



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 23561.8—2024

代替 GB/T 23561.8—2009

## 煤和岩石物理力学性质测定方法 第 8 部分：煤和岩石变形参数测定方法

Methods for determining the physical and mechanical properties of coal and  
rock—Part 8: Methods for determining the deformation parameters of  
coal and rock

2024-03-15 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会



## 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。

本文件是 GB/T 23561《煤和岩石物理力学性质测定方法》的第 8 部分，GB/T 23561 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：采样一般规定；
- 第 2 部分：煤和岩石真密度测定方法；
- 第 3 部分：煤和岩石块体密度测定方法；
- 第 4 部分：煤和岩石孔隙率计算方法；
- 第 5 部分：煤和岩石吸水性测定方法；
- 第 6 部分：煤和岩石含水率测定方法；
- 第 7 部分：单轴抗压强度测定及软化系数计算方法；
- 第 8 部分：煤和岩石变形参数测定方法；
- 第 9 部分：煤和岩石三轴强度及变形参数测定方法；
- 第 10 部分：煤和岩石抗拉强度测定方法；
- 第 11 部分：煤和岩石抗剪强度测定方法；
- 第 12 部分：煤的坚固性系数测定方法；
- 第 13 部分：煤和岩石点载荷强度指数测定方法；
- 第 14 部分：岩石膨胀率测定方法；
- 第 15 部分：岩石膨胀应力测定方法；
- 第 16 部分：岩石耐崩解性指数测定方法。

本文件代替 GB/T 23561.8—2009《煤和岩石物理力学性质测定方法 第 8 部分：煤和岩石变形参数测定方法》，与 GB/T 23561.8—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了“割线模量”定义(见 3.1, 2009 年版的 3.1)；
- b) 更改了“泊松比”定义(见 3.3, 2009 年版的 3.3)；
- c) 更改了“材料试验机”的精度等级，删除了加载范围要求(见 4.3, 2009 年版的 4.3.1)；
- d) 更改了“电液伺服试验机”的精度等级(见 4.3, 2009 年版的 4.3.2)；
- e) 更改了载荷传感器的量程和引伸计的精度和量程(见 4.4, 2009 年版的 4.4)；
- f) 增加了“导线的材质相同”的规定(见 6.3.4)；
- g) 增加了“试样端部均匀涂抹涂凡士林等润滑剂消除端部效应”的规定(见 7.4)；
- h) 将“关机”更改为“停止采集”(见 7.7, 2009 年版的 7.7)；
- i) 将“摄影”更改为“拍照”(见 7.8, 2009 年版的 7.8)；
- j) 更改了“其他变形测定装置”的规定(见 8.2.7, 2009 年版的 8.2.7)。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出并归口。

