



中华人民共和国国家标准

GB/T 45610—2025

煤矸石回填塌陷区复垦技术规程

Reclamation code of practice for coal gangue backfilling subsidence area

2025-04-25 发布

2025-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 总则 2

5 工作流程 2

6 煤矸石分类与入场 3

 6.1 煤矸石分类 3

 6.2 煤矸石入场要求 4

7 回填场地调查与选择 4

 7.1 一般要求 4

 7.2 背景调查 4

 7.3 场地稳定等级调查 4

 7.4 防渗要求调查 5

 7.5 场地选择要求 5

8 回填与复垦 5

 8.1 一般要求 5

 8.2 表土剥离与保护 5

 8.3 煤矸石回填 5

 8.4 复垦 6

9 复垦质量监测与评价 6

 9.1 复垦质量监测 6

 9.2 复垦质量评价 7

参考文献 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。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出并归口。

本文件起草单位：山东能源集团有限公司、中国矿业大学（北京）、中国煤炭工业协会生产力促进中心、山东康格能源科技有限公司、山东省标准化研究院、山东省鲁南地质工程勘察院（山东省地质矿产勘查开发局第二地质大队）、新汶矿业集团有限责任公司、内蒙古民族大学、北京科技大学、山东能源集团科技发展有限公司、国能神东煤炭集团有限责任公司、中煤科工开采研究院有限公司、防灾科技学院、山东省煤炭科学研究院有限公司、山东华新建筑工程集团有限责任公司、安徽理工大学、中国矿业大学、贵州荣源环保科技有限公司、中煤科工生态环境科技有限公司、中煤天津设计工程有限责任公司、中煤（天津）地下工程智能研究院有限公司、山东省国土空间规划院（山东省自然资源和不动产登记中心）。

本文件主要起草人：李伟、范建国、张凯、杨扬、安洁、张勇、刘健、王乃国、王义、李秀山、孙翔、张晓博、薄怀志、李明明、王爽、德力格尔、高岩芝、刘金海、岳尊彩、刘鹏亮、陈洪年、冯秀娟、蒋良富、韩科明、冯涛、王利欣。

煤矸石回填塌陷区复垦技术规程

1 范围

本文件确立了煤矸石回填塌陷区复垦的总则和 workflows，规定了煤矸石分类与入场、回填场地调查与选择、回填与复垦的过程，描述了复垦质量的监测与评价方法。

本文件适用于利用煤矸石回填采煤塌陷区复垦。

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/T 214 煤中全硫的测定方法
GB 3838—2002 地表水环境质量标准
GB 8978 污水综合排放标准
GB/T 14848—2017 地下水质量标准
GB 16297—1996 大气污染物综合排放标准
GB/T 17643 土工合成材料 聚乙烯土工膜
GB 18599—2020 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
GB/T 21010 土地利用现状分类
GB/T 34230—2017 煤和煤矸石淋溶试验方法
GB/T 35986 煤矸石烧失量的测定
GB/T 37574—2019 采煤塌陷区水资源环境调查与评价方法
GB/T 43215—2023 采空区地表建设地基稳定性评估方法
GB/T 43934 煤矿土地复垦与生态修复技术规范
GB 51044—2014 煤矿采空区岩土工程勘察规范
HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范
HJ 91.2—2022 地表水环境监测技术规范
HJ/T 166—2004 土壤环境监测技术规范
HJ 610—2016 环境影响评价技术导则 地下水环境
NB/T 10533 采煤沉陷区治理技术规范
NB/T 11431—2023 土地整治煤矸石回填技术规范
NY/T 1121.2 土壤检测 第2部分：土壤 pH 的测定
TD/T 1031.1—2011 土地复垦方案编制规程 第1部分：通则
TD/T 1031.3—2011 土地复垦方案编制规程 第3部分：井工煤矿
TD/T 1036—2013 土地复垦质量控制标准
TD/T 1048 耕作层土壤剥离利用技术规范
TD/T 1049—2016 矿山土地复垦基础信息调查规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤矸石 coal gangue

