

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 166—2026

金属矿山充填体真三轴力学性能测定技术要求

Technical requirements for determination of true triaxial mechanical properties of metal mine backfill

2026 - 04 - 24 发布

2026 - 04 - 24 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	1
4 仪器设备	1
5 试件制备	1
6 试验方法	2
7 数据分析	2
附录 A（规范性） 试验方案记录表	4
附录 B（规范性） 试验结果记录表	5



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。

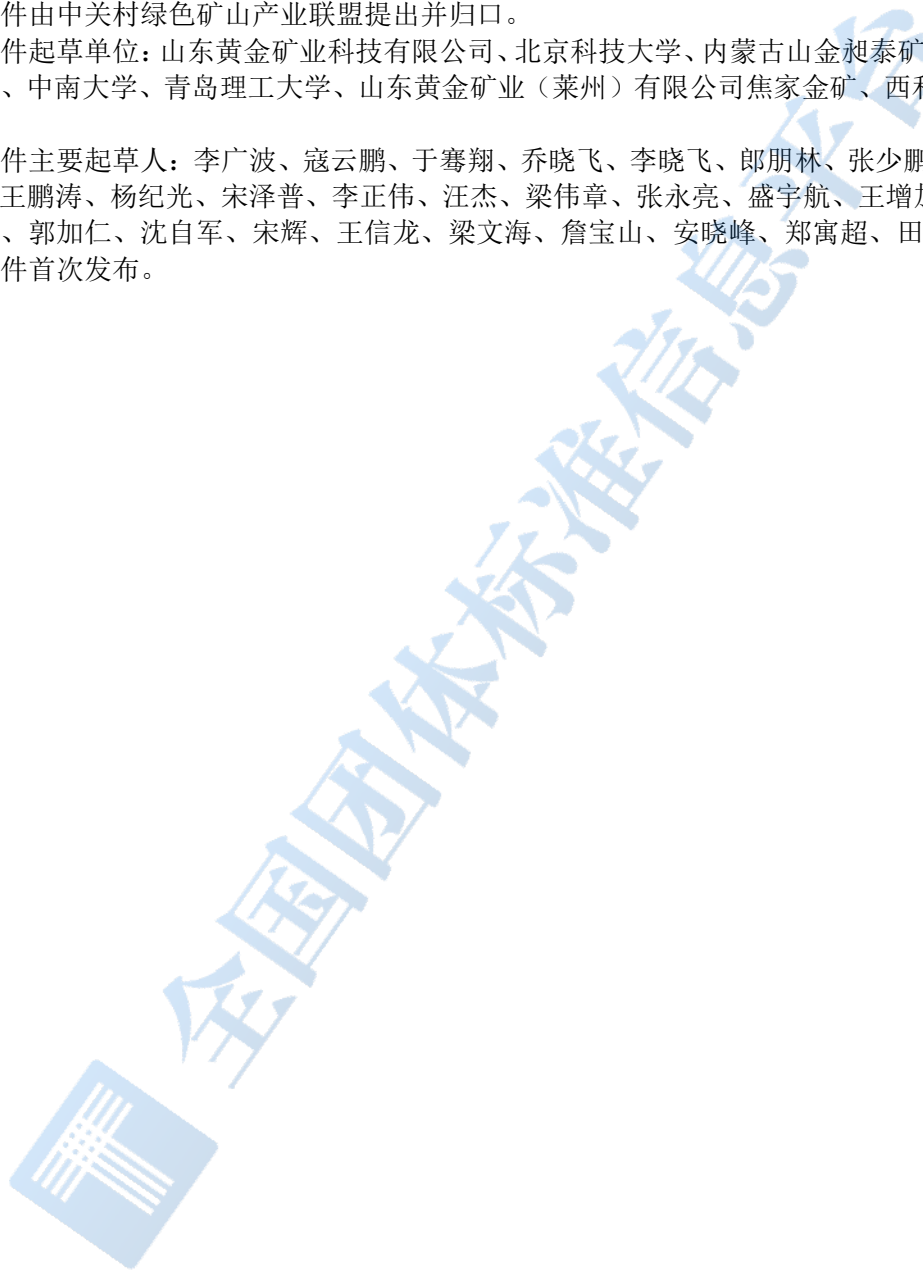
请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：山东黄金矿业科技有限公司、北京科技大学、内蒙古山金昶泰矿业有限责任公司、东北大学、中南大学、青岛理工大学、山东黄金矿业（莱州）有限公司焦家金矿、西和县中宝矿业有限公司。

本文件主要起草人：李广波、寇云鹏、于骞翔、乔晓飞、李晓飞、郎朋林、张少鹏、朱庚杰、杨柳、荆晓东、王鹏涛、杨纪光、宋泽普、李正伟、汪杰、梁伟章、张永亮、盛宇航、王增加、桑来发、吴再海、刘杰、郭加仁、沈自军、宋辉、王信龙、梁文海、詹宝山、安晓峰、郑寓超、田志林、蓝贤鹏。

本文件首次发布。



金属矿山充填体真三轴力学性能测定技术要求

1 范围

本文件规定了金属矿山充填体真三轴力学性能测定的仪器设备、试件制备、试验方法和数据分析。本文件适用于金属矿山充填体室内真三轴应力状态下力学参数的测定。

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 50123	土工试验方法标准
GB/T 50266	工程岩体试验方法标准
YS/T 3039	金矿充填料力学性能测定方法
T/CSRME 007	岩石真三轴试验规程

3 术语和定义

GB/T 50123、GB/T 50266、YS/T 3039和T/CSRME 007界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属矿山充填体 metal mine backfill

