

ICS 13.020
CCS Z06

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 143—2026

**平原区井工煤矿土地复垦与生态修复评价
技术规程**

Technical guidelines for land reclamation and ecological restoration evaluation of
underground coal mines in the plain area

2026-01-28 发布

2026-01-29 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 次

前言	11
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 评价内容和评价单元	2
5 基础信息调查监测	4
6 问题识别与诊断评价	4
7 适宜性评价	6
8 技术适用性评价	6
9 成效评价	9
10 评价成果	10
附录 A (资料性) 平原区井工煤矿基础信息调查监测内容	11
附录 B (资料性) 矿山问题诊断评价分级标准	13
附录 C (资料性) 土地复垦与生态修复技术适用性评价体系	16
附录 D (资料性) 土地复垦与生态修复效益评价体系	19
附录 E (资料性) 土地复垦与生态修复评价报告	22
参考文献	24

前　　言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：中国矿业大学（北京）、开滦（集团）有限责任公司、大地工程开发（集团）有限公司。

本文件主要起草人：李晶、樊庆军、周锦华、张彪、张科星、田志刚、张新伟、蒋旭梓、徐夕岭、伊永镇、郭伟、刘海忠、丁葳、姜志伟、龙永春、徐跃强、李延明、龙精华、刘明智。

本文件为首次发布。

平原区井工煤矿土地复垦与生态修复评价技术规程

1 范围

本文件规定了平原区井工煤矿土地复垦与生态修复的评价内容和评价单元、基础信息调查监测、问题识别与诊断评价、适宜性评价、技术适用性评价、成效评价与评价成果。

本文件适用于平原区井工煤矿土地复垦与生态修复全过程的评价。

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 3095 环境空气质量标准
- 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 15776 造林技术规程
- GB/T 30600 高标准农田建设通则
- GB/T 33469 耕地质量等级
- 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 40762 政务服务满意度评价规范
- GB/T 42251 采矿沉陷区生态修复技术规程
- GB/T 42340 生态系统评估 生态系统格局与质量评价方法
- GB/T 43934 煤矿土地复垦与生态修复技术规范
- GB/T 43935 矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范
- DZ/T 0223 矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范
- DZ/T 0288 区域地下水污染调查评价规范
- DZ/T 0295 土地质量地球化学评价规范
- HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境
- HJ 19 环境影响评价技术导则 生态影响
- HJ 964 环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）
- HJ 1171 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统格局评估
- HJ 1272 生态保护修复成效评估技术指南（试行）
- LY/T 2356 矿山废弃地植被恢复技术规程
- NY/T 1342 人工草地建设技术规程
- SL 190 土壤侵蚀分类分级标准
- TD/T 1031.1 土地复垦方案编制规程 第1部分：通则
- TD/T 1031.3 土地复垦方案编制规程 第3部分：井工煤矿
- TD/T 1102 国土空间生态保护修复工程成效评估规范

3 术语和定义

GB/T 43934界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤矿土地复垦与生态修复评价 land reclamation and ecological restoration evaluation of coal mine

在对平原区井工煤矿基础信息调查监测的基础上,从问题识别与诊断、复垦修复适宜性、技术适用性、修复成效方面,对矿山地质环境、土地资源、生态系统进行的复垦修复全过程评定。

3.2

评价范围 evaluating area

由煤炭资源开采区和影响区共同构成的区域,包括采矿权范围以及开采、复垦工程可能波及的周边区域。

3.3

评价单元 evaluating unit

在评价范围内,生态问题类型、损毁形式和程度、复垦修复方向、拟采取技术模式与措施、复垦修复质量标准等基本一致的区域,包括问题识别与诊断评价单元、适宜性评价单元和复垦修复单元。

3.4

季节性积水区 seasonal waterlogged area

采煤沉陷所形成的非全年、短周期的积水区域。

3.5

永久性积水区 permanent waterlogged area

采煤沉陷所形成的常年积水区域。

4 评价内容和评价单元**4.1 评价内容****4.1.1 一般要求**

土地复垦与生态修复评价应按问题识别与诊断、土地复垦与生态修复适宜性、技术适用性、成效等进行全过程评价,或根据煤矿开采、复垦修复方案或工程设计等实际需要选择性开展单项或多项评价。

4.1.2 问题识别与诊断评价

问题识别与诊断评价应在基础信息调查监测的基础上,分析矿山地质环境、土地资源和生态系统问题的主要表现形式,并对矿山地质环境破坏情况、土地资源损毁程度和生态系统损伤状况评价。

4.1.3 土地复垦与生态修复适宜性评价

土地复垦与生态修复适宜性评价应根据评价范围内的基础信息调查监测数据、问题识别与诊断评价结果、开采前土地利用状况、周边生态环境等,划定评价单元并制定评价指标体系,采用极限条件法、综合指数法等分析评价单元的复垦修复适宜性等级,明确限制因素,确定复垦修复方向和修复模式。

4.1.4 土地复垦与生态修复技术适用性评价

土地复垦与生态修复技术适用性评价应根据预防控制和复垦修复技术的主要技术类型及在不同条件下的适用范围,结合区域地理特征、损毁程度和生态问题、复垦修复方向、管控要求、综合效益等建立评价指标体系,明确复垦修复技术的适用性等级,确定最优的复垦修复技术。

4.1.5 土地复垦与生态修复成效评价

土地复垦与生态修复成效评价应将地貌重塑、水域重构、土壤重构、植被重建、生态系统恢复的效果与参照生态系统、周边环境对照分析,并开展复垦修复经济、社会、生态效益评价,同步面向村民、农村集体组织、属地主管部门等利益相关者开展复垦修复公众满意度调查,以制定科学可行的适应性管理措施。

4.2 评价单元**4.2.1 评价单元类型**

评价单元主要包括问题识别与诊断评价单元、复垦修复适宜性评价单元和复垦修复单元。

4.2.2 评价单元划分

评价单元的划分应符合下列要求：

- 问题识别与诊断评价单元应考虑地表沉陷、地裂缝、土壤和植被退化、生物多样性变化、地表水体改变、配套设施损毁等生态问题类型，根据地形地貌、土壤、水、植被等生态要素受体的一致性进行划分，存在多种生态问题空间重叠的评价单元视为一个单元；
- 复垦修复适宜性评价单元应考虑地表沉陷类型、下沉深度、附加坡度、是否积水、损毁土地现状类型、原土地利用类型、复垦修复目标方向等划分；
- 复垦修复单元应根据适宜性评价的结果，结合适宜性评价的等级、复垦修复目标方向、生态受损与退化的问题、利用方向、采用的技术模式与措施、复垦修复质量标准等划分；
- 除考虑以上因素外，评价单元划分应兼顾周边土地生态状况、自然和人文地理界线等，采用空间叠加法与实地踏勘验证结合的方式划定。

4.3 评价技术流程

平原区井工煤矿土地复垦与生态修复评价流程宜包括前期工作、基础信息调查监测、问题识别与诊断评价、土地复垦与生态修复适宜性评价、技术适用性评价、复垦修复成效评价及评价成果，如图1所示。