在煤矿建井、开拓掘进、采煤和煤炭洗选过程中产生的干基灰分 $>50\%$ 的岩石。

[来源：GB/T 29162—2012, 3.1]

3.2

回填 backfilling

利用一般工业固体废物或土、砂、石等生产材料填充地下开采塌陷区以及天然坑洼区的活动。

[来源：GB 18599—2020, 3.11, 有修改]

3.3

采煤塌陷区 coal mining subsidence area

由于地下采煤引起的使地表在一定范围内的高程发生变化而形成的区域。

[来源：GB/T 37574—2019, 3.1]

3.4

土地压占 land occupied

因堆放剥离物、废石、矿渣、粉煤灰、表土、施工材料等，造成土地原有功能丧失的过程。

[来源：TD/T 1031.1—2011, 3.10]

3.5

天然基础层 native foundation

位于防渗衬层下部，未经扰动的岩土层。

[来源：GB 18599—2020, 3.12]

3.6

土地复垦 land reclamation

对生产建设活动和自然灾害损毁的土地，采取整治措施，使其达到可供利用状态的活动。

[来源：TD/T 1031.1—2011, 3.1]

4 总则

4.1 协调一致原则。与所在区域县级及以上国土空间总体规划、区域环境影响评价、生态环境分区管控等衔接一致。

4.2 生态环境友好原则。坚持生态环境保护优先、源头防控为主的方针，确保回填技术和工艺的环境友好性，减轻或消除对环境质量与生态安全的影响。

4.3 经济实用原则。坚持经济实用的原则，选用经济、实用的方法和手段，在经济允许的条件下采用先进可靠的技术方法，实现经济最优化。

5 工作流程

煤矸石回填塌陷区复垦工作按图1所示流程执行。

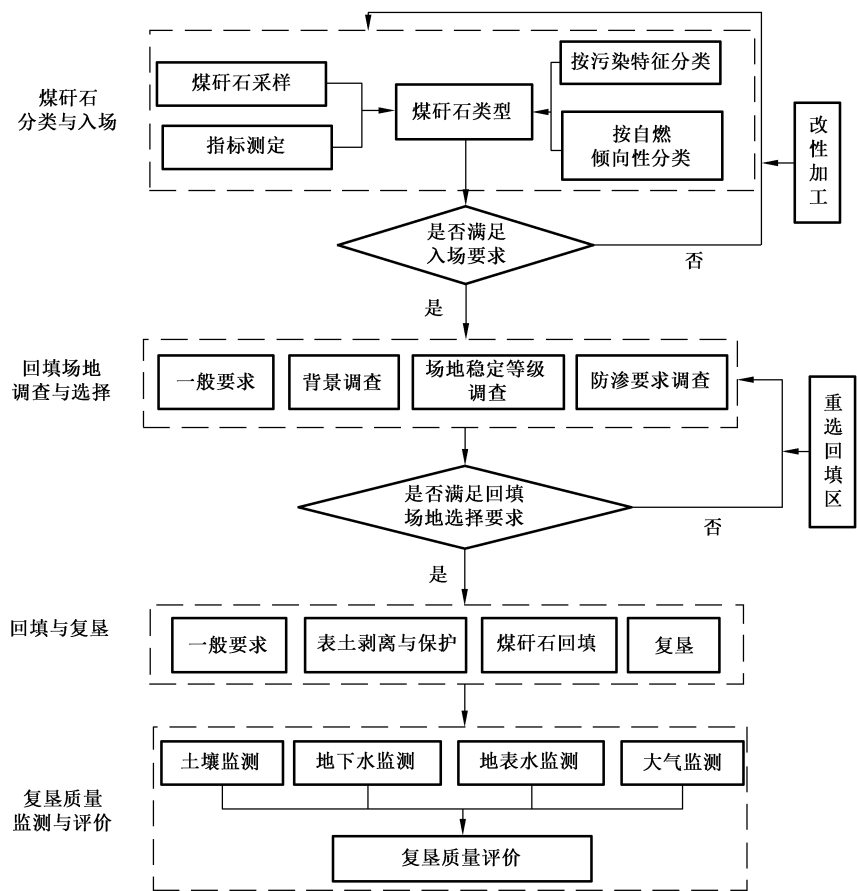


图 1 煤矸石回填塌陷区复垦工作流程图

6 煤矸石分类与入场

6.1 煤矸石分类

6.1.1 按照 HJ/T 20 规定采集煤矸石样本，按照 NB/T 11431—2023 将煤矸石划分为砂石类煤矸石、第Ⅰ类煤矸石、第Ⅱ类煤矸石三类，鉴别标准按表 1 执行。