本文件起草单位：煤炭科学技术研究院有限公司、煤炭科学研究总院有限公司、中煤科工开采研究院有限公司。

本文件主要起草人：孙中学、李宏艳、李宏杰、邓志刚、刘波、刘学、王俊光、齐庆新、李海涛、李春元、娄金福。

本文件于 2009 年首次发布，本次为第一次修订。

# 引 言

GB/T 23561 旨在描述在实验室内测定煤和岩石物理力学参数的方法,根据煤和岩石不同物理力学参数的测定需求,拟由 16 个部分构成。

- 第 1 部分:采样一般规定。目的在于描述煤及与煤层相关岩层中岩石的基本物理力学性质测定及冲击倾向性测定所需煤和岩石样的采样方法。
- 第 2 部分:煤和岩石真密度测定方法。目的在于采用比重瓶法或气体膨胀法真密度分析仪测定煤和岩石的真密度。
- 第 3 部分:煤和岩石块体密度测定方法。目的在于采用密封法和量积法测定煤和岩石的块体密度。
- 第 4 部分:煤和岩石孔隙率计算方法。目的在于测定煤和岩石的孔隙率。
- 第 5 部分:煤和岩石吸水性测定方法。目的在于测定遇水不崩解、不溶解、不干缩湿胀的煤和岩石的吸水性。
- 第 6 部分:煤和岩石含水率测定方法。目的在于采用烘干法测定煤和岩石的含水率。
- 第 7 部分:单轴抗压强度测定及软化系数计算方法。目的在于测定能够加工成标准试件的煤和岩石的单轴抗压强度和计算软化系数。
- 第 8 部分:煤和岩石变形参数测定方法。目的在于测定能够加工成标准试件的煤和岩石单轴压缩条件下的变形参数。
- 第 9 部分:煤和岩石三轴强度及变形参数测定方法。目的在于测定能够加工成标准试件的煤和岩石在轴对称三向应力条件下的强度和变形参数。
- 第 10 部分:煤和岩石抗拉强度测定方法。目的在于测定能够加工成标准试件的煤和岩石的抗拉强度。
- 第 11 部分:煤和岩石抗剪强度测定方法。目的在于测定煤和岩石的抗剪强度。
- 第 12 部分:煤的坚固性系数测定方法。目的在于采用捣碎法测定煤的坚固性系数。
- 第 13 部分:煤和岩石点载荷强度指数测定方法。目的在于测定煤和岩石的点载荷强度指数。
- 第 14 部分:岩石膨胀率测定方法。目的在于测定岩石的自由膨胀率和侧向约束膨胀率。
- 第 15 部分:岩石膨胀应力测定方法。目的在于测定岩石的侧向约束膨胀应力。
- 第 16 部分:岩石耐崩解性指数测定方法。目的在于测定遇水易崩解岩石的耐崩解指数。

# 煤和岩石物理力学性质测定方法

## 第 8 部分：煤和岩石变形参数测定方法

### 1 范围

本文件规定了煤和岩石变形参数测定方法的主要仪器设备、试件规格、试验前准备工作、试验步骤和数据计算。

本文件适用于在实验室条件下,能够加工成标准试件的煤和岩石单轴压缩条件下割线模量( $E_{50}$ )、弹性模量( $E_t$ )、泊松比( $\mu$ )等变形参数的测定。

### 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 23561.7—2009 煤和岩石物理力学性质测定方法 第 7 部分:单轴抗压强度测定及软化系数计算方法

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**割线模量 modulus of secant**

试件在加载过程中的轴向应力-应变曲线上,原点与曲线上 50%抗压强度处应力点连线的斜率。

#### 3.2

**弹性模量 modulus of elasticity**

试件单轴受力时,弹性阶段正应力( $\sigma$ )与弹性正应变( $\epsilon$ )之比。

#### 3.3

**泊松比 Poisson's ratio**

试件单向受力时,沿荷载方向应变与垂直于荷载方向应变比的绝对值。

### 4 主要仪器设备及材料

#### 4.1 加工机械

钻石机、锯石机、磨石机或磨床。

#### 4.2 检验工具

试验样品的检验工具如下:

a) 游标卡尺,最小分度值 0.02 mm;

- b) 万能角度尺、百分表架及百分表；
- c) 水平检测台。

#### 4.3 设备

试验机任选以下一种类型。

——材料试验机：材料试验机精度不应低于 0.5 级。

——电液伺服试验机：电液伺服试验机的精度不应低于 0.5 级，并能够以 0.5 MPa/s~1.0 MPa/s 的速率加载。

#### 4.4 测试系统

测试系统包括以下部分：

- a) 载荷传感器量程范围应满足公式(1)。

$$1.25p_{\max} < p_0 < 5p_{\max} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$p_{\max}$ ——预计试件的最大破坏载荷，单位为千牛(kN)；

$p_0$ ——材料试验机加载范围的最大值，单位为千牛(kN)。

- b) 静态或动态电阻应变仪。
- c) 位移传感器，量程不大于 50 mm。
- d) 引伸计，首选纵向双桥引伸计，量程不宜小于 5 mm，测量精度 $\pm 0.25\%$ FS。
- e) 计算机数据采集处理系统。
- f) 可采用其他设备和仪器，但精度等级不应低于本文件的相应规定。

