

国土空间生态修复工程建设标准
第2部分：矿山生态修复

Construction standards for ecological restoration projects in national land space
Part 2: Ecological restoration of mines

地方标准信息服务平台

2024-05-06 发布

2024-08-06 实施

目 次

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 前 言 | II |
| 引 言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 基本原则 | 2 |
| 5 地质安全隐患消除工程 | 2 |
| 5.1 边坡清危工程 | 2 |
| 5.2 护坡工程 | 3 |
| 5.3 封堵工程 | 5 |
| 6 地形地貌重塑工程 | 5 |
| 6.1 拆除清运工程 | 5 |
| 6.2 场地平整工程 | 6 |
| 7 土壤重构工程 | 6 |
| 7.1 一般规定 | 6 |
| 7.2 表土保护工程 | 6 |
| 7.3 土壤修复工程 | 7 |
| 7.4 土壤改良工程 | 7 |
| 8 植被重建工程 | 7 |
| 8.1 一般规定 | 7 |
| 8.2 乔灌木 | 8 |
| 8.3 草地 | 8 |
| 8.4 养护工程 | 9 |
| 9 配套工程 | 9 |
| 9.1 灌溉排水工程 | 10 |
| 9.2 建筑物工程 | 10 |
| 9.3 田间道路工程 | 10 |
| 9.4 隔离标识工程 | 10 |
| 9.5 警示标志 | 11 |
| 9.6 固沙工程 | 11 |
| 附 录 A （规范性） 不同土地复垦方向土壤质量要求 | 12 |
| 附 录 B （规范性） 工程类型区 | 13 |
| 附 录 C （资料性） 不同工程类型区适宜的植物种及密度栽植 | 14 |
| 附 录 D （资料性） 主要草种适宜区域、播种量及播种深度 | 16 |

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整治修复中心。

本文件主要起草人：金智慧、张敏、王岩、陈小刚、哈文秀、左健扬、穆小虎、方伟、魏岳、赵江龙、杜亮亮、杨丽、杨文轩、马欣、刘晓慧、张弘、仇子瑜、秦业、刘程越、柳希凡、房磊。

地方标准信息服务平台

引 言

为加快推进国土空间生态保护与修复工作，规范国土空间生态修复工作流程、技术方法和要求，制定DB64/1999-2024《国土空间生态修复工程建设标准》。

国土空间生态修复涉及国土整治、矿山生态修复等不同工程类型，为满足国土空间生态修复的通用性并突出不同工程类型的特点，DB64/T 1999-2024《国土空间生态修复工程建设标准》共分为2个部分：

- 第1部分：国土整治；
- 第2部分：矿山生态修复。

第1部分规定了国土整治的基本原则和工程建设的内容，第2部分规定了矿山生态修复的基本原则和工程建设内容。

地方标准信息服务平台

国土空间生态修复工程建设标准

第2部分：矿山生态修复

1 范围

本文件规定了矿山生态修复基本原则、地质安全隐患消除工程、地形地貌重塑工程、土壤重构工程、植被重建工程和配套工程的内容。

本文件适用于矿山生态修复工程的规划、设计、建设和管理。

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/T 13306 标牌

GB/T 15776 造林技术规程

GB 50330 建筑边坡工程技术规范

JT/T 1328 边坡柔性防护网系统

SL 377 水利水电工程锚喷支护技术规范

SL 386 水利水电工程边坡设计规范

TD/T 1070.1-2022 矿山生态修复技术规范 第1部分：通则

DB64/T 1999.1 国土空间生态修复工程建设标准 第1部分：国土整治

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

依靠自然力量或通过人工措施干预，对因矿产资源开采活动造成的地质安全隐患、土地损毁和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。

[来源：TD/T 1070.1-2022，3.1]

3.2

地质安全隐患 mine geological hazards

由采矿活动引发或加剧的对人居、生命、财产安全构成威胁的危岩体、不稳定边坡、废弃矿井地面塌陷、地表开裂等地质安全问题。

3.3

地形地貌重塑 landform reshaping

根据矿山地形地貌破坏方式与损毁程度，结合原有地形地貌特点，在消除地质安全隐患和水土流失隐患基础上，通过土地整形等措施，形成与周边地貌景观相协调的新地貌。

[来源：TD/T 1070.1-2022，3.5]

3.4

土壤重构 soil reconstruction

对矿山损毁土地采用工程、物理、化学、生物等改良措施，重新构造土壤基质，形成适宜植被生长的土壤剖面结构与肥力等条件。

[来源：TD/T 1070.1-2022，3.6]

3.5

植被重建 vegetation reconstruction

综合考虑气候、海拔、坡度、坡向、地表物质组成和有效土层厚度等条件，选择先锋、适生植物物种，实施植被配置、栽植及管护，重新构建持续稳定的植物群落。

[来源：TD/T 1070.1-2022，3.7]

