

# 《黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范》

## 团体标准编制说明

中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会

二〇二二年十月

目 次

一、项目背景..... 1

二、行业概况..... 1

三、需求分析与效益预测..... 2

四、制定本标准的意义..... 3

五、标准编制过程..... 3

六、标准编制原则..... 4

七、标准的研究思路及内容..... 4

    （一）编制思路..... 4

    （二）标准技术框架..... 4

    （三）标准技术内容..... 5

八、标准的应用领域..... 6

九、标准属性..... 7

## 一、项目背景

矿产资源在推动社会经济发展的同时，也带来了土地资源、生态环境的破坏，对矿区及周边环境影响严重。闭坑矿山、在产矿山以及未来矿山开采遗留的矿山环境问题已成为我国关注的热点，其治理对于推动我国生态文明建设至关重要。

为科学推进矿山生态修复工作，规范矿山生态修复技术方法，指导矿山生态修复，根据《矿产资源法》、《矿山地质环境保护规定》、《土地复垦条例》、《环境保护法》等有关法律法规，编制《黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范》。

本标准由中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会提出并归口。根据中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会2021年第一批团体标准制修订计划，由包钢（集团）矿山研究院有限公司、中钢集团马鞍山矿山研究总院股份有限公司、宝武资源集团有限公司等单位共同起草。

## 二、行业概况

我国矿产资源丰富，矿山开采过程中除了目标矿种还产生了大量的废石、尾矿等固体废弃物，且产生量在持续增加。据相关资料表明，我国矿山每年废石排放量超过 6 亿吨，堆存量已达百亿吨，2021 年我国尾矿堆积量增长到 235.1 亿吨。目前，国外对矿山固废利用以回收资源和能源为主，多是回收有用矿物或元素、转换成新物质、回收能源，多是利用新工艺对现有废渣进行再利用或是少废无废生产，其利用率达 80% 以上。我国冶金矿山固体废物主要利用方式为对废石进行建材等资源化利用、对尾砂利用矿种元素、稀有金属元素、水泥添加等为主，地下矿山多是将采选矿废渣充填采空区以减少堆存，2021 年我国尾矿综合利用率仅 32.7%，因固体废物自身利用率低又导致堆存占地增加，扩大了矿山开采的破坏范围。

矿产资源开发与利用推进了社会进步，同时也造成了生态环境问题。早期矿山生产管理相对粗放，地表植被及原状土壤破坏严重，造成矿区大面积裸露，水土流失严重。目前我国矿山虽已对矿山固体废物加大了利用，但利用效率相对较低，土地损毁速度仍超过矿区复垦速度，因而仍存在相当数量的矿区裸露土地，建设生产过程中产生的矿山剥离物、低品位废渣、尾矿等固体废物无序堆存又加剧了水土流失和环境恶化。冶金矿山的露天采场、废渣堆存占地立地条件差，缺少植物生长环境，但其产生的安全、环境污染、生态破坏等问题使矿区及周边成为现阶段我国生态修复的重点关注区域，也是实现可持续发展战略的难题之一，急需研究和解决。

随着我国生态文明建设、的实施、重点区域生态治理、国家奖补资金增加等政策，矿区环境问题整治已成为我国生态文明建设的重点区域。大中型矿区因其资源丰富、占地范围大已成为我国矿产资源深度利用热点区域和双碳规划的重要潜力区域，其固体废物可通过回收有用元素、制作建材、回填采空区、制作农作物微肥、砂石骨料等途径进行利用，其中回填采空区、砂石骨料利用为目前利用量最大的利用方式，回收有用元素、制作建材和制作农作物微肥等因相关政策、利用方式等有受限制。其中的冶金矿山固废堆场也将成为“碳达峰、碳中和”的重点关注区域。陆地土壤是地球表面最大的碳库，全球土壤碳库达到 2200~3000Pg，是陆地生态系统中碳的重要的源和汇，土壤碳库是植物碳库的 2~3 倍，是大

