

中华人民共和国林业行业标准

LY/T 2356—2014

矿山废弃地植被恢复技术规程

Regulations for re-vegetation technology in mining wasteland

2014-08-21 发布

2014-12-01 实施

国家林业局 发布



目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 3

5 废弃地整理措施 3

6 废弃地整理 6

7 植被恢复 8

8 未成林抚育管护..... 10

附录 A (资料性附录) 常用边坡加固方法 12

附录 B (资料性附录) 矿山废弃地土地复垦技术措施表 13

附录 C (资料性附录) 矿山植被恢复模式类型 16

附录 D (资料性附录) 矿山植被恢复区域适宜树(草)种 18

附录 E (资料性附录) 污染矿类植被恢复适宜树(草)种 22

附录 F (资料性附录) 矿山植被恢复适宜初始密度 23

附录 G (资料性附录) 挖损地复绿技术的适用条件与选择 25

附录 H (资料性附录) 挖损地栽植技术 26

参考文献 31

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家林业局植树造林管理司、河北省林业厅提出。

本标准由全国营造林标准化技术委员会(SAC/TC 385)归口。

本标准负责起草单位:河北农业大学、国家林业局调查规划设计院、中国林业科学研究院林业研究所、中国林业科学研究院华北林业实验中心、唐山首钢马兰庄有限责任公司、鄂尔多斯市林业局。

本标准主要起草人:李玉灵、许中旗、徐兴华、翁国庆、李继泉、孔庆云、郭江、杨静杰、崔明、魏远、李廷忠、刘朝霞、黄秋娴、王俊刚、赵刚、王鹤智。

矿山废弃地植被恢复技术规程

1 范围

本标准规定了各类矿山废弃地进行土地整理、森林或林草植被恢复的技术要求。
本标准适用于全国范围的矿山废弃地的(森林)植被恢复。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 6000 主要造林树种苗木质量分级

GB 7908 林木种子质量分级

GB/T 15776 造林技术规程

GB/T 16453.2 水土保持综合治理技术规范 荒地治理技术

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 18337 生态公益林建设 规划设计通则

GB/T 18337.1 生态公益林建设 导则

GB/T 18337.3 生态公益林建设 技术规程

GB 50330—2002 建筑边坡工程技术规范

DZ 0240—2004 滑坡防治工程设计与施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

矿山废弃地 mining wasteland

采矿活动所破坏的,非经治理而无法使用的土地。不包括矿藏开发将使用的土地。废弃地类型包括挖损地、占压地和塌陷地。

3.2

塌陷地 subsidence land

地下采矿引起的块状、带状的塌陷地面,其地表多破碎、起伏不平。包括积水和无积水塌陷地。

3.3

挖损地 excavated land

露天开采矿藏后形成的迹地。包括积水迹地、无积水迹地和采石场。

3.4

占压地 tying up site

露天开采外排的土石堆和选矿残渣堆积地。包括排土场(排渣场)、尾矿池(库、坝、堆)、矸矿场。

3.5

土地整理 land consolidation

采用工程、生物等措施,对矿山废弃地进行综合整治,增加有效土地面积,提高土地质量和利用效率,改善生产、生活条件和生态环境的活动。

3.6

土地复垦 land reclamation

采用工程、生物等措施,对在生产建设过程中因挖损、塌陷、压占造成破坏、废弃的土地进行整治,恢复森林植被的活动或过程。

3.7

植被恢复 vegetation restoration

在经土地整理的矿山废弃地上,进行人工栽(种)植、培育以木本植物为主体的植物群落的过程。

3.8

尾矿库 tailings pond

由筑坝拦截谷口或围地构成的,用以贮存金属、非金属尾矿或其他工业废渣的场所。

3.9

排土场 waste dump

矿山采矿排弃物集中排放的场所。排弃物包括腐植表土、风化岩土、坚硬岩石、混合岩土,以及可回收的表外矿、贫矿等。

3.10

矸石山 refuseheap

集中排放和处置矸石形成的堆积物。

3.11

坡率 slope ratio

坡面水平方向的投影长度与它在垂直方向的投影长度的比值。

3.12

攀缘植物 climbing plants

不能自由直立、通过主茎缠绕或攀缘器官攀缘它物升高的植物总称。包括木质藤本和草质藤本。

3.13

边坡加固

为保证边坡及其环境的安全,对边坡采取的支挡、加固与防护措施。

3.14

锚杆(索)

将拉力传至稳定岩土层的构件。当采用钢绞线或高强度钢丝束作杆体材料时,也可称为锚索。

3.15

锚杆挡墙支护

由锚杆(索)、立柱和面板组成的支护。

3.16

锚喷支护

应用锚杆与喷射混凝土形成复合体以加固围岩的措施。

3.17

重力式挡墙

依靠墙体本身重量抵抗土压力的挡墙。

3.18

扶壁式挡墙

断面呈倒 T 型或 L 型,墙背面纵向按一定间距设置支垛的挡墙。

3.19

抗滑桩

用于抵抗边坡或斜坡岩土体滑动而设置的横向受力桩。

4 总则

4.1 生态优先原则

依照现代生态学的理论指导,采用一系列科学合理的工程措施和生物措施,以恢复和营造良好的生态环境和取得最佳的生态效益为目的,并采用恰当的养护措施,保护目标植物和目标群落,并逐步向自然群落过渡,最终形成一个可自我更新,健康、稳定、高效的生物群落。

4.2 因地制宜、综合治理原则

矿山植被恢复应针对不同矿山破坏类型及其程度,因地制宜地选用一种或多种植被恢复方式,统筹兼顾矿山与周边社区生产和生活,全面协调区域生态、经济、社会发展。以求达到良好的生态、经济社会效益。

4.3 注重景观原则

考虑植被恢复本身的景观效果以及与周边环境的协调,以便设计和营造一个赏心悦目和美观得体的景观环境。

4.4 经济效益兼顾原则

在确保矿山废弃地生态系统功能健康的前提下,大力营造生态经济林,发挥经济效益。

5 废弃地整理措施

5.1 地表处理

5.1.1 研石灭火

采用表面封闭法(湿土覆盖)、喷(灌、深部注)浆法、推平压实法、控制燃烧法(高压喷水灭火或挖掘熄灭)、石灰乳中和法等进行研石灭火直至稳定不再自燃。

5.1.2 截排水

5.1.2.1 地表截排水

地表截排水包括:

- a) 为减少地表水渗入边坡坡体内,应在边坡潜在塌滑区边界 5 m 以外的稳定斜坡面上设置截水排水沟,边坡表面应设地表排水系统。
- b) 排水沟断面形状宜为矩形和梯形。截水沟的间距宜 20 m~30 m,在坡面上部或外侧沿等高线方向修筑截水沟;在截水沟两侧沿等高线垂直方向布设排水沟;蓄水池布设于坡脚或坡面局部低洼处,与截排水沟相连。

- c) 截排水沟、蓄水池的断面设计执行 GB/T 16453.4—1996 中 4.1 的规定。
- d) 排水沟宜用浆砌片石或块石砌成;地质条件较差,如坡体松软段,可用毛石混凝土或素混凝土修建。
- e) 地下排水措施宜根据边坡水文地质和工程地质条件选择,可选用大口径管井、水平排水管或排水截槽等。当排水管在地下水位以上时,应采取措施防止渗漏。

5.1.2.2 泄水孔

泄水孔包括:

- a) 边坡工程应设泄水孔。对岩质边坡,其泄水孔宜优先设置于裂隙发育、渗水严重的部位。边坡坡脚、分级平台和支护结构前应设排水沟。当潜在破裂面渗水严重时,泄水孔宜深入至潜在滑裂面内。
- b) 泄水孔边长或直径不宜小于 100 mm,外倾坡度不宜小于 5%;间距宜为 2 m~3 m,并宜按梅花形布置。最下一排泄水孔应高于地面或排水沟底面不小于 200 mm。在地下水较多或有较大水流处,泄水孔应加密。
- c) 在泄水孔进水侧应设置反滤层或反滤包。反滤层厚度不应小于 500 mm,反滤包尺寸应不小于 500 mm×500 mm×500 mm;反滤层顶部和底部应设厚度不小于 300 mm 的黏土隔水层。

5.1.3 挖深垫浅

进行挖深取土建塘养鱼,并填充较浅坑区复垦为耕地,塘边坡地栽树种草。

5.1.4 回填覆土

回填覆土包括:

- a) 对于露天采坑,采用回填的方式直接充填剥岩废料、生活垃圾以及尾矿、矸石、坑口电厂粉煤灰等采矿剩余物,将大块的岩石堆放于底层,较小的岩石废料置于上层,充填一层,压实一层;填完后表层客土,客土厚度应不低于 80 cm;
- b) 对于矸石山、尾矿库等无表土覆盖的占压废弃地,进行覆土,覆土厚度应不低于 1.0 m;
- c) 对于各种边坡,没有土壤,或土壤不足 80 cm 的,覆土应不低于 80 cm。

