

ICS 13.020.01

CCS Z 06

DB3710

威海市地方标准

DB 3710/T 204—2023

露天矿山边坡格构生态修复技术导则

Open pit mine gridded slope ecological restoration technical
guidelines

2023 - 10 - 09 发布

2023 - 11 - 09 实施

威海市市场监督管理局 发布

目 次

前言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义.....1

4 设计.....3

 4.1 设计原则.....3

 4.2 基本要求.....3

 4.3 灌溉与截排水设施..... 3

 4.4 格构锚固坡面防护..... 4

 4.5 绿化设计.....6

5 施工.....6

 5.1 基本要求.....6

 5.2 施工前准备..... 7

 5.3 边坡治理..... 7

 5.4 截排水施工..... 7

 5.5 格构锚固施工.....7

 5.6 绿化工程.....9

6 养护..... 10

 6.1 基本要求..... 10

 6.2 初期养护管理.....10

 6.3 后期养护管理.....11

附录 A（资料性） 威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种.....12

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。

本文件由威海市自然资源和规划局提出、归口并组织实施和评估。

本文件起草单位：山东省地质矿产勘查开发局第六地质大队（山东省第六地质矿产勘查院）、山东鲁地建设发展有限公司、威海市自然资源综合服务中心、荣成市国土空间生态修复中心。

本文件主要起草人：丁正江、杨明爽、代正兵、张淑军、孙玉龙、刘旭垒、王伟全、牟京东、初志杰、姜宇阳、李江北、尹坤、林鹏、苏豪家、陆召、高振鹏、李鹏程。

露天矿山边坡格构生态修复技术导则

1 范围

本文件规定了边坡格构生态修复技术规范的术语和定义、设计、施工和养护。
本文件适用于废弃采石矿山、废弃采场的边坡格构生态修复工程。

2 规范性引用文件

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

- GB 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 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)
- GB/T 15776 造林技术规程
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- 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 50666 混凝土结构工程施工规范
- HJ 555 化肥使用环境安全技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

露天矿山 open pit mine

废弃或正在使用的采取露天方式开采矿石资源的矿山。

3.2

边坡 slope

因生产建设活动需要开挖、回填而形成与基准面具有一定斜度的土体或岩体,也包括因自然因素导致形成的滑坡。

3.3

岩质边坡 rockslope

自然或人为形成的具有倾斜面的岩体。

3.4

截排水系统 drainage system

在坡顶、坡间平台及坡面上设置具有拦截、汇流和排出降雨或边坡渗水的横向和纵向水沟及附属设施。

3.5

格构护坡 gridded slope protection

利用浆砌石、现浇钢筋混凝土或预制预应力混凝土进行边坡坡面防护,并采用锚杆或锚索加以固定。

3.6

乡土植物 native specie

原产于本地或通过长期引种驯化适应本地生长繁殖的植物。

3.7

客土 borrowed soil

非种植区原生、由别处移来用于置换原生土的外部土壤。

3.8

排险清坡 danger elimination and slope cleaning

清除露天矿山下坠落物、崩塌、滑坡等地质灾害隐患,确保坡体稳定。

3.9

削坡整形 slope cutting and shaping

清除边坡不牢固岩土体,减小边坡自身荷载,同时对坡面形貌进行修整,使其尽可能平顺,以便后续生态修复施工的活动。

3.10

喷播绿化 spray-seeding

将植物种子、肥料、土、纤维、保水剂、黏合剂等按照一定比例搅拌均匀后,用特定设备喷射到边坡坡面进行播种绿化的方法。

3.11

植生袋绿化 vegetation bag greening

采用化学纤维、无纺布等材料制作的袋状构件,内填充种植土与植物种子(种子事先缝制在袋壁中),错叠或者铺敷在坡面上的一种绿化方式。

4 设计

4.1 设计原则

4.1.1 边坡格构防护措施应按照安全性、生态性、经济性、观赏性的原则进行设计，并确保发挥稳定边坡、保持水土的作用。

4.1.2 应因地制宜，就地取材，减少对当地环境的扰动。

4.1.3 应降低施工和后期养护成本，与当地环境协调，美观和谐。

4.2 基本要求

4.2.1 应进行边坡所在区域的自然生态、地质环境等情况的调查，调查内容包括矿山地质安全隐患、土地损毁、水资源破坏、生态退化、土地利用现状分类等。

4.2.2 边坡格构防护措施应根据工程区域气候、水文、地形、地质条件、材料来源及使用条件采取工程和生态防护相结合的综合处理措施，并应考虑下列因素：

- a) 坡面的坡度及结构要素；
- b) 风化作用、雨水冲刷；
- c) 植物生长效果、环境效应；
- d) 冻胀、干裂作用；
- e) 坡面防渗、防淘刷等；
- f) 其他需要考虑的因素。