将金矿、铁矿、铅锌矿等金属矿山产生的尾砂，与水泥等胶凝材料和水混合成均匀料浆，充填至采空区内，形成具有一定强度的支撑体。

3.2

真三轴应力状态 true triaxial stress state

试件同时承受 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 方向的应力作用，且 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ 的应力状态。

4 仪器设备

4.1 真三轴压力试验机

4.1.1 试验机应由压力室、轴向加压系统、水平加压系统、三轴加压系统、体变量测系统组成。

4.1.2 试验机应具有三轴独立加载能力，精度宜为 $\pm 0.1\%$ FS。

4.1.3 试验机的刚度应远远大于试件最大刚度，且不宜小于5 GN/m。

4.2 仪器设备

仪器设备还应包括承膜筒、橡皮膜、游标卡尺、电子天平、电子秤、模具、烘箱、量杯及量筒、标准恒温恒湿养护箱。

5 试件制备

5.1 试件形状应为长方体，宜为50 mm×50 mm×100 mm，且同配比试件数量不宜少于3块。特殊试验条件下，试件的尺寸和形状可根据试验设备和试验要求确定。

5.2 试件边长允许偏差应为 ± 0.1 mm，试件端面不平整度允许偏差应为 ± 0.05 mm；试件相邻两面应互相垂直，允许偏差应为 $\pm 0.2^\circ$ 。

5.3 胶凝材料、尾砂、水等应根据试验配比准备好，模具内可事先涂抹润滑油。

- 5.4 称量好的胶凝材料、尾砂等充填料应倒入混合容器，充分搅拌均匀，根据质量浓度要求，将水倒入混合均匀的充填料中，强力搅拌形成均匀充填料浆。
- 5.5 搅拌好的料浆应按试验要求注入标准试模，料浆不应发生沉淀，应采用边搅拌边注模的浇注方式，浇注过程中应边浇注边捣固。
- 5.6 模具浇注满后，应自然沉降，待初凝后，应将试件刮平，试件初步自立后，应采用脱模处理。
- 5.7 试件浇注时应进行编号并做好记录，脱模后的试件应在标准恒温恒湿养护箱内养护，温度应为 (20 ± 2) °C、湿度不应小于95 %。
- 5.8 试件除实验室制备外，还可通过现场制备、现场取芯等方式获得。

6 试验方法

6.1 试验前检查

- 6.1.1 检查液压管路连接情况以及和阀门开关情况。
- 6.1.2 检查数据采集线路的屏蔽情况，消除外界因素对数据采集信号的干扰。
- 6.1.3 检查作动器的位置，测试控制器对三方向加载轴的控制情况。

6.2 试件尺寸测量

试件尺寸应采用游标卡尺测量，应精确至0.1 mm，试件应在顶面和底面上各量取边长，应以各面上相互平行的两个边长的算术平均值计算承压面积。

6.3 试件安装

- 6.3.1 养护至龄期的试件应置于真三轴压力室，将试件置于压力机的承压板中央，对正上下承压板，不得偏心，压头应与试件表面均匀接触，偏差不应大于0.05 mm。
- 6.3.2 开压力机，使试件与压头和传感器等接触。对试件施加1 kN~5 kN的夹紧力。

6.4 压力室注液加压

关闭压力室，旋紧连接螺栓。开压力室排气孔，向压力室注满液体后，关排气孔。

6.5 试验方案

- 6.5.1 加载方式、加载速率及应力路径应按试验需求确定。参数宜按应力路径控制精度需求设定。
- 6.5.2 试验方案可按表A.1记录。

6.6 三轴加载

- 6.6.1 三轴加载应按设计应力路径和加载速率进行直至破坏，应记录破坏荷载及加载过程中出现的现象。
- 6.6.2 试验过程中应避免液体浸入试件，如有液体浸入，该试验结果无效。
- 6.6.3 试验后应维持试件破裂形态，避免因拆卸造成附加的试件破坏。

6.7 数据采集

数据采集应包括样品名称、试验人员、试验时间、灰砂比、浓度、龄期、试件尺寸、应力、应变、破坏形态等。试验结果可按表B.1记录。

7 数据分析

7.1 变形特性

应力-应变曲线应通过试验获得，得到加载过程中的弹性、屈服和破坏阶段的变形特征。

7.2 峰值强度和变形模量

峰值强度和变形模量应按应力-应变曲线特征点确定。

7.3 粘聚力和内摩擦角

粘聚力和内摩擦角应通过不同围压的真三轴试验获得。

7.4 破坏模式

通过数码相机、声发射等技术手段，实时监测试件破裂的全过程，分析裂纹的产生、扩展和贯通机制。



附 录 A
(规范性)
试验方案记录表

试验方案记录表见表A.1。

表 A.1 试验方案记录表

试件 编号	应力 路径	σ_3			σ_2			σ_1		备注
		加载方式	加载速率 (MPa/s 或mm/s)	应力水平 (MPa)	加载方式	加载速率 (MPa/s 或mm/s)	应力水平 (MPa)	加载方式	加载速率 (MPa/s 或mm/s)	



附 录 B
(规范性)
试验结果记录表

试验结果记录表见表B.1。

表 B.1 试验结果记录表

样品名称: _____ 试验人员: _____ 试验时间: _____

试件编号	试件情况	试件尺寸/m m	应力 路径	σ_3		σ_2		σ_1				应变 /% ε_1 / ε_2 / ε_3	破坏 模式	
				加载 方式	加载 速率 (MPa /s或 mm/s)	应力 水平 (MPa)	加载 方式	加载 速率 (MPa /s或 mm/s)	应力 水平 (MPa)	加载 方式	加载 速率 (MPa /s或 mm/s)			峰值 强度 (MPa)