

中华人民共和国国家标准

GB

GB×××—20××

金属矿山土地复垦工程设计标准

(征求意见稿)

20××-××-×× 发布

20××-××-× 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合
发布

前 言

本标准是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，由昆明有色冶金设计研究院股份公司会同有关单位编制完成。

本标准在制定过程中，标准编制组经广泛调查研究，认真分析、总结和吸取了以往金属矿山土地复垦的实践经验，以及国内外金属矿山土地复垦的新技术、新工艺和新的科研成果，并注意了与相关标准的衔接，经广泛征求意见，最后经审查定稿。

本标准由总则、术语、基本规定、土壤重构工程、植被重建工程、配套工程和监测与管护工程共7章组成。

本标准中为推荐性标准，供设计单位参照执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理，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负责具体技术内容的解释。

在执行本标准的过程中，请各单位注意总结经验、积累资料，将有关意见和建议反馈给昆明有色冶金设计研究院股份公司（地址：昆明市白塔路208号，邮编：650051），以供今后修订时参考。

本标准编制单位、主要起草人和主要审查人：

主编部门：中国有色金属工业协会

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

参编单位：

目次

前 言.....	1
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.....	5
3.4 复垦工程划分.....	7
4 土壤重构工程	8
4.1 一般规定.....	8
4.2 充填工程.....	8
4.3 土壤剥覆工程.....	8
4.4 平整工程.....	10
4.5 坡面工程.....	11
4.6 清理工程.....	13
4.7 生物化学工程.....	13
5 植被重建工程	16
5.1 一般规定.....	16
5.2 林草恢复工程.....	16
5.3 农田防护工程.....	18
6 配套工程	19
6.1 一般规定.....	19
6.2 灌排工程.....	19
6.3 机井工程.....	20
6.4 水工建筑物.....	20
6.5 集雨工程.....	22
6.6 疏排水工程.....	22
6.7 输电线路工程.....	23
6.8 道路工程.....	23
6.9 苗圃工程.....	24
7 监测与管护工程	25
7.1 监测工程.....	25
7.2 未成林管护工程.....	27
附录 A 金属矿山植被恢复模式类型.....	30
附录 B 金属矿山植被恢复区域适宜树（草）种.....	31
本标准用词说明.....	1
引用标准名录.....	2

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，落实新时代中国特色社会主义思想，坚持人与自然和谐共生，搞好生态文明建设，建设美丽中国，促进金属矿山节约、集约利用土地与绿色发展，规范金属矿山土地复垦工程设计，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于金属矿山土地复垦工程设计。

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 土地复垦 land reclamation

指对生产建设活动或自然灾害损毁的土地，采取整治措施，使其达到可供利用状态的活动。

2.0.2 土地复垦质量 land reclamation quality

生产建设活动和自然灾害损毁的土地经整治措施后，在地表形态、土壤质量、配套设施和生产水平方面达到可供持续利用状态的程度。

2.0.3 复垦区 reclamation area

生产建设项目损毁土地和永久性建设用地构成的区域。

2.0.4 土地复垦类型区 land reclamation types area

具有土地损毁类型、土壤类型、气候条件、土地利用特征共性的特定区域和范围。

2.0.5 金属矿山 metal mine

指黑色金属、有色金属、稀有、稀散金属、贵金属等矿山。

2.0.6 土地挖损 land excavation

因采矿、挖沙、取土等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。

2.0.7 土地塌陷 land subsidence

因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。

2.0.8 土地压占 land occupancy

因堆放剥离物、废石、矿渣、粉煤灰、表土、施工材料等，造成土地原有功能丧失的过程。

2.0.9 土地污染 land pollution

因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。

2.0.10 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。不限于耕地的耕作层，园地、林地、草地的腐殖质层，其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。

2.0.11 植被恢复 vegetation restoration

在经土地整理的金属矿山复垦区，进行人工栽（种）植、培育以木本植物为主体的植物群落的过程。

2.0.12 土壤修复

采用物理、化学或生物的方法固定、转移、吸引、降解或转化场地土壤中的污染物，使其含量降低到可接受水平，或将有毒有害的污染物转化为无害物质的过程。

2.0.13 土地复垦单元 land reclamation unit

复垦方向、标准、措施基本一致的待复垦土地单元。

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贯彻《土地复垦条例》、《土壤污染防治行动计划》等国家相关法律法规精神，以保障生产安全、农牧林产品安全和人居环境健康为出发点，以保护和改善矿山生态环境质量为核心，科学合理地进行设计。

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本着因地制宜、综合治理、安全可靠、注重效益的原则，与主体工程设计、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应全面分析矿山土地挖损、塌陷、压占和污染等损毁类型，全面覆盖矿山损毁土地，包括露天采场采空区、地下采矿塌陷区、排土场、选矿厂、尾矿库、溶浸场、堆浸场、赤泥堆场、地面运输系统、辅助工程及办公生活区、其它工程占地及污染地。

3.1.5 金属矿山土地复垦工程设计应具备可靠的基础资料。调查与勘测宜按《矿山土地复垦基础信息调查规程》TD/T 1049 的规定执行。

3.1.6 金属矿山土地复垦应结合主体设计，统筹安排、合理利用各种类型复垦工程。

3.1.7 金属矿山土地复垦工程设计土地复垦工程应满足矿山边坡、排土场(废石、渣)、尾矿库及有关工程和生产的安全、稳定性，同时，复垦工程应安全、可靠。

3.1.8 金属矿山土地复垦质量应符合《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036、《土壤环境质量标准》GB 15618 的规定。

3.2 复垦方向

3.2.1 金属矿山土地复垦应依据当地的生态功能区划、水土保持区划、土地利用总体规划和土地开发整理规划，根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，合理确定复垦方向。复垦方向主要有耕地、园地、林地、草地以及其他用途土地，其中其他用途土地主要包括渔业（含养殖业）、人工水

域与公园、建设用地等。

3.3 复垦质量控制标准

3.3.1 土地复垦类型区

3.3.1.1 矿山所在地的土地复垦类型区，应按《土地复垦质量控制标准》(TD/T 1036 进行划分。

3.3.2 一般规定

3.3.2.1 耕地

3.3.2.1.1 旱地田面坡度不应超过 25°。水浇地、水田地面坡度不宜超过 15°。

3.3.2.1.2 有效土层应厚度大于 40cm，土壤具有较好的肥力，土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》GB 15618 II 类土壤环境质量标准。

3.3.2.1.3 配套设施（包括灌溉、排水、道路、林网等）应符合《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288、《高标准基本农田建设标准》TD/T 1033 以及当地同行业工程建设标准的规定。

3.3.2.1.4 3~5 年后复垦区单位面积产量，应达到周边地区同土地利用类型中等产量水平，粮食及作物中有害成份含量应符合《粮食卫生标准》GB 2715 的规定。

3.3.2.2 林地

3.3.2.2.1 有效土层厚度应大于 20cm，西部干旱区等生态脆弱区可适当降低标准；确无表土时，可采用无土复垦、岩土风化物复垦和加速风化等措施。

3.3.2.2.2 道路等配套设施应满足《生态公益林建设 规划设计通则》GB/T 18337.2、《生态公益林建设 检查验收规程》GB/T 18337.4 以及当地同行业工程建设标准的规定。

3.3.2.2.3 3~5 年后，有林地、灌木林地和其他林地郁闭度应分别高于 0.3、0.3 和 0.2，西部干旱区等生态脆弱区可适当降低标准；定植密度应符合《造林作业设计规程》LY/T 1607 的规定。

3.3.2.3 园地

3.3.2.3.1 田面坡度宜小于 25°。

3.3.2.3.2 有效土层应厚度大于 40cm，土壤具有较好的肥力，土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》GB 15618 II 类土壤环境质量标准。

3.3.2.3.3 配套设施（包括灌溉、排水、道路等）应满足《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 及当地同行业工程建设标准要求。应有控制水土流失措施，边坡宜植被保护，符合《水土保持综合治理技术规范》GB/T 16453 的规定。

3.3.2.3.4 3~5 年后复垦区单位面积产量应达到周边地区同土地利用类型中等产量水平，果实中有害成份含量应符合《粮食卫生标准》GB 2715 的规定。

3.3.2.4 草地

3.3.2.4.1 有效土层应厚度大于 20cm，土壤具有较好的肥力，土壤环境质量符合《土壤环境质量标准》GB 15618 II 类土壤环境质量标准。

3.3.2.4.2 配套设施（灌溉、道路）应符合《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288、《人工草地建设技术规程》NY/T 1342 以及当地同行业工程建设标准的规定。

3.3.2.4.3 复垦区 3~5 年后单位面积产量，应达到周边地区同土地利用类型中等产量水平，牧草有害成份含量应符合《粮食卫生标准》GB 2715 的规定。

3.3.2.5 其他用途用地

3.3.2.5.1 用于渔业（含养殖业）时的复垦质量应达到如下标准：

1) 水源充足，塘（池）面积以 0.5~1.0ha 为宜，深度以 2.5m~3m 为宜，食用鱼放养面积占总养殖水面 85% 以上。有排水设施，防洪标准符合当地要求。

2) 保持塘（池）清洁，定期清塘消毒，淤泥厚度不超过 20cm；有防止含病原体体和病毒等污染塘水的措施；有防止农药、盐渍污染措施。水质符合《渔业水质标准》GB 11607 的规定。

3) 第三年塘养鱼单位面积产量不低于当地平均水平，水产品质量符合食品卫生要求。

3.3.2.5.2 用于人工水域与公园时的复垦质量应达到如下标准：

1) 用作人工湖、公园、水域观赏区时应与区域自然环境协调，有景观效果。

2) 水质符合《地表水环境质量标准》GB 3838 IV、V 类水域标准。

3) 排水、防洪等设施符合当地标准。

3.3.2.5.3 用于建设用地时的复垦质量应达到如下标准：

1) 场地地基承载力、变性指标和稳性指标应符合《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定；地基抗震性能应符合《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

2) 场地基本平整，建筑地基标高符合防洪要求。

3) 场地污染物水平降低至人体可接受的污染风险范围内。

3.3.3 特殊规定

3.3.3.1 尾矿库、赤泥堆场复垦为耕地、园地时，有效土层厚度应大于 50cm；复垦为林地、草地时，有效土层厚度应大于 30cm。

3.3.3.2 尾矿库选择不覆土直接种植参与食物链循环的植物，应进行种植试验，符合《粮食卫生标准》GB 2715 的规定。

3.3.3.3 赤泥堆场具碱性或有毒有害物质污染时，如果复垦为耕地、园地，应铺设隔离层，再覆土 50cm 以上。应依据有毒有害物质的含量水平，确定隔离层设置层厚、材质等，尽可能深度覆盖。

3.3.3.4 尾矿库、废石场具有酸性、重金属等污染时，如果复垦为耕地、园地，应铺设隔离层，再覆土 50cm 以上。应依据有毒有害物质的含量水平，确定隔离层设置层厚、材质等，尽可能深度覆盖。

3.4 复垦工程划分

3.4.1 金属矿山的土地复垦措施包括工程技术措施、生物和化学措施、监测与管护措施，应因地制宜，综合利用各种类型复垦措施；鼓励采用新技术、新材料、新工艺。

3.4.2 土地复垦工程根据不同损毁类型土地复垦工程建设工艺、建设程序等进行划分。土地复垦工程可分为三个等级的工程项目。一级项目划分为：1) 土壤重构工程、2) 植被重建工程、3) 配套工程、4) 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。二级项目再细分三级项目。

4 土壤重构工程

4.1 一般规定

4.1.1 土壤重构工程包括充填工程、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,应在主体设计基础上,结合复垦区的复垦条件及复垦方向,统筹应用土壤重构工程。

4.2 充填工程

4.2.1 金属矿山开采产生的地裂缝、塌陷地,应在对其产生原因、分布范围、稳定状态及危害程度分析的基础上,结合复垦场地的复垦方向进行充填。

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 对未达到沉陷稳定状态的塌陷地,宜采取监测、预警及其它临时工程措施,对安全隐患给予警示。对达到沉陷稳定状态的塌陷地,应依据《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的规定,以及当地同行业工程建设标准要求,结合复垦方向确定充填方式并进行充填,在充填后应适当碾压,压实程度依用途而定。必要时,可分层充填、分层碾压,充填压实后场地必须稳定。充填前应尽可能进行表土剥离;填充物可根据充填场地的用途,优先选择利用矿山已有废物,可利用废石、尾矿、废渣、建筑垃圾等,严禁将重金属污染物或者其他有毒有害物质用作回填或者充填材料。

4.2.4 除上述地裂缝充填、塌陷地充填之外的其他充填工程,可参照 4.2.2 和 4.2.3 的规定执行。

4.3 土壤剥覆工程

4.3.1 一般规定

4.3.1.1 应遵循因地制宜和生态保护的原则,珍惜和保护矿山土壤资源,结合矿山开采设计、土地复垦规划,制定科学合理的土壤剥覆方案,尽量做到“应剥尽剥、即剥即用、分层剥离、分层堆放、分层回填”。

4.3.1.2 土壤剥离前，应开展复垦区土壤调查、评价工作，调查、评价工作可参照《耕作层土壤剥离利用技术规范》TD/T 1048 的规定执行。

4.3.1.3 应合理安排剥离、运输、储存和回覆等土壤剥离各工序工作。在生态环境安全的情况下，应对矿区内土壤剥离做出时间和空间上的经济可行安排。

4.3.2 表土处置

4.3.2.1 表土剥离应符合下列要求：

(1) 结合待剥离土源的肥力、质地和土源量等情况，分区和分层剥离。

(2) 表土剥离厚度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) 避免雨季剥离表土，表土运输过程中采取防护措施，避免流失。