4.2.3 边坡格构防护工程应在稳定边坡上设置，对欠稳定的或存在不良地质因素的边坡，应先进行边坡治理后再进行边坡生态防护与绿化。

4.2.4 边坡格构工程平面布置、竖向及立面设计应考虑对周边环境的影响，做到美化环境，满足生态保护要求。

4.3 灌溉与截排水设施

4.3.1 灌溉

4.3.1.1 岩质坡面灌溉方式宜采用滴灌和微灌等高效、节水的灌溉方式。

4.3.1.2 灌溉设计应符合 GB 50288 的要求，并做到水源可靠、水质良好、供水均匀、系统防堵和管道承压。

4.3.2 截排水系统

4.3.2.1 排水工程设计前应查明坡体水文地质条件，获取设计、施工所需的水文地质参数。

4.3.2.2 边坡排水应包括地表排水、地下排水和减少坡面水下渗等措施，形成相辅相成的排水、防渗体系。

4.3.2.3 坡面防护工程应设置泄水孔，坡面防护结构不应堵塞坡体的排水通道，造成坡体积水或形成水压力。

4.3.2.4 地表排水应根据汇水面积、降雨强度、历时和径流方向等进行整体规划和布置。

4.3.2.5 地表排水工程应包括截水沟、排水沟、跌水与急流槽等，应结合地形和天然水系进行布设，并作好进出口的位置选择。

4.3.2.6 坡顶截水沟宜结合地形按照下列要求进行布设：

- a) 距挖方边坡坡口或潜在塌滑区后缘应不小于 5m；
- b) 填方边坡上侧的截水沟距填方坡顶的距离宜不小于 2m；

- c) 根据需要可设一道或多道截水沟；
- d) 截水沟迎水面应设置泄水孔。

4.3.2.7 排水沟纵坡应根据沟线、地形、地质条件，以及与山洪沟连接条件等因素确定。当自然纵坡较陡时，应设置急流槽或跌水坎，并在其底部设置消能池。当跌水高差大于 5m 时，应采用多级跌水。

4.3.2.8 地下排水设施的类型、位置及尺寸应根据水文地质和工程地质条件确定，并与地表排水系统相协调。

4.3.2.9 地下排水工程包括渗流沟、盲沟、仰斜式排水孔等。

4.4 格构锚固坡面防护

4.4.1 锚杆设计

4.4.1.1 锚杆/索杆体可使用普通钢材、精轧螺纹钢、钢绞线（包括无粘结钢绞线）和高强钢丝，但不宜采用镀锌钢材，其材料尺寸和力学性能应符合 GB 50330 的规定。

4.4.1.2 所有锚杆都应穿过滑动面并使锚固段位于稳定可靠的地层中。

4.4.1.3 锚杆的形式应根据锚固段岩土层的工程特性、锚杆承载力大小、锚杆材料和长度以及施工工艺等因素综合考虑，应符合 GB 50330 的规定。

4.4.1.4 锚杆的锚固段不应设置在未经处理的下列岩土层中：

- a) 有机质土，淤泥质土；
- b) 液限（ w_L ）大于 50% 的土层；
- c) 松散的砂土或碎石土。

4.4.2 格构设计

4.4.2.1 服务期设计

格构设计应考虑工程的服务期限，应按不低于 50 年的服务期进行设计。

4.4.2.2 马道

当岩质边坡高度超过 15m 时，应设置马道，马道宽度不宜小于 2.0m，如图 1。

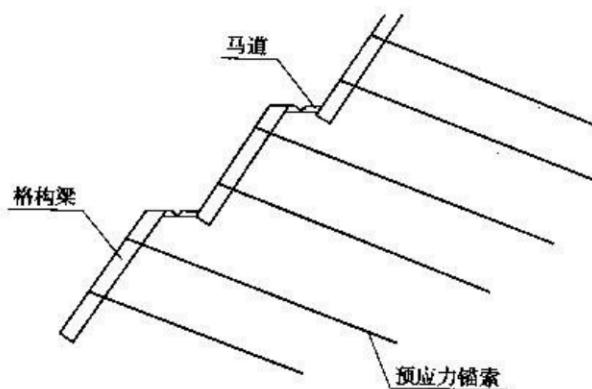


图 1 马道放坡示意图

4.4.2.3 格构的结构形式及其布置

4.4.2.3.1 边坡工程中主要使用钢筋混凝土和浆砌石格构。

4.4.2.3.2 格构可分为下列型式：

- a) 方型：顺边坡倾向和沿边坡走向设置方格状格构。格构水平间距对于浆砌石格构应不大于 3m，对于现浇钢筋混凝土格构应不大于 5m，如图 2a) 所示；
- b) 菱形：沿平整边坡坡面斜向设置格构。格构间距对于浆砌石格构应不大于 3m，对于现浇钢筋混凝土格构应不大于 5m，如图 2b) 所示；
- c) 人字型：按顺边坡倾向设置浆砌石条带，沿条带之间向上设置人字型浆砌石拱或钢筋混凝土，格构横向或水平间距对于浆砌石格构应不大于 3m，对于现浇钢筋混凝土格构应不大于 4.5m，如图 2c) 所示；
- d) 弧型：按顺边坡倾向设置浆砌石或钢筋混凝土条带，沿条带之间向上设置弧型浆砌石拱或钢筋混凝土，格构横向或水平间距对于浆砌石格构应不大于 3m，对于现浇钢筋混凝土格构应不大于 4.5m，如图 2d) 所示。

