

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0276.28—2015

岩石物理力学性质试验规程 第 28 部分：岩体强度试验（直剪试验）

Regulation for testing the physical and mechanical properties of rock—
Part 28: Test for determining the strength of rock mass (Direct shear test)

2015-02-04 发布

2015-04-01 实施

中华人民共和国国土资源部 发布

前 言

DZ/T 0276《岩石物理力学性质试验规程》分为 31 个部分：

- 第 1 部分：总则及一般规定；
- 第 2 部分：岩石含水率试验；
- 第 3 部分：岩石颗粒密度试验；
- 第 4 部分：岩石密度试验；
- 第 5 部分：岩石吸水性试验；
- 第 6 部分：岩石硬度试验；
- 第 7 部分：岩石光泽度试验；
- 第 8 部分：岩石抗冻试验；
- 第 9 部分：岩石耐崩解试验；
- 第 10 部分：岩石膨胀性试验；
- 第 11 部分：岩石溶蚀试验；
- 第 12 部分：岩石耐酸度与耐碱度试验；
- 第 13 部分：岩石比热试验；
- 第 14 部分：岩石热导率试验；
- 第 15 部分：岩石击穿电压和击穿强度试验；
- 第 16 部分：岩石体积电阻率和表面电阻率试验；
- 第 17 部分：岩石放射性比活度试验；
- 第 18 部分：岩石单轴抗压强度试验；
- 第 19 部分：岩石单轴压缩变形试验；
- 第 20 部分：岩石三轴压缩强度试验；
- 第 21 部分：岩石抗拉强度试验；
- 第 22 部分：岩石抗折强度试验；
- 第 23 部分：岩石点荷载强度试验；
- 第 24 部分：岩石声波速度测试；
- 第 25 部分：岩石抗剪强度试验；
- 第 26 部分：岩体变形试验(承压板法)；
- 第 27 部分：岩体变形试验(钻孔变形法)；
- 第 28 部分：岩体强度试验(直剪试验)；
- 第 29 部分：岩体强度试验(承压板法)；
- 第 30 部分：岩体锚杆荷载试验；
- 第 31 部分：岩体声波速度测试。

本部分为 DZ/T 0276 的第 28 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中华人民共和国国土资源部提出。

本部分由全国国土资源标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本部分起草单位：湖北省地质实验研究所。

本部分起草人：梅焱祥、谭睿、易万元、熊艺。

岩石物理力学性质试验规程

第 28 部分:岩体强度试验(直剪试验)

1 范围

DZ/T 0276 的本部分规定了直剪法测定岩体强度。
本部分适用于岩石物理力学性质试验中的岩体强度试验。

2 原理

将同一类型岩体的一组试体,在不同法向荷载下进行剪切直至破坏,得到岩体的抗剪强度,按照岩体结构面的库仑表达式确定相应的抗剪强度参数。直剪法可分为平推法直剪试验和斜推法直剪试验。

3 基本要求

3.1 每组试验试体的数量,不宜少于 5 个。

3.2 试验地段的开挖,应减少对岩体结构面产生扰动和破坏。

3.3 试体应在预定的试验部位加工成方形。加工要求如下:

- 对平推法试体尺寸,底部剪切面积不宜小于 0.25 m^2 ,最小边长不宜小于 50 cm,试体高度不宜小于最小边长的 $1/2$ 。试体间距宜大于最小边长的 1.5 倍。试验中推力方向应平行于剪切面的预定方向。试体周围岩面宜修凿平整,对裂隙岩体、软弱岩体或结构面试件应设置钢筋混凝土保护罩,罩底预留 0.5 cm~2 cm 的剪切缝。
- 对斜推法试体靠施加剪切载荷的一面,可以制成斜面,其倾角为 $120^\circ\sim 170^\circ$,亦可在试体受推力面上安置 1 块 $120^\circ\sim 170^\circ$ 钢质或钢筋混凝土变角块,其受剪面积和高度的相关要求同平推法试体。
- 试体应选用合适的尺寸,对于完整坚硬岩体,试体规格为 $50\text{ cm}\times 50\text{ cm}\times 50\text{ cm}$;对于非完整坚硬岩体,试体规格为 $70\text{ cm}\times 70\text{ cm}\times 35\text{ cm}$ 。
- 制备的剪切面,其起伏差不大于剪切方向变长的 $1\%\sim 2\%$ 。

