

清远市清城区源潭镇 2024 年废弃矿山生态修复和综合利用项目(松塘白石坳石场)

初步设计

建设单位：清远市清城区源潭镇人民政府

设计单位：广东省工程勘察院

二〇二四年八月

清远市清城区源潭镇 2024 年废弃矿山生态修复和综合利用项目(松塘白石坳石场)

初步设计



建设单位：清远市清城区源潭镇人民政府

设计单位：广东省工程勘察院

二〇二四年八月

清远市清城区源潭镇 2024 年废弃矿山生态修复和综合利用项目(松塘白石坳石场)

初步设计

项目名称: 清远市清城区源潭镇 2024 年废弃矿山生态修复和综合利用项目
(松塘白石坳石场)

建设单位: 清远市清城区源潭镇人民政府

设计单位: 广东省工程勘察院

项 目 负 责: 朱裕战

设 计: 叶建华

杨远元

杨玉东

校 核: 吴昌旺

审 核: 周兴龙

总 工 程 师: 李小破

院 长: 谢 盛



二〇二四年八月

目录

1 前言.....1

1.1 项目背景及来源.....1

1.2 矿区基本情况.....1

1.3 工程设计概况.....1

2 工程概况.....2

2.1 自然地理概况.....2

2.2 地质概况.....3

2.3 水文与工程地质条件.....5

2.4 施工条件.....5

2.5 矿区土壤.....6

3 矿区地质环境问题.....6

3.1 矿区地质环境现状.....6

4 生态修复方案.....9

4.1 设计原则.....9

4.3 总体思路.....10

4.4 目标任务.....10

4.5 修复方式及方向.....10

4.6 修复范围及分区.....10

5 修复工程设计.....10

5.1 设计总体思路.....10

5.2 施工顺序.....11

5.3 技术要求.....12

6 土石料利用.....17

6.1 土石料基本情况.....17

6.2 计算分区.....17

6.3 计算方法.....18

6.4 资源量计算.....19

6.5 土石料的利用方向.....19

6.6 自用土石料方案评价.....19

6.7 剩余土石料处置方案.....19

7 项目施工管理.....19

7.1 施工组织管理.....19

7.2 施工质量管理.....19

7.3 项目施工监理.....20

7.4 施工安全管理.....20

7.5 施工进度安排.....21

8 安全施工要求与应急预案.....21

8.1 安全施工要求.....21

8.2 工程应急预案.....22

9 主要工程量与概算.....22

9.1 设计工程量.....22

9.2 项目投资概算.....23

10 项目验收与效益分析.....24

10.1 项目验收.....24

10.2 环境效益.....24

10.3 社会效益.....24

10.4 经济效益.....24

附件

1、《清远市清城区源潭镇 2024 年度废弃矿山生态修复和综合利用项目概算书》；

附图

序号	图纸名称	图号	图幅大小
1	总平面布置图	1	A0
2	设计剖面图	2~3	A3
3	大样图	4~8	A3
4	土石料清理平面图	9~10	A2
5	土石料清理剖面图	11~12	A2
6	土石料资源量计算图	13~16	A2

1 前言

1.1 项目背景及来源

习近平总书记多次指示广东要把生态文明建设放在突出位置，强调践行“绿水青山就是金山银山”的理念，实现经济社会和生态环境全面协调可持续发展是特区创新发展积累的宝贵经验之一，必须长期坚持，在实践中不断丰富和发展。

为贯彻落实党中央、国务院以及广东省有关加快推进生态文明建设的决策部署，清远市清城区积极开展历史遗留矿山核查工作，至 2022 年 5 月被认定为需治理的历史遗留矿山图斑有 358 个，综合历史遗留矿山生态修复治理 7942.96 亩（529.53 公顷）。接省厅下达的要求开展历史遗留矿山生态修复工作任务，清城区积极响应，本次拟修复源潭镇松塘白石坳石场及清远市下达修复任务。开展历史遗留废弃矿山生态修复工作，通过改善历史遗留废弃矿山生态环境质量和人居环境，增强人民群众幸福感、获得感，同时对创建国家森林城市具有重要的意义。

清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场历史上开挖在矿区形成了露天采场边坡，高陡不规范、坡面岩土体裸露，业主未按要求对历史遗留矿山进行地质环境恢复治理及土地复垦工作，仅对部分区域进行了复垦复绿。开挖破坏了原有地形地貌、损毁了林地，存在或引发地质灾害、水土流失等隐患，对矿区及其周边的生态环境造成了一定的破坏，矿区生态环境问题突出。

为做好历史遗留矿山生态修复工作，清远市清城区源潭镇人民政府委托广东省工程勘察院（以下简称我院）承担清远市清城区源潭镇 2024 年度废弃矿山生态修复和综合利用项目(松塘白石坳石场)的编制工作。

1.2 矿区基本情况

清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场地址位于清远市清城区，为历史无主矿，包含 5 处历史遗留矿山图斑，图斑编号见表 1.1-1，图斑面积约 17.766305 公顷（266.36 亩），治理面积约 17.766305 公顷（266.36 亩），现已停采多年。矿区地貌景观及植被破坏严重；地质灾害发育，人工切坡现状稳定性一般，损毁的土地类型为乔木林地。

表 1.1-1 矿区图斑汇总表

序号	所在矿区石场名称（或关闭前名称）	图斑编号	图斑面积（公顷）	图斑治理修复面积（公顷）	修复类型	备注
1	清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场 1 号矿	CT441802201600003002	2.35763	2.35763	工程治理	
2	清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场 2 号矿	CT441802201600003004	1.612061	1.612061	工程治理	
3	清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场 3 号矿	ZJ4418022021055001	6.961078	6.961078	工程治理	
4	清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场 4 号矿	ZJ4418022021055002	4.2842	4.2842	工程治理	
5	清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场 5 号矿	ZJ4418022021055003	2.551336	2.551336	工程治理	
合计			17.766305	17.766305		

1.3 工程设计概况

根据现场野外调查及收集相关资料，该历史遗留矿山主要存在的地质环境问题：开挖过程留下的高陡边坡裸露问题、废弃土地裸露及压占问题、矿区开挖遗留地质安全隐患问题等，针对各项问题，本次设计提出相应的生态修复方案。

本次拟修复清远市清城区源潭镇松塘白石坳石场为历史无主矿，历史遗留矿山图斑数量 5 个共计 17.766305 公顷（266.36 亩）。图斑范围及编号见图 1.3-1



图 1.3-1 矿区涉及图斑卫星影像图

2 工程概况

2.1 自然地理概况

2.1.1 地理位置及交通

本项目隶属广东省清远市清城区源潭镇，白石坳石场位于 G0423 国道西侧，交通较为便利，项目区中心地理坐标：东经 113°14'58.05"，北纬 23°41'02.35"。矿区地处山坡，周边多为旱地及杂林，居民较少。裸露的露天矿区视觉污染显著，亟待解决（图 2-1）。



图 2.1.1-1 矿区交通位置图

2.1.2 气象水文

清远市清城区位于北回归线以南，属亚热带季风气候区，气候温暖湿润，雨量充沛，日照充足。区内冬季受大陆冷高压影响，有冷空气侵袭，吹偏北风，天气较干燥，同时降水较少；夏季受海洋气流影响，吹偏南风，天气炎热，降雨量大。

根据清远市气象局 1957~2020 年的气象资料对清远市清城区气象概括简述如下：

1、风况

清远市清城区多年平均最大风速为 35m/s，冬季多发 2~4 级北风、西北风，一般风力、风向稳定。灾害性寒潮伴随的冷空气大风，多发于 11 月份到翌年的 1 月份，最大风力可达 6~7 级，阵风 8 级，每年一般为 2~3 次，多达 6 次。夏季为东南风，风力、风向一般不稳定，风力多在 1~2 级，平均风速 1.9~14.0m/s。灾害性强热带风暴或台风集中发生在 5~11 月份，7~9 月更为强烈。据统计，影响本区包括在珠江口登陆的风暴每年为 1~4 次，风力 6~9 级，

有时风力可达 12 级。

2、气温

清远市清城区属亚热带海洋性季风气候区,气候温暖湿润,日照充足。年平均气温 19.5~21.4℃,7 月份为高温期,平均温度为 28.5℃,1 月份为低温期,平均温度为 12.2℃。根据清远市气象局 1957~2020 年气象资料,清远市最高温度记录 39.8℃(2003 年 7 月 23 日);最低温度记录为-4.2℃(1963 年 1 月 16 日)。冬霜期为 5~10 天,历年平均无霜期为 324 天。

3、降雨

受亚热带季风气候影响,区内降雨量极为丰富,汛期 4~9 月降雨量占全年降雨量的 80.8%,冬季少雨,11 月份到翌年 2 月份,降雨量仅占全年 10%。清远市全年降雨量平均值在 1800~2210mm 范围内,年最大降雨量为 2331.3mm(2008 年),年最小降雨量为 1489.3mm(2007 年),近年日最大降水量 360mm,最大 3 小时降雨量为 178mm。

4、湿度

清远市清城区多年平均相对湿度为 76%,年日照受地面因素影响,市内中南部的日照比北部多一些,中南部年平均日照时数 1809.3 小时,北部为 1697.6 小时。

主要气象灾害有:暴雨、寒潮、冷空气、霜冻、低温阴雨、热带气旋、高温、干旱、寒露风、强风、强对流天气等。台风、强热带风暴带来的灾害性暴雨最具破坏性,往往造成江河暴涨,洪涝泛滥。

2.1.3 地形地貌

清城区地处珠江三角洲平原与粤北山区的交接带,兼有低山、丘陵与平原地貌,大部分地区以丘陵及平原为主。地势大体上自东北向西南倾斜,最高点为大帽山,海拔 770m,最低处是石角虎山的莲塘,海拔 4m。

矿区地形地貌主要为剥蚀丘陵,总体地势呈南北走向,海拔标高+30m~+131m,相对高差为 101m。自然地形坡度一般 10°~30°,局部大于 40°,山体植被局部较发育,主要以乔、灌木为主,植被覆盖率 70%以上(照片 2.1.3-1)。



图 2.1.3-1 矿区航拍图

2.1.4 植被条件

根据有关资料显示,清远市清城区自然资源比较丰富,地带性植被为亚热带季风气候常绿阔叶林。常见的乔木种类有湿地松、速生桉等;灌木种类有野牡丹、桃金娘岗松、岗怜、梅叶冬青、九节木、盐荚木、山芭子等;草本种类有芒箕、鸭嘴草、白芒、芒、百花草和多种藤类等。

据现场调查,矿区及周边主要植被主要有桉树及灌木、杂草等。

2.2 地质概况

2.2.1 地层岩性

根据区域地质资料及实地勘察,场区及周边出露的岩浆岩地层为燕山中晚期第三阶段花

岗岩 ($\gamma_3^{2'3'}$)，场区出露的第四纪地层主要为残坡积层。

一、岩浆岩

燕山中晚期第三阶段 ($\gamma_3^{2'3'}$)：岩性为花岗岩，该组地层分布于整个矿区范围内，出露于边坡坡面，岩性为中粗粒斑状黑云母花岗岩，属佛冈岩体，呈岩基状，岩性呈灰白~肉红色，主要矿物成分为石英、钾长石、斜长石，次为黑云母，具似斑状花岗结构，块状构造，斑晶主要为钾长石、斜长石。

二、第四纪地层

残坡积层 (Q^{el-dl})：主要分布于矿区山体表部，岩性为含碎石粘性土，黄褐色，稍密，湿，碎石含量约 10~30%，棱角状，粒径一般为 2.0~5.0cm，含少量角砾，厚度约 0.2~0.5m，从坡体向上逐渐变薄或尖灭。

