

ICS 01.120

CCS A 00

DB6108

榆 林 市 地 方 标 准

DB6108/T 100—2024

一般工业固体废物矿坑回填修复治理 技术规范

2024 - 12 - 30 发布

2025 - 01 - 30 实施

榆林市市场监督管理局 发布

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。

本文件由榆林市生态环境局提出并归口。

本文件起草单位：榆林市固体废物管理中心、西北大学、榆林市环境工程评估中心、榆林市环境监测总站、榆林学院、陕西榆林能源集团有限公司、中煤航测遥感集团有限公司、陕西工程勘察研究院有限公司、西安中安岩土工程有限责任公司、陕西建材科技集团股份有限公司、信电综合勘察设计研究院有限公司、中煤科工生态环境科技有限公司、中国有色金属工业西安勘察设计院有限公司、陕西新焦耳低碳节能技术有限公司。

本文件主要起草人：谢婉丽、王玺、曹宇、车悦源、刘娜、王苗苗、白宇伟、李强、张鹏、强健华、叶蕾、吕远强、杜永康、陈能远、王亮、赵晓峰、王汉荣、赵雨馨。

本文件由榆林市固体废物管理中心负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：榆林市固体废物管理中心

电话：0912-3518619

地址：榆林市高新区兴达路437号

邮编：719000

一般工业固体废物矿坑回填修复治理技术规范

1 范围

本文件规定了一般工业固体废物矿坑回填修复治理的回填材料、本底调查、矿坑回填、生态修复、封场后监测与管护、评估、档案管理等内容。

本文件适用于一般工业固体废物矿坑回填和修复治理。

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，注明日期的引用文件，仅该日期对应版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订单）适用于本文件。

- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- 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 18599-2020 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 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 51018 水土保持工程设计规范
- GB/T 12719 矿区水文地质工程地质勘查规范
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB/T 15776 造林技术规程
- GB/T 30363 森林植被状况监测技术规范
- GB/T 38360 裸露坡面植被恢复技术规范
- CJJ 176 生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范
- HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境
- HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则
- HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
- HJ 164 地下水环境监测技术规范
- 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 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 906 功能区声环境质量自动监测技术规范
- HJ 907 环境噪声自动监测系统技术要求
- HJ 964 环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）

SL 274 碾压式土石坝设计规范
DL/T 5488 火力发电厂干式贮灰场设计规程
NY/T 1121.16 土壤检测 第16部分：土壤水溶性盐总量的测定
NY/T 1342 人工草地建设技术规程
NY/T 2998 草地资源调查技术规程

3 术语和定义

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。
[来源：GB 18599-2020, 3.1]

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。
[来源：GB 18599-2020, 3.6]

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。
[来源：GB 18599-2020, 3.7]

3.4

回填 backfilling
在复垦、景观恢复、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，以土地复垦为目的，利用一般工业固体废物替代土、砂、石等生产材料填充露天开采地表挖掘区、取土场、地下开采塌陷区的活动。
[来源：GB 18599-2020, 3.11, 有修改]

3.5

矿坑 mining pits
由于采矿活动引起地表在一定范围内高程降低形成的区域。

3.6

封场 closure
矿坑回填场停止使用后，对其采取关闭的措施。

[来源：GB 18599—2020，3.17，有修改]

4 回填材料

4.1 回填材料为满足 GB 18599 要求的第 I 类及第 II 类一般工业固体废物。主要包括煤矸石、粉煤灰、炉渣、脱硫石膏等一般工业固体废物。

- a) 第 I 类一般工业固体废物同时满足有机质含量小于 2%（煤矸石除外），测定方法按照 HJ 761 进行；水溶性盐总量小于 2%，测定方法按照 NY/T 1121.16 进行）；
- b) 第 II 类一般工业固体废物同时满足有机质含量小于 5%（煤矸石除外），测定方法按照 HJ 761 进行；水溶性盐总量小于 5%，测定方法按照 NY/T 1121.16 进行。

4.2 第 II 类一般工业固体废物以及不符合 GB 18599—2020 中 8.1 条规定的第 I 类一般工业固体废物，在开展矿坑回填活动前按照本文件第 5 章规定开展环境本底调查，并按照 HJ 25.3 等相关标准进行环境风险评估，重点评估对地下水、地表水以及周边土壤的环境污染风险，确保环境风险可以接受。

