
第四章 生态修复措施与工程内容

第一节 保护与预防控制措施

根据《地质灾害防治条例》、《矿山地质环境防治规定》、《土地复垦条例》等文件的相关要求，结合本矿山地质环境影响现状评估和预测评估结果、矿山土地损毁预测与评估结果、方案使用年限，开展矿区生态修复工程工作，原则如下：

遵循“以人为本”的原则，确保人民生命财产安全，提高人居环境质量；

坚持“预防为主，防治结合”、“在保护中开发、在开发中保护”的原则，将源头控制和恢复治理的思想贯彻到矿区生态修复工程工作，原则如下：

坚持“因地制宜，讲求实效”的原则。矿区生态修复工程要与矿山的建设、生产相结合，根据矿山地质环境影响及土地损毁评估的结果，制定科学合理的工程技术措施；

坚持“谁开发谁保护，谁破坏谁治理，谁投资谁受益”、“技术可行，经济合理”的原则，矿区生态修复工程应按照国家制定的技术规范进行，方案要切实可行，同时注重环境恢复治理的经济效益，保持生态环境的协调统一；

坚持“总体部署，分期治理”的原则，根据矿区生态修复工程设计，提出矿区生态修复总体目标任务，做出矿山服务期限内的总体工作部署和实施计划，分年限分步部署落实。

一、敏感目标保护

1、鄂尔多斯市生态环境局乌审旗分局出具的《关于核查拟设建筑用砂采矿权范围情况的复函》（乌环函〔2024〕142号）；矿区范围内不涉及我旗饮用水源地保护区。

2、乌审旗水利局出具的《关于反馈核查拟设建筑用砂采矿权范围情况的复函》（乌水函〔2024〕288号）；矿区范围不在河湖岸线保护范围

内。

3、乌审旗林业和草原局出具的《关于核查拟设建筑用砂采矿权范围情况的复函》（乌林草函〔2024〕403号）；矿区范围内不涉及基本草原和国家公益林，矿区范围内都是乔木林地，均是地方公益林，保护等级为III级公益林。

4、乌审旗自然资源局出具的《关于拟设建筑用砂采矿权范围是否涉及生态保护红线永久基本农田等情况的说明》；矿区范围不涉及生态保护红线范围、城镇开发边界范围、耕地、永久基本农田。

5、乌审旗交通运输局出具的关于《关于核查自然资源局建筑用砂采矿权范围情况的复函》（乌交函〔2024〕360号）；矿区范围内无公路、铁路。

6、乌审旗文化和旅游局出具的关于核查《乌审旗自然资源局关于核查拟设建筑用砂采矿权范围情况的函》的复函；矿区范围内没有文物。

7、中国人民解放军内蒙古自治区乌审旗人民武装部出具的《关于核查拟设建筑用砂采矿权范围情况的复函》；矿区范围内无军事设施。

因此，本项目无敏感目标需要保护。

二、表土剥离与植被移植利用

（一）表土剥离

矿区生态环境较为脆弱，表层土壤经过多年植物作用而形成熟化土壤，具有庞大的种子库及适合植物生长的理化性状，是生层生土所不能替代的，对于植物种子的萌发和幼苗的生长有着重要作用。因此要保护和利用好表层的熟化土壤。首先要把表层的熟化土壤尽可能地剥离后统一贮存在表土存放区内，并撒播草籽加以养护以保持其肥力；堆放时应尽量减少破坏植被区的生物，堆高设计要合理，避免过度压实。王窑湾建筑用砂矿设计在开采前，对露天采场、办公生活区、矿区道路和工业场地进行剥离表土。设计在各拟损毁单元新建场地前进行前对其进行表

土剥离，按照“应剥尽剥、即剥尽用、分层剥离、分层堆放、分层回填”的原则将表土层（熟化土壤）和生土层分别剥离、储存，排土场依据损毁单元平面布置、运输距离等，将其设置在矿区东北部。在其堆放过程中撒播进行养护。待有可修复的区域时进行覆盖表土，已剥离的表土可分层回覆。表土处置工程汇总量见表 4-1。

表 4-1 表土处置工程汇总表

序 号	原地类	范围	面积(hm ²)	表土剥离			表土储存		表土利用	
				时间段 (年)	表土层 厚度 (m)	土方量 (m ³)	位 置	养护 措施	利用 方式	利用 时间
1	乔木林地、 灌木林地	露天 采场	7.4889	2026 (近期)	0.5	37445	表土场	撒播 草籽	表土 回覆	后续 陆续 复垦 使用
2	乔木林地、 灌木林地	工业 场地	1.1033		0.5	5517				
3	乔木林地、 灌木林地	办公 生活 区	0.3279		0.5	1640				
4	乔木林地、 灌木林地	矿区 道路	0.7656		0.5	3828				
合 计			9.6857	—	—	48429	—	—	—	—

（二）植被移植利用

在系统查阅国家和地方动物志等资料，咨询专家和走访当地牧民的基础上，结合现场调查，修复区内未发现《国家重点保护野生植物名录》中列入的国家重点保护野生植物种。所以不进行植被移植利用。

三、相关协同措施

1、不稳定地质体预防控制措施

采掘场在机械设备振动等作用下，边坡可能引发崩塌（滑坡）地质灾害，严格按照开采方案设计的排弃参数合理排弃，预防地质灾害的发生。建立地质灾害监测网，加强对崩塌（滑坡）地质灾害的监测，同时设置网围栏、警示牌，及时清除边坡危岩体。

2、水土流失预防保护措施

建立矿山土地利用规划，要合理规划、分步实施，做到与矿井建设、生产、闭坑三同时；各种生产建设活动严格控制在规划区域内，尽可能地避免造成土壤与植被的大面积损毁。集中堆放剥离物，严禁乱堆乱放压占损毁。排土场随着排弃计划制定土地修复计划。

3、环境污染预防措施

由于矿山为露天开采的建筑用砂矿，开采过程中不涉及有毒有害强放射性的试剂使用，不产生有毒有害污染物，仅在采矿人员生产生活工程中产生少量生活污水及生活垃圾。本方案环境污染系统治理措施以预防监测措施为主，设置污水沉淀池沉淀生活污水废水，定期检测水质，设置垃圾桶、固定场地堆放生活垃圾，定期由环卫部门清理。

