

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号



地 方 标 准

DB XX/T XXXX—XXXX

# 一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉陷区恢复治理技术规范

Technical specifications for ecological restoration of open pit and coal mining subsidence area with the non-hazardous industrial solid wastes



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

发 布

目次

前 言..... III

1.范围..... 1

2. 规范性引用文件..... 1

3. 术语与定义..... 2

4. 一般规定..... 3

    4.1 露天采坑及采煤沉陷区要求..... 3

    4.2 回填固废要求..... 3

    4.3 回填要求..... 4

    4.4 生态修复要求..... 4

    4.5 安全与环境监测要求..... 4

5. 本底调查..... 4

    5.1 调查范围..... 4

    5.2 调查内容..... 4

    5.3 调查方法..... 5

    5.4 地质条件调查..... 5

    5.5 生态现状调查..... 5

    5.6 环境风险调查..... 6

    5.7 固体废物调查..... 6

6. 露天采坑及采煤沉陷区回填..... 7

    6.1 勘察..... 7

    6.2 设计..... 7

    6.3 施工..... 8

    6.4 回填区域封闭..... 8

    6.5 运营..... 9

    6.6 污染控制..... 9

7. 生态修复..... 9

    7.1 植被修复..... 9

    7.2 养护与管理..... 10

8. 安全与环境监测..... 10

8.1 安全监测..... 10

8.2 环境监测..... 10

9. 评估与管理..... 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。

需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。

本文件由陕西省自然资源厅提出并归口。

本文件由陕西省自然资源标准化技术委员会负责解释。

本文件起草单位：西安建筑科技大学、中化学城市投资有限公司、北京固废通固废资源化利用有限公司、生态环境部环境发展中心、中煤西安设计工程有限责任公司、西安科技大学、陕西地矿九〇八环境地质有限公司

本文件主要起草人：王艳、夏进文、杜建磊、吕远强、李奥阳、李安定、席国强、刘成国、朱楠、肖磊、高蓉、关琥、郭冰冰、张少辉、李兆光、黄杰、郭海涛、赵建汀

联系信息如下：

单位：西安建筑科技大学

电话：029-82202122

地址：陕西省西安市碑林区雁塔路中段13号

邮编：710055

# 一般工业固体废物用于露天采坑及采煤沉陷区恢复治理技术规范

## 1. 范围

本文件规定了利用一般工业固体废物对露天采坑及采煤沉陷区进行生态修复的一般规定、本底调查、回填可行性分析、露天采坑回填、采煤沉陷区治理、生态修复、安全与环境监测及评估与管理要求。

本文件适用于陕西省利用一般工业固体废物对露天采坑及采煤沉陷区生态修复过程的采坑本底调查、回填可行性分析，以及生态修复的设计、运行和管理。

## 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 8978 污水综合排放标准
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- 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 50201 防洪标准
- GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- GB 51016 非煤露天矿边坡工程技术规范
- GB 51044 煤矿采空区岩土工程勘察规范
- GB 51180 煤矿采空区建（构）筑物地基处理技术规范
- GB/T 214 煤中全硫的测定方法
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB/T 16453.4 水土保持综合治理 技术规范 小型蓄排引水工程
- 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 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则
- HJ 91.2 地表水和污水监测技术规范
- HJ 164 地下水环境监测技术规范
- HJ 192 生态环境状况评价技术规范
- HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境  
HJ 651 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）  
HJ 761 固体废物 有机质的测定 灼烧减量法  
HJ 819 排污单位自行监测技术指南 总则  
HJ 964 环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）  
HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范  
HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则  
CJJ 82 园林绿化工程施工及验收规范  
DZ/T 0221 崩塌、滑坡、泥石流监测规范  
DZ/T 0282 水文地质调查规范(1:50000)  
LY/T 2241 森林生态系统生物多样性监测与评估规范  
LY/T 2356 矿山废弃地植被恢复技术规范  
NY/T 1121.16 土壤检测 第 16 部分：土壤水溶性盐总量的测定  
SL 386 水利水电工程边坡设计规范  
TD/T 1031.3 土地复垦方案编制规程 第 3 部分：井工煤矿  
TD/T 1036 土地复垦质量控制标准  
TD/T 1044 生产项目土地复垦验收规程  
TD/T 1070.1 矿山生态修复技术规范 第 1 部分：通则

