

ICS 13.020  
CCS N 77

# T/SASWI

山东省固废产业协会团体标准

T/SASWI 002—2023

## 矿山生态护坡技术规范

Technical specifications for ecological slope protection in mines

2024-01-15 发布

2024-02-01 实施

山东省固废产业协会 发布



## 目 次

前 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	5
5 技术准备	5
5.1 资料收集与调查	5
5.2 矿山生态环境调查与勘查	6
5.3 矿山生态环境设计	6
5.4 施工准备	7
6 边坡安全防护	7
6.1 削坡减载	7
6.2 坡面回填	8
6.3 抗滑桩防护	9
6.4 格构锚固	11
6.5 主动防护网防护	12
6.6 护脚挡墙	13
7 土壤再造	16
7.1 种植土	16
7.2 客土	17
7.3 土壤改良剂	18
8 生态修复	18
8.1 通用要求	18
8.2 喷播绿化护面	18
8.3 加筋土生态护面	19
8.4 缓坡生态护面	20
8.5 种植槽绿化	21
8.6 飘槽绿化	22
9 边坡蓄排水与养护	22
9.1 基本要求	22
9.2 边坡排水	23
9.3 边坡蓄水	23
9.4 养护要点	24
10 综合利用	24
10.1 矿山边坡治理与高标准农田相结合	24
10.2 矿山边坡治理与光伏等新能源相结合	25
10.3 矿山边坡治理与文旅相结合	25
10.4 矿山边坡综合开发治理	26

**T/SASWI 002—2023**

11 质量检测与工程验收 .....	26
11.1 质量检测 .....	26
11.2 工程验收 .....	30
附 录 A（资料性） 山东省边坡客土喷播生态防护工程应用植物品种推荐表 .....	32

全国团体标准信息平台

## 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。

本文件由烟台三维岩土工程技术有限公司提出。

本文件由山东省固废产业协会归口。

本文件起草单位：烟台三维岩土工程技术有限公司、烟台市环境监测中心、中国电建集团核电工程技术有限公司、山东格润环保废弃物处置有限公司、烟台市标准计量检验检测中心、烟台市特种设备检验研究院、山东智惠源环境服务有限公司、烟台华坤环保科技有限公司。

本文件主要起草人：刘志浩、宫进洋、曲洋、左雪燕、崔佳慧、邴常远、杨静东、王涛、杨志磊、张辉、孙淑兰、李晓杰、鲍勇、李倩、曹鹏。



# 矿山生态护坡技术规范

## 1 范围

本文件确立了矿山边坡生态防护过程中的技术准备、植物选择与配置、边坡安全性治理、边坡植被重建、生态修复以及修复后山体利用等方面的主要工艺类型、施工方法、技术要求、施工与竣工后质量检验及工程验收的体系。

本文件适用于矿山边坡生态修复施工。

本文件不适用于放射性矿山。

## 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。

- CJ T 340 绿化种植土壤
- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 6141 豆科草种子质量分级
- GB 6142 禾本科草种子质量分级
- GB 6722 爆破安全规程
- GB 7908 林木种子质量分级
- GB/T 15063 复合肥料
- GB/T 30600 高标准农田建设通则
- GB/T 32864 滑坡防治工程勘查规范
- 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 38400 肥料中有毒有害物质的限量要求
- GB/T 38509 滑坡防治设计规范
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 51210 建筑施工脚手架安全技术统一标准
- GB 50242 给水排水管道工程施工及验收规范
- GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- GB 50797 光伏电站设计规范
- GB 51192 公园设计规范
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- GB 55023 施工脚手架通用规范
- JT/T 1328 边坡柔性防护网系统
- SL 256 机井技术规范
- TD/T 1012 土地整治项目规划设计规范

## 3 术语和定义

## T/SASWI 002—2023

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 矿山边坡 Mine slope

主要指矿山采矿场已形成的边坡或是矿山开采活动需要开挖、切割、回填（包括因自然因素导致形成的滑坡、崩塌等）而形成与基准面具有一定坡度的土体、岩体或岩土混合体边坡。

### 3.2

#### 植被生态恢复 Ecological restoration of vegetation

在裸露边坡坡面上，通过技术措施，在重建或改善植物生境的基础上，重新建植植被或通过促进植物正向演替，使边坡坡面实现植被覆盖状态的过程。

### 3.3

#### 主动防护网 Active protection net

采用钢丝绳锚杆或钢筋锚杆和支撑绳固定方式，将金属柔性网覆盖在具有潜在地质灾害的坡面上，从而实现坡面加固的一种防护网，简称主动网。

### 3.4

#### 被动防护网 Passive protection network

设置于崩塌源区与危害对象之间，有钢丝绳网或环形网、固定系统（锚杆、拦锚绳、基座和支撑绳）、减压环和钢柱构成的限制落石运动范围的网面状防护体系。

### 3.5

#### 削坡减载 Load reduction through slope cutting

通过削坡减少地质体荷重。如边坡削坡减载是采用从边坡顶部开挖的方法，减少边坡自身荷载，提高边坡稳定性的措施。

### 3.6

#### 填坡 Backfill slope

对坡面局部的凹坑、凹槽回填，或为降低坡比采取的上挖下填等工程措施。

### 3.7

#### 放坡 Step-slope

按一定坡度要求开挖或填筑边坡的土石方施工作业。

### 3.8

#### 静态爆破 Static blasting

利用静态破碎剂的水化反应体积膨胀，对约束体作用而产生破坏做功的破岩技术。

### 3.9

#### 回填压脚 Backfill at the foot of slope

通过工程措施在坡脚处提供足够的工程自重力，以增加边坡抗滑能力，提高其稳定性的工程措施。

### 3.10

**砌石 Riprap**

在建筑工程中使用普通黏土砖、承重黏土空心砖、蒸压灰砂砖、粉煤灰砖、各种中小型砌块和石材等材料进行砌筑的工程。

## 3.11

**抗滑桩 Anti-slide pile**

穿过滑坡体深入滑床的桩柱。用以支挡滑体的滑动力，起到稳定边坡的作用，适用于浅层和中厚层滑坡，是抗滑处理的主要措施。

## 3.12

**锚杆 Anchor rope**

通过外端固定于坡面，另一端锚固穿过滑动面的杆体，将拉力传至稳定岩土层，以增大抗滑力，提高边坡稳定性。

## 3.13

**锚索 Anchor bolt**

通过外端固定于坡面，另一端锚固穿过滑动面的钢绞线或高强钢丝束，将拉力传至稳定岩土层，以增大抗滑力，提高边坡稳定性。

## 3.14

**预应力锚索 Prestressed anchor rope, prestressed anchor cable**

用锚索施加预应力的锚固方法，增加支挡结构或岩土体稳定性的措施。由钻孔穿过软弱岩层或滑动面，把杆体一段锚固在坚硬的岩层中（内称锚头），然后在另一个自由端（称外锚头）进行张拉，对岩层施加压力，加固不稳定岩土体，当采用钢绞线或高强钢丝束作杆体材料时，即称为预应力锚索。

## 3.15

**隐蔽工程 Underground engineering**

施工完毕后被遮盖或掩埋而无法或很难对它进行检查的分部分项工程。

## 3.16

**挡土墙 Retaining wall**

用来支撑天然斜坡或人工边坡岩土体、防止坡体变形失稳的构筑物。

## 3.17

**格构生态护坡 Lattice frame revetment**

利用浆砌块石、现浇钢筋混凝土或预制预应力钢筋混凝土，用梁的形式在边坡表面做成框格，框格中间绿化种植，利用锚杆或锚索对边坡浅表层进行加固的方法。

## 3.18

**格宾 Gabion**

通过机械编织，将热镀锌低碳钢丝组装成蜂巢形网片箱笼，并在箱笼内装入块石等填充料，用于护坡护岸。

## 3.19

## T/SASWI 002—2023

### 客土 Soil from other places

非当地原生的、由别处移来的外来土壤。

## 3.20

### 种植土 Soil for planting

用于种植花卉、草坪、地被、灌木、乔木、藤本等植物所使用的自然土壤或人工配制土壤。

## 3.21

### 植物纤维毯 Plant fiber blanket

由上下两层固定网夹持植物纤维层，或由固定网从上至下依次夹持植物纤维层、种子承载层（或基质层）、衬托层并缝合形成的毯状物。

## 3.22

### 喷播 Spray seeding

采用工程机械将种子、基质或其混合物等喷射到坡面上的恢复植被技术。

## 3.23

### 连锁式生态护坡砌块 Chain ecological slope protection block

由干硬性稀释混凝土经全自动混凝土成型机高速振动加高压制成，每砌块与周围六块共同连锁啮合固定，可为动植物生存繁衍提供生存孔洞空间的混凝土预制块。

## 3.24

### 截水沟 Intercepting ditch

为拦截山坡上部流向防治对象的水流，在防治对象上部设置的截水设施。

## 3.25

### 排水沟 Drainage ditch

位于防治对象上的地表排水系统，用于排泄由降水、泉水等转化的坡面水流或由截水沟所排出的水流。

## 3.26

### 跌水 Hydraulic drop

为解决高落差水流、减缓水流冲刷力，将沟底设置呈阶梯形结构的排水沟消能措施。

## 3.27

### 排水盲沟 French drain, blind drainage ditch

修建在地下的排水暗沟或暗管，以收集和排除渗水的排水沟。

## 3.28

### 汇水面积 Catchment area

雨水流向同一山谷地面的受雨面积。

## 3.29

### 土地复垦 Land reclamation

采用工程、生物等措施，对因采矿活动挖损、采空塌陷、压占造成损毁的土地进行整治，使其达到可利用状态的活动。

### 3.30

#### 土壤改良剂 Soil conditioner

土壤中加入的用于改善土壤的物理和/或化学性质，及/或生物活性的物料也称，“土壤调理剂”。

## 4 基本原则

- 4.1 矿山边坡生态防护要结合矿山山体自身及周边实际情况，进行充分调研和勘查设计，统筹规划，选择安全可靠、经济合理、技术先进、便于施工的防护方案，保证边坡在施工和使用过程中满足安全和空间需要。
- 4.2 采用师法自然、顺其自然的理念，利用地质体的潜能，达到生态环保、绿色植物可持续生长的效果。
- 4.3 为保护坡顶防护林，尽量保持边坡现状不变，在现状基础上进行边坡防护。对于局部有滑坡或落石危险且可以修坡的区域进行爆破、放坡等方式进行边坡安全处理，处理完成后，采用草、灌、乔结合的方式进行边坡绿化，达到与周边环境融合一致。
- 4.4 采用动态设计与施工方法，建立信息反馈系统。

## 5 技术准备

### 5.1 资料收集与调查

工程设计前应对项目基础资料进行收集与调查，其内容不仅限于矿山自然概况、矿山地质环境、矿山开采历史及生产现状、矿山及周边植被、土壤、场地污染物、可利用的水源情况等。

#### 5.1.1 矿山自然概况资料收集和调查应符合下列要求：

- a) 主要内容应包含自然地理、地形地貌、气候、区域地质、水文地质、土地利用现状、矿山及周边人类工程活动情况等。
- b) 以收集资料分析为主，野外调查为辅。

#### 5.1.2 矿山地质环境资料收集和调查应符合下列要求：

- a) 主要内容应包括地层岩性、地质构造与地灾隐患、水文地质条件、工程地质条件、生态保护等。
- b) 应在分析资料的基础上进行现场调查验证外，应在必要时布置适当山地工程和取样测试。

#### 5.1.3 矿山开采历史及生产现状资料收集和调查应符合下列要求：

- a) 主要内容应包括矿山开采历史、开采规模、开采方式、是否闭坑等。
- b) 以收集资料分析为主，现场调查为辅。

#### 5.1.4 植被调查应符合下列要求：

- a) 调查矿山边坡及采矿场周边植物群落类型、乡土植物种类和常见植物种类等。
- b) 调查方法应以现场调查为主，必要时辅以样方调查。

#### 5.1.5 土壤调查应符合下列要求：

## T/SASWI 002—2023

调查坡面及周边土壤，结合实验室分析，核查土壤类型、质地、结构、有机质、理化性质和pH值等指标，且应优先调查采矿场占压及扰动区的耕植土；调查方法宜以现场调查为主，辅以资料分析。

### 5.1.6 施工条件调查遵守下列规定：

- a) 主要内容应包括：道路交通、通信、电力、水源、场地、工程主材市场供应、价格、运距、坡面所在地用工状况及劳务信息等；调查与分析表土资源、天然有机物料资源和植物（物种）资源等的可利用性。
- b) 宜以现场调查为主，辅以资料分析。

## 5.2 矿山生态环境调查与勘查

5.2.1 矿山生态环境调查与勘查应按矿山生态修复工程实施要求，正确反映矿山生态环境条件，查明存在的矿山生态环境问题，提交资料完整、评价正确的调查与勘查成果。

5.2.2 矿山生态环境调查与勘查以收集资料和现场调查为主。应根据矿山生态环境问题的严重性及修复工程特点，开展地形测绘、工程地质调查与测绘、矿山生态环境问题调查、矿山地质灾害勘查等工作，其深度和广度应有侧重性和针对性，满足矿山生态修复工程设计和施工等要求。

5.2.3 矿山地质环境调查与勘查范围包括因矿业活动所造成的生态环境破坏和影响区域。

5.2.4 矿山生态环境调查与勘查目的是查明矿山生态环境问题及危害性，分析评价矿业活动对生态环境的影响。为矿山生态环境保护、生态系统恢复与重建提供基础资料和科学依据。

5.2.5 矿山生态环境调查与勘查主要内容包括矿山基本情况、地形地貌、气象与水文、土壤与生物、土地利用现状、区域地质背景、地层岩性、地质构造、工程地质条件、水文地质条件、矿山生态环境问题（地质灾害、含水层破坏、地形地貌景观破坏、土地损毁、特殊岩土、水土污染等）、人类工程活动以及矿山及所在地已采取的修复措施、修复成效及工程经验等。分析研究矿山生态环境发展趋势，对矿山生态环境影响及土地损毁进行评价。

5.2.6 调查与勘查记录应准确、条理清晰、文图相符。重要调查点应附素描图、柱状图、剖面图和影像资料。

5.2.7 根据调查成果分析研究矿山生态环境发展趋势，对矿山生态环境影响及土地损毁进行评价。

5.2.8 矿山生态环境修复区存在地质灾害及其隐患时，应根据其工程等级、危害程度及修复工程需要开展地质灾害勘查。

5.2.9 矿山生态环境专项调查与地质灾害勘查应编制相应的调查与勘查成果报告。

## 5.3 矿山生态环境设计

5.3.1 工程设计应结合修复区生态环境条件及自然资源保护要求，做到技术先进、安全适用、经济合理、资源节约、生态环保、方便实施。符合当地经济发展、国土空间生态修复、生态环境保护、地质灾害防治、土地利用、水土保持等规划。