第二节 修复措施

通过详细调查修复区及周边生态环境现状，通过生态问题识别、诊断和归纳，确定本方案的矿山生态修复区为排土场。

根据修复单元存在的地质环境安全隐患、土地资源损毁以及生态系统受损等问题，采取地貌重塑、土壤重构、植被重建、景观营建以及配套工程等修复措施。设计采取的修复措施如下：

一、地貌重塑

1、边坡整形

经图面测量，采坑2级台阶共形成约1093m砂土质边坡，土类等级为三级，采坑边坡角设计为 30° ，雨天有滑动的危险，边坡整形把边坡坡度放至 25° ，按每延长米整形边坡 10m^3 计算，则边坡整形总量为 10930m^3 。预计近期（3年）形成到界边坡约180m，则近期边坡整形量为 1800m^3 。坡面整形见示意图4-1。

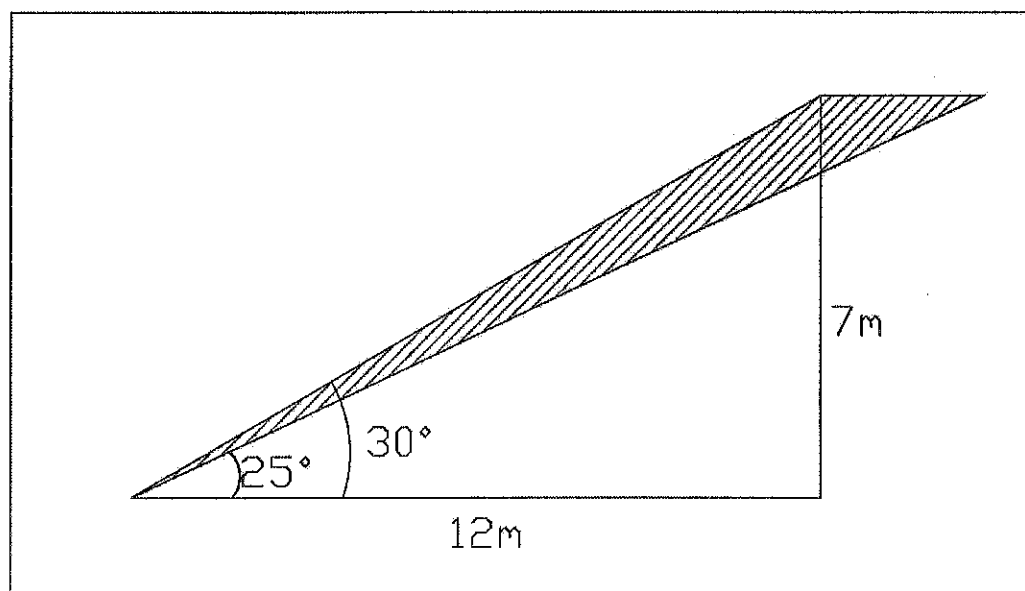


图 4-1 坡面整形示意图

2、挡水围堰

设计在排土场顶部平台外围设置挡水围堰，以增加平台蓄水能力以及阻止平台径流汇入边坡，预防切沟和冲沟的发生。土方来源为废砂，土类等级为三级，设计挡水围堰高0.5m，上底宽0.5m，下底宽1.5m，边坡率1:1，每延长米填筑工程量为 $(0.5+1.5) \times 0.5 / 2 = 0.5\text{m}^3$ 。详见挡水围堰示意图4-2。

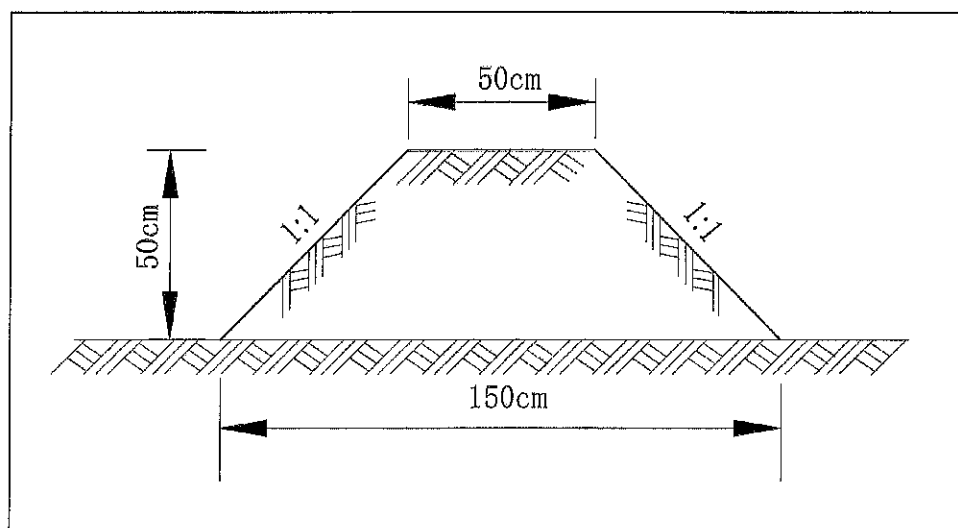


图 4-2 挡水围堰设计示意图

3、网格护坡（沙障）

设计在排土场边坡上铺设沙柳格网护坡措施，格网护坡呈菱形状网格，边长为 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，沙柳高 0.5m ，插入深度 0.3m ，出露地面 0.2m 。

二、土壤重构

1、表土剥离

表土剥离尤其是矿区内林地，林地土壤是经过多年植物作用而形成的熟化土壤，是深层生土所不能替代的，对于植物种子的萌发和幼苗的生长有着重要作用。因此在进行土壤重构时，首先要把表层的熟化土壤尽可能地剥离后贮存并加以养护和妥善管理以保持其肥力；待整平工程之后回覆于生态修复单元表面，使其得到充分、有效、科学地利用。矿山开采之前对各个场地进行表土剥离，剥离的表土全部堆存于表土场，堆放面积 2.0385hm^2 ，堆放量 48429m^3 。土类等级为三级，表土剥离之后集中堆放至表土场的运距统计见表4-2。