3.4 需要浇筑保护套的试体,保护套底部应达到预定的剪切缝上部边缘。剪切缝的宽度,宜为推力方向试体长度的 5% 。

3.5 试体在天然含水状态下剪切和人工浸水状态下均可进行剪切。

3.6 地质描述应包括下列内容:

- 试验地段开挖、试体制备的方法及出现的情况。
- 岩石名称、类型、结构构造及主要矿物成分。
- 岩体结构面的类型、产状、宽度、连续性、延伸性、密度、充填物性质以及与受力方向的关系等。
- 试验段岩体完整程度、风化程度及地下水情况。
- 试验地段工程地质素描图、试体展示图或者照片。

4 主要仪器设备及其安装

4.1 主要仪器设备

4.1.1 液压千斤顶、液压枕。

4.1.2 液压泵及管路、压力表：液压泵、管路、压力表最大加载量压力不应超过额定工作压力的 80%。

4.1.3 稳压装置。

4.1.4 垫板。

4.1.5 滚轴排。

4.1.6 传力柱。

4.1.7 传力块。

4.1.8 斜垫板。

4.1.9 反力装置。

4.1.10 测表支架。

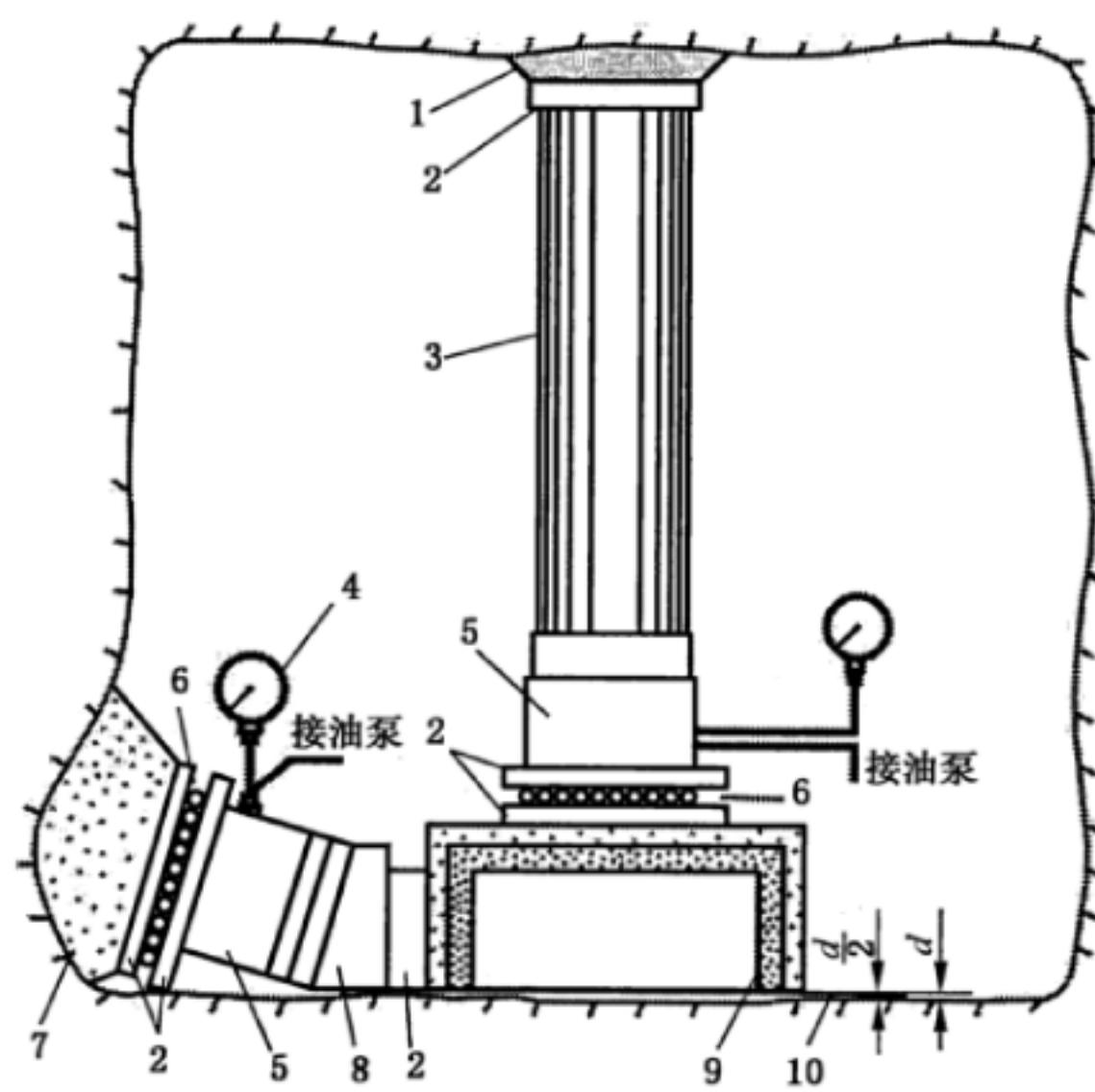
4.1.11 磁性表座。

4.1.12 位移测表：分辨率应优于或等于 0.01 mm。

4.2 设备安装

4.2.1 安装顺序

安装时，应按照先安装法向荷载系统，后安装剪切荷载系统及测量系统的顺序进行。斜推法试验中，剪切荷载和法向荷载合力的作用点应通过预定剪切面的中心，并通过预留剪切缝宽的 1/2 处（如图 1 所示）。



