

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

黄土丘陵沉陷区重力侵蚀防治技术规范

Technical specifications for the prevention and control of gravity erosion in the
subsidence area of loess hills

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2026 年 8 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国煤炭加工利用协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

 4.1 指导原则 2

 4.2 总体目标 2

 4.3 工作程序 2

5 调查与评估 2

 5.1 一般要求 2

 5.2 综合调查 3

 5.3 详细调查 3

 5.4 侵蚀评估 3

6 总体布置 4

7 防治措施 5

 7.1 排水工程 5

 7.2 拦挡与防护工程 6

 7.3 土地整治工程 6

 7.4 植物措施 7

8 监测与效果评价 8

 8.1 一般要求 8

 8.2 监测 8

 8.3 防治效果评价 8

9 管理与维护 9

附录 A（资料性） 黄土丘陵沉陷区重力侵蚀防治调查表 10

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。

本文件由中国煤炭加工利用协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

征求意见稿专用

黄土丘陵沉陷区重力侵蚀防治技术规范

1 范围

本文件规定了黄土丘陵沉陷区重力侵蚀防治的总则、调查与评估、总体布置、防治措施、监测与效果评价、管理与维护等方面的技术要求。

本文件适用于黄土丘陵地区因煤炭地下开采引起的地表沉陷及其伴生的地裂缝、崩塌、滑坡、沟道重力侵蚀等防治与生态修复。

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 51018 水土保持工程设计规范~~

GB/T 15776 造林技术规程

GB/T 16453.1 水土保持综合治理 技术规范 坡耕地治理技术

GB/T 16453.2 水土保持综合治理 技术规范 荒地治理技术

GB/T 16453.3 水土保持综合治理技术规范 沟壑治理技术

GB/T 18337.3 生态公益林建设 技术规程

GB/T 20465 水土保持术语

GB/T 40112-2021 地质灾害危险性评估规范

~~GB/T 42251-2022 采矿沉陷区生态修复技术规程~~

~~GB 51018 水土保持工程设计规范~~

NY/T 1342 人工草地建设技术规程

SL 190-2007 土壤侵蚀分类分级标准

SL/T 804 淤地坝技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

黄土丘陵沉陷区

在黄土丘陵地貌背景下，因煤矿开采等人类工程活动或地质作用引起矿层上部及周边岩层平衡条件被破坏，导致地表下沉值达到10mm及以上的区域。

[来源：GB/T 42251，3.1，有修改]

3.2

重力侵蚀 gravitational erosion

土壤及其母质或基岩主要在重力作用下，发生位移和堆积的过程。崩塌、滑坡、泻溜、泥石流等可作为重力作用或包含重力作用的侵蚀表现形式。

注：本文件中，采矿沉陷及地裂缝作为诱发或加剧重力侵蚀的重要地表变形因素进行调查与防治。

[来源：GB/T 20465，2.2.16，有修改]

3.3

混合侵蚀 mixed erosion

在两种或两种以上侵蚀营力共同作用下形成的一种侵蚀类型，如崩岗、泥石流等。

[来源：GB/T 20465，2.2.18，有修改]

3.4

活土层 active soil layer

土壤剖面中适宜植物根系生长、具有较好土壤结构和肥力状况的土层；在自然土壤中通常指腐殖质层及其过渡层；在耕作土壤中指经耕作的表层土壤。

3.5

土壤发生层 soil genetic horizon

土壤剖面中由成土过程形成、具有相对稳定特征的土层。土壤发生层包括A层、B层和C层，分别表示腐殖质层、淀积层、母质层。

3.6

地裂缝 ground fissure

地表岩层、土体在自然因素或人为因素作用下，形成具有一定长度、宽度和深度裂缝地表破坏的地质现象。

[来源：GB/T 40112，3.3，有修改]

4 总则

4.1 指导原则

4.1.1 预防为主，防治结合。在矿产资源开发规划阶段，评价地质环境影响，预测沉陷区重力侵蚀风险，对潜在危险区预先采取防范措施。

4.1.2 因地制宜，分区防治。根据沉陷区的发展阶段、重力侵蚀类型、危害度及当地自然社会经济条件，选择技术可行、经济合理的防治技术措施。

4.1.3 统筹兼顾，综合治理。将重力侵蚀防治与水土保持、土地复垦及生态环境修复紧密结合，采取工程措施与生物措施相结合的系统治理方案。

4.1.4 安全经济，动态调整。确保防治工程安全，力求技术方案生态友好、经济合理，同时加强对沉陷区重力侵蚀的动态监测，并动态调整和优化防治方案。

4.1.5 多规衔接，协同治理。防治工作应与水土保持规划、矿山地质环境保护与土地复垦方案、黄河流域生态保护相关规划相协调，统筹水利、自然资源、生态环境等多部门管理要求。