表 1 煤矸石种类鉴别表

煤矸石类别	鉴别污染物指标	测量方法	限制标准	鉴别方法
砂石类煤矸石	特征污染物浓度	按照GB/T 34230—2017规定方法对煤矸石进行淋溶试验，获取特征污染物浓度	GB 18918中一级标准（A标准）最高允许排放浓度	任何一种特征污染物浓度均未超过限制标准，且pH值在限制标准内
	pH值	按照NY/T 1121.2规定测定	6~9	
第Ⅰ类煤矸石	特征污染物浓度	按照GB/T 34230—2017规定方法对煤矸石进行淋溶试验，获取特征污染物浓度	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）	任何一种特征污染物浓度均未超过限制标准，且pH值在限制标准内
	pH值	按照NY/T 1121.2规定测定	6~9	

表 1 煤矸石种类鉴别表（续）

煤矸石类别	鉴别污染物指标	测量方法	限制标准	鉴别方法
第Ⅱ类煤矸石	特征污染物浓度	按照GB/T 34230—2017规定方法对煤矸石进行淋溶试验，获取特征污染物浓度	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）	某一种特征污染物浓度超过限制标准，且pH值不在限制标准之内
	pH值	按照NY/T 1121.2规定测定	6~9	

6.1.2 应按照 GB/T 214 测定煤矸石含硫量，按照 GB/T 35986 测定煤矸石烧失量。煤矸石按照含硫量、固定碳含量分为高自燃风险、低自燃风险两类。低自燃风险煤矸石，含硫量小于 1%，且烧失量小于 20%。

6.2 煤矸石入场要求

6.2.1 应选用砂石类煤矸石或第Ⅰ类煤矸石作为回填材料，不应使用第Ⅱ类煤矸石。第Ⅱ类煤矸石应通过物理或化学方法改性为砂石类煤矸石或第Ⅰ类煤矸石后使用。

6.2.2 应选用低自燃风险的煤矸石作为回填材料；发生过自燃的同煤田煤矸石，应结合回填实施方案进行自燃倾向性专项论证。

6.2.3 不满足 6.2.1、6.2.2 要求的煤矸石经改性加工后，应按照 6.1 重新进行煤矸石分类。

7 回填场地调查与选择

7.1 一般要求

应按照 TD/T 1031.1—2011、TD/T 1049—2016 的要求进行回填场地调查，选择的回填场地应满足不污染本底生态的要求。

7.2 背景调查

应对土地基本情况背景调查，具体内容及方法按表 2 执行。

表 2 土地基本概况调查内容及方法

类别	调查内容	调查方法	调查依据
土地现状	土地权属	资料收集、问询调查	按照TD/T 1049—2016中6.2规定执行
	土地利用类型	资料收集、实地调查	按照GB/T 21010规定执行
土地损毁程度	煤炭资源压覆	资料收集、实地调查	按照TD/T1031.3—2011中6.4.1规定执行
	土地压占	资料收集、实地调查	按照TD/T 1049—2016中附录A规定执行
	开采沉陷情况	资料收集、实地调查	按照GB/T43215—2023规定执行
土壤状况	土壤类型及质地、土层厚度等	实地调查	按照HJ/T 166—2004规定执行
水文地质	地表水系、主要含水层、地下水水质等	资料收集、实地调查	按照GB/T 37574—2019中4.2规定执行
生态本底	生物多样性、生态保护红线及保护区等	实地调查	按照TD/T 1049—2016中附录A规定执行

