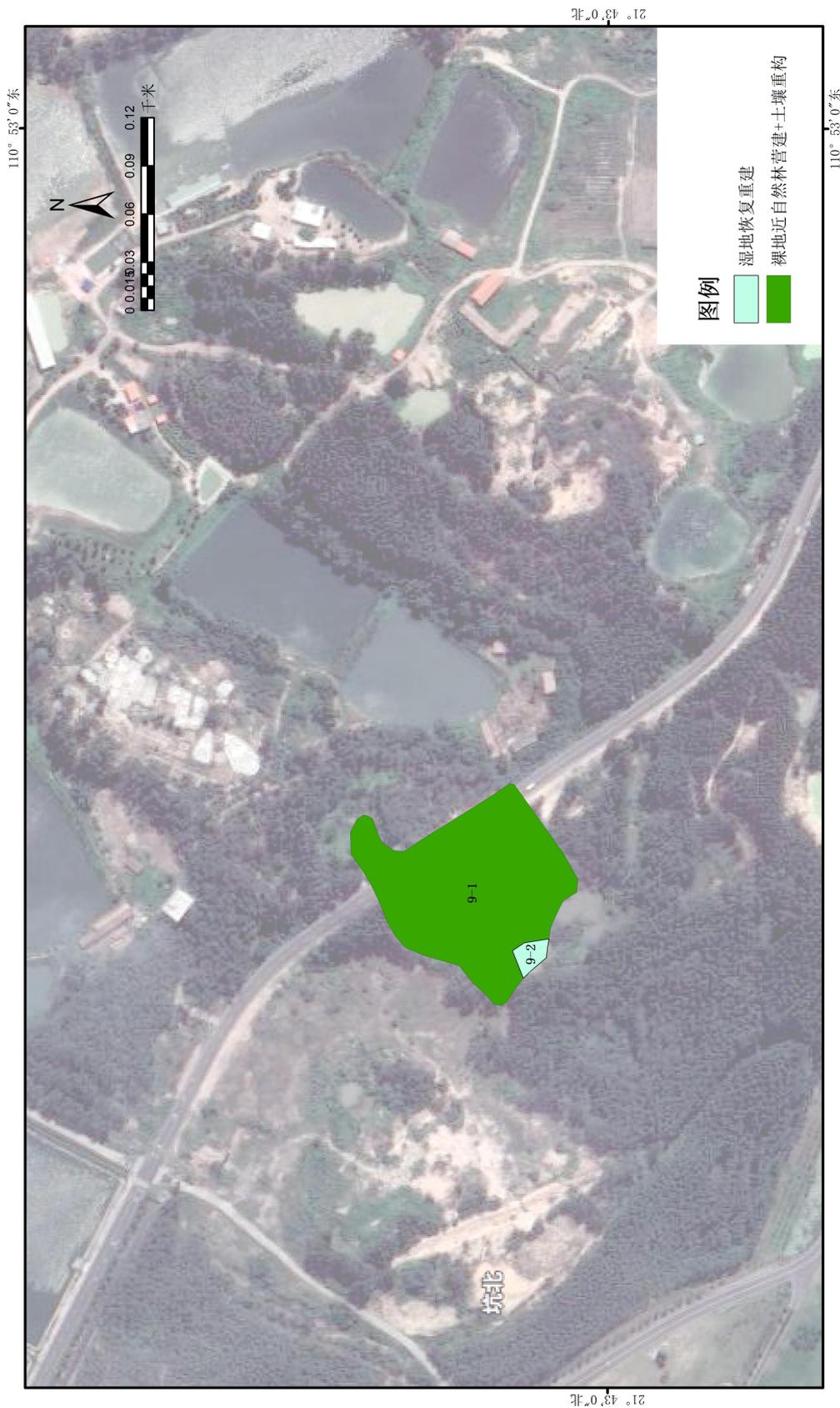
附图 26：工程布局图—图斑 8

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑8



附图 27：工程布局图—图斑 9

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑9



