

# 金属矿山土地复垦工程设计标准

Standard for design of metal mine land  
reclamation engineering

2020 – 01 – 16 发布

2020 – 08 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

# 金属矿山土地复垦工程设计标准

Standard for design of metal mine land  
reclamation engineering

**GB 51411 - 2020**

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 2 0 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2020 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2020 年 第 39 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《金属矿山土地复垦工程设计标准》的公告

现批准《金属矿山土地复垦工程设计标准》为国家标准,编号为 GB 51411—2020,自 2020 年 8 月 1 日起实施。其中,第 3.1.1、4.1.1 条为强制性条文,必须严格执行。

本标准在住房和城乡建设部门户网站([www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2020 年 1 月 16 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2016 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标函〔2015〕274 号)的要求,标准编制组经过广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:总则,术语,基本规定,土壤重构工程,植被重建工程,配套工程,监测与管护工程等。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属标准规范管理处负责日常管理,由昆明有色冶金设计研究院股份公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送昆明有色冶金设计研究院股份公司(地址:云南省昆明市五华区小康大道 399 号,邮编:650224)。

本 标 准 主 编 单 位:昆明有色冶金设计研究院股份公司  
中国有色工程有限公司

本 标 准 参 编 单 位:中国恩菲工程技术有限公司  
中国矿业大学(北京)  
中国农业大学  
北京矿冶科技集团有限公司  
国家林业和草原局调查规划设计院  
云南农业大学  
中钢集团马鞍山矿山研究院有限公司  
中国铝业股份有限公司广西分公司  
北京轩昂环保科技股份有限公司  
北京高能时代环境技术股份有限公司

本标准主要起草人员:李桃见 黄元仿 周洁敏 胡振琪  
朱瑞军 周连碧 余建新 蓝 蓉  
鲁 强 王树勋 赵艳玲 王 琼  
张世文 张耿杰 项大学 原海红  
黄 洁 陈 建 吴将有 张 川  
杨永生 郑中华 张文江 沈玉明  
朱素梅 朱 兢 梁英勇 赵 跃  
霍成立

本标准主要审查人员:余新晓 寿震宇 谭荣建 曹学新  
金凌霄 李明阳 李成厚 刘积红  
刘 康 徐世光

# 目 次

|     |                |        |
|-----|----------------|--------|
| 1   | 总 则 .....      | ( 1 )  |
| 2   | 术 语 .....      | ( 2 )  |
| 3   | 基本规定 .....     | ( 4 )  |
| 3.1 | 设计原则 .....     | ( 4 )  |
| 3.2 | 复垦方向 .....     | ( 4 )  |
| 3.3 | 复垦质量控制标准 ..... | ( 4 )  |
| 3.4 | 复垦工程类型划分 ..... | ( 5 )  |
| 4   | 土壤重构工程 .....   | ( 6 )  |
| 4.1 | 一般规定 .....     | ( 6 )  |
| 4.2 | 充填工程 .....     | ( 6 )  |
| 4.3 | 土壤剥覆工程 .....   | ( 7 )  |
| 4.4 | 平整工程 .....     | ( 8 )  |
| 4.5 | 坡面工程 .....     | ( 9 )  |
| 4.6 | 清理工程 .....     | ( 10 ) |
| 4.7 | 生物化学工程 .....   | ( 10 ) |
| 5   | 植被重建工程 .....   | ( 12 ) |
| 5.1 | 一般规定 .....     | ( 12 ) |
| 5.2 | 林草恢复工程 .....   | ( 12 ) |
| 5.3 | 农田防护工程 .....   | ( 14 ) |
| 6   | 配套工程 .....     | ( 15 ) |
| 6.1 | 灌排工程 .....     | ( 15 ) |
| 6.2 | 机井工程 .....     | ( 16 ) |
| 6.3 | 水工建筑物 .....    | ( 16 ) |
| 6.4 | 集雨工程 .....     | ( 18 ) |

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 6.5 疏排水工程 .....         | ( 19 ) |
| 6.6 输电线路工程 .....        | ( 20 ) |
| 6.7 道路工程 .....          | ( 20 ) |
| 6.8 苗圃工程 .....          | ( 20 ) |
| 7 监测与管护工程 .....         | ( 21 ) |
| 7.1 监测工程 .....          | ( 21 ) |
| 7.2 管护工程 .....          | ( 23 ) |
| 附录 A 金属矿山植被恢复模式类型 ..... | ( 26 ) |
| 本标准用词说明 .....           | ( 28 ) |
| 引用标准名录 .....            | ( 29 ) |
| 附:条文说明 .....            | ( 31 ) |

# Contents

|     |  |        |
|-----|--|--------|
| 1   | General provisions .....   | ( 1 )  |
| 2   | Terms .....  | ( 2 )  |
| 3   | Basic requirements .....   | ( 4 )  |
| 3.1 | Design principles .....  | ( 4 )  |
| 3.2 | Use for reclaimed land .....   | ( 4 )  |
| 3.3 | Quality control specification of land reclamation .....                      | ( 4 )  |
| 3.4 | Classification of land reclamation engineering .....                         | ( 5 )  |
| 4   | Soil reconstruction works .....  | ( 6 )  |
| 4.1 | General requirements .....   | ( 6 )  |
| 4.2 | Backfill .....   | ( 6 )  |
| 4.3 | Topsoil stripping and using .....  | ( 7 )  |
| 4.4 | Land levelling .....   | ( 8 )  |
| 4.5 | Slope treatment .....  | ( 9 )  |
| 4.6 | Waste disposal .....   | ( 10 ) |
| 4.7 | Biochemical techniques for soil fertilization and<br>pollution control ..... | ( 10 ) |
| 5   | Revegetation works .....   | ( 12 ) |
| 5.1 | General requirements .....   | ( 12 ) |
| 5.2 | Vegetation restoration .....   | ( 12 ) |
| 5.3 | Farmland protection .....  | ( 14 ) |
| 6   | Auxiliary works .....  | ( 15 ) |
| 6.1 | Irrigation and drainage project .....  | ( 15 ) |
| 6.2 | Pumped well .....  | ( 16 ) |
| 6.3 | Hydraulic structure .....  | ( 16 ) |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| 6.4   | Rainwater collection project .....      | ( 18 ) |
| 6.5   | Drainage project .....                  | ( 19 ) |
| 6.6   | Power transmission line .....           | ( 20 ) |
| 6.7   | Road .....                              | ( 20 ) |
| 6.8   | Nursery garden .....                    | ( 20 ) |
| 7   | Monitoring and management project ..... | ( 21 ) |
| 7.1   | Monitoring project .....                | ( 21 ) |
| 7.2   | Management project .....                | ( 23 ) |
| Appendix A Types of vegetation restoration    |   |        |
|   | pattern in metal mine .....             | ( 26 ) |
| Explanation of wording in this standard ..... |   | ( 28 ) |
| List of quoted standards .....                |   | ( 29 ) |
| Addition; Explanation of provisions .....     |   | ( 31 ) |

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻执行国家土地复垦相关法律、法规和方针、政策,统一金属矿山土地复垦工程设计,节约、集约利用土地与绿色发展,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于金属矿山土地复垦项目工程设计,不适用于铀矿。

**1.0.3** 金属矿山土地复垦工程设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 金属矿山 metal mine

黑色金属、有色金属、稀有及分散金属、贵金属等矿山的统称。

### 2.0.2 土地复垦 land reclamation

对生产建设活动损毁的土地,采取整治措施,使其达到可供利用状态的活动。

### 2.0.3 土地复垦质量 land reclamation quality

生产建设活动损毁的土地经整治后,在地表形态、土壤质量、配套设施和生产力水平方面达到可供持续利用状态的程度。

### 2.0.4 土地挖损 land excavation

金属矿山生产建设活动致使原地表形态、土壤结构、地表生物等直接损毁,土地原有功能丧失的过程。

### 2.0.5 土地塌陷 land subsidence

金属矿山地下开采导致地表沉降、变形,造成土地原有功能部分或全部丧失的过程。

### 2.0.6 土地压占 land occupancy

金属矿山堆放剥离物、废石、矿渣、表土和施工材料等,造成土地原有功能丧失的过程。

### 2.0.7 土地污染 land pollution

金属矿山生产建设过程中排放的污染物,造成土壤原有理化性状恶化、土地原有功能部分或全部丧失的过程。

### 2.0.8 表土 topsoil

能够进行剥离的、有利于快速恢复地力和植物生长的表层土壤或岩石风化物,包括但不限于耕地的耕作层以及园地、林地、草地的腐殖质层,表土剥离厚度根据原土壤表土层厚度、复垦土地利

用方向及土方需要量等确定。

**2.0.9 植被恢复**      vegetation restoration

在经过土地整理后的金属矿山复垦区,综合当地自然植被类型、整理后的土地条件、工程经济技术等因素,人工栽(种)植、培育以木本植物为主体的植物群落的过程。

**2.0.10 露天采场**      surpace working open-pit

金属矿山进行露天采剥作业的场所。

**2.0.11 排土场**      waste dump, spoil dump

金属矿山集中堆放露天开采剥离物或地下开采废石的场所,也称废石场。

**2.0.12 尾矿库**      tailings pond

用以贮存金属矿山进行矿石选别后排出尾矿的场所。

## 3 基本规定

### 3.1 设计原则

**3.1.1** 金属矿山土地复垦工程设计必须保障生产安全、农牧林产品安全 and 人居环境健康,必须保护和改善矿山生态环境质量。

**3.1.2** 金属矿山土地复垦工程设计应贯彻“预防为主、防治结合”的原则。

**3.1.3** 金属矿山土地复垦工程设计应坚持“因地制宜、综合治理、安全可靠、注重效益”的原则。

**3.1.4** 金属矿山土地复垦工程设计应分析矿山土地挖损、土地塌陷、土地压占和土地污染等损毁类型,应涵盖矿山损毁土地。

**3.1.5** 金属矿山土地复垦工程设计应具备完整可靠的基础资料。

**3.1.6** 金属矿山土地复垦应根据矿山工程设计,与生产建设活动统一规划、统筹实施,可采取工程技术措施、生物和化学措施、监测与管护措施,宜采用新技术、新材料和新工艺。

### 3.2 复垦方向

**3.2.1** 金属矿山土地复垦方向应遵循生态功能区划、水土保持区划、土地利用总体规划和土地整治规划,依据技术经济水平和社会经济发展需要,以及待复垦土地资源的适宜用途确定。

**3.2.2** 复垦方向宜包括耕地、林地、草地、水利及水利设施用地、其他用地等。

### 3.3 复垦质量控制标准

**3.3.1** 不同土地复垦类型区、不同复垦方向的复垦质量控制标准,应符合现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的

有关规定。

**3.3.2** 尾矿、废石为危险废物时,尾矿库、排土场应按现行国家标准《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 的有关规定实施覆盖隔离工程,隔离层结构、层厚、材质等应根据有毒有害物质含量水平确定,宜深度覆盖,并不应复垦为耕地和园地。

