

# GRM

## 中关村绿色矿山产业联盟

T/GRM XXX-XXXX

### 石灰岩矿山岩质陡坡 生态修复技术规范

Technical specifications for ecological restoration of steep rock  
slopes in limestone mines

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

# 目 次

目 次 .....	I
前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语与定义 .....	2
4 基本原则、总体目标与工作流程 .....	3
4.1 基本原则 .....	3
4.2 总体目标 .....	4
4.3 工作流程 .....	4
5 生态问题调查与评价 .....	4
5.1 调查 .....	4
5.2 评价 .....	7
6 设计 .....	7
6.1 一般要求 .....	7
6.2 设计阶段和深度 .....	7
6.3 设计分区 .....	8
6.4 修复方式 .....	8
6.4 修复措施设计 .....	8
6.5 监测与管护设计 .....	14
7 施工 .....	15
7.1 一般要求 .....	15
7.2 施工准备 .....	15
7.3 施工组织 .....	15
8 监理 .....	15
9 验收 .....	16
9.1 一般要求 .....	16
9.2 初验 .....	16

9.3 终验 .....	17
10 成效评估 .....	17
附录 A（资料性）石灰岩矿山岩质陡坡生态问题调查表 .....	19
附录 B（资料性）石灰岩矿山岩质陡坡生态问题等级评价参考依据 .....	21
附录 C（资料性）修复区重要程度评价参考依据 .....	22
附录 D（资料性）石灰岩矿山岩质陡坡生态修复分区和修复方式参考依据 .....	23
附录 E（资料性）石灰岩矿山生态修复工程措施组合推荐表 .....	24
附录 F（资料性）石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术推荐 .....	25
附录 G（资料性）不同坡度石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术推荐表 .....	27
附录 H（资料性）石灰岩矿山生态修复推荐植物物种 .....	28

## 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。

本文件附录 A～附录 E 为资料性附录。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟（ZGMIA）提出并归口。

本文件起草单位：中国建筑材料工业地质勘查中心陕西总队、中国建筑材料工业地质勘查中心甘肃总队、中国建筑材料工业地质勘查中心四川总队、中国建筑材料工业地质勘查中心江苏总队、中国建筑材料工业地质勘查中心湖南总队、中国建筑材料工业地质勘查中心山西总队、中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队、宁夏非金属矿工业有限公司、中国建筑材料工业地质勘查中心贵州总队、青海岩土工程勘察院有限公司。

本文件主要起草人：王焘，寿立永，崔拥军、李向阳，吴凯，妙超，孟武，崔军强，张旭，杨浩，颜文琴，佟庆国，吴干华，姚敬凯，欧阳友和，王倩，梁利东，王治东，周大凯，谭健，任志栋，任志栋，袁建新。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟负责解释。

## 引 言

石灰岩矿山岩质陡坡、分布广，生态修复难度大。为加快推进石灰岩矿山岩质陡坡生态修复工作，规范工作流程、技术方法和要求，制定了《石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术规范》。

本文件是在广泛收集、调研、分析国内石灰岩矿山岩质陡坡生态修复工程案例的基础上编写而成。

# 石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术规范

## 1 范围

本文件规定了石灰岩矿山岩质陡坡生态修复的基本规定、调查与评价、设计、施工、监理、验收和成效评估等。

本文件适用于主体有采矿许可证的石灰岩矿生产和闭坑矿山岩质陡坡生态修复等，历史遗留废弃矿山生态修复可参照执行。

## 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，仅注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/T 16453.4 水土保持综合治理 技术规范 小型蓄排水引水工程

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程

GB/T 38509 滑坡防治设计规范

GB 50003 砌体结构通用规范

GB/T 50085 喷灌工程技术规范

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 51016 非煤露天矿边坡工程技术规范

GB 6000 主要造林树种苗木质量分级

AQ/T 2063 金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范

CJ/T 340 绿化种植土壤

DZ/T 0223 矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范

DZ/T 0284 地质灾害排查规范

JTG/T D33 公路排水设计规范

JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

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 矿山生态修复技术规范 第 1 部分：通则

TD/T 1070.4 矿山生态修复技术规范 第 4 部分：建材矿山

### 3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**石灰岩矿山** limestone mine

开采石灰岩、大理岩、泥灰岩、白云岩、白云石大理岩、建筑石料用石灰岩和白云岩等碳酸盐岩类工业岩石的矿山。

#### 3.2

**岩质陡坡** steep rocky slopes

采矿活动导致坡度大于 35°的采场边坡、矿山道路路堑边坡、工业场地岩质开挖边坡等岩质坡面及其附属平台、底盘等。

#### 3.3

**矿山生态修复** mine ecological restoration

依靠自然力量或人工措施干预，对矿业活动受损地质环境破坏、土地损毁和植被破坏等矿山生态问题修复或重建，生态系统功能恢复和改善，同时与周围环境景观相协调的过程。

#### 3.4

**自然恢复** natural restoration

对生态系统停止人为干扰，减轻负荷压力，依靠生态系统自我调节能力和自组织能力向有序方向自然演替和更新恢复。

#### 3.5

**辅助再生** assisted restoration

利用生态系统自我恢复能力，在生态难度小的再造平台、坡底平台采取生态修复措施，利用或改造坡面局部平缓段点缀植被，促进退化、受损的生态系统逐步恢复并进入良性循环的过程。

#### 3.6

### **生态重建 ecological reconstruction**

对因自然灾害或人为破坏导致生态功能受损、生态系统自我恢复能力丧失或发生不可逆变化，在边坡平台、坡面开展工程措施，通过生物、物理、化学、生态或工程技术方法，围绕修复生境、恢复植被、生物多样性重组等过程，重构生态系统并使生态系统进入良性循环的过程。

#### **3.7**

### **植被天然成活率 greening the natural survival rate**

脱离人工管护一个生长季节以上，植物发芽、长叶的成活株数占总栽株数的百分数。

#### **3.8**

### **立面植被覆盖度 Vegetation cover of the facade**

叶、茎、枝等植被在立面的垂直纵投影面积占统计区总面积的百分比。

#### **3.9**

### **参照生态系统 Reference ecosystem**

当地受损前的生态系统、未因人类活动退化的本地生态系统等作为生态恢复目标或基准的生态系统，以及能够适应正在发生的或可预测的环境变化的生态系统。

## **4 基本规定**

### **4.1 基本原则**

4.1.1 系统推进，统一部署。石灰岩矿山岩质陡坡生态修复应与矿区生态问题调查、生态修复设计、施工、成效评估、验收等工作，统一规划、同时开展。

4.1.2 尊重科学，顺应自然。尊重生态系统演替规律，自然修复与人工干预相结合，为自然修复创造条件，因地制宜、适度治理，合理确定参照生态系统和生态修复目标参数，避免违背自然的过度治理。

4.1.3 保障安全，兼顾转型。消除地质安全隐患后，修复区影响范围场地应安全、稳定。应在此基础上优选生态修复方式，重建与周边自然环境、人文环境协调的生态景观，探索岩质边坡可转型利用的产业方向。

