

煤和岩石抗剪试验方法

代替 MT 48—80

本标准适用于煤和岩石抗剪试验。

1 规则试件抗剪试验

本方法适用于能加工成规则试件的煤和岩石抗剪试验。用试验结果绘制正应力 σ 与剪应力 τ 的关系曲线,求得煤或岩石的内摩擦角 ϕ 和凝聚力 C 。

1.1 设备、量具

1.1.1 设备

- a. 材料试验机;
- b. 岩石试样加工机械:锯石机、磨石机或磨床;
- c. 变角剪切夹具(图1)。

1.1.2 量具

- a. 游标卡尺,精度 0.02 mm;
- b. 钢板尺;
- c. 直角尺;
- d. 百分表架;
- e. 百分表;
- f. 水平检测台。

1.2 试件规格、加工精度、数量和含水状态

1.2.1 标准试件采用正立方体,规格 5 cm×5 cm×5 cm。

1.2.2 加工精度

1.2.2.1 试件各边长公差不得超过 ± 0.1 mm。

1.2.2.2 两端面不平行度不大于 0.1 mm。

1.2.2.3 相邻两平面的不垂直度:

将试件放在水平检测台上,用直角尺紧贴试件垂直侧边,要求两者之间无明显缝隙。

1.2.3 试件数量应根据试验方式确定,当取 5 个以上的剪切角度,每个角度下作 1 个试件的剪切试验时,所需试件最低数量为 5 个;当取 3 个剪切角度,每个角度下作 3 个试件的剪切试验,取其算术平均值时,所需试件最低数量为 9 个。当采取第二种试验方式时,在计算平均值的同时,应计算偏离度。若偏离度超过 20%,则应增补试件数量,使偏离度不大于 20%。

1.2.4 试件含水状态按 MT 44—87《煤和岩石单向抗压强度及软化系数测定方法》第 2.4 条规定执行。

1.3 试验步骤

1.3.1 核对岩石名称和岩样编号,对试件颜色、颗粒、层理、节理、裂隙、风化程度、含水状态以及加工过程中出现的问题进行描述,并填入记录表内(见附录 A)。

1.3.2 在 45°~65°范围内选择 3 个或 5 个以上剪切角度。按照不同的剪切角度将试件分组编号,并在试件上画出剪切线。

1.3.3 检查试件加工精度,测量试件尺寸,按剪切方向长、宽各测量二次,取算术平均值,填入记录表内。

1.3.4 选择压力机度盘时,一般应满足下式:

$$0.2P_0 < P_{\max} < 0.8P_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: P_{\max} ——预计最大破坏载荷,kN;

P_0 ——材料试验机度盘最大值,kN。

1.3.5 调整材料试验机度盘指针为零,使材料试验机处于工作状态。

将已调好角度的变角剪切夹具下座放在材料试验机上,使其中心线与承压板中心线重合,装上试件并安好夹具上座,调整承压板球形座,使变角剪切夹具受力均匀。按操作规程开动材料试验机,施加几百牛顿载荷,检查试件及变角夹具放置是否良好,若产生偏载需卸载重调。

1.3.6 夹具与试件调整好后,以 $0.5 \sim 1.0 \text{ MPa/s}$ 的速度加载直至破坏。加载时,人员应离开工作台,并采取适当的保护措施。

1.3.7 对试件破坏情况进行描述或摄影

非干燥状态试件破坏后,应取出部分碎块立即用塑料袋封存,并尽快测定其含水率(必要时尚应测定干视密度),填入记录表内。

1.4 试验结果计算和数据整理

1.4.1 剪切破坏面 AB 上正应力 σ 和剪应力 τ (见图 1) 的计算:

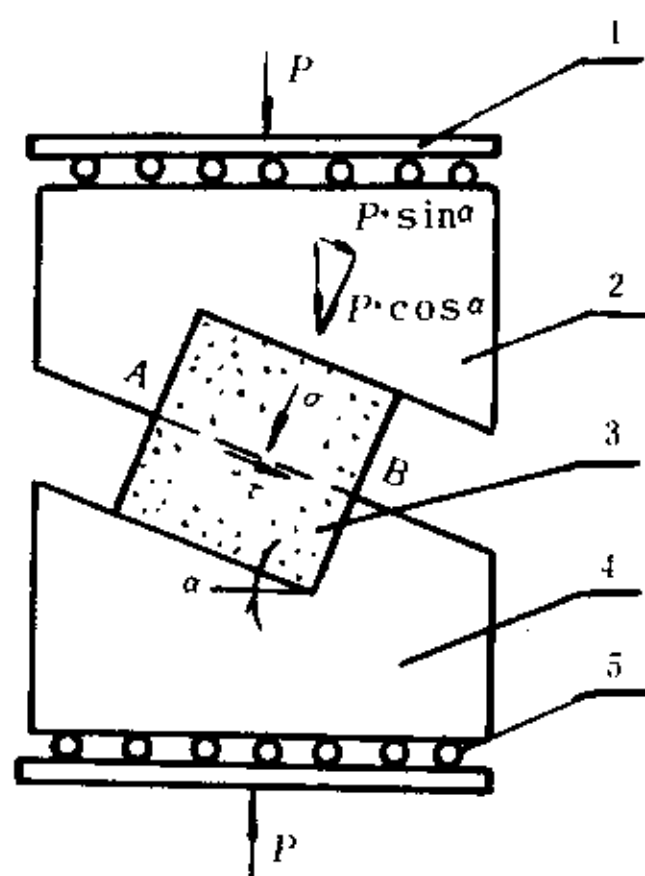


图 1 变角剪切夹具

1—钢垫板;2—变角剪切夹具上座;3—规则试件;

4—变角剪切夹具下座;5—滚柱

1.4.1.1 单个试件剪切破坏面 AB 上的正应力 σ 和剪应力 τ 按下式计算:

$$\sigma = \frac{P}{F} \cdot \cos \alpha \times 10 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau = \frac{P}{F} \cdot \sin \alpha \times 10 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: σ ——正应力,MPa;

τ ——剪应力,MPa;

P —— 试件剪断破坏载荷, kN;

F —— 剪切面面积, cm^2 ;

α —— 试件与水平面的夹角。

1.4.1.2 每个剪切角度下试件破坏时剪切面上平均正应力 σ_p 和剪应力 τ_p 按下式计算:

$$\sigma_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\tau_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: σ_i —— 每个剪切角度下第 i 个试件破坏时, 剪切面上的正应力, MPa;

τ_i —— 每个剪切角度下第 i 个试件破坏时, 剪切面上的剪应力, MPa;

n —— 每个剪切角度下一组试件的个数。

1.4.2 计算每个试验角度下试验结果的偏离度。

偏离度按下式计算:

$$V_\sigma = \frac{M_\sigma}{\sigma_p} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$V_\tau = \frac{M_\tau}{\tau_p} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中: V_σ —— 正应力偏离度;

V_τ —— 剪应力偏离度;

M_σ —— 正应力的标准差;

$$M_\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \sigma_p)^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

M_τ —— 剪应力的标准差。

$$M_\tau = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \tau_p)^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

注: 当测定角度在 5 个以上, 每个测角下只作一个试件的试验时, 则不计算测值的平均值和偏离度。

1.4.3 绘制岩石强度曲线

1.4.3.1 将各测定角度下的平均正应力和平均剪应力值画在 $\tau - \sigma$ 直角坐标系中, 用曲线板连成曲线 (如图 2 所示)。A、B、C、D 各点分别为不同角度下的平均测值。