**3.3.3** 尾矿、废石为第Ⅱ类一般工业固体废物时,尾矿库、排土场应按现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 的有关规定实施覆盖隔离工程,隔离层结构、层厚、材质等应根据有毒有害物质含量水平确定,宜深度覆盖,并不应复垦为与食物链相关的耕地和园地。

### **3.4 复垦工程类型划分**

**3.4.1** 土地复垦工程应根据不同损毁类型的土地复垦工程建设工艺、建设程序等进行工程类型划分。

**3.4.2** 土地复垦工程类型划分应符合现行行业标准《土地复垦方案编制规程 第1部分:通则》TD/T 1031.1 的有关规定。

## 4 土壤重构工程

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 土壤重构工程必须遵循因地制宜和生态保护的原则,必须珍惜和保护矿山土壤资源,对于预测损毁区域涉及表土,特别是耕地耕作层和园地、林地、草地腐殖质层损毁的,必须剥离利用;严禁将重金属污染物或者有毒有害物质用作回填或者充填材料。

**4.1.2** 土壤重构工程应在矿山工程设计的基础上,根据复垦条件及复垦方向应用充填工程、土壤剥覆工程、平整工程、坡面工程、生物化学工程及清理工程。

### 4.2 充填工程

**4.2.1** 金属矿山开采产生的地裂缝、塌陷地,应根据产生原因、分布范围、稳定状态及危害程度的分析结果,依照复垦方向进行充填。

**4.2.2** 对于宽度小于 10cm 的地裂缝,宜就近取土填埋、整平;对于宽度大于或等于 10cm 的地裂缝,宜先用土石方充填裂缝。地裂缝充填后,应保证自然排水通畅。

**4.2.3** 塌陷地充填应符合下列规定:

1 对未达到沉陷稳定状态的塌陷地,宜采取监测、预警及围挡封闭等措施;

2 处于沉陷稳定状态的塌陷地,应按现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的有关规定,确定复垦方向,并应进行充填;

3 充填前应进行表土剥离,充填后应进行碾压,压实程度应根据复垦场地用途确定;

- 4 宜采取分层充填、分层碾压,充填压实后场地必须稳定;
- 5 填充物可根据充填场地的用途,选择利用矿山已有的废石、尾矿、废渣、建筑垃圾等。

### 4.3 土壤剥覆工程

4.3.1 土壤剥覆前,应完成复垦区土壤调查和评价工作。调查和评价工作可按现行行业标准《耕作层土壤剥离利用技术规范》TD/T 1048 的有关规定执行。

4.3.2 土壤剥覆方案应根据矿山工程设计和土地复垦规划制定,宜做到“应剥尽剥、即剥即用、分层剥离、分区堆放、分层回填”。

4.3.3 土壤剥覆方案应根据生态环境安全要求确定剥离、运输、储存和回覆等。

4.3.4 表土剥离应符合下列规定:

1 应根据待剥离土源的肥力、质地和土源量等情况,分区和分层剥离;

2 剥离厚度应根据原土壤表土层厚度、污染情况、复垦土地利用方向及土方需要量等确定;

3 不宜在雨季剥离表土。

4.3.5 表土运输过程中应采取防护措施。

4.3.6 表土堆存应符合下列规定:

1 堆存场地可就近选择拟剥离区域、未复垦场地或裸地,不宜占用耕地、林地、草地等;

2 分层剥离的土壤应分区堆存,表土堆存场地安全防护和稳定性设计应符合现行国家标准《冶金矿山排土场设计规范》GB 51119 的有关规定;

3 堆存期应采取临时围护措施或播种草本植物;

4 若堆存的是剥离耕地耕作层或园地、林地、草地腐殖质层以下的底土,可在堆存期间进行培肥熟化处理。

4.3.7 表土回覆应符合下列规定:

- 1 剥离的表土应分层回覆。
- 2 覆土厚度应符合下列规定：
  - 1)覆土厚度应根据复垦方向、气候条件、污染状况以及土源情况确定；
  - 2)覆土厚度应符合现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的有关规定；
  - 3)存在重金属污染时，若复垦为农用地，应在铺设隔离层后再覆土，覆土厚度大于 50cm。
- 3 回覆土源的土壤质量应符合现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的有关规定。

#### 4.3.8 客土应符合下列规定：

- 1 矿区内剥离土源不足或当地土源受到污染不能使用时，可采用客土，客土宜就近获取；
- 2 应根据当地自然条件、土地利用状况选择取土场位置，取土场设置应满足回覆土源数量、质量的要求，且不得影响土源地取土后的复垦再利用；
- 3 取土场取土后应复垦，并应符合现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的有关规定。

**4.3.9** 当矿区内剥离土源不足且无客土条件时，复垦可采用穴植坑法、充填复垦、格构覆土、带状覆土、客土喷播、生态袋等新型工艺和方法，也可采用经过论证无毒无害的采矿排弃的较细碎屑物，或当地易风化的坡积物等物料覆盖，物料中污染物含量应符合现行国家标准《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》GB 15618 和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》GB 36600 的有关规定。

### 4.4 平整工程

**4.4.1** 平整工程设计前应完成平整场地的调查和评价工作，调查和评价工作应符合现行行业标准《土地整治项目规划设计规范》

TD/T 1012 的有关规定。

**4.4.2** 平整工程设计应通过优化格田布置减少挖填量。

**4.4.3** 田面平整应符合下列规定：

1 田面平整的规模应根据复垦区的地形条件、规划的耕作方式、作物种类和种植习惯等因素确定。

2 复垦区的田面宜采用水平田面，横坡宜小，纵坡应根据地形条件和灌溉方式确定；坡度大的复垦区田面应按梯田方式整地后，进行田面平整。

3 田面平整相关参数、田面质量应符合国家现行标准《水土保持工程设计规范》GB 51018 和《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的有关规定。

**4.4.4** 田埂(坎)设计应符合下列规定：

1 田埂设计应根据复垦区建筑材料确定，可采用土质田埂(坎)、石质田埂(坎)、空心砖田埂(坎)等，田埂(坎)应配置田埂植物，田埂植物应选用具有经济价值、占地小的植物；

2 田埂(坎)设计应符合现行国家标准《水土保持工程设计规范》GB 51018 的有关规定。

**4.4.5** 场地平整应在清理地表临时建筑和建筑垃圾的基础上，根据损毁情况及土地复垦方向确定。

## **4.5 坡面工程**

**4.5.1** 复垦区边坡应根据复垦方向采用坡面工程进行整治。

**4.5.2** 整体稳定的岩石边坡，当坡面岩石存在易风化、剥落或有浅层崩塌、滑落及掉块等情况时，应实施坡面工程。

**4.5.3** 土质、沙质边坡或物料堆积体边坡，应实施坡面工程。

**4.5.4** 坡面工程不得造成边坡失稳。

**4.5.5** 梯田应符合下列规定：

1 露天矿山采坑、塌陷区边坡和经自然沉降的排土场，可实施梯田工程；

2 水田不宜修建于物料堆积体的边坡上；

3 梯田设计可按现行国家标准《水土保持工程设计规范》GB 51018 执行。

#### **4.5.6 坡面防护应符合下列规定：**

1 坡面防护工程应根据地形、地质、水文和气象等条件、复垦区降雨量、坡面防渗防淘刷等需要，以及冻胀干裂程度、坡面风化强弱、植物生长条件等因素，经技术经济比较后确定采取的工程防护、植物防护措施；

2 坡面防护应结合排水措施综合设计。

4.5.7 工程防护可采用砌体护坡、护面墙防护、喷射砂浆防护、锚喷支护及削坡减载等措施，并应符合现行国家标准《生产建设项目水土保持技术标准》GB 50433 的有关规定。

4.5.8 植物防护可采用植草、铺草皮、湿法喷播、客土喷播、骨架植物防护、混凝土空心块植物防护、锚杆钢筋混凝土格构植物等植物防护形式。

### **4.6 清理工程**

4.6.1 对不再留续使用的工业及设施场地、施工生产区、生活区和施工道路等废弃土地、临时损毁土地等，应根据复垦方向采取清理工程清理不再留续使用的建（构）筑物、废旧设备、设施、硬化地面及建筑垃圾、生活垃圾、草皮、树根及其他废料等影响后期平整工程的物料。