测试结果可由测表人工读数记录、电测数显记录、计算机数据采集处理系统自动检测和电液伺服试验机内部测试系统自动检测等方法之一获得。

#### 4.5 材料

试验所需材料如下：

- a) 电阻应变片(以下简称应变片)：常用标距 3 mm×15 mm~3 mm×20 mm，灵敏系数 0.2，电阻值为 $(120\pm 0.2)\Omega$ ；
- b) 黏结剂：502 胶水，环氧树脂胶等或其他类似性能的黏结剂；
- c) 防潮胶：环氧配胶、聚氯乙烯粘胶或聚乙烯缩醛胶；
- d) 清洁剂：丙酮、分析纯乙醇、脱脂棉或纱布等。

### 5 试件规格

试件规格、加工精度、数量和含水状态等应符合 GB/T 23561.7—2009 中第 5 章的规定。

### 6 试验前准备工作

#### 6.1 检查应变片

粘贴应变片前，应对应变片进行检查，要求阻丝平直，间距均匀，阻丝与基底粘贴牢固，阻栅的长度应大于岩石最大颗粒的 10 倍，小于试样半径。同一组试件的工作片与温度补偿片的规格和灵敏系数应相同，温度补偿片电阻值允许偏差为 $\pm 0.2 \Omega$ 。

6.2 粘贴应变片方法

应变片应粘贴在试件高度方向的中部,尽量避开裂隙、节理和伟晶处。每个试件纵向和横向粘贴应变片各 2 片~3 片。纵向、横向应变片的排列采用“┐”形或“┌”形,见图 1。贴片前,应在试件圆周三等分处画垂线,二分之一高度处画圆周线,以便贴片对中。对于岩性均一、加工精度高的试件,可以只在对称两侧中部粘贴纵向、横向应变片各一对。

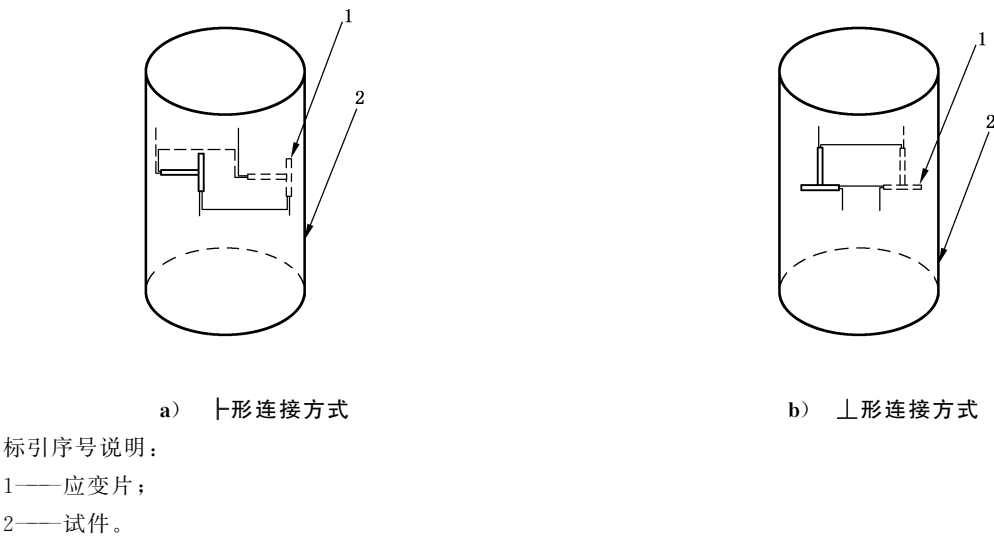


图 1 应变片粘贴方式示意图

6.3 应变片的粘贴工艺

6.3.1 清理表面

在粘贴部位先用零号砂纸打磨,其面积应大于应变片。再用纱布或脱脂棉蘸上丙酮等易挥发溶剂清洗表面,直至纱布或脱脂棉没有灰痕为止。

6.3.2 涂胶贴片

一般试件可用 502 胶水或环氧树脂胶等粘贴应变片,含水量多或饱和试件,需要采用防潮胶。胶水的弹性模量应小于试件的弹性模量。贴片时,先在试件贴片部位涂上一薄层黏结剂,待黏结剂干后,再在应变片背面涂上一薄层黏结剂,随即将应变片按要求的方向和部位粘贴上。然后在应变片上盖一小块塑料纸,用手指在上面滚压挤出应变片和试件之间的气泡和多余的黏结剂,约按压几十秒即可粘贴牢固。