4.3.2.2 表土堆存应符合下列要求：

(1) 堆土地地的选择，就近选择拟剥离区域、未复垦场地或裸地，避免占用耕地、林地、草地等。

(2) 表土堆存高度不宜超过 5m，边坡不宜太陡。

(3) 结合堆存期采取相应的临时围护措施或播种草本植物措施。

(4) 剥离的底土应进行熟化，熟化质量应符合《土地复垦质量控制标准》TDT 1036 的规定。

4.3.2.3 表土回填应符合下列要求：

(1) 覆土厚度根据复垦方向、气候条件、污染状况以及土源情况确定。原则上覆土厚度不应小于 30cm；具有重金属污染时，如果复垦为农用地，应铺设隔离层，再覆土 50 cm 以上。复垦土壤质量应符合《土地复垦质量控制标准》TDT 1036 的规定。覆盖表土的有毒有害物质含量应符合《土壤环境质量标准》GB 15618 的规定。

(2) 对于土源紧张的区域，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进行复垦。也可采用采矿排弃的较细碎屑物或选用当地易风化的第四纪坡积物、污泥、垃圾和粉煤灰，但这些物料中污染物含量应分别符合《农用污泥中污染物控制标准》GB 4284、《城镇垃圾农用控制标准》GB 8172、《农用粉煤灰中污染物控制标准》GB 8173、《土壤环境质量标准》GB 15618 的规定。

4.3.3 客土

4.3.3.1 土源不足的矿山，可采用客土回填。有客土条件时，应尽量在当地就近设置取土场进行客土回填。

4.3.3.2 取土场设置应根据当地自然条件、土地利用状况，以满足客土土源的数量、质量和不影响土源地取土后的再种植、利用为原则。

4.3.3.3 取土场取土后应进行复垦，复垦标准应符合《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的规定。

4.3.3.4 土源不足而无客土条件时，可采用经过论证后无毒无害，且可有效防治水土流失的其他物料覆盖。物料有毒有害物质的含量应符合《土壤环境质量标准》GB 15618 的规定。

4.4 平整工程

4.4.1 一般规定

4.4.1.1 复垦区场地平整应根据矿区及周边地形地貌、土地利用方向、复垦覆土土源量、立地条件等综合因素，结合矿山开采设计、区域土地复垦规划等，在便于经营管理和不损毁权益人利益的基础上，做到填挖土方量最小，合理部署田块。

4.4.1.2 平整工程开始前，应开展详细的平整场地自然条件和人为条件等限制性因素的调查和评价工作，调查与评价工作可参考《土地整治项目规划设计规范》TD/T 1012 的规定执行。

4.4.2 田面平整

4.4.2.1 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综合因素确定。块状田面规模宜满足机械耕作条件。

4.4.2.2 较为平整复垦区的田面，应优先考虑水平田面，横坡尽量小，纵坡应根据复垦区的地形条件和灌溉方式确定；坡度较大的复垦区田面，应考虑梯田的方式整地后，再进行田面平整；应先采用机械或人工辅助的方式进行削凸填凹粗平整，覆土后进行细平整。

4.4.2.3 田面平整相关参数、田面质量，应按《土地复垦质量控制标准》TDT 1036 的规定执行。

4.4.3 田埂（坎）修筑

4.4.3.1 根据复垦区建筑材料，可修筑土质田埂（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一定经济价值、占地较小的植物品种。

4.4.3.2 田埂（坎）的设计应参照《水土保持工程设计规范》GB 51018 的规定执行。

4.4.4 场地平整

4.4.4.1 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进行。

4.4.4.2 尾矿库、赤泥库排废结束后平整工程应在尾矿库、赤泥库库内物质干涸后进行。

4.4.4.3 场地质量应按《土地复垦质量控制标准》TDT 1036-2013 的规定执行。

4.5 坡面工程

4.5.1 一般规定

4.5.1.1 边坡整体稳定但其坡面岩石易风化、剥落或有浅层崩塌、滑落及掉块等时，应采用坡面工程进行坡面防护。

4.5.1.2 坡面工程不得破坏和降低原有边坡稳定性。

4.5.2 梯田

4.5.2.1 在露天矿山采空区、塌陷区边坡和经自然沉降的排土场、废石场、尾矿堆积体、工业废渣堆积体边坡，可实施梯田修建工程。梯田设计应总体规划、全面布局；梯田工程产生余方的堆存应符合相关规范的规定；梯田外坡坡角应不大于堆积物料自然安息角，并酌情实施坡面防护工程。

4.5.2.2 梯田分为旱田和水田，水田不宜修建于物料堆积体边坡上。

4.5.2.3 梯田田面、田埂设计应参照《水土保持工程设计规范》GB 51018 的规定执行。

4.5.2.4 沿坡面宜每隔 50m 垂直高度设置与外部运输道路连通的道路。

4.5.3 坡面防护

4.5.3.1 坡面防护工程一般分为工程防护和植物防护两大类。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，综合考虑复垦区 1) 坡面风化作用；2) 雨水冲刷；3) 植物生长效果、环境效应；4) 冻胀、干裂作用；5) 坡面

防渗、防淘刷等需要；及 6) 其他因素，经技术经济比较确定采取工程防护、植物防护或其组合措施。

4.5.3.2 地下水和地表水较为丰富的边坡，应将坡面防护结合排水措施进行综合设计。

4.5.3.3 工程防护主要有砌体护坡、护面墙防护、喷射砂浆防护、锚喷支护、削坡减载等。应符合下列要求：

1 砌体护坡

1) 砌体护坡可采用浆砌条石、块石、片石、卵石或混凝土预制块等作为砌筑材料，适用于坡度缓于 1:1 的易风化的岩石和土质边坡；

2) 砌体护坡应设置伸缩缝和泄水孔；

3) 在地基性状和护坡高度变化处应设沉降缝，沉降缝与伸缩缝宜合并设置；缝中应填塞沥青麻筋或其他有弹性的防水材料；在拐角处应采取适当的加强构造措施。

2 护面墙防护

1) 护面墙可采用浆砌条石、块石或混凝土预制块等作为砌筑材料，也可现浇素混凝土；适用于防护易风化或风化严重的软质岩石或较破碎岩石边坡，以及坡面易受侵蚀的土质边坡；

2) 窗孔式护面墙防护的边坡坡率应缓于 1:0.75；拱式护面墙适用于边坡下部岩层较完整而上部需防护的边坡，边坡坡率应缓于 1:0.50；

3) 应设置伸缩缝和泄水孔；

4) 护面墙基础应设置在稳定的地基上，基础埋置深度应根据地质条件确定；冰冻地区应埋置在冰冻深度以下不小于 250mm；护面墙前趾应低于排水沟铺砌的底面。

3 喷射砂浆防护

1) 对边坡坡度不大于 60°、中等风化的易风化岩质边坡可采用喷射砂浆进行坡面防护。

2) 喷护坡面应设置泄水孔和伸缩缝。

4 锚喷支护

1) 锚杆布置宜采用行列式排列，也可采用菱形排列；

2) 应采用全粘结锚杆；

3) I、II类岩质边坡可采用混凝土锚喷防护, III类岩质边坡宜采用钢筋混凝土锚喷防护, IV类岩质边坡应采用钢筋混凝土锚喷防护;

5 削坡

1) 采用削坡的方法整治复垦边坡时, 应不仅要通过稳定性验算, 还要结合具体地质条件拟定设计方案。

2) 削坡整治边坡设计应与主体设计相结合, 并应满足边坡稳定性要求。

4.5.3.4 植物防护主要有植草、铺草皮、温法喷播、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防护等, 应合理采用植物防护形式。

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相应的清理工程及土壤污染治理工程。清理对象包括不再留续使用的建(构)筑物、废旧设备、设施、地表临时建(构)筑物、硬化地面及建筑垃圾、生活垃圾、草皮、树根及其他废料。

4.6.2 应及时清运清理工程产生的临时堆土(石、渣), 无法清运的应设置专门的堆放地, 集中堆放, 并采取拦挡、覆盖等措施。

4.6.3 对废弃土地的边坡, 应结合边坡修整, 对边坡的危岩等进行清理。

4.6.4 清理场地应符合后续复垦工程实施条件。

4.7 生物化学工程

4.7.1 一般规定

4.7.1.1 应利用生物化学措施对复垦土地进行培肥改良和污染防治。

4.7.1.2 土壤培肥应加强生态环境保护, 防止因土壤培肥造成对土壤的污染, 加强土壤环境资源的保护, 维护生物多样性。

4.7.1.3 污染防治工程对金属矿山复垦非常重要性, 应在污染调查基础上, 运用相应的技术手段和措施, 对复垦区污染土地进行污染防治。

4.7.2 土壤培肥

4.7.2.1 应在复垦后土壤肥力调查与评价的基础上选择合适的土壤培肥工程或

其组合进行复垦土壤培肥。土壤肥力评价可参照《耕作层土壤剥离利用技术规范》TD/T 1048的规定执行。

4.7.2.2 应根据复垦后土壤的类型和特征确定科学的土壤培肥方式。金属矿山主要的土壤培肥改良途径有绿肥种植法、肥料培肥改良法。对于尾矿库等，可选择耐旱耐贫瘠的绿肥品种，绿肥播种量应根据品种、不同地势、土壤条件和播种早迟而定。肥料培肥改良法宜就近选择成本较低的肥料，采用有机无机相结合的原则。

4.7.3 污染防治工程

4.7.3.1 污染调查

4.7.3.1.1 矿山复垦设计前，应针对场地的特性和潜在污染物特性，进行污染物浓度和空间分布调查。

4.7.3.1.2 场地污染调查应符合《场地环境调查技术导则》HJ 25.1的规定。

4.7.3.2 污染阻隔

4.7.3.2.1 矿山污染场地的复垦应切断污染源，防止渗漏和扩散，去除污染物，恢复场地生态功能，保证安全再利用。

4.7.3.2.2 矿山污染场地应采取设置屏障等措施控制污水、污染土壤、污泥、沉积物、非水相液体和固体废物等污染物进一步迁移。可依据场地工程地质和水文地质条件设置水平阻隔屏障和垂直阻隔屏障。

4.7.3.2.3 水平阻隔屏障的设置应符合《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的规定。

4.7.3.2.4 垂直阻隔屏障的设置应符合《生活垃圾卫生填埋岩土工程技术规范》CJJ 176、《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》GB 51220的规定。垂直阻隔屏障的渗透系数宜在 10^{-7} cm/s 量级，在特殊地质和环境要求非常高的场地，宜采用HDPE土工膜-膨润土复合屏障。

4.7.3.3 污染修复

4.7.3.3.1 应根据污染调查结果、污染物性质及污染程度，采取物理、化学或生物的措施，固定、转移、吸收、降解或转化场地土壤中的污染物，使其含量降低到可接受水平，或将有毒有害的污染物转化为无害物质。

4.7.3.3.2 污染场地应因地制宜采用物理、化学、生物、热处理等技术进行场地

修复。对于有毒有害污染物处置,应符合《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、《危险废物焚烧污染控制标准》GB 18484和《放射性废物管理规定》GB 14500 的规定。酸碱污染场地应采用水覆盖法、湿地法、碱性物料回填等方法进行场地修复,使修复后的土壤 pH 值达到 5.5~8.5 范围。场地内废矿物油的处置应符合《废矿物油回收利用污染控制技术规范》HJ 6071 的规定。

4.7.3.3.3 污染修复应结合污染调查结果采取科学、可行、安全的修复方案。

4.7.3.3.4 污染场地修复达到相关标准要求后,需经过环保等部门组织验收。

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，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、高效的生物群落。

5.1.2 垦植被重建工程应贯彻因地制宜、综合治理原则，针对土地破坏类型及其程度，选用一种或多种植被恢复方式，统筹兼顾矿山与周边社区生产和生活，全面协调区域生态、经济、社会发展。

5.1.3 植被重建工程应贯彻注重景观原则，通过植被恢复的景观效果以及与周边环境的协调，设计和营造赏心悦目和美观得体的景观环境。

5.1.4 垦植被重建工程应贯彻兼顾经济效益原则，在确保金属矿山土地生态系统功能健康和保证人身健康安全的前提下，营造生态经济林，发挥经济效益。

5.1.5 植被重建工程设计应符合《造林技术规程》GB 15776、《造林作业设计规程》LY/T 1607、《生态公益林建设 技术规程》GB/T 18337.3的规定。

5.2 林草恢复工程

5.2.1 挖损地林草恢复工程

5.2.1.1 平地应以营造生态效益或景观效益为主，兼顾经济效益的乔木林或乔灌混交林；边坡应以营造灌木林为主，灌草结合的森林植被。植被配置模式具体可按附录 A 的规定执行。

5.2.1.2 平地宜采用穴状整地；土质坡面宜采用水平带整地、穴状或鱼鳞坑整地；岩质坡面宜采用穴状或鱼鳞坑整地。整地规格应依树种、苗木规格确定。

5.2.1.3 平地宜先种植牧草或者绿肥植物，改良土壤后，选择乡土树种，辅以草本；边坡宜选择根系发达、耐干旱瘠薄、易成活、适应环境能力强树种、草种。树（草）种选择具体可按附录 B 的规定执行。

5.2.1.4 种植密度应根据气候区、土地类型、破坏程度及植被恢复目标等确定。

5.2.1.5 平地栽植技术苗木规格和处理、栽植方法等，应按照《造林技术规程》GB15776、《生态公益林建设 技术规程》GB/T18337.3 的规定执行；边坡栽植技

术可采用直接种植灌草、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

5.2.2.1 平地（台地）应以营造生态经济林或农田防护林为主；坡面应以乔灌草结合的水土保持林为主。植被配置模式具体可按附录 A 的规定执行。

5.2.2.2 平地（台地）宜采用穴状整地。坡面宜沿等高线进行带状整地，并略向内倾以拦水保墒；对于地形破碎，土层较薄，不能采取带状整地的坡面，宜采用穴状或鱼鳞坑整地。整地规格应依树种、苗木规格确定。

