

中华人民共和国土地管理行业标准

TD/T 1070.5—2022

矿山生态修复技术规范 第5部分：化工矿山

Technical specifications for ecological restoration of mines—
Part 5: Chemical mine

2022-07-20 发布

2022-11-01 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则、总体要求与工作流程 2

 4.1 基本原则 2

 4.2 总体要求 2

 4.3 工作流程 2

5 基础调查、问题识别与成果资料 3

 5.1 基础调查 3

 5.2 问题识别 4

 5.3 成果资料 5

6 生态修复方案编制 5

 6.1 一般规定 5

 6.2 矿山基本情况 5

 6.3 总体定位与目标 5

 6.4 主要任务与工作部署 5

 6.5 跟踪监测 6

 6.6 经费估算 6

 6.7 保障措施 6

7 生态修复方案实施 6

 7.1 工程实施 6

 7.2 技术措施 6

8 生态修复监测与管护 11

 8.1 跟踪监测 11

 8.2 后期管护 12

9 生态修复成效评估 12

 9.1 评估要求 12

 9.2 评估内容 12

10 生态修复信息管理 12

 10.1 主要内容 12

 10.2 管理要求 12

附录 A（资料性） 化工矿山生态修复基础调查内容 13

附录 B（规范性） 化工矿山生态问题严重程度分级 15

附录 C（资料性） 化工矿山开采方式分类 16

参考文献 18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 TD/T 1070《矿山生态修复技术规范》的第5部分。TD/T 1070 已经发布了以下部分：

- 第1部分：通则；
- 第2部分：煤炭矿山；
- 第4部分：建材矿山；
- 第5部分：化工矿山；
- 第6部分：稀土矿山；
- 第7部分：油气矿山。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本文件起草单位：中化地质矿山总局、中化地质矿山总局河南地质局、中化地质河南局集团有限公司、明达海洋工程有限公司、中国自然资源经济研究院、中国地质环境监测院、中国化学矿业协会、中化地质矿山总局浙江地质勘查院、中化地质矿山总局湖北地质勘查院。

本文件主要起草人：张荣波、卓志荣、姚超美、袁俊宏、席文明、王凤波、李静、张明明、韩贝贝、张进德、白雪华、余振国、杨怀洲、方邵平。

引 言

为加快推进国土空间生态保护与修复工作,规范矿山生态修复工作流程、技术方法和要求,制定了TD/T 1070《矿山生态修复技术规范》。

矿山生态修复涉及煤炭、金属、建材、化工、稀土、油气等不同矿种的矿山,涵盖调查、设计、施工、监测、评估的全过程,为满足矿山生态修复技术的通用性并突出不同矿种的特点,TD/T 1070 拟由七个部分构成:

- 第1部分:通则;
- 第2部分:煤炭矿山;
- 第3部分:金属矿山;
- 第4部分:建材矿山;
- 第5部分:化工矿山;
- 第6部分:稀土矿山;
- 第7部分:油气矿山。

第1部分规范了矿山生态修复工作的技术流程、总体思路、工作方法等通用内容,其他六个部分是第1部分的延伸和细化,重点强调了不同矿种的矿山生态修复技术措施。

矿山生态修复技术规范

第5部分：化工矿山

1 范围

本文件规定了化工矿山生态修复的基本原则、总体要求与工作流程,基础调查、问题识别与成果资料,以及生态修复方案编制、方案实施、监测与管护、成效评估和信息管理等内容。

本文件适用于磷矿、硫铁矿、钾盐、硼矿、萤石、盐矿、天然碱、石膏、自然硫、钠硝石、明矾石、芒硝、重晶石、毒重石、灰岩(电石用灰岩、制碱用灰岩、化肥用灰岩)、化肥用白云岩、化肥用石英岩、化肥用砂岩、含钾砂页岩、含钾岩石、化肥用橄榄岩、化肥用蛇纹岩、泥炭、镁盐、溴和砷等化工矿产资源开采活动结束后的矿山生态修复等技术工作,矿产资源开采过程中开展矿山生态修复工作可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅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/T 15776 造林技术规程
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 38509 滑坡防治设计规范
GB 50330 建筑边坡工程技术规范
DZ/T 0221 崩塌、滑坡、泥石流监测规范
TD/T 1036 土地复垦质量控制标准
TD/T 1070.1 矿山生态修复技术规范 第1部分:通则

3 术语和定义

TD/T 1070.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

卤水 brine

矿化度一般大于或等于35 g/L的湖水或赋存在地层中的地下水。

[来源:HG/T 22816—2016,2.0.2]

3.2

盐田 solar ponds

利用日晒方式蒸发浓缩盐湖卤水结晶产盐的摊场。

[来源:HG/T 22816—2016,2.0.13]

3.3

井采 brine extraction with wells

在地表通过钻井或开挖大口径井揭露或穿越卤水含水层,并用水泵抽取卤水的一种开采方法。

[来源:HG/T 22816—2016,2.0.11]

3.4

渠采 brine extraction with trenches

在地表开挖渠道或沟渠揭露卤水含水层,并在渠道内用水泵抽取卤水的一种开采方法。

[来源:HG/T 22816—2016,2.0.10]

4 基本原则、总体要求与工作流程

4.1 基本原则

4.1.1 基本原则除应符合 TD/T 1070.1 中 4.1 外,还应符合 4.1.2 至 4.1.5。

4.1.2 坚持问题导向、因地制宜,科学施策。按照矿山不同的开采方式,生态修复应统筹考虑矿山的开采特征、影响因素、主要生态问题,结合地域、场地条件,消除矿山地质环境破坏问题、改善水土环境,恢复土地功能。

4.1.3 衔接相关规划、统筹兼顾,综合利用。生态修复应与当地国土空间规划相衔接,全面考虑区域整体生态功能的保护和恢复,与产业发展、开发利用相结合,促进矿区土地综合利用。

