CCS

发 布

中国煤炭学会

200×-××-××实施

200×-××-××发布

**多源煤基固废膏体充填材料技术规范**

Technical specification for multi-source coal-based solid waste paste filling materials

（征求意见稿）

代替GB/T17608-1998

中国煤炭学会团体标准

ICS 73.040

D24

1. **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这些专利的责任。

本文件由中国煤炭学会提出。

本文件由中国煤炭学会归口。

本文件起草单位：安徽理工大学、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司

本文件主要起草人：

**引 言**

富煤贫油少气是我国的能源禀赋特征，决定了我国以煤炭为主的能源结构。以2022年为例，全国原煤产量达45.6亿t，创历史新高，煤炭消费量占能源消费总量的56%，预计到2025年煤炭仍占我国能源消费的50%左右，煤炭作为我国主体能源，仍将是我国国民经济发展的重要支撑。然而，煤炭在生产、加工、消费、利用的过程中，不可避免地产生了大量的煤基固废，这些固废产量大、利用率低、储量多、污染性强等特点迫使煤基固废处置利用技术快速发展。近年来制定的关于绿色充填及固废处置的相关技术标准，多以煤矸石和粉煤灰制备充填材料，尚未就多源煤基固废利用加以规范。

在既有的绿色充填及固废处置相关标准基础上，增加脱硫石膏、气化渣和炉底渣等煤基固废材料，形成多源煤基固废膏体充填材料技术规范，实现多源煤基固废的规模化和无害化处置。本标准提出多源煤基固废膏体充填材料的材料组分、技术要求、制备方法、性能测试及检验规则，符合煤炭绿色智能开采和洁净高效低碳利用行业发展理念与要求，顺应“碳达峰、碳中和”战略，有利于促进煤炭开采高质量化、环境低损伤化和绿色低碳化发展，具有良好的社会、经济和环境效益。

目 录

[前 言 II](#_Toc150261280)

[引 言 III](#_Toc150261281)

[1 范围 1](#_Toc150261282)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc150261283)

[3 术语和定义 1](#_Toc150261284)

[3.1多源煤基固废multi-source coal-based solid waste 1](#_Toc150261285)

[3.2多源煤基固废膏体充填材料multi-source coal-based solid waste paste filling material 1](#_Toc150261286)

[3.3 颗粒级配particle size distribution 2](#_Toc150261287)

[3.4 质量浓度mass concentration 2](#_Toc150261288)

[3.5 凝结时间setting time 2](#_Toc150261289)

[3.6 塌落度slump 2](#_Toc150261290)

[3.7 泌水率bleeding ratio 2](#_Toc150261291)

[3.8 屈服应力yield stress 2](#_Toc150261292)

[3.9 单轴抗压强度uniaxial compressive strength 2](#_Toc150261293)

[4 材料分析技术 2](#_Toc150261294)

[4.1 颗粒级配分析 2](#_Toc150261295)

[4.2 微观形貌分析 2](#_Toc150261296)

[4.3 矿物成分分析 3](#_Toc150261297)

[4.4 重金属含量分析 3](#_Toc150261298)

[5 技术要求 3](#_Toc150261299)

[5.1 材料组分 3](#_Toc150261300)

[5.2 材料粒径 3](#_Toc150261301)

[5.3 单轴抗压强度 3](#_Toc150261302)

[5.4 凝结时间 3](#_Toc150261303)

[5.5 塌落度 3](#_Toc150261304)

[5.6 泌水率 4](#_Toc150261305)

[5.7 流变特性 4](#_Toc150261306)

[6 膏体材料制备 4](#_Toc150261307)

[6.1 存储设施及条件 4](#_Toc150261308)

[6.2 材料粒径 4](#_Toc150261309)

[6.3 质量浓度 4](#_Toc150261310)

[6.4 膏体材料制备 5](#_Toc150261311)

[7 性能测试及验证 5](#_Toc150261312)

[7.1 凝结时间测试及验证 5](#_Toc150261313)

[7.2 塌落度测试及验证 5](#_Toc150261314)

