

中华人民共和国土地管理行业标准

TD/T 1070.2—2022

矿山生态修复技术规范 第2部分：煤炭矿山

Technical specifications for ecological restoration of mines—Part 2: Coal 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 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体原则、总体要求与工作流程 2

 4.1 总体原则 2

 4.2 总体要求 2

 4.3 工作流程 3

5 基础调查与问题识别 3

 5.1 基础调查 3

 5.2 问题识别 5

 5.3 成果资料 6

6 方案编制 6

 6.1 基本内容 6

 6.2 矿山基本情况 6

 6.3 总体定位与目标 6

 6.4 主要任务与工作部署 6

 6.5 跟踪监测 7

 6.6 投资估算与保障措施 7

7 方案实施 7

 7.1 工程实施 7

 7.2 技术措施 7

8 监测与管护 12

 8.1 跟踪监测 12

 8.2 后期管护 12

9 成效评估 12

10 信息管理 13

附录 A (资料性) 采煤塌陷地生态问题严重程度分级 14

附录 B (资料性) 煤炭矿山及其生态破坏与生态修复特征 15

附录 C (资料性) 煤炭矿山生态重建工程分类 17

参考文献 20

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2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：中煤科工集团唐山研究院有限公司、中国自然资源经济研究院、中国地质环境监测院、中煤科工生态环境科技有限公司、中煤科工集团北京土地整治与生态修复科技研究院有限公司、中国地质大学(北京)。

本文件主要起草人：李树志、方军、王大为、李学良、余振国、张进德、白雪华、李杏茹、白中科、曹新款、李伟、赵千秋、门雷雷、赵晗博、郭孝理。

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《矿山生态修复技术规范》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6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2部分:煤炭矿山

1 范围

本文件规定了煤炭矿山生态修复的总体原则、总体要求和 workflows 及基础调查与问题识别、方案编制、方案实施、监测与管护、成效评估、信息管理等内容。

本文件主要适用于煤炭资源开采活动结束后的矿山生态修复等技术工作,煤炭资源开采过程中的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 3838 地表水环境质量标准
GB/T 14848 地下水质量标准
GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)
GB/T 21010 土地利用现状分类
GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)
GB/T 38509 滑坡防治设计规范
GB/T 50817 农田防护林工程设计规范
GB/T 51040 地下水监测工程技术规程
GB 51044 煤矿采空区岩土工程勘察规范
DZ/T 0287 矿山地质环境监测技术规程
HJ/T 91 地表水和污水监测规范
TD/T 1036 土地复垦质量控制标准
TD/T 1049 矿山土地复垦基础信息调查规程
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

开采塌陷 mining subsidence

地下矿体采出后,上覆岩层及地表发生移动和变形的过程,又称开采沉陷。

3.2

塌陷地 mining subsidence land

矿产地下开采引起上覆岩层移动及地表变形,造成土地资源、生态系统受损需要进行生态修复的区

域。包括非积水塌陷地、季节性积水塌陷地、永久性积水塌陷地。

3.3

排矸场 waste dump

煤矿掘进和洗选加工过程中产生的废石集中堆放或周转的场所。

[来源:GB/T 15663.3—2008,5.3,有修改]

3.4

排土场 dumping site

露天采矿剥离物集中堆放的场所。

注:在露天采场以内的称内排土场,在露天采场以外的称外排土场。

[来源:GB/T 15663.4—2008,5.43,5.44,5.45,有修改]

3.5

露天采场 open-pit

将矿藏的上覆岩土剥离后直接开采矿物的采矿场所。

[来源:TD/T 1031.4,3.2,有修改]

3.6

工业场地 mine yard

井口、地面生产系统、辅助生产设施、加工和运输系统、生活服务设施等占用的场地。

[来源:GB/T 15663.3—2008,5.2,有修改]

4 总体原则、总体要求与工作流程

4.1 总体原则

4.1.1 除应符合 TD/T 1070.1 中 4.1 外,还应符合本文件 4.1.2 至 4.1.4 给出的原则。

4.1.2 发挥自修功能、分区分类施策。因地制宜采取自然恢复、辅助再生与生态重建措施,分区施策、分类治理、统筹兼顾,并加强后期经营管护与跟踪监测,构建矿区山水林田湖草生命共同体和协调稳定的生态系统。

4.1.3 整体系统布局、融合产业治理。坚持自然恢复与人工干预相结合、地上与地下治理相结合,坚持综合治理与产业引入、产业转型、开发利用相结合,坚持修复后的生态景观与当地自然景观相协调等进行整体系统全面布局,实现经济、社会和生态效益的统一及矿区可持续发展。

4.1.4 保障地质安全、恢复土地功能。消除矿山地质环境破坏问题、恢复土地功能和水土环境,注重生态系统的整体修复与系统恢复,强化生态工程建设,积极拓展城市服务功能,加强地下空间的综合开发利用,提高煤矿废弃资源和空间的生态价值,构建生态宜居、社会和谐的煤炭转型矿区。

4.2 总体要求

4.2.1 除应符合 TD/T 1070.1 中 4.2 外,还应符合本文件 4.2.2 至 4.2.4 的要求。

4.2.2 地下开采沉陷的山地区和生态脆弱区林草地的生态修复,应尽量减少二次扰动,充分发挥生态自然恢复功能,采取自然恢复、人工干预促进、局部生态治理等综合措施。

4.2.3 地下开采沉陷的平原和丘陵地区的生态修复,依靠自然力量通常很难完全得到恢复,应在尊重自然、顺从自然的前提下,主要采取辅助再生、生态重建等措施,通过自然恢复与人工干预相结合的方式进行矿山生态修复。

4.2.4 露天开采区扰动剧烈,应坚持仿自然地貌整形、土壤重构、植被重建、景观格局优化、生物多样性保育重组一体化综合治理原则,主要采取辅助再生、生态重建等措施修复和恢复受损的生态功能。

4.3 工作流程

应符合 TD/T 1070.1 中 4.3 的要求。

5 基础调查与问题识别

5.1 基础调查

5.1.1 调查范围

矿山的矿权范围及参照生态系统范围,结合矿权范围以外的场地占用、开采沉陷、含水层破坏及矿山疏水等影响情况,还应扩展到矿山场地占用与开采影响的区域。

5.1.2 调查内容

5.1.2.1 主要包括自然生态状况、矿山概况和矿山生态问题,对于生态影响严重的采煤塌陷地、含水层采动破坏等重大问题宜开展专项调查。

5.1.2.2 调查内容除应符合 TD/T 1070.1 中 5.1.2 的要求外,还应符合本文件 5.1.2.3 至 5.1.2.6 的要求。

5.1.2.3 地下开采矿山概况调查:

- a) 企业概况调查,包括地理位置、企业性质、矿区拐点坐标、生产规模、开拓系统、开采历史等;
- b) 地质采矿条件调查,包括地质与构造、可采煤层特征、煤柱留设、采区划分与开采接续等;
- c) 开采情况与顶板管理调查,包括开采范围、开采深度和厚度、不同开采方法和顶板管理方法及其实施范围等;
- d) 固废处置利用调查,包括煤矸石等煤矿固废排放量、固废特性与指标、处置利用情况等;
- e) 土地损毁与治理调查,包括土地压占与塌陷损毁状况、相邻矿山开采与塌陷影响、生态修复情况与效果等;
- f) 灾害情况、气体与液体废弃物或伴生物的处置利用情况调查。

5.1.2.4 露天开采矿山概况调查:

- a) 企业概况调查,包括地理位置、企业性质、矿区拐点坐标、生产规模、开采历史等;
- b) 地质条件与开采境界调查,包括上覆剥离地层性状、可采煤层特征、采场和排土场台阶的高度和宽度、各阶段的采场和内外排土场境界等;
- c) 剥离物及运输方式调查,包括覆岩土体分层剥离分层堆放情况、排土场堆放物料性状、矿山采剥运输方式、排土场边坡及稳定状况等;
- d) 土地损毁与治理调查,包括采场和排土场压占损毁土地情况与特征、生态治理情况与效果等。

5.1.2.5 塌陷地重大问题专项调查:

- a) 收集地质采矿条件、水文地质条件、地质构造情况、各煤层开采情况、采空区范围分布、地表及覆岩移动变形观测等资料图件;

- b) 应详细调查测绘塌陷地损毁情况,主要包括塌陷地范围和面积、损毁地类及涉及的权属单位和损毁程度、开采稳沉情况、塌陷积水与水质(见 GB 3838)变化情况调查;
- c) 应调查测量塌陷城镇、村庄、道路、水利设施等建(构)筑物损毁情况,塌陷地植被类型、主要物种、分布、覆盖度变化等情况;
- d) 调查生态退化情况,主要包括开采塌陷引起土壤质地的变化、土壤侵蚀的类型及面积和分布情况,植被损毁的类型、面积和分布,动物栖息地破坏的空间分布、面积、程度,以及由此造成生态系统结构破坏、功能衰退、生物多样性减少、生物生产力降低等;
- e) 调查开采塌陷前后土地利用状况、土壤质量状况调查,开采沉陷前土地利用分类执行 GB/T 21010 规定明确至二级地类,开采沉陷后土地利用状况为实际利用状态;
- f) 调查已治理塌陷地面积、范围、工程措施、治理效果及利用情况等,具体要求见 TD/T 1049;
- g) 塌陷涉及自然保护区等生态环境敏感区时,应调查生态环境敏感区的主要影响因子状况。

5.1.2.6 含水层采动破坏重大问题专项调查:

- a) 收集含水层的区域性水文观测资料与潜水含水层的水位、水质等监测成果,要求见 GB/T 14848;
- b) 调查矿区含(隔)水层的岩性组成、厚度、渗透系数、富(隔)程度,含水层水位、水量、水质及地下水类型、补给、径流、排泄等情况;
- c) 调查煤矿开采活动引起的含水层结构、水位、水量、水质破坏情况以及引发的环境水文地质问题、对生产生活用水的影响等内容。

5.1.3 调查方法

5.1.3.1 基本方法

调查方法除应符合 TD/T 1070.1 中 5.1.3 的要求外,还应符合本文件 5.1.3.2 至 5.1.3.6 的要求。

5.1.3.2 划分调查单元

5.1.3.2.1 根据矿山的土地损毁类型、地质环境问题严重程度及生态修复方向等情况合理划分调查单元,相关要求见 TD/T 1049。

5.1.3.2.2 针对性选取调查方法,有重点的部署调查工作,相关要求见 TD/T 1049。

5.1.3.3 合成孔径雷达干涉测量(InSAR)

5.1.3.3.1 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。

5.1.3.3.2 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。

5.1.3.4 无人机测绘

5.1.3.4.1 应采用无人机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进行勘察测量测绘。

5.1.3.4.2 可采用无人机进行矿山生态修复、地形测绘、影响识别监测等精细化调查、设计、施工和管护过程中的测绘工作。

5.1.3.5 地表变形监测验证

5.1.3.5.1 验证地表下沉、老采空区的稳定性时,可通过合成孔径雷达干涉测量、布设地表测量点等进行开采沉陷稳定程度监测验证。

5.1.3.5.2 验证排土场和排矸场边坡稳定性以及修复后的土体沉陷和边坡稳定性时,可通过堆场和边坡的变形监测进行验证。

5.1.3.6 采空区工程勘察

5.1.3.6.1 塌陷地的城市建设开发利用应进行地下采空区工程勘察,采用测量、物探、钻探、分析测试、专题研究等综合方法勘察。

5.1.3.6.2 应查明建设利用区域的地下采空区分布、覆岩垮落、采空区充填、裂隙发育、采空区充水等状况,相关技术要求见 GB 51044。

5.2 问题识别

5.2.1 建立参照生态系统

依据当地自然地理和生态功能分区,在分析区域尺度的自然生态系统、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的基础上,结合矿区自然环境特点、煤炭开采土地损毁类型与程度、矿山生态修复方向和修复规模,建立煤炭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 的要求。

5.2.2 塌陷地生态问题影响程度分析

分类统计和说明塌陷地的分布、规模、程度、特征等情况,分析土地利用结构、水体、土壤体、植被群落和动物种群、生态系统等方面的变化,评价对自然生态、土地资源、植被资源、水利设施、房屋、道路、管线、河流水系等的影响。

5.2.3 含水层破坏、地下采空区充水状况及影响分析

应结合矿区水文地质与补径排条件、含水层调查成果、煤炭开采方式、老采空区形成时间与空间分布等情况,依据检测、监测成果和统计资料,分析不同采矿方法对含水层结构、水位、水质等的破坏影响,地下采空区充水状况及水位、水质等的变化情况,以及对地质环境的破坏影响等。

5.2.4 开采沉陷地表建设场地稳定性评价

塌陷地生态修复方向为建设用地时,应优先治理地下采空区的不稳定因素和场地污染,对建设场地采动地基稳定性进行单独评价,识别其影响程度,明确地下采空区和开采煤层覆岩加固处理措施及地表变形控制指标、适宜的建(构)筑物体量、抗变形技术措施等,相关要求见 GB 51044 和 GB 36600。

5.2.5 煤矸石堆放与处置利用状况分析

依据检测、监测成果和统计资料,分析明确煤矸石成分与工业分析数据、煤矸石排放总量与处置措施、综合利用情况、井下充填情况等,以及排矸场堆放数量和高度及压占土地面积、堆体工程稳定性、煤矸石自燃等污染与治理情况、生态重建情况等。