表4-2表土剥离集中堆放运距统计表

表土剥离单元	表土剥离堆存平均 距离	表土堆放量 (m^3)	表土堆存地点
露天采场	656m	37445	排土场

工业场地	395m	5517	
办公生活区	450m	1640	
矿区道路	670m	3828	
合计		48429	

2、土壤培肥措施

依据对矿区的生态本底调查，土壤本底肥力平均值为 PH7.3，有机质 0.43%，全氮为 329mg/kg，有效磷为 4.7mg/kg，速效钾 56mg/kg。土壤剥离再次用于覆土，尤其是生土层土壤养分贫瘠，理化性状差，有机质含量少，土壤板结，可种植性差。需采取综合施肥措施，以增加土壤有机质含量，提高土壤生产力。本方案对排土场土壤进行土壤培肥，土壤改良后肥力不低于本底调查值，暂定按照每公顷有机肥的施用量 4000kg/hm²。

三、植被重建

根据前文植被受损预测，因占地单元受损影响的土地为林地。

由于本矿山为露天开采，且矿山生产年限为 33，露天采场、工业场地、办公生活区、矿区道路后期还要继续使用，本次仅对排土场和表土场进行植被恢复。所以损毁面积远大于复垦面积，各个单元未复垦面积待后期开采结束后在进行复垦。

根据实地调查和征求当地民众意见，本方案设计乔木选择樟子松；灌木选择小叶沙柳、柠条等；

各个损毁单元设计植被重建叙述如下：

针对损毁单元排土场和表土场排弃到界的边坡、平台进行植被重建。

矿区依据周边矿山成功的土地复垦实践经验，选出适宜本矿种植的先鋒乡土物种，提高植被成活率。

排土场和表土场边坡和平台复垦为乔木和灌木为主牧草为辅，采用“灌草混播”模式，顶部平台复垦为乔木林地，乔木栽植樟子松，其余

平台和边坡复垦灌木林地，栽植先锋植物灌木-小叶沙柳、柠条，间作牧草，排土场边坡平台复垦为人工牧草地，草种选择羊草、针茅，按照 1:1 比例进行混播。每公顷撒播草籽 80kg。

四、配套工程

对露天采场设置网围栏、警示牌。

1、网围栏

为防止人、畜误入采坑，在露天采场主要路口及露天采场外围设置网围栏。圈设范围为其外扩 10m 的区域，网围栏具体做法是：网围栏具体做法是：首先，选择某一起点埋设 1 根角钢立柱，角钢立柱规格： $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 2.5\text{mm} \times 1.5\text{m}$ ，每隔 5m 间距布设 1 根，依次埋设；然后在角钢立柱外侧围设铁丝网片，并将铁丝编织网固定在埋好的型钢立柱上，最终使铁丝编织网首尾相接。详见网围栏结构示意图（图 4-1）。

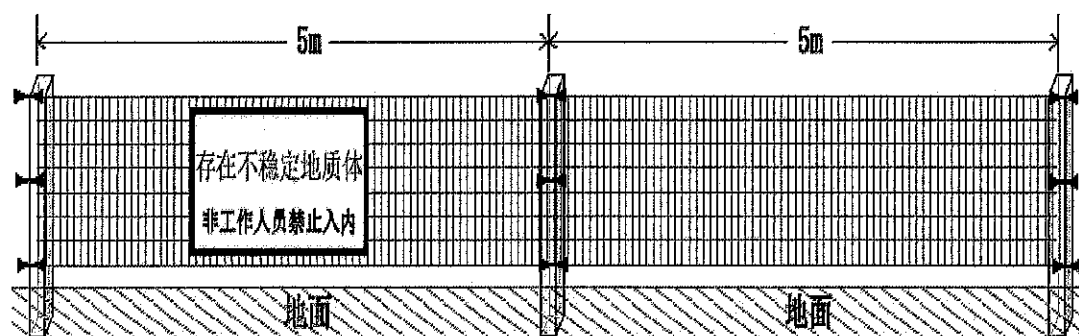


图 4-1 网围栏与警示牌示意图

2、设置警示牌

在露天采场上部布设一定数量的警示牌，警示牌表面书写警示标语“存在不稳定地质体，非工作人员不准入内”，一来可以提醒矿山工作人员注意生产安全；二来提醒外来人员提高警惕，以免发生意外。警示牌为木板材质，四角打孔，用铁丝绑在网围栏上。警示牌尺寸 $1.0\text{m} \times 1.5\text{m} \times 15\text{mm}$ ，每 300m 布置一块，表面用油漆书写警示标语，要求警示效果明显。见图 4-1。警示牌要求警示效果明显，具备一定的抗风能力。布设位置应根据矿山开采进度调整，布设时应兼顾区内已有的乡间道路及其他

行人小路，尽量使警示牌的警示效果更加明显。

第三节 工程内容及工程量

王窑湾建筑用砂矿生态修复区为排土场、露天采场，设计采取的修复措施主要包括挡水围堰、边坡整形、沙障护坡等地貌重塑措施；表土剥离、土壤培肥等土壤重构措施；栽植灌木，撒播草籽等植被重建措施。设置网围栏，设置警示牌。

修复措施、工程技术方法及参数详细介绍如下：

一、地貌重塑

1、边坡整形

经图面测量，采坑 2 级台阶共形成约 1093m 砂土质边坡，按每延长米整形边坡 10m^3 计算，则边坡整形总量为 10930m^3 。预计近期（3 年）形成到界边坡约 180m，则近期边坡整形量为 1800m^3 。

2、挡水围堰

设计在排土场和表土场顶部平台外围设置挡水围堰，以增加平台蓄水能力以及阻止平台径流汇入边坡，预防切沟和冲沟的发生。设计挡水围堰高 0.5m，上底宽 0.5m，下底宽 1.5m，边坡率 1:1，每延长米填筑工程量为 $(0.5+1.5) \times 0.5 / 2 = 0.5\text{m}^3$ 。顶部平台外围长度为 365m，挡水围堰工程量为： $365 \times 0.5 = 183\text{m}^3$ 。

3、网格护坡（沙障）

设计在排土场和表土场边坡上铺设沙柳格网护坡措施，格网护坡呈菱形状网格，边长为 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，沙柳高 0.5m，插入深度 0.3m，出露地面 0.2m。边坡面积为 3.4248hm^2 ，共铺设格网护坡 3.4248hm^2 。

二、土壤重构

1、表土剥离

表土剥离尤其是矿区内林地，林地土壤是经过多年植物作用而形成

的熟化土壤，是深层生土所不能替代的，对于植物种子的萌发和幼苗的生长有着重要作用。因此在进行土壤重构时，首先要把表层的熟化土壤尽可能地剥离后贮存并加以养护和妥善管理以保持其肥力；待整平工程之后回覆于生态修复单元表面，使其得到充分、有效、科学地利用。矿山开采之前对各个场地进行表土剥离，剥离的表土全部堆存于表土场，堆放面积2.0385hm²，堆放量48429m³。表土剥离之后集中堆放至表土场的运距统计见表4-3。