5.3.2 工程设计应在矿山生态环境调查与勘查的基础上进行。

5.3.3 工程设计应综合考虑修复工程类型和修复区工程地质、水文地质、施工条件和工期等因素，合理确定工程修复技术方法和施工工艺。场地污染物超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600 标准限值，应进行专项设计，超过国家标准限值的应向相关部门报告。

### 5.3.4 工程设计应遵循以下原则：

- a) 结合国土空间生态修复，融入全域综合整治理念，适应新形势下生态文明建设要求，保护自然资源和生态环境。
- b) 坚持以人为本，生命至上，消除地质灾害隐患，防灾减灾，保障人民群众生命财产安全。
- c) 依据修复区现状，结合自然条件、土地利用与生态修复要求，通过技术经济方案比较，选择合理的修复技术和工程措施；坚持因地制宜、宜耕则耕、宜林则林、宜渔则渔、宜工则工、

综合治理的原则；鼓励采用成熟先进的修复技术和方法，引进国际、国内最新科技成果；在确保安全的前提下，采用最优方案，减少投资，缩短工期。

- d) 合理利用矿山废弃地，最大限度地恢复可利用土地资源，保护自然资源，突出生态效益和社会效益，兼顾经济效益，着力改善人居环境，促进社会和谐和地方经济的可持续发展。
- e) 采取动态设计原则。应结合预测预报、施工地质和监测数据反馈信息，及时对设计进行修改、补充和完善。

### 5.3.5 工程设计时应取得下列资料：

- a) 矿山生态环境调查与勘查资料。
- b) 修复区地形地质平面图、剖面图、立面图。
- c) 修复区及周边环境资料。包括影响范围内的建构筑物、道路及管线等地上地下设施等。
- d) 修复区气象、水文、土壤、植被和地震等资料。对于临近江河、湖泊、水库的涉水工程，还应收集丰水期、枯水期水位，河水流速、流量，水库运行水位等资料。
- e) 施工技术、设备性能、施工经验、施工条件等资料。
- f) 当地类似工程经验资料。

5.3.6 工程设计内容包括边坡防护、边坡植被恢复、采空区治理、矿山废弃地生态修复、生态环境保护、工程监测、工程安全、工程维护与植被养护等。

5.3.7 地质灾害防治工程设计应按照其工程等级、荷载组合等，选择相应的如 GB/T 32864 和 GB/T 38509 等防治工程设计标准。安全系数的确定应进行充分的技术、经济比较，做到安全可靠、经济合理。

5.3.8 工程设计应考虑修复区道路的完整性及与外接道路的畅通，便于工程维护与植被养护及修复区的综合利用。

5.3.9 工程设计编制应依据充分，所采用的工程措施合理可行，工序与工期安排得当，工程量计算准确工程预算合理，保障措施完善。

5.3.10 矿山生态修复工程应按永久性工程进行设计。工程设计使用年限不应低于 40 年。如涉及工程建筑物，应与其使用年限一致。

5.3.11 工程设计深度应满足工程招投标、施工、监理、预结算等工程实施的需要。

## 5.4 施工准备

5.4.1 矿山生态护坡工程施工组织设计的编制应在现场踏勘的基础上，综合考虑工程特征、规模、地质、环境条件和工期等因素，因地制宜，确保施工能够安全、高效地实施。

5.4.2 矿山生态护坡工程施工前应编制施工安全监测方案，安全监测方案应经业主单位、监理单位等认可后实施。

5.4.3 施工单位应组织专业技术及管理人员学习并掌握施工图纸内容，明确设计意图，参加图纸会审活动，对图纸中存在的疑点应及时向设计单位提出并取得答复，形成图纸会审记录。

5.4.4 施工单位应组织全体施工人员参与技术交底活动，交代工程特点、施工工艺方法、工序流程、关键工序质量控制、技术质量要求与施工安全，形成施工技术交底记录。

5.4.5 应按照设计的要求，提前做好原材料的进场验收及试验检测等工作。

5.4.6 采用新的施工工艺时，应在正式施工前进行工艺试验，确定施工方法及质量控制要点。

## 6 边坡安全防护

### 6.1 削坡减载

#### 6.1.1 一般规定

## T/SASWI 002—2023

- 6.1.1.1 削坡减载应具备工程施工条件，以工程安全、环境保护、资源节约和最大限度的降低对生态环境与自然资源的破坏为前提，经相关主管部门许可。
- 6.1.1.2 根据边坡工程地质条件和治理目标，确定削坡减载范围和设计技术参数，合理设计坡面排水系统，为边坡植被恢复及水土保持打好基础。
- 6.1.1.3 当具备放坡条件、无不良地质作用且不会对周边生态环境产生严重影响时，边坡治理宜优先采用削坡减载工程措施。削坡减载工程一般包括坡体减载、降低坡度、浅表层变形体清除等。削坡减载后的边坡应有利于植被恢复。
- 6.1.1.4 施工中应采取保持坡体稳定的技术措施，不应因施工降低坡体稳定性。边坡防护工程停工期间，应采取确保边坡安全的临时防护措施。
- 6.1.1.5 施工过程中出现边坡地形、岩土性质与勘查设计不符时，及时报告建设、监理、设计单位，必要时进行工程设计变更。

### 6.1.2 基本要求

- 6.1.2.1 削坡减载从上至下分层、分段进行，逐级开挖，分级放坡。针对边坡灾害体特征及其稳定性，合理安排削坡减载先后次序。
- 6.1.2.2 采用爆破方法对岩质边坡削方时，应编制技术方案进行论证，对周边环境进行专项调查，评估爆破振动对坡体稳定性的影响和爆破飞石对周边环境的危害，必要时应设置滚石拦挡结构。爆破削方应遵守GB 6722的规定。
- 6.1.2.3 削坡整形后的坡面应平整、无松动岩块，坡比及平整度、边坡坡面平台的宽度和标高均应满足设计要求。
- 6.1.2.4 削坡断面一般设计成阶梯形或折线形，对坡高不超过8m的质边坡和不超过15m的岩质边坡可采用一坡式断面进行削坡。
- 6.1.2.5 对削坡坡高超过8m的质边坡和超过15m的岩质边坡，宜分级削坡。土质边坡每级高度不宜超过8m。岩质边坡每级高度不宜超过15m。
- 6.1.2.6 在分级及变坡率处应设置平台，软硬相间的岩石边坡平台宜设于软岩层顶面处；平台宽度以满足边坡稳定、施工便利和利于后期绿化为原则，土质边坡平台宽度宜为4m~5m，岩质边坡平台宽度宜为3m~5m。平台宽度可根据机械作业及生态修复工程需要适当调整。
- 6.1.2.7 削坡减载范围应根据地质灾害体类型、岩土物质组成及其性质、地形地貌、水文地质条件、结构面特征、稳定状况、破坏模式和削坡减载方式等综合确定。
- 6.1.2.8 削坡减载范围应先进行初步确定，再根据边坡防治工程稳定性和安全性的要求，通过分析和计算，综合确定削坡减载的最终范围。
- 6.1.2.9 削坡减载范围一般选择在滑坡体、崩塌体的中、后部或主滑段；削坡减载部位可通过计算下滑力与阻滑力来确定，选择下滑力大于阻滑力或下滑力与阻滑力相近块体以上部位作为削坡减载区域。
- 6.1.2.10 不应在滑坡的抗滑段削坡开挖，宜削减滑坡中后缘推力形成区段，不应削减滑坡中前缘反压段。削坡应减缓坡比，减小滑坡推力，提高滑坡稳定性，滑坡削坡适用范围如下：
- 6.1.2.11 滑坡后壁及两侧坡体稳定，不因削坡引起新的坡体变形。
- 6.1.2.12 主滑段及牵引段后缘较陡，前缘较缓，呈上陡下缓的滑面，前缘可采用压脚阻滑的牵引式滑坡。
- 6.1.2.13 削坡减载部位根据计算的稳定坡率确定，一般宜选择地形坡度由缓变陡的部位。
- 6.1.2.14 削坡范围控制在对坡体稳定性有影响的范围内，确保滑坡体、崩塌体后缘边界稳定。
- 6.1.2.15 雨天不宜进行削坡与填坡施工，开挖面应及时进行防护不宜长期暴露。雨期施工应及时排导坡面积水，防止雨水冲刷并渗入坡体。坡顶、坡面、坡脚和安全平台应设置截排水系统，坡面防护工程外制应设截水沟。
- 6.1.2.16 削坡整形的弃渣应及时运至指定地点堆放稳定，不应在边坡潜滑塌区堆载。优先考虑弃渣再利用，如作为石料或坡面回填压脚、路基填筑及造地土源等。
- 6.1.2.17 清坡应按照设计要求进行，应保证弃土、弃渣等不造成次生灾害。

### 6.2 坡面回填

#### 6.2.1 一般规定

- 6.2.1.1 填坡施工之前，应清除原地面上的树木及杂草，当基底为松土时应对基面进行分层碾压夯实，或对基层换填处理。
- 6.2.1.2 回填体各部位的结构与尺寸，应经边坡稳定性计算和技术经济比较后确定。
- 6.2.1.3 填筑材料的选择应根据其类别、性质、质量、数量和挖方条件等确定。
- 6.2.1.4 回填体设计参数取值宜通过现场试验确定。
- 6.2.1.5 回填体基底应稳定、密实，满足地基承载力要求，边坡应根据工程需要采取护坡、护脚措施。

## 6.2.2 基本要求

- 6.2.2.1 坡面回填不宜采用浅层松土，局部的凹坑凹槽宜采用砌石或混凝土填坡。
- 6.2.2.2 回填体宜布置在坡脚或滑坡体剪出口及其外侧一定区域。
- 6.2.2.3 对回填后的坡体须按新的几何形状进行稳定性验算，宽度和长度范围可根据滑坡体稳定性计算确定。
- 6.2.2.4 填土边坡的稳定坡率受填土的高度、厚度和填土颗粒级配及压实度等控制，应根据边坡稳定性计算结果，结合现场试验或地区经验确定，一般不宜大于1:2。
- 6.2.2.5 回填体顶部应设置反压平台，平台宽度不宜小于回填体高度。
- 6.2.2.6 填筑材料应优先采用级配较好的砾类土、砂类土等粗粒土，最大粒径不宜大于50mm，含泥量不应大于5%。
- 6.2.2.7 回填材料采用细砂时应掺入碎石和卵石。回填材料为巨砾混合土时，粒径不大于分层铺土厚度的2/3。
- 6.2.2.8 回填材料为土工合成材料时应满足GB/T 50290要求。石料丰富地区，可采用块石或格宾石笼作为填筑材料。
- 6.2.2.9 回填土料应尽量采用同类土回填，当采用性质不同的土回填时，应按土类水平分层、分段铺填，宜将透水性较大的土层置于透水性较小的土层之下，分层压实；同一水平层应采用同一填料，不得混合填筑，应分别进行碾压试验。
- 6.2.2.10 填坡应按先低处后高处顺序进行，填坡土应分层碾压或分层夯实，碾压或夯实的次数及夯实功能应符合设计要求。
- 6.2.2.11 回填体基面纵坡坡率陡于1:2.5地段，应验算回填体整体沿基底及基底下软弱层滑动的稳定性。
- 6.2.2.12 根据当地自然条件和工程地质条件，结合工程经验，回填体边坡应选择适当的断面形式和边坡坡度，回填体高度大于6.0m时宜分台阶，台阶宽度不宜小于2.0m。
- 6.2.2.13 根据边坡工程地质与水文地质条件，合理设计反滤层及排截水系统。
- 6.2.2.14 反滤层设计应确定被保护的颗粒粒径、反滤层的等效粒径、不均匀系数（为限制粒径与有效粒径之比）等。计算反滤层的级配、层数和厚度。
- 6.2.2.15 反滤料可利用天然或经过筛选的砂砾石料，也可采用块石、砾石破碎或天然和破碎的掺合料。
- 6.2.2.16 反滤料的填筑标准应以相对密度为设计控制指标，反滤料的相对密度不宜低于0.7。
- 6.2.2.17 填坡坡面及坡体应有较好的排水功能，坡面若有地下水渗出，应设置盲沟将地下水引出填坡区外。填坡体应能顺利排水，否则应设置人工排水层。
- 6.2.2.18 回填体排水设计应服从灾害体排水设计的总体布置。
- 6.2.2.19 寒冷地区的盲沟应作防冻保温处理或将盲沟设置在冻结深度以下。

## 6.3 抗滑桩防护

### 6.3.1 一般规定

- 6.3.1.1 抗滑桩施工应确保质量，做到技术可行、安全可靠、经济合理。
- 6.3.1.2 抗滑桩设计应综合考虑滑体的工程地质特征、水文地质条件、滑体受力特征、滑面（带）特征、抗滑桩结构承载能力以及地形地貌与施工条件等。合理选择抗滑桩工艺、布置位置及相关技术参数。
- 6.3.1.3 抗滑桩适用于滑坡体厚度较薄、推力较小，且嵌岩段地基强度较高地段。
- 6.3.1.4 抗滑桩桩身超过35m，桩截面积大于10m<sup>2</sup>，以及超深超大截面积钻孔桩的施工方案，应进行专家评审论证。