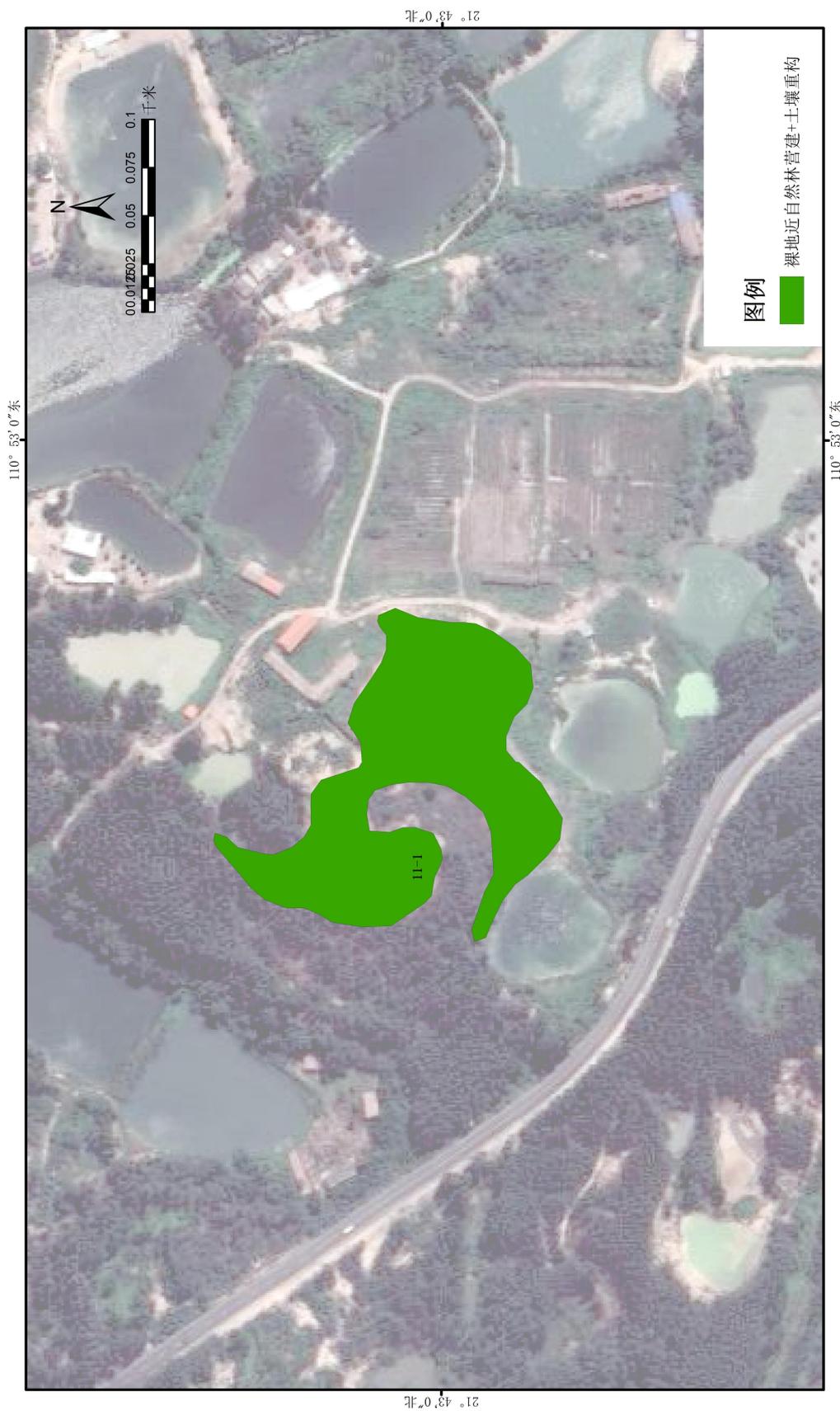
附图 28：工程布局图—图斑 10

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑10



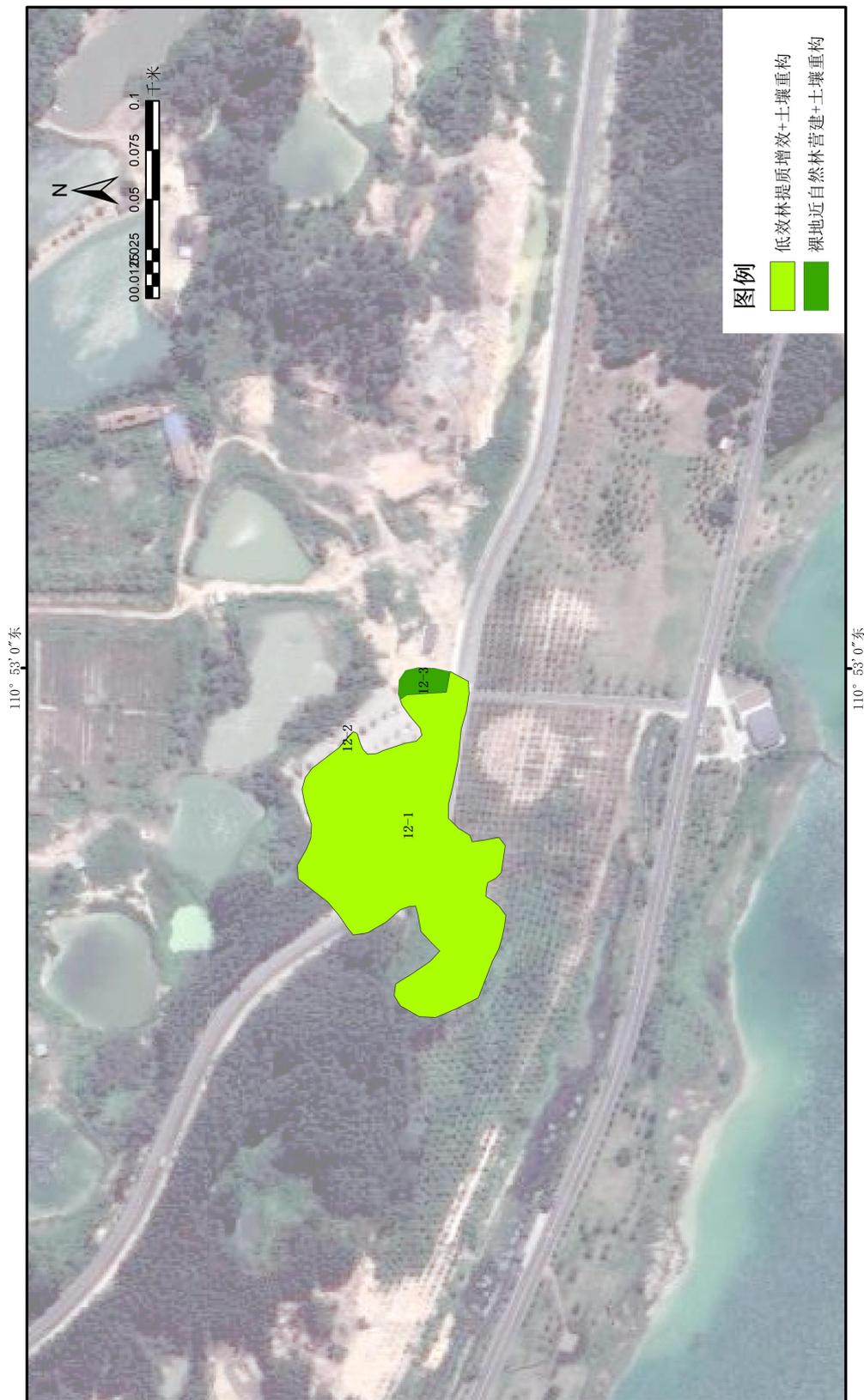
附图 29：工程布局图—图斑 11