表4-3表土剥离集中堆放运距统计表

表土剥离单元	表土剥离堆存平均距离	表土堆放量 (m ³)	表土堆存地点
露天采场	656m	37445	排土场
工业场地	395m	5517	
办公生活区	450m	1640	
矿区道路	670m	3828	
合计		48429	

2、土壤培肥措施

依据对矿区的生态本底调查，土壤本底肥力平均值为 PH7.3，有机质 0.43%，全氮为 329mg/kg，有效磷为 4.7mg/kg，速效钾 56mg/kg。土壤剥离再次用于覆土，尤其是生土层土壤养分贫瘠，理化性状差，有机质含量少，土壤板结，可种植性差。需采取综合施肥措施，以增加土壤有机质含量，提高土壤生产力。本方案对排土场土壤进行土壤培肥，土壤改良后肥力不低于本底调查值，暂定按照每公顷有机肥的施用量 4000kg/hm²。

表 4-4 土壤培肥工程量一览表

生态修复区域		面积	肥料种类	单位施肥量	施肥量
		hm ²		kg/hm ²	kg
排土场林地、草地	近期	5.2857	有机肥	4000	21143

三、植被重建

1、林地植被重建

(1) 乔木林地

设计将排土场和表土场损毁的乔木林地复垦为乔木林地，顶部平台栽植樟子松，乔木选择的树种为樟子松。

①种源要求：

a 种源适宜性：优先选择与种植地气候、土壤、海拔等立地条件相匹配的种源，避免因环境差异导致成活率低、生长不良。

b 种源本土化优先：在条件允许时，优先选用本地种源，其对本地的适应性更强，养护成本更低，也更利于维持当地生态平衡。

②苗木要求：苗木规格为株高 100cm 的裸根苗木。

③种植规格：用穴状整地方式，穴坑大小为：坑径×坑深，乔木穴坑为 50×40cm（直径×深度），乔木林株行距为 2m×3m，栽植密度为 1666 株/hm²。

④种植技术：乔木整地方式均为穴状整地，选用 1 年生苗木，裸根栽植，树苗入坑、定位后，将包扎材料解开，取出；分层填好土坑，并分层砸实，栽后及时浇水。

排土场顶部平台面积为 0.252hm²，表土场顶部平台面积为 0.123hm²，合计 0.375hm²，复垦为乔木，算得栽种乔木 625 株。

(2) 灌木林地

设计将排土场和表土场损毁的灌木林地复垦为灌木林地，灌木选择的树种为小叶沙柳和柠条。

①苗木要求：小叶沙柳和柠条选择次年生，地径 0.4cm 以上，苗高为 50cm 的裸根苗。

②种植规格：采用穴状整地方式，灌木林株行距为 2m×2m，需苗量为 2500 株/hm²。

排土场边坡面积为 2.0736hm²，平台面积为 0.9216hm²，复垦为灌木，

算得栽种灌木 7488 株。

表土场边坡面积为 1.3512hm^2 ，平台面积为 0.6873hm^2 ，复垦为灌木，算得栽种灌木 4789 株。

2、草地植被重建

对排土场的边坡和平台进行人工撒播草籽，按照“因地制宜、因地制宜”的原则，适宜选择耐旱、固沙能力更强的乡土物种，草籽选择羊草、沙生针茅。

①种子级别：一级种。

②撒播比例：撒播比例为 1：1。

③撒播技术：选择优良草种对需要地段进行播种，同时要保证草籽的纯净度和发芽率；先对补播地段进行松土，清除有害杂草；待雨季补播草籽，播种方式采用撒播的方式，播种深度 $20\sim 30\text{mm}$ 即可，种量为 $80\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右。草籽播种要把握好时机及土壤墒情，选择在雨后就地墒播种，对于一次播种成活不多或郁闭度达不到设计要求的标准，采取两次或多次播种的方法，撒播后进行耙土。

排土场服务期复垦为草地的面积为 5.2857hm^2 ，撒播适合当地生长的羊草、沙生针茅。具体工程量分别见表 4-5。

表 4-5 近期露天采场草地复垦工程量一览表

草种类别	种子级别	播种方法	播种深度 (cm)	播种量 (kg/hm^2)	种草面积 (hm^2)	需籽种量 (kg)
羊草、沙生 针茅	一级种	撒播	2—3	80	5.2857	423

3、植被浇水

设计对复垦的林地和草地进行浇水灌溉，提高植被成活率，并且在管护期进行浇水，根据灌溉定额，乔木、灌木每 100 株浇水量 15m^3 ，草地每 1hm^2 浇水量为 400m^3 。近期、服务期植被重建浇水工程量见表 4-6。

表 4-6 植被重建浇水工程量一览表

阶段划分	乔木林地 (株)	灌木林地 (株)	草地 (hm ²)	单次需水量 (m ³)
近期	625	12277	5.2857	4049

四、配套工程

对露天采场配套工程设置网围栏，设置警示牌。

1、设置网围栏

网围栏设定范围为露天采场外侧 10m 处，可以根据现场边界实际情况进行调整。近期设置网围栏总长度为 1120m。

2、设置警示牌

每 300m 设置 1 块警示牌，地面露天采场四周边界长度约 1120m，近期需设置警示牌 4 块。

表 4-7 矿山生态修复工程量汇总表

序号	工程名称		计量 单位	近期工程 量	中远期 工程量	方案服务 期工程量	备注
一	地貌重塑工程						
1	边坡整形		m ³	1800	9130	10930	
2	挡水围堰		m ³	183	0	183	
3	网格护坡（沙障）		hm ²	3.4248		3.4248	
二	土壤重构工程						
1	表土剥离		m ³	48429	0	48429	
2	土壤培肥		hm ²	5.2857	0	5.2857	
三	植被重建工程						
1	乔木 林地	栽植乔木	株	625	0	625	
2	灌木 林地	栽植灌木	株	12277	0	12277	
3	草地	撒播草籽	hm ²	5.2857	0	5.2857	
4	植被 浇水	乔木浇水	株	625	0	625	
5		灌木浇水	株	12277	0	12277	
6		草地浇水	hm ²	5.2857	0	5.2857	
四	配套工程						
1	设置警示牌		块	4	0	4	
2	设置网围栏		m	1120	0	1120	