4.1.4 尊重自然、顺应自然,自然修复与人工修复相结合。矿山植被重建宜耕则耕、宜林则林、宜草则草、乔灌草结合,科学布置保护和修复措施,构建矿山山水林田湖草生命共同体,实现生态修复后与周边自然环境和景观相协调,促进矿山生态可持续发展。

4.1.5 经济可行、安全合理,突出成效。充分论证矿山生态修复实施方案,保证生态修复效果和资金投入合理,避免过度工程干预,最大限度地发挥生态效益、社会效益和经济效益。

4.2 总体要求

4.2.1 总体要求除应符合 TD/T 1070.1 中 4.2 外,还应符合 4.2.2 至 4.2.5。

4.2.2 化肥用灰岩、砂岩、石英岩等露天开采矿山,针对露天采区、废石场(排土场)、工业场地等区域,在矿山地质环境治理的基础上,以生态重建为主。

4.2.3 磷矿、硼矿、重晶石、硫铁矿、砷矿等地下开采矿山,针对塌陷区、废石场(排土场)、工业场地等区域,在矿山地质环境治理的基础上,以辅助再生和生态重建为主。

4.2.4 芒硝、天然碱、盐矿、钾盐等水溶开采(钻井水溶、硐室水溶)和卤水开采(露天井渠采、深部井采)矿山,针对采卤井、输卤管道、盐田、采卤渠、输卤渠等区域,在改善水土环境的基础上,以辅助再生为主。

4.2.5 对于西北荒漠地区的化工矿山,宜采取自然修复与辅助再生相结合的方法。

4.3 工作流程

工作流程应符合 D/T 1070.1 中 4.3。

5 基础调查、问题识别与成果资料

5.1 基础调查

5.1.1 调查范围

5.1.1.1 调查范围除应符合 TD/T 1070.1 中 5.1.1 外,还应符合 5.1.1.2 至 5.1.1.5。

5.1.1.2 化肥用灰岩、砂岩、石英岩等露天开采矿山,调查范围主要为露天采区、废石场(排土场)、工业场地、表土堆放场等影响区域。

5.1.1.3 磷矿、硼矿、重晶石、萤石、砷矿等地下开采矿山,主要调查塌陷区、废石场(排土场)、工业场地等影响区域。

5.1.1.4 芒硝、天然碱、盐矿、钾盐等地下钻井水溶开采矿山,主要调查注水井、采卤井、输卤管道、储卤池、工业场地等影响区域。硐室水溶开采矿山主要调查塌陷区、输卤管道、储卤池、工业场地等影响区域。露天井采、渠采矿山主要调查盐田、采卤井、采卤渠、输卤渠、工业场地等影响区域。深部井采矿山主要调查采卤井、输卤管道、储卤池、工业场地等影响区域。

5.1.1.5 生态修复过程中需用客土时,应调查其来源区。

5.1.2 调查内容

5.1.2.1 调查内容除应符合 TD/T 1070.1 中 5.1.2 外,还应符合 5.1.2.2 至 5.1.2.6。

5.1.2.2 生态修复基础调查内容参见附录 A。

5.1.2.3 矿山地质环境破坏调查。

- a) 磷矿、硫铁矿、重晶石矿等露天开采矿山调查包括危岩体及不稳定斜坡的类型、位置、形态、规模、稳定性等基本特征,可能致灾的范围、威胁人员财产、发展趋势及影响因素,微地形地貌、地层岩性、岩土体结构、断裂构造等形成条件,地震、矿震、采空塌陷、冻融、降雨等触发因素。
- b) 硼矿、萤石、天然碱等地下开采矿山调查包括地面塌陷、地裂缝的发生时间、地点,地面塌陷的形态、面积、深度,地裂缝走向、宽度、排列方式及影响范围等,对地表建筑物、道路、管线设施、土地的破坏,对地下水、地表水、植被的影响以及人员伤亡和直接经济损失等。

5.1.2.4 土地损毁调查。

- a) 土地损毁调查主要包括露天采区、废石场(排土场)、地面塌陷区、工业场地损毁的方式、土地类型及面积。
- b) 硫铁矿、砷矿、萤石等矿区,重点调查土壤的 pH 值、重金属含量、易溶盐等。
- c) 钾盐、盐矿、天然碱等水溶开采矿山,重点调查开采、输送、晾晒、堆积等区域的土壤结构、土地损毁类型及面积。

5.1.2.5 水资源破坏调查。

- a) 水资源破坏调查主要包括含水层结构破坏的范围、层位、方式,矿坑正常涌水量及最大涌水量,疏排水去向和利用量,地表水与地下水漏失范围等。
- b) 硫铁矿、砷矿、萤石等矿区,重点调查矿业活动对地下水及地表水体的水质影响程度及影响范围。
- c) 水溶法开采矿山,重点调查矿床上部含水层的破坏情况,以及因含水层结构变化对地表铁路、公路、河流、风景区、文化遗产、农田水利设施和居民点等产生的不利影响。

5.1.2.6 生态退化调查。

- a) 生态退化调查主要包括生态系统结构破坏、功能衰退、生物多样性减少、生物生产力降低及动物栖息地破坏的空间分布、面积、程度等。
- b) 西北荒漠地区的钾盐矿等开采区,重点调查土壤荒漠化、干旱化、板结化、养分亏损与失衡等。
- c) 磷矿、硫铁矿、重晶石矿等露天采区和硼矿、萤石、天然碱等地下开采塌陷区,重点调查植被损毁的类型、面积和分布。

5.1.2.7 调查矿山生态问题(矿山地质环境破坏、水资源破坏、土地损毁和生态退化等)的修复措施及修复效果。

5.1.3 调查方法

5.1.3.1 调查方法除应符合 TD/T 1070.1 中 5.1.3 外,还应符合 5.1.3.2 和 5.1.3.3。

5.1.3.2 合成孔径雷达干涉测量。

- a) 利用同一地区不同期次 InSAR 数据相位信息干涉计算进行地表变形观测,对矿区大范围的区域进行地表全天候、实时性的高精度变形监测。
- b) 测量方法包括差分合成孔径雷达干涉测量(DInSAR)、短基线集合合成孔径雷达干涉测量(SBAS-InSAR)、永久散射体合成孔径雷达干涉测量(PS-InSAR)和分布式散射体合成孔径雷达干涉测量(DS-InSAR)等。