2.2.2 地质构造

清城区位于区域北东向东西向佛冈—丰良构造带与北东向吴川—四会构造带北段(北江断裂)交汇部位，经历了自加里东期以来的多期次构造活动，褶皱发育，断裂构造复杂，主体构造线呈北东和近东西走向。构建了清城区以北北东向麦岗断裂组、北东向龙塘断裂组、近东西向佛冈—丰良构造岩带组成的“三角形”断裂构造格架。

(一) 褶皱构造

按地质特征可分为基底褶皱和盖层褶皱。

1、基底褶皱

基底褶皱分布于清城区以北笔架山林场—大围村一带，主体呈近东西向展布，褶皱往东延伸至西北角入清城区范围。按其组合特征可归为太平坑向斜褶皱带，分布于太平坑—大围村一带，由横坑向斜①、大围背斜②、太平坑复向斜③、半径背斜④、茅叶坪向斜⑤、船坪背斜⑥、大帽山背斜⑦等组成，总体北东 50~55°方向展布。基底褶皱发育于寒武纪地层之中，槽部和翼部地层产状多次重复相向或相背，次级褶皱十分发育，剖面上具有倒扇形特点，转折端波状起伏，为较紧密型复向斜构造。

2、盖层褶皱

盖层褶皱主要分布于长塘-飞来峡一带，根据空间展布规律，划分长埔和飞来峡两个褶皱带。长埔褶皱带位于清城区东侧长埔村-江埗起一带，由下田心向斜⑧、后江圩背斜⑨、石板

向斜⑩、横田背斜⑪、新洲角向斜⑫、岭仔向斜⑬等组成，总体北东 50~70°方向展布。飞来峡褶皱带由峡山顶背斜⑭和坑尾向斜⑮组成，总体北东 45~55°方向展布。

矿区边坡岩体节理裂隙较发育，以剪节理为主。节理面较粗糙，节理裂隙面结合程度一般。主要节理见表 2.2-1。

表 2.2-1 节理裂隙调查统计表

调查点	节理裂隙状态
D2	J1: 177°∠55°, 密度为 2~3 条/m, 闭合, 延伸 1~2m; J2: 290°∠72°, 密度为 3~4 条/m, 闭合, 延伸 2~3m; J3: 220°∠85°, 密度为 3~4 条/m, 闭合, 延伸 >5m;
D3	J1: 95°∠80°, 密度为 1~2 条/m, 闭合, 延伸 >5m; J2: 240°∠55°, 密度为 2~3 条/m, 闭合, 延伸 1~2m; J3: 310°∠78°, 密度为 3~4 条/m, 闭合, 延伸 >5m;
D4	J1: 40°∠65°, 密度为 1~2 条/m, 闭合, 延伸 >5m; J2: 215°∠50°, 密度为 2~3 条/m, 闭合, 延伸 3~4m; J3: 175°∠85°, 密度为 3~4 条/m, 闭合, 延伸 3~4m;
D5	J1: 95°∠60°, 密度为 1~2 条/m, 闭合, 延伸 3~4m; J2: 15°∠80°, 密度为 2~3 条/m, 闭合, 延伸 >5m; J3: 180°∠25°, 密度为 3~4 条/m, 闭合, 延伸 1~2m;
D6	J1: 330°∠80°, 密度为 3~4 条/m, 闭合, 延伸 >5m; J2: 310°∠65°, 密度为 3~4 条/m, 闭合, 延伸 >5m; J3: 150°∠85°, 密度为 1~2 条/m, 闭合, 延伸 >5m;

2.2.3 地震

近百年来，广东历史上最大地震为 1918 年 2 月 13 日南澳 7.3 级地震，这次地震的震中烈度为 X 度，震中深度为 23 千米，极震区为南澳、汕头、诏安，南澳极震区绝大部分房屋倒塌为平地。

而自新中国成立以来对广东影响较大的地震，还有 1962 年广东河源新丰江 6.1 级地震、1969 年广东阳江 6.4 级地震、1994 年台湾海峡 7.3 级地震、1994 年和 1995 年北部湾 6.1 和 6.2 级地震、1999 年台湾中部 7.7 级地震，群众皆有较为强烈的震感。

由于地处东南沿海地震带地震相对活跃的中段，广东及其附近海域每年发生的小型地震多达 1000 次，级数大多在 3 级上下，人只有轻微感觉或者感觉不到，未对人员或房屋造成损害。

区域构造运动主要表现为长期普遍的间歇性上升的地壳运动，抬升幅度自西向东递减，断裂活动均已稳定。根据区域地质资料，近期没有新构造运动迹象。

2.3 水文与工程地质条件

2.3.1 水文地质条件

一、地下水类型

根据矿区的地质岩性、地下水赋存条件与含水介质特征，将矿区地下水类型划分为松散岩类孔隙水和块状岩类裂隙水。

1、松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙水主要赋存于第四系残积和冲积的砂土、砾块层中，上层滞水呈团包状或条带状，直接受大气降水或地表排水下渗补给，水位和含水量不稳定，无规律性，呈季节性，雨季时水量较多，旱季时较少甚至无。

2、块状岩类裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于燕山中晚期第三阶段花岗岩的强—中风化岩带中，主要为风化裂隙水。该类地下水的富水性受裂隙发育程度、岩性、构造等因素所控制，水量具有明显的区段性和不均匀性，总体上其富水性为贫乏，地下水多属承压水。主要接受大气降水的补给，径流方向沿裂隙由高水位向低水位径流，受坡度的影响，径流条件一般，地下水循环较慢，矿化度相对较低。

二、地下水补径排条件

矿区地下水的补给主要为大气降雨，其中松散岩类孔隙水主要受大气降雨补给，局部低洼处也会受到基岩裂隙水的侧向径流补给。基岩裂隙水主要受松散岩类孔隙水的下渗补给，局部出露于地表处也会受到大气降雨直接补给。

矿区地下水的径流主要受地形地貌控制，主要径流方向为由北东至南西。地势总体北高南低，地形坡度 30°~50°，地形条件有利于自然排水。

矿区地下水的排泄总体上由北东侧山坡向南西侧低洼处排泄，少部分以蒸发形式排出。其中松散岩类孔隙水除由北东至南西向区外排泄外，还会下渗补给基岩裂隙水。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），地震动峰值加速度为 0.05g 分区，属区域地壳稳定区，综合上述分析认为矿区区域稳定性好。

2.3.2 工程地质条件

矿区岩土体按其岩性、结构、物理力学性质分为松散土体和燕山三期花岗岩二类。

（一）松散土体

第四系坡残积土（Qdl-cl）

坡残积土（Qdl-cl）：主要分布于矿区山体表面，主要为含碎石粘性土，黄褐色，稍密、湿，碎石含量约 10~30%，棱角状，粒径一般为 2.0~5.0cm，含少量角砾，厚度约 0.2~0.5m，从坡体向上逐渐变薄或尖灭。

（二）燕山中晚期第三阶段（ $\gamma_3^{2'3'}$ ）

全风化花岗岩：灰白色，呈散体状，组织结构大部分破坏，矿物成分显著变化，除石英外，长石、云母、角闪石等其他矿物大部分风化为土状，厚度约 2~3m。

强风化花岗岩：褐黄色，岩石风化强烈，矿物成分由长石、石英、云母组成，局部夹较多碎块状。该层分布广泛，厚度约 2m~5m。

中风化花岗岩：灰白色，原岩组织结构部分破坏，中粗粒结构块状构造，主要矿物为石英、长石、黑云母等。风化节理，裂隙较发育，岩质较硬，厚度约 2m~6m 左右。

微风化花岗岩：该层分部不均匀，灰白色，中粗粒结构，块状构造，主要矿物为石英、长石及黑云母等。岩芯呈短柱~长柱状，较完整，岩质硬。

2.4 施工条件

2.4.1 交通

白石坳石场位于 113 乡道南侧，西侧靠近东广高速，交通运输整体上较为方便。

2.4.2 水源

项目区采矿坑内及矿区外侧河道积蓄有充足水源，可用作施工用水源。

2.4.3 动力

项目区周围无村庄等人口集聚区，因此施工需自备发电机。

2.4.4 材料

项目区施工所需材料可直接由清远市采购。

2.4.5 场地

项目区施工集中在场地内部，周边范围无村庄等人口集聚区，亦无自然保护区、集中水源地等敏感点，施工场地相对简单，不易受外界影响亦无影响周围居民，但仍需注意施工期间环境影响等。

2.5 矿区土壤

矿区属丘陵地貌，矿区土壤为花岗岩母岩风化的残积物，植被为热带和亚热带植物，灌木丛生。表土层厚度多在 1m 左右，呈黄色和棕黄色，受侵蚀影响，土壤养分含量不高。矿区出露的第四纪地层为残坡积层，分布于矿区山坡、沟谷低洼地带。矿坑大部分基岩裸露，局部为废弃石堆，需要清理、覆土才可以种植。

3 矿区地质环境问题

3.1 矿区地质环境现状

该矿区的生态环境受到了较为严重的破坏，经现场调查，地质环境问题主要有以下三类：

- (1) 地质灾害，主要为崩塌；
- (2) 地形地貌景观破坏，主要为挖损造成地形地貌景观破坏；
- (3) 土地资源破坏，主要为挖损造成土地资源破坏。

3.1.1 矿区现状基本特征

根据矿区所处地理位置，将矿区划分为东西两个区域，西区较为平缓区，东区北东侧

为平缓区其余区域较为高陡区。



图片 3-1 矿区分布图

西区为平缓区，高差较小以弃渣堆填形成的填方边坡为主，类似的东区南西角也有堆填弃渣，堆填高度约 20~30m，填土结构组成主要为碎块石，填筑结构松散，填方边坡填筑坡度普遍在 0~20°左右，坡脚无拦挡支护措施，在降雨等不利因素影响下易发生小规模土质滑坡。西区整体较为平整，裸露区面积相对东矿区较小，且局部坡面已自然复绿，堆土区普遍无植被覆盖。



照片 3.1.1-1 西区渣土堆填现状

由于不合理的深挖开采，东区遗留多处高陡边坡，较为典型的譬如矿区内深挖形成的矿坑，矿坑内大量积水，矿坑较深，初步估算矿坑深度大于 5~10m，具有一定安全隐患。矿坑四面岩壁陡峭，近乎直立，局部存在临空倒坡现象，导致这种现象的原因，除人为开挖影响以外，边坡岩体的稳定性还受地质构造的控制，根据矿坑四周边坡岩体结构，考虑结构面的组合形态、岩性、变形破坏方式，矿区边坡可能出现的不良地质现象主要为破碎岩体沿软弱结构面下滑、楔形体崩塌和坠石等。

矿坑边坡长约 1030m，坡高约 10~60m，边坡坡度呈下陡上缓状，下部陡坡区域坡度普遍在 60~80°，局部近乎直立，临近水塘位置，坡体受水位涨落及自身岩体结构面等因素，临近水平面区域坡体多处存在倒坡现象，矿坑四壁出露岩体为强-中风化花岗岩，岩体节理裂隙较发育，岩体较为破碎，根据区域地质资料可知，东矿区内不存在区域地质构造及断层，矿区以剪节理为主，使得坡面出现较多破碎岩体。



照片 3.1.1-2 东区边坡现状

东区边坡呈条带状，整个人工边坡长约 1215m，高约 40.0~105.0m，坡度约 35~60°。现状人工边坡出露强-中等风化花岗岩。已开挖区域坡度 30°~70°。区内不存在区域地质构造及断层。然而该段边坡坡面出现较多剪节理，使得坡面出现较多破碎岩体。主要测得的三组节理面，具体如下：J1：260°∠35°，密度为 2~3 条/m，闭合，延伸 3~4m；J2：300°∠60°，密度为 <1 条/m，闭合，延伸 >5m；J3：80°∠75°，密度为 <1 条/m，闭合，延伸 >5m。

