

一般工业固体废物用于矿山生态恢复技术 规范 采坑回填

Technical specification for rehabilitation of mines with non-hazardous industrial solid
wastes —— backfill of mining pits

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2021 年 04 月 08 日)

×××× - ×× - ××发布

×××× - ×× - ××实施

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 采坑环境、地质调查和评估.....	2
4.1 基本要求.....	2
4.2 调查.....	3
4.3 采坑评估.....	4
5 一般工业固体废物调查和评估.....	4
5.1 一般要求.....	4
5.2 拟利用固体废物的采样分析.....	4
5.3 拟利用固体废物的适用性评估.....	5
6 设计施工要求.....	5
6.1 一般规定.....	5
6.2 污染防治要求.....	5
6.3 总平面布置.....	6
6.4 截排水设计.....	6
7 回填作业.....	6
8 生态恢复.....	7
8.1 一般要求.....	7
8.2 植被恢复要求.....	7
9 回填及生态恢复后环境监测.....	7
9.1 一般规定.....	8
9.2 大气监测要求.....	8
9.3 地下水监测要求.....	8
9.4 地表水监测要求.....	8
9.5 土壤监测要求.....	8
10 土地再利用.....	8

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。

本文件由包头市生态环境局提出。

本文件由内蒙古自治区生态环境厅归口。

本文件主要起草单位：生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、中国标准化研究院、内蒙古科技大学、矿冶科技集团有限公司。

本文件主要起草人：王秀腾、方菲、任中山、乔鹏、胡楠、郭琳琳、郑春丽、陈敏洁、许欣、刘楠楠、苏文湫、苗雨。

本文件于XXXX年XX月首次发布。

一般工业固体废物用于矿山生态恢复技术规范 采坑回填

1 范围

本文件规定了利用一般工业固体废物对采坑进行回填和生态恢复的环境及地质调查和评估、可利用一般工业固体废物筛选评估要求、设计施工要求、回填过程要求、生态恢复及后期监测要求。

本文件适用于内蒙古自治区中西部地区利用一般工业固体废物对采坑进行回填和生态恢复过程的评估、设计、运行和管理。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 0282 水文地质调查规范(1:50000)
- GB 5085 危险废物鉴别标准
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 14506 硅酸盐岩石化学分析方法
- 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 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 34330 固体废物鉴别标准 通则
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)
- HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境
- 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/T 20 工业固体废物采样制样技术规范
- HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则
- HJ/T 91 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/T 166 土壤环境监测技术规范
- HJ 298 危险废物鉴别技术规范
- 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 702 固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法
- 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）
- NY/T 1121.16 土壤检测 第16部分：土壤水溶性盐总量的测定

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。

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。

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。

3.4

采坑 mining pits

因采矿挖掘活动形成的地表深坑。

3.5

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、石等生产材料填充地下采空空间、露天开采地表挖掘区、取土场、地下开采塌陷区以及天然坑洼区的活动。

3.6

地下水补给区 groundwater recharge area

能够通过大气降水、地表水、回渗（归）水以及其他含水层渗入，对地下水含水层进行补给的地区。

3.7

生态恢复 ecological restoration

对遭到退化、损伤或破坏的生态系统采取消除环境污染、防控环境风险、促进生态系统自然重建的整治措施，消除其生态破坏和环境污染，使其生态功能逐步恢复和重建的过程。

4 采坑环境、地质调查和评估

4.1 基本要求

4.1.1 可利用一般工业固体废物进行生态恢复的采坑应符合环境保护法律法规及相关法定规划要求，应与当地城市总体规划和国土空间规划协调一致，应与当地的大气防护、水土资源保护、自然保护及生态平衡要求相一致。对计划利用一般工业固体废物进行生态恢复的采坑应进行选址调查，在调查的基础上进行评估。

4.1.2 可利用一般工业固体废物进行生态恢复的采坑应位于地质稳定区域，不应位于下列地区：

- a) 地下水集中供水水源地及补给区，水源保护区；
- b) 洪泛区和泄洪道；
- c) 岩溶发育区，天然滑坡或泥石流影响区；
- d) 多年冻土区；
- 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、永久基本农田和其他需要特别保护的区域内。