5.1.3.3 无人机测绘。

- a) 对于人员无法到达的区域、地形复杂场地、开采影响严重区域、一些特殊场地、形态要素复杂区等场地,应采用无人机进行测量测绘。
- b) 在矿山生态修复、地形测绘、影像识别监测等精细化调查、设计、施工和管护过程中,可采用无人机进行测绘。

5.2 问题识别

5.2.1 基本规定

问题识别除应符合 TD/T 1070.1 中 5.2 外,还应符合 5.2.2 和 5.2.3。

5.2.2 建立化工矿山生态修复参照生态系统

分析区域自然生态系统、开采破坏前的生态系统、附近具有相似生物多样性和非生物环境条件的未受损生态系统状况,结合矿区自然环境特点、土地损毁类型与程度、矿山生态修复方向和修复规模,建立矿山生态修复不同类型的参照生态系统,并符合 TD/T 1070.1 中 5.2.1 的规定。

5.2.3 生态问题识别与分级

5.2.3.1 矿山地质环境破坏程度主要依据矿山危岩体、不稳定斜坡、崩塌、滑坡、地面塌陷及地裂缝等问题发生的可能性、危害程度,分为严重、较严重、较轻三个等级。

5.2.3.2 矿山开采后的水资源破坏程度依据原矿井正常涌水量、水位变化幅度、生产生活供水情况分为严重、较严重、较轻三个等级。

5.2.3.3 土地损毁程度依据损毁土地类别和面积分为严重、较严重、较轻三个等级。

5.2.3.4 生态退化程度依据原有生态系统结构破坏程度、生态修复难易程度分为严重、较严重、较轻三个等级。

5.2.3.5 矿山地质环境破坏、水资源破坏、土地损毁及生态退化程度详细分级见附录 B。

5.2.3.6 矿山地质环境破坏、水资源破坏、土地损毁及生态退化程度至少达到严重级别之一的为Ⅰ级场地,至少达到较严重级别之一且均未达到严重级别的为Ⅱ级场地,均达到较轻级别的为Ⅲ级场地。

5.3 成果资料

主要包括调查数据表、测试分析数据、调查照片、音频视频、实际材料图、生态问题图等。

6 生态修复方案编制

6.1 基本规定

生态修复方案的编制大纲应符合 TD/T 1070.1 中附录 A。

6.2 矿山基本情况

6.2.1 矿山地理位置。矿山与附近城镇的位置关系,矿山所在的县(区)、乡镇村组,矿区拐点坐标,交通状况(交通位置图)。

6.2.2 矿山自然概况。主要包括气候、水文、地形地貌、土壤、植被等。

6.2.3 矿区社会经济概况。主要包括人口、农业、工业、经济发展水平等。

6.2.4 矿山开发利用方案。调查并收集矿山开采设计或者矿产资源开发利用方案编制及评审情况。

6.2.5 矿山开采历史与现状。包括矿权人情况、采矿许可证取得情况,划定矿区范围批复及开采的范围、层位、方式、深度、规模等。矿山开采方式分类参见附录 C。

6.2.6 矿区土地利用现状。

a) 根据最新土地利用成果,调查矿区土地利用类型、数量、耕地质量、是否涉及基本农田、土地权属等。

b) 矿区土地修复的地类、面积及等级。

6.2.7 矿山生态问题。主要包括因矿山生产造成的地质环境破坏、水资源破坏、土地损毁、生态退化等。

6.3 总体定位与目标

6.3.1 总体定位

6.3.1.1 总体定位与修复方向应符合 TD/T 1070.1 中附录 B。

6.3.1.2 生态修复与科学发展相结合,以维护矿区生态安全为重点,针对主要生态问题,科学规划、合理布局,提出矿山生态修复的主要措施。

6.3.1.3 修复受损的生态环境,最大限度地减少因矿产资源开发利用造成的危害,促进社会经济的可持续发展。

6.3.2 矿山生态修复目标

消除矿山地质环境破坏问题,恢复土地基本功能。保护和恢复区域整体生态功能,可绿化覆盖率达到 100%且与周边自然环境和景观相协调,保障人类活动及自然生态健康发展。

6.4 主要任务与工作部署

6.4.1 根据矿山生态修复调查结果,确定生态修复范围,主要包括露天采区、塌陷区、废石场(排土场)、盐田、采卤渠、输卤渠、采卤井、储卤池、工业场地。

6.4.2 针对矿山生态问题,结合当地国土空间规划,划定生态修复单元,确定矿山生态修复方向。

6.4.3 依据不同单元的生态修复方向和质量要求,科学设计,统筹安排。部署矿山地质环境治理、自然修复、辅助再生、生态重建等生态修复措施,进行工程设计、技术手段说明、工程量测算、经费估算、进度安排等。

6.5 跟踪监测

明确监测工作的任务和目的、监测原则与依据、监测工程布置、监测工程设计、监测工程量等。

6.6 经费估算

根据矿山生态修复部署的工作量,测算工程经费,确定经费来源和筹措渠道。

6.7 保障措施

制定保障矿山生态修复工作顺利实施的组织管理、技术保障、资金保障、后期管护等措施。

7 生态修复方案实施

7.1 工程实施

矿山生态修复工程设计、工程施工、施工监理技术要求与流程应符合 TD/T 1070.1 中 7.1。

7.2 技术措施

7.2.1 矿山地质环境治理

7.2.1.1 露天采区

露天采区矿山地质环境破坏主要包括危岩体和不稳定斜坡。

7.2.1.2 危岩体

危岩体防治措施如下。

- a) 采取工程手段治理危岩体难度大或治理费用过高时,宜采取避让措施。
- b) 划定危岩体危害范围,撤离危险区人员及拆除重要设施,并设立严禁进入危险区的警示标志。
- c) 在危石突出的山嘴以及岩层表面破碎不稳定的山坡地段,宜进行削坡或采取安装防护网、设置落石平台、挡石墙、混凝土网格护坡、混凝土封闭注浆等措施,防止危岩体崩落。
- d) 当危岩体体积较大、完整性较好时,宜采用支撑、锚固技术对其进行加固处理,危岩体下方的空穴、穹隆体等优先考虑充填。
- e) 受地表水或地下水影响的危岩体,可设截排水工程拦截地表水、疏排地下水。