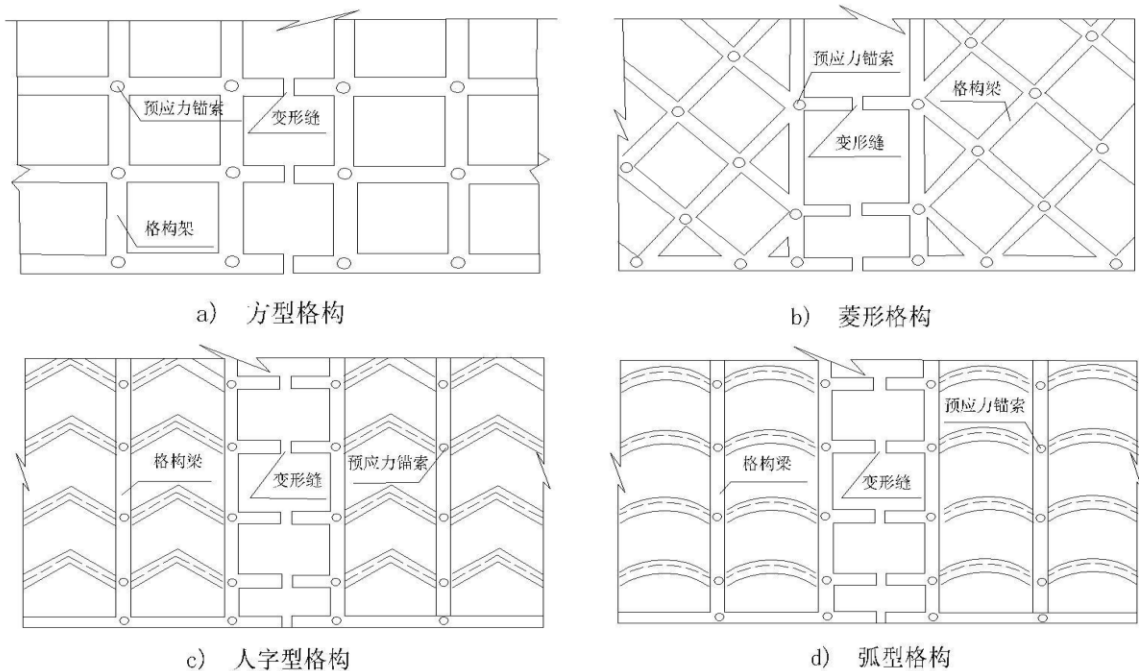


图 2 格构的四种型式

4.4.2.4 钢筋混凝土格构

- 4.4.2.4.1 钢筋混凝土格构设计应符合 GB 50010 的规定。
- 4.4.2.4.2 混凝土格构边坡坡面应平整，格构宜嵌入坡体 1/3 ~ 2/3 截面高度，且不小于 10cm。应根据坡面岩土体特性确定格构梁的合理间距，梁间距宜为 2m ~ 4m。
- 4.4.2.4.3 钢筋混凝土格构梁设计应符合下列要求：
 - a) 格构梁内力根据典型剖面承受的土压力和锚杆设计抗拔力，可采用倒梁法或多跨连续梁法进行计算；
 - b) 格构梁与坡面岩土体的接触压应力，应小于坡面地基承载力；
 - c) 格构梁应能承受锚杆作用产生的弯矩及剪力，并能承受预应力锚杆的张拉荷载；
 - d) 格构梁混凝土强度等级不应低于 C25，宜采用 C30；对预应力锚杆，混凝土强度等级应予以提高；
 - e) 格构锚固边坡坡度宜不大于 70°，当坡度大于 50° 时，宜采用肋梁柱，肋梁嵌固于坡体内不小于 10cm，按单向受力梁进行结构设计，逆作法施工时肋柱梁应有可靠的临时支撑措施；

- f) 格构变形缝间距宜为 15m ~ 20m, 且在边坡转折处、地质条件变化处应设变形缝, 缝宽 20mm ~ 30mm, 内填沥青亚麻;
- g) 格构的前缘可支撑在支撑墩上, 支撑墩材料宜采用混凝土或浆砌石, 断面尺寸应根据地基承载力及墩体内力计算确定, 墩的边长不宜小于 0.8m, 埋深不宜小于 1m。

4.4.2.5 浆砌石格构

浆砌石格构设计应符合下列规定:

- a) 浆砌石格构设计采用类比法或经验法, 格构间距宜为 2m ~ 3m;
- b) 浆砌石格构边坡坡面应平整, 坡度一般不大于 35°, 根据岩土体结构和强度在格构节点设置锚杆, 长度一般 3m ~ 5m, 全粘结灌浆;
- c) 浆砌石格构边坡坡面应平整、坡比不宜大于 1: 1.5, 格构嵌入坡体 10cm ~ 30cm;
- d) 浆砌石厚度宜为 25cm ~ 35cm, 用于河流冲刷坡面防护时, 最小厚度应不小于 35cm;
- e) 浆砌石格构防护间隔 20m ~ 25m, 应设置伸缩缝, 缝宽约 2cm, 缝内填塞沥青麻筋等材料, 并在坡面土质有变化处宜设置沉降缝, 宜将伸缩缝与沉降缝合并设置;
- f) 浆砌石格构防护应设泄水孔, 泄水孔材料宜使用直径不小于 100mm 的 PVC 管, 泄水孔孔眼段及底部应采取反滤措施。

4.5 绿化设计

4.5.1 设计原则

4.5.1.1 根据当地气候带类型、原生植被、生物多样性、适地适树、低维护、边坡类型、施工季节、安全性等综合因素选择边坡生态防护植物, 植物物种参见附录 A。

4.5.1.2 宜采取速生与慢生相结合, 乔灌木相结合、落叶与常绿相结合的立体绿化边坡方式。

4.5.2 植被设计

植物选择应符合下列规定:

- a) 应根据当地的气候特点, 选择处于同一气候带的植物品种;
- b) 所选植物应具有抗逆性强、抗干旱、耐贫瘠、防污染、抗病虫害、适于自然生长的特点;
- c) 应优先选择根系发达的乔灌木、且以乔灌木为主, 乔灌木结合;
- d) 应尽量选择固氮能力较好的植物种;
- e) 避免外来生物入侵问题发生。

5 施工

5.1 基本要求

5.1.1 应在全面熟悉设计文件 and 设计交底基础上, 掌握施工图、质量、进度和安全要求等, 详细了解当地气象资料及土质情况, 并对现场进行实地勘察, 对于周围地质结构复杂的边坡还应编制专项施工方案。

