

宁夏回族自治区地方标准

DB 64/T XXXX—XXXX

砂石土矿矿山生态修复技术规范

Technical specification for ecological restoration of sandy soil mine

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由宁夏回族自治区自然资源厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：宁夏回族自治区国土资源调查监测院、北方民族大学。

本文件主要起草人：胡志瑞、刘秉儒、张玲燕、罗小平、李鹏、崔奇鹏、尤洋、苏宁、刘建利、张凡、肖兆龙、范朝霞、李韞玲、崔保国、程亚青、何开军、马蕾、海龙、康鹏、李晓慧、吴磊、赵万伏、杨硕鹏、马蓁、张桐、张芬、雷庆、马贵林

砂石土矿矿山生态修复技术规范

1 范围

本文件规定了砂石土矿矿山生态修复的原则与总体要求、基础调查与问题识别、方案编制、方案实施、监测与管护、成效评估和档案管理的要求。

本文件适用于砂石土矿开采活动结束后的矿山生态修复，开采过程中开展的矿山生态修复工作可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 50003 砌体结构设计规范
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50288 灌溉与排水工程设计标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 15776 造林技术规程
- GB/T 16453.4 水土保持综合治理 技术规范 小型蓄排引水工程
- GB/T 32864 滑坡防治工程勘查规范
- GB/T 38360 裸露坡面植被恢复技术规范
- GB/T 38509 滑坡防治设计规范
- GB/T 50485 微灌工程技术规范
- GB/T 50625 机井技术规范
- CJ/T 340 绿化种植土壤
- DZ/T 0220 泥石流灾害防治工程勘查规范
- DZ/T 0287 矿山地质环境监测技术规程
- JT/T 1328 边坡柔性防护网系统
- NY/T 1342 人工草地建设技术规程
- TD/T 1036 土地复垦质量控制标准
- TD/T 1070.1-2022 矿山生态修复技术规范 第1部分：通则
- TD/T 1070.4-2022 矿山生态修复技术规范 第4部分：建材矿山
- DB64/T 1750 宁夏砂石土矿绿色矿山建设规范
- DB64/T 1939 三角网法在露天矿山储量核实中的应用规范
- DB64/T 1940 宁夏露天矿山动态监测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

矿山生态修复 mine ecological restoration

依靠自然或者通过人工干预，对因矿产资源开采活动造成的地质安全隐患、土地损毁、植被破坏等矿山生态问题进行修复，使矿山地质环境达到稳定、损毁土地得到复垦利用、生态系统功能得到恢复和改善。

3.2

砂石土矿 sandy soil mine

指宁夏境内建筑用砂、建筑石料用灰岩、建筑用砂岩、建筑用白云岩、建筑用花岗岩、砖瓦用粘土、砖瓦用页岩等。

3.3

参照生态系统 reference ecosystem

指能够作为生态恢复基准的本地生态系统，常代表生态系统的非退化状态，包括其植物群、动物群（和其他生物群）、非生物成分、功能、过程和演替状态（未发生退化前的演替状态）。

3.4

采场边坡 Mine slope

由一个或多个采掘台阶、坡面组成的倾斜坡面。

3.5

植被养护 Vegetation conservative

对矿区植被采取的抚育、管护、病虫害防治、火灾防控等措施。

4 总体原则

4.1 基本原则

4.1.1 安全稳定，兼顾景观

消除矿山地质安全隐患后，各类场地须安全、稳定，对人居、生命、财产、水土、动植物等不造成威胁。在此基础上开展矿山生态修复工作，构建修复实施区域与周边环境相融合的生态景观。

4.1.2 因地制宜，统筹协调

因地制宜，因矿施策，宜林则林、宜草则草、宜耕则耕、宜荒则荒。统筹地貌重塑、土壤重构、植被重建、配套工程等综合修复措施的应用。

4.1.3 经济合理，技术可行

选择适宜的矿山生态修复模式，修复技术方法应科学先进，降低修复成本。辅助再生、生态重建尽量缩短修复和管护时间，后期以自然恢复为主。

4.2 基本要求

4.2.1 砂石土矿矿山生态修复原则应符合 TD/T 1070.1 中 4.2 以及 DB64/T 1750 的要求。

4.2.2 以边坡、采场底盘、工业场地、矿山道路、排渣（土）场等场地为重点，合理选择修复措施，实现最优化修复。植被重建应优先选择乡土植物物种，积极推进乔木、灌木、草本、攀缘植物立体种植，防止生态群落退化，增强生态系统稳定性。不应使用对当地生物多样性造成威胁的外来入侵物种。