4.1.3 所选采坑地质结构条件应满足回填后的承载力要求，避免地基下沉的影响，特别是不均匀或局部下沉的影响。

4.2 调查

4.2.1 调查范围

应对采坑及受其生态恢复影响邻近区域的地质单元进行调查。

4.2.2 调查内容

调查内容应包括采坑所在的水文地质单元的区域调查和环境本底调查。

4.2.3 区域调查

包括水文地质情况、气象与土地利用、周边环境敏感目标等基本情况的调查。

- a) 水文地质情况调查应包括如下内容：
 - 基本现状：调查采坑的面积容积、历史演变、治理现状等。
 - 地质结构：调查采坑所处区域的宏观地貌、地层结构、地层稳定性、岩性等。
 - 地形地貌：调查影响采坑安全的危岩体、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，说明采坑地质灾害隐患的类型、规模、分布及状态等。
 - 水文：调查采坑及所在流域地表水和地下水的基本水文特征。
- b) 气象与土地利用调查应包括如下内容：
 - 气象：调查采坑所在地光、热、水等气象条件；
 - 土地利用现状：调查土地利用现状及规划类型、规模、分布和权属情况。
- c) 周边环境敏感目标调查，应针对采坑周边影响的区域范围内，调查现有主要大气和水污染源情况，调查采矿及其影响区域范围内居民点、土壤、地表水、地下水、基本草原、天然林、野生动植物等环境敏感目标的分布情况。

4.2.4 环境质量本底调查

调查采坑及其影响区域的土壤、地表水及地下水的环境质量本底水平，作为长期监测的对照值，以及历史堆存一般工业固体废物的情况。

- a) 土壤：根据采坑及其临近附属区域的地形特征、地面径流方向设置表层样采样点，其中采坑范围内不少于4个，采坑范围外不少于2个。涉及大气沉降影响的，应在采坑外主导风向上、

下风向各设置1个表层样采样点。涉及地面漫流途径影响的，应结合地形地貌，在采坑范围外的上、下游各设置1个表层样采样点。土壤样品检测指标包括土壤pH值、GB 36600规定要求的检测指标，以及回填一般工业固体废物的特征污染物。

- b) 地下水：在采坑区域上游、下游及可能受污染物扩散影响的周边区域内布设监测井，并进行采样，各区域监测井的数量不少于1个。地下水样品检测指标按照GB/T 14848规定要求，并结合环境风险评估需要，确定检测指标。
- c) 水文地质条件：按照GB/T 0282开展水文地质条件调查，重点调查地下水埋深、含水层和含水岩组的岩性及厚度、地下水系统边界、地下水补给与排泄等。
- d) 历史遗留固体废物：调查采坑中是否有历史遗留固体废物，调查其来源、主要成分特征、固废属性、污染特征等。

4.2.5 调查方法采取资料收集、现场调查和人员访谈相结合的方式。现场调查应根据调查目的和内容进行踏勘普查、样地详查和勘探调查等，调查方法应符合相关调查规范。

4.3 采坑评估

4.3.1 根据采坑基本现状、资源与生态环境等情况的调查，对利用一般工业固体废物回填采坑进行生态恢复的安全性进行评估。

4.3.2 结合采坑所在区域的气象、水文、土壤和生物资源、生态环境状况，参照土壤、地下水相关环境影响评价及污染风险评估国家标准或技术规范，对利用一般工业固体废物回填采坑进行生态恢复的潜在环境风险进行评估，确保回填后环境风险可控。

4.3.3 必要时，需应对区域经济条件、土地利用规划、人文资源与社会环境等进行经济社会情况分析，评价采坑生态恢复的经济社会条件、综合效益和社会管理风险。

5 一般工业固体废物调查和评估

5.1 一般要求

5.1.1 回填采坑的一般工业固体废物主要包括：

- a) 钢铁冶炼等过程产生的冶炼废渣；
- b) 工业燃煤锅炉生产过程产生的粉煤灰、炉渣、脱硫石膏；
- c) 煤矸石；
- d) 尾矿；
- e) 废石；
- f) 其它满足相应要求的一般工业固体废物。

5.1.2 用于采坑生态恢复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。

5.2 拟利用固体废物的采样分析

5.2.1 用于回填料用于采坑进行生态恢复的一般工业固体废物，应符合以下基本技术要求：

- a) 有机质含量小于5%（煤矸石除外），测定方法按照HJ 761进行；
- b) 水溶性盐总量小于5%，测定方法按照NY/T 1121.16进行。

5.2.2 对拟利用的固体废物采样

对于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，采用等间隔采样法进行采样，且采样份样数不少于5个。

对于历史堆存的一般工业固体废物，宜选择代表性位点均匀采样，当堆存面积不大于5000 m²时，采样点位数不少于3个；当堆存面积>5000 m²时，采样点位数不少于6个，并可根据实际情况酌情增加。具体采样检测方案由环境风险评估需要最终确定。

5.2.3 拟利用的固体废物样品，应采用HJ 702、GB 5085、GB/T 14506等国家相关标准规范进行全成分分析。对于固体废物样品中的污染物，分别按照HJ 557和HJ/T 299规定方法获取浸出液，再进行检测。