5 本底调查

5.1 矿坑

5.1.1 采取资料收集、现场踏勘和人员访谈相结合的方式，调查矿山采矿登记范围和矿业活动造成矿区地形地貌改变与破坏区域的地质环境、生态现状及土地利用等情况。

5.1.2 地质环境调查内容如下：

- a) 地质结构：调查矿坑所处区域的地形地貌、地层结构、地层稳定性和区域岩性等；
- b) 地形地貌：调查影响矿坑安全的危岩体、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，查明矿坑地质灾害隐患的类型、分布、规模及状态等；
- c) 水文地质条件：参照 GB/T 12719 和 HJ 610 调查矿坑及所在流域地表水和地下水的基本水文特征，重点调查包气带特征、水系特征、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、地下水补给与排泄及地下水动态等。

5.1.3 生态现状调查包括植被类型、生物量和生物多样性等。

5.1.4 土地利用情况调查内容如下：

- a) 土地利用现状及变化情况，包括地类、位置、面积、分布等状况；
- b) 土地权属及变化情况，包括土地的所有权和使用权状况；
- c) 土地条件，包括土地的自然条件、社会经济条件等状况。

5.2 环境

5.2.1 调查矿坑及周边区域范围内土壤、地表水及地下水的环境质量本底值。

5.2.2 土壤。结合矿坑占地规模和矿坑周边土壤环境敏感程度，调查矿坑及其周边的土壤环境现状。

- a) 表层土壤样品。结合 HJ 964 现状监测中基本要求、布点原则和监测点数量要求等相关规定，根据矿坑及其周边土壤类型、可能受到影响的地形特征、主导风向、地面径流方向等实际情况，设置土壤表层样品的采样点位和数量；
- b) 深层土壤样品。应根据矿坑区域地层情况及矿坑回填深度，结合土地利用历史情况和矿坑本底调查情况，在考虑入渗可能影响的深度下，确定深层土壤样品的采样点位。结合 HJ 964 相关规定，确定取样点的数量；

- c) 土壤样品检测指标。根据 HJ 964 相关规定, 依据回填矿坑特征、土壤环境影响类型, 针对性地选择土壤理化特性调查内容。根据国土空间总体规划和土地利用情况, 结合 GB 36600 或 GB 15618 规定、回填材料污染特征等确定检测指标。
- 5.2.3 地表水。矿坑周边的地表水, 按照 GB 3838、HJ 91.2 进行地表水采样, 具体要求如下:
 - a) 地表水样品: 地表水监测的布点与采样按照 HJ 91.2、HJ 2.3 的相关规定执行;
 - b) 地表水样品检测指标: 依据地表水环境功能区划和保护目标, 结合回填材料特性, 按照 GB 3838、HJ 2.3 要求确定检测指标。
- 5.2.4 地下水调查要求如下:
 - a) 地下水样品: 根据 GB18599 相关规定, 在矿坑区域的地下水流场上游、下游, 以及可能出现污染物扩散的区域, 结合矿坑实际水文地质特征情况布设监测井, 监测井的布设与管理应符合 HJ 164 的相关要求。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;
 - b) 地下水监测指标: 按照 GB/T 14848、HJ 610 以及回填材料污染特征确定地下水检测指标。

6 矿坑回填

6.1 一般要求

- 6.1.1 回填作业前, 应制订回填施工方案。方案中应包括施工质量保证和污染物控制内容, 明确环境保护条款和责任, 包括二次污染防治和突发事件应急措施, 环境应急预案。
- 6.1.2 回填作业的主体工程应根据实际需求进行设计, 其结构参见附录 A。其中, 对于利用第 I 类一般工业固体废物回填的工程, 可不设阻隔层。
- 6.1.3 矿坑回填区域占地边界不应超过其历史边界, 除必要的边坡修正等安全措施外, 不应扩大矿坑范围。可根据矿坑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、进出场道路等。分区设置应有利于物料运输、回填等作业, 并与各类车辆进出场道路合理衔接。
- 6.1.4 不相容的一般工业固体废物应设置不同的分区进行回填作业。