4.2.3 矿山生态修复后，将因矿产资源开采活动而破坏的生态系统恢复到或接近于采矿前的自然生态系统，或重建成符合特定用途的生态空间。

4.2.4 生态修复参照宁夏国土空间主体功能区差别化管控，对农产品主产区、重点生态功能区、城市化地区实施有侧重点的生态修复，见附录 A。

5 基础调查与问题识别

5.1 基础调查

5.1.1 调查范围

统筹考虑矿山范围及其所处的地理单元与生态功能空间，以矿山资源开采活动影响到的范围为主，适当扩展到周边区域。

5.1.2 调查内容

5.1.2.1 自然生态状况调查应符合 TD/T 1070.1 的要求。

5.1.2.2 矿山概况调查。包括矿山名称、交通位置、矿区面积、建矿时间、闭坑或废弃时间、开采矿种、采区范围、开采深度、开采层位、开采方式、开采规模以及矿山周边已实施的修复工程情况等。矿山剩余储量核实符合 DB64/T 1939 的要求。

5.1.2.3 矿山生态问题调查。重点调查以下矿山生态问题：

- a) 矿山地质环境破坏调查。重点调查矿山各类场地地质环境破坏的类型、位置、规模、影响范围、威胁对象、处置情况等。
- b) 地形地貌破坏调查。包括矿业活动（采场、工业场地、办公生活区、建设工程、排渣场、矿山道路等）影响破坏的空间分布、面积、破坏方式等。重点调查采场边坡位置、长度、宽度、顶底高差、坡向、坡度、坡面台阶、坡面危岩体，采场底盘面积、长度、宽度、深度、积水情况，残山的分布、体积、顶底高差等情况。
- c) 土地损毁调查。包括矿业活动损毁的土地资源权属、类型、位置、范围、面积、破坏方式等。
- d) 固体废弃物调查。包括矿业活动排放的固体废弃物类型、排放位置、占地面积、排放量、危害对象、影响范围、利用情况等。
- e) 植被破坏调查。包括矿业活动破坏的植被类型、分布、面积等。

5.1.2.4 其他调查：

- a) 土源调查。调查表土剥离情况，矿山及周边适用于矿山生态修复需要的土源分布、储量、运输条件、相关权利人意愿以及取用后对土源地生态系统影响等，结合收集资料和实验室分析，查明土壤质地、容重、有机质、pH 值、有害元素等指标。
- b) 水源调查。调查矿山生态修复可利用的水源（井、泉、河流、水库等）来源分布、储量、运输条件、相关权利人意愿以及取用后对取水地生态系统影响等，结合收集资料和实验室分析，查明水质、矿化度、pH 值等指标。
- c) 其他条件调查。调查矿山生态修复可利用的灌排设施、电力设施及矿山内外道路，修复工程所需材料市场供应、价格、当地用工状况、劳务信息等。

5.1.3 调查方法

5.1.3.1 收集资料

收集矿山所在区域的自然地理、生态状况、社会经济，矿山概况，矿山开发利用有关规划及设计、方案等。引用的资料须现场校验。

5.1.3.2 现场调查

矿山地质环境破坏调查中涉及崩塌调查内容、方法符合DZ/T 0284的要求，滑坡、不稳定斜坡调查内容、方法符合GB/T 32864的要求，泥石流调查内容、方法符合DZ/T 0220的要求。矿山地形地貌破坏、土地损毁、植被破坏等调查，应在收集资料基础上现场核实其准确性。

5.1.3.3 专家和公众咨询

专家和公众咨询法是对现场调查的补充。咨询专家、公众和相关部门对修复工作的意见，补充现场调查遗漏的矿山生态问题。

5.1.3.4 遥感调查

采用遥感方法调查矿山生态状况和矿山生态问题，其工作流程、信息提取、实地调查、综合研究、成果编制等符合DZ/T 0266要求。

5.2 问题识别

5.2.1 建立矿山生态修复参照生态系统

对比分析历史资料，综合调查矿山周围同类型地区，建立矿山生态修复参照生态系统。一般用胁迫因素、物质条件、物种组成、结构多样性、生态系统功能和外部交换等6个生态系统属性描述参照生态系统。

5.2.2 矿山生态问题分级

一级：场地存在严重地质环境破坏问题，地质条件不稳定，或场地存在严重地形地貌破坏、土地损毁，地表植被生境受到严重影响，生态退化严重。

二级：场地存在一定的地质环境破坏问题，地质条件稳定性较差，或场地存在一定程度地形地貌破坏、土地损毁，局部植被盖度与质量受到影响，物种生境条件较为稳定，生态系统结构与功能较为完好。

三级：场地不存在地质环境破坏问题，地质条件稳定性良好，地形地貌破坏轻微，地表仅存在少量土地损毁，仅局部植被盖度与质量受到影响，物种生境条件稳定，生态系统结构与功能完好。