## T/SASWI 002—2023

- 6.3.1.5 抗滑桩设计应明确抗滑桩质量检测方法和比例，提出相应的施工工艺、技术参数及技术要求。
- 6.3.1.6 抗滑桩桩位宜选择在滑坡体较薄、嵌固段地基强度较高的地段，应综合考虑确定其平面布置、桩型、桩间距、桩长和截面尺寸等。
- 6.3.1.7 抗滑桩的设置应保证滑坡体不越过桩顶或从桩间滑动，应对越过桩顶滑出的可能性进行验算，并采取相应的防护措施。
- 6.3.1.8 抗滑桩施工过程中不宜在滑坡体上加载。临时设施建设、施工场地平整、施工道路修筑、施工材料存放、施工弃土堆放等，均不应增加滑坡的附加荷载，降低滑坡稳定性。
- 6.3.1.9 抗滑桩应跳桩施工，如滑坡稳定性较差，应采取二桩跳挖或多桩跳挖，不得通槽开挖或通槽钻孔施工。
- 6.3.1.10 抗滑桩成孔成桩过程中，应保证施工工序的衔接，保持施工的连续性，桩孔成孔后应及时安装钢筋和浇筑混凝土。
- 6.3.1.11 抗滑桩的桩截面尺寸应根据滑坡推力大小、间距、顶位移量以及嵌固段地基的横向容许承载力等因素确定。
- 6.3.1.12 抗滑桩嵌固段应设置在滑面以下的稳定岩（土）体中。
- ### 6.3.2 基本要求
- 6.3.2.1 人工挖孔桩
- 6.3.2.1.1 人工挖孔桩宜采取先两侧后中部的开挖顺序，间隔跳桩开挖。当桩身混凝土强度达到70%后方可开挖相邻桩孔。
- 6.3.2.1.2 施工工序：测量定位、孔口开挖、钢筋绑扎、复核桩心位置、支模、浇筑混凝土、混凝土养护、拆模、检查验收。
- 6.3.2.1.3 设置多排抗滑时不宜同时进行上、下排桩施工，应根据滑坡推力特点，由设计单位确定先行施工的排桩。
- 6.3.2.1.4 人工开挖的弃渣应及时外运，不应堆放在孔口附近和滑坡变形区。
- 6.3.2.1.5 开挖至桩底后应清理孔底残渣，疏干孔底积水，用混凝土进行封底，并预留集水坑。封底混凝土强度与桩身相同，厚度不小于200mm。
- 6.3.2.1.6 挖孔桩锁口圈梁宜高出地面200mm，上方应设置防护栏杆。孔内施工时孔口应有专人值守，暂停施工时应应对孔口进行覆盖保护。
- 6.3.2.1.7 挖孔桩开挖时须随挖随浇筑护壁混凝土，每节护壁挖土后，应立即浇筑混凝土护壁，每节护壁高度宜为1.0m~1.5m，上节混凝土护壁与下节护壁应按设计要求搭接。
- 6.3.2.1.8 钢筋混凝土护壁厚度、强度及配筋应符合设计要求。
- 6.3.2.1.9 护壁混凝土宜采用细石混凝土，混凝土的塌落度宜为50mm~80mm。
- 6.3.2.1.10 土层由人工逐层开挖，先中间后周边，开挖面应保持均衡，开挖土方应及时提升至孔外。
- 6.3.2.1.11 强度较低的泥岩、页岩和泥质粉砂岩等软质岩以及风化破碎岩石，可采用风镐凿除方式开挖；坚硬岩层或孤石可采用松动爆破方式开挖，爆破过程中应采取专项措施保护建构筑物安全。
- 6.3.2.1.12 岩层可采用静态爆破，应提前制定静态爆破方案，爆破孔的间距、深度及装药量应试验确定。
- 6.3.2.1.13 应根据开挖岩土层的水文地质条件，包括地下水位、流条件和岩层赋水及渗透特征等，确定地下水的降排方法。
- 6.3.2.1.14 开挖过程中渗水量较少时可采用提桶排水，渗水量较大时，应在孔内开挖集水坑，使用具有漏电保护装置的水泵抽排至孔外，孔作业人员应穿着绝缘筒靴。
- 6.3.2.1.15 挖孔桩混凝土应浇筑连续，分层振捣密实，浇筑前排干孔底积水，封堵地下水渗水点，清除孔底土石等沉渣。
- 6.3.2.1.16 混凝土浇筑过程中，应在孔口取样做坍落度检验，其坍落度应符合要求。
- 6.3.2.1.17 挖孔桩桩头混凝土应及时覆盖并浇水养护，养护期不应少于7d。冬季施工的混凝土不应受冻害，并编制混凝土专项施工方案。
- 6.3.2.1.18 现浇挡土板模板支撑应牢固，挡土板较高时应分层支模浇筑混凝土，每层浇筑高度不宜超过4m。
- 6.3.2.1.19 现浇挡土板应凿除护壁混凝土，与桩身混凝土连接。
- 6.3.2.1.20 预制挡土板应安置在桩体后缘侧，两端与挖孔桩贴合紧密。

- 6.3.2.1.21 挡土板强度达到设计要求后进行板前板后土体回填，回填土应分层夯实，其土类及性质宜与周边土基本一致，压实度和密实度应满足设计要求。
- 6.3.2.2 钻孔桩与微型桩
- 6.3.2.2.1 钻孔桩成孔主要有冲击成孔、回转成孔及旋挖成孔，应根据岩工程条件、施工场地以及当地施工经验选择成孔工艺。
- 6.3.2.2.2 旋挖成孔适用于层及软岩钻进，冲击及回转成孔适用于各类岩层，固于硬岩中的钻孔桩应优先采用冲击成孔。
- 6.3.2.2.3 钻孔桩施工工序：场地平整、测量放线、护筒埋设、成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注。
- 6.3.2.2.4 微型桩应按以下工序施工：桩位放线、钻进成孔、下钢筋笼（或钢管）及注管、回填石料、注浆成桩。
- 6.3.2.2.5 钻孔桩成孔应间隔跳钻，在刚浇灌混凝土的邻桩钻进时，安全距离不宜小于4倍桩径。
- 6.3.2.2.6 钻孔桩孔口应埋设钢护筒，护筒要求坚固耐用、不漏水，宜采用4mm~10mm钢板制作。
- 6.3.2.2.7 依据设桩处的地形条件，分区平整施工场地，各区段地面标高应基本相同，并设临时地表排水沟。
- 6.3.2.2.8 地下水位以下钻孔应采取泥浆护壁，孔内泥浆面应保持高出地下水位1m以上，使孔内水头压力稍大于周围地下水压力；在破碎岩层或松散上层中可视需要采用水泥浆或化学浆液护壁，当浆液漏失严重时，应采取充填、封闭等堵漏措施。
- 6.3.2.2.9 除能自行造浆的黏性层外，均应制备泥浆。泥浆制备应选用高塑性黏土或膨润土，泥浆的相对密度及黏度应根据施工设备、工艺及穿越地层的岩土性质，经现场试验后确定。
- 6.3.2.2.10 钻孔桩施工应先进行工艺性试成孔施工，试孔数量不少于2个，以便核对地质情况，检验机械设备、施工工艺及技术要求是否适宜，同时检验并修正施工技术参数。如出现缩颈、塌孔、回淤、吊脚或出现流砂、涌水等情况，不能满足设计要求，或增加了施工难度、达不到工期要求时，应重新制定施工方案或采取新的施工。
- 6.3.2.2.11 微型桩成桩施工应平整施工场地，在布桩范围内按一定标高开挖回填，方便机械施工。
- 6.3.2.2.12 滑坡应急治理宜采用小型轻便钻机，不宜采用重型钻机成孔。
- 6.3.2.2.13 桩位偏差为±100mm；垂直度偏差<1%；孔深和孔径不得小于设计值。
- 6.3.2.2.14 采用泥浆护壁时，注浆前应进行清孔，清孔后孔底沉渣厚度不大于100mm。
- 6.3.2.2.15 钻机不宜集中钻孔施工，应分区段跳钻施工。
- 6.3.2.2.16 成桩前应对孔质量进行检查验收，验收合格后进行成桩施工。桩孔质量验收包括桩位桩深、桩径、垂直度、泥浆性能指标、孔底沉渣等。
- 6.3.2.2.17 钢笼制作前应取钢筋样和钢连接样进行送检，送检合格后方可进行钢筋笼制作。制作好的钢筋笼应经检验合格后才能安装，做好钢筋笼施工记录。
- 6.3.2.2.18 采用后压浆处理的钻孔桩和微型，应对照地质勘查资料，结合成孔时上返的钻渣判定滑带位置，确定压浆器在钢筋笼上的安放位置，在钢筋笼上绑扎后压浆的压浆器和压浆导管。
- 6.3.2.2.19 混凝土应连续灌注，灌注停顿时间不应超过1h。在上提灌注导管过程中，应使其始终埋入混凝土中。
- 6.3.2.2.20 混凝土灌注或注浆后36h内不应进行相邻孔的成孔成桩作业。

## 6.4 格构锚固

### 6.4.1 一般规定

- 6.4.1.1 格构锚固工程设计应根据边坡岩工程地质条件及变形特征选择格构类型及技术参数。
- 6.4.1.2 格构锚固适用于坡表岩土体易风化、剥落且有浅层崩滑、蠕滑等以及需要对陡立坡面进行绿化种植时的坡面综合防护，特别适用于坡度较陡、坡体岩土均匀且较坚硬的边坡或滑坡。
- 6.4.1.3 当边坡崩滑体较厚时，应采用钢筋混凝土格构+预应力锚索进行防护，锚索应穿过滑带，锚索设计应满足规定。
- 6.4.1.4 当边坡崩滑体厚度不大时，可采用钢筋混凝土格构+锚杆进行滑坡防治，锚杆设计应满足规定。
- 6.4.1.5 对岩质边坡，格构梁宜在坡面平整的情况下沿坡表面设置；对土质边坡，格构梁宜埋入土层2/3梁高，并对表层土体采取加固措施，防止水土流失。

## T/SASWI 002—2023

6.4.1.6 施工前应对现场进行查看，根据现场地形地质条件和设计要求选择相应的施工方法和机械设备，编制施工方案，确定施工工艺。采用脚手架搭设锚杆（索）施工平台时，应按GB 55023、GB 51210对其安全性进行设计计算，编制专项施工方案。

6.4.1.7 施工前应将坡面清理平顺，保证坡表平整密实，无浮石、松土、表层溜滑体和蠕滑体。填补凹坑，格构与坡面应接触紧密，不应留有空隙。

6.4.1.8 施工前应先进行临时排水施工。临时排水应满足暴雨、地下水的排放要求，宜结合永久性排水工程施工。

6.4.1.9 格构梁宜垂直于坡面，嵌入坡内深度宜不少于100mm，格构梁顶面应略高于坡体表面。

6.4.1.10 格构垫层施工时宜打控制桩，铺设素混凝土垫层，垫层强度宜不小于C20，厚度宜不小于5cm。并保证面层平整顺直。

### 6.4.2 基本要求

6.4.2.1 格构锚固设计包括格构设计和锚（索）设计，锚（索）和格构梁的设计使用年限应相同并不低于所保护的工程或建筑的设计使用年限。

6.4.2.2 格构梁断面高×宽不宜小于300mm×250mm。梁底宜设厚度5cm~10cm，强度不低于C20的细石混凝土垫层找平，垫层宽度宜超过梁宽10cm（每侧5cm），以便于支模，保证格构梁质量。

6.4.2.3 钢筋混凝土格构梁截面尺寸应按承载能力极限状态进行设计，按照强度和抗裂要求确定。

6.4.2.4 钢筋混凝土格构梁弯矩和斜截面承载力应符合GB 55008有关规定。

6.4.2.5 每级格构的底部应设置地梁，地梁断面尺寸和配筋应根据地基承载力及地梁内力计算确定。

6.4.2.6 格构采用的混凝土强度等级不应低于C25，最外层钢筋的保护层厚度不应小于35mm。

6.4.2.7 坡度大于25°时应设置梁顶模板，按混凝土柱施工方法浇筑；坡度10°~25°时应采取分层分高度浇筑，混凝土坍落度宜小于5cm。或采取速凝早强措施，防止浇筑时混凝土顺坡溢出。

6.4.2.8 钢筋安装时，主筋宜采用直螺纹机械连接或焊接、箍筋绑扎连接。

6.4.2.9 格构梁下端设支墩时，应控制好支墩坑截面、深度，支墩与格构梁的连接应紧密。

6.4.2.10 格构锚固中的锚杆穿过潜在滑动面的深度应符合设计要求，并锚固于稳定岩土体中。

6.4.2.11 格构锚固施工中应保证锚杆固结体与格构梁的紧密连接，固结体嵌入格构梁内长度应符合设计要求，且应不小于50mm。

6.4.2.12 格构锚固施工完成后，按设计要求做好顶、底和两侧封边以及截排水工程。

### 6.5 主动防护网防护

#### 6.5.1 一般规定

6.5.1.1 主动防护网适用于节理、裂隙发育的弱风化硬质岩，且整体稳定的边坡防护。

6.5.1.2 主动防护网的适用范围：高度小于20m的低矮边坡；坡面岩体完整性较好的岩质陡边坡；坡面起伏较大的高陡裸露岩质边坡；允许对坡面扰动且可进行封闭施工的边坡。

6.5.1.3 工程施工前应按设计要求对坡面进行修整，清除坡面危岩体。

6.5.1.4 根据设计确定的边坡柔性防护网类型及现场地形地质条件制定工程施工方案。

6.5.1.5 工程原材料、柔性网及系统部件等应按进行现场验收并取样检测。柔性网系统部件技术性能、检验、试验应符合JT/T 1328等规范规定。

#### 6.5.2 基本要求

6.5.2.1 主动防护网包括锚固缝合式和搭接点锚式两种。应根据坡体地层结构、地层产状、岩土层性状、坡体变形特征等选择主动网的布置范围及类型。

6.5.2.2 施工工序：清表、锚杆定位及施工、支撑绳安装、钢丝绳网或格栅网铺设及缝合、检查验收。

6.5.2.3 根据危岩或潜在危岩落石分布区域，主动防护网布置范围应分别向上缘和两侧缘外延伸不小于2m，距坡脚1m高范围内不宜布置主动防护网。

6.5.2.4 坡面条件较简单且坡角不超过75°的边坡，宜根据已有工程设计经验采用工程类比法进行主动防护网工程设计，或按JT/T 1328选用主动防护网型号，必要时采用专门的锚杆设计。超过75°应进行专门设计。

- 6.5.2.5 主动防护网加固后如需采用三维植被网绿化，可采取一锚双网形式，锚杆同时用于固定主动网及三维网。
- 6.5.2.6 主动防护网施工前应清除坡表浮土，不利于安装施工和影响防护功能的部位应适当修整或加固处理。
- 6.5.2.7 锚杆孔位宜选择在低凹处，对起加固作用的主动防护系统，当不具备天然低凹地形时，应在孔位处开凿深度不小于锚杆外露环套或锚垫板尺寸的凹坑，坑径约200mm，深约150mm。
- 6.5.2.8 按设计深度钻凿锚孔并清孔，孔深应超过设计锚杆长度50mm以上，孔径不小于42mm，钻孔宜与坡面垂直。自进式锚杆钻进深度误差不宜大于50mm。
- 6.5.2.9 锚杆使用前应平直、除锈、除油。
- 6.5.2.10 锚杆杆体插入后应避免杆体的外露锚头段受到注浆体的污染。
- 6.5.2.11 与支撑绳、拉锚绳等构件连接的柔性锚杆外露连接环套，应避免两侧钢丝绳段呈上下叠置关系发生弯曲。
- 6.5.2.12 杆体插入孔内长度不应小于设计深度，确保孔内浆液饱满。锚杆安装后不应随意敲击，在进行下一道工序前注浆体龄期不少于3d。
- 6.5.2.13 注浆开始前或注浆中途停止超过30min后，应用水或稀水泥浆润滑注浆管及其管路。注浆时注浆管应插至距孔底100mm，随浆液注入缓慢匀速拔出，杆体插入后若孔口无砂浆溢出，应及时补浆。
- 6.5.2.14 纵横向支撑绳应根据需要的总长度现场配置和切断。绳卡与锚杆外露环套固定连接。支撑绳两端固定前应张紧，张紧力不应小于5kN。
- 6.5.2.15 从上向下铺挂格栅网，格栅网间重叠宽度不小于50mm，格栅网间以及格栅网与支撑绳间的缝合采用 $\Phi 1.5\text{mm}$ 铁丝扎结，坡度小于 $45^\circ$ 时扎结点间距不应大于2m，坡度大于 $45^\circ$ 时扎结点间距不应大于1m。
- 6.5.2.16 格栅网铺设时，从上向下铺挂钢丝绳网并缝合，通过拧紧螺母对锚杆施加预应力并张紧格栅。
- 6.5.2.17 主动帘式防护网施工时，帘式网上部锚杆的深度及布置应达到设计要求，帘式网下部自由段的长度应根据设计及危石位置确定。