5.1.2 应确保边坡处于稳定状态, 避免存在不稳定与落石等危险因素。

5.1.3 特种作业人员必须按照国家规定, 取得特种作业资格证, 方可上岗。

5.1.4 施工人员应进行岗前培训、技术交底和安全交底。

5.1.5 应配备所需的安全设施, 包括安全绳索、安全帽、安全带、防滑鞋、安全标志等。

5.1.6 施工前应设立安全区域，安全标志应放置在显著位置，施工人员在操作每一道工序前均应配备安全帽、安全带等安全措施。

5.2 施工前准备

5.2.1 应进行现场调查，调查内容包括边坡周围环境、施工条件、电源、水源、道路交通、材料堆放、临时设施布置等。

5.2.2 开工前，应建立健全质量、环保、安全管理体系和质量检测体系，并对施工班组、施工人员进行岗位培训和技术与安全交底。

5.2.3 施工单位按设计和规范要求准备所需的施工机械设备及材料，按规定报验。

5.3 边坡治理

5.3.1 应进行人工修坡，去除碎杂的岩石土质，保证边坡表层具有足够的稳定性。

5.3.2 根据设计要求进行放线，严禁超挖。

5.3.3 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。

5.3.4 削方整形坡面形态应根据坡体结构类型、削方高度、削方方式和削方目的等确定。削方坡面形态可采用单坡式或多级阶梯式。

5.3.5 分级削方时，每级高度及坡比应根据坡体岩土性质及稳定性确定，宜采取同坡比的直线坡；坡高较大采用不同坡比时，宜采取上缓下陡的坡比。

5.3.6 削方区坡顶及侧边界应与稳定的坡体相衔接，不得形成陡坎，边侧坡体应保持稳定。

5.3.7 削坡整形应逐级开挖，逐级支护，自上而下分层分区开挖，同一坡面上下不应同时开挖。

5.3.8 削方时，应设置拦挡安全防护，如消能平台、落石槽、拦石堤或被动防护网等。

5.3.9 爆破削方应遵守 GB 6722 的相关规定。岩质边坡削方需要采用爆破作业时，施工单位应进行专项爆破设计，并制订专项施工方案、安全方案及应急预案。

5.3.10 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。

5.3.11 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，并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。

5.3.12 雨天不宜进行削坡与填坡施工，开挖面应及时进行防护。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，坡面防护工程外围应设截水沟。

5.3.13 施工过程中出现边坡地形、岩土性质与勘查设计不符时，应及时报告建设、监理、设计单位，必要时进行工程设计变更。

5.3.14 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。

5.4 截排水施工

截排水施工应符合下列规定：

- a) 截排水系统施工应在边坡修整后进行；
- b) 宜提前完成临时排水设施，施工期间应对临时排水设施进行经常性维护，确保排水畅通；
- c) 截水沟应采用有效的防渗措施，出水口应引伸到坡面范围以外；
- d) 截水沟、排水沟的水沟线形应平顺，转弯处宜为弧形；
- e) 截水沟、排水沟的施工应在绿化工程施工结束前完成。

5.5 格构锚固施工

5.5.1 锚杆施工

5.5.1.1 预应力锚杆张拉及锁定应符合下列规定：

- a) 当锚固体单轴抗压强度超过 20MPa 并达到设计强度的 80% 时可进行张拉及锁定；
- b) 锚杆张拉控制应力不宜超过 0.65 倍的钢筋或钢绞线的强度标准值；
- c) 宜进行锚杆设计预应力值 1.05 倍 ~ 1.1 倍的超张拉，预应力保留值应满足设计要求；对地层及被锚固结构的位移控制要求较高的工程，预应力锚杆的锁定值宜为锚杆轴向拉力设计值；对容许地层及被锚固结构产生一定变形的工程，预应力锚杆的锁定值宜为锚杆设计预应力值的 0.75 倍 ~ 0.90 倍。

5.5.1.2 锚杆孔测量放线应符合下列规定：

- a) 按设计要求在锚杆施工范围内，起止点用仪器设定固定桩，中间视条件加密，其他位置以固定桩为准用钢卷尺丈量，测定的孔位点，埋设半永久性标志；
- b) 钻孔机械应考虑钻孔通过的岩土类型、成孔条件、锚固类型、锚杆长度、施工现场环境、地形条件、经济性和施工速度等因素进行选择，在不稳定地层中或地层受扰动导致水土流失时，应采用套管护壁钻孔或干钻；
- c) 严禁边施工边放样；
- d) 竖梁的具体长度应根据边坡高度确定。

5.5.1.3 锚孔施工应符合下列规定：

- a) 锚孔孔径应达到设计要求；
- b) 锚孔开孔时应低压、慢转导向钻进，严格控制钻具的倾角及方位角，当钻进 0.2m ~ 0.3m 后应校核角度，施工中宜采用导向钻具钻进，经常检查孔斜度；
- c) 锚孔采用轻型钻机或潜孔锤钻进成孔，小直径的短锚杆也可采用手持式风钻成孔，潜孔锤钻进采用压缩空气清孔；
- d) 松散易塌孔地层宜采用跟管钻进，钻至设计深度后，对钻孔进行清孔并检查，锚孔应完整且深度满足要求；
- e) 锚孔定位偏差不宜大于 20mm，锚孔偏斜度应不大于 2%，钻孔深度超过锚杆设计长度应不小于 0.5m；
- f) 钻进达到设计深度后，防止孔底尖灭应稳钻 1min ~ 2min；
- g) 锚杆灌浆前应清孔，排除孔内钻渣及积水，一般应采用压缩空气清孔，泥浆护壁时采用清水清孔。

5.5.1.4 锚杆的灌浆应符合下列规定：

- a) 锚杆灌浆前应清孔，去除孔内钻渣及积水等杂物；
- b) 根据工程条件和设计要求确定灌浆方法和压力，确保钻孔灌浆饱满和浆体密实；
- c) 注浆材料为水泥浆，水灰比 0.45 ~ 0.55，水泥浆应随拌随用，注浆必须密实饱满；
- d) 注浆管宜与锚杆同时放入孔内，向水平孔或下倾孔内注浆时，注浆管出浆口应插入距孔底 100mm ~ 300mm 处，浆液自下而上连续灌注；向上倾斜的钻孔内注浆时，应在孔口设置密封装置；
- e) 孔口溢出浆液或排气管停止排气并满足注浆要求时，可停止注浆；
- f) 浆体强度检验用试块的数量每 30 根锚杆不应少于一组，每组试块不应少于 6 个；
- g) 注浆结束后，将注浆浆管、注浆枪和注浆套管清洗干净，同时做好注浆记录；
- h) 浆体材料 28d 无侧限抗压强度应不小于 25MPa。