7.2.1.3 不稳定斜坡

不稳定斜坡防治优先考虑搬迁避让。治理措施可采用减荷、压脚阻滑、排水、锚固支挡、注浆加固、护坡等,具体措施如下。

- a) 减荷措施:主滑地段可采取挖方卸荷、拆除已有建筑物等措施。
- b) 压脚阻滑措施:在边坡前缘抗滑地段可采用堆方加重压坡角辅助措施,提高边坡的稳定性。
- c) 排水措施:对地下水丰富的不稳定斜坡体,可在坡体外设置地下截水盲沟、泄水隧洞、水平排水孔或在坡体内设支撑盲沟、排水隧洞等措施,以拦截边坡后缘地下渗水和排放深层地下水;为防

止地表水浸入坡体,应填塞地裂缝和消除坡体积水洼地,并采用在边坡后缘外设置环形截水沟、坡体上设分级排水沟等措施。

- d) 锚固支挡措施:根据不稳定斜坡的稳定性、剩余下滑力和岩土力学性状等因素,可采取抗滑桩、抗滑锚杆、预应力锚索(桩)、锚杆挡墙或重力式挡墙等抗滑措施。
- e) 注浆加固措施:对滑带注浆条件和注浆效果较好的不稳定斜坡,可采用注浆法改善滑带的力学特性。注浆法宜与其他抗滑措施联合使用。
- f) 不稳定斜坡治理应符合 GB 50330 和 GB/T 38509 的相关规定。

7.2.1.4 塌陷区

塌陷区矿山地质环境破坏包括地面塌陷和地裂缝。地面塌陷和地裂缝防治措施如下。

- a) 当塌陷区地表无重要建筑物时,宜采取搬迁避让措施,并进行监测预警,圈定危险区范围,安装警示标识标牌。
- b) 在塌陷区地表宜部署防渗、削高填低工程,在地裂缝区宜部署废石(土)填充夯实、灌浆、防渗等工程。地下液体矿产开采区和固体矿产钻井水溶开采区宜部署回灌工程。
- c) 对于岩溶塌陷,应先查明矿区水文地质条件及覆盖层性质等,可采用清除填堵法、跨越法、强夯法、灌浆法、深基础法、高压喷射注浆法治理。
- d) 对于已查明的土洞、塌陷坑,应在其周边设置疏排水系统,以疏导、排泄地表水。
- e) 地裂缝可采用裂缝灌浆法或探槽填土法治理。裂缝灌浆法为沿裂缝走向灌入水泥砂浆、黏土浆、混凝土或新型环保材料等。探槽填土法为沿裂缝走向挖探槽,深度 1 m~3 m,宽度为裂缝宽度的 8~10 倍,再用具有黏性的黄土或三合土充填,必要时在探槽底部回填 30 cm~50 cm 厚的混凝土或新型环保材料等。
- f) 尚未稳定的塌陷区宜采取监测、示警及临时工程措施,防止加剧生态环境破坏。

7.2.1.5 废石场(排土场)

废石场(排土场)矿山地质环境破坏主要为不稳定斜坡,技术措施应符合 7.2.1.3 的规定。

7.2.1.6 工业场地

工业场地矿山地质环境破坏主要包括危岩体、不稳定斜坡、地面塌陷及地裂缝,技术措施应符合 7.2.1.1 和 7.2.1.2 的规定。

7.2.2 自然修复

7.2.2.1 自然修复措施除应符合 TD/T 1070.1 中 7.2.1 外,还应符合 7.2.1.2 和 7.2.1.3。

7.2.2.2 西北荒漠地区的钾盐矿等矿山采矿结束后,将井架、泵站及生产加工区拆除、场地平整,排除外界干扰,减少人为扰动。

7.2.2.3 生态环境条件良好的矿山开采完毕后,将场地平整并封闭,依靠自然演替来恢复已退化的生态系统。

7.2.3 辅助再生

7.2.3.1 辅助再生措施除应符合 TD/T 1070.1 中 7.2.2 外,还应符合 7.2.2.2 至 7.2.2.4。

7.2.3.2 磷矿、硼矿、重晶石、砷矿等地下开采矿山,地面塌陷及地裂缝危险性中等场地采取塌陷坑、地裂缝回填等措施进行矿山地质环境治理后,实施平整翻耕或苗木补种。

7.2.3.3 芒硝、天然碱、盐矿等井采矿山,输卤管、生产井、阀门室等场地,拆除井架、泵站、管线等建(构)筑物,采取土壤改良或置换措施。

7.2.3.4 钾盐矿等渠采矿山,采卤渠、输卤渠等场地,排干渠中卤水,并将两侧的土方推至渠道内进行分层回填、压实。

7.2.4 生态重建

7.2.4.1 地貌重塑

7.2.4.1.1 露天采区

露天采区地貌重塑措施如下。

- a) 存在水土环境问题的露天采区,水土环境修复后再进行地貌重塑。
- b) 露天采区应根据边坡情况、坑底地形、岩体风化程度、矿床充水条件等,重塑为农业用地、工业用地、建设用地、矿山公园等适宜的地类。
- c) 露天采区宜采取边坡加固、采坑回填平整、平台覆土等工程措施进行地貌重塑,并使地貌重塑后的边坡、平台与周围自然景观相协调。
- d) 位于“三区两线”(重要自然保护区、景观区、居民集中生活区;重要交通干线、河流湖泊海岸线)可视范围的露天开采高陡边坡,宜选择与生物措施相协调的工程措施进行地貌重塑。

