

# T/GRM

## 中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 179—2026

### 锚杆材料动态拉伸力学性能实验室测试规 程

Test code of dynamic tensile mechanical properties of anchor rod materials in  
laboratory

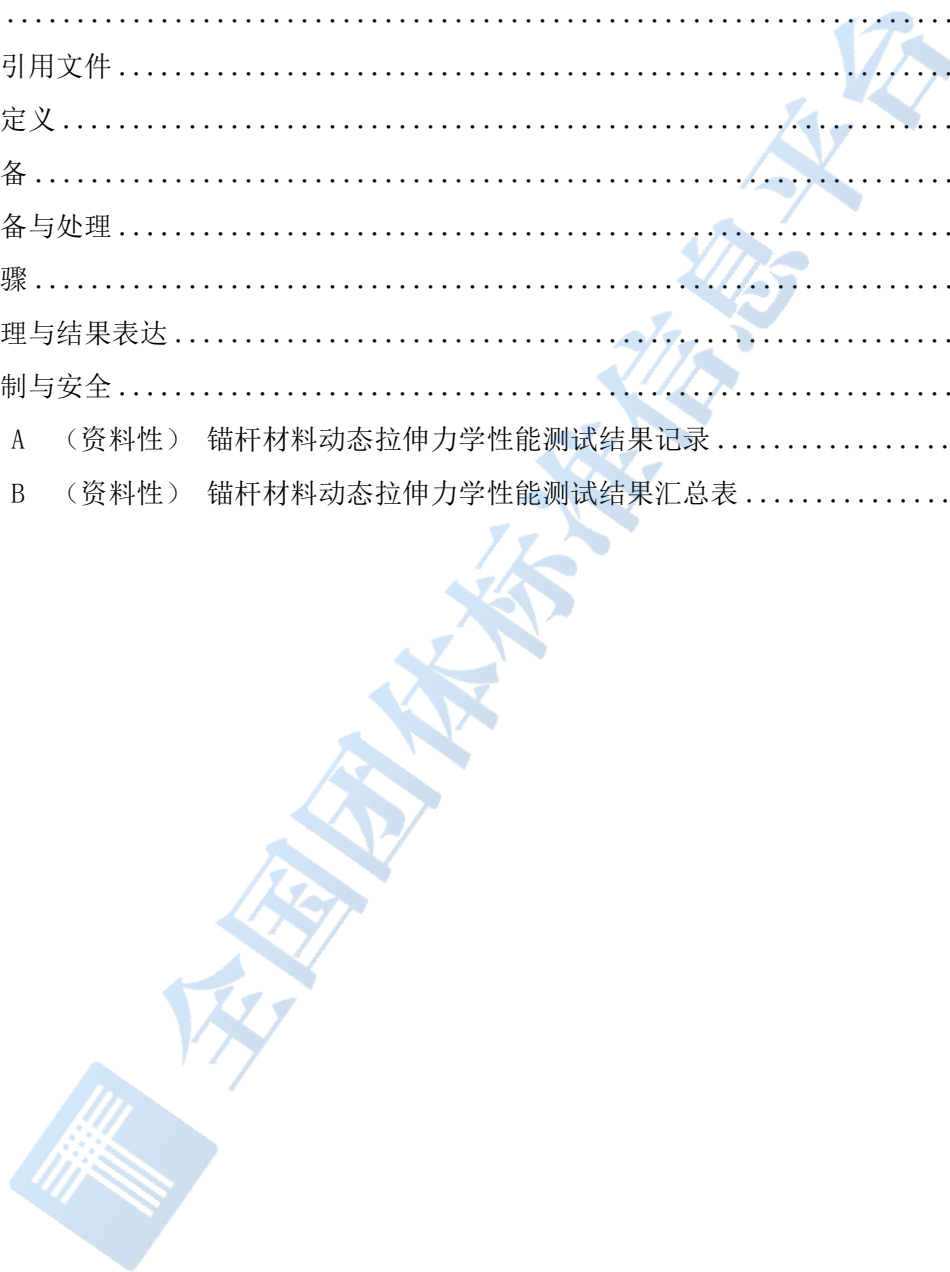
2026 - 05 - 22 发布

2026 - 05 - 22 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

## 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 试样制备与处理 .....	3
6 测试步骤 .....	4
7 数据处理与结果表达 .....	5
8 质量控制与安全 .....	6
附 录 A （资料性） 锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果记录 .....	7
附 录 B （资料性） 锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果汇总表 .....	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。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：武汉大学、湖南科技大学、珠江水利委员会珠江水利科学研究院、山西大同大学、东华理工大学、中国科学院武汉岩土力学研究所、中国水利水电第七工程局有限公司。