根据现场调查及边坡赤平投影图分析（图 3.1.1-1）可知，节理面两两相交，均与边坡面呈小角度相交，对边坡影响较大，易破坏。

综上所述：该段人工边坡整体完整性较好，由于开挖原因，局部区域节理切割坡体，易破坏。该段边坡存在局部崩塌地质灾害隐患。

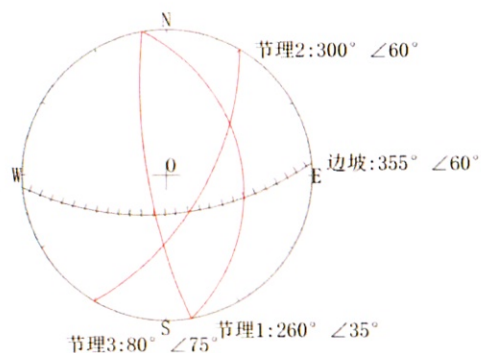


图 3.1.1-1 节理面赤平投影图

3.1.2 地形地貌景观破坏

本矿区开采方式为露天开采。经多年开采，对原始地貌造成了严重的破坏，主要表现为原地面标高的降低及植被的破坏，现矿区内部形成了凹陷采坑，其坡顶坡面较裸露，坑底形成坑塘水面（图 3.1.2-1）。矿区南侧有一条开采道路进入到矿区，对地形地貌景观破坏严重，影响较大。



图 3.1.2-1 地形地貌景观破坏

3.1.3 压占和土地资源破坏

该矿区在开采过程中，挖山取石将原有的林地破坏，将原有土壤和植被破坏，开采道路及弃石（土、渣）堆放占压土地（照片 3.1.3-1），破坏植被，大部分区域未及时复垦复绿，引起水土流失及土地形状改变，土体被剥离、扰动，土壤可蚀性相应增加，抗侵蚀能力降低，地形切割加剧，从而导致土壤侵蚀程度加大，水土流失增加；同时开挖形成的边坡，会形成水土流失。松散土体在水流作用下，沿区内沟谷漫流，土地无法有效利用，植被生长更为困难。矿区内水土流失区域主要集中于北矿区，废石压占南北矿区均有涉及。矿区内的历史开挖，不仅破坏了原始的地形地貌，同时也破坏了矿区内的土地资源。



照片 3.1.3-1 矿区水土流失现状

3.1.4 地下含水层破坏

矿区历史开挖方式为台阶开拓，该开挖方式必然会对山体地貌进行大规模改变和搬运。导致赋存于全风化层中的风化网状裂隙水以及中微风化等层的节理裂隙水水力循环改变，水体直接沿坡面流出或疏干，造成该含水层水源的枯竭和破坏。

3.1.5 土地资源占用及损毁

对土地资源的破坏主要体现在两方面，一是矿区历史开挖对原始植被的破坏及土壤的剥离，形成了高陡的不稳定边坡，导致了原有林地的破坏和减少；二是历史开挖形成的矿渣、尾矿等对原始地表的侵占，大多堆积在坡上，破坏的基本上也是原有林地的面积；三是历史开挖后，在山坡大量堆积废土、废石，随着雨水和坡面径流的冲击，淤积在地势低洼处，侵占了下游一些土地资源。

4 生态修复方案

4.1 设计原则

1. 尊重科学，顺应自然，保护自然。尊重生态系统演替规律，自然恢复与人工修复相结合，人工修复为自然恢复创造条件，最大限度发挥自然修复能力，避免过度工程治理。

2. 整体保护，系统修复，综合治理。生态修复应统筹考虑矿区所处区域生态功能以及各生态要素相互依存、相互影响、相互制约等特点，统筹兼顾，系统设计，逐步修复受损生态功能。

3. 因地制宜，分类施策，兴利除弊。统筹考虑历史遗留矿区生态问题的多样性、复杂性、多因性和地域性特征，充分发挥国土空间规划引领作用，依据规划确定的土地用途，宜林则林、宜耕则耕、宜水则水、宜建则建、宜草则草。

4. 经济合理，技术可行，注重成效。按照财力可能、技术可行的原则，合理确定生态修复方向、方式和措施，提高投入产出效率，最大限度发挥历史遗留矿区修复后的长期效益。

4.2 设计依据

1. 《矿山生态修复技术规范第1部分：通则》（TDT1070.1-2022）；
2. 《矿山生态修复技术规范第4部分：建材矿山》（TDT1070.4-2022）；
3. 《裸露坡面植被恢复技术规范》（GB/T38360~2019）；
4. 《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）；
5. 《水土保持综合治理技术规范》（GB/T16453.1~4-2008）；
6. 《开发建设项目水土保持技术规范》（GB50433-2008）；

7. 《开发建设项目水土流失防治标准》（GB50434-2008）；
8. 《室外排水设计规范》（GB50014-2006）；
9. 《灌溉与排水工程设计规范》（GB50288-99）；
10. 《砌体结构设计规范》（GB50003-2011）；
11. 《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）；
12. 《造林技术规程》（GB/T15776-2016）；
13. 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
14. 《开发建设项目水土保持方案技术规范》（GB50433-2008）；
15. 《渠道防渗工程技术规范》（SL18-2004）；
16. 《水工混凝土结构设计规范》（SL191-2008）；
17. 《土地开发整理标准》（TD/T1011~1013-2000）；
18. 《矿山地质环境调查评价规范》（DD2014-05）中国地质调查局，2014.7；
19. 《地质灾害生物治理工程设计规范（试行）》（T/CAGHP050——2018）中国地质灾害防治工业协会，2018.10；
20. 《山水林田湖草生态保护修复工程指南（试行）》自然资源部、财政部、生态环境部，2020.8；
21. 《广东省矿山地质环境详细调查技术指南》广东省国土资源厅，2017.4；
22. 《广东省地质灾害治理工程生态修复指引（试行）2020》；
23. 《广东省矿山地质环境保护与土地复垦方案编制指南（试行）》广东省地质灾害防治协会，2018.1；
24. 《广东省被毁林地恢复植被、补种树木标准和验收办法》（2021年）；
25. 《广东省矿山生态修复技术指南（试行）》广东省地质环境监测总站，2021.10；
26. 《广东省暴雨径流查算图表及使用手册》（1991年版）；
27. 《水土保持综合治理规划通则》（GB/T15772-1995）
28. 《土地复垦方案编制规程》（TD/T1031-2011）；
29. 《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》（中华人民共和国国土资源部，2011年8月31日实施）；
30. 《土地复垦质量控制标准》（中华人民共和国国土资源部，2013年2月1日）；
31. 《广东省林业局关于恢复植被和林业生产条件、树木补种标准有关问题的通知》（粤林规[2021]3号）；

32、《自然资源部办公厅关于严守土石料利用政策底线进一步完善矿山生态修复激励措施的通知》（自然资办发[2024]39号）；

33、《清远市历史遗留矿山生态修复工作指引》（清自然资修复发〔2024〕1号）；

34、《清远市矿产资源总体规划（2021-2025年）》（清府办函〔2022〕192号）。

35、《广东省自然资源厅关于进一步规范工程建设项目涉砂石土处置工作的通知》（粤自然资函〔2023〕492号）；

36、《广东省自然资源厅关于进一步规范工程建设项目涉砂石土处置工作的补充通知》（粤自然资矿管〔2024〕502号）等通知；

4.3 总体思路

综合考虑治理区自然条件、地形地貌条件、生态环境问题及其危害程度，以及周边资源环境承载力等要素，坚持山水林田湖草沙一体化保护修复理念，坚持“保护为先、生态为重、创新为魂、民生为本”理念，遵循“宜林则林，宜工则工，宜耕则耕，宜水则水，把资金用到实处，用到需要处”原则。

根据地形地貌、岩土体性质、植被生长等条件，综合考虑安全性、经济性、可行性等原则，对矿区制定合理的自然生态恢复实施方案，从而达到历史遗留矿区地质环境恢复的目的。

4.4 目标任务

总体目标：通过本方案的编制和实施，可有效减少历史遗留矿区边坡存在的地质灾害隐患，达到历史遗留矿区边坡的安全稳定，防止水土流失，在此基础上逐步恢复和重建历史遗留矿区生态环境系统，美化自然景观，达到与周边环境相协调，并实现废弃矿地的永续利用。

主要任务：

1、根据历史遗留矿区地质环境条件及交通位置条件，分类分区进行，既要全面治理也要重点治理，不仅要尽量减少区内地质灾害隐患，也要实现区内自然生态环境基本恢复。

2、历史遗留矿区地质环境治理，要求采取因地制宜，切合实际，经济合理原则制定历

史遗留矿区地质环境治理方案。

4.5 修复方式及方向

根据对该历史遗留矿区的地质环境综合调查结果，结合其他地区成功的治理经验，本次生态修复依托历史遗留矿区现有地形进行设计，针对高陡挖方边坡采取喷播植草进行复绿，针对平缓及缓坡裸露区域采取清理地表废渣后以覆土种植乔木为主，草本植物为辅的思路进行地形地貌景观重建，针对现状植被覆盖率较高的区域保持原状，增施肥料。由于本次修复面积大，地形变化大，施工过程中如遇与设计不符的情况，可根据现场实际情况进行适当调整。

4.6 修复范围及分区

因采矿活动形成多处裸露区域，根据现场详细调查情况，按照地质环境条件和问题以及治理措施等，包含了5个历史遗留矿区图斑，图斑范围情况详见表4.6-1；

表 4.6-1 各治理分区与图斑分布情况统计表

	I 区	II 区	合计（公顷）
投影面积（公顷）	2.5962	12.4011	14.9973
施工表面积（公顷）	3.8075	14.2139	18.0214

5 修复工程设计

5.1 设计总体思路

历史遗留矿区地质环境问题主要体现为地形地貌景观破坏和压占和土地资源破坏等，本次生态修复依托历史遗留矿区现有地形进行设计，针对不稳定弃渣堆场区域，在放坡清渣完成后进行覆土种植乔木进行绿化，针对高陡挖方边坡采取喷播植草进行复绿，针对平缓及缓坡区域采取清理地表废渣后以种植乔木为主，草本植物为辅的思路进行地形地貌景观重建，对于局部水土流失严重区域设置挡土墙防护。同时由于矿区内水土流失严重，因此，截排水措施必不可少，依据矿区内地形，进行明挖沟渠，确保矿区内地表水合理排放。

5.1.1 I 区域修复设计

5.1.1.1 高陡挖方边坡

由于历史遗留矿区开挖，形成了矿区四周高陡挖方边坡，对边坡进行适当修整，采取厚层基材喷播绿化技术进行复绿，喷播完成后覆盖无纺布，浇水进行养护，对于坡度大于65°以上的边坡，难以达到复绿效果的，沿坡脚按间距0.5m种植野葛藤爬藤进行复绿，野葛藤为长度（30-50cm）×冠幅（20cm）的营养袋苗。

5.1.1.2 平缓及缓坡区域

历史遗留矿区平缓及缓坡区域复绿过程中应先将杂物清理，在平台外沿设置植生袋挡土，内部覆土，穴植乔木，并撒播草籽进行复绿：所有平缓及缓坡区域均覆土0.3m，按照2×2m开挖种植穴，穴植乔木为荷木及阴香幼苗（乔木树苗规格为苗高0.3-0.4m，冠幅15-20cm），并撒播草籽，草籽品种选用大叶油草及山毛豆。