5.2 污染治理

5.2.1 隔离处理

矿山废弃地中的尾矿库或废渣场通常会导致环境或生态污染,采用压实的黏土、高密聚乙烯膜或粗石砾等措施,将有害废物与基质完全隔离。

5.2.2 植物修复

对重金属、有机物或放射性元素污染的废弃地土壤及水体,种植超积累植物,以超量吸收和积累重金属,转移、容纳或转化污染物使其对环境无害。

5.2.3 微生物分解

施用微生物菌肥,降解或者转化废弃地中各种有毒污染物。

5.3 基质改良

5.3.1 物理改良

5.3.1.1 耕作改良

对于耕作层遭到破坏,母质裸露,质地紧实或坚硬,不利于生物生存的矿山废弃地,可通过深耕土

壤、疏松基质、改善通透性、提高肥力,实现废弃地复垦。

5.3.1.2 覆土改良

经地表处理后的矿山废弃地,覆盖耕作客土或拌基肥(以有机肥为主,可配合使用磷、钾肥)改良土壤,覆土厚度 80 cm 以上。

5.3.1.3 污泥改良

利用城市污水处理过程中产生的固体废弃物与矿渣等混合,除改善废弃地的理化性质、增强土壤肥力外,还有利于提高矿山废弃地微生物的活性,增大养分利用率。

5.3.2 化学改良

化学改良包括:

- a) 干旱地区或石质山地等保水不良的矿山废弃地,可使用保水剂进行保水;
- b) 肥力低的土壤,可施用有机肥做基肥;
- c) 对于 pH 值过低的土壤,造林前可在土壤中添加碳酸氢盐或石灰;pH 值过高的土壤,可添加硫酸铁、硫磺或石膏。

5.3.3 生物改良

在木本植物栽植之前,种植固氮草本植物。固定或修复重金属污染土壤、清除土壤基质里面的有机污染物、净化水体和空气等。

5.4 综合措施

针对矿山废弃地种类、特点、分布等,综合运用工程、生物等技术,因地制宜,治理、利用、开发相结合,对矿山废弃地进行统筹治理。矿山废弃地综合治理技术措施可按附录 B 的规定执行。

5.5 边坡治理

5.5.1 削坡工程

对高度大于 4 m、坡度大于 1.0 : 1.5 的废弃地边坡,采取削坡开级,在削坡后的台地或者梯田营造防护林、水土保持林。

5.5.2 护坡工程

5.5.2.1 护坡措施

根据边坡稳定性调查、勘察资料、稳定性评价结论及边坡安全等级要求,通过技术经济分析后确定护坡措施。护坡措施包括坡率法、人工加固护坡法。

5.5.2.2 坡率法

坡率法包括:

- a) 坡率法适用于整体稳定的岩质和土质边坡,在地下水位不发育、且放坡开挖时不会对拟建或相邻建筑物产生不利影响的条件下使用。
- b) 坡率的允许值应根据经验,按工程类比的原则并结合已有稳定边坡的坡率值确定,具体可按下列规定确定:
——岩质边坡坡度宜小于 60°;土质边坡坡度宜应小于 45°。

——岩质边坡高度超过 15 m 时应分段设置台阶,台阶高度 10 m~15 m,宽度 4 m~8 m;土质边坡高度超过 8 m 时应分段设置台阶,台阶高度 5 m~8 m,宽度 4 m~8 m。

——沿台阶应设横向排水沟。

c) 采用坡率法时,对局部不稳定块体应清除,也可用锚杆(索)或其他有效措施加固。

d) 坡率法施工

——边坡坡率法施工开挖应自上而下有序进行,并应保持两侧边坡的稳定。

——为了减少超挖及对边坡的扰动,机械开挖应预留 0.5 m~1.0 m 的保护层,人工开挖至设计位置。

——在清除表层危岩体和确保施工安全的情况下,可采用导爆索进行光面爆破或预裂爆破。凿岩宜 3 m~4 m,由上至下一次成型。以机械浅孔台阶爆破为主,并对超欠挖部分进行修整成型。

——块石爆破采用岩体内浅孔爆破与块体表面聚能爆破相结合的方式。对于块体厚度大于 1.5 m,而易于凿岩的块石,以岩体内浅孔爆破为主;厚度小于 1.5 m,凿岩施工条件差的块石,以表面聚能爆破为主;厚度在 1.5 m 左右,宽厚比近于 1 的块石,两种方法均可适用。

5.5.2.3 人工加固护坡法

5.5.2.3.1 方法

人工边坡加固的方法包括有抗滑桩、锚杆(索)、锚杆(索)挡墙支护、岩石锚喷支护、格构锚固、重力式挡墙、扶壁式挡墙、注浆加固等。

5.5.2.3.2 措施

措施包括:

a) 常用边坡加固方法的作用、特点及适用条件,可按附录 A 的规定执行。

b) 抗滑桩、锚杆(索)、锚杆(索)挡墙支护、岩石锚喷支护、格构锚固、重力式挡墙、扶壁式挡墙、注浆加固等常用边坡加固型式的设计计算、构造设计、施工等相关技术要求按照 GB 50330—2002 的规定执行。

6 废弃地整理

6.1 塌陷地

6.1.1 地表处理

地表处理包括:

a) 进行削坡,使坡度降到 1.0 : 1.5 以下,并辅以截排水;

b) 深度 5.0 m 以上的无积水塌陷地底部,回填覆土。

6.1.2 基质改良

干旱、贫瘠、pH 值过高或过低的塌陷地,应进行化学改良。

6.1.3 综合治理

结合塌陷地所处地域特点和社会经济条件,进行综合治理。

6.2 挖损地

6.2.1 地表处理

6.2.1.1 土质坡面

削坡,使坡度降到 1.0 : 1.5 以下,辅以截排水。土壤不足 80 cm 以上的,应覆客土。

6.2.1.2 岩质坡面

坡度小于 1.0 : 1.5 的开采面削坡;坡度大于 1.0 : 1.5 的坡面,采用护坡工程,并辅以截排水。

6.2.1.3 挖损坑地

对于深度在 5 m 以内的挖损坑地,结合基质改良,采用回填覆土措施。

6.2.2 基质改良

6.2.2.1 耕作改良

对于土质边坡耕作层遭到破坏,母质裸露,质地紧实或坚硬,可实施耕作改良措施。

6.2.2.2 生物改良

对于基岩裸露、石质含量高、质地粗糙、养分贫瘠、保水保肥性能差、缺乏灌溉条件的挖损地,应先种植牧草或者绿肥植物,改良土壤。

6.2.2.3 污泥改良

距城市较近,深度在 5 m 以上的挖损坑地,用于植被恢复时,应填至与周边土地齐平,并结合污泥改良,使土壤厚度达到 50 cm 以上。

6.2.2.4 污染治理

对重金属、有机物或放射性元素污染的挖损坡面或坑底,结合回填,进行隔离处理。

6.3 占压地

6.3.1 地表处理

地表处理包括:

- a) 对于有自燃现象的矸石山应采取灭火处理;
- b) 坡度在 20°以上的排土场、矸石山、尾矿库进行削坡处理,使坡度控制在 1.0 : 1.5 以下;
- c) 位于交通干线两侧或居民区附近的占压地采用护坡工程,并辅以截排水。

6.3.2 基质改良

基质改良包括:

- a) 干旱、瘠薄、土壤酸碱度过高或过低的土壤,可采用化学改良,并配合覆土改良;
- b) 对重金属、有机物或放射性元素污染的占压地,可采用生物改良。

6.3.3 污染治理

用于经济林果产业发展的占压地,可进行隔离处理。

7 植被恢复

7.1 塌陷地

7.1.1 整地

整地包括:

- a) 平地。对于水平地或台地,采用穴状整地;整地规格依树种、苗木规格而定。
- b) 坡面。在塌陷地坡面沿等高线进行带状整地,并略向内倾以拦水保墒;对于地形破碎,土层较薄,不能采取带状整地的坡面,采用穴状或鱼鳞坑整地。

7.1.2 树种选择

7.1.2.1 台地

宜选择以生态效益为主、兼顾经济效益的树种,包括适宜当地生长的经济树种或农田防护林树种,可按附录 D、附录 E 的规定执行。

7.1.2.2 坡面

宜选择根系发达、生长快的乡土树种,可按附录 D、附录 E 的规定执行。

7.1.3 密度

植被恢复密度应分别气候区、矿山废弃地类型、破坏程度及植被恢复目标等确定,具体可按附录 F 的规定执行。

7.1.4 栽植技术

苗木规格和处理、栽植方法等,按照《造林技术规程》、《生态公益林建设 技术规程》的规定执行。

7.1.5 植被配置模式

平地或台地以营造生态经济林或农田防护林为主,坡面以乔木为主、乔灌草结合的水土保持林为主,具体可按附录 C 的规定执行。

7.2 挖损地

7.2.1 整地

整地包括:

- a) 平地采用穴状整地。整地规格依树种而定。
- b) 土质坡面采用水平带整地、穴状或鱼鳞坑整地,岩质坡面采用穴状或鱼鳞坑整地。

7.2.2 树种选择

7.2.2.1 平地

宜先种植牧草或者绿肥植物,改良土壤后,选择乡土树种,辅以草本,具体可按附录 D、附录 E 的规定执行。

7.2.2.2 边坡

选择根系发达、耐干旱瘠薄、易成活、适应环境能力强树种、草种,具体可按附录 D、附录 E 的规定执行。

7.2.3 密度

种植密度可按附录 F 的规定执行。

7.2.4 栽植技术

7.2.4.1 平地

在平地的栽植技术可按照 7.1.4 的规定执行。

7.2.4.2 边坡

7.2.4.2.1 直接种植灌草

在有一定厚度土层的土质坡面上,直接种植灌木和草本植物种子。

7.2.4.2.2 穴植灌木、藤本

结合工程措施沿边坡等高线挖种植穴(槽),利用常绿灌木的生物学特点和藤本植物的上爬下挂的特点,按照设计的栽培方式在穴(槽)内栽植,从而发挥其生态效益和景观效益。

7.2.4.2.3 普通喷播

坡面平整后,将种子、肥料、基质、保水剂和水等按一定比例混合成泥浆状喷射到边坡上。

7.2.4.2.4 植生带技术

通过生产线将植物种子按一定比例,均匀地播撒在两层布质或纸质无纺布中间,然后通过行缝、针刺及胶粘等先进工艺,将尼龙防护网、植物纤维、绿化物料、无纺布密植在一起而形成一种特制产品。将其覆盖在边坡表面,只需适量喷水,就能长出茂密草坪。

7.2.4.2.5 草棒栽培技术

将特制的草棒用螺纹钢和钢丝网按一定间距固定在坡面上,再用镀锌铁丝进行斜网格拉紧,然后将草棒按一定间距排列,覆土,然后可在上面种植。

7.2.4.2.6 挂网客土喷播

挂网客土喷播是利用客土掺混黏结剂和固网技术,使客土物料紧贴岩质坡面,并通过有机物料的调配,使土壤固相、液相、气相趋于平衡,创造草类与灌木能够生存的生态环境,以恢复石质坡面的生态功能。该技术适用于花岗岩、砂岩、砂页岩、片麻岩、千枚岩、石灰岩等母岩类型所形成的不同坡度硬质石坡面。

7.2.4.2.7 草包技术

通过生产线将植物种子按一定比例均匀地播撒在两层布质或纸质无纺布中间,然后通过行缝、针刺及胶粘等先进工艺,制成草包,装土。将其垒积坡面,就能形成草坪。

7.2.4.2.8 平台外缘绿化技术

对于依据地形地质条件修筑的类似梯田结构的平台,在平台外缘砌挡土墙,台面种植乔灌木草立体植被,对栽植的藤本植物进行人工牵引,促使植物向石壁定向生长,绿化石壁,形成立体效果;平台外缘(靠近挡土墙)种植悬垂植物与攀缘植物相连以绿化覆盖全部裸露岩壁。

7.2.4.2.9 边坡绿化技术

方法可按照附录 G 的规定执行,技术措施可按照附录 H 的规定执行。

7.2.5 植被配置模式

挖损地平地以营造生态效益或景观效益为主兼顾经济效益的乔灌木或乔灌木混交林;边坡以营造灌木林为主、灌木草结合的森林植被,具体可按附录 C 的规定执行。

7.3 占压地

7.3.1 整地

平地采用穴状或水平沟整地方式,边坡采用水平阶或穴状整地方式。整地规格按照苗木规格确定。

7.3.2 树种选择

平地宜选用耐瘠薄、干旱、抗污染能力强的乡土树种。边坡宜选择生长迅速、根系发达、耐干旱瘠薄、抗污染能力强的豆科植物,具体可按附录 D、附录 E 的规定执行。

7.3.3 密度

栽植密度可按照附录 F 的规定执行。

7.3.4 栽植技术

- (1) 在平面上的栽植技术可按照 7.1.4 的规定执行。
- (2) 在边坡上的栽植技术可按照 7.2.4.2 的规定执行。

7.3.5 植被配置模式

平地配置以乔木为主的乔灌木混交林或经济林,边坡配置以灌木为主的乔灌木草混交林,具体可按附录 C 的规定执行。

8 未成林抚育管护

8.1 管护年限

进行植被恢复后的 3 年~5 年内应进行管护。

8.2 浇水

岩质边坡和降水量在 400 mm 以下的干旱地区,应根据天气状况及时进行浇水,确保苗木成活。挖损地岩质边坡植被恢复地段,宜采用喷灌、滴灌或高压喷雾方式进行灌溉。

8.3 松土除草

每年应进行 2 次~3 次松土除草,结合松土,除去植穴中以及苗木周边影响苗木生长发的杂灌杂草。

对坡度大、土壤易受冲刷的坡面,应开展监测。对于有冲蚀发生的地段,应进行培土,并压实,恢复原有平整坡面。

8.4 补植

栽植后应及时进行成活率检查,成活率达不到要求的,应进行补植,对于造林失败的,应进行重造。补植苗木的规格应与存活苗木的规格一致。

8.5 施肥

对于生态经济林,在栽植后,可每年施适量的有机肥或复合肥做追肥。

8.6 森林管护

矿山废弃地绿化后,应及时落实管护主体,明确管护责任,防止人、畜的破坏。

8.7 森林防火、病虫害防治

应按照国家森林防火、林业有害生物防治的要求,配置防火、林业有害生物防治的设施,配备防火、林业有害生物防治的设备。

附 录 A
(资料性附录)
常用边坡加固方法

常用边坡加固方法见表 A.1。

表 A.1 常用边坡加固方法

加固方法	作用	特点	适用条件
抗滑桩	桩体与桩周围的岩体相互作用,将滑体的下滑力由桩体传递到滑面以下的稳定岩体	优点较多,布置灵活、施工不影响滑体的稳定性、施工工艺简单、速度快、功效高,可与其他加固措施联合使用、承载能力较大	滑面较单一,滑体完整性较好的浅层和中厚层滑体
锚杆(索)	对锚杆(索)施加预应力,增大滑面上的正应力,使滑面附近的岩体形成压密带	—	有明确滑动面的硬岩、特别是深层滑坡
挡土墙	在滑体的下部修建挡墙,以增大滑体的抗滑力	优点是可以就地取材,施工方便,有一定的抗滑力;缺点是本身质量大,对下部边坡的稳定不利,施工工作量较大	滑体松散的浅层滑坡,应有足够的施工场地和材料供应,坡顶无重要建(构)筑物
注浆法	用浆液充填岩体中的裂隙,加强整体性并使地下水没有活动的通道	缺点是对滑动面附近地下水运动速度大、渗透性强和粘塑性强的岩土不易达到预期的效果	岩体较坚硬,有连通裂隙,且地下水对边坡影响严重的边坡区段
喷射混凝土	及时封闭边坡表层的岩石,免受风化、潮解和剥落,并可加固岩石,提高强度	可单独使用,也可与锚杆(索)配合使用。缺点是喷层外表不佳	对软弱岩体或高度破碎的裂隙岩体进行表面支护

附录 B
(资料性附录)
矿山废弃地土地复垦技术措施表

矿山废弃地土地复垦技术措施见表 B.1。

表 B.1 矿山废弃地土地复垦技术措施

类型	复垦对象及条件	工程措施	基质和土壤处理	生物措施
挖损	露天采场	土质 清理、平整	施有机肥、种植豆科植物、土壤熟化	农林种植
		石质 清理、平整、复土、排灌	间种绿肥植物、施有机肥	灌草种植、封育恢复
		砂粒质 填埋平整、客土覆盖、治沙固土	种植固氮植物	灌木、豆科牧草间作
	边坡	陡坡以上 边坡清理、梯级削坡,植生带法、浆砌片石骨架植草法		种植耐旱、耐瘠薄、根系发达、萌蘖能力强的灌草
		土质 斜坡 清理坡面杂物、填凹削凸,修筑阶梯状台地、植生袋等制品法		种植耐旱、耐瘠薄灌草
		缓坡 铲掉杂草、修整坡面,铺草皮法、香根草篱法	提前整地、熟化土壤	种植灌草或农作物
	石质	陡坡以上 清除坡面的突出岩石、松散浮石、碎石,喷混植生法、藤蔓植物法		草灌客土喷播绿化,种植藤本植物、上爬下垂
		斜坡 削坡、清除松散碎石,挂网(金属网、布鲁格网)护坡、客土喷附法	微型爆破法整地、客土回填	喷播浅根性耐旱灌草绿化
		缓坡 平整坡面,客土植生带或纤维法、土工格室法	表土覆土、耙平压实、施复合肥	客土造林种草,适宜浅根性灌木或牧草
	砂粒质	陡坡以上 梯级削坡、夯实加固表层、挖沟植草法,挂网(三维网)护坡,生态多孔混凝土法、液压喷播法	—	耐旱草种混播,喷播灌草绿化
		斜坡 削坡减载、挂网(单层合成材料网)护坡,喷混植生法	覆盖表土、种植绿肥、培肥地力	喷播耐旱灌草
		缓坡 修整坡面、径流排灌	覆盖表土、提前整地、熟化土壤	种植耐旱浅根性树种或多年生草本植物

表 B.1 (续)

