

# 中华人民共和国地质矿产行业标准

**DZ/T 0276.24—2015**  
代替 DY-94

## 岩石物理力学性质试验规程 第 24 部分：岩石声波速度测试

**Regulation for testing the physical and mechanical properties of rock—  
Part 24: Test for determining the sound velocity of rock**

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：岩石耐酸度和耐碱度试验；
- 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：岩体锚杆载荷试验；
- 第 31 部分：岩体声波速度测试。

本部分为 DZ/T 0276 的第 24 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 DY-94《岩石物理力学性质试验规程 24. 声波传播速度测定》。本部分与 DY-94 相比,主要技术变化如下:

- 增加了“术语和定义”“原理”两章；
- 增加了岩石超声检测仪应满足的条件要求；

- 增加了对耦合层厚度的要求；
- 增加了准确识别横波初至位置的必备条件；
- 增加了岩石波速及动弹性、剪切、压缩模量、动泊松比计算结果的精度要求；
- 修改了纵波、横波计算公式中  $L$  的定义；
- 修改了动弹性力学参数计算公式中动弹性模量、动剪切模量、动体积压缩模量的量纲；
- 修改了岩石声波速度测试记录表。

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。

本部分由湖北省地质实验研究所负责起草,广东省地质实验测试中心参加起草。

本部分起草人:赵桂芳、陈华、王玉玲。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- DY-86;
- DY-94。

## 岩石物理力学性质试验规程

### 第 24 部分:岩石声波速度测试

#### 1 范围

DZ/T 0276 的本部分规定了脉冲波穿透法测定岩石声波速度的试验方法。  
本部分适用于岩石物理力学性质试验中的岩石声波速度测试。

#### 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

##### 2.1

**声波传播速度** sound propagation velocity

弹性纵波及横波在无限体内的传播速度。

#### 3 原理

本试验采用脉冲波穿透法,在试验的同一测线上分别测取声波的纵波和横波在岩石试验中的传播速度值。根据纵、横波速度值和岩石的密度,计算出岩石的动弹性力学参数。

#### 4 仪器设备

##### 4.1 岩石超声检测仪,应满足以下条件:

- a) 接收系统:频带宽度 50 KHz~1.5 MHz,总增益 $>80$  dB;
- b) 发射系统,发射电脉冲波形,脉冲宽度为  $0.5\ \mu\text{s}$ ~ $10\ \mu\text{s}$  的方波或阶跃脉冲,发射电脉冲幅度为  $0\ \text{V}$ ~ $100\ \text{V}$ ;
- c) 计时系统,时间分辨率 $\leq 0.1\ \mu\text{s}$ 。

##### 4.2 纵、横波换能器。

##### 4.3 横波测试夹具。

##### 4.4 钻石机、锯石机、磨石机、车床等。

##### 4.5 游标卡尺:量程为 15 cm,精度 0.02 mm。

#### 5 试样

##### 5.1 每种受力方向和含水状态的试样编成一组,每组不宜少于 3 块。

##### 5.2 宜采用岩芯或岩块制样,取样和制样过程中试样不应有人为裂纹。

##### 5.3 本试验以圆柱体作为标准试样,直径宜为 48 mm~54 mm,高径比宜为 2.0~2.5。

##### 5.4 在特殊情况下,允许使用非标准尺寸圆柱体或正方柱试样。

##### 5.5 制备试样时用的冷却液应为纯水,不应使用油液。

##### 5.6 对遇水崩解和干缩湿胀的岩石,应采用干法制样。

5.7 试样制备的精度要求：

- a) 沿试样整个高度的直径允许偏差为 $\pm 0.3\text{ mm}$ ；
- b) 两端面不平行度误差允许偏差为 $\pm 0.05\text{ mm}$ ；端面不平整度误差允许偏差为 $\pm 0.02\text{ mm}$ ；
- c) 端面应垂直轴线允许偏差为 $\pm 0.25^\circ$ 。