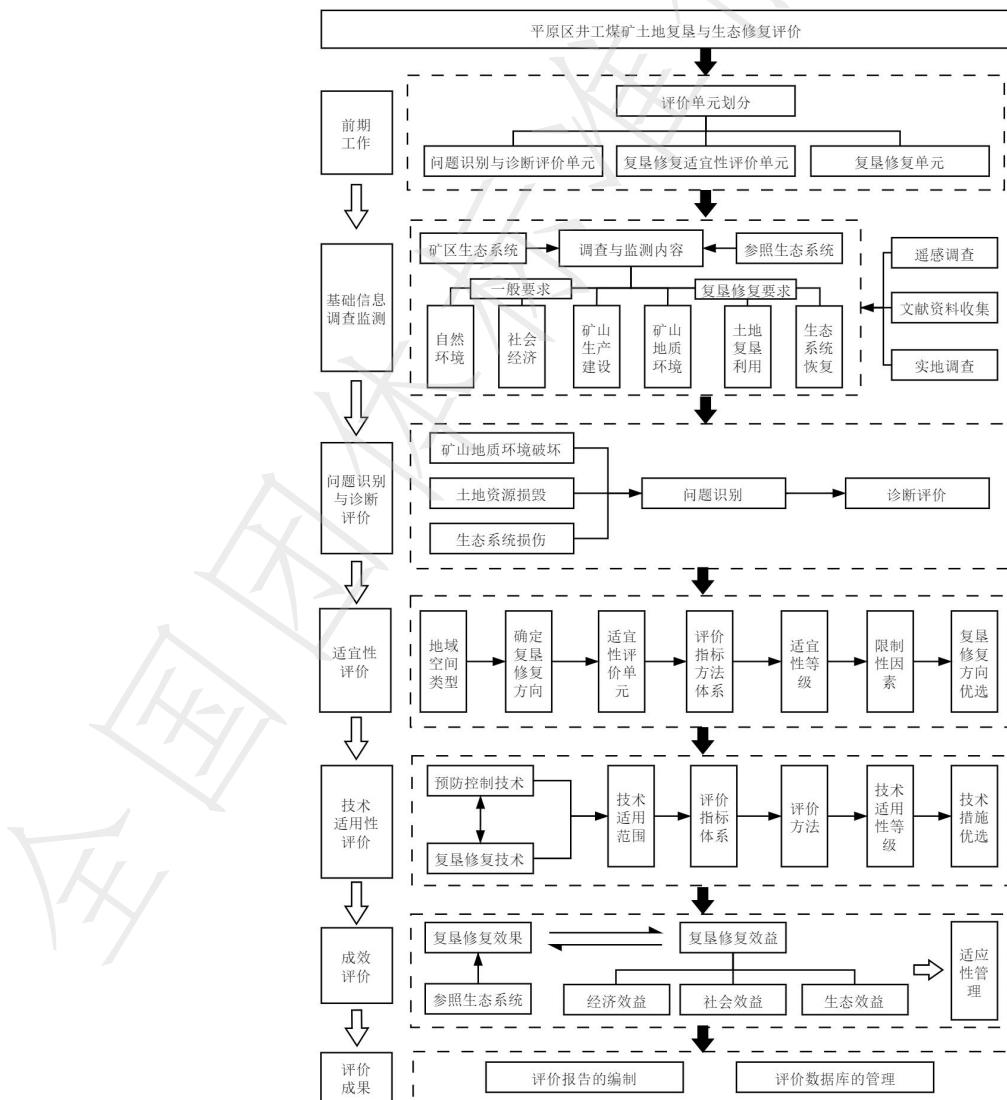


图1 评价技术流程

5 基础信息调查监测

5.1 一般要求

5.1.1 基础信息调查应在矿山建设和开采前开展，在矿山生态修复方案编制、矿山生产和复垦修复、闭矿后管理维护阶段持续开展监测，并建立完整的矿山基础信息调查监测数据库。因开采前未获取生态系统基础信息的，应选取未因采矿活动而退化的本地同类生态系统作为参照生态系统。

5.1.2 参照生态系统与矿区生态系统的基础信息调查应同步进行。

5.1.3 调查范围内涉及生态重要区、生态敏感区、历史遗迹保护区时，应开展专项调查。

5.1.4 基础信息调查完成时间宜早于矿山建设和开采至少1年；开采后复垦修复监测与管护周期一般为3年~5年；复垦修复后，相关配套设施应根据工程设计和运行要求定期检查和维护。

5.2 调查监测内容

5.2.1 基础信息调查应包括下列内容：

- a) 自然条件：包括流域水文、地貌、矿区土壤、植被及景观等；
- b) 社会经济：包括矿山范围内或受开采影响的乡镇村庄、农业人口、耕地、生产状况等；
- c) 人文环境：包括古村落、地质遗迹、历史文化保护地、风景名胜区等；
- d) 矿山生产建设情况：包括矿山范围拐点坐标、开采方法、生产规模与能力、采掘位置、生产服务年限和剩余服务年限、矿产资源开发利用方案、开发建设项目建设项目环境影响评价报告、矿山地质环境保护与土地复垦方案、水土保持方案、矿区生态修复方案等。

5.2.2 除以上调查内容外，还应监测下列矿山地质环境与复垦修复内容：

- a) 矿山地质环境破坏：包括地下水环境、地表沉陷、地裂缝、土壤环境等；
- b) 土地复垦利用：包括土地利用类型、积水区及利用、土壤质量、配套设施等；
- c) 生态系统恢复：包括生态状况调查、生态系统格局、生态系统服务、生态系统质量、地表水环境、大气环境；
- d) 基础信息调查监测内容见附录A。

5.3 调查监测方法

5.3.1 基础信息调查监测方法应采取文献资料收集、实地调查、遥感调查等手段。

5.3.2 文献资料收集。应收集矿区生态系统和参照生态系统近5年内的自然环境、社会经济、人文环境、矿山生产建设等资料，在此基础上，采取实地调查和遥感调查手段予以补充。

5.3.3 实地调查。应对矿区生态系统和参照生态系统实地踏勘，通过布设监测点、监测线或样点、样线，对地形、土壤、水体、植物、大气等信息进行监测和采集分析。

5.3.4 遥感调查。应通过无人机、卫星遥感等方式实时监测矿区生态系统和参照生态系统状况，通过遥感影像解译和判读，得到生态系统采前、采后、复垦修复后生态系统调查监测指标数据。

5.3.5 自然环境、社会经济、人文环境、矿山生产建设、矿山地质环境破坏、土地复垦利用、生态系统恢复情况调查监测点布设及方法的具体要求应按GB/T 43935执行。

6 问题识别与诊断评价

6.1 一般要求

问题识别与诊断评价应以矿区采前生态系统和参照生态系统基础信息调查监测数据作为背景值或基准值，并获取煤炭开采后、复垦修复后的变化信息，识别矿山地质环境、土地资源和生态系统存在的问题，明确诊断评价的标准。

6.2 问题识别

6.2.1 矿山地质环境破坏宜包括地表沉陷、地裂缝、地下水环境及土壤环境破坏等问题，问题识别应符合下列要求：

- a) 采空区影响范围内地表沉降幅度大于10mm即可认为出现地表沉陷；
- b) 地表沉陷范围边缘出现任意1条裂缝可认为出现地裂缝损伤；

- c) 地下水环境应分析无机组分和有机组分,对于无机污染组分,评价标准应采用基准值;微量有机污染组分采用生活饮用水卫生标准限值为评价基准,指标不足部分参照世界卫生组织等公认的饮用水标准。任意指标当前值大于基础信息值或标准限值可认为地下水环境存在污染,按DZ/T 0288的要求执行;
- d) 土壤环境污染通过计算单项污染指数,单项污染指数大于1可认为存在污染,按DZ/T 0295的要求执行。