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑11



附图 30：工程布局图—图斑 12

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工程布局图—图斑12



附图 31：工程布局图—图斑 13

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工布局图—图斑13



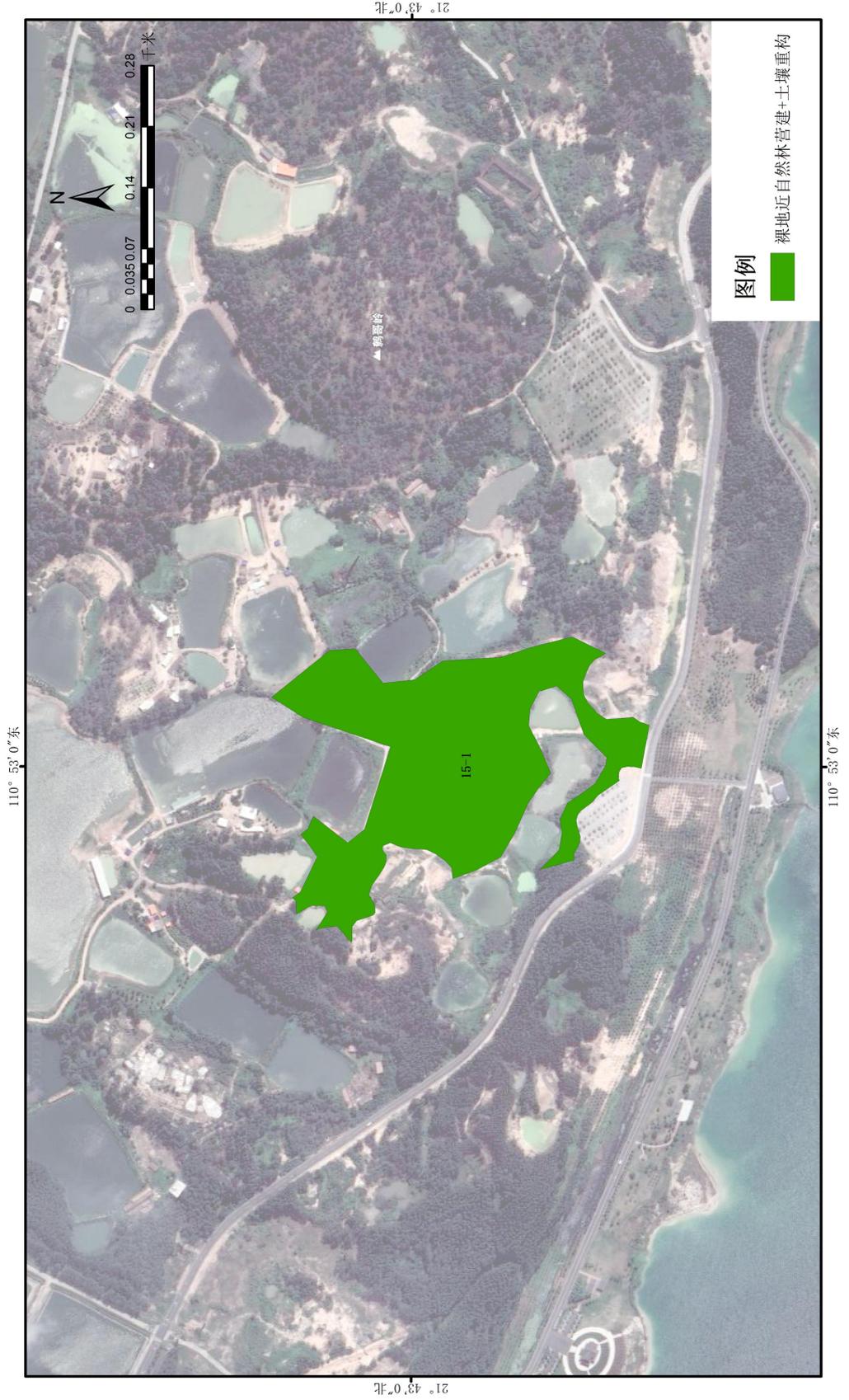
附图 32：工程布局图—图斑 14

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工布局图—图斑14