## 6.6 护脚挡墙

### 6.6.1 基本要求

- 6.6.1.1 挡土墙工程设计应依据不稳定岩体的工程地质条件、变形与力学特征结合地形条件、地基承载力等因素，选择挡土墙类型及技术参数。
- 6.6.1.2 对软弱地基土应采取的措施，使基础满足地基承载力要求。并对墙后填土、泄水层（孔、管）截排水等进行设计。
- 6.6.1.3 挡土墙工程宜与排水、减载、护坡等其他防治工程结合使用。
- 6.6.1.4 挡土墙类型选择应根据地形地质条件和稳定状态、施工条件、土地利用、环境保护和经济合理等因素综合确定。
- 6.6.1.5 挡墙基槽开挖前应做好施工区地表排水工作。基槽达到设计尺寸要求后，应清除槽底表面的杂物，排干积水。
- 6.6.1.6 挡墙施工时应根据设计的分段长度，结合墙址实际地形、水文、地质变化情况，设置沉降缝和伸缩缝。
- 6.6.1.7 高含盐地层抗滑挡墙施工时，应采取控制或减少地下水中硫酸盐、氯盐对混凝土及钢筋的腐蚀。设置纵横排水带，降低墙后地下水位和墙后填土的含水率。
- 6.6.1.8 季节性冻土及多年冻土地区施工挡墙时，墙后填土宜采用非冻胀性土。在墙踵板顶部间隔置纵横排水带，降低墙后地下水位和墙后填土的含水率。
- 6.6.1.9 护脚挡墙顶面宜设置被动防护网，与坡体主动防护网不同时设置。

### 6.6.2 砌石挡墙

- 6.6.2.1 施工工艺：测量放线、基础砌筑、墙体砌筑、勾缝、墙体养生。
- 6.6.2.2 砌石挡墙墙体所用的石料强度及块径应符合设计要求，应采用石质均匀，不易风化又无裂缝的硬质石料，砌筑前应将石料表面泥垢清除干净。
- 6.6.2.3 基础砌筑石料宜按设计要求选用较大的毛石或条石。

- 6.6.2.4 砌筑毛石基础的第一层块石应坐浆，大面向下，砌筑条石基础的第一层条石应采用丁砌层坐浆。
- 6.6.2.5 砌筑阶梯形条石基础的上级阶梯条石应至少压砌下级阶梯的1/3。
- 6.6.2.6 毛石基础的扩大部分为阶梯形时，上级阶梯的块石应至少压砌下级阶梯块石的1/2，相邻阶梯的毛石应相互错缝搭砌。
- 6.6.2.7 毛石挡墙每层砌筑高度宜为300mm~400mm，墙身各层均应铺灰坐浆砌筑，灰缝饱满，严禁先铺石后填浆。
- 6.6.2.8 条石挡墙条石的宽度、厚度均不宜小于0.2m，长度不宜大于厚度的4倍。
- 6.6.2.9 砌体转角处和交接处应同时砌筑。毛石砌筑需留栏时，至少应离开转角或交接处1.5m~2.0m的距离，接槎应作成阶梯式或马牙槎。
- 6.6.2.10 砌石挡土墙应分层错缝、砂浆饱满，块石强度、规格和质量应符合设计要求。
- 6.6.2.11 砌体勾缝除设计有规定外，一般可采用凸缝或平缝，浆砌较规则的块材时，可采用凹缝。
- 6.6.2.12 勾缝前应开缝，将灰缝抠深30mm~50mm，用水冲净并保持缝槽内湿润，砂浆应分次向缝内填塞密实，勾缝砂浆标号应高于砌体砂浆，勾缝完毕砂浆初凝后应保持砌体表面湿润，养护时间不少于7d。
- 6.6.2.13 毛石砌筑挡墙中设置泄水孔时，应将孔道抹面，清除孔内杂物，砌筑上层毛石时不应漏浆或掉渣在孔道内，条石砌筑挡土墙可在相邻条石间预留石缝作为泄水孔，缝宽20mm~50mm。
- 6.6.2.14 分段砌筑时，分段位置应设在基础变形缝或伸缩缝处，各段水平砌缝应一致。相邻砌筑高差不宜超过1.2m，缝板安装应位置准确、牢固，缝板材料应符合设计规定。
- 6.6.2.15 挡土墙外露面应留深10~20mm的勾缝槽，按设计要求勾缝。
- 6.6.2.16 砌石底面应卧浆铺砌，立缝填浆捣实，不得有空缝和贯通立缝。砌筑中断时，应将砌好的石层空隙用砂浆填满。再砌筑时石层表面应清扫干净，洒水湿润。工作缝应留斜茬。
- 6.6.2.17 勾缝前应将石面清理干净，勾缝宽度应均匀美观，深（厚）度为10~20mm，勾缝完成后注意浇水养生。
- 6.6.2.18 墙体养生应在砂浆初凝后，洒水或覆盖养生7~14d，养护期间应避免碰撞、振动或承重。

### 6.6.3 格宾挡墙

- 6.6.3.1 格宾网由热镀锌低碳钢丝格宾（六边）形格网片组装而成，专用机械编织。双股钢丝必须三绞三圈，确保稳固性和抗拉性。
- 6.6.3.2 格宾挡墙适用于地基承载力较低的滑坡堆积体边坡防护、受水流冲刷且防护工程基础不易处理的滑坡前缘阻滑治理。
- 6.6.3.3 格宾网片网孔均匀，不得扭曲变形。网孔孔径偏差应小于设计孔径的5%。网片的抗压抗剪强度等有关力学指标、耐腐蚀性应达到设计要求。
- 6.6.3.4 格宾网应由专业的厂家生产，并应有产品出厂合格证。
- 6.6.3.5 格宾填充料须坚固密实、耐风化，严禁使用风化石，填料级配良好。
- 6.6.3.6 填充料应采取粒径级配好的碎石或卵石。
- 6.6.3.7 按设计要求削坡并平整铺设面，坡面或基地面应平整、密实、无杂质。较差的土质地基（如流沙、淤泥等）应做地基处理后再铺设。
- 6.6.3.8 在组装前需采用钳子等工具对格宾单元进行校正，校正过程中避免损坏网线表面镀层。
- 6.6.3.9 格宾网箱及护垫组装时，间隔网与网身应成90°相交，经绑扎形成长方形网箱组、网箱或护垫状。
- 6.6.3.10 绑扎线应与网线同材质，每一道绑扎应使用双股线并绞紧。
- 6.6.3.11 格宾网箱间隔网与网身的四处交角每间隔25cm各绑扎一道。间隔网与网身间的相邻框线，须采用绑扎线一孔绕一圈接一孔绕二圈呈螺旋状穿孔绞绕连接。
- 6.6.3.12 网箱组间连接绑扎：相邻网箱组的上下四角各绑扎一道，上下框线或折线每间隔25cm绑扎一道，相邻网箱组的网片结合面每平方米绑扎2处。
- 6.6.3.13 绑扎相邻边框线下角一道时，下方有网箱组时应将下方网箱一并绑扎连成一体。
- 6.6.3.14 裸露部位的网片，应在每次箱内填石1/3高后设置拉筋线，呈八字形向内拉紧固定。
- 6.6.3.15 格宾网箱内填充料的规格质量须符合设计要求。裸露的填充石料表面应以人工或机械砌垒整平，石料间应相互搭接。

- 6.6.3.16 填料施工中应控制每层投料厚度在30cm以下，1m高网箱分4层投料为宜。
- 6.6.3.17 均匀地向同层的各箱格内投料，严禁将单格网箱一次性投满。顶面填充石料宜适当高出网箱，且必须密实，空隙处宜以小碎石填塞。填充材料重度应达 $24.0\text{kN/m}^3$ 。
- 6.6.3.18 格宾填充料时，在邻近网壁处应选择块度大于网孔尺寸的填料，以防止填料从网孔漏出，其内宜按反滤层级配充填。
- 6.6.3.19 一层网箱施工完成后，宜将网箱后填料及时填至与网箱相平，之后叠砌上一层网箱。顶部石料砌垒平整后进行网箱封盖。
- 6.6.3.20 封盖网与网身、间隔网间相交边框线必须每隔25cm绑扎一道。
- 6.6.3.21 应将所有护垫组相邻的封盖框线与边框线绑扎在一起。
- 6.6.3.22 格宾挡土墙的基底及其密实度，基础网箱埋置深度和轮廓线长度及宽度，均应符合设计要求。
- 6.6.3.23 格宾挡土墙墙后填料应符合设计要求，墙后填土宜分层夯实，每层填土厚度宜控制在30cm左右。

#### 6.6.4 混凝土挡墙

- 6.6.4.1 混凝土挡土墙施工工序：施工准备、测量放线、分段基槽开挖、垫层及基础施工、墙身砌筑或浇筑（变形缝、沉降缝、泄水孔设置）、养护、墙后回土（反滤层设置）、检查验收。
- 6.6.4.2 现浇混凝土基础可根据现场地质情况和施工条件原槽浇筑，应按挡墙伸缩缝或沉降缝分段一次性连续浇筑。
- 6.6.4.3 挡墙开挖前，应做好场地临时排水措施，雨天坑内积水应随时排干。
- 6.6.4.4 当基底为土质（如碎石土、砂砾土、砂性土、粘性土等）时，应将其整平夯实，对受水浸泡的基底土应全部予以清除，若承载力达不到设计要求，需换以透水性和稳定性良好的材料并夯填至设计标高。
- 6.6.4.5 挖基时如发现与设计不符的软弱地基，承载力不足时应通过变更设计程序，采取措施后方可施工。
- 6.6.4.6 边坡挡土墙，基趾部埋入深度和襟边距离应同时符合设计要求。
- 6.6.4.7 在岩体破碎或土质松软，有水地段，宜择分段集中施工。
- 6.6.4.8 砌筑基础前，应将基底松软，风化表面清除干净，然后铺满砂浆，石质基槽内，基础紧靠坑壁砌筑，并插浆塞满间隙，使之结成整体；对土质风化软石地层，在雨季施工时，应于基槽挖至设计高程，立即回填级配沙石。
- 6.6.4.9 挡土墙应分段砌筑，分段位置宜结合伸缩缝、沉降缝设置。
- 6.6.4.10 伸缩缝与沉降缝侧壁应竖直、平齐，无搭叠。缝中防水材料应按设计要求施工。
- 6.6.4.11 挡墙混凝土强度达到设计强度75%时进行墙背土回填。分层厚度不超过300mm，内摩擦角大于35度，分层夯实，密实度大于94%，墙后填料中的树皮、草根等杂物应清除干净。距墙背0.5m~1.0m内，不应使用重型振动机械碾压。
- 6.6.4.12 混凝土挡墙浇筑应符合下列要求：
- 现浇混凝土挡墙与基础的结合面应凿毛处理，凿除松散混凝土及浮浆，用清水洗净，在结合面上刷水泥浆或铺1:2水泥砂浆。
  - 当混凝土落差大于2.0m时，应采用串筒输送混凝土入仓，从低处开始分层浇筑，分层厚度不宜大于0.7m。

混凝土挡墙泄水孔宜选用符合刚度和强度标准的管材进行预埋，保证外倾坡度。

- 6.6.4.13 混凝土挡墙沉降缝隔断材料应具有足够的强度，其厚度应有适当的预留压缩量。
- 6.6.4.14 混凝土挡土墙混凝土强度不低于C20，施工前应进行混凝土配合比实验。
- 6.6.4.15 混凝土挡土墙钢筋规格、性能、钢筋搭接和锚固应符合设计要求及GB 50204的有关规定。
- 6.6.4.16 混凝土挡土墙不得有露筋和空洞，钢筋布置、混凝土强度必须达到设计要求、结构尺寸必须满足设计要求。
- 6.6.4.17 混凝土所用的水泥、砂石、外加剂的质量应符合设计及规范要求，严格按规定的配合比施工。
- 6.6.4.18 墙体混凝土应连续浇筑，如有间断，应按照施工缝进行处理，保证后浇混凝土与已浇筑混凝土黏结牢固。
- 6.6.4.19 混凝土初凝后应及时进行养护，养护时间不应少于7d。

## 7 土壤再造

## 7.1 种植土

## 7.1.1 一般要求

7.1.1.1 应具备常规土壤的外观，有一定疏松度、无明显可视杂物、常规土色、无明显异味：不应直接使用污泥、淤泥。

7.1.1.2 有效土层厚度应符合的规定。

7.1.1.3 新建及改造工程应在勘查设计和施工阶段分别进行土壤检测。

7.1.1.4 种植对病虫害敏感的植物时，土壤宜先进行消毒后再使用。

7.1.1.5 可对矿山开采过程中产生的石粉进行“土壤化”或与土壤按一定比例混合后作为种植土，提高资源利用率。

## 7.1.2 技术指标

7.1.2.1 用于一般绿化种植的土壤应符合表1中pH、含盐量、有机质、质地和入渗率5项主控指标的规定。

表 1 绿化种植土壤主控指标的技术要求

主控指标			技术要求	
1	pH	一般植物	2.5:1水土比	5.0~8.3
			水饱和浸提	5.0~8.0
		特殊要求	特殊植物或种植所需并在设计中说明	
2	含盐量	EC值/ (mS/cm) (适用于一般绿化)	5:1水土比	0.15~0.9
			水饱和浸提	0.30~3.0
		质量法/ (g/kg) (适用于盐碱土)	基本种植	≤1.0
			盐碱地耐盐植物种植	≤1.5
3	有机质/ (g/kg)	12~80		
4	质地	壤土类 (部分植物可用砂土类)		
5	土壤入渗率/ (mm/h)	≥5		

7.1.2.2 土壤肥力应符合表2规定。

表 2 绿化种植土壤肥力的技术要求

序号	养分控制指标	技术要求
1	水解性氮 (N) / (mg/kg)	40~200
2	有效磷 (P) / (mg/kg)	5~60
3	速效钾 (K) / (mg/kg)	60~300
4	有效硫 (S) / (mg/kg)	20~500
5	有效镁 (Mg) / (mg/kg)	50~280
6	有效钙 (Ca) / (mg/kg)	200~500
7	有效铁 (Fe) / (mg/kg)	4~350

8	有效锰 (Mn) / (mg/kg)	0.6~25
9	有效铜 (Cu) / (mg/kg)	0.3~8
10	有效锌 (Zn) / (mg/kg)	1~10
11	有效钼 (Mo) / (mg/kg)	0.04~2
12	可溶性氯 (Cl) / (mg/L)	>10

## 7.2 客土

### 7.2.1 一般要求

7.2.1.1 主要材料应包括稳固剂、种植土、种子、复合肥、有机肥、天然纤维等。混合材料配比可按表3执行。

表 3 客土喷播法材料参考配比

材料名称	每平方米配比量	单位
种植土	0.08	m <sup>3</sup>
植物种子	65~85	G
复合肥	50	G
有机肥	0.02	m <sup>3</sup>
稳固剂	350~450	G
天然纤维	0.02	m <sup>3</sup>