### 3. 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 一般工业固体废物 non-hazardous industrial solid waste

企业在工业生产过程中产生且不属于危险废物的工业固体废物，应符合GB 18599的规定。

#### 3.2 第 I 类一般工业固体废物 class I non-hazardous industrial solid waste

按照 HJ 557 规定方法获得的浸出液中任何一种特征污染物浓度均未超过 GB 8978 最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），且 pH 值在 6~9 范围之内的一般工业固体废物，应符合 GB 18599 的规定。

#### 3.3 第 II 类一般工业固体废物 class II non-hazardous industrial solid waste

按照 HJ 557 规定方法获得的浸出液中有一种或一种以上的特征污染物浓度超过 GB 8978 最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），或 pH 值在 6~9 范围之外的一般工业固体废物，应符合 GB 18599 规定。

#### 3.4 露天采坑 open mining pits

指由采矿（包含煤炭、金属矿、非金属矿等）、采砂、取土等挖掘活动形成的地表深坑。

#### 3.5 采煤沉陷区 coal mining subsidence area

指地下煤炭资源开采后引起地面发生下沉变形的区域，包括开采范围整体下沉区和开采范围外影响变形区，具有地表下沉、开裂、破碎、错台、拉伸变形等特征。

### 3.6 回填 backfilling

在复垦、景观修复、建设用地平整、农业用地平整以及防止地表塌陷的地貌保护等工程中，利用一般工业固体废物替代土、砂、石等生产材料填充地下采空空间、露天开采地表挖掘区、取土场、采煤沉陷区以及天然坑洼区的活动。

### 3.7 人工防渗衬层 artificial liner

人工构筑的防止渗滤液进入土壤及地下水的隔水层。

### 3.8 生态修复 ecological restoration

通过自然力量或人工干预手段对矿产资源露天开采挖掘区、采煤沉陷区等采取生态修复措施，使损毁土地得到复垦利用、生态系统功能得到修复和改善的过程。

## 4. 一般规定

### 4.1 露天采坑及采煤沉陷区要求

4.1.1 露天采坑及采煤沉陷区生态修复基础治理应建立在地质、环境与生态安全的基础上，并且在治理过程中不产生新的安全和环境问题，符合相关管理部门开展治理的基本条件。

4.1.2 拟用一般工业固体废物进行回填和生态修复治理的采坑及沉陷区应未受到污染。

4.1.3 露天采坑及采煤沉陷区回填和生态修复治理前，应勘查现有的水文地质、工程地质、环境条件等相关资料，初步评估场地条件以及回填和生态修复治理后发生地质灾害的危险性，以确定露天采坑及采煤沉陷区是否具备回填条件。

4.1.4 利用一般工业固体废物进行回填和生态修复的露天采坑及采煤沉陷区应位于地质稳定区域，且不得位于下列区域：

- a) 天然滑坡或泥石流影响区；
- b) 活动断层、地质灾害发育区及岩溶强发育区；
- c) 江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡，以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区；
- d) 地下水集中供水水源地及补给区、水源保护区，以及以保护饮用水源为目的的人工湿地区域；
- e) 国务院和国务院有关主管部门及地方人民政府划定的生态保护红线区域、永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域内，以及法律法规规定的其他禁止建设区域；
- f) 黄河干流岸线 3 公里范围内和重要支流岸线 1 公里范围内。