气碳库的 2 倍。气候中的气温的升高对有机碳分界速率的提高影响明显大于对光合作用的影响，降水对土壤有机碳呈正相关关系，土壤质地越偏向砂质有机碳含量越高，人类活动改变了原有土壤碳库的结构（土壤碳库中的活碳库周转时间为 0.1~4.5 年）。全球森林土壤碳储量最大的为高纬度地区的森林土壤，约占全球森林土壤碳储量的 60%，森林土壤碳大约是森林生物量的 2~3 倍，森林土壤固碳能力在高纬度地区较高。根据气候中对土壤碳库影响比较大的气温、降水等，通过人为改善土壤结构、优选固碳植物，从而提高土壤碳库的固碳能力和植被固碳效果，达到降碳增效的目的。

结合我国矿山生态修复现状，土源、种源、气候条件影响着矿区的生态修复的进程，矿区所在地的气候条件限制生态修复的水、热，除气候外土源和种源是关键。大部分矿山表土保护不足，堆料粘结性差、肥力差，难以形成有效的土壤结构，导致矿区生态治理时无表土来源，同时因占地面积大，采用覆土时需外购大量客土，从而导致矿区生态恢复滞后，制约了矿山的生态建设。矿区表土破坏造成了地带性土壤种子库破坏，制约了矿区植被快速恢复，人工引入植被生长效果不佳。目前，国内外生态恢复的土壤重构方式为（1）无土、（2）客土、（3）生土熟化、（4）污泥等其他材料。将矿区固体废物综合考虑后进行重新配比用于其固废堆场土壤重构的土源，同时通过优选植被进行生态修复有部分实践，但未见有系统的规范。

### 三、需求分析与效益预测

黑色金属矿采选业规上企业数量在 2019 年为 1230 多家，但生产规模呈现增加趋势。我国矿山废石堆存量已达百亿吨，2021 年我国尾矿堆积量增长到 235.1 亿吨。现阶段，我国有色金属矿山的采选综合回收率只有 60%~70%；就铁矿山而言，年排出尾矿量几亿吨，平均含铁约 11%，致使大量的金属铁损失于尾矿中，造成尾矿大量堆存占地，利用率较低，虽也有利用尾砂充填、尾砂肥料、尾砂制砖等利用途径，但因产量仍在增加，且尾砂处置方式仍存在供大于求的状况，在未形成科学高效的利用体系之前，其影响仍将扩大，因此急需可大量处置利用的途径。

目前，我国推行绿色矿山建设、双碳建设，对于矿山生态修复提出了更高的要求，其中固废堆场因占地面积较大将成为建设重点。矿业生产形成的废石、尾砂来自于岩石，具备成土的条件，部分矿山缺少表土，但采矿废石、尾砂产生量大，可考虑对矿山固废进行粒级重构或将其作为基质、配以秸秆、有机肥等作为客土，根据相关研究，粒径 0.2~0.05mm 占比 70%的尾砂按每立方 0.90m<sup>3</sup>尾砂配比用作土壤重构基质时，重构土壤中添加有机肥、秸秆，人工种植的植被可发芽，部分优选草本结穗，同时本土植物碱蓬生长良好，其腾出库容为 0.9m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>。通过对尾砂利用可解决部分矿山用土需求，就地或就近利用，减少堆存占地和快速恢复植被，其符合矿业城市推进的“无废城市”要求。通过干滩尾砂利用，腾出了尾矿库库容，有利于企业正常选矿生产。

我国面积广大，矿区的土地资源因利用空间大已成为潜力区域。目前，有关技术规范可以分为“绿色矿山”建设、矿山“土地复垦”、矿山地质环境问题治理三个领域。其中涉及“绿色矿山”建设的标准规范主要集中在不同行业绿色矿山建设方面；涉及矿山“土地复垦”的标准规范主要分布在行业术语、规划设计、技术方法、方案编制、项目验收等方面；涉及矿山地质环境问题治理的标准规范主要分布在矿山“水文地质-工程地质-环境地质”调查、监测、治理、评价以及有关防治工程勘察、工程设计、工