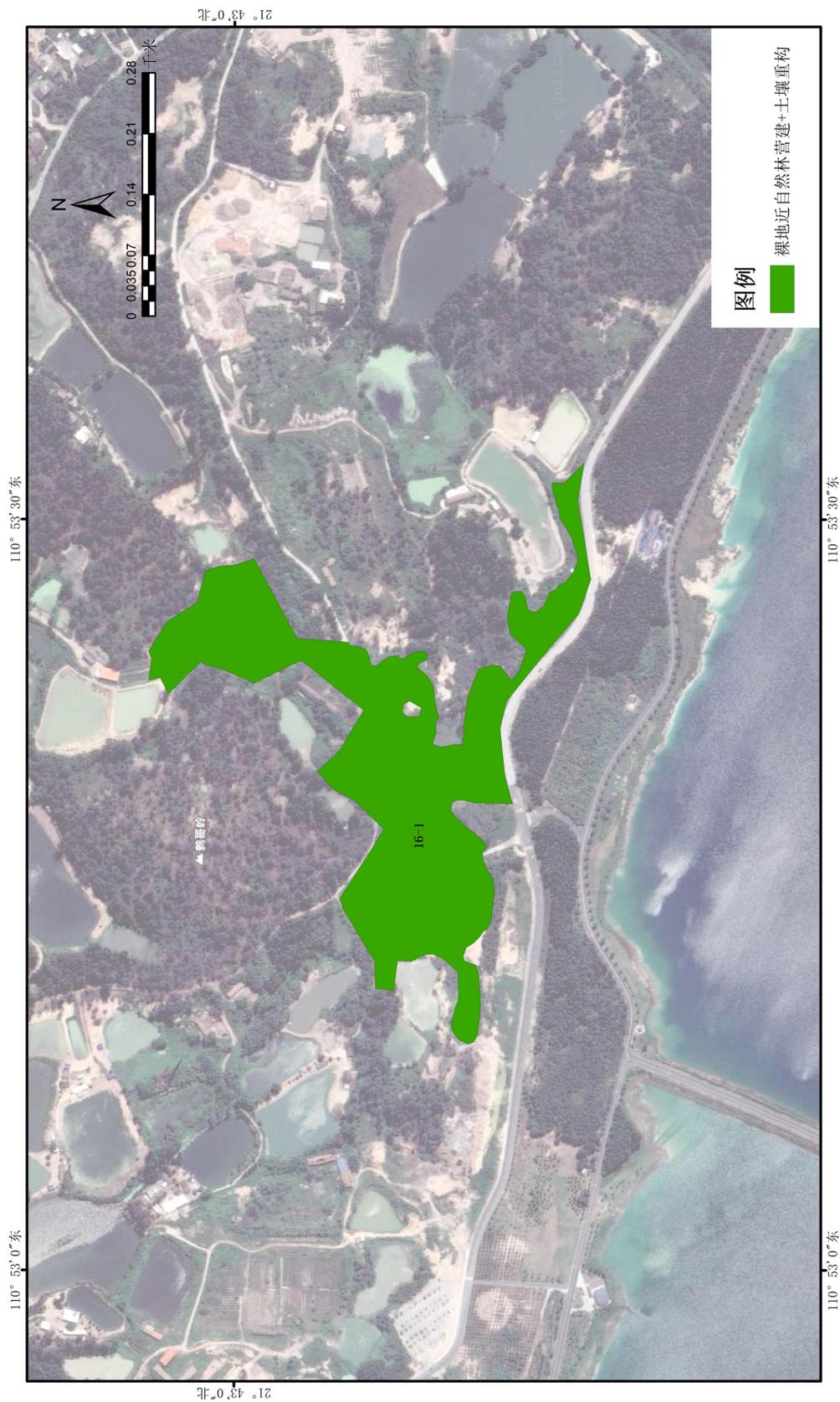
附图 33：工程布局图—图斑 15

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工布局图—图斑15



附图 34：工程布局图—图斑 16

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工布局图—图斑16