类型	复垦对象及条件	工程措施	基质和土壤处理	生物措施
压占	矸石山	消减坡度、砌筑挡墙,分层压实、覆土熟化	采用生石灰、污泥、生活垃圾调节酸碱度,施用固氮微生物、菌根真菌改良基质	先灌后乔,种植耐旱植物绿化
		防控自燃、修筑挡墙,覆土或植生袋护坡绿化	施用生物菌剂、生物复合肥或种植豆科植物,改良基质	耐旱性强的乔、灌、草相结合,客土植树种草
	平台	平整,排蓄水	提前整地、熟化土壤,种植绿肥、微生物培肥、施肥	乡土树种为主,培育乔灌木混交林
		局部平整、客土整地、排水	覆土种草、秋翻压青,施肥或施用菌根制剂,改良基质	客土种植、封育耐旱、耐瘠薄灌草
		筑坝护坡、平整压实、覆土排水	客土整地,种植绿肥或施有机肥,改良基质	客土造林种草,封育恢复林草
	边坡	削坡、草袋或预制格子等护坡	种植绿肥、秋翻压青,微生物培肥、施肥,改良基质	客土造林种草,培育乔灌木混交林
		削坡、格子梁等护坡,覆土排水	覆土、间作绿肥、施肥或菌根制剂,改良基质	客土种植深根性灌草
		削坡、修筑挡墙、液压喷播法护坡,覆土排水	覆土或掺细沙、黏土,种植豆科植物或牧草,施有机肥等,培肥地力,改良基质	深根性灌木为主,乔灌草结合恢复植被
	尾矿库	疏干排水,铺设隔离层,覆土、施肥	施用有机肥或者有机废弃物、化学螯合剂、生石灰或硫磺、菌根真菌,种植可吸收、累积污染物植物或耐金属植物	客土种植能耐、吸收有毒金属灌木和牧草
		截流、疏干排水,覆土压埋、施肥	覆盖植物残体、施用有机肥或者有机废弃物,种植绿肥、压青肥田	客土种植农作物或者经济林木
		疏干排水,覆土	施生石灰、有机肥、生活垃圾、污泥等调节酸碱度,种植可吸收、累积污染物植物,种植固氮植物或接种根瘤菌	客土种植耐污染灌草
		引水灌溉,覆土	施肥、灌溉,种植绿肥植物、秋翻压青、培肥地力	乡土植物为主,乔、灌、草结合,大苗或容器苗造林

表 B.1 (续)

类型	复垦对象及条件		工程措施	基质和土壤处理	生物措施	
压占	尾矿库	金属	截流排水,防渗埋压隔离	施用有机肥或者有机废弃物,种植可吸收、累积污染物的植物,种植绿肥、压青肥田	选择超积累或耐污染的乔灌木,人工造林种草,封育保护	
			无污染	修筑拦渣、挡渣工程、截排水或水保工程	种植豆科植物,改良土壤	种植经济林木或农作物
		非金属	污染	疏干排水、拦截除污隔离	施生石灰、有机肥改良基质,种植可吸收、累积污染物的植物,种植固氮植物	选择抗污染能力强的乡土乔灌木,人工造林种草,封育保护
			无污染	修筑挡渣墙、疏通渠道	施入生石灰、有机肥、生活垃圾、污泥等中和基质酸碱度,绿肥植物、秋翻压青、培肥地力	农业耕作、人工造林
塌陷	积水区	季节性积水	排除积水、客土充填		造林种草,种植农作物	
		常年积水	深水区	发挥积水优势,继续挖低	水产养殖为主,多业并举	
			浅水区	挖深垫浅,兴修水利设施	垦复农田为主,兼顾林果种植	
		非积水区	堵漏、填埋、平整,重塑地貌、再造土体	土壤熟化,种植豆科植物,增施有机肥	乔灌木结合、恢复植被,农林牧结合、多业并举	

注:浅水区指下沉地表向盆地中心倾斜,常年积水深度在1 m~3 m;深水区指地表下沉最深部分,常年积水深度大于3 m。

附录 C
(资料性附录)
矿山植被恢复模式类型

矿山植被恢复模式类型见表 C.1。

表 C.1 矿山植被恢复模式类型

类型	恢复对象及条件		主要恢复方向	宜采用恢复模式类型
挖损	露天采场	平台	土质	优先恢复生态经济树种,农林(经)复合经营
			石质	灌木为主,灌草结合,灌木混交林
			砂粒质	乔木为主,乔灌混交林
	边坡	土质	陡坡以上	灌木为主,灌草结合,灌木混交林
			斜坡	灌木为主,乔灌草结合,乔灌混交林
			缓坡	优先恢复梯田,农(经)林复合经营
		石质	陡坡以上	草本为主,草灌结合,封育保护,自然演替
			斜坡	草本为主,草灌结合,封育保护,人工促进更新
			缓坡	灌木为主,灌草乔结合,封育保护,灌木混交林
		砂粒质	陡坡以上	草本为主,草灌结合,封育保护,灌木混交林
			斜坡	灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林
			缓坡	优先保护生态,适度恢复梯田,农林复合经营
压占	矸石山	风化时间短	防护林、景观林	灌木为主,乔灌草结合,乔灌混交林
			防护林、经济林	乔木为主,乔木、乔灌混交林、纯林,多种经营
	排土场	平台	土质	优先保护生态,兼顾恢复农地、园地,乔木为主,乔灌混交林
			石质	灌木为主,乔灌草结合,乔灌混交林
			砂粒质	乔木为主,乔灌草结合,乔灌混交林、纯林

表 C.1 (续)

类型	恢复对象及条件		主要恢复方向	宜采用恢复模式类型
压占	排土场	边坡	土质	防护林、经济林
			石质	乔木为主,乔灌、灌木混交林、纯林
			砂粒质	灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林
	尾矿库	库面	金属	灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林
			污染	灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林
			无污染	优先保护生态,适当恢复园地、农地,农林(经)复合经营
		坝周	非金属	灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林
			污染	优先保护生态,兼顾恢复园地、农地,农林(经)复合经营
			无污染	乔木为主,乔灌草结合,乔灌混交林,造林种草、封育保护
	塌陷	积水区	金属	保护农地,农林(经)林复合经营
			非金属	乔木为主,乔灌草结合,乔灌混交林,造林种草,封育保护
			污染	保护农地,农林(经)林复合经营
		非积水区	无污染	保护农地,农林(经)林复合经营
			季节性积水	保护生态,兼顾恢复农地,农林复合经营
			常年积水	保护生态、改造景观,水产养殖、多种经营
塌陷	非积水区	深水区	防护林、景观林	种养结合,农林渔并举,多种经营
		浅水区	防护林、景观林	优先恢复农地、园地,种植业为基础,多种经营

附录 D
(资料性附录)
矿山植被恢复区域适宜树(草)种

矿山植被恢复区域适宜树(草)种见表 D.1。

表 D.1 矿山植被恢复区域适宜树(草)种

恢复 区域	适宜树(草)种								
	挖损地			压占地			塌陷地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
东北 区	黑松、红松、白松、落叶松、油松、樟子松、云杉、冷杉、杜松、桧柏、侧柏、杨、柳、榆、槐树、桦树、柞树、椴树、黄菠萝、水曲柳、核桃楸、火炬树、梓树、五角枫、茶条槭	丁香、柠条、胡枝子、荆条、沙棘、枸杞、大果沙棘、山杏、山樱桃、柄扁桃、山杏、连翘、胡枝子、紫穗槐、沙枣、玫瑰、黄刺梅、榆叶梅、珍珠梅、杞柳、绣线菊、芡实、山梅花、毛掌叶、紫叶小檗、忍冬、地锦、爬山虎、南蛇藤、葡萄	牵牛花、野菊花、草花、沙打旺、苜蓿、荷兰菊、木樨、碱草、三叶草、无芒雀麦、无芒花蒿、芒麦、黄花草、大籽蒿	油松、樟子松、赤松、落叶松、小黑松、垂柳、家榆、刺槐、柞树	沙棘、大果沙棘、杞柳、山杏、绣线菊、紫穗槐、胡枝子	植苜蓿、沙打旺、地榆、苦蕒菜、大花鬼针草、小薊、黄花草、大籽蒿、东方草莓	油松、红松、黑松、白皮松、樟子松、落叶松、云杉、冷杉、青杆、白杆、银杏、白桦、胡桃楸、水曲柳、黄菠萝、蒙古栎、辽东栎、角栎、榆树、刺槐、香椿、臭椿	沙棘、紫穗槐、山皂角、枸杞、怪柳、沙柳、毛条、柠条、沙地柏、铺地柏、丁香、黄栌、枝子	草木樨、草木樨、沙打旺、牵牛花、野菊花

表 D.1 (续)