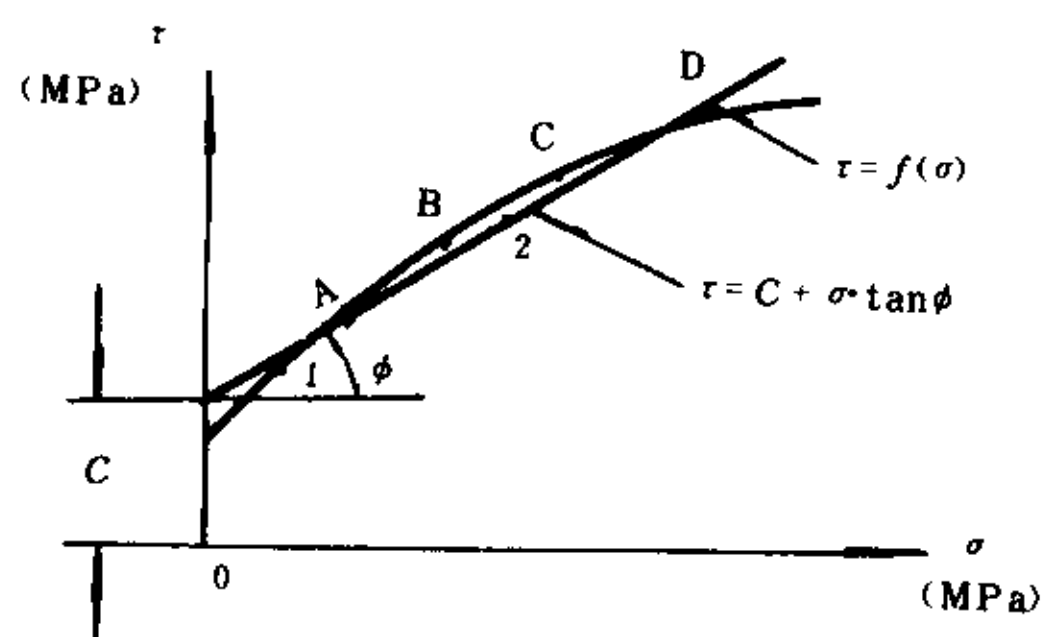


图 2 岩石剪切强度曲线

注: 当测定角度在 5 个以上, 每个测角下只作一个试件的剪切试验时, $\tau - \sigma$ 直角坐标上所标各点为各测角下单个试件的测值。

1.4.3.2 为便于工程上的应用,可将岩石强度曲线简化为直线,简化后可以下列方程表示:

$$\tau = C + \sigma \cdot \tan \phi \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中: C ——岩石强度曲线在 τ 轴上的截距,即岩石的凝聚力;

ϕ ——岩石强度曲线的倾角,即岩石的内摩擦角。

岩石强度曲线的简化方法:在曲线上之 A 、 B 、 C 、 D ...各点间试作直线,使该直线通过的点为最多,并使不在直线上的点均匀分布在直线的两侧,各点距直线距离最小,该直线即为反映试验结果的最佳直线。

1.4.4 C 和 ϕ 值的计算:在简化后的直线上任意取 1 点和 2 点 (如图 2 中所示), 求出剪应力 τ_1 和 τ_2 , 正应力 σ_1 和 σ_2 , 代入下面公式, 即可求出 C 和 ϕ 值。

$$C = \tau_2 - \sigma_2 \cdot \tan \phi \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\phi = \arctan \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1} \quad \dots\dots\dots (12)$$

C 值计算结果取到小数点后一位, ϕ 最小位数取到分。

2 不规则试件抗剪试验

本方法适用于不能加工成规则试件的软岩石抗剪试验。

2.1 设备、量具及材料

2.1.1 设备

- a. 材料试验机;
- b. 变角剪切夹具 (见图 1);
- c. 7.07 cm×7.07 cm×7.07 cm 方形试模。

2.1.2 量具及材料

- a. 游标卡尺, 精度为 0.02 mm;
- b. 玻璃板或透明纸;
- c. 求积仪或坐标纸;
- d. 钢板尺;
- e. 高铝水泥或高标号水泥 (其强度应高于岩石强度);
- f. 云母片或云母粉;
- g. 防水油漆或防水套。

2.2 试件规格、数量和含水状态

2.2.1 试件应近似于圆柱体, 不得采用圆锥体或双锥体, 其表面要求比较平滑。试件高度约 6 cm, 直径约 4.5~5.0 cm。

2.2.2 试件数量和含水状态按本标准第 1.2.3 和 1.2.4 款的规定执行。

2.3 试验步骤

2.3.1 制作衬模

将不规则试件表面涂以防水油漆后风干 (或用防水套扎紧), 然后用加速凝剂的高铝水泥或高标号水泥胶固在 7.07 cm×7.07 cm×7.07 cm 方形试模中, 在试模中部平面上铺一层约 1 mm 厚的云母片或云母粉, 作为试件的剪切面 (如图 3 所示)。经 24 h 后拆模, 用湿毛巾覆盖, 喷水养护 28 d。