4 基本原则

4.1 尊重自然，顺应自然

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。

4.2 整体保护，系统修复

矿山生态修复应统筹考虑矿山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。

4.3 因地制宜，分区治理

统筹考虑矿山生态问题的多样性、复杂性、多因性和地域性特征，依据规划确定的土地用途，宜林则林、宜草则草、宜耕则耕、宜水则水、宜荒则荒。

4.4 经济合理，技术可行

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，最大限度发挥矿山修复后的长期效益。

5 地质安全隐患消除工程

5.1 边坡清危工程

5.1.1 危岩浮石清除

危岩浮石清除应符合以下要求：

- a) 对具有危岩浮石等石块易滑落和滚落的区域，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、解离等措施；
- b) 清除危岩体前须对防护对象做好安全防护，受威胁对象撤至影响范围之外，必要时设置防护设施；

- c) 岩质边坡削坡时,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,保证坡面稳定顺滑;
- d) 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;
- e) 清除危岩体后的边坡应至稳定岩面,不引发新的危岩体;
- f) 清除危岩体后应修整坡面转角处及坡顶棱角,使坡面稳定平直,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。

5.1.2 削坡开级

对具有滑坡、泥石流及断层破碎等危险的地区,采用放坡或分级放坡的方式进行削坡。削坡开级应符合以下要求:

- a) 边坡条件允许时优先削坡开级,降低边坡坡度、高度。削坡开级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) 土质和软质岩石边坡角大于 60° 、坡高大于 8 m,硬质岩石边坡角大于 75° 、坡高大于 15 m 时,应分级放坡,保证边坡的稳定性;
- c) 渣堆坡应满足稳定的坡高和安息角。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° ;
- d) 削坡开级后边坡应满足稳定的坡高和安息角。削坡高度、形式参照 GB64/T 1999.1-2024 规定执行。

5.2 护坡工程

5.2.1 培坡护坡

培坡护坡应符合以下要求:

- 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)土培坡,填筑台阶、培坡宽度、高度视场地条件和回填材料确定;
- b) 培坡体应满足稳定的坡高和安息角。培坡体高度 8m 以下时坡度小于 30° ,15 m 以下时坡度小于 25° ;
- c) 填筑台阶数量一般不多于 3 级。回填材料为黏性土时,单层台阶高度不大于 8 m、宽度 4 m~6 m、边坡坡度小于 30° ;回填材料为渣石时,单层台阶高度不大于 12 m、宽度 4 m~6 m、边坡坡度 $30^\circ \sim 45^\circ$;
- d) 回填培坡应考虑其稳定性,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) 为稳定培坡体和防止后续坡面水土流失,可在培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 2 m,弱化人工痕迹。

5.2.2 挡墙

5.2.2.1 重力式挡墙

可能产生塌方和滑坡的陡坡地段、高填方地段、流水侵蚀的沿河路基地段和需要特殊保护的地段需设置挡墙,确保边坡稳定。重力式挡墙应符合以下要求:

- a) 土质边坡高度小于 10 m,岩质边坡高度小于 12 m 时,可采用重力式挡墙;
- b) 重力式挡墙材料可使用块石、条石、毛石混凝土或素混凝土。块石和条石挡墙的墙顶宽度不宜小于 40 cm,毛石混凝土和素混凝土挡墙的墙顶宽度不宜小于 20 cm;

- c) 重力式挡墙的基础埋置深度,应根据地基稳定性、地基承载力、冻结深度、水流冲刷情况以及岩石风化程度等因素确定;在土质地基中,基础最小埋置深度在冻土层以下,在岩质地基中,基础最小埋置深度不小于 30 cm;基础埋置深度应从坡脚排水沟底算起。受水流冲刷时,埋深应从预计冲刷底面算起;
- d) 重力式挡墙其他参数,参照 GB 50330 规定执行。

5.2.2.2 悬臂式挡墙和扶壁式挡墙

悬臂式挡墙和扶壁式挡墙适用于地基承载力较低的填方边坡工程。悬臂式挡墙和扶壁式挡墙应符合以下要求:

- a) 挡墙采用现浇钢筋混凝土结构。立板和扶壁的混凝土保护层厚度不应小于 35 mm,底板的保护层厚度不应小于 40mm;受力钢筋直径不应小于 12 mm,间距不大于 250 mm;立板顶宽和底板厚度不应小于 200mm;
- b) 悬臂式挡墙高度不超过 6 m,扶壁式挡墙高度不超过 10 m;
- c) 悬臂式挡墙和扶壁式挡墙保护层、强度、变形、材料、施工等参数参照 GB 50330 规定执行。

5.2.3 锚固

产生坍落、塌陷、岩崩、滑坡等地质灾害的坡面,采用锚杆(索)方式加固。锚固参照以下要求:

- a) 锚杆杆体可使用普通钢材、精轧螺纹钢,其材料尺寸和力学性能应符合 GB 50330 的规定,不宜采用镀锌钢材。灌浆材料采用硅酸盐水泥砂浆,浆体配制的灰砂比在 0.80~1.50 区间,水灰比在 0.38~0.50 区间;
- b) 锚杆钢筋面积不超过钻孔面积的 20%;钻孔内的锚杆钢筋保护层厚度,对永久性锚杆不应小于 25 mm,对临时性锚杆不应小于 15 mm。锚杆的倾角宜采用 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$,并应避免对相邻构筑物产生不利影响;
- c) 锚杆的锚固段不应设置在未经处理有机质土、淤泥质土、液限大于 50%的土层、松散的砂土或碎石土中;
- d) 锚杆长度和直径、施工等参数参照执行 SL 377 规定执行。