4.6.2 清理工程产生的临时堆土（石、渣）应采取临时防护措施。

4.6.3 对废弃土地的边坡应进行边坡整治。

4.6.4 场地清理后应达到复垦工程实施条件。

### **4.7 生物化学工程**

4.7.1 矿山复垦设计应采取生物化学措施对复垦土地进行土壤培肥和污染防治处理。

#### **4.7.2 土壤培肥应符合下列规定：**

- 1** 不得因土壤培肥造成对土壤的污染；
- 2** 复垦后应进行土壤肥力调查和评价，土壤肥力调查和评价可按现行行业标准《耕作层土壤剥离利用技术规范》TD/T 1048 的有关规定执行；
- 3** 应根据土壤肥力调查和评价结果，确定土壤培肥改良途径，可包括绿肥种植法、肥料培肥改良法；
- 4** 对尾矿库、排土场等，可选择耐旱耐贫瘠的绿肥品种，绿肥播种量应根据品种、地势、土壤条件和播种日期确定。

#### **4.7.3 土壤污染防治应符合下列规定：**

- 1** 矿山复垦设计前，应按现行行业标准《建设用地土壤污染状况调查技术导则》HJ 25.1 的有关规定进行建设用地土壤污染状况调查；应按现行行业标准《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》HJ 25.2 的有关规定进行建设用地土壤污染风险管控和修复监测；应按现行行业标准《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ 25.3 的有关规定进行建设用地土壤污染风险评估；
- 2** 矿山复垦设计应按现行行业标准《建设用地土壤修复技术导则》HJ 25.4 的有关规定制订修复方案；
- 3** 污染阻隔应符合国家现行标准《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597、《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598、《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599、《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》GB 51220 和《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》CJJ 176 的有关规定；
- 4** 污染场地土壤修复后，应符合现行国家标准《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》GB 15618 和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》GB 36600 的有关规定。

## 5 植被重建工程

### 5.1 一般规定

5.1.1 植被重建工程应贯彻生态优先原则。

5.1.2 植被重建工程应选择乡土植物,并应满足景观要求,恢复的植被景观效果应与周边环境相协调。

5.1.3 在确保生态功能的前提下,植被重建工程可兼顾经济效益。

### 5.2 林草恢复工程

5.2.1 挖损地林草恢复工程应符合下列规定:

1 平地 and 缓坡地应以生态效益和景观效益为主,以具有经济效益的乔木林或乔灌混交林为辅;边坡(陡坡)应以灌木林为主,以灌草结合的森林植被为辅。植被配置模式可按本标准附录 A 的规定执行。

2 整地应符合下列规定:

1) 平地宜采用穴状整地;

2) 土质坡面宜采用水平带状整地、穴状或鱼鳞坑整地;

3) 岩质坡面宜采用穴状或鱼鳞坑整地;

4) 整地规格应根据气候、立地条件、树种、苗木规格确定。

3 平地宜先种植牧草或者绿肥植物,应在改良土壤后,选择乡土树种,并应辅以草本;边坡宜种植根系发达、耐干旱瘠薄、易成活、适应环境能力强的树种、草种。

4 种植密度应根据气候区、土地类型、破坏程度、植被恢复目标及树(草)种特性等确定;

5 平地栽植技术苗木规格和处理、栽植方法等,应按现行国

家标准《造林技术规程》GB/T 15776、《生态公益林建设 技术规程》GB/T 18337.3 的规定执行,边坡栽植技术可采用直接种植灌木、穴植灌木和藤本植物、普通喷播、植生带技术、草棒栽培技术、挂网客土喷播、草包技术、平台外缘绿化技术等。

#### 5.2.2 塌陷地林草恢复工程应符合下列规定:

1 平(台)地宜为具有生态效益的经济林或农田防护林,坡面宜为乔灌木结合的水土保持林,植被配置模式可按本标准附录 A 的规定执行;

2 平(台)地宜采用穴状整地,坡面宜沿等高线进行带状整地;对于地形破碎、土层薄、不能采取带状整地的坡面,宜采用穴状或鱼鳞坑整地,整地规格应根据树种、苗木规格确定;

3 平(台)地宜选择以生态效益为主、兼顾经济效益的树种,应包括适宜当地生长的经济树种或农田防护林树种;坡面宜选择根系发达、生长快的乡土树种;

4 塌陷地种植密度应符合本标准第 5.2.1 条第 4 款的规定;

5 塌陷地栽植技术应符合本标准第 5.2.1 条第 5 款的规定。

#### 5.2.3 压占地林草恢复工程应符合下列规定:

1 平地应配置以乔木为主的乔灌木混交林或经济林,边坡应配置以灌木为主的乔灌木混交林,植被配置模式可按本标准附录 A 的规定执行;

2 平地宜采用穴状或水平沟整地方式,边坡宜采用水平阶或穴状整地方式,整地规格应根据树种、苗木规格确定;

3 平地宜选用耐瘠薄、耐干旱、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;

4 压占地种植密度应符合本标准第 5.2.1 条第 4 款的规定;

5 压占地栽植技术应符合本标准第 5.2.1 条第 5 款的规定。

#### 5.2.4 污染场地林草恢复工程应在实施污染防治工程的基础上,按挖损、塌陷、压占地进行设计。

### **5.3 农田防护工程**

**5.3.1** 农田防护工程的工程类型、工程布置与形式、结构、走向、间距、宽度及造林整地等,应根据防护对象、防护功能需求,按现行国家标准《农田防护林工程设计规范》GB/T 50817 执行。

**5.3.2** 树种、草种选择应遵循适地适树、与当地农作物协调共生的原则。

## 6 配套工程

### 6.1 灌排工程

- 6.1.1** 灌溉与排水工程设计应根据金属矿山供排水工程确定。
- 6.1.2** 灌溉排水工程设计应符合国家现行标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288、《农田排水工程技术规范》SL 4 和《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》SL 482 的有关规定。
- 6.1.3** 灌溉水源宜采用满足灌溉水质要求的矿坑水、疏干水和生活污水或经处理后的矿坑水和生活污水。
- 6.1.4** 当复垦方向为耕地时,灌溉水质应符合现行国家标准《农田灌溉水质标准》GB 5084 的规定,复垦方向为林、草地时,灌溉水质应符合现行国家标准《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T 18920 中有关城市绿化用水水质标准的规定。
- 6.1.5** 灌排设施布置应根据土地复垦方向、气候条件、地形、土壤、气象及水源等确定。
- 6.1.6** 灌溉方式应根据灌溉水源、地形、植被和经济条件等确定,宜选用喷灌、微灌、滴灌;固定沟道应根据排水区形状、面积及任务,按干沟、支沟、斗沟、农沟的顺序设置。
- 6.1.7** 喷灌工程设计应符合现行国家标准《喷灌工程技术规范》GB/T 50085 的有关规定,微灌工程设计应符合现行国家标准《微灌工程技术规范》GB/T 50485 的有关规定。
- 6.1.8** 管(渠)道系统应根据水源、地形、作物分区及喷灌系统工作特性布置,滴灌系统干管、支管、毛管三级管道应相互垂直;管道排水系统的分级与管道类型、规格等,应根据排水规模、生产发展水平、地形、土质、管材来源、运输和敷设条件等因素分析后确定。

## 6.2 机井工程

6.2.1 机井工程设计应根据土地复垦方向、地下水资源评价、灌溉要求确定。

6.2.2 井型和布局应根据复垦区水文地质条件和需水量确定。

6.2.3 机井工程设计应符合现行国家标准《机井技术规范》GB/T 50625 的有关规定。

## 6.3 水工建筑物

6.3.1 倒虹吸应符合下列规定：

1 在渠道与道路、河流发生平面交叉或在渠道穿越山谷时，应采用倒虹吸；

2 倒虹吸应采用斜管式和竖井式；

3 输水含沙量多时，应在进水口前加设沉沙池。

6.3.2 渡槽应符合下列规定：

1 当输送渠道水流需跨越河渠、溪谷、洼地和道路时，应设置与渠道连接的渡槽；

2 渡槽布置宜根据地形条件选择长度短、易导入的位置；

3 渡槽宜选择单一类型的单跨或交叉渡槽；

4 当利用渡槽排洪时，应进行相关计算后确定渡槽结构尺寸。

6.3.3 蓄水池应符合下列规定：

1 蓄水池应选择在具有汇水条件，并可修建引水沟（渠、管）自流浇灌的地形上，不得选择在矿山松散体、滑坡体、裂隙发育的地带建池；

2 蓄水池容积可按灌溉要求计算后确定，宜选择开敞式的蓄水池形式；

3 蓄水池的配套设施应包括引水沟（渠）、沉沙池、拦污栅、进水管（渠）和防护栏。

**6.3.4 跌水应符合下列规定：**

- 1 在上游渠道等构筑物的落差集中处，应设置跌水；
- 2 跌水的设置不应影响上游水位，应能平顺进流，下游应能消能；
- 3 根据落差大小，跌水可分为单级跌水和多级跌水，落差为3m~5m时，应采用单级跌水，落差大于5m时，宜采用多级跌水。

**6.3.5 陡坡应符合下列规定：**

- 1 陡坡应设置在上游渠道等构筑物的落差集中处，渠道底坡坡度应大于临界底坡，底坡坡度宜为1:3~1:10；
- 2 陡坡的设置不应影响上游水位，应能平顺进流，下游应能消能；
- 3 根据地形、地质等条件和落差大小，可采用做成单级或多级陡坡。

**6.3.6 水闸应符合下列规定：**

- 1 水闸设计可按现行行业标准《水闸设计规范》SL 265 的规定执行，水闸的建材强度等级和结构计算应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 和现行行业标准《水工混凝土结构设计规范》SL 191 的有关规定；
- 2 闸址应根据规划确定的渠系布置、规模、使用功能、运行特点、地形地质、管理维修和环境保护等条件，经比较后选定；
- 3 水闸的闸室结构形式宜采用开敞式和穿越沟堤的涵洞式；
- 4 水闸应设置消能防冲设施；
- 5 严寒和寒冷地区水闸闸室及上、下游连接段的侧墙背后、底板下，应采取排水、保温和抗冻胀措施。