5.1.1.3 挡土墙

由于东矿区北侧路堑区水土流失严重，形成的泥沙易冲入道路，为减少水土流失，需在东矿区北侧路堑处设置挡土墙，本次设计沿坡脚建设挡墙墙高2.0m（含基础0.5m）。

5.1.1.4 排水沟

由于东矿区北侧路堑区水土流失严重，降雨情况下形成一定汇水，地表水冲刷形成的泥沙易冲入道路，为减少水土流失，确保地表水应及时排出，需在东矿区北侧路堑处设置排水沟，拟沿矿区道路内侧布设排水沟，排水沟结构为素混凝土，内空尺寸为0.4m*0.4m（矩形水沟），壁厚0.2m。

5.1.2 II 区域修复设计

5.1.2.1 草地自然复绿区

投影面积0.2447公顷，施工面积0.2842公顷，地块内部植被较发育，覆盖率较高，拟保持原状，增施有机肥。

5.1.2.2 原有林地覆土绿化区

投影面积3.3170公顷，施工面积3.4731公顷。地块内部生长着源潭镇及周边村民种植的马尾松幼苗。土地较平整，但实地表土裸露，水土流失严重，树苗种植密度不足。根据《广东省林业局关于恢复植被和林业生产条件、树木补种标准有关问题的通知》（粤林规

（2021）3号），计划对该区域全地表重新覆土后，施撒草籽和增施有机肥，加盖绿网保水遮阳及防冲刷，针对原有林密度不足区域，按照166株/亩标准值一半（83株/亩）补种盆架子、阴香。

5.1.2.3 林地平整覆土绿化区

投影面积5.4881公顷，施工面积5.9907公顷。矿区开挖将开采范围内的表土剥离，地表开挖破坏耕植层，弃石土渣堆放占压土地，破坏植被；大部分区域未及时复垦复绿，引起水土流失及土地形状改变，压占和破坏土地资源严重，土地无法有效利用，植被生长困难。针对区域内种植土层厚度薄，土壤贫瘠，沟壑碎石裸露区域，按现有地形平整土地，挖高填低，平整完毕后进行覆土绿化，种植树苗、施撒草籽，加盖绿网保水遮阳及防冲刷，达到恢复土地利用的目的。

5.1.2.4 边坡挂网喷播区

投影面积2.1838公顷，施工面积2.8169公顷。对项目区范围内土质边坡进行修整，修坡后土质边坡坡角不大于45°。修整后坡面采用挂网喷播植草绿化，加盖绿网保水遮阳及防冲刷。高陡边坡坡面陡峭，土壤贫瘠，相比于单纯种植爬藤植物绿化方式，采用挂网喷播植草绿化速度快，效果好，可以较快满足复垦验收要求。

5.1.2.5 平台灌草绿化区

投影面积1.1675公顷，施工面积1.6490公顷。该区域主要为岩质陡坡，石块裸露，地表无土壤覆盖，作物生长困难，因此拟对岩质坡面采用人工+机械方式修整，坡面修整完毕在放坡平台上覆土后撒播草籽，加盖绿网保水遮阳及防冲刷。沿着边坡外侧和坡脚处堆置双层植生袋充当挡土墙，防止内侧新覆土壤受到雨水冲刷流失，植生袋上混合栽种爬藤植物和灌木，利用爬藤植物生长特性，覆盖岩质边坡裸露区域。

5.1.2.6 排水沟

在水土流失较严重区域根据地形设置排水沟，最终将水向矿坑的坑塘排出，其他区域地表水自然散排，排水沟结构为素混凝土，I型排水沟内空尺寸为0.4m*0.4m（矩形水沟），II型排水沟内空尺寸为0.8m*0.8m（矩形水沟），壁厚均为0.2m，排水沟出口应与周边排水设施的有效连接，汇流处预留3.4m*3.4m沉砂池，沉砂池内空3.0m*3.0m，深1.5m，池壁厚0.2m。

5.2 施工顺序

喷播复绿施工顺序：坡面清理→铺设铁丝网→锚件施工并固定铁丝网→培养基配置和喷射→覆盖无纺布→养护管理。

种植绿化施工顺序：碎石、浮土清理→杂草清理→覆土→开挖种植穴→种植乔木、撒播草籽→养护管理。

5.3 技术要求

5.3.1 场地平整及修坡

(1) 拆除并清理林地平整覆土绿化区两座混凝土建筑物、铁皮棚、地磅和水泥路面。

(2) 修坡时采用人工或机械方法施工，不得因施工影响后壁和两侧岩土体的稳定性；严禁出现反坡、抗槽；坡面危石、松石、浮石必须清除干净，使坡面要稳定平顺。

(3) 土石方开挖按下列顺序进行：

对边坡下坡坡时，在保证按设计要求的坡顶线及坡度的基础上尽量减少土方的开挖。土方的开挖顺序为从上至下，分区分段进行。形成坡度后应结合人工清坡，清除坡面凹凸不平土层、要求坡面尽量平整。回填土区应夯实方可进行下一步施工。

(4) 土方开挖从上至下分层逐段进行，随时将坡面作成一定坡度，禁止一次开挖到底。机械开挖宜预留 20~50cm 保护层，人工开挖至设计位置。

(5) 禁止在不利于边坡稳定的区域内临时弃土、停放设备等加载活动。禁止在暴雨和保水状态下施工作业。

(6) 施工时根据本设计，结合实际地形进行测量放线，在坡度变化处设控制点。土石方开挖前，应对坡顶及坡脚控制点坐标及高程进行复核，如与设计不符，应及时通知设计单位进行调整。

(7) 土方开挖过程中出现异常变形迹象时应立即暂停施工并及时反馈信息，通知有关单位及时处理。

5.3.2 厚层基材喷播

5.3.2.1 施工工艺

在充分进行治理区周边生态环境的调查后，依据边坡实际情况：设计坡面主要采用厚层基材喷播复绿施工工艺进行植被重建。植被类型短期以草本为主，以固土和抗冲刷；后期以灌木和野生植物为主，以逐步与周围环境相融合。厚层基材必须在刷坡、平整、保证边坡稳定的基础上才能实施；施工时，通过对削坡后形成的坡面进行表面平整、挂网、覆土、喷射含植物种子的混合基材、遮荫网覆盖、前期养护等工序实现边坡复绿。

(1) 工艺流程

工艺主要包括清坡、放样、锚钉成孔、安装、挂网、潮润坡面、喷射基材、喷灌系统安装、植被种植、交验前养护管理等，其工艺流程见详图 5.3.2-1。

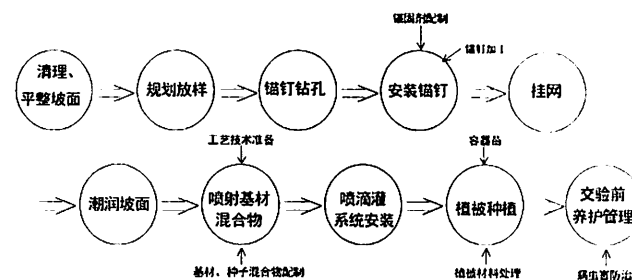


图 5.3.2-1 单层网+厚层基材喷播工艺流程

(2) 主要施工工艺及技术措施

① 固网短锚钉制作、安装

在坡面清理、平整完成后，按设计规划进行放样，挂网短锚钉采用 C14 钢筋制作，钢筋拟采用“L”形，长 230~480mm，其中锚钉露出坡面长度为 8cm，入岩长度 150~400mm，按设计布置锚钉孔位，锚钉间距为 500×500mm，用电钻或风钻凿孔，钻孔方向与坡面垂直，孔径为 30mm，钻孔深度超深 2cm，孔深 170~420mm。成孔后，用注浆机将 7.5# 的水泥砂浆注入孔内，再将锚钉插入孔中，使锚钉与水泥砂浆紧密结合。锚钉安装时，应长短交错。

② 包塑镀锌铁丝网铺设和加固

在固网短锚钉制作、安装固定之后方可进行包塑镀锌铁丝网铺设。为防锈和延长网的使用寿命，特采用 14#PVC 包塑镀锌铁丝网，其中铁丝丝径≥2mm，网孔尺寸为 5cm×5cm。铺设时网应当拉紧，网间搭接长度不小于 10cm，并每隔 30cm 用 18# 镀锌铁丝绑扎，网与

坡面的间隙不小于 6cm。坡顶延伸 100cm，开沟并用 C14，长度大于 50cm（松散层、风化层厚度较大时，加大锚钉长度，确保坡顶铁丝网稳固）的桩钉固定后回填，顶部锚钉分布位置为 2m×2m 的 4 个角上各 1 个。坡顶固定后，挂网自上而下铺设，注意坡顶网材延长 100cm，采用 C14 锚钉加固后将网材覆土下压。

对局部不平顺坡面应增加锚钉密度，以保证铁丝网贴附坡面；对边坡上部岩石风化程度较高的坡面，应增长锚钉，以保证铁丝网与坡面牢固结合。

包塑镀锌铁丝网（单层）的铺设和加固见图 5.3.2-2、包塑镀锌铁丝网挂网+厚层基材喷播剖面示意图 5.3.2-3。

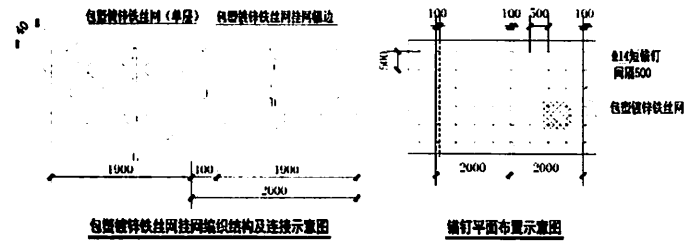


图 5.3.2-2 包塑镀锌铁丝网（单层）的铺设和加固

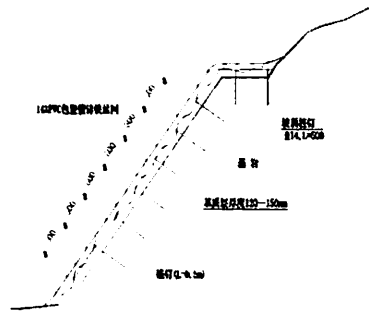


图 5.3.2-3 包塑镀锌铁丝网挂网+厚层基材喷播剖面示意

③厚层基材喷播

A、拌和基材混合物

上述安装程序完成后，经检验合格后方可进行厚层基材的喷播施工，混合材料的配比（重量比）见表 5.3.2-1，基质理化技术指标见表 5.3.2-2。

表 5.3.2-1 边坡喷播用基质原材料配合比

材料名称	壤土	泥炭土	草纤维	谷壳	蛭石	有机肥	复合肥	磷肥	保水剂	粘合剂	微生物
材料用量	100 kg	16 kg	5 kg	5 kg	3 kg	20 kg	30g	50g	35g	35g	100g

注：施工时可根据现场情况和施工经验在粘合剂等用量上作适当调整。

表 5.3.2-2 基质理化技术指标

类别	检测项目	单位	方法依据	基准范围
物理性能	基材平均厚度	cm	坡面随机取 20 点	>12
	基质平均硬度	硬度指数	山中式硬度计	10~22
	容重	g/cm ³	《土壤农化分析》	0.8~1.2
	龟裂宽	cm		<0.5
	基质侵蚀面积	%		无沟蚀
化学性能	有机质	g/kg	LY/T1237-1999	>40.0
	全氮	g/kg	LY/T1228-1999	>2.5
	全磷	g/kg	LY/T1232-1999	>1.0
	全钾	g/kg	LY/T1234-1999	>20.0
	速氮	mg/kg	LY/T1229-1999	>150
	速磷	mg/kg	LY/T1233-1999	>100
	速钾	mg/kg	LY/T1236-1999	>250
	pH		LY/T1239-1999	5.5~7.5
	电导率(EC)	mS/cm	《土壤农化分析》	0.2~3.0
	阳离子交换量(CEC)	cmol/kg	《土壤农化分析》	>12.0
备注	检测结果（除基质层平均厚度外）以风干样计。			