5.2.4 抗滑桩

抗滑桩适用于存在大范围滑动隐患的边坡。抗滑桩应符合以下要求:

- a) 根据滑体的厚薄、推力大小、防水要求及施工条件等选用钢桩、混凝土桩及钢筋混凝土桩。
- b) 抗滑桩锚固段长度、结构、载荷、布设等参照 SL 386 规定执行。

5.2.5 格构护坡

质地疏松和易发生水土流失的边坡,需采用格构护坡方式防治水土流失。格构护坡应符合以下要求:

- a) 可选择浆砌石格构、干砌石格构、混凝土格构、土工格室等材料和方式;
- b) 坡度小于 20° 的坡面采用干砌石或土工格室护坡;坡度 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 时,采用浆砌石护坡或砌石混凝土格构护坡;坡度 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 时,采用干砌石锚拉混凝土格构;坡度超过 30° 时采用浆砌石锚拉混凝土格构;
- c) 石材格构呈方形或菱形,格构间距 2 m~4 m,格构截面高度 30 cm~60 cm,宽 20 cm~40 cm,下部埋入土中 10 cm~20 cm。在安装好格构后,需要对其进行填土处理,填土应达到一定的密实度,并且要均匀分布在格构之间,以增加护坡的稳定性;
- d) 土工格室采用高密度聚乙烯或聚丙烯等高分子材料的预制件,焊距 80 cm,格室高度 20 cm~25 cm,格室壁厚不小于 1.2 mm,用镀锌 U 型钉将格室连接。格室与坡面联接锚钉长度 1.0 m,

锚钉布置采用横向间距 1.0 m~2.0 m，纵向间距 2.0 m。格室布置完成后填充土壤 30 cm 并碾压平整后栽植植物。

5.2.6 防护网

道路上方有滑坡、落石风险的坡面需加装坡面防护网。防护网应符合以下要求：

- a) 防护网采用直径不小于 2.2 mm 镀锌或其他防锈、防腐蚀钢材料；
- b) 各类防护网抗拉强度、网孔尺寸及误差、配套系统及安装参照 JT/T 1328 规定执行。

5.2.7 边坡截排水

当无措施坡面的坡长太大时，应在此坡面增设多道截排水沟。截排水沟的间距为 20 m~30 m，根据地面坡度、土质和暴雨径流情况，通过设计计算具体确定。截排水沟设计施工参照 DB64/T 1999.1 规定执行。

5.3 封堵工程

5.3.1 矿洞

矿洞封堵应符合以下要求：

- a) 废弃或闭坑的立井可用岩、土填实，或在井口 100 cm 以下浇注半径大于井口半径 50 cm、厚度不小于 30 cm 的钢筋混凝土盖板，盖板上覆土，立井口应设置栅栏和标志；
- b) 废弃或闭坑的斜井在井口以下斜长 20 m 处砌砖、石或混凝土墙，再用岩、土填至井口，并在井口浆砌不少于 1 m 厚度的砖、石或混凝土封墙，井口应设置封堵提示牌；
- c) 废弃或闭坑的平硐必须在平硐口用废石、废渣、废土（矿井有防氧化和防水要求时，应用粘性土）填实，充填深度不小于 20 m，再在平硐口浆砌不少于 1 m 厚度的砖、石或混凝土封墙。

5.3.2 裂缝

裂缝充填应符合以下要求：

- a) 地裂缝可采用灌浆、探槽填土和直接填充的方式治理。
- b) 灌浆法为沿裂缝走向灌入泥浆、粘土浆、水泥砂浆、混凝土或新型环保材料等；
- c) 探槽填土法为沿裂缝走向挖探槽，深度 1 m~3 m，宽度为裂缝宽度的 8 倍~10 倍，再用具有粘性的黄土或三合土充填，必要时在探槽底部回填 30 cm~50 cm 厚的混凝土或新型环保材料等；
- d) 宽度小于 10 cm 的塌陷区地裂缝，宜就近取土填埋、整平；对于宽度大于 10 cm 的地裂缝，应先用土石方充填裂缝，再覆土平整。

6 地形地貌重塑工程

6.1 拆除清运工程

6.1.1 建（构）筑物拆除

废弃或不再留续使用的工业场地，包括办公、生活等建筑物在无法进行综合利用时，建（构）筑物应全部进行安全有序拆除。清理的建（构）筑物等垃圾，需运输至垃圾填埋场填埋。

6.1.2 设备设施拆除

废弃的生产、加工、选矿、污水处理等设备设施需全部拆除并清运出项目区，拆除的设备可资源化利用。

6.1.3 废渣清运

影响生态修复的矿渣、尾矿等需进行清运处理。废渣清运应符合以下要求：

- a) 清运的废渣优先资源化再利用，可用于场地内回填采坑、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。