**6.3.7 涵洞应符合下列规定：**

- 1 当排水沟及渠道跨越沟溪、洼地、道路、渠道或其他设施时，可设置涵洞；
- 2 涵洞轴线宜短且直，涵洞走向应便于选择涵洞流态和形式，涵洞进出口应水流平顺或交通通畅，并应与上下游排水沟、渠

道、沟溪及道路平顺衔接；

3 涵洞断面可采用圆形或矩形，小流量涵洞宜采用预制圆管涵；

4 当涵洞有控制灌排水位或挡御外水要求时，应在涵洞的进口或出口设置闸门。

#### **6.3.8 泵站应符合下列规定：**

1 泵站站址应根据矿山土地复垦后所需的排水(洪)及灌溉需求等总体规划和综合利用要求，以及地形、地质、环保及施工等条件，经技术经济比较后选定；

2 泵站建筑物的等级划分及抗震设防要求应符合现行国家标准《泵站设计规范》GB 50265 的有关规定，防洪标准不应低于 50 年一遇洪水重现期；

3 泵站布置应满足机电设备布置，安装、运行和检修的要求；

4 泵站布置应满足节能、劳动安全和职业卫生等技术规定。

### **6.4 集雨工程**

6.4.1 集雨工程应根据疏排水工程布设，在汇水末端宜布设蓄水设施；对于部分工矿和生活场地水质不达标的汇水，应根据环境保护要求采取雨污分流措施。

6.4.2 在半干旱、半湿润或水资源不稳定的地区，应根据年均降雨量、地形、地质条件、土壤类型、灌溉设计保证率和需水量等，布设集雨设施。

6.4.3 在半干旱地区的集水池应采用封闭式，具有金属矿山旅游功能的集水池宜采用敞开式。

6.4.4 具有灌溉作用的集雨设施，泥沙粒径、水温 and 水质标准应符合现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 和《农田灌溉水质标准》GB 5084 的有关规定。

6.4.5 具有人畜饮用水源和水产养殖作用的集雨设施，水质标准应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的有关规定。

**6.4.6** 集雨设施的单体工程设计可按国家现行标准《雨水集蓄利用工程技术规范》GB/T 50596、《土地整治项目规划设计规范》TD/T 1012 和《水电水利工程沉沙池设计规范》DL/T 5107 执行。

## **6.5 疏排水工程**

**6.5.1** 疏排水工程应在矿山工程设计排水系统的基础上,在满足防洪排涝功能的前提下,根据实际需要,结合复垦方向进行规划、布设。

**6.5.2** 截流沟、排水沟和排洪沟的设计可按现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 和《水土保持工程设计规范》GB 51018 执行。

**6.5.3** 截流沟应符合下列规定:

1 截流沟应在平行等高线或近于平行等高线的坡面上修筑,应与纵向布置的排水沟相连,径流应引至坡面蓄水工程或农田、林地及草地;

2 截流沟可根据地形条件、流量等采取消能措施;

3 截流沟宜采用梯形断面。

**6.5.4** 排水沟应符合下列规定:

1 坡面排水沟应与梯田、耕作道路和沉沙蓄水工程同时规划,并应以沟渠、道路为骨架,布设排水沟、蓄水沟、沉沙池、蓄水池等设施;

2 梯田排水沟布设宜拦蓄和利用当地雨水,在干旱缺水区的山坡或山洪汇流的槽冲地带,应布设蓄水灌溉和排洪防冲工程;

3 排水沟线路应根据地形条件,按高水高排、低水低排、就近排泄、自流原则选择;

4 排水沟进口处应设置顺接设施;

5 山坡排水沟宜采用梯形断面,岩质山坡可采用矩形断面。

**6.5.5** 排洪沟应符合下列规定:

1 排洪沟布置应利用天然沟道,并应根据地形、地质等因素选择位置,排洪沟应顺直,排洪沟纵坡设计应根据渠线、地形、地质以及与山洪沟连接条件等因素确定,高差大时,宜设置急流槽或跌水;

2 排洪沟断面变化时,应采用渐变段衔接,排洪沟出口处宜采用喇叭口或八字形导流翼墙;

3 排洪沟宜采用明渠,宜利用原有山洪沟。

## 6.6 输电线路工程

6.6.1 输电线路工程宜利用主体工程原有输电线路。

6.6.2 需新增输电线路工程时,应根据复垦工程区用电等级、自然条件和社会条件等确定。

## 6.7 道路工程

6.7.1 复垦区的道路宜依托主体工程道路布设。

6.7.2 道路工程应在满足交通、运输功能的前提下,根据复垦方向进行规划和布设。

6.7.3 道路工程设计应符合现行行业标准《土地整治项目规划设计规范》TD/T 1012 的有关规定。

## 6.8 苗圃工程

6.8.1 植被重建工程需苗量大时,可配套建设苗圃。

6.8.2 苗圃工程设计宜符合现行行业标准《林业苗圃工程设计规范》LYJ 128 的有关规定。

## 7 监测与管护工程

### 7.1 监测工程

#### 7.1.1 监测工程应符合下列规定：

##### 1 耕地监测项目内容应符合下列规定：

- 1) 地形监测应包括地形坡度和平整度；
- 2) 土壤质量监测应包括有效土层厚度、土壤物理性质、土壤化学成分；
- 3) 配套设施的监测内容应包括灌溉设施、排水设施、道路和林网的监测；
- 4) 生产力水平监测包括产量监测。

##### 2 园地监测应符合下列规定：

- 1) 地形监测应包括地形坡度；
- 2) 土壤质量监测应包括有效土层厚度、土壤物理性质、土壤化学成分；
- 3) 配套设施的监测内容应包括灌溉设施、排水设施和道路的监测；
- 4) 生产力水平监测应包括产量监测。

##### 3 林地监测应符合下列规定：

- 1) 土壤质量监测应包括有效土层厚度、土壤物理性质、土壤化学成分；
- 2) 配套设施的监测内容应包括道路的监测；
- 3) 生产力水平监测应包括定植密度和郁闭度。

##### 4 草地监测应符合下列规定：

- 1) 地形监测应包括地形坡度；
- 2) 土壤质量监测应包括有效土层厚度、土壤物理性质、土壤

化学成分；

3)配套设施的监测内容应包括灌溉设施、排水设施、道路的监测；

4)生产力水平监测应包括覆盖度和牧草产量。

5 其他用途监测应符合下列规定：

1)用于渔业监测项目应包括塘(池)规格、水质、配套设施和生产力水平；

2)用于人工水域与公园监测项目应包括水质、配套设施；

3)用于建筑监测项目应包括平整度、地基承载力和配套设施；

4)其他用途测试指标应根据情况确定。

**7.1.2 监测期限与频率应符合下列规定：**

1 监测内容可分为一次性监测内容与连续性监测内容，地形、有效土层厚度、土壤物理性质、地基承载力和配套设施的监测应为一次性监测内容；土壤化学成分、水质和生产力水平监测应为连续性监测内容。

2 一次性监测内容应在土地复垦工程完成后进行。

3 连续性监测内容的监测期限与频率应根据监测目的和监测区域环境状况等因素确定，监测频率应大于1次/a，监测期限宜为3a~5a。

**7.1.3 土地复垦监测应符合下列规定：**

1 复垦后的土地质量监测，宜采用随机抽样法，样本量宜为5%~10%。

2 尾矿库复垦后的监测设施应利用原有的监测设施。

3 复垦过程中应保护尾矿库、高陡边坡等原有监测设施。

4 监测指标应符合下列规定：

1)土壤质量和重金属含量监测指标应符合现行国家标准《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》GB 15618 和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管

控标准(试行)》GB 36600 的有关规定;

- 2)灌溉、排水、道路及林网等配套设施监测指标,应符合国家现行标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 和《高标准基本农田建设标准》TD/T 1033 的有关规定;
- 3)粮食及作物中有害成分含量监测指标应符合现行国家标准《食品安全国家标准 粮食》GB 2715 的有关规定;
- 4)水质监测应根据用途,按现行国家标准《渔业水质标准》GB 11607 或《地表水环境质量标准》GB 3838 的规定执行;
- 5)其他监测指标应符合现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的有关规定。

## 7.2 管 护 工 程

7.2.1 在植被恢复后的 3a~5a 内应进行管护。

7.2.2 未成林抚育应符合下列规定:

1 间苗定株与补植措施应符合下列规定:

- 1)对于播种造林,在苗木出土后 1 个生长季或 1 年内可进行间苗,应在未成林期末完成定株;
- 2)对于植苗造林,造林后 1 个生长季或 1 年内应根据造林地上苗木成活状况补植,补植应在造林季节进行,补植苗木不应影响造林地上的苗木生长发育;
- 3)对具有萌芽能力的树种,因干旱、冻害、机械损伤以及病虫害危害造成生长不良的,可采用平茬措施复壮。

2 浇水应符合下列规定:

- 1)造林时应浇透定根水;
- 2)造林后浇水可根据天气、土壤墒情、苗木生长发育状况等确定;
- 3)应采用节水浇灌技术,不应采用漫灌方式;
- 4)造林作业时,可根据造林地面积和分布、地形地势、水资

源等状况,建设蓄水池、水窖、水渠、水井、提水设施、喷灌、滴灌等林地水利设施,可配备浇水车、移动喷灌等移动浇水设备。

3 当因土壤板结等严重影响苗木生长发育甚至成活时,宜松土,松土作业应在苗木周围 50cm 范围内进行,并应里浅外深,不得伤害苗木根系。

4 当杂灌杂草影响苗木生长发育时,宜割灌除草、除蔓,应除去苗木周边 1m 内的杂灌杂草和藤蔓,采用化学药剂除草作业的,应符合现行国家标准《主要造林树种林地化学除草技术规程》GB/T 15783 的有关规定。

5 抚育时间、抚育措施和抚育次数应符合下列规定:

- 1) 抚育时间、抚育措施和抚育次数应根据造林地苗木生长发育状况、立地条件、天气状况等确定,每年可抚育 1 次~3 次;
- 2) 用材林和经济林抚育次数可根据经营管理强度确定;
- 3) 实行林农间作的造林地,可根据间作作业抚育;
- 4) 有冻拔害地区的造林地,第一年可以除草为主,应减少松土次数。

7.2.3 未成林管护应符合下列规定:

1 新造林地的综合管护措施应符合下列规定:

- 1) 应采用专人专职、兼职或集中管护等方式;
- 2) 人畜干扰风险较高的地段,宜在造林地周边设置网围栏、篱墙和防护沟等;
- 3) 应设置明示造林地管护范围、面积、目标、责任人等信息的管护碑等标识;
- 4) 应保护森林防火通道,应按森林防火通道规划、建设要求维护 and 建设生物防火林带,林地清理的灌草、抚育采伐剩余物等宜清理;
- 5) 抚育作业不得在施工现场使用明火。

2 未成林有害生物的防控措施应符合下列规定：

- 1)应进行造林地及周边林地有害生物预测预报,可设置定期监测病虫害的预测预报样地和测报点;
- 2)应隔离和处理病虫害危害木,发现检疫性病虫害,应伐除并销毁受害木;
- 3)病虫害发生后,宜采用物理、生物防治或综合防治方法,不宜采用单一的化学防治方法,大规模造林地宜配备诱虫灯、喷雾器及病防车等防治设备。

3 兽害防控措施应符合下列规定：

- 1)苗木基干部可采用涂(刷)白、涂抹泥沙等防护措施;
- 2)可在苗木基干部捆扎塑料布、干草把、芦苇等材料,或套置硬质塑料管、金属管等管状物,或设置金属围网等防护物;
- 3)苗木可采用施用防啃剂、驱避剂浸蘸根、茎等预防性处理措施。

4 自然灾害防控措施应符合下列规定：

- 1)宜采用地膜覆盖,栽后树盘盖石板或盖草保墒,喷洒塑料、树脂泡沫剂或成膜物质水乳液,铺撒地表后形成薄膜层等措施;
- 2)洪涝灾害易发地段可设置排水沟;
- 3)大风、干热风、严寒或冻拔害严重地区,冬季可采取覆土、盖草(秸秆)和包裹等防风防寒措施。

7.2.4 对复垦工程设施应按时按计划进行巡查、维护和保养。

7.2.5 对复垦区内的渠道、水库、塘坝、泵站、水厂、堤防、田间道路、简易桥梁、防护林和电网等主要建筑设施,应按计划进行维护和保养。

7.2.6 污染场地环境监测应按现行行业标准《建设用土壤污染风险管控和修复监测技术导则》HJ 25.2 执行。

7.2.7 金属矿山土地复垦后,应明确管护主体及管护责任。

## 附录 A 金属矿山植被恢复模式类型

**A.0.1** 金属矿山植被恢复模式类型宜按表 A.0.1 的规定确定。

**表 A.0.1 金属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   | 农田、经济林  | 优先恢复生态经济树种,农林(经)复合经营  |
|    |         |     | 石质   | 防护林、景观林 | 灌木为主,灌草结合,灌木混交林       |
|    |         |     | 砂粒质  | 防护林、景观林 | 乔木为主,乔灌混交林            |
|    |         | 土质  | 陡坡以上 | 防护林、景观林 | 灌木为主,灌草结合,灌木混交林       |
|    |         |     | 斜坡   | 防护林、经济林 | 灌木为主,乔灌草结合,乔灌混交林      |
|    |         |     | 缓坡   | 农田、经济林  | 优先恢复梯田,农(经)林复合经营      |
|    |         | 石质  | 陡坡以上 | 景观林     | 草本为主,草藤结合,封育保护,自然演替   |
|    |         |     | 斜坡   | 景观林     | 草本为主,草灌结合,封育保护,人工促进更新 |
|    |         |     | 缓坡   | 景观林、防护林 | 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 | 景观林、防护林 | 草本为主,草灌结合,封育保护,灌木混交林  |
|    |         |     | 斜坡   | 防护林、景观林 | 灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林   |
|    |         |     | 缓坡   | 防护林、农田  | 优先保护生态,适度恢复梯田,农林复合经营  |

续表 A.0.1

| 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     | 平台    | 土质  | 防护林、农田  | 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  | 防护林、景观林 | 灌木为主,乔灌草结合,乔灌混交林            |
|    |         |       | 砂粒质 | 防护林、经济林 | 乔木为主,乔灌草结合,乔灌混交林、纯林         |
|    |         | 边坡    | 土质  | 防护林、经济林 | 乔木为主,乔灌、灌木混交林、纯林            |
|    |         |       | 石质  | 防护林、景观林 | 灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林         |
|    |         |       | 砂粒质 | 防护林、经济林 | 灌木为主,乔灌草结合,灌木、乔灌混交林、纯林      |
|    | 尾矿库     | 库面    |     | 防护林、景观林 | 草本为主,灌草结合                   |
|    |         | 坝面    |     | 防护林、景观林 | 草本为主,灌草结合                   |
| 塌陷 | 积水区     | 季节性积水 |     | 防护林、农田  | 保护生态,兼顾恢复农地,农林复合经营          |
|    |         | 常年积水  | 深水区 | 湿地      | 保护生态、改造景观                   |
|    |         |       | 浅水区 | 湿地      | 保护生态、改造景观                   |
|    | 非积水区    |       |     | 农田、经济林  | 优先恢复农地、园地,种植业为基础,多种经营       |

注:1 土质指地表土层较厚,含岩石、碎屑、砂粒少,保水保肥力强;

2 石质指水蚀、风蚀严重,地表岩石裸露,土层浅薄,保水保肥力差;

3 砂粒质指地表含岩石、碎屑、砂粒多,无保水保肥力。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《砌体结构设计规范》GB 50003
- 《喷灌工程技术规范》GB/T 50085
- 《泵站设计规范》GB 50265
- 《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288
- 《生产建设项目水土保持技术标准》GB 50433
- 《微灌工程技术规范》GB/T 50485
- 《雨水集蓄利用工程技术规范》GB/T 50596
- 《机井技术规范》GB/T 50625
- 《农田防护林工程设计规范》GB/T 50817
- 《水土保持工程设计规范》GB 51018
- 《冶金矿山排土场设计规范》GB 51119
- 《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》GB 51220
- 《食品安全国家标准 粮食》GB 2715
- 《地表水环境质量标准》GB 3838
- 《农田灌溉水质标准》GB 5084
- 《生活饮用水卫生标准》GB 5749
- 《渔业水质标准》GB 11607
- 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》GB 15618
- 《造林技术规程》GB/T 15776
- 《主要造林树种林地化学除草技术规程》GB/T 15783
- 《生态公益林建设 技术规程》GB/T 18337.3
- 《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597
- 《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598
- 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599

《城市污水再生利用 城市杂用水水质》GB/T 18920  
《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》  
GB 36600  
《生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范》CJJ 176  
《水电水利工程沉沙池设计规范》DL/T 5107  
《建设用地土壤污染状况调查技术导则》HJ 25.1  
《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》HJ 25.2  
《建设用地土壤污染风险评估技术导则》HJ 25.3  
《建设用地土壤修复技术导则》HJ 25.4  
《林业苗圃工程设计规范》LYJ 128  
《农田排水工程技术规范》SL 4  
《水工混凝土结构设计规范》SL 191  
《水闸设计规范》SL 265  
《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》SL 482  
《土地整治项目规划设计规范》TD/T 1012  
《高标准基本农田建设标准》TD/T 1033  
《土地复垦方案编制规程 第1部分:通则》TD/T 1031.1  
《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036  
《耕作层土壤剥离利用技术规范》TD/T 1048

中华人民共和国国家标准

金属矿山土地复垦工程设计标准

**GB 51411 - 2020**

条文说明

## 编制说明

《金属矿山土地复垦工程设计标准》GB 51411—2020,经住房和城乡建设部 2020 年 1 月 16 日以第 39 号公告批准发布。

本标准制订过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国金属矿山土地复垦工程设计与施工的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,确定了各项技术要求。

为便于广大设计、施工、科研和学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《金属矿山土地复垦工程设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

|     |                |        |
|-----|----------------|--------|
| 1   | 总 则 .....      | ( 37 ) |
| 3   | 基本规定 .....     | ( 38 ) |
| 3.1 | 设计原则 .....     | ( 38 ) |
| 3.2 | 复垦方向 .....     | ( 39 ) |
| 3.3 | 复垦质量控制标准 ..... | ( 40 ) |
| 3.4 | 复垦工程类型划分 ..... | ( 40 ) |
| 4   | 土壤重构工程 .....   | ( 44 ) |
| 4.1 | 一般规定 .....     | ( 44 ) |
| 4.2 | 充填工程 .....     | ( 44 ) |
| 4.3 | 土壤剥覆工程 .....   | ( 45 ) |
| 4.4 | 平整工程 .....     | ( 45 ) |
| 4.5 | 坡面工程 .....     | ( 46 ) |
| 4.7 | 生物化学工程 .....   | ( 47 ) |
| 5   | 植被重建工程 .....   | ( 49 ) |
| 5.1 | 一般规定 .....     | ( 49 ) |
| 5.2 | 林草恢复工程 .....   | ( 49 ) |
| 6   | 配套工程 .....     | ( 54 ) |
| 6.1 | 灌排工程 .....     | ( 54 ) |
| 6.3 | 水工建筑物 .....    | ( 54 ) |
| 6.4 | 集雨工程 .....     | ( 56 ) |
| 6.5 | 疏排水工程 .....    | ( 56 ) |
| 6.6 | 输电线路工程 .....   | ( 57 ) |
| 6.7 | 道路工程 .....     | ( 57 ) |
| 7   | 监测与管护工程 .....  | ( 58 ) |
| 7.2 | 管护工程 .....     | ( 58 ) |