5.5.1.5 预应力锚杆锚头承压板及其安装应符合下列规定：

- a) 承压板应安装平整、牢固，承压面应与锚孔轴线垂直；
- b) 承压板底部的混凝土应填充密实，并满足局部抗压强度要求。

5.5.1.6 预应力锚杆的张拉与锁定应符合下列规定：

- a) 锚杆张拉顺序应避免相近锚杆相互影响；
- b) 锚杆进行正式张拉之前，应取 0.1 倍~0.2 倍锚杆轴向拉力值，对锚杆预张拉 1 次~2 次，使其各部位的接触紧密和杆体完全平直。

5.5.2 格构梁施工

5.5.2.1 钢筋混凝土格构

- 5.5.2.1.1 格构梁基槽应平整、密实，格构梁不应置于填土或其他松软土之上。出现裂缝及凹坑时，应填筑后再进行基槽开挖，格构基槽采用人工开挖。
- 5.5.2.1.2 岩石坡面内嵌式格构等构件的成槽宜用风镐凿打，对硬质岩石宜用手提式切割机切缝后凿打成型。
- 5.5.2.1.3 模板制作安装应保证尺寸标准、牢固，模板可支设在坡面之上，坡面之下格构梁侧壁直接与岩土层相接。
- 5.5.2.1.4 格构梁施工应保证钢筋制作安装、模板安装质量，现场做好隐蔽工程验收、留取混凝土试块。混凝土浇筑前应检查锚杆与格构梁钢筋连接是否牢固，控制混凝土搅拌及浇筑质量。
- 5.5.2.1.5 格构梁钢筋安装时，主筋宜采用直螺纹机械连接或焊搭接、箍筋绑扎连接。钢筋绑扎完成后应进行隐蔽工程验收。钢筋入模前应将锈蚀、黏泥清理干净，并清除格构底部浮渣。
- 5.5.2.1.6 宜采用商品混凝土，现场搅拌混凝土可采用料车输送或混凝土泵输送。
- 5.5.2.1.7 格构梁下端设支墩时，应控制支墩坑截面及深度、混凝土搅拌及浇筑质量，支墩与其上方格构梁的连接应紧密。
- 5.5.2.1.8 混凝土浇筑应保证混凝土的均匀性和密实性。混凝土宜一次连续浇筑，当不能一次连续浇筑时，可留设施工缝或后浇带分块浇筑。
- 5.5.2.1.9 混凝土浇筑过程应分层进行，上层混凝土应在下层混凝土初凝之前浇筑完毕。
- 5.5.2.1.10 混凝土振捣应能使模板内各个部位混凝土密实、均匀。
- 5.5.2.1.11 土格构施工应遵守 GB 50666 的相关规定。
- 5.5.2.1.12 混凝土浇筑后应及时进行保湿养护，保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。选择养护方式应考虑现场条件、环境温湿度、构件特点、技术要求、施工操作等因素。

5.5.2.2 浆砌石格构

- 5.5.2.2.1 砌石格构应嵌置于边坡中，嵌置深度应大于格构截面高度的 2/3。
- 5.5.2.2.2 浆砌石格构护坡坡面应平整、密实，无表层溜滑体和蠕滑体。
- 5.5.2.2.3 格构可采用毛石或条石，但毛石最小厚度应不小于 150mm，强度应不小于 Mu_{30} ，用水泥砂浆浆砌，砂浆强度应不小于 M7.5。

5.6 绿化工程

5.6.1 回填种植土

土壤质量应符合 GB 15618 的相关规定，使用前应确定土源，按照规定要求进行取样检测，检测合格后方可使用。

5.6.2 喷播

- 5.6.2.1 喷播宜在植物生长期进行。
- 5.6.2.2 草本种子质量应符合 GB 6141、GB 6142 的相关规定，木本种子质量应符合 GB 7908 的相关规定。

5.6.2.3 喷播前应检查锚杆网片固定情况,清理坡面。应根据设计喷播厚度分层喷播,先喷播基底层,后喷播种子层;喷播顺序应先上后下,先难后易,喷播厚度应均匀。在喷播施工过程中,喷播基质不应有流失现象,当发生基质流失、剥落,应重新喷播。

5.6.2.4 在强降雨季节喷播时应注意覆盖。

5.6.3 苗木栽植

苗木栽植应符合下列规定:

- a) 栽植前对苗木进行必要的修根和剪枝处理;
- b) 栽植后宜浇足透水,浇水时应避免冲刷坡面,并根据土壤墒情及时补水;
- c) 凡用裸根苗造林有困难的树种,宜采用容器苗,栽植时应去除包装物;
- d) 可结合植生袋和生态袋的码放,进行营养体的扦插及压条;
- e) 人工草皮铺设时应采取措施将草皮卷固定在坡面上并压实。

5.6.4 植生袋

5.6.4.1 植生袋基质材料、种子及配比应满足设计要求,不宜夹杂碎石等杂物。

5.6.4.2 对同一边坡应选用统一规格的植生袋,植生袋内的填料重量宜保持一致,并按照设计要求进行分次装料并墩实,扎扣牢固结实,装好后的植生袋需要放置稳妥,搬运时不宜在地面拖行或滚动搬运。