5.2.6 露天采场、排土场生态破坏分析

依据监测及检测成果、调查统计资料和遥感识别技术,结合生产规模、剥离地层性状、采场开采境界、

排土场堆放境界及排弃物料性状、采排工艺方法、采场和排土场边坡稳定状况等现状,分析煤炭露天开采土地损毁特征与规模、含水层破坏范围和程度、植被景观生态影响等生态破坏状况,以及露天采场、排土场的生态恢复治理现状与效果等。

5.2.7 生态问题严重程度分级

5.2.7.1 煤矿露天采场、排土场、排矸场、含水层、建设场地生态问题严重程度分级应符合 TD/T 1070.1 中 5.2 的要求。

5.2.7.2 煤矿塌陷地生态问题严重程度分级,参见附录 A。

5.3 成果资料

包括调查收集的自然生态状况、煤矿地质采矿条件、建设生产情况、煤层开采状况等资料和图件,矿山生态问题和专项调查成果资料及图件,调查收集的数据表和监测检测分析成果数据,调查照片、音频视频、实际材料图、生态问题图、相关报告及图件等。

6 方案编制

6.1 基本内容

编制内容主要包括矿山基本情况、总体定位与目标、主要任务与工作部署、跟踪监测、投资估算与保障措施。编制内容和提纲应符合 TD/T 1070.1 中 6.1 的要求。

6.2 矿山基本情况

应明确煤矿生产规模、矿权面积、开采煤层、开采年限、涉及地类等概况内容;矿山生态问题分析应突出煤炭开采生态破坏程度、生态修复面积、修复重点、不同生物气候带和自然资源禀赋及开采方式的生态修复措施和存在的差异等特点内容(参见附录 B)。

6.3 总体定位与目标

按照生态的逻辑,面向生态空间、农业空间和城镇空间,以山水林田湖草是生命共同体的理念,对煤矿开采活动造成的地质环境破坏、土地损毁和植被破坏等生态问题,突出整体和系统修复、地上和地下综合修复、分区和分类修复、土地功能修复、产业融合修复,采取自然恢复、辅助再生、生态重建等措施,实现煤炭开采扰动区域的地质环境达到稳定、损毁土地得到治理利用、生态系统功能得到恢复和提升、地下空间和废弃资源得到综合利用等目标。

6.4 主要任务与工作部署

依据自然地理、区位条件、损毁特征、相关规划等科学合理地确定或明确修复用途、修复方式、工程措施、生态修复重点工程设计、实施时间和修复效果等主要任务与工作部署。具体要求如下:

- a) 城市及其周边塌陷地生态修复应加强城市功能建设与生态功能开发,促进规模化建(构)筑物建设,解决矿业城市建设用地瓶颈制约;
- b) 城市及其周边积水塌陷地和露天矿坑生态修复应加强城市湿地生态功能开发,促进矿区人工湿地景观建设、湿地水维系、湿地水质修复、植被景观构建;
- c) 远离城市塌陷地生态修复应加强规模性农业生态修复,促进塌陷地设施农业、特色农业、养殖业、旅游业等规模化开发治理,带动当地农业经济的发展与产业转型;

- d) 西部干旱半干旱区塌陷地生态修复应加强生态保护和自然恢复,辅助生态人工干预、生态自修复诱导与促进等技术措施,构建优于或者不低于开发前的生态环境;
- e) 排土场和排矸场应加强植被生态和景观生态建设,大型露天排土场平台可进行农业生态修复以增加耕地面积;
- f) 煤矿地上和地下空间生态修复应加强资源转型利用开发,促进地上和地下空间城市功能建设、战略和特殊物资储存、高附加值农业生产开发,实现关闭煤矿的成功转型利用与再发展。

6.5 跟踪监测

具体要求如下:

- a) 按塌陷地城市功能建设、农业生态、干旱半干旱林草、人工湿地及露天采场、排土场、排矸场等分区进行矿山生态修复跟踪监测;
- b) 突出矿山生态修复分区的地表变形、场地和边坡稳定性、含水层水位和水质、土地利用、土壤和水体质量、植被和群落以及其他生态要素指标的变化监测;
- c) 应进行矿山生态修复的全过程跟踪监测。

6.6 投资估算与保障措施

根据矿山生态修复技术措施和所部署的工程量,测算所需经费,明确经费筹措渠道。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 方案实施

7.1 工程实施

工程设计、施工、监理的技术要求应符合 TD/T 1070.1 中 7.1 的要求。

7.2 技术措施

7.2.1 自然恢复措施

7.2.1.1 除应符合 TD/T 1070.1 中 7.2.1 的要求外,还应符合本文件 7.2.1.2 的要求。

7.2.1.2 下列区域的生态修复可采取自然恢复措施:

- a) 干旱半干旱区煤矿Ⅲ级(轻度)采煤塌陷地;
- b) 山地区煤矿Ⅲ级(轻度)开采沉陷林草地。

7.2.2 辅助再生措施

7.2.2.1 除应符合 TD/T 1070.1 中 7.2.2 的要求外,还应符合本文件 7.2.2.2 的要求。

7.2.2.2 下列区域的生态修复可采取辅助再生措施:

- a) 干旱半干旱区煤矿Ⅱ级(中度)开采沉陷林草地;
- b) 山地区煤矿Ⅲ级(轻度)采煤塌陷地、Ⅱ级(中度)开采沉陷林草地。

7.2.3 生态重建措施

7.2.3.1 矿山地质环境破坏治理

7.2.3.1.1 地表塌陷区

7.2.3.1.1.1 生态修复宜在开采塌陷稳定后进行,应采取削坡、回填、挖深垫浅、土地平整等工程措施治

理采煤引起的地表塌陷和地裂缝等矿山地质环境破坏问题。

7.2.3.1.1.2 开展工程建设时,应进行建设场地的采动地基稳定性评价,建设场地开采塌陷稳定性分级见 GB 51044。

7.2.3.1.1.3 地表塌陷区建设工程中矿山地质环境破坏的治理措施要求:

- a) 地表塌陷稳定建设场地,可采取简易抗变形结构措施保障建设工程安全;
- b) 地表塌陷基本稳定建设场地,可选用抗变形结构措施,采空区治理措施,或两者的结合措施保障建设工程安全;
- c) 开采塌陷不稳定建设场地,应避免进行建设,或者采取地下采空区处理措施保障建设工程安全。

7.2.3.1.2 地下采空区

7.2.3.1.2.1 存在潜在矿山地质环境破坏的地下采空区,应采取采空区注浆充填、覆岩离层带注浆充填、浅部采空区开挖回填或强夯法压实等工程措施进行采空区治理,保障地下采空区的地质安全稳定。

7.2.3.1.2.2 地下采空区治理前,应编制单独的地下采空区治理设计。设计应当包括地质采矿条件、工程概况、治理目的和范围、治理方案、工艺流程、变形监测方案等内容。治理方案应经论证后实施。