5.2.2.3 平地（台地）宜选择以生态效益为主、兼顾经济效益的树种，包括适宜当地生长的经济树种或农田防护林树种；坡面宜选择根系发达、生长快的乡土树种。树（草）种选择具体可按附录 B 的规定执行。

5.2.2.4 塌陷地种植密度应按本标准 5.2.1.4 的规定执行。

5.2.2.5 塌陷地栽植技术应按本标准 5.2.1.5 的规定执行。。

5.2.3 压占地林草恢复工程

5.2.3.1 平地应配置以乔木为主的乔灌混交林或经济林；边坡应配置以灌木为主的乔灌草混交林。植被配置模式具体可按附录 A 的规定执行。

5.2.3.2 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。整地规格应依树种、苗木规格确定。

5.2.3.3 平地宜选用耐瘠薄、干旱、抗污染能力强的乡土树种；边坡宜选择生长迅速、根系发达、耐干旱瘠薄、抗污染能力强的豆科植物。树（草）种选择具体可按附录 B 的规定执行。

5.2.3.4 压占地种植密度应按本标准 5.2.1.4 的规定执行。

5.2.3.5 压占地栽植技术应按本标准 5.2.1.5 的规定执行。

5.2.4 污染场地林草恢复工程

5.2.4.1 污染场地林草恢复工程应在实施污染防治工程的基础上，参照挖损、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、宽度等设计参数根据防护对象、防护功能需求，应按《农田防护林工程设计规范》GB/T 50817 执行。

6 配套工程

6.1 一般规定

6.1.1 配套工程主要包括灌排工程、喷（微）灌工程、机井工程、水工建筑物、集雨工程、疏排水工程、输电线路工程和道路工程，必要时补充苗圃工程等。配套工程应在主体设计基础上，根据土地利用方向、自然条件、社会经济条件等因地制宜布置。

6.2 灌排工程

6.2.1 应结合金属矿供排水工程进行灌溉与排水系统设计。

6.2.2 灌溉排水工程设计应符合《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288、《农田排水工程技术规范》SL/T 4 和《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》SL482 的规定。

6.2.3 灌溉水源应优先采用矿坑水、疏干水和生活污水。

6.2.4 复垦方向为耕地时，灌溉水质必须符合《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《城市杂用水水质标准》GB/T 18920 中的城市绿化用水水质标准。

6.2.5 灌排设施布置应结合土地复垦方向、气候条件、地形、土壤、气象、水源等确定，排土场和尾矿库平盘与台阶坡面灌排设施应成体系。

6.2.6 灌溉方式应根据灌溉水源、地形、植被和经济等条件确定，优先选用喷灌、微喷灌、滴灌或其组合系统。排水方式应根据排水区的形状和面积大小以及负担的任务，依干沟、支沟、斗沟、农沟顺序适当调整设置固定沟道。

6.2.7 喷灌工程设计应符合《喷灌工程技术规范》GB 50085 的规定；微灌工程设计应符合《微灌工程技术规范》GB/T 50485 的规定。

6.2.8 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，滴灌系统分干、支、毛三级管道，布置时应相互垂直。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综合分析确定。

6.3 机井工程

- 6.3.1 根据土地复垦方向，需要抽取地下水灌溉时应设计机井工程。
- 6.3.2 机井工程设计应在地下水资源评价的基础上进行。
- 6.3.3 应依据复垦区水文地质条件、需水量，经济合理地选择井型和布局。
- 6.3.4 机井工程设计应符合《机井技术规范》GB/T 50625-2010 及国家现行有关标准的规定。

6.4 水工建筑物

6.4.1 倒虹吸

- 6.4.1.1 在渠道与道路、河流发生平面交叉或在渠道穿越山谷时，应采用倒虹吸使水从路面或河沟下穿过。
- 6.4.1.2 倒虹吸应采用斜管式和竖井式。
- 6.4.1.3 输水含沙量多时，应在进水口前加设沉沙池。

6.4.2 渡槽

- 6.4.2.1 当输送渠道水流需跨越河渠、溪谷、洼地和道路时，应设置渡槽与渠道联接。
- 6.4.2.2 渡槽布置应尽量利用地形条件选择长度短，中导入的位置。
- 6.4.2.3 渡槽宜选择单一类型的单跨或交叉渡槽。
- 6.4.2.4 当利用渡槽排洪时，应经进行相应的水文计算后确定其结构尺寸。

6.4.3 蓄水池

- 6.4.3.1 蓄水池应选择在具有一定汇水面积并可修建引水沟满足自流浇灌的地形上；不得在矿山松散体、滑坡体、裂隙发育的地带建池。
- 6.4.3.2 蓄水池容积可按灌溉要求计算确定，宜选择开敞式的蓄水池型式。
- 6.4.3.3 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。

6.4.4 跌水

- 6.4.4.1 在上游渠道等构筑物的落差集中处，应设置跌水。
- 6.4.4.2 跌水的设置应使上游水位不受影响并能平顺进流，下游能充分消能。
- 6.4.4.3 根据落差大小，跌水可分为单级跌水和多级跌水。一般 3~5m 的落差时，

应采用单级跌水。落差大于 5m 时，宜采用多级跌水。

6.4.5 陡坡

6.4.5.1 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。底坡宜为 1:3~1:10。

6.4.5.2 陡坡的设置应使上游水位不受影响并能平顺进流，下游能充分消能。

6.4.5.3 根据地形、地质等条件和落差大小，陡坡可做成单级或多级。

6.4.6 水闸

6.4.6.1 各类水闸设计可按《水闸设计规范》SL265 的规定执行，选用建材的强度等级和结构计算应符合《砌体结构设计规范》GB 50003 和《水工建筑物结构设计规范》SL191 的规定。

6.4.6.2 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，经综合比较选定。

6.4.6.3 水闸的闸室结构型式宜采用开敞式和穿越沟堤的涵洞式。

6.4.6.4 水闸应设消能防冲设施。

6.4.6.5 严寒和寒冷地区水闸闸室及上、下游连接段的侧墙背后，底板之下，应采取妥善的排水、保温、抗冻胀措施。

6.4.7 涵洞

6.4.7.1 排水沟及渠道跨越沟溪、洼地、道路、渠道或其它需要部位时，可设置涵洞。

6.4.7.2 涵洞轴线宜短而直，其走向应有利于选择涵洞流态和型式、涵洞进、出口水流平顺或交通通畅。其进、出口应与上下游排水沟、渠道、沟溪及道路平顺衔接。

6.4.7.3 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。

6.4.7.4 涵洞有控制灌排水位或挡御外水要求时，应在进口或出口设置闸门。

6.4.8 泵站

6.4.8.1 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，并结合地形、地质、环保及施工等条件，经经济技术比较选定。

6.4.8.2 泵站建筑物的等级划分及抗震设防要求应参照《泵站设计规范》GB 50265 执行，防洪标准不得低于 50 年一遇洪水重现期。

6.4.8.3 泵站布置应满足机电设备布置，安装、运行和检修的要求。

6.4.8.4 泵站布置应满足节能、劳动安全和职业卫生等技术规定。

6.5 集雨工程

6.5.1 集雨工程应结合疏排水工程布置，在汇水末端宜布设蓄水设施。

6.5.2 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、需水量等，在适当位置布设集雨设施。

6.5.3 在半干旱地区的集水池一般采用封闭式，而具有金属矿山旅游作用的集水池宜采用敞开式。

6.5.4 具有灌溉作用的集雨设施，泥沙粒径、水温和水质标准应符合《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 和《农田灌溉水质标准》GB 5084 的规定。

6.5.5 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《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的规定。

6.5.6 集雨设施的单体工程设计可参照《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《水利水电工程沉沙池设计规范》DL/T 5107 执行。

6.6 疏排水工程

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 疏排水工程主要包括截流沟、排水沟、排洪沟，应在主体工程排水系统的基础上，以满足防洪排涝功能为前提，根据实际需要，结合复垦方向进行规划、布设。

6.6.1.2 截流沟、排水沟、排洪沟设计可参照《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 和《水土保持工程设计规范》GB 51018 执行。

6.6.2 截流沟

6.6.2.1 截流沟应在平行等高线或近平行等高线的坡面上修筑，与纵向布置的排水沟相连，径流按设计要求引至坡面蓄水工程或农田、林地、草地。

6.6.2.2 当坡度缓、流量小时，可用消力池消能；当坡度陡、流量大时，应采取多级跌水或加糙（坎）消能。

6.6.2.3 截流沟宜采用梯形断面，坡度较陡时宜采用矩形断面。

6.6.3 排水沟

6.6.3.1 坡面排水沟应与梯田、耕作道路、沉沙蓄水工程同时规划，并以沟渠、道路为骨架，合理布设排水沟、蓄水沟、沉砂池、蓄水池等设施，形成完整的防御、利用体系。

6.6.3.2 梯田排水沟布设应兼顾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，应合理布设蓄水灌溉和排洪防冲工程。

6.6.3.3 排水沟应根据复垦区的地形条件，按高水高排、低水低排、就近排泄、自流原则选择线路。

6.6.3.4 排水沟进口处应考虑顺接设施。

6.6.3.5 山坡排水沟宜采用梯形断面，岩质山坡可采用矩形断面。

6.6.4 排洪沟

6.6.4.1 排洪沟布置应充分利用天然沟道，并选择地形平缓、地质条件良好的位置，力求顺直。排洪沟设计纵坡，应根据渠线、地形、地质以及与山洪沟连接条件等因素确定。高差较大时，宜设置急流槽或跌水。

6.6.4.2 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。

6.6.4.3 排洪沟应尽量采用明渠，尽可能利用原有山洪沟。

6.7 输电线路工程

6.7.1 输电线路工程应优先利用主体工程原有输电线路，契合环保政策，优先选用清洁能源。

6.7.2 确需新增输电线路工程的应根据复垦工程区用电等级、自然条件、社会条件等因地制宜。

6.7.3 输电线路工程应委托具有相关资质的专业单位进行设计。

6.8 道路工程

6.8.1 复垦区的道路宜依托主体工程道路。

6.8.2 道路工程应以满足交通、运输功能为前提，根据复垦方向进行规划、布设。

6.8.3 道路工程设计应参照《土地整治项目规划设计规范》TD/T 1012 执行，并符合同行业工程建设标准的规定。

6.9 苗圃工程

6.9.1 苗圃工程设计应按《林业苗圃工程设计规范》LYJ128 执行。

7 监测与管护工程

7.1 监测工程

7.1.1 监测项目

7.1.1.1 监测项目可分为地形监测、土壤质量监测、有害物质监测、配套设施监测、生产力水平监测。其中，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检测为一次性监测；土壤化学成分、有害物质监测、水质和生产力水平监测为时序性监测。

7.1.2 监测指标

7.1.2.1 耕地监测项目指标应符合下列要求：

- a. 地形监测包括地形坡度和平整度；
- b. 土壤质量监测包括有效土层厚度、土壤物理性质（容重、质地、砾石含量）、土壤化学成分（PH、有机质、全盐含量）
- c. 有毒物质的监测项目包括镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍、六六六和滴滴涕。有毒物质的检测应包括土壤监测和作物监测。
- d. 配套设施的监测内容包括灌溉设施、排水设施、道路和林网的监测。
- e. 生产力水平监测包括产量监测。

7.1.2.2 园地监测项目指标应符合下列要求：

- a. 地形监测包括地形坡度；
- b. 土壤质量监测包括有效土层厚度、土壤物理性质（容重、质地、砾石含量）、土壤化学成分（PH、有机质、全盐含量）；
- c. 有毒物质的监测项目包括镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍、六六六和滴滴涕。有毒物质的检测应包括土壤监测和果实部分；
- d. 配套设施的监测内容包括灌溉设施、排水设施和道路的监测；
- e. 生产力水平监测包括产量监测。

7.1.2.3 林地监测项目指标应符合下列要求：

- a. 土壤质量监测包括有效土层厚度、土壤物理性质（容重、质地、砾石含量）、土壤化学成分（PH、有机质）；
- b. 配套设施的监测内容包括道路的监测；

c. 生产力水平监测包括定植密度（株/hm²）和郁闭度。

7.1.2.4 草地监测项目指标应符合下列要求：

a. 地形监测包括地形坡度；

b. 土壤质量监测包括有效土层厚度、土壤物理性质（容重、质地、砾石含量）、土壤化学成分（PH、有机质）；

c. 有毒物质的监测项目包括镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍、六六六和滴滴涕。有毒物质的检测应包括土壤监测和植被，主要指用于放牧的牧草部分；

d. 配套设施的监测内容包括灌溉设施、排水设施、道路的监测；

e. 生产力水平监测包括覆盖度和牧草产量。

7.1.2.5 其他用途监测项目指标应符合下列要求：

a. 用于渔业（含养殖业）监测项目包括塘（池）规格（面积、深度）、水质、配套设施（防洪排水）和生产力水平；

b. 用于人工水域与公园监测项目包括水质、配套设施（防洪排水）；

c. 用于建筑监测项目包括平整度、地基承载力和配套设施（防洪排水）；

d. 其他用途测试指标依据情况而定。

7.1.3 监测方法

7.1.3.1 对复垦后土地质量的检验方法，采用随机抽样法。即随机抽取一定量待检验的已复垦土地作为具有代表性的独立样本进行检验，样本量一般为5~10%。

7.1.4 监测期限与频率

7.1.4.1 监测项目分为一次性监测指标与时序性监测指标，时序性监测指标监测频率至少每年一次，监测期限为3-5年。实际工作中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。