4.2 总体目标

4.2.1 最大程度预防和降低重力侵蚀及包含重力侵蚀的混合侵蚀对人员生命、财产、设施和生态环境的危害，保障区域安全。

4.2.2 有效遏制水土流失，提升土地的生产、生态与景观价值，实现土地资源的可持续利用，推动黄土丘陵沉陷区生态系统逐步改善与恢复。

4.3 工作程序

4.3.1 重力侵蚀防治工作按照调查与评估、总体布置、防治措施实施、监测与效果评估、管理与维护的程序开展。

4.3.2 调查与评估。开展沉陷区地质、水文、气象、植被、人类活动及历史灾害调查，识别重力侵蚀及包含重力侵蚀的混合侵蚀隐患点，进行土壤侵蚀程度、重力侵蚀强度、危害性分级。

4.3.3 总体布置与防治措施实施。基于调查与评估结果，明确防治分区和重点，制定总体防治规划，并根据规划实施工程措施、生物措施等防治措施。

4.3.4 监测与效果评估。通过布设监测网络对防治工程与隐患点进行周期性观测，并定期评估其在控制重力侵蚀、稳定边坡方面的实际效果。

4.3.5 管理与维护。通过明确管护责任、建立日常巡查、定期维修等管护机制，实现对工程措施与生物措施的持续性养护与管理，形成全生命周期管理。

5 调查与评估

5.1 一般要求

5.1.1 调查单元划分。根据地形地貌、地质条件、沉陷特征、土地利用类型及重力侵蚀类型等，将调查区域划分为若干调查分区和调查单元。调查单元应具有相对独立的地形、地质或侵蚀特征，并能够反

映区域重力侵蚀的主要类型及其空间差异。

5.1.2 调查范围。地面沉陷的调查范围包括煤矿开采活动可能产生地面沉陷的全部区域；地裂缝的调查范围应涵盖地裂缝发育带及其潜在延伸、影响的全部区域；滑坡、崩塌调查范围应根据斜坡结构、变形特征、潜在影响范围及威胁对象确定；泥石流调查范围以完整的沟道流域边界为限。

5.1.3 调查方法。一般包括资料收集、遥感解译和野外调查等方法。

5.2 综合调查

黄土丘陵沉陷区重力侵蚀防治需综合调查的内容包括：

- a) 矿山开发及沉陷情况。包括开采方式、开采范围、煤层埋深、煤层厚度、开采厚度、开采时间、工作面布置、采空区分布、地表沉陷范围等，见附录 A 中表 A.1。
- b) 自然地理与地形地貌。包括地形地貌类型、高程、坡度、坡向、沟壑密度、地形起伏度等；
- c) 地质与水文地质。包括地层岩性、岩土体结构、风化程度、节理裂隙、软弱夹层、地下水埋深、地下水补径排条件、地表水系等；
- d) 水土侵蚀状况。包括土壤侵蚀类型、土壤侵蚀程度、侵蚀强度、侵蚀沟发育情况、沟头及沟岸侵蚀状况、坡面侵蚀特征等；
- e) 土壤本底状况。包括土壤类型、土层厚度、活土层厚度、土壤质地、土壤容重、有机质含量及土壤侵蚀基线等。对具有明显土壤发生层的区域，应调查 A、B、C 层厚度及分布特征；对无明显土壤发生层的区域，应调查活土层厚度及母质层特征；
- f) 植被状况。包括植被类型、植被覆盖度、主要植物种类、群落结构及植被恢复状况等。

5.3 详细调查

5.3.1 沉陷及地裂缝调查。应查明沉陷区范围、面积、沉陷深度、地表变形特征及发展趋势，调查地裂缝的分布、长度、宽度、深度、走向及发育程度，并记录对土地、道路、建筑物及其他设施的影响。调查成果应按照附录 A 中表 A.2 和表 A.3 的规定记录。

5.3.2 崩塌、滑坡、泥石流调查。应查明崩塌、滑坡和泥石流的位置、规模、发育特征、变形破坏情况及发展趋势，调查其影响范围和威胁对象。崩塌、滑坡和泥石流调查应按照 DZ/T 0261 的相关规定执行，调查成果应按照附录 A 中表 A.4～表 A.6 的规定记录。

5.3.3 土壤剖面调查。在具有代表性的坡面、沟道及不同土地利用类型区域布设调查点，查明土壤类型、土层厚度、土壤发生层、活土层、土壤质地、土壤结构、根系分布及侵蚀特征等。土壤剖面宜调查至母质层，土层较厚时调查深度宜不小于 100 cm，调查成果应按照附录 A 中表 A.7 的规定记录。