本文件主要起草人：吴志军、翁磊、吴秋红、刘夕奇、卢海峰、杨东辉、黄志怀、储昭飞、张旗、王振华、刘学伟、罗冉、徐翔宇、叶洲元、陈正红、王世鸣、刘远景。

本文件为首次发布。



# 锚杆材料动态拉伸力学性能实验室测试规程

## 1 范围

本文件规定了锚杆材料动态拉伸力学性能实验室测试的原理、仪器设备、试样制备与处理、测试步骤、数据处理与结果表达和质量控制与安全等。

本文件适用于测定锚杆材料在落锤冲击作用下的动态拉伸力学性能测试。

## 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 5482 金属材料动态撕裂试验方法

GB/T 35056 煤矿巷道锚杆支护技术规范

JB/T 12275 金属材料落锤冲击试验机

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**落锤冲击动态拉伸试验** drop hammer impact dynamic tensile test

采用落锤冲击试验机，通过集成的动态拉伸夹具系统，将垂直下落的锤体动能转化为对锚杆试样施加的轴向脉冲拉伸荷载的试验方法。

### 3.2

**动态拉伸夹具系统** dynamic tensile fixture system

集成于落锤冲击试验机上，用于将下落锤体的垂直冲击动能，转换为施加于锚杆试样的轴向动态拉伸荷载的专用传力与夹持装置。

### 3.3

**初始冲击能** initial impact energy

锤体在释放高度所具有的重力势能。

### 3.4

**动态峰值拉伸荷载** dynamic peak tensile load

试样受到的最大动态拉伸荷载。

### 3.5

**动态延伸率** dynamic elongation rate

动态冲击下锚杆断裂后的总延伸率。

### 3.6

**冲击吸收能** impact absorption energy

锚杆试样从开始加载至断裂过程中吸收的总能量，包括弹性变形能和塑性变形能。

### 3.7

**能量吸收率** energy absorption rate

锚杆试样的冲击吸收能与初始冲击能的比值。

## 4 仪器设备

### 4.1 试验系统组成

落锤冲击动态拉伸试验系统宜由落锤冲击试验机主机、动态拉伸夹具系统、测量系统及安全防护装



- a) 提升与释放装置：应平稳提升锤体至设定高度，高度标尺分辨率不应低于 1 mm；释放装置应迅速、无阻滞；
- b) 导向装置：应为锤体提供垂直、低摩擦的下落轨道，垂直度应小于 0.1 mm/m；
- c) 冲击锤体：质量应可调或可更换，其质量值的允许偏差应小于±0.5%；锤头撞击面应平整、坚硬；锤头形状宜采用圆柱形，撞击端面为圆形平面；材质应为高强度钢材，锤头工作面硬度不应低于 HRC45，保证多次冲击后不发生塑性变形；
- d) 底座与框架：应具有足够的刚度和质量，应确保试验时机身稳定，应符合 JB/T 12275 的规定；
- e) 安全防护装置：试验机应配备封闭式安全防护罩，应有效阻挡断裂试样或碎片飞溅；防护罩应具有联锁功能，在未闭合时无法启动释放机构；
- f) 能量吸收装置：试验机应设置防二次冲击装置。

#### 4.3 动态拉伸夹具系统

动态拉伸夹具系统应符合下列规定：

- a) 砧座与传力机构：应具有高刚度，宜采用双侧对称连杆式结构，以将垂直冲击力转换为轴向拉伸荷载；
- b) 试样夹具：应能牢固夹持试样两端；上、下夹具中心线应与加载轴线重合，同轴度误差不应大于±0.5 mm；
- c) 对中调节：应配备万向节或球面轴承等对中调节装置。