6.2 场地平整工程

6.2.1 场地清理

进行植被重建的，需清理场地内废物料、生活垃圾、废石、施工残留物等生态修复的胁迫因子。场地清理应符合以下要求：

- a) 废物料、生活垃圾等需运输至专门的场地填埋或处理；
- b) 废石、施工残留物等可就地掩埋或用于低洼地的回填。

6.2.2 回填整平

回填整平应符合以下要求：

- a) 达到稳定状态的塌陷区、地表采坑，根据生态环境修复方向，采取削高填低、物料回填、推平等方式回填整平；
- b) 应确保回填过程及回填区域长期安全稳定，堆体单级边坡高度不应高于 10 m，回填边坡坡面角一般小于 25°。回填过程中需对回填物进行分层碾压，以防止沉陷；
- c) 回填区域对地下水有潜在影响的，应结合环境风险评估结果确定是否在回填区与基础层之间设置隔水层，其隔水效力应至少相当于渗透系数不大于 1.0×10^{-5} cm/s 且厚度为 0.75 m 的天然基础层；
- d) 填充物应根据回填场地的用途，优先选择利用废石、尾矿、废渣等，严禁将重金属污染物或者其他有毒有害物质用作回填材料。回填时应分层充填、分层压实；
- e) 未达到沉陷稳定状态的塌陷区，应采取监测、预警及其它临时工程措施，对安全隐患予以警示，待塌陷区稳定后再进行地貌重塑；
- f) 复垦为耕地的应具备水源、土壤、地形条件，田面宽度应满足耕作需要，场地平整度不超过 ±5 cm。复垦为林草地的地面坡度小于岩土自然休止角。复垦为建设用地的场地平整度不超过 ±10 cm。

7 土壤重构工程

7.1 一般规定

主要包括表土保护、土壤修复和土壤改良工程。土壤重构工程实施后的土壤质量应符合附录A的要求。

7.2 表土保护工程

7.2.1 表土剥离

矿山露天采区、塌陷区、废石场（排土场）、工业场地等有土源条件的场地，应进行表土剥离。表土剥离应符合以下要求：

- a) 剥离后的表土结合土源的肥力、质地和土源量等情况，分区堆存；
- b) 表土剥离厚度根据原土壤表土层厚度、土质情况及土地利用方向等综合确定。

7.2.2 表土堆放

表土堆放参照以下要求：

- a) 选择适宜的场地堆放表土，堆放场应设计合理的保护措施，防止水土流失和地质安全隐患；
- b) 表土堆放高度不宜超过 5 m，坡度不宜大于自然稳定坡度；
- c) 结合堆放期限采取相应的围护措施，堆存期一年以内的应覆盖防尘网或土工布，堆存期限超过一年的，应播种草本植物防止水土流失。

7.3 土壤修复工程

7.3.1 土石分离

砾石含量高影响植被重建的土壤表层需进行土石分离。土石分离时将场地的表土刨除并经过人工或机械筛土，去除粒径大于 8 cm 的石块、瓦砾、杂物等，改善土质结构，再重新摊平。

7.3.2 客土回填

当治理区内土层厚度和耕作土壤质量不能满足作物生长及耕作需要时，需用肥力较好的客土填筑到回填部位，回填厚度大于 40 cm。

7.3.3 掺沙掺黏

整治为耕地或园地的，当土壤过沙或过黏时，可采用沙土与黏土相互掺混的办法进行土壤质地改良，掺改后的土层厚度 30 cm~50 cm，0 cm~15 cm 土层内粒径 0.01 mm 以上的颗粒含量在 20% 左右。

7.4 土壤改良工程

7.4.1 地力培肥

地力培肥参照以下要求：

- a) 整治为耕地或园地的，应采取施有机肥等措施对修复的土壤进行培肥。增施自然发酵的生物有机肥料（牛粪、羊粪等），使用量不少于 20 t/hm²，商品有机肥按 3 t/hm²~4.5 t/hm² 标准施用；
- b) 也可考虑选择土壤微生物或动物改良土壤，施入有益微生物（菌肥）、土壤改良剂等，引入蚯蚓、蛭螂等土壤动物。

7.4.2 土地翻耕

整治为耕地或园地的，在完成土地平整后需进行土地翻耕，翻耕深度 25 cm~30 cm。

8 植被重建工程

8.1 一般规定

植被重建应符合以下要求：

- a) 场地存在严重土地损毁、水资源破坏，地表植被生境受到严重影响，生态退化严重的区域需进行植被重建；
- b) 植被重建要依据不同工程类型区选择适宜的植物和施工方式，依据气候条件、地形地貌、障碍因素和矿山生态修复的技术差异将全区划分为4个工程类型区，包括贺兰山区、中部台地丘陵区、黄土丘陵区、六盘山区。不同工程类型区及其所涵盖的行政区详见附录B；
- c) 植被重建至少配置3个以上的植物种，采用有互助作用、无相互感染病虫害的植物进行搭配；单一植物集中连片不超过20 hm²，不同区域适宜的植物和栽植密度详见附录C，树种配置、造林方法参照GB/T 15776规定执行。