7.2.4.1.2 塌陷区

塌陷区地貌重塑措施如下。

- a) 达到稳定状态的塌陷区,根据生态环境修复方向,宜采取防渗处理、削高填低、回填整平、挖沟排水等地貌重塑措施。
- b) 对盐矿、天然碱等常年积水塌陷区,水质检测达标后,可采用挖深垫浅、防渗、蓄水等措施修建鱼塘、人工湖,将塌陷区改造成为绿色生态公园。
- c) 季节性积水塌陷区,可采用排水、回填、夯实、覆土等措施复垦为耕地、林地、草地等。
- d) 非积水塌陷区,可采用回填平整、坡度整理、修建排水系统等措施进行梯级地貌重塑。
- e) 宽度小于 10 cm 的塌陷区地裂缝,宜就近取土填埋、整平;对于宽度大于或等于 10 cm 的地裂缝,应先用土石方充填裂缝,再覆土平整。
- f) 回填塌陷区(坑)前有可利用表土的应进行表土剥离。填充物应根据回填场地的用途,优先选择利用废石、尾矿、废渣、建筑垃圾等,严禁将重金属污染物或其他有毒有害物质用作回填材料。回填时应分层充填、分层压实。
- g) 未达到沉陷稳定状态的塌陷区,应采取监测、预警及其他临时工程措施,对安全隐患予以警示,待塌陷区稳定后再进行地貌重塑。

7.2.4.1.3 废石场(排土场)

废石场(排土场)地貌重塑措施如下。

- a) 废石(渣、土)应分类处理,处置率应达到 100%,并应符合 GB 18599 的相关规定。
- b) 将磷矿、硫铁矿、硼矿、萤石等矿山有利于植被生长的表层泥土、残坡积碎石土和对环境有不利影响的土壤分开堆放。
- c) 首先考虑矿山固体废弃物综合利用途径。富含有用组分的可以回收有益矿产品、制取化工产品、改良土壤、生产肥料;砂岩、灰岩、白云岩和萤石等可直接加工成建筑材料;富含腐殖质的剥离土可单独存放留作绿化用土;其他废石(废渣)可作为充填材料。
- d) 无法综合利用的固体废弃物,经边坡整理达到稳定状态后,表层土石颗粒较细、pH 值适中且具有一定养分的可直接恢复植被;表层土石呈块状、颗粒较粗难以直接恢复植被的,可在表层覆盖客土恢复植被。
- e) 废石场(排土场)地貌重塑可采取护坡固化、拦挡、周边排水疏导、覆土等工程措施。

- f) 废石场(排土场)总高度大于 10 m 时,地貌重塑宜分台阶进行。每一台阶高度、宽度应符合 GB 50330 的相关规定,台阶边坡坡率宜小于 1 : 1.50,以利于坡面植被生长。
- g) 固体废弃物位于山坡坡面时,宜在其周边设置挡土墙、截水沟;位于沟道时,下游设置透水坝,沟道两侧布设截水沟;位于河道滩地时,在靠河道侧设置拦石堤。
- h) 当固体废弃物处于重要城镇或交通线上游,且坡降比较大时,应加强上游的护坡和下游的排导及防护工程。可采取改变或改善流路、引水输砂、调控洪水等调控措施。
- i) 修建完善的矿区排水系统,根据矿区能承受的洪水流量,修筑排洪道、急流槽、导流堤等设施,使暴雨洪流避开废石场(排土场)等地段。

7.2.4.1.4 工业场地

工业场地地貌重塑措施如下。

- a) 废弃或不再留续使用的工业场地,包括办公、生活、生产、加工、选矿、污水处理等区,在无法进行综合利用时,建(构)筑物应全部进行安全有序拆除。
- b) 清理的建(构)筑物等垃圾,宜就近合理填埋处理,不适宜填埋、有污染的除外。
- c) 地下开采矿山闭坑后,不再利用的井巷工程应封堵井口、平硐口,必要时充填井筒、平硐。

7.2.4.1.5 盐田

盐田地貌重塑措施如下。

- a) 使用完毕的盐田,析出的氯化钠原盐可送至生产车间提纯利用,盐田平整修复。
- b) 当氯化钠原盐无法利用时,盐田可暂时搁置或注水成为人工湖。

7.2.4.1.6 采卤渠、输卤渠

采卤渠、输卤渠地貌重塑措施如下。

- a) 拆除不再使用的泵站、管道及其他附属建筑物,将无污染的建筑垃圾就近回填于废弃渠道内。
- b) 渠采后堆放于采卤渠、输卤渠两侧的土堆推至渠道内分层回填、压实,并对场地进行平整。压实度与周围地类相同,整平后地面坡度宜与原地面一致。
- c) 用作防洪、淡水库堤坝的输卤渠宜保留利用。

7.2.4.1.7 采卤井

采卤井地貌重塑措施如下。

- a) 井采后不再留续使用的采卤井,应拆除井架、井管,清理、平整场地。
- b) 采卤井回填井筒、封闭井口,井筒宜全井充填,充填材料为黏性土、混凝土、新型环保材料等。
- c) 采卤井场地清理出的固体废弃物,分类处理应符合 GB 18599 的相关规定。

7.2.4.2 土壤重构

7.2.4.2.1 表土剥离及堆存

表土剥离及堆存措施如下。

- a) 矿山露天采区、塌陷区、废石场(排土场)、工业场地等有土源条件的场地,应视土壤类型对表土进行剥离。结合待剥离土源的肥力、质地和土源量等情况,分区、分层剥离与堆存。
- b) 表土剥离厚度根据原土壤表土层厚度、土质情况、土地利用方向及需土量等综合确定。
- c) 选择适宜的场地堆存表土,堆存场应设计合理的保护措施,防止水土流失和边坡失稳。
- d) 表土堆存高度不宜超过 5 m,坡度不宜大于 30°。
- e) 结合堆存期限采取相应的临时围护或播种草本植物措施。