[7.3 泌水率测试及验证 6](#_Toc150261315)

[7.4 抗压强度测试及验证 6](#_Toc150261316)

[7.5 流变性测试及验证 7](#_Toc150261317)

[8 检验规则 8](#_Toc150261318)

[8.1 检验分类 8](#_Toc150261319)

[8.2 判定规则 8](#_Toc150261320)

**多源煤基固废膏体充填材料技术规范**

# 1 范围

本标准规定了多源煤基固废膏体充填材料的材料组分、制备技术要求、制备方法、性能测试及检验方法。

本标准适用于煤矿井下采空区注充用多源煤基固废膏体充填材料，其它处理固废充填工程的煤基固废膏体充填材料亦可参照使用。

# 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 51450-2022 金属非金属矿山充填工程技术标准

GB/T 9142-2021 建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机

GB 18599-2020 一般工业固体废弃物贮存和填埋污染控制标准

GB/T 39489-2020 全尾砂膏体充填技术规范

GB/T 50123-2019 土工试验方法标准

GB 15618-2018 土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 50080-2016 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

GB/T 6003.2-2012 试验筛 技术要求和检验 第2部分：金属穿孔板试验筛

GB/T 1346-2011 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

GB/T 3159-2008 液压式万能试验机

GB/T 50081-2002 普通混凝土力学性能试验方法标准

NB/T 51070-2017 煤矿膏体充填材料试验方法

JGJ/T 70-2009 建筑砂浆基本性能试验方法标准

JG 237-2008 混凝土试模

# 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

## 3.1多源煤基固废multi-source coal-based solid waste

源于煤矿、电厂、煤化工厂等煤炭产业链中产生的煤矸石、粉煤灰、脱硫石膏、炉底渣、气化渣等固体废弃物。

## 3.2多源煤基固废膏体充填材料multi-source coal-based solid waste paste filling material

以煤矸石为粗骨料，脱硫石膏、气化渣、炉底渣为细骨料，粉煤灰和水泥为胶凝材料，按适当比例混合、搅拌均匀后充填到煤矿井下采空区，浆体状态流动性良好，养护一段时间后形成一定强度的复合材料。

## 3.3 颗粒级配particle size distribution

多源煤基固废充填材料各级粒径颗粒的分布情况。

## 3.4 质量浓度mass concentration

多源煤基固废充填材料与水泥、水混合均匀后固体组分占混合物总组分的质量百分比。

[参考：GB/T 39489-2020，3.3]

## 3.5 凝结时间setting time

试针沉入多源煤基固废充填材料按照本标准3.4的质量浓度制成料浆至一定深度所需的时间。初凝时间和终凝时间使用初凝用试针和终凝用试针分别测定。

[参考：GB/T 1346-2011，3.2]

## 3.6 塌落度slump

多源煤基固废充填材料在自重状态下自然塌落的最终高度与塌落度筒高度的差值。

[参考：GB/T 39489-2020，3.4]

## 3.7 泌水率bleeding ratio

多源煤基固废充填材料按照一定比例充分混合后，在运输、振捣、泵送的过程中粗骨料下沉、水分上浮的现象称为泌水，泌水率为析出水量与料浆含水量的质量百分比。

[参考：GB/T 39489-2020，3.6]

## 3.8 屈服应力yield stress

多源煤基固废充填材料从静止状态变化到流动状态需克服的临界剪切应力。

[参考：GB/T 39489-2020，3.5]

## 3.9 单轴抗压强度uniaxial compressive strength

多源煤基固废充填体在单向受压至破坏时，单位面积上所能承受的荷载。

[参考：GB/T 39489-2020，3.15]

# 4 材料分析技术

## 4.1 颗粒级配分析

利用激光粒度仪分析直径1 mm以下的颗粒级配，利用不同目数的钢制筛网筛分获取直径1 mm以上的颗粒级配。

## 4.2 微观形貌分析

利用电镜扫描（SEM）对多源煤基固废材料的微观形貌进行测试。

## 4.3 矿物成分分析

利用X射线衍射（XRD）、X荧光光谱（XRF）等技术手段，对多源煤基固废材料的矿物成分进行测试。测试分析方法按照标准GB/T 50123-2019中第59章的规定。