8.2 乔灌木

8.2.1 栽植

适用于苗木资源丰富、栽植成活率高的树种。乔灌木栽植应符合以下要求：

- a) 栽植穴的大小应略大于苗木根系，乔木栽植穴规格60 cm~80 cm，灌木栽植穴规格20 cm~40 cm，依据苗木根系大小开挖合适的栽植穴；
- b) 栽植时苗干应扶正，根系应舒展，深浅应适当，填土一半后提苗踩实，再填土踩实，最后覆盖虚土。对于胸径3 cm以上的带土球苗木，可根据造林实际对树干作支撑处理；
- c) 在旱区、盐碱地、水土流失严重的区域，栽植时可施用保水剂，栽植后可采用薄膜覆盖等保水措施；
- d) 栽植时间4月~11月。

8.2.2 播种

适用大粒种子，或者发芽迅速、生长较快、适应性强的中小粒种子，且种子资源丰富的树种，以及土壤湿润疏松、立地条件较好、鸟兽害较轻区域。乔灌木播种应符合以下要求：

- a) 穴播：适用于陡峭和不规则地形。在植穴中均匀地播入数粒（大粒种子）至数十粒（小粒种子），然后覆土镇压。覆土厚度应结合树种实际确定，一般宜为种子直径的2倍~3倍；
- b) 条播：适用于平缓地形的机械播种。在播种带上播种成单行或双行，连续或间断，播种入土或播后覆土镇压。覆土厚度应结合树种实际确定，一般宜为种子直径的3倍~5倍；
- c) 播种时间4月~10月。

8.3 草地

8.3.1 播种

草种播种应符合以下要求：

- a) 条播：在地形平缓、可使用小型机械的地块采用条播方式恢复草地，播种量和播种深度参考附录D；
- b) 撒播：在地形陡峭，无法使用小型机械的区域采用人工或小型飞机撒播方式恢复草地，播种深度参考附录D；
- c) 喷播：黄土丘陵区、六盘山区，坡度35°~70°的岩质、土质坡面，采用喷播方式恢复植被。其中坡度小于45°的坡面，直接喷播。绿化覆盖率要求高（>70%）、坡度大于45°的坡面，采用挂网喷播方式。挂网喷播铺网材料可选用镀锌金属网或塑料网。固定锚杆采用直径为25 mm的圆钢，锚杆长30 cm~70 cm，要求在最大限度满足边坡稳定性要求的基础上有利于喷播客土，锚杆插入角度应尽量垂直于坡面，露出坡面的长度为10 cm，在6 cm~7 cm处用铁丝网绑扎固定；

d) 播种期 4 月~8 月中旬。

8.3.2 植生毯

植生毯应符合以下要求：

- a) 黄土丘陵区 and 六盘山区坡高小于 30 m、坡度小于 45° 的边坡，采用植生毯恢复植被；
- b) 平整坡面后利用稻草、麦秸、无纺布等为原料加工复合的防护毯，在载体层中间添加选好的植物种子、保水剂、营养土，将其铺设并固定在边坡上。铺毯后进入养护管理阶段。

8.3.3 植生袋

植生袋应符合以下要求：

- a) 黄土丘陵区 and 六盘山区坡高小于 30 m 的、坡度不小于 45° 的边坡，采用植生袋恢复植被；
- b) 选择合适的种子通过工厂预制植生袋，施工时袋内装填种植土封口，将其呈“品”字形交错分层叠放于修整好的边坡上并放置 PVC 泄水管，植生袋与边坡间填土密实，袋间通过连接板联结，再在坡面打入一定网度且长度不小于 1 m 的锚杆，外敷柔性防护网固定于锚杆上。叠袋后进入养护管理阶段。

8.4 养护工程

8.4.1 养护期

贺兰山区养护期为 4 年，中部台地丘陵区养护期为 3 年，黄土丘陵区 and 六盘山区养护期为 2 年。

8.4.2 养护标准

养护质量应达到以下要求：

- a) 草地：黄土丘陵区 and 六盘山区 1 年后草地覆盖度大于 40%，2 年后草地覆盖度大于 60%；中部台地丘陵区 1 年后草地覆盖度大于 30%，2 年后草地覆盖度大于 60%；贺兰山区 1 年后草地覆盖度大于 30%；
- b) 林地：1 年后林木成活率大于 85%，3 年保存率大于 65%。

8.4.3 养护方式

养护方式和标准按如下规定执行：

- a) 灌溉：植被重建后应进行灌溉，灌溉方式可采取水车、喷灌或微灌；灌溉频率和灌溉量依据植被类型和区域气候状况，以保证植物成活率达到养护质量规定的标准为宜；
- b) 施肥：植被重建要求高且土壤贫瘠区域植被养护可补施有机肥和化肥，有机肥使用量 2000 kg/hm²~3000 kg/hm²，对于化学肥料施氮量需达到 45 kg/hm²~75 kg/hm²；
- c) 抚育：杂草影响林木生长的需及时进行除草，土壤板结、紧实影响植物生长的需及时松土，林木枯枝、病虫害枝条每年剪除 1 次；
- d) 补植：当林木成活率和草地覆盖度低于养护质量规定的指标时，需及时进行补植，补植方式参照本文件 9.1 和 9.2；
- e) 病虫害防治：发生明显病虫害的及时采用化学防治、物理防治或生物防治措施进行治理；鼯鼠危害严重的区域需在根系周围埋设防鼠网，深度 50cm，同时采取人工捕杀、毒杀等方式减轻鼠害；野兔危害严重的区域，在易啃食树干外包装塑料网或铁丝网保护树皮。