### 4.2 回填固废要求

露天采坑及采煤沉陷区开展生态修复治理选用的回填固废除应满足第 I 类或第 II 类一般工业固体废物要求外，同时应符合以下要求：

- a) 有机质含量 $<5\%$ （煤矸石、气化渣除外）；
- b) 硫含量 $\leq 3\%$ ；
- c) 水溶性盐总量 $\leq 3\%$ ；
- d) 重金属含量不得高于 CB 5085.3 中的规定浓度限制。

### 4.3 回填要求

- 4.3.1 回填及生态修复工程的设计、施工、运行等应符合相关法律法规、国家及行业相关标准规范要求。
- 4.3.2 露天采坑及采煤沉陷区生态修复区域占地边界原则上不应超过其历史边界，除必要的边坡修正等安全措施外，不应扩大回填范围。
- 4.3.3 露天采坑及采煤沉陷区回填设计应与生态修复工程相结合，确保工程安全，突出生态功能，尊重自然风貌。
- 4.3.4 露天采坑及采煤沉陷区回填的施工应优先采用成熟的技术和设备，做到技术可靠、节约用地、设施安全、作业方便、经济合理。
- 4.3.5 露天采坑及采煤沉陷区回填防洪标准应按重现期不小于 100 年一遇洪水位设计，国家已有标准提出更高要求的除外，防洪设计应符合 GB 50201 要求。

### 4.4 生态修复要求

- 4.4.1 当完成露天采坑及采煤沉陷区回填区域封闭后，应及时开展生态修复，生态修复应与所属区域相关规划确定的土地利用方向和发展目标相结合，满足当地地形条件、水资源及表土资源等自然环境条件和社会发展需求。
- 4.4.2 露天采坑及采煤沉陷区生态修复的实施应坚持因地制宜、生态优先、安全可靠的原则，生态修复实施的措施和目标应结合本地区的自然条件合理设定。
- 4.4.3 根据土地利用规划需开展土地复垦的，应满足 TD/T 1036 规定的相关土地复垦质量控制要求。土地复垦后开发利用的，应符合相应规划用途的土壤环境质量要求。

### 4.5 安全 and 环境监测要求

- 4.5.1 参照 HJ 819、DZ/T 0221 的规定，结合环境质量本底值调查，制定监测及管理方案，布设采样点 and 对照点，安装维护监测设备并开展自行监测。
- 4.5.2 建立自行监测质量管理制度，监测过程中的质量保证和质量控制要求按照 HJ 819、DZ/T 0221 执行，保存回填记录、原始监测数据记录和报告，并依法向公众公开监测结果。
- 4.5.3 根据拟回填的一般工业固体废物污染特征和环境风险评估结果，确定环境质量监测指标，确保与污染防治要求 and 环境质量控制目标相一致，并能准确反映拟回填的一般工业固体废物的特性。
- 4.5.4 监测对象为露天采坑及采煤沉陷区回填区域及周边可能受影响区域的地质环境要素 and 生态环境要素监测，由回填 and 生态修复实施主体负责，在相关指标连续 3 个水文年内不超出环境质量本底水平值 20%后，由地方生态环境主管部门负责开展日常监督性监测。

## 5. 本底调查

### 5.1 调查范围

应根据回填的露天采坑及采煤沉陷区 and 受其影响区域所在的水文、土壤、地形等，结合大气沉降、地表径流 or 地表水流域的影响确定调查范围。

### 5.2 调查内容

5.2.1 回填区域的基础信息，包括相关政策和规划、地质条件、生态环境、环境质量本底、环境保护目标和固体废物等。

5.2.2 调查应包括开采工艺、地质结构、地表变形和土地损毁情况、基础设施损毁情况、地表水和地下水环境质量及污染情况、土壤环境质量、土壤污染和侵蚀状况、生态现状和其他生态环境问题等。