程施工、工程技术等方面。本矿山生态修复技术规范的主要内容包括：术语、原则、技术要求、技术措施、后期管护、质量控制与验收等方面。通过植被优选和模式构建在恢复植被的同时，助力我国山水林田湖草沙建设。

因矿山所在区域的气候、土源、水源等条件不同，除了矿山固废堆场的不稳定因素，矿山的治理工艺存在差异。北方区域缺水、缺土、大风制约着矿区生态恢复，南部降水充沛，冲刷严重，因此矿山固废堆场稳定、排水系统、保土保肥是矿山生态恢复的关键因素。据研究，森林碳汇已经成为全球碳汇的主要区域，土壤碳库固碳占全球碳库约 90%，远超过植被碳库和大气碳库，我国大多数部分矿山因为前期缺少统筹规划或者实际建设中缺少表土保护，因此在矿山建设中结合固废利用，将有助于土壤碳库构建。

《黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范》标准的制定，将改变目前冶金矿山固废堆场生态修复技术在设计与施工等过程中，由于采用标准不统一而造成的治理效果差异较大的现状，并有利于黑色冶金矿山行业与双碳战略融合，在《黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范》标准的制定过程中，充分考虑矿山环境治理需求，立足于目前的技术水平现状，有利于技术进步、促进科学技术发展，保证和提高生态修复质量，增加经济与社会效益。

#### 四、制定本标准的意义

我国已发布的《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范(试行)》、《裸露坡面植被恢复技术规范》、《铁矿山排土场复垦指南》等多个关于矿山生态环境治理的相关标准，有效指导了我国矿山环境的可持续发展，但多在技术上选择土源多是外运客土、生土熟化等，其规定了植被恢复的原则性标准，但未见具体的土壤重构技术和植被优选技术。基于我国露天矿山日趋减少，现有矿山固废堆场的再利用已成为主流，但已有标准未考虑矿区自身固废资源化利用方面的作用，同时利用矿区及周边固体废物重构土壤并进行适宜的植被优选无系统规范，无法发挥冶金矿山固废堆场再利用后生态修复的作用，因此急需制定统一的技术规范，以缓解矿区固体废物处置导致的生态问题，保证黑色冶金矿山固废堆场再利用后的生态修复技术的可靠性，推动矿区循环经济发展，从而为冶金矿山固废堆场的植被快速建设和生态环境改善奠定基础。

#### 五、标准编制过程

2020年1月~2021年3月：包钢（集团）矿山研究院牵头，对我国典型黑色矿山固废堆场的利用现状、主要环境问题和生态影响进行研究，为矿山生态修复分类施策提供决策依据。

2021年4~9月：研究编制黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范，组建了标准编制组。同年编制组成员采用实地调研、案例分析、类比分析、专家咨询等相结合的方法，先后对典型矿山进行实地调查研究，探讨和总结了黑色冶金矿山固废堆场的共性问题 and 个性问题。

我国矿山生态修复正逐渐从单一复绿手段向综合治理，资源循环利用方式、生态功能恢复与可持续发展等方式转变，先进手段的应用和组合的多样化，治理修复也更科学，更尊重自然规律，实现生态恢复、矿业开发全生命周期的功能转化等，从而实现矿区经济、环境的协同发展。

2021年9月：提出制定标准项目，并进行了标准立项征求意见和论证工作；进行团体标准的筹备及

申请。

2021年10月：中国冶金矿山企业协会发布了项目计划；团体标准启动并确定工作组。

2021年11月~2022年5月：在前期调研的基础上，充分借鉴以往的研究成果，初步建立了规范大纲。经过内部讨论形成最终框架体系，并组织专家对规范框架进行讨论，根据讨论形成的意见和建议，进行全面修改完善后，形成标准初稿。