7.1.5 土地复垦监测标准

7.1.5.1 监测标准应符合下列要求：

a. 土壤质量和重金属含量监测指标依据《土壤环境质量标准》GB 15618规定的II类土壤环境质量标准的要求；

b. 配套设施（包括灌溉、排水、道路、林网等）监测指标依据《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288、《高标准基本农田建设标准》TD/T 1033 等标准，以及当地同行业工程建设标准的要求；

c. 粮食及作物中有害成份含量监测指标依据《粮食卫生标准》GB 2715 的要求；

d. 水质监测根据用途需符合《渔业水质标准》GB 11607 或达到《地表水环境质量标准》GB 3838-2002 中 IV、V 类以上标准；

e. 其他监测指标按《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的规定执行。

7.1.6 环境监测

7.1.6.1 矿山复垦过程中应对土壤、地表水、地下水等进行环境监测，环境监测应符合《矿山地质环境监测技术规程》DZ/T 0287、《场地环境监测技术导则》HJ 25.2 的规定。

7.1.6.2 施工期间应定期监测复垦用地地表水和地下水水质，地表水样品为复垦用地周边 500m 范围内地表水体的代表性样品。检测频次为每季度至少一次，监测项目至少包括复垦用地污染土壤所含的污染物。

7.1.6.3 复垦工程完成后应每年监测一次，连续监测五年。

7.2 未成林管护工程

7.2.1 管护年限

7.2.1.1 进行植被恢复后的 3-5 年内应进行管护。

7.2.2 未成林抚育

7.2.2.1 间苗定株与补植措施应符合下列要求：

a) 对于播种造林，在苗木出土后一个生长季或一年，可进行间苗，在未成林期末完成定株；

b) 对于植苗造林，造林后一个生长季或一年内，应根据造林地上苗木成活状况及时补植。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；

c) 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。

7.2.2.2 浇水应注意事项及主要设施应符合下列要求：

- a) 造林时应浇透定根水；
- b) 造林后可根据天气、土壤墒情、苗木生长发育状况等进行浇水；
- c) 采用节水浇灌技术，限制采用漫灌方式；
- d) 造林作业时可根据造林地面积和分布、所在区域的地形地势、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，配备浇水车、移动喷灌等移动浇水设备。

7.2.2.3 松土：因土壤板结等严重影响苗木生长发育甚至成活时，宜及时松土。松土应在苗木周围 50cm 范围内进行，并做到里浅外深，不伤害苗木根系。

7.2.2.4 除草：杂灌杂草影响苗木生长发育时，宜进行割灌除草、除蔓，除去苗木周边 1m 以内的杂灌杂草和藤蔓。采用化学药剂除草的，应执行 GB/T 15783 的规定。

7.2.2.5 抚育次数：根据造林地苗木生长发育状况、立地条件、天气状况等确定抚育时间、抚育措施和抚育次数。每年可抚育 1 次~3 次，用材林、经济林抚育次数可根据经营管理强度确定。实行林农间作的造林地，可以结合间作作业进行抚育。有冻拔害地区的造林地，第一年可以除草为主，减少松土次数。

7.2.3 未成林管护

7.2.3.1 综合管护：为防火、防人畜干扰等毁坏新造林地，应采取综合管护措施。

- a) 采用专人、专兼职或集中管护等方式；
- b) 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、防护沟等设施；
- c) 设置管护碑等明示造林地管护范围、面积、目标、责任人等信息；
- d) 加强对森林防火通道保护，按照森林防火通道规划、建设要求，维护、建设生物防火林带。林地清理的灌草、抚育采伐剩余物等宜及时清理，减少林地可燃物；
- e) 抚育作业应禁止在施工现场用火，防止引发火灾。

7.2.3.2 有害生物防控：为确保幼苗正常生长发育，应加强未成林的有害生物防控措施。

a) 开展造林地及周边林地有害生物预测预报，可设置病虫害预测预报样地、测报点等定期监测；

b) 及时隔离、处理病虫危害木，减少病源；一旦发现检疫性病虫害，应及时伐除并销毁受害木；

c) 病虫害发生后宜采用物理、生物防治或综合防治方法，避免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、病防车等防治设备。

7.2.3.3 兽害防控可采取以下措施：

a) 可在苗木基干部涂（刷）白、涂抹泥沙等材料进行防护；

b) 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；

c) 可对苗木进行预防性处理，如施用防啃剂、驱避剂浸蘸根、茎等。

7.2.3.4 自然灾害防控可采取以下措施：

a) 因地制宜采用地膜覆盖、栽后树盘盖石板或盖草保墒、喷洒塑料、树脂制成的泡沫剂或成膜物质的水乳液，铺撒地表后形成薄膜层等多种措施，实现保水保墒；

b) 在洪涝灾害易发地段可设置排水沟，提高造林地的抗涝能力，防止苗木受淹；

c) 风大、干燥、严寒地区或冻拔害严重地区，冬季可采取覆土、盖草（秸秆）、包裹等防风防寒措施；

d) 风沙区可采取设置风沙障，或在林缘迎风面挖壕等措施，防止风蚀沙埋造林地，并保护苗木。

附录 A 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	
		边坡	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		
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	污染	防护林、景观林	灌木为主，乔灌草结合，灌木、乔灌混交林	
			无污染	农田、经济林	优先保护生态，适当恢复园地、农地，农林（经）复合经营	
		坝周	污染	防护林、景观林	乔木为主，乔灌草结合，乔灌混交林，造林种草、封育保护	
			无污染	农田、经济林	保护农地，农（经）林复合经营	
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	防护林、景观林	保护生态、改造景观，水产养殖、多种经营	
			浅水区	防护林、景观林	种养结合，农林渔并举，多种经营	
	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		

附录 B 金属矿山植被恢复区域适宜树（草）种

恢复区域	适宜树（草）种								
	挖损地			压占地			塌陷地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
东北区	黑松、红松、白松、落叶松、油松、樟子松、云杉、冷杉、杜松、桧柏、侧柏、杨、柳、榆、槐树、桦树、柞树、椴树、黄菠萝、水曲柳、核桃楸、火炬树、梓树、五角枫、茶条槭、	丁香、柠条、胡枝子、荆条、沙棘、枸杞、大果沙棘、山杏、山樱桃、柄扁桃、山杏、连翘、胡枝子、紫穗槐、沙枣、玫瑰、黄刺梅、榆叶梅、珍珠梅、杞柳、绣线菊、莢迷、山梅花、毛掌叶、紫叶小檗、忍冬、地锦、爬山虎、南蛇藤、葡萄	牵牛花、野菊花、荷兰菊、苜蓿、草木樨、沙打旺、披碱草、三叶草、无芒雀麦、无芒燕麦、黄花蒿、大籽蒿	油松、樟子松、赤松、落叶松、小黑杨、垂柳、家榆、刺槐、柞树	沙棘、大果沙棘、杞柳、山杏、绣线菊、紫穗槐、锦鸡儿、胡枝子	植苜蓿、沙打旺、地榆、苦荬菜、大籽蒿、小花鬼针草、小薊、黄花蒿、大籽蒿、东方草莓	油松、红松、黑松、白皮松、樟子松、落叶松、云杉、冷杉、青杆、白杆、银杏、白桦、胡桃楸、水曲柳、黄菠萝、蒙古栎、辽东栎、角栎、榆树、椴树、杨树、刺槐、香椿、臭椿	沙棘、紫穗槐、山皂角、枸杞、怪柳、沙柳、毛条、柠条、沙地柏、铺地柏、丁香、黄庐、胡枝子	苜蓿、草木樨、沙打旺、披碱草、牵牛花、野菊花
华北中原区	马尾松、油松、黑松、赤松、雪松、桧柏、龙柏、侧柏、青杆、银杏、栓皮栎、麻栎、臭椿、楸树、苦楝、广玉兰、女贞、国槐、刺槐、泡桐、法国梧桐、杨树、榆树、火炬树、五角枫、合欢、	葡萄、石榴、黄庐、山杏、山楂、粗榧、矮紫杉、木贼麻黄、铺地柏、叉子圆柏、大叶黄杨、小叶黄杨、枸杞、荆条、沙棘、柠条、紫穗槐、羊柴、榆叶梅、月季、蔷薇、绣线菊、胡枝	白三叶、沙打旺、草木樨、苜蓿、金银花、野豌豆、红豆草、豌豆、小冠花、马棘、小冠花、无芒草、鸡脚草、披碱草、无芒雀麦、黑麦草、早熟禾、翦	油松、黑松、白松、樟子松、雪松、落叶松、杜松、云杉、侧柏、桧柏、青杆、白杆、银杏、杜仲、皂角、高山栎、枫香、水曲柳、核桃楸、刺槐、	沙柳、乌柳、黄榆、垂榆、桑树、山杏、荆条、酸枣、柠条、沙棘、紫穗槐、沙地柏、铺地柏、丁香、黄庐、月季、蔷薇、玫瑰、地锦、胡枝子	草木樨、苜蓿、沙打旺、红豆草、红三叶、紫葛藤、小冠花、黑麦草、鲁梅克斯、无芒草、披碱草、无芒雀麦、羊茅	油松、黑松、白皮松、樟子松、落叶松、华山松、黄山松、云杉、冷杉、侧柏、桧柏、杜松、青杆、白杆、银杏、白桦、胡桃楸、水曲柳、黄菠萝、蒙古栎、辽东栎、角	山杏、山皂角、铺地柏、沙地柏、沙棘、沙柳、怪柳、毛条、柠条、紫穗槐、火炬树、丁香、黄庐、月季、蔷薇、枸杞、桑树	白三叶、沙打旺、草木樨、苜蓿、红豆草、野豌豆、小冠花、黑麦草、金银花、无芒草、披碱草

恢复区域	适宜树(草)种								
	挖损地			压占地			塌陷地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
	板栗、大枣、核桃、花椒、苹果、梨、樱桃、桃、李子	子、牡丹、芍药、菊花、紫葛藤、地锦、爬山虎、凌霄、美国凌霄、爬藤卫矛	股颖、冰草、萱草、羊茅、百喜草、狗牙根、狗尾草、百脉根、紫云英	国槐、槭树、小叶杨、旱柳、火炬树			栎、高山栎、杜仲、皂角、白蜡、椴树、杨树、榆树、刺槐、国槐、槭树、枫香、栲、红椎、甜椎、米楮、青檀、楝、香椿、臭椿、山桃		
中 南 华 东 区	马尾松、华山松、黄山松、湿地松、火炬松、罗汉松、黑松、杉木、水杉、池杉、落羽杉、圆柏、藏柏、桧柏、杜松、台湾相思树、水青冈、樟树、银杏、木荷、尾巨桉、赤桉、兰桉、欧美杨、柳、扶桑、桂花、乌桢、榉木、女贞、天竺桂、杨梅、木兰、玉兰、石楠、早冬瓜、碧桃、枫香、杜英、	茶树、杜鹃花、冬青、含笑、黑荆、海桐、红花继木、红花紫荆、黄杨、胡枝子、胡秃子、火棘、夹竹桃、九里香、美人树、绿竹、楠竹、石榴、山茶花、双色茉莉、紫薇、栀子花、葛藤、爬山虎	龙舌兰、五节芒、香根草、铁芒萁、白背叶、白茅、山芋麻、山麻杆、双季稻	马尾松、湿地松、杉木、柏树、银杏、栎类、朴树、栎树、樟树、臭椿、香椿、相思、枫香、桉树、杨、刺槐、竹类、构树、泡桐、水冬瓜、夹竹桃、木荷、火棘、石楠、皂荚、女贞、八角、花椒、杜仲、核桃、柿子、枣、苹果、杏、石榴、蜜桃、沙果、桃、梨	红花继木、桤柳、沙棘、紫穗槐、胡枝子、茶树、葡萄、迎春、凌霄、爬墙虎、葛藤、油麻藤、凌霄花	狗牙根、高羊茅、香根草、华南蕨、画眉草、竹节草、百喜草、狼尾草、百慕大、白三叶	马尾松、华山松、湿地松、火炬松、黑松、白皮松、落叶松、杜松、云杉、水杉、油杉、柳杉、侧柏、桧柏、银杏、香樟、楠木、红豆树、栓皮栎、麻栎、青冈栎、红椎、甜椎、米楮、木荷、火力楠、观光木、含笑、喜树、相思类、重阳木、栎树、女贞、合欢、枫香、枫杨、香椿、臭椿、胡桃楸、黄菠萝、	黑荆树、山桃、山杏、桑树、酸枣、胡枝子、沙地柏、铺地柏、丛生竹、散生竹、秋茄、白骨壤、木榄	香根草、五节芒、百喜草、狼尾草