### 5.3 调查方法

根据调查目的和内容进行选择，可采用样品采集与检测、文献调研、资料收集、人员访谈、现场踏勘和实地勘察等方法。

### 5.4 地质条件调查

5.4.1 调查露天采坑及采煤沉陷区工程地质、水文地质等基本情况，应包括如下内容：

- a) 地质结构：调查露天采坑及采煤沉陷区所处区域的地形地貌、地层结构、地层稳定性、岩性、沉陷范围等；
- b) 地形地貌：调查影响露天采坑及采煤沉陷区安全的危岩体、高边坡和破碎斜坡等主要岩体形态的规模、分布及发育程度等，说明矿山地质灾害隐患的类型、分布、规模及状态等；
- c) 水文地质条件：按照DZ/T 0282和HJ 610调查露天采坑及采煤沉陷区所在区域地表水和地下水的基本水文特征，重点调查包气带特征、地表水系分布、多年来平均径流量及特征值、地下水类型、含水层分布特征、水力联系、地下水补给与排泄、地下水动态等。

5.4.2 采煤沉陷区稳定性分析：

- a) 根据收集资料和现场调查，评估采煤沉陷区土地塌陷状态与发展趋势，分析沉陷区的面积、范围和土地损毁程度，土地损毁程度分级宜参照TD/T 1031.3的规定执行；
- b) 根据沉陷稳定性评估结果，以及地形地貌调查结果，计算采煤沉陷区的变形量，评估采煤沉陷区的稳定性，稳定性分级宜参照 GB 51044 的有关规定执行；
- c) 分析评价采煤沉陷区稳定性对治理工程的影响，宜从地基稳定性、植被覆盖度、土地胁迫、水网密度、污染负荷、环境限制等指标对沉陷区进行评价，评价方法可按 HJ 192 的规定执行。

### 5.5 生态现状调查

5.5.1 调查露天采坑及采煤沉陷区基本现状、土地利用、气候气象、生态现状等基本情况：

- a) 基本现状：露天采坑及采煤沉陷区历史演变、开采现状、治理现状、沉陷史、沉陷规模等；
- b) 土地利用情况：露天采坑及采煤沉陷区所在区域土地利用现状及规划类型、规模、分布和权属情况；
- c) 气候气象：露天采坑及采煤沉陷区所在区域光、热、水等气象条件；
- d) 生态现状：露天采坑及采煤沉陷区周边区域的植被类型、生物量、生物多样性等情况。

5.5.2 调查土壤、地表水及地下水的环境质量本底水平，作为环境风险评估、生态修复及长期监测的对照值：

- a) 土壤：

—土壤样品：根据露天采坑及采煤沉陷区周边可能受到影响区域的地形特征、主导风向、地面径流方向等情况，设置表层样采样点。其中，涉及大气沉降影响的，应在矿山外主导风向的上、下风向各设置不少于 1 个表层样采样点。涉及地表径流影响的，应结合地形地貌，在矿山区域范围外的上、下游各

设置不少于 1 个表层样采样点。矿山区域范围内和范围外采样点数原则上均不少于 4 个。

—监测指标：根据土地利用规划用途，结合 GB 36600 或 GB 15618 规定、土地利用历史情况、拟回填的一般工业固体废物污染特征等确定监测指标。

b) 地表水：露天采坑及采煤沉陷区周边如有受影响的地表水，按 HJ 91.2 进行地表水采样。

—地表水样品：采样点位的布设参照 HJ 91.2、HJ 2.3 的规定，在可能受到导排水、渗滤液影响的下游布设采样点，每次同步连续采样不低于 3 天，每个采样点位每天采 1 组样品。