第五章 监测和管护

第一节 监测目标与措施

一、目标任务

在矿产资源开采过程中，对地质环境破坏与恢复治理、土地损毁与复垦利用、生态系统破坏（退化）与恢复等开展监测评价，为矿山土地复垦与生态修复的过程监管、适应性管理和验收提供科学依据。

（一）监测目的

目的是建立矿山生态环境监测体系，对地质环境破坏与恢复治理、土地损毁与复垦利用、生态系统破坏（退化）与恢复等开展监测。通过对地质灾害、地下水、土壤环境、土地资源、生态系统质量等重点指标进行动态监测，准确地掌握生态环境问题在时间上和空间上的变化情况，研究采矿与生态环境变化的关系和规律。为制定生态环境预防保护和治理措施，实施生态环境有效监管提供基础资料和依据。

（二）监测任务

- 1、确定监测因子，编制监测方案，布设监测网点，定期采集数据，及时掌握生态环境问题在时间和空间上的变化情况；
- 2、查明周边地下水环境和土壤环境背景；
- 3、查清矿区范围内土地利用现状，各土地利用类型质量及生产力水平；
- 4、查清监测范围内地表水环境面积和陆地植被生态状况；
- 5、获取矿山地质环境背景、土地资源现状和生态系统本底的基值和参照值，建设参照生态系统；
- 6、评价矿山生态环境现状，预测发展趋势；
- 7、建立和完善矿山生态环境监测数据库及监测信息系统自动化；
- 8、编制和发布矿山生态环境监测年报，实现矿山生态环境监测信息共享。

二、监测原则

1、问题导向，突出重点

重点围绕监测范围内地质环境破坏与恢复治理、土地损毁与复垦利用、生态系统破坏（退化）与恢复等，结合开采矿种、建设规模、开采方式、开采工艺、时序安排等，科学设置重点监测内容、监测指标、监测点位、监测周期等，实现一矿一方案。

2、科学规范，全程全面

指标获取应符合国家有关技术标准、规范和相关部门的规定。监测点位布设统筹考虑开采前、开采中和开采后监测需求。开采前对地质环境背景、土地资源现状和生态系统本底进行调查，开采中对保护预防控制、损毁现状与拟损毁、复垦修复成效进行监测，开采后对管理维护进行监测。

3、精准高效，实用可行

在满足监测精度要求的前提下，选用经济、实用的监测方法和手段，在经济、技术允许的条件下应采用先进可靠的技术方法，提高监测精度与效率。监测指标应具有较好的灵敏度和可测度，对于易变指标应开展短周期监测，对于稳定指标应开展长周期监测。

4、定性定量，权威可比

监测评价应采用定性和定量相结合的方法，评价方法科学合理。监测数据连续可靠，应充分利用自然资源、林草、水利、农业、生态环境等部门以及科研机构、大专院校的长期监测数据及研究成果。

二、监测设计

本矿山为新建矿山，矿山开采过程中主要对拟损毁土地、复垦修复成效监测。本次监测方案依据矿山所在区域主体功能区定位，结合矿区自然环境特点，以土地利用现状为基础，按照典型性和代表性，设置林

地、草原等生态系统样地样方。对矿山生态环境开展监测工作，监测对象与内容分述如下：

1、拟损毁土地监测

监测矿山开采引发的不稳定地质体、地下水环境和土壤环境破坏状况。监测矿山开采挖损、压占、污染等损毁土地类型、面积及程度，损毁林地情况。监测矿山开采生态用地损毁环境。

2、复垦修复成效监测

监测拟破坏地质环境、拟损毁土地资源、拟破坏生态系统变化情况，以及后期复垦情况。

矿山开采中复垦修复监测内容与监测指标见表 5-1

表 5-1 矿山开采中监测对象与内容

监测对象		监测内容	监测指标
拟损毁监测	地质环境损毁	采场边坡	地表形变、孔隙水压力、土压力、岩土体含水率、地下水位、降水量
		地下水环境破坏	含水层破坏类型、地下水温、地下水位、地下水水量、地下水水质、抽排地下水量、综合利用量、疏干排水面积
	土地资源损毁	挖损土地	土地类型及面积、土壤污染（特征污染物）、土壤质量、配套设施、生产力水平
		压占土地	
		林地损毁	
		土壤环境	土壤无机污染物和土壤有机污染物
	生态系统破坏	生态用地损毁	损毁面积
复垦修复效果监测	地质环境治理	挖损、压占	复垦修复率
	土地复垦利用	复垦修复土地	地形、配套设施、生产力水平、土地复垦率
	生态系统修复	生态系统格局	生态系统类型比例、平均斑块面积、边界密度、聚集度指数
		生态状况	阔叶灌丛、草地生态系统
		生态系统服务	水源涵养量、防风固沙量、土壤保持量、生物多样性维护、碳储量
		生态系统质量	生物量、植被覆盖度、水质、生态系统

			质量综合指数
--	--	--	--------

四、监测措施

（一）拟损毁监测

1、矿山地质环境监测

（1）不稳定地质体监测

矿山不稳定地质体监测主要对露天采场、排土场边坡坡面稳定性进行监测。

①监测内容

根据矿山实际生产情况，在开采过程中的露天采场、排土场监测边坡稳定性，实时监测边坡的变化情况。由于边坡在开采中不断变化，故监测点设置在露天采场、排土场的边坡。

②监测方法

边坡在线安全监测系统应根据矿山开采进度实际情况具备适宜性、灵活性，表面位移监测设备宜采用合成孔径边坡雷达监测设备为主，GNSS监测设备、人工监测为辅，另外布置视频监控。实现采场、排土场全部区域监测范围全覆盖。

③监测点布设

王窑湾建筑用砂矿地表变形布置边坡雷达 1 台，布设于露天采场，监测露天采场（坑）工作帮。在雷达盲区，辅以 GNSS 监测、人工监测及视频监控。露天采场布设 2 个 GNSS 监测点，2 个人工监测点，1 个视频监控点。排土场布设 2 个 GNSS 监测点，2 个人工监测点，1 个视频监控点。