6.3.3 固化处理

黏结剂一般可在常温下自行固化。固化时间应参照所用黏结剂的说明书,急用时,可按各类黏结剂的说明加热烘干。

6.3.4 接线

应变片尾端引线用绝缘导线焊接引出。焊前应先将导线固定,以防碰动导线时拉坏应变片。每根导线的材质、长度、线径都应相同,长度不宜超过 10 m。

## 6.4 防潮处理

6.4.1 防底潮:试件表面用丙酮清洗后,涂上厚度不超过 0.1 mm 的环氧树脂胶,面积应大于应变片,以防止水分从试件内部进入应变片。

6.4.2 防底潮胶固化后,粘贴应变片,并焊上短线引出,应变片贴好固化后,对地绝缘电阻应满足试验要求,应大于 200 M $\Omega$ ,然后再在应变片上涂上厚度 1 mm 左右的防潮胶,导线接头也做同样的防潮处理。水饱和处理后的试件,绝缘电阻值也应大于 200 M $\Omega$ 。

## 6.5 千分表安装

千分表主要用于测量变形较大,强度较低的软和极软煤与岩石的纵、横向变形。将千分表安装在磁性表架上,磁性表架安装在试验机的下承压板上,纵向千分表的表头与上承压板边缘接触,横向千分表的表头直接与试件接触,测读初始值。两对相互垂直的纵向千分表和横向千分表应分别安装在试件直径的对称位置上。

## 7 试验步骤

7.1 测定前核对煤、岩石名称和煤、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等按照附录 A 进行描述。

7.2 测量试件的直径和高度按照附录 A 记录:

- a) 直径量测:直径应在试件的上下端面附近以及中央附近的断面,测定相互垂直的两个方向的直径,取其算术平均值作为试件的直径;
- b) 高度量测:高度应在试件的过中心轴的两个相交的平面内各取两点,测定两个高度值,取其算术平均值作为试件的高度。

7.3 选择材料试验机时应符合 4.3。

7.4 开启材料试验机,使其处于工作状态。将试件置于试验机承压板中心,使试验机、上下承压板、试件三者中心线成一直线,并使试件上下面受力均匀,上、下承压板与试件之间放置比试件直径略大的刚性垫块,垫块的硬度不应低于 HRC58,垫块的厚度与直径比不应小于 0.5。试样端部均匀涂抹涂凡士林等润滑剂,以消除端部效应。

7.5 将电阻应变仪接上电源,预热 0.5 h,连接线路,预调平衡。接线方式可用全桥或半桥方式,施加初始载荷,检查仪器工作情况,同时观察两边的应变值是否接近,如两边应变值相差较大,则应调整试件位置,使试件受力均匀。

7.6 按 0.5 MPa/s~1.0 MPa/s 的速度逐级加载。按估计破坏载荷的十分之一间隔读一次读数,记录载荷与应变值,直至破坏。每个测定过程,读数不应少于 10 个点,同一试件的所有应变值,宜同时测出。变形参数按照附录 A 记录。

7.7 如采用电液伺服试验机进行试验,或者采用计算机数据采集处理系统(自动检测系统),此时应将该系统调整至工作状态,并按上述加载速度连续加载直至试件破坏。当峰值出现后,继续测量 3 s~5 s 后停止采集;如无峰值时,则至纵向应变达到 15%~20%时停止采集。