—监测指标：依据地表水水域环境功能和保护目标，参照 GB 3838 要求，并结合拟回填的一般工业固体废物污染特征确定监测指标。

c) 地下水

—地下水样品：在露天采坑及采煤沉陷区地下水流向上游、下游，以及可能受污染物扩散影响的周边区域内布设监测井，监测井建设与管理按 HJ 164 的规定执行。已有的地下水取水井、观测井和勘测井，如满足上述要求可作为地下水监测井使用。地下水有多个含水层的，主要监测最容易受污染的含水层，以及可能受污染物扩散影响且具有饮用水开发利用价值的含水层。每个监测井至少采取 1 组样品。原则上潜水含水层水质监测点应不少于 3 个，其中，露天采坑及采煤沉陷区区域上游及下游影响区的地下水水质监测点各不得少于 1 个，可能受影响且具有饮用水开发利用价值的含水层不少于 1 个。

—监测指标：参照 GB/T 14848、HJ 610 以及拟回填的一般工业固体废物污染特征确定地下水监测指标。

—在包气带厚度超过 100 m 的评价区或监测井较难布置的基岩地区，若掌握近 3 年内至少一组枯、平、丰水期的监测资料，可不进行地下水水位、水质现状监测；若无上述资料，至少开展一组现状水位、水质监测。

## 5.6 环境风险调查

5.6.1 调查露天采坑及采煤沉陷区所在区域周边居民区、学校、医院、饮用水源保护区及其它公共场所等环境敏感目标的分布、规模、保护要求等情况，以及调查范围内的构筑物、工程设施等其它情况。

5.6.2 根据露天采坑及采煤沉陷区土地利用性质、生态修复后规划用途及环境质量控制目标等要求，针对一般工业固体废物回填后的情景，参照 HJ 25.3 筛选关注污染物，开展环境风险评估，重点评估对地下水、地表水及周边土壤的环境污染风险。根据风险评估结果，判断露天采坑及采煤沉陷区利用一般工业固体废物进行生态修复的可行性。

5.6.3 根据调查分析及回填所在区域生态环境管理要求，以本底调查和环境保护目标为评价目标，参照 HJ 964、HJ 2.3、HJ 610、HJ 19，对土壤环境、地表水环境、地下水环境、生态影响等开展环境影响预测分析，并提出相应的污染防治措施和建议。

## 5.7 固体废物调查

### 5.7.1 产生来源分析

调查一般工业固体废物的产生来源，根据矿区位置、产生的原料特性、工艺特点、特征污染物等情况分析其潜在污染特征，为后续开展采样和检测分析提供依据。

### 5.7.2 采样

a) 连续生产工艺产生的一般工业固体废物，应在设施运行稳定、原辅材料类别和来源固定的时间段，按照 HJ/T 20 的要求，等时间间隔采集样品。每次采样在设备稳定运行的 8 小时（或一个生产班次）内完成，份样数不少于 5 个；

b) 位于贮存场所内堆存的一般工业固体废物，采用网格法结合堆积高度确定采样点位数，采样深度原则上应达到堆场底部，每个采样点位原则上采样不少于 3 个深层样品，可在表面下相当于堆高的 1/3、1/2 和 5/6 处采样。根据资料及现场踏勘情况，单一类别固体废物且来源明确的，原则上采样点不少于 3 个；无法采集深层样品的，采样不少于 9 个表层样品；固体废物来源及类别清晰，但存在混合堆存情况的，采样点不少于 5 个；无法采集深层样品的，采样不少于 15 个表层样品；固体废物来源不明的可酌情加密布设采样点。

### 5.7.3 监测分析

采集的一般工业固体废物样品，按照 HJ 557 规定方法获取浸出液，并按照已发布的固体废物分析方法测定特征污染物浓度、pH 值等。按照 HJ 761 测定有机质含量。按照 GB/T 214 测定煤中全硫含量。按照 NY/T 1121.16 测定水溶性盐总量。

## 6. 露天采坑及采煤沉陷区回填

### 6.1 勘察

搜集与调查露天采坑及采煤沉陷区的勘察报告、开采设计、施工资料、水文地质等，对其危害程度和发展趋势作出判断，且应对搜集到资料的完整性、可靠性进行分析和验证，并对场地的稳定性和工程建设适宜性进行初步评价。