恢复 区域	适宜树(草)种					
	挖损地			压占地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
华北 中原 区	马尾松、油松、黑松、侧柏、青杉、麻栎、广玉兰、女贞、国槐、槐、泡桐、法国梧桐、杨树、榆树、火炬树、五角枫、合欢、板栗、大枣、核桃、花梨、桃、梨、李子	葡萄、石榴、黄栌、山杏、山楂、粗榧、铺地柏、木贼麻黄、大叶黄杨、小叶黄杨、荆条、紫穗槐、羊柴、蔷薇、月季、紫藤、胡枝子、线菊、芍药、地锦、美国凌霄、爬山虎、藤卫矛	白三叶、沙打旺、草木樨、野豌豆、红花、豆蔻、马棘、鸡脚草、无芒草、披针草、雀巢草、早熟禾、荻、羊茅、狗牙根、百脉根、紫云英	油松、黑松、白松、樟子松、雪松、落叶松、杜松、云杉、侧柏、桧柏、青杉、白栎、银杏、杜仲、白栎、高山栎、核桃、白栎、刺槐、国槐、槭、水曲柳、小叶杨、旱柳、火炬树	沙柳、垂柳、山柳、黄榆、山杏、桑树、酸枣、荆条、沙棘、紫穗槐、沙地柏、铺地柏、丁香、黄栌、月季、蔷薇、地锦、胡枝子	草木樨、沙打旺、红三叶、紫葛藤、黑麦、小冠花、黑麦、斯、无芒草、披针草、雀巢草、羊茅
	马尾松、华山松、黄松、湿地松、火炬松、杉木、水杉、池杉、落羽杉、圆柏、藏柏、桧柏、杜松、台湾相思、银杉、木荷、兰按、欧美国槐、扶桑、桂花、女贞、玉兰、樟、杨梅、冬青、碧桃、石楠、早冬瓜、枇杷、枫香、杜英	茶花、杜鹃花、冬青、黑荆、海桐、红继木、红花紫茉莉、黄杨、夹竹桃、九里香、美人树、绿竹、双喜、石楠、山茶花、五色茉莉、紫薇、爬山虎	龙舌兰、五节芒、香茅、铁芒萁、白茅、山芋、麻秆、双季稻	马尾松、湿地松、杉木、柏树、银杏、桧类、朴树、栎树、樟树、臭椿、香椿、相思、枫香、桉树、杨、刺槐、竹类、槐、泡桐、水冬瓜、夹竹桃、木荷、女贞、八角、花梨、杜仲、核桃、柿子、枣、苹果、杏、沙梨、蜜桃	红花继木、怪柳、沙棘、紫穗槐、胡枝子、茶条、迎春、凌霄、爬墙虎、油麻藤、凌霄花	狗牙根、高羊茅、香茅、华南草、画眉草、竹节草、狼尾草、百慕大、白三叶
中南 华东 区						

表 D.1 (续)

适宜树(草)种									
恢复 区域	挖损地		压占地		塌陷地				
	乔木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木			
	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	(花)灌木			
东南沿海及热带区	黑松、马尾松、湿地松、雪松、银香、香柏、榉木、垂榕、黄樟、小叶榕、冬青、木荷、相思、青冈、槐、棚架子、桉树、木棉、金合欢、银合欢、芒果、夹竹桃、广玉兰、白玉兰、紫玉兰、美人树、红花紫荆、桂花、银柳、天竺桂、杜英	深山含笑、黄连木、豆梨、石楠、黄栀子、梅、映山红、三角梅、迎春花、野玫瑰、绣线菊、小檗、胡颓子、夹竹桃、蕃石榴、竹、爬山虎、月季、常春藤、葛藤、紫藤、银花	白茅、野茅、铁芒、结缕草、五节芒、芦、结缕草、假俭草、龙舌草根、香茅、狼尾草	马尾松、黑松、台湾相思树、印度紫檀、红胶木、非洲楝、海桐、铁刀木、香椿、樟树、仪花、海棠、南蒲桃、桃花、铁冬青、木梓、印楝、桉树、银合欢、桃、李、栗、慈竹	胡颓子、胡枝子、紫穗槐、马棘、绿竹、砂仁、木豆、茶、桑子、小桐子、悬钩子、接骨木	芦竹、类芦、蜈蚣蕨、棕叶芦、百喜草、竹节草、雀稗、香茅、狗牙根、白三叶、蛇葡萄、鸡蛋果、炮仗花、珊瑚藤、高羊茅、萱草、铺地木蓝、黑莎草、灯芯草、粘人草、五节芒、白茅、铁舌兰	云南松、思茅松、高山松、马尾松、湿地松、火炬松、杜松、杉木、水松、栎、侧柏、银杏、香樟、楠木、红豆树、白蜡、槭树、枫香、重木、栎树、火炬树、水青树、白栎、黄山栎、麻栎、青冈栎、榆树、槐、栲、红椎、甜椎、米槠、青檀、木荷、含笑、女贞、观光木、杜仲、皂角、喜树、相思类、苦楝、樟、臭椿、桉树	黑荆树、沙棘、紫穗槐、桑树、酸枣、毛山皂角、枸杞、散生竹、丛生竹、竹、散生竹、秋茄、白骨壤、木榄、爬山虎、月季、夹竹桃、角梅	百喜草、香根草
	湿地松、黑松、马尾松、高山榕、槐树、杨桐、女贞、臭椿、银合欢、尾巨桉、相思树、柳杉、杜英、黄檀、木荷、樟木、紫薇、夏橙、九里香、杨梅、豆梨、石楠、南岭黄檀、相思、黄栀子、水冬瓜	红千层、深山含笑、红紫荊、任豆、夹竹桃、白背叶、胡枝子、紫穗槐、马棘、山槐、络石、常春藤、常春油麻藤、香花崖豆藤、金银花	山类芦、野古草、青茅、荩草、芦竹、根、高羊茅、茅竹	华山松、马尾松、杉木、柳杉、巨桉、黑松、白栎、尾巨桉、银香、滇杨、刺槐、桉、泡桐、漆树、芒果、桂圆	方竹、紫穗槐、柞柳、沙棘、密枝竹、桃、木包杜、金银花、弯叶画眉草	紫花苜蓿、沙打旺、草木樨、田菁、猪屎豆、水马桑、车桑子、黄荆、狗牙根、假俭草、结缕草、马尼拉草、香根草、百喜草、地毯草、喜节草、水葫芦、波斯菊、金鸡菊、白三叶、羊茅、芒草	马尾松、湿地松、火炬松、黑松、白皮松、思茅松、杉木、侧柏、油杉、栎、银杏、栓皮栎、麻栎、榉木、青冈栎、樟、火方楠、观光木、含笑、喜树、栲、椎、枫香、槲木、重阳木、栎树、水青冈、杜仲、皂角、合欢、胡桃、黄菠萝、榆树、臭椿、桉树、毛竹	黑荆树、丛生竹、散生竹、桑树、酸枣、胡枝子、金银花、夹竹桃	苜蓿、波斯菊
长江上游区									

表 D.1 (续)

恢复 区域	适宜树(草)种								
	挖损地			压占地		塌陷地			
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
青藏 高原 冻融 区	柳类	沙棘、枸杞、怪柳、白刺、毛樱桃、珍珠梅、海棠、丁香、蔷薇、山荆子、乌柳、花椒	老芒麦、垂穗大麦、草、披碱草、钩头草、芨芨草	杨树、柳树	毛条、柠条、沙棘、枸杞、怪柳、白刺、桑树	披碱草、老芒麦	樟子松、云杉、柏木、侧柏、杨树、刺槐	紫穗槐、山皂角、枸杞、怪柳、沙柳、毛条、柠条、乌柳、珍珠梅、海棠、丁香、蔷薇	披碱草、老芒麦
黄河 中上 游区	油松、侧柏、桧柏、杨树、柳树、榆树、槐树、元宝枫、火炬树、花椒、核桃、红枣、杏子、苹果、梨、杏	葡萄、丁香、连翘、玫瑰、紫叶小檗、榆梅、黄刺玫、柠条、沙棘、枸杞、沙枣、杨柴	沙打旺、草木樨、冰苜蓿、红花草、甘草、草、披碱草、党参、黄芪、板蓝根	油松、杜松、云杉、侧柏、青杆、白杆、梓杨、柳、榆、槐、五角枫、火炬树、核桃、栎子、枣、苹果、梨、杏	葡萄、沙柳、柏、桑树、连翘、桃、玫瑰、连梅、刺楸、枸杞、山柰、山樱桃、沙柳、沙棘、沙枣、柠条、酸枣、杨柴、胡枝子	苜蓿、沙打旺、红豆草、四翅豆、滨藜、苏荬、豌豆、野草、无芒雀麦、披碱草、三叶地锦	油松、黑松、白皮松、侧柏、柏木、银杏、橡树、胡桃桃楸、水曲柳、黄菠萝、蒙古栎、辽东栎、白栎、桤木、蒙自桤木、桦、榆树、杨树、刺槐	紫穗槐、山皂角、怪柳、沙柳、山杏、山樱桃、枸杞、沙棘、沙拐枣、踏郎、梭梭、毛条、柠条、连翘、丁香、玫瑰、黄刺玫、榆叶梅	柴胡、板蓝根、甘草、沙打旺、党参、黄芪、木樨、菊花、荷兰菊
北沙 风区	油松、樟子松、侧柏、银杏、小叶朴、皂角、文冠果、桐树、小白新疆杨、合作杨、黑杨、旱柳、白榆、刺槐、核桃、枣树、苹果、桃、李、杏、柿、炬树	葡萄、枸杞、桑树、山杏、连翘、珍珠梅、丁香、刺梅、山樱桃、紫穗槐、扁桃、绣线菊、白刺、优若藜、怪柳、杞柳、胡枝子、荆条、柠条、爬地柏、爬山虎、地锦	啤酒花、草木樨、冰沙打旺、苜蓿、狗牙草根、香蒿、蒿、黄芪、党参、柴胡、板蓝根	油松、樟子松、小叶杨、小黑榆、旱柳、刺槐	紫穗槐、山柰、桃、柳、乌柳、羊条、条、踏郎、花、杜棱、沙枣、枣、梨、扁桃、珍珠梅、刺玫、连翘、爬地柏、沙棘、山杏、沙棘、沙枣、水冬瓜、叶底珠	水蜡、沙打旺、草木樨、红豆草、早熟禾、燕麦、冰草、燕麦、苏丹草	油松、黑松、白皮松、樟子松、杜松、云杉、侧柏、柏木、桧柏、青杆、白杆、银杏、白桦、槭树、枫香、蒙古栎、辽东栎、角栎、榉树、杨树、榆树、刺槐、国槐、火炬树	丁香、黄庐、扁桃、灌木柳类、沙地柏、铺地柏、山桃、山杏、沙棘、紫穗槐、沙拐枣、枸杞、梭梭、山皂角、踏郎、沙柳、拐枣、沙柳、条、杨柴、枝子	苜蓿、沙打旺、草木樨、油莎草、沙打旺、紫穗槐、无芒雀麦、冰草、麦、白花翁、菊花、沙柳、头翁、丹参、知母、党参、黄芪、柴胡、板蓝根