7.2.3.1.2.3 地下采空区治理后,应进行质量检测确保各项指标达到设计要求。

7.2.3.1.3 排土场和排矸场

应采取削坡、清理、压实、疏导、拦挡、固化等工程措施治理不稳定边坡,按照大型松散堆积体非均匀性沉降的技术要求进行治理,具体要求见 GB/T 38509。

7.2.3.1.4 露天采场

应采取削坡卸荷、坡体锚固、坡面喷矸、回填压脚、垫脚堆坡、坡脚拦挡、边坡塑造、疏导排水等工程措施消除矿坑不稳定边坡,具体要求见 GB/T 38509。

7.2.3.1.5 废弃井巷

7.2.3.1.5.1 废弃立井可采用废石渣土等填实,或在井口一定深度下浇注强度和稳定性满足设计要求的钢筋混凝土盖板,盖板上覆土并设置栅栏和标志。

7.2.3.1.5.2 废弃斜井应采用废石渣土等填实,并在井口用浆砌砖石或混凝土封墙。

7.2.3.1.5.3 废弃平硐应采用废石渣土等填实至少 20 m,并在平硐口浆砌砖石或混凝土封墙。

7.2.3.1.6 地下含水层

存在含水层结构破坏的,可采用防渗帷幕工程措施拦截主要导水通道避免地下水的流失,也可采用顶底板防渗帷幕工程措施封堵含水层顶底板破坏区治理恢复其隔水层功能。

7.2.3.2 地貌重塑

7.2.3.2.1 塌陷地地貌重塑

7.2.3.2.1.1 地貌重塑措施

应根据区域地形地貌特点及损毁单元的微地形条件、潜水位埋深、塌陷情况等,结合矿山生态修复方向和要求,确定地貌重塑布局及形态,因地制宜地采取地表整形、回填、湿地、平整、坡面等整形工程措施(参见附录 C)。

7.2.3.2.1.2 塌陷地整形

具体要求如下:

- a) 依据当地自然条件、潜水位埋深、塌陷情况、修复方向、工程适用条件,因地制宜地选择划方平整、削高填低、挖深垫浅、物料回填、裂缝充填等修复整形工程方法;
- b) 现状为林地和草地的采煤塌陷地不宜开展大规模整形,宜采取补种措施,或对局部进行修整;
- c) 根据采煤塌陷地生态修复方向科学合理建设和完善水源工程、灌排工程、输配电工程、田间道路工程等配套工程。

7.2.3.2.1.3 塌陷地回填

具体要求如下：

- a) 坚持就地取材和经济性原则，回填工程措施应与生态措施有机结合，使回填区域形成自然和谐的景观效果；
- b) 采取分层回填、分层压实方法回填，分层厚度和压实程度依据回填物料特性和土地利用方向确定；
- c) 利用固废进行回填时，应避免造成生态环境二次损害，回填物料应满足环保相关要求或采取防污染处理措施。

7.2.3.2.1.4 塌陷地人工湿地建设

具体要求如下：

- a) 应根据开采沉陷积水区分布、水体稳定性及湿地的空间格局和湖泊的生态系统功能要求，科学布局和构建开采沉陷湿地水域的分布、面积、形状、水深、水岸线等；
- b) 应建设湿地水域之间、湿地与周边河流湖泊间的水系连通系统，完善湿地排蓄水设施；
- c) 应根据开采沉陷稳沉程度分别采取稳沉区护岸和未稳沉区护岸技术，驳岸周围应布置生物护岸或工程护岸措施，严格控制水土流失。

7.2.3.2.2 排矸场地貌重塑

7.2.3.2.2.1 应积极推进煤矸石在建材、筑路、工程建设、塌陷区治理、土壤改良、矿井充填以及盐碱地、沙漠化土地生态修复等领域的利用，减少露天堆放量。

7.2.3.2.2.2 排矸场闭场后应进行仿自然地貌地的整形和边坡治理，若存在自燃时应首先进行防灭火处理。

7.2.3.2.2.3 排矸场及其周围开发修复为景观生态用地时，应利用排矸场进行防污染堆山造景。

7.2.3.2.3 排土场地貌重塑

7.2.3.2.3.1 排土场地貌重塑应形成仿自然地貌地的地形，或形成平台与边坡相间的地形，边坡整体稳定系数应在 1.3 以上，最终形成的煤矿排土场整体边坡宜控制在 25° 以下。

7.2.3.2.3.2 排土场平台应修成 2°~3° 的反坡，平台上排土后不应碾压，人工轻度推平堆顶尖使覆土层呈起伏状态。对于不可避免的局部压实地表，应用高马力犁进行深耕；对于作为永久性林业用地的地块，可保持堆状的地表形态。

7.2.3.2.3.3 排土场边坡位置的排水沟应设置急流槽。急流槽宜采用干砌石结构或采用铁丝石笼进行处理以减少坡面冲刷；坡脚可修建蓄水沟；坡脚堆放较大石块保护蓄水沟。

7.2.3.2.4 露天采场地貌重塑

7.2.3.2.4.1 应结合露天采场削坡卸荷、回填压脚、边坡加固等措施消除场地不稳定因素。遵循仿自然地貌构建要求进行地貌重塑工作，形成采场景观自然、预防水土流失和煤层自燃的微地貌形态。

7.2.3.2.4.2 应根据地质与矿业遗迹保护要求，合理设置参观道路和浏览平台等附属设施，重构矿坑边坡和坑底景观布局。

7.2.3.2.4.3 应合理布置山坡截水沟、急流槽、排水沟等排水系统，防止坡面径流及坡面上方地表径流对坡面的冲刷。

7.2.3.2.4.4 对于不宜动用工程措施进行生态修复的矿坑，可设置警示线，暂时封育保护。

7.2.3.2.5 工业场地地貌重塑

7.2.3.2.5.1 拆除并清理工业场地的废弃建(构)筑物、基础、围墙(栏)、临时厂房、硬化面等设施，清理场地内废物料、废石、废渣等生态修复的胁迫因子。

7.2.3.2.5.2 依据工业场地的生态修复或利用方向，进行场地平整、翻松或挖填、微地貌景观建设等整形工程。

7.2.3.3 土壤重构

7.2.3.3.1 塌陷地土壤重构

7.2.3.3.1.1 土壤重构措施

主要包括表土剥离、表土覆盖、土壤改良等。修复后的有效土层厚度,耕地和园地应大于 40 cm,林地和草地应大于 20 cm。土壤构建改良工程参见附录 C。具体覆盖厚度应满足 TD/T 1036 的要求。

7.2.3.3.1.2 表土剥离要求

生态修复前应对拟施工的耕地、林地、牧草地区进行表土剥离。剥离作业前应对土壤分布进行测绘,在代表性的区域布点取样,测试其理化性质,确定合理的剥离区域和厚度。

7.2.3.3.1.3 表土覆盖要求

剥离的表土一般用于塌陷地剥离区平整、回填等施工后的表层覆盖,施工时应尽量避免土壤压实。剥离的表土也可用于附近建设场地修复的表层覆盖,覆盖前应进行清理、平整、深翻处理,清除地面建筑物、构筑物及基础等其他相关设施。