### 6.2 设计

6.2.1 回填作业主体工程应根据实际需求设计，主体结构一般自下而上包括基础层、回填区、顶部阻隔层、覆土层。

6.2.2 整体截排水系统应充分结合周边已有的排水设施和地形条件，回填区域应采用柔性等抗变形截排水系统，边坡排水系统应按 GB 50330 的规定执行。渗井、集水井应与截排水系统协同设计。回填区域竖向设计应结合原有地形，做到有利于排水、集水和减少土方工程量，优化土石方平衡。

6.2.3 回填区域道路应考虑固结沉降影响，进场道路充分结合周边已有的交通条件，建设临时道路应考虑运输、距离、安全和作业条件等。

6.2.4 根据回填区域的规模和建设条件进行分期、分区设计建设。作业面应按功能分区合理布置，主要功能区包括回填作业区、安全隔离区、管理区、交通运输区、居民区、生态保护区等。分区设置应确保安全性，并有利于物料运输、回填等作业。

6.2.5 根据回填区域的空间分布密集度、地质环境条件和当地环境规划、工程施工难易程度和经济成本，合理确定综合治理单元。

6.2.6 回填工程经环境风险评估可能对地下水有潜在影响的，应首先对回填一般工业固体废物进行预处理，确保其环境风险可以接受，并在回填区与基础层之间设置防渗衬层。对于第 I 类一般工业固体废物，防渗衬层可采用渗透系数不大于  $1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ，且厚度为 0.75 m 的天然基础层，或其他具有同等

以上隔水效力的材料。对于第II类一般工业固体废物，选用人工合成材料时应采用高密度聚乙烯膜，厚度不小于 1.5 mm；选用天然基础层时厚度不小于 0.75 m，且经人工压实、人工改性等措施后的饱和渗透系数不大于  $1.0 \times 10^{-7}$  cm/s，或其他具有同等以上隔水效力的材料。

6.2.7 回填区域应建设渗滤液导排系统，主要收集回填及生态修复施工过程中受雨水溶淋影响产生的渗滤液、排水等，宜设计在地势较低处，以利于自然排水。收集设施渗透系数不大于  $1.0 \times 10^{-7}$  cm/s。

6.2.8 回填区域治理时重点从露天采坑及沉陷区地质隐患消除、土地利用程度、生态环境质量改善、生态系统结构、地质灾害治理、经济和社会效益等方面考虑，且应对受到污染的地表水、地下水、有害污染物等进行管控或处理，达到相应的环境质量标准。

### 6.3 施工

6.3.1 回填作业实施之前，应制定回填施工方案。施工方案中应包括施工质量保证和施工质量控制内容，明确环境保护条款和责任，作为项目竣工验收的依据和监理的主要工作内容，同时施工方案中还应包括突发安全事件的应急措施。

6.3.2 利用煤矸石回填时，应采取分层回填措施，并通过机械设备摊平、压实，以防止沉陷、坍塌，每层碾压厚度为 0.5 ~ 0.8 m。当煤矸石含硫量不大于 1%，回填厚度达到 4.5 m 时，或当煤矸石含硫量为 1%~3%，回填厚度达到 2 m 时，必须上覆土压实作为阻燃系统且厚度不小于 0.3 m。覆土压实系数不低于 0.95，煤矸石压实系数不低于 0.88。

6.3.3 利用粉煤灰、炉渣回填时要增湿，满足手握成团，松手散开。回填过程中，要求填充均匀，当粉煤灰、炉渣回填厚度为 0.25 m 时，必须通过机械设备摊平、压实，压实系数不低于 0.95。