## 4.4 重金属含量分析

利用电感耦合等离子谱（ICP）等技术手段，对多源煤基固废材料的重金属含量等进行测试，测试结果应满足标准GB 18599-2020和GB 15618-2018的要求。

# 5 技术要求

## 5.1 材料组分

5.1.1 多源煤基固废充填材料主要包括破碎矸石、粉煤灰、气化渣、脱硫石膏、炉底渣等煤炭产业链中产生的固体废弃物。

5.1.2 为了满足强度要求，可添加适当比例的水泥及速凝剂以提高充填体强度。

5.1.3 为了满足流动性要求，可添加适当比例的减水剂以降低浆体黏度。

5.1.4 各组分比例宜根据具体煤矿固废产量灵活调整，应以满足浆体输送的流动性和充填体的强度要求为目标。

## 5.2 材料粒径

5.2.1 多源煤基固废充填材料中，煤矸石粒径不应大于15 mm，气化渣粒径不应大于2.5 mm，炉底渣粒径不应超过2.5 mm。

5.2.2 粉煤灰和脱硫石膏粒径较细，在过滤掉直径1 mm以上结块后可直接作为充填材料。

## 5.3 单轴抗压强度

5.3.1 多源煤基固废充填体单轴抗压强度不得低于表1规定指标：

表1 多源煤基固废充填体单轴抗压强度指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 龄期 | 8 h | 1 d | 7 d | 28 d |
| 抗压强度 | ≥0.1 MPa | ≥0.25 MPa | ≥1.3 MPa | ≥2 MPa |

5.3.2 多源煤基固废充填体添加水泥提高单轴抗压强度时，应当在确保满足强度要求的基础上控制充填成本。

## 5.4 凝结时间

5.4.1 多源煤基固废膏体充填材料初凝时间不小于4 h，不大于6 h。

5.4.2 多源煤基固废膏体充填材料终凝时间不小于8 h，不大于12 h。

## 5.5 塌落度

5.5.1 塌落度试验应按现行国家标准GB/T 50080的有关规定执行。

5.5.2 多源煤基固废膏体充填材料塌落度不小于180 mm，不大于260 mm。

## 5.6 泌水率

多源煤基固废膏体充填材料泌水率不小于1.5%，不大于5%。

## 5.7 流变特性

5.7.1 充填料浆屈服应力和黏度等流变参数宜通过旋转流变仪和毛细管黏度计测定，对于含粗颗粒的多源煤基固废膏体充填料浆，应通过环管试验确定沿程阻力损失及局部阻力损失。