2022年5月~7月：提交到秘书处初审；秘书处返回修改意见，根据修改意见进行修改。经过多次沟通、咨询，对规范中的内容进行了进一步修改，梳理了引用文件的表述，明确了规范的附表等问题。

2022年8月：采用线上会议形式召开标准讨论会，围绕标准初稿进行了讨论。与会专家进一步对规范中的适用范围、术语、核心内容等提出了宝贵意见，并形成了专家意见。

2022年8月~9月，根据专家意见对规范进行了修改完善，形成了征求意见稿。

2022年10月：秘书处公开征求意见。

## 六、标准编制原则

充分考虑国家冶金矿山行业生态修复现状及发展趋势，了解冶金行业对矿区生态修复的发展需要为前提，通过规范实现冶金矿山固废堆场生态修复的高质量发展，保障冶金矿山企业固废堆场生态修复的治理效果及双碳核算。本标准以满足冶金企业对冶金矿山固废堆场生态修复的需要和发展为前提，展现冶金行业生态修复的发展水平，提高标准的适应能力。

从冶金矿山生态恢复的实际需求出发，确定冶金矿山固废堆场生态修复技术规范的相关技术指标，充分考虑重构土壤和植被之间的匹配关系，以满足我国冶金矿山行业生态修复的要求，提升矿山企业的竞争力，有利于推动冶金矿山对双碳战略规划的落实。

## 七、标准的研究思路及内容

### （一）编制思路

《黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范》的设计与编制主要以问题与需求为导向，切实从冶金矿山行业的实际需要出发，详细编制冶金矿山行业用黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范的技术指标。通过制定科学、合理、全面、可操作的标准，为冶金矿山行业用冶金矿山固废堆场生态修复技术规范领域的健康、科学、可持续发展指明方向。

冶金矿山固废堆场生态修复技术规范没有现行的国家或行业标准，标准在参考《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范(试行)》、《裸露坡面植被恢复技术规范》、《铁矿山排土场复垦指南》等的基础上，结合冶金矿山固废堆场生态修复技术规范的实际发展水平，增强了冶金矿山固废堆场生态修复技术规范与黑色冶金矿山企业的联系，使标准更具有针对性和实用性。

### （二）标准技术框架

本标准包含以下部分：

前言

1 范围

2 规范性引用文件

### 3 术语和定义

### 4 原则

### 5 工作流程

### 6 调查与评价

### 7 治理措施

### 8 质量控制

### 9 监测与管护

### 10 档案管理

### 附表

## （三）标准技术内容

### 1 范围

本文件规定了黑色冶金矿山固废堆场生态修复的原则、程序、内容，以及固废堆场的重塑地形分类、生态恢复技术、管护、工程验收及档案管理等要求。

本文件适用于新建、扩建、改建、闭坑的黑色冶金矿山固废堆场的生态修复及其他类似固废堆场的生态修复。

### 2 规范性引用文件

按 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》的有关规定，列举了本标准引用的国家标准和其他标准。

### 3 术语和定义

本标准规定的术语和定义，包括：黑色冶金矿山固废堆场、生态修复等。

### 4 原则

本标准规定了黑色冶金矿山固废堆场生态修复的原则。

### 5 工作流程

本标准规定了黑色冶金矿山固废堆场生态修复的步骤及相关流程。

### 6 调查与评价

对固废堆场和自然条件、社会经济等进行调查。冶金矿山固废堆场选址和堆存应按设计进行，首先满足稳定性要求。按照安全生产要求，冶金矿山固废堆场应首先满足安全的要求，治理前需对其安全性进行分析评价。固废堆场在稳定的前提下采取相应的治理措施，并符合相关的环保等部分的要求。