4.1.4 经济合理，技术可行。按经济社会需求，选择适宜的生态修复方向、方式和措施，科学选择生态修复技术方法，降低修复成本，缩短养护周期，提高投入产出效益。



## 4.2 总体目标

### 4.2.1 修复方向

4.2.1.1 石灰岩矿山岩质边坡生态修复方向应服从矿山总体生态修复的既定方向，同时符合国土空间规划明确的土地利用方向要求。

4.2.1.2 在非建设空间范围内，应以促进国土空间生态安全格局的构建与优化为根本目标，结合国土空间生态空间优化调整的实际需求，秉持“宜绿则绿、宜白则白”的原则，提高林地的连片程度以及林网的完整性。

4.2.1.3 建设空间内矿山应按国土空间规划确定的用地功能、性质、控制指标，消除场地地质安全隐患，兼顾绿地系统规划，宜景则景，改善人居环境。

### 4.2.2 修复目标

4.2.2.1 地质安全隐患防治。修复后的场地不应再对人居、生命、财产、水土、动植物等构成威胁。

4.2.2.2 地貌重塑。破坏的地形地貌景观应采取系统重建、局部修整或保持原貌措施，与周边自然环境、社会环境协调。

4.2.2.3 土壤重构。应通过生态修复技术措施重构岩质边坡土壤层，并应满足修复方向的土地利用要求。土壤质量指标应符合 TD/T 1036 的规定。

4.2.2.4 植被重建。应根据地貌重塑、土壤重构后的立地条件，优选耐旱、耐贫瘠的乡土植物物种，采用乔、灌、草、藤植物立体防护，通过自然演替，逐渐形成长效的自适应系统。不应使用对当地生物多样性造成威胁的外来入侵物种。应根据参照生态系统，合理确定植被天然成活率、植被覆盖度、立面植被覆盖度等指标。

## 4.3 工作流程

修复工作流程应包括生态问题调查与评价、生态修复设计、施工、验收、成效评估。

## 5 调查与评价

### 5.1 调查

#### 5.1.1 调查范围

调查范围应包括由台阶边坡、开采台阶、开采底盘等组成边坡综合体，开采区外围的岩石移动范围，上游的汇水区，边坡破坏可能影响的下游区域。

#### 5.1.2 调查内容

#### 5.1.2.1 自然环境背景调查应包括下列内容：

a) 区域自然环境条件：矿山所在生态地理单元的气候、水文、土壤、植被，生态系统类型、结构、功能，以及生态功能定位、生态保护红线、重要生态敏感区、自然保护区等。

b) 矿山地质环境条件：地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、工程地质、环境地质、新构造运动和地震等。

c) 矿山生态状况调查应包括下列内容：

1) 水体：水体类型、空间分布、面积，水体环境质量和水温，水体水位标高及动态变化，水资源利用等；

2) 土体：土地类型、空间分布、面积，土壤类型、分布、厚度、面积，土壤容重、粒度、结构，土壤含水量、有机质、pH 值、重金属、易溶盐等；

3) 植被：调查区域不同坡度区间的植被群落特征和植被覆盖率差异。调查植被群落构成，乔、灌、藤、草本植物种类、分布、面积，植被覆盖率，植被根系分布和发育深度等。

#### 5.1.2.2 矿山基本情况调查应包括下列内容：

a) 矿山概况。应包括矿山名称、地理位置、面积、开采历史、开采矿种、开采范围、开采深度和层位、方式、规模等。

b) 边坡现状开展 1：500~1：1000 的地形测绘，通过勘探、监测、试验等手段查清岩质边坡现状，应包括下列内容：

1) 按边坡特征划分坡段。调查各坡段坡形、坡向、坡度、坡高、坡脚长度，岩性及风化程度，坡面侵蚀情况，地表汇流条件；坡面现有植被种类、分布和密度；台阶和底盘长度、宽度、段高等。

2) 构成坡体的地层岩性及其分布，产状、风化程度和厚度，断层、节理、褶皱等地质构造分布位置、产状、性质和密度，岩体结构和坡体结构特征。

3) 地下水出露位置、性质、分布特征，含水层数量、出水量、季节变化、水质、补给和排泄条件。

4) 边坡岩土体的物理力学参数。包括土体天然容重、饱和容重、含水量、液限、塑限、塑性指数、颗粒组成，天然和饱和条件下的粘聚力（ $c$ ）和内摩擦角（ $\varphi$ ）等；岩体天然和饱和条件下的容重、单轴和三轴抗压强度、粘聚力（ $c$ ）和内摩擦角（ $\varphi$ ）等；岩体结构面粗糙度、开度、充填物厚度和结构面法向刚度、

切向刚度、黏聚力、内摩擦角等。

#### 5.1.2.3 边坡生态问题调查应包括下列内容：

a) 地质安全隐患调查：包括崩塌、滑坡、不稳定斜坡等与岩质边坡相关的地质安全隐患类型、分布、规模、影响范围、诱发因素、威胁对象及已有治理工程。

b) 地形地貌破坏调查：调查采矿活动的空间破坏尺度，包括采矿区分布、面积、开采深度，采场边坡位置、长度、宽度、顶底高差、坡向、坡度、台阶，采场底盘面积、长度、宽度、深度、积水情况；残采区分布、体积、高差等。以采矿区周边的重要自然保护区、景观区、居民集中生活区的周边和重要交通干线、河流湖泊三区两线为立足点，调查边坡地形地貌破坏的可视情况。宜定量分析可视区分布范围。

c) 土地损毁调查：收集土地利用现状图，查明岩质边坡损毁的土地类型、分布、面积、损毁方式、土地权属等。

d) 植被破坏与退化调查：确定参照生态系统。对比参照生态系统查明采矿范围破坏的植被类型、分布、面积；查明受采矿活动间接影响，采区外围植被盖度、质量降低的植被退化区植被类型、分布、面积，分析影响因素；查明区内已自然恢复范围的植被类型、分布、面积。

#### 5.1.2.4 施工条件调查应包括下列内容：

a) 土源：调查矿山及周边适用于矿山生态修复需要的土源分布、储量、通行条件、运距、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、易溶盐、pH 值等指标。

b) 水源：调查矿山生态修复可利用的井、泉、河流、水库等水源分布、输送条件、距离等。

c) 交通条件：调查修复区通行条件，包括道路类型、宽度、长度、纵坡等。

d) 电力条件：调查区内或周边的变电站、输电线路等电力设施，以及用电功率、电量等负荷指标。

e) 灌排设施：调查区内及周边的已有的灌溉、排水设施及设计流量。

f) 石料：评价区内块石、碎石是否满足石料质量要求，调查块石、碎石的可利用量。

g) 其他：包括材料市场供应、价格、当地用工状况、劳务信息等。

### 5.1.3 调查方法

5.1.3.1 调查可采用收集资料的方法。应收集矿山自然环境背景资料，包括矿山所在生态单元的区域自然生态条件、矿山地质环境条件、矿山生态状况、区域国土空间规划、社会经济、矿山基本情况、矿山开发利用方案、开采设计、以往生态修复工程资料等。引用资料应现场校验。