5.3 成果资料

主要包括调查表、分析测试数据、照片、音频视频、实际材料图、生态问题图等。

6 生态修复方案编制

6.1 编制基本要求

矿山生态修复方案应在完成基础调查与问题识别的基础上编制，并与相关规划衔接。编制内容、大纲符合TD/T 1070.1中附录A的要求。

6.2 主要任务与工作部署

6.2.1 依据矿山生态修复总体定位与目标和《宁夏回族自治区国土空间规划》，结合修复场地地质安全、地形地貌等场地条件，合理确定采场、工业广场、排渣（土）场、矿山道路等矿山场地的修复用途，提出矿山生态修复主要任务。

6.2.2 根据确定的矿山各场地的修复用途和主要任务，统筹考虑现状矿山生态问题的严重程度、现有技术经济条件等，确定采用自然恢复、辅助再生、生态重建修复方式。

6.2.3 根据确定的矿山场地生态修复方式，结合场地条件提出采场边坡、底盘、工业场地、排渣（土）场、矿山道路等场地适宜的修复措施和固体废弃物处置措施。附有关的修复工程专门图件、附表，对修复方法、注意事项等作出详细说明。

6.2.4 根据地质环境破坏治理、地貌重塑、土壤重构、植被重建、配套工程等任务，提出工程总体部署和实施计划，测算工程量。

6.2.5 综合考虑当地经济发展水平和修复技术、周期、资金、社会可接受性等因素，分析生态修复技术经济可行性。

6.3 跟踪监测

明确监测目的、范围、内容、方法，以及监测期限和监测周期。重点监测生态修复后采场、排渣（土）场边坡稳定性，土壤肥力、理化性质，植被重建后植物种类、分布、面积、成活率、覆盖度，回归的动物种类、数量、分布等。

6.4 经费估算

根据矿山生态修复技术措施和部署的工程量，测算所需经费，明确经费筹措渠道。包括估算依据、估算方法、估算过程、估算结果等。

6.5 保障措施

根据矿山生态修复工作实施的组织管理、技术、资金、后期管护等保障措施。

7 实施措施

7.1 工程实施

工程设计、施工、监理等，符合TD/T 1070.1的要求。

7.2 技术措施

7.2.1 自然恢复措施

7.2.1.1 采取拆除废弃设施、封闭修复场地等措施，消除影响生态修复的生态胁迫因子。

7.2.1.2 不允许在修复场地内翻土、取土取石、搬运、垦殖等人类活动，减少外界对场地的扰动。

7.2.1.3 依靠修复场地和周边生态系统的自我愈合能力，促进植被再生和生物种群恢复，逐渐修复矿山生态系统。

7.2.2 辅助再生措施

7.2.2.1 采取坡面危岩清理、采坑回填、渣石清理等措施，消除场地的不稳定因素。

7.2.2.2 采取坡面修整、土壤改良或覆土、截排水等措施进行场地平整，为植被恢复提供条件。

7.2.2.3 采取补植、补播、抚育、清除杂草等措施，加快生态系统结构和功能的修复。

7.2.3 生态重建措施

7.2.3.1 矿山地质环境破坏治理

7.2.3.1.1 危岩体清除，主要采取以下措施：

- a) 综合考虑现场条件、安全、技术经济可行性等因素，选择适宜的危岩体清除方法，可采取人工、机械、解离、静态爆破、控制爆破等措施。谨慎使用常规爆破以防产生新的危岩体，必须采用时应编制专项爆破设计，制定爆破方法、流程、施工、安全方案及应急预案等。
- b) 清除危岩体前须做好安全防护措施。
- c) 清除危岩体须采取自上而下顺序、分区跳段方式并将坡面一次成型，每段施工长度不大于 15m。
- d) 清除危岩体后的边坡应至稳定岩面，不引发新的危岩体。
- e) 清除危岩体后应修整坡面转角处及坡顶棱角，使坡面平整顺滑，无较大的凸起和凹陷，清除危岩体处坡面应与周围坡面连接平滑、协调。

7.2.3.1.2 危岩体加固，主要采取以下措施：

- a) 根据边坡岩性、坡度、危岩体稳定程度，采取适宜的加固措施，加固工程应弱化人工痕迹并与周边环境相协调。加固措施符合 GB 50086 的要求。
- b) 对不稳定边坡，可选用锚固、支撑、嵌补、抗滑桩、注浆、排水等措施。锚固措施符合 GB 50330 的要求，支撑、嵌补措施符合 GB 50003 的要求，抗滑桩、排水措施符合 GB/T 38509 的要求，注浆措施符合 JGJ 79 的要求。