5.3.4 水土侵蚀与植被调查。应查明典型坡面、沟头、沟岸和沟道的水土侵蚀类型、程度及主要侵蚀特征，调查植被类型、植被覆盖度、主要植物种类及生长状况，为重力侵蚀评价、防治分区和植物措施配置提供依据。

5.4 侵蚀评估

5.4.1 土壤侵蚀程度

5.4.1.1 土壤侵蚀程度划分为无明显侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强烈侵蚀和剧烈侵蚀五个级别。

5.4.1.2 有明显土壤发生层的侵蚀程度分级标准见表 1。

表1 有明显土壤发生层的侵蚀程度分级

级 别	指 标
无明显侵蚀	A、B、C三个剖面保持完整
轻度侵蚀	A层保留厚度大于1/2，B、C层完整
中度侵蚀	A层保留厚度大于1/3，B、C层完整
强烈侵蚀	A层无保留，B层开始裸露，受到剥蚀
剧烈侵蚀	A、B层全部剥蚀，C层出露，受到剥蚀

注：引自SL 190-2007 表5.0.1。

5.4.1.3 当侵蚀土壤系由母质甚至母岩直接风化发育的新成土（无法划分 A 层、B 层）、且缺乏完整的土壤发生层剖面进行对比时，可按表 2 进行侵蚀程度分级。

表2 按活土层的侵蚀程度分级

级 别	指 标	级 别	指 标
无明显侵蚀	活土层完整	强烈侵蚀	活土层全部被蚀
轻度侵蚀	活土层小部分被蚀	剧烈侵蚀	母质层部分被蚀
中度侵蚀	活土层厚度50%以上被蚀		

注：引自SL 190-2007表5.0.2。

5.4.1.4 土壤侵蚀基线评估。在防治工程实施前，应建立土壤侵蚀基线数据库，记录各调查单元的土壤发生层保留状况、活土层厚度、侵蚀程度等级等基础数据。防治工程实施后，应定期（不少于每年一次）对比基线数据，评估土壤恢复状况。

5.4.2 重力侵蚀强度

重力侵蚀强度应按照SL 190的相关规定进行分级；对SL 190未明确覆盖的特殊沉陷区重力侵蚀类型，可结合侵蚀规模、发育程度、影响范围及现场调查结果进行综合判定。

5.4.3 危险性

5.4.3.1 引发重力侵蚀的地质灾害发育程度根据地质体的变形和破坏特征分为强发育、中等发育和弱发育三级，各类地质灾害的发育程度见 GB/T 40112-2021 的表 4 至表 13。

5.4.3.2 引发重力侵蚀的地质灾害危害程度分为危害大、危害中等和危害小三级，见表 3。诱发因素根据成因分为自然和人为因素两类，见 GB/T 40112-2021 的表 16。

表3 地质灾害危害程度分级表

危害程度	灾 情		险 情	
	死亡人数/人	直接经济损失/万元	受威胁人数/人	可能直接经济损失/万元
大	> 10	> 500	> 100	> 500
中等	3~10	100~500	10~100	100~500
小	< 3	< 100	< 10	< 100

注1：灾情指已发生的地质灾害。险情指可能发生的地质灾害。危害程度采用“灾情”或“险情”指标评价。

注2：引自GB/T 40112-2021的表15。

5.4.3.3 存在诱发因素时，引发重力侵蚀的地质灾害危险性应根据地质灾害发育程度、危害程度及诱发因素进行综合判定，危险性分为大、中等和小三级，见表 4。具体评价方法应按照 GB/T 40112 的相关规定执行。

表4 地质灾害危险性分级表

危害程度	发育程度		
	强发育	中等发育	弱发育
大	危险性大	危险性大	危险性中等
中等	危险性大	危险性中等	危险性中等
小	危险性中等	危险性小	危险性小

5.4.4 综合评价

5.4.4.1 黄土丘陵沉陷区重力侵蚀防治评价应综合考虑土壤侵蚀程度、重力侵蚀强度和地质灾害危险性等因素。

5.4.4.2 防治分区应以地质灾害危险性为安全控制依据，以重力侵蚀强度和土壤侵蚀程度为治理强度依据，并结合地形地貌、土地利用和生态功能等因素综合确定。

5.4.4.3 当地质灾害危险性等级与侵蚀强度等级不一致时，应以安全风险较高的评价结果作为工程防治措施确定的主要依据，并结合水土保持和生态修复需求确定综合治理措施。

6 总体布置

6.1 土壤侵蚀程度严重的区域，优先布设排水工程、土地整治工程；重力侵蚀严重的区域，优先布设拦挡和防护工程。

6.2 防治措施应与 5.4.3 条确定的地质灾害危险性等级相协调。对危险性大的区域，应优先采取工程措施，并根据相关工程设计标准确定设计工况、荷载组合及安全储备；对危险性中等的区域，应以关键工程措施与生物措施相结合；对危险性小的区域，可采取土地整治与植物措施为主的综合治理方式。