7.3 场地稳定等级调查

应按照 GB 51044—2014 中 12.2 对回填场地进行稳定等级调查，根据地表移动变形值将场地划分为

稳定、基本稳定和不稳定三个等级。

7.4 防渗要求调查

应按照 GB 18599—2020 中 5.2.1, 结合 7.2 土壤状况调查, 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, 可直接采用天然基础层作为防渗衬层。天然基础层表面应与地下水年最高水位保持 1.5 m 以上的距离。

7.5 场地选择要求

7.5.1 应避让生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界等生态敏感区域和基本草原、牧草地、林地、林场等。

7.5.2 应选用基本稳定等级以上的采煤塌陷区作为回填场地, 存在资源压覆、土地压占等情况的, 应按照 TD/T 1036—2013 中 6.1 的要求采取处置措施后进行回填。

7.5.3 不满足 7.4 防渗要求的回填场地, 应按照 GB 18599—2020 中 5.2.2 采取人工防渗措施。

8 回填与复垦

8.1 一般要求

8.1.1 施工过程中, 应做好土壤保护, 防止污染和水土流失。

8.1.2 回填复垦后, 应与周边地形地貌协调一致。

8.2 表土剥离与保护

8.2.1 应制定表土剥离设计方案, 直接用作回填区的耕作层土壤, 一次剥离厚度应不大于 0.3 m。对于土层深厚的区域, 可扩大土壤剥离厚度, 但应分层剥离、分层储存; 耕作层以下土壤可用于复垦项目的底层覆土, 表土剥离工作应按照 TD/T 1048 的规定执行。

8.2.2 应根据后续施工工艺、开挖面积等计算用土量, 综合确定耕作层以下土壤挖掘厚度, 将采煤塌陷区耕作层以下的土壤挖出。

8.2.3 将剥离的表土储存在回填区四周具有足够承载力的地面区域, 堆土高度应不大于 5 m, 堆放边坡按 1:1 设计, 应进行遮盖保护, 并在四周开挖排水沟, 防止水土流失。

8.2.4 在表土剥离、运输、储存和回填过程中, 表土保护应按照 TD/T 1048 的规定执行。

8.3 煤矸石回填

8.3.1 防渗层施工要求

结合 7.2 土壤状况调查, 当天然基础层不能满足 7.4 防渗要求时, 应按照 GB 18599—2020 中附录 A 的规定设置人工复合防渗衬层, 并符合以下要求:

- a) 人工合成材料应采用高密度聚乙烯膜, 厚度不小于 1.5 mm, 并满足 GB/T 17643 的要求; 采用其他人工合成材料的, 其防渗性能至少相当于 1.5 mm 高密度聚乙烯膜的防渗性能;
- b) 粘土衬层厚度应不小于 0.75 m, 且经压实、人工改性等措施处理后的饱和渗透系数不应大于 1.0×10^{-7} cm/s; 使用其他黏土类防渗衬层材料时, 应具有同等以上隔水效力;
- c) 回填过程中, 应保护防渗层, 避免施工机械对防渗层的碾压与破坏。

8.3.2 煤矸石回填

煤矸石回填施工过程中, 应符合以下技术要求:

- a) 优先选用6.1.2分类得到的低自燃风险的煤矸石作为回填材料；
- b) 煤矸石回填运输过程中做好防尘措施，降低对环境的影响；
- c) 根据回填区各施工单元初始标高、提前剥离的表土层厚度以及规划设计标高，各单元理论需回填的煤矸石厚度按公式（1）计算：

$$H_a = H_b - (H_c - H_d) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- H_a —— 各施工单元理论需回填厚度，单位为米（m）；
- H_b —— 各施工单元基本稳沉后的规划设计标高，单位为米（m）；
- H_c —— 各施工单元初始标高，单位为米（m）；
- H_d —— 各施工单元提前剥离的土层厚度，单位为米（m）；