6.2.2 土地资源损毁宜包括土壤物理性质变化、土壤养分退化、土壤盐碱化等化学性质变化、土壤侵蚀、配套设施等问题,问题识别应符合下列要求:

- a) 应以开采前土壤物理性质的基准值为参考,对比分析土壤质地、容重、水分、结构、孔隙度的变化;
- b) 结合最新全国土壤普查养分分级,通过比较土壤养分的基准值和当前值及其养分丰缺区间,当前值小于基准值级别可认为土壤养分存在退化;
- c) 土壤盐碱化应测定土壤含盐量和pH值,通过对比土壤盐碱度的当前值与基准值,若当前值大于基准值可认为土壤存在盐碱化趋势;
- d) 土壤侵蚀应调查土壤发生层与表层的完整性,土壤表层出现部分侵蚀且土壤腐殖质层保留厚度超过1/2,淀积层和母质层剖面保持完整,可认为出现侵蚀,按SL 190的要求执行;
- e) 配套设施应调查采煤影响范围内地表建(构)筑物、道路、管线等是否出现斑裂痕迹,出现斑裂痕迹可认为配套设施损毁。

6.2.3 生态系统损伤宜包括生态系统结构变化、质量下降、生态系统格局破碎、生态系统服务功能退化及地表水、大气环境影响等问题,问题识别应符合下列要求:

- a) 对比开采前和开采后评价单元内不同土地覆被类型与面积,分析生态系统类型构成比例,生态系统类型构成比例无论是增加还是减少,均可认为生态系统结构变化,按HJ 1171的要求执行;
- b) 农田、湿地、森林、草地生态系统分别将开采后的粮食单位面积产量、水体富营养化指数、森林生物量密度和草地植被覆盖度与基准值比较,当前值小于基准值可认为生态系统质量下降,按GB/T 42340的要求执行;
- c) 通过计算平均斑块面积、边界密度和聚集度,当前值小于基准值可认为生态系统格局破碎,按GB/T 42340的要求执行;
- d) 通过计算农产品生产、水源涵养量、土壤保持量、碳储量等,当前值小于基准值可认为生态系统服务功能退化;
- e) 应计算水质因子指数或底泥污染指数,指数大于1可认为地表水水环境存在污染,按HJ 2.3的要求执行;
- f) 应测定环境空气污染物基本项目和其他项目的浓度限值,浓度限值超过二级的可认为大气环境存在污染。

6.2.4 除以上要求外,还应对矿山生产建设可能造成的地质环境、土地资源及生态损毁问题进行预测,应按DZ/T 0223、TD/T 1031.3、HJ 19的要求执行。

6.3 诊断评价

6.3.1 矿山地质环境诊断评价应符合下列要求:

- a) 采煤沉陷造成地表土地损毁程度应分析地表水平变形、附加倾斜、下沉值、沉陷后潜水位埋深和土地生产力降低等因素,分级诊断标准见附录B.1;
- b) 地裂缝应分析破坏程度或活动频率,分级诊断标准见附录B.2;
- c) 地下水水环境应分析常规指标和非常规指标的限值,根据组分含量分为五个级别,按GB/T 14848的要求执行;
- d) 土壤环境包括农用地土壤和建设用地土壤,土壤污染物指标实测浓度低于风险筛选值为低风险,介于风险筛选值和风险管制值之间为中风险,高于风险管制值为高风险,按GB 15618、GB 36600的要求执行。

6.3.2 土地资源的诊断评价应符合下列要求:

- a) 土壤物理性质应分析土壤质地、容重、水分、结构、孔隙度、有效土层厚度,按区域耕地质量等级划分指标评价,按GB/T 33469的要求执行;
- b) 土壤养分应对有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷、速效钾等养分含量评价;土壤养分分级诊断标准见附录B.3;
- c) 土壤盐渍化应从作物生产情况、表土层全盐量等诊断评价;土壤酸碱度应从土壤pH值诊断,分级标准见附录B.4~附录B.5;
- d) 土壤侵蚀应根据土壤发生层和土壤表层的状况诊断,分级标准见附录B.6;
- e) 配套设施损毁程度评价分级标准见附录B.2。

6.3.3 生态系统的诊断评价应符合下列要求:

- a) 生态系统结构、格局和生态系统服务功能应计算评价单元的生态系统类型面积变化率或减少量,使用自然断点法、等间隔法等对面积变化率或减少量从大到小划分为极显著、显著、一般显著、轻微变化四个等级评价;
- b) 生态系统质量改变,应分别对湿地、森林和草地生态系统评价,分级标准见附录B.7;
- c) 地表水水环境应根据其基本项目的标准限值分为五个级别,按GB 3838的要求执行;
- d) 大气环境应根据环境空气功能分区的基本项目与其他项目浓度限值评价,分级标准见附录B.8。

7 适宜性评价

7.1 应以评价单元所属地域空间类型为基础,分析评价单元所属区域为农业空间、城镇空间、一般生态空间、自然保护地或生态保护红线内其他区域。

7.2 应坚持农业用地与生态用地优先、因地制宜的原则,可复垦修复为农业种植、生态用地、渔业养殖、光伏新能源、建设用地等方向。

7.3 针对评价范围内的不同适宜性评价单元,在自然条件可能、技术可行、经济合理和生态环境约束等前提下,综合考虑政策、公众意愿、自然条件、社会经济以及周边类似项目的复垦修复经验等资料,建立适宜性评价指标体系和评价方法体系。

7.4 适宜性评价指标的选取应以修复利用方向为导向,综合考虑地形地貌、区位、土壤、水文、地质、人文等其它因素,结合不同复垦修复目标确定评价维度和具体指标,构建适宜性评价指标体系。

7.5 适宜性评价方法的选择应坚持定性和定量相结合的原则,使用极限条件法、综合指数法等方法计算各评价单元的分值,计算方法按TD/T 1031.1的要求执行。

7.6 基于各评价单元的分值评定其复垦修复适宜性等级,并明确其限制因素,通过方案比选,确定各评价单元最终的复垦修复方向。

8 技术适用性评价

8.1 一般要求

8.1.1 复垦修复技术选择应充分考虑自然可能性、实施可行性、经济合理性、目标导向性、生态环境约束等,坚持自然恢复与人工修复相结合,因地制宜的采用自然恢复、辅助再生和生态重建等复垦修复模式,实现复垦修复技术与生态问题及复垦修复方向的协调统一。

8.1.2 复垦修复技术选择应坚持“预防控制优先、复垦修复到位”的原则,实现源头减损,过程可控,边采边复,防治结合。

8.1.3 复垦修复技术应根据采煤沉陷稳定与否选择。针对未稳沉区域,应实施采煤沉陷地边采边复技术。

8.2 技术适用范围

8.2.1 预防控制技术

8.2.1.1 防沉减沉技术

防沉减沉技术宜包括煤柱留设、井下充填开采、条带开采，可适用于地表上方存在永久基本农田、自然保护区、地质遗迹、水源地、文物、公路、铁路、村庄和其它重要建（构）筑物的区域。