6.3.4 采坑整体回填时，应确保回填过程及回填区域长期安全稳定，回填高度不得高于原始地貌，最终回填边坡坡面角一般不大于 25°。

6.3.5 回填作业实施之前，应进行采坑本底调查、固体废物调查（参照 5.7）、环境风险评估等工作，符合要求后可开展回填。

6.3.6 为保障露天采坑及采煤沉陷区治理过程中的地质稳定，防止地面塌陷、台阶下沉、地裂缝和地面沉降等地质安全隐患发生，应选取回填充填、削坡整形、固坡护坡和疏导排水等工程措施消除地质安全隐患。生态修复工程的建筑、构造物的地基处理应按现行国家标准 GB 51180 的有关规定。

6.3.7 若需要煤矸石对沉陷区矿洞充填时，应满足以下要求：

- a) 填充物粒径应控制在  $\leq 300$  mm，粒径小于 80 mm 的填充物所占比例为 70% ~ 95%；
- b) 筛分处理全过程应同步开启喷淋、雾炮等湿法抑尘设备，筛分后粒径超标的煤矸石，应单独堆放、重新破碎后再次筛分，直至达标；
- c) 充填区域修复后应与地表高度保持一致。

6.3.8 地形地貌整理应根据生态修复利用方向要求和修复目标，结合露天采坑及采煤沉陷区地形地貌破坏方式与损毁程度，通过对局部实施挖、填、推、压等土石方和地形改造措施，形成与周边地貌景观相协调的新地貌。

### 6.4 回填区域封闭

6.4.1 回填完成后,应在顶部建设阻隔层,防止雨水等进入回填区域。回填区域封闭结构可根据风险控制要求,设置阻隔层、覆盖土层、雨水导排系统等。排水系统应参考 GB/T 16453.4 和 SL 386 的有关规定执行。

6.4.2 阻隔层可采用改性压实粘土类材料或具有同等以上隔水效力的其他材料,其防渗性能应至少相当于渗透系数为  $1.0 \times 10^{-5}$  cm/s,且厚度不少于 0.3 m 的天然基础层。

6.4.3 覆盖土层的厚度依据材料颗粒度大小和拟种植物种类确定,覆盖土层厚度不少于 0.3 m。同时需结合周边地形因素,控制场地坡度和高度,以利于回填后区域排水为宜,防止雨水侵蚀和过度冲刷。

6.4.4 回填区域的封闭施工可分期、分片实施。

## 6.5 运营

6.5.1 回填过程中不应掺加除回填方案之外的其它固体废物,如实记录固体废物类型、数量及填埋位置。

6.5.2 回填过程应建立检查维护制度,定期检查维护堤、坝、挡土墙、导流渠等设施,发现有损坏可能或异常情况,应及时采取必要措施,保障正常运行。定期检查频率至少每半年 1 次。

6.5.3 生态修复应建立全过程档案管理制度,并按照国家档案管理等法律法规进行整理与归档,永久保存。档案资料包括但不限于以下内容:

- a) 场址选择、勘察、设计、施工、监理工程验收资料;
- b) 一般工业固体废物的来源、种类、污染特性等资料;
- c) 各种污染防治设施运行台账及检查维护资料;
- d) 渗滤液及其处理设备、工艺参数、处理效果等记录资料;
- e) 生态修复及后期环境监测、应急处置等管理资料;
- f) 施工报告、全套竣工图、所有材料的现场及实验室检测报告等。

## 6.6 污染控制

6.6.1 拟利用的一般工业固体废物严禁混入危险废物、放射性废物以及生活垃圾等。

6.6.2 应制定回填作业过程中的水(包括地表水、地下水)、大气、噪声、固体废物、土壤等污染防治以及应急措施等,防止回填过程对周边大气、地下水、地表水和土壤造成污染。