7.2.4.2.2 耕地、园地

修复为耕地、园地用途的土壤重构措施如下。

- a) 旱地、园地田面坡度不宜超过 25°。复垦为水浇地、水田时,地面坡度不宜超过 15°。

- b) 有效土层厚度大于 40 cm,土壤具有较好的肥力,土壤环境质量应符合相关标准。
- c) 不同区域耕地、园地质量控制标准应符合 TD/T 1036 附录 D 中 D.1 至 D.10 的相关规定。

7.2.4.2.3 林地

修复为林地用途的土壤重构措施如下。

- a) 有效土层厚度大于 20 cm,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。
- b) 3 年~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 GB/T 15776 的相关规定。
- c) 不同区域林地复垦质量控制标准应符合 TD/T 1036 附录 D 中 D.1 至 D.10 的相关规定。

7.2.4.2.4 草地

修复为草地用途的土壤重构措施如下。

- a) 复垦为人工牧草地时地面坡度应小于 25°。
- b) 有效土层厚度大于 20 cm,土壤具有较好的肥力,土壤环境质量应符合相关标准。
- c) 不同区域草地复垦质量控制标准应符合 TD/T 1036 附录 D 中 D.1 至 D.10 的相关规定。

7.2.4.3 植被重建

7.2.4.3.1 林地

修复为林地的植被重建措施如下。

- a) 优先选择适应性强的当地优良树种,慎用外来树种。结合当地自然条件确定针叶树种和阔叶树种、乔木和灌木的合理比例,林草结合,避免植被品种单一化。
- b) 选用接近当地的植物群落,植物应具有耐干旱、耐贫瘠、抗病虫的良好种植特性。
- c) 磷矿、硫铁矿、萤石等矿山的露天采区、塌陷区、废石场(排土场),应选用易生长、耐干旱、抗污染的树种、草种。
- d) 选用的苗木、种子质量应符合 GB/T 15776 的相关规定,若为自行采集的乡土树种,应在栽植前进行发芽试验,以确定合适的播种量。
- e) 对于土源紧张的区域,可利用穴植坑法、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植被重建。
- f) 边坡植树宜用于坡度小于 1:1.50 的边坡,采用水平沟、鱼鳞坑做好保土保水保肥措施。
- g) 按照树种、种植区域的不同,植被覆盖率不低于采矿前水平,种植密度、成活率应符合 GB/T 15776 的相关规定。

7.2.4.3.2 草地

修复为草地的植被重建措施如下。

- a) 优先选择易成活、生长快、根系发达、叶茎矮或有匍匐茎的多年生当地草种。
- b) 钾盐、镁盐、溴矿等位于西北荒漠区的化工矿山,具备植被生存条件的,选用耐瘠薄、易繁殖、根系发达、抗逆性强的草种。
- c) 边坡植被重建工程主要有植草、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防护等,依据场地条件选择合理的植物防护形式。
- d) 露天开采区、废石场(排土场)等坡度大于 1:1.50 的边坡,以重建草地为主或灌草结合。
- e) 坡度小于 1:1.00 的岩石边坡,植物立地条件差,宜采用客土喷播植草。坡度大于 1:1.00 的高陡岩石边坡,宜设置挂网客土喷播、混凝土格构等。
- f) 坡度小于 1:0.75 的土质边坡和全风化、强风化的岩石边坡,宜采用混凝土空心块植物防护,空心块格构内填充种植土,喷播植草。

- g) 土质边坡和坡体中无不良结构面、风化破碎的岩石边坡,宜采用锚杆钢筋混凝土格构植物防护,格构内植草;在多雨地区,格构上应设置截水槽。

8 生态修复监测与管护

8.1 跟踪监测

8.1.1 基本规定

跟踪监测的要求及内容除应符合 TD/T 1070.1 中 8.1 外,还应符合 8.1.2 至 8.1.5。

8.1.2 矿山地质环境破坏监测

8.1.2.1 根据危岩体、不稳定斜坡、崩塌、滑坡的地质环境特征、稳定状态以及监测目的等,宜采用专业技术监测和简易监测相结合的方式进行监测。

8.1.2.2 不稳定斜坡监测方法主要有三角网法、极坐标法、交会法、水准测量、三维激光扫描测量法等,应根据监测项目、监测精度和方法实用性等因素选取,可采用多种方法组合监测。

8.1.2.3 危岩体、崩塌监测应进行地表位移、裂缝位错和降雨量监测,必要时可选择多形态、运动轨迹和运动参数等项目实施监测。监测方法主要为常规大地测量法、三维激光扫描测量法、简易测缝法、多形态智能监测法。

8.1.2.4 地面塌陷监测应在查明塌陷特征的基础上进行设计和实施。根据采空或岩溶塌陷区的地质环境特征、岩土体变形特征、建(构)筑物变形特征以及监测目的等因素,宜采用专业技术监测和简易监测相结合的方式。

8.1.2.5 地面塌陷监测应监测垂直位移、水平位移、建(构)筑物倾斜、裂缝张合,必要时可监测地下水位、降雨量、土壤含水率等。监测方法应根据监测项目、场地环境条件及实测方式选取。

8.1.2.6 矿山地质环境破坏监测内容、监测频率、监测网布设应符合 DZ/T 0221 的相关规定。

8.1.3 含水层监测

主要监测矿山地下水水位和水质变化、地表水体漏失等情况。

8.1.4 土壤质量监测

8.1.4.1 农、林、牧业用地的土地自然特性监测内容,包括修复区地形坡度、有效土层厚度、土壤有效水分、土壤容重、酸碱度、有机质含量、有效磷含量、全氮含量、土壤侵蚀模数等。