附 录 E

(资料性附录)

污染矿类植被恢复适宜树(草)种

污染矿类植被恢复适宜树(草)种见表 E.1。

表 E.1 污染矿类植被恢复适宜树(草)种

矿种类型		适宜树(草)种		
		乔木	(花)灌木	草本
非 金 属	硫、磷、砷等化工 及化肥原料类	杉木、樟子松、油松、银杏、 滇杨、刺槐、漆树、方竹	柠条、沙柳、沙棘、胡枝子、 紫穗槐、马桑、山杏	百花三叶草、苜蓿、草木犀、光叶紫花 苕、毛叶紫花苕、黑麦草、披碱草、大叶 井口边草、蜈蚣草、蜈蚣蕨、黑莎草、纤 细木贼、灯芯草、龙葵、地锦
	石墨等工业制造 材料类	樟子松、兴安赤松	沙棘、胡枝子、紫穗槐、锦 鸡儿	苜蓿、草木犀、地锦
	石膏等建材及水 泥原料类	马尾松、油松、柏树、侧柏、 臭椿	沙棘、柠条	
	重晶石石油化工 材料类	马尾松、杨树、柳树		美国燕麦草、三叶草
	高岭土等陶瓷及 玻璃原料类	马尾松、枫香、尾巨桉、绿竹	白背叶、山油麻、牡荆、胡 秃子	类芦、蟛蜞菊、葛藤、爬山虎、五节芒、铁 芒萁、龙舌兰
金 属	金等贵金属类	红松、赤松、黑松、白松、落 叶松、红皮云杉、银中杨、柳 树、水曲柳、垂榆、刺槐、香 樟、臭椿、核桃楸、椴树、泡 桐、麻栎、乌桕、榉木、枫香、 天竺桂、杜英、小叶榕、深山 含笑、多花木兰	罗汉松、杜鹃、红花檵木、黄 金叶、黄杨、双色茉莉、扶 桑、山茶花、山芋麻、冬青、 海桐球、胡枝子、枸杞、荆 条、红千层、女贞、垂榕	宽叶雀稗、狗牙根、五节芒、类芦、香根 草、马鞭草、苜蓿、白三叶、百喜草、拟高 粱、高羊茅、无芒雀麦、狗尾草
	稀土金属类	马尾松、板栗、黄檀	胡枝子	糖蜜草、宽叶雀稗、象草、马唐草、狗 尾草
	铁、锰等黑色金 属类	湿地松、马尾松、侧柏、毛白 杨、刺槐、栎树、臭椿、桃树、紫 荆、棕榈、荷花玉兰、桂花、细 叶桉、大叶桉、木荷、毛竹	沙枣、接骨木、悬钩子、柠 条、沙棘、紫穗槐、冬青卫 矛、海桐	藤三七、沙打旺、紫云英、商陆、宝山堇 菜、白茅、马唐、水蓼、飞蓬、苍耳、耳草
	铜、铝、等有色金 属类	湿地松、马尾松、油松、雪 松、侧柏、龙柏、箭杆杨、毛 白杨、垂柳、龙爪槐、枫树、 黄檀、泡桐、法国梧桐、合欢	沙棘、胡枝子、紫穗槐、田 菁、金银花、山毛豆、夹竹 桃、荆条、酸枣、女贞、黄杨、 月季、蔷薇、玫瑰、绣球、 牡丹	草木犀、苜蓿、红豆草、沙打旺、三叶草、 黑麦草、画眉草、高阳草、假俭草、百喜 草、无叶节节草、象草、芒草、水蜡烛、狗 牙根、猪屎豆、芍药、菊花、小冠花、黑麦 草、鲁梅克斯、苦苣菜、无芒草、鸡脚草、 披肩草、无芒雀麦、紫葛藤
	镉、铅、锌等重金 属类	杨树、泡桐、水杨柳、蜡树、 臭椿、银合欢、苦楝树、山 榕、樟树、木荷、水杨梅、 槐树	女贞	紫花苜蓿、高阳草、早熟禾、黑麦草、假 俭草、龙须草、香根草、马鞭草、冬茅草、 粘人草、黑莎草、小鳞苔草、冬茅草、华 南蕨根草、狗牙根、五节芒、东南景天芦 竹、蜈蚣蕨、白茅、棕叶芦、宽叶香蒲、芦 苇、荭苳、雀稗、黄花穗、鸡矢藤、剑麻、 宝山堇菜、蓖麻

附录 F
(资料性附录)
矿山植被恢复适宜初始密度

矿山植被恢复适宜初始密度见表 F.1。

表 F.1 矿山植被恢复适宜初始密度

单位为株(丛)/每公顷

恢复区域	树种组	苗木 (种子)	矿山废弃地类型及部位						
			挖损地		压占地			塌陷地	
			采空区及平台	采矿边坡	排土石坡顶(平台)	排土石坡面	尾矿库	矿坑底	矿坑壁
东北区	乔木	大苗	833~1 111	714~833	925~1 111	952~1 111	1 333~1 667	833~952	625~1 250
		常规苗	1 111~1 667	833~1 333	1 250~3 333	1 250~1 667	2 500~3 333	1 000~1 250	1 000~2 000
	灌木		1 250~2 500	1 667~3 333	2 500~3 333	1 667~4 000	3 333~5 000	1 650~2 222	1 667~3 333
华北 中原区	乔木	大苗	625~714	417~600	625~833	833~952	1 111~1 333	833~1 111	625~952
		常规苗	600~1 111	500~1 050	1 050~1 333	1 111~1 250	1 250~2 500	1 000~1 667	1 111~2 222
	灌木		500~2 500	1 250~2 667	2 222~3 333	1 250~3 333	2 500~3 333	800~1 667	1 667~2 222
中南 华东区	乔木	大苗	400~833	833~1 050	1 050~1 250	1 111~1 667	1 429~1 667	833~1 050	625~833
		常规苗	833~1 050	1 050~1 667	1 250~2 500	1 050~1 250	2 222~2 500	1 050~1 667	833~1 667
	灌木			1 667~3 500	1 667~3 333	2 222~3 500	2 500~3 500	1 500~3 500	1 000~2 500
东南沿海 及热带区	乔木	大苗	625~714	625~833	833~1 050	833~1 111	1 111~1 333	625~833	450~625
		常规苗	714~100	833~1 050	1 050~1 667	952~1 600	1 333~2 500	833~1 667	625~1 667
	灌木			2 222~3 333	1 667~2 222	1 905~3 500	1 650~3 500	1 111~3 500	1 650~3 300
长江上 中游区	乔木	大苗	625~833	833~1 111	400~1 111	833~1 667	833~1 111	625~833	400~625
		常规苗	1 905~2 500	1 667~2 222	1 333~1 667	1 111~2 222	1 500~3 333	625~1 667	400~1 500
	灌木			1 905~3 333	2 222~3 333	3 333~4 000	4 000~5 000	1 500~2 500	1 111~1 667

单位为株(丛)每公顷

表 F.1 (续)