9 配套工程

9.1 灌溉排水工程

9.1.1 水源工程

水源工程参照以下要求：

- a) 复垦为耕地和园地或植被养护要求高的区域，需配置塘坝或蓄水池；
- b) 蓄水池的容积应满足灌溉用水量的要求，其位置应满足灌溉系统水压要求；
- c) 蓄水池池底及坡面应作防渗处理，宜采用混凝土现浇或混凝土板与复合土工膜衬砌防渗；
- d) 水源工程规格、材料、配套建筑物等参照 DB64/T 1999.1 规定执行。

9.1.2 输水工程

复垦为耕地或植被养护要求高的区域，需配套管道输水工程。输水工程规格、技术参数等参照DB64/T 1999.1规定执行。

9.1.3 排水工程

复垦为耕地的，需配套排水工程。排水工程规格、技术参数等参照DB64/T 1999.1规定执行。

9.2 建筑物工程

桥涵、跌水、泵站及输配电工程，参照DB64/T 1999.1规定执行。

9.3 田间道路工程

9.3.1 一般规定

矿山复垦为耕地的，需设置田间道路和生产路。

9.3.2 田间道

路面宽度宜为3.0 m~6.0 m，路肩宽不小于25 cm。田间道的设置、材料等指标参照DB64/T 1999.1规定执行。

9.3.3 生产路

一般沿田块长边布置，尽量和灌排农渠（沟）相结合。路面高于田面0.3 m，路宽不大于3.0 m，在大型机械化作业区，路面宽度可适当放宽，路面有良好的稳定性并且平整，路面材质为土质。

9.4 隔离标识工程

9.4.1 隔离网

对于有水塘、涝池等安全隐患的区域需设置隔离网栏。隔离网采用金属网围栏，高度不小于2 m。围栏外设置安全警示牌，注明危险源及违规进入的责任。

9.4.2 隔离墙

有滑坡风险的坡面需设立隔离墙。隔离墙主要采用深层搅拌水泥土围护墙，利用深层搅拌机就地将土和输入的水泥浆强行搅拌，形成连续搭接的水泥土柱状加固体挡墙。隔离墙厚度50 cm ~200 cm，高度2 m。

9.4.3 标识牌

标识牌应符合以下要求：

- a) 矿山生态修复工程完成后，工程区均应设置标识牌。标识牌应设置在项目区内工程较密集或项目所在地的交通要道旁；
- b) 标识牌可采用砌墙、金属制广告牌等方式，材质可使用瓷砖烧制、喷涂或因地制宜；
- c) 标识牌内容包括：项目名称、批准单位、四至位置、建设规模、投资规模、规划设计单位、施工单位、监理单位、项目工期、落款、项目批准单位、设立日期等。

9.5 警示标志

在边坡、排渣（土）场坡顶或坡脚以及蓄水池、坑塘等有安全风险的位置，设置显著警示标志（牌、碑）。警示标志的设置符合GB 2894的要求。警示牌的规格、形状、颜色符合参照GB/T 13306执行。

9.6 固沙工程

沙地、沙漠、戈壁等风沙区的矿山生态修复工程，应采取防风固沙措施。固沙方式分为沙障固沙和植物固沙，各类固沙措施的材料、布设等参照DB64/T 1999.1规定执行。

地方标准信息服务平台

附录 A

(规范性)

不同土地复垦方向土壤质量要求

不同土地复垦方向土壤质量要求见表A.1。

表A.1 不同土地复垦方向土壤质量要求

| 土地复垦方向 | 有效土层厚度 | 土壤质地 | 砾石含量 | pH | 容重 |
|--------|--------|-------------|------|---------|-------------------------|
| 耕地 | >40cm | 以砂壤土和砂质黏土为主 | <20% | 7.0~8.5 | <1.45 g/cm ³ |
| 园地 | >40cm | 以砂壤土和砂质黏土为主 | <20% | 7.0~8.5 | <1.45 g/cm ³ |
| 林地 | >20cm | 以砂土和粉壤黏土为主 | - | 7.0~8.5 | <1.50 g/cm ³ |
| 草地 | >20cm | 以砂土和粉壤黏土为主 | - | 7.0~8.5 | <1.50 g/cm ³ |

地方标准信息服务平台

附 录 B
(规范性)
工程类型区

宁夏矿山生态修复工程类型区划分见表B.1。

表B.1 工程类型区划分

| 工程类型区 | 气候类型 | 所属行政区 |
|---------|-------|---|
| 贺兰山区 | 干旱气候 | 中宁县、青铜峡市、永宁县、西夏区、贺兰县、大武口区、惠农区西部贺兰山浅山区及山前冲积扇 |
| 中部台地丘陵区 | 干旱气候 | 同心县、盐池县、利通区、灵武市、红寺堡区、海源县北部、沙坡头区南部、中宁县南部 |
| 黄土丘陵区 | 半干旱气候 | 原州区、彭阳县、隆德县西部、西吉县、海原县、同心县南部、盐池县南部 |
| 六盘山区 | 半湿润气候 | 泾源县、隆德县东部、西吉县东北部、彭阳县西部、原州区西部的土石山区 |