7.2.3.3.1.4 土壤改良要求

塌陷地修复为耕地时应采取种植绿肥作物、施有机肥等措施对修复的土壤进行培肥改良,可采用“泥入砂、砂掺泥”的方法进行土壤质地的客土改良,也可利用矿区废弃物或剥离物作为质地改良物料。具体要求如下:

- a) 土壤改良时培肥应明确原料的种类、用量、使用方法和改良效果,避免过量使用;
- b) 可考虑选择适当的微生物进行土壤改良,应引进一些有益的土壤动物和微生物,有助于改良土壤结构、增加土壤肥力和分解枯枝落叶层;
- c) 利用矿区污泥、粉煤灰等进行土壤质地改良时,如果场地用于农业种植,则用于土壤质地改良的污泥、粉煤灰等应满足 GB 15618 要求。

7.2.3.3.2 排矸场土壤重构

7.2.3.3.2.1 排矸场整形后应覆盖表土,耕地土层厚度宜在 50 cm 以上,林草地土层厚度宜在 30 cm 以上;当有水源条件时,耕地覆土厚度可在 30 cm 以上。

7.2.3.3.2.2 排矸场确因土源短缺无法覆盖表土时,可利用矸石风化物 and 少量的客土进行种植,或可先挖坑促使矸石风化一段时间再种植植物,也可挖沟后将风化物集中入沟内种植植物。

7.2.3.3.2.3 排矸场矸石一般通透性较好,降水可渗入地下,当矸石较软、渗水性差存在严重水土流失时应建设截排水沟。

7.2.3.3.3 排土场土壤重构

7.2.3.3.3.1 应根据修复后的土地利用方向,结合地表整形情况、覆土来源、土壤特性等因素,采取合理的工程措施构建有效土层,严禁石块、矸石、碎石、含有较多砾石和料姜石的土石材料等覆盖在表层。

7.2.3.3.3.2 修复后耕作层土壤紧实度不利于生物生存时,应采用深耕等措施进行土壤环境条件改善;也可采用单独剥离的表层熟化土壤进行覆盖,耕地覆盖厚度应大于 40 cm。

7.2.3.3.3.3 排土场平台修复为耕地时,应使田块的四周高、中心低,以利于保水。

7.2.3.3.4 露天采场土壤重构

7.2.3.3.4.1 采场作为矿山的废渣、废石排放场地使用时,应对坑底与边帮采取防渗漏措施,避免淋滤废水污染地下水。

7.2.3.3.4.2 应充分利用开采剥离收集存放的土源覆盖,当露天采场生态修复规划用作林地或草地时,可将岩土混合物覆盖于表层,只需在植树的坑内填入土壤或其他含肥物料;生态修复规划用作农地时,可将岩土混合物填充于采坑底部,上覆大于 40 cm 厚表土。

7.2.3.3.4.3 采场覆盖表土后应对覆土层进行平整。当使用机械平整时,应尽量采用对地压力小的机

械设备,并在整平完成后对表层进行深翻。

7.2.3.3.5 工业场地土壤重构

7.2.3.3.5.1 当地貌重塑的工业场地生态修复的障碍因素清理消除、地表整形后不满足 TD/T 1036 的规定或相关质量标准时,应进行表层覆土、土壤改良和培肥。

7.2.3.3.5.2 存在污染的工业场地土壤重构要求如下:

- a) 应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;土壤污染严重且不易处理时,可通过铺设隔离层进行工程隔离,再进行覆土;
- b) 可采取深埋措施,埋深应依据污染程度确定,填埋场地应采取防渗措施;
- c) 工业场地经过土壤构建和改良的土壤环境质量应满足 GB 15618 的要求。

7.2.3.4 植被重建

7.2.3.4.1 塌陷地植被重建

7.2.3.4.1.1 塌陷地生态修复适生的植被可通过自然筛选、试种筛选、引种筛选相结合的方式确定,也可根据矿区生态修复实践以及植物试验研究成果,选用根系发达、固土与固氮效果好且生长快、周期长、枝繁叶茂的塌陷地适宜植被,进行不同立地类型和条件的植物配置、栽植及管护。

7.2.3.4.1.2 塌陷地植被重建应以自然恢复和人工干预相结合的方式,最大限度地发挥自然恢复的功能;应选用合适的植被配备模式进行不同立地类型的植物配置,应使群落中的乔木、灌木和草本植物协调生长,植物的年龄和高矮差别布设,提高植物的成活率和土壤养护能力。

7.2.3.4.1.3 湿地植被配置应以水生植物和景观植物为重点,适度增加植物品种完善植物群落,注重生态功能的完整性,并体现植物的视觉和景观效果;应使群落中的乔木、灌木、草本植物协调生长,加强植物多样性重组和保育。

7.2.3.4.1.4 农田防护林网植被配置应根据项目区情况、造林布局、辅助设施、外部衔接道路和内部交通情况等确定,具体布置按照 GB/T 50817 的要求执行。

7.2.3.4.2 排矸场植被重建

7.2.3.4.2.1 排矸场应选择抗性强的乡土植物,种植的种类和数量应根据排矸场可供水量和覆土状况确定。

7.2.3.4.2.2 排矸场乔木宜移栽坑种,最好能用土壤填坑,无覆土时可用细碎的矸石风化物填坑,并进行带土移栽。

7.2.3.4.2.3 排矸场草本宜直播种植,为避免地面高温灼伤幼苗,可薄层盖土(2 cm~5 cm),亦可在植生袋中育苗后移栽。

7.2.3.4.3 排土场植被重建

7.2.3.4.3.1 坡面应覆土种植,在遇到岩石、砂等边坡时,应客土种植。植被品种应选择当地先锋植物,并加强相应管护措施。

7.2.3.4.3.2 平台植被配置模式应以环境美化、防止粉尘污染、防风固沙、保护性耕作等功能为主。

7.2.3.4.3.3 边坡植被配置模式应利于控制边坡的土壤侵蚀、坡面泥石流等风险的发生。

7.2.3.4.4 露天采场植被重建

7.2.3.4.4.1 统筹考虑露天采场规模、地质稳定性、当地气候等条件,在治理地质环境破坏问题的基础上,通过采场地形整理和表层覆土后引种林草植被,或进行地形整理后自然形成水体景观;边坡进行梯级修整后植被绿化,采矿平台和运输道路覆土后恢复植被。

7.2.3.4.4.2 靠近城市的露天采场应积极开展矿坑城市湿地功能建设,开发为人工湖、公园、水域观赏区等,要有景观效果并与区域自然环境协调,促进矿区湿地景观、湿地水维系、湿地水质修复、植被景观构建。