B、进料

采用人工进料的方式。共两次喷播。第一次喷播进料为基材混合物（不含种子），将晒干的泥炭土、腐殖土（过筛）和木（草）纤维、保水剂及缓释复合肥、粘合剂等绿化基材按设计比例依次倒入混凝土搅拌机料中搅拌，用搅拌机搅和均匀，搅拌时间不少于 1min。要求绿化基质材料配合要达到良好的多孔性、渗透性、吸水性、保水性、保肥性、抗冲刷性和长效性。将拌和均匀的基材混合物与适量的水倒入喷射机进行喷射。

第二次喷播进料为基材混合物+含种子将晒干的泥炭土、腐殖土（过筛）和木（草）纤维、保水剂及缓释复合肥、粘合剂等绿化基材和植物种子按设计比例依次倒入混凝土搅拌机料中搅拌，用搅拌机搅和均匀，搅拌时间不少于 1min。要求绿化基质材料配合要达到良好的多孔性、渗透性、吸水性、保水性、保肥性、抗冲刷性和长效性。将拌和均匀的基材混合物与适量的水倒入喷射机进行喷射。

C、喷射

尽可能从正面进行，避免仰喷，凹凸部及死角部分要充分注意。基材混合物的喷射分二次进行，第一次喷射不含种子的基材混合物，用喷射机械将混合材料加水及 PH 缓冲剂

等，大压力、大比重喷射至岩石面上，以保证铁丝网与岩层间不留空隙并与坡面充分接触，喷播基质层厚度平均不小于 120mm。第二次喷射含种子的基材混合物，喷附到第一次喷附固结的混合材料上，厚度为 20mm。对喷射范围作标志线，计算出喷射区的面积，根据材料配比计算出所需基材混合物的总量。喷射按自左至右、从上到下的顺序进行，确保无任何漏喷。

在坡面上喷播基质层厚度平均为 120mm 以上。鼓励基质层能做得厚的地方尽量厚一点，这样植物生长好，更能应对坡面缺水 and 高温干旱，以后养护管理上也能节省投入。

D、客土喷播植物种子选择：

a、植物种类的选型原则

- ①冷季型草和暖季型草结合（适应冬夏气候）；
- ②豆科和非豆科结合（豆科根瘤菌固氮）；
- ③草本和木本结合（固土和抗旱能力不同）；
- ④落叶植物和常绿植物结合（冬季不全枯黄）；
- ⑤乔、灌、草、花结合（立体多层次绿化）；
- ⑥深根与浅根植物结合；
- ⑦植物搭配的多样性原则；
- ⑧普通树种和色叶树种的搭配；
- ⑨外来种与乡土种的恰当组合；

喷播用种子配合比（种子掺入基质材料中搅拌混合后喷入坡面）按表 5.3.2-3。

表 5.3.2-3 喷播植物种子名称及配比

序号	植物名称	用量 (g/m ²)	备注	序号	植物名称	用量 (g/m ²)	备注
1	紫穗槐	1.5	灌木，合计 20.5g/m ²	11	狗牙根	3	草本植物， 合计 14.5g/m ² 。 高羊茅为矮 生耐旱型
2	盐肤木	3		12	紫花苜蓿	3.5	
3	美丽胡枝子	3		13	高羊茅	5	
4	构树	3		14	白三叶	1.5	
5	多花木兰	1		15	野菊花	1.5	
6	伞房决明	1		16	刺槐	1	乔木，合计 4g/m ²
7	小腊	1		17	奥梧	0.5	
8	荆条	0.5		18	女贞	1.5	
9	马棘	3		19	合欢	1	
10	火棘	2.5					
				合计		39	

注：在满足植物种类选择原则的条件下，可根据施工时间进行适时调整品种、用量。喷播前应做种子发芽试验，发芽率达 90% 以上方可使用，对难发芽的植被种子使用前应作催芽处理。

5.3.2.2 养护

（1）前期养护：用喷灌养护均匀地湿润坡面，养护时间不少于 60d。

“边坡复绿”无论是施工还是养护与平地上的园林绿化以及土山上的林木种植存有很大不同，因此养护管理工作至关重要。养护包括喷灌、施肥、病虫害防治、基质修补、补喷、间苗等工作。

（2）在喷播完草种后应立即用遮阳网覆盖坡面。无纺布搭接长度不小于 10cm，坡顶和坡底预留长度不少于 30cm，并用 8cm 长的“T”型竹钉钉入坡面固定牢实，坡顶和搭接处竹钉间距 50cm，坡面其余部分竹钉间距 100cm，呈品字型分布。坡顶和坡脚用细土将无纺布压实，防止无纺布被风刮走，确保草种发芽前不被雨水冲刷，并有利于种子发芽期间土壤湿度的保持。在养护管理上，前期（即发芽率为 30% 以前）养护重在浇水，一般晴天每 1~2 天喷一次。

（3）本项目边坡高陡，为了使坡面的绿化能更好地成长，需在边坡上安装喷灌系统，水源就近从水塘中用水泵抽水。

（4）对坡面上或边界上已保留生长着的零星原有植物，因其历经多年在没有人工养护的条件下存活下来，极为珍贵，施工过程中应严加保护，尽量不要损坏，还要设法促进其生长。对坡面这些遗存植物应加土、施肥、浇水，促进其长高长大。

5.3.2.3 喷灌系统

喷播完成后，对坡面设置喷灌系统对喷播区域进行喷水养护，养护水泵为 1 台离心泵（规格：扬程不小于 100m，流量 12m³/h），养护水泵可取自来水，坡顶区域配套 1 个 PT10000 型蓄水桶（直径 2210mm，垂高 2460，容积 10t），用于后期积蓄水。

喷灌系统采用 PP-R 冷水管，横向主（总）管铺设在边坡坡顶，主（总）管为 DN50，纵向次管为 DN25，间距 5m，管长 2.5m 计。

5.3.3 I 区种植绿化区

复绿乔木选用荷木和阴香混交种植，撒播草籽选用大叶油草及山毛豆；在岩坡平台台阶混合种植爬藤植物和撒播草籽，爬藤植物选用野葛藤长度（30-50cm）×冠幅（20cm）的

营养袋苗。

(1) 种植区域在覆土前，应将场地平整，杂草清理干净。

(2) 由于项目区覆土区域表层土壤已基本流失，植物生长条件差，在绿化之前要在表面回填种植土 30cm，表土主要来源由施工单位自行外购，将适合于种植的种植土拉至项目区，铺于平台上，并分层压实。

(3) 乔木种植穴呈梅花形按照 2m×2m 间距开挖，种植穴规格 0.4m×0.4m×0.3m，种植穴内回填营养土 0.15m。

(4) 乔木按照种植穴位置进行栽种，一穴一株，乔木选种荷木及阴香，乔木树苗规格为苗高 0.3-0.4m，冠幅 15-20cm，根系完整、苗木健壮、顶芽饱满、无病虫害，栽植密度 166 株/每亩。

(5) 草籽采取人工撒播，草籽种类选用大叶油草及山毛豆，植草后需及时覆盖绿网防冲刷（要求单位面积质量 11~15g/m²）并及时洒水养护，直至长势良好。

(6) 爬藤植物采用苗长 1~1.5m 的营养袋苗，在坡脚密植一排，株距 0.5m，每穴施放复合肥 100g/株。

(7) 乔木一穴一株，每穴施放复合肥 250g/株，基肥厚度 0.15m，再覆土回填至地表。

(8) 草籽应选精选、去杂，播种前将种籽用温水浸泡 8 小时，并拌粗砂用手挫伤种皮，然后放入 0.5%的高锰酸钾消毒液中消毒 8 小时，以促进种籽发芽，防止病虫害。播撒前掺入 5 倍的潮湿砂土及腐熟的鸡牛粪拌和。经覆土整治后，用人工撒播，每天浇水 1~2 次。

(9) 穴抚（追肥）：根据植物成长需要，追施有机肥，建议施肥 1 次，撒播草籽区域每次用量为 0.15kg/m²，乔木每次用量为 0.3~0.5kg/株。绿化草籽混合物中需加入如下的材料：草种、有机复合肥（N、P、K）、土壤改良剂、纤维（或纸浆）、着色剂、保水剂、粘合剂、水等。粘合剂用量不宜过多，否则影响种子发芽，根据边坡缓、陡情况而定，一般缓边坡用量较少。

(10) 抚育：根据植物成长需要，派专人专业管理和抚育。

(11) 绿化养护时间按 36 个月计，成活率不小于 85%，养护设施由建设单位另行委托设计。养护分前中后期养护，前期养护 60 天，以喷灌水为主，经常保持土壤湿润，以促进种子发芽和快速生长覆盖；中期靠自然雨水养护，若遇旱，每月喷 1~2 次水；后期养护每月喷水 2 次，并追施氮肥，促苗转青。发现病虫害时应及时喷药，防止蔓延。

(12) 根据土地适宜性评价，土地复垦后，在宜耕区域，进行土壤改良，以恢复和提高土壤质量。本项目主要采用施肥改良的方法，提高复垦土地的生产力。在进行土地平整后，需在复垦地块内部撒播有机质含量大于或等于 45%的有机复合肥，既能对覆土起到培肥作用，也可以改良耕作层的团粒结构和通透性，有利于植物的生长，有机复合肥撒播量为 150kg/亩。

5.3.4 II 区种植绿化区

参照《土地复垦质量控制标准》（TD/T1036-2013）、《高标准基本农田建设标准》（TD/T1033-2012）等有关规定，结合项目区复垦方向，制定如下复垦标准：

表 5.3.3.1 东南沿海山地丘陵区土地复垦质量控制标准

林地	其他林地	土壤质量	有效土层厚度/cm	>20
			土壤容重/(g/cm ³)	<1.5
			土壤质地	砂土至壤质粘土
			砾石含量/%	<25
			pH 值	5.0-8.0
			有机质/%	>1
		配套设施	道路	达到当地本行业工程建设标准要求
		生产力水平	定植密度/(株/hm ²)	满足《造林作业设计规程》(LY/T 1607)要求
			郁闭度	>0.30
草地	其他草地	土壤质量	有效土层厚度/cm	>20
			土壤容重/(g/cm ³)	<1.45
			土壤质地	砂土至壤质粘土
			砾石含量/%	<15
			pH 值	5.0-8.0
			有机质/%	>1
		配套设施	灌溉	达到当地各行业工程建设标准要求

			道路	
		生产力水平	覆盖率/%	≥50
			产量/(kg/hm ²)	三年后达到周边地区同等土地利用类型水平

复绿乔木选用盆架子和阴香混交种植，撒播草籽选用大叶油草及山毛豆；在岩坡平台台阶混合种植爬灌植物和撒播草籽，爬藤植物选用野葛藤，灌木选用山毛豆。

(1) 由于项目区覆土区域表层土壤已基本流失，植物生长条件差，在绿化之前要在表面回填种植土，除挂网喷播区域外均进行覆土 60cm 厚表土，表土主要来源由施工单位自行外购，将适合于种植的种植土拉至项目区，铺于平台上，并分层压实。

(2) 乔木采用胸径 7~8cm、苗高 3~4m，冠幅 1~2m 的地苗，根系完整、苗木健壮、顶芽饱满、无病虫害，栽植密度 166 株/亩，每穴施放复合肥 250g/株；采用坑种方式，打穴规格为 40*40*30cm，种植株距 2m*2m，栽植时要确保树苗直立，填土缓填，不要伤根，发现因苗木质量问题未能成活时，应及时补种。