#### 4.4 测量系统

4.4.1 动态力传感器：应选用固有频率不应低于 5 kHz，线性度应优于±1% F.S. 的动态力传感器，其量程宜覆盖预估最大冲击力的 20%至 80%。

4.4.2 位移测量装置：宜采用非接触式激光位移传感器测量上、下夹具间的相对位移，并应符合下列规定：

- a) 测量范围应涵盖试样从初始状态至断裂的全过程位移；
- b) 线性度不低于±0.1% F.S.；
- c) 模拟输出频率响应不低于 10 kHz。

4.4.3 数据采集系统：应能同步采集力与位移信号，采样频率不应低于 500 kHz，模数转换器（ADC）分辨率不应低于 16 位，应具备预触发记录功能。

#### 4.5 校准

动态力传感器和位移测量装置应定期进行计量校准，校准周期不超过 6 个月或每进行 50 次冲击试验后应核查一次。

### 5 试样制备与处理

#### 5.1 试样类型

试验试样应采用全尺寸锚杆组件，应包含锚杆杆体段及配套的托盘和螺母，组件配置应符合 GB/T 35056 和 GB/T 5482 的相关规定。

#### 5.2 试样规格

锚杆组件的规格应符合下列规定：

- a) 杆体直径应按产品规格选取，常用直径系列为  $\phi 18$  mm、 $\phi 20$  mm、 $\phi 22$  mm、 $\phi 25$  mm；直径允许偏差不应大于±0.5 mm；
- b) 杆体长度应根据试验机夹具空间确定，且不应小于 500 mm；长度允许偏差为±2 mm；
- c) 尾部螺纹长度应与配套螺母匹配，且不应小于 100 mm。

#### 5.3 试样数量

相同产品规格、相同冲击能量等同一测试条件下的有效试样数量不应少于 3 个。当动态峰值荷载或冲击吸收能的变异系数超过 10%时，应增加试样数量至不少于 5 个。

## 5.4 状态调节与测量

试验前，试样应在温度为 $(23\pm 2)$ ℃、相对湿度为 $(50\pm 10)$ %的实验室环境下放置至少24小时。应使用精度不低于0.02 mm的量具，精确测量并记录试样的杆体直径、长度等关键尺寸。

## 6 测试步骤

### 6.1 试验准备

#### 6.1.1 设备检查与状态确认

试验前，应进行下列检查与确认：

- 检查落锤冲击试验机各机械部件状态完好、润滑正常；
- 检查动态力传感器、激光位移传感器及数据采集系统的连接可靠性；
- 确认测量仪器在有效校准期内，并对数据采集通道进行调零与验证；
- 在未安装试样的状态下，操作释放装置进行一次完整的冲击试验，确认锤体提升与释放动作平稳、无卡滞，数据采集系统能够正常触发并记录信号。

#### 6.1.2 试样安装

试样安装应满足下列要求：

- 将选定的夹具安装到试验机上下加载头，并确保对中性；
- 将试样一端牢固安装于上夹具，调整并对准下端与下夹具连接，确保试样处于自然伸直状态；
- 按规定扭矩或夹紧力紧固下夹具；全尺寸锚杆组件的托盘、垫圈、螺母等配件，应按工程实际工况安装就位。

#### 6.1.3 测量系统安装与校准

位移测量系统安装与校准应满足下列要求：

- 将两个激光位移传感器分别牢固安装，对准上下夹具的平整测量面；
- 调整传感器，确保激光光束垂直、稳定地打在测量面中心有效区域；
- 应通过施加一个已知的静态微小位移，对位移测量系统进行校准验证；
- 传感器的安装支架应具有足够的刚性，并确保激光光束与测量面垂直，在整个试验过程中保持稳定。

#### 6.1.4 试验参数设定

试验前应设定下列参数：

- 设定冲击锤体的跌落高度；
- 在数据采集系统中设置采样参数，并应设置合理的预触发时间与触发阈值。

### 6.2 测试程序

#### 6.2.1 冲击试验

冲击试验应按下列步骤执行：

- 启动数据采集系统并使其进入等待触发状态；
- 将冲击锤体提升至设定高度并可靠锁定；
- 发出试验警示信号，执行释放命令，进行冲击试验；
- 数据采集系统应自动触发并记录完整的荷载-时间和位移-时间信号。

#### 6.2.2 试验后操作

冲击试验后操作应满足下列要求：

- 待设备完全静止后，方可打开安全防护装置；
- 取出试样残骸，观察并记录锚杆螺纹脱扣、托盘撕裂、螺母开裂等失效形式，宜进行拍照记录；
- 保存所有原始试验数据，并按试样编号归档。

### 6.3 无效试验判定

试验过程出现下列情况之一，试验结果应视为无效：

- 试样在距夹具夹持端一倍杆径范围内或螺纹连接处发生断裂；
- 试样在夹具中发生滑脱；
- 冲击时锤体明显偏离垂直轨道，或与导向装置发生卡滞、剧烈摩擦；
- 采集到的力-时间曲线出现异常双峰、严重振荡或信号中断；
- 位移信号异常，或与力信号明显不同步；
- 动态力传感器或位移传感器信号出现信号断连、超量程、严重漂移等异常或失效；
- 试样存在肉眼可见的、影响试验结果的裂纹、严重锈蚀等原始缺陷。