附图 35：工程布局图—图斑 17

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工布局图—图斑17



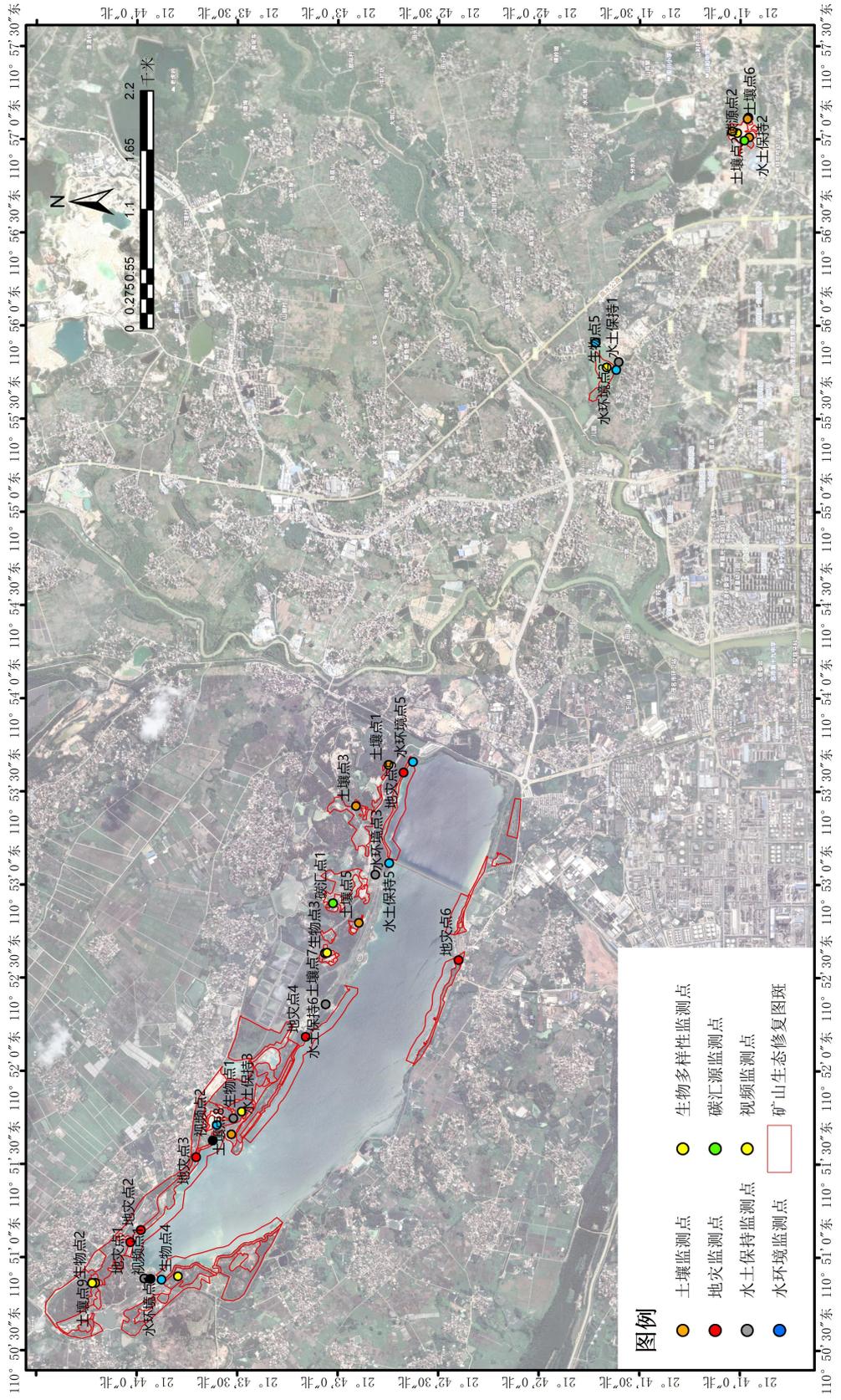
附图 36：工程布局图—图斑 18