5.1.3.2 现场调查应包括下列内容：

a) 矿山地质安全隐患调查中涉及崩塌调查内容、方法应符合 DZ/T 0284 的规定，滑坡、不稳定斜坡调查内容、方法应符合 GB/T 32864 的规定。

b) 矿山地形地貌破坏、植被破坏与退化应采用遥感调查或测绘开展。

c) 土地损毁调查应在土地利用现状图收集的基础上叠合损毁范围测量确定；固体废弃物调查应按拟定修复方向，布置物探、钻探、山地工程查明空间分布，通过资料收集或分析测试明确污染物浸出特征。

d) 对于拟设计截排水工程、挡墙工程位置，还应按岩土工程勘察要求布置勘察工作，查明工程地质特性。

5.1.3.3 专家咨询和公众调查时，应咨询专家、自然资源、林业、水利等部门对修复工作的意见，征集当地村民对修复后土地利用方向的意愿。

## 5.2 评价

地质安全隐患、地形地貌破坏、土地损毁的影响程度分析应按 DZ/T 0223、TD/T 1036 的规定执行；应对比参照生态系统分析植被破坏与退化程度，对石灰岩矿山岩质陡坡及其外围影响范围，评价生态问题等级。生态问题等级划分依据见附录 B。

## 6 设计

### 6.1 一般要求

生态修复设计应在完成调查和评价基础上编制，并与土地利用规划、生态环境保护规划、国土空间规划衔接。

### 6.2 设计阶段和深度

#### 6.2.1 设计阶段

设计阶段宜包括可行性研究、初步设计和施工图设计等阶段。

6.2.2 设计深度应包括下列内容：

a) 可行性研究阶段应包括下列内容：

- 1) 资料收集和现场调查分析;
  - 2) 初步划分生态问题等级和分区;
  - 3) 初步确定修复分区及分区修复方式;
  - 4) 通过方案比选, 初步确定生态修复技术方案;
  - 5) 初步确定生态修复的预期效果;
  - 6) 结合方案进行工程估算。
- b) 初步设计阶段应包括下列内容:
- 1) 补充资料收集和现场调查分析, 开展调查、测绘、勘探;
  - 2) 划分生态问题等级和分区, 按生态问题等级划分生态修复分区;
  - 3) 确定修复分区的修复方式;
  - 4) 确定生态修复技术方案, 并进行分项设计;
  - 5) 确定植被恢复的预期效果, 宜绘制生态修复效果图;
  - 6) 按设计工程量编制工程概算。
- c) 施工图设计阶段应包括下列内容:
- 1) 补充资料收集和现场调查分析, 补充调查、测绘、勘探;
  - 2) 按生态问题等级划分生态修复分区, 根据修复分区基底条件差异划分子区;
  - 3) 完善施工设计图, 绘制剖面图及大样图等, 提出关键工艺质量控制要求及验收指标;
  - 4) 编制施工组织方案;
  - 5) 结合施工图设计编制工程预算。

### 6.3 设计分区

修复分区应按生态问题等级, 修复区重要程度和边坡坡度划分。修复区重要程度评价见附录 C, 石灰岩矿山岩质陡坡生态修复分区依据见附录 D。

### 6.4 修复方式

修复方式应按矿山修复方向、现有技术和经济条件等因素确定, 可采用自然恢复、辅助再生、生态重建修复方式, 应确定设计分区、子区的修复措施组合。修复方式选择依据见附录 D, 修复方式总体要求和工程措施组合见附录 E。

### 6.4 修复措施设计

#### 6.4.1 地质安全隐患防治

#### 6.4.1.1 清除危岩宜采取下列措施：

a) 按现场条件、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。采用常规爆破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) 清除危岩体前应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) 清除危岩体应采取自上而下顺序、分区跳段方式并将坡面一次成型，每段施工长度不应大于 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，清除危岩体处坡面应与周围坡面连接平滑、协调。

#### 6.4.1.2 坡面松动浮石宜采用人工或机械撬移。

#### 6.4.1.3 加固危岩体，应采取下列措施：

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。加固措施应符合 GB 50086 的规定。

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。锚固措施应符合 GB 50330 的规定，支撑、嵌补措施应符合 GB 50003 的规定，排水工程、抗滑桩措施应符合 GB/T 38509 的规定。

#### 6.4.1.4 边坡护坡宜采取下列措施：

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、拦挡等稳定措施。圪工护坡应符合 GB 50003 的规定，格构护坡应符合 GB/T 38509 的规定。

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。挂网措施应符合 JT/T 1328 的规定。

### 6.4.2 地貌重塑

6.4.2.1 对坡体局部或整体应进行刷坡整形，柔化地貌破坏区周界，消除区内地形突变。

#### 6.4.2.2 台阶式开挖时，应符合下列规定：

a) 按外围地貌特征及修复区地貌破坏特征确定，可采用台阶式开挖对地貌

重塑。

b) 台阶式开挖应与回填蓄坡进行挖填方平衡，确有剩余石方的应进行合规处置。

c) 重塑后的挖方区岩质边坡安全系数应符合 GB51016 的规定。台阶高度宜为 10m~15m，台阶坡面角宜为 60°~70°，台阶宽度宜为 3m~8m。

d) 台阶式刷坡区两端应按地形走势调整边坡走向、台阶坡角、宽度，与原始地形自然相接。

#### 6.4.2.3 回填蓄坡应符合下列规定：

a) 利用场内现有和清除危岩浮石产生的渣石，有条件的也可自外部运入，在坡脚蓄坡填筑。蓄坡体高度和宽度应按场地条件和填筑材料确定。

b) 蓄坡体应满足稳定的坡高和安息角要求。蓄坡体高度 8m 以下时坡度应小于 30°，15m 以下时坡度应小于 25°。

c) 填筑台阶数量不宜多于 3 级。回填材料为黏性土时，单层台阶高度不宜大于 8m、宽度 4m~6m 为宜、边坡坡度小于 30°；回填材料为渣石时，单层台阶高度不大于 12m、宽度 4m~6m 为宜、边坡坡度 30°~45°。

d) 回填蓄坡应分析稳定性，按先低后高的顺序逐层回填并分层压实，不应顺坡倾倒。

6.4.2.4 岩质边坡台阶或坡脚平台平整场地，可采取挖高填低、物料回填、摊平等措施。

#### 6.4.2.5 集排水工程

##### 6.4.2.5.1 截排水工程应采取下列措施：

a) 截排水沟设计应符合 GB/T 16453.4 的规定。

b) 坡面截排水应采取下列措施：

1) 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。边坡、台阶高差较大时，坡面上宜设置纵向排水沟、急流槽，防止水流的改变，并设置跌水或陡坡，下游采取消能和防冲措施。