恢复区域	适宜树(草)种								
	挖损地			压占地			塌陷地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
							白蜡、桤木、椴树、槭树、杨树、榆树、刺槐、国槐、杜仲、皂角、苦楝、桉树、毛竹		
东南沿海及热带区	黑松、马尾松、湿地松、雪松、银杏、乌桕、榉木、枫香、香樟、小叶榕、垂榕、女贞、木荷、冬青、黄檀、相思、青冈、紫槐、棚架子、桉树、木棉、金合欢、银合欢、芒果、夹竹桃、广玉兰、白玉兰、紫玉兰、美人树、红花紫荆、桂花、银柳、天竺桂、杜英	深山含笑、黄连木、豆梨、石楠、南岭蔷薇、杜鹃、黄栀子、杨梅、映山红、三角梅、迎春花、野玫瑰、绣线菊、小蘗、胡秃子、夹竹桃、蕃石榴、绿竹、爬山虎、月季、常春藤、葛藤、紫藤、金银花	五节芒、白茅、野生类芦、铁芒萁、假俭草、结缕草、龙舌兰、百喜草、香根草、狗牙根、狼尾草	马尾松、黑松、湿地松、相思、台湾相思树、印度紫檀、红胶木、红荷木、非洲楝、海南红豆、铁刀木、香椿、樟树、仪花、海南蒲桃、桃花心木、铁冬青、云南石梓、印楝、桉树、银合欢、桃、李、橙、柚、柑桔、板栗、慈竹	胡颓子、胡枝子、紫穗槐、马棘、爬山虎、绿竹、葛藤、砂仁、苦丁茶、木豆、车桑子、小桐子、悬钩子、接骨木	芦竹、类芦、蜈蚣蕨、棕叶芦、百喜草、画眉草、竹节草、雀稗、香根草、狗牙根、白三叶、蛇葡萄、鸡蛋果、炮仗花、珊瑚藤、高羊茅、萱草、铺地木蓝、杂交狼尾草、黑莎草、纤细木贼、灯芯草、假俭草、粘人草、五节芒、白茅、铁芒	云南松、思茅松、高山松、马尾松、湿地松、火炬松、杜松、杉木、水杉、秃杉、柳杉、柏木、桧柏、侧柏、银杏、香樟、楠木、红豆树、白蜡、槭树、枫香、重阳木、栾树、火炬树、水青冈、枫杨、白桦、栓皮栎、麻栎、黄山栎、白栎、青冈栎、榆树、刺槐、栲、红椎、甜椎、米槠、青檀、木荷、火力楠、观光木、含笑、女贞、合欢、	黑荆树、沙棘、紫穗槐、桑树、酸枣、山皂角、枸杞、毛竹、丛生竹、散生竹、秋茄、白骨壤、木榄、爬山虎、月季、夹竹桃、三角梅	百喜草、香根草、

恢复区域	适宜树(草)种								
	挖损地			压占地			塌陷地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
						蕨、龙舌兰	杜仲、皂角、喜树、相思类、苦楝、香椿、臭椿、桉树		
长江上中游区	湿地松、黑松、马尾松、高山榕、槐树、樟树、女贞、臭椿、杨树、枫香、银合欢、相思树、柳杉、尾巨桉、泡桐、杜英、胡秃子、木荷、檐木、黄花槐、九里香、紫薇、夏橙、芒果、杨梅、豆梨、石楠、南岭黄檀、相思、黄栀子、水冬瓜	红千层、深山含笑、红花紫荆、任豆、夹竹桃、白背叶、胡枝子、紫穗槐、马棘、爬山虎、络石、常春藤、常春油麻藤、香花崖豆藤、金银花	山类芦、野古草、青茅、苜蓿、狗牙根、高羊茅、芦竹	华山松、马尾松、黑松、杉木、柳杉、银杏、滇杨、尾巨桉、泡桐、刺槐、板栗、花椒、漆树、芒果、桂圆	方竹、紫穗槐、胡枝子、沙棘、怪柳、夹竹桃、密枝杜鹃、木包树、金银花、弯叶画眉草	紫花苜蓿、沙打旺、草木樨、田菁、猪屎豆、水马桑、车桑子、黄荆、狗牙根、假俭草、结缕草、马尼拉草、香根草、百喜草、地毯草、节节草、水蜡烛、波斯菊、金鸡菊、白三叶、苇状羊茅、芒草	马尾松、湿地松、火炬松、黑松、白皮松、思茅松、杉木、秃杉、油杉、柳杉、柏木、侧柏、桧柏、银杏、栓皮栎、麻栎、槲栎、青冈栎、香樟、楠木、红豆树、木荷、火力楠、观光木、含笑、喜树、楝、栲、椎、米楮、枹木、枫杨、枫香、水青冈、重阳木、栲树、女贞、合欢、杜仲、皂角、胡桃楸、黄菠萝、椴树、榆树、杨树、香椿、臭椿、桉树、毛竹	黑荆树、丛生竹、散生竹、桑树、酸枣、胡枝子、金银花、夹竹桃	苜蓿、波斯菊
青藏	柳类	沙棘、枸杞、怪柳、	老芒麦、垂穗大	杨树、柳树	毛条、柠条、沙棘、	披碱草、老芒	樟子松、云杉、柏	沙棘、紫穗槐、	披碱草、钩头

恢复 区域	适宜树(草)种								
	挖损地			压占地			塌陷地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
高原 冻融 区		白刺、毛樱桃、珍珠梅、海棠、丁香、蔷薇、山荆子、乌柳、花楸	麦草、披碱草、钩头草、弯穗草		枸杞、怪柳、白刺、桑树	麦	木、侧柏、杨树、刺槐	山皂角、枸杞、怪柳、沙柳、毛条、柠条、乌柳、珍珠梅、海棠、丁香、蔷薇	草、老芒麦
黄河 上中 游区	油松、侧柏、桧柏、杨树、柳树、榆树、槐树、元宝枫、火炬树、花椒、核桃、红枣、柿子、苹果、梨、杏	葡萄、丁香、连翘、玫瑰、紫叶小檗、榆叶梅、黄刺玫、柠条、沙棘、枸杞、沙枣、杨柴	沙打旺、草木樨、苜蓿、红豆草、冰草、披碱草、甘草、黄芪、党参、柴胡、板蓝根	油松、杜松、云杉、侧柏、青杆、白杆、杨、柳、榆、槐、梓树、火炬树、五角枫、花椒、核桃、柿子、枣、苹果、梨、杏	葡萄、沙地柏、桑树、扁桃、玫瑰、黄刺玫、连翘、榆叶梅、丁香、枸杞、怪柳、山杏、山樱桃、沙柳、沙棘、沙枣、酸枣、柠条、荆条、杨柴、胡枝子	苜蓿、草木樨、沙打旺、红豆草、四翅滨藜、苏丹草、野豌豆、冰草、无芒雀麦、披碱草、三叶地锦、五叶地锦	油松、黑松、白皮松、侧柏、柏木、银杏、橡树、胡桃楸、水曲柳、黄菠萝、蒙古栎、辽东栎、角栎、桤木、蒙自桤木、白桦、榆树、杨树、刺槐	紫穗槐、山皂角、怪柳、沙柳、山杏、山樱桃、枸杞、沙棘、沙拐枣、踏郎、梭梭、毛条、柠条、连翘、丁香、玫瑰、黄刺玫、榆叶梅	柴胡、板蓝根、甘草、黄芪、党参、沙打旺、草木樨、苜蓿、野菊花、荷兰菊
三北 风沙 区	油松、樟子松、侧柏、银杏、小叶朴、皂角、文冠果、桐树、白桦、新疆杨、合作杨、小黑杨、旱柳、白榆、刺槐、核桃、枣树、苹果、桃、李、杏、柿、火炬树	葡萄、枸杞、桑树、山杏、连翘、珍珠梅、丁香、刺梅、山樱桃、紫穗槐、扁桃、绣线菊、沙棘、沙枣、白刺、优若藜、怪柳、杞柳、胡枝子、荆条、柠条、爬地柏、爬山虎、地锦	啤酒花、草木樨、沙打旺、苜蓿、冰草、无芒雀麦、狗牙根、百喜草、香根草、披碱草、蒿、黄芪、党参、柴胡、板蓝根	油松、樟子松、小叶杨、小黑杨、白榆、大果榆、旱柳、刺槐、	紫穗槐、山毛桃、沙柳、怪柳、乌柳、荆条、柠条、羊柴、踏郎、花棒、沙枣、杜梨、绣线菊、柄扁桃、珍珠梅、刺玫、连翘、爬地柏、山杏、沙棘(包括大果沙棘)、枸杞、	水蜡烛、沙打旺、草木樨、黑麦草、红豆草、早熟禾、冰草、燕麦、苏丹草	油松、黑松、白皮松、樟子松、杜松、云杉、侧柏、柏木、桧柏、青杆、白杆、银杏、白桦、槭树、枫香、蒙古栎、辽东栎、角栎、椴树、杨树、榆树、刺槐、国槐、火炬树、	丁香、黄栌、扁桃、灌木柳类、沙地柏、铺地柏、山桃、山杏、沙棘、紫穗槐、山皂角、枸杞、沙拐枣、踏郎、梭梭、怪柳、沙柳、毛条、柠条、杨	苜蓿、沙打旺、草木樨、黄花菜、油莎草、红豆草、沙打旺、草木樨、无芒雀麦、冰草、景天、白头翁、菊花、红花、丹参、沙参、党参、知母、

恢复 区域	适宜树（草）种								
	挖损地			压占地			塌陷地		
	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本	乔木	(花)灌木	草本
					爬山虎、水冬瓜、 叶底珠			柴、胡枝子	甘草、黄芪、柴 胡、板蓝根

本标准用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待，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用词，采用“可”。

引用标准名录

- 《渔业水质标准》 GB 11607
- 《放射性废物管理规定》 GB 14500
- 《土壤环境质量标准》 GB 15618
- 《危险废物焚烧污染控制标准》 GB 18484
- 《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
- 《粮食卫生标准》 GB 2715
- 《地表水环境质量标准》 GB 3838
- 《农用污泥中污染物控制标准》 GB 4284
- 《砌体结构设计规范》 GB 50003
- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 《喷灌工程技术规范》 GB 50085
- 《泵站设计规范》 GB 50265
- 《灌溉与排水工程设计规范》 GB 50288
- 《农田灌溉水质标准》 GB 5084
- 《水土保持工程设计规范》 GB 51018
- 《生活垃圾卫生填埋场封场技术规范》 GB 51220
- 《生活饮用水卫生标准》 GB 5749
- 《城镇垃圾农用控制标准》 GB 8172
- 《农用粉煤灰中污染物控制标准》 GB 8173
- 《造林技术规程》 GB/T 15776
- 《水土保持综合治理技术规范》 GB/T 16453
- 《生态公益林建设 规划设计通则》 GB/T 18337.2
- 《生态公益林建设 技术规程》 GB/T 18337.3
- 《生态公益林建设 检查验收规程》 GB/T 18337.4

《城市杂用水水质标准》 GB/T 18920

《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

《生活垃圾卫生填埋岩土工程技术规范》 CJJ 176

《水利水电工程沉沙池设计规范》 DL/T 5107

《矿山地质环境监测技术规程》 DZ/T 0287

《场地环境调查技术导则》 HJ 25.1

《场地环境监测技术导则》 HJ 25.2

《废矿物油回收利用污染控制技术规范》 HJ 6071

《造林作业设计规程》 LY/T 1607

《林业苗圃工程设计规范》 LYJ 128

《人工草地建设技术规程》 NY/T 1342

《水工建筑物结构设计规范》 SL 1918

《水闸设计规范》 SL 265-2001

《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》 SL 482

《农田排水工程技术规范》 SL/T 4

《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

《矿山土地复垦基础信息调查规程》 TD/T 1049

中华人民共和国国家标准

GB×××—20××

金属矿山土地复垦工程设计标准

条文说明

(征求意见稿)

20××-××-×× 发布

20××-××-× 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

联合
发布

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

制定说明

《金属矿山土地复垦工程设计标准》GB××，经住房和城乡建设部××年××月××日以第××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和技术标准。

为了便于广大设计、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、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明。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

制定说明.....	4
1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	3
3.1 设计原则.....	3
3.2 复垦方向.....	4
3.3 复垦质量控制标准.....	5
3.4 复垦工程划分.....	8
4 土壤重构工程	12
4.1 一般规定.....	12
4.2 充填工程.....	12
4.3 土壤剥覆工程.....	12
4.4 平整工程.....	13
4.5 坡面工程.....	15
4.6 清理工程.....	20
4.7 生物化学工程.....	20
5 植被重建工程	24
5.1 一般规定.....	24
5.2 林草恢复工程.....	24
5.3 农田防护工程.....	29
6 配套工程	30
6.1 一般规定.....	30
6.2 灌排工程.....	30
6.4 水工建筑物.....	30
6.5 集雨工程.....	32
6.6 疏排水工程.....	32
6.7 输电线路工程.....	33
6.8 道路工程.....	33
6.9 苗圃工程.....	34
7 监测与管护工程	35
7.1 监测工程.....	35
7.2 未成林管护工程.....	35

1 总 则

1.0.1 本条阐明了制定本标准的目的是：（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；（3）规范金属矿山土地复垦工程设计。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。

1.0.3 本条规定了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法规、标准的规定。

2 术 语

- 2.0.1 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。
- 2.0.2 本条引自《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036。对于金属矿山而言，土地复垦质量主要是复垦土地管护结束后，在地表形态、土壤质量、配套设施和生产力水平等方面达到可供持续利用状态的程度。
- 2.0.3 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。金属矿山土地复垦区，包括露天采场采空区、地下采矿塌陷区、废石场、选矿厂、尾矿库、溶浸场、堆浸场、临时用地、不再留续使用的永久性建设用地。
- 2.0.4 本条引自《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036。
- 2.0.5 本条引自《土地复垦方案编制规程 第4部分：金属矿》TD/T1031.4。
- 2.0.6 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。
- 2.0.7 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。
- 2.0.8 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。
- 2.0.9 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。
- 2.0.10 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。
- 2.0.13 本条引自《土地复垦方案编制规程 第一部分—通则》TD/T1031.1。

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贯彻国家法律法规，依法设计，坚持安全第一，生态优先。

3.1.2 《土地复垦条例》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”。《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提出了明确要求。金属矿山土地复垦工程设计应在主体工程设计的基础上，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，废石应充分内排，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（尤其重金属污染）。

3.1.3 金属矿山土地复垦工程设计应因地制宜地与主体工程设计、矿山环境恢复治理、水土保持等设计统筹协调设计，并兼顾土地复垦工程的安全性与及时性。土地复垦的基本出发点为节约土地、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应根据主体工程设计，损毁土地情况，结合自然条件以及社会经济条件、当地土地利用总体规划和土地开发整治规划，合理确定复垦方向、措施。矿山废弃地复垦应做可垦性试验，对于存在污染的矿山废弃地，不宜复垦作为农牧业生产用地；对于可开发为农牧业用地的矿山废弃地，应对其进行全面的监测与评估。