# 1 总 则

## 1.0.1 本标准制定的目的是：

(1)贯彻执行《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国环境保护法》《土地复垦条例》《土地复垦条例实施办法》《土壤污染防治行动计划》等国家土地复垦相关法律、法规和方针、政策；

(2)促进金属矿山节约、集约利用土地与绿色发展，坚持人与自然和谐共生，建设生态文明和美丽中国；

(3)规范金属矿山土地复垦工程设计。

## 3 基本规定

### 3.1 设计原则

**3.1.1** 金属矿山对土地损毁的类型有土地挖损、土地塌陷、土地压占和土地污染,金属矿山土地复垦工程设计要全面涵盖矿山损毁土地,金属矿山生产周期长,复垦工作要与矿山生产统一规划、统筹实施,否则复垦工作既会影响矿山生产安全,也无法保障自身安全。同时,金属矿山土地复垦工程设计既要按农用地优先原则,贯彻《土地复垦条例》(中华人民共和国国务院第592号令)第四条“复垦的土地应当优先用于农业”,又必须针对土地污染情况及污染治理条件进行复垦方向论证(复垦后用途适宜性评价),避免农牧林产品质量不符合国家相关标准。再者,《土地复垦条例》第十六条“保护土壤质量与生态环境,避免污染土壤和地下水”,《土壤污染防治行动计划》“五、强化未污染土壤保护,严控新增土壤污染”、“六、加强污染源监管,做好土壤污染预防工作”、“七、开展污染治理与修复,改善区域土壤环境质量”对矿山未污染土壤保护、土壤污染治理与修复等也提出了明确要求,要保护和改善矿山生态环境质量。本条为强制性条文,必须严格执行。

**3.1.2** 《土地复垦条例》(中华人民共和国国务院第592号令)第四条规定“生产建设活动应当节约集约利用土地,不占或少占耕地;对依法占用的土地应当采取有效措施,减少土地损毁面积,降低土地损毁程度”。金属矿山土地复垦工程设计要在矿山工程设计的基础上,从土地复垦的角度加强预防控制,就减少损毁土地面积、控制土地损毁强度、优化弃渣堆存方案方面对主体工程设计进行分析、评价,最大程度控制土地损毁面积与程度,降低金属矿山

建设、生产对矿山生态环境的不利影响；强调水土资源保护，珍惜和保护土壤资源，重视表土剥离利用，提高土壤资源利用率，关注废石排放的合理性，废石要充分内排，合理安排排土场岩土排弃次序，将含不良成分的岩土堆放在深部，品质适宜的土层包括易风化性岩层可安排在上部；开展场地污染调查，强化土壤污染防治工作，高度关注金属矿山损毁土地土壤理化性质（尤其是重金属污染）。

**3.1.3** 土地复垦的基本出发点是节约土地、保护和合理利用土地资源，改善生态环境。金属矿山土地复垦工程设计要因因地制宜，与矿山工程设计、矿山环境恢复治理、水土保持等统筹协调，合理确定复垦方向，采取恰当的复垦措施，确保复垦的安全性、及时性和土地复垦质量。

**3.1.4** 金属矿山土地复垦工程设计要全面覆盖各种复垦场地与损毁类型，重点是露天采场、地下采矿塌陷区、排土场、尾矿库，还要全面覆盖其他场地，包括选矿厂、地面运输系统、辅助工程及办公生活区、其他工程占地及污染地。

**3.1.5** 金属矿山土地复垦工程设计基础资料要全面、可靠，要在全面系统分析矿山工程设计等资料的基础上，收集复垦区及周边自然地理、生态环境、社会经济、土地利用现状与权属等基本资料，对复垦区及周边自然地理、社会经济、土壤、水文、水资源、生物多样性、土地利用、土地损毁（含污染）、土地复垦适宜性等进行系统调查和评价。

**3.1.6** 复垦工程设计和总体布置要结合矿山工程设计统筹安排，强调安全性、协调性与系统性。各项措施工程设计要结合矿山工程设计及复垦区可依托工程（环境恢复、水土保持等），进行复垦工程总体布置和系统设计。

## **3.2 复垦方向**

**3.2.1** 复垦方向指土地复垦工程完工、土地复垦管护期结束，复

垦土地的利用方向。土地复垦方向的确定,以节约土地、保护和合理利用土地资源,改善生态环境为基本出发点,贯彻“宜农则农,耕地优先”的原则。要全面分析矿山所属土地复垦类型区宏观特点和复垦场地具体(微观)条件,考虑具体复垦单元土地平整后的地表形态、地表物质组成、有效土层厚度、污染程度等。

### 3.3 复垦质量控制标准

**3.3.1** 本条根据现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 土地复垦类型区划分方案:依据地貌单元的一致性和土地复垦方向与工程技术的类似性、气候—土壤—植被地带性规律进行划分;土地复垦类型区名采用“大尺度区位或自然地理单元+地貌类型组合(大尺度区位或自然地理单元和优势地面组成物质或岩性)”的方式进行命名;依据土地复垦类型区划分和命名原则,将全国划分为东北山丘平原区、黄淮海平原区、长江中下游平原区、东南沿海山地丘陵区、黄土高原区、北方草原区、西南山地丘陵区、中部山地丘陵区、西北干旱区、青藏高原区 10 个土地复垦类型区。

### 3.4 复垦工程类型划分

**3.4.2** 根据现行行业标准《土地复垦方案编制规程 第 1 部分:通则》TD/T 1031.1,一级项目划分为:土壤重构工程,植被重建工程,配套工程,监测与管护工程。二级项目包括土壤重构工程中的充填工程、土壤剥覆工程、平整工程、坡面工程、生物化学工程及清理工程,植被重建工程中的林草恢复工程和农田防护工程,配套工程中的灌排工程、喷(微)灌工程、机井工程、水工建筑物工程、集雨工程、疏排水工程、输电线路工程及道路工程,监测与管护工程中的监测工程和管护工程。三级项目在二级项目基础上酌情划分。土地复垦工程项目按表 1 划分。

表 1 土地复垦工程项目划分

| 序号 | 一级项目   | 二级项目   | 三级项目    |
|----|--------|--------|---------|
| 一  | 土壤重构工程 | —      | —       |
| 1  | —      | 充填工程   | —       |
|    | —      | —      | 地裂缝充填   |
|    | —      | —      | 塌陷地充填   |
|    | —      | —      | 其他      |
| 2  | —      | 土壤剥覆工程 | —       |
|    | —      | —      | 表土处置    |
|    | —      | —      | 客土      |
|    | —      | —      | 其他      |
| 3  | —      | 平整工程   | —       |
|    | —      | —      | 田面平整    |
|    | —      | —      | 田埂(坎)修筑 |
|    | —      | —      | 场地平整    |
|    | —      | —      | 其他      |
| 4  | —      | 坡面工程   | —       |
|    | —      | —      | 梯田      |
|    | —      | —      | 护坡(削坡)  |
|    | —      | —      | 其他      |
| 5  | —      | 生物化学工程 | —       |
|    | —      | —      | 土壤培肥    |
|    | —      | —      | 污染防治    |
|    | —      | —      | 其他      |
| 6  | —      | 清理工程   | —       |
| 二  | 植被重建工程 | —      | —       |
| 1  | —      | 林草恢复工程 | —       |
|    | —      | —      | 种草(籽)   |
|    | —      | —      | 植草      |
|    | —      | —      | 种树(籽)   |
|    | —      | —      | 植树      |
|    | —      | —      | 其他      |

续表 1

| 序号 | 一级项目 | 二级项目    | 三级项目  |
|----|------|---------|-------|
| 2  | —    | 农田防护工程  | —     |
|    | —    | —       | 种树(籽) |
|    | —    | —       | 种草(籽) |
|    | —    | —       | 其他    |
| 三  | 配套工程 | —       | —     |
| 1  | —    | 灌排工程    | —     |
|    | —    | —       | 支渠(沟) |
|    | —    | —       | 斗渠(沟) |
|    | —    | —       | 农渠(沟) |
|    | —    | —       | 毛渠(沟) |
|    | —    | —       | 其他    |
| 2  | —    | 喷(微)灌工程 | —     |
|    | —    | —       | 管道工程  |
|    | —    | —       | 设备安装  |
| 3  | —    | 机井工程    | —     |
|    | —    | —       | 成孔工程  |
|    | —    | —       | 井管安装  |
|    | —    | —       | 填封工程  |
|    | —    | —       | 洗井工程  |
|    | —    | —       | 设备安装  |
| 4  | —    | 水工建筑物   | —     |
|    | —    | —       | 倒虹吸   |
|    | —    | —       | 渡槽    |
|    | —    | —       | 蓄水池   |
|    | —    | —       | 跌水、陡坡 |
|    | —    | —       | 水闸    |
|    | —    | —       | 涵洞    |
|    | —    | —       | 泵站    |
|    | —    | —       | 其他    |
|    | —    | —       | 设备安装  |

续表 1

| 序号 | 一级项目    | 二级项目   | 三级项目   |
|----|---------|--------|--------|
| 5  | —       | 集雨工程   | —      |
|    | —       | —      | 沉沙池    |
|    | —       | —      | 集水池    |
|    | —       | —      | 水窖     |
| 6  | —       | 疏排水工程  | —      |
|    | —       | —      | 截流沟    |
|    | —       | —      | 排水沟    |
|    | —       | —      | 排洪沟    |
|    | —       | —      | 其他     |
|    | —       | —      | 设备安装   |
| 7  | —       | 输电线路工程 | —      |
|    | —       | —      | 线路架设工程 |
|    | —       | —      | 线路移设工程 |
|    | —       | —      | 配电设备安装 |
| 8  | —       | 道路工程   | —      |
|    | —       | —      | 田间道    |
|    | —       | —      | 生产路    |
|    | —       | —      | 其他道路   |
| 四  | 监测与管护工程 | —      | —      |
| 1  | —       | 监测工程   | —      |
| 2  | —       | 管护工程   | —      |