### 7.2.2 客土来源

7.2.2.1 客土来源可选择：与原土壤理化性质一致的外来土、表层剥离土、矿山开采过程中的废弃土、围岩碎块、矿石生产过程中的石渣、石粉等。

7.2.2.2 客土来源的选择原则：

- a) 全盐含量低于 0.3%，PH 值低于 8.5，土壤容重低于 1.3kN/m<sup>3</sup>，砾石含量低于 5%，物理性质良好，不含有可能对植物造成伤害的有害物质的土壤。
- b) 有机质含量 >2%，且黏性稍强，以保证在满足农作物生长需求的同时具有较强的净化能力。

7.2.2.3 应充分利用矿山开采过程中产生的石渣、石粉等不含有毒有害物质的现有资源。

7.2.2.4 表层1.5m厚度范围需要换填客土，表层1.5m以下可使用清表时堆存的土或者矿山开采过程中产生的矿石、矿渣等，但其中不可含有有毒物质。

7.2.2.5 可将石粉与改性植物纤维素粘合剂、肥料等按照一定比例混合，将石粉“土壤化”后作为客土进行复绿。

7.2.2.6 石粉也可作为土壤改良剂，与土壤按一定比例混合，改善客土质量。

### 7.2.3 技术指标

7.2.3.1 稳固剂选用应满足下列规定：

- 1) pH=6~7，低黏度，可溶于水。
- 2) 能够增强岩土体颗粒间的黏结性，环保无污染，适宜植被生长，改良土有较好的水稳性。
- 3) 应选用成熟可靠的稳固剂，如 PAS 型稳固剂，新的稳固剂应经过鉴定。

## T/SASWI 002—2023

7.2.3.2 种植土选用时应剔除石头、碎石、杂草等，要求土粒径不应大于2cm，含水量不应小于30%。使用前宜进行土壤消毒。

7.2.3.3 种子应根据当地气候、播种季节的降雨量、植物生长特点等因素进行选择，应符合下列规定：

7.2.3.4 山东省适合的边坡生态防护工程应用植物品种可参照附录A，宜选择种子、营养体大小适中、轻重适中等适宜喷播的植物种。

7.2.3.5 豆科植物种子质量应不低于《豆科草种子质量分级》GB 6141中所规定的二级质量标准。

7.2.3.6 草本植物种子质量不应低于《禾本科草种子质量分级》GB 6142中所规定的二级质量标准

7.2.3.7 木本科植物种子质量不应低于《林木种子质量分级》GB 7908中所规定的二级质量标准。

7.2.3.8 目标植物种子使用前应测定发芽率，不宜发芽的植物种子使用前应进行催芽处理。

7.2.3.9 复合肥各项理化指标应符合现行国家标准《复合肥料》GB/T 15063的有关规定，有机肥宜选用经生物物质、动植物废弃物、植物残体加工而来，施于土壤以提供植物营养为其主要功能的含碳有机肥，有条件情况下可添加泥炭。

7.2.3.10 天然纤维宜选用木纤维、麦秸、发酵处理后可抗虫害的锯木屑等，有条件情况下可添加椰粉。

### 7.3 土壤改良剂

#### 7.3.1 一般要求

7.3.1.1 应因地制宜选择改良效果好、使用成本低、造成土壤污染小，操作简单方便的土壤改良剂。

7.3.1.2 选择符合要求的国内外使用技术较成熟且有毒有害物质符合 GB 38400中“其他肥料”限量要求的土壤改良剂。

7.3.1.3 推荐方或种植者应按照养分管理4R原则，明确土壤调理剂使用及与肥料配施的技术要求。

7.3.1.4 推荐方或种植者应综合考虑土壤障碍情况、养分状况以及作物种类、种植方式、肥料种类和用量、灌溉及机械设施条件等，选择最佳土壤调理剂使用量和使用方法，以期达到改良障碍土壤、改善土壤有机及生物性状的目的。

7.3.1.5 适当施用土壤改良剂，从改善土壤透气性、土壤重金属修复、调节土壤酸碱度、增加土壤肥力几方面改善土壤问题。

#### 7.3.2 技术指标

7.3.2.1 土壤改良剂种类主要包括：矿物及其制品（如石灰、钙镁磷肥、钾长石、石膏、膨润土石灰石粉、白云石粉、磷矿粉、高温活化贝壳类等）、有机物料（如有机肥、腐植酸、氨基酸聚合物等）、生物炭、生物有机肥、微生物菌剂等。

7.3.2.2 酸性土壤改良宜增施中性或者偏碱性有机改良剂缓解酸害，可配施生石灰调酸。

7.3.2.3 碱性土壤改良宜增施酸性有机肥料、泥炭等有机材料，可根据土壤偏碱程度适量施用石膏、磷石膏、硫磺、硫酸亚铁等。

7.3.2.4 土壤中添加氨基酸聚合物可选用5-ala，其能够促进种子萌发、生根，增加蒸腾拉力，提高肥料利用率。

7.3.2.5 生物有机物肥除常规粪肥外可选用黑水虻虫沙，其在钝化重金属、提升土壤肥力、降解抗生素等方面具有显著效果。

7.3.2.6 土壤调理剂应与土壤充分混匀，避免集中施用，且用后应充分浇水。

## 8 生态修复

### 8.1 通用要求

8.1.1 生态修复主要有喷播绿化、加筋土生态护面、缓坡生态护面、种植槽绿化、飘槽绿化等。

8.1.2 植被防护需要根据矿山边坡坡形、坡比选择适宜的植被生态防护方法。

8.1.3 高陡边坡绿化的种方式分喷播和种植，森林型和观赏型植物群落多采用种植，草灌型植物群落多采用喷播，草本型植物群落既可采用播种也可采用种植。

### 8.2 喷播绿化护面

8.2.1 喷播绿化应根据当地气候、边坡岩土性质、地形条件等，结合生态修复目标确定喷播方法、植物种类。确定喷播基质材料、配比、喷播厚度、施工工艺和技术要求，

8.2.2 喷播方法包括挂网客土喷播、普通喷播、液力喷播、高次团粒喷播和 CBS 植生混凝土喷播等应根据边坡岩土工程地质条件和边坡高度、坡度等特性，结合生态修复要求，选用相应的工艺技术。

表 4 边坡喷播绿化施工方法及适用范围

喷播绿化施工方法	边坡类型	适用坡度	喷播基质离析度 (%)	绿化类型
高次团粒喷播	土质边坡 土石边坡 岩质边坡	$\leq 63^\circ$	5~30	乔灌草型、灌草型、草本型
植被混凝土喷播		$\leq 63^\circ$	5~30	灌草型、草本型
挂网客土喷播		$\leq 50^\circ$	30~50	乔灌草型、灌草型、草本型
普通喷播		$\leq 30^\circ$	40~60	
液力喷播	土质边坡	$\leq 20^\circ$	—*	草本型

注：“\*”因液力喷播基质中无土壤，故不考虑喷播基质厚度和离析度。  
液力喷播适于年降水量小于800mm的土质边坡。

8.2.3 喷播宜在春季和秋季进行，尽量避免在严寒或炎热天气，保证种子发芽率及苗木成活率。

8.2.4 喷播前应对边坡进行修整，保证坡面平整、密实、稳定，陡立及光滑岩面，应采取防止喷播层脱落加固措施。

8.2.5 边坡修整包括坡率、坡形修整及危岩处理等。清理坡表片石、碎石、杂物，对坡表进行整平；修整、凿除坡表转角处及坡顶棱角，使坡面尽可能平整，凹凸度应控制在 $\pm 100\text{mm}$ 以内。

8.2.6 边坡角大于 $63^\circ$ 时，如条件允许宜放缓坡度。

8.2.7 边坡角在 $45^\circ \sim 63^\circ$ 时应铺网钉网或主动防护网；边坡角在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 且边坡表面平滑时，宜铺网钉网。

8.2.8 网钉类型、规格、间距、入射角度等应根据坡面岩土性质和坡角、坡高进行设计，铺网范围、搭接、网与网钉连接及与坡面间距等应符合规范要求。

8.2.9 边坡顶部铺网岩质边坡上延长度不宜小于 $1.5\text{m}$ ，土质边坡上延长度不宜小于 $3.0\text{m}$ 。

8.2.10 在边坡支护加固的基础上采用挂网喷播绿化的，应明确网、网钉与支护结构之间的连接方式和措施。

8.2.11 喷播后的初期养护措施应结合基质材料和种子的特性和要求，满足植被正常生长的需要。

8.2.12 喷播养护宜采用养护浇灌系统，使用喷头洒水或滴灌，控制好水量和扬程，避免产生基材流失和坡面径流，防止冲垮喷播层。

8.2.13 喷播后宜通过补苗以增加常绿植物的品种数量。

8.2.14 因冲刷等原因造成的喷播层损毁或基材、种子流失区段应及时进行补喷。

8.2.15 喷播初期养护期限视坡面植被生长状况而定，一般不少于 $45\text{d}$ 。

### 8.3 加筋土生态护面

8.3.1 加筋土生态护面设计应保证土体具有足够的稳定性、强度和耐久性，同时注意生态保护和环境协调。可采用的形式有生态袋加筋土生态护面、植生袋加筋土生态护面。

8.3.2 加筋土材料及加固件的主要力学和物理技术指标应符合相关技术及 CJ/T 340 环保要求。

8.3.3 加筋土生态护面适用于各种气候条件下任何高度和坡度的边坡，可有效防止多雨季节基质层不会被冲刷和流失而引起山体滑坡或崩塌。

- 8.3.4 加筋土生态护面施工前应进行详细的现场勘查和方案设计。
- 8.3.5 施工前应清除坡面浮石、浮根，尽可能平整坡面。
- 8.3.6 筋材铺设时应按照设计要求进行定位和固定。
- 8.3.7 同一边坡应选用同一规格的生态袋、植生袋以及垫层，生态袋或植生袋内的填料重量宜保持一致。按设计要求进行分次装料并墩实，扎扣牢固结实。
- 8.3.8 生态袋或植生袋铺装前应清除浮土层，夯实整平基础及边坡。
- 8.3.9 按设计要求进行生态袋或植生袋铺装、搭接、连接和加固。生态袋或植生袋后侧及顶部回填土含水率、密实度等应符合设计要求。
- 8.3.10 生态袋或植生袋护坡系统的排水沟（盲沟）、坡顶截水沟或顶部袋体后防渗膜铺设等应符合设计要求。
- 8.3.11 基质填料应具备理化性能好、结构疏松、通气、保水、保肥能力强，适合植物生长等特点。填料中不宜夹杂大块碎石等杂物。
- 8.3.12 草种出芽到幼苗期应浇水养护，保持土壤湿润。开始每天浇水一次，浇水应呈雾状喷洒，随后可减少浇水次数。幼苗生长过程中应适时施肥，防治病虫害，约一个月后基本成坪。

#### 8.4 缓坡生态护面

坡面面层生态护面典型结构包括无种子植物纤维毯、有种子植物纤维毯以及土工格室等。

##### 8.4.1 植物纤维毯护面

- 8.4.1.1 植物纤维毯类型应根据边坡坡度、坡长、气候特征、地质状况、植物纤维毯材料性能等进行选定。
- 8.4.1.2 工艺流程为：边坡修整、测量放线、铺植物毯、固定植物毯、养护。
- 8.4.1.3 异地使用的植物纤维毯的植物种子应有植物检疫证；种子的净度和发芽率应满足设计要求。应使用本地物种和归化物种，不应使用入侵性外来物。
- 8.4.1.4 适用于基底一般为土质边坡，风化岩石及夹石混合边坡应在其表层覆盖富含有机质的土壤，厚度不宜小于10cm。
- 8.4.1.5 边坡坡度宜 $\leq 20^\circ$ ，较陡边坡应结合其它措施采用。
- 8.4.1.6 应注意径流汇集对边坡的冲刷影响，施工中应结合坡顶截水沟、急流槽等措施，分段实施。
- 8.4.1.7 植物纤维毯铺设前清除坡表浮石、危石等杂物，对凸出部分进行削除，对凹陷处进行回填压实，保证坡面平整顺直，满足边坡稳定要求。
- 8.4.1.8 土质贫瘠或石质边坡的坡表，应预先加铺10cm厚种植土。
- 8.4.1.9 在边坡的坡顶、坡脚应沿边坡走向分别开挖锚固沟，坡顶锚固沟应距离坡顶 $20\pm 2\text{cm}$ ；坡面锚固沟视铺设需要确定；分级边坡应逐级设置。锚固沟开挖成矩形或U形，宽度为 $25\text{cm}\sim 30\text{cm}$ ，深度为 $20\text{cm}\sim 30\text{cm}$ 。
- 8.4.1.10 应顺边坡等高线垂直方向自上而下铺设，坡顶应向上延伸不少于80cm，坡脚伸入锚固沟不少于50cm，铺设固定后回土夯实。
- 8.4.1.11 相邻两卷之间相互搭接宽度不小于10cm，搭接顺序按逆风走向，且用锁扣绑扎固定。
- 8.4.1.12 植物纤维毯铺设应与坡面密贴，平整无褶皱，作业过程应避免人员在坡面来回踩踏。
- 8.4.1.13 植物纤维毯铺设完成后应采用锚固钉固定，锚固钉可选用U型钉或T型竹签。锚固钉的间距不大于100cm，呈梅花形布置。上锚固沟、坡比变化、坡面陡于1:1时应加密设置，间距宜为50cm。
- 8.4.1.14 铺设固定后应在表层覆土，覆土厚度宜为1cm~2cm。
- 8.4.1.15 植物纤维毯应采用专用锁扣相互搭接，锁扣间距不大于100cm。
- 8.4.1.16 植物纤维毯铺设完毕后，应立即进行洒水养护。洒水时应控制喷头与坡面的距离、出水量和移动速度，不应出现旱斑或产生径流。