3.1.4 金属矿山土地复垦工程设计必须全面覆盖各种复垦场地与损毁类型，重点是露天采场、溶浸场、堆浸场、赤泥堆场、排土（废石）场、尾矿库，但要全面

覆盖其它场地（选矿厂、地面运输系统、辅助工程及办公生活区、其它工程占地及污染地）。

3.1.5 金属矿山土地复垦工程设计基础资料必须全面、可靠。应在全面系统分析主体工程设计等资料基础上，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、勘测与评价。

土地复垦工程调查与勘测宜按《矿山土地复垦基础信息调查规程》TD/T 1049、《土地利用现状调查技术规程》GB/T7929、《场地环境调查技术导则》HJ 25.1-2014 等有关规定执行。

3.1.6 复垦工程设计和总体布置，应结合主体设计统筹安排，强调安全性、协调性、系统性。各项措施工程设计应结合主体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。

3.1.7 为确保复垦的安全性，复垦工程应在主体工程对不稳定深挖采坑、高陡边坡、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，宜采取监测、预警及其它临时工程措施（如围挡封闭），对安全隐患给予警示。

土地复垦工程既不能影响矿山边坡、排土场（废石、渣）场、尾矿库及有关工程和生产的安全、稳定性，又要保证复垦工程自身的安全。

3.1.8 各复垦方向的复垦质量标准按《土地复垦质量控制标准》TD/T1036、《土壤环境质量标准》GB15618 等执行。

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。应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，遵循《土地复垦质量控制标准》TD/T1036 各复垦类型区的有关原则，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。复垦方向包括耕地（水田、水浇地、旱地）、园地（果园、茶园、其它园地）、林地（有林地、灌木林地、其

他林地)、草地(天然牧草地、人工牧草地、其他草地)、渔业(含养殖业)、人工水域和公园、建设用地、其他土地(交通)。

3.3 复垦质量控制标准

3.3.1 土地复垦类型区

3.3.1.1 本标准采用《土地复垦质量控制标准》(TD/T1036-2013)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,见表 3.3-1。

表 3.3-1 土地复垦类型区划分表

复垦类型区	范围	生物气候带特征	土资源	水资源	复垦方向
东北山丘平原区	呼伦贝尔草原以东,大、小兴安岭和长白山及其间平原。包括黑龙江、吉林、辽宁及内蒙古东北部	气候带类型:中温带; 年降水量:350mm~700mm 土壤类型:黑土,黑钙土,草甸土 植被类型:温带落叶阔叶林,草甸	土源丰富,有机质含量高,土层厚	水资源较丰富,中低潜水位,季节性积水	耕地为主,园地、林地等为辅
黄淮海平原区	北依燕山,南至大别山区一线与长江流域分界,西起太行山和伏牛山。包括北京、天津、河北全境及安徽、江苏北部、河南东部	气候带类型:暖温带; 年降水量:500mm~800mm; 土壤类型:褐土、潮土; 植被类型:暖温带落叶阔叶林	土源丰富,有机质含量高,土层厚	水资源丰富,高潜水位,永久性积水	耕地为主,园地、林地、草地、鱼塘与水域公园等为辅

复垦类型区	范围	生物气候带特征	土资源	水资源	复垦方向
长江中下游平原区	上海全部，湖北大部分，安徽、江苏中南部，江西北部，浙江全境及湖南东北部	气候带类型：北亚热带； 年降水量：1000mm~1400mm； 土壤类型：红壤、黄壤、黄棕壤、水稻土； 植被类型：亚热带常绿阔叶林	土源较丰富，土层较厚，有机质含量较高	水资源丰富，高潜水位	耕地为主，园地、林地、鱼塘与水域公园等为辅
西南山地丘陵区	北起汉中平原，西到青藏高原，包括重庆、贵州、云南全境及四川东部和甘肃南部	气候带类型：中亚热带； 年降水量：900mm~1100mm； 土壤类型：黄壤、红壤、砖红壤、紫色土； 植被类型：亚热带常绿阔叶林	土源匮乏，土层薄，有机质含量一般	水资源较丰富，季节性缺水，低潜水位	耕地、草地为主，园地、林地等为辅
中部山地丘陵区	包括湖南、江西、安徽、湖北部分地区	气候带类型：中亚热带； 年降水量：1200mm~1600mm； 土壤类型：黄壤、黄棕壤、红壤； 植被：亚热带常绿阔叶林	土源匮乏，土层薄，有机质含量一般	水资源较丰富，低潜水位	耕地、园地为主，林地、草地等为辅
东南沿海山地丘陵区	包括福建、广东、广西、海南四省	气候带类型：南亚热带； 年降水量：1500mm~2000mm； 土壤类型：黄壤、红壤、赤红壤、砖红壤； 植被类型：亚热带常绿阔叶林	土源较丰富，土层较厚，有机质含量较高	水资源丰富，高潜水位	耕地为主、林地、草地等为辅
西北干旱区	包括新疆、内蒙古西部、甘肃西部	气候带类型：南温带； 年降水量：0mm~300mm； 土壤类型：风沙土、棕钙土、灰钙土、棕漠土； 植被类型：温带荒漠、草原、旱生灌丛	土源极度匮乏，土层薄，有机质含量极低	水资源匮乏，低潜水位	灌木林地、草地为主，耕地等为辅

复垦类型区	范围	生物气候带特征	土资源	水资源	复垦方向
黄土高原区	太行山以西、青海省日月山以东，秦岭以北、长城以南的广大地区。包括山西、宁夏全境，陕西大部，甘肃中东部，内蒙古中部、河南西部	气候带类型：中温带和暖温带； 年降水量：200mm~700mm； 土壤类型：褐土、栗钙土、棕壤、绵土、黑垆土； 植被类型：自南向北，自然植被呈森林向草原过渡的总体趋势	土源丰富，土层厚，有机质含量一般	水资源匮乏，低潜水位	耕地为主，林地、草地等为辅
北方草原区	包括内蒙古自治区内锡林郭勒草原和呼伦贝尔草原地区	气候带类型：中温带； 年降水量：50mm~450mm； 土壤类型：黑钙土、栗钙土、草甸土、风沙土； 植被类型：以沙地植被为主，类型多样	土源匮乏，土层薄，有机质含量高	水资源短缺，低潜水位	耕地、草地为主，林地等为辅
青藏高原区	西藏、青海全境，四川西部、甘肃西南部	气候带类型：高原气候区域； 年降水量：50mm~500mm； 土壤类型：高山草甸土、高山草原土、寒漠土、高山漠土； 植被类型：亚高山暗针叶林、高山灌丛、草甸	土源匮乏，土层薄，有机质含量中	水资源丰富，低潜水位	草地为主，耕地、林地等为辅

3.3.2 一般规定

3.3.2.1 耕地复垦质量标准，引用《土地复垦质量控制标准》TD/T1036、《土壤环境质量标准》GB 15618、《灌溉与排水工程设计规范》GB50288、《高标准基本农田建设标准》TD/T1033-2012、《粮食卫生标准》GB 2715 的要求。

3.3.2.2 林地复垦质量标准，引用《土地复垦质量控制标准》TD/T1036、《生态公益林建设 规划设计通则》GB/T 18337.2、《造林作业设计规程》LY/T 1607 和《生态公益林建设 检查验收规程》GB/T 18337.4 的要求。

3.3.2.3 园地复垦质量标准，引用《土地复垦质量控制标准》TD/T1036、《土壤环境质量标准》GB 15618、《水土保持综合治理技术规范》GB/T 16453、《粮食卫生标准》GB 2715 的要求。

3.3.2.4 草地复垦质量标准，引用《土地复垦质量控制标准》TD/T1036、《土壤

环境质量标准》GB 15618、《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288、《人工草地建设技术规程》NY/T 1342、《粮食卫生标准》GB 2715 的要求。

3.3.2.5 其他用途地复垦质量标准，引用《土地复垦质量控制标准》TD/T1036、《渔业水质标准》GB 11607-89、《地表水环境质量标准》GB 3838-2002、《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2001、《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010 的要求。

3.4 复垦工程划分

3.4.1 复垦措施类型划分，强调综合性、开放性，鼓励采用新技术、新材料、新工艺。

3.4.2 按《土地复垦方案编制规程 第一部分一通则》TD/T1031.1-2011，一级项目划分为 1) 土壤重构工程、2) 植被重建工程、3) 配套工程、4) 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。土地复垦工程项目划分参见表 3.4-1。

表 3.4-1 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

序号	一级项目	二级项目	三级项目
			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
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

序号	一级项目	二级项目	三级项目
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
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

序号	一级项目	二级项目	三级项目
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 金属矿山土地复垦应在主体设计基础上，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，避免土地复垦工程给相关安全监测带来负面影响。

4.2 充填工程

4.2.1 对金属矿山开采产生的地裂缝、塌陷地进行充填前，应对其产生原因、分布范围、稳定状态及危害程度进行分析，结合矿山设计规范、安全条例等制订充填方案，避免充填工程给相关安全监测带来负面影响。

4.2.2 充填裂缝后是否再覆盖土壤及如何覆盖土壤需要结合复垦方向确定。

4.2.3 为确保安全，复垦工程应在主体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，宜采取监测、预警及其它临时工程措施（如围挡封闭），对安全隐患给予警示。《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036—2013中6.1.2条，对塌陷土地的类型及复垦方向进行规定。塌陷地复垦方向及复垦质量参照《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036—2013中6.1.2条执行。充填材料按照《土地复垦条例》（中华人民共和国国务院令第592号）第十六条执行。

4.3 土壤剥覆工程

4.3.1 一般规定

1) 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。珍惜和保护土壤资源，提高土壤资源利用率。

2) 矿山开采前，应制定科学合理的表土剥覆方案，方案包括剥离、回覆、储存等区域选择、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。

3) 参考《耕作层土壤剥离利用技术规范》（TD/T 1048-2016）进行表土或土源调查。土壤评价调查内容应包括污染状况、土层厚度、土壤质地、容重、pH

值、有机质和土壤类型等。视当地实际情况增加辅助指标，具体包括孔隙度、全氮、有效磷、速效钾等。当上述指标不符合《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1048-2016）等规定时，应在耕作层土壤回覆时提出土壤改良措施。

土壤剥离工程总体工艺流程可参见图4.3-1。

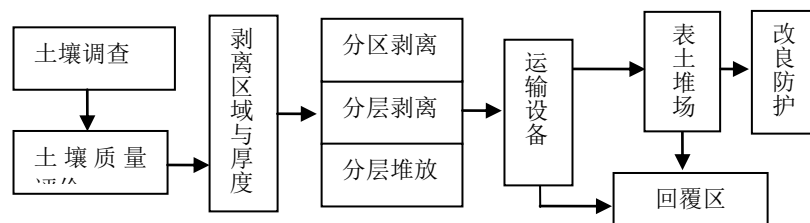


图4.3-1 土壤剥离工程总体工艺流程图

4.3.2 表土处置

4.3.2.1 表土剥离

应统筹做好耕作层剥离，对表土实行单独采集和存放，用于损毁土地的复垦。但当土壤层太薄或质地太不均匀，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。

4.3.2.2 表土堆存

表土堆放区应防止放牧、机器和车辆的进入，防止粉尘、盐碱的覆盖；表土堆放场所不应位于计划中将受施工损毁的地段或靠近卡车拖运道；表土堆放场应选择在地势较高，没有径流流入或流过区域。在堆放场地的选择上，应当尽量避免水蚀、风蚀和各种人为损毁。

4.3.2.3 表土回填

(1) 原则上种植农作物时覆土厚度50 cm以上，耕作层不小于20 cm；用于林业种植时，在覆盖厚度1 m以上的岩土混合物后，覆土自然沉降30 cm以上。

(2) 复垦为耕地时，覆盖土壤 pH为5.5~8.5，含盐总量不大于 0.3 %，理化性质和养分指标满足种植要求。覆盖表土的有毒有害物质的含量符合《土壤环境质量标准》（GB15618-1995）的有关要求。

4.4 平整工程

4.4.1 一般规定

4.4.1.1 矿山复垦平整工程是指对矿山建设和开采过程中形成的损毁土地采取措施，使之恢复到可利用的状态，最大限度的恢复土地生产力、提高资源利用率，

矿山建设和开采中挖损、塌陷、压占和污染的损毁土地，在复垦为耕地和林草地前应采取的平整措施。

4.4.1.2 限制性因素调查和评价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、立地条件等综合因素，结合矿山开采设计、区域土地复垦规划等因素，评价适宜该复垦区的平整方式。

4.4.2 田面平整

4.4.2.2 田面规模应根据方便机械和人工耕作的原则，露天采空区、废石场（排土场）顶部、尾矿库区顶部、赤泥库顶部、地采坑口场地等块状区域田面规模宜根据场地大小确定。露天终采平台、废石场（排土场）马道平台、尾矿库区马道平台、赤泥库马道平台等条形区域田面规模宜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应根据降水条件预留农田水利设施位置，南方降水量较大的地区，应考虑小型蓄排设施；北方降雨量较小的地区，宜考虑涝池、水窖等小型蓄水设施。

4.4.3 田埂（坎）修筑

4.4.3.1 （1）复垦区域内石料充足、抗风化能力强、稳定性好的，宜修筑石质田埂（坎），。复垦区域内石料短缺、土料质地较好、抗剪强度高，宜修筑土质田埂（坎），土坎需要人工夯实。土埂（坎）的高度应根据复垦区土质粘着力而定，土质粘着力愈小坎愈矮，田埂（坎）愈高外侧应愈缓。石埂（坎）高度应根据复垦区地面坡度、土层厚度等因素确定，

2）复垦区田埂（坎）根据建筑材料，还有编织袋田埂（坎）、空心砖田埂（坎），由于以上建筑材料形式相对较少，不再一一列举，其田埂（坎）设计可参考土坎梯田和石坎梯田设计。相关设计应符合《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）有关规定执行。