6.2 技术要求

- 6.2.1 矿坑回填设计应结合原有地形和土地类型, 做到有利于雨污分流, 减少土方工程量, 优化土石方平衡。坝基处理、填筑要求、回填厚度、压实系数、支挡、防排水设施等设计可参考 SL 274、DL/T 5488 等相关标准, 确保安全运行。
- 6.2.2 基础防渗层要求如下:
 - a) 当回填材料为满足第 I 类一般工业固体废物、有机质含量小于 2% (煤矸石除外)、水溶性盐总量小于 2% 要求的一般工业固体废物时, 基础防渗层的渗透系数应不大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 且厚度不小于 0.75m;
 - b) 当回填材料为满足第 II 类一般工业固体废物、有机质含量小于 5% (煤矸石除外)、水溶性盐总量小于 5% 要求的一般工业固体废物时, 基础防渗层应采用厚度不小于 1.5mm 高密度聚乙烯膜或满足饱和渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 且厚度不小于 0.75m 的粘土类防渗层, 并应设置对应的渗漏监控系统, 监控基础防渗层中防渗层系统的完整性。基础防渗层系统由渗滤液导排层、人工防渗衬层、粘土衬层、保护层、地下水导排层 (可选) 和基础层组成, 其结构组成和具体要求参见附录 B。基础层表面与地下水年最高水位距离不足 1.5m 时, 应建设地下水导排系统。
- 6.2.3 回填层要求如下:

- a) 应确保回填过程及回填区域长期安全稳定，回填边坡坡面角应小于 25°。回填材料应分台阶堆置，堆体单级台阶高度不应高于 10m，台阶综合坡度宜取 22°~25°。回填过程中应对回填物进行分层碾压，防止沉降；
 - b) 利用煤矸石回填的矿坑应采用上覆压实土层或其他具有阻隔空气效果的覆盖材料等安全措施防止自燃和爆炸，覆盖层厚度不小于 30cm；
 - c) 每层回填料堆存厚度应符合 GB 51018 相关规定。
- 6.2.4 阻隔层要求如下：
- a) 第Ⅱ类一般工业固体废物回填后的矿坑应在完成回填任务后封场，封场结构应包括阻隔层、雨水导排层；
 - b) 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防渗衬层，其渗透系数应不大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，且厚度不少于 0.30m。
- 6.2.5 覆土层中表土厚度应符合 TD/T 1070.1 相关规定。

6.3 污染控制

- 6.3.1 严格按照施工方案要求，执行回填作业过程中关于地下水水位控制、隔水层，以及渗滤液收集、冲洗水收集、雨水截排、顶部阻隔等环境保护措施。
- 6.3.2 回填过程中产生的无组织气体排放应符合 GB 16297 规定的无组织排放限值的相关要求。
- 6.3.3 回填过程中排放的环境噪声、恶臭污染物应符合 GB 12348、GB 14554 的规定。

6.4 环境质量监测

- 6.4.1 地表水监测。在满足污染物排放标准与环境管理要求基础上，针对项目运行、封场后等不同阶段可能造成地表水环境影响制定地表水监测计划。地表水点位、分析方法、监测频次应按照 HJ 819 执行。
- 6.4.2 地下水监测。根据场区水文地质特征布置监测井，监测井的建设与管理应符合 HJ 164 的技术要求。在环境本底调查阶段已有的地下水监测井可继续使用。回填期间，监测频次至少每季度 1 次，每两次监测之间间隔不少于 1 个月，如周边环境敏感区应增加监测频次，具体监测点位和频次依据 HJ 164 确定。地下水监测因子分析方法按照 GB/T 14848 执行。
- 6.4.3 大气监测。采样点布设、采样及监测方法按 GB 16297 的规定执行，回填场地下风方向应为主要监测范围。回填期间，监测频次至少每季度 1 次。如监测结果出现异常，应及时进行重新监测，间隔时间不得超过 1 周。
- 6.4.4 土壤监测。应布设 1 个土壤监测对照点，对照点应尽量保证不受企业生产过程影响，对照点作为土壤背景值。依据地形特征、主导风向和地表径流方向，在可能产生影响的土壤环境敏感目标处布设土壤监测点。回填期间，土壤监测点的监测频次一般每 1 年 1 次，采样深度根据可能影响的深度适当调整，以表层土壤为重点采样层。土壤监测因子的分析方法按照 GB 36600 的规定执行。
- 6.4.5 噪声监测。环境噪声监测系统、监测点位和监测方法应按 HJ 906、HJ 907 的规定执行，环境噪声排放限值按 GB 12348 的有关规定执行。