- d) 结合施工机械的扰动与自然沉降因素，换算成施工时的煤矸石实际充填厚度，将煤矸石充填至设计标高。

8.3.3 防自燃处理

采取逐层回填矸石、逐层洒水湿润、逐层覆土、逐层碾压的方法完成回填，单层煤矸石回填厚度3 m～5 m，土壤夹层厚度0.5 m，压实度不低于93%，防止煤矸石自燃。

采用其他工艺进行回填的，矸石防自燃处理措施方式的有效性不低于逐层回填。

8.4 复垦

8.4.1 土层回填

将堆放在回填区四周的表土回填至煤矸石层上部，采用分层回填的方式，先回填耕作层以下土壤，再回填耕作层土壤，自然沉实后的有效土层厚度应不小于1 m。

8.4.2 土壤改良

土壤改良应满足 TD/T 1036—2013、GB/T 43934 的要求，未满足的回填区，应进行土壤改良。

耕地回填区应采取人工培肥、生物菌剂、工程措施等；针对林地、草地等回填区，宜采用自然修复为主，人工改良为辅的措施，因地制宜开展土壤改良。

8.4.3 护坡措施

回填复垦后，应因地制宜地进行铺砌和栽植等护坡处理措施，防止回填区边坡水土流失。

8.4.4 配套设施

应按照 NB/T 10533 进行配套设施建设，主要包括灌排工程、输配电工程、道路工程、建筑物工程等。

8.4.5 监测管护

应按照 GB/T 43934 的规定，对回填复垦区项目规模、基础设施、土地复垦质量与植被生长情况等采取监测管护，保证复垦效果。

对于基础设施损毁、土地复垦质量下降等问题，应及时修复或替换。

9 复垦质量监测与评价

9.1 复垦质量监测

复垦质量监测内容包括土壤、地表水、地下水和大气环境，监测范围应覆盖回填塌陷区和影响区。

具体监测项目、采样、监测频次和监测分析方法按照表 3 执行。

表 3 复垦质量监测项目与方法

监测内容	监测项目	采样	监测频次	监测分析方法
土壤	应包括HJ/T 166—2004中10.1的土壤常规监测项目	根据可能影响的深度适当调整，以表层土壤为重点采样层； 监测点布设按照 GB 18599—2020 中 10.6.3 规定执行	不少于每年1次	按照HJ/T 166—2004中10.3的规定执行
地表水	应包括GB 3838—2002中4.1的基本项目	布点、采样应按照HJ 91.2—2022中4.1和4.2规定执行	例行监测可按月开展	按照GB 3838—2002中6.3的规定执行
地下水	常规监测指标应包括GB/T 14848—2017中4.2的监测项目，非常规监测指标应根据煤矸石污染特性选定	按照HJ 610—2016中8.3.3规定执行	按照 GB 18599—2020 中 10.3.3 规定执行	按照GB/T 14848—2017中5.5的规定执行
大气	常规监测因子应包括颗粒物、二氧化硫、氟化物等	布点、采样按GB 16297—1996中8.1和8.2的规定执行，污染源下风方向应为主要监测范围	至少每季度1次；监测结果出现异常应及时重新监测，间隔时间不应超过1周	按GB 16297—1996中8.4的规定执行

9.2 复垦质量评价

9.2.1 土壤环境质量评价应按照 HJ/T 166—2004 中 12.3 进行单因子评价，确定土壤中污染物是否超标。

9.2.2 地表水环境质量评价应按照 GB 3838—2002 划分的水域功能类别和类别标准进行单因子评价，确定监测项目是否超标。

9.2.3 地下水环境质量评价应按照 GB/T 14848—2017 中 6.2 进行单因子评价，确定监测项目是否超标。

9.2.4 大气质量评价应按照 GB 16297—1996 中 6.2 大气污染物排放限值确定监测项目是否超标。

9.2.5 应对土壤、地表水、地下水和大气环境进行连续 3 年的跟踪监测和评价。监测项目连续 3 年达标即可结束监测与评价；监测项目不达标应及时分析原因，采取相应的对策措施。

参 考 文 献

- [1] GB/T 29162—2012 煤矸石分类
-