8.2.1.2 固体废弃物资源化利用

固体废弃物资源化利用技术可适用于井工煤矿地下采空区的充填、采煤沉陷地土壤重构、煤基生物土等表土替代、建筑材料的制备等。

8.2.1.3 表土剥离与保存技术

表土剥离与保存技术可适用于采煤沉陷拟损毁区域耕地耕作层或园、林、草地腐殖质层等表层土壤的保护与复垦修复。

8.2.1.4 污染防控技术

污染防控技术宜包括源头控制和过程削减技术，可适用于因煤炭开采导致的地下水、地表水及土壤污染问题的预防与控制。

8.2.2 复垦修复技术

8.2.2.1 地貌重塑

地貌重塑技术适用性应符合下列要求：

- 地貌重塑应根据矿区生态系统和参照生态系统，消除波浪式下沉、附加坡度、地表裂缝等不利影响，将采煤沉陷地恢复至初始标高、地形地貌；对于难以恢复的沉陷区或积水区，根据需求、潜水位深度、沉陷影响程度、粮食作物种植可行性等因素，科学确定土地和水面的比例及各类用地比例，确定地面标高并构建与周边环境相协调的地形地貌；
- 土地平整技术可适用于中低潜水位的非充填复垦沉陷区域或高潜水位的充填复垦沉陷区域，且地面高差较小的田块，通过削高垫低，逐步达到平整；土地平整宜包括田面平整、田坎修筑和场地平整，不同土地平整技术适用范围见附录C.1；
- 疏排法可适用于地表沉陷不大，且正常的排水措施和地表整修工作能够保证土地恢复利用的情况，或单一、较薄煤层开采的高、中潜水位的永久性积水区；通过设计不同排水方案、排水系统将地下水位降至作物正常生长的深度；
- 基塘+干河床技术可适用于沉陷较深的季节性积水区和永久性积水区；通过挖深垫浅，将沉陷盆地挖深，用挖出的泥土将塌陷区边缘填高直至达到设计高程，挖深部可养鱼及其它淡水养殖，同时种植水生植物，浅部填高区可用于种植粮食作物，水域边坡种植果树和花卉，周围修整排设施；
- 物料充填技术可适用于存在永久性裂缝或沉陷程度较深的区域，通过充填煤矸石、黄河泥沙、河湖淤泥、客土等材料，弥补复垦修复土源匮乏的不足。

8.2.2.2 水域重构

水域重构技术适用性应符合下列要求：

- 水域重构应分析自然条件变化、采煤活动影响，以开采前矿区生态系统和参照生态系统为依据，判别矿区水域的平面形态、水质、连通性的破坏程度，确定重点修复的水域；天然水系的重构应关注水系形态的异质性，符合自然水系的地貌学原理，实现水系生境的多样性；采煤沉陷积水区的复垦修复应与周围地貌景观协调，根据生态系统特点、水体分布、生态本底特征及复垦修复方向等，分析沉陷积水区实现与周边河流、湖泊、积水区之间水系连通的必要性和可行性；
- 生态连通技术可适用于采煤沉陷导致水系横向、纵向、垂向连通性破坏，引起水系阻隔、洪水漫溢过程阻断和水体渗透性破坏的区域，通过采取新建生态河道、水利调度改善、河床底质重构等措施恢复和重塑水域的三维连通性；
- 筑岛技术可适用于常年积水区域内地质稳定性较好的区域。以自然河流为主要汇流方向，利用开挖积水区和勾通自然河道所产生的土方筑岛，采用岛屿地表径流的微地形设计，建立开放式湿地生态系统；

- d) 平原水库技术可适用于地表沉陷程度较深、范围较大的永久性积水区，通过构建沟渠、人工河道等，利用采煤沉陷地的漏斗状储水结构实现天然水系、湖泊及其它积水区的调蓄；
- e) 坡岸防护技术可适用于河流、湖泊、沟渠、采煤沉陷生成的永久性积水区、人工水域等湿地坡岸的防护，不同岸坡防护技术适用范围见附录 C.2。

8.2.2.3 土壤重构

土壤重构技术适用性应符合下列要求：

- a) 土壤重构应调查了解矿山土壤损毁现状和采煤前原始土壤状况，结合矿山土壤损毁特征及损毁程度，按仿自然地质成土的理念，确定采煤沉陷区充填复垦土体需求量，顾及成土材料适用、绿色生态、成本低效的原则对充填复垦成土材料筛选，优化复垦修复的土壤剖面，确定表土层和心土层的厚度组成及土体构型，必要时进行土壤改良提升修复质量；
- b) 表土剥离技术适用范围应符合本文件 8.2.1.4 的要求；
- c) 表土覆盖技术可适用于平整、充填实施后需要覆盖表土的沉陷地。农用地应避免表土压实；拟复垦原建设用地在实施表土覆盖前应对地面建（构）筑物、基础设施等展开清理；
- d) 客土技术可适用于沉陷深度较大且土源缺乏的区域，当“挖深区”土方量少于“垫浅区”土方量，宜用该技术对土方量补充；
- e) 土壤改良技术可适用于开采后或复垦后土壤性状改变、养分含量低的土壤，通过改良土壤结构、肥力和活力提高土壤质量。

8.2.2.4 植被重建

植被重建技术适用性应符合下列要求：

- a) 复垦修复为耕地的应以种植粮食作物为主，可适当配置经济作物以提高经济收益，同时兼顾不同作物类型之间的相互促进作用，改善生物多样性，提升生态恢复效果和生态管护水平；
- b) 复垦修复为林园草地的应根据景观、水源涵养、水土保持、农田防护、用材、林果等用途合理选择植物物种；
- c) 复垦修复为水域的应根据水域深度选择湿生植物、沉水植物、浮水植物、挺水植物及漂浮植物，提高水域植被覆盖度，发挥水生植物的水体净化功能，整体提升水域景观；
- d) 水陆交错带应根据水位季节性变化，以自然状态河、湖滨带植物群落为参考，合理搭配种植乔木、灌木、草本植物，营造近自然的植被景观；
- e) 平原区井工煤矿常见植物配置选择要求见附录 C.3。

8.2.2.5 景观营建

景观营建技术适用性应符合下列要求：

- a) 景观营建应以开采前生态系统和参照生态系统为参考，分析采煤沉陷程度、积水分布、复垦利用方向、粮食安全和生态保护因素，实现地貌-水域-土壤-植被景观的一体化构建；
- b) 采煤沉陷地应合理塑造地貌形态，保持自然起伏和空间层次，构建适宜农作物、林草种植的仿自然土壤剖面构型，配置农田防护、水土保持、水源涵养等功能型植被，提升矿区生态系统质量，优化整体景观格局；
- c) 根据采煤沉陷积水区与矿区天然水系及其他积水的分布，构建水系廊道实现不同水域之间的互联共通；应对水面充分利用，根据水域深度合理布置水生植物、生态浮岛及光伏板，结合水陆交错带的水位变化、岸线形态及基质条件，采用乔-灌-草等植物的多层次搭配模式，营造水域生境多样性，打造水陆复合的生态景观；
- d) 按照废弃工矿用地复垦修复方向，及时清理地表建筑垃圾等残留物，恢复场地的空间条件；结合原有道路、水网、绿化、工业遗产，优化用地功能布局，分区配置防护、景观型植物及水利、道路等基础设施，构建新旧元素融合的生态文化景观格局；
- e) 景观规划设计还应根据配套工程的建设要求，配套和完善田间道路、农田防护林、明渠、管道、渡槽、水闸等灌溉与排水、输配电及塘堰、拦河坝、蓄水池等水源工程设施，按 GB/T 30600 的要求执行。