##### 8.4.2 土工格室护面

- 8.4.2.1 土工格室适用于岩质、土石混合的缺少植物生长土壤条件的边坡，坡度不大于 $20^\circ$ ，坡长超过10m后应进行分级，使用时应先在坡顶固定，
- 8.4.2.2 工艺流程为：边坡修整、测量放线、铺土工布、铺土工格室、固定土工格室、填土、养护
- 8.4.2.3 土工格室片材宜采用高分子材料加工而成，单组展开面积不宜小于 $4.0\text{m}\times 5.0\text{m}$ ，格网平面尺寸宜为 $0.2\text{m}\sim 0.8\text{m}$ ，高度宜为 $0.05\text{m}\sim 0.2\text{m}$ 。格室组间连接处中间抗拉强度不宜小于 $120\text{N}/\text{cm}$ ，边缘抗拉强度不宜小于 $200\text{N}/\text{cm}$ 。
- 8.4.2.4 土工格室应顺坡均匀布设，宜采用钢筋或锚固钉锚固，间距宜为 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ ，长宜为 $0.2\text{m}\sim 0.5\text{m}$ 。
- 8.4.2.5 土工格室片拼接位置应合理划分，准确下料，并编号堆放。
- 8.4.2.6 土工格室宜采用连接件连接格室，紧贴坡面均匀展开，先固定两边，充分张拉后及时用锚杆固定。
- 8.4.2.7 土工格室采用热熔焊接方法连接时，应在施工前进行焊接工艺试验，根据试验选定施工工艺及相应的施工参数。焊接强度不得低于母材，焊接长度不应小于 $0.1\text{m}$ 。焊接后2小时内不得拉扯搭接面。
- 8.4.2.8 平铺式土工格室应自上而下铺设，坡顶应加强锚固。
- 8.4.2.9 土工格室内应填充种植土，表层宜撒播植被种子或铺设草皮。
- 8.4.2.10 出芽期应增加洒水频率和洒水量，保证整个出芽期边坡、种植土湿润。
- 8.4.2.11 幼苗期持续14天~21天，应保持护坡表面湿润。
- 8.4.2.12 生长期可逐渐降低洒水浇灌频率，并根据降水情况予以调整，保证湿透土层10cm以上。
- 8.4.2.13 对植物生长不均匀或稀疏无苗区应进行补播、补种，做好病虫害防治和追肥工作。

### 8.4.3 连锁式生态护坡砌块

- 8.4.3.1 生态砌块性能指标应满足设计要求。
- 8.4.3.2 工艺流程为：坡面凭证、测量放线、铺土工布、铺连锁块、装填种植土、养护。
- 8.4.3.3 连锁式生态护坡砌块铺设前应对按照设计要求对坡面进行平整，确保护坡外观平顺，压实度应符合设计要求。
- 8.4.3.4 坡面平整后，在基础面上铺设滤水土工布，土工布搭接长度不得小于 $100\text{mm}$ ，并深入两端路面不小于 $1\text{m}$ 。
- 8.4.3.5 土工布铺设应自下而上进行，与坡面密贴，不留空隙，铺设应平顺，松紧适度，不应有张拉受力、折叠、打皱等情况。
- 8.4.3.6 铺设连锁护坡砌块前应先计算护坡砌块用量。
- 8.4.3.7 铺设生态砌块一般在左下边沿或右下边沿开始铺设两行，然后再 $45^\circ$ 角斜向上铺设。
- 8.4.3.8 砌块铺设时，不应破坏垫层的平整度和厚度。
- 8.4.3.9 曲面砌块整形处底部应填筑密实，无架空。曲面砌块底部水平缝宽控制在 $8\text{mm}$ 以内，底部其他缝宽控制在 $6\text{mm}$ 以内。
- 8.4.3.10 生态砌块下边沿与混凝土板连接时，先浇筑混凝土板，再铺设生态砌块，生态砌块与混凝土板用现浇混凝土带连接。
- 8.4.3.11 生态砌块上边沿与混凝土路面砖连接时，滤水土工布伸入路面砖基层内 $1\text{m}$ ，生态砌块与混凝土路面砖用现浇混凝土带连接。
- 8.4.3.12 生态砌块铺设完以后，再浇筑上下两条混凝土带，用干砂填充生态砌块之间的接缝。
- 8.4.3.13 连锁护坡砌块铺设完毕后，在孔洞内装填种植土，种植土质量、回土量、土层厚度应符合设计及CJ/T 340要求，且拌合均匀，自然沉实。
- 8.4.3.14 种植苗木品种、规格、质量应符合设计要求。植被种植结束后，根据植物习性和墒情及时浇水。
- 8.4.3.15 应及时采取措施防治病虫害，宜根据病虫害疫情结合生物措施、物理措施和化学措施对症防治。药剂使用应符合环保要求。发现植被秃斑、脱落或破损时，应查明原因，及时补植。

## 8.5 种植槽绿化

## T/SASWI 002—2023

- 8.5.1 工艺流程为：边坡修整、清理、测量放线、围堰、凿岩结合围堰和岩成堰、回填种植土（施肥）-苗木种植、养护管理。
- 8.5.2 种植槽绿化适用于岩体稳定、局部有缓坡或平台的岩质边坡。
- 8.5.3 种植槽绿化工程设计应根据边坡岩土性质、地形条件，充分论证其技术可行性，选择合适的类型、分布方式与密度，最大限度地改善边坡生态环境。
- 8.5.4 施工前应先消除边坡危岩等安全隐患，按照设计要求和地形地质条件测量放线定位，对不适宜绿化区采取处理或回避措施，报设计单位审批。
- 8.5.5 种植槽施工前应对坡面进行清理修整，坡面修整应满足设计要求。
- 8.5.6 种植槽应与边坡牢固结合，避免引发次生灾害。
- 8.5.7 种植槽建造包括凿岩结合用堰和直接围堰二种形式。凿岩结合围堰适宜坡度一般小于  $45^{\circ}$ ，直接围堰适宜坡度一般小于  $50^{\circ}$ 。凿岩应在边坡岩性及工程地质条件允许的前提下进行，避免因凿岩造成岩体破坏而引起边坡滑塌等地质灾害。
- 8.5.8 凿岩结合围堰种植槽宜采用静态爆破结合风镐凿岩，在坡面形成横向平台。围堰宽度不小于 0.50m，坑深不小于 0.35m，凿岩后边坡坡度不宜大于  $70^{\circ}$ 。
- 8.5.9 种植槽建造规格应满足设计要求。
- 8.5.10 种植土质量、回土量、土层厚度应符合设计及 CJ/T 340 标准要求，且拌合均匀，自然沉实。
- 8.5.11 种植苗木品种、规格、质量应符合设计要求。

## 8.6 飘槽绿化

- 8.6.1 工艺流程为：边坡修整加固、制槽、钻孔、构建植生槽、铺填种植土或堆叠生态袋、种植爬藤类植物。
- 8.6.2 飘槽绿化施工应在坡面上搭设脚手架，用于施工钢筋混凝土结构的飘槽板及锚杆施工，脚手架应满足施工安全的要求。
- 8.6.3 根据设计图纸进行放样，对放样点进行标记作为锚杆孔点位。
- 8.6.4 锚杆施工应按照 GB 50086 的规定执行。锚杆钢筋施工时应进行防腐、防锈处理。
- 8.6.5 模板宜采用合适的钢模板，采用连接件固定。按照图纸要求进行钢筋的绑扎、孔洞预留等。混凝土浇筑应连续进行，如果因故中止且超过允许时间，浇筑完成后飘槽板厚度不小于设计值，浇筑时严格按照设计图纸施工。
- 8.6.6 坡面飘槽板全部浇筑完成后，且达到设计强度值，自上而下对槽内回填基材。基材应按照设计的配合比制作，设计未做要求时可采用当地种植土与农家肥（鸡鸭粪）、草纤维按照试配成功的比例来制作基材。采用高压混凝土泵将配备好的基材自上而下送到每个槽内。
- 8.6.7 基材回填完成后进行苗木种植，飘槽内侧隔 250mm 种植爬藤类植物（如爬山虎等），向上攀爬进行坡面绿化；飘槽外侧隔 250mm 种植垂类植物，向飘板下方吊进行绿化；在飘槽中部隔 500mm 种植小型乔木、灌木。

## 9 边坡蓄排水与养护

### 9.1 基本要求

- 9.1.1 边坡蓄排水工程应根据设计要求结合现场地形与水文地质条件进行布置。合理布置蓄水构筑物、扬水设施和边坡排水体系。
- 9.1.2 蓄排水工程沟槽基面应平整密实，基面尺寸、高程、坡比、承载力应符合设计要求。蓄排水工程用原材料、中间产品等应进行现场验收并取样检测。

9.1.3 蓄排水工程垫层浇筑、钢筋骨架制安、沟（墙）体浇筑或砌筑、管道铺设等应按设计及相关规范要求施工和验收。排水管工程应按设计及 GB 50242 进行闭水试验。

9.1.4 沟（墙）体两侧或管道上部回填高程应符合设计要求，并考虑自然沉实引起的下沉量。

9.1.5 蓄排水工程应按设计要求设置沉降缝和泄水孔。

## 9.2 边坡排水

9.2.1 排水工程设计应根据工程地质、水文地质、环境地质、地形地貌及气象水文等条件，以减轻水对边坡稳定和生态环境的不利影响为目标，经技术经济比较综合确定。

9.2.2 边坡排水应随坡就势，应利用自然地势条件，截排水沟应设置在地形低凹处，能方便地表水的汇集及排泄。

9.2.3 边坡排水用原材料、中间产品等应进行现场验收并取样检测。

9.2.4 沟（墙）体两侧或管道上部回填高程应符合设计要求，并考虑自然沉实引起的下沉量。

9.2.5 排水工程应按设计要求设置沉降缝和泄水孔。

9.2.6 坡体横、纵向排水沟的间距应满足设计要求，排水沟应与原有排水设施相连通。

9.2.7 高陡边坡或岩稳定性欠佳边坡的排水工程应采取分级截流，纵横结合排水的方法来进行处理。坡顶以外的地表水从截水沟排走，分级边坡每个台阶设一截水沟排水，坡脚设边沟排水。

9.2.8 截（排）水沟、排水管位置应按设计要求使用测量仪器施放，起止点应符合设计要求。排水坡底蓄水构筑物内按设计坐标测放沟（管）道总线，每 20m 定出中桩、边桩并固定。

9.2.9 沟（管）应按照计算的实际比降分段控制沟底、顶面高程，分段施工。

9.2.10 坡顶截水沟宜结合地形布设，距挖方边坡坡口或潜在塌滑区后缘不应小于 3m；填方边坡上侧的截水沟距填方坡顶的距离不宜小于 2m；多雨地区可设一道或多道截水沟。

9.2.11 边坡平台应设置平台排水沟。结合边坡汇水情况，设置边坡纵向排水沟，纵向排水沟沿边坡走向间距宜小于 50m。平台排水沟、纵向排水沟应与坡顶截水沟、坡脚排水沟共同构成完整的坡面排水系统。

9.2.12 当截排水沟处于自然纵坡  $>1:20$  或水头高差  $>1.0\text{m}$  的坡地段或特殊陡坎地段时，宜设置跌水。跌水应采取加固措施，必要时采取消能措施。

9.2.13 地表排水工程设计应充分考虑汇水面积、汇水量、地形地貌特征、当地气象条件等因素。

9.2.14 地下排水工程设计应充分考虑边坡岩土性质、含水层及潜水分布特征、水文地质条件、排水量等因素。

9.2.15 排水工程应采取防止截排水沟出现堵塞、溢流、渗漏、淤积、冲刷和冻结等现象。

9.2.16 坡面排水应与原排水系统、自然冲沟或市政、道路雨水管网相衔接。

9.2.17 临时性排水工程应满足地表水、季节性暴雨、地下水和施工用水的排放要求，有条件时应结合永久性截排水工程进行设置。

## 9.3 边坡蓄水

9.3.1 边坡蓄水工程设计应根据工程地质、水文地质、环境地质、地形地貌及气象水文等条件，经技术经济比较综合确定。

9.3.2 边坡蓄水可利用原有低洼地形留滞并利用雨水。

9.3.3 蓄水构筑物工程包括塘堰、蓄水池。

9.3.4 塘堰工程应满足下列要求：

9.3.4.1 应尽量利用与修复区相距较近的自然塘堰，保护自然环境和土地资源，降低工程成。

9.3.4.2 塘堰布局应紧密结合土地整治和水土保持综合治理。

9.3.4.3 塘堰的蓄水量和水质应能满足植被养护用水要求。

## T/SASWI 002—2023

9.3.4.4 灌溉系统应尽可能满足自流浇灌要求。对于塘堰位置较低、蓄水水位不能满足自流浇灌要求的塘堰，采用泵站提水浇灌。

9.3.5 蓄水池工程应符合下列要求：

9.3.5.1 蓄水池容积应满足植被养护需水量或中转蓄水量要求，其位置应方便植被养护浇灌，最大限度地收集利用自然降水。

9.3.5.2 蓄水池进水口宜与修复区截排水系统相连。蓄水池最高水位应低于其边墙0.30m。

9.3.5.3 蓄水池形式一般采用矩形开敞式，周边墙体可采用浆砌石或钢筋混凝土浇筑，并具有防渗功能。

9.3.5.4 蓄水池容积可根据设计暴雨径流量和清淤年累计泥沙淤积量等确定。

### 9.4 养护要点

9.4.1 排水设施应在生态修复工程实施之前进行设计和施工。

9.4.2 施工中设置的拦水、急流槽等临时排水设施应满足现场实际要求。边坡出现渗水时，应设置引排措施。

9.4.3 当反压坡面、回填料基面有地下水出路点时，应布置盲沟将地下水引出。

9.4.4 在滑坡剪出口、边坡可能的富水部位设排水渗层、排水盲沟，防止坡体积水。

9.4.5 汛期前应排查和维护坡面防汛设施，确保坡面截排水设施正常运行。汛期中应巡查和清理坡面截排水设施，出现问题应及时修缮。

## 10 综合利用

### 10.1 矿山边坡治理与高标准农田相结合

10.1.1 矿山生态边坡治理可根据条件开展田块整治、灌溉与排水、田间道路、土壤改良等活动，打造高标准农田。

10.1.2 采矿迹地生态治理恢复高标准农田工程布局应充分考虑当地社会经济条件、水资源状况和经济发展要求，合理布置水源、灌排、道路、防护林等工程，使田块规整、灌排配套，便利耕作。

10.1.3 高标准农田建设应遵循以下原则：

10.1.3.1 科学规划，统筹布局。衔接国土空间、水资源利用、农业发展、林业发展等规划，科学确定高标准农田建设布局，优先在粮食生产功能区、重要农产品生产保护区、大中型灌区建设高标准农田，筑牢国家粮食和重要农产品安全阵地。

10.1.3.2 突出重点，综合治理。突出提升农田抗御自然灾害能力，以完善灌排设施、提升耕地质量和宜机化建设为重点，“田、土、水、路、林、电、技、管”综合配套，夯实高标准农田可持续发展的物质基础。

10.1.3.3 示范引领，绿色发展。着力打造建设标准化、装备现代化、应用智能化、经营市场化、管理规范化的绿色示范田园，引领高标准农田现代化发展。科技驱动提高效率。利用现代科技成果，集成水肥药一体化灌溉、苗情虫情墒情自动监测、智能化气象服务和自动化生产管理的数字农田，推动科技赋能、数字赋能，提高全要素生产效率。

10.1.3.4 建管并重，长效运行。注重源头管控，坚持建管并重，落实项目建设与建后管护“同步设计、同步建设、同步落实”的“三同步”原则，实现农田基础设施管护规范化、常态化、长效化。

10.1.4 高标准农田建设区域以保持粮食产能持续提升为重点，优先选择粮食生产功能区和重要农产品生产保护区及大中型灌区建设高标准农田。不应在 GB/T 30600 规定的禁止区域开展高标准农田建设活动。