地方标准信息服务平台

附录 C

(资料性)

不同工程类型区适宜的植物种及密度栽植

不同工程类型区适宜的植物和栽植密度见表C.1和C.2。

表C.1 不同工程类型区适宜的植物

| 工程类型区 | 乔木 | 灌木/半灌木 | 草本植物 |
|---------|--|---|---|
| 贺兰山区 | 沙枣、酸枣、旱榆 | 枸杞、白刺、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿、中间锦鸡儿、沙冬青、霸王、柽柳、四翅滨藜、驼绒藜、木地肤、红砂、沙地柏、猪毛菜、骆驼刺、黑沙蒿、蒙古扁桃 | 芨芨草、虎尾草、针茅、高冰草 |
| 中部台地丘陵区 | 樟子松、侧柏、圆柏、新疆杨、胡杨、箭杆杨、旱柳、核桃、圆冠榆、白榆、刺槐、国槐、丝棉木、柽柳、白蜡、暴马丁香、旱柳、沙枣、酸枣、沙枣 | 枸杞、紫穗槐、白刺、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿、中间锦鸡儿、细枝岩黄芩、沙冬青、沙拐枣、花棒、扬柴、霸王、欧李、盐穗木、盐爪爪、柽柳、四翅滨藜、驼绒藜、木地肤、沙木蓼、膜果麻黄、红砂、沙地柏、蒿叶猪毛菜、骆驼刺、黑沙蒿 | 芨芨草、披碱草、沙生冰草、紫花苜蓿、沙打旺、草木樨、无芒雀麦、甘草、针茅、河西菊、中亚紫苑木、赖草、羊草、沙蓬、西北针茅、沙米、百花蒿 |
| 黄土丘陵区 | 云杉、樟子松、油松、杜松、侧柏、圆柏、新疆杨、河北杨、小黑杨、馒头柳、旱柳、章河柳、圆冠榆、白榆、山杏、臭椿、火炬树、白蜡、丝棉木、山杨、刺槐、国槐、杜梨、山定子、复叶槭 | 忍冬、金银木、珍珠梅、黄刺玫、榆叶梅、紫丁香、连翘、胡枝子、文冠果、山桃、紫穗槐、沙棘、枸杞、金露梅、银露梅、柽子、绣线菊、莢蒾、柠条、四翅滨藜、驼绒藜 | 苜蓿、沙打旺、针茅、芨芨草、草木犀、高羊茅、冰草、无芒雀麦、小冠花、二色补血草、碱茅、草地早熟禾、披碱草 |
| 六盘山区 | 云杉、樟子松、油松、华山松、杜松、侧柏、圆柏、华北落叶松、新疆杨、河北杨、小黑杨、馒头柳、旱柳、圆冠榆、白榆、山杏、臭椿、火炬树、丝棉木、栾树、白蜡、丁香、山杨、刺槐、国槐、白桦、杜梨、山定子、复叶槭、辽东栎 | 忍冬、金银木、珍珠梅、黄刺玫、榆叶梅、紫丁香、连翘、胡枝子、文冠果、山桃、毛樱桃、紫穗槐、中国沙棘、黄栌、狼牙刺、枸杞、金露梅、银露梅、柽子、绣线菊、莢蒾 | 紫羊茅、草木樨、黄芪、高羊茅、多年生黑麦草、冰草、无芒雀麦、草地早熟禾、燕麦、披碱草、狗尾草、赖草、羊草、老芒麦、红豆草、白三叶、小冠花、鸢尾、马蔺、黄花菜、费菜、波斯菊、山野豌豆、苜蓿、沙打旺、二色补血草 |