5.6.4.3 铺装前应清除浮土层,夯实整平基础,按照设计要求进行铺装、搭接、连接和加固。后侧回填方式及回填土的含水率、密实度等应满足设计要求。

5.6.4.4 定期检查植生袋,发现松动的植生袋应及时加固,脱落的植生袋应及时补充,防止人为攀爬和动物践踏。覆盖物翻起或脱离植生袋坡面时需要及时覆盖固定。

6 养护

6.1 基本要求

6.1.1 应根据不同的区域气候因素、坡面立地条件和建植植被等,选用相应的养护措施。

6.1.2 维护管理单位应根据露天矿山边坡的不同特点制定适合本项目的维护管理实施方案;对灾害性气候和可能突发的事件制定相应的专项应急预案并执行。

6.1.3 应根据载体荷载能力的大小,对植物生长量进行适当控制,防止增加过多荷载。

6.1.4 结构件应按照相关规定进行定期检查维护,对于损坏部位应及时分析原因并处理。

6.2 初期养护管理

6.2.1 喷播后 24h 内及时进行覆盖,覆盖材料宜为生态、环保和可降解材料。以保湿为主的遮盖材料宜选用草帘、无纺布等;以遮阳、防冲刷为主的遮盖材料宜选用无纺布、遮阳网等。

6.2.2 应定期观测植物发芽和生长情况,视情况及时揭除遮盖物。生态型环保可降解的遮盖材料,在不影响植物生长及周边环境的情况下可以保留。

6.2.3 按照设计要求及时进行浇水养护,保证种子萌发、幼苗生长期间水分供应。养护水质应符合 GB 5084 的相关规定。

6.2.4 对雨水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。

6.2.5 病虫害防治宜采用对生态环境破坏较小的防治措施。

6.2.6 根据植物生长状况采取相应的施肥措施,肥料的使用应符合 HJ 555 的相关规定。

6.2.7 整体出苗数量不足时,应查明原因,确定补种方案,采取相应补救措施。

6.2.8 对影响目标植物群落生长的侵入植物应及时控制或清除。

6.3 后期养护管理

6.3.1 水肥控制

6.3.1.1 施肥

6.3.1.1.1 宜在施工后1年~2年内根据植物生长情况进行追肥。

6.3.1.1.2 应根据土壤肥力状况和植被的需肥特点进行施肥,做到适时、适度、适量。

6.3.1.1.3 应根据植物生长情况选择肥料种类,宜选择在植物生长旺季前施肥。

6.3.1.1.4 施肥宜结合灌溉进行;在降雨前或灌溉前也可进行人工撒施。

6.3.1.2 灌溉

6.3.1.2.1 应根据当地的气候情况,观察坡面土壤墒情,及时补水,保证植被的正常生长。

6.3.1.2.2 夏季坡面灌溉时应避开高温时段。

6.3.2 植株修剪

6.3.2.1 刈割

6.3.2.1.1 建植植物受杂草抑制时,应及时清除杂草及缠绕建植植物的攀援植物。

6.3.2.1.2 冬季防火期及防火带刈割,宜割除草本植物地上部分。

6.3.2.2 修剪

6.3.2.2.1 根据设计要求、不同植物的生长习性,适时或定期对植物进行修剪。

6.3.2.2.2 应及时排查和处理影响坡面稳定性的植株,疏剪乔灌木弱枝和病枯枝,短截徒长枝。

6.3.2.2.3 可通过平茬措施促进灌木萌蘖、生长和复壮,控制灌木高度,调节树势平衡。

6.3.3 补植

6.3.3.1 当坡面裸露较多或不满足设计要求时,应采用补播(栽)进行调配。补播(栽)宜在春季或秋季进行。

6.3.3.2 补种苗宜采用容器苗,栽植前应去除包装。

6.3.4 植物保护

6.3.4.1 应加强坡面植物保护、有害生物防控,配置有害生物防治的设施和设备,有害生物防治措施按照 GB/T 15776 的相关规定执行。

6.3.4.2 强风、雨、雪前后,应检查苗木支撑可靠性,并适时加固。

6.3.5 其他措施

6.3.5.1 应做好坡面及周边区域保洁工作,及时清除杂物。

6.3.5.2 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。

6.3.5.3 台风、暴雨前应对排(蓄)水设施进行检修,并做好植物、设施加固等防范措施。

附 录 A
(资料性)

威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种

威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种见表A.1。

表 A.1 威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种

类别	中文名	拉丁名	科名	生态习性
常绿乔木	黑松	<i>Pinus thunbergii</i> Parl.	松科	阳性稍耐阴，耐旱、耐海风海雾，忌积水
	白皮松	<i>Pinus bungeana</i> Zucc. ex Endl.	松科	阳性稍耐阴，略耐寒、耐旱，抗污染
	侧柏	<i>Platycladus orientalis</i> (Linn.) Franco	柏科	喜光稍耐阴，耐寒、耐旱亦耐水湿，耐盐碱
	圆柏	<i>Juniperus chinensis</i> L.	柏科	喜光亦耐阴，耐寒、耐热、耐干旱瘠薄，耐修剪，抗有害气体，忌积水
	龙柏	<i>Sabina chinensis</i> (L.) Ant. cv. Kaizuca	柏科	中性，耐寒、耐旱，抗污染、耐盐碱，耐修剪
	塔枝圆柏	<i>Juniperus komarovii</i> Florin	柏科	喜光，幼时稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，稍耐水湿忌积水，适应性强
落叶乔木	榆树	<i>Ulmus pumila</i> L.	榆科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，耐盐碱，适应性强，抗有害气体和烟尘，不耐水湿
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) L'H é r. ex Vent.	桑科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，适应性强，抗有害气体和烟尘
	麻栎	<i>Quercus acutissima</i> Carruth.	壳斗科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，不耐盐碱，深根性，抗污染
	杜梨	<i>Pyrus betulifolia</i> Bunge	蔷薇科	喜光稍耐阴，耐干旱瘠薄，耐碱性土，抗病虫害
	海棠	<i>Malus spectabilis</i> (Ait.) Borkh.	蔷薇科	喜光，耐寒、耐旱，忌积水
	山桃	<i>Prunus davidiana</i> (Carri è re) Franch.	蔷薇科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水
	碧桃	<i>Prunus persica</i> 'Duplex'	蔷薇科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水和碱性土
	山杏	<i>Prunus sibirica</i> L.	蔷薇科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，适应性强
	美人梅	<i>Prunus × blireana</i> 'Meiren '	蔷薇科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水
	紫叶李	<i>Prunus cerasifera</i> 'Atropurpurea'	蔷薇科	喜光耐半阴，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水
	山槐	<i>Albizia kalkora</i> (Roxb.) Prain	豆科	耐干旱瘠薄，适应性强
	白杜	<i>Euonymus maackii</i> Rupr	卫矛科	喜光稍耐阴，耐寒、耐旱、耐水湿，抗污染