8.3 技术适用性评价过程

8.3.1 构建技术适用性评价指标体系。评价准则层及指标层应通过分析区域地理特征、损毁程度和生态问题诊断结果、复垦修复方向、管控要求、综合效益等因素选取，初步构建评价指标体系，见附录 C.4。

8.3.2 评价指标体系修正。向地质环境、土地复垦、生态修复等领域专家和主管部门、公众征求意见，确定评价指标体系。评价指标权重应采用层次分析法（AHP）、特尔菲法等确定，计算方法按 GB/T 33469 的要求执行。

8.3.3 评价标准划定。根据指标权重和打分结果评价复垦与修复技术的适用性，将评价结果划分为适用、基本适用和不适用，并编制土地复垦与生态修复技术适用性评价结果表，见附录表 C.5。

9 成效评价

9.1 一般要求

土地复垦与生态修复成效评价应以开采前矿山生态系统和参照生态系统为基准，评价地貌重塑、水域重构、土壤重构、植被重建、生态系统恢复的效果和效益，并明确适应性管理措施。

9.2 效果评价

9.2.1 土地复垦与生态修复效果应分析矿山地质环境治理、土地复垦利用和生态系统恢复的调查监测指标是否达到或优于开采前或周边参照生态系统水平。

9.2.2 矿山地质环境应从地裂缝治理、地下水水位变化、地下水水质及土壤环境质量等分析评价。

9.2.3 土地复垦利用应从复垦修复后土地利用类型面积、土壤质量、土地生产力、积水区利用、配套设施等分析评价。

9.2.4 生态系统恢复应从生态系统结构、质量、格局、服务及地表水水质、水域形态、连通性、大气环境质量等分析评价。

9.3 效益评价

9.3.1 土地复垦与生态修复效益应从经济、社会和生态方面评价。

9.3.2 经济效益应对复垦修复的资金投入与预期效益测算，从成本、恢复土地的价值、本地居民收入提升情况及生态衍生产业产值等开展评价，按 TD/T 1102 的要求执行。

9.3.3 社会效益应从增加就业岗位、公众满意度等开展评价，按 GB/T 40762 的要求执行。

9.3.4 生态效益应根据开采前、开采后、复垦修复后的生态系统状况，从生态胁迫因子消除、生态系统数量结构和空间结构优化、生态系统质量改善、生态系统服务功能提升程度等开展评价，按 HJ 1272 的要求执行。

9.3.5 复垦修复效益评价指标体系、指标计算方法和数据来源见附录 D.1~附录 D.2。

9.4 适应性管理

9.4.1 适应性管理应贯穿土地复垦与生态修复评价的全过程。应基于全过程、全要素的调查监测，对照煤矿复垦修复方向，评估预防控制、复垦修复技术及实验的效果，及时发现复垦修复过程中新产生或潜在的矿山地质环境、土地资源损毁及生态系统损伤问题。

9.4.2 适应性管理应评估煤炭开采后受损生态系统是否已遏制退化并朝“正向演替”方向发展。在结果和风险可控的原则下，对可能导致偏离复垦修复方向、复垦修复效果不显著甚至产生“负向效益”的复垦修复技术、工程部署和时序安排进行调整修正。

10 评价成果

- 10.1 土地复垦与生态修复评价成果应包括评价报告的编制与评价数据的管理。
- 10.2 评价报告应包括前言、评价区域概况、土地复垦与生态修复评价、评价结论和土地复垦与生态修复适应性管理。评价报告封面及内容格式见附录 F。
- 10.3 对评价工作实施前、实施中和实施后产生的报告、图纸、影像、征求意见等数据资料及时分类收集、整理、编目、存档，并建立评价数据集，实施数据资料管理。评价工作完成后，涉及社会公众关注的成果数据或数据目录，履行相关的审核程序后，可对外发布。

附录 A
(资料性)
平原区井工煤矿基础信息调查监测内容

基础信息调查监测内容类别与指标见表A.1。

表 A.1 基础信息调查监测内容类别与指标

调查监测类别	调查监测内容	调查监测指标	开采前	开采后		复垦修复后		
				第一次监测	.....	第一年	第二年	第三年
地质环境治理	地下水环境	地下水位	●	●	●	●	●	●
		地下水水质	●	●	●	●	●	●
	地表沉陷	下沉值	-	●	●	-	-	-
		面积	-	●	●	-	-	-
		水平变形	-	●	●	-	-	-
		附加倾斜	-	●	●	●	●	●
		地面标高	●	●	●	●	●	●
		是否积水	-	●	●	●	●	●
	地裂缝	数量	-	●	●	●	●	●
		长度	-	●	●	●	●	●
		宽度	-	●	●	●	●	●
	土壤环境	土壤污染项目 ^a	●	●	●	●	●	●
		土壤微量项目 ^b	●	●	●	●	●	●
土地复垦利用	土地利用类型	土地利用类型	●	●	●	●	●	●
		土地利用面积	●	●	●	●	●	●
	积水区	位置	-	●	●	●	●	●
		类型	-	●	●	●	●	●
		深度	-	●	●	●	●	●
		面积	-	●	●	●	●	●
		水质	-	●	●	●	●	●
		储水量	-	●	●	●	●	●
	土地退化	土壤物理性质	●	●	●	●	●	●
		土壤养分	●	●	●	●	●	●
		土壤侵蚀	●	●	●	●	●	●
		土壤盐碱化	●	●	●	●	●	●
	配套设施	类型 ^c	●	●	●	●	●	●
		数量	●	●	●	●	●	●
		位置	●	●	●	●	●	●
		损毁程度	-	●	●	-	-	-
生态系统恢复	生态状况调查	农田生态系统	●	●	●	●	●	●
		湿地生态系统	●	●	●	●	●	●
		森林生态系统	●	●	●	●	●	●
		草地生态系统	●	●	●	●	●	●
	生态系统格局	生态系统类型比例	●	●	●	●	●	●
		生态系统类型面积变化	●	●	●	●	●	●
		平均斑块面积	●	●	●	●	●	●
		边界密度	●	●	●	●	●	●
		聚集度	●	●	●	●	●	●

表A.1 基础信息调查监测内容类别与指标（续）

调查监测类别	调查监测内容	调查监测指标	开采前	开采后		复垦修复后		
				第一次监测	.....	第一年	第二年	第三年
生态系统恢复	生态系统服务	农作物产量	●	●	●	●	●	●
		水源涵养量	●	●	●	●	●	●
		土壤保持量	●	●	●	●	●	●
		碳储量	●	●	●	●	●	●
	生态系统质量	植被覆盖度	●	●	●	●	●	●
		生物量	●	●	●	●	●	●
		水体富营养化	●	●	●	●	●	●
	地表水环境	地表水面积	●	●	●	●	●	●
		地表水水质	●	●	●	●	●	●
		地表水水位	●	●	●	●	●	●
		水系连通性	●	●	●	●	●	●
		平面形态	●	●	●	●	●	●
		水岸线	●	●	●	●	●	●
	大气环境	污染物类型	●	●	●	●	●	●
		污染物浓度	●	●	●	●	●	●
		影响范围	●	●	●	●	●	●
		污染每年发生时长	●	●	●	●	●	●