8.1.4.2 监测方法主要为地测法、环刀法、电极测定法、土壤有机质测定法、分光光度法。监测频率为每年至少一次。

8.1.5 植被监测

8.1.5.1 林地的植被监测内容,包括植物生长势、高度、种植密度、成活率、郁闭度、生长量等;牧草地的植被监测内容,包括植物生长势、高度、覆盖度、产草量等。

8.1.5.2 植被监测方法为样方随机调查法。监测频率为每年至少一次。

8.1.6 工程设施监测

8.1.6.1 监测内容主要包括支护加固、截排水、地貌重塑、土壤重构等工程设施和相关配套附属设施的

完整性、利用情况。

8.1.6.2 工程设施监测每年至少一次。

8.2 后期管护

8.2.1 后期管护的要求及内容除应符合 TD/T 1070.1 中 8.2 外,还应符合 8.2.2 至 8.2.4。

8.2.2 林地管护工作主要包括水分管理、养分管理、林木修枝、林木密度调控、林木更新等。

8.2.3 草地管护工作主要包括破除土表板结、间苗补苗与定苗、中耕与培土、灌溉与施肥、病虫害与杂草管理、越冬与返青期管护。

8.2.4 工程设施应按时有计划地对其进行维护和保养,保障修复区正常生产工作。

9 生态修复成效评估

9.1 评估要求

成效评估的要求除应符合 TD/T 1070.1 中 9.2 外,还应符合 9.2.1 至 9.2.3。

9.2 评估内容

9.2.1 生态效益评估主要包括矿山地质稳定性、水体、土壤、植被群落和动物物种。

a) 对修复后的边坡、塌陷区、地裂缝等地质稳定性进行分析评估。

b) 对修复后的地表水水质、地下水水质及水位变化、含水层特征等进行分析评估。

c) 对修复后的场地平整程度、坡度、土壤类型进行评估,分析有效土层厚度、土壤有机质含量、pH 值、土壤养分、土壤质量改善、生产力提高等。

d) 对人工与自然复合生态系统的建立、生态环境的改善、野生动植物资源生存地的适宜情况进行成效评估,分析植被类型、分布、成活率、覆盖度及动物种群的变化情况。

9.2.2 社会效益评估主要包括防灾减灾能力、促进地方经济发展、促进社会进步、带动就业、提高人民生活水平等。

9.2.3 经济效益评估主要包括修复土地收益、土地增值、居民增收、旅游收益等。

10 生态修复信息管理

10.1 主要内容

信息管理主要内容应符合 TD/T 1070.1 中 10.1。

10.2 管理要求

10.2.1 信息管理要求除应符合 TD/T 1070.1 中 10.2 外,还应符合 10.2.2 至 10.2.4。

10.2.2 应对矿山基本情况、开采状况、地质采矿条件、生态受损情况的图纸、影像、报告等原始资料进行收集归档保存。

10.2.3 应对生态修复背景资料、修复过程的测绘监测试验资料、修复施工的影像资料等进行收集归档保存。

10.2.4 应对生态修复勘察、设计、施工、监理、验收等成果资料进行收集归档保存。

附录 A

(资料性)

化工矿山生态修复基础调查内容

化工矿山生态修复基础调查内容宜按表 A.1 进行。

表 A.1 化工矿山生态修复基础调查内容

序号	生态环境类别	调查内容	
1	地质矿产	地质调查	地层的层序、地质年代、岩性特征、厚度、地质构造特征和地震等
		矿产调查	矿体的形状、产状、大小、数量及赋存特征,矿石的矿物成分、化学成分、结构构造、类型、有益有害组分赋存状态、矿床成因等
2	原矿山生产布局	开采规模调查	矿种和生产建设规模
		开采方式调查	露天开采和地下开采。地下开采可包括崩落法、全面充填法、钻井水溶法等
		矿山布局调查	矿山露天开采区、地下开采区、废石场(排土场)、工业场地、采卤井、输卤管线、盐田、采卤渠、输卤渠等的布置
		选冶方式调查	选矿方式、冶金方式、选矿(冶炼)厂和尾矿(废渣)设施及污染状况调查等
3	水工环地质条件	微地貌及水文调查	矿山所处的原始地貌类型以及人工地貌特征。矿山外排水通道、可能受矿山影响的水库及河流等,塌陷区、凹陷开采积水区常年积水水位标高、容积以及与周边水体连接等
		水文地质条件调查	水文地质单元及其特征,地下水类型,主要含水岩组的分布、富水性、透水性、地下水位、地下水水化学特征,地下水补给、径流和排泄条件,地下水与地表水之间的关系,开采矿体与主要含水层空间等
		工程地质条件调查	岩体结构及风化特征、岩体强度及形变特征、岩体抗风化及易溶蚀性特征;土体类型及结构特征等
		生态问题调查	a 矿山地质环境破坏:危岩体、不稳定斜坡、崩塌、滑坡、地面塌陷和地裂缝等位置、规模、致灾程度、处置情况、致灾范围、威胁对象、潜在危害及防治措施。 b 土地损毁:固体废弃物堆场、露天采区、地面塌陷(地裂缝)区等损毁的土地类型、位置、面积、时间等。 c 植被破坏:植被破坏的类型、分布、面积等。 d 水环境:矿山开采对主要含水层影响的范围、方式、程度等;含水层破坏范围内地下水位、泉水流量、水源地供水变化情况等;矿坑排水量、疏排水去向及综合利用量等;地下水中矿业活动特征污染物的种类、污染程度、污染范围及污染途径等
4	土地	土地分类调查	土地利用现状,包括土地类型、面积、分布和利用状况
5	土壤	土壤分类调查	土壤类型及土壤质量(有效表土厚度、土壤质地、砾石含量、有机质含量、pH 值、土壤容重)
		土壤分布调查	土壤的水平分布和垂直分布规律,对土壤剖面形态进行观察记载,采取代表性土样测试分析
		土质调查	矿业活动对土质影响的范围和程度

表 A.1 化工矿山生态修复基础调查内容(续)

序号	生态环境类别	调查内容	
6	生物	植物调查	矿山及周边地区的植被类型、分布、面积、覆盖率、生长情况等,当地的主要生态系统类型(森林、草原、沼泽、荒漠等)及现状。有针对性地调查先锋植物、耐性植物和超富集植物的品种
		动物调查	鸟类调查,两栖和爬行动物调查,兽类调查,鱼类以及贝类、虾类等调查,土壤动物调查等
		微生物调查	主要通过室内试验的方法进行分类鉴定
7	废水、固体废弃物	废水调查	主要包括废水体积、有害物质及含量、排放去向、利用方式和影响对象
		固体废弃物调查	主要是废弃物本身的物质组成调查和贮存、处置场地的土地占用和污染性调查,以及固体废弃物的综合利用情况调查