2.3.2 将制作好的不规则试件衬模加工成 7 cm×7 cm×7 cm 的立方体试件。

其余试验步骤按本标准第 1.3 条规定进行。

2.4 试验结果计算和数据整理

2.4.1 计算不规则试件剪切面积

利用玻璃板或透明纸,将不规则试件的剪切面用笔描下来,然后用求积仪或者用坐标纸画出的方格网,计算出剪切面积。

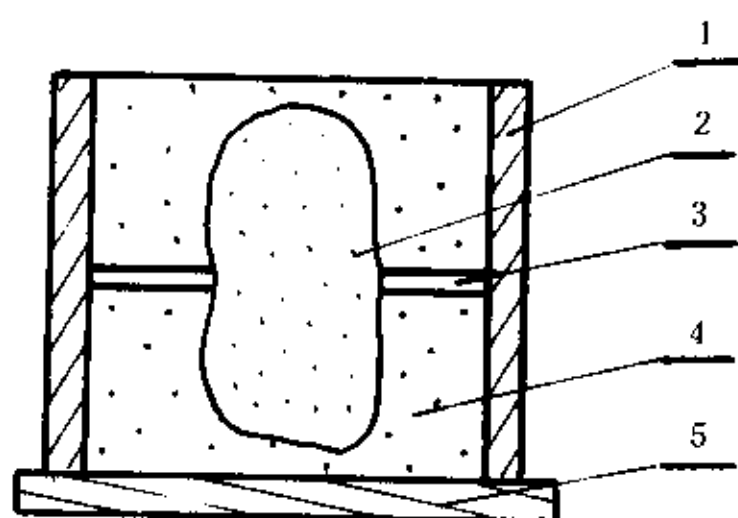


图 3 不规则试件衬模制作示意图

1—方形试模;2—不规则试件;3—云母粉或云母片;4—胶固在试模中的高铝水泥或高标号水泥;5—试模底座

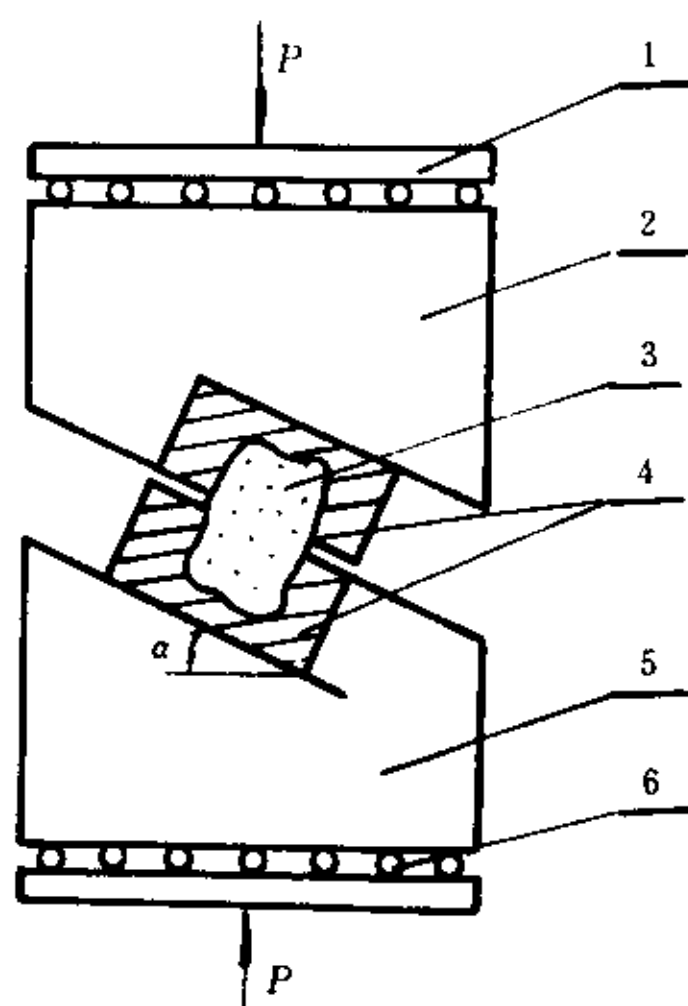


图 4 不规则试件抗剪试验方法示意图

1—钢垫板;2—变角剪切夹具上座;3—不规则试件;4—正立方体衬模;
5—变角剪切夹具下座;6—滚柱

2.4.2 试验结果计算和数据整理,按本标准第 1.4 条规定进行。

3 抗剪强度测定

当只需要测定岩石或煤的抗剪强度,而不需要测定内摩擦角时,可用此法。

3.1 设备及量具

- a. 材料试验机;
- b. 双剪夹具(如图 5 所示);
- c. 岩石加工机械:钻石机或车床,锯石机,磨石机或磨床;
- d. 游标卡尺,精度 0.02 mm。