7.2.3.1.3 边坡护坡，主要采取以下措施：

- a) 软质岩石、表层风化严重的不稳定边坡，可采用锚固、锚喷、挂网、注浆固结、抗滑桩、圪工、格构或其他措施护坡，坡脚处可采用堆坡反压、拦挡等措施稳定。圪工护坡符合 GB 50003 的要求、格构护坡符合 GB/T 38509 的要求。
- b) 坡面破碎、裂隙发育浅的边坡，可采用挂网、锚喷、圪工、格构或其他护坡措施。挂网措施符合 JT/T 1328 的要求。

7.2.3.2 地貌重塑

7.2.3.2.1 修整工程

7.2.3.2.1.1 削坡卸荷，主要采取以下措施：

- a) 边坡条件允许时优先削坡卸荷，降低边坡坡度、高度。削坡卸荷应统筹边坡台阶再造、边坡护坡、截排水、坡脚蓄坡和填筑台阶等工程。
- b) 土质的和软质岩石边坡角大于 60° 且坡高大于 8m，硬质岩石边坡角大于 75° 且坡高大于 15m 时，应分级放坡，保证边坡的稳定性。
- c) 削坡卸荷后边坡应满足稳定的坡高和休止角。土质边坡高度 5m 以下且坡度不大于 35° ，高度 5-10m 且坡度不大于 30° ；软质岩石边坡高度 8m 以下且坡度不大于 45° ，高度 8-15m 且坡度不大于 35° ；硬质岩石边坡高度 8m 以下且坡度不大于 60° ，高度 8-15m 且坡度不大于 50° 。
- d) 岩质边坡采用爆破法削坡时，坡面应预留一定厚度岩层采用人工或机械修整，防止坡面产生新的危岩体，保证坡面稳定。
- e) 削坡坡高、坡形根据岩土条件确定，宜采用阶梯形削坡。阶梯台阶宽度、高差根据边坡岩土条件确定，土质边坡台阶宽度不小于 3m、岩质边坡不小于 2m，台阶微内倾；大于三级的多级台阶中间应留设一级宽台阶，土质边坡台阶宽度不小于 6m、岩质边坡不小于 4m，土质边坡台阶高差不大于 8m、岩质边坡台阶高差不大于 15m。
- f) 削坡区坡顶、侧边界应与周边稳定的坡体自然衔接，不应形成陡坎。

7.2.3.2.1.2 台阶再造，主要采取以下措施：

- a) 结合边坡削坡按一定宽度、高度沿坡面等高线再造若干级台阶平台，形成植被重建的立地条件。

- b) 沿台阶平台外边缘修筑挡土墙、叠石等挡土构件并保持其稳定，构件体合理设置泄水孔、伸缩变形缝，其高度视植被重建物种、覆土厚度确定。挡土构件参数、材质、结构形式符合 GB 50003 的要求。

7.2.3.2.1.3 坡脚蓄坡、填筑台阶，主要采取以下措施：

- a) 当边坡后缘削坡受限或削坡工程量大，坡脚或采场底盘场地充足，可在坡脚处回填渣（石）土蓄坡、填筑台阶。蓄坡宽度、高度视场地条件和回填材料确定。
- b) 蓄坡体应满足稳定的坡高和休止角。蓄坡体高度 8m 以下时坡度小于 30° ，15m 以下时坡度小于 25° 。
- c) 填筑台阶一般不超过 3 级。回填单层台阶高度不大于 8m、宽度 4-6m，边坡坡度小于 30° 。
- d) 回调蓄坡应考虑其稳定性，按照先低后高的顺序逐层回填并分层压实，不应顺坡倾倒。回填时将大块度块石堆置在底层稳定基底，利用小块度块石、碎渣石填隙。
- e) 为稳定蓄坡体和防止后续坡面覆土流失，可在蓄坡体坡脚处修建拦挡工程并保证其稳定，其高度一般不高于 2m，弱化人工工程痕迹。

7.2.3.2.1.4 坡面整形，主要采取以下措施：

- a) 应对破损边坡坡面进行整形，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。
- b) 排渣（土）场长期堆放时，堆坡应满足稳定的坡高和休止角。堆高大于 10m 时应削坡开级再造台阶，每级台阶高度不超过 8m，台阶宽度不低于 3m，坡度不大于 30° 。

7.2.3.2.1.5 积水区整形，主要采取以下措施：

- a) 对积水采场底盘或其他积水区进行水域整形，合理构建积水区形态。
- b) 统筹地形地貌、截排水工程，合理布局集水、导水、蓄水系统。

7.2.3.2.2 集排水工程

7.2.3.2.2.1 截排水，主要采取以下措施：

- a) 截排水沟设计符合 GB/T 16453.4 的要求。
- b) 坡面截排水，根据当地降水、边坡现场条件，合理布置坡顶、坡面、坡脚及水平台阶截排水工程，将水流引离边坡。台阶、边坡高差较大时，坡面上宜设置纵向排水沟、急流槽，防止水流改变，并设置跌水或陡坡，下游采取消能和防冲措施。截排水沟、急流槽宜采用自流露天排水方式，设计规格为能顺利排出拦截的当地最大降水形成的坡面径流，并与区外排水系统相联络。
- c) 平整区截排水