注：● 表示建议监测调查内容。

^a 土壤污染项目包括镉、铬、汞、砷、铅、铜、锌、镍。

^b 土壤微量项目包括铁、锰、硼、钼。

^c 配套设施类型包括灌溉与排水设施、道路、建筑物、岸坡防护设施、沟道治理设施、输配电设施。

附录 B
(资料性)
矿山问题诊断评价分级标准

土地损毁程度评价分级标准见表B.1。

表 B. 1 土地损毁程度评价分级标准

土地利用类型	二级类	水平变形 mm/m	附加倾斜 mm/m	下沉 m	沉陷后潜水位埋深 m	生产力降低 %	损毁等级	推荐复垦修复模式
耕地	水浇地	≤4.0	≤6.0	≤1.5	≥1.5	≤20.0	轻度	自然恢复为主
		4.0~8.0	6.0~12.0	1.5~3.0	0.5~1.5	20.0~60.0	中度	辅助再生为主
		>8.0	>12.0	>3.0	<0.5	>60.0	重度	生态重建为主
	旱地	≤8.0	≤20.0	≤2.0	≥1.5	≤20.0	轻度	自然恢复为主
		8.0~16.0	20.0~40.0	2.0~5.0	0.5~1.5	20.0~60.0	中度	辅助再生为主
		>16.0	>40.0	>5.0	<0.5	>60.0	重度	生态重建为主
	水田	≤3.0	≤4.0	≤1.0	≥1.0	≤20.0	轻度	自然恢复为主
		3.0~6.0	4.0~10.0	1.0~2.0	0~1.0	20.0~60.0	中度	辅助再生为主
		>6.0	>10.0	>2.0	<0	>60.0	重度	生态重建为主
林园草地	≤8.0	≤20.0	≤2.0	≥1.0	≤20.0	轻度	自然恢复为主	
	8.0~20.0	20.0~50.0	2.0~6.0	0.3~1.0	20.0~60.0	中度	辅助再生为主	
	>20.0	>50.0	>6.0	<0.3	>60.0	重度	生态重建为主	

注1：任何一项指标达到相应标准即认为土地损毁达到该损毁等级。

注2：该表格引自 TD/T 1031.3。

地裂缝损毁分级标准见表B.2。

表 B. 2 地裂缝损毁分级标准

损毁程度	轻度	中度	重度	极度
地表破坏程度	未出现裂缝，地表局部地段可见微细破裂，垂直位错量或水平张开量小于1mm；建(构)筑物未受损	地表可见裂缝，垂直位错量或水平张开量1mm~10mm；地表及建(构)筑物局部出现裂缝	地表开裂，垂直位错量或水平张开量10mm~50mm；道路、建(构)筑物出现裂缝	地表明显开裂，垂直位错量或水平张开量大于50mm；管线错断或变形明显、建筑物开裂明显
近5年平均活动速率v (mm/a)	<0.1	0.1~<1.0	1~<5.0	≥5.0
推荐复垦修复模式	自然恢复为主	辅助再生为主	辅助再生为主	生态重建为主

注：任何一项指标达到相应标准即认为达到该损毁等级。

土壤养分含量分级标准见表B.3。

表 B. 3 土壤养分含量分级标准

有机质含量 g/kg	全氮 g/kg	全磷 g/kg	碱解氮 mg/kg	有效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	丰缺	级别
≥40.0	≥2.0	≥1.0	≥150.0	≥40.0	≥200.0	很高	一级
30.0~<40.0	1.5~<2.0	0.8~<1.0	120.0~<150.0	20.0~<40.0	150.0~<200.0	高	二级
20.0~<30.0	1.0~<1.5	0.6~<0.8	90.0~<120.0	10.0~<20.0	100.0~<150.0	中上	三级
10.0~<20.0	0.75~<1.0	0.4~<0.6	60.0~<90.0	5.0~<10.0	50.0~<100.0	中	四级
6.0~<10.0	0.5~<0.75	0.2~<0.4	30.0~<60.0	3.0~<5.0	30.0~<50.0	低	五级
<6.0	<0.5	<0.2	<30.0	<3.0	<30.0	极低	六级

注：该表格引自全国第二次土壤普查养分分级。

土壤盐渍化程度分级标准见表 B.4。

表 B. 4 土壤盐渍化程度分级标准

类型	轻度	中度	强度	盐土
作物生长情况	稍有抑制	中等抑制	严重抑制	死亡
表土层（全盐量）	<0.2	0.2~<0.4	0.4~<0.8	-
100cm土体（全盐量）	<0.1	0.1~<0.3	0.3~<0.5	-
0~20cm (CL ⁻ , SO ₄ ²⁻)	0.15~<0.25	0.25~<0.40	0.40~<0.60	-
推荐复垦修复模式	自然恢复为主	辅助再生为主	辅助再生为主	生态重建为主

注1：含盐单位为‰。
注2：该表格引自DZ/T 0295。

土壤碱化程度分级标准见表B.5。

表 B. 5 土壤碱化程度分级标准

土壤碱化强度	无碱化	轻度碱化	中度碱化	重度碱化	极重度碱化
土壤pH值	5.5~<8.5	8.5~<9.0	9.0~<9.5	9.5~<10.0	pH≥10.0
推荐复垦修复模式	-	自然恢复为主	自然恢复为主	辅助再生为主	辅助再生为主

注1：土壤碱化强度指受人为影响后呈现的土壤 pH 值，可根据区域自然背景状况适当调整。
注2：该表格引自HJ 964。

土侵蚀程度分级标准见表B.6。

表 B. 6 土壤侵蚀程度分级标准

土壤发生层状况	土壤表层侵蚀状况	土壤侵蚀程度分级	复垦修复模式
土壤腐殖质层、淀积层、母质层剖面保持完整	土壤表层完整	无明显侵蚀	自然恢复为主
土壤腐殖质层保留厚度超过1/2, 淀积层和母质层剖面保持完整	土壤表层少部分被侵蚀	轻度侵蚀	自然恢复为主
土壤腐殖质层保留厚度小于1/2, 淀积层和母质层剖面保持完整	土壤表层50%以上被侵蚀	中度侵蚀	辅助再生为主
土壤腐殖质层无保留, 淀积层开始裸露, 母质层剖面保持完整	土壤表层全部被侵蚀	重度侵蚀	生态重建为主
土壤腐殖质层和淀积层无保留, 母质层开始裸露	母质层受到侵蚀	重度侵蚀	生态重建为主

注：该表格引自GB/T 42251。

生态系统质量分级标准见表B.7。

表 B. 7 生态系统质量分级标准

生态系统类型	评价指标	优	良	中	低	差
湿地	TLI	<30	30~50	>50~60	>60~70	>70
森林	RBD	≥85%	70%~<85%	50%~<70%	25%~<50%	RBD<25%
草地	C	≥85%	70%~<85%	50%~<70%	25%~<50%	<25%

注1：TLI为水体富营养化状况指数。
注2：RBD为生物量密度。
注3：C为植被覆盖度。
注4：该表格修改自GB/T 42340。

环境空气质量标准见表B.8。

表 B.8 环境空气质量标准

污染物项目	优	良	差
基本项目或其他项目	$P \leq R1$	$R2 \leq P < R1$	$P < R2$
注1：R1为一级浓度限值；R2为二级浓度限值。			
注2：P为污染物浓度。			
注3：该表格引自 GB 3095。			