2) 截排水沟规格、纵坡降应能顺利排出拦截的当地最大降水时形成的坡面径流。

3) 截排水沟、急流槽宜采用自流露天排水方式，进出口采用喇叭口或“八”字形导流翼墙，并与区外排水系统相联络。

4) 截排水沟宜采用圬工结构,迎水面宜设置泄水孔,陡坡、缓坡段沟底及边墙设置伸缩变形缝。坡体松软段宜采用混凝土结构。

c) 平整区截排水应采取下列措施:

1) 排水沟宜布置在低洼地带,利用天然河沟和原有排水沟,同时避免填方地段。

2) 排水沟与边坡截水沟结合布置。跨路、沟布置排水涵洞或涵管,且满足排水需要。

3) 排水沟宜采用明沟自排水方式,排水路线短且直。

6.4.2.5.2 集蓄水工程,应采取下列措施:

a) 集蓄水工程设计应符合 GB/T 16453.4 的规定。

b) 视当地降水、场地条件,利用采场底盘低洼区进一步挖深修建蓄水池、坑塘或于坡顶建设高位水池,满足植被重建及养护或其他用水需求。

c) 蓄水池大小应根据矿山开采境界或所在局部地形分水岭(线)集水面积、降水条件,计算流向集水区的地表径流量和修复后需水量确定。

d) 采场内已形成的较深或已有积水区,宜改造成蓄水坑塘。

e) 干旱、半干旱、半湿润地区,宜将采场底盘凹坑、低洼区进一步挖深,修建为蓄水池、坑塘。

f) 高位水池宜修建于坡顶或适当的高地上,水源可来自修建的蓄水池、坑塘或修复区外的井、泉、河流、水库等。

6.4.2.6 挡墙工程宜采取下列措施:

a) 宜布置于蓄坡体坡脚、覆土区临空侧等。

b) 在满足安全要求的前提下,宜采用柔性挡墙、干砌石挡墙等,弱化人工工程痕迹。

c) 挡土构件应高于覆土顶面 0.10~0.20m。

d) 挡土构件参数、材质、结构形式应符合 GB 50003 的规定。

### 6.4.3 土壤重构

6.4.3.1 覆土应采取下列措施:

a) 利用采矿过程中留存的剥土、岩缝土,作为覆土土源。

b) 矿山剥离的表土量不满足覆土需求时,就近选用矿山周边富含腐殖质、理化性能良好的客土,作为土源。



c) 修复为农用地的, 土壤质量应符合 GB 15618 的规定; 修复为园地、林草地的, 土壤质量应符合 CJ/T 340 的规定。

d) 边坡台阶再造台面、坡脚平台覆盖种植土厚度不宜低于 1.0m, 高度宜低于挡土构件 0.10~0.20m。

e) 覆土厚度应符合 TD/T 1036 的规定。

6.4.3.2 修复场地改良土壤可采用壤土、砂、腐殖质、保水剂、黏合剂, 以及土壤调节剂、施肥、改土等措施。

#### 6.4.4 植被重建

6.4.4.1 陡坡面建植应符合下列规定:

a) 陡坡面植被重建应根据生态修复分区, 分段采取适宜的植被重建方法及方法组合。

b) 陡坡面建植技术可包括混凝土格构固土修复、生态长袋修复、高次团粒喷播修复、植生孔修复、植生盆修复、植生槽修复、微地形围堰修复、客土喷播修复、攀援植物遮挡修复、乔木遮挡修复等。

c) 陡坡面建植技术见附录 F, 不同坡度石灰岩矿山岩质陡坡生态修复推荐技术见附录 G。

6.4.4.2 栽植应符合下列规定:

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

b) 筛选适应当地气候、立地条件、土壤条件、抗逆性强、耐贫瘠、易成活、易养护、根系发达、种源丰富、水土保持功能强、管理粗放的乡土植物, 乔、灌、草、攀援植物宜采用固氮、深根植物。在满足当地立地条件的前提下, 宜根据当地农业产业布局, 栽植经济类林木。苗木质量应符合 GB 6000 规定。石灰岩矿山岩质陡坡生态修复推荐植物物种见附件 H。

c) 台阶植被重建宜采用乔、灌、草、攀援植物立体种植, 可适当栽植观赏植物物种。待台阶平台生态系统稳定后, 可在平台内外侧栽植一至二排攀援植物, 向上攀爬或向下垂吊复绿坡面。

d) 栽植方法、密度、配置、栽植穴规格应按 GB/T 15776 确定。

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

#### 6.4.4.3 播种应符合下列规定：

a) 撒播当地适生草籽、树种。石灰岩矿山岩质陡坡生态修复推荐植物物种见附件 H。

b) 种子质量应按 GB 7908 的规定执行。

c) 宜使用同一种子区的种子。跨种子区或大跨度调拨种子应先进行种源试验。由北向南调拨种子不宜跨纬度 3°，除高海拔地区外，由南向北调拨不宜超过纬度 2°；东西向调拨不宜超过经度 16°。

#### 6.4.5 配套工程

##### 6.4.5.1 灌溉工程

6.4.5.1.1 灌溉水源可引自矿山及其附近机井、泉、河流、水库、修建蓄水池、坑塘等。

##### 6.4.5.1.2 输配水工程应采取下列措施：

a) 灌溉渠道应采取下列措施：

1) 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。

2) 渠道保证水流安全、畅通，漏失量、占地和工程量小。

b) 输水管道应采取下列措施：

1) 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。

2) 管道技术参数应符合 GB 50288 的规定。

##### 6.4.5.1.3 喷灌与微灌工程应采取下列措施：

a) 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、微灌或组合系统。

b) 喷灌系统设计、施工应符合 GB/T 50085 的规定，微灌系统设计、施工应符合 GB/T 50485 的规定。

##### 6.4.5.1 道路工程宜采取下列措施：

a) 视矿山面积、植被养护、耕作、景观需要，新建或整修已有道路，包括田间道、生产路、森林防火道、景观路及其他道路。

b) 道路工程应根据地形地貌条件、总体规划合理布局，并为建成后的经常性维修、养护和使用创造便利条件。

c) 道路等级应根据受纳场规模、道路性质、使用要求等确定，路面类型可根据需要采用硬化、泥结碎石、级配碎石、素土或其他路面等。道路路基设计与施工应符合 JTG/T 3610 的规定，道路排水设计与施工应符合 JTG/T D33 的规定。

d) 路基宜高出地面 0.30~0.50m。田间道路路面宽度宜为 3.0~4.0m、路网密度不超过 3.0km/km<sup>2</sup>，生产路路面宽度宜为 3.0m 以下、路网密度不超过 8.0km/km<sup>2</sup>。