7.8 记录破坏载荷值以及加载过程中出现的现象,并对试件的破坏进行描述或拍照。

## 8 数据计算

### 8.1 分级加载时测试数据的处理

8.1.1 轴向应力按公式(2)计算:

$$\sigma = \frac{p}{F} \times 10 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\sigma$  ——应力,单位为兆帕(MPa);

$p$  ——与应变相对应的载荷,单位为千牛(kN);

$F$  ——试件初始承载面积,单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ )。

计算结果取三位有效数字,试验报告中列出每个试件的测量值。

8.1.2 纵向应变和横向应变取各测量值的平均值。

8.1.3 体积应变按公式(3)计算:

$$\epsilon_v = \epsilon_l + 2\epsilon_d \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

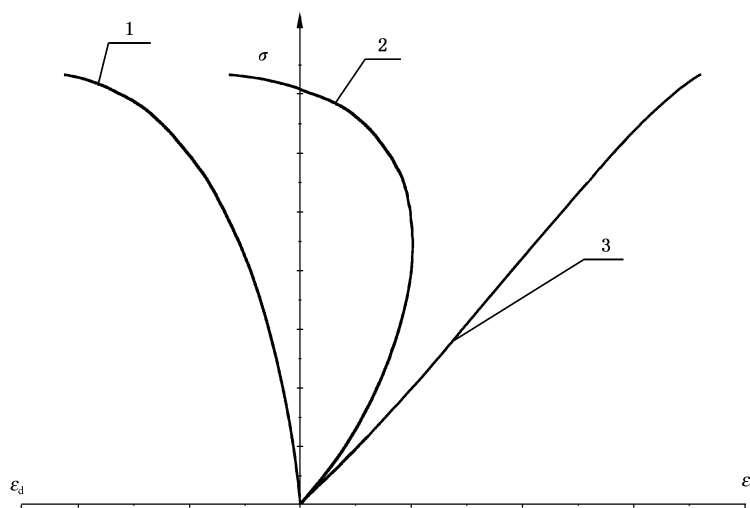
$\epsilon_v$  ——体积应变值;

$\epsilon_l$  ——纵向应变值;

$\epsilon_d$  ——横向应变值。

计算结果取三位有效数字,试验报告中列出每个试件的测量值。

8.1.4 根据上述计算数据,绘制应力-纵向应变曲线和应力-横向应变曲线,必要时绘制应力-体积应变曲线,应力-应变曲线见图2。



标引序号说明:

1—— $\sigma$  与  $\epsilon_d$  曲线;

2—— $\sigma$  与  $\epsilon_v$  曲线;

3—— $\sigma$  与  $\epsilon_l$  曲线。

图2 应力-应变曲线

8.1.5 单轴抗压强度测定方法应符合 GB/T 23561.7—2009 中第7章规定。

8.1.6 割线模量按公式(4)计算:

$$E_{50} = \frac{\sigma_{50}}{\epsilon_{50}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$E_{50}$  ——割线模量,单位为兆帕(MPa);

$\sigma_{50}$  ——单轴抗压强度的50%,单位为兆帕(MPa);

$\epsilon_{50}$  ——试件与  $\sigma_{50}$  对应的纵向应变值。

8.1.7 弹性模量按公式(5)计算：

$$E_t = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{\epsilon_b - \epsilon_a} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$E_t$  ——弹性模量，单位为兆帕(MPa)；

$\sigma_b$  ——应力-应变曲线中直线段终点的应力，单位为兆帕(MPa)；

$\sigma_a$  ——应力-应变曲线中直线段始点的应力，单位为兆帕(MPa)；

$\epsilon_b$  ——应力-应变曲线中直线段终点的应变值；

$\epsilon_a$  ——应力-应变曲线中直线段始点的应变值。

计算结果取三位有效数字，试验报告中列出每个试件的测量值。

8.1.8 根据应力-纵向应变和应力-横向应变两曲线上对应直线段部分横向应变和纵向应变的平均值计算泊松比( $\mu$ )，计算按公式(6)：

$$\mu = \frac{\epsilon_{dp}}{\epsilon_{lp}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$\mu$  ——泊松比；