附录 C
(资料性)
土地复垦与生态修复技术适用性评价体系

土地平整技术适用范围见表C.1。

表 C.1 土地平整技术适用范围

技术类型		适用范围
田面平整	条田	地势低洼、洪涝灾害频发或地势平坦、排水不畅以及低度盐碱化和次生盐碱化的区域
	深沟台田	排水良好、混合型或条带型的沉陷地及易发生盐碱化的区域
	格田	平原地区可复垦为水稻田的沉陷地
田坎修筑	土坎	土质黏性较好的区域
	土石混合坎或植物坎	土质稳定性较差、易水土流失的区域
场地平整	断面法	高差变化较大、地形起伏较大、自然地面复杂或垂直挖深度较大、截面不规则的区域及道路等带状地形
	方格网法	适用于平坦及高差不太大、地形比较平缓的地区
	散点法	起伏变化比较均匀、不太复杂的地形区
	DEM法	适用于除水下地形以外的任意区域

不同岸坡防护技术适用范围见表C.2。

表 C.2 不同岸坡防护技术适用范围

岸坡类型	适用范围
植物	边坡土质条件较好、坡度平缓（坡比 $<1:2.5$ ）、流速 $<1.0 \text{ m/s}$ 的河道
石笼	水流流速较大、景观要求一般的河道
生态毯、生态袋	水流流速平缓、岸后用地条件好、生态景观要求较高的河道
铰接混凝土块	水流流速较高、侵蚀严重、坡面相对平整的河道岸坡
生态、无砂混凝土	流速平缓、水位变动较大的河道岸坡
注：岸坡防护技术应遵循生态、保土、透水和防堵的原则设置反滤层。	

植物物种配置选择适用范围见表C.3。

表 C. 3 植物种配置选择适用范围

植被重建区域	植物物种选择
耕地	粮食作物: 大麦、小麦、玉米、稻谷等
	经济作物: 花生、大豆、油菜、芝麻等
林园地	景观: 雪松、二球悬铃木、复叶槭、七叶树、楸树等
	水源涵养: 油松、侧柏、麻栎、榆树等
	水土保持: 枫杨、栓皮栎、皂莢、泡桐等
	农田防护: 毛白杨、旱柳、垂柳、元宝槭等
	用材: 加杨、麻栎、国槐、臭椿、香椿等
	林果: 杧、石榴、柿、梨子、苹果、桃等
草地	早熟禾、翦股颖、狗尾草、高羊茅、结缕草类、天鹅绒、马尼拉、香附子等
水陆交错带	乔木: 河柳、金丝垂柳、水杉、池杉、落羽杉、中山杉、重阳木、乌桕、白蜡、榔榆、桑、黄连木、枫杨、梧桐、棠梨、侧柏、女贞等
	灌木: 大叶黄杨、紫穗槐、花叶杞柳、红瑞木、夹竹桃、金钟、黄馨、木槿、紫荆、迎春、紫薇、石楠、海桐、木芙蓉等
	草本: 鸢尾、麦冬、白三叶、狗牙根、黑麦草、天堂草、萱草等
水域	湿生植物 (0~30cm): 稗、沿沟草、巨序剪股颖、野黍、水麦冬、东方藨草、蘭草、假稻、旋鳞莎草、荸荠类、薹草类等
	沉水植物 (100~150cm): 苦草、金鱼藻、狐尾藻、伊乐藻、菹草等
	浮水植物 (30~100cm): 睡莲、芡实、菱、荇菜、浮萍、凤眼莲、水罂粟等
	挺水植物 (30~100cm): 荷花、芦苇、荻、菖蒲、水生美人蕉、再力花、千屈菜、芦竹、香蒲、慈姑、水葱、梭鱼草等
	漂浮植物: 浮萍、紫萍、槐叶萍等

注: 不同植物物种应按GB/T 15776、LY/T 2356和NY/T 1342要求进行配置。

土地复垦与生态修复技术适用性评价指标体系见表C.4。

表 C. 4 土地复垦与生态修复技术适用性评价指标体系

目标层	准则层	指标层
土地复垦与生态修复技术适用性评价	自然可能性	地质
		水文
	复垦修复方向	.....
		复垦修复用地类型
		复垦修复预期效果
	损毁情况	.....
		损毁类型
		损毁程度
	环境影响	.....
		安全性
		耐久性
	经济可行性	.....
		工程施工费用
		其它费用
	技术性	.....
		技术成熟度
	预期效益	技术推广可行性
	
		经济效益
		社会效益
		生态效益
	

土地复垦与生态修复技术适用性评价结果表见表C.5。

表 C.5 土地复垦与生态修复技术适用性评价结果表

复垦修复单元	复垦修复方向	修复技术	适用性等级
1			
2			
3			
.....

附录 D
(资料性)
土地复垦与生态修复效益评价体系

D. 1 评价指标

土地复垦与生态修复效益评价指标体系见表D.1。

表 D. 1 土地复垦与生态修复效益评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	评估方法
经济效益	成本	单位面积投资	调查统计
	恢复土地的价值	-	调查统计
	本地居民收入提升	-	调查统计
	生态衍生产业产值	-	调查统计
	固体废弃物综合利用	土源成本、产业利润	调查统计
社会效益	新增就业岗位	-	调查统计
	公众满意度	-	调查统计
生态效益	生态胁迫因子消除	>25°坡耕地面积	调查统计
		碳排放量	现场监测、遥感监测、模型测算
		地质安全隐患	调查统计、现场监测、遥感监测
		土壤污染	现场监测、模型测算
		水污染	现场监测、模型测算
	生态系统格局优化	生态连通性	遥感监测、模型测算
		生态系统类型面积及比例	遥感监测、模型测算
		空间格局	遥感监测、模型测算
	生态系统质量改善	生物量	遥感监测、模型测算
		植被覆盖度	遥感监测、模型测算
		盐碱化土地面积	遥感监测、模型测算
	生态系统服务功能和价值提升	农产品生产	现场监测、模型测算
		水源涵养	遥感监测、模型测算
		土壤保持	遥感监测、模型测算
		碳储量	遥感监测、模型测算

D. 2 指标计算方法及数据来源

D. 2. 1 成本

指标解释：计算单位面积复垦修复投资，用于复垦效益评估，或支撑判断是否存在过度修复的问题。

数据来源：复垦修复工程实施方案、规划设计、验收材料、现场调查等。

D. 2. 2 恢复土地的价值

指标解释：根据恢复土地的利用类型和开发利用方向，评估复垦修复工程恢复土地的数量及恢复后可能产生的经济价值。

数据来源：复垦修复工程实施方案、规划设计、验收材料、现场调查与访谈等。访谈对象包括生态保护与复垦修复利益相关方（社区、农村集体经济组织、个人等）及相关领域专家等。