#### 6.4.5.2 封禁工程应采取下列措施：

a) 对于后期仍有人畜活动的治理区，宜根据情况设置刺丝围栏、绿篱等措施。

b) 高陡边坡外围封禁工程距坡口应预留安全距离。

#### 6.4.5.3 警示工程应采取下列措施：

a) 矿山生态修复工程完成后，宜在边坡坡顶、坡脚以及蓄水池、坑塘等场地的显著位置，设置警示标志。

b) 警示标志设置应符合 GB 2894 的规定。警示牌规格、形状、颜色应符合 GB/T 13306 的规定。

### 6.5 监测与管护设计

#### 6.5.1 一般要求

设计文件中应明确边坡生态修复监测内容、周期和期限；明确管护对象和年限。

#### 6.5.2 监测措施

##### 6.5.2.1 监测应包括下列内容：

- a) 边坡安全监测。应按 AQ/T 2063 监测边坡的稳定性。
- b) 地形地貌监测。监测修复区地形地貌破坏及修复的变化情况。
- c) 土壤监测。监测土壤类型、分布、面积、肥力、理化性质等。
- d) 植被监测。监测植被种类、分布、面积、成活率、覆盖度等。

##### 6.5.2.2 监测应采用下列方法：

- a) 边坡安全监测方法应按 AQ/T 2063 确定。
- b) 地形地貌监测方法可包括现场调查、摄影与摄像、无人机航空摄影等。
- c) 土壤监测方法可包括现场测量、采样分析测试等。
- d) 植被监测方法可包括现场调查、摄影与摄像、无人机航空摄影等。

##### 6.5.2.3 边坡安全监测频率应按 AQ/T 2063 确定，地形地貌监测、土壤监测、植被

监测频率宜 1~2 次/年。监测期限应自工程开工至管护期末。

### 6.5.3 管护措施

6.5.2.3 管护对象应包括下列内容：

- a) 生态修复的构筑物，应定期检查维护。
- b) 修复林、草植被的管护。

6.5.2.4 湿润、半湿润区管护期宜为 1~3 年，干旱、半干旱区管护期宜为 3~5 年。

## 7 施工

### 7.1 一般要求

#### 7.1.1

7.1.6 工程施工应按工程设计要求执行。

7.1.8 工程施工进展信息应按信息管理要求及时填报。

### 7.2 施工准备

7.2.1 技术准备应包括收集资料、现场踏勘、技术交底、编制施工组织设计和施工方案、工程材料准备、施工工艺方法试验、开工资料编制及报验等。

7.2.2 现场准备应包括施工现场布置、临时设施建设、场地硬化、施工道路修建、临时水电配置、人员组织、施工设备进场、施工围挡、临时排水、场地绿化以及文明施工与环境保护措施落实等。

7.2.3 测量放线。应包括测量基准点的移交、接受、复核、加固，测量控制网布设、施工区地形图复核与修测，工程范围、工程控制点及高程施测，测量成果检查验收及报验。确定治理前、中、后对比影像的拍摄点，并拍摄施工前影像。

### 7.3 施工组织

7.3.1 施工组织设计编制依据应为项目勘查报告、工程设计书、合同文件等，内容应包括工程基本情况、管理目标、施工总体部署、施工方案、施工方法、施工顺序、进度计划、施工安全、现场管理、保障措施等。

7.3.2 施工作业应根据施工组织设计开展，应按工程设计、施工方案要求组织施工。施工期间应按设计要求进行现场施工质量检测，检测方法和检测标准应满足设计要求。

7.3.3 施工现场出现与设计不符的情况，应与设计单位沟通进行设计变更。

## 8 监理

8.2 施工监理依据应包括工程设计文件、已批准的施工组织设计、施工方案、监理合同文件等。

8.3 施工监理阶段宜包括施工准备监理、施工监理、竣工验收监理、工程保修监理。

8.4 施工监理内容宜包括工程质量控制、工程投资控制、工程进度控制、安全生产管理和环境保护、合同与信息管理和组织协调等。

## 9 验收

### 9.1 一般要求

石灰岩矿山岩质边坡生态修复工程验收宜划分为初验和终验阶段。采用自然恢复方式的修复的矿山，可简化验收程序。

### 9.2 初验

#### 9.2.1 验收时间

验收时间应为主体工程竣工后，管护期开始前。

#### 9.2.2 验收应包括下列内容：

a) 现场验收。现场验收应对照设计、施工、监理等资料，核查地质安全隐患防治工程、地貌重塑或修整工程、土壤重构工程的质量和数量。

b) 资料验收。核查竣工资料的准确性和完整性。工程资料应包括下列内容：

1) 管理资料。项目建设单位管理、质量控制、督查检查等资料，包括施工合同、监理合同、参建单位资质、已标价工程量清单、资金使用、支付凭证复印件、初验申请、初验通知等。

2) 竣工资料。包括工程验收申请表、竣工验收报告，竣工总结报告和竣工图、工程资料、监理总结报告、设计执行报告等。

#### 9.2.3 验收结论

工程验收结论应分为合格、不合格。质量等级合格应满足下列条件：

a) 工程数量：按批准的设计文件、工程施工合同等要求完成；工程量变化或工程变更符合要求。

b) 工程质量：主控项目应全部符合设计规定；允许偏差项目抽查的点数中，80%以上的实测值应在规定范围内；外观质量检查合格率 80%以上；修复工程程序、工程质量保证资料符合要求。

- c) 工程进度：符合工程施工合同进度要求。
- d) 工程经费：工程量与经费投入相匹配，经费使用合理合规。
- e) 竣工资料：资料齐全、准确。

初验不合格的，应按验收意见及时整改，并申请再次验收。初验合格的，工程进入管护期。

### 9.3 终验

#### 9.3.1 验收时间

验收时间应为管护期结束。

#### 9.3.2 验收应包括下列内容：

a) 现场验收。现场验收应对照设计、施工、监理等资料，核查地质安全隐患防治工程、地貌重塑或修整工程、土壤重构工程、植被重建工程、监测和管护工程的质量和数量。

b) 资料验收。核查竣工资料的准确性和完整性。工程资料应包括下列内容：

1) 管理资料。项目建设单位管理、质量控制、督查检查等资料，包括施工合同、监理合同、参建单位资质、已标价工程量清单、资金使用、支付凭证复印件、竣工结算、工程审计、财务审计、初验资料等。

2) 竣工资料。包括工程验收申请表、竣工验收报告，竣工总结报告和竣工图、工程资料、监理总结报告、设计执行报告等。

#### 9.3.3 验收结论

工程验收结论应分为合格、不合格。工程验收不合格的，应按验收意见及时整改，并申请再次验收。

## 10 成效评估

10.1 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评估。矿山生态修复成效评估宜在竣工验收结束后进行，评估时间可根据实际情况确定。

10.2 矿山生态修复成效评估内容宜包括生态效益、社会效益和经济效益。并应符合下列规定：

- a) 生态效益评估宜分析矿山地质稳定性、土壤、植被群落。

1) 矿山地质稳定性评估宜针对地质安全隐患消除后边坡的稳定情况分析确定。

2) 土壤评估宜针对修复后的土壤质量改善情况确定。

3) 植物群落评估宜针对修复后的植被类型、分布、成活率、覆盖度变化确定。

b) 社会效益评估应分析矿山生态修复工程涉及到的人居环境改善、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工程实施带来的就业渠道拓宽、环保意识提高等。

c) 经济效益评估应按工程投入产出比,以及由矿山生态修复带来的土地增值、居民收入增长、旅游收入增长等潜在效益确定。

## 附录 A

(资料性)