(3) 灌木采用苗高 0.4~0.7m 高的营养袋苗，根系完整、苗木健壮、顶芽饱满、无病虫害，每穴施放复合肥 150g/株，种植株距 0.4m。

(4) 爬藤植物采用苗长 1~1.5m 的营养袋苗，在坡脚密植一排，株距 0.4m，每穴施放复合肥 100g/株。

(5) 撒播草籽：采用人工撒播草籽，播种密度为草籽 40g/m²，植草后需及时覆盖绿网防冲刷（要求单位面积质量 11~15g/m²）并及时洒水养护，直至长势良好。

(6) 穴抚（追肥）：根据植物成长需要，追施有机肥，建议施肥 1 次，撒播草籽区域每次用量为 0.15kg/m²，乔木每次用量为 0.3~0.5kg/株。绿化草籽混合物中需加入如下的材料：草种、有机复合肥（N、P、K）、土壤改良剂、纤维（或纸浆）、着色剂、保水剂、粘合剂、水等。粘合剂用量不宜过多，否则影响种子发芽，根据边坡缓、陡情况而定，一般缓边坡用量较少。

(7) 抚育：根据植物成长需要，派专人专业管理和抚育。

(8) 绿化养护时间按 36 个月计，成活率不小于 85%，养护设施由建设单位另行委托设计。养护分前中后期养护，前期养护 60 天，以喷灌水为主，经常保持土壤湿润，以促进种子发芽和快速生长覆盖；中期靠自然雨水养护，若遇旱，每月喷 1~2 次水；后期养护每月喷水 2 次，并追施氮肥，促苗转青。发现病虫害时应及时喷药，防止蔓延。

(9) 根据土地适宜性评价，土地复垦后，在宜耕区域，进行土壤改良，以恢复和提高土壤质量。本项目主要采用施肥改良的方法，提高复垦土地的生产力。在进行土地平整后，需在复垦地块内部撒播有机质含量大于或等于 45% 的有机复合肥，既能对覆土起到培肥作用，也可以改良耕作层的团粒结构和通透性，有利于植物的生长，有机复合肥撒播量为 150kg/亩。

5.3.5 挡土墙

重力式挡墙处块石强度等级不应低于 MU40，石材宜就地取材，应采用不易风化、强度高、坚硬、耐久、抗压强度等级不低于 MU40 的块石，建议采用花岗岩，最小边长≥50cm，砂浆强度等级为 M10。块石表面应清洗干净，砂浆填塞应饱满，严禁干砌。挡墙所用石材的上下面应尽可能平整，挡墙应分层错缝砌筑，墙体砌筑时不应有垂直通缝，且外漏面应用 M10 砂浆勾缝。挡墙基础持力层需达到设计要求（挡墙基础持力层承载力不小于 120kpa），基础持力层若不到相应层位，则需采取混凝土置换措施。基础底部设 100 厚 C25 素砼，要求两侧各宽出 100。挡土墙每 15m 设一伸缩缝，伸缩缝宽度 2~3cm，缝中填塞沥青麻筋，填塞深度 15cm 以上，缝上下贯通。挡土墙墙底每隔 3m 设置一个泄水孔，泄水孔采用 φ90PVC 管。

5.3.6 排水沟

(1) 地基处理：搭设模板前，应清除地表软土，换填 10cm 厚的砂石垫层，碾压密实。

(2) 模板：模板采用木胶板模板，外露面采用多层胶合板整块。

(3) 混凝土浇筑：混凝土由拌和机集中拌制，自卸车运输至施工现场，反铲入仓。混凝土采用平铺的方式浇筑，采用 DN50mm 插入式振动棒捣固密实。每 25m 设置一道伸缩缝，缝宽 3cm，沥青麻筋填塞，填塞深度不小于 150mm。

(4) 模板拆除：侧模在混凝土强度达到 3.5MPa 后即可拆除，底模在混凝土强度达到设计强度的 100% 后可拆除。

(5) 混凝土养护：混凝土浇筑收仓 6~18 小时或初凝后，开始对混凝土进行洒水养护，保持混凝土表面湿润。混凝土养护设专人负责，并做好养护记录。

5.3.7 工程管护

为确保工程顺利进行，需要源潭镇人民政府对修复工程进行全面管理工作，包括项目开展的前期工作、设计、施工、后续的养护、监测过程。

由施工单位实施，对已修复矿区进行管护，管护年限为工程结束后的3年，管护次数：每年2次，管护工作内容：施肥、灌溉、病虫害防治、植被补种等。

(1) 管护工程设计

补肥：植被栽种后追加施复合肥，使植被得到充足的养分成长。

病虫害防治：对于出现的病、虫、害等要及时进行管护。对于虫害要及时地施药品等控制灾害的发生。

返青期间管理：返青期间禁止人畜踩踏，禁牧。

植被补种：按补种率10%对植被进行补种，管护期每年补种2次。

管护时间：3年。

(2) 设施管护工程设计

管护内容：对各场地排水沟进行维护和保养，主要包括定期清理排水沟内的堆积沙石，在雨季前对排水沟进行疏通防止堵塞排水沟，造成堵塞等损毁排水沟或令其失去排水作用；管护频率：2次/年。

管护时间：为项目修复工程结束后的管护时间3年，若后期工程设施、植被等未能满足设计要求，则需进一步进行整改，管理、养护期按情况延期，直至达标。

6 土石料利用

6.1 土石料基本情况

清远市清城区源潭镇松塘白石坳生态修复区土石料利用范围可分为东西两个区块（照片6.1-1），清理土石料一方面可以消除矿区内堆填土石料存在的安全隐患，部分土石料可用于矿区内围挡设施，从而缓解矿区内的水土流失情况，另一方面可以为矿区生态修复提供资金支持。东区土石料堆填面积为18409.4平方米，西区土石料堆填面积为28523.3平方米。西区土石料原地遗留堆填最低标高约为+30.00m，最大堆填标高约为+64m，相对高差

约34m，堆填坡向约318°，坡度约40°~45°左右。东区土石料原地遗留堆填最低标高约为+40.00m，最大堆填标高约为+90m，相对高差约50m，堆填坡向约349°，坡度约40°左右，土石料含量分布不均匀，堆填杂乱，孔隙率较大，透水性较强，堆填的土石料中以石方占比居多，土方占比较少，根据现场调查，岩石以中风化花岗岩为主，夹部分强风化花岗岩，中风化花岗岩普遍较坚硬，抗压强度较大，根据以往地区经验，该岩石可作为建筑石料利用，其余土体包含残坡积土及全风化花岗岩，并夹杂植物根系。土石料普遍堆积于低洼沟谷内。由于东区与西区总体土石料堆填高度较大，且堆填于汇水区域，遇强降雨，易发生填方边坡侧滑，进一步堵塞沟谷，引发沟谷泥石流。



照片6.1-1：土石料利用范围卫片图

6.2 计算分区

根据堆填范围，本次土石料利用采取放坡形式自上向下清理，土石料堆填区划分为东西两个区域，西区采取坡顶按坡率1:1.75（29.7°）放坡至平台+46m，在+46m处预留一段宽为5.0m的平台，+46m以下按坡率1:1.75（29.7°）放坡至坡脚+30m。东区采取坡顶按坡率1:1.75（29.7°）放坡至平台+79m，坡脚以下按标高+79m按1:4.75（12°）缓坡清理至标

高+40m 处。

经核定生态修复区土石料利用范围共由 67 个拐点坐标组成(具体见下表 6.2-1)。

表6.2-1 土石料利用范围拐点坐标

东区土石料利用范围拐点坐标			西区土石料利用范围拐点坐标		
拐点 编号	2000国家坐标系		拐点 编号	2000国家坐标系	
	X	Y		X	Y
G1	2621240.502	423174.604	G1	2620959.586	422874.353
G2	2621238.272	423176.701	G2	2620955.287	422885.381
G3	2621232.466	423179.97	G3	2620940.569	422907.197
G4	2621228.167	423179.651	G4	2620906.237	422902.726
G5	2621222.351	423177.400	G5	2620886.238	422911.944
G6	2621211.839	423167.545	G6	2620880.943	422919.605
G7	2621210.353	423159.196	G7	2620880.578	422967.667
G8	2621211.931	423142.608	G8	2620876.92	422982.337
G9	2621198.868	423135.37	G9	2620849.392	423010.709
G10	2621173.32	423138.426	G10	2620836.442	423018.46
G11	2621146.905	423145.908	G11	2620838.93	423032.679
G12	2621046.617	423164.783	G12	2620811.917	423056.465
G13	2621030.383	423170.298	G13	2620804.092	423078.151
G14	2620988.429	423199.918	G14	2620790.372	423072.306
G15	2620981.99	423208.556	G15	2620771.991	423055.592
G16	2620974.799	423224.514	G16	2620774.465	423022.289
G17	2620983.166	423253.041	G17	2620765.803	423002.292
G18	2620997.95	423264.272	G18	2620739.642	422966.426
G19	2620998.906	423282.647	G19	2620753.971	422939.947
G20	2621010.576	423288.371	G20	2620758.756	422938.187

东区土石料利用范围拐点坐标			西区土石料利用范围拐点坐标		
拐点 编号	2000国家坐标系		拐点 编号	2000国家坐标系	
	X	Y		X	Y
G21	2621030.223	423282.829	G21	2620769.339	422892.631
G22	2621143.167	423215.035	G22	2620769.955	422872.343
G23	2621181.904	423185.222	G23	2620758.042	422848.392
G24	2621194.052	423179.207	G24	2620757.636	422836.062
G25	2621208.246	423177.675	G25	2620760.068	422827.869
G26	2621217.892	423178.895	G26	2620764.689	422825.192
G27	2621229.051	423183.209	G27	2620798.13	422825.586
G28	2621232.338	423183.987	G28	2620809.074	422828.807
G29	2621235.744	423184.136	G29	2620877.553	422826.974
G30	2621239.022	423182.78	G30	2620893.834	422825.977
G31	2621243.353	423178.95	G31	2620912.418	422870.757
			G32	2620939.055	422870.207

6.3 计算方法

本项目区土石料利用量计算选用方格网法，其依据是：

利用三维航拍模型采集高程，为保证土石方计算准确，地面高程点的采集密度一般为 5 米间距，特征点尽量施测高程；设计面高程使用线性赋以高程，加密点密度以满足土石方量计算为准。

以治理区 2023 年八月由广东省权威甲级测绘单位（广东省测绘技术有限公司）无人机测量的实测 1:1000 地形图底图为准（1:2000 国家大地坐标系、1985 国家高程基准，等高距为 1m），结合 1:10000 原始地形图（出自 2006 年 4 月广东省国土资源信息中心，图纸取自清远市自然资源局清城分局）及本次土石料清理设计标高与示坡线，使用南方 CASS7.0 以及 CAD2016 数字化软件进行成图并计算方量。由于治理区边坡不规则，断面法计算结果误差大，本次挖方计算采用方格网法和 DTM 法（三角网法）。



图片6.3-1：测绘资质证书

①方格网法

计算采用 5m×5m 方网格法，方网格法采用南方 Cass7.0 软件自动计算。计算参数为该地块设计放坡清理后的地形高程与现状土石料堆填高程。

②三角网法

设计通过控制边坡坡率、平面高程点的方法在工程部署图上标注不同位置的高程点，采用 DTM 法（三角网法）计算两期间的挖、填土石方量。两期间 DTM 计算方量法是根据设计前后的地形数据，首先分别建立两期不规则三角网（现状地形三角网、设计地形三角网），可以依据数据文件或者地形图上已有的高程点，构建互不重叠的不规则三角网，相连的三角网表面就构成了地面的数字立体模型（DTM 模型）；然后根据设计前后的地形图建立的 DTM 模型进行两期间三角网叠加，不同时期地面三角网曲面垂直投影形成交集，把两期间三角网空间设计分区界线作为清理零界线，并将交集部分分割成若干个三棱柱或三棱锥，最后分别计算出每个三棱柱或三棱锥体积并求和。其中高于原地面的三棱柱或三棱锥体积即为填方，低于原地面的三棱柱或三棱锥体积即为挖方。