7.2.3.4.4.3 采场生态修复应选择根系发达、固土与固氮效果好及生长快、周期长、枝繁叶茂的植物,选择不同外观和功能的植被营造色彩丰富、造型优美和层次饱满的林木景观。

7.2.3.4.5 工业场地植被重建

7.2.3.4.5.1 采取疏松土层、合理配置表层、改善植被生长的水土条件等措施,依据修复方向引种适合本地的林草植被。

7.2.3.4.5.2 植被配置模式应以景观美化、保持水土、体现当地文化等功能为主。

8 监测与管护

8.1 跟踪监测

8.1.1 监测目的、范围、内容、周期、方法除应符合 TD/T 1070.1 中 8.1 的要求外,还应符合本文件 8.1.2 的要求。

8.1.2 按不同生态修复区突出和加强以下跟踪监测内容:

- a) 塌陷地林草生态修复区域,应突出植被群落的种类、分布、面积、植被成活率、覆盖度等监测,应加强地表沉陷状况及动物种群的类型、数量和分布状况等监测;
- b) 塌陷地农业生态修复区域,应突出土壤性状、分布、面积、土壤肥力、理化性质及作物产量等监测,应加强地表沉陷、地裂缝、潜水位变化等状况监测;
- c) 塌陷地城市规模性建筑群及大型工程建设区域,应突出建(构)筑物上部结构及基础的变形监测,应加强地表沉陷稳定性、地裂缝状况、边坡稳定性等监测,必要时还应进行地下采空区及其覆岩的变形监测;
- d) 人工湿地生态修复区域,应突出水体分布、面积、水质、水深以及地下潜水位、水质等监测,应加强地表沉陷、地裂缝及煤矿露天矿坑水域边坡稳定性等监测,相关要求见 DZ/T 0287、HJ/T 91;
- e) 排土场与排矸场生态修复区域,应突出植被种类、分布、面积、植被成活率、覆盖度等监测,加强边坡稳定性、煤矸石自燃、水土流失等状况监测;
- f) 含水层修复区域,应突出不同含水层水位、水质、流量等监测,应加强补径排等监测,相关要求见 DZ/T 0287、GB/T 51040。

8.2 后期管护

8.2.1 设施维护、植被养护、后期管护时间及管护运营机制等除应符合 TD/T 1070.1 中 8.2 的要求外,还应符合本文件 8.2.2 的要求。

8.2.2 加强排土场与排矸场等生态修复困难场地修复后的管护工作,对出现的不均匀沉陷、局部塌方、冲蚀沟、受损的截排水设施和植被等及时修复和补植。

9 成效评估

9.1 成效评估的时间节点及生态、社会和经济效益评估除应符合 TD/T 1070.1 中 9 的要求外,生态效益评估还应符合本文件 9.2 的要求。

9.2 按不同生态修复区突出以下生态效益评估内容:

- a) 塌陷地林草与湿地生态修复区域,应突出生态修复后的植被类型、分布、成活率、覆盖度的变化及地表水水质、水位变化等情况以及动物类型、数量变化等生态效益分析评估内容;

- b) 塌陷地农业生态修复区域,应突出生态修复后的土地功能恢复、土壤质量改善、生产力提高等生态效益分析评估内容;
- c) 塌陷地城市功能修复建设区域,应突出矿山地质环境破坏问题治理后的地表沉陷、地裂缝等区域的地质稳定情况、矿区居住环境变化情况生态效益分析评估内容;
- d) 排土场与排矸场生态修复区域,应突出矿山地质环境破坏问题治理后的边坡、水土流失等区域的地质稳定情况及植被类型、分布、成活率、覆盖度的变化情况生态效益分析评估内容;
- e) 含水层修复区域,应突出生态修复后的地下水水质改善、地下水水位变化、含水层补径排和动态特征以及水源涵养等生态效益分析评估内容。

10 信息管理

10.1 信息管理的主要内容、管理要求除应符合 TD/T 1070.1 中 10 的要求外,还应符合本文件 10.2 的要求。

10.2 加强以下内容的归档保存:

- a) 矿山基本情况、开采状况、地质采矿条件及生态受损情况的图纸、影像、报告等原始资料的收集归档保存;
- b) 生态修复背景资料、修复过程的测绘监测检测化验资料、修复施工的影像及特殊情况记录等过程资料的收集归档保存;
- c) 生态修复勘察、设计、施工、验收等成果资料的收集归档保存。

附录 A

(资料性)

采煤塌陷地生态问题严重程度分级

表 A.1 给出了采煤塌陷地生态问题严重程度分级信息。

表 A.1 采煤塌陷地生态问题严重程度分级信息

严重程度 分级	基本定义与特征	分区定义与特征		
		高潜水位平原矿区 (塌陷易积水)	低潜水位平原矿区 (塌陷不积水)	山地丘陵矿区 (塌陷耕地较少)
I 级 (重度)	场地存在严重的矿山地质环境破坏,地质条件不稳定,或场地存在具有影响环境安全的重大水土污染问题,或存在严重土地损毁、水资源破坏,地表植被生境受到严重影响,生态退化严重	煤炭开采后地表沉陷幅度大于或等于 2.0 m,或地表附加坡度大于或等于 10 mm/m,或地表出现永久性积水区域。房屋设施、道路、农田水利基础设施等建(构)筑物遭到严重损毁,无法保证基本功能	煤炭开采后地表沉陷幅度大于或等于 3.5 m,或地表附加坡度大于或等于 15 mm/m,或开采深厚比小于或等于 80。房屋设施、道路、农田水利基础设施等建(构)筑物遭到严重损毁,无法保证基本功能	煤炭开采后地表沉陷幅度大于或等于 6.0 m,或地表水平拉伸变形值大于或等于 12 mm/m,或开采深厚比小于或等于 60。房屋设施、道路、水利基础设施等建(构)筑物遭到严重损毁,无法保证基本功能
II 级 (中度)	场地存在一定的矿山地质环境破坏,地质稳定性较差,或场地局部存在水土污染,存在一定程度土地损毁、水资源破坏,局部植被盖度与质量受到影响,物种生境条件较为稳定,生态系统结构与功能较为完好	煤炭开采后地表沉陷幅度 0.5 m~2.0 m,或地表附加坡度 3 mm/m~10 mm/m,或潜水位埋深小于 80 cm,或地表出现季节性积水。房屋设施、道路、农田水利基础设施等建筑物、构筑物遭到中度损毁	煤炭开采后地表沉陷幅度 1.5 m~3.5 m,或地表附加坡度 6 mm/m~15 mm/m,或开采深厚比 80~120。房屋设施、道路、农田水利基础设施等建筑物、构筑物遭到中度损毁	煤炭开采后地表沉陷幅度 3.0 m~6.0 m,或地表水平拉伸变形值 5 mm/m~12 mm/m,或开采深厚比 60~100。房屋设施、道路、水利基础设施等建筑物、构筑物遭到中度损毁
III 级 (轻度)	场地存在轻微地质环境破坏,不存在水土污染,地质稳定性与水土质量良好,地表仅存在少量土地损毁或水资源破坏,仅局部植被盖度与质量受到影响,物种生境条件稳定,生态系统结构与功能完好	煤炭开采后地表沉陷幅度小于或等于 0.5 m,或地表附加坡度小于或等于 3 mm/m,或潜水位埋深大于或等于 80 cm,或地表不出现积水。房屋设施、道路、农田水利基础设施等建(构)筑物受到较小的损毁或无损毁	煤炭开采后地表沉陷幅度小于或等于 1.5 m,或地表附加坡度小于或等于 6 mm/m,或开采深厚比大于或等于 120。房屋设施、道路、农田水利基础设施等建(构)筑物受到较小的损毁或无损毁	煤炭开采后地表沉陷幅度小于或等于 3.0 m,或地表水平拉伸变形值小于或等于 5 mm/m,或开采深厚比大于或等于 100。房屋设施、道路、水利基础设施等建(构)筑物受到较小的损毁或无损毁
注 1:分级确定采取上一级别优先原则,只要有一项要素符合某一级别,就定为该级别。 注 2:山地丘陵矿区塌陷面积较大的山前平地区的程度分级可参照平原矿区划分。 注 3:应用开采深厚比指标判断时,对应地表的区域为地下采空区范围。				