综上所述：王窑湾建筑用砂矿共设置 1 个雷达监测点，4 个 GNSS 监测点，4 个人工监测点，2 个视频监控点。

④监测设备

本矿山为新建矿山，监测设备需购买，共需购置 1 台雷达监测设备，4 台 GNSS 设备，2 台高清摄像头。

⑤监测期限、频率

监测时间为 2026 年 7 月~2037 年 6 月，共计 11 年。正常按每 3 天监测 1 次；在雨季(7、8、9 月)及发生地质灾害时，应每天监测 1 次。根据实际情况，对于存在隐患的地段应进行连续跟踪监测，确保及时预警。每个损毁单元每年平均监测 200 次，方案服务期内（不包括基建期），对露天采场、排土场边坡不稳定地质体共监测 4000 次。

(2) 地下水环境监测

1) 监测内容

地下水环境监测以矿山为单元，监测指标：地下水温、地下水位、地下水水量、地下水水质、抽排地下水量、综合利用量、疏干排水面积。主要针对地下水水位、水质变化情况进行监测，定期采集水样进行检测分析。

2) 监测点布置

以矿山为单元布置地下水环境监测点，包括地下水位、地下水水质、地下水水量等监测点。方案选用 1 处周边民井作为地下水环境监测点。监测地下水含水层厚度变化情况，以及水位、水量情况；通过采取地下水样品来监测地下水水质变化情况。

3) 监测方法与技术要求

①地下水位监测法

A、以人工测量为主，对地下水水位进行监测，观测其水位变化情况；对采集的地下水水样进行化验检测；

B、每次监测都要做好观测笔记，记录观测时间、地点、水位标高、涌水量以及水质的化验结果，并对引发的变化与矿山开采活动进行分析。

②地下水采样送检测试法

井下采取水样时需在水平面下大于 3m 处，井口采取时需抽水 10min 以上，水温、水位、水量、pH、电导率、氧化还原电位、溶解氧、浊度、 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 要求现场测量，计数保留两位小数。采样器进行前期处理，容器做到定点、定项，现场密封样品，贴上水样标签。

4) 监测期限、频率

监测时间为方案服务期，即 2026 年 7 月~2037 年 6 月，共计 11 年；水位监测频率为每季度 1 次，水质监测频率为每年 1 次。

2、土地资源损毁监测

(1) 土地类型损毁监测

①监测内容

土地资源损毁监测按照矿山开采时序，主要为拟损毁土地监测，监测指标主要为挖损土地监测和压占土地监测。

拟损毁挖损、压占土地监测内容包括位置、权属、拟损毁时间、面积、地类、主要植被类型、配套设施、生产力水平和土壤质量等。

②监测方法

土地资源损毁监测主要以遥感监测法为主，地面调查、公众访谈等为辅。

③监测点布设

土地资源损毁监测将在露天采场、办公生活区、工业场地、排土场、矿区道路等作为监测单元。共布设监测点 5 个。

④监测要求

遥感监测法按照《土地利用动态遥感监测规程》(TD/T1010-2015)、《采空区卫星遥感动态监测技术规程》(GB/T45979-2025)执行，光学数据单景云雪量不应超过 10%，且不得覆盖重点监测区域；成像侧视角小，宜保证 DOM 精度，一般小于 15° ，最大不应超过 25° ；监测区内不应出现明显噪声和缺行；灰度范围总体呈正态分布，无灰度值突变现象；相

邻景影像间的重叠范围不应少于整景的 2%；雷达数据宜选择全极化方式，入射角在 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间，相邻轨道同为升轨或降轨、同侧成像。

⑤监测期限、频率

监测时间为方案服务期（不包括基建期 1 年），即 2027 年 7 月~2037 年 6 月，共计 10 年；土地资源损毁监测频率为每年 1 次。

（2）土壤环境监测

①监测内容

土壤环境破坏监测对象主要包括露天采场、办公生活区、工业场地、排土场及其他地面重要工程设施。监测指标：土壤无机污染物、土壤有机污染物，土壤质量进行监测。

②监测点布设

土壤环境破坏监测点布设在不同地貌、不同生态系统类型的区域，选取未扰动的原地貌作为对照样，露天采场、办公生活区、工业场地、排土场等地区。采用对角线布点法，土壤采样点布设覆盖主要土地利用类型，林地每 35hm^2 布设一个监测点，布设 3 个监测点。采样点沿平面和垂向布设，平面采样点选在被采土壤类型特征明显的地方，地形相对平坦、稳定、植被良好的地点，采样点间距 2500m，采集深度 $0\text{cm} \sim 20\text{cm}$ 。剖面采样点以剖面发育完整、层次较清楚、无侵入体为准，应采集 A 层（腐殖质淋溶层）、B 层（沉积层）、C 层（母质层）样品。

③监测方法

土壤环境质量采用采样送检测试法，要求采集混合样，每种类型中样本数量应满足 GB/T36393 的规定。土壤物理性质检测项目包括：土壤颗粒组成（质地）、土壤容重、土壤孔隙度、土壤含水量；土壤无机污染物检测项目包括：汞、镉、铅、砷、铜、镍、锌、硒、铬、钒、锰、硫酸盐、硝酸盐、氟化物、碳酸盐等或其他无机污染物；有机污染物检

测项目包括：石油、有机磷和有机氯农药、多环芳烃、多氯联苯、三氯乙醛等。

④监测要求

土壤采样送检测试法按照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166)执行，采集平面混合样品时，采样深度 0cm~20cm，将一个采样单元内各采样分点采集的土样混合均匀，采用四分法，最后留下 1kg 左右。采集剖面样时，剖面的规格一般为长 1.5m、宽 0.8m、深 1.2m，要求达到土壤母质层或潜水水位处，剖面要求向阳，采样要自下而上，分层采取耕作层、沉积层、风化母岩层或母质层样品，切忌混淆层次。采取重金属的样品尽量用竹片或竹刀去除与金属采样器接触的部分土壤再取样，样品袋要求为棉布袋，潮湿样品可内衬塑料袋(供无机化合物测定)或将样品置于玻璃瓶内(供有机化合物测定)。采样的同时，由专人填写样品标签、采样记录；标签一式两份，一份放入袋中，一份系在袋口，标签上标注采样时间、地点、样品编号、监测项目、采样深度和经纬度。采样结束，需逐项检查采样记录、样袋标签和土壤样品，如有缺项和错误，及时补齐更正。

⑤监测期限、频率

监测时间为方案服务期(不包括基建期 1 年)，即 2027 年 7 月~2037 年 6 月，共计 10 年；土壤环境质量监测频率为每年 1 次。监测点坐标见表 5-1