## 7 数据处理与结果表达

### 7.1 数据处理

#### 7.1.1 原始信号处理

对采集到的原始信号应采用下列处理：

- 信号同步：应确保动态力信号  $F(t)$  与位移信号  $D(t)$  在时间轴上同步；
- 滤波：应对原始信号进行低通数字滤波，以消除高频干扰。截止频率取传感器频率的  $1/5 \sim 1/10$ ；
- 零点修正：应消除信号在加载开始前的基线偏移；
- 曲线合成：应以位移  $D$  为横坐标，力  $F$  为纵坐标，绘制试样的动态荷载-位移曲线。

#### 7.1.2 参数计算

各参数按下列公式计算：

- 初始冲击能 ( $E_0$ )，单位为焦耳 (J)。应按公式 (1) 计算：

$$E_0 = m \times g \times h \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中：

$m$ —落锤的质量，kg；

$h$ —落锤的跌落高度，m；

$g$ —重力加速度， $9.8 \text{ m/s}^2$ 。

- 动态峰值拉伸荷载 ( $F_{\max}$ )，单位为千牛 (kN)。从试样的动态荷载-位移曲线上直接提取，曲线上纵轴最大的点对应的荷载值即为动态峰值拉伸荷载。
- 动态延伸率 ( $A_t$ )，应按公式 (2) 计算：

$$A_t = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中：

$\Delta L$ —激光位移传感器测得的净断裂位移，即延伸量，mm；

$L_0$ —锚杆试样上、下夹具间的初始标距，mm。

- 冲击吸收能 ( $E_a$ )，单位为焦耳 (J)。应按公式 (3) 计算：

$$E_a = \int_0^{D_f} F \times dD \cdots \cdots \cdots (3)$$

式中：

$D_f$ —锚杆试样断裂时的位移，mm；

$F$ —锚杆试样受到的动态荷载，kN；

$D$ —锚杆试样的伸长位移，mm。

- 能量吸收率 ( $\eta$ )，应按公式 (4) 计算：

$$\eta = \frac{E_a}{E_0} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (4)$$

### 7.2 结果表达

试验结果应至少包含下列内容，并以报告形式给出：

- a) 试样信息（型号、材质、尺寸等）和试验条件（锤体质量、跌落高度等）；
- b) 有效试样的动态荷载-位移曲线图，且图中应标明动态峰值荷载  $F_{max}$  和断裂时延伸量，见附录 A；
- c) 试样测试条件与计算结果的汇总表，格式见附录 B；
- d) 测试人员与日期。

## 8 质量控制与安全

### 8.1 质量控制

试验过程质量控制应满足下列要求：

- a) 操作与数据分析人员应经培训合格，动态力传感器、位移测量装置等关键仪器应定期校准，并在有效期内使用；
- b) 试样应设置唯一性标识，保证全程可追溯；试验前应确认冲击高度、采集参数等各项设置准确无误；试验过程中若出现设备故障或数据异常，应立即终止试验；
- c) 试验数据应经复核，试验报告应由授权人员审核批准，且所有原始数据应完整归档。

### 8.2 安全

试验安全应满足下列要求：

- a) 人员应接受安全培训并正确佩戴安全帽、护目镜等防护装备；
- b) 试验时应进行安全确认，确保警戒区内无无关人员；
- c) 试验区域应设置坚固的封闭防护罩，不应在防护罩未完全闭合时进行试验；
- d) 提升锤体时，人体任何部位不应位于其正下方；释放前应发出清晰警示；
- e) 设备应配备紧急制动装置，操作人员应熟悉紧急制动装置的位置与操作方法；
- f) 冲击结束后，应待设备完全静止方可打开防护罩；处理试样碎片时应使用工具并佩戴防护手套。

## 附录 A

(资料性)

## 锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果记录

锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果记录见表A. 1。

表 A.1 锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果记录

试样信息	试样编号			
	型号		材质	
	直径(mm)		长度(mm)	
试验条件	锤体质量(kg)		跌落高度(m)	
动态拉伸荷载-位移曲线图				
测试结果	初始冲击能(J)		动态峰值拉伸荷(kN)	
	净断裂位移(mm)		上、下夹具间标距(mm)	
	动态延伸率(%)		冲击吸收能(J)	
	能量吸收率(%)			
测试单位(盖章):		测试人员(签字):		日期:

附录 B  
(资料性)

锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果汇总表

锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果汇总表见表B. 1。

表 B. 1 锚杆材料动态拉伸力学性能测试结果汇总表

试样编号	初始冲击能量(J)	动态峰值拉伸荷载(kN)	动态延伸率(%)	冲击吸收能(J)	能量吸收率(%)
平均值					
标准差					
测试单位(盖章):		测试人员(签字):		日期:	