说明：

1——砂浆；

2——垫板；

3——传力柱；

4——压力表；

5——液压千斤顶；

6——滚轴排；

7——混凝土后座；

8——斜垫块；

9——钢筋混凝土保护罩；

10——剪切缝。

图 1 岩体直剪(斜推法)试验示意图

4.2.2 法向荷载系统的安装

4.2.2.1 应保证法向荷载系统具有足够的刚度和强度。当剪切面为倾斜时，应对法向荷载系统加以支撑。

4.2.2.2 为适应剪切过程中可能出现的试体上抬现象,液压千斤顶活塞在安装前应起动部分行程。

4.2.2.3 在试体顶部铺设一层水泥砂浆,放上垫板,轻击垫板,使垫板平行预定剪切面。试体顶部也可铺设橡皮板或细砂。

4.2.2.4 在垫板上依次放上滚轴排、垫板、液压千斤顶或液压枕、垫板、传力柱及顶部垫板。在垫板和反力座之间浇筑混凝土或安装反力装置。在露天场地或无法利用洞室顶板作为反力部位时,可采用堆载或地锚承载反力。当法向荷载较小时,也可采用压重法。

4.2.2.5 应使整个系统的所有部件,保持在加压方向的同一轴线上,并垂直预定剪切面。垂直荷载的合力应通过预定剪切面中心。

4.2.2.6 安装完毕后,可起动千斤顶稍加压力,使整个系统结合紧密。

4.2.3 剪切荷载系统的安装

4.2.3.1 在试体受力面用水泥砂浆粘贴一块垫板,使垫板垂直预定剪切面。在垫板后依次安放传力块(平推法)或斜垫板(斜推法)、液压千斤顶、垫板。在垫板和反力座之间浇筑混凝土。