5.7.2 多源煤基固废膏体料浆屈服应力范围应在100~200 Pa，符合标准GB/T 39489-2020的有关规定。

# 6 膏体材料制备

## 6.1 存储设施及条件

6.1.1存储设施

多源煤基固废膏体充填材料存储设施应满足下列要求：

（a）水泥、粉煤灰等胶凝材料采用仓式存储；

（b）煤矸石、气化渣、炉底渣等粗骨料采用仓式存储或地面堆存；

（c）液体采用罐装存储。

6.1.2储存条件

多源煤基固废膏体充填材料储存条件应满足下列要求：

（a）水泥、粉煤灰等胶凝材料应密封存储，防止受潮；

（b）煤矸石、气化渣、炉底渣等粗骨料应进行顶部遮挡，防止雨雪天气造成骨料含水量变化。

## 6.2 材料粒径

6.2.1 筛网应符合标准GB/T 6003.2-2012第二部分：金属穿孔板试验筛的规定；

6.2.2 采用圆孔直径15 mm的钢制筛网对煤矸石进行筛分。

6.2.3 采用圆孔直径2.5 mm的钢制筛网对气化渣和炉底渣进行筛分。

6.2.4 采用圆孔直径1 mm的钢制筛网对粉煤灰、脱硫石膏和水泥进行筛分，去除结块。

## 6.3 质量浓度



式中：——质量浓度，%；

**——充填材料中固体的质量，kg；

**——充填材料中水的质量，kg。

## 6.4 膏体材料制备

6.4.1 采用本标准6.2筛分的多源煤基固废材料粒径，根据本标准6.3的质量浓度计算公式，制备出符合要求的多源煤基固废膏体充填材料。

6.4.2 多源煤基固废膏体充填材料的搅拌应采用机械搅拌。采用煤矸石作为粗骨料，宜选用混凝土搅拌机，符合标准GB/T 9142-2021的规定。

6.4.3 对制备的多源煤基固废材料进行验证时，取样时间不宜超过15 min。

# 7 性能测试及验证

## 7.1 凝结时间测试及验证

多源煤基固废膏体充填材料初终凝时间测试应参照标准NB/T 51070-2017中8的要求进行。

7.1.1 仪器和设备

仪器和设备的选型应符合标准NB/T 51070-2017中8.2的要求。

7.1.2 试验步骤

采用本标准6.4中取样或制备的多源煤基固废膏体充填材料，按照标准JGJ/T 70-2009中8.0.3的规定进行。试验测试过程中保持实验室与充填现场具有相同的温度、湿度。结果计算应符合标准NB/T 51070-2017中8.4规定进行。

7.1.3 结果验证

选2组本标准6.4中制备的多源煤基固废膏体充填材料，以2组试验结果的平均值作为该多源煤基固废膏体充填材料的凝结时间值；两次试验结果的误差不应大于30 min，且需满足本标准5.4中对凝结时间的要求。

## 7.2 塌落度测试及验证

多源煤基固废膏体充填材料塌落度测试应参照标准NB/T 51070-2017标准中6的要求进行。

7.2.1 仪器和设备

7.2.1.1 多源煤基固废膏体充填体塌落度仪：符合标准NB/T 51070-2017中有关技术要求规定。

7.2.1.2 试验筒、勺子、钢卷尺：符合标准NB/T 51070-2017中6.1.2的有关技术要求规定。

7.2.1.3 塌落度板：符合标准JG/T 248-2009中有关技术要求的规定。

7.2.1.4 手持式搅拌器：转速0~580 r/min。

7.2.1.5 塌落度标尺：量程为300 mm，分度值不大于0.5 mm。

7.2.2 试验步骤

7.2.2.1 取3组混合好的多源煤基固废膏体充填材料，在试验筒中采用手持式搅拌器进行搅拌3 min，随后移至塌落度筒旁。

7.2.2.2 采用标准NB/T 51070-2017中6.1.3的实验步骤开展多源煤基固废膏体充填材料塌落度测试，测试过程中保持实验室与充填现场具有相同的温度、湿度。

7.2.3 结果计算

塌落度值 = 塌落度筒高度 - 塌落后多源煤基固废膏体材料的最大高度，测量精确至1 mm，结果表达修约值5 mm。

7.2.4 结果验证

取3组制备好的多源煤基固废膏体充填材料开展塌落度测试，取3组测试结果的平均值作为实验值，应满足本标准5.5中对塌落度的要求。

## 7.3 泌水率测试及验证

多源煤基固废膏体充填材料泌水率测试应参照标准NB/T 51070-2017中7的要求进行。

7.3.1 仪器和设备

7.3.1.1 多源煤基固废膏体充填材料泌水率的测试仪器应符合标准NB/T 51070-2017中7.2的规定要求。

7.3.1.2 电子天平：量程1 kg，精度0.01 g。

7.3.1.3 台秤：量程5 kg，精度0.01 g。

7.3.2 试验步骤

取本标准6.4制备的多源煤基固废膏体充填材料，一次性装入试样筒中，采用标准NB/T 51070-2017中7.2规定的技术步骤进行测试。试验过程中与充填现场具有相同的温度、湿度。