3.2 试件规格、加工精度、数量和含水状态

3.2.1 标准试件为圆柱形,直径为 $2.5_{-0.01}^{+0}$ cm,高约 12 cm。

3.2.2 试件数量和含水状态按 MT 44—87 第 2.3、2.4 条规定。

3.3 测定步骤

3.3.1 测定前核对岩石名称和岩样编号,对试件的颜色、颗粒、层理、节理、裂隙、风化程度、含水状态以及加工过程中出现的问题进行描述,并填入记录表内(见附录B)。

3.3.2 用红铅笔在试件受剪处画记号,用游标卡尺测量试件受剪处直径,测两次取算术平均值。

3.3.3 将试件置于双剪夹具中(如图5所示),再将双剪夹具放在材料试验机的承压板中心,调整承压板的球形座,使材料试验机的上承压板平行于双剪夹具受压面。

3.3.4 按本标准第1.3.4款选择材料试验机度盘,调整材料试验机度盘指针为零,开动材料试验机,以0.03~0.05 MPa/s的速度平稳加载直至试件被剪断为止。

3.3.5 对试件破坏状况进行描述或摄影。

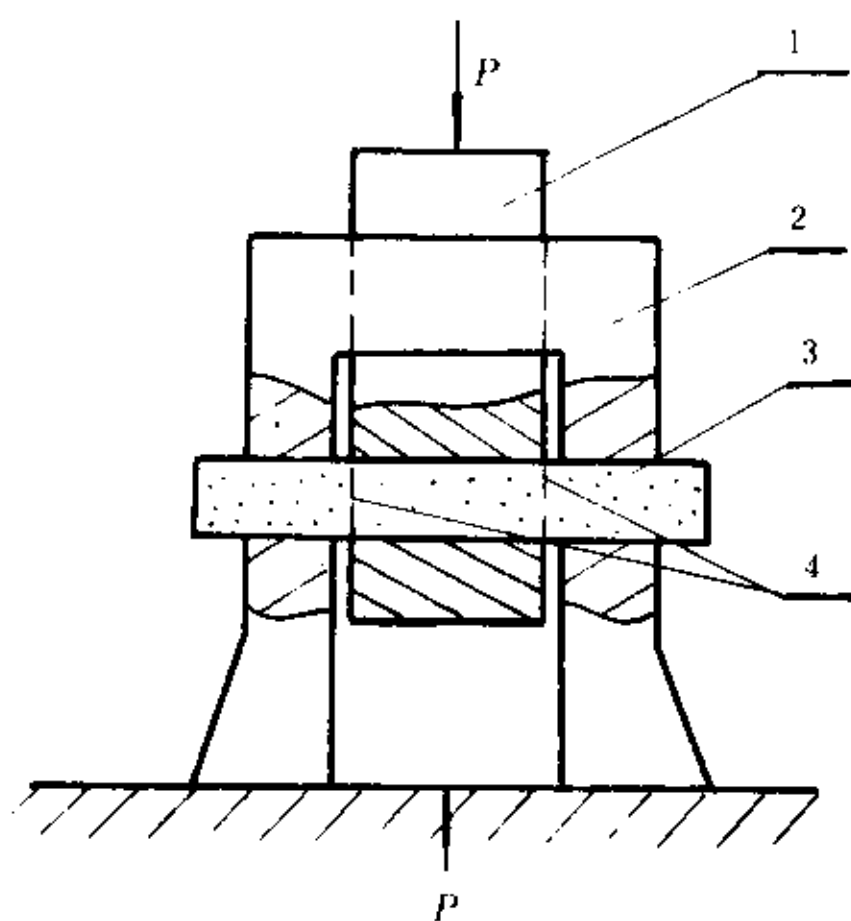


图5 双剪夹具

1—压杆;2—夹具座;3—试件;4—受剪切面

非干燥状态试件破坏后,立即取出部分碎块用塑料袋封存严防失水,并尽快测定其含水率,填入记录表中。

3.4 测定结果计算和数据整理

3.4.1 抗剪强度按下式计算:

$$\tau_0 = \frac{P}{2F} \times 10 \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: τ_0 ——试件的抗剪强度,MPa;

P ——试件剪断时的载荷,kN;

F ——剪切面面积, cm^2 , $F = \frac{\pi}{4} D^2$;

D ——试件直径,cm。

计算结果取到小数点后两位。试验报告中列出每个试件的测值。

送样单位: 采样地点: 测定日期:

內摩擦角 $\phi =$ 凝聚力 $C =$

凝聚力 $C =$

校核：

送样单位: 采样地点: 测定日期:

[illegible]

校核：

本标准委托煤炭科学研究院北京开采研究所负责解释。