### 石灰岩矿山岩质陡坡生态问题调查表

表 A 给出了石灰岩矿山岩质陡坡生态问题调查表。



表 A 石灰岩矿山岩质边坡生态问题调查表

矿山基本概况	矿山名称					地理位置					中心坐标												
	联系人				电话				建矿时间				矿种				闭坑时间						
	矿山规模				实际生产能力 (10 <sup>4</sup> ×t/a)				采矿方式				生产现状				已服务年限						
	矿区面积						开采矿层				采空区面积/m <sup>2</sup>				开采深度/m								
自然生态现状	区域自然生态条件								矿山生态状况														
	气候		水文		土壤		植被		水体		土体			植被			动物						
									水体类型		土地类型		土壤含水量			群落构成				种群类型			
	生态功能定位		生态保护红线		重要生态敏感区		历史遗迹		空间分布		土壤类型		土壤容重		有机质		植物种类						
									水体的环境质量								植被覆盖率						
	自然保护地		人口		经济带		社会影响度		水资源利用情况		厚度		粒度结构		重金属		植被根系分布		数量				
																	发育深度						
边坡现状	位置		面积		边坡					平台					岩性		结构面						
					坡高(m)		坡脚线长(m)		坡形		坡度		坡向				长(m)		宽(m)		附着物		产状
																			频数(条/m)				
地质安全隐患	崩塌隐患							滑坡隐患							其他地质灾害隐患								
	隐患数量				危险性			隐患数量				危险性			类型和数量				危险性				
地形地貌景观影响	破坏地貌类型		被破坏的面积/km <sup>2</sup>				破坏深度(m)				修复区重要程度				修复的难易程度				其他问题				
土地损毁	损毁地类		地类 1				地类 2				地类 3				地类 4				.....				
	面积(hm <sup>2</sup> )																						
已治理情况	方法		治理时间				养护时间				工艺简述				治理效果				影像编号				
参照生态系统	生态系统类型			位置			水土条件				坡度				优势物种				植被覆盖率				

调查单位:

调查人:

复核人:

调查时间:

## 附录 B

(资料性)

### 石灰岩矿山岩质陡坡生态问题等级评价参考依据

表 B 给出了石灰岩矿山岩质陡坡生态问题等级评价参考依据。

表 B 石灰岩矿山岩质陡坡生态问题等级评价参考依据

评价分区	矿山生态问题	问题等级
露天采场、工业场地、道路直接破坏范围	场地存在重大地质安全隐患，地质条件不稳定，或场地存在严重地形地貌破坏、土地损毁，大部分地表植被生境受到严重影响，生态退化严重。	I
上述工程外围，溜渣、冲蚀等影响，植被退化范围	场地存在一定的地质安全隐患，地质稳定性较差，或场地存在一定程度地形地貌破坏、土地损毁，部分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。	II
上述范围外围，水源涵养条件受损，植被影响的范围	场地不存在地质安全隐患，地质稳定性良好，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。	III

## 附录 C

(资料性)

### 修复区重要程度评价参考依据

表 C 给出了确定修复区重要程度的参考依据。

表 C 修复区重要程度参考依据

修复区重要程度	评价标准
重要	位于国土空间规划中生态保护区、农田保护区、城镇发展区、乡村发展区（村庄建设区）、海洋发展区（交通运输用海区、游憩用海区）或其周边主要交通线直观可视范围
一般	位于国土空间规划中生态保护区、农田保护区、城镇发展区、乡村发展区（村庄建设区）、海洋发展区（交通运输用海区、游憩用海区）或其周边主要交通线直观可视范围之外的区域

## 附录 D

(资料性)

### 石灰岩矿山岩质陡坡生态修复分区和修复方式参考依据

表 D 给出了石灰岩矿山岩质陡坡生态修复分区和修复方式参考依据。

表 D 石灰岩矿山岩质陡坡生态修复分区和修复方式参考依据

问题等级	亚类	子区	修复区重要程度	边坡坡度 $\alpha$ (°)	修复方式
I	I-1	I-1-1	重要	$\alpha \geq 65^\circ$	辅助再生
		I-1-2	重要	$35^\circ \leq \alpha < 65$	生态重建
	I-2	I-2-1	一般	$\alpha \geq 65^\circ$	自然恢复
		I-2-2	一般	$35^\circ \leq \alpha < 65$	辅助再生
II	II-1	II-1-1	重要	$\alpha \geq 65^\circ$	辅助再生
		II-1-2	重要	$35^\circ \leq \alpha < 65$	自然恢复
	II-2	II-2-1	一般	不细分	自然恢复
III	不细分	不细分	不细分	不细分	自然恢复

## 附录 E

(资料性)

### 石灰岩矿山生态修复工程措施组合推荐表

表 E 给出了推荐的石灰岩矿山岩质陡坡生态修复工程措施组合。

表 E 石灰岩矿山生态修复工程措施组合推荐表

修复方式	总体要求	工程措施				
		地质安全隐患消除	地貌重塑	土壤重构	植被重建	配套工程
生态重建	通过系统的工程措施消除地质安全隐患，并进行地貌重塑或地貌修整；在此基础上采取技术措施进行土壤重构和植被重建，或进行景观化处理。	清除危岩 清理浮石 危岩加固 护坡	台阶式修整 削坡整形 回填蓄坡 场地平整 集排水工程 挡墙工程	枕袋覆土、 挂网固土、 覆土 土壤改良	陡坡面建植技术 (见附录 D) 栽植 撒播草籽树种	灌溉工程 道路工程 封禁工程 警示工程
辅助再生	通过简单的工程措施处理地质安全隐患，保证施工阶段人员、机械安全；进行局部微地貌人工改造，点缀植被进行美化，促进区内生态改善。	清除危岩 清理浮石	削坡整形 回填蓄坡 场地平整 截排水工程 挡墙工程	穴槽固土、 覆土 土壤改良	陡坡面建植技术 (见附录 D) 栽植 撒播草籽树种	封禁工程 警示工程
自然恢复	封闭修复场地，不采用土石方工程，可采取补植、补播，或补充外围乔木遮挡、藤本覆盖，促进生态系统逐渐自然愈合。	/	/	覆土 土壤改良	栽植 撒播草籽树种	封禁工程 警示工程

## 附录 F

(资料性)