恢复区域	树种组	苗木 (种子)	矿山废弃地类型及部位								
			挖损地			压占地		塌陷地			
			采空区及平台	采矿边坡	排土石坡顶(平台)	排土石坡面	尾矿库			矿坑底	矿坑壁
青藏高原 冻融区	乔木	大苗									
		常规苗	1 667~3 000		1 667~3 333				1 667~2 500		
	灌木			6 667~10 000	2 500~4 444	5 000~10 000	3 000~6 667				
黄河上 中游区	乔木	大苗	660~1 111	833~1 333	952~1 111	1 111~1 333	1 333~1 667	952~1 333		660~952	
		常规苗	1 000~1 667	1 333~1 667	1 111~1 333	1 333~1 667	1 667~5 000	1 650~2 222		1 000~1 667	
	灌木		1 667~2 222	1 333~1 667	2 222~3 333	3 333~4 000	2 222~3 333		1 111~1 667		
三北 风沙区	乔木	大苗	952~1 111	625~833	1 111~1 333	833~1 111	1 111~1 333	1 111~1 333		833~1 111	
		常规苗	1 333~1 667	833~1 111	1 667~3 333	1 111~1 667	1 667~3 333	1 250~1 667		1 333~2 222	
	灌木		2 222~3 333	2 500~4 444	3 333~4 000	5 000~6 667	3 000~4 000		1 667~2 222		

注：符合《主要造林树种苗木质量分级》规定规格的苗木为常规苗，高于《主要造林树种苗木质量分级》规定规格的苗木为大苗。

附 录 G
(资料性附录)

挖损地复绿技术的适用条件与选择

挖损地复绿技术的适用条件与选择见表 G.1。

表 G.1 挖损地复绿技术的适用条件与选择

适用环境	适用条件	复绿技术
边坡	原始形成或经过边坡治理的稳定边坡,岩质边坡坡角小于 60°,坡高低于 15 m;土质边坡坡角小于 45°,坡高低于 8 m	岩石边坡:可采用挂网客土喷播和草包技术、平台种植等技术; 土质边坡:可采用直接播种或植生带、植生垫、植生席等技术; 土石混合边坡:可采用草棒技术、普通喷播或穴栽灌木等技术
平地	经过治理、稳定的废弃矿山露天采石场、排土场等地	种植灌草:进行土壤覆盖,在保持覆盖土层不小于 0.3 m 的地面上,种植灌木和草本植物种子,形成与周边生态相适应的草地。 植树造林:进行覆土,在保持覆盖土层不小于 0.6 m 的地面上,根据实际状况和规划要求种植经济林、生态林或风景林
人工水面	低洼、已形成人工湖泊、周边人为活动频繁的废弃矿山宕口	依据水深,将人工水面分为湖泊与鱼塘两种水体,并采用不同的方法进行复绿。 湖泊:湖岸覆土复绿,近岸根据需要栽植耐水、浅水、沉水植物,湖面可选用浮水植物进行复绿。 鱼塘:塘岸四周留有通道,并在两侧覆土复绿,应选择冠形稀疏且无受害的树种或渔草进行复绿,塘水可根据鱼种选择渔草
垃圾填埋场	山体残破、低洼、开采深度大、位于当地下风区且地下水埋藏较深的、经过当地政府批准设立垃圾填埋场的废弃矿山	将废弃矿山进行地形处理,特别是应对存放垃圾的深坑进行防渗处理。然后在其周边覆土复绿,种植根系发达、耐干旱瘠薄和抗逆性强的树种,营建公益林、风景林、用材林等
造景与建筑用地	边坡稳定,位于市区、旅游区或交通干道附近,以景观、游憩、科普教育等功能为整治目标的废弃矿山	在消除边坡地质灾害隐患的前提下,对岩壁及平地分别进行造景及复绿。 岩壁:依据当地景观设计的总体要求,采用清除浮石、稳定岩壁的方式奠定造景基础,再利用藤类植物上挂下爬,覆盖裸露岩壁,以达到一定的景观效果,如岩壁较高在降坡达到一定要求后可挂网喷播复绿;或进行必要的加固处理,发挥其科普教育和游乐(如辨岩、攀岩等)功能。根据景观设计需要,岩壁可保持一定面积的裸露。 平地:依据生态学 and 美学原则,进行绿化景观设计,新建公园、广场、住宅小区,或开发旅游项目等

附 录 H
(资料性附录)
挖损地栽植技术

H.1 穴植灌木、藤本

H.1.1 施工工序

植物材料选择 → 坡面整理 → 种植穴槽的挖掘 → 回填土壤 → 种植植物 → 浇水。

H.1.2 植物材料选择

- a) 灌木:生长茁壮,无病虫害,球形灌木枝条紧密适中,规格一致。
- b) 竹类:以本地竹类为主,每丛 10~20 杆,同种竹类高度及丛数应尽量一致,生长茁壮,根系发达。
- c) 地被:植株生长良好,无病虫害。
- d) 藤本:耐干旱瘠薄,攀爬能力强。

H.1.3 坡面整理

清除坡面杂物、杂草及松动岩块。对坡面转角处及坡顶部的棱角进行修整,使之呈弧状,对低洼处适当覆土夯实或以草包土回填,使坡面基本平整。

H.1.4 种植穴的挖掘

在岩石坡面上,修筑宽度为 2 m 的凹槽,在凹槽内培土种植灌木或悬垂、攀爬藤本等。灌木类种植穴规格表见 H.1。

表 H.1 灌木类种植穴规格

冠径/cm	种植穴深度/cm	种植穴直径/cm
100	60~70	70~90
80	50~60	50~70
60	40~50	40~50
50	40~45	40~50
40	40~45	40~50

H.1.5 回填土壤

种植前应在穴内回填土壤,施基肥,肥料应满足植物生长的需求。

H.1.6 种植植物

植物株行距、苗木高度满足设计要求,种植植物的根系舒展,回填土应分层踏实。

H.1.7 浇水灌溉

种植后应浇适量水,确保植物生长所需的水分。

H.2 普通喷播

H.2.1 普通喷播施工工序

清除地面杂物、平整地面 → 配制种子营养元素及黏合剂、保水剂等 → 喷播混合材料 → 加地膜(冬季)、加遮荫网(夏季) → 养护(喷水、追肥、补播、防病、除虫等)。

H.2.2 坡面处理

为给植物定植、生长和发育提供良好条件,应在边坡局部土壤硬度较大(非坚硬岩石)或坡面太光滑时,施行挖水平沟,水平沟间距宜 5 cm、沟深 5 cm;坡面极为不平整或有废渣的地方,宜进行表面清理、平整。

H.2.3 喷播材料及搅拌

将种子与黏合剂、保水剂、纤维材料、土壤改良剂、稳定剂及适量腐殖土充分搅拌后,为使喷播的种子分布均匀及加快发芽,需先将材料搅拌 20 min 后再进行喷播。

H.2.4 喷播

运用喷射机将搅拌均匀的混合材料自上而下喷射到岩面,避免暴雨时喷播施工。

H.2.5 盖无纺布

在喷射后覆盖无纺布以防止雨水冲刷和阳光暴晒,顺坡从上而下直盖,布与布之间重叠 10 cm~15 cm,并用木签或竹签固定。在种子损失严重的情况下,实施补播。

H.3 植生带技术

H.3.1 植生带技术施工工序

坡面平整 → 铺植生带 → 浇水。

H.3.2 坡面平整

清除坡面杂草和大块碎石以及其他杂物,使坡面基本平整。

H.3.3 铺植生带

将制作好的植生带覆盖在边坡表面并用木钉或竹钉加以固定。

H.3.4 浇水

按 1.7 的规定执行。

H.4 草棒栽培技术

H.4.1 草棒技术施工工序

平整坡面 → 草棒制作 → 草棒固定 → 覆土 → 洒草籽或喷播 → 后期养护。

H.4.2 坡面平整

- a) 去除坡面杂草、大块碎石以及其他杂物。
- b) 对坡面转角处及坡顶部的棱角进行修整,使之呈弧状,对低洼处适当覆土夯实或以草包土回填,使坡面基本平整。
- c) 在坡顶挖排水沟,以防水流冲刷坡面。

H.4.3 喷播垫层施工

- a) 用敌敌畏、乐果等对稻草进行熏蒸消毒。
- b) 扎草棍并用稀泥浸泡:用稻草缠绕竹杆成草棍,竹杆长 4 m~5 m,用直径 18 mm 的钢钉将草棍分别固定在坡顶和坡底,钢钉之间距离为 1.5 m。每个铁丝打结处用长 40 cm、直径为 16 mm 的钢钉固定草棍,草棍与路面平行。固定完后覆土 8 cm~10 cm 厚,并立即浇水。

H.4.4 洒草籽或喷播

- a) 将浇水后下陷的部位重新覆土,保持坡面平整。
- b) 洒草籽或喷播:宜多草种混播,并混有灌木种子。
- c) 覆盖无纺布:覆好后洒透水(少量多次)。
- d) 覆盖地膜。

H.5 挂网客土喷播

H.5.1 挂网客土喷播施工程序

清理坡面 → 挂铁丝网 → 钻锚孔 → 灌浆固定锚杆 → 吊沙包植生带 → 土料混合 → 高压机械喷基底 → 混合料与种子拌合 → 高压机械喷种子 → 盖无纺布 → 喷水 → 养护管理。

H.5.2 坡面清理

应清理片石、碎石、杂物,刷平坡面,为铺平铁丝网打好基础。施工前坡面的凹凸度平均为 ± 10 cm,最大不超过 ± 30 cm。对于光滑岩面,可通过加密锚杆或挖掘横沟等措施进行加糙处理,以免客土下滑。对于个别反坡,可用草包土回填。