表C.2 主要树种造林密度

| 序号 | 树种 | 拉丁名 | 适宜区域及栽植密度 株/hm ² |
|----|-------|--|---|
| 1 | 侧柏 | <i>Platycladus orientalis</i> | 黄土丘陵区1111~1250, 六盘山土石山区1667~2500 |
| 2 | 沙地柏 | <i>Juniperus sabina</i> | 中部台地丘陵区, 1111~2500 |
| 3 | 华北落叶松 | <i>Larix principis-rupprechtii</i> | 六盘山土石山区, 1250~3333 |
| 4 | 青海云杉 | <i>Picea crassifolia</i> | 六盘山土石山区1111~2000 |
| 5 | 樟子松 | <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> | 中部台地丘陵区833~1000, 黄土丘陵区1000~2000 |
| 6 | 沙棘 | <i>Hippophae rhamnoides</i> | 黄土丘陵区1250~2000, 六盘山土石山区2000~2500 |
| 7 | 白蜡 | <i>Fraxinus chinensis</i> | 六盘山土石山区2000~2500, 黄土丘陵区1250~2000 |
| 8 | 紫穗槐 | <i>Amorpha fruticosa</i> | 中部台地丘陵区800~1000、黄土丘陵区1000~2000、六盘山土石山区2000~3333 |
| 9 | 柠条 | <i>Caragana korshinskii</i> | 中部台地丘陵区833~1429, 黄土丘陵区2000~3333 |
| 10 | 刺槐 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | 黄土丘陵区1250~2000, 六盘山土石山区2000~2500 |
| 11 | 山杏 | <i>Armeniaca sibirica</i> | 黄土丘陵区500~1667, 六盘山土石山区1111~1667 |
| 12 | 山桃 | <i>Prunus davidiana</i> | 黄土丘陵区500~1667, 六盘山土石山区1111~1667 |
| 13 | 旱柳 | <i>Salix matsudana</i> | 黄土丘陵区500~1111, 六盘山土石山区1111~1667 |
| 14 | 油松 | <i>Pinus tabulaeformis</i> | 黄土丘陵区500~1111, 六盘山土石山区1111~1667 |
| 15 | 国槐 | <i>Styphnolobium japonicum</i> | 黄土丘陵区500~1111, 六盘山土石山区1111~1667 |
| 16 | 怪柳 | <i>Tamarix chinensis</i> | 贺兰山区500~2500, 中部台地丘陵区、黄土丘陵区1111~3333 |
| 17 | 杜松 | <i>Juniperus rigida</i> | 贺兰山区500~833, 中部台地丘陵区、黄土丘陵区500~1111 |
| 18 | 圆柏 | <i>Juniperus chinensis</i> | 黄土丘陵区500~1111, 六盘山土石山区1111~1667 |
| 19 | 长柄扁桃 | <i>Prunus pedunculata</i> | 贺兰山区1111~1250, 中部台地丘陵区、黄土丘陵区2500~5000 |
| 20 | 蒙古扁桃 | <i>Prunus mongolica</i> | 贺兰山区1111~1250, 中部台地丘陵区 |
| 21 | 连翘 | <i>Forsythia suspensa</i> | 中部台地丘陵区625~1111, 黄土丘陵区1250~1667 |
| 22 | 榆叶梅 | <i>Prunus triloba</i> | 中部台地丘陵区625~1111, 黄土丘陵区1250~1667 |
| 23 | 文冠果 | <i>Xanthoceras sorbifolium</i> | 中部台地丘陵区625~1250, 黄土丘陵区1250~1667 |
| 24 | 华北驼绒藜 | <i>Krascheninnikovia</i> <i>arborescens</i> | 中部台地丘陵区1667~2500, 黄土丘陵区1250~5000 |
| 25 | 四翅滨藜 | <i>Atriplex canescens</i> | 中部台地丘陵区1667~2500, 黄土丘陵区1250~5000 |
| 26 | 枸杞 | <i>Lycium chinense</i> | 中部台地丘陵区1111~1667, 黄土丘陵区1667~2500 |
| 27 | 丁香 | <i>Syringa oblata</i> | 黄土丘陵区1250~1667, 中部台地丘陵区625~1250 |
| 28 | 霸王 | <i>Zygophyllum xanthoxylum</i> | 贺兰山区、中部台地丘陵区1111~2500 |
| 29 | 白刺 | <i>Nitraria tangutorum</i> | 贺兰山区、中部台地丘陵区1111~2500 |
| 30 | 沙枣 | <i>Elaeagnus angustifolia</i> | 贺兰山区、中部台地丘陵区400~1111 |
| 31 | 白榆 | <i>Ulmus pumila</i> | 黄土丘陵区500~1250, 中部台地丘陵区400~1111 |

附录 D

(资料性)

主要草种适宜区域、播种量及播种深度

主要草种适宜区域、播种量及播种深度见表D.1。

表D.1 主要草种适宜区域、播种量及播种深度见表

| 序号 | 草种 | 适宜区域 | 播种量 kg/hm ² | 播种深度 cm |
|----|-------|--------------------|---------------------------|------------|
| 1 | 芨芨草 | 贺兰山区、中部台地丘陵区、黄土丘陵区 | 15 | 1.0 |
| 2 | 白羊草 | 中部台地丘陵区(沙地) | 7 | 2.0 |
| 3 | 蒙古冰草 | 中部台地丘陵区(草原) | 10 | 3.0 |
| 4 | 垂穗披碱草 | 中部台地丘陵区、黄土丘陵区 | 10 | 3.0 |
| 5 | 老芒麦 | 中部台地丘陵区、黄土丘陵区 | 10 | 3.0 |
| 6 | 无芒雀麦 | 黄土丘陵区、中部台地丘陵区 | 10 | 3.0 |
| 7 | 碱茅 | 中部台地丘陵区(盐碱地)、黄土丘陵区 | 10 | 3.0 |
| 8 | 冷地早熟禾 | 中部台地丘陵区(沙地)、黄土丘陵区 | 8 | 1.0 |
| 9 | 扁穗冰草 | 中部台地丘陵区、黄土丘陵区 | 10 | 2.0 |
| 10 | 高冰草 | 中部台地丘陵区、黄土丘陵区 | 10 | 1.0 |
| 11 | 中华羊茅 | 中部台地丘陵区、黄土丘陵区 | 8 | 2.0 |
| 12 | 紫花苜蓿 | 黄土丘陵区、六盘山区 | 15 | 2.0 |

地方标准信息服务平台