3）埂坎植物种植的目的是充分利用埂坎，提高损毁区土地利用效率；防止埂坎冲蚀破坏，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，可增加复垦区权益所有人的收入。

4.4.4 场地平整

场地平整是指对不宜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 一般规定

4.5.1.1 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设计，或为了防止坡面风化、掉块、垮塌、水土流失等的防护工程设计。坡面工程包括梯田、护坡（削坡）。应在稳定的边坡上进行。边坡稳定性评价认为总体稳定的边坡才实施坡面工程，否则应先进行边坡治理。

边坡整体稳定但其岩土体易风化、剥落或有浅层崩塌、滑落及掉块等影响边坡坡面的耐久性或使用，或可能威胁到人身和财产安全及边坡环境保护要求时，应进行坡面防护。

4.5.1.2 复垦工程不得对边坡整体稳定性造成不良影响，并保持自身稳定。

4.5.2 梯田

4.5.2.1 在排土场、废石场、尾矿堆积体、工业废渣堆积体和塌陷区边坡上实施梯田修建工程前，必须进行边坡稳定性评价，边坡稳定的情况下才能实施梯田修建工程。

4.5.2.2 排土场、废石场、尾矿堆积体、工业废渣堆积体边坡上不宜修建水田。

4.5.3 坡面防护

4.5.3.1 坡面防护应采用工程防护、植物防护进行综合防护，临时防护措施应与永久防护措施相结合。

工程防护存在的主要问题是与周围环境不协调、景观效果差，在边坡坡面防护中应尽量使景观设计和环境保护相结合，注意与周围自然环境和当地人文环境的融合，并结合边坡安全平台、清扫平台上种植攀藤植物，如爬墙虎，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。

4.5.3.2 对于位于地下水和地面水较为丰富地段的边坡，其坡面防护效果的好坏直接与水的处理密切相关，应进行边坡坡面防护与排水措施的综合设计。

4.5.3.3 工程防护包括喷护、锚杆挂网喷浆、浆砌片石护坡、格构梁和护面墙等不同结构形式的工程防护。

1 砌体防护

用于边坡坡面防护时，应注意与边坡渗沟或仰斜排（泄）水孔等配合使用，防止边坡产生变形破坏。浆砌片石护坡高度较大时，应设置防滑耳墙，保证护坡砌体稳定。

2 护面墙防护

护面墙主要是一种浆砌片石覆盖层,适用于防护易风化或风化严重的软质岩石或较破碎岩石挖方边坡,以及坡面易受侵蚀的土质边坡。护面墙除自重外,不承受其他荷重,亦不承受墙背土压力。护面墙高度一般不超过 10m,可以分级,中间设平台,墙背可设耳墙,纵向每隔 10m 宜设一条伸缩缝,墙身应预留泄水孔,基础要求稳固,顶部应封闭。墙基软弱地段,可用拱形结构跨过。坡面开挖后形成的凹陷,应以砌石填塞平整,称之为支补墙。

3 喷射砂浆防护

对坡面较陡或易风化的坡面,可以在喷浆或喷射混凝土前先铺设加筋材料,加筋材料可以用铁丝网或土工格栅,由短锚杆固定在边坡坡面上,此时常称为“挂网喷浆防护”或“挂网喷射混凝土防护”。

4 锚喷支护

对于保持整体稳定的岩质边坡可采用锚喷支护进行边坡防护。

采用坡面防护构造处理的岩质边坡是在确保边坡的整体稳定的条件下进行的,本条的做法仅起到坡面防护和坡体浅层加固的作用。

根据岩体主要结构面与坡向的关系、结构面的倾角大小、结合程度、岩体完整程度等因素对边坡岩体类型进行划分,见下表 4.5-1。

表 4.5-1 岩质边坡的岩体分类

边坡岩体类型	判定条件			
	岩体完整程度	结构面结合程度	结构面产状	直立边坡自稳、能力
I	完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	30m 高的边坡长期稳定,偶有掉块
II	完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾	15m 高的边坡稳定,15m~30m 高的边坡

			角 $27^{\circ} \sim 75^{\circ}$	欠稳定
	完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	15m 高的边坡稳定, 15m~30m 高的边坡欠稳定
	较完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	边坡出现局部落块
III	完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ} \sim 75^{\circ}$	8m 高的边坡稳定, 15m 高的边坡欠稳定
	较完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ} \sim 75^{\circ}$	8m 高的边坡稳定, 15m 高的边坡欠稳定
	较完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	8m 高的边坡稳定, 15m 高的边坡欠稳定
	较破碎	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $>75^{\circ}$ 或 $<27^{\circ}$	8m 高的边坡稳定, 15m 高的边坡欠稳定

	较破碎 (碎裂镶嵌)	结构面结合良好或一般	结构面无明显规律	8m 高的边坡稳定, 15m 高的边坡欠稳定
IV	较完整	结构面结合差或很差	外倾结构面以层面为主, 倾角多为 $27^{\circ} \sim 75^{\circ}$	8m 高的边坡不稳定
	较破碎	结构面结合一般或差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ} \sim 75^{\circ}$	8m 高的边坡不稳定
	破碎或较破碎	碎块间结合很差	结构面无明显规律	8m 高的边坡不稳定

注:1) 结构面指原生结构面和构造结构面, 不包括风化裂隙;

2) 外倾结构面系指倾向与坡向的夹角小于 30° 的结构面;

3) 不包括全风化基岩; 全风化基岩可视为土体;

4) I 类岩体为软岩, 应降为 II 类岩体; I 类岩体为较软岩且边坡高度大于 15m 时, 可降为 II 类;

5) 当地下水发育时, II、III 类岩体可根据具体情况降低一档;

6) 强风化岩应划为 IV 类, 完整的极软岩可划为 III 类或 IV 类;

7) 当边坡岩体较完整、结构面结合差或很差、外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^{\circ} \sim 75^{\circ}$, 结构面贯通性差时, 可划为 III 类;

8) 当有贯通性较好的外倾结构面时应验算沿该结构面破坏的稳定性。

5 削坡

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。地质条件主要有以下三个方面: 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。

4.5.3.4 植物防护

植物防护形式较多, 其中三维植被网以热塑树脂为原料, 采用科学配方, 经

挤出、拉伸、焊接、收缩等工序而制成。其结构分为上下两层，下层为一个经双面拉伸的高模量基础层，强度足以防止植被网变形，上层由具有一定弹性的、规则的、凹凸不平的网包组成。由于网包的作用，能降低雨滴的冲蚀能量，并通过网包阻挡坡面雨水，同时网包能很好地固定充填物(土、营养土、草籽)不被雨水冲走，为植被生长创造良好条件。另外，三维网固定在坡面上，直接对坡面起固筋作用。当植物生长茂盛后，根系与三维网盘错、连接、纠缠在一起，坡面和土相接，形成一个坚固的绿色复合保护整体，起到复合护坡的作用。

温法喷播是一种以水为载体的机械化植被建植技术。它采用专门的设备(喷播机)施工。种子在较短时间内萌芽、生长成株、覆盖坡面，达到迅速绿化，稳固边坡之目的。

客土喷播是将客土(提供植物生育的基盘材料)、纤维(基盘辅助材料)、侵蚀防止剂、缓效肥料和种子按一定比例，加入专用设备中充分混合后，喷射到坡面，使植物获得必要的生长基础，达到快速绿化的目的。

植物防护形式选择应符合下列要求：

1) 植草宜选用易成活、生长快、根系发达、叶茎矮或有匍匐茎的多年生当地草种；草种的配合、播种量等应根据植物的生长特点、防护地点及施工方法确定；种草后1~2年内，进行必要的封禁和抚育措施；

2) 铺草皮适用于需要快速绿化的边坡，且坡比缓于1:1.00的土质边坡和严重风化的软质岩石边坡；草皮应选择根系发达、茎矮叶茂耐旱草种，不宜采用喜水草种，严禁采用生长在泥沼地的草皮；

3) 植树宜用于坡率缓于1:1.50的边坡；树种应采用深根性和浅根性相结合的乔灌木混交方式，同时选用适应当地条件、速生的乔木和灌木树种；

4) 温法喷播绿化适用于土质边坡、土夹石边坡、严重风化岩石的坡率缓于1:0.50的挖方和填方边坡防护；

5) 客土喷播适用于风化岩石、土壤较少的软质岩石、养分较少的土壤、硬质土壤，植物立地条件差的高陡坡面和受侵蚀显著的坡面；当坡率陡于1:1.00时，宜设置挂网或混凝土格构。

6) 骨架植物防护适用于边坡坡率缓于1:0.75土质和全风化的岩石边坡防护，当坡面受雨水冲刷严重或潮湿时，坡度应缓于1:1.00；骨架可采用浆砌片石或混凝土作骨架；骨架内应采用植物或其他辅助防护措施；当降雨量较大且集

中的地区，骨架宜做成截水槽型；截水槽断面尺寸由降雨强度计算确定。

7) 混凝土空心块植物防护适用于坡度缓于 1:0.75 的土质边坡和全风化、强风化的岩石边坡；空心预制块的混凝土强度等级不应低于 C20，厚度不应小于 150mm。空心预制块格构内应填充种植土，喷播植草。

8) 锚杆钢筋混凝土格构植物防护适用于土质边坡和坡体中无不良结构面、风化破碎的岩石边坡；锚杆混凝土格构的混凝土强度等级不应低于 C25，格构几何尺寸应根据边坡高度和地层情况等确定，格构内宜植草；在多雨地区，格构上应设置截水槽，截水槽断面尺寸由降雨强度计算确定。

4.6 清理工程

4.6.1 金属矿山不再留续使用的工业及设施场地主要包括原矿山的工业场地、矿山选矿厂场地、矿山仓库场地、矿山机修厂（车间）及坑木房场地、矿山值班室场地、外包基地、爆破材料库压占土地，基建及生产过程中的临时损毁土地主要包括临时施工场地、施工生产生活区、施工道路等。以上压占土地复垦工程的首要任务是建、构筑物拆除以及场地清理，对于选矿厂及机修厂等场地还需进行场地污染治理。

4.6.3 在边坡治理过程中对边坡具有安全隐患或影响植被建设的块石、危岩等进行清理。

4.7 生物化学工程

4.7.2 土壤培肥

1) 复垦土壤培肥应在复垦后土壤肥力调查与评价的基础上选择合适的土壤培肥工程或其组合。土壤肥力评价可以参考《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1048-2016）。土壤培肥应加强生态环境保护，防止因土壤培肥造成对土壤的污染，加强土壤环境资源的保护，维护生物多样性。

2) 根据复垦后土壤的类型和特征确定科学的土壤培肥方式。粒径在 1 mm 以下的称为土质，它的土壤培肥不存在人工加速风化问题，而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。粒径在 1 mm 以上的称为石砾，有的物理、化学性质不太稳定，可在一定时期内自然风化或通过人工措施加速其风化，逐渐

释放出植物所需的养分。

3) 金属矿山主要的土壤培肥改良途径有绿肥种植法、肥料培肥改良法。对于尾矿库等,可以选择耐旱耐贫瘠的绿肥品种,绿肥播种量应根据品种、不同地势、土壤条件和播种早迟而定,一般禾本科绿肥的播种量为每公顷22.5 kg~37.5 kg,豆科绿肥为7.5 kg~15 kg,十字花科绿肥为22.5 kg~30.0 kg。绿肥播种以条播或撒播为主,春季适宜条播,秋季适宜撒播。肥料培肥改良(删去法或者加上土壤)宜就近选择成本较低的肥料,采用有机和无机相结合的原则,有机肥可以选择农家肥或者商品有机肥,施用肥料时,也可添加微生物肥(细菌肥(根瘤菌肥、固氮、解磷、解钾菌肥)、放线菌肥(抗生素肥)、真菌类肥(菌根真菌、霉菌肥,酵母菌)、光合细菌肥、复合菌剂肥(酵素菌肥)等来改善复垦土壤的微生物环境。

4.7.3 污染防治工程

4.7.3.1 污染调查

4.7.3.1.1 由于金属矿山的开采、选矿等可能会造成环境的污染,进行金属矿山土地复垦设计前需对复垦场地进行污染场地调查,确认场地污染情况。

4.7.3.2 污染阻隔

4.7.3.2.1 阻隔工程实施期间和完工后,需要进行地下水和地表水的监测工作。

4.7.3.2.2 由于矿山复垦面积大,已造成污染的面积大,修复时间长,修复费用高,可以依据特定的工程地质和水文地质条件,如场区存在稳定的隔水层,可以利用场区存在的隔水层作为天然屏障,根据污染物水平迁移方向设置垂直阻隔平整。

水平阻隔屏障的设置需要满足《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 的环境保护要求。

为防止矿山污染场地对地下水环境造成污染,在特定的工程地质和水文地质条件下,可采用垂直阻隔屏障。垂直阻隔屏障的渗透系数宜在 10^{-7} cm/s 量级,其类型可选用水泥-膨润土墙、土-膨润土墙、HDPE 土工膜-膨润土复合墙等。垂直阻隔屏障应嵌入渗透系数不大于 1×10^{-7} cm/s 的隔水层中,嵌入深度不宜小于 1m。

HDPE 土工膜-膨润土复合墙是在土-膨润土槽中插入 HDPE 膜,并通过特殊的连接及嵌固工艺形成的复合墙。垂直阻隔屏障较适合于隔水层埋深较浅的场

地，阻隔屏障插入隔水层，形成封闭的防渗系统。在垂直阻隔屏障设计前，应对场地隔水层条件进行勘察，埋深浅、厚度大、连续性好、透水性差、不存在裂隙等优势流通道的土层是比较理想的隔水层，另外隔水层岩体不宜太硬，以便帷幕嵌入。垂直阻隔屏障材料应具有抗渗沥液侵蚀性能和耐久性，欧美发达国家规定在阻隔屏障材料选择时应针对阻隔的污染水体开展化学相容性试验加以检验。