10.1.5 高标准农田建设应质量、数量和生态并举，“田、土、水、路、林、电、技、管”综合配套达到“集中连片、旱涝保收、节水高效、稳产高产、生态友好”的标准。推动耕地质量保护提升、生态涵养、农业面源污染防治和田园生态改善有机融合，提升高标准农田生态功能。

10.1.6 耕作区域宜总体保持基本平整，划分田块保持平整。

- 10.1.7 土层厚度或土质不能满足耕作要求时，应采取客土覆盖，覆土厚度应根据种植作物要求确定。
- 10.1.8 因地制宜采取土壤改良和培肥地力的措施，使耕作层土壤满足种植要求。
- 10.1.9 田间道路布置应优先利用已有运矿道路和乡村道路，田块划分应结合原有道路、地面高差并与渠系布局相结合。
- 10.1.10 根据项目区水源条件和作物灌溉需求，合理配置水源工程。
- 10.1.11 高标准农田建成后应在项目区设立永久保护标识。

## 10.2 矿山边坡治理与光伏等新能源相结合

- 10.2.1 矿山边坡治理可根据地形、光照等情况，与光伏等新能源技术相结合。
- 10.2.2 矿山边坡光伏发电工程设计及施工应考虑交通事故及二次事故影响，识别安全应急风险，并制订应急预案。
- 10.2.3 应结合环境保护和水土保持要求，从边坡光伏发电工程全生命周期角度，考虑其建设及运行对环境的影响。
- 10.2.4 光伏电站设计在满足安全性和可靠性的同时，宜采用绿色、环保、节能、低碳的材料与设施。
- 10.2.5 矿山边坡光伏发电工程主要流程包括设计、施工与验收，应加强流程实施相关方之间的信息沟通与协调。
- 10.2.6 应对项目建设路段工程地质情况进行勘探和调查，根据地形地貌特征、水文特征、结构和主要地层的分布及物理力学性质等选取项目建设路段。
- 10.2.7 应充分考虑光资源利用率和眩光安全性，宜选择东西走向直线段向阳侧边坡和不产生眩光影响的曲线段向阳侧边坡进行工程建设。
- 10.2.8 应充分考虑施工、运营安全性及施工难度，宜选择路堤边坡进行项目建设。
- 10.2.9 应充分考虑路基边坡地质条件，宜选取填土路基及混填路基进行项目建设。
- 10.2.10 应充分结合边坡本身植被情况，宜选择少树木或无树木的边坡进行项目建设，并应建模确认9:00~15:00时段内边坡内外构筑物 and 树木等对光伏组件无阴影遮挡。
- 10.2.11 应考虑边坡排水及耐冲刷需求，宜选择具备集中排水系统或易于进行排水改造的边坡进行项目建设。
- 10.2.12 宜采用安全性高的新工艺、新材料对暴露于组件方阵以外的支架、支架基础、钢结构棱角等实施安全防护措施。
- 10.2.13 项目施工不应破坏边坡原有设施的基本功能。
- 10.2.14 应减少土石方挖填施工，降低对地表植被和表层土的破坏，应减少开挖施工对边坡及道路基础的影响。
- 10.2.15 应按照 GB 50797 要求，对边坡光伏发电工程进行过电压保护、防雷接地和消防设计。
- 10.2.16 工程使用启动前，应进行系统调试，并对植被及施工表面恢复补救情况、交通安全设施、排水设施功能、结构稳定性、设备布置及运行、电气和线路安全性等进行必要检查。

## 10.3 矿山边坡治理与文旅相结合

- 10.3.1 根据矿山现状和区域特点，通过生态治理和修复，建成各类公园；展示生态迹地保护利用成果，为公众提供体验自然、享受自然的文化旅游休闲场所。
- 10.3.2 恢复公园应符合生态总体规划。制定生态保护与修复实施方案，明确拟采取的生态保护措施、生态恢复及补偿措施。
- 10.3.3 区域地质特征、现状调查资料齐全，不造成地质灾害等危害。根据拟建公园类型、区位，结合现状资源条件和使用需求，优化功能分区和景点。
- 10.3.4 拟建公园的建筑设施、人文景观及整体风格应与周用的自然相协调；恢复公园后具有地质人文景观价值，能够给人们提供休闲娱乐场所。

- 10.3.5 应对采矿迹地现有控制高程、保留的现状物高程、周边环境的高程及排水情况进行详细勘察。
- 10.3.6 地形改造宜整体连续并结合原有设施，避开拟保留现状物，并有利于排水。各类地表排水应符合 GB 51192 表 5.1.4 的规定。
- 10.3.7 排土场、尾矿库地形改造时应采取防止地面沉降的措施。
- 10.3.8 露天采坑可结合集雨节水技术改造为水景观。
- 10.3.9 采矿迹地恢复公园规划时应根据实际需要结合现状确定主次出入口的位置，出入口位置应与园路、周边场地及其他设施相协调，与交通主干道及道路交叉口保留安全距离。
- 10.3.10 园路系统规划应根据游人习惯、主要活动场地、出入口等因素布局，并结合原有运矿道路进行分级规划。
- 10.3.11 景点、景观应充分利用原地形、地貌、水资源特点进行规划，减少较大的土石方开挖。
- 10.3.12 服务设施数量应与公园性质和游客容量相匹配。
- 10.3.13 植物配置应适地适树，根据植物生物学特性提出近、远期的景观要求和措施。充分利用采矿迹地原有植被，注重植物景观和空间的塑造，并满足设计要求。
- 10.3.14 拟建公园区域给水水源应优先利用矿井涌水、再生水和雨水。
- 10.3.15 排水系统应结合原有排水设施，采用雨污分流，布置雨水利用设施。
- 10.3.16 应布置照明、安全防护、智慧园林等智能化电气系统，鼓励采用再生能源。
- 10.3.17 电气系统布置要充分考虑采矿迹地周边及内部现状电气系统及负荷等级，并根据公园规模与电气需求制定用电负荷等级，合理改造。

#### 10.4 矿山边坡综合开发治理

- 10.4.1 根据矿山现状和区域特点，可打造集高标准农田、新能源、文化旅游等与矿山治理一体的综合开发利用模式。
- 10.4.2 工程设计应因地制宜、综合考虑生态环境、安全经济等因素，慎重选择治理开发利用技术，并应加强监测工作。
- 10.4.3 开发治理工程要综合考虑该地区国土空间规划，在确定地貌重塑、水土污染治理、景观改造、新能源开发利用等修复技术前，应进行相应的可行性分析和评价。

### 11 质量检测与工程验收

#### 11.1 质量检测

- 11.1.1 植物材料的外观质量检验标准应符合表 5 的规定。

表 5 植物材料外观质量检验标准

序号	项目	规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量
1	乔木 灌木	姿态和长势	观察、量测	每100株检查10株，每株为1点，少于20株全数检查
		病虫害		
		土球苗		
		裸根苗根系		
		容器苗木		

2	棕榈类植物	主干挺直，树冠匀称，上球满足要求，根系完整		
3	草卷、草块、草束	草卷、草块长宽尺寸基本一致，厚度均匀，杂草不超过5%，草高适度，根系好，草芯鲜活	观察	按照面积抽查10%，1m <sup>2</sup> 为1点，大于或等于5点。小于或等于50株应全数检查
4	花苗、地铺、绿篱及模纹色块植物	株型茁壮，根系基本良好，无伤苗，茎，叶无污染，病虫害危害程度不超过植株的5%~10%	观察	按照数量抽查10%，10株为1点，大于或等于5点。小于或等于50株应全数检查
5	整型景观树	姿态独特、曲虬苍幼、质朴古拙，株高不小于150cm，多下式树景的叶片托盘不少于7个~9个，土球完整	观察、尺量	每100株检查10株，每株为1点，少于20株全数检查
6	竹类植物	品种、规格满足设计要求，竹类材料应新鲜，节边（竿根结合处）无损伤，散生竹根应来边略短、去边略长，无病、虫、草害	观察、尺量	每100株检查10株，每株为1点，少于20株全数检查

11.1.2 植物材料规格允许偏差和检验方法应满足设计要求，无设计要求时应符合表6的规定。

表6 植物材料规格允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差要求mm	检验方法	检查数量	
1	乔木	胸径	≤5cm	-2	量测	每100株检查10株，每株为1点，少于20株全数检查
			6cm~9cm	-5		
			10cm~15cm	-8		
			16cm~20cm	-10		
		高度	—	-200		
	冠径	—	-200			
2	灌木	高度	≥100cm	-100	量测	每100株检查10株，每株为1点，少于20株全数检查
			<100cm	-50		
		冠径	≥100cm	-100		
			<100cm	-50		

11.1.3 削坡整形施工质量应符合表7的规定。填坡土现场取样做压实度或密实度检验，土质、压实度或密实度应满足设计要求。

表7 削坡整形工程质量检验标准

序号	检查项目	允许值或允许偏差要求	检查方法
1	整形坡面	稳定无松动岩块，且满足设计要求	目测，敲击
2	平均坡度	不陡于设计坡度	坡度尺

3	边坡平台	宽度、标高满足设计要求	钢尺、水准仪	
4	坡脚标高	±20cm	水准仪	
5	平整度	±15cm	用2m直尺	
6	光面爆破半孔率	完整的岩体	>85%	现场统计
		较完整的岩体	>60%	
		破碎的岩体	>20%	

11.1.4 喷播施工质量应符合表 8 的规定。

表 8 喷播施工质量验收标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量	
1	边坡修整	边坡坡度	满足设计要求	坡度尺量	每200m <sup>2</sup> 抽查1点，不少于3点	
2		岩质坡面浮土（石）清理	无浮土（石）覆盖	现场检查		
3		坡面特殊性土处置	满足设计及相关要求			
4		坡面裂缝、溶洞或渗水处理	满足设计及相关要求			
5		土质（碎石）边坡岩密实度	满足设计要求	现场实测	按照设计要求	
6	铺网钉网	网的质量及规格	满足设计要求	检查出厂合格证、质量检测报告	每5000m <sup>2</sup> 为1个检批，不少于1个检验批	
7		网的质量及规格	满足设计要求	检查出厂合格证，质量检测报告，尺量	每10000个为1个检验批，不少于1个检验批	
8		网钉的入岩深度	-5mm	尺量	每200m <sup>2</sup> 检查1处	
9		网钉与坡面夹角	±1°			
10		锚杆固定	浆体强度	满足设计要求	检测报告	按照设计要求
11			浆体充填	饱满、密实	现场口测	抽查3%
12		网钉抗拔力		满足设计要求	锚杆注浆7d后抗拔试验	选取2%的锚杆
13		抗滑加固网、网钉与支护结构间连接措施		满足设计要求	现场检查	每200m <sup>2</sup> 检查1处
14		基质材料、种子及配比	基质材料品种、规格或型号、技术参数	满足设计要求	合格证、检测报告	每次进场同批次为1个检验批
15	种子品种及质量		满足设计要求	检测报告、发芽率及检疫报告	—	
16	基质配比		满足设计要求	现场抽查	每班1次	
17	种子配比		满足设计要求		—	
18	喷播	喷播厚度	+10 -5	mm	地测法，尺量	每200m <sup>2</sup> 抽检1处
		基材流失状况	满足设计要求	目测		
19	初期	养护用水水质	满足设计要求	按照GB 5084的规定抽样检测		

20	养护	肥料品种、质量	满足设计要求	出厂合格及质量检测报告	同批次、同品种为一检验批
----	----	---------	--------	-------------	--------------

11.1.5 种植施工质量应符合表 9 的规定。

表 9 种植施工质量验收标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量
1	场地整理	渣土、废料、杂物、有害污染物等清理	满足设计要求	观察、测量	1000m <sup>2</sup> 检查3处，不足1000m <sup>2</sup> 检查不少于1处
2		场地标高	满足设计要求		
3	种植上肥和表层整理	肥料质量	满足设计要求	试验、检测报告、观察	1000m <sup>2</sup> 检查3处，不足1000m <sup>2</sup> 检查不少于1处
4		有机肥腐熟	满足设计要求		
5		无机肥	满足设计要求		
6	种植穴、槽	定点放线	满足设计要求	观察、测量	每100个穴检查20个。不足20穴时全数检查
7		直径	大于土球或裸根苗根系40cm~60cm		
8		穴深	穴径的3/4~4/5	观察、测量	每100个穴检查20个。不足20穴时全数检查
9		底部不透水层及重黏土层处理	疏松或采取排水措施		
10	树木种植	品种、规格、位置	满足设计要求	观察、测量	检查10%，少于10株全数检查，成活率按照面积抽查10%，4m <sup>2</sup> 为1点，至少检查5个点，小于或等于30m <sup>2</sup> 全数检查
11		垂直度	不应倾倒		
12		成活率	95%		
13	草坪和草本地被播种	发芽试验、催芽处理、播种量	满足设计要求	观察、尺量及种子发芽试验报告	5000m <sup>2</sup> 检查3处，每点面积4m <sup>2</sup> ，不足500m <sup>2</sup> 检查不少于3处
14		土壤湿度、耨细耙平	满足设计要求		
15		地面坡度	0.3%~0.5%		
16		播种后喷水养护	满足设计要求		
17		成坪后覆盖度	>95%		
18		单块裸露面积	≤25cm <sup>2</sup>		
19		杂草种病虫害而积	≤5%		
20	草坪和草本地被分种	植物材料保鲜	满足设计要求	观察、尺量	每500m <sup>2</sup> 检查3处，每点面积4m <sup>2</sup> ，不足50m <sup>2</sup> 检查不少于3处
21		种植前浇水浸地深度	>10cm		
22		成坪后覆盖度	>95%		
23		单块裸露面积	≤25cm <sup>2</sup>		
24		杂草及病虫害而积	5%		
25	铺设草	铺改前浇水湿地细整找平	满足设计要求	观察、尺量、查	每500m <sup>2</sup> 检查3处，每点面

26	块和草卷	铺设后与土壤接触	满足设计要求	看施工验收记录	积4m <sup>2</sup> ，不足50m <sup>2</sup> 检查不少于3处
27		铺设后浇水浸湿土壤厚度	>10cm		
28		成坪后覆盖度	>95%		
29		单块裸露面积	≤25cm <sup>2</sup>		
30		杂草及病虫害面积	≤5%		
31	花卉种植	品种、规格、种植放样、密度、图案	满足设计要求	观察、尺量、查看施工记录	每500m <sup>2</sup> 检查3处，每点面积4m <sup>2</sup> ，不足500m <sup>2</sup> 检查不少于3处
32		成活率	>95%		
33	竹类种植	竹苗挖掘	满足设计要求	观察、尺量	每100株检查10株，不足20株全数检查
34		竹类材料品种规格	满足设计要求		
35		放样定位	满足设计要求		
36		土壤厚度、质量	满足设计要求		