D. 2. 3 本地居民收入提升

指标解释：评估复垦修复工程实施是否增加了本地居民的收入及其数量。

数据来源：统计、财政、自然资源等部门，以及现场调查与访谈等。访谈对象包括生态保护与复垦修复利益相关方（社区、农村集体经济组织、个人等）及相关领域专家等。

D. 2. 4 生态衍生产业产值

指标解释：评估复垦修复工程是否充分带动了相关产业的发展及衍生产业产值情况。

数据来源：统计、财政、自然资源等部门，或现场调查与访谈等。访谈对象包括生态保护与复垦修复利益相关方（社区、农村集体经济组织、个人等）及相关领域专家等。

D. 2. 5 固体废弃物综合利用情况

指标解释：根据煤矸石、煤泥等固体废物的利用方向，计算固体废物充填与正常土壤充填成本的差值，或计算固体废物制砖、发电等带来的利润，即固体废物产业收入与成本的差值，评估其复垦修复成本减少或产业利润增加情况。

数据来源：矿山企业、固体废物加工企业及自然资源、生态环境等部门。

D. 2. 6 新增就业岗位

指标解释：评估复垦修复工程实施是否新增了就业岗位及其数量。

数据来源：统计、财政、自然资源等部门，或现场调查与访谈等。访谈对象包括生态保护与复垦修复利益相关方（社区、农村集体经济组织、个人等）及相关领域专家等。

D. 2. 7 公众满意度

指标解释：通过向本地居民分发调查问卷，评估本地居民对复垦修复工程实施的满意程度。

数据来源：现场调查与访谈等。访谈对象包括生态保护与复垦修复利益相关方（社区、农村集体经济组织、个人等）及相关领域专家等。

D. 2. 8 生态胁迫因子消除

D. 2. 8. 1 >25°坡耕地面积

指标解释：计算复垦修复工程实施前后，各单元内大于25°坡耕地与耕地总面积的比值，评估大于25°坡耕地面积比例减少情况。

数据来源：复垦修复工程实施方案、规划设计、验收材料、现场调查、煤矿涉及区（市、县）年度国土变更调查等。

D. 2. 8. 2 碳排放量

指标解释：计算各复垦修复单元工程实施后，二氧化碳排放量与基准值的差值，评估碳排放减少量。

数据来源：统计、生态环境等部门的碳排放监测数据，及使用遥感监测与计量模型相结合的方法进行测算。

D. 2. 8. 3 地质安全隐患

指标解释：根据各复垦修复工程实施前后地裂缝的数量、地表稳定的面积等，评估地质隐患消除率。

数据来源：复垦修复工程实施方案、规划设计、验收材料、现场调查等。

D. 2. 8. 4 土壤污染

指标解释：计算复垦修复工程实施后单元内土壤污染面积、污染物浓度的减少量，评估不合理土地利用结构和方式、生产生活造成的土壤污染胁迫消除或改善情况。

数据来源：复垦修复工程实施方案、规划设计、验收材料、现场监测、现场调查等。

D. 2. 8. 5 水环境污染

指标解释：计算复垦修复工程实施后单元内地表水、地下水污染面积、污染物浓度的减少量，评估不合理土地利用结构和方式、生产生活造成的水污染胁迫消除或改善情况。

数据来源：复垦修复工程实施方案、规划设计、验收材料、现场监测、现场调查等。

D. 2. 9 生态系统格局优化

D. 2. 9. 1 生态连通性

指标解释：计算复垦修复工程实施后，连接度、聚集度等指数与基准值的差值，评估生态连通性的变化情况。

数据来源：遥感和实地调查、文献资料以及自然资源、林草等部门

D. 2. 9. 2 生态系统类型面积及比例

指标解释：计算复垦修复工程实施后，农田、湿地、森林、草地等生态系统类型面积及构成比例与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：遥感和实地调查、文献资料以及自然资源、林草等部门。

D. 2. 9. 3 空间格局

指标解释：计算复垦修复工程实施后，斑块数、平均斑块面积、边界密度等生态系统空间格局特征与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：遥感和实地调查、文献资料以及自然资源、林草等部门。

D. 2. 10 生态系统质量改善

D. 2. 10. 1 生物量

指标解释：计算各复垦修复工程实施后，生物量与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：遥感解译或地面调查统计。

D. 2. 10. 2 植被覆盖度

指标解释：计算各复垦修复工程实施后，植被覆盖度与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：遥感解译或现场调查、文献资料以及自然资源、林草等部门。

D. 2. 10. 3 盐碱化土地面积

指标解释：计算各复垦修复工程实施后，盐碱化土地面积与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：遥感解译或现场调查等。

D. 2. 11 生态系统服务功能和价值提升

D. 2. 11. 1 农产品生产

指标解释：计算各复垦修复工程实施后，农产品生产价值与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：遥感或实地调查、文献资料以及自然资源、农业农村、统计等部门。

D. 2. 11. 2 水源涵养

指标解释：计算各复垦修复工程实施后，水源涵养量与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：各区域的降雨量、暴雨径流量和蒸散发量可以通过收集气象数据、公开发表文献等获取。

D. 2. 11. 3 土壤保持

指标解释：计算各复垦修复工程实施后，土壤保持量与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：气象数据、土地利用数据、土壤属性、土壤容重、氮、磷含量数据等来源于气象、自然资源等相关部门以及实地土壤调查。

D. 2. 11. 4 碳储量

指标解释：计算各复垦修复工程实施后，碳储量与基准值的差值，评估变化情况。

数据来源：遥感或实地调查、文献资料以及自然资源、林草等部门。

附录 E
(资料性)
土地复垦与生态修复评价报告

XXX 煤矿

土地复垦与生态修复评价报告
(一号黑体)

编制单位: XX (小三号黑体字)

项目单位: XX (小三号黑体字)

XX 年 XX 月 XX 日
(小三号黑体字)

E. 1 土地复垦与生态修复评价报告封面

E. 2 地复垦与生态修复评价报告编写格式

土地复垦与生态修复评价报告由封面、报告目录、正文、参考文献、附录等组成。

E. 2. 1 封面

包括报告标题、编写单位及编写时间等。

E. 2. 2 报告目录

一般列出二到三级目录。

E. 2. 3 正文

包括：

E. 2. 3. 1 前言

主要包括土地复垦与生态修复评价技术的工作背景与意义、组织形式与工作过程。

E. 2. 3. 2 评价区域概况

主要包括评价范围内自然、社会经济、生产建设活动和土地复垦与生态修复概况。

E. 2. 3. 3 土地复垦与生态修复评价

主要包括基础信息调查监测、井工煤矿开采造成的地质环境、土地资源和生态系统问题的识别与诊断评价，在此基础上开展土地复垦与生态修复适宜性评价、复垦修复的技术适用性与成效评价。

E. 2. 3. 4 评价结论

主要包括评价结果及区域土地复垦与生态修复过程中存在的问题。

E. 2. 3. 5 土地复垦与生态修复适应性管理

主要包括平原区井工煤矿土地复垦与生态修复适应性管理的意见建议。

E. 2. 4 参考文献

E. 2. 5 附件

E. 2. 5. 1 附图

E. 2. 5. 2 附表

参 考 文 献

- [1] GB/T 37574—2019 采煤塌陷区水资源环境调查与评价方法
- [2] DA/T 28—2018 建设项目档案管理规范
- [3] SL/T 800—2020 河湖生态系统保护与修复工程技术导则
- [4] NB/T 10533—2021 采煤沉陷区治理技术规范
- [5] TD/T 1049—2016 矿山土地复垦基础信息调查规程
- [6] 胡振琪, 等, 2024. 土地复垦与生态修复 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社.
- [7] 国家安全监管总局, 国家煤矿安监局, 国家能源局, 国家铁路局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范 (安监总煤装〔2017〕66号). 2017年5月.