附录 B
(资料性)
煤炭矿山及其生态破坏与生态修复特征

表 B.1 给出了煤炭矿山及其生态破坏与生态修复特征。

表 B.1 煤炭矿山及其生态破坏与生态修复特征

名称	要素	主要特征
煤炭 矿山特征	矿山规模	井工煤矿规模分类(原煤年产量):特大型矿井大于或等于 300×10^4 t,大型矿井 120×10^4 t~ 300×10^4 t,中型矿井 45×10^4 t~ 90×10^4 t,小型矿井小于或等于 30×10^4 t。 露天煤矿规模分类(原煤年产量):特大型露天矿大于或等于 $2\,000\times 10^4$ t,大型露天矿大于或等于 400×10^4 t,中型露天矿 400×10^4 t~ 100×10^4 t,小型露天矿小于或等于 100×10^4 t
	矿权面积	特大型煤矿 $60\text{ km}^2\sim 120\text{ km}^2$,大型煤矿 $40\text{ km}^2\sim 60\text{ km}^2$,中型煤矿 $20\text{ km}^2\sim 40\text{ km}^2$,小型煤矿 $5\text{ km}^2\sim 20\text{ km}^2$
	生产年限	特大型煤矿 60 年~100 年,大型煤矿 50 年~80 年,中型煤矿 30 年~60 年,小型煤矿 20 年~40 年
	可采煤层	煤炭资源多为缓倾斜和倾斜层状矿体(煤层),可采煤层一般 4 层~6 层、少则 2 层~3 层、多则 10 层以上,多为中厚煤层。煤层厚度分类:薄煤层小于 1.3 m、中厚煤层 1.3 m~3.5 m、厚煤层大于 3.5 m
	矿山分布	全国各省(市)基本均分布有煤炭资源或煤矿,西多东少、北多南少。主要在新疆、内蒙古、山西、陕西、宁夏、甘肃、贵州、云南、河北、安徽、河南、山东等省、自治区,其中新疆、内蒙古、山西、陕西四省、自治区的资源和产能占 77%左右
生态 破坏特征	生态破坏方式	煤炭地下开采沉陷、露天开采挖损、煤矿固废和工业场地压占等
	主要生态问题	矿山地质环境破坏、土地损毁、植被和含水层破坏等
	严重程度分级	I 级(重度)、II 级(中度)、III 级(轻度)
	生态破坏特点	煤炭开采生态破坏规模大、面积大、范围广,涉及的地形、地类、植被、地表或地下等类型多,开采扰动地上地下影响剧烈、持续时间长,造成的土地功能、地质环境、生态系统损毁程度严重等
生态 修复特征	修复理念	山水林田湖草一体化保护修复;保护优先、发挥自修功能;因地制宜采取自然恢复、辅助再生与生态重建措施;进行生态系统的整体修复与系统恢复
	修复原则	保护与修复结合、整体与系统修复、地上与地下修复、分区与分类修复、土地功能修复、产业融合修复、因地制宜、保障地质安全等
	修复方式	自然恢复、辅助再生、生态重建;分区进行自然恢复和辅助再生,重点采取生态重建修复方式等

表 B.1 煤炭矿山及其生态破坏与生态修复特征(续)

名 称	要 素	主 要 特 征
生态 修复特征	修复方向	面向生态空间、农业空间、城镇空间,矿区生态系统功能恢复提升、远离城市区域农业生态修复、积水采煤塌陷地和煤矿露天矿坑城市湿地生态功能修复、城市周边区域产业建设开发、煤矿地上地下空间和资源转型利用开发等
	技术措施	强化生态保护和自然恢复,在尊重自然、顺从自然的前提下,主要采取矿山地质环境破坏治理、自修复诱导促进、辅助再生、人工干预、生态重建等技术措施
	基本目标	煤炭开采扰动区域的地质环境达到稳定、损毁土地得到治理利用、生态系统功能得到恢复提升、地下空间和废弃资源得到综合利用,促进矿山生态环境持续恢复改善,努力建设人与自然和谐共生的现代化美丽矿区

附 录 C
(资料性)
煤炭矿山生态重建工程分类

C.1 地貌重塑工程

地貌重塑工程类型主要包括整形工程、平整工程、坡面工程、湿地工程,见表 C.1。

表 C.1 地貌重塑工程分类

一级类	二级类	三级类	含 义
地貌重塑	整形工程	采取人工措施改变采矿损毁土地的微地貌形态,使损毁土地满足土地功能恢复、生态系统修复、景观生态协调等要求的地貌重塑工程	
		削坡工程	通过降低坡度防止不稳定坡面发生滑坡、减少水土流失等重力侵蚀的坡面防护整形工程
		削高填低工程	通过削低高程较大的区域填充低洼区域进行地貌重塑的工程
		挖深垫浅工程	将开采沉陷较深区域挖深回填至塌陷较浅区域,形成“上粮下渔”台田式格局的地貌重塑工程
		物料回填工程	利用矿区煤矸石、粉煤灰、淤泥、河沙或建筑废物等物料回填开采沉陷低洼区域进行地貌重塑的工程
		其他	除上述以外的矿区地貌整形工程
	平整工程	地貌重塑工程后为满足土地利用与生态恢复需要对需治理土地进行平整的过程	
		田面平整	按照一定的田块设计标准进行的土方挖填活动
		田埂(坎)修筑	按照一定的田块设计标准进行的埂坎修筑活动
		场地平整	按照工程设计要求进行的各种场地的平整活动
		其他	除上述田面平整、田埂(坎)修筑、场地平整之外的其他平整工程
	坡面工程	为防治坡面水土流失,保护、改良和合理利用坡面水土资源而采取的工程措施	
		梯田	在地面坡度相对较陡地区,依据地形和等高线所进行的阶梯状田块修筑工程
		护坡	为防止边坡冲刷,在坡面上所进行的各种铺砌和栽植工程
		其他	除上述梯田修筑、护坡之外的其他坡面工程
	湿地工程	根据采煤塌陷地和煤矿露天矿坑积水条件,进行水域整形、陆域再造、水系构建、植被景观构建等采取的治理工程	