## 11.2 工程验收

11.2.1 矿山边坡生态修复施工验收包括中间检验和竣工验收，检验与验收标准应满足设计要求工程单位、分部、分项工程划分见表 10。

表 10 矿山生态护坡工程单位、分部、分项工程划分

单位工程	分部工程	分项工程	检验批
矿山生态护坡工程	边坡安全性治理	削坡整形	小范围（宽度小于50m）的削坡可只有1个检验批 大范围（宽度大于50m）削坡可按照区段划分出若干个检验批
		填坡工程	小范围（宽度小于50m）的削坡可只有1个检验批 大范围（宽度大于50m）削坡可按照区段划分出若干个检验批
		柔性防护网	小范围（宽度[与斜坡走向一致，下同]小于50m）的可只有1个检验批
		钢筋混凝土格构	小范围（宽度小于50m）的格构可只有1个检验批 大范围（宽度大于50m）格构可按照区段划分出若干个检验批
		锚喷防护	按照区段、台阶划分出若干个检验批
		挡土墙	1道墙为1个检验批，大型墙（高度不小于4m，且长度不小于50m）可按照桩号划分出若干个检验批
		排（截）水沟	1条沟为1个检验批，长度大于100m的沟（下同）可按照桩号（长度，下同）划分出若干个检验批，或按照缓坡段、陡坡段、跌水等划分
	生态修复	喷播施工	按照施工段及区域划分检验批
		种植	按照植物种类及种植时间划分检验批
		加筋土	按照施工区段划分检验段
		植物纤维网	按照施工区段划分检验段

11.2.2 矿山边坡生态修复工程验收方法主要有现场抽查、资料核、综合评价、专家评估等。

11.2.3 施工单位应在每道工序完成后进行质量自检，在自检合格的基础上，向监理工程师报验，同时做好现场验收记录，并将自检资料报送监理工程师，验收不合格不应进入下道施工工序。重要的中间过程和隐蔽工程应由建设、监理、施工单位，会同勘查和设计等单位共同参加检查验收。

- 11.2.4 矿山边坡生态修复工程完工后施工单位应依据设计图纸对工程质量进行自检和评定，自检合格并经监理单位核定认可后，将竣工验收报告和相关资料提交建设单位。由建设单位组织专家并会同设计、监理、勘查、施工等单位对工程质量进行检查、验收和评定。验收文件应经以上各方签字认可。
- 11.2.5 施工单位完成苗期养护后，按照项目设计方案要求进行工程验收，提出验收意见和整改要求。
- 11.2.6 需要提交的主要材料：
- 11.2.6.1 勘查设计报告。
- 11.2.6.2 中标通知书及合同、施工单位相应的资质证书。
- 11.2.6.3 开工报告、施工日志、分项、分部工程质量验收记录、隐蔽工程验收记录等各类施工原始记录表。
- 11.2.6.4 施工质量评定及验收评定表
- 11.2.6.5 其他应提供的有关文件、资料（如设计变更资料、会议记录等）、施工总结报告。
- 11.2.7 工程验收要求：依据项目设计文件，在项目现场实地核对、检查各分项工程完成情况，施工质量应满足设计要求。主要内容：各分项工程和隐蔽工程施工情况、工程质量与场地稳定性、边坡绿化基质状况、苗期养护及植被生长状况、苗木成活率、施工资料的完整性和合规性、矿区生态修复后与周边环境自然和谐程度等。
- 11.2.8 应按照规定对工程管理文件和工程技术文件整理、分类、成册和归档。
- 11.2.9 矿山生态护坡工程验收应对工科竣工资料、工程数量和质量等进行全面检，现场查验主要工程外观质量，填写工程质量检验评定表，按照适用标准评定工程质量等级。
- 11.2.10 矿山生态护坡工程质量应达到设计要求，未达到要求的不应通过验收。
- 11.2.11 验收意见若有整改意见时，施工单位应及时按照要求进行整改。验收合格后由建设单位组织施工单位向工程运行管理维护单位办理移交手续。

## 附录 A

(资料性)

## 山东省边坡客土喷播生态防护工程应用植物品种推荐表

表 A.1 山东省边坡客土喷播生态防护工程应用植物品种推荐表

分类	序号	名称	生态习性
草本植物	1	高羊茅	喜光，耐半阴，喜寒冷潮湿、温暖的气候，耐高温；对肥料反应敏感，抗逆性强，耐酸、耐瘠薄，抗病性强。
	2	黑麦草	喜光不耐阴，喜温凉湿润气候，耐寒及耐热性均差。较能耐湿，忌长期积水。不耐旱，尤其夏季高热、干旱更为不利。对土壤要求比较严格，喜肥不耐瘠薄。略能耐酸，适宜的土壤pH为6~7。
	3	狗牙根	喜光，稍耐半阴，喜温暖湿润气候，耐阴性和耐寒性较差，6℃~9℃时几乎停止生长，草质细，耐践踏。侵占力较强，能耐轻微盐碱，绿期长达260d。
	4	紫花苜蓿	抗逆性强，适应范围广，能在多种类型的气候、土壤环境下生长。性喜干燥、温暖、疏松、排水良好、富含钙质的土壤，不耐水淹。
	5	白车轴草	喜光，不耐庇荫，喜温暖湿润气候，不耐干旱和长期积水，适应性广，抗热抗寒性强。喜弱酸性土壤，不耐盐碱。
	6	小冠花	喜光不耐阴，病虫害少。生长健壮，适应性强，耐寒性强（-34℃低温下仍能安全越冬），耐旱不耐涝，耐瘠薄土壤，对土壤要求不严，在pH5.0~8.2的土壤上均可生长。
	7	早熟禾	喜光，耐阴性强，可耐50%~70%郁闭度，耐旱性较强耐寒性强（-20℃低温下能顺利越冬），抗热性较差，在气温达到25℃左右时逐渐枯萎，对土壤要求不严，耐瘠薄，但不耐水湿。
	8	二月兰	喜光，耐阴。适应性、耐寒性强，病虫害少。土壤要求不高，可适应中性或弱碱性土壤，自播能力强。
	9	结缕草	喜光，在通气良好的开旷地上生长壮实，但又有一定的耐阴性。抗旱、抗盐碱、抗病虫害能力强，耐瘠薄、耐践踏、耐一定的水湿。
木本植物	10	油松	阳性树种。极喜光，喜干冷气候，耐寒，能耐冬季-25℃低温；耐干燥瘠薄；深根性，抗风能力强；对土壤要求不严。
	11	黑松	阳性树种。喜光，耐干旱瘠薄，不耐水涝，不耐寒；适于温暖湿润的海洋性气候区，耐海雾，抗海风，可在海滩盐土地生长；抗病虫害能力强，生长慢，寿命长。
	12	赤松	阳性树种。喜光，耐寒，耐贫瘠，不耐盐碱土；重黏壤土生长不良。深根性，抗风力强。
	13	侧柏	阳性树种。喜光，幼时稍耐阴，耐寒力中等；适应性强，对土壤要求不严，耐干旱瘠薄，耐盐碱；浅根性，但侧根发达，萌芽性强，耐修剪。
	14	桧柏	喜光，幼树耐庇荫，喜温凉气候，较耐寒，对土壤要求不严，耐干旱，忌水湿；萌芽力强，耐修剪，寿命长；深根性，侧根也很发达。
	15	麻叶绣线菊	喜光，喜温暖，稍耐寒，冬季能耐-5℃低温，耐阴，较耐干旱，忌湿涝，分蘖力强。
	16	华北绣线菊	喜光，稍耐阴，耐寒，耐干旱瘠薄；喜温暖湿润的气候和深厚肥沃的土壤；萌芽力和萌芽力均强，耐修剪。
	17	华北珍珠梅	中性树种，喜温暖湿润气候，喜光也稍耐阴，抗寒能力强，对土壤的要求不严，较耐干旱瘠薄，喜湿润肥沃、排水良好之地，萌芽性强。

18	毛樱桃	喜光，耐阴、耐寒、耐旱，也耐高温，适应性极强，寿命较长。
19	紫穗槐	喜光，耐寒、耐旱、耐湿、耐盐碱、抗风沙，抗逆性极强，不择土壤，在荒山坡、道路旁、河岸、盐碱地均可生长，根系发达，萌芽性强
20	花木蓝	喜光，耐寒，耐干旱瘠薄，也较耐水湿，适应性强，抗病性较强，对土壤要求不严。
21	小叶锦鸡儿 (柠条)	喜光，不耐阴，抗寒性强，耐干旱瘠薄，忌涝，根系发达，有根瘤，萌芽力强，是干旱草原、荒漠草原水土保持林的重要树种。
22	胡枝子	喜光，耐寒性强，根系发达，对土壤适应性强，耐干旱瘠薄，耐酸性，耐盐碱，耐刈割。
23	多花胡枝子	喜光，耐寒，耐干旱瘠薄，适应性强，抗风沙，是良好的水土保持树种。
24	美丽胡枝子	喜光，较耐阴，耐高温，较耐寒，耐干旱瘠薄，喜酸性土，生长快，耐刈割，适应性强，是荒山绿化、水土保持和改良土壤的先锋树种。
25	截叶铁扫帚	喜光，较耐热，耐干旱瘠薄土壤，有较强的耐水淹能力，适应性强，具有广泛的生态可塑性。
26	金银木	喜强光（每天接受日光直射不宜少于4h），耐半阴，较耐寒（越冬温度不宜低于-15℃），稍耐旱，病虫害少。
27	连翘	喜光，有一定程度的耐阴性，耐寒、耐干旱瘠薄，怕涝；不择土壤，抗病虫能力强。萌发力强、发丛快，生命力和适应能力非常强。
28	荆条	喜光，耐寒、耐旱，亦能耐瘠薄的土壤，喜阳光充足，多自然生长于山地阳坡的干燥地带，形成灌丛，其根茎萌发力强，耐修剪。
29	樱桃	喜光、喜温、喜湿、喜肥，怕涝怕旱，不耐盐碱，冬季极端最低温度不低于-20℃，土壤以土质疏松、土层深厚的沙壤土为佳。
30	杜梨	喜光，耐寒，耐旱，耐涝，耐瘠薄，适生性强，在中性土及盐碱土中均能正常生长。
31	豆梨	喜光，稍耐阴，不耐寒，耐干旱、瘠薄。对土壤要求不严，在碱性土中也能生长。深根性。具抗病虫害能力。生长较慢。
32	秋子梨	喜光，耐寒力强，能耐-30℃的低温；耐干旱、瘠薄；生长旺盛，适应性强。
33	皂荚	喜光，稍耐阴，对土壤要求不严，在石灰质及盐碱甚至黏土或砂土上均能正常生长。深根性，生长速度慢但寿命长。
34	合欢	喜光，喜温暖气候，喜湿润而肥沃的土壤。根系较发达，对土壤要求不严，常见在砖红壤、红壤、紫色土、冲积土上生长，在贫薄的山地也能适应，但生长较慢。
35	国槐	喜光，稍耐阴，耐寒，对土壤要求不严，较耐干旱瘠薄，石灰及轻度盐碱地，忌积水，深根性，抗风性强，耐烟尘，病虫害少，寿命长。
36	刺槐	喜光，不耐阴，喜干燥、凉爽气候，较耐干旱、贫瘠，能在中性、石灰性、酸性及轻度碱性土上生长，忌积水，但抗风性差，萌芽力和根蘖性很强。
37	榆树	阳性树种，喜光，耐寒，耐干旱瘠薄，不耐水湿，耐盐碱，适应性很强。生长快，萌芽力强，耐修剪。根系发达抗风力、保土力强。具抗污染性，叶面滞尘能力强。
38	榔榆	喜光，耐干旱，在酸性、中性及碱性土上均能生长，但宜生于气候温暖、土壤肥沃、排水良好的中性土壤的生境。对有毒气体烟尘抗性较强。
39	青檀	喜光，耐寒（-35℃无冻梢），适应性较强，喜钙，较耐干旱瘠薄，耐盐碱，不耐水湿。根系发达，生长速度中等，萌蘖性强。对有害气体有较强的抗性。
40	紫荆	喜光，稍耐阴，较耐寒，喜肥沃、排水良好的土壤，不耐淹；萌蘖性强，耐修剪。

41	刺榆	喜光，耐寒，耐干旱薄。适应性强，萌蘖能力强，生长速度较慢。
42	盐肤木	喜光，喜排水性良好的土壤，较耐寒，对气候和土壤适应性都很强，生长快。
43	火炬树	喜光，耐寒，对土壤适应性强，耐干旱瘠薄，耐水湿，耐盐碱。根系发达，萌蘖性强。浅根性，生长快，寿命短。
44	蚂蚱腿子	耐阴，喜冷凉气候，耐瘠薄，根系发达，可作水土保持树种。
45	枫杨	喜光，不耐庇荫，耐寒、耐旱，耐湿性强但不耐长期积水。深根性，主、侧根均发达，生长迅速，萌蘖性强，对二氧化硫、氯气等抗性弱。
46	紫丁香	喜光，稍耐阴，耐寒，耐旱，喜温暖、湿润，对土壤的要求不严，耐瘠薄，忌低湿。
47	黄栌	喜光，也耐半阴，耐寒，耐干旱瘠薄和碱性土壤，不耐水湿。生长快，根系发达，萌蘖性强；对二氧化硫有较强抗性。
48	野花椒	喜光，适宜温暖湿润及土层深厚肥沃壤土，耐寒，耐旱抗病能力强，萌蘖性强，耐修剪，不耐涝。
49	花椒	喜光，耐寒，耐旱，抗病能力强。萌蘖性强，隐芽寿命长，耐强修剪。不耐涝，短期积水可致死亡。
50	扁担杆	中性树种。喜光，稍耐阴，性强健，耐寒，对土壤要求不严，耐干旱，耐瘠薄。萌芽力强
51	接骨木	喜光，但幼苗稍耐荫蔽，耐寒，耐旱。适应性较强，以肥沃、疏松的土壤培为好，性强健，根系发达，萌蘖性强。
52	白刺花	喜光，稍耐半阴，耐寒冷，耐瘠薄，但怕积水。性强健，管理粗放，对土壤要求不严。
53	红栌	喜光、耐半阴，耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐盐碱土，不耐水湿，在深厚肥沃偏酸性的沙壤土上生长良好，根系发达。
54	五角枫	喜阳，稍耐阴，喜温凉湿润气候，耐寒性强。对土壤要求不严，在酸性土、中性土及石灰性土中均能生长，但以湿润、肥沃、土层深厚的土中生长最好。深根性，生长速度中等，病虫害较少。
55	三角枫	弱阳性，稍耐阴，喜温暖湿润气候及酸性、中性土壤，为暖带树种，喜光也耐阴，对土壤的要求不严，较耐水湿，萌芽力强，耐修剪。
56	流苏树	喜光，不耐荫蔽，耐寒、耐旱，忌积水，生长速度较慢寿命长，耐瘠薄，对土壤要求不严，但在肥沃、通透性好的沙壤土中生长最好，有一定的耐盐碱能力。
57	单樱	喜光，不耐阴湿，不耐盐碱，忌水涝，耐寒，耐旱。
58	红王子锦带	喜光，也稍耐阴；耐寒，耐旱，忌水涝，不宜栽植于低洼积水处，适应性强，抗逆性强，对土壤要求不严