4.2.3.2 应使剪切方向与预定的推力方向一致,其投影应通过预定剪切面中心。平推法剪切荷载作用轴线应平行预定剪切面,着力点与剪切面的距离不宜大于剪切方向试体长度的5%;斜推法剪切荷载方向应按预定的角度安装,剪切荷载和法向荷载合力的作用点应在预定剪切面的中心。

4.2.4 量测系统的安装

4.2.4.1 安装测表支架,支架的支点应在变形影响范围以外。

4.2.4.2 在支架上通过磁性表座安装测表。在试体的对称部位,分别安装剪切位移和法向位移测表,每种测表数量不宜少于2只,量测试体的绝对位移。

4.2.4.3 必要时可在试体与基岩表面之间,布置量测试体相对位移的测表。

5 现场检测

5.1 每个试体上分别施加不同的法向荷载,其值为最大法向荷载的等分值(宜分4级~5级),其最大法向应力不宜小于预定法向应力。

5.2 当采用斜推法进行试验时,试验前,用式(1)估计试体剪切破坏时的最大斜向推力:

$$Q_{\max} = \frac{\sigma \cdot \tan \varphi + C}{\cos \alpha} \cdot A \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Q_{\max} ——最大斜向推力,单位为牛(N);

σ ——剪切面上的正应力,单位为兆帕(MPa);

φ ——剪切面上的内摩擦角,单位为度(°);

C ——剪切面上的凝聚力,单位为兆帕(MPa);

α ——斜向荷载施力方向与剪切面的夹角,单位为度(°);

A ——剪切面面积,单位为平方毫米(mm²)。

5.3 每个试体上的法向荷载一次施加完毕,加荷后立即读数,以后每隔5 min 读数一次,当连续两次读数之差不超过0.01 mm 时,即认为稳定,可施加剪切荷载。

5.4 剪切荷载按预估最大剪切荷载分8级~12级施加,每隔5 min 加荷1次,加荷前后均应测读各测表读数。

5.5 在剪切过程中,应使法向荷载始终保持为常数。在分级施加斜向荷载时,为保持剪切面上的正应力始终为一常数,应在施加分级斜向荷载的同时,同步降低垂直荷载值,且荷载值不应小于 p_{\min} ,该定值

用按式(2)计算:

$$p_{\min} = \frac{C}{\cot\alpha - \tan\varphi} \cdot A \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- p_{\min} ——最小斜向推力,单位为牛(N);
 C ——剪切面上的凝聚力,单位为兆帕(MPa);
 α ——斜向荷载施力方向与剪切面的夹角,单位为度(°);
 φ ——剪切面上的内摩擦角,单位为度(°);
 A ——剪切面面积,单位为平方毫米(mm²)。

5.6 试体剪断后,继续测记在大致相等的剪应力作用下,不断发生大位移(10 mm~15 mm)的残余抗剪强度,分4级~5级将水平荷载退至零,观测回弹形变。

5.7 试验结束后应对剪切面进行下列描述:

- a) 准确量测剪切面面积。
- b) 详细记述剪切面的破坏情况:破坏形式及范围;剪切碎块的大小、位置及范围;擦痕的分布、方向及长度。
- c) 绘制剪切面素描图并作剪切面等高线图。测定剪切面的起伏差,绘制沿剪切方向断面高度的变化曲线。

5.8 试验过程记录内容和格式见表 A.1。

6 试验成果整理

6.1 平推法按法向应力按式(3)计算,剪应力按式(4)计算,斜推法按法向应力按式(5)计算,剪应力按式(6)计算:

$$\sigma_p = \frac{p}{A} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\tau_p = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- σ_p ——作用于剪切面上的法向应力,单位为兆帕(MPa);
 τ_p ——作用于剪切面上的剪应力,单位为兆帕(MPa);
 p ——作用于剪切面上的总法向荷载,单位为牛(N);
 Q ——作用于剪切面上的总斜向荷载,单位为牛(N)。

$$\sigma_x = \frac{p}{A} + \frac{Q}{A} \sin\alpha \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\tau_x = \frac{Q}{A} \cos\alpha \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- σ_x ——作用于剪切面上的法向应力,单位为兆帕(MPa);
 p ——作用于剪切面上的总法向荷载,单位为牛(N);
 Q ——作用于剪切面上的总斜向荷载,单位为牛(N);
 α ——斜向荷载施力方向与剪切面的夹角,单位为度(°);
 τ_x ——作用于剪切面上的剪应力,单位为兆帕(MPa)。