C.2 土壤重构工程

土壤重构工程类型主要包括有效土层构建工程、土壤改良工程、清理工程,见表 C.2。

表 C.2 土壤重构工程分类

一级类	二级类	三级类	含 义
土壤重构	有效土层构建工程	为构建有效土层及充分保护和利用原有表土而实施的各种土方工程	
		表土剥离	对需进行表土剥离的土地实行表土采集、单独存放管理和回填覆土,并在损毁土地治理中合理利用的表土工程
		客土回填	当治理区内土层厚度和耕作土壤质量不能满足作物生长及耕作需要时,从区外运土填筑到回填部位的土方搬移覆土工程
		其他	除上述表土处置、客土回填之外的其他土壤剥离工程
	土壤改良工程	利用物理、化学、生物等措施对治理土地进行培肥改良的工程	
		土壤培肥	深翻、种植绿肥、施有机肥、轮作等措施改良土壤的工程
		质地改良	“泥入砂、砂掺泥”等客土方法改良过砂或过黏土壤的工程
		其他	除上述土壤培肥、质地改良之外的其他生物化学工程
	清理工程		治理过程中对固体废弃物、建筑垃圾等进行清理的活动

C.3 植被重建工程

植被重建工程类型主要包括植被修复工程、农田防护工程,见表 C.3。

表 C.3 植被重建工程分类

一级类	二级类	三级类	含 义
植被重建	植被修复工程	损毁土地植被重建的植树种草等工程	
		种树(籽)	通过种树(籽)的方法对损毁土地进行植被重建的工程
		种草(籽)	通过种草(籽)的方法对损毁土地进行植被重建的工程
		其他	除上述种树(籽)、种草(籽)之外的其他植被重建工程
	农田防护工程	用于农田防风、改善农田气候条件、防止水土流失、促进作物生长和提供休憩庇荫场所的农田植树种草等工程	
		种树(籽)	在田块周围营造的以防止风灾、改善农作物生长条件通过种树(籽)的方法对损毁土地进行农田防护的工程
		种草(籽)	通过种草(籽)的方法改善农田气候条件、防止水土流失的农田防护工程
		其他	除上述种树(籽)、种草(籽)之外的其他农田防护工程

C.4 配套工程

配套工程类型主要包括水源工程、灌排工程、喷(微)灌工程、建筑物工程、输配电工程、田间道路工程等,见表 C.4。

表 C.4 配套工程分类

一级类	二级类	三级类	含 义
配套工程	水源工程	农业灌溉所修建的地表水拦蓄水、河湖库引提水、地下取水井等工程	
		塘堰(坝)	用于拦截和积蓄地表径流,蓄水量在 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以下的拦水建筑物(塘、堰、坝)等工程
		农用井	在地面以下凿井,利用动力机械提取地下水的取水工程。包括大口井、管井和辐射井等
		其他	除上述塘堰(坝)、农用井之外的其他水源工程
	灌排工程	为调节农田水分状况及改变和调节地区水情,以消除水旱灾害,合理而科学地利用水资源而采用的灌溉排水工程	
		明渠	地表开挖和填筑的具有自由水流面的地上输水工程
		管道	地面或地下修建的具有压力水面的输水工程
		明沟	地表开挖或填筑的具有自由水流水面的地上排水工程
		暗渠(管)	地表以下修筑的地下排水工程
	喷(微)灌工程	利用微喷头、微喷带等设施,以喷洒的方式进行灌溉的工程	
		喷灌	利用专门设备将水加压,通过喷头以喷洒方式进行灌水的工程
		微灌	利用专门设备将水加压并以微小水量喷洒、滴入方式进行灌水的灌溉方式。包括滴灌、微喷灌、渗灌等工程
	建筑物工程	为控制调节灌、输、排水,跨越水系等兴建的配套建筑物工程	
		倒虹吸	输水工程穿过低地、排水沟及交通道路时以虹吸形式敷设于地下的压力管道式输水建筑物工程
		渡槽	输水工程跨越低地、排水沟及交通道路时的桥式输水建筑物工程
		农桥	田间道路跨越河流、洼地、渠道或排水沟等障碍物的建筑物工程
		跌水、陡坡	连接两段不同高程的渠道或排水沟,使水流直接跌落形成阶梯式或陡槽式落差的输水建筑物工程
		水闸	修建在渠道或河道处控制水量和调节水位的控制建筑物工程。包括节制闸、进水闸、退水闸、分水闸等工程
		泵站	通过动力机械将水由低处送往高处的提水建筑物工程。又称抽水站、扬水站等
		其他	除上述建筑物工程外的其他建筑物工程
	输配电工程	输电和配电工程的合称	
		输电线路	通过导线将电能由某一处输送到目的地的工程
	田间道路工程	变配电工程	承担降压或用配电设备通过配电网络将电能进行重新分配的装置和工程
		为满足农业物资运输、农业耕作和其他农业生产活动而建设的工程	
		田间道	连接田块与村庄,供农业机械、农用物资和农产品运输通行的道路工程
		生产路	连接田块与田块、田块与田间道,供人员和小型农机通行的道路工程

参 考 文 献

- [1] GB 15663.3—2008 煤矿科技术语 第3部分 地下开采
 - [2] GB 15663.4—2008 煤矿科技术语 第4部分 露天开采
 - [3] DZ/T 0223—2011 矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范
 - [4] TD/T 1031.1—2011 土地复垦方案编制规程
 - [5] DB 37/T 4312—2021 采煤塌陷地治理规范
 - [6] NB/T 10533—2021 采煤沉陷区治理技术规范
 - [7] 国家安全监管总局. 建筑物、构筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程(安监总煤装〔2017〕66号). 2017年5月
 - [8] 自然资源部,财政部,生态环境部. 山水林田湖草生态保护修复工程指南(试行)(自然资办发〔2020〕38号). 2020年8月
 - [9] 自然资源部. 国土空间调查、规范、用途管制用地用海分类指南(试行)(自然资办发〔2020〕51号). 2020年11月
 - [10] 中国煤炭工业协会. 2020 煤炭行业发展年度报告. 2021年3月
-