6.3 防治分区可划分为坡顶及沉陷边界区、不稳定边坡及坡面区、坡脚及沟道区等。针对不同的重力侵蚀防治分区，因地制宜制定防治方案：

- a) 坡顶及沉陷边界应以控制地表水集中入渗、稳定沉陷边界为重点，在沉陷边缘、地裂缝集中区及坡顶外围，系统布设截水沟、排水沟，对地裂缝实施裂缝封堵，并结合立地条件配置耐旱、低耗水的水土保持植物措施；
- b) 不稳定边坡及坡面区以固边坡、防冲刷为重点，综合采用梯田、鱼鳞坑等坡面整地工程，失稳区合理配置抗滑桩、挡土墙等防护工程，同时实施植被恢复，增强坡体稳定性，全面提升坡面的抗滑与抗冲刷能力；
- c) 坡脚及沟道区以拦泥沙、固沟道为目标，在坡脚及沟道修建谷坊、淤地坝、拦沙坝等拦蓄工程，实施沟头防护，结合植物措施，有效稳固沟床、抬升侵蚀基准面。

7 防治措施

7.1 排水工程

7.1.1 一般要求

7.1.1.1 排水工程体系包含坡面排水、沟道排水及沉陷区专项排水等措施，合理控制地表径流及重点敏感部位的集中入渗，降低水力侵蚀和重力侵蚀风险。

7.1.1.2 排水工程的布局与形式综合考虑黄土丘陵沉陷区的地形、沉陷、裂缝发育及汇水路径变化等特点，确保排水通畅性和系统适应性。

7.1.1.3 排水设施具备足够的过流能力、防渗性能和抗冲刷能力，在沉陷区保持结构稳定。

7.1.2 布设

7.1.2.1 在沉陷区外围稳定地带布设环形截水沟。

7.1.2.2 沿沉陷边坡坡顶、坡面及道路沿线布设排水沟，并与急流槽、消力池衔接。

7.1.2.3 地裂缝发育区采取裂缝封堵与导排结合的措施，对主要裂缝区布设排水沟。

7.1.2.4 沟头侵蚀活跃区，布设沟头防护工程，通过沟头跌水或排水防止径流冲刷沟头，沟头防护工程的布设符合 GB/T 16453.3 的规定。

7.1.2.5 在沉陷活跃区布设排水设施时，宜采用高柔性排水管材或柔性接口，预留变形缝。

7.1.2.6 排水工程设计应符合 GB 51018 相关规定。

7.1.3 设计

7.1.3.1 依据汇水面积、径流系数及流域特点，计算排水设施的设计流量，合理确定断面形式、纵坡与材质。

7.1.3.2 截水沟、排水沟宜采用梯形或矩形断面，可使用浆砌石、混凝土或生态复合材料构筑，并加强基础防渗处理。

7.1.3.3 急流槽设计根据落差、流量设置消能设施，并做好槽身防冲与基础加固。

7.1.3.4 在地裂缝、沉陷活跃区布置排水设施时，可采用柔性接缝、分段结构或生态型排水形式，预留一定的变形适应能力。

7.1.3.5 沟头防护工程设计符合 GB/T 16453.3 的规定。

7.1.4 施工与管理

7.1.4.1 施工过程中，截水沟、排水沟、急流槽等排水设施应与自然沟道、蓄水设施及下游排水系统合理衔接，确保排水通畅和结构安全。

7.1.4.2 工程完工后定期清理淤积物、检查结构完整性，及时修复裂缝、坍塌或渗漏部位，保障排水工程持续有效。

7.2 拦挡与防护工程

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 拦挡与防护工程体系包括拦挡工程与防护工程两大类。拦挡工程包括谷坊、拦沙坝、挡土墙、抗滑桩、拦渣坎等；防护工程包括护坡、防护网等。

7.2.1.2 拦挡与防护工程布局与类型紧密结合当地地形、地质条件和重力侵蚀特点，优先利用本地建材，降低成本。

7.2.1.3 拦挡与防护工程具备足够的强度和稳定性，能够长期承受土压力、水流冲击等荷载，确保安全运行。

7.2.2 布设

7.2.2.1 拦挡工程。在活跃的沟道内，结合淤地坝布设谷坊、拦沙坝；在沉陷边界、不稳定坡脚及滑坡体前缘，修筑抗滑桩、挡土墙、石笼挡墙等支挡结构；在坡面泻溜、剥落严重区域，可布设拦渣坎、挡渣墙等设施。