表 A.1 威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种（续）

类别	中文名	拉丁名	科名	生态习性
落叶乔木	黄连木	<i>Pistacia chinensis</i> Bunge	漆树科	喜光，幼时稍耐阴，耐干旱瘠薄，畏严寒，深根性，抗有害气体和煤烟
	黄栌	<i>Cotinus coggygria</i> var. <i>cinereus</i> Engl.	漆树科	喜光耐半阴，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水
	盐麸木	<i>Rhus chinensis</i> Mill.	漆树科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，不耐水湿，深根性
	火炬树	<i>Rhus typhina</i> L.	漆树科	喜光，耐旱、耐寒，耐盐碱，适应性强
	臭椿	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	苦木科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，不耐水湿，耐中度盐碱，适应性强
	千头椿	<i>Ailanthus altissima</i> 'Qiantou'	苦木科	喜光，耐寒、耐瘠薄，耐中度盐碱，不耐阴和水湿，深根性
	楝	<i>Melia azedarach</i> L.	楝科	喜光不耐阴，弱耐寒，稍耐干旱瘠薄和水湿，耐盐碱，抗二氧化硫和烟尘
	白蜡树	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	木犀科	喜光稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄、耐涝，耐修剪，抗性强，抗污染
常绿灌木	铺地柏	<i>Juniperus procumbens</i> (Endlicher) Siebold ex Miquel	柏科	阳性稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，抗盐碱、抗污染，忌积水
	石楠	<i>Photinia serratifolia</i> (Desf.) Kalkman	蔷薇科	喜光稍耐阴，略耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪，抗有害气体和烟尘，忌水湿
	火棘	<i>Pyracantha fortuneana</i> (Maxim.) Li	蔷薇科	阳性，稍耐寒、耐干旱瘠薄
	胶东卫矛	<i>Euonymus kiautschovicus</i> Loes.	卫矛科	耐阴，稍耐寒、耐干旱瘠薄，抗风
	金边黄杨	<i>Euonymus japonicus</i> 'Aurea-marginatus'	卫矛科	喜光稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪，抗污染
	大叶黄杨	<i>Buxus megistophylla</i> L. é vl.	黄杨科	喜光亦耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪，抗有害气体和烟尘
	小叶黄杨 (瓜子黄杨)	<i>Buxus sinica</i> var. <i>parvifolia</i> M. Cheng	黄杨科	喜光耐半阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪，抗有害气体
落叶灌木	扁担杆	<i>Grewia biloba</i> G. Don	椴树科	喜光稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪
	木槿	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	锦葵科	喜光耐半阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪，适应性强，忌积水
	绣线菊	<i>Spiraea salicifolia</i> L.	蔷薇科	喜光稍耐阴，耐寒、耐旱，忌积水
	珍珠梅	<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Br.	蔷薇科	喜光亦耐阴，耐寒，耐修剪，性强健
	黄刺玫	<i>Rosa xanthina</i> Lindl.	蔷薇科	阳性稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水，少病虫害
	珍珠绣线菊 (喷雪花)	<i>Spiraea thunbergii</i> Siebold ex Blume	蔷薇科	喜光亦耐阴，耐寒、耐旱、耐水湿，耐修剪，性强健

表 A.1 威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种（续）

类别	中文名	拉丁名	科名	生态习性
落叶灌木	金焰绣线菊	<i>Spiraea japonica</i> 'Goldflame'	蔷薇科	喜光稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐盐碱，耐修剪
	平枝栒子	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	蔷薇科	喜半阴，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水
	棣棠	<i>Kerria japonica</i> (L.) DC.	蔷薇科	中性，稍耐寒、耐水湿
	胡枝子	<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	蔷薇科	喜光稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐盐碱，耐修剪
	紫荆	<i>Cercis chinensis</i> Bunge	豆科	阳性，耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪，忌积水
	紫穗槐	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	豆科	耐寒、耐干旱瘠薄，稍耐水湿，耐轻度盐碱土
	小叶锦鸡儿	<i>Caragana microphylla</i> Lam	豆科	喜光，耐寒、耐干旱瘠薄，性强健，忌积水
	紫薇	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	千屈菜科	喜光稍耐阴，稍耐寒、耐旱，忌积水
	红瑞木	<i>Cornus alba</i> Linnaeus	山茱萸科	喜光，耐寒、耐旱，耐修剪
	栓翅卫矛	<i>Euonymus phellomanus</i> Loesener	卫矛科	喜光亦耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐盐碱
	枸杞	<i>Lycium chinense</i> Miller	茄科	阳性稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐盐碱，忌积水
	白棠子树	<i>Callicarpa dichotoma</i> (Lour.) K. Koch	马鞭草科	喜光稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水
	荆条	<i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> (Franch.) Rehd	唇形科	阳性亦耐阴，耐寒、耐旱，适应性强
	迎春花	<i>Jasminum nudiflorum</i> Lindl.	木犀科	喜光稍耐阴，耐寒、耐旱，忌积水
	连翘	<i>Forsythia suspensa</i> (Thunb.) Vahl	木犀科	喜光稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，不择土壤
	紫丁香	<i>Syringa oblata</i> Lindl.	木犀科	喜光稍耐阴，耐寒、耐旱，忌积水
	小蜡	<i>Ligustrum sinense</i> Lour.	木犀科	喜光稍耐阴，耐寒、耐瘠薄，耐修剪，抗有害气体，不耐水湿
	小叶女贞	<i>Ligustrum quihoui</i> Carr.	木犀科	喜光稍耐阴，耐寒，耐修剪，抗有害气体
	锦带花	<i>Weigela florida</i> (Bunge) A. DC.	忍冬科	阳性，耐寒、耐干旱瘠薄，忌积水，抗有害气体
	金银忍冬	<i>Lonicera maackii</i> (Rupr.) Maxim.	忍冬科	喜光稍耐阴，耐寒、稍耐旱，少病虫害
	接骨木	<i>Sambucus williamsii</i> Hance	忍冬科	喜光稍耐阴，耐寒、耐旱，性强健，抗污染，忌积水
	葛藤(野葛)	<i>Argyrea seguinii</i> (Levl.) Van. ex Levl	旋花科	喜阳，耐寒、耐干旱瘠薄