表 5-1 土壤监测点一览表

序号	X	Y	备注
1	*****. ****	*****. ****	林地
2	*****. ****	*****. ****	林地
3	*****. ****	*****. ****	林地

3、生态系统破坏监测

①监测内容

结合生态系统类型将矿山划分落叶、阔叶灌丛生态系统，草原、草丛草地生态系统等单元，监测指标：林地、草地等损毁面积。

②监测点布设

生态用地损毁监测以矿山为单元，在乔木林地布设监测点 3 个。

③监测方法

生态用地损毁以卫星遥感影像监测为主，摄像、摄影、人工测量方法并用。

④监测要求

遥感影像监测法按照《区域环境地质勘查遥感技术规定(1:50000)》(DZ/T0190-2015)执行，应选择空间分辨率 2.5m 或优于 2.5m 的多光谱遥感数据或者全色与多光谱融合数据。同一地区，不同时相的遥感数据最好为同一季节获取。应选用影像层次丰富、图像清晰、色调均匀、反差适中的遥感图像资料。要求少积雪、积水和低植被，云、雪覆盖量低于 10%，且不可遮盖被监测的目标物和其他重要标志物。遥感影像解译可采用直判法、对比法、邻比法和综合判断法。遥感解译必须建立解译标志，包括直接标志和间接标志。直接标志是地物本身的有关属性在图像上的直接反映，如形状、大小、色调、阴影等；间接标志是指与地物的属性有内在联系，通过分析能够推断其性质的影像特征，如水系、地貌形态、纹理、位置、植被等。遥感解译标志建立后必须进行外业调查验证，验证率不低于图斑总数的 30%，解译与外业验证之间的误差不得超过 5%。

⑤监测期限、频率

监测时间为方案服务期(不包括基建期 1 年)，即 2027 年 7 月~2037 年 6 月，共计 10 年；生态系统破坏监测频率为每年 1 次。不稳定地质体监测点、土壤质量监测点布置见图 5-1。

监测时间为方案服务期，即 2026 年 7 月~2037 年 6 月，共计 11 年；
监测频率为每季度监测 1 次。

2、土地复垦利用监测

（1）土地复垦利用监测

①监测内容

土地复垦利用监测分为复垦修复管理监测和复垦修复土地监测。其中复垦修复管理监测指标为土壤环境质量达标率和土地复垦率，复垦修复土地监测指标主要为地形、配套设施、生产力水平。

②监测点布设

土地复垦利用监测以土地资源损毁监测点为基础，在各复垦单元布设 1 个。

③监测方法

土地复垦利用监测主要以遥感监测法为主，地面调查、公众访谈等为辅，开展已复垦修复土地的利用类型、范围、面积以及利用方式、覆盖特征、利用水平的监测。

④监测要求

遥感监测法按照《土地利用动态遥感监测规程》（TD/T1010-2015）执行，光学数据单景云雪量不应超过 10%，且不得覆盖重点监测区域；成像侧视角小，宜保证 DOM 精度，一般小于 15° ，最大不应超过 25° ；监测区内不应出现明显噪声和缺行；灰度范围总体呈正态分布，无灰度值突变现象；相邻景影像间的重叠范围不应少于整景的 2%；雷达数据宜选择全极化方式，入射角在 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间，相邻轨道同为升轨或降轨、同侧成像。

⑤监测期限、频率

监测时间为方案服务期，即 2026 年 7 月~2037 年 6 月，共计 11 年；
监测频率为每年 2 次。

（2）土壤环境质量监测

土壤环境质量监测点布设、监测方法及监测频率与土壤环境破坏监测一致，监测指标：土壤污染项目和土壤微量项目。

3、生态系统恢复监测

（1）生态系统格局监测

①监测内容

生态系统格局监测将矿山作为监测单元，监测指标：生态系统类型比例、平均斑块面积、边界密度、聚集度指数，监测内容为斑块数、斑块面积及相邻斑块间的边界长度等。

②监测点布设

生态系统格局监测以矿山为单元，布设监测点 1 个。

③监测方法

生态系统格局监测采用遥感解译法，辅以摄像、摄影、人工野外核查。

④监测要求

以遥感解译结果为基础，结合野外核查监测数据，通过生态系统构成、空间格局、生态系统总体变化特征等指标的计算，定量评估各类生态系统的面积及变化、破碎化程度、变化方向、综合变化程度，明确生态系统的总体变化情况及变化关键区域。

⑤监测期限、频率

监测时间为方案服务期，即 2034 年 7 月~2037 年 6 月，共计 3 年；监测频率为每年 1 次。

（2）生态状况调查

①监测内容

生态状况调查以生态系统类型为监测单元，监测指标：为生物指标、水文指标、土壤指标、灾害指标。

②监测点布设

生态状况调查监测按矿山内生态系统类型划分为乔木、灌丛、草地、等单元。结合监测指标，本次设计在乔木、灌丛、草地各设置样地 1 个，共设置样地 3 个；每处样地布设样方 1 个，共布设样方 3 个。乔木样方为 $20\text{m} \times 20\text{m}$ ，灌丛样方为 $10\text{m} \times 10\text{m}$ ，草地样方为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 。

③监测方法

森林系统监测方法：海拔、地形、坡度、坡向等基本情况指标采用数字高程模型（DEM）提取；土壤类型、径流量等指标参照土壤环境、水环境监测数据；森林类型指标采用仪器测量和观察法结合；树种、胸径、树高、树龄、冠幅生物量等每木检尺指标采用测径尺、测高仪、生长锥等仪器进行测量；林分起源、优势物种、平均年龄、平均胸径、平均高、郁闭度等林分指标采用野外实地测量和数学计算法；林下植被物种数、林下植被高度、林下覆盖度、造林成活率保存率等林下植被指标采用计数法和标尺测量法。

草地系统监测方法：生物指标包含草地优势种、多度、植被覆盖度、群落高度、频度、叶面积指数、生物量，种草成活率保存率，主要采用照相法、目测法、样方法、测量法（标尺、样圈等设备）；水文指标中地下水位、草地蒸散量、径流量等指标采用水位计、蒸渗仪、流速仪等仪器测量，坡度、坡长采用数字高程模型（DEM）提取；土壤采样、土壤有机碳密度、土壤容重、土壤机械组成、土壤 PH、土壤含水量、土壤有机质含量、土壤全氮等土壤指标采用取样送检法；草原灾害指标采用观测法结合遥感数据。