7.2.2.2 防护工程。在沉陷边界外围、坡顶及陡坡段，根据边坡稳定和侵蚀特征布设护坡、防护网等防护工程；对于陡立且稳定性差的边坡，宜采用拱形骨架护坡等结构；对于强风化或土质坡面，宜采用生态袋等柔性生态护坡。

7.2.2.3 拦挡与防护工程设计应符合 GB/T 40112 中地质灾害防治措施的相关要求。

7.2.3 设计

7.2.3.1 拦沙坝、谷坊选址需结合物源分布、沟道纵坡、沉陷影响及地基等因素，谷坊的设计符合 GB/T 16453.3 的规定。坝型选择需综合考虑当地材料、沟道特征及防治目标，优先选用当地石料或生态型结构。

7.2.3.2 重力坝可采用浆砌石重力坝或混凝土重力坝。浆砌石重力坝所用石料宜新鲜、完整，质地坚硬，无剥落及裂纹；混凝土重力坝的混凝土性能符合 GB 51018 的规定。

7.2.3.3 抗滑桩、挡土墙等支挡结构宜根据边坡稳定分析结果确定结构形式和布设位置，并进行抗滑、抗倾覆、地基承载力及整体稳定验算；坡面拦渣坎与防护网的设计宜依据坡比、泻溜强度及径流条件，确定其布设位置、间距与断面尺寸。

7.2.3.4 护坡工程根据边坡坡度、潜在滑塌方式及防护要求进行。对稳定性差、坡度大的边坡，宜采用拱形骨架、喷锚支护等刚性防护；对土质边坡或具备生态修复条件的区域，宜选用柔性生态护坡。

7.2.4 施工与管理

7.2.4.1 施工严格按设计执行，实行全过程质量控制。拦挡工程做好地基处理与坝体、墙体的填筑砌筑；防护工程保证排水系统、坡度与结构符合设计，护坡施工满足材料配比与结构稳定性要求。

7.2.4.2 建立覆盖工程全周期的管理制度。施工期间须强化材料、工序及隐蔽工程的质量检验与验收。竣工后实施定期巡查、维护与长期安全监测，及时清理淤积、修复损毁、补植植被，确保工程持续有效运行。

7.3 土地整治工程

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 土地整治工程包括坡面整治、沟道整治与裂缝整治三大类，以稳定地形、恢复土地生产力、消除地质灾害隐患，并为植被恢复创造条件。

7.3.1.2 整治工程紧密结合黄土丘陵沉陷区的地形破碎、地表沉陷及重力侵蚀特点，优化土方调配，降低工程成本。

7.3.1.3 整治后的地形地貌具备良好的稳定性与适宜性，能够有效抵御水流冲刷与重力侵蚀，满足后续生态恢复或农业利用要求。

7.3.2 布设

7.3.2.1 坡面整治布设。在坡度适宜、土层较厚且坡体稳定的坡面，布设水平梯田、隔坡梯田等工程，将坡面整治为连续平整的田面；在立地条件较差或不宜修建梯田的陡坡地段，可布设鱼鳞坑、水平阶等微地形整地工程，分段截流蓄水。

7.3.2.2 沟道整治布设。在具备建设条件的主沟或大型支沟，可根据沟道纵坡、汇水面积、物源条件及下游保护对象布设淤地坝；中小型支毛沟可采用谷坊、沟头防护等措施进行治理。

7.3.2.3 裂缝整治布设。在因地下开采或沉降产生的地裂缝区域实施填堵，布设前需详细勘察裂缝的走向、深度、宽度及稳定性，综合以上因素制定填堵方案。

7.3.3 设计

7.3.3.1 坡面整治设计。梯田设计符合 GB/T 16453.1 和 GB 51018 的要求；鱼鳞坑、水平阶设计符合 GB/T 16453.2 的要求。

7.3.3.2 沟道整治设计。淤地坝的设计按 SL/T 804 和 GB 51018 的相关规定执行。

7.3.3.3 裂缝整治宜采用符合环境质量要求的土壤、砂砾土等材料进行充填，并采用分层回填与机械夯实的施工工艺。确需采用煤矸石等矿山固体废弃物作为充填材料时，应开展环境风险评价，其浸出液污染物浓度应符合现行相关标准要求，并采取防渗、防淋溶等措施。距地表 0.5 m~1.0 m 范围内的植物根系主要分布区，宜回填经改良的表土或营养土。填堵完成后应对地表进行平整处理，使其与周边地貌自然衔接。填堵完成后应开展沉降监测，待沉降基本稳定且裂缝无明显扩展后，方可进行植被恢复。