排水沟宜布置在低洼地带，尽量利用原有排水系统，设计时与边坡截水沟结合布局，宜采用明沟自排水方式。

7.2.3.2.2.2 集蓄水，主要采取以下措施：

- a) 集蓄水工程设计符合 GB/T 16453.4 的要求。主要是满足植被重建及养护或其他用水需求。
- b) 蓄水池建设地点应避开地质环境破坏和填方地段，宜修建于采场低洼区或出口处，并与采场内截排水工程相连，进水口前设置拦污栅、沉淀池。根据底层岩性及风化程度、裂隙发育程度做好防渗。周边安装防护措施、警示标识等。
- c) 蓄水池设计容量以集水区地表径流量和需水量综合确定。
- d) 采场内已形成的较深或已有积水区，为减少修复工程大量填方，宜将其改造成蓄水坑塘。尽可能利用采场底盘凹坑、低洼区，充分收集降水。

7.2.3.2.3 边坡修复

7.2.3.2.3.1 根据矿山所处区域生态功能、边坡高度及坡度等情况，选择适宜的修复方法。边坡分类

及修复技术应符合 TD/T 1070.4 附录 B 的要求。

7.2.3.2.3.2 优先选择对地形条件、土壤质量、配套设施、防洪排涝标准要求相对较低，投入相对经济的林草地修复模式。

7.2.3.2.3.3 高陡岩坡修复，主要采取以下措施：

- a) 为尽量减少边坡裸露岩面，缓冲边坡落石，视采场底盘空间条件，于坡脚回填渣（石）土蓄坡或填筑台阶，填筑台阶数一般不超过 3 级。
- b) 边坡中、上部采用削坡开级再造台阶，台阶一般不超过 5 级，台阶外缘设置挡土墙、叠石等挡土构件。

7.2.3.2.4 采场底盘修复

视修复条件，优先修复为耕地。修复质量标准符合 TD/T 1036 的要求，灌溉水质符合 GB 5084 的要求。修复为建设用地的，边坡稳定性符合 GB 50330 的要求，地基承载力符合 GB 50007 的要求，土壤质量符合 GB 36600 的要求。

7.2.3.2.5 工业场地修复

7.2.3.2.5.1 工业场地包括办公区、生活区、工业广场、仓库等，宜选择原地类修复方向。

7.2.3.2.5.2 符合当地国土空间规划、建设标准的工业场地及建（构）筑物可以保留，维持建设用地用途。对破损、老化的建（构）筑物采取维修、加固等措施，维持其利用功能。

7.2.3.2.5.3 不留用的建（构）筑物、硬化地面予以拆除，清理固体废物并妥善处置。优先将清理出场地的施工残留物资源化再利用。

7.2.3.2.5.4 修复地类原则上选择原地类修复。修复质量标准符合 TD/T 1036 的要求。

7.2.3.2.6 矿山道路修复

7.2.3.2.6.1 其他修复工程完成后再展开矿山道路修复。

7.2.3.2.6.2 留用的矿山道路，应维护其平整度满足通行要求，补植道路两侧缺损绿植。不留用的硬化路面予以拆除，清理固体废物并妥善处置。优先将清理出场地的施工残留物资源化再利用。

7.2.3.2.6.3 修复地类原则上选择原地类修复。修复质量标准符合 TD/T 1036 的要求。

7.2.3.2.7 排渣（土）场修复

7.2.3.2.7.1 根据排渣（土）场周围自然环境、占地面积、堆存量、合理确定修复方向。

7.2.3.2.7.2 清空的排渣（土）场修复地类原则上选择原地类修复，视修复条件，优先修复为耕地。修复质量标准符合 TD/T 1036 的要求。

7.2.3.2.8 取土（砂）场修复

7.2.3.2.8.1 根据取土（砂）场所处区域生态功能、挖损面积、深度、土层厚度、表土资源、积水情况等，合理确定修复方向。

7.2.3.2.8.2 取土（砂）修复地类原则上选择原地类修复，视修复条件，优先修复为耕地。修复质量标准符合 TD/T 1036 的要求。

7.2.3.3 土壤重构

7.2.3.3.1 场地清理，主要采取以下措施：

- a) 优化将各修复场地内的渣石（土）资源化再利用，可用于回填采坑、坡脚蓄坡、筑路、制作建筑材料等。

- b) 排渣（土）场禁止设置于沟坡和沟谷内，防止发生滑坡及成为泥石流物源。已设置的优先将其资源化再利用清理或采取整形、固化、拦挡、土壤重构、植被重建等措施进行综合治理。