表 A.1 威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种（续）

类别	中文名	拉丁名	科名	生态习性
藤本类	蔷薇	<i>Rosa multiflora</i> Thunb.	蔷薇科	阳性稍耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐修剪，忌积水
	藤本月季	<i>Mordenevs.of ChlimbersandRamblers</i>	蔷薇科	阳性，耐寒，忌干旱和积水，耐修剪，性强健，抗病害能力强
	爬行卫矛 (小叶扶芳藤)	<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i> (Miq.) Rehder	卫矛科	耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，耐盐碱，适应性强
	南蛇藤	<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb.	卫矛科	喜阳耐半阴，喜温暖，耐寒，耐干旱瘠薄
	扶芳藤	<i>Euonymus fortunei</i> (Turcz.) Hand.-Mazz.	卫矛科	耐阴，稍耐寒，耐干旱瘠薄，不择土壤，抗污染，忌阳光直射
	地锦 (爬山虎)	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Sieb. et Zucc.) Planch.	葡萄科	喜阴但不畏阳光，耐寒、耐干旱瘠薄，适应性强，抗有害气体
	五叶地锦	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	葡萄科	喜阳亦耐阴，耐寒、耐贫瘠，适应性强，速生
	常春藤	<i>Hedera nepalensis</i> var. <i>sinensis</i> (Tobl.) Rehd.	五加科	阴性，耐寒、不耐旱，适应性强
	凌霄	<i>Campsis grandiflora</i> (Thunb.) Schum.	紫葳科	喜光稍耐阴，稍耐寒，耐旱忌积水，喜微酸、中性土壤
	忍冬 (金银花)	<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	忍冬科	喜光耐半阴，耐寒、耐旱，不择土壤
多年生草本	白三叶 (白车轴草)	<i>Trifolium repens</i> L.	豆科	阳性，耐寒、耐热、稍耐旱，忌积水，喜黏土、弱酸性土不耐盐碱
	小冠花	<i>Securigera varia</i> (L.) Lassenn	豆科	耐寒、耐干旱瘠薄，耐盐碱，抗逆性强，不耐水湿
	紫苜蓿	<i>Medicago sativa</i> L.	豆科	耐寒、耐旱，适应性强
	马鞭草	<i>Verbena officinalis</i> L.	马鞭草科	喜光，稍耐寒，喜肥、喜湿润，不耐旱忌积水
	野菊花	<i>Chrysanthemum indicum</i> L.	菊科	喜光稍耐阴，耐寒，适应性强，忌积水
	大花金鸡菊	<i>Coreopsis grandiflora</i> Hogg.	菊科	喜光耐半阴，耐寒、耐干旱瘠薄，适应性强
	滨菊	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	菊科	阳性亦耐阴，耐寒，适应性强
	狗尾草	<i>Setaria viridis</i> (Linn.) Beauv.	禾本科	耐寒、耐干旱瘠薄，繁殖力强
	狗牙根	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	禾本科	耐寒、耐干旱瘠薄，蔓延力强
	高羊茅	<i>Festuca elata</i> Keng ex E. Alexeev	禾本科	喜光耐半阴，耐瘠薄、耐酸，耐踩踏，抗病性强
	结缕草	<i>Zoysia japonica</i> Steud.	禾本科	喜光亦耐阴，耐干旱瘠薄、稍耐水湿，耐盐碱，抗病虫害
	早熟禾	<i>Poa annua</i> L.	禾本科	喜光亦耐阴，耐寒、耐干旱瘠薄，不耐水湿

表 A.1 威海地区露天矿山边坡格构生态修复常用适地植物物种（续）

类别	中文名	拉丁名	科名	生态习性
多年生草本	马尼拉草	<i>Zoysia matrella</i> (L.) Merr.	禾本科	稍耐寒、耐干旱瘠薄，略耐踩踏，少病虫害
	费菜 （三七景天）	<i>Phedimus aizoon</i> (Linnaeus) 't Hart	景天科	阳性稍耐阴，极耐旱、耐寒、耐瘠薄，适应性强
	马蔺	<i>Iris lactea</i> Pall.	鸢尾科	阳性，耐寒、耐旱，耐盐碱，耐踩踏
	石竹	<i>Dianthus chinensis</i> L.	石竹科	喜光，耐寒、耐干旱贫瘠，忌积水