### 石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术推荐

表 F 给出了推荐的石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术。

表 F 石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术推荐表

修复方式	修复技术	施工工艺简介	适用生态区	优点	缺点
生态重建	削坡、蓄坡建植	在边坡坡脚回填渣土重新塑造山体，坡面覆土后重建植被系统。	各生态区	形成新景观，效果好且持久，不依赖于长期维护。	投资大，土石资源需求大。高边坡稳定性技术要求高。
	台阶状地貌重塑建植	按 4-8m 高度，2-4 m 宽度整理形成若干级台阶平台，平台外围 1m 以上浆砌石挡墙，平面回填种植土栽植乔灌木草藤。	各生态区	结合乔木遮挡、藤蔓覆盖可实现立体治理。保水保土能力强，不依赖长期维护。	投资大，受地形限制因素多，单级台阶不宜过高。
	混凝土格构固土建植	现浇混凝土格构，结合锚杆、锚索固定，格内回填种植土、垒放植生袋，栽植乔灌木草藤。	各生态区	适宜坡度范围大，结合乔木遮挡、藤蔓覆盖可实现立体治理。保水保土能力较强，易形成自然演替群落。	投资大，坡度超过 45°需要在干旱时段养护。
	生态长袋	底层敷设主动防护网，夹层安装生态长袋，面层敷设主动防护网。生态长袋配置富含有机质细土基材、符合纤维、肥料、种子等。	湿润地区	见效快，灌草结合效果好，适用于难修复、高要求破损山体修复。	投资大，养护成本高，坡度超过 45°需要在干旱时段养护。坡度超过 60°地段长久性差，难形成自我演替生态群落。
	高次团粒喷播	配置富含有机质土壤、符合纤维、肥料、团粒剂、种子等喷播材料。喷播于敷设网格骨架的坡面上。	湿润、半湿润生态区	见效快，灌草结合效果好。	土层薄，对基层岩石结构构造选择性高，干旱时段养护不及时退化严重。适用于 45°以下边坡，具体坡度需要按生态分区试验确定。
辅助再生	植生孔	坡面钻植生孔，孔内填种植土。种植、栽植攀缘类植物，松柏类树木。	各生态区	可用于难治理的大于 60°边坡，点缀坡面，景观改善效果明显，增加坡面生机。	需长期追土、追肥，干旱时段需跟进养护，难以形成自然演替生态群落。不适合风化程度低、缺少裂隙石质边坡。
	植生盆	利用坡面微凹槽，现场搭设钢筋骨架，浇筑植生盆。内填种植土栽植灌木、攀援植物。	各生态区	可用于难治理的大于 60°边坡，点缀坡面，景观改善效果明显，增加坡面生机。	干旱时段需跟进养护，不适合单独使用，宜与平台栽植联合使用。
	植生槽	在岩石边坡上，尽量利用微地形、小平台，打入锚杆，搭建钢筋骨	于湿润、半湿润生	可用于难治理的大于 60°边坡，点缀坡面，景观改善效果明显，增加	施工难度较大。干旱时段需跟进养护，养护不到位易退化。不适合单

		架，现浇种植槽，回填种植土，栽植灌草、小乔木等。	态区	坡面生机。	独使用，宜与平台栽植联合使用。
	微地形围堰修复	利用较大面积微地形平台、斜坡，平台外围1m以上浆砌石挡墙，平面、斜坡回填种植土栽植乔灌草藤。	于湿润、半湿润生态区	应用于不规则坡面，结合乔木遮挡、藤蔓覆盖可实现立体治理。点缀坡面，景观改善效果明显，增加坡面生机。保水保土能力强，不依赖长期维护。	施工材料运输难度大，坡面整体改善随机性大，宜与其他技术方法联合使用。
	客土喷播修复	配置富含有机质细土基材、符合纤维、肥料、种子等喷播材料。喷播于不规则坡面坡面上。	各生态区	适用于不规则边坡，模拟自然土壤重建过程，土壤在局部自稳处堆存，对坡面起到点缀绿化作用。	随机性大，不适宜光滑坡面，不适宜未风化完整岩面。抗冲刷能力较差，抗干旱能力差。
自然修复	平缓区栽植遮挡	坡脚栽植乔、灌、藤本，对岩质坡面进行遮挡、美化。	湿润、半湿润生态区	投资小，适用面广，湿润地区效果更佳。	落叶阶段效果欠佳，短期效果较差。

## 附录 G

(资料性)

### 不同坡度石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术推荐表

表 G 给出了不同坡度石灰岩矿山岩质陡坡生态修复推荐技术。

表 G 不同坡度石灰岩矿山岩质陡坡生态修复技术推荐表

技术方法	坡度				
	35°-45°	45°-55°	55°-65°	65°-75°	>75°
削坡、蓄坡 建植	√	√	√	√	√
台阶状地貌重塑 建植	—	√	√	√	×
混凝土格构固土 建植	—	—	√	√	×
生态 长袋	—	—	√	×	×
高次团粒喷播	√	√	×	×	×
鱼鳞坑	√	√	×	×	×
植生孔	—	—	√	√	×
植生盆	—	—	√	√	×
植生槽	—	—	√	√	×
微地形围堰修复	—	—	—	√	√
客土喷播修复	√	×	×	×	×
乔木遮挡	—	√	√	√	√
藤本植物遮挡	—	—	—	√	√
<p>注 1：表中列出不同坡度生态修复推荐技术。表中“×”表示工程设计限制区，“√”表示设计推荐区，“—”表示不做特殊技术推荐。</p> <p>注 2：根据具体情况，可多种方法组合应用。</p>					



## 附录 H

(资料性)