$\epsilon_{dp}$  ——应力-横向应变曲线上对应直线段部分的横向应变的平均值；

$\epsilon_{lp}$  ——应力-纵向应变曲线上对应直线段部分的纵向应变的平均值。

计算结果精确至小数点后两位。

## 8.2 计算机数据采集处理系统测试数据的处理

### 8.2.1 绘制应力应变曲线

当采用计算机数据采集处理系统时，可由处理软件自动绘制应力值与纵向应变、横向应变值和体积应变值的曲线。

### 8.2.2 单轴抗压强度

由计算机软件直接给出应力-纵向应变曲线图中峰值点的数值，根据已输入计算机内的试件初始承载面积值，计算出该试件的单轴抗压强度值。

### 8.2.3 割线模量

根据计算出的试件单轴抗压强度，系统在应力-纵向应变曲线上自动绘制出原点与应力-纵向应力曲线上应力为50%抗压强度点连线，并按已输入计算机内的公式(4)计算出该试件的割线模量。

### 8.2.4 弹性模量

在计算机绘制的应力-纵向应变曲线上取直线段，在此线段的两端各取一点的应力、应变数值，按已输入计算机内的公式(5)计算出该试件的弹性模量。

### 8.2.5 泊松比

在计算机绘制的应力-纵向应变和应力-横向应变两曲线上取对应的直线段部分的纵向应变和横向应变的平均值，并按已输入计算机内的公式(6)计算出该试件的泊松比。

### 8.2.6 试验数据处理

在该试件测试数据处理完后，系统将以表格形式打印出上述计算参数及其他相关参数(试件初始直

径、高度、截面积、含水状态、试验机加载速率等)。

### 8.2.7 其他变形测定装置

使用具有 0.001 mm 精度的其他变形测定装置(如千分表、变形传感器及其固定装置)时,应用这类装置测出的值除以测定的基长作为应变值,然后再按第 8 章进行计算与整理。

## 8.3 电液伺服试验机测试数据的处理

电液伺服试验机处理试验数据的方法与计算机数据采集处理系统处理测试数据的方法相同,按 8.2 规定进行。

附 录 A  
(规范性)  
数据记录表

煤和岩石变形参数测试记录表见表 A.1。

表 A.1 煤和岩石变形参数测试记录表

送样单位：\_\_\_\_\_

测定日期：\_\_\_\_\_

采样地点：\_\_\_\_\_

试件直径：\_\_\_\_\_

岩石名称：\_\_\_\_\_

试件高度：\_\_\_\_\_

岩样编号：\_\_\_\_\_

试件截面积：\_\_\_\_\_

试样编号：\_\_\_\_\_

试件含水状态：\_\_\_\_\_

| 序号                               | 试件描述 |     | 纵向<br>载荷<br>$p /$<br>kN | 纵向<br>应力<br>$\sigma /$<br>MPa | 纵向应变<br>$\epsilon_l (\mu)$ |     |     |    | 横向应变<br>$\epsilon_d (\mu)$ |     |     |    | 体积<br>应变<br>$\epsilon_v$ | 备注 |
|----------------------------------|------|-----|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----|-----|----|----------------------------|-----|-----|----|--------------------------|----|
|                                  | 测定前  | 测定后 |                         |                               | 1 片                        | 2 片 | 3 片 | 平均 | 1 片                        | 2 片 | 3 片 | 平均 |                          |    |
|                                  |      |     |                         |                               |                            |     |     |    |                            |     |     |    |                          |    |
| 破坏载荷 $p_{\max} =$ 单轴抗压强度 $R_c =$ |      |     |                         |                               |                            |     |     |    |                            |     |     |    |                          |    |
| 变形参数 $E_{50} =$ $E_t =$ $\mu =$  |      |     |                         |                               |                            |     |     |    |                            |     |     |    |                          |    |
| 测定：                              |      |     |                         |                               | 计算：                        |     |     |    |                            | 校核： |     |    |                          |    |
|                                  |      |     |                         |                               |                            |     |     |    |                            |     |     |    |                          |    |