6.2 绘制各法向应力下的剪应力与剪切位移及法向位移关系曲线,根据曲线关系,确定各法向应力下的峰值抗剪强度和残余抗剪强度(如图2所示)。

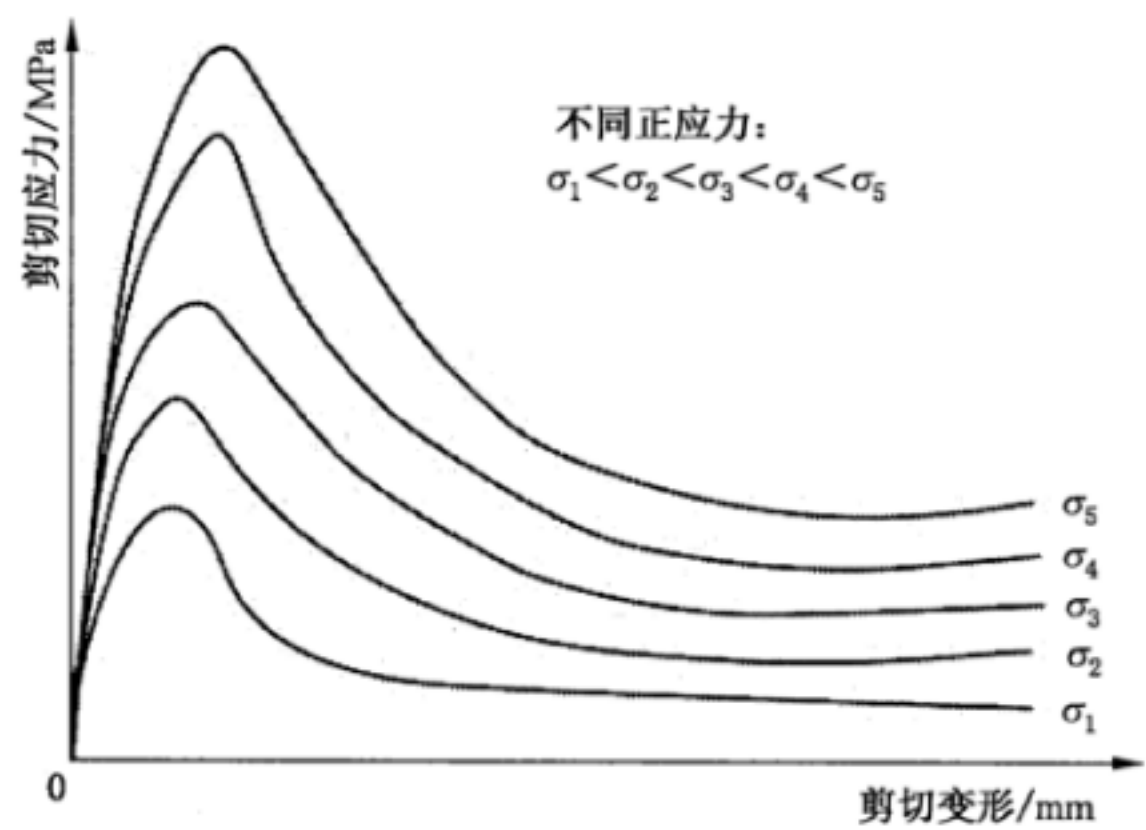
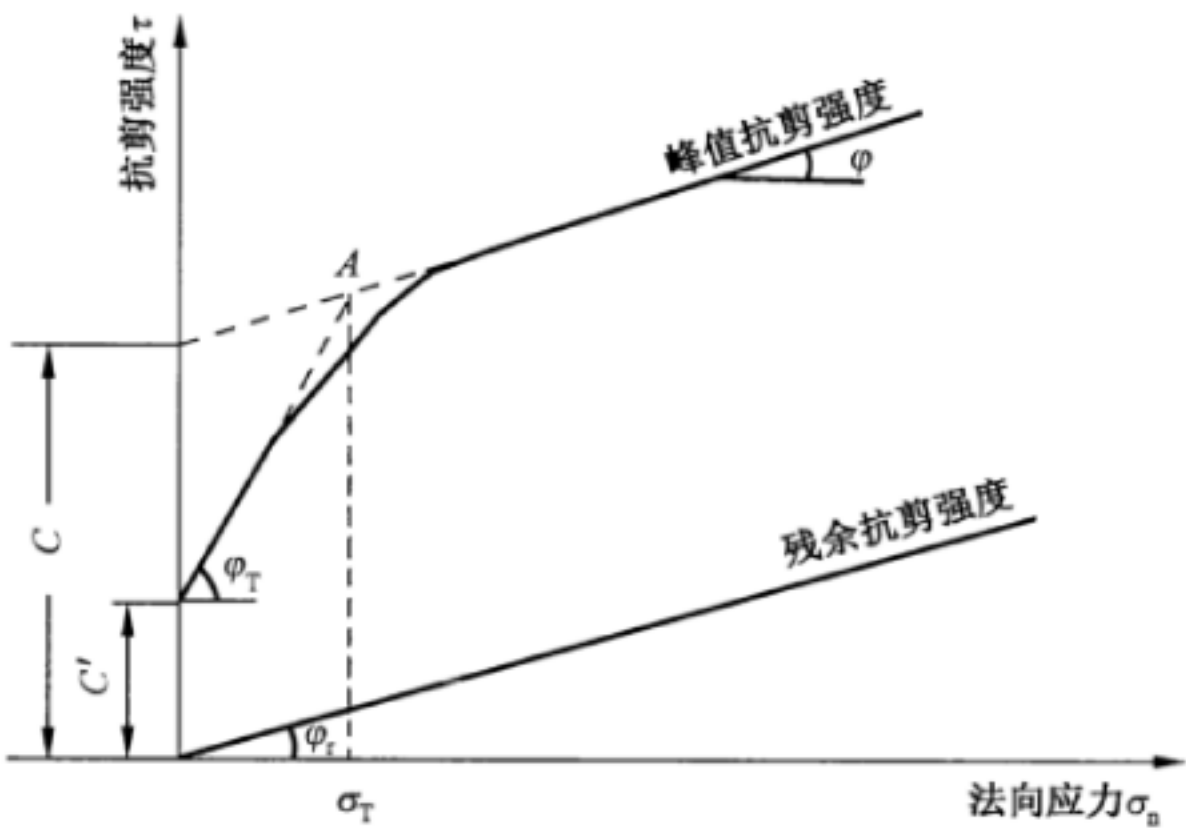


图 2 不同正压力下的剪切应力

6.3 绘制峰值抗剪强度和法向应力的关系曲线及残余抗剪强度和法向应力的关系曲线(如图 3 所示)，按照岩体结构面的库仑表达式确定相应的抗剪强度参数。



说明：
C —— 岩体的凝聚力；
C' —— 岩体的似凝聚力；
 φ_T —— 粗糙结构面的摩擦角；
 φ_r —— 残余摩擦角；
 φ —— 岩体的摩擦角；
 σ_T —— 结构面剪切凸起时所对应的法向应力。

图 3 抗剪强度与法向应力关系曲线

中华人民共和国地质矿产
行业标准
岩石物理力学性质试验规程
第 28 部分:岩体强度试验(直剪试验)
DZ/T 0276.28—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字
2015 年 4 月第一版 2015 年 4 月第一次印刷

*

书号: 155066 • 2-28587 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



DZ/T 0276.28-2015