④监测要求

对于均一地面样地，样方布设应在区域内进行简单随机抽样代替整体分布。对于非均一地面样地，应根据样地内空间异质程度进行分层抽样，要求层内相对均一，并在层内进行局部均匀采样，表达各层的参数。

⑤监测期限、频率

监测时间为管护期，即 2034 年 7 月~2037 年 6 月，共计 3 年；监测频率为每年 1 次。

（3）生态系统服务监测

①监测内容

生态系统服务监测将矿山作为监测单元，监测指标：水源涵养量、防风固沙量、土壤保持量、生物多样性维护、碳储量。其中水源涵养量监测内容为各类生态系统数量、面积，产流降雨量、地表径流量及蒸散发量等；防风固沙量监测内容为土壤理化性质、植被覆盖度等；土壤保持量监测内容为降雨量、土壤理化性质、坡度、坡长等；生物多样性维护监测内容为生境不可替代指数、物种丰富度。

②监测点布设

生态系统服务监测以矿山为单元，布设监测点 1 个。

③监测方法

生态系统服务监测采用遥感解译法，辅以地面调查，其监测内容大部均可从前述监测数据中获取。

④监测要求

以遥感和地面调查数据为基础，结合生态系统长期监测数据，定量评估生态系统服务功能状况，了解生态系统服务功能的变化趋势。

⑤监测期限、频率

监测时间为管护期，即 2034 年 7 月~2037 年 6 月，共计 3 年；监测频率为每年 1 次。

（4）生态系统质量监测

①监测内容

生态系统质量监测将矿山作为监测单元，监测指标：生物量、植被覆盖度、生态系统质量综合指数。

②监测点布设

生态系统质量监测以矿山为单元，布设监测点 1 个。

③监测方法

生物量指标采用 NPP 累计法，植被覆盖度采用样方法。

④监测要求

以遥感反演参数为基础，综合地面调查数据，通过收集生态系统生物量、植被覆盖度和水质等数据，评价森林、灌丛和草地生态系统质量等级和空间特征，综合各类生态系统质量评价结果，分析评价区内生态系统质量状况以及不同时期动态变化特征。

⑤监测期限、频率

监测时间为管护期，即 2034 年 7 月~2037 年 6 月，共计 3 年；监测频率为每年 1 次。

第二节 管护目标与措施

一、目标任务

土地复垦修复监测是督促落实土地复垦修复责任的重要途径，是保障修复能够按时、保质、保量完成的重要措施，是调整土地复垦修复目标、标准、措施及计划安排的重要依据，同时也是预防发生重大事故和减少对土地造成损毁的重要手段之一；土地复垦修复管护是土地恢复工程的最后程序，主要针对恢复土地上的植被进行保护管理。

二、管护措施

项目区修复土地的管护包括植被的管护。植被管护是土地可持续发展的关键，故管护重点为重建植被的管护。

（一）苗木补种

管护期对项目区林地补种、草地进行补播种。年最高气温+37.2℃，最低气温为-28.5℃；年降水量为 326~482mm，平均为 360.4mm，年日照时数 2886 小时，很多有经济价值的植物都因不能忍受矿区的低温而不

能种植。因此要特别注意防冻技术，可以用土把植物的幼苗埋起来，也可以采取地表铺撒粉煤灰提高地温来防冻，用塑料薄膜覆盖幼苗来防冻，植株地上部用塑料布包扎来防冻等。

（二）病虫害防治

病虫害防治是植被管理中的一项重要的工作，在植被生长季节尤为重要。主要采取药物防治，根据不同的草种在不同的生长期，根据病虫害种类的生长发育期选用不同的药物，使用不同的浓度和不同的使用方法。

（三）管护期施肥和灌水

“三分种，七分管”。栽植播种后不加管理或管理过分粗放，常会造成前功尽弃。刚出苗的新播牧草因根系浅，牲畜又极喜食，如过早放牧很容易连根拔出而危害其生长。对于新播牧草，凡有条件的应尽可能辅之以灌溉等，灌溉水源来自矿区内灌溉水井，既促进新播牧草生长，也为优良的原有牧草种子成熟或营养繁殖创造条件。

为尽快恢复复垦植被，恢复土地生产力，在牧草返青前、生长期、入前进行灌溉，管护期为3年，草地每 hm^2 每次灌水量为 400m^3 ，采用拉水浇灌，所需水源为处理后的疏干水，矿山灌溉水源可以保障尤其干旱情况下利用矿山处理后的矿井水，采用洒水车结合软管喷灌的方式。

加强播种草地的管理，是播种成功的关键环节。恢复水浇地后，需重新布设灌溉设备等配套设施，保证农业生产的正常进行。修复地范围大、分布较广，每年春、秋两季灌水，以提高牧草的成活率和生长速度。

第三节 工程量

一、监测主要工程量

表 5-2 矿山地质环境监测、土地资源监测、生态系统监测工程量统计表

监测对象	监测内容	监测频率	服务期监测点数(个)	工程量(点次)	近期监测点数(个)	工程量(点次)
------	------	------	------------	---------	-----------	---------

拟损毁监测	地质环境损毁	采场边坡	200次/年	5	4000	5	600
		地下水环境破坏	1次/年	1	11	1	3
	土地资源损毁	挖损土地	1次/年	5	55	5	15
		压占土地	1次/年	4	44	4	12
		林地损毁	1次/年	5	55	5	15
		土壤环境	1次/年	3	33	3	9
	生态系统破坏	生态用地损毁	1次/年	3	33	3	9
复垦修复效果监测	地质环境治理	挖损、压占	4次/年	2	88	2	24
	土地复垦利用	复垦修复土地	2次/年	2	44	2	12
	生态系统修复	生态系统格局	1次/年	1	11	1	3
		生态状况	1次/年	3	33	3	9
		生态系统服务	1次/年	1	11	1	3
		生态系统质量	1次/年	1	11	1	3
	合计			36	4429	36	717

二、管护主要工程量

表 5-3 复垦修复管护工程量汇总表

管护阶段	管护区域	管护内容	管护频率 (次/年)	管护时间(年)	工程量(次)
近期	林地、草地	巡查、浇水、补种、防治病虫害	2	3	6
服务期	林地、草地	巡查、浇水、补种、防治病虫害	2	3	6