附 录 B

(规范性)

化工矿山生态问题严重程度分级

化工矿山生态问题严重程度分级见表 B.1。

表 B.1 化工矿山生态问题严重程度分级

严重程度 分级	分区定义与特征			
	矿山地质环境破坏程度	水资源破坏程度	土地损毁程度	生态退化程度
严重	危岩体、不稳定斜坡、崩塌、滑坡、地面塌陷及地裂缝等规模大,发生的可能性大; 影响到城市、乡镇、重要行政村、重要交通干线、重要工程设施及各类保护区安全; 造成或可能造成直接经济损失大于 500 万元; 受威胁人数大于 100 人; 地质灾害危险性大	矿床充水主要含水层结构破坏,产生导水通道; 矿井正常涌水量大于 10 000 m ³ /d; 区域地下水水位下降; 矿区周围主要含水层(带)水位大幅下降,或呈疏干状态,地表水体漏失严重; 不同含水层(组)串通,水质恶化; 影响集中水源地供水,矿区及周围生产、生活供水困难	破坏基本农田; 破坏耕地大于 2 hm ² ; 破坏林地或草地大于 4 hm ² ; 破坏荒地或未开发利用土地大于 20 hm ²	原有生态系统结构被完全破坏,进展演替困难,人工生态修复难度较大
较严重	危岩体、不稳定斜坡、崩塌、滑坡、地面塌陷及地裂缝等规模中等,发生的可能性较大; 影响到村庄、居民聚居区、一般交通线和较重要工程设施安全; 造成或可能造成直接经济损失 100 万元~500 万元; 受威胁人数 10 人~100 人; 地质灾害危险性中等	矿井正常涌水量 3 000 m ³ /d~10 000 m ³ /d; 矿区及周围主要含水层(带)水位下降幅度较大,地下水呈半疏干状态; 矿区及周围地表水体漏失较严重; 影响矿区及周围部分生产生活供水	破坏耕地小于或等于 2 hm ² ; 破坏林地或草地 2 hm ² ~4 hm ² ; 破坏荒山或未开发利用土地 10 hm ² ~20 hm ²	原有生态系统结构扰动和影响较大,具有一定的自然恢复能力,人工生态修复难度较小
较轻	危岩体、不稳定斜坡、崩塌、滑坡、地面塌陷及地裂缝等规模小,发生的可能性小; 影响到分散性居民、一般性小规模建筑及设施; 造成或可能造成直接经济损失小于 100 万元; 受威胁人数小于 10 人; 地质灾害危险性小	矿井正常涌水量小于 3 000 m ³ /d; 矿区及周围主要含水层水位下降幅度小; 矿区及周围地表水体未漏失; 未影响矿区及周围生产生活供水	破坏林地或草地小于或等于 2 hm ² ; 破坏荒山或未开发利用土地小于或等于 10 hm ²	原有生态系统结构扰动和影响较小,具有原有生态功能,可自然恢复

附 录 C
(资料性)
化工矿山开采方式分类

化工矿山开采方式分类见表 C.1。

表 C.1 化工矿山开采方式分类

序号	矿山类型	开采方式		选矿情况	备注
		露天开采	地下开采		
1	石膏(石膏、硬石膏)	√	√	除纤维石膏外不用选矿	地下开采为房柱法、崩落法、全面充填法
2	硫铁矿	√	√	选矿	
3	自然硫	√	√	选矿(理论成分 100,但随杂质含量不同变化较大)	地下开采为地下溶解法
4	钠硝石	√		选矿	
5	明矾石	√	√	选矿	
6	芒硝		√	选矿	地下开采为钻井水溶法、 硐室水溶法
7	毒重石	√			
8	天然碱	√	√	选矿	地下开采为钻井水溶法
9	重晶石	√	√	选矿	
10	电石用灰岩	√			
11	制碱用灰岩	√			
12	化肥用灰岩	√			
13	化肥用白云岩	√			
14	化肥用石英岩	√			
15	化肥用砂岩	√			
16	含钾砂页岩	√			
17	含钾岩石	√			
18	化肥用橄榄岩	√			
19	化肥用蛇纹岩	√			
20	泥炭	√			
21	盐矿	√	√	选矿	地下开采为钻井水溶法
22	镁盐	√	√	选矿	
23	钾盐	√	√	选矿	露天开采为渠采水溶法、 地下开采为钻井水溶法

表 C.1 化工矿山开采方式分类(续)

序号	矿山类型	开采方式		选矿情况	备注
		露天开采	地下开采		
24	溴矿	√	√	选矿	
25	砷矿	√	√	选矿	
26	硼矿	√	√	选矿	富矿可直接加工利用矿石
27	磷矿	√	√	选矿	
28	萤石	√	√	选矿	
注：“√”指属于此种开采方式；空栏指没有。					

参 考 文 献

- [1] DZ/T 0287—2015 矿山地质环境监测技术规程
 - [2] DZ/T 0313—2018 化工行业绿色矿山建设规范
 - [3] TD/T 1031.1—2011 土地复垦方案编制规程 第1部分:通则
 - [4] HG/T 22816—2016 化工矿山盐湖卤水矿采矿设计规范
 - [5] DB11/T 1677—2019 地质灾害监测技术规范
 - [6] 国土资源部. 关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见(国土资发〔2010〕119号). 2010年8月13日
 - [7] 中国矿业联合会. 中国矿业联合会绿色矿业公约. 2012年3月
 - [8] 国土资源部,财政部,环境保护部,国家质量监督检验检疫总局,中国银行业监督管理委员会,中国证券监督管理委员会. 关于加快建设绿色矿山的实施意见(国土资规〔2017〕4号). 2017年3月
 - [9] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 产业结构调整指导目录(2022年本)(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号). 2022年6月1日
-