7.2.3.3.2 场地平整，主要采取以下措施：

- a) 根据各修复场地地形起伏、坡度、高差等要素，可采取整体或分阶梯方式平整场地。按照确定的修复方向选择适宜的平整方法，采用削高填低，挖低垫高、物料回填、推平等措施。
- b) 平整场地应充分利用场地内的弃渣（石）土，回填后坑平渣尽。

7.2.3.3.3 覆土工程，剥土回覆、客土覆土，主要采取以下措施：

- a) 充分利用采矿过程中留存的剥离表土、岩缝土，就近覆盖于各修复场地，为后续植被重建创造条件。
- b) 选用矿山周边富含腐殖质、理化性能良好的客土，覆盖于各修复场地。修复为农用地的，土壤质量符合 GB 15618 的要求，修复为园地、林草地的，土壤质量符合 CJ/T 340 的要求。

边坡台阶再造台面，覆盖种植土厚度不低于1.0m，高度低于挡土构件0.10-0.20m。覆土后台面起伏高差不超过0.50m。

坡脚蓄坡体坡面、填筑台阶台面，覆盖种植土厚度不低于1.0m。

采场底盘修复为耕地、园地、林地、草地，土壤质量达到GB 15618的二类标准。覆盖种植土以壤土、砂质壤土为佳。有效土层厚度、田面平整度以及其他配套设施，符合TD/T 1036的要求。

7.2.3.3.4 岩质工业场地覆盖种植土有效土层厚度不低于0.8m。土质场地覆盖种植土有效土层厚度不低于0.5m；也可采取松土措施且深度不低于0.50m，砾石含量不高于TD/T 1036的要求。

7.2.3.3.5 不留用的岩质矿山道路覆盖种植土有效土层厚度不低于0.80m，土质场地覆盖种植有效土层厚度不低于0.50m，也可采取松土措施且深度不低于0.5m，砾石含量不高于TD/T 1036的要求。

7.2.3.3.6 排渣（土）场长期堆放时，应整形坡面，覆盖种植土有效土层厚度不低于1.0m，坡脚修建拦挡工程，防止水土流失。

7.2.3.3.7 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。

7.2.3.4 植被重建

7.2.3.4.1 在地貌重塑、土壤重构基础上，依据参照生态系统，考虑植被适宜性，结构布局合理性、物种多样性，开展植被重建。

7.2.3.4.2 筛选适应当地气候、立地条件、抗逆性强、耐贫瘠、耐旱、耐盐碱、种源丰富、水土保持功能强的乡土植物，综合考虑乔、灌、草、攀援植物、固氮与非固氮、深根性与浅根性、经济林与生态林相结合。植被重建适地乡土植物物种见附录B。

7.2.3.4.3 植被重建后，植物应安全长效、适于自然生长、生态稳定性强，并与周边环境相协调。

7.2.3.4.4 边坡植被重建，应根据立地条件、坡向、坡度、岩性及风化程度、植物习性等，采取适宜的植被重建方法及养护措施。边坡植物配置、栽植技术和栽培方法符合GB/T 38360的要求。

7.2.3.4.5 边坡再造台阶植被重建，宜采用乔、灌、草、攀援植物立体种植，平台内、外侧各栽植一至二排攀援植物，向上攀爬或向下垂吊复绿坡面，可适当栽植观赏植物。

7.2.3.4.6 坡脚蓄坡体坡面、填筑台阶台面覆盖种植土后，宜采用乔、灌、草、攀援植物立体种植，适当栽植观赏植物。

7.2.3.4.7 采场底盘、工业场地、矿山道路、排（渣）土场修复为园地、林地时，栽植密度、栽植技术和栽培方法符合GB/T 15776的要求；修复为草地时，符合NY/T 1342的要求。

7.2.3.4.8 种植方法根据当地降水、现场条件采用合适的方法。鼓励采用新技术、新方法。

7.2.3.4.9 乔木应根据栽植树种及规格确定种植穴，规格参照TD/T 1070.4中7.2。

7.2.3.5 配套工程

7.2.3.5.1 灌溉工程

7.2.3.5.1.1 灌溉水源可引自矿山及其附近机（民）井、泉、河流、水库、修建蓄水池、坑塘等。

7.2.3.5.1.2 机井工程，主要采取以下措施：

- a) 根据矿山及周边一定范围内水文地质条件、蓄水量、水质，科学确定机井位置和数量。
- b) 机井深度根据拟开采含水层（组、段）的埋深、厚度、富水性及出水能力、水质确定；井孔技术参数符合 GB/T 50625 的要求。