## 4 土壤重构工程

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 《土地复垦条例》(中华人民共和国国务院第 592 号令)第十六条对表土剥离利用提出了明确要求。《土地复垦条例》第十六条明确“禁止将重金属污染物或者其他有毒有害物质用作回填或充填材料”。金属矿山土地复垦的对象重点是露天采场、尾矿库和排土场,长期以来,表土资源的剥离利用往往是土地复垦的关键因素,为了珍惜和保护矿山土壤资源,保障土地复垦的生态环境安全,金属矿山土地复垦要高度重视表土剥离利用,同时,为保护水、土资源,不能将重金属污染物或者其他有毒有害物质用作回填或充填材料。本条为强制性条文,必须严格执行。

**4.1.2** 金属矿山土地复垦要在矿山工程设计的基础上,结合矿山设计规范、安全条例等,以及复垦场地的复垦方向,统筹应用各类土壤重构工程,并避免土地复垦工程给相关安全生产带来不利影响。

### 4.2 充填工程

**4.2.1** 地裂缝、塌陷地充填要结合矿山设计规范、安全条例等制订充填方案。

**4.2.3** 为确保安全,复垦工程要在矿山工程对不稳定塌陷区进行专项设计、治理的基础上进行。对未达到稳定状态、存在(重大)安全隐患的,要采取监测、预警及其他临时工程措施(如围挡封闭),对安全隐患予以警示。

### 4.3 土壤剥覆工程

**4.3.1** 复垦区土壤调查和评价内容要包括污染状况、土层厚度、土壤质地、容重、pH 值、有机质和土壤类型等,可以根据当地实际情况增加辅助指标,如孔隙度、全氮、有效磷、速效钾等。

**4.3.2** 科学开展矿区土壤剥覆工程,合理安排土壤剥离、运输、储存和回覆等工序工作,土壤剥覆要做到分层剥离、分层堆存和分层回填,珍惜和保护土壤资源,提高土壤资源利用率。

**4.3.3** 矿山开采前,要制定科学合理的土壤剥覆方案,方案包括剥离、储存、回覆等区域选择、土方量平衡计算和运输线路选择、投资估算、实施计划和保障措施等。

**4.3.4** 要统筹做好耕作层的剥离,对表土实行单独采集和存放,并用于损毁土地的复垦。但当土壤层太薄或质地不太均匀,或者表土肥力不高,而附近土源丰富且能满足生态重建要求时,可以不对表土进行单独剥离存放。

**4.3.6** 在堆放场地的选择上,要尽量避免水蚀、风蚀和各种人为损毁,表土堆放区要防止放牧、机器和车辆的进入,防止粉尘、盐碱的覆盖;表土堆放场所不要位于计划中将受施工损毁的地段或靠近卡车拖运道;表土堆放场要选择在地势较高,没有径流流入或流过区域。表土堆置高度要满足安全稳定、避免水土流失的要求。

### 4.4 平整工程

**4.4.1** 调查和评价工作主要是调查矿区损毁区域和周边地形地貌、土地利用方向、复垦覆土土源量、立地条件等情况。

**4.4.2** 矿山复垦平整工程是指对矿山建设和开采过程中损毁的土地采取措施,使之恢复到可利用的状态,最大限度地恢复土地生产力、提高资源利用率。

**4.4.3** 本条对田面平整做出规定。

1 田面规模要贯彻方便耕作的原则,一般而言,露天采空区、

排土场顶部、尾矿库区顶部、坑口场地等块状区域田面规模根据场地大小确定,露天终采平台、排土场马道平台、尾矿库马道平台等条形区域田面规模根据条形场地长度和宽度大小确定,复垦为耕地的损毁区,田面平整时根据降水条件预留农田水利设施的位置。

#### **4.4.4 本条对田埂(坎)设计做出规定。**

1 若复垦区域内石料充足、抗风化能力强、稳定性好,适合修筑石质田埂(坎);若复垦区域内石料短缺、土料质地较好、抗剪剪强度高,适合修筑土质田埂(坎),土坎一般采用人工夯实。田埂植物种植的目的是充分利用埂坎,提高损毁区的土地利用效率,防止埂坎被冲刷破坏,改善耕地的小气候条件,同时,通过选择配置有经济价值的树种,增加复垦区的收入。

2 石埂(坎)高度一般根据复垦区地面坡度、土层厚度等因素确定,土埂(坎)高度一般根据复垦区土质黏着力确定,土质黏着力愈小坎愈矮,田埂(坎)要愈高、外侧要愈缓。

4.4.5 场地平整是指对不便复垦为耕地的损毁区域,为满足复垦林草地等而进行的场地平整。

### **4.5 坡面工程**

4.5.1~4.5.3 坡面工程是对拟复垦的稳定坡面按复垦方向进行的整治工程,或为了防止坡面风化、掉块、垮塌、水土流失等进行的防护工程,坡面工程包括梯田、护坡(削坡)。边坡稳定性评价为总体稳定的边坡才能直接采用坡面工程,否则要先进行边坡治理。

4.5.4 复垦工程不能对边坡整体稳定性造成不良影响,并要保持自身稳定。

4.5.5 本条对梯田做出规定。

1 在排土场、露天采空区和塌陷区边坡上实施梯田修建工程前,首先要进行边坡稳定性评价,只有在边坡稳定的情况下,才能进行梯田修建工程。

4.5.6 坡面防护工程一般分为工程防护和植物防护两大类,坡面

防护要采用工程防护、植物防护进行综合防护,临时防护措施要与永久防护措施相结合。

1 工程防护存在的主要问题往往是与周围环境不协调、景观效果差,所以在边坡坡面防护中,要注意与周围自然环境和当地人文环境的融合,并在边坡安全平台、清扫平台上种植爬山虎等攀藤植物,或者采用客土喷播等岩面植生(植物防护与绿化)措施,以减少对周围环境的不利影响。

2 坡面防护效果的好坏与排水措施是否到位密切相关,要在掌握水文条件的基础上进行边坡坡面防护与防排水措施的综合设计。

4.5.7 拟定削坡的方案整治复垦边坡时,要结合地质条件,通过稳定性验算确定削坡范围、工程量。地质条件主要有三个方面:岩体结构稳定性、地下水影响和边坡稳定敏感度,稳定性验算包括极限平衡算法、有限单元算法和概率法等。

## 4.7 生物化学工程

4.7.2 复垦土壤培肥一般要在复垦后土壤肥力调查和评价的基础上选择合适的土壤培肥工程。土壤培肥方式要根据复垦后土壤的类型和特征确定,主要是通过施有机肥、化肥及生物培肥等措施来提高肥力状况。金属矿山的主要土壤培肥改良途径有绿肥种植法、肥料培肥改良法。

4.7.3 由于金属矿山的开采、选矿等可能会造成环境的污染,所以在进行金属矿山土地复垦设计前,需对复垦场地进行建设用地调查,确认建设用地污染情况,以便根据污染调查结果,采取污染阻隔、修复措施,保证复垦质量达到相应复垦方向的复垦质量要求。

对于污染场地,要根据污染物性质及污染程度,因地制宜采取物理、化学或生物措施去除或钝化土壤污染物,对于通过上述措施仍无法将污染物消除或抑制其活性至目标水平的污染严重的土

壤,要通过采取工程措施铺设隔离层,再进行覆土,覆土厚度一般为 50cm 以上。铺设隔离层时要对隔离材料有毒有害成分进行分析,避免隔离材料造成二次污染。

可能产生酸性废水的排土场、临时料场等场地的矿山,要采取有效隔离和覆盖措施,减少降水入渗,并采用沉淀法、石灰中和法、微生物法、膜分离法等方法处理矿区酸性废水。

矿山污染场地修复治理完成后需要满足复垦要求,污染场地修复治理完成后需要组织验收,再进行利用。

## 5 植被重建工程

### 5.1 一般规定

**5.1.1~5.1.3** 这几条强调了遵循自然规律、生态规律,突出保护自然、培育健康稳定森林和提高造林效益的原则,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,最终形成一个可自我更新、健康、稳定的林草生态系统。

### 5.2 林草恢复工程

**5.2.1~5.2.3** 这三条分别对挖损地、塌陷地、占压地林草恢复工程的植被配置模式、整地、树种选择、密度、栽植技术进行了规定。

(1)整地的原则是固土、保墒,方式一是采用集水、节水、保土、保墒、保肥等整地方式,方式二是采用经济实用的小规格、低成本的整地方式,减少地表的破土面积。

(2)依据林分密度理论,结合造林实践,分区域确定人工造林初植(栽植)密度时,应考虑下述因素:①树种的生物学特征。凡速生的、喜光的、宽冠的树种,造林密度宜稀;反之宜密。②造林地立地条件。通常立地条件好,造林密度宜稀;反之,则宜密。但在特别干旱的造林地上,造林不以林冠全面郁闭为目标,考虑到水分缺乏,造林密度以稀为宜,以保证树木根系的充分扩展,吸取足够的水分。③林种。如防护林,为形成乔灌草多层次的林分结构,可稀植;经济林以优质丰产果实或工业原料为主要目标而宜稀植;薪炭林以生物量为目标宜密植;用材林,以生产大径材为目标的可稀植,以培育中小径材为主的可密植。④经营条件。采用集约栽培的,可密植;实行粗放经营的,可稀植。而实行林农间作的,应稀植。

(3)关于边坡各类栽植技术说明如下。

1)直接种植灌草:是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。

2)穴植灌木、藤本植物:是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,发挥其生态效益和景观效益。

3)普通喷播:是在坡面平整后,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。

4)植生带技术:是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的一种特制产品。将其覆盖在边坡表面,只需适量喷水,就能长出茂密草坪。