H.5.3 测量放线

设计主锚杆间距 1.0 m,次锚杆间距 1.0 m。首先,按纵横间距 2 m 放点,确定主锚杆钻孔位置,再在相邻的主锚杆之间中点插补次锚杆钻孔位置。

H.5.4 挂铁丝网

H.5.4.1 铺挂铁丝网

采用 12 号或 14 号镀锌铁丝,网眼直径 4 cm~5 cm,网面须向坡顶延伸 50 cm~100 cm,开沟并用

桩钉固定后回填土或埋入截水沟中。坡顶固定好,则自上而下铺设,网与网之间采用平行对接。

H.5.4.2 钻锚孔

岩质边坡硬度大,应用风钻锚孔,孔向与坡面基本垂直。

H.5.4.3 砂浆固锚杆

锚杆用直径 1.8 cm~1.0 cm 螺纹钢,长度大于 80 cm~100 cm,埋入锚孔,然后用水泥沙浆灌注孔穴,以牢固锚杆。

H.5.4.4 锚杆固网

两网边接以平行连接为好,用边缘网眼左右挂入锚杆,扎紧,左右两片网之间重叠宽度不小于 10 cm,重叠处锚钉间距 20 cm~30 cm,两网之间的缝隙需用铁丝扎牢。

H.5.5 喷混材料

种植基质材料包括土壤、有机质、化学肥料、保水材料、粘合剂、pH 缓冲剂等。

- a) 土壤:土壤可因地制宜,选择就近的砂土、砂壤土或黄土。砂土、黄土往往肥力不够,可与园土或其他肥土以 1:1 配合使用。土宜保持干燥,过筛,去掉粗大颗粒物及杂物后用于喷播。
- b) 有机质:常用的有机质有泥炭苔、腐叶土、堆肥、磨菇肥、糠壳、锯木屑等。
- c) 化学肥料:加入一定量的缓释氮肥,有利于植物生长后期肥料的持续供应。
- d) 保水剂:岩面绿化用保水剂,可选择吸水倍率相对较低,但吸水重复性好且使用寿命长的丙烯酸-丙烯酸盐共聚交联物类的较大颗粒产品。
- e) 黏合剂与 pH 缓冲剂:每立方米混合材料中普通硅酸盐水泥用量可为 50 kg~80 kg。同时,加入一定量的碱性中和因子如磷酸作缓冲剂,以调节基质 pH 值。
- f) 用水:根据实际情况而定。
- g) 植物种子:植物选择及配置,应考虑气候适应性、土壤适应性、植物抗逆性、生态稳定性、易粗放管理等各种因素和要求。在满足护坡的同时,兼顾景观效果。应该以地带性植被、乡土植物为主,适当引进适合当地生长的外地植物,构建乔、灌、草、藤相结合的立体生态模式。
- h) 喷混原料配比:根据岩面坡度、母岩类型、气候条件及原材料质量进行配比。
- i) 土与物料混合:准确选取各种物料,把磨菇肥、谷壳、木屑等有机物、长效复合绿化专用肥料、黏合剂、保水剂等倒入土壤中进行干混拌,可利用机械混拌均匀。
- j) 灌草种配比:根据当地气候及岩质坡面特点,以水土保持为主,建立灌草立体生态模式。

H.5.6 喷播

以岩面挂网为基础,利用喷播机将搅拌均匀的基质加水后自上而下均匀地喷射到岩面,平均厚度 8 cm~10 cm。分两次进行:首先喷射不含种子的混合料,喷射厚度 7 cm~8 cm,接着喷射含有种子的混合料,厚度 2 cm~3 cm。

H.5.7 盖无纺布

按 2.5 的规定执行。

H.5.8 喷灌透水

水应喷透,但不能产生水土流失和坡面径流,防止基底材料冲垮。

H.6 草包技术

H.6.1 草包技术施工工序

坡面平整 → 修筑台阶 → 铺网 → 堆筑草包 → 浇水覆盖薄膜。

H.6.2 坡面平整

按本标准 4.2 的规定执行。

H.6.3 修筑台阶

将有一定坡度的坡面修筑成台阶形式,形成绿化平台,使草包有着力层。

H.6.4 铺网

先用螺纹钢锚固,再将镀锌铁丝斜网格拉紧。

H.6.5 堆筑草包

将准备好的草包顺着坡面往上堆设,并将草包固定在铁丝网上。

H.6.6 浇水覆盖薄膜

在浇水后覆盖薄膜,以防止雨水冲刷,方法与喷播相同。

H.7 平台种植技术

H.7.1 平台种植技术施工工序

平台预留和开挖 → 挡土墙砌筑 → 客土回填 → 施用基肥 → 砌筑排水沟 → 浇水自然沉降 → 种植植被。

H.7.2 平台预留和开挖

在开采过程中按顺序预留出各级平台或将有一定坡度的坡面修筑成多级台阶形式,形成一定宽度的绿化平台。

H.7.3 挡土墙砌筑

根据种植设计方案,在平台外围砌筑一定规格的挡土墙,防止回填客土随水流失。

H.7.4 客土回填、施用基肥

将矿山开采过程中剥离的表土回填,同时在土壤中施用基肥,保证矿山植被生长所需。

H.7.5 砌筑排水沟

沿各台阶坡脚砌筑一定规格的排水沟,集中排放坡面汇集水流,防止水土流失。

H.7.6 浇水、种植

回填土壤需浇一定量水,待土层自然沉降变紧实后按照种植设计方案种植植被。

参 考 文 献

- [1] 李玉臣.吉日格拉矿区废弃地的生态恢复研究.生态学报,1995,15(3):339-343.
- [2] 苏光全,何书金,郭焕成.矿区废弃土地资源适宜性评价.地理科学进展,1998,17(4):39-46.
- [3] 卞正富.国内外煤矿区土地复垦研究综述.中国土地科学,2000,14(1):6-11.
- [4] 杨冰冰,夏汉平,黄娟,等.采石场石壁生态恢复研究进展.生态学杂志,2005,24(2):181-186.
- [5] 束文圣,张智全,蓝崇钰.中国矿业废弃地复垦对策研究.生态科学,2000,19(2):24-28.
- [6] 李永庚,蒋高明.矿山废弃地生态重建研究进展.生态学报,2004,24(1):95-101.
- [7] 谷金锋,蔡体久,肖洋,等.工矿区废弃地的植被恢复.东北林业大学学报,2004,32(3):19-23.
- [8] 崔丽丽,杨波,李志辉.宝山矿区废弃地植物配置技术初探.湖南林业科技,2006,33(3):42-44.
- [9] 张乔松,朱育彬,杨伟儿,等.广州市南沙开发区采石场复绿技术规范(一).广东园林,2005,29(3):40-42.
- [10] 张乔松,朱育彬,杨伟儿,等.广州市南沙开发区采石场复绿技术规范(二).广东园林,2005,31(5):44-48.
- [11] 孙翠玲,顾万春,郭玉文.废弃矿区生态环境恢复林业复垦技术的研究.资源科学,1999,21(3):68-71.
- [12] 何书金,苏光全.矿区废弃土地复垦潜力评价方法与应用实例.地理研究,2000,19(2):165-171.
- [13] 王仰麟,韩荡.矿区废弃地复垦的景观生态规划与设计.生态学报,1998,18(5):455-462.
- [14] 蒋高明.矿业废弃地植被恢复的理论与实践.见陈灵芝等主编中国退化生态系统研究,北京:中国科学技术出版社,1996,193-204.
- [15] 董鹏,刘均洪,张广柱.尾矿污染区的植物修复研究进展.矿产综合利用,2009,(3):43-46.
- [16] 李艳秋,刘慧军,高鹏.平庄煤矿排土场植被恢复与重建研究.北方环境,2010,22(3):61-65.
- [17] 赵敏慧,杨礼攀,杨中宝,等.抚仙湖流域磷矿开采废弃地恢复滇油杉群落的物种配置研究.水土保持研究,2011,18(6):260-263.
- [18] 魏忠义,王秋兵.大型煤矸石山植被重建的土壤限制性因子分析.水土保持研究,2009,16(1):179-182.
- [19] 张鸿龄,孙丽娜,孙铁珩,等.矿山废弃地生态修复过程中基质改良与植被重建研究进展.生态学杂志,2012,31(2):460-467.
- [20] 王世东,郝成元,郭增长,等.山西省潞安矿区生态恢复模式研究.水土保持通报,2010,30(2):51-55.
- [21] 陈波,包志毅.国外采石场的生态和景观恢复.水土保持学报,2003,17(5):71-73.
- [22] 郑伟忠.藤本植物在浙江采石场石壁生态复绿中的应用.黑龙江农业科学,2010,(3):74-76.

中华人民共和国林业
行业标准
矿山废弃地植被恢复技术规程
LY/T 2356—2014

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

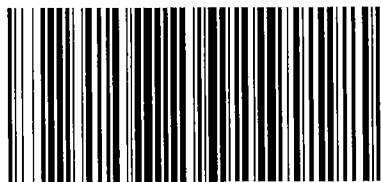
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 61 千字
2015年5月第一版 2015年5月第一次印刷

*

书号: 155066·2-28191 定价 33.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



LY/T 2356-2014