6.6.3 回填过程应避开雨天作业,做好防雨应急措施,避免雨水渗流,对地下水造成二次污染。

6.6.4 施工期应采取全过程扬尘污染防控措施,装卸作业时严禁干式抛卸,临时堆场应全覆盖、围挡、喷淋等抑尘措施,堆体高度、坡度应稳定,避免风蚀起尘。

6.6.5 回填过程中产生的无组织气体排放和环境噪声应满足 GB 16297、GB 12523 规定的排放限值要求。

## 7. 生态修复

### 7.1 植被修复

7.1.1 回填完成后,应及时开展生态修复,并与区域规划的土地利用方向衔接一致。

7.1.2 植被修复设计参考 HJ 651 的规定,应充分考虑露天采坑的坡度与边坡处理情况、采煤沉陷区稳定性、覆盖系统的结构类型、土地利用与水土保持、回填堆体的稳定性等因素。

7.1.3 根据回填设计要求及覆土层厚度确定植物类型,植物选择可参照 LY/T 2356 的规定,以灌木及浅

根系植物为主，应避免植物根系深入到固废层，避免使用外来有害植物种。

## 7.2 养护与管理

7.2.1 建议采取定期或不定期喷水、追肥、清除杂草、防治病虫害、补植、补种等措施，对复绿植被进行养护。

7.2.2 后期管护时间应根据自然生态条件和修复成效确定，一般管护时间为2~3年，生态脆弱区管护时间为3~5年，参照TD/T 1070.1的规定。

## 8. 安全与环境监测

### 8.1 安全监测

8.1.1 对边坡开展包括地标位移、内部位移、倾斜、裂缝等变形监测以及包括地下水位、孔隙压力、渗流量等渗流监测。

8.1.2 根据露天采坑及采煤沉陷区的活动特点和环境敏感程度确定监测频次，正常情况下15天开展1次边坡安全监测，比较稳定的可每月1次。监测方法和监测点布设参照DZ/T 0221的规定。

### 8.2 环境监测

8.2.1 土壤监测指标依据土壤环境质量本底调查情况及回填的一般工业固体废物特性确定，具有代表性且能表征固体废物特性。土壤自行监测频次每年不应少于1次，采样点不少于4个。具体采样要求与5.6中要求保持一致。土壤监测指标的分析方法按GB 36600或GB 15618的规定执行。

8.2.2 地表水监测指标依据GB 3838及回填的一般工业固体废物特征污染物确定。对于存在影响地表水的回填项目，应按照HJ 91.2、HJ 2.3要求，布设地表水监测点位。企业开展自行监测时，根据回填周期确定监测频次，原则上每半年不应少于1次，生态修复后监测频次每年不应少于1次。

8.2.3 地下水监测指标依据GB/T 14848、HJ 610及回填的一般工业固体废物污染特征确定。露天采坑及采煤沉陷区上游地下水对照井每年枯水期、丰水期、平水期各监测1次，污染监控井每年单月各采样1次，全年共监测6次。

8.2.4 大气监测仅在回填作业期间开展，采样点布设、采样及分析方法根据HJ/T 55和GB 16297的规定执行。每季度至少开展1次大气自行监测。如监测结果出现异常，应在1周内重新进行监测。

8.2.5 生态修复后，根据实际情况对露天采坑及采煤沉陷区周边的生态系统状况和生物多样性等进行调查。调查与监测的指标、方法和抽样可参照HJ 192、TD/T 1070.1、LY/T 2241的规定执行，监测周期原则上每年1次。

## 9. 评估与管理

9.1 露天采坑及采煤沉陷区应定期对自行监测的环境因子代表性和结果准确性等进行评估，及时发现存在的问题并提出解决措施。采矿回填完成初期，避免或减少由地表扰动造成的顶部阻隔层和覆盖土层开裂，确保植被修复。

9.2 露天采坑及采煤沉陷区生态修复后要结合每年生态调查的结果评估植被生态修复的状况。一般以矿区周边典型的自然植被系统为参照，从植物的多样性、优势物种数量、植被的覆盖度、植被的生物量等相关指标评估生态修复的效果。