在特殊地质和环境要求非常高的场地，宜采用 HDPE 土工膜-膨润土复合屏障。采用 HDPE 土工膜-膨润土复合屏障，HDPE 土工膜的厚度宜为 2.5mm 以上，屏障整体渗透系数应满足 10^{-7} cm/s 量级要求。

易于积水的矿山污染场地应采用防渗膜、土工膜、土工布、GCL 膨润土垫等做好污染隔离措施，防止污水渗漏和扩散。污染隔离措施可以依据场地工程地质和水文地质条件设置水平阻隔屏障和垂直阻隔屏障。

4.7.3.2.3 可根据污染物性质及污染程度，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，可通过采取工程措施铺设隔离层，再行覆土，覆土厚度一般 50cm 以上。铺设隔离层时应对隔离材料有毒有害成分进行分析，避免隔离材料引进污染。

4.7.3.3 污染修复

4.7.3.3.1 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经环保部门组织验收，再进行利用。

4.7.3.3.2 可能产生酸性废水的采矿废石堆场、临时料场等场地的矿山，应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。

4.7.3.3.5 放射性污染物污染土地处理后的场地放射性水平应符合《放射性污染的物料解控和场址开放的基本要求》GBZ 167 和《辐射防护规定》GB 8703。

污染土地复垦后土壤环境质量应符合《土壤环境质量标准》GB15618 规定的 II 类土壤环境质量标准。

复垦为水域时，应有防污染隔离层或防渗漏工程设施。水域面积、水深、水质、清污、供排水、防洪等场地条件应符合相关行业的执行标准。

复垦为建设用地时，应有相应的防污染隔离层或防渗工程措施。处置复垦区内对人体有害的污染源。

5 植被重建工程

5.1 一般规定

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。

5.2 林草恢复工程

5.2.1、5.2.2、5.2.3 分挖损地、塌陷地、占压地提出了植被配置模式、整地、树种选择、密度、栽植技术。并提出附录 A：金属矿山植被恢复模式类型、附录 B：金属矿山植被恢复区域适宜树（草）种、附录 C：金属矿山植被恢复适宜初始密度。

关于整地

整地的原则要求是固土、保墒。一是采用集水、节水、保土、保墒、保肥等整地方式；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。

关于造林密度

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，可适当稀植；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，可适当密植；实行粗放经营的，可适当稀植。而实行林农间作的，应稀植。

关于边坡栽植技术：

（1）直接种植灌草

在有一定厚度土层的土质坡面上，直接种植灌木和草本植物种子。

（2）穴植灌木、藤本

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

（3）普通喷播

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

（4）植生带技术

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

（5）草棒栽培技术

将特制的草棒用罗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

挂网客土喷播是利用客土掺混粘结剂和固网技术，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

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

对于依据地形地质条件修筑的类似梯田结构的平台，在平台外缘砌挡土墙，台面种植乔灌草立体植被，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 5.2-1 损地复绿技术的适用条件和选择。

5.2.4 污染场地林草恢复工程

污染场地林草恢复工程应在实施污染防治工程的基础上，参照挖损、塌陷、压占地进行设计。但树（草）种选择应结合污染类型进行相应调整。根据现有成果，本次初步整理了污染矿类植被恢复适宜树（草）种，见表 5.2-2 污染矿类植被恢复适宜树（草）种。

表 5.2-1 挖损地复绿技术的适用条件与选择

适用环境	适用条件	复绿技术
边坡	原始形成或经过边坡治理的稳定边坡，岩质边坡坡角小于 60°，坡高低于 15m；土质边坡坡角小于 45°，坡高低于 8m。	<p>1 岩石边坡：可采用挂网客土喷播和草包技术、平台种植等技术；</p> <p>2 土质边坡：可采用直接播种或植生带、植生垫、植生席等技术；</p> <p>3 土石混合边坡：可采用草棒技术、普通喷播或穴栽灌木等技术。</p>
平地	经过治理、稳定的废弃矿山露天采石场、排土场等地	<p>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。</p> <p>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。</p>
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渔塘两种水体，并采用不同的方法进行复绿。</p> <p>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，湖面可选用浮水植物进行复绿。</p> <p>2 渔塘：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，塘水可根据鱼种选择渔草。</p>
垃圾填埋场	山体残破、低洼、开采深度大、位于当地下风区且地下水埋藏较深的、经过当地政府批准设立垃圾填埋场的废弃矿山	将废弃矿山进行地形处理，特别是应对存放垃圾的深坑进行防渗处理。然后在其周边覆土复绿，种植根系发达、耐干旱瘠薄和抗逆性强的树种，营建公益林、风景林、用材林等。
造景与建筑用地	边坡稳定，位于市区、旅游区或交通干道附近，以景观、游憩、科普教育等功能为整治目标的废弃矿山	<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（如辨岩、攀岩等）功能。根据景观设计需要，岩壁可保持一定面积的裸露。</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>

附表 5.2-2 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
金等贵重金属类	红松、赤松、黑松、白松、落叶松、红皮云杉、银中杨、柳树、水曲柳、垂榆、刺槐、香樟、臭椿、核桃楸、椴树、泡桐、麻栎、乌桕、榉木、枫香、天竺桂、杜英、小叶榕、深山含笑、多花木兰	罗汉松、杜鹃、红花檫木、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、
铁、锰等黑色金属类	湿地松、马尾松、侧柏、毛白杨、刺槐、栎树、臭椿、桃树、紫荆、棕榈、荷花玉兰、桂花、细叶桉、大叶桉、木荷、毛竹	沙枣、接骨木、悬钩子、柠条、沙棘、紫穗槐、冬青卫矛、海桐	藤三七、沙打旺、紫云英、商陆、宝山堇菜、白茅、马唐、水蓼、飞蓬、苍耳、耳草
铜、铝、等有色金属类	湿地松、马尾松、油松、雪松、侧柏、龙柏、箭杆杨、毛白杨、垂柳、龙爪槐、枫树、黄檀、泡桐、法国梧桐、合欢	沙棘、胡枝子、紫穗槐、田菁、金银花、山毛豆、夹竹桃、荆条、酸枣、女贞、黄杨、月季、蔷薇、玫瑰、绣球、牡丹	草木犀、苜蓿、红豆草、沙打旺、三叶草、黑麦草、画眉草、高阳草、假俭草、百喜草、无叶节节草、象草、芒草、水蜡烛、狗牙根、猪屎豆、芍药、菊花、小冠花、黑麦草、鲁梅克斯、苦苣菜、无芒草、鸡脚草、披肩草、无芒雀麦、紫葛藤
镉、铅、锌等重金属类	杨树、泡桐、水杨柳、蜡树、臭椿、银合欢、苦楝树、山榕、樟树、木荷、水杨梅、槐树	女贞	紫花苜蓿、高阳草、早熟禾、黑麦草、假俭草、龙须草、香根草、马鞭草、冬茅草、粘人草、黑莎草、小鳞苔草、冬茅草、华南蕨根草、狗牙根、五节芒、东南景天芦竹、蜈蚣蕨、白茅、棕叶芦、宽叶香蒲、芦苇、荳芰、雀稗、黄花穗、鸡失藤、剑麻、宝山堇菜、蓖麻

5.3 农田防护工程

农田防护工程要求按照《农田防护林工程设计规范》GB 50817 设计。

6 配套工程

6.1 一般规定

6.1.1 配套工程依据《土地复垦方案编制规程 第一部分 通则》TD/T1031.1-2011 划分。本标准将喷（微）灌工程并入灌排工程。

6.2 灌排工程

6.2.1 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，因此灌溉系统设计应与金属矿供排水工程相配套。

6.2.6 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，排水系统的设置应与灌溉系统相对应，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可增设退水渠，亦可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 万公顷以上复垦区域必要时可增设干渠、分支渠或分斗渠，灌溉面积较小的复垦区域可适当减少渠道级数

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应根据灌溉水源、地形、植被和经济等条件，选用喷灌、微灌（包括微喷灌、滴灌）或其合系统，且在技术经济条件可行的情况下，优先选用节水灌溉方式。

6.4 水工建筑物

6.4.2 渡槽

6.4.2 渡槽应优先采用砌石、混凝土及钢筋混凝土等较经济的建筑材料。基础应选择地基承载力高，岩石风化程度低的基岩，软弱地基上，基础埋深应大于 2.0m。

6.4.3 蓄水池

6.4.3 蓄水池是矿山土地复垦后的重要的雨水蓄积工程设施。矿山蓄水池不宜兼做饮用功能。

蓄水池容量确定：

$$V=qnmk$$

式中，V 为水池容量；q 为日需水量；n 为灌溉周期（5~7d）；m 为灌溉面积；k 为水利用系数，取 0.85。

6.4.4 跌水

6.4.4 跌水是连结上下游渠道的垂直降坡防冲建筑物。

6.4.5 陡坡

6.4.5 陡坡是连结上下游渠道的缓降坡防冲建筑物。

6.4.6 水闸

6.4.6.2 闸址宜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。淤泥、淤泥质黏土或粉砂、细砂地基最差，特别是粉砂、细砂地基抗渗稳定性差，应尽可能避开。中等土质地基若设计采取的措施失当，也有可能发生局部渗流破坏或局部冲刷，对此应予以注意。

6.4.6.3 渠道水深有限、灌溉渠道水头宝贵，采用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，同时也经济美观。

6.4.7 涵洞

6.4.7.1 涵洞分为以下类型：

- 1 按作用划分——渠涵、渠下涵；
- 2 按流态划分——无压流、半压力流和压力流涵洞；
- 3 按型式划分——盖板涵、圆涵、拱涵和箱涵；
- 4 按材料划分——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。

在过水能力相同的条件下，单孔涵洞比多孔涵洞经济，应优先选取单孔涵。

6.4.7.2 涵洞进、出口的型式、尺寸和底面高程应结合地形、地质条件、水流特性、防冲加固和消能措施等综合选择确定，确保过涵水流平稳顺利和附近渠堤稳定安全。渠涵进出口宜采用扭面或八字墙型式，其平面扩散角应为 $6^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 。渠下涵的进、出口型式宜选用八字墙式、端墙式、平头式（衣领式）或走廊式。

6.4.7.3 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

应符合表 6.4-1 的规定，并不应小于 0.4m。

表 6.4-1 无压涵洞的净空高度

空高度 (m) 进口净高 (m)	涵洞类型		
	圆涵	拱涵	矩形涵洞
≤3	≥D/4	≥D/4	≥D/6
>3	≥0.75	≥0.75	≥0.5

注：表中 D 为涵洞内侧高度或者圆涵内径 (m)。

6.4.8 泵站

6.4.8 泵站在金属矿山土地复垦过程中主要用于排水（洪）及灌溉方面，相关设计参照《泵站设计规范》GB 50265。

6.5 集雨工程

6.5.1 集雨工程的单体工程依据《土地复垦方案编制规程 第一部分一通则》TD/T1031.1-2011 划分。集雨工程主要涉及沉沙池、集水池和水窖等集雨设施。对于具有景观功能的复垦项目，集雨工程可结合疏排水工程布设，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；

6.5.2 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。

6.5.3 半干旱地区的集水池一般采用封闭式，而部分露天金属矿多为典型绿色矿山，同时发挥着矿山旅游的作用，需保留一定的水面景观，集水池宜采用敞开式。

6.5.4 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，为防止金属矿山地表径流中污染物发生二次污染风险，水窖中的水质标准应符合《农田灌溉水质标准》GB 5084 和《生活饮用水卫生标准》GB 5749 等标准的规定。

6.6 疏排水工程

6.6.1 一般规定

6.5.1.1 疏排水工程依据《土地复垦方案编制规程 第一部分一通则》TD/T1031.1 划分。疏排水系统应在主体工程排水系统的基础上，与复垦区内田、林、渠、沟等设施布局相协调。

6.6.1.2 复垦区疏排水设计应以满足防洪排涝功能为前提，根据复垦后的功能进行规划，截、排水沟设计可参照《农田灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 和《水土保持工程设计规范》GB 51018。疏排水工程应根据设计排水流量确定其过水断面的主要尺寸和设计水深，超高宜参考《农田灌溉与排水工程设计规范》GB 50288 工程等级确定。

6.6.2 截流沟

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

6.6.2.2 设计断面时，截流沟采用过水能力满足设计频率洪峰流量的方式进行计算。

6.6.3. 排水沟

6.6.3.1 将低洼处及内部区域汇集的雨水排出场外。

6.6.3.2 排水沟按无压均匀流进行设计计算，但在弯曲、连接处应考虑雍高和渐变。

6.6.3. 排洪沟

6.6.3.1 排洪沟是复垦区重要的排水设施，在遇到洪水灾害时起到泄洪的作用。

6.6.3.2 排洪沟设计方式与排水沟相似。

6.7 输电线路工程

6.7.1 复垦工程区存在塌陷等不稳定区域，输电线路工程选线应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。

6.8 道路工程

6.8.1 企业在生产期已建成完善的道路系统，联络各场地及设施，复垦区域的外部联络道路可利用已有道路。

6.8.2 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。复垦区道路系统应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。

6.8.3 根据复垦方向，道路具体技术标准可参照《土地整治项目规划设计规范》

TD/T1012 进行设计。

6.9 苗圃工程

苗圃工程设计要求执行《林业苗圃工程设计规范》LYJ128 的规定。

7 监测与管护工程

7.1 监测工程

7.1.6 环境监测

7.1.6.1 阻隔工程实施期间和完工后，需要进行地下水和地表水的监测工作。

7.2 未成林管护工程

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，明确了未成林抚育、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。