5.3 拟利用固体废物的适用性评估

根据当地气候条件和水文水质特征，结合固体废物检测结果，对拟利用的一般工业固体废物开展污染物环境行为分析，分析预测采矿回填及生态恢复后污染物浸出等迁移转化特征，识别并评估其环境风险。评估风险结果符合风险管控要求的一般工业固体废物，方可用于采坑回填材料。

环境行为分析评估可采取环境模拟实验的方式。

6 设计施工要求

6.1 一般规定

6.1.1 采坑生态恢复总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，不允许扩大采坑范围。根据采坑的规模和建设条件做出分期和分区建设的总体设计。

6.1.2 采坑生态恢复主体工程应包括：基础及防渗系统、渗滤液收集和导排系统、雨污分流系统、顶部阻隔覆盖系统、植被及环境监测系统等。根据采坑水文地质条件实际情况，可选择设置地下水导排系统。

6.1.3 为确保施工安全及回填体稳定性，应对主体工程的地质安全性进行评估，必要时应放出足够的边坡。

6.1.4 坑底清基过程中，应对发现的可能影响地基稳定的溶洞、采空区域、地下水断层破坏等进行清理、平整、地下水导排等处理。

6.2 污染防控要求

6.2.1 地下水位要求

采坑基础层底部应高于地下水年最高水位 1.5m 以上。当场区基础层底部与地下水年最高水位距离不足 1.5m 时，应建设地下水阻隔、导排系统，确保采坑回填作业和后期管理期内的地下水年最高水位维持在基础层底部 1.5m 以下。

6.2.2 防渗要求

6.2.2.1 当用于采坑回填和生态恢复的固体废物均满足第I类一般工业固体废物时，应符合下列防渗要求：

(a) 当天然基础层饱和渗透系数不大于 1.0×10^{-5} cm/s，且厚度不小于0.75 m时，可以采用天然基础层作为防渗衬层。

(b) 当天然基础层饱和渗透系数大于 1.0×10^{-5} cm/s时,可采用改性压实粘土类衬层或具有同等以上隔水效力的其他材料防渗衬层,其防渗性能应至少相当于渗透系数为 1.0×10^{-5} cm/s且厚度为0.75 m的天然基础层。

6.2.2.2 当全部或部分用于采坑回填和生态恢复的固体废物为第Ⅱ类一般工业固体废物时,应符合下列防渗要求:

(a) 当天然基础层饱和渗透系数不大于 1.0×10^{-7} cm/s,且厚度不小于0.75m时,可以采用天然基础层作为防渗衬层。

(b) 当天然基础层饱和渗透系数大于 1.0×10^{-7} cm/s,时,可采用改性压实粘土类衬层或具有同等以上隔水效力的人工复合原料,制备防渗阻隔材料,替代天然基础层,建设采坑地基防渗阻隔层、顶部阻隔层,其防渗性能应至少相当于渗透系数为 1.0×10^{-7} cm/s且厚度为0.75m的天然基础层。

6.2.3 渗滤液

渗滤液通过采坑回填区底部铺设的导排系统收集至收集池,收集池渗透系数小于 1×10^{-7} cm/s。收集的渗滤液可喷洒至回填采坑的工业固体废物表面,防止扬尘。

6.3 总平面布置

6.3.1 总平面应按功能分区合理布置,主要功能区包括采坑回填作业区、安全隔离区、管理区、进出场道路等。

6.3.2 采坑回填应根据基础地层水文地质条件、地质安全和作业条件等实际情况分区实施,分区设置应有利于物料运输、回填等作业,并与各车辆进出场道路合理衔接。

6.4 截排水设计

6.4.1 采坑竖向设计应结合原有地形,做到有利于雨污分流和减少土方工程量,优化土方石平衡。

6.4.2 采坑截洪沟、排水沟等的走线设置上应充分利用原有地形,坡度应使雨水导排顺畅且避免过度冲刷。

7 回填作业

7.1 利用一般固体废物对采坑进行生态恢复之前,应制订运行计划、环境污染管控措施和突发环境事件应急方案。突发环境事件应急方案应说明各种可能发生的突发环境事件情景及应急处置措施。

7.2 利用多种类别一般工业固体废物进行回填时,应根据生态恢复后污染控制要求,合理设计回填作业计划,并分区开展回填。

7.3 利用煤矸石进行恢复的采坑,每层煤矸石堆存厚度不超过3m,应上覆压实土层,厚度应为0.3m~0.5m,压实系数不小于0.85,防止煤矸石自燃。采坑周围应设安全防护设施及不少于8m宽度的防火隔离带,填埋作业区应设防飞散设施。

7.4 采坑在利用一般工业固体废物回填过程中应控制堆体的坡度,确保堆体的稳定性。回填过程中需对回填物进行分层碾压,以防止沉陷。

7.5 采坑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,应及时采取必要措施,保障正常运行。

7.6 采坑回填及生态恢复单位应建立档案管理制度,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。档案资料主要包括但不限于以下内容:

- a) 场址选择、勘察、征地、设计、施工、监理工程验收资料;
- b) 固体废物的来源、种类、污染特性、入场台账和回填位置等资料;
- c) 各种污染防治设施运行台账及检查维护资料;
- d) 渗滤液、工艺水总量以及渗滤液、工艺水处理设备工艺参数及处理效果记录资料;
- e) 生态恢复及后期环境监测、应急处置等管理资料。

8 生态恢复

8.1 一般要求

8.1.1 采坑回填一般工业固体废物后的覆盖系统自下而上应依次包括阻隔层、雨水导排层、最终覆土层、植被层。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 1.0×10^{-5} cm/s 且厚度为 0.40 m 的压实粘土层。最终覆土层应满足植被恢复的需要。

8.1.2 当采坑完成回填作业时,应依据当地自然环境、地形条件、水资源及表土资源,以及土地再利用的中长期规划,合理制定生态恢复实施计划,以选择乡土适生适宜的植物为主逐步实施逐步实施生态恢复,并生态恢复目标应与与周边自然环境和土地利用规划相协调。

8.1.3 采坑植被恢复设计应考虑坡度与边坡处理、覆盖系统的结构类型、生态恢复、土地利用与水土保持、堆体稳定性等因素。

8.1.4 采坑生态恢复时表面覆土层的厚度视固体废物的颗粒度大小、拟种植物种类及其对阻隔层可能产生的损坏确定。

8.1.5 进行生态恢复后,仍需继续加强覆盖层维护管理,防止覆盖层开裂。

8.1.6 进行生态恢复后,应在恢复后场区边界外设置明显标识牌,注明施工完成时间以及使用该土地时应注意的事项。

8.2 植被恢复要求

8.2.1 植物选择应遵循因地制宜、乡土适生植物优先、构建近自然植物群落的原则,并符合下列规定:

- a) 抗旱、抗寒、抗瘠薄、抗病虫害能力应强,适应土壤贫瘠的恶劣环境中生长;
- b) 萌芽能力强,能够有效固结土壤,防止水土流失;
- c) 成活率应高,繁殖能力强。

8.2.2 植被恢复应与周边自然景观协调。不得使用外来有害植物种进行植被恢复。

8.2.3 植被恢复按土壤种植区域和岩基种植区域分别采取相应的措施。

9 回填及生态恢复后环境质量监测

9.1 一般规定

9.1.1 应按照有关法律和《环境监测管理办法》等规定，建立监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况及对周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录。

9.1.2 环境质量监测指标应根据固体废物特性和项目风险评估结果来确定。

9.2 大气监测要求

9.2.1 回填作业期间，企业自行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。采样点布设、采样及监测方法按 GB 16297 的规定执行，污染源下风方向应为主要监测范围。

9.2.2 生态恢复后，根据当地大气监测工作要求开展日常大气环境质量监测。

9.3 地下水监测要求

9.3.1 回填作业期间，地下水每年在丰平枯期各监测一次。连续监测至采坑完全生态恢复以后，若地下水主要监测项目指标连续基本无变化，则每年可按照丰水期监测一次。直到地下水水质连续 3 年内不超出地下水本底水平。

9.3.2 地下水水质连续 3 年不超出地下水本底水平后，根据当地地下水监测跟踪要求开展日常地下水环境质量监测。

9.4 地表水监测要求

9.4.1 在项目建设、回填作业、生态恢复等不同阶段，按照 HJ 819 要求，确定地表水监测点位、分析方法、监测频次等，制定并实施地表水环境监测计划。

9.4.2 生态恢复后，根据当地地表水水质监测工作要求开展日常水环境质量监测。

9.5 土壤监测要求

9.5.1 在采坑下游周边雨水易于汇流和积聚的区域布设不少于 2 个表层土壤采样监测点。土壤监测因子的分析方法按照 GB 36600 的规定执行。

9.5.2 回填作业及生态恢复期间，土壤监测点的自行监测频次一般不少于每年 1 次。连续监测至采坑完全生态恢复以后，若土壤主要监测项目指标连续基本无变化，则每年监测一次。直到土壤监测因子连续 3 年内不超出土壤本底水平。

10 土地再利用

生态恢复治理后，可依据采坑所在区域自然环境、地形条件、水资源及表土资源情况，向自治区自然资源相关部门申请土地再利用，并严格执行有关法律、行政法规及国家（地方）关于土地复垦质量控制要求等相关管理规定。

生态恢复后土地不得用于农业用地、住宅用地、公共管理和公共服务用地等敏感用地开发。