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
工布局图—图斑18



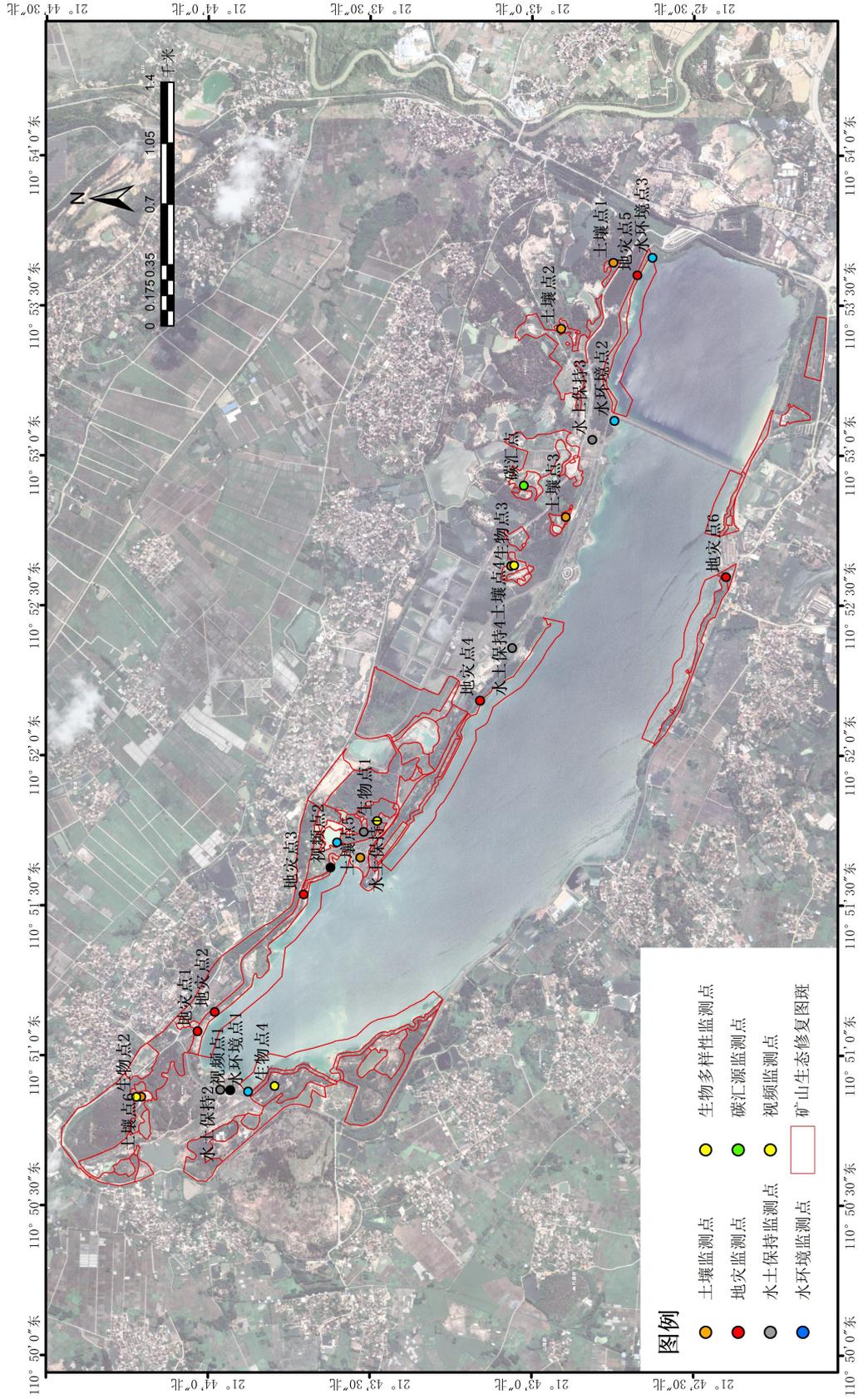
附图 37: 监测点位分布图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程 (2023年度)
监测点位分布图