7 生态修复

7.1 一般要求

- 7.1.1 依据矿坑所在矿山生态修复总体定位，根据国土空间总体规划、土地利用情况及其他相关法定规划要求，确定生态修复目标，提出矿坑回填后生态修复任务。

7.1.2 根据回填封场的场地条件，提出适宜的土壤重构和植被重建措施。

7.2 技术要求

7.2.1 土壤重构

7.2.1.1 回填结束后应立即进行土壤重构，重构过程应满足 TD/T 1036 规定的相关质量控制要求。以回填封场为基础，选用矿坑周边富含腐殖质、理化性能良好的客土，覆盖于修复场地。修复为农用地的，土壤质量应符合 GB 15618 的要求。修复为建设用地的，土壤质量符合 GB 36600 的要求。

7.2.1.2 为满足各修复场地植被重建需要，可采用壤土、砂、腐殖质、保水剂、粘合剂，以及土壤调节剂、施肥等措施改良土壤。

7.2.2 植被重建

7.2.2.1 在土壤重构基础上，依据矿坑周边区域生态环境、植被适宜性、结构布局合理性、物种多样性开展植被重建。

7.2.2.2 选择适应当地气候、立地条件、抗逆性强、易成活、易养护，且水土保持、防风固沙、适宜性的植物。

7.2.2.3 植物栽植密度、栽植技术与栽培方法符合 GB/T 15776、GB/T 38360 的要求，修复为草地时，播种量、种子处理与播种方法符合 NY/T 1342 的要求。

8 封场后监测与管护

8.1 封场后监测

8.1.1 监测范围

按照 5.1 的要求执行，重点监测矿坑生态修复实施区域。

8.1.2 监测内容与频次

8.1.2.1 封场后，工程区域地表水、地下水、土壤等环境质量监测按本文件 6.4 执行监测。地下水监测系统应继续正常运行，监测频次每半年 1 次，直到地下水水质连续 2 年不超出地下水本底水平后，监测频次调整为每年 1 次。

8.1.2.2 根据回填材料特性，结合矿坑本底调查结果，应监测回填体水平位移和沉降，必要时监测孔隙水压力和渗沥液水位。地表水平位移监测和填区沉降监测参照 GB 50007 和 CJJ 176 相关要求执行。

8.1.2.3 根据矿坑修复目标的土地类型，参照 NY/T 2998 和 GB/T 30363 中的相关要求，调查、观测修复区域内的植被类型、分布、结构、健康及生物多样性。

8.2 运营期管护

8.2.1 工程管护

按照工程设计、运行要求进行定期检查和维修，发现工程设施运行不正常或损毁时，应及时修复和替换；发现环境有被污染的迹象时，应及时查找原因并采取补救措施，防止污染进一步扩散。

8.2.2 植被养护

8.2.2.1 植被养护分为成活期养护和生长期养护。

a) 成活期养护包括苗木绑扎、培土、扶正等；

b) 生长期养护包括松土、除草、施肥、修剪、补植、病虫害防治等。

8.2.2.2 宜采用滴灌、喷灌等节水灌溉方式。

8.2.3 管护时间

管护期为3年。

9 评估

通过对封场修复后矿坑周边地质环境、生态现状、土地利用情况和水土环境现状等方面评估，验证第5章～第8章内容的符合性和有效性。

10 档案管理

矿坑回填及生态恢复应建立全过程档案管理制度，并按照国家档案管理相关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：