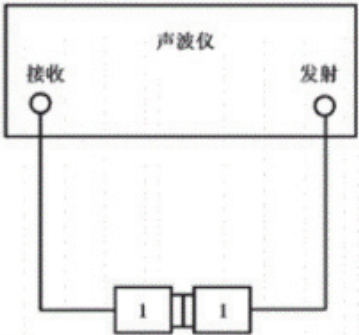
6 试验步骤

6.1 试样描述

根据委托书要求，按含水状态、受力方向分组，并测量试样尺寸。

6.2 纵、横波换能器与仪器系统延迟时间测定

6.2.1 开机预热 3 min~5 min 后，将纵波和横波收、发换能器幅射面对接，中间加黄油或凡士林和银箔或铝箔耦合剂(如图 1 所示)。分别测试纵、横波换能器及仪器收发系统延迟时间  $t_{ep}$  和  $t_{es}$ ；在更换不同频率换能器时，应重新测试。

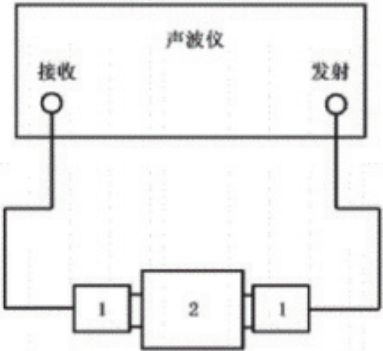


说明：  
1——换能器。

图 1 试样放置前的纵波测试

6.2.2 制作标准有机玻璃试样，规格分别为 50 mm×50 mm×50 mm、50 mm×50 mm×80 mm、50 mm×50 mm×110 mm 的圆柱体。开机预热 3 min~5 min，分别测出不同规格试样的纵波传播时间  $t_p'$  ( $\mu\text{s}$ ) 和发射与接收换能器间的距离  $L$  (mm)，并将其点绘在直角坐标系内( $t_p'$  为纵轴， $L$  为横轴)。过三点作一条直线交  $t_p'$  轴，其截距即为所求  $t_{ep}$ 。横波  $t_{es}$  求法同  $t_{ep}$  方法。在更换不同频率换能器时，应重新测试。

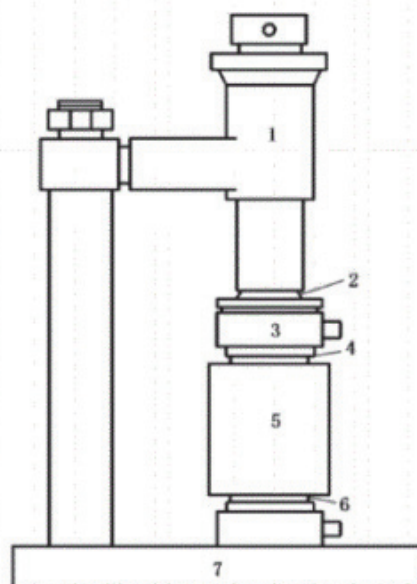
6.3 将纵波换能器涂上黄油或凡士林耦合剂，与被测岩石试样耦合，耦合层尽量薄(如图 2)。调节接收波形幅度，测取纵波传播时间  $t_p'$ 。



说明：  
1——换能器；  
2——试样。

图 2 试样放置后的纵波测试

6.4 彻底清除试样端面上的黄油及油污,利用夹具将试样夹在两个横波换能器之间,如图 3 所示;同时,在换能器辐射面与岩石试样之间垫入铝箔(或银箔)8 层~16 层,并适当加压力,至接收波形清晰为止(如图 4 所示);测取横波传播时间  $t'_s$ 。

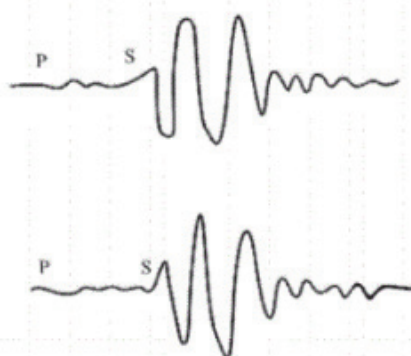


说明:

- 1——加压装置;
- 2——球面传压板;
- 3——横波换能器;
- 4——铝箔;

- 5——试样;
- 6——铝箔;
- 7——底座。

图 3 横波换能器耦合示意图



说明:

- P——纵波;
- S——横波。

图 4 横波波形示意图

6.5 在每批试样测试完毕后,取 20%~40% 的试样进行检查。检查的测试结果与第一次测试结果的相对误差不应大于 5%。在检查测试中,如有 20% 以上的试样超差,应查明超差原因,并对全部试样重新测试。

## 6.6 试验过程记录内容和格式见表 A.1。

## 7 试验结果整理

7.1 纵波在岩石试样中的实际传播时间按式(1)计算,横波在岩石试样中的实际传播时间按式(2)计算:

$$t_p = t'_p - t_{op} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$t_s = t'_s - t_{os} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$t_p$  ——纵波在岩石试样中的实际传播时间,单位为微秒( $\mu s$ );

$t_s$  ——横波在岩石试样中的实际传播时间,单位为微秒( $\mu s$ );

$t'_p$  ——纵波测试时的仪器读数值,单位为微秒( $\mu s$ );

$t'_s$  ——横波测试时的仪器读数值,单位为微秒( $\mu s$ );

$t_{op}$  ——纵波换能器与仪器系统的延迟时间,单位为微秒( $\mu s$ );

$t_{os}$  ——横波换能器与仪器系统的延迟时间,单位为微秒( $\mu s$ )。

7.2 岩石中的纵波声速按式(3)计算,横波声速按式(4)计算:

$$v_p = \frac{L}{t_p} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$v_s = \frac{L}{t_s} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$v_p$  ——纵波声速,单位为米每秒(m/s);

$v_s$  ——横波声速,单位为米每秒(m/s);

$L$  ——两换能器间距离,单位为毫米(mm)。

7.3 岩石动泊松比按式(5)计算,岩石动弹性模量按式(6)或式(7)计算,岩石动剪切模量按式(8)计算,岩石动拉梅系数按式(9)计算,岩石动体积模量按式(10)计算。动泊松比精确至 0.01,岩石动弹性模量、岩石动剪切模量、岩石动体积模量的计算结果保留 3 位有效数字。

$$\mu_d = \frac{(v_p/v_s)^2 - 2}{2[(v_p/v_s)^2 - 1]} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$E_d = v_p^2 \rho \frac{(1 + \mu_d)(1 - 2\mu_d)}{1 - \mu_d} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$E_d = 2V_s^2 \rho(1 + \mu_d) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$G_d = v_s^2 \rho \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\lambda_d = \rho(v_p^2 - 2v_s^2) \times 10^{-9} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$K_d = \rho \frac{3v_p^2 - 4v_s^2}{3} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

$\mu_d$  ——岩石动泊松比;

$E_d$  ——岩石动弹性模量,单位为兆帕(MPa);

$G_d$  ——岩石动剪切模量,单位为兆帕(MPa);

$\lambda_d$  ——岩石动拉梅系数,单位为兆帕(MPa);

$K_d$  ——岩石动体积模量,单位为兆帕(MPa);

$\rho$  ——岩石密度,单位为克每立方厘米( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

附录 A  
(规范性附录)  
岩石声波速度测试记录

表 A.1 岩石声波速度测试记录表

| 试样<br>编号 | 序号 | 试样规格/mm |           |   | 纵波     |                |              |             |                   | 横波         |                |              |             |                   | 动弹性力学参数        |                    |                    |                      |
|----------|----|---------|-----------|---|--------|----------------|--------------|-------------|-------------------|------------|----------------|--------------|-------------|-------------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|
|          |    | 长       | 宽<br>(直径) | 高 | 频率/kHz | $t_{os}/\mu s$ | $t_p'/\mu s$ | $t_p/\mu s$ | 速度<br>$v_p/(m/s)$ | 频率/<br>kHz | $t_{os}/\mu s$ | $t_s'/\mu s$ | $t_s/\mu s$ | 速度<br>$v_s/(m/s)$ | 泊松比<br>$\mu_d$ | 动弹性模量<br>$E_d/MPa$ | 动剪切模量<br>$G_d/MPa$ | 动体积压缩模量<br>$K_d/MPa$ |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |
|          |    |         |           |   |        |                |              |             |                   |            |                |              |             |                   |                |                    |                    |                      |

试验：

计算：

校核：

年 月 日

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 24 部分:岩石声波速度测试  
DZ/T 0276.24—2015

\*