7.2.3.5.1.3 输配水工程，主要采取以下措施：

- a) 灌溉渠道：统筹输配水与集排水工程，渠线短且直，避免深挖、高填，有利于植被重建及养护、耕作用水需求，施工、运用和维护方便。渠道保证水流安全、畅通，漏失量、占地和工程量小。
- b) 输水管道：管道短且直、水头损失小，固定管道、易损管材埋在地下，埋深不小于 0.60m，且在冻土层之下。管道技术参数符合 GB 50288 的要求。

7.2.3.5.1.4 喷灌与微灌工程，主要采取以下措施：

- a) 水源紧缺修复场地，根据矿山地形地貌、土壤、植物习性等条件以及修复标准，合理选择喷灌、微灌或其组合系统。
- b) 喷灌系统设计、施工符合 GB/T 50085 的要求，微灌系统设计、施工符合 GB/T 50485 的要求，

7.2.3.5.2 警示工程

主要采取以下措施：

- a) 矿山生态修复工程完成后，宜在边坡、排渣（土）场坡顶或坡脚以及蓄水池、坑塘等场地的显著位置，设置警示标志（牌）。
- b) 警示标志的设置符合 GB 2894 的要求，警示牌的规格、现状、颜色符合 GB/T 13306 的要求。

8 生态修复监测与管护

8.1 跟踪监测

8.1.1 监测范围

以矿山生态修复实施区域为主，适当扩展到矿山资源开采活动影响到的周边区域或地貌单元。

8.1.2 监测内容

主要监测以下内容：

- a) 地质安全监测。重点监测采场、排渣（土）场、蓄坡与填筑台阶，以及保留的建（构）筑物、矿山道路等边坡的稳定性。
- b) 地形地貌监测。重点监测修复实施区域消除视觉污染、与周边环境的协调性等。
- c) 土壤监测。主要包括土壤类型、分布、面积、肥力和理化性质，尤其是容重、含水量、粒径以及速效养分等，条件具备的情况下，开展土壤微生物监测。
- d) 植被群落监测。主要包括植被种类、分布、面积、成活率、覆盖度等。
- e) 动物种群监测。主要包括回归的动物类型、数量和分布等。

8.1.3 监测方法

地质安全、地形地貌、土壤、植被监测方法符合 DZ/T 0287 的要求。动物种群监测方法主要有自动监测法、鸣声监测法、直观监测法、跟踪监测法等。

动态监测符合DB64/T 1940.1和DB64/T 1940.2的要求。

8.1.4 监测周期

地质安全监测周期参照DZ/T 0287的要求。地形地貌、土壤环境、植被群落和动物种群监测周期为1次/年。监测期限可根据后期管护要求确定。

8.1.5 监测点布设

重点布设在已修复的采场（包括采场边坡、底盘）、排渣（土）场、工业场地、矿山道路、植被重建等区域。

8.2 后期管护

8.2.1 工程管护

主要对危岩体加固、边坡护坡、台阶再造、坡脚蓄坡与填筑台阶、截排水工程、土壤重构、配套工程等进行管护、按照工程设计和运行要求进行定期检查和维护，发现工程设施运行不正常或损毁，及时修复或替换。

8.2.2 植被养护

8.2.2.1 植被养护阶段，主要采取以下措施：

- a) 成活期养护内容包括苗木绑扎、培土、扶正，草帘、农膜遮盖等。
- b) 生长期养护内容包括松土、除草、灌溉、修剪、补植、病虫害防治、有害或入侵植物清除等。

8.2.2.2 宜采用喷灌、滴灌、微灌等灌溉方式。

8.2.3 管护时间

管护时间根据矿山所处的自然生态条件和修复成效确定，一般为2~4年。

9 生态修复成效评估

9.1 评估时间

矿山生态修复工作完成后，应根据监测结果，对矿山生态修复成效进行评估。评估时间一般在竣工验收结束后进行，具体时间可根据实际情况确定。

9.2 评估内容

9.2.1 生态效益评估。主要包括矿山地质安全评估、地形地貌评估、土壤评估、植物群落评估、动物种群、土地恢复类型及有效性、生态系统协调性等评估。

9.2.2 社会效益评估。主要包括矿山生态修复后人居环境改善、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后带来的就业渠道拓宽、环保意识提高等方面。