5)草棒栽培技术:是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。

6)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)草包技术:是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。

8)平台外缘绿化技术:是对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)种植悬垂植物与攀援

植物相连以绿化覆盖全部裸露岩壁。

挖损地复绿技术参见表 2。

表 2 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 $60^{\circ}$ ,坡高低于 15m;土质边坡坡角小于 $45^{\circ}$ ,坡高低于 8m | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 岩石边坡:采用挂网客土喷播和草包技术、平台种植等技术;</li> <li>2 土质边坡:采用直接播种或植生带、植生垫、植生席等技术;</li> <li>3 土石混合边坡:采用草棒技术、普通喷播或穴栽灌木等技术</li> </ol>   |
| 平地    | 经过治理、稳定的废弃矿山露天采场、排土场等地  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1 种植灌草:进行土壤覆盖,在保持覆盖土层不小于 0.3m 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;</li> <li>2 植树造林:进行覆土,在保持覆盖土层不小于 0.6m 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</li> </ol>                         |
| 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  | <p>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。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 湖泊:湖岸覆土复绿,近岸根据需要栽植耐水、浅水、沉水植物,湖面选用浮水植物进行复绿;</li> <li>2 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毒害的树种或渔草进行复绿,塘水根据鱼种选择渔草</li> </ol> |
| 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,特别是要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  |

续表 2

| 适用环境    | 适用条件  | 复绿技术  |
|---------|---|---|
| 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 | <p>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。</p> <p>1 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(如攀岩、攀岩等功能)。根据景观设计需要,岩壁允许保持一定面积的裸露;</p> <p>2 平地:依据生态学和美学原则,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</p> |

**5.2.4 污染场地林草恢复工程树(草)种选择**需要结合污染类型进行相应调整。根据现有成果,初步整理了污染矿类植被恢复适宜树(草)种(见表3)。

表 3 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  |
| 黄金等贵金属类 | 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、乌柏、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、红花檫木、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                                 |

续表 3

| 矿种类型           | 适宜树(草)种  |  |  |
|----------------|--|--|--|
|                | 乔木   | (花)灌木  | 草本   |
| 铁、锰等<br>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<br>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、苦蕒菜、无芒草、鸡脚草、披肩草、无芒雀麦、紫葛藤             |
| 镉、铅、锌等<br>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 |

## 6 配套工程

### 6.1 灌排工程

**6.1.1** 矿坑水或疏干水是金属矿排土场和尾矿库优先选用的灌溉水源,因此灌溉系统设计要与金属矿供排水工程相配套。

**6.1.6** 分布于干旱、半干旱地区的金属矿,灌溉方式优先采用节水灌溉,如喷管、微喷管、滴灌或其组合方式。分布于南方山地丘陵地区的金属矿,排水系统的设置要与灌溉系统相对应,可依干沟、支沟、斗沟、农沟顺序设置固定沟道,在降水充沛地区,必要时增设退水渠,亦能根据排水区的形状和面积大小及负担的任务适当增减渠道级数,如 1 万  $\text{hm}^2$  以上的复垦区域必要时增设干渠、分支渠或分斗渠,而灌溉面积较小的复垦区域适当减少渠道级数。

耕地、林地、草地等不同复垦方向是灌溉制度及需水量的主要影响因素,当地气候条件、地形、土壤、气象、水源是影响灌溉方式的主要影响因素。排土场和尾矿库的灌溉方式要根据灌溉水源、地形、植被和经济等条件,选用喷灌、微灌(包括微喷灌、滴灌),且在技术经济条件可行的情况下,优先选用节水灌溉方式。

### 6.3 水工建筑物

**6.3.2** 渡槽优先采用砌石、混凝土及钢筋混凝土等较经济的建筑材料,基础要选择地基承载力高、岩石风化程度低的基岩,在软弱地基上,基础埋深要大于 2.0m。

**6.3.3** 蓄水池是矿山土地复垦后的重要的雨水蓄积工程设施,矿山蓄水池不能兼做饮用功能。

**6.3.4** 跌水是连接上下游渠道的垂直降坡防冲建筑物。

**6.3.5** 陡坡是连接上下游渠道的缓降坡防冲建筑物。

**6.3.6** 本条对水闸做出规定。

**2** 闸址要优先选用地质条件良好的天然地基,最好选用新鲜完整的岩石地基,或承载力大、抗剪强度高、压缩性低、透水性小、抗渗稳定性好的土质地基,要避免淤泥、淤泥质黏土或粉砂、细砂地基。

**3** 渠道水深有限,灌溉渠道水头宝贵,而开敞式水闸的过闸水头损失和工程量均较小。对过水流量和孔口尺寸较小并位于渠堤上的水闸,以涵洞及填土代替桥梁沟通渠堤交通,较经济、美观。

**6.3.7** 本条对涵洞做出规定。

**1** 在过水能力相同的条件下,单孔涵洞比多孔涵洞经济,优先选取单孔涵。涵洞一般分为下列类型:

- (1)按作用划分为渠涵、渠下涵;
- (2)按流态划分为无压力流、半压力流和压力流涵洞;
- (3)按形式划分为盖板涵、圆涵、拱涵和箱涵;
- (4)按材料划分为以钢筋混凝土、混凝土、浆砌石、成品管道等一种材料为主修建的涵洞。

**2** 涵洞进、出口的形式、尺寸和底面高程要结合地形、地质条件、水流特性、防冲加固和消能措施等综合确定,确保过涵水流平稳顺利和附近渠堤稳定安全;渠涵进、出口优先采用扭面或八字墙形式,其平面扩散角在  $6^{\circ}\sim 12^{\circ}$ ;渠下涵的进、出口形式用八字墙式、端墙式、平头式(衣领式)或走廊式。

**3** 涵洞一般均优先选用无压流态,涵洞内顶点至最高水面之间的净空高度要符合表 4 的要求,并不小于 0.4m。

**表 4 无压涵洞的净空高度(m)**

| 进口净高     | 涵洞类型        |             |            |
|----------|-------------|-------------|------------|
|          | 圆涵          | 拱涵          | 矩形涵洞       |
| $\leq 3$ | $\geq D/4$  | $\geq D/4$  | $\geq D/6$ |
| $> 3$    | $\geq 0.75$ | $\geq 0.75$ | $\geq 0.5$ |

注:  $D$  为涵洞内侧高度或圆涵内径(m)。

**6.3.8** 在金属矿山土地复垦过程中,泵站主要用于排水(洪)及灌溉。

## **6.4 集雨工程**

**6.4.1** 集雨工程的单体工程是根据现行行业标准《土地复垦方案编制规程 第1部分:通则》TD/T 1031.1划分的。

**6.4.2** 在干旱和水资源丰富的地区,不推荐采用集雨工程用于植被建设、农田灌溉和景观旅游的用水。

**6.4.3** 对于具有景观功能的复垦项目,集雨工程要结合疏排水工程布置,在汇水末端宜布设蓄水设施;而具有植被恢复、农田灌溉和人畜饮水等的复垦项目,需单独布设汇水面与汇流通道,进行集雨和蓄水;部分工矿和生活场地水质不达标的汇水,要兼顾环保要求,采取雨污分流措施。

**6.4.5** 在复垦为耕地、园地或涉及农村居民饮用水源的土地复垦项目中,要防止金属矿山地表径流中污染物发生二次污染风险。

## **6.5 疏排水工程**

**6.5.1** 疏排水工程是根据现行行业标准《土地复垦方案编制规程 第1部分:通则》TD/T 1031.1划分的。疏排水系统要在矿山工程设计排水系统的基础上,与复垦区内田、林、渠、沟等设施布局相协调。

**6.5.2** 疏排水工程要根据设计排水流量确定过水断面的主要尺寸和设计水深。

**6.5.3** 本条对截流沟做出规定。

1 将坡面上部的径流导引至排水沟或天然沟道,可以保护下部复垦区域或设施免遭冲刷;

2 坡度缓、流量小时,采用消力池消能;坡度陡、流量大时,采取多级跌水或加糙(坎)消能;

3 坡度较陡时,采用矩形断面以减小开挖量。

**6.5.4** 本条第1款规定的目的是将低洼处及内部区域汇集的雨水排出场外。

**6.5.5** 本条对排洪沟做出规定。

1 排洪沟是复垦区重要的排水设施,在遇到洪水灾害时起泄洪作用;

2 排洪沟设计方式与排水沟的要求相似。

## **6.6 输电线路工程**

**6.6.2** 复垦工程区存在塌陷等不稳定区域时,输电线路工程选线要避让此类不良工程地质条件区域,优先选用太阳能、风能等新能源。

## **6.7 道路工程**

**6.7.1** 企业在生产期已建成了完善的道路系统,联络各场地及设施,复垦区域的外部联络道路优先利用已有道路。

**6.7.2** 在复垦施工期,复垦区内部道路主要为材料运输、作业机械通行等复垦作业服务,复垦作业完成后,道路主要为植被修复、排水设施清理等维护作业服务。复垦区道路系统要与外部道路及复垦区内田、林、渠、沟等设施布局相协调,满足防火需要,利于维护和管理,做到服务范围广、运输方便。

## 7 监测与管护工程

### 7.2 管护工程

**7.2.1~7.2.3** 为提高未成林抚育效果,切实促进造林后幼苗的生长发育,根据当前各地的造林实践,这三条规定了未成林抚育、综合管护、有害生物防控、兽害防控、自然灾害防控等未成林抚育内容。其中,综合管护措施主要规定了管护设施、森林防火设施、抚育施工作业管理措施等;有害生物防控措施主要规定了林业有害生物防控设施、防控方法和技术措施等;兽害防控措施主要规定了兽害防控材料的使用;自然灾害防控措施主要规定了应对气象灾害、风沙等的材料、设施及其使用等。

S/N:155182·0637



统一书号: 155182 · 0637

---

定 价: 13.00 元

9 155182 063709