7.3.3 结果计算

泌水率应按照下式进行计算：



式中：*B*——泌水率，%；

*GW*——泌水总质量，g；

*G*0——试样筒质量，g；

*G*1——试样筒和试样总质量，g；

*G*——膏体充填材料总质量，g；

*W*——膏体充填材料总用水量，g。

7.3.4 结果验证

取3组本标准6.4制备的多源煤基固废膏体充填材料测试泌水率。利用本标准7.3.3的计算公式计算3组泌水率，精度精确至0.1%，取3组测试结果的平均值作为实验值，需满足本标准5.6中对泌水率的要求。

## 7.4 抗压强度测试及验证

多源煤基固废膏体充填材料标准试件制作、养护及抗压强度测试参照标准NB/T 51070-2017中4和9的规定进行。

7.4.1 膏体充填材料标准试件制作

7.4.1.1 取制备好的多源煤基固废膏体料浆，装入标准试模中。采用煤矸石作为粗骨料，当煤矸石粒径小于4.75 mm时，宜选用边长为70.7 mm的立方体试模；当煤矸石粒径在4.75 mm~10 mm之间时，宜选用边长为100 mm的立方体试模，当煤矸石粒径在10 mm~15 mm之间时，宜选用边长为150 mm的立方体试模。试模的选择应符合标准JG 237-2008的规定。

7.4.1.2 待多源煤基固废膏体料浆装入试模充分固化后开始脱模，对脱模后的试件进行恒温恒湿养护。

7.4.2 膏体充填材料标准试件养护

7.4.2.1 将脱模后的标准试件，立即放入温度为20±2℃、湿度为90%以上的标准恒温恒湿养护箱中进行养护（应与井下充填现场环境保持一致）。

7.4.2.2 对养护8 h、1 d、7 d、28 d的标准试件开展抗压强度测试。

7.4.3 抗压强度测试

7.4.3.1 仪器和设备

液压式万能试验机：选型应符合标准GB/T 3159-2008的规定，测量精度应为0.01，试件的抗压强度不应小于压力机量程的20%，且不应大于量程的80%。

7.4.3.2 试验步骤

7.4.3.2.1 每个龄期取3个养护中的标准试件进行抗压强度测试。

7.4.3.2.2 多源煤基固废膏体充填材料抗压强度测试参照标准NB/T 51070-2017中9.3进行。

7.4.3.3 结果计算

7.4.3.3.1 多源煤基固废膏体充填材料抗压强度计算公式如下：



式中：*R*——抗压强度，MPa；

*P*——破坏荷重，N；

*A*——受压面积，mm2。

7.4.3.3.2 试件各养护龄期的误差范围要求如表2所示：

表2 试件各龄期误差范围

|  |  |
| --- | --- |
| 龄期 | 误差范围 |
| 8 h | ± 10 min |
| 1 d | ± 30 min |
| 7 d | ± 120 min |
| 28 d | ± 120 min |

7.4.3.4 结果验证

各龄期的多源煤基固废膏体充填材料标准试件各取3个进行抗压强度测试，取3组试验结果的平均值作为实验值，精确至0.01 MPa，应满足本标准5.3中对各养护龄期抗压强度的要求。

## 7.5 流变性测试及验证

多源煤基固废膏体充填材料流变性试验应参照标准GB/T 39489-2020中附录A有关规定。

# 8 检验规则

## 8.1 检验分类

8.1.1 样品检验由产品使用方的检验部门进行。

8.1.2 每组规格样品均需进行检验，检验合格后方可进行井下充填。

8.1.3 样品检验项目见表3。

表3 质量检验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 技术要求 | 实验方法 |
| 1 | 材料粒径 | 5.2 | 6.2 |
| 2 | 单轴抗压强度 | 5.3 | 7.4 |
| 3 | 凝结时间 | 5.4 | 7.1 |
| 4 | 塌落度 | 5.5 | 7.2 |
| 5 | 泌水率 | 5.6 | 7.3 |
| 6 | 流变性 | 5.7 | 7.5 |

## 8.2 判定规则

8.2.1 检验项目中任一项不符合本标准技术指标时为不合格品。

8.2.2 每次试验和检验的样品充分混匀。

8.2.3 试验报告中应包括本标准规定的各项测试结果。