### 石灰岩矿山生态修复推荐植物物种

表 H 给出了石灰岩矿山生态修复推荐植物物种。

表 H 石灰岩矿山生态修复推荐植物物种

自然植被区域	行政区域	乔木树种	灌木植物	草本植物	攀援植物
寒温带半干旱区域	内蒙古东北部、黑龙江西北部	樟子松、柞木、落叶松、山杨、旱柳、蒙古栎、榆树	松江柳、东北山梅花、珍珠梅、山刺玫、蓝果忍冬、茶条槭	线叶菊、冰草、冷蒿、狗尾草、赖草、沟叶羊草、羊茅、乌拉草、大籽蒿	蛇葡萄、山葡萄、五味子
温带湿润、半湿润区域	黑龙江、吉林大部及辽宁东北部	油松、黑松、樟子松、侧柏、圆柏、丹东桧、杜松、兴安落叶松、小黑杨、旱柳、刺槐、元宝枫、榆树、辽东水蜡、暴马丁香	忍冬、金银木、东北山梅花、珍珠梅、黄刺玫、东北连翘、紫穗槐、胡枝子、文冠果、荆条、蚂蚱腿子、沙拐枣、山刺玫、金银忍冬、长白忍冬、蓝果忍冬、黄花忍冬、松江柳、毛榛、红瑞木、茶条槭、山杏	冷蒿、紫羊茅、高原早熟禾、草地早熟禾、针茅、无芒雀麦、冰草、龙须草、狗尾草、赖草、羊草	地锦、山葡萄、南蛇藤
北暖温带湿润、半湿润区域	北京、天津、河北大部、辽宁南部、山东北部、陕西中南部、山西南部	青杆、油松、白皮松、侧柏、刺槐、臭椿、榆树、元宝枫、栎树、洋白蜡	紫穗槐、胡枝子、沙棘、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿、荆条、酸枣、卫矛、沙地柏、白刺花、杠柳、山杏、枸杞、沙柳	高羊茅、无芒雀麦、冰草、弯叶画眉草、狗尾草、白草、龙须草、赖草、老芒麦、披碱草、雀麦、马唐、狗牙根	山葡萄、地锦、南蛇藤
南暖温带湿润、半湿润区域	山东南部、河南中北部、江苏、安徽北部、陕西中部	侧柏、油松、黑松、刺槐、国槐、臭椿、栎树、白蜡	紫穗槐、胡枝子、沙棘、锦鸡儿、金银忍冬、荆条、黄刺玫、华北绣线菊、沙地柏、白刺花、杠柳、山杏、枸杞、沙柳	高羊茅、无芒雀麦、冰草、弯叶画眉草、狗尾草、白草、龙须草、赖草、老芒麦、披碱草、雀麦、马唐、狗牙根、百喜草	地锦、山葡萄、南蛇藤
北亚热带湿润、半湿润区域	江苏、上海、安徽、湖北大部、河南、陕西、甘肃南部、浙江北部、云贵川及中南省份高海拔山地	罗汉松、马尾松、柏木、银杏、枫杨、麻栎、白栎、黄连木、全缘叶栎树、青桐	木豆、紫穗槐、胡枝子、马棘、夹竹桃、火棘、车桑子、锦鸡儿、牡荆、欧李、决明、石楠、构骨、冬青、黄杨、小蜡、麻叶绣线菊、紫荆、木槿、多花木兰	结缕草、狗牙根、马唐、野牛草、高羊茅、弯叶画眉草、紫花苜蓿、百脉根、草木犀、猪屎豆	地锦、凌霄、紫藤、常春油麻藤、南蛇藤、野蔷薇、多花蔷薇
中亚热带湿润区域	江西、福建、湖南、贵州等省大部，云南、广东、广西等省北部，浙江南部、四川东部、重庆西部	重阳木、马尾松、云南松、湿地松、黑荆、枫杨、黄连木、三角枫、全缘叶栎树、无患子	车桑子、荆条、火棘、石楠、紫穗槐、胡枝子、马棘、夹竹桃、牡荆、紫薇、珊瑚树	结缕草、狗牙根、假俭草、百喜草、香根草、弯叶画眉草、高羊茅、白三叶、紫苜蓿、草木犀、猪屎豆	地锦、凌霄、羽叶金合欢、紫藤、常春油麻藤、南蛇藤、野蔷薇、多花蔷薇

续表 H 石灰岩矿山生态修复推荐植物物种

自然植被区域	行政区域	乔木树种	灌木植物	草本植物	攀援植物
南亚热带湿润区域	福建南部，广东大部至广西、云南中部，台湾低海拔地区及其附属海岛	马尾松、湿地松、云南松、柳杉、罗汉松、竹柏、重阳木、木麻黄、相思、台湾相思	伞房决明、双荚决明、黄槐决明、紫薇、扶芳藤、假连翘、水蜡、车桑子、木槿、紫荆、胡枝子、马棘、夹竹桃、火棘、锦鸡儿、牡荆、紫穗槐	结缕草、狗牙根、宽叶雀稗、马唐、假俭草、高羊茅、白三叶、紫苜蓿、草木犀、猪屎豆、弯叶画眉草	地锦、凌霄、羽叶金合欢、紫藤、常春油麻藤、南蛇藤、野蔷薇、多花蔷薇
热带湿润区域	云南南部，广西、广东、福建等省区沿海和海南省，台湾南端	南洋杉、湿地松、竹柏、罗汉松、池杉、落羽杉、木麻黄、台湾相思、大叶相思、水黄皮、海滨木巴戟	木豆、多花木蓝、夹竹桃、紫薇、扶芳藤、野牡丹、虾子花、桃金娘、朱缨花、双荚决明、金樱子、猪屎豆、山毛豆	大叶油草、百喜草、狗牙根、海滨雀稗、弯叶画眉草、羽叶决明、猪屎豆、白灰毛豆、大翼豆	地锦、葛藤、龙须藤、络石、凌霄、省藤、藤竹草、合欢
温带半干旱区域	内蒙古中东部，辽宁、吉林西部，山西、宁夏、陕西、河北等省北部，甘肃中部	油松、杜松、侧柏、落叶松、银杏、银白杨、加拿大杨、小黑杨、旱柳、山桃、臭椿、火炬树、栎树、柿、白蜡、暴马丁香、山杨、刺槐、怪柳	忍冬、金银木、黄刺玫、榆叶梅、紫丁香、连翘、紫穗槐、胡枝子、荆条、沙拐枣、山杏、中国沙棘、小叶锦鸡儿、驼绒藜、花棒、沙冬青、毛黄栌、酸枣、狼牙刺、枸杞、沙地柏、柠条、金露梅、蒙古莠	高原早熟禾、冷蒿、紫羊茅、白花草木樨、黄芪、高羊茅、多年生黑麦草、冰草、草地早熟禾、甘草、披碱草、狗尾草、赖草、羊草、草木犀、白三叶、黄花菜、沙打旺	异叶蛇葡萄、地锦、山葡萄、葡萄、南蛇藤
温带干旱区域	新疆大部，甘肃西北部、宁夏北部、内蒙古西部	青海云杉、油松、樟子松、侧柏、新疆杨、胡杨、箭杆杨、白柳、核桃、刺槐、国槐、元宝枫、紫椴、怪柳、大叶白蜡、新疆小叶白蜡、暴马丁香、旱柳、沙枣	枸杞、紫穗槐、沙棘、白刺、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿、中间锦鸡儿、梭梭、沙冬青、沙拐枣、截叶铁扫帚、金雀锦鸡儿、黄芪、新疆忍冬、野花椒、蒙古岩黄耆、花棒、欧李、红柳、驼绒藜、木地肤、多枝怪柳、沙地柏、蒿叶猪毛菜、骆驼刺、黑沙蒿	沙蒿、高原早熟禾、披碱草、沙生冰草、紫花苜蓿、沙打旺、白花草木樨、甘草、针茅、芨芨草、针芒草、燕麦、草木犀、紫苜蓿、白三叶、赖草、羊草、沙蓬、西北针茅	地锦
青藏高原区域	西藏、青海两省区，四川西北部和甘肃西南部分地区	鳞皮冷杉、川西云杉、青海云杉、柳杉、杉木、新疆杨、青杨、旱柳、垂柳、圆冠榆、国槐、臭椿、刺槐、白蜡、黄连木、藏柏、西藏云杉、冷杉、山杨、藏川杨、白榆、尼泊尔栎木	沙生槐、扬柴、绵刺、藏锦鸡儿、鬼箭锦鸡儿、柠条锦鸡儿、枸杞、沙棘、驼绒藜、白刺、沙地柏、金露梅、紫穗槐、乌柳、坡柳、黄芦木、高山柳、金银忍冬、全缘栒子、高山矮蒿	藏沙蒿、大籽蒿、青藏蒿、高原早熟禾、碱茅、沙生针茅、老芒麦、紫花针茅、高山蒿、藏蒿草、青藏薹草、无芒雀麦、白草、星星草、草地早熟禾、高原蒿草、青藏风毛菊、甘青报春、钝裂银莲花、异燕麦、青海鹅观草、黄花棘豆	地锦、南蛇藤