9.2.3 经济效益评估。主要包括矿山生态修复工程投入产出比，以及矿山生态修复后带来的其他方面的增益。

10 生态修复资料管理

10.1 主要内容

10.1.1 原始资料数据。主要包括工作底图、调查、监测、评估、测试、过程分析等数据，以及照片、影像资料。

10.1.2 成果资料数据。主要包括可行性研究报告、调查报告、实施方案及图件、工程施工阶段资料、监理资料、验收阶段资料、成效评估报告等。

10.2 管理要求

10.2.1 矿山生态修复参与单位按照相关法律法规、标准规范要求，对数据资料进行分级分类建库和管理，对本单位产生的数据质量负责，数据的传输、共享和应用符合国家安全保密要求。

10.2.2 对各阶段工作产生的各类数据及时分类整理、编目、存档。除保存原始纸介质资料外，建立数据库，进行信息化管理。

10.2.3 数据库涵盖矿山生态修复各阶段数据内容，数据质量符合相关要求。

10.2.4 建立信息系统的，建设符合国家网络安全和数据安全相关要求。

附 录 A
(资料性)
矿山生态修复参考方向

矿山生态修复参考方向见表A. 1。

表 A. 1 矿山生态修复参考方向

矿山所在行政区域	矿山生态修复方向
永宁县、贺兰县、平罗县、青铜峡市、中宁县	矿山位于国土空间规划的农业空间区域，修复方向优先考虑恢复农业生产功能，宜耕则耕、宜园则园、宜林则林、宜水则水；无法恢复农业生产功能的应恢复生态系统功能
兴庆区、西夏区、金凤区、灵武市、惠农区、利通区、原州区、沙坡头区	矿山位于国土空间规划的城镇空间区域，修复方向优先考虑恢复城镇开发利用条件，盘活工矿废弃地利用；矿山及周边自然生态景观良好或矿山拥有悠久矿业开发历史、珍贵矿业遗迹和丰富矿业文化，可考虑创建矿山主体公园，提升城市生态品质；无法恢复城镇开发利用条件的，应恢复生态系统功能，提升生态质量
大武口区、红寺堡区、盐池县、同心县、西吉县、隆德县、泾源县、彭阳县、海原县	矿山位于国土空间规划的生态空间区域，修复方向优先考虑恢复生态系统。生态保护红线内，必须修复生态系统，禁止任何开发活动或改变生态用地的用途；生态保护红线外，可考虑在不妨碍现有生态功能的前提下，适度开展国土开发、资源和景观利用，但严格限制建设占用等不可逆变化

附 录 B
(资料性)
矿山生态修复常用适地乡土植物物种

矿山生态修复常用适地乡土植物物种见表B. 1。

表 B. 1 矿山生态修复常用适地乡土植物物种

矿山所在区域	乔木型	灌木型	草本型	攀缘型
宁夏北部干旱平原生态区	新疆杨、银白杨、箭杆杨、旱柳、白榆、灰榆、沙枣、酸枣、紫穗槐、火炬树、灰榆	怪柳、柠条、蒙古扁桃、罗布麻、侧柏、沙地柏、蒙古扁桃、沙木蓼、珍珠猪毛菜、丁香	碱蓬、骆驼蓬、苦豆子、碱蓬、白茎盐生草、沙蒿、芨芨草、沙生冰草	中国地锦、山葡萄、铁线莲、野葛、金银花、杠柳、鹅绒藤
宁夏中部半干旱台地、山地、平原、干旱风沙生态区	沙柳、黄柳、怪柳、樟子松、油松、沙枣、山杏、旱柳、白榆、小叶杨、小青杨、河北杨、胡杨、木槿、酸枣	梭梭、枸杞、柠条、怪柳、花棒、沙棘、沙拐枣、沙枣、骆驼刺、花棒、沙冬青、沙地柏、罗布麻、四翅滨藜、驼绒藜、杨柴、沙拐枣、蒙古莠、沙木蓼、珍珠猪毛菜、蒙古莠、沙木蓼	沙蒿、草木犀、草木樨状黄芪、胡枝子、短花针茅、沙生针茅、甘草、骆驼蓬、黄花补血草、苦豆子、蒙古冰草、沙生冰草、白茎盐生草、芨芨草、野豌豆、马兰	中国地锦、山葡萄、铁线莲、野葛、金银花、杠柳、鹅绒藤
宁夏南部半干旱半湿润黄土丘陵生态区	刺槐、白桦、白榆、辽东栎、核桃、楸、杨树、臭椿、杞柳、樟子松、油松、桑、山杏、文冠果、紫穗槐、杜梨、合欢	沙棘、枸杞、怪柳、柠条、黄刺玫、银露梅	长芒草、冰草、黄花苜蓿、红豆草、紫花苜蓿、小冠花、披碱草、沙打旺、黑麦草、无芒雀麦、碱茅、野豌豆、黄花菜	中国地锦、山葡萄、铁线莲、野葛、金银花、杠柳、鹅绒藤、山荞麦