为保证治理效果，应对场地进行适宜性评价，以确定治理方向、治理措施等，从而明确合理的治理技术。气候、土壤、植被等因素制约着矿山固废堆场的生态修复，其中气候决定着降水、土壤、植被类型，自然条件下的降水、温度多年平均相对稳定，因此土壤条件成为限制植被生长的重要因素。我国自然土壤存在众多种类和亚类，而矿区固废堆场的生态恢复在治理时所用土壤多为经过倒运已破坏原有结构的重构土，因此其在地满足要求时，还需考虑其厚度、养分等是否满足所选植被的生长。结合降水条件还需考虑所选植被对土壤的适应性。

## 7 治理措施

### 7.1 排土场治理

从消除地质隐患、地貌重塑、场地污染治理、土壤重构、植被重建等方面进行了分析，场地治理应在稳定的状况下进行，同时确保治理后的区域稳定且满足相关的指标要求。

对固废堆场的粉尘、废水、有毒有害污染物等治理，主要采取苫盖、喷淋等方式进行除尘，对废水多采取化学沉淀等方式，对有毒有害物质采取土壤改良等方式进行治理。

对边坡按要求进行分台阶整治，同时在台阶平台外侧设置简易土埂，埂内纵向沿等高线设置一定的坡度，横向形成反坡，同时纵坡每隔一定长度设置内部土埂，以起到保水缓流作用。对部分相对平整但压实度较高的场地应予以翻松。对堆存物料粒径较大的区域，应进行场地基础处理，应对待治理的平台铺设粒径较小的固体废物，然后再铺设粘土形成隔离层，然后在铺设小粒径碎石，然后再铺设重构土，从而便于排水和形成土壤结构。

重构土土源可来自剥离表土、一般土方熟化后利用、农业固体废物、生活污水处理污泥、城市基建土石方等，并结合土壤改良，根据恢复方向，确定覆土厚度，覆土后进行平整，从而满足植物生长需求。土壤重构出了土壤有机质外，还需注意土壤的容重、孔隙率等物理结构，适当时可引入土壤动物。

应根据土壤质量控制标准等进行重构配比实验，确定较为核实的重构土配比，并进行种植试种实验，确定适宜的植物结构。

应根据恢复方向、土壤条件等，选择抗逆性强、生长快、生物量大、生命周期长、稳定性好的乡土植物。栽植前应增施有机肥，同时构建灌草、乔灌草等植被结构，采取穴栽、条播、撒播等方式进行。

实践中应结合土壤重构实验，从而优选适宜于土壤的植物种类及组合，优先推荐采生物量较大的植物组合。

### 7.2 尾矿库治理

尾矿库治理措施基本同排土场，但因坡度、交通等条件相对适宜，建议优先恢复为耕地等农用地。

8 质量控制修复过程中的工程质量应满足矿山相关的法律法规、规范等标准的规定。

## 9 监测与管护

应对施工过程中的边坡稳定、环境保护的水、土、大气等问题进行监测，同时应对植物进行必要的管护。

## 10 档案管理

项目从设计、施工、验收等的过程资料应进行留存，以备验收和后期查询，同时也为后续的相关施工提供经验借鉴。

## 八、标准的应用领域

本标准确立了黑色冶金矿山固废堆场生态修复的场地地质灾害治理、地貌重塑、土壤重构材料来源、植被优选技术等要求，适用于黑色冶金矿山固废堆场生态修复的咨询、设计、工程管理等。同时，对非冶金矿山生态修复具有借鉴意义。

黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范主要应用于黑色冶金行业固废堆场的生态修复。本标准的



实施，顺应了我国黑色冶金矿山固废堆场生态修复由高速度发展向高质量发展的整体趋势，随着矿山资源的枯竭和我国生态文明建设的日趋推进，黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范对黑色冶金矿山行业的绿色发展提供了有力支撑，使生产企业对冶金矿山固废堆场生态修复技术的参数指标、要求有清晰了解，有助于推动黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术的质量提升，促进我国冶金矿山行业的高质量发展。

## **九、标准属性**

本标准属于中国冶金矿山企业协会团体标准，由冶金矿山企业协会推广，推荐各相关单位引用。

《黑色冶金矿山固废堆场生态修复技术规范》标准编制工作组

2022年10月