7.3.4 施工与管理

7.3.4.1 梯田工程的施工与管理按 GB/T 16453.1 的相关规定执行。

7.3.4.2 淤地坝的施工与管理按 SL/T 804 和 GB 51018 的相关规定执行。

7.3.4.3 裂缝填堵施工过程严格监控分层厚度与夯实遍数，压实度符合设计要求。

7.3.4.4 土地整治区域在植被未完全覆盖前，进行围封养护，定期检查，对出现的局部沉降、裂缝或冲刷沟及时修补。

7.4 植物措施

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 植物措施以自然恢复与人工促进相结合的原则，保护沉陷区原有植被群落，充分发挥林草的水土保持、水源涵养和土壤改良功能。

7.4.1.2 根据不同防治区域的功能需求和立地条件进行设计，坡顶及沉陷边界以水源涵养和防护为主，不稳定边坡以固土护坡和控制浅层滑坡为主，坡脚及沟道以拦沙固沟和改善生态环境为主。

7.4.2 植物选择

植物选择应综合考虑水分承载能力、土壤条件、抗旱性、根系特征及生态功能，优先选用乡土、耐旱、低耗水植物种，合理控制乔灌木比例和种植密度。

7.4.3 建植技术

7.4.3.1 造林技术。以植苗造林为主，在立地条件较好、土壤墒情允许的区域可辅助实施播种造林。造林设计及施工符合 GB/T 15776 和 GB/T 18337.3 的规定。

7.4.3.2 种草技术。可采用人工撒播、条播或液压喷播等混播的方式，结合灌草配置，构建稳定草灌群落。在陡峭、破碎的边坡宜采用植生袋等生态加固技术。种草技术符合 GB/T 16453.2 和 NY/T 1342 的规定。

7.4.4 管理

7.4.4.1 植物措施实施后，进行持续 3 至 5 年的专项管护，并根据区域气候特点、立地条件和建植植物生理生态学特征等，采用相应的管理养护措施。

7.4.4.2 林草成活率或萌发率达不到要求，存在缺苗、死苗或漏植等现象时，及时实施补植补种。

7.4.4.3 因种植密度不合理导致植被衰退时，应根据立地条件和植物生长状况采取间伐、补植、补播等调控措施。

8 监测与效果评价

8.1 一般要求

- 8.1.1 建立全周期的监测与评价体系，对重力侵蚀动态、防治工程运行状态及植物措施生长状况进行系统性跟踪。
- 8.1.2 监测工作采用先进技术与传统方法相结合，确保数据的准确性、连续性与可比性。
- 8.1.3 防治效果评价以监测数据为基础，定量与定性分析相结合，综合评估防治的生态效益、社会效益与经济效益。

8.2 监测

8.2.1 重力侵蚀动态监测

- 8.2.1.1 地表变形监测。在沉陷、地裂缝及不稳定边坡布设监测点，定期测量地表位移、裂缝宽度与深度变化，监测频率应根据沉陷活动程度确定。沉陷活跃期、降雨集中期及灾害异常变化期应适当加密监测；正常情况下宜开展定期监测。发生明显变形、裂缝扩展或强降雨等异常情况时，应及时开展专项监测。
- 8.2.1.2 侵蚀强度监测。在典型坡面、沟道布设径流小区或测钎，结合三维激光扫描或无人机摄影测量，定量监测水土流失量、沟头前进速度与沟岸扩张范围。
- 8.2.1.3 潜在灾害监测。监测重点滑坡体、崩塌体布设深部位移、地下水动态等。
- 8.2.1.4 监测手段应实行分级配置：
 - a) 常规监测。采用测钎法、径流小区法、水准测量、皮尺量测等传统方法，进行定点、定期观测。
 - b) 现代化监测。宜采用卫星遥感进行大范围地表形变监测（InSAR 等技术），无人机摄影测量进行重点区域高精度监测，地面监测点进行实时数据采集，构建空天地一体化监测网络。
- 8.2.1.5 监测点应根据重力侵蚀类型、危险性等级、地形地貌及工程措施布设。危险性较大的沉陷区、地裂缝、滑坡和崩塌体应加密布设监测点；危险性较低区域可采用遥感监测与巡查相结合的方式。
- 8.2.1.6 监测点应设置明显标志，并建立监测档案，记录监测时间、监测方法、监测值及异常情况。监测数据应进行整理、分析和动态更新。

8.2.2 防治工程成效监测

- 8.2.2.1 拦挡与防护工程。监测拦沙坝、谷坊、挡土墙等结构的稳定性、淤积量及完好率。
- 8.2.2.2 土地整治工程。监测梯田、鱼鳞坑等坡面整治工程的完好度与沉陷变形情况、拦泥淤地效果及坝地安全。
- 8.2.2.3 植物措施。调查林草的成活率、保存率、盖度、高度及生物量，监测植物群落的物种多样性、稳定性及其对土壤改良的效果。