6.4 资源量计算

6.4.1 土石料利用量计算参数的确定

在绘制的设计平面图上，根据设计高程和原始现状标高数据，利用南方 CASS7.0 以及 CAD2016 数字化软件建立模型进行闭合图形内的方量计算，结合现场情况，本次土石料资源量基本可满足工程需要最低标准，同时达到矿山生态修复、减少矿区内水土流失以及消除矿山地质灾害安全隐患的目的。

6.4.2 方格网及 DTM 法计算结果对比分析

根据方格网法计算出的数据，西区土石料约 332741.4m³，东区土石料约 106845.3m³，项目区方格网法计算土石料供应量结果共计 439586.7m³。

根据三角网法计算出的数据，西区土石料约 332903.21m³，东区土石料约 106757.92m³，项目区三角网法计算土石料供应量结果共计 439661.13m³。

6.4.3 土石料计算量结果

依据《工程测量标准 GB50026-2020》，当检核计算成果与原计算成果的较差不大于原计算成果的 3%时，应提交原计算成果。以方格网法计算结果为原计算成果，DTM 法计算结果为检核计算成果，较差为 0.017%，小于 3%。因此方格网法计算结果可作为治理区挖方量的成果。

6.5 土石料的利用方向

本项目土石料用途广泛，既可以作为项目区内浆砌石挡土墙原材料砌筑，也可用于矿区内维护道路铺面铺设，多余的土石料可通过政府拍卖纳入生态修复方案投入资金。

6.6 自用土石料方案评价

根据生态修复方案，本次设计自用土石料主要用于浆砌挡土墙砌筑，需要自用浆砌石量为 19.8m³，土石料供应总量为 439586.7m³，自用后剩余土石料方量为 439566.9m³。项目区无回填，方案实施后的土石料由监管部门安排处置，清理产生的剩余土石料资源后期可纳入公共资源交易平台进行处置。

6.7 剩余土石料处置方案

根据《清远市历史遗留矿山生态修复工作指引》（清自然资修复发〔2024〕1号），废弃土石料允许生态保护修复主体无偿用于本修复工程，纳入成本管理。如有剩余的，由县级人民政府组织纳入公共资源交易平台进行销售，不得由项目承担单位、施工单位或个人直接销售，销售所得收益纳入本级人民政府财政账户，全部用于本地区生态修复。

7 项目施工管理

7.1 施工组织管理

设计工作完成后，将本工程简介、主要工作量、技术要求在网上公示15天，并在全县范围内开展招投标工作，择优选定施工队伍。

施工队伍需具有相关的施工资质，同时具有相关工程施工经验。中标的施工单位，应在一周内作出详细的施工设计，并委任项目经理、项目总工，着手准备工作，建立项目经理部。施工中项目经理部必须进驻现场，相应的施工安全、质量、监督检查机构应各司其职，保证进度、安全、质量。整个治理过程中，项目经理部的各项工作必需接受业主及相关政府职能部门的监督、检查和指导。

施工单位要根据设计内容编制施工组织设计，报监理单位批准后方可实施。

7.2 施工质量管理

1、承担单位应建立工程技术管理制度，建立考核、检查、监督、评价方法，奖惩办法和标准，确定项目管理者对质量实行无条件的检查和监督的权力。

2、以施工及验收规范、工程质量检验标准、设计文件等为依据，督促承包单位全面实现工程项目合同约定的质量目标，强化工程强制性标准。

3、质量控制的原则是：以质量预控为前提，对工程项目施工全过程实施质量控制。对不合格材料、配件、设备严禁使用；坚持上道工序不合格或未经验收、下道工序不得施工的原则。

4、实行事前、事中、事后控制相结合的办法，以事前控制（预防）为主，严格要求承包单位实行有关材料试验制度和设备检查制度，对施工现场有目的的进行巡视检查和旁站

监理，纠正违规操作，消除质量隐患，跟踪质量问题，验证纠正效果。

5、监理单位要根据工程需要安排相应的技术人员驻工地进行全过程质量监控。

6、施工单位应按施工图纸及相关工程的技术规范进行施工。

7、工程的施工放样，由施工单位按施工图纸进行，监理单位进行复核，或由施工单位和监理单位共同进行。

8、施工图纸的局部变更，须由承担单位、施工单位、监理单位的代表商定报设计单位认可后实施。

9、工程项目的验收，实行单项工程与主体工程验收相结合的办法，由承担单位、施工单位、监理单位的代表参加，并进行质量评价。

7.3 项目施工监理

施工监理是保证工程施工质量、控制施工工程工期和造价、提高工程效益和施工管理水平的重要方法。监理单位参加对建设项目的调查研究、组织设计、指导施工、监督验收。根据现行政策，工程施工必须由自然资源部持有监理证书丙级以上资质的监理单位进行工程监理。根据工程施工的需要，设项目总监理工程师1名，专业监理工程师1人，辅助工作人员1人。

监理单位的主要工作内容：

1、协助建设单位与承建单位编写开工报告；

2、确定承建单位选择的分包单位；

3、审查承建单位提出的施工组织设计，施工技术方案和施工进度计划，提出改进意见；

4、督促、检查承建单位执行合同的情况，调节建设单位与承建单位之间的矛盾；

5、检查工程进度和施工质量，验收分部分项工程，签署工程付款凭证；

6、组织设计单位、承建单位进行工程初步竣工验收，提交竣工验收报告；

7、审查工程结算。

7.4 施工安全管理

修复区的施工，必须严格执行《安全生产法》等有关法律、法规的相关规定，确保安全生产，为此必须采取如下措施：

1、施工单位必须具备相关的资质和安全生产许可证，整个工程施工过程中，必须按照

建筑企业安全生产条例的要求进行，开工前对现场环境因素和重大危险源向所有人员进行交底，并进行三级安全教育和培训，并订立详细的安全生产措施，使安全生产制度化、责任化，真正落实到行动中。

2、所有管理人员必须经考核合格，取得安全资格证，特种工种必须取得操作资格证和学习《操作规程》后，才能从事相应的岗位工作。

3、全体参与施工的人员，进入施工现场必须戴安全帽，高空作业时，需佩戴安全带、安全绳索，安全绳索必须选一个牢固的物体或者自制的铁锚杆打入地下来固定绳索。

4、对于从事高空作业的人员，要定期进行体格检查，不准患高血压、心脏病、贫血病等人从事高空作业。

5、施工前必须对现场四周设置安全警戒标志，严禁无关人员进入，防止发生人员伤亡事故。

6、在施工人员上坡前，必须由专人检查后方可施工，必须有一个专门的安全员检查每一个安全工具。

7、施工期必须设立安全区域，每一道工序必须佩带好安全措施。

8、施工时工作人员应保持警惕，时刻提防台阶上方有无落石滚落迹象，并树立警示牌以提高作业人员安全意识。

9、进入施工场地的工作人员，不得随意串岗，不得在施工场地追逐打闹，不得随意拆除安全标志、标语，不得在施工场地随意搭设棚架、拉设电线、铁丝等。

10、机械设备的使用必须按规定做到“定人定设备”。有证操作，无证勿动。

11、夜间施工，要放置足够的照明设备，保障施工人员操作安全、行走安全、保障车辆行车安全，特别要注意在车辆进出口设置警示灯具及标志，夜间施工各项目应以防坠落、防物体打击等工作为重点，认真做好安全工作。

12、施工人员应重视防火、防爆工作，场地使用的临时用火等必须严格控制用火范围，严格遵守各种设备的操作规程。对于易燃易爆的物品都必须谨慎使用，远离火源，所用的临时电、用线要认真检查，消除火灾隐患，把防火防爆工作落到实处，引起全体施工人员的高度重视。

14、加强驾驶员的交通法规教育，执行交通法规、规章制度，不酒后驾驶、超载运行、带病运行、超速运行，转弯、下坡、过村庄减速慢行，大力提倡“文明驾驶”、“宁停三分、

不抢一秒”的文明驾驶作风。

14、采用信息化施工，加强对边坡的监测和检查，遇险情立停工并通知相关人员撤离，通报相关单位采取措施消除隐患后方可继续作业。

15、严格执行施工组织设计，有序作业，严禁乱挖。

7.5 施工进度安排

本工程计划施工工期为 210 天，各阶段工作内容见下表 7.5-1。

工作计划安排：①开工后 0~210 日完成所有土石料的挖运工作；

②60~90 日内完成土地平整及撒草籽等工作；

③开工后 90~210 日内完成喷播绿化、植生袋、挡土墙及排水沟等施工工作；

④开工后 90~210 日内完成覆土植被种植工作；项目期内工作可交叉进行，根据实际情况进行调整，及时做好浇水、施肥等养护工作，满足设计要求后可进行验收工作。

表 7.5-1 施工进度安排表

内容 时间	30 日	60 日	90 日	120 日	150 日	180 日	210 日
挖运土石料							
土地平整及撒草籽							
覆土种植植被							
铺设铁丝网							
锚固铁丝网施工							
培养基配置和喷射							
植生袋、挡土墙及排水沟							

8 安全施工要求与应急预案

8.1 安全施工要求

8.1.1 安全防护措施

1、施工中，认真执行国家《施工安全检查评分标准》、《施工现场临时用电安全规范》，以及省、市主管部门颁布的防雨、防滑、防雷、防暑降温 and 防毒安全保护措施。

2、各种施工作业人员应配备相应的安全防护用具和劳保用品,严禁工作人员违章作业,管理人员违章指挥。

3、各种施工人员必须经过安全培训与教育,特种操作人员必须持证上岗。

4、必须正确使用防护用品和采取防护措施,按规定使用安全“三宝”(安全帽、安全带、安全网)。

5、严禁赤脚或穿高跟鞋、拖鞋进入施工现场。

6、施工所用的机械、电器设备必须达到国家安全防护标准,各种自制设备、机电设备须通过施工前安全检验及性能检验合格后方可使用。

7、机械设备防护安装一定要齐全有效,不能带病运行。对于起重设备必须有限位保险装置,防断线装置,不准超负荷作业,不准在运行中维修保养。施工现场照明设施齐全,经常检修,保证正常的生产和生活。