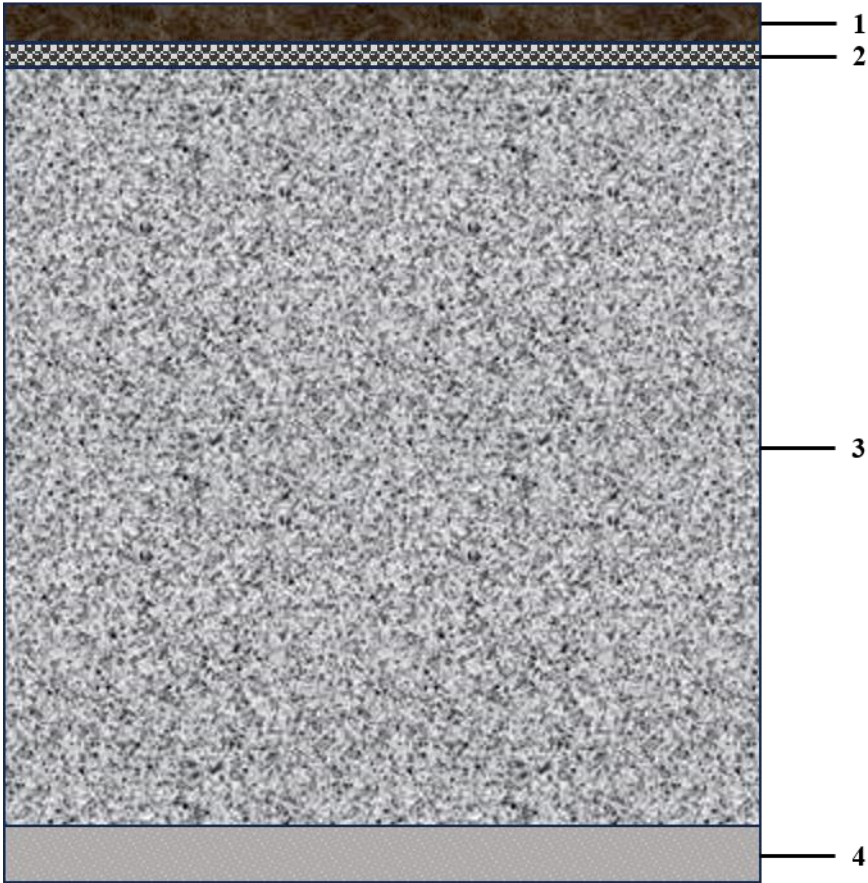
- a) 勘察、设计、施工、监理、验收资料；
- b) 一般工业固体废物的来源、种类、检验报告、入场台账等资料；
- c) 各种污染防治设施运行台账及检查维护资料；
- d) 生态恢复及后期环境监测、应急处置等管理资料；
- e) 治理成效自评报告。

附 录 A
(规范性)
矿坑回填主体工程结构

A. 1 矿坑回填主体工程结构

矿坑回填主体工程结构见图A. 1所示，具体如下：

- a) 覆土层：用于封场覆盖、生态修复治理的表土层；
- b) 阻隔层：采用阻隔、堵截、排导等工程措施，阻断污染物暴露途径，使回填材料与周围环境隔离，避免污染物随降水或地下水迁移对人体和周围环境造成危害，降低和消除污染物对人体健康和环境风险的土层；
- c) 回填层：一般工业固体废物经人工分层填筑并采用碾压等技术措施处理所形成的填方体；
- d) 基础防渗层：具有承载填埋堆体负荷的天然岩土层或经过地基处理的稳定岩土层。当回填材料为满足第I类一般工业固体废物时，基础防渗层为渗透系数不大于 $1.0\times10^{-5}\text{cm/s}$ 且厚度不小于 0.75m 的天然或人工地基。



注：1—覆土层；2—阻隔层；3—回填层；4—基础防渗层。

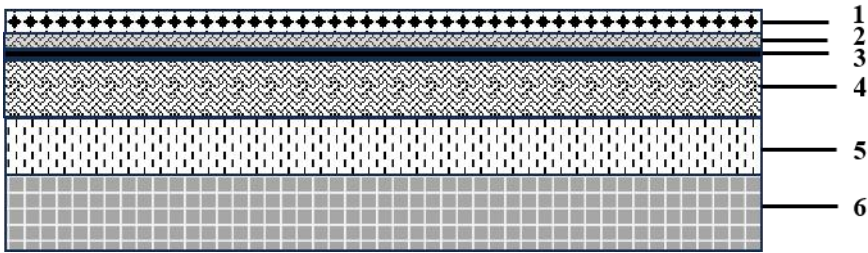
图 A. 1 矿坑回填主体工程结构示意图

附 录 B
(规范性)
基础防渗层系统结构

B.1 基础防渗层系统结构

基础防渗层系统结构见图B.1所示，要求如下：

- a) 渗滤液导排层：宜采用卵石，厚度不应小于 30 cm，卵石下可增设土工复合排水网；
- b) 人工防渗衬层：采用 HDPE 土工膜且厚度不应小于 1.5 mm；
- c) 粘土衬层：渗透系数不应大于 1.0×10^{-7} cm/s，厚度不小于 75 cm；
- d) 保护层：可采用非织造土工布、保护粘土层及粉末状尾矿；
- e) 地下水导排层（可选）：采用卵（砾）石等石料；
- f) 基础层：具有承载填埋堆体负荷的天然岩土层或经过地基处理的稳定岩土层。



注：1—渗滤液导排层；2—保护层；3—人工防渗衬层（高密度聚乙烯膜）；4—粘土衬层；5—地下水导排层（可选）；6—地基基础层。

图 B.1 基础防渗层系统示意图