8.3 防治效果评价

8.3.1 防治效果评价应从以下方面构建评价指标体系：

- a) 水土流失控制指标。包括土壤侵蚀模数变化率、土壤流失控制比等。
 - b) 重力侵蚀控制指标。包括崩塌、滑坡面积减少率，地裂缝闭合率等。
 - c) 工程稳定性指标。包括拦挡工程完好率、排水工程通畅率等。
 - d) 生态效益指标。包括林草覆盖率、植被恢复系数、土壤有机质提升率等。
 - e) 社会经济效益指标。包括土地生产力恢复率、灾害损失降低率等。
- 8.3.2 可采用对比分析法或构建数学模型（如水土流失预测模型、生态效益评估模型）的方法进行定量评价。
- 8.3.3 防治效果评价分三个阶段开展：
- a) 初期评价（完工后 1~3 年）：重点评估工程措施的施工质量、植物措施的成活率及短期水土保持效果。
 - b) 中期评价（完工后 3~5 年）：重点评估防治工程的稳定性、植物群落的发育状况及土壤改良效果。

- c) 长期评价（完工后 5 年以上）：重点评估生态系统的自我维持能力、重力侵蚀的长期控制效果及区域生态恢复成效。

9 管理与维护

- 9.1 工程竣工验收后，立即明确并移交管护责任，落实管护主体，形成覆盖工程全生命周期的管理制度。
- 9.2 工程措施维护需建立定期巡查与预防性维护机制，对拦挡、排水及土地整治工程开展系统性管护，及时实施清淤、损毁修复及稳定性保障，确保工程功能持续有效。
- 9.3 植物措施维护落实 3~5 年专项抚育，通过浇水、补植等抚育工作及封禁管理，保障植被成活与群落稳定。
- 9.4 管理和维护工作以监测数据为导向，动态调整维护重点，确保防治成果得以永续利用。

征求意见稿专用

附 录 A
(资料性)

黄土丘陵沉陷区重力侵蚀防治调查表

调查时应附沉陷区重力侵蚀防治分区图，图中应明确标注沉陷区、裂缝区、滑坡区、泥石流沟道等调查单元的位置、范围及主要隐患点分布。表A.1为矿区基本情况调查信息，表A.2至表A.6为可能引发重力侵蚀的沉陷、地裂缝、崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害详细调查信息。

表A.1 矿区基本情况调查表

矿山名称		所在行政地区	省 市 县
通讯地址		生产现状	在建/生产/闭坑/废弃无主
矿山规模	大型/中型/小型	生产规模（万吨/年）	
矿山中心经纬度	经度： 纬度：	矿山面积（公顷）	
采矿方式	井工/露天/综合/其他	累积开采厚度（米）	
建矿时间		最大采深（米）	
服务年限		累积采出矿石量（万吨）	
已开采年限		采空区面积（公顷）	
矿山地质环境保护与土地复垦方案情况	有无，编制时间等		
灾害首次/最近一次发生时间		发生频率	
历史治理工程情况	历史治理工程类型、实施时间、运行状态、存在问题		
矿山监测情况		开展监测时间	
矿山环境治理情况	有无，治理方案与成效等		
调查时间：	调查负责人：	审核人：	

表A.2 沉陷坑调查表

沉陷坑名称	沉陷处地名或标志物名称	沉陷坑中心点经纬度	经度： 纬度：
沉陷面积（公顷）		沉陷规模	巨型/大型/中型/小型
最小沉陷深度（米）		沉陷类型	采空沉陷/岩溶沉陷
最大沉陷深度（米）		沉陷坑土地利用类型	耕地/林地/园地/草地/建筑/其他
危害对象	包括但不限于：城市、村镇、居民点、学校、工厂、水库、电站、农田、森林、公路、河流、通讯设施、其它。		
死亡人数（人）		沉陷监测情况	已监测/未监测
灾害首次/最近一次发生时间		发生频率	
历史治理工程情况	历史治理工程类型、实施时间、运行状态、存在问题		
沉陷发展趋势		土壤侵蚀程度	
积水面积		重力侵蚀强度	
水土流失状况		危险性等级	
直接经济损失（万元）		投入治理资金（万元）	
防治建议		已经治理面积（公顷）	
调查时间：	调查负责人：	审核人：	

表A.3 地裂缝调查表

地裂缝名称	地裂缝处地名或标志物名称	地裂缝分布坐标	
地裂缝长度（米）		地裂缝规模	巨型/大型/中型/小型
地裂缝最大宽度（米）		影响区面积（公顷）	
地裂缝最大深度（米）			
危害对象	包括但不限于：城市、村镇、居民点、学校、工厂、水库、电站、农田、森林、公路、河流、通讯设施、其它。		
死亡人数（人）		地裂缝监测情况	已监测/未监测
灾害首次/最近一次发生时间		发生频率	
历史治理工程情况	历史治理工程类型、实施时间、运行状态、存在问题		