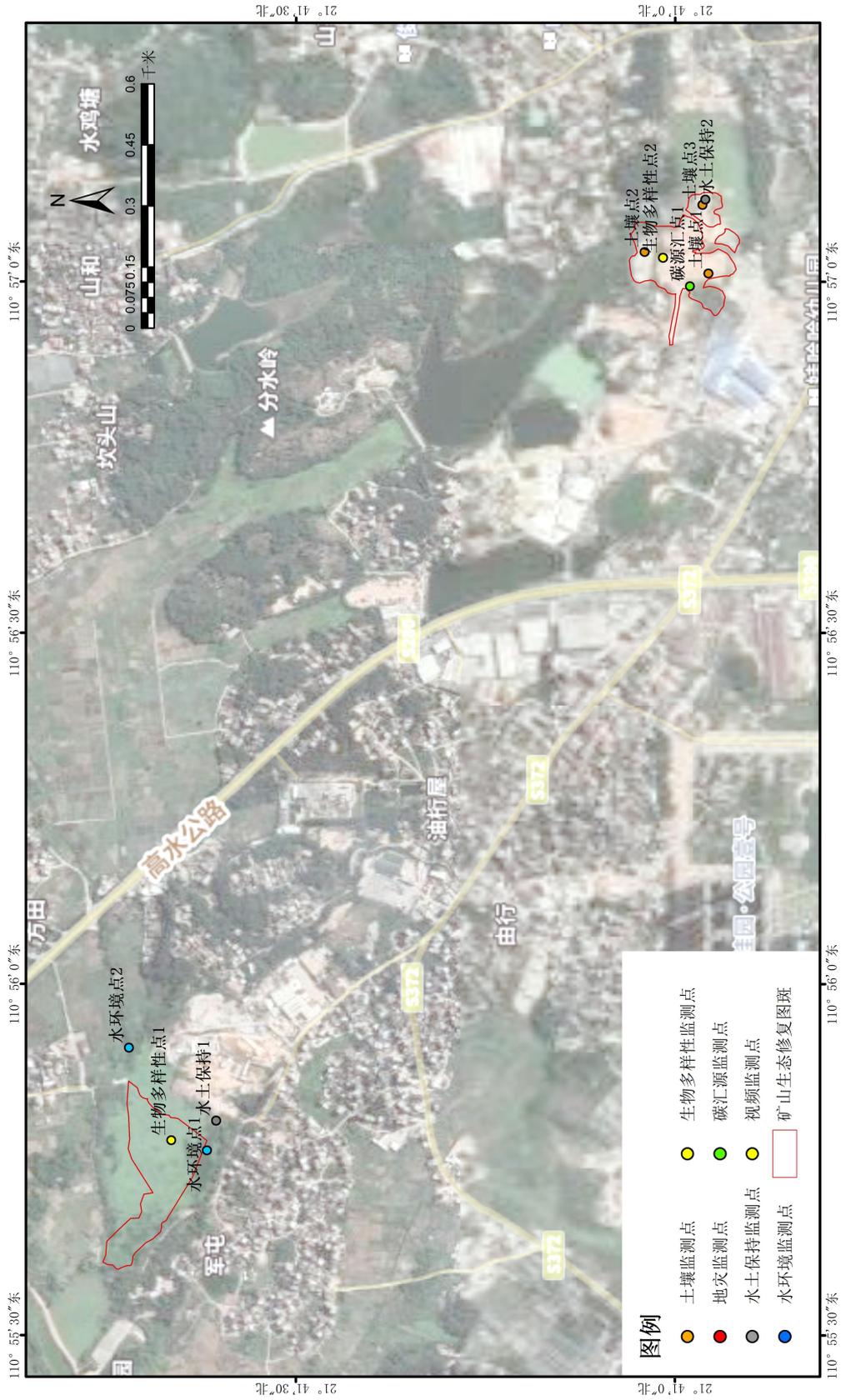
附图 38：小东江中游监测点位分布图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
小东江中游监测点位分布图



附图 39：鸡公河下游监测点位分布图

广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程（2023年度）
鸡公河下游监测点位分布图



广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目

(2023 年度) 可行性研究报告评审意见

2023 年 8 月 29 日，茂名市茂南区自然资源局在局会议室组织召开了“广东茂名历史遗留废弃矿山生态修复示范工程项目（2023 年度）可行性研究报告”评审会。茂名市自然资源局代表、茂南区自然资源局代表以及与会专家（名单附后）听取了可研编制单位航天规划设计集团有限公司关于项目可行性研究报告的汇报，审阅了可行性研究报告，经质询和讨论，形成意见如下：

一、可行性研究报告编制依据充分，建设目标和建设内容符合项目要求，内容编制和深度符合可行性研究报告要求。

二、技术方案、技术路线、投资估算基本合理。

专家组一致认为，本项目可行性研究报告能够满足项目指导后期测绘勘察和初步设计要求，建议根据专家意见修改完善后，尽快按程序上报。

专家组组长（签名）：

2023 年 8 月 29 日

附件：

评审专家名单

姓名	工作单位	专业	职称	签名
徐礼根	浙江大学	生态学	研究员	徐礼根
钟晓清	广东省海洋地质调查院	地质矿产	教授级 高级工程师	钟晓清
林国良	茂名市农作物技术推广站	农学	高级 工程师	林国良
谢文玉	广东石油化工学院	环境工程	教授	谢文玉
李澍芑	广东石油化工学院	工程造价	高级工程师	李澍芑
柯伟国	茂名市城乡规划局	建设设计	高级工程师	柯伟国
李钦禄	茂名市小良水土保持试验推广站	水土保持	高级工程师	李钦禄