8、在工地重点部位悬挂安全色标,做好安全防护措施,如危险地段设置明显的警示标志和护栏,夜间设有红灯示警。每开挖一块即安装防护栏杆。

9、易燃易爆物质运输储存和使用必须符合专门规定。

8.1.2 安全用电措施

1、施工现场必须采用“三相五线制供电”,并采用 TN-S 接零保护系统,所有用电设备,必须按规定设置漏电保护装置,定期检查,发现问题及时处理解决。

2、电动机械和电动手持工具,做到接地良好,一机一闸,应设置漏电跳闸开关。

3、照明必须做到一灯一开关一保险,民工宿舍照明一律使用 36 伏低电压。

4、禁止使用不合格的保险装置和霉烂电线。一切移动式用电设备的电源线(电缆)全长不得有接口,外绝缘层无机械损伤。

5、加强对碘钨灯、卤化物灯的使用管理。

6、外电架空线路与施工中的建筑物或临时设施要保持相应的安全距离。

7、开关箱必须严格实行“一机一闸一漏电开关”制,严禁用一个开关直接控制两台或以上用电设备。开关箱内禁止存放杂物。门加锁并有防雨、防潮设施。

8、拉闸停电进行电气检修作业时,必须在配电箱门挂上“电气检修,严禁合闸”的标志牌,必要时设专人看守。

8.1.3 机械安全措施

1、各种机械要有专人负责维修、保养,并经常对机械运行的关键部位进行检查,保证安全防护装置完好无损,灵敏可靠,预防机械伤害事故的发生。

2、各种机械设备视其工作性质、性能的不同配备防尘、防雨、防砸、防噪音工棚等装置,机械设置附近设标志牌、及安全使用规则牌。

3、机械安装基础必须稳固,吊装机械作业时臂下不得站人,操作时,机械臂距架空线要符合安全规定。要有专人指挥吊车,以免触及电线,导致安全事故。

4、挖土设备回转半径内严禁站人,作业时由专人指挥操作。

5、多台机械如运输车、勾机等同时作业时保持 10m 的距离,以免互相影响。

6、土方开挖前对可能存在电缆等管线的地方采取人工配合查明。

7、勾机及运输车作业时不能在桩头上部 1m 范围内停留或行走,以免压坏桩头。

8、运输车辆信号灯齐全,制动器机械性能良好,服从指挥。

8.1.4 防火安全措施

1、贯彻“预防为主、防消结合”的消防方针,施工中认真执行《中华人民共和国消防法》和省市有关消防防火管理规定。

2、落实“谁主管、谁负责”的原则,成立消防领导小组,明确任命工程各部门防火责任人,各司其职。实行逐级消防责任制,并检查执行,处理隐患、奖罚分明。

3、施工现场临时搭建符合消防要求,水源配置合理,消防器材按规定配备齐全。

8.2 工程应急预案

施工前,施工单位应针对本项目的特点,编制相应的施工应急预案。

1、当露天采场区域施工过程中,边坡发生崩塌、滑坡等与地质作用有关的灾害后,施工单位立即启用应急预案。判定地质灾害级别及诱发因素、灾害体规模等,并立即启动应急响应预案,将事故向当地主管部门及监理单位报告,在处置过程中,及时报告处置工作进展情况,直至处置工作结束。

2、施工单位要及时帮助受到边坡地质灾害威胁的现场施工队以及其他人员转移到安全

地带，情况紧急时，可以强行组织避险疏散。

3、经专家技术鉴定，地质灾害险情或事故已消除，或者得到有效控制后，由当地主管部门撤消划定的地质灾害危险区，宣布险情或事故应急结束。

9 主要工程量与概算

9.1 设计工程量

本次矿区生态修复方案工程量分为Ⅰ区及Ⅱ区，Ⅰ区工程量统计详见下表 9.1-1，Ⅱ区修复范围工程量统计详见下表 9.1-2，根据设计图纸，具体工程量计算汇总见下表：

表 9.1-1 Ⅰ区范围工程量统计表

工程名称	分项工程	单位	工程量	备注
土地平整工程	土石料清理装运	m³	439586.7	
	陡坡区边坡修整	m²	11206	陡坡区平面面积 11206m²，按平均坡度 60°换算，得斜坡面积 22412m²，修整厚度 0.5m；
	缓坡区斜坡修整	m²	3384	平面面积 5862m²，按平均坡度 30°换算，得缓坡区斜坡面积 6769m²，修整厚度 0.5m；
	平缓及缓坡区种植层覆土	m³	4698.9	平缓区平面面积 8894 m²，缓坡区斜坡面积 6769m²，总面积 15663 m²，覆土厚度 0.3m，运距暂定 5km；
排水工程	I 型排水沟	m	11	0.4m×0.4m，C20 素混凝土结构；
土壤改良工程	土壤培肥	kg	3522	缓坡区及平缓区面积合计 15663 m²，施撒量 150kg/亩；
绿化工程	林地复垦种植	株	3898	缓坡区及平缓区面积合计 15663 m²，混合种植木荷、枫香幼苗，胸径 3cm，林地平整覆土复绿区 166 株/亩；
	植生袋	个	3675	规格为 40*60cm，袋装厚 20cm，堆叠高度 40cm 按短边沿纵向布置，根据平面图测算，植生袋纵向总长 735m，总计 3675 个；
	野葛藤种植	株	892	根据平面图，平缓种植区坡脚线总长 446m，按株距 0.5m 计，野葛藤总数为 892 株，野葛藤规格为长度（30-50cm）×冠幅（20cm）的袋苗；
	树苗养护	株	3898	
	土质边坡挂网植草	m²	22412	陡坡区平面面积 11206m²，按平均坡度 60°换算，得斜坡面积 22412m²；
	挂网草地养护	m²	22412	陡坡区平面面积 11206m²，按平均坡度 60°换算，得斜坡面积 22412m²；

工程名称	分项工程	单位	工程量	备注
喷灌系统	撒播草籽	m²	15663	平缓及缓坡区面积合计 15663 m²；
	草地养护	m²	15663	平缓及缓坡区面积合计 15663 m²；
	铺设绿网	m²	15663	平缓及缓坡区面积合计 15663 m²；
	DN50 主管管	m	809	坡顶线总长 809m，主管管长 809m
	DN25 次水管	m	404.5	坡顶线总长 809m，次水管间距 5m，主管长 2.5m
	异径三通	个	162	坡顶线总长 809m，异径三通间距 5m
	球阀	个	162	坡顶线总长 809m，球阀间距 5m
	离心泵	个	1	水塘处设 1 个
	蓄水桶	个	2	设置于边坡坡顶，详见设计平面图
	基础开挖	m³	5.5	挡墙总长 11m，每延米开挖 0.5m³
	块石砌筑	m³	19.8	挡墙总长 11m，每延米砌筑 1.8m³
	泄水孔	m	4.2	挡墙总长 11m，每延米长 0.38m
挡土墙	伸縮缝	m²	1.4	挡墙总长 11m，每延米 0.123m²
	墙顶垫层	m³	1.98	挡墙总长 11m，每延米垫层 0.18m³

表 9.1-2 Ⅱ区修复范围工程量统计表

工程项目	单位	工程量	规格及计算方法
土地平整工程	拆除房屋	m³	418
	拆除铁皮棚	m²	420
	建筑垃圾清运	m³	418
	修整土质边坡	m²	8450.7 面积 28169m²，修整厚度 0.3m
	修整石质边坡	m²	4947 面积 16490m²，修整厚度 0.3m
	土地平整	m²	29953.5 面积 59907m²，平整厚度 0.5m
	种植层覆土	m³	59793.6 面积 99656 m²，覆土厚度 0.6m
灌溉排水工程	新修 I 型排水沟	m	2062 0.4m×0.4m，C20 素混凝土结构
	新修 II 型排水沟		878 0.8m×0.8m，C20 素混凝土结构
	沉淀池	个	4 3.0m×3.0m，C20 素混凝土结构
土壤改良工程	土壤培肥	Kg	23060 面积 102498 m²，施撒量 150kg/亩
农田防护与生态环境保持工程	林地复垦种植	株	19241 面积 94638 m²，混合种植油茶、枫香，林地平整覆土复绿区 166 株/亩，原有林地覆土复绿区 83 株/亩
	树苗养护	株	19241
	土质边坡挂网植草	m²	28169 面积 28169 m²，挂土质网喷播植草

	挂网草地养护	m'	28169	
	平台复垦种植野葛藤	株	3824	植生袋种植，长度 1529m，间距 0.4m
	野葛藤养护	株	3824	
	平台复垦种植山毛豆	株	3824	植生袋种植，长度 1529m，间距 0.4m
	山毛豆养护	株	3824	
	施撒草籽	m'	99656	面积 99656 m'
	草地养护	m'	99656	
	铺盖绿网	m'	99656	

由于治理区坡面形态及地形复杂，同时场区地形变化较大，工程量计算可能存在一定的误差，最终以施工测量和核定的工程量为准。

9.2 项目投资概算

本项目投资经费来源于地方财政，本工程与《清远市清城区源潭镇志源瓷石场生态修复方案》、《清远市清城区源潭镇咀磨隆山新田尾瓷土场和鸿发瓷土矿生态修复方案》合并一同立项为《清远市清城区源潭镇 2024 年度废弃矿山生态修复和综合利用项目》，投资概算合计为人民币 5360.11 万元，其中本项目工程施工费 1531.76 万元，详见《清远市清城区源潭镇 2024 年度废弃矿山生态修复和综合利用项目概算书》（工程量已调整，概算尚未完成，概算完成后对本节内容进行修改）。

10 项目验收与效益分析

10.1 项目验收

本项目治理完成后，应由委托单位组织相关部门验收，验收评价标准按内容主要为以下几方面：

（1）三维网喷播绿化面积不少于 90%，喷射厚度不少于 120mm，植被覆盖率不低于 85%，其它指标参照《地质灾害生物治理工程设计规范（试行）》（T/CAGHP050——2018）附录 N 执行。

（2）场地平整（覆土）绿化范围和覆土厚度满足设计要求，植被覆盖率不低于 85%，树木成活率不低于 85%，草本植物成活率不低于 90%，土壤质量标准不低于表 5.3.3.1 相关

要求。

（3）未尽事宜，严格按照相关规范、规定执行。

10.2 环境效益

（1）通过对矿区地质环境的治理，可以使矿区生态环境大大改善，恶化的环境迅速得到扭转，改善和提高了当地居民的生活环境。

（2）通过对矿区土地复垦和植被恢复，不仅改变了矿区风貌，而且起到了防风固沙、保持水土的作用。

（3）通过矿区地质环境治理工程的实施，矿区地质地质环境破坏得到有效治理，截排水设施等基础设施的建设、植被的建设，将使矿区面貌焕然一新，大大改善农业生态环境、区域小气候。

（4）通过对项目区的统一规划、合理配套，整理范围内的废弃道路、渠道填平整治，在适宜的地方新修渠道，促进排灌畅通，完善排灌系统，有利于防洪排涝，提高土地生产能力。

10.3 社会效益

矿区地质环境治理工程，是典型的公益性项目，而本方案的实施必将促进区内经济和社会经济的发展，提高区内居民的生活质量，也将为其它矿区地质环境恢复治理工作树立一个典范工程，同时为创建和谐社会奠定了一定的社会基础。

（1）有利于促进当地劳动力的就业，增加农民的收入；

（2）有利于矿区工业、农业生产，实现当地社会经济的可持续发展；项目实施后，可以使当地居民不再遭受采矿活动等带来的危害，生命、生产安全得到了保障，有力的维护了社会的安定。

（3）地质环境治理工程实施后，恢复了矿区大部分林地，改善了土地利用结构、合理利用了土地、改善了区域环境、促进了生态良性循环。恢复的林、灌植被，还能防治矿区水土流失和土地沙化，提高当地生活质量。

（4）矿区地质环境治理后，可以为当地村民发展高效农业提供可用的改良林地；也为开展第三产业，搞矿山公园旅游接待提供了可能性；甚至为当地招商引资、发展特色经济

做出一定贡献。

(5) 可以为今后矿区地质环境治理起到示范作用。

10.4 经济效益

通过对矿区地质环境的治理，消除了矿区地质灾害隐患，恢复了土地的使用价值，为后期发展扫清了障碍。

林地面积大量增加，按照乔木每 hm^2 平均吸收 183tCO_2 计算，有效改善了矿区的生态环境，起到保持水土、防灾减灾等方面的作用，这即为生态恢复的间接经济效益。

总之，通过对矿区地质生态环境的治理，极大的改变因矿区开挖活动所带来的环境恶化，使区内居民生产、生活环境得到改善，有利于提高当地居民的生活水平，预期可达到明显的社会效益、环境效益和经济效益，推进区内经济可持续发展。