裂缝扩展速率		是否贯通排水沟道	
裂缝两侧高程差		是否存在冲刷扩展	
裂缝与坡向关系		直接经济损失（万元）	
投入治理资金（万元）		已经治理面积（公顷）	
防治建议			
调查时间：	调查负责人：	审核人：	

表A.4 崩塌调查表

崩塌名称	已发生或潜在崩塌处地名或标志物名称	崩塌中心点经纬度	经度： 纬度：
崩塌状态	已发生/潜在	崩塌规模	巨型/大型/中型/小型
崩塌体体积（立方米）		岩土体类型	岩质/碎石块/土质
崩塌类型	倾倒式/滑移式/膨胀式/拉裂式/错断式	潜在崩塌稳定性	稳定/较稳定/不稳定
已发生崩塌堆积体稳定性	已清理/稳定/较稳定/不稳定	潜在崩塌威胁对象	
已发生崩塌危害对象	包括但不限于：城市、村镇、居民点、学校、工厂、水库、电站、农田、森林、公路、河流、通讯设施、其它。	崩塌监测情况	已监测/未监测
灾害首次/最近一次发生时间		发生频率	
已发生崩塌死亡人数（人）		已发生崩塌直接经济损失（万元）	
历史治理工程情况	历史治理工程类型、实施时间、运行状态、存在问题		
投入治理资金（万元）		已经治理面积（公顷）	
防治建议			
调查时间：	调查负责人：	审核人：	

表A.5 滑坡调查表

滑坡名称	已发生或潜在滑坡处地名或标志物名称	滑坡中心点经纬度	经度： 纬度：
滑坡状态	已发生/潜在	滑坡规模	巨型/大型/中型/小型
滑坡体积（立方米）		岩土体类型	岩质/碎石块/土质
滑坡类型	推移式/牵引式	潜在滑坡稳定性	稳定/较稳定/不稳定
坡高		坡脚冲刷情况	
坡度		地表水汇流情况	
坡向		植被覆盖情况	
已发生滑坡堆积体稳定性	已清理/稳定/较稳定/不稳定	潜在滑坡威胁对象	
已发生滑坡危害对象	包括但不限于：城市、村镇、居民点、学校、工厂、水库、电站、农田、森林、公路、河流、通讯设施、其它。	滑坡监测情况	已监测/未监测
已发生滑坡死亡人数（人）		已发生滑坡直接经济损失（万元）	
灾害首次/最近一次发生时间		发生频率	
历史治理工程情况	历史治理工程类型、实施时间、运行状态、存在问题		
投入治理资金（万元）		已经治理面积（公顷）	
防治建议			
调查时间：	调查负责人：	审核人：	

表A.6 泥石流调查表

泥石流名称	已发生或潜在泥石流处地名或标志物名称	泥石流沟口中心点经纬度	经度： 纬度：
泥石流状态	已发生/潜在	泥石流规模	巨型/大型/中型/小型
泥石流冲出方量（立方米）		泥石流物源	滑坡体/人工弃渣/自然堆积体
泥石流类型	沟谷型/山坡型	水动力类型	暴雨/溃决/地下水
易发程度	高/中/低/不易发	泥石流隐患威胁对象	

泥石流名称	已发生或潜在泥石流处地名或标志物名称	泥石流沟口中心点经纬度	经度： 纬度：
已发生泥石流危害对象	包括但不限于：城市、村镇、居民点、学校、工厂、水库、电站、农田、森林、公路、河流、通讯设施、其它。	泥石流监测情况	已监测/未监测
已发生泥石流死亡人数（人）		已发生泥石流直接经济损失（万元）	
灾害首次/最近一次发生时间		发生频率	
历史治理工程情况	历史治理工程类型、实施时间、运行状态、存在问题		
投入治理资金（万元）		已经治理面积（公顷）	
防治建议			
调查时间：	调查负责人：	审核人：	

表A.7 土壤剖面调查表

调查点编号		地理坐标	经度、纬度
地形部位	坡顶/坡肩/坡中/坡脚/沟道	土地利用类型	耕地/林地/草地/建设用地/其他
土壤类型		土层厚度	cm
A层厚度	cm	活土层厚度	cm
B层厚度	cm	土壤质地	砂土/壤土/黏土等
C层厚度	cm	土壤结构	
根系分布		侵蚀程度	无明显/轻度/中度/强烈/剧烈
土壤容重	g/cm ³	母质特征	
有机质含量	g/kg	调查照片	
调查时间：	调查负责人：	审核人：	